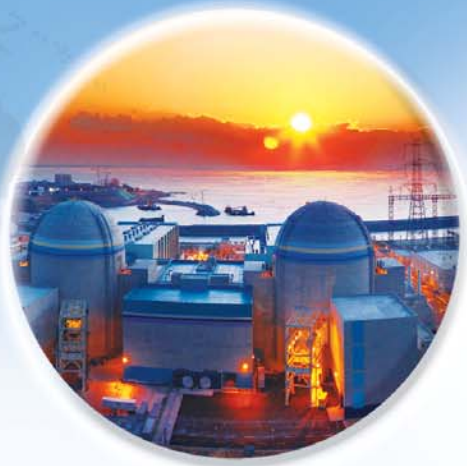


2011 원자력발전백서



mke 지식경제부
Ministry of Knowledge Economy

친환경 에너지 기업 —————
한국수력원자력주
KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER CO., LTD

발 간 사



2011년 3월 14일 아랍에미리트(UAE)에서 우리나라가 수주에 성공한 브라카(Braka) 원자력발전소 기공식이 개최되었습니다. 1971년 외국 기술로 고리1호기를 착공한지 40년만에 우리나라가 세계 6번째로 원전을 수출하는 원전 강국으로 발돋움 한 것을 다시 한번 확인하는 순간이었습니다.

우리나라가 단기간에 세계 최고 수준의 원전강국으로 발돋움 할 수 있었던 것은 미국의 TMI 원전사고, 구소련의 체르노빌 원전사고 이후에도 국민의 신뢰와 지지를 바탕으로 원자력분야 산학연관 관계자들이 외부환경 변화에 흔들리지 않고 원자력발전 진흥에 헌신적으로 매진해온 것에 기인한다고 할 수 있을 것입니다.

세계 각국은 2000년대에 들어서 화석연료 고갈우려, 기후변화에 대응하기 위한 현실적인 대안으로서 원자력발전의 가치를 새롭게 인식함에 따라 원자력 르네상스 시대라 일컬어질 정도로 원자력발전소 신규 건설 및 증설을 적극적으로 계획·추진해 왔습니다. 그러나 올해 3월 일본에서 발생한 원전사고는 세계 각국으로 하여금 자국의 원자력발전정책을 되돌아 보는 주요한 계기를 제공하였습니다.

우리나라의 경우 일본원전사고 발생 직후 전세계 원전운용국가중 가장 신속하게 국내 전 원전을 대상으로 한 정밀안전점검 실시를 통해 현재 가동중인 국내 원전의 안전성을 확인하였고 일본원전사고를 거울삼아 최악의 자연재난을 가정한 장단기 안전개선 대책을 수립하여 시행중에 있습니다. 정부는 이러한 기술적인 안전보완책과 더불어 올해 5월 말 지식경제부내 원전산업 전담국 신설, 6월 말에는 대통령 직속 원자력안전위원회 출범을 위한 법률 제정 등 더욱 안전한 원자력안전관리를 위한 원자력 행정 체계를 정비 하였습니다.

최근 지속되고 있는 고유가, 온실가스 감축, 급증하는 전력수요에 대비한 안정적인

전력공급을 고려할 때 우리나라에게 원자력발전은 “선택이 아닌 필수”입니다. 특히 자원빈국인 우리나라의 원자력발전정책은 단순한 에너지 수급문제를 넘어 에너지 안보와 직결되는 사안인 만큼 에너지수급여건이 현저히 다른 일부국가의 급격한 원전정책 변화에 동요하기 보다는 우리가 처한 에너지수급현황과 전망에 대한 냉철한 분석을 바탕으로 수립·시행되어야 합니다. 일본원전사고에도 불구하고 미국이나 프랑스, 중국, 러시아 등 여러 나라에서 원전정책을 예정대로 추진하는 이유도 같은 맥락으로 판단됩니다.

일본원전사고는 세계 원자력산업 구도에 커다란 변화를 줄 것으로 예상되고 있습니다. 다가올 변화를 새로운 도약의 전기로 활용하기 위해서는 다른 국가보다 한발더 빠르게 미래를 준비해야 합니다. 과거 경제위기 극복과정에서 우리 국민이 합심하여 위기를 새로운 도약의 전기로 바꾸었던 것처럼 우리 원자력계 관계자들이 일본 원전 사고로 인한 새로운 도전과 과제를 슬기롭게 대처하고 핵심원전기술 자립, 인력 양성, 원전 부품소재 경쟁력 강화 등을 통해 추가 원전수출을 성사시켜 나간다면 향후 우리나라의 세계 원자력 3대 강국으로의 도약은 보다 앞당겨 질 것이라 확신합니다.

원자력발전에 대한 국민의 이해와 신뢰 확보는 지속가능한 원자력발전 정책 추진을 위해 반드시 필요하며 그 중요성은 더욱 커지고 있습니다. 이에 정부는 안전 최우선의 투명한 원전정책을 추진하고 원자력발전사업자는 안정적인 원전 건설·운영과 함께 정확한 정보공개를 지속해 나간다면 원자력발전에 대한 국민의 신뢰가 자연스레 높아질 것이라고 생각합니다.

이 백서가 국민 여러분께 원자력발전 전반에 대한 소상하고 정확한 정보를 제공함으로써 우리 원자력발전에 대한 국민 여러분들의 이해를 돕고 신뢰를 얻는데 조금이나마 도움이 되기를 소망합니다.

아울러 발간을 위해 수고해주신 편집진의 노고에 감사의 말씀을 드립니다.

감사합니다.

2011년 7월

지식경제부장관 최중경

최중경

인 사 말



우리는 전기로 인해 풍요로운 삶을 살고 있습니다. 한 여름에는 냉방기로 더위를 잊고, 겨울에는 온열기구로 손쉽게 온기를 나눕니다. 냉장고 문을 열어 시원한 물을 벌컥벌컥 들이마시고, 생생한 화질의 대형 TV를 켜고 세상과 만나는 일은 이미 일상이 되었습니다. 그러나 공기와 물이 그러하듯, 전기의 소중함을 잊고 살 때가 많습니다. 그도 그럴 것이 우리나라는 지난 30여 년 전 고리1호기가 상업발전하면서 저렴하고 질 좋은 전력이 안정적으로 공급되어왔습니다. 준 국산 에너지원인 원자력발전이 있었기에 에너지원의 97%를 수입에 의존하는 우리나라가 전기 걱정 없이 살 수 있었던 것입니다.

그러나 이웃나라 일본 후쿠시마 원전 사고는 우리 원자력발전소에 대한 막연한 불안감으로 이어졌습니다. 우리 원전은 안전성과 신뢰성을 세계적으로 인정받고 있는데도 말입니다. 최근 국제원자력기구(IAEA)는 원자력안전규제시스템 검사 결과 우리나라가 세계 최고 수준의 안전성을 확보하고 있다고 발표했습니다. 특히 지적사항이 미국보다 적은 약 20개 정도였습니다.

게다가 우리는 지난해 원전 역사상 최고의 운영실적인 '9401', 즉 한 호기당 평균이용률 94%, 고장정지 0.1이라는 대기록을 세웠습니다. 10기의 원전이 한주기 무고장안전운전, 즉 OCTF를 달성하기도 했습니다. 세계 원자력계에서도 유례없는 일입니다.

하지만 이런 성과에 안주하거나 결코 자만하지 않고, 일본의 사고를 교훈삼아서 원전 안전성과 신뢰성을 획기적으로 높여나가기 위해 절치부심(切齒腐心)할 것입니다. 예상치 못한 최악의 상황에 대한 시나리오를 가정해 장단기 안전 개선 대책을 마련하고, 추진해나갈 계획입니다.

지금 우리는 에너지 안보를 확보해야 하는 한편, 온실가스 저감을 해야 하는 그야말로 절체절명(絶體絶命)의 과제를 안고 있습니다. 화석연료는 고갈되고 국제 유가는 불안정합니다. 지구 온난화는 갈수록 심화되어, 인류 공동의 문제를 해결하기 위해 책임감 있게 행동해야 할 것입니다. 청정에너지인 태양광, 풍력, 조력 등 신재생에너지는 현실적으로 경제성과 효율성에서 기술 개발이 이루어지지 못한 상황입니다.

마치 진퇴양난(進退兩難)에 빠진 듯한 우리에게 희망이 있다면 세계 최고수준의 우수한 기술력을 보유한 원자력발전이 있습니다. 원자력발전에 대한 국민 여러분의 따뜻한 이해와 지지는 안정적인 전력 공급을 위한 최선이자 국가 경제 발전을 위한 필수불가결한 선택입니다. 나아가 우리 원전이 거대한 해외 원전 시장을 선도하며 무한한 부가가치를 창출하는 신성장동력이 되기 위한 든든한 밑거름이 될 것입니다.

아무쪼록 이 『2011년 원자력발전백서』가 원자력발전에 대한 국민 여러분의 궁금증을 해소하고, 원전산업에 대한 신뢰를 높이는 소중한 지침서가 되기를 기대합니다. 그동안 우리 원자력발전이 걸어온 길은 매 순간이 도전이었고 위기였습니다. 이 책을 통해 숨김없이 우리의 현재 모습을 보임으로써 위기를 기회로 만들어 가고자 합니다.

그동안 이 책의 발간을 위해 수고해주신 관계자 여러분의 노고에 진심으로 감사드립니다.

2011년 7월

한국수력원자력(주)사장 김 종 신 *김종신*

❁ 원자력 2010 >>>>



이명박 대통령 신고리 3·4호기 건설현장 방문('10.1.13)



세계최고 명품 원전건설 및 기술인력 양성 다짐대회('10.2.25)



제1차 핵안보정상회의(Nuclear Security Summit)('10.4.13)



터키 압둘라 굴 대통령 신고리원전 건설현장 방문('10.6.16)

❁ 원자력 2010 >>>>



한국수력원자력(주) 경주본사 개소식('10.8.5)



원전 MMIS 개발완료 기념식('10.9.16)



경주시민과 한수원이 함께하는 KBS 열린음악회 개최('10.10.8)



제1회 원자력의 날 기념식('10.12.27)



최종경 제55대 지식경제부 장관 취임식('11.1.27)



최종경 지식경제부 장관 영광원자력본부 방문('11.4.25)

목 차

제1편 원자력발전정책

제1장 국내·외 에너지정세	3
제1절 개요	3
제2절 세계 에너지 전망	11
제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망	23
제2장 전력수급기본계획	44
제1절 개요	44
제2절 제5차 전력수급기본계획의 주요 내용	46
제3절 향후 계획	56
제3장 원자력발전 정책 방향	58
제1절 기본방향	58
제2절 원전의 안전성 확보	62
제3절 원전산업의 경쟁력 강화	66
제4절 원전기술개발의 체계적 추진	70
제5절 원자력발전소 주변지역 지원제도	72
제6절 국민이해 확보	79
제7절 원전연료 확보	85
제8절 방사성폐기물 관리	91

제2편 원자력발전소 운영 및 건설

제1장 원자력발전의 역할	103
제1절 원자력의 도입	103
제2절 원자력발전의 필요성	106

제2장 원자력발전소 운영	113
제1절 설비용량 현황	113
제2절 발전량 현황	115
제3절 이용률 및 가동률 현황	117
제4절 고장정지 및 한주기 무고장 안전운전 현황	121
제5절 정비 및 교육훈련 관리	127
제3장 원자력발전소 건설	136
제1절 원전 건설사	136
제2절 원전건설 현황	150
제3절 원전건설 기술의 발전	165
제4장 원자력발전소 주요 운전현황	172
제1절 계속운전	172
제2절 월성 1호기 압력관교체	196
제3절 출력최적화	208

제3편 원전연료 및 방사성폐기물 관리

제1장 원전연료 현황	217
제1절 원전연료 주기	217
제2절 각 주기별 수급현황 및 전망	218
제3절 국내 원전연료 수급계획	235
제2장 원전연료 설계 및 제조	238
제1절 경수로 원전연료	238
제2절 중수로 원전연료	257

제3장 방사성폐기물 관리	259
제1절 개요	259
제2절 사용후핵연료 관리	261
제3절 중·저준위 방사성폐기물 관리	264
제4장 방사성폐기물 관리사업	277
제1절 방사성폐기물관리사업 계획 수립	277
제2절 부지선정 과정	279
제3절 중·저준위방폐물처분시설 부지 선정	292
제4절 한국방사성폐기물관리공단 발족	304
제5절 중·저준위 방사성폐기물 처분시설	310
제6절 월성원자력환경관리센터 건설	319
제7절 사용후핵연료 공론화	341

제4편 원전의 안전대책

제1장 원전의 안전대책	349
제1절 원전의 안전개념	349
제2절 안전관리 체계	357
제3절 원전의 안전대책	366
제4절 원전의 지진대책	377
제2장 방사선 안전관리	390
제1절 종사자 안전관리	390
제2절 방사능 방재대책	402
제3장 일반환경관리	410

제1절 환경관리체계	410
제2절 일반환경 관리	412
제3절 온배수 관리	420
제4장 환경방사선 관리	428
제1절 관리체계	428
제2절 환경방사선 관리	431

제5편 연구개발

제1장 원자력 중 · 장기 연구개발 개요	443
제2장 원자력융합원천기술개발사업	446
제1절 추진 배경	446
제2절 추진 근거 및 목표	448
제3절 추진 절차	450
제4절 투자규모 및 추진대상 기술	451
제3장 원자력연구개발사업	454
제1절 추진 배경	454
제2절 추진 근거 및 목표	456
제3절 추진 절차	456
제4절 투자규모 및 추진대상 기술	458

제6편 품질보증

제1장 원자력품질보증 개요	463
제1절 개요	463

제2절 품질보증 기준	465
제3절 품질보증체계	477
제2장 단계별 품질보증활동	480
제1절 건설단계 품질보증활동	481
제2절 운영단계 품질보증활동	485
제3장 품질문화 정착 및 지속적 개선	488
제1절 품질윤리규범	488
제2절 품질제고 및 프로세스 개선활동	488
제3절 품질경영	492
제4절 품질교육	494
제4장 국내·외 품질업무 공조	497
제1절 해외 협력활동	497
제2절 국내 협력활동	501

제7편 국민이해와 지역협력

제1장 국민이해 증진활동	505
제1절 사회환경의 변화	505
제2절 국민이해 증진활동	510
제3절 원자력에 대한 국민인식	541
제4절 해외 여론동향	545
제2장 원전 주변지역 지원사업	552
제1절 개요	552
제2절 2010년도 주요사업 실적	559

제3절 2011년도 지원사업 추진계획	563
제3장 지역과의 일체감 형성을 위한 노력	565
제1절 봉사활동 추진현황	565
제2절 국민의 기업으로서 사회적 책임 성실 수행	568
제3절 지역사회 일체감 행사지원 및 참여	568
제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과	569
제1절 건설기간 중 지역경제 영향	569
제2절 운영기간 중 지역경제 영향	571
 제8편 국제협력 및 해외동향	
제1장 원자력 국제협력	579
제1절 국제 원자력 관련기관	579
제2절 원자력 국제협력	588
 제2장 해외사업 진출	617
제1절 개요	617
제2절 아랍에미리트 원전건설 현황	626
제3절 국가별 해외사업 추진현황	631
제4절 향후 전망	641
 제3장 원자력 해외동향	644
 부 록	675

표 목 차

〈표 1- 1〉 세계 총 에너지 소비 및 수요 전망	12
〈표 1- 2〉 주요 에너지 지표	27
〈표 1- 3〉 에너지원별(1차에너지) 소비현황	29
〈표 1- 4〉 부문별 석유 소비 현황	31
〈표 1- 5〉 용도별 LNG 소비 추이	32
〈표 1- 6〉 무연탄 소비 현황	33
〈표 1- 7〉 유연탄 소비 현황	34
〈표 1- 8〉 에너지원별 발전전력량	35
〈표 1- 9〉 부문별 최종에너지 소비	36
〈표 1-10〉 에너지수입현황	39
〈표 1-11〉 1차에너지 소비 전망	41
〈표 1-12〉 부문별 에너지 수요전망	42
〈표 1-13〉 에너지 수입 실적 및 전망	43
〈표 1-14〉 용도별 전력소비량 전망	48
〈표 1-15〉 최대 목표수요 전망	49
〈표 1-16〉 수요관리 목표량	50
〈표 1-17〉 수요관리 투자비	50
〈표 1-18〉 전력수급 전망	52
〈표 1-19〉 연도별 전원구성 전망	53
〈표 1-20〉 에너지원별 발전량 전망	54
〈표 1-21〉 제5차 전력수급계획 반영 대상 발전기 종합	55
〈표 1-22〉 기본지원사업과 사업자지원사업의 비교	75
〈표 1-23〉 최근 원자력발전소 주변지역 지원규모	76
〈표 1-24〉 우라늄정광 현물시장 가격추이	89
〈표 2- 1〉 국내 원자력발전소 현황	113
〈표 2- 2〉 발전원별 발전설비 추이	115

〈표 2- 3〉 원자력발전소 호기별 발전량 실적	116
〈표 2- 4〉 에너지원별 발전량 구성비 추이	117
〈표 2- 5〉 국내 원자력발전소 이용률 현황	118
〈표 2- 6〉 국내 및 세계 원전이용률 비교	119
〈표 2- 7〉 국내 원자력발전소 가동률 현황	120
〈표 2- 8〉 2010년도 국내 원자력발전소 고장정지 현황	122
〈표 2- 9〉 국내 원자력발전소 고장정지 현황	123
〈표 2-10〉 국내 원자력발전소 『한주기 무고장 안전운전』 달성 현황	124
〈표 2-11〉 국내 원자력발전소 연도별 『한주기 무고장 안전운전』 현황	127
〈표 2-12〉 국내 원자력발전소 최단공기 현황(2010.12.31 기준)	128
〈표 2-13〉 호기별 계획예방정비 실적(2010년)	130
〈표 2-14〉 교육훈련 실적	135
〈표 2-15〉 원전 훈련용 시뮬레이터 현황	135
〈표 2-16〉 건설중 원전 준공일정	152
〈표 2-17〉 건설준비중/건설계획중 원전 준공일정	152
〈표 2-18〉 신고리 1·2호기 건설일정	155
〈표 2-19〉 신월성 1·2호기 건설일정	158
〈표 2-20〉 신고리 3·4호기 건설일정	161
〈표 2-21〉 신울진 1·2호기 건설일정	163
〈표 2-22〉 신고리 5·6호기 건설일정	165
〈표 2-23〉 기술자립 역할 분담	166
〈표 2-24〉 국내 가동중 원전의 설계수명 현황	174
〈표 2-25〉 경년열화관리 대상선정 평가에 관한 사항	193
〈표 2-26〉 경년열화 관리계획 평가에 관한 사항	194

〈표 2-27〉 계속운전을 위한 수명평가에 관한 사항	195
〈표 2-28〉 운전경험, 연구결과 반영 필요사항	195
〈표 2-29〉 월성1호기 평균 이용률 및 발전정지 현황	197
〈표 2-30〉 해외원전 압력관 전량교체 사례	202
〈표 2-31〉 국내·외 원전 압력관 일부교체 사례	202
〈표 2-32〉 교체기기 기존대비 개선사항	204
〈표 2-33〉 압력관 저장시설 제원	206
〈표 2-34〉 미국원전 출력최적화 현황('11.05.10, 출처 : NRC).....	209
〈표 3- 1〉 세계 우라늄 정광 매장량	220
〈표 3- 2〉 세계 우라늄 정광 수급 전망	222
〈표 3- 3〉 세계 경수로 변환시설 현황	227
〈표 3- 4〉 세계 중수로 변환시설 현황	227
〈표 3- 5〉 건설 계획 중인 경수로 변환시설 현황	228
〈표 3- 6〉 세계 경수로 변환역무 수요 전망	228
〈표 3- 7〉 세계의 농축설비 현황	230
〈표 3- 8〉 농축 수급 전망	231
〈표 3- 9〉 건설 중인 농축설비 현황	232
〈표 3-10〉 성형가공 설비 현황	234
〈표 3-11〉 교체 노심 설계 현황	240
〈표 3-12〉 연도별 국산 경수로용 원전연료 생산 현황(1989~2010년)	241
〈표 3-13〉 경수로용 원전연료 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황 ...	247
〈표 3-14〉 원전 노심설계코드 국산화 종류 및 기능	250
〈표 3-15〉 연구개발 과제 내용 및 연료서비스 기술 확보 현황	256
〈표 3-16〉 연도별 국산 중수로용 원전연료 공급 현황(1998~2010년)	257

〈표 3-17〉 중수로용 원전연료 주요 제조공정 개선 및 장비개발 현황 (2010년도)	258
〈표 3-18〉 사용후핵연료 시설용량 및 저장실적(2010년 말)	262
〈표 3-19〉 '10년 기체 및 액체 방사성 유출물 배출에 의한 주민예상선량 평가	266
〈표 3-20〉 '10년도 방사성 기체 및 액체 배출실적	269
〈표 3-21〉 2010년도 중·저준위 고체폐기물 발생실적	273
〈표 3-22〉 중·저준위 방사성폐기물 인도규정(고시 2009-37호) 주요내용	274
〈표 3-23〉 유치신청 현황	301
〈표 3-24〉 방폐장 유치 주민투표 결과	301
〈표 3-25〉 방폐장 추진 역사	303
〈표 3-26〉 관리사업자 지원사업의 종류	309
〈표 3-27〉 사업개요	324
〈표 3-28〉 건설일정	326
〈표 3-29〉 연도별 종합공정률	327
〈표 4- 1〉 한수원 원자력 안전점검의 날 행사 실적	365
〈표 4- 2〉 주기적안전성평가 수행 실적	373
〈표 4- 3〉 국내 원전의 내진설계값	379
〈표 4- 4〉 미국 주요원전의 내진설계값	380
〈표 4- 5〉 중요지진 및 원전의 지진 안전성	384
〈표 4- 6〉 지진 비교표	385
〈표 4- 7〉 한수원 운영 지진관측망 현황	387
〈표 4- 8〉 국내기관 운영 지진관측망 현황	388
〈표 4- 9〉 방사선관리구역 출입절차	395
〈표 4- 10〉 주요 방사선 방호장구	398

〈표 4-11〉 방사선량 및 계획예방정비 기간 비교	400
〈표 4-12〉 국내·외 원전 노형별 호기당 평균 방사선량	401
〈표 4-13〉 연도별 종사자 개인 평균선량	401
〈표 4-14〉 2010년 월성1호기 종사자 개인 평균선량 분포	402
〈표 4-15〉 2010년도 방사능방재 합동 및 전체훈련 실적	405
〈표 4-16〉 2010년도 방사능방재 부분훈련 실적	406
〈표 4-17〉 한수원(주) 방사능재난대응시설 확보 현황	408
〈표 4-18〉 갑상선 방호약품(KI정제)확보 현황	409
〈표 4-19〉 행정관서 환경방사능 감시단말기 설치 현황	409
〈표 4-20〉 원전 주변주민 구호소(대피소) 현황	409
〈표 4-21〉 원전 주변 해양수질의 연도별 변화(최근 5년간)	418
〈표 4-22〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화(최근 5년간)	419
〈표 4-23〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황(최근 5년간)	419
〈표 4-24〉 원전 민원유형별 분류	427
〈표 4-25〉 2010년 원전주변 환경방사선조사계획	430
〈표 4-26〉 공간감마선량률(환경방사선감시기)	433
〈표 4-27〉 공간집적선량	434
〈표 4-28〉 토양 중 ^{137}Cs 농도	436
〈표 4-29〉 2010년도 원전부지별 주민선량	439
〈표 5- 1〉 연도별 투자계획	451
〈표 6- 1〉 원자력 품질보증요건(18개)	469
〈표 6- 2〉 A등급 품질보증요건	473
〈표 6- 3〉 주요 품질감독 항목	475
〈표 6- 4〉 업무별 품질활동	487
〈표 6- 5〉 품질경영 중장기 주요 실천계획	494
〈표 6- 6〉 주요 사내의 품질교육과정의 종류	496

〈표 7- 1〉 UAE 원전수주 전후 원자력에 대한 인식 비교	524
〈표 7- 2〉 원자력 국민인식 변화	545
〈표 7- 3〉 2010년도 지원 및 납부 금액	554
〈표 7- 4〉 기금 지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체	556
〈표 7- 5〉 기금 기본지원사업 세부내용(시행령 별표 1)	557
〈표 7- 6〉 사업자지원사업 추진방향 : 지역사회에 도움이 되는 실효성 있는 사업추진	558
〈표 7- 7〉 사업자지원사업 세부내용(시행령 별표 4)	558
〈표 7- 8〉 2010년도 기금지원사업 지원실적	560
〈표 7- 9〉 연도별 기금지원사업 지원금액	560
〈표 7-10〉 연도별 특별지원사업비 지원금액	561
〈표 7-11〉 사업자지원사업 지원실적	562
〈표 7-12〉 2010년도 사업자지원사업 사업종류별 지원실적	562
〈표 7-13〉 2011년도 기금지원사업 계획	563
〈표 7-14〉 2011년도 사업자지원사업 계획	564
〈표 7-15〉 봉사활동 실적 통계	567
〈표 7-16〉 2010년도 신고리1·2호기 건설현장 인력고용 현황	569
〈표 7-17〉 2010년도 신월성1·2호기 건설현장 인력고용 현황	570
〈표 7-18〉 2010년도 신고리3·4호기 건설현장 인력고용 현황	570
〈표 7-19〉 2010년도 신울진1·2호기 건설현장 인력고용 현황	570
〈표 7-20〉 2010년도 지역업체 원전건설공사 참여현황	571
〈표 7-21〉 2010년 국내 원자력발전소 근무자 현황	573
〈표 7-22〉 2010년 원자력발전소별 지방세 납부현황	574
〈표 7-23〉 2010년 원자력발전소 주변지역 특산물 구매 실적	575
〈표 8- 1〉 원자력기구(NEA) 회원국 현황	582
〈표 8- 2〉 NEA의 운영위원회 조직	584

〈표 8- 3〉 해외원전 소유자그룹 현황	587
〈표 8- 4〉 한국과 국제원자력기구 가입 현황	590
〈표 8- 5〉 원자력관련 협정 체결 현황	596
〈표 8- 6〉 한국과 원자력협력협정 체결 현황	614
〈표 8- 7〉 양국 간 원자력공동조정위원회 개최현황	616
〈표 8- 8〉 UAE 원전사업 개요	627
〈표 8- 9〉 UAE 원전사업 주요일정	627
〈표 8-10〉 2010년 국가별 원자력 발전 점유율(출처 : IAEA)	644
〈표 8-11〉 2010년 신규원전 계통병입 현황	645

그림 목 차

〈그림 1- 1〉 GDP와 에너지소비	25
〈그림 1- 2〉 1차에너지 소비구조	30
〈그림 1- 3〉 원전연료 주기도	87
〈그림 2- 1〉 발전원별 이산화탄소(CO ₂) 배출량 비교	109
〈그림 2- 2〉 원전건설 변천사	137
〈그림 2- 3〉 고리 1호기 기공식(1971.3.19)	139
〈그림 2- 4〉 고리 1호기 준공식(1978.7.20)	139
〈그림 2- 5〉 신고리 1·2호기 공사현장 전경('10.12)	154
〈그림 2- 6〉 신월성 1·2호기 공사현장 전경('10.12)	157
〈그림 2- 7〉 신고리 3·4호기 공사현장 전경('10.12)	160
〈그림 2- 8〉 신울진 1·2호기 공사현장 전경('10.12)	163
〈그림 2- 9〉 미국 기네이 원전, 일본 쓰루가 원전, 영국 올드버리 원전	176
〈그림 2-10〉 고리 1호기 신형 증기발생기 설치, 원자로냉각재펌프 교체	179
〈그림 2-11〉 계속운전 안전심사 절차도	184
〈그림 2-12〉 고리1호기 계속운전 반대집회	185
〈그림 2-13〉 계속운전 안전성 설명회, 심포지움 모습	187
〈그림 2-14〉 고리 1호기 계속운전 주민 합의서 체결	188
〈그림 2-15〉 고리1호기 계속운전 재가동 기념식 모습	190
〈그림 2-16〉 월성1호기 계통도	197
〈그림 2-17〉 월성1호기 원자로	198
〈그림 2-18〉 압력관 전면	200
〈그림 2-19〉 압력관 감용장비	201
〈그림 2-20〉 압력관 저장시설	207
〈그림 3- 1〉 원전연료 주기도	217

〈그림 3- 2〉 우라늄 정광 현물 시장가격 추이	224
〈그림 3- 3〉 원심분리 및 기체확산 농축시설	229
〈그림 3- 4〉 월성 사용후핵연료 조밀건식저장시설	262
〈그림 3- 5〉 유리화 설비의 유리 구조	271
〈그림 3- 6〉 유리화 설비 용융로	272
〈그림 3- 7〉 울진 유리화 설비 시설	272
〈그림 3- 8〉 드럼핵종분석장치 검출기 및 컨베이어	275
〈그림 3- 9〉 드럼측정 대기중(이송용 컨베이어)	275
〈그림 3-10〉 방폐물 운반선 “청정 누리호”	276
〈그림 3-11〉 절차공고에 따른 부지선정 절차 및 일정	300
〈그림 3-12〉 한국방사성폐기물관리공단(창립) 사무식	305
〈그림 3-13〉 공단 본사 경주이전	306
〈그림 3-14〉 운반선박 주요제원	313
〈그림 3-15〉 월성원전 물양장에 입항한 운반선박	319
〈그림 3-16〉 인수저장건물로 반입된 방사성폐기물	319
〈그림 3-17〉 방폐장 지상지원시설 및 사무동 전경	338
〈그림 3-18〉 동굴 입구	339
〈그림 3-19〉 운영동굴 라이닝 철근대차	339
〈그림 3-20〉 횡갱 연결부 기초(인버트) 철근조립	340
〈그림 3-21〉 인수저장건물내 방폐물 인수검사설비	340
〈그림 4- 1〉 심층방어 개념	351
〈그림 4- 2〉 다중방호 설비	353
〈그림 4- 3〉 안전설비	355
〈그림 4- 4〉 안전관리체계	358
〈그림 4- 5〉 세계원전사업자협회 안전점검	360
〈그림 4- 6〉 SA · CAP · PG개념도	361

〈그림 4- 7〉 제16회 원자력안전의 날 기념식	364
〈그림 4- 8〉 국내원전 내진성능 개선방안	382
〈그림 4- 9〉 국내 기관 지진관측소 위치도	389
〈그림 4-10〉 방사선관리구역 출입구 모습	395
〈그림 4-11〉 휴대형 공기공급 호흡방호장비 착용모습	398
〈그림 4-12〉 국가 방사능 방재대책 체계도	404
〈그림 4-13〉 방사능 방재훈련 모습	406
〈그림 4-14〉 녹색경영대상 표창장	415
〈그림 4-15〉 녹색기업 지정서	415
〈그림 4-16〉 원자력발전소 온배수 순환도.....	421
〈그림 4-17〉 온배수(위)/자연해수(아래)에서 월동한 넙치 비교	423
〈그림 4-18〉 영광원자력 온배수이용 해양생물전시관	424
〈그림 4-19〉 월성원자력 온배수이용 양식장	425
〈그림 4-20〉 해양환경 보전활동	426
〈그림 5- 1〉 기술개발 추진 체계	445
〈그림 5- 2〉 원전 기술개발 단계	446
〈그림 5- 3〉 원전 기술의 발달 과정	447
〈그림 5- 4〉 지식경제부 주관 원전기술개발사업 구도	448
〈그림 5- 5〉 사업추진 체계 및 절차	450
〈그림 5- 6〉 사업 분류	455
〈그림 5- 7〉 과제선정 및 수행절차	457
〈그림 6- 1〉 국내 원자력사업 품질보증 체계	477
〈그림 6- 2〉 한국수력원자력(주) 품질보증체계도	478
〈그림 6- 3〉 단계별 품질보증활동 종합	480
〈그림 6- 4〉 원자력 건설사업 추진 조직	481

〈그림 7- 1〉 한수원 그린미션 및 발전소 라이브	518
〈그림 7- 2〉 대한민국녹색에너지대전 및 월성원자력본부 홍보관 ...	521
〈그림 7- 3〉 “대한민국 원전홍보관”을 시찰하고 있는 이명박 대통령과 말레이시아 정부 각료	526
〈그림 7- 4〉 IAEA와 한국원자력 문화재단 MOU 체결	527
〈그림 7- 5〉 한-말레이시아 원자력에너지 포럼	527
〈그림 7- 6〉 프랑스 원자력인재양성 학교장 초청강연회	528
〈그림 7- 7〉 제8차 한-불 원자력홍보세미나	528
〈그림 7- 8〉 원자력탐구올림피아드 최종심사	529
〈그림 7- 9〉 원자력 찬반토론회	530
〈그림 7-10〉 전국 대학생동아리 발대식('10.4.2.)	530
〈그림 7-11〉 원자력일일교사(도림초, '10. 9. 9)	531
〈그림 7-12〉 원전수출산업관 개관식	532
〈그림 7-13〉 행복한 원자력 페스티벌	532
〈그림 7-14〉 원자력뮤지컬	533
〈그림 7-15〉 제19회 원자력공모전 시상식	533
〈그림 7-16〉 원자력이해나눔사업(경남교육청)	534
〈그림 7-17〉 교원직무연수(8.29, 여성프라자)	534
〈그림 7-18〉 찾아가는 에너지체험전	535
〈그림 7-19〉 에너지없는 세상체험	535
〈그림 7-20〉 서울과학축전	535
〈그림 7-21〉 SBS ‘뉴스와 생활경제’ 방영분	536
〈그림 7-22〉 재단이 제작한 EBS 다큐프라임 ‘원자력, 공존을 꿈꾸다’ 방영분	536
〈그림 7-23〉 SBS 8시뉴스 방영분	537

〈그림 7-24〉 여성잡지 게재기사	537
〈그림 7-25〉 '10년도 원자력발전소 시찰교육 시행 전후 이해도 변화 ...	538
〈그림 7-26〉 원자력 스토리텔링 공모전 시상식	538
〈그림 7-27〉 온라인 게임 개발	539
〈그림 7-28〉 어린이 대상 정보제공	539
〈그림 7-29〉 수상을 축하하는 서상기 국회의원(右)과 정만기 지경부 정보통신사업정책관(左)	539
〈그림 7-30〉 격월간지 원자력문화 표지	540
〈그림 7-31〉 지원금 및 지방세 흐름도	554
〈그림 7-32〉 발주법 개정연혁	555
〈그림 7-33〉 한수원 사회봉사단 조직	566
〈그림 7-34〉 2010년 주요활동	566
〈그림 7-35〉 민들레홀씨기금 현황	567
〈그림 8- 1〉 UAE 원전사업 추진 체계	629
〈그림 8- 2〉 미국 및 캐나다 원전 부지 현황	650
〈그림 8- 3〉 일본 원전 부지 현황	652
〈그림 8- 4〉 중국 원전 부지 현황	654
〈그림 8- 5〉 인도 및 파키스탄 원전 부지 현황	658
〈그림 8- 6〉 유럽 원전 부지 현황	670

제1편 원자력발전정책

>>> 제1장 국내·외 에너지정세

>>> 제2장 전력수급기본계획

>>> 제3장 원자력발전 정책 방향

제1장 국내·외 에너지정세

지식경제부 에너지자원정책과 주무관 박재탁

제1절 개 요

2008년 세계 금융위기로 급락하였던 에너지가격은 2009년 이후 주요 국가의 경기회복에 따른 에너지수요 증가로 꾸준히 상승하고 있다. 특히 중국, 인도 등 아시아 개도국의 경제성장에 따른 수요급증으로 세계 에너지가격은 지속적으로 상승하였다. 이에 더해 2010년 12월 튀니지를 시작으로 2011년 2월 리비아까지 확산된 북아프리카·중동지역의 정정불안 및 소요사태로 세계 에너지가격은 급등하였다.

국제 원유가격은 서부텍사스산원유(WTI)의 경우 2009년 1월 30달러대에서 꾸준히 상승하여 2010년에 70~80달러를 중심으로 등락을 거듭하다, 2010년 12월 이후 90달러대를 돌파하였고 2011년 4월에는 113달러대까지 치솟았다. 아시아 지역에 판매되는 원유의 기준가격이 되는 중동산 두바이 원유가격도 2010년 12월 90달러대를 돌파하였고 2011년 4월에는 119달러대까지 상승하여 6월 현재까지도 110달러 안팎을 유지하고 있다. 산유국과 소비국들은 70~80달러의 가격수준을 비교적 적정한 것으로 인식해 왔다. 이는 경제회복을 저해하지 않으면서도 오일샌드 개발이나 심해유전 개발과 같은 고비용의 석유개발의 경제성을 확보할만한 수준이라는 것이다. 또한, 이러한 유가 수준은 대체 에너지원에 대한 투자를 촉진시키고, 에너지 소비절약과 효율향상에 힘

써야 할 만큼 충분히 비싼 수준이기도 하다는 인식이다. 그러나 석유수요 증가와 북아프리카 및 중동 산유국의 정정불안으로 그 범위를 이탈하여 고유가가 지속되고 있는 상황이다.

석유수요는 중국과 인도를 비롯한 개도국의 수요증가에 힘입어 본격적인 증가세를 보이고 있다. 국제에너지기구(IEA)는 세계 석유수요가 2009년 2/4분기를 저점으로 회복되기 시작하여 2009년 4/4분기에는 전년 동기대비 1.3%(하루 114만배럴) 증가하였고, 2010년 4/4분기에는 하루 8,943만배럴로 전년동기대비 3.8%(하루 325만배럴) 증가한 것으로 보고하였다. 올해 1/4분기에는 하루 8,840만배럴의 수요를 기록하고 있다. 석유수요 증가는 비OECD국가가 주도하고 있는데 비OECD 국가의 석유수요는 2008년 4/4분기 하루 3,770만배럴에서 2009년 4/4분기에는 하루 4,015만배럴로 증가하였고, 2010년 4/4분기에는 하루 4,267만배럴로 크게 증가하였다. 특히 중국의 석유수요는 2008년 4/4분기 하루 762만배럴에서 2009년 4/4분기에는 하루 847만배럴로 증가하였다. 2010년 4/4분기에는 하루 967만배럴로 전년동기 대비 14%의 큰 폭의 증가를 보였고 세계석유수요에서 차지하는 비중도 약 11%로 꾸준히 증가하였다.

석유를 비롯한 에너지가격 상승 외에도 국제 에너지정세는 우리와 같이 해외에서 에너지를 도입해야 하는 국가들에게 불리하게 전개되고 있다. 특히 2000년대 중반 에너지가격의 급등시기를 거치면서 또다시 자원민족주의의 부상이 두드러지고 있다. 세계 각국의 자원민족주의 및 국유화 경향으로 산유국 국영석유회사 보유 매장량은 세계 매장량의

70%에 달하는 데 반해 국제석유기업들이 완전히 접근가능한 매장량은 7% 수준에 불과한 것으로 알려지고 있다. 과거 1970년대의 자원민족주의는 세계열강의 식민지배 또는 제국주의의 영향에서 산유국의 독립과 자주권을 확보하기 위한 것으로, 자국의 경제 및 정치적 위상을 높이려는 이데올로기적 성격이 강하였다. 그러나 새로 대두된 자원민족주의는 자원보유국들이 부존자원에 대한 국가 통제를 강화하여 자국의 수익 배분 몫을 증대시키고 시장지배력을 강화하려는 경제적 목적이 강하다고 볼 수 있다. 에너지가격이 상승하는 상황에서 자원보유국들은 사회적 비용 지출 및 경제개발에 요구되는 재원확보를 위해 국제석유회사(IOC)에 대한 압박을 강화할 필요가 있다는 것이다. 특히 일부 산유국들에서는 과거에 추진했던 에너지산업의 민영화가 국부의 해외유출만 초래했다고 판단하는 분위기가 팽배하였고 이에 따라 자원보유국들은 자원에 대한 국가 통제를 확보하기 위한 수단으로서 자국 국영 에너지기업의 자원개발프로젝트 참여를 확대하고 있다. 또한 자원보유국들은 자산몰수나 전면적 국유화 조치보다는 계약 내용의 변경과 관련 법률의 개정을 통해 자원을 통제하고 정부 수입을 확대해 나가고 있다. 예를 들어 베네수엘라는 석유산업 활성화를 위해 최근 오리노코 유전개발에 해외기업들의 신규투자를 유치하면서 정부가 60% 이상의 지분을 확보하여 국영석유기업인 PDVSA가 지배주주가 되어 관리할 계획이며, 로열티와 소득세를 인상하여 정부 수입의 확대를 꾀하고 있다.

새로운 자원민족주의의 대두는 필연적으로 에너지 부문의 투자 감소와 생산비용 증가로 이어질 수밖에 없다. 즉, 자원민족주의는 IOC의 석

유자원에 대한 접근성을 제약하여 투자의 부진을 가져오므로 공급이 감소하여 장기적으로 고유가의 원인이 될 수 있다는 것이다. 그리고 산유국의 국영석유회사들(NOC)은 IOC에 비해 기술이 부족하고 운영 효율성이 낮은 것이 일반적이므로 IOC의 석유자원에 대한 접근 제한은 생산량 감소와 더불어 생산비용 상승을 초래할 수 있다. 이와 함께, 자원보유국들의 자원판매수입이 생산시설 확충을 위한 재투자로 이어지지 않을 경우, 여유 공급능력의 부족으로 인해 자원가격의 변동성을 확대시킬 가능성이 있다. 또한 러시아, 남미 등을 중심으로 부각된 새로운 자원민족주의 경향이 자원개발에 대한 세금 강화 등 자원보유국 정부의 통제력 및 자원개발수익확대 움직임으로 호주, 중국, 캐나다 등으로 확산되고 있어 해외자원개발의 진입장벽이 가중될 가능성이 높아지는 상황이다.

여기에 더해 지난 수년간 제기되어 온 가스수출국들의 카르텔 결성 가능성은 국제 에너지시장에서 또 다른 불안요인이 되고 있다. 주요 천연가스 생산국들이 대거 참여하고 있는 가스수출국포럼(GECF)이 2008년 12월 비공식적인 정책협의체 성격의 모임에서 사무국과 정관을 갖춘 공식적인 상설기구로 전환하여 가스시장에 대한 지배력을 강화하려는 움직임을 보이고 있다. 하지만 현실적인 문제점이 적지 않아 석유수출국기구(OPEC)과 같은 카르텔의 구축을 이루지는 못하였고, 2010년 4월 천연가스 가격 회복을 위해서 천연가스 가격을 원유에 연동시키는 방안을 추진하기로 합의하였다. 그러나, 청정에너지원으로서 천연가스에 대한 수요가 증가하는 상황에서 국가별 매장량 분포가 석유보다 더 편중되어 있는 사실을 감안할 때, 최대 가스 매장량을 보유하고

있는 국가들을 주축으로 한 가스수출국들의 결속력 제고 움직임은 가스 카르텔 실현에 대한 우려를 계속하게 한다.

자원민족주의 경향에 더하여 국제 에너지시장에서 주요 에너지자원 소비국들의 자원확보 경쟁이 심화되고 있다. 특히 중국의 등장은 우리나라 등 에너지 도입국들 사이에 더 치열한 경쟁을 야기하는 요인이 되고 있다. 중국 정부는 2조 달러 이상의 외환보유고를 바탕으로 정부주도로 3대 국영석유회사(CNPC, CNOOC, Sinopec)를 통해 해외석유회사의 인수와 지분 매입, 생산유전의 매입 등에 매우 공격적으로 나서고 있다. 또한 중국은 에너지 전략의 하나로 석유 및 천연가스 생산국과의 관계를 발전시키기 위해 정상외교 등 쌍무관계 중심의 적극적인 외교 전략과 자원부국 다자간 협력채널 구축을 주도하고 있으며, 아프리카 등 신흥 자원개발 대상지역들에 대한 투자와 차관, 부채탕감 등을 통한 자원확대와 외교력 집중을 통해 에너지자원 협력 및 프로젝트 확보를 위한 기반 강화에 노력하고 있다.

한편, 교토의정서 1차 공약기간(2008~2012) 이후의 온실가스 감축 의무 체제로서 Post-2012 체제를 위한 협상이 계속되었다. 2009년 12월에 코펜하겐에서 열린 제15차 유엔기후변화협약 당사국 총회에서는 포스트-교토 체제에 관한 법적 구속력이 있는 합의를 이루지 못하고 포괄적인 정치적 합의로 총회 결정문에 ‘주요국이 합의한 코펜하겐 합의문을 주목한다’는 문안을 포함시키는 수준에서 마무리 되었다. 코펜하겐 합의문(Copenhagen Accord)에는 장기적으로 지구 온도를 2℃ 이내의 상승으로 억제한다는 숫자만 들어가 있을 뿐 다른 숫자는 확정되지

않았으며, 현 교토의정서의 의무감축국(Annex I 국가) 및 비의무감축국(non-Annex I 국가) 체제는 그대로 유지되었지만 의무감축국 및 비의무감축국 모두 2010년 1월 31일까지 감축목표 또는 감축행동을 UNFCCC(United Nations Convention on Climate Change) 사무국에 제출하도록 하였다. 총회에서 우리나라가 제안한 개도국의 독자적 감축행동 등록부(NAMA Registry)가 합의문의 일부로 포함되었는데, 국제적 지원을 받는 개도국의 감축행동은 등록부에 등록하여 국제적 측정, 보고, 검증(MRV)을 받도록 하는 것이다. 재정지원을 위한 자금조성은 2010~2012년까지 선진국이 총 300억 달러, 부담국 명시 없이 2013~2020년까지 매년 1000억 달러 목표를 설정하고 있지만 국가별 부담수준은 결정되지 않았다.

2010년 12월 멕시코 칸쿤에서 열린 제16차 기후변화협약 및 6차 교토의정서 당사국총회(COP-16/CMP)에서는 코펜하겐합의문의 골자를 그대로 반영하여 194개국 당사국 가운데 193개국의 찬성으로 선진국의 재정지원 규모 명기, 개도국 감축행동 검증 강화 등을 내용으로 ‘칸쿤합의’(Cancun Agreement)가 성공적으로 도출되었다. 전 세계의 기대를 모았던 2009년 코펜하겐 당사국총회의 실패로 협상 동력이 크게 상실된 상황에서 칸쿤합의 도출에 성공함으로써 UN이 표방하는 다자주의와 이에 기반하여 진행되어 온 협상 프로세스에 대한 신뢰를 일부 회복하였다. 비록 Post-2012 협상의 최종 타결은 남아공 더반에서 열릴 차기 당사국 총회(COP-17)로 연기되었고 그 내용 또한 기본적인 방향성을 제시하는 수준이지만 개도국의 기후변화 대응을 위해 녹색기

금을 마련키로 하는 등 국제사회의 기후변화대응 공동 노력을 지속할 수 있게 되었다. 교토의정서 하에서 선진국에만 부과되는 감축의무는 선진국 전체 감축량을 정하고 그 안에서 각국의 감축량을 나누어 정하는 방식이었다. 이에 반해 코펜하겐합의 및 이를 사실상 계승한 칸쿤합의에서는 선진국들이 전체적인 감축목표 없이 각자의 감축목표를 자발적으로 기재하게 하는 교토의정서와는 전혀 다른 방식이 명문화 되었으며, 우리나라의 비의무감축국 지위는 유지되고 선진국의 지원을 받지않는 자발적 감축행동도 국제사회의 인정을 받게 되었다.

우리 정부는 이러한 국제 에너지정세의 변화에 대응하여 해외자원개발 역량의 강화와 에너지 공급기반을 확충을 통해 에너지공급의 안정화를 위해 노력하고 있다. 지속적인 해외자원개발 정책의 추진을 위해서 2010년 12월 제4차 해외자원개발기본계획(2010~2019)을 수립하여 해외자원개발의 역량 강화를 위한 전략을 수립하였다. 자원개발 공기업의 대형화 및 전문기업육성을 통하여 석유개발 기업 M&A, 유연탄·우라늄 등의 생산광구 지분 인수를 지속적으로 추진하고, 민간기업의 해외자원개발 투자 활성화를 위해 정부 용자의 민간기업 지원강화, 매장량기초금융(Reserve Based Financing) 활성화, 무역보험공사 및 수출입은행과 같은 국책금융기관의 해외자원개발 지원 강화 등으로 해외자원개발 지원을 지속적으로 확대하고 있다. 아울러 자원부국에 대해서는 정상급 외교를 전개하고 자원개발 동반진출 활성화를 위한 전략적 에너지자원 협력을 강화하고 있다. 에너지 공급기반 확충을 위해서는 에너지지원별로 추진 계획을 수립하였다. 석유는 제 3차 석유비축계획에 따라

비축기지 건설 목표 달성과 동북아 오일허브 구축사업을 추진하고 있다. 천연가스는 2010년 12월 제 10차 장기천연가스수급계획(2010~2024)을 수립하여 단기 물량과 중장기물량의 적정 배분을 통한 공급안정성 및 효율성 확보, 도입선 다변화를 통해 공급안정성과 구매협상력 제고, 도입조건의 유연성 확보로 불확실한 시장상황 대처, 해외자원개발 도입확대 등의 전략으로 천연가스 도입을 추진할 계획이다. 전력의 경우, 중장기 수급안정을 위해 2010년 12월 제5차 전력수급기본계획(2010~2024년)을 수립하였다. 2010년 4월 신울진 원전 1·2호기를 착공하였고 신고리 원전 1호기가 2011년 2월에 준공되어 상업운전에 들어갔으며 2024년까지 원전설비 비중을 32%까지 확대할 계획이다.

한편으로 정부는 비용효과적인 국가 온실가스 감축목표 이행전략을 수립하여 추진할 계획이다. 우선 에너지 목표관리제를 온실가스 부문 별·산업별 할당과 연계하여 온실가스·에너지 목표관리제로 확대하여 2012년부터 본격 시행할 계획이다. 또한 배출권거래제 도입을 위한 법안이 국회에서 논의중이며 법안이 통과되면 배출권거래제는 2015년부터 시행될 예정이다. 온실가스 감축에 소요되는 자금 지원책으로는 온실가스 감축시설에 대한 금융·세제 지원을 실시하고, 수출입은행 등과 함께 탄소펀드를 조성하여 국내외 온실가스 감축사업에 투자할 계획이다.

이와 더불어 강력한 에너지절약시책을 추진해 나갈 방침이다. 먼저 에너지절약을 유도하기 위해 원가 및 환경비용을 반영할 수 있도록 에너지가격체계를 개선할 계획이다. 원가보다 낮은 에너지가격을 단계적

으로 원가수준으로 인상하고, 환경오염·교통체증·에너지안보 위험 등 외부효과를 적정 수준으로 원가에 반영한다는 것이다. 또 사회 취약 계층에 최소한의 에너지 사용을 보장하고, 지리적·사회적 여건에 따라 차별적인 에너지비용이 부담되지 않도록 에너지원별 상대 요금수준을 조정한다는 것이다. 석유류와 같이 자유화된 시장에서는 경쟁을 촉진하는 한편, 전력·가스·열 등 정부 규제가격은 도덕적 해이를 방지하기 위한 유인규제를 도입한다는 것이다.

다음으로 소비부문별로 에너지 절약시책을 추진할 계획이다. 산업부문에서는 에너지다소비 사업장을 중심으로 온실가스·에너지 목표관리제를 통해 에너지소비와 온실가스 배출 총량을 관리하며, 중소기업에 대한 자발적 협약 및 에너지 진단사업을 실시하여 에너지절약 설비투자와의 연계성을 강화할 계획이다. 가정·상업부문에서는 건물의 신·개축에 대한 관련 의무와 지원을 동시에 강화하고, 에너지사용기기의 효율향상 기준을 상향조정할 계획이다. 수송부문에서는 차종별 연비기준을 단계적으로 강화하며, 연비측정 간소화 등을 통해 규제의 실효성을 확보할 계획이다. 공공부문은 공공기관에 대해 전년대비 3% 에너지소비 절감을 강력히 추진할 계획이다.

제2절 세계 에너지 전망

1. 세계 총에너지 수요 전망

세계 에너지수요는 IEO(International Energy Outlook) 2010 기준시

나리오(reference case) 전망에 따르면 2007~2035년까지 49% 증가할 것으로 전망된다. 국제 유가와 천연가스 가격 상승이 장기적으로 에너지수요를 다소 둔화시키는 요인으로 작용하겠으나, 개발도상국(Emerging economies) 특히 중국과 인도의 고성장이 예상되어 세계 에너지 수요 증가율은 높은 수준을 유지할 전망이다.

총 에너지수요는 2007년 49만5천조 Btu(quadrillion british thermal units : Qbtu)에서 2020년에는 59만5백조 Btu, 2035년에는 73만8천7백조 Btu로의 증가가 예상된다.

〈표 1-1〉 세계 총 에너지 소비 및 수요 전망

(단위 : 천조Btu)

구 분	소비실적			수요전망					연평균 증가율(%) '07 ~ '35
	'05	'06	'10	'15	'20	'25	'30	'35	
OECD	243.8	244.1	245.7	246.0	254.2	263.2	271.4	280.7	0.5
북미	122.4	121.8	123.7	124.3	129.4	134.9	140.2	146.3	0.6
유럽	82.4	82.9	82.3	82.0	83.0	85.0	86.5	88.2	0.2
아시아	39.0	39.5	39.7	39.7	41.8	43.3	44.8	46.3	0.5
Non-OECD	229.0	239.0	249.5	297.5	336.3	375.5	415.2	458.0	2.2
러시아 등	50.4	51.0	51.5	52.4	54.2	56.2	57.8	60.2	0.6
아시아	112.6	119.6	127.1	159.3	187.8	217.0	246.9	277.3	2.8
중국	68.4	73.0	78.0	101.4	121.4	142.4	162.7	181.9	3.1
인도	17.5	18.8	20.3	24.3	28.2	31.1	34.1	37.6	2.2
중동	22.8	23.9	25.1	32.9	36.5	39.1	41.8	45.7	2.2
아프리카	17.2	17.3	17.8	20.8	22.5	24.6	26.5	29.0	1.8
중남미	26.0	27.1	28.0	32.1	35.5	38.7	42.2	45.7	1.8
총계	472.7	483.1	495.2	543.5	590.5	638.7	686.5	738.7	1.4

비 OECD 국가인 개발도상국의 에너지수요는 2007~2035년 기간 중 연평균 2.2%씩 증가할 것으로 전망되어 2035년에는 2007년 수준에 비해 84%나 늘어날 것으로 예상된다. 반면, OECD 국가들의 같은 기간 에너지수요 증가율은 연평균 0.5%에 불과할 것으로 전망된다. 그 결과 비 OECD 국가의 에너지 소비비중이 2007년 50%에서 2035년 62%로 늘어날 것으로 보인다.

비 OECD 국가들 중 아시아권이 가장 활발한 성장세를 나타내 에너지 소비는 2007년에서 2035년까지 118% 증가할 전망이다. 특히 중국과 인도는 비 OECD 국가 중 가장 빠르게 경제가 성장하는 국가로서 이들 국가가 미래에 주요 에너지 소비국이 될 것이다. 1990년 이후 양국의 세계 에너지 소비에서의 비중은 대폭 증가해왔다. 중국과 인도의 1990년 세계 에너지 소비 비중은 약 10%이었으나, 2007년 20%에 이르렀으며, 전망기간 중 양국의 경제성장률 강세에 힘입어 2035년 30%에 이를 것으로 예상된다.

한편 전망기간 동안 중동에서 82%, 중남미와 아프리카에서 63% 정도의 증가가 예상되며, 비 OECD 유럽과 유라시아의 에너지 소비는 인구감소와 설비대체에 의한 에너지효율 향상 등 복합 요인에 의해 보다 낮은 증가세를 보여 17% 정도 증가할 전망이다.

반면 미국의 세계 에너지 소비에서의 비중은 2007년 21%에서 2035년 16%로 낮아질 전망이다.

2. 부문별 최종에너지 수요 전망

최종수요부문(end-use sector)의 에너지 믹스는 석유가 주종을 이루는 수송부문을 제외하면 이용 가능 에너지원, 경제수준, 정치적·사회적 요인, 인구 등에 따라 다양성을 나타내고 있다.

가. 가정부문

전 세계적으로 가정부문의 에너지수요는 2007년을 기준으로 전체 에너지 소비의 14%를 차지하고 있다. 가정부문 에너지 소비는 2007~2035년 기간 동안 비 OECD 국가는 연평균 1.9%, OECD 국가는 연평균 0.4% 증가하여 2007년 5만조 Btu에서 2035년에 6만9천조 Btu로 증가할 전망이다. 국가마다 가정부문의 에너지 소비 구조는 매우 다양하게 나타나고 있는데 이는 국가별 소득수준이나 자원보유량, 기후 및 에너지 인프라가 다르기 때문이다.

일반적으로 OECD 국가들의 전형적인 가정은 비 OECD 국가들의 가정보다 더 많은 에너지를 사용하는데, 이는 OECD 가정이 더 높은 소득수준을 바탕으로 더 큰 집과 에너지 소비 기기를 더 많이 구입하기 때문이다. 예를 들어, 미국의 2007년 1인당 GDP는 약 4만3천 달러(2005년 불변 미국 달러 기준)이었고, 1인당 가정용 에너지 소비는 약 3천7백만 Btu로 추산된다. 반면 중국의 2007년 1인당 소득은 미국의 1/8에 불과하며, 1인당 에너지 소비는 4백만 Btu 수준이었다.

IEO 2010가 시장에서 거래되는 에너지를 기준으로 전망하고 있어 비 OECD 국가들의 가정에서 아직도 난방이나 취사용 연료로 나무나 폐기

물 등과 같이 거래되지 않는 전통적인 에너지원에 크게 의존하고 있는 점을 고려할 때 실제 소비 에너지는 전망치보다 높은 수준일 것이다. 아프리카의 대다수 지역이 전력망에 연계되지 않았으며, IEA는 아프리카 사하라이남 지역의 인구 70% 이상이 전기를 사용하지 않는 것으로 추정하고 있다. 또 현재 세계 인구의 약 37%가 취사용 연료로 나무와 농업 폐기물 등을 사용하고 있다. 중국과 인도의 일부 지역에서도 취사용 연료로 나무, 목재 폐기물 및 숯에 크게 의존하고 있다. 이들 지역에서도 향후 지역경제가 발전함에 따라 전통적 에너지가 전기나 프로판과 같은 거래되는 에너지로 대체될 전망이다.

나. 상업부문

서비스 부문 혹은 서비스·공공 부문으로 일컬어지는 상업부문은 서비스를 제공하는 비즈니스, 기관, 기구 등으로 구성되며, 여러 다른 형태의 건물과 광범위한 활동 그리고 에너지관련 서비스를 포괄한다. 일반적으로 상업 에너지는 공간난방, 온수·급탕, 조명, 취사, 냉방 등의 서비스 제공 용도로 소비되며, 교통신호와 상하수도 서비스 등과 같이 건물과 무관한 서비스용 에너지도 포함한다.

경제동향과 인구증가는 상업부문 활동을 증가시키고 이에 따른 에너지 소비에 영향을 주며, 경제성장 역시 추가적인 상업활동 수준 결정에 영향을 미친다. 이런 특성으로 인해 일반적으로 OECD 국가의 상업부문 에너지원단위(에너지소비/GDP)가 비 OECD 국가의 그것에 비해 크게 나타나고 있다. 2007년에 비 OECD 국가의 에너지원단위는 GDP 1달러

당 281 Btu에 불과한데 반해 OECD 국가의 에너지원단위는 GDP 1달러 당 522 Btu를 기록하였다.

OECD 국가들의 인구증가 둔화 및 지속적인 에너지효율 개선은 전망 기간 동안 상업부문 에너지수요 증가를 억제하는 요인으로 작용할 것이나 경제성장에 따른 비즈니스 활동 증가는 상업용 에너지수요를 증가시키는 요인으로 작용하기도 한다. 미국은 OECD 국가 중 상업용 에너지 소비가 가장 많은 나라이며 전망기간 동안에도 이러한 추세는 이어져 2035년에는 OECD 국가 상업용 총에너지수요의 45%를 점유할 것으로 전망된다. 비 OECD 국가에서는 경제활동과 상업이 급속히 증가하여 서비스부문의 추가적 에너지수요가 발생할 것으로 예상된다. 인구증가도 OECD 국가들보다 더 급격할 것으로 예상되는데, 이는 교육, 건강관리, 사회복지 등이 증가하고 그에 따른 에너지수요도 증가할 것이라는 것을 의미하는 것이다. 상업건물 증가에 따른 에너지수요도 상당하여 비 OECD 국가들의 상업부문 에너지 소비는 2007년에서 2035년까지 2.7% 증가할 것으로 전망된다.

다. 산업부문

향후 세계 산업부문의 에너지 소비는 연평균 1.3%씩 증가하여 2007년 18만4천조 Btu에서 2035년 26만2천조 Btu를 기록할 전망이다. 2007년 현재 비 OECD 국가들이 전 세계 산업부문 에너지 소비의 60%를 점유하고 있으며, 2035년까지 연평균 1.8% 증가할 것으로 예상된다. 반면, OECD 국가들은 제조업형 경제에서 서비스형 경제로 산업구

조가 변경됨에 따라 연평균 0.2%의 낮은 증가세를 나타낼 전망이다.

산업부문 에너지 소비 증가의 95%는 비 OECD 국가들에서 발생하며, 2035년 비 OECD 국가들의 전 세계 산업부문 에너지 소비 점유율은 71%에 이를 것으로 예상된다.

화학, 철강, 비금속 광물, 종이·펄프, 비철금속 등 5개 업종이 산업부문 에너지 소비의 50%를 차지하고 있으며, 일반적으로 산업부문 에너지 수요의 크기나 구성은 이들 업종의 에너지 소비에 의해 결정된다. 에너지 소비가 가장 큰 업종은 화학업종으로 2007년 현재 전 세계 산업부문 에너지 소비의 22%를 차지하고 있으며, 석유화학의 원료 소비는 화학업종 에너지 소비의 60%를 점유한다. 높은 석유가격에도 불구하고 아시아와 중동지역의 생산능력 확충으로 전망기간 동안 석유화학업종의 성장이 전망된다. 산업부문 에너지 소비의 15%를 차지하는 철강 업종은 현재 제품 생산의 2/3를 고로가 담당하고 있다. 비금속 광물은 산업부문 에너지 소비의 10%를 차지하고 있으며, 이중 시멘트가 85%를 소비하고 있다. 종이·펄프는 산업부문 에너지 소비의 4%를 점유하며, 전 세계 종이 생산은 증가하지 않을 것으로 예상되지만 비 OECD 국가의 종이 수요증가가 생산 감소를 억제할 전망이다.

라. 수송부문

수송부문 에너지 소비에 있어서도 경제활동과 인구증가가 추세를 결정짓는 중요한 요소이다. 경제성장은 원자재의 이동과 최종 제조상품의 최종사용자제로의 이동이 필수적인 산업 산출물 증가를 촉진시킨다. 수

송부문 에너지 소비는 2007~2035년 기간 동안 비 OECD 국가는 연평균 2.6%, OECD 국가는 연평균 0.3% 증가할 것으로 전망되는 가운데 세계 액체연료 소비에서 차지하는 수송부문의 비중은 2007년 53%에서 2035년에는 61%로 증가가 예상된다. 비 OECD 국가가 전망기간 중 에너지 소비 증가세가 높은 것은 일인당 소득 증가에 의한 승용차보급 증가와 수송시스템 현대화의 진행에 의한 것이다.

비 OECD 국가와 OECD 국가 모두에서 사람 이동을 위한 수송수요가 완만하게 증가할 것이라는 점이 수송부문의 에너지 수요증가 전망 기저에 있는 일차적인 요소이다. 경제성장에 따라 도시화율이 올라가고 개인소득이 증가하면서 항공여행과 1인당 보유차량 대수 증가가 진행될 것이다. 경제성장 결과 화물운송을 위한 트럭사용이 수송용 연료수요 증가를 주도할 것이며, 국가 간 무역이 증가함에 따라 항공이나 해운화물 운송량도 빠르게 증가할 것으로 예상된다.

3. 에너지원별 수요 전망

전망기간(2007~2035)동안 모든 에너지원의 소비가 증가할 것으로 전망된다. 국제유가가 전망기간 동안 상대적으로 높은 수준을 유지할 것으로 예상됨에 따라, 비전통 액체연료를 포함한 원유, 콘덴세이트, NGL 등의 액체연료는 전망기간 중 연평균 0.9%의 가장 낮은 수요증가율을 나타낼 것으로 전망된다. 비전통 액체연료는 바이오연료, GTL(Gas-to-liquids), CTL(Coal-to-liquids), 초중질유, 오일셰일 및 비투멘 등을 포함한다.

재생에너지는 에너지원 중 가장 높은 소비 증가율이 기대되는 에너지원으로 연간 2.6% 소비 증가가 예상된다. 화석연료 사용의 환경적 영향에 대한 우려 증가와 대부분의 국가에서 재생에너지 확대를 위해 정부 차원에서 강력한 인센티브정책을 도입함과 함께 높은 유가 전망치로 인해 전 세계 재생에너지원의 전망은 밝다.

석유제품 등 액체연료는 전망기간 동안 최대 에너지원의 위상을 유지하겠지만, 높은 가격 수준 때문에 세계 에너지 수요에서 차지하는 비중은 2007년 35%에서 2035년 30%로 낮아질 것으로 예측된다. 2007~2035년 동안 전 세계적으로 가정, 상업 및 전력부문에서의 액체연료 소비는 감소하나 수송용 소비는 국제유가의 상승에도 불구하고 연평균 1.3% 증가할 전망이다. 주요한 기술발전이 없는 상황에서는 액체연료는 수송시장에서 지배적인 위치를 유지할 것으로 보인다.

산업부문 액체연료 소비는 효율 증진과 연료대체로 인해 낮은 증가세를 나타낼 전망이다. 전망기간 중 비 OECD 국가는 연평균 1.2% 증가하나 OECD 국가는 연평균 0.3% 감소할 전망이다.

천연가스는 열량당 가격이 석유보다 낮고 석탄, 원자력 및 신재생 에너지보다 덜 자본집약적이기 때문에 전 세계 발전연료로서 향후에도 중요한 위치를 유지할 전망이다. 천연가스 수요는 2007년 108조 ft^3 에서 2035년 156조 ft^3 로 연평균 1.3% 증가세를 나타내고 발전부문의 천연가스 수요는 연간 1.6%씩 증가할 전망이다.

향후에도 고유가로 인해 석유에서 천연가스로의 연료대체가 있을 것이나 2020년 이후에는 천연가스 가격도 더욱 비싸질 것으로 예상됨에

따라 소비 증가세가 둔화될 전망이다. 따라서 2007년에서 2020년까지의 연평균 증가율은 1.8%를 보이겠으나, 2020년 이후 천연가스에서 신재생, 원자력 및 석탄으로의 연료 대체로 인해 2020년에서 2035년까지 천연가스의 연평균 증가율은 0.9%로 낮아질 전망이다.

최근 세계 석탄수요는 중국의 석탄이용 증가에 기인해 빠르게 증가해 왔으며 이러한 추세는 한동안 지속될 것으로 보인다. 특히 2002~2007년 동안 세계 석탄소비는 35% 증가하였다. 석탄수요는 2007년 전체 세계 에너지수요 중 27%를 차지하였다.

세계 석탄소비는 2007년 13만2천조 Btu에서 2035년 20만6천조 Btu로 늘어나 전망기간 중 연평균 1.6% 증가하여 2035년 세계 에너지 소비의 28%를 차지할 전망이다. 전망기간 동안 세계 석탄소비 증가분의 78%는 중국, 17%는 인도 및 비 OECD 아시아 국가에 의해 발생될 것으로 예상된다.

석탄사용 증가를 제한하는 정책이나 법률이 없는 상황 하에서 중국 및 인도는 더 비싼 연료 대신 석탄에 의존할 것으로 예상된다. 특히, 중국은 전망기간 동안 세계 석탄 소비 순증가의 78%를 차지할 것으로 전망된다. 석탄 소비가 유일하게 감소할 것으로 전망되는 곳은 OECD-유럽 국가와 일본인데 이 지역의 인구증가세는 저조하거나 감소하고, 전력수요 증가세도 저조하며, 발전연료로서 석탄보다는 재생에너지원, 천연가스 및 원자력을 선택하는 경향이 있기 때문이다.

전 세계 발전량은 2035년에 35조2천억 kWh로 2007년 18조8천억 kWh보다 87% 증가할 것으로 전망된다. 비 OECD 국가들의 발전량 증

가가 강세를 보일 것으로 전망되는 가운데 연평균 3.3%의 증가세가 예상된다. 비 OECD 국가의 발전량 증가는 생활수준 향상에 따른 가전제품 수요증가와 병원, 사무실 건물, 쇼핑몰 등 상업 서비스가 확대됨에 따른 것이다. 기반시설이 잘 구축되고 인구증가율이 비교적 낮은 OECD 국가들의 발전량 증가율은 훨씬 낮을 것으로 보이는데, 전망기간 중 연평균 1.1%의 증가세를 보일 것으로 예상된다.

현재 석탄이 전 세계 발전 연료 중 가장 큰 비중을 점하고 있는데 전 세계 전력 공급량의 42%의 전력이 석탄에 의해 발전된다. 발전용 연료 수요에서 석탄의 비중은 2035년에도 현 수준을 유지할 전망이다. 여전히 가장 중요한 발전연료로 남을 것이다. 석탄 자원이 풍부한 비 OECD 아시아 지역에서는 상대적으로 높은 석유와 천연가스 가격으로 인해 발전부문에서 석탄은 보다 경제적인 에너지원 지위를 유지할 것으로 보인다.

발전원으로서의 재생에너지는 발전부문에서 가장 빠른 증가세를 보이는 에너지원이다. 2007~2035년 기간 동안 연평균 3.0%의 증가세가 예상된다. 특히 수력발전과 풍력발전에서 높은 증가율이 기대된다. 전망기간 동안 4조5천억 kWh 규모가 추가되는 신규 재생에너지 중 2조4천억 kWh(54%)가 수력발전이며, 1조2천억 kWh(26%)가 풍력발전이다. 수력과 풍력발전 외에 대부분의 재생에너지 기술은 전망기간 동안 일부 틈새시장을 제외하면 화석연료에 비해 경제적으로 경쟁력이 없다. 정부 정책과 인센티브가 전형적인 재생에너지 시설 건설의 일차적인 추진동기이다.

전 세계적으로 재생에너지 사용이 증가하는 가운데 OECD와 비 OECD 국가에서의 연료 믹스는 서로 상이한 양상을 보인다. OECD 국가의 경우 경제적으로 이용가능한 대다수의 수력 자원은 이미 개발이 되어있다. 캐나다와 터키를 제외하면 미래에 계획된 대규모 수력발전 프로젝트는 거의 없다. 대신 OECD 국가들의 재생에너지는 비수력, 특히 풍력이 될 것으로 보인다. 다수의 OECD 국가들 특히 유럽 국가들은 재생에너지 발전시설 건설을 장려하는 발전차액지원제도(feed-in tariffs), 세금 인센티브, 시장점유율 쿼타 등의 정부 정책을 시행하고 있다.

OECD 국가와 달리 비 OECD 국가들은 수력발전 중심의 재생에너지 증가가 예상된다. 중간규모에서 대규모 수력발전소의 높은 증가세는 중국, 인도 및 브라질에서 예상된다. 비 OECD 국가들에서 풍력발전 증가율도 높을 것으로 예상되는데, 가장 큰 증가는 중국으로 비 OECD 풍력발전 증가 중 80% 이상을 차지할 전망이다. 중국에서의 풍력발전량은 2007년 60억 kWh에서 2035년 3,740억 kWh로 증가할 전망이다. 그러나 중국의 풍력발전 증가량은 수력발전 증가 예상치의 약 1/2 수준에 지나지 않는다.

전 세계 원자력발전은 2007년 2.6조 kWh에서 2035년 4.5조 kWh로 증가할 전망이다. 이러한 원자력 발전 확대는 화석연료 가격 상승과 에너지 안보 및 온실가스 배출에 대한 우려가 신규 원자력발전을 지지하기 때문이다. 기존 원자력시설에서 시설 가동율이 높게 보고되고 있는 가운데 OECD 국가들과 비 OECD 유라시아 지역의 노후 원전들도 활용

도가 높은 만큼 폐쇄가 지연될 것으로 예상되고 있다.

원자력발전능력은 대부분 비 OECD 국가에서 확대될 것으로 예상된다. 중국, 인도 및 러시아가 2007년에서 2035년까지의 세계 원자력발전능력 증가의 72%를 차지할 전망이다. 전망기간 중 원자력 발전규모는 중국에서 66 GW, 인도에서 23 GW, 러시아에서 25 GW 증대될 것으로 예상된다.

그러나 원자력발전의 미래에 대한 불확실성이 여전히 남아 있으며, 많은 문제로 인해 신규 원자력발전소 건설을 더디게 할 것이다. 많은 나라에서 국민적 우려를 낳고 있는 발전소 안전성, 방사능폐기물 처리, 핵무기 확산 등이 신규 시설건설 계획을 저지할 가능성이 있으며, 자본 및 유지보수비용이 높은 것도 일부 국가에서의 원자력발전 프로그램 확대를 막는 이유가 된다.

제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망

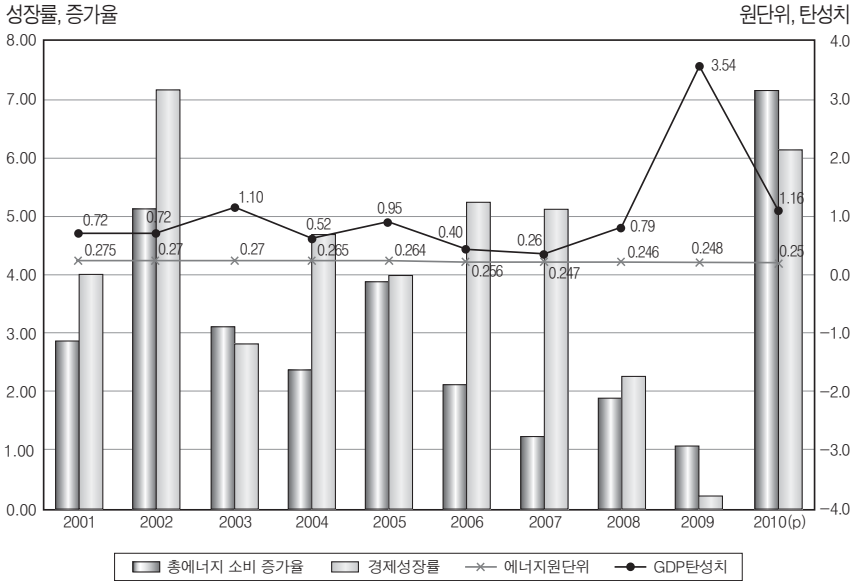
1. 국내 에너지수급 동향

가. 개 황

1998년 외환위기 이후 우리나라의 에너지수급에 나타난 가장 큰 특징은 에너지소비 증가추세가 경제 성장세보다 낮아졌다는 점이다. 1990년대 에너지소비의 GDP 탄성치는 1.16으로, 총에너지소비가 국내총생산보다 빠르게 증가하였다. 그러나 2000년대에는 에너지소비의 GDP 탄성치가 0.74로 낮아져, 1990년대와는 반대 현상이 나타났다.

외환위기를 경험한 이후 에너지소비 증가세는 안정화되고 있는 반면, 세계 경제의 글로벌화 진전 및 에너지시장 환경의 급격한 변화에 따라 에너지수급의 불확실성은 오히려 확대되는 모양새이다. 예컨대 자원민족주의 확산 및 지정학적 환경 변화 등으로 국제 유가 및 천연가스 가격의 등락 폭은 확대되고 있으며, 세계 경제여건 변화에 따라 국내 에너지 다소비산업의 경기변동은 보다 심화되는 추세이다. 한편, 기후변화협약 등 세계적인 환경규제 강화는 에너지수급 정책을 수립하는데 있어서 또 다른 제약요인으로 작용하고 있다. 에너지공급의 해외 의존도가 높은 우리나라는 이러한 세계 에너지시장 환경 변화에 대응하여 에너지 이용을 효율화하고, 에너지공급 안정성을 확보하는 정책에 높은 우선순위를 두고 있다.

우리나라 총에너지 소비는 2000~2010년 기간 중 연평균 3.1% 증가하여 경제성장률(연평균 4.1%)보다 낮은 완만한 증가세를 기록하였다. 1990년대에는 총에너지 소비가 석유화학 등 에너지 다소비업종의 빠른 성장에 힘입어 경제성장률(연평균 6.5%)보다 높은 연평균 7.5%의 증가율을 기록하였다. 그러나 외환위기 이후 산업구조 변화, 국제원유가 급등, 에너지효율 수준 개선 등에 기인하여 그 증가세가 크게 둔화되었다.



〈그림 1-1〉 GDP와 에너지소비

2000년대의 산업구조를 살펴보면, 석유·화학, 제철 등 과거 경제성장을 견인하던 에너지 다소비업종보다 에너지를 상대적으로 적게 사용하는 조립금속업 및 서비스업이 상대적으로 빠르게 성장한 것으로 나타났다. 2000~2010년 동안 3대 에너지 다소비업종의 부가가치 성장률은 연평균 3.5%에 머문 반면 전기·전자, 운송장비, 정밀기기 등 조립금속업의 부가가치는 연평균 10.4%의 성장세를 기록하였다. 에너지 소비에 영향을 미치는 주 요인 중 하나인 국제유가(두바이유 기준)는 2003년까지는 배럴당 20달러 대를 유지하였으나, 이후 가파른 증가세를 보여 2008년에 배럴당 94.3달러까지 상승, 총에너지 소비증가를 억제하는 요인으로 작용하였다.

국가 전체의 에너지효율 수준을 나타내는 에너지원단위(TOE/백만원)는 2000년 0.278에서 2010년 0.251로 연평균 1.0%의 개선율을 기록하였다. 그러나 최근 2년 동안은 에너지원단위가 악화되는 추세를 보였는데, 이는 일시적 특이요인에 의한 것으로 평가된다. 2009년의 원단위 악화는 금융위기로 경제성장률이 크게 둔화(0.3%)된 가운데 동부제철 전기로 제철공장(연산 300만 톤, '09.7월 가동) 등 에너지 다소비 업종의 신규 설비 가동으로 산업용 소비가 크게 증가한데 기인한다. 2010년에는 경기호조에 따른 기저효과, 철강설비 증설, 이상기후 요인에 의한 에너지소비 증가 등으로 에너지원단위가 악화된 것으로 판단된다. 에너지소비의 GDP탄성치도 2000년 이후 1.0 미만을 유지해오다 최근 2년간은 연속해서 1.0 이상을 기록하였다. 1인당 에너지 소비는 2000년 4.1 TOE에서 2010년 5.3 TOE로 증가하여 연평균 2.7%의 증가율을 기록하였다.

〈표 1-2〉 주요에너지 지표

구 분	단 위	'80	'90	'00	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10(p)
1차에너지소비	백만toe	43.9	93.2	192.9	215.1	220.2	228.6	233.4	236.5	240.8	243.3	260.8
(증가율)	(%)	(1.6)	(14.1)	(6.4)	(3.1)	(2.4)	(3.8)	(2.1)	(1.3)	(1.8)	(1.1)	(7.2)
최종에너지소비	백만toe	37.6	75.1	149.9	164.0	166.0	170.9	173.6	181.5	182.6	182.1	194.1
(증가율)	(%)	(1.7)	(14.0)	(4.7)	(2.2)	(1.2)	(2.9)	(1.6)	(4.5)	(0.6)	(-0.3)	(6.6)
에너지 해외의존도	%	73.5	87.9	97.2	96.9	96.7	96.6	96.5	96.5	96.4	96.4	96.6
에너지수입액	억\$	66.2	109.1	378.9	383.1	496.0	667.0	855.7	949.8	1,414.7	911.6	1,216.5
(증가율)	(%)	(76.1)	(45.1)	(66.6)	(18.6)	(29.5)	(34.5)	(28.3)	(11.0)	(48.9)	(-35.6)	(33.4)
총수입중 에너지비중	%	29.7	15.6	23.4	21.4	22.1	25.5	27.7	26.6	32.5	28.2	28.6

※ '07년 이후는 개정열량 환산계수 적용(에너지기본법 시행규칙 제5조1항)

2010년 1차에너지 소비에는 포스코(주), K-Power(주)의 직도입 · 소비량 추정치 포함, p는 잠정치

나. 에너지원별 수급 동향

에너지원별로는 '60년대에는 석탄과 신탄이 주요 에너지였으나, '70년대 들어서는 중화학공업 육성 등으로 석유 비중이 급격히 상승하면서 석유가 주요 에너지로 등장하였다.

'80년대 이후에도 석유의 주 에너지원으로서 위치는 견고하게 유지되고 있다. '90년대 후반에 들어서면서 사용이 편리한 LNG 및 전기의 소비가 증가하면서 석유의 소비 비중이 축소되기 시작하여 2002년에는 50% 이하, 2010년에는 40%까지 하락하였다. '80년대 후반에 도입된 LNG는 '90년대 연평균 20.1%의 급성장을 하면서 2010년에는 소비 비중이 15.9%로 확대되었다. 전력 수요 증가에 따라 발전용 유연탄 소비

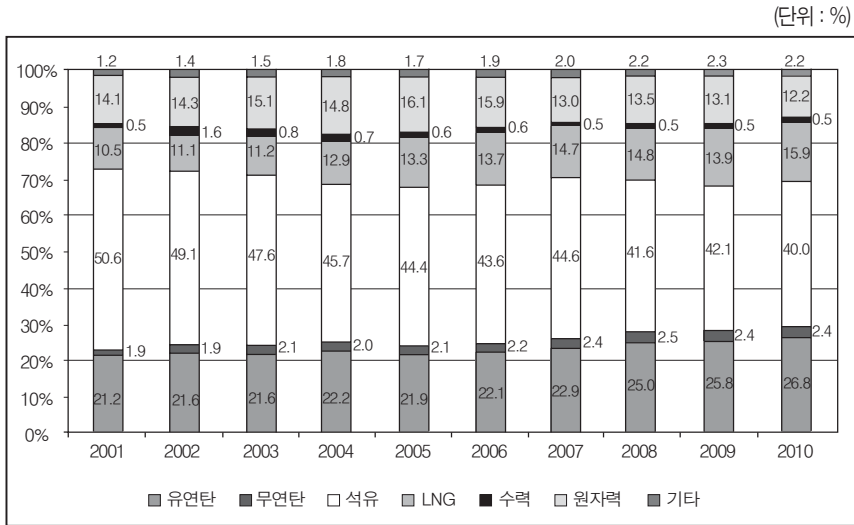
도 높은 증가세를 지속하였다. 2010년 유연탄은 총에너지 소비의 26.1%를 차지하여 석유에 이은 제2의 에너지원의 위치를 유지하고 있다. '60년대 에너지 소비의 40%를 담당하였던 무연탄 소비는 1988년을 기점으로 감소하기 시작하여 2010년에는 그 비중이 2.4%로 감소하였다.

'90~2000년대 에너지 수요의 지속적인 증가와 장기적인 에너지원별 소비구조 변화에 따라 에너지 자급율도 크게 낮아졌다. 우리나라의 에너지 해외의존도는 '80년 73.5%에서 '90년 87.9%로 상승하였으며, 2000년 이후 97% 내외 수준을 유지하고 있다.

〈표 1-3〉 에너지원별(1차에너지) 소비현황

구 분		'90	'00	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10(p)
석 유(백만B)		356.3	742.6 (3.2)	762.9 (2.6)	762.9 (0.01)	752.3 (-1.4)	761.1 (1.2)	765.5 (0.6)	794.9 (3.8)	760.6 (-4.3)	778.5 (2.2)	794.5 (2.1)
LNG(백만톤)		2.3	14.6 (12.3)	17.8 (11.1)	18.6 (4.7)	21.8 (17.2)	23.4 (7.1)	24.6 (5.4)	26.7 (8.3)	27.4 (2.6)	26.1 (-4.9)	32.0 (22.6)
석 탄 (백만톤)	무연탄	21.5	6.2 (24.1)	7.7 (7.7)	8.6 (11.6)	8.1 (-5.2)	9.0 (11.0)	9.8 (8.8)	9.7 (-1.3)	10.2 (5.3)	9.8 (-1.6)	10.1 (3.4)
	유연탄	21.9	60.3 (11.4)	68.3 (7.2)	70.5 (3.3)	74.0 (4.9)	75.8 (2.4)	78.0 (2.9)	84.4 (8.2)	94.0 (11.3)	98.6 (4.4)	109.4 (11.0)
	소 계	43.4	66.5 (12.5)	76.0 (7.2)	79.1 (4.2)	82.1 (3.8)	84.8 (3.3)	87.8 (3.5)	94.1 (7.2)	104.2 (10.7)	108.4 (3.8)	119.5 (10.3)
수 력 (10억kWh)		6.4	5.6 (-7.5)	5.3 (27.9)	6.9 (29.7)	5.9 (-14.9)	5.2 (-11.5)	5.2 (0.6)	5.0 (-3.4)	5.6 (10.5)	5.6 (1.4)	6.6 (16.4)
원자력 (10억kWh)		52.9	109.0 (5.7)	119.1 (6.2)	129.7 (8.9)	130.7 (0.8)	146.8 (12.3)	148.8 (1.3)	142.9 (-3.9)	151.0 (5.6)	147.8 (-2.1)	147.8 (0.0)
기 타 (백만toe)		0.8	2.1 (17.9)	2.9 (19.1)	3.2 (10.8)	4.0 (22.7)	4.0 (-0.4)	4.4 (10.0)	4.8 (10.8)	5.1 (6.3)	5.5 (5.4)	5.7 (3.7)
합 계(백만toe) (증가율) %		93.2 (14.1)	192.9 (6.4)	203.5 (5.2)	215.1 (3.1)	220.2 (2.4)	228.6 (3.8)	233.4 (2.1)	236.5 (1.3)	240.8 (1.8)	243.3 (1.1)	260.8 (7.2)

※ ()는 증가율, '10년은 잠정치, '07년 이후는 개정열량 환산계수 적용(에너지기본법 시행규칙 제5조1항)



※ '07년 이후는 개정열량 환산계수 적용

〈그림 1-2〉 1차에너지 소비구조

(1) 석 유

석유 소비는 1990년대에 연평균 7.6%의 비교적 높은 증가율을 기록하였으나, 2000년대 들어서는 고유가의 영향으로 연평균 증가율이 0.7%로 크게 둔화되었다. 총 석유 소비에서 납사를 제외할 경우, 2000년대의 석유 소비는 오히려 연평균 1.0%씩 감소한 것으로 나타났다. 이는 난방연료용 석유에서 도시가스, 전력 등으로의 연료대체가 활발히 이루어졌다는 것을 말해준다.

2010년도의 석유 소비는 과거 추세와 달리 전년 대비 2.1%의 비교적 높은 증가율을 시현하였다. 경기회복 및 이상기후로 가정·상업부문의 난방연료용 소비가 크게 증가(전년대비 5.7%)한데다 납사 소비도 2.8% 증가한 것이 견실한 소비 증가의 원인이다.

〈표 1-4〉 부문별 석유 소비 현황

(단위 : 백만 배럴, %)

연 도	산업부문	수송부문	가정 · 상업 · 공공	전 환	합 계
'81	69.7	25.9	35.6	48.8	180.1
'82	64.3	29.6	35	50.0	178.9
'83	67.2	38.5	34.4	49.1	189.3
'84	72.7	42.7	37.2	38.5	191.0
'85	74.5	47.7	37.7	29.3	189.2
'86	82.8	54.7	41.7	21.4	200.6
'87	90.0	65.6	46.4	8.4	210.5
'88	101.4	76.4	54	18.6	250.6
'89	110.2	87.3	66.4	23.2	287.1
'90	139.3	101.1	83.6	32.4	356.3
'81~'90	(8.0)	(16.3)	(16.2)	(-4.5)	(7.9)
'91	170.7	115.1	92.8	46.1	424.7
'92	218.4	132.2	104.9	58.7	514.2
'93	234.4	150.7	121.3	58.3	564.6
'94	258.6	170.4	125.9	66.6	621.5
'95	266.0	193.7	141.8	75.7	677.2
'96	281.6	212.7	150.5	76.3	721.1
'97	348.5	228.1	151.1	66.1	793.9
'98	345.8	187.7	109.2	27.5	670.3
'99	355.7	205.9	127.9	30.2	719.7
'00	362.0	223.5	113.2	43.8	742.6
'91~'00	(8.7)	(7.7)	(2.2)	(-0.5)	(6.4)
'01	359.9	231.1	107.1	45.5	743.7
'02	374.9	244.0	105.9	38.1	762.9
'03	374.7	249.6	101	37.6	762.9
'04	383.1	249.1	89.3	30.8	752.3
'05	391.7	255.1	85.5	28.7	761.1
'06	403.7	261.1	72.7	28.0	765.5
'07	429.5	268.4	65.6	31.4	794.9
'08	421.2	258.3	61.5	19.7	760.6
'09	434.9	258.4	58.9	26.2	778.5
'10(p)	442.1	263.7	62.3	26.5	794.5
'01~'10	(2.3)	(1.5)	(-5.8)	(-5.8)	(0.7)

(2) L N G

LNG 소비는 1990년대에 연평균 20.1%의 높은 증가율을 기록한데 이어 2000년대 들어서도 연평균 8.2%의 견실한 증가세를 유지하였다. 그러나 도시가스 보급이 점차 포화상태에 근접함에 따라 소비 증가세는 대폭 둔화되는 모습을 보였다.

최근의 LNG 소비는 전력소비의 빠른 증가와 원자력, 유연탄 등 기저 발전설비 증설의 제약으로 인해 발전용 수요가 증가세를 주도하고 있다. 2010년의 LNG 소비는 발전용 소비 외에도 겨울철 이상기후로 인해 도시가스용 수요도 급증함에 따라 전년대비 22.6%라는 높은 소비증가율을 시현하였다.

〈표 1-5〉 용도별 LNG 소비 추이

(단위 : 천톤, %)

연 도	발 전		도시가스		자체소비		합 계	
	물량	증가율	물량	증가율	물량	증가율	물량	증가율
'00	4,353	-5.2	9,528	20.8	335	89.3	14,556	12.3
'01	4,657	7.0	10,300	8.1	630	88.1	15,990	9.9
'02	5,900	26.7	11,194	8.7	609	-3.3	17,768	11.1
'03	5,853	-0.8	11,978	7.0	615	1.0	18,611	4.7
'04	8,242	40.8	12,504	4.4	576	-6.3	21,809	17.2
'05	8,359	1.4	14,077	12.6	685	18.9	23,350	7.1
'06	9,859	17.9	13,957	-0.9	619	-9.6	24,618	5.4
'07	11,296	14.6	14,596	4.6	631	1.9	26,664	8.3
'08	11,175	-1.1	15,489	6.1	603	-4.4	27,439	2.9
'09	9,705	-13.2	15,634	0.9	524	-13.1	26,083	-4.9
'10(p)	13,029	34.2	17,522	12.1	652	24.4	31,412	22.6
'00~'10	11.6		6.3		6.9		8.2	

(3) 무 연 탄

무연탄 소비는 1986년도에 최고치인 2,700만 톤을 기록한 이후, 국민소득 향상에 따라 깨끗하고 사용이 편리한 고급에너지에 대한 선호 증가로 급격한 감소세를 보여 1997년 420만 톤까지 줄어들었다. 그러나 2000년대 들어 고유가에 따른 가정 · 상업용 수요 회복과 산업용 수요 증가로 증가세(연평균 5.0%)로 전환되었다.

〈표 1-6〉 무연탄 소비 현황

(단위 : 천톤, %)

구 분	산 업	가정상업	발 전	합 계	증가율
'90	283	19,263	1,983	21,529	-9.0
'95	837	3,005	2,421	6,263	-17.0
'00	2,155	1,192	2,850	6,196	24.1
'01	3,217	1,230	2,689	7,137	15.2
'02	3,954	1,175	2,558	7,687	7.7
'03	4,680	1,191	2,710	8,581	11.6
'04	4,396	1,385	2,356	8,137	-5.2
'05	4,670	2,010	2,354	9,034	11.0
'06	5,146	2,327	2,356	9,829	8.8
'07	5,451	2,091	2,156	9,698	-1.3
'08	5,966	2,289	1,960	10,215	5.3
'09	6,746	1,941	1,801	10,218	0.0
'10(p)	7,406	1,860	839	10,105	-4.2

(4) 유 연 탄

유연탄 소비는 산업성장과 전력 소비 급증에 따라 '90년대에 연평균 11.4%의 빠른 성장세를 보였다. 최근 계절용 수요 및 산업용 수요가 안

정화되는 추세였으나, 2008년 발전설비 증설로 전년대비 11.3% 증가율을 기록하였으며, 2010년에는 경기호조에 따른 산업 원료용 수요 급증으로 11.0%의 증가율을 나타냈다.

부문별로는 전력 수요의 증가에 따라 발전용 유연탄 수요가 1990년 570만 톤에서 2010년에는 7,745만 톤으로 증가하였으며, 점유율도 1990년 26.2%에서 2010년에는 70.8%까지 높아졌다. 반면, 산업용 연료탄의 점유율은 1990년 20.2%에서 2010년에는 6.0%대로 떨어졌다.

〈표 1-7〉 유연탄 소비 현황

(단위: 천톤, %)

구 분	원료탄(제철용)		발전용		산업용		합 계	
	물량	점유율	물량	점유율	물량	점유율	물량	증가율
'90	11,735	53.6	5,723	26.2	4,418	20.2	21,876	6.9
'95	16,305	42.8	14,229	37.4	7,555	19.8	38,089	8.5
'00	19,415	32.2	33,305	55.2	7,609	12.6	60,329	11.4
'01	19,315	30.3	36,601	57.5	7,770	12.2	63,686	5.6
'02	20,097	29.4	40,143	58.8	8,024	11.8	68,264	7.2
'03	20,509	29.1	41,631	59.0	8,399	11.9	70,539	3.3
'04	20,839	28.2	45,512	61.5	7,627	10.3	73,978	4.9
'05	20,810	27.5	47,852	63.1	7,126	9.4	75,788	2.4
'06	20,731	26.6	50,199	64.4	7,068	9.0	77,998	2.9
'07	21,519	25.5	55,487	65.7	7,425	8.8	84,430	8.2
'08	23,568	25.1	62,791	66.8	7,624	8.1	93,983	11.3
'09	20,734	21.0	71,091	72.1	6,777	6.9	98,602	4.9
'10(p)	25,424	23.2	77,452	70.8	6,537	6.0	109,413	11.0

(5) 원 자 력

'77년 시험 가동을 시작한 원자력은 주요 발전 에너지원으로서 1990년 이후 지속적으로 성장하여 왔다. 원자력은 2006년까지는 최대 발전원의 위치(발전량의 39% 생산)를 유지해 왔다. 그러나 2005년 이후 신규 설비 증설이 없었던 데다 유연탄 발전소 건설이 잇따르면서 2007년부터는 유연탄이 최대 발전원으로 부상하였다.

2010년 기준 에너지원별 발전량 비중은 유연탄 40.8%, 원자력 31.3%, LNG 20.4% 등이다. 3대 발전 에너지를 제외한 석유(2.7%), 기타(2.5%), 수력(1.4%)의 비중은 미미한 수준이다.

〈표 1-8〉 에너지원별 발전전력량

(단위 : GWh, %)

	수력	무연탄	유연탄	석유	가스	원자력	(점유율)	기타*	발전량
'80	2.0	2.4	-	29.3	-	3.5	(9.4)	-	37.2
'90	6.4	5.0	17.4	16.4	9.6	52.9	(49.1)	-	107.7
'00	5.6	5.3	92.3	26.1	28.1	109.0	(40.9)	-	266.4
'01	4.2	5.2	105.1	28.2	30.5	112.1	(39.3)	-	285.2
'02	5.3	5.1	112.9	25.1	38.9	119.1	(38.8)	-	306.5
'03	6.9	5.4	114.9	26.5	39.1	129.7	(40.2)		322.5
'04	5.9	4.6	122.6	18.5	56.0	130.7	(38.2)	3.9	342.0
'05	5.2	4.5	129.2	17.7	58.1	146.8	(40.3)	3.2	364.6
'06	5.2	4.3	134.9	16.6	68.3	148.8	(39.0)	3.1	381.2
'07	5.0	4.5	150.2	18.1	78.4	142.9	(35.5)	3.9	403.1
'08	5.6	5.5	168.2	10.1	75.8	151.0	(35.7)	6.4	422.4
'09	5.6	5.6	187.7	14.1	65.3	147.8	(34.1)	7.6	433.6
'10	6.5	4.4	193.5	12.9	96.7	148.6	(31.3)	12.1	474.7

※ 석유에서 기타 분리('04 부터), 기타 : 집단에너지, 풍력, 매립가스, 태양광 등

다. 부문별 에너지 소비 동향

2000년대의 최종에너지 소비증가율은 총에너지 증가율보다 낮은 연평균 2.6%를 기록하였다. 최종에너지 소비증가율은 2009년까지는 등락을 보이면서 완만히 하락하는 추세를 보였으며, 2010년에는 경기회복과 기온 효과로 인해 6.6%로 크게 반등하였다.

〈표 1-9〉 부문별 최종에너지 소비

(단위: 백만TOE)

구분		'07	'08			'09			'10 (p)		
				구성비 (%)	증가율 (%)		구성비 (%)	증가율 (%)		구성비 (%)	증가율 (%)
부 문 별	계	181.5	182.6	100.0	0.6	182.1	100.0	-0.3	194.1	100.0	6.6
	산업	104.3	106.5	58.3	2.0	106.1	58.3	-0.3	114.5	59.0	7.9
	수송	37.1	35.8	19.6	-3.4	35.9	19.7	0.4	36.8	19.0	2.4
	가정·상업	40.1	40.3	22.1	0.7	40.0	22.0	-0.8	42.8	22.0	6.9
에 너 지 원 별	석탄	24.2	26.2	14.4	8.1	23.9	13.2	-8.9	27.6	14.2	15.5
	무연탄	4.6	5.0	2.7	9.0	5.1	2.8	3.7	5.7	3.0	11.0
	유연탄	19.7	21.2	11.6	7.9	18.7	10.3	-11.8	21.9	11.3	16.7
	석유	100.6	97.2	53.3	-3.4	98.4	54.0	1.2	100.5	51.8	2.1
	도시가스	19.0	19.8	10.8	4.3	19.5	10.7	-1.5	21.9	11.3	12.6
	전력	31.7	33.1	18.1	4.5	33.9	18.6	2.4	37.3	19.2	10.1
	열에너지	1.4	1.5	0.8	5.2	1.5	0.9	2.5	1.7	0.9	10.8
	기타	4.5	4.7	2.6	5.7	4.9	2.7	2.5	5.0	2.6	3.7

※ 가정·상업 부문에 공공·기타 부문이 포함되어 있음.

(1) 산업부문

1990년대에 가장 높은 증가율(연평균 8.8%)을 기록하였던 산업부문 에너지 소비는 2000년대 들어 연평균 3.2%로 증가율이 크게 둔화되었다. 상대적으로 에너지 저소비형인 조립금속업의 에너지 소비가 2000년대에 연평균 5.6% 증가하여 제조업의 소비 증가를 주도하였으며,¹⁾ 석유·화학, 1차금속(제철), 비금속광물업 등 3대 에너지 다소비업종의 연평균 에너지소비 증가율은 2.8%로 완만한 증가세를 유지하였다.

최종에너지 전체에서 산업부문의 에너지 소비가 차지하는 비중은 2000년대 중반까지 55~56%대를 유지하다가 이후 점진적으로 확대되어 2010년에는 59.0%까지 상승하였다.

(2) 수송부문

수송부문의 에너지 소비는 1990년대 연평균 7.9% 증가하였으나, 2000년대 들어서는 연평균 1.7%로 증가율이 대폭 둔화되었다. 수송부문 에너지 소비증가율 둔화는 자동차 보급률이 포화수준에 접근해가고, 고유가 상황의 지속과 경기침체로 인해 2008년도의 소비가 크게 감소(전년대비 -3.4%)하였기 때문이다. 2010년의 소비는 휘발유 및 항공유 소비 호조로 전년대비 2.4% 증가하였다.

수송부문의 에너지소비 구성비는 2000~2007년에는 20~21% 수준을 유지하였으나, 이후 하락세로 돌아서 2010년에는 19.0%로 낮아졌다. 자동차 등록대수는 2000년대에 연평균 4.1%씩 늘어나 2010년 말

1) 2000~2010년 연평균 부가가치 증가율은 10.4%

기준으로 17,941천 대를 기록하였다.

(3) 가정 · 상업 · 공공부문

가정 · 상업 · 공공부문의 에너지 소비는 1990년대에 연평균 3.5%, 2000년대에는 연평균 2.0% 증가하여 타 소비부문에 비하여 증가율 둔화 추세가 완만한 것으로 나타났다. 2009년에는 금융위기에 따른 경기 둔화와 온화한 날씨 등의 영향으로 소비가 약간 감소하였으나, 2010년에는 경기 회복과 동절기 이상 저온, 하절기 고온 · 다습한 기후의 영향으로 6.9%의 높은 소비 증가율을 시현하였다. 2010년 최종에너지 소비 점유율은 22.0%로 2000년 이후 20% 대 초반 수준을 유지하고 있다.

라. 에너지수입

2010년 기준으로 우리나라는 에너지소비량의 약 96.6%를 수입에 의존하였다. 2010년 에너지수입액은 경기호조에 따른 에너지소비 증가와 국제 에너지가격 상승으로 전년대비 33.4% 증가한 1,217억달러를 기록하였다. 이 금액은 국내 총 수입액의 28.6%에 달한다.

에너지원별로는 원유가 35.3% 증가한 686.6억 달러로 단일품목으로는 가장 많았고, 다음으로는 석유제품이 40.7% 증가한 222.4억 달러, LNG가 22.6% 증가한 170.0억 달러, 유연탄이 29.9% 증가한 121.1억 달러로 나타났다.

〈표 1-10〉 에너지수입현황

(단위 : 억us\$, %)

구 분	'90	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
총에너지 수입액	109.3	375.8 (65.8)	338.9 (-10.5)	322.9 (-4.7)	383.1 (18.6)	496.0 (29.5)	667.0 (34.5)	855.7 (28.3)	949.8 (11.0)	1,414.5 (48.9)	911.6 (-35.6)	1,216.5 (33.4)
에너지 수입액 비중	15.6	23.6	23.9	21.2	21.4	22.1	25.5	27.7	26.6	32.5	28.2	28.6
원유	64.6	252.2 (70.6)	213.7 (-15.3)	192.0 (-10.1)	230.8 (20.2)	299.2 (29.6)	426.1 (42.4)	558.7 (31.1)	603.2 (8.0)	858.6 (42.3)	507.6 (-40.9)	686.6 (35.3)
석유제품	25.5	61.9 (69.5)	57.3 (-7.4)	62.1 (8.5)	73.3 (17.9)	83.6 (14.1)	97.2 (16.3)	121.2 (24.7)	150.7 (24.3)	222.8 (47.8)	158.1 (-29.0)	222.4 (40.7)
무연탄	0.5	0.7 (56.5)	1.2 (62.9)	1.5 (25.7)	1.8 (19.3)	2.3 (31.7)	4.3 (84.2)	4.1 (-5.2)	4.5 (9.8)	9.9 (121.2)	6.7 (-32.3)	10.1 (50.7)
유연탄	12.2	20.3 (8.9)	21.6 (6.1)	22.5 (4.5)	22.7 (0.5)	38.9 (71.7)	48.0 (23.4)	47.0 (-2.1)	56.8 (20.7)	118.2 (97.0)	93.2 (-21.2)	121.1 (29.9)
LNG	4.8	37.9 (82.9)	39.9 (2.8)	41.2 (3.3)	50.8 (23.3)	65.5 (28.9)	86.5 (32.0)	119.2 (37.9)	126.5 (6.1)	198.1 (56.5)	138.7 (-30.0)	170.0 (22.6)
우라늄	1.7	2.8 (8.6)	2.3 (3.8)	2.8 (20.1)	2.7 (-5.5)	3.4 (27.0)	2.9 (-15.0)	3.4 (18.7)	4.9 (44.2)	7.3 (49.1)	7.2 (-1.4)	6.1 (-15.3)

※ ()는 전년 대비 증가율

[한국무역협회 무역통계(www.kita.net)]

2. 2011년 에너지수급 전망

가. 개 요

2011년 총에너지 수요는 전년대비 3.5% 증가한 269.9백만 TOE로 전망된다. 총에너지 수요증가율이 2010년 7.2%에서 3% 중반대로 둔화될 것으로 전망된 것은 경제성장률 하락(2010년 6.2% → 2011년

4.2%) 및 평년 기온을 가정함에 따른 기저효과가 반영된 결과이다. 에너지원단위(TOE/백만원)는 2009~2010년 2년 연속 악화되었으나, 2011년에는 0.249로 개선될 전망이다.

나. 에너지원별 1차에너지 전망

2011년의 석탄 수요는 발전용 소비 정체(설비증설 없음), 시멘트산업 경기침체, 전년도 제철용 유연탄 소비의 높은 증가에 따른 기저효과 등으로 1.1%의 낮은 증가세를 보일 전망이다. 석유 수요는 전년 대비 1.5% 증가한 806.8백만 배럴로 전망된다. 산업용 수요가 원료용 소비 증가에 힘입어 비교적 높은 증가세를 보일 전망이나, 평년기온을 가정함에 따른 난방용 수요 감소로 인하여 증가세는 2010년보다 둔화될 것으로 보인다. 단일 석유제품인 납사가 총 석유소비에서 차지하는 비중(2010년 기준 43.0%)은 절대적인 수준으로, 납사 수요 증가(5.7%)가 2011년 총 석유소비 증가를 주도할 것으로 예상된다.

2011년 LNG 수요는 전년 대비 10.3%의 높은 증가율을 기록할 전망이다. 2010년 기준 전체 LNG 소비의 44%를 차지하는 발전용이 16.0% 증가하여 수요 증가를 견인할 것으로 예상된다. 원자력, 유연탄 등 기저 발전설비 용량 확대의 제약 및 전력수요의 높은 증가로 침두부하를 구성하는 발전용 LNG 수요가 상대적으로 크게 증가할 것으로 전망된다.

원자력은 신규 설비(신고리 1·2호기, 총 2,000MW) 가동에 따른 설비증설 효과로 발전량이 전년 대비 5.2% 증가할 전망이다.

에너지원별 소비구조를 보면 LNG, 원자력, 기타에너지의 비중은 증

가하고 석유, 석탄의 비중은 다소 감소할 전망이다. 석유의 비중은 40% 미만으로 하락할 전망이나, 단일 석유제품인 납사의 비중은 석유·화학업의 경기호조에 힘입어 16.3%에서 16.6%로 오히려 상승할 전망이다.

〈표 1-11〉 1차에너지 소비 전망

구 분		'10(잠정)			'11(전망)		
		소비량	증가율 (%)	구성비 (%)	소비량	증가율 (%)	구성비 (%)
석 유	(백만B)	794.5	2.1	40.0	806.8	1.5	39.3
LNG	(백만톤)	32.0	22.6	15.9	35.3	10.3	17.0
석 탄	(백만톤)	119.5	10.3	29.2	120.9	1.1	28.5
유연탄	(백만톤)	109.4	11.0	26.8	110.3	0.8	26.1
무연탄	(백만톤)	10.1	3.4	2.4	10.6	5.2	2.4
원자력	(TWh)	147.8	0.0	12.2	155.5	5.2	12.4
수 력	(TWh)	6.6	16.4	0.5	7.1	8.4	0.6
기 타	(백만TOE)	5.7	3.7	2.2	6.1	7.8	2.3
1차에너지	(백만TOE)	260.8	7.2	100.0	269.9	3.5	100.0

* LNG 소비에는 포스코(주), K-Power(주)의 직도입 소비량 추정치가 포함됨.

다. 부문별 최종에너지 수요 전망

2011년 최종에너지 수요는 3.1% 증가한 200.2백만 TOE로 전망된다. 산업부문이 경기호조 지속으로 상대적으로 높은 증가율을 기록할 전망이며, 가정·상업·공공부문과 수송부문의 수요증가세는 2010년에 비해 크게 둔화될 전망이다. 2011년에는 경제성장률 둔화와 평년기후 전망에 따른 기저효과의 영향으로 대부분의 에너지원이 전년 대비

상대적으로 낮은 소비증가율을 보일 전망이다.

2010년 기준 최종에너지 수요의 59.0%를 차지하고 있는 산업부문의 2011년 에너지 수요는 경기호조가 지속될 것으로 예상되어 전년대비 3.9% 증가할 전망이다. 이는 산업용 전력(8.7%)과 도시가스(8.6%), 납사(5.7%)가 2011년에도 높은 증가세를 유지할 것으로 예상됨에 따른 결과이다.

2011년 수송부문 에너지 수요는 경제회복 지속에 따른 신차 판매 증가와 해외여행 및 국제 화물수송 수요 증가에 따라 전년과 비슷한 2.3%의 증가율을 보일 것으로 예상된다.

2009년 가정·상업·공공부문의 에너지 소비는 2010년에는 기온 효과에 의해 소비가 크게 증가하였으나, 2011년에는 1.8% 증가하는데 그칠 전망이다. 이는 2011년에 평년 기온이 나타날 것으로 가정함에 따라 2010년 대비 기저효과가 크게 작용한 결과이다.

〈표 1-12〉 부문별 에너지 수요전망

(단위 : 백만TOE, %)

구 분	'07	'08	'09			'10(잠정)			'11(전망)		
	물량	물량	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율
합 계	201.7	182.6	182.1	100.0	-0.3	194.1	100.0	6.6	200.2	100.0	3.1
산업부문	124.5	106.5	106.1	58.3	-0.3	114.5	59.0	7.9	119.0	59.5	3.9
수송부문	37.1	35.8	35.9	19.6	0.4	36.8	19.0	2.4	37.6	18.8	2.3
가정·상업	40.1	40.3	40.0	22.1	-0.8	42.8	22.0	6.9	43.5	21.7	1.8

* 개정열량 환산계수 적용(에너지기본법 시행규칙 제5조1항)

** 가정·상업 부문에 공공·기타 부문이 포함되어 있음.

라. 2011년 에너지수입액 전망

에너지수입액은 2010년에 1,217억 달러를 기록하여 2009년 대비 33.4% 증가하였으며, 2011년에도 34.9% 증가한 1,641억 달러를 기록할 것으로 전망된다. 이러한 전망이 실현될 경우, 에너지수입액은 2008년의 1,415억 달러를 넘어선 사상 최고치를 기록하게 된다. 2011년의 에너지수입액 급증은 국제 에너지가격의 상승 전망에 기인한다.

주요 에너지원별 수입액은 원유(석유제품 포함) 1,263억 달러, LNG 228억 달러, 유연탄이 134억 달러 등으로 전망된다.

〈표 1-13〉 에너지 수입 실적 및 전망

구 분	'06	'07	'08	'09	'10(잠정)	'11(전망)
1차에너지 소비 (백만TOE)	233.4 (2.1)	236.5 (1.3)	240.8 (1.8)	243.3 (1.1)	261.2 (7.3)	270.8 (3.7)
수입량(백만TOE)	238.7 (4.5)	246.8 (3.4)	255.5 (3.5)	257.1 (0.6)	279.6 (8.8)	285.2 (2.0)
도입단가(CIF)						
- 석유(us\$/배럴)	62.8 (24.4)	69.3 (10.4)	98.3 (41.7)	60.8 (-38.2)	78.7 (29.6)	103.4 (31.3)
- LNG(us\$/톤)	472.2 (21.9)	494.9 (4.8)	726.6 (46.8)	537.3 (-26.1)	521.6 (-2.9)	640.0 (22.7)
- 유연탄(us\$/톤)	69.3 (-4.2)	75.6 (9.1)	130.6 (72.8)	100.3 (-23.2)	107.7 (7.4)	125.0 (16.1)
수입액(억us\$)	856 (28.3)	950 (11.0)	1,415 (49.0)	912 (-35.6)	1,217 (33.4)	1,641 (34.9)

* 주 : () 은 전년 대비 증감률(%)

제2장 전력수급기본계획

지식경제부 전력산업과 사무관 조현진

제1절 개 요

전력은 국가 경제발전과 국민의 삶의 질을 향상시키는 필수 요소로서 공급이 부족할 경우에 막대한 사회적 비용이 발생하며, 생산과 동시에 소비가 이루어지고 저장과 대체공급이 불가능한 특징을 가지고 있기 때문에 항상 수요에 맞게 공급설비를 갖추고 있어야 한다.

전력수요는 국민소득, 국가 경제발전과 기온 등의 변화에 따라 수시로 변화하는 특성을 가지고 있는 반면, 전력공급 설비의 건설에는 막대한 재원과 장기간의 시간이 소요되고, 공급설비 건설과정에서 불확실성이 매우 크기 때문에 정확히 전력수요를 예측하고 이에 따른 공급설비의 적기 확충이 이루어져야 한다.

장기적인 전력설비 건설계획 수립 시 전력수요예측 및 수요관리, 예비전력 수준, 전원구성 등은 국가 에너지안보, 전력의 안정적인 공급과 자원배분, 환경정책 등에 미치는 영향이 지대하고, 전기사업자의 경영 측면과 관련 산업체에 파급영향도 막대하기 때문에 합리적이고 정확한 의사결정이 매우 중요하다.

그 간의 전력수급 변화추이를 볼 경우, 1991년 이전에는 전력사업에서 독점사업자인 한국전력공사에서 「장기전력수급계획」을 수립하고 직접 이행하였으나, 1991년의 전기사업법 전면개정 이후부터 정부가 장

기전력수급계획을 매 2년마다 수립하고, 한국전력공사에서는 이를 이행하는 단계로 변화되었다.

참고로, 1990년 이후에 제1차('91~'06), 제2차('93~'06), 제3차('95~'10), 제4차('98~'15), 제5차('99~'15) 계획 등 총 5차례에 걸쳐 장기 전력수급계획을 수립한 바 있다.

2001년 4월부터는 전력산업구조개편의 추진에 따라 기존의 구속력 있는 「장기전력수급계획」에서 전기사업자의 자율성을 보다 존중하는 유도적 성격의 「전력수급기본계획」으로 변경하게 되었다.

「전력수급기본계획」에는 전력수급에 관한 기본방향 및 장기전망, 전력설비 건설에 관한 사항, 수요관리에 관한 사항, 투자계획에 관한 사항 등이 포함되어 있다.

특히, 제3차 전력수급기본계획부터는 자원의 효율적 배분을 담보하기 어려운 현 전력시장 여건을 감안하여, 적정 설비규모와 전원 MIX(전원 구성비)를 도모하기 위해 정책적 '계획' 기능을 강화하였다. 즉, 발전사업자의 건설의향 반영을 주되게 하였던 제2차 전력수급기본계획과는 달리 사회적 비용을 최소화하기 위한 적정 설비규모와 전원 MIX 기준을 도출하고 이에 따라 발전사업자의 건설의향을 선별적으로 반영하였다.

다시 말하면, 전력수급기본계획에서는 장기적인 전력의 안정적 공급을 위해 전력정책에 대한 기본방향을 제시하고 발전사업자의 사업계획을 바탕으로 기본계획을 수립하되 정책적 '계획' 기능을 강화하여 사회적 비용을 최소화하는 적정 설비규모와 전원 MIX를 도모하였으며, 발전사업자는 이에 따라 경쟁성·자율성을 바탕으로 전력사업에 참여하

도록 하고 있다.

제2절 제5차 전력수급기본계획의 주요 내용

가. 계획수립 개요 및 기본방향

2010년 12월에 발표한 제5차 전력수급기본계획은 2010년부터 2024년까지 15년을 대상 기간으로 하였다. 5차 계획에서는 새로운 정책사항이 대두됨에 따라 지금까지의 계획과는 달리 커다란 변화가 있었다. 대두된 정책사항은 국기본과의 정합성 확보 문제, 온실가스 감축목표안 만족, RPS 목표치 확보 방안 등이며, 해소해야 할 문제점으로는 계획 반영 발전소의 건설지연 문제가 크게 이슈화 되었다. 우선 국가에너지기본계획과의 정합성을 맞추기 위하여 전력수요(기준수요, 목표수요)를 상호 피드백을 통해 동일하게 적용하였으며, 원자력·LNG 발전량 등도 협의를 통해 정합성을 확보하였다. 그리고 국가 온실가스 감축 마스터 플랜을 달성하기 위하여 중장기적으로 수요관리를 강화하는 한편 신재생에너지 의무공급제도(RPS) 의무량을 충실히 반영하였으며, 이를 충족시키기 위하여 신재생에너지 전원별 가중치를 고려하여 연도별 목표치를 달성하였다.(신재생설비 비중은 '10년에 2.82%에서 '24년에 7.16%로 증가하고 발전량 중 신재생이 차지하는 비중은 '10년에 1.3%에서 '24년에 8.8%로 증가) 마지막으로 제1~4차 계획 중 나타난 준공지연에 대응하기 위하여 그동안 나타난 전원별 준공 지연율을 산정하고 산술적으로 설비를 계획에 추가 반영하여 건설지연이 발생하더라

도 필요한 설비용량은 적기에 준공되도록 계획을 수립하였다. 또한, 중장기 전력요금 안정을 위하여 저원가 기저설비를 지속적으로 확충하였다. 제5차 수급계획 수립 시 경기변동에 따른 전력수급 불확실성이 증대되어 중·단기 수급안정을 위해 간년도계획에서 수정·보완을 검토하는 것으로 결정 하였으며, 이에 따라 중·단기 기간(2011년 ~ 2016년)에 대한 간년도계획을 2011년 수정·공고 할 예정이다.

나. 제5차 전력수급기본계획의 주요내용

(1) 전력수요 예측

제5차 전력수급기본계획의 기준수요 및 목표수요는 현재 수립단계에 있는 제2차 에너지기본계획과의 정합성 확보를 감안하여 결정되었다.

(가) 기준수요

기준수요에서의 경제성장 전망치는 KDI 전망자료를 사용하였으며, 2010 ~ 2024년간 연평균 3.9%로 4차 계획과 비슷한 수준을 적용하였다. 전력소비량은 에너지기본계획상의 전력소비량 전망치를 감안하여 아래와 같이 전망하였으며, 최대전력은 전력소비량 예측결과의 4차계획 대비 변동률을 4차계획 최대전력 전망치에 적용하여 산출하였다.

전망결과 전력소비량은 2010 ~ 2024년 기간에 연평균 3.1% 증가하여 2010년 425,412GWh에서 2024년 653,541GWh까지 증가하는 것으로 전망하였다. 용도별로는 주택용이 2.7%, 상업용이 4.6%, 산업용이 2.2% 증가하는 것으로 전망하였다. 최대전력은 2010 ~ 2024년 기간에 연평균 3.1% 증가하여, 2010년 70,457MW에서 2024년 107,437MW

까지 증가하는 것으로 전망하였다.

〈표 1-14〉 용도별 전력소비량 전망

(단위 : GWh)

연 도		'10	'15	'20	'24	'10~'24 (%)
전력 소비량	주 택 용	75,769	89,870	101,268	110,333	2.7
	상 업 용	133,735	181,112	223,957	251,156	4.6
	산 업 용	215,909	249,860	272,996	292,052	2.2
	계	425,412	520,842	598,221	653,541	3.1
최대전력		70,457	86,754	99,653	107,437	3.1

(나) 목표수요

기준수요(BAU)에서 전력 및 기타 부문의 수요관리 강화를 반영하여 목표수요를 설정하였으며, 목표수요 달성을 위해 효율향상 기기의 보급 확대, 전기요금 체계 합리화 등 대책을 수립·추진할 계획이다. 효율향상 기기의 합리적 보급 확대를 위해 EERS(Energy Efficiency Resource Standard) 도입에 따른 효율향상 관련 투자확대를 통한 에너지 고효율기기 보급 및 대기전력·효율등급제를 도입할 계획이다. 또한 에너지사용 효율개선을 위해서 R&D, 산업·건물 부문 에너지이용 시스템 혁신, 고효율 조명기기의 저가화, 기기 전반에 대한 효율표준화 등을 시행할 계획이며, 전기요금체계 합리화 등 정책 추진을 위해 공급원가에 기초한 전압별 요금체제로 단계적 이행 및 소비자 선택요금제, 시간대별 차등 및 실시간요금제 등의 탄력적 수요관리형 요금제를 강화하고 도입할 계획이다.

이러한 수요관리 강화 정책을 반영한 최종 목표수요의 전력소비량은 2010 ~ 2024년 기간에 연평균 1.9% 증가하고, 최대전력은 동 기간에 연평균 2.2% 증가할 것으로 전망하였다.

〈표 1-15〉 최대 목표수요 전망

연 도	'10(실적)	'15	'20	'24	평균증가율 ('10~'24, %)
전력소비량(GWh)	423,784	496,590	535,779	551,606	1.9
최대전력(MW)	69,886	80,009	89,225	95,038	2.2

(2) 수요 관리

기존 수요관리 계획의 경우 '10~'13년까지는 단기 전력수급 안정을 위해 부하관리를 강화하고, '14년 이후 중장기적으로는 부하관리사업보다는 효율향상사업을 대폭 확대하였다. 지정기간, 주간예고 및 전일예고의 비상자원은 최대수요의 5% 수준으로 설정하였으며, 고효율기기 및 대기전력/효율등급제 목표량 등 효율향상 목표량은 2024년 7,203MW로 계획하였다.

〈표 1-16〉 수요관리 목표량

(단위 : MW)

연 도	부 하 관 리								효 율 향 상								합 계
	비상자원			부하관리기기				신조명기기	인버터	전동기	변압기 펌프	신규	최저 효율 대기 전력	소계			
	지정 기간	주간 예고	전일 예고	축냉 설비	가스 냉방	원격 에어 컨	최대 전력										
'09 (실적)	1,649	1,571	364	540	1,557	101	125	5,907	866	320	24	11	0	541	1,762	7,669	
'10	1,768	1,061	707	38	93	22	32	3,721	21	58	2	10	5	291	386	6,430	
'15	1,200	1,600	1,200	226	557	128	192	5,103	250	540	31	88	40	1,308	2,257	9,683 (3,253)	
'20	0	3,123	1,338	414	1,022	228	352	6,477	934	1,327	197	231	109	1,744	4,542	13,342 (6,912)	
'24	0	3,326	1,426	564	1,393	310	480	7,499	2,080	1,952	496	392	206	2,076	7,203	17,025 (10,595)	

※ 1. '09년 실적 : 지정기간, 주간예고(당해년도 시행량), 기타 프로그램(누계보급량)

2. ()내는 '09년 대비 순증분 누계량

3. '10년 이후 연도별 목표량

- 지정기간, 주간예고, 전일예고 : 당해년도 목표량
- 기타 프로그램 : '09년 실적 + 당해년도 순증분 누계량

수요관리에 투자되는 금액은 2010~2024년 기간 동안 총 3조 9,593억원 소요될 것으로 전망하였다.

〈표 1-17〉 수요관리 투자비

(단위 : 억원)

연 도	'10	'15	'20	'22	'24	합 계
부하관리	789	907	948	972	997	13,876
효율향상	346	974	2,394	3,149	3,809	25,717
합 계	1,135	1,881	3,342	4,121	4,806	39,593

※ 지원금만 산정, 현재단가의 불변가격 기준으로 산정(에너지이용합리화계획 제외)

(3) 발전설비 계획

발전설비 계획은 전력수급 안정성 강화, 친환경(저탄소) 전원 확대 등 정책 방향을 고려하여 목표수요 대비 적정 설비예비율을 확보할 수 있도록 수립하였다. 기준계획상 필요 설비규모는 확정설비 외 추가로 '24년까지 13,000MW가 필요한 것으로 도출되었으며, 발전설비 구성비는 원자력 32%, 석탄 28%, LNG 21%, 석탄 4%, 기타 15% 수준으로 도출되었다.

(가) 전력수급 전망

설비예비율은 기준수요 대비 '13년까지 3.7 ~ 5.0% 수준으로 전망되어, 단기수급 측면에서의 적극적인 대응이 필요하고, 계획에 반영된 수요측 자원이 적기 시행될 경우 목표 수요 기준으로 '14년 이후로는 13.9 ~ 20.4% 수준으로 안정적인 수급 유지가 가능할 것으로 전망되었다.

〈표 1-18〉 전력수급 전망

연 도	최대수요(MW)		설비용량 _(MW)		설비예비율(%)	
	목 표	기 준	하 계	연 말	목 표	기 준
'10(실적)	69,886	70,457	73,247 (74,344)	75,415	4.8 (6.4)	4.0 (5.5)
'11	72,620	73,713	77,408	78,957	6.6	5.0
'12	74,414	76,161	79,839	81,713	7.3	4.8
'13	76,207	79,784	82,750	85,945	8.6	3.7
'14	78,017	83,360	88,858	90,869	13.9	6.6
'15	80,009	86,754	92,465	96,283	15.6	6.6
'16	81,988	89,629	98,697	98,837	20.4	10.1
'17	83,913	92,281	100,626	101,311	19.9	9.0
'18	85,810	95,075	101,311	101,568	18.1	6.6
'19	87,607	97,405	102,968	104,097	17.5	5.7
'20	89,225	99,653	106,897	107,285	19.8	7.3
'21	90,713	101,640	108,185	108,570	19.3	6.4
'22	92,111	103,644	110,070	110,457	19.5	6.2
'23	93,958	105,614	111,957	112,294	19.6	6.0
'24	95,038	107,437	112,294	112,593	18.2	4.5

※ ()는 계통운영 시 하계기준 실적 공급능력 및 공급예비력

(나) 전원구성 전망

목표수요 및 기준계획에 의한 전원구성은 원자력, 신재생 및 집단에너지 설비비중은 현재보다 증가하는 반면, 석탄 및 LNG 전원은 현재보다 소폭 감소하는 것으로 전망되었다.

〈표 1-19〉 연도별 전원구성 전망

(설비용량(MW) / 구성비(%))

구 분		원자력	석탄	LNG	석유	양수	신재생	집단	합 계
'10년	제4차	18,716	24,205	19,899	5,383	3,900	2,365	1,668	76,136
		24.6	31.8	26.1	7.1	5.1	3.1	2.2	100
	제5차	18,716	24,205	19,422	5,372	3,900	2,127	1,674	75,416
		24.8	32.1	25.8	7.1	5.2	2.8	2.2	100
'15년	제4차	25,916	29,420	23,062	4,291	4,700	3,384	2,795	93,568
		27.7	31.4	24.6	4.6	5.0	3.6	3.0	100
	제5차	24,516	30,945	23,517	4,108	4,700	4,183	4,314	96,283
		25.5	32.2	24.4	4.3	4.9	4.3	4.4	100
'20년	제4차	31,516	29,420	23,062	4,291	4,700	4,060	3,142	100,191
		31.5	29.4	23.0	4.3	4.7	4.1	3.1	100
	제5차	31,516	31,945	23,517	4,108	4,700	6,653	4,846	107,285
		29.4	29.7	21.9	3.8	4.4	6.2	4.6	100
'24년	제5차	35,916	31,445	23,517	4,108	4,700	8,061	4,846	112,593
		31.9	27.9	20.9	3.6	4.2	7.2	4.3	100

(다) 에너지원별 발전량 전망

목표수요 및 기준계획에 의한 발전량은 원자력 및 신재생에너지의 비중이 크게 증가하는 반면 석탄 및 LNG의 비중은 감소할 전망이다.

〈표 1-20〉 에너지원별 발전량 전망

(발전량(GWh) / 구성비(%))

연 도	원자력	석탄	LNG	유류	양수	신재생	합 계
'10년	144,856	193,476	100,690	14,693	2,084	5,949	461,747
	31.4	41.9	21.8	3.2	0.5	1.3	100
'15년	201,089	220,886	88,891	6,795	2,551	20,009	541,221
	37.2	40.8	16.6	1.3	0.5	3.7	100
'20년	259,378	217,454	62,081	3,039	6,256	40,648	588,856
	44.0	36.9	10.5	0.5	1.1	6.9	100
'24년	295,399	188,411	59,201	2,912	8,202	54,467	608,591
	48.5	31.0	9.7	0.5	1.3	8.9	100

(라) 5차 전력수급계획 반영 대상 발전기 종합

적정설비규모에 따른 건설의향 평가결과는 다음과 같다. 평가설비 중 27기 22,650MW가 계획에 반영되었으며, 9기 5,640MW는 계획에 미 반영 되었다.

〈표 1-21〉 제5차 전력수급계획 반영 대상 발전기 종합

년도	확정설비	평가설비	폐지설비	기타	
	반영		미반영	반영	
'10	신고리#1(12월, 1000MM) 영월복합(10월, 853MM)				
'11	신고리#2(12월, 1000MM) 포스코파워#5(2월, 575MM) 포스코파워#6(6월, 575MM) 예천양수#1(9월, 400MM) 예천양수#2(12월, 400MM)		보령복합#4 (9월, 450MM)		
'12	신월성#1(3월, 1000MM) 인천복합#3(12월, 450MM) 오성복합(12월, 833MM)		여수화력#1(1월, 200MM) 남제주내연#1~4 (1월, 40MM)		
'13	신월성#2(1월, 1000MM) 신고리#3(9월, 1400MM) 포천복합#1(12월, 750MM) 부곡복합#3(12월, 500MM)	안동복합(12월, 400MM)	영남#1, 2(1월, 400MM) 제주GT#3(1월, 55MM) 보령복합#3 (10월, 450MM)	도서 52.8MM (487)	
'14	신고리#4(9월, 1400MM) 영흥#5(6월, 870MM) 영흥#6(12월, 870MM)	동해민자#1(12월, 500MM) 안산복합#1(3월, 750MM) 장흥복합(5월, 800MM) 문산복합(6월, 800MM) 포천복합#2(9월, 750MM) 춘천복합(10월, 500MM) 서울복합#1(12월, 500MM) 서울복합#2(12월, 500MM) 동두천복합#1(12월, 750MM)	부천#2(7월, 550MM) 송도복합#1(9월, 500MM) 송도복합#2(3월, 500MM)	울산#1~3 (1월, 600MM) 서울화력#4, 5 (12월, 388MM) 포스코파워#1 (8월, 450MM)	신재생 19,157MM 집단 4,532MM
'15	삼척#1(12월, 1000MM) 삼척#2(12월, 1000MM) 당진#9(12월, 1000MM)	동두천복합#2(12월, 750MM) 동해민자#2(4월, 500MM) 동부그린#1(6월, 500MM) 동부그린#2(6월, 500MM) 여수#1(11월, 350MM) 포스코파워#7(2월, 600MM) 포스코파워#8(8월, 600MM)		포스코파워#2 (1월, 450MM)	

년도	확정설비	평가설비		폐지설비	기타
	반 영		미 반 영	반 영	
'16	신울진#1(6월, 1400MW) 당진#10(6월, 1000MW)	신보령#1(6월, 1000MW) 태안#9(6월, 1000MW) 태안#10(12월, 1000MW)	일산복합#3(3월, 400MW)		도서 52.8MW (487기) 신재생 19,157MW 집단 4,532MW
'17	신울진#2(6월, 1400MW)	신보령#2(6월, 1000MW)	포천복합#3(9월, 750MW)		
'18		신고리#5(12월, 1400MW)	영흥#7(6월, 870MW) 영흥#8(12월, 870MW) 포스코파워#9(1월, 600MW) 포스코파워#10(7월, 600MW)		
'19		신고리#6(12월, 1400MW)			
'20		신울진#3(6월, 1400MW)			
'21		신울진#4(6월, 1400MW)		호남화력#1,2 (1월, 500MW)	
'22		신고리#7(6월, 1500MW)			
'23		신고리#8(6월, 1500MW)			
'24				도서폐지 17.9MW(47기)	
합계	20,676MW (237기)	22,650MW (277기)	5,640MW (97기)	3,983MW (197기)	

※ 신재생 설비계획은 사업자 의함에 정부의 RPS 목표량을 반영하여 전망한 계획임

※ 도서폐지 17.9MW(47기)는 2010~2024년 합계임

※ 동부그린 #1,2는 발전사업허가과정에서 발전소 건설이 계획대로 수행될 수 있는 지를 면밀히 검토

제3절 향후 계획

정부는 지난 5월 제5차 전력수급기본계획의 간(間)년도 점검 및 계획(안)을 확정, 현재 수립 중에 있으며 계획기간은 2011년 ~ 2016년까지 5년간이다. 계획 수립환경으로는 우선, 최근 동계 피크 발생 등을 고려한 중·단기 전력수요 재전망이 필요한 상황에 있으며, 전력수요 예측 모형 개선을 통한 “장기 수요예측 정확도 향상을 위한 개선방안 연구

(성균관대)”과제가 진행 중에 있다. 또한 수급측면에서 '11~'14년 설비 예비율이 6.6~13.9%로 예상되어 중단기 전력수급 안정화 대책 수립이 필요하여, '14년 하계이전 준공 및 폐지계획 설비의 건설 및 운영 현황 점검과 비상시 공급 가용자원 활용 방안 마련, 긴급 건설 가능 발전설비의 수급계획 반영 등을 추진 중 이다. 그리고 향후 5년내 준공예정인 송전선로(345kV 이상 주요 간선망) 및 접속설비 건설현황 점검 등을 통해 전력계통 신뢰도 평가 및 개선방안을 도출하고자 한다. 6월까지 중단기 전력수요 재예측 결과를 토대로 발전소 긴급건설 계획을 반영하고, 10월까지 발전소 폐지계획 조정 및 지연설비 등에 대한 대체 방안검토, 전력정책심의회 심의 등을 통해 2011년 말 계획을 공고할 예정이다

제3장 원자력발전 정책 방향

제1절 기본방향

지식경제부 원전산업정책과 서기관 김영규

1. 국민에게 신뢰받는 안전 최우선 원자력발전 정책 추진

2011년 3월 11일 일본에서 발생한 대지진과 쓰나미로 인해 후쿠시마 원전이 제어능력을 상실하면서 수소폭발 및 방사능유출사고가 발생하였다. 사고 초기 동경전력 발표와 달리 원전사고는 지속 악화되고 사고수습이 지연되면서 우리나라를 비롯한 세계 각국의 우려가 확대되었다. 일본 원전사고 발생 직후 지식경제부는 일본지진으로 인한 국내 피해 최소화과 일본사고 수습 지원을 위해 실물경제대책반을 구성·운영하였으며 이를 통해 봉산, 방사선 방호마스크 등 일본으로부터의 원전사고 수습을 위한 지원요청을 신속히 처리하였다.

이와 함께 국내원전 안전성에 대한 우려가 증대됨에 따라 한수원 자체 안전점검을 실시하였으며 곧이어 교과부 주관의 민관합동점검(3.23~4.22)을 통해 국내 전원전에 대한 안전점검을 실시하였다. 1달여에 걸친 점검결과 “현재까지 조사·연구를 통해 예측된 최대 지진과 해일에 대해서는 국내 원전이 안전하게 설계·운영되고 있음이 확인”하였으며 일본 원전사고를 거울삼아 최악의 자연재해가 발생하더라도 원전이 안전하게 운영될 수 있도록 총 50개의 장단기 안전 개선대책을 발굴하였다. 또한 계속운전중인 고리1호기 정밀점검 결과 역시 안전한

전에 문제가 없는것을 확인하였다. 안전개선 대책은 향후 5년간 약 1조 원 규모의 재원을 투입하여 단계적으로 반영해 나갈 계획이며, 이를 통해 국내 원전의 안전 수준을 획기적으로 강화해 나갈 계획이다.

일본원전사고로 인해 세계 각국은 자국의 원전정책방향을 발표하였으며 미국, 프랑스, 캐나다, 러시아, 남아공, 핀란드 등은 기존 원전정책을 유지하겠다는 입장이며 중국, 스위스 등은 신규원전 건설 및 기존원전 수명연장 유보를 발표하였다. 특히 일본의 경우 총리기자회견을 통해 원전 확충내용을 담은 기존의 일본 에너지기본계획을 백지화하고 재수립하겠다는 계획을, 독일은 2022년까지 자국내 원전을 단계적으로 폐쇄하겠다는 계획을 발표하였다. 이와 달리 미국, 프랑스, 러시아는 기존의 원전정책을 차질 없이 추진해 나가겠다는 정책방향을 발표하였다.

우리나라는 원자력 발전은 고유가와 기후변화 대응, 급증하는 전력수요에 대비한 안정적인 전력공급을 고려할 때 “선택이 아닌 필수”임을 고려하여 일본원전사고를 계기로 국내 원전의 안전성을 한층 더 강화하고 안전을 최우선으로 원자력발전 정책을 추진해 나갈 계획이다. 또한 바람직한 중장기 에너지 믹스는 온실가스 감축, 에너지 자립 등 미래 국가 경쟁력 강화를 위해 화석연료 의존도를 줄이고 원자력, 신재생에너지 등 저탄소 에너지원 비중을 확대할 필요가 있다는 정책방향을 근간으로 1차 국기본의 정책방향을 차질없이 추진하되, 일본 원전사고를 우리 원전의 안전성과 원전비중을 포함한 에너지 믹스를 점검하는 기회로 활용해 나갈 계획이다.

2. 원전 수출산업화의 차질 없는 추진

2009년 12월27일 UAE 원전사업에서 한국의 한전컨소시엄이 세계 경쟁국을 제치고 최종사업자로 선정되었다. 이는 우리나라가 원자력발전 도입 30여년 만에 ‘한국형 원전(APR1400)’ 첫 수출에 성공하게 된 역사적인 사건이었으며, 미국, 프랑스, 러시아, 캐나다, 일본에 이어 세계 6번째 원전수출국으로 도약하게 되었다. 향후 세계적인 원전 수출 강국으로 도약하기 위해서는 한국형 원전의 강점을 극대화하고 약점을 보완해야 할 필요가 있다.

첫째, 금번 UAE와 같이 터키 발주의 원전건설이 가능한 국가에 대해서는 정부 간 협력 등을 통해 원전 플랜트 수출을 지속적으로 추진하고, 원전도입기반이 취약한 국가에 대해서는 인력 양성 등 인프라 구축을 통한 원전 진출기반을 조성하는 등 국가별 맞춤형 수출전략을 구사하는 한편, 우리가 가진 세계 최고수준의 원전운영 및 정비능력을 활용하여 세계 원전 운영 및 정비시장에도 적극 진출할 계획이다. 둘째, 원전설계 코드, 원자로냉각재펌프(RCP)등 미자립 핵심기술과 토종 신형원전(APR+) 2012년까지 조기개발 완료해 나갈 예정이다. 셋째, 원전 기술 인력 확보를 지난해 10월 수립한 원전 전문인력 수급전망 및 양성계획에 따라 우수 인력을 지속 양성해 나갈 계획이다. 넷째, 국내원전 및 해외 원전수출에 소요되는 원전연료(우라늄)의 안정적 확보를 위해 적극적인 해외 우라늄광 지분인수와 해외 농축공장 지분참여 및 성형가공 공장 증설도 추진 할 예정이다. 다섯째, 원전 핵심 기자재 공급 역량 확충을 위해 외국 우수업체와의 전략적 제휴 및 국내기업과의 합작 등을

통한 경쟁 공급 체제 도입을 유도하고, 고부가가치 핵심기자재를 중심으로 원전 전문 및 중견 기업을 육성해나갈 것이며, 또한 수요기업과 중소기업 간 상생협력 강화로 대·중소기업의 동반 성장도 추진해 나갈 계획이다.

3. 저탄소 녹색성장과 안정적인 전력공급을 위한 국내 원전 건설·운영 확대

정부는 2008년 8월 ‘국가에너지기본계획’을 통해 원자력발전 비중 36%(원전20기)를 2030년까지 59%(40기내외)로 확대하기로 결정하였다. 이에 따라 현재 신고리 1호기 등 총 21기가 운영중에 있으며 총 7기가 건설 중에 있다, 또한 앞으로도 계획에 따라 11기 내외를 더 건설할 예정이다.

이를 위해 정부는, 첫째, 기존 원전 부지에 수용되는 6기외에 추가원전 건설에 필요한 신규부지 2개소는 공론화를 통해 민주적이고 합리적인 방식으로 확보할 계획이다. 둘째, 원전에 대한 국민의 이해기반을 보다 확충하고 원전건설 및 운영의 혜택이 지역사회에 직접적으로 확산되는 ‘지역공존형 원전 건설’을 차질 없이 추진해 나갈 계획이다. 셋째, 한국수력원자력의 경영효율화, 자금조달 다변화 등 신규 원전 건설을 위한 다양한 자금조달 방안도 강구해 나갈 예정이다.

4. 지속적인 방사성폐기물의 안전한 관리

방사성폐기물은 방사능 농도와 열 발생률을 기준으로 중·저준위와

고준위폐기물로 구분된다. 중·저준위 폐기물은 원전, 원자력연구원, 방사성동위원소 사용업체 등에서 사용되는 작업복, 휴지, 폐수지 등이 해당되고, 고준위 폐기물은 원자력 발전에 이용된 사용후핵연료 등이 해당된다. 정부는 그동안 공모절차를 거쳐 경주에 중·저준위 방사성폐기물 영구처분 시설 건설을 추진하고 있으며 현재, 방폐장 1단계 건설공사를 추진 중이며 2단계 사업의 추진도 준비중에 있다. 사용후핵연료 관리방안은 국가 정책방향, 국내외 기술개발추이 등을 감안, 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진할 계획이다.

제2절 원전의 안전성 확보

지식경제부 원전산업정책과 사무관 이판대

1. 원전설비의 안전관리

원전의 안전성 확보는 매우 중요한 사안으로 모든 면에 있어서 원전 안전이 최우선적으로 고려되어야 한다. 그래서 고도의 안전성을 갖추기 위해 건설 및 운영의 전 과정에 걸쳐 보통의 다른 산업시설과는 비교할 수 없는 까다로운 기준을 적용한다.

우선 원전은 발생 가능한 모든 사고를 고려하여 그 원인을 근본적으로 제거하고, 만일의 이상상태가 발생하더라도 이를 미리 감지하여 사고로 확대되는 것을 방지할 수 있도록 설계된다. 설사 이상상태가 사고로 진전되더라도 방사성물질이 외부로 누출되는 것을 막기 위해 다중방어시스템을 갖추고 있다. 또한, 건설·운영 과정에서는 사업자 자체적

인 품질 및 안전관리를 강화하고, 이를 확인·점검하기 위해 규제 전문기관의 안전심사와 정부의 안전점검, 국제원자력기구 등 국제전문기관의 정기점검 등 다중의 안전성 확인제도를 운영하고 있다. 원전에서 발생하는 모든 고장과 사고는 국제원자력기구에서 정한 ‘원전사고·고장 분류 기준’에 따라 그 등급을 평가하여 국민들에게 투명하게 공개하고 있다.

또한 국내·외 전문기관의 위탁교육 등을 통해 전문인력의 양성에도 주력하고 있다. 특히, 원전의 안전운영에 핵심 역할을 수행하고 있는 운전원들은 모의제어반 훈련을 통해 원전운영과정에서 발생 가능한 여러 가지의 상황에 대처할 수 있는 능력을 함양하고 있다. 아울러 원전의 고장이나 사고의 발생을 원천적으로 봉쇄하기 위해 원전 종사자들이 항상 안전을 먼저 생각하는 안전문화가 뿌리를 내릴 수 있도록 노력하고 있다.

한편, IAEA는 원자력안전협약을 주관하면서 각국에 가동원전에 대한 안전성 향상 및 확인을 위해 포괄적이고 체계적인 안정성평가기법인 주기적안전성평가(PSR : Periodic Safety Review) 도입을 권고하고 있다. 이에 정부는 원자력법에 주기적안전성평가 시행근거를 마련하였고, 이와 관련된 시행령과 시행규칙을 정비하여 운영허가일 부터 10년마다 주기적안전성평가를 실시하도록 하였다. 이에 한수원(주)은 2010년 말 기준으로 운영허가 이후 10년이 경과한 16기에 대한 평가와 고리1호기 및 월성1호기 계속운전을 위한 평가를 완료하였다. 한편, 영광5·6호기와 울진5·6호기는 2011년과 2013년에 각각 착수할 예정이다.

2. 원전주변지역의 환경관리

원전의 환경관리는 원전 건설·운영으로 인해 시설주변지역의 주민과 환경에 미치는 영향을 최소화하는데 그 목적을 두고 관련법령에 제도화하여 시행하고 있다. 이러한 환경관리 활동은 원전건설 전단계부터 운영기간에 걸쳐 이루어지고 있는데, 건설 이전 단계에서는 원전건설에 따른 환경영향을 미리 예측·평가하고 원전주변에 미치는 영향을 최소화하기 위한 방안을 강구하게 하고 있으며, 건설·운영 중에는 환경영향 여부를 지속적으로 조사 확인토록 하고 있다.

원전의 환경방사능 조사를 위해 원전으로부터 30km 이내의 다수 지점에 방사선감시기 등 감시장비를 설치하였으며, 특히 인구 밀집지역에는 방사선량률 표시판을 설치하여 주민들이 환경 중의 방사선량률을 직접 확인할 수 있도록 하고 있다. 조사결과 원전주변의 방사능은 일반지역과 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타나고 있어 원전이 매우 안전하게 운전되고 있음이 확인되었다.

일반환경의 경우 원전에서 방출되는 온배수로 인해 김, 미역 등 저온성 해조류에 피해를 주는 문제가 제기되고 있어, 원전건설과정에서 온배수 영향 저감대책을 추진 중에 있다. 아울러 온배수가 난류성 어종에는 긍정적인 효과가 있는 특성을 활용, 온배수를 이용한 어류양식 기술을 개발하여 인근 해역에 방류하는 사업을 실시하고 있으며, 이는 원전 주변지역 주민의 소득증대와 온배수의 유용성을 인식시키는데 기여하고 있다.

또한, 국내 운용중인 모든 원전에 민간환경감시기구가 설치되어 원전

주변의 환경방사능 및 환경영향을 독립적으로 감시하고 있다. 감시기구의 설치 및 운영에 소요되는 비용은 「발전소주변지역지원에 관한 법률」에 따라 지원하고 있다.

3. 원전의 안전한 해체대책

원전은 우라늄과 같은 핵분열물질을 사용함으로써 원자로와 일부 계통 및 구조물이 방사능에 오염되기 때문에, 수명이 다할 경우 일반인과 주변환경에 영향을 주지 않도록 안전하게 해체하여야 한다. 지식경제부와 한수원(주)은 이에 대비하여 사전에 필요한 기술을 확보하기 위해 해외 해체기술 현황조사 및 기술개발 방안 수립을 위한 연구를 이미 완료하고, 현재 관련 기술 개발을 진행하고 있다. 또한 해체에 소요되는 비용을 안정적으로 확보해 두기 위해 비용충당제도를 시행하여 1983년부터 원전 운영자가 매년 일정액을 적립토록 하고 있는데, 한수원(주)는 2010년 말 현재 원자력발전소를 해체하는데 쓰일 충당금으로 5조 9,450억원을 적립하여 해체에 대비하고 있다.

한편, 설계수명 기한이 종료된 원전이라 하더라도 설비의 안전성과 건전성을 종합 평가하여 안전성이 전제될 경우 지역주민의 의견을 수렴하여 계속적인 운전이 가능한 것으로 확인되면, 노후 기기를 교체하고 발전소의 성능을 개선하여 일정기간 계속 운전하는 방안도 적극 추진할 계획이다.

이와 관련 정부는 설계수명이 만료된 발전소의 계속운전 여부를 결정하기 위해 안전성평가를 실시하도록 2005년 9월 법제화하였다. 이에

따라 한수원(주)은 고리 1호기에 대한 계속운전을 2006년 6월 신청하였으며, 정부는 한수원(주)이 제출한 주기적안전성평가서, 주요기기에 대한 수명평가서 및 방사선 환경영향평가서 등 16개 분야 112개항목에 대해 안전성을 심사하여, 2007년 12월 계속운전을 허가하였다. 이후 한수원(주)은 지역주민들과의 합의를 거쳐 2008년 1월부터 재가동을 시작하였다. 또한 한수원(주)은 2009년 12월 정부에 월성1호기 계속운전 안전성평가보고서를 제출하여 월성1호기 계속운전을 추진 중에 있다.

제3절 원전산업의 경쟁력 강화

지식경제부 원전산업정책과 사무관 이종경

1. 원전기술 자립 추진

1970년대에 발주한 고리 1·2호기와 월성 1호기는 설계, 제작, 건설, 시운전에 이르기까지 모든 권한과 책임을 외국회사에 위임하는 일괄도급 건설방식을 채택하여 기술축적이나 국산화 실적이 극히 미진하였다.

이에 정부는 1984년 7월 원전의 경제성 제고 및 에너지 자립기반을 확립하기 위하여 “원전건설 기술자립 계획”을 수립하고, 영광 3·4호기가 준공되는 1995년까지 95%의 기술자립 목표를 설정하였다. 1987년 발주한 영광 3·4호기 건설사업은 국내업체를 주계약자로 선정하고 각 업체가 전문분야별로 역할을 분담하고 유기적인 협력 체제를 구축하여 외국으로부터 기술도입을 통한 원전기술의 국산화를 추진하였으며, 동 원전이 준공된 1995년말 당초 목표대로 95%의 기술자립

을 달성하였다.

한편, 원전기술 자립과 병행하여 국내 실정에 맞는 표준원전을 설계·건설하기 위한 원전 표준화사업이 추진되었다. 국내 표준원전의 개념은 영광 3·4호기를 참조모델로 선정하여 기존 원전의 건설·운영경험 및 해외 신기술개발 사례를 반영하고 이를 토대로 올진 3·4호기 사업을 추진함으로써, 우리나라 실정에 맞는 표준원전 설계를 완성하고, 이후 후속 원전은 표준설계를 그대로 적용·건설하여 안전성과 경제성을 지속적으로 향상시켜 나가는 것이다. 사업주체인 한전과 전력그룹사는 1995년말 발전소 전 계통에 대한 표준 설계요건 및 표준 상세설계를 완료하였고, 1999년 준공된 올진 3·4호기 건설을 통해 표준화를 완성하였다.

이로써 국내 원자력산업계는 한국표준형원전의 설계·건설능력을 확보하였고 이를 바탕으로 영광 5·6호기 및 올진 5·6호기를 그대로 복제건설하여 운영중에 있다. 또한 경제성이 향상된 개량형 한국표준형 원전으로 신고리 1호기를 건설하여 운영중이고 신고리 2호기와 신월성 1·2호기가 건설중에 있다.

또한, 한국표준형원전에 이어 이보다 더 안전성, 경제성 및 발전용량이 향상된 APR1400을 2002년 개발 완료하고 이를 적용하여 신고리 3·4호기 및 신울진 1·2호기를 건설중에 있으며, 중동지역에서 최초로 추진되는 UAE 원전사업에서 2009년 12월 27일 한국의 한전컨소시엄이 APR1400 첫 수출에 성공하였다.

2. 원전산업의 경쟁력 제고

원자력발전 부문은 국내 발전량의 30~40% 가량을 차지할 뿐만 아니라 기저부하로서의 안정적인 전력공급에 주요한 역할을 담당하고 있다.

그러나, 원자력발전은 환경단체의 반대가 심하고 장기간에 걸쳐 막대한 투자가 소요되는 특성으로 인해 앞으로의 전력경쟁시장에서 원자력 발전이 현재와 같은 성장세를 지속해 나가기 위해서는 경쟁력 확보가 중요한 과제가 되고 있다.

한편, 국내 원자력발전소 기술이 그간의 자립노력으로 현재 95% 자립수준에 이르고 있다고는 하나, 아직 대외적인 기술우위를 확보하지는 못한 상태이다. 더구나 WTO 체제 출범으로 원자력발전소 기자재 공급과 시공분야가 1997년부터 이미 개방되었고, 설계엔지니어링과 원전연료 부문은 머지않아 개방이 불가피할 것으로 예상되고 있어 원전산업의 대외 경쟁력 확보도 시급한 실정이다.

또한 세계적으로 웨스팅하우스(WH), AREVA 등 일부 선진 원전공급사가 기술을 독점, 새로운 핵심기술을 특허출원하여 후발 국가의 세계시장 진출을 저해함에 따라 이에 대한 핵심기술 확보 전략을 수립하여 치열한 글로벌 경쟁체제에 적극적으로 대비할 필요가 있다.

이와 같은 원전 기술개발 환경변화를 반영하여 2015년까지의 원자력발전 중장기 연구개발 로드맵을 제시하고, 중점 추진사업 및 기술을 도출하여 성과중심 및 목표지향적인 기술개발로 2015년 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하였고, 원전 수출 제약요인의 조기 해소를 위해 사업 목표를 2012년까

지 조기달성하기 위한 주요 핵심사업의 기간단축 및 사업범위 등에 대한 재조정의 필요성이 제기되어 Nu-Tech 2015를 개정한 “원전수출산업화를 위한 원전기술 발전 방안(Nu-Tech 2012)”를 수립하여 추진 중에 있다.

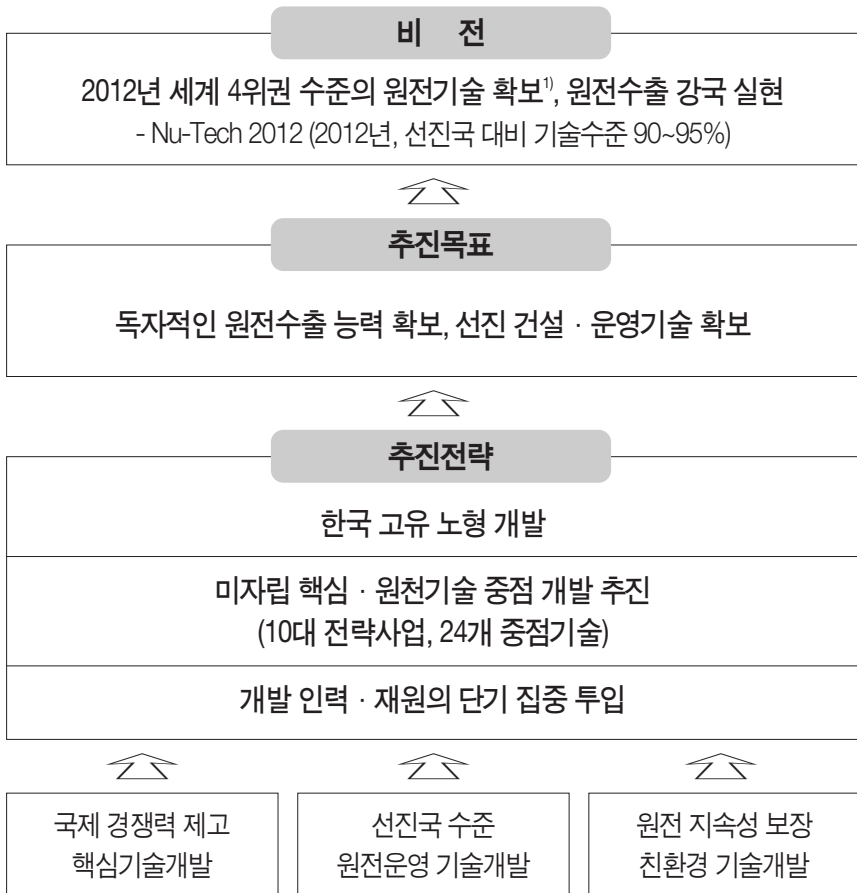
3. 원전 안전성 강화

2011년 3월에 발생한 일본 후쿠시마 원전 사고는 원자력 역사에서 중요한 이정표로 원자력 안전의 중요성이 전세계적으로 강조되고 있다. 후쿠시마 원전 사고가 전세계 원전산업 전반에 지대한 영향을 미치고 있는 상황에서 원전 안전성 향상을 위한 기술개발의 중요성이 대두되고 있다. 이에 지경부는 Nu-Tech 2012에 따른 핵심기술 자립 이후 세계 최고 수준의 원전기술 확보를 위한 방향을 정립하기 위해 원전기술 국가로드맵(Nu-Tech 2030) 수립을 준비 중에 있다. 원전기술 국가로드맵(Nu-Tech 2030)을 통해 세계 최고 수준의 안전 기술을 확보하여 글로벌 경쟁력을 지속적으로 강화해나갈 것이다.

제4절 원전기술개발의 체계적 추진

지식경제부 원전산업정책과 사무관 이종경

1. 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012) 비전 및 추진 목표



1) 한국표준형원전 복제건설 95% 자립 수준이나, 일부 핵심·원천기술 미자립 및 선진국 대비 운영기술 미흡(세계 4위권 : 미국, 프랑스, 일본, 러시아)

2. 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012) 추진방향

국내 신규원전 수요에 대비하고 세계적인 원전 르네상스 도래에 대비하여 기존의 현장애로기술 위주의 기술개발에서 탈피하여, APR1400 이후 원전 등 원전기술 개발을 중점 추진하여 원전의 경제성을 증진시키고 국가 신성장동력 중 하나인 원전 해외시장 진출을 적극 뒷받침한다.

2012년까지 원전 설계핵심코드 개발 등 핵심기술 개발과 APR+ 표준설계 개발 계획이 앞당겨짐에 따라 사업별 우선순위 조정 등을 통한 참여기업의 인력 조기 투입 및 추가 인력 확보 노력 필요하다.

원전기술발전방안(Nu-Tech 2012) 포트폴리오 기술개발에 대한 분야별 주도사업 및 중점기술을 선정하여 중점 추진하되, 선택과 집중을 위하여 국가전략과제(Top-down)를 80%이상 점유토록 유지하여 추진할 것이다. 현장애로기술 충족을 위한 기술개발 등은 수요자 중심(Bottom-up) 및 원전 관련사의 자체 연구개발로 추진하여 원전기술개발의 균형을 유지할 계획이다.

연구개발성과의 활용도 제고 및 시너지 효과의 극대화를 위하여 산·학·연 협력체계를 강화하며, 공동(협력)연구를 확대 추진한다. 연구개발주체들의 명확한 역할분담과 긴밀한 협력체계의 구축을 위하여 네트워킹형 사업수행 및 과제별 특성에 따라 역할을 차별화하고 기획단계에서 원자력 전문기관별 확보기술 및 기술역량 등을 고려하여 산·학·연 간의 역할분담 명확화를 통한 체계적인 기술개발을 추진한다. 또한, 원전기술 분야의 전략적 제휴가 가능한 국제공동연구 추진 등 축적된 기술역량을 적극 활용하여 기술개발의 기반을 마련한다.

또한 성과중심의 포트폴리오에 대한 단계별 성과목표를 대상으로 주도사업 기준의 성과를 분석하여 추진목표 달성을 제고할 것이며, 1('07~'09), 2('10~'12), 3('13~'15)단계별 완료시점에서 주도사업별로 추진하고 있는 중점기술 개발을 주기적으로 검토·조정할 계획이다.

3. 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)이후 원전기술개발의 추진방향

2011년 3월에 발생한 일본 후쿠시마 원전 사고로 인해 원자력 안전성에 대한 우려가 증대하면서 원전 안전성 향상을 위한 기술개발의 중요성이 대두되고 있다. 이에 따라, 일본 후쿠시마 사고의 원인 분석 및 결과를 반영하여 원전 안전성 향상 기술개발을 지속적으로 추진해나갈 계획이며, Nu-Tech 2012에 따른 핵심기술 자립 이후 세계 최고 수준의 원전기술 확보를 위한 방향을 정립하기 위해 원전기술 국가로드맵(Nu-Tech 2030) 수립을 준비 중에 있다. 원전기술 국가로드맵(Nu-Tech 2030)을 통해 세계 최고 수준의 안전 기술을 확보하고 글로벌 경쟁력을 지속적으로 강화해나갈 것이다.

제5절 원자력발전소 주변지역 지원제도

지식경제부 원전산업정책과 사무관 구대림

1. 개 요

발전소 건설·운영에 대한 주변지역 주민수용성 제고를 위한 지원사

업의 효율적 시행 및 전력사업에 대한 국민의 이해를 제고하여 전원개발을 촉진하고 발전소의 원활한 운영을 도모하며 지역발전에 기여하고자 1989년 「발전소주변지역 지원에 관한 법률」을 제정, 1990년부터 지원사업을 시행하고 있다.

최근에는 2005년 관련법령의 개정으로 지원금 산정기준이 설비용량에서 발전량으로 변경되었으며 원자력 발전소주변지역의 경우에는 발전사업자가 자기자금으로 지역지원사업을 시행할 수 있는 법적 근거가 마련됨으로써 지원금이 대폭 증가하게 되었다.

또한, 원자력 발전사업자는 사업자지원사업에 의한 지역지원사업 외에 지방세법 개정('05.12)으로 지역자원시설세(목적세)를 납부하여 지역발전에 기여하고 있다.

2. 지원사업의 종류 및 지원내용 등

전력산업기반기금으로 지원되는 지원사업의 종류는 기본지원사업, 특별지원사업, 홍보사업 및 기타 지원사업으로 구분할 수 있다.

기본지원사업은 발전소주변지역을 대상으로 소득증대사업, 공공시설사업, 육영사업, 사회복지사업, 주민복지지원사업, 기업유치지원사업 및 전기요금보조사업 등을 지자체 또는 발전사업자가 시행하며, 지원금은 전전년도 발전량(kWh) $\times$ 0.25(원/kWh)으로 산정하여 발전소 건설·가동기간 동안 사업을 시행할 수 있다.

특별지원사업은 발전소 건설기간 중 주변지역이 속하는 지자체(시·군·구) 지역을 대상으로 기본지원사업의 세부내용을 고려하여 사업을

시행하며, 지원금의 규모는 건설비(부지구입비 제외)의 1.5%(자율유치시는 0.5% 가산)으로 산정하여 사업을 시행할 수 있다.

대국민 홍보사업은 한국원자력문화재단이 원자력관련 전력사업에 대한 대국민 이해를 증진하기 위해 시행하는 사업으로써 지원금의 규모는 주변지역지원사업심의위원회의 심의를 거쳐 지식경제부 장관이 정한다.

기타지원사업은 원자력발전소 주변지역에 대한 환경 및 방사선안전 등에 관한 감시를 위한 민간환경감시기구의 설치 및 운영에 대한 지원사업 등을 위해 시행하는 사업으로써 지원금의 규모는 기본지원사업에 대한 연간 지원금의 10% 범위 내에서 주변지역지원사업심의위원회의 심의를 거쳐 지식경제부 장관이 정한다.

발전사업자 자기자금에 의한 사업자지원사업은 원자력발전소의 경우 주변지역을 대상으로 교육·장학지원사업, 지역경제협력사업, 주변환경개선사업, 지역복지사업, 지역문화진흥 사업 등을 발전사업자가 지역위원회와 협의하여 시행하며, 지원금 규모는 전전년도 발전량(kWh) $\times$ 0.25(원/kWh)으로 산정한 금액 범위 내에서 사업을 시행할 수 있다.

〈표 1-22〉 기본지원사업과 사업자지원사업의 비교

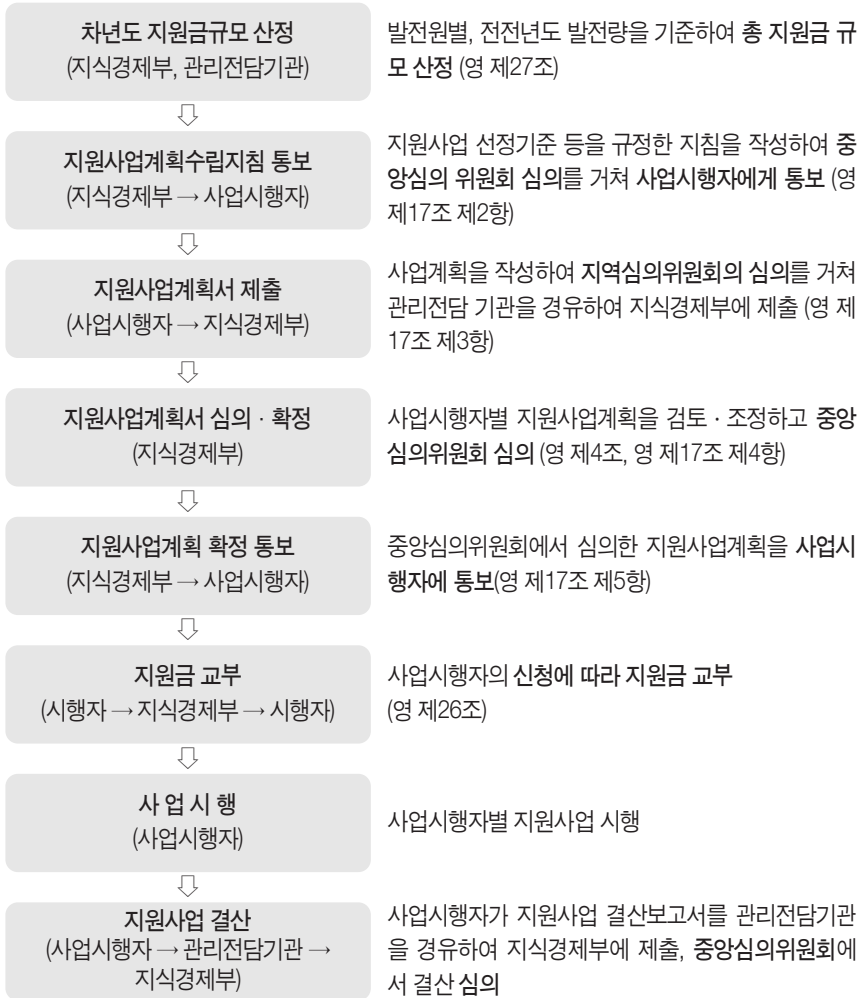
구 분	기본지원사업	사업자지원사업
사업 성격	○ 주변지역의 개발과 주민의 복리 증진을 위하여 정부기금으로 시행하는 지원사업	○ 원자력·수력발전사업자의 자기자금에 의한 지역지원사업
재원 부담	○ 전력산업기반기금	○ 한국수력원자력(주) 자체예산
사업시행자	○ 지자체의 장 (원전의 경우, 전기요금보조사업은 발전사업자)	○ 발전사업자
지원사업의 종류	○ 공공시설사업, 소득증대사업, 육영사업, 전기요금보조사업, 주민복지지원사업, 기업유치지원사업, 사회복지사업	○ 교육·장학지원사업, 지역경제협력사업, 주변환경개선사업, 지역복지사업, 지역문화진흥사업, 그 밖의 사업자지원사업
지원 범위	○ 주변지역 (원전의 경우, 전기요금보조사업을 제외한 지원사업은 지원금의 50% 이내를 주변지역 관할 시·군·구의 당해 주변 지역 외의 지역에 시행 가능)	○ 주변지역 (원전의 경우, 사업의 효율성 및 지역 균형 발전에 필요한 경우 지원금의 30% 이내를 주변지역 외의 지역에 시행 가능)
지 원 금 산정방법	○ 전전년도 발전량(kWh) × 0.25(원/kWh)	○ 전전년도 발전량(kWh) × 0.25(원/kWh)
시행 기간	○ 발전소 건설·가동기간 (전원개발사업 추진을 위해 필요하다고 인정하는 경우, 건설준비기간에도 시행 가능)	○ 발전소 건설·가동기간

〈표 1-23〉 최근 원자력발전소 주변지역 지원규모

(단위: 백만원)

관련법령 및 재원		사업종류	'09년도 지원규모	'10년도 지원규모					'11년도 지원계획
				고리	영광	월성	울진	계	
발전소 주변지역 지원에 관한 법률	전력 사업 기반 기금	기본지원 사업	47,595	16,180	11,871	9,642	16,572	54,265	54,558
		특별지원 사업	35,504	-	-	-	21,227	21,227	9,000
		홍보사업	9,264	-	-	-	-	9,500	9,400
		기타지원 사업	2,400	967	735	428	520	2,650	2,500
		소계	94,763	17,147	12,606	10,070	38,319	87,642	75,458
	발전 사업자 자기 자금	사업자 지원사업	47,595	16,180	11,871	9,642	16,572	54,265	54,558
	지방세법	지역지원시설세	74,020	14,623	25,366	9,295	25,206	74,490	75,000
총 계			216,378	47,950	49,843	29,007	80,097	216,397	205,016

3. 지원사업 추진절차



4. 지원제도 개선실적 및 계획

2005년 발전소주변지역지원에관한법률 개정에 따라 2006년부터 지

원금이 대폭 상향되고 발전소 운영기간 중에는 안정적으로 지원금을 지원받을 수 있게 되었으며 사업시행자의 재량권이 대폭 확대되었다.

2007년과 2008년에는 원자력발전소의 주변지역에 대한 민간환경감시기구 운영의 효율성 제고를 위하여 합리적 지원기준과 명확한 업무범위를 정하고, 2009년부터 운영할 경주시의 방폐장 유치지역 민간환경감시기구를 이미 구성된 월성원전민간환경감시센터와 통합 운영함으로써 행정의 효율성을 제고하고 재정의 낭비 요인을 최소화할 수 있도록 민간환경감시기구 운영지침을 개정하였다

또한 2007년부터 지자체 및 발전사업자 관계자들과 함께 워크숍을 개최하여 지원사업의 우수사례 발표를 통해 사업자간 벤치마킹을 유도하고, 사업 추진상 문제점을 개선 발굴함으로써 사업의 성공적 추진방안을 모색하고 있다.

이와 아울러 의원발의 법률개정(안), 지자체 등이 제기한 민원사항, 국회 등 외부기관이 지적한 사항 등에 대한 개선방안을 포함한 발전소 주변지역지원에관한법률 일부개정법률(안)을 2009.12월 국회에 제출하여 2011.3월 본회의에서 통과되었으며 2012.1.1부터 발효될 예정이다. 개정안의 주요 내용은 조력발전소 주변지역의 범위를 시행령에서 정의할 수 있는 근거를 마련하고, 법률에 규정된 기본지원사업의 사업내용을 시행령으로 이관하여 지원사업을 탄력적으로 운영할 수 있게 하였고, 지원금 관리로 발생하는 이자를 이월 사용할 수 있게 하였으며, 지원사업의 시행결과에 대한 평가를 실시하고 그 결과에 따라 지원금을 증액 또는 감액할 수 있도록 하였으며, 발전사업자의 공사·용역 등 계

약 체결시 발전소 소재지 기업을 우대할 수 있는 근거를 마련하여 지역 발전에 기여할 수 있도록 하였다. 2011.3월 개정안 공포에 따라 시행령 및 시행규칙을 금년중에 정비할 계획이다.

또한 2001.4월 ‘원전·방사성폐기물처분시설 민간환경감시기구 운영지침’을 개정하여 환경감시센터 직원의 자율적 감시활동을 보장하기 위하여 직원의 임기를 정년까지 보장함과 동시에 지경부장관에게 해임 요청권한을 부여하였으며, 감시센터 직원의 자격요건을 명확히 하여 직원 채용의 투명성을 제고하고, 감시활동의 공정성 보장 등을 위하여 감시활동에 대한 평가를 할 수 있는 근거 등을 마련하였다.

제6절 국민이해 확보

지식경제부 원전수출진흥과 김범식 사무관

1. 원자력발전 여건 변화

최근에 국내·외적 에너지 이용환경은 급변하고 있다. 석유가격의 급등으로 신고유가시대가 지속되고 있으며, 자원민족주의의 대두 등 전쟁을 방불케 할 만큼 지구 곳곳에서 자원 확보 경쟁이 치열하게 벌어지고 있다. 또한 2005년에 발효된 기후변화협약은 화석연료 사용의 제한, 신·재생 에너지에 대한 관심 고조 및 기술개발을 가속화시킬 것으로 보인다. 이에 따라 세계 각국은 지구온난화의 주범으로 지목받고 있는 이산화탄소의 배출을 줄이면서 지구환경에 친화적인 성장을 계속해 나가기 위한 다양한 노력을 기울여 나가고 있다.

원자력발전은 이와 같은 에너지환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 대안으로 그 중요성이 부각되고 있다. 주요 선진국들도 고유가와 온실가스감축에 대응할 수 있는 화석에너지의 대안으로 원자력의 발전을 주목하고 있으며, 세계원자력협회는 2030년까지 전 세계적으로 약 430여기의 신규원전이 건설될 것을 전망하고 있다. 최근 일본 후쿠시마 원전사고(11.3월) 이후 세계 각국은 자국의 에너지정책, 정치상황에 따라 원전정책 유지 또는 원전정책 재검토 등 상이한 입장을 보이고 있으나 전력수급여건, 대체에너지부족, 기후변화대응 등을 감안할 때 원자력은 여전히 유용한 에너지원으로 장기적으로 세계원전 트렌드는 유지될 것이다.

우리나라의 에너지 이용환경은 매우 열악한 실정이다. 부존자원이 거의 없는 자원 빈국에다 이산화탄소 배출량 증가율은 OECD 국가중 1위를 차지할 만큼 고탄소형 사회이다. 따라서 원자력이야말로 저탄소 녹색성장을 뒷받침해 줄 유일한 대안이라 할 수 있을 것이다.

우리나라의 원자력은 1978년 고리원전 1호기가 최초로 상업운전을 시작한 이래 2010년 현재에는 전체 전력공급의 32%를 담당하는 주공급원으로 우리 경제의 석유 의존도 및 에너지 수입 부담을 완화하고 값싼 전기를 안정적으로 공급하는데 크게 기여해 왔기 때문이다.

특히 정부는 2008년 8월에 ‘국가에너지기본계획(’08~’30)’을 수립한 바 있는데 기본계획의 핵심내용으로 원자력의 중요성과 역할 확대에 대해 강조하고 있다.

본 계획에 따르면 정부는 국가전체 발전설비 중 원전의 비중을 2007

년 26%에서 2030년 41%로 제고하고(발전량 비중은 2007년 36%→2030년 59%), 원자력을 수출산업으로 육성하기 위해 전략적 채취, 차세대 원전(APR+) 조기개발(당초 2015년에서 2012년으로 단축)등을 추진키로 하였다.

이렇듯 향후 원자력의 비중확대(원전 추가건설 등)는 피할 수 없는 선택임에도 불구하고 아직까지도 많은 국민들은 원자력에 대한 정확한 이해가 부족한 실정이며 원자력발전에 대한 막연한 두려움을 가지고 있기도 하다.

이는 원자력발전을 원자폭탄과 혼동하는 등의 원자력에 대한 국민들의 이해부족에 직접적인 원인이 있지만 원자력발전 도입초기에 정부와 원자력발전사업자가 관련 자료의 공개 등 국민이해를 돕기 위한 적극적인 조치를 취하지 않은데도 큰 원인이 있다.

그러나 국민적 합의는 원자력발전사업의 추진에 있어서 가장 중요한 문제가 되고 있다. 이러한 변화는 비단 우리나라에만 국한된 문제는 아니며, 원자력 선진국에서도 이미 경험하였거나 겪고 있는 문제들이다. 그럼에도 원자력발전사업을 추진하는 데 있어 우리나라가 선진국에 비해 더 큰 어려움을 겪고 있는 것은 국가적 사업추진이라는 당위성에 안주하여 국민적 신뢰를 얻는데 소홀했던 것에 그 원인이 있다고 할 수 있다.

2005년에는 방사성폐기물 처분장 부지를 주민투표를 통해 결정하였지만, 오랜 기간 동안 부지확보에 실패를 거듭해 왔던 것도 국민의 원자력발전에 대한 이해와 신뢰가 낮았다는 데 기인한다.

더욱이 우리나라는 사용후핵연료를 어떻게 처리할 것인가에 대한 선

택의 문제를 현안과제로 안고 있는 실정이다. 원자력발전소와 방사성폐기물처분장 건설은 물론 향후 사용후핵연료 관리를 국민적 공감 아래 원활히 추진하기 위해서는 관련 내용을 있는 그대로 상세하게 공개하여 국민들의 신뢰를 확보하는 것이 무엇보다 중요하다 하겠다.

2. 일반국민 및 지역주민에 대한 홍보 강화

일반 국민들은 반핵단체의 자극적이고 부정적인 주장에 아무런 여과장치 없이 노출되어 있다. 원자력발전에 대한 부정확하고 부정적인 자료들이 충분한 검증 없이 유포됨으로써 일반 국민들은 원자력에 대한 막연한 두려움을 갖게 되고, 결국 원자력발전에 대한 국민적 합의 도출을 어렵게 하는 부정적인 요인으로 작용하게 되는 것이다.

현재 원자력에 대한 국민인식 단계는 무지, 오해단계를 벗어나 이해 단계에 돌입해 있다고 볼 수 있다. 이에 따라 일반국민들을 대상으로 하는 홍보는 원자력에 대한 국민신뢰를 완성하고 더 나아가 감성적 지지 기반을 조성하기 위한 노력을 기울여 나가고 있다. 일상생활에서 원자력이 차지하는 비중과 역할을 알려 주고 원자력에 대한 기본적인 지식을 전달하여 특정 사안에 대해 정확하게 판단할 수 있도록 하기위해 노력하고 있다.

또한 원자력발전에 대한 막연한 두려움을 해소시켜 주기 위해 원자력 관련시설 견학을 통하여 직접 체험해 볼 수 있도록 하고 있으며, 특히 자라나는 차세대에게 올바른 원자력·에너지교육을 시행하여 중장기적으로 원자력·에너지 문제에 대한 합의가 이루어 질 수 있도록 차세대

의 원자력 이해교육도 활발하게 추진하고 있다.

직접적인 이해당사자로서 원자력발전사업에 대해 많은 관심을 가지고 있고 있는 원전주변지역 주민에게는 일반국민과는 달리 직접접촉을 통하여 거리감을 좁히고 유대를 강화하며 안전성에 대한 확신을 심어 주는데 홍보의 초점을 두고 있다.

우선 원전에 대한 불안감을 없애기 위하여 원전종사자와 지역주민에 대한 역학조사를 주기적으로 실시하고 있으며, 원자력발전소에서의 방사능물질의 누출여부를 확인하기 위하여 환경방사선감시기와 열형광선량계를 원전주변에 설치하여 주민들이 직접 감시하도록 하고 있다.

또한 원전주변 환경조사를 주민대표, 지방대학, 원전사업자가 공동으로 수행하여 발표하고, 민간환경감시기구를 운영하는 등 원자력발전소의 운영 실태를 주민들이 직접 감시할 수 있도록 함으로써 원자력발전에 대한 거부감을 해소해 나가고 있다.

한편, 원자력발전소 소재지 순회 의료봉사, 자매결연 및 급식지원, 불우청소년 돕기, 독거노인 지원, 복지단체 후원 등 다양한 활동을 적극 펼치고 있다. 앞으로도 이러한 사업들을 지속적으로 확대할 계획이며 원자력산업 관련자의 참여를 유도할 계획이다.

3. 원자력홍보의 미래지향적 전개

원자력홍보는 원자력에 대한 부정적 선입견과 왜곡되고 편향된 주장, 위험성에 대한 과장된 정보 등 일반국민이 갖고 있는 잘못된 인식을 바로 잡고, 원자력발전이 국가경제발전의 원동력이 되고 국민생활편익을

제공하는 유익한 에너지원이라는 것을 알림으로써 원자력발전사업이 국민적 합의하에 원활히 추진될 수 있도록 하는 국민이해기반 조성에 그 목적이 있다.

이를 위해서는 이해당사자인 지역주민들의 불안감과 피해의식을 근본적으로 해소할 수 있는 제도적인 보완책도 강구하여야 할 것이다. 이와 함께 원자력발전소의 건설계획 수립과 건설 및 운영 등 전 과정을 투명하게 공개하고 여론을 적극적으로 수렴함으로써, 국민적 이해를 바탕으로 원자력발전사업을 추진할 수 있는 기틀을 조성해야 할 것이다.

특히 정보화, 분권화 등 변화하는 시대 상황에 적극 부응하여 인터넷 등 새로운 정보매체를 적극 활용하여 일반국민 및 지역주민과의 쌍방향 커뮤니케이션이 원활히 이루어질 수 있도록 하는데 지속적으로 관심과 노력을 기울여 나가야 할 것이다.

또한 자라나는 차세대에 대한 원자력·에너지 교육의 각별한 주의를 기울여야 할 것이다. 학생층의 원자력에 대한 인식은 성인의 절반수준에도 미치지 못하는 수준이며, 원자력홍보란 그 성과가 단기간에 나타나는 것이 아니라 장기적이고 간접적으로 나타는 특성이 있기 때문에 미래의 에너지 사용의 주요 소비자가 될 차세대와 적극적인 의사소통의 노력을 기울인다면 원자력에 대한 불신으로 인한 사회적 비용을 대폭 줄일 수 있기 때문이다.

이러한 목표를 달성하기 위해서 정부는 사업자, 연구소 등 관련기관과의 긴밀한 협조체제를 유지하는 한편, IAEA 등 국제기관과의 협력을 통하여 원자력홍보의 선진화에 주력할 계획이다. 또한 원자력홍보 전문

기관의 육성 및 인력의 양성, 새로운 홍보기법의 개발, 정보·자료의 조사·분석 등을 통하여 원자력홍보가 보다 체계적이고 과학적으로 이루어지도록 할 것이다.

지속적인 경제성장과 국민복지 향상을 위해서는 에너지의 안정적인 확보가 뒷받침되어야 한다. 특히 고유가, 기후변화협약 등 급변하는 시대상황에 적극 대응하기 위해서는 필수적인 국가에너지 자원으로 자리하고 있는 원자력발전에 대한 국민적 이해기반 확충과 국민 신뢰회복이 그 어느 때보다 필요한 시점이다.

원자력발전사업이 국민적 합의 아래 원활히 추진되어 우리나라의 밝은 미래를 열어갈 수 있도록 기존 홍보의 틀을 새롭게 정립하고 다양하고 참신한 홍보활동을 전개하는 등 대국민 홍보에 최선의 노력을 기울일 것이다.

제7절 원전연료 확보

지식경제부 원전산업정책과 사무관 구대림

1. 개요

가. 원전연료란?

화력발전소를 가동하기 위해서 석유나 석탄이 필요하듯이 원전을 운영하기 위해서도 원전연료가 필요하다. 원전연료로 이용되는 천연우라늄에는 우라늄 238이 99.3%, 우라늄 235가 0.7%로 구성되어 있다. 중

수로용 원전연료는 천연우라늄을 그대로 사용하지만, 경수로용 원전연료는 우라늄 235의 함량을 2~5%로 높인 저농축우라늄을 사용한다. 우라늄 235 1g은 석유 9드림, 석탄 3톤에 해당하는 열에너지를 생산할 수 있으므로 소량의 원전연료를 원자로에 장전하여 약 3~4년 동안 많은 열을 발생시킬 수 있다. 원전연료는 화석연료에 비해 환경오염이 없는 환경친화형 에너지원이면서도 연료비가 저렴한 특성을 지니고 있다. 한국 표준형 경수로용 원전연료 집합체 1다발이 생산할 수 있는 전력량은 약 1억7천만kWh로 약 6만 가구가 1년간 쓸 수 있는 양에 해당된다.

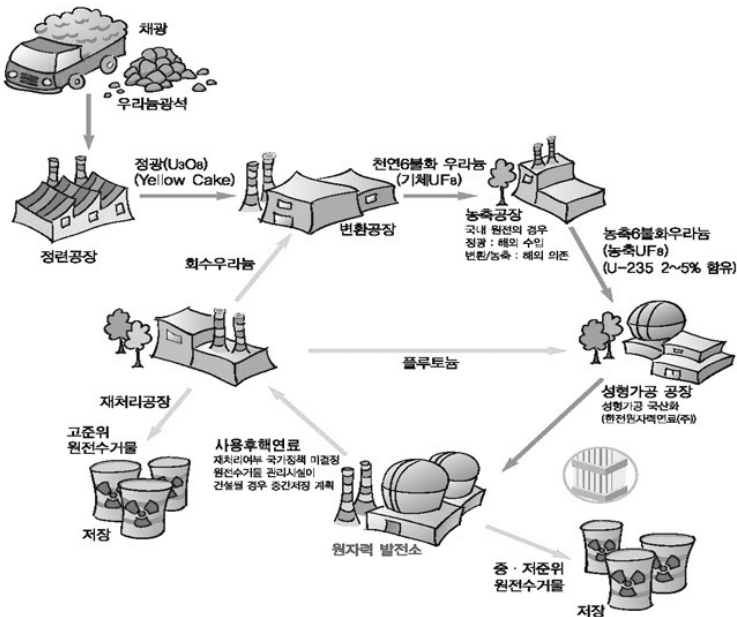
나. 원전연료 사용주기(cycle)

현재 충북 괴산, 옥천지역에 매장되어 있는 우라늄 235의 함유량은 0.04%밖에 되지 않아 경제성이 없다. 따라서 원석을 정련시킨 우라늄 정광을 외국에서 구입하고 구입된 우라늄 정광의 변환 및 농축까지를 해외에 위탁하여 수행한 후, 이 우라늄을 국내에 들여와 손톱만한 크기의 세라믹 형태(UO₂)인 소결체로 만든다. 그 다음, 이 세라믹 형태의 소결체 300여개를 특수한 금속튜브에 넣고 밀봉하여 연료봉을 만들고, 다시 연료봉 200여개를 튼튼한 금속 구조물에 고정시켜 완제품 형태의 원전연료집합체를 만든다. 원자력발전소의 원자로 안에서는 이 원전연료집합체 150여다발이 핵분열 연쇄반응을 하여 열을 낸다.

원전연료는 한번 연소후 폐기하는 것이 아니라 재처리과정을 통하여 다시 사용할 수 있기 때문에 앞으로 수천년간 사용이 가능한 무한에너지라고 할 수 있다.

이처럼 원전연료는 화석연료와는 달리 정련, 변환, 농축, 성형가공 등 여러 단계의 공정을 거쳐 만들어지며, 설계단계에서부터 안전성을 최우선으로 고려하여 제작되는데 우리나라는 연간 약 4,000톤의 우라늄(정광기준)을 사용한다.

원자로에 장전된 연료는 경수로의 경우 3~5년, 중수로의 경우 1년 동안 연소되며, 사용후핵연료는 장기간 저장 후 직접 처분하거나 미연소된 우라늄 또는 플루토늄을 회수하여 재활용할 수도 있다. 우리나라는 한미원자력협력협정 및 한반도 비핵화 선언('91)에 따라 국내에 민감시설인 농축 및 재처리시설을 보유할 수 없어, 우라늄 정광에서부터 변환, 농축(enrichment services)까지를 해외에서 구매하고 있으며, 원전연



〈그림 1-3〉 원전연료 주기도

료 성형가공(Fabrication) 분야에서는 1980년대 이후 에너지 안보와 원전연료주기 기술 확보를 위해 많은 노력을 기울인 결과, 현재는 소요량 전량을 국내(한전원자력원료(주))에서 자체기술로 성형 가공하여 발전소에 공급하고 있다.

2. 원전연료 확보

가. 시장동향

(1) 세계우라늄 매장량 및 수급

세계의 우라늄은 연간 세계 원전사용량(6.8만톤, 정광) 기준으로 확인 및 추정물량을 합쳐 약 245년 분에 해당하는 1,670만톤 정도가 매장되어 있으나 실제 생산량은 소요량에 미치지 못하여 부족분을 각국 정광생산자·전력사·정부 보유 재고우라늄과 일부 국가의 핵무기해체 고농축 우라늄의 희석 공급량 등 2차 공급원으로 충당되고 있으며 원자력 르네상스를 맞아 향후 신규 우라늄광산 개발, 기존광산 증설 등으로 1차 공급원이 늘어날 전망이다.

(2) 시장가격

세계 우라늄 시장가격은 1970년대말 제2차 석유파동을 계기로 원자력발전소의 경제성에 대한 국제적 관심이 고조되어 우라늄 정광 파운드당 40달러를 상회하였으나, 이후 세계적인 원자력산업의 침체와 러시아산 우라늄의 방매, 미·러 핵탄두 해체협정(1993~2013)에 따른 고농축 우라늄 희석분 시장유입 등으로 시장가격은 1980년대 중반부터

2002년 말까지 전반적으로 하향 안정세를 유지하였다. 그러나, 세계 재고 우라늄 감소, 호주와 캐나다 일부 우라늄 광산에서의 생산중단 사고 및 미국 달러화 약세, 고유가 지속 등의 여파로 2003년부터 시장가격이 상승세로 전환되어 2007년 6월에는 파운드당 136달러까지 급상승하였다. 그 후 1차공급원 확대, 가수요 감소 등 장기적인 수급여건 개선에 따라 우라늄 가격이 안정세로 접어들어 2010년 5월 파운드당 40달러 대로 하락하였다. 그 후 중국의 원전확대계획규모 상승과 대규모 장기 계약체결소식에 투기세력까지 가세해 2011년 1월 현재 73달러까지 상승하였다.

우라늄 농축시장은 1970년대까지는 미국이 독점하였으나, 1980년대 초 유럽지역에서 공급원이 새롭게 등장하여 경쟁체제로 바뀌었다. 현재 우라늄 농축 공급능력은 수요를 초과하고 있으며, 러시아 핵무기 해체 우라늄의 민수용 전환으로 2010년까지는 안정수급을 유지할 것으로 전망되고 있으나, 2010년 및 2012년경 각각 노후화로 미국 및 프랑스의 현 농축시설을 대체할 신규 농축시설의 건설추이에 따라 향후 중장기 농축역무 수급에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

〈표 1-24〉 우라늄정광 현물시장 가격추이

(단위 : US\$/lbU₃O₈)

연도	'79	'86	'90	'95	'00	'05	'06	'07.6	'07	'08	'09	'10	'11.1
가격	42.7	17.0	9.6	12.2	7.1	36.2	72	136	75	53	45	62.5	73

나. 원전연료 확보

원전연료는 효율적 · 경제적 · 안정적 조달, 기술개발을 통한 안전성

확보를 기본목표로 각 제조과정(정광, 변환, 농축, 성형가공)별로 구분하여 확보하고 있으며, 발전소별 소요물량 및 소요시기를 고려하여 적절한 양의 정광을 구입하여 이를 해외에서 변환, 농축 공정을 거친 후 들여와 국내에서 성형가공 공정을 거쳐 발전소에 공급하고 있으며, 국제자원 파동이나 연료의 수급 과정상의 문제발생 등에 대비하여 적정물량의 비축을 추진하고 있다.

원전연료의 장기 안정적 확보와 경제적 조달을 위하여 우라늄 정광과 농축계약은 5~10년 정도의 중장기계약을 위주로 하되, 우라늄 정광의 경우 적정규모의 현물시장 구입을 병행하고 있으며, 국제상황의 변화에 대처하기 위하여 공급선을 다원화하는 한편, 계약의 최적조건 확보를 위하여 경쟁입찰 구매를 실시하고 있다.

우라늄의 변환은 경쟁입찰을 원칙으로 하되 수송의 편의를 위해 주로 우라늄정광 공급자와 농축역무 공급자가 인접해 있는 지역을 택하고 있다.

지금까지 세계 원전연료 시장은 특별한 장애 없이 상당한 공급의 신뢰 아래 가동되어 왔다. 그렇지만 국제 원전연료의 수급체계는 점증하고 있는 자원 민족주의의 경향, 핵 비확산과 관련하여 국제정치에 민감한 원전연료 자체의 특성 및 이로 인한 상업적 거래관계의 미묘한 변화가능성이 상존하고 있어 향후 우라늄 시장의 관행적 공급 신뢰성도 비우호적으로 변화될 가능성을 배제할 수는 없다.

따라서 정부는 앞으로 ‘국산연료의 품질향상과 국제경쟁력 제고를 위한 시설확충 및 장·단기적 기술개발정책’을 지속 추진하는 한편으

로, 미국·캐나다·아프리카 등의 ‘해외 우라늄광산 개발 참여를 통한 자주개발율의 제고’, ‘해외 우라늄 농축 또는 변환사의 지분 확보’ 등을 추진하여 장기적·안정적으로 원전연료 공급원 확보를 위한 노력을 다해 나갈 것이다.

제8절 방사성폐기물 관리

지식경제부 방사성폐기물과 사무관 이용훈

1. 개요

원자력은 우리나라 전력공급의 약 31.3%를 담당하며 안정적이고 저렴한 전력 공급을 위한 기반을 제공하는 장점을 가지고 있으나, ‘원자력 발전’에 따라 불가피하게 발생하는 방사성폐기물의 안전한 처분 필요성도 대두되었다.

지난 1986년부터 수차례 진행되어 온 방사성폐기물 관리시설 부지선정 추진은 활성단층 발견(굴업도) 등 부지안전성 문제와 지역 주민의 반발 등으로 곤란을 겪었으며, 이후에도 ‘지자체 자율유치’ 방침에 따라 전북 부안지역이 신청하였으나 홍보 미흡 등으로 부지선정에 실패하게 되었다.

2005년 들어 ‘중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역 지원에 관한 특별법’을 제정하고 특별법에 따른 처분시설에는 사용후핵연료를 제외한 중·저준위방사성폐기물 만을 반입하며 유치지역에는 3천억원의 특별지원금, 반입수수료, 한국수력원자력(주)의 본사 이전 등을 제도

적으로 보장하고, 이외에 양성자가속기 사업도 유치지역에 추진되도록 하는 등 획기적인 정책전환을 하였다.

그 결과 경주, 군산, 포항, 영덕 등 4개 지역에서 유치신청을 하게 되었고 2005년 11월 2일 주민투표를 통해 경주지역이 중·저준위방사성폐기물 처분시설(이하 중·저준위 방폐장) 부지로 최종 선정되었으며 2012년 준공을 목표로 1단계 10만드럼 규모의 중·저준위 방폐장 건설을 추진 중에 있다.

2. 방사성폐기물 관리현황

방사성폐기물이란 방사성 핵종의 농도가 규정치 이상 함유되어 있는 물질로서 폐기의 대상이 되는 것을 말하며, 이러한 방사성폐기물은 인체에 유해한 방사선을 방출하기 때문에 다른 산업폐기물 보다 안전한 관리가 필요하다. 따라서 원전을 운영하는 여러 나라에서는 방사성폐기물을 안전하게 관리하기 위한 제도 및 감독체계를 구축하여 철저하게 관리·감독하고 있다.

방사성폐기물은 각 나라의 정책 및 환경여건에 따라 서로 다른 분류체계를 갖추고 있는데 우리나라의 경우 “방사선방호 등에 관한 기준”(교육과학기술부고시 제2009-37호)에 따라 반감기 20년 이상의 α 선 방출핵종으로서 방사능 농도가 4000Bq/g 이상이고 열 발생률이 2kW/m³ 이상인 폐기물을 고준위폐기물, 그 밖의 폐기물을 중·저준위폐기물로 분류하고 있다. 일반적으로 원자력발전소의 운영 중에 사용했던 작업복, 장갑, 덧신, 폐부품 등과 방사성동위원소를 이용하는 산업체, 병

원, 연구기관 등에서 발생하는 동위원소폐기물 등이 중·저준위폐기물에 속한다.

국내의 방사성폐기물 관리현황(10년말 기준)을 살펴보면, 중·저준위폐기물의 경우 원자력발전소 운영 중에 발생한 폐기물이 총 89,176드럼(200리터 기준)으로 발전소 부지내 임시저장시설에서 관리되고 있으며, 방사성동위원소 이용기관에서 발생된 동위원소폐기물은 총 3,488드럼(200리터 기준)으로 대전 원자력연구원 구내의 임시저장시설에서 관리되고 있다.

사용후핵연료의 경우 경수로(고리, 영광, 울진)와 중수로(월성) 두 종류의 원자로에서 각각 형태가 다른 사용후핵연료가 발생하는데, 2010년말 현재 누적 발생량은 총 339,920다발로 발전소별로 특수 설계된 철근콘크리트 구조물 형태의 습식저장시설 또는 건식저장시설에서 안전하게 저장 관리되고 있다. 사용후핵연료는 2004년 12월 개최된 제253차 원자력위원회의 의결에 따라 각 원전별로 저장능력을 확충하여 2016년까지 원전부지 내에서 안전하게 저장할 계획이다.

3. 중·저준위방사성폐기물 처분시설 건설

방사성폐기물의 관리는 수집 및 분류, 처리, 운반, 저장, 처분의 단계로 구분되며, 최종 단계인 처분(disposal)은 방사성폐기물이 인간에게 유해를 끼치지 않을 때까지 인간의 생활권으로부터 영구히 격리시키는 것을 말한다. 대부분의 원자력 선진국에서는 이러한 처분시설을 오래전부터 운영 중에 있으며 우리나라도 지난 2005년 11월 주민투표를 통해

경주시에 중·저준위 방사성폐기물 처분시설을 건설하기로 결정하였다. 이후 지식경제부(당시 산업자원부)는 전원개발촉진법에 따라 환경부 등 10개 관계부처 협의와 전원개발사업추진위원회의 심의·의결을 거쳐 2006년 1월 2일 경주시 양북면 봉길리 일대 약 210만m²를 80만 드럼 규모의 중·저준위 방폐장 건설을 위한 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하였다.

방폐장 처분방식 선정을 위해서는 2006년 4월부터 6월까지 전문가, 지자체, 지역주민대표 등이 참여하는 ‘처분방식선정위원회’를 구성·운영하였다. 동 위원회에서는 처분방식에 따른 안전성, 경제성, 주민수용성, 환경성 등에 대한 검토와 외국 사례 조사를 통해 동굴처분방식을 권고하였고, 한수원(주)는 이를 수용하여 2006년 6월 28일, 1단계 10만 드럼 규모의 중·저준위 방폐장을 동굴식으로 건설기로 하였다. 향후 증설하게 될 70만 드럼은 공사 진행상의 여건변화를 고려하여 결정할 예정이다.

또한, 한수원(주)는 2006년 초부터 방폐장 부지에 대하여 환경영향평가, 부지특성조사, 방사선환경영향평가, 문화재조사 등 인허가에 필요한 조사와 개념설계에 착수하는 등 본격적인 건설 준비를 시작하여 2007년 1월 11일에 지식경제부에 전원개발사업 실시계획 승인 신청을 하였고, 1월 15일에는 교육과학기술부(당시 과학기술부)에 방폐장 건설·운영 인허가를 신청하였다. 이에 지식경제부는 전원개발사업추진위원회의 심의·의결을 거쳐 2007년 7월 12일 전원개발사업 실시계획을 승인하였다.

한수원(주)는 실시계획 승인에 따라 부지정지공사에 착수하고 처분 시설 건설을 위한 준비와 더불어 방폐장의 운영에 대비하여 방폐장 부지 안에 편입된 국도 31호선의 이설사업과 항만개조 및 전용선박 건조 등의 부대사업을 추진하는 한편 2007년 11월 9일 경주 방폐장 현장에서 착공행사를 개최하였다.

2008년 7월 교육과학기술부에서 방폐장 건설에 대한 인·허가가 완료됨에 따라 8월 1일부터 주설비공사를 시작하였고, 2010년 1월부터는 건설사업이 한수원(주)으로부터 방사성폐기물관리공단으로 이관되어 추진되고 있다. 공사는 2011년 3월말 현재 73.86%의 공정률로 계획대비 89.48%의 실적을 달성하였다.

4. 사용후핵연료 관리

사용후핵연료는 2004년 12월 제253차 원자력위원회에서 중·저준위 방폐장을 우선 건설하고, 중간저장시설 건설을 포함한 사용후핵연료의 관리방안은 국가정책방향, 국내외 기술개발 추이 등을 감안하여 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하기로 의결하였다.

이러한 원자력위원회의 의결에 따라 국가에너지위원회 산하 갈등관리전문위원회는 2007년 2월 공론화 준비에 착수하였다. 2007년 4월에는 갈등관리전문위원 일부 및 외부전문가로 구성된 사용후핵연료 공론화 TFT를 구성하고 영국·캐나다 등 해외의 공론화 사례 연구와 20여 차례의 회의를 개최하였으며, 2007년 12월에는 “사용후핵연료 공론화 설명회”를 개최하고 원자력 연구계, 관련 업계, 언론 등 120여 명이 참가

하는 공론화에 대한 의견 수렴의 기회를 마련하였다.

그 결과 동 TFT는 공론화에 대한 권고 보고서를 2008년 4월에 작성하여 정부에 제출하였고, 권고보고서를 바탕으로 공론화 추진계획에 대해 2008년 9월에 갈등관리전문위원회에 보고하였다.

2009년 12월에는 방사성폐기물관리법 개정을 통해 공론화 추진의 법적근거를 마련하였으며, 현재는 원자력학회, 방사성폐기물학회 등이 참여하여 사용후핵연료 관리방안에 대한 기술적 검토 및 전문가 그룹 내 공감대 형성을 위한 연구 용역을 수행 중에 있다.

5. 유치지역 지원계획 수립 및 추진

중·저준위 방폐장 유치지역으로 선정된 경주시에는 “중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법(이하 특별법)”과 국무회의 의결('03.4.15)에 따라 다양한 지원사업이 진행되어 향후 경주지역의 발전과 주민 생활향상에 기여할 것으로 예상된다.

경주시에 지원되는 유치지역 지원사업은 특별지원금 3,000억원, 폐기물 반입수수료, 원자력발전사업자 본사이전, 유치지역지원계획 수립, 양성자가속기사업 등이다. 특별지원금은 경주시와 협의를 통해 2006년 5월 9일 경주시 명의를 기탁계정에 지급하였고, 방폐장 실시계획 승인 시점인 2007년 7월에 1,500억원이 경주시에 의해 인출되었으며 향후 운영개시 시점에 나머지 1,500억원이 인출될 예정이다.

원자력발전사업자인 한수원(주)의 본사이전은 2006년 12월 29일 경주시 양북면 장항리를 이전 부지로 선정하고 이전절차를 진행중이며,

폐기물 반입수수료의 경우 방폐장 운영시점부터 폐기물의 반입량에 연동하여 지원될 예정이다.

양성자가속기 사업의 경우, 2006년 2월 28일 경주시가 건천읍 일대를 사업부지로 선정하고 원자력연구소와 협약을 체결('06.3.30)하여 사업에 착수하였으며 2012년 3월경 100Mev급 양성자가속기 설치 및 연구센터 설립을 목표로 추진 중이다.

또한 특별법에 따라 지식경제부장관은 ‘유치지역지원계획’을 수립하기 위해 2006년 6월 30일 경주시로부터 118개 사업에 대한 유치지역지원요청서를 접수 받아 관계부처의 검토와 2007년 3월 30일 유치지역지원실무위원회의 검토조정을 거쳐, 2007년 4월 18일 국무총리 주재의 유치지역지원위원회에서 경주시 요청사업 중 지원 사업 55개와 장기검토 7개 사업에 대한 지원계획(안)을 심의·확정하였다.

이에 따라 지원사업 55개에 대한 소관 사업별 관계부처가 2007년 6월 29일 세부 시행계획 수립을 완료하고 동 사업을 추진 중이며, 2010년 말 현재 55개 사업 총 지원예산 28,830억원의 약 27.4%인 7,890억원의 예산이 집행되었으며, 일부사업의 경우 완료사업('10년 말 기준 6개)도 있으나 상당수 사업이 5년 이상 중장기 사업으로 시행 초·중기 단계로서 예비타당성조사, 용역 및 공사 추진 중에 있으며 가시적인 성과도출은 향후 상당기간 경과 후에 나타날 것으로 기대된다.

6. 방사성폐기물 관리제도 개선 추진

국회, 감사원 및 일부 시민단체 등에서 원자력발전사업자가 방사성폐

기물 관리사업을 담당하면서 발생할 수 있는 폐기물 관리의 투명성 문제와 원전사후처리비용 재원관리의 투명성 및 유동성 확보 문제를 제기하며 전담기구 설립과 충당금의 기금화 등을 주장하면서 이를 제도적으로 보장하기 위한 법제화를 요구해왔다.

특히 감사원은 2006년 4월에 감사결과를 통보하면서 방사성폐기물 관리사업은 국가가 직접 수행하거나 발전사업자와 독립된 법인이 담당할 것, 원전사후처리비용은 원전사업자 및 관리사업자와는 별도기관이 기금형태로 관리할 것, 고준위 방폐장 부지선정의 공정한 기준과 절차를 법제화 할 것 등을 요구하기도 하였다.

살펴보면 방사성폐기물 관리를 위한 법체계가 유치지역지원 중심의 특별법, 안전규제 중심의 원자력법, 사업관리 중심의 전기사업법 등에 관련 규정이 분산되어 있어 법률간 유기적 연계성과 일관성이 부족한 측면이 있었다.

이에 방사성폐기물 관리체제의 종합적인 개선을 위해 2006년 하반기부터 가칭 “방사성폐기물관리법” 제정을 위한 작업에 착수함과 동시에 2006년 10월에는 한수원(주) 내에 법제정 등을 위한 실무적 차원의 준비 및 지원을 위해 “방사성폐기물관리 제도개선 임시준비사무국”을 설치하고 박차를 가하였다.

법안 마련 및 검토 등 일련의 과정을 거쳐 2007년 9월 국회에 제출된 “방사성폐기물관리법(이하 방폐물관리법)”은 2008년 2월 26일 본회의 의결을 거쳐 2008년 3월 28일 공포되었다.

동 방폐물관리법은 본문 7장 45조, 부칙 8조로 되어 있으며, 방폐물관

리기본계획의 수립(제6조), 방폐물 관리비용(제14조), 사용후핵연료관리 부담금(제15조), 방폐물관리 전담기관의 설립(제18조~제27조) 및 방폐물관리기금의 설치·운용(제28조~제31조) 등을 주요 내용으로 하고 있다.

한편 방폐물관리법 제18조(공단의 설립)에 따르면 동 법 시행일('09. 1.1) 이전 까지 방사성폐기물 관리를 위한 전담기구인 한국방사성폐기물관리공단(이하 공단)을 설립하도록 되어 있다. 이에 공단설립위원회 구성을 통해 공단을 2009년 1월 2일자로 설립하였으며, 현재 건설 중인 경주 방폐장의 차질 없는 공사 추진과 사용후핵연료 관리방안에 대한 기술적 분석 등을 중점적으로 추진할 예정이다.

제2편 원자력발전소 운영 및 건설

>>> 제1장 원자력발전의 역할

>>> 제2장 원자력발전소 운영

>>> 제3장 원자력발전소 건설

>>> 제4장 원자력발전소 주요 운전현황

제1장 원자력발전의 역할

한국수력원자력(주) 홍보실 기업홍보부장 박범수

제1절 원자력의 도입

원자력 에너지의 평화적 이용은 1953년 미국의 아이젠하워(드와이트 D. Eisenhower) 대통령이 국제연합 총회에서 핵물질의 저장과 보호 및 핵물질의 평화적 사용을 목적으로 하는 국제기구의 창설을 제안함으로써 시작되었다. 파괴력 강한 무기인 원자폭탄을 산업의 원동력인 평화적 에너지로 이용할 것을 주장한 것이다. 이에 따라 1956년 국제연합 회원국 80개국이 국제원자력기구(IAEA : International Atomic Energy Agency)의 설립헌장에 조인했고, 이듬해인 1957년 7월 29일 헌장 발효로 IAEA가 발족했다. 그리고 두 달 뒤인 같은 해 10월 1일 국제원자력기구 본부가 설치된 오스트리아 빈에서 제1회 총회가 열렸다.

우리나라의 원자력 역사는 1955년 8월 8일 제네바에서 열린 국제원자력평화회의에 3명의 과학자가 참가하면서 원자력의 싹이 움트기 시작했다. 이후 원자력의 평화적 이용에 대한 우리나라의 활동은 미국과의 긴밀한 협력 속에서 진행되었으며, 1956년 2월 한·미 원자력협력협정이 공식적으로 체결되었다. 1957년 IAEA가 본격 출범하자 그 해 8월 8일 IAEA 헌장에 서명하고 협약 체결과 동시에 회원국으로 가입하였다. 1956년 3월 9일 대통령령에 의해 원자력 연구개발 및 이용을 위한 행정부서로 원자력과가 신설되었다. 이어서 1958년 3월 원자력법이

공포되었으며, 1959년 1월 원자력원이 정식 발족함으로써 원자력의 이용·개발에 필요한 체제를 갖추었다. 또한, 1959년 3월 원자력 연구개발을 위한 전문 연구기관으로 원자력연구소가 발족되어 1962년 3월 최초의 연구용 원자로인 TRIGA Mark-II를 가동시켜 기초연구와 동위원소 생산 등의 연구가 본격적으로 이루어졌다.

1970년대에 들어 세계적인 석유파동으로 원자력의 중요성이 크게 부각되기 시작하였다. 이러한 주변 환경에서 1971년 3월 19일 고리원자력 1호기가 착공된 것을 비롯하여 모두 5기의 신규원전에 대한 건설허가를 취득하였다. 한전은 사업초기 전적으로 외국에 의존할 수밖에 없었던 원자력발전 기술의 자립을 위해 한국원자력연구소와 공동으로 제2 연구용원자로 TRIGA Mark-III를 도입하였으며, 한국원자력기술주식회사, 한전보수공단, 한국핵연료개발공단을 설립하여 원자력 사업구조를 세분화·전문화시켰다.

1980년대 국내 원자력계는 새로운 도약기를 맞았다. 원자력발전소가 속속 준공되면서 우리나라 전력공급의 중추적인 역할을 원자력이 담당하게 되었으며, 원전연료 국산화, 원자력발전 운영 및 건설기술의 자립을 위한 틀을 갖추었다. 또한 정부는 원자력안전을 확보하기 위해 한국원자력연구소 내에 원자력안전센터를 설립하였으며, 1989년에는 이를 한국원자력안전기술원으로 독립법인화하면서 안전규제의 독립성을 확보하였다.

1990년대에 들어서면서 원자력발전은 새로운 도전에 직면하였다. 다수의 신규원전을 준공하며 성장을 지속해 나갔지만, 정치·사회적인 민

주화에 따라 반원전 활동이 활발하였음은 물론, 지역 이기주의와 국민의 권리의식 신장 등으로 국가사업이라는 명분만으로는 원전사업을 추진할 수 없는 어려운 상황에 처하게 되었다. 이에 따라 원전에 대한 국민 합의가 우선되어야 한다는 인식하에 대국민 홍보를 집중적으로 추진하게 되었으며, 원전 안전성에 대한 신뢰확보에 역점을 두었다.

2000년대는 우리나라 원자력 역사의 새로운 전환점을 맞이하는 시기였다. 원자력사업의 주체였던 한국전력에서 발전부문을 6개사로 나뉘면서 원자력사업의 주체가 한국수력원자력(주)로 바뀌었으며, 영광 5·6호기 및 울진 5·6호기를 연달아 준공하면서 한국표준형원전의 전성기를 맞이하였으며, 2000년 11월에 원자력발전량 1조kWh, 2008년 5월에 2조kWh를 돌파하면서 국가경제발전의 기반이 되었다. 또한 신월성 1·2호기 및 신고리 1~4호기의 6개 호기를 동시에 건설하는 우수한 사업 추진능력을 확보하였으며, 2013년 준공예정인 APR1400의 개발 및 건설로 독자적인 기술능력을 보유하게 되었다. 또한, 2000년대는 원전에 대한 국민이해와 합의를 바탕으로 방폐장 부지선정, 계속운전, 출력최적화, 유리화 설비운영 등 현안사업을 성공적으로 추진하였으며, 2009년 12월 27일에는 아랍에미리트(UAE) 원전수출을 달성하는 쾌거를 올렸다.

UAE로부터 수주한 원전사업은 5,600MW로 원자력 강국인 일본과 프랑스를 제치고 국제공개경쟁입찰에서 낙찰되었다. 이번 원전 해외수출은 대한민국의 우수한 원자력기술이 세계적으로 입증된 것은 물론 명실상부한 원자력 강국으로 거듭나는 초석을 마련하였다.

정부와 사업자는 앞으로도 추가적인 원전 해외수출 달성과 신규원전 건설을 차질없이 진행하여 원자력이 국가의 중추적인 에너지원 역할을 지속해 나갈 수 있도록 할 것이다.

제2절 원자력발전의 필요성

1. 원자력발전은 에너지 자립의 초석

장기적인 관점에서 화석연료의 가격은 점차 상승할 것으로 전망된다. 특히 비산유국으로 에너지원의 대부분을 수입하고 있는 우리나라 여건에서 부담은 점차 가중될 것으로 보인다. 석유는 중동에 편중되어 있으며, 부피가 크기 때문에 운반과 비축에 어려움이 많지만, 우리나라는 세계 전역에 고르게 매장되어 있어 세계 에너지 정세에 큰 영향을 받지 않으며, 소량의 연료로 막대한 에너지를 얻을 수 있어 수송과 저장이 상대적으로 쉬운 편이다. 그리고 원전연료를 원자로에 한번 장전하면 약 18개월은 연료를 교체하지 않아도 되기 때문에 화석에너지에 비해 연료 비축효과가 뛰어나다.

우리나라는 원자력 비중을 높이고 석유 의존도를 낮추는 에너지 정책으로 에너지 위기에 대비하고 에너지 자립을 이룩해야 한다.

2008년 8월 확정된 「국가에너지기본계획」에 의하면, 정부는 원자력 발전 비중을 점진적으로 확대하여 2030년까지 설비 비중 41%, 발전량 비중 59%까지 확대하는 계획을 수립하였다. 또한, 2010년 12월 확정·공고된 정부의 「제5차 전력수급기본계획」에 따르면, 국내 총 전력소비

량은 연평균 1.9% 증가하여 2024년에 5,516억kWh('10년 4,238억 kWh)가 될 것으로 전망된다. 최대 전력수요도 2024년에 9,504만 kW('10년 6,989만kW)에 이를 것으로 보인다. 정부는 이러한 전력수요의 증가와 국제적인 온실가스 감축 규제에 대응하고자 2016년까지 7개의 원전을 건설하고 2024년 까지 6개의 원전을 추가로 건설하여 2024년에는 원자력 발전비중을 2010년 보다 약 17%증가한 48.5%로 높여나갈 계획이다.

지난 70년대 두 차례의 석유파동을 겪으면서 탈석유전원정책으로 시작한 원자력발전은 그동안 지속적인 성장을 한 결과 주력 발전원으로 안정적 전력공급에 중추적인 역할을 하고 있다. 원자력발전을 시작할 당시 석유발전 비중이 70% 이상이었으나 지금은 6% 미만으로 낮추어져 있다. 이렇듯 원자력발전은 에너지수요 급증, 다소비형 산업구조, 대체에너지 개발한계, 이산화탄소 배출급증, 에너지안보 위협요인 등 우리의 어려운 에너지환경을 감안할 때 필수적인 국가에너지라고 할 수 있다.

2. 원자력발전은 친환경에너지

국제에너지기구(IEA) 통계에 따르면, 1990~2004년 사이에 한국은 온실가스 배출량이 무려 104.5%나 증가했다. 이후 2007년 통계에서도, 2007년 한국의 온실가스 총 배출량은 6억2000만 이산화탄소 톤(t)으로, 1990년 배출량 대비 103% 증가 추세를 보여 연평균 4.3%의 증가세를 기록하고 있다. 이와 함께 2008년 현재 발전부문 온실가스 배출량

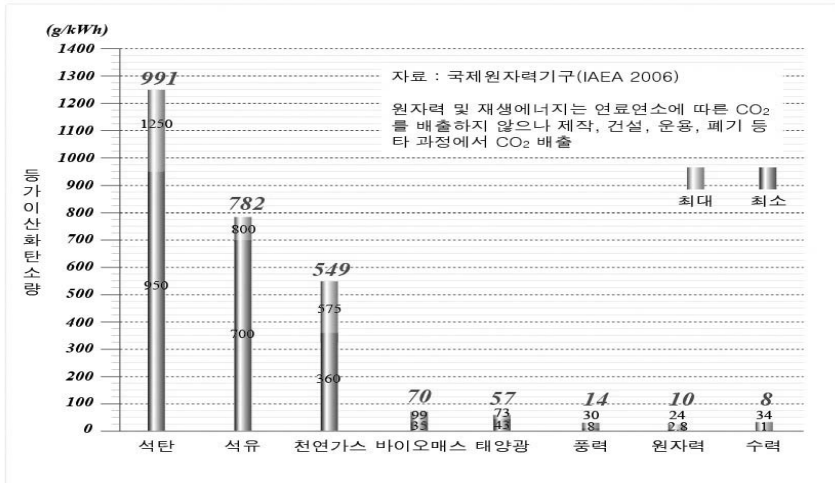
은 전체의 30% 수준으로 전력수요의 증가에 따라 온실가스 배출량도 점차 늘어날 것으로 예상된다.

환경재단은 2008년에 “한국은 온실가스 배출량이 세계 10위이자 세계경제협력개발기구(OECD) 가입국가 중 온실가스 배출 증가율이 1위”라면서 “기온 상승률은 세계 평균의 2배 정도가 될 정도로 지구온난화 및 환경파괴가 빠르게 진행되고 있다”고 말했다.

2008년을 기준으로 우리나라 전체의 원자력발전량의 효과를 살펴보면, 이산화탄소를 비롯한 온실가스 배출량이 유연탄의 1/100 정도로 환경보존의 역할이 매우 뛰어남을 알 수 있다.

이렇게 볼 때 우리는 에너지이용 효율을 높이고 장기적으로는 온실가스를 배출하는 화석연료의 소비증가를 억제하는 방향으로 정책을 수립하여 추진해나가야 한다. 그러나 신재생에너지는 지리적, 지형적 특성이 적합해야 할 뿐만 아니라 현재로서는 단위용량이 적고 경제성이 낮기 때문에 대규모 에너지 공급원으로서의 역할은 기대하기 어렵다. 바로 이러한 점에서 현재로서는 원자력발전이 효과적으로 온실가스의 배출량을 줄이면서 에너지 수요증가에 기여할 수 있는 실증된 에너지원이다.

원전연료 채광에서부터 발전소 건설, 운전 및 폐기물처리까지의 전 에너지 사이클 기간 중의 온실가스 배출 총량을 비교할 때 원자력발전소의 이산화탄소 배출량은 석탄화력의 1%에 불과하며, 가동 중에는 온실가스를 배출하지 않는다. 그러므로 이산화탄소를 배출하지 않으면서 높은 경제성과 효율성을 지니고 있는 원자력발전이 가장 현실성 있는 대체에너지로 재인식되고 있다.

〈그림 2-1〉 발전원별 이산화탄소(CO₂) 배출량 비교

3. 원자력발전은 준국산 에너지

우리나라는 1970년대 두 차례의 석유파동을 겪으면서 탈유전원정책의 일환으로 원자력발전을 적극 추진했고, 그 당시 원전 기술이 전무한 상태에서 미국 웨스팅하우스와 턴키(Turn-key)계약으로 건설된 고리 1호기를 1978년 가동을 시작한 이래 30여년이 지난 현재는 모두 21기의 원전을 가동하는 세계 5위의 원전대국으로 부상하였다.

이후 국내 원전기술은 건설 및 운영분야에서 대부분 기술자립을 이룩하여 세계 정상급 수준으로 건설 및 운영을 하고 있으며, 부존자원이 없는 우리나라에서는 유일하게 기술력만으로 준국산화 할 수 있는 에너지 원이다. 원전 도입 초기에 기술 불모지에서 현재는 원전 옥토로 바뀌어 고도성장의 버팀목으로 성장한 것이다.

정부에서도 원자력 관련 사업이 가장 유망한 차세대 분야중 하나로 부상하게 될 것으로 전망하고 있으며, 세계 신규 원전건설에 적극 참여하여 2030년까지 세계 원전 3대 선진국으로 도약할 계획을 수립하였다. 아울러 원전기술도 지속적인 기술개발을 통해 APR1400을 개발하였으며, 100% 독자적인 원전 기술을 확보하기 위해 2012년까지 핵심 기술에 대한 자립을 이룩하고, 신형원전인 APR+의 개발을 위해 박차를 가하고 있다.

연료공급 면에서도 원전은 우라늄연료를 사용하여 화석연료보다 수급이 훨씬 안정적이며 비축효과도 크다. 특히 우라늄연료는 준 국산연료로서 농축우라늄과 천연우라늄 형태로 수입하여 한전원자력연료(주)에서 원전연료형태로 가공·제작하여 공급하고 있다.

4. 국가경제 발전에 기여하는 원자력발전

최근 신흥 개발국가의 급성장으로 2007~2030년간 세계 1차 에너지 수요는 약 40% 가량 늘어날 것으로 전망되고 있는 가운데 2008년도 국제유가 급등을 경험한 이후에는 오히려 원자력이 더 경제적이라는 인식이 확산되고 있다.

한국에서 1982년부터 2010년까지 물가는 240% 상승한 반면 전기 요금은 고작 18.5% 증가에 그칠 정도로 저렴한 가격으로 전력을 안정적으로 공급하여 왔는데 이는 원자력발전 비중을 지속적으로 높였기 때문에 가능한 결과였다.

지난 2008년 4/4분기 우리나라의 2인 이상 가구 월 가계 지출 가운데

전기요금이 차지하는 비중이 1.4%로 통신요금의 비중인 4.65%와 비교하면 30% 수준이다.

원자력발전은 발전원가 중 연료비의 비율이 12% 정도로 매우 낮고 발전원가가 타 발전원에 비해 가장 저렴하기 때문에 경제성에서도 훨씬 유리하다.

원전은 건설부터 운영까지 많은 시간이 소요되나 연료비 비중이 낮아 운영비가 화력발전소에 비해 적게 소요되며, 건설과정에서 대규모의 고용창출 효과를 가져온다. 원전 건설사업을 주도하고 있는 한수원(주)은 신규 일자리 창출 및 지역경제 활성화를 위하여 원전건설 및 운영에 지역 업체 및 주민들을 활용토록 참여 업체에 권고하고 있다. 물론 원전 운영은 고도의 기술성과 전문성을 요구하여 지역주민 고용에는 한계가 있으나, 지역과 함께하는 원전 실현을 위해 지역주민 채용에 적극적으로 나서고 있다. 특히 2009년에 이어 2010년에도 ‘원전건설 전문 기술 훈련원’을 통한 청년일자리 창출에 앞장섰다. 이외에도 지역경제 활성화와 복지수준 향상을 위해서 지역상품 구매 및 복지시설 건립 지원 등 많은 노력을 하고 있다.

원자력발전은 건설과 플랜트 등의 중공업 부문, 계측 등의 첨단산업 부문, 원전 설계, 분석 등의 기술력 향상 등 산업계 전반의 경제 활성화에 기여하는 점도 크다고 할 수 있다. 특히, 건설업계와 중공업 부문은 세계적인 수준으로 우리나라 부가가치 창출에 많은 기여를 하고 있다.

이뿐만 아니라 원자력은 발전 이외에도 방사선을 이용하여 암을 진단하고, 치료하는 것은 물론, 비파괴 검사, 고고학 연구, 농작물 품종개량,

살균, 지질조사, 공해·유해물질 조사, 범죄수사 등 다양한 목적으로 쓰이고 있다.

제2장 원자력발전소 운영

한국수력원자력(주) 발전처 성능관리팀장 이광훈

제1절 설비용량 현황

2010년말 기준 국내원전은 총 20기가 상업운전 중에 있으며, 설비용량은 17,716MW이다. 원자력 발전설비 점유율은 국내전체 발전설비 용량 76,078GWh 대비 23.3%로 2009년도의 24.1%보다 다소 줄어들었는데, 2010년 영월복합, 군산복합 등 타 전원 발전설비 용량이 4,765MW 증가하였기 때문이다. 국내 가동원전은 가압경수로형 16기(14,937MW), 가압중수로형 4기(2,779MW)가 운전중이며 국내 원자력발전소 현황과 발전원별 발전설비 추이는 각각 <표 2-1>, <표 2-2>와 같다.

<표 2-1> 국내 원자력발전소 현황

호기 \ 구분	설비용량(MW)	원자로형	위 치	상업운전
고리 #1	587	가압경수로형	부산광역시 기장군	'78. 4.29
고리 #2	650			'83. 7.25
고리 #3	950			'85. 9.30
고리 #4	950			'86. 4.29

호기	구분	설비용량(MW)	원자로형	위 치	상업운전
월성 #1		679	가압중수로형	경북 경주시	'83. 4.22
월성 #2		700			'97. 7. 1
월성 #3		700			'98. 7. 1
월성 #4		700			'99.10. 1
영광 #1		950	가압경수로형	전남 영광군	'86. 8.25
영광 #2		950			'87. 6.10
영광 #3		1,000			'95. 3.31
영광 #4		1,000			'96. 1. 1
영광 #5		1,000			'02. 5.21
영광 #6		1,000			'02.12.24
울진 #1		950	가압경수로형	경북 울진군	'88. 9.10
울진 #2		950			'89. 9.30
울진 #3		1,000			'98. 8.11
울진 #4		1,000			'99.12.31
울진 #5		1,000			'04. 7.29
울진 #6		1,000			'05. 4.22
계		17,716	-	-	-

2010년말 기준 국내원전 설비용량은 17,716MW로서 국내 최초의 원자력발전소인 고리 1호기(587MW)가 상업운전을 개시한 1978년에 비해 32배 이상으로 증가하였으며, 우리나라는 설비용량 면에서 세계 6위의 원자력 발전국으로 성장하였다.

〈표 2-2〉 발전원별 발전설비 추이

(단위 : MW)

연도 설비별	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
원 자 력	13,716	15,716	15,716	16,716	17,716	17,716	17,716	17,716	17,716	17,716
수 력	3,876	3,876	3,877	3,883	3,883	5,485	5,492	5,505	5,515	5,525
석 탄	15,531	15,931	15,931	17,465	17,965	18,465	20,465	23,705	24,205	24,205
유 류	4,868	4,660	6,011	4,666	4,710	4,790	5,404	5,407	5,438	4,831
가 스	12,868	13,618	14,518	15,746	16,447	17,436	17,948	17,969	17,850	19,417
집 단	-	-	-	1,382	1,382	1,382	893	1,460	1,610	2,617
대 체	-	-	-	104	156	240	351	728	1,136	1,768
합 계	50,859	53,801	56,053	59,961	62,258	65,514	68,268	72,491	73,470	76,078

주) 모든 통계수치는 각각 반올림되었으므로 합계가 일치하지 않는 경우도 있음

[한전 전력통계속보 제388호]

제2절 발전량 현황

원자력발전량 점유율은 1989년에 50.1%로 전체 발전량의 절반 이상을 차지한 이래 1990년대 초반부터 시작된 삼천포, 보령, 하동 등 대용량 화력발전소 건설로 인해 계속 감소하여 2010년에 31.1%까지 감소하였다. 1998년 이후 원자력 발전량 점유율은 30~40%대를 유지하고 있으며, 원자력은 우리나라의 주력 발전원으로서 안정적 전력공급에 크게 기여하여 왔다.

〈표 2-3〉 원자력발전소 호기별 발전량 실적

호기 \ 실적		'10 발전량 실적(MWh)	상업운전 이후 누계 발전량(MWh)
고리	#1	5,177,866	129,098,837
	#2	5,341,764	137,020,171
	#3	9,075,614	186,996,574
	#4	8,482,702	186,470,702
월성	#1	0	131,829,657
	#2	5,989,955	78,819,003
	#3	6,197,850	74,126,622
	#4	6,033,456	67,472,784
영광	#1	8,070,514	182,257,174
	#2	7,723,563	172,613,151
	#3	8,354,436	128,845,685
	#4	9,186,235	122,995,633
	#5	8,961,685	69,593,286
	#6	8,434,710	65,876,524
울진	#1	7,790,914	163,833,658
	#2	7,882,910	159,375,026
	#3	9,201,393	104,232,952
	#4	8,545,504	91,973,829
	#5	8,597,095	54,544,023
	#6	8,425,588	48,644,011
계		147,473,755	2,356,619,302

〈표 2-4〉 에너지원별 발전량 구성비 추이

(단위 : GWh)

연도 설비별	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
원 자 력	112,133	119,103	129,672	130,715	146,779	148,749	142,937	150,958	147,771	147,474
수 력	4,151	5,311	6,887	5,861	5,189	5,219	5,042	5,561	5,641	6,567
석 탄	110,333	118,022	120,276	127,158	133,658	139,205	154,674	173,508	193,216	197,917
유 류	28,156	25,095	26,526	18,512	17,732	16,598	18,131	10,094	14,083	22,351
가 스	30,451	38,943	39,090	55,999	58,118	68,302	78,427	75,809	65,274	90,846
집 단	-	-	-	3,553	2,759	2,597	3,084	5,336	5,827	5,897
대 체	-	-	-	350	404	511	829	1,090	1,791	3,159
합 계	285,224	306,474	322,452	342,148	364,638	381,181	403,124	422,355	433,604	474,211

[한전 전력통계속보 제388호]

제3절 이용률 및 가동률 현황

1. 이용률

원전 이용률은 발전설비 운영의 효율성과 활용도를 나타내는 지표로서 설비의 건전성 및 운영인력의 우수성 등 발전소 운영기술 수준을 평가하는 직접적인 척도이다. 2010년 우리나라 원전 이용률은 91.2%이며, 세계 원전 평균 이용률인 79.0%보다 약 12%나 높아 우리나라 원전 운영기술의 우수성을 보여주고 있다.

〈표 2-5〉 국내 원자력발전소 이용률 현황

(단위 : %)

연도	고 리				월 성				영 광						울 진						평 균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
'78	46.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.3
'79	61.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.3
'80	67.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67.4
'81	56.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.3
'82	73.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.5
'83	63.6	80.4	-	-	61.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.6
'84	66.3	76.9	-	-	66.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.1
'85	65.5	70.1	89.7	-	94.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.7
'86	67.9	73.7	71.7	94.2	79.7	-	-	-	88.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.1
'87	94.0	79.7	73.0	73.7	92.9	-	-	-	75.2	95.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81.5
'88	45.8	83.6	76.7	74.1	79.4	-	-	-	77.6	78.6	-	-	-	-	40.8	-	-	-	-	-	73.0
'89	56.5	94.4	82.6	77.3	91.0	-	-	-	81.0	71.6	-	-	-	-	65.2	45.8	-	-	-	-	76.2
'90	72.1	81.0	85.9	78.1	85.9	-	-	-	86.5	74.9	-	-	-	-	78.5	70.3	-	-	-	-	79.3
'91	89.9	84.9	74.2	79.6	91.1	-	-	-	84.0	84.2	-	-	-	-	91.7	84.2	-	-	-	-	84.4
'92	74.8	84.0	84.3	83.1	86.8	-	-	-	86.8	80.6	-	-	-	-	88.1	88.9	-	-	-	-	84.5
'93	78.7	78.1	89.1	85.5	100.0	-	-	-	84.5	86.9	-	-	-	-	87.6	90.9	-	-	-	-	87.2
'94	66.5	87.5	82.1	93.2	82.6	-	-	-	100.0	89.4	-	-	-	-	86.2	86.8	-	-	-	-	87.4
'95	82.2	95.3	76.1	91.4	83.7	-	-	-	78.6	77.1	100.0	-	-	-	90.4	98.2	-	-	-	-	87.3
'96	77.0	87.0	99.1	83.5	81.0	-	-	-	84.6	95.6	76.6	86.5	-	-	89.8	96.6	-	-	-	-	87.5
'97	78.9	86.1	75.8	87.8	102.1	97.1	-	-	103.9	83.5	87.0	81.7	-	-	85.9	88.8	-	-	-	-	87.6
'98	77.6	87.5	86.5	105.3	78.5	83.6	98.5	-	89.1	75.5	89.0	101.2	-	-	96.0	92.8	103.7	-	-	-	90.2
'99	85.2	87.1	90.5	89.0	82.8	90.8	82.0	103.0	84.5	84.3	89.1	91.8	-	-	89.4	97.9	83.5	-	-	-	88.2
'00	92.3	91.3	100.9	91.3	80.9	92.7	103.1	94.2	90.3	89.4	87.3	87.3	-	-	90.0	85.2	90.1	84.7	-	-	90.4
'01	95.0	89.4	94.7	95.1	83.1	97.2	86.0	95.5	104.4	89.9	103.6	87.1	-	-	87.5	91.6	94.9	93.1	-	-	93.2
'02	85.4	93.9	96.1	106.0	99.1	91.6	95.8	94.7	92.9	102.5	92.1	92.1	103.3	105.3	71.3	82.0	93.0	88.2	-	-	92.7
'03	93.2	90.2	104.8	95.1	89.5	95.3	97.3	98.2	88.7	92.8	93.9	102.9	81.1	92.5	87.6	90.9	104.4	95.4	-	-	94.2
'04	94.8	101.9	91.6	92.0	90.3	94.9	96.4	97.4	90.1	90.5	91.8	91.5	66.9	76.6	93.1	91.3	94.8	103.3	102.8	-	91.4
'05	85.2	95.8	94.7	104.9	77.7	98.1	104.5	98.4	103.8	91.5	104.1	93.3	93.6	94.0	103.8	83.0	92.2	96.1	88.3	103.7	95.5
'06	90.2	91.4	88.4	88.8	91.4	99.7	94.0	100.4	91.1	99.6	87.5	99.9	88.9	91.8	87.7	96.0	96.8	90.7	90.6	85.2	92.3
'07	92.2	89.7	96.4	88.0	89.8	90.9	94.3	93.2	77.6	85.0	89.5	88.1	99.5	90.6	88.1	90.0	90.8	91.2	92.2	91.0	90.3
'08	91.9	88.3	88.7	97.4	93.0	92.2	93.0	94.5	101.0	90.1	90.3	91.7	90.2	91.0	98.9	88.2	92.0	100.6	100.3	92.9	93.4
'09	96.5	93.0	89.3	91.8	23.3	94.8	95.3	92.5	89.0	101.3	100.8	88.6	90.9	98.0	90.9	100.5	93.5	91.4	91.0	99.9	91.7
'10	98.0	90.3	100.1	93.6	0	93.7	97.1	94.3	93.5	90.2	91.8	100.9	97.8	91.7	90.3	91.5	100.3	93.4	93.6	91.8	91.2

국내원전의 이용률 추세는 1978년부터 1990년도까지는 70%대 수준이었으나, 원전운영 기술과 경험이 부족하였던 초창기의 어려움을 슬기롭게 극복하고 지속적으로 운영기술을 향상시킨 결과, 1991년부터 80%대로 진입하였으며 2000년 이후 10년 연속 90%이상을 유지하고 있다.

〈표 2-6〉 국내 및 세계 원전이용률 비교

(단위 : %)

구분 \ 연도	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
국내평균	90.4	93.2	92.7	94.2	91.4	95.5	92.3	90.3	93.4	91.7	91.2
세계평균	76.4	78.9	78.9	76.5	78.8	79.3	79.5	78.7	79.4	76.0	79.0

[Nucleonics Week('11. 6. 9)]

2. 가동률

원자력발전소의 가동률은 연간시간(Calendar hour)에 대한 발전소의 연간 실제 가동시간(Operation hour)의 비율로서 이용률과 더불어 원전의 안전성, 경제성을 나타내는 중요한 지표 중의 하나이다. 국내원전의 가동률은 이용률과 함께 꾸준히 향상되어 왔으며, 1990년 이후 평균 80%이상의 높은 실적을 보이고 있다.

〈표 2-7〉 국내 원자력발전소 가동률 현황

(단위 : %)

연도	고 리				월 성				영 광						울 진						평 균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
'78	65.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.1
'79	74.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.8
'80	79.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79.5
'81	69.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69.6
'82	78.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.8
'83	70.1	84.7	-	-	77.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.4
'84	72.0	78.0	-	-	70.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.5
'85	72.6	75.8	94.8	-	94.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82.1
'86	73.1	74.8	74.5	95.9	80.8	-	-	-	94.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79.8
'87	98.8	82.8	76.1	76.6	93.4	-	-	-	78.4	98.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85.8
'88	50.6	82.8	79.7	79.8	80.1	-	-	-	77.9	80.7	-	-	-	-	45.1	-	-	-	-	-	74.6
'89	60.0	95.7	82.3	77.2	91.7	-	-	-	81.5	73.6	-	-	-	-	66.5	45.9	-	-	-	-	77.6
'90	74.6	84.3	90.4	81.5	86.0	-	-	-	85.7	77.1	-	-	-	-	81.7	73.0	-	-	-	-	81.6
'91	93.3	85.8	75.1	80.0	90.5	-	-	-	84.3	84.9	-	-	-	-	91.0	86.8	-	-	-	-	85.7
'92	76.9	85.0	83.7	82.7	85.50	-	-	-	86.5	82.6	-	-	-	-	87.4	87.5	-	-	-	-	84.2
'93	81.4	80.5	88.1	85.1	99.0	-	-	-	86.8	85.7	-	-	-	-	87.3	87.8	-	-	-	-	86.9
'94	68.2	87.7	81.4	93.2	81.6	-	-	-	99.9	87.8	-	-	-	-	83.3	83.5	-	-	-	-	85.2
'95	99.4	95.5	78.4	89.3	82.6	-	-	-	77.4	76.4	99.6	-	-	-	87.9	93.9	-	-	-	-	87.7
'96	79.0	87.3	96.2	81.4	80.0	-	-	-	82.6	93.2	75.0	86.1	-	-	86.9	92.8	-	-	-	-	85.5
'97	80.8	87.2	74.2	85.0	99.7	95.1	-	-	99.8	85.1	85.0	81.3	-	-	83.6	86.0	-	-	-	-	86.6
'98	76.5	86.1	83.6	100.0	76.8	81.6	96.4	-	86.7	75.1	86.4	98.1	-	-	94.3	90.7	100.0	-	-	-	87.1
'99	84.7	85.3	86.9	85.0	80.9	88.5	80.0	100.0	82.7	83.3	87.6	90.0	-	-	87.2	99.9	81.6	-	-	-	86.2
'00	90.6	88.9	95.6	86.3	79.6	89.3	100.0	91.5	87.6	88.3	86.2	85.3	-	-	88.1	83.5	88.0	82.3	-	-	88.2
'01	93.0	87.3	90.0	90.5	81.7	93.5	83.5	92.6	100.0	88.2	100.0	84.8	-	-	85.5	89.6	91.6	90.0	-	-	90.1
'02	91.3	91.1	92.1	100.0	97.5	88.2	92.3	91.0	90.0	99.8	89.5	89.2	99.2	100.0	69.1	79.2	89.4	85.1	-	-	90.0
'03	91.1	88.0	99.2	90.9	88.2	91.5	93.3	94.3	86.8	90.7	91.0	98.9	84.8	88.2	85.0	87.7	100.0	92.3	-	-	91.2
'04	92.6	97.9	87.6	87.4	89.8	91.2	92.8	93.5	87.6	88.5	88.9	88.7	64.5	73.4	90.7	90.0	91.0	99.1	98.0	-	88.8
'05	83.4	92.2	90.0	99.3	82.9	94.1	100.0	94.2	100.0	90.0	100.0	90.4	89.9	90.2	100.0	82.4	89.1	92.3	84.6	99.1	92.1
'06	90.1	91.1	89.2	89.3	91.3	99.4	93.7	100.0	91.7	99.5	89.0	100.0	89.7	92.1	88.7	97.1	97.1	90.6	90.5	86.1	92.8
'07	92.2	90.0	97.1	90.9	90.8	90.7	94.1	93.1	78.3	85.9	90.4	88.9	99.6	90.8	88.4	90.7	91.0	91.3	92.6	91.6	90.9
'08	92.1	88.5	89.4	98.7	95.5	92.0	92.5	94.2	100.0	89.4	90.7	92.0	90.8	92.0	99.6	88.3	92.5	100.0	100.0	93.0	93.6
'09	95.7	92.6	89.5	89.5	24.5	94.4	94.6	92.2	88.9	100	100	88.7	91.2	98.2	91.6	100	93.9	91.9	91.2	99.6	90.4
'10	97.6	90.4	99.7	93.8	0	93.1	96.3	93.8	93.1	89.4	91.5	100	97.4	92.0	91.2	91.2	100	93.0	94.1	92.0	89.5

제4절 고장정지 및 한주기 무고장 안전운전 현황

1. 고장정지

고장정지는 정상 운전중 기기고장 또는 인적요인에 의해 발전소가 불시에 정지되는 것을 의미하는데, 고장정지 건수는 안전성과 전기품질 확보 측면에서 원전의 운영관리 수준을 나타내는 지표이다. 2010년에는 가동원전 20기에서 모두 2건의 고장정지가 발생하여 호기당 고장정지건수는 0.1건을 기록하였다. <표 2-8> 호기당 고장정지건수는 원자력 발전의 초기단계인 1980년대 중반까지는 5건 이상의 높은 값을 나타냈으나, 운영경험과 관련 기술의 축적으로 인해 1998년 이후 1건 미만으로 낮아졌다. <표 2-9>

원전을 운영하는 인력의 역할은 원자력발전소의 고장정지 저감 및 안전운전을 위해서 매우 중요하다. 따라서 한수원(주)는 인적실수 제로화를 목표로 인적오류 예방 중장기대책을 수립하여 시행하고 있다. 3대 중점과제로 원전 종사자 중심의 업무방식 개선, 환경·설비 구축, 인적오류 예방지원 조직 확대를 선정하여 산·학·연 공동연구를 수행하고 사내 인적오류 예방팀을 운영하며 지속적인 인적행위개선을 추진 중이다.

또한 한수원(주)는 인적행위 개선 프로그램을 운영하기 위해 관련 회의체 및 부서별 실무자로 구성된 인적행위 개선팀을 조직하여 매년 개선계획을 수립하고 있다. 더불어 인적오류 사건 발생시 처리절차를 마련하여 관리자 관찰, 작업전 회의, 사건기록 등을 데이터로 관리하고 있다.

마지막으로 한수원(주)는 신규 원전 증가에 따른 시운전 지원체계를

강화하고 있다. 신고리 1호기의 시운전 과정에서 발견된 인력, 조직, 공정관리, 절차서 등 운영관리 전반의 개선 필요사항에 대하여 조치계획을 수립하여 추진 중이며, 이를 바탕으로 신고리 2호기, 신월성 1호기 등 신규가동원전의 안전운전에 최선을 다할 계획이다.

〈표 2-8〉 2010년도 국내 원자력발전소 고장정지 현황

호 기	정지일시	재개일시	정 지 내 용
고리#2	8.16 01:20	8.17 00:20	증기발생기 저수위에 의한 발전정지
고리#3	3.24 10:38	3.25 14:05	터빈 제어유 누설에 의한 발전정지

〈표 2-9〉 국내 원자력발전소 고장정지 현황

(단위: 건)

연도	고 리				월 성				영 광						울 진						계	평균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6		
'78	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	17
'79	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	13
'80	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
'81	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7
'82	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
'83	9	5	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	6
'84	7	5	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	5.3
'85	8	15	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	7.5
'86	4	4	9	4	5	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	5.5
'87	3	5	5	4	1	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	3.7
'88	1	0	1	3	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	13	1.6
'89	3	3	0	1	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	13	1.4
'90	2	0	3	3	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	18	2.0
'91	11	1	0	2	3	-	-	-	1	2	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	24	2.7
'92	4	1	0	4	1	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	0	-	-	-	-	15	1.7
'93	1	2	3	3	1	-	-	-	0	2	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	14	1.6
'94	1	1	0	1	3	-	-	-	1	0	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	8	0.9
'95	1	2	1	0	0	-	-	-	1	1	3	-	-	-	1	1	-	-	-	-	11	1.1
'96	0	1	0	0	0	-	-	-	1	0	1	4	-	-	2	1	-	-	-	-	10	0.9
'97	0	0	0	0	1	4	-	-	1	1	1	3	-	-	1	1	-	-	-	-	13	1.1
'98	0	2	1	0	0	0	3	-	0	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	-	6	0.4
'99	1	0	1	0	0	1	0	0	1	3	3	1	-	-	1	0	1	-	-	-	13	0.9
'00	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	-	-	0	0	1	1	-	-	8	0.5
'01	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-	-	2	3	0	1	-	-	8	0.5
'02	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	1	-	-	8	0.4
'03	0	0	0	0	0	1	1	1	3	0	1	1	1	0	0	1	0	1	-	-	11	0.6
'04	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	3	1	-	12	0.63
'05	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	2	1	10	0.5
'06	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3	1	0	1	11	0.55
'07	0	2	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2	0	2	1	0	12	0.6
'08	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	7	0.35
'09	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	6	0.3
'10	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1
누계	107	53	32	29	36	8	5	2	29	25	12	12	5	3	23	17	10	11	4	2	425	-

2. 한주기 무고장 안전운전

한주기 무고장 안전운전은 연료교체 후 다음 연료교체 시까지 발전정지 없이 연속운전 하는 것을 의미하며, 원전의 운전·정비·관리 등 모든 분야에서 우수한 원전운영능력을 직접적으로 보여주는 지표이다. 2010년도에는 20기의 가동원전 중 고리4 및 월성2·3·4 영광1·2·3 울진1·2·5호기 등 10기 원전이 한주기 무고장 안전운전을 달성하였다. 이로써 국내 원전이 달성한 한주기 무고장 안전운전은 1988년 고리 3호기를 시작으로 2010년말까지 총 92회에 이르고 있다.

〈표 2-10〉 국내 원자력발전소 『한주기 무고장 안전운전』 달성 현황

구분 호기	달성횟수	연속 운전일	연속 운전기간
고리#1	9	365	'96. 3.31 ~ '97. 3.30
		377	'97. 6. 8 ~ '98. 6.19
		365	'98. 9. 6 ~ '99. 9. 5
		364	'00.11.18 ~ '01.11.16
		364	'03. 2.28 ~ '04. 2.26
		361	'05. 5.10 ~ '06. 5. 5
		365	'06. 6.10 ~ '07. 6. 9
		317	'08. 1. 9 ~ '08.11.20
		373	'08.12. 9 ~ '09.12.16
고리 #2	6	387	'90. 3.24 ~ '91. 4.14
		303	'97. 4. 6 ~ '98. 2. 2
		339	'00. 6.23 ~ '01. 5.27
		409	'01. 7.12 ~ '02. 8.24
		403	'03.11.18 ~ '04.12.24
		377	'06. 3.29 ~ '07. 4. 9

구분 호기	달성횟수	연속 운전일	연속 운전기간
고리 #3	6	304	'87.12.10 ~ '88.10. 9
		307	'92. 2.18 ~ '92.12.21
		407	'97. 4. 5 ~ '98. 5.16
		497	'01. 4.24 ~ '02. 9. 2
		475	'02. 9.30 ~ '04. 1.17
		473	'04. 3. 5 ~ '05. 6.20
고리 #4	8	423	'95. 2. 8 ~ '96. 4. 5
		460	'96. 6.12 ~ '97. 9.14
		446	'97.11. 7 ~ '99. 1.26
		445	'00. 9. 2 ~ '01.11.20
		461	'01.12.24 ~ '03. 3.29
		493	'03. 4.28 ~ '04. 9. 1
		515	'07. 8. 1 ~ '08.12.27
월성 #1	5	455	'09. 2.10 ~ '10. 5.10
		332	'98. 3.26 ~ '99. 2.20
		331	'99. 5. 1 ~ '00. 3.26
		455	'00. 6. 8 ~ '01. 9. 5
		418	'03. 3.15 ~ '04. 5. 5
월성 #2	3	383	'05.10.21 ~ '06.11. 7
		428	'04. 9.25 ~ '05.11.26
		393	'07. 4. 6 ~ '08. 5. 3
월성 #3	5	428	'09. 9.11 ~ '10.11.12
		454	'99.12. 4 ~ '01. 3. 1
		414	'04.12.18 ~ '06. 2. 4
		404	'07. 5.24 ~ '08. 6.30
		420	'08. 7.27 ~ '09. 9.19
월성 #4	6	436	'09.10. 9 ~ '10.12.18
		429	'01. 1.28 ~ '02. 4. 1
		382	'03. 7. 1 ~ '04. 7.16
		433	'04. 8. 9 ~ '05.10.15
		435	'05.11. 5 ~ '07. 1.13
		414	'08. 4.26 ~ '09. 6.13
		429	'09. 7.10 ~ '10. 9.11

구분 호기	달성횟수	연속 운전일	연속 운전기간
영광 #1	5	395	'92.10. 8 ~ '93.11. 5
		432	'00.11.28 ~ '02. 2. 2
		476	'03. 6.17 ~ '04.10. 4
		495	'07.10.26 ~ '09. 3. 3
		511	'09. 4.11 ~ '10. 9. 3
영광 #2	3	458	'01.10.17 ~ '03. 1.17
		465	'03. 2.20 ~ '04. 5.29
		512	'08.10.14 ~ '10. 3. 9
영광 #3	6	366	'97. 3.31 ~ '98. 3.31
		475	'00.11.19 ~ '02. 3. 8
		407	'02. 4.15 ~ '03. 5.26
		422	'04.11.10 ~ '06. 1. 5
		478	'07. 6.28 ~ '08.10.17
		455	'08.11.20 ~ '10. 2.17
영광 #4	6	387	'97.12. 3 ~ '98.12.24
		396	'00. 4. 3 ~ '01. 5. 3
		474	'01. 6.28 ~ '02.10.14
		468	'04. 6.28 ~ '05. 8.25
		463	'05. 9.29 ~ '07. 1. 4
		470	'07. 2.13 ~ '08. 5.27
영광 #5	1	473	'08. 5. 8 ~ '09. 8.23
영광 #6	3	331	'02.12.24 ~ '03.11.19
		444	'06. 3.29 ~ '07. 6.16
		476	'07. 7.19 ~ '08.11. 5
울진 #1	5	310	'92. 4. 8 ~ '93. 2.11
		382	'94. 3. 7 ~ '95. 3.23
		498	'03. 6. 9 ~ '04.10.18
		484	'06. 5.13 ~ '07. 9. 8
		521	'09. 3.26 ~ '10. 8.28
울진 #2	5	333	'91.12. 5 ~ '92.11. 1
		296	'92.12.16 ~ '93.10. 7
		441	'97. 6. 9 ~ '98. 8.23
		463	'98. 9.25 ~ '99.12.31
		513	'08.10.30 ~ '10. 3.26

호기 \ 구분	달성횟수	연속 운전일	연속 운전기간
울진 #3	4	358	'00. 7. 8 ~ '01. 6.30
		482	'01. 7.30 ~ '02.11.23
		466	'03. 1. 1 ~ '04. 4.10
		462	'08. 7.25 ~ '09.10.29
울진 #4	1	472	'05. 2. 5 ~ '06. 5.22
울진 #5	3	400	'05. 8. 7 ~ '06. 9.10
		487	'07.12.12 ~ '09. 4.11
		494	'09. 5.13 ~ '10. 9.18
울진 #6	2	386	'06. 5.11 ~ '07. 5.31
		437	'07. 6.28 ~ '08. 9. 6
계	92	-	-

〈표 2-11〉 국내 원자력발전소 연도별 『한주기 무고장 안전운전』 현황

구분 \ 연도	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
기동 원전	9	9	9	10	11	12	14	16	16	16	18	18	19	20	20	20	20	20	20
한주기 무고장안전	2	3	0	1	1	2	6	4	1	7	7	4	10	4	6	7	8	7	10

제5절 정비 및 교육훈련 관리

1. 정비관리

가. 예방정비의 최적화

2010년도 계획예방정비는 15개 호기에서 총 764.4일 동안 수행되었다. 평균공기는 28.1일로 지난 3년간의 평균실적 대비 6.8일을 단축한 기록이다. 또한, 울진 5호기의 계획예방정비 공기는 21.5일로써 동일 노

형별 최단 공기이다. <표 2-12>

<표 2-12> 국내 원자력발전소 최단공기 현황(2010.12.31 기준)

구 분	경수로(표준형)		
	호기명	공기(일)	기 간
이전 최단공기	울진#3	22.5	'09.10.29 ~ '09.11.20
최단공기 달성	울진#5	21.5	'10. 9.18 ~ '10.10. 9

한수원(주)는 계획예방정비 공기 최적화를 위해 통합 Upgrade 공정 관리 프로그램을 활용하여 공정관리 인력을 절감하고 공정 정확도를 향상시켰다. 또한 원자로 및 터빈 발전기 정비 등 주공정 최적화를 위해, 24시간 작업을 시행하여 주·야간 동일한 작업효율을 유지할 수 있는 공정기법을 개발하였다. 그리고 정비작업 단계를 분단위로 세분화함으로써 시간 손실을 최소화하였다. 최근 세계의 원전 사업자들은 경쟁력 향상을 위하여 계획예방정비 기간을 지속적으로 단축하고 있으며 해외 우수원전의 경우, 지속적인 기술개발, 규제 및 제도개선 노력으로 15~17일대 계획예방정비를 시행하기에 이르렀다. 이와 관련하여 한수원(주)도 해외 원전의 우수 운영사례 및 공정관리 신기법에 대한 벤치마킹을 시행하였다. 2005년에는 해외 전문기관에 의뢰해 영광4호기를 대상으로 계획예방정비 준비에서 시행까지 정비 전반에 대한 체제진단을 수행하였다. 2008년에는 실시간 원전 계획예방정비 공정관리 시스템(NPOMS)을 구축하여 체계적이고 표준화된 선진 공정관리 기반을 조성하였다. 그리고 예방정비 표준화 기준(PM Template)을 개발하여

예방정비 기준에 따른 정비항목과 주기를 ERP 시스템과 연계하여 시행하고 있다. 2010년에 시행한 주요 정비 및 점검 사항 <표 2-15>을 살펴보면, 고리2호기, 고리4호기, 영광5호기, 영광6호기 연료취급설비 성능개선, 월성4호기 냉각재펌프 밀봉장치 교체, 울진1호기, 울진2호기 격납건물 폴라크레인 개선공사, 울진4호기 원자로냉각재펌프 내장품 및 전동기 교체, 울진5호기 주변압기 A상 교체 및 현장제어반 개선공사 등을 수행하였고 특히 노후화된 월성1호기는 압력관 및 원자로관, 제어용 전산기 등 대규모 설비개선을 시행하여 설비신뢰도와 안전성 향상을 도모하였다.

나. 정비체제의 선진화

한수원(주)는 선진국형 정비체제 확립과 효율성 제고를 통한 설비의 최적운동을 도모하기 위하여 발전소별로 우수인력을 선발하여 엔지니어링 조직을 확대하였고, 해외 우수원전 및 원전 기자재 제작사에 우수인력을 장기 파견하여 핵심 시스템 엔지니어를 육성하는 등 글로벌 전문 기술인력을 지속적으로 양성하고 있다. 또한 미국원자력발전협회(INPO)에서 개발하여 미국원전에서 이행중인 설비신뢰도 통합관리 프로세스를 우리회사 정비체제에 맞게 정착함으로써 발전소 운영실적 향상, 설비신뢰도 제고 및 안전문화 정착에 기여하고 있다. 설비신뢰도 통합관리 프로세스는 발전소 설비를 중요도에 따라 분류하여 차별화된 예방정비를 시행하고 설비 성능 감시를 통해 정비효과를 분석하는 프로세스이다.

한수원(주)는 원자로헤드 관통관 검사를 자체적으로 수행할 수 있도록 장비를 확보하고 교육을 실시하여 검사 신뢰도 및 기술력을 향상시켰다. 더불어 증기발생기 통합성능 관리기술, 공기구동밸브 설계기준 성능평가기술, 감속배관 관리기술 등을 개발하여 원전 설비 기술력을 향상시켰다.

국제 유가의 상승과 기후변화협약의 발효로 원자력 발전의 필요성이 증대되고 있는 가운데 한수원(주)는 정비체제의 선진화를 통해 원전의 안전성과 정비 신뢰도를 향상시켜 발전소 고장정지를 최소화하고 우수한 운영실적을 달성하여 원전 안정운영에 크게 기여하였다.

〈표 2-13〉 호기별 계획예방정비 실적(2010년)

호기	회차	일정	공기	주요작업항목
고리#1	27	'09.12.16 ~ '10. 1. 8	7.6	○ 가압기 이중금속 용접부 정비 ○ 원자로 상부 자동초음파검사
고리#2	24	'10.10. 3 ~ '10.11. 5	33.2	○ 소내 스위치기어 교체(A 계열) ○ 연료취급설비 및 제어봉 제어계통 설비개선
고리#4	19	'10. 5.10 ~ '10. 6. 2	22.6	○ 연료취급설비 성능개선 ○ 주발전기 분해점검
영광#1	19	'10. 9. 3 ~ '10. 9.28	25.1	○ 원자로냉각재펌프 전동기 교체 ○ 저압터빈 'A' 완전분해점검
영광#2	18	'10. 3. 9 ~ '10. 4.17	38.7	○ 주발전기 및 저압터빈 'A' 분해점검 ○ 이차 기기냉각수 열교환기 교체
영광#3	12	'10. 2.17 ~ '10. 3.20	31.2	○ 비상 디젤발전기 베어링 분해점검 ○ 노내 핵계측기 교체

호기	회차	일정	공기	주요작업항목
영광#5	7	'10.12.22 ~ '11. 1.16	9.7	○ 연료취급설비 성능개선 ○ 고압터빈 및 주발전기 분해점검
영광#6	6	'10. 3.18 ~ '10. 4.16	29.1	○ 연료취급설비 성능개선 ○ 증기발생기 수실 관통노즐 교체
월성#1	21	'09. 4. 1 ~ '11. 7.17	365	○ 압력관 및 칼란드리아관 교체 ○ 승급실 노후설비 교체
월성#2	11	'10.11.12 ~ '10.12. 7	25.3	○ 저압터빈#3, 고압터빈 분해점검 ○ 증기발생기 1차측 세정
월성#3	10	'10.12.18 ~ '11. 1.12	13.6	○ 고압터빈 분해점검(중심공검사) ○ 저압터빈#1 분해점검(SCC검사)
월성#4	9	'10. 9.11 ~ '10.10. 3	22.6	○ 저압터빈#2 분해점검(SCC검사) ○ 냉각재펌프#1~4 밀봉장치 교체
울진#1	17	'10. 8.28 ~ '10. 9.29	32.2	○ 격납건물 폴라 크레인 개선 공사 ○ 전동발전기(M-G Set) 교체
울진#2	16	'10. 3.26 ~ '10. 4.27	32.1	○ 격납건물 폴라 크레인 개선공사 ○ 저압터빈#1,2,3 분해점검
울진#4	9	'10. 5.22 ~ '10. 6.16	25.5	○ 원자로냉각재펌프 내장품 및 전동기 교체 ○ 증기발생기튜브 인출 및 관막음
울진#5	5	'10. 9.18 ~ '10.10. 9	21.5	○ 저압터빈 'C' 분해점검 ○ 주변압기 A상 교체 및 현장제어반 개선공사
울진#6	4	'10. 2.16 ~ '10. 3.17	29.4	○ 저압터빈 'C' 분해점검 ○ 고압터빈 및 주발전기 분해점검

2. 교육훈련관리

국내 원자력발전소의 효율적인 운영과 안전성 확보, 신규원전의 적기 건설 및 해외사업의 성공적 수행과 저탄소 녹색성장의 중추적 역할을

성공적으로 수행하기 위해서, 유능한 기술 인력의 확보는 필수 불가결한 조건이다. 따라서 한수원(주)은 원전 전문인력 양성과 이를 통한 안전문화 정착을 위해 많은 노력과 투자를 하고 있다. 이를 위해 원자력발전소 건설·시운전·운영 등 전 분야에 걸쳐 전문인력을 양성하기 위해 원자력교육원을 운영하고 있다. 또한 각 원전본부는 원전조종사의 시뮬레이터 실습을 포함한 사업소별 특정 부문의 훈련을 위해 교육훈련센터를 설립하여 교육체계 및 과정을 현장중심으로 세분화 및 전문화하였다.

한수원(주)는 교육시설을 현대화하고 발전소 종사자의 직무분석을 통한 교육훈련 프로그램을 개편하여 직무 전문성을 향상시키기 위해, 현장 문제해결 중심으로 교육 과정을 개선하였다. 또한 인적실수 방지 및 운전기술 고도화 등 전문교육과정을 중장기 교육 프로그램에 반영하여 시행하고 있다.

가. 교육체계

원자력분야의 교육체계를 살펴보면, 신입사원은 입사 후 원자력 전문 교육기관인 원자력교육원에서 7주간의 신입원자력기초 교육을 받게 되며, 이어서 발전소 현장에서 13~17주간의 현장적응훈련과 훈련센터에서 8주간의 해당 노형별 계통교육 등 총 28~32주 교육을 받은 후 보직을 받아 업무에 임하게 된다. 특히 발전팀의 원전조종사에 보직된 신입직원은 4주간의 복수근무를 추가로 시행하여 실무중심의 교육을 받게 된다. 한수원(주)는 발전소 종사자가 업무수행 중 각 보직에 필요한 실무과정, 전문과정, 간부과정 등을 단계적으로 이수하도록 사내교육을

시행하고 있다. 또한 핵심 및 취약분야 기술 습득을 위해 우수인력을 해외 및 국내 설비제작기관과 해외 우수원전에 파견하여 위탁교육을 시행하고 있다.

나. 원자력교육원 교육

한수원(주)는 1979년 10월, 원자력 전문기술인력 양성이라는 중요한 역할을 수행하기 위해 원자력교육원을 설립했다. 원자력 교육원은 “글로벌 경쟁력을 갖춘 인재양성”이라는 미션과 “세계 제일의 원자력전문 교육기관”이라는 비전을 가지고 국내외의 원자력분야 종사자들에 대한 교육을 실시하고 있다. 원자력교육원의 직무전문과정은 기본과정, 실무과정, 전문과정, 간부과정으로 분류된다. 이를 세분화하면, 기본과정은 신입직원을 대상으로 한 원자력이론 및 계통기초 과정을 말하며, 실무과정은 운영·정비요원을 대상으로 직무능력 향상을 위한 과정이고 전문과정은 각 분야별 전문가를 양성하기 위한 과정이다. 그리고 간부과정은 관리자의 조직역량 및 리더십 향상을 위한 교육과정이다. 또한 원자력교육원은 IAEA 및 WANO 국제협력과정과 경영, 경제, 외국어 등 사이버 교육과정을 운영하고 있으며, 현장의 교육 Needs 분석을 통한 체계적 교육 프로그램 개발 방법을 도입하는 등 원자력 전문가 양성을 위한 교육인프라를 구비하고 있다. 그 외 원자력발전소 정비업무를 전담하고 있는 한전KPS(주)의 정비요원을 대상으로 한 교육과정과 국내원전 관련 업체 및 해외 원전 개발국 기술자 양성을 위해 다수의 위탁 교육과정도 운영 중에 있다. 각 사업소 교육훈련센터(고리, 영광, 울

진, 월성)에서는 사업소 특성에 맞는 특수교육과정과 노형별 직무교육을 운영하고 있다. 특히 사업소 해당원전과 동일한 원자로 모의제어반을 도입하여 원전 조종사를 양성하고 있으며, 노형별 특성을 반영한 현장 문제해결 중심의 교육을 시행하고 실습훈련을 강화하기 위해 노력하고 있다.

다. 국내 위탁교육 및 해외훈련

한수원(주)는 사내 교육과정으로 운영하기 어렵고 국내외 전문기관을 활용한 교육훈련이 필요한 분야에 대해서는 위탁교육을 시행하고 있다. 국내위탁교육은 한국표준협회, 한국생산성본부 등 국내 전문교육기관을 이용해 교육을 시행하고 있으며, 이외에도 한전원전연료, 두산중공업 등 국내 원전 기자재 제작 및 설계회사에 위탁하여 교육을 시행하고 있다.

한수원(주)는 전문기술 향상, 선진기술의 습득, 신규원전의 운영요원 및 특수분야 전문인력 양성을 위하여 원자로 제작사 등 해외 전문기관 위탁 훈련을 지속적으로 실시하고 있다. 해외 우수원전의 운영기술을 벤치마킹하기 위한 우수인력 장기파견교육을 통해 선진 운영기법을 국내원전에 반영함으로써 국내 원전의 안전성과 신뢰성을 더욱 확고히 하고 있다.

〈표 2-14〉 교육훈련 실적

(단위 : 명, '10.12.31 기준)

구분	년도	'77 ~'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	계
사내교육 (교육원 및 훈련센터)		52,831	4,889	7,521	7,160	7,405	8,380	8,637	9,595	8,587	9,200	124,205
국내위탁교육		6,406	1,307	2,243	2,864	2,592	3,256	3,461	4,769	3,580	3,898	34,376
해외위탁교육		1,231	62	130	341	462	546	427	308	84	121	3,712
계		60,468	6,258	9,894	10,365	10,459	12,182	12,525	14,672	12,251	13,219	162,293

〈표 2-15〉 원전 훈련용 시뮬레이터 현황

기준원전	활용원전	설치일	성능개선	설치장소
고리 2호기	고리 #1 · 2	'98.7	-	고리본부
고리 3호기	고리 #3 · 4	'86.12	'08.11	
영광 1호기	영광 #1 · 2	'06.9	-	영광본부
영광 3호기	영광 #3~6	'97.4	'08.11 ~ '10.4	
울진 1호기	울진 #1 · 2	'90.2	-	울진본부
울진 3호기	울진 #3~6	'02.10	-	
월성 2호기	월성 #1~4	'96.12	'08.11	월성본부
신고리 1호기	신고리 #1 · 2	'10.1	-	
	신월성 #1 · 2			
고리 1호기	고리 #1	개발중	-	고리본부
신고리 3호기	신고리 #3 · 4	개발중	-	

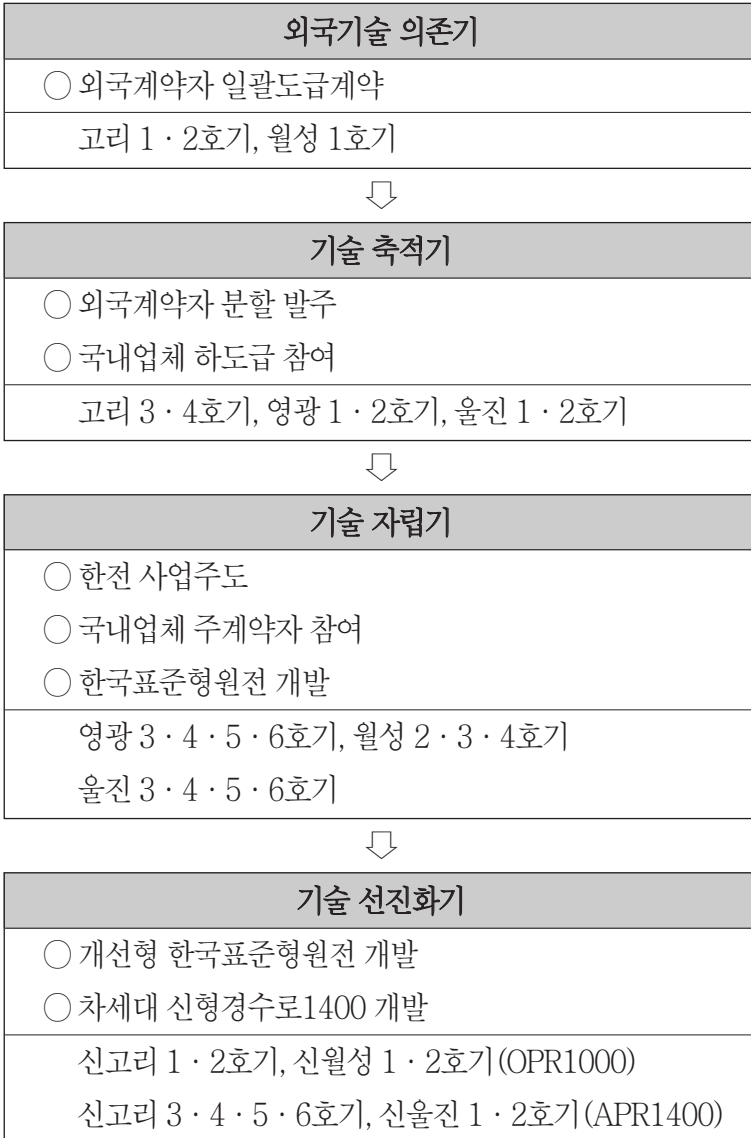
제3장 원자력발전소 건설

한국수력원자력(주) 건설처 건설계획팀장 김형섭

제1절 원전 건설사

1978년 4월 고리원자력 1호기가 가동됨으로써 세계에서 21번째 원전보유국이 된 우리나라는 지속적인 원전건설을 추진하여 2011년 3월 기준으로 21기의 원전을 가동하고 있다.

지난 30여년의 우리나라 원전건설사는 기술자립의 역사였다고 할 수 있다. 초창기 아무런 기술과 경험 없이 시작된 원전건설은 외국에 전적으로 의존하였다. 이를 극복하고 원자력이 준국산 에너지로서 위치를 확실하게 자리잡기 위해서는 원전건설 기술자립이 가장 시급하고도 중요한 과제로 대두되었다. 따라서 정부, 사업자, 연구기관 등이 기술 자립에 온 힘을 쏟았다. 이를 단계별로 보면 크게 외국기술 의존기, 기술 축적기, 기술 자립기, 기술 선진화기 등으로 구분할 수 있다.



〈그림 2-2〉 원전건설 변천사

1. 외국기술 의존기

초창기 원전건설은 전적으로 외국의 기술에 의존할 수밖에 없었다. 따라서 외국 주계약자가 발전소 착공부터 준공까지 모든 책임을 지고 사업관리, 설계, 자재 구매, 시공 및 시운전을 수행하는 일괄발주방식(Turn-Key)으로 건설되었다. 이러한 형태의 사업추진 방식은 당시 원전건설에 대한 국내 기술과 경험, 산업기반이 취약하였기 때문이다. 우리가 참여하였던 분야는 부지조성공사, 일부 토건자재 공급, 단순 노무 인력 제공 등에 국한되었다. 따라서 기술축적 측면에서의 큰 진전은 없었으나 사업관리, 시운전에 대한 경험을 축적하게 되었다.

가. 고리 1호기

1967년 10월 수립된 장기전원개발계획에 따라 정부는 500MW급 원전 2기를 1976년까지 건설하기로 확정하였다. 이로써 우리나라 최초의 원전건설이 본격적으로 시작되었다. 먼저 원전입지를 경남 양산군(현 부산광역시 기장군) 장안읍 고리로确定的 한전은 1969년 2월까지 건설부지에 대한 현장조사를 끝낸 뒤 동년 5월 주민대표와 한전관계자로 구성된 원자력발전소 부지매수 및 보상위원회를 설치하고 부지매수에 착수하였다. 그러나 주민들의 완강한 반대에 부딪쳐 처음에는 많은 어려움을 겪었으나 설득과정을 거쳐 주민을 이주시키고 21만평의 부지를 확보하게 되었다. 한전은 건설비를 약 344억원으로 추정하고 기기 공급 및 설치공사의 계약체결과 소요자금의 차관획득을 위하여 원전건설 경험이 있는 외국업체에 예비 견적의뢰 안내서를 발송하였다. 그 견적서

를 접수·검토하여 원자로형과 공급회사를 결정하고 소요차관을 알선 하도록 한다는 원칙을 확정하였다. 이 결정에 따라 한전은 1968년 6월 미국의 GE, Westinghouse, Combustion Engineering과 영국의 British Nuclear Export Executive 등 4개사를 대상으로 예비견적제출 안내서를 발송하였다. 1968년 10월 4개사로부터 예비제의를 접수하고 기술사양 등을 검토·평가한 결과 미국 웨스팅하우스사를 계약상대자로 결정하였다. 1970년 12월 발전소 공급계약이 발효되고 1971년 3월 19일에 현지에서 기공식이 거행되었다. 그러나 건설기간 중 때마침 밀어닥친 석유파동으로 인한 물가상승과 건설재원의 부족, 그리고 건설 참여국인 영국의 산업분쟁 등으로 공기가 지연되어 당초보다 2년이 늦은 1978년 4월 29일에 역사적인 상업운전을 시작함으로써 한국은 세계에서 21번째의 원자력발전소 보유국으로 원자력발전 시대의 막을 열게 되었다.



〈그림 2-3〉 고리 1호기 기공식
(1971.3.19)



〈그림 2-4〉 고리 1호기 준공식
(1978.7.20)

고리 1호기는 가압경수로형 587MW로써 주계약자인 미국의 웨스팅하우스사가 전반적인 건설책임을 지고 원자로 계통설비의 공급과 초기 원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 터빈·발전기 계통설비의 공급과 토건공사의 감독을 맡았다. 국내업체로는 현대건설(주)이 원자로계통 공사를, 동아건설(주)이 터빈·발전기계통 공사를 하도급 형태로 참여했으며, 비파괴검사는 유양원자력(주)이 맡았다. 이 건설공사에는 외자 1억7천390만 달러, 내자 717억원 등 모두 1천560억원이 소요되었는데, 당시로서는 우리나라 사상 최대규모의 단위사업이었다.

나. 고리 2호기

정부는 1971년 5월 7일자로 신장기 에너지종합대책을 마련하고 1981년까지 600MW급 원자력발전소 3기를 건설·가동기로 계획하였다. 이 계획에 따라 한전은 고리 2호기의 건설을 위한 건설지점의 선정과 준공시기, 노형과 설비용량의 결정을 포함한 건설계획을 확정하여 1973년 8월 11일 미국의 웨스팅하우스사에 통보했고, 이를 계기로 2호기에 대한 계약추진 작업이 본격화되었다. 이듬해인 1974년 3월 4일 기술사양 및 공급책임범위 등에 관한 계약서 초안을 접수하고 3월 25일 계약일반조건의 초안을 접수함으로써 계약합의가 이루어져 같은 해 10월 28일 고리 2호기의 건설공급계약 및 원전연료 공급계약을 체결하기에 이르렀다. 그러나 고리 2호기는 계약자측이 계약발효시기인 1975년 11월 30일까지 차관획득에 실패함에 따라 계약발효 조건을 충족시키지 못해 계약효력이 자동 상실되는 어려움을 겪기도 하였다. 고리 2호기는

1호기에 인접하고 있어 기초굴착시 발파작업으로 인한 진동이 1호기에 미치는 영향을 배제하기 위하여 1호기의 상업운전 이전에 구조물 기반 암반의 굴착을 끝낼 필요가 있었다. 정부는 이에 따라 건설허가 이전에 제한작업승인을 검토하게 되었으며, 1977년 3월 1일 한전은 구조물의 기초굴착 작업을 착공하였다. 1983년 7월 25일 준공, 상업운전을 개시한 2호기는 1호기와 같은 가압경수로형으로 시설용량은 650MW이다. 터키방식으로 추진된 이 공사는 주계약자인 미국의 Westinghouse사가 원자로계통 설비의 공급과 초기노심용 원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 터빈·발전기계통설비의 공급을 맡았는데 국내업체로는 현대건설(주)이 1차 계통에, 동아건설(주)이 2차 계통에 하도급 형태로 참여하였다. 이 공사에는 외자 5억4천만 달러, 내자 2천8백5억원 등 5천9백16억원이 소요되었다.

다. 월성 1호기

1973년 4월 방한한 캐나다원자력공사(AECL)의 그레이 총재는 청와대, 상공부, 과기처 등 정부 관계부처와 한전을 방문하여 캐나다가 개발한 가압중수로(CANDU)형 원자로의 장점을 소개하고 한국의 장기전원 개발계획에 참여하기를 강력히 희망하였다. 정부는 1973년 6월 한국과학기술연구소의 현경호 박사를 단장으로 중수로조사단을 구성하여 이들을 캐나다에 파견하였으며, 캐나다원자력공사는 같은 해 8월과 10월 두 차례에 걸쳐 기술진을 파견하고 한전 및 원자력연구소의 기술진과 가압중수로형 원자로의 기술적 측면에 대하여 활발한 토의를 진행하였

다. 바로 이때 불붙기 시작한 중동의 석유 무기화 전략은 제1차 석유 파동을 몰고 왔으며 정부는 이에 대처하는 방안으로 원자력 발전 개발 계획의 확장을 서둘러야 하는 처지에 있었다.

한전은 원전 2·3호기의 조기 도입을 위해 1973년 11월 24일 월성 1호기의 건설 계획을 확정하고, 곧이어 11월 27일 구매의향서를 캐나다 원자력공사에 발송하였다. 한전은 캐나다 원자력공사와 계약 조건과 내용에 대한 오랜 협상 끝에 최종 합의를 위해 민충식 한전사장을 대표로 하는 협상 대표단을 파견하게 되었으며, 1974년 12월 31일 캐나다 몬트리올에서 합의 내용에 대한 가계약을 체결하고 정부에 보고, 추인을 받은 후 1974년 1월 27일 정식 계약서에 서명하였다.

1975년 10월 월성 1호기 건설 사무소가 경북 월성군(현 경주시) 양남면 나아리에 설치되고 부지 63만평에 대한 매입과 200여 가구에 대한 주민이주가 시작되면서 본격적인 사업이 착수되었다. 1975년 5월 3일 기초 굴착 공사가 착공되고 같은 해 6월 15일 기공식을 가진 월성 1호기는 6년 후인 1983년 4월 22일에 준공, 상업운전을 개시하였다. 이 발전소의 건설은 턴키 방식으로 캐나다 원자력공사가 발전소 기기의 설계, 구매, 현장 설치, 시운전, 품질보증, 운전원 훈련 및 초기 노심용 원전 연료와 중수의 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 일부 설비의 공급 및 설치를 담당했고, 영국과 캐나다의 Parsons사가 터빈·발전기의 공급, 설치 감독 분야를 맡았다. 시설 용량 678MW의 이 중수로 건설에는 외자 6억 달러, 내자 3천55억원 등 6천4백28억원이 소요됐는데, 캐나다 수출 개발공사, Royal은행, 영국의 Hambros은행, Lazard의 차관으로 충당하

였다. 고리 2호기와 월성 1호기는 1983년 7월과 4월에 각각 준공됨으로써 한국은 거의 같은 시기에 비슷한 용량의 경수로와 중수로를 함께 보유하게 되었다.

2. 기술 축적기

고리 1호기 등 3개 호기의 원전건설에서 자신감을 얻은 한전은 사업 추진 방식을 일괄발주방식에서 분할발주방식(Non-Turnkey)으로 변경하여 건설기술 자립에 박차를 가하였다. 분할발주방식이란 한전이 사업관리를 주도하고 종합설계 용역, 원자로설비 공급, 터빈·발전기 공급, 원전연료 공급, 시공 등을 분야별로 전문업체에 분할하여 계약하는 형태를 말한다. 국내업체의 참여폭을 확대하고 효율적인 사업관리, 품질보증, 국산화율 제고 등을 통하여 기술축적이 가능하도록 분야별로 외국 주계약자 밑에 국내업체들이 하도급으로 참여하였다. 보조기기는 국산화 가능여부를 사전에 정부 및 산업체와 공동으로 평가하여 국내 제작 가능분, 외국기술 지원하에 국산화 가능분, 그리고 국산화 불가능분으로 품목별로 구분하여 국산화가 불가능한 부문을 제외한 모든 기자재를 국내 제조업체에 발주시켰으며, 시공은 국내 전문건설업체가 수행하였다.

가. 고리 3·4호기

이제까지의 원자력발전소 3기 모두가 일괄발주방식으로 건설된 600MW급인데 반하여, 고리 3·4호기부터는 한전주도 아래 분할발주

방식(Non-Turnkey)을 채택하였으며, 설비용량도 950MW급으로 대형화하였다. 이것은 원전건설에 있어서 국산화율의 제고와 기술축적을 위한 조치인 동시에 경제규모 확대에 따른 전력수요 성장을 감안한 의욕적인 전원개발계획을 반영한 것이다. 건설사업 전반을 주도·관리하게 된 한전은 건설부지를 고리 1·2호기의 인접 지역으로 정하고 1978년 2월 부지정지작업에 들어갔다. 같은 해 4월 Westinghouse사와 1차계통 공급계약을 체결하고 잇따라 5월에는 GEC사와 2차계통 공급계약을, 그리고 Bechtel사와 기술용역 계약을 맺으면서 공사진척이 활발해졌다. 1978년 7월 고리현장에서 당시 박정희 대통령이 참석한 가운데 1호기의 준공식과 병행하여 3·4호기의 기공식을 가졌으며, 1979년 1월 건설추진반을 확대·발족시켜 4월에 기초굴착에 착수하였다.

고리 3호기는 1985년 9월에, 4호기는 1986년 4월에 각각 상업운전을 시작하였으며 설비용량은 각각 950MW이고 노형은 가압경수로형이다. 공사비는 외자 11억 4천만달러, 내자 9천2백51억원 등 모두 1조7백18억원이 소요되었다.

나. 영광 1·2호기

영광 1·2호기는 건설부지를 전남 영광군 홍농면(현 홍농읍) 계마리로 확정하고 고리 3·4호기와 마찬가지로 한전 주도의 분할발주방식으로 추진되었다. 설비용량은 각각 950MW, 노형은 가압경수로형이고 공사비는 외자 10억6천3백만달러, 내자 1조2천78억원 등 모두 2조 4백억원이 소요되었다. 건설에 따른 국제입찰이 진행 중이던 1979년 3월

28일 미국의 트리마일 원전 2호기 사고가 발생하여 인허가 요건이 강화됨에 따라 영광 1·2호기는 안전성 향상에 역점을 두고 설계되었다. 1981년 2월 기공식을 가진 영광 1호기는 1986년 8월에, 2호기는 1987년 6월에 각각 상업운전을 개시하였다.

다. 울진 1·2호기

경북 울진군 북면 부구리에 건설된 울진 1·2호기는 원전기술과 원전연료의 공급원을 다원화하고 정치, 경제, 기술협력의 증진 등을 고려하여 프랑스의 설비를 도입하였다. 고리 3·4호기와 영광 1·2호기에 이어 세번째로 한전의 사업주도방식으로 추진된 이 발전소도 설비용량 950MW의 가압경수로형이다.

특징으로는 하나의 보조건물을 2기가 공유할 수 있도록 경제성을 살렸으며, 트리마일 원전 사고 후의 보완조치를 충분히 반영시킴으로써 신뢰성과 안전성에 역점을 두어 설계되었다. 1982년 10월에 착공하여 1호기는 1988년 9월, 2호기는 1989년 9월에 각각 상업운전을 시작하였다. 총 공사비 2조1천2백억원이 소요된 울진 1·2호기는 국내업체가 설계, 기기제작, 시공 등 공사전반에 직접 참여하였는데 설계분야는 6%, 기기공급분야는 40%까지 국산화율을 높였고 시공분야는 완전 기술자립을 이룩했다.

3. 기술 자립기

1987년 4월 설계 및 주기기 공급계약을 체결한 영광 3·4호기는 순

수 국내 기술진에 의해 건설된 한국 원전건설 기술의 집합체이며 한국 표준형원전인 울진 3·4호기의 효시가 되었다. 우리나라는 그동안 중화학공업 분야의 국내 산업기술 수준 향상과 외국업체의 하도급자로 참여하면서 습득한 기술능력을 바탕으로 국내업체를 분야별 주계약자로 하고 외국업체는 핵심기술 분야를 지원하는 하도급자로 참여하게 함으로써 명실상부한 원전건설 기술자립을 달성할 수 있게 된 것이다. 최초의 한국표준형원전인 울진 3호기가 1998년 8월, 울진 4호기가 1999년 12월에 각각 상업운전을 개시하였다.

가. 영광 3·4호기

영광 3·4호기는 운전중인 영광 1·2호기 바로 곁에 시설용량 1,000MW급 2기로 계획되었다. 1987년 5월에 사업을 착수하여 약 2년에 걸친 국내·외 전문기관의 안전성 검토결과를 토대로 원자력위원회의 최종 심의를 거쳐 1989년 12월 21일 정부로부터 건설허가를 받았다. 이에 따라 같은 해 12월 23일 최초 콘크리트를 타설하고 1990년 초부터는 구조물 공사가 본격적으로 진행되었다. 영광 3·4호기는 원자력 기술자립 기반구축을 위해 한전의 종합사업관리하에 국내업체를 분야별 주계약자로 하고 외국업체는 국내 주계약자의 하도급자로 참여토록 하는 국내주도 계약방식으로 추진되었다.

영광 3·4호기는 원전건설의 기술자립과 건설사업을 병행 추진함으로써 원전 건설기술을 자립하여 원자력이 국산 에너지자원이 되게 하는 기반을 구축했다는 데 큰 특징이 있다. 최초의 국내주도형 사업으로서

한전이 전체사업을 총괄 관리하고 국내업체는 각 분야별로 사업을 주도 하되 기술이 미진한 분야에 대해서만 외국업체로부터 지원을 받도록 함으로써 사업에 소요되는 자금 중 외자의존도를 17% 정도로 대폭 축소 시켰다. 영광 3호기는 1994년 3월, 4호기는 1996년 1월에 성공적으로 상업운전에 들어감으로써 한국표준형원전을 탄생시킨 모태로서 큰 역할을 하였다.

나. 월성 2·3·4호기

각각 700MW급 캐나다 가압중수로형인 월성 2·3·4호기는 월성 1호기와 동일부지에 건설하기로 하고 2호기는 1991년 10월에, 3·4호기는 1993년 8월에 착공되었다. 월성 2·3·4호기는 중수로 기술자립 기반을 마련하기 위해 한전의 종합관리하에 외국업체와 국내업체를 분야별 주계약자 및 하도급 계약자로 하는 계약체제를 도입하였다. 종합 설계 및 원자로 설비공급은 1호기의 주계약자였던 캐나다원자력공사와 체결하였으며 동시에 중수로 건설기술 전수협약도 체결하였다. 월성 2·3·4호기는 각각 1997년 7월, 1998년 7월 및 1999년 10월에 상업운전을 개시하였다.

다. 울진 3·4호기

울진 3·4호기는 한국표준형원전으로 건설된 최초의 원전이다. 정부는 1990년 7월 제225차 원자력위원회에서 총 공사비 약 3조3천5백억원이 투입되는 「울진원자력 3·4호기 건설추진계획」을 의결하였다. 울

진 1·2호기와 동일부지에 위치한 울진 3·4호기는 가압경수로형으로 설비용량이 각각 1,000MW이며 1992년 5월에 착공되었다. 3호기는 1998년 8월에, 4호기는 1999년 12월에 상업운전을 개시하였다. 울진 3·4호기는 영광 3·4호기의 설계 및 건설경험을 활용하여 최초의 표준원전 설계개념을 도입함으로써 한국표준형원전 건설의 시발점이 되었으며, 이 표준설계는 앞으로 건설되는 후속기에도 계속 적용하여 원전건설의 해외의존도를 낮추고 명실상부하게 원전기술자립을 이룩하는 토대가 되었다.

라. 영광 5·6호기

영광 1·2·3·4호기와 동일부지에 건설된 영광 5·6호기는 한국표준형원전으로 영광 3·4호기, 울진 3·4호기에서 축적된 기술과 경험을 바탕으로 진일보된 원전을 건설하였다. 건설기간 중에 영광군의 건축허가 취소로 인한 건설중단 및 온배수문제로 준공지연 등 숱한 난관이 있었지만 영광 5호기는 2002년 5월 21일에, 영광 6호기는 2002년 12월 24일에 각각 상업운전을 개시하였다. 특히 영광 6호기는 국내 최초 첫주기 무고장 안전운전을 달성하여 우리나라 원전의 우수성을 다시 한번 보여주었다.

마. 울진 5·6호기

울진 1·2·3·4호기와 동일부지에 건설된 울진 5·6호기는 한국표준형원전의 결정판이다. 순수 국내 기술진에 의해 건설된 1,000MW급

가압경수로형인 울진 5·6호기는 1999년 1월에 기초굴착공사를 시작하여 6여년간 약 4조 4,700억원의 공사비와 연인원 800만명이 투입된 대형 국책사업이었다. 특히 1997년말 시작된 IMF기간 동안에는 국내 건설경기 활성화는 물론 지역고용에도 크게 기여하였다. 또한 원전의 핵심설비인 증기발생기의 재질변경(Inconel-600에서 Inconel-690으로 변경) 등을 통해 안전성을 강화하였고, 최신기술의 적용과 선행호기의 운전경험을 반영하여 운전 및 유지보수의 편의성을 향상시켰다.

4. 기술 선진화기

현재 건설중에 있는 신고리 1·2호기와 신월성 1·2호기는 개선형 한국표준형원전으로 30여년의 원전건설 및 운영경험 등을 토대로 한국 표준형원전 설계개선 1, 2단계 사업을 통해 일체형원자로상부구조물, 복합건물 등 97개의 개선사항을 반영하여 기존원전 대비 안전성과 경제성의 향상은 물론, 원전 종사자의 운전 편의성과 방사선피폭 저감을 도모하는 한편 합성구조물공법과 원자로냉각재계통의 자동용접 등 신공법 등을 통하여 국내 원전중 최단기간에 건설될 예정이다. 2010년말 현재 건설중인 신고리 3·4호기와 신울진 1·2호기는 신형경수로 1400(APR1400)으로 1992년 6월 정부의 국가선도기술 개발사업(G-7) 과제로 선정되어 그 후 10여년간 국내 산·학·연 공동으로 개발한 신형원전으로 2002년 5월 정부로부터 표준설계인가(Design Certification)를 획득하였다. 국내 기술로 개발한 신형경수로1400은 국내 원전건설 및 운전경험을 토대로 세계 주요 신형원전에서 채택하고

있는 최신의 안전설비와 기준을 적용하였으며, 사고방지는 물론 만일의 경우 사고 발생시에도 그 영향을 최소화 할 수 있도록 중대사고 완화개념을 설계에 대폭 반영하였다.

제2절 원전건설 현황

1. 개 요

2010년 말 현재 우리나라는 8기의 원전을 건설중에 있으며 4기의 원전이 건설준비중, 2기의 원전이 건설계획중에 있다. 건설중 원전으로는 개선형 한국표준형원전(OPR1000)으로 건설되는 신고리 1·2호기 및 신월성 1·2호기를 비롯하여 기존 원전 대비 안전성과 경제성이 향상된 대용량 신형원전으로 개발한 신형경수로1400(APR1400)으로 건설되는 신고리 3·4호기 및 신울진 1·2호기 있으며, 건설준비중 원전으로는 신형경수로1400(APR1400)으로 건설되는 신고리 5·6호기 및 신울진3·4호기가 있으며, 신고리 7·8호기가 건설계획중이다.

신고리 1·2호기는 2005년 1월 15일 전원개발사업실시계획이 승인·고시됨에 따라 2005년 1월 17일 부지정지공사 착수 및 2005년 10월 1호기 기초굴착공사를 착수하였으며 2006년 6월 16일에 최초콘크리트를 타설함으로써 본격적인 구조물 공사에 돌입하여 2008년 3월 31일 1호기 원자로용기 설치 및 2009년 2월 26일 2호기 원자로용기 설치 완료하였다. 1호기는 2010년 5월 20일 연료장전 착수하고, 시운전 시험을 수행하여 2011년 2월 28일 상업운전을 시작하였으며, 2호기는

2010년 8월 6일 상온수압시험(CHT : Cold Hydro Test)을 완료하고 2010년 11월 19일 고온기능시험(HFT: Hot Functional Test)를 착수하여 진행중에 있다.

신월성 1·2호기는 2005년 9월 30일 전원개발사업실시계획이 승인·고시됨에 따라 2005년 10월 1일 부지정지공사 착수 및 2007년 11월 20일 1호기 최초콘크리트 타설에 이어 2008년 9월 23일에는 2호기 최초콘크리트를 타설하였으며 1호기는 2009년 7월 27일 원자로용기 설치 후 2010년 12월 7일 상온수압시험(CHT)을 완료하고, 2011년 4월 1일 고온기능시험(HFT)을 착수하여 진행중에 있으며, 2호기는 2010년 5월 18일 원자로용기를 설치하고 2011년 1월 17일 초기전원가압 완료 및 2011년 11월 상온수압시험(CHT)을 목표로 진행중에 있다.

또한, 최초로 신형경수로1400(APR1400)으로 건설중인 신고리 3·4호기는 2007년 3월 주설비 시공계약을 현대건설(주)/두산중공업(주)/SK건설(주) 공동수급체와 체결하였고, 2007년 9월 13일 전원개발사업실시계획이 승인·고시됨에 따라 부지정지공사를 착수하였으며, 2008년 10월 16일 3호기 최초콘크리트 타설 및 2009년 8월 19일 4호기 최초콘크리트 타설 하였으며 2010년 7월 15일 3호기 원자로를 설치하고, 2011년 7월 초기전원가압을 목표로 구조물공사 및 기전공사가 진행중에 있다.

2010년대 후반 전력공급을 위하여 건설되는 신울진 1·2호기는 2005년 6월 건설기본계획을 확정, 사업을 착수하였고, 2005년 12월에는 사업추진세부계획을 수립하였다. 2009년 5월 종합설계용역 계약을

체결하였으며, 2009년 6월, 7월에 터빈/발전기 및 원자로설비 공급계약을 체결하고, 2010년 3월 주설비공사 계약을 체결하여 2010년 4월 30일 부지정지공사 착수하였으며, 2010년 말 현재 부지정지공사 및 냉각수계통구조물공사가 진행중에 있다.

〈표 2-16〉 건설중 원전 준공일정

건설중							
신고리#1	신고리#2	신월성#1	신월성#2	신고리#3	신고리#4	신울진#1	신울진#2
'11.2	'11.12	'12.3	'13.1	'13.9	'14.9	'16.6	'17.6

〈표 2-17〉 건설준비중/건설계획중 원전 준공일정

건설준비중				건설계획중	
신고리#5	신고리#6	신울진#3	신울진#4	신고리#7	신고리#8
'18.12	'19.12	'20.6	'21.6	'22.6	'23.6

신규원전 입지는 고리원전 인근 효암·비학 지역과 신암리 지역에 8기를 건설할 수 있는 부지를 각각 1997년과 2000년에 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하여 현재 신고리 1·2호기와 신고리 3·4호기가 건설중에 있다. 또한, 2002년 5월 울진원전 인근 덕천리 지역에 4개호기를 건설할 수 있는 부지를 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하여 현재 신울진 1·2호기가 건설중에 있다. 한편 1995년 7월 월성원전 인근 봉길리에 4기를 수용할 수 있는 부지를 지정·고시하였으나 동부지의 일부가 2005년 11월 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지선정 주민투표 결과에 따라 2006년 1월 중·저준위방사성폐기물 처분시

설 예정지역으로 지정·고시됨에 따라 2개호기 부지로 축소되어 현재 신월성 1·2호기가 건설중에 있다.

2. 신고리 1·2호기

신고리 1·2호기는 부산광역시 기장군 장안읍 효암리 및 울산광역시 울주군 서생면 신암리 현 고리원자력본부 인접 부지에 건설되는 설비용량 1,000MW급 개선형 한국표준형원전(OPR1000)이다.

2000년 1월 정부가 확정 공고한 「제5차 장기전력수급계획」에 의거 발전소 2002년 8월 두산중공업(주)와 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약을 체결하고 한국전력기술(주)과는 종합설계용역 계약을 체결하였다. 또한, 2003년 6월 주설비공사의 시공계약을 현대건설(주)/대림산업(주)/SK건설(주)의 공동수급체와 체결함으로써 사업추진을 위한 중요한 사업체제가 완성되었다.

신고리 1·2호기는 당초 2008년 9월과 2009년 9월 준공을 목표로 사업을 추진하여 왔으나 원전건설사업 제반 여건 변화로 전원개발사업 실시계획 승인이 계획보다 지연되어 2005년 1월 승인·고시되었으며, 2006년 12월 공고된 제3차 전력수급기본계획에 따라 각각 2010년 12월 29일 공사계획인가 변경에 따라 각각 2011년 2월 및 2011년 12월로 준공일정을 변경하여 추진 중에 있다.

신고리 1·2호기는 2005년 1월 부지정지공사를 착수하였으며, 2005년 7월 1일 건설허가를 취득, 2005년 10월 14일 1호기 원자로가 설치될 지점에 대한 기초굴착공사를 착수하였고 2006년 6월 16일에

1호기 최초콘크리트를 타설하였으며, 2008년 3월 31일 원자로용기 설치 및 2008년 11월 18일 초기전원가압을 거쳐 2009년 9월 1일 상온수압시험(CHT : Cold Hydro Test) 및 2010년 1월 10일 고온기능시험(HFT : Hot Functional Test)을 수행하였고, 2010년 5월 19일 1호기 운영허가를 과학기술부로부터 취득하여 2011년 2월 28일 1호기 상업운전을 개시하였다. 2호기는 2007년 6월 5일에 최초콘크리트를 타설하였고 2009년 2월 26일 원자로용기를 설치하고 2009년 10월 16일 초기전원가압을 거쳐 2010년 7월 30일 상온수압시험(CHT)을 착수하여 2010년 8월 6일 완료하였고, 2010년 11월 19일 고온기능시험(HFT)을 착수하여 진행중에 있다.



〈그림 2-5〉 신고리 1·2호기 공사현장 전경('10.12)

신고리 1·2호기는 한국표준형원전을 참조발전소로 그동안 쌓아온 한수원(주)의 원전건설 및 운영경험과 설계사인 한국전력기술(주)의 설계경험을 토대로 3년간의 한국표준형원전 설계개선 1,2단계 사업을

통해 일체형원자로상부구조물, 복합건물 등 97개의 개선사항이 반영된 개선형 한국표준형원전(OPR1000)으로서 기존원전 대비 안전성과 경제성의 향상은 물론, 원전 종사자의 운전 편의성과 방사선피폭 저감을 도모하는 한편 합성구조물공법과 원자로냉각재계통의 자동용접 등 신공법 적용 등을 통하여 건설기간을 단축할 예정이다.

특히, 이러한 설계 최적화외에도 전사적자원관리시스템(ERP)을 건설에 적용하여 건설에 필요한 모든 자원을 실시간 관리하는 선진화된 업무 프로세스를 통하여 원전건설의 궁극적인 목표인 설비의 신뢰성과 안전성 확보를 추구할 계획이다. 또한, 신고리 1·2호기의 기기냉각용 해수의 배수형식을 국내 최초로 수중배수방식을 도입하여 온배수에 의한 영향을 최소화하는 등 환경친화적인 발전소를 건설할 계획이다.

2010년대 초반의 전력수요에 대비할 신고리 1·2호기는 건설 및 운영시 지역주민을 우선 채용토록 하고 소규모 부대공사에 대해서는 지역업체의 참여를 확대하여 지역경제의 활성화는 물론, 지속적인 품질관리와 기술혁신 노력으로 세계 최고의 신뢰도를 자랑하는 원자력 발전소로서 국가경제 발전과 기술능력 향상에 크게 기여할 것이다.

〈표 2-18〉 신고리 1·2호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	고온기능 시 험	연 료 장 전	준 공
신고리 #1	● '00.8	● '05.1	● '05.10	● '06.6	● '08.3	● '09.1	● '10.1	● '10.5	● '11.2
신고리 #2	● '00.8	● '05.1	● '05.10	● '07.6	● '09.2	● '10.7	● '10.11	○ ('11.6)	○ ('11.12)

3. 신월성 1·2호기

신월성 1·2호기는 경상북도 경주시 양북면 봉길리, 현 월성원자력 본부 인접 부지에 건설되는 설비용량 1,000MW급 개선형 한국표준형 원전(OPR1000)이다. 2000년 1월 정부가 확정 공고한 「제5차 장기전력수급계획」에 의거 발전소 건설계획에 반영된 신월성 1·2호기는 2000년 12월 건설기본계획을 확정하였고, 2002년 8월 두산중공업(주)와 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약을 체결하였으며, 동시에 한국전력기술(주)와 종합설계용역 계약을 체결하였다. 이어 2003년 7월에 (주)대우건설/삼성물산(주)/GS건설(주)의 공동수급체와 주설비공사 계약을 체결함으로써 사업추진을 위한 중요한 사업체제가 완성되었다.

신월성 1·2호기는 당초 2009년 9월 및 2010년 9월 준공을 목표로 사업을 추진 중이었으나 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지선정 및 선행사업 일정변경 등 원전건설사업 환경변화에 따라 전원개발사업 실시계획이 계획보다 지연된 2005년 9월 승인되었으며, 2007년 12월 공고된 간년도 전력수급기본계획에 따라 각각 2012년 3월 및 2013년 1월로 준공일정을 변경하였다.

신월성 1·2호기는 2007년 6월 4일 건설허가를 취득하여 본관기초 굴착공사를 착수하였고 2007년 11월 20일 1호기 최초콘크리트를 타설한 이후 2009년 7월 27일 원자로용기를 설치, 2010년 3월 26일 초기전원가압을 거쳐 2010년 12월 1일 상온수압시험(CHT : Cold Hydro Static Test)에 착수하여 12월 7일 완료하였다. 또한 2011년 4월 1일 고온기능시험(HFT : Hot Functional Test)을 착수하여 시운전시험중

에 있다. 2호기는 2009년 3월 국내 최초로 원자로건물 격납철판 3단 동시 인양작업을 추진하였으며, 2010년 5월 18일 원자로용기를 설치하고 2011년 1월 17일 초기전원가압 완료 후 2011년 11월 상온수압시험(CHT)을 목표로 진행중에 있다.



〈그림 2-6〉 신월성 1·2호기 공사현장 전경('10.12)

신월성 1·2호기는 설계개선사업을 통하여 기존 한국표준형원전보다 안전성과 경제성이 크게 향상된 신고리 1·2호기와 동일노형으로 반복 건설에 따른 부수적인 이점 등을 최대한 활용하였다. 주요설비는 한국표준형원전을 기본으로 하고 신고리 1·2호기를 참조발전소로 하여 안전성과 경제성이 향상된 설계개념을 적용하였으며, 시공 및 운전 편의성 개선을 위한 설계 최적화 및 합성구조물공법 등 신공법을 확대 적용하였을 뿐만 아니라 국내최초로 원자로격납건물철판(CLP) 3단시공, Dome Liner 2단시공, 원자로냉각재 배관(RCL)/원자로내부구조물(RVI) 병행시공 등의 신공법 적용으로 건설공정을 최적화하였으며 1호

기는 2012년 3월, 2호기는 2013년 1월에 준공예정이다.

또한 신월성 1·2호기의 기기냉각용 해수의 취, 배수 형식은 국내원전으로는 처음으로 기기냉각효율을 향상시킬 수 있도록 해안에서 약 860m, 수심 20m에서 저온의 냉각수를 취수하고, 주변지역 온배수 영향 저감을 위해 해안에서 약 560m, 수심 15m에서 온배수를 방류하는 수중 취·배수방식을 채택하였다. 아울러, 신고리 1·2호기와 더불어 4개호기 동시발주에 따른 이점을 최대한 활용하기 위해 주기기 동시 계약체결 및 보조기기의 통합/동시발주 등 경제성 제고 노력을 통하여 경제성과 효율성에 입각한 사업추진이 가능하게 되었다.

2010년대 초반 우리나라의 산업원동력을 제공하게 될 신월성 1·2호기는 건설 및 운영시 지역주민의 채용과 지역업체의 공사참여를 확대하여 지역경제의 활성화 및 지역사회와의 공존공영에 기여는 물론, 지속적인 품질관리와 기술혁신 노력으로 세계 최고의 신뢰도를 자랑하는 원자력발전소를 건설하여 국가경제 발전에 크게 기여할 것이다.

〈표 2-19〉 신월성 1·2호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	고온기능 시 험	연 료 장 전	준 공
신월성 #1	● '00.12	● '05.10	● '07.6	● '07.11	● '09.7	● '10.12	● '11.4	○ ('11.9)	○ ('12.3)
신월성 #2	● '00.12	● '05.10	● '07.6	● '08.9	● '10.5	○ ('11.11)	○ ('12.3)	○ ('12.7)	○ ('13.1)

4. 신고리 3·4호기

신고리 3·4호기는 가동중인 고리 1~4호기와 건설중인 신고리 1·2호기의 인접부지인 울산광역시 울주군 서생면 신암리 일원에 국내 최초로 건설되는 설비용량 1,400MW급 신형경수로1400(APR1400) 원자력 발전소로서 2013년 9월과 2014년 9월 준공을 목표로 건설 중에 있다.

신고리 3·4호기는 2000년 1월 정부가 확정 공고한 「제5차 장기전력수급계획」에 의거 2001년 2월 건설기본계획을 확정하고 사업준비기간을 거쳐 2006년 8월 두산중공업(주)과 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약, 한국전력기술(주)과 종합설계용역계약을 각각 체결하였다. 그리고 2007년 3월, 현대건설(주)/두산중공업(주)/SK건설(주)를 공동수급체로 하는 주설비공사 시공계약을 체결함으로써 본격적인 사업수행체제를 갖추었다.

신고리 3·4호기는 2007년 9월 13일 정부의 전원개발사업 실시계획승인으로 부지정지공사를 착수하고 2008년 4월 15일 건설허가 취득과 동시에 본관기초 굴착공사를 착수하였으며, 2008년 10월 16일 3호기 원자로건물 최초콘크리트 타설을 시작으로 본격적인 구조물공사가 시작되었다. 이후 2010년 7월 15일 원자로용기를 설치하고 2010년 말 현재 원자로건물, 터빈건물, 보조건물 등의 기전공사가 계획대로 한창 진행중에 있으며 2011년에는 본격적인 시운전시험을 위한 3호기 초기전원가압과 4호기 원자로용기 및 터빈·발전기를 설치할 계획으로 있다.



〈그림 2-7〉 신고리 3·4호기 공사현장 전경('10.12)

신고리 3·4호기는 한국표준형원전을 토대로 해외 신형원전의 신개념 기술을 참조하여 설계되었으며, 기 확보된 국내 원전의 건설·시운전 및 운영경험을 최대한 반영하였다. 내진성능을 강화시키고자 원자로 건물과 보조건물을 공동기초 위에 건설하도록 하였고 설계수명을 60년으로 늘려 경제성도 크게 향상시켰다.

또한, 사고 방지는 물론 만일의 사고 발생시에도 그 영향을 최소화할 수 있도록 중대사고 완화 측면을 설계개념에 대폭 반영하였는데 원자로 용기 직접주입(Direct Vessel Injection), 비상노심냉각수 유량조절장치(Fluidic Device in SIT), 안전감압계통(POSRV), 원자로건물내 핵연료 재장전수조(IRWST) 등을 들 수 있다.

신고리 3·4호기의 주제어실은 디지털 기술을 적용한 워크스테이션 형식으로 구성된 첨단개념을 도입하여 신호 검증 및 기능 감시 등의 다양한 운전지원 기능을 컴퓨터기반의 워크스테이션에서 제공함으로써

운전원의 업무부담을 감소시키고 인적오류 가능성이 최소화 되도록 설계하였다.

또한 한국표준형원전의 반복건설을 통해 축적된 경험을 바탕으로 개선된 설계 개념을 적용하였으며 특히, 공용으로 사용할 수 있는 건물을 양호기 사이에 통합 배치하였고, 각종 펌프, 탱크, 열교환기의 통합 등으로 건물 및 설비를 최적화함으로써 건설 물량을 크게 감소시켜 경제성을 향상시켰으며, 모듈화 공법 및 Deck Plate 공법 등의 신기술·신공법을 최대한 적용하여 시공성도 더욱 향상시켰다.

아울러, 발전소 기기냉각용 해수는 수중 취·배수 방식을 채택하여 온배수 영향을 최소화하였으며, 해안선을 원형 그대로 보존하는 등 명실상부한 환경친화적인 발전소로 건설할 계획이다.

신형경수로1400(APR1400)의 첫번째 발전소인 신고리 3·4호기가 본격적인 상업운전에 들어갈 경우 21세기 국내 원전산업의 새로운 장을 열게 될 것이며, 안전성과 경제성 측면에서도 국제적인 경쟁력을 확고히 갖추게 되어 향후 세계 신형원전시장에 독자적인 수출도 가능할 것으로 기대된다.

〈표 2-20〉 신고리 3·4호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	고온기능 시 험	연 료 장 전	준 공
신고리 #3	● '01.2	● '07.9	● '08.4	● '08.10	● '10.7	○ ('12.5)	○ ('12.9)	○ ('13.1)	○ ('13.9)
신고리 #4	● '01.2	● '07.9	● '08.4	● '09.8	○ ('11.8)	○ ('13.5)	○ ('13.9)	○ ('14.1)	○ ('14.9)

5. 신울진 1·2호기

신울진 1·2호기는 신고리 3·4호기에 이어 국내에서 두번째 건설되는 신형경수로 1400(APR1400) 노형으로서 2005년 6월 건설기본계획을 확정, 사업을 착수하여 1호기는 2016년 6월, 2호기는 2017년 6월 준공을 목표로 사업을 추진하고 있다.

신울진 1·2호기는 원전건설에 대한 사회적 수용성을 높이고 사업 지연으로 인한 영향을 최소화하기 위해, 전원개발사업실시계획 승인 및 건설허가 신청에 필요한 설계분야 계약은 실시계획 승인 이전에 계약을 추진하고, 주기기 공급계약은 전원개발사업실시계획 승인 후 발주하는 것을 원칙으로 사업을 진행하였다.

2006년 3월부터 2007년 10월까지 지형측량, 부지배치 확정, 초기 시공계획수립, 냉각해수 영향평가 및 저감방안 제시 등의 사전준비용역을 수행하였으며, 2007년 12월 건설허가 신청서류 작성을 위해 한국전력기술(주) 및 두산중공업(주)와 초기분 계약을 체결하여 인허가 신청 준비 업무를 수행하고 2008년 9월 건설허가를 신청하였다.

2009년 4월 정부로부터 전원개발사업실시계획을 승인 받은 후, 2009년 5월 한국전력기술(주)와 종합설계용역 계약을 체결하였으며, 2009년 6월, 7월에 두산중공업(주)과 터빈/발전기 및 원자로설비 공급 계약을 각각 체결하여 주기기 제작에 착수하였다. 또한, 2010년 3월 주설비공사 시공계약을 현대건설(주)/SK건설(주)/GS건설(주)의 공동수급체와 체결함으로써 사업체제를 완비하고 2010년 4월 30일 부지정지공사를 착수하였으며, 2010년 말 현재 본관 부지정지공사 및 냉각수계

통구조물 공사가 진행중에 있다.



〈그림 2-8〉 신울진 1·2호기 공사현장 전경('10.12)

신울진 1·2호기는 신기술·신공법 적용 확대를 통한 공기 단축으로 APR1400의 안전성 및 경제성을 확보하고 원자로냉각재펌프(RCP) 및 계측제어설비(MMIS) 등 주요기자재의 국산화 추진으로 원전건설 모든 분야에 대한 완전한 기술자립을 목표로 사업을 추진하고 있다.

〈표 2-21〉 신울진 1·2호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	고온기능 시 험	연 료 장 전	준 공
신울진#1	● '05. 6	● '10. 4	○ ('11. 3)	○ ('11.11)	○ ('13. 8)	○ ('15. 4)	○ ('15. 8)	○ ('15.12)	○ ('16. 6)
신울진#2	● '05. 6	● '10. 4	○ ('11. 3)	○ ('12.11)	○ ('14. 8)	○ ('16. 4)	○ ('16. 8)	○ ('16.12)	○ ('17. 6)

6. 신고리 5·6호기

신고리 5·6호기는 울산광역시 울주군 서생면 신암리 현 신고리 3·4호기 인접부지에 건설되는 설비용량 1,400MW급 신형경수로

(APR1400) 원자력발전소이다. 한수원에서는 2009년 2월 건설기본계획을 확정하여 5호기는 2018년 12월, 6호기는 2019년 12월 준공을 목표로 사업을 추진하고 있다.

2009년 1월부터 2010년 11월까지 초기업무 추진을 위한 사전준비용역을 통해 예비지질조사, 냉각해수 영향평가 등을 수행하고, 부지기본배치 및 초기시공계획을 작성하였다. 또한, 2010년 12월에는 환경영향평가 및 방사선환경영향평가를 초안작성을 완료하였고 2010년 10월에는 예비안전성분석보고서(PSAR) 작성을 위한 부지세부조사를 착수하였다.

신고리 5·6호기는 발전소 기기냉각용 해수의 수중 취·배수 방식을 채택하여 온배수 영향을 최소화하고, 국내원전 최초로 빗물이용시설 설계적용 등 친환경발전소로 건설하며, 원자로건물 상부로 주요기기를 반입하여 설치하는 수직반입공법(Open top)과 강판콘크리트(SC) 모듈공법 등 신기술·신공법을 확대적용하여 안전성은 물론 경제성 측면에서도 국제경쟁력을 갖춘 발전소로 건설할 계획이다.

2010년대 후반 준공예정인 신고리 5·6호기는 지역경제 활성화, 온실가스배출 억제는 물론 준 국산 에너지원으로서 고유가 시대를 슬기롭게 극복해나갈 국가산업동력원의 역할을 훌륭히 수행할 것이다.

〈표 2-22〉 신고리 5·6호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	연 료 장 전	준 공
신고리#5	● '09.2	-	○ ('13.9)	○ ('14.6)	○ ('16.2)	○ ('17.10)	○ ('18.6)	○ ('18.12)
신고리#6	● '09.2	-	○ ('13.9)	○ ('15.6)	○ ('17.2)	○ ('18.10)	○ ('19.6)	○ ('19.12)

제3절 원전건설 기술의 발전

1. 원전건설 기술자립

가. 추진배경 및 경위

우리나라의 원전건설 기술자립 추진은 1970년대 두 차례의 석유파동 경험으로 부존자원의 영향이 적고 경제성이 높은 기술 집약적인 에너지 개발에 대한 국민적 공감대가 형성되면서 1983년 7월 원전건설 기술자립을 통한 원전설계 및 기자재 국산화율 90% 달성과 표준형 원전건설에 의한 건설비 절감을 위해 『원전 건설사업 장기 추진방향』을 수립하였다. 이어 1984년 7월 기술자립 촉진항목이 포함된 『원자력발전 경제성 제고방안』이 정부 정책으로 확정되어 기술자립 추진기반을 마련하였다.

1987년 초 착수된 영광 3·4호기 건설사업과 연계하여 원전건설 기술자립 추진을 도모하였으며 이를 위해 국내 역할 분담사와 외국 기술 보유사(CE, GE, S&L)간에 기술도입계약(TTA)을 체결하여 전산코드

를 포함한 기술자료의 도입, 교육훈련의 수행 등 체계적이고 종합적인 원전건설 기술자립을 추진하였다.

나. 기술자립 목표

영광 3·4호기와 동일 기종의 원전을 주어진 공기 및 예산 내에서 품질요건에 맞게 독자설계제작, 건설할 수 있는 기술능력의 95%를 1995년말 까지 확보하는 것을 목표로 하였다.

다. 기술자립 역할 분담

〈표 2-23〉 기술자립 역할 분담

구 분	담당 분야	비 고
한국전력공사	종합사업관리	현, 한국수력원자력(주)
한국전력기술(주)	플랜트종합설계	
한국중공업(주)	주기기설계 및 제작	현, 두산중공업(주)
한국원자력연구소	원자로계통설계 및 초기노심설계	현, 한국전력기술(주)
한국원전연료(주)	원전연료 제조	현, 한전원자력연료(주)
국내 건설업체	발전소 시공	

주) 산업자원부 『원자력발전의 경제성 제고 방안』('84. 7)

라. 추진 방법

기술도입계약을 통해 원전건설에 필요한 모든 전산코드 및 기술자료를 도입하고 국내·외 교육훈련을 통해 기술 인력을 양성하여 영광 3·4호기 설계, 구매, 제작 및 시공업무를 직접 수행함으로써 도입기술의 소화, 흡수 및 축적을 도모하도록 하였으며, 사업수행만으로 습득이 어

려운 분야 및 취약 기술 분야는 자체 기술개발을 통해 극복하였다.

마. 추진실적

(1) 기술자립 완성

원전건설 기술자립을 시작한 1986년말, 원전건설 기술자립률은 약 60%정도였으나 1995년말에는 95%를 달성하게 되었다.

주요 추진 실적을 살펴보면, 원전건설에 필요한 모든 기술 자료와 전산코드를 확보하였으며, 국내·외 교육훈련을 통한 기술인력 양성도 계획대로 완료하였다.

그리고 도입된 기술자료와 양성된 인력을 활용하여 우리나라 원전건설 사상 최초로 국내업체가 건설업무 전반을 주도하였으며, 이에 따른 경험기술도 충분히 습득하였다. 또한 부족기술의 보완을 위해 추진한 설계검증 및 기술 검토, 반복 및 모의설계, 시제품 제작 등은 물론 지속적인 연구개발을 통해 Know-how 수준을 높여 복제설계를 자체적으로 수행할 수 있게 되었다. 이러한 성공적인 기술자립을 기반으로 최초의 한국표준형원전인 울진 3·4호기를 1998년과 1999년에, 영광 5·6호기를 2002년에 각각 성공적으로 준공하였으며 계속하여 울진 5·6호기가 2004년 7월과 2005년 4월에 상업운전을 개시함으로써 총 6기의 한국표준형원전을 성공적으로 건설하였다.

(2) 개량화(Evolution) 기술능력 확보

1987년 5월에 체결된 기술도입계약(TTA)이 1997년 5월에 만료됨에 따라 도입기술(특히, 저작권, 전산코드 등)의 실시권 연장 및 영구적

권리확보를 위한 추가 기술사용협정(TCA/LA)을 1997년 6월에 체결하였다. 이와 함께 APR1400 개발이 국내 기반 기술을 바탕으로 ABB CE사가 개발한 Sys.80+ 원자로계통을 부분 참조함에 따라 APR1400 개발 지원을 위한 차세대원자로개발지원협정(SWA)을 동시에 체결함으로써 자체 기술능력 향상을 통한 개량화(Evolution) 및 자체개발 능력 확보가 가능하게 되었고 또한, 도입기술의 영구 실시권 확보로 제한 없이 국내외 사업을 추진할 기반을 구축하게 되었다.

2. 건설공정 최적화 추진

가. 추진 배경

미국의 AP1000을 비롯하여 전 세계적으로 원전선진국들은 모듈화, 신공법 적용 등을 통한 건설공기 단축으로 경제성을 향상시키는 노력을 활발히 전개하고 있다. 우리나라의 경우 한국표준형원전 기본설계 개념 및 안전성을 확보하면서 경제성과 운전·보수성을 향상시킨 개선형 한국표준형원전(OPR1000)으로 신고리 1·2호기와 신월성 1·2호기를 건설 중에 있으나 반복건설에 따라 단축 추진되는 53개월(최초콘크리트 타설~준공)의 건설공기로는 원전의 해외진출시 대외 경쟁에서 확실한 우월성 확보가 어려우므로 원전사업의 해외 진출을 위한 건설공정 최적화를 추진중에 있다.

나. 추진 방안

건설공정 최적화를 위해서는 신기술, 신공법의 도입과 더불어 선진

건설관리 등을 통한 지속적 건설기간 단축 노력이 필요하다. 적용가능한 주요 신공법으로는 원자로건물의 Open-Top 공법, SC(Steel Plate Reinforcement Concrete)모듈공법, 원자로 내장품과 원자로냉각재배관 설치작업 병행 수행 등이 있다. 아울러 축적된 원전건설 경험과 최신 IT 기술을 기반으로한 원전건설관리시스템(NPCMS)을 운영하여 프로젝트 간 정보공유 및 예측기능을 획기적으로 개선하였다.

3. 차세대원자로 기술개발[신형경수로1400(APR1400)]

가. 개 요

차세대원자로 기술개발은 한수원(당시 한전)의 원자로 노형전략 계획에 따라 한국표준형원전의 뒤를 잇는 신형 가압경수로형의 원전을 개발하는 것으로서 1992년 6월 국가선도기술개발과제(G-7 Project)로 확정되었으며, 정부 및 산·학·연 공동으로 10여 년간의 연구개발을 거쳐 안전성과 경제성이 대폭 향상된 차세대원자로가 개발되었다.

이렇게 개발된 1,400MW급 차세대원자로는 2001년 2월 제15차 기술개발추진위원회에서 신형경수로1400(APR1400)으로 명명되었으며, 정부의 철저한 안전성 심사를 거쳐 2002년 5월에 표준설계인가(Design Certification)를 취득하였다. APR1400은 신고리 3·4호기에 최초로 적용되어 건설되고 있으며, 2010년대 중반이후 한국의 주력 노형으로 자리매김을 할 것으로 전망된다.

나. 주요 설계특성

신형경수로1400은 기존 노형 대비 안전성과 경제성을 대폭 개선하여 국제경쟁력을 갖춘 신형원전 개발을 목표로 추진되었으며, 설비용량을 1,400MW급으로 격상하고 국내·외의 최신 신형원자로 설계요건을 반영하였다. 특히 안전성을 향상시키기 위하여 안전감압배기계통, 원자로 공동침수계통, 피동형수소재결합기 등 중대사고 대처설비를 대폭 강화하였다.

- 설계 기준 : 용량 (1400MW), 설계수명 (60년), 내진설계 (0.3g)
- 안전여유도 증대 : 노심 열적여유도 확보 (10~15%), 가압기/증기 발생기 용량 증대, 4 Train 원자로 직접 안전주입, 원자로 건물내 핵연료재장전수조(IRWST) 설치 등
- 경제성 향상 : 설비용량 증대, 단순화 및 최적화, 모듈화 확대 등
- 중대사고 완화 : 안전감압배기계통, 축매형 수소재결합기 및 정화 기계통, 원자로 공동 침수계통, 원자로 공동배치 및 구조 설계 개선, 원자로외벽 냉각설비 등 도입
- 첨단 주제어실 설계 : 한국적 인간공학을 반영한 다중 워크스테이션 채택

다. 시공성 향상을 위한 최신 공법 도입

신형경수로1400(APR1400)에서는 시공성 향상을 위해 모듈화 공법 확대 적용, 공동매트 채택, 무지보(Deck Plate)공법 적용, 대용량 크레인 사용을 통한 시공성 제고 등 최신의 신기술/신공법을 최대한 적용할

예정이다. 아울러 상세 시공성 분석을 통해 원자로건물 내부 구조물 철 판거푸집 적용(SC모듈공법), 원자로 내부 구성품 모듈화, 원자로건물 천장크레인 사전 조립 등의 첨단 모듈화 기술 등을 확대 적용함으로써 건설기간을 지속적으로 단축해 나갈 예정이다.

4. 향후 전망

우리나라는 1987년 초 착수된 영광 3·4호기 건설사업과 연계하여 원전건설 기술자립을 추진한 결과 올진 6호기까지 총 6기의 한국표준형원전을 건설함으로써 명실공히 1,000MW급 원전의 건설기술을 완전하게 확보하게 되었다. 이와 더불어 개선형 한국표준형원전(OPR1000)으로 건설중인 신고리 1·2호기, 신월성 1·2호기와 함께 신형경수로 1400(APR1400)으로 건설중인 신고리 3·4호기, 신울진 1·2호기 및 건설준비중인 신고리 5·6호기, 신울진 3·4호기가 준공될 경우 우리나라 전력수요의 안정적 공급에 기여할 뿐 아니라, 우리의 선진 원전 건설기술을 세계 원전시장에 입증할 수 있게 됨으로써 해외 원전 건설 시장에서 유리한 입장에 설 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 우리원전이 타 원전보다 우수한 경쟁력을 갖추기 위해서는 설계, 제작, 시공 등 모든 분야에서 신기술, 신공법 적용 확대를 통해 획기적인 건설기간 단축 및 건설품질의 향상을 도모해야 한다. 또한 APR1400 후속노형인 APR+의 성공적 개발로 대외 경쟁력을 확보해야 하며 아울러 안전성 및 신뢰성을 획기적으로 향상한 제4세대 원자로 개발 및 핵융합로 개발 등에도 꾸준한 노력을 기울여야 할 것으로 본다.

제4장 원자력발전소 주요 운전현황

한국수력원자력(주) 설비기술처 가동사업팀장 신선동

제1절 계속운전

1. 개요

계속운전은 설계수명에 도달한 원전에 대해 원자력법에서 규정한 기술기준에 따라 안전성을 평가하여 만족한 경우 설계수명 기간 만료일 이후에도 운전을 계속하는 것이다. 설계수명이란 원전 설계 시 설정한 기간으로써 원전의 안전성과 성능기준을 만족하면서 운전이 가능한 최소한의 기간을 말한다.

계속운전의 안전성은 여러 나라에서 이미 입증된 기술이다. 미국, 영국, 일본 등과 같은 선진국에서는 설계수명 혹은 운영허가 기간 만료일이 도래한 원전에 대해 경년열화평가 등 안전성을 심도 있게 평가하여 안전한 경우에는 설계수명 기간 만료일 이후 계속운전을 승인하여 운전하고 있다.

2. 우리나라의 계속운전 추진현황

가. 법제화

우리나라는 2005년 9월 원자력법 시행령(제42조의2~5)과 동법 시행규칙(제19조의2~3)이 개정되었으며 2005년 12월에는 계속운전 관

련 과학기술부 고시2005-31호(경수로형)가 공포되었다. 이후 2007년 10월에 고시 2005-31을 경수로와 중수로의 계속운전 평가를 위한 기술기준 적용지침 2007-18호로 개정하였다. 계속운전과 관련된 원자력법 시행령과 시행규칙의 주요사항은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- (1) 설계수명 기간 만료일 이후 계속운전을 하고자 할 때에는 주기적 안전성평가, 주요기기에 대한 수명평가 그리고 운영허가 이후 변화된 방사선환경영향 등의 평가 보고서를 제출하여야 한다.
- (2) 정부는 평가보고서를 제출받은 경우에 18개월 이내에 심사하고 그 결과를 신청인에게 통보한다.
- (3) 계속운전을 하고자 할 때에는 설계수명 기간 만료일을 평가 기준일로 하여 평가기준일로부터 5년 내지 2년 이전에 평가보고서를 제출하여야 한다.

나. 국내 가동중 원전의 설계수명

가동 중인 21기의 원전 중에서 고리 1호기와 월성 1·2·3·4호기의 설계수명은 30년, 기타 원전은 40년이 되며 설계수명의 산정 기산일은 고리 1·2호기와 월성 1호기는 최초임계일이 되며, 기타원전은 운영허가일이다.

설계수명 산정 기산일이 서로 다른 이유는 고리 1·2호기와 월성 1호기까지는 건설허가와 운영허가를 동시에 발급하였으나 후속기는 분리하여 허가하였기 때문이다.

〈표 2-24〉 국내 가동중 원전의 설계수명 현황

기수	발전소명	용량(MW)	착공일	건설허가일	운영허가일 (최초임계일)	상업운전 개시일	설계수명 만료일
1	고리 1호기	587	'70. 9.25	'72. 5.31	'72. 5.31 ('77. 6.19)	'78. 4.29	'07. 6.18
2	월성 1호기	679	'76.11.17	'78. 2.15	'78. 2.15 ('82.11.21)	'83. 4.22	'12.11.20
3	고리 2호기	650	'77. 3. 1	'78.11.18	'83. 8.10 ('83. 4. 9)	'83. 7.25	'23. 4. 8
4	고리 3호기	950	'78. 2.11	'79.12.24	'84. 9.29	'85. 9.30	'24. 9.28
5	고리 4호기	950	'78. 2.11	'79.12.24	'85. 8. 7	'86. 4.29	'25. 8. 6
6	영광 1호기	950	'80. 3. 5	'81.12.17	'85.12.23	'86. 8.25	'25.12.22
7	영광 2호기	950	'80. 3. 5	'81.12.17	'86. 9.12	'87. 6.10	'26. 9.11
8	울진 1호기	950	'81. 1.12	'83. 1.25	'87.12.23	'88. 9.10	'27.12.22
9	울진 2호기	950	'81. 1.12	'83. 1.25	'88.12.29	'89. 9.30	'28.12.28
10	영광 3호기	1,000	'89. 6. 1	'89.12.21	'94. 9. 9	'95. 3.31	'34. 9. 8
11	영광 4호기	1,000	'89. 6. 1	'89.12.21	'95. 6. 2	'96. 1. 1	'35. 6. 1
12	월성 2호기	700	'91.10. 9	'92. 8.28	'96.11. 2	'97. 7. 1	'26.11. 1
13	울진 3호기	1,000	'92. 5.27	'93. 7.16	'97.11. 8	'98. 8.11	'37.11. 7
14	울진 4호기	1,000	'92. 5.27	'93. 7.16	'98.10.29	'99.12.31	'38.10.28
15	월성 3호기	700	'92. 9.18	'94. 2.26	'97.12.30	'98. 7. 1	'27.12.29
16	월성 4호기	700	'92. 9.18	'94. 2.26	'99. 2. 8	'99.10. 1	'29. 2. 7
17	영광 5호기	1,000	'96. 9.24	'97. 6.14	'01.10.24	'02. 5.21	'41.10.23
18	영광 6호기	1,000	'96. 9.24	'97. 6.14	'02. 7.31	'02.12.24	'42. 7.30
19	울진 5호기	1,000	'99. 1. 4	'99. 5.17	'03.10.20	'04. 7.29	'43.10.19
20	울진 6호기	1,000	'99. 1. 4	'99. 5.17	'04.11.12	'05. 4.22	'44.11.11
21	신고리 1호기	1,000	'05. 1.17	'05. 7. 1	'10. 5.19	'11. 2.28	'50. 5.18
계		17,716					

3. 해외 계속운전 추진현황

현재 상업용 원자력발전소는 전 세계적으로 30개국에서 442기(국제 원자력기구, Power Reactor Information System 홈페이지, 2010년 12월)가 가동되고 있으며 30년 이상 운전중인 원자력발전소는 151기이고, 40년 이상 운전중인 것도 4기가 있다.

미국은 운영허가갱신 규정 (License Renewal Rule, 연방법 10CFR54)에 따라 운영허가 종료일 기준으로 20년 전부터 5년 전까지 계속운전을 신청할 수 있으며 운영허가갱신 신청서(License Renewal Application)를 제출하여 승인이 되면 20년동안 운전이 가능하다. 2010년 12월 현재 104기 원전 중 인허가갱신 승인을 받은 원자력발전소는 60기이며, 심사중인 원자력발전소는 19기이다.

일본은 주기적안전성평가(PSR, Periodic Safety Review) 제도를 활용하고 있으며 규제상의 운영허가기간은 없다.

일본은 1990년대 초반부터 정부와 전력회사가 공동으로 장기 가동원전에 대한 검토를 착수하여, 경년열화 예방 및 수명관리를 조합한 개념을 기초로 하여, 1996년 4월에 정부(통상산업성)에서 총 60년 계속운전이 가능하다는 내용의 장기가동원전 기본정책(발전소 수명관리 기본 원칙)에 대한 성명을 발표하였다.

일본의 주기적안전성평가(PSR) 관련법령은 2003년 9월에 신설하여 30년 이상 운전하고자 하는 원자로시설에 대하여 10년마다 최신기술정보를 반영한 안전성평가를 실시하고 발전소 수명관리 보고서를 제출하며 정부는 이를 심사하여 공표하고 있다. 2010년 12월 현재 총 19기의

원전이 30년 이상 계속운전 중이다.

영국은 운영허가기간의 제한이 없으며 10년마다 수행되는 주기적인 전성평가(PSR) 결과를 활용하여 계속운전 허용여부를 결정하며, 2010년 12월 현재 19기 원전중 Oldbury 1·2호기 등 8기의 원전이 계속운전 중이다.

캐나다는 통상 2년(2~5년) 주기로 원전의 안전수준과 운영성적을 종합평가하여 운영허가기간을 갱신하고 있으며, Pickering 1·4호기 등 4기가 계속운전 중이다.

러시아는 장수명 수동형기기의 경년열화관리 규정에 따라 계속운전을 하며 총31기 원전중 스몰렌스크 1호기 등 13기의 원전이 계속운전 중이다.



〈그림 2-9〉 미국 기네이 원전, 일본 쓰루가 원전, 영국 올드버리 원전

4. 고리 1호기 계속운전 추진현황

가. 기초연구 및 안전성평가

원자력발전소의 계속운전을 위한 수명관리연구 1단계가 1993년 11

월부터 1996년 11월까지 수행되어 발전소 수명관리의 기술적, 경제적, 규제적 관점에서 고리 1호기 계속운전 타당성을 평가하였다.

그 결과 적절한 경년열화관리를 통하여 안전성을 확보할 수 있고 설계수명 이후 20년 이상의 계속운전은 기술적으로 가능하며 경제적 이익이 충분함을 입증하였다.

수명관리연구 2단계는 1998년 7월부터 2001년 6월까지 수행되었으며 경년열화된 계통·구조물·기기의 수명평가, 진단 및 감시를 위한 기술을 개발하였다.

계속운전을 위한 계통·구조물·기기의 효율적인 경년열화 관리프로그램은 수명평가 결과와 국내외 경험을 고려하여 도출되었으며, 경년열화 관리프로그램이 효과적으로 이행될 때 계속운전 기간 동안에도 발전소의 계통·구조물·기기의 고유기능과 안전성이 유지됨을 확인하였다.

확률론적안전성평가는 1999년 11월부터 2002년 11월까지 수행되었다. 이는 중대사고에 대한 종합안전성을 확률론적 방법으로 평가하는 것으로, 평가 결과를 토대로 중대사고 예방 및 완화에 필요한 설계개선 또는 설비보강 계획을 도출하여 발전소 안전성을 증진시키고자 하는데 목적이 있다.

우리나라에서 처음으로 실시된 고리 1호기 1차 주기적안전성평가는 2000년 5월부터 2002년 11월까지 수행되었다.

고리 1호기는 우리나라에서 최초로 건설된 발전소임에도 불구하고 TMI 후속조치와 다른 안전 현안들, 증기발생기와 공정제어계통 등을

교체하여 발전소의 안전성을 지속적으로 향상시키고 양호한 운전상태를 유지해 온 결과, 고리 1호기 1차 주기적안전성평가에 대한 심사결과는 다음과 같이 나타났다.

- (1) 고리 1호기는 현재 적용되는 유효한 기술기준에 적합하게 운영되고 있다.
- (2) 운전경험, 연구결과와 최신기술기준을 활용하여 최종적으로 40개의 안전성 증진사항을 도출하였다.

나. 주요설비 보강

국내 최초의 상업용 원자력발전소인 고리 1호기는 가동 이후 주요핵심기기의 지속적인 설비개선을 꾸준히 수행하여 발전소 안전 운영 향상은 물론 장기 가동을 위한 기틀을 마련하였는데, 주요 설비개선 내용은 화재방호·내진·내환경 성능개선('07), 고압차단기 교체('07), 대체 교류전원 발전기 신설('06), 주발전기 및 여자시스템 교체('05), 주변압기 및 보조변압기 교체('04), 격납용기 냉방설비 신설('04), 저온과 압방지설비 신설('03), 노내핵계측설비 개선('03), 터빈조속기설비 개선('03), 원자로정지불능완화설비 신설('01), 계기용 압축공기계통 개선('99), 증기발생기 교체('98), 저압터빈 회전자 교체('97), 제어봉 위치지시계 신설('96), 원격정지 제어반신설('94), 증기발생기세관누설 측정설비 신설('93), 증기발생기 수위제어설비 교체('92), 습분분리재열기 성능개선('85) 등이 있다.



〈그림 2-10〉 고리 1호기 신형 증기발생기 설치, 원자로냉각재펌프 교체

다. 고리 1호기 계속운전 안전성평가보고서

2006년 6월 고리 1호기 계속운전 신청시 정부에 제출한 안전성평가 보고서는 주기적안전성평가서, 주요기기에 대한 수명평가서, 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서로 구성되었으며 그 내용은 아래와 같다.

(1) 주기적안전성평가서

해당 원자력발전소의 운영허가일을 기준(단, 고리 1호기는 최초 임계일 기준)으로 매 10년 마다 국제원자력기구(IAEA)의 주기적안전성평가 지침서에 제시된 11개 안전인자와 국내외 운전경험, 안전활동, 노후화 영향 등을 포함하여 평가하였다.

(2) 주요기기에 대한 수명평가서

원자력발전소의 수동형 장수명(Long Lived Passive)기기들 중에서 안전 관련 계통·기기·구조물, 고장시 안전관련 계통·기기·구조물

의 기능을 저해하는 비안전 관련 계통·기기·구조물, 화재방호, 가압 열충격 등 소급적용과 관련되는 계통·기기·구조물들이 평가대상이다. 우리나라는 미국의 운영허가갱신의 일반경년열화관리 지침(NUREG 1081, Rev.1)을 참고하였다.

(3) 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서

계속운전을 함으로써 운영허가 심사시 평가된 방사선환경영향평가가 얼마나 달라졌는지를 평가하기 위함이며 평가사항은 아래와 같다.

- 계속운전 계획에 관한 사항
- 환경현황에 관한 사항
- 발전소 현황에 관한 사항
- 계속운전으로 인한 영향에 관한 사항
- 사고로 인한 영향에 관한 사항
- 환경감시 계획에 관한 사항

라. 고리 1호기 계속운전 안전성평가보고서 심사

2006년 6월 16일 한수원(주)로부터 고리 1호기 계속운전·신청서류를 접수한 후 과기부는 안전기술원의 전문인력 100여명을 투입하여 18개월동안 심사를 수행하였다.

16개 평가분야의 112개 안전기준에 따라 계속운전 신청서류를 검토하면서 한수원과 3회에 걸쳐 1,000여건의 서면 심사질의·답변을 주고받았으며, 원전 주요설비의 설치상태 및 성능, 경년열화 관리계획의 구비 등 현장의 계속운전 준비상태를 확인하기 위한 현장점검도 수시로

실시하였다.

(1) 주기적안전성평가보고서 심사

원자로시설의 물리적 상태, 안전성 분석, 기기검증 등 11개 평가분야를 고려하여 수행된 주기적안전성평가 내용 및 결과가 원자력법령 및 기술기준에 적합하여 안전성이 확보되어 있음과 1차 주기적안전성평가시 도출되었던 40개 안전성증진사항이 모두 이행되었음을 확인하였다.

(2) 주요기기수명평가보고서 심사

경년열화 관리대상이 되는 기기 및 구조물이 빠짐없이 적절히 선정되었음을 확인하였고 경년열화 관리계획의 적용범위, 예방조치, 감시 및 검사변수, 경년열화 탐지 등이 과기부 고시에서 요구하는 항목 및 내용으로 적합하게 수립되어 있음을 확인하였다.

계속운전을 위한 수명평가 대상이 안전과 관련된 기기들로 적절히 선정되고, 수명평가지 경년열화 영향, 시간제한 가정, 안전성 관련사항 등이 적절히 고려되어 수행되었음을 확인하였다.

국내·외 운전경험과 연구결과를 반영하여 안전성을 증진시킨 것으로 평가되었다. 특히 계속운전 여부를 판단하는데 있어 가장 핵심적인 기기로 볼 수 있는 원자로용기의 경우, 핵분열시 발생하는 중성자의 조사로 인해 재질 특성이 변하기 때문에 원자로용기의 최대흡수에너지, 가압열충격 특성 등을 평가해서 건전성을 확인하였다.

원자로용기의 최대흡수에너지 특성과 관련하여 한수원(주)은 과기부 고시 제2005-03호에 따라 계속운전 목표시점인 40년에 상당하는 중

성자 조사량을 가진 원자로용기 내의 시편을 사용한 파괴인성시험을 수행하였으며, 파괴인성시험결과 계속운전 기간에도 최대흡수에너지 저하로 인한 원자로용기의 파손 가능성은 없는 것으로 확인하였다.

또한 원자로용기의 가압열충격 특성과 관련하여 한수원(주)은 미국에서도 인정되고 있는 최신의 해석방법인 마스터 커브 방법을 이용하여 계속운전 목표시점인 40년에서 원자로용기의 가압열충격 기준온도가 127℃인 것으로 평가하였으며, 이 값은 허용기준 149℃ 이하를 만족하므로 원자로용기는 계속운전기간에도 가압열충격사고에 대해 건전성을 확보할 수 있을 것으로 확인하였다.

(3) 방사선환경영향평가보고서 심사

인구, 환경방사선, 방사성물질의 확산 등 환경 현황과 발전소 현황이 과기부 고시에서 요구하는 기준에 따라 적절히 제시되어 있으며 계속운전으로 인해 원전주변 주민 및 환경에 미치는 방사선 영향평가 결과가 관련 기준을 만족하는 것으로 확인하였다.

또한 가상사고로 인한 방사능 누출량과 주민의 피폭선량이 적합한 방법으로 평가되었으며 피폭선량 값이 허용기준보다 매우 작은 값을 확인하였고, 환경감시계획도 계속운전에 대비하여 환경 방사선 영향 평가가 가능하도록 적절하게 수립된 것으로 확인하였다.

(4) 현장점검 결과

현장점검 결과, 원전의 주요설비들이 실제로 안전한 상태로 설치되어 있고, 또한 성능을 충분히 발휘할 수 있는 것으로 현장 확인되었다. 특히

지진 발생에 대비한 내진설비, 가압배관파단 사고에 대비한 내환경 설비, 화재방호설비, 안전관련 설비 등 많은 설비들이 이번에 보강 및 교체 등을 통해 개선되어 원전의 안전성이 제고된 것으로 평가되었다. 그리고 원전의 장기간 운전에 따른 노후화에 대비한 경년열화 관리계획도 잘 구비되어 있는 것으로 확인하였다.

(5) 심사의 객관성 확보

국제원자력기구(IAEA)의 전문가와 공동으로 안전성을 확인한 결과로는, 원전의 안전성 증진 차원에서 2건의 제안사항과 3건의 권고사항이 도출되었다.

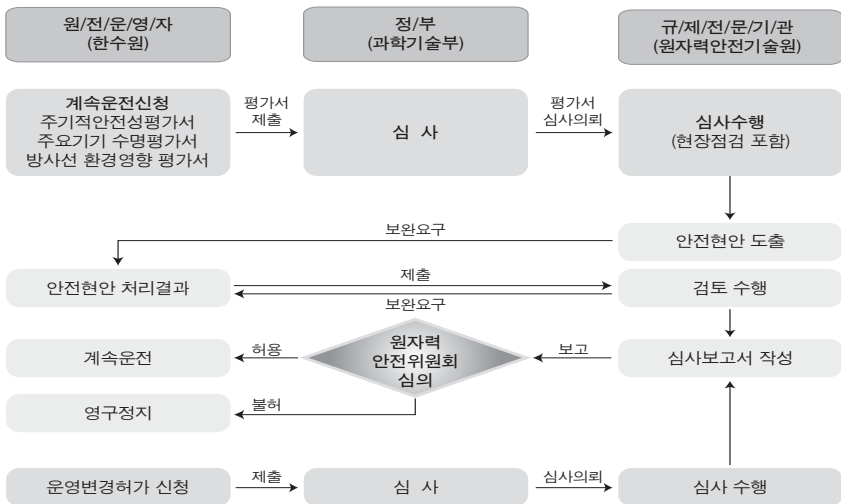
제안사항으로는 가압기 하부헤드 등 주기기 피로평가의 보완과 격납건물 전기관통부집합체의 제어·계측 케이블 연결을 보호튜브 방식으로 교체하는 것이었다.

권고사항으로는 비안전관련 설비의 위치영향 분석, 가압기 살수 헤드에 대한 일회검사 수행, 그리고 지하수위의 관측 시스템을 구축하는 것이었다. 한수원은 이러한 사항들을 모두 적합하게 조치완료 하였고 조치결과는 적합한 것으로 확인하였다.

(6) 심사결과

종합적인 안전심사 결과로써 고리 1호기 계속운전 신청서류인 주기적안전성평가보고서, 주요기기수명평가보고서, 방사선환경영향평가서 등의 심사를 통해 원자로 용기, 안전등급 배관, 격납건물 등 주요 기기에 대한 수명평가 및 경년열화 관리계획이 관련 요건에 따라 적절하게 수

립되어 있음을 확인하였고, 운영허가 이후 변화된 자연환경 및 부지특성을 반영한 방사선환경영향평가 내용이 관련요건을 만족하고 있어 고리 1호기는 향후 10년간 안전한 상태로 계속운전이 가능한 것으로 최종 결론을 내렸다. 교육과학기술부는 이러한 심사결과를 토대로 2007년 12월 11일 고리 1호기 계속운전을 허가하였다.



〈그림 2-11〉 계속운전 안전심사 절차도

마. 사회적 수용성 확보

(1) 고리원전 주변 지역주민의 반대활동

지역주민들은 고리 1호기 계속운전의 안전성에 대해 우려하고 지역 지원을 요구하며 격렬한 반대활동을 하였다. 7회의 집단시위에 2,230 명의 주민이 참석하여 고리지역의 30년간 그린벨트 지정으로 인한 피

해 보상을 요구하였다.

장안읍 길천이장은 8일 동안 단식 농성을 하였고, 장안읍 지역대표 24명은 9일간 릴레이 천막농성을 통해 고리 1호기 계속운전 반대활동을 하였다.

지역 청년연합회는 환경단체 등과 함께 지역주민 300명이 참석한 고리 1호기 계속운전 반대토론회를 개최하였으며, 국회, 정부, 국민고충처리위원회에 고리 1호기 계속운전 반대 탄원서를 제출하는 등 많은 반대 활동을 하였다.



〈그림 2-12〉 고리1호기 계속운전 반대집회

(2) 환경단체 반대활동

환경단체는 계속운전 안전성에 우려를 나타내며 반대를 하였다.

부산청년환경센터는 고리 1호기 계속운전 반대 캠페인 개최와 함께 민노당 및 일본의 반원전 단체 등과 함께 고리 1호기 계속운전 반대 토론회를 수차례 개최하였다. 국내 주요 환경단체 연대 서명의 국가인권위원회 및 정부 각 부처에 계속운전 반대와 정보공개를 요구하는 10여

회의 탄원 및 진정을 하였으며, 고리 1호기 계속운전 IAEA Peer Review 반대 기자회견, 고리 1호기 사망선고 기자회견, 국가인권위원회 제소 기자회견 등의 방법을 동원하여 계속운전 반대 언론활동을 펼쳐나갔다.

(3) 계속운전 반대정서 극복활동

반대활동을 극복하고 사회적 수용성 제고를 위하여 한수원(주)은 계속운전의 공론화, 계속운전의 필요성, 해외 원전의 계속운전 사례 및 안전성 등의 내용으로 지역주민들에게 홍보활동을 하였다. 또한 계속운전이 에너지 자원의 효율적 활용에 이바지하고 지역경제에도 기여함을 알리는 등 이해관계자들과 지역주민들이 현명한 판단을 할 수 있도록 하였다.

지역주민, 지역 여론주도층, 지자체 공무원, 지역 주요단체, 지역 국회의원 등을 대상으로 총 1,131회의 소규모 설명회 개최 및 맨투맨 홍보를 하여 계속운전의 올바른 정보전달과 계속운전 안전성을 설명하였다. 이러한 활동으로 계속운전 이해기반을 넓힘으로써 계속운전 안전성에 대한 공감대를 확산하였다.

중앙과 지역의 주요언론사 기자를 대상으로 미디어 투어를 비롯한 기자간담회를 53회 시행하여 계속운전 안전성에 대한 올바른 보도를 유도하였으며, 지역주민, 환경단체, 학계를 대상으로 9회에 걸쳐 계속운전 세미나, 워크숍을 개최 및 참석하여 계속운전을 공론화 하는 한편 각계의 의견을 수렴하였다.

이밖에 지역주민 등을 대상으로 25회의 일본 계속운전 원전 시찰을

시행하여 계속운전 안전성에 대한 이해의 폭을 넓혔다. 특히 정부, 한수원 경영진, 학계, 언론계, 갈등관리전문가로 구성된 상황점검반을 구성하여 고리1호기 계속운전 이해관계자들과의 갈등 해소 대책에 주력하였다.



〈그림 2-13〉 계속운전 안전성 설명회, 심포지움 모습

(4) 계속운전 주민합의

설계수명 이후 원전의 계속운전은 지역주민의 동의를 법적으로 요구하고 있지는 않지만 원전사업은 주민 수용성이 중요하다는 인식아래 지역 국회의원, 지자체장, 기장군 주민대표, 울주군 주민대표 및 부산광역시 주요인사를 대상으로 한수원(주) 사장 등 경영진 간담회를 27회 시행하여 지역의 다양한 요구사항은 협의회를 구성하여 협의회 내에서 합리적 대화로써 해결할 것을 제시하고 설득하였다.

동시에 성실하고 책임 있는 자세로 지역의 의견을 수렴하고 한수원의 입장을 솔직하게 전달함으로써 지역대표와 신뢰감을 구축하였다.

신뢰를 기반으로 기장군 지역의 2개 계속운전 반대위원회를 단일화

시켜 고리주변지역발전협의회를 구성함으로써 집회와 시위를 통한 반대활동을 대화와 협의를 통해 합리적으로 해결할 수 있는 길을 마련하였다.

이후 기장지역 협의회는 총 5회의 전체회의와 수차례의 실무협상을 통하여 계속운전 안전성에 대한 폭넓은 의견을 교환하였다. 또한 고리 원전으로 인해 지역이 30년간 그린벨트로 묶여 지역이 낙후되었다는 주장이 제기되어 농수산물 특산물 판매장, 도서관 건립 등의 지역 숙원 사업 지원을 협의하였다.

양측의 성실한 협의로 기장군 지역은 2007년 12월 18일 마침내 합의서를 체결 하였으며 울주군은 서생지역 대책위 및 울주군 어대위와 2007년 12월 21일 합의서를 체결함으로써 2년여에 걸친 지역주민과의 갈등이 해결되었다.



〈그림 2-14〉 고리 1호기 계속운전 주민 합의서 체결

(5) 주민합의 성공요인 및 의의

합의성공의 의의는 참여한 이해관계가 대립되는 사회적 현안을 지역 협의회를 구성하여 외부 개입을 배제하고 법과 원칙에 따라 자발적으로 논의하고 민주적으로 문제를 해결했다는 점에 그 의미를 둘 수 있으며, 그동안 국내에서 겪어 왔던 사회적 갈등과는 다른 갈등 해소의 선례가 될 것이다.

주민과의 합의에 성공한 요인은 다음으로 요약할 수 있다.

첫째, 문제의 인식과 접근하는 방식의 변화였다. 한수원(주)은 주민들이 요구하고 있는 안정성 (Security)의 의미가 과학기술적인 의미의 안전성 (Safety)과 차이가 있음을 인식하고 주민요구에 대해 역지사지로써 이해하고자 노력하였으며, 지역주민은 한수원(주)이 공기업체로써 자신들의 모든 요구를 수용하는 데에는 한계가 있다는 점을 인식하고 현실적인 요구를 하였다.

둘째, 문제해결 방식에 변화가 있었다. 한수원(주)은 부안과 경주 방폐장 사태 등을 경험하면서 합의와 집단적 논의의 중요성을 인식하였고, 지역주민은 그동안의 경험을 통하여 투쟁 자체가 문제를 해결하는데 도움을 주는 것이 아니라 상대의 처지와 한계를 인식하고 현실적인 논의와 합의가 필요하다는 것을 체험하였다.

셋째, 논의체계와 논의방식의 변화를 들 수 있다. 그동안 정부와의 협상을 통하여 문제를 해결하고자 했던 과거의 방식에서 벗어나 지역사회의 실제적 대표성을 갖고 있는 인사들로 협의회를 구성하고, 주민이 실질적으로 원하는 문제에 접근하였다.

마지막으로 신뢰관계 형성을 주요요인으로 꼽을 수 있다. 협상에 참여한 한수원(주) 경영진은 지역의 요구에 대해 현실성과 실현 가능성을 고려하면서 할 수 있는 부분과 할 수 없는 부분을 명확한 근거에 입각해서 솔직하게 털어놓고 주민들의 양해를 구함으로써 주민과 한수원(주)은 서로의 진정성을 확인하게 되었고, 신뢰의 기반이 이루어졌다.

이러한 노력으로 주민합의 후 고리 1호기는 2007년 12월 21일 연료장전을 시작하여 2008년 1월 3일 임계에 도달하였고, 2008년 1월 9일 계통병입에 이어 100% 출력운전에 도달하게 되었다. 그리고 1월 17일에는 지역주민의 축복을 받으며 고리1호기 계속운전 재가동 기념행사를 가질 수 있었다.



〈그림 2-15〉 고리1호기 계속운전 재가동 기념식 모습

5. 월성 1호기 계속운전 추진현황

가. 수명관리연구 및 안전성평가

월성 1호기는 수명관리연구 1단계를 2000년 7월부터 2003년 1월까지

지 수행하였으며, 연구 결과 중수로 원전의 수명평가 방법론을 개발하였고 주요기기 수명평가를 하였다.

수명관리연구 2단계는 2004년 12월부터 2007년 5월까지 수행하였으며, 확률론적안전성평가는 2001년 10월부터 2003년 12월까지 수행하였다.

그리고 월성 1호기에 대한 1차 주기적안전성평가는 2001년 5월부터 2003년 6월까지 수행하였으며 다음과 같이 평가되었다.

월성 1호기는 우리나라에서 최초로 건설된 중수로 발전소임에도 불구하고 안전 현안들에 대한 적절한 조치를 통해 발전소의 안전성을 지속적으로 향상시키고 양호한 운전상태를 유지해 온 결과, 평가 결과는 다음과 같이 나타났다.

- (1) 월성 1호기는 현재 적용되는 유효한 기술기준에 적합하게 운영되고 있다.
- (2) 안전성 강화를 위해 최신기술기준 및 안전규제 경험을 반영하여 심사결과 27개의 안전성 증진사항을 도출하였다.

나. 주요설비 보강

국내 최초의 상업용 중수로 원자력발전소인 월성 1호기는 가동 이후 주요핵심기기의 지속적인 설비개선을 꾸준히 수행하였는데, 주요 설비개선내용은 증기발생기 습분분리기 보강, 고압터빈 동익 교체, 노내 중성자속 검출기 교체, 제1정지계통 전산기 교체, 주변압기 교체, 제2정지계통 전산기 교체, 마나둠 계측기 교체, 전기유압 조속기 제어판넬 교

체, 고압급수 가열기 교체 등이 있다.

다. 1차 주기적 안전성평가(PSR) 안전성 증진사항 이행

월성 1호기는 1차 주기적안전성평가 결과 안전성 증진사항으로 도출된 27건은 내진 및 내환경 검증 유지관리체계 구축, 경년열화 대비 계측 및 전기설비 보완, 최신기준을 반영한 피폭 평가기법 개선 등으로 2012년까지 설비보강 및 관리체계를 보완할 예정이다.

라. 월성 1호기 계속운전 안전성평가보고서

2009년 12월 월성 1호기 계속운전 신청시 정부에 제출한 안전성평가보고서는 주기적안전성평가서, 주요기기에 대한 수명평가서, 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서로 구성되었으며 그 내용은 아래와 같다.

(1) 주기적안전성평가서

해당 원자력발전소의 운영허가일을 기준(단, 월성 1호기는 최초 임계일 기준)으로 매 10년 마다 국제원자력기구(IAEA)의 주기적안전성평가 지침서에 제시된 11개 안전인자와 국내·외 운전경험, 안전활동, 노후화 영향 등을 포함하여 평가하였으며 11개 인자는 다음과 같다.

- 원자로시설의 평가 당시의 물리적 상태에 관한 사항
- 안전성 분석에 관한 사항
- 기기검증에 관한 사항
- 경년열화에 관한 사항

- 안전성능에 관한 사항
- 원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용에 관한 사항
- 운영 및 보수 등의 절차서에 관한 사항
- 조직 및 행정에 관한 사항
- 인적 요소에 관한 사항
- 비상계획에 관한 사항
- 환경영향에 관한 사항

(2) 주요기기에 대한 수명평가서

원자력발전소의 수동형 장수명(Long Lived Passive)기기들 중에서 안전 관련 계통·기기·구조물, 고장시 안전관련 계통·기기·구조물의 기능을 저해하는 비안전 관련 계통·기기·구조물, 화재방호 등 소급 적용과 관련되는 계통·기기·구조물들이 평가대상이다. 월성 1호기는 교육과학기술부 고시 2009-37(원자로시설의 계속운전 평가를 위한 기술기준 적용에 관한 지침)에 따라 평가하였으며 내용은 아래와 같다.

〈표 2-25〉 경년열화관리 대상선정 평가에 관한 사항

세부사항	참조 기술기준
1. 기계계통의 범위 설정 및 선정결과 평가	- CNSC Reg. Guide G-360
2. 구조물의 범위 설정 및 선정결과 평가	- NUREG-1800(운영허가 갱신 안전 심사지침) 및 NUREG-1801(GALL)
3. 전기 및 계측제어계통의 범위설정 및 선정결과 평가	중 가압중수로에 적용가능한 분야

〈표 2-26〉 경년열화 관리계획 평가에 관한 사항

세부사항	참조 기술기준
1. 안전등급 기기 가동중검사 2. 안전등급 지지대 가동중검사 3. 일회검사 4. 원자로 집합체 5. 원전연료 채널 6. 원전연료 교환기 7. 수화학 8. 공급자관 9. 손상연료 위치감시계통 10. 유동가속부식 11. 재료의 선택적 침출 12. 환형기체계통 13. 니켈합금 용접부 14. 볼트결합 건전성 15. 증기발생기 세관 건전성 16. 크레인 17. 증기발생기 세관 건전성 18. 매설 배관 및 탱크 검사 19. 연료유 화학 20. 중수관리 21. 개방형 냉각수 순환계통 22. 밀폐형 냉각수 순환계통 23. 압축공기계통 24. 화재방호설비 25. 소방수계통 26. 원자로건물 비금속 라이너 27. 원자로건물 28. 원자로건물 누설률 시험 29. 조적벽 30. 구조물 31. 원전 수리 구조물 32. 원자력 보호도장 33. 내환경검증 요건을 적용받지 않는 전기 케이블 및 비금속 연결부 34. 환경검증 요건을 적용받지 않는 계측 회로에 사용된 전기 케이블 35. 내환경검증 요건을 적용받지 않는 접근 곤란한 중전압 케이블 36. 금속 밀폐형 모선 37. 휴즈 홀더 38. 내환경검증 요건을 적용받지 않는 전기 케이블 금속 연결부	- CNSC Reg. Guide G-360 - IAEA Safety Series No.50-P-3 - IAEA Technical Report Series No.338 - IAEA Safety Series No.15 - NUREG-1800(운영 허가 갱신 안전심사 지침) 및 NUREG-1801(GALL)

〈표 2-27〉 계속운전을 위한 수명평가에 관한 사항

세부사항	참조 규정 및 기술기준
1. 시간제한 경년열화 평가의 확인	- CNSC Reg. Guide G-360 및 10 CFR 54.21
2. 원자로 집합체 및 원전연료채널 수명평가	- 10 CFR 54.21
3. 금속 피로 평가	- 10 CFR 54.21
4. 기기의 내환경검증	- 10 CFR 50.49
5. 콘크리트 격납건물 텐돈 프리스트레스 평가	- 10 CFR 54.21
6. 관통부 피로 평가	- 10 CFR 54.21
7. 기타 원자로별 시간제한 경년열화 평가	- 10 CFR 54.21

〈표 2-28〉 운전경험, 연구결과 반영 필요사항

세부사항	참조 규정 및 기술기준
1. 화재방호 평가	- CAN/CSA-N293
2. 기기의 내진 검증	- CAN3-N289.1
3. 능동형기기의 관리계획	- ASME OM, KEPIC MO 및 CAN3-N290.1, CAN/CSA-N290.5
4. 배관 열성층 평가	- 미국 NRC 행정조치(Bulletin) 88-11
5. 가연성기체 연소에 대한 안전성 평가	- IAEA 안전지침 NS-G-1.10

(3) 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서

계속운전을 함으로써 운영허가 심사시 평가된 방사선환경영향평가가 얼마나 달라졌는지를 평가하기 위함이며 평가사항은 아래와 같다.

○ 계속운전 계획에 관한 사항

- 환경현황에 관한 사항
- 발전소 현황에 관한 사항
- 계속운전으로 인한 영향에 관한 사항
- 사고로 인한 영향에 관한 사항
- 환경감시 계획에 관한 사항

마. 월성 1호기 계속운전 안전성평가보고서 심사

월성 1호기 계속운전 안전성평가보고서는 규제기관이 심사 중에 있으며 향후 신청서류 및 현장점검을 통해 계속운전의 타당성을 확인할 계획이다.

제2절 월성 1호기 압력관교체

1. 월성 1호기 개요 및 운영현황

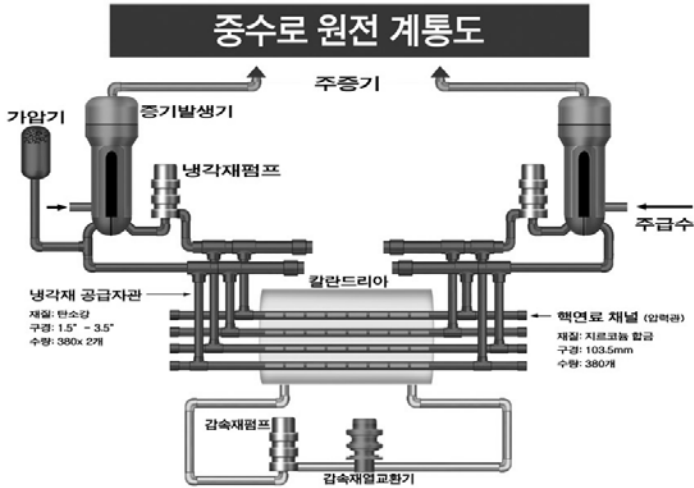
가. 개요

월성 1호기는 국내 최초로 도입된 가압중수로형(PHWR : Pressurized Heavy Water Reactor) 원자력 발전소로 냉각재와 감속재를 물보다 비중이 약간 더 큰 중수를 사용하고, 연료로 천연우라늄을 사용하는 원자력 발전소이며 캐나다에서 개발하였다.

참고로 가압경수로형(PWR : Pressurized Water Reactor)은 냉각재로 경수를 사용하고, 연료로 농축우라늄을 사용한다.

월성 1호기는 1977년 5월 3일에 착공을 시작하여 1982년 11월 21

일 원자로 최초 임계에 도달하였고, 이듬해인 1983년 4월 22일 상업운전을 시작하였으며 발전소 용량은 678MW이다.



〈그림 2-16〉 월성1호기 계통도

나. 운영현황

월성 1호기의 운영실적은 2008년말 기준으로 누계 이용률이 86.2%이며 한주기무고장운전(OCTF : One Cycle Trouble Free)을 5회 달성하였으며, 세계 이용율 1위를 4회 달성하는 등 운영 실적이 매우 우수한 상태이다.

〈표 2-29〉 월성1호기 평균 이용률 및 발전정지 현황

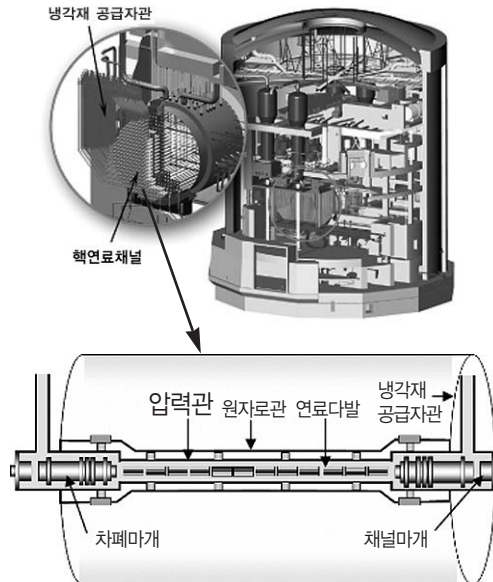
연 도	'83 ~ '90	'91 ~ '00	'01 ~ '08*	누 계
평균 이용률(%)	82.3	87.0	89.2	86.2
연평균 발전정지	2.8	0.9	0.6	-

* 압력관교체 작업기간('09~'10) 제외

다. 월성 1호기 원자로설비

원자로는 원자로(칼란드리아), 압력관, 원자로관 및 냉각재공급자관으로 구성되어 있다.

- (1) 원자로 : 감속재로 충전된 원통형 용기 [7.6m(D) x 7.8m(L)]
- (2) 압력관 : 원자로관 안에 있는 관으로 (380개) 관 내부에 연료 다발을 장전하며, 약 99기압의 냉각재가 흐름
- (3) 원자로관 : 냉각재와 감속재를 구분해 주는 관(380개)
- (4) 냉각재 공급자관 : 압력관과 증기발생기를 연결하는 관(760개)



〈그림 2-17〉 월성1호기 원자로

2. 압력관교체 개요

가. 압력관교체

압력관은 원래 내용연한이 도달하거나 정비가 필요한 경우 부품을 교체 할 수 있도록 설계되어 있으며, 이미 그 기술은 입증되어 있다. 그리고 압력관은 개별교체 (SFCR : Single Fuel Channel Replacement) 또는 전량교체 (LSFCR : Large Scale Fuel Channel Replacement)를 할 수 있으며 실제로 운영 중인 발전소에서 교체를 시행하고 있음

- (1) SFCR : 포인트레프르(캐나다), 엠발스(아르헨티나), 월성 1호기(한국) 등
- (2) LSFCR : 피커링 1.2.3.4호기(캐나다)

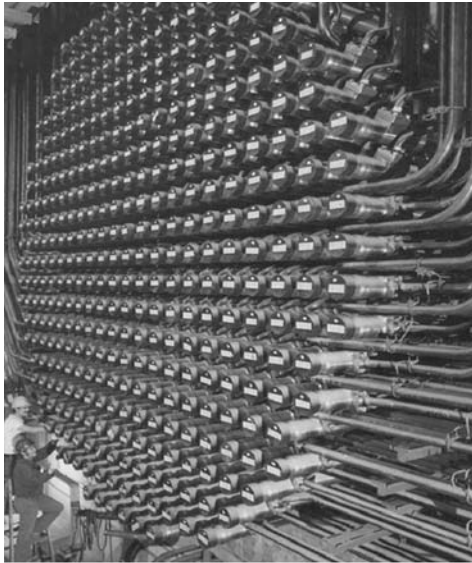
나. 압력관교체 공정

압력관교체 공정은 교체준비, 압력관 제거, 재사용기기 검사, 압력관 설치, 시운전으로 나눌 수 있다. 각 공정을 간략히 소개하면 다음과 같다

- (1) 교체 준비 : 압력관을 교체하기 위해 압력관 내부에 있는 연료 전량제거, 계통내 냉각재와 감속재 배수 및 건조, 주변 간섭설비 제거, 교체장비 지지 플랫폼 설치
- (2) 압력관 제거 : 압력관과 연결되어 있는 냉각재공급자관, 엔드피팅 및 관련기기, 압력관 및 원자로관 제거
- (3) 재사용기기 검사 : 재사용 기기들에 대한 건전성 검사
- (4) 압력관 설치 : 원자로관, 압력관, 냉각재공급자관 등 신품기기를

설치하는 작업

- (5) 시운전 : 압력관 설치후 수압시험, 관련기기들 기능시험 및 계통 전체에 대한 성능시험 수행



〈그림 2-18〉 압력관 전면

다. 압력관교체 장비

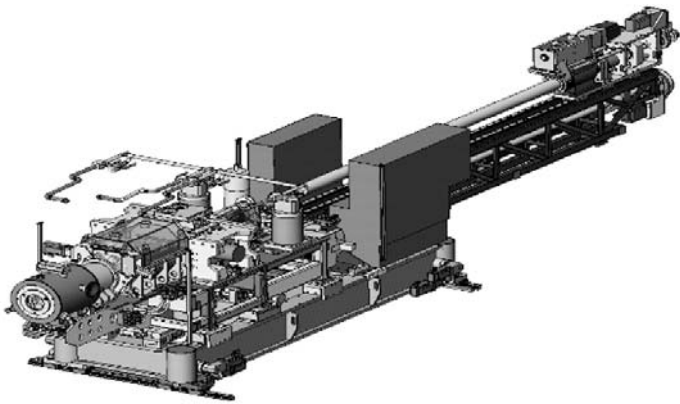
압력관교체 기술은 중수로 원설계자인 캐나다원자력공사(AECL)가 개발하여 작업을 수행하고 있다. 압력관교체를 시행한 초기에는 교체장비 대부분이 수동장비를 이용하여 작업을 하였다.

최근, 관련기술이 발전하면서 압력관교체 장비도 개선되어 방사선지역에서 수행하는 대부분의 작업은 자동화하여 작업을 수행하고 있다.

그 대표적인 작업으로 압력관, 원자로관 인출시 초기에는 수동장비를

이용하여 인출하고 절단하였으나, 현재의 장비는 압력관 절단, 인출 및 파쇄를 자동으로 하고 있어 작업의 여건이 개선되고, 작업자의 방사선 피폭이 한층 줄어들 수 있게 되었다.

또한 모든 작업공정을 별도 설치된 압력관교체 주제어실에서 현장에 서 일어나는 모든 작업에 대해 모니터를 통해 통제하고 관리하고 있어, 작업의 효율성이 증대 되었다.



〈그림 2-19〉 압력관 감용장비

다. 해외원전 교체사례

중수로(CANDU)형 원전은 전 세계적으로 한국, 캐나다, 중국 등에서 모두 47기가 가동되고 있으며 월성 1호기와 동일한 CANDU-6형은 11기이다. 이 중 1971년에서 1973년 사이에 준공한 캐나다 Ontario Power Generation사의 피커링 1~4호기가 압력관 전량교체를 수행했으며 현재 Bruce Power사의 부루스 1·2호기, NB Power사의 포인트

레프르 발전소가 압력관교체 공사를 수행 중에 있다.

Bruce Power사의 부루스 1·2호기는 2010년 12월말 현재 1·2호기의 연료채널을 설치 중에 있으며 2011년말 공사를 완료할 예정이다.

월성 1호기와 동일 노형의 발전소인 캐나다 NB Power사의 포인트레프르는 2008년 3월 공사를 시작하여 2010년 12월말 현재 원자로관을 설치중에 있으며 2012년에 압력관교체 공사를 완료할 예정이다.

〈표 2-30〉 해외원전 압력관 전량교체 사례

발전소	준공년도	교체 시기	비고
피커링 1호기	'71	'87	교체완료
피커링 2호기	'71	'88	교체완료
피커링 3호기	'72	'91	교체완료
피커링 4호기	'73	'93	교체완료
부루스 2호기	'77	'06~	교체 중
부루스 1호기	'77	'07~	교체 중
포인트레프르	'83	'08~	교체 중
젠틀라-2	'83	'12	교체 준비 중
부루스 3·4호기	'78/'79	'12 이후	교체 예정

〈표 2-31〉 국내·외 원전 압력관 일부교체 사례

발전소	준공년도	교체 시기	비고
월성 1호기	'83	'94	3채널
엠발스	'84	'95	2채널
부루스 6호기	'85	'02	1채널
포인트레프르	'83	'03	1채널

3. 월성 1호기 압력관계체 추진 현황

가. 교체배경

2005년 월성 1호기 주기적안전성평가(PSR) 결과 압력관의 길이방향 연신량이 운전제한치에 도달할 것으로 평가되어 발전소의 안전성을 확보하기 위하여 압력관계체를 추진하게 되었다.

나. 교체범위 및 개선사항

(1) 교체범위

월성 1호기 압력관계체 범위는 압력관, 원자로관, 엔드피팅, 냉각재공급자관 및 관련기기를 교체한다.

(2) 개선사항

(가) 압력관 재질 취성 보강

기존 월성 1호기 압력관에 비해 잉곳(ingot)의 2회 용융처리에서 4회 용융처리로 변경하고 용광로 진공의 조절 및 개선된 기계가공을 통해 초기 수소농도를 5ppm이하로 제한함으로써 파괴인성이 개선되어 수소 지연파괴 가능성을 줄였다.

(나) 연신량 최대 허용치 확대

내측 저널링 및 외측 베어링 슬리브의 길이를 증가시킴으로써 한쪽방향 최대 허용연신량을 76.2mm에서 98mm로 증대시켰다.

(다) 원자로관 열전달 능력 향상

원자로관 외부표면을 유리구슬로 두들기는 유리구슬 피닝(Glass-peening) 처리를 통해 원자로관의 열전달 능력을 향상시켰다.

(라) 냉각재 공급자관 재질변경

냉각재 공급자관 재질에서 최소 크롬함량을 증가시켜 탄소강 배관의 감육을 개선하고 월성 1호기 원 자관요건인 SA-106 Grade B에서 Grade C로 변경을 통해 추가적인 관두께 여유도를 증가시켰다.

교체되는 기기들의 개선된 사항을 표로 정리하면 아래와 같다.

〈표 2-32〉 교체기기 기존대비 개선사항

구 분	개선사항
압력관	○ 재질취성 보강 - 주괴(Ingot) 용융횟수 변경(2회 → 4회) - 수소농도 감소(25ppm → 5ppm)
	○ 연신량 허용치 확대 (최대 76,2mm → 98mm) - 내측 저널링, 외측 베어링슬리브 길이 증가
원자로관	○ 열전달 능력 향상 - 외부표면 유리구슬 피닝(glass-peening) 처리
냉각재 공급자관	○ 탄소강배관의 감육개선 및 관두께 여유도 증가 - 크롬함량 증가 - 재질요건 변경(SA Grade B → Grade C)

다. 추진 현황 및 일정

(1) 추진현황

월성 1호기 압력관교체를 위해 2006년도에 중수로 원설계사인 캐나다원자력공사(AECL)과 계약을 체결하여 사업을 추진하고 있으며, 2009년 4월1일부터 현장 시공에 착수하여 2010년 12월말 현재 마지막 공정인 하부 공급자관 설치를 시행 중에 있다.

또한, 2011년 3월 시공이 완료되면 약 4개월에 걸쳐 시운전을 수행한 후 2011년 7월에 재가동에 들어갈 예정이다.

(2) 추진 일정

월성 1호기 압력관교체 주요 추진일정은 다음과 같다.

- 2009. 4 : 발전소 정지 및 교체 착수
- 2009. 6 : 연료제거, 중수 배수 및 건조, 간섭설비 제거
- 2010. 1 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 제거
- 2011. 3 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 설치
- 2011. 7 : 연료장전, 시운전 및 발전재개

4. 압력관교체 방사성폐기물 관리

가. 압력관교체 방사성폐기물

압력관교체를 통해 발생하는 주요 방사성폐기물은 교체대상 기기인 압력관, 원자로관, 엔드피팅, 냉각재공급자관 및 관련기기이다.

압력관교체시 발생하는 방사성폐기물은 원자력법 시행령 등 관련규정에 따라 중·저준위 방사성물질로 분류된다

나. 방사성폐기물 저장

압력관교체시 발생하는 방사성물질을 안전하게 관리하기 위하여 압력관, 원자로관, 엔드피팅 등은 별도로 설치되는 압력관저장시설에 저장하고, 냉각재공급자관은 발전소에서 운영중인 기존 중·저준위방사성폐기물 저장시설에 저장한다.

다. 압력관저장시설

압력관저장시설은 압력관 교체시 발생하는 폐기물 중 압력관, 원자로관, 엔드피팅을 저장하는 사일로 형태의 구조물로 4기를 설치하여 운영한다.

설치위치는 월성원자력본부내 사용후핵연료 건식저장시설 인근에 설치되고 제원은 아래와 같다.

〈표 2-33〉 압력관 저장시설 제원

항 목	내 용
구 조	사일로(Silo) 형태의 콘크리트 구조물
규 격	높이×외경×벽두께 : 8.08m×9.45m×1.22m
수 량	4기
설계수명 / 내진	50년 / 0.2g



〈그림 2-20〉 압력관 저장시설

5. 압력관교체 방사선안전관리 및 주변 환경영향

가. 방사선안전관리

압력관교체시 방사선안전관리에 만전을 기해 작업자의 방사선 피폭 선량을 법적 허용치 이내로 관리하고 있다.

작업자의 안전을 위해 압력관교체에 대한 사전지식을 습득하기 위한 강의식 교육, 컴퓨터를 통한 입체 영상교육, 그리고 현장과 유사한 조건을 만들어 교육을 할 수 있는 Mock-up 훈련장에서 작업자들을 충분히 교육시켜 작업에 투입한다.

나. 주변 환경영향

월성 1호기 압력관교체는 원자로 건물내에서 이루어지는 작업으로

서, 작업 착수전 냉각재와 감속재를 배수 및 건조함으로써 방사성물질 누출을 방지하여 발전소 주변환경으로의 영향이 없도록 하고 있다.

압력관교체 작업기간 동안 원자로건물의 환기는 발전 운영중 사용하는 환기설비가 이용되며 캐나다 원전의 운영경험을 반영하여 추가로 필터가 장착된 진공장비를 설치하여 운영하는 등 대기로 방출되는 방사성 물질을 엄격히 관리하고 있다.

월성 1호기에 앞서 압력관교체를 시행하는 캐나다 원전에서도 방사성물질로 인한 주변지역 영향은 없다.

제3절 출력최적화

1. 개요

가동원전 출력최적화(power uprate)는 가동 중인 발전소의 계통 및 설비의 건전성과 성능을 상세하게 분석하여 제반 안전기준과 성능기준을 만족하는 범위 내에서 운영허가출력(원자로 열출력)을 증가시키고 2차측이 이를 수용하게 함으로써 궁극적으로 원자력발전소의 전기출력을 증대하는 사업이다.

미국에서는 1970년대부터 적용하기 시작하여 2011년 5월 현재, 가동원전 총 104기 중 93기의 원전에서 139건의 출력최적화를 적용하고 있다. 또한, 유럽은 30여기의 발전소에서 출력최적화를 적용하고 있다.

한수원(주)은 2002년 9월 지식경제부와 기술개발협약을 맺고 고리 3·4 및 영광 1·2호기를 대상으로 출력최적화 기술개발과제에 착수하

여 2009년 고리 3·4호기에 출력최적화를 적용하는데 성공하였다. 한수원(주)은 이러한 성공을 바탕으로 후속사업을 추진하고 있으며, 본 절에서는 국내원전 출력최적화 적용현황과 후속 계획에 대해 기술하고자 한다.

〈표 2-34〉 미국원전 출력최적화 현황('11.05.10, 출처 : NRC)

구 분		PWR	BWR	계	비 고
가동원전	총 원전수	69	35	104	
	출력최적화 적용원전	60	33	93	
출력최적화 유형별 적용건수	MUR	37	15	52	1건 심사 중
	SPU	43	22	65	
	EPU	7	15	22	10건 심사 중
	소 계	87	52	139	

주1) 출력최적화(MUR : Measurement Uncertainty Recapture)

- 원자로열출력 측정 불확실도를 감소시켜 불확실도에 대비하여 원설계에 반영되어 있는 안전성능을 활용하여 출력을 약 1.5% 증진

주2) 출력최적화(SPU : Stretch Power Uprate)

- 원설계여유도, 연료 및 설비의 성능향상 등을 고려한 발전소 성능 종합평가를 실시하여 최적출력을 재설정함으로써 출력을 2% ~ 7% 증진

주3) 출력최적화(EPU, Extended Power Uprate)

- 증기발생기, 발전기 등 발전소 출력의 제한요인으로 작용하는 대형설비개선시 용량을 증대시켜 발전소 최적출력을 7% ~ 20% 증진

2. 가동원전 출력최적화 기술개발 성공

가. 고리3·4 및 영광1·2호기 출력최적화 인허가 취득

2002년부터 지식경제부의 전력산업기반기금을 활용하여 수행한 가동원전 출력최적화 기술개발 결과 고리3·4호기 및 영광1·2호기의 출력을 4.5% 안전하게 증진시킬 수 있음을 확인하여 2005년 9월 1일 동발전소들의 4.5% 출력최적화(SPU)를 위한 운영변경허가를 신청하였다. 정부의 심사를 거쳐 2006년 12월 14일 고리 3·4호기 출력최적화를 위한 운영변경허가를 취득하였으며 영광 1·2호기는 이듬해인 2007년 8월 3일 운영변경허가를 취득했다.

나. 고리 3·4호기 출력최적화 시행

고리 4호기는 제18차 계획예방정비기간 동안 고압터빈 개선 등 출력최적화를 위한 설비개선을 마친 후 2009년 2월 13일 출력최적화 목표출력에 안전하게 도달하였다. 고리 3호기 또한 제19차 계획예방정비기간 동안 동일한 설비개선을 수행하고 2009년 12월 8일부터 출력최적화 운전을 착수하였다. 고리 3·4호기는 출력최적화(SPU) 적용으로 각각 34MWe 정도의 발전용량이 증대되어 연간 약 5억 4천만 kWh의 전력을 증산할 수 있게 되었다. 고리 3·4의 출력최적화 성공은 이러한 경제적 이득이외에도 후속 출력최적화 사업을 위한 기술적, 사회적 기반을 형성하였다는데 그 의미가 매우 크다 하겠다.

다. 영광 1·2호기 탄력적 출력최적화 강구 중

영광1·2호기는 출력최적화 시 예상되는 온배수 온도의 미미한 상승에 대한 지역민들의 우려를 반영하여 탄력적 출력최적화 방안을 수립하여 준비 중이다. 탄력적 출력최적화는 온배수 배출량을 현재수준 아래로 유지하기 위하여 영광본부 내 원전이 한 호기 이상 계획예방정비 등을 위하여 출력을 감발하거나 정지하였을 때에만 제한적으로 출력최적화를 적용하는 방안이다. 영광1호기는 2010년 9월 제17차 계획예방정비기간 동안 출력최적화를 위해 발전소의 제반 설정치를 변경하고 2010년 10월 5일 출력최적화 성능시험을 완료하였으며 영광2호기 역시 2011년 9월 제17차 계획예방정비기간 동안 출력최적화를 위한 설정치 변경작업 및 성능시험을 수행할 예정이다. 영광본부는 출력최적화를 위한 주민설명회 등을 개최하여 지역사회의 이해를 구한 후에 영광 1·2호기의 탄력적 출력최적화 운영을 착수할 계획이다.

라. 가동원전 출력최적화 기술개발 성과

고리3·4호기에 성공적으로 적용함으로써 발전용량을 약 68MWe 증대시켰다. 기술개발 관점에서는 무엇보다도 가동원전 출력최적화를 국내기술진에 의해 독자적으로 추진할 수 있는 기술기반을 구축한 것이 가장 큰 성과이며 동 과제수행 과정에서 웨스팅하우스의 원설계자료를 대부분 입수하여 분석함으로써 대상 발전소의 설계기술을 자립한 것 역시 빼놓을 수 없는 중요한 성과라 할 수 있다. 안전성 측면에서도 대상 발전소의 안전 및 성능에 대한 종합적인 상세평가를 수행하여 제반 안

전 및 운전변수의 최적화 및 안전성 증진조치를 도출하여 이행함으로써 발전소의 출력뿐만 아니라 운전편의성, 안전성을 모두 개선하였다.

3. 향후 계획

가. 울진 1·2호기 출력최적화(SPU) 추진

울진 1·2호기 증기발생기, 저압터빈, 발전기 등을 교체하는 대규모 설비개선이 2011년에서 2012년 사이에 계획되어 있다. 대규모 설비개선으로 증진되는 설비의 건전성 및 용량을 최적으로 활용하기 위해 한수원(주)은 가동원전 출력최적화 기술개발을 통하여 확보한 기술을 바탕으로 울진 1·2호기의 출력최적화를 위한 안전성분석을 수행하고 있다. 안전성분석결과 울진 1·2호기 출력최적화의 안전성이 확인되면 2011년 9월경 규제기관에 운영변경허가를 신청할 예정이다. 적용 목표시점은 2013년 3월에 울진 2호기, 동년 8월에 울진 1호기로 계획하고 있다. 출력최적화가 적용되면 울진 1·2호기의 원자로 출력은 2,775MWth에서 2,900MWth로 4.5% 증가되며 발전기 출력은 54MWe 증대되어 연간 총 8억 6억만 kWh의 전력을 증산할 수 있게 된다.

나. 고리 3·4호기 출력최적화(MUR) 추진

출력최적화(MUR)은 초음파유량계로 열출력을 정밀하게 측정함으로써 출력감시의 불확실도를 감소시켜 불확실도에 대비하여 원설계시 안전계통 성능에 반영된 성능을 활용하여 발전소 출력을 증진시키는 기술이다. 최신기술을 활용하여 안전여유도의 감소 없이 발전소의 전력생

산능력을 높일 수 있기 2000년대 들어 미국 등에서 매우 활발하게 추진되고 있다. 미국에서는 동 기술이 도입된 후 불과 10여 년 동안 이미 51개 발전소가 적용 또는 인허가를 취득하였으며 2015년까지 23개 발전소가 신규적용을 위해 인허가를 신청할 예정이다. 대만전력에서도 고리 3·4호기 참조발전소인 만산 1·2호기를 포함하여 6기의 보유 원전 전체에 대해 출력최적화(MUR)적용을 완료했다. 한수원(주)는 고리 3·4호기를 대상으로 출력최적화(MUR)를 적용할 수 있는지 현재 안전성을 분석하고 있으며 안전성이 확인되면 2011년 8월경에 규제기관에 운영 변경허가를 신청할 예정이다. 적용목표 시점은 고리 3호기는 2012년 9월, 고리 4호기는 2013년 2월로 계획하고 있다. 출력최적화(MUR)가 적용되면 고리 3·4호기 원자로출력은 2,900MWth에서 2,744MWth로 1.5% 증가하게 되며 발전기 출력은 약 10MWe 증대되어 연간 총 1.6억 kWh를 증산할 수 있게 된다.

다. 지속적인 출력최적화 추진

출력최적화(MUR)는 고리 3·4호기에 최초로 적용한 후에 전 원전으로 확대할 예정이다. 또한 한국표준형원전에 대해서는 출력최적화 기술 개발의 타당성평가를 우선 수행하여 그 결과에 따라 추진방향을 수립할 것을 검토하고 있다.

제3편 원전연료 및 방사성폐기물 관리

>>> 제1장 원전연료 현황

>>> 제2장 원전연료 설계 및 제조

>>> 제3장 방사성폐기물 관리

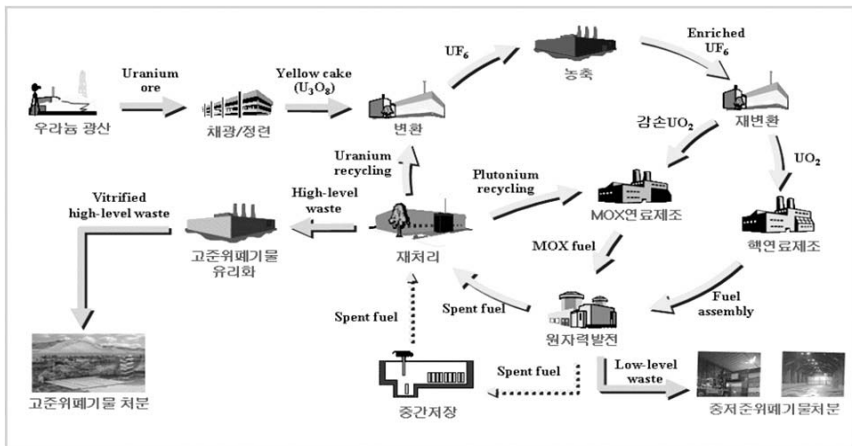
>>> 제4장 방사성폐기물 관리사업

제1장 원전연료 현황

한국수력원자력(주) 발전처 노심연료팀장 김태완

제1절 원전연료 주기

원전의 연료로 사용되는 우라늄은 석탄, 석유 등의 화석연료와 달리 아주 적은 분량으로 다량의 전기를 생산할 수 있으며, 이러한 우라늄은 채광, 정련, 변환, 농축 및 성형가공 등 일련의 가공과정을 거쳐 원자력 발전소에 사용가능한 형태인 연료집합체로 제작된다. 이렇게 제작된 원전연료는 원자로에 장전되어 경수로의 경우 3~5년, 중수로의 경우 1년 동안 연소되며, 연소 후 인출된 사용후핵연료는 장기간 냉각 후 영구처분 되거나(Once-through Cycle), 또는 미 연소된 우라늄 및 생성된 플



〈그림 3-1〉 원전연료 주기도

루토늄을 회수하기 위해 재처리과정(Reprocessing and Recycling)을 거친 후 영구처분 된다.

우리나라의 경우, 영구처분이나 재처리에 대한 국가정책이 결정되지 않아 사용후핵연료를 중간 저장하고 있다. 제 253차 원자력위원회(2004년12월17일)에서 사용후핵연료를 2016년까지는 원전 부지 내 저장용량을 확충하여 각 원전 부지별로 관리하고, 중간저장시설 건설을 포함한 사용후핵연료 관리방침에 대해서는 국가의 정책방향과 국내외 기술개발 추이 등을 감안하여 결정하되 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하되 적기에 결정하기로 의결한 바 있다.

<그림 3-1>은 원전연료 주기도로서, 우라늄 원광의 채광으로부터 가공된 원전연료를 원자로에 장전하기까지의 과정을 ‘선행원전연료주기(Front-end Nuclear Fuel Cycle)’, 원자로에서 연소 후 인출된 사용후핵연료를 소외저장시설이나 재처리시설로 수송하는 것으로부터 이를 최종 처분하기까지의 과정을 ‘후행원전연료주기(Back-end Nuclear Fuel Cycle)’ 라고 한다.

제2절 각 주기별 수급현황 및 전망

1. 우라늄 정광

노천 광상(Open Pit)이나 지하 광상(Underground Mine)에서 채광한 광석중에 함유된 우라늄은 정련공장에서 분쇄, 여과 및 화학적 과정을 통해 추출된다. 한편 최근에는 채광비의 절감 및 환경보전을 위하여 광

산내에 침출액을 주입하여 우라늄을 용해시켜 회수하는 침출방법(In-Situ Leach)이 많이 이용되고 있다. 정련공장에서 최종적으로 생산되는 우라늄 정광(U_3O_8)은 질량비로 약 85%의 우라늄을 함유하고 있다.

가. 우라늄 자원

우리나라의 충청도 일대에서 우라늄 광석의 매장이 확인되었으나, 평균 품위가 0.03% 이하인 저품위 우라늄 광석으로 경제성이 없어 현재는 정광 소요량 전량을 해외에서 수입하고 있는 실정이다.

세계 우라늄 확인매장량은 약 6,306,000톤U으로, 2010년도 세계 우라늄 연간 소요량 68,600톤U을 기준으로 계산해 보면 향후 92년 정도 사용가능한 양이라 할 수 있다. 또한 확인매장량과는 별개로 전 세계 원전 사용량의 약 152년분에 해당되는 10,401,000톤U의 추정매장량이 있는 것으로 평가되고 있다. 이밖에도 약 2.2억톤U의 우라늄이 지각 속에 인산염과 함께 혼재되어 있고 바닷물 속에는 전 세계 원전이 6만년 정도 사용할 수 있는 40억톤U의 우라늄이 존재하고 있는 것을 고려한다면, 우라늄 자원은 21세기에도 인류의 에너지 문제를 해결하는데 기여할 수 있을 것으로 예상된다(표 3-1 참조).

상기 확인매장량 중 대부분은 우라늄 시장가가 고가였던 1970년~1980년대에 확인된 것이다. 구소련 붕괴 후 구소련산 우라늄 및 러시아 핵무기 해체 우라늄의 시장 유입, 세계 각국 정부 및 전력사 보유 재고 우라늄의 시장 유입으로 1990년대 이후에는 우라늄 시장가가 안정되었으며, 이에 따라 우라늄광 탐사 및 개발이 거의 중단되었다. 특히 러

시아 핵무기 해체 우라늄이 본격적으로 시장에 유입된 1990년대 중반 이후부터는 소요량의 50~70% 만을 직접 채광한 우라늄으로 충당하고 있으며, 나머지는 재고 우라늄 등 다양한 형태의 2차 공급원(Secondary Supplies)으로 충당하고 있다.

그러나 2007년 전 세계 우라늄 수급불균형 우려에 따른 우라늄 시장 가격의 급등 경험으로 캐나다, 호주, 카자흐스탄, 나미비아 등에서 신규 우라늄광산의 개발이 본격적으로 이루어지고 있다. 과거 석유나 석탄의 가채 평가량이 탐사 및 채광 기술 등의 발전과 더불어 지속적으로 증가한 것처럼, 우라늄의 경우도 신규 탐사기술 및 최근 적용된 ISL(In-situ Leach) 채광 기술의 도입으로 가채 평가량이 증가할 것으로 전망된다.

〈표 3-1〉 세계 우라늄 정광 매장량

구 분 (생산비 기준)	확인매장량 (천톤U)	추정매장량 (천톤U)	소 계 (천톤U)
40 U\$/kgU 이하	796	-	796
80 U\$/kgU 이하	3,742	1,702	5,444
130 U\$/kgU 이하	5,404	6,553	11,957
260 U\$/kgU 이하	6,306	6,807	13,113
생산비 미정	-	3,594	3,594
합 계	6,306	10,401	16,707

[OECD/NEA,IAEA-Uranium 2009 : Resources, Production and Demand, '09]

나. 우라늄 정광 수급 동향

세계원자력협회(WNA)는 2010년 전 세계 원전설비용량을 375GWe

로 추정하고 있으며, 2015년에는 415GWe, 2020년에는 480GWe, 2030년에는 600GWe가 될 것이라고 전망하였다(표 3-2 참조).

2010년 전 세계 연간 우라늄정광 생산량은 약 52,800톤U으로 추정되고 있으며, 이는 전 세계 연간 우라늄정광 소요량 68,600톤U의 약 77%에 해당하며, 수요량 대비 약 16,000톤U 정도가 부족한 실정이다. 이 부족분은 우라늄 제2공급원(Secondary Supplies)으로 충당함으로써 수요량 대비 부족한 생산량을 보충하여 수급 균형을 유지하고 있다. 이와 같은 우라늄 제2공급원으로는 ① 각국 정부, 전력사 또는 원전연료 주기시설 운영사들이 보유하고 있는 우라늄 재고, ② 냉전 종식 후 미국 및 러시아의 핵무기 해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 회석 사용, ③ 사용후핵연료를 재처리하여 회수한 우라늄, 플루토늄의 사용 등을 들 수 있다.

2002년~2005년 호주 및 캐나다 우라늄 광산에서 발생한 일련의 사고 이후 우라늄 수급불안이 가중되었으며, 그 동안의 구매자 우위의 시장상황은 공급자 중심으로 재편되었다. 또한 2007년도 호주에 내린 기록적인 폭우로 인한 Ranger 광산의 생산차질, 캐나다 Cigar Lake 광산 침수복구 지연 발표는 전 세계 우라늄 수급에 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 향후 우라늄 시장의 수급균형을 유지해 나가기 위해서는 전 세계 우라늄 소요량의 약 25%를 충당하고 있는 2차 공급원(Secondary Supplies)의 지속적인 유입과 신규 우라늄 광산개발 등이 필수적이다.

〈표 3-2〉 세계 우라늄 정광 수급 전망

구 분	'10년	'11년	'15년	'20년	'25년	'30년
원자력시설용량 (GWe)	374.7	380.1	415.3	475.9	551.1	600.0
수 요 량 (천톤U)	68.6	68.9	76.9	91.5	102.0	106.1
생 산 량 (천톤U)	52.8	56.4	69.9	80.2	83.6	73.2

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market(Reference Scenario, '09]

다. 우라늄 시장 동향

1970년대 2차례에 걸친 석유파동으로 인하여 세계 각국이 원전건설을 추진함에 따라 우라늄의 수요가 급증하였으며, 이에 따라 1978년 중반에는 정광 가격이 파운드당 43달러를 상회하기도 하였다. 그러나 TMI 원전사고 및 체르노빌 원전사고 이후 원전건설 계획 취소 및 지연으로 인하여 각 생산자 및 전력사들이 보유하고 있던 재고를 저가로 방매함에 따라 1980년대에는 우라늄 가격이 급격히 하락하였으며, 1994년말에는 현물시장가격이 파운드당 러시아산 7달러, 비러시아산이 9달러 선에서 거래되기도 하였다.

1990년대 들어서면서 독립국가연합(CIS)이 자국의 경제난 해소를 위해 세계 시장에 우라늄 판매를 증가시키자 미국 정부는 덤핑판매를 억제하기 위해 1992년 10월 미국과 러시아, 카자흐스탄, 우크라이나 등 독립국가연합 국가와 반덤핑 유예협정을 체결함으로써 우라늄 시장가격은 러시아산 대 비러시아산 시장가로 이원화되어 공표되었으며, 또한 유럽연합(EU)도 독립국가연합(CIS)산 우라늄의 수입을 소요량의 20% 이내로 제한하는 정책을 견지하였다. 그러나 2001년 10월 이후

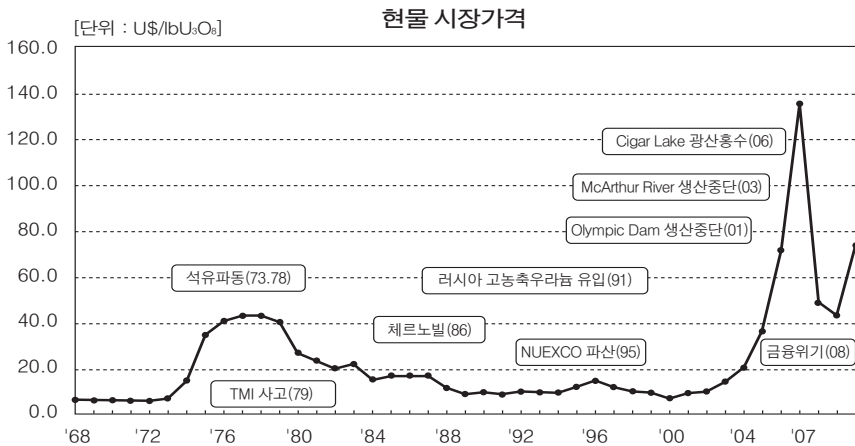
미국 및 유럽연합(EU)의 러시아산 우라늄 정광에 대한 수입제제 철폐로 시장가격은 단일화되어 공표되고 있다.

한편 1993년 미국과 러시아 정부는 구소련의 핵무기 해체로부터 발생한 고농축우라늄(HEU)을 희석하여 민수용으로 사용하기 위한 농축우라늄 공급계약을 체결하였다. 1999년 3월에는 러시아와 미국 NUKEM, 캐나다 Cameco, 프랑스 COGEMA사간에 고농축우라늄(HEU)을 희석한 저농축우라늄에 포함된 변환우라늄 구매계약이 체결됨에 따라, 러시아산 고농축우라늄(HEU)을 희석한 우라늄이 시장으로 지속적으로 유입, 우라늄 제2공급원으로서의 역할을 하고 있다.

우라늄 정광가격은 1990년대 중반 세계 최대 정광 중개회사였던 NUEXCO사가 파산함에 따라 수급 불안정 우려로 인하여 1996년 말 파운드당 15달러까지 상승하기도 하였으나, 호주의 3개 광산 운영정책(Three Mine Policy)의 폐지, 캐나다 신규광산개발 등으로 인한 생산량 증가 기대감, 미국 에너지부(DOE)의 비축량 처분 계획 발표 및 희석된 고농축우라늄(HEU)의 지속적인 시장 유입 등으로 인해 2002년말까지 파운드당 9~10달러의 안정적인 가격을 유지하였다.

그러나, 호주 Olympic Dam 광산 화재사고(2001년 10월), 캐나다 McArthur River 광산 침수사고(2003년 4월), 신규 개발 중이던 캐나다 Cigar Lake 광산 침수사고(2006년 10월), 2007년 폭우로 인한 호주 Ranger 광산 생산량 차질 등 일련의 사건, 가격상승에 따른 가수요 증가 및 헤지펀드의 시장교란 등으로 우라늄 시장가격은 2007년 6월 파운드당 136달러까지 상승한 바 있다. 그 이후 세계적 금융위기에 따른 자원

가격 동반 하락에 따라 파운드당 40달러 수준으로 하락하였다가, 온실 가스 감축과 관련하여 원전 출력증강, 수명연장 및 신규건설에 따른 수요증가로, 상승세를 유지하고 있다. 특히 2010년 발표한 중국의 원전확대계획규모 상승과 대규모 장기계약체결소식에 투기세력까지 가세해 2011년 1월 현재 73달러까지 상승하였다(<그림 3-2> 참조).



〈그림 3-2〉 우라늄 정광 현물 시장가격 추이

현재의 우라늄 시장 환경은 공급자 우위의 시장으로 재편되었으며, 고유가와 지구온난화 문제 해결을 위한 원전건설 확대에 따른 우라늄 수요 증가, 신규 광산 개발지연 및 캐나다 Cigar Lake 광산 생산개시 일정 지연 우려 등 수급불안을 야기할 수 있는 요소들이 상존하고 있는 상황이다. 한편으로는 대규모 신규광산 생산물량의 시장 진입, 카자흐스탄 및 호주 등 주요 생산국의 우라늄 광산 개발 등 신규 우라늄 개발이 활발히 진행되고 있으며, 이는 시장가격의 안정요인으로 작용할 것으로

전망된다. 따라서 향후 우라늄 시장가격은 가격안정 요인과 장·단기적인 가격상승 요인들에 의해 복합적으로 영향을 받을 것으로 예상된다.

2. 우라늄 변환역무 (Conversion Services)

우라늄 원광에서 생산된 우라늄 정광(U_3O_8)의 U^{235} 존재비는 0.71%이다. 따라서 이와 같은 천연우라늄을 경수로연료로 사용하기 위하여 U^{235} 존재비를 3~5%로 높이는 농축과정이 필요하다. 이와 같이 우라늄 정광을 농축이 가능한 육불화우라늄(UF_6) 형태로 만드는 공정, 중수로 용 연료의 경우에는 정광(U_3O_8)을 바로 성형가공 할 수 있는 UO_2 분말로 만드는 공정을 변환이라 한다.

경수로 변환역무는 미국, 영국, 프랑스, 캐나다 및 러시아 등의 상용시설에서 공급하고 있다(<표 3-3> 참조). 2010년도 전 세계 연간 생산량은 설비용량 76,100톤U의 63%인 약 47,700톤U으로 추정되며, 이는 2010년 수요량 65,100톤U에 못 미치는 수준이다. 이와 같은 부족분은 각 전력사들이 보유하고 있는 재고량과 핵무기 해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석 공급 등의 2차공급원으로 충당하고 있다. WNA는 향후 경수로 변환역무 수요량이 2011년 65,100톤U, 2020년 87,200톤U, 그리고 2030년에는 101,700톤U으로 계속 증가할 것이라고 예측하였다.

경수로 변환역무 시장가격은 1970년대 각국 전력사들이 원전건설을 추진함에 따라 1980년까지 7달러/kgU 선까지 상승하였으나, 1980년대 들어 전력사들의 원전건설 취소와 지연 등으로 인하여 하락하기 시작하였으며 1991년 3.8달러/kgU 선에 거래되기도 하였다. 1993년

~1994년도에는 수요측면에서 큰 변화가 없었고 어느 정도의 재고 물량이 있었음에도 불구하고 변환시장 수급 불안정에 대한 우려 확산으로 현물시장가가 6달러/kgU 선까지 다시 상승하였다. 이후, 영국 SFL 및 프랑스 Comurhex 등이 변환공장 용량 증가와 러시아 핵무기 해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석 공급 및 미국 에너지부(DOE)의 잉여 재고량 등이 추가적으로 시장에 유입함에 따라 변환역무 가격은 2000년 중반에는 최저점인 2.3달러/kgU 선까지 하락하였다.

그러나 변환역무 공급용량 과잉 상태에서도 변환역무 현물시장가가 생산원가 이하라는 인식의 확산과 SFL사 변환공장의 폐쇄결정 계획 등으로 점차 가격이 상승하기 시작하였으며, 2003년말 미국 ConverDyn사의 UF6 가스 누출사고로 인한 가동중단과 GNSS-TENEX사계약 파기, 그리고 2004년 캐나다 Cameco사 공장 파업 등에 따른 변환역무시장 수급불균형 우려로 변환역무 현물가는 2006년말 유럽지역 12.5달러/kgU, 북미지역 12달러/kgU까지 상승하였다. 2007년 중반 캐나다 Cameco사 Port Hope 시설 토양오염 사건에 따른 장기 가동중단 사건 및 2008년 11월 Port Hope 시설의 재중단 사건이 발생하였으나, 각 전력사 및 공급사들이 충분한 재고를 보유하고 있어 시장가 상승을 유발하지 않았으며, 2010년 3월 유럽지역 7.5달러/kgU, 북미지역 5.75달러/kgU 선까지 하락하였다가, 2010년 6월 ConverDyn사 Honeywell공장의 노동분쟁 후 2010년 10월 13달러/kgU 선까지 상승 후, 2010년 12월 현재 유럽지역 13달러/kgU, 북미지역 12.5달러/kgU 가격수준을 유지하고 있다.

변환역무 가격은 중국 등의 수요증가에 따른 장기적인 수급 불균형에 대한 우려와 신규시설(<표 3-5> 참조)의 투자비 조달 등의 문제로 인하여 당분간 점진적인 가격 상승이 예상된다.

〈표 3-3〉 세계 경수로 변환시설 현황

국 명	회사명	용 량 (톤U/년)	비 고
러시아	TENEX	25,000	
미 국	ConverDyn	15,000	
프랑스	Comurhex	14,500	
캐나다	Cameco	12,500	
영 국	SFL	6,000	Cameco사 운영
중 국	CNNC	3,000	
브라질	IPEN	100	
합 계		76,100	

[UxC Conversion Market Outlook, '10.11]

〈표 3-4〉 세계 중수로 변환시설 현황

국 명	회사명	용 량 (톤U/년)	비 고
캐나다	Cameco	2,700	
아르헨티나	CNEA	160	
인 도	DAE	435	
기 타	-	895	
합 계		4,190	

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, '09]

〈표 3-5〉 건설 계획 중인 경수로 변환시설 현황

국 명	회 사	시설명	용량(톤U/년)	가동시기(년)	비 고
프랑스	AREVA	Comurhex II	15,000	'15	21,000톤U 증설
카자흐스탄	Kazatomprom	Ulba Conversion LLP	12,000	'17	타당성 조사 수행중
합 계			35,000		

[UxC Conversion Market Outlook, '10]

〈표 3-6〉 세계 경수로 변환역무 수요 전망

구 분	'10	'11	'15	'20	'25	'30
수요량(톤U/년)	65,100	65,100	73,100	87,200	97,500	101,700

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, '09]

3. 우라늄 농축역무 (Enrichment Services)

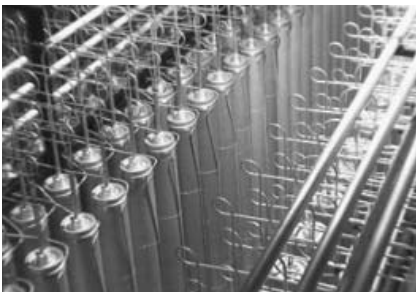
천연우라늄에는 세가지 동위원소가 존재하며 그 조성비는 U^{234} 0.0054%, U^{235} 0.71%, U^{238} 99.28%이다. 농축이란 U^{235} 의 함유량을 높이는 공정을 말한다.

경수로용 원전연료로 사용하기 위해서는 농축이 필요한데 이는 천연에 존재하는 우라늄 동위원소 중 U^{235} 만이 핵분열반응을 일으킬 수 있기 때문이며, 원자로 내에서 지속적인 핵분열반응을 유지하기 위해서는 U^{235} 의 농축도가 3~5% 정도가 되어야 하기 때문이다. 이러한 우라늄 농축기술은 고도의 기술과 자본을 필요로 하며, 현재까지 가스확산법, 원심분리법, 노즐분리법, 화학교환법, 레이저법 등이 개발되었으나, 이 중 가스확산법과 원심분리법이 상업용으로 사용되고 있다.

농축 기술

- 기체확산법 : 다수의 소공(약 1억6천만개/ cm^2)이 있는 격막을 통하여 UF_6 가스를 흘려 보낼 때 가벼운 동위원소(U^{235})가 더 많이 통과하는 원리 이용(전력소요량 : 2,300~2,500 kWh/SWU)
- 원심분리법 : 원통속의 UF_6 가스를 고속회전시켜 원심력을 이용하여 분리하는 방법으로 무거운 U^{238} 은 회전통의 바깥쪽으로 밀려나가고 가벼운 U^{235} 은 안쪽으로 모이는 원리 이용(전력소요량 : 50kWh/SWU)
- 레이저법 : U^{235} 원자에만 흡수되는 레이저를 투사시킨 후 여기된 (+) U^{235} 원자를 자장에 통과시켜 (+) U^{235} 이온을 (-)이온판에 집적하는 방법으로, 연구개발 단계이다.

농축단위는 SWU(Separative Work Unit : 농축역무 단위)라는 특수 단위를 사용하는데 일종의 에너지 단위로 농축도가 높을수록 SWU가 지수적으로 증가하며 1,000MW급 발전소 1기당 연간 약 135톤SWU가 소요된다.



〈그림 3-3〉 원심분리 및 기체확산 농축시설

미국, 러시아, 프랑스, 영국 등 핵무기 보유국들이 농축공장을 운영하고 있다. 농축설비 건설에 막대한 투자비가 소요될 뿐만 아니라 핵확산 금지를 위해 농축기술 자체가 엄격히 통제되고 있어 핵무기 비보유국의 농축시설 보유는 상당히 어려운 실정이다(<표 3-7> 참조).

〈표 3-7〉 세계의 농축설비 현황

국 명	회사명	농축방법	용 량 (톤SWU/년)	비 고
러시아	TENEX	원심분리법	25,000	
영 국	Urenco	원심분리법	12,200	
미 국	USEC	기체확산법	11,300	'17년까지 가동
프랑스	AREVA	기체확산법	10,800	'12년까지 가동
기 타	JNFL 등	-	1,550	
합 계			60,850	

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, '09]

미국은 1969년 상업용 경수로에 대하여 최초로 우라늄 농축역무를 공급한 이후 1970년대까지도 전 세계의 우라늄 농축역무 시장을 독점하였다. 그러나 1974년 석유파동이후 세계 각국이 원자력 개발 및 원자력발전소 건설 계획을 활성화함에 따라 농축 수요가 급증하게 되어 영국의 URENCO, 프랑스의 EURODIF 등 농축을 전담하는 새로운 회사가 등장하게 되었다. 결국 1980년 초부터 농축시장은 시장경쟁체제로 전환되었으며, 1990년 초 러시아의 적극적인 서방세계 시장확대 노력 등으로 인하여 현재의 시설용량은 60,850톤SWU이며 농축 소요량

48,892톤SWU를 초과하는 상태이다. 향후 세계의 농축소요량은 2011년 48,886톤SWU, 2020년 66,535톤SWU, 2030년 79,031톤SWU까지 증가할 것으로 전망된다(<표 3-8> 참조).

〈표 3-8〉 농축 수급 전망

구 분	'10	'11	'15	'20	'25	'30
수요량 (천톤SWU)	48.9	48.9	55.4	66.5	75.9	79.0

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, '09]

기체확산법을 사용하는 미 USEC 및 프랑스 AREVA의 농축공장은 낮은 효율성, 노후화 및 생산원가 상승에 따라 경제성 저하로 인하여 운영을 제한하여 2013년 이후 점차 가동중단 예정이며, 러시아 TENEX 및 유럽의 Urenco 기존공장은 지속적으로 증량을 추진 중이다. 또한, 기체확산법을 사용하는 기존 노후설비 교체 및 소요량 증가에 대비하여 신규공장의 건설이 추진되고 있으며, 이에 따라 막대한 자금 소요가 예상된다(<표 3-9> 참조)

〈표 3-9〉 건설 중인 농축설비 현황

회 사	시 설 명	위 치	가동 시기 (년)	용 량 (톤SWU/년)
USEC	American Centrifuge Plant (ACP)	Portsmouth, Ohio, USA	'15	3,800 /'16
LES	National Enrichment Facility	Lea County, New Mexico, USA	'10	5,900 /'15
AREVA	George Besse II (GB-II)	Pierrelatte, France	'11	4,000 /'16
AREVA	Eagle Rock Enrichment Facility	Idaho Falls, Idaho, USA	'14	3,000 /'18
GLE	SILEX plant	Wilmington, North Carolina, USA	'14	3,500 /'15
합 계				23,700

[UxC Enrichment Market Outlook, '10]

1990년대 초부터 러시아의 서방세계 진출 및 1995년 이후 러시아 핵 무기에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석공급으로 인하여 농축역무 가격은 하락하였으나, 2000년대에 들어서 미국 USEC사의 유럽지역 경쟁사에 대한 덤핑제소 및 Portsmouth 공장 가동중단에 의한 수급 불안으로 가격 상승세가 지속되고 있다. 기체확산법 농축공장의 가동을 제한과 2010년 초 미국 및 프랑스의 신규설비 건설에 소요되는 막대한 투자비 조달에 대한 우려로 가격이 상승하여 2010년 3월 160달러/SWU까지 상승한 후 2010년 12월 현재 155달러/SWU 수준을 유지하고 있으며, 향후 신규공장 가동 가시화에 따른 수급상황 개선으로 점차 가격이 안정화될 전망이다.

4. 성형가공 역무(Fuel Fabrication Services)

경수로연료의 경우 농축된 UF_6 를 이산화우라늄(UO_2) 분말로 재변환시킨 후 펠렛(pellet) 형태로 압축하고 고온의 가열로에서 소결하여 세라믹 연료를 만든다. 이렇게 소결된 펠렛을 중성자 흡수율이 낮고 내부식성이 양호한 지르코늄 재질의 봉에 넣어 밀봉한 후 지지격자 및 골격체를 사용하여 수 개의 연료봉을 원전에서 사용 가능한 집합체로 조립하는 일련의 과정을 성형가공이라 한다.

현재 전 세계의 성형가공 소요량은 경수로 원전연료의 경우 약 7,300톤U, 중수로 원전연료는 2,000~3,000톤U 수준이며, 대부분의 원전 보유국들은 원전연료주기 기술확보를 위해 성형가공 부문의 국산화를 추진하여 자국내 소요량을 공급하고 있다.

현재 고연소 연료개발 및 노심설계기술 향상에 따라 전 세계 성형가공 소요량이 감소하고 있는 추세이며, 전 세계 생산용량(경수로 12,862톤U/년, 중수로 4,190톤U/년)은 소요량을 훨씬 상회하고 있다. 이러한 시장여건 하에서 기존의 대규모 연료공급사들(미국 WESTINGHOUSE, 프랑스 AREVA 등)은 자사 시장점유율 확보를 위해 신제품 개발에 주력하고 있으며 상호 기업합병(M&A) 등을 통해 경쟁력을 확보하고 있다(<표 3-10> 참조).

〈표 3-10〉 성형가공 설비 현황

구 분	국 명	회 사 명	용 량(톤U/년)
경수로	미 국	WH 등	3,650
	영 국	WH(SFL)	860
	독 일	AREVA NP	650
	프 랑 스	AREVA NP-FBFC	1,400
	벨 기 에	AREVA NP-FBFC	700
	일 본	GNF-J 등	1,724
	스 페 인	ENUSA	300
	브 라 질	INB	280
	한 국	KEPCO NF	600
	러 시 아	TVEL-MSZ 등	1,600
	스 웨 덴	ABB-ATOM	600
	중 국	CNNC	450
	인 도	DAE	48
	소 계		
중수로	캐 나 다	CGE, ZPI	2,700
	아르헨티나	ENACE	160
	인 도	DAE	435
	한 국	KEPCO NF	400
	중 국	CNNC	200
	루마니아	SNN	240
	이 란	AEOI	35
	파키스탄	Chasma	20
	소 계		
합 계			17,052

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, '09]

제3절 국내 원전연료 수급계획

1. 원전연료 확보 기본 방침

국내에서는 각 제조과정(정광, 변환, 농축, 성형가공)별로 구분하여 원전연료를 확보하고 있다. 즉, 발전소별 소요물량 및 소요시기를 고려하여 적절한 양의 정광을 소요시점에 구입하고 이를 변환, 농축 및 성형가공 역무를 통해 원전연료로 제작하여 발전소에 공급하고 있다. 따라서 제조과정별 후속공정의 지연없이 안정적인 원전연료를 발전소에 적기 공급하기 위한 원전연료 확보전략이 필요하며, 이를 위해 제조과정별 공급원의 다원화, 적정 비축량 유지 및 원전연료 기술개발 등을 도모하고 있다.

2. 우라늄 정광

2010년 12월 현재 국내에는 경수로 16기, 중수로 4기(총 설비용량 17,716MWe)가 운전되고 있으며 이에 소요되는 정광(연간 약 4,000톤 U3O8) 전량을 외국에서 도입하고 있다. 한국수력원자력(주)는 우라늄의 안정적인 확보를 위해 공급원을 다원화하여 미국, 캐나다, 호주, 프랑스, 카자흐스탄 등으로부터 정광을 구매하고 있으며, 장기계약과 현물시장 조달물량을 적정 배분하여 경제적이고 안정적인 확보방안을 강구하고 있다.

3. 변환 역무

1988년 한국원자력연구소는 중수로 원전연료 제조를 위한 변환 과정을 국산화하여 국내 소요량(100톤U/년) 전량을 공급하였으나, 1992년 말 경제성 문제로 인해 가동을 중지함에 따라 1993년부터는 캐나다 Cameco사로부터 중수로용 변환역무 전량을 공급받고 있다.

경수로용 변환 역무의 경우도 국내 소요량 전량을 해외에서 도입하고 있다. 다만, 중수로용 변환역무와는 달리 도입선을 미국, 캐나다, 영국, 프랑스 및 러시아 등으로 다원화하고 있으며, 국제경쟁입찰을 통해 소요량을 확보하고 있다.

4. 농축 역무

국내 원전에 소요되는 농축역무 역시 전량 해외에 의존하고 있으며, 5~10년 단위의 계약기간으로 국제경쟁입찰을 통해 미국, 영국, 프랑스 및 러시아 등으로부터 소요량을 확보하고 있다. 또한 정광, 변환 및 농축이 모두 포함된 농축우라늄의 구매계약도 필요에 따라 병행, 추진하고 있다.

5. 성형가공 역무

중수로용 원전연료는 한국원자력연구소에서 연간 100톤U 규모로 1987년부터, 경수로용 원전연료는 한전원자력연료(주)에서 연간 200톤U 규모로 1989년부터 국내 생산을 시작하여 1993년까지 국내 소요분 전량을 공급하였다.

그러나, 1994년 및 1995년에는 영광 3·4호기 초기노심 연료공급을

위한 일시적 소요량 증가로 인하여 국내 경수로용 원전연료 공급용량 부족분을 미국 WH사로부터 도입한 바 있으며, 1997년에는 울진 3·4호기 초기노심용 연료공급에 따른 부족분을 미국 ABB-CE사로부터 도입하기도 하였다.

또한, 중수로용 원전연료는 한국원자력연구소가 연간 100톤의 생산 설비 용량을 갖추고 1987년부터 월성 1호기 소요량을 공급하고 있었으나 월성 2·3·4호기의 건설방침이 확정됨에 따라 중수로 원전연료 생산설비용량이 부족하게 되었고 중수로연료제조사업의 경제성이 저하됨에 따라 한국원자력연구소는 중수로연료제조사업 중단을 고려하게 되었고, 또한 1996년 6월 정부의 원자력사업 추진체제 개편에 따른 원자력사업의 일원화 방침에 따라 한전원자력연료(주)에서 중수로용 원전연료 제조사업을 시작하게 되었다.

이로써 원자력 연료제조사업은 한전원자력연료(주)로 일원화 되었다. 이에 따라, 중수로용 원전연료의 경우도 1996년부터 1998년까지 월성 2·3·4호기의 신규원전건설에 따른 추가 소요량 증가로 인한 국내 공급용량 부족량을 캐나다 CGE 및 ZPI사로부터 도입하기도 하였다.

한편, 원전건설에 따른 성형가공 수요 증가에 대비하여 한전원자력연료(주)가 1998년 1월 경수로용 연간 200톤U, 중수로용 연간 400톤U 규모의 원전연료 성형가공 공장 증설을 완료함에 따라 국내 경·중수로 성형가공 연간 공급용량은 각각 400톤U으로 확충되었고, 이에 따라 1999년부터 국내 경·중수로용 원전연료 소요량 전량을 공급할 수 있게 되었다. 또한 2009년초 경수로 성형가공 시설이 연간 550톤U으로 증설됨에 따라 2016년까지는 국내 소요량 전량을 공급할 수 있게 되었다.

제2장 원전원료 설계 및 제조

한전원자력연료(주) 홍보협력팀장 이종무

제1절 경수로 원전원료

1. 설계 현황

2010년에는 초기노심 8개 호기(신고리1·2호기, 신월성1·2호기, 신고리3·4호기 및 신울진1·2호기)의 사업추진 목표 공정률을 계획대로 100% 달성하였다.

교체노심 설계는 한국표준형 및 웨스팅하우스형 원전 17개 발전소에 대한 노심설계가 일정에 따라 차질 없이 진행되었고, 또한 설계 관련 인허가 업무를 적기에 수행하여 연료의 안정적 공급에 만전을 기하였다.

특히 2010년에 웨스팅하우스형 원전용 개량연료인 17ACE7™이 영광2호기 19주기와 영광1호기 20주기에 첫 상업 장전되었다.

각 호기별 추진 세부실적은 다음과 같다.

가. 초기노심 설계

(1) 신고리 1·2호기 : 2010년 말 기준으로 원전원료 및 초기노심 설계는 98.38% 공정률을 나타내고 있으며, 2010년에는 시운전 자료 생산 및 시운전 현장 지원업무를 수행하였다. 신고리 1호기 백색비상 발생 시 정확한 분석 및 신속한 인허가 지원으로 조속한 원자로 재기동에 크게

기여하였으며 계획된 일정대로 연계자료 및 설계자료를 생산하였다.

(2) 신월성 1·2호기 : 2010년 말 기준으로 원전연료 및초기 노심 설계가 68.36% 공정률을 나타내고 있으며, 2010년에는 운영허가(FSAR) 1차 질의 및 답변을 수행하였다. 제8차 사업추진회의(PRM)가 개최되었고, 현장의 1호기 상온수압시험(CHT)에 입회하였으며 일정대로 연계자료 및 설계자료를 생산하였다.

(3) 신고리 3·4호기 : 2010년 말 기준으로 원전연료 및초기노심 설계가 16.63% 공정률을 나타내고 있으며, 2010년 3월말에는 FSAR 1차 초안을 제출하였고 2010년 11, 12월에는 FSAR 종합(3차)검토회의 업무를 수행하였으며 2011년 6월초 FSAR KINS 제출 예정으로 관련 업무를 추진 중에 있다. APR1400 형 원전에 새로운 설계개념(안전유입 유량 원자로용기 직접주입)을 반영하기 위해 LBLOCA 최적해석 방법론 개발을 연구과제로 수행하여 2010년 2월에 인허가를 취득하였으며 일정대로 연계자료 및 설계자료를 생산하였다.

(4) 신울진 1·2호기 : 2010년 말 기준으로 원전연료 및 초기노심 설계가 16.70% 공정률을 나타내고 있으며, 2010년 5월에 사업종합착수 회의에 참석하였다. 2010년 8월에는 RCOPS FDR 작성 등을 완료하였으며 일정대로 연계자료 및 설계자료를 생산하였다.

나. 교체 노심 설계

국내 가동 중인 17개 경수로형 노심에 대한 2010년 교체 노심 설계 현황은 <표 3-11>과 같다.

〈표 3-11〉 교체 노심 설계 현황

호 기	주 기	설계 착수	예비 장전 모형 생산	안전성 평가 보고서 생산	핵설계 보고서 생산	설계 종료
고리#1	27	-	-	-	'10. 1	'10. 1
	28	'10. 3	'10. 6	'10.11	-	-
고리#2	25	'10. 1	'10. 3	'10. 8	'10.10	'10.11
고리#3	21	'10. 3	'10. 5	'10.12	-	-
고리#4	20	-	-	'10. 2	'10. 5	'10. 6
	21	'10. 9	'10.12	-	-	-
영광#1	20	-	-	'10. 6	'10. 9	'10. 9
영광#2	19	-	-	-	'10. 3	'10. 4
	20	'10. 7	'10. 9	-	-	-
영광#3	13	-	-	-	'10. 3	'10. 3
	14	'10. 7	'10.10	-	-	-
영광#4	13	'10. 2	'10. 6	'10.11	-	-
영광#5	8	'10. 1	'10. 4	'10.10	-	-
영광#6	7	-	-	'10. 1	'10. 4	'10. 4
	8	'10. 8	'10.10	-	-	-
울진#1	18	-	-	'10. 5	'10. 9	'10. 9
울진#2	17	-	-	'10. 1	'10. 4	'10. 4
	18	'10. 9	'10.12	-	-	-
울진#3	11	'10. 3	'10. 5	'10.12	-	-
울진#4	10	-	-	'10. 3	'10. 6	'10. 6
	11	'10.10	-	-	-	-
울진#5	6	-	-	'10. 6	'10.10	'10.10
울진#6	5	-	-	-	'10. 3	'10. 3
	6	'10. 6	'10. 8	-	-	-
신고리#1	2	'10.12	-	-	-	-

2. 제조 현황

1988년 10월부터 양산 체제를 구축하여 1989년 7월 고리2호기 7주기용 원전연료를 납품한 이후 한전원자력연료는 국내에서 소요되는 원전연료 전량을 공급하고 있다.

2010년에는 한국표준형 초기노심 장전연료 및 재장전용 원전연료 700다발, 웨스팅하우스형 재장전용 원전연료 410다발, 총 1,110다발을 생산하였으며, 고리2호기 25주기 교체노심을 포함한 12개 영역에 967다발을 한국수력원자력에 납품하였다. 2010년 말까지 총 누적된 생산량은 13,009다발이다.

〈표 3-12〉 연도별 국산 경수로용 원전연료 생산 현황(1989~2010년)

(단위: 다발, 2010년말 기준)

연도	구분	집합체 수량	누 계	연도	구분	집합체 수량	누 계
'89		292	292	'00		640	5,212
'90		244	536	'01		700	5,912
'91		368	904	'02		720	6,632
'92		392	1,296	'03		742	7,374
'93		363	1,659	'04		737	8,111
'94		397	2,056	'05		737	8,848
'95		382	2,438	'06		730	9,578
'96		439	2,877	'07		750	10,328
'97		583	3,460	'08		769	11,097
'98		569	4,029	'09		802	11,899
'99		543	4,572	'10		1,110	13,009

3. 원전연료 기술개발

가. 개량 원전연료 개발

(1) PLUS7™ 개발

(가) 개발 개요 : PLUS7™ 연료는 국내에서 최초로 개발한 개량 원전 연료이며, 1999년 4월부터 2002년 3월까지 개발을 완료, 노외 성능시험을 거쳐 2002년 12월 울진3호기에 시범집합체 장전을 통해 노내 연소 시험을 시작하였고 3주기 연소시험을 통해 한국표준형 원전에 대한 상용 장전 인허가를 획득하였다. 2006년 6월 울진 원전 4호기를 시작으로 한국표준형 원전 8개 호기에 상용공급하고 있으며, 2011년 4월에 영광5 호기에서는 3주기 연소한 연료에 대한 감시시험을 수행할 예정이다.

(나) 향후 전망 : 2011년에는 3회 연소된 시범집합체 골격체에 대해 한국원자력연구원 Hot Cell 시험시설에서 상세한 파괴 및 비파괴시험을 수행하고 있으며, 기존 한국표준형 OPR1000 교체노심 외에도 신규 원전인 신고리1·2호기, 신월성1·2호기 교체노심 및 APR 1400 원전 초기 노심에 PLUS7™ 연료를 장전할 계획이다. 또한 PLUS7™ 개량 원전연료는 UAE 원전 초기노심 및 교체노심 원전연료로도 수출될 예정이다.

(2) ACE7™ 개발

(가) 개발 개요 : 2001년 8월부터 2004년 7월까지 개발을 완료, 노외 성능시험을 거쳐 16×16형 및 17×17형 웨스팅하우스형 원전용 개량 원전연료 ACE7™ 개발을 완료하여 시범집합체 4다발을 각각 제조하였다.

16×16형 개량 원전연료는 2005년 1월 고리2호기에 시범집합체를

장전하여 3주기 노내 연소시험을 완료하였고, 2008년 7월부터 고리2호기에 상용 장전되어 운전 중에 있다. 17×17형 개량 원전연료는 2005년 7월 고리3호기에 시범집합체를 장전한 이후 3주기 연소시험을 성공적으로 완료하였으며, 2009년 1월에 고리4호기를 시작으로 웨스팅하우스형 17×17형 원전에 상용 장전되어 운전 중에 있다.

(나) 향후 전망 : 2011년 고리4호기에서 상용 공급연료에 대한 3주기 감시시험을 수행할 예정이며, 3주기 연소된 16×16 ACE7™ 시범집합체 일부 연료봉 및 골격체는 한국원자력연구원 조사후시험시설로 옮겨 파괴 및 비파괴시험을 수행하고 있고, 3주기 연소된 17×17 ACE7™ 시범집합체는 일부 연료봉 및 골격체를 2011년 6월 중에 한국원자력연구원 조사후시험시설로 옮겨 파괴 및 비파괴시험을 수행할 예정이다.

(3) HIPER 고유 원전연료 개발

(가) 개발 개요 : 2010년까지 기술소유권이 확보된 세계 최고 수준의 '수출선도형 고성능 고유 원전연료'를 개발하고자 2005년 9월부터 지식경제부 국가전략과제로 착수되어 2010년 8월까지 5년 동안 수행되었다.

OPR1000 및 APR1400 원전용 HIPER 고유 원전연료는 연소성능(65 GWD/MTU 이상), 열적성능(기존 연료 대비 2% 이상), 내진성능(0.3g 지진요건 만족), 신뢰성(무결함 연료) 및 제조성(기존 연료 대비 제조성 향상)이 확보되도록 개발이 추진되었으며, 고유 원전연료 후보모형 도출, 선별시험 및 평가, 주 후보모형 선정, 상세설계, 고유 원전연료 제조기술 개발, 고유 원전연료 부품 및 시험집합체 제조, 부품 및 집합체 노외성능시험, 최종설계를 통하여 HIPER 고유 원전연료 개발을

완료하였다.

HIPER 고유 원전연료는 2011년부터 상용원전에서 시범집합체 노내 연소시험을 수행할 예정이며 2016년부터 국내 OPR1000 및 APR1400 원전에 상용공급할 수 있도록 인허가를 획득하고 해외수출도 추진할 계획이다.

(나) 추진 실적 : 2010년에는 고유 원전연료 시험집합체에 대하여 집합체 진동시험, 500시간 내마모시험 및 최종 압력강하 특성시험을 수행하였으며, 노외 성능시험 결과 및 설계기준 만족 평가를 통하여 최종설계를 완료하였다. 시험집합체 노내 장전 인허가를 위한 시험집합체 장전 노심 안전성평가보고서를 작성하였으며 현재 인허가 기관에서 심사평가 중에 있다. 시험집합체 부품 제조를 위한 공정자격인증시험을 수행하고 HIPER 고유 원전연료 부품을 제조하였으며 2011년 2월에 8다발의 시험집합체 제조를 완료하였다. 그리고 2010년 말까지 국내 35건, 해외 21건의 특허 출원과 국내 29건, 해외 2건의 특허 등록이 수행되었다.

(다) 향후 전망 : 2011년 7월부터 올진 6호기에서 시험집합체 노내 연소시험이 착수되어 2015년까지 3주기 동안 시험집합체 노내 연소성능검증이 수행될 예정이다.

(4) X2-Gen 고유 원전연료 개발

(가) 개발 개요 : 2012년까지 독자 기술소유권이 확보된 ‘웨스팅하우스형 고성능 고유 원전연료’를 개발하고, 2017년까지 상용공급 인허가 획득을 목표로 2008년 1월부터 웨스팅하우스 17형 원전용 고유 원전연료를 개발하고 있다. 국내 상용원전 노내 연소시험이 성공적으로 수

행되면 2018년부터는 국내 원전에 상용 공급할 예정이다.

(나) 추진 실적 : 상세설계를 기반으로 X2-Gen 연료 제조공정이 개발되어 시험집합체 제조용 골격체 4다발을 제조하고, 기계적 특성시험 및 압력강하 시험용 시험집합체 2다발을 2010년 8월에 제조하였다. X2-Gen 연료의 기계적 특성자료 확보를 위하여 X2-Gen 연료 집합체 및 골격체에 대한 기계적 특성시험이 계획대로 수행되었으며, 집합체 압력강하 시험은 2011년에 수행할 수 있도록 준비하고 있다.

또한 X2-Gen 연료의 설계평가를 위하여 시험용 부품을 제조하여 부품 노외 성능시험을 수행하고 있으며 2011년까지 완료할 예정이다.

(다) 향후 전망 : 2012년 중반까지 집합체 노외 성능시험을 완료하고 2013년에 국내 상용원전에 시범집합체를 장전하여 노내 연소시험을 착수할 수 있도록 추진할 예정이다.

나. 공정개선 및 구조부품 국산화

한전원자력연료는 국제 경쟁력 확보와 고객만족을 위한 신뢰성 높은 원전연료를 생산 공급하기 위해 원가 절감 및 품질 향상에 중점을 두고 여러 방면에서 제조공정을 개발 개선하고 있다.

생산성 및 검사성 향상을 목표로 튜브자동 이송장치, 지지격자 번호 각인기 개선, 안내관 부식시험주기 개선, 지지격자 용접치구 분리기 개발, 연료봉 탐상시험기 신호증폭기 개선 등을 수행하였다.

특히 2010년부터 급격히 증가하는 생산량에 대응하기 위해 경수로 연료봉 공정의 자동화 및 최적화 사업을 2007년부터 준비하여 2010년

까지 약 4년간에 걸쳐 수행하였다.

본 사업은 연료봉 생산 능력 증대와 동시에 효율적인 생산시스템을 갖추도록 하기 위해 전체 제조라인 및 개별 공정의 설계에 자동화와 최적화 개념을 도입하여 한정된 제조공간에서 최대의 생산능력을 발휘할 수 있도록 전 공정을 설계하였다.

피복관 양단 가공장비 외 8종 15대의 장비를 개발하여 2009년 말 양산에 적용하였으며, 1종은 개발 완료하여 양산 준비 중에 있다. 이후 2010년 11월까지 연료봉 신 용접 기술 개발 외 3개 공정을 개발하여 본 사업을 완료함으로써 안정적 공급용량 확보와 더불어 생산성 향상 및 원가절감 효과를 거두었다.

한편으로 생산량 증가에 병행하여 집합체의 저장용량 증대의 필요성에 의해 기존 원형 저장랙을 중성자 흡수재를 이용한 조밀 저장랙으로 변경 설계하여 동일 공간 내에서 약 1.5배 저장용량을 확대함으로써 시설투자비를 대폭 절감하는 성과를 거두었다.

(〈표 3-13〉 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황 참조).

그 외에도 2005년도부터는 표준형 원전용 개량연료 PLUS7™에 사용되는 부품을 전량 국산화 개발하였고, 웨스팅하우스형 원전용 개량연료 ACE7™의 경우는 2006년부터 구조부품 및 제조공정의 개발에 착수하여, 16ACE7™ 연료는 2007년 10월 부품 국산화 완료 및 2008년 1월 집합체 제조를, 그리고 17ACE7™ 연료는 2008년 4월 부품 국산화 완료 및 2008년 6월 집합체 제조를 완료하여 그 해 고리4호기 19주기용부터 공급을 시작하였다.

〈표 3-13〉 경수로용 원전연료 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황

구 분	내 용	효 과	개발기간
제조 공정 개선	연료봉 2차용접 기존라인 시스템 개선	생산성 향상	'03. 1 ~ '05.12
	인코넬 지지격자 제조용 경납땜로 증설	생산성 향상	'04. 7 ~ '05.10
	튜브 자동이송장치 개발	생산성 향상	'05. 6 ~ '05. 8
	PLUS7™ 안내관 자동용접기 개선	생산성 향상	'05. 4 ~ '05.12
	PLUS7™ 지지격자 용접치구 분리기 제작	생산성 향상	'05. 1 ~ '05. 5
	지지격자 번호 각인방법 개선	생산성 향상	'05. 1 ~ '05. 3
	연료봉 탐상시험기 신호증폭기 개선	검사성 향상	'07. 6 ~ '07. 8
	집합체 조립장비 장입장치 개선	생산성 향상	'06. 9 ~ '08.12
	신개념 지지격자 레이저 용접기 개발	생산성 향상	'06. 1 ~ '09. 3
	경수로 연료봉 공정자동화 및 최적화 - 피복관 양단 가공 장비 - 봉단마개 용접 자동 검사 장비 - 피복관 이송 및 저장 시스템 - 소결체 자동 적재 장비 - 소결체 건조랙 이송 로봇 - 헬륨누출 검사 장비 - 연료봉 저장 장비 - 연료봉 자동 위치선정 장비 - WH형 안내관 용접장비 - 연료봉 신용접 기술 개발 - 안내관 신용접 공정 개발 - 연료봉 표면 비파괴검사 기술 개발 - 락카/디락카 대체 타당성 연구 개발	생산용량 증대 생산성 향상 원가 절감	'07. 1 ~ '10.11
	집합체 저장고 증설	원가 절감	'08. 1 ~ '10. 6
부품 국산화	웨스팅하우스형 개량연료 ACE7™ 구조	원가 절감	'08. 1 ~ '10. 6
	부품 및 제조공정 국산화	원가 절감	'06. 9 ~ '08. 5

다. 지르코늄합금 튜브 제조기술 개발

(1) 개발 개요 및 추진실적 : 2003년 말부터 지르칼로이 합금 국산화에 착수하여 2008년 말에 성공적으로 개발을 완료하여 2009년 1월부터 상업가동을 시작했다.

2009년 웨스팅하우스사 품질보증감사를 시작으로 튜브 수출 자격인증을 2010년 12월에 획득하였고 2011년부터 3년간 경수로 피복관 50,000개(22억원, 교체노심 3개호기용)를 수출할 계획이다.

2010년 3월에는 국산 피복관으로 제조된 원전연료가 울진6호기 5주기에 최초 장전을 시작으로 국내 경수로 17기 원자력발전소에 전량 생산·공급하고 있다. 한편, 한국원자력연구원에서 개발한 원전연료 피복관용 신소재 HANA Alloy TREX를 이용한 튜브를 경수로용 원전연료 제조에 적용하기 위해 HANA합금 튜브 제조 공정자격인증시험을 2010년 말에 수행 완료하였으며, 이를 통해 부식성능과 기계적 특성이 향상된 신합금 원전연료 튜브의 상용화를 추진 중에 있다.

(2) 향후 전망 : 원전연료 피복관 제조공장은 각종 특성시험 및 시운전시험을 통하여 축적한 경험을 바탕으로 생산라인의 자동화와 효율을 높이고 품질건전성을 확보하여 해외 선진경쟁사와의 경쟁력을 확보할 것이다. 또한, 피복관의 자체생산은 피복관의 국산화에 국한하는 것이 아니라 한전원자력연료가 회사의 비전을 걸고 추진하는 원전연료 해외수출의 기반을 확고히 한다는 점에서 매우 중요한 의미가 있다.

라. 원전 노심설계코드 개발

(1) 개발 개요 : 2006년부터 정부과제를 통해 기술소유권이 확보된 원전 노심설계코드 개발을 추진했으며, 2012년까지 총 16종의 코드 개발 및 인허가를 목표로 진행하고 있다.

(2) 추진 실적 : 42개월에 걸친 개발 1단계(2006.10~2010.3) 기간 중 노심설계에 필요한 모든 코드가 개발되었으며 이중에 KARMA/ASTRA, THALES, ORCA, ROPER, DYTRAC, ASCORE는 인허가가 필요한 코드들로서 1단계 개발에서 ASCORE를 제외한 모든 코드들에 대한 인허가 보고서 작성을 완료하여 인허가 중에 있다.

〈표 3-14〉 원전 노심설계코드 국산화 종류 및 기능

개발기관	코드이름	설계분야	기 능
KEPCO NF	ASTRA	핵설계	다차원 노심해석
	ASTRA1D	핵설계	1차원 노심해석
	THALES	열수력설계	노심 부수로 해석
	ORCA	열수력설계	신속 DNBR 계산
	ROPER	연료봉설계	연료봉 성능 해석
	XDNB	연료봉설계	연료봉 DNB 전파
	XGCOL	연료봉설계	피복관 함몰 분석
	DYTRAC	집합체/제어봉설계	집합체 지진해석
	CAPER	집합체/제어봉설계	집합체 노내 성능 해석
	ROVIN	집합체/제어봉설계	연료봉 진동 및 안정성 해석
	CEDRA	집합체/제어봉설계	제어봉 낙하시간 해석
	CESTA	집합체/제어봉설계	제어봉 응력 해석
	CEATHER	집합체/제어봉설계	제어봉 열적 성능 해석
	PLESCAN	집합체/제어봉설계	연료봉내 스프링성능 해석
KAERI	KARMA	핵설계	균정수 생산
KEPRI	ASCORE	핵설계	원자로 출력 계산
서울대학교	nTracer	핵설계	미래형 핵설계 코드
	McFLOP	핵설계	장전모형 검증

(3) 향후 전망 : 2단계 개발은 2010년 4월부터 2012년 12월까지 총 33개월간 수행될 예정이며 기관별 주요 내용은 아래와 같다.

- KEPCO NF (총괄기관): 인허가 지원, 설계 방법론 및 절차서 개발, 설계적용성 검토

- KAERI (위탁기관): 군정수코드 개선 및 기능 확장, 부수로코드 검증체계 개발
- 서울대 (위탁기관): 장전모형 생산기 개발 및 ASTRA 계산능력 검증
- KEPRI (참여기관): 운전지원코드 개선 및 기능 확장
- NETEC (참여기관): 핵심코드기반 원전운영지원절차서 개발

2단계 개발이 성공적으로 완료되면 노심설계코드는 국내 웨스팅하우스형, OPR1000, APR1400 노심설계에 사용될 예정이며 현재 차세대 원전으로 개발중인 APR+ 원전에도 사용될 예정이다.

마. 원전 안전해석코드 개발

(1) 개발 개요 : 국내외 원천기술 소유권 확보를 위한 경수로 원전용 안전해석코드 개발과제가 한국수력원자력, 한전 전력연구원, 한전원자력연료, 한국전력기술 등이 참여하여 2006년 10월에 착수되었다. 이 코드 개발에서 한전원자력연료는 원자로 냉각재펌프 등의 원전기기 모델, 임계유동 등의 특수현상 모델, 열구조체 모델, 연료봉 모델, 원자로 동특성 모델 등의 16개 모델 개발을 담당하고 있다.

(2) 추진 실적 : 2009년에는 2006년 이후에 개발된 개별모듈의 통합 및 기초검증 작업이 수행되었다. 2010년 3월 말로 1단계 코드원형 개발이 완료되었으며, 개발된 코드는 SPACE로 명명되었다.

한전원자력연료는 2010년 4월부터 본 코드개발과제 참여를 중단하고, 대신 긴급한 “원전안전해석방법론 개발” 과제에 전적으로 참여하는

것으로 결정되었다.

바. 원전 안전해석방법론 개발

(1) 개발 개요 : 원전안전해석코드개발 과제에서 개발된 SPACE 코드의 사업적용을 위해서는, 사고별 안전해석방법론의 개발 및 인허가가 필수적이다. 동 안전해석방법론의 개발에는 관련 실험입력 작성, 실험 대비 코드예측성능평가, 발전소 적용성 평가, 발전소 민감도 분석 등의 일련이 작업이 수행되어야 한다. 한전원자력연료는 2010년 4월부터 대형냉각재상실사고 해석방법론과 노심과도안전해석 방법론 개발에 참여하고 있다.

(2) 추진 실적 : 대형냉각재상실사고 방법론 개발에서는, 실험자료 기반 주요 현상 예측성능 확인(I), 발전소 예측성능 확인, 코드 개선 사항 도출 및 오류보고 등의 업무가 2010년에 수행되었다. 같은 기간에 노심과도해석방법론 개발에서는 SPACE 코드 적용성 평가, Non-LOCA 분석용 예비 모델 개발, 예비 초기화 방법론 개발 등의 업무가 수행되었다.

(3) 향후 전망 : SPACE 코드를 사용한 안전해석방법론 개발 과제는 2012년 12월까지 진행된다. SPACE 코드의 인허가 용 최종본은 2011년 말에 완성될 계획이다. 이때까지 방법론 개발에 필요한 실험 및 발전소 입력 개발, 코드평가 및 개선, 발전소 초기화 방법론 개발 및 연계자료 확인, 관련 민감도 분석, 불확실도 분석 등의 작업이 완성되어야 한다. 인허가 계산에 사용될 SPACE 코드의 완성도를 높이기 위해서는,

오류 및 개선보고 등을 통한 코드개발과제와의 밀접한 연계가 동시에 추진되어야 한다. 2012년 12월까지 사고별 안전해석방법론의 인허가 문서가 생산될 계획이며, 이후 3단계에서는 국내 인허가가 진행될 예정이다.

사. 경수로 신연료 운반용기 개발

(1) 개발 개요 : 국내외 방사성물질 운반규정(교과부 고시 2009-37호 및 IAEA Safety Standards Series TS-R-1) 강화에 따라 2006년 12월 이후의 모든 원전연료 운반용기는 강화된 기준을 만족하여야 한다. 이에 따라 한전원자력연료에서는 사용 중인 기존의 운반용기 3종 80대를 새로운 규정에 맞춰 제작하기 위하여 ‘경수로 신연료 운반용기 국산화 개발’을 정부 수탁과제로 2007년 3월부터 수행하였다.

(2) 추진 실적 : 과제 수행에 앞서, 기존의 운반용기 중 AREVA사로부터 도입한 RCC-3(20대) 운반용기는 웨스팅하우스사의 기술지원으로 임시로 설계변경을 수행하였으며(2003년 12월), 그 외의 운반용기에 대하여 2012년으로 사용기간 연장을 과기부로부터 승인받았다(2007년9월).

이어 정부과제로 새로운 국산 운반용기 개발을 2007년 3월부터 착수하여, 2008년 2월에는 운반용기의 기본설계를 그리고 9월에는 상세설계를 완료한 후 시제품 제작과 인·허가 시험을 수행한 결과를 기준으로 2010년 1월 한국원자력안전기술원으로부터 설계승인서를 획득하였다. 2012년까지 기존 용기를 대체할 신연료 운반용기 88대를 제작할

예정이다.

(3) 향후 전망 : 강화된 국내외 규정에 만족하는 운반용기 개발에 따라 방사성물질 운반의 안전성 및 신뢰성이 제고되고, 원천기술 확보로 인한 경제성이 향상될 전망이다. 또한, 설계기술 수준의 선진화 및 해외 수출 가능성이 확보될 수 있다.

아. 원전연료 신뢰도 제고 기술 개발

(1) 개발 개요 : 노심 환경변화에 대응할 수 있는 전수명 연료신뢰도 관리시스템 개발, 연료봉 · 집합체 구조부품의 성능평가를 위한 조사후 연료에 대한 고유 노내성능 검사장비 개발 및 핫셀검사 기술개발을 2단계(2007.8~2013.7)에 걸쳐 수행 중이다. 본 과제를 통하여, 선진국 수준의 연료성능 검사기술 인프라 구축으로 수출선도형 고성능 고유연료 및 코드개발에 필요한 필수 성능자료를 제공할 수 있으며, 노내 검사 독자기술소유권 확보로 원전연료 수출 시 필수적인 검사기술 제공 또는 필요한 성능검증을 수행할 수 있게 된다. 또한, 무결함연료 목표달성에 필요한 연료신뢰도 관리체계 구축, 신뢰도 향상방법론 개발 및 조사후 연료 성능검사 인프라 구축 등의 요소기술을 보유함으로써 원자력에 대한 대국민 수용성을 향상시키게 된다.

(2) 추진 실적 : 2010년에는 신뢰도 관리시스템 베타버전을 개발하였으며, 노내 성능검사 장비 시제품을 제작하였다. 또한 조사연료의 구조부품 핫셀검사를 위한 1단계 장비 구축을 완료하였으며, 3주기 연소

한 PLUS7™ 및 16ACE7™ 골격체에 대한 핫셀시험을 수행 중이다.

(3) 향후 전망 : 전수명 연료신뢰도 DB 시스템의 보완 및 검증, 고유 손상감시코드 개발, 고유 노내성능 검사장비의 성능시험, 시운전 및 최적화, 조사연료 구조부품의 추가 핫셀 시험장비를 구축하여 2012년까지 개발 목표를 달성할 계획이다.

4. 원전연료 서비스

1995년에 국내 원전연료 서비스 기술자립을 목적으로 연료서비스팀을 구성하여 해외 기술연수, 수리장비 개발과 외국 회사와 공동 수리작업 등을 통하여 2000년부터 자체 인력과 장비로 연료 수리작업을 수행하게 되었다.

연료수리는 수중에서 누설연료봉(Leakage Fuel Rod)을 스테인레스 스틸 모의연료봉(Stainless Steel Dummy Rod)으로 교체하거나 손상된 부품을 수리하는 작업으로 2000년 2월 영광 2호기에서 국내기술로 최초 실시하였으며, 2010년 12월까지 총 17개 호기에서 20다발을 수리하였다. 개량연료 건전성 검사와 관련하여 2010년 3월에 고리3호기에서 17ACE7™, 5월에는 울진4호기 M5 피복관, 9월에는 영광1호기 HANA 피복관, 12월에는 영광5호기 PLUS7™ 연소 후 집합체 정밀검사를 수행하였다.

또한 2010년에 중수로 사용후핵연료 건전성 검사장비 및 기술개발 상용화 완료 및 울진1호기 아연주입에 따른 핵연료 건전성 평가를 위한 크러드 시료채취 및 연료봉 산화막 검사 를 성공리에 수행하였다.

연료서비스 기술 향상과 개량연료 개발 및 발전소의 효율적 운영 지원을 위하여 지속적인 연구개발 중에 있으며, 현재 중수로 사용후핵연료 건전성 검사 장비 및 기술개발과 경수로용 사용후핵연료 노내연소 성능검사 장비 및 기술 개발 등 2개 과제를 수행 중에 있다.

원전연료 서비스분야의 연구개발 과제 내용 및 기술 확보 현황을 <표 3-15>에 요약하였다.

<표 3-15> 연구개발 과제 내용 및 연료서비스 기술 확보 현황

순번	기 간	내 용	후원 및 지원기관	성과 및 활용
1	'99.10 ~'02.4	가압경수로 원전연료 수리기술 개발	산업자원부 '전력산업 기술개발사업' 연구개발과제	• 연료 수리장비 개발 • 수리용원 기술 연수 • 수리장비 현장 적용
2	'02.3	원전연료 서비스 건물 준공	자체 예산 투자	• 연료 수리 및 검사 모의 시험
3	'02.9 ~'05.8	사용후핵연료 정밀검사기술 개발	산업자원부 '원전 기술고도화' 연구개발 과제	• Zirlo 피복관 성능검사 • PLUS7™ 연료 노내 입증시험
4	'04.4 ~'07.3	축방향 출력 불균형 방지를 위한 크러드 제거기술 개발	산업자원부 '원전 기술고도화' 연구개발 과제	• AOA 해소에 따른 출력 증강 • 발전소 운전원 피폭 저감
5	'07.3 ~'10.2	중수로 사용후핵연료 건전성 검사장비 및 기술개발	산업자원부 '전력산업기술개발사업' 연구개발과제	• 중수로형 연료검사기술 확보 • 결함연료 분리저장 기술 구축
6	'07.8 ~'13.7	사용후핵연료 노내연소 성능검사장비 및 기술개발	산업자원부 '전력산업기술개발사업' 연구개발과제	• 연료성능 고유 검사장비 개발 • 노내 연소성능 평가기술 구축

제2절 중수로 원전연료

1. 제조 현황

한전원자력연료는 1997년 말 준공한 연산 400톤U 생산규모의 가공 시설에서 국내 중수로형 원전에 소요되는 원전연료 전량을 생산 공급하고 있다. 2010년에는 월성 원전 4기에 중수로형 원전연료 19729다발을 공급하였고, 1998년 이후 현재까지 총 251,953다발을 공급하고 있다(<표3-16>참조).

〈표 3-16〉 연도별 국산 중수로용 원전연료 공급 현황(1998~2010년)

(단위 : 다발, 2010년말 기준)

연도 \ 구분	집합체 수량	누 계	연도 \ 구분	집합체 수량	누 계
1998	14,112	14,112	2005	21,528	151,308
1999	18,828	32,940	2006	22,248	173,556
2000	15,696	48,636	2007	21,204	194,760
2001	19,872	68,508	2008	21,168	215,928
2002	19,872	88,380	2009	16,296	232,224
2003	19,872	108,252	2010	19,729	251,953
2004	21,528	129,780			

2. 기술개발

2010년도에는 생산성 향상과 원가 절감 및 품질 향상을 위해 간격체 성형장비 국산화 개발 외 11건의 제조공정 개선 및 장비개발(<표 3-17> 참조)을 수행하였으며, 2011년에도 월성원자력발전소에서 소요되

는 원전원료 수요량의 적기 공급과 고품질의 원전원료 제조를 위해 피복관 베이킹 오븐 개선, 소결체 분류 및 길이 맞춤기 개선 등을 지속적으로 추진할 예정이다.

〈표 3-17〉 중수로용 원전원료 주요 제조공정 개선 및 장비개발 현황(2010년도)

기술개발 내용	효 과
간격체 성형장비 국산화 개발	생산성 향상
지지체 코이닝 공정 사이클 타임 단축	생산성 향상
가접 및 경납땜 3호기 냉각수 공급장치 개선	품질 향상
가접 및 경납땜 3호기 지지체 공급 블록 개선	원가절감
흑연도포 챔버 개선	원가절감
베이킹 오븐 진공 배기관 개선	원가절감
흑연도포 치구 세척 자동화 장치 제작	생산성 향상
황산 보관대 개선	생산성 향상
연료봉 용접기 용접실린더 국산화 개발	원가절감
집합체용접기 변수 재설정	품질 향상
집합체번호 각인장치 개선	품질 향상
집합체번호 재작업 자동 각인장치 제작	품질 향상

제3장 방사성폐기물 관리

한국수력원자력(주) 안전처 방사선안전팀장 고영우

제1절 개 요

일반 산업 활동에서 산업폐기물이 발생하는 것처럼 원자력을 이용한 산업 활동에서도 폐기물이 발생된다. 원자력발전소, 병원 및 연구소의 운영 중 방사성 물질에 의해 오염된 폐기물으로써, 방사선관리구역에서 작업에 쓰였던 작업복, 종이, 기기부품, 공구 등이 이에 해당된다. 보통 방사성 물질을 제거해서 재사용 하지만 더 이상 쓸모가 없게 된 대상물이 방사성폐기물로 분류된다. 그러나 그 양은 생활폐기물이나 산업폐기물 등 다른 폐기물에 비해서 그 양이 매우 적고 발생하는 곳도 한정되어 있어서 격리 및 체계적 관리가 용이하다.

원자력발전은 화석연료를 사용하는 발전방법에 비해 거의 환경오염을 초래하지 않아 환경보호를 위해 그 필요성을 인식하고 있으며 화석연료 가격이 불안정해지면서 세계적으로 원자력발전이 다시 부흥기를 맞아 원전을 다시 건설하고자하는 분위기가 고조되고 있다. 그러나 과거의 전쟁과 몇 건의 심각한 사고에 대한 기억은 아직도 일반인들에게 불안 심리를 갖게 하고 있으며 원자력을 이해하는데 악영향을 미치고 있다.

우리나라에서는 어렵게 중·저준위 방사성폐기물 처분부지가 선정되어 처분장 건설이 진행되고 있으나 사용후핵연료의 중간저장을 위한

준비에는 아직도 많은 어려움이 있을 것으로 예상되고 있다. 원자력이 1950년대 군사적 목적으로 사용되면서 세상에 알려지고 반핵운동이 지속적으로 유지되면서 원자력에 대한 부정적인 이미지가 깊어 원자력발전 전에 의한 여러 가지 혜택이 가려지고 대중적 호응도가 아직 개선되지 못하면서 방사성폐기물에 대한 일반인의 과잉 반응은 과학적인 근거와는 전혀 관계없이 일부 환경단체와 함께 정치·사회적 목적에 따라 많이 호도되는 경향이 있다.

방사성폐기물은 발생원 및 발생량이 극히 적고, 더구나 다른 일반폐기물과 달리 시간이 지남에 따라 방사능이 감소하는 특징이 있어 공학적인 조치를 통해 인간 및 환경에 전혀 위해가 없도록 관리할 수 있음에도 불구하고 일부에서 방사성폐기물이 경계의 대상으로만 인식되고 있는 것은 매우 안타까운 일이다. 방사성폐기물의 처분은 유럽 및 일본 등 선진 외국의 처분장 운영 사례에서도 입증되듯이 원전과 마찬가지로 안전을 위주로 관리하는 완벽한 시설임을 인식시키기 위한 노력이 계속되어야 한다.

1970년대 말부터 본격화된 우리나라의 원자력산업은 지난 30여 년간 괄목할 만한 성장을 이룩하여 현재 21기의 원자력 발전소가 가동되고 있고, 9개의 신규 원전이 건설 중에 있어 명실공히 원자력발전 국가로 발돋움하였다. 국내 전력수요의 약 31%를 원자력발전으로 충당하고 방사선 및 방사성동위원소의 이용 면에서도 국가산업 발전에 비례하여 산업적 이용이 큰 폭으로 늘어나고 그 이용분야가 더욱 다양화, 고도화되는 추세에 있다. 더구나 국내 원전 건설 및 운영기술의 해외수출 가능

성이 커지면서 청정에너지로써 국가 산업발전에 기여하는 바가 클 것으로 기대되고 있다.

이처럼 국내 원자력 산업이 확대되면서 방사성폐기물의 안전한 관리 및 처분은 지속적인 원자력이용을 위해 매우 중요한 사안이다. 국내 원자력 산업에서 생성된 방사성폐기물은 원전에서 배출되는 사용후핵연료를 제외하고는 모두 중·저준위 방사성폐기물이다. 발생원별로는 원전에서 생성되는 폐기물이 대부분을 차지하고 있으며, 연구용 원자로 및 기타 방사성동위원소 이용기관에서 나머지 방사성폐기물을 발생시키고 있다. 한수원(주)은 원전에서 발생하는 방사성폐기물을 원전 부지 내 방사성폐기물 저장고 등에 보관하고 있으며, 방사성동위원소 폐기물은 한국방사성동위원소협회에서 수거 및 운반하여 한국방사성폐기물관리공단의 전용 저장시설에 보관하고 있다. 중·저준위 방사성폐기물 처분장이 건설되면 원자력발전 및 방사성동위원소 이용으로 발생한 폐기물을 안전하게 처분하게 될 것이다.

제2절 사용후핵연료 관리

1. 저장관리

사용후핵연료는 그 속에 포함된 핵분열생성물 때문에 원자로에서 꺼낸 이후에도 오랜 기간 동안 방사선과 열이 발생한다. 따라서 발전소에서 근무하는 작업자를 방사선으로부터 보호하고 열을 제거하기 위하여 사용후핵연료는 발전소의 원전연료취급건물안의 수조(지속적인 냉각

설비가 갖추어져 있고, 이를 “사용후핵연료저장조”라 부른다)에 저장한다. 사용후핵연료 중간저장시설의 건설이 늦어짐에 따라 상업운전을 시작한지 오래된 각 발전소의 사용후핵연료 저장용량을 확장하기 위해 고리3·4호기, 울진 1·2·3·4호기 및 영광 1·3·4호기를 대상으로 조밀저장대를 교체하였다. 현재는 울진/영광 5·6호기도 조밀저장대 교체를 추진 중에 있다.

최근 해외에서는 물 속에 사용후핵연료를 저장하는 기술 외에도 콘크리트 또는 탄소강 등으로 방사선을 막고 자연순환 되는 공기를 이용해



〈그림 3-4〉 월성 사용후핵연료 조밀건식저장시설

〈표 3-18〉 사용후핵연료 시설용량 및 저장실적(2010년 말)

(단위 : 다발)

구 분	시설용량*	저장실적
고 리	5,448	4,525
월 성	499,632	327,416
영 광	6,396	4,340
울 진	5,550	3,639

※ 비상노심분 제외

냉각시키는 기술을 적용한 건식저장시설을 운영하고 있다. 우리나라에서도 월성원자력발전소에 이러한 공기냉각식 콘크리트 구조물 형태의 저장시설을 1992년, 1998년, 2002년 및 2006년 4회에 걸쳐 건식저장시설을 건설하였으며, 2010년 2월에 조밀건식저장시설 건설을 완료하였다. 현재 호기 간 사용후핵연료 운반 등을 통하여 2016년까지 사용후핵연료를 원전부지 내에 저장할 수 있도록 추진 중에 있다. 2010년 말 현재 사용후핵연료의 저장관리현황은 <표 3-18>과 같다.

2. 중간저장

중간저장이란 사용후핵연료를 직접처분하거나 재활용 처리를 하기 전 사용후핵연료의 방사능과 발열량을 충분히 낮추기 위해 저장하는 것을 말한다. 정부가 중간저장시설 건설 등을 포함한 종합적인 사용후핵연료 처리방침을 국가정책방향, 국내·외 기술개발 추세 등을 감안하여 추후 검토 결정할 예정으로 있다.

3. 영구처분

사용후핵연료는 열이 식을 때까지 충분히 원전 부지내 또는 중간저장시설에 보관하다가 지하 깊이 최종 처분하는 개념이 세계적으로 널리 인정되고 있다. 이에 따라 일부 국가에서는 이미 암반특성을 연구하는 지하 실험시설을 운영 중에 있다. 그러나 다른 한편에서는 회수 가능한 처분방안 연구가 계속되고 있는데 이는 다음 세대에 더 효과적인 처분

방법이 개발될 것이므로 사용후핵연료를 회수할 기회를 주지 않고 최종 처분하는 것은 비경제적일 수도 있다고 보는 견해에서 비롯된다. 미국에서는 사용후핵연료를 직접 영구처분할 목적으로 영구처분시설 확보를 위해 추진해 왔으나, 오바마 정부가 들어선 이후 2009년 초에 보류되어 최종 처분방식은 추후 결정될 예정이다. 프랑스, 독일, 일본, 영국 등과 같은 나라에서는 재처리하고 남은 고준위 고화체를 2030~2040 년대에 영구처분할 예정으로 있다. 한수원(주)은 1983년부터 상업운전에 들어가는 원전에 대해 향후 사용후핵연료 처분에 소요될 비용, 수명 종료 후 원전의 해체철거비 및 철거 시 발생될 중·저준위 폐기물 처분비용을 함께 적립하고 있으며, 이를 매년 발전원가에 반영하고 있다.

해외 각국에서는 사용후핵연료의 누적량이 처분장을 운영하기에는 적절한 경제적 규모에 도달하지 않았다고 판단하여 원전 부지 내, 재처리 시설 내 또는 중간저장시설에 저장하고 있고, 아직 영구처분장을 운영하고 있지는 않으며 자체적 또는 공동으로 해결책을 찾는데 부심하고 있다.

제3절 중 · 저준위 방사성폐기물 관리

1. 기체폐기물 관리

가. 발생원

원자력 에너지는 우라늄이 중성자를 흡수하여 핵분열하는 과정에서 발생된다. 핵분열 과정에서 생성되는 핵분열생성물은 대부분 연료봉 안에 격리되어 있지만 극히 일부가 원자로 냉각재계통으로 이동하여 원자

로, 원자로건물 및 보조건물 내 각종 설비에 존재하게 된다. 방사성 기체는 원자로 냉각재시스템의 냉각수 수질을 정화하는 과정과 방사능에 오염된 액체 방사성폐기물을 수집·처리하는 과정에서 발생한다.

나. 처리방법

기체 방사성폐기물은 기체폐기물 저장탱크에 압축 저장하여 일정기간 동안 저장하여 반감기가 짧은 방사성 동위원소는 완전 붕괴시키고 방사성 옥소와 반감기가 긴 방사성 동위원소는 여과설비로 제거한 후 배출하는 방법(고리1발전소, 울진1발전소)과 활성탄 지연대와 고효율 여과기(HEFA Filter)를 이용하여 기체 폐기물을 제거하는 방법(고리2발전소, 울진 2·3발전소, 영광, 월성 발전소)을 이용하여 처리한 후 방사능 연속감시기로 감시하면서 배출한다.

다. 배출관리

교육과학기술부 고시 제2009-37호(방사선 방호 등에 관한 기준)에 의하면 기체 방사성폐기물에 대한 배출 방사능량은 발전소 부지경계에서 배출관리기준 상의 제한값을 초과하지 않도록 규정하고 있다. 또한, 원자력법 시행령에서는 기체배출로 인한 발전소 인근 주민의 방사선 영향이 연간 선량한도를 넘지 않도록 제한하고 있다. 이에 따라 원자력 발전소에서는 이러한 관련 규정을 준수하기 위하여 정기적으로 시료를 채취·분석하고 기체 폐기물을 외부로 배출하기 전에 방사성물질의 종류 및 농도를 측정하여 발전소 인근 주민이 거주하는 지역에서 배출관리기

준을 초과하지 아니함을 확인하고 있다. 외부 배출 중에도 방사선감시기로 연속적으로 감시하며 만약 방사능이 기준치에 도달하게 되면 방사선감시기가 이를 감지하여 배출을 차단시키는 신호를 발생시키게 된다.

방사성 기체 폐기물의 배출로 인해 인근 주민이 받는 영향은 배출 핵종별 방사능량, 기상상태, 반경 80km 이내 지역사회의 각종 자료를 “발전소 인근 주민 방사선량 피폭평가 프로그램(ODCM)”에 입력하여 평가한다.

2010년도의 발전소 인근주민에 대한 방사선영향을 평가한 결과는 <표 3-19>와 같다. 기체 폐기물로 인해 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 지난해에 받은 것으로 예상되는 전신선량은 최고 0.0046 밀리시버트(mSv)였고, 액체 폐기물로 인한 전신선량은 최고 0.000602mSv였다. 부지별 평가에서는 가장 높은 주민선량을 보인 월성의 경우 다수호기 운영에 적용하는 설계기준치 0.25mSv의 약 2%, 일반인에 대한 선량한도 1mSv의 약 0.5% 수준으로 미미한 수준이다.

<표 3-19> '10년 기체 및 액체 방사성 유출물 배출에 의한 주민예상선량 평가

구 분	설계기준치 (mSv/yr)	주민피폭선량			기준치대비 (%)
		액 체	기 체	계	
고 리	0.25	7.41E-05	1.05E-03	1.12E-03	0.45
월 성	0.25	6.02E-04	4.60E-03	5.20E-03	2.08
영 광	0.25	3.76E-05	2.13E-03	2.17E-03	0.87
울 진	0.25	2.78E-05	2.58E-03	2.61E-03	1.04

2. 액체폐기물 관리

가. 발생원

액체폐기물 발생의 근원은 핵분열생성물과 방사화생성물이 들어 있는 원자로 냉각재이며, 원자로 냉각재를 정화하는 과정에서 발생하는 것과 펌프, 밸브 등의 기기로부터 누설된 물을 수집한 것, 방사선 작업복 등을 세탁한 물 등으로 구성된다. 액체폐기물은 포함된 방사능의 양, 화학적 순도에 따라 발생원에서부터 분리하여 수집하도록 되어 있다.

나. 처리방법

원자로냉각재의 처리과정에서 발생하는 액체 방사성폐기물에는 입자나 이온형태의 방사성물질뿐만 아니라 붕산도 포함되어 있으므로 여과기 및 붕산증발기로 구성된 붕산회수설비를 사용하여 붕산은 재사용하고 이 과정에서 붕산과 함께 있던 방사성물질은 제거된다. 방사능이 제거된 물은 발전소에서 재사용하거나 방사능 연속감시기로 감시하면서 배출하고 있다.

각종 기기로부터 건물바닥으로 누설된 액체 방사성폐기물은 먼지 등 불순물을 포함하고 있기 때문에 저장탱크에 수집하였다가 액체 방사성폐기물 처리설비인 여과기, 이온교환수지탑 및 폐액증발기 등을 사용하여 처리한다.

다. 배출관리

기체 폐기물에 대한 배출관리와 마찬가지로 액체 방사성폐기물에 대

해서도 교육과학기술부 고시 제2009-37호의 배출관리기준 상의 제한 값을 초과하지 않도록 관리하고 있으며 발전소 인근 주민의 방사선 영향도 원자력법 고시에서 정한 연간 선량한도를 넘지 않도록 제한하고 있다. 원전에서는 이러한 관련 규정을 준수하기 위하여 정기적으로 시료를 채취·분석하고 액체 폐기물을 외부로 배출하기 전에 방사성물질의 종류 및 농도를 측정하여 발전소 인근 주민이 거주하는 지역에서 배출관리기준을 초과하지 아니함을 확인하고 있다. 액체 폐기물도 배출 방사능이 기준치에 도달하게 되면 방사선 연속감시기가 이를 감지하여 배출을 차단시키는 신호를 발생하게 된다.

액체 방사성폐기물의 배출로 인해 인근 주민이 받는 영향도 “발전소 인근 주민 방사선량 피폭평가 프로그램(ODCM)”에 입력하여 평가한다.

액체 폐기물은 증발·농축·여과 등을 거쳐 방사능 농도를 최대한 낮추어 배출하고 있으며 2010년도에 가동 중인 원전으로부터 배출된 액체폐기물의 전베타-감마선(β - γ)은 총 0.0020테라베크렐(TBq)이었으며, 액체 유출물로 인한 연간 주민 예상 방사선량은 가장 높았던 월성의 경우 $6.02 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 로서 액체 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량한도 0.03mSv의 2% 수준으로서 안전하게 관리되고 있다. 발전소별 배출실적은 <표 3-20>과 같다.

〈표 3-20〉 '10년도 방사성 기체 및 액체 배출실적

구분	단위	고 리		월 성		영 광			울 진			신고리
		1발	2발	1발	2발	1발	2발	3발	1발	2발	3발	1발
기체	TBq	1,30E+00	4,36E-01	5,87E-01	8,77E+00	7,07E-03	2,39E-02	1,25E-02	4,40E-01	2,36E-02	1,88E-01	2,95E-03
액체	TBq	2,55E-05	7,44E-07	1,49E-03	3,25E-04	LLD미만	LLD미만	3,33E-05	LLD미만	LLD미만	1,08E-04	4,24E-04

주) 삼중수소 제외

방사선에 관하여 세계 최고기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)가 일반시민에 대해 권고한 개인선량이 1년에 1밀리시버트(100밀리렘)이고, 원전이 없어도 우리 인간은 자연적으로 받는 개인선량이 2.4밀리시버트(240밀리렘) 혹은 그 이상인 점을 생각해 본다면 원전 운영으로 인해 주민이 받는 영향은 없다고 볼 수 있다.

3. 고체 폐기물 관리

가. 발생원

고체 방사성폐기물은 기체 및 액체 방사성폐기물의 정화에 사용된 필터, 이온교환수지 및 액체폐기물 증발기의 농축폐액, 그리고 방사선 작업자들이 사용했던 작업복, 도구, 휴지 등의 잡고체로 구분할 수 있다.

나. 특징

고체 방사성폐기물은 일반 산업폐기물에 비하면 발생량이 매우 적으며, 일반 산업폐기물의 경우 유해물질이 소멸되지 않으나 방사성폐기물 중의 방사능은 각각의 고유 반감기에 따라 시간이 지나면 세기가 감소

된다. 따라서 방사성폐기물을 생활환경으로부터 격리하고 적절한 시간 동안 보관해 두면 방사능을 내지 않는 일반폐기물로 전환이 가능하다.

다. 처리방법

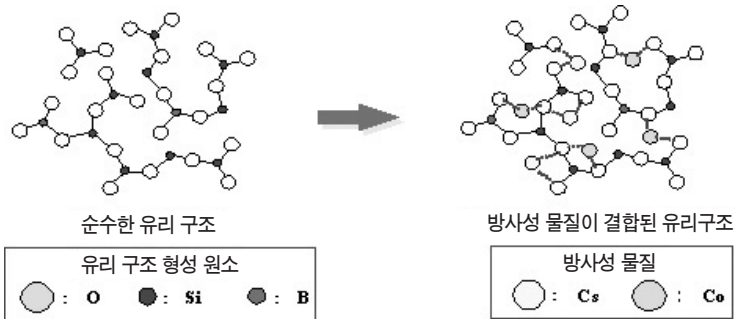
고체 방사성폐기물은 종류에 따라 알맞은 처리방법을 사용하여 그 부피를 감용하고 형태를 안정화함으로써 원전부지 내 임시저장시설의 이용효율 극대화, 영구처분 비용 절감, 최종 방사성폐기물의 특성 안정화 및 작업종사자 피폭 방사선량 저감을 도모하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 압축이 가능한 잡고체폐기물은 수집하여 30톤 압축기로 드럼 내에서 압축하여 뚜껑을 닫아 밀봉처리 한다. 폐수지는 완전 건조 후 고건전성용기(HIC, High Integrity Container)에 넣어 보관하고 있다. 폐액 증발기에서 발생된 농축찌꺼기는 건조 후 파라핀으로 안정화하고 있으며 보다 안전하게 처리하기 위한 방법을 강구하고 있다.

한수원(주)은 중·저준위 방사성폐기물을 유리화함으로써 처분안정성을 제고하고 방사성폐기물 발생량을 줄이고 있으며, 울진원전에 설치한 유리화설비는 2009년 하반기부터 울진5·6호기에서 발생하는 가연성폐기물을 처리하고 있다.

라. 유리화 설비

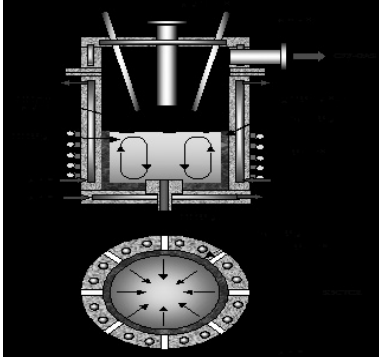
원전에서 발생하는 폐기물은 거의 방사선의 세기가 낮은 저준위방사물이지만 보다 안전한 관리를 위해 처분에 앞서 형태에 따라 알맞게 처리하고 있다. 특히, 원전의 방사선 작업자들이 사용했던 작업복, 장갑, 덧신

등 가연성 고체폐기물을 처리하기 위한 방법으로 ‘유리화’가 있다. 유리는 보통 수정과 같은 결정성유리와 창문에 끼는 유리와 같은 비결정성유리로 구분된다. 이중 비결정성 유리는 나트륨, 붕소 및 실리콘 등이 산소와 결합하여 서로 연결고리를 형성하는 분자를 가지고 있다.



〈그림 3-5〉 유리화 설비의 유리 구조

유리분자 구조 중에서 붕소 및 실리콘의 조성을 적당히 변경시키면 연결고리에 큰 구멍이 뚫리게 되고, 방사성 핵종을 유리와 함께 1,000도 이상의 온도로 가열하면 방사성핵종이 유리분자 구조의 큰 구멍 속에 잡히게 된다. 이렇게 유리분자 속에 갇힌 방사성핵종은 좀처럼 밖으로 빠져나오지 못하게 되는데 이러한 원리를 이용해서 방폐물을 처리하는 방법을 유리화라고 한다.



〈그림 3-6〉 유리화 설비 용융로



〈그림 3-7〉 울진 유리화 설비 시설

마. 저장관리

고체 폐기물은 포장용기에 포장 후 전용트럭으로 원전 부지 내 방사성폐기물 임시저장고로 운송하여 폐기물 종류별로 저장하고 있으며 최종적으로는 영구처분장으로 운반되어 처분하게 된다.

바. 발생량 추이

2010년도에 가동 중인 원전에서 발생한 고체폐기물은 모두 2,419드럼(200리터 드럼 기준)으로써, 전년도(4,978드럼) 대비 2,559드럼이 감소되었으며 발생실적은 <표 3-21>과 같다.

〈표 3-21〉 2010년도 중·저준위 고체폐기물 발생실적

(단위 : 드럼)

구 분	고 리	영 광	울 진	월 성	계
농축폐액	38	58	47	0	143
폐 수 지	60	85	0	118	263
폐 필 터	0	0	0	17	17
잡 고 체	185	206	242	1,363	1,996
슬 러 지	0	0	0	0	0
계	283	349	289	1,498	2,419
누 계	40,670	21,125	16,579	10,802	89,176

※ 울진 및 월성 처분량(각 1,000드럼) 포함

사. 중·저준위폐기물 처분대비

방사성폐기물을 처분시설로 인도하기 위해서는 처분관련 규정을 고려하여 준비해야 한다.

처분관련 규정은 1991년 처음으로 과학기술부(현, 교육과학기술부) 고시로 제정되어 2차례 개정을 거쳤으나 정성적인 내용이 많아 처분요건으로 실제 활용하기에는 다소 미흡한 점이 있었다. 그러나 2005년 6월 “중·저준위 방사성폐기물 인도규정”이 과학기술부 고시 제2005-18호(현, 교육과학기술부 고시 2009-37호)로 개정되면서 처분을 위한 기술기준이 구체적으로 제시되었으며 주요 내용은 <표 3-22>와 같다.

〈표 3-22〉 중 · 저준위 방사성폐기물 인도규정(고시 2009-37호) 주요내용

항 목	주요내용
핵종농도	○ 핵종별 농도제한치(11개) : H-3, C-14, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Tc-99, I-129, Cs-137, 전 알파 ○ 규명대상 핵종(14개) : 폐기물에 포함되어 있는 주요 핵종별 방사능 농도를 규명하여야 하며, 다음 방사성핵종에 대하여는 그 농도가 규명되어야 함(처분 농도 제한치 핵종 외에 Fe-55, Co-58, Ce-144 추가) ○ 핵종규명방법 : 직접 측정법, 척도인자 등 간접 평가법 등 제시
유리수	○ 폐기물 부피의 0.5%이하(단, 고건전성용기의 경우 1%이하)
폭발성 물질 등	○ 위험성 제거, 방사분해 등에 의한 포장물 건전성, 처분장 성능 저하 금지
유해성 물질 등	○ 킬레이트제 등은 처리 과정 중 그 특성이 제거되거나 0.1%이상 함유된 폐기물은 명시
협 의	○ 정하지 않은 요건은 운영자·위탁자 협의 ○ 처분장 위치, 처분방법, 폐기물종류에 따라 처분요건에 대한 세부사항 제정가능
인수의뢰	○ 발생지점, 발생시점, 포장일자 ○ 폐기물종류, 물리적 · 화학적 · 생물학적 특성 및 평가방법 ○ 총 방사능량, 주요 핵종농도, 표면 방사선량률 ○ 주요 안정성 특성 및 특성 평가방법 등
기 타	○ 처분기준에 적합함을 보장하기 위한 계획 수립 · 운영

방사성폐기물의 처분을 위해서는 중 · 저준위 방사성폐기물 인도규정에서 정하는 바에 따라 폐기물에 포함되어 있는 주요 핵종별 방사능 농도를 규명하여야 하며, 규명방법으로 방사선계측 등에 의한 직접측정 방법, 척도인자 등 간접평가 방법, 물질수지 등을 이용한 이론적 평가방

법을 이용하도록 규정하고 있다. 드럼내 감마 방사능 분석을 위해 드럼 밖으로 방출되는 감마 방사성핵종의 방사능 세기를 분석한 후, 이를 활용하여 드럼 내에 존재하는 방사성핵종의 방사능농도를 평가하기 위해 각 원전본부별로 드럼핵종분석장치(Radioactive Waste Assay System)를 1대씩 방사성폐기물 임시저장고에 설치하였다.

○ 임시 저장시설내 장비설치 모습



〈그림 3-8〉 드럼핵종분석장치 검출기 및 컨베이어



〈그림 3-9〉 드럼측정 대기중 (이송용 컨베이어)

폐기물드럼내 핵종평가를 위해서는 알파, 베타, 감마핵종을 분석해야 하나 알파, 베타 핵종의 경우 시료 전처리 및 복잡한 분석방법 등으로 척도인자를 적용하는 방법으로 평가한다. 척도인자(Scaling Factor)란 직접측정이 곤란한 핵종의 방사능을 평가하기 위한 인자로서, 주요 감마선 방출핵종과 알고자 하는 핵종과의 농도비를 말한다. 이러한 척도인자는 발전소별, 폐기물종류별 시료채취·분석을 통해 국내 원전별 특성이 반영되도록 개발 하였으며, 주기적으로 유효성을 검증하고 있다.

또한, 2010에는 방폐물을 처분시설로 안전하게 인도하기 위해 처분 관련 규정에 적합한 폐기물을 처리, 포장하여 울진 및 월성 원자력발전소 중·저준위 방폐물 2,000드럼(각 1,000드럼)을 국내 최초로 경주 처분장에 안전하게 처분하였다. 2011년에도 발전소에 보관중인 방폐물 2,000드럼을 인도하기 위해 대상 폐기물 드럼을 선별하고 처분 적합성을 확인하기 위해 평가 중이며 안전한 처분을 위해 준비 중이다.



〈그림 3-10〉 방폐물 운반선 “청정 누리호”

제4장 방사성폐기물 관리사업

제1절 방사성폐기물관리사업 계획 수립

한국방사성폐기물관리공단 홍보실장 이철호

1978년 7월 고리1호기 준공이후 수년이 지나면서 방사성동위원소 이용기관 증가와 함께 방사성폐기물 발생량이 점차 늘어나자 국가차원의 종합대책 수립이 현안 과제로 대두되었다.

이러한 상황에서 과학기술처는 방사성폐기물관리 종합대책 수립을 위해 1983년 ‘방사성폐기물 관리사업 대책위원회’를 설립했다. 방사성폐기물에 대한 첫 국가정책의 수립이었다. 주요 내용은 △중·저준위 방사성폐기물 육지처분 원칙△영구 처분장은 원전부지 외부에 집중식으로 건설 △정부 주도의 비영리 방사성폐기물 전담기구 설치 △방폐물관리비용은 발생자가 부담 △전담기구 설립추진협의회 구성·운영 △사용후핵연료 관리대책 별도 수립 등이었다.

이렇게 1986년도부터 시작된 방사성폐기물 처분시설 부지확보를 위한 노력은 19년간 9차례 실패를 거듭하면서 국가적인 난제로 떠올랐다. 사업주체도 수차례 바뀌며 난항을 거듭했다.

수차례에 걸친 실패 속에서 정부는 사업실패의 원인을 투명성 부족과 안정성에 대한 국민홍보 부족 등으로 판단하고 민주적인 절차로 획기적으로 전환했다.

2004년 주민투표제가 도입되어 방사성폐기물관리사업은 밀실행정

의 오명을 벗고 가장 투명하고 민주적인 사업의 전통을 수립하게 됐다. 정부가 일방적으로 결정하지 않고 주민의견 수렴을 거쳐 사회적 갈등과 대립을 국민적 화합으로 승화시킨 갈등 해결의 모범적 선례로 거듭난 것이다.

더불어 2004년에는 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설과 사용 후핵연료를 분리 추진기로 하면서 큰 전환점을 맞이했다. 2004년 12월 17일 제 253차 원자력위원회는 기존의 중·저준위방사성폐기물 영구 처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 수용하는 방사성폐기물 종합관리시설을 건설하기로 한 방사성폐기물 관리대책(249차 원자력위원회, '98.9.30)을 변경하여 분리추진을 심의·의결했다. 영구처분 외에는 다른 대안이 없고 이미 세계 여러 나라에서 수십년 동안 안전하게 운영돼 시설 안전성이 입증된 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설을 먼저 확보하기로 하면서 부지확보가 보다 용이해진 것이다.

그리고 마침내 2005년 11월 3일 주민투표를 통해 중·저준위방사성 폐기물 처분시설 부지가 경주로 확정되면서 방사성폐기물관리사업은 원자력발전 역사에 큰 획을 긋게 됐다. 또한 국민의견 수렴을 거쳐 사회적 갈등과 대립을 국민적 화합으로 승화시킨 갈등해결의 모범적 선례를 남겼다. 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지확보는 원자력발전의 기본 전제조건인 방사성폐기물의 안전한 처분을 통해 자연환경 보존과 원자력발전의 지속가능성을 확인하게 됐다는 점에서 의미가 크다.

제2절 부지선정 과정

한국방사성폐기물관리공단 홍보실장 이철호

1. 1차 추진 - 울진 · 영덕 · 영일

1978년 고리원자력발전소 1호기의 가동과 함께 방사성폐기물의 안전관리 문제가 대두됨에 따라 1983년 「방사성폐기물 관리사업 대책위원회」가 구성되었고, 1984년 10월 13일 제211차 원자력위원회에서 중 · 저준위폐기물은 육지처분을 원칙(추후 해양처분도 고려)으로 하고 방사성폐기물을 관리하는데 필요한 소요경비는 발생자가 부담하며, 국가주도의 비영리 운영관리기구를 설치한다는 내용의 ‘방사성폐기물 관리대책’을 의결했다.

1985년 6월 29일, 제213차 원자력위원회는 「방사성폐기물 운영관리기구 설치방안」을 의결하여 한국핵연료주식회사가 방사성폐기물 관리사업을 전담하고 장기대책 수립을 위한 기술 검토, 관리기준 작성, 비용 조달방안 강구 및 사업 수행을 위한 기술개발을 수행토록 했다.

1986년 5월 12일 정부는 방사성폐기물 관리사업을 위한 재원 확보를 위하여 방사성폐기물 관리기금을 설치하고 정부가 기금을 운용할 수 있도록 원자력법을 개정하고 전담수행기관을 한국핵연료주식회사에서 한국에너지연구소(현 한국원자력연구원)로 변경, 지정했다.

한국에너지연구소는 부지확보의 시급성을 감안해 우선 한국전력기술에 전국을 대상으로 한 부지환경현황조사 용역을 의뢰했다. 이에 한국전력기술은 1986년 7월 용역에 착수해 1단계로 89개 후보부지를 도

출했으며 2단계에서는 부지 선별기준에 따라 총 25개 후보부지로 압축했다. 그리고 1987년 3월부터 9월까지 미국 바텔연구소와 공동연구를 통해 25개 후보부지 중 울진, 영덕, 영일을 후보부지로 선정했다.

1988년 7월 27일에는 「방사성폐기물관리 기본방침(제220차 원자력위원회)」이 확정되면서 사업에 힘을 얻게 됐다. 주요내용은 중·저준위 방사성폐기물 관리를 위하여 지중매몰식의 영구처분시설을 1995년 12월 말까지 건설하고, 사용후핵연료는 재처리 또는 영구처분에 대한 국가정책 결정시까지 중간저장(Interim Storage) 관리하기로 했다. 또 이를 위한 중간저장시설을 1997년 12월 말까지 원전부지 이외의 장소(Away from Reactor)에 집중식으로 건설하며, 영구처분시설 및 중간저장시설 가동시까지 원전 중·저준위 방사성폐기물과 사용후핵연료는 한전이 원전부지 내에서 관리토록 하되, 관리비용은 방사성폐기물관리기금이 아닌 한전 자체 자금에서 조달토록 했다. 아울러 방사성동위원소 폐기물의 종합관리를 위하여 별도방안을 강구하였으며, 정부는 방사성폐기물 관리사업을 수행하는 한국에너지연구소를 지원기로 했다.

1988년 12월 29일 제221차 원자력위원회는 후속조치로 방사성폐기물 관리 중장기사업계획을 수립하였다. 총 부지는 임해지역을 대상으로 150만평 규모로 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설, 그리고 연구시설 관련 부속시설을 건설기로 했다.

그러나 울진군 기성면, 영덕군 남정면, 영일군 송라면 등 3개 지역에서 부지조사를 실시하던 중 1989년 임시국회를 통해 방사성폐기물처분장 건설계획이 일반에 알려지기 시작하면서 지역의 반대운동이 격렬하

게 전개됐으며 한국에너지연구소는 3월 14일 부지조사활동을 일시 중단했다. 이와 함께 지역주민을 대상으로 홍보활동을 전개했으나 주민의 집단 반발로 1989년말 관련인력이 모두 철수했다.

2. 2차 추진 - 안면도 추진

당초 방사성폐기물관리 개념은 방사성폐기물을 집중관리하기 위해 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설 등을 동일부지에 건설하고 수송의 용이성을 위해 구릉성 산지를 포함한 임해 내륙지역에 확보한다는 것이었다. 그러나 인식부족과 장기간의 홍보 및 설득이 필요한 사업으로 일정차질이 우려됐다.

이에 따라 중·저준위방사성폐기물 처분시설은 인간 생활권으로부터 영구처분이 가능한 무인도 또는 대륙붕에 건설하고 사용후핵연료 중간저장시설은 한국원자력연구소(현 한국원자력연구원) 제2연구소 설립계획으로 개념을 변경해 추진하는 방안이 검토됐다.

1989년 말부터 과학기술처는 충남 태안군 안면도에 원자력 제2연구소 설치를 추진했다. 충청남도에는 지역개발과 연계하여 추진키로 하고, 안면도를 추천했다. 1990년 9월 제226차 원자력위원회를 열어 충남 안면도를 원자력 제2연구소 부지로 선정하고 1991년 5월까지 원자력위원회의 의결을 거쳐 최종 확정한다는 내용을 의결했다.

그러나 그해 11월 이 같은 서해연구단지 개발계획이 모 일간지를 통해 알려지자 안면도 주민들을 중심으로 상경투쟁 등 극렬한 반대운동이 전개됐다. 환경단체의 반대운동도 조직적으로 전개됐다.

결국 안면도 부지선정 사업은 주민과의 사전 협의 없이 사업내용을 비공개로 진행한 결과, 1990년 11월 ‘안면도 사태’라는 국민에게 커다란 충격을 안겨준 대규모 시위를 초래하였고, 국민들에게 ‘방사성폐기물처분장’의 부정적인 이미지를 깊이 심어주는 계기가 됨으로써 이후 방사성폐기물사업 추진에 많은 어려움을 야기하게 되었다.

또한 안면도 사태로 인해 방사성폐기물에 대한 국민의 인식은 더욱 부정적으로 되었으며, 정부가 추진하는 국책사업도 지역주민의 합의가 없으면 백지화 될 수 있다는 전례를 남겼다.

결국 과학기술처장관은 ‘주민들의 오해가 풀리지 않는 한 어떠한 원자력시설도 안면도에 추진하지 않겠다.’는 입장을 밝히고 1991년 6월 7일 제227차 원자력위원회에서 안면도 원자력 제2연구소 추진계획을 공식적으로 철회하였다.

3. 3차 추진 - 부지공모에 의한 후보부지 도출

정부는 안면도 사태로 부지확보의 첫 단계인 부지 선정과 관련하여 과거 동해안의 경우처럼 기술적 측면의 적합성 검토를 통한 선정 방법과 안면도와 같은 정책적인 방법 모두 우리나라의 실정에 비추어 볼 때 오히려 역효과를 초래할 수 있다는 사실을 인식하게 됐다.

이에 따라 기술적인 문제 외에도 자발적인 유치지역 도출 추진방향이 정해졌다. 과학기술처와 한국원자력연구소는 원자력의 이용과 방사성폐기물에 대한 국민의 이해 증진에 전력을 다한다는 목표를 세우고 그 일환으로 방사성폐기물 부지 확보 사업을 공개주의 원칙하에 지역개발

사업과 연계해서 자원신청을 권유하기로 방침을 정하고 전국을 대상으로 부지공모를 시행하기로 결정하였다

한국원자력연구소(현 한국원자력연구원)는 기술적인 접근과 함께 국민이해를 바탕으로 사회과학적인 접근방안을 모색하기 위해 ‘서울대 인구·발전문제연구소’를 중심으로 ‘방사성폐기물 부지확보 및 지역협력 방안연구’ 용역을 의뢰, 전국의 임해지역을 대상으로 6개의 최적 후보지역을 도출했다.

정부는 후보부지 도출 용역과 함께 전국을 대상으로 부지공모를 시행하였고 자원신청을 한 44개 지역 중 부적격 지역을 제외하고 최종 7개 후보지역을 도출하였다.

그러나 이들 후보부지 중 충남 1개 지역이 안면도라는 사실이 알려지고 서울대 용역조사에서도 안면도가 후보부지로 추천됐다는 사실이 알려지자 안면도는 다시 소요에 휩싸였다. 결국 1993년 3월 9일 정부는 ‘지역주민이 90%이상 찬성하지 않으면 추진하지 않겠다’고 사실상 안면도 재추진 철회를 발표했다.

서울대 용역 최종 후보부지 6곳 가운데 하나인 경북 영일군 청하면에 서도 안면도처럼 반원전단체들의 선동과 지역주민의 반대활동이 격렬하게 일어났다.

4. 4차 추진 - 방축법의 시행

안면도에 이어 청하지역을 추진하던 정부는 3차 추진까지 실패하자 1993년 방사성폐기물 부지선정을 민주적인 절차, 지역개발사업과의 연

계, 주민합의라는 3가지 원칙아래 추진하겠다고 천명했다.

결국 사전 주민협의 절차 및 시설지역에 대한 대폭적인 지원을 내용으로 하는 ‘방사성폐기물관리사업의 촉진 및 시설주변지역의 지원에 관한 법률(이하 방촉법)’을 제정(’94.1.5)하게 됐다.

방촉법이 ’93년 6월 입법 예고되자 기대감으로 1993년 11월 경남 양산군 장안읍이 유치신청서를 제출했다. 그러나 지역의 반대로 정부는 입지추진을 포기해야 했다. ’94년 5월에는 경북 울진군 기성면에서 지역주민 57%의 유치찬성을 서명받아 유치신청서를 제출했다. 그러나 기성면 인근주민들과 반원전단체들이 극심하게 반대함으로써 정부가 공식 포기선언을 하고 말았다.

5. 5차 추진 - 굴업도 추진

4차 부지선정이 실패하자 정부는 전국의 임해지역과 폐광지역 그리고 도서지역을 대상으로 후보 부지를 다시 물색하게 됐다. 이에 따라 1994년 6개 임해지역(경북 울진군, 경북 영일군, 강원 양양군, 강원 고성군, 전남 장흥군, 충남 태안군)과 3개 도서지역(경기도 굴업도, 충남 삼시도, 전북 비안도) 그리고 지역주민 대표들이 연명으로 유치를 신청한 경남 양산군 장안읍 등 총 10개 지역을 후보지역으로 선정했다.

이 중 최종 후보지역으로 외국의 사례와 국민의 정서, 지역개발 효과, 인구 밀집지역, 지역의회의 의견 등을 참조하여 1994년 12월 22일 방사성폐기물관리사업추진위원회(위원장: 국무총리)와 원자력위원회(위원장: 경제기획원장관)의 심의를 거쳐 단일후보지역으로 서해지역 옹

진군 덕적면 굴업도를 최종지역으로 선정했다.

그러나 한국원자력연구소(현 한국원자력연구원)에서 1995년 5월부터 10월까지 실시한 굴업도와 그 주변지역에 대한 부지특성조사 및 환경영향평가 결과 굴업도 3km 이내 해저에서 활성단층이 존재하는 것으로 검증됐다.

그 결과 1995년 12월 15일 제243차 원자력위원회는 원자력법령에 의한 기술기준의 충족여부, 공학적 처리를 통한 안전성 확보 가능성 등을 종합적으로 검토한 결과, 공학적 측면과 안전성 측면 그리고 관련 과학기술처 고시에 따른 방사성폐기물관리시설 부지로 부적합하다고 결정했다. 정부는 1995년 12월 16일 굴업도에 대한 「방사성폐기물관리시설지구」지정을 해제했다. 이로써 방사성폐기물관리사업은 원점에서 다시 출발할 수밖에 없었다.

6. 6차 추진 - 사업이관 및 자율유치 공모방식 도입

1996년 1월 11일 국가과학기술자문회의에서 대통령은 원자력사업의 효율적 추진방안으로 한국원자력연구소가 수행하고 있는 방사성폐기물관리사업을 사업추진경험이 풍부한 한전으로 이관하는 방안을 검토·지시했다. 이에 따라 제245차 원자력위원회('96.6.25)의 심의·의결을 거쳐 1997년 1월 1일부로 방사성폐기물관리사업 추진체계가 조정됐다.

한국원자력연구소에서 수행했던 방사성폐기물관리사업은 전기사업법에 의한 산업자원부 주관 하에 한전이 사업을 수행토록 하고 연구원

내 업무 및 인력을 한전에 이관키로 했다.

사용후핵연료에 대한 연구개발 업무는 원자력연구소에서 계속 수행하며 방사성폐기물관리기금은 폐지토록 했다. 그리고 한전이 한국원자력연구소에 출연금 형식으로 매년 지원하던 원자력연구개발비를 중장기적으로 안정적 확보를 위하여 과학기술처(현 교육과학기술부) 관리하에 「원자력연구개발기금(가칭)」을 신설하여 운영하고, 기금은 한전 출연금 등으로 원자력 발전량(kWh)당 일정금액으로 출연하도록 법제화하였다.

정부는 우선 유치공모 방식으로 추진하기로 했다. 지역주민과의 합의 과정이 없는 사업자 선정방식으로는 성공이 불가능하다고 판단하여 지역주민의 자율적인 의사를 존중하는 투명하고 공개적인 사업추진이 필요하게 되었다. 또 유치 희망 지자체가 없거나 적격 후보지가 없을 경우 지자체와 협의하여 사업자가 적격 후보지를 선정하고자 했다.

1998년 9월 30일 제249차 원자력위원회는 2008년까지 중·저준위 폐기물처분시설을 건설하고 2016년까지 사용후핵연료 중간저장시설을 건설하기 위해 약 60만평 규모의 부지를 유치공모 또는 사업자주도 방식으로 적기 확보하는 내용의 방사성폐기물관리대책을 의결했다. 또한 종합관리시설 건설에 있어 부지선정 전까지 처분시설 개념 및 방사성폐기물 관리체계를 정립하고 사용후핵연료 중간저장시설 준공 시까지 원자력발전소 부지 내 자체 저장시설을 확충하여 관리한다는 세부방침도 확정하였다.

정부와 한전은 2000년 6월 27일, 방사성폐기물관리시설 부지로 약

198만㎡를 공모한다고 발표했다. 유치신청은 기초지방자치단체장이 기초지방의회의 동의를 받아 신청하고 부지의 규모는 약 198만㎡로 약 79만㎡정도의 정지면적 조성이 가능한 임해지역이어야 하며, 과학기술부(현 교육과학기술부) 고시에 규정된 자연 환경, 인문·사회적인 제요건 등 관련 법령상의 부지위치기준에 부합된 지역으로 하였다. 유치공모기간은 2000년 7월부터 2001년 2월말 까지이며, 응모부지에 대해서는 투명하고 공정한 부지적합성조사 절차를 거쳐 최종 후보 부지를 결정기로 했다.

또한 최종선정지역에는 ‘발전소주변지역지원에 관한 법률’에 따라 지역지원사업을 시행하게 되며, 건설기간 및 운영기간을 통해 약 2,127억원 지원이 예상됐다.

유치공모를 4개월 더 연장하여 2001년 6월 30일 방사성폐기물관리시설 유치공모 마감결과 영광, 강진, 진도, 고창, 보령, 완도, 울진 7개 지역이 유치청원을 했다. 그러나 이후 완도는 청원을 자진 철회하였고 다른 지역은 지방의회 및 지자체장이 주민청원을 기각함으로써 자율유치에 실패했다.

그러나 자율유치공모로 인해 방사성폐기물 부지에 대한 지역주민의 부정적인 인식이 크게 호전되는 등 사업이해 저변확대와 중앙언론의 사실에 근거한 긍정적 보도로 방사성폐기물관리시설의 필요성에 대한 국민적 공감대는 확산되었으며 환경단체의 반대 명분을 상대적으로 약화시키는 결과를 가져오는 계기가 되었다. 아울러 부지선정 방식도 자율유치공모 방식에서 사업자 주도 방식으로 전환 추진하는 계기가 되기도 했다.

7. 7차 추진 - 한수원의 사업추진 및 사업자 주도방식 전환

2001년 4월 1일, 방사성폐기물관리사업의 주체였던 한전이 전력산업 구조개편에 따라 6개 발전회사 및 전력거래소로 분리되면서 원자력발전 사업자인 한국수력원자력(주)이 방사성폐기물관리사업을 승계했다.

유치공모 방식이 실패함에 따라 한수원(주)은 ‘사업자 주도 방식의 부지확보 방안’을 수립('01.8.6)하고 방사성폐기물관리시설 후보부지 도출을 위한 용역을 전문기관과 체결했다. 그리하여 2001년 12월부터 2002년 12월까지 후보부지 도출을 위한 용역을 수행한 결과, 최종 후보부지로 경북 울진군 근남면 산포리, 경북 영덕군 남정면 우곡리, 전남 영광군 홍농읍 성산리 그리고 전북 고창군 해리면 광승리 등 4개 지역이 도출되었다.

2003년 2월 4일 제252차 원자력위원회는 원자력발전소의 지리적 분포 등을 감안 할 때, 복수의 방사성폐기물관리시설을 운영하는 것이 바람직하다고 판단하고 제249차 원자력위원회('98.9.30)에서 결정한 방사성폐기물관리대책을 일부 변경했다.

주요 내용을 보면 방사성폐기물관리시설 부지는 동·서해안에 각각 1개소로 선정하되, 전문기관의 용역을 통해 도출된 후보부지를 대상으로 향후 1년간 지질 조사와 환경성 검토, 그리고 적극적인 지역협의를 거쳐 「부지선정위원회」에서 최적격 부지를 선정하고, 최종 「원자력위원회」의 심의·의결을 거쳐 선정기로 했다.

2003년 2월 5일, 산업자원부장관은 관계부처 장관과의 공동담화문을 통해 방사성폐기물관리시설 후보지역 4개 지역을 발표하고 향후 확

정될 최종부지 지역에는 관련법에 따라 약 3,000억원 규모의 지역지원금은 물론 범정부적 차원에서 주민들이 희망하는 각종 국가사업을 다른 지역보다 우선적으로 지원해 나갈 것과 관광개발 및 지역특화사업 등을 우선 지원할 것을 약속했다.

후보부지의 반대활동이 전개되자 정부는 양성자기반공학 기술개발 사업을 연계하기로 방침을 정했다. 2003년 5월 1일, 과학기술부(현 교육과학기술부)와 산업자원부(현 지식경제부)는 중앙일간지를 통해 「방사성폐기물 관리시설 부지확보 사업과 양성자기반공학 기술개발사업 연계추진」 공고문을 발표했다.

그러나 울진, 영덕, 영광, 고창 4개 후보부지에서는 반대단체의 강한 반발로 부지조사를 위한 시추조사마저 실시하지 못했다.

8. 8차 추진 - 전북 부안군 단독 유치신청

정부는 2003년 6월 4일 서울에서 지방자치단체장 및 지방의회 대표들을 대상으로 설명회 성격의 정책협의회를 개최하였으며, 전북도 및 군산시, 부안군, 장흥군 등 여러 지방자치단체에서 깊은 관심을 갖게 됐다.

2003년 6월 26일에는 부지선정 변경 공고안을 발표했다. 기존 4개 후보지역 이외의 지역이라도 부지조사를 완료하여 부지 적합성을 확인하고 2003년 7월 15일까지 유치신청을 한 경우에는 4개 후보부지와 동일한 우선권을 인정기로 했다. 이는 사업자주도 방식을 접고 완전한 자율유치 공모방식으로의 전환을 의미했다. 부지선정 절차도 1개 지역 지방자치단체만 신청한 경우 부지조사 결과 적합 판정시 최우선적으로 최

중 부지로 선정한다는 내용이었다.

이후 전북 군산시와 강원도 삼척시에서 시설 유치에 관심을 보였으나 활성단층의 발견과 지방의회의 반대로 유치 신청은 무산되었다.

그러나 5월 13일 위도주민 핵폐기장유치위에서 주민 80% 이상 서명 받아 부안군의회에 유치 청원했다. 그러나 부안군의회에서는 이를 부결 시켰고 지역발전을 염원하는 찬성세력의 의견을 받아들여 당시 부안군수와 부안군의회 의장은 2003년 7월 14일 산업자원부를 방문하여 ‘부안군 위도면 치도리 일대’에 방사성폐기물 관리시설을 유치하겠다는 유치신청서와 양성자기반 공학기술개발사업 유치신청서를 제출했다.

「방사성폐기물관리시설부지선정위원회」는 이에 따라 7월 15일 1차 회의를 시작으로 총 6차례의 회의를 개최하고 위도지역 현장답사와 부지환경조건, 사업추진여건 등에 대한 종합평가를 거쳐 7월 24일 부안군 위도를 방사성폐기물관리시설 최종후보부지로 선정 발표했다.

그러나 군의회의 부결에도 불구하고 군수 단독의 유치신청으로 방폐장 건설사업이 추진되자 지역에서는 대대적인 반대활동이 전개됐다. 환경단체, 농민회, 종교단체 및 핵폐기장 백지화 범부안군민대책위는 지속적인 대규모 촛불시위와 격포항 해상시위, 부안~전주간 국도 차량시위, 부안군내 초·중·고교 학생 등교거부 등의 반대활동을 통하여 방사성폐기물관리시설 위도유치 백지화를 요구했다.

2003년 10월 3일 정부는 국무총리 주재 하에 부안 반대대책위 대표단과의 간담회를 갖고 ‘방사성폐기물관리시설 유치 백지화나 전면추진’과 같은 전제조건 없는 대화를 원칙으로 하는 「부안 民·政 대화기

구」 구성에 합의, 해결방안을 모색하고자 했다. 이후 「부안지역 현안 해결을 위한 공동협의회」가 발족했으나 양측은 입장차를 좁히지 못한 채 결국 2003년 말 협상이 사실상 중단됐다.

9. 9차 추진 - 주민투표제 도입

정부는 부안군 유치신청 이후 주민의견 수렴과정 없는 지자체장의 독단신청을 부안에서의 실패원인으로 분석하고, 주민투표 도입과 주민의견 수렴 등 민주적인 절차를 보장한 새로운 사업추진정책을 수립하게 됐다.

이에 2003년 12월 10일 정부는 「부지선정과정에 주민투표 도입」과 「타 자치단체에 대한 기회부여」 등을 골자로 하는 유치신청 보완방침을 발표했다. 방사성폐기물 관리시설 유치를 희망하는 자치단체는 공고된 일정과 절차에 따라 유치신청을 할 수 있으며, 예비신청을 마친 부안군도 타 자치단체와 마찬가지로 새로운 절차에 따라 찬·반 주민간의 자유토론과 주민투표를 통해 유치신청 여부를 최종 결정하겠다고 발표하였다.

2004년 2월 4일 정부는 방사성폐기물 관리시설 부지 신규유치공모를 공고했다. 주민투표를 거쳐 연말까지 후보 부지를 선정하며 부지조사 단계부터 건설 및 운영까지 제도적으로 주민에 대한 참여를 보장하였다. 신규 유치공모에 따라 유치신청 마감기한인 5월 31일까지 7개 시·군 10개 지역에서 유치청원을 신청하였다. 그러나 방사성폐기물 사업 유치공모 예비신청 마감일인 9월 15일까지 예비신청을 접수한 결

과 해당 지자체장이 지역 내 갈등을 우려하여 예비신청을 포기함에 따라 결국 무산되고 말았다.

한편 부안 반대대책위는 대책위 주관으로 2004년 2월 14일 사적인 주민투표를 실시했다. 위도를 제외한 36개 투표소에서 독자적으로 실시된 주민투표에서 유권자 52,108명중 37,524명이 투표에 참가(투표율 : 72.01%)하여 투표자 91.9%가 방사성폐기물관리시설 유치를 반대한 것으로 나타났다. 정부는 반대대책위가 일방적으로 실시한 사적인 주민투표에 대해 공적인 주민투표가 아니므로 인정할 수 없다는 입장을 밝혔다. 그리고 찬반세력의 갈등이 심화되는 가운데 11월 30일 주민투표시한을 넘김에 따라 부안군도 주민투표가 결국 실시되지 못했다.

제3절 중 · 저준위방폐물처분시설 부지 선정

한국방사성폐기물관리공단 홍보실장 이철호

1. 방사성폐기물 관리정책 변경

9차례의 사업추진에서 가장 큰 걸림돌은 안전성에 대한 국민들의 이해부족과 시민환경단체의 반대운동이었다. 이후 정부의 부지선정사업은 민주성 및 투명성 확보에 이어 어떻게 국민이해 증진활동을 펼쳐 수용성을 높이느냐에 초점이 맞춰졌다.

2004년 12월 17일 제253차 원자력위원회는 중 · 저준위방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 분리하여 추진토록 결정

하였다. 당시 원자력발전소 내에 저장중인 중·저준위방사성폐기물은 2008년 말부터 포화가 예상되어 처분시설 건설이 시급한 상황이었다. 또한 영구처분 이외에는 다른 대안이 없으며 이미 세계 여러 나라에서 수십 년 동안 운영돼 시설 안정성에 대해서도 입증된 상황이었다. 지역 주민의 반대여론도 적은 편이었다. 사용후핵연료의 경우 상대적으로 포화시점에 여유가 있고 국가정책 방향과 연계되어 있어 중간저장시설 건설 등을 포함하여 충분한 논의를 거쳐 추진하는 것이 바람직하다는 판단 아래 주민수용성, 포화시점, 사회적 논의 필요성 등을 감안하여 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 분리하여 추진토록 결정했다.

우선 중·저준위방사성폐기물 관리는 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물은 영구처분시설 준공 시까지 각 원자력발전소 부지 내에서 저장·관리하되, 처분시설이 건설될 경우 단계적으로 이송하여 영구 처분하며 설비개선, 운영 최적화, 감용기술 개발 등을 통해 방사성폐기물 발생량을 최소화하도록 했으며 원자력발전소 이외의 산업체, 연구시설, 의료기관 등에서 발생하는 폐기물은 현재의 시설을 효과적으로 활용하여 저장 관리하되, 처분시설이 건설될 경우 단계적으로 이송하여 영구처분토록 하였다.

또한 연구용원자로의 제염, 해체로 발생하는 중·저준위 폐기물은 영구처분시설이 건설될 때까지는 현지에서 자체 저장하여 관리하도록 했다.

중·저준위방사성폐기물 영구처분시설 부지는 2008년까지 관련시

설의 준공을 위해 적기에 확보될 수 있도록 추진하며, 단수 또는 복수로 선정하되 부지 규모는 입지 여건 및 처분방식에 따라 결정토록 하였으며, 영구처분시설 부지에는 중·저준위방사성폐기물 관련 연구시설 등을 함께 수용토록 했다.

부지 유치는 유치공모 또는 지정방식, 그리고 두 가지 방식을 병행하여 추진하는 방안을 검토하고 주민투표를 통해 지역주민의 민주적이고 자율적인 결정을 존중하는 절차로 추진하며, 설명회 및 토론회 등 주민 의견을 충분히 수렴할 수 있는 방안을 강구토록 했다. 또한 부지선정 계획, 부지조사 결과, 부지선정 과정 및 영구처분시설 건설계획 등을 공개토록 하였다.

중·저준위방사성폐기물처분시설 유치지역의 발전과 지역주민의 복리증진을 위한 지원방안을 마련하며 주민고용 등 사업자가 이행할 수 있는 간접지원방안도 병행하여 검토, 추진토록 하였다. 그리고 유치지역에 대한 효율적인 지원을 위해 ‘유치지역 지원 등에 관한 특별법’ 제정을 추진토록 하고 유치지역에 대한 지원사업을 효율적으로 추진하기 위해 범정부적인 지원체제를 마련하여 운영토록 하며, 시설의 안전성에 대하여 주민들이 확신할 수 있도록 민간환경감시기구를 운영하고 주민 건강진단 및 역학조사를 정기적으로 실시토록 하였다.

사용후핵연료 관리는 원자력발전소 부지내 임시저장고의 저장공간을 확충하여 2016년까지 각 원자력발전소 부지 내에서 관리함을 원칙으로 하고 원자력발전소별로 조밀저장대 설치, 호기간 이동, 건식저장소 추가 설치 등으로 임시저장 공간을 확충하고, 사용후핵연료의 처리,

처분과 관련한 연구개발을 지속적으로 추진토록 했다.

그리고 중간저장시설 건설 등을 포함하여 사용후핵연료에 대한 종합적인 관리 방침을 국가정책 방향, 국내·외 기술개발 추이 등을 고려하여 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하되, 원자력발전소 부지내의 임시저장시설이 2016년부터 포화되는 점을 감안하여 적기에 추진방침을 결정토록 했다.

2. 유치지역지원 특별법 제정

2004년 4월 22일 ‘국정현안정책조정회의’에서 ‘방사성폐기물 관리시설 유치지역지원 등에 관한 특별법’ 제정방침을 확정하고 관계부처의 협의를 통해 7월 13일 입법예고했다. 그러나 부지선정 절차가 지자체장들의 예비신청 포기로 무산됨에 따라 정부는 중·저준위방사성폐기물과 사용후핵연료를 분리하여 추진하는 것을 골자로 하는 신규대책을 확정하였다. 아울러 유치지역 지원내용과 주민투표 실시 등을 포함한 특별법을 절차공고 전에 선 제정키로 결정하고 특별법 명칭도 ‘중·저준위방사성폐기물처분시설 유치지역지원에 관한 특별법’으로 변경하였다.

동 특별법은 제253차 임시국회 의결('05.3.2)을 거쳐 2005년 3월 31일 법률 제7444호로 공포됐다. ‘유치지역지원 특별법(안)’은 기존의 ‘발전소주변지역 지원에 관한 법률’ 중 지역지원 관련 내용들을 흡수하되 지원대상 범위를 유치지역 전체주민으로 확대하고 지원계획 수립시 지역이 요구하는 사항을 최대한 반영토록 하는 등 유치지역 주민들의

생활 향상과 소득증대를 위한 실질적인 지원책 마련에 중점을 두었다.

유치지역 지원대상 지역을 현행 ‘발전소주변지역 지원에 관한 법률’상 시설이 설치될 지점으로부터 반경 5km 이내로 규정되어 있는 기존의 거리개념에서 시·군·구 단위 행정구역으로 변경하여 시설을 유치하는 지역의 모든 주민들이 지원 혜택을 받을 수 있도록 했다.

지역 발전을 위한 장기적인 재원 확보 차원에서 ‘반입수수료’ 규정을 신설하여 방사성폐기물관리시설 설치사업자는 방사성폐기물 배출사업자에게 방사성폐기물 양에 연동하여 반입수수료를 징수하고, 그 중에서 대통령령이 정한 일정금액을 매년 유치지역 지원 용도로 지방자치단체에 납부하고, 나머지 금액은 사업자가 전기요금 보조, 육영사업 등 독자적인 주민지원 사업에 활용하도록 규정했다.

유치지역이 정해지면 사업자는 유치지역 특별지원금(3천억원)을 유치지역에 제공하고 유치지역 지방자치단체의 장은 특별지원금을 지역개발, 관광 진흥, 농수산물 판로지원, 지역주민의 소득증대·생활안정·복리증진 등에 사용하도록 규정했다.

또한 특별지원금과 반입수수료로 조성된 지역지원사업 재원을 유치지역 지방자치단체가 독립적으로 운용할 수 있도록 ‘지원사업특별회계’를 설치·운용할 수 있는 근거규정을 마련했다.

국·공유재산의 대부, 국고보조금의 인상 지원, 지역 업체와의 의무 공동도급계약, 지역주민 우선고용 등 지역개발 촉진을 위한 다양한 특례규정도 도입하였으며 관리시설 설치지역 내의 토지·건물 또는 광업권·어업권 등의 권리가 침해될 경우 이를 적정기준에 따라 보상하는

한편, 관리시설 설치로 인하여 이주하게 되는 자를 위하여 이주대책을 수립하여 실시토록 했다.

그리고 지역지원사업의 심의·의결을 위해 ‘유치지역지원위원회’와 ‘유치지역지원실무위원회’를 설치·운영하는 등 범정부적 지원체계를 구축토록 하였다.

3. 부지선정위원회 구성 운영

과거와 확연히 달라진 정책의 도입에도 불구하고 그간 수차례의 사업 추진과 번복으로 훼손된 정부정책에 대한 신뢰성을 회복하는 일은 또 하나의 중요한 과제가 되었다.

이에 따라 정부정책에 대한 투명성과 객관성을 확보하기 위하여 중립적인 입장에서 정부의 부지 선정 과정을 관리해 나갈 민간전문기구 설치의 필요성이 제기되었다.

산업자원부(현 지식경제부)장관은 유치지역 선정계획, 부지조사결과, 선정과정 등을 공개적이고 투명하게 진행하도록 한 「중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 유치지역 지원에 관한 특별법」 제7조 제2항에 따라 「중·저준위 방사성 폐기물 처분시설 부지선정위원회」를 구성하고, 동법 시행령 제18조에 부지선정위원회의 설치근거 및 기능, 위원회 구성 등에 관한 사항을 구체적으로 명시하였다.

2005년 3월 11일 정부는 인문·사회분야, 과학·기술 분야, 법조계, 언론, 시민단체의 명망 있는 16인의 인사를 위원으로 하는 「중·저준위 방사성폐기물처분시설 부지선정위원회」를 구성했다.

부지선정위원회는 산업자원부(현 지식경제부)장관의 자문기구로서 공정하고 객관적인 부지선정기준 및 적합성 평가기준을 수립하여 부지선정 절차 전반을 투명하고 효율적으로 관리함을 목적으로 했다.

부지선정위원회는 유치지역 선정계획 및 절차에 관한 사항, 부지조사 결과의 평가에 관한 사항, 기타 부지선정에 관하여 산업자원부장관이 필요하다고 인정하는 사항에 대하여 심의하도록 하였으며, 효율적인 업무 추진을 위하여 ①부지적합성소위원회, ②부지선정기준소위원회, ③여론조사소위원회, ④대외협력소위원회 등 4개의 소위원회를 두었으며, 부지적합성소위원회와 여론조사소위원회에는 각각 지질, 환경, 토목 분야의 학계 전문가 5명과 언론, 통계학, 사회학의 학계 전문가 3명을 전문위원으로 두어 위원회 활동의 전문성을 제고하였다.

부지적합성소위원회는 현장조사를 병행하며 부지 안전성 및 사업 추진 여건 평가, 부지선정기준소위원회는 부지선정기준과 절차 마련, 여론조사소위원회는 여론조사 대상지역 선정 및 여론조사기관, 여론조사 시기 검토, 대외협력소위원회는 위원회 홈페이지 제작, 자체활동내용 대언론 브리핑 등 대외홍보 등 소위원회 별로 업무를 할당하여 전문성, 신뢰성을 제고하였다.

부지선정기준은 부지안전성, 사업추진여건, 주민수용성(주민투표) 등 크게 3가지로 구분하여 평가하는 틀을 마련하였다.

위원회는 객관적이고 투명한 시스템에 의해 부지가 선정되도록 부지 안전성과 사업추진여건 등 부지적합성을 평가하여 제척기준에 해당되지 않고 일정수준 이상의 평가기준을 만족시키면 주민투표를 통해 가장

높은 찬성률을 얻은 지역을 후보부지로 선정하도록 하는 단계별 부지선정기준을 도출하였다.

위원회는 전국 총 122개 지자체에 부지선정절차가 공고되기 이전, 유치에 관심을 보이고 있는 지자체를 중심으로 사전 부지조사를 실시할 계획과 추가로 부지적합성조사를 요청하는 지역에 대해서도 부지조사를 실시하겠다는 부지적합성조사 권고요청을 하였으며, 지방자치단체의 협조를 얻어 전국 6개 지역 9개 부지에 대하여 사전부지조사 및 부지적합성조사를 수행하도록 하였고 동 조사를 토대로 부지적합성(부지안전성+사업추진여건)을 확인하기 위하여 부지적합성소위원회를 중심으로 수차례에 걸쳐 이들 부지에 대한 현장조사를 실시하였다.

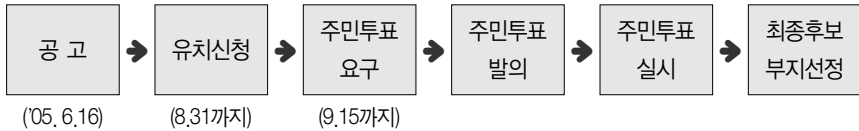
그 결과, 4개 유치신청지역은 모두 부지안전성에 제척사유가 없는 것으로 확인되었으며, 지질·지하수·자연환경·부지환경 등이 양호하여 권고기준에도 전반적으로 부합하는 것으로 평가되었다.

또한, 사업추진여건 평가에서도 4개 지역 모두 제척사유가 없는 것으로 확인되었고, 수송 용이성, 자연 및 사회 환경, 부지 조건 등 사업 추진을 위한 제반여건이 전반적으로 양호한 것으로 평가되었으며 이러한 부지적합성 평가결과는 2005년 9월 15일 기자회견을 통해 발표되었다.

4. 부지 선정

정부는 2005년 6월 10일 국정현안정책조정위원회의를 통해 부지선정 절차와 진행일정을 최종 확정하고 2005년 6월 16일, 산업자원부(현 지식경제부)장관은 과천정부청사에서 다음과 같은 요지의 ‘중·저준위

방사성폐기물처분시설 부지선정 등에 관한 공고’를 발표하였다.



〈그림 3-11〉 절차공고에 따른 부지선정 절차 및 일정

- ① 지방자치단체의 장이 지방의회의 동의를 얻어 산업자원부(현 지식경제부)장관에게 유치 신청
 ※ 신청지역이 2이하일 경우, 경쟁구도 조성을 위해 부지선정위원회가 여론조사를 통해 주민투표 대상지역을 추가 선정 가능
- ② 주민투표 대상지역에 대하여 부지선정위원회가 부지안전성 및 사업추진 여건 등 부지적 합성을 종합평가
- ③ 부지가 적합하다고 평가된 지역에 대해 산업자원부(현 지식경제부)장관이 주민투표법 제8조에 따른 주민투표 실시를 요구
- ④ 주민투표 실시를 요구받은 지방자치단체의 장은 지방의회 의견수렴을 거쳐 주민투표 발의 여부를 결정
- ⑤ 발의 지역에서 동시에 주민투표 실시
- ⑥ 투표권자 1/30이상 투표 및 유효투표수 과반수의 찬성을 획득한 지역중 찬성률이 가장 높은 지역을 후보부지로 선정

2005년 8월 31일 유치신청 접수마감 결과 경주, 군산, 영덕, 포항 등 4개 지방자치단체에서 의회의 동의를 얻어 산업자원부(현 지식경제부)에 유치신청서를 제출했다. 그간 유치신청에 관심을 보였던 울진군 및 삼척시는 의회의 유치동의안 부결로 인하여 유치가 무산되었고, 부안군 역시 부안군의회의 의장직인 미비 등의 이유로 신청서가 반려(8.23일)된 이후 신청서 필수요건인 군의회의 동의를 확보하지 못해 유치신청서

접수시한을 넘기고 맡았다.

〈표 3-23〉 유치신청 현황

지자체	부지 위치	부지평가결과	유치신청
경주시	양북면 봉길리	양 호	'05. 8.16
군산시	소룡동 비응도	양 호	'05. 8.29
포항시	죽장면 상옥리	양 호	'05. 8.29
영덕군	축산면 상원리	양 호	'05. 8.29

이후 지방자치단체간 유치활동 과정에서 상호 비방과 부재자투표에 대한 문제점이 제기되었으나 유치지역에 대한 경제적 지원과 안전성이 보장됨에 따라 당초 투표율이 저조하리라는 예상과는 달리 2005년 11월 2일 경주, 군산, 포항, 영덕 등 4개 지역 332개 투표소에서 일제히 실시된 주민투표에서 경주시가 89.5%의 가장 높은 찬성률로 중·저준위 방사성폐기물처분시설 최종후보부지로 선정되었다.

〈표 3-24〉 방폐장 유치 주민투표 결과

구 분	경주시	군산시	영덕군	포항시	계
총 선거인수	208,607	196,980	37,536	374,697	817,820
투표인수	147,625	138,192	30,107	178,586	494,510
- 부재자 투표 (신고자)	70,521 (79,599)	65,336 (77,581)	9,523 (10,319)	63,851 (82,637)	209,231 (250,136)
- 기표소 투표	77,115	72,856	20,584	114,735	285,290
투표율(%)	70.8	70.2	80.2	47.7	60.5
찬성률(%)	89.5	84.4	79.3	67.5	-

방폐장 부지선정은 19년간 표류하였던 최장기 국책사업이 최초로 주민투표를 통해 결정됨으로써 풀뿌리 민주주의 실현과 사회적 갈등에 대한 민주적 해결사례의 새로운 모델을 제시하였고, 방사성폐기물을 안전하게 처분할 수 있게 됨으로써 ‘저탄소 녹색성장’의 핵심에너지원인 원자력발전의 지속가능한 발전에 토대를 마련하고 국가 에너지안보체계 구축을 위한 기틀에 크게 기여하게 되었다.

〈표 3-25〉 방폐장 추진 역사

차 수	추진지역	추진내용
1차 (’86년~’89년)	울진, 영덕, 영일	• 문헌조사를 통해 3개 후보지 도출 ⇒ 주민소요로 지질조사 중단
2차 (’90년~’91년)	안면도	• 충남 안면도 고남지역 비공개로 조사 ⇒ 주민소요로 백지화
3차 (’91년~’93년)	안면도(2차), 영일군 청하면 등	• 유치지원지역 공모 및 고성, 장흥 등 6개 후보지 도출 ⇒ 주민소요로 실패
4차 (’93년~’94년)	울진군, 장안읍	• 울진 등 3개 유치신청지역에 대한 지역지원사업 제시 ⇒ 주민 소요로 실패
5차 (’94년~’95년)	굴업도	• 굴업도를 처분장부지로 지정고시 ⇒ 활성단층이 발견 되어 지정고시 해제
(’97년 1월)	사업추진체제변경	• 과학기술부(원자력연구원) → 산업자원부(한전)
6차 (’00년~’01년)	영광, 고창, 강진, 완도, 진도, 보령, 울진	• 전국 46개 임해지역 지자체 대상으로 유치 공모 ⇒ 7개 지역에서 유치청원을 했으나, 신청 지자체 전무
7차 (’02년~’03년)	울진, 영덕, 고창, 영광	• 울진, 영덕, 고창, 영광 등 4개 후보지 도출 ⇒ 자율유치 방식으로 전환
8차 (’03년)	부안, 울진, 영덕, 영광, 고창, 군산, 장흥, 삼척	• 유치공모 통해 전북부안 단독공모 ⇒ 반대주민 소요로 난항
9차 (’04년)	울진, 영광 등 7개 시 군, 10개 지역	• 주민투표제도 도입 및 7개 시·군 10개 지역 유치청원 ⇒ 예비신청 전무
10차 (’05년)	경주, 군산, 영덕, 포항	• 유치지역지원특별법 공포(’05.3.31) • 주민투표 실시(’05.11.2) 및 경주시 부지선정 (’05.11.3)

제4절 한국방사성폐기물관리공단 발족

한국방사성폐기물관리공단 홍보실장 이철호

1. 국가차원의 방사성폐기물관리 전담기관의 설립

경주 중·저준위 방사성폐기물처분장 부지선정('05.11.2) 이후, 국제기준에 맞는 방사성폐기물 관리체계 구축이 핵심 정책과제로 대두되었다. 그동안 방사성폐기물관리는 방사성폐기물의 주요 발생자이며 원전사업자인 한국수력원자력이 수행해왔다. 그러나 방사성폐기물 발생자가 관리사업을 동시 수행하는 구조로 인해 사업의 객관성 및 투명성에 문제가 있다는 지적이 제기되었다. 국제기준인 IAEA권고사항도 방사성폐기물의 안전관리를 위해 방사성폐기물 발생자와 처분관리자를 분리시켜 상호 견제와 균형이 가능한 구조로 만들 것을 권고하고 있고 감사원의 감사결과에서도 △방사성폐기물관리사업은 국가가 직접수행 또는 발전사업자와 독립된 법인이 담당 △방사성폐기물처리재원은 원전사업자·관리사업자와 별도기관이 기금형태로 관리 △고준위방폐장 부지선정의 공정한 기준·절차를 법제화하도록 요구했다.

이와 같이 국내외적으로 방사성폐기물의 안전한 관리가 적극적으로 요구됨에 따라 기존의 방사성폐기물 관리체계를 개선하기 위해 2008년 3월 28일 방사성폐기물관리공단 및 방사성폐기물관리기금 설치 근거인 「방사성폐기물관리법」이 제정·공포되었다.

「방사성폐기물관리법」에 따라 그동안 한국수력원자력(주)에서 수행하던 방사성폐기물 사업을 이관 받아 2009년 1월 1일 한국방사성폐기

물관리공단(이하 방폐물관리공단)이 설립되었다.



〈그림 3-12〉 한국방사성폐기물관리공단(창립) 시무식

지식경제부 산하 준정부기관으로 설립된 방폐물관리공단은 정원 254명 규모로 본사에 경영기획본부, 사업본부, 기술전략본부 3개 본부를 두고 중저준위방사성폐기물관리시설인 월성원자력환경관리센터와 부설기관으로 기금관리센터를 두고 있다. 방폐물관리공단의 초대 이사장은 원자력전문가인 민계홍 이사장이 취임하였다. 민계홍 이사장은 1976년 한국전력에 입사해 한수원 사업본부장과 방사성폐기물사업본부장을 역임했다.

당초 방폐물관리공단은 2014년까지 중저준위방사성폐기물 관리시설 유치지역인 경주로 이전하기로 하였으나 3년 앞당겨 2011년 3월 28일 경주로 본사를 이전하였다.

한국방사성폐기물관리공단의 설립으로 국제기준에 부합하는 방사성

폐기물 관리체계를 구축하게 되었으며, 독립된 전담기관을 둠으로써 방사성폐기물 관리의 안전성·전문성·투명성이 더욱 향상되어 녹색성장의 주요 에너지원인 원자력에 대한 부정적인 인식을 줄여나가는 데 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.



〈그림 3-13〉 공단 본사 경주이전

2. 공단의 역할

방폐물관리공단은 방사성폐기물 관리 재원인 방사성폐기물관리기금을 운용·관리하며 △방사성폐기물의 운반·저장·처리·처분 △방사성폐기물 관리시설 등의 부지선정·건설·운영·폐쇄 후 관리 △방사성폐기물 관련 연구개발·국제협력·인력양성 △방사성폐기물에 대한 홍보 및 대국민 이해증진 사업 △방사성폐기물 관리시설의 주변지역에 대한 지원·협력 △방사성폐기물 관리시설의 주변지역에 대한 환경 조사 △방사성폐기물 발생자에 대한 기술 지원 및 정보 제공 △방폐물관

리법 또는 다른 법령에 따라 정부로부터 위탁받은 사업을 수행한다.

방폐물관리공단은 현재 건설 중인 1단계 중·저준위방사성폐기물 관리시설을 안전하고 친환경적으로 건설하고 있으며, 지상지원시설은 조기 완공하여 2010년 12월 24일 울진원전의 중·저준위방사성폐기물 1,000드럼과 월성원전 1,000드럼 등 2,000드럼을 첫 반입함으로써 본격 운영하게 되었다. 또한 2단계 처분장 건설을 위한 준비도 차질 없이 추진하고 있다.

공단은 사용후핵연료 관리방안 마련을 위해 추진되는 사용후핵연료 공론화가 객관적이고 중립적으로 원활히 추진될 수 있도록 공론화 활동에 인적·재정적·기술적·행정적 지원을 맡아 사용후핵연료 관리정책을 적기에 도출하도록 지원할 예정이며, 도출된 관리정책에 따라 부지확보 및 조사, 중간저장시설 설계, 건설 등 사용후핵연료 관리를 위한 구체적인 사업의 시행을 맡게 된다.

또한 국제적인 수준의 방사성폐기물 관리기술 확보를 위해 방사성폐기물 관련 핵심기술 개발과 처분시설의 주요설비 국산화 및 성능개선, 사용후핵연료 중간저장 및 처분관련 기술개발 등 방사성폐기물 관련 연구개발을 추진하고 있으며, 해외 선진 방사성폐기물관리 전담기관과의 기술교류 확대를 통한 선진기술을 확보, 국제협력을 통한 국가 위상제고 및 공단의 역할제고를 위해서도 힘쓰고 있다.

특히 방사성폐기물 관리사업의 원활한 추진을 위해서는 국민들의 이해가 무엇보다 중요함을 인식하고 월성원자력환경관리센터의 건설현황을 홈페이지(www.krmc.or.kr)에 공개하는 등 방사성폐기물관리사

업의 안전성과 투명성에 대한 국민의 신뢰 확보를 위해 적극적인 정보 공개와 방사성폐기물 관리 실태를 직접 눈으로 확인할 수 있도록 월성 원자력환경관리센터에서 시설견학을 시행하며 다양한 현장체험 기회를 제공하고 있다.

3. 관리사업자 지원사업

“중·저준위방사성폐기물처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법”에 따라 특별지원금 3,000억원 지급, 양성자 가속기 사업, 한수원(주) 본사이전, 방사성폐기물반입수수료 지원 등 4개의 특별지원사업과 55개 유치지역 지원사업이 시행되고 있다.

이 중 방사성폐기물관리사업자인 한국방사성폐기물관리공단(이하 “방폐공단”)에서 시행하는 사업인 방사성폐기물반입수수료 지원 사업은 200ℓ 1드럼 당 637,500원이 발생하며, 이 중 75%는 관할지방 자치단체에 지원하여 경주시가 직접 집행하고, 25%는 관리사업자인 방폐공단이 집행하게 된다. 처분용량 80만 드럼을 기준으로 할 때 총 지원사업 규모는 5,100억원이 될 것으로 추정된다. 이중 75%(3,825억원)는 자치단체인 경주시에서 시행하며 25%(1,275억원)는 방폐공단이 직접 지역지원사업을 시행하게 된다.

경주시는 특별회계를 설치하여 지역개발·관광진흥·문화시설 확충 및 농수산물 판로지원, 지역주민의 소득증대·생활안전·생활환경 개선 및 복리증진, 유치지역 지원사업과 관련한 조사·연구, 방사능방재에 대비한 시설 장비의 확충·관리, 방사성안전에 관한 민간환경감시기

구의 설치·운영지원 등에 사용할 수 있다.

방폐공단은 전기요금보조, 홍보사업, 환경안전관리사업, 농수산물관련 지원사업 및 관광진흥사업, 유치지역지원위원회에서 유치지역의 발전을 위하여 필요한 것으로 정하는 사업에 사용하게 된다.

〈표 3-26〉 관리사업자 지원사업의 종류

사업구분	세부사항
① 전기요금 보조사업	• 주택용 전력요금의 일정액을 보조하는 사업 (산정기준 및 배분기준은 사업의 규모 및 지원대상자의 수, 처분시설과의 거리, 소득규모, 전기사업량을 고려하여 지경부 장관이 고시)
② 홍보사업	• 처분시설의 건설·운용 및 지원사업에 관한 홍보 • 전통문화의 계승·발전 및 지역사회의 유대강화를 위한 사업
③ 육영사업	• 각급 학교 및 학생을 대상으로 장학금 지급, 시설 및 기자재 지원, 체육활동 또는 방과 후 활동, 학생참여 행사의 지원
④ 환경·안전관리 사업	• 민간환경감시기구가 처분시설 주변의 일반환경·방사선환경 또는 방사성 안전을 감시하는 데에 직접 소요되는 비용의 지원
⑤ 농수산물관련 지원사업 및 관광진흥사업	• 농수산물의 생산·가공·판매 및 관광진흥을 통하여 지역주민의 소득 증대에 기여할 수 있는 사업

다만, 형평성을 고려하여 「발전소주변지역 지원에 관한 법률」에 의한 지원사업 및 경주시에서 시행하는 지원사업과 지원대상이 중복되는 사업에 대해서는 관리사업자 지원사업의 대상에서 제외한다.

또한 방폐공단은 사업 추진 및 선정의 공정성과 객관성을 위하여 지

원사업의 목표와 지원대상 사업, 지원대상 규모, 대상자 선정 기준 및 원칙 등이 포함된 ‘관리사업자 지원계획’을 수립하여 시행하되, 유치지역 주민이 50% 이상 참여한 ‘관리사업자 지원사업 심의위원회’의 의결을 거쳐 그 계획 및 결과를 지식경제부장관에게 보고하도록 하였다.

이와 별도로 방폐공단은 중·저준위 방폐장 유치지역의 청년 일자리 창출에 기여하기 위해 신입사원 채용시 해당지역 주민에 대한 가점제와 더불어 신입사원 채용인원의 20%를 할당하는 유치지역모집을 병행해 실질적인 고용효과가 돌아가도록 하고 있으며, 환경친화단지 건설을 비롯하여 방폐장 건설과정에서 지역기업의 참여를 보장하고 있다.

제5절 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설

한국방사성폐기물관리공단 운영관리실장 김생기

1. 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설 운영준비

한국방사성폐기물관리공단은 경주 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설을 2012년 12월 준공 목표로 건설 중에 있으며, 처분시설 준공 전 인수저장건물의 우선사용을 통해 원전의 방사성폐기물을 인수저장건물에 반입하여 처분시설 완공 시까지 저장, 검사 및 관리하고 있다.

원전에서 반입하기로 선정된 드림은 발생지 예비검사를 거친 후 전용 운반용기에 포장되어 해상 또는 육상으로 처분시설의 인수저장건물까지 운반된다. 인수저장건물에 운반된 방사성폐기물은 안전하게 저장 · 관리되며, 인수검사시설이 완공되면 처분장 인수검사를 거치게 된다.

인수저장건물에 보관하고 있던 방사성폐기물은 2013년부터 처분용기에 담겨 지하 사일로에 최종 처분하게 된다.

2. 해상운반의 안전성

중·저준위 방사성폐기물 운반선박인 한진청정누리호는 원자력발전소에서 발생한 중·저준위 방사성폐기물을 처분시설까지 안전하게 운반하는 역할을 수행하도록 건조되었으며, 연간 9,000 드럼(1항차 당 1,000 드럼)의 방사성폐기물을 운반하게 된다.

선박을 이용한 해상운반은 차량이나 철도를 이용한 육상운반에 비해 대량운반이 가능하며, 사고위험성이 낮고, 공공에 대한 노출이 적어 매우 안전하다. 또한 우리나라 원전이 해안에 위치하고 있는 점을 고려할 때 보다 효율적이다.

한진청정누리호는 국제해사기구(IMO) 등 국제기준과 선박안전법 및 원자력법 등의 국내규정을 적용하여 안전성이 충분히 확보되도록 설계·건조되어 국토해양부의 승인을 받았으며, 교육과학기술부, 원자력전문 규제기관의 점검을 통해 선박의 안전성 및 운영절차의 적절성이 확인되었다.

이중선체 및 이중엔진 구조로 설계되어 만일의 사고에도 방사성물질의 누출을 예방하고 있으며, 자동충돌예방장치, 선박자동식별장치 등의 통합 항해 장비를 통해 충돌 등의 사고를 미연에 방지한다. 기관실, 화물창 등에는 CO₂ 고정식 소화설비, 고정살수노즐장치 등이 설비되어 있어 화재 발생시 효과적으로 대처할 수 있다.

선박의 화물창 및 승무원 거주구역 등 주요지역에는 방사선 차폐체가 설치되어있어 방사성폐기물에 의한 승선인원의 피폭을 최소화하고, 선박에 설치된 지역방사선감시시스템(ARMS)에서는 선박 내 주요지역의 방사선 준위를 자동으로 감시하며, 모든 승무원은 개인선량계를 착용하여 개인의 피폭 여부를 관리한다.

방사성폐기물 해상운반은 최적의 기상상황이 아니면 운항하지 않는 등 운항조건을 엄격하게 수립하여 운영할 예정이다. 해상사고 시 긴급 조치를 위해 체계적인 연락체계를 갖추고 응급상황에 대처하기 위하여 방사선비상대응계획서, 방사선방호계획서를 수립하였다. 또한 법적으로 요구하는 자격보다 한 단계 높은 선장을 선임하고 방사선 안전관리자를 운영함으로써 선박의 안전성을 높이고 있다.

선박의 설계·건조시에는 해상인명안전조약(SOLAS 협약), 해양오염방지협약(MARPOL 협약), 국제해상위험물규칙(IMDG code), 국제해상안전수송등급(INF code) 등 국제기준을 적용하였고, 선박안전법, 선급강선규칙(한국선급), 선박법, 중·저준위방사성폐기물 운송선박에 관한 기술기준(교과부 고시), 방사성물질 운반선박의 안전기준(국토해양부 고시) 등 국내규정을 적용하였다.



운송선박 주요제원

• 총톤수(재화중량)	: 2,600톤(1,365톤)
• 전장	: 78.60m
• 폭	: 15.80m
• 만재흘수	: 4.0m
• 항해속력(만재상태)	: 최대 12노트
• 화물적재용량	: 최대 1,520드럼
• 승선인원	: 총 20명
(방사선안전관리자 및 운반책임자 포함)	

〈그림 3-14〉 운반선박 주요제원

3. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영개요

월성 중·저준위 방사성폐기물 처분시설은 다중방벽(폐기물드럼, 처분용기, 처분고, 자연방벽)을 갖추고 있으며 정부의 철저한 안전규제, 민간환경감시기구 운영 등 다각적인 환경감시를 통해 방사선량이 엑스레이 1회 촬영시보다 낮은 연간 0.01밀리시버트(mSv) 이하로 관리할 예정이다.

현재 고리, 영광, 울진원자력발전소에서 보관중인 방사성폐기물은 운반선박을 이용하여 월성원자력환경관리센터로 운반하며, 처분시설 바로 옆에 위치한 월성원전의 방사성폐기물은 육상으로 운반된다. 방사성 동위원소 폐기물은 발생자 또는 방폐물 운반대행업자가 처분장까지 운반하게 된다.

월성원자력환경관리센터에 도착한 방사성폐기물은 인수검사시설에서 방사성핵종분석기, X-ray 검사설비 등을 통해 방사능 농도, 표면오

염여부 등 정밀한 인수검사를 실시하게 된다. 인수검사가 끝난 방사성 폐기물은 철근 콘크리트 처분용기에 담겨 운반트럭을 통해 처분동굴로 이동되어 사일로에 차곡차곡 쌓여진다. 처분동굴이 다 차게 되면 빈 공간을 채움재로 채우고 지하수 이동을 막기 위해 운영동굴 및 건설 동굴 입구를 콘크리트로 밀봉 폐쇄한다. 처분된 폐기물은 시간이 지나 방사능이 감소되어 자연 상태로 돌아가게 될 때까지 처분시설 주변의 환경 감시를 통해 처분시설 운영기간은 물론 폐쇄 이후에도 일정기간 관리하게 된다.

처분시설은 안전성을 더하기 위해 원전과 같은 내진설계기준을 적용하여 지진 발생시에도 외부로의 방사능 누출을 원천적으로 봉쇄할 수 있도록 하였다. 무엇보다 처분동굴은 지하 130m에 위치하기 때문에 지진 등 자연재해에도 방사능 누출로 인한 환경피해를 최소화 할 수 있다.

4. 중 · 저준위 방사성폐기물 관리의 안전성

처분시설의 안전은 폐쇄 후 장기 안전성확보에 목표를 둬 따라 처분시설 운영단계에서부터 장기적인 관점에서 안전확보 대책을 강구하며, 이러한 제반 안전확보 대책의 타당성에 대한 안전성평가를 통해 안전을 확인한다. 한국방사성폐기물관리공단에서 현재 건설·운영허가 후속조치로 수행 중인 폐쇄후 안전성재평가는 안전확보 노력의 일환으로, 건설·운영허가시 안전성평가 결과에 대한 보수성을 확인함으로써 안전여유도를 제시할 것이다. 안전성재평가 시 동굴과 사일로 굴착 중 추가로 취득되는 부지특성 자료 및 상세 설계내용이 반영되며, 사일로

주변 지하수유동해석과 연계된 2차원 핵종이동모델링 관련 안전성평가 전산코드를 개발 중이며 핵종이동평가 및 생태계영향평가 분야의 상세 모델링을 위한 통합해석모듈을 개발 중이다. 이와 더불어 안전평가 정보관리시스템을 구축, 운영함으로써 안전성평가 근거에 대한 종합관리 체계 및 품질보증체계를 수립할 예정이다.

처분시설 운영이 부지환경에 미치는 영향 판단에 필요한 기준 설정을 위하여 현재 건설 중 부지감시를 수행 중이며, 부지감시는 처분시설의 운영 전부터 폐쇄 후까지 각 단계에서 변화가 예상되는 주요 부지특성에 대해 지속적으로 수행될 것이다. 이와 더불어 부지환경 변화에 대한 관리기반 및 처분시설의 안정적 운영기반 마련을 위하여 ‘부지감시 종합관리시스템’을 구축하여 연내에 시범운영할 계획이다. 상기 시스템은 부지감시활동과 감시자료에 대한 통합관리·운영기능과 이상현상 발생시 대응조치 기능, 감시자료 외부공개 기능 등을 구현하며, 부지현황에 대한 정보화기반 구축으로 부지안전성을 가시적으로 확인할 예정이다.

한편 처분시설의 운영 및 증설에 있어 안전관련 주요사항에 대한 독립적인 검토와 감사를 수행함으로써 처분시설 종사자 및 환경을 보호하고 공중의 안전·보건, 비용의 효과성과 운전의 효율성을 도모하고자 2009년 방사성폐기물안전위원회(KRRB)를 구성하여 운영 중이다. 본 위원회의 주요 활동은 심의와 점검으로 구성되며, 심의활동의 대상은 처분시설 안전에 직접적 영향을 미치는 건설·운영허가사항의 변경사항 등 안전관련 주요사항이다. 점검활동 대상은 처분시설 운영요원 교

육 및 자격관리 상태, 방사선 비상계획/화재방호계획/환경방사능 감시 계획 및 이행상태 등이며 2009년 11월에 제1차 위원회를 개최하였다.

5. 중·저준위 방사성폐기물 추적관리시스템 개요

중·저준위 방사성폐기물 추적관리시스템은 국내에서 발생하는 방사성폐기물의 발생지 인수시점부터 처분시설 폐쇄 이후 제도적 관리기간까지 각 단계별(인수, 운반, 검사, 처분, 폐쇄 등) 발생정보를 실시간으로 종합관리할 수 있도록 개발되었다.

현재 국내 원자력발전소, 한국원자력연구원, 한전원자력연료 등 관련 기관에서 발생되고 있는 방사성폐기물의 형태를 기준으로 핵심 프로세스를 구성하였으며, 향후 추가 될 수 있는 다양한 형태의 폐기물을 수용할 수 있도록 확장성 및 유연성을 갖도록 구축되었다. 특히, 방폐물 추적관리시스템은 기본적으로 웹 방식으로 구축함으로써 사용자 접근성 및 편의성을 증대하였다.

방사성폐기물의 이력을 실시간으로 관리함으로써 폐기물관리의 전반적인 업무에 대한 신뢰성을 확보하여 처분사업에 대한 대국민 투명성을 제고하고 운반 폐기물의 선박/차량위치 추적으로 방사성폐기물이 운반되고 있는 동안에도 그 위치를 실시간 추적함으로써 안전성 증진에 기여할 것이다.

항만에 대해 북방파제 250m 연장, 남방파제 140m 제거 및 물양장 120m(폭 20m) 확장하는 보강공사를 2008년 4월 남방파제 체체축조를 착수하여 2008년 5월 물양장 블록거치, 2008년 10월 물양장 증설을

완료함으로써 방폐물 운송전용선박 접안이 가능토록 했으며 2009년 12월 공사를 완료하였다.

6. 역사적인 중·저준위 방사성폐기물 첫 반입

중·저준위 방사성폐기물 1단계 처분시설은 2012년 12월 준공을 목표로 건설 중에 있으나 울진 원전은 2008년 말, 월성 원전은 2009년 말에 방폐물 임시 저장고가 이미 포화되어 이후 발생하는 방폐물을 발전소내 폐기물처리건물 등의 여유공간에 보관하고 있는 실정이다. 게다가 월성원전의 경우 2011년 4월 폐기물처리건물의 저장능력이 한계에 이르렀다. 따라서 효율적인 방폐물 관리를 위하여 2009년 6월 기 완공된 방폐장 지상시설인 인수저장건물로 방사성폐기물을 반입하여 저장·관리하는 부분운영이 필요하게 되었다.

인수저장건물은 방폐물을 검사하고 지하 처분시설에 영구히 처분할 때까지 저장하는 용도로 사용되는 철근 콘크리트 건물이다. 인수저장건물 외벽의 두께는 83cm로 장기보관의 안전성이 입증된 원전의 임시 저장고보다도 안전성 측면에서 보다 강화된 기준으로 설계·시공되었으며, 건물 내부에 방사능 방출 감시기, 방사선 지역 감시기, 소화설비, 공기조화설비, 크레인 등 부분운영에 필요한 관련 설비를 설치하고 성능시험을 완료한 상태이다.

또한 한국방사성폐기물관리공단은 방폐물의 안전한 운반을 위하여 방폐물 운반선박과 차량을 확보하고, 2010년 11월 이틀간에 걸쳐 방폐물 운반 시범운항을 실시하여 해상·육상 운반경로를 확인하고 방폐물

운반절차를 검증하여 방사성폐기물 운반과정에서 발생할 수 있는 비상 상황시의 대처능력을 점검하였다.

2010년 12월 24일 울진원전 임시저장고에 저장중인 중·저준위 방사성폐기물 1,000 드럼과 12월 27일 월성원전 1,000 드럼, 총 2,000 드럼의 방폐물을 경주 방폐장 인수저장건물에 반입·저장하였다. 울진원전 방폐물 1,000 드럼은 운반차량과 운반선박을 이용하여 경주 방폐장 인수저장건물로 운반되었으며 월성원전에 저장된 방폐물 1,000 드럼은 운반차량을 통하여 경주 방폐장 인수저장건물로 반입하여 경주 방폐장의 성공적인 운영을 개시하였다.

방폐물의 반입으로 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법 제8조(유치지역특별지원금의 지원)에 의해 경주시에 지급되는 특별지원금 3,000억원 가운데 나머지 1,500억원이 경주시 특별회계로 이체되어 유치지역 지원사업에 사용할 수 있게 되었다. 또한 동법 제15조(수수료의 징수 및 배분)에 의해 방폐물 반입에 따라 12억 7,500만원의 반입수수료 중 75%는 경주시에 귀속돼 지역지원사업을 시행하게 되었으며, 나머지 25%인 3억1,900만원은 한국방사성폐기물관리공단이 영어캠프, 학교 기자재지원, 다문화가정 지원, 농가소득 지원사업 등 지역발전사업을 실시하는데 사용하였다.



〈그림 3-15〉 월성원전 물양장에 입항한
운반선박



〈그림 3-16〉 인수저장건물로 반입된
방사성폐기물

제6절 월성원자력환경관리센터 건설

한국방사성폐기물관리공단 사업관리실장 정명섭

1. 사업추진 경과

2006년 1월 2일 전원개발사업 예정구역지정[지경부 고시 제2005-133호]과 더불어 건설인력을 경주 현장에 배치하고 본격적인 건설준비업무를 수행해 나갔다.

우선 해당분야 전문가와 지역 주민대표로 구성된 협의체를 통해 2006년 6월 28일 방사성폐기물 처분방식을 동굴처분으로 결정하였으며, 2006년 12월 27일 처분시설 1단계 건설기본계획을 확정하였고 2007년 6월 12일 처분시설 1단계 공사를 수행할 시공업체를 선정하여 건설을 위한 인적·물적 토대를 구축하였다. 뒤이어 2007년 7월 12일 방폐장 건설사업 전원개발사업실시계획 승인을 받음으로써 인허가 요건도 갖추게 되어 2007년 7월 18일 방폐장 안전건설을 다짐하는 결의

와 함께 대역사의 부지정지를 위한 첫 삽을 뜨게 되었다.

2007월 10월 4일 경주시민의 공모를 통해 방폐장 공식명칭을 “월성 원자력환경관리센터”로 확정하였고 2007년 11월 9일 방폐장 착공식을 개최하였다. 2008년 3월 28일 방사성폐기물관리법이 공포(관보 제 16719호 게재)됨으로써 방폐물을 발전사업자가 아닌 별도 전담조직에 의해 관리토록 하는 근거가 마련되었다.

2008년 7월 31일 교육과학기술부로부터 중·저준위방폐물처분시설 건설·운영허가를 취득하고 2008년 8월 1일부로 본격적인 시설공사를 착수하게 되었다. 2008년 12월 24일 방폐물 전용 운송선박(청정누리호) 진수식(Launching)이 있었으며 2008년 12월 31일 방폐물관리법에 따라 한수원(주)에서 수행하던 방폐물 관리사업을 방폐물 전담조직인 한국방사성폐기물관리공단으로 이관하는 양도양수협약서를 체결하게 되었다.

방사성폐기물관리법에 따라 2008년 7월 21일 공단설립위원회의 공단발족 의결에 이어 이관사업 정리, 공단인력 확보작업을 거쳐 2009년 1월 1일 한국방사성폐기물관리공단이 정식으로 출범하게 되었다. 방폐물관리공단은 용인에 임시본사를 두고 중·저준위방폐물처분장 건설 및 운영을 위한 경주사업소와 방폐물관리 및 R&D업무를 수행하는 대전사업소를 두게 되었다.

한편 방폐장 건설사업의 일관성 유지를 위해 한수원(주)에서 수행함이 바람직하다는 판단하에 2009년 1월 2일 방폐물관리공단과 한수원(주)은 건설사업 위탁협약서를 체결하여 한수원(주)으로 하여금 처분

시설 1단계 건설사업관리를 수행토록 하였다. 이후 양사의 긴밀한 협력 하에 2009년 4월 13일 방폐물 전용운송선박 인도에 이어 2009년 4월 30일 방폐장 지상지원시설 초기전원가압이 성공적으로 이루어졌고, 2009년 6월 30일에는 우선사용에 필요한 모든 설비가 갖추어지는 등 순조롭게 건설사업이 추진되었다.

그러나 2009년 6월 공기연장 발표 이후 변화된 사업여건을 고려하고 지역사회로부터 방폐장 사업추진에 대한 신뢰성 확보 차원에서 방폐물 관리공단과 한수원(주)이 체결한 건설사업 위탁협약을 해지하고 방폐물 관리공단이 건설사업을 조기에 인수, 사업관리를 직접 수행할 필요성이 대두되었다. 이에 2009년 8월부터 방폐물관리공단과 한수원(주)간 사업이관 공동협의체를 구성하여 매주 업무이관에 대한 협의 및 분야별로 인계인수업무를 진행하였으며 2009년 12월 31일부로 중·저준위 방사성폐기물처분시설 1단계 건설사업 업무가 한수원(주)에서 방폐물 관리공단으로 이관되었다. 사업이관에 따른 한수원(주) 수행분 1단계 건설사업비 정산을 위해 2010년 8월 2일 기본계획을 수립하여 정부에 보고하고 방폐물관리공단과 한수원(주)간 4차에 걸친 실무회의를 거쳐 9,150억원으로 평가하고 2011년 1월 27일 제20차 이사회 의결을 통해 확정하였으며 2011년도 방폐물기금 중기사업계획에 반영할 예정이다.

방폐장 건설업무 위탁해지와 함께 방폐물관리공단의 독자적인 역량으로 사업을 추진하였는 바, 우선 사업관리주체를 명확히 하기위해 2010년 1월 주설비공사 계약 등 사업관련 각종 용역·계약을 변경하였으며 사업관리지침서 등 관련 절차서 제·개정을 통해 사업관리체계를

정비하였다. 또한 방폐물관리공단을 비롯, 시공사, 설계사 및 감리사 등을 포함한 지질분야 전문가로 구성된 회의체를 구성하여 2011년 2월 11일 첫 회의를 시작으로 30여 차례의 협의와 검토를 거치고 오스트리아 3G사 및 한국터널공학회 등 국내·외 선진기술을 보유한 전문가들의 기술자문을 받아 방폐장 지질여건을 고려한 맞춤형 사일로 설계에 박차를 가했다.

한편 2009년 6월 22일부터 3주간 정부주관으로 대한지질학회에 의뢰하여 방폐장 부지선정에서부터 시공에 이르기까지 전 과정을 조사한 결과 방폐장 안전성에 문제가 없다고 발표하였음에도 불구하고 시민사회단체 등이 방폐장 안전성 문제를 제기하고 공사중단을 지속적으로 요구함에 따라 2009년 8월 25일 경주시의회, 시민사회단체 및 사업주 등 23명으로 지역공동협의회를 구성하여 방폐장 현안사항들에 대해 지속적으로 협의하고 지역공동협의회 주관으로 2009년 11월 11일 안전성 검증조사단을 구성하여 지질구조, 수리지질, 지진, 터널, 원자력분야 등 5개분야에 대해 4개월 동안 정밀조사하였고 그 결과를 경주시민들에게 공개적으로 발표함으로써 방폐장에 대한 안전성 논란을 해소하고 신뢰성을 제고하는데 기여했다.

지상지원시설물공사의 완료와 함께 포화상태에 이른 울진원전본부와 월성원전본부에 저장중인 중·저준위방폐물의 방폐장 반입이 시급한 현안사항으로 부각하게 되었고, 이에 경주시로부터 2010년 6월 9일 지상지원시설물 중 우선사용에 필요한 6개동의 인허가 취득에 이어 2010년 12월 20일 지상지원건축물 전체에 대한 사용승인 인허가를 취

득하였으며, 방폐물전용선의 운항에 따른 어업피해를 주장하는 경주인근 어민들과 2009년 8월 25일 협의회를 구성하여 지속적으로 대화를 하는 한편 40여 차례의 주민설명회를 통해 방폐물 반입에 대한 공감대를 이끌어내고 마침내 2010년 12월 24일 울진원전본부에 보관중인 중·저준위방폐물 1000드럼을 방폐장 지상지원건물 내에 최초로 입고함으로써 우리나라 원자력산업 역사에 새로운 이정표를 세우게 되었다.

2. 사업 개요

가. 사업의 필요성

방사성폐기물은 일반 생활쓰레기나 산업폐기물과는 물성이 다르기 때문에 국가의 책임하에 장기간에 걸쳐 안전한 관리를 통해 국민의 신뢰성 확보가 필요하며 특히 안전관리에 관한 국제규범을 준수하고 생태적, 환경적으로 안전하게 관리하여 국민건강과 환경에 대한 위해를 사전에 방지해야 한다. 방사성폐기물 관리에 소요되는 비용은 발생시점에서 발생자가 부담토록하여 다음 세대로 전가해서는 안되며 원자력발전 및 방사성동위원소 이용에 수반되는 방사성폐기물의 발생량 최소화를 위해 노력해야 한다. 아울러, 방사성폐기물에 대한 대국민 이해 및 신뢰도 증진을 위해 투명하고 공개적으로 추진해야하며 관리사업은 지역사회와의 조화 및 지역발전에 기여하는 방향으로 추진되어야 한다.

〈표 3-27〉 사업개요

사 업 명	중·저준위방사성폐기물 처분시설 1단계 건설
위 치	경상북도 경주시 양북면 봉길리 일원
면 적	2,140,139㎡
시설규모	1단계 10만드럼
처분방식	동굴처분
사업기간	2006. 1 ~ 2012.12 (전원개발사업 예정구역 지정고시 ~ 준공)
총사업비	1,522,843 백만원 (준공년도 경상금액 기준)
	- 내자 : 1,495,446 백만원
	- 외자 : 28,839천 US \$ (27,397 백만원)
사 업 자	한국방사성폐기물관리공단
계 약 자	- 종합설계용역 : 한국전력기술(주)
	- 주설비공사 : (주)대우건설 · 삼성물산(주) 공동수급체
주요시설	- 지상시설 : 인수저장건물, 폐기물건물, 지원건물 등 9개동
	- 지하시설 : 건설동굴, 운영동굴, 처분동굴(사일로 6기) 등

나. 사업추진 효과

방폐장 부지 유치과정은 우리나라에서 사회적 갈등과제에 대해 민주적 방식으로 해결한 모범사례라 할 수 있으며 지역현안을 지역주민 스스로 결정함으로써 풀뿌리 민주주의의 초석이 되었다. 또한 국내최초로 시행되는 사업으로 설계, 제작, 건설, 시운전 등 건설 전 과정을 국내업체가 주도함으로써 원자력산업 기술발전에 크게 기여할 것이다. 아울러, 안전성을 최우선으로 환경친화적 처분시설 건설을 통해 완공 후 관광자원으로 활용할 수 있으며 건설과정에서 지역업체 참여확대와 지역

민 고용증대를 통해 지역경제 활성화에 크게 기여할 것으로 보인다.

또한 인접한 중수로형 원전인 월성원자력과 경주에 건설될 양성자가 속기 등과 어우러져 이 지역은 명실상부한 국내 최초의 원자력에너지클러스터로 조성될 전망이다. 장기적으로는 국민적 뜨거운 관심사였던 방폐물관리 문제를 해결함으로써 원자력발전에 대한 대국민 수용성을 제고하고 지지기반 확충을 통해 지속적인 국가경제 발전을 담보하기 위한 안정적이고 저렴한 에너지원 확보를 위한 기틀을 마련한 것이다.

3. 설계개요 및 기준

가. 설계개요

부지 특성 및 최신 인허가 요건을 반영하여 방사성폐기물 영향으로부터 인간과 환경을 보호하고 각 시설의 수명기간 동안 안전성이 보증될 수 있어야 하며 중저준위방사성폐기물 80만 드럼(200리터-드럼 기준)의 단계별 증설이라는 개념을 기본으로 1단계 10만 드럼의 기본 및 상세설계를 반영하였다.

또한 시설 운영 중 유리화 등 폐기물 특성이 달라질 경우나 원전 해체 폐기물이 발생할 시점에서는 별도의 설계개념이 적용 가능하도록 처분 시설은 증설개념을 적용하였고 국내의 유사 동굴시설과 국외의 처분시설 운영국가 사례를 참조하여 설계하였다.

나. 설계기준

2005년 12월 31일 현재 유효한 국내 및 외국(미국 및 참조시설 국

가)의 법규, 규제지침, 공업규격 및 표준을 적용하되 공업규격 및 표준은 국내기술기준으로 개발된 전력사업기술기준(KEPIC) 2000년판의 우선 적용을 원칙으로 하며 교과부 고시 제2005-04호에 명시된 지침 및 제한사항을 준수하고, 이의 적용에 문제가 있을 경우 KEPIC 제정에 참조한 기술기준을 적용토록 하였다.

또한 2005년 12월 31일 이후의 법규, 규제지침, 공업규격 및 표준 적용이 보다 우수한 설계로서 경제성이 있고 국내·외 인허가 요건을 만족시키는 것으로 판단되는 경우 그 내용을 적용할 수 있도록 하였다.

4. 건설일정 및 공정률

〈표 3-28〉 건설일정

주공정(Milestone)	계 획	실 적	비 고
부지선정	'05.11. 3	'05.11. 3	
전원개발사업예정구역지정고시	'06. 1.31	'06. 1. 2	
전원개발사업실시계획승인 신청	'07. 1. 1	'07. 1.11	
건설·운영 허가 신청	'07. 1. 1	'07. 1.15	
전원개발사업실시계획승인 취득	'07.10.31	'07. 7.12	
부지정지착수	'07. 7.18	'07. 7.18	
시설공사착수	'08. 8. 1	'08. 8. 1	
우선사용 관련시설 완료	'09. 6.30	'09. 6.30	
지상지원시설 완료	'10. 6.30	'10. 6.30	사용승인:경주시 10.12.20
사일로 굴착 착수	'10. 7.16	'11. 2.23	#3,#4 돔부
사일로 공사 완료	'12. 6.30	-	
1단계 준공	'12.12.31	-	

〈표 3-29〉 연도별 종합공정률

구 분	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	비고
계획공정률(%)	4.13	17.87	38.22	61.35	76.26	92.77	100	
실적공정률(%)	4.13	18.03	38.18	61.42	72.24	-	-	

5. 부지매수 및 지장물 현황

방폐장 사업구역은 본부지로 952필지 2,057천m²이며, 국도31호선 관련 지역은 169필지 82천m²에 해당하며 2010년 말 현재 매수가 완료되었다. 또한 지장건축물 총 96건 중 13건이 철거 지연중이나 대부분 국도31호선 종점부나 이주단지 내에 있는 건축물로서 사업추진에 직접적인 영향이 없도록 순차적으로 조치 중에 있다.

6. 공정회의체 운영

가. 사업추진회의(PRM)

방폐장 건설 중 주요사업분야별 추진현황 및 종합평가, 인허가 및 설계 등 현안사항 협의를 위해 반기에 1회 실시하는 회의로써 종합설계사, 시공사, 기자재 공급사 등 주요계약사가 참여하며 2007년 6월 27일 제 1차 회의를 하였으며 2008년 8월 21일 제4차 회의를 개최하였다. 2009년도에는 주로 월간사업추진회의를 통해 사업관련 현안사항을 협의하였다.

나. 월간 사업추진회의

주요 공정별 분야별 사업추진실적 및 주요 수행업무를 점검하고 Action Item 도출 및 조치현황을 파악하기 위해 사업관리책임자(PM) 주관으로 월 1회 개최하는 것을 원칙으로 하며 2006년 1월 17일 제1차 회의를 시작으로 2009년 8월 28일까지 제37차 회의를 개최하였다. 이후 방폐물관리공단과 한수원(주)간 사업이관을 위한 회의체 운영 및 건설인수반 활동이 월간사업추진회의 역할 및 기능을 2009년 말까지 대신하였으며, 2010년도에는 동굴공사 설계 및 시공관련회의를 통해 건설관련 현안사항을 협의하였다.

다. 동굴공사 설계 및 시공관련회의

지상지원시설공사가 상당부분 진척된 2010년 초에는 지하시설공사에 사업역량을 집중하고 특히 안전성 논란이 있었던 사일로 부분에 대한 최적의 설계 및 지하시설공사 공정촉진을 위한 방안을 집중적으로 협의하기 위해 2010년 2월 11일 방폐물관리공단을 비롯하여 종합설계사, 시공사, 감리단 등이 참석한 동굴공사 설계 및 시공관련회의를 발족하고 이후 격주단위로 개최하였다. 2010년 12월 24일까지 제27차 회의를 통해 안전성검증조사단의 권고사항에 대한 조치들을 협의·이행하였으며 국내·외 기술자문을 거쳐 방폐장 지질에 적합한 맞춤형 사일로 상세설계를 위해 주도적인 역할을 수행하였다.

라. 주간공정회의

주간 시공공정 문제점 분석 및 해결방안 수립, 공정지연 예방대책 수립, Action Item 도출 및 조치현황 등을 파악하기 위해 주 1회 현장에서 개최한다. 2006년 8월 4일 제1차 회의를 시작으로 2010년 12월 28일 제164차 회의에 이르기까지 현장에서 발생하였던 각종 문제점에 대해 시의적절하게 대처하였고 관련사간 긴밀한 협조체제를 유지하는데 크게 기여하였다.

7. 환경 및 안전관리

방폐장 건설사업의 목표가 “안전하고 친환경적인 건설”로 무엇보다도 환경 및 안전관리 활동을 활발하게 전개했다.

체계적인 환경관리를 위해 “환경경영시스템(ISO 14001)”을 도입하였다. 2008년 9월 한국생산성본부인증원으로부터 환경경영시스템 인증 사후관리 심사를 필하고 2009년 9월 인증 갱신심사를 받는 등 사업 특성에 맞게 환경관리업무를 수행하였다. 또한 중·저준위방폐물처분 시설 건설사업 및 국도31호선 이설사업 사후환경영향조사를 2008년 2월부터 개시하였으며 준공후 5년간 수행될 예정이다. 현장 환경관리 활동도 환경경영시스템 운영 및 현장 환경점검을 매주 실시하고 있으며 환경영향평가 협의내용 이행사항 확인 및 협의내용 관리대장을 비치하여 월단위로 관리하고 있다. 그밖에 대외기관 현장점검 및 단체 현장확인으로는 대구지방환경청 비점오염원 관리현황 수검, 경주시청 임목폐기물 관련 재선충병 확산예방 지도점검을 비롯하여 환경운동연합 단체

등으로부터 수차에 걸쳐 실시한 바 있으나 철저한 현장관리로 지적사항이 없었으며 한국산업안전보건공단의 서비스업사업장에 대한 안전보건컨설팅 및 평가를 통해 방폐물관리공단의 안전관리 수준향상을 위해 노력하였다.

또한 철저한 안전관리를 위해 매년 초 안전관리기본계획을 수립·시행하고 있으며 해빙기, 하절기, 동절기 등 계절에 따른 건설현장 안전관리에도 만전을 기하여 한수원(주)이 사업관리하던 2009년 말까지 1,077일 무재해를 기록하였으며 방폐물관리공단이 사업을 인수한 2010년 1월 1일부터 11월 2일까지 무재해 1배수 목표 300일을 달성하였고 2배수 달성을 위해 임직원 및 협력사 종사자가 안전관리에 철저를 기하고 있다. 또한 안전보건관리책임자, 전기안전관리담당자, 자체감리원 배치신고 등 법정 안전관리담당자를 선임하여 현장 안전관리체계를 정립하고 매분기 노사간담회 및 시공사 합동 안전간담회 개최를 통해 안전활동에 대한 연대를 강화하고 안전의식 고취에 최선을 다하고 있다.

8. 안전성 검증조사 및 권고사항 이행

가. 안전성 검증조사단 활동

2009년 6월 1일 방폐장 준공일을 당초 2010년 6월 30일에서 30개월 증가한 2012년 12월 31일로 발표되자 경주시민사회단체를 주축으로 방폐장부지에 대한 안전성 문제를 제기하였고, 동 시기에 방폐장 유치지역지원에 관한 특별법상 위원장의 지위가 격하되는 특별법 개정내용이 알려지게 되면서 지역사회여론이 매우 부정적으로 흐르게 되었다.

이러한 사실을 확인하고 민심을 수습하고자 정부주관으로 대한지질학회에 의뢰하여 2009년 6월 22일부터 7월 17일까지 관련분야 전문가들이 방폐장 부지선정에서부터 시공에 이르기까지 전 과정을 조사하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 4차례 부지조사는 기준에 맞게 수행됨
- 실제 시공 시 노출된 암반등급이 당초 조사된 암반등급보다 낮음, 기 시공구간 중 가장 큰 오차는 부지조사 시 확인하기 어려운 소규모 작은 단열대로 인한 진입터널 입구부 100여m 구간에서 발생함
- 막장상태를 감안 보조공법 및 지보패턴을 적용하여 동굴 안정성 확보중
- 현재까지 확인된 지질환경 변화는 처분 안전성평가에 영향을 주지 않음
- 공사기간 연장의 주원인은 울진원전 포화시점 및 지질특성을 고려하지 않은 무리한 목표시점 설정이며, 부지특성을 감안하여 재 산정된 53개월 공사기간은 불가피함

위와같은 조사결과가 발표되었음에도 불구하고 경주시의회를 비롯 시민사회단체가 별도의 조사와 공사중단을 지속적으로 요구함에 따라 2009년 8월 25일 경주시의회(2명), 시민사회단체(15명) 및 사업주(6명) 등 23명으로 지역공동협의회를 구성하여 방폐장 현안사항들에 대해 지속적으로 협의를 하여 왔으며, 방폐장 안전성에 대한 지역신뢰를 확보하기 위해 지역공동협의회 주관하에 지질구조, 수리지질, 지진, 터널, 원자력분야 등 5개분야 전문가로 안전성 검증조사단을 구성하여

2009년 11월 11일부터 활동을 시작하였다. 2010년 3월 11일 검증조사단의 조사결과를 언론에 공개하고 이어서 경주시의회를 비롯 시내권과 동경주 주민들을 대상으로 설명회를 개최함으로써 방폐장 안전성과 관련한 지역주민들의 궁금증을 해소해 주었다. 검증조사단의 조사결과를 정리하면 다음과 같다.

- 경주부지는 처분부지 선정기준의 범위를 벗어나지 않음
- 단계별 시공성 확보를 위한 설계 및 대책이 수립된다면 처분고의 시공안전성 확보 가능
- 수리지질조사 및 분석과정은 절차적으로 적정하나 해수침투가 인지되므로 이에 대비한 관측망 구축 및 수리모델링 필요
- 설계기준지진 산정 등 지진에 대한 평가는 적절함
- 방사선 영향은 우려할 수준 아님

나. 안전성검증조사단 권고사항 이행

안전성검증조사단은 조사결과 발표와 함께 방폐장 안전성 보다 향상시키는 방안의 일환으로 암반통합관리체계 구축 및 운영과 사일로 시공 안정성 확보, 지하수 및 해수에 대한 처분안전성을 확보할 것을 사업자에게 권고하였다.

암반통합관리체계 구축 및 운영은 암반자료의 검토 해석 및 평가, 동굴 계측자료의 평가, 암반 해석 및 평가 자료의 설계·시공 반영을 통해 암반의 상태를 고려한 맞춤형 건설을 추진코자함이며 2010년 5월 구조지질 전문가로 구성된 암반 통합관리체계를 구축하고 2010년 12월 말

까지 7차례 회의를 실시하여 소기의 성과를 달성하였다.

또한 방폐장 핵심시설인 사일로의 시공안정성 확보를 위해 2010년 2월 설계·시공 T/F팀을 구성하여 동굴공사 설계 및 시공관련 회의를 격주단위로 개최하여 사일로 설계 보완 방안을 심도있게 검토하였으며 특히 2010년 6월 오스트리아 3G사 및 2010년 9월 한국터널공학회와 기술자문용역을 체결하여 국내·외 선진기술 접목을 통해 시공안정성을 확보하고 방폐장 안전성 논란을 해소하고자 최선을 다하였다.

지하수 및 해수에 대한 처분안전성 확보는 안전성평가에 대한 유효성 확인, 해수침투여부 확인 및 이를 반영한 안전성 평가, 처분장 운영 안전성 증진을 목표로 하고 있는데, 주요 추진실적으로는 2010년 1월 정밀 수리시험 및 단열대 특성 1차 조사를 착수하였고 2010년 4월 지하수 환경 종합감시시스템 구축 착수에 이어 2010년 5월 해수침투 관측망 확대 및 운영, 2010년 8월 정밀수리시험 및 단열대 특성 2차 조사와 2010년 11월 전기전도도 관측 보완 시행 등 안전성검증조사단의 권고사항을 차질없이 이행하였다.

9. 주요 공사 추진현황

가. 부지정지공사

부지정지 대상은 지상지원시설 부분이 $51,000\text{m}^2$ ($340\text{m} \times 150\text{m}$)이고 동굴설비건물 영역이 $3,150\text{m}^2$ ($70\text{m} \times 45\text{m}$)이며 제1,2사토장 조성은 약 $1,905,000\text{m}^3$ 규모를 갖고 있다. 지상지원시설 부분은 2007년 7월에 착수하여 2008년 10월에 완료하였고, 제1사토장 조성은 2007년 11

월에 시작하여 2008년 11월에 마무리하고 이어서 제2사토장 조성을 시작하여 2010년 11월 제2사토장 영구진입로 포장을 완료함으로써 1 단계 건설사업에 대한 부지정지공사가 대부분 종료되었다. 동굴설비건물 부분에 대한 부지정지작업은 2008년 1월에 착수하여 동년 5월에 마무리하고 본격적으로 동굴굴착을 진행하고 있다.

나. 지상지원시설물공사

장방형 부지에 인수저장건물을 중심으로 9개 건물이 배치되며 총 연면적 16,073.57㎡, 건축면적 10,584.84㎡으로 2008년 8월에 인수저장 건물 기초굴착을 착수하여 2008년 9월 5일 최초 콘크리트 타설, 2008년 9월 10일 방사성폐기물건물 공사착수 등 순조롭게 공정을 진행하여 2009년 6월말 우선사용에 필수적인 인수저장건물, 지원건물Ⅱ 등 6개 건물을 우선적으로 완료하였으며, 2010년 6월말에는 9개 건물 전체를 완료하고 2010년 12월 20일 경주시로부터 사용승인(준공) 인허가를 취득하였다. 주요 건물의 용도를 살펴보면,

- 인수저장건물(Radwaste Receipt / Storage Building) : 각 발생지에서 운반되어 온 방사성폐기물을 인수하고, 이들 폐기물의 인수기준 적합여부를 검사하는 시설
- 방사성폐기물 건물(Radwaste Building) : 폐기물의 보관 및 분류, 압축설비 및 고화설비 등을 구역별로 배치하여 오염된 포장물을 제염하고 포장하는 시설
- 지원건물(Service Building) : 폐기물 처분시설의 고유기능을 직접

적으로 지원하는 시설로서, 출입통제시설과 함께 방사선 방호를 위한 주제어실, 보건물리실, 세탁실 등 포함

- 장비수리실 및 종합창고(Machine Shop & Ware House) : 처분시설 운영에 필요한 모든 물품을 보관하고 저장하는 시설과 운영에 필요한 각종 장비의 보수와 수리를 위한 시설
- 차고(Garage) : 처분부지 내에서 사용하는 모든 운반기구(트레일러, 지게차, 크레인 일반차량 등 취급 장비 및 운반차량)에 대한 예방정비와 보수작업을 위한 시설
- 전기공급시설건물(Substation Building) : 처분장 부지내 소요 전력을 공급하는 시설
- 경비실(Guard House) : 제한구역에 출입하는 사람과 물품을 운반하는 차량을 통제하는 기능과 처분시설의 물리적 방호를 위한 보안 기능을 하는 시설
- 폐수처리건물(Wast Water Treatment Building) : 처분장의 각 시설에서 배출되는 오폐수를 처리하기 위한 시설 등이 있다.

다. 지하시설물공사

방폐물을 처분하는 핵심시설로 지하 80m~130m에 위치하는 사일로라 불리는 처분동굴(높이 50m, 상부직경 27.3m, 하부직경 23.6m)과 진입동굴(폭 7.2m, 높이 6.5m)로서 건설동굴(총연장 1,950m) 및 운영동굴(총연장 1,415m)이 있으며, 운영 및 건설동굴과 사일로를 연결하는 하역동굴(폭 9.5m, 높이 9.5m)과 유지보수용 장비 등의 진입을 위한

원통형 수직출입구(높이 207m, 직경 9m)로 구성되어 있다. 2007년 9월 진입동굴공사를 착수하여 2008년 6월 갱구부 갱문 및 공사용 진입로를 설치하였고 본격적인 굴착은 2008년 8월부터 시작하였다. 지질 상태에 따라 다소 차이는 있지만 1일 굴진장이 2~3m 정도 되어 당초 예상보다 지연되고 있으나 주어진 공기 내에 준공을 하기위해 다각적인 노력을 기울이고 있다. 2010년 9월 운영동굴 본선굴착을 마치고 사일로와 이어지는 하역동굴 굴착을 진행하고 있으며 사일로는 2011년 2월 경 굴착이 가능할 것으로 예상된다. 동굴 보강을 위한 콘크리트 라이닝 작업은 2010년 1월 착수하여 운영동굴 1구간에 대해 2010년 6월 기초(인버트)부분에 이어 2010년 8월 벽체부분을 완료하였으며 2010년 말 현재 횡갱 3개소를 비롯 운영동굴 900여m를 마쳤다. 2010년 11월말 수직구 굴착을 완료하고 그라우팅 작업을 진행하고 있다.

라. 국도31호선 이설공사

국도31호선 봉길리 구간의 노선이 방폐장 부지 중심부를 통과하게 되어 있어 설비운영에 막대한 차질이 예상됨에 따라 노선변경이 불가피하게 되었다. 여러 가지 방안이 논의되었만 봉길리 주민들의 생활편의를 위해 최종적으로 방폐장 외곽 경계선을 따라 터널을 굴착하여 연결하는 방향으로 결정되었다. 이에 따라 2007년 12월 임시 공사용 진입도로를 개설하고 2008년 3월 중점부(봉길리) 터널부분 사면보강과 2008년 10월 시점부(나산리) 법면 절취를 시작으로 2010년 3월 피난갱 굴착을 마친데 이어 2010년 8월 본선 굴착을 완료하고 터널보강을 위한

콘크리트 라이닝작업과 터널관리를 위해 중점부에 관리사무소를 축조하고 있으며 2011년 6월 준공을 목표로 노면 아스콘 포장 등 마무리작업을 한창 진행하고 있다. 총연장 3.5km (본선타널 : 2.43km, 일반도로 : 1.07km)와 사갱터널 1.24km(시점부 : 0.81km, 중점부 : 0.43km), 그리고 길이 17m의 봉길교 신설이 주된 공사내용이며 일반국도 표준규격에 따라 도로 폭은 9.5m (2차선)로 시공되고 있다.

마. 운송선박 제작 및 운항

방폐물을 전문적으로 운송하는 배수량 2,600톤급 선박으로 한반도 연근해에서 특수한 환경에서 발생할 수 있는 격랑에 충분히 견딜 수 있도록 이중 선체로 제작되었다. 구체적인 사양은 전장 78.6m, 선평 15.8m, 깊이 7.3m, 1,300마력 2기의 디젤기관으로 구성되어 있고 운반 용기 1,520드럼(200리터 기준), 약 950톤의 화물을 적재할 수 있으며 약 12노트의 속력으로 항해할 수 있다. 2008년 6월 착공식(Steel Cutting)에 이어 2008년 8월 기공식(Keel Laying), 그리고 2008년 12월 진수식(Launching)에 이르기까지 빈틈없이 수행함으로써 국내기술진의 우수성을 대내·외에 알리는 계기가 되었다. 실제 방폐물 운송에 앞서 2010년 11월 16일부터 17일까지 2일간 울진원전본부에서 월성 원전본부까지 시범운항을 실시한데 이어 2010년 12월 24일 중·저준위방폐물의 역사적인 첫 해상운송을 성공적으로 수행하였다.

바. 환경친화단지 조성

환경친화적 방폐장 이미지 제고를 위해 방폐장 부지에 대한 부지활용, 시설계획, 방폐장 홍보 및 지역협력 등 종합적 단지계획의 방향을 설정하고, 방폐장 부지내 자유관람공간에 방문객센터, 환경학습장, 녹차밭, 공원, 망향정 등을 조성하고 안내관람공간에는 전망대, 잔디구장, 관람시설 등을 조성하는 것이다. 2007년 12월 방폐장 환경친화단지조성 기본계획 수립에 이어 2009년 3월 전원개발사업 실시계획을 변경하고 2010년 국가지정문화재 현상변경허가를 취득하였으며, 2010년 5월 세부적인 설계를 완료하여 2010년 8월 환경친화단지 조성공사 착수 후 2013년 6월 준공을 목표로 공사를 수행 중에 있다.

10. 주요 공사 사진



〈그림 3-17〉 방폐장 지상지원시설 및 사무동 전경



〈그림 3-18〉 동굴 입구



〈그림 3-19〉 운영동굴 라이닝 철근대차



〈그림 3-20〉 횡갱 연결부 기초(인버트) 철근조립



〈그림 3-21〉 인수저장건물내 방폐물 인수검사설비

제7절 사용후핵연료 공론화

한국방사성폐기물관리공단 방폐물정책실장 김창락

1. 사용후핵연료 공론화

공론화란 특정한 공공정책 사안이 초래하는 혹은 초래할 사회적 갈등에 대한 해결책을 모색하는 과정에서 이해관계자들과 전문가들의 다양한 의견을 민주적으로 수렴함으로써 정책결정에 대한 사회적 수용성을 확보하고자 하는 일련의 절차를 말한다. 사용후핵연료 공론화는 과거 중·저준위 방폐장 부지선정 과정의 실수를 되풀이하지 않기 위해 사용후핵연료 관리정책을 수립하는 단계부터 일반대중, 이해관계자, 전문가 등의 다양한 집단과 조직의 의견을 민주적으로 수렴하고 반영하여 사회적 수용성을 확보하려는 취지에서 도입되었다.

정부는 2004년 12월 제 253차 원자력위원회에서 “중·저준위폐기물 처분장과 사용후핵연료 중간저장시설 부지는 분리하여 추진하되 사용후핵연료는 국가정책방향 및 국내·외의 기술개발 추세 등을 감안하여 중장기적으로 검토하여 국민적 공감대하에서 추진”하기로 의결한 바 있다.

이에 따라 정부에서는 2007년 4월 대통령을 위원장으로 하는 국가에너지 위원회 산하에 갈등관리전문위원회와 사용후핵연료 공론화 TF를 운영하여 사용후핵연료의 사회적 공론화에 대한 검토와 논의를 진행하였다. 사용후핵연료 공론화 TF는 약 1년에 걸쳐 사용후핵연료의 특성 및 국내·외 관리정책, 해외 공론화 추진사례 등을 바탕으로 우리나라

의 특성을 고려한 공론화의 비전과 원칙, 공론화의 대상과 방법론, 일정 등에 관한 논의 결과를 정리하여 2008년 4월 정부에 ‘공론화 권고보고서’를 제출하였다.

공론화 권고보고서는 사용후핵연료 공론화의 시행원칙으로 전문성과 특수성 그리고 우리나라의 사회 문화 및 정치·외교적 상황을 고려하고, 민주성, 책임성, 도덕성, 진정성, 독립성, 숙의성, 회귀성, 투명성을 기준으로 공론화가 추진되어야 한다고 권고했다.

또한 최종 관리방법을 결정하고 그것을 이행하는 데까지는 상당한 시간이 필요하므로 최선의 검증된 최종 관리방안을 마련할 때까지 중간저장 관리 방안을 공론화의 우선 대상으로 삼는 것이 실용적일 것이라고 권고했다.

정부에서는 이 권고보고서를 토대로 2009년도 하반기부터 본격적인 사용후핵연료 공론화를 추진할 계획이었으나, 공론화에 앞서 공론화의 법적 토대를 마련하고 전문가 그룹 중심의 사용후핵연료 관리대안에 대한 심층 검토가 선행되어야 한다는 의견이 많아 정부에서는 공론화 추진 방침을 변경(연기) 하였다.

이에 2009년 12월 방사성폐기물관리법을 개정하여 공론화 추진의 근거를 마련하였으며, 2009년 12월부터 사용후핵연료 관리에 대한 과학·기술적 근거자료 마련 및 전문가 그룹내 공감대 형성을 위해 전문가 용역을 수행 중에 있다.

향후 정부는 연구용역결과를 토대로 공론화 시기, 방법 등을 수립하여 사용후핵연료 공론화를 추진할 계획이다.

2. 사용후핵연료 중장기 관리방안

사용후핵연료란 원전에서 전기를 만들기 위하여 원자로에서 일정기간 핵분열을 하여 연소된 연료를 말하며, 핵분열생성물을 포함하고 있기에 오랜 기간 동안 열과 방사선을 방출한다. 사용후핵연료는 재활용이 가능하기 때문에 재처리하는 국가들도 있고 사용후핵연료 자체를 폐기물로 간주해서 땅속 깊이 영구적으로 직접처분하는 국가들도 있다.

직접처분은 사용후핵연료의 높은 열과 방사능을 장기적으로 안정시키기 위하여 30~50년간 냉각한 후 지하 약 300m~1,000m 깊이의 암반층에 처분하는 것으로 스웨덴, 핀란드, 캐나다 등에서 계획 중이다. 재처리하는 사용후핵연료에 남아있는 플루토늄과 우라늄 등 유용한 물질을 분리, 추출하여 원자력발전의 연료로 재활용하기 위한 것으로 영국, 프랑스, 일본 등에서 채택하고 있다.

재처리와 직접처분 중 어떤 관리정책을 채택할 것인가는 그 나라의 에너지 정책, 경제성, 환경문제, 안전성 확보를 위한 기술수준, 국민의 수용태세 등 자국의 상황뿐 아니라, 핵 확산문제와 관련된 정치·외교적 요소 등 국제적 상황까지 고려하여 매우 신중히 결정되고 있다.

우리나라는 국가정책 방향, 국내·외 기술개발 추이, 사회적 수용성 등을 고려하여 국내 여건에 적합한 사용후핵연료 중·장기 관리방안을 수립할 예정이다.

3. 해외 사용후핵연료 공론화 현황

해외에서 사용후핵연료 공론화는 영국, 캐나다, 프랑스 등에서 진행되었다. 이들 나라는 사회적 공론화를 추진하기 전에 관련법과 제도를 구축하고, 법과 제도에 근거하여 구성된 방사성폐기물관리 전담기관 또는 공론화위원회에 독립적인 권한과 책임을 부여하였다. 참여의사가 있는 경우 누구나 참여할 수 있게 하였고 도출된 대안은 반드시 정책에 반영되도록 한 것이 특징이라 할 수 있다.

영국의 공론화는 약 5,000명 정도의 일반대중과 이해관계자들이 의사결정에 참여하였고 일반대중의 의견과 전문가들의 의견을 균형있게 통합하고자 노력했다는 점에서 시사하는 바가 크다. 영국은 1997년 셀라필드 지역을 방사성폐기물 처분장 부지로 선정하려던 것이 수포로 돌아간 뒤, 방사성폐기물관리위원회(CoRWM) 주관하에 2003년 10월부터 2006년 5월까지 약 3년동안 3단계로 나누어 공론화를 추진했다. 1단계에는 위원회를 구성, 대안선택기준 마련 등의 사전준비를 하고, 2단계로 대중의 의견을 수렴하여 실현가능 대안을 선택하고 대안 평가방법을 설정하였으며, 3단계는 각 집단의 대표자들로 구성된 평가단에서 대안에 대한 평가를 실시하고 공론화 결과보고서를 작성하여 정부에 제출하였다.

캐나다의 공론화에서 찾아볼 수 있는 특징은 지역사회의 복지가 구체적으로 무엇을 의미하는가를 체계적으로 기술하여 관리시설의 파급효과를 이해하도록 한 점과 단계적 관리방안을 제안한 것 등이다. 캐나다는 공론화를 위한 방사성폐기물관리 전담기관(NWMO)을 설립하여 공

론화를 2002년 10월부터 2005년 9월까지 4단계로 나누어 추진하였다. 1단계는 일반대중의 기대치를 확인하는 단계로서 250명의 대면토론을 통해 관심사항을 NWMO 프로세스에 반영했으며, 2단계는 캐나다인의 가치와 우선순위를 반영하는 평가분석도구를 개발하여 국민설문조사(1,900명 대상, '03.4) 등을 실시하였다. 3단계는 다양한 이해관계자가 관리방안의 검토작업에 참여하여 연구초안을 작성했으며, 4단계에는 천연자원부 장관에게 공식적으로 연구 및 권고사항 보고서를 제출('05.11)했다.

프랑스의 공론화는 의회를 통한 국민합의 과정을 거친 성공적인 사례로 꼽힌다. 의회는 법으로 사용후핵연료 관리대안을 15년간 연구한 후 그 결과를 바탕으로 방사성폐기물관리전담기관(ANDRA)으로 하여금 대안을 제시하도록 하였다. 이를 바탕으로 국가공공토론위원회(CPDP)는 독립적인 위원회를 구성하여 비교적 짧은 기간에 성공적으로 공론화를 마쳤으며, 그 결과를 의회가 새로운 입법에 반영하여 사용후핵연료 관리 문제를 장기적으로 풀어나갈 수 있는 기반을 마련했다.

제4편 원전의 안전대책

>>> 제1장 원전의 안전대책

>>> 제2장 방사선 안전관리

>>> 제3장 일반환경관리

>>> 제4장 환경방사선 관리

제1장 원전의 안전대책

한국수력원자력(주) 안전처 안전계획팀장 이춘우

제1절 원전의 안전개념

1. 안전 목표

원자력발전은 수력, 화력 등의 발전방식과는 달리 원자핵의 분열에너지를 이용하기 때문에 방사성물질인 핵분열생성물이 원전연료 내에 축적된다.

원자력발전소에서는 이와 같은 원자력에너지를 적절히 제어하고 다중의 차폐체를 이용하여 축적된 방사성물질이 외부로 누출되지 않도록 안전하게 격리함으로써 안전성을 유지한다. 이를 위하여 다음과 같이 원자력안전, 방사선방호, 그리고 기술안전 목표를 설정하고 있으며 궁극적으로 방사선재해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하는 것을 목표로 한다.

가. 일반 원자력안전 목표 : 개인, 사회, 환경보호

원전에서의 방사선재해에 대한 효과적인 방호대책을 수립, 유지함으로써 개인, 사회 및 환경을 위해로부터 보호한다.

나. 방사선방호 목표 : 작업종사자 및 대중보호

정상 운전 시 발전소 내에서의 방사선 피폭과 발전소 외부로 방사성 물질의 배출은 합리적으로 달성, 가능한 낮게 그리고 제한치 이내로 유지되어야 하며, 사고시에는 방사선 피폭의 정도를 완화시키는 것이 보장되어야 한다.

다. 기술안전 목표 : 원자력 시설의 안전 확보

높은 신뢰도를 확보함으로써 원자력발전소의 사고를 예방하고, 이를 위해 발전소 설계시 고려된 모든 사고(발생가능성이 매우 희박한 사고 포함)에 대하여 방사능 피해가 있다면 이를 최소화해야 되며, 심각한 방사능 피해를 수반하는 중대사고의 가능성이 극히 적도록 보장되어야 한다.

2. 안전성 확보개념

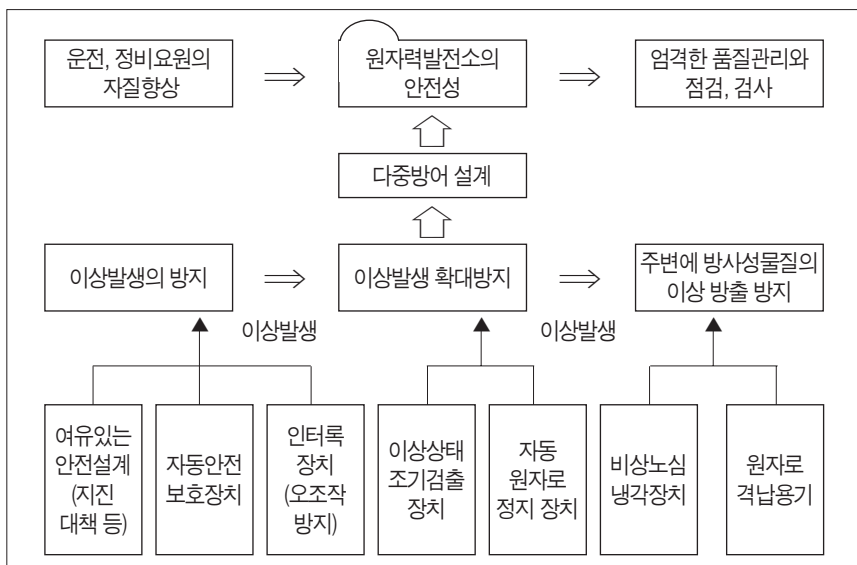
가. 심층방어

원전은 심층방어개념으로 설계되어 있다. 심층방어개념은 원전의 건설 및 운영 각 단계에서 적용하고 있지만 설계단계에서 가장 명확히 적용하고 있다.

심층방어개념이란 먼저 이상상태의 발생을 가능한 방지하되, 이상상태가 발생하였을 때에는 이의 확대를 최대한 억제하며, 만일 이상상태가 확대되어 큰 사고로 진전되었을 때에는 그 영향을 최소화하고, 주변 주민을 보호하도록 사고의 진전 단계마다 적절한 방어체계를 갖추는 것

을 말한다.

이상상태의 발생 방지수단으로서 모든 시설에 대하여 충분한 안전여유도를 갖도록 설계하고 있으며 안전에 중요한 설비는 고장에 대비하여 설비를 다중으로 갖추어 두고 있다. 따라서 확률적으로 이상상태의 발생가능성이 매우 낮지만 만일 기기의 고장이나 운전원의 실수가 겹쳐 이상상태가 발생하면 원자로보호설비가 이를 자동적으로 감지하여 원자로를 안전하게 정지시킴으로써 원전연료가 손상되는 등의 중대한 사고로 진전되는 것을 방지해 준다. 그럼에도 불구하고 만에 하나 중대한 사고가 발생하거나 발생할 가능성이 있는 경우 비상노심 냉각장치와 원자로건물 등 안전설비가 사고의 진전을 완화시키고 방사성물질이 주변 환경으로 누출되는 것을 방지하도록 설계되어 있다.



〈그림 4-1〉 심층방어 개념

나. 다중방호설비

심층방어개념의 핵심은 다중방호이다. 다중방호 개념은 방사성물질이 발전소 외부로 누출되는 것을 방지하기 위하여 여러 겹의 방호벽을 설치하는 것을 말한다. 국내에서 운영되고 있는 원전은 다음과 같이 다섯 겹의 방호벽으로 이루어져 있다.

(1) 제1방호벽(연료펠렛)

핵분열에 의해 발생된 방사성물질은 압축소결 및 성형가공된 산화우라늄 금속 내에 그대로 갇히게 된다.

(2) 제2방호벽(연료피복관)

핵분열에 의해 생기는 방사성물질 중 연료펠렛을 빠져나온 미소량의 가스성분은 지르코늄 합금의 금속관(피복관)안에 밀폐된다.

(3) 제3방호벽(원자로용기)

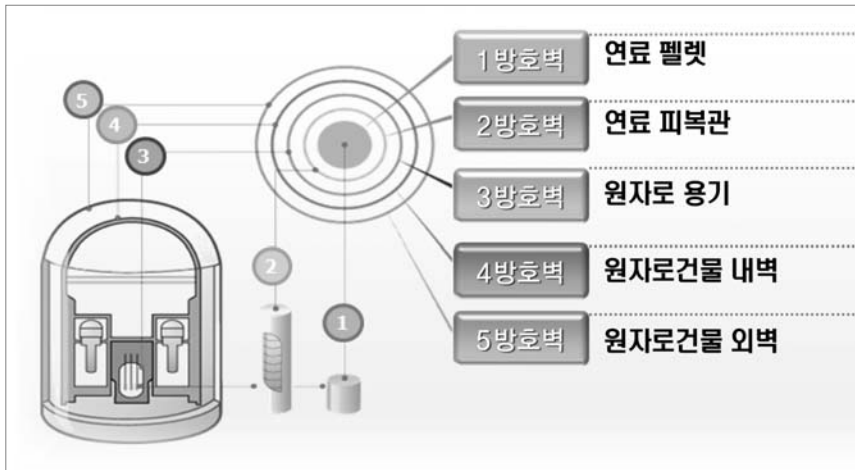
만약의 경우 연료 피복관에 결함이 생겨 방사성물질이 새어나와도 두꺼운 강철로 된 원자로용기와 배관에 의하여 방사성물질이 외부로 누출되지 못하도록 되어 있다.

(4) 제4방호벽(원자로건물 내벽)

원자로건물 내벽에 두꺼운 강철판이 설치되어 있어서 만일의 사태가 발생하여도 방사성물질을 원자로건물 내에 밀폐한다.

(5) 제5방호벽(원자로건물 외벽)

최종적으로 120cm 두께의 강화된 철근콘크리트의 원자로건물 외벽이 있어서 방사성물질이 외부환경으로 누출되는 것을 방지한다.



〈그림 4-2〉 다중방호 설비

상기 다중방호벽 중 최종방호벽인 원자로건물의 중요성은 미국 TMI 원전 사고와 구소련 체르노빌원전 사고에서 입증되었다. 구소련 체르노빌원전의 경우 원자로건물이 설치되어 있지 않아서 방사성물질이 발전소 외부로 누출되어 일반인에게 피해를 끼친 반면, 원자로건물이 설치된 TMI원전의 경우 발생한 방사성물질이 대부분 원자로건물 내에 갇혀서 외부환경에 대한 피해가 없었기 때문이다.

3. 안전설비

가. 안전설비의 종류

(1) 사고예방설비

(가) 원자로보호계통

원자로의 이상을 감지하여 경보(Alarm)나 원자로 정지신호를 발생시키고 나아가서는 공학적 안전설비를 작동시키는 계통이다. 원자로보호계통은 잘못된 신호에 의해서 원자로가 정지되지 않고 실제신호에 의해서만 안전하게 정지될 수 있도록 다중논리회로(2 out of 3 또는 2 out of 4) 설계개념을 채택하고 있다.

(나) 원자로정지계통

원자로정지계통은 다른 원리의 독립된 2개의 정지계통을 보유하고 있다. 1개의 계통은 제어봉을 이용하고 다른 1개의 계통은 보완장치로서 봉산주입계통이 사용되고 있다.

(다) 비상노심냉각계통

비상노심냉각계통은 노심 내에 축적된 열과 붕괴열을 제거하기 위한 설비로서 다른 원리의 독립된 계통을 다중으로 설치하고 있다.

(2) 사고완화 설비

(가) 원자로건물

방사성물질이 수용되어 있는 원자로 및 1차 계통을 기밀성이 유지되는 강화된 철근 콘크리트 건물 내에 수용하여 만일의 사고시에도 방사

성물질의 외부누출을 방지하도록 설계되어 있다.

(나) 원자로건물 살수계통(Spray System)

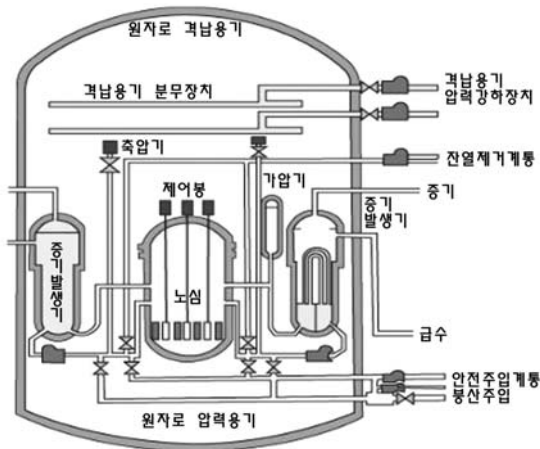
사고시 격납용기 내의 압력을 단시간 내에 저하시켜 외부로의 방사성 물질 누출을 감소시키고 요오드 등의 방사성물질을 격납용기 안에서 제거하기 위한 계통이다.

(다) 공기 재순환계통

원자로건물 내의 공기를 재순환시켜 필터를 이용하여 방사성물질을 제거하는 계통이다.

(라) 비상가스 처리계통

원자로건물 내부기체의 방사성물질을 필터를 통해 제거하여 깨끗한 기체만 배기계통으로 배출하는 계통이다.



〈그림 4-3〉 안전설비

나. 안전설비의 설계특성

(1) 다중성(Redundancy)

한 계열의 기능이 상실되었을 때 똑같은 기능을 발휘하는 다른 계열이 본래의 기능을 발휘할 수 있도록 같은 기능을 갖는 설비를 2계열 이상 중복해서 설치한다.

(2) 독립성(Independence)

2개 이상의 계통, 또는 기기(각각의 기능이 동일하거나 다른 경우 포함)의 기능이 한 가지 원인에 의해 상실 또는 저해되지 않도록 물리적·전기적으로 분리(독립)하여 설치한다.

(3) 다양성(Diversity)

한 가지 기능을 달성하기 위하여 성질이 다른 계통이나 기기를 2개 이상 설치한다.

(4) 견고성(Durability)

원전의 안전성관련 구조물이나 기기 및 설비는 지진 등 예상되는 각종 정상, 비정상 상태에서도 그 구조적 건전성을 유지하여야 한다.

(5) 운전 중 상시 점검기능(Testability)

안전성 기능 확인을 위하여 운전 중에도 항상 점검이 가능하여야 한다.

(6) 고장시 안전한 방향으로 작동(Fail to Safe)

어떤 원인에 의해 설비 본래의 기능이 상실될 때 발전소가 안전한 방

향으로 유도되도록 설계한다.

(7) 연동기능(Interlock)

설비 또는 기기의 오동작 등에 의한 손상 및 사고를 방지하기 위하여 정해진 조건이 만족되지 않으면 기기가 동작되지 못하도록 한다.

제2절 안전관리 체계

1. 안전관리 조직체계

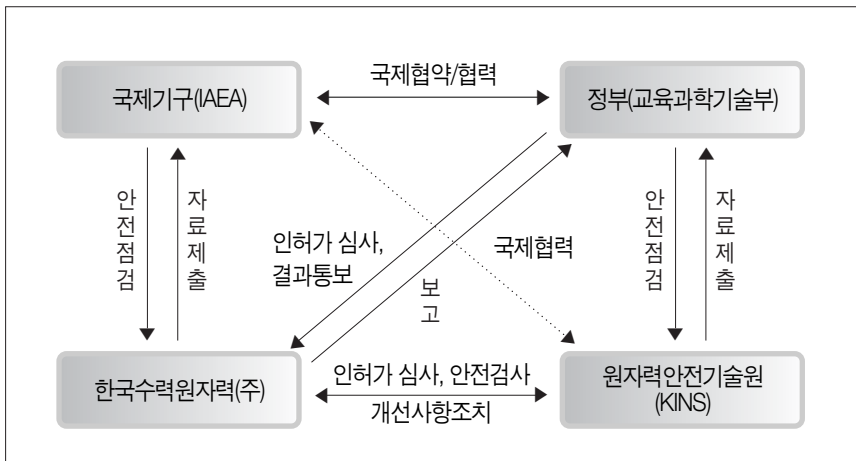
원자력발전소가 아무리 심층방어개념과 안전설계기준을 적용하여 안전하게 건설되었다 하더라도 정해진 규정과 절차에 따라서 엄격하게 운영·관리되지 않는다면 그 안전성은 결코 확보될 수 없을 것이다. 원전의 잠재적인 위험은 원자로를 운전함으로써 비로소 생기는 것이므로 원전의 안전관리는 안전설계에 못지않은 중요성을 갖는다.

이와 같은 안전관리의 중요성에 따라 우리나라의 원자력안전관리는 사업자와 정부 그리고 규제전문기관이 기능별, 단계별로 역할을 분담하여 안전성을 종합적으로 확인하는 삼각체제에 의해서 이루어지고 있다.

원전의 안전에 대한 궁극적인 책임을 갖고 있는 사업자는 원전 현장에서 실무적인 안전관리 활동을 수행한다. 정부는 관계법령을 통하여 원전운영에 따른 제반 안전요건과 지침을 제시하고 설계, 제작, 시공, 운전 등의 과정에서 각종 인허가 심사 및 검사를 통해 시설의 종합적인 안전성을 확인하고 있다. 이러한 정부의 안전관리 활동 중 기술적으로 전문지식이 요구되는 부분은 안전규제전문 기관인 한국원자력안전기술

원에 위탁되어 수행되고 있다.

이러한 국가 차원의 안전관리 활동과 더불어 최근에는 국제원자력기구 등을 중심으로 원전의 안전성을 국제적으로 감시하는 움직임이 활발히 전개되고 있다. 1994년 9월 제38차 국제원자력기구 연차총회에서 체결된 원자력안전협약도 이러한 공동감시체제의 한 범주에 속한다고 할 수 있으며, 1999년 4월 12일부터 2주간에 걸쳐서 체약국 원전의 안전성을 체계적으로 검토하기 위한 최초 체약국 검토회의가 IAEA에서 개최된 바 있다. 그리고, 3년 주기로 국가보고서 작성 및 타 체약국 보고서 검토를 걸쳐 IAEA에서 검토회의가 개최되고 있다. 제5차 국가보고서는 2010년 교육과학기술부 추진 하에 작성 및 타 체약국 보고서를 검토하였으며, 2011년 4월에 검토회의가 IAEA에서 개최될 예정이다.



〈그림 4-4〉 안전관리체계

가. 안전점검 및 자체진단

사업자는 원전의 안전성을 증진시키기 위하여 품질보증감사와 국내·외 여러 기관에서 주관하는 외부점검 및 기술교류를 수행하고 있으며 세계최고수준의 원전과 차이분석에 의한 자체진단을 자발적으로 실시하고 있다.

품질보증부서는 원전건설 및 운영을 직접 담당하지 않는 독립적인 위치에서 정기적으로 감사기준에 따라 감사를 실시하고 있다.

외부기관에 의한 점검으로는 국제원자력기구(IAEA), 세계원전사업자협회(WANO) 및 미국원자력발전협회(INPO) 등 해외 전문기관에 의한 안전점검 등이 있으며, 원자력 안전관리상 필요시 지식경제부 및 교육과학기술부에서 시행하는 특별안전점검이 있다.

2010년 12월 기준으로 국제원자력기구(IAEA) 안전점검 6회, 세계원전사업자협회(WANO) 안전점검 7회, 미국원자력발전협회(INPO) 안전점검 8회 실시하였다. 특히, 2010년 3월에는 국내에서 처음으로 세계원전사업자협회 안전점검팀이 신고리 1호기를 대상으로 시운전 안전점검을 하였다. 이번 점검은 세계원전사업자협회의 업무성능 목표 및 기준에 따라 발전소 기동준비 상태를 확인하고 안전성 및 신뢰성을 점검하였다. 점검결과 신고리 1호기 시운전은 전반적으로 높은 수준에 있으며 발전소 운영 준비에 있어 특별한 안전상의 문제점이 없음을 확인하였다.



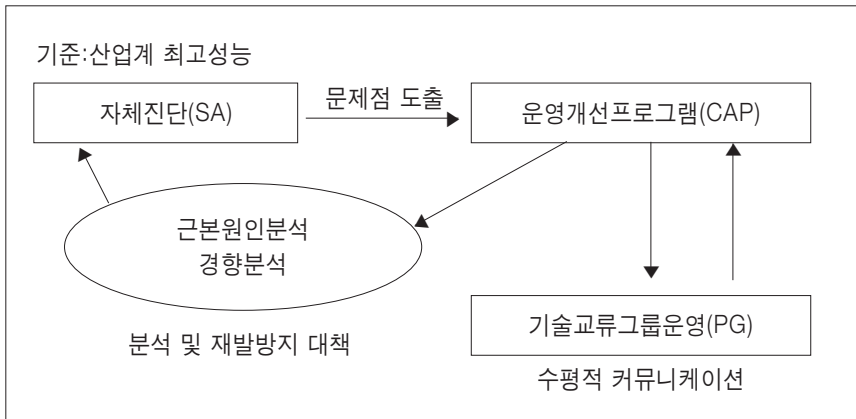
〈그림 4-5〉 세계원전사업자협회 안전점검

사업자는 자발적으로 모든 원전에 대해 안전성 및 신뢰성 확인을 위해 원전안전점검단(KOSART : KHNP Operational Safety Review Team)에 의한 안전점검을 주기적으로 수행하고 있다. 원전안전운영점검(KOSART)은 국제안전점검 수준의 점검기준 및 프로세스를 적용하여 점검하고 있으며, 2010년에는 고리2발전소를 대상으로 안전점검을 수행하였다.

모든 점검결과 도출된 개선가능분야는 운영개선프로그램(CAP)으로 등록하여 추적관리하고 있으며 우수사례는 타 원전 전파를 통해 지속적으로 안전성을 증진시키고 있다.

또한, 사업자는 자체적으로 현재의 성능과 목표하는 성능을 비교 분석하여 개선분야를 도출하고 이를 추적, 관리하여 원전의 안전성과 신뢰성을 지속적으로 개선하는 자체진단(SA) 프로그램을 개발하여 2008년부터 모든 발전소 및 발전분야에 확대적용하고 있다. 또한 운영개선프로그램(CAP) 및 기술교류그룹(PG)과 같은 선진 원전운영 프로

세스를 도입하여 모든 발전소에 적용중이다. 운영개선프로그램은 작업자 관행 등 발전소 운영 전반적인 분야에서 도출된 문제점과 개선필요사항에 대하여 체계적인 원인분석을 수행하고 이를 통하여 제시된 해결방안에 대한 조치사항 이행을 체계적으로 추적, 관리하는 프로그램이며 기술교류그룹은 동일업무수행자의 수평적 의사소통 강화로 발전소별 상이한 운영관행 및 절차를 표준화하고 시스템 및 업무수행자의 능력을 상향평준화 시키는 프로세스이다.



〈그림 4-6〉 SA · CAP · PG개념도

나. 안전성 검토 및 심의

원전의 안전성을 심의하고 의결하는 기구를 발전소와 본사에 설치·운영하고 있다. 발전소에 설치된 발전소원자력안전위원회(PNSC)는 각 발전소 자체적으로 안전관련 중요사안을 심의·의결하는 회의체로서 발전소장을 위원장으로 발전소 주요 기술부서장이 참여하고 있다. 발전

소원자력안전위원회는 2010년 한 해 동안 전 원전에서 총 302회가 개최되어 총 3,349건을 심의하였다. 이와는 별도로 본사에 설치된 원자력 발전안전위원회(KNRB)는 회사 내 원자력안전관련 중요사안을 심의·의결하는 회의체로서 발전처장을 위원장으로 본사 원자력안전관련 조직의 주요 간부들이 참여하고 있으며, 원자력안전관련 정책이나 중요사항을 심의하거나 인허가 관련 중요사항에 대한 심의를 수행하고 있다. 2010년도에는 총 11회의 원자력발전안전위원회가 개최되어 총 43건의 안전을 심의하였다.

다. 안전문화 증진

(1) 원자력안전문화 증진 활동

안전문화를 창달하기 위하여 각 원전에서는 종사자의 안전의식을 제고하기 위한 제반 활동을 강화하고 안전관련 관행의 개선, 안전문화 관련 교육훈련의 강화, 우수 안전문화의 전파 및 확산 등에 많은 노력을 경주하였다.

2004년 7월부터 2005년 8월까지 수행된 안전문화 증진방안 연구를 통하여 객관적인 안전문화 평가지표를 개발하여 지속적으로 원전종사자의 안전의식을 평가하고 결과를 운영관리 및 교육훈련에 반영하고 있다. 이를 바탕으로 2006년도에 발전소 근무자들을 대상으로 안전문화 평가를 최초로 실시하였고, 그 결과를 토대로 실질적이고 구체적인 안전문화 이행방안을 수립하였다. 그 이후 2년의 평가주기에 따라 가동원전 근무자를 대상으로 원자력 안전문화 평가를 수행하고 있다. 2010년

에는 평가 대상자를 가동원전 근무자 뿐 아니라, 본사 및 시운전 발전소로 확대시켰으며, 협력회사의 참여율을 높여 안전문화평가 결과의 신뢰도를 높였다.

또한, 원전근무자에게 안전문화의 개념과 중요성을 소개하기 위하여 안전문화 교육교재를 e-Learning으로 개발하고 산하 원자력교육원에 개설된 2주 이상의 모든 교육과정에서 이수하도록 하였으며 원자력계원로 및 사회 저명인사를 강사진으로 구성하여 원전 종사자를 대상으로 안전문화 특강을 실시하고 있다.

원전의 안전운영에 영향을 미치는 원전 종사자의 직업관, 안전의식 및 관행분석을 통하여 안전문화의 증진을 도모하고 이를 통하여 원전의 안전운영이 결국 가장 경제성 있는 활동이라는 인식이 확산되고 있다.

(2) 안전의식 제고 캠페인

원자력 관련 종사자들의 원자력 안전의식 제고를 통한 원자력 안전성 확보와 종사자 사기 진작은 물론 원자력 안전관리 활동을 국민에게 널리 홍보하여 원자력 이용에 대한 국민이해 증진을 도모하고자 제16회 원자력안전의날 행사가 교육과학기술부 주관으로 2010년 9월 10일 개최되었다. 한수원(주)은 이 행사와 연계하여 전 원전본부 및 특수사업소에서 기념식, 안전유공자 포상, 안전문화 특강, 언론홍보, 설비 안전점검, 안전현안 간담회, 인적행위 개선사례 발표 등 다양한 행사를 시행하였다.



〈그림 4-7〉 제16회 원자력안전의 날 기념식

(3) 원자력 안전점검의 날 행사

정부는 원전 사고·고장의 예방 및 종사자의 안전의식 제고를 위해 주요설비의 안전점검, 안전조회, 안전메시지 전파, 안전문화 교육 등을 실시하는 원자력 안전점검의 날을 2003년 3월 제정하였으며, 발전소별로 매월 첫째 주 화요일에 시행하고 있다. 특히, 강력한 안전문화를 위한 원칙 등에 대한 핵심 내용을 쉽게 요약한 안전메시지를 매월 작성하여 전파하고 있다. 안전메시지는 발전소장 안전조회 시 협력회사 직원을 포함한 전 직원에게 교육될 뿐만 아니라 사내 홈페이지에 게시됨으로써 전 직원의 안전문화 의식제고에 크게 기여하고 있다. 또한, 설비안전점검을 더욱 내실화하기 위해 본사에서 선정한 설비뿐만 아니라 발전소별로 선정한 설비와 타발전소 고장·정지시 관련 설비를 선정하여 점검하도록 하였다.

〈표 4-1〉 한수원 원자력 안전점검의 날 행사 실적

추진항목 '10년 실적	설비 점검	안전 조치	원전 안전 운영 특강	안전포어 및 현수막	합계
4개 원전본부	120	120	29	120	389

2. 법령체계

가. 원자력법

원자력법은 원자로 및 핵물질취급시설의 인허가, 방사성물질 등의 안전관리, 핵물질의 계량관리 및 물리적방호, 방사선 장해방어에 관한 기본적인 사항과 벌칙 등을 규정하고 있으며, 정부의 안전관리활동의 법적 근거가 되고 있다.

원자력법은 법과 그 부속법령인 시행령 및 시행규칙으로 되어 있으며 법은 전문 122조와 부칙, 시행령은 전문 337조와 부칙, 규칙은 전문 137조로 구성된 원자력법시행규칙과 전문 101조로 구성된 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 전문 122조로 구성된 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 등 세 가지의 규칙으로 구성되어 있다.

또한 비상노심냉각계통의 성능에 관한 기준이나 원자로시설의 각종 시험에 관련된 세부기술기준 등 원자력법령에서 위임한 사항을 교육과학기술부장관이 정한 각종 고시가 있다.

나. 전기사업법

전기사업법은 전기설비의 설치, 전기설비 공사계획 등에 관한 인허가

등 기본적인 사항과 벌칙을 규정하고 있다.

원전시설도 전기를 생산하는 시설로서 전기사업법의 적용을 받는다. 전기사업법은 법과 그 부속법령인 시행령 및 시행규칙으로 되어 있으며 법은 전문 108조와 부칙, 시행령은 전문 63조와 부칙, 그리고 시행규칙은 전문 52조와 부칙으로 구성되어 있다.

다. 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법

핵물질 및 원자력시설의 방호체제와 방사능재난관리체제를 강화하기 위하여 ‘원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법’(이하 “방재법”)이 2003년 5월에 제정되었다. 동 법은 원자력법에 규정되어 있던 원자력방호 및 방사능방재와 관련된 조항들을 옮겨 규정하는 한편, 물리적방호 및 방사능재난대책을 강화하기 위한 다양한 규정 등을 포함하고 있다. 방재법은 법과 그 부속법령인 시행령 및 시행규칙으로 되어 있으며 법은 전문 52조와 부칙, 시행령은 전문 42조와 부칙, 그리고 시행규칙은 전문 25조와 부칙으로 구성되어 있다.

제3절 원전의 안전대책

1. 건설 중 안전대책

가. 인허가 심사

원전을 건설하고 운영하기 위하여 사업자는 원자력법 및 전기사업법에서 요구하고 있는 분석 및 평가보고서, 지침서 및 계획서 등을 작성하

여 그 안전성이 검토될 수 있도록 단계별로 신청하여 정부의 승인을 득 하여야 한다. 원전을 건설하기 위해서는 방사선환경영향평가보고서, 예비안전성분석보고서 및 건설에 관한 품질보증계획서 등을 제출하여 원자력안전위원회의 심의를 거쳐 교육과학기술부장관의 건설허가를 받게 된다.

또한 원전을 운영하기 위해서는 운영허가를 받아야 하는데 이때에는 최종안전성분석보고서, 운영기술지침서, 운전에 관한 품질보증계획서 및 방사선환경영향평가보고서 등을 제출하도록 하여 원전 가동에 따른 안전성을 확인하도록 하고 있다.

나. 사용전검사

사용전검사는 정부에 의한 가동 전 원전의 안전검사를 말하는 것으로 시공된 시설의 내용이 당초 허가된 내용에 부합하는지를 확인하는 시설검사와 기기, 계통, 시설의 안전성능을 확인하는 성능검사로 구분된다.

시설검사는 구조, 계통 또는 기기가 가동전시험을 위해 시운전부서로 이관되기 전에 건설사업소장 책임 하에 제작, 시공, 설치 등의 타당성을 입증하고 운전준비 태세의 완료여부를 확인하기 위하여 실시하는 제반 시험을 확인하는 절차이다.

성능검사는 원전의 공사가 완료된 후부터 원전연료 장전이 가능한 상태로 될 때까지의 기간 중 원자로시설의 기능 및 성능을 확인해야 할 설비들에 대한 시험 등을 확인하고, 원전연료 장전부터 상업운전까지 원자로의 운전성능 및 기능을 확인하는 검사이다.

다. 품질보증 활동

사업자는 원전의 구조물이나 계통 또는 기기 등이 이용과정에서 제 기능을 만족스럽게 발휘할 것이라 확신을 줄 수 있도록 계획을 세우고, 정해진 절차에 따라 업무를 수행하며, 또한 이들 업무가 만족스럽게 수행되는지를 확인·평가하고 시정, 조치하는 품질보증 활동을 수행하고 있다. 이러한 품질보증 활동은 발전소의 건설기간 뿐만 아니라 발전소 수명기간 내내 수행되며 시공 또는 운영조직과 분리된 조직에서 수행함으로써 활동의 독립성을 유지하고 있다.

2. 가동 중 안전대책

가. 안전심사 및 안전검사

정부는 가동 중인 원전이 설계수명 기간 동안 안전하게 가동될 수 있도록 지속적이고 체계적인 확인·감독활동을 수행한다. 이러한 활동은 크게 안전심사와 안전검사로 구분된다.

안전심사는 원전의 운영허가 취득시 정부로부터 허가받은 사항을 원자력과 관계시설의 변경 및 추가시설 등으로 변경하게 될 경우 이에 대한 안전성을 평가하는 활동을 말한다.

안전검사란 원전의 운영이 관계법령과 기술기준에 입각하여 안전하게 운영되는가를 확인하는 제반 활동을 말한다. 여기에는 정기검사, 수시검사, 일상검사 등이 포함된다.

정기검사는 발전소 별로 약 18개월 이내에 1회씩 발전소의 연료 재장

전 기간 중에 수행되며, 이를 통해 검사대상시설의 성능이 원자력관계 법령에서 규정하고 있는 기술기준에 적합한 성능을 유지하고 있는 것이 확인되어야 다음 주기 운전을 계속할 수 있다.

수시검사는 원전에 특별한 문제점이 발생하거나 기타 국내·외 원전에서 발생한 유사사건들을 참고로 하여 특별히 검사를 수행할 필요가 있다고 판단되는 경우 교육과학기술부의 주관 하에 수행된다.

일상검사는 각 원전부지에 파견되어 있는 교육과학기술부 및 한국원자력안전기술원의 검사관들이 발전소의 안전운전을 감시하는 활동으로 원자로정지 또는 중요한 안전계통에 문제가 발생할 경우 이를 조사한 후 교육과학기술부 본청에 보고하여 필요한 조치가 취해질 수 있도록 한다.

이 외에도 원자로시설의 용기, 배관, 주요 펌프 및 밸브와 구조물에 대하여 시간의 경과에 따른 열화의 정도를 감시·평가하기 위하여 관련법령에 근거하여 실시하는 가동중검사가 있으며, 가동중검사의 적절성을 확인하기 위한 공인검사가 있다.

나. 정기점검

정부에 의한 안전심사 및 검사와는 별도로 사업자는 원전의 안전성을 확인하기 위하여 정기점검을 실시하고 있다.

정기점검은 각종 안전관련 기기나 계통이 설계 시 고려하였던 성능을 충분히 발휘하고 있는지 또한 모든 운전조건이 안전성에 적합한지를 발전소 계통 및 설비의 중요도에 따라 정해진 주기에 따라 지속적으로 확

인하는 것이다. 정기점검은 원자력법에 의거 승인을 받도록 되어 있는 운영기술지침서에 기술되어 있다.

정기점검 결과 불만족사항이 발생하면 운영기술지침서에서 정해진 요건에 따라 즉시 조치하여야 한다. 이들 조치 중에는 일정 기간 내 불만족 사항을 해소시키거나 이것이 불가능한 경우 다음 일정 기간 내에 발전소를 정지시켜 정상으로 회복시킨 후 재가동하는 내용도 포함되어 있다.

다. 자격관리

원자력발전소는 현대 과학기술이 집적된 방대한 규모의 산업시설로서, 이를 안전하게 운영하기 위해서 사업자는 종사자의 자질향상을 위한 교육훈련에 많은 노력을 기울이고 있으며 소정의 자격을 갖춘 자로 하여금 업무를 수행케 하고 있다.

특히 원자로의 안전한 운전을 위하여 정상운전은 물론 비상운전능력을 갖춘 원자로조종사(감독)면허 소지자로 하여금 운전업무에 종사케 하고 있으며, 방사선동위원소취급자(감독)면허 소지자로 하여금 방사선 안전관리업무를 담당케 하여 방사성물질에 의한 오염을 방지하고 방사선에 의한 장애를 최소화하고 있다. 또한 핵연료물질은 핵연료물질취급자(감독) 면허소지자가 안전관리를 담당케 하고 있다.

라. 주기적안전성평가(PSR, Periodic Safety Review) 수행

주기적안전성평가는 가동원전에 대한 안전성 향상 및 확인을 위하여 기존의 정기검사 등의 안전성 확인 방법에 추가하여 실시하는 포괄적이

고 체계적인 안전성평가기법으로, IAEA의 권고에 따라 상업용 원전을 보유하고 있는 많은 국가들이 기존의 안전성 보장 노력과 더불어 실시하고 있다.

우리나라는 가동원전에 대한 주기적안전성평가를 위해 1999년 12월 21일 제11차 원자력안전위원회에서 기본방향, 추진방법, 대상호기 선정 및 법제화 방안 등을 포함한 추진방안을 의결하였으며, 2001년 1월 원자력법 개정 후, 동년 7월에 시행령, 시행규칙을 개정하는 등 주기적 안전성평가 제도의 법제화를 완료하였다. 또한 2005년 9월 계속운전 주기적안전성평가 제도를 위해 원자력관련법령을 개정하였다.

관련법령에 따르면, 발전용원자로 운영자는 해당 원자로시설의 운영 허가일부터 매 10년마다 안전성을 종합적으로 평가하고, 그 평가보고서를 교육과학기술부장관에게 제출하도록 되어 있으며, 제도마련 당시 운영허가 이후 10년 이상 경과한 고리1호기 등 9개 원전에 대해서는 2006년 12월 31일까지 평가를 완료하도록 규정되어 있다. 한편, 평가는 ‘원자로 시설의 평가 당시의 물리적 상태에 관한 사항’, ‘안전성 분석에 관한 사항’, ‘기기검증에 관한 사항’ 등 11개 항목에 대해 연관사항을 고려하여 복합적으로 평가하도록 되어 있다.

발전용원자로 운영자인 한수원(주)은 관련 법규정에 따라 2000년 5월부터 시범호기인 고리1호기에 대한 평가를 착수하여, 2009년 6월 월성3·4호기에 대한 평가를 완료하여 관련 법령에서 규정하고 있는 10년 이상 경과 원전에 대한 주기적안전성평가 요구기한을 준수하였으며, 앞으로는 주기적안전성평가의 기본 개념에 걸맞게 매 10년 주기의 평

가를 원전별로 수행할 예정이다.

2010년 말 기준으로 운영허가 이후 10년이 경과한 고리1·2·3·4호기, 월성1·2·3·4호기, 영광1·2·3·4호기, 울진1·2·3·4호기에 대한 평가를 완료하였으며, 고리1호기 및 월성1호기 계속운전을 위한 평가를 완료하였다. 한편, 영광5·6호기와 울진5·6호기는 2011년과 2013년에 각각 착수할 예정이다.

한수원(주)의 평가결과는 규제기관에서 심사하여 심사결과와 함께 원자력안전위원회의 심의를 받고 있으며, 현재까지의 심의결과에 따르면 국내 가동원전은 관련규정에 적합하게 운영되고 있어 안전성에 문제가 없음이 확인되었다. 또한, 한수원(주)은 원전의 안전성을 보다 더 향상시키기 위하여 평가 및 심사결과에 따라 도출된 안전성증진사항을 이행하고 있다. 각 원전별로 이행되는 안전성증진사항에는 확률론적안전성평가(PSA) 결과에 따른 안전성향상방안도 포함되어 있어, 이행 완료 시에는 원전의 안전성이 종합적으로 증진될 것으로 기대되고 있다.

〈표 4-2〉 주기적안전성평가 수행 실적

발전소	평 가	심 사	원자력안전 위원회 심의	안전성증진사항현황		
				완료	진행	소계
고리#1	'00.5~'02.11	'02.12~'03.11	'04.5.11	40	0	40
월성#1	'01.5~'03.6	'03.7~'04.6	'05.1.26	15	12	27
월성#2	'06.8~'08.5	'08.5~'09.5	'09.10.14	3	9	12
월성#3,4	'07.5~'09.5	'09.6~'10.6	'10.12.23	0	13	13
고리#2	'02.4~'03.12	'04.1~'04.12	'05.1.26	16	7	23
고리#3,4	'02.7~'04.6	'04.7~'05.6	'06.3.13	17	5	22
영광#1,2	'03.7~'05.6	'05.7~'06.6	'06.12.6	17	8	25
영광#3,4	'04.5~'06.3	'06.3~'07.2	'07.8.1	8	8	16
울진#1,2	'05.4~'06.12	'07.1~'08.6	'08.7.31	9	9	18
울진#3,4	'07.5~'09.5	'09.5~'10.5	'10.5.19	1	14	15
합 계				126	85	211

마. 중대사고(SA, Severe Accident) 정책 이행

국내 원전은 설계, 건설, 운영 등 전 과정에 대해 엄격한 기술기준을 적용하여 설계되어 있다. 원전에서 원자로 노심이 손상되어 다량의 방사능물질이 환경으로 누출되는 설계기준을 초과하는 중대사고가 발생할 가능성이 매우 낮으나, 만약 중대사고가 발생하는 경우에는 사회적·경제적으로 영향이 심각할 수 있다. 그러므로 원전에서 중대사고가 발생할 가능성과 중대사고가 발생하더라도 공중에게 가해질 수 있는 위험을 최소화하기 위해 정부는 2001년 8월 제17차 원자력안전위원회에서 “중대사고 정책(안)”을 의결하였다. 원자력발전 사업자는 정부의 정

책에 대한 이행계획을 수립하고 중대사고에 대비하고 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 확률론적안전성평가(PSA, Probabilistic Safety Assessment) 수행
 확률론적안전성평가는 원전에서 발생할 수 있는 사고의 경위와 사고 현상을 규명하고 사고발생 가능성을 예측하여 일반대중에 미치는 영향을 확률론적 방법으로 평가하는 종합적인 원전 안전성 확인 기술로 미국을 중심으로 세계적으로 널리 활용되고 있다. 국내의 경우 TMI 후속 조치 이행요건으로 고리3·4호기 및 영광1·2호기의 안전성을 재확인하기 위해 1989년도에 최초로 수행되었다.

이후 신규로 건설되는 모든 원전은 건설 및 운영허가 조건으로 확률론적안전성평가를 수행하여 설계 안전성을 확인하고 있다. 또한 2001년부터는 교육과학기술부의 ‘원자력발전소 중대사고 정책’에 의거 국내에서 가동 중인 모든 원전에 대하여 확률론적안전성평가를 수행하고, 발전소 설계나 운영측면에서 사고예방 및 완화능력을 향상시킬 수 있는 사항들을 도출하고 이를 개선, 조치함으로써 지속적으로 안전성을 향상시켜 오고 있다.

우리나라는 2007년 12월 국내 전 원전에 대해 확률론적안전성평가 수행을 완료하였고 평가결과는 국제기준을 모두 충족하고 있는 것으로 나타났다. 신규 원전의 경우 선행 원전에 비해 안전성이 크게 향상된 것으로 평가되고 있다. 이는 선행 확률론적안전성평가를 통해 도출된 안전성 향상방안들을 신규 발전소 설계 및 건설시 지속적으로 반영한 결과이다.

(2) 전 원전 리스크 통합 감시 및 관리체계 구축, 운영

원전의 안전성을 실시간으로 확인하고 원전 운영으로 인해 일반대중 및 공공에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 2008년부터 국내에서 가동 중인 전 원전을 대상으로 실시간 위험도 평가 및 관리를 위한 전산시스템을 구축하여 운영하고 있으며, 출력운전 중 리스크감시시스템(RIMS, Risk Monitoring System)과 계획예방정비기간 중 리스크감시시스템(ORION, Outage Risk Indicator Of Nuclear Power Plants)으로 구분된다.

‘출력운전 중 리스크감시시스템(RIMS)’은 각 원전별로 수행된 확률론적안전성평가 결과를 토대로 출력운전 기간에 수행되는 발전소 계통 및 기기의 시험, 점검 및 정비 등 운전상황에 따른 리스크변화를 정량적으로 수치화하여 예측, 평가, 감시 및 관리하기 위한 전산시스템이며, 운영경험 반영 및 지속적인 시스템 개선을 통해 2011년부터 전 원전에 대한 통합감시체계를 구축하여 운영하고 있다.

‘계획예방정비기간 중 리스크감시시스템(ORION)’은 계획예방정비기간 동안의 원자로냉각재 온도, 압력, 수위 등의 운전조건 변화에 따른 심층방벽의 유지정도를 정성적인 방법으로 평가, 감시 및 관리하기 위한 전산시스템이며, 2007년 9월 표준형원전(울진3·4호기)과 중수로형원전(월성2·3·4호기)에 대해 시스템을 개발 완료하고 시범운영 중에 있으며 2013년까지 전 가동원전에 대하여 확대 적용할 계획이다.

이로써, 국내원전은 설계 안전성 뿐 아니라 운영 중에 발생가능한 모

든 사건에 대하여 안전성을 실시간 평가 및 관리함으로써 종합적인 안전관리체계를 유지하게 되었다.

(3) 중대사고관리계획(SAMP, Severe Accident Management Program) 이행

중대사고관리계획(SAMP)이란 중대사고의 관리를 위해 사전에 마련된 종합적인 사고관리 계획이다. 정부는 ‘중대사고 정책’에 의거 중대사고에 대처하기 위한 발전소 설비의 가용성 평가, 노심손상 방지, 원자로용기 파손 방지, 격납용기 건전성 유지 및 핵분열생성물의 소외방출 최소화 등을 위한 전략이행 절차 및 지침의 개발과 중대사고 예방 및 완화를 위한 교육훈련 등을 포함한 중대사고관리계획을 수립, 이행하도록 하였다. 이에 따라 국내 전 원전은 2009년 12월 중대사고 발생 시 사고확대를 완화하고 발전소를 신속하게 복구하기 위해 작동이 요구되는 기기 및 계통에 대한 가용성 평가의 실시와 비상운전팀이나 기술지원조직이 취해야 할 조치 단계들을 기술한 중대사고관리지침서(SAMG, Severe Accident Management Guidance)를 개발 완료하였다. 또한 운전원 및 방사능 방재요원들이 지침서 구성, 완화전략 및 기술적배경을 이해하고 이를 원활히 수행할 수 있는 능력을 배양할 수 있도록 교육훈련 절차서를 개발하여 교육을 시행하고 있다. 따라서 국내 원전은 중대사고관리계획 이행이 완료됨으로써 중대사고 대처능력이 대폭 향상되었고 원전의 안전성 증진에 크게 기여하였다.

제4절 원전의 지진대책

한국수력원자력(주) 건설기술처 구조기술팀장 김근경

1. 개 요

최근 지구상의 여러 지역에서 지진이 자주 발생하여 많은 인명피해와 재산피해를 야기하고 있다. 지진의 발생 원인을 과학적으로 설명하는 여러 학설이 있으나 현재까지는 판구조론이 가장 널리 알려진 이론이다.

판구조론에 의하면 지구 표면은 10여 개의 지각판으로 구성되어 있으며 지각판은 지구 내부의 열로 인하여 액체상태로 움직이는 맨틀 위에 떠 있다. 맨틀의 대류현상 때문에 지각판은 서서히 움직이다가 서로 충돌하게 된다. 지각판의 충돌 시 해양판이 대륙의 판 아래로 밀고 들어가는 힘에 의해 판의 경계부가 깨질 때 지진이 발생하게 된다. 따라서 지진은 지각판이 서로 겹치고 충돌하는 판 경계부에서 주로 발생한다.

일본은 유라시아판, 태평양판, 북미판 및 필리핀판의 경계면에 놓여 있어 미국 서부, 인도네시아, 대만 등과 더불어 전 세계적으로 지진활동이 가장 활발한 환태평양 지진대에 속한다. 다행히 우리나라는 판 경계부에서 약 600km 정도 떨어진 유라시아판 내부에 위치하고 있어 대규모 지진이 발생할 가능성이 매우 낮은 안전지대로 분류되고 있다. 피해를 유발할 수 있는 규모 5이상의 지진이 일본에서는 연간 50회 이상 발생하는데 비해 우리나라에서는 20년에 1회 정도 발생하고 있다.

지진의 발생장소, 시기 등을 정확하게 예측하여 예방 또는 대비한다는 것은 현대 기술수준으로서는 사실상 불가능하다. 그 대신 해당지역

의 지질, 지반상태, 지진발생이력 등을 면밀하게 조사, 분석하여 장차 일어날 수 있는 최대지진에 견딜 수 있도록 내진설계를 하는 것이 최선의 대책이다.

원자력발전소는 지진으로 피해가 발생할 경우 방사성물질이 외부에 누출되는 최악의 상황을 가정해야 하기 때문에 어떤 설비보다도 지진에 대한 철저한 대비책이 요구된다. 따라서 원자력발전소는 부지조사, 설계, 시공, 운영 등 각 단계에서 철저한 지진대비책을 세우고 있다.

2. 지진에 대한 안전대책

가. 부지조사

원자력발전소는 엄격한 안전성이 요구되는 시설이기 때문에 부지조사 단계에서부터 모든 분야의 기술을 종합적으로 활용하여 부지특성을 정확하게 분석하여 설계에 반영하고 있다. 부지조사는 부지 반경 320km의 광역조사와 40km, 8km, 1km의 단계적 정밀조사를 통해 해당지역의 지진기록 분석과 육상 및 해상의 단층조사 등을 통하여 부지 적합성을 확인하고 있다.

나. 설계

원자력발전소의 내진설계는 일반 건물과 달리 부지조사 단계에서 분석한 부지주변의 단층과 과거 발생 지진을 토대로 부지에 영향을 미칠 수 있는 최대지진값을 계산하고 여기에 안전 여유도를 더하여 내진설계값을 정하고 있다. 우리나라 원전의 내진설계값은 중력가속도(g)의

20%에 해당하는 0.2g로 설정하였으며, 미국 원전의 80% 이상이 0.2g로 설계·운영 중에 있다.(〈표4-4〉 참조)

동일한 암반조건에서 설계지진의 크기를 비교하면 원전 내진설계값 0.2g는 건축구조설계기준(KBC2005)에 의한 국내 종합병원 등 특등급 건축물의 0.147g보다 훨씬 큰 것을 알 수 있다.

신고리 3·4호기부터 건설되는 신형경수로(APR1400) 원전의 내진설계값은 원전의 해외 수출을 감안하여 기초지반 조건을 암반이 아닌 토사층을 포함한 포괄부지 개념을 적용하여 0.3g로 상향조정 하였다.

〈표 4-3〉 국내 원전의 내진설계값

구분	부지지반가속도(g)		고려된 지진		비 고
	계산값	내진설계값	지 진 명	진도 및 규모	
고리	0.15	0.2	지리산지진 (1936. 7)	M=5.0 ^{주1)} (MMI VII~VIII) ^{주2)}	
월성	0.15 [0.183]	0.2	지리산지진(1936. 7) [읍천단층]	M=6.0 [최대 잠재 지진 규모]	[]:신월성
영광	0.165	0.2	속리산지진 (1978. 9)	M=5.2 (MMI VII~VIII)	
울진	0.15	0.2	지리산지진 (1936. 7)	M=5.0 (MMI VII~VIII)	
신고리 3, 4	0.15	0.3	지리산지진 (1936. 7)	M=5.0 (MMI VII~VIII)	APR1400

주1) M(Magnitude) : 규모(리히터)

주2) MMI(Modified Mercalli Intensity) : 수정 메르칼리 진도

〈표 4-4〉 미국 주요원전의 내진설계값

발 전 소 명	내진설계값(g)
Arkansas Nuclear Unit No. 1	0,20
Big Rock Point Nuclear	0,05
Crystal River Nuclear Generating	0,10
Davis-Besse Nuclear Power Station Unit 1	0,15
Duane Arnold Energy Center	0,12
Indian Point Nuclear Generating Station Unit No. 2	0,15
Joseph M. Farley Nuclear Power Plant Units I And II	0,10
Maine Yankee Atomic Power Co.	0,10
San Onofre Nuclear Generating Station Unit 2	0,67 ^{주1)}
Turkey Point Plant Unit No. 3 & 4	0,15
Vermont Yankee Nuclear Power Station	0,14
Diablo Canyon	0,75 ^{주1)}

주1) 활동성단층의 영향을 직접적으로 받는 지역에 위치

[US NRC]

다. 시공

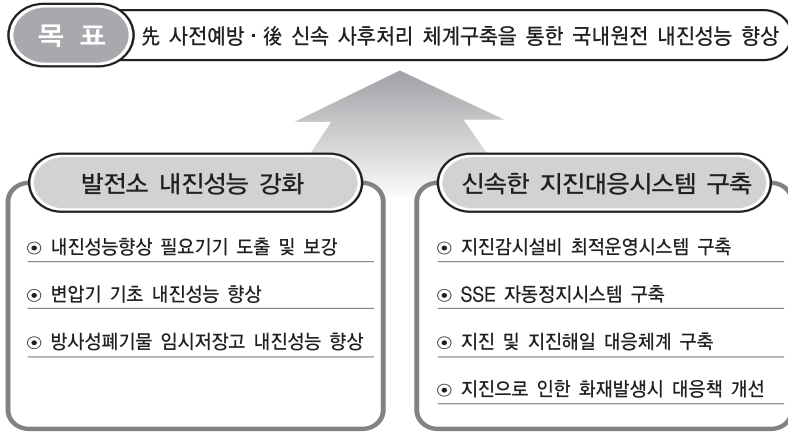
원자력발전소는 재료의 선정, 제작, 시공단계별로 엄격한 품질관리를 시행할 뿐 아니라, 정부 규제기관에서도 철저한 검사를 시행하고 있어 성능과 안정성을 신뢰할 수 있다. 특히 가장 중요한 원자로 격납건물은 단단한 암반위에 건설하고 있어 강진에도 잘 견딜 수 있다.

지진이 발생하였을 때 단단한 암반위에 지은 원자력발전소는 토사지반에 건설된 건물보다 진동의 영향을 1/2~1/3 정도 적게 받아 훨씬 안전하다. 그리고 모든 주요기기는 다섯 차례의 운전기준지진과 한 차례의 설계기준지진을 겪어도 정상 작동함을 시험으로 확인한 후 설치되고 있다.

원자력발전소의 내진안전성을 입증하는 사례로서 1989년 10월에 발생한 샌프란시스코 지진은 규모 7.0으로 최대지반가속도가 0.64g에 달하였지만 인근 디아블로 캐년 원전과 험볼트 베이 원전은 피해가 전무하였다. 또한 1995년 1월에 발생한 일본 고베지진의 경우 리히터 규모 7.2로 도시 전체가 폐허가 되고 고속도로 등 사회간접시설이 파괴되었지만 인근 11개 원전에는 전혀 피해가 없었다.

2007년 7월 일본의 니가타 지역에서 발생한 규모 6.8의 지진은 인근 가시와자키 가리와원전의 설계기준지진(0.27g)을 2.5배 이상 초과하는 지진(0.68g)이었음에도 불구하고 안전관련 주요 구조물과 기기는 별다른 피해를 받지 않은 것으로 확인되었다.

우리나라의 지질 및 지진학적인 특성을 고려할 때, 원전 설계기준을 초과하는 지진 발생 가능성은 매우 희박하다. 그러나 일본 가시와자키 가리와원전의 경우를 감안하여 국내 원전의 지진안전성을 평가한 결과, 설계기준의 2배 크기의 초과지진에 대해서도 원전의 안전기능이 유지될 것으로 분석되었으나 내진성능향상을 위하여 <그림 4-8>과 같은 개선방안을 추진하고 있다.



〈그림 4-8〉 국내원전 내진성능 개선방안

라. 원전 가동시 지진대책

지진은 언제 어떠한 모습으로 우리에게 다가올지 모르기 때문에 항상 대비를 소홀히 해서는 안된다. 우리나라에서는 가동 중인 원자력발전소에 지진이 발생할 경우 이를 신속하게 감지하고 그 크기에 따라 원전을 가동 또는 중지하는 등의 안전조치를 취하고 있다.

원자력발전소는 주요 구조물과 기기, 부지주변에 지진감시설비를 설치하여 상시 지진감시체계를 갖추고 있다. 지진의 크기에 따라 경보발령, 원자로 안전정지 등 비상대응절차를 마련하여 지진 발생에 철저히 대비하고 있다.

설계지진인 안전정지지진(SSE)의 1/20 수준인 0.01g의 지진동이 감지되면 지진계측기 동작을 알리는 신호가 발생하여 지진에 대비하고, 0.1g의 지진동이 감지될 경우 비상운전절차에 따라 발전소를 정지하여

지진으로 인한 피해에 사전 대비토록 하고 있다.

한편, 1999년 5월부터는 지진발생시 원전구조물에 대한 즉각적인 영향평가와 내진연구를 위하여 원자력발전소 자체의 지진감시설비와는 별도로 전력연구원에 원전부지 인근의 미소지진을 감시하는 지진감시센터를 개설하여 운영하고 있다.

이 지진감시센터는 원전 주변의 지진활동을 체계적으로 감시하기 위해 설치한 지진관측소로부터 지진에 관련한 각종 정보를 실시간으로 전송받고 있다. 지진발생시 경보신호 뿐만 아니라 진앙의 위치, 발생시각, 규모 등의 자료를 자동적으로 분석할 수 있도록 설계되어 지진에 대한 원자력발전소의 안전성 및 신뢰성이 보다 향상되도록 하였다.

〈표 4-5〉 중요지진 및 원전의 지진 안전성

구 분	발생일시	규 모	원 전 영 향
샌프란시스코 지진	'89.10.17	7.0	○디아블로 캐년 : 정상가동 - 진앙지에서 235km ○험볼트 베이 : 정상가동 - 진앙지에서 446km
북해도 지진	'93. 7.12	7.6	○도마리 : 정상가동 - 진앙지에서 100km
LA 지진	'94. 1.17	6.8	○산오노프레 : 정상가동 - 진앙지에서 100km
고베 지진	'95. 1.17	7.2	○진앙지에서 120~130km 떨어진 11개 원전 : 정상가동
대만 난터우 지진	'99. 9.21	7.6	○진앙지에서 180km 떨어진 3개 원전 : 송전선로 단선에 의한 일시정지후 정상가동
인도 지진	'01. 1.26	7.6	○카크라파 : 정상가동 - 진앙지에서 300km
니가타 지진	'07. 7.16	6.8	○진앙지에서 16km 떨어진 가시와자키가리와 원전의 설계기준값 초과 : 지반침하 등으로 인한 변압기 화재, 비안전 관련기기 정차부 파손 및 6호기 사용후핵연료 저장조에서 넘쳐흐른 오염된 물의 배출 등이 발생하였으나 안전관련 구조물 및 계통은 피해가 발생하지 않았음

〈표 4-6〉 지진 비교표

리히터규모(M)		MMI ^{주1)} (진도)	지반가속도(g)	비 고
1		I		
2	2.3	II	0.0014	
3	3.0	III	0.0032	
4	3.7	IV	0.0072	
	4.3	V	0.0144	
5	5.0	VI	0.0323	▷ 오대산지진 ('07.1.18), M=4.8
	5.7	VII	0.0722	▷ 홍성지진 ('78.10.7), M=5.0
6	6.3	VIII	0.1441	
7	7.0	IX	▶국내 원전 (0.2g) ▶국내 원전 (0.3g)	▷ 니가타지진 ('07.7.16), M=6.8
	7.7	X	0.7224	▷ 고베지진 ('95.1.17), M=7.2
8	8.3	XI	1.4414	▷ 당산지진 ('76.7.28), M=8
9	9.0	XII	3.2268	▷ 인도네시아 지진 ('04.12.26), M=9.0

주1) MMI : Modified Mercalli Intensity

3. 원전 주변지역 디지털 지진 관측망 구축 현황

가. 설치배경

- (1) 1997년 6월 25일 경주 지진 발생 당시 국내 지진관측설비들이 노후하여 진앙지를 3번이나 번복하는 등 문제발생
- (2) 원전주변지역의 지진감시능력을 강화하고자 전국 4개 원전 부지 주변에 총 8개소의 디지털 지진관측소 설치 운영('99. 5)
- (3) 원전 주변에서 발생하는 지진관측의 신뢰성을 높이고 좀 더 정확한 양질의 자료를 수집하기 위하여 5개의 지진관측소 추가 설치 운영

나. 지진 감시 설비 개요

- (1) 지진관측소 위치 : 총 25개소(한수원 5, 전력연구원 8, 기타 12 개소)
 - (가) 고리원전 : 7개소
 - (나) 월성원전 : 11개소
 - (다) 영광원전 : 3개소
 - (라) 울진원전 : 3개소
 - (마) 삼랑진양수발전소 : 1개소

(2) 관측소별 구성 설비 개요

- (가) 가속도계 (Kinematics사, 미) : 각 1대
- (나) 속 도 계 (Markland사, 일) : 각 1대
- (다) 기 록 계 (Quanterra사, 미) : 각 1대

(3) 운영방법

(가) 전력연구원 보유 고속 LAN망을 통해 지진 감시 센터 실시간 전송

(나) 한국지질자원연구원, 기상청 등과 실시간 자료 공유

(다) 운영개시일 : '99. 5.27

다. 한수원 운영 지진관측망(장비) 현황

〈표 4-7〉 한수원 운영 지진관측망 현황

지역	관측 소명	장 비 명	수량	설치 위치	비고 (관측개시일)
고리	KRC	속도계 가속도계	각1대	울산광역시 울주군 범서면 서사리	'03. 2
	KRD		"	울산광역시 울주군 삼남면 교동리	'03. 2
월성	WSD		"	경북 포항시 남구 오천읍 진전리	'03. 2
울진	UJB		"	경북 울진군 서면 하원리	'03.12
삼랑진	SRJ		"	경남 밀양시 삼랑진읍 안테리	'03. 1

라. 국내기관 지진관측망 현황

〈표 4-8〉 국내기관 운영 지진관측망 현황

기관명	지역	관측 소명	장 비 명	수량	설치 위치	비 고
전력 연구원	고리	KRA	속도계 가속도계	각1대	울산광역시 울주군 서생면 신암리	
		KRB		"	부산광역시 기장군 기장읍 서부리	
	월성	WSA		"	경북 경주시 양남면 나아리	
		WSB		"	경북 경주시 양남면 상계리	
		WSC		"	경북 경주시 동천동	
	울진	UJA		"	경북 울진군 부구리	
	영광	YGA		"	전남 영광군 홍농읍 계마리	
		YGB		"	전남 영광군 백수읍 천마리	
KINS	고리	KRN	속도계 가속도계	"	고리원전 내	
	월성	WSN		"	월성원전 내	
	울진	UCN		"	울진원전 내	
	영광	YGN		"	영광원전 내	
지질 자원 연구원	고리	MAK		"	경남 양산군 매곡리	
	월성	BBK		"	울산 울주군 방방골	
		DKJ		"	경북 영천군 덕적리	
		HAK		"	경북 영일군 학계리	
		HDB		"	경북 경주시 효동리	
		MKL		"	경주시 명계리	
기상청	고리	ULS		"	울산시 북정동	
	월성	POH		"	포항시 송도동	



〈그림 4-9〉 국내 기관 지진관측소 위치도

제2장 방사선 안전관리

제1절 종사자 안전관리

한국수력원자력(주) 안전처 방사선안전팀장 고영우

1. 기본 원칙

원전 방사선 안전관리의 목표는 방사선으로부터 종사자를 보호하고 방사성 물질의 외부 환경으로의 유출을 최소화하여 원전 주변주민 및 환경에 미치는 영향을 최소화하는 것이다. 이러한 목표 달성을 위하여 원자력발전소는 운영단계 뿐만이 아니라 설계, 건설 단계에서부터 방사선 안전을 고려하여 작업자의 방사선량을 “합리적으로 가능한 한 낮게 (ALARA, As Low As Reasonably Achievable)” 유지하도록 노력하고 있다.

국내 원자력 관련 법령에는 국제방사선방호위원회(ICRP)의 선량제한 권고 등을 반영하여 우리나라 실정에 적합한 방사선안전관리기준을 규정하고 있으며, 원전에서는 관련 규정을 준수하기 위하여 피폭방사선량 최소화, 선량평가, 방사선방호에 대한 세부 이행절차를 수립하여 원전 종사자, 주변주민 및 환경보호에 적용하고 있다.

국제방사선방호위원회(ICRP)가 권고한 방사선방호의 목적은 방사선에 의한 확률적 영향(체세포 돌연변이에 의한 암 또는 생식세포 돌연변이에 의한 유전질환)의 최소화와 결정적 영향(세포의 기능저하 또는 사멸)의 방지에 두고 있으며 구체적으로 다음 세 가지 원칙이 있다.

첫째, “방사선 작업의 정당화”로서 방사선피폭에 관련된 행위(작업)는 피폭 받는 개인이나 사회에 끼치는 위해보다 그 행위에 의한 이득이 충분히 많은 경우에만 채택되어야 하고,

둘째, “방사선 방호의 최적화”로서 방사선량을 경제적, 사회적 인자를 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA) 유지시키며,

셋째, “선량한도”로서 개인이 받는 선량을 규제치 이내로 유지시켜 방사선피폭으로 인한 장애 발생이 없도록 관리하는 것이다.

원자력발전소에서는 방사선으로부터 방사선작업종사자를 보호하기 위하여 이상의 방사선방호 원칙에 입각한 방사선안전관리 활동을 수행하고 있으며 이를 효과적으로 달성하는데 필요한 여러 가지 안전관리 수단을 확보하고 있다.

2. 방사선안전관리 제도

가. 선량한도

국제방사선방호위원회는 1990년에 방사선방호에 관한 권고 “ICRP 60”을 발행하면서 방사선작업종사자의 선량한도를 연간 50mSv를 넘지 않는 범위 내에서 5년간 100 mSv로 하향 권고하였다. 우리나라는 1998년에 ICRP 60 권고를 관계 법령에 도입한 이후 2003년 1월 과학기술부 고시 제2002-23호 “방사선 방호 등에 관한 기준”을 공포함으로써 ICRP 60 권고의 제도화를 완료하였으며, 원전에서는 방사선작업종사자의 피폭방사선량이 연간 20 mSv를 초과하지 않도록 관리하고 있다.

나. 건강진단

방사선작업종사자는 방사선관리구역에 최초 출입하기 전 및 매 1년마다 건강진단을 받고 있으며, 검사항목은 다음과 같다.

- 말초혈액 중의 백혈구 · 적혈구의 수 및 혈색소의 양
- 심폐기능 등 담당의사가 필요하다고 인정하는 검사

다. 방사선 방호교육

원전에서는 방사선관리구역에 출입하는 종사자 스스로의 방사선 방호능력 배양 및 방사선안전관리규정 준수와 아울러 발전소 비정상시의 행동지침 숙지를 위해 주기적으로 방사선 방호교육 실시와 평가를 통해 합격한 자에 한해서만 방사선관리구역에 출입할 수 있도록 하고 있다.

원전에서는 원자력 관계법령에 따라 자체교육 시행에 필요한 교육시설 및 장비를 갖추고 연간 교육계획을 수립하여 방호교육을 시행하고 있으며, 교육내용과 교육 대상자별 교육 시기 및 시간은 다음과 같다.

- 교육내용
 - 원자력시설의 이용에 따른 안전관리
 - 방사성물질 등의 취급
 - 방사선 장애방어
 - 방사선안전관리규정 및 관계법령
- 교육 대상자별 교육 시기 및 시간
 - 방사선작업종사자는 최초 방사선관리구역에 출입하기 전 20시간 이상 및 이후 정기적으로 매년 6시간 이상의 교육을 받아야 함

- 수시출입자는 최초 방사선관리구역에 출입하기 전 4시간 이상 및 이후 정기적으로 매년 4시간 이상의 교육을 받아야 함

3. 방사선안전관리 수단

가. 공학적 안전시설

공학적 안전시설은 방사선원의 격리, 종사자 출입지역의 방사선량 및 방사성물질 농도를 낮춤으로써 피폭방사선량 및 방사성물질의 인체 내부 흡입 가능성을 줄이려는 것으로 대부분 설계 단계에서부터 도입되고 있으며, 운전 중에도 방사선방호 최적화를 위해 필요한 것으로 판단되면 설계변경 등을 통해 개선해 나아가고 있다.

중요한 공학적 안전시설로는 인체 외부피폭을 방지하거나 또는 저감시키기 위한 차폐시설, 인체 내부피폭을 방지하기 위한 공기정화설비, 방사선작업지역 및 주변 환경의 방사선준위를 알려주고 비정상시 경보를 발생하거나 안전설비에 동작신호를 제공하는 방사선감시설비, 기체, 액체, 고체 방사성폐기물을 안전하게 처리하는 방사성폐기물 처리시설 등이 있다.

나. 운영절차

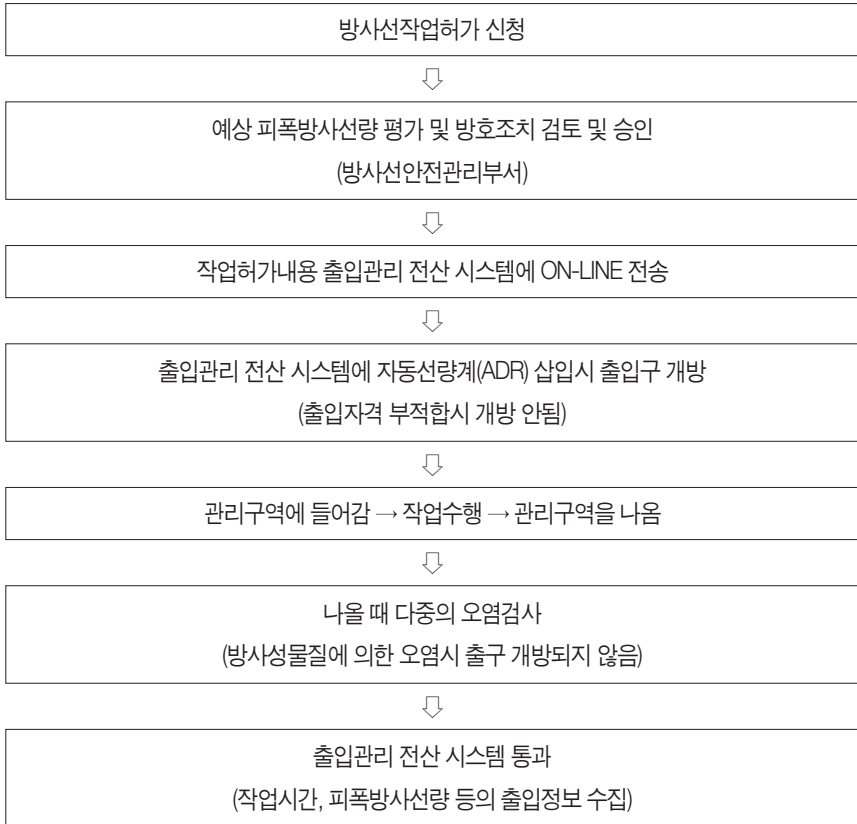
방사선작업종사자의 방사선 안전을 보장하기 위하여 방사선작업허가, 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업관리, 방사선비상계획 등의 안전관리 절차가 명확히 명문화되고 승인 과정을 거쳐 시행되고 있으며, 규제기관은 이의 시행여부를 감시, 감독하고 있다.

(1) 출입관리

원자력발전소 방사선관리구역 출입구에는 방사선안전관리의 신뢰성과 투명성 확보를 위해 자동출입 통제설비를 설치 운영함으로써 허가받지 않은 작업자의 출입을 엄격히 통제하고 있음은 물론, 방사선관리구역 출입자 및 작업내용을 즉시 확인할 수 있고 방사선작업종사자들에게 방사선안전관리 정보를 제공할 수 있도록 방사선안전관리 업무 전반에 대한 종합 전산시스템을 구축 운영하고 있다.

방사선관리구역 출입자는 방사성물질에 의한 오염방지를 위하여 자신의 의복을 벗고 관리구역작업복, 모자, 장갑, 양말 등 관리구역 작업용품과 자동선량계(ADR) 및 열형광선량계(TLD)등의 개인 방사선량 측정기를 착용하고 출입하게 된다. 자동선량계는 방사선관리구역 출입시 본인이 받은 방사선량을 직접 확인할 수 있으며, 작업지역 주변의 방사선량률이 급격하게 증가하거나, 미리 설정된 방사선량을 초과하여 피폭 받게 되는 경우 즉시 경보음을 발생하여 작업자에게 알려준다. 열형광선량계는 1개월 또는 일정기간에 받은 방사선량을 측정하는데 이용되며, 공식적인 피폭기록 관리에 사용된다.

〈표 4-9〉 방사선관리구역 출입절차



〈그림 4-10〉 방사선관리구역 출입구 모습

(2) 방사성 오염관리

방사선관리구역을 나올 때에는 착용했던 관리구역 작업용품을 벗고 방사선관리구역 출구에 비치되어 있는 오염검사기를 이용하여 작업자가 직접 오염검사를 실시하며 출구에 설치되어 있는 자동 전신오염검사기에서 다시 오염여부를 확인하게 된다. 자동 전신오염검사기에서는 오염이 검출되면 출구가 개방되지 않으며, 경보가 발생하면서 오염부위를 지시하게 된다. 오염이 검출된 작업자는 방사선안전관리원의 도움을 받아 오염을 완전히 제거하고 다시 전신오염검사기를 통과하여 방사선관리구역 밖으로 나가게 된다.

특히, 얼굴오염이나 코 내부오염이 검출된 작업자는 체내오염검사(WBC, Whole Body Counting)를 실시하여 방사성물질이 체내에 흡입되었는지를 확인하고 체내 흡입이 확인되면 흡입된 방사성물질로부터 인체가 받게 되는 방사선량을 평가하여 관리 한다.

(3) 물품의 반·출입 관리

방사선관리구역 물품 반출입은 일반적으로 방사선관리구역 출입통제소에서 관리하고 있다. 그러나 출입통제소에서 관리할 수 없는 원전 연료 또는 대형기기 등의 반출입시에는 원자로건물, 원자로보조건물 등의 기기 반입구에 임시 출입통제소를 설치하여 반출입을 관리하며, 방사선관리구역으로부터 물품을 반출할 때에는 물품의 오염검사를 실시하여 표면오염도가 법적으로 정한 제한값 이하의 물품에 대해서만 반출을 승인한다.

(4) 방사선작업관리

방사선관리구역에서의 작업은 다음과 같은 절차와 방법으로 실시하고 있다.

- (가) 사전에 개인의 집적방사선량, 작업장의 방사선량을 및 작업환경 등을 고려하여 필요에 따라 차폐체 설치, 구역제염 등 종사자의 방사선량을 저감할 수 있도록 작업계획을 수립하고, 작업절차, 방법 등에 대해서는 작업자에게 충분히 교육한 후 작업에 착수하도록 하고 있다.
- (나) 방사성물질의 체내 흡입을 방지하기 위해 마스크 등 작업환경에 따라 필요한 방호장구류를 착용하며, 개인 방사선량 측정을 위한 개인선량계 착용, 작업시간 제한 등 필요한 조건을 정하여 작업을 허가하고 있다.
- (다) 방사선작업은 작업 전에 방사선안전관리 전산시스템을 이용하여 작업장의 방사선량을, 방사성오염도 등을 평가하며 작업내용과 과거 경험 등을 반영하여 작업허가를 하는 등 효율적인 방사선안전관리를 수행하고 있다.
- (라) 작업환경이 열악한 증기발생기 내부 작업 등 고방사선구역 작업 시에는 작업 전에 충분한 모의훈련을 실시하여 작업의 숙련도를 높이고 작업시간을 단축하여 방사선 피폭을 최소화하고 있다. 또한 작업 전·후에 ALARA 회의를 개최하여 작업내용을 분석, 평가하며, 여기서 얻은 경험을 동일 또는 유사 작업시 활용하는 등 작업자의 방사선량 최소화와 작업능률 향상을 위한 노력을 기울이고 있다.



〈그림 4-11〉 휴대형 공기공급
호흡보호장비 착용모습

다. 방사선 방호장구

공학적 안전시설과 운영절차가 갖추어져 있어도 작업환경 여건에 따라 적절한 방호수단을 제공하기 위하여 개인별로 방사선 방호장구를 사용하는 것이 필요하다. 그러나 방사선 방호장구의 사용은 일반적으로 작업능률을 저하시키고 활동에 지장을 초래하므로 또 다른 안전 위해 요소가 될 수도 있다.

따라서 방사선 방호장구를 사용할 때는 피폭방사선량 최소화, 오염방지 및 일반적인 안전요건 등을 종합, 검토하여 결정한다.

방사선 방호장구의 종류에는 신체오염 방지용, 방사성물질의 체내흡입 방지용 및 방사선을 차폐를 통한 외부피폭 저감용 등 목적에 따라 다양한 종류가 있으며, 작업내용, 작업장소, 작업지역의 방사선 조건 등을 고려하여 적절한 방호장구를 착용하도록 하고 있다.

〈표 4-10〉 주요 방사선 방호장구

인체오염방지용	작업복, 비닐작업복, 양말, 안전화, 고무신, 신발덮개, 장갑, 고무장갑, 안전모, 후드 등
호흡용 방호장구	반면마스크, 전면마스크, 공기공급 작업복, 휴대형 공기공급 호흡장비 등
방사선차폐용	납 조끼, 납 안경, 납 담요, 물 차폐체 등

4. 방사선량 관리

원전에서는 방사선작업종사자의 피폭방사선량이 연간 20 mSv를 초과하지 않도록 관리하고 있으며, 개인별 피폭방사선량의 기록 보관은 방사선방호교육 이력, 건강진단 결과 등과 함께 전산화하여 종합 관리하고 있다.

외부피폭선량 평가는 1개월 단위로 실시하고 있으며, 고선량 지역에서의 작업 등 특수한 작업을 한 종사자의 경우에는 작업 후 즉시 평가하여 작업허가 선량한도의 초과여부 확인과 차기 작업시 허용선량 결정에 활용하고 있다. 방사선량 측정수단으로는 열형광선량계(TLD)를 주 선량계로 사용하고 작업자 자신이 직접 피폭방사선량을 확인할 수 있는 자동선량계(ADR)를 보조선량계로 사용하며, 필요시 방사선량률 측정장비를 활용하여 다중으로 방사선량을 측정, 관리함으로써 선량평가의 신뢰도를 높이고 있다.

방사선작업종사자가 방사성물질을 체내로 섭취하여 받은 내부피폭선량 평가는 전신 체내오염검사기(WBC)를 사용하여 측정·평가한다. 평가 시기는 최초 작업종사자로 지정할 때와 그 이후 매 1년마다 정기적으로 실시한다.

5. 2010년도 방사선안전관리 실적

2010년 총 20기의 원전 운영에 따른 방사선작업종사자 13,236명의 총 방사선량은 15.884맨·시버트(man·Sv) 이었으며, 호기 당 평균 방사선량은 0.79man·Sv로 2009년의 0.82man·Sv보다 약간 감소하였다.

2009년 4월부터 시작된 월성1호기의 대규모 설비개선 작업이 진행되고 있어 2009년에 이어 2010년에도 총 방사선량이 약간 높지만 이를 제외한다면 호기당 평균 방사선량은 $0.50\text{man} \cdot \text{Sv}$ 수준을 기록한 것이다.

총 방사선량은 당해 연도에 수행된 계획예방정비 횟수 및 작업물량에 따라 크게 좌우되는데, 2010년도의 경우 총 14개 호기에서 연 765일간의 계획예방정비작업이 수행되었다. 월성1호기 설비개선 작업이 마무리 단계에 들어서면서 작업일수는 증가했지만 총 방사선량은 총 14개 호기, 연 677일간의 2009년도 실적(총 방사선량 $16.320\text{man} \cdot \text{Sv}$)보다 약간 감소했다.

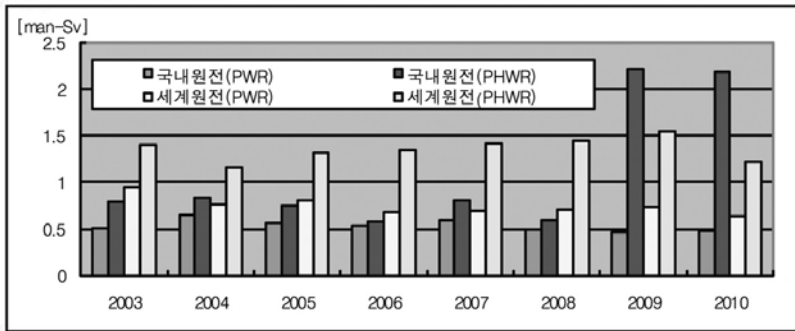
〈표 4-11〉 방사선량 및 계획예방정비 기간 비교

구 분	가동원전 (기)	방사선량($\text{man} \cdot \text{Sv}$)		계획예방정비	
		총 선량	호기당 선량	호기수(기)*	기간(일)
'02년	17	9.32	0.55	11	443
'03년	18	10.29	0.57	15	519
'04년	19	13.03	0.69	15	717
'05년	20	11.93	0.60	13	521
'06년	20	10.96	0.55	14	467
'07년	20	12.81	0.64	18	762
'08년	20	10.14	0.51	16	461
'09년	20	16.32	0.82	16	677
'10년	20	15.88	0.79	15	765

* 계획예방정비 착수일 기준

세계원전의 동일 노형 평균치 등과 비교해볼 때 국내 원전은 우수한 방사선량 관리 실적 나타내고 있으나 세계 원전의 방사선량 또한 지속적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.

〈표 4-12〉 국내·외 원전 노형별 호기당 평균 방사선량



※ PWR : 가압경수로, PHWR : 가압중수로

한편, 원전 종사자의 연간 개인 평균선량은 1.20밀리·시버트(mSv)로 지난해 보다 증가했는데 이 또한 월성1호기 압력관 교체 작업에 투입된 주작업자들의 방사선 피폭이 증가했기 때문이다.

〈표 4-13〉 연도별 종사자 개인 평균선량

연 도	'03년	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년
개인 평균선량(mSv)	1.18	1.32	1.22	1.08	1.13	0.94	1.39	1.20

월성1호기는 원자로를 구성하고 있는 압력관이 노후화되어 발전소 안전성 확보를 위해 교체하고 있으며, 캐나다의 Pt. Lepreau 원전의 교체경험을 바탕으로 2009년 4월부터 2011년 7월까지 작업이 진행될 예

정이다.

이 작업에 투입된 작업자의 개인별 피폭선량은 법적 선량한도인 ‘연간 50밀리 · 시버트(mSv) 범위 내에서 5년간 100mSv’를 준수하면서 방사선피폭을 최소화하기 위하여 작업내용별로 주작업자는 40mSv, 보조작업자는 30mSv, 나머지 일반 작업자는 20mSv를 적용하여 관리하고 있다.

그 결과 <표 4-14>에서와 같이 월성1호기에 투입된 전체 종사자의 약 60%가 일반인에 대한 연간 법적 제한치인 1mSv의 1/10 이하의 낮은 방사선 피폭을 받았고, 13밀리 · 시버트 이상 피폭된 작업자가 168(6.6%)명이었으며 40mSv를 초과한 작업자는 한 명도 없었다.

<표 4-14> 2010년 월성1호기 종사자 개인 평균선량 분포

	피폭선량 (mSv)							총계
	1미만	1~4미만	4~6미만	6~13미만	13~20미만	20~30미만	30~40미만	
인원(명)	1,518	432	144	251	131	37	0	2,513

제2절 방사능 방재대책

한국수력원자력(주) 위기관리실 방재대책팀장 이희환

1. 개 요

우리나라의 원전은 설계, 건설, 운전 등 전 단계에 걸쳐 안전을 최우선적으로 고려하고 있으며, 그 동안의 운전 결과를 고려하여 보면 기술적으로나 구조적으로 그 안전성이 충분히 입증되고 있다. 또한, 다양한 안

전설비와 다중의 방호시스템을 갖추고 있기 때문에 사고가 발생한다고 해도 주변 환경에까지 영향을 미치는 방사능 비상사태로 진전될 가능성은 거의 없다.

그러나 만일의 사고에 대비하기 위해 정부는 국가차원의 방사능 방재 대책 계획을 수립하고 있고, 원자력사업자인 한수원(주)는 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법에 따라 원전 부지별로 방사선비상계획 및 수행절차를 수립·운영하고 있다. 원전 방사선비상계획에는 비상대응 조직과 임무, 비상구분 및 비상발령 기준, 사고 초기의 비상조치, 주민보호조치를 위한 권고, 유관기관과의 협조 및 지원체계, 방사능 방재훈련 및 교육에 관한 사항 등이 포함되어 있다. 또한, 방사선 비상시 원활한 사태수습 및 복구를 위하여 방사능재난대응시설 및 전담조직을 설치·운영하고 있다.

2. 원전 방사능 방재대책 체계

우리나라의 방사능 방재대책 체계는 중앙방사능방재대책본부장(교육과학기술부장관)의 지휘 하에 현장방사능방재지휘센터, 지역방사능방재대책본부, 원전비상대책본부가 사고수습 및 주민보호조치를 1차로 수행하며, 한국원자력안전기술원의 전문가로 구성된 방사능방호기술지원본부와 한국원자력의학원의 의료전문가로 구성된 방사선비상의료지원본부가 방사능재난의 수습 및 비상의료분야의 기술적인 지원을 하도록 되어있다.

현장방사능방재지휘센터에는 관계 중앙행정기관, 지방자치단체 및

지정기관의 관계관으로 구성되는 합동방재대책협의회가 구성되고, 방
사능재난등에 대한 정확하고 일관성 있는 정보를 제공하기 위하여 연합
정보센터가 설치·운영된다.

〈그림 4-12〉는 국가 방사능 방재대책 체계도를 나타내고 있다.



방사능 방재훈련은 교육과학기술부장관이 관련 중앙행정기관과 함께 5년마다 실시하는 연합훈련, 원전 관할 지방자치단체장이 지정기관 및 한수원(주)와 함께 실시하는 합동훈련, 한수원(주) 자체훈련인 전체훈련 및 부분훈련등으로 구분되어 있으며, 합동훈련은 부지별로 4년에 1회, 전체훈련은 발전소별로 매년 1회, 부분훈련은 발전소별로 매분기에 1회 실시하고 있다.

2010년도에 실시된 방사능 방재훈련의 실적은 <표 4-15>, <표 4-16>과 같다.

<표 4-15> 2010년도 방사능방재 합동 및 전체훈련 실적

구 분	원 전		훈련일자	참여기관
합동훈련	신고리1호기		5.13 ~ 14	정부 및 38개 유관기관, 지자체, 한수원(주) 등
전체훈련	고리	2호기	6.30	한수원(주), 한국원자력안전기술원 등
		4호기	11.24	
	영광	2호기	6.15	
		4호기	9.16	
		6호기	7. 6	
	월성	1호기	5.13	
		3호기	8.17	
	울진	2호기	7.21	
		4호기	10. 7	
		6호기	4. 7	

〈표 4-16〉 2010년도 방사능방재 부분훈련 실적

구분	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기
고리	○손상설비 긴급정비 방사선 방호활동 ○비상통신설비 점검	○사고정보 분석 평가 ○비상대응 조치	○정보공개 및 행정지원 ○비상방송설비 점검	○초기대응조치 ○비상방송설비 점검
영광	○손상설비 원인분석 및 정비계획 수립 ○고장설비 긴급정비 계획 수립	○주민예상피폭선 평가 ○비상전화 성능점검	○주민예상피폭선량 평가 ○비상전화 성능점검	○비상시 사고분석 ○비상시 상황전파
월성	○비상시 주민피폭 선량 평가 ○비상용 방송설비 성능점검	○오염환자 제염 구호 ○비상전화 성능점검	○사고복구계획 수립 ○비상용 팩스 성능 점검	○사고시 초기 사고 수습활동 ○비상요원자동통보
울진	○주민예상피폭선량 평가 ○비상통신설비 점검	○사고시 긴급정비 ○방사선비상통보	○방사선비상시 긴급 정비 ○방사선비상통보	○방사선비상통보 ○주민보호조치 권고



(2010년 신고리 1호기 합동훈련)



(열차를 이용한 주민 소개)

〈그림 4-13〉 방사능 방재훈련 모습

또한 각급 유관기관의 비상대책본부에는 직통전화(HOT-LINE), 팩스, 전화, 한수원(주) 사내전화 등이 설치되어 있어 유사시 비상대응조치에 필요한 각종 정보가 신속·정확하게 전달되고 있으며, 원전 주제어실과 비상대책실, 비상기술지원실에는 원전의 중요한 필수 안전인자를 전산화하여 표시하는 안전정보표시장치(SPDS : Safety Parameter Display System) 및 발전소운전정보시스템(PI System : Plant Information System)이 설치되어 있어 비상시 각 비상요원들이 발전소 운전상태를 정확하게 파악하고 신속히 사고수습을 할 수 있도록 되어 있다. 또한, SPDS의 주요변수는 한국원자력안전기술원에도 실시간으로 제공되고 있다. 한수원(주) 방사능재난대응시설 현황은 <표 4-17>과 같다.

이외에도 원전에서는 발전소 반경 2km 지역내의 주민들이 비상상황을 청취할 수 있는 경보방송설비의 설치, 방사성옥소가 인체 내의 갑상선에 침적되는 것을 방지하기 위한 갑상선방호약품 약 12만명분(120만정)을 확보하여 원전 및 지자체에 보관하고 있고 비상시 주민들이 신속하고 질서있게 대피와 소개를 할 수 있도록 인터넷 홈페이지에 안내문 및 동영상을 게재하고 있으며 원전 방재홍보달력을 배부하는 등 발전소 주변주민 보호에 만전을 기하고 있다. 아울러 평시에도 인근 주민들이 거주지역 내의 환경방사선 준위를 스스로 감시하고 확인할 수 있도록 환경방사능 감시 단말기(ERMS, Environmental Radiation Monitoring System)를 원전 관할 지자체 등에 설치하여 지속적으로 관리·운영하고 있다. 원자력발전소에서는 방사선비상시 사고확대 방지 및 방사선방호조치를 취하고 발전소 종사자, 발전소 주변지역 주민들에 대해서는 정부 및 해당 지자체에서 주민보호조치를 담당하고 있다.

〈표 4-17〉 한수원(주) 방사능재난대응시설 확보 현황

구 분	시 설	위 치
본 사	원자력비상대책상황실 및 회의실	본사 지하 1층
고리원전	비상대책실	기장군 철마면 고촌리 176-1번지
	비상기술지원실	1발전소 후문(1,2발전소 공용) 신고리1발전소 공용복합건물 3층
	비상운영지원실	1발전소 각 호기 보건물리실 2발전소 각 호기 출입통제건물 입구 신고리1발전소 공용복합건물 3층
	환경실험실	사택단지 내
영광원전	비상대책실	영광군 군서면 만곡리 3-38
	비상기술지원실	1발전소 각 호기 주제어실 옆 2발전소 각 호기 출입통제건물 4층 3발전소 각 호기 출입통제건물 2층
	비상운영지원실	1발전소 사무실 지하 2발전소 출입통제건물 3층 3발전소 출입통제건물 2층
	환경실험실	사택단지 내
월성원전	비상대책실	경주시 양북면 와읍리 394
	비상기술지원실	각 호기 주제어실 옆
	비상운영지원실	각 호기 보건물리실 옆
	환경실험실	사택단지 내
울진원전	비상대책실	울진군 근남면 산포리 821
	비상기술지원실	1발전소 전기건물(#1·2 공용) 2발전소 각 호기 출입통제건물 3발전소 각 호기 출입통제건물 2층
	비상운영지원실	1발전소 전기건물 4층 2발전소 출입통제건물 3발전소 출입통제건물 2층
	환경실험실	사택단지 내

〈표 4-18〉 갑상선 방호약품(KI정제)확보 현황

고리원전	영광원전	월성원전	울진원전	합 계
607,000	280,830	150,810	219,020	1,257,660

〈표 4-19〉 행정관서 환경방사능 감시단말기 설치 현황

구 분	설치장소
고리원전	기장군청
영광원전	영광군청
월성원전	경주시청
울진원전	울진군청

이와 같은 다양한 방사능재난대응시설 외에도 주민보호를 위한 비상 대책을 집중적으로 강구하기 위해 발전소를 중심으로 반경 약 8~10km의 지역을 방사선비상계획구역으로 설정하여 운영하고 있으며, 지방자치단체는 유사시 방사선비상계획구역내의 주민들을 신속하게 대피시킬 수 있도록 학교 등의 대피시설을 사전 지정·관리하고 있다.

〈표 4-20〉 원전 주변주민 구호소(대피소) 현황

구 분	시 설 수	대피인원(명)	수용능력(명)
고리원전	기장초등교 등 32개소	58,308	68,300
영광원전	영광실업교 등 26개소	18,951	46,438
월성원전	감포중학교 등 10개소	10,089	10,909
울진원전	부구초등교 등 32개소	15,539	23,595

제3장 일반환경관리

한국수력원자력(주) 안전처 민원환경팀장 김기남

제1절 환경관리체계

1. 개요

원자력발전소는 ‘환경영향평가법’에 따라 발전소 건설 전에 발전소 건설시점부터 운영까지의 전 과정에 걸쳐 자연환경, 생활환경 및 사회·경제환경에 미치는 해로운 영향을 미리 예측·분석하고 부문별 구체적인 환경영향의 저감 또는 최소화 대책을 수립한다. 환경영향의 저감 또는 최소화 대책에 관한 환경영향평가서는 지역주민의 의견 수렴, 공청회 및 정부 관계부처의 협의와 승인을 거쳐 최종적으로 작성하며 협의·승인된 평가서의 협의내용을 준수하여 발전소를 건설하고 운영한다.

원전의 일반환경관리는 일반환경 및 해양환경 분야로 구분하여 관리하고 있으며, 체계적인 환경관리를 위해 국제 표준규격인 환경경영시스템(ISO 14001)을 구축하여 운영하는 등 지속적인 환경개선을 추진하고 있다.

2. 환경조사 및 평가

발전소 건설 및 운영 중에 수행하는 환경영향 조사 및 평가는 환경영

향평가 협의내용, 환경보전법 및 한수원(주) 자체 원전주변 환경조사 지침에 따른 일반환경(해양부분 포함) 분야에 대하여 실시한다.

환경영향평가서 협의내용에 의한 환경영향 조사 및 평가항목은 자연 환경 부분의 기상, 지형·지질, 동·식물상, 해양환경, 수리·수문분야와 생활환경 부분의 토지이용, 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음, 진동, 악취분야 및 경제환경 부분의 인구, 주거, 산업, 교육, 교통 등으로 되어 있다. 또한 발전소 온배수에 의한 해양 동식물 등 수산자원에 미치는 영향을 평가한다.

발전소 건설 중 환경조사 항목은 해양환경, 대기질, 수질, 소음, 동·식물상 및 지형·지질 등이며 사업의 특성과 주변 환경을 고려하여 선정한다.

발전소 운영 중 환경조사 및 평가항목을 살펴보면, 일반환경(해양부분 포함) 분야는 육상 및 해양 생태계의 생물학적, 화학적, 물리학적 조사와 주요 수산물 생산 및 어획량을 주기적으로 조사하고 있다.

3. 환경감시 체계

원전의 환경감시는 사업 주체인 한수원(주)에 의한 자체감시는 물론 환경감시의 신뢰성 확보와 객관성을 제고하기 위하여 전문연구기관(대학교, 한전 전력연구원 등)에서 원전주변지역의 환경조사에 참여하고 있으며, 본 조사결과는 정부(지식경제부, 환경부)에 보고되고 있다.

제2절 일반환경 관리

1. 개요

원자력발전소 일반환경 관리는 환경 관계법규에 따라 수행하고 있으며, 발전소 운영으로 발생하는 환경오염물질을 적정하게 관리 및 처리하기 위하여 하·폐수처리시설 및 폐기물 중간처리시설, 보관시설 등을 설치하여 운영하고 있다. 또한 한수원(주)의 자체 지침(원전주변 환경조사 지침, '02. 1.18 제정)에 따라 발전소 주변의 육상 및 해양 생태계에 대한 변화 여부를 지속적으로 조사, 평가하고 있다.

2. 일반환경 관리

원전 내에서 발생하는 모든 하·폐수는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 및 하수도법에 따라 발전소 내 설치된 하수처리시설과 폐수처리시설에서 각각 적정하게 처리하여 방류하고 있으며, 방류수질 감시를 위해 수질연속측정시스템을 운영하고 있다. 또한, 하수 및 폐수처리시설의 방류수질은 법률로 규정하고 있는 배출허용기준 보다 엄격한 자체 관리기준을 설정하여 관리하고 있다.

폐수의 대부분은 발전용 순수를 생산하는 과정 중 배출되는 산·알칼리성의 무기성 폐수와 터빈계통 회전기기에서 배출되는 오일함유 폐수 및 2차계통 수질조절을 위해 사용되는 복수탈염설비의 재생폐수인 소량의 유기성 폐수이다. 폐수처리는 크게 중화, 응집·침전, 여과공정을 거쳐 처리되며, 최종 방류수조에서 배출되는 폐수는 원격수질감시시스

템을 통하여 실시간 감시하고 있다. 한편 울진5·6호기 및 신고리1·2호기 폐수처리시설에는 중수도시설을 설치하여 운영하고 있으며, 중수도에서 처리된 물은 발전용 원수로 재이용할 계획이다.

하수는 일반 가정에서 배출되는 오수의 성상과 유사하며 화장실, 샤워장 등에서 발생하고, 생물화학적 처리공정에 의해 처리 후 방류된다.

발전소 수질오염물질 배출 저감을 위한 노력으로 2006년에는 원전에서 운영 중인 폐·오수처리시설을 대상으로 기술진단 용역을 시행하였다. 기술진단 결과에 따라 폐수시설 부문은 전기분해방식 도입을, 오수시설 부문은 군소시설 통합방안 및 고도하수처리공법을 도출하였으며, 2007년도에 기술진단 결과에 따라 설계용역을 시행하였으며, 현재 공사설계서에 따라 공사를 추진 중에 있다.

원전에서 발생하는 폐기물은 관리구역 이외의 지역에서 배출되는 폐기물로 크게 일반폐기물, 지정폐기물 및 건설폐기물로 구분되며 폐기물의 발생단계에서 처리까지의 전 과정을 철저히 관리하고 있다. 특히, 원전본부별 폐기물적환장을 신축하고 최신설비를 도입하여 배출단계에서 폐기물을 철저히 분류하여 재활용률을 높이고 있으며, 2010년도 폐기물의 재활용 실적은 약 69%이다. 또한 폐기물 중 가연성 폐기물은 그동안 원전별 자체 소각설비에서 처리하여 왔으나 다이옥신 등 대기오염물질 발생 최소화를 위하여 2003년부터는 자체 운영하던 소각로를 폐쇄하고 대형 소각로를 운영하는 외부 폐기물처리업체에 전량 위탁처리하고 있다.

아울러 스톡홀름 협약에서 분해가 느리고 생태계에 유해하여 잔류성

유기오염물질로 분류된 PCB(polychlorinated biphenyl, 폴리염화비닐)를 확인하기 위해 2003년도에 전 발전소 변압기의 절연유를 대상으로 분석하였으며, 분석결과 2ppm 이상의 PCB가 함유된 절연유는 폐기물관리법 규정에 따라 해외 전문처리업체인 네덜란드 ORION사 등을 통해 안전하게 처리하였다. 2009년부터는 국내 업체를 통해 처리 중이며, 2015년까지 연차적으로 전량 처리할 계획이다.

나아가 2004년 국내 PCB 물질의 유통차단 및 근절을 위하여 환경부, 환경단체, 전문가 및 발전사 간 협약을 체결하고 공동으로 노력하고 있으며, 한수원(주)의 직원이 환경부 정책협의회 및 안전처리평가단 위원으로 위촉되어 국내 PCB 근절정책 입안과 PCB의 적절한 관리 및 처리를 위한 실무위원으로 활동하고 있다.

또한, 발전소 내 환경오염의 예방 및 폐기물 발생을 최소화하기 위해 각종 공사 전에 환경성평가를 시행하고 있으며, 폐기물 분리수거함 설치 및 폐기물 보관시설을 운영하고 있다.

이러한 환경시설의 개선, 적정관리 및 자율적인 환경오염물질 배출저감 노력을 인정받아 2000년도에 부산시와 고리본부, 경상북도와 울진본부간 자율환경관리 협약을 체결한 바 있으며, 꾸준한 환경관리 개선 노력으로 2006년에는 울진본부가, 2008년도에는 월성본부가 자율환경 관리업체로 지정되어 자체적으로 환경 관리를 하고 있다. 기타 화학물질, 토양오염 유발시설, 소음, 진동 및 환경영향평가 협의내용 등을 관련법에 따라 적정하게 관리하고 있다.

한편 체계적인 환경경영을 위해 ‘지속가능발전을 위한 환경친화경영

체제 구축 기본계획’ 및 ‘세계 최우수 발전회사 구현을 위한 2015 중장기 전략경영계획’을 수립하여 체계적으로 추진하고 있다. 2006년에는 국제규격의 환경경영시스템(ISO 14001) 인증을 획득하였으며, 2009년 갱신을 통해 재인증을 받은바 있다. 또한 환경경영 실천 의지로 지속적인 환경개선, 국내외 환경기준 준수, 환경오염물질 배출의 최소화, 환경보전활동 선도 및 환경정보의 투명한 공개 등의 ‘환경방침’을 제정 공포하였으며, 매년 내부심사 및 사후관리심사를 통하여 환경개선사항을 도출, 개선하고 있다.

특히 2010년도에는 지식경제부와 환경부가 공동 주관한 ‘2010년도 대한민국 녹색경영대상’ 공모에서 1위를 하여 대통령표창을 수상하였으며, ‘저탄소 녹색성장 기본법’에 의해 환경부가 지정·운영하는 녹색기업 지정을 전사적으로 추진하여 고리본부, 월성본부, 울진본부가 지정을 획득하였다.



〈그림 4-14〉 녹색경영대상 표창장



〈그림 4-15〉 녹색기업 지정서

3. 해양환경 관리

해양환경 상태를 연속적으로 감시하기 위하여 고리, 영광, 월성 및 울진원전 취·배수구 주변 해역에 해수수온 연속측정기와 수질분석기 및 유향·유속계를 설치하여 운영하고 있으며, 관측결과는 무선 송수신 시스템을 이용하여 원격으로 감시하는 한편 인터넷 및 각 원전 홍보전시관을 통해 실시간으로 공개하고 있다.

그 외에도 원전 주변해역의 수온을 자동관측하여 데이터를 전산처리할 수 있는 연속조사시스템(HDMS)을 개발(한전 전력연구원), 원전주변 해양환경조사에 적극 활용하고 있다.

한편 ‘원전주변 환경조사 지침’에 따라 해양과 육상에서의 환경영향조사를 실시하고 있는데, 해양에 대한 생물학적 조사는 동·식물 플랑크톤(엽록소량 포함), 저서생물, 해조류, 어류 등의 종조성 및 현존량, 취수구 스크린에 충돌하는 생물체의 종류, 수, 무게와 냉각계통에 흡입되는 생물체의 종류 및 수에 대해 계절별로 실시하고 있다. 또한 육상 생태계 내 희귀종 및 지표종 등 주요 종의 종류, 수 또는 양, 분포상태 등에 대해서도 주기적으로 조사를 실시하는 한편 원전별 특정 육상식물을 선정하여 종별 수, 양 또는 분포상태에 대해서도 조사하고 있다.

해양에 대한 물리학적 조사로는 수온, 염분, 투명도, 해수유동(유향, 유속, 조석, 조위 등), 냉각수 취수량과 발전소 취·배수구 및 원전 주변 해역에서의 대표지점 수온을 연속적으로 조사하고 있으며, 이와 함께 발전소 주변에 대한 기상상황(기온, 습도, 풍향, 풍속 및 강우량)에 대해서도 계절별로 조사를 실시하고 있다.

또한, 해양에 대한 수·화학적 조사 중 해수의 수소이온농도(pH), 부유물질(SS), 용존산소(DO), 잔류염소, 영양염류, 화학적산소요구량(COD) 및 해양저질의 강열감량, 입도조성, 중금속 등은 계절별로, 기타 특정 유해물질 및 중금속(구리, 크롬 등)에 대하여는 반기별로 조사하고 있다.

2010년도부터는 원전주변지역 소재대학 및 연구소에 의뢰하여 사후 환경영향조사를 실시하고 있다.

신규로 건설되는 발전소의 경우 온배수로 인한 해양영향을 저감하기 위하여 침출 취·배수 기법을 적용하여 건설 중에 있으며, 이에 의한 해양환경 변화 여부를 장기적으로 관찰하기 위하여 고리, 월성, 울진원전 주변해역은 기존의 표층 위주의 해양조사에서 2003년부터는 수심별 조사로 변경함으로서 표층은 물론 저층에서의 생태환경 변화도 감시토록 강화하였다.

또한 환경조사의 신뢰성 제고를 위해 한전 전력연구원, 원전주변지역 소재 국·공립대학교, 연구소를 통해 조사를 수행하고 그 결과를 해양환경 전문기관을 통하여 감리하고 있을 뿐만 아니라, 해양분야 민간환경단체인 바다사랑실천운동시민연합(바실련)에서 발전소 주변 해역에 대한 환경호르몬과 온배수에 의한 생체 장해평가 등의 해양조사에 참여함으로써 조사의 투명성을 높이고 있다.

현재까지의 조사결과, 고리·월성·울진원전 주변의 수질은 환경부의 해역별 수질등급기준 I~II등급을 유지하고 있어 운영 전후가 비슷하게 나타나고 있다.

〈표 4-21〉 원전 주변 해양수질의 연도별 변화(최근 5년간)

(단위 : mg/l)

측 정 항 목		'06	'07	'08	'09	'10
용존 산소량 (DO)	고리	7.90	7.93	7.41	7.13	8.22
	월성	7.83	7.75	7.28	7.31	8.18
	영광	8.53	7.80	7.30	7.86	10.20
	울진	8.60	7.78	7.60	7.52	7.10
화학적 산소 요구량 (COD)	고리	1.27	1.52	1.01	1.28	1.73
	월성	1.20	1.33	0.96	1.29	1.38
	영광	1.29	3.87	3.80	2.98	2.35
	울진	1.07	1.29	0.81	1.28	1.06
총질소 (Total-N)	고리	0.182	0.046	0.053	0.083	0.161
	월성	0.196	0.045	0.066	0.081	0.163
	영광	0.103	0.350	0.105	0.209	0.452
	울진	0.094	0.032	0.048	0.084	0.195
인산염인 (PO ₄ ³ -P)	고리	0.013	0.010	0.017	0.008	0.016
	월성	0.012	0.013	0.021	0.008	0.018
	영광	0.016	0.013	0.015	0.013	0.052
	울진	0.014	0.007	0.010	0.009	0.007

주) 수질등급기준 : I 등급(DO 7.5이상, COD 1이하, 총질소 0.3이하)

II 등급(DO 2이상, COD 2이하, 총질소 0.6이하)

〈표 4-22〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화(최근 5년간)

(평균현존량 단위 : g · dry · wt/m²)

항목 \ 연도		'06	'07	'08	'09	'10
출현 종수 (종)	고리	124	114	108	95	108
	월성	114	104	105	101	102
	영광	28	21	15	14	26
	울진	98	100	90	88	102
평균 현존량	고리	388	342	303	586	531
	월성	402	387	369	442	399
	영광	2	28	18	26	29.3
	울진	549	525	332	502	149

〈표 4-23〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황(최근 5년간)

(개체수 단위 : 개체/m²)

항목 \ 연도		'06	'07	'08	'09	'10
출현 종수	고리	200	193	236	152	147
	월성	208	150	177	118	90
	영광	101	112	127	133	112
	울진	205	199	226	174	175
평균 출현 개체수	고리	768	922	966	640	601
	월성	609	231	311	192	187
	영광	424	354	374	586	802
	울진	588	759	958	715	344

또, 해양생태계 중 비교적 온도변화에 민감한 해조류나 저서동물에 대한 조사결과(표 4-22, 표 4-23 참조), 조사년도에 따라 다소 변화는 있으나, 이는 조사지점의 해양조건, 즉 해수의 간·만조, 계절, 수온 등

에 따라 차이가 나는 것으로 판단된다.

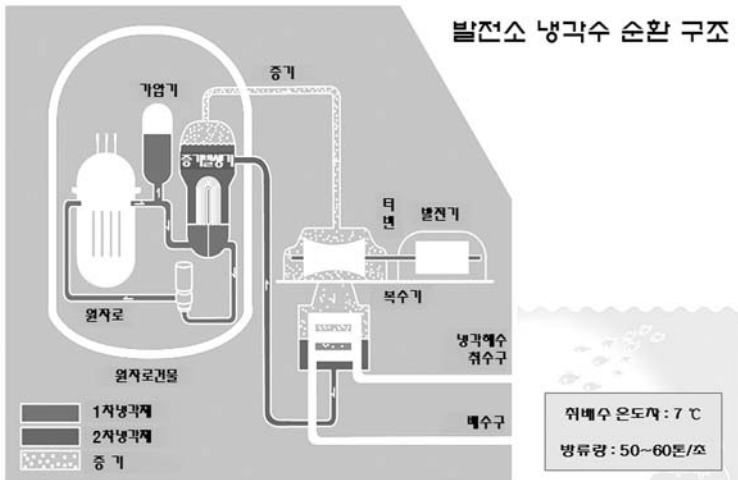
현재까지 약 25년간의 조사결과를 종합해 볼 때 원전 가동으로 인한 주변환경의 우려할 만한 변화는 관찰되지 않고 있으며 전반적으로 주변 자연생태계와 유사한 군집구조를 나타내고 있어 발전소 운영으로 인한 특이한 영향은 발견할 수 없는 것으로 평가되고 있다.

한편, 온배수 확산영역을 보다 정확하게 조사하기 위해 한국지질자원 연구원에 의뢰하여 약 4년간(1997년 9월~2001년 11월) 4개 원전 주변해역에 대한 항공기 이용 원격 적외선 탐사로 조사한 바 있으며, 2002년부터 2010년까지 인공위성 관측 자료를 이용한 온배수 확산범 위 평가 연구를 시행하였다.

제3절 온배수 관리

1. 개 요

발전소의 간접냉각수로 사용되는 해수는 복수기 전열관을 통과하면서 발전기를 회전시킨 수증기를 냉각·응축시켜 다시 물로 바꾸어 주는 데 사용하며, 이때 사용된 해수는 취수할 때보다 수온이 약 7℃ 정도 상승되어 바다에 배출되는데, 이것을 온배수(溫排水)라고 한다. 해역에 따라 차이는 있으나 일반적으로 배수구를 빠져나간 온배수는 자연해수와 혼합되거나 대기 중으로 열을 발산시켜 곧 주위 바닷물의 온도와 같아 진다. 국내에서 운전 중인 100만 kW급의 원전 1기에서 사용하는 냉각용 해수의 양은 초당 약 50~60톤 정도이다.



〈그림 4-16〉 원자력발전소 온배수 순환도

2. 온배수의 영향

해양의 상태는 조류, 일조시간, 바람 등 자연적인 조건과 산업 및 생활 하수 등의 인공적인 영향으로 항상 변하고 있으므로 이에 대한 온배수만의 영향을 명확하게 규명하는 데는 현대 과학기술로는 상당한 어려움이 있다. 우리나라에서 자주 보도되고 있는 연안의 어패류 폐사, 어획량 감소, 해조류 양식 피해 등은 이와 같이 다양한 환경영향으로 인한 생태계 하부구조의 변동으로 인해 나타나는 경우가 대부분을 차지하고 있는 실정이다. 발전소 부근의 해수온도는 배수구 근처에서는 온배수로 인하여 다른 지점보다 다소 높지만 발전소에서 멀어질수록 조류 등에 의한 희석으로 주변 해수온도와 같아지게 된다.

온배수는 해양생태계에 양면성을 갖고 있다. 지금까지 조사된 온배수

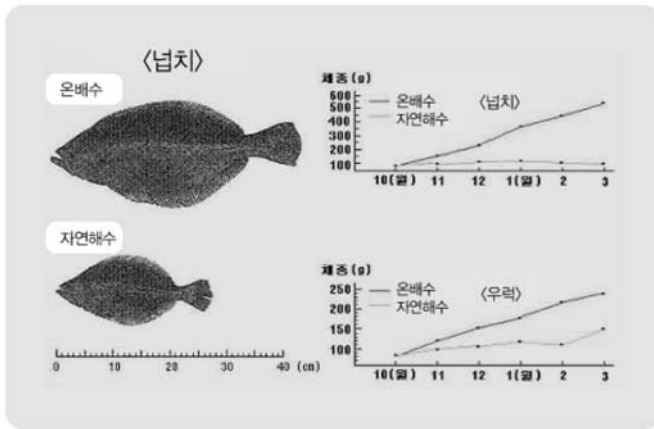
영향은 어류에 대해서는 더운 물을 좋아하는 종은 모여들고 찬물을 좋아하는 종은 이동하나 전반적으로 볼 때 상업적 가치를 가진 대부분의 어류는 온수성이며, 많은 어류가 배수구 부근에 모여드는 경향을 나타내고 있다.

그러나 배수구 인근 해역에서 서식하는 미역이나 김 등 저온성 해조류에 대해서는 다소 영향이 있어 이에 대해서는 피해조사를 실시하여 보상을 하고 있으며 더불어 온배수 영향 저감화 대책을 추진 중에 있다.

우리나라와 달리 서양의 대부분의 나라들은 연안 수산자원이 풍부하여 양식어업이 활성화 되어 있지 않으며 식생활 차이로 해조류, 조개 등 주요 피해조사 대상 수산물을 거의 섭취하지 않으므로 온배수와 관련된 피해조사 시행 사례가 보고되어 있지 않다.

3. 온배수의 이용

온배수를 자원으로 활용하는 사례는 수산생물 양식, 지역난방, 해수 담수화, 화훼재배 등이 있으며 특히 어류양식이 가장 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 어류의 성장과 수온의 관계에 대하여 연구된 바에 따르면 생물의 임계수온 내에서 일반적으로 수온이 적당히 상승할 경우에는 ①성장이 좋아지고 ②산란시기가 빨라지며, ③魚卵이 부화하는데 필요한 시간이 단축되는 등 성장 성숙에 효과가 있는 것으로 알려져 있다.



〈그림 4-17〉 온배수(위)/자연해수(아래)에서 월동한 넙치 비교

우리나라에서 현재 활발히 양식하고 있는 어류는 대부분 온수성 어종이기 때문에 11월부터 이듬해 4월까지의 해수 수온이 낮아져서 자연해수로는 월동양식이 불가능하다. 그러나 발전소의 온배수를 이용할 경우 겨울철에도 어류를 성장시킬 수 있을 뿐 아니라 봄·가을철에도 여름철에 버금가는 성장을 기대할 수 있다.

이와 더불어 온배수를 어류의 종묘배양에 이용할 경우 자연상태보다 2개월 이상 빨리 종묘를 생산할 수 있어 그 효과가 매우 크다.

우리나라에서 발전소 온배수를 수산업에 이용한 것은 국립수산물과학원(구, 국립수산물진흥원)에서 1964년도에 진주조개를 부산화력발전소의 배수구에서 월동시킨 것이 효시라고 볼 수 있으며, 1984년에는 한국해양연구원에서 삼천포화력발전소 온배수를 이용하여 진주조개, 참돔 및 방어 등의 월동 및 사육실험을 실시하였다.

본격적인 양식사업은 1988년 4월 보령화력발전소 구내에 종묘생산 시설을 갖추고 나서부터 시작되었으며, 발전소 온배수를 이용하여 고급 어류의 월동, 인공부화, 종묘생산 등의 각종 시험을 성공리에 마친 후 생산된 종묘를 발전소 인근 주민들에게 분양 및 연안에 방류하였다.

원전으로서는 영광원전에 2,600m²의 부지에 양식동과 해양생물전시관을 갖춘 연간 성어 17톤 생산 규모의 온배수양식장이 1995년 건설·운영된 것이 최초였으며, 넙치, 우럭 치어를 입식하여 시험 양식한 결과 자연상태보다 약 2~4배 빠르게 성장함을 확인할 수 있었다.

특히, ‘희망의 섬, 빛의 바다, 미로의 바다, 놀라운 바다, 평온한 바다, 만남의 바다, 영광의 바다’ 등 7개의 테마로 구성된 영광원전 해양생물 전시관을 통해 원전 온배수의 유용성을 홍보하고 있다.



〈그림 4-18〉 영광원자력 온배수이용 해양생물전시관

월성원전은 1998년 5,290m²의 부지에 종묘배양과 성어양식을 동시에 할 수 있는 시설을 준공, 2년간의 한국해양연구원 시험양식을 거쳐 넙치, 참돔, 황복, 전복 등 고급 어패류 10여종을 성공적으로 양식하고 있다.

또한, 온배수를 이용한 어패류 시험양식 기간 중 주기적으로 양식장 해수 및 어류시료를 채취하여 전문기관의 분석을 거침으로서 방사능으로부터 안전함을 확인하고 있으며, 어류 감정평가 결과 육질과 성장도에서 최우수 등급 판정을 받은 바 있다.



〈그림 4-19〉 월성원자력 온배수이용 양식장

한수원(주)는 1997년부터 2010년 현재까지 매년 온배수를 이용한 치어와 치패를 발전소 주변 해역에 방류하고 있으며, 현재까지 어류 641만마리, 전복 1,573만마리, 갑각류 6,900만마리, 패류 277톤 등 해역 특성에 알맞은 고부가가치 품종을 방류하여 수산자원 조성사업을 지속적으로 시행하고 있다.

아울러 수산업의 국제경쟁력 강화를 위하여 정부에서는 경남 통영해역을 시범해역으로 선정하여 환경친화적 목장화사업을 추진하고 있는데, 한수원(주)에서도 한국해양연구원과 함께『해양목장화 기반기술 연구('96~'99)』를 실시하였다.

향후 정부에서 주도하는 연안 해양목장화 현장적용기술이 확립되고

복합형 해양목장단지 연구가 완료되면 발전소의 온배수는 제2의 자원으로 각광받을 수 있을 것으로 기대된다.



〈그림 4-20〉 해양환경 보전활동

4. 온배수 민원대책

원전 건설 및 운영에 따른 지역주민의 경제적 혜택에 대한 기대심리와 원전주변지역 개발 요구, 원전에 대한 막연한 불안감 등이 민원발생의 배경이 되고 있다. 원전 건설 및 운영과 관련된 민원은 그 발생 시기에 따라 건설 중 민원, 가동 중 민원으로 분류할 수 있으며, 피해보상 유무에 따라 보상 민원, 보상외 민원으로 크게 구분할 수 있다.

〈표 4-24〉 원전 민원유형별 분류

시기	유형	민원내용	비고
건설중	용지 (보상)	○ 원전부지 확보, 보상 관련 - 집단이주, 개별이주, 분묘이장 등	
	건설 (보상)	○ 건설공사 중 피해보상 관련 - 소음, 분진, 공유수면 매립, 송전선로 등	
가동중	환경 (보상)	○ 환경 피해 관련 - 수질오염, 방사능오염, 해안침식 등	
	온배수 (보상)	○ 온배수 피해 조사 및 보상, 한정어업 등	
공통	기타 (보상 외)	○ 지역 인프라구축(마을회관 등) ○ 소득증대사업(특산물직판장 등) ○ 지역주민 우선 고용 등	

한수원(주)는 온배수피해 민원 해소를 위해 지역과의 상생 및 역사사지의 자세로 객관적 조사를 통해 합리적인 보상이 될 수 있도록 최선을 다하고 있으며, 다소 무리한 요구에 대해서는 주민을 이해시키고 설득하는데 주안점을 두고 있다. 또한 발전소주변지역 지원에 관한 법률 개정과 함께 지역지원사업의 확대시행으로 원전 주변지역을 잘사는 마을로 만들어서 주민들의 피해의식과 보상심리를 근원적으로 해소함으로써 민원발생 요인을 없애도록 노력하고 있다.

이와는 별개로 원전 직원 채용 시 해당지역 주민에게 가점을 부여하여 고용기회를 확대하고, 원전 온배수를 이용하여 양식한 어류와 지역 특성을 고려한 어패류를 인근해역에 방류함으로써 어민 소득증대에도 기여하고 있다.

제4장 환경방사선 관리

한국수력원자력(주) 위기관리실 방재대책팀장 이희환

제1절 관리체계

1. 개요

원자력발전소 주변에 대한 환경방사선 관리는 원전에서 방출되는 방사성물질로 인한 피폭선량이 원자력법에서 정한 선량한도에 비해 낮게 유지되고 있음을 확인하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 원전사업자는 당해시설 주변 환경방사선 조사와 시설의 운영으로 인한 방사선환경 영향을 평가하고 있다.

2. 환경방사선 조사 및 평가

원전 주변에 대한 환경방사선 감시는 원자력법 104조의6(환경보전)에 근거를 두고 있으며, 원자력사업자는 교육과학기술부고시 “원자력 이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 고시”에 따라 자체적인 환경감시조사계획을 수립하여 조사를 수행하고 있다. <표 4-25>는 2010년 원전주변 환경방사선조사계획을 요약한 것이다

환경방사선(능) 감시를 위한 시료채취 지점의 선정과 환경시료별 분석항목 및 분석주기는 시설주변의 인구분포, 방사능 착지 예상 최대농도, 기상조건, 해양조건, 지형, 방위, 대기확산인자 등을 고려하고, 각 시설별

고유한 설계특성 및 방사성물질 방출형태 등을 감안하여 결정한다.

3. 환경방사선 감시 체계

원전의 환경방사선 감시는 사업 주체인 한수원(주)에 의한 자체조사는 물론 환경감시의 신뢰성 확보와 객관성을 제고하기 위하여 전문연구기관(대학교)에서 원전주변지역의 환경방사선 조사에 참여하고 있다.

〈표 4-25〉 2010년 원전주변 환경방사선조사계획

조 사 항 목				주 기	
구 분	환경매체		감 시 대 상	채취빈도	분석빈도
환 경 방사선	공간선량률		감마선량(ERMS)	연 속	월 1회
			집적선량(TLD)	연 속	분기 1회
육 상 시 료	공 기	분진	전 β	연 속	주 1회
		입자,가스	^{131}I		주 1회
		분진	γ 동위원소		월 1회
		CO ₂	^{14}C		월 1회
		수분	^3H		월 2회
	식 수		^3H , γ 동위원소	분기 1회	분기 1회
	지 하 수		^3H , γ 동위원소	분기 1회	분기 1회
	지 표 수		^3H , γ 동위원소	월 1회	월 1회
	빗 물		전 β ^3H , γ 동위원소	월 1회	월 1회
	하천토양		γ 동위원소	분기 1회	분기 1회
	표층토양		γ 동위원소(^{131}I 포함)	년 2회	년 2회
			^{90}Sr		
	우 유		γ 동위원소(^{131}I 포함)	월 1회	월 1회
			^{90}Sr	월 1회	분기 1회
			^{14}C , ^3H	월 1회	분기 1회
	농 산 물		γ 동위원소	수확기	년1~2회
			^{90}Sr		
			^{14}C , ^3H		
	지표생물		γ 동위원소(^{131}I 포함)	년 2회	년 2회
			^{90}Sr		
	육 류		γ 동위원소	년 2회	년 2회
			^{14}C , ^3H		
해 양 시 료	해 수	^3H	주 1회	월 1회	
		γ 동위원소		분기1회	
		^{90}Sr			
	해저퇴적물	γ 동위원소	년 2회	년 2회	
		^{90}Sr			
	어 · 패류	γ 동위원소(^{131}I 포함)	년 2회	년 2회	
		^{90}Sr			
	저서생물		γ 동위원소	년 2회	년 2회
	해 조 류		γ 동위원소(^{131}I 포함)	년 2회	년 2회
			^{90}Sr		

제2절 환경방사선 관리

1. 개요

원전에서는 생성된 방사성물질을 종류에 따라 감쇠, 고화, 여과, 증발 등의 방법으로 처리한다. 이 과정에서 소량의 방사성물질이 발전소의 설계 및 운영에 따른 법적요건을 만족하면서 환경으로 배출된다. 환경방사선 관리를 통해 방사성물질의 배출이 관련 규정을 만족하는지 교육과학기술부고시 제2010-32호 ‘원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향 평가에 관한 고시’에 따라 원전주변의 환경방사선을 조사하고 있다.

2. 조사계획

환경방사선조사대상은 고리, 월성, 영광 및 울진 원전 부지 주변의 육상 및 해양의 방사선량과 각종 시료 중의 방사능 농도이며, 육상의 선량 측정 및 시료채취 지점은 주로 발전소로부터 5km 이내에 집중되어 있고, 해양시료 채취지점은 각 발전소의 배수구 주변에 집중되어 있다. 또한, 이들 발전소 인근지점 외에 발전소로부터 16km 이상 떨어진 비교지점(대조구)을 시료별로 1곳 이상 선정하여 자연방사선(능) 준위를 확인하고 있다.

원전 부지 외부 조사지점에 대한 시료채취 및 분석은 원전이 소재한 지역의 대학에 위탁하여 수행하고 있으며, 부지 내부의 조사지점에 대한 시료채취 및 분석은 각 원전의 환경실험실에서 수행하고 있다. 조사

결과의 신뢰성을 제고하기 위해 일부지점에 대해서는 대학과 원전에서 중복하여 시료를 채취·분석하였다. 한편 환경 중의 방사선 측정은 원전 부지 내·외부에 고정 설치된 환경방사선감시기, 열형광선량계와 휴대용 방사선량측정기를 사용하여 수행한다.

3. 조사결과

가. 환경방사선

2010년 4개 원전 주변 42개소의 환경방사선감시기에서 측정된 공간 방사선량률의 연간 평균치는 <표 4-26>에 나타난 것과 같이 부지 내부 77.3~109nGy/h, 부지 외부 76.8~122nGy/h로서 2009년도에 측정된 부지 내부 81.2~108nGy/h, 부지 외부 78.6~122nGy/h와 유사하며, 한국원자력안전기술원이 2010년도에 전국 66개 모니터링 포스트에서 측정한 지역별 연평균 방사선량률 범위인 60.2~162.4nGy/h 이내에 있다.

〈표 4-26〉 공간감마선량률(환경방사선감시기)

(단위 : nGy/h)

고 리 원 전 지 역				영 광 원 전 지 역			
측정지점		평균 선량률		측정지점		평균 선량률	
		'09	'10			'09	'10
부 지 내 부	1발전소	98.6	97.9	부 지 내 부	본부정문	94.2	92.5
	2발전소	95.2	87.2		배수로	95.4	95.4
	구 전서관	87.5	87.6		주사무실	96.2	97.2
	구 관측소	81.2	80.5		본부후문	93.5	93.2
	정수장	83.8	84.7	부 지 외 부	청경사택	90.7	91.1
	효암	89.7	87.9		홍농서초교	86.1	88.4
	비학	86.4	86.1		홍농사택	97.2	97.3
부 지 외 부	월내1	88.6	82.4		법성	122	122
	월내2	78.6	79.9		영광	109	109
	명산	81.8	74.3		고창	109	109
	사택3	88.7	87.6				
부	부산대	104	107				

월 성 원 전 지 역				울 진 원 전 지 역			
측정지점		평균 선량률		측정지점		평균 선량률	
		'09	'10			'09	'10
부 지 내 부	취수구	82.2	79.1	부 지 내 부	기상관측소	108	108
	폐기물고	91.3	91.3		남서고지	94.9	94.0
	후문서쪽	82.0	82.0		신화리	97.0	94.8
	후문동쪽	79.0	77.3	부 지 외 부	취수댐	117	113
부 지 외 부	나산	81.1	76.8		기곡동	121	118
	직원사택	78.6	79.9		죽변초교	110	110
	1발전수장	83.8	80.8		부구교량	107	107
	상봉	83.0	80.9		한수원사택	118	117
	경주	83.9	82.3		매화초교	96.4	99.3
	울산	83.8	86.7		궁촌초교	96.9	95.0

2010년 4개 원전 주변 181개소에서 측정한 분기별 공간집적선량은 <표 4-27>에 나타난 것과 같이 부지 내부 집적선량은 100~255 μ Gy로 최근 5년 평상변동범위인 86.5~263 μ Gy/91d 와 유사한 수준이며, 부지 외부 집적선량은 87.0~318 μ Gy로 최근 5년 평상변동범위인 89.0~331 μ Gy/91d 와 유사한 수준이다. 전체적으로 한국원자력안전기술원이 2010년도에 전국 모니터링 포스트에서 측정한 분기별 집적선량 범위인 128~340 μ Gy와 유사한 수준이다.

〈표 4-27〉 공간집적선량

(단위 : $\mu\text{Gy}/91\text{d}$)

구분	원전	고 리	영 광	월 성	울 진
부지내부	'10년	122~197	128~255	100~139	154~244
	최근 5년 ('05~'09년)	86.5~204	144~243	102~212	153~263
부지외부	'10년	125~187	139~318	87.0~140	163~272
	최근 5년 ('05~'09년)	89.0~253	156~331	98.0~248	164~275

나. 환경방사능

(1) 공기 중의 방사능

2010년 조사결과, 모든 원전 주변 공기에서 원전에 유래하는 인공감마방사선 방출핵종이나 방사성옥소는 검출되지 않았으며, 공기의 평균 전베타 방사능은 고리 $0.0794\sim 1.96\text{ mBq}/\text{m}^3$, 영광 $0.211\sim 2.61\text{ mBq}/\text{m}^3$, 월성 $0.129\sim 1.95\text{ mBq}/\text{m}^3$ 그리고 울진 $0.0943\sim 2.19\text{ mBq}/\text{m}^3$ 으로 각 원전의 비교지점 값인 부산대 $0.147\sim 1.90\text{ mBq}/\text{m}^3$, 고창 $0.222\sim 2.70\text{ mBq}/\text{m}^3$, 경주 $0.108\sim 1.53\text{ mBq}/\text{m}^3$, 삼척 궁촌초교 $0.291\sim 2.19\text{ mBq}/\text{m}^3$ 와 비슷한 수준이다.

월성원전은 중수로 특성상 삼중수소배출이 경수로보다 다소 많으므로 다른 지역과 달리 공기 중 삼중수소를 분석하고 있다. 측정지점은 월성원전 부지 내부 6개 지점, 부지 외부의 발전소 인근지역 3개 지점과

면 곳의 비교지역 2개 지점 등 총 11개이다. 공기 중 삼중수소에 의한 주민선량은 농도가 가장 높은 취수구(1) 지점의 39.3Bq/m^3 에 대해 호흡에 의한 방사선량을 평가할 때 $5.23 \times 10^{-3}\text{mSv/yr}$ 이며, 이는 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr 의 0.52%로서 삼중수소로 인한 환경영향은 미미한 수준이다.

공기 중 ^{14}C 는 월성원전 부지 주변 평균이 0.288Bq/g-C (0.0588Bq/m^3)로서, 자연준위 0.250Bq/g-C 보다 약간 높으나 호흡에 의한 ^{14}C 방사선량은 $2.70 \times 10^{-6}\text{mSv/yr}$ 로 평가되며 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr 의 0.00027%로 무시될 수 있는 양이다.

(2) 육상 시료

표층토양에 대한 분석결과 인공 방사성 핵종인 ^{137}Cs , ^{90}Sr 이 원전 주변과 비교지점 거의 모든 시료에서 검출되었다. ^{137}Cs 과 ^{90}Sr 은 과거 대기권 핵실험 등의 영향으로 전국의 토양 시료에서 지속적으로 검출되고 있으며 한국원자력안전기술원이 실시한 2010년도 전국 환경방사능조사에서도 확인되고 있다. 2010년도 원전 부지 내·외부 전체 표층토양 채취지점에서 검출된 ^{137}Cs 최대값은 영광군 영광지점의 16.7Bq/kg-dry 였다. 이는 한국원자력안전기술원이 2010년도에 전국 12개 지방 방사능측정소 모니터링포스트 주변의 표층토양에 대해 측정한 결과인 $\langle\text{MDA} \sim 13.6\text{Bq/kg-dry}$ 와 유사하였다. 또한 검출된 ^{90}Sr 최대값은 월성원전 부지 외부인 나산지점의 0.969Bq/kg-dry 로 이는 최근 5년간 평상변동범위인 $<0.216 \sim 2.19\text{Bq/kg-dry}$ 이내이다.

〈표 4-28〉 토양 중 ^{137}Cs 농도

(단위 : Bq/kg-dry)

지역 \ 연도	'06	'07	'08	'09	'10
고리주변	〈0,358~22,3	0,359~13,7	〈0,172~16,0	〈0,139~8,43	〈0,149~6,62
월성주변	〈0,362~3,14	〈0,374~5,78	〈0,178~3,89	〈0,278~3,32	〈0,289~3,11
영광주변	0,341~19,9	〈0,480~20,1	〈0,273~31,0	〈0,387~13,0	〈0,206~10,0
울진주변	〈0,280~4,72	〈0,259~13,3	〈0,299~7,03	〈0,234~7,42	〈0,266~14,7

육상 지표생물 중 솔잎에서 핵실험 등의 영향으로 ^{90}Sr 이 검출되었으며 원전 전 지점의 최대값은 월성원전 주변 신월성 뒷산 지점의 8.86Bq/kg-fresh로서 최근 5년간의 평상변동범위인 2.26~ 9.79Bq/kg-fresh 이내였다.

육상의 곡류(보리 등), 채소(배추, 열무 등), 육류 등의 농산물과 지표수, 식수, 지하수를 조사한 결과 일부 농산물시료에서 과거 핵실험의 영향으로 판단되는 ^{90}Sr 과 ^{137}Cs 이 지표수에서는 삼중수소와 ^{131}I 이 극미량 검출되었다.

월성원전 주변 육상식품에 대한 삼중수소 분석결과 곡류 시료 중 가장 농도가 높은 읍천지점의 21.4Bq/kg-fresh을 기준으로 삼중수소 선량을 평가할 때 $1.69 \times 10^{-4} \text{mSv/yr}$ 이며, 이는 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr 의 0.02%이내로 환경에 미치는 영향은 미미하다.

(3) 육상 물시료

빗물에서 전베타 방사능은 고리 <0.0139~0.183Bq/L, 영광 <0.00777~0.439Bq/L, 월성 <0.00332~0.186Bq/L, 울진 0.00856~

0.0145Bq/L로서 각 원전의 비교지점 값인 부산대 <0.0138~0.0318Bq/L, 광주 <0.00748~0.0950Bq/L, 울산 0.0283~0.602Bq/L, 삼척 궁촌초교의 최소검출가능농도 미만보다 다소 높거나 유사하게 나타났다, 극미량이어서 환경영향은 미미한 것으로 판단된다.

삼중수소는 고리 <1.92~54.2Bq/L, 영광 <1.71~73.4Bq/L, 월성 <1.09~1,232Bq/L, 울진 <0.937~66.3Bq/L로서 각 원전의 비교지점 값인 부산대 <1.74Bq/L, 광주 <1.88~4.00Bq/L, 경주 <1.11~9.11Bq/L, 삼척 궁촌초교의 최소검출가능농도와 비교시 비슷하거나 약간 높게 나타났다. 삼중수소 최대농도인 1,232Bq/L(월성원전 취수구, '10. 1월 검출)을 직접 섭취한다고 보수적으로 가정하여 평가한 주민선량은 4.35×10^{-3} mSv/yr로서 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr의 0.435%여서 환경 영향은 미미한 수준이다.

빗물의 감마동위원소 분석결과 인공 방사성 핵종은 모든 지점에서 최소검출가능농도 미만이었다.

(4) 해양시료

해수의 전베타 방사능은 고리 8.07~14.1Bq/L, 영광 4.11~17.3Bq/L, 월성 6.52~12.8Bq/L, 울진 7.92~12.6Bq/L로서 각 부지의 비교지점 값인 송정 8.32~12.3Bq/L, 함평 4.57~15.4Bq/L, 구룡포 8.77~12.2 Bq/L, 삼척 장호 6.64~13.1Bq/L와 유사하게 나타났다. 삼중수소는 고리 <1.28~4.67Bq/L, 영광 <1.69~42.1 Bq/L, 월성 <1.11~162Bq/L, 울진 <0.939~31.8 Bq/L로서 각 부지의 비교지점 값인 송정 <1.29Bq/L, 함평 <1.90~7.41Bq/L, 구룡포 <1.12Bq/L, 삼척 장호

<1.14Bq/L보다 높으나 월성원전 최대치인 162Bq/L이라도 교육과학기술부 고시 제2009-37호(방사선 방호 등에 관한 기준 고시)에서 규정된 배출관리기준 40,000Bq/L의 0.405%에 해당하는 낮은 농도이다. ^{137}Cs 은 대부분의 해수시료에서 비슷한 농도로 검출되었으며 최대치는 월성원전 배수구2로서 2.59mBq/L였다. 이는 최근 5년간 평상변동범위인 1.26~3.12mBq/L 이내로서 2010년에 한국원자력안전기술원이 측정한 우리나라 주변해역 22개 지점 표층 해수 중의 ^{137}Cs 농도범위 1.19~2.34 mBq/kg와 유사한 수준이다.

해저퇴적물 중 ^{137}Cs 과 ^{90}Sr 은 표층토양에서와 마찬가지로 이유로 지구상 어디에서나 검출되고 있는 핵종으로 4개 원전 주변 지역에서 고르게 검출되었는데, ^{137}Cs 의 최대값은 고리원전 3·4호기 취수구 지점의 2.26Bq/kg-dry로서 부지주변 최근 5년간의 평상변동범위인 <0.103~2.34Bq/kg-dry 이내였으며, ^{90}Sr 최대값은 영광 배수구 지점의 0.450Bq/kg-dry로서 최근 5년간 평상변동범위 <0.0834~0.338 Bq/kg-dry와 유사한 수준이었다.

어·패류의 경우, ^{137}Cs 과 ^{90}Sr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 만 미량 검출되었다.

저서생물의 경우, 울진원전 배수구에서 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 이 최대 0.369 Bq/kg-fresh 검출되었으나 평상변동범위 <0.482~1.86Bq/kg-fresh 이내였다.

해조류의 경우, ^{131}I 이 고리본부, 울진본부, 월성본부에서 검출되었다. 검출된 ^{131}I 은 인근 도시에서 의료용을 사용된 동위원소가 유입된 것으로 판단된다. 아울러 ^{137}Cs 과 ^{90}Sr 이 미량 검출되었는데 일반 지역에서

검출되는 수준으로서 원전 영향은 아닌 것으로 판단된다.

(5) 방사성물질 배출에 의한 예상 최대 주민피폭선량

방사성물질 방출에 의해 주민이 받을 것으로 예상되는 최대 주민피폭 선량은 전산 프로그램을 사용하여 계산한 결과 원자력법 시행령 제323조의 2에 따른 발전소 호기당 또는 부지당 설계기준치를 훨씬 하회하고 있음이 확인되었다.

〈표 4-29〉 2010년도 원전부지별 주민선량

(단위 : mSv/yr)

구 분	고 리	영 광	월 성	울 진
기체	1.05 E-3	2.13 E-3	4.60 E-3	2.58 E-3
액 체	7.42 E-5	3.76 E-6	6.02 E-4	2.78 E-5
합 계	1.12 E-3	2.14 E-3	5.20 E-3	2.61 E-3
선량한도 대비 비율(%)	0.11	0.21	0.52	0.26

제5편 연구개발

>>> 제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요

>>> 제2장 원자력융합원천기술개발사업

>>> 제3장 원자력연구개발사업

제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요

한국수력원자력(주) 기술기획처 R&D팀장 한상길

정부주도의 원자력분야 중·장기 연구개발은 2가지 추진체계로 구분되어 있다. 지식경제부가 주관하여 실용·응용 연구에 중점을 두고 추진하는 「원자력융합원천기술개발사업이 있고, 다른 하나는 교육과학기술부가 주관하여 기초·기반 연구에 중점을 두고 추진하는 「제3차 원자력연구개발 중·장기계획」이 있다.

21세기 초 원자력 과학기술 선진국 진입과 원자력 핵심기술 확보를 통한 국가 에너지 자립기반 구축을 목표로 추진한 「원자력 연구개발 중·장기 개발계획(1992~2001)」은 1992년부터 1996년까지 정부 주도(교육과학기술부) 및 산업체 주도(한전) 과제로 나뉘어 연구개발이 추진되어 왔다.

이에 정부에서는 1997년 「원자력 연구개발 중·장기개발계획」을 특정 연구개발사업에서 분리 추진하여, 정부 주도 연구계획을 개편한 「21세기를 향한 연구개발 중·장기계획(1997~2006)」 및 산업체 주도 연구계획을 개편한 「원전기술고도화사업계획(1999~2006)」을 수립함으로써 지금의 국내 원자력 연구개발 추진체계를 갖추게 되었다.

그러나 대내외적인 원전 기술개발 환경변화에 대응하고 원전 수출의 걸림돌이었던 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출을 겨냥한 기반기술을 구축하고 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위하여 기존의 연구개발 체계를 재정립할 필요성이 제기되어, 제254차 원자

력위원회(2007.01)에서는 2007년부터 2011년까지 5년간 우리나라 원자력 비전과 정책 목표 등을 담은 제3차 원자력진흥종합계획이 심의·의결되었고, 아울러 2006년 12월 원전기술고도화사업이 종료됨에 따라 지식경제부 주관으로 원자력진흥종합계획과 연계한 원자력 산업 진흥부문의 중장기 계획인 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하여 추진 중에 있었으나 핵심 주도사업인 원전 수출의 적기 실현을 위하여 선택과 집중을 통한 2012년 사업목표 달성을 위한 기간단축 및 사업 범위 등에 대한 재조정의 필요성이 제기되어, 현재는 원전수출 산업화를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)을 기획하여 추진중에 있다.

정부주도의 원자력분야 중·장기 연구개발과는 별도로 한수원(주)에서는 전력산업의 경쟁체제 도입과 원자력기술 환경 변화에 능동적으로 대처하고 체계적인 기술개발을 위해 제3차 중·장기 기술발전계획을 수립(2011~2020)하여 추진하고 있으며, 회사 경영목표 달성 및 기술 경쟁력 강화를 위한 전략기술개발과 현안 기술적인 문제점 해결과 현장 직원의 기술능력 향상을 위한 현안기술개발로 구분하여 연구개발을 추진하고 있다. 중·장기 기술발전계획 주요내용은 APR+ 및 건설 최적화 기술개발 등 10대 전략기술을 선정하여 중점 추진하고, 성과중심의 선진 연구개발 체계 구축, 미전력연구소(EPR)와의 국제공동연구를 통한 선진기술력 조기 달성 및 연구개발 투자를 점진적으로 확대(매출액 대비 7%)해 나가는 등의 기술개발을 추진하고, 2011년부터 2020년까지 20년간 총 2조 4,282억원의 연구개발비가 소요될 전망이다.

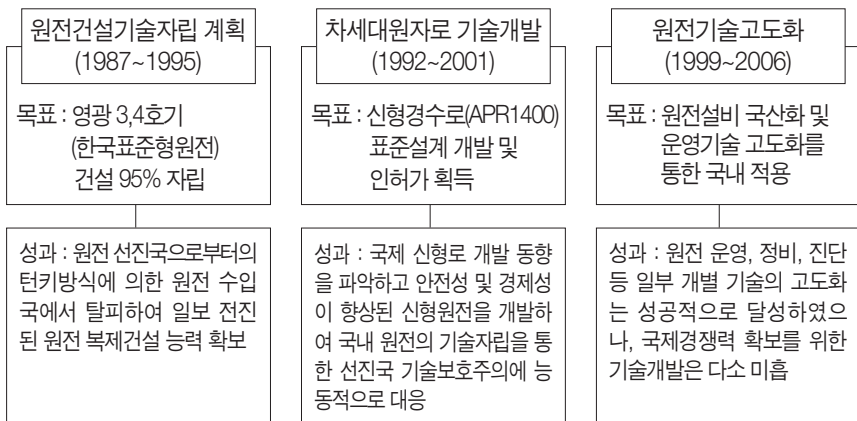
구분	한수원(주)	정부연구개발사업	
		지식경제부	교육과학기술부
종합계획	2020 중장기 전략경영계획	원자력 진흥종합계획 (원자력법 8조2)	
중장기계획	중장기 기술발전계획 (기술개발규정 제4조)	원자력융합원천 기술개발사업 (전기사업법 47조)	원자력 연구개발 사업 중장기계획 (원자력법 8조3)
사업계획	연구개발사업계획 매년 계획 수립	Nu-Tech 2012 (중장기계획수립:지경부)	원자력연구개발 시행계획 (매년계획수립:교과부)
세부사업	원전 운영, 건설 기술 · 원전 운영 신뢰도 기술 · 원전 안전성제고 기술 · 원전 건설 분야 · 방사선, 화학 기술 · 신형로, 신기술 · 수력, 정책 및 기타	원전수출 산업화기술 · 원전 선진화 기술 (APR+, 핵심기술, 고유브랜드) · 원전 설비성능향상 기술 (성능/신뢰도 향상, 핵연료) · 원전 친환경 기술 (방폐물처리, 방사선안전관리)	원자력기반기술 · 미래형원자로시스템 · 원자력 안전기술 개발 · 핵연료 주기기술 개발 · 방사선 기반기술 개발 · 고유감정기술 육성 · 원전기술혁신(지경부 이관)
재원	자체 연구개발비 · 연간 매출액의 7%(20기준) (기금, 교육, 운영비, 전산 포함) · 정부 R&D투자권고(매년)	전력산업기반기금 · 전기요금의 1천분의 65 이내(전기사업법 51조) 및 기업부담금	원자력 연구개발기금 · 전년도 발전량 × 1.2원/kWh (원자력법 제9조 3)

〈그림 5-1〉 기술개발 추진 체계

제2장 원자력융합원천기술개발사업

제1절 추진 배경

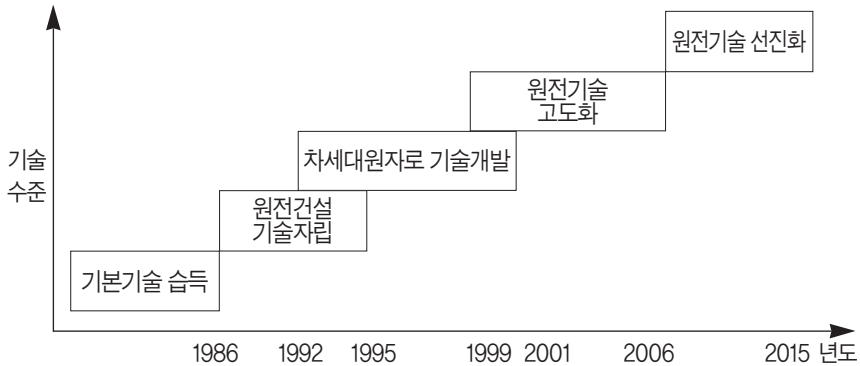
국내 원전기술 개발은 1978년 고리 1호기의 턴키(Turnkey)방식으로 건설을 시작하여 원전 건설 및 운영 기술을 습득하는 단계를 거쳐 영광 3,4호기부터 사업자 주도의 건설사업으로 1995년 한국표준형원전 복제건설기술 95% 자립을 달성하였으며, 신고리 3,4호기에 적용될 신형원자로(APR1400) 기술개발(1992~2001) 이후 원전설비의 국산화, 운영기술의 고도화 및 국내적용 등을 목표로 원전기술 고도화(1단계 : 1999~2002, 2단계 : 2003~2006)를 추진하였다.



〈그림 5-2〉 원전 기술개발 단계

2007년부터 2015년까지 중장기적으로 원전기술고도화 단계에서 습득한 기술을 바탕으로 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해

외진출을 겨냥한 기반기술 구축과 선진국 수준의 운영기술 확보를 위한 원전기술 선진화 사업이 추진 중에 있다.



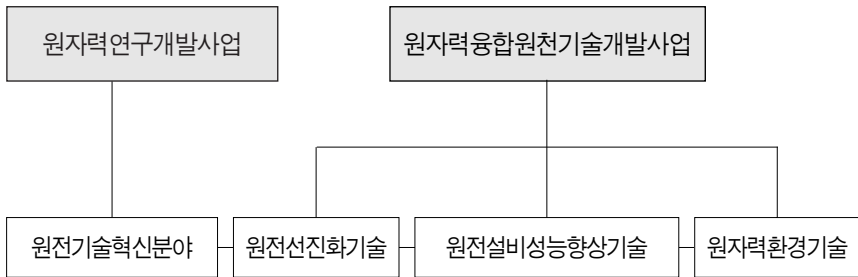
〈그림 5-3〉 원전 기술의 발달 과정

그 동안 원자력발전분야의 연구개발사업은 원전기술고도화사업, 전력설비성능향상 원자력부문 사업 및 원전기술혁신분야 기술개발사업으로 구분하여 원전기술의 선진화를 위한 기반구축 기술개발에 중점을 두고 추진되어 왔으며, 원자력산업 진흥을 위한 원전 설계, 건설, 운영 등 원전기술의 실용화와 연관된 기술개발에 주력해 왔다.

2004년말 지식경제부로 집행기능이 이관된 원전기술혁신분야는 원자력 연구개발사업 중 원전에 직접 적용되는 안전성 관련기술이나 혁신 기술 개발로 기초분야와 실용화의 중간단계 기술을 개발하여 궁극적으로 원전에 적용하는 기술을 개발하고 있다.

원전 방사성폐기물처리 및 신공정 기술, 유리화처리기술, 사용후핵연료관리 등 방사성폐기물 처리 최적화기술과 방사선량 평가 및 저감 신

기술 등은 원전기술고도화사업에 포함되어 추진되었으나, 국제환경규제의 효율적 대응 등 원자력산업의 지속성장을 위한 국내외 환경변화에 따라 환경친화적 에너지원의 역할 증대를 감안하여 2007년부터 에너지와 환경분야의 조화에 중점을 둔 “원자력환경기술개발사업”을 별도로 운영하고 있다.



〈그림 5-4〉 지식경제부 주관 원전기술개발사업 구조

제2절 추진 근거 및 목표

1. 추진 근거

원자력융합원천기술개발사업계획은 원자력법 제8조의2(원자력진흥종합계획의 수립)에 의거, 제247차 원자력위원회(1997.06)에서 의결된 「원자력진흥종합계획」 중 「원자력산업 육성 및 진흥」 부문계획과 전기사업법 제47조(전력산업기반조성계획) ②항의 2호(전력산업관련 연구개발사업에 관한 사항 등)에 근거하고 있다.

2. 추진 목표

국내 원자력산업의 지속성장과 환경변화를 고려하여 국내 원전기술의 중장기적 발전방안 수립을 위한 지식경제부의 기본계획에 따라 세부 추진방안이 마련되었다.

- 원자력 기술개발체계의 효율성 및 통합성을 통한 기술개발의 시너지 효과 극대화 추구
- 원전 관련 기술개발사업이 원전기술고도화, 전력설비성능향상 및 원전기술혁신분야 사업 등으로 분산 추진되어 효율적 통합추진의 필요성이 대두
- 국가적, 정책적으로 필요한 핵심전략 원천기술 확보를 위해 목표 지향적이고 성과중심의 하향(Top-down) 방식 위주로 기술개발을 적극 추진
- 정부의 「연구개발성과평가법」 시행('06.03)에 따른 지식경제부 주관 원자력 연구개발에 대한 자체평가 체계 구축 필요

이와 같은 원전 기술개발 환경변화를 반영하여 2012년까지의 원자력 발전 중장기 연구개발 로드맵을 제시하고, 중점 추진사업 및 기술을 도출하여 성과중심 및 목표지향적인 기술개발로 2012년 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위한 원전기술 발전 로드맵(Nu-Tech 2012)을 수립하여 시행하고 있다.

제3절 추진 절차

원전기술 발전 로드맵(Nu-Tech 2012)은 정부 예산(전력산업기반 기금 및 원자력연구개발기금)으로 운영되는 실행계획으로 사업계획 및 성과평가에 대한 최종 결정은 정부(지식경제부)가 주도하고 있으며, 본 연구개발사업의 특성상 사업계획의 신뢰성 및 성과활용의 극대화를 위하여 한수원(주)이 총괄관리기관으로 정부의 사업관리를 지원하며 기술수요조사 및 과제관리를 강화하였다. 원자력융합원전기술개발사업 과제 선정 및 수행 절차는 <그림5-5>와 같다.



<그림 5-5> 사업추진 체계 및 절차

제4절 투자규모 및 추진대상 기술

1. 투자계획(안)

2014년까지 전력산업연구개발사업의 원자력융합원천기술개발사업은 7,854억원, 원자력연구개발사업의 원전기술혁신분야(원자력연구개발 기금)는 1,280억원 등 총 9,134억원을 투자, 기술개발을 추진할 예정이다.

〈표 5-1〉 연도별 투자계획

(단위 : 억원)

구 분	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	총계
원자력융합원천 기술개발사업	450	641	903	622	941	1,332	1,471	1,494	7,854
원전기술 혁신분야	160	160	160	160	160	160	160	160	1,280
계	610	801	1,063	782	1,101	1,492	1,631	1,654	9,134

2. 추진대상 기술

국내 원전 기술수준 분석결과를 토대로 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출에 필수적인 기술개발과 선진국 수준의 원전운영기술 확보를 위한 기술개발을 대별하여 추진하며, 이와 함께 원전 지속성 보장을 위한 친환경 기술개발을 병행하여 체계적으로 추진함

가. 원전 국제 경쟁력 제고 핵심기술 개발 분야

(1) APR1400 후속 원전 개발

(2) 해외진출 핵심기술 개발

(3) 핵심기기 고유브랜드 확보 기술개발

나. 선진국 수준 원전 운영기술 개발 분야

- (1) 가동원전 성능향상 기술개발
- (2) 장기운전 신뢰도 향상 기술개발
- (3) 핵연료 신뢰도 제고 기술개발

다. 원전 지속성 보장 친환경 기술개발 분야

- (1) 소내 사용후핵연료 관리 기술개발
- (2) 원전 방사성폐기물 처리기술 개발
- (3) 원자력시설 방사선 안전관리 선진화 기술개발

3. 추진 전략

가. 단순한 현장개선 위주의 기술개발에서 탈피하여, 원전 기술의 해외시장 진출 등 국제 경쟁력 확보를 위한 기술개발을 중장기적으로 추진

나. 중장기적인 주력사업을 대상으로 중점전략 프로그램을 설정하여 집중 지원

- (1) 기술분야별 중장기적인 주력사업 선정 및 이에 대한 중점기술 도출
- (2) 중점전략 프로그램에 의해 기술분야별 도출된 기술지도 (TRM)를 근간으로 사업목표 대비 성과목표 제시
- (3) 국가차원에서 확보해야 할 전략기술을 하향식(Top-down)

방식으로 효과적으로 선택하여 단기적 지원보다 장기적으로 꾸준히 지원

다. 실용화를 위한 연구개발 성과 활용성 제고

- (1) 실용화를 고려한 기술 Needs의 도출 및 연구개발성과 활용성 제고 등 전문기관의 축적된 기술역량을 활용
- (2) 중점전략 프로그램 중심으로 핵심·원천기술개발에 산·학·연 협력체계를 유지토록 하고, 최종 활용성 제고를 위하여 필요시 인허가 지원체계를 함께 구축

라. 연구개발성과의 활용도 제고 및 시너지 효과의 극대화를 위하여 산·학·연 협력체계를 강화하며, 공동(협력)연구를 확대 추진

- (1) 연구개발주체들의 명확한 역할분담과 긴밀한 협력체계의 구축을 위하여 네트워크형 사업수행 및 과제별 특성에 따라 역할을 차별화
- (2) 기획단계에서 원자력 전문기관별 확보기술 및 기술역량 등을 고려하여 산·학·연 간의 역할분담 명확화를 통한 체계적인 기술개발
- (3) 원천기술 분야의 전략적 제휴가 가능한 국제공동연구 추진 등 축적된 기술역량을 적극 활용하여 기술개발의 기반 마련

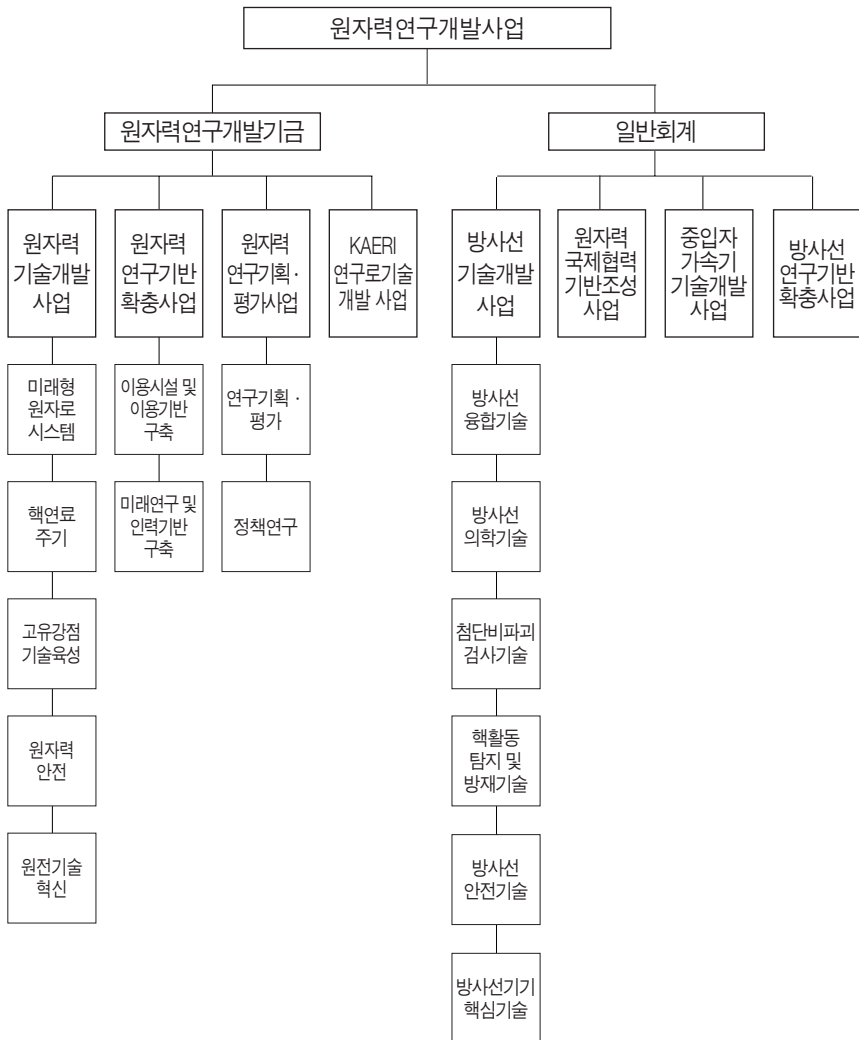
제3장 원자력연구개발사업

제1절 추진 배경

21세기 초 원자력기술 선진국 진입을 목표로 원자력 핵심기술 자립 및 원전기술 해외수출기반 확충, 원자력산업 경쟁력 제고 및 국민 삶의 질 향상에 기여하고자 교육과학기술부가 주관하여 추진하는 원자력연구개발 중·장기계획 연구개발사업은 1992년 6월, 연구개발 사업을 착수한 이래 1995년 원자력법에 원자력연구개발사업 수립 근거가 마련됨으로써 1996년부터 특정 연구개발사업에서 분리, 추진되고 있다.

한편, 1996년말 원자력연구소에서 수행하던 방사성폐기물 관리사업, 원자로계통 및 원전연료개발사업이 실수요자인 산업체로 이관됨에 따라 21세기를 향한 「원자력 연구개발 중·장기계획」으로 확대 개편되었고, 1999년 2월에는 원자력 연구개발을 수요 지향적이고 공개 경쟁적으로 개편하기 위하여 보완·기획한 「원자력연구개발 중·장기 수정계획」을 확정하 바 있다.

또한, 2004년 7월에는 국가 R&D 수행체계를 개편하는 『국가혁신체계 정립을 위한 교육과학기술부 개편방안』에 따라 교육과학기술부 주관으로 추진 중인 원자력중장기계획사업중 산업체 실용화 가능성이 높은 “원전기술혁신분야”의 집행기능을 지식경제부로 이관하여 수행하고 있다.



〈그림 5-6〉 사업 분류

제2절 추진 근거 및 목표

1. 추진 근거

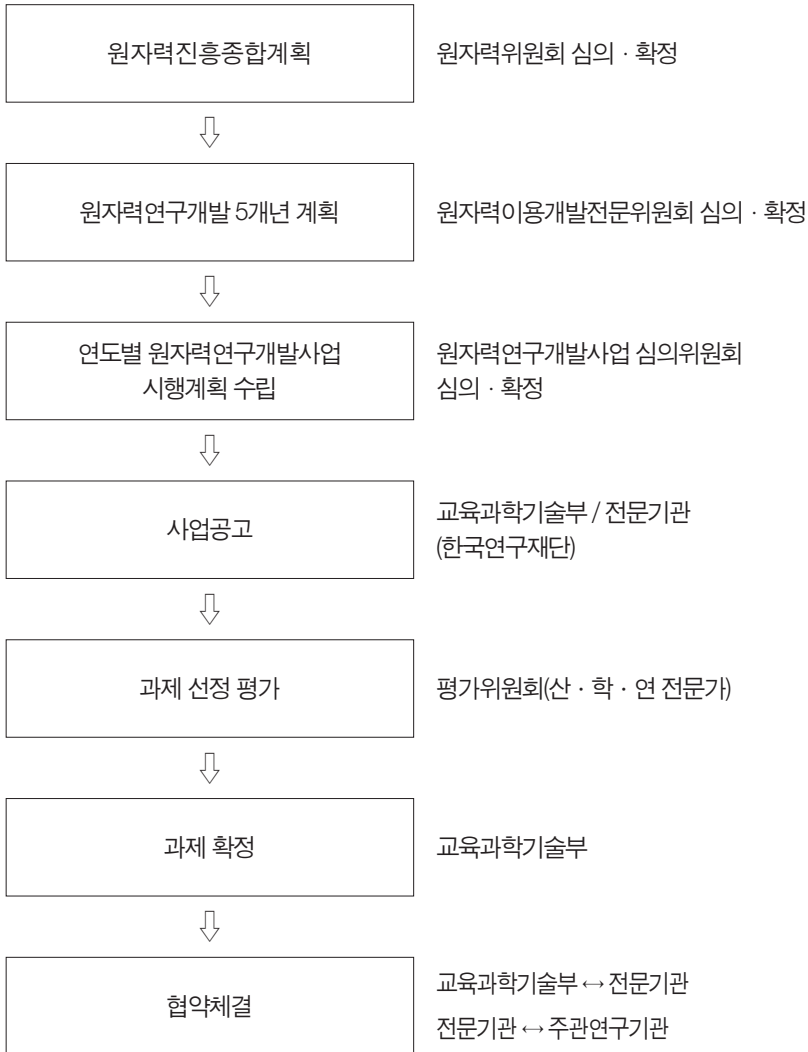
원자력연구개발사업은 원자력법 제8조의2(원자력진흥종합계획의 수립) 및 제9조의2(원자력연구개발사업의 추진)에 근거하여 연도별 사업 시행 계획을 수립·추진하고 있다.

2. 추진 목표

지속가능한 경제 성장 및 에너지 안보를 위한 원자력 미래핵심기술 개발 및 원자력 안전관리기술 확보, 방사선 이용 핵심기술 개발을 통한 첨단융합기술 기반 마련 및 국민 삶의 질 제고, 원자력 및 방사선 이용 증진을 위한 기반 조성 등을 목적으로 추진하고 있다.

제3절 추진 절차

원자력 연구개발사업 과제선정 및 수행절차는 <그림 5-7>과 같다.



〈그림 5-7〉 과제선정 및 수행절차

제4절 투자규모 및 추진대상 기술

1. 투자 계획(안)

- 2011년도 예산규모 : 2,284억원('10년도 2,069억원, 10.4% 증가)
 - 원자력연구개발기금 : 1,687억원('10년도 1,607억원, 5.0% 증가)
 - 일반회계 : 597억원('10년도 462억원, 29.2% 증가)

2. 추진대상 기술

가. 미래 성장잠재력 확충을 위한 핵심 전략기술 개발

- (1) 소듐냉각고속로(SFR), 파이로 기술 및 초고온가스로(VHTR) 등 미래원자력시스템 개발을 위한 핵심 시설·장치 인프라 구축
- (2) 세계 중소형 원자로 시장 선점을 위한 SMART(일체형 중소형 원자로) 개발 완료 추진
- (3) 국민 삶의 질 향상에 기여할 의료용 중입자가속기 개발 및 방사성 동위원소 이용 난치성 질환 진단·치료기술 개발 가속화
- (4) 원자력기술의 사회적 책무성 제고를 위한 국가안보 관련 현안 기술 개발 추진

나. 지속적 수출 지원을 위한 수요지향형 인력양성 및 기반 구축 강화

- (1) 원자력 수출지원을 담당하고 있는 출연(연)의 전문연구인력을 양성·공급할 대학지원 프로그램(연구로 설계분야 등) 도입
- (2) 원자력 인력교육 프로그램을 운영중인 출연(연) 및 공공기관 간 네트워크 강화를 통해 국내외 교육 수요자에 대한 one-stop 교육 지원 추진
- (3) 원자력의 지속가능한 발전을 위한 세계 수준의 연구기반 마련

3. 추진 전략

가. 연구성과 극대화를 위한 추진체계 개편

- (1) 기술개발의 시너지 극대화 및 책임성 제고를 위해 미래원자력 시스템개발 분야에 사업단 체계 도입 추진
- (2) 방사선기술 분야의 가시적 성과창출을 위해 연구과제의 대형화 지원 및 학·연·산 협력연구 확대 추진
- (3) 기 구축된 연구시설 및 인력 인프라를 최대한 활용하는 방향으로 연구기관 및 분야별 전문화·특성화 추진

나. 중장기 신규사업 발굴·기획 강화

- (1) 향후 원자력분야를 선도할 신 성장동력 발굴 및 사회적 수요 부응을 위한 신규사업 및 기술기획 강화

- (2) 「제4차 원자력진흥종합계획」 및 「제4차 원자력연구개발 5개년계획」 수립을 통한 원자력 중장기 발전전략 제시
- (3) 특허동향분석 확대 등 연구기획 및 관리·평가 내실화

제6편 품질보증

>>> 제1장 원자력품질보증 개요

>>> 제2장 단계별 품질보증활동

>>> 제3장 품질문화 정착 및 지속적 개선

>>> 제4장 국내 · 외 품질업무 공조

제1장 원자력품질보증 개요

한국수력원자력(주) 품질보증실 품질기술팀장 신보균

제1절 개요

1. 품질보증 정의

원자력발전소를 보유한 세계 각국은 원자력발전소의 안전성과 신뢰성 확보를 위하여 품질보증활동의 중요성을 강조하고 있다. 미국은 원자력위원회(AEC)에서 원자력발전소 품질보증요건(10 CFR 50 Appendix B)을 1970년 제정하여 미국내 원자력발전소에 의무적으로 적용하고 있으며, 일본을 비롯한 유럽은 국제원자력기구(IAEA)의 품질보증기준(50-C-QA)을 채택하고 있다. 우리나라는 미국의 품질보증요건을 준용하여 왔으나, 1995년부터는 미국기계학회(ASME)의 원자력품질보증기준(NQA-1)을 참고하여 제정한 전력산업기술기준(KEPIC) 원자력품질보증기준(QAP)의 원자로 시설의 품질보증 세부요건을 의무적으로 적용하고 있다.

이에 따라 원자력 품질보증에 대한 정의도 각국이 채택한 품질보증기준에 따라 조금씩 다르게 정의하고 있으며, 전력산업기술기준에는 원자력 품질보증을 “구조물, 계통 또는 구성품이 가동 중에 제 기능을 만족하게 기능을 수행할 것이라는 확신을 주기 위하여 필요한 계획적이고 체계적인 모든 활동”이라고 정의하고 있다.

2. 품질보증 필요성

원자력발전소에서는 공중의 건강과 안전에 막대한 위험을 주는 가상 사고를 예방하기 위해 안전성 및 신뢰성을 확보할 수 있도록 철저한 품질보증을 요구하고 있으며, 품질보증체계 확립을 법으로 규정하고 있다.

품질을 향상시키기 위해 품질검사를 강화하면 할수록 불량품의 수는 줄일 수 있으나 제품의 근본적인 품질제고는 어려우므로 불량품을 구분하는 개념에서 벗어나 체계적으로 좋은 제품을 생산하겠다는 예방적 개념을 도입한 것이 품질보증시스템이다.

원자력발전소 설계, 건설 및 운전 등 모든 단계에서 준수해야 하는 품질보증요건들을 정의하고, 이러한 단계별 품질보증요건을 기본으로 업무를 수행할 때 원자력발전소의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있다.

3. 품질보증 방법

원자력발전소에서는 체계적인 품질보증계획의 수립 및 이행이 매우 중요하며 이를 위한 도구로 품질보증계획서(Quality Assurance Manual)를 활용한다.

원자력발전소의 투명성을 보장하기 위한 품질보증계획서는 발주자(한국수력원자력)뿐만 아니라 원자력발전소 관련사업에 참여하는 설계회사, 건설회사, 기자재 또는 용역 공급업체 까지도 품질보증시스템을 구축, 운영할 것을 요구하고 있다.

따라서 원자력사업에 참여하는 조직은 이러한 요구조건을 만족시키기 위하여 ① 사업 참여범위에 따라 규정된 품질보증요건의 이행에 적

합한 방침과 계획이 수립된 품질 보증계획서를 작성하여야 하며, ② 품질보증계획서의 내용을 이행하는데 필요한 모든 관련 문서를 철저히 관리하고, 관리문서에는 누가, 언제, 어디서, 무엇을, 어떻게 운영하고, 검사하고, 시험하며, 합격 또는 불합격기준이 무엇인가에 대한 세부적인 사항과 방법을 기술한 절차서를 작성, 운영하여야 하며, ③ 품질보증계획서 요건의 이행여부를 확인하기 위하여 품질조직에서 일상적인 품질 활동과 주기적인 품질보증감사를 수행 하도록 하고 있다.

품질보증계획서와 관련 절차서를 작성하는 그 자체는 품질보증시스템 운영의 일부분에 불과하며, 가장 중요한 것은 그 시스템을 합리적으로 운영하고, 개선하는 품질보증계획의 이행인 것이다.

또한 규제기관 등에서는 승인된 품질보증계획서가 계획대로 이행되고 있는지를 다중으로 확인함으로써 원자력발전소 전 수명기간동안 높은 수준의 품질이 유지되도록 하고 있다.

제2절 품질보증 기준

1. 품질보증규제요건 정립

우리나라 원자력 품질보증규제요건은 교육과학기술부가 1978년 ‘원자로의 건설 및 운영에 관한 규정’을 제정한 지 12년 뒤인 1990년 4월 고시90-3호 ‘원자로 및 관계시설 품질 보증기준’을 제정함으로써 품질보증규정의 규제화 기틀을 마련했다. 이듬 해인 1991년에는 한국원자력안전기술원이 ASME NQA-1&2를 참조해 고시90-3호의

세부 규제지침인 ‘원자력시설 품질보증지침’을 제정함으로써 품질보증의 기본적인 지침을 마련했다. 이 기준의 세부내용은 미국 기준과 거의 비슷하다.

이후 정부는 10년간 적용해왔던 원자력 품질보증규제요건인 고시 90-3호 ‘원자로 및 관계시설 품질보증기준’을 폐지하고, 2000년 4월 18일 ‘원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙’을 제정했다. 그리고 2001년 12월에는 고시 2001-47호로 ‘원자로 시설의 품질보증세부요건에 관한 기준’을 제정해 품질보증 규제요건을 재정립했다.

고시 2001-47호는 고시 2000-17호 ‘전력산업기술기준의 원자로 시설기술기준 적용에 관한 지침’에서 고시한 ‘KEPIC QAP 1&2 또는 이와 동등한 기준’에 따른 원자로시설의 건설 및 운영에 관한 품질보증 세부요건을 고시했다.

2008년 4월 18일 전력산업기술기준의 2000년판, 2001년 추록, 2002년 추록 및 2003년 추록 중 참조기준에 기술된 내용을 원자로시설의 기술기준으로 적용할 수 있도록 전력산업기술기준의 원자로시설 기술기준 적용에 관한 지침을 새로이 고시(2008-14)함에 따라 원자로시설의 품질보증 세부요건에 관한 기준도 2009년 9월 23일 고시(2009-37)하였다.

원자력법 개정과 새로운 품질보증세부요건에 따라 원자력사업자인 한국수력원자력은 우선 각 사업소별로 운영하던 품질보증계획서를 건설 및 운영에 관한 품질보증계획서로 표준화하고, 사업소에서는 이에 조직사항을 반영하여 사업별 품질보증계획서로 운영하고 있다.

한편 원자력 사업초기에 국내산업기술기준이 없었던 관계로 외국의 기술기준에 따라 원자력발전소를 건설, 운영해 왔으나 전력산업 기술자립을 위한 정부 및 산학연의 참여와 노력 끝에 한국전력공사, 한국수력원자력(주)과 대한전기협회 주관으로 1987년부터 전력산업기술기준 개발을 추진하여 현재 6단계 사업을 진행 중에 있으며 이를 통해 품질 및 제도, 기계, 전기 및 계측제어, 구조, 원자력, 화재예방, 환경 분야(7개 기술 분야 338종, 59,800여쪽, 2010년판 기준)의 기술기준을 개발하였다. 이에 따라 국내원자력 산업계는 그동안 적용해 온 미국기계학회 품질보증요건(ASME NQA-1) 대신 국내 고유의 품질보증기술기준(KEPIC QAP-1)을 적용하게 되었으며, 이에 따라 KEPIC은 울진5·6호기의 부분 적용에 이어 신고리 1·2호기 및 신월성 1·2호기부터 본격적으로 적용함으로써 명실상부한 국내 기술기준으로 자리매김하고 있다.

특히, APR1400 노형인 신고리 3·4호기 뿐 아니라 UAE 해외수출 원전에도 KEPIC QAP-1을 적용함으로써 국내 고유의 품질보증기술기준을 확고히 운영할 수 있게 되었다.

※ KEPIC(Korea Electric Power Industry Code)

전력설비의 안전성과 신뢰성확보를 위하여 설계, 제작, 시공, 시험, 검사, 운전 및 보수 등에 필요한 기술적인 요건을 국내실정에 맞게 규정한 상세 기준

최근 일반산업계에서 널리 이용되고 있는 국제표준화기구 ISO (International Standard Organization)의 품질보증요건과 원자력발전소

에서 적용하고 있는 품질보증요건에 대하여 살펴보면

1987년에 최초 제정된 국제표준화기구 ISO9000(품질경영과 품질규격) 특성은 시스템을 구축할 공급자의 업무형태 등에 따라 모델을 선택하여 적용할 수 있도록 다양하게 제정되어 있으며, 품질보증시스템에 대한 모델로서 설계에서 서비스에 이르기까지 모든 단계에서 발주자가 규정한 요구사항을 따르도록 하고 있다. ISO요건은 ①경영자 책임 ②품질보증시스템 ③설계관리 ④문서 및 데이터관리 ⑤구매 등으로 구성되어 있다.

원자력품질보증 발달과정은 1924년 미국의 벨 전화연구소에서 통신 관련 기자재 성능을 시험하면서 슈하트(W. A. Shewhart)가 관리도란 개념을 도입하여 산업계에 크게 기여하였고, 1928년에는 닛지(Dodge)와 로믹(Romig)이 검사방법의 변경에 대한 논문에서 기존의 단순검사 방법보다 통계적인 샘플링검사 방법이 획기적인 효과가 있음을 발표하면서 통계적품질관리(Statistic Quality Control)가 주목을 끌게 된 계기가 되었다. 이러한 통계적품질관리가 더욱 꽃피게 된 것은 1941년 제2차 세계대전이 일어나면서 부터였으며, 평상시의 일상용품 중심의 생산 활동에서 군수용품을 생산하게 되는 전환기에서 제품의 품질상의 문제점을 해결하기 위한 도구로 그 활용의 가치를 인정받게 되었다. 미국 국방성에서는 군수산업을 중심으로 통계적 기법 적용을 의무화하는 군수산업 표준(MIL-STD-414)을 제정하여 현재 각국에서 널리 활용하고 있으며 이것이 근간이 되어 원자력 품질보증으로 발전하게 되었다.

2. 원자력 품질보증 요건 해설

원자력발전소의 품질보증요건은 18개로 구성되어 있으며 이를 체계적으로 이행하기 위해 운전 및 건설에 관한 품질보증계획을 수립하고 세부 이행 도구로써 절차서와 지침서를 작성, 운영하고 있다. 품질보증요건은 발전소 건설 및 운영 허가 신청서류의 하나인 품질보증계획서에 기술되어 있으며 그 주요 내용은 <표 6-1>과 같다.

〈표 6-1〉 원자력 품질보증요건(18개)

1장 조직	○ 품질보증담당자의 권한과 조직의 독립성 보장 ○ 품질관련 업무 수행조직의 권한과 책임 명시
2장 품질보증계획	○ 품질보증계획서의 작성 및 수행 ○ 품질관련 업무 종사자의 교육 및 훈련계획 수립, 이행 ○ 품질보증계획서의 체계적인 수행여부 확인
3장 설계관리	○ 규제요건, 설계기준, 품질기준의 반영여부 확인 ○ 기자재 및 작업방법의 타당성 검토 ○ 설계조직의 책임 및 업무 협조사항 서류화 ○ 설계검토 및 승인 사항의 절차화 ○ 설계의 적합성 확인 및 독립성 유지 ○ 설계검증 및 설계변경 절차
4장 구매관리	○ 구매서류에 설계기준, 구매 및 품질보증요건의 명기 여부 확인 ○ 기자재, 용역의 발주 시 적격업체 선정 ○ 계약자 품질보증계획서 제출의무
5장 지시서, 절차서 및 도면관리	○ 업무 착수 전 품질관련 업무의 절차화 ○ 절차서, 지시서, 도면에 판정기준 명시
6장 서류관리	○ 서류작성, 검토 및 승인 관리 ○ 개정 시 최초의 절차대로 시행 ○ 작업 시 최신본 배부 및 사용 확인

7장 구매기자재 및 용역관리	○ 구매자재, 용역이 구매서류와 일치 여부 확인 ○ 사용 또는 설치 전에 증빙서류 비치 ○ 계약자의 품질관리 상태 주기적 평가
8장 기자재의 식별관리	○ 제조, 조립, 설치시의 기자재 식별관리 ○ 기자재의 추적 관리
9장 특수작업관리	○ 특수작업은 적합성이 입증된 작업절차에 따라 유자격 작업자가 수행
10장 품질보증검사	○ 검사계획 수립, 검사자의 독립성 유지 ○ 검사는 작업 단계별로 수행 ○ 검사 입회점 및 필수확인점 설정
11장 시험관리	○ 시험계획의 수립, 시험관리 대상 지정 ○ 시험절차서 기재내용 ○ 시험결과와 서류화 및 요건 충족 여부 확인
12장 측정 및 시험장비 관리	○ 측정 및 시험장비의 정밀도 유지 및 관리 ○ 교정주기 설정 및 정기 교정
13장 기자재의 취급, 운송 및 저장	○ 기자재의 취급, 운송 및 저장절차서 작성관리 ○ 필요 시 특별보호 배치 서류화
14장 검사, 시험 및 운전상태	○ 검사, 시험 및 운전상태의 표시 ○ 상태표지의 기재내용
15장 부적합 기자재의 관리	○ 부적합사항 관리 절차서의 작성 및 관리 ○ 부적합사항 관리 절차서의 내용 ○ 부적합사항의 판정
16장 시정조치	○ 품질문제 제기 및 시정조치 ○ 중대결함 사항의 원인규명 및 재발 방지
17장 품질보증기록	○ 품질관련 업무에 대한 증빙서류 유지 ○ 보존해야 할 품질보증기록 명세 ○ 품질보증기록 보존절차서 작성 및 관리
18장 품질보증감사	○ 품질보증 감사자의 자격 ○ 감사결과 지적사항 및 시정조치 ○ 시정조치 결과의 확인

3. 기기별 품질등급 설정 운영

원자력의 안전성 확보를 위한 관련 규제요건을 충족하고 효율적으로 발전소를 운영하며, 원자력발전소의 안전성 및 신뢰성, 전력산업의 경쟁력 강화를 위해 구조물, 계통, 기기에 대한 중요도에 따라 다음과 같이 품질등급을 구분하여 차등적인 품질활동을 수행하고 있다.

가. 품질등급분류

(1) 안전성등급(Q)

고장 또는 결함 발생시 일반인에게 방사선 장애를 직간접으로 미칠 가능성이 있는 원자로 및 원자로의 안전관련 계통, 기자재 및 용역

(2) 안전성영향등급(A)

안전관련 구조물, 계통 및 기기에 해당되지 않으나 다음의 각 항에 해당하는 품목 또는 용역은 A등급으로 분류 관리하며, 설계, 구매, 시공 및 운전을 위해 지정되어 있는 적절한 품질보증요건이 적용된다.

(가) 규제요건에서 품질보증이 요구되는 품목

(나) 내진범주Ⅱ 구조물 및 해당기기의 구조적 건전성 유지와 관련된 행거 또는 지지물

(다) 원전 운영경험과 해외원전 사례 등을 감안하여 발전사업자 스스로 기능의 중요도에 따라 선정한 품목으로, 동력변환 및 전력생산설비 중 발전정지 유발기기 또는 비상운전 절차와 관련되는 주요설비 등

(3) 안전성영향등급(T)

고장 또는 결함발생시 안전성등급품목의 기능에 영향을 줄 수 있는 품목 또는 용역

(4) 신뢰성등급(R)

고장 또는 결함발생시 전력설비의 운영에 영향을 주거나 대규모의 복구 작업이 필요한 품목 또는 용역

(5) 일반산업등급(S)

Q, A, T 및 R등급으로 분류되지 않은 모든 품목 및 용역

나. 품질등급 적용

(1) 가동 원전

가동원전은 2009. 7. 1부로 품질등급체계를 개선하여 안전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R)을 폐지하고 안전성영향등급(A)을 새로이 도입하여 안전성등급(Q), 안전성영향등급(A), 일반산업등급(S)의 3단계 품질등급을 적용하고 있으며, A등급은 <표 6-2>와 같이 별도의 품질보증요건을 제시하여 적용하고 있다.

(2) 건설 원전

건설 중인 원전은 안전성등급(Q), 안전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R), 일반 산업등급(S)의 4단계 품질등급을 적용하고 있으며, 현재 건설계획 중인 신고리 5,6호기 건설부터 가동원전과 같이 안전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R)을 폐지하고 안전성 영향등급(A)을 새로

이 도입하여 안전성등급(Q), 안전성영향등급(A), 일반산업등급(S)의 3단계 품질등급을 적용할 예정이다.

〈표 6-2〉 A등급 품질보증요건

장	조항	내 용	A적용	장	조항	내 용	A적용
1		조직		5		지시서, 절차서 및 도면	
	1.2	일반사항			5.2	일반사항	√
	1.3	조직의 운영체계	√		5.3	절차서 운영체계	
	1.4	업무의 위임 및 대리		6		서류관리	
	1.5	책임사항			6.2	일반사항	√
2		품질보증계획			6.3	작성, 검토, 승인, 발행 및 배부	
	2.2	일반사항		7		구매기자재 및 용역의 관리	
	2.3	품질보증계획 수립 및 운영			7.2	일반사항	
	2.4	품질보증계획서 관리	√		7.3	구매계획	√
	2.5	품질보증계획의 이행			7.4	공급자 평가 및 선정	√
	2.6	품질보증계획서 유효성평가			7.5	입찰서 평가	
	2.7	교육, 훈련 및 자격관리			7.6	계약자 품질보증계획 이행확인	
3		설계관리			7.7	예비품 및 대체품목의 관리	
	3.2	일반사항			7.8	구매기자재 및 용역 합부판정	√
	3.3	설계입력	√		7.9	계약자 부적합사항 관리	
	3.4	설계과정			7.10	계약자 제출서류 관리	
	3.5	설계확인			7.11	일반규격품목의 적용 및 관리	
	3.6	설계변경관리	√	8		기자재의 식별관리	
	3.7	설계연계사항 관리			8.2	일반사항	
	3.8	설계서류 및 기록			8.3	식별방법	
4		구매서류 관리			8.4	식별의 관리 및 확인	√
	4.2	일반사항		9		특수작업관리	
	4.3	구매서류의 작성	√		9.2	일반사항	√
	4.4	구매서류의 검토	√		9.3	인원, 절차서, 장비의 자격인증	
	4.5	구매서류의 변경관리	√		9.4	서류 및 기록	

장	조항	내 용	A적용	장	조항	내 용	A적용
10		검사		15		부적합 기자재의 관리	
	10.2	일반사항	√		15.2	일반사항	√
	10.3	검사자 자격인증			15.3	식별	√
	10.4	검사계획	√		15.4	서류화 및 관련조직 통보	
	10.5	필수확인점 / 입회점			15.5	격리	
	10.6	최종검사			15.6	처리	
	10.7	재검사			15.7	기록	
	10.8	검사기록		16		시정조치	
11		시험관리			16.2	일반사항	√
	11.2	일반사항	√		16.3	시정조치 및 후속관리	√
	11.3	시험계획			16.4	중대결함 처리	
	11.4	시험 절차서 / 지시서	√		16.5	경향분석	
	11.5	재시험		17		품질보증기록	
	11.6	컴퓨터 프로그램 시험			17.2	일반사항	√
	11.7	시험기록			17.3	품질보증기록의 범위	√
12		측정 및 시험장비의 관리			17.4	기록의 분류	
	12.2	일반사항	√		17.5	기록의 관리	
	12.3	검교정 계획			17.6	기록의 저장 및 보호	
	12.4	검교정 기준			17.7	기록의 수정	
	12.5	식별			17.8	비영구 기록의 처리	
	12.6	부적합한 측정/시험결과와 평가		18		품질보증감사	
	12.7	기록			18.2	일반사항	√
13		취급, 운송 및 저장			18.3	감사계획	
	13.2	일반사항	√		18.4	감사준비	
	13.3	특수품목 관리			18.5	감사수행 및 보고	
	13.4	표시			18.6	보고	√
14		검사, 시험 및 운전상태			18.7	시정조치 및 후속관리	√
	14.2	일반사항			18.8	감사기록	
	14.3	표시 및 관리	√				

4. 독립적인 품질부서 수행업무

가. 품질감독

품질감독은 안전성 구조물, 계통 및 기기들에 대한 업무가 최종안전성 분석보고서, 절차서, 지시서 및 도면에 따라 만족스럽게 수행되는지 확인하기 위해 품질확인점을 설정, 각 작업단계마다 품질을 확보하기 위하여 품질부서 직원이 적극적으로 관찰, 감독하는 활동이다.

〈표 6-3〉 주요 품질감독 항목

번 호	구 분	주 요 항 목
1	운 전	최종안전성분석보고서 및 운전절차서 준수 여부
2	보수 및 공사	보수계획, 보수절차서, 기술시방서 및 도면 준수 여부
3	시 험	정기시험, 주기시험 및 성능시험 준수여부
4	기술운영관리	절차서(서류 및 구매관리 등) 준수여부

나. 품질보증감사

원자력발전소의 품질보증감사는 품질보증계획서의 요건에 따라 업무를 만족스럽게 수행하고 있는지 확인하는 것이다. 품질보증감사는 내부감사와 외부감사로 구분하며, 내부감사는 발전소 관련부서에 대해서 실시하고, 외부감사는 계약자에 대해서 실시하는 감사를 말한다. 품질보증감사 시기는 외부감사에 대해 기기의 중요도, 제작과정, 제작기간 등에 따라 감사횟수, 기간 등이 다르나 최소한 제작기간 중 1회 이상 또

는 3년 1회를 기준으로 주기를 설정하여 수행하고 있으며, 내부감사는 업무의 중요도에 따라 감사주기가 설정되는데 품질보증프로그램 요건 (Reg. Guide 1.33)에 따라 2년 주기로 수행하고 있다.

다. 품질검사

품질검사는 자재, 기기, 부품, 계통 또는 구조물이 설정된 요건에 부합됨을 확인하기 위해 서류보다는 현장의 작업상태를 직접 시험, 관찰 또는 측정하는 품질활동을 의미한다. 그리고 이들 검사는 직접 작업에 책임이 없는 품질검사조직에서 검사계획을 수립, 시행하며 그 종류로는 공장검사, 인수검사, 현장검사, 가동중 검사 등이 있다.

라. 품질보증프로그램 검토

품질과 관련된 모든 기술행정 및 지침, 절차서에 품질보증요건이 반영되었는지를 확인하는 것으로써 업무착수 전에 이루어져야 하며, 이는 실무부서가 품질보증요건에 따라 품질관련 업무를 수행토록 하기 위한 적극적인 품질활동이다.

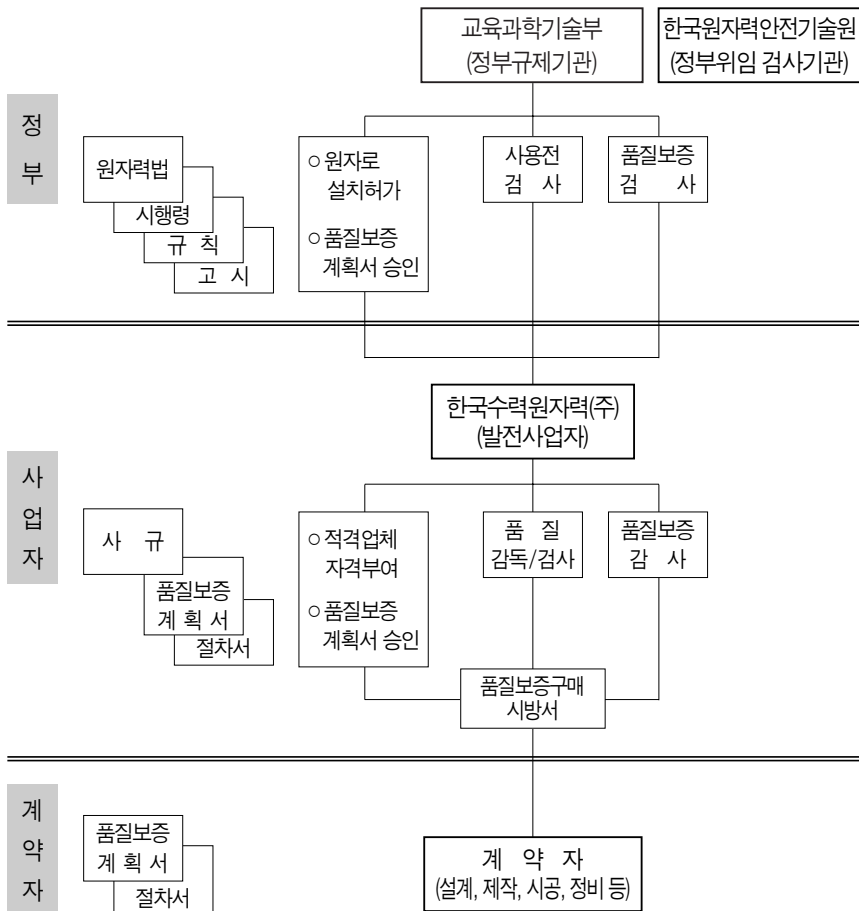
마. 용역업체 실사

원자력발전소 용역업무에 참여하고자 하는 희망업체에 대한 품질보증능력과 기술능력을 평가, 승인함으로써 효과적인 용역이 이루어지도록 하기 위한 업체평가의 일환으로 수행되는 품질활동이다.

제3절 품질보증체계

1. 국내 원자력 사업품질체계

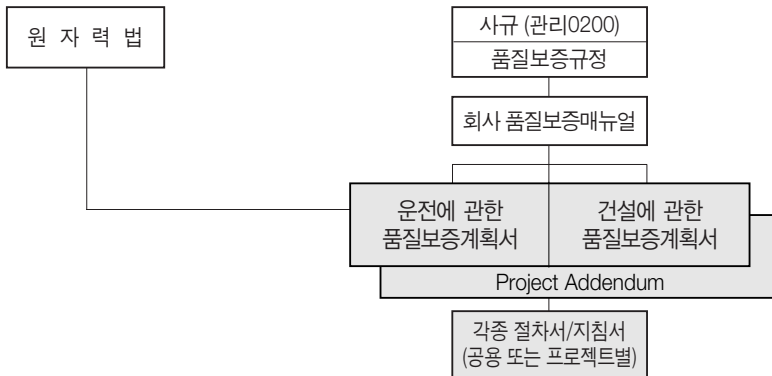
원자력 발전소의 건설 및 운영과 관련된 정부, 발전사업자 및 계약자의 조직간 품질보증체계는 <그림 6-1>과 같다.



<그림 6-1> 국내 원자력사업 품질보증 체계

2. 한국수력원자력(주) 및 계약자 품질체계

한국수력원자력(주)의 원자력 품질보증시스템은 국내외 원자력관련 품질보증 요건을 근간으로 원자력법의 규제요건을 준수하고 있다. 또한 품질보증계획서는 원자력법 체계 및 사업특성을 고려하여 원자력 건설 분야와 운전분야로 구분하여 수립, 운영하고 있으며 개략적인 품질보증 체계는 다음과 같다.



〈그림 6-2〉 한국수력원자력(주) 품질보증체계도

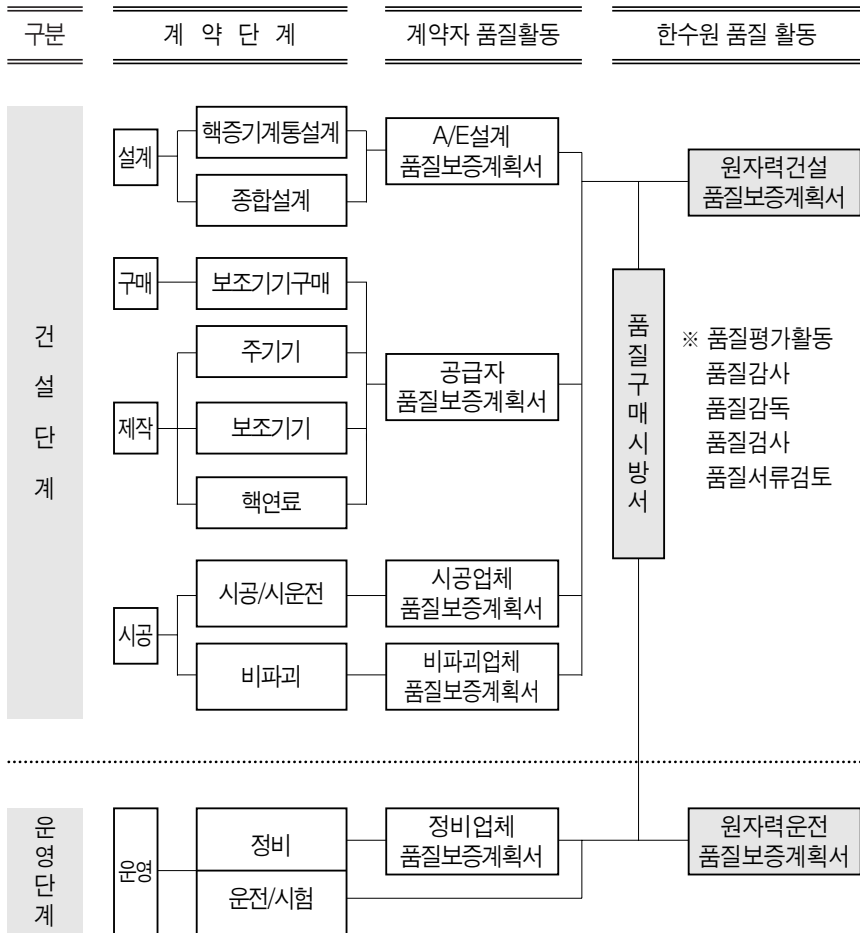
공급자 및 계약자는 한국수력원자력(주)과 계약한 계약서와 시방서에 따라 기자재의 제작 혹은 용역을 수행하기 위해서는 품질등급과 일치하는 품질보증계획서와 이행 절차서를 작성하여 한국수력원자력(주)의 검토, 승인후 사용하도록 하고 있다.

이의 적합성을 확인하기 위해 한국수력원자력(주)은 공정, 업무 또는 품목이 규정된 요건에 일치하는지를 감시하는 품질감독과 승인된 품질

보증계획서, 절차서에 따라 업무가 이행되고 있음을 조사, 심사 또는 객관적인 평가 등의 방법으로 품질감사를 시행하고 있다.

제2장 단계별 품질보증활동

단계별 품질보증활동은 크게 건설단계와 운영단계로 나누어지며, 각각의 품질보증 활동을 종합하면 <그림 6-3>과 같다.



<그림 6-3> 단계별 품질보증활동 종합

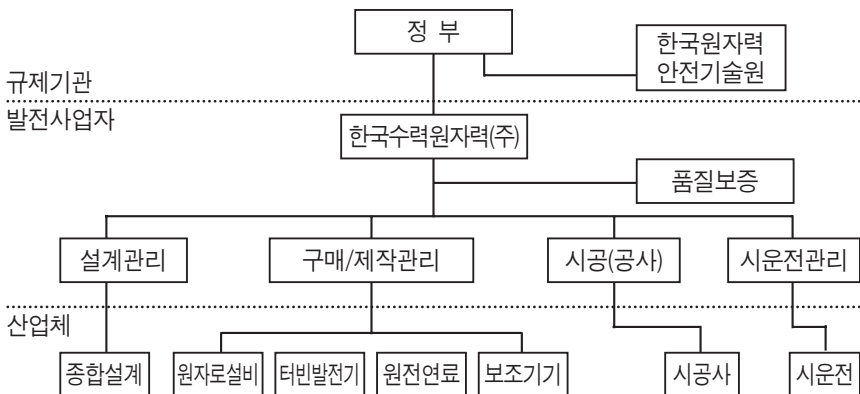
제1절 건설단계 품질보증활동

1. 원전건설 사업 개요

원자력발전소 건설사업은 장기 전력수요예측에 따라 부지확보와 선정, 인허가, 발전소 설계, 기자재 구매, 제작, 시공 및 시운전의 단계로 진행된다.

한국수력원자력(주)은 발전사업자로서 장기 전원개발계획에 따른 원전건설기본계획의 수립 등 건설 시작단계부터 완료까지 각 단계별로 분야별 공정, 품질, 공사비 관련 주요업무를 종합하고 조정하는 원전건설 종합사업관리자의 역할을 수행하고 있다.

원전건설의 종합사업관리는 주어진 예산, 공정 및 품질요건에 맞게 해당 원전건설을 완수하기 위하여 설계, 구매, 제작, 시공 및 시운전 등 각 단계별 분할된 기능을 종합조정하고 관련 기술 활동을 완벽하게 수행해야 하는 중요한 관리체제이며, 원전 건설 사업의 추진 조직은 아래와 같다.



〈그림 6-4〉 원자력 건설사업 추진 조직

2. 원자력 발전소 건설 품질보증

가. 기본방침

원자력발전소의 전 수명기간 중 높은 수준의 안전성과 신뢰성을 보증하기 위하여 예방과 품질확보에 중점을 둔 품질방침 및 품질보증계획을 수립 시행하고 있다.

나. 건설 품질보증계획 운영

원자력법 제11조(건설허가)에 따라 원자력발전소를 건설하기 위해서는 예비안전성 분석보고서(PSAR), 건설에 관한 품질보증계획서 및 방사선 환경영향평가 보고서를 제출하여 정부로부터 건설허가를 받아야 하며, 건설중 품질보증활동은 건설허가 신청시 제출하여 정부로부터 승인 받은 건설에 관한 품질보증계획서를 토대로 수행하며, 이의 구체적인 이행을 위해 각 프로젝트 사업조직에서는 품질보증계획서 운영에 필요한 절차서와 지침을 수립, 운영하고 있다. 또한 계약자는 종합설계, 주기기 및 보조기기 공급자, 원전연료 계약자, 시공, 검사용역 등으로 구분되며, 각 계약자별로 수립된 품질보증계획서는 발전사업자의 검토, 승인을 받아 운영하고 있다.

다. 건설 단계별 품질보증 활동

(1) 설계단계

설계는 발전소 계통 및 구조물 설계와 기자재 제작 설계로 나누며, 발

전소 계통 및 구조물 설계는 종합설계 계약자가 수행하고, 기자재 제작 설계는 기자재 공급자의 책임 하에 수행한다. 발전사업자는 계약자의 설계업무가 적절히 수행되는지 여부를 다음 업무를 통해 확인하고 있다.

- 설계관리 계획 및 절차서 작성
- 설계 품질보증 요건을 포함한 기술 및 행정자료를 설계자에게 제공
- 구매서류에 품질 및 설계요건이 정확하게 반영됨을 확인
- 설계 변경관리 및 모든 관련조직에 설계 변경사항 통보
- 계약자가 제출한 설계 서류의 검토 및 승인
- 설계 불만족사항 처리
- 필요시 설계 인증시험 및 설계인증 검토 주관

(2) 구매/제작단계

원자력발전소의 기자재를 조달하거나, 용역을 구매할 때는 설계요건이나 규제사항, 발주자의 관리요건 등을 구매문서에 적절히 반영하여 품질이 확보될 수 있도록 하며, 하도급의 경우에도 같다.

구매문서에는 공급 기자재 또는 용역의 범위, 기술기준, 품질보증계획의 수립 및 이행, 발주자의 확인 권한, 부적합사항 처리요건, 예비품 확보요건 등을 기술하고, 확정된 구매문서는 품질보증조직의 검토를 받는다.

품질보증대상이 되는 기자재나 용역은 적절한 자격을 갖춘 유자격자가 공급하여야 하며, 공급자의 기술능력, 품질보증능력, 계약이행능력 등을 평가하여 자격을 부여하고, 자격 유효기간 중 정기적으로 평가한

다. 공급자는 제반업무를 수행하고, 제품 출하시 발주자의 출하승인을 받아야 한다.

(3) 시공단계

시공단계에서 진행되는 품질활동은 시공계약자가 수행하는 업무와 발전사업자의 관리감독 업무로 구분된다. 사업주는 시공관리 감독을 위한 현장 품질보증계획서를 수립, 운영하며, 시공계약자는 계약요건에 따라 품질보증계획서를 작성하여 발전사업자의 승인을 받아 이행한다.

시공계약자는 품질업무 수행절차와 설계, 구매, 제작, 설치 과정별 작업절차서를 작성, 발전사업자의 승인을 받은 후 이행하여야 하며, 제작 또는 설치과정에서 품질 요건을 포함한 기술기준의 준수상태 확인을 위한 검사계획을 작성하여 발전사업자의 검토와 입회계획을 확인하여야 한다. 사업주 및 계약자의 현장 품질보증부서는 시공업무 수행부서의 현장 품질보증계획서 이행상태를 품질감독, 품질검사, 품질감사를 통해 확인, 평가한다.

(4) 시운전단계

원자력발전소의 구조물, 계통 및 기기를 설치한 후 제 기능을 발휘하는 지 확인하기 위해 시운전시험을 실시한다. 시운전단계에서 품질보증 활동은 시운전 품질보증계획서 및 절차서를 활용하여 품질감독, 품질서류 검토, 입회검사, 품질보증감사 등의 품질 활동을 통해 발전소의 안전성과 신뢰성을 확인한다.

제2절 운영단계 품질보증활동

1. 원전운영 사업 개요

발전소 운영을 위하여 원자력법령에 정한 최종안전성분석보고서(FSAR), 운전에 관한 품질보증계획서, 원자로운전에 관한 기술능력의 설명서, 핵연료 장전계획에 관한 설명서 및 비상운전 절차서 작성시 적용하여야 할 기술적 근거 및 검증방법에 관한 설명서 등을 제출하여 정부의 승인을 받아야 연료 장전이 가능하고 또한 전기의 생산이 가능하게 된다.

발전소 건설단계와 운영단계의 구분은 연료장전이 착수되는 시점이며 건설단계에 적용하던 모든 인허가 문서는 이 시점에서 운영허가 시 승인 받은 문서로 대체되며 이에 따라 운전에 관한 품질보증계획서 적용이 시작된다.

발전소 운영은 연료장전, 안전성 시험 및 출력운전이 반복적으로 수행되며, 이때 운영에 관한 모든 업무는 최종안전성분석보고서, 기술지침서, 절차서 및 품질보증계획서에 따라 수행되며 적합성 여부는 자체 점검 및 감사와 규제기관의 정기검사 및 품질보증검사에 의해 확인된다.

2. 원자력발전소 운영 품질보증

가. 운전품질보증계획 운영

발전소별 운전에 관한 품질보증계획서와 이를 이행하기 위해 표준기술행정절차서, 계통운전절차서, 정비절차서, 비정상운전절차서, 비상운

전절차서 등을 작성, 승인 후 운영하고 있으며 기계, 전기 및 계측분야 정비용역과 방사선관리분야 용역업체 등 협력업체 또한 한국수력원자력(주)의 품질보증계획서와 절차서에 따라 품질보증계획을 수립하여 운영하고 있다.

일반적으로 운영단계 업무는 건설공사가 완료되고 정부로부터 운영허가 승인을 득한 후부터 발전소의 수명기간 동안 안전성과 신뢰성 확보를 위해 수행하는 체계적인 활동으로서 운전, 유지보수, 시험 및 검사, 계획예방정비 및 기술운영관리 등 5개 분야로 구분하여 수행한다.

나. 운영 업무별 품질보증활동

원자력발전소의 안전성 및 신뢰성을 확보하기 위해 품질보증계획을 수립하고, 그 계획서에 따라 실무 수행부서가 업무를 적절하고 정확하게 수행하고 있는 지를 확인 및 평가하기 위한 행위로서 품질감사, 품질검사, 품질검토 및 품질입회 등의 활동을 실시하고 있으며, 이와 같이 품질보증부서가 수행하는 제반 활동을 업무의 종류별로 분류하면 다음과 같다.

〈표 6-4〉 업무별 품질활동

업 무 구 분	품 질 활 동
운 전	○ 시험/운전상태 표시를 위한 꼬리표 관리대장과 현장 부착상태 확인 ○ 임시 시설물 식별관리상태 확인 ○ 운전 조작상태 점검 ○ 안전성 관련기기의 열쇠 관리상태 확인 ○ 운전기록 검토 및 평가
유 지 보 수	○ 부적합기기의 처리상태 확인 및 성능시험 입회 ○ 보수작업 절차서의 단계별 확인 ○ 회전기기 진동 측정 및 윤활유 주입상태 점검
시험 및 검사	○ 계측장비의 보증상태 확인 ○ 시험절차서 준수상태 입회 ○ 시험결과 불만족 사항에 대한 시정조치 확인 ○ 방사능 측정 및 관리상태 점검
계획예방정비	○ 계약자의 품질보증계획 및 준수상태 확인 ○ 정비작업 절차 및 정비가록의 단계별 확인 ○ 기기와 부품의 관리상태 및 도면 개정상태 확인 ○ 각종 특수작업 관리상태 확인 ○ 핵연료 재장전 절차서 준수 및 기록상태 확인
운영관리	○ 각종 자료 수집 및 평가 상태 확인 ○ 절차서 및 도면의 관리상태 확인 ○ 각종 품질시방서 검토

제3장 품질문화 정착 및 지속적 개선

제1절 품질윤리규범

회사의 윤리강령을 보다 효율적으로 실천함은 물론 설비의 안전성과 운영의 신뢰성을 제고하기 위해 모든 품질부서 직원(품질보증인)이 지켜야할 올바른 구체적인 행동과 가치판단 기준을 정립하여 궁극적으로 품질보증인들의 술선수범과 전 직원의 투명하고 시스템적인 품질업무 관행으로 발전시키고자 2003년 9월 ‘품질인의 자세’라는 7개 항목의 품질윤리규범을 제정, 운영하다가, 2008년 6월 1차 개정 작업을 통하여 6개 항목으로 조정하여 운영하고 있다.

2008년 9월부터는 품질인의 사기진작을 위해 전사적으로 품질보증업무를 적극적으로 추진하면서 대내·외에 품질보증실의 명예를 드높인 직원을 선발, 격려하여 근무의욕을 고취시켜 조직역량을 강화하고자 이달의 우수 품질인을 선발하여 시상하는 제도를 도입 운영하고 있다.

제2절 품질제고 및 프로세스 개선활동

1. 협력사 원자력 품질수준 향상 프로그램 운영

원자력발전소에 공급되는 기자재의 품질은 원전의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 중요한 요인 중에 하나이며 한국수력원자력(주)은 원자력 기자재를 협력사를 통해서 공급받고 있기 때문에, 협력사의 원자력 품질문화 수준과 품질보증에 대한 지식이 기자재의 품질에 직접적인

영향을 미치게 된다. 그래서 한국수력원자력(주)은 협력사를 대상으로 원자력품질보증체계 수립 및 이행 등을 위한 교육, 지도 등을 통하여 협력사 품질수준제고 및 동반성장을 위한 노력을 지속적으로 추진해 오고 있으며, 2010년도에는 총 11개 협력사를 대상으로 21회의 품질지도를 하였다.

향후 협력사를 대상으로 특별교육프로그램을 개설하여 운영할 계획이며, 현장방문 품질심사를 수행할 때에도 원자력발전소 계통, 품질보증요건 및 안전문화 등에 대한 교육을 시행하는 등 협력사를 위한 다각적인 강화 프로그램을 개발하여 시행할 예정이다.

한국수력원자력(주)과 협력사의 품질수준 제고 및 동반성장 노력은 기자재의 제작품질 향상을 통한 원자력의 안전운영에 기여할 것으로 생각하며, 국민들로부터 원자력에 대한 불안감을 해소함은 물론 신뢰받는데 큰 역할을 담당할 것이다.

2. 품질개선팀 경진대회

우리나라의 품질분임조 발전과정을 살펴보면 1970년 초 일본의 QC 씨클을 벤치 마킹하여 국내에서 최초로 1975년 ‘제1회 전국 QC씨클 경진대회’를 전국적으로 개최함으로써 품질분임조 활동 확산의 계기를 마련하였으며, 1978년부터는 ‘공장 새마을 분임조’와 ‘품질관리분임조’로, 1989년부터는 ‘품질관리분임조’로, 1992년부터는 ‘품질기술분임조’로 명명하였고 1994년에 ‘품질분임조’로 변경하여 현재에 이르고 있다.

한국수력원자력(주)의 품질개선 활동은 ‘새마을 분임조 활동’으로 대동하여, 1987년에 MV써클로 변경되었으며, 1988년에는 제1회 MV 써클 발표회를 개최하면서 전사적으로 추진하게 되었으나, 품질개선활동의 근본 취지인 자발적인 활동보다 형식적인 활동에 그치는 아쉬움을 남겼다.

이를 개선하기 위해 1996년 5월 “공사 품질경영 시스템 적용 연구개발”을 통해 사외 품질경영전문가의 사업소 지도 및 자문으로 다양한 품질경영기법 교육 및 품질 개선활동을 함으로써 품질개선에 대한 의식의 전환을 가져오는 계기가 되었으며, 이의 결실로 1999년부터 전사 품질개선팀 경진대회를 개최하기 시작하였다.

품질개선팀 경진대회는 사업소 대회와 전사 대회로 운영되고 있으며 매년 8월에 각 사업소 품질개선팀 경진대회를 개최하고, 10월에 사업소 별 2~3팀이 참가하는 전사 대회를 개최하여 우수팀을 선발, 포상하고 있다. 또한 전사대회 우수팀은 국가 품질분임조 경진대회에 참가하고 있으며, 대통령상을 수상하는 등 좋은 결실을 맺고 있다.

2010년도에는 국가 품질분임조 경진대회에 8개팀이 참가하여 모두 대통령상을 수상(금상 2개, 은상 5개, 동상 1개)하는 쾌거를 거두었다.

3. 품질보증분야 업무혁신 추진

‘세계 수준의 발전설비 품질 제고’를 목표로 한수원의 품질보증분야 업무혁신 프로그램들이 2007년을 기점으로 본격, 추진되기 시작했다.

한국수력원자력(주)은 ‘발전소 업무수행 기본 수칙’을 2007년 1월

부터 적용하기 시작했으며, 이의 제정은 가동 중 원전의 운영전반에 적용하여 인적실수, 과도상태 및 불시정지를 예방해 원전의 안전성과 신뢰성을 제고하기 위해 추진됐다. 이 수칙은 2004년 11월 미국 엑셀론 등 해외 우수원전 벤치마킹으로 선진 품질기법을 도입해 2005년 10월 초안을 작성한 후 1년여 동안 검토와 보완 작업을 거쳐 2006년 12월 9일 제정했다. 발전소 업무수행 기본 수칙은 리더십, 운전, 정비, 엔지니어링, 일일작업관리, 계획예방정비, 프로젝트 관리, 공급·구매 엔지니어링, 화학·폐기물 및 환경, 교육훈련, 원자력감독, 방사선 방호, 원자력 보안 등 13개 분야로 구성됐으며, 13개 분야별로 공통 및 고유 항목을 적용했다. 2007년부터 발전소 업무 수행 전 관계 직원들은 반드시 기본수칙 리플렛을 숙지한 후 업무에 임하고 있다. 이에 한국수력원자력(주)은 일관성 있는 업무수행을 위해 발전본부 산하 및 관련부서 직원뿐만 아니라 한전KPS, 삼창 등 협력업체에게도 발전소 업무수행 기본수칙 내용을 제공하고 합동교육을 실시했다. 2010년에는 품질보증감사 및 원자력발전안전위원회(KNRB) 점검, 본사 특별 점검을 통해 시행상태를 확인하고 미흡한 사항들은 계속 수정 보완하였다.

규제 환경 변화의 능동적 대응 및 독자적인 품질등급체계 구축을 통해 선택과 집중으로 품질경쟁력을 확보하기 위해 Q, T, R, S 4단계에서 Q, A, S 3단계 품질등급체제로 변경하기 위해 한수원은 2006년 4월 품질등급체계 개선 기본방안을 수립하고, 품질등급 변경에 관한 연구를 수행함과 아울러, 미국팔로버디 원전, 캐나다 G-2원전의 품질등급 운영사례를 벤치마킹했다.

그 결과를 반영하여 Q, A, S 3단계 품질등급체계를 구축하여 가동원전은 2009년 7월부터 적용 하고 있으며, 건설원전은 건설사업에 미치는 영향을 고려하여 건설계획 중인 신고리 5·6호기부터 적용할 예정이다.

그리고 품질보증실 주관으로 발전소 품질문제점에 대한 체계적인 해결 및 재발 방지를 위해 원전운영 개선프로그램 CAP(Corrective Action Program)을 개발해 2007년 4월 고리 2발전소에 시범 적용했다. 2009년 12월부터는 건설원전 운영개선프로그램 C-CAP (Construction Corrective Action Program)을 개발하여 신고리3·4호기 프로젝트에 시범적용 하였으며, 2010년 12월부터 전 건설원전 프로젝트에 적용하고 있다.

또한 성능기반 품질보증 업무 구축을 위해 2007년 3월 품질보증감사 개선방안을 마련하고 감사 점검표 개발 등 감사기법을 지속적으로 개선해 나가고 있으며, 2007년 울진1호기 O/H 기간 중 정비분야 품질보증 감사를 관찰(Observation) 형식으로 수행한 결과, 절차서 준수문화 확산, 정비원의 기술향상 등 가시적인 시행효과가 확인됨에 따라 2008년부터 이를 더욱 확대하여 실시하고 있으며, 2010년도에는 고리원전 2·4호기 등 14호기에 대해 O/H 기간 중 관찰활동을 통해 각종 작업프로세스의 유효성, 정비원의 기술, 전 종사자의 절차서 준수문화 등을 점검하여 발전소 정비품질 향상에 기여하였다.

제3절 품질경영

품질제고를 통해 경영목표 달성과 고객만족에 기여하고, 체계적이고

예측 가능한 품질정책을 수립, 운영하여 회사의 품질수준을 세계 최고 수준으로 끌어올리기 위한 품질경영 중장기 실천 추진계획을 수립, 시행하고 있다.

2008년부터 2015년까지 회사의 ‘2015 중장기 전략경영계획’을 고려하여 우리 회사의 품질수준을 세계 최고 수준으로 끌어올리기 위한 ‘품질경영 중장기 실천 계획(Action Plan)’을 수립, 운영하고 매 2년마다 이를 수정, 보완해 나가고 있다.

회사의 기업이념인 ‘친환경에너지로 삶을 풍요롭게’와 회사비전인 ‘인간, 환경, 기술을 증시하는 세계 최우수 발전회사’를 실현하기 위해 품질비전, 품질목표 및 품질전략과 세부 추진계획을 수립하였다.

그 주요 추진방안으로는 첫째, 품질, 안전문화, 환경관리를 포함한 통합 선진품질경영체계를 구축하여 세계 최고의 품질수준을 선도하고, 둘째, 단순반복 업무의 아웃 소싱을 통해 품질정책 수립 등 기획업무에 업무역량을 집중하고, 셋째, 품질전문가(Quality Specialist) 양성을 통해 품질문제 해결 및 품질보증 능력을 강화하고, 넷째, 국내외 최고 품질상 도전을 통해 품질의식을 제고하는 한편 품질윤리규범인 ‘품질인의 자세’를 품질경영의 실천에 맞게 개정하여 품질인이 지켜야할 구체적인 행동과 가치판단 기준을 재정립하여 품질문화의 선진화를 추진해 나가고 있다.

연도별 주요 실천계획을 살펴보면, 추진분야를 품질시스템, 품질기술, 설비품질, 품질문화 등 4개 분야로 분류하고 기간별 세부시행 추진계획을 수립, 추진하고 있으며 주요내용은 아래 <표 6-5>와 같다.

〈표 6-5〉 품질경영 중장기 주요 실천계획

기 간	추진목표	주요 내용
'08	품질경영체계 정비	○ 회사품질보증체계 재정립 ○ 품질보증계획서 Topical Report 운영 등
'09	품질경영체계 구축	○ 품질조직운영 개편 ○ 품질업무 아웃소싱 등
'10	품질문화 확산	○ 6시그마 품질경영체계 도입 ○ 품질경영 추진모델 정착연구 등
'11	품질경영 운영	○ 안전문화, 환경분야 등 통합경영시스템 도입 ○ 원자력품질자격제도 시행 등
'12	품질경영 정착	○ 통합경영시스템 운영 ○ 국제 품질전문가 워크샵 개최 등
'13~ '15	선진품질경영체계 확립	○ 통합경영시스템 운영 및 평가 ○ 세계 최고 품질상(데밍상) 도전 등

제4절 품질교육

품질요원들의 업무 수행능력 증진 및 전문성 제고를 위하여 원자력교육원을 통한 사내교육과 대한전기협회, 한국표준협회 등의 전문교육기관을 활용한 사외 교육을 병행 실시하고 있다.

사내교육은 실무과정 및 전문과정으로 구분, 시행함으로써 교육의 효율성과 질적 수준 향상을 꾀하고 있다. 신입사원과정 및 실무과정으로는 품질보증일반을 운영하고 있으며, 전문과정으로는 선임감사자반, 원자력기전 품질과정 등을 운영하고 있다.

사외교육은 KEPIC기술기준, ISO9000 내부심사원 과정 등 원자력교육원에서 시행하기 어렵고, 시행한다고 하더라도 교육효과를 충분히 거둘 수 없다고 판단되는 직무기술 과정을 중심으로 전문교육기관을 적극 활용함으로써 전문가 수준의 품질요원 육성을 꾀하고 있으며 주요 사내·외 품질교육과정의 종류는 <표 6-6>과 같다.

또한, 원전건설 및 운영에 참여하는 협력업체 직원들을 대상으로 품질선임감사자 및 원자력품질보증 과정을 운영하고 있는데, 참여 업체로부터 좋은 반응을 얻고 있다.

〈표 6-6〉 주요 사내외 품질교육과정의 종류

기 간	추진목표	주요 내용
사내교육	원자력교육원	○ 품질보증일반 ○ 구매시방서 작성 및 관리 ○ 원자력기전 품질반 ○ 품질선임감사자반 ○ 고급품질검사자반 ○ 품질선임감사자 보수교육반 ○ 고급품질검사자 보수교육반
		○ 전력산업기술기준(KEPIC)교육 - 원자력기계 공인검사 등 14개 과정
		○ 품질혁신 글로벌 스탠다드
		○ 원자력기자재 설계/제작기술 전문
		○ ISO 9000 내부심사원 ○ ISO 9000/14000 통합 내부심사원 ○ 품질경영시스템 인증 심사원 ○ 환경경영시스템 인증 심사원 ○ 통계적 품질관리 ○ 품질분임조 문제해결 기법 등 16개 과정
		○ 춘/추계 학술대회(ASNT LEVEL 자격인정과정) ○ 원전 가동중 비파괴검사 신기술(ECT)
		○ 초급 도장감리원 과정 ○ 통합 고급 도장감리원 과정
사외교육	대한전기협회	○ 전력산업기술기준(KEPIC)교육 - 원자력기계 공인검사 등 14개 과정
	성균관대학교	○ 품질혁신 글로벌 스탠다드
	(주)코 센	○ 원자력기자재 설계/제작기술 전문
	한국표준협회	○ ISO 9000 내부심사원 ○ ISO 9000/14000 통합 내부심사원 ○ 품질경영시스템 인증 심사원 ○ 환경경영시스템 인증 심사원 ○ 통계적 품질관리 ○ 품질분임조 문제해결 기법 등 16개 과정
	한국비파괴검사학회	○ 춘/추계 학술대회(ASNT LEVEL 자격인정과정) ○ 원전 가동중 비파괴검사 신기술(ECT)
	한국도장인증기술협회	○ 초급 도장감리원 과정 ○ 통합 고급 도장감리원 과정
	한국도장기술인협회	○ 원전도장 검사자 교육
	한국산업기술협회	○ 용접품질관리 실무자를 위한 용접규격관리 핵심실무 ○ 비파괴시험(NDT) 종합 실무기술(UT,MT,RT,PT,ET)
	한국기계연구원	○ 용접기술강좌 ○ 가동중원전 보수/교체 기술강좌 ○ 제작 및 설치 기술강좌

제4장 국내 · 외 품질업무 공조

제1절 해외 협력활동

1. 해외 공급자 관리

한국수력원자력(주)은 원자력발전 전문회사로써 국내외 원자력 관련 기관 및 관련사와의 협력 체제를 구성하고 이를 공고히 다져나가고 있다. 특히 한국수력원자력(주)은 국내외 품질 관련 협의체와의 협력 체제를 갖춰 품질보증업무를 효율적으로 수행할 수 있는 기반을 마련했다. 2001년 8월 30일 미국 원전사업자 구매협의체(NUPIC), 2003년 6월 10일 미국품질학회(ASQ), 2007년 1월 2일에는 중수로 원전사업자 구매감사협의체(CANPAC)에 가입했다.

무엇보다 NUPIC과 CANPAC 가입은 해외 기자재 공급업체에 대한 유자격 여부 확인과 품질보증감사 강화 등 품질관리를 효율적으로 수행할 수 있는 계기가 됐다.

해외공급자 유자격 확인 업무는 2006년 6월 규제기관인 한국원자력안전기술원의 품질감사 지적 · 권고사항이었는데, 대정부 특별보고로 거론되는 등 현안 사항으로 부각됐다. 당시 해외 원전 기자재 공급품목과 제작업체 공급자 현황을 살펴보면 Q등급의 경우 1만 2900종 188개 업체 중 미국이 116개 업체로 62%를 차지했고, 유럽이 38개 업체로 20%, 캐나다가 20개 업체로 11%, 기타 국가가 14개 업체로 7%를 차지하고 있었다. 그러나 해외 Q등급 공급자의 유자격 여부를 확인하는 직

접 실사는 비용과 인력 측면에서 현실적으로 어려워 이에 대한 해결 방안으로 NUPIC 활용 확대 및 CANPAC 가입을 선택했다.

NUPIC은 미국 내 원전사업자들 중심으로 원전기자재 유자격 공급자 선정관리 및 품질문제에 공동 대처하고자 1989년 설립된 단체로, NUPIC의 국제회원은 주로 미국 내 유자격업체 현황과 감사, 실사결과 보고자료 등을 NUPIC 전산망을 이용해 정보를 공유할 수 있다. 회원사는 활용하는 NUPIC 등록업체수에 따라 연간 최대 8회까지 합동 감사와 실사에 참여해야 할 의무가 있다. 미국 규제기관인 NRC도 운영위원회 위원으로 참여하고 있는 NUPIC에는 2011년 3월 현재 미국 32개사, 해외는 한국 등 9개국 12개사가 회원사로 있다.

한국수력원자력(주)은 2011년 3월 기준으로 NUPIC 등록 공급업체 2,247개사 중 105개사를 유자격업체로 등록하여 활용하고 있으며, 미국 소재 유자격 공급자들에 대한 정확한 정보 확보로 품질등급에 적합한 양질의 기자재를 구매함으로써 원전의 안전성 향상에 기여하고 있다. 유럽 등 타 지역 공급자에 대한 정보 수집 또한 회원사 간 협조로 유리해졌으며, 한수원 자체 업체관리 대비 비용, 인력, 시간을 대폭 절감하는 효과를 얻었다. 뿐만 아니라 일반규격품 대체 사용 관련 정보 확보와 미국 내 부품 공급선을 다변화해 가격 경쟁을 유도할 수 있고, 해외 원전 사업자와 제작자의 예비품 구매, 납품 실태 파악 등 벤치마킹도 가능하게 됐다. 이처럼 경수로 원전의 해외 기자재 공급업체 품질관리는 NUPIC을 활용해 공급업체의 신뢰도를 확보하고 규제기관이 요구하는 해외 기자재 공급업체 품질활동에 부합하게 되었다.

그러나, 중수로 원전의 해외 기자재 공급업체 품질관리가 숙제로 남아 있었다. 2006년 6월 당시 중수로원전의 Q등급 예비품 해외공급자는 캐나다 21개사, 미국 101개사, 기타 국가 49개사였다. 그중 캐나다는 49.6%를 AECL을 통해 구매하고, 품질활동도 AECL이 대행하고 있었다. 그러나 원 공급업체에 대한 정보와 구매 사양을 확보하지 못하고 품질보증감사 등 품질활동을 할 수 없어 직접 구매가 불가능하고 유자격 등록 심사도 업체가 제출한 서류만으로 만족해야 하는 실정이었다.

그러던 중 2006년 1월 CANPAC이 한수원에게 회원가입을 요청해왔다. CANPAC은 캐나다 내 원전사업자들이 주축이 돼 원전 기자재 공급업체에 대한 품질보증감사 및 공급업체 등록관리를 목적으로 2002년 4월 8일 COG내에 설립된 기관으로 각 회원사의 품질담당 부서장으로 운영위원회를 구성하고 회원사 요청에 따라 전문 감사자를 확보해 공급업체의 감사를 수행하고 있다. 이에 한국수력원자력(주)은 CANPAC 가입을 통해 캐나다 내 기자재 공급업체에 대한 정보 확보, 품질보증감사 강화는 물론 회원사 간 정보교류 활성화로 단종 품목 해결방안 모색 등 중수로 원전의 현안사항에 공동 대처하고 있다. 2011년 3월 현재 CANPAC에는 캐나다의 원전사업자 4개사와 한국의 한국수력원자력(주), 루마니아의 1개사가 회원사로 가입되어 있다.

2. 선진 품질정보 수집 및 국제동향 파악

미국품질협회(ASQ)는 품질에 관한 신기술 개발을 위한 국제회의를 비롯한 미국 품질학회 자격부여 프로그램, 교육훈련과 기술지도 프로그램

램을 운영할 뿐만 아니라 품질표준을 제정하고 관련 출판물을 발간해 회원사에게 제공하는 등 활용도가 높은 국제적인 품질기관이다. 한국수력원자력(주)은 선진 엔지니어링제도 도입 추진에 발맞춰 선진국의 최신 품질정보를 수집하고, 국제동향 파악과 선진 품질보증기법을 도입하는 등 품질 보증활동의 수준을 선진화하고자 2003년에 가입했다. 2011년 3월 현재 ASQ의 회원 수는 100여 개국의 약 1100여 개 단체회원과 개인회원도 10만명 이상이다. 회원사는 ASQ 네트워크를 통해 멤버 간의 토의, 학회 연구에 참여할 수 있으며, 유럽품질협의체(EOQ)의 연차대회에도 참여하여 유럽지역의 품질동향 파악 및 정보수집에 활용하고 있다.

3. UAE원전 운영지원용역 품질보증 활동

2009년 12월 한국전력공사는 아랍에미레이트(UAE)와 원전 4기 건설에 대한 주계약을 체결함으로써 국내최초 해외원전 수출이라는 쾌거를 거두었다. 이에 대한 후속조치로 한국전력공사는 한국수력원자력(주)과 UAE 운영지원용역 계약을 2010년 5월에 체결 하였으며, 주 내용은 UAE원전 4기 운영에 대비한 발주자 운영능력 배양 및 시운전 시험을 수행하는 것으로, 한수원은 운영지원용역에 대한 품질보증체계 구축을 위해 2010년 7월에 품질보증매뉴얼을 제정하였다. 특히 비 원자력 품질등급에 대한 품질 보증매뉴얼(Non-nuclear Quality Management Manual)을 제정하여 보다 완벽한 품질보증체계를 구축했다. 또한 건설 초기단계에서 구축되는 운영관리시스템, 건설 사업관리시스템 업무에 대해 품질보증 감사 및 감독을 실시하고 있고 향후 성공적인 시운전시

험 수행을 위한 품질보증체계 및 이행계획을 수립하여 품질보증활동을 추진하고 있다.

제2절 국내 협력활동

1. 국내 협회활동

한국수력원자력(주)은 대한전기협회의 회원사로서 전력기술기준(KEPIC) 개발에 필요한 출연금을 지원하고 각종 전력기술기준의 제·개정시 이의 검토를 위한 전문/실무위원회에 참여하여 전력기술기준의 개발에 크게 기여하고 있다.

또한 2001년 우리나라 한국산업규격(KS)과 품질보증체제·환경경영체제·ISO 9000의 대표적인 인증기관인 한국표준협회에 가입하여 직원들의 품질전문지식 습득을 위해 협회에서 주관하는 각종 품질관련 전문교육에 참여하고 있으며 또한 국가 품질경진대회 참여 등을 통해 원자력품질을 대외에 홍보하고 일반 산업계와의 품질정보교류에 참여하고 있다.

그밖에 2002년 8월과 9월에 품질경영학회와 한국비파괴검사학회에 각각 가입하여 해당 분야의 학술지식 취득 및 정보교류에 활용하고 있다.

2. 한국원자력품질협의회(KNQA)

2003년 9월 ‘한국원자력품질협의회’ (Korea Nuclear Quality Association)를 구성해 원자력산업 관련사간의 협력 체제를 굳건히 하고

있다. 이는 원전의 품질기술과 정보를 공유하고 품질현안에 공동 대처하고자 구성되었다. 품질협의회에는 2010년 12월 현재 KEPCO E&C, 두산중공업, 삼성건설, 현대건설, 한전KPS, 삼창 등 설계용역 업체와 주기공급업체, 그리고 시공사 및 정비 분야 22개 업체가 참여하고 있다.

품질협의회는 연간 상하반기 2회의 정기회의를 개최되며, 내부에 건설분과 위원회와 발전분과 위원회로 구분하여 분과별 품질기술을 공유하고 품질현안 사항 등을 논의 하고 있다.

3. 기타 협력활동

원자력 규제기관과 원자력품질보증 워크숍을 매년 2회씩 운영분야와 건설분야로 나누어 시행하고 있으며, 원자로시설의 품질보증활동에 관한 주요현황 및 품질현안 등 원자력산업계가 정보를 공유하고 품질보증활동 강화방안을 도출하여 원전 사업자 및 협력업체, 규제기관의 품질업무에 피드백 함으로써 원자력시설의 품질향상을 통한 설비신뢰도 및 안전성 제고에 기여하고 있다.

또한 프로젝트 경영(Project Management)은 원자력발전소와 같은 플랜트의 건설 및 운영을 포함한 여러 산업분야에서 사용되는데, 품질관리 기법 등을 포함하고 있다.

한국수력원자력(주)은 한국프로젝트경영협회(Korea Project Management Association, KPMA)의 프로젝트 경영교육 및 심포지엄에 참여하여 프로젝트전문가(Project Management Professional, PMP) 양성, 선진화된 프로젝트 경영기법 습득 및 정보를 교환하고 있다.

제7편 국민이해와 지역협력

>>> 제1장 국민이해 증진활동

>>> 제2장 원전 주변지역 지원사업

>>> 제3장 지역과의 일체감 형성을 위한 노력

>>> 제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과

제1장 국민이해 증진활동

한국수력원자력(주) 홍보실 기업홍보부장 박범수

제1절 사회환경의 변화

1. 국제환경의 변화

2010년 세계는 최악의 경제 위기에서 서서히 벗어나면서 시작되었다. 하지만 세계 에너지시장은 전례 없는 불확실한 상황에 벗어나지 못했다. 2008~2009년 세계 경제 위기는 전 세계 에너지시장에 혼란을 야기하였고, 세계경제의 회복속도는 향후 몇 년간의 에너지 미래 전망의 핵심 요소가 될 것으로 보인다. 그러나 장기적으로 에너지의 미래는 각국 정부들이 기후변화와 에너지 안보라는 두 가지 도전에 어떻게 대처하느냐에 달려 있다. 경제 상황은 유로존 국가들의 재정위기가 부각되기는 하였지만 점점 글로벌 경제 위기의 충격에서 기대 이상으로 안정을 찾아가고 있다.

이에 반하여 온실가스 감축 및 석유 의존도 완화를 위해 환경적으로 지속가능한 에너지원으로서 원자력발전에 대한 관심과 여건이 우호적으로 변화했다. 2009년 9월 미국 피츠버그 G20 정상회의는 ‘불필요한 소비를 부추기는 비효율적인 화석에너지 보조금의 중기적인 합리화 또는 단계적 폐지’를 위한 합의를 이끌어 냈고, 같은 해 12월 코펜하겐에서 개최된 제15차 당사국 기후변화 총회에서 선진국과 개발도상국의

입장 차이에 의해 법적 구속력이 있는 합의 도출은 실패하였으나, 세계 각국은 온실가스 감축 관련 규제들을 입법화 하고자 시도하였다. 향후 세계 각국의 온실가스 배출 억제에 대한 사회적 합의가 이루어지면, 탄소세 등의 온실가스 관련 환경규제는 많은 국가에서 도입할 가능성이 높아진 것이다. 그리고 중국과 인도가 이끄는 신흥개도국들의 에너지 수요 증가, 유가의 지속적인 상승, 석유의 대부분이 매장되어있는 중동 지역의 불안요인 상존 등으로 그동안 원전 건설을 억제해오던 원전 선진국들도 신규 원전건설계획을 수립하고 있다.

결론적으로 세계는 다시 1970년대 초와 비슷하게 고유가로 인한 에너지 확보와 지구 온난화 해결이라는 두 가지 과제를 동시에 풀어가야 하는 상황에 놓이게 되었고, 원자력발전은 환경과 녹색성장의 핵심 열쇠로 자리잡아가고 있다.

국제원자력기구(IAEA)는 2030년까지 원자력발전소 설비용량이 현재보다 140~400GW 증가할 것으로 전망했다. 이는 1,000MW 기준으로 140기~400기에 해당되는 양이며 지속적으로 증가하는 전력수요, 불안정한 석유와 가스가격, 이산화탄소 배출과 관련된 우려 등이 원자력에 긍정적인 영향을 미치고 있는 것으로 파악하고 있다. 세계원자력협회(WNA)에서 예측한 3가지 시나리오 중 기본 시나리오에 의하면, 2030년까지 원자력발전소 설비용량은 현재보다 229GW 증가할 것으로 예상하고 있다.

미국은 2030년까지 35기 이상의 원자로를 신규 가동할 계획을 발표하였으며, 그동안 원자력발전소 신규 건설을 금지하였던 이탈리아는 재

도입 법안이 의회를 통과하여 미국과 원자력협력협정을 체결하였으며, 2030년까지 원자력 발전량 비중을 25%까지 증가시킬 예정이다. 이외에도 스웨덴, 벨기에 등의 유럽 국가들도 금지 법안을 폐지하기 위해 추진 중에 있으며, 영국, 핀란드, 브라질, 인도 등의 국가에서도 원전 추가 건설 계획을 발표하였다. 또한, 폴란드는 2020년 최초 원전 가동을 위한 원자력 개발계획을 확정하였다. 그리고 급속히 경제 대국으로 성장하고 있는 중국은 급증하는 에너지 수요에 대응하기 위해 2020년까지 1,000MW급 원전 30기를 추가로 건설할 계획을 밝혔다.

2009년 IAEA 보고에 의하면, 12개 국가가 매우 강력하게 원자력발전 도입을 준비하고 있고 38개 국가가 원전 도입 가능성을 열어두고 있다. 51개 국가 중 17개 국가는 중동과 극동이며, 13개 국가는 아프리카, 11개 국가는 유럽, 9개 국가는 남미의 국가들이다.

2. 국내환경의 변화

2010년 우리나라 원자력 산업은 성공과 시련을 동시에 맞보았다. 2009년말 UAE원전 수주와 요르단 연구용원자로 수주의 기쁨 뒤에 원전 선진국들의 집요한 추격과 강력한 도전에 직면함으로써 어려움을 겪어야 했다. 터키, 베트남 등 주요 원전 도입 국가의 원전 수주에서 프랑스, 일본 등 경쟁국들의 견제로 협상이 중단되거나 우선협상대상자로 선정되지 못했다. 경쟁국들이 UAE 원전 수주 실패 후 경쟁국별로 대응책 마련을 위해 수출 체제 개선 및 강화를 도모하고 있고, 각 원전 시장에서 유리한 위치를 점하기 위하여 원전 수출 선진국 업계 간 제휴·통

합을 통해 재편을 본격화하는 등 다각적인 원전 수출 대응전략을 마련하는 데 총력을 기울이고 있어 향후 우리와의 수주 경쟁이 더욱 가속화될 것으로 예상되고 있다.

하지만, 2010년은 우리 원자력계가 반세기 만에 원자력 수출국으로 도약을 다지는 한해이자 2030년 세계 3대 원전 수출 강국 도약을 목표로 하는 「원자력발전 수출산업화 전략」(제42차 비상경제대책회의, 2010.1.13)을 수립하고 본격 이행에 착수한 뜻 깊은 해라고 할 수 있다. 정부는 전략 수립 이후 원전수출산업화 이행점검회의 개최(2010.3.16)를 통해 원전 수출 산업화 전략 방안 및 원자력 공기업별 이행 방안을 논의하였으며, 원전수출산업화 민관합동 대책회의 개최(2010.9.28)를 통해 원전 인력양성 방안, 원전 기술자립화 현황 및 선진화추진 계획, 원자력산업 네트워크 강화 방안에 대한 정책 방향을 마련하고 추진 전략별 이행상황을 점검하였다.

2010년 주요 성과 중의 하나로서 UAE원전 수출 성공을 계기로 원자력 분야 최대의 기념일인 「원자력의 날」을 정부 주관 기념일로 제정함으로써 원자력 안전은 물론 연구 개발 등 원자력 진흥과 해외 수출, 원전 건설·운영 등 원자력 이용 전반에 걸친 역량의 결집을 유도하고 국내 원자력 분야 종사자 사기 진작 및 대국민 원자력 이미지를 제고하였다. 원자력발전을 도입한지 30여년 만에 미국, 프랑스, 일본을 제치고 아랍에미리트 원전건설을 추진하는 것은 우리의 원전운영기술 수준을 대내·외에 입증한 매우 뜻 깊은 일이기 때문이다. 프랑스의 아레바와 같은 세계적인 원자력 선진국과의 경쟁에서 우위를 차지할 수 있었던 배

경에는 세계 최고의 운영실적, 풍부한 건설 및 운영경험이 있었다.

실제 2010년 우리나라 원전 이용률은 91.2%로 2000년 이후 연속해서 90%이상의 높은 기록을 달성하였다. 이는 세계 원전 평균 이용률인 79%를 훨씬 뛰어넘는 수치로 우리나라 원자력 발전소 운영 기술이 세계 최고임을 입증하는 것이다. 또한 안전성과 전기 품질 확보 측면에서 원자력발전소의 운영관리 수준을 나타내는 지표인 고장 정지율을 살펴보면, 우리나라는 1998년 이후부터 연간 호기당 1회에도 미치지 않는 기록을 나타내고 있으며, 2010년에는 20기의 가동 원자력발전소에서 모두 2건의 고장 정지가 발생, 고장 정지율 0.1을 기록해 역대 최고의 실적을 달성했다. ‘한 주기 무고장 안전 운전’도 2010년 한 해 10개 호기에서 달성했다.

돌이켜보면, 1978년 고리 1호기가 상업운전을 시작한 지 30여년이 지난 2011년 3월 말 기준 가동 원전기수는 21기로 늘었고, 설비용량은 18,716MW로 전체 발전설비 용량인 78,235MW의 23.9%를 점유하고 있다. 선진국들이 원전축소 정책으로 신규원전 건설을 억제하고 있을 때에도 우리는 지속적인 원전건설을 추진하여 건설 및 운영능력에서 세계 최고수준을 달성하였다. 이러한 성과를 바탕으로 지난 30여 년간 국내 전력생산의 주축을 담당하며 국가 경제발전과 국민의 삶의 질 향상에 중추적인 역할을 해왔다. 에너지 대외 의존도가 96%를 웃돌고 있으면서도 저렴한 전기요금을 유지해 그동안 고속성장을 해온 비결은 대용량의 전력을 값싸게 공급한 원자력발전에 있다.

또한, 2011년 1월 고리 1호기는 특히 지난 2005년 5월 10일부터 총

1,787일 동안 계속운전 이전의 2주기를 포함한 5주기 연속 무고장 안전운전을 달성하여 국내 원전 중 최장기간 연속 운전을 세웠다. 국내 원전의 효시인 고리 1호기는 1978년 상업 운전 이후 국내 원전 최다인 10회 무고장 안전 운전을 기록해 한수원(주)의 원전운영과 정비기술이 세계적인 수준임을 다시 한번 입증하였다.

그리고 중·저준위 방사성폐기물 유리화 상용설비 개발을 완료하고, 2009년 10월부터 상용운전에 착수하였다. 유리화 기술은 방사성폐기물이나 유해 중금속을 유리구조 내에 가두는 기술로서, 유리구조 내에 갇힌 방사성폐기물은 외부환경으로 유출되지 않을 뿐 아니라 부피를 약 1/33 이하로 줄일 수 있다. 지속적 연구개발, 설비 운영 및 정비의 신뢰성 확보, 차질 없는 건설수행 등을 통하여 원자력발전은 녹색성장 시대에 국가의 에너지 안보, 환경보호 및 경제발전을 위한 핵심 성장 동력으로 그 역할을 다할 것으로 기대된다.

제2절 국민이해 증진활동

1. 원전에 대한 국민이해

우리나라는 지난해 말 UAE 원전수주로 원전 수출국의 대열에 들어섰으며, 국내적으로도 주력 발전원으로서 지속적으로 원자력 발전비중을 확대할 계획이다. 이에 대한 국민적 지지기반을 구축하기 위해서는 원전 안전에 대한 불안을 해소하고 국민의 신뢰를 높이기 위한 노력을 지속적으로 전개해야 한다.

이를 위해 안전한 원전운동을 최우선 목표로 하고, 원자력발전의 안전성에 대한 대국민 홍보가 뒷받침되어야 할 것이다. 원전사업은 안전성 보장 없이는 지속할 수 없다는 것은 당연한 논리다. 정부와 한수원(주)은 원전운영의 최상의 목표를 안전운전에 두고 있으며, 원전운영 정보를 실시간으로 투명하게 공개하여 국민들의 신뢰를 얻는데 힘쓰고 있다.

과거 원전 도입초기에는 안정적인 전력공급을 통한 경제개발에 최우선적인 목적을 두고 시행되었기에 국민적 공감은 크게 문제되지 않았다. 그러나 일반 국민의 정책결정에 대한 참여 요구가 높아지고 시민·사회단체의 영향력이 커지면서, 국민적 공감대 형성은 원자력발전사업의 추진에 있어서 가장 중요한 문제가 되었다. 물론 모든 국민들이 원자력발전에 대해 충분한 지식을 가지고, 안전성에 대해 이해한다면 원자력발전사업을 추진하는데 어려움이 없을 것이다. 그러나 원자력 분야는 전문가가 아닌 일반인이 쉽게 접근하고 이해할 수 있을 만큼 일반화된 과학 기술 분야가 아니다. 따라서 일반 국민의 입장에서 원자력을 이해할 수 있도록 도와줄 수 있는 종합적이고 체계적인 홍보 전략과 방법이 필요하다. 정부와 한수원(주)을 비롯한 원전관련 기관은 원자력의 대국민 이해도를 높이기 위해 지속적으로 노력할 것이다.

2. 기관별 국민이해 증진 활동

가. 한국수력원자력(주)

한수원(주)은 원자력사업에 대한 국민들의 이해를 높이기 위해 원전 건설 및 운영현황 공개, 기업이미지 PR, 원자력발전의 현황을 정확하게

알리기 위한 언론홍보, 일일교사 참여 등의 차세대 홍보, 홈페이지를 활용한 사이버 홍보, 원전시설 견학, 홍보책자 제작·배포, 국내·외 전시회 참여 등의 적극적인 홍보활동을 다양하게 전개하고 있다. 또한 대학생 논문대회 개최, 과학고생 원전시찰 등 원전의 필요성과 안전성을 알리는데 효과적인 홍보방안을 지속적으로 개발하고 있다.

(1) 일반국민 홍보

(가) 원전공개정책

원전공개정책은 국가차원의 안전규제를 하고 있는 정부(교육과학기술부)에서 제정한 ‘원자력이용시설의 사고·고장 발생 시 보고·공개 규정’을 기준으로 삼고 있다. 원전에서 사고나 고장이 발생한 경우 정부는 물론 사업자인 한수원(주)은 그 내용을 신속·정확하게 언론과 국민에게 공개함으로써 원전 안전성에 대한 국민 신뢰를 제고하고 있다.

원전 사고·고장정보의 공개는 그 대상에 따라 신속하게 알릴 필요가 있는 경우 인터넷공개와 언론공개를 병행하고, 그 외의 공개대상 정보는 인터넷공개만 하고 있다. 인터넷공개는 해당기관별 인터넷 홈페이지에 공개하고, 언론공개는 사고·고장정보를 인터넷에 게시한 후 보도자료 배포를 통해 언론에 공개한다. 특히 한수원(주) 홈페이지(www.khnp.co.kr)에 원전 운전현황, 방사선 현황 등 원전 관련 정보를 자세하게 공개하고 있다.

(나) 간행물 발간

사보인 「수차와 원자로」를 매달 발간하여 사내직원 뿐만 아니라 지역

주민, 학생, 일반인 등 각계각층에 배부하였으며, 「원자력에너지」, 「1318 세대를 위한 원자력이야기」 등 계층별 눈높이에 맞는 홍보책자를 제작하여 원전본부 시찰자 및 과학교사 등을 대상으로 배부하고 있다. 또한 정부(지식경제부)와 한수원(주)이 공동으로 매년 국내 원전정책, 운영현황, 방사성폐기물관리, 국내·외 동향 등 원자력발전에 관한 모든 것을 정리한 「원자력발전백서」를 발간하여 일반 국민에게 원전 전반에 대해 투명하게 알림으로써 원자력에 대한 국민이해를 높이고 있다. 이밖에도 원전 지역주민을 위해 방사선 비상시 대비사항이 수록되어 있는 홍보달력을 발간하고 있으며, 원전본부별로는 소식지를 발간, 지역주민과 관련기관에 주기적으로 배부하고 있다.

(다) 차세대교육

원전이 21세기에도 주력에너지 역할을 지속하기 위해서는 자라나는 세대가 원전을 이해하는 것이 필수적이므로 이를 위해 학교에서부터 원자력교육이 올바르게 이루어져야 한다. 따라서 한수원(주)은 미래의 주역인 초·중·고교생들에게 원자력에 대한 이해를 증진시키기 위하여 과학고생 원전 견학, 일일교사 참여, 주니어 공학기술교실 등 다양한 프로그램을 실시하여 학생 및 교사들에게 원자력과 친밀해질 수 있는 기회를 제공하고 있다. 또한 ‘1318세대를 위한 원자력이야기’ 등 청소년들의 눈높이에 맞는 홍보책자를 제작·배부하고 있으며, 특히 과학교사에게 배부하여 교재로 사용토록하고 있다. 그리고 2010년에는 제2회 전국 대학생 대상 논문대회를 개최하였으며, 입상자에 대해 원전 견학의 기회를 마련하여 호응을 받았다. 그 외에도 원전 홍보관을 방문하는

학생들에게 전시물과 시설견학을 통하여 원전과 친밀감을 느낄 수 있는 기회를 주고 있는데, 특히 과학고생을 대상으로 원전 견학 프로그램을 시행하였다.

또한, 2010년도에는 ‘아인슈타인 프로젝트’를 시행하였는데, 이는 국내 우수대학생 중 성적우수자 43명을 멘토로 선발하고, 학교장이 추천한 원전주변지역 학생 390명을 멘티로 선정해 질 높은 교육의 기회를 제공했다. 이 프로젝트는 원전지역 학생들에게 학습지도는 물론 학습동기를 고취하고, 비전 및 가치관 형성을 유도하여 학력수준을 대도시 중상위권 학교 수준으로 업그레이드, 교육장학사업의 질적 개선을 이룩한 대표적 교육사업 브랜드로 평가받고 있다.

(라) 언론홍보

2010년 원전산업계는 원전도입 30여년 만에 사상 첫 해외원전 수출로 흥분과 함께 수출 노형과 동일한 신고리 3,4호기 건설을 계획공기를 준수하고 완벽시공을 해야 한다는 부담을 가지며 출발한 한 해였다. 따라서 한수원(주)은 수출노형인 신고리 3,4호기를 완벽 시공하기 위해 2월 25일 부산시 기장군 고리원전본부에서 ‘세계 최고 명품 원전건설 및 기술인력 양성을 위한 다짐대회’를 열어 시공 품질향상과 안전사고 ‘제로화’로 명품 원전건설에 앞장서겠다는 결의를 하였으며, 이는 신문 및 방송을 통해 국민에게 알려졌다.

또한 이와 때를 맞춰 신월성 2호기와 신고리 3호기의 건설이 공정에 맞게 진행됐으며, 원자로 설치와 같은 의미있는 큰 행사를 언론에 적극 알려 원전의 이미지 향상에 많은 기여를 했다. 특히 신월성1,2호기는 그

동안 시행해왔던 건설공법과 비교하여 진일보한 신기술, 신공법 등을 소개하는 보도자료를 작성 배포, 국민에게 적극 알려 국내의 원전 건설 및 기술에 대한 자부심을 느낄 수 있도록 했다.

원전의 해외수출에 따른 원전르네상스 도래로 원자력산업 전반에 활기가 넘쳐났으며 모든 언론의 관심의 대상이 되었다. 원전 플랜트의 첫 수출을 경제적인 가치로 평가한 결과 우리나라 제4의 신성장 동력으로서 손색이 없을 것으로 전망했다. 이에 자만하지 않기 위해 한수원(주)은 원전 안전운영에 만전을 기해야 했고, 이런 차원에서 원전 안전운영 다짐대회를 여름철에만 해오던 것을 겨울철에도 열어 직원들에게 경각심을 심어주기도 했으며, 국민에게 알려 한수원의 안전운영에 대한 의지를 보여줬다.

한수원(주)은 운영실적의 우수성을 알리는 데에도 집중했다. 이용률과 불시정지건수, 한주기무고장운전 등 괄목할 만한 실적들을 적극적으로 알렸다. 이 밖에 한수원(주)은 글로벌 전략의 일환으로 기술개발에도 혼신의 노력을 다하고 있는 ‘5%’ 미흡한 우리의 원전기술 자립도를 당초계획보다 6개월 앞당겨 오는 2012년 10월경 100%를 달성한다는 ‘기술독립’을 실현하고 세계 5대 원전기술 선진국이라는 사실을 알려 대한민국 국민이라는 자부심을 느낄 수 있도록 하였다. 아울러 오는 2012년 말에는 UAE 수출모델인 ‘APR1400’ 원자로보다 경제성과 안전성에서 한 단계 업그레이드된 1,500MW급 원자로인 APR+의 표준 설계 기술개발을 완료한다는 계획도 발표했다.

한편 한수원(주)은 동반성장, 사회적기업, 상생경영을 적극 추진, 기

업이미지 강화에도 노력을 아끼지 않았다. 특히 한수원(주)은 기업가치 제고와 미래 성장동력을 확보키 위한 상생협력 정책을 펼쳐나갔다. 원전 핵심 원천기술을 확보해 기자재를 국산화함으로써 구매예산을 절감하여 수익성을 제고하고, 원전 핵심 원천기반기술 보유 협력사를 육성해 세계 원전시장에 동반 진출하는 등 한수원(주)과 협력사가 상호 윈-윈할 수 있는 상생경영을 지향했다.

이를 위해 한수원(주)은 기술경쟁력을 보유한 중소기업과 세계 원자력시장에 동반 진출하고자 협력연구개발 지원사업 및 판로개척 지원사업 등 중소기업 지원사업을 시행해 왔으며, 또한 정부의 대중소기업 동반성장 강화 정책에 발 맞춰 중소기업의 실질적인 애로사항을 발굴하는 ‘맞춤형 동반성장형 상생협력’ 실천방안을 도출하기 위한 ‘親중소기업 상생협력 Task Force’를 구성하여 지원사업파트, 제도개선파트 및 상생문화파트 등 3개 분야 16개 개선안을 도출하고, 이를 시행하는 등의 내용을 언론을 통해 알려 사회적기업 이미지를 확보했다.

(마) 미디어 홍보

한수원(주)은 급변하는 경영환경 변화에 능동적으로 대응하고자 여러 가지 의미 있는 활동들을 추진하였다. 경영상 부담을 덜기위해 저비용 고효율 매체를 발굴하고 선점하는 과정에서 다양한 대응책을 마련하였다. 과급력이 큰 방송매체를 통해 고비용의 직접적인 상업광고를 지양하고 저비용의 간접광고를 시행하였으며, 틈새시장 공략 차원에서 공익캠페인을 전개하면서 캠페인 광고 문안을 옥내·외 매체에 사용하는 등의 효율성을 제고하고자 노력하였다.

원자력홍보를 위한 간접광고는 “계몽적이고, 다소 전문성이 있는 시청률 10% 전후의 TV프로그램”으로 설정하여 조사를 한 결과 KBS의 퀴즈프로그램 ‘1대 100’을 선정하였다. 2010년 한 해 동안 이 프로그램을 통해 원자력 관련 문제를 11회 출제하였으며, 142명의 사내직원을 출연시켜 각종 퀴즈풀이 및 인터뷰를 통해 원자력 및 기업이미지를 높였다. 7월에는 정부의 ‘저탄소 녹색성장 정책’에 부응하면서 국민들에게 자긍심을 심어주는 내용을 담은 공익캠페인 ‘파이팅코리아’를 시행하였고, 10월에는 한수원(주)의 본사가 이전될 경주에서 경주시민들과 함께 KBS ‘열린 음악회’를 개최하기도 하였다.

한수원(주)은 원자력홍보를 위해 방송, 신문 등 전통적인 4대 매체 외에 인터넷을 이용한 온라인광고, 케이블TV를 활용한 광고, 전광판·옥상간판 등 옥외광고와 지하철 역사 등의 PDP를 활용한 옥내광고 등도 적극적으로 추진하였다. 이러한 미디어 홍보와는 별도로 비용절감 차원에서 커뮤니케이션 수단을 BTL¹⁾ 쪽으로 다변화하기 위해 지속적으로 노력하였다.

(바) IT 홍보

인터넷 이용인구의 급증과 정보화 사회의 급속한 변화에 적극 대응하여 시간적, 물리적 제약을 받지 않는 인터넷 매체와 최신 정보통신 기법을 활용하는 IT 홍보를 적극 펼쳐 나가고 있다.

회사 인터넷 홍보의 중심인 회사 홈페이지는 ‘저탄소 녹색성장’의 대

1) BTL(Below the line) : 프로모션, 우편, 이벤트, 전시 등 미디어를 매개로 하지 않는 커뮤니케이션 활동. ATL(Above the line)의 반대 개념.

표기업인 한수원(주)의 대국민 쌍방향 커뮤니케이션의 활발한 장이 되고 있다.

대표적인 예로 2009년 7월부터 시행한 한수원(주) 그린미션은 에너지퀴즈, 설문조사 및 출석체크로 구성되어 있으며, 네티즌에게 회사 및 에너지관련 이슈와 각종 상식에 친근함과 재미를 가미하여 제공하고 있다. 네티즌들은 해당 미션참여를 통해 그린마일리지인 ‘잎새’를 모을 수 있어 큰 호응을 얻고 있다.

또한, 객관적인 정보제공을 위해 투자자정보, 원전운영현황, 원전건설현황, 해외사업현황, 신·재생에너지현황 등을 수시로 업데이트 하고 있다. 특히 4개 원전의 운전, 정비, 정지 상태를 발전 신호등과 자막창을 통해 실시간으로 알려줄 뿐만 아니라, 네티즌광장 게시판 운영을 통해 각종 Q&A에 신속하고 정확하게 대응하여 한수원(주)에 대한 신뢰도를 한층 높여가고 있다.



〈그림 7-1〉 한수원 그린미션 및 발전소 라이브

회사 홈페이지는 윤리경영, 지속가능경영, 사회공헌, 신문고, 정보공개청구제도 등을 통하여 기업이미지를 제고하고 있으며, 이외에도 한수원 주요소식, 국내외 원자력동향 등을 묶어 웹진형태로 제공하는 원자

력 뉴스를터틀 매월 2회, 매회 14만 8천명에게 원자력 관련 정보를 제공하고 있다.

홈페이지의 기능개선과 보강을 위해 고객제안, KHNP 옴브즈만, 행정정보공표 등의 코너를 신설하였으며, 네티즌들이 사진을 찍어서 올릴 수 있는 ‘사이버원자력부스ZONE’ 개설을 통해 네티즌들의 방문과 참여를 더욱 독려하였다.

한편, 전파식 상시 홍보수단으로 통화 대기 시 기업 홍보멘트와 음악을 제공하는 ‘통화 연결음 서비스’를 2006년 이후 사내전화와 전 직원 휴대폰을 통해 적극 시행하여 홍보효과를 높이고 있으며, 네티즌도 가입할 수 있도록 확대 시행하여 대국민 원자력 수용성과 기업 호감도 제고에 크게 기여하고 있다.

(사) 전시홍보

정부가 2008년 8월 15일 주요 국정과제로 녹색성장정책을 천명함에 따라 “녹색성장의 중심” 원자력에 대한 국내·외의 전시수요가 증가하고 있다. 2009년 말 UAE에 원전수출이 확정된 후에는 한국형원전(APR 1400)에 대한 국내·외의 관심이 고조됨에 따라 전시회 참가 요구도 더욱 증가하고 있으며, 한수원(주)은 급증하는 전시수요에 효과적으로 대응하기 위하여 표준전시부스를 제작, 다수 전시회에 반복 활용하고 있다.

(아) 비상설 전시회 참가

2010년은 원자력 해외수출과 녹색성장이 주요 화두가 된 한 해로 한수원(주)은 이와 관련된 ‘대한민국녹색기술산업대전’, ‘국제환경에너지

지산업전', '대한민국녹색에너지대전' 등의 전시회에 참여하여 원자력 발전의 친환경성과 안전성 홍보에 주력하였으며, UAE에 이은 원전 수출 활성화 기반 조성을 위해 아부다비 신재생에너지박람회, 한-멕시코 ICT로드쇼, 상해세계박람회(EXPO), 세계에너지총회(WEC) 등 다수의 국제전시회에 참가하여 우리나라의 우수한 원전 건설·운영능력 및 APR1400의 우수성을 적극 홍보하였다.

(자) 홍보관 전시시설 확충

2010년 4월 월성원자력본부 홍보관을 준공함으로써 4개 원자력본부 홍보관 개선타업을 완료하였다. 또한 2011년 1월 양수발전소 통합에 따라, 2011년 말 준공 목표로 양수발전소 홍보관에 대한 회사 CI(Corporate Identity) 및 노후 홍보시설 교체를 진행 중이다. 양수홍보관은 수려한 자연경관 지역에 위치하여 다수의 관광객이 방문하고 있어, 지역홍보의 거점으로서 대국민 홍보에 중요한 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

(차) 전시컨텐츠 개선 및 홍보효과 제고

이전의 홍보관 전시시설이 시각적, 청각적 매체의 일방향 정보전달 위주였다면 최근에는 발전된 IT기술을 기반으로 관람객의 참여를 극대화하는 쌍방향, 체험형 커뮤니케이션 형태로 변화하고 있다. 즉 정적인 그래픽, 모형 위주의 연출에 그치지 않고 전자매체, 레이저, 영상·음향 매체, 가상시스템 등 관람객이 직접 만져보고 찾아보는 형태의 전시시설을 추구하고 있는 추세이다. 한수원(주)은 이러한 최신 전시기법을

각종 전시회와 홍보관의 전시컨텐츠 개선에 적용해 나가고 있으며, 관람객이 원하는 정보를 흥미롭고 효과적으로 전달할 수 있다는 장점으로 인해 앞으로 전시홍보의 역할이 더욱 증가할 것으로 예상된다.



〈그림 7-2〉 대한민국녹색에너지대전 및 월성원자력본부 홍보관

(2) 지역주민 홍보

한수원(주)은 ‘지역주민과 함께하는 지역공동체 경영’을 위하여 적극적인 지역협력을 통해 잘사는 지역건설, 함께하는 공동체건설을 추구하고 있다. 이를 위해 각 원전본부별로 다양한 방법의 유대강화와 사회공헌 활동을 통해 지역주민들과 친밀감을 도모하면서 원전과의 일체감을 조성하는데 주력하고 있다.

고리원자력본부는 지역주민들에게 다양한 문화향유 기회를 제공하고 지역과의 일체감 조성을 위해 최신영화 감상회 및 콘서트를 개최하였으며, 지역 청소년들을 위한 원어민 영어강사 지원, 주니어 공학기술 교실 시행, 스승의 날 원자력 일일교사 활동, 장학금 지급 등 다양한 인재육성 프로그램을 운영하고 있다. 또한 원전 지역주민 일자리 창출을 위한 건설전문기술훈련원 운영, 철마한우 축제, 기장멸치 축제 등 지역

경제 활성화에 기여하고 있으며, 홍보관 지역주민결혼식 지원, 기장군 이동효드림센터 운영, 연말 불우이웃을 위한 김장담그기, 사람의 집짓기 봉사활동 등 다양한 지역사회 공헌활동을 적극 추진하고 있다.

영광원자력본부는 옥당골어르신 행복만들기 사업(밭 맛사지, 기초건강검진 등) 추진, 독거어르신을 위한 도시락 배달(주1회 32세대), 이동식 가옥 설치 등 26건의 저소득가정 주택환경개선을 위한 ‘러브하우스’ 활동, 독거노인 평생결연 후원활동(82명), 1부서 1자매마을 결연활동(74개 마을), 영광·고창군 관내 30여개 복지시설과 장애인 단체에서 봉사활동을 펼치며 지속적으로 후원하고 있다. 또한 취업취약계층의 일자리 창출을 위해 지역아동센터에 학습교사(11명) 및 관련 프로그램을 지원하고 이주여성 12명에게도 일자리를 제공함으로써 지역 내 다문화 가정에도 큰 역할을 하였다. 아울러, 지역인재 육성을 위한 원어민 영어강사지원, 주니어 공학교실, 꿈나무 육성 장학결연 사업 등 다양한 장학 프로그램을 운영하고 있다. 특히 지역사회 일체감 조성을 위한 ‘법성포 단오가요제’, ‘영광 해변가요제’ 등 지역의 대표 행사를 적극 지원함으로써 지역주민들로부터 큰 호응을 얻고 있으며, 발전소 인근의 가마미 해수욕장에 약 한 달간 이동홍보센터를 운영함으로써 하계 피서객에게 편의를 제공하고 더불어 지역주민 소득 증대에 기여하고 있다. 이러한 여러 가지 지역사회 공헌활동을 통해 원전과 지역민과의 일체감 형성 및 지역사회 발전에 공헌하고 있다.

월성원자력본부는 원전운영의 안전성 홍보를 위해 실시간 원전정보 제공의 SMS 운영과 지역소식지 ‘양지’ 발간, 사내외 홈페이지 운영을

실시하고 있다. 기업이미지 개선을 위한 지역 언론홍보 시행과 지역경제 기여도를 알리기 위해 지역특화작물시설 지원 등을 홍보하고 있으며, 주변지역과 1팀1마을 결연활동 및 주민화합을 위한 월드컵 공동응원전 등 화합경영 실현과 일체감 조성을 위한 노력을 경주하고 있다. 또한 지역주민을 위한 문화행사의 일환으로 다양한 지역주민 초청 음악회, 월성 키즈오케스트라 등 지역문화 인프라 조성에 대한 홍보도 병행하고 있으며 차세대 교육프로그램으로 원어민교사 지원, 영어마을캠프 및 방과후 교실 운영, 장학금 지급 등 지역사회공헌활동에 대한 홍보도 실시하고 있다. 신라천년고도의 지역적 특성을 살려서 국립경주박물관과 ‘역사문화와 과학기술의 만남사업’을 추진하여 박물관내 원자력홍보영상관(신라인과 불)을 설치하였으며, 지역출신 문학인을 기념한 ‘동리목월문학상’을 제정·운영도 큰 호응을 얻고 있다.

울진원자력본부는 발전소 주변 지역주민을 대상으로 발전소 현장체험, 지역문화행사, 학생대상 원전홍보 등 적극적인 홍보를 통해 홍보대상인원 목표 6,634명 보다 약 34% 높은 8,880명을 달성하였다. 목표치 초과 달성으로 바이럴(viral) 마케팅 효과가 크게 나타나 지역주민과 원전의 비전과 브랜드를 공유하였다. 울진본부는 자매마을 주민 및 본부·협력사 직원, 주변 군부대 등을 대상으로 초청견학을 118회 시행하였으며, 지역문화행사에서 최신영화 상영, 지역주민을 위한 신년음악회 등을 공연하였다. 학생대상 원전홍보는 초등학생을 대상으로 실시하였다. 따라서, 홍보 전시관 방문객 수는 총 152,686명으로 2010년 목표치 15만명을 초과하였다.

이와 같이 원전은 지역사회와 함께한다는 공감대 형성에 주력하고 있으며, 앞으로도 더욱 지역주민에 대한 홍보를 강화하여 지역공존의식을 높여나갈 계획이다.

나. 한국원자력문화재단

한국원자력문화재단 기획행정실장 권혁만

사상 최초의 ‘해외 원전수출’이라는 쾌거가 원자력에 대한 국민들의 인식을 호전시킨 것으로 나타났다. 아랍에미리트(UAE) 원전수주(’09. 12.27) 이후 국민의 원자력에 대한 인식이 한층 더 긍정적으로 변화했다. 국민 10명중 9명(88.4%)이 ‘원자력발전이 필요하다’라고 응답하였으며, 특히 거주지 부근 원전건설 찬성의견은 31%로 UAE 원전수주 이전에 비해 4.4% 상승하였다.

〈표 7-1〉 UAE 원전수주 전후 원자력에 대한 인식 비교

지 표	UAE 원전 수주 전(前) (’09년 12월, 800명대상, 한국리서치)	UAE 원전 수주 후(後) (’10년 1월 800명대상, 한국리서치)	상승율
원자력발전 필요성	82.5	93.0	↑ 10.5
원전 안전성	63.1	71.1	↑ 8.0
방폐물 관리 안전성	47.6	54.7	↑ 7.1
원전 증설 찬성	55.8	63.6	↑ 7.8
원전 거주지 수용	26.6	31.0	↑ 4.4

한국원자력문화재단은 아랍에미리트(UAE) 원전수주 이후 더욱 치열해진 원전수출 경쟁상황을 고려하여 ‘원전수출 지원·홍보’업무를

정관에 주요사업으로 추가하였다. 효율적인 업무추진을 위해 국제협력실을 신설하였으며, 전문인력 확보를 통해 원전수출 지원을 위한 체제를 정비하고, 본격적인 ‘원전수출 지원·홍보’ 업무를 시행하였다.

또한 2010년에는 재단의 대표브랜드 사업인 차세대 원자력 이해교육사업을 전국권으로 확대하였다. 그 결과, '10년도 차세대 원자력인식조사에서는 ‘원자력의 안전성’에 대한 인식이 4%p 증가하였으며 특히 대학생들이 자발적으로 원자력을 이해하는 기회를 제공하는 『에너지 동아리』 및 『에너지카라반』 사업의 참여 후의 원자력이해도는 최대 36.7%p 향상되었다. 이밖에도 정부의 에너지 정책을 뒷받침하고 안정적인 전력수급에 기여하기 위한 언론기획보도 680회 시행, 수준높은 다큐, 교양프로그램 7건 제작·방영 등의 국민신뢰 구축을 위한 사업을 전개하였다.

(1) UAE 원전수주를 계기로 원전수출 지원·홍보 시행(신규)

◆ 말레이시아에 「대한민국 원전홍보관」 설치·운영 (신규)

말레이시아에 대한민국 원전의 우수성을 알리고 원전도입 예정국민 말레이시아 국민의 원자력수용성 제고를 위해 『대한민국 원전홍보관』을 운영하였다. 『대한민국 원전홍보관』은 ‘녹색성장을 이끌어가는 원자력’ (Nuclear Energy -Leading the Way to Green Future)을 주제로 저탄소 녹색성장을 위한 원자력의 필요성과 우리나라 원전 운영현황에 대한 정확한 정보를 제공하기 위한 홍보패널과 APR1400 원전 등의 모형물로 구성하였다. 또한 말레이시아 인사들에게 영문 홍보브로셔 등 홍보간행물 3종을 각 1천부씩 배포하였으며 원전에 대한 국민수용성 제

고를 위한 방안을 동영상으로 소개하는 기회도 마련하였다.



〈그림 7-3〉 “대한민국 원전홍보관”을 시찰하고 있는 이명박 대통령과 말레이시아 정부 각료

◆ 말레이시아 원전도입을 위한 「한-말 원자력에너지 포럼」 개최 (신규)

『한-말레이시아 원자력에너지 포럼』(‘10.9.29, 서울 J.W.매리어트 호텔)은 '09년 11월 말레이시아에서 개최된 데 이어 두 번째로 열리는 행사로서 ‘원자력의 미래를 위한 파트너십’이라는 주제로 양국 정부 및 원자력 관계자 100여명이 참석하였다.

포럼에서 양국은 원자력에 대한 국민수용성 확보방안, 원자력 인력양성 방안, 원자력 기술 자립화방안 등 공통 관심사항에 대해 발표하고 토론함으로써, 한국과 말레이시아 양국의 원자력에 대한 협력을 공고히 하는데 크게 이바지하였다.

◆ 국제원자력기구(IAEA)와 업무협력협정(MOU) 체결 (신규)

우리나라 원전기술의 우수성을 해외에 적극적으로 홍보하기 위해서는 네트워크 확보를 통한 기반구축이 선행되어야 한다. 이를 위해 '10년 2월에 한국원자력문화재단 이재환 이사장이 IAEA를 방문하여 유리 소콜로프 사무차장과 상호협력하기로 하고, IAEA와의 공동사업 추진을

위해 7월 27일 오스트리아 빈 IAEA 본부에서 『원자력의 평화적 이용에 대한 국민이해 및 수용에 관한 협력, 증진을 위한 업무협력협정(MOU)』을 체결하였다. '11년도 10월에는 IAEA와 공동으로 개최하는 국민수용성 워크숍이 서울에서 열릴 예정이다.



〈그림 7-4〉 IAEA와 한국원자력 문화재단 MOU 체결



〈그림 7-5〉 한-말레이시아 원자력에너지 포럼

◆ 세계 원자력계 주요인사 초청 등 활발한 국제협력 활동 전개 (신규)
원자력 르네상스를 맞이하여 가장 시급한 문제로 대두되고 있는 원자력 인력양성을 논의하기 위해 『프랑스 원자력 인재양성학교장 초청강연회』를 개최하였다. (10.9.9, 그랜드인터컨티넨탈 호텔) 초청연사는 프랑스 국립원자력과학기술학교 튀르뽕(Dr, Laurent Turpin) 교장이며, 원자력을 비롯한 과학기술계 주요인사 100여명이 참석하여 오랜 기간 원자력 인재양성을 위해 노력해 온 프랑스의 사례발표를 듣고 한국의 나아갈 방향을 논의하였다.

또한 WNA(세계원자력협회) 사무총장과 ‘한국 및 세계 원자력 산업의 전망과 원자력 전문인력 양성’을 주제로 대담하였으며, OECD/IEA 수석이코노미스트인 파티흐 비롤박사와 두 차례에 걸쳐 ‘기후변화 시

대의 에너지문제와 원자력의 역할' 과 원자력에너지 분야의 협력방안에 대해 논의하였다. 이밖에도 태국 외무부 대표단이 재단에 방문하여 원전수용성을 높이기 위한 홍보방안에 대해 조언해 주었으며, 원자력 PA를 주제로 하는 국제 원자력회의에 참여하여 활발한 교류활동을 전개하였다.

매년 프랑스 원자력청과 교대로 개최하는 『한-불 원자력홍보세미나』는 2010년 2월 19일 프랑스 원자력청에서 개최되었다. 이번 8차 세미나에는 재단, 한국원자력연구원, 한국원자력안전기술원, 한국수력원자력, 방사성폐기물관리공단과 프랑스 원자력청, 아레바, 프랑스원자력에너지협회, 프랑스방폐물 관리청, 방사선방호 및 원자력안전연구원의 원자력홍보 담당자가 참석한 가운데 개최되었다.



〈그림 7-6〉 프랑스 원자력인재양성
학교장 초청강연회



〈그림 7-7〉 제8차 한-불 원자력홍보세미나

(2) 원자력 이해도가 현저히 낮은 차세대 대상 원자력 이해교육사업 시행

◆ 『제2회 원자력탐구 올림피아드』 전국 초등학생 대상으로 확대 개최
원자력에 대해 자유 주제를 선정하여 탐구보고서를 작성하고 발표하

는 과정에서 원자력을 이해하도록 하는 『원자력탐구올림피아드』는 '09년 시범사업으로 개최, 학생과 학부모의 호응도가 높아 전국권으로 확대 개최하였다. 이번 『원자력탐구올림피아드』는 한달 동안 공모한 총 650편중에 1차 심사를 통과한 66편의 출품작에 대해 탐구보드 발표 및 인터뷰를 거쳐 최종 수상자 80명을 선발하였다.

한편, 2011년 9월에는 WNA 소속의 WNU(세계원자력대학)과 공동으로 원전도입국 또는 확대 국가의 대학생을 대상으로 하는 『국제원자력올림피아드』를 개최한다.



〈그림 7-8〉 원자력탐구올림피아드 최종심사

◆ 대학생들에게 자발적으로 원자력을 이해하는 기회를 제공

한국원자력문화재단이 2010년 9월, 한국리서치에 의뢰한 대학생의 원자력인식 조사결과, 대학생의 80%가 “정부나 원전관련 기관들이 원자력 발전에 대한 정보를 국민들에게 충분히 제공하지 않았다”라고 판단하고 있으며, 84.2%는 “학교에서 배웠던 원자력 관련 교육이 부족하다”라고 느끼고 있는 것으로 나타났다. 재단은 대학생들의 인식을 전환하기 위해 2009년부터 『대학생 에너지카라반』 사업을 실시해오고 있

다. 『대학생 에너지카라반』은 1박2일 동안 원자력발전소 및 에너지 시설 현장을 체험하고, 원자력 관련 주제를 선정해 분임토의를 거쳐 해결 방안을 수렴하고 발표하는 프로그램으로 구성되었으며, 총 18개 대학의 822명 대학생들이 참가하였다.

이 행사에 참가한 후 원자력에 더 많은 관심을 갖고 이해하려는 학생들을 중심으로 자신들이 소속된 15개 대학에 16개의 『에너지동아리』를 개설하였다. 이들은 ‘원자력 찬반토론회’를 개최하거나, ‘원자력 논문’을 작성해 발표하는 등 대학 내에서 원자력 이해기반을 조성하는 데 크게 기여하고 있다.



〈그림 7-9〉 원자력 찬반토론회



〈그림 7-10〉 전국 대학생동아리 발대식('10.4.2.)

◆ 원자력 일일교사제 및 원자력 강사파견교육 확대시행

원자력 일일교사제는 전국 초·중·고교에 원자력 유관기관 직원, 이 재환 이사장을 비롯한 재단 전 임직원 등 원자력계 전문가가 직접 찾아가 원자력 강의와 퀴즈풀이, 방사선 측정 체험활동을 하는 차세대 원자력 이해교육 사업의 대표사업이다. 2010년에는 총 764명의 원자력계 전문가를 일일교사로 파견하여 110,100명의 학생들을 대상으로 원자력

교육을 실시하였으며, 1997년 이후 누적 수강학생은 36만명에 이른다.

원자력 강사과건교육은 신청학교 및 단체를 대상으로 원자력 전공 교수 및 전문가를 파견하는 사업으로 2010년에는 총 96회를 시행하여 21,371명이 수강하였다. 이재환 이사장은 ‘저탄소 녹색성장의 중심, 원자력의 역할’을 주제로 특별강연을 시행하여 9,432명이 수강하였으며, 강의 내용을 동영상 강의로 제작, 재단 홈페이지에 개설하여 누구나 손쉽게 원자력에 대해 알 수 있도록 하였다.



〈그림 7-11〉 원자력일일교사(도림초, '10. 9. 9)

◆ 차세대를 위한 에듀컬처형 문화행사 개최

한국원자력문화재단은 차세대들이 원자력에 대해 친근함을 느낄 수 있도록 체험교육과 문화행사를 결합한 다채로운 에듀컬처형 행사를 기획·시행하고 있다. 2008년부터 시행하여 3회째 개최한 『2010 행복한 원자력페스티벌』은 '10년 10월 8~9일 양일간 과천 서울대공원에서 ‘원전수출산업관’을 비롯한 원자력 유관기관 전시존, 원전모형 만들기 등 가족들이 함께 체험하고 배울 수 있는 프로그램을 운영하였다.



〈그림 7-12〉 원전수출산업관 개관식



〈그림 7-13〉 행복한 원자력 페스티벌

2001년부터 시작된 『원자력 뮤지컬 순회공연』은 2010년까지 총 228,479명의 유치원생 및 초등학생들이 관람하였다. 원자력 뮤지컬은 아이들이 음악과 춤을 통해 원자력에 대해 친근하게 느낄 수 있는 공연으로, 2010년에는 ‘도깨비나라의 원자력방망이’를 공연하여 원자력과 타에너지원의 장·단점을 연출하였다.

또한 『원자력공모전』을 1992년부터 꾸준히 개최하여 총 95,400편이 응모하였으며, 2010년에는 초등학생도 참여할 수 있도록 공모부문을 확대하고 시상을 늘려 전년대비 응모편수가 140% 증가하였다. 수상자에게는 지식경제부 장관상 및 교육과학기술부 장관상과 재단 이사장상을 수여하였으며, 수상자 및 가족들에게 원전견학 기회를 제공하여 원자력에 대한 이해를 도왔다.



〈그림 7-14〉 원자력뮤지컬



〈그림 7-15〉 제19회 원자력공모전 시상식

◆ 교과서 원자력 관련부분 수정·보완 및 전국 초등학교에 원자력 만화 배포

공교육 현장에서 원자력 및 에너지에 대한 정확하고 객관적인 정보를 제공하기 위해 원자력에 대해 잘못 수록된 부분은 바로잡고, 원자력 내용이 수록되지 않은 대부분의 교과서에는 원자력 단원을 개발하여 교육과학기술부에 개정을 요청하는 수정·보완작업을 꾸준히 시행하고 있다. 2010년까지 총 819건의 수정·보완사항을 개발하여 요청하였다.

한편, 2009년부터 지속적으로 초등학생의 원자력 이해도를 높이기 위해 원자력 교육용 만화 ‘원자력이 녹색성장을 이끌어요’를 제작하여 전국 초등학교 5,800여개 학교에 17만 6천권을 기증하였다. 원자력 만화는 친환경에너지 원자력, 우리 생활에 다양하게 이용되는 방사선, 한국형 원전수출 등의 내용을 재미있게 설명하고 있으며, 2011년에는 ‘둘리’ 캐릭터를 활용한 원자력만화를 국문 및 영문으로 발간할 예정이다.

◆ 교원직무연수 및 15개 시·도교육청과 ‘원자력이해나눔사업’ 공동 개최

서울시교육청으로부터 ‘원자력교육 연수기관’으로 지정받은 원자력 문화재단은 교사들이 원자력에 대한 올바른 이해를 통해 교육과정에서 차세대들에게 원자력 이해교육을 시행할 수 있도록 매년 교원 직무연수를 개최하고 있다. 2010년에는 총 9회를 개최하여, 교사 1,412명이 수료하였다.

2009년부터는 경북, 부산 등 전국 15개 시·도교육청과 공동으로 중·고등학생 및 교사가 참여하는 『원자력 이해나눔사업』을 활발하게 전개하여 2010년까지 총 40만여명이 참여하였다. 이 사업은 원자력 테마기행, 원자력골든벨 등 맞춤형 프로그램으로 운영하여 교육청 및 학생들의 호응도가 높은 사업으로, 지속적으로 시행할 예정이다.



〈그림 7-16〉 원자력이해나눔사업
(경남교육청)



〈그림 7-17〉 교원직무연수
(8.29, 여성프라자)

◆ 에너지 체험전시시설 운영

차세대에 대한 다양한 사업과 함께 재단에서는 도심형 종합에너지체험관 『행복한』을 사옥 1,2층에 운영 중이다. 에너지체험관 『행복한』은 원

자력에너지를 비롯한 에너지 전반에 대해 차세대가 종합적으로 체험할 수 있도록 체험형 전시물로 이루어져 있으며, 원전 모형 등을 직접 만들어 봄으로써 에너지와 과학의 원리를 배울 수 있는 ‘에너지교실’을 운영하여 2010년까지의 누적 관람객이 13만명을 넘어섰다. 또한 상대적으로 체험교육의 기회가 적은 중·소도시 과학관에 체험형 원자력 전시물을 순회 전시하는 「찾아가는 에너지 체험전」을 운영하여 '10년도에는 총 5개 과학관에서 104,205명이 관람하였다. 또한 서울과학축전, 전남과학축전 등에 참여하여 총 72만여명의 차세대에게 원자력에 대한 이해를 높였다.



〈그림 7-18〉
찾아가는 에너지체험전



〈그림 7-19〉
에너지없는 세상체험



〈그림 7-20〉
서울과학축전

(3) 원자력 현안홍보 강화로 국민신뢰구축 노력

◆ 원자력현안 언론기획보도 및 방송·교양프로그램 제작·참여 강화
원자력 현안에 대한 올바른 정보를 제공하기 위해 방송 및 인쇄매체를 통한 언론기획보도를 총 680회 시행하였다. 중앙지 및 지하철무가지에 원자력 기획기사가 91회 보도되었으며, UAE 원전수출 이후 이재환 이사장에게 인터뷰 요청이 급증하여 『KBS 1TV 기획특집, 한국형원전 세계로』 등 62회의 인터뷰 및 칼럼기고를 하였다. 뿐만 아니라 재단의

원자력홍보 활동이 527회 보도되어 국민들이 원자력을 보다 자주 접할 수 있도록 홍보하였다.

2010년에는 수준높은 다큐와 교양프로그램 7건을 제작·방영하였다. 매주 금요일에 방영되는 『SBS 뉴스와 생활경제』 프로그램에 참여하여 오전 시간대에 주부를 대상으로 생활 친화적인 소재를 통해 원자력을 쉽게 이해할 수 있도록 ‘에너지&라이프’ 코너를 방영하였다. 방영 내용으로는 ‘범죄 단서 잡는 추적자, 원자력’, ‘암세포 노화측정으로 치료효과 높인다’ 등으로 총 26회 방영하였다.



〈그림 7-21〉 SBS ‘뉴스와 생활경제’ 방영분

『EBS 다큐프라임』에 참여하여 원자력 다큐멘터리 ‘원자력, 공존을 꿈꾸다’ 2부작을 제작·방영하였다. 12월 6~7일 양일간 방영된 이 프로그램은 교육적 효과가 높은 EBS의 간판 프로그램으로서, 방송 직후에는 신규원전 유치 신청지역인 삼척시로부터 요청을 받고 교육용자료로 제공하였다.



〈그림 7-22〉 재단이 제작한 EBS 다큐프라임 ‘원자력, 공존을 꿈꾸다’ 방영분

이 밖에도 YTN, SBS CNBC 등 해외로 송출되는 방송채널과 원자력 특집방송을 제작·방영하였으며, 언론인들의 취재를 지원하여 『SBS 8시뉴스』를 통해 프랑스, 스웨덴 등의 원자력 정책 및 운영 현황에 대한 정확한 정보를 제공하였다.



〈그림 7-23〉 SBS 8시뉴스 방영분

◆ 여성단체 및 사회단체, 여성지 독자 대상 ‘원자력에너지기행’ 시행

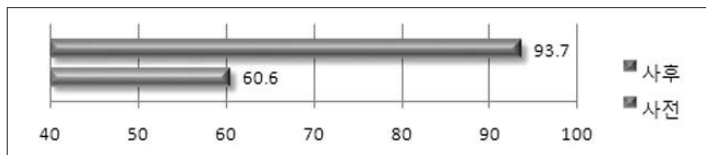
2010년에는 남성에 비해 원자력 이해도가 상대적으로 낮은 여성을 대상으로 하는 원자력 이해교육을 위해 주부교실 등 전달효과가 큰 여성단체를 대상으로 녹색 소비 실천교육과 『원자력발전소 시찰교육』을 시행하였다. 여성단체 및 사회단체 5,778명을 대상으로 총 153회 시찰교육을 시행하였으며, '10년도 원자력발전소 시찰교육 시행전후 이해도 변화 조사('10년도 시찰사업 참가자 대상, 와이즈리서치) 결과, 참여 전 60.6%에서 참여 후 93.7%로 이해도가 33%p가 향상되는 것으로 나타났다.



또한 여성잡지 독자를 대상으로 원자

〈그림 7-24〉 여성잡지 게재기사

력 에너지기행 계획을 사전에 고지하고, 신청자를 추첨하여 총 53가족을 대상으로 『1박2일 원자력에너지 기행』을 시행하였다. 부모와 아이로 구성된 기행단의 체험내용과 참여소감은 ‘여성중앙’, ‘여성조선’, ‘리빙센스’ 잡지의 취재기사로 게재하여 전국의 다중이용시설의 독자들에게 생생하게 전달하였다.



〈그림 7-25〉 '10년도 원자력발전소 시찰교육 시행 전후 이해도 변화

◆ 원자력을 소재로 『스토리텔링 공모전』 개최

한국원자력문화재단은 원자력계 전·현직 종사자와 일반인을 대상으로 재미있는 원자력이야기, 생활 속의 원자력이야기, 체험사례, 원자력 관련 가상 이야기를 공모하는 『스토리텔링 공모전』을 개최하였다. 이 공모전은 원자력 콘텐츠 발굴을 통해 원자력문화를 증진시키기 위한 것으로 총 216편이 응모하여 3차에 걸친 심사를 통해 21명의 수상자를 선정하였다. 영예의 대상은 송명재 한국동위원소협회 연구위원의 ‘우리 속의 방사선’이 차지



〈그림 7-26〉 원자력 스토리텔링 공모전 시상식

하였으며, 재단은 이번 공모전을 통해 개발된 스토리를 활용하여 원자력을 홍보할 예정이다.

◆ 디지털 커뮤니케이션 활성화, 원자력문화교양지 확대 배포를 통한 정보제공 강화

원자력 및 에너지를 주제로 하는 블로그『에너지플래닛』을 운영하며 원자력 웹툰, UCC 등 원자력 정보를 알기 쉬운 형태로 제공하여 51만명이상이 방문하였다. 2010년에는 트위터를 활용하여 시의성 있는 이슈와 연계한 원자력 홍보로 2천여명의 네트워크를 확보하였다. 2011년에는 SNS (Social Network Service)를 본격적으로 원자력 홍보에 활용하고 재단 홈페이지의 주요내용을 QR코드로 변환하여 원자력문화교양지 등에 활용하고 있다. 6월 30일 서울 힐튼호텔에서 열린 「제10회 대한민국 디지털 경영대상」 시상식에서는 인터넷과 방송매체를 중심으로 원자력 콘텐츠 개발·보급에 대한 노력을 인정받아 ‘디지털 콘텐츠분야’ 대상(지경부 장관상)을 수상한바 있다.



〈그림 7-27〉
온라인 게임 개발



〈그림 7-28〉 어린이 대상 정보제공



〈그림 7-29〉 수상을 축하하는
서상기 국회의원(右)과 정만기
지경부 정보통신사업정책관(左)

격월로 발간되는 원자력문화교양지 『원자력문화』는 총 6회, 16만부를 제작·배포하였으며 전국 초·중등학교 및 도서관, 은행 등의 다중이용시설에 배포를 확대하여 보다 많은 국민들에게 원자력 정보를 제공하였다. 특히 금년에는 원전수출 관련 내용을 강화하여 일반인들의 궁금증을 해소하였다.



〈그림 7-30〉 격월간지 원자력문화 표지

2011년 3월, 후쿠시마 원전 사고 이후 전 세계적으로 원전 안전성에 대한 우려가 높아짐에 따라 향후 원자력에 대한 상대적으로 낮아진 국민이해 수준을 회복하기 위한 노력이 절실하다. 이에 따라 우리 재단은 원전 안전성을 비롯한 원자력의 필요성 등 현실적인 대체에너지인 원자력에 대한 국민이해 제고 노력을 보다 체계적이고 적극적으로 추진할 계획이다.

제3절 원자력에 대한 국민인식

한국원자력문화재단 기획행정실장 권혁만

우리나라 국민이 원자력에 대해 가지고 있는 인식을 살펴보기 위한 조사가 2010년 11월 1일부터 26일까지 실시되었다. 한국원자력문화재단이 여론조사 전문기관인 한국리서치에 의뢰해 실시한 이번 조사는 2010년 주민등록인구 통계를 기준으로 성·연령·지역별(3Way) 인구비례로 표본을 할당한 후 무작위 추출하여 선정한 1,532명을 대상으로 1:1 대인면접조사 방식으로 진행하였다. 이 조사의 표본오차는 95% 신뢰수준에서 $\pm 2.5\%$ 였다.

조사결과에 따르면, 우리나라 국민의 89.4%가 ‘원자력발전이 필요하다’고 공감하고 있는 것으로 나타났다. 원자력 발전에 대한 필요성 인식은 지난 해 83.7%에서 5.7% 높아졌다. 원자력발전이 필요하다는 응답이 90%대에 근접하여 국민 대다수가 원자력 발전의 필요성에 공감하고 있는 것으로 나타났다. 특히 남자와 여자의 인식에 있어 작년 10.2% 차이가 났던 것에 비해 올해는 0.9%로 원자력발전 필요성에 대한 여성의 인식이 크게 향상된 것으로 파악된다.

다음으로 원자력에 대한 중요한 인식 항목인 안전성에 대한 것이다. 원자력에 대한 인식을 ‘무지→인지→이해→신뢰’ 등 단계적으로 파악했을 때, 안전성에 대한 단계는 원자력에 대해 일정수준 이해가 가능했을 때 의견을 피력하는 단계이다. 2010년 말 현재 원자력발전소의 안전성에 대해 ‘안전하다’는 인식이 53.3%, ‘안전하지 않다’는 인식이

41.4%로 나타났다. 이 결과는 전년에 비해 ‘안전하다’는 인식이 7.8% 하락하였고, ‘안전하지 않다’는 인식이 11.8% 증가하여, 국내 원자력발전소의 안전에 대한 신뢰가 전반적으로 하락한 것으로 파악된다. 안전하지 않다고 생각하는 가장 큰 이유를 물어본 결과, ‘발전과정에서 나온 폐기물이 안전하지 않아서’라는 응답이 41.3%로 가장 높았고, ‘예상외의 사고가 날 수 있어서’가 34.7%로 그 뒤를 이었다. 반면, 기술부족이나 고장 등을 이유로 든 응답은 매우 낮았다. 원자력발전소에 있어 폐기물 문제는 원자력발전소가 증가할수록 더욱 문제가 커질 수 있다는 점에서 이에 대한 인식 개선을 위한 적극적 홍보가 요구된다.

다만 안전성에 대한 인식은 다른 원자력 인식 항목에 비해 유동성이 매우 크다. 특히 조사시점을 전후한 사회적 환경여건이 큰 영향을 미치기 때문에 그 시점에서 과거로나 또는 앞으로 시간적인 간격이 벌어질수록 여론조사 수치로서의 이용에 주의를 기울여야 한다. 과거 원자력 발전소와 전혀 관계가 없는 공공시설이나 대형시설물에서 안전사고가 자주 일어났을 때 원자력발전소의 안전 여부와는 관계없이 안전성 인식이 동반하여 하락하는 것을 볼 수 있기 때문이다.

방사성폐기물 관리에 대해서는 원자력발전소 안전성보다 부정적인 것이 일반적이다. 원자력발전의 부산물이라는 인식과 함께 인간의 수명보다 훨씬 장기간에 걸쳐 관리가 필요하다는 생각은 결국 방사성폐기물 관리 안전성에 대해 부정적인 시각을 갖도록 영향을 주기 때문이다. ‘방사성폐기물 관리가 안전하다’는 인식은 전년의 59.6%에서 올해 53.1%로 낮아졌는데 그렇게 생각하는 가장 큰 이유를 물어본 결과, 언론에서

들어서(28.4%), 관리시스템 미흡(25.0%), 방폐물 특성상 안전해지는데 오래 걸려서(23.5%), 기술부족(21.5%) 이라고 응답하였다. 이는 얼마 전 경주 방폐장 건설 과정에서 이슈가 되었던 지반 안전성 문제가 방폐물 관리에 대한 안전성 인식에 부정적인 영향을 미친 것으로 파악된다. 따라서 언론을 통한 긍정적 인식 형성을 위해 더 한층의 노력이 필요하다.

다음으로 원자력발전소 증감에 대한 여론이다. 2010년도 조사에서는 원전추가건설 찬성이 45.9%, 현수준 유지가 43.0%, 감소가 9.3%로 나타나, 국민 10명 중 9명 정도가 ‘원자력발전소를 늘리거나 최소한 현재 수준을 유지해야한다’라고 의견을 보이는 것으로 파악할 수 있다. 하지만 원전 신규 건설 문제가 현실적인 정책으로 대두되었을 때 가장 의미 있는 여론은 원전지역 및 원전 예상입지 주민으로부터 나오는 것이므로 이번 조사결과만을 가지고 원전 확장정책의 근거로 삼기에는 조심스러움이 있다.

다음으로 거주지 원전 수용도를 살펴보면, ‘내가 사는 지역에 원전 건설은 찬성한다’는 의견이 27.5%, ‘반대한다’는 의견이 60.2%, ‘투자규모를 보고 결정한다는 태도유보층이 10.2%로, ‘찬성한다’는 의견이 전년 대비 0.6%p 상승하긴 했으나 여전히 거주지 원자력발전소의 수용이 낮은 것으로 파악됐다. 거주지에 원전 건설을 반대하는 사람을 대상으로 그렇게 생각하는 가장 큰 이유를 물어본 결과, ‘건강 때문에’라는 응답이 45.4%로 가장 높았고, ‘방사능 유출 위험’이 40.2%로 그 뒤를 이었다. 반면, ‘재산가치 하락’이 9.1%, ‘다른 주민들의 반대의견’이

4.0%로 낮은 편이었다. 따라서 국민들에게 원자력발전소가 주변환경이나 주민의 건강에 아무 영향을 미치지 않으며, 방사선이나 방사성물질의 유출위험이 전혀 없음을 보다 적극적으로 홍보하는 것이 중요하다. 원자력에 대한 신뢰를 보여주는 원전 거주지 수용은 1993년 14%에서 상향되긴 했지만 여전히 국민 10명 중 6명 정도는 ‘내가 살고 있는 지역에 원자력발전소 건설을 반대한다’는 님비(NIMBY) 현상의 전형적인 모습을 보여주고 있는 것이다.

마지막으로 거주지 방사성폐기물 처분장 수용도를 살펴보면, 국민의 19.8%는 본인이 거주하는 지역에 방사성 폐기물 처분장이 건설될 경우 찬성할 것이라고 응답하였다. 찬성한다는 응답은 전년 대비 0.6%p 상승하였다. 본인이 사는 곳에 방사성 폐기물 처분장이 건설되는 것에 반대한다고 응답한 사람들에게 그렇게 생각하는 가장 큰 이유를 물어본 결과, ‘건강 때문에’ 라는 응답이 42.7%로 가장 높았고, ‘방사능 유출 위험’이 42.2%로 그 뒤를 이었다. 반면, ‘재산가치 하락’이 9.5%, ‘다른 주민들의 반대의견’이 5.2%로 낮았다.

또한 2009년 12월 27일에 아랍에미리트(UAE)로 원자력발전소를 수출한 것이 우리나라 국익에 도움을 주었다고 생각하는지 묻는 질문에 국민의 73.7%는 우리 국익에 도움을 주었다고 생각하고 있었다. 반면, 우리 국익에 도움이 되지 않았다는 응답은 16.3%에 그쳐, 우리 국민 대부분은 UAE 원전수출의 효과에 대해 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다. 이와 함께, 환경 및 에너지 문제 해결을 위한 원자력발전의 효용성에 관한 질문에는 ‘원자력발전이 국가경쟁력을 제고시킨다’에 동의

비율이 81.8%, ‘수입의존도를 낮춰준다’가 77.8%로 나타났다.

〈표 7-2〉 원자력 국민인식 변화

연 도		'95	'97	'00	'02	'05	'06	'07	'08	'09	'10
원자력발전 필요성		85.5	83.1	84.4	83.9	95.4	86.8	82.8	89.8	83.7	89.4
원전 안전성		30.5	38.6	33.6	37.6	70.6	46.0	51.4	58.3	61.1	53.3
방폐물관리 안전성		22.8	26.3	23.4	41.5	53.7	41.3	53.4	64.6	59.6	53.1
원전 건설	신규 증설	55.5	59.1	48.3	39.2	64.9	52.0	43.6	41.4	50.6	45.9
	현상 유지	27.1	28.2	34.0	48.5	28.1	28.5	38.2	51.2	39.7	43.0
거주지수용도		12.4	22.1	10.9	16.2	50.5	22.3	27.4	23.7	26.9	27.5
조사 회사	방법	면접	면접	면접	면접	전화	면접	면접	면접	면접	면접
	모집단	만18세 ↑	만18세 ↑	만18세 ↑	만18세 ↑	만20세 ↑	만20세 ↑	만20세 ↑	만20세 ↑	만19세 ↑	만19세 ↑
	크기	1,525명	1,524명	1,500명	1,007명	1,542명	1,548명	1,548명	1,500명	1,500명	1,542명
	표본오차	95%±2.5%	95%±2.5%	95%±2.2%	95%±3.1%	95%±2.5%	95%±2.5%	95%±2.5%	95%±2.5%	95%±2.5%	95%±2.5%
	기간	95.10	97.10	00.11	02.12	05.12	06.12	07.12	08.12	09.10	10.11
	회사	갤럽	갤럽	TNS	R&R	갤럽	한국	R&R	R&R	미디어	한국

제4절 해외 여론동향

한국원자력문화재단 기획행정실장 권혁만

1. 미국

2년 연속으로, 미국인의 70% 이상이 원자력에너지 이용에 찬성하는 것으로 나타났다. 미국원자력협회(NEI)가 주관해 2011년 2월 10일에서 13일 시행된 가장 최근의 국가차원의 조사는 미국 성인남녀 1천명을

대상으로 전화조사로 이루어 졌으며, 오차범위는 $\pm 3\%$ 이다. 이 조사에서 미 국민들은 전기 공급을 위한 방안의 하나로 원자력을 이용하는 것에 71%가 찬성하였으며 26%가 반대하는 것으로 답했다. 적극 찬성하는 사람이 31% 적극 반대하는 사람이 9%로 적극찬성이 적극반대의 3배 정도 더 많았다. 2010년 조사에서는 74%가 원자력에 대해 찬성하였으며 2년 연속으로 미국인의 70%이상이 원자력에너지 이용에 찬성하는 것으로 나타났다

계속운전허가와 신규원전

2011년 2월 조사에서는 원자력에 대한 다양한 의견에 관련된 추이설문을 통해 현재 운전 중인 원전에 대한 계속운전허가와 신규원전에 대한 대다수의 지지를 알게 되었다. 88%가 연방정부의 안전기준을 충족하는 원전의 계속운전허가에 동의했으며, 80%는 향후 10년 동안에 필요시 신규원자력발전소가 건설될 수 있어야 한다고 생각했다. 그리고 66%는 향후 반드시 더 많은 원자력 발전소를 지어야 한다고 대답했다.

기존부지의 신규원자로 수용성

응답자의 76%가 만일 새로운 발전소가 필요하다면, 이미 가동중인 가장 가까운 원자력 발전소 부지에 새 원자로를 찾을 마련할 것이라고 응답했다. 이 조사에서는 동북부 79%, 중서부 74%, 남부 76%, 서부의 76%가 근접지역에의 신규원자로에 대해 수용한다고 답하는, 전지역에 걸쳐 주목할만한 의견의 일치를 보였다. 미국에서 현재 진행중이거나

또는 고려중인 신규원자로의 대다수는 기존 발전소 부지에 있다.

안전성

원전의 안전성에 대한 대중의 의견은 지난 10년 동안 변화해왔다. 1984년 35%와 비교해보면 가장 최근조사에서는 67%가 원전의 안전성을 높이 평가했다. 또한 78%는 현재 원자력 발전소가 안전하다는 것에 동의했다.

사용후핵연료

58%가 사용후핵연료봉이 원전에서 안전하게 저장가능하다고 생각하는 반면 80%는 영구처분시설이 갖춰질 때 까지는 원전부지와 떨어진 안전한 저장시설에 저장해야 한다고 응답했다.

온실가스 제한, 용자보증제공

오늘날 일자리와 경제가 가장 큰 관심사임에도 불구하고, 미국인은 여전히 환경보호에 중점을 두는 것으로 보여진다. 89%가 온실가스 배출을 제한하는 한편, 우리가 필요한 전력을 생산하기 위해 원자력, 수소, 그리고 재생가능에너지를 포함한 모든 저탄소에너지원을 이용해야 한다는데 동의했다. 79%는 투자의 활성화에 많은 힘을 기울이고 미국의 경쟁력 유지를 위해 연방정부가 태양, 풍력, 진보설계된 원전 건설 또는 온실가스를 줄이는 다른 에너지 기술을 위한 용자지원보증을 제공해야 한다는데 동의하였다.

의식

미국원자력협회(NEI) 조사는 또한 대중과 여덟가지 이점과의 연관성을 찾아냈다. 최근 몇 년간 원자력에 대한 지지증가는 이들 핵심이점에 대한 의식 때문일 것이다. 핵심이점의 대다수가 어느 정도는 원자력과 모두 연관성이 있다. 첫 번째는 신뢰성(52%)으로 원자력을 신뢰성과 “상당히” 연상지었다. 그 뒤를 이어 경제성(46%), 효율성(44%), 대기오염 개선(43%), 그리고 에너지자립(42%), 상대적으로 소수가 원자력을 “상당히” 경제성장과 연관된(39%), 일자리창출(38%), 그리고 기후변화에 대한 해결책(25%)이라고 의식하였다.

이점과의 연관성은 미디어상의 원자력관련 정보가 상당수의 대중에 접해진다는 사실에 공헌하기도 한다. 특히 66%가 외국의 오일에 대한 미국의 의존성을 감소시키기 위한 원자력의 이용에 대해 작년 한해 동안 들어봤으며, 56%는 더 많은 원전건설에 대한 필요성에 대해 들어본 적이 있다고 응답하였다.

논평(의견)

현재의 조사 결과와 핵심 추이 설문에 대한 극적인 추세는 원자력에 대한 대중의 의견은 변화한다는 사회적인 통념이 사실임을 보여주었다. 2011년 2월 조사는 오바마 대통령의 원자력의 필요성에 대해 두 번째로 언급한 국정연설 직후에 시행되었다. 조사는 북아프리카와 중동의 소동과 유가급등 이전에 실시되었다. 석유매장이 풍부한 지역에서의 소동과 유가급등은 원자력에너지에 대한 대중들의 관심을 한층 증폭시켰다.

2. 프랑스

프랑스의 국영전력회사인 EDF가 여론조사기관인 티엔에스 소프레스사(TNS Sofres)에 의뢰해 3월 11일 일본지진 후인 3월 15일~16일 진행된 조사에서 대부분의 프랑스국민들은 전력의 75.6%를 담당하고 있는 원자력을 지속하기를 원하는 것으로 나타났다. 1000명의 응답자 중 55%는 프랑스의 녹색당이 제안한 원자력 감소 제안에 반대하며, 42%는 찬성한다고 답했다. 좌파성향인 녹색당 레베르는 원자력감소정책에 대한 국민투표를 제안하였고, 사회당은 원자력에너지 확대프로그램을 중지할 것을 주장하였다. 녹색당 레베르의 수장인 Cecile Duflot은 동일하게 티엔에스 소프레스사(TNS Sofres)에서 실시한 반대 결과를 보여주는 두 번째 여론조사를 결과를 발표할 것이라고 말했다. 조사는 아직 일반에게 공개되지 않았다. 10명중 7명은 후쿠시마와 같은 사고가 프랑스에서도 일어날 수 있다고 말했으며 62%는 프랑스에서 58개의 원자로를 운영하며 원자력사고의 위험을 막기위해 노력하는 EDF를 신뢰한다고 말하였다.

원자력에 대한 프랑스의 신뢰는 1970년대 오일쇼크 후 프랑스의 에너지독립을 부양시키기 위한 거대한 원자력프로그램을 시작하기로 결정한 때부터 흔들림없었다. 프랑스는 1986년 체르노빌사고 이후 원자력부양정책을 추진해 나가고 있는 유일한 나라이다. 프랑스 국민들은 방사성폐기물 처리문제가 논쟁의 중심에 있는 상황에도 불구하고 유럽 평균 대비 낮은 발전단가와, 사실상 이산화탄소를 배출하지 않는 에너지라는 것을 이유로 대다수가 원자력에 대해 우호적이다.

3. 영국

원자력산업과 관련 Ipsos MORI's 최근조사에서 원자력산업에 대한 호의적 성향이 40%까지 상승하였고 17%만이 비호의적 성향을 나타내었다. 이번 조사는 영국전역의 16세 이상 성인남녀 1,980명을 대상으로 2010년 11월 5일~14일 대면면접조사로 이루어졌으며 2010년 11월 30일 발표되었다. 남성은 물론 여성들도 최초조사였던 1998년 조사 대비 원자력산업에 대한 우호적인 것으로 보인다. 동시에 원전의 대체 신규건설에 대한 지지가 47%까지 상승한 반면 반대는 19%로 고정적이었다. 10명 중 7명은 “영국은 원자력과 재생가능에너지원을 포함한 신뢰할 수 있는 전력공급 확보를 위한 에너지원의 믹스가 필요하다”에 동의하였다. 원자력산업에 대해서는 매우/대개 호의적이 40%, 매우/대개 비호의적이 17%였으며, 전체적으로 전년(2009년)대비 호의적이 +7%, 비호의적이 -3%였다. 남성은 각각 +11%, -3%였으며, 여성은 +4%, -4%였다.

원자력에너지에 대한 친근감은 20%로 2008년 수준으로 돌아갔으며, 남자들이 여전히 원자력산업에 대해 잘 알고 있다고 생각하고 있는 것으로 나타났다.

원자력에너지의 이점들에 대해서는 가격경쟁력(20%), 발전과정에서 이산화탄소 미발생, 기후변화 대처에 유용(19%), 전력의 안정적공급 확보/에너지자립(19%), 환경에의 전반적인 영향/청정재(18%), 소량의 폐기물 생산(7%), 이미 현존하는 증명된 기술(5%), 화석연료의 적은 사용/천연자원(1%), 전력의 무한정공급 제공(1%), 청정 에너지

(1%), 기타(1%), 없음(7%), 모름/무응답(25%) 으로 답했다.

원자력에너지의 단점에 대해서는 핵폐기물의 장기처리(37%), 사고의 위험(29%), 방사선/오염 위험(22%), 환경에의 일반적인 영향(10%), 잠재적인 테러리스트 타겟(7%), 고비용(7%), 불쾌한/흉물스러운/시각적 편의상실(3%), 대중의견/대중인식(2%), 기타(1%), 모름(19%) 으로 답하였다.

전력 공급원으로서 원자력에너지의 단점을 묻는 질문에는 남성의 45%와 여성의 30%가 방사성폐기물처리라고 답하였다. 또한 향후 몇 년간 단계적으로 폐기될 원전을 대체할 신규원전건설에 대한 의견은 지지가 47% 반대가 19%로 나타났다. 모든 연령대에서 대체로 신규건설을 지지하였고 특히 남성들의 경우 신규 건설에 대한 지지가 최고 수준에 이르렀다. 신규건설에 반대한 이유로는 원자력의 위험성과 방사성폐기물처리를 라고 응답했다.

영국민들의 원자력에 대한 인식도는 2009년까지 33~35%를 유지하였으나, 2010년 조사 결과에서는 40%대로 진입하여, 원자력은 공급의 안정성을 유지하기 위해 화석연료를 대체할 청정대체재로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 또한 원자력을 포함한 에너지원 믹스의 필요에 대한 지지도가 증가하고 있는 추세이다.

제2장 원전 주변지역 지원사업

한국수력원자력(주) 홍보실 대외협력팀장 심재훈

제1절 개 요

국내 발전량의 34%를 차지하고 있는 원전에 대한 국민들의 인식은 매우 높아졌으나, 원전시설이 개인에 직접적으로 관련될 경우 여전히 부정적으로 인식하는 경향이 있다. 한수원(주)은 원전에 대한 대국민 홍보와 발전소 주변지역에 대한 지원사업의 효율적인 추진을 통해 전력 산업에 대한 국민의 이해를 증진함으로써 전원(電源)개발을 촉진하여 국가경제 발전에 기여하고 있다. 발전소의 원활한 운영을 도모하고 지역발전에 기여할 목적으로 제정된 『발전소 주변지역지원에 관한 법률』(이하 ‘발주법’)에 근거하여 원전이 들어서는 지역을 대상으로 각종 지원사업을 본격적으로 시행하고 있다.

1989년 발주법 제정 이후 2010년까지 전력산업기반기금에 의해 고리, 영광, 월성, 울진 4개 원전 주변지역에 약 9,424억원 규모의 지원사업을 시행하였다. 특히 2006년에는 발주법 개정을 통해 기본지원사업 규모를 대폭 확대('05년 167억, '06년 421억, '07년 453억, '08년 498억, '09년 476억, '10년 543억)하였으며, 기금지원사업과 별도로 원자력·수력발전사업자인 한수원(주) 자체자금으로 기본지원사업과 동일 규모의 지원사업을 시행할 수 있도록 사업자지원사업 제도를 새로이 도입하였다.

이러한 직접적인 지원사업 외에도 2006년부터 지역개발세('06년 720억, '07년 712억, '08년 753억, '09년 740억, '10년 743억)를 납부하고 있으며, 신규원전 건설 및 기존 가동원전 운영을 통해 지역주민 고용창출, 지역업체 공사발주, 지방세 납부 등 원전 주변지역 발전에 크게 기여하고 있다. 또한 한수원(주)은 발전소가 위치한 지역사회의 발전에 적극적으로 기여하고, 회사도 아울러 발전하는 공존·공영을 실현, 이를 통해 한수원 '2020 중장기 전략경영계획'에서 제시한 고객관점 전략목표인 원전수용성 제고(71%)를 위해 「지역공동체경영」을 중점 추진하고 있다. 그 일환으로 1부서 1자매마을 갖기 운동을 벌여 250개에 달하는 자매마을과의 유대강화 노력을 기울이고 있으며, 한수원(주) 직원들의 자발적인 사회봉사활동을 회사차원에서 체계적이고 효과적인 봉사활동으로 이끌어내기 위해 『韓水原 社會奉仕團』을 창단하여 본격적인 지역사회 봉사활동에 적극 나서고 있다.

1. 지역발전 기여

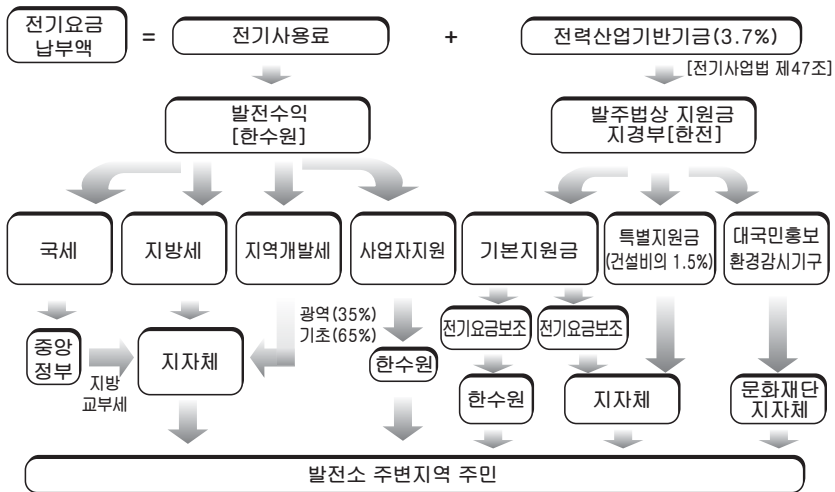
2005년 7월 발주법 개정을 통해 2010년에는 782억원 규모의 기금지원사업(특별지원사업비 포함)을 시행하였으며, 이와 별도로 사업자 자체자금으로 기본지원사업과 동일한 규모의 사업자지원사업(543억)을 시행하여 총 1,298억원 규모의 지역지원사업을 시행하였다. 또한 지역 지원사업 외에 원전 지역개발세 743억원을 납부하였다 <표 7-3>.

〈표 7-3〉 2010년도 지원 및 납부 금액

(단위 : 억원)

구 분	지원실적	비 고
기금지원사업	782	'06년 대폭 인상
사업자지원사업	543	'06년 신설
지역개발세	743	'06년 신설
합 계	2,068	

※ 기금지원사업 : 기본지원사업, 특별지원사업, 홍보사업, 기타사업 등



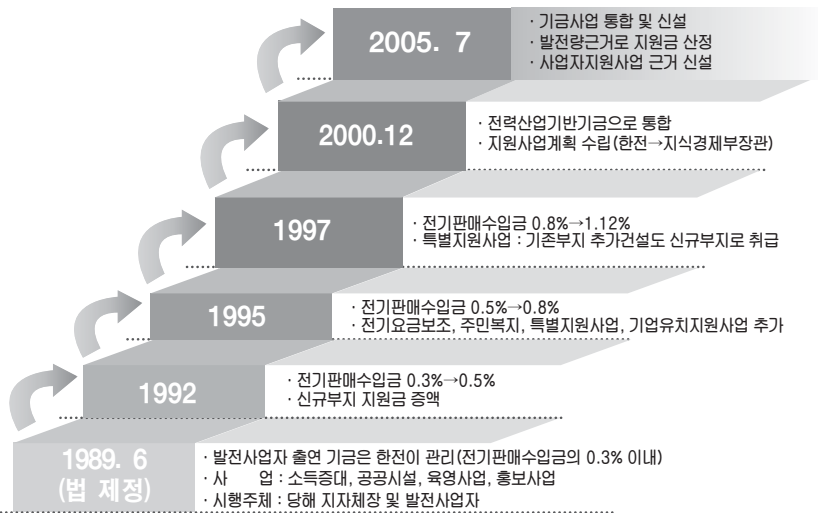
〈그림 7-31〉 지원금 및 지방세 흐름도

2. 지역지원사업 관련 발주법 개정(제5차, '05. 7)

가. 기금지원사업 관련 개정내용

발전소 건설종료 및 가동기간이 지날수록 지원금이 감소하는 지원방식의 불합리를 해소하고 선택과 집중에 의한 효율적 지원사업 추진을

위하여, 2005년 7월 대대적으로 발주법을 개정하였다. 이로 인해 2006년도부터 지역지원사업 중 기본지원사업비의 산정방식을 발전소의 발전량 기준으로 변경하여 지원사업 규모를 개정 전 대비 약 2.5배로 대폭 확대하였다. 또한 공공시설사업, 소득증대사업, 육영사업으로 구분되었던 기본지원사업에 기업유치지원사업, 주민복지지원사업, 전기요금보조사업을 통합하고, 사회복지사업을 신설하였다. 원전 육영사업의 시행주체는 발전사업자에서 지자체로 변경되었다. 개정된 기금지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체, 세부내용은 <표 7-4>, <표 7-5>와 같다.



〈그림 7-32〉 발주법 개정연혁

〈표 7-4〉 기금 지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체

사업종류		대상지역	시행기간	시행주체
기본지원사업	소득증대사업	○주변지역 ○지원금의 50% 이내 범위 내에서 주변지역외의 지역에 시행가능	○발전소의 건설기간 및 가동기간 ○산자부장관이 전원 개발사업 추진을 위해 필요하다고 인정하는 때에는 건설 준비기간에도 시행 가능	지자체장 (단, '05년 이전 육영사업은 발전사업자 시행)
	공공시설사업			
	육영사업			
	사회복지사업			
	주민복지지원사업			
	기업유치지원사업			
	전기요금보조사업			발전사업자
특별지원사업		○주변지역이 속하는 지방자치단체의 관할지역	○전원개발사업실시 계획 승인일 또는 전기설비공사계획 인가일부터 운전 개시일 전일까지 ※ 지경부장관이 인정 하는 경우 가동기간 에도 가능	지자체장 (발전사업자 와 협의하여 정하는 경우 발전사업자 시행가능)
홍보사업		○국민일반을 대상으로 시행		원자력 문화재단
기타사업		○주변지역	○건설 및 가동기간	지자체장

〈표 7-5〉 기금 기본지원사업 세부내용(시행령 별표 1)

사업구분	사업세부내용
소득증대사업	농림수산업시설 · 상공업시설 및 관광산업시설의 설치 · 운영 등 지역발전 및 주민의 소득증대를 위하여 시행하는 사업
공공시설사업	의료시설, 도로시설, 향만시설, 상하수도시설, 환경 · 위생시설, 방사능방재시설, 운동 · 오락시설 및 전기 · 통신시설 등을 건립 · 운영하는 사업
육영사업	교육기자재 지원, 학자금 · 장학금 지급 및 교육 · 문화 관련시설 건립 등 지역주민에 대한 교육을 지원하는 사업
사회복지사업	복지회관건립 등 지역주민을 위한 사회복지 관련시설 확충 및 지원프로그램 운영 사업
주민복지지원사업	지역주민의 생활안정 및 주거환경의 개선 등을 위하여 필요한 사업에 소요되는 자금 등을 지원하는 사업
기업유치지원사업	기업의 유치 및 설립 · 운영에 필요한 자금 지원 등 지역의 수익 및 고용창출을 촉진하기 위하여 시행하는 사업
전기요금보조사업	「전기사업법」 제16조의 규정에 의한 공급약관에서 정한 주택용전력 및 산업용전력에 대한 전기요금의 일정액을 보조하는 사업

나. 사업자지원사업 관련 개정내용

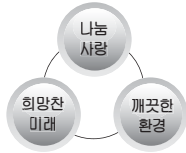
2005년 7월 제5차 발주법 개정을 통하여 2006년도부터 발전사업자(한수원)의 자체자금으로 기금사업과 동일 규모의 사업자지원사업을 시행할 수 있는 법적 근거를 마련하였다.

사업자지원사업의 도입취지는 ‘**지역이 살아야 한수원이 살고, 한수원이 성장해야 지역이 성장한다.**’는 슬로건 아래 공동체기반 강화, 지역경제 활력제고, 지역일체감 정착, 지속가능한 지역건설, 봉사활동 등의 실천프로그램을 통한 지역과 함께하는 한수원(주) 구현에 있으며, 한수

원(주)이 주민을 위한 사업을 직접 발굴, 시행하여 기업과 지역사회가 공존·공영할 수 있도록 하는 제도이다.

2010년도에는 원전주변지역에 543억원 규모의 사업자지원사업을 시행하였다. 사업자지원사업 추진방향 및 세부내용은 <표 7-6>, <표 7-7>과 같다.

<표 7-6> 사업자지원사업 추진방향 : 지역사회에 도움이 되는 실효성 있는 사업추진

○ 지역주민 참여를 통한 주민 체감형 사업추진 ↳ 인터넷, 신문 광고, 설문조사 등을 통한 주민의견 적극 수렴 ○ 지역여건 고려 및 지역자산 파악 ↳ 지역별 특성화사업 추진	<사업테마>  <삼위일체 파트너십> 
---	---

<표 7-7> 사업자지원사업 세부내용(시행령 별표 4)

사업구분	사업세부내용
교육·장학지원사업	지역우수인재 육성, 기숙사 마련, 영어마을 연수, 우수교사 유치 및 장학사업 등 교육 관련 지원사업
지역경제협력사업	지역특산물 판로지원 및 지역산업의 경쟁력 강화 지원 등 지역경제 활성화를 지원하는 사업
주변환경개선사업	바다정화, 도로정비 및 주거환경 개선 등 지역의 생활환경을 쾌적하게 조성하는 사업
지역복지사업	복지시설 지원, 육아시설 건립·운영, 체육시설 마련 및 마을버스 운영 지원 등 지역주민의 생활여건을 개선하는 사업
지역문화진흥사업	문화행사 및 문화시설 건립 지원 등 지역주민이 문화생활을 즐길 수 있는 환경을 조성하는 사업
그 밖의 사업자지원사업	지역홍보 등 지역특성을 살리고 주민복지증진, 지역현안 해결 및 지역 이미지 제고 등을 위한 사업, 사업자지원사업의 계획 및 운영과 관련한 부대사업

제2절 2010년도 주요사업 실적

1. 기금지원사업

2005년 발주법 개정을 통해 지원금을 발전량 기준으로 산정하게 됨에 따라 지원규모가 대폭 확대되어 2010년도에는 공공시설, 소득증대, 육영사업 등 기본지원사업과 기타사업에 총 782억원을 지원하였다. 기본지원사업 중 전기요금보조사업은 2006년 2월 시행요령 개정을 통해 원자력발전소 시설용량에 따라 1,000MW미만~7,000MW이상까지 8단계로 구분하여 주택용은 100kWh~170kWh까지의 해당요금과 산업용은 계약전력 200kW까지 kW당 1,500원~2,900원까지 전기요금을 보조할 수 있도록 보조금 단가를 인상하여, 지역주민의 실질소득 증대 및 기업유치에 기여할 수 있도록 하였다.

〈표 7-8〉 2010년도 기금지원사업 지원실적

(단위 : 억원)

사 업 종 류		금액	비 고
기 본 지 원 사 업	소득증대사업	70	마을공동창고 건립, 농가형 저온창고 설치, 승용이양기 구입, 농수로포장공사 등
	공공시설사업	292	정보화추진사업, 마을회관 신축 및 보수, 상수도 시설공사 등
	육영사업	111	방과 후 교실 지원, 원어민강사 지원, 인조잔디운동장 조성, 도서·기자재 지원, 학자금·장학금 지원, 특기적성교육지원 등
	사회복지사업	7	-
	주민복지지원사업	-	-
	기업유치지원사업	-	-
	전기요금보조사업	63	주택용, 산업용 전기요금 보조
	소 계	543	-
특별지원사업		212	-
기타사업		27	-
합 계		782	-

〈표 7-9〉 연도별 기금지원사업 지원금액

(단위 : 억원)

연도 사업소	'90~'05	'06	'07	'08	'09	'10	합 계
고 리	1,919	519	130	172	161	162	3,063
영 광	1,272	112	125	127	119	119	1,874
월 성	1,372	96	104	104	98	96	1,870
울 진	1,394	126	122	121	476	378	2,617
합 계	5,957	853	481	524	854	755	9,424

주) 원지력문화재단 출연금 제외, 발전소주변지역지원사업 결산서 교부금액 기준

특별지원사업은 발전소 건설을 촉진시키기 위하여 지자체의 장이 사업을 선정하여 시행하며, 대상지역은 주변지역이 속하는 지방자치단체의 관할지역이다. 특별지원사업비는 건설비에서 부지구입비를 공제한 금액의 1.5% (자율유치지역 및 다수호기 지역은 0.5% 가산 지원)로 대규모 숙원사업을 해결하기 위해 지원하고 있다.

〈표 7-10〉 연도별 특별지원사업비 지원금액

(단위: 억원)

발전소	한도 금액	교 부 금 액									
		'96~'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	합계
신고리 #1,2	704	197	-	13	96	398	-	-	-	-	704
신고리 #3,4	1,147	410	-	737	-	-	-	-	-	-	1,147
영광 #5,6	556	555	1	-	-	-	-	-	-	-	556
월성 #2~4	156	123	33	-	-	-	-	-	-	-	156
신월성 #1,2	697	-	697	-	-	-	-	-	-	-	697
울진 #3~6	648	647	-	-	-	-	1	-	-	-	648
신울진 #1,2	1,245	-	-	-	-	-	-	-	355	212	567
합 계	5,153	1,932	731	750	96	398	1	-	355	212	4,475

2. 사업자지원사업

2006년도부터 신설된 사업자지원사업 제도에 따라 기금지원사업과 별도의 사업자 자체자금으로 원전지역에 2006년 420억원, 2007년도 458억원, 2008년도 543억원, 2009년도 476억원, '10년 543억 등 총 2,440억원을 지원하였다. 원전별 사업자지원사업계획 수립을 위하여 인터넷, 신문 광고, 설문조사 등을 통해 지역주민, 지역사회단체·기관

등 지역민들의 의견을 적극 수렴하였다. 또한 지역여건 및 지역의 유·무형 자산파악, 철저한 사업타당성 조사 분석을 통하여 지역별 특성화 사업을 선정하였으며, 지역사회와의 협의를 바탕으로 선택과 집중을 통해 체감 가능한 규모 있는 사업을 추진하였다. 지원실적은 <표 7-11>, <표 7-12>와 같다.

〈표 7-11〉 사업자지원사업 지원실적

(단위 : 억원)

구분 사업소	지원금						특성화 분야	주요 특성화 사업
	'06	'07	'08	'09	'10	합계		
고리	102	125	209	152	162	750	교육·장학사업	지역 우수인재 육성사업 등
영광	104	119	119	114	119	575	지역경제협력사업	성산·계마리 선진화 사업 등
월성	96	98	98	94	96	482	스포츠·문화사업	경주국제마라톤, 동리문학상 등
울진	118	116	117	116	166	633	관광문화 진흥사업	울진 뮤직팜 페스티벌 등
합계	420	458	543	476	543	2,440	-	-

〈표 7-12〉 2010년도 사업자지원사업 사업종류별 지원실적

(단위 : 억원)

사업소	교육장학	지역경제	환경개선	지역복지	문화진흥	기타	합계
고리	39	39	22	38	16	8	162
영광	20	28	21	19	23	8	119
월성	13	25	9	12	28	9	96
울진	24	74	6	15	34	13	166
합계	96	166	58	84	101	38	543

제3절 2011년도 지원사업 추진계획

1. 기금지원사업

2011년도에는 원전 주변지역 지원사업으로 공공시설, 소득증대, 육영사업 등 7개의 기본지원사업과 특별지원사업에 총 635억원을 지원할 계획이다.

2006년까지 발전사업자가 대상고객에게 전기요금보조금을 직접 지급하는 방식으로 시행되었던 전기요금보조사업은 한국전력과의 협약 체결을 통해 2008년부터 대상고객의 전기요금고지서에서 보조금액이 자동감면 되는 방식으로 시행되었다. 이로 인해 별도 신청절차 없이 발전소 주변지역 거주하는 주민들 모두가 전기요금보조금을 지원받을 수 있도록 지역민의 편의를 도모하였다.

〈표 7-13〉 2011년도 기금지원사업 계획

(단위: 억원)

사업종류		금액	비고
기본지원사업	소득증대사업	545	- 고리본부: 160 - 영광본부: 121 - 월성본부: 87 - 울진본부: 177
	공공시설사업		
	육영사업		
	사회복지사업		
	주민복지지원사업		
	기업유치지원사업		
	전기요금보조사업		
특별지원사업 등		90	신울진 1·2호기
합계		635	

2. 사업자지원사업

2011년도 원전주변지역에 지원하는 사업자지원사업의 규모는 545억원이다. 원전본부 지역주민들의 다양한 의견을 수렴하여 충분한 타당성 검토 절차를 거쳐 지역의 특성화 사업을 발굴하고 기금지원사업과의 시너지효과를 통하여 지역과 함께 발전하는 기업으로 자리매김 하고자 한다.

〈표 7-14〉 2011년도 사업자지원사업 계획

(단위 : 억원)

사업소	지원규모	비고
고리본부	160	• 교육·장학지원사업 • 지역경제협력사업 • 주변 환경 개선사업 • 지역복지사업 • 지역문화진흥사업 • 그 밖의 사업자 지원사업
영광본부	121	
월성본부	87	
울진본부	177	
합계	545	

제3장 지역과의 일체감 형성을 위한 노력

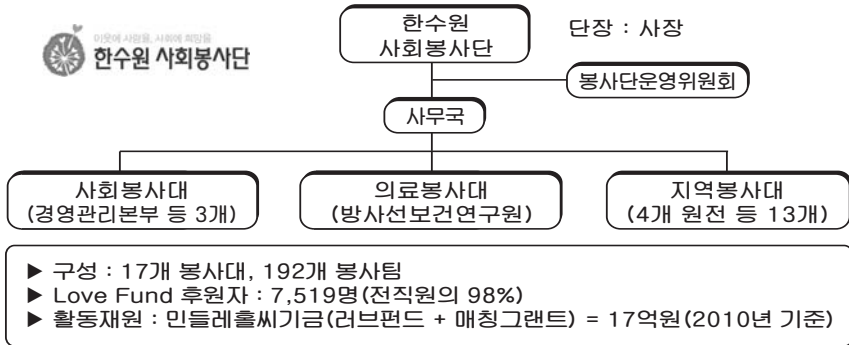
한국수력원자력(주) 홍보실 대외협력팀장 심재훈

제1절 봉사활동 추진현황

한수원(주)은 2004년 6월 사회봉사대, 의료봉사대, 지역봉사대 등 13개의 단위 봉사대로 구성된 ‘한수원 사회봉사단’을 창단하여 기업의 사회적 책임과 『지역 공동체경영』을 적극 구현하는 한편 사회공헌활동을 직원들의 자원봉사와 연계, 기업문화 차원으로 승화시킴으로써 기업과 지역사회의 상생모델을 정립하기 위해 노력하고 있다.

‘봉사단 사무국’은 전문기관의 자문과 각 단위 봉사대를 연계하여 자원봉사활동의 전략적 틀을 마련하고, 본사 중심의 ‘사회봉사대’는 수도권 및 도심지역, 그리고 발전사업장 중심의 ‘지역봉사대’는 발전소 주변지역에서 집중적으로 활동하고 있다. 또한 방사선보건연구원의 전문 의료진을 주축으로 구성된 ‘의료봉사대’는 의료혜택이 낙후된 원전 및 수력발전소 주변 농어촌 지역을 대상으로 광범위한 무료진료를 지속적으로 실시해오고 있다. <그림 7-32>, <그림 7-33>, <그림 7-34>, <표 7-15> 참조

또한 봉사활동의 활성화를 위하여 ‘희망찬 미래’, ‘나눔 사랑’ 그리고 ‘깨끗한 환경’이란 전사적 봉사테마를 선정하여 봉사활동의 목적과 방향을 더욱 선명하게 할뿐만 아니라 ‘자원봉사주간’을 지정·운영하는 등 임직원들의 자원봉사활동을 적극 권장하고 있다.

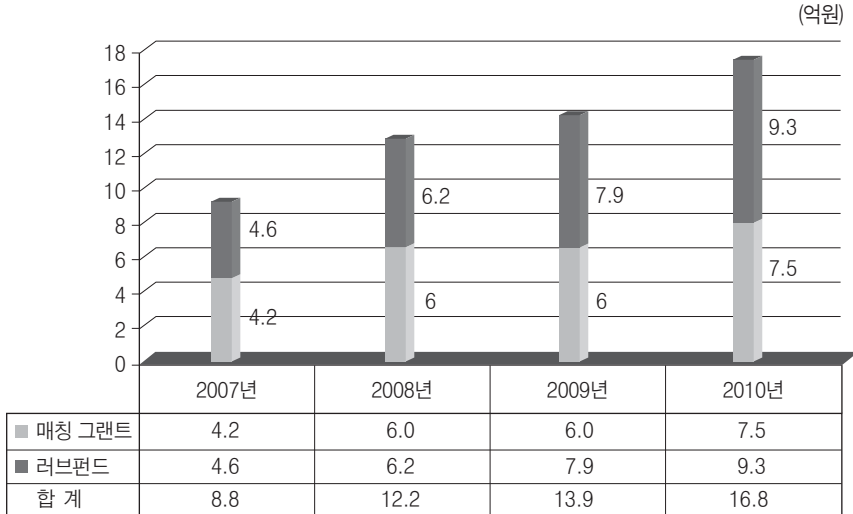


〈그림 7-33〉 한수원 사회봉사단 조직

- 만성 신부전증 환우 희망 나들이 지원('09.12~'10.10)
 - 수혜인원 및 소요비용 : 연간 60명 / 2,000만원
 - 내용 : 투석전문 무료종합휴양시설 제주 라파의 집 나들이(6박 7일) 격일로 투석과 관광을 번갈아 실시
 - 협약단체 : (재)사랑의장기기증운동본부(나들이 주관·시행)
- 공군출신 국가유공자 집 고쳐주기 사업 후원('10.8)
 - 내용 : 상이·노령 국가유공자의 주택 대규모 가옥구조 개선
 - 협력기관 : 공군본부, 보훈복지의료공단
 - 후원금 : 3,000만원
- 지역아동센터와 결연을 통한 사랑의 울타리 사업 시행
 - 내용 : 빈곤층 아동에 계층의 사다리를 올라갈수 있는 기회제공
 - 추진사항 : 각 사업소별로 지역아동센터 결연, 후원
- 추석맞이 노사합동 봉사활동('10.9)
- 지경부 - 한수원 합동 봉사활동('10.12)
 - 내용 : 김장담그기, 연탄배달, 지역아동센터 방문 등
 - 대상 : 4개 원전본부주변지역 어려운 이웃
- KBS-대한적십자사 공동 모금 캠페인 참여('10.12)
 - 프로그램명 : '희망2011, 나눔이 사랑입니다'
 - 후원금 : 3,000만원

- ◆ 지역사회의 지지와 신뢰를 바탕으로 원전 8기 적기 건설(준비) 중
- ◆ 국민의 기업으로서 사회적 책임 완수를 통한 원전 해외수출 초석 마련

〈그림 7-34〉 2010년 주요활동



〈그림 7-35〉 민들레흙씨기금 현황

〈표 7-15〉 봉사활동 실적 통계

활동분야	봉사활동 참여인원	봉사활동 참여시간	지원금액 (천원)	비 고
복지단체지원	3,614	14,974	236,059	
불우이웃돕기 (장애인, 독거노인, 청소년 등)	8,926	26,490	483,559	
의료봉사	360	1,762	423	
문화예술, 행사지원	131	1,062	24,330	
교육서비스	566	1368	27875	
자연보호, 일손돕기	8,029	18,908	266,200	
지역복지사업	2,469	10,746	369,580	
합 계	24,095	75,310	1,408,026	

제2절 국민의 기업으로서 사회적 책임 성실 수행

공공기업으로서 사회적 소임을 다하기 위하여 지역아동센터와 결연을 통한 사랑의 울타리 캠페인 시행, 사랑의 집 고쳐주기, 만성신부전증 환우들의 희망나들이 지원 등 여러 기관들과 협력을 통한 다양한 사회 공헌 활동을 전개하였다. 또한, 이러한 활동의 동력원인 봉사재원 확보를 위하여 전 직원이 참여하는 ‘LOVE FUND’ 확충에도 적극 노력한 결과 ’10.12월말 기준 1인당 연간 12만원 이상의 기부금을 모금하는 성과를 거두었다.

제3절 지역사회 일체감 행사지원 및 참여

원전주변지역 유관기관 주최 행사, 지역 시민·환경단체 주관행사, 주변지역 읍·면 지역단체 주관행사 등에 적극적으로 참여·지원하고 있다. 2010년에는 원전주변의 소외된 이웃을 위하여 다양한 활동을 전개하였으며, 각 사업소별 대표적인 행사로는 고리원전 기장군 달맞이축제, 멸치축제, 영광원전 법성포 단오제, 고창 청보리밭 축제, 월성원전 경주 벚꽃마라톤 행사, 경주시민 생활체육대회, 울진원전 뮤직팜 페스티벌, 흥부만세제, 군민건강증진 걷기대회 등이 있다.

제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과

제1절 건설기간 중 지역경제 영향

한국수력원자력(주) 건설처 건설계획팀장 김형섭

1. 고용효과

원전건설은 계획부터 준공까지 10년 이상 소요되는 대형 프로젝트로 실제 공사기간이 7년여에 이르며, 설계·제작·시공·시운전 각 분야 별로 많은 업체가 참여하고 있으며, 특히 시공단계에서는 대량의 건설 인력이 요구되는 만큼 건설 현장과 인접한 지역사회에 많은 인력의 고용창출 효과를 가져오게 된다. 또한, 한수원(주)은 원전 건설기간 중 지역건설업체 활용 및 현지 주민을 고용토록 하는 내용을 건설업체와 시 공계약시 반영하고 있다.

〈표 7-16〉 2010년도 신고리1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위: 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	계
한 수 원		10(7%)	125	135
시공업체	직 원	167(55%)	136	303
	근로자	447(59%)	336	783
소 계		624(51%)	597	1,218
기 타 업 체		4(28%)	20	24
계		628(51%)	617	1,242

〈표 7-17〉 2010년도 신월성1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위 : 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	계
한 수 원		17(9%)	171	188
시공업체	직 원	140(23%)	482	622
	근로자	757(24%)	2,383	3,140
소 계		897(24%)	2,865	3,762
기 타 업 체		1(5%)	18	19
계		1,812(23%)	5,919	7,731

〈표 7-18〉 2010년도 신고리3·4호기 건설현장 인력고용 현황

(단위 : 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	계
한 수 원		12(5%)	223	235
시공업체	직 원	178(76%)	234	412
	근로자	55(97%)	2	57
소 계		233(50%)	236	469
기 타 업 체		4,129(69%)	1,885	6,014
계		4,374(65%)	2,344	6,718

〈표 7-19〉 2010년도 신울진1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위 : 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	계
한 수 원		14(16%)	74	88
시공업체	직 원	11(11%)	89	100
	근로자	106(46%)	122	228
소 계		117(37%)	211	328
기 타 업 체		15(75%)	5	20
계		264(35%)	501	764

2. 건설자금의 유입 및 고용효과

원전건설은 약 800만명(OPR1000기준) 이상의 연인원이 투입되는 대규모 투자사업인 만큼 건설인력에게 지급되는 임금과 지역 업체의 직·간접적인 공사 참여 등으로 지역경제 활성화에 큰 기여를 하고 있다.

이러한 지역업체의 원전건설공사 직·간접적 참여에 의한 지역경제 활성화와 고용확대를 통해 지역주민의 소득증대에도 크게 기여할 것으로 보인다.

〈표 7-20〉 2010년도 지역업체 원전건설공사 참여현황

구 분	신고리 #1·2		신월성 #1·2		신고리 #3·4		신울진 #1·2	
	참여건수	규모	참여건수	규모	참여건수	규모	참여건수	규모
건설공사	58개	154억원	29개	199억원	102개	1,941억원	27개	18억원
기자재 납품	2,031개	1,192억원	1,389개	244억원	2,011개	970억원	19개	16.8억원

제2절 운영기간 중 지역경제 영향

한국수력원자력(주) 홍보실 기업홍보부장 박범수

1. 지역주민 고용창출

원자력발전소는 장기간에 걸친 건설기간 뿐만 아니라 운영기간 중에도 지역주민 고용증대에 많은 기여를 하고 있다. 원자력발전소 운영은 고도의 기술성과 전문성으로 인해 일부지역에 국한된 지역주민의 고용

만으로는 인력을 충원하는데 한계가 있으나, 지역과 함께하는 원전실현이라는 이념 하에 지역주민을 우선적으로 채용하고 있다.

특히, 한수원(주)은 지역 및 국가경제를 활성화하기 위해 신규 일자리 창출 및 청년실업자 취업기회를 확대하는 ‘2010년 원전기술인력 운영분야 양성 기본계획’을 수립·시행하였다. 한수원(주)은 이에 따라 원자력교육원, 영광, 월성, 울진 각 본부 훈련센터에 정비보조과정을 개설하였으며, 402명 교육생이 수료하고 이중 328명이 원전사업 참여업체(한전KPS, 삼삼기업)에 취업하는 등 청년일자리 창출에 기여했다.

또한, 한수원은 기능직, 별정직 등의 직종의 채용 수요가 있는 경우에는 해당 지역주민을 우선적으로 채용하고 있다. 2010년 말 4개 원전본부 근무자 총 7,858명(한전KPS 포함)중 약 18.6%인 1,462명이 주변지역 주민이다.

〈표 7-21〉 2010년 국내 원자력발전소 근무자 현황

(단위: 명)

구 분 사업소	주변지역 출신		타지역 출신		계	
	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS
고리본부	315 (17.9%)	97 (21.7%)	1,449 (82.1%)	350 (78.3%)	1,764	447
영광본부	296 (22.2%)	160 (29.2%)	1,039 (77.8%)	388 (70.8%)	1,335	548
월성본부	223 (14.8%)	44 (10.7%)	1,279 (85.2%)	368 (89.3%)	1,502	412
울진본부	257 (18.1%)	70 (16.3%)	1,164 (81.9%)	359 (83.7%)	1,421	429
계	1,091 (18.1%)	371 (20.2%)	4,931 (81.9%)	1,465 (79.8%)	6,022	1,836

※ () 내는 4개 원전본부 전체인력 중 주변지역 출신 비중

※ 주변지역 범위

- ① 고리 : 부산광역시 기장군 장안읍, 일광면, 울산시 울주군 서생면
 ② 영광 : 전남 영광군, 전북 고창군 ③ 월성 : 경북 경주시 ④ 울진 : 경북 울진군

2. 임금소득의 유입

원자력발전소 운영단계에서는 원전본부별로 약 1,800~2,200명 정도의 상시 운영인원이 근무하게 됨으로써 이들에게 지급되는 임금의 대부분은 생활비나 저축의 형태로 해당지역에 유입되고 있다.

2010년 한 해 동안 4개 원전본부 근무자의 임금으로 지불된 금액은 원전이 입지한 지역 여건으로 볼 때 지역경제에 상당한 기여를 하고 있다.

3. 지방세수 증대

지방세수 증대를 통한 재정자립도 확충은 지방자치단체의 주요 관심사가 되고 있다. 따라서 원전에서 납부하는 지방세는 해당 자치단체 전체 세수의 상당부분을 차지하고 있어 지방재정의 확충에 많은 기여를 하고 있다.

2010년 4개 원전 본부의 지방세 납부실적은 938억원으로 해당 지방단체 전체세수의 17.7% 정도인 것으로 나타나고 있다.

〈표 7-22〉 2010년 원자력발전소별 지방세 납부현황

(단위: 백만원)

사업소	한수원	한전KPS	계(A)	원전소재지 전체지방세수(B)	전체 지방세수 비율(A/B×100)
고리본부	19,316	219	19,535	185,488	10.5%
영광본부	30,500	395	30,895	61,165	50.5%
월성본부	12,256	431	12,687	243,336	5.2%
울진본부	30,389	342	30,731	39,886	77.0%
계	92,461	1,387	93,848	529,875	17.7%

4. 지역 특산물 판매 촉진

농·수산물 수입개방과 쌀 등의 소비감소 추세로 우리 농촌은 어려움에 처해 있다. 이에 지식경제부와 한수원(주)은 원전 주변지역 농·수산물 판매의 어려움을 덜어주고 지역주민과의 유대강화 및 원전의 안전성에 대한 불신을 해소하기 위하여 원전 주변지역 농·수산물 특별 구매운동을 지속적으로 추진하였다.

매년 각 원전본부별로 원전 주변지역 특산물 구매 운동을 전개함으로써 지역과의 유대강화는 물론 지역 특산물의 우수성을 간접 홍보해주는 효과도 거두고 있다.

〈표 7-23〉 2010년 원자력발전소 주변지역 특산물 구매 실적

(단위 : kg)

구 분	고 리	영 광	월 성	울 진	합 계
쌀	45,560	23,000	6,000	116,300	190,860
특산물	20,362	2,796	6,635	35	29,828
계	65,922	25,796	12,635	116,335	220,688

제8편 국제협력 및 해외동향

>>> 제1장 원자력 국제협력

>>> 제2장 해외사업 진출

>>> 제3장 원자력 해외동향

제1장 원자력 국제협력

한국수력원자력(주) 기술기획처 국제협력팀장 박종호

제1절 국제 원자력 관련기관

1. 국제원자력기구 (IAEA)

1953년 제8차 유엔총회에서 당시 아이젠하워 미국 대통령이 원자력의 평화적 이용 증진을 위한 국제원자력기구의 설립을 제안하여 1956년 유엔총회에서 국제원자력기구 헌장이 채택됨으로써 1957년 7월 유엔 산하 독립 전문기구로서 발족되었다. 2010년 말 현재 151개 회원국이 가입하고 있으며, 우리나라는 1957년 8월에 가입하였다.

국제원자력기구의 설립목적은 원자력의 평화적 이용 촉진에 있으며 원자력에 관한 제반 사업 및 지원 협력을 통해 원자력의 평화적 이용과 원자력이 군사목적에 전용되지 않도록 안전조치(Safeguards)를 적용하여 원자력 시설 및 핵물질에 대해 통제, 관리하는 데 있다.

국제원자력기구는 핵확산 방지를 위한 안전조치 업무를 우선으로 하여 최근에는 보다 포괄적이고 체계적인 안전성 확보를 위한 원자력안전 협약 제정으로 국제협력을 강화하고 있다. 또한 새로운 개념의 신형원자로 개발 등 연구개발을 위한 기술협력은 물론 기술기준 강화, 안전성 평가기법 개발·보급 및 실질적인 안전성 평가분석 지원, 국제원자력기구 내에 비상대응체제의 설치운영 등을 종합적으로 추진하고 있다.

원자력의 평화적 이용에 의한 인류공동의 번영과 복지향상을 도모하기 위하여 IAEA 회원국, 특히 개발도상국에 대한 원자력이용 기술개발, 전문 인력 양성 및 원자력전문기관 육성지원 등의 방법으로 시행되는 국제원자력기구의 기술협력 사업은 정규, 비정규 기술협력 및 연구사업 등으로 구분되며, IAEA 회원국 중 125개국에 수혜를 입고 있다. 기술협력사업의 지원수단은 전문가 초청자문, 훈련생과견, 장비지원 등이다. 공동연구 사업은 1970년대 중반부터 1980년대 초까지 가장 활발하게 진행되었다가, 최근에는 국제원자력기구의 재정현황에 따라 그 비중이 다소 줄어들었다.

IAEA 총회는 최고 의사 결정기관으로 회원국 대표자로 구성된다. 정기총회는 매년 9월에 오스트리아 비엔나에서 개최되며 이사회의 요청이나 회원국 과반수의 요청이 있을 경우 특별총회가 개최된다.

한편, 우리나라는 국제원자력기구 회원국 중 아시아 태평양 지역 국가 간 원자력 과학기술협력을 위하여 1972년 설치된 지역간협력협정(RCA)에 1974년 가입하였다. 본 협정은 1972년 발효된 이래 1977년, 1982년 두 차례 연장되었고, 1987년에는 합동 프로젝트에 대한 협력과 감독을 강화하기 위해 일부 내용을 개정하였다. 이처럼 개정된 협약은 1992년, 1997년, 2002년, 그리고 2007년에 각각 5년의 기한을 두고 4차례 연장되었다. 2007년 6월 12일부터 발효된 ‘1987 지역간협력협정 4차 연장 협정’은 2012년 6월 11까지 유효하며 5차 연장 논의가 예정되어 있다. 지역 간 협력협정에 의한 협력 사업은 주로 방사선 및 방사성 동위원소의 농업, 의학, 공업 분야 이용을 중심으로 공동연구, 훈련과정

및 세미나 개최 형태로 이루어지며 2002년에는 RCA 사무국을 대전에 설치하여 RCA 인식제고, RCA 파트너십 진흥을 위해 활발한 활동을 전개하고 있다. 2010년 말 현재 지역 간 협력협정 회원국은 극동 아시아 지역의 한국, 일본, 중국 등 총 17개국이다.

2. 경제협력개발기구/원자력기구 (OECD/NEA)

원자력기구(NEA: Nuclear Energy Agency)는 경제협력기구(OECD: Organization for Economic Cooperation and Development) 산하의 준 독립기구로 프랑스 파리에 위치하고 있다. NEA는 기구 참여국 간 협력을 통해 원자력을 안전하고, 환경 친화적이며, 경제적인 에너지 원으로 개발하기 위한 제반활동을 지원하는 것을 목적으로 하고 있다.

당초 NEA는 서유럽 국가들이 학술적·재정적 역량을 결집시켜 원자력을 개발하기 위하여 1957년 12월 유럽경제협력기구(OEEC)내 유럽원자력기구(ENEA: European Nuclear Energy Agency)로 발족시켜 운영하였다. 1972년 12월 비유럽국인 일본과 호주가 기구에 가입함으로써 원자력기구(Nuclear Energy Agency)로 명칭이 변경되었으며, 그 후 미국과 캐나다도 가입하였다. 우리나라는 OECD에 정식으로 가입하기 이전인 1993년 5월에 NEA 정회원국으로 가입하였다. 2011년 7월 현재 NEA 회원국은 다음과 같이 30개국이다. 이들 2010년 말 현재 회원국은 세계 원자력 설비용량의 약 85%를 차지하고, 각 회원국에서 생산되는 전력량의 약 1/4을 원자력을 통해 공급하고 있다. NEA는 IAEA와 긴밀하게 공조하고 있다.

〈표 8-1〉 원자력기구(NEA) 회원국 현황

지 역	원전 운영국	원전 비운영국
서유럽	영국, 프랑스, 독일, 스페인, 네덜란드, 벨기에, 스위스	이탈리아, 룩셈부르크, 덴마크, 터키, 그리스, 포르투갈, 오스트리아, 아일랜드, 아이슬란드
북유럽	스웨덴, 핀란드	노르웨이
미 주	미국, 캐나다, 멕시코	.
아시아	일본, 한국	호주
동유럽	체코, 헝가리, 슬로바키아, 슬로베니아	폴란드

NEA 회원국은 NEA에서 수집 배포하는 원자력 관련 최신 기술정보를 취득 활용할 수 있으며, 비회원국으로서는 접하기 힘든 NEA 주관 혹은 후원에 의해 이루어지는 모든 국제공동연구사업에 참여할 수 있다.

연구결과들은 대개 회원국들 간 공유가 가능하나 어떤 경우에는 해당 프로젝트 참여 회원국들만 활용할 수 있도록 제한하고 있다. NEA 회원국은 NEA에서 주관하는 폐쇄적인 핵심기술을 직접 접할 수 있으므로 이미 개발된 원자력 기술 자료의 취득은 물론, 단독으로 수행하기에는 어려움이 있는 과제를 국제공동연구과제로 개발, 해결할 수도 있다. 한편 회원국은 NEA 분담금 납부의무, 원자력의 평화적 이용 및 NEA의 결사향의 충실한 이행 등의 의무를 진다.

NEA는 중·동부유럽지역 국가와 구소련연방 국가들과도 원자력안전, 방사선방호 및 원자력법 체계와 같은 분야에서 협력하고 있다. 이들 비회원국과의 협력목적은 이들 국가의 원자력안전연구의 계획, 수립 및 집행을 지원하기 위한 것이다.

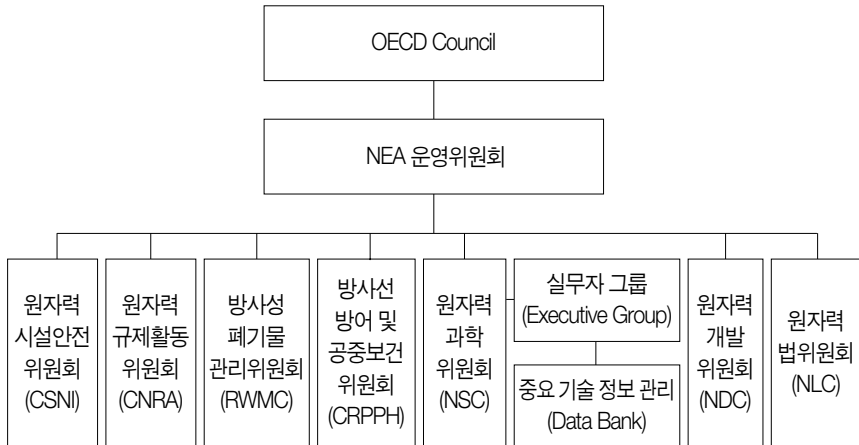
NEA는 국제협력을 통하여 회원국들이 원자력을 평화적인 목적으로 안전하고, 환경 친화적이며, 경제적으로 이용하는 데 필요한 과학적, 기술적, 법적 기반을 유지하고 개발할 수 있도록 지원하는 것을 임무로 하고 있다. 아울러 정부의 원자력정책 결정에 반영시킬 수 있도록 신뢰할 수 있는 평가결과를 제공하고 주요현안에 대한 공통의 이해를 조성하며, 에너지 분야 및 지속가능한 개발과 같은 분야에서 OECD의 정책분석 결과를 보다 널리 전파시키는 임무를 띠고 있다.

NEA는 다음과 같은 목표를 설정하고 있다.

- 회원국 간의 정보와 경험을 교류하여 국제협력을 촉진시키는 협력의 장을 제공한다.
- 역량을 갖춘 원자력센터가 됨으로써, 회원국들이 기술적 전문성을 결집하고 유지할 수 있도록 지원하며, 회원국의 원자력정책을 지원하도록 한다.
- 회원국뿐만 아니라 OECD내의 다른 조직에도 기구의 기술적 활동에 기반을 둔 원자력정책 분석결과를 제공한다.
- 원자력 공동체에서 주요 활동자(key player)가 되도록 한다.

이러한 목표들을 달성하기 위하여, 기구는 원자력안전 및 인허가, 방사성폐기물관리, 방사선방호, 원전연료주기의 경제성 및 기술성 분석, 원자력과학, 원자력법 및 손해배상, 그리고 일반 대중에 대한 정보제공과 같은 주요 현안을 취급하기 위한 프로그램을 수립·시행하고 있다.

〈표 8-2〉 NEA의 운영위원회 조직



NEA의 정책결정 기구인 운영위원회(Steering Committee for Nuclear Energy)는 회원국 정부대표로 구성되며, 연 2회 회의를 개최하고 있다. 운영위원회는 NEA의 사업계획과 예산을 심의하며, 동 사업계획 및 예산안을 OECD 이사회에 승인을 위하여 제출한다. 운영위원회는 위와 같이 회원국의 전문가들로 구성된 7개 상설기술위원회(Standing Technical Committee)를 산하에 운영하고 있으며, 사무국의 지원을 받아 사업계획을 수립하고 집행한다.

3. 미국원자력발전협회 (INPO)

1979년 미국 스리마일아일랜드(TMI) 원전 사고 후 유사 사고 발생 우려에 대한 여론 급증에 따라 원전의 안전성 및 신뢰성 확보를 위해 미국 원전 보유 전력회사들이 비영리 단체인 미국원자력발전협회(INPO)를 1979년 12월 애틀랜타에 설립하였다. 2010년 12월 현재 미국 내 전력 회사

26개, 원자로공급회사·설계용역회사 23개 및 국제 회원사 19개가 가입하고 있으며, 한국수력원자력(주)은 1983년 12월 동 협회에 가입하였다.

INPO의 주요 업무는 원자력발전소 안전운영 능력 평가, 기술지원, 교육훈련, 사건/사고 분석, 성능지표 운영 및 기술정보의 상호교환 등으로 구분되며 국제회원사의 원전 안전점검 및 특정분야 기술지원을 위하여 기술교환 방문(Technical Exchange Visit) 프로그램을 운영하고 있다.

INPO의 주요 활동 내용은 미국 내 원자력 발전소 평가를 통한 우수사례 발굴, 개선가능분야 도출 및 권고 활동과 기술 지원, 원전 운영에 관한 각종 지침서의 개발, 미국 원전 교육훈련 프로그램에 대한 평가 및 자격인증 등 원전의 안전/안정 운영에 직결되는 업무로 구성되어 있다.

그 외에 원전의 각종 사고·고장 보고서를 접수, 분석하여 재발 방지를 위한 지침서를 발간하고 INPO의 정보 전산망(Nuclear Network)을 이용하여 회원사간의 기술 정보를 교환하며, 발전소 주요 기기 및 계통에 대한 신뢰도 분석을 위한 데이터베이스를 구축하고 있다.

4. 세계원전사업자협회 (WANO)

1986년 구소련의 체르노빌 원전 사고 후 세계 원전사업자 대표들은 1987년 10월 프랑스 파리에서 개최된 회의에서 원전의 안전성 확보를 위해 민간 차원의 국제협력 기구를 설치하기로 결의한 후 1989년 5월 모스크바에서 창립총회를 개최하여 세계원전사업자협회(WANO)를 발족하였다. 현재 34개국의 회원사를 가지고 있다.

세계원전사업자협회의 설립 목적은 원전의 안전성 및 신뢰성 극대화

를 위해 세계원전사업자간 정보 교환 및 상호 협력을 도모하는 데에 있으며 4개의 지역 센터(동경, 파리, 애틀랜타, 모스크바)와 본부(런던)을 두고 있어 각 지역별로 사업을 활발히 추진하고 있다. 한국수력원자력은 협회 창립 시부터 가입하여 동경센터에 소속되어 있으며, WANO 활동에 적극적으로 참여해 왔다. 한국수력원자력(주)의 김종신 사장은 2010년 4월부터 2011년 초 현재까지 WANO 아시아지역 이사장 및 집행이사를 맡고 있다.

세계원전사업자협회의 주요 활동 사항은 원전 안전점검(Peer Review) 프로그램, 원전운영 기술지원, 기술정보 및 우수사례 상호 교환, 사고·고장정보의 신속한 교환, 원전 운영관련 지침·기준 제공, 전 세계 원전에서 발생하는 사고의 분석, 감시를 통한 사고 재발 방지, 각종 회의 및 기술교환 방문을 통한 기술정보 교류 등이며, 회원 상호간 조직적이고 기술적인 협력에 중점을 두고 있다.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)

한국수력원자력(주)은 국내원전의 안전성과 신뢰성 제고를 위하여 국내원전 원자로를 공급한 각 노형 설계자와 해외 원전운영자들로 구성된 3개의 소유자 그룹(Pressurized Water Reactor Owners Group(PWROG), CANDU Owners Group(COG), Framatome Owners Group(FROG))에 가입되어 있다.

TMI 사고 후 웨스팅하우스 설계 원전의 기술상 제반문제를 강구하고 비용 부담문제를 공동으로 대처하기 위해 WOG(Westinghouse

Owners Group)가 설립되었고, 미국 내 모든 가압경수로형 원전(WH, CE, B&W)이 WOG 회원사가 됨에 따라 WOG의 명칭을 PWROG로 변경하였다. COG는 중수로형 원전 상호간의 운전경험 및 기술정보 교환을 위하여 설립되었고, FROG는 프라마툼사가 설계 공급한 원전 상호간의 공동협력을 위하여 설립되었다.

〈표 8-3〉 해외원전 소유자그룹 현황

그룹명	설립일/가입일	회원사 현황	주요 활동분야	국내 원전
PWROG (Pressurized Water Reactor Owners Group)	'79. 6 / '80. 8	○ 미국 : 29개 회원사 ○ 해외 : 한수원(주) 등 14개 전력회사	○ WH형 및 CE형 원전 주요인허가 및 운영 현안 공동해결 ○ 각종 기술회의 및 세미나 개최	고리 #1 ~ 4 영광 #1 ~ 6 울진 #3 ~ 6
COG(CANDU Owners Group)	'84. 1 / '86. 11	○ 캐나다 : AECL, OPG 등 5개 전력회사 ○ 해외 : 한수원(주) 등 6개 전력회사	○ 정보교환 네트워크 활용 ○ 각종 기술회의 및 세미나 개최 ○ CANDU형 원전 주요 현안 공동 연구개발	월성 #1 ~ 4
FROG (Framatome Owners Group)	'91. 10 / '91. 10	○ 프랑스 : EDF, Framatome ANP ○ 해외 : 한수원(주) 등 6개 전력회사	○ 각종 기술회의 및 세미나 개최 ○ 프라마툼형 원전 주요현안 공동 연구개발	울진 #1·2

※ 2006년 3월 B&W(Babcock & Wilcox Company)원전의 WOG 가입으로 미국 내 모든 가압경수로형 원전(WH, CE, B&W)이 WOG 회원사가 됨에 따라 WOG의 명칭을 PWROG로 변경

제2절 원자력 국제협력

1. 국제원자력기구(IAEA)와의 협력

우리나라는 원자력의 평화적 이용을 위한 기술이전과 연구개발 촉진, 원자력응용 및 활용지원을 위해 IAEA와의 활발한 기술협력을 펼치고 있는데 이러한 기술협력은 안전조치(Safeguards)와 함께 주요한 사업의 하나이다. 과거에는 일방적 지원을 받는 기술원조(Technical Assistance)위주로 추진되었으나 최근에는 양방향 협력을 강조하는 기술협력(Technical Cooperation) 사업으로 추진되고 있다. IAEA와의 기술협력은 원자력기술 전문가 자문지원, 과학자 방문, 훈련생 파견 및 훈련과정 개최 등의 형식으로 추진되고 있다. 이러한 기술협력 사업의 일환으로 2009년부터 2010년까지 한국수력원자력(주)은 동유럽 정부 및 발전소 주요 인사를 초청하여 발전소운영능력 강화를 위한 워크숍을 진행하였으며, 신규 원전 도입국 정부 및 원자력기관 주요 인사를 초청하여 멘토링 프로그램을 IAEA와 공동으로 운영하였다. 2010년 10월에는 대전 핵융합연구소가 주최하고 IAEA가 주관하여 관련 분야 전문가 1200여명이 참여한 역대 최대 규모의 IAEA 핵융합 에너지 회의(IAEA Fusion Energy Conference)를 개최하기도 하였다. 또한 ‘2030년까지 세계 원자력 전망에 관한 자문회의’ 등 IAEA 해외개최 기술회의, 워크숍 및 훈련과정에 적극 참여하여 IAEA와의 협력관계를 공고히 하였다.

또한, 2007년에는 국내 원전 운영의 안전성에 대한 국제적 비교 및 객관적 평가를 위해 영광3발전소를 대상으로 원전안전성평가

(OSART)를 받아 세계 최고수준의 운영능력을 인정받았으며, 원전안전성평가팀(OSART)의 일원으로 2004년 화학분야, 2009년 방사선안전분야 해외원전 안전점검단에 전문가를 파견하기도 하였다. 이와 같은 기술 협력 외에 원자력의 평화적 이용을 증진하기 위한 핵물질 안전보장 조치에도 만전을 기하고 있다.

IAEA는 지구활동에 대한 자문과 향후 사업수행 방향에 대한 비전제시를 위하여 세계적으로 권위있는 원자력전문가들로 구성되는 사무총장 자문위원회를 운영하고 있다. 각 위원회별로 15~20명의 자문위원을 위촉하여 연 1~3회 회의를 개최하고 있는데 우리나라는 18개 자문위원회 중 16개의 자문위원회에 참여하고 있다. 2011년 초 현재 정규직으로는 30명, 파견직으로는 6명의 한국인이 근무하고 있다.

한국은 1969년 IAEA 원자력정보교환 체제인 INIS(International Nuclear Information System)에 가입하여 원자력안전, 원전연료주기기술 등 정보교환활동을 하고 있다. 우리나라는 체르노빌원전 사고 이후 국제적 차원의 안전성 확보 및 유지를 위해 1995년 채택된 “원자력 안전협약”과 2002년 채택된 “사용 후 연료 관리 및 방사성폐기물관리 안전에 관한 공동협약”을 적극 지지함을 표명하였다.

2009년 10월 한국수력원자력(주)은 IAEA와 ‘신규원전 도입국에 대한 기술지원과 원전성능 향상 등을 위한 상호 기술협력 협정’을 체결하였다. 이번 협정은 IAEA가 한국의 원전 기술력과 경험을 높이 평가해 이를 바탕으로 원전 도입을 추진 중인 IAEA 회원국의 원자력 기반구축을 돕기 위한 차원에서 시행되었다. IAEA와의 기술협력 협정을 통해 우

리나라는 앞으로 신규원전 도입국의 원자력 기반구축을 지원하는 한편 국가 간 네트워크를 형성해 해외 진출의 유리한 입지도 확보하게 되었다.

〈표 8-4〉 한국과 국제원자력기구 가입 현황

명 칭	내 용	협약 발효일	비준서 기탁일
핵무기의 비확산에 관한 조약 Treaty on the Non- Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)	- 2011년 7월 현재 92개국 서명, 189개국 발효 - 핵무기의 수평적, 수직적 확산 방지 및 평화적 이용 증진	'70. 3	'75. 4
핵사고의 조기통보에 관한 협약 Convention on Early Notification of a Nuclear Accident	- 2011년 5월 현재 69개국 서명, 110개국 발효 - 회원국에서 원자력 사고 발생시, IAEA를 통해 전 회원국에 사고 관련 정보를 통보함으로써 필요한 대응방안 구축 지원	'86.10	'90. 6
핵사고 또는 방사능 긴급 사태시 지원에 관한 협약 Convention on Assistance in the Case of Nuclear Accident or Radiological Emergency	- 2010년 3월 현재 68개국 서명, 105개국 발효 - 원자력 사고 또는 방사선 비상사태로 인해 발 생한 사고 발생국 또는 인접국의 인적·물질 피해를 신속히 복구하기 위한 기술적·재정적 지원	'87. 2	'90. 6
핵물질의 방호에 관한 협약 Convention on the Physical Protection of Nuclear Material	- 2010년 9월 현재 44개국 서명, 145개국 발효 - 핵물질의 사용, 저장, 운송 시 방호조치 권고 - 9.11 테러 이후 핵물질에 대한 테러방지 강화 를 위해 개정 논의 중	'87. 2	'82. 4

명 칭	내 용	협약 발효일	비준서 기탁일
원자력안전에 관한 협약 Convention on Nuclear Safety	- 2010년 11월 현재 65개국 서명, 74개국 발효 - 원자력발전소의 안전한 유지 및 운영에 관한 법적 의무 창설 - 매 3년마다 체약국의 원자력안전성을 검토 하는 검토회의 개최	'96.10	'95. 9
사용후핵연료 및 방사성 폐기물 관리의 안전에 관한 공동협약 Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management	- 2011년 6월 현재 42개국 서명, 60개국 발효 - 사용된 연료와 방사성폐기물에 대한 안전 기준과 사고방지체계 확립	'01. 6	'02. 9

2. 경제협력개발기구/원자력기구(OECD/NEA)와의 협력

우리나라는 1993년 NEA에 가입한 이래, 운영위원회 및 상설기술위원회 등의 참석을 통하여 우리나라의 입장을 전달하고 NEA의 활동계획을 지원하는 등 NEA와의 상호 협력을 유지하여 왔다. 운영위원회의 경우, 통상적으로 외교통상부나 교육과학기술부와 같은 관련 정부부처의 관계자가 우리나라의 위원을 맡아왔으며, 산하의 연구기관이나 산업체 등에서 이들을 기술적으로 지원하여 왔다.

상설기술위원회의 경우는 7개 위원회별로, 연구기관, 산업체, 학계 등의 관련기관에서 2-3인의 복수위원을 지정하여 위원회 회의참석 및 업무협조 등에 관한 역할을 수행하고 있다. 또한 기술위원회 산하의 작업

반회의나 전문가그룹 활동에는 실무 차원의 전문가를 지정하여 관련 회의나 활동에 참여하고 전문적인 지식을 교환하고 있다. 2010년 10월 프랑스 파리에서 NEA 운영위원회 회의가 개최되었으며, 우리나라도 이에 참석하였다.

우리나라는 NEA를 지원하는 방안의 하나로 회원국으로 가입하기 이전인 1989년부터 우리나라가 일체의 경비를 부담하여 전문가를 지원하는 Cost Free Expert를 파견해 왔다. 2010년 말 현재 정규직원 1명과 Cost Free Expert 1명이 근무하고 있다.

3. 미국원자력발전협회(INPO)와의 협력

한국수력원자력(주)은 INPO에서 운영하는 국제 온라인 정보교환 체계를 활용한 기술정보 교환, 발전소 운영에 관한 각종 지침 등 INPO 발간물 입수, INPO파견 한국수력원자력(주) 주재원을 통한 정보수집, 기술교환 방문(TEV)을 통한 안전점검과 기술지원 및 학술회의, 세미나, 워크숍 등 참석을 통한 기술교류 활동으로 INPO와의 협력을 강화하고 있다.

1997년 7월부터 인터넷 접속방식으로 개선된 국제 전자 정보교환 시스템(Nuclear Network)은 원전 중요사건정보 분석네트워크(SEE-IN) 및 세계원자력발전사업자협회(WANO) 사건보고 시스템과 연계되어 원전 사고고장 정보를 제공하고 있다. 또한 발전, 정비, 엔지니어링 등 27개 분야별 정보그룹을 구성하고 회원사간 질의응답 체계를 운영하고 있다. Nuclear Network를 통해 입수된 정보는 해외 원전 운영경험의 국내반영 차원에서 매우 유용한 정보이다. 입수된 기술정보는 원자력발전

기술원의 기술정보팀에서 종합적으로 검토되어 본사 및 각 원자력발전소에서 원전 운영성능 향상을 위해 적극 활용되고 있으며, 기타 INPO에서 발간한 지침서 등 각종 기술정보를 수집하여 업무에 참고하고 있다.

한국수력원자력(주)은 2009년도에 정비규정 기술능력 향상을 위한 INPO 기술교환방문 프로그램을 원자력교육원에서 시행하는 등 2010년 말 현재 총 23회의 기술교환방문 프로그램을 시행하였다. 또한, 매년 하반기에 개최되는 INPO 최고경영자회의(CEO)와 국제자문위원회(IPAC) 회의에 주요간부가 참석하여 세계 원자력계의 동향 및 주요 원전 운영 현안에 대한 상호 의견교환과 기술정보 수집의 기회를 갖고 있다.

한편, INPO와의 협정을 통해 파견된 주재원을 활용하여 현지 기술정보 및 운영경험 수집 활동을 강화함으로써 국내 원전 운영능력 제고에 많은 기여를 하고 있다. 2010년 말 현재 2명의 한국수력원자력(주) 주재원이 INPO에서 근무하고 있다.

4. 세계원전사업자협회(WANO)와의 협력

한국수력원자력(주)은 1989년 WANO 창립 이래 한국수력원자력이 소속된 동경센터 업무에 주도적으로 참여하고 있다. 1993년부터 1995년까지 이사장직을 수행하여 사무국 업무에 크게 기여해 왔으며, 1997년에 동경센터 실무책임자회의와 지역 간 워크숍을 국내에서 개최한 것 이외에도 2001년에 지역 간 워크숍, 2002년 및 2007년에 실무책임자(WIO) 회의를 국내에서 각각 개최하였다.

한국수력원자력(주)은 WANO가 INPO와 공유하고 있는 국제온라인

정보교환 체계를 통하여 국내 원전의 주요정보를 제공하고 있으며, 해외 원전의 주요 운영경험을 입수하여 분석, 평가 후 국내 원전의 성능향상을 위하여 적극 활용하고 있다.

원전 운영자간 직접적인 기술교류를 위한 WANO 기술교환방문 프로그램에 따라 2003년에는 미국 Farley, Indian Point, Prairie Island, Palo Verde 원전을 방문하여 종사자 교육훈련 및 자격부여 등에 대한 자료 입수, 2006년에는 미국의 TXU 전력사, Comanche Peak 원전을 방문하여 미국원전의 무선통신 사례에 대한 자료 입수, 2007년에는 미국의 Ginna원전, Robinson원전, Brunswick원전 등을 방문하여 화재방호 케이블 관리에 대한 벤치마킹 시행, 2008년에는 일본의 Hamoka 원전을 방문하여 방사성폐기물 이송에 관한 경험을 습득하였고, 2009년에는 미국의 Diablo Canyon 원전, Vogtle 원전, Callaway 원전을 방문하여 증기발생기의 교체 기술 및 PR AFI 벤치마킹에 대한 기술 교환을 하였고, 일본의 Genkai 원전을 방문하여 주 제어실 디지털화에 대한 기술 교류를 하였다. 2010년 6월에는 일본의 Ikata 원전을 방문하여 주 제어실 교체에 관한 경험을 공유하는 등 2010년 말까지 해외 우수원전과 총 31회의 기술 교환방문을 시행하였다.

또한, 2010년도에도 해외원전에 대한 안전점검단(Peer Review)의 일원으로 참여하여 스페인 산타마리나 원전 및 대만 친산 원전 등에 대해 3차례 기술자문을 수행하였다. 이처럼 국내 원전운영기술의 우수성을 해외에 알리는 해외원전 안전점검단에 2010년 말까지 88회에 걸쳐 총 70명이 참가하였다. 2010년 하반기 기준으로 2명의 한국수력원자력

(주)의 주재원이 WANO 동경센터에서 근무하고 있다.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)과의 협력

한국수력원자력(주)은 3개의 소유자그룹(PWROG, COG, FROG))에 가입하여, 회원사간 운영경험 등 기술정보 교환, 우수 회원사 원전과의 벤치마킹, 관련 기술회의 및 세미나 참여, 각종 인허가 사항에 대한 공통 사항 해결을 위한 공동 프로그램 추진 등으로 국내 원전의 신뢰성을 향상시키는데 노력하고 있다.

매년 각 소유자그룹의 운영위원회 또는 연차회의에 참석하여 최신 해외원전 운영현안사항을 파악하여 국내원전의 운영능력 향상에 큰 기여를 하고 있다. 2010년 5월 COG 기술회의, 6월에는 COG 연차회의에 참석했다. 3월에는 FROG 운영위원회, 10월에는 FROG 실무자 회의에도 참석하였다. 또한 국내에서 2010년 6월에는 PWROG 기술회의를, 11월에는 COG 연차회의를 각각 개최하였다.

6. 기타 해외 원자력관련 기관과의 협력

현재 21개 해외 기관들과 협정을 체결하여 정기 기술회의 개최, 인력 및 자료교류를 통하여 원자력분야의 상호 협력관계를 활발히 하고 있으며, 10개 해외 원전과도 발전소간 기술협력 협정을 체결하여 발전소 운영을 통해 얻은 경험을 상호 교환함으로써 원전의 안전운전에 기여하고 있다.

또한 미국원자력발전협회(INPO), 세계원전사업자협회(WANO), 해

외원전 소유자그룹(OG) 이외에도 미국원자력협회(NEI), 세계원자력협회(WNA)에도 가입하여 해외 원자력정책 등 기술정보 교류를 통해 국내 원자력산업의 향상을 아울러 도모하고 있다.

〈표 8-5〉 원자력관련 협정 체결 현황

협 력 기 관	주 요 협 력 사 항	체결일자
아르헨티나 원자력위원회(CNEA)	원자력(중수로) 발전설비 운영	'80. 2,11
대만전력공사(TPC)	전력사업 전반	'80.11,10
프랑스전력공사(EDF)	에너지정책, 발전소 설비운영, 전력사업, 신기술 개발	'84. 7,31
일본전원개발(EDPC)	신 에너지지원 및 기술개발, 원자력기술, 발전소 운전·보수, 환경보호	'84. 8,31
이태리전력공사(ENEL)	에너지 신 자원 및 전원계통 운영, 송변전 계통, 송변전 설비운영, 교육훈련	'84.10,29
일본 동경전력(TEPCO)	전력사업 전반	'88.11. 9
일본 전력중앙연구소(CRIEPI)	연구인력 및 기술정보교환, 공동연구수행	'89. 3,14
미국 조지아전력(GPC)	경영 및 기술현안, 경제성 문제, 지역개발, 전력사업상의 공동관심사	'89.10,25
미국 아리조나전력(APS)	경영 및 기술상의 현안, 경제성과 지역개발 및 기타 상호관심사	'92. 1,22
영국 British Energy(BE)	전력사업 전반 정보자료 교환, 인력 교류	'94. 4,19
중국 핵공업총공사(CNNC)	원자력발전소 건설 및 운전 관리 분야, 경영관리 및 기술관리 분야, 정보 자료 교환 및 인력교류	'94. 5,25
미국 듀크전력(DPC)	경영관리 및 기술상의 경험 및 정보 교환	'95. 5,31
베트남 원자력위원회(VAEC)	경영, 기술관련 경험 및 정보 교환, 인력 교류	'95.11,22
일본 관서전력(KEPCO)	원자력분야 정보교환	'96. 3,27
인도네시아 원자력청(BATAN)	원자력분야 기술정보 교환	'96.11,26
미국 웨스팅하우스(WEC)	기술개발, 기술협력, 제3국 공동 진출	'97. 5,15
남아프리카공화국(ESKOM)	경영, 기술 및 관심사항 정보교환	'99. 2,19

협 력 기 관	주 요 협 력 사 항	체결일자
루마니아 산업자원부	체르나보다 3호기 공사재개사업 참여	'01. 3.17
캐나다 Hydro-Quebec	월성원전과 Gentilly-2원전간 기술협력	'01. 3.30
루마니아 원자력공사(SNN)	체르나보다 원전사업 기술협력 및 1·2호기 기술지원	'02. 3.19
루마니아 원자력공사, 캐나다 원자력공사, Ansaldo사	체르나보다 3호기 공사재개 타당성조사 공동수행	'03. 3. 1
중국친산원전 3단계	운영 및 정비분야 기술자문 및 지원	'03. 6.24
인니 원자력청(BATAN)	인니 원전사업 기술협력협약	'04. 2. 6
프랑스전력공사(EDF)	원전 운영관련 제반 기술정보	'04. 2. 9
루마니아 원자력공사, 캐나다 원자력공사, Ansaldo사	체르나보다 3호기 1, 2단계 타당성조사 수행	'04. 6.30
일본 RMMC (Radioactive Waste Management Funding & Research Center)	원전수거물관련 연구자료 확보 및 기술(정보) 교환	'04.10.20
일본 북해도전력(HEPCO)	원전건설 분야 기술교류	'04.11.24
중국 전력투자집단공사(CPI)	원자력 발전 분야에서 양사 간의 협력 확대	'04.12.21
미국 Exelon Nuclear사	원전 운영관련 제반 기술정보	'05. 9. 2
미국 Exelon사	원전 운영·기술 분야 기술교환방문 등 공동협력	'05. 9. 2
인니 국영전력공사(PLN)	인니 원전건설 공동협력	'05.12.12
중국 광동핵전집단유한공사	원전개발, 건설, 시운전, 운전, 정비 분야 협력 확대	'06. 6.23
루마니아 원자력공사	원전사업 관련 기술, 경험, 인력 등 상호교환 및 인력	'06. 9. 6
미국 APS사	원전 운영관련 제반 기술정보	'06.11.29
인니 MEDCO International	인니 원전사업 공동협력	'07. 7.25
캐나다 원자력공사(AECL)	체르나보다 3·4호기 사업관련 공동협력	'07. 9. 4
우크라이나 에네르고아톰사	원전사업 공동협력	'07. 9.10
스웨덴 SKB (Swedish Nuclear Fuel & Waste Company)	방폐물 분야 기술정보 교류 및 교육훈련	'07.11. 4

협 력 기 관	주 요 협 력 사 항	체결일자
두바이 과학기술원	원전사업 공동협력	'08. 1.31
미국 ChangTex USA Corp.	유리화기술 해외수출을 위한 타당성 연구 협력	'08. 3.10
미국 SRNS사	방사성폐기물 안정화를 위한 유리화기술 개발	'08. 3.13
미국전력연구소(EPRI)	현장 기술지원, 공동 연구 및 기술혁신 결과물 공유	'08. 9.15
미국 SANDIA 국립연구소 (Sandia National Laboratories)	방폐물 처분, 사용후핵연료 저장 및 방폐물 관리기술 교류	'08. 9.16
중수로형 원전소유자그룹 (COG)	중수로 제어용전산기 장기지원협약 (DCC Long-term Agreement)	'08. 9.20
프랑스전력공사(EDF), 일본원자력발전(주)(JAPC)	신형원전사업자간 건설사업 전반의 설계 및 건설 정보	'08.10. 8
일본 관서전력사	원전 운영관련 제반 기술정보	'09. 4.16
프랑스 AREVA	사용후핵연료 재처리 및 중간저장 등에 관한 협력	'09. 6.23
세계원자력협회(WNA)	아시아 및 전 세계 원자력 산업 확대와 이용 증진을 위해 협력	'09. 9. 9
국제원자력기구(IAEA)	원자력 기술 개발, 원전 안전성 및 운영 능력 향상을 위한 협력	'09.10.28
UAE원자력공사(ENEC)	UAE 원전시설 보안협력	'09.12.27
UAE원자력공사(ENEC)	UAE 원전 비상계획수립 협력	'09.12.27
UAE원자력공사(ENEC)	IAT 발전전문학사과정 교육훈련	'11. 3.13
미국 Westinghouse사	사업협력	'10. 3.23

7. 국가 간 원자력 협력

1956년 한·미 원자력협력협정 체결에서 시작된 우리나라의 국가 간 원자력 국제협력은 2010년 말 현재 25개국(미국, 캐나다, 프랑스, 호주, 독일, 스페인, 일본, 러시아, 영국, 중국, 아르헨티나, 베트남, 터키, 벨기에, 체코, 브라질, 우크라이나, 이집트, 칠레, 루마니아, 카자흐스탄, 인도네시아, 요르단, UAE, 남아프리카공화국)과 양국 간 원자력 협력협정을

체결하여 핵무기 비확산을 주축으로 하는 원자력의 평화적 이용개발 협력체계를 유지하고 있다.

국가 간 협력에서 중심적인 협력 형태는 매년 양국에서 교대로 개최되는 원자력공동조정위원회(명칭은 국가마다 조금씩 다름)이며, 미국, 캐나다, 프랑스, 호주, 일본, 러시아, 영국, 칠레, 중국, 베트남, 태국, 카자흐스탄 등 12개국과 원자력공동조정위원회를 개최하고 있다. 일반적으로 양국 간 공동조정위원회에서는 정책의제와 기술협력의제가 협의되는데, 정책의제에서는 양국의 원자력 정책과 주요 현안 등을 협의하고 기술협력의제에서는 인력교류, 공동연구 등 구체적인 협력 사안이 협의되고 있다. 공동조정위원회 이외의 국가 간 협력은 양국 정부 고위관계자 방문, 기술조사단 파견 등이 있다.

우리나라의 국가 간 원자력협력의 목적은 크게 2가지로 구분할 수 있다. 첫째, 원자력 수출기반 조성을 위한 개도국과의 기술교류 확대이다. 우리나라가 원자력협력협정을 체결한 국가와 공동조정위원회 개최국을 보면 원자력 도입기인 70~80년대에는 선진국에 집중되어 있으나, 90년대 이후에는 협력 대상국이 동남아, 아프리카, 동유럽, 남미지역 등으로 확대되고 있음을 알 수 있다. 즉, 개도국과 협력협정 체결을 통해 공동조정위원회를 개최하거나, 기술조사단 파견, 대상국 고위관계자 초청, 기술설명회, 원전도입 타당성 공동조사 등을 통해 우리 기술의 우수성 홍보 및 해외 진출여건을 조성하는 것이 국가 간 협력의 중요한 목표이다. 둘째, 원자력 기술 선진화를 위한 선진국과의 기술 협력 강화이다. 90년대 이후 개도국과의 협력이 강조되면서 선진국과의 협력 중요성이

상대적으로 약화되기는 하였으나 미국, 캐나다, 프랑스 등 우리나라가 원전을 도입한 국가와 공동조정위원회 개최 등을 통해 원자력정책 및 인력기술 교류, 공동연구 등을 지속적으로 추진하고 있다.

가. 미국

우리나라와 미국의 원자력 협력은 1956년 2월 3일 『원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정』 체결로 시작되어 1968년 1월 5일 『안전조치 적용에 관한 국제원자력기구, 대한민국 정부 및 아메리카합중국 정부간의 협정』 체결, 1973년 3월 19일 『원자력의 민간이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부간의 협력을 위한 협정』 체결, 1976년 8월 한·미 원자력 및 기타 에너지 공동상설위원회 설치에 관한 각서 교환, 1995년 6월 과학기술부와 미국 원자력규제위원회간 원자력안전 기술정보 교환 약정 체결 그리고 1996년 6월 과학기술부와 미국 에너지부간 산하 연구기관 간 협력 양해각서를 체결하였다.

1976년 8월 원자력의 평화적 이용 및 에너지 연구·개발 등 양국 간의 원자력 분야 기술·경제적 협력 촉진을 위한 한·미 원자력 및 기타 에너지 공동상설위원회 설치를 위한 각서 교환을 근거로 하여 1977년 7월 서울에서 제1차 회의 이후 매년 정례적으로 양국에서 교대로 회의를 개최하고 있으며 2008년 10월 서울에서 열린 제29차 회의에서는 한·미 원자력협력협정의 개정 방안, 세계원자력파트너십(GNEP) 활동, 유엔안보리 결의 1540 이행을 위한 IAEA 활동 등의 의제를 논의하였다.

2010년 10월에 제 30차 한미 공동상설위원회를 개최하기도 하였다.

우리나라는 미국으로부터 고리 1·2·3·4호기와 영광 1·2·3·4호기 원자력발전소와 TRIGA MARK II, III 연구용원자로를 도입하였다.

나. 프랑스

우리나라와 프랑스의 원자력협력은 1974년 10월 19일 『대한민국 정부와 프랑스 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정('81년 협정으로 대체)』체결, 1975년 9월 22일 『국제원자력기구, 대한민국 정부 및 프랑스 정부 간의 안전조치 적용을 위한 협정』을 체결하면서 협력이 시작되었다. 또한, 1982년 2월 18일 『한·불 원자력공동조정위원회 설치 및 운영에 관한 약정』 및 『원자력 안전규제분야의 기술정보교환 및 협력을 위한 약정』이 체결되면서 긴밀한 협력관계가 시작되었다.

『한·불 원자력공동조정위원회 설치 및 운영에 관한 약정』을 근거로 하여 양국 간 공동조정위원회가 1982년 2월 파리에서 1차 회의가 개최된 이후 2008년 제18차 회의까지 매년 정례적으로 양국에서 교대로 회의를 개최하였다. 2008년 4월 서울에서 열린 제18차 회의에서는 양국의 원자력 현황을 소개하고, 양국 간 원자력협력현황 및 발전방향을 모색하는 등 정책적 지원방안을 협의함과 아울러 양국 연구기관 간 추진 중인 연구협력과제의 이행상황을 점검하고 연구협력 강화방안을 협의하였다.

우리나라는 프랑스로부터 울진 원전 1·2호기(1985년, 1989년 가동), 조사후시험시설 및 방사성폐기물 처리시설(1978년 가동) 등을 도

입하였다.

2009년 6월에는 프랑스 AREVA사와 GB-II 우라늄 농축공장 지분 참여 계약을 체결하였다. 원심분리 방식의 GB-II 공장은 2006년 9월에 건설을 시작하여 2009년 하반기부터 본격적인 가동에 들어갔다. 지분참여를 통해서 우리나라는 향후 비상시에 농축 우라늄을 우선 공급받을 수 있게 되었다.

다. 영국

우리나라와 영국은 1991년 11월 양국 간 원자력협력협정을 체결하여 한·영 원자력협의회를 통해 양국 간 협력사항을 논의하고 있으며, 양국 간 제6차 원자력협의회가 1999년 6월 영국 런던에서 개최되었다. 본 협의회에서는 영국의 주요 원자력정책, 우리나라의 IAEA 지명 이사국 진출 및 KEDO에서의 협력, 원자력안전 정보교환 등 정책의제와 후행 핵주기 정책연구 협력, 싸이클로트론을 이용한 RI이용 협력, 원자력안전 규제기관 간 정보교류 등의 기술협력의제가 토의되었다.

라. 러시아

우리나라와 러시아의 원자력협력은 1988년 4월 러시아가 우리나라에 중수와 우라늄 등 핵물질 공급의사를 피력하면서 시작되어 1990년 5월에 한전과 팜코 간에 원전연료 구입 계약을 체결하여 실질적인 협력이 시작되었다. 1990년 12월 14일 『대한민국 과학기술부와 소련 원자력부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 의정서』가 체결되었으며, 1999

년 5월 28일 원자력협력의정서를 원자력협력협정으로 격상하여 『대한민국 정부와 러시아연방 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정』을 체결('99. 10. 8일 발효)하였다.

1990년 체결된 협력의정서에 근거하여 1991년 3월 제1차 양국 간 원자력공동조정위원회가 개최되었으며, 1995년 제4차 회의가 모스크바에서 개최되었다. 이후 약 5년간 원자력공동위원회가 개최되지 못하다가 1999년 양국 간 원자력협력협정이 체결되면서 2000년 제5차 대회부터 다시 개최되기 시작하여 2010년 8월에는 모스크바에서 제 14차 한·러 원자력공동위원회가 개최되었다. 본 회의에서 양국 원자력협력을 공고히 하는 것을 다시 한 번 확인하였으며, 신형 액체금속 냉각 고속로 개발 등 15개 분야 기술협력의제에 관해 논의하고 향후계획에 대해 협의하였다.

한국수력원자력(주)은 러시아 원전연료주식회사인 Tenex사와 2006년부터 2015년까지 595톤의 우라늄(6억 달러 규모)을 도입하는 계약을 2004년 12월에 체결하였다. 한국전력, 대한광업진흥공사, LG상사로 구성된 한국 컨소시엄은 러시아 국영우라늄 회사인 ARMZ사와 러시아 우라늄광 공동개발을 위한 양해각서(MOU)를 2008년 9월에 체결하였다.

마. 일본

우리나라와 일본의 원자력협력은 1990년 5월 한·일 정상회담 개최 시 양국 외무부장관 간 『원자력의 평화적 이용을 위한 협력각서』를 서

명·교환함으로써 시작되어 1991년 2월 MOST/MITI간 원자력안전안전규제 협력약정 교환 및 1991년 12월 MOST/STA간 원자력안전 협력약정을 체결하였다.

1990년 5월 정부 간 체결된 협력각서 제4조에 근거하여 제1차 양국간 원자력협의회가 1990년 11월 서울에서 개최된 이후 2002년 8월 제8차 회의까지 개최하였으며 2008년 12월 제9차 회의가 개최되었다. 2002년 이후 회의 개최가 부진한 것은 일본이 한국을 포함한 주변국가에 대해 원자력안전 협력 쪽에 관심이 많아 실질기술협력에 관심을 두지 않았기 때문이다.

이에 한·일 원자력협의회와는 별도로 양국 간의 실질적인 원자력안전 분야 협력을 강화하기 위하여 한·일 원자력안전회의(MOST-METI/NISA)가 개최되고 있다. 과학기술부(현 교육과학기술부) 주관으로 개최되고 있는 한·일 원자력안전회의는 제7차까지 원자력협의회와 병행하여 개최되다가 제7차 회의에서 일본 측의 제안으로 원자력협의회와는 별도로 회의를 개최하기로 합의하여 제8차('02. 5, 서울), 제9차('04. 2, 동경) 제10차('06. 6, 서울) 회의가 개최되었다. 제10차 회의에서는 방사능 방재분야의 협력 강화를 위한 양국 간 비상통신망 구축과 정기 통신훈련 실시 등에 대해 협의하였다.

일본과는 양자 간 협력 이외에 1990~1999년간 일본 정부 부담으로 동경에서 개최된바 있는 아시아원자력협력회의(ICNCA)를 통한 아시아 지역 9개국이 참여하는 다자간 협력이 있다. ICNCA는 2000년부터 아시아원자력협력포럼(FNCA) 형태로 체제를 변경하여 지금까지 계속

되고 있다.

제1차 원자력안전협약 검토회의 시 3국간 안전협약 검토보고서 상호 간 검토 및 인접국간 협력 필요성이 대두되어 안전 분야에서 한·중·일 3자회의 (MOST-NISA-NNSA)가 2차례(1차: '01. 3 일본 동경, 2차: '04. 2 일본 동경) 개최된 바 있다.

바. 중국

양국은 1992년 8월 한·중 외교수립 이후 1994년 10월 중국 이붕 총리 방한 시 양국 간 원자력협력협정을 체결(외무부장관/국가계획위 주임)하고 1994년 12월 원자력안전협력 의정서를 체결(과기처차관/국가핵안전국장)하여 원자력협력의 기반을 마련하였다.

1999년 10월 한·중 원자력공동위 설치·운영을 위한 『과기부와 중국원자능기구(CAEA)간 원자력의 평화적 이용 협력에 관한 약정』을 체결하여 2000년부터 양국 간 원자력공동위원회를 개최하고 있으며 2007년 10월 북경에서 개최된 제8차 본회의에서는 양국은 원자력발전을 포함한 원자력분야 전반에서 협력을 확대한다는데 인식을 같이하고 특히 원자력 안전, 원자력이용 수소생산 연구 등 분야에 대해서 적극 협력하기로 합의했다. 2010년 11월에는 중국 베이징에서 제9차 한중 원자력공동위원회가 개최되었다.

중국과의 정부 간 협력은 원자력공동위원회 외에도 한중투자협력위원회(6차, 2009년 베이징), 경제장관회의(8차, 2008년 서울), 한중원전 기술포럼(2차, 2007년 상해) 등의 다양한 형태로 이루어지고 있다. 특히

2005년 서울에서 개최된 1차 한중원전기술 포럼에 이어서 제2차 대회가 2007년 4월 중국 상해에서 개최되어 양국의 정부 및 민간 원자력계 핵심인사가 대거 참여하여 양국 간 원전건설 기술인력 교류, 정례적 협력 채널신설 등 구체적인 협력방안을 논의하였다. 특히 2차 대회와 동시에 개최된 7차 상해핵공업전람회에서 한국은 APR1400 및 OPR1000의 우수성을 홍보하여 중국 진출기반을 다지는 계기가 되었다.

사. 캐나다

우리나라와 캐나다의 협력은 1975년 1월 한전과 캐나다 원자력공사(AECL)간에 CANDU형 원자로인 월성 1호기 공급계약을 체결하면서 시작되었다. 이후 1976년 1월 양국 정부 간 『원자력의 평화적 이용 및 응용을 위한 협력협정』의 체결로 정부 간 원자력협력이 개시되었으며 1982년 9월에는 과학기술부와 캐나다 원자력위원회 간 『핵물질 연례 보고 합의각서 및 핵 규제 정보교환 약정』을 체결하였다.

양국은 효율적인 원자력협력 추진을 위하여 1983년 4월 『한·카 원자력 공동조정위원회 설치·운영에 관한 양해각서』(외무부/동력광산 자원성 : 현재 천연자원성)를 서명하였으며, 이를 근거로 1983년 4월 제1차 양국 간 원자력공동조정위원회를 서울에서 개최하였으며 2001년 6월 서울에서 개최된 제17차 원자력공동조정위원회에서는 한·카 원자력협력협정 개정문제와 연료 및 중수로관련 기술협력 등의 의제를 서로 협의하였다.

또한, 원자력 이용 개발 분야 협력과는 별도로 원자력 안전·규제분

야 정보교환, 공동연구, 상호 관심분야 등을 협의하기 위하여 1998년 10월 과학기술부와 캐나다 원자력안전위원회간에 『원자력안전규제 협력을 위한 각서』를 교환하여 “MOST-CNSC 원자력안전협의회”가 공동조정위원회와 별도로 개최될 수 있는 근거를 마련하였으며, 이후 제1차 회의('99. 3, 서울) 및 제2차 회의('02.12, 오타와)가 개최되었다.

우리나라는 캐나다로부터 70년대 중반부터 중수형 원자로를 도입하여 현재 월성에 4개 호기가 가동 중이며, 이중 월성 1호기는 설계수명이 도달하여 AECL을 주계약자로 하여 원자로 압력관 교체를 완료하고 계속운전을 추진하고 있다.

아. 베트남

우리나라와 베트남과의 공식적인 협력은 1996년 11월 양국 간 『원자력의 평화적 이용에 관한 연구에 있어서 협력을 위한 협정』을 체결하면서 시작되었다. 이후 베트남 원전정책결정 고위직 방한 등 양국 대표단의 지속적인 상호방문을 통해 협력이 진행되었으며, 2002년 2월 양국 과학기술부 간에 『원자력 관련 기관 간 협력을 위한 약정』이 서명되었다. 양국은 상기 협력협정 및 약정에 근거하여 2002년부터 양국 간 원자력협력협의회를 개최하여 2008년 10월(서울) 제5차 대회를 개최하였다. 이 대회에서는 원자력 인력양성, 연구로 기술협력, 의학적 이용협력 등 9개 기술협력의제에 대한 협의가 진행되었다. 한편, 양국 정부는 2006년 11월 하노이에서 개최된 APEC 정상회의 기간 중 “베트남 원자력개발 협력약정” 및 “원전기기 국산화 협력 양해각서”를 체결하였다.

베트남은 90년대 중반부터 원자력발전소 도입에 대해 검토하고 있으며, 우리 정부는 우리 원전의 베트남 진출을 위해 다각적인 노력을 경주하고 있다. 2002년 11월 한·베트남 정부간 『원전도입 협력 양해각서』를 체결하였으며, 2002년 12월부터 2004년 4월까지 한국수력원자력(주)와 베트남 산업부 간에 『베트남 원전도입 정책과제 및 기술자립방안 공동수행』 연구 과제를 수행하였다. 또한, 2005년 4월 체결한 “한-베트남 원자력 인력양성 협력 양해각서”를 바탕으로 한국수력원자력(주)은 KOPEC, KAERI, KINS 및 KAIST와 공동으로 원전 진출기반 조성을 위한 『베트남 인력양성 협력사업』을 2005년부터 2008년까지 수행하였으며, 2006년 양국 간에 체결된 “베트남 원자력개발 협력약정” 및 “원전기기 국산화 협력 양해각서”에 따라 한국전력기술(주), 베트남 기계연구소와 공동으로 2007년 8월부터 2008년 8월까지 베트남 원전기기 국산화 연구를 수행하였다. 2010년 8월에는 제 6차 한·베트남 원자력공동위원회가 개최되었다.

자. 호주

우리나라 정부와 호주 정부는 1979년 5월 2일 『대한민국 정부와 호주 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 있어서의 협력 및 핵물질 이전에 관한 협정』을 체결하였고, 1983년 11월 25일에는 동 협정에 따른 행정 약정을 체결하였다. 양국은 동 협정 제9조에 근거하여 『한·호 원자력 정책협의회』를 1990년 2월부터 개최하고 있는데, 2002년 7월 개최된 제11차 회의(시드니)에서는 양국 원자력 정책을 소개하고 핵통제 기술

협력 등 7개 기술 의제를 협의하였다.

한편, 양국은 에너지·자원분야 협력을 공고히 하기 위해 1980년부터 한·호 자원협력위원회를 설치 운영하고 있으며 제24차 한·호 자원협력위원회가 2008년 11월 서울에서 개최되어 양국 간 우라늄 자원분야 협력을 논의 하였다. 우리나라는 1983년부터 호주산 우라늄 정광을 매년 도입하고 있다.

차. 칠레

칠레와의 원자력협력은 1995년 6월 칠레원자력위원회(CCHEN) 위원장이 원자력연구소를 방문하여 신소재 개발, 산업적 이용을 위한 정보 및 기술교환, 일체형원자로 기술개발 협력 등에 관한 ROD 서명으로 시작되었다. 1998년 2월에는 KAERI-CCHEN 간 양해각서가 체결되었고, 2002년 6월 양국 정부 간 원자력협력협정이 체결되어 정부 간 공식적인 협력이 진행되게 되었다. 양국 간 협정을 근거로 2003년부터 한·칠레 원자력공동위원회를 개최하고 있으며, 2004년 12월 칠레에서 개최된 제2차 회의에서는 사이클로트론, 중소형원자로(SMART) 분야에서 공동연구 수행을 위한 구체적 이행계획을 논의하고 적극 협력하기로 합의하였다.

카. 카자흐스탄

우리나라와 카자흐스탄과의 원자력분야 협력은 2004년 9월 20일 양국 정부간 『한·카자흐 원자력협력협정』이 서명되어 본격적인 협력 관

계에 들어서게 되었다. 2004년 9월 17일에는 제1차, 2008년 6월 23일에 제2차 한·카자흐스탄 원자력협력협의회를 카자흐스탄에서 개최하여 자원부국인 카자흐스탄과 자원협력위를 설치 운영하여 에너지·자원분야 협력을 공고히 하고 있다.

2006년 9월 열린 제3차 자원협력위원회에서 한국수력원자력(주)은 카자흐스탄의 국영우라늄공사 카자토프톰사와 우라늄 장기도입 기본합의서를 체결하고 2010년부터 7년간 2,000톤 규모의 우라늄 정광을 도입키로 하였다. 이에 따라 한국수력원자력(주)은 우라늄 매장량이 세계 2위인 카자흐스탄과의 장기도입 합의로 우라늄정광을 안정적으로 확보할 수 있게 되었다.

2009년 11월 서울에서 열린 제5차 자원협력위원회에서 카자흐스탄 측은 우라늄 개발 사업에 한국 기업의 참여를 제안하여 양측은 이 문제를 계속 협의하기로 했다.

타. 인도네시아

우리나라는 인도네시아와의 원자력협력협정 체결을 위하여 1994년 원자력협력협정(안)을 인도네시아 측에 전달하였으며, 그 동안 양국은 협정 문안을 협의하여 왔다. 2003년 9월 인도네시아 측의 제4차 초안을 접수하였고, 지적재산권 부분에 대하여 양국의 이견이 있어 이에 대한 절충안에 합의, 2006년 6월 가서명 후 12월 대통령 인니방문 및 정상회담 시 정식으로 체결하였다. 이에 대한 후속조치로써 인니 원전도입 준비를 위한 양국 산자부간 원전사업 협력 양해각서를 체결하여 협력 사

업을 추진 중에 있다.

또한 한국수력원자력(주)은 2004년 2월 인도네시아 원자력청(BATAN)과 원전건설 공동협력 양해각서를 체결하고 한국표준형원전 진출을 위한 타당성조사를 1, 2단계에 걸쳐 공동 수행하였고, 2005년 12월에는 한전-한국수력원자력-인도네시아 전력공사 간 협력 양해각서를 체결하고 원전건설 준비를 위한 공동연구를 수행하여 2008년 7월 완료한 바 있으며, 2007년 7월에는 인도네시아 대통령 방한 시 에너지 민간기업인 MEDCO Energi International사와 원전사업개발 양해각서를 체결하고 최초원전 도입에 관한 이해와 공감대 확보를 위한 공동협력을 수행하여 2008년 10월 완료하였다.

파. 요르단

2008년 5월 요르단 원자력위원회 위원장이 방한하여 국내 원전산업체를 시찰하고 원전사업을 협의함으로써 요르단과 우리나라의 원자력 분야 협력이 본격적으로 진행되었다. 우리나라도 2008년 5월과 2009년 1월에 민관합동 대표단을 요르단에 파견하여 요르단 원전산업현황을 조사하였다. 2008년 9월에는 요르단 하원의장 일행이 방한하여 국내 원전산업체를 시찰하였다. 2008년 12월 1일에 우리나라와 요르단은 요르단 국왕의 국빈방한 기간 중에 양국 간 원자력협력협정을 체결하였으며, 현재 한국은 본 협정의 발효 절차가 완료된 상태이며 요르단은 정부 내 발효 절차를 진행 중에 있다.

2009년 3월에 우리나라 국무총리가 요르단을 방문하여 요르단 총리

와 요르단 국왕을 면담하고 원전사업을 협의하는 등 한국과 요르단 양국 간 협력이 실질적으로 진행되었다. 2009년 9월에는 한국의 민관대표단이 요르단을 방문하여 원전사업 추진방안을 협의하였는데, 원전건설을 위한 재원조달 방안, 한-요르단 간 원전건설 협력협정 체결 방안 등을 협의하였다. 2009년 11월에는 한-요르단 간 원전사업 사업기획, 재원조달, 원전기술, 교육훈련 등 분과별 실무그룹 운영을 제의하였다. 요르단은 윌리파슨스(Worley Parsons)사와 계약을 체결하여 원전도입 타당성 조사를 진행하고 있는데, 2010년 1월 요르단 원자력위원회는 사전 노형 평가를 위한 기술평가 자료제출을 우리나라에 요청함에 따라 2010년 3월에 관련 자료를 제출하였다.

상업용 원전 추진 이외에도 한국은 국제 경쟁 입찰로 진행된 5 MW 용량의 요르단 연구 및 교육용 원자로 건설 사업수주도 추진하였으며, 2009년 12월에 최우선 협상 대상으로 선정되어 마침내 2010년 3월, 한국 컨소시엄이 요르단 연구 및 교육용 원자로를 수주하였다.

하. UAE

한국과 UAE의 원자력협력은 2003년 9월 제47차 IAEA 총회 시 UAE측이 SMART 분야의 협력을 희망하면서 시작되었으며, 2004년 9월에 한국 MOST와 UAE 아부다비 수전력청은 UAE 원자력 기술인력 양성 지원, 정보교환, 공동협력분야 도출 등을 골자로 하는 양해각서(MOU)를 체결했다.

양국은 2009년 9월에 원자력협력협정을 체결하여 본격적인 협력의

기반을 조성하였다. 2009년 12월에 한전 컨소시엄은 UAE가 국제 경쟁 입찰로 진행한 신규원전 공급계약 수주에 성공하여 2020년까지 APR1400 원전 4기를 공급하게 되었다.

2010년 3월 한전은 UAE 원전의 효과적인 사업관리를 위해 한국수력원자력(주)와 공동사업관리 협정을 체결하였고, 동년 5월에 종합설계용역, 주기기 공급, 시공 및 운영지원에 대한 하도급 계약을 체결하여 사업기반을 공고히 하였다.

2010년 5월 한-UAE 양국수교 30주년을 앞두고 UAE 왕세자 일행이 신고리 3, 4호기 현장 및 두산중공업 현장을 방문하여 한국의 원전시설을 견학하였고, UAE 원전건설을 위한 양국정부간 상호 협력방안을 논의하는 자리를 가졌다.

2011년 3월 이명박 대통령과 UAE 왕세자 및 원전건설 관련 기관 임직원들이 참석한 가운데 브라카 현지에서 UAE 원자력발전소에 대한 건설 기공식을 거행하였다.

한편, 2011년 3월 지식경제부가 개최한 한-UAE 경제협력의 날 행사에서는 한국수력원자력(주)와 UAE 과학기술고등학교(IAT)간에 약 415억원 규모의 ‘UAE 원자력발전전문학사과정’에 대한 계약이 체결되었으며, 이와 동시에 한국프로젝트경영협회 (KPMA회장 김종신-한국수력원자력 사장)는 아부다비 정부전문기술교육기관인 ACTVET (Abu Dhabi Center for Technical and Vocational Education and Training)와 향후 UAE의 프로젝트경영 기술 진흥을 위한 양해각서를 교환하였다.

〈표 8-6〉 한국과 원자력협력협정 체결 현황

국 별	협 정 명	서 명 일	발 호 일	상대국 담당부서
미 국	원자력의 민간이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부간의 협력을 위한 협정	'72.11.24 개정: '74.5.15	'73.3.19 개정: '74.6.26	국무부 (DOS)
캐나다	대한민국 정부와 캐나다 정부간의 평화적 목적을 위한 원자력의 개발 및 응용에 있어서의 협력을 위한 협정	'76.1.26 개정: '02.7.10	'76.1.26 개정: '02.7.10	원자력통제 위원회 (AECB)
스페인	원자력의 평화적 이용을 위한 개발 및 응용에 관한 대한민국 원자력위원회와 스페인 원자력위원회간의 보충 협정	'76.12.10	'76.12.10	원자력 위원회 (JEN)
호 주	대한민국 정부와 호주 정부간의 원자력의 평화적 이용에 있어서의 협력 및 핵물질의 이전에 관한 협정	'79.5.2	'79.5.2	외무무역부 (DFAT)
벨기에	대한민국 정부와 벨기에 정부간의 핵에너지 평화적 이용 분야에 있어서의 협력에 관한 협정	'81.3.3	'81.3.3	외무부
프랑스	대한민국 정부와 프랑스 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협정	'81.4.4	'81.4.4	원자력청 (CEA)
독 일	대한민국 정부와 독일연방공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'86.4.11	'86.4.11	외무부
일 본	대한민국 정부와 일본 정부간의 원자력협력에 관한 각서교환	'90.5.25	'90.5.25	외무부
영 국	원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 대한민국 정부와 영국 정부간의 협정	'91.11.27	'91.11.27	통상산업부 (DTI)
중 국	대한민국 정부와 중화인민공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'94.10.31	'95.2.11	국가과학 기술위원회 (SSTC)
아 르 헨티나	대한민국 정부와 아르헨티나공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정	'96.9.9	'97.9.19	원자력 위원회
베트남	대한민국 정부와 베트남사회주의공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 연구에 있어서 협력을 위한 협정	'96.11.20	'97.1.6	원자력 위원회 (VAEC)

국 별	협 정 명	서 명 일	발 효 일	상대국 담당부서
터 키	대한민국 정부와 터키공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력 협정	'98.10.26	'99. 6. 4	원자력청 (TARK)
러시아	대한민국 정부와 러시아연방 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'99. 5.28	'99.10. 8	원자력부 (ROSATOM)
브라질	대한민국 정부와 브라질연방공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 1.18	'05. 7.25	과학기술부 (MOST)
체 코	대한민국 정부와 체코공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 3.16	'01. 6. 1	산업통상부
우 크 라이나	대한민국 정부와 우크라이나 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 7.23	'07. 6.11	에너지부 (MOE)
이집트	대한민국 정부와 이집트아랍공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 8.14	'02. 6.24	전력 에너지부
칠 레	대한민국 정부와 칠레공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'02.11.12	'06. 9. 3	원자력 위원회 (CCHEN)
루 마 니 아	대한민국 정부와 루마니아 정부간의 산업 및 연구 · 개발 분야에서의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'04. 2. 3	'04. 9. 6	경제통상부 (MOEC)
카 자 흐스탄	대한민국 정부와 카자흐스탄 공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'04. 9.20	-	광물 에너지부
인 도 네시아	대한민국 정부와 인도네시아 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'06. 6. 9	'06.12. 4	연구기술부 (MORT)
요르단	대한민국 정부와 요르단왕국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'08.12. 1	'09. 5. 5	원자력 위원회 (JAEC)
UAE	대한민국 정부와 아랍에미리트연합국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'09. 6. 22	'10. 1.12	외교부
남아프리카 공화국	대한민국 정부와 남아프리카공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'10.10. 8	'11. 2.24	에너지부

〈표 8-7〉 양국 간 원자력공동조정위원회 개최현황

국 별	근거 협정	최초 개최년도	최근 개최년도 (개최 횟수)
미 국	한·미 원자력 및 기타 에너지 공동상설위원회 설치를 위한 각서('76. 8)	'77. 7 (서 울)	'08.10(29차) (서 울)
프랑스	대한민국 정부와 프랑스 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정('82. 2)	'82. 2 (파 리)	'10. 6(19차) (파 리)
캐나다	한·카 원자력공동조정위원회 설치 및 운영에 관한 양해각서('83. 4)	'83. 4 (서 울)	'01. 6(17차) (서 울)
호 주	대한민국 정부와 호주 정부간의 원자력의 평화적 이용에 있어서의 협력 및 핵물질 이전에 관한 협정('79. 5)	'90. 2 (캔버라)	'02. 7(11차) (시드니)
일 본	대한민국 정부와 일본 정부간의 원자력의 평화적 이용을 위한 협력각서('90. 5)	'90.11 (서 울)	'08.12(9차) (서 울)
러시아	대한민국 정부와 러시아연방 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력에 관한 협정('99. 10)	'91. 3 (서 울)	'10. 8(14차) (모스크바)
영 국	원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 대한민국정부와 영국정부간의 협정('91. 11)	'92. 5 (런 던)	'99. 6(6차) (런 던)
중 국	대한민국 과학기술부와 중국원자능기구간 원자력의 평화적 이용 협력에 관한 약정('99. 10)	'00.11 (서 울)	'10.11(9차) (북 경)
베트남	대한민국 과학기술부와 베트남 과학기술부간의 원자력 관련기관간 협력을 위한 약정('02. 2)	'02. 7 (하노이)	'10. 8(6차) (하노이)
칠 레	대한민국 정부와 칠레 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정('02. 6)	'03.11 (서 울)	'04.12(2차) (산티아고)
태 국	과기부 원자력국과 태국 원자력청간의 원자력 협력을 위한 양해각서('04. 3)	'04. 3 (방 콕)	'07. 8(3차) (방 콕)
카 자 흐스탄	대한민국 정부와 카자흐스탄공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정('04. 9)	'04. 9 (아스타나)	'09.11(3차) (서 울)

제2장 해외사업 진출

제1절 개 요

한국전력공사 해외원전개발처 사업전략팀장 조성진

세계원자력협회에 따르면 현재 가동 중인 원전은 30개국 443기이고 건설 중인 원전은 62기이며 2030년까지 건설 계획을 세웠거나 검토 중인 원전은 482기이다. 이처럼 많은 원전이 전 세계적으로 건설될 계획이기 때문에 국제사회에선 그동안 체르노빌 사고 이후 침체되었던 원전의 전성기가 다시 도래했다고 하여 ‘원자력 르네상스’ 시대라고 하였다.

그런데 일본 대지진에 따른 후쿠시마 원전 폭발사고가 이러한 20년 만에 다시 찾아온 원자력 르네상스에 급제동을 걸고 있다.

후쿠시마 원전사고가 TMI사고와 체르노빌 사고 때처럼 전 세계 원전 산업계에 얼마나 부정적 영향을 끼치게 될 것인지에 대하여 원전관련 국가들에서 많은 관심이 모아지고 있다.

향후 원전건설을 위해서는 원전의 확실한 안전성이 담보되지 않는 한 당분간 반원전분위기가 쉽게 가라앉지 않을 것으로 예상된다.

이러한 상황의 변화가 우리나라의 원전수출사업에도 상당한 영향을 끼칠 것으로 예상됨에 따라 기존의 원전수출전략에도 수정이 불가피해질 전망이다. 이를 위해서 우선, 후쿠시마 사고 이후 원전건설관련 주요 국가의 동향을 상세히 살펴볼 필요가 있다.

먼저 일본은 사고 전까지만 해도 지난해 6월 확정된 신국가에너지 전

락에 따라 전체 전력 생산량 중 원자력이 차지하는 비중을 오는 2017년까지 40%, 2030년까지 50%수준으로 끌어올릴 계획이었고 현재 원전 2기가 건설되고 있으며, 앞으로 12기를 추가 건설할 예정이었다.

그러나 이번 사고로 간 나오토 일본총리가 결국 원전확대정책을 폐지한다고 발표하면서 원전 증설에 제동이 걸릴 전망이다.

일본 정부는 원전 사고가 날 때마다 원전이 지진의 충격에 견딜 수 있도록 설계되었으며 대규모 지진이 발생할 경우 가동이 자동적으로 중단되도록 건설됐다고 강조해왔다.

하지만 이번 후쿠시마 원전 사태로 발생 확률론적으로 극히 희박하던 노심이 용융되는 중대사고가 발생하면서 외부로 다량의 방사성 물질이 누출되었다. 물론 도호쿠 대지진은 규모 9.0으로 전 세계 역사상 4번째로 강력한 지진인데다, 높이 10미터 이상의 쓰나미가 밀어닥쳤기 때문에 인간의 힘으로는 불가항력이었다고 볼 수도 있다.

그럼에도 불구하고, 일본에서 앞으로 또 다른 지진이나 쓰나미가 발생할 가능성이 높기 때문에 원전 안전사고가 발생하지 않을 것이라고 장담하기는 어렵다. 내진 설계 분야에서 세계 최고를 자부해온 일본이지만 자연의 힘을 막을 수는 없기 때문이다.

일본 정부는 앞으로 원전증설을 포기하는 대신 늘어나는 에너지 수요와 이산화탄소배출 감축의무, 국제유가 상승 등에 대처할 수 있는 획기적인 대체에너지 정책을 어떻게든 마련하여야 할 처지이다.

일본으로선 이와 함께 설상가상으로 원전 수출에도 제동이 걸릴 가능성이 높다. 일본은 사고 전까지만 해도 한국의 UAE원전 수주에 자극을

받아 세계원전시장을 석권하기 위한 방법으로, 최대 민간기업으로 구성된 기업들의 역량강화를 위해 미쓰비시는 프랑스 아레바와 제휴하였고 도시바는 웨스팅하우스, 히타치는 제너럴일렉트릭과 손을 잡고 세계 원전시장에서 패권을 차지하겠다는 야심찬 계획을 갖고 있었다.

또한 일본은 지난해 베트남과 향후 원전건설을 함께 추진하겠다는 공동선언을 하였으며, 올해는 터키 원전을 수주하기 위해 총력전을 펴왔다. 일본은 또 동남아와 중동 국가들을 대상으로 적극적으로 원전 세일즈 활동을 벌여왔다. 특히 일본 정부는 올해부터 원전 수출을 5대 신성장 동력 산업 중 하나로 추진하기로 하고 앞으로 5년 간 외국의 원전 공사를 수주하는 데 쓸 목적으로 농축우라늄 120t을 비축하는 계획도 추진해왔다.

하지만 이번 후쿠시마 원전 사태로 일본 정부와 원전 기업들의 해외 원전 수주가 상당히 어려울 가능성을 배제할 수 없다. 일본 원전의 안전성에 문제가 있다는 점이 밝혀져 해외 원전 수주에서 가장 중요한 신뢰도가 하락하였으며, 특히 일본 원전수출의 주 노형으로 내세운 BWR의 안전성에 대한 한계가 드러났기 때문이다.

독일 정부는 현재 17기인 원자력 발전소의 가동을 2022년까지 영구히 중단하기로 했다. 앙겔라 메르켈 총리가 이끄는 독일 보수 연정은 2022년까지 원전을 모두 폐쇄한다는 이전 정부의 정책을 폐기하고 가동시한을 평균 12년 연장했다가 지난 3월 후쿠시마 원전 사고 후 노후 원전 7기의 가동을 즉각 중단했으나 지방선거에서 참패하자 이처럼 원전 완전 폐지로 입장을 급선회했다.

현재 가동 중단 중인 원전 7기와 크루에멜 원전은 즉각 폐쇄하고 6기를 2021년 말, 가장 최근에 건설된 나머지 3기는 2022년 말까지 가동을 중단할 예정이다.

그리고 원전 폐쇄에 따른 전력 부족사태를 해결하기 위해 풍력, 태양광 등 대체에너지 개발에 박차를 가한다는 방침이다.

그러나 2022년 원전 완전폐쇄 결정에 대해 신재생에너지 설비 확충에 따른 재원 마련이 쉽지 않을 전망이다. 필연적으로 전력부족사태가 벌어지는 등 현실성이 떨어지는 결정이라는 반발과 논란이 거세질 전망이다.

우선 독일의 4대 전력회사들이 소유하고 있는 원자력발전소에서 생산하는 전기는 2010년 기준 소비전력의 23%를 차지하고 있다. 이에 원전을 폐쇄하면 전력공급에 심각한 차질이 발생할 가능성이 있다. 또한 부족한 전기를 생산하기 위해서는 기존 석탄발전소나 신재생에너지 발전을 늘려야 하는데 이는 결국 전기요금 상승으로 이어져 경제에 악영향을 미칠 수도 있다. 현재 원자력이 차지하는 부분을 풍력발전 등 재생에너지로 전면 대체할 경우 최소 2,100억 달러를 투입해야 할 것으로 추정되고 있고 지난해만 해도 독일은 재생에너지에 370억 달러 이상을 투입했다.

또한 이탈리아는 現 Silvio Berlusconi 정부에서 이탈리아의 높은 전기요금(EU 가입국 중 최고)과 탄소 배출량을 개선하기 위해 원자력이 필요하다는 목표로, 2025년까지 이탈리아 전력의 25%를 공급한다는 목표로 3세대 원전 도입을 준비해왔었다. 그러나 일본 후쿠시마 원전 사고로 원자력에 대한 반대 여론이 형성되자 야당인 민주당에서 이 문제를 결국

국민투표까지 몰고 가는 데 성공하였다. 그 결과 6월 12일~13일에 걸쳐 이탈리아에서 ‘원전 재도입’에 관한 국민투표를 실시하였고 유권자 57%가 참여하여 총 투표자의 94.6%의 반대로 부결됨으로써 원전을 건설하려던 정책에 제동이 걸리고 말았다.

스위스 정부는 노후한 원자로를 새 원전으로 교체하려던 계획을 보류하고 2013년 원자력 활용 여부를 놓고 국민투표를 실시할 계획이다.

전체 전력 생산량의 절반 이상을 원자력에 의존하는 벨기에도 현재 가동 중인 2개 원전의 안전성을 정밀 진단하고 진단 결과가 나올 때까지는 원전 추가건설이나 가동시한 연장 등의 논의를 중단하기로 했다.

유럽연합(EU) 27개 회원국은 3월 25일 벨기에 브뤼셀에서 열린 정상회의에서 현재 가동 중인 원전에 대해 정밀 안전진단(스트레스 테스트)을 실시하기로 합의했다. EU 회원국들 중 현재 14개국에서 143기의 원자로를 가동 중이다.

반면 전체 전력 생산의 76.2%를 원자력에 의존하고 있는 프랑스는 원전 건설을 중단할 이유가 없다는 입장이다.

헝가리도 원전 건설 계획을 계속 추진하겠다고 밝혔다.

폴란드는 다소 신중한 입장이다. 도널드 투스크 폴란드 총리는 현대적이고, 안전이 보장되는 원전에 대한 국민들의 지지가 강하다면서도 3,000MW 원전 2기를 건설한다는 계획을 국민투표에 부칠 가능성을 배제하지 않겠다고 말했다. 화력발전의 비중이 94%에 달하는 폴란드에서 현재 원전 건설 계획에 대한 국민들의 찬반 의견은 비슷하다.

한편, 중국 정부는 지난 3월 16일 원자바오 총리 주재의 회의를 통해

신규 원전 건설 계획 승인을 잠정 중단하기로 전격 결정했지만 이는 단지 국민의 불안감을 진정시키기 위한 것으로서 중국 정부가 앞으로도 원전 건설을 포기하지 않을 것은 분명하다. 그 이유는 중국은 급속한 경제 성장으로 전력 소비가 크게 늘어나고 있어 원자력 이외의 다른 에너지들로는 획기적인 전력 증가를 기대할 수 없는 상황이기 때문이다. 중국은 또 현재 이산화탄소 배출량 세계 1위를 차지하고 있기 때문에 이산화탄소 배출을 줄이기 위해서는 원전 밖에 대안이 없다. 중국 정부는 2020년까지 모두 66기의 원전을 건설해 전체 발전용량의 6%를 충당할 계획이다. 중국은 현재 원전 13기를 운영하고 있고, 건설중인 원전은 27기이며 건설 계획이 승인된 원전은 50기이다. 또 중국 정부는 앞으로 원전 110기를 신규 건설할 계획도 추진하고 있다.

미국도 원전 건설을 계획대로 추진하겠다는 입장이다. 미국은 현재 원전 104기를 보유해 전 세계에서 가장 많은 원전을 가동하고 있다. 원자력이 미국 전체 전력 수요에서 차지하는 비중은 20%인데, 앞으로 원전 21기를 추가로 건설할 계획이다. 스티븐 추 에너지부 장관은 원전 건설은 예정대로 추진될 것이라고 밝혔다.

오바마 정부는 그동안 미국의 중동에 대한 석유 의존도를 줄이고 지구온난화에 대처하기 위해서는 원전 건설이 필요하다는 입장을 보여 왔다. 미국 원자력규제위원회(NRC)는 지난 3월 26일 전력업체 서던사가 추진해온 보그틀 원전 2기의 건설계획에 대한 환경영향평가를 통과시켰다. 신규 원전 2기는 조지아주 오거스타에서 남동쪽으로 26마일 떨어진 부지에 건설될 예정이다. 이 원전 2기는 지난 1979년 3월 28일 스리

마일 아일랜드 원전 사고 이후 32년 만에 다시 추진되는 신규 원전 건설 프로젝트이다.

이번 건설계획은 오바마 정부가 83억 달러의 대출보증지원을 약속하면서 추진해온 사업으로서 후쿠시마 사태에도 불구하고 내려진 결정이다. 오바마 정부가 원전 건설을 강력하게 추진하는 이유는 온실가스 감축에 대한 국제사회의 요구 때문이다. 보그틀 원전 프로젝트가 추진되는 조지아주의 오거스타 지역은 이미 2기의 원자로를 보유하고 있다.

하지만 미국의 환경단체와 일부 민주당 의원들이 후쿠시마 원전 사고를 계기로 기존 원전 시설에 대한 안전 검사를 완료하기 전까지는 새로운 사업 추진을 중지해야 한다고 목소리를 높이고 있기 때문에 오바마 정부의 원전 건설 정책이 순탄하지는 않을 것으로 보인다.

러시아 정부도 원전 건설 정책을 계속 추진하겠다는 방침이다. 러시아는 지난 한 해에만 새로운 원전 건설을 위해 17억 유로(약 27조원)를 투자했다. 러시아는 현재 운영 중인 원전 32기 이외에 2020년까지 원전 10여 기를 신규 건설할 계획이다.

인도는 후쿠시마 원전사고에도 불구하고 현재 20기의 원전을 운영 중이며 총 4,780MW의 원전 설비 용량에서 2032년까지는 총 50기의 원전을 추가로 건설하여 원전설비용량을 63,000MW 규모로 늘린다는 야심찬 계획에는 변함없음을 밝혔고 단지 원전 20기에 대한 안전계통의 기술심사, 특히 자연재해에 대한 내구성의 긴급심사를 지시하였다.

신규도입국가들에 대한 동향을 살펴보자면, 리투아니아와 벨라루스 등은 기존원전 도입을 변함없이 경쟁적으로 계속 추진할 예정이며, 말

레이시아는 원전도입 타당성검토 결과에 따라 도입결정을 할 예정이다.

인도네시아는 후쿠시마 원전 사고로 국민들 사이에 반원전 분위기가 높아질 것으로 예상되지만 고질적인 전력부족 및 연료의 다변화를 위하여 지속적으로 원전 건설을 추진할 예정이다.

태국은 타당성조사 용역결과를 바탕으로 '11년 초 원전도입여부를 최종 결정 예정이었으나, 금번 사고로 이를 전면 재검토하기로 하였다.

또한 베네수엘라의 경우도 차베스 대통령이 원전건설 계획을 동결하도록 지시를 하는 등, 도입국가마다 자국의 정치적, 에너지 수급 상황에 따라 금번 원전사고에 대한 정책을 달리하고 있다.

주요 해외국가들에 대한 원전건설 추진 및 운영에 대한 동향을 살펴본 바대로 각국 원전 건설추진에 국가별로 상당한 차이를 보이고 있다.

이러한 사고이후의 해외동향을 지속적으로 수집·분석하여 우리의 원전수출사업 추진에 반영하여 변화된 상황에 지혜롭게 대응할 수 있도록 하여야 한다.

그동안 우리의 강점들로 원전 21기를 운영하는 세계 5위의 원전 보유국으로서 TMI 사고 이후 원전건설을 중단한 미국 및 유럽 등과 달리 1980년대 이후 지속적인 반복 건설을 통해 안정적 사업 능력 확보와 세계 최고수준의 운영능력 실적을 보유하고 있으며, 특히 APR1400은 경제성을 갖추고 최신 기술이 접목된 3세대원전으로서의 안전성 등을 원전 도입국들에게 홍보해 왔다.

그러나 후쿠시마 원전사고로 인해 향후에는 원전도입국들이 국민 설득과 정치·환경적 반대론자들의 공격을 극복하기 위해서는 그 무엇보다

다 도입노형의 중대사고에 대한 대응능력이 중요한 원전도입의 잣대로 작용할 가능성이 예상되고 있다.

이러한 측면에서 한국형원전과 사고가 발생한 일본의 후쿠시마 원전의 안전성을 면밀히 비교 분석할 필요가 있다.

후쿠시마 원전은 비등경수로형으로서 가압경수로형과 달리 방사성 1차계통 및 비방사성 2차 계통으로 구분되어 있지 않고 비등된 방사성 냉각수에 의한 증기로 터빈을 직접 회전하는 방식이다. 따라서 금번과 같이 복합적 사고가 날 경우 터빈계통 등으로도 방사성물질의 누출 가능성이 많아 사고가 더욱 확대되고 지속될 수 있다.

다행히 한국형원전은 모두 방사성물질이 존재하는 1차측 계통과 비방사성 물질에 의한 2차측 계통으로 엄격히 구분되어, 사고 시 방사성물질의 외부누출 가능성이 최소화되도록 설계되어 있다.

따라서 후쿠시마 같은 사고에서도 방사성물질이 외부로 다량 방출될 확률이 현저히 감소한다고 할 수 있다.

특히 한국의 수출형 원전인 APR1400은 제3세대원전으로서 기존의 가압경수로형의 안전성에 더불어 중대사고에 대처하는 안전관련 계통들이 훨씬 강화되고 추가되어 설계되었기 때문에 금번사고와 같은 상황과 체르노빌 사고 때처럼 방사성 물질의 다량 외부누출 확률은 극히 희박하다고 할 수 있다.

이러한 후쿠시마원전과의 근본적 차이점 및 APR1400의 중대사고 대응능력에 대해 수출대상국에 충분한 설명과 이해가 될 수 있도록 수출전략을 새롭게 수립하여야 할 때이다.

제2절 아랍에미리트 원전건설 현황

한국전력공사 UAE원전사업단 사업총괄팀장 임현승

1. UAE 원전사업 개요

UAE정부는 총 전력수요는 2020년까지 약 1,500MW에서 40,000MW로 증가가 예상됨에 따라 미래 전력수요에 맞추어 아부다비 서쪽 아라비아 연안 지역에 5,600MW 규모의 원전을 국제공개경쟁입찰방식으로 발주하였으며, 한전과 에미리트원자력공사(ENEC, Emirates Nuclear Energy Corporation)는 2009년 12월 27일 주계약을 체결하였다.

UAE에 최초로 건설되는 원전은 2017년 5월 1일 첫호기 준공을 시작으로 2020년 5월 1일까지 매년 1기씩 총 4기의 APR1400이 건설될 예정이다.

건국 이후 해외 첫 원전수출이라는 대역사의 장을 시작한 한전은 UAE 명품원전 건설을 위해 한전을 중심으로 한수원(주), 한국전력기술(주), 한전원자력연료(주), 한전KPS(주), 두산중공업(주), 현대·삼성 등 전력그룹사 및 협력사가 각각의 역할을 분담하여 사업을 진행하고 있다.

〈표 8-8〉 UAE 원전사업 개요

사업규모	한국형 원전 4기 건설 (5,600MW)	
수주금액	약 186억달러 (원화 약 21조원)	
계약범위	원전(1,400MW) 4기 건설(EPC) 핵연료 공급(3년) + 운영지원	
사업/입찰방식	턴키계약/국제 공개경쟁입찰	
준공목표	1호기('17.5.1), 2호기('18.5.1) 3호기('19.5.1), 4호기('20.5.1)	

2. UAE 원전사업 주요일정

〈표 8-9〉 UAE 원전사업 주요일정

Year	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
	'09.12.27 사업착수	'10.12.31 예비안전성분석 보고서 제출	'11.3.1 부지 사전준비	'12.4.1 기초굴착	'12.11.1 최초 콘크리트 타설	'14.7.1 1호기 원자로 설치	'15.4.1 전원 가압	'16.2.1 상온 수압시험	'16.10.1 핵연료 장전	'17.5.1 1호기 준공
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	

구 분	주요 추진사항	추진일정
사 업 착 수	• UAE원전 건설사업 계약서명	'09.12.27
건설허가취득	• 부지 조사 착수	'10. 4. 3
	• 건설허가 취득	'12. 6.30
건 설	• 기초 굴착	'12. 4. 1
	• 최초 콘크리트 타설	'12.11. 1
1호기 원자로설치	• 1호기 원자로 설치 • 1호기 발전소 전원 가압(加壓) • 1호기 원자로 상온 수압(水壓)시험	'14. 7. 1
1호기 핵연료장전	• 1호기 핵연료 장전	'16.10. 1
1호기준공	• 1호기 준공	'17. 5. 1

3. UAE원전사업 건설 현황

가. 사업관리체제 수립 및 강화

한전은 성공적인 UAE원전건설을 추진을 위한 사업수행 조직 강화를 위해 본사에 UAE사업총괄부사장 직제 및 UAE원전사업단을 신설하였으며, 공동사업관리 및 사업수행을 위해 한전-한수원(주) 간 협정을 체결('10. 3. 15)하였다. 또한, 현장의 건설 준비를 위해 UAE원자력본부를 신설, 운영 중에 있으며 2010년말 기준 한전 50명, 시공단 및 노무인력 1,500명이 투입되어 공사를 진행하고 있다.

(1) 협력계약 체결

한전은 본공사 수행을 위해 종합설계(KEPCO E&C), 핵연료(KEPCO NF), 시공계약 및 원전 운영지원(한수원) 및 두산중공업(주)과 2010년 6월 30일 원자로 및 터빈발전기 등의 주요 협력계약을 완료하였다.

(2) 보조기기 구매시스템 구축 및 착수

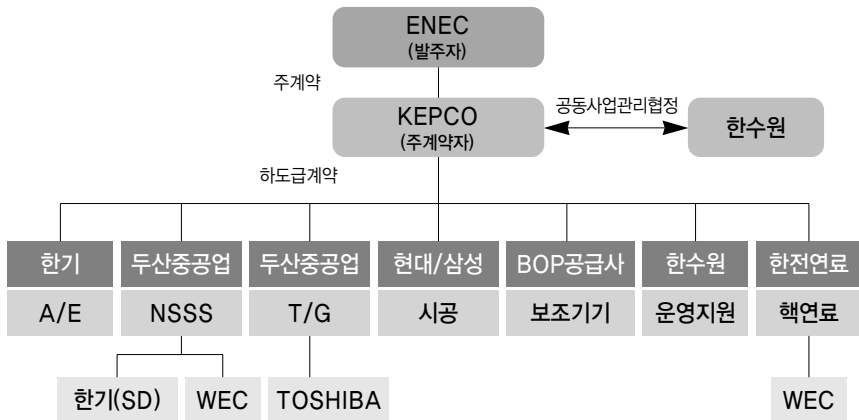
한전은 총 179개 보조기기 구매 조달계획을 수립하였으며, 서울과 아부다비에서 국내 및 핀란드, 덴마크 등의 업체를 대상으로 구매설명회를 총 7회 개최하여 공급 유자격자 등록 및 구매를 착수하였다. 2010년말 현재 약 300개업체의 공급 유자격자가 등록, 관리되고 있으며, 총 71개의 품목의 구매규격서를 발행하였고, 3개품목에 대해 계약을 체결하였다.

(3) 사업관리시스템 구축 및 운영

한전은 사업공정표를 작성하여 발주처인 에미리트원자력공사(ENEC)의 승인을 취득하여 운영하고 있으며, 사업관리지침서(PPM), 사업내부절차서(PIP), 현장 내부절차서(SIP) 및 진도성과측정시스템(PPMS)를 개발완료, 운영하고 있다.

(4) 건설허가 신청

한전은 UAE원전 건설을 위한 예비안전성분석보고서(PSAR)를 UAE원자력규제위원회(FANR, Federal Authority for Nuclear Regulation)에 2010년 12월 27일 제출하여 현재 안전심사를 진행중에 있으며 2012년 6월 30일에 최종 건설허가를 받을 것으로 예상하고 있다.



〈그림 8-1〉 UAE 원전사업 추진 체계

나. 현장공사 기반 구축

한전은 본공사를 대비한 사전 부지 조사의 일환으로 현장 부지에 대한 육상 및 해상시추 총 74공을 조사완료 하였으며, 약 4개월에 걸쳐 Braka 원전 부지 12km에 걸쳐 부지경계 울타리 설치를 완료하였다. 또한, 준설토 유용을 위한 임시 적치 및 탈수를 위해 준설토 적치장 공사를 완료하였으며, 임시숙소 및 사무실 구축을 위해 총 110동의 컨테이너형 시설을 완료하여 사용하고 있다.

다. 한-UAE 간 교류협력 증진

UAE원전사업을 계기로 한국과 UAE는 외교, 분야별 산업협력 및 문화교류 등의 각 분야별 교류가 진행되었다. 2010년 5월에는 셰이크 모하메드 UAE왕세자가 국빈 방문하여 정부관계자와 면담을 하였으며, 특히 UAE원전사업의 참조발전소인 신고리3&4호기 및 두산중공업 등을 방문하여 한국의 원자력산업에 깊은 관심을 보였다. 또한, 한-UAE 수교 30주년 행사가 서울 및 아부다비 등에서 동시에 개최되어 양국문화를 상세히 소개하는 등 UAE정부, 산업계 및 학계 등의 고위인사가 한국이 단기간에 이룬 경제발전 및 원자력 경험을 도입하여 자국의 경제성장 모델에 이용하기 위한 교류가 진행되고 있다.

4. UAE원전사업 향후 추진 계획

한전은 주계약자로서 주계약 업무의 효율성과 신속한 의사결정을 위해 강력한 컨트롤타워 역할을 수행하고 있으며, 현장 건설을 준비하기 위

한 부대시설 공사 및 관련 인허가 취득을 위한 준비업무를 추진하였다.

이를 바탕으로, 2017년 5월 1일 첫 호기 준공 목표를 달성하기 위해 한전은 2011년에는 현장기반시설 조기준공(건설사무소, 숙소, 편의시설 등), 물류기반 확보(공사용 및 영구 물양장 조기준공, 항로준설 우선시행으로 물양장 조기 확보 등) 및 본공사 조기착수를 위한 작업(본관기초굴착 조기 설계, 본관지역 구조물공사 조기착수, 취수구 준설, 가물막이 및 방파제 등 해상공사 본격 착수 등)을 준비할 계획이다.

또한, 본격적인 원자로구조물 공사 착수 대비 건설허가 적기 취득을 위해 UAE원자력규제기관과의 Q&A에 적극 대처할 예정이다.

제3절 국가별 해외사업 추진현황

한국전력공사 해외원전개발처 사업개발팀장 태중훈

1. 수출 역량집중 중점 추진국가

가. 이집트 원전사업

이집트 정부는 1976년에 전력에너지부 산하에 원자력발전청(NPPA)을 설립하고 신규원전 건설을 추진하였으나, 체르노빌 사고(1986) 이후 원전개발을 전면 중단하였다. 그러나 2007년부터 원전사업 개발을 재착수하고 원자력 규제기관 및 연구기관 등 조직을 재편성하고 2009년부터 본격적으로 원전부지 및 노형에 대한 타당성 조사를 실시하였다. 원전 후보지로는 홍해연안, 지중해 연안 및 나일강 주변 지

역을 대상으로 분석을 실시하였으며, 무바라크 대통령은 2010년 8월에 지중해 연안의 El-Dabba를 원전부지로 선정하였다.

이집트는 2025년까지 4000MW 규모의 원전건설을 추진하기로 결정하고 2019년 1호기 가동을 목표로 신규원전 건설을 위한 입찰을 준비중에 있다.

이를 위해 이집트 정부는 2009년 6월 신규원전 건설을 위해 호주의 Worley Parsons사와 8년 간 1억 6,100만 달러의 컨설팅 계약을 체결했으며, Worley Parsons사는 원전 부지 및 원자로 선정, 기술평가 및 검토, 품질관리, 훈련, 설계와 건설 감리 등의 컨설팅 업무를 맡게 된다.

이집트 정부는 신규원전건설을 위한 기술적, 법적인 요건 검토를 마치고 2011년 2월경에 입찰안내서를 발행할 계획이었으나 이집트 민주화 시위로 인한 무바라크 정부의 붕괴와 북아프리카의 주변 국가들의 민주화 시위로 인한 정국이 불안정하여 신규원전건설의 추진이 지연되었으며, 2011년 3월 11일에 발생한 동일본 지진과 쓰나미에 의한 후쿠시마 원전의 대형사고 여파로 신규원전의 지속 추진 여부가 불투명한 상태이다. 그럼에도 불구하고 한국은 이집트 규제기관을 대상으로 인력 교육을 3월말~4월초에 진행하였으며, 향후에도 정부 핵심인사, 신규원전 관련기관 전문가 등 현지 방문과 한국 초청을 통해 적극적인 원전수주 활동을 전개하고 이집트 정부에서 입찰안내서를 발행(입찰공고) 할 경우 재원조달, 사업추진구도 등 사업조건을 면밀 검토 후 참여여부를 결정할 계획이다.

나. 터키 원전사업

터키는 터키 남부의 지중해 연안 아큐유(Akkuyu) 지역에 2008년 8월 국제 경쟁입찰을 통해 민자발전방식(IPP)으로 원전건설을 추진하였으나, 한전은 핵사고 책임에 대한 사업자 책임 한도가 불분명한 점 등 국제관례에 벗어난 불리한 입찰조건으로 입찰을 포기하였고, 러시아의 아톰스트로이엑스포트(ASE : Atomstroyexport)가 주도하는 1개 컨소시엄만 입찰에 참여하였으나, 터키정부는 2009년 11월 러시아가 제시한 전력판매가격이 높아 최종 사업자 선정을 유보하였고, 부지제공, 참여업체 조건 및 전력판매가격 산정 등이 현행 법령 위반 이라는 터키법원의 판결에 따라 동 입찰에 대한 행정정지명령을 선고하였다. 이후 터키-러시아 양국은 정부간 협력사업 으로 추진기로 합의하였고, 2010년 5월 정부간 협력 협정 체결에 따라 러시아가 아큐유 원전을 건설할 예정이다.

이와는 별도로 터키정부는 터키 북부의 흑해연안 시놉(Sinop) 지역에 또 다른 원전을 추가로 건설하기로 함에 따라, 한전은 민관공동투자(PPP : Public Private Partnership) 방식의 사업을 제안하고, 2010년 3월부터 한국과 터키는 Joint TF를 구성하여 시놉원전 건설 타당성 공동 연구를 실시하였다. 공동 연구결과에 따라 한국-터키정부간 협상(IGA : Inter Governmental Agreement)을 통해 시놉원전 사업권을 획득하고자 협상을 진행하였으나, 정부 지급보증, 전력판매단가 등 일부 핵심사항에 대해 합의에 도달하지 못한 채, 한국과 터키는 그 간의 협상을 통해 상호 협력의지를 확인하고, 미합의 쟁점에 대해서는 추후 계속해서 논

의하기로 하고 협상을 중단하였다. 이후 터키정부는 2010년 12월에 일본측과 협상을 시작하였으나, 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전사고로 협상이 전면 중단된 상태이다.

다. 베트남 원전사업

베트남은 최근 급속한 전력수요 증가 및 화석연료 고갈에 대비하여 원전도입의 필요성을 인식하고 원전사업을 지속적으로 육성하고 있다. 특히, 2010년말기준 베트남 발전설비용량은 약 21,197MW이며 매년 전력수요 증가율이 약 15%에 이르러 경제성장률의 약 2배에 달해 상시 전력 부족상태에 있다. 현 추세를 감안 시 향후 5년 후에는 현 발전설비용량 대비 약 2배 이상 확충이 필요할 것으로 전망된다.

베트남은 1976년 ‘베트남 원자력위원회(VAEC)’을 설립하고, 1994년 원자력 발전소 건설계획 가능성에 대한 연구, 검토를 착수하였으며, 1999년 정부 차원의 원자력발전소 건설계획을 결정했다.

그 후 원자력발전소 개발연구에 관한 위원회를 2002년에 발족하여, 2020년까지 평화적 목적의 원자력에너지 사용전략 실행 및 최초의 원자력발전소건설을 위한 예비 타당성조사를 수행 했다. 2006년 1월 원자력의 평화적 이용 전략에 관한 총리 결정으로 2007년 전략집행을 위한 Master Plan을 수립하였다.

당초 2017년경 신규원전 도입을 목표로 기초조사, 예비타당성 조사 완료 등 많은 준비를 해 왔지만, 국회 및 공산당의 검토와 승인 지연, 재원조달 곤란, 대국민 홍보 강화 등의 이유로 첫 원자력 발전소 운전시기

를 2020년으로 재조정하고, 최초 원자력발전소 도입 시기 재조정에 따라 2025년까지의 ‘전력수급계획(제6차 장기 전원개발 마스터플랜)’도 2007년 2월에 부분 수정 했다.

한국과 베트남은 1996년 11월 원자력협력협정을 체결하고, 2002년 11월 한국(지경부)-베트남(산업무역부) 간 원전협력 MOU 체결 등 최근까지 양국 정부 간 원전협력기반 구축사업을 진행 중이다. 한편 한수원(KHNP)은 베트남 원전사업 진출기반 구축을 위해 지속적인 협력활동을 수행해 왔다. 2002년 12월부터 2004년 4월까지 원전도입정책 공동 연구를 진행했고, 2007년 7월부터 2008년 6월까지 원전기자재국산화 공동연구를 시행했다. 2009년 6월부터 2012년 5월까지 원전인력양성 등 협력 사업을 전개하여 한국형 원전 진출의 우호적인 환경조성을 위해 노력해 왔다.

현재 베트남은 2030년까지 총 8개 부지에 14개호기 (15,000MW~1600MW) 원전 도입 건설계획을 2010년 6월 발표하고, 국가 간 정치적 이해관계, 경제적 지원 등을 고려하여 원전 수출국 정부와의 합의를 통한 수의계약 방식으로 원전도입을 추진 중이다. 특히, 경제, 산업분야 협력을 바탕으로 러시아, 일본과의 원전건설 사업을 추진하여 2010년 10월 러시아와 건설계약을 체결하였고, 일본은 우선협상대상자로 선정하였다. 현재 정부와 한전도 베트남 원전건설 사업을 추진 중이다.

2. 수출기반 강화 대상국가

가. 인도 원전사업

인도는 2011년 4월 현재 20기의 원전을 운영중이며 6기의 원전을 건설중에 있으며 현재 총 4,780MW의 원전 설비 용량에서 2032년까지는 총 50기를 원전을 추가로 건설하여 원전설비용량을 63,000MW 규모로 늘린다는 야심찬 계획을 수립한 바 있다.

이러한 인도의 원전설비 확장 추세에 따라, 한전은 2008년 8월 KEPCO - 인도 GMR그룹 간 상호 원전협력협정 양해각서를 체결하여 본격적인 인도 원전시장 진출을 위한 기반을 다지고 있다.

인도는 1970년 초 파키스탄과의 핵무기개발 경쟁 등으로 서방국가와의 원자력분야 교류가 단절되어, 낮은 용량의 중수로 원전을 자체적으로 개발 운영하고 있었으나 2008년 미국과의 회담을 기해 원자력공급국그룹(NSG)으로부터 NPT 면제를 부여받아 본격적으로 국제협력을 통한 경수로형 원전도입을 추진하기 시작하였다.

이에 따라 인도는 중국 못지않은 거대 원전시장이 형성될 수 있을 것으로 예상되면서 경쟁국들이 앞 다투어 진출에 총력을 기울이고 있으며, 특히 러시아와 프랑스는 이미 인도에 자국노형의 원자로를 건설 중이거나 추가 또는 신규 계약협상 중에 있다.

한편, 원자력공급국그룹(NSG)은 2008년 9월에 인도를 규제 대상국에서 해제 하여 원전 수출 규제의 걸림돌들이 제거됨으로써, 2008년 말 프랑스, 미국, 러시아등 원전 선진국들은 인도와 원자력협력협정을 체결

하는 등, 벌써부터 인도 원전시장에서 치열한 수주 활동을 벌이고 있다.

이에 우리나라도 향후 인도 원자력발전소 건설수주를 위해서는 우선 정부차원에서 원자력협력협정을 체결하면 연내에 APR1400 건설부지를 확보한 후 2012년부터 원전건설계약 협상을 착수할 예정이다.

나. 인도네시아 원전사업

인도네시아는 2000년대 중반 최초원전의 상업운전을 목표로 원전건설 타당성조사를 수행하는 등 원전도입을 적극적으로 추진하여 왔으나, 1997년 말 발생한 금융위기로 원전도입 시기를 조정하여 2006년 1월 중장기 국가 에너지정책을 수립, 2016년 최초원전 상업운전을 목표로 원전도입 계획 재추진 및 최초 원전건설 이후 2025년까지 최소 4기의 원전을 건설할 계획을 발표하였다.

이에 따라 한국은 90년대 후반부터 인도네시아를 향후 한국표준형원전 진출 전략국가로 선정하고 사업진출 기반을 구축하기 위해 인도네시아 원전사업 유관기관인 원자력청, 전력공사 등과 협력을 지속해 오고 있다. 2005년에 한전과 한수원이 공동으로 인도네시아 전력공사와 원전건설협력 양해각서를 체결하였고, 2007년부터는 한-인니 원전도입 공동연구(5회) 및 교육훈련(약 200여명)을 수행하였다. 또한 2009년도에는 기존 원전건설 협력 양해각서를 연장하였으며, 현재 추가연장을 위한 협상중에 있다.

그러나 인도네시아는 환태평양 지진대에 속한 나라로서 최근 발생한 일본원전사고후 더욱 강해진 원전 반대여론과 총선관련 정치적 상황 등

내부사정으로 원전 건설 추진 일정이 계속 지연되고 있다.

따라서 향후 원전수주를 위해 지속적으로 인도네시아 정부 및 원전관계자들과의 협력관계를 유지하고 있으며, 인도네시아 자원개발, 화력발전 등과 연계한 원전수주활동도 적극적으로 추진할 예정이다.

다. 말레이시아 원전사업

당초 말레이시아는 2025년까지 원전 2기를 도입한다는 목표를 설정하고 2010년까지의 정부 중합에너지계획을 수립 중에 있었으나, 최근 LNG 수급과 전기수요 증가에 따라 빠른 원전도입(Fast Track)을 적극 검토하여 2021년까지 1,00MW급 원전 2기를 도입하는 정책을 추진하고 있다.

이에 따라 한국은 2008년 3월 한전-말레이시아 전력공사(TNB)간 원전협력양해각서 체결을 기반으로 “말레이시아 최초 원전도입을 위한 예비타당성 조사용역(KEPCO-말련전력공사(TNB))” 및 “말련 신규원전 부지선정 및 평가용역(KEPCOE&C-말련전력공사연구소(TNBR))”을 성공적으로 수행하였고, 지속적인 원전협력을 통해 한국형 원전 수출을 위한 기반을 다지고 있다.

일본 원전사고후 말레이시아는 현재 추진중인 원전타당성조사 용역 수행 결과를 토대로 원전 도입에 관한 최종결정을 2013년도에 할 예정이다. 이에 따라 KEPCO는 한국과 말레이시아간 원자력협력협정 체결 등 한국원전 수출활동을 지속적으로 해 나갈 예정이다.

라. 태국 원전사업

태국은 2006년 말 국가에너지 개발계획 공포 및 2010년 신규전원개발계획(PDP2010) 수립에 따라 총 전력수요의 10%를 원자력으로 공급하고자, 2021년 최초도입원전의 상업운전을 목표로 2028년까지 총 5,000MW의 원전을 건설할 계획이다.

현재 태국정부는 원전도입을 위한 범정부 인프라준비위원회(NPIPC)를 구성하고 원전도입 인프라구축계획(NPIEP)을 수립하여 시행중에 있으며, 그 일환으로 2008년 10월부터 태국전력청(EGAT)을 중심으로 2010년 6월까지 원전도입 타당성조사를 수행 하였다.

한-태 양국 정부는 2004년 3월 원자력협력 양해각서를 체결하고, 2006년부터 3차례에 걸쳐 양국간 원자력협력위원회를 개최하였으며, 한전은 태국전력청과 1986년 양사간 전력협력협정을 체결한 이래로 2007년부터 정기적인 기술교류를 추진 중에 있다. 특히, 2011년도에는 태국의 국회, 정부(에너지부 및 국방부), 원자력청, 전력청, 언론기관 및 교육계 등의 기관에서 여러 차례에 걸쳐 한국의 원전시설을 방문하는 등 한국의 원전기술에 많은 관심을 보이고 있다.

한전은 2008년 말부터 태국전력청(EGAT)이 수행중인 원전도입 타당성조사에서의 노형평가를 위한 한국형원전 평가 자료를 제공하였다. 태국은 타당성조사 용역결과를 바탕으로 '11년초 원전도입여부 최종 결정 예정이었으나, 최근 일본 원전사고 영향으로 2010 전원개발계획을 3년 늦추기로 결정하고 대체 수단으로 복합화력 800MW 3기를 건설하는 것으로 발표하였다.

마. 남아공 원전사업

남아공은 지난 2008년 1,000MW급 원전 2기를 공개입찰 방식으로 추진하여 Areva(프)와 WEC(미)을 우선 협상대상자로 선정하였으나, 입찰가격 과다 및 재원조달 곤란으로 취소한 바 있다. 그러나 2009년 신정부 출범이후 원전건설을 재추진하면서 2011년 3월 9,600MW 규모의 원전을 Cape Town의 Tyspunt 지역 등 5개 원전 후보지에 건설하여, 2023년에 최초 호기를 준공하고 2029년까지 완료할 장기전력 수급 계획(IRP : Integrated Resource Plan)을 발표하였으며, 이르면 금년 말 입찰계획이 확정될 예정이다. 그동안 한국정부 및 한전은 남아공정부를 대상으로 지속적인 협력채널을 유지해오고 있으며, 2010년 남아공 월드컵 경기장 전력설비 점검 지원으로 한전의 기술력을 입증하였고, 특히 2010년 10월에는 남아공 부통령이 방한하여 한국-남아공간 원자력 협력협정을 체결하여, 한국형 원전의 남아공 진출기반을 구축하였다. 남아공 원전 수주를 위해 남아공의 Needs에 부합하는 맞춤형 원전 Package 제공 등 지속적인 수주활동을 전개할 나갈 예정이다.

바. 기타 원전수출 잠재시장 국가

수출 잠재시장 국가들로서 사우디, 쿠웨이트, 폴란드, 체코, 슬로바키아, 헝가리, 아르헨티나, 브라질, 등으로 분류하고 있으며 이들 나라들에 대해서는 원전도입관련 협조 요청 등에 적극 협력하면서 민관의 현지 각국 지점이나 지사들을 활용하여 원전도입 진행추이, 정치, 경제 및 원전건설 재정마련 방안 등의 정보를 수집하여 수주기반을 조성해 나갈

계획이다. 또한 도입국의 Needs를 파악하여 맞춤형 홍보가 이루어질 수 있도록 적극적 홍보전략을 수립할 예정이다.

제4절 향후 전망

한국전력공사 해외원전개발처 사업전략팀장 조성민

일본 후쿠시마 원전 사태가 전 세계적인 ‘원자력 르네상스’에 어느 정도 찬물을 끼얹을 수 있을지 국제사회의 관심이 집중되고 있는 가운데 각국이 자국 원전들에 대한 총체적 안전 점검을 시행하고 있고, 일부 국가들은 원전 건설 계획을 재검토하고 있다.

그러나 미국을 포함한 대부분의 국가는 기존의 원전 건설계획을 변함 없이 추진하겠다는 의지를 밝히고 있다. 이는 가장 저렴한 발전단가, 최저 수준의 이산화탄소 배출 등의 장점을 갖춘 전원설비로서 원전 이외에는 급증하고 있는 전 세계적 에너지 수요에 대응할 수 있는 현실적인 대안이 없기 때문이다.

따라서 후쿠시마 원전 사고에 따라 원자력 르네상스는 어느 정도 영향을 받았지만 앞으로 원전 건설은 계속될 것으로 보인다. 물론 사고의 위험성이 상존하고 있는 만큼 원전의 안전성 확보 여부가 앞으로 새로운 원전 건설의 가장 중요한 과제가 될 것으로 보인다.

특히 미국은 러시아와 함께 양국의 원전에 대해 합동으로 스트레스 테스트를 실시하기로 했다. 원전 사고는 국경이 없는 만큼 미국과 러시아처럼 국제사회가 각국의 원전 건설을 감시하고 안전을 강화하는 조

치를 의무화할 가능성이 높다.

현재로서는 국제사회가 원자력 감시기구인 IAEA의 권한을 크게 강화해 앞으로 철저하게 안전 조치를 이행하는지를 감독하는 방향으로 대책을 마련할 것으로 전망된다.

이렇듯 이번 일본 원전 폭발사고로 원전건설에 있어 가장 중요한 것은 안전성이라는 인식이 확산되고 있어 세계 각국은 이번 사고를 계기로 원전의 안전성을 보다 확고히 확보하면서 원전 건설을 추진할 것으로 예상된다.

우리도 이번 폭발사고를 거울삼아 ‘한국형 원전’의 안전성과 경쟁력을 더욱 높여 나가야 할 때이다.

국내 원전건설 및 운영측면에서는, 이번 원전사고를 면밀히 분석하여 현재 국내 원자력발전소들의 중대사고 대응능력과 설비들에 대해 철저히 재점검하고 그동안 미처 예상치 못한 중대사고 상황에 대한 미비한 부분들을 도출하여 완벽히 보완함으로써 한국의 원전 건설 및 운영능력과 한국형원전 모델의 안전성이 세계원전 산업계의 모범 사례가 될 수 있음을 보여주어야 한다.

해외진출 측면에서는, 후쿠시마 원전사고 이후 원전건설 계획국가 및 추진국가들에 대한 추진동향과 안전성관련 보완요구 사항들을 수집, 분석하여 변화된 상황에 맞는 홍보 및 수출추진 전략의 수립이 요구된다.

특히 그동안 홍보에 있어 기존의 한국형원전의 경제성 및 풍부한 건설 경험과 탁월한 운영능력의 강점을 내세워 왔으나 향후 발주국들에서 금번과 같은 사고에 대비한 우리노형의 안전성에 대한 많은 질문과 설명을

요구해 올 것으로 예상되는바, 안전성 측면에서 후쿠시마 사고 노형과 한국의 수출노형과의 차이를 명확히 대비하여 발주국에 한국형원전의 안전성이 확실히 인식 될 수 있도록 만반의 준비를 하여야 할 것이다.

우리가 이번 후쿠시마 원전사고에 대해 국내외적으로 어떻게 대처하느냐에 따라 오히려 이번 원전사고가 우리에게 해외사업진출의 호기로 다가올 수도 있으며, 그 반대로 상당기간 원전수출전선에 암흑이 드리울 수도 있을 것이다.

제3장 원자력 해외동향

한국수력원자력(주) 발전처 성능관리팀장 이광훈

원자력 발전은 안정적인 기저부하로서 전 세계 전력 생산량의 약 15%를 담당하고 있다. 2011년 4월 현재, 30개국에서 총 443기의 원전이 운영중이며, 15개국에서 총 64기의 원전이 건설 중에 있다. 현재, 16개국에서 전력 소요량의 5분의 1이상을 원자력이 담당하고 있다.

〈표 8-10〉 2010년 국가별 원자력 발전 점유율(출처 : IAEA)

점유율	국 가
70% 이상	프랑스(74.1%)
50% 이상	슬로바키아(51.8%), 벨기에(51.2%)
40% 이상	우크라이나(48.1%), 헝가리(42.1%)
30% 이상	아르메니아(39.4%), 스웨덴(38.1%), 스위스(38.0%), 슬로베니아(37.3%), 체코(33.3%), 불가리아(33.1%), 한국(32.2%)
20% 이상	일본(29.2%), 핀란드(28.4%), 독일(28.4%), 스페인(20.1%)
20% 미만	미국(19.9%), 러시아(17.1%), 영국(15.7%), 캐나다(15.1%), 인도(2.9%), 중국(1.8%) 등

주) IAEA 발전 점유율은 송전량(net)을 기준으로 작성되어, 전체발전량(gross) 기준으로 작성된 한전 통계의 발전 점유율(원자력:31.1%)과 차이가 있음

프랑스는 4분의 3, 슬로바키아, 벨기에, 우크라이나, 헝가리, 아르메니아, 스웨덴, 스위스, 슬로베니아는 3분의 1이상, 우리나라를 비롯한 체코, 불가리아는 3분의 1정도, 일본, 독일, 핀란드는 4분의 1이상, 미국은 약 5분의 1정도를 원자력이 담당하고 있다.

2010년도 전세계 원자력 발전량은 신규원전 가동, 출력증강 및 장기 정비 후 발전을 재개한 원전의 증가에 따라 2009년보다 3.4% 증가한 27.1억 MWh를 기록하였다. 연간 최대 발전량은 2006년의 27.9억 MWh이다.

세계적으로 2010년에 신규원전 6기가 계통병입(전력망에 연결)되었다.

〈표 8-11〉 2010년 신규원전 계통병입 현황

국 가	원전명	설비용량	계통병입일
인 도	Rajasthan 5호기	220MW	'10. 2
	Rajasthan 6호기	220MW	'10. 3
러시아	Volgodonsk 2호기	1,000MW	'10. 3
중 국	Ling Ao 3호기	1,080MW	'10. 7
	Qinshan II-3호기	650MW	'10. 8
한 국	신고리 1호기	1,038MW	'10. 8

브라질, 체코, 헝가리, 타이완에서는 신규원전의 준공이 없었음에도 불구하고 2010년에 사상 최고의 원자력 발전량을 기록하였다. 브라질은 Angra 원전 2기를 보유하고 있는데, 2008년의 1,400만 MWh 기록을 경신하여 1,450만 MWh의 최고기록을 세웠다. Angra 원전의 이용률은 2008년 74.67%에서 2010년 80.50%로 향상되었다. 대만 원전 6기는 4년 연속 최고 기록을 경신하며 4,163만 MWh의 발전량을 기록했다. 대만 원전 6기의 평균 이용률은 2008년 88.98% 및 2009년의 92.14%에서 증가한 92.30%를 기록했다.

2010년 발전량이 가장 크게 감소한 나라는 Laguna Verde 원전 2기를 보유한 멕시코로서, 2009년보다 4,600만 MWh 감소한 5,900만 MWh를 기록했다. 발전량 감소는 출력증강을 위한 215일간의 정비기간 때문이다. 1호기는 2010년 8월에, 2호기는 2011년 2월에 682.5MW에서 820MW로 출력증강을 완료하였다.

2011년 들어 현재(2011년 6월 초 기준)까지 4기 원전(총 2,663MW)이 준공되었다. 인도의 Kaiga 4호기(220MW)가 1월 19일, 한국의 신고리 1호기(1,038MW)가 2월 28일, 파키스탄의 Chasnupp 2호기(325MW)가 3월 14일, 중국의 Ling Ao I-4호기(1,080MW)가 5월 3일 각각 상업운전을 시작했다.

2011년 3월 11일 발생한 동일본 대지진(리히터 규모 9.0)과 이어 발생한 10m 이상의 지진해일로 인해 후쿠시마 제1원전의 주요건물 및 기기가 손상되었다. 해수 범람에 의한 침수로 일부 원자로 및 사용후핵연료 저장수조의 냉각기능이 상실되면서 1·2·3호기의 원전연료가 손상되었고 방사성 물질이 누출되었다. 이로 인하여 설계기준을 초과하는 중대사고에 대한 관심이 높아졌으며, 전세계적으로 가동원전에 대한 안전성 점검이 수행되고 있다.

유럽연합(EU)의 경우 국가별 자체 점검 외에 후쿠시마 원전사고 직후 회원국 27개 원전(143기)에 대한 안전점검(Stress Test)의 필요성을 제기하였고, 범위, 일정 및 방법에 대해 2011년 5월 24일 최종 합의하였다. 유럽 이사회의 요구에 따라 진행되는 이번 점검은 설계기준을 초과하는 극단적인 자연재해에 대한 원전의 대응능력을 중심으로 인적요

류로 인한 문제 및 인위적 위협(항공기 충돌, 테러 등), 발전소의 안전정지 가능성, 주전원 고장시(수일이상) 및 중대사고시 발전소의 대응능력을 점검할 예정이다.

1. 미국

2010년 말 기준 미국의 가동원전은 104기(PWR 69기, BWR 35기)이며 설비용량 107,598MW, 이용률 89.3%, 총 8억 4,051만 MWh의 전력을 생산하여 미국 전력 소비량의 약 20%를 공급하였다. 미국은 세계 최대 원자력 발전국이며, 전세계 원자력 발전량의 30% 이상을 담당하고 있다. 미국은 원전 출력증강 사업과 계속운전 그리고 계획예방정비기간의 지속적인 단축을 통해 우수한 원전운영실적을 달성하고 있다. 미국은 2011년 초까지 총 135건(총 5,810MW 규모) 이상의 출력증강을 시행하였으며, 추가 출력증강이 계획되어있다. 계획예방정비의 경우 1990년 평균 107일이었던 정비기간이 2000년에는 평균 40일로 감소되었고 최근의 최단기간 기록은 15일이다. 이로 인해 1990년에 5.8억 MWh에 불과했던 발전량이 설비용량 증가가 거의 없었음에도 불구하고 이용률 향상과 출력증강으로 최근에는 37%나 증가한 8억MWh 이상을 기록하고 있다. 계속운전과 관련하여, 미국 원자력규제위원회(NRC)는 2000년 3월 Calvert cliffs 원전 2기의 20년 계속운전을 승인한 이래 2011년 2월까지 미국 전체 발전소의 50%가 넘는 61기의 계속운전을 승인하였으며, 최종적으로 약 90기의 원전에 대하여 60년까지 계속운전을 승인할 예정이다. 미국은 원전 건설 촉진을 위하여 신형원

전 표준설계인증, 조기부지허가(ESP), 건설·운영 통합인허가(COL) 등의 프로세스를 도입하였으며, 2005년 개정된 에너지법에 따라 신규 원전의 세액공제, 원전 인허가 지연 비용, 온실가스 감소관련 혁신기술에 대한 채무 보증 등을 국가가 수행하도록 하고 있다.

Steven Chu 미국 에너지부 장관은 2011년 3월 11일 일본 후쿠시마 원전 사고에도 불구하고 미국은 親원전 정책을 유지하겠다고 밝혔다. 미국 원자력규제위원회(NRC)는 911 테러 이후 원전들에 대해 전력공급이나 냉각수 공급이 중단되는 상황에 대비하여 취할 수 있는 조치들을 마련할 것을 요구했고, 원전 운영사들은 원자로들이 정기적인 점검을 통해 계속해서 업그레이드되고 있다고 하였다. NRC는 일본 원전사고 이후 90일간의 특별점검을 실시할 예정이다.

미국은 원자력발전과 관련하여 전 세계 어느 국가보다도 민간영역의 참여가 큰 국가이다. 이에 따라 미국 정부는 안전과 환경규제, 연구개발 기금 및 국가 에너지 목표에 깊이 관여하고 있다. 1990년대 초부터 미국 정부는 정책적으로 민간 원자력용량을 늘리고 있으며, 오바마 정부도 미국의 장기 에너지 전략의 일부분으로서 원자력 관련 사업을 지속적으로 추진하고 있다. 그러나 대체 에너지원 개발에 대한 의견이 대두되어 몇몇 원자력 프로그램은 사업이 축소되고 있다. 2010년 2월, 美 에너지부(DOE)는 2011년도 예산안 브리핑에서 Yucca Mt. 방폐장 사업 관리사무소의 2011년도 예산을 전액삭감 하였으며, Yucca Mt. 방폐장에 대한 인허가 추진을 중단하겠다고 발표하였다. 이에 따라 고준위 방사성폐기물 저장 및 처리문제는 미결상태로 남게 되었다.

2. 캐나다

2010년 말 기준 캐나다의 가동원전은 19기(PHWR)이며 설비용량 14,331MW, 이용률 71.26%, 총 9,081만 MWh의 전력을 생산하여 캐나다 전력 소비량의 약 15%를 담당하고 있다. 캐나다는 전력 소비량이 세계 최고 수준인 국가이며, 수력이 전체 발전량의 50%를 넘는다. 캐나다는 전력 소비량의 증가에 따라 향후 10년간 원전 9기를 증설할 예정이며, 장기 가동중지 원전의 발전 재개 및 계속운전을 지속적으로 추진하고 있다.

Bruce power社는 Bruce 3, 4호기 모두 2018년 이후까지 운전이 가능할 것으로 전망하고, 추후 설비보강을 통해 계속운전을 지속해 나가겠다고 밝혔다. 총 8기, 두 개의 발전소(Bruce-A : 1~4호기, Bruce-B : 5~8호기)로 구성된 Bruce 원전은 TransCanada社 및 OMERS(온타리오 은퇴근로자 조합) 등이 공동소유하고 있으며, 발전소 운영은 Ontario Power Generation(OPG)社의 임대를 받은 Bruce Power社가 담당하고 있다. Bruce-A 발전소는 1990년대 중반 당시 운영자였던 Ontario Hydro社(OPG社의 전신)의 구조조정 및 내부 사정으로 장기간 발전을 중지하였으나, 2004년 초 3·4호기가 운전을 재개했으며 1·2호기는 현재 진행 중인 대규모 설비보강 작업을 통해 계속운전(25년)을 허가받아 2011년 경 운전을 재개할 예정이다.

Point Lepreau 원전(680MW)은 계속운전을 위한 대규모 설비개선을 위해 2008년에 정지되었으며, Calandria tube(Candu 원자로에서 연료집합체를 감싸는 수평 압력관) 밀봉문제로 계획대비 1년 지연되어

2012년에 완료될 예정이라고 발표하였다.

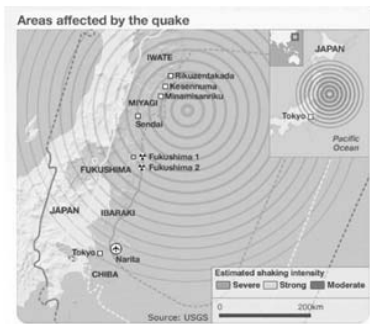


〈그림 8-2〉 미국 및 캐나다 원전 부지 현황

3. 일본

2010년 말 기준 일본의 가동원전은 54기이며 설비용량 48,847MW, 이용률 69.7%, 2억 9,235만 MWh의 전력의 전력을 생산하였다. 2009년 12월 상업운전에 들어간 Tomari 3호기(866MW)와 2011년 완공예정으로 건설 중인 Shimane 3호기(1,373MW)가 있으며 2022년까지 13기의 원전이 추가로 건설될 예정이다. 1998년 8월 Tokai 1호기(160MW, 가스냉각로) 폐로이후 일본은 경수로(비등수로 또는 가압경수로)만 건설하고 있으며 원전 도입 초기에는 장기 계획예방정비를 통해 원전 신뢰성을 향상시켰으나 이용률 저하로 일본정부와 원자력산업계는 1975년 경수로 개선 및 표준화프로그램을 시행하였다. 이 프로그

램은 비등수로 및 가압경수로의 설계 수정을 통해 운영과 정비를 개선하는 1, 2단계 프로그램과 1,300~1,400MW 용량의 개량형비등수로와 개량형가압경수를 개발하는 3단계 프로그램으로 되어 있었다. 일본의 에너지 정책은 에너지 안보 확보를 위해 대외의존도를 줄이는 것이며 이를 위해 원자력의 비중을 늘려갈 예정이다.

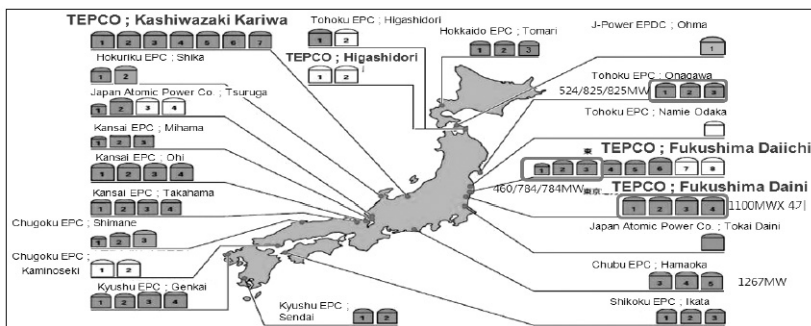


그러나, 2011년 3월 11일 발생한 동일본 대지진으로 인하여 후쿠시마 제1원전 6기, 제2원전 4기, 오나가와 원전 3기, 토카이 제2원전 1기 등 총 14기가 발전정지 상태이다. 2011년 5월 16일, 동경전력은 후쿠시마 원전의 냉각상실 및 연료용융에 대한 보고서를 발표하였다. 보고서에 따르면, 1호기는 3월 11일 지진 및 쓰나미 발생후 약 5시간 후에 냉각기능을 상실하여 17시간만에 노심이 완전히 용융되었으며, 2·3호기도 유사한 상황일 것으로 추정된다. 또한, 4·5·6호기는 지진발생시 정지되어 있어 심각한 손상을 입지 않았으며, 4호기 폭발은 사용후핵연료저장조의 핵연료봉 노출손상 때문이 아니라 3호기에서 4호기로 배기된 수소에 의해 발생하였다. 사고수습계획은 7월부터 3~6개월 내에 상온정지 상

태를 만드는 당초일정을 유지하되, 환경오염 문제가 제기된 ‘수관냉각’ 방식 대신에 ‘제염설비를 갖춘 순환냉각’ 방식을 도입하기로 하였다.

후쿠시마 원전 사고는 현재까지도 진행중이며 사고 수습에 시간이 어느정도 소요될지 알 수 없다. 그 결과, 원전의 안전성에 대한 우려가 전 세계로 확산되었고, 일본 정부는 ‘에너지 기본계획’을 재검토하고 있다. 원전의 신·증설을 전제로 수립한 에너지 정책을 근본적으로 전환할 가능성이 높아졌다.

한편, 2007년 발생한 지진으로 인해 발전을 중지했던 가시와자키-가리와 원전 7기 중 3기는 현재까지도 가동중지 상태이다.



※ 1 : 운전 중, 2 : 계획 중, 3 : 건설 중

〈그림 8-3〉 일본 원전 부지 현황

4. 중국

2010년 말 기준 중국의 가동원전은 13기이며 설비용량 10,744MW, 이용률 86.4%로 총 7,317만MWh의 전력을 생산하였다. 중국은 생산된 전력의 약 4분의 3을 산업용으로 사용하며 약 83%가 화석연료에 의해

생산된 전력량이다. 그러나 화석연료 사용에 따른 심각한 대기오염으로 GDP 대비 약 6%에 해당하는 막대한 경제적 손실을 보고 있다. 중국은 미국에 이어 두 번째로 많은 이산화탄소 배출국가로 세계에너지기구(IEA)에 따르면 중국의 이산화탄소 배출점유율이 2020년에 14%, 2030년에는 19%까지 증가할 것이라고 예상하고 있다. 이에 중국은 원자력 발전비중을 높이려 하고 있으며 원전 설비용량을 2020년까지 80,000MW, 2030년까지 200,000MW, 2050년까지 400,000MW로 증가시킬 계획이다. 중국은 현재 27기의 원전을 건설하고 있으며, 원전 설계, 건설, 연료주기사이클 등 모든 분야에서 자립도가 빠르게 진행되고 있다. 중국원자력에너지협회는 연간 원자력 발전량이 2010년 기준 70TWh에서 2015년까지 320TWh로 4배 이상 증가하여 점유율이 0.5%에서 2.2%까지 증가할 것이라고 하였다. 중국은 2010년에 10개 호기의 건설을 착수하여 원전 건설에 속도를 내기 시작했고, 2011년부터 2015년까지 매년 평균 8기의 신규원전 건설을 착수할 예정이다. 우선 동부 및 남부 해안지역의 원전을 건설하고, 내륙 지역 원전 건설은 해안지역의 원전 건설을 안정화시킨 이후에 수행하는 단기 원자력 개발 로드맵을 추진하고 있다. 2011년 2월, 중국원자력엔지니어링社(CNEC)는 Westinghouse社 AP1000 원전(1,100MW)의 피동형 안전 시스템이 최신 기술이며, AP1000 원전이 중국의 주력 수입 원전이 될 것이라고 밝혔다. 그러나, 중국정부는 외교관계를 위해 프랑스 Areva社 EPR(1,650MW)을 추가로 2기 더 건설할 수도 있다고 하였다. 중국은 Sanmen과 Haiyang 부지에 각각 2기씩 총 4기의 AP1000을 건설하고

있으며, Taishan 부지에 EPR 2기를 건설하고 있다. Areva社は 추가 EPR 건설을 위해 중국과 협상중이지만 결론이 나지 않고 있고, Westinghouse社は 중국에 10기 이상의 AP1000 원전 건설을 계획하고 있다. Westinghouse社は 중국회사에게 AP1000 원전에서 파생된 중국 고유의 1,400MW급 원전인 CAP1400 원전에 대한 지적재산권을 양도하고 있는 반면에, Areva社は EPR 원전 설계에 대해 이와 같은 수준의 기술 이전과 지적재산권을 양도하지 않고 있다.

일본 원전사고 후 중국정부는 중국 원전설비에 대한 안전검사 실시, 현재 가동원전 설비에 대한 안전관리 강화, 건설 원전에 대한 전면적인 심사 진행, 신규 원전 사업에 대한 승인절차 강화를 지시하였다. 중국정부는 신규 원전 안전계획을 수립하고, 원전 중장기 계획을 수정할 방침이며, 초기단계에 있는 원전 사업 승인을 잠시 보류할 계획이다. 이에 따라 신규 원전 사업 승인 보류로 중국 발전부문의 변화가 예상된다.



〈그림 8-4〉 중국 원전 부지 현황

5. 인도

2010년 말 기준 인도의 가동원전은 19기이며 설비용량 4,560MW, 이용률 57.8%, 총 2,300만MWh의 전력을 생산하였다. 인도는 신규 발전소의 준공으로 원전 설비용량과 전력 생산량이 꾸준히 증가하고 있으며 원자력에 지속적으로 투자를 하고 있어 2050년 원자력 설비점유율이 약 25%에 이를 것으로 예상하고 있다. 인도의 원자력 산업은 NPCIL(인도원자력공사)이 원전의 설계, 건설, 운영에 관한 책임을 맡고 있으며 현재 총 5기(PWR 2기, PHWR 2기, 고속중식로 1기)를 건설 중에 있다. NPCIL은 원자력 설비용량을 2020년 22,000MW, 2032년까지 63,000MW로 증가시킬 예정이며, 캐나다에서 수입하여 개량한 토착 PHWR과 고속로 및 경수로의 해외수입(미국, 프랑스, 러시아)을 적절히 혼합할 계획이다.

이에 따라 2005년 4개 부지에 원전 8기 건설이 승인되었다. Kakrapar, Rajasthan 부지에 700MW급 토착 PHWR 2기씩, Kudankulam 부지에 1,000~1,200MW급 VVER(러시아 PWR) 2기, Jaitapur 부지에는 1,000MW급 PWR 2기가 선정되었다. Jaitapur 부지의 PWR 2기는 EPR 도입 계획에 따라 1,600MW PWR 2기로 용량이 확대되었다. 2010년 12월 프랑스 사르코지 대통령의 인도 방문 중 Areva社와 NPCIL社간에 EPR 2기 판매 관련 2건의 주요 협정의 서명이 이루어졌으며, 실제 계약은 6개월 내에 이루어질 예정이다. 인도 정부는 일본 원전사고 후에도 EPR 2기 건설에 대한 입장에는 변함이 없으며, 이를 위해 자국의 원전산업 감시를 강화하고자 새로운 규제기구

창설을 추진하고 있다. NPCIL은 최종적으로 Jaitapur 부지에 1,600MW 급 EPR(6기)을 건설할 계획이다.

2010년 8월 인도 의회는 설비결함 및 서비스 문제로 인한 사고피해에 대해 공급사에게 책임을 부과하는 조항이 포함된 인도의 새로운 원자력 손해배상법안을 통과시켰다. 미국은 2008년 인도에 대해 원자력 공급국그룹(1974년 인도의 핵실험 직후 원자력 수출통제체제 강화를 위해 결성) 안전조치의 예외를 인정하여 원자력교역금지조치를 해제하는데 크게 일조하였으나, 이 법안으로 민간기업 중심인 미국이 가장 큰 피해를 볼 것으로 보여 미국 정부와 원전 공급사의 거센 반발을 사게 되었다. 반대로, 프랑스 Areva社は 인도에 대한 원전 수출에 자신감을 표명하고 있는데, 이는 추가 책임에 대해 정부의 지원을 보장받을 수 있는 국영기업이 다소 유리하기 때문이다.

2011년 4월, 인도 원자력규제위원장은 2004년 인도 원전 2기가 쓰나미에 의해 영향(원자로 정지 및 펌프룸 침수)을 받았던 적이 있었다고 언급하며, 3월 11일 발생한 日 후쿠시마 원전 사고의 후속조치로 원전 설계의 건전성 평가를 시작했다고 발표하였다. 안전성 평가는 극한 사고 후에도 노심냉각이 유지될 수 있는지를 평가하는 유럽연합의 안전 점검(Stress Test)과 다른 많은 나라들에서 수행된 재평가와 비슷한 수준이다. 인도는 정부의 대규모 원자력에너지 확장 프로그램의 첫 단계로 러시아, 프랑스, 미국으로부터 경수로(1,000 MW급 이상) 10기를 수입하여 건설할 계획이었으나, 지진 관련 변수와 국민 수용성 등을 재검토하고 있다.

6. 파키스탄

2010년 말 기준 파키스탄의 가동원전은 2기이며 설비용량 462MW, 이용률 61.6%, 총 280만 MWh의 전력을 생산하였다. Karachi원전 (125MW, PHWR)은 1971년에, Chashma 1호기(300MW, PWR)는 2000년에 각각 상업운전을 시작하였다. 현재 건설 중인 Chashma 2호기(300MW, PWR)는 2005년 11월에 건설을 시작하였으며, 2011년에 상업운전을 시작할 예정이다. 파키스탄은 2005년 채택한 에너지 안보 계획에 따라 원전 설비용량을 2015년 900MW, 2020년 1,500MW, 2030년 8,800MW로 설비용량을 단계적으로 증가시킬 계획이다.

2008년 6월 파키스탄 정부는 Chashma 3·4호기(설비용량 320MW)의 건설계획을 발표하였다. 2009년 24억 달러의 건설비용을 책정하고 중국 Zhongyuan Engineering사를 주계약자로 선정했으나 건설이 원활하게 이루어질 지는 의문이다. Chashma 1·2호기는 파키스탄과 원자력 설비의 통상을 금지하는 원자력공급국그룹(Nuclear Suppliers Group)에 중국이 가입하기 이전인 1990년, 2000년에 계약을 체결했다.



〈그림 8-5〉 인도 및 파키스탄 원전 부지 현황

7. 프랑스

2010년 말 기준 프랑스의 가동원전은 58기이며 설비용량 65,880MW, 이용률 74.1%, 총 4억 2,829만 MWh의 전력을 생산하였다. 프랑스는 원자력과 수력의 발전량 비중이 90% 이상으로 발전단가가 유럽 최저 수준이며 세계 최대 전력 수출국이다. 또한, 전력생산에 따른 CO2 방출량도 가장 적은 편이다. 프랑스는 사용후핵연료 재활용으로 전력의 약 17%를 생산하고 있다.

2008년 초, 프랑스는 최고 원자력 정책 위원회(CPN, 위원장: 대통령)

를 조직하였다. 2011년 2월, CPN은 Areva사(90% 정부 소유)와 EDF사(85% 정부 소유) 간 경쟁의식이 과도하다고 밝히며, 이로 인해 UAE 원전 수주를 실패하였다고 지적하였다. CPN은 두 회사에게 2011년 중순까지 EPR 원전(1,650MW 3세대 원전) 설계 개선과 다양한 현안에 대한 공동 해결을 위해 기술/상업적 협약을 맺을 것을 지시하였다. 또한, 원자력 도입국가들에 대한 수출을 위해 Areva사, EDF사, GDF-Suez사에게 중형(1,100MW) 3세대 원전인 Atmea1(Areva사와 미쓰비시 중공업이 합작 개발) 원전에 대한 협력 강화를 지시하였다.

신규 원전건설과 관련하여 2004년 6월 EPR 원전 건설을 지원하는 에너지법이 의회에서 통과되었고 EDF(프랑스 전력공사)는 2012년 5월 준공을 목표로 2007년 Flamanville 부지에 EPR 원전 건설을 착공하였다. 또한, 2009년 1월에는 Penly 부지에 2017년 완공을 목표로 하는 두 번째 1,650MW급 EPR 원전의 건설계획을 발표하였다. EDF사는 2020년부터 EPR을 매년 1기씩 준공하여 기존원전 58기를 EPR로 대체할 계획임을 발표하였다. 2003년 EDF사는 출력증강을 통해 1,455MW급 원전 4기의 출력을 1,500MW로 올렸고, 2008~2010년에는 900MW급 원전 5기에 대해 3% 출력증강을 하였으며 2015년부터는 1,300MW급 원전 20기에 대해 7% 출력증강을 계획하고 있다. 2006년 CEA(프랑스원자력및대체에너지청)는 제4세대 원전인 소듐냉각고속로 건설 추진과 가스냉각고속로를 개발하기로 결정하였으며 2035~2040년경 제4세대 원전의 상업운전을 시작할 예정이다.

프랑스는 일본 후쿠시마 원전사고에 대한 후속조치로 계속운전의 타

당성 검토를 일시 중단하였고 해외 원전기술 수출 규제를 강화하였다. 또한, 모든 원자력관계시설의 하도급 운영 시 안전성 유지방안, 극단적 사고 시 관련설비의 건전성, 설비 및 조직/인적요소 등 중대사고 대응능력에 대해 동일한 점검기준에 따라 안전점검을 수행할 예정이다. 프랑스 대통령은 신규원전 건설의 일시적 중지 요구에 대해 일축하며, 일본 원전사고에도 불구하고 프랑스의 원자력 프로그램 지속 필요성과 원자력 발전에 대한 신념을 재차 강조하였다.

8. 독일

2010년 말 기준 독일의 가동원전은 17기이며 설비용량 21,517MW, 이용률 71.7%, 총 1억 4,056 MWh의 전력을 생산하였다. 1998년에 집권한 독일사민당과 녹색당 연립정권은 탈 원자력정책을 추진, 운영중인 원전수명을 32년으로 확정하여 수명이 다하는 원전부터 단계적으로 폐지하여 2022년까지 모든 원전을 폐지하도록 원자력법을 개정함에 따라 2003년 11월 Stade 원전이 최초로 가동을 중단하였다. 그러나 2007년 독일금융계 발표 자료에 따르면 독일이 원전 폐지 정책을 계속 고수할 경우 이산화탄소 배출규제 기준을 만족하기 어려워질 것이고, 전기요금 상승과 러시아 가스에 대한 의존도 증가로 에너지안보의 취약성이 증가함과 동시에 잦은 정전을 겪게 될 것이라고 전망하였다. 또한, 연방경제기술부(The Federal Ministry of Economics & Technology)는 독일이 원전 폐지 정책과 이산화탄소 배출규제 정책을 계속 고수한다면, 2020년경에는 2.5만MWh의 전력을 수입해야 할 것이라고 밝혔다. 이에 따라

독일 정부는 2022년 이후에도 8~14년씩 더 운전할 수 있도록 2010년 10월 하원의 승인을 받았다. 그러나, 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전 사고 직후, 독일 정부는 1980년 이전 건설된 노후 원전 7기를 긴급 정지해 특별 안전점검을 수행하였으며, 2011년 5월 30일 독일 정부는 정지 중인 원전 8기(최근 4년간 거의 정지되어 있었던 Kruemmel 원전 포함)는 재기동하지 않고, 나머지 9기 원전도 2022년까지 영구 폐지(phase-out)하겠다고 발표하였다. 단서조항으로, 전력부족시 9기 원전 중 4기는 계속 가동할 수도 있다고 밝혔다.

9. 영국

2010년 말 기준 영국의 가동원전은 19기이며 설비용량 11,729MW, 이용률 57.5%, 총 972만MWh의 전력을 생산하였다. 영국 전체 발전량 중 원자력의 점유율은 1990년대 후반에는 25%였으나, 노후 발전소의 정지와 열화관련 문제들로 인해 점유율이 점차 낮아져서 2010년에는 약 16%를 기록하였다. 영국 정부는 2009년 7월 발행한 에너지 백서에서 에너지안보를 확보하고 화석연료의 가격상승과 온실가스 감축에 대비하기 위해, 에너지 절감 노력과 재생에너지에 대한 지원을 강화해야 한다고 밝히고 있다. 또한, ‘원자력 발전에 대한 국가 정책 성명’ 초안에서 2025년까지 60,000MW의 신규 설비용량이 필요할 것이라고 예상하며, 35,000MW는 신재생에너지, 나머지 25,000MW는 원자력으로 구성될 것이라고 밝혔다. Westinghouse사는 신규원전 건설을 위해 AP1000 노형의 설계인증을 영국 정부에 신청하였으며 Areva사는

EPR 노형, GE-Hitachi사는 ESBWR 노형, AECL은 ACR-1000 노형의 설계인증을 신청하였다. GE-Hitachi사와 AECL의 인증 신청 철회로 AP1000, EPR 노형에 대해서만 평가가 진행 중이다. 2009년 영국 정부는 AP1000, EPR 노형에 대한 설계 인증을 더 신속히 처리하기 위해 미국과 프랑스 원전 규제기관과 상호 협정을 맺었다.

한편 2008년 9월 British Energy사는 영국 원자력 산업의 활성화를 위해 프랑스 EDF사의 125억 파운드 주식 공매 제의에 동의하여 EDF사와 합병하였다. EDF사는 2017년 상업운전을 목표로 유럽형 신형원전 4기(총 설비용량 6,400MW)를 건설할 계획이다. 2009년 초 RWE Npower와 E.On UK의 합작회사인 Horizon Nuclear Power사는 2020년 상업운전을 목표로 총 설비용량 6,000MW의 신규 원전 건설 계획을 수립하였으며 Westinghouse사의 AP1000 노형이 유력시 되고 있다. 그리고 2009년 10월 Iberdrola-Gdf Suez-Scottish & Southern 콘소시엄은 신규원전 건설을 위해 영국 Sellafield 북쪽 지역의 부지를 매수하였으며, 2015년 착공을 목표로 총 설비용량 3,600MW의 원전 건설계획을 발표하였다.

원자력규제실(英 규제기관)은 일본 후쿠시마 원전사고 후속조치로 일반설계평가(GDA, 신규원전 노형검토) 담당직원들을 원전 안전성 검토 업무에 배치하였다. 또한, 영국 원자력산업계는 일본 원전사고에 비추어 원전에 추가 보조전원의 도입을 검토중이며 원전 주변 비상구역의 확대를 준비하는 등 12건 이상의 안전조치를 실행하고 있다.

* 프랑스에서 비상구역 반경은 5km이고 미국에서는 10마일(약

16km)이지만, Hartlepool 원전을 비롯한 일부 영국의 원전들은 비상구역 반경이 1km임

10. 벨기에

2010년 말 기준 벨기에의 가동원전은 7기이며 설비용량 6,211MW, 이용률 88.1%, 총 4,794만 MWh의 전력을 생산하였다. 벨기에의 1인당 연간 전력 소비량은 1990년 6,400kWh였으나 이후 전력 소비량이 해마다 증가하여 2007년에는 7,800kWh에 이르렀다. 1974년 첫 번째 원전의 상업운전을 시작하였지만 정부의 지원이 미미하였으며 2003년 1월에는 탈원자력법을 제정, 원전수명을 40년으로 결정하고 신규원전 건설 금지 등 원자력산업을 제한해 왔다. 그러나 2007년 에너지 전망 2030에서 이산화탄소 배출 감축과 에너지 대외의존도를 낮추기 위해 탈원자력법을 재검토해야하며 현재 운전 중인 원전 7기의 계속운전이 필요하다고 언급하였고, 2009년 발간된 보고서에서는 원전에 따라 10년에서 20년간의 계속운전을 권고하였다. 벨기에에는 1993년부터 2004년 사이 증기발생기를 교체하는 등 원전 출력증강을 실시하였다. 벨기에 원전 7기를 모두 운영하고 있는 Electrabel사는 Doel 1,2호기, Tihange 1호기의 10년 계속운전을 위해 2009년부터 안전성 평가를 준비 중이며, 2010년 5월에는 Doel 1,2호기 터빈 교체를 위한 입찰을 실시하였다.

11. 스위스

2010년 말 기준 스위스의 가동원전은 5기이며 설비용량 3,405MW, 이용률 88.8%로 총 2,659만 MWh의 전력을 생산하여 스위스 전력의 약 40%를 담당하고 있다. 1인당 연간 전력 소비량은 7.7MWh으로 1980년 이후 매년 2%씩 늘어나고 있다. 스위스는 최초의 상업원전인 Beznau 1호기(PWR, 365MW)를 비롯한 모든 원전의 출력을 증강시켰으며 정부는 장기 에너지수요에 대비하기 위해 원전 추가건설에 동의하였다. 2007년 스위스 발전사들은 Beznau 1·2호기, Muehleberg 원전 인근부지에 각 1기씩 최대 1,600MW급 신규원전을 건설하는 계획을 발표하였다. 2010년 11월, 스위스 원자력안전청(ENSI)은 2011년 중순 공청회를 거쳐 2012년 중순에 정부가 건설여부를 결정할 것이라고 하였으나, 최근 일본 원전사태로 승인 가능성이 낮을 것으로 전망된다. 또한, 스위스의 모든 정당이 원자력 건설법안 발의 속도를 늦추고 가동 중인 원전 5기의 가동연한 축소를 요구할 것으로 보이는 등 스위스 원자력 에너지 정책이 전면적으로 개정될 움직임을 보이고 있다. 한편, 스위스 정부는 현재 운영 중인 원전 5기의 수명 만료시 예상되는 전력부족에 대비하기 위해, 프랑스와 중장기 전력수입 계약을 추진할 것이라고 밝혔다.

12. 스웨덴

2010년 말 기준 스웨덴의 가동원전은 10기이며 설비용량 9,743MW, 이용률 70.7%, 총 5,823만 MWh의 전력을 생산하였다. 스웨덴의 원자

력 발전량은 비계획정비와 현대화 작업에 대한 문제가 감소하여 2009년에 비해 11.4% 증가하였다. 스웨덴은 Barseback 1·2호기 폐쇄에 따른 전력 생산량 감소로 원전 출력증강을 추진, 2008년 Ringhal 3호기의 증기발생기와 저압터빈 교체를 통해 출력을 70MW 증강하였으며 2007년 Ringhal 4호기는 저압 터빈의 교체를 통해 출력을 30MW 증강하였다. 그리고, 2011년 고압터빈 및 기타 설비 교체를 통해 출력을 240MW 더 증강할 예정이다. SKI(원자력발전검사청)은 Oskarshamn 3호기의 출력을 1,450MW로 증강하는 사업을 2005년에 승인하였다. Oskarshamn 3호기의 출력증강사업은 원자로와 터빈 개선작업을 통하여 수명을 60년으로 연장하고 출력을 250MW 증강하는 사업으로 약 1억 8천만 유로가 투자되는 프로젝트이다. 2009년 중반 OKG사는 Oskarshamn 2호기의 출력을 613MW에서 840MW으로 증강하고 수명을 60년으로 연장하는 계획을 발표하였다.

2009년~2010년 겨울, 스웨덴에서는 대규모 설비 현대화 작업에 착수한 원전들의 정비기간 연장으로 원자력 발전량이 전년 동기간 대비 35% 감소하였고 기록적인 추위가 겹치면서 전기요금이 1,400 USD/MWh(약 1,600원/kWh)까지 치솟았다.

스웨덴은 지난 1980년 국민투표를 통해 원전 폐쇄를 결정한 바 있으나, 현재까지 2개 호기만 폐쇄하였으며, 남은 10개 호기에 대해서는 폐쇄 여부가 아직 결정되지 않은 상태이다. 2006년 親원전 정책을 표방하고 있는 자유당이 선거에서 승리하였으며 집권 기간 동안에는 가동 중인 원전의 폐쇄는 없을 것이라고 공약한 바 있다. 자유당은 기후변화전

락과 관련한 기자회견에서 신규원전 건설반대 정책 철회와 신규원전 건설허가로 2020년에는 신규원전이 가동될 수 있도록 국회의 협조를 요청한다고 발표했다.

후쿠시마 원전 사고와 관련하여 스웨덴 방사선안전국(SSM)은 정부나 EU의 요청이 오기 전에 후쿠시마 원전 사고와 관련하여 스웨덴 원전에 대한 안전검토를 착수하였다. 북유럽 국가인 스웨덴의 최대 관심사항은 강력한 얼음폭풍이 원전에 미치는 잠재적인 영향이며, SSM은 스웨덴 원전 안전계통의 다양성, 다중성, 추가 확보해야 할 설비에 대하여 중점적으로 점검할 것이라고 하였다. SSM과 발전소 운영사들은 모두 다른 업무에 투입되고 있는 인력들을 이번 검토에 투입하고 있기 때문에 발전소의 주요 설비개선 작업들이 지연될 것으로 예상하고 있다.

13. 핀란드

2010년 말 기준 핀란드의 가동원전은 4기이며 설비용량은 2,820MW이고 이용율은 96%, 총 2,280만 MWh의 전력을 생산하여 핀란드 총 전력 생산량의 약 30%를 차지하고 있다. 원전 4기중 2기(BWR)는 TVO사가 운영 중이며 나머지 2기(PWR)는 Fortum사가 운영 중이다. TVO사가 운영 중인 Olkiluoto 1·2호기는 1978~1980년에 출력증강 사업을 수행하여 수명을 60년으로 연장하고 출력을 690MW에서 870MW로 증강하였으며, 2009~2011년까지 저압터빈 교체 등 지속적인 출력증강 사업을 통해 출력을 870MW에서 1,000MW까지 올릴 계획이다. Fortum사의 Loviisa 1·2호기는 1977~1980년 출력증강 사

업을 통해 45MW의 출력을 증강하여 465MW에서 510MW로 설비용량이 증가하였으며, 2007년에는 원전수명을 30년에서 50년으로 연장하였다. 핀란드의 5번째 원전인 Olkiluoto 3호기는 설비용량 1,600MW의 EPR 원전으로 2005년 중반에 건설을 시작하였으나 지연(당초 계획 : 2009년 완공)되어 2012년에 연료장전, 2013년에 상업운전을 시작할 예정이다. 또한, TVO사는 6번째 원전으로 Olkiluoto 4호기 건설(2012년 착공 예정)을 계획하고 있으며, Areva사 EPR(1,650MW), 도시바사 ABWR(1,650MW), GE-Hitachi사 ESBWR(1,650MW), 미쓰비씨중공업 EU-APWR(1,650MW) 또는 용량이 다소 작은 한국의 APR1400(1,450MW) 노형을 고려하고 있다. 한편, Fennovoima사는 핀란드의 7번째 원전을 건설하기 위해 2009년 신규원전건설 신청서를 제출하였으며 정부의 허가를 기다리고 있다. Fennovoima사는 핀란드 북부 지역 2곳 중 한 곳에 원전을 건설할 예정이며 2개 부지 모두 환경영향평가는 통과된 상태로 2014년 착공을 목표로 1,250~1,700MW급인 Areva사의 EPR, Kerena, Toshiba사의 ABWR 노형을 고려중이다.

* Fennovoima사 : 핀란드 철강회사인 Outokumpu, 스웨덴의 철강회사인 Boliden, 전력회사인 Rauman Energia, Katterno Group, E. On Suomi 등 5개사가 참여하여 2007년 6월에 설립한 전력회사

일본 후쿠시마 원전 사고 후, 핀란드 원자력 규제기관(STUK)은 정부 지시로 원전 운영사들에게 2011년 4월 15일까지 안전분석보고서를 제출하도록 요청하였으며, 보고서를 점검하여 그 결과를 5월 15일까지 정부에 제출하였다. 점검 대상으로 모든 가동원전과 건설중인 Olkiluoto 3

호기, 건설 계획 중인 4호기와 함께 2011년 7월 전에 핀란드 북부 전원 지역에 부지를 선정하여 건설할 계획인 Fennovoima社의 원전도 포함되었다. STUK는 이번 점검을 통하여 원전 초기의 기본 설계에 빠져 있는 영하 50도 이하의 온도가 장기간 지속되는 경우를 포함한 극한의 기후조건에 대한 검토, 지진에 대한 안전성, 소외전원 상실 및 냉각수 취수 배관이 막혔을 경우의 대안 등 다방면에 대해 점검하였다.

14. 헝가리

2010년 말 기준 헝가리의 가동원전은 4기이며 설비용량 2,000MW, 이용률 90.0%, 총 1,576만MWh의 전력을 생산하여 헝가리 전력 생산량의 40% 이상을 담당하고 있다. 헝가리의 전력 소비는 1990년부터 2001년까지 약 27% 증가하였으며 이후로도 지속적으로 증가하고 있다. Paks 1~4호기 출력은 440MW 였으나 터빈교체 등 출력증강을 통해 2009년까지 모두 500MW로 출력을 증강하였다. 당초 Paks 1~4호기의 수명은 2012~2015년 사이에 만료되지만, 2005년 헝가리 의회는 계속운전(30년→50년)을 압도적으로 지지한다고 발표하였고, 헝가리 원자력위원회는 2008년 11월 계속운전 프로그램을 승인하였다. 1998년 헝가리 전력사의 신규원전 발주에 Paks사는 600~700MW급 AP600, CANDU6, VVER 640을 제시하였으나 당시의 정부방침과 부합하지 않는다는 이유로 취소되었다. 그러나 헝가리 정부는 전력수요 증가와 노후 화력발전소 폐기에 따른 전력공급 감소에 대비, 2030년까지 6,000MW의 추가 설비용량을 확보하기 위해 Paks 부지에

1,000MW급 원전 2기를 건설하여 각각 2020년, 2025년에 상업운전을 시작할 계획이다. 2012년 초에 사업자 선정 관련 입찰 공고를 하고, 2013년에 사업자를 선정할 예정이다. Paks社は 프랑스 Areva사의 EPR, Areva-Mitsubishi사의 Atmea 1, 러시아 Atomstroyexport사의 VVER-1200, Westinghouse사의 AP1000, 한국의 APR1400 이렇게 다섯 개의 노형을 고려중이다.

15. 체코

2010년 말 기준 체코의 가동원전은 6기이며 설비용량 3,892MW, 이용율 83%를 기록하였다. 체코가 2010년에 기록한 발전량 2,780만 MW는 2009년의 2,711만 MWh를 뛰어넘는 역대 최고 기록이다. Dukovany 원전은 1985년 1호기, 1986년 2·3호기, 1987에 4호기가 각각 상업운전을 시작하였으며, Temelin 1·2호기는 2000년과 2003년에 각각 상업운전을 시작하였다. 원전은 CEZ(체코전력공사)가 모두 소유, 운영 중이며 CEZ는 향후 민영화 될 예정이다.

Dukovany 원전 1~4호기는 2005~2008년 저압터빈교체를 통해 출력을 440MW에서 456MW으로 증강하였고, 3·4호기의 경우 연료 개선, 고압터빈 교체, 발전기 정비 등을 통해 각각 2009년 5월과 2010년 12월에 추가 출력증강(500MW까지) 작업을 완료하였다. Temelin 1·2 호기는 2004~2007년 고압 터빈 교체를 통해서 출력을 981MW에서 1,013MW으로 증강하였으며, 1,050MW까지 출력을 증강시킬 계획이다.

2009년 초, CEZ사는 장기 운영 프로젝트를 착수하여 먼저 2015년에

수명(30년)이 만료되는 Dukovany 1호기의 10년간 계속운전을 추진하고 있다. 장기 운영 프로젝트는 230개의 하부 프로젝트로 구성되어 있으며, 2009년~2015년간 총 5.6억 유로(약 8,800억원)가 소요될 예정이다.

CEZ사는 2020년 이후 Dukovany 원전을 대체할 목적으로 2008년 6월 Temelin 지역에 신규원전 건설계획을 발표하고 환경영향평가를 신청하였다. 신규 원전은 2013년 건설이 시작되어 2020년에 준공될 계획이다.



〈그림 8-6〉 유럽 원전 부지 현황

16. 루마니아

2010년 말 기준 루마니아의 가동원전은 2기이며 설비용량 1,412MW, 이용률 94.0%, 총 1,162만MWh의 전력을 생산하여 루마니

아 전력 생산량의 약 20%를 차지하였다. Cernavoda 1·2호기는 각각 1996년, 2007년에 상업운전을 시작하였으며 1호기는 1980년, 2~5호기는 1982년에 건설을 착수하였으나 1호기를 제외한 나머지 4개호기는 전력수요 감소와 자금부족 등으로 중단되었다가 2000년 루마니아 정부의 대규모 투자(6천만유로) 결정 후 건설이 재개되어 2007년 10월 Cernavoda 2호기가 준공되었다. Cernavoda 3·4호기의 건설은 2008년 11월 구성된 다국적 컨소시엄에 의해 추진되고 있으며, 각 투자 회사들은 투자금액에 비례한 권한을 갖게 될 것이다. 루마니아는 Cernavoda 3·4호기 건설 완공일을 각각 2016년, 2017년으로 예상하고 있으며 최종적으로 2020년까지 Cernavoda 5호기 건설을 완료할 예정이다.

17. 러시아

2010년 말 기준 러시아의 가동 원전은 32기이며 설비용량 24,242MW, 이용률 75.6%, 총 1억6,790만 MWh의 전력을 생산하였다. 러시아는 전력수요가 계속 증가할 것으로 예상하고 있어 지속적인 이용률 증가와 계속운전 그리고 신규원전 건설로 2020년까지 원자력 발전량을 현재의 2배로 늘릴 계획이다. 러시아에서는 1986년 체르노빌 사고 이후 1990년대 중반까지 Balakovo지역의 원전 4기와 Smolensk 3호기만이 상업운전을 시작할 수 있었다. 구소련의 붕괴에 따른 경제상황 변화와 극심한 자금 부족으로 대부분의 신규원전 건설계획이 취소되거나 지연되었지만, 1990년대 후반 이란, 중국, 인도와의 원전수출 체결로 침체된 러시아의 원전 건설사업이 부활하기 시작하였다. 2000년 원전

건설사업이 재개되면서 2001년에 Volgodonsk 1호기, 2004년에 Kalinin 3호기, 2010년에 Volgodonsk 2호기가 각각 상업운전을 시작하였으며 정부는 원자력 발전정책에 따라 2030년까지 매년 원전 설비용량을 2,000~3,000MW씩 증가시킬 계획을 갖고 있다. 2007년 11월 원자력 관련 분야를 통합해 출범한 Rosatom¹⁾사(러시아 연방 원자력 공사)은 2030년까지 원자력발전소 건설 분야에서 세계 최고가 되겠다고 선언하였다.

러시아는 2030년까지 자국에 42기, 해외에 60기 등 모두 102기의 신규 원전을 건설할 계획이며, 이는 세계원자력협회(WNA)가 2030년까지 예상한 신규원전 수(237기)의 43%에 해당한다. 또한 러시아 정부는 2015년까지 원자력 연구비용으로 270억 달러를 Rosatom사에 배정하였다.

일본 후쿠시마 원전 사고 후, 러시아 정부는 지금을 원전의 해외수출 시장을 확대할 수 있는 기회로 보고 자국의 원전 건설계획을 예정대로 추진하기로 하였다.

18. 우크라이나

2010년 말 기준 우크라이나의 가동원전은 15기이며 설비용량 13,835MW, 이용률 73.2%, 8,915만 전력을 생산하여 우크라이나 전체

1) Rosatom : 러시아 원전 건설·운영을 전담하는 Atomenergoprom을 모태로 우라늄 채광과 농축을 수행하는 Technabsexport, 해외 원전 건설을 담당하는 Atomstroyexport를 비롯해, 원자력 기초연구 기관과 산업체 등 모두 130여 개 산하기업을 거느리고 있는 거대 기업.

발전량의 약 50%를 담당하고 있다. 현재 우크라이나는 대부분의 화석 연료와 우라늄을 러시아로부터 공급받고 있다. 구소련의 붕괴와 함께 1990년 3억MWh였던 전력수요도 2000년 1.7억MWh로 감소하였다. 그러나 우크라이나 정부는 전력 수요가 2020년 3.1억MWh, 2030년에는 4.2억MWh까지 늘어날 것이라고 예상하고 있으며 전력 생산량의 절반을 원자력을 통해 공급한다는 정책을 가지고 있다. 국영원자력회사인 Energoatom사는 Rovno 1,2호기와 South Ukraine 1호기의 수명을 15년 연장하기 위해 2008~2009년에 3개 호기의 압력용기를 검사하였다. 2010년 12월, 우크라이나 국영원자력규제위원회는 Rovno 1,2호기의 운영허가 20년 연장을 승인하였다. 한편, 우크라이나에서는 2006년에 발생한 러시아 천연가스 공급중단 사건을 계기로 에너지 안보와 원자력 발전의 역할이 새롭게 부각되어, 2030년까지 11기(설비용량 16,500MW)의 원전을 신규로 건설해 설비용량을 현재의 두 배로 늘릴 계획이다. 이 계획에는 Khmel'nitski 3·4호기의 완공도 포함되어 있다. Khmel'nitski 3·4호기는 각각 75%, 28%의 공정률로 1990년에 건설이 중단되었는데 건설을 재개하여 2016년, 2017년에 완공할 예정이다. 우크라이나는 신규 원전건설을 위해서 3~4개의 원전부지가 필요한 상황이고 Energoatom사는 원전 계속운전, 신규원전 건설 관련 자금을 조달하기 위해 2015년까지 전기요금을 지속적으로 올릴 계획이다. 2010년 2월 Energoatom사는 중국 Guangdong Nuclear Power사와 원전 설계, 건설, 운영, 정비 부분에서 협정 계약을 체결했다.

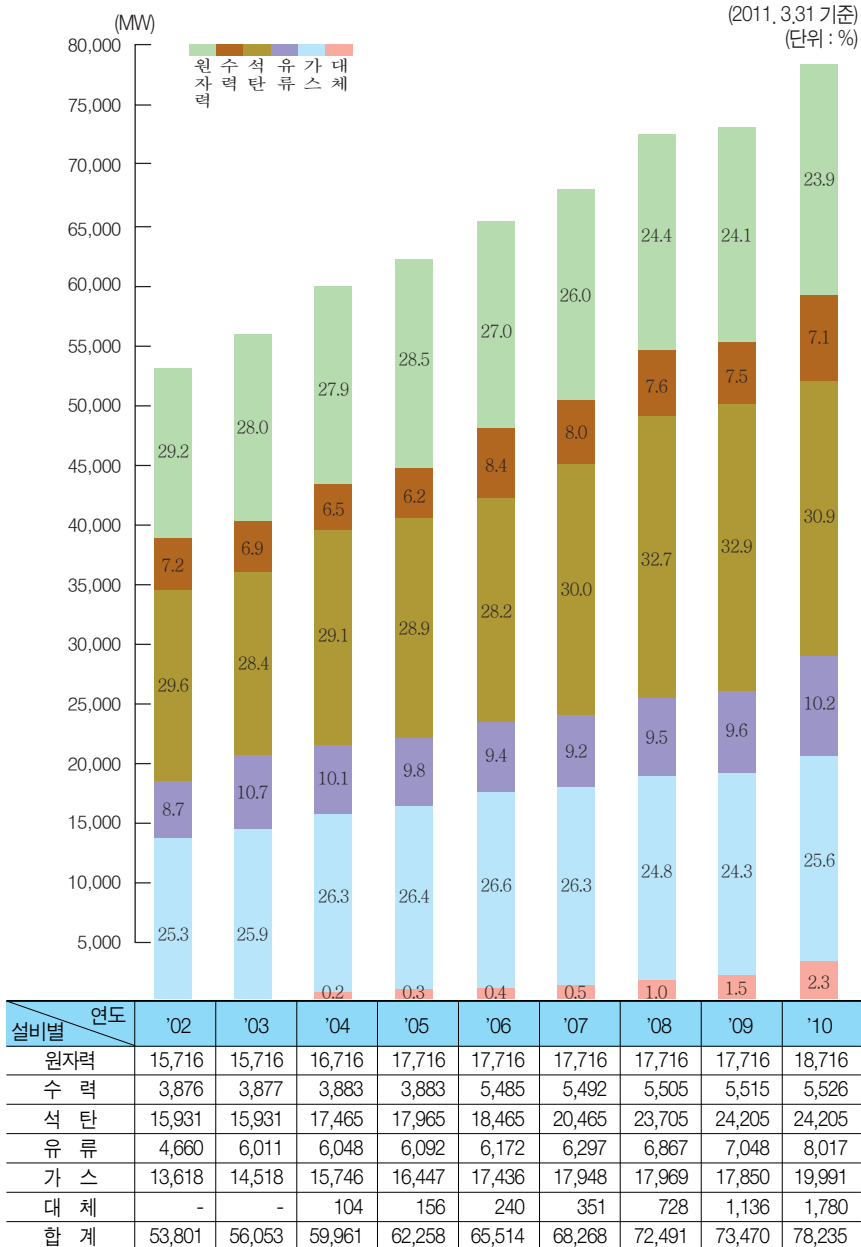
1986년 체르노빌 원전 사고가 발생했던 우크라이나는 2011년 3월

일본 원전사고 후 체르노빌 원전 사고 결과에 대한 관심이 다시 높아지고 있다. 우크라이나 정부는 체르노빌 원전 사고 이후 설치한 콘크리트 방호벽의 붕괴 위험이 커지면서 그 위에 아치형 철제 구조물을 덧씌우는 프로젝트를 추진하고 있다.

➡➡➡ 원자력발전백서

부 록

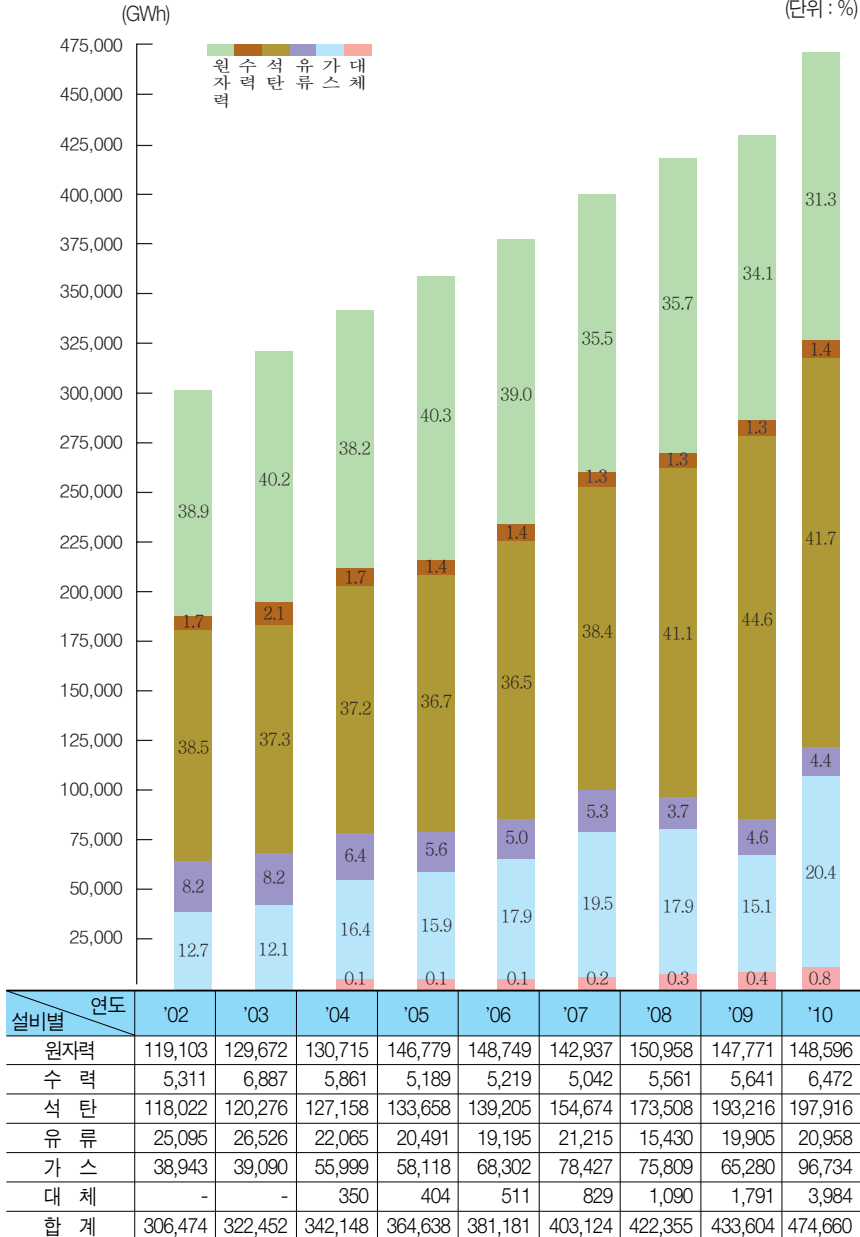
1. 에너지원별 발전설비



[한국전력 전력통계속보 제390호('11. 5. 26)]

2. 에너지원별 발전전력량

(2010.12.31 기준)
(단위 : %)



[한국전력 전력통계속보 제390호('11. 5.26)]

3. 2010년 국가별 원자력 발전현황

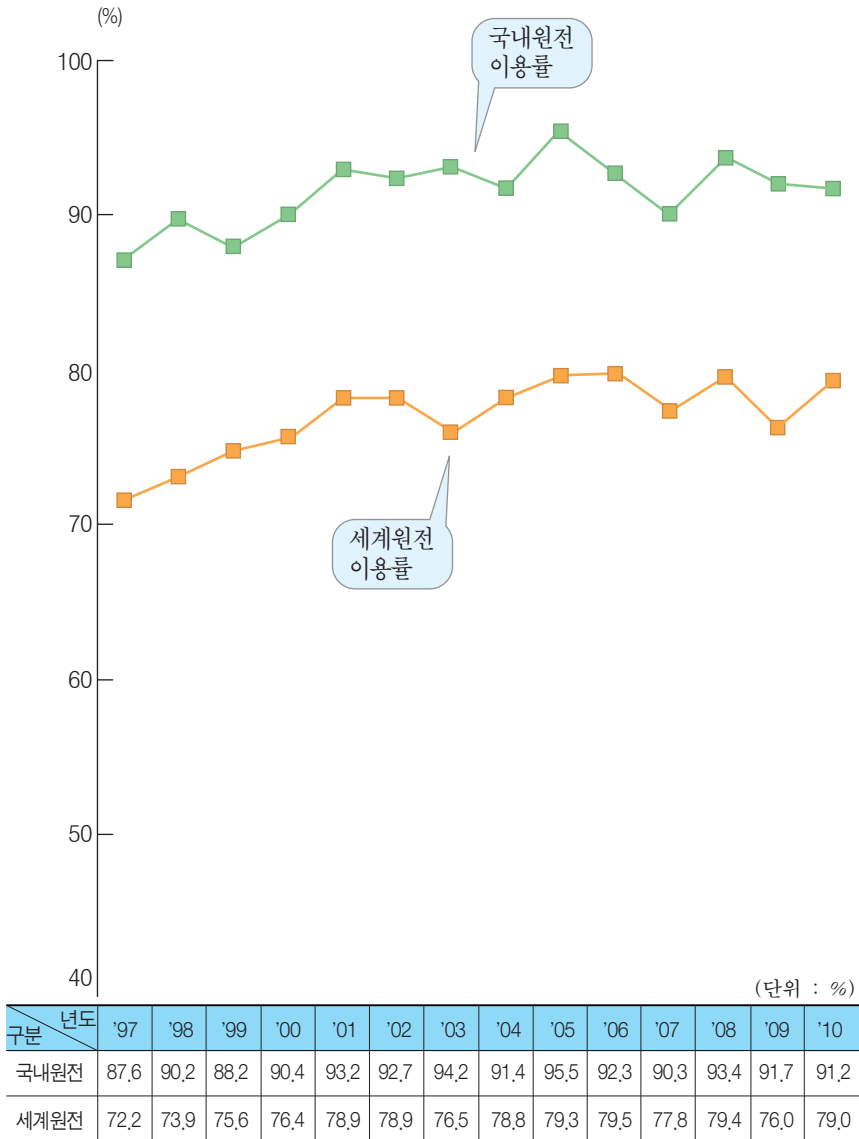
(2010.12.31 기준)

국 가 명	기수	설비용량 (MW)	발전량 (MWh)	이용률 (%)	2008 ~ 2010 평균	
					발전량(MWh)	이용률(%)
미 국	104	107,598	840,510,041	89.27	837,905,154	89.15
프 랑 스	58	65,880	428,278,994	74.07	425,651,363	73.71
일 본	54	48,847	292,354,831	69.72	272,137,684	64.59
러 시 아	32	24,242	167,897,403	75.61	165,672,209	74.27
한 국	20	18,509	149,766,972	91.09	149,498,571	91.66
캐 나 다	19	14,331	90,811,587	71.26	91,906,159	72.42
영 국	19	11,729	9,717,000	57.45	-	-
인 도	19	4,560	23,300,000	57.76	18,617,335	48.70
독 일	17	21,517	140,563,242	71.72	141,373,039	72.61
우크라이나	15	13,835	89,151,003	73.23	87,052,215	71.16
중 국	13	10,744	73,173,383	86.39	71,057,794	-
스웨덴	10	9,743	58,228,833	70.66	58,137,277	70.87
스페인	8	7,795	61,914,264	90.74	57,934,004	85.81
벨기에	7	6,211	47,943,937	88.08	46,974,269	86.96
대만	6	5,144	41,628,689	92.30	41,342,229	91.14
체코	6	3,892	27,803,717	83.51	27,139,478	82.85
스위스	5	3,405	26,558	88.77	27,204,597	91.63
핀란드	4	2,820	22,800,046	92.20	23,094,759	93.56
헝가리	4	2,000	15,760,564	89.96	15,337,077	88.72
슬로바키아	4	1,894	14,573,669	87.85	13,593,997	84.50
브라질	2	2,007	14,543,257	80.50	13,840,707	74.21
불가리아	2	2,000	15,248,604	87.04	15,423,169	87.95
남아공	2	1,930	13,526,253	80.01	12,984,505	76.73
멕시코	2	1,502	5,879,241	47.86	8,728,099	72.48
루마니아	2	1,412	11,623,208	93.97	11,533,912	93.17
아르헨티나	2	1,005	7,172,885	84.43	7,571,654	86.12
파키스탄	2	462	2,798,019	61.64	2,511,742	55.94
슬로베니아	1	727	5,656,971	88.83	5,889,260	92.39
네덜란드	1	515	3,969,114	87.98	4,124,990	91.35
아르메니아	1	408	2,490,031	69.67	2,481,798	69.37
합 계	441	396,664	2,705,644,213	-	-	-
호기당 평균	-	906	6,396,322	78.95	-	-

* 영국, 미국 자료는 정확하지 않음

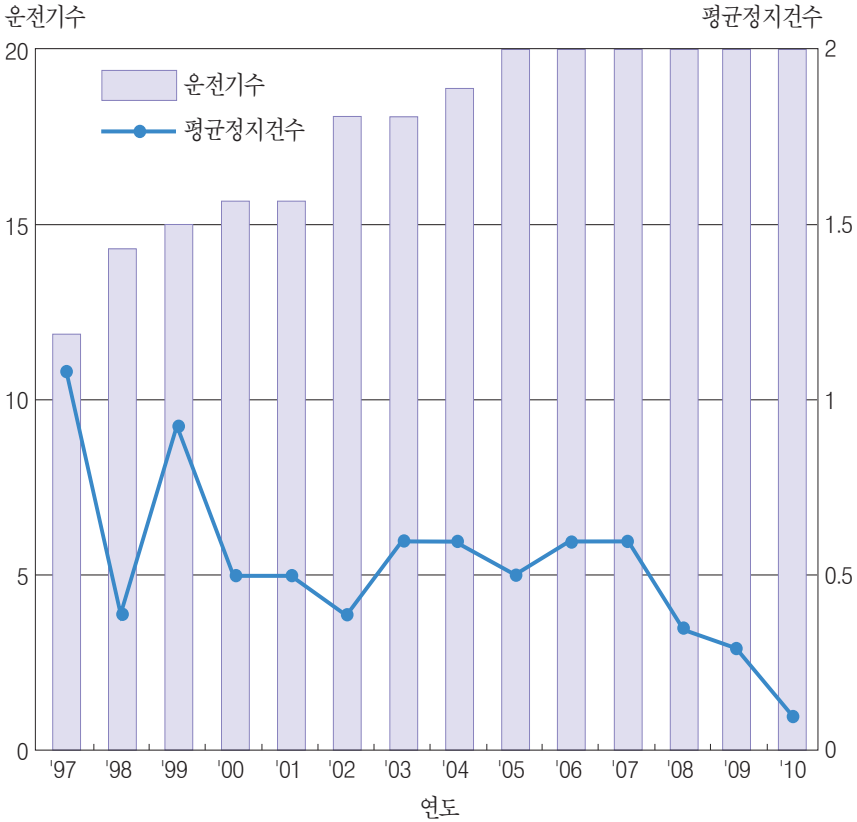
[Nucleonics Week (McGraw-Hill, '11. 6. 9)]

4. 국내 및 세계 원전 평균이용률 비교



5. 원전 고장정지 비교

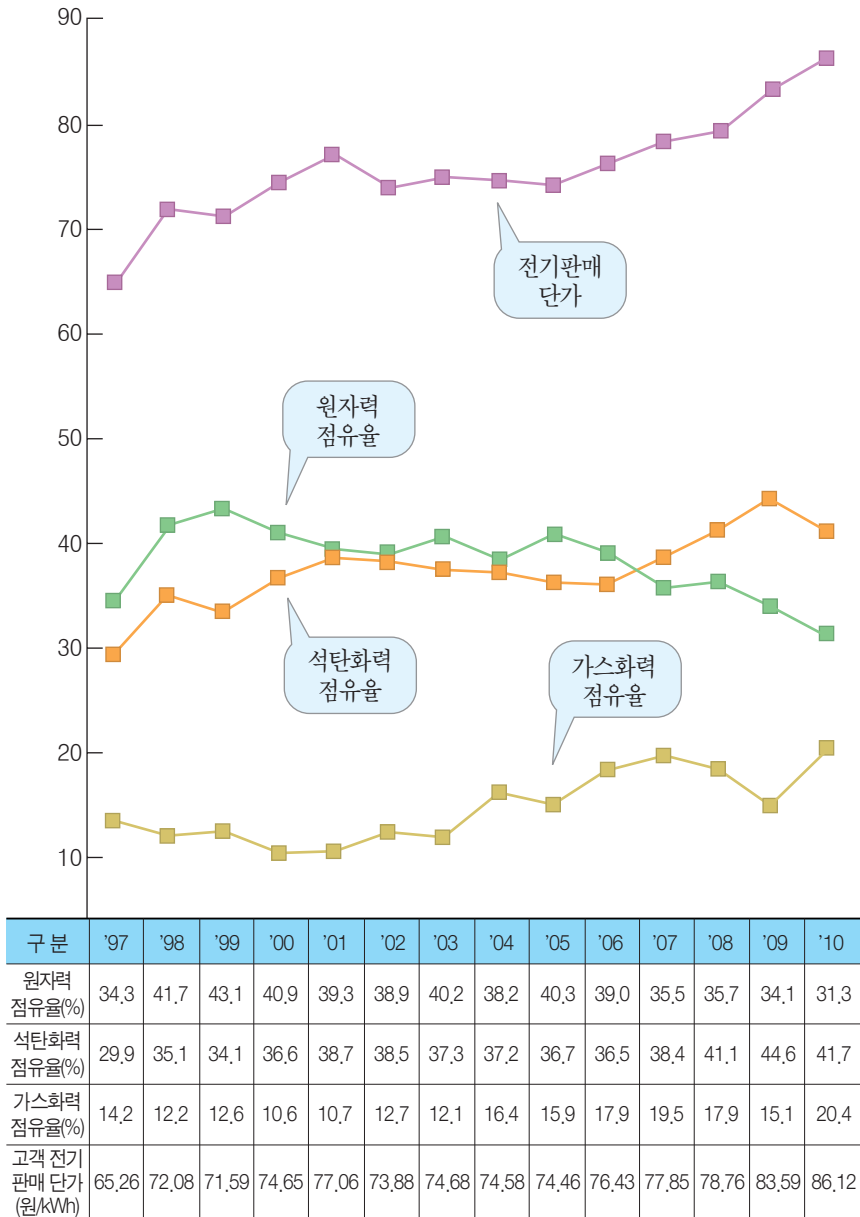
국내원전 호기당 고장정지 추세



고장정지건수

구분	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
운전기수	12	14	15	16	16	18	18	19	20	20	20	20	20	20
고장정지건수	13	6	13	8	8	8	11	12	10	11	12	7	6	2
1기당 고장정지건수	1.1	0.4	0.9	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.35	0.3	0.1

6. 원자력발전량 점유율과 전기판매단가



[한국전력 전력통계속보 제390호('11. 5.26)]

편찬위원회

위원장	지식경제부 원전산업정책관	최태현
위 원	지식경제부 원전산업정책과장	나기용
	한국수력원자력(주) 홍보실장	최승경

편찬실무반

지 식 경 제 부	: 원전산업정책과	신홍섭
한국수력원자력(주)	: 홍보실 언론홍보팀	박범수

집 필 반

지 식 경 제 부	: 박재탁, 조현진, 김영규, 이판대 이종경, 구대림, 김범식, 이용훈
한 국 전 력 공 사	: 조성민, 임현승, 태종훈
한국수력원자력(주)	: 이광훈, 김형섭, 신선동, 김태완 고영우, 한경수, 김근경, 김기남 한상길, 신보균, 심재훈, 박종호 박범수
한국방사성폐기물관리공단	: 이철호, 김생기, 정명섭, 김창락
한전원자력연료(주)	: 이종무
한국원자력문화재단	: 권혁만

지식경제부 원전산업정책과

전화번호 : (02)2110-5482

주 소 : 경기도 과천시 관문로 88
(정부과천청사 3동)

한국수력원자력(주) 홍보실

전화번호 : (02)3456-2492

주 소 : 서울시 강남구 영동대로 411

원자력발전백서

발행 2011년 7월

발 행 처 : 지 식 경 제 부
한국수력원자력(주)

<비매품>