

2010 원자력발전백서

 지식경제부
Ministry of Knowledge Economy

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

2010 원자력발전백서



발 간 사



지난해 말 우리는 사상 첫 원전 플랜트 수출이라는 쾌거를 이루었습니다. 더군다나 어려운 여건 속에서도 어깨 너머로 기술을 배웠던 미국, 프랑스, 일본과 경쟁에서 이긴 것이라 더욱 값진 성과였습니다. ‘아랍에미리트 원전 수주는 원자력 불모지에서 원전 기술 자립국가로 발전한 한국 원전 50년 신화의 결정판’이라고 표현할 정도로 감격스런 일이자 온 국민의 자긍심을 높여준 획기적인 사건이었습니다.

이제 우리는 미국, 프랑스, 캐나다, 러시아, 일본에 이어 세계 6번째로 자국의 원전기술을 해외에 수출할 능력을 갖춘 나라로 당당히 이름을 올렸습니다. 우리의 원전 운영능력, 건설기술, 안전성 등 모든 면이 세계 최고 수준이라는 것을 세계로부터 인정받은 결과입니다.

우리는 1978년 고리 1호기를 상업 운전한 이래 30여 년간 한순간도 쉬지 않고 원자력기술개발에 매달려 왔으며, 꾸준히 원전을 건설하고 안전하게 운영해 왔습니다. 한국표준형원전(OPR1000)에 이어 신형경수로(APR1400)를 넘어 이제 APR+까지 새로운 노형 개발에도 박차를 가하고 있습니다. 원자력발전을 통한 저렴하고 안정적인 전력 공급으로 고유가 시대를 슬기롭게 헤쳐 나올 수 있었으며 그 결과 세계 10위권의 경제대국으로 발돋움 하였습니다.

현재 국내에 20기의 원전을 운영하고 8기를 동시에 건설하고 있는 우리나라는 세계 원자력산업계에서 가장 역동적인 나라로 평가받고 있으며, 원전을 도입하려는 후발 국가들의 모범적인 사례로 인용되고 있습니다.

화석연료 고갈 우려에 따른 전 세계의 치열한 에너지 확보 전쟁과 기후변화에 대응하기 위한 현실적 대안으로 세계는 지금 원자력 발전을 선택하고 있습니다. 정부는 UAE 원전 수출 성공을 계기로 원전산업을 새로운 성장동력으로 본격 육성하기 위해 지난 4월초 지식경제부내에 수출전담부서를 신설하고 범정부 차원의 지원을 하고 있습니다. 이런 노력의 결과로 세계 여러 나라가 우리 원전에 관

심을 표명하고 있어 UAE에 이은 우리 원전 수출의 가능성이 높아지고 있으며, 향후 펼쳐질 거대한 원전 시장에서 원자력 3대 강국으로 도약할 수 있을 것으로 기대됩니다.

원전은 기계, 전기, 전자, 원자력공학 등 첨단과학기술을 총망라한 거대한 종합 프로젝트로 그 자체가 관련 산업과 경제발전에 미치는 파급효과가 무척 큼니다. 더욱이 원자력은 ‘저탄소 녹색성장’이라는 국가 비전에 가장 부합하는 중추적인 에너지원으로 자리를 확고히 하고 있습니다. 이제 원자력이야말로 녹색부국을 이끌 지속가능한 에너지원이라는 것은 그 누구도 부인하지 못할 것입니다. 국가에너지 기본계획에 따라 원전 설비 비중은 현재 24%에서 2030년에는 41%로, 원자력발전량 기준으로는 현재 34%에서 2030년경에는 59%까지 높여 나갈 계획입니다.

우리 앞에는 새로운 도전의 역사가 놓여 있습니다. 세계 원자력 산업 시장에서 지속적인 우위를 점하기 위해 아직도 노력하고 해결해야 할 일이 많습니다. 일부 미비한 핵심 기술의 국산화를 조속히 완료하고, 신형 국산 토종원전인 APR+의 기술개발을 앞당겨 외국 원전과의 경쟁에서 지속적인 우위를 확보해야 합니다.

원자력이 지속가능한 성장 동력으로 자리매김하기 위해서는 무엇보다 국민들의 원전에 대한 이해와 신뢰가 중요합니다. 이를 위해서는 원전의 안전한 운영과 정확한 정보제공이 필수적이라고 생각합니다.

정부와 원전사업자가 함께 펴내는 이 책에는 지난 한 해 동안 우리 원자력발전 종사자들이 각자의 분야에서 최선을 다해 이루어낸 갖가지 성과와 정보들이 고스란히 담겨 있습니다. 아무쪼록 이 책을 통해 국민 여러분께서 우리 원자력발전에 대한 이해를 높이는 계기가 되길 소망합니다.

원자력발전백서 발간을 위해 애쓰신 편집진의 노고에 고마움을 전합니다.
감사합니다.

2010년 6월

지식경제부 장관 최경환 *최경환*

인 사 말



최근 지구 온난화와 각국의 에너지 자원 확보 경쟁이 심화됨에 따라 전 세계는 친환경적이면서 경제적인 원자력 에너지에 주목하고 있습니다. 이른바 ‘원전 르네상스’ 시대가 개막된 것입니다.

이러한 때에 세계 원자력계는 대한민국을 주목하고 있습니다. 지난해 말 우리는 유수의 원전 선진국들을 제치고 UAE에 한국형 신형경수로 4기를 수출하는 계약을 체결함으로써 세계 원자력계의 찬탄과 부러움을 샀습니다. 우리 원전의 안전성과 운영기술의 우수성 등 원전 기술의 경쟁력을 당당히 인정받은 쾌거이기도 합니다.

우리는 여기에서 멈추지 않고 전 세계적으로 붐을 일으키고 있는 신규 원전 건설 시장에 적극 나서 2030년까지 원전 3대 강국으로 도약한다는 야심찬 계획을 발표한 바 있습니다. 원자력을 우리의 미래를 책임질 녹색기술의 신성장 동력으로 정하고 원전사업을 자동차, 반도체, 조선에 이은 가장 유망한 차세대 주력 수출 산업으로 육성하겠다는 청사진을 제시한 것입니다. 이런 노력의 결과, 우리나라는 최근 터키 시놉 지역에 APR1400을 수출하기 위한 MOU를 체결하는 등 원전 수출에 박차를 가하고 있습니다.

불과 반세기만에 원전 불모지에서 원자력 수출국으로 올라선 대한민국은 세계 원자력 역사에 있어 가장 역동적인 나라로 자리매김해 나갈 것입니다. 쓰리마일 원전과 체르노빌 원전 사고로 인해 각국이 원자력발전을 주저하던 당시에도 우리나라는 원전 건설을 쉬지 않았으며, 원전 기술력 확보를 위해 피땀 어린 노력을 기울였습니다.

현재 우리는 20기의 원전을 운영 중이며 8기를 건설하고 있습니다. 2009년 말 기준으로 원자력은 우리나라 전력 소요량의 34%를 담당하고 있으나 정부의 저탄소 녹색성장 기조에 따라 2030년경이면 약 59%를 담당할 수 있을 것입니다.

우리의 원전 운영 및 건설 수준은 이미 세계 최고 수준을 인정받고 있습니다. 원전 안전 운영의 지표라 할 수 있는 원전이용률과 건설 기술 경쟁력은 명실상부한 세계 최고 수준에 도달하였으며, IAEA도 ‘한국은 원전 경쟁력을 스스로 창조한 나라’라고 언급한 바 있습니다.

그러나 원전 산업의 지속적인 발전을 위해서는 국민 여러분의 이해와 관심이 무엇보다 절실합니다. 그런 뜻에서 원전에 대한 국민 여러분의 궁금증을 해소하고 원전 운영을 투명하게 하기 위해 매년 우리 회사에서는 정부와 공동으로 원자력발전의 모든 내용을 자세하게 기록해 책으로 펴내고 있습니다.

아무쪼록 원자력발전백서가 원전에 대한 이해를 높일 수 있는 소중한 지침서가 되기를 바라마지 않습니다. 이 책이 원전 수용성을 높이고 한 단계 도약하기 위한 든든한 밑거름이 되기를 기원하면서, 이 책의 발간을 위해 수고해주신 관계자 여러분의 노고를 진심으로 격려합니다.

감사합니다.

2010년 6월

한국수력원자력(주) 사장 김 종 신

김종신

❁ 원자력 2009 >>>>



원자력반세기 기념식('09. 4. 8)



한수원(주) - 아레바 우라늄 농축공장 지분참여 계약('09. 6.15)



한승수 국무총리 울진본부 방문('09. 7.24)



신월성 1호기 원자로 설치('09. 7.27)

❁ 원자력 2009 >>>



신고리 1호기 상온수압시험 완료('09. 9.15)



신고리 4호기 최초 콘크리트 타설('09. 9.15)



이명박 대통령 영광본부 방문('09.12. 4)



한국형원전 UAE 수출계약 체결('09.12.27)

목 차

제1편 원자력발전정책

제1장 국내·외 에너지 정세	3
제1절 개요	3
제2절 세계 에너지 전망	10
제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망	22
제2장 전력수급기본계획	41
제1절 개요	41
제2절 제4차 전력수급기본계획의 주요 내용	43
제3절 향후 계획	54
제3장 원자력발전 정책 방향	56
제1절 기본방향	56
제2절 원전의 안전성 확보	59
제3절 원전산업의 경쟁력 강화	63
제4절 원전기술개발의 체계적 추진	67
제5절 원자력발전소 주변지역 지원제도	69
제6절 국민이해 확보	74
제7절 원전연료 확보	80
제8절 방사성폐기물 관리	85

제2편 원자력발전소 운영 및 건설

제1장 원자력발전의 역할	97
제1절 원자력의 도입	97
제2절 원자력발전의 필요성	100

제2장 원자력발전소 운영	105
제1절 설비용량 현황	105
제2절 발전량 현황	107
제3절 이용률 및 가동률 현황	109
제4절 고장정지 및 한주기 무고장 안전운전 현황	113
제5절 정비 및 교육훈련 관리	119
제3장 원자력발전소 건설	128
제1절 원전 건설사	128
제2절 원전건설 현황	142
제3절 원전건설 기술의 발전	154
제4장 원자력발전소 주요 운전현황	162
제1절 계속운전	162
제2절 월성 1호기 압력관교체	186
제3절 출력증강	199

제3편 원전연료 및 방사성폐기물 관리

제1장 원전연료 현황	213
제1절 원전연료 주기	213
제2절 각 주기별 수급현황 및 전망	214
제3절 국내 원전연료 수급계획	231
제2장 원전연료 설계 및 제조	234
제1절 경수로 원전연료	234
제2절 중수로 원전연료	252

제3장 방사성폐기물 관리	254
제1절 개요.....	254
제2절 사용후연료 관리	255
제3절 중·저준위 방사성폐기물 관리	258
제4장 방사성폐기물 관리사업	270
제1절 방폐장 건설 계획 수립.....	270
제2절 부지선정 과정	272
제3절 중·저준위방폐물처분시설 부지 선정	285
제4절 한국방사성폐기물관리공단 발족	297
제5절 중·저준위 방사성폐기물 처분시설	303
제6절 월성원자력환경관리센터 건설	309
제7절 사용후연료 공론화	326

제4편 원전의 안전대책

제1장 원전의 안전대책	335
제1절 원전의 안전개념	335
제2절 안전관리 체계	343
제3절 원전의 안전대책	352
제4절 원전의 지진대책	359
제2장 방사선 안전관리	371
제1절 종사자 안전관리	371
제2절 방사능 방재대책	383
제3장 일반환경관리	390

제1절 환경관리체계.....	390
제2절 일반환경 관리	392
제3절 환경방사능 관리	400
제4절 온배수 관리	409

제5편 연구개발

제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요	421
----------------------------	-----

제2장 원자력발전 기술개발사업.....	423
-----------------------	-----

제1절 원자력발전 기술개발사업 추진 배경.....	423
제2절 추진 근거 및 목표.....	425
제3절 사업추진체계.....	427
제4절 투자규모 및 추진대상기술	429

제3장 원자력연구개발사업	433
---------------------	-----

제1절 추진배경.....	433
제2절 추진근거 및 추진체계	434
제3절 추진절차.....	436
제4절 2010년 추진계획 및 2009년 추진실적	437

제6편 품질보증

제1장 원자력품질보증 개요	443
----------------------	-----

제1절 일반개요.....	443
제2절 품질보증 기준	445
제3절 품질보증체계.....	457

제2장 단계별 품질보증활동	460
제1절 건설단계 품질보증활동	461
제2절 운영단계 품질보증활동	465
제3장 품질문화 정착 및 지속적 개선	468
제1절 품질윤리규범	468
제2절 품질개선활동	468
제3절 품질경영	472
제4절 품질교육	474
제4장 국내 · 외 품질업무 공조	476
제1절 해외 협력활동	476
제2절 국내 협력활동	479

제7편 국민이해와 지역협력

제1장 국민이해 증진활동	483
제1절 사회환경의 변화	483
제2절 국민이해 증진활동	486
제3절 원자력에 대한 국민인식	506
제4절 해외 여론동향	511
제2장 원전 주변지역 지원사업	520
제1절 개요	520
제2절 2009년도 주요사업 실적	527
제3절 2010년도 지원사업 추진계획	531

제3장 지역과의 일체감 형성을 위한 노력	533
제1절 봉사활동 추진현황	533
제2절 국민의 기업으로서 사회적책임 성실 수행	536
제3절 지역사회 일체감 행사지원 및 참여	536
제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과	537
제1절 건설기간 중 지역경제 영향.....	537
제2절 운영기간 중 지역경제 영향.....	539
 제8편 국제협력 및 해외동향	
제1장 원자력 국제협력	545
제1절 국제 원자력 관련기관	545
제2절 원자력 국제협력	554
제2장 해외사업 진출	580
제1절 개요.....	580
제2절 UAE 원전 수출	583
제3절 해외사업 추진현황	587
제4절 향후전망.....	602
제3장 원자력 해외동향	605
 부 록	625

표 목 차

〈표 1- 1〉 세계 총 에너지 소비 및 수요 전망	11
〈표 1- 2〉 주요에너지 지표	24
〈표 1- 3〉 에너지원별(1차에너지) 소비현황	26
〈표 1- 4〉 부문별 석유소비현황	28
〈표 1- 5〉 용도별 LNG 소비추이	29
〈표 1- 6〉 무연탄 소비현황	30
〈표 1- 7〉 유연탄 소비현황	31
〈표 1- 8〉 에너지원별 발전전력량	32
〈표 1- 9〉 부문별 최종에너지소비	33
〈표 1-10〉 에너지수입현황	36
〈표 1-11〉 1차에너지 소비 전망	38
〈표 1-12〉 부문별 에너지 수요전망	39
〈표 1-13〉 용도별 전력소비량 전망	45
〈표 1-14〉 최대전력 전망	46
〈표 1-15〉 수요관리 목표량	46
〈표 1-16〉 수요관리 투자비	47
〈표 1-17〉 목표수요에 따른 적정설비규모	47
〈표 1-18〉 기준수요에 따른 적정설비용량	48
〈표 1-19〉 기준수요에 따른 2022년 발전설비 구성비	48
〈표 1-20〉 4차 전력수급계획 반영 대상 발전기 종합	49
〈표 1-21〉 연도별 전력수급 전망	50
〈표 1-22〉 연도별 전원구성 전망	51
〈표 1-23〉 용도별 전력소비량 전망	52
〈표 1-24〉 최대전력 전망	53
〈표 1-25〉 연도별 전력수급 전망	53
〈표 1-26〉 기본지원사업과 사업자지원사업의 비교	71

〈표 1-27〉 우리나라 정광 현물시장 가격추이	83
〈표 2- 1〉 국내 원자력발전소 현황	105
〈표 2- 2〉 발전원별 발전설비 용량 추이	107
〈표 2- 3〉 원자력발전소 호기별 발전량 실적	108
〈표 2- 4〉 에너지원별 발전량 추이	109
〈표 2- 5〉 국내 원자력발전소 이용률 현황	110
〈표 2- 6〉 국내 및 세계 원전이용률 비교	111
〈표 2- 7〉 국내 원자력발전소 가동률 현황	112
〈표 2- 8〉 2009년도 국내 원자력발전소 고장정지 현황	114
〈표 2- 9〉 국내 원자력발전소 고장정지 현황	115
〈표 2-10〉 국내 원자력발전소 한주기 무고장 안전운전 달성 현황.....	116
〈표 2-11〉 국내 원자력발전소 연도별 한주기 무고장 안전운전 현황...	119
〈표 2-12〉 국내 원자력발전소 최단공기 현황	119
〈표 2-13〉 호기별 계획예방정비 실적.....	121
〈표 2-14〉 교육훈련 실적	126
〈표 2-15〉 원전 훈련용 시뮬레이터 현황	127
〈표 2-16〉 건설중/건설준비중 원전 준공일정	143
〈표 2-17〉 신고리 1·2호기 건설일정	147
〈표 2-18〉 신월성 1·2호기 건설일정	149
〈표 2-19〉 신고리 3·4호기 건설일정	152
〈표 2-20〉 신울진 1·2호기 건설일정	154
〈표 2-21〉 기술자립 역할 분담.....	155
〈표 2-22〉 국내 가동중 원전의 설계수명 현황	164
〈표 2-23〉 경년열화 관리대상 선정 평가에 관한 사항.....	183
〈표 2-24〉 경년열화 관리계획 평가에 관한 사항	184
〈표 2-25〉 계속운전을 위한 수명평가에 관한 사항	185

〈표 2-26〉 운전경험, 연구결과 반영 필요사항	185
〈표 2-27〉 월성 1호기 평균 이용률 및 발전정지 현황	187
〈표 2-28〉 해외 원전 사례(전량교체)	192
〈표 2-29〉 국내 · 외 원전 사례(일부교체)	193
〈표 2-30〉 교체시기 기존대비 개선사항.....	195
〈표 2-31〉 압력관 저장시설 제원.....	197
〈표 2-32〉 미국원전 출력증강 현황.....	200
〈표 2-33〉 출력증강 기술개발 추진경위.....	201
〈표 2-34〉 고리 3 · 4호기 출력증강 전후 확률론적 안전성 변화 추이 ...	205
〈표 3- 1〉 세계 우라늄 정광 수급 전망	217
〈표 3- 2〉 세계 경수로 변환시설 현황	222
〈표 3- 3〉 건설 계획 중인 경수로 변환시설 현황	223
〈표 3- 4〉 세계 경수로 변환역무 수요 전망	223
〈표 3- 5〉 세계 중수로 변환시설 현황	223
〈표 3- 6〉 세계의 농축설비 현황	226
〈표 3- 7〉 건설 중인 농축설비 현황	227
〈표 3- 8〉 농축 수급 전망	228
〈표 3- 9〉 성형가공 설비 현황	230
〈표 3-10〉 교체 노심 설계 현황	236
〈표 3-11〉 연도별 국산 경수로용 원전연료 생산 현황.....	237
〈표 3-12〉 경수로용 원전연료 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황 ...	242
〈표 3-13〉 원전 노심설계코드 국산화 종류 및 기능.....	246
〈표 3-14〉 연구개발 과제 내용 및 연료서비스 기술 확보 현황	251
〈표 3-15〉 연도별 국산 중수로용 원전연료 공급 현황.....	252
〈표 3-16〉 중수로용 원전연료 주요 제조공정 개선 및 장비개발 현황 ...	253
〈표 3-17〉 사용후연료 시설용량 및 저장실적	256

〈표 3-18〉 2009년 기체 및 액체 방사성 유출물 배출에 의한 주민예상선량 평가	260
〈표 3-19〉 2009년도 방사성 기체 및 액체 배출실적	263
〈표 3-20〉 2009년도 중·저준위 고체폐기물 발생실적	267
〈표 3-21〉 중·저준위 방사성폐기물 인도규정 주요내용	268
〈표 3-22〉 유치신청 현황	294
〈표 3-23〉 방폐장 유치 주민투표 결과	295
〈표 3-24〉 방폐장 부지선정 추진 역사	296
〈표 3-25〉 방폐물관리공단의 지역지원사업 대상.....	302
〈표 3-26〉 사업개요	313
〈표 3-27〉 건설일정	315
〈표 3-28〉 연도별 종합공정률	316
〈표 4- 1〉 한수원 원자력 안전점검의 날 행사 실적	350
〈표 4- 2〉 국내 원전의 내진설계값	361
〈표 4- 3〉 미국 주요원전의 내진설계값	362
〈표 4- 4〉 중요지진 및 원전의 지진 안전성	365
〈표 4- 5〉 지진 진도 비교표	366
〈표 4- 6〉 한수원 운영 지진관측망 현황	368
〈표 4- 7〉 국내기관 운영 지진관측망 현황	369
〈표 4- 8〉 방사선관리구역 출입절차	376
〈표 4- 9〉 주요 방사선 방호장구	379
〈표 4-10〉 방사선량 및 계획예방정비 기간 비교	381
〈표 4-11〉 국내·외 원전 노형별 호기당 평균 방사선량.....	382
〈표 4-12〉 연도별 종사자 개인 평균선량	382
〈표 4-13〉 2009년도 방사능방재 합동 및 전체훈련 실적	385
〈표 4-14〉 2009년도 방사능방재 부분훈련 실적	386

〈표 4-15〉 한수원(주) 방사능재난대응시설 현황.....	388
〈표 4-16〉 갑상선 방호약품(KI정제) 확보 현황	389
〈표 4-17〉 행정관서 환경방사능 감시단말기 설치 현황	389
〈표 4-18〉 대피 수용시설(구호소) 현황	389
〈표 4-19〉 원전 주변 해양수질의 연도별 변화	398
〈표 4-20〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화	399
〈표 4-21〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황	399
〈표 4-22〉 공간감마선량률(환경방사선감시기)	402
〈표 4-23〉 공간집적선량	403
〈표 4-24〉 공기중 평균 전베타 방사능	404
〈표 4-25〉 토양 중 ^{137}Cs 농도	405
〈표 4-26〉 월성원전 주변 육상식품에 대한 삼중수소 분석결과.....	406
〈표 4-27〉 빗물의 전베타 방사능 분석값	406
〈표 4-28〉 빗물의 삼중수소 분석값.....	407
〈표 4-29〉 해수의 전베타 방사능 분석값	407
〈표 4-30〉 해수의 삼중수소 분석값.....	408
〈표 4-31〉 해수의 방사성핵종 분석값.....	408
〈표 4-32〉 부지별 예상 최대 주민피폭선량	409
〈표 4-33〉 원전 민원유형별 분류.....	417
〈표 5- 1〉 연도별 투자계획	429
〈표 6- 1〉 품질보증 18개 요건	449
〈표 6- 2〉 A등급 품질보증요건	453
〈표 6- 3〉 주요 품질감독 항목	455
〈표 6- 4〉 업무별 품질활동	467
〈표 6- 5〉 품질경영 중장기 주요 실천계획	473
〈표 6- 6〉 주요 사내·외 품질교육과정의 종류	475

〈표 7- 1〉 원자력 국민인식 변화	510
〈표 7- 2〉 저탄소 녹색성장에 대한 국민인식	511
〈표 7- 3〉 미국의 미래 전력비중 예상	513
〈표 7- 4〉 원자력발전 추진에 대한 의견	516
〈표 7- 5〉 2009년도 지원 및 납부 금액	522
〈표 7- 6〉 기금 지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체.....	524
〈표 7- 7〉 기금 기본지원사업 세부내용	525
〈표 7- 8〉 사업자지원사업 추진방향	526
〈표 7- 9〉 사업자지원사업 세부내용	526
〈표 7-10〉 2009년도 기금지원사업 지원실적	528
〈표 7-11〉 연도별 기금지원사업 지원금액.....	528
〈표 7-12〉 연도별 특별지원사업비 지원금액.....	529
〈표 7-13〉 사업자지원사업 지원실적	530
〈표 7-14〉 2009년도 사업자지원사업 사업종류별 지원실적	530
〈표 7-15〉 2010년도 기금지원사업 계획	531
〈표 7-16〉 2010년도 사업자지원사업 계획	532
〈표 7-17〉 봉사활동 실적 통계.....	535
〈표 7-18〉 2009년도 신고리 1·2호기 건설현장 인력고용 현황	537
〈표 7-19〉 2009년도 신월성 1·2호기 건설현장 인력고용 현황	538
〈표 7-20〉 2009년도 신고리 3·4호기 건설현장 인력고용 현황	538
〈표 7-21〉 2009년도 지역업체 원전건설공사 참여현황	539
〈표 7-22〉 2009년 국내 원자력발전소 근무자 현황	540
〈표 7-23〉 2009년 원자력발전소별 지방세 납부현황	541
〈표 7-24〉 2009년 원자력발전소 주변지역 특산물 구매 실적	542
〈표 8- 1〉 원자력기구(NEA) 회원국 현황.....	547
〈표 8- 2〉 NEA의 운영위원회 조직	550

〈표 8- 3〉 해외원전 소유자그룹 현황	553
〈표 8- 4〉 한국과 국제원자력기구 협약 가입 현황	556
〈표 8- 5〉 원자력관련 협정 체결 현황	562
〈표 8- 6〉 한국과 원자력협력협정 체결 현황	577
〈표 8- 7〉 양국간 원자력공동조정위원회 개최현황	579

그림 목 차

〈그림 1- 1〉 GDP와 에너지소비	23
〈그림 1- 2〉 1차에너지 소비구조	27
〈그림 2- 1〉 발전원별 이산화탄소(CO ₂) 배출량 비교	102
〈그림 2- 2〉 원전건설 변천사	129
〈그림 2- 3〉 고리 1호기 기공식	131
〈그림 2- 4〉 고리 1호기 준공식 전경	131
〈그림 2- 5〉 신고리 1·2호기 공사현장 전경	145
〈그림 2- 6〉 신월성 1·2호기 공사현장 전경	148
〈그림 2- 7〉 신고리 3·4호기 공사현장 전경	152
〈그림 2- 8〉 미국 기네이, 일본 쓰루가, 영국 올드버리 원전	166
〈그림 2- 9〉 고리 1호기 증기발생기 및 원자로냉각재펌프 교체	169
〈그림 2-10〉 계속운전 안전심사 절차도	174
〈그림 2-11〉 고리 1호기 계속운전 반대집회	175
〈그림 2-12〉 계속운전 안전성 설명회, 심포지움 모습	177
〈그림 2-13〉 고리 1호기 계속운전 주민 합의서 체결	178
〈그림 2-14〉 고리 1호기 계속운전 재가동 기념식 모습	180
〈그림 2-15〉 월성 1호기 계통도	187
〈그림 2-16〉 월성 1호기 원자로	188
〈그림 2-17〉 압력관 전면	190
〈그림 2-18〉 압력관 감용장비	191
〈그림 2-19〉 압력관 저장시설	197
〈그림 2-20〉 고리 4호기 고압터빈 고정익 다이아프램 개선 작업	208
〈그림 3- 1〉 원전연료 주기도	213
〈그림 3- 2〉 우라늄 정광 현물 시장가격 추이	219
〈그림 3- 3〉 원심분리 및 기체확산 농축시설	225
〈그림 3- 4〉 경수로용 원전연료 집합체	229

〈그림 3- 5〉 중수로용 원전연료 집합체	230
〈그림 3- 6〉 월성 사용후연료 조밀건식저장시설	257
〈그림 3- 7〉 유리화 설비의 유리 구조	265
〈그림 3- 8〉 유리화 설비 용융로	266
〈그림 3- 9〉 울진 유리화 설비 시설	266
〈그림 3-10〉 드럼핵중분석장치 검출기 및 컨베이어	269
〈그림 3-11〉 드럼측정 대기중(이송용 컨베이어)	269
〈그림 3-12〉 절차공고에 따른 부지선정 절차 및 일정	293
〈그림 3-13〉 한국방사성폐기물관리공단(창립) 사무식	298
〈그림 3-14〉 운반선박 주요제원	305
〈그림 3-15〉 지상지원시설	323
〈그림 3-16〉 건설, 운영 및 수직동굴	324
〈그림 3-17〉 우리나라의 사용후연료 관리방안 추진 개념도	329
〈그림 4- 1〉 심층방어 개념	337
〈그림 4- 2〉 다중방호 설비	339
〈그림 4- 3〉 안전설비	341
〈그림 4- 4〉 안전관리체계	344
〈그림 4- 5〉 세계원전사업자협회 안전점검	345
〈그림 4- 6〉 SA · CAP · PG개념도	347
〈그림 4- 7〉 제15회 원자력안전의 날 기념식	349
〈그림 4- 8〉 국내원전 내진성능 개선방안	363
〈그림 4- 9〉 국내 기관 지진관측소 위치도	370
〈그림 4-10〉 방사선관리구역 출입구 모습	376
〈그림 4-11〉 휴대형 공기공급 호흡방호장비 착용모습	379
〈그림 4-12〉 국가 방사능 방재대책 체계도	384
〈그림 4-13〉 방사능 방재훈련 모습	386

〈그림 4-14〉 환경경영시스템 인증서	395
〈그림 4-15〉 원자력발전소 온배수 순환도.....	410
〈그림 4-16〉 온배수/자연해수에서 월동한 넙치 비교	412
〈그림 4-17〉 영광원자력 온배수이용 해양생물전시관.....	414
〈그림 4-18〉 월성원자력 온배수이용 양식장.....	415
〈그림 4-19〉 해양환경 보전활동	416
〈그림 5- 1〉 원전 기술개발 단계	423
〈그림 5- 2〉 원전 기술의 발달 과정	424
〈그림 5- 3〉 지식경제부 주관 원전기술개발사업 사업구도	425
〈그림 5- 4〉 추진체계	427
〈그림 5- 5〉 과제 선정 및 수행 절차	428
〈그림 5- 6〉 과제 평가 절차	429
〈그림 5- 7〉 원자력연구개발사업 분류	435
〈그림 5- 8〉 과제선정 및 수행절차	436
〈그림 6- 1〉 국내 원자력사업 품질보증 체계	457
〈그림 6- 2〉 한수원(주) 품질보증체계도	458
〈그림 6- 3〉 단계별 품질보증활동 종합	460
〈그림 6- 4〉 원자력 건설사업 추진 조직	461
〈그림 7- 1〉 한수원 그린미션 및 발전소 라이브	493
〈그림 7- 2〉 표준 전시부스 및 월성원자력본부 홍보관	495
〈그림 7- 3〉 차세대 원자력 인식	498
〈그림 7- 4〉 중학교 3학년 기술가정 교과서 수정·보완 내용	498
〈그림 7- 5〉 제1회 원자력 올림피아드	500
〈그림 7- 6〉 대학생 에너지카라반	501
〈그림 7- 7〉 행복한 원자력페스티벌	502

〈그림 7- 8〉 방송 교양프로그램	504
〈그림 7- 9〉 원자력발전소 교체신설 찬·반 추이	519
〈그림 7-10〉 지원금 및 지방세 흐름도	522
〈그림 7-11〉 발주법 개정연혁	523
〈그림 7-12〉 한수원 사회봉사단 조직.....	534
〈그림 7-13〉 2009년 주요성과	534
〈그림 7-14〉 봉사활동기금 현황	535

제1편 원자력발전정책

>>> 제1장 국내·외 에너지정세

>>> 제2장 전력수급기본계획

>>> 제3장 원자력발전 정책 방향

제1장 국내 · 외 에너지정세

지식경제부 에너지자원정책과 주무관 김경미

제1절 개 요

미국 발 금융위기로 시작된 세계적인 경기침체의 여파로 2008년 하반기부터 세계 에너지수요는 급격히 감소하였고 에너지가격도 급락하였다. 그러나 2009년 중반부터 에너지수요가 점차 회복되면서 에너지가격이 꾸준히 상승하고 있다. 최근의 에너지가격 상승은 주요 국가의 경기지표 개선 등으로 세계 경기회복에 대한 기대감이 확산되고 있다는 점에 의해서도 크게 영향을 받고 있다.

국제 원유가격은 2008년 7월 145달러까지 치솟았다가 떨어지기 시작하여 2009년 1월에는 30달러대에 이르렀다. 이후 꾸준히 상승하던 원유가격은 2009년 10월부터 70~80달러를 중심으로 등락하며 비교적 안정되어 있었으나 2010년 3월 이후 다시 상승세를 보이고 있다. 세계적인 대표원유인 서부텍사스경질유(WTI) 가격이 3월부터 배럴당 80달러를 넘기 시작해 2010년 4월 8일에는 87.14달러로 2008년 10월 이후 18개월만의 최고가격을 기록하였다. 아시아 지역에 판매되는 원유의 기준가격이 되는 중동산 두바이 원유의 가격도 2010년 4월 들어 80달러를 넘어서서 4월 16일에는 84.86달러까지 상승하였다. 한동안 산유국과 소비국들은 70~80달러의 가격수준을 비교적 적정한 것으로 인식해 왔다. 즉, 이 가격수준은 경제회복을 방해하지 않으면서 오일샌

드 개발이나 심해저 유전 개발과 같이 높은 비용이 요구되는 석유자원 개발에 대한 투자를 유인할만한 수준이며, 대체에너지원에 대한 투자를 촉진시킬 수 있다. 나아가 에너지 소비절약과 효율향상에 힘써야 할 만큼 충분히 비싼 수준이기도 하다. 그러나 석유수요 증가와 함께 국제유가가 그 범위를 이탈해 상승하기 시작한 것이다.

석유수요는 중국을 비롯한 개도국의 수요 증가에 힘입어 본격적인 증가세를 보이고 있다. 세계 석유수요는 2008년 3/4분기부터 계속 감소세를 보이다가 2009년 4/4분기에 증가세로 반전되었다. 국제에너지기구(IEA)는 세계 석유수요가 지난해 4/4분기에 0.6%(하루 54만 배럴) 증가하였고, 2010년 1/4분기에는 2.2%(하루 185만 배럴) 증가한 것으로 추정하고 있다. 2010년 1/4분기 중 세계 석유수요 증가는 비 OECD 국가의 수요 증가가 OECD 국가의 수요 감소를 상쇄함으로써 이루어졌다. 즉, OECD의 석유수요는 여전히 1.6%가 감소했으나 비 OECD 국가의 소비는 6.9% 증가하였다. OECD 국가의 부진한 수요는 유럽지역 수요가 5.1%나 감소했기 때문이며, 비 OECD 국가의 높은 수요 증가는 아시아지역과 중동지역 수요가 각각 9.5%와 7.1%에 달하고 있기 때문이다. 특히 중국의 석유수요는 하루 142만 배럴이 증가하여 세계 전체 석유수요 증가분의 77%를 차지하고 있다.

석유를 비롯한 에너지가격 상승 외에도 국제 에너지정세는 우리와 같이 해외에서 에너지를 도입해야 하는 국가들에게 불리하게 전개되고 있다. 국제 에너지정세에서 가장 괄목할만한 것은 2000년대 중반 에너지 가격 급등시기를 거치면서 또다시 부상한 자원민족주의의 경향이다. 과거

1970년대의 자원민족주의는 세계열강에 의한 식민지배 또는 제국주의의 영향으로부터 산유국의 독립과 자주권을 확보하기 위한 것으로, 자국의 경제 및 정치적 위상을 높이려는 이데올로기적 측면이 있었다. 그러나 새로 대두된 자원민족주의는 이데올로기적 측면보다는 자원보유국들이 부존자원에 대한 국가 통제를 강화하여 자국의 수익 배분 몫을 증대시키고 시장지배력을 강화하려는 실용적 목적이 강하다고 볼 수 있다. 자원보유국들은 자원에 대한 국가 통제를 확보하기 위한 수단으로서 자국 국영 에너지기업의 프로젝트 참여를 확대하고 있는데, 자산의 몰수나 전면적인 국유화 조치보다는 계약내용의 변경과 관련 법률의 개정을 통해 부존자원을 통제하고 정부 수입을 확대해 나가고 있다. 예컨대, 자원민족주의의 선봉에 서있는 베네수엘라는 석유산업 활성화를 위해 최근 오리노코 유전개발에 해외기업들의 신규투자를 유치하였다. 그렇지만 이 프로젝트에 대해 정부가 60% 이상의 지분을 보유하고 국영 석유기업인 PDVSA가 지배주주가 되어 관리할 계획이다.

새로운 자원민족주의의 대두는 필연적으로 에너지 부문의 투자 감소와 생산비용 증가로 이어질 수밖에 없다. 즉, 자원민족주의는 국제석유회사(IOC)의 석유자원에 대한 접근성을 제약하여 투자의 부진을 가져오므로 공급이 감소하여 장기적으로 고유가의 원인이 될 수 있다. 그리고 산유국의 국영석유회사(NOC)는 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.

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)을 둘러싼 우려의 시각과 더불어, 일부 포럼 회원국들의 카르텔 결성에 대한 의사 표명이 이러한 불안을 자아내고 있는 것이다. GECF는 2008년 12월 비공식적인 정책협의체 성격의 모임에서 사무국과 정관을 갖춘 공식적인 상설기구로 전환하였다. GECF의 개편은 세계 3대 천연가스 보유국인 러시아, 이란, 카타르에 의해 주도되었는데, 향후에는 이 포럼을 통해 회원국들의 기본적인 활동을 조율할 것으로 전망되고 있다. 세계 천연가스의 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 높이고 있다.

자원민족주의 경향에 더하여 국제 에너지시장에서 중국의 등장은 우리나라 등 에너지 도입국들 사이에 더 치열한 경쟁을 야기하는 요인이 되고 있다. 중국 정부는 자국의 국영석유회사와 함께 해외 석유회사의 인수와 지분 매입, 생산유전의 매입 등에서 매우 공격적인 전략을 취하고 있으며, 석유 및 천연가스 생산국과의 관계를 발전시키기 위해 정상 외교 등 쌍무관계 중심의 적극적인 외교 전략을 구사하고 있다.

한편, 지난해 12월에 코펜하겐에서 열렸던 제15차 유엔기후변화협약

당사국 총회에서는 포스트-교토 체제에 관한 법적 구속력이 있는 합의에는 실패했지만, 25개국 정상들이 모여 온실가스 감축을 위한 노력을 지속해 나갔다. 이미 1992년 UN 환경개발회의에서 기후변화에 관한 국제연합기본협약이 채택되었고, 구체적 실행계획을 포함하고 있는 교토의정서(Kyoto Protocol)가 2005년 2월 16일 발효된 바 있으며, 최근에는 2012년 이후 선진국의 의무부담에 대한 협상이 UNFCCC(United Nations Convention on Climate Change) 차원의 특별작업반을 통하여 진행되어 왔다.

코펜하겐 총회는 법적 구속력 있는 합의 대신 포괄적인 정치적 합의문만을 도출하고 총회 결정문에 ‘주요국이 합의한 코펜하겐 합의문을 주목한다’는 문안을 포함시키는 수준에서 마무리 되었다. 법적 구속력이 없는 이 합의의 구속성을 강화하기 위하여 앞으로 개별 국가들의 서명을 받을 것으로 예상되며, 미국 등 주요 국가들은 서명국을 최대한 확보하기 위한 양자 협의에 주력할 것이다. 다시 말하면, 이 합의문은 일단 앞으로 서명할 국가들 사이에서만 유효하나, 협상 진전의 토대를 마련한 것으로 향후 협상에서 중요한 준거가 될 것으로 예상된다.

온실가스 감축과 관련하여 코펜하겐 합의문(Copenhagen Accord)에는 장기적으로 지구 온도를 2℃ 이내의 상승으로 억제한다는 숫자만 들어 있을 뿐 다른 숫자는 아직 확정되지 않았다. 현 교토의정서의 의무감축국(Annex I 국가) 및 비의무감축국(non-Annex I 국가) 체제는 그대로 유지되어 우리나라의 비의무감축국 지위는 그대로 유지된다. 그렇지만 의무감축국 및 비의무감축국 모두 2010년 1월 31일까지 감축목

표 또는 감축행동을 UNFCCC 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.

정부는 이러한 국제 에너지정세의 변화에 대응하여 해외자원개발 역량의 강화와 에너지 공급기반 확충을 통해 에너지공급의 안정화를 위해 노력하고 있다. 해외자원개발의 역량 강화를 위해서는 자원개발 공기업을 중심으로 석유개발 기업 M&A, 유연탄·우라늄 등의 생산광구 지분인수를 지속적으로 추진하고 있다. 또 민간기업의 해외자원개발 투자 활성화를 위해서 정부 융자지원의 85%를 민간기업에게 지원하고 매장량담보융자(Reserve Based Financing) 도입으로 국책은행을 통한 금융지원을 확대하고 있다. 아울러 자원부국에 대해서는 정상급 외교를 전개하고 패키지형 자원개발 활성화 등을 통해 전략적 에너지자원 협력을 강화하고 있다. 에너지 공급기반 확충을 위해서는 에너지원별로 추진 계획을 수립하였다. 석유는 제 3차 석유비축계획에 따라 비축기지 건설 목표를 달성하고 동북아 오일허브 구축사업을 추진할 계획이다. 천연가스는 러시아 천연가스 도입계약 체결을 위해 북한 경유 PNG 도입 방식과 LNG·CNG 선박 도입방식 중 최적 도입방안을 확정하고 도입

협상을 추진할 계획이다. 전력의 경우, 중장기 수급안정을 위해 제 5차 전력수급기본계획(2010~2024년)을 수립하고, 신고리 원전 1호기 완공 및 신울진 원전 1·2호기 착공을 차질 없이 이행하여 2030년까지 원전설비 비중을 41%까지 확대할 계획이다.

한편으로 정부는 비용효과적인 국가 온실가스 감축목표 이행전략을 수립하여 추진할 계획이다. 우선 에너지 목표관리제를 온실가스 부문별·산업별 할당과 연계하여 에너지·온실가스 목표관리제로 확대한다는 것이다. 또한 2010년 하반기부터 배출권거래제 도입을 위한 법령 제정 및 시범사업을 추진할 계획이다. 온실가스 감축에 소요되는 자금 지원책으로는 온실가스 감축시설에 대한 금융·세제 지원을 실시하고, 수출입은행 등과 함께 탄소펀드를 조성하여 국내·외 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 단계적으로 원가수준으로 인상하고, 환경오염·교통체증·에너지안보 위험 등 외부효과를 적정 수준으로 원가에 반영한다는 것이다. 또 사회 취약계층에 최소한의 에너지 사용을 보장하고, 지리적·사회적 여건에 따라 차별적인 에너지비용이 부담되지 않도록 에너지원별 상대 요금수준을 조정할 계획이다. 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 사업장에 대해 에너지 관련 자격증 보유자를 에너지 관리자로 선임토록 의무화하고, 중소기업에 대한 에너지 진단사업을 실시하여 에너지절약 설비투자와의 연계성을 강화할 계획이다. 건물·가정부문에서는 에너지효율등급 표시를 단계적으로 의무화하고 대기전력 차단장치를 의무화할 계획이다. 수송부문에서는 차종별 연비 우수차량 발표로 고효율차량 생산을 촉진하고 소비자에게 유용한 정보를 제공할 계획이며, 연비 규제를 위해 연비측정 절차를 간소화하여 효율성을 제고하고 과징금제도를 도입하여 규제의 실효성을 확보할 계획이다. 또한 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) 2009 기준시나리오(Reference Case) 전망에 따르면 2006~2030년까지 44% 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. 예상되는 수요 증가는 금융과 경제 위기가 반영된 결과이다.

총 에너지수요는 2006년 47.2만조 Btu(British thermal units : Btu)에서 2015년에는 55.2만조 Btu, 2030년에는 67.8만조 Btu로의 증가가 예상된다.

〈표 1-1〉 세계 총 에너지 소비 및 수요 전망

(단위 : 천조Btu)

구 분	소비실적			수요전망					연평균 증가율(%) '06 ~ '30
	1990	2005	2006	2010	2015	2020	2025	2030	
OECD	197.7	241.3	241.7	242.8	252.4	261.3	269.5	278.2	0.6
북미	100.7	121.6	121.3	121.1	125.9	130.3	135.6	141.7	0.6
유럽	70.0	81.4	81.6	82.2	84.8	87.9	90.0	91.8	0.5
아시아	27.0	38.4	38.7	39.5	41.8	43.1	43.9	44.6	0.6
Non-OECD	149.9	220.7	230.8	265.4	299.1	334.4	367.8	400.1	2.3
러시아 등	67.3	50.6	50.7	54.0	57.6	60.3	62.0	63.3	0.9
아시아	47.4	109.4	117.6	139.2	163.2	190.3	215.4	239.6	3.0
중국	27.0	66.8	73.8	90.5	105.9	124	140.7	155.8	3.2
인도	7.9	16.3	17.7	19.1	22.9	26.8	29.6	32.3	2.5
중동	11.2	22.7	23.8	27.7	30.3	32.2	34.6	37.7	1.9
아프리카	9.5	14.5	14.5	16.2	17.7	19.1	20.6	21.8	1.7
중남미	14.5	23.4	24.2	28.3	30.3	32.5	35.2	37.7	1.9
총계	347.7	462.1	472.4	508.3	551.5	595.7	637.3	678.3	1.5

비 OECD 국가인 개발도상국의 에너지수요는 2006~2030년 기간 중 연평균 2.3%씩 증가할 것으로 전망되어 2030년에는 2006년 수준에 비해 73.3% 늘어날 것으로 예상된다. 반면, OECD 국가들의 같은 기간 에너지수요 증가율은 연평균 0.6%에 불과할 것으로 전망된다. 그 결과

비 OECD 국가의 에너지 소비비중이 2006년 49%에서 2030년 59%로 늘어날 것으로 보인다.

비 OECD 국가들 중 아시아권이 가장 활발한 성장세를 나타내 에너지 소비는 2006년에서 2030년까지 104%의 증가율을 보일 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 증가했다. 중국과 인도의 1990년 세계 에너지 소비 비중은 약 10% 이었으나, 2006년 19%, 2030년 28%에 이를 것으로 예상된다.

한편 전망기간 동안 중동과 중남미에서 60%, 아프리카에서 50% 정도의 증가가 예상되며, 비 OECD 유럽과 유라시아의 에너지 소비는 인구감소와 설비대체에 의한 에너지효율 향상 등 복합 요인에 의해 보다 낮은 증가세를 보여 25% 정도 증가할 전망이다.

반면 미국의 세계 에너지 소비에서의 비중은 2006년 21%에서 2030년 17%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 2006년을 기준으로 전체 에너지 소비의 15%를 차지하고 있다. 가정부문의 에너지 소비 구조는 국가별로 매우 다양하게 나타나고 있는데 이는 국가별 소득수준이나 자원 보유량, 기후 및 에너지 인프라가 다르기 때문이다.

일반적으로 OECD 국가들의 전형적인 가정은 비 OECD 국가들의 가정보다 더 많은 에너지를 사용하는데, 이는 OECD 가정이 더 높은 소득 수준을 바탕으로 더 큰 집과 에너지 소비 기기를 더 많이 구입하기 때문이다. 예를 들어, 미국의 2006년 1인당 GDP는 약 43,000달러(2005년 불변 미국 달러 기준)이었고, 1인당 가정용 에너지 소비는 약 3,600만 Btu로 추산된다. 반면 중국의 2006년 1인당 소득은 미국의 1/10에 불과하며, 1인당 에너지 소비는 400만 Btu 수준이었다.

IEO 2009가 시장에서 거래되는 에너지를 기준으로 전망하고 있어 비 OECD 국가들의 가정에서는 아직도 난방이나 취사용 연료로 나무나 폐기물 등과 같이 거래되지 않는 전통적인 에너지원에 크게 의존하고 있는 점을 고려할 때 실제 소비 에너지는 전망치보다 높은 수준일 것이다. 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 형태

의 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 1인당 에너지 소비가 비 OECD 국가의 그것에 비해 크게 나타나고 있다. 2006년에 비 OECD 국가의 1인당 에너지 소비는 130만 Btu에 불과한 데 반해 OECD의 1인당 에너지 소비는 평균 1,630만 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 2030년에는 전 세계 상업용 에너지수요의 44%를 점유할 것으로 전망된다. 비 OECD 국가에서는 경제활동과 상업이 급속히 증가하여 서비스 부문의 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 2006년에서 2030년까지

2.7% 증가할 것으로 전망된다.

다. 산업부문

향후 25년간 전 세계 산업부문의 에너지 소비는 연평균 1.4%씩 증가하여 2006년 17.5만조 Btu에서 2030년 24.56만조 Btu를 기록할 전망이다. 2006년 현재 비 OECD 국가들이 전 세계 산업부문 에너지 소비의 58%를 점유하고 있으며, 2030년까지 연평균 2.1% 증가할 것으로 예상되는 반면, OECD 국가들은 연평균 0.2%의 낮은 증가세를 나타낼 전망이다.

산업부문 에너지 소비 증가의 94%는 비 OECD 국가들에서 발생하며, 2030년 비 OECD 국가들의 전 세계 산업부문 에너지 소비 점유율은 69%에 이를 것으로 예상된다.

화학, 철강, 비금속 광물, 종이·펄프, 비철금속 등 5개 업종이 산업부문 에너지 소비의 68%를 차지하고 있으며, 일반적으로 산업부문 에너지 수요의 크기나 구성은 이들 업종의 에너지 소비에 의해 결정된다. 에너지 소비가 가장 큰 업종은 화학업종으로 2006년 현재 전 세계 산업부문 에너지 소비의 29%를 차지하고 있으며, 석유화학의 원료용 에너지 소비는 화학업종 에너지 소비의 60%를 점유한다. 높은 석유가격에도 불구하고 아시아와 중동지역의 생산능력 확충으로 전망기간 동안 석유화학업종의 성장이 예상된다. 산업부문 에너지 소비의 20%를 차지하는 철강 업종은 현재 제품 생산의 2/3를 고로가 담당하고 있다. 비금속 광물은 산업부문 에너지 소비의 10%를 차지하고 있으며, 이중 시멘트가

83%를 소비하고 있다. 종이·펄프는 산업부문 에너지 소비의 6%를 점유하며, 전 세계 종이 생산은 증가하지 않을 것으로 예상되지만 비 OECD 국가의 종이 수요증가가 생산 감소를 억제할 전망이다.

OECD 국가들은 제조업형 경제에서 서비스형 경제로 산업구조가 변경됨에 따라 2030년까지 산업부문의 에너지 소비는 연평균 0.2% 증가에 그칠 것으로 전망된다. 반면 비 OECD 국가들의 산업부문 에너지 소비는 2030년까지 연평균 2.1%로 빠르게 증가할 전망이며, 산업부문이 비 OECD 국가의 에너지 소비에서 차지하는 비중은 현재의 60% 수준을 유지할 것으로 예상된다.

라. 수송부문

수송부문 에너지 소비에 있어서도 경제활동과 인구증가가 추세를 결정짓는 중요한 요소이다. 수송부문 에너지 소비는 2006~2030년 기간 동안 비 OECD 국가는 연평균 2.7%, OECD 국가는 연평균 0.3% 증가할 것으로 전망되는 가운데 수송부문 에너지 소비 비중은 2006년 51%에서 2030년에는 56%로 증가될 것으로 예상된다. 비 OECD 국가의 전망 기간 중 에너지 소비 증가율이 높은 것은 1인당 소득 증가에 의한 승용차보급 증가와 수송시스템 현대화의 진행에 의한 것이다.

비 OECD 국가와 OECD 국가 모두에서 사람의 이동을 위한 수송수요가 완만하게 증가할 것이라는 점이 수송부문의 에너지 수요증가 전망 기저에 있는 일차적인 요소이다. 경제성장에 따라 도시화 비율이 올라가고 개인소득이 증가하면서 항공여행과 1인당 보유차량의 증가가 진

행될 것이다. 경제성장 결과 화물운송을 위한 트럭사용이 수송용 연료 수요 증가를 주도할 것이며, 국가 간 무역이 증가함에 따라 항공이나 해운화물 운송량이 급격히 증가할 것으로 예상된다.

3. 에너지원별 수요 전망

전망기간(2006~2030)동안 모든 에너지원의 소비가 증가할 것으로 전망된다. 국제유가가 전망기간 동안 상대적으로 높은 수준을 유지할 것으로 예상됨에 따라, 비전통 액체연료를 포함한 원유, 콘덴세이트, NGL(Natural Gas Liquid) 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 3.0% 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 2006년 36%에서 2030년 32%로 낮아질 것으로 예측된다. 예를 들어, 전 세계 전력부문의 액체연료 소비는 연평균 0.3%의 완만한 감소세를 보일 것이다.

수송부문의 액체연료 소비는 비교적 국제유가 전망치에 영향을 받지 않을 전망이다. IEO 2009 기준 시나리오에서 2030년 국제유가는 IEO 2008 기준 시나리오에서 보다 80% 높은 수준이지만, 2030년 세계 수송부문의 액체연료 소비는 IEO 2009에서 단지 9%가 낮을 뿐이다. 주요한 기술발전이 없는 상황에서는 액체연료는 수송시장에서 지배적인 위치를 유지할 것으로 보인다.

산업부문 액체연료 소비는 효율 증진과 연료대체로 인해 낮은 증가세를 나타낼 전망이다. 연료대체의 여력이 더 많은 비 OECD 국가의 산업부문에서 특히 그러할 것으로 예상된다. 전망기간 동안 세계 산업부문의 액체연료 소비는 연평균 0.7%의 증가세를 보일 전망이다.

천연가스 수요는 2006년 104조 ft^3 에서 2030년 153조 ft^3 로 연평균 1.6%의 증가세를 나타내고 발전부문의 천연가스 수요는 연간 2.1%씩 증가할 전망이다.

현재의 경기침체 이후 국제유가가 반등하여 2030년까지 상승할 것이라는 가정 하에 소비자들은 에너지수요 충족을 위해 가능할 때마다 덜 비싼 천연가스를 선택할 것으로 예상된다. 특히 산업부문 수요 증가가 예상되는데 예를 들어 새로 건설되는 석유화학 플랜트는 공급 원료를 천연가스에 더욱 의존할 것으로 보인다.

최근 세계 석탄수요는 급격히 확대되었으며 이러한 추세는 한동안 지속될 것으로 보인다. 석탄수요는 전체 세계 에너지수요 중 1990년에 25.7%를 차지하였으며 2006년에는 27.0%로 확대되었다. 이는 중국의 석탄소비 증가가 큰 원인으로 작용한 결과이다. 중국의 석탄소비는

1990~2006년 동안 연평균 6%의 증가세를 기록하였다.

세계 석탄소비는 2006년 127,500조 Btu에서 2015년 150,700조 Btu, 2030년 190,200조 Btu로 늘어나 2006~2015년 기간 중에는 연평균 1.9%, 2015~2030년 동안은 연평균 1.6%의 증가세가 예상된다. 2006~2030년 기간 동안 세계 석탄소비 증가분의 94%는 비 OECD 국가에 의해 발생될 것으로 예상된다.

2006~2030년 동안 석탄 수요는 연간 1.7%씩 증가하여 2030년 세계 에너지 소비의 28%를 차지할 전망이다. 석탄사용 증가를 제한하는 정책이나 법률이 없는 상황 하에서 미국, 중국 및 인도는 더 비싼 연료 대신 석탄에 의존할 것으로 예상된다. 상기 3국을 합하여 2006년에서 2030년까지 석탄 소비 순증가는 88%가 될 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 2030년에 31조8천억 kWh로 2006년 18조 kWh보다 77% 증가할 것으로 전망된다. 비 OECD 국가들의 발전량 증가가 강세를 보일 것으로 전망되는 가운데 연평균 3.5%의 증가가 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 발전 증가율은 훨씬 낮을 것으로 보이는데, 2006년에서 2030년까지 연평

균 1.2%의 증가세를 보일 것으로 예상된다.

현재 천연가스와 석탄이 전 세계 발전 연료 중 가장 큰 비중을 점하고 있는데 전 세계 전력 공급량의 60% 이상의 전력이 석탄과 천연가스에 의해 발전된다. 발전용 연료 수요에서 석탄과 천연가스의 비중은 2030년에 64%에 달할 전망이어서 여전히 가장 중요한 발전연료로 남을 것이다. 석탄 자원이 풍부한 비 OECD 아시아 지역에서는 상대적으로 높은 석유와 천연가스 가격으로 인해 발전부문에서 석탄이 보다 경제적인 에너지원 지위를 유지할 것으로 보인다.

재생에너지는 발전부문에서 가장 빠른 증가세를 보이고 있다. 2006~2030년 기간 동안 연평균 2.9%의 증가세가 예상된다. 특히 수력발전과 풍력발전에서 높은 증가율이 기대된다. 전망기간 동안 3.3조 kWh 규모가 추가되는 신규 재생에너지 중 1.8조 kWh(54%)가 수력발전이며, 1.1조 kWh(33%)가 풍력발전이다. 수력발전 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 국가들은 재생에너지 특히 풍력과 바이오매스의 증가세가 기대된다. 다수의 OECD 국가들 특히 유럽 국가

들은 재생에너지 발전시설 건설을 장려하는 발전차액지원제도(feed-in tariffs), 세금 인센티브, 시장점유율 쿼터 등의 정부 정책을 시행하고 있다.

OECD 국가와 달리 비 OECD 국가들은 수력발전 중심의 재생에너지 증가가 예상된다. 중간규모에서 대규모 수력발전소의 높은 증가세는 캐나다, 인도, 브라질, 베트남 및 라오스에서 예상된다. 비 OECD 국가들에서 풍력발전 증가율도 높을 것으로 예상되는데, 가장 큰 증가는 중국으로 비 OECD 풍력발전 증가 중 88%를 차지할 전망이다. 중국에서의 풍력발전량은 2006년 20억 kWh에서 2030년 3,150억 kWh로 증가할 전망이다. 그러나 중국의 풍력발전 증가량은 수력발전 증가 예상치의 약 1/2 수준에 지나지 않는다.

전 세계 원자력발전은 2006년 2.7조 kWh에서 2015년 3.0조 kWh, 2030년 3.8조 kWh로 증가할 전망이다. 이러한 원자력 발전 확대는 화석 연료 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 활용도가 높은 만큼 폐쇄가 지연될 것으로 예상되고 있다.

원자력발전능력은 대부분 비 OECD 국가에서 확대될 것으로 예상된다. 중국, 인도 및 러시아가 2006년에서 2030년까지의 세계 원자력발전능력 순증가의 거의 2/3을 차지할 전망이다. 전망기간 중 원자력 발전 규모는 중국에서 47 GW, 인도에서 17 GW, 러시아에서 21 GW 증대될 것으로 예상된다. 기존의 원자력 프로그램을 보유하고 있는 일부 OECD

국가들에서도 신규 용량 순증가가 예상되는데 한국에서 13 GW, 일본에서 8 GW, 미국에서 12 GW 규모가 예상된다.

제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망

1. 국내 에너지수급 동향

가. 개 황

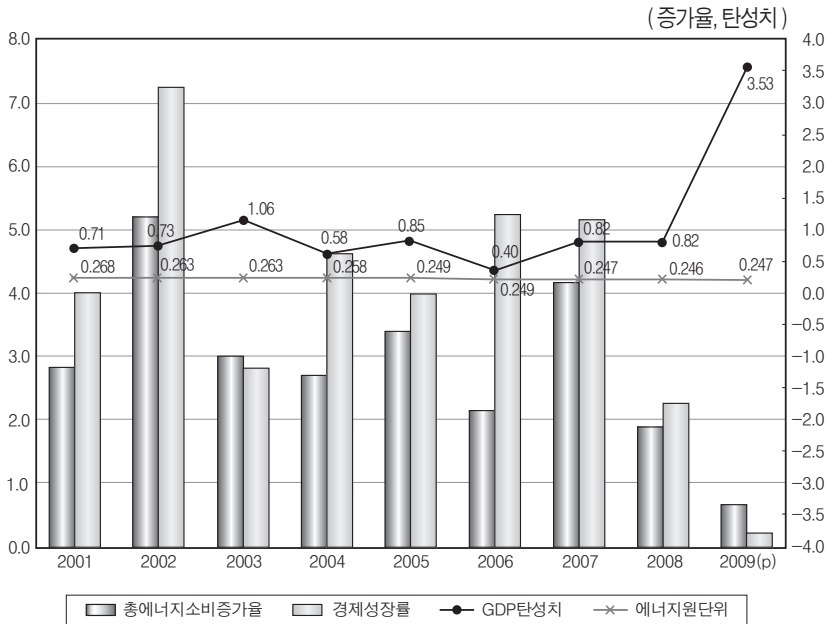
우리나라의 에너지 소비 추이는 경제구조의 변화와 밀접한 관계를 가지고 있다. 1998년 외환위기를 경험하기 전 한국경제는 두 차례의 석유 위기 시기를 제외하고 지속적인 경제성장을 이룩하였으며 이에 따라 에너지 소비도 높은 증가세를 지속하였다. 특히, 철강, 석유화학 등 중화학 공업 위주의 성장으로 에너지소비 증가율이 경제성장률을 상회할 정도로 에너지소비는 빠른 증가세를 보였다.

그러나 외환위기로 경제가 마이너스 성장을 하고 2000년대 들어서 과거와 달리 저성장 기조를 보임에 따라 에너지소비 증가세도 크게 둔화되는 모습을 보이고 있다.

에너지소비 증가율의 둔화와 동시에 나타나고 있는 특징은 1990년대와 달리 에너지소비 증가율이 경제성장률보다 낮은 추세가 지속되고 있다는 점이다. 이는 외환위기 이후 중화학공업 위주에서 정보통신 등 새로운 산업으로 산업구조가 전환되고 있는데 따른 결과이다.

이처럼 에너지소비가 2000년대 들어 과거와 달리 낮은 증가세를 유지하는 가운데 2008년 미국의 금융위기로 촉발된 세계적 경기침체의

영향으로 국내경제가 급격히 위축되자 2009년 에너지소비 증가율은 더욱 낮아지는 모습을 보였다. 이에 따라 2000년대 들어 지속적으로 하락 하던 에너지원단위가 상승하는 등 에너지소비와 관련된 지표들이 기존과는 다른 결과를 보여주고 있다.



※ GDP 및 에너지탄성치는 2005년 연쇄가격 GDP 기준이며 p는 잠정치임을 의미

〈그림 1-1〉 GDP와 에너지소비

2003년 이후 경제성장률과 총에너지소비증가율은 서로 반대 방향으로 움직이는 모습을 보이고 있다. 즉 경제성장률이 높아지면 총에너지 소비 증가율은 하락하고, 경제성장률이 하락하면 총에너지 소비 증가율은 상승하는 모습을 보여왔다. 그러나 2008년과 2009년은 경제성장률

과 총에너지소비 증가율이 모두 하락하는 동일한 방향으로 움직임을 보여 주고 있는데 이는 경기침체가 급격히 진행되어 에너지 소비가 크게 위축되었기 때문이다.

2000년대 들어 2008년까지 총에너지 수요의 GDP탄성치가 1미만의 수준을 유지하고 있는 것으로 나타나고 있는데 2009년에는 3.53으로 급격히 상승하였다. 이는 급속한 경기침체로 경제성장률이 0.2% 증가하는데 그쳐 일시적으로 발생한 결과로 판단된다.

〈표 1-2〉 주요에너지 지표

구 분	단 위	'80	'90	'00	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09(p)
1차에너지소비 (증가율)	백만toe (%)	43.9 (1.6)	93.2 (14.1)	192.9 (6.4)	209.5 (3.0)	215.1 (2.7)	222.3 (3.4)	227.0 (2.1)	236.5 (4.2)	240.8 (1.8)	241.4 (0.2)
최종에너지소비 (증가율)	백만toe (%)	37.6 (1.7)	75.1 (14.0)	149.9 (4.7)	164.7 (2.3)	167.5 (1.7)	171.7 (2.5)	174.5 (1.6)	181.5 (4.0)	182.6 (0.6)	182.8 (0.1)
에너지 해외의존도	%	73.5	87.9	97.2	96.9	96.6	96.8	96.6	96.7	96.5	96.2
에너지수입액 (증가율)	억\$ (%)	66.2 (76.1)	109.1 (45.1)	378.9 (66.6)	383.1 (18.6)	496.0 (29.5)	667.0 (34.5)	855.7 (28.3)	949.8 (11.0)	1414.7 (48.9)	911.6 (-35.6)
총수입중 에너지비중	%	29.7	15.6	23.4	21.4	22.1	25.5	27.7	26.6	32.5	28.2

※ GDP는 2000년 가격 기준, 2000년부터는 신열량환산기준에 의한 지표

나. 에너지원별 수급동향

에너지원별로는 1960년대에는 석탄과 신탄이 주요 에너지였으나, 1970년대 들어서는 중화학공업 육성 등으로 석유비중이 급격히 상승하

면서 석유가 주요 에너지로 등장하였다.

1980년대 이후에도 주된 에너지로서 석유의 지위는 견고하게 유지되고 있다. 1990년대 후반에 들어서면서 사용이 편리하고 깨끗한 LNG 및 전기의 소비가 증가하면서 석유의 소비 비중이 축소되기 시작하여 2002년에는 50% 이하로 축소되었다. 1980년대 후반에 도입된 LNG는 1990년대 연평균 20.1%의 급성장을 하면서 2009년에는 소비비중이 13.3%로 확대되었다. 전력수요 증가에 따라 유연탄의 비중도 점차 확대되고 있으며, 2009년 유연탄은 국내 총에너지소비의 25.7%를 담당하는 주요 에너지원으로 석유에 이어 제2위의 지위를 유지하였다. 1960년대 국내에너지소비의 40%를 담당하였던 무연탄 소비는 1988년을 기점으로 감소하기 시작하여 2009년에는 그 비중이 2.5%로 감소하였다.

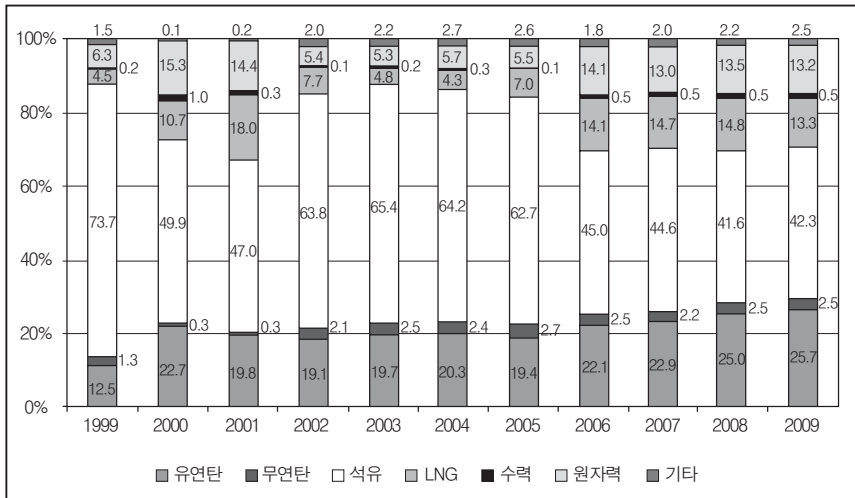
이러한 에너지원별 소비형태의 변화에 따라 에너지 자급율도 크게 낮아져 우리나라의 에너지수입의존도는 2009년 기준 96.2%를 기록하였다.

〈표 1-3〉 에너지원별(1차에너지) 소비현황

구 분		'90	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09(p)
석 유(백만B)		356.3	742.6 (3.2)	743.7 (0.1)	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)	776.3 (2.1)
LNG(백만톤)		2.3	14.6 (12.3)	16.0 (9.8)	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)	25.0 (-8.8)
석 탄 (백만톤)	무연탄	21.5	6.2 (24.1)	7.1 (15.2)	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)	10.1 (-1.0)
	유연탄	21.9	60.3 (11.4)	63.7 (5.6)	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)	97.6 (3.2)
	소 계	43.4	66.5 (12.5)	70.8 (6.5)	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)	107.5 (3.2)
수 력 (10억kWh)		6.4	5.6 (-7.5)	4.2 (-26.0)	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 (-)
원자력 (10억kWh)		52.9	109.0 (5.7)	112.1 (2.9)	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 (-1.5)
기 타 (백만toe)		0.8	2.1 (17.9)	2.5 (15.3)	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)	6.0 (17.6)
합 계(백만toe) (증가율) %		93.2	192.9 (6.4)	193.3 (2.8)	203.5 (5.2)	209.5 (3.0)	215.1 (2.7)	222.3 (3.4)	227.0 (2.1)	236.5 (4.2)	240.6 (1.7)	241.9 (0.5)

※ () 는 증가율, '09년은 잠정치, '00년부터는 신열량환산기준에 의한 지표

(단위 : %)



※ 2000년 이전은 구열량환산기준, 이후는 신열량환산기준에 의한 지표

〈그림 1-2〉 1차에너지 소비구조

(1) 석 유

석유는 1990년~1997년 기간까지 연평균 12.1%의 높은 증가율을 기록해왔으나, 외환위기의 여파로 인해 1998년에 소비가 15.6% 감소한 이후 지금까지 1997년 소비수준을 상회하지 못하고 있다.

2008년 세계적인 경기불황으로 전년대비 4.3% 감소한 석유소비는 2009년 들어 2.1% 상승하며 회복세를 보이고 있다. 부문별로는 전년대비 산업용 2.3%, 수송용 0.2%, 발전용 34.2% 증가하고 가정·상업용은 1.3% 감소하였다.

〈표 1-4〉 부문별 석유소비현황

(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
'90~'00	(10.0)	(8.2)	(-2.1)	(3.1)	(7.6)
'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	19.6	760.6
'09(p)	430.8	258.8	60.7	26.3	776.6

(2) L N G

LNG는 전체 에너지소비에서의 비중은 1999년에 약 4.5%로 상대적으로는 낮은 수준이었으나 급속한 신장세를 보여 2009년에는 13.3%로 그 비중을 확대하였으며, 도시가스용은 1990년대 급성장 단계에서 2001년 이후 안정적인 성장추세에 있다.

발전용은 1997년 외환위기 전까지 지속적인 성장세를 보였으나, 전력수요에 대한 기저발전원의 변동에 따라 수요가 등락하는 추세를 보이고 있다.

〈표 1-5〉 용도별 LNG 소비추이

(단위 : 천톤, %)

연 도	도시가스		발 전		자체소비		합 계	
	물량	증가율	물량	증가율	물량	증가율	물량	증가율
1996	4,619	35.3	4,622	28.2	175	75.0	9,276.3	29.8
1997	5,770	24.9	5,377	16.3	232	32.6	11,171.9	20.6
1998	6,233	8.0	4,189	-22.1	222	-4.3	10,430	-6.5
1999	7,886	26.5	4,769	13.8	306	37.8	12,681.5	21.4
2000	9,528	20.8	4,688	-1.7	340	11.1	14,236.8	12.3
2001	10,300	8.1	5,288	12.8	402	18.2	15,596.1	9.7
2002	11,194	8.7	6,509	23.1	65	-83.8	17,711.7	13.6
2003	11,978	7.0	6,468	-0.6	165	153.8	18,453	4.2
2004	12,504	4.4	8,818	36.3	487	195.2	21,326.4	15.6
2005	14,077	12.6	9,043	2.6	229	-53.0	23,132.6	8.4
2006	13,957	-0.9	10,478	15.9	183	-20.1	24,434.1	5.7
2007	14,596	4.6	11,927	13.8	141	-23.0	26,527.6	8.5
2008	15,489	6.1	11,778	-1.2	173	22.7	27,273.1	2.8
2009(p)	15,509	0.1	9,143	-22.4	220	27.2	24,652.1	-9.6

(3) 무 연 탄

무연탄소비는 1986년도에 최고치인 2,700만톤을 기록한 이후, 국민 소득 수준 향상에 따라 깨끗하고 사용이 편리한 고급에너지 선호와 타 에너지원과의 경쟁력 약화로 계속 감소추세를 보여 1997년 420만톤까지 줄어들었으나, 최근 산업용 수요(제철용)가 증가하여 연간 소비량이 1천만톤 수준까지 소비가 회복되었다.

〈표 1-6〉 무연탄 소비현황

(단위 : 천톤, %)

구 분	산 업	가정상업	발 전	합 계	증가율
1990	283	19,263	1,983	21,529	-9.0
1991	303	15,184	2,070	17,557	-18.4
1992	443	11,209	1,945	13,597	-22.6
1993	758	7,837	2,272	10,867	-20.1
1994	673	4,684	2,192	7,549	-30.5
1995	837	3,005	2,421	6,263	-17.0
1996	895	1,961	2,514	5,370	-14.3
1997	536	1,389	2,305	4,230	-21.2
1998	951	1,229	2,451	4,631	9.5
1999	1,323	1,117	2,552	4,992	7.8
2000	2,155	1,192	2,850	6,196	24.1
2001	3,217	1,230	2,689	7,137	15.2
2002	3,954	1,175	2,558	7,687	7.7
2003	4,680	1,191	2,710	8,581	11.6
2004	4,396	1,385	2,356	8,137	-5.2
2005	4,670	2,010	2,354	9,034	11.0
2006	5,146	2,327	2,356	9,829	8.8
2007	5,451	2,091	2,156	9,698	-1.3
2008	5,966	2,289	1,960	10,215	5.3
2009(p)	6,673	2,079	1,330	10,083	-1.3

(4) 유 연 탄

1990년대의 산업성장과 전력소비 급증에 따라 1990년대 연평균 11.4%의 빠른 성장세를 보였다. 최근 계절용수요 및 산업용 수요가 안정화되는 추세였으나, 2008년 발전설비 증설로 전년대비 11.3%의 증가율을 기록하였다. 2009년에는 경기침체로 인해 다소 줄어든 3.6%의 증가율을 보이고 있다.

부문별로는 전력수요의 증가에 따라 발전용 유연탄 수요는 1990년 570만톤에서 2009년에는 6,964만 톤으로 증가하였으며, 점유율도 1990년 26.2%에서 2009년에는 71.5%까지 높아진 반면, 산업용은 20%대에서 7.3%대로 떨어졌다.

〈표 1-7〉 유연탄 소비현황

(단위 : 천톤, %)

구 분	원료탄(제철용)		발전용		산업용		합 계	
	물량	점유율	물량	점유율	물량	점유율	물량	증가율
1990	11,735	53.6	5,723	26.2	4,418	20.2	21,876	6.9
1995	16,305	42.8	14,229	37.4	7,555	19.8	38,089	8.5
2000	19,415	32.2	33,305	55.2	7,609	12.6	60,329	11.4
2001	19,315	30.3	36,601	57.5	7,770	12.2	63,686	5.6
2002	20,097	29.4	40,143	58.8	8,024	11.8	68,264	7.2
2003	20,509	29.1	41,631	59.0	8,399	11.9	70,539	3.3
2004	20,839	28.2	45,512	61.5	7,627	10.3	73,978	4.9
2005	20,810	27.5	47,852	63.1	7,126	9.4	75,788	2.4
2006	20,731	26.6	50,199	64.4	7,068	9.0	77,998	2.9
2007	21,519	25.5	55,487	65.7	7,425	8.8	84,430	8.2
2008	23,568	25.1	62,791	66.8	7,624	8.1	93,983	11.3
2009(P)	20,678	21.2	69,645	71.5	7,083	7.3	97,406	3.6

(5) 원 자 력

원자력은 1978년 상업운전을 시작으로 주요 발전 에너지원으로서 지속적으로 성장하여 왔다. 전체 발전량에서 원자력이 차지하는 비중은 1990년(49.1%)에서 2006년(39.0%)까지 발전원 중 가장 높은 비중을 유지하여 왔으나, 2007년 고리 1호기 설계수명기간 만료로 인한 가동중단(6개월) 및 유연탄 발전설비 증설 등으로 인해 2009년에는 유연탄(43.3%) 보다 낮은 비중(34.1%)을 나타냈다. LNG(15.1%), 석유(4.6%)가 주요 발전 에너지원으로 그 뒤를 잇고 있다.

〈표 1-8〉 에너지원별 발전전력량

(단위 : 백만 MWh, %)

	수력	무연탄	유연탄	석유	가스	원자력 (점유율)	대체	발전량
'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 (38.9)	-	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	22.1	56.0	130.7 (38.2)	0.4	342.1
'05	5.2	4.5	129.2	20.5	58.1	146.8 (40.3)	0.4	364.6
'06	5.2	4.3	134.9	19.2	68.3	148.7 (39.0)	0.5	381.2
'07	5.0	4.5	150.2	21.2	78.4	142.9 (35.5)	0.8	403.1
'08	5.6	5.0	168.5	15.4	75.8	151.0 (35.7)	1.1	422.4
'09(p)	5.6	5.6	187.7	19.9	65.3	147.8 (34.1)	1.8	433.6

다. 부문별 에너지소비동향

최종에너지 소비는 1990년 75.1백만TOE에서 2009년 182.8백만 TOE로 18년 동안 143.4% 증가하였으나, 2009년에는 금융위기에 따른 세계적 경기침체로 인해 전년대비 0.1% 증가의 정체를 보였다.

〈표 1-9〉 부문별 최종에너지소비

(단위: 백만TOE)

구분		2006	2007			2008			2009 (p)		
				구성비 (%)	증가율 (%)		구성비 (%)	증가율 (%)		구성비 (%)	증가율 (%)
부 문 별	계	174.5	181.5	100.0	4.0	182.6	100.0	0.6	182.8	100.0	0.1
	산업	98.6	104.3	57.5	5.8	106.5	58.3	2.0	106.4	58.2	-
	수송	36.0	37.1	20.4	2.9	35.8	19.6	-3.4	35.8	19.6	-
	가정·상업	39.8	40.1	22.1	0.5	40.3	22.1	0.7	40.6	22.2	0.7
에 너 지 원 별	석탄	23.4	24.2	13.4	3.8	26.2	14.4	8.1	24.2	14.4	-7.6
	무연탄	4.5	4.6	2.5	2.5	5.0	2.7	9.0	5.4	2.9	7.1
	유연탄	18.9	19.7	10.8	4.1	21.2	11.6	7.9	18.9	10.3	-11.1
	석유	97.1	100.6	55.5	3.6	97.2	53.3	-3.4	98.2	53.7	1.0
	도시가스	18.5	19.0	10.4	2.6	19.8	10.8	4.3	19.4	10.6	-1.7
	전력	30.0	31.7	17.5	5.7	33.1	18.1	4.5	33.7	18.5	1.9
	열에너지	1.4	1.4	0.8	0.9	1.5	0.8	5.2	1.6	0.9	6.9
	기타	4.1	4.5	2.5	9.7	4.7	2.6	5.7	5.6	3.1	18.5

※ 가정·상업 부문에 공공·기타 부문이 포함되어 있음.

(1) 산업부문

산업부문의 소비증가는 1990~2000년 평균 6.9%의 높은 증가율을 기록하였으나, 2007년 5.8%의 증가세 이후 고유가와 경기침체로 인해 2008년 및 2009년에는 각각 2.0% 및 0.0%로 증가율이 감소하였다. 2009년 에너지원별로는 석탄 및 도시가스가 각각 7.6%, 1.7% 감소하였으나, 신재생에너지를 포함한 기타에너지 소비는 18.5%의 높은 증가율을 보였다. 산업부문의 소비 점유율은 1991년 51.2%로 총 소비의 절반 이상을 차지한 이래, 점진적인 상승추세를 보여 1998년에는 최고치인 57.5%를 기록한 후 감소추세가 지속되었다. 2000년대 들어서 55~56%대에서 안정적인 수준을 유지하고 있었으나, 최근 들어 점유율이 다시 상승하여 2009년에는 58.2%를 차지하였다.

(2) 수송부문

수송부문은 1980년대 연평균 16.0%의 증가에 이어 1990년대에도 연평균 8.1%의 높은 증가율 기록하였으나, 2000년대에는 증가율이 다소 둔화되었다. 2008년에는 상반기 고유가 상황과 국내경기 위축 등으로 소비 증가율이 3.4% 감소를 기록한데 이어 2009년에도 이전 수준으로 회복하지 못하고 있다. 에너지소비량 중 수송부분 점유율은 1990년대 이후 20%대의 수준을 유지하고 있었으나, 2009년 19.3%로 20% 이하로 떨어졌다.

자동차 등록대수는 2009년말 기준 17,263천대로 전년대비 2.8% 증가하였다.

(3) 가정·산업·공공부문

가정·산업·공공부문은 1980년대 연평균 3.7%의 증가율을 기록하였으며, 1990년대는 연평균 4%의 증가율을 보였다. 2007년 이후 연간 약 0.5~0.7%의 증가율로 낮아지고 있다. 총 에너지소비 중 점유율은 1990년 33%이었으나 점차 감소하여 1998년에는 22.6%까지 하락하였고, 2000년 이후에는 20% 내외의 안정적인 수준을 유지하고 있다.

라. 에너지수입

우리나라는 국내 에너지소비량의 약 96.2%를 수입에 의존하고 있다. 2009년 에너지수입액은 경기침체로 인해 전년대비 35.6% 감소한 911억불로 추산되며, 이는 국내 총 수입액의 28.2%에 달한다.

에너지원별로는 원유가 40.9% 감소한 507.6억불로 단일품목으로는 가장 많았고, 다음으로는 석유제품이 29.0% 감소한 158.1억불, LNG가 30.0% 감소한 138.7억불, 유연탄이 21.2% 감소한 93.2억불로 나타났다.

〈표 1-10〉 에너지수입현황

(단위 : 억불, %)

구 분	'90	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09
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)
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
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)
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)
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)
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)
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)
우리눔	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)

※ ()는 전년 대비 증가율

[한국무역협회 무역통계(www.kita.net)]

2. 2010년 에너지수급전망

가. 개 요

2010년 총에너지 수요는 경기 회복에 따른 에너지수요의 증가로 인해 전년대비 4.6% 증가한 252.6백만TOE에 달할 것으로 전망된다. 2010년 에너지소비는 에너지원단위가 하락하고, 석유소비 의존도가 감소하는 등 2000년대에 나타난 주요 특징을 반복할 것으로 예상된다. 다

만 2009년의 낮은 증가에 따른 상대적 영향으로 총에너지 소비 증가율은 2003년 이후 가장 높을 것으로 전망된다.

나. 2010년 에너지원별 소비 전망

에너지원별로 보면, 석유수요는 2010년 경기회복에 따른 경제성장률이 5.0%로 높아질 전망이나 납사 수요의 증가율이 2.2%로 전년보다 소폭 상승하는데 그치고, 유가 상승 등의 영향으로 연료유 수요도 크게 증가하지 않을 것으로 예상되어 전년보다 2.7% 증가한 797.1 백만 배럴에 그칠 전망이다. 산업용 연료 및 가정 · 상업 · 공공부문의 석유소비는 타 에너지로의 연료대체가 지속될 것으로 예상되며, 산업용 중 납사 등 비에너지유의 수요도 감소하는 가운데 휘발유와 발전용 중유의 소비가 증가할 것으로 보인다.

2010년 LNG 소비는 전년의 감소에 따른 상대적 영향과 경기회복에 따른 전력 수요 증가로 발전부문의 수요가 크게 증가할 것으로 예상됨에 따라 전년대비 12.7% 증가한 27.8백만 톤으로 전망된다.

원자력은 전력 수요 증가와 하반기 신규 원전(신고리 1호기, 1,000MW) 가동에 힘입어 3.6% 증가할 전망이다.

에너지원별 소비구조를 보면 원자력, 수력의 비중은 전년과 유사한 반면, LNG, 기타에너지의 비중은 증가하고 석유, 석탄의 비중은 다소 감소할 전망이다. 석유는 비중의 감소에도 불구하고 전체 비중의 41.5%를 차지하여 여전히 가장 중요한 에너지원으로서의 위치를 유지할 것이다.

〈표 1-11〉 1차에너지 소비 전망

구 분		2009(잠정)			2010(전망)		
		소비량	증가율 (%)	구성비 (%)	소비량	증가율 (%)	구성비 (%)
석 유	(백만**B)	776.3	2.1	42.3	797.1	2.7	41.5
LNG	(백만톤)	24.7	-10.0	13.3	27.8	12.7	14.3
석 탄	(백만톤)	107.5	3.2	28.2	110.7	3.0	27.8
유연탄	(백만톤)	97.4	3.6	25.8	100.8	3.5	25.6
무연탄	(백만톤)	10.1	-1.3	2.4	9.2	-8.0	2.2
원자력	(TWh)	148.8	-1.4	13.2	154.1	3.6	13.1
수 력	(TWh)	5.6	-0.1	0.5	5.4	-2.9	0.5
기 타	(백만TOE)	6.0	17.9	2.5	6.9	15.5	2.7
1차에너지	(백만*TOE)	241.4	0.3	100	252.6	4.6	100

[자료 : 「에너지수요전망」, 에너지경제연구원]

다. 부문별 수요 전망

최종에너지 수요는 전년대비 4.6% 증가한 191.1백만 TOE를 기록할 것으로 전망된다. 2010년은 기저효과와 경기회복 및 에너지 다소비업종의 설비증설 영향 등으로 에너지 소비가 빠르게 증가하여 에너지 소비 증가를 주도할 것으로 예상된다.

수요 부문별로 최종에너지 소비를 보면 전반적으로 증가세를 보이는 가운데, 수송부문의 에너지 소비가 전년 대비 가장 크게 증가할 것으로 예상된다.

전체 에너지 수요에서 58.3%를 차지하고 있는 산업부문 에너지 수요

는 경기회복과 함께 철강생산이 크게 증가할 것으로 예상되는 가운데 전년대비 4.2% 증가할 전망이다.

2010년 수송부문 에너지 수요는 경기회복으로 수송용 경유 수요가 증가세(5.1%)로 전환되어 휘발유 수요의 증가세가 둔화됨에도 불구하고 전년대비 4.5%의 높은 증가율을 보여 지난 2년간의 감소세에서 벗어날 것으로 예상된다.

2009년 가정·상업부문의 에너지 소비는 소득감소의 영향으로 전년대비 0.2% 감소한 것으로 나타났으나, 2010년에는 경기회복과 전년 감소세의 상대적 영향으로 5.2%로 크게 증가할 것으로 전망된다.

〈표 1-12〉 부문별 에너지 수요전망

(단위 : 백만TOE, %)

구 분	2006	2007	2008			2009(잠정)			2010(전망)		
	물량	물량	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율
산업부문	97.2	104.3	106.4	58.3	2.0	107.0	58.6	0.6	111.5	58.3	4.2
수송부문	36.5	37.0	35.7	19.6	-3.5	35.5	19.4	-0.6	37.4	19.6	5.4
가정·상업	39.7	40.0	40.3	22.1	0.8	40.2	22.0	-0.2	42.3	22.1	5.2
합 계	173.5	181.4	182.5	100	0.6	182.7	100	0.1	191.1	100	4.6

※ 2007년 이후 신열량환산기준에 의한 지표

※ 가정·상업 부문에 공공·기타 부문이 포함되어 있음.

라. 2009년 에너지수입

2009년 에너지 수입액은 세계적인 경기침체의 영향으로 도입단가의 하락과 수입물량 감소로 2008년보다 크게 줄어든 911억불로 잠정 집계

계되었다. 주요 에너지원별 수입액은 원유가 507억불, 석유제품 158억불, LNG 138억불, 유연탄이 93억불 등에 달할 것으로 예상된다.

제2장 전력수급기본계획

지식경제부 전력산업과 사무관 박성준

제1절 개 요

전력은 국가 경제발전과 국민의 삶의 질을 향상시키는 필수요소로서 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 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 경영측면과 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 MIX 를 도모하였으며, 발전사업자는 이에 따라 경쟁성·자율성을 바탕으로 전력사업에 참여하

도록 하고 있다.

제2절 제4차 전력수급기본계획의 주요 내용

1. 계획수립 개요 및 기본방향

2008년 12월에 발표한 제4차 전력수급기본계획은 2008년부터 2022년까지 15년을 대상 기간으로 하고 있으며, 제3차 전력수급계획과 마찬가지로 비용 최소화를 고려한 적정 설비규모와 전원 Mix를 도모하기 위해 전기사업자의 자율적인 사업계획에만 의존하지 않고 정부의 목표를 제시하고 이에 부합하는 사업자 건설 계획을 평가하여 선정하는 방법을 사용하여 정책기능을 강화하였다. 또한 기후변화 대응형 전원믹스 구성을 위하여 발전설비에서 배출되는 탄소의 배출 목표량 설정 및 탄소가격을 책정하여 환경비용으로 반영하였다. 제4차 전력수급기본계획에서 수요예측은 제1차 국가에너지기본계획의 2030년 에너지원단위 개선 목표수요를 반영하였고 수요예측 결과를 기준수요로 반영하였다. 발전설비 계획은 목표수요에 대응하여 수립하였고 목표수요와 기준수요의 차이만큼은 불확실 대응설비로 반영하였다. 한편, 지난 제3차 수급계획부터는 차기계획에서 대응이 어려운 중·단기 기간의 전력수급 안정을 위해 필요시 본 계획 수립이후 간년도계획을 별도 수립하고 있다. 제4차 수급계획 수립 시 경기변동에 따른 전력수급 불확실성이 증대되어 중·단기 수급안정을 위해 간년도계획에서 수정·보완을 검토하는 것으로 결정하였으며, 이에 따라 중·단기 기간(2009년~2014년)

에 대한 간년도계획을 2010년 수정 · 공고 하였다.

2. 4차 전력수급기본계획의 주요내용

가. 전력수요 예측

제4차 전력수급기본계획에서 목표수요는 제1차 국가에너지기본계획의 2030년 에너지원단위 개선 목표수요를 반영하였으며, 수요예측 결과를 기준수요로 반영하였다.

(1) 목표수요

연 도	2006(실적)	2020	2030	평균증가율 (’07~’20, %)
전력소비량(GWh)	348,719	471,706	513,013	2.2
최대전력(MW)	58,994	75,308	81,903	1.8

향후 목표수요 달성을 위해 공급원가에 기초한 전압별 요금체제로 단계적 이행 및 소비자 선택요금제, 시간대별 차등요금제 등의 탄력적 수요관리형 요금제 강화를 골자로 한 전기요금체계 합리화와 에너지 효율 향상을 위한 R&D, 산업 · 건물 부문 에너지이용 시스템 혁신, 고효율 조명기기 저가화, 기기 전반에 대한 효율표준화 등 에너지사용 효율 개선 사업을 계획에 반영하였다

(2) 기준수요

수요예측을 위한 기초자료인 GDP는 2008~2022년간 연평균 4.2% 성장을 전망한 한국개발연구원(KDI)의 전망치를 사용하였고, 산업구

조 전망치는 제조업 비중의 확대 및 서비스업의 축소를 전망한 산업연구원(KIET)의 전망치를 반영하였다. 전력소비량은 2008~2022년 기간에 연평균 2.1% 증가로 예측되었으며 용도별로는 주택용 2.4%, 상업용 3.2%, 산업용 1.2%의 증가율을 보이는 것으로 전망하였다.

〈표 1-13〉 용도별 전력소비량 전망

(단위 : GWh)

연 도	2008	2010	2015	2022	'08~'22 (%)
주 택 용	73,472	80,891	90,225	99,281	2.4
상 업 용	119,422	130,897	155,234	179,335	3.2
산 업 용	196,851	213,232	227,507	221,476	1.2
계	389,745	425,020	472,966	500,092	2.1

※ 전력소비량은 수요관리 후 소비량임

한편, 전력수요는 한국전력거래소의 장·단기 예측모형 운영을 통하여 분야별 예측전문가의 자문과 수요예측위원회의 검토 및 승인을 거쳤으며, 판매전력량 예측은 ①주택용(2개), 상업용(3개), 산업용(10개)으로 구분하여 향후 경제성장, 산업구조, 전력추세변화 등을 고려하여 판매전력량(kWh)을 예측하고, ②예측된 판매전력량을 기준으로 계절지수, 추세계수, 근무일 요인, 시간별 부하패턴 등을 반영하여 최대수요(kW)를 예측하였으며, ③예측된 수요에서 수요관리 목표를 반영하여 최대전력을 산출하였다.

최대전력은 2009~2022년 기간에 연평균 1.9% 증가로 예측되었으며 2022년에는 수요관리 전 수요의 12.2%(11,321MW)를 억제하여 81,805MW가 발생할 것으로 전망되었다.

〈표 1-14〉 최대전력 전망

(단위 : MW)

연 도	2009	2010	2015	2022	'09~'22 (%)
수요관리 前	67,881	70,827	82,554	93,126	2.9
수요관리량	655	1,372	5,340	11,321	-
수요관리 後	67,226	69,455	77,214	81,805	1.9

※ 수요관리량은 2008년 계획대비 연도별 순증 누계 기준

나. 수요 관리

부하관리는 수급여건을 고려하여 단기 확대 후 중기이후 소폭 축소하였고, 효율향상은 에너지이용합리화계획을 반영하여 중기이후 대폭 확대하였다. 피크 억제량은 3차 11,615MW를 4차 11,321MW로 조정하였고 에너지 절감량은 3차에 미반영이었던 것을 4차 62,762GWh로 대폭 반영하였다.

〈표 1-15〉 수요관리 목표량

연 도		2008	2009	2013	2018	2022
피 크 억제량 [MW]	부하관리	4,654	5,077	6,660	7,855	8,129
	효율향상	1,222	1,454	2,908	5,922	9,068
	합 계	5,876	6,531	9,568	13,777	17,197
에너지절감량 [GWh]	효율향상	1,001	2,557	14,183	38,196	62,762

수요관리에 투자되는 금액은 2008~2022년 기간 동안 총 2조 8,094 억원 소요될 것으로 전망하였다.

〈표 1-16〉 수요관리 투자비

(단위 : 억원)

연 도	2009	2013	2018	2020	2022	합 계
부하관리	913	1,088	1,047	992	939	15,149
효율향상	465	743	1,073	1,203	1,274	12,945
합 계	1,378	1,831	2,120	2,195	2,213	28,094

※ 현재단가의 불변가격 기준으로 지원금만 산정(에너지이용합리화계획 제외)

다. 발전설비 계획

발전설비 계획은 목표수요와 기준수요 각각에 대하여 적정설비용량을 도출하였고 목표수요에 의해 도출된 설비용량은 확정설비로, 목표수요와 기준수요의 차이는 불확실 대응설비로 4차 수급계획에 반영하였다.

(1) 적정설비규모

목표수요에 따른 적정설비규모는 다음과 같다.

〈표 1-17〉 목표수요에 따른 적정설비규모

(단위 : MW)

구 분	전원별 신규추가 용량			총 계	비 고
	원자력	석 탄	LNG		
전국권	8,400 (6기)	2,000 (2기)	-	10,400	

※ 목표수요에 따른 기준계획은 전국권에 대해서만 산정

기준수요에 따른 적정설비용량은 다음과 같다.

〈표 1-18〉 기준수요에 따른 적정설비용량

(단위 : MW)

구 분	전원별 신규추가 용량			총 계	비 고
	원자력	석 탄	LNG		
수 도 권	-	1,600 (2기)	1,000 (2기)	2,600	제주권 별도 분석
비수도권	8,400 (6기)	3,000 (3기)		11,400	
합 계 (신규반영)	8,400 (6기)	4,600 (5기)	1,000 (2기)	14,000	

기준수요에 따른 2022년 발전설비 구성비는 다음과 같다.

〈표 1-19〉 기준수요에 따른 2022년 발전설비 구성비

원자력	석 탄	LNG	석 유	기 타
33% 수준	29% 수준	23% 수준	4% 수준	11% 수준

(2) 4차 전력수급계획 반영 대상 발전기 종합

〈표 1-20〉 4차 전력수급계획 반영 대상 발전기 종합

구 분		원자력	석 탄	가스복합	기 타	용량계(MW)
이전 계획 반영 설비		신고리#1 ('10.12) 1,000 #2 ('11.12) 1,000 신월성#1 ('12.03) 1,000 #2 ('13.01) 1,000 신고리#3 ('13.03) 1,400 #4 ('14.09) 1,400	보령#7 ('08.06) 500 #8 ('08.12) 500 영흥#3 ('08.06) 870 #4 ('08.12) 870 하동#7 ('08.12) 500 #8 ('09.06) 500	인천#2 ('09.06) 508.9 군산#1 ('10.05) 718 영 월 ('10.11) 853 포스코#5 ('10.12) 500 포스코#6 ('11.06) 500 고 덕 ('11.06) 800 송도#1 ('11.10) 500 송도#2 ('12.02) 500 부곡#3 ('11.12) 500	제주내연#2 ('09.06) 40 예천양수#1 ('11.09) 400 예천양수#2 ('11.12) 400 신재생 6,456.33 집단 4,942.66 소도시 36.75	폐지 발전기 (-3,886.39)
		6,800	3,740	5,379.9	12,275.74	28,195.64 (24,309.25)
4 차 계 획 반 영 설 비	수 도 권	확정 설비	-	영흥#5 ('14.06) 870 #6 ('14.12) 870	서울#1 ('12.06) 500, 서울#2 ('12.12) 500, 부천#2 ('12.07) 550, 인천#3 ('12.12) 700	3,990
		불확실 대응 설비	-	-	포천#1 ('13.07) 750, 안산#1 ('14.03) 750	1,500
	비 수 도 권	확정 설비	신울진#1 ('15.12) 1,400 #2 ('16.12) 1,400 신고리#5 ('18.12) 1,400 #6 ('19.12) 1,400 신울진#3 ('20.06) 1,400 #4 ('21.06) 1,400	-	-	8,400
		불확실 대응 설비	당진#9 ('14.12) 1,000 #10 ('15.12) 1,000 삼척#1,2 ('15.12) 2,000	안 동 ('11.12) 900, 신울산 ('13.12) 700		5,600

라. 전력수급 전망

2011년까지 설비예비율이 6~10% 수준으로 단기수급측면에서 적극적인 대응이 필요할 것으로 예상하였으며, 2012년 이후는 설비 예비율이 12~24% 수준으로 수급안정이 가능할 것으로 전망하였다.

〈표 1-21〉 연도별 전력수급 전망

연 도	최대수요 (MW)	설비용량 (MW)		설비예비율(%)
		하 계	연 말	
'07(실적)	62,285	65,874 (66,778)	67,246	5.8 (7.2)
'08(실적)	62,794	69,207 (68,519)	71,364	10.2 (9.1)
'09	67,226	72,118	72,543	7.3
'10	69,455	73,552	76,136	5.9
'11	71,324	77,209	80,015	8.3
'12	72,958	81,500	82,482	11.7
'13	74,564	83,439	85,530	11.9
'14	75,942	85,400	88,848	12.5
'15	77,214	88,848	93,568	15.1
'16	78,398	93,812	95,250	19.7
'17	79,442	95,682	95,682	20.4
'18	80,174	95,682	97,082	19.3
'19	80,789	97,082	98,791	20.2
'20	81,151	100,191	100,191	23.5
'21	81,502	100,891	100,891	23.8
'22	81,805	100,891	100,891	23.3

※ ()는 계통운영시 하계기준 실적 공급능력 및 공급예비력

마. 전원구성 전망

원자력 설비 비중은 현재보다 7.8% 수준 증가하나, 석탄 및 LNG 설비 비중은 축소될 것으로 전망하였다.

〈표 1-22〉 연도별 전원구성 전망

(설비용량(MW) / 구성비(%))

구 분		원자력	석탄	LNG	석유	신재생	양수/집단	합 계
2008년	제4차	17,716	23,705	17,969	5,340	1,900	4,734	71,364
		24.8	33.2	25.2	7.5	2.7	6.6	100
2010년	제3차	18,716	24,205	20,386	4,820	1,766	6,102	75,995
		24.6	31.9	26.8	6.3	2.4	8.0	100
	제4차	18,716	24,205	19,899	5,383	2,365	5,568	76,136
		24.6	31.8	26.1	7.1	3.1	7.3	100
2015년	제3차	25,916	26,420	22,898	2,365	2,198	6,991	86,788
		29.9	30.4	26.4	2.7	2.5	8.1	100
	제4차	25,916	29,420	23,062	4,291	3,384	7,495	93,568
		27.7	31.4	24.6	4.6	3.6	8.0	100
2020년	제3차	27,316	26,420	22,898	2,325	2,198	6,991	88,148
		31.0	30.0	26.0	2.6	2.5	7.9	100
	제4차	31,516	29,420	23,062	4,291	4,060	7,842	100,191
		31.5	29.4	23.0	4.3	4.1	7.8	100
2022년	제4차	32,916	29,420	23,062	3,591	4,060	7,842	100,891
		32.6	29.2	22.9	3.6	4.0	7.8	100

3. 간년도 전력수급기본계획의 주요내용

간년도 계획에서는 차기계획에서 대응이 어려운 2009년 ~ 2014년의 중·단기 기간에 대한 전력수요를 재전망하고 발전설비 건설 추진현

황을 점검하였다. 또한, 이를 통해 중·단기 기간에 대한 전력수급 안정성을 평가하였다.

가. 전력수요 예측

간년도계획 GDP는 4차계획 대비, 2014년 기준 9.8% 낮은 수준으로 2008년 ~ 2014년간 연평균 3.3% 성장하는 것으로 전망하였다. 반면, 산업구조는 4차계획 산업구조 전망과 거의 동일하게 전망하였으며, 예측방법 또한 4차계획과 동일한 방법을 적용하였다.

예측결과 전력소비량은 2008년 ~ 2014년 기간에 연평균 2.7%, 용도별로는 주택용 2.7%, 상업용 3.6%, 산업용 2.1% 증가하는 것으로 전망하였다.

〈표 1-23〉 용도별 전력소비량 전망

(단위 : GWh)

연 도	2008(실적)	2010	2012	2014	'08~'14 (%)
주 택 용	71,907	75,741	80,033	84,324	2.7
상 업 용	118,533	128,055	137,236	146,132	3.6
산 업 용	194,630	203,703	213,380	220,098	2.1
계	385,070	407,498	430,649	450,555	2.7

※ 전력소비량은 수요관리후 수치임

최대전력은 동기간 연평균 2.8% 증가하는 것으로 전망하였으며, 2014년에는 수요관리전 수요의 4.9%(3,851MW)를 억제하여 74,032MW가 발생할 것으로 전망하였다.

〈표 1-24〉 최대전력 전망

(단위 : MW)

연 도	2008(실적)	2010	2012	2014	'09~'14 (%)
수요관리 前	62,794	68,578	73,383	77,883	3.7
수요관리량	-	717	2,260	3,851	-
수요관리 後	62,794	67,861	71,123	74,032	2.8

※ 수요관리량은 2009년말 이후 연도별 순증 누계 기준

나. 중·단기 전력수급 전망 및 대책

발전설비 건설지연 및 변경 등으로 인한 공급용량 축소에도 불구하고, 예측 최대전력 하락으로 단기(2010~2011년) 예비율은 4차계획 대비 소폭 상승할 것으로 전망하였다. 한편, 2010~2013년 기간 설비예비율은 12% 이하로 단기 수급측면에서 적극적인 대응이 필요한 것으로 평가되었다.

〈표 1-25〉 연도별 전력수급 전망

연 도	최대전력(MW)	총 설비용량(MW)		설비예비율(%)		
		하계	연말	간년도	4차계획	증감
2010	67,861	72,856	75,441	7.4	5.9	+1.5
2011	69,602	76,179	77,404	9.4	8.3	+1.1
2012	71,123	78,690	80,110	10.6	11.7	-1.1
2013	72,616	81,106	83,736	11.7	11.9	-0.2
2014	74,032	83,606	86,075	12.9	12.5	+0.4

※ 제4차 계획 이후 허가받은 신규 집단에너지설비 및 RPA를 체결한 신규 신재생에너지설비 반영

전력수급 대책으로는 발전기 보수일정 조정, 시운전 출력 확보 등 단

기대책을 우선 시행하고, 필요시 부하관리 강화 및 발전기 폐지시기 조정을 시행하는 것으로 계획하였다. 특히, 부하관리(수요자원시장, 주간 예고제) 추가예산 확보 및 효율향상 사업예산을 부하관리 사업예산으로의 전환 등을 통해 수요관리 부문의 적극적인 대응이 필요한 것으로 평가되었다. 폐지대상 발전기의 경우 2010년 초 ~ 2012년 말 예정 발전기를 대상으로 폐지시기 조정을 검토하고, 필요시 시행하는 것으로 계획하였다. 한편, 중기 설비예비율은 공급신뢰도는 만족하나 수요 불확실성 및 발전설비 추가지연 등을 감안할 때 지속적인 수급안정성 검토 및 관리가 필요한 것으로 평가되었다.

제3절 향후 계획

정부는 지난 4월 제5차 전력수급기본계획 수립방안을 확정, 현재 수립 중에 있으며 계획기간은 2010년~2024년까지 15년간이다. 계획 수립환경으로는 우선, 2009년 중장기 국가 온실가스 감축목표 설정에 따라, 전체 온실가스 배출의 약 30%를 차지하는 발전부문에 있어서 온실가스 감축은 제약조건이자 반드시 달성해야 할 목표가 되었다. 수급측면에서는 2010~2014년 설비예비율이 7.4~12.9%로 예상되어 중·단기 전력수급 불안 해소를 위한 방안 마련이 필요한 상황에 있다. 또한, 스마트그리드 및 전기자동차 등 신규사업과 연료비 연동제 시행, RPS 제도 도입 등 신규제도 출현에 따라 동 사업 및 제도의 수급계획 반영방법 검토가 필요하다. 제5차 계획 기본방향은 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 발전부문 실행계획 수립 및 전력수급 안정성 강화로 설정하

였으며, 9월까지 발전설비계획 의향조사 및 계통구성 예비검토, 전력수요예측 및 수요관리량 확정, 공청회 개최 등을 통해 2010년말 계획을 공고할 예정이다.

제3장 원자력발전 정책 방향

제1절 기본방향

지식경제부 원자력산업과 서기관 박한서

1. UAE 원전사업을 계기로 새로운 수출산업으로 본격 육성

지난 12월 27일 중동지역에서 최초로 추진되는 UAE 원전사업에서 한국의 한전컨소시엄이 세계 원전 최강국인 프랑스의 아레바와 미국(GE)-일본(Hitachi)의 컨소시엄을 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. 한국형 원전이 이번 UAE 원전수주에 성공하게 된 배경은 무엇보다도 지난 30년간 정부는 원전건설 및 기술자립계획을 수립하여 차질없이 이행하였으며 산업계에서는 단 한건의 사고도 없이 원전을 안전하게 건설 및 운영하면서 세계적 수준의 경제성과 경쟁력을 유지해온 결과이다. 또한 금번 원전수출은 한국형 원전의 우수성이 세계적으로 인정받게 되는 계기가 되었으며, 한국형 원전의 인지도 제고로 향후 세계 원전시장에서 주도적 역할을 수행할 수 있는 기반이 구축되었다. 다만, 핵심기술력 등은 여전히 부족하며, 세계 원전공급사 및 각국의 경쟁은 보다 심화될 것으로 예상된다. 세계적인 원전 수출 강국으로 도약하기 위해서는 한국형 원전의 강점을 극대화하고 약점을 보완해야 한다. 첫

째, 금번 UAE와 같이 터키 발주의 원전건설이 가능한 국가에 대해서는 정부 간 협력 등을 통해 원전 플랜트 수출을 지속적으로 추진하고, 원전 도입기반이 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 총 88조원에 달하는 세계 원전 운영 및 정비시장에도 적극 진출할 계획이다. 둘째, 원전설계코드, 원자로냉각재펌프(RCP), 원전제어계측장치(MMIS) 등 미자립 핵심기술과 토종 신형원전(APR+)을 2012년까지 조기개발 완료하고, 한국형원전을 세계적인 프리미엄 원전으로 한 단계 더 업그레이드하기 위한 신규 R&D 프로젝트에도 정부의 지원을 대폭 확대할 예정이다. 셋째, 원전 기술인력 확보를 위해 원자력공기업 조직 진단을 통해 정원 및 신규 채용을 계속 확대 해 나갈 것이며, 특히 원전 수출 및 R&D 인력은 정원 조정 전이라도 바로 충원할 수 있도록 하는 한편, 이공계 졸업예정자와 졸업자를 인턴사원으로 선발하여 교육훈련을 통해 신규 채용 시 총원의 50~60%내에서 우선 채용할 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 핵심 기자재를 중심으로 원전 전문 및 중견 기업을 육성해나갈 것이며, 수요기업과 중소 기자재 업체 간 상생협력 강화로 대·중소기업의 동반 성

장도 추진해 나갈 계획이다. 여섯째, 수출형 원전 산업체계 강화를 위해 한전, 한수원(주) 등 원자력 관련 공기업에 원전수출 전담 및 지원 조직을 신설하고 중장기적으로는 수직계열화 된 원전사업 체계 구축과 미국, 중국 등의 대형시장 진출을 위해 주요 세계 원전기업과의 전략적 제휴도 검토해 나갈 계획이다.

2. 저탄소 녹색성장을 위해 지속적인 원전 건설·운영 확대

최근 전 세계적인 관심사인 기후변화와 자원위기가 현실적 위협으로 대두되면서 원자력이 에너지·환경 문제 해결을 위한 가장 현실적인 대안으로 주목받고 있다. 우리 정부도 세계의 에너지·환경 위기 극복에 적극적으로 동참하고 성장과 환경이 조화되는 新국가발전 비전인 ‘저탄소 녹색성장’을 제시하여 적극 추진 중이며, 2008년 8월 ‘국가에너지 기본계획’을 통해 원자력발전 비중 36%(원전20기)를 2030년까지 59%(40기내외)로 확대하기로 결정하였다. 이에 따라 현재 신고리 1·2호기 등 총 8기를 건설 중에 있으며, 앞으로도 계획에 따라 11기 내외를 더 건설 할 예정이다. 이를 위해 정부는, 첫째, 기존 원전 부지에 수용되는 6기 외에 추가원전 건설에 필요한 신규부지 2개소를 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, 한수원(주)의 경영효율화, 자금조달 다변화 등 신규 원전 건설을 위한 다양한 자금조달 방안도 강구해 나갈 예정이다.

3. 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 사용후연료 등이 해당된다. 지식경제부에서는 2004년 253차 원자력위원회를 기점으로 중·저준위와 사용후연료로 분리하여 정책을 수립하고 관리하고 있다. 그동안 공모절차를 거쳐 경주에 중·저준위 방사성폐기물 영구처분 시설 건설을 추진하고 있다. 현재, 방폐장 1단계 건설공사를 추진 중이며 2012년까지 1단계 사업을 차질 없이 마무리하고 2단계 사업을 조기 추진할 예정이다. 사용후연료 관리방안은 국가 정책방향, 국내·외 기술 개발추이 등을 감안, 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대 하에서 추진할 계획이다.

제2절 원전의 안전성 확보

지식경제부 원자력산업과 사무관 이판대

1. 원전설비의 안전관리

원전설비의 안전성은 매우 중요한 사항으로 고도의 안전성을 갖추기 위해 건설 및 운영의 전 과정에 걸쳐 보통의 산업시설과는 비교할 수 없는 까다로운 기준을 적용하고 있다.

우선 원전의 설계는 발생 가능한 모든 사고를 고려하여 그 원인을 근본적으로 제거하고, 만일의 이상상태가 발생하더라도 이를 미리 감지하여 사고로 확대되는 것을 방지하며, 설사 이상상태가 사고로 진전되더라도 방사성물질이 외부로 누출되는 것을 막기 위해 다중의 방어시스템을 갖추도록 하는 다중심층방어의 개념을 적용하여 이루어지고 있다. 건설 및 운영과정에서는 사업자의 자체적인 품질 및 안전관리를 강화하고, 이를 확인·점검하기 위해 규제 전문기관의 안전심사와 정부의 안전점검, 국제원자력기구 등 국제전문기관의 정기점검 등 다중의 안전성 확인제도를 운영하고 있으며, 원전에서 발생하는 모든 고장과 사고는 국제원자력기구에서 정한 ‘원전사고·고장 분류 기준’에 따라 그 등급을 평가하여 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 권고하였기에 정부는 원자력법에 주기적안전성평가 시행근거를 마련하였고 이와 관련된 시행령과 시행규칙을 정비하여 운영허가일 부터 10년마다 주기

적안전성평가를 실시하도록 하였다. 이에 한수원(주)은 2009년 말 기준으로 운영허가 이후 10년이 경과한 12기에 대한 평가를 완료하였으며, 고리 1호기 및 월성 1호기의 계속운전을 위한 평가를 완료하였다. 한편, 영광 5·6호기와 울진 5·6호기는 2011년과 2013년에 각각 주기적 안전성 평가를 착수할 예정이다.

2. 원전주변지역의 환경관리

원전의 환경관리는 원전의 건설 및 운영으로 인해 시설 주변지역의 주민과 환경에 미치는 영향을 최소화하는데 그 목적을 두고 관련법령에 제도화하여 시행하고 있다. 이러한 환경관리 활동은 원전건설 전 단계부터 운영기간에 걸쳐 이루어지고 있는데, 건설 이전 단계에서는 원전 건설에 따른 환경영향을 미리 예측·평가하고 원전주변에 미치는 영향을 최소화하기 위한 방안을 강구하게 하고 있으며, 건설 및 운영중에는 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 방사선량률은 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, 원전건설 과정에서 온

배수 영향 저감대책을 추진중에 있다. 아울러 온배수가 난류성 어종에는 긍정적인 효과가 있는 특성을 활용, 온배수를 이용한 어류양식 기술을 개발하여 인근 해역에 방류하는 사업을 실시하고 있는데, 이는 원전 주변지역 주민의 소득증대와 온배수의 유용성을 인식시키는데 기여하고 있다.

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 폐로대책

원전은 우리함과 같은 핵분열물질을 사용함으로써 원자로와 일부 계통 및 구조물이 방사능에 오염되기 때문에, 수명이 다할 경우 일반인과 주변환경에 영향을 주지 않도록 안전하게 폐로되어야 한다. 지식경제부와 한수원(주)은 이에 대비하여 사전에 필요한 기술을 확보하기 위해 외국의 원전 해체기술 현황조사 및 기술개발 방안 수립을 위한 연구를 이미 완료하고 현재 관련기술 개발을 진행하고 있다. 또한 폐로에 소요되는 비용을 안정적으로 확보해 두기 위해 비용충당제도를 시행하여 1983년부터 원전 운영자가 매년 일정액을 적립토록 하고 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 방안을 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 신청하였다. 정부는 한수원(주)이 제출한 주기적안전성평가서, 주요기기에 대한 수명평가서 및 방사선 환경영향평가서 등 16개 분야 112개항목에 대해 안전성을 심사하여 2007년 12월 계속운전을 허가하였으며, 이후 한수원(주)은 지역주민들과의 합의를 거쳐 2008년 1월부터 재가동을 시작하였다. 또한 한수원(주)은 2009년 12월 정부에 월성 1호기 계속 운전 안전성평가보고서를 제출하여 월성 1호기 계속운전을 추진 중에 있다.

제3절 원전산업의 경쟁력 강화

지식경제부 원자력산업과 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 3·4호기

가 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 기술자립을 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 울진 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 1995년 말 발전소 전 계통에 대한 표준 설계요건 및 표준 상세설계를 완료하였고, 1999년 준공된 울진 3·4호기 건설을 통해 표준화를 완성하였다.

이로써 국내 원자력산업계는 한국표준형원전의 설계 및 건설능력을 확보하였고 이를 바탕으로 영광 5·6호기 및 울진 5·6호기를 그대로 복제건설하여 운영중에 있다. 또한 신고리 1·2호기와 신월성 1·2호기도 경제성이 향상된 개량형 한국표준형원전으로 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 최초

로 추진되는 UAE 원전사업에서 2009년 12월 27일 한국의 한전컨소시엄이 APR1400 첫 수출에 성공하였다.

2. 원전산업의 경쟁력 제고

원자력발전 부문은 국내 발전량의 34%를 차지할 뿐만 아니라 기저부하로서의 안정적인 전력공급에 주요한 역할을 담당하고 있다.

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

한편, 국내 원전 기술 수준은 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 부문도 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 도

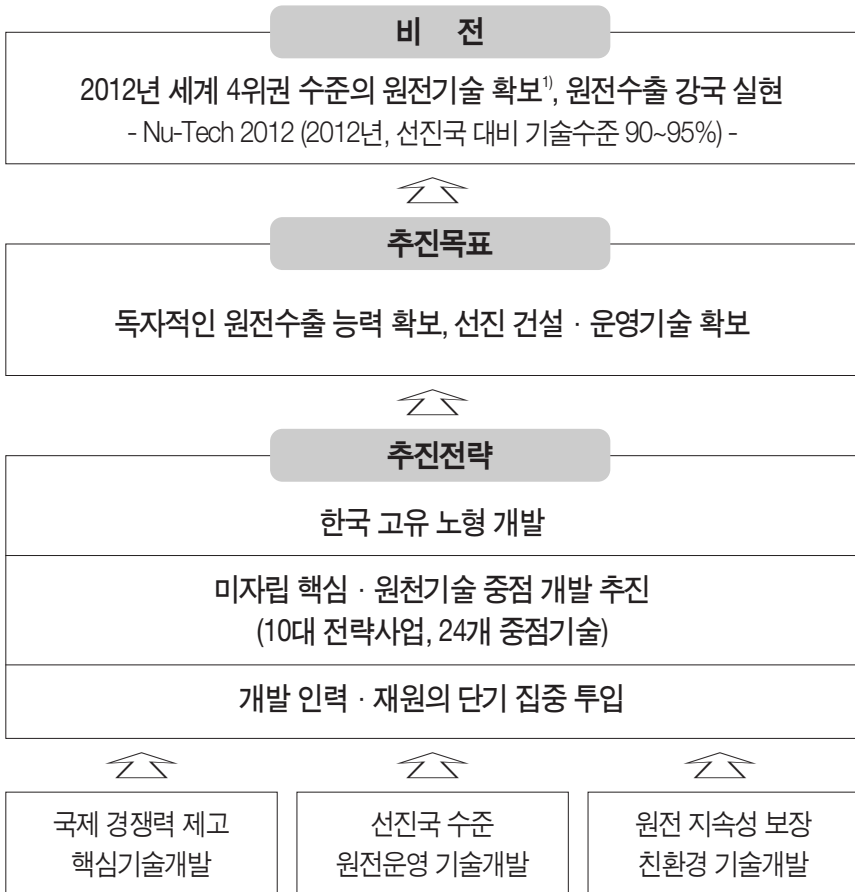
출하여 성과중심 및 목표지향적인 기술개발로 2015년 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하였다.

그러나, 선택과 집중을 통해 2012년 사업목표 조기달성을 위한 주요 핵심사업의 기간단축 및 사업범위 등에 대한 재조정의 필요성이 제기되어 Nu-Tech 2015를 개정한 ‘원전수출산업화를 위한 원전기술 발전 방안(Nu-Tech 2012)’을 수립하여 추진 중에 있다.

제4절 원전기술개발의 체계적 추진

지식경제부 원자력산업과 사무관 박지운

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 현장개선 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 노력이 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. 현장개선을 위한 기술개발 등은 수요자 중심(Bottom-up) 및 원전 관련사의 자체 연구개발로 추진하여 원전기술개발의 균형을 유지할 계획이다.

연구개발 성과의 활용도 제고 및 시너지 효과의 극대화를 위하여 산·학·연 협력체계를 강화하며, 공동(협력)연구를 확대 추진한다. 연구개발 주체들의 명확한 역할분담과 긴밀한 협력체계의 구축을 위하여 네트워크형 사업수행 및 과제별 특성에 따라 역할을 차별화하고, 기획 단계에서 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.

제5절 원자력발전소 주변지역 지원제도

지식경제부 원자력산업과 사무관 김종범

1. 개 요

발전소 건설·운영에 대한 주변지역 주민수용성 제고를 위한 지원사업의 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 지역개발세(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)로 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.

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

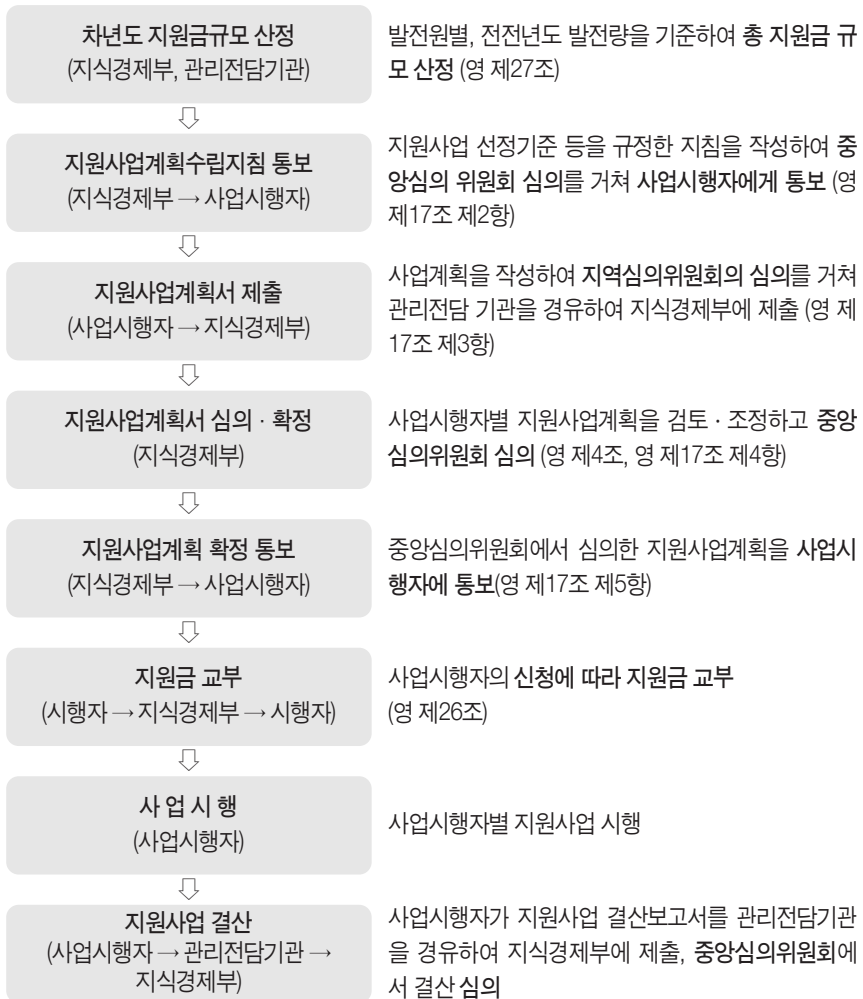
발전사업자 자기자금에 의한 사업자지원사업은 원자력발전소의 경

우 주변지역을 대상으로 교육·장학지원사업, 지역경제협력사업, 주변환경개선사업, 지역복지사업, 지역문화진흥사업 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 1-26〉 기본지원사업과 사업자지원사업의 비교

구 분	기본지원사업	사업자지원사업
사업 성격	○ 주변지역의 개발과 주민의 복리증진을 위하여 정부자금으로 시행하는 지원사업	○ 원자력·수력발전사업자의 자기자금에 의한 지역지원사업
재원 부담	○ 전력산업기반자금	○ 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)
지원금 산정방법	○ 전전년도 발전량(kWh) $\times 0.25$ (원/kWh)	○ 전전년도 발전량(kWh) $\times 0.25$ (원/kWh)
시행 기간	○ 발전소 건설·가동기간(전원개발사업 추진을 위해 필요하다고 인정하는 경우, 건설준비기간에도 시행 가능)	○ 발전소 건설·가동기간

3. 지원사업 추진절차



4. 지원제도 개선실적 및 계획

2005년 발전소 주변지역 지원에 관한 법률(이하 발주법) 개정으로

2006년부터는 그간 지방자치단체 및 마을주민이 민원 등을 통해 제기해 온 지원금의 현실화가 이루어지고 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 발주법 일부개정법률(안)을 2009년 12월 국회에 제출하였으며, 2010년 상반기에 동 개정안이 국회에서 통과되면 시행령 등 하위 규정을 정비할 계획이다.

제6절 국민이해 확보

지식경제부 원전수출진흥과 사무관 하동환

1. 원자력발전 여건 변화

최근의 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 다시 부각되고 있다. 주요 선진국들도 CO₂ 감축 필요성, 고유가에 대한 대응 등을 위해 화석에너지의 대안으로 원자력 발전을 주목 하고 있으며, 미국은 그 동안 중단되었던 원자력발전소의 건설을 재개기로 결정하였고, 독일 등 원전폐지를 결정했던 유럽 각국에서도 원전폐지 정책을 신중히 재검토해야 한다는 논의가 제기되고 있다. 또한 중국, 인도, 인도네시아, 베트남 등 동아시아 국가를 중심으로 원자력발전사업이 활발하게 추진되고 있으며, 2030년까지 전 세계적으로 약 430여기 이상의 원전이 신규 건설될 전망이다.

우리나라의 에너지 이용환경은 매우 열악한 실정이다. 부존자원이 거

의 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 2009년 현재에는 전체 전력공급의 34%를 담당하는 주공급원으로 우리 경제의 석유의존도 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 2007년 26%에서 2030년 41%로 제고하고(발전량 비중은 2007년 36%→2030년 59%), 원자력을 수출산업으로 육성하기 위해 전략적 제휴, 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 적극적

인 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 선진국에서는 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 사용후연료를 어떻게 처리할 것인가에 대한 선택의 문제를 현안과제로 안고 있는 실정이다. 원자력발전소와 방사성폐기물 처분장 건설은 물론 향후 사용후연료 관리를 국민적 공감 아래 원활히 추진하기 위해서는 관련내용을 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 도출

을 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·에너지 교육을 시행하여 중장기적으로 원자력·에너지 문제에 대한 합의가 이뤄질 수 있도록 차세대의 원자력 이해교육도 활발하게 추진하고 있다.

직접적인 이해당사자로서 원자력발전사업에 대해 많은 관심을 가지고 있고 있는 원전주변지역 주민에게는 일반국민과는 달리 직접 접촉을 통하여 거리감을 좁히고 유대를 강화하며 안전성에 대한 확신을 심어주는 데 홍보의 초점을 두고 있다.

우선 원전에 대한 불안감을 없애기 위하여 원전종사자와 지역주민에 대한 역학조사를 주기적으로 실시하고 있으며, 원자력발전소에서의 방사능 물질의 누출여부를 확인하기 위하여 환경방사선 감시기와 열형광 선량계를 원전주변에 설치하여 주민들이 직접 감시하도록 하고 있다.

또한 원전주변 환경조사를 주민대표, 지방대학, 원전사업자가 공동으

로 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 일반 국민이 갖고 있는 잘못된 인식을 바로잡고, 원자력발전이 국가경제 발전의 원동력이 되고 국민생활 편익을 제공하는 유익한 에너지자원이라는 것을 알림으로써 원자력발전사업이 국민적 합의하에 원활히 추진될 수 있도록 하는 국민이해기반 조성에 그 목적이 있다.

이를 위해서는 이해 당사자인 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 시대상황에 적극 부응하여 인터넷 등 새로운 정보매체를 적극 활용하여 일반국민 및 지역주민과의 쌍방향

커뮤니케이션이 원활히 이루어질 수 있도록 하는 데도 지속적으로 관심과 노력을 기울여 나가야 할 것이다.

또한 자라나는 차세대에 대한 원자력·에너지교육에 각별한 주의를 기울여야 할 것이다. 학생층의 원자력에 대한 인식은 성인의 절반수준에도 미치지 못하는 수준이며, 원자력홍보란 그 성과가 단기간에 나타나는 것이 아니라 장기적이고 간접적으로 나타나는 특성이 있기 때문에 미래의 에너지 사용의 주요 소비자가 될 차세대와 적극적인 의사소통 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 전문기관의 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 다양하

고 참신한 홍보활동을 전개하는 등 대국민 홍보에 최선의 노력을 기울일 것이다.

제7절 원전연료 확보

지식경제부 원자력산업과 사무관 류광열

1. 개요

가. 원전연료란?

화력발전소를 가동하기 위해서 석유나 석탄이 필요하듯이 원자력발전소를 운영하기 위해서도 원자력연료가 필요하다. 원자력연료로 이용되는 천연우라늄에는 우라늄-238이 99.3%, 우라늄-235가 0.7%로 구성되어 있다. 중수로용 원자력연료는 천연우라늄을 그대로 사용하지만, 경수로용 원자력 연료는 우라늄-235의 함량을 2~5%로 높인 저농축 우라늄을 사용한다. 우라늄-235 1g은 석유 9드럼, 석탄 3톤에 해당하는 열에너지를 생산할 수 있으므로 소량의 원자력연료를 원자로에 장전하여 약 3~4년 동안 많은 열을 발생시킬 수 있다. 원자력연료는 화석연료에 비해 환경오염이 없는 환경친화형 에너지원이면서도 연료비가 저렴한 특성을 지니고 있다. 한국표준형 경수로용 원자력연료 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 변환 및 농축까지 해외에 위탁하여 수행한 후, 이 우라늄을 국내에 들여와 손톱만한 크기의 세라믹 형태(UO_2)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 원자력연료집합체를 만든다. 원자력발전소의 원자로 안에서는 한국표준형원전의 경우 이 원자력 연료집합체 170여 다발이 핵분열 연쇄반응을 하여 열을 낸다.

원자력연료는 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, 사용후 연료는 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 정광에서 부터 변환,

농축(Enrichment Services)까지 해외에서 구매하고 있으며, 원전연료 성형가공(Fabrication) 분야에서는 1980년대 이후 에너지 안보와 원전 연료주기 기술확보를 위해 많은 노력을 기울인 결과, 현재는 소요량 전량을 국내(한전원자력원료(주))에서 자체기술로 성형가공하여 발전소에 공급하고 있다.

2. 원전연료 확보

가. 시장동향

(1) 세계우라늄 매장량 및 수급

세계의 우라늄은 연간 세계 원전사용량(7.2만톤, 정광) 기준으로 확인 및 추정물량을 합쳐 약 228년 분에 해당하는 1,600만톤 정도가 매장되어 있으나 실제 생산량은 소요량에 미치지 못하고 있다. 부족분은 각국 정광생산자·전력사·정부 보유 채고우라늄과 일부국가의 핵무기 해체 고농축 우라늄의 희석 공급량 등 2차 공급원으로 충당되고 있으나, 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 고

농축 우라늄 희석분 시장유입 등으로 시장가격은 1980년대 중반부터 2002년 말까지 전반적으로 하향 안정세를 유지하였다. 그러나, 최근 세계 재고우라늄 감소, 호주와 캐나다 일부 우라늄 광산에서의 생산중단 사고 및 미국 달러화 약세, 고유가 지속 등의 여파로 2003년부터 시장가격이 상승세로 전환되어 2007년 6월에는 파운드당 136달러까지 급상승한 바 있다. 그러나 이를 고비로 최근 원전확대 추세에 따른 1차공급원 확대 전망, 가수요 감소 등 장기적인 수급여건 개선 기대에 따라 우라늄 가격이 점차 안정세로 접어들어 2010년 4월에는 파운드당 41달러대를 유지하고 있다.

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 있다. 그러나, 2010년 및 2012년경 각각 시설 노후화로 미국 및 프랑스의 현 농축시설을 대체할 신규 농축시설의 건설추이에 따라 향후 중장기 농축역무 수급에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

〈표 1-27〉 우라늄정광 현물시장 가격추이

(단위 : US\$/lbU₃O₈)

연도	1979	1986	1990	1995	2000	2005	2006	2007.6	2007	2008	2009	2010.4
가격	42.7	17.0	9.6	12.2	7.1	36.2	72	136	75	53	45	41.3

나. 원전연료 확보

원전연료는 효율적 · 경제적 · 안정적 조달, 기술개발을 통한 안전성 확보를 기본목표로 각 제조과정(정광, 변환, 농축, 성형가공)별로 구분하여 확보하고 있다. 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 우리나라 정광과 농축계약은 5~10년 정도의 중장기계약을 위주로 하되, 우리나라 정광의 경우 적정규모의 현물시장 구입을 병행하고 있으며, 국제상황의 변화에 대처하기 위하여 공급선을 다원화하는 한편, 계약의 최적조건 확보를 위하여 경쟁입찰 구매를 실시하고 있다.

우리나라의 변환은 경쟁입찰을 원칙으로 하되 수송의 편의를 위해 주로 우리나라 정광 공급자와 농축역무 공급자가 인접해 있는 지역을 택하고 있다.

지금까지 세계 원전연료 시장은 특별한 장애 없이 상당한 공급의 신뢰 아래 가동되어 왔다. 그렇지만 국제 원자력연료의 수급체계는 점증하고 있는 자원 민족주의의 경향, 핵비확산과 관련하여 국제정치에 민감한 원자력연료 자체의 특성 및 이로 인한 상업적 거래관계의 미묘한 변화 가능성이 상존하고 있어 향후 우리나라 시장의 관행적 공급신뢰성도 비우호적으로 변화될 가능성을 배제할 수는 없다.

따라서 정부는 앞으로 ‘국산연료의 품질향상과 국제경쟁력 제고를 위한 시설확충 및 장·단기적 기술개발정책’을 지속 추진하는 한편, 카자흐스탄·호주·아프리카 등의 ‘해외 우라늄광산 개발 참여를 통한 자주개발율의 제고’, ‘해외 우라늄 농축 또는 변환사의 지분 확보’ 등을 추진하여 장기적·안정적으로 원전연료 공급원 확보를 위해 노력을 다할 것이다.

제8절 방사성폐기물 관리

지식경제부 원자력산업과 주무관 류강열

1. 개요

원자력은 안정적이고 저렴한 전력 공급을 위한 기반을 제공하는 장점을 가지고 있으나, ‘원자력 발전’에 따라 불가피하게 발생하는 방사성 폐기물의 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 사용후연료를 제외한 중·저준위방사성폐기물 만을 반입하며 유치지역에는 3천억원

의 특별지원금, 반입수수료, 한수원(주)의 본사 이전 등을 제도적으로 보장하고, 이외에 양성자가속기 사업도 유치지역에 추진되도록 하는 등 획기적인 정책을 마련 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 제2008-31호)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 작

업복, 장갑, 덧신, 폐부품 등과 방사성동위원소를 이용하는 산업체, 병원, 연구기관 등에서 발생하는 동위원소폐기물 등이 중·저준위폐기물에 속한다.

국내의 방사성폐기물 관리현황을 살펴보면, 중·저준위폐기물의 경우 원자력발전소 운영 중에 발생한 폐기물이 총 86,757드럼(200리터 기준)으로 발전소 부지내 임시저장시설에서 관리되고 있으며, 방사성동위원소 이용기관에서 발생된 동위원소폐기물은 총 25,424드럼(200리터 기준)으로 대전 원자력연구원 구내의 임시저장시설에서 관리되고 있다.

경수로(고리, 영광, 울진)와 중수로(월성) 두 종류의 원자로에서 각각 형태가 다른 사용후연료가 발생하는데, 2009년말 현재 누적 발생량은 총 10,761톤으로 발전소별로 특수 설계된 철근콘크리트 구조물 형태의 습식저장시설 또는 건식저장시설에서 안전하게 저장 관리되고 있다. 사용후연료는 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, 분류, 처리, 운반, 저장 및 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 지식경제부는 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)은 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)은 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 교육과학기술부에 방폐장 건설·운영 인허가를 신청하였다. 이에 지식경제부는 전원개발사업추진위원회의 심의·의결을 거쳐 2007년 7월 12일 전원개발사업 실시계획을 승인하였다.

한수원(주)은 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 2010년 3월말 현재 64.16%의 공정률로 계획대비 99.29%의 실적을 달성하였다.

4. 사용후연료 관리

2004년 12월 제253차 원자력위원회에서 중·저준위 방폐장을 우선 건설하고, 중간저장시설 건설을 포함한 사용후연료의 관리방안은 국가 정책방향, 국내·외 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 사용후연료 공론화 TFT를 구성하고 영국·캐나다 등 해외의 공론화 사례 연구와 20여 차례의 회의를 개최하였으며, 2007년 12월에는 ‘사용후연료공론화 설명회’를 개최하고 원자력 연구계, 관련 업계, 언론 등 120여 명이 참가하는 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 사용후연료 관리방안에 대한 기술적 검토 및 전문가그룹 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 명의의 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 연

동하여 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 유치지역 지원요청서를 접수 받아 관계부처의 검토와 2007년 3월 30일 유치지역지원실무위원회의 검토조정을 거쳐, 2007년 4월 18일 국무총리 주재의 유치지역지원위원회에서 경주시 요청사업 중 지원사업 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, 2009년말 현재 55개 사업 총 지원예산 28,830억원의 약 18%인 5,203억원의 예산이 집행되었으며, 일부사업의 경우 완료사업('09년말 기준 2개)도 있으나 상당수 사업이 5년이상 중장기 사업으로 시행 초·중기단계로서 예비타당성조사, 용역추진 등에 집중되어 가시적인 성과도출은 향후 상당기간 경과 후에 나타날 것으로 기대된다.

6. 방사성폐기물 관리제도 개선 추진

국회, 감사원 및 일부 시민단체 등에서 원자력발전사업자가 방사성폐기물 관리사업을 담당하면서 발생할 수 있는 폐기물 관리의 투명성 문

제와 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, 방폐물관리 기본계획의 수립(제6조), 방폐물 관리비용(제14조), 사용후연료관리 부담

금(제15조), 방폐물관리 전담기관의 설립(제18조~제27조) 및 방폐기물관리기금의 설치·운용(제28조~제31조) 등을 주요 내용으로 하고 있다.

한편 방폐물관리법 제18조(공단의 설립)에 따르면 동 법 시행일('09. 1.1) 이전까지 방사성폐기물 관리를 위한 전담기구인 한국방사성폐기물관리공단을 설립하도록 되어 있다. 이에 방폐물관리공단을 2009년 1월 2일자로 설립하였으며, 현재 건설중인 경주 방폐장의 차질없는 공사추진과 사용후연료 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 언론홍보팀 부장 신보균

제1절 원자력의 도입

1953년 12월 8일 국제연합총회 연설에서 미국 아이젠하워 대통령은 원자력의 평화적 이용을 선언하고 국제원자력기구(IAEA : International Atomic Energy Agency)의 창설을 제안하였는데, 이는 군사 목적으로 개발된 원자력의 평화적 이용을 위한 첫걸음이었다. 이후 1954년 12월 유엔 총회는 원자력의 평화적 이용을 위한 결의안을 채택하고 국제원자력기구의 창설을 결정하였다. 1955년 8월 제네바에서 국제원자력평화회의가 열렸으며, 12월 유엔총회에 국제원자력기구 설치에 대한 안건이 가결되었다. 이후 1957년 7월 29일 국제원자력기구가 정식으로 출범하였으며, 제1회 총회가 1957년 10월 1일 본부가 설치된 오스트리아 빈에서 열렸다.

우리나라의 원자력 역사는 1955년 8월 8일 제네바에서 열린 국제원자력평화회의에 3명의 과학자가 참가하면서 시작되었다. 이후 원자력의 평화적 이용에 대한 우리나라의 활동은 미국과의 긴밀한 협력속에서 진행되었으며, 1956년 2월 한·미 원자력 협력협정이 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 발족되었으며, 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 사업초기에 전적으로 외국에 의존할 수밖에 없었던 원자력발전 기술의 자립을 위해 한국원자력연구소와 공동으로 제 2 연구용원자로 TRIGA Mark-III를 도입하였으며, 한국원자력기술주식회사, 한전보수공단, 한국핵연료개발공단을 설립하여 원자력 사업구조를 세분화·전문화시켰다.

1980년대 국내 원자력계는 새로운 도약을 맞았다. 원자력발전소가 속속 준공되면서 우리나라 전력 공급의 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. 다

수의 신규원전을 준공하며 성장을 지속해 나갔지만, 정치·사회적인 민주화에 따라 반원전 활동이 활발하였음은 물론, 지역 이기주의와 국민 권리의식 신장으로 국가사업이라는 명분만으로는 원전사업을 추진할 수 없는 어려운 상황에 처하게 되었다. 이에 따라 원전에 대한 국민합의가 우선되어야 한다는 인식하에 대국민 홍보를 집중적으로 추진하게 되었으며, 원전 안전성에 대한 신뢰확보에 역점을 두었다.

2000년대는 우리나라 원자력 역사의 새로운 전환점을 맞이하는 시기였다. 영광 5·6호기 및 울진 5·6호기를 연달아 준공하면서 한국표준형원전의 전성기를 맞이하였으며, 2000년 11월에 원자력발전량 1조 kWh, 2008년 5월에 2조kWh를 돌파하면서 국가 경제 발전의 기반이 되었다. 또한, 신월성 1·2호기 및 신고리 1~4호기의 6개 호기를 동시에 건설하는 등 우수한 사업 추진능력을 확보하였으며, APR1400의 개발 및 건설로 독자적인 기술능력을 보유하게 되었다. 그리고 2000년대는 원전에 대한 국민이해와 합의를 바탕으로 방폐장 부지선정, 계속운전, 출력증강, 유리화 설비운영 등 현안사업을 성공적으로 추진하였으며, 2009년 말에는 대한민국 역사상 최초로 UAE에 원전수출을 달성하는 등 명실상부한 원자력 강국으로 도약하였다.

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

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.

2008년 8월에 발표된 ‘국가에너지기본계획’에 따르면 정부는 원자력발전 비중을 점진적으로 확대하여 2030년까지 설비비중 41%, 발전량비중 59%까지 제고할 계획이다. 또한, 2008년 12월에 발표된 ‘제4차 전력수급기본계획’에 따르면 국내 총 전력수요량은 연평균 2.1%씩 증가하여 오는 2022년경에는 500,092GWh가 될 것으로 전망된다. 최대전력수요도 2022년경에 81,805MW로 2009년 12월 18일 66,797MW의 약 1.2배에 이를 것으로 보인다. 이러한 전력수요의 증가와 기후변화협약 등 국제적인 환경규제에 대응하고자 2022년까지 원자력발전 비중을 47.9%로 높여나갈 계획을 세웠다.

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 5% 미만으로 낮추어

져 있다. 이렇듯 원자력발전은 에너지수요 급증, 다소비형 산업구조, 대체에너지 개발한계, 이산화탄소 배출급증, 에너지안보 위협요인 등 우리의 어려운 에너지환경을 감안할 때 필수적인 국가에너지라고 할 수 있다.

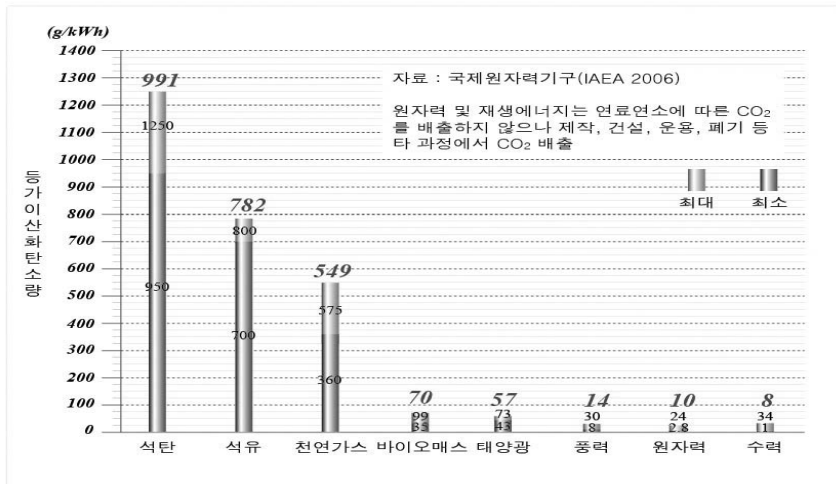
2. 원자력발전은 친환경에너지

우리나라의 경우 2007년 온실가스 총 배출량은 6.2억 tCO₂로 1990년 배출량 대비 103% 증가한 규모로서 연평균 4.3%의 증가세를 기록하고 있다. 그리고 2007년도 기준 발전부문의 온실가스 배출량은 전체의 약 36% 수준으로 전력수요 증가에 따라 점차 늘어날 것으로 예상된다.

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 작고 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, 가동중에는 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 에너지 다변화 정책의 일환으로 원자력발전을 적극 추진해 왔다. 그 당시 원전 기술을 모두 미국(웨스팅하우스)에서 전수받으면서 시작한 고리 1호기가 1978년 가동된 이래 30여년이 지난 지금 모두 20기의 원전이 가동되면서 세계 6위의 원전대국으로 부상하였다. 현재 국내 원전기술은 건설 및 운영분야 모두 거의 기술자립을 이룩하여 세계 정상급 수준으로 건설 및 운영을 하고 있다. 원자력은 자원 없는 우리나라에서 유일하게 기술력만으로 준 국산화 할 수 있는 에너지원이다. 정부에서도 원자력 관련 사업이 가장 유망한 차세대 분야 중 하나로 부상하게 될 것으로 전망하

고 있으며, 세계 신규 원전건설에 적극 참여하여 2030년까지 세계 원전 3대 선진국으로 도약할 계획을 수립하였다. 아울러 지속적인 기술개발을 통해 APR1400을 개발하였으며, 100% 독자적인 원전 기술을 확보하기 위해 2012년까지 핵심기술에 대한 자립을 이룩하고, 신형원전인 APR+의 개발을 위해 노력하고 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 2007~2030년 간 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 2009년까지 물가는 230% 상승한 반면 전기 요금은 약 14% 증가에 그칠 정도로 저렴한 가격으로 전력을 안정적으로 공급하여 왔는데 이는 원자력발전 비중을 지속적으로 높였기 때문에 가능한 결과였다. 원자력발전은 발전원가 중 연료비의 비율이 13% 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. 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 2009년도에는 ‘원전건설 전문 기술훈련원’을 통한 청년일자리 창출에 앞장섰다. 이외에도 지역경제 활성화와 복지수준 향상을 위해서 지역상품 구매 및 복지시설 건립 지원 등 많은 노력을 하고 있다.

원자력 발전은 건설과 플랜트 등의 중공업 부문, 계측 등의 첨단산업 부문, 원전 설계·분석 관련 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 운영계획팀장 이재동

제1절 설비용량 현황

2009년말 현재 우리나라는 총 20기의 원자력발전소가 상업운전 중에 있으며, 원자력발전설비 용량은 17,716MW이다. 이는 전체 발전설비 용량 73,470MW 대비 24.1%로 2008년도의 24.4%보다 다소 감소하였다. 원자력 발전설비 점유율이 감소한 것은 2009년 하동화력 8호기 등 타 발전설비 용량이 979MW 증가한데 반해 원자력발전 설비는 신규설비가 준공되지 않아 전체 발전설비 대비 원자력발전 설비 비율이 감소하였다. 국내 가동원전을 원자로형에 따라 분류하면, 가압경수로형이 16기(14,937MW), 가압중수로형은 4기(2,779MW)가 운전중이며 국내 원자력발전소 현황과 발전원별 발전설비용량 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	가압경수로	부산광역시 기장군	'78. 4.29
고리 #2		650	가압경수로	부산광역시 기장군	'83. 7.25
고리 #3		950	가압경수로	부산광역시 기장군	'85. 9.30
고리 #4		950	가압경수로	부산광역시 기장군	'86. 4.29

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

1978년 4월 국내 최초의 원자력발전소인 고리 원자력 1호기의 설비용량은 587MW이었으나, 상업운전을 개시한 이래 31년째인 2009년말 현재 총 설비용량은 17,716MW로 1978년에 비해 30배 이상으로 증가하여, 설비용량 면에서 세계 6위의 원자력 발전국으로 성장하였다.

〈표 2-2〉 발전원별 발전설비 용량 추이

(단위 : MW, %)

연도 설비별	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09
원 자 력	13,716 (27.0)	15,716 (29.2)	15,716 (28.0)	16,716 (27.9)	17,716 (28.5)	17,716 (27.0)	17,716 (26.0)	17,716 (24.4)	17,716 (24.1)
수 력	3,876 (7.6)	3,876 (7.2)	3,877 (6.9)	3,883 (6.5)	3,883 (6.2)	5,485 (8.4)	5,492 (8.0)	5,505 (7.6)	5,515 (7.5)
석 탄	15,531 (30.5)	15,931 (29.6)	15,931 (28.4)	17,465 (29.1)	17,965 (28.9)	18,465 (28.2)	20,465 (30.0)	23,705 (32.7)	24,205 (32.9)
석 유	4,868 (9.6)	4,660 (8.7)	6,011 (10.7)	6,048 (10.1)	6,092 (9.8)	6,172 (9.4)	6,297 (9.2)	6,867 (9.5)	7,048 (9.6)
가 스	12,868 (25.3)	13,618 (25.3)	14,518 (25.9)	15,746 (26.3)	16,447 (26.4)	17,436 (26.6)	17,948 (26.3)	17,969 (24.8)	17,850 (24.3)
대 체	-	-	-	104 (0.2)	156 (0.3)	240 (0.4)	351 (0.5)	728 (1.0)	1,136 (1.5)
합 계	50,859	53,801	56,053	59,961	62,258	65,514	68,268	72,491	73,470

주) 모든 통계수치는 각각 반올림되었으므로 합계가 일치하지 않는 경우도 있음

[한전 전력통계속보 제378호]

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 2009년에 34.1%까지 감소하였다. 1998년 이후 원자력 발전량은 30~40%대의 점유율을 유지하

며 꾸준히 우리나라의 주력 발전원으로서 안정적 전력공급에 크게 기여하여 왔다.

〈표 2-3〉 원자력발전소 호기별 발전량 실적

호기 \ 실적		'09 발전량 실적(MWh)	상업운전 이후 누계 발전량(MWh)
고리	#1	5,094,980	123,920,971
	#2	5,499,450	131,678,407
	#3	7,857,992	177,920,960
	#4	8,090,131	177,988,000
월성	#1	1,268,189	131,829,657
	#2	6,064,158	72,829,047
	#3	6,084,706	67,928,771
	#4	5,914,348	61,439,328
영광	#1	7,679,025	174,186,660
	#2	8,674,894	164,889,588
	#3	9,174,997	120,491,249
	#4	8,060,852	113,809,398
	#5	8,329,413	60,631,601
	#6	9,011,644	57,441,814
울진	#1	7,845,754	156,042,744
	#2	8,665,788	151,492,116
	#3	8,573,464	95,031,559
	#4	8,362,432	83,428,325
	#5	8,351,514	45,946,928
	#6	9,167,075	40,218,423
계		147,770,807	2,209,145,547

〈표 2-4〉 에너지원별 발전량 추이

(단위 : GWh, %)

연도 설비별	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09
원 자 력	112,133 (39.3)	119,103 (38.9)	129,672 (40.2)	130,715 (38.2)	146,779 (40.3)	148,749 (39.0)	142,937 (35.5)	150,958 (35.7)	147,771 (34.1)
수 력	4,151 (1.5)	5,311 (1.7)	6,887 (2.1)	5,861 (1.7)	5,189 (1.4)	5,219 (1.4)	5,042 (1.3)	5,561 (1.3)	5,641 (1.3)
석 탄	110,333 (38.7)	118,022 (38.5)	120,276 (37.3)	127,158 (37.2)	133,658 (36.7)	139,205 (36.5)	154,674 (38.4)	173,508 (41.1)	193,216 (44.6)
석 유	28,156 (9.9)	25,095 (8.2)	26,526 (8.2)	22,065 (6.4)	20,491 (5.6)	19,195 (5.0)	21,215 (5.3)	15,430 (3.7)	19,905 (4.6)
가 스	30,451 (10.7)	38,943 (12.7)	39,090 (12.1)	55,999 (16.4)	58,118 (15.9)	68,302 (17.9)	78,427 (19.5)	75,809 (17.9)	65,280 (15.1)
대 체	-	-	-	350 (0.1)	404 (0.1)	511 (0.1)	829 (0.2)	1,090 (0.3)	1,791 (0.4)
합 계	285,224	306,474	322,452	342,148	364,638	381,181	403,124	422,355	433,604

주) 모든 통계수치는 각각 반올림되었으므로 합계가 일치하지 않는 경우도 있음

[한전 전력통계속보 제378호]

제3절 이용률 및 가동률 현황

1. 이용률

원전 이용률은 발전설비 운영의 효율성과 활용도를 나타내는 지표로서 설비 건전성과 운영인력의 우수성 등 발전소 운영기술 수준을 평가하는 직접적인 척도가 된다. 2009년 우리나라 원전 평균 이용률은

〈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

91.7%를 기록하여 세계 원전 평균 이용률 76.0%보다 약 16% 상회하는 우수한 운영실적을 달성하였다.

국내원전의 이용률 추세는 1978년 국내 최초로 고리 1호기가 상업운전을 시작한 이래 1990년도까지는 70%대 수준이었으나, 원전운영 기술과 경험이 부족하였던 초창기의 어려움을 슬기롭게 극복하고 지속적으로 운영기술을 향상시켜 1991년부터 80%대로 진입하였으며 2000년 이후 10년 연속 90%이상의 높은 이용률을 유지하고 있다.

〈표 2-6〉 국내 및 세계 원전이용률 비교

(단위 : %)

연도 구분	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09
국내평균	87.6	90.2	88.2	90.4	93.2	92.7	94.2	91.4	95.5	92.3	90.3	93.4	91.7
세계평균	72.2	73.9	75.6	76.4	78.9	78.9	76.5	78.8	79.3	79.5	78.7	79.4	76.0

[Nucleonics Week('10. 4. 1)]

2. 가동률

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

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. <표 2-8>의 국내 원자력발전소 고장정지 현황에 나타난 바와 같이 2009년도 가동원전 20기에서 모두 6건의 고장정지가 발생하여 호기당 고장정지건수는 0.3건을 기록하였다. 원자력 발전의 초기단계인 1980년대 중반까지는 호기당 5건 이상의 높은 고장정지건수를 기록했으나, 운영경험 및 관련 기술의 축적으로 1998년 이후 호기당 1건 미만의 우수한 실적을 보여주고 있다.

원자력발전소의 고장정지 저감 및 안전운전을 위해서는 원전을 운영하는 인력의 역할이 매우 중요하다. 따라서 인적실수 제로화를 목표로 원전 종사자 중심의 환경과 설비 개선, 인적오류 예방지원 조직 확대를 3대 중점과제로 선정하여 산·학·연 공동연구 및 사내 인적오류 예방 TF팀을 구성하여 운영 중이다.

또한 인적행위 개선 프로그램 운영을 위해 인적행위개선 관련 회의체를 운영할 계획이다. 부서별 실무자로 구성된 발전소 인적행위 개선팀을 운영하여 매년 인적행위 개선계획을 수립하고, 인적오류 사건 발생 시 처리절차를 마련하여 인적행위 추이분석을 위한 운영개선 프로그램, 관리자 관찰, 작업전 회의, 발전소 인적오류 사건기록 등을 데이터로 관

리할 것이다.

마지막으로 인적오류 유발인자에 대한 포스터를 제작하여 교육을 실시하고 있다. 인적오류로 인한 사건을 원인별로 분류하고 그 중 발생빈도가 높은 27개 항목을 선정해 포스터로 만들어, 발전소 주요 장소에 게시하고 한수원(주) 및 협력업체 직원들에게 이메일로 전달하고 있다.

〈표 2-8〉 2009년도 국내 원자력발전소 고장정지 현황

호 기	정지일시	재개일시	정 지 내 용
고리#2	1.24 22:09	1.29 18:47	주증기관 저압력에 의한 발전정지
월성#1	1. 6 05:19	1. 7 06:55	여자기 전원상실에 의한 발전정지
영광#4	5.20 08:24	5.20 18:37	터빈 비상정지계통 제어유 압력감소에 의한 발전정지
영광#4	6. 3 00:46	6. 6 16:23	가스절연모선 지락에 의한 발전정지
영광#5	10.23 22:11	10.24 20:30	제어봉 위치 편차에 의한 발전정지
울진#4	12.21 15:17	12.22 06:24	여자변압기 충격압력보호계전기 동작에 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
누계	107	52	31	29	36	8	5	2	29	25	12	12	5	3	23	17	10	11	4	2	423	-

2. 한주기 무고장 안전운전

한주기 무고장 안전운전이란 연료교체 후 다음 연료교체 시까지 발전 정지 없이 연속운전 하는 것을 의미하며 원전의 운전·정비·관리 등 모든 분야에서 우수한 운영능력을 직접적으로 보여주는 지표이다. 2009년도에는 20기의 가동원전 중 고리 1호기 및 월성 3·4호기, 영광 1·5호기, 울진 3·5호기 등 모두 7개 호기가 한주기 무고장 안전운전을 달성하였다. 이로써 2009년 말까지 국내 원전이 달성한 한주기 무고장 안전운전은 1988년 고리 3호기를 시작으로 총 82회에 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

호기\구분	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	7	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
월성 #1	5	515	'07. 8. 1 ~ '08.12.27
		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	2	383	'05.10.21 ~ '06.11. 7
		428	'04. 9.25 ~ '05.11.26
월성 #3	4	393	'07. 4. 6 ~ '08. 5. 3
		454	'99.12. 4 ~ '01. 3. 1
		414	'04.12.18 ~ '06. 2. 4
		404	'07. 5.24 ~ '08. 6.30
월성 #4	5	420	'08. 7.27 ~ '09. 9.19
		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
영광 #1	4	414	'08. 4.26 ~ '09. 6.13
		395	'92.10. 8 ~ '93.11. 5
		432	'00.11.28 ~ '02. 2. 2
		476	'03. 6.17 ~ '04.10. 4
영광 #2	2	495	'07.10.26 ~ '09. 3. 3
		458	'01.10.17 ~ '03. 1.17
		465	'03. 2.20 ~ '04. 5.29

구분 호기	달성횟수	연속 운전일	연속 운전기간
영광 #3	5	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
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	4	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
울진 #2	4	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
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	'00. 7. 8 ~ '01. 6.30
울진 #4	1	472	'05. 2. 5 ~ '06. 5.22
울진 #5	2	400	'05. 8. 7 ~ '06. 9.10
		487	'07.12.12 ~ '09. 4.11
울진 #6	2	386	'06. 5.11 ~ '07. 5.31
		437	'07. 6.28 ~ '08. 9. 6
계	82	-	-

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

구분 \ 연도	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09
가동 원전	9	9	9	9	10	11	12	14	16	16	16	18	18	19	20	20	20	20	20
한주기 무고장안전	1	2	3	0	1	1	2	6	4	1	7	7	4	10	4	6	7	8	7

제5절 정비 및 교육훈련 관리

1. 정비관리

가. 예방정비의 최적화

2009년도 계획예방정비는 14개 호기에서 총 677.4일 동안 수행되었으며, 평균공기는 29.6일로 지난 3년간의 평균실적 대비 6.5일을 단축시킨 기록이다. 또한, 울진 3호기가 22.5일로 동일 노형별 최단 공기에 계획예방정비를 시행하였다.

〈표 2-12〉 국내 원자력발전소 최단공기 현황(2009.12.31 기준)

구 분	경수로(표준형)		
	호기명	공기(일)	기 간
이전 최단공기	울진#3	25.2	'08. 6.30 ~ '08. 7.25
최단공기 달성		22.5	'09.10.29 ~ '09.11.20

계획예방정비 공기 최적화 노력의 일환으로 전사적 자원관리 시스템(ERP)의 통합 Upgrade 공정관리 프로그램과 연계하여 공정관리 인력

절감 및 공정의 정확도를 향상시켰다. 또한 원자로 및 터빈 발전기 정비 등 주공정 최적화를 위해 24시간 작업체제를 시행하여 주·야간 동일한 작업효율 유지와 함께 주공정 작업과 병행할 수 있는 공정기법을 개발하였으며, 정비작업 단계를 분단위로 세분화함으로써 시간 손실을 최소화하였다. 최근 세계의 원전 사업자들은 치열한 시장경쟁 체제하에서 원전의 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 시행하였고 표준형원전에 대하여 2014년부터 21일대 계획예방정비를 달성하는 ‘표준원전 21일대 달성 프로젝트’를 수립하여 공정·작업관리 기량 향상, 설비 개선, 발전소 기동·정지 절차 및 화학·노심 관리분야 공정개선, 정비기법 선진화, 조직·제도 개선 등을 추진하고 있다. 2005년에는 해외 전문기관에 의뢰해 영광 4호기를 대상으로 계획예방정비 준비에서 시행까지 정비 및 운영분야 전반에 대한 진단을 수행하였다. 2008년에는 체계적이고 표준화된 선진 공정관리 기반을 조성하기 위하여 실시간 원전 계획예방정비 공정관리 시스템(NPOMS)을 구축하였으며, 예방정비 최적화를 위하여 예방정비 표준화 기준(PM Template)을 개발하여 예방정비 기준에 따른 상태감시와 정비직무 ERP 시스템을 연계하여 시행하고 있다. 2009년에 시행한 주요 정비 및 점검 사항을 살펴보면, 영광 2호기 저압급수가열기 교체, 영광 4호기 증기발생기 수실관통노즐 정비 및 여자시스템 교체, 영광 5호

기 및 울진 4호기 증기발생기 배수노즐 정비, 영광 5호기, 월성 4호기 및 울진 4호기 여자기(EX2000) 교체, 월성 3호기 냉각재펌프 밀봉장치 교체, 울진 1호기 소내전산기 교체, 울진 5호기 복수기 여과기 설치 등을 수행하였으며, 특히 노후화된 월성 1호기 압력관 및 원자로관, 제어용 전산기 교체 등 대규모 설비개선(615일)을 시행하여 설비신뢰도와 안전성 향상을 도모하였다.

〈표 2-13〉 호기별 계획예방정비 실적 (2009년)

호기	회차	일정	공기	주요작업항목
고리#1	27	'09.12.16 ~ '10. 1. 8	23.2	○ 원자로 상부 자동초음파 검사 ○ 저압터빈 #2 분해 점검
고리#2	23	'09. 9. 1 ~ '09. 9.23	22.2	○ 증기발생기 세관 정비 ○ 주발전기 분해 점검
고리#3	19	'09.10.28 ~ '09.12. 6	39.2	○ 고압터빈 성능개선 및 주발전기 교체 ○ 주변압기 및 MSSV 교체
고리#4	18	'08.12.27 ~ '09. 2.10	45.4	○ 고압터빈 성능개선 및 주발전기 교체 ○ 주변압기 및 MSSV 교체
영광#1	18	'09. 3. 3 ~ '09. 4.11	39.0	○ 고압터빈 및 발전기 완전분해 점검
영광#4	11	'09.10. 1 ~ '09.11. 7	37.4	○ 증기발생기 수실 관통노즐 정비 ○ 여자기시스템 교체 및 연료취급설비 개선
영광#5	6	'09. 8.23 ~ '09. 9.23	31.3	○ 원자로 하부 자동초음파 검사 ○ 주변압기 및 여자기 시스템 교체
월성#1	21	'09. 4. 1 ~ '10.12. 6	615	○ 압력관 및 원자로관 교체 ○ 제어용전산기 교체 ○ 취수구 회전스크린 교체
월성#2	10	'09. 8.22 ~ '09. 9.11	20.6	○ 저압터빈 #2 분해점검 ○ 증기발생기 #2,4 랜싱 및 포사

호기	회차	일정	공기	주요작업항목
월성#3	9	'09. 9.19 ~ '09.10. 9	19.7	○ 냉각재펌프 4대 밀봉장치 교체 ○ 터빈 베어링 전량 분해 점검
월성#4	8	'09. 6.13 ~ '09. 7.10	26.7	○ 주발전기 분해점검 및 P-Bar 제거 ○ 여자기 시스템 교체 ○ 저압터빈 #1 및 고압터빈 완전 분해 점검
울진#1	16	'09. 2.23 ~ '09. 3.26	30.7	○ 저압터빈 #1,2,3 완전 분해 점검 ○ C/V 출입구 개선 ○ 소내 전산기 교체
울진#3	9	'09.10.29 ~ '09.11.20	22.5	○ 주변압기 및 주급수 제어밸브 교체 ○ 저압터빈 'C' 분해 점검
울진#4	8	'09. 2. 4 ~ '09. 3. 1	24.9	○ 주변압기 및 여자기시스템 교체 ○ 저압터빈 'A' 및 발전기 분해 점검 ○ 증기발생기 수실 관통부 노즐 정비
울진#5	4	'09. 4.11 ~ '09. 5.13	32.4	○ 복수기 여과기 설치 ○ 여자기시스템 및 주변압기 'C' 상 교체

나. 정비체제의 선진화

선진국형 정비체제 확립과 효율성 제고를 통한 설비의 최적운영을 도모하기 위하여 발전소별로 우수인력을 선발하여 엔지니어링 조직을 확대 구성하였고, 해외 우수원전 및 원전 기자재 제작사에 장기 파견하여 핵심 시스템 엔지니어를 육성하는 등 글로벌 핵심 전문 기술인력을 지속적으로 양성하고 있다. 원전 설비를 자체적으로 검사할 수 있도록 장비 확보 및 교육을 시행하여 원자로헤드 관통관 검사를 수행함으로써 검사 신뢰도 및 기술력을 향상시켰으며, 원전 가동중검사에서 수행되는

비파괴검사 중 안전관련 설비에 대한 초음파 탐상검사와 증기발생기 세관 와전류탐상검사에 대한 기량검증 제도가 교육과학기술부 고시로 제정되어 시행됨에 따라 검사 신뢰도가 더욱 향상되었다. 또한 원전 설비 기술력 향상을 위해 증기발생기 통합성능 관리기술, 공기구동밸브 설계 기준 성능평가기술, 감속배관 관리기술의 연구개발을 추진 중에 있다. 국제 유가의 상승과 기후변화협약의 발효로 원자력 발전의 필요성이 증대되고 있는 가운데 한수원(주)은 정비체제의 선진화를 통해 원전의 안전성과 정비 신뢰도를 향상시켜 발전소 고장정지를 최소화하고 우수한 운영실적을 달성하여 원전 안정운영에 크게 기여하였다.

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 원전사업자인 한수원(주)은 전문인력 양성과 이를 통한 안전문화 정착에 중점을 두고 인적자원 역량개발을 위해 많은 노력과 투자를 하고 있다. 원자력발전소 건설·시운전·운영 등 전 분야에 걸쳐 원자력에 대한 기초부터 고급분야에 이르는 교육과정 운영으로 전문인력을 양성하기 위해 원자력교육원을 운영하고 있다. 또한 각 원전 본부에서는 원전조종사의 시뮬레이터 실습을 포함한 사업소별 특정 부문의 훈련을 위해 교육훈련센터를 설립하여 교육체계 및 과정을 현장중심으로 세분화 및 전문화하였으며, 교육시설의 현대화 및 발전소 종사

자의 직무분석을 통한 교육훈련 프로그램 개편으로 직무 전문성 향상과 현장 문제해결 중심 교육으로 개선하였고, 인적실수 방지 및 운전기술 고도화 등 전문교육과정을 중장기 교육 프로그램에 반영하여 시행하고 있다.

가. 교육체계

원자력분야의 교육체계를 살펴보면, 신입사원의 경우 입사 후 원자력 전문 교육기관인 원자력교육원에서 7주간의 신입원자력기초 교육을 이수하게 되며, 이어서 발전소 현장에서 13~17주간의 현장적응훈련과 훈련센터에서 8주간의 해당 노형별 계통교육 등 총 28~32주 교육을 마친 후 보직을 받아 업무에 임하게 된다. 특히 발전팀의 원전조종사에 보직된 신입직원은 4주간의 복수근무를 추가로 시행하여 원전 안전운전 역량을 확보하고 있다. 또한 운전·정비 등 발전소 운영분야의 기술능력을 향상시키기 위하여 보직 후에도 업무수행 중 각 보직에 필요한 실무과정, 전문과정, 간부과정 등을 단계적으로 이수하도록 사내교육을 시행하고, 핵심 및 취약분야 기술 습득을 위해 해외 및 국내 설비제작기관과 해외 우수원전에 파견하여 위탁교육을 시행하고 있다.

나. 원자력교육원 교육

1979년 10월, 원자력 전문기술인력 양성이라는 중요한 역할을 수행하기 위해 설립된 한수원(주) 원자력교육원은 ‘글로벌 경쟁력을 갖춘 인재양성’이라는 미션과 ‘세계 제일의 원자력전문 교육기관’이라는 비

전을 가지고 국내·외의 원자력분야 종사자들을 교육하고 있다. 원자력 교육원의 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 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 교육인프라 구축에 노력하고 있다. 그 외 원자력발전소 정비 업무를 전담하고 있는 한전KPS(주)의 정비요원을 대상으로 한 교육과정과 국내원전 관련 업체 및 해외 원전 개발국 기술자 양성을 위해 다수의 수탁 교육과정을 운영 중에 있다. 각 사업소 교육훈련 센터(고리, 영광, 월성, 울진)에서는 원자력교육원 교육과정을 위임받아 운영중이며, 또한 사업소 특성에 맞는 특수교육과정과 노형별 직무교육을 운영하고 있다. 특히 해당원전과 동일한 원자로 모의제어반을 도입하여 원전 조종사를 국내에서 모두 양성하고 있으며, 노형별 특성을 반영한 현장 문제해결 중심의 교육과정 운영과 실습훈련을 강화하기 위해 노력하고 있다.

다. 국내 위탁교육 및 해외훈련

원자력산업 종사자의 역량강화를 위한 교육과정 중 원자력교육원에

서 운영하기 어렵고 국내·외 전문기관을 활용한 교육훈련이 필요한 분야에 대해서는 위탁교육을 시행하고 있다. 국내위탁교육은 한국표준협회, 한국생산성본부 등 국내 전문교육기관을 이용해 실무개발 교육을 시행하고, 한전원자력연료, 두산중공업 등 국내 원전 기자재 제작 및 설계회사에 위탁하여 교육을 시행 중에 있다. 또한, 전문기술 향상, 선진기술의 습득, 신규원전의 운영요원 및 특수분야 전문인력 양성을 위하여 원자로 제작사 등 해외 전문기관 위탁 훈련을 지속적으로 실시하고 있으며, 해외 우수원전의 운영기술을 벤치마킹하기 위한 장기과견교육을 통해 선진 운영기법을 국내원전에 반영함으로써 국내 원전의 안전성과 신뢰성을 더욱 확고히 하고 있다.

〈표 2-14〉 교육훈련 실적

(단위 : 명, 2009.12.31 기준)

구분 \ 년도	1977~2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	계
사내교육 (교육원 및 훈련센터)	52,831	4,889	7,521	7,160	7,405	8,380	8,637	9,595	8,587	115,005
국내위탁교육	6,406	1,307	2,243	2,864	2,592	3,256	3,461	4,769	3,580	30,478
해외위탁교육	1,231	62	130	341	462	546	427	308	84	3,591
계	60,468	6,258	9,894	10,365	10,459	12,182	12,525	14,672	12,251	149,074

〈표 2-15〉 원전 훈련용 시뮬레이터 현황

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

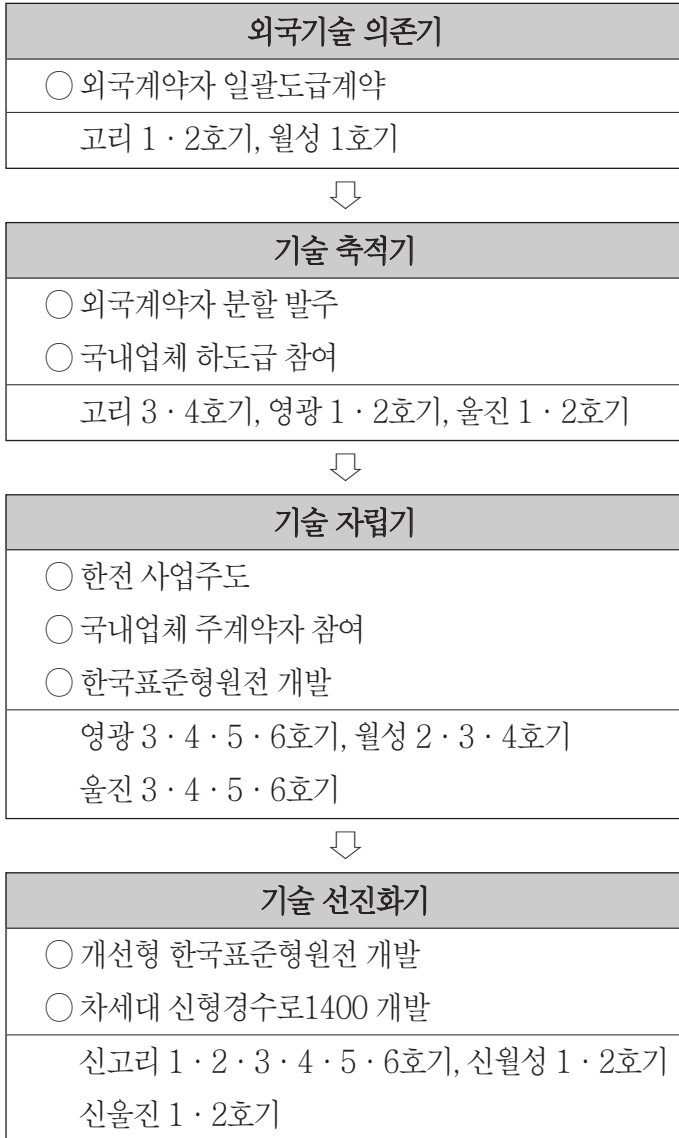
제3장 원자력발전소 건설

한국수력원자력(주) 건설처 건설계획팀장 원재연

제1절 원전 건설사

1978년 4월 고리원자력 1호기가 가동됨으로써 세계에서 21번째 원전보유국이 된 우리나라는 지속적인 원전건설을 추진하여 2009년 말 기준으로 20기의 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 1억7,390만 달러, 내자 717억원 등 모두 1,560억원이 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 2,805억원 등 5,916억원이 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 진행하였다. 바로 이때 불붙기 시작한 중동의 석유무기화 전략은 제1차 석유파동을 몰고 왔으며 정부는 이에 대처하는 방안으로 원자력발전개발계획의

확장을 서둘러야 하는 처지에 있었다.

한전은 원전 2·3호기의 조기도입을 위해 1973년 11월 24일 월성 1호기의 건설계획을 확정하고, 곧이어 11월 27일 구매의향서를 캐나다 원자력공사에 발송하였다. 한전은 캐나다원자력공사와 계약조건과 내용에 대한 오랜 협상 끝에 최종합의를 위해 민충식 한전사장을 대표로 하는 협상대표단을 파견하게 되었으며, 1974년 12월 31일 캐나다 몬트리올에서 합의 내용에 대한 가계약을 체결하고 정부에 보고, 추인을 받은 후 1974년 1월 27일 정식계약서에 서명하였다.

1975년 10월 월성 1호기 건설사무소가 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 턴키방식으로 캐나다원자력공사가 발전소 기기의 설계, 구매, 현장설치, 시운전, 품질보증, 운전원 훈련 및 초기노심용 원전연료와 중수의 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 일부 설비의 공급 및 설치를 담당했고, 영국과 캐나다의 Parsons사가 터빈·발전기의 공급, 설치감독 분야를 맡았다. 시설용량 678MW의 이 중수로 건설에는 외자 6억달러, 내자 3,055억원 등 6,428억원이 소요됐는데, 캐나다수출개발공사, Royal은행, 영국의 Hambros은행, Lazards은행의 차관으로 충당하였다. 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 분할발주방식(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·관리하

게 된 한전은 건설부지를 고리 1·2호기의 인접 지역으로 정하고 1978년 2월 부지정지작업에 들어갔다. 같은 해 4월 Westinghouse사와 1차 계통 공급계약을 체결하고 잇따라 5월에는 GEC사와 2차 계통 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 9,251억원 등 모두 1조 718억원이 소요되었다.

나. 영광 1·2호기

영광 1·2호기는 건설부지를 전남 영광군 홍농면(현 홍농읍) 계마리로 확정하고 고리 3·4호와 마찬가지로 한전 주도의 분할발주방식으로 추진되었다. 설비용량은 각각 950MW, 노형은 가압경수로형이고 공사비는 외자 10억 6,300만달러, 내자 1조 2,078억원 등 모두 2조 400억원이 소요되었다. 건설에 따른 국제입찰이 진행 중이던 1979년 3월 28일 미국의 드리마일 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, 드리마일 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 2조 1,200억원이 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 순수 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 함으

로써 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 2년 여에 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 주도하되 기술이 미진한 분야에 대해서만 외국업체로부터 지원을 받도록 함으로써 사업에 소요되는 자금 중 외자의존도를 17% 정도로 대폭 축소시켰다. 영광 3호기는 1994년 3월, 4호기는 1996년 1월에 성공적으로 상업운전에 들어감으로써 한국표준형원전을 탄생시킨 모태로서 큰 역

할을 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 3조 3,500억 원이 투입되는 「울진원자력 3·4호기 건설추진계획」을 의결하였다. 울진 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 되

었으며, 이 표준설계는 앞으로 건설되는 후속기에도 계속 적용하여 원전건설의 해외 의존도를 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-690으

로 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 원자로냉각재계의 자동융접 등 신공법 등을 통하여 국내 원전중 최단기간에 건설될 예정이다. 2009년말 현재 건설중인 신고리 3·4호기와 건설 준비중인 신울진 1·2호기는 신형경수로1400(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 신형경수로 1400은 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

2009년 말 현재 우리나라는 6기의 원전을 건설 중에 있으며 4기의 원전이 건설 준비중에 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 3·4호기가 있으며, 건설준비중 원전으로는 APR1400으로 건설되는 신울진 1·2호기가 2010년 4월 부지정지공사 착수를 목표로 사업을 추진중에 있으며 신고리 5·6호기가 2013년 9월 본관 기초 굴착을 목표로 사업을 추진중이다.

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, 2009년 2월 26일 2호기 원자로용기 설치 완료하였다. 1호기는 2010년 6월 연료장전 및 2호기는 2010년 10월 상온수압시험(CHT : Cold Hydro Test)을 목표로 공사가 진행중이다.

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 2011년 1월 상온수압시험(CHT : Cold Hydro Test) 예정이며, 2호기는 2010년 6월 원자로용기 설치를 목표로 구조물공사 및 기전공사가 진행중에 있다.

또한, 최초로 APR1400으로 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, 2009년 8월 19일에 4호기 최초콘크리트 타설을 하였으며, 2010년 8월 3호기 원자로 설치를 목표로 하여 공사가 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 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약을 체결하고, 2010년 3월 주설비공사 계약을 체결하여 2010년 4월 부지정지공사 착수를 목표로 준비업무에 만전을 기하고 있다.

〈표 2-16〉 건설중/건설준비중 원전 준공일정

건 설 중						건설준비중			
신고리#1	신고리#2	신월성#1	신월성#2	신고리#3	신고리#4	신울진#1	신울진#2	신고리#5	신고리#6
'10.12	'11.12	'12.3	'13.1	'13.9	'14.9	'16.6	'17.6	'18.12	'19.12

신규원전 입지는 고리원전 인근 효암·비학 지역과 신암리 지역에 8

기를 건설할 수 있는 부지를 각각 1997년과 2000년에 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하여 현재 신고리 1·2호기와 신고리 3·4호가 건설중에 있다. 또한, 2002년 5월 울진원전 인근 덕천리 지역에 4개 호기를 건설할 수 있는 부지를 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하여 현재 신울진 1·2호기가 건설 준비중에 있다. 한편 1995년 7월 월성원전 인근 봉길리에 4기를 수용할 수 있는 부지를 지정·고시하였으나 동 부지의 일부가 2005년 11월 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지선정 주민투표 결과에 따라 2006년 1월 중·저준위방사성폐기물 처분시설 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 건설계획에 반영된 신고리 1·2호기는 2000년 8월 건설기본계획을 확정하였고, 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 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 상온수압 시험(CHT : Cold Hydro Test)에 착수하여 9월 6일 완료 후 2010년 1월 예정인 고온기능시험(HFT : Hot Functional Test) 관련작업 및 시운전시험이 진행중에 있다. 2호기는 2007년 6월 5일에 최초콘크리트 타설을 하였고 2009년 2월 26일 원자로용기를 설치하고 2009년 10월



〈그림 2-5〉 신고리 1·2호기 공사현장 전경('09.12)

16일 초기전원가압을 거쳐 2010년 10월 예정인 상온수압시험(CHT : Cold Hydro Test)을 위한 관련작업 및 시운전시험이 진행중에 있다.

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 2-17〉 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. 6)	○ ('10.12)
신고리 #2	● '00. 8	● '05. 1	● '05.10	● '07. 6	● '09. 2	○ ('10.10)	○ ('11. 2)	○ ('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)과 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약을 체결하였으며, 동시에 한국전력기술(주)과 종합설계용역 계약을 체결하였다. 이어 2003년 7월에 대우건설(주)/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 굴착공사에 착수하였고, 2007년 11월 20일 1호기 최초콘크리트를 타설한 이후 2009년 7월 27일 원자로용기를 설치하고, 2009년 12월 현재 1호기는 원자로내부구조물(RVI) 설치 및 원자로냉각재펌프 등 원자로계통 기전공사를 진행하고 있다. 또한, 2호기는 2009년 3월 국내 최초로 원자로건물 격납철판 3단 동시 인양작업을 추진하였고 현재 원자로건물 구조물공사를 진행하고 있으며 2010년 6월에는 원자로용기를 설치할 예정이다.



〈그림 2-6〉 신월성 1·2호기 공사현장 전경('09.12)

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 운전편의성 개선을 위한 설계 최적화 및 합성구조물공법 등 신공법을 확대 적용하였을

뿐만 아니라, 국내최초로 원자로격납건물철판(CLP) 3단시공, Dome Liner 2단시공, 원자로냉각재 배관(RCL)/원자로내부구조물(RVI) 병행 시공 등의 신공법 적용으로 건설공정을 최적화하여 건설중에 있다.

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 540m, 수심 15m에서 온배수를 방류하는 수중 취·배수방식을 채택하였다. 아울러, 신고리 1·2호기와 더불어 4개 호기 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 2-18〉 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	○ ('11.1)	○ ('11.5)	○ ('11.9)	○ ('12.3)
신월성 #2	● '00.12	● '05.10	● '07.6	● '08.9	○ ('10.6)	○ ('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 APR1400 원자력발전소로써 2013년 9월과 2014년 9월 각각 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.

2007년 9월 정부로부터 전원개발사업실시계획을 승인 받아 부지정지공사를 착수하여 2008년 4월 건설허가 취득과 동시에 본관기초 굴착공사를 착수하였다. 2008년 10월 16일에는 3호기 원자로건물 최초 콘크리트타설을 함으로써 본격적으로 구조물공사를 착수하게 되었으며, 4호기는 2009년 8월에 원자로건물 최초콘크리트를 타설하였다. 2009년 12월 현재 원자로건물, 터빈건물, 보조건물 등의 구조물공사가 계획대로 진행중에 있으며, 2010년 8월에는 3호기 원자로를 설치 할 예정이다.

신고리 3·4호기는 한국표준형원전을 토대로 해외 신형원전의 신개념 기술을 참조하여 설계되었으며, 기 확보된 국내 원전의 건설·시운

전 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 최소화 할 수 있도록 중대사고 완화 측면을 설계개념에 대폭 반영하였는데 원자로 용기 직접주입(Direct Vessel Injection), 비상노심냉각수 유량조절장치(Fluidic Device in SIT), 안전감압계통(POSRV), 원자로건물내 원전연료재장전수조(IRWST) 등이 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.



〈그림 2-7〉 신고리 3·4호기 공사현장 전경('09.12)

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

2010년대 중반에 APR1400의 첫번째 발전소인 신고리 3·4호기가 본격적인 상업운전에 들어갈 경우 21세기 국내 원전산업의 새로운 장을 열게 될 것이며, 안전성과 경제성 측면에서도 국제적인 경쟁력을 확고히 갖추게 될 것으로 기대된다.

〈표 2-19〉 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	○ ('10.8)	○ ('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 APR1400 노형으로 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 계약이 체결되도록 하되, 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 4월말 부지정지공사를 착수할 예정이다.

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 2-20〉 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)

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 표준형원전 건설에 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 기술자립을 추진하였으며 이를 위해 국내 역할 분담사와 외국 기술보유사(CE, GE, S&L)간에 기술도입계약(TTA)을 체결하여 전산코드를 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 2-21〉 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 어려운 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 5·6

호기를 2002년에 각각 성공적으로 준공하였으며 계속하여 올린 5·6 호기가 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 안정성을 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(APR1400)

가. 개 요

차세대원자로 기술개발은 한수원(주)의 원자로 노형전략 계획에 따라 한국표준형원전의 뒤를 잇는 신형 가압경수로형의 원전을 개발하는 것으로 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 차세대원자로로는 2001년 2월 제15차 기술

개발추진위원회에서 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

APR1400은 기존 노형 대비 안전성과 경제성을 대폭 개선하여 국제 경쟁력을 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 (1,400MW), 설계수명 (60년), 내진설계 (0.3g)
- 안전여유도 증대 : 노심 열적여유도 확보 (10~15%), 가압기/증기 발생기 용량 증대, 4 Train 원자로 직접 안전주입, 원자로건물내 원전연료 재장전수조(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

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 철판거푸집 적용(SC 모듈공법), 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 APR1400으로 건설중인 신고리 3·4호기 및 건설준비 중인 신울진 1·2호기가 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 원전 대비 보다 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) 정비기획처 설비기술팀장 하수영

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 시

행규칙(제19조의2~3)이 개정되었으며 2005년 12월에는 계속운전 관련 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 20기의 원전 중에서 고리 1호기와 월성 1~4호기의 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 2-22〉 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
계		17,716					

3. 해외 계속운전 추진현황

현재 상업용 원자력발전소는 전 세계적으로 31개국에서 441기가 가동되고 있으며 30년 이상 운전중인 원자력발전소는 152기이고, 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. 2009년 12월 현재 104기 원전 중 인허가갱신 승인을 받은 원자력발전소는 59기이며, 심사중인 원자력발전소는 18기이다.

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 기본원칙)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. 2009년 12월 현재 총 18기의 원전이 30년 이상 계속운전 중이다.

영국은 운영허가기간의 제한이 없으며 10년마다 수행되는 주기적안전성평가(PSR) 결과를 활용하여 계속운전 허용여부를 결정하며, 2009년 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 2-8〉 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 국내·외 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 대체 교류전원 발전기 신설('06), 주발전기 및 여자시스템 교체('05), 주변압기 및 보조변압기 교체('04), 격납용기 냉방설비 신설('04), 저온 과압방지설비 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 2-9〉 고리 1호기 증기발생기 및 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)으로부터 고리 1호기 계속운전·신청서류를 접수한 후 과기부는 안전기술원의 전문인력 100여명을 투입하여 18개월동안 심사를 수행하였다.

16개 평가분야의 112개 안전기준에 따라 계속운전 신청서류를 검토하면서 한수원(주)과 3회에 걸쳐 1,000여건의 서면 심사질의·답변을 주고 받았으며, 원전 주요설비의 설치상태 및 성능, 경년열화 관리계획의 구비 등 현장의 계속운전 준비상태를 확인하기 위한 현장점검도 수

시로 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, 수명평가시 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 확인되었다. 특히 지진

발생에 대비한 내진설비, 가상배관파단 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.

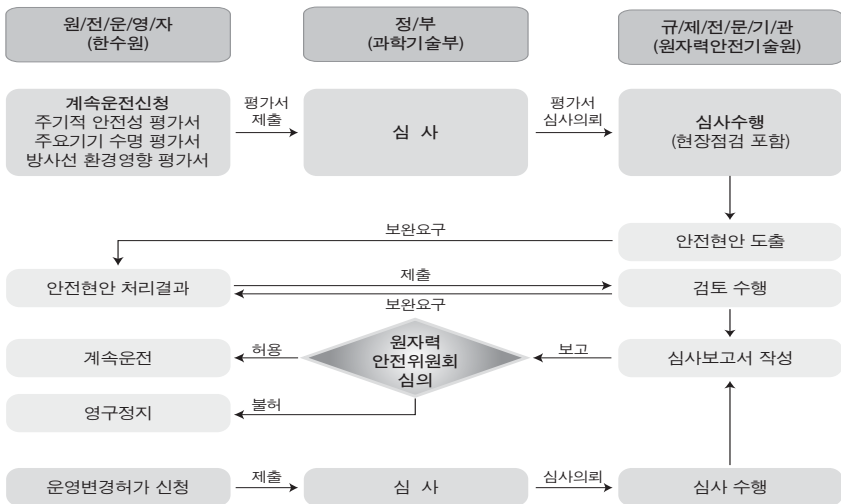
제안사항으로는 가압기 하부헤드 등 주기기 피로평가의 보완과 격납건물 전기관통부집합체의 제어·계측 케이블 연결을 보호튜브 방식으로 교체하는 것이었다.

권고사항으로는 비안전관련 설비의 위치영향 분석, 가압기 살수 헤드에 대한 일회검사 수행, 그리고 지하수위의 관측 시스템을 구축하는 것이었다. 한수원(주)은 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 2-10〉 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 피해 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 반대활동을 하였다.



〈그림 2-11〉 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 국가인권

위원회 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 계속운전 이 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(주) 경영진, 학계, 언론계, 갈등관리전문가로 구성된 상황점검반을 구성하여 고리 1호기 계속운전 이해관계자들과의 갈등 해소 대책에 주력하였다.



〈그림 2-12〉 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 한수원(주)의 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 체결하였으며 울주군은 서생지역 대책위 및 울주군 어대위와 2007년 12월 21일 합의서를 체결함으로써 2년여에 걸친 지역주민과의 갈등이 해결되었다.



〈그림 2-13〉 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 불안과 경주 방 폐장 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 2-14〉 고리 1호기 계속운전 재가동 기념식 모습

5. 월성 1호기 계속운전 추진현황

가. 수명관리연구 및 안전성평가

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

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 제어패널 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 2-23〉 경년열화 관리대상 선정 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 2-24〉 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-801(GALL)

〈표 2-25〉 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 2-26〉 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.

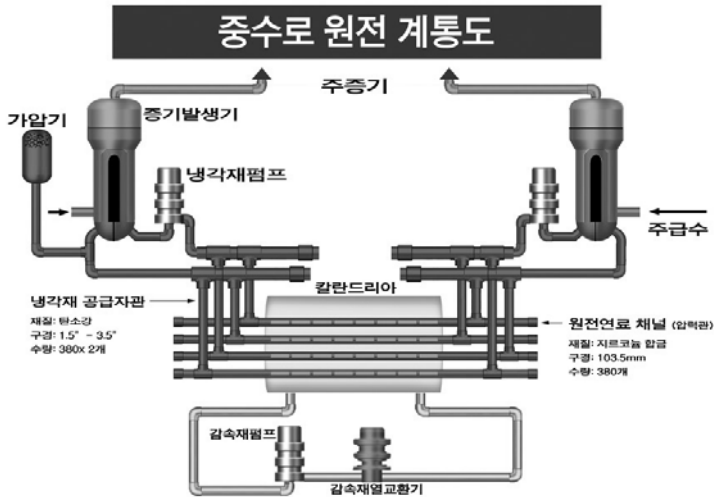
제2절 월성 1호기 압력관교체

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.

월성 1호기는 1977년 5월 3일에 착공을 시작하여 1982년 11월 21일 원자로 최초 임계에 도달하였고, 이듬해인 1983년 4월 22일 상업운전을 시작하였으며 발전소 설비 용량은 678MW이다.



〈그림 2-15〉 월성 1호기 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.

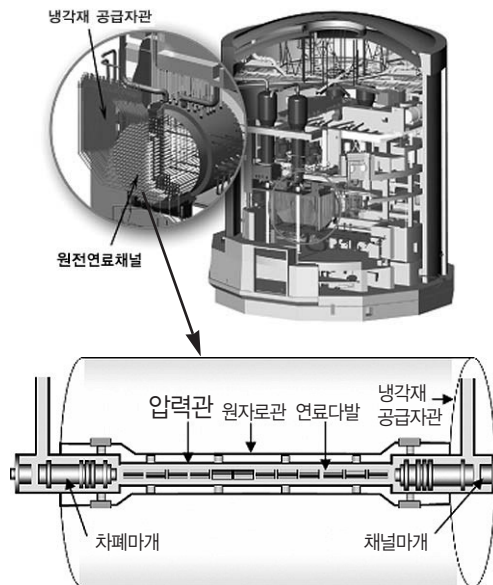
〈표 2-27〉 월성 1호기 평균 이용률 및 발전정지 현황

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	-

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 2-16〉 월성 1호기 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 있다.

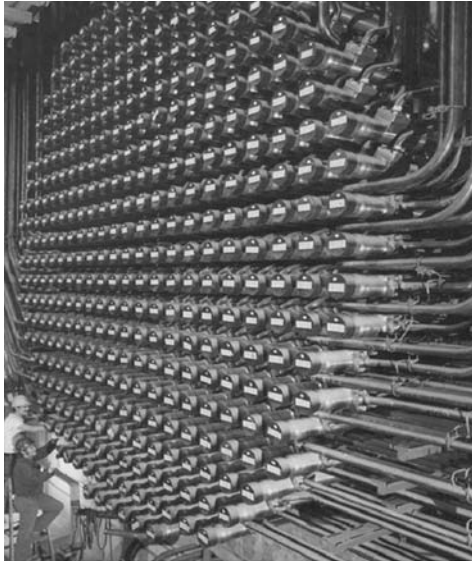
- (1) SFCR : 포인트레프르(캐나다), 엠발스(아르헨티나), 월성 1호기(한국) 등
- (2) LSFCR : 피커링(캐나다)

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 대해 이상유무를 검사
- (4) 압력관 설치 : 원자로관, 압력관, 엔드피팅 및 냉각재공급자관 설치

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



〈그림 2-17〉 압력관 전면

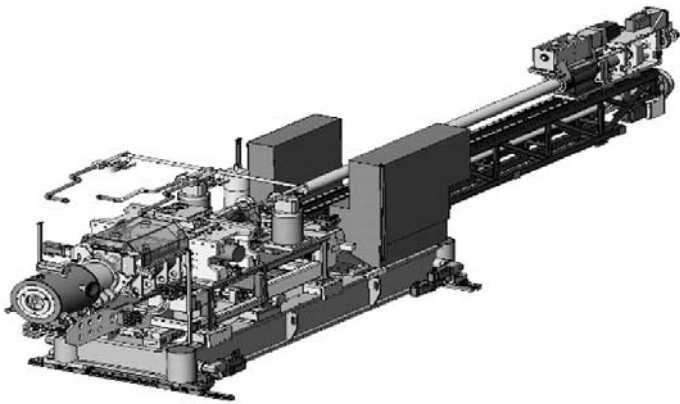
다. 압력관교체 장비

압력관교체 기술은 중수로 원설계자인 캐나다원자력공사(AECL)가 개발하여 작업을 수행하고 있다. 압력관교체를 시행한 초기에는 교체장비 대부분이 수동장비를 이용하여 작업을 하였으나, 관련기술이 발전하면서 압력관교체 장비도 개선되어 방사선지역에서 수행하는 작업은 자동화하여 작업을 수행하고 있다.

그 대표적인 작업으로 압력관, 원자로관 인출시 초기에는 수동장비를

이용하여 인출하고 절단하였으나, 현재의 장비는 압력관 제거시 인출 및 파쇄를 자동으로 하고 있어 작업의 여건이 개선되고, 또한 작업자의 방사선 조사량이 한층 줄어들 수 있게되었다.

또한 모든 작업공정을 압력관교체 주제어실에서 현장에서 일어나는 모든 작업에 대해 모니터를 통해 통제하고 관리하고 있어, 작업의 효율성이 증대 되었다.



〈그림 2-18〉 압력관 감용장비

라. 해외원전 교체사례

중수로(CANDU)형 원전은 전 세계적으로 한국, 캐나다, 중국 등에서 모두 45기가 가동되고 있으며 월성 1호기와 동일한 CANDU-6형은 11기이다. 이 중 1971년에서 1973년 사이에 준공한 캐나다 Ontario Power Generation사의 피커링 1~4호기가 압력관교체를 완료했으며 현재 Bruce Power사의 부루스 1·2호기, NB Power사의 포인트레프

르 발전소가 압력관교체 공사를 수행 중에 있다.

Bruce Power사의 부루스 1·2호기는 2009년 12월 현재 1·2호기의 원자로관 및 압력관을 설치 중에 있으며 2011년경 공사를 완료할 예정이다.

월성 1호기와 동일 노형의 발전소인 캐나다 NB Power사의 포인트레프르는 2008년 3월 공사를 시작하여 2009년 12월 현재 교체기기를 제거하고 원자로 내부검사를 하고 있으며 2011년에 압력관교체 공사를 완료할 예정이다.

〈표 2-28〉 해외 원전 사례(전량교체)

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
젠틀리-2	'83	'11	교체 준비 중
부루스 3·4호기	'78/'79	'12 이후	교체 예정

〈표 2-29〉 국내 · 외 원전 사례(일부교체)

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

3. 월성 1호기 압력관교체 추진 현황

가. 교체배경

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

나. 교체범위 및 개선사항

(1) 교체범위

월성 1호기 압력관교체 범위는 압력관, 원자로관, 엔드피팅, 냉각재공급자관 및 관련기기 등이다.

(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 2-30〉 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 → C)

다. 추진 현황 및 일정

(1) 추진현황

월성 1호기 압력관교체를 위해 2006년도에 중수로 원설계사인 캐나다원자력공사(AECL)과 계약을 체결하여 사업을 추진하고 있으며, 2009년 12월 현재 원자로관 제거를 시행 중에 있다.

그리고 압력관교체를 위해 필요한 현장지원시설인 훈련장, 기기조립장, 기자재 및 장비 저장시설 등의 설치를 완료하였다.

압력관교체로 인한 운영변경 허가건에 대하여 규제기관인 교육과학기술부의 승인도 취득하였다. 규제기관 심사시 압력관교체 전반에 대해 검토하였으며 심사 주요사항으로 교체 기기의 설계 및 성능, 교체작업의 안전성, 방사선 안전관리, 방사성폐기물관리, 압력관교체 기간 중 발

전소 휴지관리, 품질보증계획 등을 심사하여 인허가를 취득하였다.

(2) 추진 일정

월성 1호기 압력관교체 추진일정은 다음과 같다.

- 2009. 4 : 발전소 정지 및 교체 착수
- 2009. 6 : 연료제거, 중수 배수 및 건조, 간섭설비 제거
- 2010. 2 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 제거
- 2010. 7 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 설치
- 2010. 12 : 시운전 및 발전재개

4. 방사성물질 관리

가. 방사성물질

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

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

나. 방사성물질 저장

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

다. 압력관 저장시설

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

설치위치는 월성원자력본부내 사용후연료 건식저장시설 인근에 설치되고 제원은 아래와 같다.

〈표 2-31〉 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 2-19〉 압력관 저장시설

5. 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 작업장에 투입한다.

나. 주변 환경영향

월성 1호기 압력관교체는 원자로 건물내에서 이루어지는 작업으로서, 작업 착수전 냉각재와 감속재를 배수 및 건조함으로써 방사선물질 누출을 방지하여 발전소 주변환경으로의 영향이 없도록 하고 있다.

압력관교체 작업기간 동안 원자로건물의 환기는 발전 운영중 사용하는 환기설비가 이용되며 캐나다 원전의 정비경험 기술을 반영하여 추가로 진공관련 장비를 이용하는 등 대기로 방출되는 방사성물질을 엄격히 관리하고 있다.

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

제3절 출력증강

1. 개요

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

미국에서는 1970년대부터 적용하기 시작하여 2009년말 현재 가동원전 총 104기 중 91기의 원전에서 129건의 출력증강을 적용하고 있다. 또한, 유럽은 30여기의 발전소에서 출력증강을 적용하고 있다.

한수원(주)은 2002년 9월 산업자원부(현 지식경제부)와 기술개발협약을 맺고 고리 3·4 및 영광 1·2호기를 대상으로 출력증강 기술개발 과제에 착수하여 2009년 고리 3·4호기에 출력증강을 적용하는데 성공하였다. 한수원(주)은 이러한 성공을 바탕으로 후속사업을 추진하고 있으며, 본 절에서는 가동원전출력증강 기술개발의 성과와 후속 계획에 대해 기술하고자 한다.

〈표 2-32〉 미국원전 출력증강 현황 (2009.12.31)

구 분		PWR	BWR	계	비 고
가동원전	총 원전수	69	35	104	
	출력증강 적용원전	58	33	91	
출력증강	MUR	33	11	44	2건 심사 중
유형별	SPU	43	22	65	
건수	EPU	5	15	20	2건 심사 중
합 계		81	48	129	

주1) 미세 출력증강(MUR, Measurement Uncertainty Recapture)

[NRC]

- 원자로열출력의 정밀측정운전을 통한 출력증강
- 열출력 측정 불확실도를 감소시켜 인허가 열출력을 약 1.5% 증가

주2) 소규모 출력증강(SPU, Stretch Power Uprate)

- 설계 및 설비의 여유도, 연료 및 설비의 성능향상, 설계방법론의 발전에 따라 추가로 확인된 여유도를 활용하여 인허가 열출력을 약 4.5% 증가

주3) 대규모 출력증강(EPU, Extended Power Uprate)

- 대규모 설비 개선을 수반하며 최신 설계방법론 등을 적용하여 인허가 열출력을 7.5% 이상 증가

2. 가동원전 출력증강 기술개발

가. 주요 경위

한수원(주)은 주관기관으로서 위탁사인 전력연구원, 한국전력기술(주), 한전원자력연료(주)와 함께 2002년 9월에 산업자원부(현 지식경제부)와 가동원전 출력증강 기술개발을 위한 협약을 체결하였다. 기술개발 결과를 바탕으로 2005년 9월 고리 3·4 및 영광 1·2호기 출력증강을 위한 운영변경허가를 신청하였으며 15개월여의 규제기관 심사를

거쳐 2006년 12월과 2007년 8월 각각 고리 3·4호기와 영광 1·2호기에 대한 출력증강허가를 취득하였다.

〈표 2-33〉 출력증강 기술개발 추진경위

사업명	가동원전 출력증강 기술개발
개발기간	2002. 9. 1 ~ 2007. 6.30 (58개월)
총사업비	452억 원(설비개선비용 불포함): 기금지원율 50%
법적근거	전기사업법 제47조, 시행령 제23조 ~ 26조

주요경위

- ☐ 2002. 9.26: 가동원전 출력증강 기술개발 협약(산업자원부, 현 지식경제부)
- ☐ 2005. 9. 1: 고리 3·4 및 영광 1·2호기 출력증강 운영변경허가 신청
- ☐ 2006.12.14: 고리 3·4호기 출력증강 운영변경허가 취득
- ☐ 2007. 8. 3: 영광 1·2호기 출력증강 운영변경허가 취득
- ☐ 2008. 9.17: 출력증강 인허가 후속조치 허가 취득
- ☐ 2009. 2.13: 고리 4호기 출력증강 적용
- ☐ 2009.12. 8: 고리 3호기 출력증강 적용

나. 추진 체계

(1) 추진조직

한수원(주)이 주관기관으로 기술개발을 총괄하고 분야별로 국내·외 전문 회사가 참여하였다. 국내사로는 NSSS(Nuclear Steam Supply System) / BOP(Balance of Plant) 계통 설계분야는 한국전력기술(주), 노심설계 및 안전해석분야는 한전원자력연료(주), 제어/보호계통 및 터빈발전기분야는 전력연구원이 담당하였으며 해외사로는 웨스팅하우스

사가 NSSS분야(안전해석 및 설정치분야 자문포함), 벡텔사가 BOP분야, 알스톰사와 지멘스사는 각각 고리 3·4 및 영광 1·2호기 터빈발전기분야에 참여하였다.

(2) 추진전략

출력증강에 대한 경험이 풍부한 선진 회사의 입증된 기술을 바탕으로 국내 출력증강 자체기술능력을 확보하기 위하여 자체기술개발과 해외사로부터의 기술도입을 병행하여 추진하였다. 국내사가 기반기술을 보유하고 있는 분야는 자체적으로 추진하였고, 국내 기술기반이 취약한 분야는 해외사가 주도하되 국내사가 공동기술개발(OJP, On the Job Participation) 형태로 참여하는 한편 강의식교육(CRT, Class Room Training), 기술지원(ESS, Engineering Support Service) 및 현안검토회의(TRM, Technical Review Meeting)를 통하여 부족한 기술을 확보하도록 하였다.

다. 기술개발 결과

고리 3·4호기 및 영광 1·2호기의 인허가 열출력을 4.5% 안전하게 증가시킬 수 있음을 입증하였으며 규제기관의 심사를 거쳐 출력증강을 위한 운영변경허가를 취득하였다.

(1) 안전성분석

(가) 핵증기공급계통(NSSS)

핵증기공급계통 및 보조계통 성능평가, 주기기 및 보조기기 성능 및

건전성 분석, NSSS 제어계통 성능 평가등을 수행한 결과 모두 관련 기술기준 및 성능기준을 만족하였다. 다만 운전조건의 변경에 따라 가압기 압력방출탱크의 수위 설정치는 재설정 되었다. 또한, 출력증강에 따른 원자로보호계통 설정치 영향평가를 수행하였는데, OP△T/OT△T 기술지침서 설정치는 안전해석치가 변경됨에 따라 새로 설정되었으며, 그 외 보호계통 설정치는 현재 설정치가 유효한 것으로 평가되었다.

(나) 노심설계 및 열수력 평가

출력증강에 따라 변하는 노심설계변수를 도출하고 이들 노심설계변수가 원전연료집합체의 기계설계기준에 미치는 영향을 평가하여 기계적 건전성이 유지되는 것을 확인하였으며 출력증강 노심의 열수력 설계변수들을 반영하여 열적 및 수력적 성능 분석을 수행한 결과 설계기준을 모두 만족하였다.

(다) 설계기준사고 안전해석

대형 냉각재상실사고(LOCA) 등 최종안전성분석보고서에 포함되어 있는 모든 설계기준사고에 대하여 안전해석을 수행하였으며 모든 허용기준을 만족하였다. 설계기준사고에 대한 방사능 영향 평가는 USNRC가 개발한 전산코드인 RADTRAD 코드를 사용하여 출력증강에 영향을 받는 사고를 선별하고 이에 대한 분석을 수행하였다. 평가 결과 LOCA를 포함한 설계기준 사고가 방사능 영향평가는 허용기준을 만족하였다.

(라) 발전소보조계통(BOP) 및 터빈발전기 분야 평가

핵증기공급계통 보조계통 및 기기의 설비변경은 필요하지 않으나, 2

차계통 일부기기는 적정한 여유도를 유지하기 위하여 설계변경이 필요하게 되었다. 주급수펌프 운전조건 변경, 증기발생기 취출수 제어밸브의 밸브 행정거리 증가 등이 설계변경 대상으로 나타났다.

마지막으로 터빈 발전기 분야에서는 출력증가 조건에서 열평형도를 생산하고 이에 따른 터빈-발전기의 수용능력을 평가하였다.

고리 3·4호기 터빈-발전기의 현재 교축증기 체적유량 여유는 2.22%이나, 출력증강을 적용하게 되면 주증기 체적유량이 10.18% 증가하는 것으로 평가되었다. 따라서 출력증강 증기조건을 수용하기 위한 고압터빈 1~4단 다이어프램 교체를 최적방안으로 검토하였으며, 이 경우 전기출력은 3.41% 증가한 1,033.2 MWe가 예상되며 출력증강 증기 조건에서도 기계적 건전성이 확보될 수 있음을 확인 하였다.

영광 1·2호기 터빈-발전기의 현재 교축증기 체적유량 여유는 10.23%이나, 출력증강 조건에서 체적유량이 11.47% 증가하였다. 따라서 출력증강 증기조건을 수용할 수 있도록 고압터빈 케이싱을 제외한 내부 구성품을 교체하는 것이 최적방안으로 검토되었다. 출력증강 조건에 맞도록 고압터빈을 최적 설계하여 교체할 경우 전기출력은 4.98%가 증가한 1,046.2 MWe로 예상되며 교체하지 않는 터빈 구성품은 기계적 건전성이 충분히 확보될 수 있음을 확인하였다. 발전기는 설계조건을 기준으로 출력증강 조건을 만족하는 것으로 나타났다.

(2) 출력증강허가 취득

(가) 심사질의 답변

2005년 9월 1일 고리 3·4 및 영광 1·2호기 출력증강 운영변경허

가를 신청하였으며 규제기관은 5차례에 걸친 572건의 질의를 통하여 출력증강의 안전성을 심사하였다. 심사가 원활하게 진행되게 하기 위하여 심사자와 답변자의 유선연락처 및 답변현황을 기록한 심사질의 답변 현황 데이터베이스를 규제기관과 공유함으로써 질의사항에 대해 담당 검사원이 설계자를 대상으로 수시로 심사할 수 있는 채널을 확보하였으며 출력증강 안전성분석 전반에 대한 집중적인 심사 및 답변을 위하여 집중대면심사를 실시함으로써 인허가 업무의 효율성을 증진하였다.

(나) 발전소 안전성 증진

규제기관과의 최종 인허가 현안 협의 시 ‘안전밸브 설비개선을 통한 시험 허용범위 증대’, ‘가압기 압력방출밸브 안전등급화’ 등 발전소 안전성 및 운영여유도가 증진되는 사항을 적극적으로 수용하였으며 출력증강과 동시에 진행된 대체교류 디젤발전기의 준공으로 출력증강 후에도 발전소의 확률론적 안전성은 더욱 증진되었다.

〈표 2-34〉 고리 3·4호기 출력증강 전후 확률론적 안전성 변화 추이

(단위 : E-6/년)

구 분	출력증강 적용			AAC 신설 반영시
	전	후	차이 (NRC 기준)	
CDF	8.38	8.88	0.5 (1.0)	5.59
LERF	1.05	1.08	0.03 (0.1)	0.91

※ CDF(Core Damage Frequency) : 노심손상빈도

[한국원자력안전기술원 심사보고서]

LERF(Large Early Release Frequency) : 대량조기방출빈도

(다) 인허가 취득

출력증강 안전성 분석결과와 타당성, 규제기관의 안전성 심사질의 및 안전성증진 요구에 대한 적극적인 대응 및 한수원(주)이 꾸준히 진행해 온 안전설비의 보강노력 등이 바탕이 되어 2006년 12월 14일 고리 3·4호기 출력증강을 위한 운영변경허가를 취득하였다. 영광 1·2호기는 이듬해인 2007년 8월 3일 운영변경허가를 취득했다.

3. 고리 3·4호기 출력증강 성공적 적용

가. 출력증강허가 후속조치 이행

고리 3·4호기 출력증강을 위한 운영변경허가 시 출력증강 전에 이행해야 할 5가지 후속이행사항이 부과되었으며 이중 ‘가압기 안전밸브 시험 허용범위 확대’ 및 ‘가압기 압력방출밸브 안전등급화’는 별도의 운영변경허가를 받은 후에 설비개선을 수행할 수 있게 되었다. 이를 이행하기 위하여 현장과 협의하여 안전성 분석과 설비개선 방향을 확정하였으며, 2008년 3월 31일 후속조치 이행을 위한 안전성분석보고서를 교육과학기술부에 제출하여 2008년 9월 27일 운영변경허가를 취득하였다.

나. 현장 적용 준비

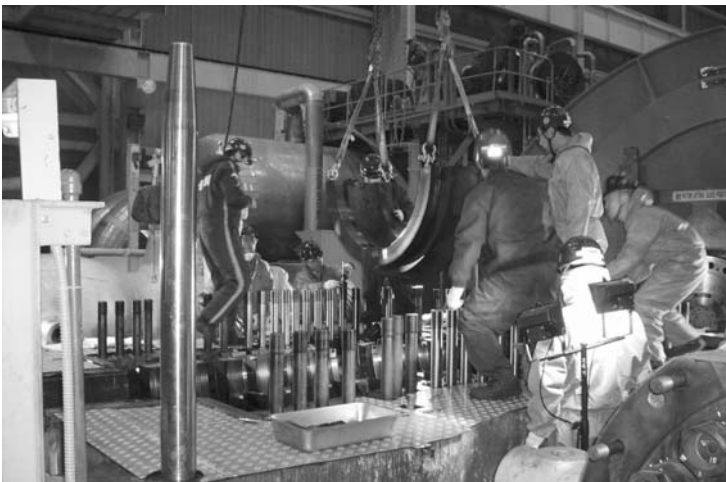
출력증강은 발전소의 운영에 많은 변화를 수반한다. 따라서 기술문서 검토 및 개정, 발전소 운전원을 비롯한 운영요원에 대한 체계적인 교육이 필요하였으며 출력증강을 위한 설비개선 준비도 충실하게 수행하였

다. 최종안전성분석보고서와 운영기술지침서 총 711개 항목이 개정됨에 따라 그 후속작업으로 발전소 운영절차서 902건을 검토하여 이중 46건의 절차서를 개정하였다. 1,754개의 계측기 및 기록계를 대상으로 출력증강 조건에서 제 기능을 발휘하는지 확인하였으며 가압기 안전밸브 루프셀 설계변경 등을 위한 설계변경서 10건을 작성하였다. 또한 본사 담당자 및 설계자를 활용한 사업소 운영요원에 대한 교육 등 다양한 교육 프로그램을 개발하여 실시하였다. 특히 운전원들을 대상으로 한 정기적인 교육이 실시되었는데 운전원들의 변화대응 능력을 높이기 위하여 시뮬레이터에 출력증강 모드를 추가하여 출력증강 전에 운전원들이 실제에 버금가는 훈련경험을 충분히 쌓게 하였다. 한편, 출력증강 후 성능시험을 위하여 VC Summer 등 4개 해외발전소 출력증강 후 성능시험 사례를 조사하였으며 이를 바탕으로 고리 4호기 시운전 시험 절차서 109건을 검토하여 출력증강 성능시험을 44건 수행하기로 규제기관의 사전검토를 거쳐 결정하였다.

다. 고리 3·4호기 출력증강 시행

고리 4호기 제18차 계획예방정비기간 동안 출력증강을 위한 설비개선을 실시하였다. 출력증강 안전성분석 결과에 따라 고압터빈 고정익 다이어프램 1~4단을 개조하였으며 OT△T 설정치 등 7건의 설정치를 변경하였다. 또한 가압기 압력방출밸브 안전등급화 등 출력증강 후속조치를 이행하여 발전소의 안전성을 증진시켰다. 모든 설비개선을 마친 후 고리 4호기는 2009년 2월 13일 출력증강 목표출력에 안전하게 도달

하였다. 고리 3호기 또한 제19차 계획예방정비기간 동안 동일한 작업을 수행하고 2009년 12월 8일부터 출력증강 운전을 착수하였다. 고리 3·4호기는 출력증강 적용으로 각각 34MWe 정도의 발전용량이 증대되어 연간 약 5억 4천만 kWh의 전력을 증산할 수 있게 되었다. 고리 3·4의 출력증강 성공은 이러한 경제적 이득이외에도 후속 출력증강 사업을 위한 기술적, 사회적 기반을 형성하였다는데 그 의의가 매우 크다 하겠다.



〈그림 2-20〉 고리 4호기 고압터빈 고정익 다이어프램 개선 작업

4. 향후 계획

울진 1·2호기 증기발생기, 저압터빈, 발전기 등을 교체하는 대규모 설비개선이 2011년에서 2012년 사이에 계획되어 있다. 대규모 설비개선으로 증진되는 설비의 건전성 및 성능을 최적으로 활용하기 위해 한

수원(주)은 가동원전 출력증강 기술개발을 통하여 확보한 기술을 바탕으로 올진 1·2호기의 출력증강을 위한 안전성분석을 수행하고 있다. 안전성분석결과 올진 1·2호기 출력증강의 안전성이 확인되면 2011년 9월 규제기관에 운영변경허가를 신청할 예정이다. 적용 목표시점은 2013년 3월에 올진 2호기, 동년 8월에 올진 1호기로 계획하고 있다. 한편, 2000년대 들어 미국 등에서 활발하게 진행되고 있는 원자로열출력 정밀측정을 통한 출력증강(MUR)을 국내 원전에 적용하기 위한 계획이 수립중이며 우선 고리 3·4호기에 시범 적용 후에 전 원전으로 확대할 예정이다. 또한 한국표준형원전에 대한 출력증강 기술개발을 추진할 것을 검토하고 있다.

제3편 원전연료 및 방사성폐기물 관리

>>> 제1장 원전연료 현황

>>> 제2장 원전연료 설계 및 제조

>>> 제3장 방사성폐기물 관리

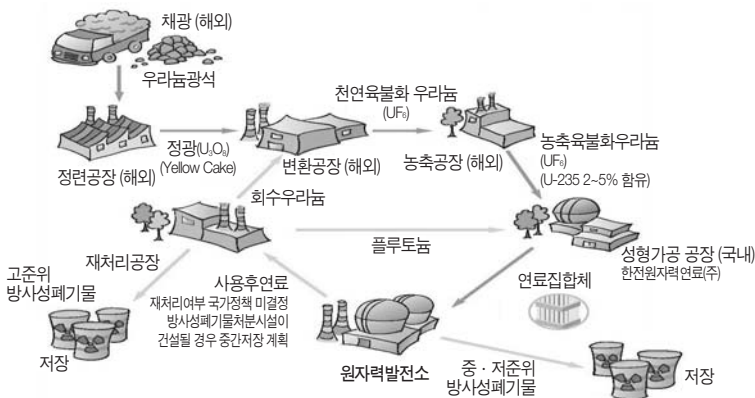
>>> 제4장 방사성폐기물 관리사업

제1장 원전연료 현황

한국수력원자력(주) 발전처 노심연료팀장 김태완

제1절 원전연료 주기

원자력발전소의 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 원자력발전소에 사용가능한 형태인 연료집합체로 제작된다. 이렇게 제작된 원전연료는 원자로에 장전되어 경수로의 경우 3~5년, 중수로의 경우 1년 동안 연소되며, 연소후 인출된 사용후연료는 장기간 냉각 후 영구처분 되거나(Once-through Cycle), 또는 미 연소된 우라늄 및 생성된 플루토늄을 회수하기 위해 재처리과정(Reprocessing and



〈그림 3-1〉 원전연료 주기도

Recycling)을 거친 후 영구처분 된다. 우리나라의 경우, 영구처분이나 재처리에 대한 국가정책이 결정되지 않아 사용후연료를 중간 저장하고 있다. 제 253차 원자력위원회('04.12.17)에서 사용후연료를 2016년까지는 원전 부지 내 저장용량을 확충하여 각 원전 부지별로 관리하고, 중간저장시설 건설을 포함한 사용후연료 관리방침에 대해서는 국가의 정책방향과 국내·외 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 사용후연료를 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 광산내에 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 547만톤U(생산가격 130U\$/kgU 이하 기준)으로, 2007년도 세계 우라늄 연간 소요량 6.5만톤U을 기준으로 계산해 보면 향후 78년 정도 사용가능한 양이라 할 수 있다. 또한 확인 매장량과는 별개로 전 세계 원전 사용량의 약 150년분에 해당되는 1,055만톤U의 추정매장량이 있는 것으로 평가되고 있다. 이밖에도 약 310년분에 해당하는 2,200만톤U의 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.

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

나. 우라늄 정광 수급 동향

세계원자력협회(WNA)는 2010년 전 세계 원전설비용량을 3.7억 kWe로 추정하고 있으며, 2015년부터 증가하기 시작하여 2020년에는 4.8억kWe, 2030년에는 6.0억kWe가 될 것이라고 전망하였다 (표 3-1 참조).

2009년 전 세계 연간 우라늄정광 생산량은 약 4.7만톤U로 추정되고 있으며, 이는 전 세계 연간 우라늄정광 소요량 6.66만톤U의 약 71%에 해당하며, 수요량 대비 약 2.0만톤U 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 원전연료주기시설

운영사들이 보유하고 있는 우라늄 재고, ② 냉전 종식 후 미국 및 러시아의 핵무기 해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석 사용, ③ 사용후연료를 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 2007년 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 3-1〉 세계 우라늄 정광 수급 전망

구 분	2009년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
원자력시설용량 (GWe)	371.8	374.7	415.3	475.9	551.1	600.0
수 요 량 (만톤U)	6.66	6.86	7.69	9.15	10.20	10.61
생 산 량 (만톤U)	4.70	5.28	6.99	8.02	8.36	7.32

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market(Reference Scenario), 2009]

다. 우라늄 시장 동향

1970년대 2차레에 걸친 석유파동으로 인하여 세계 각국이 원전건설을 추진함에 따라 우라늄의 수요가 급증하였으며, 이에 따라 1978년 중반에는 정광 가격이 파운드당 43달러를 상회하기도 하였다. 그러나

TMI 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.

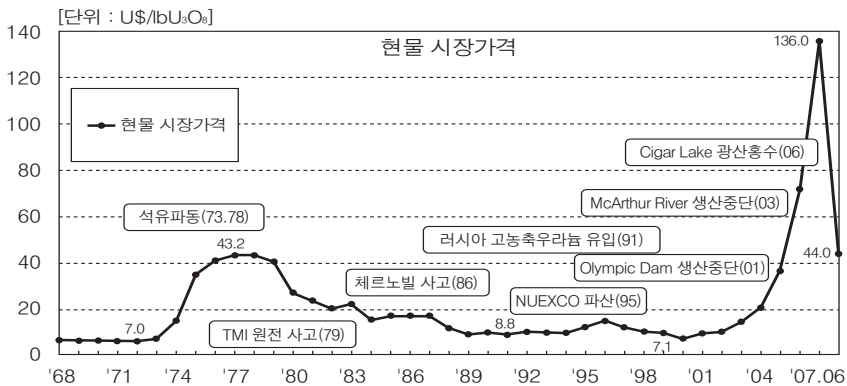
1990년대 들어서면서 독립국가연합(CIS)이 자국의 경제난 해소를 위해 세계 시장에 우라늄 판매를 증가시키자 미국 정부는 덤핑판매를 억제하기 위해 1992년 10월 미국과 러시아, 카자흐스탄, 우크라이나 등 독립국가연합 국가와 반덤핑 유예협정을 체결함으로써 우라늄 시장가격은 러시아산 대 비러시아산 시장가로 이원화되어 공표되었으며, 또한 유럽연합(EU)도 독립국가연합(CIS)산 우라늄의 수입을 소요량의 20% 이내로 제한하는 정책을 견지하였다. 그러나 2001년 10월 이후 미국 및 유럽연합(EU)의 러시아산 우라늄 정광에 대한 수입제제 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 COGEMA사 간에 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('01.10), 캐나다 McArthur River 광산 침수사고('03. 4), 신규 개발중이던 캐나다 Cigar Lake 광산 침수사고('06.10), 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 경기침체에 따른 자원가격 동반 하락에 따라 정광가격도 하락하였으며, 최근에는 파운드당 40~50 달러 수준을 유지하고 있다.



〈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 2010년 이후 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. 2009년도 전 세계 연간 생산량은 설비용량 7.26만톤U의 64%인 약 4.67만톤U으로 추정되며, 이는 2009년 수요량 6.31만톤U에 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 2010년 6.51만톤U, 2020년 8.72만톤U, 그리고 2030년에는 10.17만톤U으로 계속 증가할 것이라고 예측하였다.

경수로 변환역무 시장가격은 1970년대 각국 전력사들이 원전건설을 추진함에 따라 1980년까지 거의 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 약 6달러까지 다시 상승하였다. 이후, 영국 BNFL 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 수준까지 하락하였다.

그러나 변환역무 공급용량 과잉 상태에서도 변환역무 현물시장가가 생산원가 이하라는 인식의 확산과 BNFL사 변환공장의 폐쇄결정 계획 등으로 점차 가격이 상승하기 시작하였으며, 2003년말 미국 ConverDyn사의 UF₆ 가스 누출사고로 인한 가동중단과 GNSS-TENEX사 계약 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 및 2008년 11월 Port Hope 시설의 재중단 사건이 발생하였으나, 각 전력사 및 공급사들이 충분한 재고를 보유하고 있어 시장가 상승을 유발하지 않았으며, 2010년 3월 현재 유럽지역 7.5달러/kgU, 북미지역 5.75달러/kgU의 가격수준을 유지하고 있다.

변환역무 가격은 장기적인 수급 불균형에 대한 우려와 신규시설의 투자비 조달 등의 문제로 인하여 당분간 점진적인 가격 상승이 예상된다.

〈표 3-2〉 세계 경수로 변환시설 현황

국 명	변환회사	설비용량 (톤U/년)	'09년 생산량 (톤U)	비 고
캐나다	Cameco	12,500	5,000	
프랑스	AREVA(Comurhex)	14,000	13,000	
미 국	ConverDyn	15,000	12,500	
영 국	BNFL	5,000	4,500	Cameco사 운영
브라질	IPEN	100	100	
러시아	TENEX	25,000	11,000	
중 국	CNNC	1,000	600	
계		72,600	46,700	

[UxC Conversion Market Outlook, 2009.11]

〈표 3-3〉 건설 계획 중인 경수로 변환시설 현황

국 명	회 사	시설명	용량(톤U/년)	비 고
프랑스	AREVA	ComurhexII	15,000 (2013년)	추후 21,000톤U으로 증설 계획
카자흐스탄	Kazatomprom	Ulba Conversion LLP	12,000	○ 지분 - Kazatomprom 51% - Cameco 49% ○ 건설계획 유보상태
미 국	ConverDyn	미정	8,000 (2015년)	○ Urenco와 공동으로 Urenco 부지내 건설 계획 ○ 건설계획 유보상태
합 계			35,000	

[UxC Conversion Market Outlook, 2009.11]

〈표 3-4〉 세계 경수로 변환역무 수요 전망

(단위 : 만톤U/년)

구 분	2009년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
수요량	6.31	6.51	7.31	8.72	9.75	10.17

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2009]

〈표 3-5〉 세계 중수로 변환시설 현황

(단위 : 톤U/년)

구 분	국 명	변환회사	설비용량
중 수 로 용	캐 나 다	Cameco	2,800
	아르헨티나	CNEA	62
	인 도	DAE	600
	루마니아	Romania	100
	계		3,562

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2005]

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.

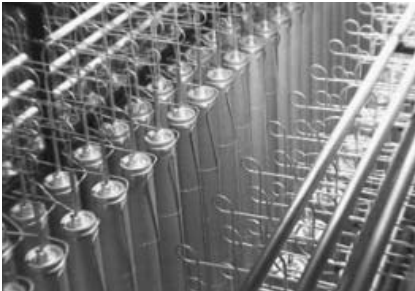
경수로용 원전연료로 사용하기 위해서는 농축이 필요한데 이는 천연에 존재하는 우라늄 동위원소 중 U^{235} 만이 핵분열반응을 일으킬 수 있기 때문이며, 원자로 내에서 지속적인 핵분열반응을 유지하기 위해서는 U^{235} 의 농축도가 3~5% 정도가 되어야 하기 때문이다. 이러한 우라늄 농축기술은 고도의 기술과 자본을 필요로 하며, 현재까지 가스확산법, 원심분리법, 노즐분리법, 화학교환법, 레이저법 등이 개발되었으나, 이 중 가스확산법과 원심분리법이 상업용으로 사용되고 있다.

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

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} 는 안쪽으로 모이는 원리 이
용(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.



〈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 3-6〉 세계의 농축설비 현황

국 명	회사명	농축방법	용 량 (톤SWU/년)	비 고
미 국	USEC	기체확산법	6,000	
프랑스, 이태리, 스페인, 벨기에, 이란	EURODIF		8,500	
영국, 독일, 네덜란드	URENCO	원심분리법	11,000	
러 시 아	TENEX		25,000	
기타(일본, 중국 등)	JNFL 등	-	1,550	
계			52,050	

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market(유효용량 기준), 2009]

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 5.20만톤SWU이며 농축 소요량 4.77만톤SWU를 초과하는 상태이다. 향후 세계의 농축소요량은 2010년 4.89만톤SWU, 2020년 6.65만톤SWU, 2030년 7.90만톤SWU까지 증가할 것으로 전망된다.

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 3-7〉 건설 중인 농축설비 현황

회 사	시 설 명	위 치	가동 시기	용 량 (톤SWU/년)
USEC	American Centrifuge Plant (ACP)	Portsmouth, Ohio, USA	미정	3,800톤SWU (미정)
LES	National Enrichment Facility	Lea County, New Mexico, USA	2010년초	5,900톤SWU (2015년)
AREVA	George Besse II (GB-II)	Pierrelatte, France	2010년	4,000톤SWU (2014년)
AREVA	Eagle Rock Enrichment Facility	Idaho Falls, Idaho, USA	2014년초	3,000톤SWU (2018년)
GLE	SILEX plant	Wilmington, North Carolina, USA	2013년	3,500톤SWU (2015년)
합 계				20,200톤SWU

[UxC Enrichment Market Outlook, 2009 4분기]

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 경쟁

사에 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 현재 160달러/SWU 수준을 유지하고 있으며, 당분간 시장가격 상승세를 유지할 전망이나 2010년 초반 이후 신규공장 가동 가시화에 따른 수급상황 개선으로 점차 가격이 안정화될 전망이다.

〈표 3-8〉 농축 수급 전망

(단위 : 만톤SWU)

구 분	2009년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
수요량	4.77	4.89	5.54	6.65	7.59	7.90

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2009]

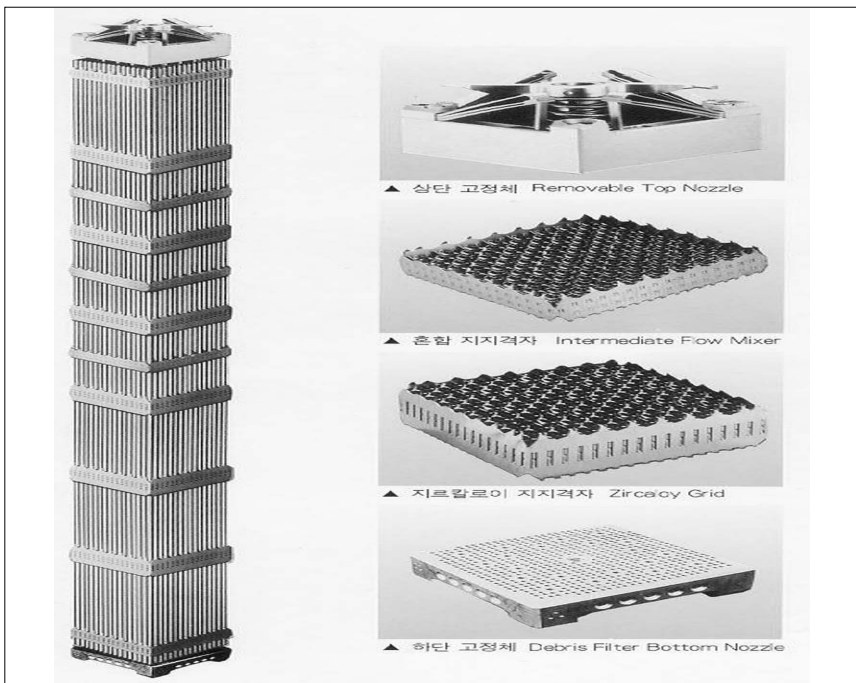
4. 성형가공 역무(Fuel Fabrication Services)

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 여러개의 연료봉을 원전에서 사용 가능한 집합체로 조립하는 일련의 과정을 성형가공이라 한다.

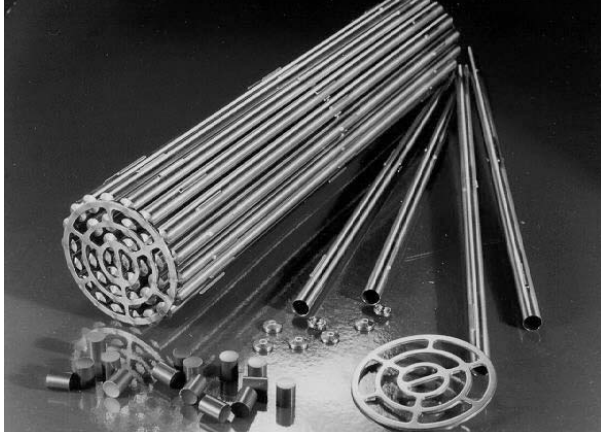
현재 전 세계의 성형가공 소요량은 경수로 원전연료의 경우 약 7,300톤U, 중수로 원전연료는 2,000~3,000톤U 수준이며, 대부분의 원전 보

유국들은 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 11,409톤U/년, 중수로 4,045톤U/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.



〈그림 3-4〉 경수로용 원전연료 집합체



〈그림 3-5〉 중수로용 원전연료 집합체

〈표 3-9〉 성형가공 설비 현황

(단위 : 톤U/년)

구 분	국 명	회 사 명	생산능력*
중수로용	미 국	WH 등	3,650
	영 국	WH(BNFL)	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	KNFC	600
	러 시 아	TVEL-MSZ 등	1,600
	스 웨 덴	ABB-ATOM	400
	중 국	CNNC	450
	인 도	DAE	48
소 계			12,862
중수로용	캐 나 다	CGE, ZPI	2,700
	아르헨티나	CNEA	160
	인 도	DAE	435
	한 국	KNFC	400
	중 국	CNNC	200
	루마니아		240
소 계			4,135

* 경수로의 경우, Rod/Assembly 생산용량 기준 데이터임 [WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2009]

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 3월 현재 국내에는 경수로 16기, 중수로 4기(총 설비용량 17,716MWe)가 운전되고 있으며 이에 소요되는 정광(연간 약 4,000톤 U_3O_8) 전량을 외국에서 도입하고 있다. 한수원(주)은 우라늄의 안정적인 확보를 위해 공급원을 다원화하여 미국, 캐나다, 호주, 프랑스, 카자흐스탄 등으로부터 정광을 구매하고 있으며, 장기계약과 현물시장 조달 물량을 적정 배분하여 경제적이고 안정적인 확보방안을 강구하고 있다.

3. 변환 역무

1988년 한국원자력연구소는 중수로 원전연료 제조를 위한 변환 과정

을 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, 국제 경쟁 입찰을 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 웨스팅하우스사로부터 도입한 바 있으며, 1997년에는 올진 3·4호기 초기노심용 연료공급에 따른 부족분을 미국 ABB-CE 사로부터 도입하기도 하였다.

또한, 중수로용 원전연료는 한국원자력연구소가 연간 100톤의 생산 설비 용량을 갖추고 1987년부터 월성 1호기 소요량을 공급하고 있었으나 월성 2~4호기의 건설방침이 확정됨에 따라 중수로 원전연료 생산 설비용량이 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 2~4호기의 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 박성배

제1절 경수로 원전원료

1. 설계 현황

2009년에는 초기노심 8개 호기(신고리 1·2호기, 신월성 1·2호기, 신고리 3·4호기 및 신울진 1·2호기)의 사업추진 목표 공정률을 계획대로 100% 달성하였다.

교체노심 설계는 한국표준형 및 웨스팅하우스형 원전 16개 발전소에 대한 노심설계가 일정에 따라 차질 없이 진행되었고, 또한 설계 관련 인허가 업무를 적기에 수행하여 연료의 안정적 공급에 만전을 기하였다.

특히 2009년에 웨스팅하우스형 원전용 개량연료인 17ACE7™이 고리 4호기 19주기와 고리 3호기 20주기에 출력증강과 함께 첫 상업 장전되었고 동일 조건의 영광 1호기 20주기 교체노심설계가 진행 중에 있다.

각 호기별 추진 세부실적은 다음과 같다.

가. 초기 노심 설계

- (1) 신고리 1·2호기 : 2009년말 기준으로 원전원료 및 초기 노심 설계는 81.95% 공정률을 나타내고 있으며, 2009년에는 시운전 자료 생산과 운영허가 질의·답변을 수행하였다. 제10차 및 제11차

사업추진회의(PRM)가 개최되었고 일정대로 연계자료 및 설계 자료를 생산하였다.

- (2) 신월성 1·2호기 : 2009년말 기준으로 원전연료 및 초기 노심 설계가 82.78% 공정률을 나타내고 있으며, 2009년에는 FSAR 작성을 수행하였다. 제6차 및 제7차 사업추진회의(PRM)가 개최되었고 일정대로 연계자료 및 설계 자료를 생산하였다.
- (3) 신고리 3·4호기 : 2009년말 기준으로 원전연료 및 초기 노심 설계가 64.11% 공정률을 나타내고 있으며, 2009년에는 FSAR 작성 업무를 수행하였다. APR1400 형 원전에 새로운 설계개념(안전유입유량 원자로용기 직접주입)을 반영하기 위해 LBLOCA 최적해석 방법론 개발을 연구과제로 수행하여 인허가를 취득하였다. 제5차 및 제6차 사업추진회의(PRM)가 개최되었고 일정대로 연계자료 및 설계 자료를 생산하였다.
- (4) 신울진 1·2호기 : 2009년말 기준으로 원전연료 및 초기 노심 설계가 약 67.56% 공정률을 나타내고 있으며, 2009년에는 본계약을 완료하고, RCOPS FDR 작성 등 최종 설계와 건설허가 질의/답변 업무를 수행하였다.

나. 교체 노심 설계

국내 가동 중인 16개 경수로형 노심에 대한 2009년 교체 노심 설계 현황은 <표 3-10>과 같다.

〈표 3-10〉 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	'09. 3	'09. 6	'09.10	-	-
고리#2	24	-	'09. 2	'09. 6	'09. 9	'09. 9
고리#3	20	-	-	'09. 7	'09.11	'09.11
고리#4	19	-	-	-	'09. 1	'09. 2
	20	'09. 5	'09. 8	-	-	-
영광#1	19	-	-	'09. 1	'09. 4	'09. 4
	20	'09. 7	'09.10	-	-	-
영광#2	19	'09. 2	'09. 4	'09.12	-	-
영광#3	13	'09. 3	'09. 6	'09.11	-	-
영광#4	12	-	'09. 1	'09. 7	'09.10	'09.11
영광#5	7	-	-	'09. 6	'09. 9	'09. 9
영광#6	7	'09. 4	'09. 7	-	-	-
울진#1	17	-	-	-	'09. 3	'09. 3
	18	'09. 8	'09.11	-	-	-
울진#2	17	'09. 2	'09. 5	-	-	-
울진#3	10	-	'09. 1	'09. 7	'09.11	'09.11
울진#4	9	-	-	-	'09. 2	'09. 2
	10	'09. 6	'09.10	-	-	-
울진#5	5	-	-	'09. 1	'09. 4	'09. 5
	6	'09. 8	'09.10	-	-	-
울진#6	5	'09. 2	'09. 4	'09.11	-	-

2. 제조 현황

1988년 10월부터 양산 체제를 구축하여 1989년 7월 고리 2호기 7주기용 원전연료를 납품한 이후 한전원자력연료(주)는 국내에서 소요되는 원전연료 전량을 공급하고 있다.

2009년에는 한국표준형 초기노심 장전연료 및 재장전용 원전연료 489다발, 웨스팅하우스형 재장전용 원전연료 313다발 등 총 802다발을 생산하였으며, 고리 2호기 24주기 교체노심을 포함한 12개 영역에 733다발을 한수원(주)에 납품하였다. 2009년 말까지 총 누적된 생산량은 11,899다발이다.

〈표 3-11〉 연도별 국산 경수로용 원전연료 생산 현황(1989~2009년)

(단위: 다발, 2009년말 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				

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 올진 3호기에 시범집합체 장전을 통해 노내 연소시험을 시작하였고, 3주기 연소시험을 통해 한국표준형 원전에 대한 상용 장전 인허가를 획득하였다. 2006년 6월 올진 4호기를 시작으로 한국표준형원전 8개 호기에 상용공급하고 있으며, 2009년 12월에 영광 5호기에서는 2주기 연소한 연료에 대한 감시시험이 수행되었다.

(나) 향후 전망 : 2010년에는 3회 연소된 시범집합체의 일부 연료봉 및 골격체에 대해 한국원자력연구원 Hot Cell 시험시설에서 파괴 및 비파괴시험을 수행할 예정이며, 기존 한국표준형 OPR1000 교체노심 외에도 신규 원전인 신고리 1·2호기, 신월성 1·2호기 교체노심 및 APR1400 원전 초기노심에도 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 고리 2호기에 시범집합체를 장전하여 3주기 노내 연소시험을 완료하였고, 2008년 7월부터 고리 2호기에 상용 장전되어 운전 중에 있다. 17×17형 개량 원전연료는 2005년 7월 고리 3호기에 시범집합체를 장전한 이후 3주기 연소시험을 성공적으로 완료하였으며, 2009년 1월에 고리 4호기를 시작으로 웨스팅하우스형 17×17형 원전에 상용 장전되어 운전 중에 있다.

(나) 향후 전망 : 16×16 ACE7™ 및 17×17 ACE7™ 시범집합체 연료봉 및 골격체는 한국원자력연구원 조사후시험시설로 옮겨 파괴 및 비파괴시험을 수행할 예정이며, 고리 2호기 및 고리 4호기에서 공급연료에 대한 감시시험을 각각 수행할 예정이다.

(3) 수출선도형 고성능 고유 원전연료 개발

(가) 개발 개요 : 2010년까지 기술소유권이 확보된 글로벌 Top 3 수준의 ‘수출선도형 고성능 고유 원전연료’를 개발하고, 미확보 원전연료 개발 기술 및 노외 성능시험시설 인프라 확보를 최종 목표로 설정하여 2005년 9월부터 2010년 8월까지 표준형 원전용 고유 원전연료를 개발할 계획이다.

2010년 9월부터 시범집합체로 노내 연소성능을 검증할 예정이며, 노내 연소성능을 바탕으로 인허가를 추진하여 2016년부터는 국내 원전에 상용 공급할 예정이다.

(나) 추진 실적 : 연료 기본설계에 이어 2009년에는 노외 성능시험을 위한 고유 원전연료 부품 및 시험집합체를 제조하였다. 지지격자 고온 충격시험 등 각 부품에 대하여 노외 성능시험을 수행하였으며, 집합체

단위로는 집합체 기계적특성 시험 및 집합체 압력강하특성 시험 등이 수행되었고 집합체 진동시험 및 500시간 내마모시험을 위한 시험시설 구축을 완료하였다. 그리고 2009년 말까지 국내 30건, 해외 14건의 특허 출원과 국내 23건에 대해서는 특허 등록이 완료되었다.

(다) 향후 전망 : 2010년 상반기까지 노외 성능시험을 완료하고 2010년 8월까지 최종설계를 수행할 예정이며, 2011년에 노내 연소시험을 수행할 계획이다.

(4) 웨스팅하우스형 고성능 고유 원전연료 개발

(가) 개발 개요 : 2011년까지 독자 기술소유권이 확보된 ‘웨스팅하우스형 고성능 고유 원전연료’를 개발하고, 2016년까지 상용공급 인허가 획득을 목표로 2008년 1월부터 웨스팅하우스 17형 원전용 고유 원전연료를 개발하고 있다. 국내 상용원전 노내 연소시험이 성공적으로 수행되면 2017년부터는 국내 원전에 상용 공급할 예정이다.

(나) 추진 실적 : 2009년 말까지 주 후보모형 평가 및 주요 부품의 상세설계가 완료되어 시험집합체 제조를 위한 원자재 및 부품 구매가 착수되었으며, 기술소유권 확보를 위하여 상단고정체 및 연결·체결 부품들에 대한 국내·외 특허를 출원했다.

(다) 향후 전망 : 2010년에는 부품 및 시험집합체를 제조하여 일부 부품에 대한 노외 성능시험을 수행하고, 집합체 기계적특성 시험 및 압력강하특성 시험도 착수 할 예정이다.

나. 공정개선 및 구조부품 국산화

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

특히 연료봉 2차 용접 기존라인 시스템 개선, 인코넬 지지격자 제조용 경납땜로 증설, 안내관 자동 용접기 개선, 집합체 조립장비 장입장치 개선, 신개념 지지격자 레이저 용접기 개발 등을 통하여 원전연료 수요량 증가에 대처하여 왔으며, 피복관 양단가공장비 등 10종의 장비 개발과 연료봉 용접공정 등 5종의 제조공정 개발을 포함하는 경수로 연료봉 공정자동화 및 최적화 프로젝트를 수행하여 8종 15대의 자동화장비 개발 완료 후 양산에 적용하고 있으며, 연료봉 용접공정 등 4종의 공정개발도 완료하여 생산성 향상 및 원가절감을 이루었고, 2010년 10월을 목표로 안내관 제조공정 개발도 진행하고 있다.

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

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, 17ACE7™ 연료는 2008년 4월 부품 국산화 완료 및 2008년 6월 집합체 제조를 완료하여 그 해 고리 4호기 19주기용부터 공급을 시작하였다.

〈표 3-12〉 경수로용 원전원료 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황

구 분	내 용	효 과	개발기간
제조 공정 개선	연료봉 2차용접 기준라인 시스템 개선	생산성 향상	'03. 1 ~ '05.12
	인코넬 지지격자 제조용 경납땜로 증설		'04. 7 ~ '05.10
	튜브 자동이송장치 개발		'05. 6 ~ '05. 8
	PLUS7™ 안내관 자동용접기 개선		'05. 4 ~ '05.12
	PLUS7™ 지지격자 용접치구 분리기 제작		'05. 1 ~ '05. 5
	지지격자 번호 각인방법 개선		'05. 1 ~ '05. 3
	집합체 조립장비 장입장치 개선		'06. 9 ~ '08.12
	신개념 지지격자 레이저 용접기 개발		'06. 1 ~ '09. 3
	경수로 연료봉 공정자동화 및 최적화		'07. 6 ~ '10.10
	연료봉 탐상시험기 신호증폭기 개선	검사성 향상	'07. 6 ~ '07. 8
부품 국산화	웨스팅하우스형 개량연료 ACE7™	원가 절감	'06. 9 ~ '08. 5
	구조부품 및 제조공정 국산화		

다. 지르코늄합금 튜브 제조기술 개발

(1) 개발 개요 : 지르코늄합금 튜브 국산화를 위한 타당성 검토는 10년 전부터 검토하여 왔으며, 2001년 제4차 이사회('01.10.30)에서 타당성 검토 후 국책사업으로 추진토록 결정한 이래 전문기관에 의한 지르코늄합금 튜브 국산화 타당성 평가를 거쳐 2002년 7월에 하반기 전력산업 연구개발 사업 수요조사서를 제출하였다.

그 해 12월에 산업자원부(현 지식경제부) 중장기 기술개발 사업 지원 과제로 선정되어 사업 협약을 체결함으로써 마침내 사업 타당성을 인정받아 지르코늄합금 튜브 국산화를 위한 토대를 마련하였다.

(2) 추진 실적 : 2단계('03.12~'06.11) 사업과 관련하여 한전원자력연료(주)를 비롯하여 한국원자력연구원, 창원특수강(주) 및 5개 위탁기관이 과제 협약서를 산업자원부(현 지식경제부)에 제출하여 2003년 12월 과제협약 체결을 완료하였다.

2004년 2월 지르코늄합금 튜브 제조기술 과제 착수회의 및 지르코늄합금 튜브 국산화 기본 계획(안)을 이사회에서 의결함으로써 본격적인 사업이 추진되었다. 튜브 제조시설 부지 17,870m²를 대덕테크노밸리에 확보하여 본 부지에 들어설 튜브 제조시설에 대한 설계 용역업체와 지르코늄합금 튜브 제조기술 개발 국산화 사업에 필요한 해외 협력사를 선정하여 2004년 11월에는 공동개발 계약을 체결하였다.

2005년 2월부터 당사의 인력을 미국 웨스팅하우스사 현지 공장에 파견하여 공동 개발 업무를 수행함과 동시에 6월에는 튜브 제조공장 건축조감도를 확정하였고, 12월에는 유성구청으로부터 건축허가를 받았다.

또한 2005년 12월에 공장 건설을 위하여 시공업체인 (주)삼호와 신축공사 계약을 체결하였고, (주)선엔지니어링과는 책임감리 계약을 체결하여 2007년 3월 26일 튜브공장 및 폐수처리동 준공 인허가를 신청하여 2007년 4월 10일 사용승인을 완료하였다.

2006년에는 공정 분야별 기술자와 제조요원들이 공동개발사인 웨스팅하우스사에서 튜브제조기술을 습득하였다. 이와 함께 단위공정별 요소기술 개발을 위해서 제조공정 장비 설계 최적화, 구매, 제작이 착수되었고 제조공장 건물 및 유틸리티 설계 및 설치공사가 마무리되어 장비 설치를 위한 모든 준비를 완료하였다.

3단계('06.12~'08.11) 사업과 관련하여 2006년 12월 산자부와 과제협약 체결을 완료하였다.

2007년 1월, 성형공정 필거 장비 설치를 시작으로 동년 12월까지 총 26종에 대한 장비 설치 및 장비점검시험을 완료하였다.

2008년 1월부터 10월까지 장비자격인증시험, 특성시험 및 총 15종의 제품자격인증시험을 모두 완료하여 상업생산을 위한 모든 준비를 완료하였고, 초기 상업가동 리스크 최소화 및 연속운전 경험 축적을 통한 안정적인 튜브 공급을 위해 상업시험가동을 2008년 11월부터 12월까지 2개월 동안 성공적으로 수행하였다.

2009년 1월부터 튜브 제조공장은 튜브양산을 위한 본격적인 상업가동을 시작으로 국내 경수로 원전에 공급되는 원전연료에 필요한 튜브 전량을 생산·공급하고 있다.

2010년 3월에는 국산 피복관으로 제조된 원전연료가 올진 6호기 5주기에 국내 최초로 장전된 것을 시작으로, 향후 국내 다른 경수로 원전에도 장전될 예정이다. 한편, 한국원자력연구원에서 개발한 원전연료 피복관용 신소재 HANA Alloy TREX를 이용한 튜브를 경수로용 원전연료 제조에 적용하기 위해 HANA합금 튜브 제조 공정자격인증시험을 수행중에 있으며, 이를 통해 부식성능과 기계적 특성이 향상된 신합금 원전연료 튜브의 개발 및 상용화를 추진중에 있다.

(3) 향후 전망 : 원전연료 피복관 제조공장은 각종 특성시험 및 시운전시험을 통하여 축적한 경험을 바탕으로 6 시그마 운동을 Process 공정에 적극적으로 추진하여 생산라인의 자동화와 효율을 높이는 한편,

우수한 품질의 피복관을 제조할 수 있는 능력을 제고하여 품질건전성을 확보하고, 해외 선진경쟁사와의 경쟁력을 확보할 것이다. 또한, 피복관의 자체생산은 피복관의 국산화에 국한하는 것이 아니라 한전원자력연료(주)가 회사의 비전을 걸고 추진하는 원전연료 해외수출사업의 기초가 된다는 점에서 매우 중요한 의미가 있다고 하겠다.

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('06.10~'10.3) 기간 중 노심설계에 필요한 모든 코드가 개발되었으며 이중에 KARMA/ASTRA, THALES, ORCA, ROPER, DYTRAC, ASCORE는 인허가가 필요한 코드들로서 1단계 개발에서 인허가 보고서 작성을 완료하였다.

〈표 3-13〉 원전 노심설계코드 국산화 종류 및 기능

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

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

- KNF (총괄기관) : 인허가 지원, 설계 방법론 및 절차서 개발, 설계 적용성 검토
- KAERI (위탁기관) : 균정수코드 개선 및 기능 확장, 부수로코드 검증체계 개발

- 서울대 (위탁기관) : 장전모형생산기 개발 및 ASTRA 계산능 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 : 국내 · 외 원천기술 소유권 확보를 위한 경수로 원전용 안전해석코드 개발과제가 한수원(주), 한전 전력연구원, 한전원자력연료(주), 한국전력기술(주) 등이 참여하여 2006년 10월에 착수되었다. 이 코드 개발에서 한전원자력연료(주)는 원자로냉각재펌프 등의 원전기기모델, 임계유동 등의 특수현상모델, 열구조체 모델, 연료봉 모델, 원자로 동특성 모델 등의 16개 모델 개발을 담당하고 있다.

(2) 추진 실적 : 2009년에는 2006년 이후에 개발된 개별모델의 통합 및 기초검증 작업이 수행되었다. 2010년 3월말로 1단계 코드원형개발이 완료되었으며, 2단계에서는 실험자료를 이용한 코드검증 작업이 진행될 예정이다. 개발된 코드는 SPACE로 명명되었다. Nu-Tech 2012 구현을 위하여 코드개발기간을 단축하여 2012년까지 인허가 준비를 완료할 예정이다.

(3) 향후 전망 : 2010년 3월말로 개발 완료된 SPACE 코드는 2단계

에서 실험자료를 이용하여 검증될 계획이며, 코드개발과 긴밀한 연계를 가지면서 방법론 개발도 수행될 예정이다. 2단계는 2012년 12월까지 진행되며, 2단계가 완료되면 인허가 문서가 최종 결과물로 생산된다. 3 단계에서는 국내 인허가가 진행될 것이며, 국제 환경여건에 따라 2단계 결과물은 수출도 가능할 것으로 예상된다.

바. 경수로 신연료 운반용기 개발

(1) 개발 개요 : 국내외 방사성물질 운반규정(과기부 고시 2007-22 및 IAEA Safety Standards Series TS-R-1) 강화에 따라 2006년 12월 이후의 모든 원전연료 운반용기는 강화된 기준을 만족하여야 한다. 이에 따라 한전원자력연료(주)에서는 사용중인 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 ABB-CE사로 부터 도입한 RCC-3(20대) 운반용기는 웨스팅하우스사의 기술지원으로 임시로 설계변경을 수행하였으며(2003년 12월), 그 외의 운반용기에 대하여 2012년으로 사용기간 연장을 과기부로부터 승인받았다(2007년 9월).

이어 정부 과제로 새로운 국산 운반용기 개발을 2007년 3월부터 착수하여, 2008년 2월에는 운반용기의 기본설계를 그리고 9월에는 상세설계를 완료한 후 시제품을 제작과 인·허가 시험을 수행한 결과를 기준으로 2010년 1월 한국원자력안전기술원으로부터 설계승인서를 획

득하였다.

(3) 향후 전망 : 강화된 국내·외 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.

사. 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('07.8~'13.7)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 수출시 필수적인 검사기술 제공 또는 필요한 성능검증을 수행할 수 있게 된다. 또한, 무결함연료 목표달성에 필요한 연료신뢰도 관리체계 구축, 신뢰도 향상방법론 개발 및 조사후연료 성능검사 인프라 구축 등의 요소기술을 보유함으로써 원자력에 대한 대국민 수용성을 향상시키게 된다.

(2) 추진 실적 : 2009년에는 신뢰도 관리시스템 상세설계를 완료하였으며, 노내 성능검사 장비개발 및 조사연료의 구조부품 핫셀검사를 위한 장비 상세설계를 완료하고 시제품을 제작중이다. 또한, 3주기 연소

한 PLUS7™ 연료봉의 파괴·비파괴 시험을 통한 마모성능 검사·평가 및 PLUS7™ 연료의 골격체 이송을 위한 대체 골격체를 제조하여 조사 골격체를 핫셀시험 시설로 옮겨 각종 핫셀시험을 진행 중이다.

(3) 향후 전망 : 2010년까지 전수명 연료신뢰도 DB 시스템 시제품 개발, 고유 손상감시코드 개발, 고유 노내성능 검사장비의 시제품 제작 및 조사연료 구조부품의 핫셀 시험장비를 구축하고 2012년까지 시운전, 성능최적화 등을 통하여 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 2009년 12월까지 총 17개 호기에서 18다발을 수리하였다. 2009년 3월에는 영광 1호기에서 HANA 피복관 1주기, 9월에는 고리 2호기 16ACE7™ 상용집합체 1주기, 11월에는 고리 3호기 17ACE7™ 시범집합체 3주기, 12월에는 영광 5호기 PLUS7™ 상용집합체 2주기 연소 후 집합체 정밀검사를 수행하였다.

연료서비스 기술 향상과 개량연료 개발 및 발전소의 효율적 운영 지

원을 위하여 지속적인 연구개발 중에 있으며, 현재 중수로 사용후연료 건전성 검사 장비 및 기술개발과 경수로용 사용후연료 노내연소 성능검사 장비 및 기술 개발 등 2개 과제를 수행 중에 있다.

원전연료 서비스분야의 연구개발 과제 내용 및 기술 확보 현황을 <표 3-14>에 요약하였다.

<표 3-14> 연구개발 과제 내용 및 연료서비스 기술 확보 현황

순번	기 간	내 용	후원 및 지원 기관	성과 및 활용
1	'99.10 ~'02.4	가압경수로 원전연료 수리기술 개발	산업자원부 '전력산업 기술개발사업' 연구개발과제	• 연료 수리장비 개발 • 수리요원 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	사용후연료 정밀검사 기술 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 사용후연료 건전성 검사장비 및 기술개발	산업자원부 '전력산업기술개발사업' 연구개발과제	• 중수로형 연료검사기술 확보 • 결함연료 분리저장 기술 구축
6	'07.8 ~'13.7	사용후연료 노내연소 성능검사장비 및 기술개발	산업자원부 '전력산업기술개발사업' 연구개발과제	• 연료성능 고유 검사장비 개발 • 노내 연소성능 평가기술 구축

제2절 중수로 원전연료

1. 제조 현황

한전원자력연료(주)는 1997년말 준공한 연산 400톤U 생산규모의 가공시설에서 국내 중수로형 원전에 소요되는 원전연료 전량을 생산 공급하고 있다. 2009년에는 월성 원전 4기에 중수로형 원전연료 16,296다발을 공급하였고, 1998년 이후 현재까지 총 232,224다발을 공급하고 있다.

〈표 3-15〉 연도별 국산 중수로용 원전연료 공급 현황(1998~2009년)

(단위 : 다발, 2009년말 기준)

연도 \ 구분	집합체 수량	누 계	연도 \ 구분	집합체 수량	누 계
1998	14,112	14,112	2004	21,528	129,780
1999	18,828	32,940	2005	21,528	151,308
2000	15,696	48,636	2006	22,248	173,556
2001	19,872	68,508	2007	21,204	194,760
2002	19,872	88,380	2008	21,168	215,928
2003	19,872	108,252	2009	16,296	232,224

2. 기술개발

2009년에는 생산성 향상과 원가 절감 및 품질 향상을 위해 피복관 흑연도포 공정 자동화 등 12건의 제조공정 개선 및 장비개발을 수행하였으며, 2010년에도 월성 원전에서 소요되는 원전연료 수요량의 적기 공

급과 고품질의 원전연료 제조를 위해 간격체 성형장비 제작 및 연료봉 용접기 용접실린더 국산화 개발 등을 지속적으로 추진할 예정이다.

〈표 3-16〉 중수로용 원전연료 주요 제조공정 개선 및 장비개발 현황(2009년)

제조 공정 개선	효 과
베릴륨구역 세척조 환기장치 개선	생산성 향상
베이크오븐 2호기 공정자격인증	
지르칼로이 칩 발생공정 습식 진공청소기 도입	
지지체 코이닝 장비개선	
피복관 양단가공용 절삭공구 개선	
헬륨누출시험기 설치	원가절감
가접 및 경납땜 3호기 부착물 공급장치 개선	
피복관 흑연도포 공정 자동화	
봉단마개용접기 전류공급계통 개선	품질 향상
용접덧살가공 지르칼로이 칩 비산방지장치 설치	
집합체용접 1호기 장비개선	
헬륨누출시험기 챔버 개선	

제3장 방사성폐기물 관리

한국수력원자력(주) 안전기술처 방사선안전팀장 고영우

제1절 개 요

일반 산업 활동에서 산업폐기물이 발생하는 것처럼 원자력을 이용한 산업 활동에서 방사성 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 매우 적고 발생하는 곳도 한정되어 있어서 격리 및 체계적 관리가 용이하다.

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 있다.

1970년대 말부터 본격화된 우리나라의 원자력산업은 지난 20여 년 간 괄목할 만한 성장을 이룩하여 2009년 말 현재 20기의 원자력 발전소가 가동되고 있고, 6개의 신규 원전이 건설 중에 있어 명실공히 원자력 발전 국가로 발돋움하였다. 국내 전력수요의 34%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 원자력발전소 건설 및 운영기술의 해외수출을 통해 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 원자력발전소에서 배출되는 사용후연료를 제외하고는 모두 중·저준위 방사성폐기물이다. 발생원은 원자력발전소에서 생성되는 폐기물이 대부분을 차지하고 있으며, 연구용 원자로 및 기타 방사성동위원소 이용기관에서 나머지 방사성폐기물을 발생시키고 있다. 한수원(주)은 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물을 원전 부지 내 방사성폐기물 저장고 등에 보관하고 있으며, 방사성동위원소 폐기물은 한국방사성동위원소협회에서 수거 및 운반하여 한수원(주)의 대전소재 원자력발전기술원의 전용 저장시설에 보관하고 있다. 중·저준위 방사성폐기물 처분장이 건설되면 원자력발전 및 방사성동위원소 이용으로 발생한 폐기물을 안전하게 처분하게 될 것이다.

제2절 사용후연료 관리

1. 저장관리

사용후연료는 그 속에 포함된 핵분열생성물 때문에 원자로에서 꺼낸 이후에도 오랜 기간 동안 방사선과 열이 발생한다. 따라서 발전소에서 근무하는 작업자를 방사선으로부터 보호하고 열을 제거하기 위하여 사

용후연료는 발전소의 원전연료취급건물안의 수조(지속적 냉각 설비가 갖추어지고 고농도 붕산수로 채워져 있으며, ‘사용후연료저장조’라 부른다)에 저장한다. 사용후연료 중간저장시설의 건설이 늦어짐에 따라 상업운전을 시작한지 오래된 각 발전소의 사용후연료 저장용량을 확장하기 위해 고리 3·4호기, 울진 1~4호기 및 영광 1·3·4호기를 대상으로 조밀저장대로 교체하였다.

최근 해외에서는 물 속에 사용후연료를 저장하는 기술 외에도 콘크리트 또는 탄소강 등으로 방사선을 막고 자연순환 되는 공기를 이용해 냉각시키는 기술을 적용한 건식저장시설을 운영하고 있다. 우리나라에서도 월성원자력발전소에 이러한 공기냉각식 콘크리트 구조물 형태의 저장시설을 1992년, 1998년, 2002년 및 2006년 4회에 걸쳐 건설하였으며, 2010년 2월에 조밀건식저장시설 건설을 완료할 예정이다. 현재 호기 간 사용후연료 운반 등을 통하여 2016년까지 사용후연료를 원전부지 내에 저장할 수 있도록 계획을 수립하고 있다. 2009년 말 현재 사용후연료의 저장관리현황은 <표 3-17>과 같다.

<표 3-17> 사용후연료 시설용량 및 저장실적 (2009년 말)

(단위 : 다발)

구 분	시설용량	저장실적
고 리	6,004	4,364
월 성	340,752	311,424
영 광	7,418	4,084
울 진	6,572	3,315
계	360,746	323,187

2. 중간저장

중간저장이란 사용후연료를 직접 처분하거나 재활용 처리를 하기 전 사용후연료의 방사능과 발열량을 충분히 낮추기 위해 저장하는 것을 말한다. 정부가 중간저장시설 건설 등을 포함한 종합적인 사용후연료 처리방침을 국가정책방향, 국내·외 기술개발 추세 등을 감안하여 추후 결정할 예정으로 있다.



〈그림 3-6〉 월성 사용후연료 조밀건식저장시설

3. 영구처분

사용후연료는 열이 식을 때까지 충분히 원전 부지 내 또는 중간저장 시설에 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 사용후연료를 회수할 기회를 주지 않고 최종 처분하는 것은 비경제적일 수도 있다고 보는 견해에서 비롯된다. 미국에서는 사용후연료를 직접 영구처분 할 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 2030~2040년대에 영구처분 할 예정으로 있다. 한수원(주)은 1983년부터 상업운전에 들어가는 원전에 대해 향후 사용후연료 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 사용후연료의 누적량이 처분장을 운영하기에는 적정한 경제적 규모에 도달하지 않았다고 판단하여 아직 영구처분장을 운영하지 않고 원전 부지 내, 재처리 시설 내 또는 중간저장시설에 저장하고 있으며 자체적 또는 공동으로 해결책을 찾는 데 부심하고 있다.

제3절 중 · 저준위 방사성폐기물 관리

1. 기체 방사성폐기물 관리

가. 발생원

원자력 에너지는 우라늄이 중성자를 흡수하여 핵분열하는 과정에서 발생된다. 핵분열 과정에서 생성되는 핵분열생성물은 대부분 연료봉 내에 격리되어 있지만 극히 일부가 원자로 냉각재계통으로 이동하여 원자

로 및 원자로건물 내의 각종 설비에 존재하게 된다. 방사성 기체는 원자로 냉각재계통의 냉각수 수질을 정화하는 과정과 방사능에 오염된 액체 방사성폐기물을 수집·처리하는 과정에서 발생한다.

나. 처리방법

기체 방사성폐기물은 기체폐기물 저장탱크에 일정기간 동안 저장하여 반감기가 짧은 방사성 동위원소는 완전 붕괴시키고 방사성 옥소와 반감기가 긴 방사성 동위원소는 여과설비로 제거한 후 배출하는 방법(고리 1발전소, 울진 1발전소)과 활성탄 지연대와 고효율 여과기(HEFA Filter)를 이용하여 기체 폐기물을 제거하는 방법(고리 2발전소, 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 배출관리기준을 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 배출관리기준을 초

과하지 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.

2009년도의 발전소 인근주민에 대한 방사선영향을 평가한 결과는 <표 3-18>과 같으며 기체 폐기물로 인해 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 지난해에 받은 것으로 예상되는 전신선량은 최고 0.00144 밀리시버트(mSv)였고, 액체 폐기물로 인한 전신선량은 최고 0.0056 mSv였다. 부지별 평가에서는 가장 높은 주민선량을 보인 월성의 경우 다수호기 운영에 적용하는 설계기준치의 약 3%로 매우 적은 값이다.

<표 3-18> 2009년 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	2.25E-03	6.29E-06	2.26E-03	0.90
월 성	0.25	5.63E-03	1.44E-03*	7.07E-03	2.83
영 광	0.25	4.32E-03	8.22E-06	4.33E-03	1.73
울 진	0.25	2.07E-03	2.80E-05	2.09E-03	0.84

* 원자로냉각재로 중수를 사용함에 따라 삼중수소 배출량이 타 원전보다 많아 피폭선량이 증가함

2. 액체 방사성폐기물 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 방사성 물질의 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 대해서도 교육과학기술부 고시 제2009-37호의 배출관리기준을 초과하지 않도록 관리하고 있으며 발전소 인근 주민의 방사선 영향도 원자력법 고시에서 정한 연간 선량한도를 넘지 않도록 제한하고 있다. 원자력 발전소에서는 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 방사선량이 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, 2009년도에 가동 중인 원전으로부터 배출된 액체폐기물의 전베타-감마선(β - γ)은 총 0.0025테라베크렐(Tbq)이었으며, 액체 유출물로 인한 연간 주민 예상 방사선량은 가장 높았던 월성의 경우 $5.63 \times 10^{-3} \text{mSv}$ 로서 액체 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량한도 0.03mSv의 18.7% 수준으로서 안전하게 관리되고 있다. 발전소별 배출실적은 <표 3-19>와 같다.

〈표 3-19〉 2009년도 방사성 기체 및 액체 배출실적

구분	단위	고 리		월 성		영 광			울 진		
		1발	2발	1발	2발	1발	2발	3발	1발	2발	3발
기체	TBq	1.41E+00	5.49E-01	8.41E+00	5.37E+00	1.94E-03	2.48E+00	1.06E+00	2.81E-02	1.24E-02	7.10E-02
액체	TBq	1.87E-05	1.49E-05	1.15E-03	3.35E-04	LLD미만	4.49E-06	7.96E-04	LLD미만	LLD미만	1.84E-04

주) 삼중수소 제외

방사선에 관하여 세계 최고기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)가 일반시민에 대해 권고한 개인선량이 1년에 1mSv이고, 원자력발전소가 없어도 우리 인간이 자연적으로 받는 개인선량이 2.4mSv 혹은 그 이상인 점을 생각해 본다면 원자력발전소 운영으로 인해 주민이 받는 영향은 없다고 볼 수 있다.

3. 고체 방사성폐기물 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. 특 징

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

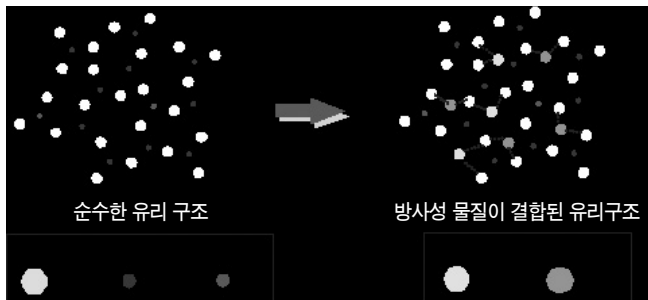
고체 방사성폐기물은 종류에 따라 알맞은 처리방법을 사용하여 그 부피를 감용하고 형태를 안정화함으로써 원전부지 내 임시저장시설의 이용효율 극대화, 영구처분 비용 절감, 최종 방사성폐기물의 특성 안정화 및 작업종사자 피폭 방사선량 저감을 도모하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 압축이 가능한 잡고체폐기물은 수집하여 드럼 내에서 압축하여 뚜껑을 닫아 밀봉처리 한다. 폐수지는 완전 건조 후 300년간 구조적 안정성을 유지하는 고건전성용기(HIC, High Integrity Container)에 넣어 처리하고 있다. 폐액증발기에서 발생된 농축찌꺼기는 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 울진 5·6호기에서 발생하는 가연성폐기물을 처리하고 있다.

라. 유리화 설비

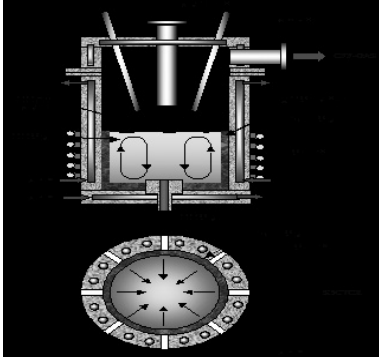
원자력발전소에서 발생하는 폐기물은 거의 방사선의 세기가 낮은 저준위방사물이지만 보다 안전한 관리를 위해 처분에 앞서 형태에 따라

알맞게 처리하고 있다. 특히, 원자력발전소의 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 3-7〉 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 3-8〉 유리화 설비 용융로



〈그림 3-9〉 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

2009년도에 가동 중인 원전에서 발생한 고체폐기물은 모두 4,978드럼(200리터 드럼 기준)으로써, 전년도(5,298드럼) 대비 320드럼이 감소되었으며 발생실적은 <표 3-20>과 같다.

〈표 3-20〉 2009년도 중·저준위 고체폐기물 발생실적

(단위 : 드럼)

구 분	고 리	영 광	울 진	월 성	계
농축폐액	37	82	52	0	171
폐 수 지	30	40	35	153	258
폐 필 터	0	0	0	12	12
잡 고 체	898	1,090	874	1,604	4,466
슬 러 지	71	0	0	0	71
계	1,036	1,212	961	1,769	4,978
누 계	40,387	20,776	16,290	9,304	86,757

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 <표3-21>과 같다.

〈표 3-21〉 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. 드럼 내 감마 방사능 분석을 위해 드럼 밖으로 방출되는 감마 방사성핵종의 방사능 세기를 분석한 후, 이를 활용하여 드럼 내에 존재하는 방사성핵종의 방사능 농도를 평가하기 위해 각 원전본부별로 드럼핵종분석장치(Radioactive Waste Assay System)를 1대씩 방사성폐기물 임시저장고에 설치하였다.

○ 임시 저장시설 내 장비설치 모습



〈그림 3-10〉 드럼핵종분석장치 검출기 및 컨베이어



〈그림 3-11〉 드럼측정 대기중 (이송용 컨베이어)

폐기물드럼 내 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.

제4장 방사성폐기물 관리사업

제1절 방폐장 건설 계획 수립

한국방사성폐기물관리공단 홍보팀장 이철호

1978년 7월 고리 1호기 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·저준위방사성폐기물 육지처분 원칙 △영구 처분장은 원전부지 외부에 집중식으로 건설 △정부 주도의 비영리 방사성폐기물 전담기구 설치 △방폐물관리비용은 발생자가 부담 △전담기구 설립추진협의회 구성·운영 △사용후연료 관리대책 별도 수립 등이었다.

이렇게 1986년도부터 시작된 방사성폐기물 처분시설 부지확보를 위한 노력은 19년간 9차례의 실패를 거듭하면서 국가적인 난제로 떠올랐다. 사업주체도 수차례 바뀌며 난항을 거듭했다.

정부는 사업실패의 원인을 투명성 부족과 안정성에 대한 국민홍보 부족 등으로 판단하고 주민투표제를 도입하는 등 방사성폐기물관리사업의 추진과정에서 주민참여를 제도화하였고 2004년 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설과 사용후연료를 분리 추진키로 하면서 큰 전환점

을 맞이했다. 2004년 12월 17일 제 253차 원자력위원회는 기존의 중 · 저준위방사성폐기물 영구처분시설과 사용후연료 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 · 저준위방사성폐기물 처분시설 부지가 경주로 확정되면서 방사성폐기물관리사업은 원자력발전 역사에 큰 획을 긋게 됐다. 또한 정부가 일방적으로 결정하지 않고 주민의견 수렴을 거쳐 사회적 갈등과 대립을 국민적 화합으로 승화시킨 갈등 해결의 모범적 선례를 남기기도 했다. 중 · 저준위방사성폐기물 처분시설 부지확보는 원자력발전의 기본 전제조건인 방사성폐기물의 안전한 처분을 통해 자연환경 보존과 원자력발전의 지속가능성을 확인하게 됐다는 점에서 의미가 크다.

제2절 부지선정 과정

한국방사성폐기물관리공단 홍보팀장 이철호

1. 한국원자력연구원의 부지선정 착수

(1차 추진-울진·영덕·영일)

1978년 고리원자력발전소 1호기의 가동 이래 원자력발전소와 방사성동위원소 이용기관의 증가로 방사성폐기물 발생량이 급속히 증가되어 방사성폐기물의 안전관리가 큰 문제로 대두됨에 따라 1983년 ‘방사성폐기물 관리사업 대책위원회’를 구성했다. 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.

첫 사업 전담자로 선정된 것은 한국핵연료였다. 1985년 6월 29일, 제213차 원자력위원회는 ‘방사성폐기물 운영관리기구 설치방안’을 의결하여 한국핵연료주식회사가 방사성폐기물 관리사업을 전담하고 장기 대책 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 한국전력기술(주)에 전국을 대상으로 한 부지환경현황조사 용역을 의뢰했다. 이에 한국전력기술(주)은 1986년 7월 용역에 착수해 1단계로 89개 후보 부지를 도출했으며, 2단계에서는 부지 선별기준에 따라 임해지역에서 총 25개 후보 부지를 선정했다. 1987년 3월에는 미국 바텔연구소와 공동 연구를 통해 그해 9월 경북의 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, 사용후연료는 재처리 또는 영구처분에 대한 국가 정책 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 사용후연료는 한전이 원전부지 내에서 관리토록 하되, 관리비용은 방사성폐기물관리 기금이 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 사용후연료 중간저장시설, 그리고 연구시설 관련 부속시설을 건설기로 했다.

그러나 1989년 임시국회를 통해 방사성폐기물처분장 건설계획이 일반에 알려지기 시작하면서 지역의 반대운동이 격렬하게 전개됐으며 한국에너지연구소는 3월 14일 부지조사활동을 일시 중단했다. 이와 함께 지역주민을 대상으로 홍보활동을 전개했으나 주민의 집단 반발로 조사도중 철수했다. 당시에는 관행처럼 내려오던 비공개 정책에서 벗어나지 못했고 국민이해 증진을 위한 홍보활동도 초보적인 수준에 머물러 있었다.

2. 2차 추진-안면도

당초 방사성폐기물관리 개념은 방사성폐기물을 집중관리하기 위해 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후연료 중간저장시설 등을 동일부지에 건설하고 수송의 용이성을 위해 구릉성 산지를 포함한 임해내륙지역에 확보한다는 것이었다. 그러나 인식부족과 장기간의 홍보 및 설득이 필요한 사업으로 일정차질이 우려됐다.

이에 따라 중·저준위방사성폐기물처분시설은 인간 생활권으로부터 영구처분이 가능한 무인도 또는 대륙붕에 건설하고 사용후연료 중간저장시설은 한국원자력연구원 제2 연구소 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 원자

력위원회의 의결을 거쳐 최종 확정한다는 내용을 의결했다.

그러나 그해 11월 이 같은 서해연구단지 개발계획이 모 일간지를 통해 알려지자 안면도 주민들을 중심으로 상경투쟁 등 엄청난 반대운동이 전개됐다. 결국 안면도 부지선정 사업은 주민과의 사전 협의 없이 사업 내용을 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 방사성 폐기물에 대한 국민의 이해 증진에 전력을 다한다는 목표를 세우고 그 일환으로 방사성폐기물 부지 확보 사업을 공개주의 원칙하에 지역개발 사업과 연계해서 자율신청을 권유하기로 방침을 정하고 전국을 대상으로 부지공모를 시행하기로 결정하였다

한국원자력연구소는 기술적인 접근과 함께 국민이해를 바탕으로 사회과학적인 접근방안을 모색하기 위해 ‘서울대 인구·발전문제 연구소’를 중심으로 ‘방사성폐기물 부지확보 및 지역협력 방안연구’ 용역을 의뢰, 전국의 임해지역을 대상으로 6개의 최적 후보지역을 도출했다.

정부는 부지확보사업의 공개주의 원칙하에 지역개발사업과 연계해서 자원신청을 권유하기로 방침을 정했다. 1991년 10월 4일 과학기술처 장관이 기자간담회를 통해 계획을 발표했고 그 결과 44개 지역에서 신청이 접수됐다. 그리고 이중 7개 후보부지 지역을 최종 도출했다. 그러나 정부의 후보부지 발표이후 충남 1개 지역이 안면도라는 사실이 알려지고 서울대 용역조사에서도 안면도가 6곳의 후보부지로 추천됐다는 사실까지 드러나자 안면도는 다시 소요에 휩싸였다. 결국 정부는 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 청하면에서도 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 연계, 주민합의라는 3가지 원칙아래 추진하겠다고 천명했다.

결국 사전 주민협의 절차 및 시설지역에 대한 대폭적인 지원을 내용으로 하는 ‘방사성폐기물관리사업의 촉진 및 시설주변지역의 지원에 관한 법률(이하 방축법)’을 제정(’94.1.5)하게 됐다.

방축법이 1993년 6월 입법 예고되자 기대감으로 1993년 11월 경남 양산군 장안읍이 유치신청서를 제출했다. 그러나 지역의 반대로 정부는 입지추진을 포기해야 했다. 1994년 5월에는 경북 울진군 기성면에서 지역주민 57%의 유치찬성을 서명을 받아 유치신청서를 제출했다. 그러나 기성면 인근주민들과 반원전단체들이 극심하게 반대함으로써 정부가 공식 포기선언을 하고 말았다.

5. 5차 추진-굴업도

4차 부지선정이 실패하자 정부는 전국의 임해지역과 폐광지역 그리고 도서지역을 대상으로 후보 부지를 다시 물색하게 됐다. 이에 따라 1994년 16개 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 용진군 덕적면 굴업도를 최종지역으로 선정했다.

그러나 한국원자력연구소에서 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 제242차 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-한전의 사업추진 및 자율 유치공모방식 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.

사용후연료에 대한 연구개발 업무는 원자력연구소에서 계속 수행하며 방사성폐기물관리기금은 폐지토록 했다. 그리고 한전이 한국원자력연구소에 출연금 형식으로 매년 지원하던 원자력연구개발비를 중장기적으로 안정적 확보를 위하여 과학기술처(현 교육과학기술부) 관리 하에 ‘원자력연구개발기금(가칭)’을 신설하여 운영하고, 기금은 한전 출연금 등으로 원자력발전량(kWh)당 일정금액으로 출연하도록 법제화 하였다.

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 유치희망 지자체가 없거나 적격 후보지가 없을 경우 지자체와 협의하여 사업자가 적격 후보지를 선정하고자 했다.

1998년 9월 30일 제249차 원자력위원회는 2008년까지 중·저준위 폐기물처분시설을 건설하고 2016년까지 사용후연료 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 사용후연료 중간저장시설 준공 시까지 원자력발전소 부지 내 자체 저장시설을 확충하여 관리한다는 세부방침도 확

정하였다.

정부와 한전은 2000년 6월 27일, 정부는 방사성폐기물관리시설 부지를 공모한다고 발표했다. 유치신청은 기초지방자치단체장이 기초지방의회의 동의를 받아 신청하고 부지의 규모는 약 198만 m^2 로 약 79만 m^2 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 2월말까지 이며, 응모부지에 대해서는 투명하고 공정한 부지적합성조사 절차를 거쳐 최종 후보 부지를 결정키로 했다.

또한 최종선정지역에는 ‘발전소주변지역지원에 관한 법률’에 따라 지역지원사업을 시행하게 되며, 건설기간 및 운영기간을 통해 약 2,127억원 지원이 예상됐다.

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 자율

유치공모 방식에서 사업자 주도 방식으로 전환 추진하는 계기가 되기도 했다.

7. 7차 추진-한수원(주)의 사업추진 및 사업자 주도방식 전환

2001년 4월 1일, 방사성폐기물관리사업의 주체였던 한전이 전력산업구조개편에 따라 6개 발전회사 및 전력거래소로 분리되면서 원자력 발전사업자인 한수원(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 부지 규모를 당초 60만평에서 2개소로 하되, 전문기관의 용역을 통해 도출된 후보 부지를 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 확정될 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 양성자기반 공학기술개발사업 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, 전라북도 및 군산시, 부안군, 장흥군 등 여러 지방자치단체에서 깊은 관심을 갖게 됐다.

2003년 6월 26일에는 부지선정 변경 공고안이 발표됐는데, 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 최종 부지로 선정한다는 내용이었다.

이후 전북 군산시와 강원도 삼척시에서 시설 유치에 관심을 보였으나 환경단층의 발견과 지방의회의 반대로 유치 신청은 무산되었다.

그러나 5월 13일 위도주민 핵폐기장유치위에서 주민 80% 이상의 서명을 받아 부안군의회에 유치 청원했다. 그러나 부안군의회에서는 이를 부결시켰고 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.

‘방사성폐기물 관리시설 부지선정 위원회’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 차량시

위, 부안군내 초·중·고교 학생 등교거부 등의 반대활동을 통하여 방사성폐기물관리시설 위도유치 백지화를 요구했다.

2003년 10월 3일 정부는 국무총리 주재 하에 부안 반대대책위 대표 단과의 간담회를 갖고 ‘방사성폐기물관리시설 유치 백지화나 전면추진’과 같은 전제조건 없는 대화를 원칙으로 하는 ‘부안 民·政 대화기구’ 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 유치신청이후 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 신규유치공모

를 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 결과 해당 지자체장이 지역 내 갈등을 우려하여 예비신청을 포기함에 따라 결국 무산되고 말았다.

부안군은 2004년 2월 14일 부안 반대대책위 주관으로 주민투표를 실시했다. 위도를 제외한 36개 투표소에서 독자적으로 실시된 주민투표에서 유권자 52,108명중 37,524명이 투표에 참가(투표율 : 72.01%)하여 투표자의 91.9%가 방사성폐기물관리시설 유치를 반대한 것으로 나타났다. 정부는 반대대책위가 일방적으로 실시한 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 홍보팀장 이철호

1. 방사성폐기물 관리정책 변경

9차례의 사업추진에서 가장 큰 걸림돌은 안전성에 대한 국민들의 이해부족과 시민환경단체의 반대운동이었다. 이후 정부의 부지선정사업

은 민주성 및 투명성 확보에 이어 어떻게 국민이해 증진활동을 펼쳐 수용성을 높이느냐에 초점이 맞춰졌다.

2004년 12월 17일 제253차 원자력위원회는 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후연료 중간저장시설을 분리하여 추진토록 결정하였다. 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 상대적으로 적은 편이었다. 사용후연료의 경우 상대적으로 포화시점에 여유가 있고 국가정책 방향과 연계되어 있어 중간저장시설 건설 등을 포함하여 충분한 논의를 거쳐 추진하는 것이 바람직하다는 판단아래 주민수용성, 포화시점, 사회적 논의 필요성 등을 감안하여 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후연료 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 영구처분하며 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 관련시설의 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 주민의견을 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 법정부적인 지원체제를 마련하여 운영토록 하며, 시설의 안전성에 대하여 주민들이 확신할 수 있도록 민간환경감시기구를 운영하고 주민건강진단 및 역학조사를 정기적으로 실시토록 하였다.

사용후연료 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, 사용후연료의 처리, 처분과 관련한 연구개발을 지속적으로 추진토록 했다.

그리고 중간저장시설 건설 등을 포함하여 사용후연료에 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 추진 방침을 결정토록 했다.

2. 유치지역지원 특별법 제정

2004년 4월 22일 ‘국정현안정책조정회의’에서 ‘방사성폐기물 관리 시설 유치지역지원 등에 관한 특별법’ 제정방침을 확정하고 관계부처의 협의를 통해 7월 12일 입법예고했다. 그러나 부지선정 절차가 지자체장들의 예비신청 포기로 무산됨에 따라 정부는 중·저준위방사성폐기물과 사용후연료를 분리하여 추진하는 것을 골자로 하는 신규대책을 확정하였다. 아울러 유치지역 지원내용과 주민투표 실시 등을 포함한 특별법을 절차공고 전에 선 제정기로 결정하고 특별법 명칭도 ‘중·저준위방사성폐기물처분시설 유치지역지원에 관한 특별법’으로 변경하였다.

동 특별법은 제253차 임시국회 의결('05.3.2)을 거쳐 2005년 3월 31

일 법률 제7444호로 공포됐다. ‘유치지역지원 특별법(안)’은 기존의 ‘발전소주변지역 지원에 관한 법률’ 중 지역지원 관련 내용들을 흡수하되 지원대상범위를 유치지역 전체주민으로 확대하고 지원계획 수립시 지역이 요구하는 사항을 최대한 반영토록 하는 등 유치지역 주민들의 생활수준 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 대통령이 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·복지증진 등에 사용하도록 규정했다.

또한 특별지원금과 반입수수료로 구성된 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 산업자원부장관(현 지식경제부)이 필요하다고 인정하는 사항에 대하여 심의하도록 하였으며, 효율적인 업무 추진을 위하여 i)부지적합성소위원회, ii) 부지선정 기준소위원회, iii)여론조사소위원회, iv)대외협력소위원회 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.

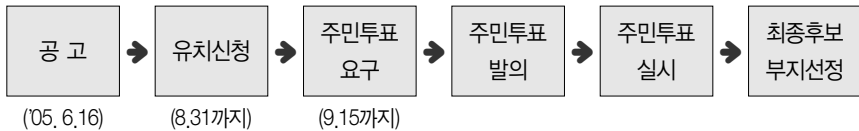
위원회는 전국 총 122개 지자체에 부지선정절차가 공고되기 이전, 유치에 관심을 보이고 있는 지자체를 중심으로 사전 부지조사를 실시할 계획과 추가로 부지적합성조사를 요청하는 지역에 대해서도 부지조사를 실시하겠다는 부지적합성조사 권고요청을 하였으며, 지방자치단체의 협조를 얻어 전국 6개 지역 9개 부지에 대하여 사전부지조사 및 부지적합성조사를 수행하도록 하였고 동 조사를 토대로 부지적합성(부지안전성+사업추진여건)을 확인하기 위하여 부지적합성소위원회를 중심으로 수차례에 걸쳐 이들 부지에 대한 현장조사를 실시하였다.

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 3-12〉 절차공고에 따른 부지선정 절차 및 일정

- ① 지방자치단체의 장이 지방의회의 동의를 얻어 산업자원부(현 지식경제부)장관에게 유치 신청
 - ※ 신청지역이 2곳 이하일 경우, 경쟁구도 조성을 위해 부지선정위원회가 여론조사를 통해 주민투표 대상지역을 추가 선정 가능
- ② 주민투표 대상지역에 대하여 부지선정위원회가 부지안전성 및 사업추진 여건 등 부지적합성을 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 1/3이상 투표 및 유효투표수 과반수의 찬성을 획득한 지역중 찬성율이 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('05.8.23)된 이후 신청서 필수요건인 군의회의 동의를 확보하지 못해 유치신청서 접수시한을 넘기고 말았다.

〈표 3-22〉 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 제기 되었으나 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 찬성율로 중·저준위 방사성폐기물처분시설 최종후보부지로 선정되었다.

〈표 3-23〉 방폐장 유치 주민투표 결과

구 분	경주시	군산시	영덕군	포항시	계
총 선거인수	208,607	196,980	37,536	374,697	817,820
투표인수	147,636	138,192	30,107	178,586	494,521
- 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 3-24〉 방폐장 부지선정 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 홍보팀장 이철호

1. 국가차원의 방사성폐기물관리 전담기관의 설립

경주 중저준위 방사성폐기물처분장 부지선정('05.11.2) 이후, 국제기준에 맞는 방사성폐기물 관리체계 구축이 핵심 정책과제로 대두되었다. 그동안 방사성폐기물 관리는 방사성폐기물의 주요 발생자이며 원전사업자인 한수원(주)이 수행해왔다. 그러나 방사성폐기물 발생자가 관리사업을 동시 수행하는 구조로 인해 사업의 객관성 및 투명성에 문제가 있다는 지적이 제기되었다. 국제기준인 IAEA 권고사항도 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 국내·외적으로 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 한수원(주)에서 수행하던 방사성폐기물 사업을 이관 받아 2009년 1월 1일 한국방사성폐기물관리공

단(이하 방폐물관리공단)이 설립되었다.



〈그림 3-13〉 한국방사성폐기물관리공단(창립) 시무식

지식경제부 산하 준정부기관으로 설립된 방폐물관리공단은 2010년 6월 현재 정원 247명 규모로 본사에 경영지원본부, 사업본부, 운영본부 등 3개 본부를 두고 경주에 중저준위방사성폐기물관리시설인 월성원자력환경관리센터와 대전에 기술개발을 담당하는 방사성폐기물기술개발센터를 두고 있다. 방폐물관리공단의 초대 이사장은 원자력전문가로 통하는 민계홍 이사장이 맡게 됐다. 민계홍 이사장은 1976년 한국전력에 입사해 한수원(주) 사업본부장과 방사성폐기물본부장을 역임했다.

방폐물관리공단의 설립으로 국제기준에 부합하는 방사성폐기물 관리체계를 구축하게 되었으며, 독립된 전담기관을 둬으로써 방사성폐기물 관리의 안전성·전문성·투명성이 더욱 향상되어 녹색성장의 주요 에너지원인 원자력에 대한 부정적인 인식을 줄여나가는데 핵심적인 역

할을 할 것으로 기대된다.

2. 방폐물관리공단의 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 △방폐물관리법 또는 다른 법령에 따라 정부로부터 위탁받은 사업을 수행한다.

방폐물관리공단은 현재 건설중인 1단계 중·저준위 방사성폐기물 관리시설을 안전하고 친환경적으로 건설, 운영하며 올해 하반기에는 방폐장의 인수저장시설을 우선 운영할 예정이다. 또한 2단계 처분장 건설을 위한 준비도 차질 없이 추진하고 있다.

방폐물관리공단은 사용후연료 관리방안 마련을 위해 추진되는 사용후연료 공론화가 객관적이고 중립적으로 원활히 추진될 수 있도록 공론화 활동에 인적·재정적·기술적·행정적 지원을 맡아 사용후연료 관리정책을 적기에 도출하도록 지원할 예정이며, 도출된 관리정책에 따라 부지확보 및 조사, 중간저장시설 설계, 건설 등 사용후연료 관리를 위한 구체적인 사업의 시행을 맡게 된다.

또한 국제적인 수준의 방사성폐기물 관리기술 확보를 위해 방사성폐

기물 관련 핵심기술의 개발과 처분시설의 주요설비 국산화 및 성능개선, 사용후연료 중간저장 및 처분관련 기술개발 등 방사성폐기물 관련 연구개발을 추진하고 있고 해외의 선진 방사성폐기물관리 전담기관과의 기술교류 확대를 통한 선진기술을 확보, 국제협력을 통한 국가 위상 제고 및 방폐물관리공단의 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 방사성폐기물관리사업의 안전성과 투명성에 대한 국민의 신뢰 확보를 위해 적극적인 정보 공개와 방사성폐기물 관리 실태를 직접 눈으로 확인할 수 있도록 월성원자력환경관리센터에서 시설견학을 시행하며 다양한 현장체험 기회를 제공하고 있다.

3. 관리사업자 지원사업

2006년 1월 2일 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설사업 예정구역이 고시됨으로서 ‘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 추진되고 있다.

이 중 방사성폐기물관리사업자인 방폐물관리공단에서 시행하는 사업인 방사성폐기물반입수수료 지원 사업은 200ℓ 1드럼 당 637,500원이 발생하며, 이 중 75%는 관할지방 자치단체에 지원하여 경주시가 직

접 집행하고, 25%는 관리사업자인 방폐물관리공단이 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 방폐물관리공단이 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 민간환경감시기구의 설치·운영지원 등에 사용할 수 있다.

방폐물관리공단은 전기요금보조, 홍보사업, 환경안전관리사업, 농수산물관련 지원사업 및 관광진흥사업, 유치지역지원위원회에서 유치지역의 발전을 위하여 필요한 것으로 정하는 사업에 사용하게 된다.

〈표 3-25〉 방폐물관리공단의 지역지원사업 대상

사업구분	세부사항
① 전기요금 보조사업	- 주택용 전력요금의 일정액 보조 (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 방폐물관리공단은 사업 추진 및 선정의 공정성과 객관성을 위하여 지원사업의 목표와 지원대상 사업 및 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 방폐물관리공단은 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 운영관리팀장 이대기

1. 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설 운영준비

방폐물관리공단은 경주에 중 · 저준위 방사성폐기물 1단계 처분시설(동굴방식)을 2012년 12월 준공 목표로 건설 중에 있으며, 처분시설 준공 전 인수저장건물의 우선사용을 통해 원전의 방사성폐기물을 인수저장건물에 반입하여 처분시설 완공 시까지 저장, 검사 및 관리하게 된다.

원전에서 반입하기로 선정된 드림은 발생지 예비검사를 거친 후 전용 운반용기에 포장되어 해상으로 처분시설의 인수저장건물까지 운반된다. 인수저장건물에 운반된 방사성폐기물은 안전하게 저장 · 관리되며, 인수검사시설이 완공되면 처분장 인수검사를 받게 된다. 인수저장건물에 보관하고 있던 방사성폐기물은 2013년부터 처분용기에 담겨 지하 사일로에 최종 처분하게 된다.

2. 해상운반의 안전성

중 · 저준위 방사성폐기물 운반선박인 한진청정누리호는 원자력발전

소에서 발생한 중·저준위 방사성폐기물을 처분시설까지 안전하게 운반하는 역할을 수행하도록 건조되었으며, 연간 9,000 드럼의 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 가장 효율적인 방법이다.

한진청정누리호는 국제해사기구(IMO) 등 국제기준과 선박안전법 및 원자력법 등의 국내규정을 적용하여 안전성이 충분히 확보되도록 설계·건조되어 국토해양부의 승인을 받았으며, 교육과학기술부 및 원자력 전문 규제기관의 점검을 통해 선박의 안전성 및 운반절차의 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 피폭여부를 관리한다.

방사성폐기물 해상운반은 기상상황 등 운항조건을 엄격하게 수립하여 운영할 예정이다. 해상사고 시 긴급조치를 위해 체계적인 연락체계를 갖추고 응급상황에 대처하기 위하여 방사선비상대응계획서, 방사선 방호계획서를 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

중·저준위 방사성폐기물 처분시설은 다중방벽(폐기물드럼, 처분용기, 처분고, 자연방벽)을 갖추고 있으며 정부의 철저한 안전규제, 민간 환경감시기구 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, 표면오염여부 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 적용

하여 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. 방폐물관리공단에서 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 지하수 유동해석과 연계된 2차원 핵중이동모델링 관련 안전성평가 전산코드를 개발 중이며 핵중이동평가 및 생태계영향평가 분야의 상세모델링을 위한 통합해석모듈을 개발 중이다. 이와 더불어 안전평가 정보관리시스템을 구축, 운영함으로써 안전성평가 근거에 대한 종합관리체계 및 안전성 평가 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 발생 시 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 운영의 효율성을 도모하고자 2009년 방사성폐기물안전위원회(KRRB)를 구성하여 운영 중이다. 본 위원회의 주요 활동은 심의와 점검으로 구성되며, 심의활동의 대상은 처분시설 안전에 직접적으로 영향을 미치는 건설·운영허가사항의 변경 등 안전관련 주요사항이다. 점검활동 대상은 처분시설 운영요원 교육 및 자격관리 상태, 방사선 비상계획·화재방호계획·환경방사능 감시계획 및 이행상태 등이며 2009년 11월에 제1차 위원회를 개최하였다.

5. 중·준위 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(주) 등

관련기관에서 발생하는 방사성폐기물의 형태를 기준으로 핵심 프로세스를 구성하였으며, 향후 추가 될 수 있는 다양한 형태의 폐기물을 수용할 수 있도록 확장성 및 유연성을 갖도록 구축되었다. 특히, 방폐물 추적 관리시스템은 기본적으로 웹 방식으로 구축함으로써 사용자 접근성 및 편의성을 증대하였다.

방사성폐기물의 이력을 실시간으로 관리하여 폐기물관리의 전반적인 업무에 대한 신뢰성을 확보하여 처분사업에 대한 대국민 투명성을 제고하고 운반 폐기물의 선박 및 차량위치 추적으로 방사성폐기물이 운반되고 있는 동안에도 그 위치를 실시간 추적함으로써 안전성 증진에 기여할 것이다.

제6절 월성원자력환경관리센터 건설

한국방사성폐기물관리공단 건설운영팀장 오세풍

1. 사업추진 경과

2006년 1월 2일 전원개발사업 예정구역지정[지경부 고시 제2005-133호]과 더불어 건설인력을 경주 현장에 배치하고 본격적인 건설준비 업무를 수행해 나갔다.

우선 해당분야 전문가와 지역 주민대표로 구성된 협의체를 통해 2006년 6월 28일 방사성폐기물 처분방식을 동굴처분으로 결정하였으며, 2006년 12월27일 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 받음으로서 인허가 요건도 갖추게 되어 2007년 7월 18일 방폐장 안전건설을 다짐하는 결의와 함께 대역사의 부지정지를 위한 첫 삽을 뜨게 되었다.

2007월 10월 4일 경주시민의 공모를 통해 방폐장 공식명칭을 ‘월성원자력환경관리센터’로 확정하였고 2007년 11월 9일 방폐장 착공식을 개최하였다. 2008년 3월 28일 방사성폐기물관리법이 공포(관보 제 16719호 게재)됨으로서 방폐물을 발전사업자가 아닌 별도 전담조직에 의해 관리토록 하는 근거가 마련되었다.

2008년 7월 31일 교육과학기술부로부터 중·저준위방폐물 처분시설 건설·운영허가를 취득하고 2008년 8월 1일부로 본격적인 시설공사를 착수하게 되었다. 2008년 12월 24일 방폐물 전용운송선박(청정누리호) 진수식(Launching)이 있었으며, 2008년 12월 31일 방사성폐기물관리법에 따라 한수원(주)에서 수행하던 방폐물 관리사업을 방폐물 전담조직인 방폐물관리공단으로 이관하는 양도양수협약서를 체결하게 되었다.

방사성폐기물관리법에 따라 2008년 7월 21일 공단 설립위원회의 공단발족 의결에 이어 이관사업 정리, 공단인력 확보작업을 거쳐 2009년 1월 1일 방폐물관리공단이 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 처분시설 1단계 건설사업관리를 수행토록 하였다. 이후 양사의 긴밀한 협력하에 2009년 4월13일 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 방폐물관리공단과 한수원(주)이 체결한 건설사업 위탁협약을 해지하고 방폐물관리공단이 건설사업을 조기에 인수, 사업관리를 직접 수행할 필요성이 대두되었다.

이에, 2009년 8월부터 방폐물관리공단과 한수원(주)간 사업이관 공동협의체를 구성하여 매주 업무이관에 대한 협의 및 분야별로 인계인수 업무를 진행하였으며, 2009년 12월 31일부로 중·저준위방사성폐기물처분시설 1단계 건설사업 업무가 한수원(주)에서 방폐물관리공단으로 이관되었고 이후 공단의 독자적 역량에 의해 사업을 추진해 나가고 있다.

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 원자력 발전 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 3-26〉 사업개요

사업명	중·저준위방사성폐기물 처분시설 1단계 건설
위치	경상북도 경주시 양북면 봉길리 일원
면적	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)
사업시행자	한국방사성폐기물관리공단
주요 계약자	- 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 국내 최초로 시행되는 사업으로 설계, 제작, 건설, 시운전 등 건설 전 과정을 국내 업체가 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 방사성폐기물의 영향으로부터 인간과 환경을 보호하고 각 시설의 수명기간 동안 안전성이 보증될 수 있어야 하며 중저준위방사성폐기물 80만드럼의 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 증설 개념을 적용하였고 국내의 유사 동굴시설과 국외의 처분시설 운영국가의 실례를 참조하여 설계하였다.

나. 설계기준

2005년 12월 31일 현재 유효한 국내 및 외국(미국 및 참조시설 국가)의 법규, 규제지침, 공업규격 및 표준을 적용하되 공업규격 및 표준

은 국내기술기준으로 개발된 전력사업기술기준(KEPIC) 2000년판의 우선 적용을 원칙으로 하며 교육과학기술부 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·외의 인허가 요건을 만족시키는 것으로 판단되는 경우 그 내용을 적용할 수 있도록 하였다.

4. 건설일정 및 공정률

〈표 3-27〉 건설일정

주공정(Milestone)	계 획	실 적	비 고
부지선정	2005.11.3	2005.11.3	
전원개발사업예정구역지정고시	2006.1.31	2006.1.2	
전원개발사업실시계획승인 신청	2007.1.1	2007.1.11	
건설·운영 허가 신청	2007.1.1	2007.1.15	
전원개발사업실시계획승인 취득	2007.10.31	2007.7.12	
부지정지착수	2007.7.18	2007.7.18	
시설공사착수	2008.8.1	2008.8.1	
우선사용 관련시설 완료	2009.6.30	2009.6.30	
지상지원시설 완료	2010.6.30	-	
사일로 굴착 착수	2010.7.16	-	
사일로 공사 완료	2012.6.30	-	
1단계 준공	2012.12.31	-	

〈표 3-28〉 연도별 종합공정률

구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	비고
계획공정률(%)	4.13	17.87	38.22	61.35	76.26	92.77	100	
실적공정률(%)	4.13	18.03	38.18	61.42	-	-	-	

5. 부지매수 및 지장물 현황

방폐장 사업구역은 본부지로 952필지 2,058천㎡이며, 국도 31호선 관련 지역은 169필지 82천㎡에 해당하며 2009년 말 현재 국유지 6필지 35천㎡를 제외하고 대부분 매수가 완료되었다. 또한 지장건축물 총 86건 중 18건이 철거 지연중이나 사업추진에 영향이 없도록 순차적으로 조치중에 있다.

6. 공정회의체 운영

가. 사업추진회의(PRM)

방폐장 건설 중 주요 사업분야별 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. 월간사업추진회의

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 28일 제37차 회의를 개최하였다. 이후 방폐물관리공단과 한수원(주)간 사업이관을 위한 회의체 운영 및 건설인수반 활동이 월간사업추진회의 역할 및 기능을 상당기간 대신하게 되었다.

다. 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 2009년 12월 29일 제121차 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 무엇보다 환경 및 안전관리 활동을 활발하게 전개했다.

체계적인 환경관리를 위해 ‘환경경영시스템(ISO 14001)’을 도입하였다. 2008년 6월 안전기술처로부터 내부 인증심사를 받았고, 한국생

산성본부인증원으로부터 2008년 9월 환경경영시스템 인증 사후관리 심사를 필하고 2009년 9월 인증 갱신심사를 받는 등 사업소 특성에 맞게 환경관리 업무를 수행하였다. 또한 중·저준위방폐물처분시설 건설 사업 및 국도 31호선 이설사업 사후환경영향조사를 2008년 2월부터 개시하였으며 준공 후 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 수 차에 걸쳐 실시한 바 있으나 철저한 현장관리로 지적사항이 없었다.

또한 철저한 안전관리를 위해 2008년 2월 사업소 재난안전관리대책 수립을 시작으로 해빙기, 하절기, 동절기 등 계절에 따른 건설현장 안전관리추진계획을 수립·시행하고 있으며, 2009년말 현재 1,077일 무재해를 기록하고 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. 공기지연과 안전성 검증조사 활동

방폐장 건설공기는 3차에 걸쳐 변경되었는데, 1차는 전원개발사업실시계획 승인 조기취득(3개월)에 따른 일부 기자재 조달일정 조정분을 반영하였으며, 2차는 건설·운영허가 취득지연에 따라 시설공사 착수일을 당초 2008년 1월 1일에서 동년 8월 1일로 우선사용 개시일을 2009년 1월 1일에서 6개월 지연된 7월 1일로 조정하였으며, 준공일도 2009년 12월 31에서 2010년 6월 30일로 변경하였다. 3차는 당초의 육적인 공기설정에 대한 건설공기 재산정 결과와 진입동굴 굴착과정 중 암반상태가 예상보다 좋지 않음에 따른 굴진속도 감소분을 반영하고 시공상 안전성 확보를 위한 추가보강작업을 위해 준공일을 당초 2010년 6월 30일에서 30개월 증가한 2012년 12월 31일로 조정하였다. 이에 대해 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 악화된 경주지역 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

모 작은 단열대로 인한 진입터널 입구부 100여 미터 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 현안사항 해결을 위해 지속적으로 협의한 결과, 방폐장 안전성에 대한 지역신뢰를 확보하기 위해 지역공동협의회 주관하에 지질구조, 수리지질, 지진, 터널, 원자력분야 등 5개 분야 전문가로 안전성 검증조사단을 구성키로 하였으며 2009년 11월 11일부터 검증조사단 활동을 시작하였다.

검증조사단의 활동시한이 당초 2009년 12월 31일이었으나 추가조사가 필요하여 2010년 3월 15까지 활동기간을 연장하였으며 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
- 방사선영향은 우려할 수준 아님

9. 주요 공사 추진현황

가. 부지정지공사

부지정지 대상은 지상지원시설 부분이 $45,000\text{m}^2$ ($300\text{m} \times 150\text{m}$)이고 동굴설비건물 영역이 $2,800\text{m}^2$ ($70\text{m} \times 40\text{m}$)이며 제 1,2사토장 조성은 약 $1,892,000\text{m}^3$ 규모를 갖고 있다. 지상지원시설 부분은 2007년 7월에 착수하여 2008년 10월에 완료하였고, 제1사토장 조성은 2007년 11월에 시작하여 2008년 11월에 마무리하고 이어서 제2사토장을 조성하고 있으며, 동굴설비건물 부분은 2008년 1월에 착수하여 동년 5월에 마무리하고 본격적으로 동굴굴착을 진행하고 있다.

나. 지상지원시설 신축공사

장방형 부지에 인수저장건물을 중심으로 9개 건물이 배치되며 총 연면적 $16,073\text{m}^2$, 건축면적 $10,584\text{m}^2$ 로 2008년 8월에 인수저장건물 기초굴착을 착수하여 2008년 9월 5일 최초콘크리트 타설, 2008년 9월 10일 방사성폐기물건물 공사착수 등 공정이 순조롭게 진행되어 2009년 7월 우선사용에 필수적인 건물들을 완료하였다. 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 직접적으로 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 운반기구에 대한 예방정비와 보수작업을 위한 시설
- 전기공급시설(Substation Building) : 처분장 부지내 소요 전력을 공급하는 시설
- 폐수처리건물(Waste Water Treatment Building) : 처분장의 각 시설에서 배출되는 오폐수를 처리하기 위한 시설 등이 있다.



〈그림 3-15〉 지상지원시설

다. 터널공사

방폐물을 처분하는 핵심시설로 지하 80m ~ 130m에 위치하는 사일로라 불리는 처분동굴(높이 50m, 상부직경 27.3m, 하부직경 23.6m)이 있고 진입동굴(폭 7.2m, 높이 6.5m)로서 건설동굴(총연장 1,950m)과 운영동굴(총연장 1,415m)이 있으며 유지보수용 장비 등의 진입을 위해 원통형 수직 출입구(높이 207m, 직경 9m)로 구성되어 있다. 2007년 9월 터널공사를 착수하여 2008년 6월 갱구부 갯문 및 공사용 진입로를 설치하였고 본격적인 굴착은 2008년 8월부터 시작하였다. 구간에 따라 다소의 차이는 있지만 1일 굴진장이 2~3m 정도로 당초 예상에는 미치지 못하고 있으나 주어진 공기 내에 준공을 하기위해 다각적인 노력을 기울이고 있다.



〈그림 3-16〉 건설, 운영 및 수직동굴

라. 월성 항만공사

방폐물 전용 운반선의 접안을 위한 기존 항만설비보완 공사로서 최소 요건은 선회장 160m 이상, 항로폭 80m 이상, 수심 4.5m 이상, 물량장 길이 100m 이상을 확보하는 것이다.

이에 따라 2008년 6월 물양장 증설작업을 시작으로 2008년 11월 물양장 블록거치를 완료함으로써 방폐물 운송전용선박의 접안에 필요한 설비를 갖추었으며 2009년 12월 완공되었다.

마. 울진 항만공사

2006년 2월 항만기본계획 확정에 따라 월성항만 이외에도 원전본부가 있는 울진, 고리, 영광의 항만시설을 보강해야 하는데 우선적으로 포화폐기물 선적이 이루어지는 울진 항만에 대해 2008년 4월 남방과제 제체축조를 착수하여 2008년 5월 물양장 블록거치, 2008년 10월 물양장 증설을 완료함으로써 방폐물 운송전용선박 접안이 가능토록 했으며 2009년 12월 공사를 완료하였다.

바. 국도 31호선 이설공사

국도 31호선 봉길리 구간의 노선이 방폐장 부지 중심부를 통과하게 되어 있어 설비운영에 막대한 차질이 예상됨에 따라 노선변경이 불가피하게 되었다. 여러 가지 방안을 검토한 결과, 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 본격적인 공사를 수행하고 있다. 총연장 3.5km (본선티널 : 2.43km, 일반도로 : 1.07km)와 사갱터널 1.24km(시점부 : 0.81km, 중점부 : 0.43km), 그리고 길이 17m의 봉길교 신설이 주된 공사내용이다. 일반국도 표준규격에 따라 도로폭은 9.5m이며 2011년 6월 준공될 예정이다.

사. 운송선박 제작

방폐물을 전문적으로 운반하는 배수량 2,600톤급 선박으로 한반도 연근해의 특수한 환경에서 발생할 수 있는 격랑에 충분히 견딜 수 있도록 이중 선체로 제작되었다. 구체적인 사양은 전장 77.8m, 선폭 15.8m, 깊이 7.3m, 1,300마력 2기의 디젤기관으로 구성되어 있고 운반용기 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 국내 기술진의 우수

성을 대내·외에 알리는 계기가 되었다.

아. 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, 가로공원, 오행원, 망향정 등을 조성하고 통제관람공간에는 전망대, 잔디구장, 관람시설 등을 설치기로 하였다. 2007년 12월 방폐장 환경친화 단지조성 기본계획 수립에 이어 2008년 8월 감사원 감사결과를 반영하여 2009년 7월부터 일부 시설물 계획변경이 이루어지고 있으며 2010년 5월경 건축인허가 및 시공자 선정을 거쳐 본격적인 공사는 2010년 6월 착수하여 2013년 6월 준공될 예정이다.

제7절 사용후연료 공론화

한국방사성폐기물관리공단 사용후연료팀장 최병일

1. 사용후연료 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. 사용후연료 공론화는 과거 중·저준위 방폐장 부지선정 과정의 실수를 되풀이하지 않기 위해 사용

후연료 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 사용후연료 중간저장시설 부지는 분리하여 추진하되 사용후연료는 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 사용후연료 공론화 TF를 운영하여 사용후연료의 사회적 공론화에 대한 검토와 논의를 진행하였다. 사용후연료 공론화 TF는 약 1년에 걸쳐 사용후연료의 특성 및 국내·외 관리정책, 해외 공론화 추진사례 등을 바탕으로 우리나라의 특성을 고려한 공론화의 비전과 원칙, 공론화의 대상과 방법론, 일정 등에 관한 논의 결과를 정리하여 2008년 4월 정부에 ‘공론화 권고보고서’를 제출하였다.

공론화 권고보고서는 사용후연료 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 데 까지는 상당한 시간이 필요하므로 최선의 검증된 최종 관리방안을 마련할 때까지 중간저장 관리 방안을 공론화의 우선 대상으로 삼는 것이 실용적일 것이라

고 권고했다.

정부에서는 이 권고보고서를 토대로 2009년도 하반기부터 다양한 이해관계자들이 참여하는 사용후연료 관리 공론화를 추진하고자 2009년 6월 ‘사용후연료 관리방안에 대한 공론화 지침’ 고시를 제정하고, 공론화 지원단을 구성하여 운영하는 등 본격적인 공론화 준비에 착수하였다.

그러나, 2009년 8월, 본격적인 사회적 공론화에 앞서 공론화의 법적 토대를 마련하고 전문가 그룹 중심의 사용후연료 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 2010년 12월까지 13개월 일정으로 사용후연료 관리에 대한 과학·기술적 근거자료 마련 및 전문가 그룹내 공감대 형성을 위해 전문가 용역을 추진 중에 있다.

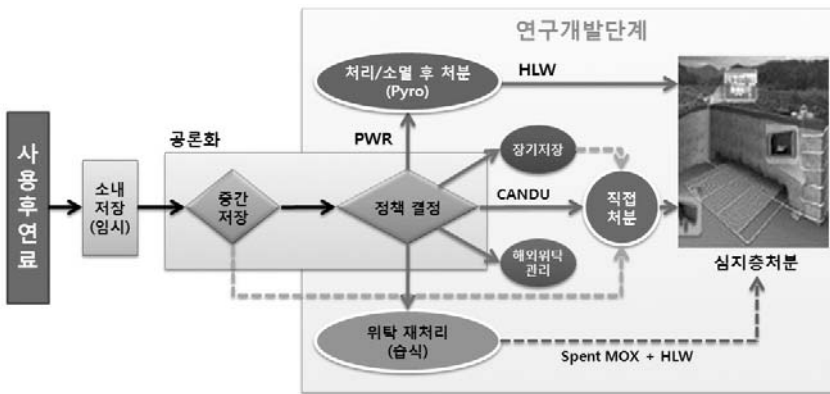
2. 사용후연료 중장기 관리방안

사용후연료란 원전에서 전기를 만들기 위하여 원자로에서 일정기간 핵분열을 하며 연소된 연료를 말하며, 핵분열생성물을 포함하고 있기에 오랜 기간 동안 열과 방사선을 방출한다. 따라서, 사용후연료는 일정기간 안전하게 저장하여 열과 방사능을 줄이기 위한 냉각이 필수적이므로 중기적으로는 중간저장 방안 등의 채택이 필요하다.

중간저장은 냉각 방식과 시설의 운영 방식 등에 따라 건식, 습식, 집중, 분산 등 다양한 방식이 있으며, 대부분의 국가에서는 자국의 실정에

적합하게 채택하여 운영하고 있다. 또한, 중간저장은 합리적인 사용후 연료의 관리정책 결정을 위한 시간 확보를 위해서도 필요하다.

사용후연료의 장기관리방안, 즉 최종관리방안에는 사용후연료 자체를 폐기물로 간주해서 땅속깊이 영구적으로 직접 처분하는 방안과 사용후연료를 재처리하여 재활용한 후 처분하는 방안으로 구분할 수 있다.



〈그림 3-17〉 우리나라의 사용후연료 관리방안 추진 개념도

직접처분은 사용후연료의 높은 열과 방사능을 장기적으로 안정시키기 위하여 30~50년간 냉각한 후 지하 약 300m~1,000m 깊이의 암반 층에 처분하는 것으로 스웨덴, 핀란드, 캐나다 등에서 채택하고 있으며, 스웨덴과 핀란드는 처분장 부지까지 이미 확보한 상태이다. 재처리하는 사용후연료에 남아있는 플루토늄과 우라늄 등 유용한 물질을 분리, 추출하여 원자력발전의 연료로 재활용하기 위한 것으로 영국, 프랑스, 일본 등에서 채택하고 있다.

재처리와 직접처분 중 어떤 정책을 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 국가정책방향, 국내외 기술개발추이 등을 감안하여 사용후연료에 대한 종합방침을 결정할 예정이다.

3. 해외 사용후연료 공론화 현황

해외에서 사용후연료 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 평가방법

을 설정하였으며, 3단계는 각 집단의 대표자들로 구성된 평가단에서 대안에 대한 평가를 실시하고 공론화 결과보고서를 작성하여 정부에 제출했다.

캐나다의 공론화에서 특징은 지역사회의 복지가 구체적으로 무엇을 의미하는가를 체계적으로 기술하여 관리시설의 과급효과를 이해하도록 한 점과 단계적 관리방안을 제안한 것 등이다. 캐나다는 공론화를 위한 방사성폐기물관리 전담기관(NWMO)을 설립하여 공론화를 2002년 10월부터 2005년 9월까지 4단계로 나누어 추진했다. 1단계는 일반대중의 기대치를 확인하는 단계로서 250명의 대면토론을 통해 관심사항을 NWMO 프로세스에 반영했으며, 2단계는 캐나다인의 가치와 우선순위를 반영하는 평가분석틀을 개발해 국민설문조사(1,900명 대상, '03.4) 등을 실시했다. 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 사용후연료 관리대안을 15년간 연구한 후 그 결과를 바탕으로 방사성폐기물관리전담기관(ANDRA)으로 하여금 대안을 제시하도록 했다. 이를 바탕으로 국가공공토론위원회(CPDP)는 독립적인 위원회를 구성하여 비교적 짧은 기간에 성공적으로 공론화를 마쳤으며, 그 결과를 의회가 새로운 입법에 반영하여 사용후연료 관리 문제를 장기적으로 풀어나갈 수 있는 기반을 마련했다.

제4편 원전의 안전대책

>>> 제1장 원전의 안전대책

>>> 제2장 방사선안전관리

>>> 제3장 일반환경관리

제1장 원전의 안전대책

한국수력원자력(주) 안전기술처 원자력안전팀장 문병위

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

원자력발전소에서의 방사선재해에 대한 효과적인 방호대책을 수립, 유지함으로써 개인, 사회 및 환경을 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

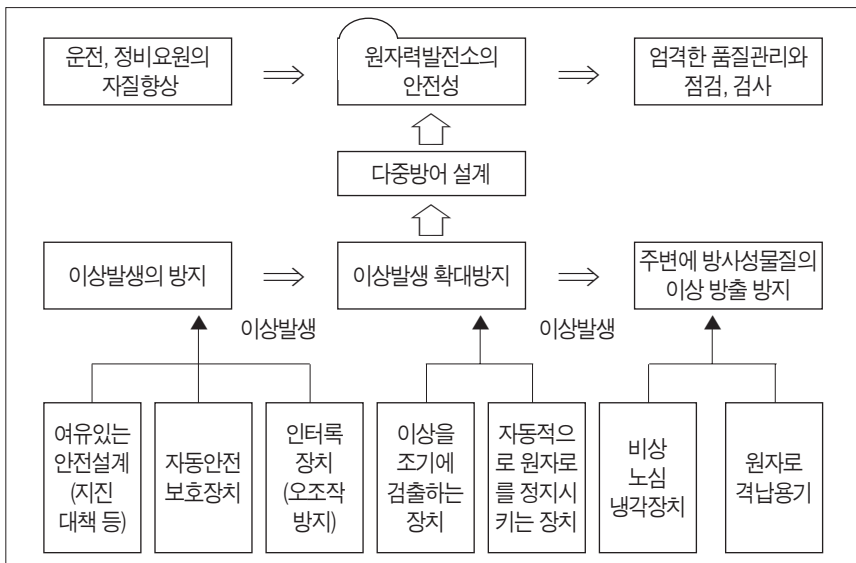
가. 심층방어

원자력발전소는 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) 제 1방호벽(연료펠렛)

핵분열에 의해 발생된 방사성물질은 압축소결 및 성형가공된 산화우라늄 내에 그대로 갇히게 된다.

(2) 제 2방호벽(연료피복관)

핵분열에 의해 생기는 방사성물질 중 연료펠렛을 빠져나온 미소량의 가스성분은 지르코늄 합금의 금속관(피복관) 안에 밀폐된다.

(3) 제 3방호벽(원자로용기)

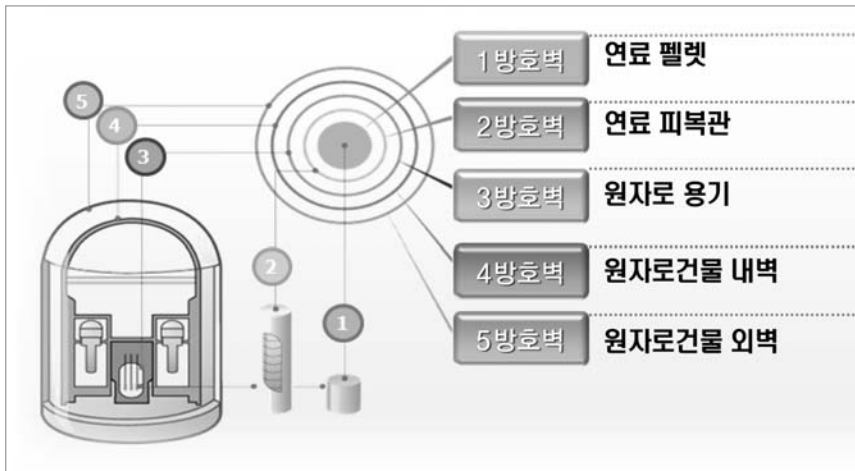
만약의 경우 연료 피복관에 결함이 생겨 방사성물질이 새어나와도 두꺼운 강철로 된 원자로용기와 배관에 의하여 방사성물질이 외부로 누출되지 못하도록 되어 있다.

(4) 제 4방호벽(원자로건물 내벽)

원자로건물 내벽에 두꺼운 강철판이 설치되어 있어서 만일의 사태가 발생하여도 방사성물질을 원자로건물 내에 밀폐한다.

(5) 제 5방호벽(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 원전과 구소련 체르노빌원전 사고에서 입증되었다. 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 봉산주입계통을 사용하고 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

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 기기의 기능이 한 가지 원인에 의해 상실 또는 저해되지 않도록 물리적 · 전기적으로 분리 · 독립하여 설치한다.

(3) 다양성(Diversity)

한 가지 기능을 달성하기 위하여 성질이 다른 계통이나 기기를 2개 이상 설치한다.

(4) 견고성(Durability)

원자력발전소의 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 방향으로 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

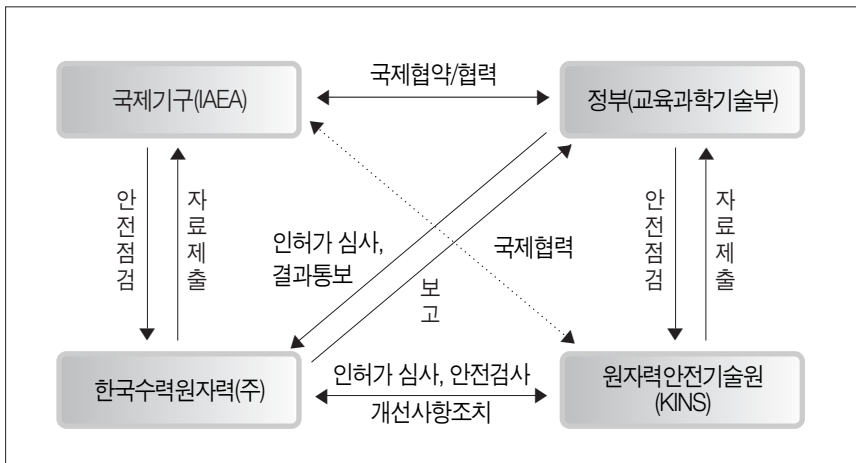
원자력발전소가 아무리 심층방어개념과 안전설계기준을 적용하여 안전하게 건설되었다 하더라도 정해진 규정과 절차에 따라서 엄격하게 운영·관리되지 않는다면 그 안전성은 결코 확보될 수 없을 것이다. 그러므로 원전의 안전관리는 안전설계에 못지않은 중요성을 갖는다.

이와 같은 안전관리의 중요성에 따라 우리나라의 원자력 안전관리는 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 한국원자력안전기술원에서 수행하고 있다.

이러한 국가 차원의 안전관리 활동과 더불어 최근에는 국제원자력기구 등을 중심으로 원전의 안전성을 국제적으로 감시하는 움직임이 활발

히 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 있으며, 2011년에 열리는 제5차 검토회의 준비를 위하여 국가보고서를 교육과학기술부 추진 하에 작성 중에 있다.



〈그림 4-4〉 안전관리체계

가. 안전점검 및 자체진단

한수원(주)은 원전의 안전성을 증진시키기 위하여 품질보증감사와 국내·외 여러 기관에서 주관하는 외부점검 및 기술교류를 수행하고 있

으며, 세계 최고수준의 원전과 차이분석에 의한 자체진단을 자발적으로 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.

2009년 12월 기준으로 국제원자력기구(IAEA) 안전점검 6회, 세계원전사업자협회(WANO) 안전점검 6회, 미국원자력발전협회(INPO) 안전점검 8회를 실시하였다. 특히, 2009년 9월에는 세계원전사업자협회 안전점검팀이 영광본부를 대상으로 세계원전사업자협회의 업무성능 목표 및 기준에 따라 안전성 및 신뢰성을 점검하였다. 점검결과 영광본부는 세계최고수준의 안전성을 확보하고 있다는 것을 확인하였다.



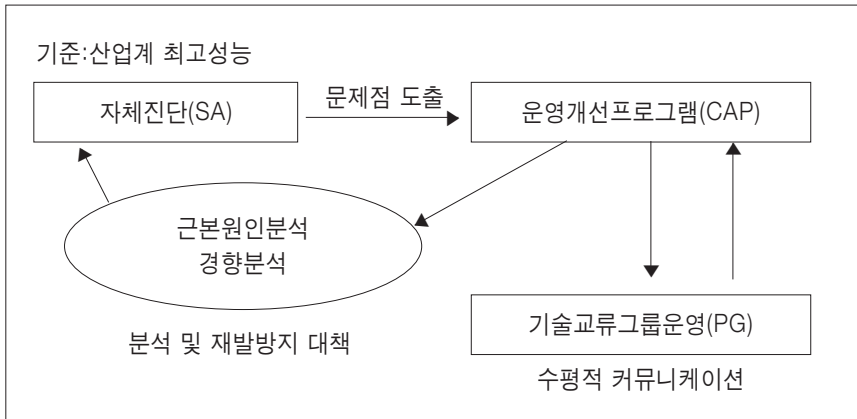
〈그림 4-5〉 세계원전사업자협회 안전점검

한수원(주)은 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, 2009년에는 상반기 고리 1발전소와 월성 2발전소, 하반기 울진 3발전소를 대상으로 안점점검을 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 프로세스를 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. 발전소원자력안전위원회는 2009년 한 해 동안 전 원전에서 총 262회가 개최되어 총 2,255건을 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. 2009년도에는 총 9회의 원자력발전안전위원회가 개최되어 총 61건의 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 안전문화평가를 최초로 실시하였고, 그 결과를 토대로 실질적이고 구체적인 안전문화 이행방안을 수립하였다. 2년의 평가주기에 따라 2006년도에 이어 2008년도에 가동원전 근무자를 대상으로 원자력 안전문화 평가를 수행한 결과 2006년도에 비해 안전문화지표가 상승한 것을 확인하였다.

또한, 원전근무자에게 안전문화의 개념과 중요성을 소개하기 위하여 안전문화 교육교재를 e-Learning으로 개발하고 원자력교육원에 개설된 2주 이상의 모든 교육과정에서 이수하도록 하였으며, 원자력계 원로 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 제14회 원자력안전의 날 행사가 교육과학기술부 주관으로 2009년 9월 10일 개최되었다. 한수원(주)은 이 행사와 연계하여 전 원전본부 및 특수사업소에서 기념식, 안전유공자 포상, 안전문화 특강, 언론홍보, 설비안전점검, 안전현안 간담회, 인적행위 개선사례 발표 등 다양한 행사를 시행하였다.



〈그림 4-7〉 제15회 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 '09년 실적	설비 점 검	안 전 조 회	원전 안전 운영 특강	안전표어 및 현수막	합 계
4개 원전본부	120	120	29	120	389

2. 법령체계

가. 원자력법

원자력법은 원자로 및 핵물질취급시설의 인허가, 방사성물질 등의 안

전관리, 핵물질의 계량관리 및 물리적방호, 방사선 장애방어에 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 강화하

기 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 작성하여 그 안전성이 검토될 수 있도록 단계별로 신청하여 정부의 승인을 득하여야 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 시설 검사와 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 검사이다.

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

한수원(주)은 원자력발전소의 구조물이나 계통 또는 기기 등이 이용 과정에서 제 기능을 만족스럽게 발휘할 것이라는 확신을 줄 수 있도록 계획을 세우고, 정해진 절차에 따라 업무를 수행하며, 또한 이들 업무가 만족스럽게 수행되는지 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·감독 활동을 수행한다. 이러한 활동은 크게 안전심사와 안전검사로 구분된다.

안전심사는 원전의 운영허가 취득시 정부로부터 허가받은 사항을 원자로와 관계시설의 변경 및 추가시설 등으로 변경하게 될 경우 이에 대한 안전성을 평가하는 활동을 말한다.

안전검사란 원전의 운영이 관계법령과 기술기준에 입각하여 안전하게 운영되는지 확인하는 제반 활동을 말한다. 여기에는 정기검사, 수시검사, 일상검사 등이 포함된다.

정기검사는 발전소 별로 약 18개월 이내에 1회씩 발전소의 연료 재장전 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 한수원(주)은 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 확인하는 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 위

한 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 장해를 최소화하고 있다. 또한 핵연료물질은 핵연료물질취급자(감독) 면허소지자가 안전관리를 담당케 하고 있다.

라. 주기적안전성평가(PSR, Periodic Safety Review)

주기적안전성평가는 가동원전에 대한 안전성 향상 및 확인을 위하여 기존의 정기검사 등의 안전성 확인 방법에 추가하여 실시하는 포괄적이고 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 고리 1호기 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 고리 1호기에 대한 평가를 착수하였으며, 2008년 5월 울진 3·4호기에 대한 평가를 완료하여 관련 법령에서 규정하고 있는 10년 이상 경과 원전에 대한 주기적안전성평가 요구기한을 준수하였으며, 앞으로는 주기적안전성평가의 기본 개념에 걸맞게 매 10년 주기의 평가를 원전별로 수행할 예정이다.

2009년 말 기준으로 운영허가 이후 10년이 경과한 고리 1~4호기, 월성 1·2호기, 영광 1~4호기, 울진 1~4호기에 대한 평가를 완료하였으며, 고리 1호기 및 월성 1호기 계속운전을 위한 평가를 완료하였다. 한편, 영광 5·6호기와 울진 5·6호기는 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 향

상시키기 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.

마. 확률론적안전성평가(PSA, Probabilistic Safety Analysis)

확률론적안전성평가(PSA, Probabilistic Safety Analysis)는 원자력 발전소에서 발생할 수 있는 사고의 경위와 사고현상을 규명하고 사고발생 가능성을 예측하여 일반대중에 미치는 영향을 확률론적 방법으로 평가하는 종합적인 원전 안전성 확인 기술로 미국을 중심으로 세계적으로 널리 활용되고 있으며, 국내의 경우는 TMI 후속조치 이행요건으로 고리 3·4호기 및 영광 1·2호기의 안전성을 재확인하기 위해 1989년도에 최초로 수행되었다.

이후 신규로 건설되는 모든 원자력발전소는 건설 및 운영허가 조건으로 확률론적안전성평가를 수행하여 설계 안전성을 확인하였으며 1999년부터는 교육과학기술부의 ‘원자력발전소 중대사고 정책’에 의거 국내에서 가동 중인 모든 원자력발전소에 대해 확률론적안전성평가를 수행하고 발전소 설계나 운영측면에서 사고예방 및 완화능력을 향상시킬 수 있는 사항들을 도출하고 이를 개선, 조치함으로써 안전성을 향상시켜 오고 있다.

우리나라는 2007년 12월 국내 전 원자력발전소에 대해 확률론적안전성평가를 수행 완료하였고 평가결과는 국제기준을 모두 충족하고 있

는 것으로 나타났으며, 신규 원자력발전소의 경우 선행 원자력발전소에 비해 안전성이 크게 향상된 것으로 평가되고 있다. 이는 선행 원자력발전소의 확률론적안전성평가를 통해 도출된 안전성 향상 방안들을 신규 발전소 설계 및 건설시 지속적으로 반영한 결과이다.

제4절 원전의 지진대책

한국수력원자력(주) 건설기술처 구조기술팀장 허 열

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

모 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 해당지역의 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.

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 APR1400 원전의 내진설계값은 원전의 해외 수출을 감안하여 기초지반 조건을 암반이 아닌 토사층을 포함한 포괄부지 개념을 적용하여 0.3g로 상향조정 하였다.

〈표 4-2〉 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	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 4-3〉 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, 시공 단계별로 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.

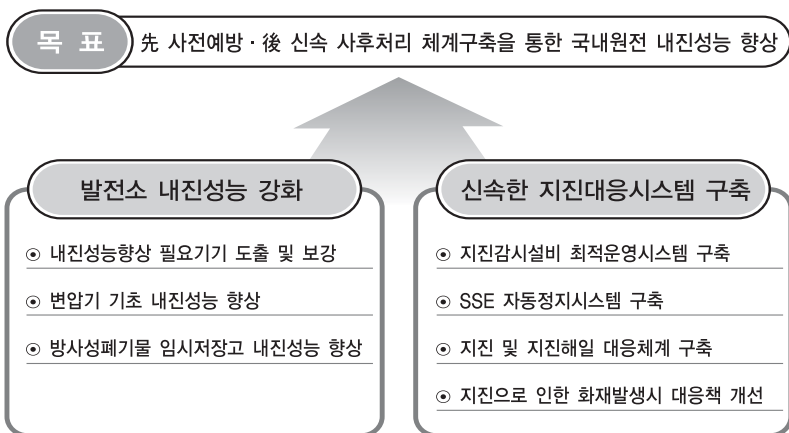
지진이 발생하였을 때 단단한 암반위에 지은 원자력발전소는 토사지반에 건설된 건물보다 진동의 영향을 1/2~1/3 정도 적게 받아 훨씬 안전하다. 그리고 모든 주요기기는 다섯 차례의 운전기준지진과 한 차례의 설계기준지진을 겪어도 정상 작동함을 시험으로 확인한 후 설치되고 있다.

원자력발전소의 내진안전성을 입증하는 사례로서 1989년 10월에 발생한 샌프란시스코 지진은 규모 7.1로서 최대지반가속도가 0.64g에 달

하였지만 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(0.69g)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 4-4〉 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 정착부 파손 및 6호기 사용후연료 저장조에서 넘쳐흐른 오염된 물의 배출 등이 발생하였으나 안전관련 구조물 및 계통은 피해가 발생하지 않았음

〈표 4-5〉 지진 진도 비교표

리히터규모(M)		MMI ^{주1)}	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	▷ 교베지진 ('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) 속도계 (Markland사, 일) : 각 1대

(다) 기록계 (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 : 1999. 5.27

다. 한수원(주) 운영 지진관측망(장비) 현황

〈표 4-6〉 한수원 운영 지진관측망 현황

지역	관측 소명	장 비 명	수량	설치 위치	비고 (관측개시일)
고리	KRC	속도계 가속도계	1	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 안태리	'03. 1

라. 국내기관 지진관측망 현황

〈표 4-7〉 국내기관 운영 지진관측망 현황

기관명	지역	관측 소명	장 비 명	수량	설치 위치	비 고
전력 연구원	고리	KRA	속도계 가속도계	1	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		"	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

한국수력원자력(주) 안전기술처 방사선안전팀장 고영우

제1절 종사자 안전관리

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 및 건설 단계에서부터 방사선안전을 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, 원자력발전소에서는 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

원자력발전소에서는 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

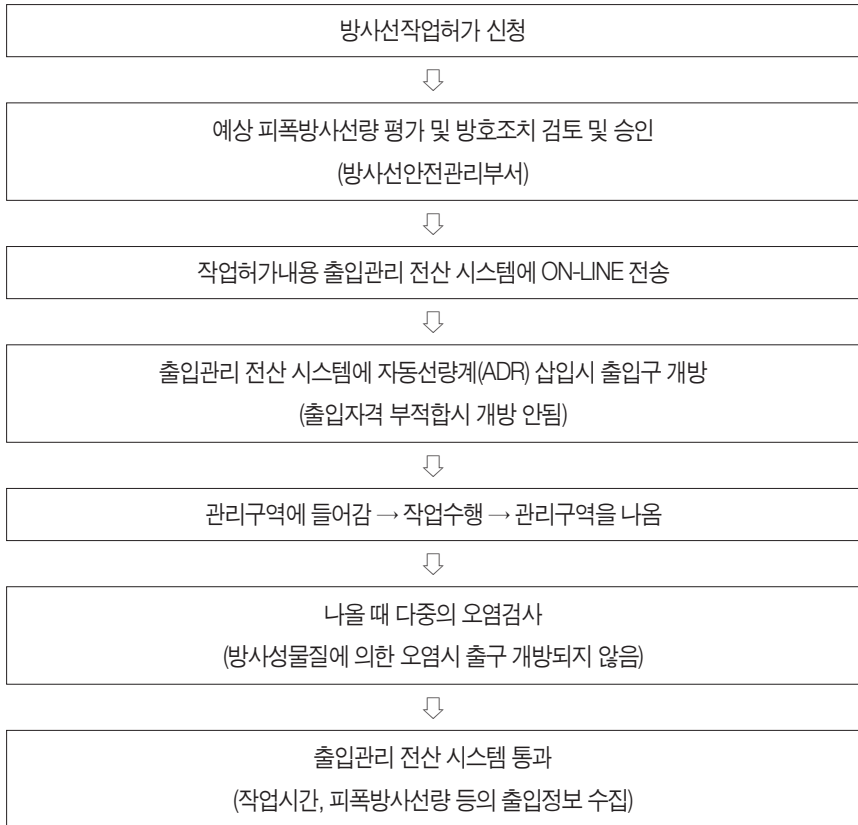
방사선작업종사자의 방사선 안전을 보장하기 위하여 방사선작업허가, 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업관리, 방사선비상계획 등의 안전관리 절차가 명확히 명문화되고 승인 과정을 거쳐 시행되고 있으며, 규제기관은 이의 시행여부를 감시·감독하고 있다.

(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 관리구역 작업복, 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 4-8〉 방사선관리구역 출입절차



〈그림 4-10〉 방사선관리구역 출입구 모습

(2) 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 반출입 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, 구역제엄 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 방사선 차폐를 통한 외부피폭 저감용 등 목적에 따라 다양한 종류가 있으며, 작업내용, 작업장소, 작업지역의 방사선 조건 등을 고려하여 적절한 방호장구를 착용하도록 하고 있다.

〈표 4-9〉 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

원자력발전소에서는 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. 2009년도 방사선안전관리 실적

2009년 총 20기의 원전 운영에 따른 방사선작업종사자 11,723명의 총 방사선량은 16.320만 · 시버트(man · Sv) 이었으며, 호기 당 평균 방사선량은 0.82man · Sv로 2008년의 0.51man · Sv보다 증가하였다.

이는 2009년 4월부터 시작된 월성 1호기의 대규모 설비개선 작업이 진행되고 있기 때문인데 이를 제외한다면 호기당 평균 방사선량은 2008년과 비슷한 $0.51\text{man} \cdot \text{Sv}$ 수준이다.

총 방사선량은 당해연도에 수행된 계획예방정비 횟수 및 작업물량에 따라 크게 좌우되는데, 2009년도의 경우 총 15개 호기에서 연 677일간의 계획예방정비작업이 수행됨으로써 총 15개 호기, 연 461일간의 2008년도 실적(총 방사선량 $10.137\text{man} \cdot \text{Sv}$)보다 증가하였다.

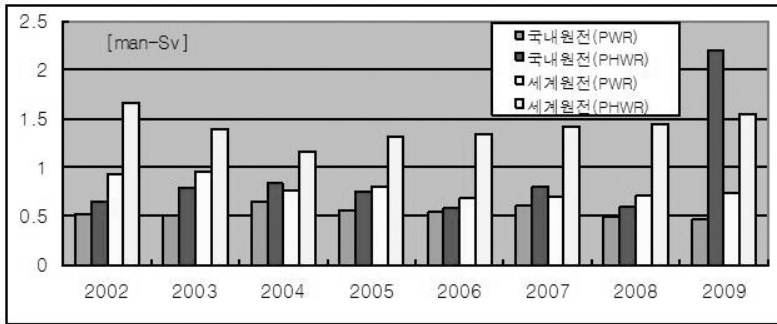
〈표 4-10〉 방사선량 및 계획예방정비 기간 비교

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

* 계획예방정비 착수일 기준

국내 원전의 방사선량 관리 실적을 세계원전의 동일 노형 평균치 등과 비교해볼 때 우수한 실적을 나타내고 있으나 세계 원전의 방사선량 또한 지속적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.

〈표 4-11〉 국내·외 원전 노형별 호기당 평균 방사선량



※ PWR : 가압경수로, PHWR : 가압중수로

한편, 원전 종사자의 연간 개인 평균선량은 1.39mSv로 지난 해 보다 증가했는데 이 또한 월성 1호기 압력관 교체 작업에 투입된 주작업자들의 방사선 피폭이 증가했기 때문이다.

〈표 4-12〉 연도별 종사자 개인 평균선량

연 도	'03년	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년
개인 평균선량(mSv)	1.18	1.32	1.22	1.08	1.13	0.94	1.39

월성 1호기는 원자로를 구성하고 있는 압력관이 노후화되어 발전소 안전성 확보를 위해 교체하고 있으며, 캐나다의 Pt. Lepreau 원전의 교체경험을 바탕으로 2009년 4월부터 2010년 12월까지 작업이 진행될 예정이다.

이 작업에 투입된 작업자의 개인별 피폭선량은 법적 선량한도인 ‘연간 50밀리·시버트 범위 내에서 5년간 100mSv’를 준수하면서 방사선 피폭을 최소화하기 위하여 작업내용별로 주작업자는 40mSv, 보조작업

자는 30mSv, 나머지 일반 작업자는 20mSv를 적용하여 관리하고 있다.

제2절 방사능 방재대책

1. 개 요

우리나라의 원자력발전소는 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 안전설비와 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 방재대책 계획을 수립하고 있고, 원자력사업자인 한수원(주)은 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법에 따라 원전 부지별로 방사선비상계획 및 수행 절차를 수립·운영하고 있다. 원전 방사선비상계획에는 비상대응조직과 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.

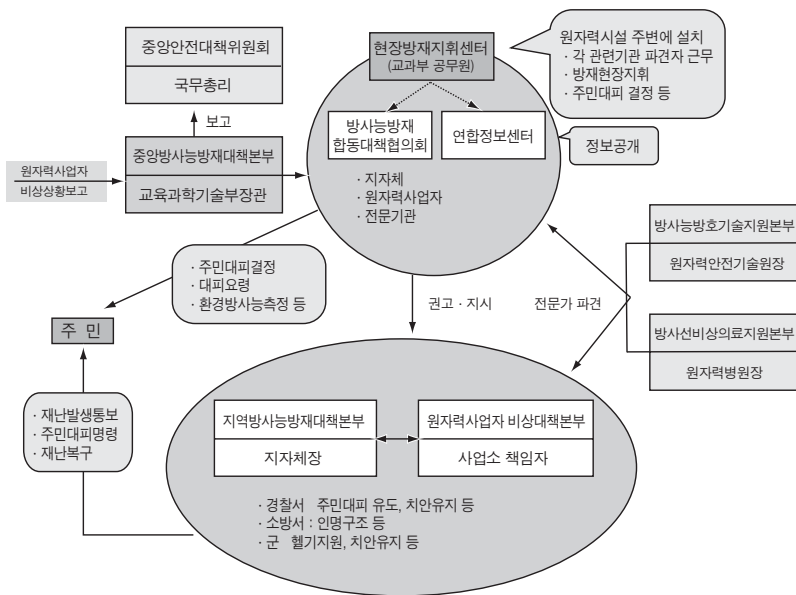
2. 원전 방사능 방재대책 체계

우리나라의 방사능 방재대책 체계는 중앙방사능방재대책본부장(교

육과과학기술부장관)의 지휘 하에 현장방사능방재지휘센터, 지역방사능방재대책본부, 원전 비상대책본부가 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, 방사능재난등에 대한 정확하고 일관성 있는 정보를 제공하기 위하여 연합정보센터가 설치·운영된다.

〈그림 4-12〉는 국가 방사능 방재대책 체계도를 나타내고 있다.



〈그림 4-12〉 국가 방사능 방재대책 체계도

방사능 방재훈련은 교육과학기술부장관이 관련중앙행정기관과 함께 5년마다 실시하는 연합훈련, 원전 관할 지방자치단체장이 지정기관 및 한수원(주)과 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.

2009년도에 실시된 방사능 방재훈련의 실적은 <표 4-13>, <표 4-14>와 같다.

<표 4-13> 2009년도 방사능방재 합동 및 전체훈련 실적

구 분	원 전	훈련일자	참여기관
합동훈련	영광#1	5.26~27	정부 및 35개 유관기관, 지자체, 한수원(주) 등
전체훈련	고리	1호기	한수원(주), 한국원자력안전기술원 등
		3호기	
	영광	3호기	
		5호기	
	월성	2호기	
		4호기	
	울진	1호기	
		3호기	
		5호기	

〈표 4-14〉 2009년도 방사능방재 부분훈련 실적

구 분	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기
고리	○긴급정비,구조,소방 ○비상통신설비 점검	○환경방사능감시·평가 ○비상대응설비 점검 ○비상요원 자동통보	○소내방사선감시 ○비상전화 성능점검	○사고복구 및 주민보호조치 ○비상전화 성능점검
영광	○손상설비 원인분석 및 정비계획 수립 ○비상통신설비 성능 점검	○주민예상피폭선량평가 ○비상요원 자동통보	○주민예상피폭선량 평가 ○비상요원자동통보	○사고분석 및 평가방법 ○비상요원자동통보
월성	○사고복구계획 수립 ○비상전화 성능점검	○행정지원계획수립 ○비상용 모사전송기 성능 점검	○주민보호조치권고 ○정비계획 수립 ○비상용 방송설비 성능 점검	○오염환자 제염 및 정보공개 ○비상요원자동통보
울진	○비상시 복구조치 ○비상통신설비 성능 점검	○중사자 보호조치 ○비상통신설비 점검 ○비상요원자동통보	○비상상황정보공개 ○비상통신설비 점검	○사고분석 및 평가 ○비상요원 자동통보



(2009년 방사능방재 합동훈련)



(주민 오염검사)

〈그림 4-13〉 방사능 방재훈련 모습

또한 각급 유관기관의 비상대책본부에는 직통전화(HOT-LINE), 팩스, 국선전화, 한수원(주) 사내전화 등이 설치되어 있어 유사시 비상대응 조치에 필요한 각종 정보가 신속·정확하게 전달되고 있으며, 원자력발전소 주제어실과 비상대책실, 비상기술지원실에는 원자력발전소의 중요한 필수 안전인자를 전산화하여 표시하는 안전정보표시장치(SPDS : Safety Parameter Display System) 및 발전소운전정보시스템(PI System : Plant Information System)이 설치되어있어 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 4-15>와 같다.

이외에도 원자력발전소에서는 발전소 반경 2km 지역내의 주민들이 비상상황을 청취할 수 있는 경보방송설비의 설치, 방사성옥소가 인체내의 갑상선에 침적되는 것을 방지하기 위한 갑상선 방호약품의 확보, 비상시 주민들이 신속하고 질서있게 대피와 소개를 할 수 있도록 인터넷 홈페이지에 안내문 및 동영상을 게재하고 있으며, 원전 방재홍보달력을 배부하는등 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 지자체등에 설치하여 지속적으로 관리·운영하고 있다.

〈표 4-15〉 한수원(주) 방사능재난대응시설 현황

구 분	시 설	위 치
본 사	원자력비상대책상황실 및 회의실	본사 지하 1층
고리원전	비상대책실	원자력교육원 본관 지하 1층
	비상기술지원실	1발전소 후문
	비상운영지원실	각 호기 출입통제건물 입구
	환경실험실	사택단지 내
영광원전	비상대책실	영광군 군서면 만곡리 산144-6
	비상기술지원실	1발전소 각 호기 주제어실 옆 2발전소 각 호기 출입통제건물 4층 3발전소 각 호기 출입통제건물 2층
		1발전소 사무실 지하 2발전소 출입통제건물 3층 3발전소 출입통제건물 2층
		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	사택단지 내
	비상기술지원실	1발전소 전기건물(#1·2 공용) 2발전소 각 호기 출입통제건물 3발전소 각 호기 출입통제건물 2층
		1발전소 전기건물 2발전소 출입통제건물 3발전소 출입통제건물 2층
		1발전소 전기건물 2발전소 출입통제건물 3발전소 출입통제건물 2층
	환경실험실	사택단지 내(비상대책실 옆)

〈표 4-16〉 갑상선 방호약품(K정제) 확보 현황

고리원전	영광원전	월성원전	울진원전	합 계
610,000	282,600	181,600	210,400	총 1,284,600정

〈표 4-17〉 행정관서 환경방사능 감시단말기 설치 현황

구 분	설치장소
고리원전	기장군청
영광원전	법성면사무소
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 학교등의 대피시설을 사전 지정·관리하고 있다.

〈표 4-18〉 대피 수용시설(구호소) 현황

구 분	시 설 수	대피인원(명)	수용능력(명)
고리원전	기장초등교 등 32개소	49,754	57,514
영광원전	영광실업교 등 26개소	23,186	67,029
월성원전	감포중학교 등 10개소	9,794	8,977
울진원전	부구초등교 등 32개소	16,609	23,595

제3장 일반환경관리

한국수력원자력(주) 안전기술처 민원환경팀장 설동욱

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.

원자력발전소의 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

향평가서협의내용, 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, 동식물상 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 조사하며 또한 원전 주변지역의 인구분포, 해양생물 및 수산시설 등의 분포도 주기적으로 조사하고 있다.

3. 환경감시 체계

원자력발전소의 환경감시는 사업 주체인 한수원(주)에 의한 자체감시는 물론 환경감시의 신뢰성 확보와 객관성을 제고하기 위하여 전문연구기관(대학교, 한전 전력연구원 등)에서 원전주변지역의 일반환경조사에 참여하고 있으며, 본 조사결과는 정부(지식경제부, 환경부)에 의해 관리되고 있다.

제2절 일반환경 관리

1. 개 요

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

원자력발전소 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 자체관리기준을 설정하여 관리하고 있다.

폐수의 대부분은 발전용 순수를 생산하는 과정 중 배출되는 산·알카리성의 무기성 폐수와 터빈계통 회전기기에서 배출되는 오일함유 폐수 및 2차 계통 수질조절을 위해 사용되는 복수탈염설비의 재생폐수인 소량의 유기성 폐수이다. 폐수처리는 크게 중화, 응집·침전, 여과공정을 거쳐 처리되며, 최종 방류수조에서 배출되는 폐수는 수질측정기를 통하

여 실시간 감시하고 있다. 한편 울진 5·6호기 및 신고리 1·2호기 폐수처리시설에는 중수도시설을 설치하여 운영하고 있으며, 중수도에서 처리된 물은 발전용 원수로 재이용할 계획이다.

하수는 일반 가정에서 배출되는 오수의 성상과 같으며, 화장실, 샤워장 등에서 발생하고, 생물화학적 처리공정에 의해 처리 후 방류된다.

발전소 수질오염물질 배출 저감을 위한 노력으로 2006년에는 원자력 및 수력발전소에 운영중인 폐·오수처리시설을 대상으로 기술진단 용역을 시행하였다. 기술진단 결과에 따라 폐수시설 부문은 전기분해방식 도입을, 오수시설 부문은 군소시설 통합합 방안 및 고도하수처리공법을 도출하였으며, 2007년도에 기술진단 결과에 따라 설계용역을 시행하였으며, 현재 공사설계서에 따라 공사를 추진 중에 있다.

원자력발전소에서 발생하는 폐기물은 폐기물관리법에 따라 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, 2009년도 폐기물의 재활용 실적은 약 65%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.

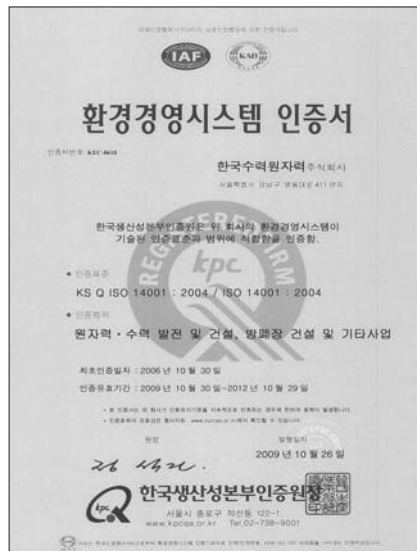
나아가 2004년 국내 PCB 물질의 유통차단 및 근절을 위하여 환경부, 환경단체, 전문가 및 발전사간 협약을 체결하고 공동으로 노력하고 있으며, 한수원(주)의 직원이 환경부 정책협의회 및 안전처리평가단 위원으로 위촉되어 국내 PCB 근절정책 입안과 PCB의 적절한 관리 및 처리를 위한 실무위원으로 활동하고 있다.

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 2000년에 부산시와 고리본부, 경상북도와 울진본부간 자율환경관리 협약을 체결한 바 있으며, 꾸준한 환경관리 개선 노력으로 2006년에는 울진본부가, 2008년에는 월성본부가 자율환경관리업소로 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 재인증을 받은바 있다. 또한 환경경영 실천 의지로 지속적인 환경개선, 국내·외 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.



〈그림 4-14〉 환경경영시스템 인증서

3. 해양환경 관리

해양환경 상태를 연속적으로 감시하기 위하여 고리, 영광, 월성 및 울

진원전 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.

특히 온배수 확산영역을 보다 정확하게 조사하기 위해 한국지질자원 연구원에 의뢰하여 약 4년간(1997. 9~2001.11) 4개 원전 주변해역에 대한 항공기 이용 원격 적외선 탐사로 조사한 바 있으며, 2002년부터 인공위성 관측 자료를 이용한 온배수 확산범위 평가 연구를 시행하고 있다. 그 외에도 원전 주변해역의 수온을 자동관측하여 데이터를 전산 처리할 수 있는 연속조사시스템(HDMS)을 개발(한전 전력연구원), 원전주변 해양환경조사에 적극 활용하고 있다.

한편 ‘원전주변 환경조사 지침’에 따라 해양과 육상에서의 환경영향 조사를 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.

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 2003년부터 수심별 조사로 변경하여 표층은 물론 저층에서의 생태환경 변화도 감시토록 강화하였다.

또한 환경조사의 신뢰성 제고를 위해 한전 전력연구원, 원전주변지역 소재 국공립대학교, 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 4-19〉 원전 주변 해양수질의 연도별 변화 (최근 5년간)

(단위 : mg/l)

측 정 항 목		'05	'06	'07	'08	'09
용존 산소량 (DO)	고리	8.18	7.90	7.93	7.41	7.40
	월성	8.41	7.83	7.75	7.28	7.40
	영광	8.17	8.53	7.80	7.30	7.90
	울진	9.41	8.60	7.78	7.60	7.45
화학적 산소 요구량 (COD)	고리	1.10	1.27	1.52	1.01	1.34
	월성	0.98	1.20	1.33	0.96	1.26
	영광	1.28	1.29	3.72	3.83	2.98
	울진	1.01	1.07	1.29	0.81	1.23
총질소 (Total-N)	고리	0.050	0.182	0.046	0.053	0.084
	월성	0.041	0.196	0.045	0.066	0.080
	영광	0.053	0.103	0.141	0.105	0.210
	울진	0.049	0.094	0.032	0.048	0.085
인산염인 (PO ₄ ³ -P)	고리	0.008	0.013	0.010	0.017	0.008
	월성	0.007	0.012	0.013	0.021	0.009
	영광	0.012	0.016	0.013	0.015	0.013
	울진	0.007	0.014	0.007	0.010	0.010

주) 수질등급기준 : I 등급(DO 7.5이상, COD 1이하, 총질소 0.3이하)

II 등급(DO 2이상, COD 2이하, 총질소 0.6이하)

〈표 4-20〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화(최근 5년간)

(평균현존량 단위 : g · dry · wt/m²)

항목 \ 연도		'05	'06	'07	'08	'09
출현 종수 (종)	고리	97	124	114	108	95
	월성	103	114	104	105	101
	영광	32	28	21	15	14
	울진	99	98	100	90	88
평 균 현존량	고리	420	388	342	303	586
	월성	576	402	387	369	442
	영광	4	2	28	18	26
	울진	611	549	525	332	502

〈표 4-21〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황(최근 5년간)

(개체수 단위 : 개체/m²)

항목 \ 연도		'05	'06	'07	'08	'09
출현 종수	고리	207	200	193	236	152
	월성	167	208	150	177	118
	영광	92	101	112	127	133
	울진	173	205	199	226	174
평 균 현존량	고리	684	768	922	966	640
	월성	243	609	231	311	192
	영광	280	424	354	374	586
	울진	599	588	759	958	715

또, 해양생태계 중 비교적 온도변화에 민감한 해조류나 저서동물에 대한 조사결과(표 4-20, 표 4-21 참조), 조사연도에 따라 다소 변화는 있으나, 이는 조사지점의 해양조건, 즉 해수의 간·만조, 계절, 수온 등

에 따라 차이가 나는 것으로 판단된다.

현재까지 약 20년간의 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, 일본 후쿠시마 원전에서는 지자체와 공동으로 원전 온배수가 주변해양환경에 미치는 영향을 장기간 지속적으로 조사하고 있는데, 30년간 조사한 결과에 따르면 수질이나 저질에 주는 영향이 거의 없는 것으로 알려지고 있으며 어류 생물자원 조사결과에서도 일부 어종의 변화는 있었으나 총 어획량은 오히려 증가한 것으로 보고되고 있다.

제3절 환경방사능 관리

1. 개 요

원자력발전소에서는 생성된 방사성물질을 종류에 따라 감쇠, 고화, 여과, 증발 등의 방법으로 처리한다. 이 과정에서 소량의 방사성물질이 발전소의 설계 및 운영에 따른 법적요건을 만족하면서 환경으로 배출된다. 환경방사능 감시를 통해 방사성물질의 배출이 관련 규정을 만족하는지 확인하고 원자력발전소 주변 주민의 건강과 안전이 확보되어 있는지를 조사·확인하게 된다.

이를 위해 교육과학기술부고시 ‘원자력이용시설 주변의 방사선환경 조사 및 방사선환경영향 평가에 관한 규정’에 따라 원전주변의 환경방

사선을 조사하여 주민이 받는 방사선량이 교육과학기술부 고시 ‘방사선 방호 등에 관한 기준’에 규정한 선량한도를 충분히 만족하는지를 확인하고 있다.

2. 조사계획

환경방사선 조사대상은 고리, 영광, 월성 및 울진 원자력발전소 부지 주변의 육상 및 해양의 방사선량과 각종 시료 중의 방사능 농도이며, 육상의 선량 측정 및 시료채취는 주로 발전소로부터 5km 이내를, 해양시료 채취는 각 발전소의 배수구 주변에서 집중적으로 이루어진다. 또한, 이들 발전소 인근지점 외에 발전소로부터 16km 이상 떨어진 비교지점(대조구)을 시료 종류별로 1곳 이상 선정하여 자연방사선(능) 준위를 확인하고 있다.

원자력발전소 부지 외부 조사지점에 대한 시료채취 및 분석은 원자력발전소가 소재한 지역의 대학에 위탁하여 수행하고 있으며, 부지 내부의 조사지점에 대한 시료채취 및 분석은 각 원자력발전소의 환경실험실에서 수행하고 있다. 조사결과의 신뢰성을 제고하기 위해 일부지점에 대해서는 대학과 원자력발전소에서 중복하여 시료를 채취·분석하였다. 한편 환경 중의 방사선 측정은 원자력발전소 부지 내·외부에 고정 설치된 환경방사선감시기, 열형광선량계와 휴대용 방사선량측정기를 사용하여 수행한다.

3. 조사결과

가. 환경방사선

2009년 4개 원전 주변 42개소의 환경방사선감시기에서 측정된 공간 방사선량률의 연간 평균치는 <표 4-22>에 나타난 것과 같이 2008년도 측정값과 유사하며, 한국원자력안전기술원이 2009년도에 전국 66개 모니터링 포스트에서 측정한 지역별 연평균 방사선량률 범위인 61.1~170nGy/h 이내에 있다.

<표 4-22> 공간감마선량률(환경방사선감시기)

(단위 : nGy/h)

고 리 원 전 지 역				영 광 원 전 지 역			
측정지점		평균 선량률		측정지점		평균 선량률	
		'08	'09			'08	'09
부 지 내 부	1발전소	99.4	98.6	부 지 내 부	본부정문	93.3	94.2
	2발전소	101	95.2		배수로	95.4	95.4
	구 전시관	89.7	87.5		주사무실	96.2	96.2
	구 관측소	86.7	81.2		본부후문	92.7	93.5
	정수장	90.9	83.8	부 지 외 부	청경사택	90.3	90.7
부 지 외 부	호암	87.5	89.7		홍농서초교	89.4	86.1
	월내1	89.4	88.6		홍농사택	97.9	97.2
	월내2	89.3	78.6		법성	124	122
	비학	89.6	86.4		영광	109	109
	명산	86.4	81.8		고창	110	109
	사택3	87.4	88.7				
	부산대	86.6	104				
월 성 원 전 지 역				울 진 원 전 지 역			
측정지점		평균 선량률		측정지점		평균 선량률	
		'08	'09			'08	'09
부 지 내 부	취수구	86.3	82.2	부 지 내 부	기상관측소	109	108
	폐기물고	85.4	91.3		남서고지	94.9	94.9
	후문서쪽	83.0	82.0		신화리	97.5	97.0
	후문동쪽	85.7	79.0	부 지 외 부	취수댐	116	117
부 지 외 부	나산	83.3	81.1		기곡동	118	121
	직원사택	81.2	78.6		죽변초교	109	110
	1발전수장	84.1	83.8		부구교량	107	107
	상봉	82.2	83.0		한수원사택	118	118
	경주	82.7	83.9		매화초교	95.7	96.4
	울산	82.9	83.8		궁촌초교	96.6	96.9

2009년 4개 원전 주변 181개소에서 측정한 분기별 공간집적선량은 <표 4-23>에 나타난 것과 같이 부지 내·외부 집적선량은 최근 5년 평상변동범위와 유사한 수준이며, 한국원자력안전기술원이 2009년도에 전국 모니터링 포스트에서 측정한 분기별 집적선량 범위인 118~269 μ Gy와 유사한 수준이다.

〈표 4-23〉 공간집적선량

(단위 : μ Gy/91d)

구분	원전	고 리	영 광	월 성	울 진
부지내부	2009년	105~183	152~211	102~178	153~263
	최근 5년 (‘04~‘08년)	86.5~204	144~243	111~212	151~287
부지외부	2009년	109~168	161~263	98.0~168	166~275
	최근 5년 (‘04~‘08년)	89.0~253	156~331	106~248	147~290

나. 환경방사능

(1) 공기 중의 방사능

2009년 조사결과, 모든 원자력발전소 주변 공기에서 원자력발전소에 유래하는 인공 감마방사선 방출 핵종이나 방사성 옥소는 검출되지 않았으며, 공기의 평균 전베타 방사능은 <표 4-24>와 같다.

〈표 4-24〉 공기중 평균 전베타 방사능

(단위 : mBq/m)

사업소	측정값	비교지점	측정값
고 리	0.0646~1.87	부산대	0.125~1.75
영 광	0.236~2.99	고창	0.204~2.55
월 성	0.216~1.70	경주	0.294~1.67
울 진	0.166~2.42	삼척 공촌초교	0.221~1.97

월성원자력발전소는 중수로 특성상 삼중수소 배출이 경수로보다 다소 많으므로 다른 지역과 달리 공기 중 삼중수소를 분석하고 있다. 월성 원자력발전소 부지 내부 5개 지점, 부지 외부의 발전소 인근지역 3개 지점과 먼 곳의 비교지역 2개 지점 등 총 10개 지점을 감시하고 있다. 공기 중 삼중수소에 의한 주민선량은 농도가 가장 높은 1·2호기 취수구 지점의 39.9Bq/m^3 에 대해 호흡에 의한 방사선량을 평가할 때 $5.31 \times 10^{-3}\text{mSv/yr}$ 이며, 이는 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr 의 0.53%로서 삼중수소로 인한 환경영향은 미미한 수준이다. 공기 중 ^{14}C 는 월성원자력발전소 부지 주변 평균이 0.304Bq/g-C (0.0626Bq/m^3)로서, 자연준위 0.250Bq/g-C 보다 약간 높으나 호흡에 의한 ^{14}C 방사선량은 $2.87 \times 10^{-6}\text{mSv/yr}$ 로 평가되며 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr 의 0.0003%로 무시될 수 있는 양이다.

(2) 육상 시료

표층토양에 대한 분석결과 인공 방사성 핵종인 ^{137}Cs , ^{90}Sr 이 원자력발전소 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 2009년도 전국 환경 방사능 조사에서도 확인되고 있다. 2009년도 원전 부지 내·외부 전체 표층토양 채취지점에서 검출된 ^{137}Cs 는 <표 4-25>와 같으며, 한국원자력안전기술원이 2009년도에 전국 12개 지방방사능측정소 모니터링포스트 주변의 표층토양에 대해 측정한 결과인 <MDA~14.3Bq/kg-dry 범위 이내이다. 또한 검출된 ^{90}Sr 최대값은 월성원전 부지 외부인 나산지점의 1.82Bq/kg-dry로 이는 최근 5년간 평상변동범위인 <0.216~3.42Bq/kg-dry 이내이다.

〈표 4-25〉 토양 중 ^{137}Cs 농도

(단위 : Bq/kg-dry)

연도 지역	'05	'06	'07	'08	'09
고리주변	0.252~20.6	<0.358~22.3	0.359~13.7	<0.172~16.0	<0.139~8.43
월성주변	<0.371~6.03	<0.362~3.14	<0.374~5.78	<0.178~3.89	<0.278~3.32
영광주변	0.355~11.2	0.341~19.9	<0.480~20.1	<0.273~31.0	<0.387~13.0
울진주변	<0.292~7.16	<0.280~4.72	<0.259~13.3	<0.299~7.03	<0.234~7.42

육상 지표생물 중 솔잎에서 핵실험 등의 영향으로 ^{90}Sr 이 검출되었으며 원전 전 지점의 최대값은 월성원전 주변 나아리 지점의 5.66Bq/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 삼중수소가 극미량 검출되었다.

〈표 4-26〉 월성원전 주변 육상식품에 대한 삼중수소 분석결과

(단위 : Bq/kg-fresh)

곡류	분석내용	분석값	5년 정상변동범위
보리	조직자유수(TFWT)	5.05~5.98	0.708~14.9
	조직결합수(OBT)	28.9~32.7	11.5~40.1
쌀	조직자유수(TFWT)	1.62~1.90	0.762~7.92
	조직결합수(OBT)	4.70~5.62	7.53~43.5

곡류 시료 중 가장 농도가 높은 읍천지점의 32.7Bq/kg-fresh을 기준으로 삼중수소 선량을 평가할 때 1.34×10^{-4} mSv/yr이며, 이는 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr의 0.02% 이내로 환경에 미치는 영향은 미미하다. 채소와 곡류 중 보리, 쌀에서 ^{14}C 이 자연 중의 농도와 유사한 수준으로 검출되었으며, 최대치를 나타낸 읍천지점 보리의 0.292Bq/g-C의 경우 연간선량이 1.29E-02 mSv로서 일반인 선량한도의 1.29%에 불과한 것으로 평가되었다.

(3) 육상 물시료

〈표 4-27〉 빗물의 전베타 방사능 분석값

(단위 : Bq/l)

사업소	분석값	비교지점	분석값
고 리	0.0146~0.164	부산대	0.0146~0.0467
영 광	0.0253~0.353	광주	0.00754~0.0830
월 성	0.0111~0.259	울산	0.0111~0.219
울 진	0.0180~0.256	삼척 공촌초교	0.0132~0.260

〈표 4-28〉 빗물의 삼중수소 분석값

(단위: Bq/l)

사업소	분석값	비교지점	분석값
고 리	〈1.88~75.8	부산대	〈1.79
영 광	〈1.93~98.7	광주	〈2.07
월 성	〈1.07~1,590	경주	〈1.04~5.38
울 진	〈1.02~20.8	삼척 궁촌초교	〈1.09

삼중수소 최대농도인 1,590Bq/ℓ (월성원전 취수구, '09. 4 검출)을 직접 섭취한다고 보수적으로 가정하여 평가한 주민선량은 5.62×10^{-3} mSv/yr로서 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr의 0.57%여서 환경 영향은 미미한 수준이다.

빗물의 감마동위원소 분석결과 인공 방사성 핵종은 모든 지점에서 최소검출가능농도 미만이었다.

(4) 해양시료

〈표 4-29〉 해수의 전베타 방사능 분석값

(단위: Bq/l)

사업소	분석값	비교지점	분석값
고 리	8.29~14.3	송정	9.93~12.4
영 광	5.91~12.6	함평	4.79~11.4
월 성	6.62~13.0	구룡포	8.73~11.7
울 진	7.29~12.8	삼척 장호	8.43~11.8

〈표 4-30〉 해수의 삼중수소 분석값

(단위 : Bq/l)

사업소	분석값	비교지점	분석값
고 리	〈1.65~5.72	송정	〈1.65
영 광	〈2.09~49.4	함평	〈2.08
월 성	〈1.07~340	구룡포	1.19
울 진	〈0.970~20.9	삼척 장호	〈1.06

삼중수소는 월성원전 최대치인 340Bq/l 이라도 교육과학기술부 고시 ‘방사선 방호 등에 관한 기준 고시’에 규정된 배출관리기준 40,000Bq/l 의 0.85%에 해당하는 낮은 농도이다.

〈표 4-31〉 해수의 방사성핵종 분석값

분석대상	최대값 측정장소	최대값	5년간 평상변동범위
해수시료 중 ^{137}Cs	월성원전 취수구	2,95mBq/l	1,40~3,50mBq/l
해저퇴적물 중 ^{137}Cs	영광원전 몽냉기	2,16Bq/kg-dry	0,870~2,82Bq/kg-dry
해저퇴적물 중 ^{90}Sr	영광원전 배수구	0,412Bq/kg-dry	0,598~1,44Bq/kg-dry
저서생물 중 $^{110\text{m}}\text{Ag}$	울진원전 배수구	0,572Bq/kg -fresh	〈0,0482~5,38Bq/kg -fresh

해저퇴적물 중 ^{137}Cs 과 ^{90}Sr 은 표층토양에서와 마찬가지로 지구 상 어디에서나 검출되고 있는 핵종으로 4개 원자력발전소 주변 지역에서 고르게 검출되었으며, 월성본부 배수구에서는 ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{95}Zr 이 일시적으로 검출되었다.

어·패류의 경우, 지속적으로 검출되는 ^{137}Cs 과 ^{90}Sr 만 미량 검출되었을 뿐 울진원전 배수구에서 검출되던 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 과 ^{95}Nb 이 올해는 검출되지

않았다.

해조류의 경우, ^{131}I 이 고리본부와 월성본부에서 검출되었는데, 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 <표 4-32>와 같이 원자력법 시행령 제323조의 2에 따른 발전소 부지당 설계기준치를 훨씬 하회하고 있음이 확인되었다.

<표 4-32> 부지별 예상 최대 주민피폭선량

(단위 : mSv/yr)

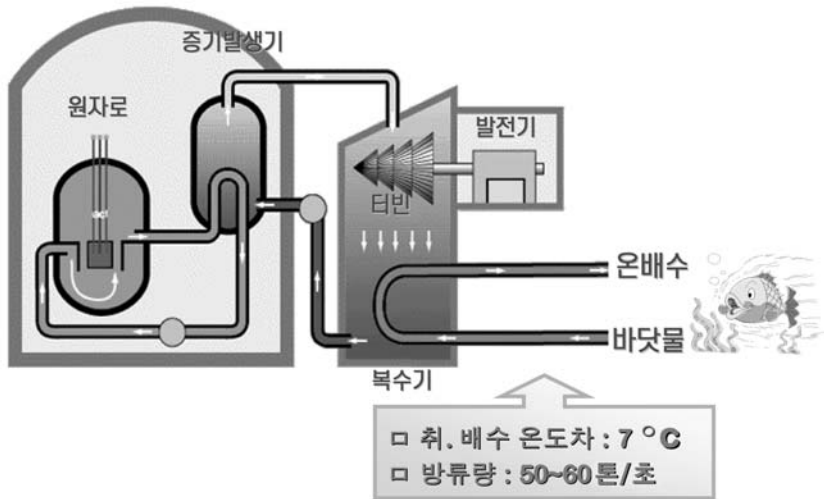
원 전	고 리	영 광	월 성	울 진
선 량	0.00226	0.00433	0.00707	0.00209

제4절 온배수 관리

1. 개요

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 따

라 차이는 있으나 일반적으로 배수구를 빠져나간 온배수는 자연해수와 혼합되거나 대기 중으로 열을 발산시켜 곧 주위 바닷물의 온도와 같아진다. 국내에서 운전 중인 1,000MW급의 원자력발전소 1기에서 사용하는 냉각용 해수의 양은 초당 약 50~60톤 정도이다.



〈그림 4-15〉 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 생태

계 하부구조의 변동으로 인해 나타나는 경우가 대부분을 차지하고 있다. 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.

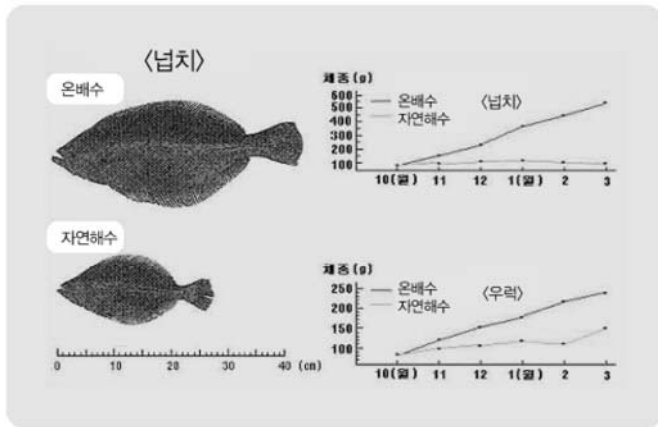
그러나 배수구 인근 해역에서 서식하는 미역이나 김 등 저온성 해조류에 대해서는 다소 영향이 있어 이에 대해서는 피해조사를 실시하여 보상을 하고 있으며 더불어 온배수 영향 저감화 대책을 추진 중에 있다.

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, 해수담수화, 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 4-16〉 온배수/자연해수에서 월동한 넙치 비교

우리나라에서 현재 활발히 양식하고 있는 어류는 대부분 온수성 어종이기 때문에 11월부터 이듬해 4월까지의 해수 수온이 낮아져서 자연해수로의 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.

발전소 온배수를 어류양식에 활용하기 위한 연구는 50년대부터 일본, 미국, 독일 등 선진국에서 시작되었으며 70년대부터 실용화되기 시작하였다. 일본은 후쿠시마, 다카하마 등 7개 원전을 포함한 20개 발전

소에서 기업규모의 양식을 하고 있으며, 특히 후쿠시마현의 경우 지자체 산하의 재배어업센터와 수산종묘연구소가 넙치, 돔, 전복, 성게 등 다양한 품종의 종묘를 생산하여 양성시키고 있다. 미국은 22개 발전소에서 양식사업을 하고 있으며, 캐나다는 피커링원전 인근 양식장에서 송어를 양식하고 있는데 생산량의 40 % 가량을 미국으로 수출하고 있다. 이외에도 영국, 프랑스, 독일 등 20여 개국에서 온배수를 이용한 양식 산업화를 서두르고 있다.

우리나라에서 발전소 온배수를 수산업에 이용한 것은 국립수산진흥원(현 국립수산과학원)에서 1964년도에 진주조개를 부산화력발전소의 배수구에서 월동시킨 것이 효시라고 볼 수 있으며, 1984년에는 한국해양연구소에서 삼천포화력발전소 온배수를 이용하여 진주조개, 참돔 및 방어의 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.

원자력발전소로서는 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 영광원자력 해양생

물전시관은 2009년 개관하여 일일 300명의 견학을 통해 원전 온배수의 유용성을 홍보하고 있다.



〈그림 4-17〉 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 4-18〉 월성원자력 온배수이용 양식장

우리회사에서는 1997년부터 2009년 현재까지 매년 온배수를 이용한 치어와 치패를 발전소 주변 해역에 방류하고 있으며, 현재까지 어류 605만마리, 전복 1,551만마리, 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, 우리회사에서도 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 4-19〉 해양환경 보전활동

4. 온배수 민원대책

원자력발전소 건설 및 운영에 따른 지역주민의 경제적 혜택에 대한 기대심리와 원전주변지역 개발 요구, 원전에 대한 막연한 불안감 등이 민원발생의 배경이 되고 있다. 원자력발전소 건설 및 운영과 관련된 민원은 그 발생 시기에 따라 건설중 민원, 가동중 민원으로 분류할 수 있으며, 피해보상 유무에 따라 보상 민원, 보상의 민원으로 크게 구분할 수 있다.

〈표 4-33〉 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 (보상외)	○ 지역 인프라구축(마을회관 등) ○ 소득증대사업(특산물직판장 등) ○ 지역주민 우선 고용 등	

우리회사는 온배수피해 민원 해소를 위해 지역과의 상생 및 역지사지의 자세로 객관적 조사를 통해 합리적인 보상이 될 수 있도록 최선을 다하고 있으며, 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 민원 발생 요인을 없애도록 노력하고 있다.

제5편 연구개발

>>> 제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요

>>> 제2장 원자력발전 기술개발사업

>>> 제3장 원자력연구개발사업

제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요

한국수력원자력(주) 원자력정책처 원자력기술팀장 허성철

정부주도의 원자력분야 중·장기 연구개발은 2가지 추진체계로 구분되어 있다. 지식경제부가 주관하여 실용·응용 연구에 중점을 두고 추진하는 「원자력발전기술개발사업(2007~2015)」이 있고, 다른 하나는 교육과학기술부가 주관하여 기초·기반 연구에 중점을 두고 추진하는 「제3차 원자력연구개발 중·장기계획(2007~2016)」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 정부는 1997년 「원자력 연구개발 중·장기 개발계획」을 특정 연구개발사업에서 분리하여, 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 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출을 겨냥한 기반기술을 구축하고 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위하여 제254차 원자력위원회(2007. 1)에서는 2007년부터 2011년까지 우리나라 원자력 비전과 정책 목표 등을 담은 제3차 원자력진흥종합계획이 심의·의결되

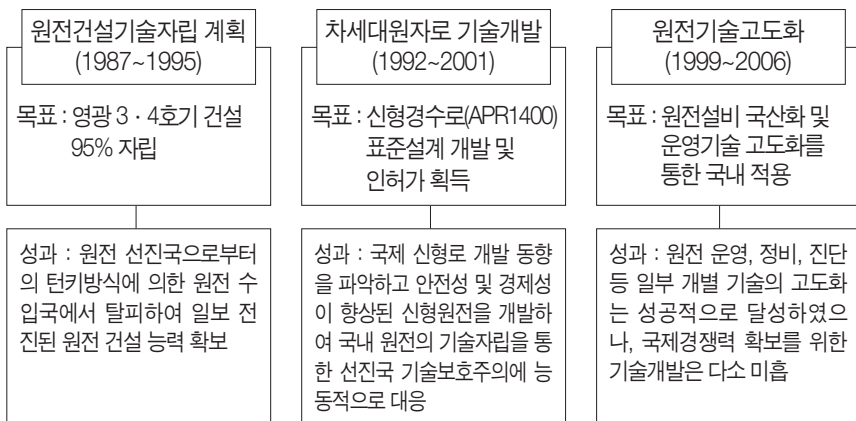
었다. 아울러 2006년 12월 원전기술고도화사업이 종료됨에 따라 지식경제부 주관으로 원자력진흥종합계획과 연계한 원자력 산업 진흥부문의 중장기 계획인 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하였다. 그러나 핵심 주도사업인 원전 수출의 적기 실현을 위하여 선택과 집중을 통한 2012년 사업목표 달성을 위한 기간단축 및 사업범위 등에 대한 재조정의 필요성이 제기되어, 현재는 원전수출 산업화를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)을 기획하여 추진중에 있다.

정부주도의 원자력분야 중·장기 연구개발과는 별도로 한수원(주)에서는 전력산업의 경쟁체제 도입과 원자력기술 환경 변화에 능동적으로 대처하고 체계적인 기술개발을 위해 자체적인 중·장기 기술발전계획을 수립(2006. 5)하여 추진하고 있으며, 회사 경영목표 달성 및 기술경쟁력 강화를 위한 전략기술개발과 현안 기술적인 문제점 해결과 현장직원의 기술능력 향상을 위한 현안기술개발로 구분하여 연구개발을 추진하고 있다. 중·장기 기술발전계획 주요내용은 APR1400 건설·운영 기술개발 등 7대 신성장 동력과제를 선정하여 중점 추진하고, 성과중심의 선진 연구개발 체계 구축, 미전력연구소(EPRI) 원자력분야 Full Membership 가입을 통한 국제공동연구 추진 및 연구개발 투자를 점진적으로 확대(매출액 대비 5.5~6.0%)해 나가는 등의 기술개발을 추진하고, 2006년부터 2015년까지 10년간 총 3조 6,900억원의 연구개발 투자를 하게 되며, 이 중 순수한 연구과제비는 약 9,000억원이 소요될 것으로 전망된다.

제2장 원자력발전 기술개발사업

제1절 원자력발전 기술개발사업 추진 배경

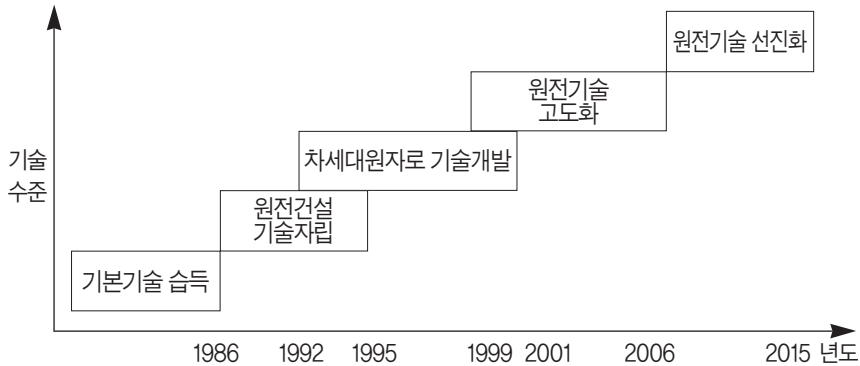
국내 원전기술 개발은 1978년 고리 1호기의 턴키(Turnkey)방식으로 건설을 시작하여 원전 건설 및 운영 기술을 습득하는 단계를 거쳐 영광 3·4호기부터 사업자 주도의 건설사업으로 1995년 한국표준형원전 건설기술 95% 자립을 달성하였으며, 신고리 3·4호기에 적용된 APR1400 기술개발(1992~2001) 이후 원전설비의 국산화, 운영기술의 고도화 및 국내적용 등을 목표로 원전기술 고도화(1단계 : 1999~2002, 2단계 : 2003~2006)를 추진하였다.



〈그림 5-1〉 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 사업을 추진 중에 있다.



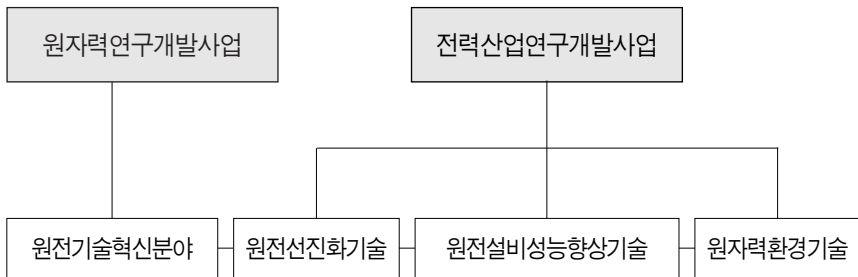
〈그림 5-2〉 원전 기술의 발달 과정

그동안 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 혁신기술 개발로 기초분야와 실용화의 중간단계 기술을 개발하여 궁극적으로 원전에 적용하는 기술을 개발하고 있다.

원전 방사성폐기물처리 및 신공정 기술, 유리화처리기술, 사용후연료 관리 등 방사성폐기물 처리 최적화기술과 방사선량 평가 및 저감 신기

술 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 5-3〉 지식경제부 주관 원전기술개발사업 사업구도

제2절 추진 근거 및 목표

1. 추진 근거

원자력발전기술개발사업계획은 원자력법 제8조의2(원자력진흥종합계획의 수립)에 의거, 제247차 원자력위원회('97. 6)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 기술개발 체계의 효율성 및 통합성을 통한 기술개발의 시너지 효과 극대화 추구
- 원전 관련 기술개발사업이 원전기술고도화, 전력설비성능향상 및 원전기술혁신분야 사업 등으로 분산 추진되어 효율적 통합추진의 필요성 대두
- 국가적, 정책적으로 필요한 핵심전략 원천기술 확보를 위해 목표 지향적이고 성과중심의 하향(Top-down) 방식 위주로 기술개발을 적극 추진
- 정부의 「연구개발성과평가법」 시행('06. 3)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 사업추진체계

1. 연구개발 관리체계

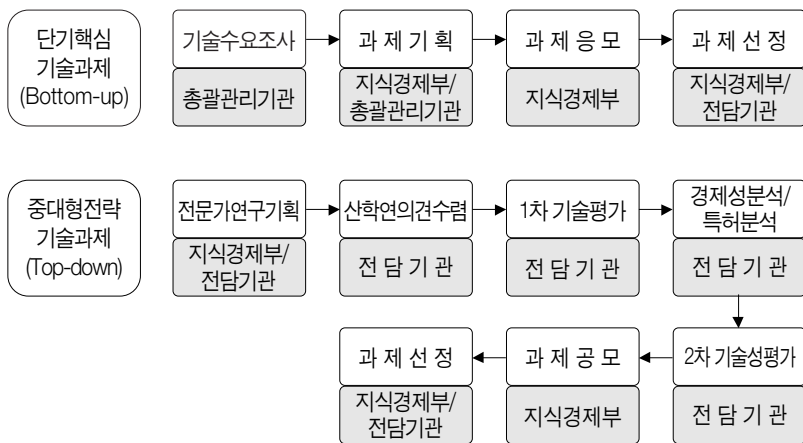
원전기술 발전 로드맵(Nu-Tech 2012)은 정부 예산(전력산업기반 기금 및 원자력연구개발기금)으로 운영되는 실행계획으로 사업계획 및 성과평가에 대한 최종 결정은 정부(지식경제부)가 주도하고 있으며, 본 연구개발사업의 특성상 사업계획의 신뢰성 및 성과활용의 극대화를 위하여 한수원(주)이 총괄관리기관으로 정부의 사업관리를 지원하며 기술수요조사 및 과제관리를 강화하였다.



〈그림 5-4〉 추진체계

2. 과제 발굴 및 선정

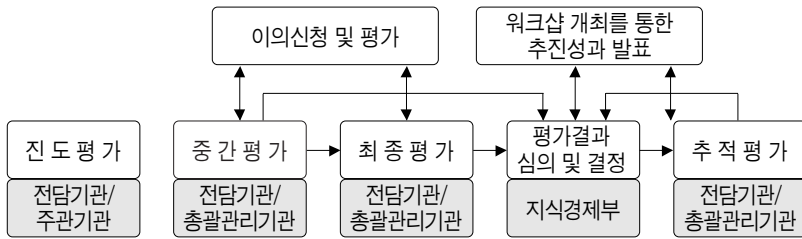
그림과 같이 과제를 발굴·기획하며, 지식경제 기술혁신사업 관련규정에 의거 산·학·연으로 구성된 선정위원회에서 과제를 최종 선정한다.



〈그림 5-5〉 과제 선정 및 수행 절차

3. 과제 평가

그림과 같이 수요자중심 연구과제(Bottom-up)의 경우 주관기관이 자체적으로 진도 평가를 통해 과제성과를 관리하고, 전담기관 및 총괄관리기관은 개별사업 기획시 설정된 단계마다 중간 평가를 수행하여 과제수행 계속 여부 및 방향 조정 등을 결정하며, 중간 평가는 발표 평가, 현장 평가 등 다원적 종합 평가로 객관적, 성과 중심의 정성적 평가를 실시한다. 최종평가는 중간 평가에서 수행되었던 정성적 평가뿐만 아니라 경제적 효과 및 특허, 실용화 등의 정량적 평가도 같이 수행하며, 개발 성과 확산을 위해 워크숍을 개최하여 추진 성과를 발표한다. 과제 종료 이후에도 연도별로 경제적 효과 및 실적 등을 추적하여 평가하고 우수한 성과를 획득한 과제의 경우 향후 과제선정 등에 반영한다.



〈그림 5-6〉 과제 평가 절차

제4절 투자규모 및 추진대상기술

1. 투자계획

2015년까지 전력산업연구개발사업의 원자력발전기술개발사업은 6,979억원, 원자력연구개발사업의 원전기술혁신분야(원자력연구개발 기금)는 1,440억원 등 총 8,419억원을 투자, 기술개발을 추진할 예정이다.

〈표 5-1〉 연도별 투자계획

(단위 : 억원)

구 분	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	총계
원자력 발전기술 개발사업	450	641	903	1,211	1,101	1,009	595	585	571	6,979
원전기술 혁신분야	160	160	160	160	160	160	160	160	160	1,440
계	610	801	1,063	1,371	1,261	1,169	755	745	731	8,419

※ 민간부담금(Matching-Fund)은 불포함

2. 추진 대상기술

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 추진하고 있다.

가. 원전 국제 경쟁력 제고 핵심 기술 개발 분야

- (1) APR1400 후속 원전 개발
- (2) 해외진출 핵심 기술 개발
- (3) 핵심기기 고유브랜드 확보 기술 개발

나. 선진국 수준 원전 운영 기술 개발 분야

- (1) 가동원전 성능향상 기술 개발
- (2) 장기운전 신뢰도향상 기술 개발
- (3) 원전연료 신뢰도 제고 기술 개발

다. 원전 지속성 보장 친환경 기술개발 분야

- (1) 소내 사용후연료 관리 기술 개발
- (2) 원전 방사성폐기물 처리 기술 개발
- (3) 원자력시설 방사선 안전관리 선진화 기술 개발

3. 추진전략

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 집중지원

- (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 추진배경

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.

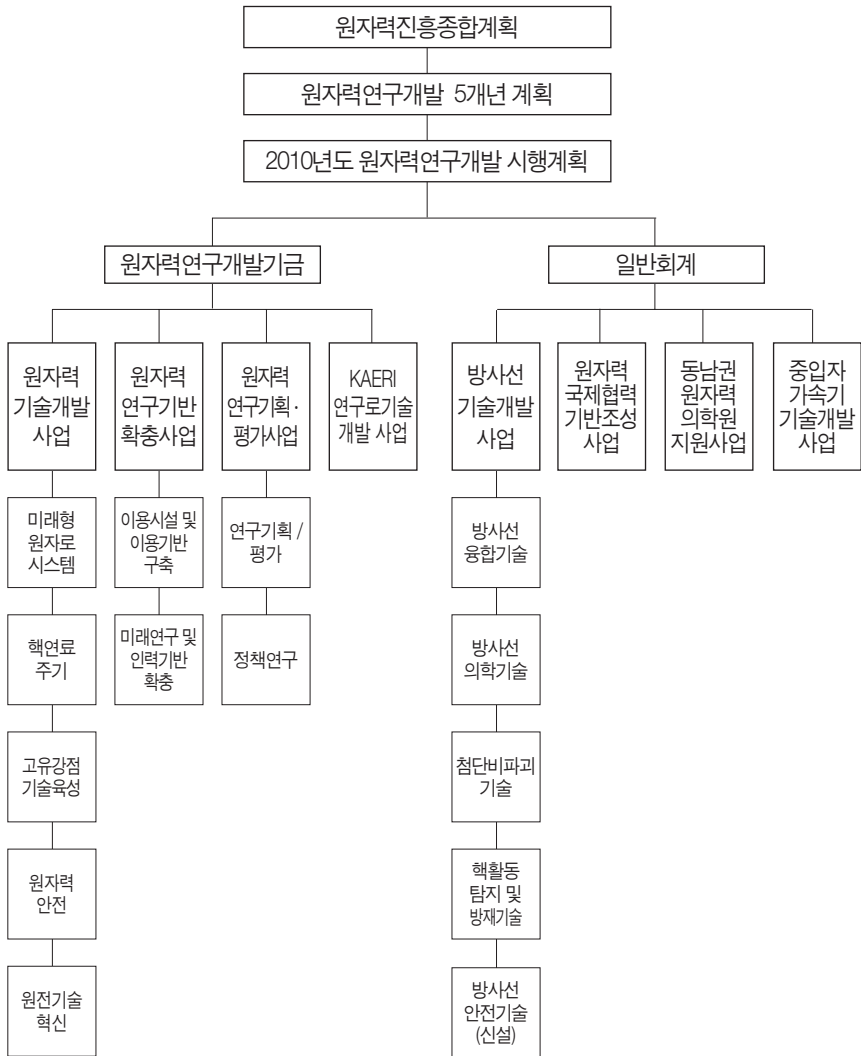
제2절 추진근거 및 추진체계

1. 추진 근거

원자력법 제8조의2(원자력진흥종합계획의 수립) 및 제9조의2(원자력연구개발사업의 추진)

2. 추진 체계

원자력 기초, 기반기술의 효율적인 개발 및 연구결과 활용을 위해, 정부계획으로 추진하며, 원자력연구개발사업 분류는 <그림 5-7>과 같다.



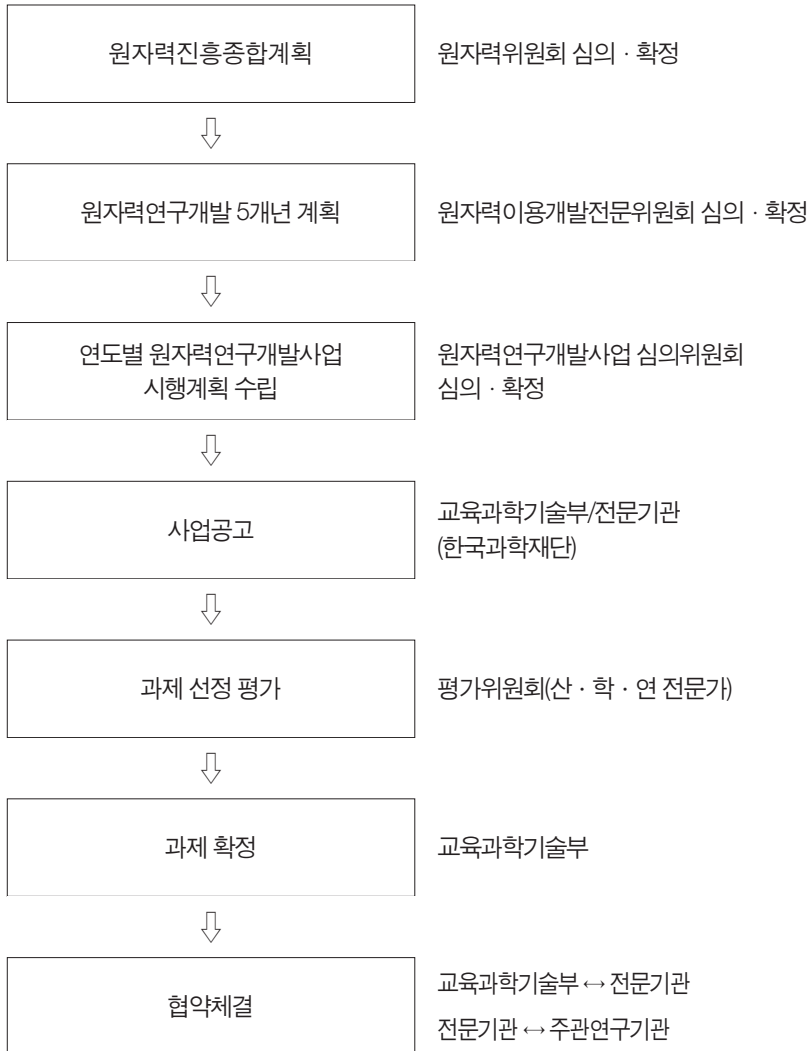
※ 원자력기술개발사업에서 추진된 방사선 기반기술(연구로)사업을
을 KAERI 연구로기술개발사업으로 분리 추진

※ 방사선기술개발사업 중 방사선안전관리 역량 증진을
위한 방사선안전기술개발분야 신설

〈그림 5-7〉 원자력연구개발사업 분류

제3절 추진절차

원자력 연구개발사업 과제선정 및 수행절차는 <그림 5-8>과 같다.



<그림 5-8> 과제선정 및 수행절차

제4절 2010년 추진계획 및 2009년 추진실적

1. 2010년 추진계획

가. 중점 추진방향

(1) 원자력의 지속가능한 발전 및 성장잠재력 확충을 위한 미래원자력 핵심기술 지속 투자

- 2016년부터 포화가 예상되는 사용후연료에 대한 해결책으로 파이로(Pyro)공정 및 소듐냉각고속로(SFR) 개발
- 원자력을 이용하여 이산화탄소를 배출하지 않으면서 수소를 경제적으로 생산할 수 있는 초고온가스로(VHTR) 개발
- 상용원전의 틈새시장을 겨냥하여 물부족 및 분산전력망을 보유한 국가를 대상으로 수출용 중소형원전(SMART) 개발
- 연구 잠재력이 탁월한 기술로서 단기적으로 집중 지원함으로써 우수한 연구성과를 창출할 수 있는 고유강점 기술 발굴·지원

(2) 삶의 질 향상 및 고부가가치 창출을 위한 방사선기술개발 강화

- 방사선기술을 BT·NT·ET 등과의 융합을 통해 농업·환경·산업 등에 활용할 수 있도록 방사선융합 및 첨단비파괴 검사기술 개발
- 방사선의료·검색장비 등 방사선 기기의 핵심기술 개발을 통한 수입대체 및 관련산업 발전에 기여
- 국민 보건증진을 위한 방사선 및 방사성동위원소 이용 난치성

질환 진단·치료기술 및 생물학적 기초기술 개발

- 체장암, 재발암, 폐암 등 난치성 암치료의 최적 대안으로 부각되고 있는 중입자 치료시스템 개발 신규 추진

(3) 국민이 안심할 수 있는 최상의 원자력안전수준 확보를 위한 원자력 안전 및 방재기술 고도화

- 원전 안전성 평가·검증·성능 기반기술 선진화와 가동중인 원전의 안전현안 해결을 위한 선진 기술역량 확보
- 방사선원, 이용시설, 폐기물 등과 관련한 안전성 평가·검증기술 및 규제기술기준 등 방사선안전기술 개발
- 국내·외 원자력 활동으로 인한 대국민 보호를 위하여 핵활동 탐지 및 방재기술 고도화
- 원자력기술의 평화적 이용에 대한 국민이해도 증진과 공감대 형성을 위한 홍보활동 강화

(4) 국가 원자력위상 제고 및 평화적 원자력 이용확대를 위한 원자력 국제협력 확대 및 국제 신뢰도 증진

- 「한·미 원자력협력협정」의 개정에 대비한 국제적 환경조성 및 대응전략 마련
- 세계 원자력의 평화적 이용확대 및 핵비확산 정책관련 국제 원자력 활동에 적극 참여하여 국제적 신뢰 구축
- 원전 도입 국가를 대상으로 사전 우호적 환경 조성을 위한 법령·규제체제 등 인프라 구축 및 원자력인력양성 지원

- 원자력 외교활동 강화 및 원자력 국제사회에서의 국가위상 제고를 통한 중추적 지위확보를 위한 국제협력 채널의 다양화

나. 예산 배분계획

- 2010년도 예산규모 : 2,069억원(2009년 2,118억원)
 - 원자력연구개발기금 : 1,607억원(2009년 1,676억원)
 - 일반회계 : 462억원(2009년 442억원)

2. 2009년도 주요 성과

가. 원자력기술 수출 및 원자력 수출산업화를 위한 기반 마련

- 개발된 핵심원천기술을 미국·러시아 등에 수출
 - ※ 방사성폐기물 처분 성능평가 종합정보시스템, 원심분무 기술로 만든 U-Mo 분말, 테크니슘-99m 자동생산장치, 환경방사선감시 장비 등
- 중소형원자로(SMART) 조기 개발계획 확정 및 개발 착수('09.3)
- 네덜란드 연구용원자로 사업 해외 입찰 참여('09.5) 및 요르단 연구용원자로 건설 최우선 협상자 선정('09.12)

나. 미래 원자력을 견인할 핵심 원천기술 확보

- 원전 디지털 안전등급 제어기기 및 안전계통 상용화(수입대체 1.2조원), 고성능 지르코늄 신합금 하나 피복관(수입대체 및 수출 효과 500억원/연)

- 연속식 전해정련 원천기술(우라늄 회수 속도 10배 향상) 및 대용량 고품질 실리콘 반도체 생산(8인치급 세계 최대)
- 우주식품 개발(세계 6번째), 암치료용 방사선원 이리듐-192 국산화, 전자빔 이용 세라믹 나노 분말 제조·성형 기술(러시아 우수특허 선정)

다. 원자력 기초연구 진흥을 위한 대형 기반시설 구축

- 선진국 수준 이상의 원자력시스템 안전성 평가·검증기술 개발(가압경수로 열수력 종합효과 실험 장치(ATLAS) 개발 : 국내 최초 2009년부터 2년간 OECD/NEA 국제표준문제 평가 수행)
- 원자력과 IT·BT·NT 등 융·복합연구 촉진을 위한 냉중성자(Cold Neutron) 연구기반시설 구축
- 공학규모 파이로 일관공정 시험시설(PRIDE) 설계 완료(2011년 건설 완료)

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 안병준

제1절 일반개요

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 적용을 의무화하고 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)의 원자력품질보증기준(QAP)을 원자로 시설의 품질보증 세부 요건으로 적용을 의무화 하고 있다.

이에 따라 원자력 품질보증에 대한 정의도 각국이 채택한 품질보증기준에 따라 조금씩 다르게 정의하고 있으나, 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 근본적인 품질제고는 어려우므로 불량품을 구분하는 개념에서 벗어나 체계적으로 좋은 제품을 생산하겠다는 예방적 개념이 도입된 것이 품질보증시스템이다.

원자력발전소에 적용시 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(한수원)뿐만 아니라 원자력발전소 관련사업에 참여하는 설계회사, 건설회사, 기자재 또는 용역 공급업체까지도 품질보증시스템을 구축, 운영할 것을 요구하고 있다.

따라서 원자력사업에 참여하는 조직은 이러한 요구조건을 만족시키

기 위하여 ①사업 참여범위에 따라 규정된 품질보증요건의 이행에 적합한 방침과 계획이 수립된 품질보증계획서를 작성하여야 하며, ②품질보증계획서의 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, ③품질보증계획서 요건의 이행여부를 확인하기 위하여 품질조직에서 일상적인 품질활동과 주기적인 품질보증감사를 수행하도록 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 추구하고 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 품질보증기준’을 제정함으로써 규제화 기틀을 마련했다. 이듬해인 1991년에는 한국원자력안전기술원이

ASME NQA-1&2를 참조해 고시90-3호의 세부 규제지침인 ‘원자력 시설 품질보증지침’을 제정함으로써 품질보증의 기본적인 지침과 기준의 기초가 마련됐다. 이 기준의 세부내용은 미국 기준과 거의 비슷했다.

정부는 2000년 4월 18일 10년간 적용해왔던 원자력 품질보증규제요건인 고시 90-3호 ‘원자로 및 관계시설 품질보증기준’을 폐지하고, ‘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 새로 고시(2008-14)함에 따라 원자로시설의 품질보증 세부요건에 관한 기준도 2009년 9월 23일 새로 고시(2009-37)하였다.

원자력법 개정과 새로운 품질보증세부요건에 따라 원자력사업자인 한수원(주)은 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 한국전력과 대한전기협회 주관으로 1987년부터 전력산업기술기준 개발을 추진하여 현재 5단계 사업을 진행중에 있으며 이를 통해 품질, 기계, 전기, 토목구조, 원자력, 화재예방 분야(6개 기술 분야 318종, 24,000여쪽(2005년판 기준)의 기술기준을 개발하였다. 이에 따라 국내원자력산업계는 그동안 적용해 온 미국기계학회 품질보증요건(ASME NQA-1) 대신 국내 고유의 품질보증기술기준(KEPIC QAP-1)을 적용하게 되었으며, 이에 따라 KEPIC은 울진 5·6호기의 부분 적용에 이어 신고리 1·2호기 및 신월성 1·2호기부터 본격적으로 적용함으로써 명실상부한 국내 기술기준으로 자리매김하고 있다.

특히, APR1400 노형인 신고리 3·4호기에도 KEPIC QAP-1을 적용하고 있어 국내 고유의 품질보증기술기준을 확고히 운영하게 되었다.

※ KEPIC(Korea Electric Power Industry Code)

전력설비의 안전성과 신뢰성 확보를 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 원자력발전소에서 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 발표하였으며, 이로써 통계적품질관리(Statistic Quality Control)가 주목을 끌게 된 계기가 되었다. 이러한 통계적품질관리가 더욱 꽃피게 된 것은 1941년 제2차 세계대전이 일어나면서부터였다. 평상시의 일상용품 중심의 생산활동에서 군수용품을 생산하게 되는 전환기에서 제품의 품질상의 문제점을 해결하기 위한 도구로 그 활용의 가치를 인정받게 되었다. 따라서 미국 국방성에서는 군수산업을 중심으로 통계적 기법 적용을 의무화하는 군수산업 표준(MIL-STD-414)을 제정하여 현재 각국에서 널리 활용되고 있으며, 이것이 근간이 되어 원자력 품질보증으로 발전하게 되었다.

2. 원자력 품질보증 기준 해설

원자력발전소의 품질보증요건은 18가지로 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 <표6-1>과 같다.

<표 6-1> 품질보증 18개 요건

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 및 이행 ○ 품질보증계획서의 체계적인 수행여부 확인
3장 설계관리	○ 규제요건, 설계기준, 품질기준의 반영여부 확인 ○ 기자재 및 작업방법의 타당성 검토 ○ 설계조직의 책임 및 업무 협조사항 서류화 ○ 설계검토, 승인 사항의 절차화 ○ 설계의 적합성 확인 및 독립성 유지 ○ 설계검증 및 설계변경 절차
4장 구매관리	○ 구매서류에 설계기준, 구매요건 및 품질보증 요건의 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 필요한 경우 적격 판정기준의 명시
6장 서류관리	○ 서류의 작성, 승인 개폐관리 ○ 개정 시 최초의 절차대로 시행 ○ 작업 시 최신 개정본 서류의 배부 및 사용 확인

7장 구매기자재 및 용역관리	○ 구매자재, 용역의 구매서류와 일치 여부 확인 ○ 설치 또는 사용 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 단계별 수행 ○ 검사의 필수 확인점 및 입회점 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 기재사항 내용
15장 부적합 기자재의 관리	○ 부적합사항 관리 절차서의 작성 및 관리 ○ 부적합사항 관리 절차서의 내용 ○ 부적합사항의 판정
16장 시정조치	○ 품질문제 재기 및 시정조치 ○ 중대결함 사항의 원인규명 및 재발 방지
17장 품질보증기록	○ 품질관련 업무에 대한 증빙서류 유지 ○ 보존해야 할 품질보증 기록 명세 ○ 품질보증 기록 보존절차서 작성 및 관리
18장 품질보증감사	○ 품질보증 감사자의 자격 ○ 감사결과 지적사항 및 시정조치 ○ 시정조치 결과의 확인

3. 기기별 품질등급 설정 운영

원자력안전성 확보를 위한 관련 규제요건을 충족하고 효율적인 발전소 운영과 원자력발전소의 안전성과 신뢰성 및 전력산업의 경쟁력 강화를 위해 구조물, 계통 및 기기의 중요도에 따라 다음과 같이 품질등급으로 구분하여 차등적인 품질활동을 수행하고 있다.

가. 품질등급분류

(1) 안전성등급(Q)

고장 또는 결함 발생시 일반인에게 방사선 장애를 직·간접으로 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 의해 선정한 품목으로, 동력변환 및 전력생산설비 중 발전정지유 발기기 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 않는 모든 품목 및 용역

나. 품질등급 적용

(1) 가동 원전

가동원전은 2009. 7. 1부로 품질등급체계를 개선하여 안전전성영향등급(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), 안전전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R), 일반산업등급(S)의 4단계 품질등급을 적용하고 있으며, 현재 건설계획 중인 신고리 5·6호기 건설부터 가동원전과 같이 안전전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R)을 폐지하고 안전성영향등급(A)을 새로이

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/시험결과 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. 독립된 품질부서의 수행업무

가. 품질감독

품질감독은 안전성 구조물, 계통 및 기기들에 대한 업무가 최종안전성 분석보고서, 절차서, 지시서 및 도면에 따라 만족스럽게 수행되는지 확인하기 위해 품질 확인점을 설정, 각 작업단계마다 품질직원이 감시, 관찰하는 활동으로 이는 재작업을 방지하기 위한 적극적인 품질활동이다.

〈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 도면준수 여부
3	시 험	정기시험, 주기시험 및 성능시험 준수여부
4	기술운영관리	절차서(서류관리, 보건물리, 구매관리 등) 준수여부

나. 품질보증감사

원자력발전소의 품질보증감사는 품질보증계획서의 요건에 따라 업무를 만족스럽게 수행하고 있는지 확인하는 것이다. 품질보증감사는 내부감사와 외부감사로 구분하며, 내부감사는 발전소 관련부서에 대해서 실시하며, 외부감사는 계약자에 대해서 실시하는 감사를 말한다. 품질보증감사 시기는 외부감사에 대해서는 기기의 중요도, 제작과정, 제작기간 등에 따라 감사횟수, 기간 등이 다르나 최소한 제작기간 중 1회 이

상 또는 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, 수행하며 그 종류로는 공장검사, 인수검사, 현장검사, 가동중 검사 등이 있다.

라. 품질보증프로그램 검토

품질과 관련된 모든 기술행정 및 지침, 절차서에 품질보증요건이 반영되었는지를 확인하는 것으로써 업무 착수전에 이루어져야 하며, 이는 실무부서가 품질보증요건에 따라 품질관련 업무를 수행토록 하기 위한 적극적인 품질활동이다.

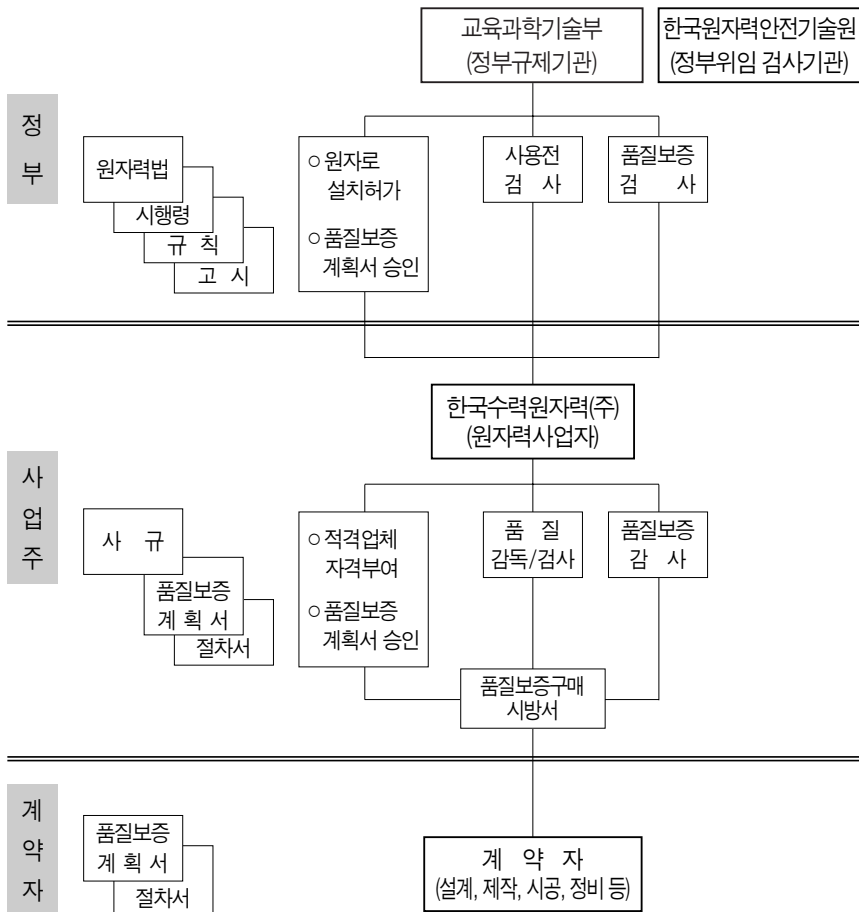
마. 용역업체 실사

원자력발전소 용역업무에 참여하고자 하는 희망업체에 대한 품질보증 능력과 기술능력을 평가, 승인함으로써 효과적인 용역이 이루어지도록 하기위한 업체평가의 일환으로 수행되는 품질활동이다.

제3절 품질보증체계

1. 국내 원자력 사업

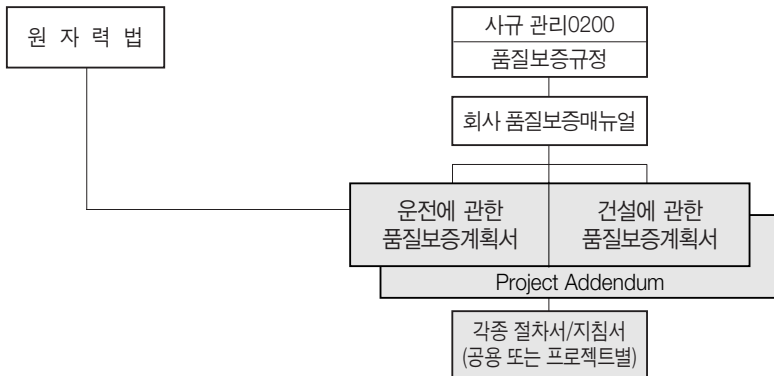
원자력 발전소의 건설 및 운영과 관련된 정부, 원자력사업자 및 계약자의 조직간 품질보증체계는 <그림 6-1>과 같다.



<그림 6-1> 국내 원자력사업 품질보증 체계

2. 한수원(주) 및 계약자

한수원(주)의 원자력 품질보증시스템은 국내·외 원자력관련 품질보증 요건을 근간으로 원자력법의 규제요건을 준수하고 있다. 또한 품질보증계획서는 원자력법 체계 및 사업특성을 고려하여 원자력 건설분야와 운전분야로 구분하여 수립, 운영하고 있으며 개략적인 품질보증체계도는 다음과 같다.



〈그림 6-2〉한수원(주) 품질보증체계도

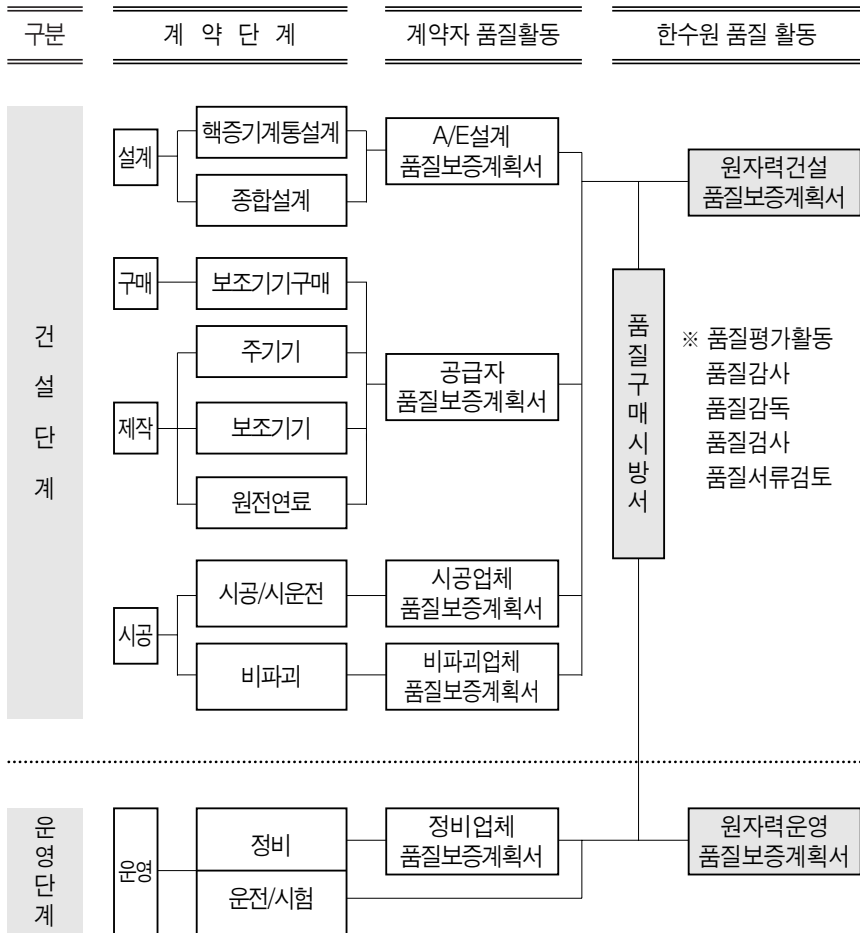
공급자 및 계약자는 한수원(주)과 계약한 계약서와 시방서에 따라 기 자재의 제작 혹은 용역을 수행하기 위해서는 품질등급과 일치하는 품질보증계획서와 이행 절차서를 작성하여 한수원(주)의 검토, 승인 후 사용하도록 하고 있다.

이의 적합성을 확인하기 위해 한수원(주)은 공정, 업무 또는 품목이 규정된 요건에 일치하는지를 감시하는 품질감독과 승인된 품질보증계

획서, 절차서에 따라 업무가 이행되고 있음을 조사, 심사 또는 객관적인 평가 등의 방법으로 확인하는 품질감사를 시행하고 있다.

제2장 단계별 품질보증활동

단계별 품질보증활동은 크게 건설단계와 운영단계로 나누어지며, 각각의 품질보증활동을 종합하면 <그림 6-3>과 같다.



<그림 6-3> 단계별 품질보증활동 종합

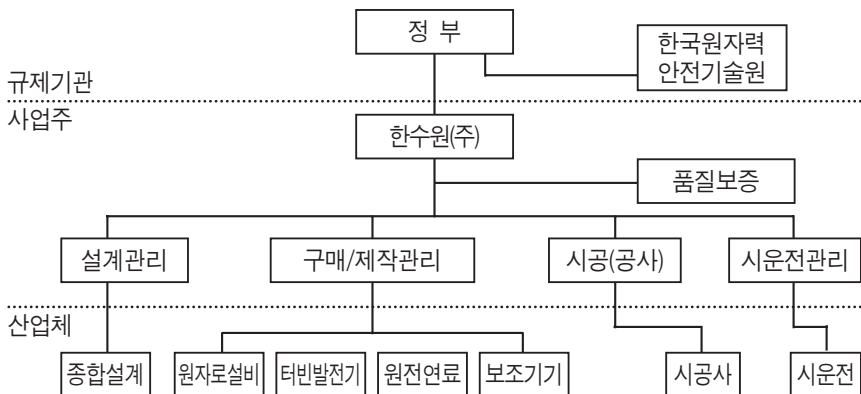
제1절 건설단계 품질보증활동

1. 원전건설 사업 개요

원자력발전소 건설사업은 장기 전력수요예측으로부터 부지확보와 선정, 인허가, 발전소 설계, 기자재 구매, 제작, 시공 및 시운전의 단계로 진행된다.

한수원(주)은 발전사업자로서 장기 전원개발계획에 따른 원전건설기본계획의 수립 등 건설 시작단계부터 완료까지 각 단계 및 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 기술활동을 완벽하게 수행해야 하는 중요한 관리체제이며, 원전 건설사업의 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 예비안전성분석보고서(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 책임으로 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 진행하는 품질활동은 시공계약자가 수행하는 업무와 사업주의 관리감독 업무로 구분된다. 사업주는 시공관리 감독을 위한 현장 품질보증계획서를 수립·운영하며, 시공계약자는 계약요건에 따라 품질보증계획서를 작성하여 사업주의 승인을 받아 이행한다.

시공계약자는 품질업무 수행절차와 설계, 구매, 제작, 설치 과정별 작업절차서를 작성, 사업주의 승인을 받은 후 이행하여야 하며, 제작 또는 설치과정에서 품질요건을 포함한 기술기준의 준수상태 확인을 위한 검사계획을 작성하여 사업주의 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 품질활동을 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, 원전연료 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 운영허가시 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. 운영품질보증계획 운영

발전소별 운영에 관한 품질보증계획서와 이를 이행하기 위해 표준기술행정절차서, 계통운전절차서, 정비절차서, 비정상운전절차서, 비상운

전절차서 등을 작성, 승인후 운영 중에 있으며 기계, 전기 및 계측분야 정비용역과 방사선관리분야 용역업체 등 협력업체 또한 한수원(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 체크 ○ 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 체크
시험 및 검사	○ 계측장비의 보증상태 확인 ○ 시험절차서 준수상태 입회 ○ 시험결과 불만족 사항에 대한 시정조치 확인 ○ 방사능 측정 및 관리상태 체크
계획예방정비	○ 계약자의 품질보증계획 및 준수상태 확인 ○ 정비작업 절차 및 정비가록의 단계별 확인 ○ 기기와 부품의 관리상태 및 도면 개정상태 확인 ○ 각종 특수작업 관리상태 확인 ○ 원전연료 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 품질부서직원(품질보증인)이 지켜야할 올바른 구체적인 행동과 가치판단 기준을 정립하여 궁극적으로 품질보증인들의 술선수범과 전직원의 투명하고 시스템적인 품질업무 관행으로 발전시키고자 2003년 9월 ‘품질인의 자세’라는 7개 항목의 품질윤리규범을 제정·운영하다가, 2008년 6월 1차 개정 작업을 통하여 6개 항목으로 재조정하여 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 품질개선활동

1. 품질개선팀 경진대회

우리나라의 품질분임조 발전과정을 살펴보면 1970년 초 일본의 QC 씨클을 벤치마킹하여 국내에서 최초로 1975년 ‘제1회 전국 QC씨클 경진대회’를 전국적으로 개최함으로써 품질분임조 활동 확산의 계기를 마련하였으며, 1978년부터는 ‘공장 새마을 분임조’와 ‘품질관리 분임

조'로, 1989년부터는 '품질관리 분임조'로, 1992년부터는 '품질기술 분임조'로 명명하였고 1994년에 '품질분임조'로 변경하여 현재에 이르고 있다.

한수원(주)의 품질개선 활동은 '새마을 분임조 활동'으로 태동하여, 1987년에 MV써클로 변경되었으며, 1988년에는 제1회 MV써클 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 품질개선활동을 지원함으로써 품질개선을 중시하는 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 우수팀에 대해서는 국가 품질분임조 경진대회에 참가하고 있으며, 대통령상을 수상하는 등 좋은 결실을 맺고 있다.

2009년도에는 국가 품질분임조 경진대회에 8개팀이 참가하여 모두 대통령상을 수상(금상 5개, 은상 1개, 동상 2개)하는 역대 최고의 성적을 거두었다.

2. 품질보증분야 업무혁신 추진

‘세계 수준의 발전설비 품질 제고’를 목표로 한수원(주)의 품질보증 분야 업무혁신 프로그램들이 2007년을 기점으로 본격, 추진되기 시작했다.

한수원(주)은 ‘발전소 업무수행 기본 수칙’을 2007년 1월부터 적용하기 시작했다. 이는 가동중 원전의 운영전반에 적용하여 인적실수, 과도 상태 및 불시 정지를 예방해 원전의 안전성과 신뢰성을 제고하기 위해 추진됐다. 이 기본수칙은 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 항목이 적용됐다. 2007년부터 발전소 업무 수행 전 관계 직원들은 기본수칙 리플릿을 숙지한 후 업무에 임하고 있다. 이에 한수원(주)은 일관성 있는 업무수행을 위해 발전본부 산하 및 관련부서 직원뿐만 아니라 한전KPS, 삼창 등 협력업체에게도 발전소 업무수행 기본수칙 내용을 제공하고 합동교육을 실시했다. 2009년에는 품질보증감사 및 원자력발전안전위원회(KNRB) 점검, 본사 특별 점검을 통해 시행상태를 확인하고 미흡한 사항들은 계속 수정 보완하고 있다.

규제 환경 변화의 능동적 대응 및 독자적인 품질등급체계 구축을 통

해 선택과 집중으로 품질경쟁력을 확보하기 위해 Q, T, R, S 4단계에서 Q, A, S 3단계 품질등급체제로 변경하기 위해 한수원은 2006년 4월 품질등급체계 개선 기본방안을 수립하고, 2006년 7월 5일부터 1년간 한빛과위와 품질등급 변경에 관한 공동연구를 수행했고, 미국 팔로버디 원전, 캐나다 G-2 원전의 품질등급 운영사례를 벤치마킹했다. 그 결과를 반영하여 Q, A, S 3단계 품질등급체계를 구축하여 가동원전은 2009년 7월부터 적용하고 있으며, 건설원전은 건설사업에 미치는 영향을 고려하여 건설계획 중인 신고리 5·6호기부터 적용할 예정이다.

그리고 품질보증실 주관으로 발전소 품질문제점에 대한 체계적인 해결 및 재발방지를 위해 원전운영 개선프로그램 CAP(Corrective Action Program)를 개발해 2007년 4월 고리원전 2발전소에 시범 적용했다. 2009년 12월부터는 건설원전 운영개선프로그램 C-CAP(Construction Corrective Action Program)을 개발하여 신고리 3·4호기 프로젝트에 시범적용하고 있으며, 2010년부터 전 건설원전에 적용할 예정이다.

또한 성능기반 품질보증 업무 구축을 위해 2007년 3월 품질보증감사 개선방안을 마련하고 감사 점검표 개발 등 감사기법을 지속적으로 개선해 나가고 있으며, 2007년 울진 1호기 O/H 기간중 정비분야 품질보증 감사를 Observation 형식으로 수행한 결과, 절차서 준수문화 확산, 정비원의 Workmanship 향상 등 가시적인 시행효과가 확인됨에 따라 2008년부터 이를 더욱 확대하여 실시하고 있으며, 2009년도에는 고리원전 1~3호기 등 10호기에 대해 O/H 기간중 Observation을 실시하여 각종 작업프로세스의 유효성, 정비원의 Workmanship, 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 전략경영계획을 고려하여 우리 회사의 품질수준을 세계 최고 수준으로 끌어올리기 위한 품질경영 중장기 실천 계획(Action Plan)을 수립·운영하고 매 2년마다 이를 수정·보완해 나갈 방침이다.

회사의 기업이념인 ‘친환경에너지로 삶을 풍요롭게’와 회사비전인 ‘인간, 환경, 기술을 중시하는 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 아웃소싱을 통해 품질정책 수립 등 기획업무에 업무역량을 집중하고, 셋째, 품질전문가(Quality Specialist) 양성을 통해 품질문제 해결 및 품질보증 능력을 강화하고, 넷째, 국내·외 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 나

가고 있다.

연도별 주요 실천계획을 살펴보면, 추진분야를 품질시스템, 품질기술, 설비품질, 품질문화 등 4개 분야로 분류하고 기간별 세부시행 추진 계획을 수립, 추진할 예정이며 주요내용은 아래 <표 6-5>와 같다.

〈표 6-5〉 품질경영 중장기 주요 실천계획

기 간	추진목표	주요 내용
2008	품질경영체계 정비	○ 회사품질보증체계 재정립 ○ 품질보증계획서 Topical Report 운영 등
2009	품질경영체계 구축	○ 품질조직운영 개편 ○ 품질업무 아웃소싱 등
2010	품질문화 확산	○ 6시그마 품질경영체계 도입 ○ 품질경영 추진모델 정착연구 등
2011	품질경영 운영	○ 안전문화, 환경분야 등 통합경영시스템 도입 ○ 원자력품질자격제도 시행 등
2012	품질경영 정착	○ 통합경영시스템 운영 ○ 국제 품질전문가 워크샵 개최 등
2013~ 2015	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, 원자력기계 품질과정 등을 운영하고 있다.

사외교육은 KEPIC 기술기준, 품질코스트 분석과 활용 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 있으며, 참여 업체로부터 좋은 반응을 얻고 있다.

〈표 6-6〉 주요 사내·외 품질교육과정의 종류

기 간	추진목표	주요 내용
사내교육	원자력교육원	○ 품질보증일반 ○ 품질선임감사자반 ○ 원자력기계 품질반 ○ 원자력계전 품질반 ○ 품질선임감사자 보수교육반 ○ 고급품질검사자 보수교육반 ○ 구매시방서 작성 및 관리
사외교육	대한전기협회	○ 전력산업기술기준(KEPIC)교육 - 원자력기계 공인검사 등 12개 과정
	성균관대학교	○ 품질혁신 글로벌 스탠다드
	(주) 코 센	○ 원자력기자재 설계/제작기술 전문
	한국표준협회	○ 품질코스트 분석과 활용 ○ 통계적 품질관리 ○ 온선생 품질교실 ○ 품질분임조 문제해결기법 ○ Six Sigma 기초 ○ ISO 9000시스템 기본 등 16개 과정
	한국도장인증기술협회	○ 초급 도장감리원 과정 ○ 통합 고급 도장감리원 과정
	한국도장기술인협회	○ 원전도장 검사자 교육
	한국기계연구원	○ 용접기술강좌 ○ 가동중 원전보수/교체기술 강좌

제4장 국내 · 외 품질업무 공조

제1절 해외 협력활동

1. 해외 공급자 관리

한수원(주)은 원자력발전 전문회사로 분리 독립에 따라 국내 · 외 원자력 관련기관 및 관련사와의 협력 체제를 재구성하고 이를 공고히 다져나가고 있다. 특히 한수원(주)은 국내 · 외 품질 관련 협의체와의 협력 체제를 갖추 품질보증업무를 효율적으로 수행할 수 있는 기반으로 삼았다. 2001년 7월 30일 미국원전사업자구매협의체(NUPIC)에 가입하고, 그 해 8월 8일에는 한국표준협회(KSA)에 가입했다. 그리고 2003년 6월 10일 미국품질학회(ASQ)에 가입했으며, 2007년 1월 2일에는 중수로 원전사업자구매감사협의체(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 여

부를 확인하는 직접 실사는 비용과 인력 측면에서 현실적으로 불가능한 상황이었다.

이에 대한 해결 방안으로 한수원(주)은 NUPIC을 선택했다. NUPIC은 미국 내 원전사업자들 중심으로 원전기자재 유자격 공급자 선정관리 및 품질문제에 공동 대처하고자 1989년 설립된 단체로, NUPIC의 국제회원은 주로 미국 내 업체 600여 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 2009년 12월 현재 미국 32개사, 해외는 한국 등 9개국 12개사가 회원사로 가입해 있다.

NUPIC의 국제회원으로 가입한 한수원(주)은 2009년말 기준으로 NUPIC 등록 공급업체 2,174개사 중 103개사를 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(주) 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 됐으나, 중수로 원전의 해외 기자재 공급업체 품질관리가 숙제로 남아 있었다. 2006년 6월 13일 당시 한수원(주)의 Q등급 예비품 해외공급자는 캐나다 21개사, 미국 101개사, 기타 국가 49개사였다. 그중 캐나다는 49.6%를 AECL을 통해 구매하고, 품질활동도 AECL이 대행하고 있었다.

원 공급업체에 대한 정보와 구매 사양을 확보하지 못하고 품질보증감사 등 품질활동을 할 수 없어 직접 구매가 불가능할 뿐만 아니라 유자격 등록 심사도 업체가 제출한 서류만으로 만족해야 하는 실정이었다. 그러던 중 2006년 1월 CANPAC이 한수원(주)에게 가입을 요청해왔다. CANPAC은 캐나다 내 원전사업자들이 주축이 돼 원전 기자재 공급업체에 대한 품질보증감사 및 공급업체 등록관리를 목적으로 2002년 4월 8일 COG내에 설립됐다.

CANPAC은 각 회원사의 품질담당 부서장으로 운영위원회를 구성하고 회원사 요청에 따라 전문 감사자를 확보해 공급업체의 감사를 수행하고 있다. 이에 한수원(주)은 CANPAC 가입을 통해 캐나다 내 기자재 공급업체에 대한 정보 확보, 품질보증감사 강화는 물론 회원사 간 정보 교류 활성화로 단종 품목 해결방안 모색 등 중수로 원전의 현안사항에 공동 대처하고, 국내 중소기업의 캐나다 원전 기자재 수출 지원도 가능할 것으로 기대하고 있다. 2009년 12월 현재 CANPAC에는 캐나다의 원전사업자 4개사와 한국의 한수원(주), 루마니아가 회원사로 가입되어 있다.

2. 선진 품질정보 수집 및 국제동향 파악

미국품질협회(ASQ)는 품질에 관한 신기술 개발을 위한 국제회의를 비롯한 미국품질학회 자격부여 프로그램, 교육훈련과 기술지도 프로그램을 운영할 뿐만 아니라 품질표준을 제정하고 관련 출판물을 발간해 회원사에게 제공하는 등 활용도가 높은 국제적인 품질기관이다. 한수원(주)은 선진 엔지니어링제도 도입 추진과 발맞춰 선진국의 최신 품질정보를 수집하고, 국제동향 파악과 선진 품질보증기법을 도입하는 등 품질보증활동의 수준을 선진화하고자 2003년에 가입했다. 앞서 1990년 가입한 한국전력은 1999년까지 회원으로 있다가 IMF 여파로 탈퇴한 바 있었다. 2007년 12월 현재 ASQ의 회원 수는 100여 개국의 약 1100여 개 단체회원과 개인회원도 약 11만 명에 이른다. 회원사는 ASQ Net를 통해 멤버 간의 토의, 학회 연구에 참여할 수 있으며 월간 ‘Quality Progress Magazine’과 6종류의 계간지, 그리고 월간 학회 논설을 전자 메일로 제공받고 있다. 또한 유럽품질협의회(EOQ)의 연차대회에도 참여하여 유럽지역의 품질동향 파악 및 정보수집에 활용하고 있다.

제2절 국내 협력활동

1. 국내 협회활동

한수원(주)은 대한전기협회의 회원사로써 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, 국가 품질경진대회 참여 등을 통해 원자력품질을 대외에 홍보하고 일반 산업계와의 품질정보교류에 참여하고 있다.

그밖에 2002년 8월과 9월에 품질경영학회와 한국비과괴검사학회에 각각 가입하여 해당 분야의 학술지식 취득 및 정보교류에 활용하고 있다.

2. 한국원자력품질협의회(KNQA)

2003년 9월 ‘한국원자력품질협의회’ (Korea Nuclear Quality Association)를 구성해 원전사업 관련사간의 협력 체제를 굳건히 하고 있다. 이는 원전의 품질기술과 정보를 공유하고 품질현안에 공동 대처하고자 구성되었다. 품질협의회에는 2007년 12월 현재 한국전력기술, 두산중공업, 삼성건설, 현대건설, 한전KPS, 삼창 등 설계용역 업체와 주기기 공급업체, 그리고 시공사 및 정비 분야 16개 업체가 참여하고 있다.

품질협의회는 연간 2회의 정기회의를 개최되며, 내부에 건설분과 위원회와 발전분과 위원회로 구분하여 분과별 품질기술을 공유하고 품질현안 사항 등을 논의하고 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 언론홍보팀 부장 신보균

제1절 사회환경의 변화

1. 국제환경의 변화

2009년은 글로벌 경제위기의 충격으로 경기침체의 어려움 속에서 시작되었다. 이후 하반기부터는 경기가 회복되어 가고 있으나, 그리스 등 유럽 일부국가의 금융위기로 불안한 정세를 보이고 있다.

이에 반하여 온실가스 감축 및 석유 의존도 완화를 위해 원자력발전소의 필요성이 부각되어 원자력 관련 여건은 우호적으로 변화되고 있다. 2009년 말에 코펜하겐에서 개최된 15차 당사국총회에서 선진국과 개발도상국의 입장 차이에 의해 법적 구속력이 있는 합의 도출은 실패하였으나, 세계 각국은 온실가스 감축 관련 규제들을 입법화 하고자 시도하고 있는데, 온실가스 배출 억제에 대한 사회적 합의가 이루어지면, 탄소세 등의 온실가스 관련 환경규제는 향후 많은 국가에서 도입될 가능성이 높아질 것이다. 그리고 2006년 러시아와 우크라이나의 천연가스 논쟁 등의 에너지 무기화 조짐, 2008년도의 유가 급등, 석유의 대부분이 매장되어 있는 중동지역의 불안요인, 중국 등 개발도상국의 급격한 에너지 수요 증가 등으로 그동안 원전 건설을 억제해오던 원전 선진국들도 신규 원전건설계획을 수립하고 있다. 또한, 반원전 운동을 펼쳐

오던 유명 환경운동가들도 온실가스 감축을 위한 경제적 에너지원으로써의 원전의 역할을 인정하고 원전 지지로 입장을 선회하였다.

국제원자력기구(IAEA)는 2030년까지 원자력발전소 설비용량이 현재보다 140 ~ 400GW 증가할 것으로 전망했다. 이는 1,000MW 기준으로 140기 ~ 400기에 해당되는 양으로 지속적으로 증가하는 전력수요, 불안정한 석유와 가스가격, 이산화탄소 배출과 관련된 우려 등이 원자력에 긍정적인 영향을 미치기 때문으로 분석한 결과이다. 또한, 세계원자력협회(WNA)에서 예측한 3가지 시나리오 중 기본 시나리오에 의하면, 2030년까지 원자력발전소 설비용량이 현재보다 229GW 증가할 것으로 예상하고 있다.

미국은 2030년까지 35기 이상의 원자로를 신규 가동할 계획을 발표하였으며, 그동안 원자력발전소 신규 건설을 금지하였던 이탈리아는 재도입 법안이 의회를 통과하여 미국과 원자력협력협정을 체결하였으며, 2030년까지 원자력발전량 비중을 25%까지 증가시킬 예정이다. 이외에도 스웨덴, 벨기에 등의 유럽 국가들도 원전금지 법안을 폐지하기 위해 추진 중에 있으며, 영국, 핀란드, 브라질, 인도 등의 국가에서도 원전 추가건설 계획을 발표하였다. 또한, 폴란드는 2020년 최초 원전가동을 위한 원자력개발계획을 확정하였다.

2. 국내환경의 변화

2009년은 우리나라 원자력 역사에 큰 획을 긋는 한해였다. 원자력발전을 도입한 지 30여년 만에 미국, 프랑스, 일본과의 경쟁에서 아랍에미

리트 원전건설을 수주한 것은 우리의 원자력발전 수준을 대내·외에 입증한 매우 뜻 깊은 일이기 때문이다. 이번 수주 규모도 우리나라 해외사업 사상 최대 규모로서 건설부문 수주액만 200억 달러에 달한다. 이는 중형 자동차 100만대 또는 30만톤급 초대형 유조선 180척을 수출하는 금액과 맞먹는다.

프랑스의 아레바와 같은 세계적인 원자력 선진국과의 경쟁에서 우위를 차지할 수 있었던 배경에는 세계 최고의 운영실적, 풍부한 건설 및 운영경험이 있었다.

실제 지난해 운영실적을 보면 91.7%의 원전이용률과 호기당 0.3건의 불시정지횟수를 달성하였다. 특히, 불시정지횟수는 원자력발전을 시작한 이래 최저 수준으로 우리의 원자력발전소 운영 및 정비능력을 보여주는 좋은 예이다.

이러한 우수한 실적과 UAE 원전수출 경험을 바탕으로 정부는 원전을 신 수출산업으로 육성하여 2030년까지 세계 3대 원전 선진국으로 도약한다는 목표를 세웠다.

돌이켜보면, 1978년 고리 1호기가 상업운전을 시작한 지 30여년이 지난 2009년 말 기준으로, 가동 원전기수는 20기로 늘었고 설비용량은 17,716MW로 전체 발전설비 용량인 73,470MW의 24.1%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 향상

에 중추적인 역할을 해왔다. 에너지 대외 의존도가 96%를 웃돌고 있으면서도 저렴한 전기요금을 유지해 그동안 고속성장을 해온 비결은 대용량의 전력을 값싸게 공급한 원자력발전에 있다.

또한, 2009년은 고리 1호기가 계속운전 이전의 2주기를 포함하여 4주기 연속 무고장 안전운전을 달성하여 한수원(주)의 원전운영과 정비기술이 세계적인 수준임을 다시 한번 입증하였다. 그리고 중·저준위 방사성폐기물 유리화 상용설비 개발을 완료하고, 2009년 10월부터 상용운전에 착수하였다. 유리화 기술은 방사성 폐기물이나 유해 중금속을 유리 구조 내에 가두는 기술로써, 유리구조 내에 갇힌 방사성폐기물은 환경으로 유출되지 않을 뿐 아니라 부피를 약 1/30 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 발전원으로써 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 원전운영을 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 발생시 보고·공개 규정’을 기준으로 실시하고 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 보도 자료 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 원전 정책, 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, 주기적으로 지역주민과 관련기관에 배부하고 있다.

(다) 차세대 교육

원전이 21세기에도 주력에너지 역할을 지속하기 위해서는 자라나는 세대의 원전에 대한 이해가 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 사용토록 하고 있다. 그리고 2009년에는 전국 대학

생 대상 논문대회를 개최하였으며, 입상자에 대해 원전 견학을 실시하여 호응을 받았다. 그 외에도 원전 홍보관을 방문하는 학생들에게 전시물과 시설견학을 통하여 원전에 대한 친밀감을 느낄 수 있는 기회를 주고 있는데, 특히 2009년에는 과학고생 대상 원전 견학 프로그램을 시행하였다.

또한, 2009년도에는 '아인슈타인 프로젝트'를 시행, 국내 우수대학생 중 성적우수자 43명을 선발해 멘토로, 학교장이 추천한 원전주변지역 학생 300명을 멘티로 선정해 질 높은 교육의 기회를 제공했다. 이것은 원전지역 학생들이 우수한 교육서비스를 접할 기회가 적음을 감안한 단순히 장학금 지급이 아닌 한 단계 개선된 장학지원 사업으로 분석된다.

그리고 한국원자력문화재단의 교과서 연구 분석사업에 협력하여 교과서에 원자력 관련 내용이 바르게 서술될 수 있도록 자료를 제공하고, 관계 인사들의 원전시찰도 지속적으로 추진하였다.

(라) 언론홍보

정부의 정책 방향인 친환경 녹색성장의 한 축인 원자력발전의 중요성 및 필요성 등을 알리기 위해 원전운영, 건설현황, 원전수출 추진현황 등 주요 경영현안에 대한 보도자료 및 사진을 주기적으로 배포했으며, 또한 공기업 선진화를 위한 경영혁신 노력, 윤리경영 실천, 중소기업 상생사업 및 일자리 나누기 등 한수원의 기업문화를 적극적으로 알렸다.

2009년 말의 UAE 원전 수주 성과는 공중과 방송, 중앙일간지, 에너지전문지, 잡지는 물론 국내의 모든 언론에서 지대한 관심으로 대서특필하는 결과를 가져와 원자력발전소에 대한 우호적인 분위기가 한층 높

아졌다.

2009년도에도 원전 이용률, 한주기무고장운전 등 괄목할 만한 실적을 언론에 알려 원전운영의 우수성과 안전성을 입증하는 계기를 마련하였으며, 공익기업으로서 사회공헌 활동을 적극적으로 소개하여 기업이미지 강화에도 노력을 다 했다.

이 밖에도 저소득 주민의 소득증대와 취약계층인 이주여성, 노인들에게 일자리를 제공해 안정적인 자립기반 조성과 삶의 질 향상에 앞장선 내용과 특히, ‘원전건설 전문기술훈련원’을 통한 청년일자리 창출현황을 상세하게 홍보하였다.

이러한 언론홍보 노력에 힘입어 2009년도 언론보도 기사 중 우호성 보도와 사실성 보도 비율은 96%에 이르렀으며, 반면 비판성 보도는 3%로 지난해에 이어 5%미만을 기록했다. 이는 회사 관련 중요사안 발생시 언론인에게 시의적절한 설명자료 또는 해명자료 제공 및 직접 대면설명 등 다양한 채널을 통해 적극적인 언론대응 및 홍보 활동의 결과로 분석된다.

(마) 미디어 홍보

한수원(주)은 2009년 한 해 동안 원전에 대한 사회적 수용성 제고 및 기업이미지 PR을 위해 다양한 매체를 통해 광고를 실시하였다. 원전에 대한 사회적 수용성을 제고하면서 광고비용을 절감하고자 간접광고 방식인 BPL¹⁾을 도입했으며, 방송광고 대비 비용이 저렴한 인쇄매체 광고

1) BPL(Brand Placement) : 방송을 통해 브랜드를 노출시키는 간접광고 방식

를 강화하였다.

간접광고는 직접광고와는 달리 인위적이라는 인식이 적고, 해당 프로그램의 인기도와 성격을 활용해 브랜드에 대한 친밀도를 자연스럽게 높일 수 있다는 장점이 있으므로 드라마 ‘선덕여왕’과 퀴즈프로그램 ‘1대100’을 BPL 매체로 선정하였다.

2009년은 정부의 ‘저탄소 녹색성장 정책’에 부응하며 원전의 안전성, 경제성, 환경친화성 등을 주제로 한 4편의 광고물을 제작해 중앙일간지 및 잡지를 대상으로 광고를 시행하였다.

한수원(주)은 전통적인 4대 매체 외에 인터넷을 이용한 온라인광고, 케이블TV를 활용한 광고, 전광판·옥상간판 등의 옥외광고와 지하철역사 등의 PDP를 활용한 옥내광고 등도 적극적으로 시행하였다. 이외에도 매체광고와는 별도로 비용절감 차원에서 커뮤니케이션 수단을 BTL²⁾ 쪽으로 다변화하기 위해 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 대표기업인 한수원(주)의 대국민 쌍방향 커뮤니케이션의 활발한 장이 되고 있다.

2) BTL(Below the line) : 프로모션, 우편, 이벤트, 전시 등 미디어를 매개로 하지 않는 커뮤니케이션 활동. ATL(Above the line)의 반대 개념.

대표적인 예로, 2009년 7월부터 시행한 한수원 그린미션은 에너지퀴즈, 설문, 출석체크로 구성되어 있으며, 네티즌에게 회사 및 관련 이슈, 각종 상식에 친근함과 재미를 가미하여 제공하고 있으며, 네티즌들은 해당 미션 참여를 통해 그린마일리지인 ‘잎새’를 모을 수 있어 큰 호응을 얻고 있다.

또한, 객관적인 정보제공을 위해 투자자정보, 원전운영현황, 원전건설현황, 해외사업현황, 신·재생에너지현황 등을 수시로 업데이트하고 있으며, 특히 4개 원전의 운전, 정비, 정지 상태를 발전 신호등과 자막창을 통해 실시간으로 알려줄 뿐만 아니라, 네티즌광장 게시판 운영을 통해 각종 Q&A에 신속하고 정확한 대응으로 한수원(주)에 대한 신뢰도를 한층 높여가고 있다.



〈그림 7-1〉 한수원 그린미션 및 발전소 라이브

회사 홈페이지는 지속가능경영, 사회공헌, 신문고, 고객제안 등을 통하여 기업이미지를 제고하고 있으며, 이외에도 한수원 주요소식, 국내외 원자력동향 등을 묶어 웹진형태로 원자력뉴스레터를 월 2회, 연인원 330만명에게 원자력 관련 정보를 제공하고 있다.

(사) 전시홍보

정부는 2008년 8월 15일 주요 국정과제로 녹색성장정책을 천명함에 따라 ‘녹색성장의 중심 원자력’에 대한 국내·외의 전시수요가 급증하였다. 2007년 12건, 2008년 12건 이었던 전시회 참여건수는 2009년 19건으로 증가하였으며, 2009년 말 UAE에 원전수출이 확정된 후에는 한국형원전에 대한 국내·외의 관심증가에 따라 전시회에 대한 요구가 더욱 많아졌다. 따라서 급증하는 전시수요에 효과적으로 대응하기 위하여 표준전시부스를 제작하여 활용하였다. 이렇게 표준전시부스를 활용함으로써 부스 제작비용 및 관리비용을 절감하고 표준전시부스 반복 사용에 의해 회사 인지도를 향상시킬 수 있었다.

2009년은 녹색성장과 원자력이 주요 화두로 등장한 해로서 이와 관련된 ‘한-아세안 정상회담 전시회’, ‘그린페어 전시회’, ‘인천세계도시축전’, ‘대한민국에너지대전’ 등의 전시회에 참여하여 원자력발전에 대한 우호적이고 긍정적인 이미지를 형성할 수 있었다.

또한, 원전해외수출 기반 조성을 위해 2006년부터 중국, 베트남, UAE, 터키 등 원전수출대상국과 원전선진국회의(ICAPP), 태평양연안국원자력회의(PBNC), 국제원자력기구(IAEA) 등 원전관련 국제기관과 지속적인 교류를 위해 관련 전시회에 적극 참여해오고 있다. 2009년에는 베트남 원자력전람회, 상해핵공업전람회, IAEA전시회 등에 참여하여 우리나라 원전건설, 운영능력 및 APR1400의 우수성 홍보를 통해 원전수출에 기여하였다. 2010년에도 원전수출 활성화를 위하여 한-멕시코정상회담, 상해엑스포전시회, 세계에너지총회 등 해외전시회에 참

가할 계획이다.

그리고 2009년 3월부터 월성원자력본부에 새로 건립되는 홍보관에 전시시설 공사를 시작하여, 2010년 4월에 준공하였다. 전시시설은 ‘신라의 천년문화와 첨단원자력 기술과의 조화’라는 주제로 국내 원전의 기술력과 운영우수성을 홍보하면서 주변 에너지시설과 연계한 에너지 특구의 핵심역할을 홍보하도록 하는 시설로써 관람객들에게 원자력을 쉽고 재미있게 체험할 수 있도록 하여 원전수용성을 높이는데 크게 기여할 것으로 기대하고 있다. 또한, 팔당수력발전소 홍보관을 첨단 전시 기법을 통해 새롭게 단장함으로써 관람객들에게 수력과 원자력, 에너지 일반에 대한 지식을 쉽고 재미있게 체득할 수 있게 하였다.



〈그림 7-2〉 표준 전시부스 및 월성원자력본부 홍보관

(2) 지역주민 홍보

한수원(주)은 ‘지역주민과 함께하는 지역공동체 경영’을 위하여 적극적인 지역협력을 통해 잘 사는 지역건설, 함께하는 공동체건설을 추구하고 있다. 이를 위해 각 원전본부별로 다양한 방법의 유대강화와 사회공헌 활동을 통해 지역주민들과 친밀감을 도모하면서 원전과의 일체

감을 조성하는데 주력하고 있다. 4개 원전본부는 모두 격월제로 소식지를 발간하고 ‘뮤직팜페스티벌’, ‘동리목월문학상’ 등의 지역문화행사를 지원하며, 주민들에게 전시관과 관련시설을 결혼식장이나 행사장, 회의장 등으로 이용할 수 있도록 하고 있다. 또한, ‘1팀 1자매마을 결연 활동’을 통해 집수리, 도시락배달, 농촌일손돕기 등의 봉사활동 및 원어민교사 지원, 영어마을 및 방과후 교실 운영, 장학금 지급 등의 청소년 교육 프로그램을 운영하고 있다. 그리고 영광과 월성원전에서는 온배수 양식장을 운영하면서 매년 양식어류 방류사업을 통하여 온배수의 청정성과 유용성을 알리고 있다. 특히 영광원전은 온배수를 이용한 해양생물전시관인 아쿠아리움을 준공해 지역의 새로운 명소로 떠오르고 있다. 여름 피서철에는 4개 원전본부 모두 해변가요제를 개최함으로써 지역주민과 함께 하는 화합의 장을 만들고 있다. 이와 같이 원전은 지역사회와 함께한다는 공감대 형성에 주력하고 있으며, 앞으로도 더욱 지역주민에 대한 홍보를 강화하여 지역공존의식을 높여나갈 계획이다.

나. 한국원자력문화재단

한국원자력문화재단 기획행정실장 정향수

2009년 12월, UAE에 상업용 원전수출 성공을 계기로 원자력에 대한 국민의 관심과 이해도는 그 어느 때보다도 높아졌다. 우리나라는 풍부한 건설 및 운영 경험과 높은 원전 이용률, 건설공기의 획기적 단축, 가격경쟁력 등이 강점으로 꼽혀 UAE의 선택을 이끌어 냈다. 우리나라 국민의 원자력발전에 대한 높은 이해도 또한 원전수출 성공에 큰 기여를

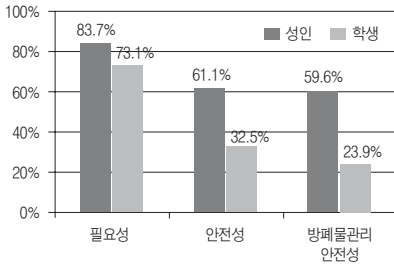
했다.

한국원자력문화재단은 원자력홍보 전담기관으로 1992년 설립 이래 원자력의 역할과 기능을 올바르게 알려 국민인식 개선을 위해 노력해 왔다. 이러한 노력의 결실로 국민의 10명중 8명은 원자력의 필요성에 대해 공감하고 있다. 2009년에는 보다 체계적으로 홍보활동을 수행하기 위해 대상별 맞춤형 국민신뢰구축 프로그램으로 사업체계를 개편하여 차세대이해증진사업, 국민신뢰구축사업, 현안추진협력사업을 추진하였다.

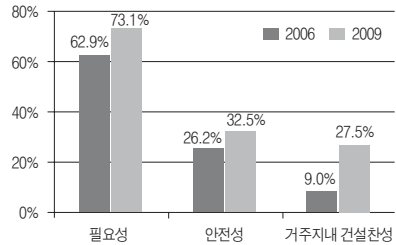
(1) 성인에 비해 인식이 낮은 차세대 대상 원자력교육 중점 추진

에너지자원을 거의 보유하지 못한 우리나라 상황에서는 원자력이 저탄소 녹색성장의 중심 에너지일 수밖에 없다. 정부는 이와 같은 사실을 널리 알려 원자력발전에 대한 국민인식을 개선하고자 많은 노력을 기울이고 있다. 특히, 재단에서는 자라나는 차세대의 원자력인식이 일반국민보다 부정적이라는 여론조사결과를 바탕으로 2009년에는 ‘차세대이해증진사업’을 재단의 브랜드 사업으로 선정하여 중점적으로 추진하였다.

제7편 국민이해와 지역협력



□ 성인 : '09.9월, 전국 1,500명 대상, 미디어리서치
□ 차세대 : '09.6월, 전국 1,955명 대상, 호산경영연구원



□ '06년: 전국 1,800명 대상, 현대리서치
□ '09년: 전국 1,955명 대상, 호산경영연구원

〈그림 7-3〉 차세대 원자력 인식

대한민국의 미래를 책임질 차세대는 자아가 완성되지 않은 시기에 자칫 감정적인 주장을 무비판적으로 받아들임으로써 잘못된 인식을 쉽게 형성할 수도 있다. 따라서 이들에 대한 올바른 교육은 무엇보다 중요하다. 이에 정부는 초·중등 교과서를 통해 원자력 및 에너지에 대한 내용이 좀 더 풍부하고 정확하게 전달될 수 있도록 교과서 수정 및 신규 교과서 개발사업을 적극 추진하여 약 300여 가지의 원자력 관련 교과내용을 올바르게 수정 또는 변경시키는 성과를 거두었다.

수정 전	수정 후
수입 농산물이 급증하고 있다. 그 이유는 바로 가격 차이 때문이다. 우리의 주산지인 쌀만 해도 품질이 비슷한 중국 제1호가 산 쌀과 미국 캘리포니아 산 쌀 값이 국내 쌀 값의 1/5에도 못 미치며, 중국산 콩 값은 국내 콩 가격의 1/10도 안 된다. 과일과 수산물도 사정은 마찬가지이다. 국제 흐름 역시 '농산물 시장 개방' 쪽으로 흐르고 있다. 1995년 출범한 세계무역기구(WTO)는 세계 각국을 향해 '시장 개방'을 촉구하며, 농업도 예외는 아니라고 말하고 있다. 이에 따라 현재 WTO 농업 협상이 진행 중이다. 우리나라를 포함, 146개국이 참가한 이 협상은 2004년말 종료될 예정이다. 하지만 이를 둘러싸고 미국 등 주요 농산물 수출국과 한국·일본 등 수입국의 시각 차이는 여전히 크다. 수출국은 '완전 개방'을 주장하는 반면, 수입국들은 '각국 농산물 경쟁력을 갖기까지 시간을 두고 개방하자'는 쪽이다. 농림부 관계자는 "우리 농촌이 살아남을 길을 모두 진지하게 고민해야 할 때"라고 말했다. [출처: 2003년 11월 00일]	방사선의 재발견 식품 살균법으로는 화학 물질들을 얻기 상책으로 식품에 짜는 훈증 처리 방법이 가장 많이 쓰인다. 그러나 이 방법은 화학 물질 잔류 성분과 독성을 지니고 있어 인체에 해를 끼치거나 지구 온난화를 일으키는 등 각종 부작용을 일으킬 수 있다. 또한 냉장·냉동 보관 식품 역시 내한성 병원균이 활발할 수 있고, 변이종 형태의 식품 전염성 병원균이 나타날 수 있다. 이러한 이유 때문에 최근에는 방사선을 이용한 식품 처리 기술이 주목받고 있다. 즉 식품에 감마선이나 X선과 같은 방사선을 쬔으로써 부패와 각종 독을 일으키는 미생물과 미생물의 대사 과정에서 발생할 수 있는 유해 요소를 제거하는 방식이다. 방사선 처리 기술을 이용한 곡류 살충, 육류 살균을 통해 식품독을 일으킬 수 있는 병원성 대장균, 살모넬라균, 리스테리아균 등을 완전히 없앨 수 있다. 뿐만 아니라 감자나 양파 등의 발아를 억제하고 성숙도를 조절할 수 있다. 방사선을 이용한 멸균 기술은 열이나 가스가 아닌, 오직 빛을 통해서만 작업이 진행되기 때문에 식품의 온도 상승에 의한 영양 파괴나 외형 변화를 일으키지 않으며, 유해 성분이 재물에 남아 있을 가능성도 없다. 또한 세균이 포자형 상태에서도 멸균 작업을 할 수 있다. 이러한 장점 덕분에 방사선 처리 기술은 세계보건기구(WHO)와 국제식량농업기구(FAO) 등에서 계통 멸균 기술로 적극 권장하고 있다.

〈그림 7-4〉 중학교 3학년 기술가정 교과서 수정·보완 내용

차세대를 위한 원자력 이해교육은 다양한 프로그램을 통해 이루어지고 있다. 그 중에서도 원자력계에 종사하고 있는 임직원의 자녀가 다니는 학교나 자신의 모교에서 원자력에 대한 이야기를 들려주는 ‘원자력일일교사제’를 2009년 들어 대폭적으로 확대 시행하였다. 이 결과 2009년에는 시행초년도인 1997년 이후 지난 12년간의 누적인원(148,417명)에 육박하는 100,671명을 대상으로 교육을 실시하였다. 총 610명의 원자력 유관기관 종사자, 교사와 한국원자력문화재단 임직원이 자발적으로 일일교사로 참여하였다. 한국원자력문화재단은 사전 사업설명회를 개최하고 ‘에너지스토리’ 등 강의교재를 개발·제공하여 누구라도 일일교사제에 참여할 수 있도록 지원하였다. 또한 사후간담회를 개최(’09.9.25)하여 3년 이상 참여한 일일교사 41명에게 감사패를 수여하고 원자력 일일교사제에 대한 지속적인 관심과 참여를 유도하였다.

(2) 원자력 분야에 탐구올림피아드 개념 도입

‘원자력탐구올림피아드’는 차세대 학생들이 탐구정신을 기르고 원자력을 깊이 이해할 수 있도록, 원자력에 대해 자유롭게 탐구보고서를 작성·발표하는 행사다. 이 사업은 서울지역 초등학생을 대상으로 2009년 5월부터 9월까지 시범사업으로 실시되었고, 총 275편이 접수되어 59명이 우수사례로 선정되었다. 이 사업은 단편적인 교육에서 벗어나 스스로 원자력에 대한 심화학습을 진행할 수 있다는 점에서 많은 관심을 불러일으켰다. 2010년에는 원자력학습효과를 높이기 위해 전국권으로 행사를 확대하여 진행할 예정이다.



〈그림 7-5〉 제1회 원자력 올림피아드

(3) 대학생 대상 ‘에너지카라반’ 및 ‘에너지 동아리’ 신규 실시

원자력에 대한 막연한 불안감을 갖고 있는 대학생의 원자력인식을 제고하기 위하여 전국의 대학생을 대상으로 ‘대학생에너지카라반’이 8회 시행되었다.

국가 에너지정책 설명, 에너지 특화사업 및 산업체 소개, 에너지시설 견학, 원자력 강의 및 토론으로 이어진 대학생에너지카라반은 총 11개 대학, 522명이 참가하여 원자력 이해를 높였다. 또한 프로그램에 참가한 학교 중 7개 대학교(군산대, 경북대, 계명대, 동신대, 대구카톨릭대, 상지대)에서는 대학생들이 자발적으로 ‘에너지동아리’를 창설하여 학습회, 발표회, 에너지세미나, 에너지탐방 및 대학 내 인식개선 등의 활동을 펼치고 있다. 원자력 국민이해 전담기관인 한국원자력문화재단 이사장은 직접 전국 대학들을 대상으로 ‘저탄소 녹색성장의 중심 원자력 역할’이라는 주제로 특별 릴레이 강연을 총 5회 시행하여 504명의 대학생이 수강하는 실적을 거뒀다.



〈그림 7-6〉 대학생 에너지카라반

(4) 에너지 체험전시 및 각종 문화행사 개최

원자력을 이해하고 배우기 위해서는 현장을 직접 찾아가서 탐구하는 방법이 가장 좋다. 그러나 학습여건상 불가능한 경우가 많은 점을 고려하여 한국원자력문화재단은 서울시교육청으로부터 현장체험 학습기관으로 지정받아 원자력을 포함한 에너지를 종합적으로 체험할 수 있는 ‘에너지체험관(행복한 i)’을 운영하고 있다. 이 체험관은 2007년 개관 이후 10만여 명의 학생들이 방문하였는데, 이제는 서울 서남부지역의 대표적인 체험형 전시관으로 자리 잡고 있다. 그리고 대도시 학생들에 비해 체험교육 기회가 적은 중소도시와 도서지역의 차세대 학생들을 위해서는 ‘찾아가는 에너지 체험전’을 운영하여 지금까지 25만여 명의 학생들이 방문하였다.



〈그림 7-7〉 행복한 원자력페스티벌

또한 직접 보고, 듣고, 만지고, 느끼면서 원자력·에너지의 소중함을 배울 수 있는 에듀컬처형 문화행사 ‘2009 행복한 E 페스티벌’을 대전 엑스포과학공원 내 전기에너지관 일원에서 5월 5일 어린이날에 개최하였다. ‘저탄소 녹색성장의 중심, 원자력과 함께’라는 주제로 개최된 이 페스티벌에는 대전지역 청소년과 가족단위 관람객 5만여 명이 참여하는 대성황을 이루었다.

원자력을 쉽고 재미있게 알리기 위한 문화행사도 실시되었다. ‘원자력 뮤지컬 슈퍼울트라 초특급탐험대’는 2009년 4월과 11월에 국립중앙과학관과 국립과천과학관에서 60회 공연되어 23,939명이 관람하였다. 차세대들이 원자력을 주제로 작문과 포스터 작품 등을 통해 원자력에 대한 자발적인 학습 및 공감대를 형성케 하는 ‘원자력공모전’도 1992년부터 18년간 계속되고 있다. 2009년에는 작문 6,001편, 포스터 2,786편이 접수되어 학생 122명, 우수 지도교사 5명, 단체상 5개교 등이 교육과학기술부장관상과 지식경제부장관상 등을 수상하였다.

(5) 방송·교양프로그램 제작 참여 강화로 국민과의 공감대 형성 노력

2009년에는 지식경제부, 원자력관련기관, 홍보전문가 등 11명으로 구성된 ‘원자력 홍보협의회’를 구성·운영하여 원자력 관련기관 간의 역할분담 및 협력체제의 강화를 통해 홍보 시너지 효과를 높였다. 이에 재단은 이미지성 광고를 전면 폐지하는 한편, 원자력 언론기획보도를 강화하고, 뉴스·교양·정보 방송프로그램 제작·방영을 강화하여 차세대, 주부, 가족단위 시청자에게 원자력 관련정보를 다양하게 제공하고 있다. 과학교양 프로그램인 KBS 1TV 과학카페에 지속적으로 참여하였고, SBS ‘뉴스와 생활경제’에 신규 참여하여 오전 시간대에 주부를 대상으로 생활친화적인 소재로 원자력을 쉽고 친근하게 이해할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 가족단위 시청자를 위해 KBS 2TV ‘스펀지 2.0’ 프로그램에 ‘원자력의 비밀’을 주제로 원자력 발전에 대한 흥미진진한 소재를 방영하였다.

또한 기후변화와 에너지위기의 심각성을 알리기 위해 ‘엠베서더 에너지기행’이라는 주제로 시청자에게 신뢰감, 친근감을 줄 수 있는 방송인 차인표씨, 한민관씨와 함께 다큐멘터리 ‘코드그린, 녹색 발자국을 찾아라’ (KBS 1TV, 2부작)를 제작, 방영하였다. 제1부 ‘지구를 구하는 여행’은 차인표씨가 방글라데시와 유럽 3대 에너지·환경 강국을 돌아보며 지구온난화로 인한 에너지 사용에 대한 경각심을 일깨우고 저탄소사회 실현을 위해 시청자가 할 수 있는 것이 무엇인지 깨닫게 해주었으며, 2부에서는 한민관씨가 생활 속에서 에너지 낭비 습관을 바로잡는 내용을 방영하여 시청자와의 공감대를 형성하였다.



〈SBS TV ‘뉴스와 생활경제’〉



〈KBS 1TV 과학카페〉



〈KBS 2TV 스펀지〉

〈그림 7-8〉 방송 교양프로그램

(6) IT, 심포지엄, 원자력문화교양지를 활용한 원자력 정보제공

웹2.0을 활용한 다양한 IT홍보활동도 전개하고 있다. 네이버 및 다음 블로그를 개설, 운영하여 30만명 이상의 네티즌이 방문하였고, 홈페이지(www.knef.or.kr)는 원자력 유관기관이 제공하는 콘텐츠를 한데 모아 원자력 관련 각종 정보를 제공함으로써 국민들이 원자력정보를 보다 쉽게 접할 수 있게 하였다. 특히 ‘지식발전소’ 코너를 통해 각계각층의 다양한 원자력 관련 정보요구를 해소하고 있다. 또한 ‘원자력정보관리 시스템(NIMS)’을 이용하여 국내외 원자력 주요 동향을 간추린 뉴스레터 ‘뉴클리어 위클리’를 매주 25만여 명에게 제공하고 있다.

2009년 12월 1일에는 국회 도서관 대강당에서 국회 ‘미래성장동력 산업연구회(대표의원 정갑윤, 이종혁)와 함께 ‘미래성장동력, 원자력에너지 그리고 녹색성장’이란 주제로 심포지엄을 개최하였다. 또한 2009년 11월 27일, 국회 도서관 대강당에서 ‘국회자원의료와 에너지안보포럼’ 주최, ‘원자력 - 미운 오리새끼에서 백조로’란 주제로 ‘원자력에 대한 우리사회의 담론 전환을 위한 세미나’를 한수원(주), 방폐물관리공단과 공동으로 주관하였다.

원자력계 소식 및 정보를 강화한 원자력 문화교양지 ‘원자력문화’를 14만부 발간하여 각급 학교 및 은행 등 다중이용시설에 배포하였다. 또한 여론주도층 및 교사, 학생을 대상으로 4개 원자력발전소, 대전 원자력연구원 등 국내 원자력관련시설 시찰을 통한 정확한 정보제공으로 원자력에 대한 인식 개선활동을 꾸준히 시행하고 있다.

(7) 원자력 정보 수집 · 분석 · 제공 기능강화

한국원자력문화재단은 매년 성인 1,500명을 대상으로 원자력 국민인식조사를 실시, 원자력에 대한 국민의 반응을 파악하고 홍보방향 정립, 정책자료 생성에 활용하고 있다. 2009년에는 차세대를 대상으로 국민인식 조사를 실시하였으며, 매년 차세대의 인식조사를 실시할 예정이다. 조사결과 차세대의 원자력 인식은 성인에 비해 여전히 낮은 편이나, 06년에 실시한 조사와 비교할 때 원자력 필요성이 62.9%에서 73.1%로 상승하는 등 원자력교육의 효과를 확인할 수 있었다. 이와 함께 한국원자력문화재단은 매월 성인 800명을 대상으로 ‘월간 원자력 국민인식추이 조사’를 진행하여 원자력 이슈에 대한 시의적절한 설문을 통해 국민의 의견을 수집하였다. 조사 결과는 매월 ‘정책자료’로 작성하여 정책입안 · 집행기관에 제공하고 있다.

원자력은 고유가 및 온실가스 감축에 대응할 수 있는 가장 현실적인 대안으로 각광받고 있다. 이에 따라 UAE에 원전 수출을 성공한 우리나라는 세계원전 시장에서 가장 경쟁력이 있는 국가로 급부상하였다. 2010년도에는 세계원자력협회(WNA)가 우리나라를 5번째 원자력 발전소 수출국으로 분류하고, 홈페이지에 ‘원자력 기술을 수출하는 주요

국가'로 표기했다.

앞으로 우리나라는 적극적인 수출활동을 통해 2030년까지 원전 80기 수출을 목표로 하고 있다. 거대한 세계 원전 시장에서 우위를 점하기 위해서는 국내 원전의 원활한 건설·운영이 무엇보다 중요하다. 한국원자력문화재단은 지속적인 원자력 홍보를 추진하여 국민의 신뢰구축을 통해 사회적 갈등을 최소화하기 위해 끊임없이 노력할 것이다. 또한 원자력 홍보매뉴얼 제공을 통한 원자력 홍보노하우 수출, 수출잠재 대상국과의 교육·문화교류 등의 협력활동을 통해 원전수출 활동을 적극 지원할 계획이다.

제3절 원자력에 대한 국민의식

한국원자력문화재단 정보협력실장 김동원

우리나라 국민이 원자력 대해 가지고 있는 인식을 살펴보기 위한 조사가 2009년 9월 22일부터 10월 14일까지 실시되었다. 한국원자력문화재단이 여론조사 전문기관인 밀워드브라운미디어리서치에 의뢰해 실시한 이번 조사는 2009년 주민등록인구 통계를 기준으로 성·연령·지역별(3Way) 인구비례로 표본을 할당한 후 무작위 추출하여 선정한 1,500명을 대상으로 1:1 대인면접조사 방식으로 진행하였다. 이 조사의 표본오차는 95% 신뢰수준에서 $\pm 2.5\%$ 였다.

조사결과에 따르면, 우리나라 국민의 83.7%가 '원자력발전이 필요하다'고 공감하고 있는 것으로 나타났다. 원자력 발전에 대한 필요성 인식

은 지난 해 89.8%에서 다소 낮아졌으나 오차범위를 감안하면 비슷한 수준으로 볼 수 있다. 사회적 이슈에 있어서 80%를 상회하는 여론은 개인적인 확신에 따른 반대론자와 일정수준의 무응답자를 고려하면 우리나라 구성원 대다수가 원자력발전의 필요성에 대해 ‘필요하다’는 일치된 의견을 가지고 있다고 파악된다.

그러나 필요하다는 것과 실제 이용하다는 것을 찬성하는 태도와는 다르다. 이용에 따른 부담과 단점이 뒤따르기 때문이다. 원자력발전의 경우에도 80% 이상의 높은 필요성에 대한 공감과는 달리 ‘원자력에너지 이용에 대한 의견’에 대해 60.8%가 찬성하여 원자력발전 필요성에 비해 20%정도 낮게 나타나고 있다. 이러한 결과는 우리나라 국민들이 원자력에 대해 ‘필요하되 이용하는 것을 찬성하기는 곤란하다’라는 인식을 가지고 있기때문으로 볼 수 있다. 이러한 응답분포는 2008년도에 원자력에너지 이용찬성이 64.1%와도 매우 유사한 결과로 볼 수 있다. 다만, ‘이용에 반대한다’는 응답은 7.3%에 불과하여 원자력발전 필요성에 대한 부정적인 응답율과 비슷한 결과이고 나머지 응답자는 ‘찬성도 반대도 아니다’라는 중립적인 태도를 취하고 있다는 점에 관심을 기울일 필요가 있다.

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. 2009년 말 현재 원자력발전소의 안전성에 대해 ‘안전하다’는 인식이 61.1%, ‘안전하지 않다’는 인식이 29.6%

로 나타났다. 이 결과는 이번 조사의 신뢰수준에 비추어볼 때 전년에 비해 ‘안전하다’는 인식이 2.8% 상승하였고, ‘안전하지 않다’는 인식이 7.1% 하락하여, 국내 원자력발전소의 안전에 대한 신뢰가 전반적으로 확산되는 추세를 보이고 있다. 안전한 이유로는 전 세계에서 이용중(47.1%), 철저히 관리(43.2%), 원자력 기술에 대한 믿음(35.3%) 등의 순으로 나타났으며, 안전하지 않은 이유로는 방사능 누출우려(62.7%), 사고발생 가능성(48.9%), 방사성 폐기물 처리문제(48.2%) 등으로 나타났다.

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 발전소와는 관계가 없지만 공공시설이나 대형시설물에서 안전사고가 자주 일어났을 때 원자력발전소의 안전 운전여부와는 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 시각이 영향을 주기 때문이다. 특히, 2009년에는 북한핵실험, 한미원자력협정개정 논의가 시작되어 방사성폐기물 관리 안전성에 대해 일정부분 영향을 주었으리라 예상된다. 이런 결과는 ‘방사성폐기물 관리가 안전하다’는 인식이 전년의 64.6%에서 올

해 59.6%로 5% 낮아진 점에서 쉽게 발견할 수 있다. 하지만 중·저준위 방사성폐기물처분장이 2005년 11월에 경주에 결정되기 전에는 관리 안전성이 20%대에 머물렀던 점을 상기할 때 지금의 안전성 수치는 비교적 높은 수준을 유지하고 있는 것으로 파악된다. 2010년부터 본격 화할 사용후연료 공론화 및 처리방식 결정에 따라 방사성폐기물 관리안전성은 유동성이 매우 클 것으로 예상된다.

다음으로 원자력발전소 증감에 대한 여론이다. 2009년도 조사에는 추가건설 찬성이 전년의 41.5%보다 9.1% 상승한 50.6%, 현 수준 유지가 39.7%, 감소 및 중지가 4.3%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 의미있는 여론은 원전지역 및 원전 예상 입지 주민으로부터 나오는 것이므로 이번 조사결과만을 가지고 원전 확장정책의 근거를 삼기에는 조심스러움이 있다.

마지막으로 거주지 원전 수용도를 살펴보면, ‘내가 사는 지역에 원전 건설을 찬성한다’는 의견이 26.9%, ‘반대한다’는 의견이 61.4%, 지역 사회에 대한 투자규모를 보고 결정한다는 태도유보계층은 11.7%로 나타나 여전히 원자력발전소의 수용에 대해 거부감이 높은 것으로 파악됐다. 거주지에 원전 건설을 반대하는 사람을 대상으로 반대 이유에 질문한 결과 응답자의 절반정도인 50.4%가 ‘방사능에 노출될 위험’을 꼽았고, ‘주변환경 오염 우려’는 18.3%, ‘질병에 걸릴 가능성’은 12.4%, ‘재산가치 하락’은 9.2%, ‘지역발전 장애’는 5.7% 순으로 나타났다. 이런

반대결과는 원자력에 대한 인식에 있어, ‘신뢰’ 수준까지 도달하기 위해서는 아직까지 원자력홍보의 역할이 절실히 필요하다는 것을 반증하는 것으로 원자력에 대한 신뢰를 보여주는 원전 거주지 수용은 1993년 14%에서 다소 상향되긴 하였지만 여전히 국민 10명 중 6명 이상이 ‘내가 살고 있는 지역에 원자력발전소 건설을 반대한다’는 님비(NIMBY) 현상의 전형적인 모습을 보여주고 있는 것이다.

〈표 7-1〉 원자력 국민인식 변화

연 도	'93	'95	'97	'00	'02	'05	'06	'07	'08	'09
원자력발전 필요성	85.5	85.5	83.1	84.4	83.9	95.4	86.8	82.8	89.8	83.7
원전 안전성	34.4	30.5	38.6	33.6	37.6	70.6	46.0	51.4	58.3	61.1
방폐물관리 안전성	23.1	22.8	26.3	23.4	41.5	53.7	41.3	53.4	64.6	59.6
원전 신규 증설	74.7	55.5	59.1	48.3	39.2	64.9	52.0	43.6	41.4	50.6
건설 현상 유지	14.1	27.1	28.2	34.0	48.5	28.1	28.5	38.2	51.2	39.7
거주지수용도	14.0	12.4	22.1	10.9	16.2	50.5	22.3	27.4	23.7	26.9
방법	면접	면접	면접	면접	면접	전화	면접	면접	면접	면접
모집단	만18세 ↑	만18세 ↑	만18세 ↑	만18세 ↑	만18세 ↑	만20세 ↑	만20세 ↑	만20세 ↑	만20세 ↑	만19세 ↑
크기	2,000명	1,525명	1,524명	1,500명	1,007명	1,542명	1,548명	1,548명	1,500명	1,500명
표본오차	96%±2.2%	96%±2.5%	96%±2.5%	96%±2.2%	96%±3.1%	96%±2.5%	96%±2.5%	96%±2.5%	96%±2.5%	96%±2.5%
기간	93. 9	95.10	97.10	00.11	02.12	05.12	06.12	07.12	08.12	09.10
회사	갤럽	갤럽	갤럽	TNS	R&R	갤럽	한국	R&R	R&R	미디어

원자력에 대한 인식조사와 함께 정부에서 국정철학으로 진행하고 있는 녹색성장과 관련하여, 저탄소 녹색성장 정책 추진의 필요성에 대해, ‘필요하다’는 응답이 90.8%로 대다수의 국민이 정책 추진에 대해 필요

하다고 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이와 함께, 원자력발전이 저탄소 녹색성장 정책에 기여하는 정도를 물어본 결과, ‘도움된다’는 응답이 82.4%로 원자력 발전이 저탄소 녹색성장 정책에 도움이 된다고 인식하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 7-2〉 저탄소 녹색성장에 대한 국민인식

	문 항	긍정적(%)	부정적(%)
①	저탄소 녹색성장 정책추진 필요성	90.8	4.7
②	저탄소 녹색성장을 위해 원자력발전의 도움여부	82.4	8.4
③	원자력이 이산화탄소 발생량을 줄이는데 도움여부	81.0	9.7
④	저탄소 녹색성장을 위해 원전 추가 건설 찬반	74.1	14.7
⑤	원전이 저탄소녹색성장에 맞는 친환경에너지 동의 여부	74.7	18.5
⑥	원자력의 평화적 이용 증진이 국익에 도움 여부	88.0	6.2

제4절 해외 여론동향

한국원자력문화재단 정보협력실장 김동원

1. 미국

최근 들어 원자력 이용에 대한 미국민의 여론이 일부 전문가에 의하면 미국내 원자력 우호 여론을 ‘전례없는(Unprecedented)’이라는 표현을 쓰면서 미래 전력수요와 기후변화 등에 대한 미국민들의 관심이 커졌기 때문이라고 분석하고 있다. 동시에, 버락 오바마 대통령 등 지도급 인사들의 원자력 관련 발언(연두 의회 연설, 연방정부의 자금지원 하

에 30년 만에 원전건설을 추진한다는 대통령의 발표)이 촉발시킨 현상이라고 보고있다.

미국에너지협회(NEI)가 2010년 3월 미국민 1천명을 대상으로 한 전화조사에서 원자력발전에 대한 이용 찬성율은 1983년 첫 조사의 49%에서 시행이후 최고치인 74%로 나타났다. 또한 원자력발전소에 대해 ‘안전하다’는 응답은 82%를 나타내어 1984년 35%에서 47%가 상승한 결과를 보였다. 이런 원자력에 대한 긍정적인 인식은 미국의 원자력 산업 정책에도 긍정적인 분위기를 조성하여 ‘원자력이 국가의 전력수요에 맞춰서 향후 그 역할이 커질 것’이라는 질문에 87%가 동의하였고, ‘연방 안전기준에 도달하려고 노력하는 원자력발전소의 계속운전(면허갱신) 허가를 주어야 한다’는 질문에 87%가 동의하고 있다. 또한 ‘향후 원자력발전소는 증설되어야 한다’에 70%가 동의하는 것으로 나타났다. 이와 함께 진행된 사용후연료에 대한 여론 또한 ‘사용후연료는 영구 처분시설이 마련될 때까지 원자력발전소에서 멀리 떨어진 안전한 저장 시설에 저장되어야 한다’라는 질문에 80%가 동의하고, 처분방식의 또 다른 방법인 재처리에 대해 ‘전력생산을 늘리고 방폐물을 줄이기 위하여 사용후연료를 재활용하려는 정부 계획을 지지한다’는 질문에 79%가 동의하여 사용후연료에 대한 미정부 정책에도 일정부분 영향을 미칠 것으로 예상된다.

미국에너지협회(NEI)는 2009년 10월에도 역시 1천명을 대상으로 한 전화 여론조사를 실시하여 기후변화 및 지구온난화, 저탄소 에너지 원으로서 원자력이용에 대한 입장, 미국의 전력원, 원자력발전소 증설

및 안전성에 대한 조사결과를 발표하였다. 미국민은 기후변화에 대한 입장과 관련하여 ‘즉각적인 대책이 필요하거나 향후 대책을 마련해야 한다’는 응답이 61%를 차지하였다. 반면, ‘더 많은 연구가 필요하다와 어떤 대책도 필요하지 않다’ 응답은 38%에 머물렀다. 저탄소 에너지원으로서 원자력 이용에 대해서도 상당히 호의적인 여론을 보이고 있다. ‘온실가스 배출을 억제하면서 전력 생산을 위해 원자력, 수소, 재생에너지 등 모든 저탄소에너지원을 활용해야 한다’라는 질문에 84%가 동의하였으며, ‘온실가스를 줄이고 기후변화를 막기위해 원자력 이용은 늘어나야 한다’에 75%가 동의하여 20%의 비동의보다 약 4배 많은 수치를 보였다. 미국의 미래 전력원 예상에 있어서도 원자력은 태양열(35%), 풍력(26%)에 이어 향후 15년 이내 미국 전력생산에 가장 높은 비중을 차지할 전력원으로 미국민의 기대를 반영하고 있다.

〈표 7-3〉 미국의 미래 전력비중 예상(복수응답)

전력원	비율	전력원	비율
태양열	35%	풍력	26%
원자력	24%	수소	18%
천연가스	17%	석탄	14%
석유	10%		

* 석탄이라는 응답은 14%에 불과하나, 미 연방에너지정보국(EIA)은 석탄은 최소 20년 이상 미국의 주요 전력원일 것으로 전망하고 있음

미국 원자력발전소 안전성 및 증설에 대해 질문한 결과, 원자력발전소가 ‘안전하다’는 응답은 66%로, 1984년 첫 조사결과인 35%에 비해

31%가 상승한 것으로 나타났다. ‘불안전하다’라는 응답은 17%로 나타났다. ‘향후 10년 내에 필요하다면 신규 원자력발전소를 지을 수 있도록 준비해야 한다’라는 질문에 74%가 ‘향후, 원자력발전소는 증설되어야 한다’라는 질문에는 59%가 동의하여 미국내 원자력발전소 증설의 견이 상당히 호의적임을 알 수 있다.

2. 프랑스

프랑스 전문 여론조사기관인 티엔에스 소프레스사(TNS SOFRES)에서 지난 2009년 11월 20일부터 12월 7일까지 프랑스 국민 300명 대상 웹조사와 2010년 1월 4일부터 28일까지 프랑스 여론주도층 및 관련 전문가 50명 대상 전화조사를 통해 에너지 및 원자력 이용에 대해 조사를 시행하였다. 조사결과 원자력 이용 및 사용후연료 재처리에 대해 프랑스 국민들의 여론은 매우 호의적인 것으로 나타났다.

원자력 이용에 대해 프랑스의 일반국민은 82%가 찬성, 여론주도층 및 전문가들은 69%가 찬성하고 있는 것으로 나타났다. 또한 ‘원자력과 신재생에너지를 동시에 이용하는 것이 가장 좋은 방법이다’에 91%가 동의, ‘원자력은 온실가스 배출이 적어서 좋은 에너지이다’에 87%가 동의, ‘원자력은 저렴하게 전기를 생산할 수 있다’에 80%가 동의하여 원자력의 청정성 및 경제성에 상당부분 프랑스 국민이 동의하고 있음을 알 수 있다. 이와 함께 에너지 안보적인 역할에 있어서도 원자력이 중요한 에너지믹스의 한 부분을 차지하고 있다고 생각하고 있는데, ‘원자력은 에너지 문제를 해결할 수 있는 필수 불가결한 것이다’에 85%, ‘우라

높은 원자력에 이용되는 것으로 오래 사용할 수 있는 에너지원이다’에 72%가 동의하고 있는 것으로 나타났다.

원자력의 문제점으로 프랑스 국민은 사용후연료의 방사선 및 핵무기 증가의 주요요인으로 생각하고 있는 것으로 나타났다. ‘사용후연료는 방사선 때문에 장기적으로 잠재적 위험요소가 될 것이다’라는 질문에 90%가 동의하고 있으며, ‘원자력 발전은 핵무기 증가의 주요한 요인이 될 것이다’에 53%가 동의하고 있다.

사용후연료 재처리에 대해서는 안심하고 있는 것으로 나타났다. 응답자 10명 중 8명꼴인 81%가 ‘사용후연료 재처리에 대해 안심한다’라고 응답한 반면, ‘사용후연료를 재처리하지 않는 것에 대해 우려하는 편이다’에 대해서는 88%가 동의한다고 응답하여 재처리를 선호하는 것으로 나타났다. 사용후연료 재처리 시점과 관련하여 ‘관련 문제점의 해결을 진행하면서 사용후연료 재처리를 시작해야한다’는 의견에 대해서는 응답자 86%가 동의하였으며, ‘재처리 여부는 추후 결정하고, 우선 재처리 관련 문제점의 해결 방안을 찾아야 한다’에 대해서는 응답자 38%가 동의하고 있다. 원자력은 장차 미래의 문제점에 대한 해결책이 될 수 있다는 내용에 대해 응답자의 78%가 동의하였으며, 여론주도층 및 전문가 집단에서는 52%가 동의하여 전문가에 비해 일반국민이 원자력의 미래 가능성에 대해 더 호의적임을 알 수 있다.

3. 일본

일본 정부 내각부에서 지난 09년 10월 15일부터 10월 25일까지 만

20세 이상 남녀 3,000명의 전국 대표표본을 대상으로 1,850명의 유효응답(유효회수비율 61.7%)에 근거하여 1:1 대인면접조사를 통해 원자력에 관한 여론조사를 시행하였다. 일본국민의 원자력발전에 대한 인지도는 고준위방사성폐기물 발생에 대해서는 53.7%, 일본전력의 원자력비중은 46.3%, 사용후연료 재처리를 통한 우라늄의 회수 가능성에 대해서는 40.8%가 알고 있는 것으로 나타났다. 또한, ‘원자력발전은 발전과정에서 이산화탄소(CO₂)가 배출되지 않고 지구온난화 방지에 기여한다’라는 질문에 2005년 35.6%가 동의한 반면 이번 조사에서는 과반수인 50%가 동의하여 일본국민의 원자력에 대한 호감도가 일정부분 증대되었음을 간접적으로 알 수 있다.

원자력발전의 추진에 대한 국민의 지지도는 59.6%가 ‘추진해야한다’라고 응답하여 2005년 조사의 55.1%에 비해 소폭 상승했음을 알 수 있다. 또한 ‘현황을 유지한다’가 18.8%, ‘폐지해나간다’가 16.2%로 나타났다.

〈표 7-4〉 원자력발전 추진에 대한 의견

(단위 : %)

	1987년 8월	1990년 9월	1999년 2월	2005년 12월	2009년 10월	증감 (’05년대비)
적극적 추진	6.7	4.8	4.2	8.0	9.7	1.7
신중 추진	50.1	43.7	38.5	47.1	49.8	2.7
현황 유지	23.2	30.2	27.2	20.2	18.8	△1.4
장래적으로 폐지	4.5	8.9	19.3	14.7	14.6	△0.1
시급하게 폐지	1.8	2.6	2.1	2.3	1.6	△0.7
모름	13.7	9.8	8.7	7.7	5.4	△2.3

원자력 발전에 대한 안전성을 묻는 질문에 41.8%가 ‘안전하다’, 53.9%가 ‘불안하다’ 라고 답하여 일본국민 과반수가 원자력발전의 안전인식에 대해 부정적임을 알 수 있다. ‘안전하다’ 라고 응답한 사람들에게 안전이유를 묻은 결과(중복응답), ‘충분한 운전실적을 보유’가 39.5%, ‘안전하기 때문에’가 36.2%, ‘국가를 신뢰’가 33.1%, ‘전기사업을 신뢰’가 25.4% 순으로 나타났다. ‘불안전하다’ 라고 응답한 사람들에게 불안이유를 묻은 결과(중복응답), ‘사고 발생 가능성’이 75.2%로 가장 높게 나타났고 ‘지진이 많기 때문에’가 53.1%, ‘국가가 어떤 안전규제를 실시하고 있는지 모르기 때문에’가 41.5%, ‘해외에서 큰 사고가 있었기 때문에’가 41.3% 순으로 나타났다.

고준위방사성폐기물 처분에 대해 현재 세대가 책임져야한다는 질문에 82.2%가 ‘그렇다’ 라고 응답하여 ‘그렇지 않다’의 8.8%에 비해 높게 나타났다. 하지만 고준위방사성폐기물 처분장 설치에 있어서는 ‘찬성한다’가 16.1%, ‘반대한다’가 79.6%로 나타나 고준위방사성폐기물 처분장 수용성은 낮게 나타났다.

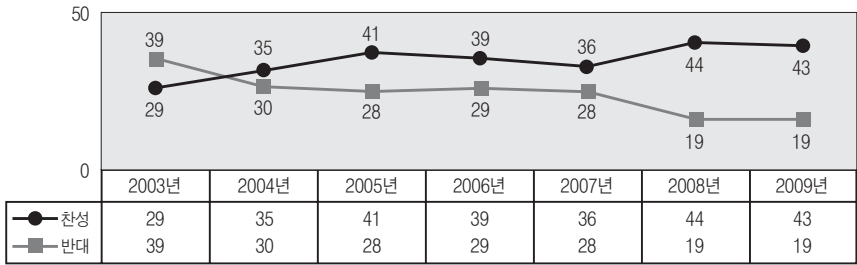
4. 영국

영국 입소스모리(IPSOS MORI)사에서 지난 2009년 11월 6일부터 12일까지 성인남녀 2,050명을 대상으로 대인면접조사를 통해 원자력에 관한 여론조사를 시행하였다.

원자력산업 호감도와 관련하여 ‘호감있다’는 응답이 33%이며 ‘호감없다’는 응답이 20%로 나타났다. 원자력산업에 대한 호감도는 남성이

45%, 여성이 21%로 성별에 따라 호감도가 2배 이상 차이나는 것으로 나타났으며, ‘원자력산업 인지 및 익숙하다’와 관련하여 ‘잘 알고 있다’는 응답이 17%로 최근 3년간 하락하는 추세로 나타났다. 그 외 ‘약간 알고 있다’ 44%, ‘듣기는 했지만 알지는 못한다’ 34%, ‘전혀 듣지 못했다’ 5%이다. 원자력의 장·단점에 대해 장점으로는 ‘이산화탄소 미발생(19%)’, ‘환경오염에 대한 대응(19%)’, ‘안정적인 전력공급(18%)’, ‘저렴한 비용(17%)’ 등을 주로 응답하였으며, 단점으로는 ‘핵폐기물 처리(35%)’, ‘사고 위험(28%)’, ‘방사능 누출 위험(24%)’ 순으로 응답하였다.

원자력발전소 교체 신설에 대해 ‘찬성한다’는 응답은 43%로 ‘반대한다’는 응답 19%에 비해 두 배 이상 차이가 나는 것으로 나타났다. 원전 교체 신설에 대해 ‘찬성한다’는 응답과 ‘반대한다’는 응답의 격차는 2008년부터 두 배 이상 벌어졌는데 ‘반대한다’는 응답의 지속적인 하락에 따른 결과로 보인다. 찬성 이유로는, ‘환경친화적으로 기존 자원 대체(27%)’, ‘청정에너지이므로(25%)’, ‘전력수요의 증대나 전력공급을 위해 필요하므로(23%)’, ‘안정적인 에너지이므로(22%)’, ‘저렴한 비용(17%)’ 순으로 응답하였으며, 반대 이유로는, ‘폐기물(32%)’, ‘위험(30%)’, ‘대체에너지를 사용해야 하므로(25%)’, ‘방사능에 대한 우려(23%)’, ‘환경에 대한 우려(20%)’ 순으로 답하였다. 한편, 원자력발전소 증설에 대해, ‘찬성한다’는 응답은 37%, ‘반대한다’는 응답은 24%로 나타나 2008년을 기점으로 이전 조사결과에 비해 찬성률이 크게 상승한 것으로 나타났다.



〈그림 7-9〉 원자력발전소 교체신설 찬·반 추이

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 2009년까지 전력산업기반기금에 의해 고리, 영광, 월성, 울진 4개 원전 주변지역에 약 8,669억원 규모의 지원사업을 시행하였다. 특히 2006년에는 발주법 개정을 통해 기본지원사업 규모를 대폭 확대('05년 167억, '06년 421억, '07년 453억, '08년 498억, '09년 475억)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)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 실현하고, 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

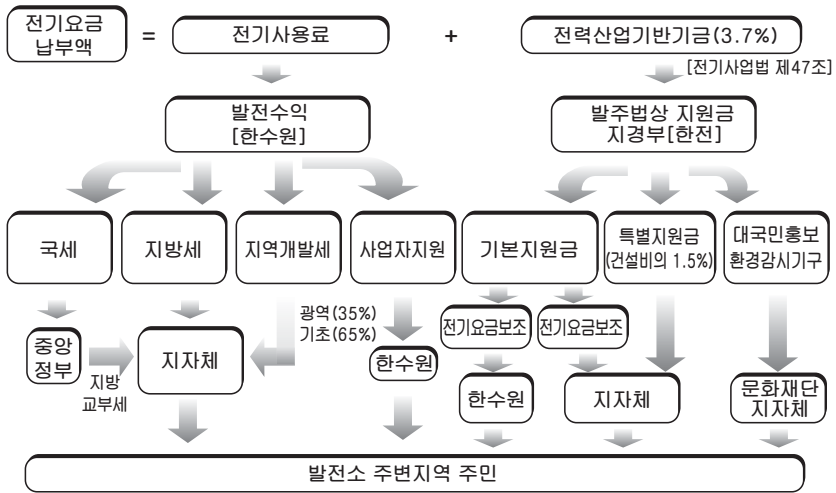
2005년 7월 발주법 개정을 통해 2009년에는 854억원 규모의 기금지원사업을 시행하였으며, 이와 별도로 사업자 자체자금으로 기본지원사업과 동일한 규모의 사업자지원사업을 시행하여 총 1,330억원 규모의 지역지원사업을 시행하였다. 또한 지역지원사업 외에 원전 지역개발세 740억원을 납부하였다.

〈표 7-5〉 2009년도 지원 및 납부 금액

(단위 : 억원)

구 분	지원실적	비 고
기금지원사업	854	'06년 대폭 확대
사업자지원사업	476	'06년 신설
지역개발세	740	'06년 신설
합 계	2,070	

※ 기금지원사업 : 기본지원사업, 특별지원사업, 홍보사업, 기타사업 등



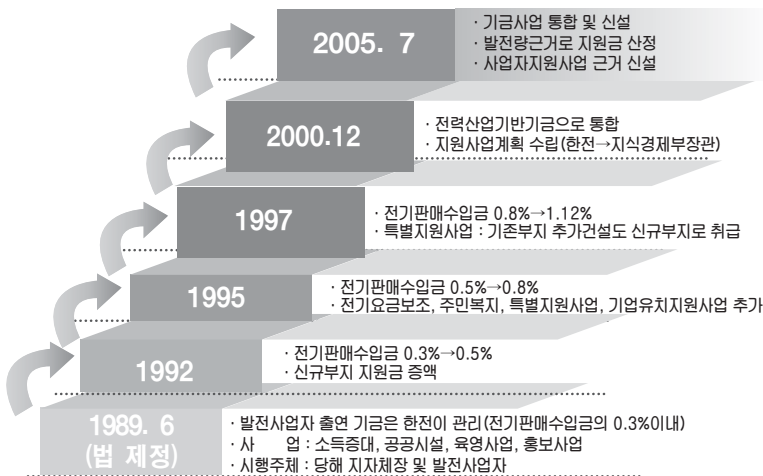
〈그림 7-10〉 지원금 및 지방세 흐름도

2. 지역지원사업 관련 발주법 개정(제5차, '05. 7)

가. 기금지원사업 관련 개정내용

발전소 건설종료 및 가동기간이 지날수록 지원금이 감소하는 지원방

식의 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 7-6>, <표 7-7>와 같다.



〈그림 7-11〉 발주법 개정연혁

〈표 7-6〉 기금 지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체

사업종류		대상지역	시행기간	시행주체
기본지원사업	소득증대사업	○주변지역 ○지원금의 50% 이내 범위 내에서 주변지역 외의 지역에 시행가능	○발전소의 건설기간 및 가동기간 ○지경부장관이 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 7-7〉 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, 항만시설, 상하수도시설, 환경 · 위생시설, 방사능 방재시설, 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

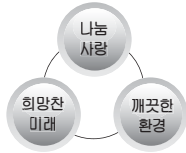
2005년 7월 제5차 발주법 개정을 통하여 2006년도부터 발전사업자(한수원)의 자체자금으로 기금사업과 동일 규모의 사업자지원사업을 시행할 수 있는 법적 근거를 마련하였다.

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.

2009년도에는 원전주변지역에 476억원 규모의 사업자지원사업을 시행하였다. 사업자지원사업 추진방향 및 세부내용은 <표 7-8>, <표 7-9>와 같다.

<표 7-8> 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 7-9> 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 2009년도 주요사업 실적

1. 기금지원사업

2005년 발주법 개정을 통해 지원금을 발전량 기준으로 산정하게 됨에 따라 지원규모가 대폭 확대되어 2009년도에는 공공시설, 소득증대, 육영사업 등 기본지원사업과 기타사업에 총 854억원을 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 7-10〉 2009년도 기금지원사업 지원실적

(단위 : 억원)

사 업 종 류		금액	비 고
기 본 지 원 사 업	소득증대사업	66	마을공동창고 건립, 농가형 저온창고 설치, 승용이앙기 구입, 농수로포장공사 등
	공공시설사업	236	정보화추진사업, 마을회관 신축 및 보수, 상수도 시설공사 등
	육영사업	108	방과 후 교실 지원, 원어민강사 지원, 인조잔디운동장 조성, 도서·기자재 지원, 학자금·장학금 지원, 특기적성교육지원 등
	사회복지사업	8	-
	주민복지지원사업	0.1	-
	기업유치지원사업	-	-
	전기요금보조사업	57	주택용, 산업용 전기요금 보조
	소 계	475	-
특별지원사업		355	-
기타사업		24	-
합 계		854	-

〈표 7-11〉 연도별 기금지원사업 지원금액

(단위 : 억원)

연도 사업소	'90~'05	'06	'07	'08	'09	합 계
고 리	1,919	519	130	172	161	2,901
영 광	1,272	112	125	127	119	1,755
월 성	1,372	96	104	104	98	1,774
울 진	1,394	126	122	121	476	2,239
합 계	5,957	853	481	524	854	8,669

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 7-12〉 연도별 특별지원사업비 지원금액

(단위: 억원)

발전소	한도 금액	교 부 금 액									
		'96~'03	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	합계
신고리 #1,2	704	197	-	-	13	96	398	-	-	-	704
신고리 #3,4	1,147	46	364	-	737	-	-	-	-	-	1,147
영광 #5,6	556	555	-	1	-	-	-	-	-	-	556
월성 #2~4	156	78	45	33	-	-	-	-	-	-	156
신월성 #1,2	697	-	-	697	-	-	-	-	-	-	697
울진 #3~6	648	630	17	-	-	-	-	1	-	-	648
신울진 #1,2	1,245	-	-	-	-	-	-	-	-	355	355
합 계	5,153	1,506	426	731	750	96	398	1	-	355	4,263

2. 사업자지원사업

2006년도부터 신설된 사업자지원사업 제도에 따라 기금지원사업과 별도의 사업자 자체자금으로 원전지역에 2006년 420억원, 2007년도 458억원, 2008년도 543억원, 2009년도 476억원 등 총 1,897억원을 지원하였다. 원전별 사업자지원사업계획 수립을 위하여 인터넷, 신문 광고, 설문조사 등을 통해 지역주민, 지역사회단체·기관 등 지역민들

의 의견을 적극 수렴하였다. 또한 지역여건 및 지역의 유·무형 자산과 악, 철저한 사업타당성 조사 분석을 통하여 지역별 특성화 사업을 선정 하였으며, 지역사회와의 협의를 바탕으로 선택과 집중을 통해 체감 가능한 규모 있는 사업을 추진하였다. 지원실적은 <표 7-13>, <표 7-14>과 같다.

<표 7-13> 사업자지원사업 지원실적

(단위 : 억원)

구분 사업소	지원금					특성화 분야	주요 특성화 사업
	'06	'07	'08	'09	합계		
고 리	102	125	209	152	588	교육·장학사업	원어민 영어강사 지원사업 등
영 광	104	119	119	114	456	지역경제협력사업	복분자 가공공장 건립 등
월 성	96	98	98	94	386	지역복지사업	청소년 복지시설 건립 등
울 진	118	116	117	116	467	교육·장학사업	울진도서관 시설개선사업 등
합 계	420	458	543	476	1,897	-	-

<표 7-14> 2009년도 사업자지원사업 사업종류별 지원실적

(단위 : 억원)

사업소	교육장학	지역경제	환경개선	지역복지	문화진흥	기 타	합 계
고 리	81	4	1	45	11	10	152
영 광	16	34	29	18	10	7	114
월 성	5	20	2	35	28	4	94
울 진	6	55	-	10	32	13	116
합 계	108	113	32	108	81	34	476

제3절 2010년도 지원사업 추진계획

1. 기금지원사업

2010년도에는 원전 주변지역 지원사업으로 공공시설, 소득증대, 육영사업 등 7개의 기본지원사업과 특별지원사업에 총 769억원을 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 7-15〉 2010년도 기금지원사업 계획

(단위: 억원)

사 업 종 류		금 액	비 고
기 본 지 원 사 업	소 득 증 대 사 업	557	• 고리본부: 162 • 영광본부: 119 • 월성본부: 96 • 울진본부: 180
	공 공 시 설 사 업		
	육 영 사 업		
	사 회 복 지 사 업		
	주민복지지원사업		
	기업유치지원사업		
	전기요금보조사업		
특별지원사업 등		212	• 신울진 1·2호기
합 계		769	

2. 사업자지원사업

2010년도 원전주변지역에 지원하는 사업자지원사업의 규모는 557억원이다. 원전본부 지역주민들의 다양한 의견을 수렴하여, 충분한 타당성 검토 절차를 거쳐 지역의 특성화 사업을 발굴하며, 기금지원사업과의 시너지효과를 통하여 지역발전을 선도하는 사업을 추진하여, 지역민과의 공존공영을 통해 지역과 함께 발전하는 기업으로 자리매김 하고자 한다.

〈표 7-16〉 2010년도 사업자지원사업 계획

(단위 : 억원)

사업소	지원규모	비고
고리본부	162	• 교육·장학지원사업 • 지역경제협력사업 • 주변 환경 개선사업 • 지역복지사업 • 지역문화진흥사업 • 그 밖의 사업자 지원사업
영광본부	119	
월성본부	96	
울진본부	180	
합계	557	

제3장 지역과의 일체감 형성을 위한 노력

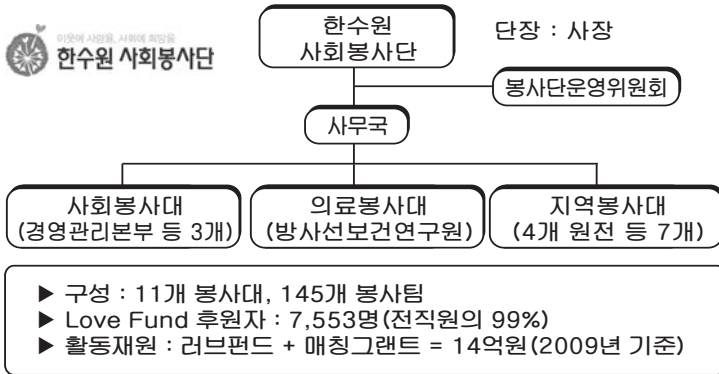
한수원(주) 기획재무처 기획팀장 박동원

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.

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 확대 추진하고 있다.

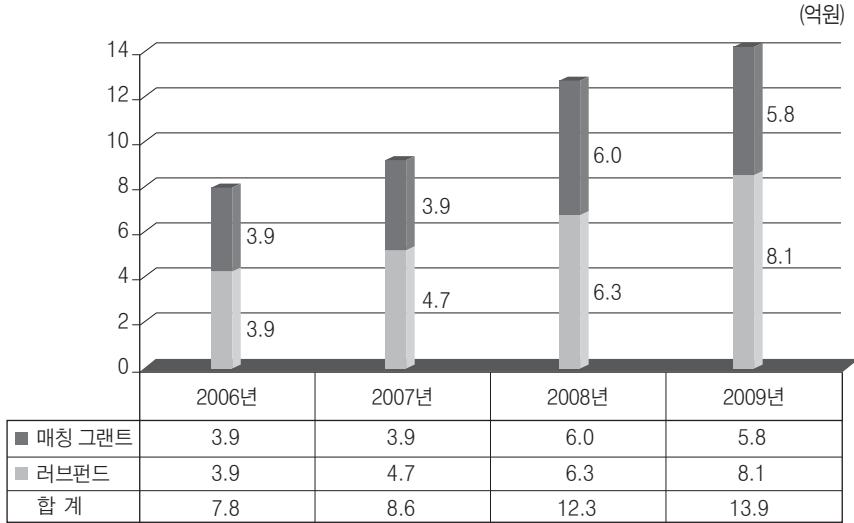


〈그림 7-12〉 한수원 사회봉사단 조직

- TV 사회봉사 프로그램 참여 및 노사합동 봉사활동
 - 프로그램명 : 대한민국은 한가족입니다(KBS 1)
 - 내용 : 후원금(파랑새기금 3,500만원) 전달 및 지적장애인 재활 지원
- 장기기증 캠페인 전개 및 만성신부전 환우 지원
 - 장기기증 캠페인 전개 : 각막 등 장기기증 서약 (132명)
 - 만성신부전증 환우 제주도 나들이 지원 및 '생명 기증인의 벽' 설립
- 러브펀드 배가운동으로 봉사기금 확충
 - 캠페인명 : Love Fund Heart Plus
 - 결과 : 1인당 10.1계좌, 연간 1억9천만원 증액
- 긴급재난 구호봉사대 구성 · 운영
 - 목적 : 국가적 긴급 재난 사태 시 신속한 구호활동 전개
 - 구호품 : 재난 시 사용할 구호품 확보(3,000만원 상당)
- 국민 감동을 위한 사회봉사 아이디어 공모 및 실행
 - 공모결과 : 920건의 제안 접수 및 심사로 7대과제 선정
 - 7대과제 : 장기기증 서약, 대학생봉사단 활용 멘토링 등

- ◆ 지역사회의 지지와 신뢰를 바탕으로 원전 8기 적기 건설(준비) 중
- ◆ 국민의 기업으로서 사회적책임 완수를 통한 원전 해외수출 초석 마련

〈그림 7-13〉 2009년 주요성과



〈그림 7-14〉 봉사활동기금 현황

〈표 7-17〉 봉사활동 실적 통계

활동분야	봉사활동 참여인원	봉사활동 참여시간	지원금액 (천원)	비 고
복지단체지원	4,555	21,115	459,492	
불우이웃돕기 (장애인, 독거노인 등)	9,710	31,691	471,543	
불우청소년지원	243	1,476	23,914	
의료봉사	732	3,094	432,600	
문화예술, 행사지원	3,097	16,461	27,047	
교육서비스	685	1,540	2,446	
자연보호, 일손돕기	6,686	21,936	4,458	
지역복지사업	1,859	4,836	37,329	
합 계	27,567	102,149	1,458,829	

제2절 국민의 기업으로서 사회적책임 성실 수행

공공기업으로서 사회적 소임을 다하기 위하여 국민감동을 위한 사회 봉사 아이디어 공모, 사랑의 장기기증 캠페인, 만성신부전증 환우 제주 나들이 지원 등 다양한 사회공헌 활동을 전개하였다. 또한, 이러한 활동의 동력원인 봉사재원 확보를 위하여 전 직원이 참여하는 ‘LOVE FUND’ 확충에도 적극 노력한 결과, 2009년 12월말 기준 1인당 연간 10만원 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. 2009년에는 원전주변의 소외된 이웃을 위하여 다양한 활동을 전개하였으며, 각 사업소별 대표적인 행사로는 고리원전 기장군 달맞이축제, 멸치축제, 영광원전 법성포 단오제, 홍농 한마음 벚꽃축제, 월성원전 양북 산나물축제, 문무대왕 춘향대제, 울진원전 4.13 흥부만세제, 남대천 단오제 등이 있다.

제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과

제1절 건설기간 중 지역경제 영향

한국수력원자력(주) 건설처 건설계획팀장 원재연

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 7-18〉 2009년도 신고리 1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위: 명)

구 분		주변지역출신		타지역출신	계
		인원수	비율(%)		
한 수 원		15	9.6	141	156
시공업체	직 원	251	55.7	200	451
	근로자	1,146	59.4	782	1,928
기 타 업 체		15	22.0	53	68
합 계		1,427	54.8	1,176	2,603

〈표 7-19〉 2009년도 신월성 1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위: 명)

구 분		주변지역출신		타지역출신	계
		인원수	비율(%)		
한 수 원		14	7.6	170	184
시공업체	직 원	128	26.3	358	486
	근로자	829	34.5	1,571	2,400
기 타 업 체		6	22.2	21	27
합 계		977	31.5	2,120	3,097

〈표 7-20〉 2009년도 신고리 3·4호기 건설현장 인력고용 현황

(단위: 명)

구 분		주변지역출신		타지역출신	계
		인원수	비율(%)		
한 수 원		9	4.4	194	203
시공업체	직 원	235	50.9	227	462
	근로자	3,888	70.2	1,647	5,535
기 타 업 체		20	35.1	37	57
합 계		4,152	66.4	2,105	6,257

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 7-21〉 2009년도 지역업체 원전건설공사 참여현황

(단위 : 건, 억원)

구 분	신고리 #1·2		신월성 #1·2		신고리 #3·4	
	참여건수	규모	참여건수	규모	참여건수	규모
건설공사	56개	152억원	21개	133억원	40개	106억원
기자재 납품	1,816개	1,134억원	1,135개	211억원	669개	381억원

제2절 운영기간 중 지역경제 영향

한국수력원자력(주) 홍보실 언론홍보팀 부장 신보균

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 고용만으로는 인력을 충원하는데 한계가 있으나, 지역과 함께하는 원전실현이라는 이념 하에 지역주민을 우선적으로 채용하고 있다.

특히, 한수원은 원전건설 협력사와 공동으로 일자리 창출 및 지역주민 취업알선을 위해 ‘원전기술 고급인력 양성 프로그램’을 운영하기 위해 신고리 및 신월성원전 지역에서 잇따라 ‘원전건설 전문기술훈련원’을 개소, 작년 한해에만 건설분야 300명, 운영분야 290명의 인력을 양성해, 이들 중 대부분이 원전건설 협력사에 취업할 수 있도록 지원하는

등 청년일자리 창출에도 기여했다.

또한, 기능직, 별정직 등의 직종에는 해당 지역주민을 우선적으로 채용하고 있다. 2009년 말 4개 원전본부 근무자 총 7,885명(한전KPS 포함)중 약 20%인 1,574명이 주변지역 주민으로 구성되어 상시 근무하고 있다.

〈표 7-22〉 2009년 국내 원자력발전소 근무자 현황

(단위: 명)

구 분 사업소	주변지역 출신		타지역 출신		계	
	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS
고리본부	315 (19%)	123 (21.7%)	1,341	443	1,656	566
영광본부	298 (21.6%)	159 (30.7%)	1,084	359	1,382	518
월성본부	185 (12.7%)	155 (37.2%)	1,266	262	1,451	417
울진본부	259 (17.7%)	80 (18.5%)	1,204	352	1,463	432
계	1,057 (17.8%)	517 (26.7%)	4,895	1,416	5,952	1,933

※ () 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 정도

의 상시 운영인원이 근무하게 됨으로써 이들에게 지급되는 임금의 대부분은 생활비나 저축의 형태로 해당지역에 유입되고 있다.

2009년 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.

2009년 4개 원전 본부의 지방세 납부실적은 1,575억원으로 해당 지방단체 전체 세수의 36% 정도인 것으로 나타나고 있다.

〈표 7-23〉 2009년 원자력발전소별 지방세 납부현황

(단위 : 백만원)

사업소	한수원	한전KPS	계(A)	원전소재지 전체지방세수(B)	전체 지방세수 비율(A/B×100)
고리본부	29,003	212	29,215	54,398	53.7%
영광본부	44,925	405	45,330	67,467	67.2%
월성본부	23,921	346	24,267	238,500	10.2%
울진본부	58,129	580	58,709	78,254	75.0%
계	155,978	1,543	157,521	438,619	35.9%

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 추진하였다.

매년 각 원전본부별로 원전 주변지역 특산물 구매 운동을 전개함으로써 지역과의 유대강화는 물론 지역 특산물의 우수성을 간접 홍보해주는 효과도 거두고 있다.

〈표 7-24〉 2009년 원자력발전소 주변지역 특산물 구매 실적

(단위 : kg)

구 분 사업소	고 리	영 광	월 성	울 진	합 계
쌀	21,794	7,380	13,580	-	
특산물	19,424	185	-	376	
계	41,218	7,565	13,580	376	62,739

제8편 국제협력 및 해외동향

>>> 제1장 원자력 국제협력

>>> 제2장 해외사업 진출

>>> 제3장 원자력 해외동향

제1장 원자력 국제협력

한국수력원자력(주) 원자력정책처 원자력정책팀장 백 훈

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. 2009년말 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, 관리하고 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, 전문인력 양성 및 원자력전문기관 육성지원 등의 방법으로 시행되는 국제원자력기구의 기술협력 사업은 정규, 비정규 기술협력 및 연구사업 등으로 구분되며, IAEA 회원국 중 104개국이 수혜를 입고 있다. 기술협력사업의 지원수단은 전문가 초청자문, 훈련생과견, 장비지원 등이다. 공동연구사업은 1970년대 중반부터 1980년대 초까지 가장 활발하게 진행되었으나 현재는 국제원자력기구의 재정현황에 따라 점차 줄어들고 있는 추세이다.

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 국가간 원자력 과학기술협력을 위하여 지역간협력협정(RCA)에 1974년 가입하였다. 본 협정은 1972년 발효된 이래 2002년 6월까지 6차례 기간을 연장하였다. 지역간 협력협정에 의한 협력사업은 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 및 RCA 파트너십 진흥을 위해 활발한 활동을 전개하고 있다. 2009년 말 현재 지역 간 협력협정 회원국은 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 참여국간 협력을 통해 원자력을 안전하고, 환경친화적이며, 경제적인 에너지원으로 개발하기 위한 제반활동을 지원하는 것을 목적으로 하고 있다.

당초 NEA는 서유럽 국가들이 학술적·재정적 역량을 결집시켜 원자력을 개발하기 위하여 1957년 12월 유럽경제협력기구(OEEC)내 유럽 원자력기구(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. 2009년말 현재 NEA 회원국은 다음과 같이 28개국이다.

〈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	.

NEA 회원국은 NEA에서 수집 배포하는 원자력 관련 최신 기술정보를 취득 활용할 수 있으며, 비회원국으로서는 접하기 힘든 NEA 주관 혹은 후원에 의해 이루어지는 모든 국제공동 연구 사업에 참여할 수 있다.

연구결과들은 대개 회원국들 간 공유가 가능하나 어떤 경우에는 해당 프로젝트 참여 회원국들에게만 활용할 수 있도록 제한하고 있다. NEA 회원국은 NEA에서 주관하는 핵심기술에 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 NEA 의결사항의 충실한 이행 등의 의무를 진다.

NEA는 중·동부유럽지역 국가와 구소련연방 국가들과도 원자력안전, 방사선방호 및 원자력법 체계와 같은 분야에서 협력하고 있다. 이들 비회원국과의 협력목적은 원자력안전연구의 계획, 수립 및 집행을 지원하기 위한 것이다.

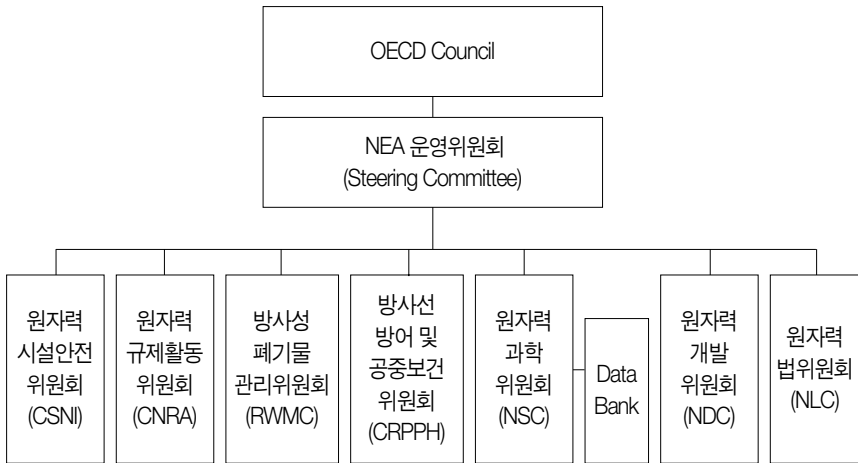
NEA는 국제협력을 통하여 회원국들이 원자력을 평화적인 목적으로 안전하고, 환경 친화적이며, 경제적으로 이용하는 데 필요한 과학적, 기술적, 법적 기반을 유지하고 개발할 수 있도록 지원하는 것을 임무로 하고 있다. 아울러 정부의 원자력정책 결정에 반영시킬 수 있도록 신뢰할 수 있는 평가결과를 제공하고 주요현안에 대한 공통의 이해를 조성하며, 에너지 분야 및 지속가능한 개발과 같은 분야에서 OECD의 정책분석 결과보다 널리 전파시키는 임무를 띠고 있다.

NEA는 다음과 같은 목표를 설정하고 있다.

- 회원국간의 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, NEA는 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. 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 아래와 같이 회원국의 전문가들로 구성된 7개 상설기술위원회(Standing Technical Committee)를 산하에 운영하고 있으며, 사무국의 지원을 받아 사업계획을 수립하고 집행한다.

〈표 8-2〉 NEA의 운영위원회 조직



3. 미국원자력발전협회 (INPO)

1979년 미국 드리마일 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 아틀란타에 설립하였다. 2009년 12월 현재 미국내 전력 회사 27개, 원자로공급·설계용역회사 20개 및 국제회원사 14개가 가입하고 있으며, 한수원(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 미국내 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.

세계원전사업자협회의 설립 목적은 원전의 안전성 및 신뢰성 극대화를 위해 세계원전사업자간 정보 교환 및 상호 협력에 있으며 4개의 지역센터(동경, 파리, 아틀란타, 모스크바)와 본부(런던)을 두고 있어 각 지역별로 사업을 활발히 추진하고 있다. 한수원(주)은 협회 창립시부터 가입하여 동경센터에 소속되어 있으며, WANO 활동에 적극적으로 참여해 왔다.

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, 전세계 원전에서 발생하는 사고의 분석 및 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)

한수원(주)는 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, 미국내 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 : 26개사 ○ 해외 : 한수원(주) 등 10개 전력 회사	○ 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 네트 워크 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, AREVA NP ○ 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 미국내 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 2009년에 한수원(주)은 동유럽 9개국 정부 및 발전소 주요인사를 초청하여 발전소운영능력 강화를 위한 워크숍을 진행하였으며, 신규 원전도입국 정부 및 원자력기관 주요인사를 초청하여 멘토링 프로그램을 IAEA와 공동으로 운영하였다. 또한 ‘2030년까지 세계원자력 전망에 관한 자문회의’ 등 15건의 IAEA 해외개최 기술회의, 워크숍 및 훈련 과정에 적극 참여하여 IAEA와의 협력관계를 공고히 하였다.

또한, 2007년에는 국내 원전 운영의 안전성에 대한 국제적 비교 및 객관적 평가를 위해 영광 3발전소를 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 기구활동에 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 15개의 자문위원회에 참여하고 있다.

한국은 1969년 IAEA 원자력정보교환 체제인 INIS(International Nuclear Information System)에 가입하여 원자력안전, 핵주기기술 등 정보교환 활동을 하고 있다. 우리나라는 체르노빌원전 사고 이후 국제적 차원의 안전성 확보 및 유지를 위해 1995년 채택된 ‘원자력 안전협약’과 2002년 채택된 ‘사용후연료 관리 및 방사성폐기물관리 안전에 관한 공동협약’을 적극 지지함을 표명하였다.

2009년 10월 한수원(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 우리나라는 앞으로 신규원전 도입국의 원자력 기반구축을 지원하는 한편 국가 간 네트워크를 형성해 해외 진출의 유리한 입지도 확보하게 되었다.

〈표 8-4〉 한국과 국제원자력기구 협약 가입 현황

명 칭	내 용	협약 발효일	비준서 기탁일
핵무기의 비확산에 관한 조약 Treaty on the Non- Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)	- 2008년 12월 현재 92개국 서명, 190개국 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	- 2008년 12월 현재 70개국 서명, 103개국 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	- 2008년 12월 현재 68개국 서명, 102개국 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	- 2009년 1월 현재 45개국 서명, 139개국 발효 - 핵물질의 사용, 저장, 운송시 방호조치 권고 - 9.11 테러 이후 핵물질에 대한 테러방지 강화 를 위해 개정 논의 중	'87. 2	'82. 4
원자력안전에 관한 협약 Convention on Nuclear Safety	- 2008년 12월 현재 65개국 서명, 63개국 발효 - 원자력발전소의 안전한 유지 및 운영에 관한 법적 의무 창설 - 매 3년마다 체약국의 원자력안전성을 검토 하는 검토회의 개최	'96.10	'95. 9

명 칭	내 용	협약 발효일	비준서 기탁일
사용후 핵연료 및 방사성 폐기물 관리의 안전에 관한 공동협약 Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management	- 2009년 5월 현재 42개국 서명, 49개국 발효 - 사용된 연료와 방사성폐기물에 대한 안전기준 과 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 작업반회의나 전문가그룹 활동에는 실무 차원의 전문가를 지정하여 관련 회의나 활동에 참여하고 전문적인 지식을 교환하고 있다.

우리나라는 NEA를 지원하는 방안의 하나로 회원국으로 가입하기 이전인 1989년부터 우리나라가 일체의 경비를 부담하여 전문가를 지원하

는 Cost Free Expert를 파견해 왔다. 2009년 7월말 현재 정규직원 1명과 Cost Free Expert 3명이 근무하고 있다.

3. 미국원자력발전협회(INPO)와의 협력

한수원(주)은 INPO에서 운영하는 국제 온라인 정보교환 체계를 활용한 기술정보 교환, 발전소 운영에 관한 각종 지침 등 INPO 발간물 입수, INPO파견 한수원(주) 주재원을 통한 정보수집, 기술교환 방문(TEV)을 통한 안전점검과 기술지원 및 학술회의, 세미나, 워크샵 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.

한수원(주)은 2009년도에 정비규정 기술능력 향상을 위해 총 22회의 기술교환방문 프로그램을 시행하였다. 또한, 매년 하반기에 개최되는 INPO 최고경영자회의와 국제자문위원회(IPAC) 회의에 주요간부가

참석하여 세계 원자력계의 동향 및 주요 원전운영 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.

4. 세계원전사업자협회(WANO)와의 협력

한수원(주)은 1989년 WANO 창립이래 동경센터 업무에 주도적으로 참여하고 있다. 1993년부터 1995년까지 이사장직을 수행하여 사무국 업무에 크게 기여해 왔으며, 1997년에 동경센터 실무책임자회의와 지역간 워크숍을 국내에서 개최한 것 이외에도 2001년에 지역간 워크숍, 2002년 및 2007년에 실무책임자(WIO) 회의를 국내에서 각각 개최하였다.

한수원(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 하마오카 원전을 방문하여 방사성폐기물 이송에 관한 경험을 습득하는 등 2009년 말까지 해외 우수원전과 총 38회의 기술 교환방문을 시행하였다.

또한, 2009년도에도 해외원전에 대한 안전점검단(Peer Review)의 일원으로 참여하여 일본 오히 원전 등에 대한 기술자문을 수행함으로써 국내 원전운영기술의 우수성을 해외에 알렸으며 2009년 말까지 65회의 해외원전 안전점검단에 총 76명이 참가하였다.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)과의 협력

한수원(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 공통사항 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 있으며, 2009년 4월에는 FROG 운영위원회를, 2009년 10월에는 COG 기술위원회를 국내에서 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 INPO, WANO, 해외원전 소유자그룹 이외에도 미국원자력에너지협회(NEI), 세계원자력협회(WNA)에도 가입하여 해외 원자력정책 등 기술정보를 교류하고 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 에너지자원 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 공동 관심사	'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 운전관리분야, 경영관리 및 기술관리 분야, 정보 자료 교환 및 인력교류	'94. 5,25
미국 듀크전력(DPC)	경영관리 및 기술상의 경험 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 공동진출	'97. 5,15
남아프리카공화국(ESKOM)	경영, 기술 및 관심사항 정보교환	'99. 2,19
루마니아 산업자원부	체르나보다 3호기 공사재개사업 참여	'01. 3,17
루마니아 원자력공사(SNN)	원자력분야 기술정보 교환	'02. 3,19
프랑스전력공사(EDF)	원전운영 및 정비, 설비개선 분야	'04. 2. 9
일본 북해도전력(HEPCO)	원전건설 전반	'04,11,24
중국 전력투자집단공사(CPI)	원전 개발, 건설, 운영정비를 위한 정보/인력 교류	'04,12,21
미국 엑셀론(Exelon)	원전운영 관련 기술정보교류	'05. 9. 2
미국 APS사	원전 운영·정비분야 교육훈련/원전 정보	'06,11,29
캐나다 원자력공사(AECL)	체르나보다 3·4호기 사업관련 공동협력	'07. 9. 4

7. 국가간 원자력 협력

1956년 한·미 원자력협력협정 체결에서 시작된 우리나라의 국가간 원자력 국제협력은 2009년말 현재 24개국(미국, 캐나다, 프랑스, 호주, 독일, 스페인, 일본, 러시아, 영국, 중국, 아르헨티나, 베트남, 터키, 벨기에, 체코, 브라질, 우크라이나, 이집트, 칠레, 루마니아, 카자흐스탄, 인도네시아, 요르단, UAE)과 양국간 원자력 협력협정을 체결하여 핵무기 비확산을 주축으로 하는 원자력의 평화적 이용개발 협력체계를 유지하고 있다.

국가간 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 양국간 공동조정위원회에서는 정책의제와 기술협력의제가 협의되는데, 정책의제에서는 양국의 원자력 정책과 주요 현안 등을 협의하고 기술협력의제에서는 인력교류, 공동연구 등 구체적인 협력 사안이 협의되고 있다. 공동조정위원회 이외의 국가간 협력은 양국 정부 고위관계자 방문, 기술조사단 파견 등이 있다.

우리나라의 국가간 원자력협력의 목적은 크게 2가지로 구분할 수 있다. 첫째, 원자력 수출기반 조성을 위한 개도국과의 기술교류 확대이다. 우리나라가 원자력협력협정을 체결한 국가와 공동조정위원회 개최국을 보면 원자력 도입기인 1980년대까지는 선진국에 집중되어 있으나, 1990년대 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 국가간 협력의 중요한 목표이다. 둘째, 원자력 기술 선진화를 위한 선진국과의 기술 협력 강화이다. 1990년대 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 정부간의 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 설치를 위한 각서 교환, 1995년 6월 과학기술부와 미국 원자력규제위원회간 원자력안전 기술정보 교환 약정 체결 그리고 1996년 6월 과학기술부와 미국 에너지부간 산하 연구기관 협력 양해각서를 체결하였다.

1976년 8월 원자력의 평화적 이용 및 에너지 연구·개발 등 양국간의

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, 유엔 안보리 결의 1540 이행을 위한 IAEA 활동 등의 의제를 논의하였다.

우리나라는 미국으로부터 고리 1~4호기 및 영광 1~4호기와 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 정부간의 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 양국간 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, 양국간 원자력협력현황 및 발전방향을 모색하는 등

정책적 지원방안을 협의함과 아울러 양국 연구기관 간 추진 중인 연구협력과제의 이행상황을 점검하고 연구협력 강화방안을 협의하였다.

우리나라는 프랑스로부터 올진 원전 1·2호기('85, '89년 가동), 조사후시험시설 및 방사성폐기물 처리시설('78년 가동) 등을 도입하였다.

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 양국간 원자력협력협정을 체결하여 한·영 원자력협의회를 통해 양국간 협력사항을 논의하고 있으며, 양국간 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 규제기관간 정보교류 등의 기술협력의제가 토의되었다.

라. 러시아

우리나라와 러시아의 원자력협력은 1988년 4월 러시아가 우리나라에 중수와 우라늄 등 핵물질 공급의사를 피력하면서 시작되어 1990년

5월에 한전과 팜코간에 원전연료 구입 계약을 체결하여 실질적인 협력이 시작되었다. 1990년 12월 14일 ‘대한민국 과학기술부와 소련 원자력부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 의정서’가 체결되었으며, 1999년 5월 28일 원자력협력의정서를 원자력협력협정으로 격상하여 ‘대한민국 정부와 러시아연방 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정’을 체결(‘99. 10. 8일 발효)하였다.

1990년 체결된 협력의정서에 근거하여 1991년 3월 제1차 양국간 원자력공동조정위원회가 개최되었으며, 1995년 제4차 회의가 모스크바에서 개최되었다. 이후 약 5년간 원자력공동위원회가 개최되지 못하다가 1999년 양국간 원자력협력협정이 체결되면서 2000년 제5차 대회부터 다시 개최되기 시작하여 2009년 2월 제13차 공동조정위원회가 서울에서 개최되었다. 본 회의에서 양국 원자력협력을 공고히 하는 것을 다시 한번 확인하였으며, 신형 액체금속 냉각 고속로 개발 등 15개 분야 기술협력의제에 관해 논의하고 향후계획에 대해 협의하였다.

한수원(주)은 러시아 원전연료주식회사인 Tenex사와 2006~2015년까지 595톤의 우라늄(6억불 규모)을 도입하는 계약을 2004년 12월에 체결하였다. 한국전력, 대한광업진흥공사, LG상사로 구성된 한국 컨소시엄은 러시아 국영우라늄 회사인 ARMZ사와 러시아 우라늄광 공동개발을 위한 MOU를 2008년 9월에 체결하였다.

마. 일본

우리나라와 일본의 원자력협력은 1990년 5월 한·일 정상회담 개최

시 양국 외무부장관간 ‘원자력의 평화적 이용을 위한 협력각서’를 서명·교환함으로써 시작되어 1991년 2월 MOST/MITI간 원자력안전안전규제 협력약정 교환 및 1991년 12월 MOST/STA간 원자력안전 협력약정을 체결하였다.

1990년 5월 정부간 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 분야에 관심이 많아 실질기술협력에 관심을 두지 않았기 때문이다.

이에 한·일 원자력협의회와는 별도로 양국간의 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 일본측의 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 양국간 비상통신망 구축과 정기 통신훈련 실시 등에 대해 협의하였다.

일본과는 양자간 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 계속되고 있다.

제1차 원자력안전협약 검토회의 시 3국간 안전협약 검토보고서를 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 방한시 양국간 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 양국간 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 협력키로 합의했다.

중국과의 정부간 협력은 원자력공동위원회 외에도 한중투자협력위원회(6차, 2009년 베이징), 경제장관회의(8차, 2008년 서울), 한중원전기술포럼(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 양국간 원전건설 기술인력 교류, 정례적 협력 채널신설 등 구체적인 협력방안이 논의되었다. 특히 2차 대회와 동시에 개최된 7차 상해핵공업전람회에서도 한국은 APR1400 및 OPR1000의 우수성을 홍보하였다.

사. 캐나다

우리나라와 캐나다의 협력은 1975년 1월 한전과 캐나다 원자력공사(AECL)간에 CANDU형 원자로인 월성 1호기 공급계약을 체결하면서 시작되었다. 이후 1976년 1월 양국 정부간 ‘원자력의 평화적 이용 및 응용을 위한 협력협정’의 체결로 정부간 원자력협력이 개시되었으며 1982년 9월에는 과학기술부와 캐나다 원자력위원회간 ‘핵물질 연례보고 합의각서 및 핵규제 정보교환 약정’을 체결하였다.

양국은 효율적인 원자력협력 추진을 위하여 1983년 4월 ‘한·카 원자력 공동조정위원회 설치·운영에 관한 양해각서’(외무부/동력광산자원성)를 서명하였다. 이를 근거로 1983년 4월 제1차 양국간 원자력 공동조정위원회를 서울에서 개최하였으며, 2001년 6월 서울에서 개최된 제17차 원자력공동조정위원회에서는 한·카 원자력협력협정 개정 문제와 연료 및 중수로관련 기술협력 등의 의제를 서로 협의하였다.

또한, 원자력 이용 개발 분야 협력과는 별도로 원자력 안전·규제분야 정보교환, 공동연구, 상호 관심분야 등을 협의하기 위하여 1998년

10월 과학기술부와 캐나다 원자력안전위원회간에 ‘원자력안전규제 협력을 위한 각서’를 교환하여 ‘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 가동중이다. 우리나라는 그 동안 중수형 원자로건설 및 운영경험을 통하여 상당한 기술력을 축적하였으며, 이를 근거로 양국간 협력을 통해 루마니아 등에 공동 진출을 모색하고 있다.

아. 베트남

우리나라와 베트남과의 공식적인 협력은 1996년 11월 양국간 ‘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 과학기술부간에 ‘원자력 관련 기관간 협력을 위한 약정’이 서명되었다. 양국은 상기 협력협정 및 약정에 근거하여 2002년부터 양국간 원자력 협력협의회를 개최하여 2008년 10월 제5차 대회를 서울에서 개최하였다. 이 대회에서는 원자력 인력양성, 연구로 기술협력, 의학적 이용협력 등 9개 기술협력의제에 대한 협의가 진행되었다. 한편, 양국 정부는 2006년 11월 하노이에서 개최된 APEC 정상회의의 기간 중 ‘베트남 원자력개발 협력약정’ 및 ‘원전기기 국산화 협력 양해각서’를 체결하였다.

베트남은 1990년대 중반부터 원자력발전소 도입에 대해 검토하고 있

으며, 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 한수원(주)과 베트남 산업부간에 ‘베트남 원전도입 정책과제 및 기술자립방안 공동수행’ 연구과제를 수행하였다. 또한, 2005년 4월 체결한 ‘한-베트남 원자력 인력양성 협력 양해각서’를 바탕으로 한수원(주)은 KOPEC, KAERI, KINS 및 KAIST와 공동으로 원전 진출기반 조성을 위한 ‘베트남 인력양성 협력사업’을 2005년부터 2008년까지 수행하였으며, 2006년 양국간에 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.

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 행정약정을 체결하였다. 양국은 동 협정 제9조에 근거하여 ‘한·호 원자력 정책협의회’를 1990년 2월부터 개최하고 있는데, 2002년 7월 시드니에서 개최된 제11차 회의에서는 양국 원자력 정책을 소개하고 핵통제 기술협력 등 7개 기술 의제를 협의하였다.

한편, 양국은 에너지·자원분야 협력을 공고히 하기 위해 1980년부

터 한·호 자원협력위원회를 설치 운영하고 있으며, 제24차 한·호 자원협력위원회가 2008년 11월 서울에서 개최되어 양국간 우라늄 자원 분야 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-CCHEN간 양해각서가 체결되었고, 2002년 6월 양국 정부간 원자력협력협정이 체결되어 정부간 공식적인 협력이 진행되게 되었다. 양국간 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 관계에 들어서게 되었다. 2004년 9월 17일에는 제1차, 2008년 6월 23일에 제2차 한·카자흐스탄 원자력협력협의회를 카자흐스탄에서 개최하

여 자원부국인 카자흐스탄과 자원협력위를 설치 운영하여 에너지·자원분야 협력을 공고히 하고 있다.

2006년 9월 열린 제3차 자원협력위원회에서 한수원(주)은 카자흐스탄의 국영우라늄공사 카자토프롬사와 우라늄 장기도입 기본합의서를 체결하고 2010년부터 7년간 2,000톤 규모의 우라늄 정광을 도입키로 하였다. 이에 따라 한수원(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 정상회담시 정식으로 체결하였다. 이에 대한 후속조치로써 인니 원전도입 준비를 위한 양국 산자부간 원전사업 협력 양해각서를 체결하여 협력사업을 추진 중에 있다.

또한 한수원(주)은 2004년 2월 인도네시아 원자력청(BATAN)과 원전건설 공동협력 양해각서를 체결하고 한국표준형원전 진출을 위한 타

당성조사를 1, 2단계에 걸쳐 공동 수행하였다. 2005년 12월에는 한전-한수원-인도네시아 전력공사간 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 국민방한 기간 중에 양국간 원자력협력협정을 체결하였으며, 현재 한국은 본 협정의 발효 절차가 완료된 상태이며 요르단은 정부내 발효 절차를 진행 중에 있다.

2009년 3월에 우리나라 국무총리가 요르단을 방문하여 요르단 총리와 요르단 국왕을 면담하고 원전사업을 협의하는 등 한국과 요르단 양국간 협력이 실질적으로 진행되었다. 2009년 9월에는 한국의 민관대표단이 요르단을 방문하여 원전사업 추진방안을 협의하였는데, 원전건설

을 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, 요르단 원자력위원회는 사전 노형 평가를 위한 기술평가 자료제출을 우리나라에 요청할 예정이다.

상업용 원전 추진 이외에도 한국은 국제 경쟁입찰로 진행된 5 MW 용량의 요르단 연구 및 교육용 원자로 건설 사업수주도 추진하였으며, 2009년 12월에 최우선 협상 대상으로 선정되어 2010년 초에 계약을 체결할 것으로 예측된다.

하. UAE

한국과 UAE의 원자력협력은 2003년 9월 제47차 IAEA 총회시 UAE측이 SMART 분야의 협력을 희망하면서 시작되었으며, 2004년 9월에 한국 과학기술부와 UAE 아부다비 수전력청은 UAE 원자력 기술 인력 양성 지원, 정보교환, 공동협력분야 도출 등을 골자로 하는 MOU를 체결했다.

양국은 2009년 9월에 원자력협력협정을 체결하여 본격적인 협력의 기반을 조성하였다. 2009년 12월에 한전 컨소시엄은 UAE가 국제경쟁입찰로 진행한 신규원전 공급계약 수주에 성공하여 2020년까지 APR1400 원전 4기를 공급하게 되었다.

〈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 목적에 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 원자력의 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. 예정	외교부

[외교통상부 홈페이지 조약정보 참조]

〈표 8-7〉 양국간 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)	'08. 4(18차) (서 울)
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)	'09. 2(13차) (서 울)
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)	'07.10(8차) (북 경)
베트남	대한민국 과학기술부와 베트남 과학기술부간의 원자력 관련기관간 협력을 위한 약정('02. 2)	'02. 7 (하노이)	'07. 1(4차) (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 곡)	'07. 8(3차) (방 곡)
카 자 흐스탄	대한민국 정부와 카자흐스탄공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정('04. 9)	'04. 9 (아스타나)	'08. 6(2차) (알마티)

제2장 해외사업 진출

제1절 개 요

한국전력공사 해외원전개발처 사업전략팀장 조성민

최근 세계 각국에서 온실가스 감축 및 석유 의존도 완화 등을 위한 유일한 현실적 대안이 원자력발전이라는 인식이 확산되면서 경쟁적으로 원전 건설을 추진하는 등 원전 르네상스 시대가 도래하고 있다. TMI 및 체르노빌 사고로 원전 건설을 중단했던 미국과 유럽 국가들도 원전 건설을 재개하고 있으며, 중동, 동남아, 아프리카 국가에서도 국가경제성장과 안정적 에너지 공급을 위해 원자력발전의 도입을 적극 추진하고 있다.

우리나라는 원전 20기를 운영하는 세계 6위의 원전 보유국으로 지속적인 원전건설로 실질적인 원전 건설 인프라, 인력 및 기자재 생산능력과 최신 기술을 보유 하고 있으며, TMI 사고 이후 원전건설을 중단한 미국 및 유럽 등과 달리 1980년대 이후 지속적 반복 건설을 통해 안정적 사업 능력을 확보하고 있다.

우리나라는 이러한 국내 원전산업의 지속성장과 원전산업계가 축적한 원전건설기술 및 첨단기술을 바탕으로 1,000MW급 한국표준형 경수로 OPR1000(Optimized Power Reactor 1000)을 개발하여 건설, 운영하고 있다.

또한 OPR1000의 설계, 건설, 운영 및 정비를 통해 축적된 경험과 기

술을 기반으로 리히터 규모 7의 지진에도 견디도록 안전성을 향상시키고, 경제성, 운전 및 정비 편의성을 더욱 향상시킨 1,400MW급 3세대 신형경수로 APR1400(Advanced Power Reactor 1400)을 개발함으로써, 경쟁사 노형보다 우수하고 경쟁력 있는 원전 노형으로 원전플랜트 해외사업 진출을 적극적으로 도모하게 되었다.

APR1400은 표준화와 반복 건설을 통한 Process 혁신 및 최신 건설 공법 적용으로 건설공기를 획기적으로 단축하였으며, 미국 및 프랑스의 원전에 비해 건설비도 저렴하여 세계 시장에서 충분한 경쟁력을 갖춘 것으로 평가되고 있다.

이러한 가운데 우리나라는, UAE 아부다비 정부가 국제공개경쟁 입찰을 통해 추진한 총5,600MW 규모의 원전 건설 프로젝트를 2009년 12월 27일 한전이 성공적으로 수주함으로써 세계 6번째 원전수출국이 되었다. 이는 우리나라에 원자력 기술이 도입 된지 50여년, 1978년 고리원전 1호기를 도입하여 운용한지 30여년 만에 이룩한 쾌거이다.

한국형원전은 UAE사업에서 입증되었듯이 축적된 원전건설 및 운영 능력, 가격경쟁력, 원전 전 단계에 이르는 공급체인 등에서 세계적인 경쟁력을 확보하고 있다. 하지만 일부 핵심기술의 기술자립도는 약 95% 수준이며 원전설계코드, 원자로냉각재펌프(RCP), 원전제어계통(MMIS) 등 미자립 핵심기술은 2012년까지 완전 기술 자립을 목표로 국산화를 추진 중에 있다.

한편, 원전플랜트 수출은 상업성을 바탕으로 한 국가간 정치·외교적 협상의 산물로 무역수지, 무상원조, 산업육성 등을 고려하여 국익차원

에서 결정되므로 도입국은 원전 도입 결정시 공급국 및 사업자의 국제적 위상, 재무상태, 사업역량 등 공급자의 국제적 신인도를 우선적으로 고려하고 있다.

이와 같이 원전플랜트 수출에는 그 나라의 정치력, 경제력, 국력까지 영향을 미치기 때문에 정부차원의 적극적 관심과 지원이 필요할 뿐만 아니라, 원전 산업계의 혼연일체 된 노력이 필요하다. 이에 한전을 중심으로 한수원(주), 한국전력기술(주), 한전원자력연료, 한전KPS(주), 두산중공업(주), 시공사 등이 통합적인 협력 체계를 갖추어 제2, 제3의 원전수주를 위하여 최선의 노력을 경주하고 있다.

한전은 UAE원전 수주 이후, 터키, 요르단, 중국, 인도 등 핵심 4개국에 우선적으로 수주역량을 집중하는 국가별 차별화 및 집중화 전략과 원전수출과 에너지·광물자원 개발의 연계 또는 한전의 송변전, 배전, 전력통신 등 전력기술과 패키지 형태로 수출을 추진하는 도입 국가별 맞춤형전략 및 공격적 마케팅 활동 등을 집중적으로 전개할 예정이다.

또한 원전연료인 우라늄 가격 급등에 대처하고 안정적인 공급선을 확보하기 위해 우라늄 광산 탐사, 광산 또는 광산회사 지분인수를 통한 해외 우라늄 자원개발을 추진하고 있으며, 미래 지구환경 변화에 능동적으로 대처하기 위해 수력, 풍력, 태양광, 조력 등 신재생 에너지에 대한 해외사업도 추진 중에 있다.

제2절 UAE 원전 수출

한국전력공사 UAE원전사업단 사업총괄팀장 임현승

1. 건국 이후 해외 첫 원전수출 국가 아랍에미리트(UAE)

가. UAE 원전사업 추진 내용

UAE 원전사업 개요

- ☐ 건설용량 : 5,600MW (APR1400 × 4기)
- ☐ 사업일정 : 2017. 5. 1 최초호기 준공
- ☐ 부지 : 페르시아 연안 지역
- ☐ 사업 특성
 - 발 주 처 : 에미리트원자력공사(ENEC)
 - 계약방식 : 국제공개경쟁입찰

UAE 총 전력수요가 2020년까지 약 1,500MW에서 40,000MW로 증가가 예상됨에 따라 UAE 정부는 미래 전력수요에 맞추어 아부다비 서쪽 페르시아 연안 지역에 5,600MW 규모의 원전건설을 국제공개경쟁입찰방식으로 발주하였다. UAE에 최초로 건설되는 원전은 2017년 5월 1일 최초 호기 준공을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 2008년 3월 에미리트원자력공사(ENEC, Emirates Nuclear Energy Corporation)를 설립하여 동 입찰절차를 진행하게 되었다.

2008년 5월 UAE는 중동지역 최초의 원전건설 프로젝트를 발주하기

위해 전 세계에서 원전을 수출할 능력이 있는 한국을 포함 6개국 9개사를 순회하면서 예비실사를 하였다. UAE는 사전 예비심사를 통해 철저한 원전업체 분석을 한 후 한전(KEPCO), 아레바, GE, 웨스팅하우스, 히타치, 도시바, 미쯔비시, 엔사 등 세계 20개국 190명을 대상으로 국제공개경쟁입찰 설명회를 2009년 2월 5일 아부다비에서 개최하였다.

한국에서는 KEPCO를 중심으로 한수원(KHNP), 한국전력기술(KOPEC), 한전KPS, 한전원자력연료(KNF), 두산중공업, 현대, 삼성, 미국 벡텔, AMEC 등 국내·외 원전사업 전문기관들과 공동 입찰팀을 구성하여 UAE 원전사업의 첫 단계인 사업자 자격 평가서류를 2009년 3월 31일에 제출하였다. UAE는 이 자격평가를 통과한 KEPCO, 아레바, GE-히타치 3개 업체를 대상으로 입찰요청서를 발급 후, 2009년 7월 3일까지 제출받아 2009년 12월 27일에 최종 계약자로 KEPCO를 선정하였다. 정부에서는 UAE와 양국간 원자력협력협정을 2009년 6월 22일에 체결하였다.

원전수출관련 최초로 입찰자격을 획득한 Global KEPCO Team은 2009년 5월부터 최종 사업자로 선정될 때까지 UAE 원전사업 입찰전담반 위임을 KEPCO 본사 지하 2층에 운영하였다. KEPCO가 중심이 되어 약 80명의 한전 자회사, 협력사 및 글로벌 기업인 벡텔, AMEC 등이 머리를 맞대어 영문 1,800페이지에 달하는 입찰제안서를 작성하였다.

입찰서 제출 이후 2009년 7월, UAE 아부다비에서 입찰서 설명회 시행, 8월에는 UAE원자력공사 입찰가격 실사단의 정밀실사가 한국에서 시행되었다. 또한, 최종 사업자 선정시까지 에미리트원자력공사와 약

40회에 걸쳐 300여명이 아부다비와 한국을 오가며 현장방문 실사, 계약협상 등을 통해 프랑스 아레바, 일본 히타치-미국 GE와 같은 세계 원전 강국과 치열한 경쟁을 하였다. 당초 2009년 9월에 최종 사업자를 선정하기로 예정되었던 일정이 12월말까지 늦춰지면서 대외적 여론은 ‘역시 원전강국의 벽을 넘기가 쉽지 않겠구나’라는 분위기도 감돌았다. 가격경쟁력과 기술력은 인정받았지만, 국가대항전 성격인 원전수출에서 우리의 정치·외교적 역량이 프랑스, 미국, 일본에게 밀린다고 생각했기 때문이다. 특히, 프랑스는 10월이 넘어가면서 좀 더 과격적인 입찰 제안과 한국의 원자력발전소 안전성에 대한 언론플레이를 통해 한국을 압박했다. 그러나, 민간기업 CEO 출신인 이명박 대통령의 실질적 정상 외교 등 정부, 원자력산업계, 학계 등이 하나가 되어 단합된 노력과 희생을 바탕으로 최종 승리를 이루어 냈다.

한편, 미국 TMI원전 사고 및 구 소련의 체르노빌원전 사고 이후 세계적으로는 신규 원전건설이 중단 되었지만, KEPCO는 1970년대 초부터 꾸준한 기술개발을 통해 지속적인 20기의 건설 및 운전경험, 한국정부의 강력한 국가적 지원, 발전소 건설부터 운영까지 전 범위의 일괄공급 체계(One Package Supply Chain) 능력 등 타 경쟁사들과의 차별화 전략을 수립하여 UAE측에 제안하였다. UAE측 주계약자 선정시 최우선적으로 고려했던 원전의 안전성, 적기 준공능력 및 가격경쟁력 등을 KEPCO는 완벽하게 충족시켜 첫 해외원전 수주라는 역사적인 대업을 이루어 냈다. 이로서 국가의 경제적인 효과뿐만 아니라 세계 원전시장에서 한국형원전의 안전성과 기술력 등을 인정받는 계기가 되었다.

나. UAE 원전사업 향후 추진 계획

KEPCO는 업무의 효율성과 신속한 의사결정을 위해 강력한 컨트롤 타워 역할을 수행할 수 있도록 입찰당시 구성했던 워룸과 마찬가지로 한수원(주), 한국전력기술(주) 등 약 100여명이 한국전력 본사에 합동으로 근무하는 UAE 원전사업단을 2010년 1월에 구축하였다. 또한, KEPCO 아부다비 지사를 설립하기 위해 선발대를 아부다비와 원전 건설부지에 파견하여 지사 개설과 초기 부지공사를 시행하고 있다.

UAE 원전사업의 사업구조는 KEPCO를 주계약자로 하며, 한수원(주), 한국전력기술(주), 두산중공업(주), 현대, 삼성 등 한전 자회사 및 협력사가 각각의 역할을 분담하고 있다.

본격적인 사업이행을 위해 2010년 1월 중순부터 아부다비에서 사업 착수회의를 개최하였으며, 4월 중순에 1차 사업진도점검회의(PRM, Project Review Meeting)도 현지에서 시행하였다.

한편, UAE원전 건설 현장 인프라구축을 위해서 임시 숙소, 사무실 등을 3월 중순에 설치하였으며, 부지경계 펜스(Fence) 설치를 위한 인허가도 3월말에 취득하였다. 뿐만 아니라 원자력분야 인허가 취득을 준비하고 있으며, 부지조사 및 초기 정지공사도 시행 중이다. 연내에는 전략물자 수출통제 허가 취득과 예비안전성 분석보고서(PSAR) 발행 등도 준비하고 있다.

제3절 해외사업 추진현황

한국전력공사 해외원전개발처 사업개발팀장 태종훈

1. 수출 역량집중 중점 추진국가

가. 터키 원전사업

터키는 2020년까지 3,000~5,000MW 용량의 최초 원전을 터키 남부의 지중해 연안 아큐유(Akkuyu) 지역에 건설한다는 계획을 추진해 왔다. 아큐유 원전사업은 2008년 3월 국제경쟁입찰, BOO(Build, Own, Operate)방식으로 입찰이 공고되어, 한전은 국내 원전 역사상 최초의 해외수출 기회로 간주하고 동 사업을 수주하기 위해 국내 원전산업계의 역량을 결집하여 입찰서를 작성하는 등 만반의 준비를 수행하였으나 핵사고 책임에 대한 사업자 책임한도가 불투명한 점 등 국제관례에 벗어나 사업주에 매우 불리하여 한전은 입찰을 포기할 수밖에 없었다.

2008년 9월 24일 마감된 응찰 결과 러시아의 아톰스트로이엑스포트(ASE : Atomstroyexport)가 주도하는 1개 컨소시엄만 단독 입찰하였으나, 터키 최고행정법원은 아큐유 원전 입찰에 대한 진행중지 판결을 내렸으며('09.11.10), 터키 정부는 입찰을 공식 취소하였다. 현재는 터키와 러시아 정부간 협력에 의한 수의계약방식으로 사업을 추진중이며 2010년 1월 중순에 아큐유 원전사업 협력 공동선언에 서명하였다.

아큐유 원전사업과는 별도로 터키 정부는 터키 북부의 흑해 연안 시놉(Sinop) 지역에 또 다른 추가 원전을 건설할 예정이다. 시놉 원전 부

지에는 원전, 원전연료 공장, 교육센터 등이 건설되고, 장기적으로 연구용 원자로 및 가속기도 함께 건설될 예정이다.

그동안 한전은 한국-터키 양국 정부간 협력을 통한 민관공동투자(PPP: Public Private Partnership)방식의 사업안을 제안하고 지명수의 계약을 유도 추진 하였으며, 2010년 3월 10일에는 한전-터키 국영발전회사(EUAS)간 원전사업 협력 공동선언(Joint Declaration)을 체결하였다. 본 공동선언은 시놉지역에 APR1400 2기를 PPP방식으로 건설(추가 2기는 옵션)한다는 원전개발 기본구상을 담고 있으며, 한국과 터키는 Joint TF를 구성하여 향후 5개월간 ‘시놉원전 추진방안 공동연구’의 수행 및 개발에 합의하였다.

동 공동선언을 통해 한전은 터키정부의 적극 지원하에 시놉원전에 대한 배타적 조사·협상권을 확보했다는 것에 큰 의의가 있으며, 향후 공동연구를 통해 사업기본협약서(Framework Agreement) 및 정부간 협정(IGA: Intergovernmental Agreement)을 체결하는 방법을 통해 최종 수주를 추진한다는 전략이다.

나. 인도 원전사업

인도는 2009년 말 현재 17기의 원전을 운영중이며 6기의 원전을 건설중에 있다. 현재 총 4,120MW의 원전 설비 용량에서 2020년까지는 20,000MW 규모 약 20기의 원전을 건설하고, 2032년까지는 총 50기의 원전을 추가로 건설하여 원전설비용량을 63,000MW 규모로 늘린다는 야심찬 계획을 수립한 바 있으며, 기존의 인도원자력공사(NPCIL) 중심

의 독점체제에서 민간개방으로의 변화도 추진하고 있다.

이러한 인도의 원전설비 확장 추세에 따라, 한전은 2008년 8월 KEPCO - 인도 GMR그룹 간 상호 원전협력협정 양해각서를 체결 하였으며, 인도원자력공사와 인도원전 진출을 위한 기술과제(TA, Technical Assignment) 작성에 착수하여 본격적인 인도 원전시장 진출을 위한 기반을 다지고 있다.

한편, 2010년 3월말 기준으로, 인도 야당의 반대로 인도 국회에서 ‘원자력 손해보상 법안 처리’가 연기된 점을 제외하고는 미국-인도간 ‘사용후연료 재처리 합의’로 인도 원전사업 추진에 중요한 현안사항이 모두 해결되어 원전 수출 규제의 걸림돌들이 제거됨으로써, 러시아, 프랑스에 이어 미국도 인도 원전시장에서 적극적인 수주 활동을 벌일 예정이다.

우리나라 정부는 향후 인도 원자력발전소 건설수주를 위해서 한국-인도간 원자력협력 협정 체결을 추진하고 있는데, 협정 체결시에는 추진 중인 기술과제(TA)를 통하여 인도 규제기관으로부터 APR1400 인허가를 획득하는 등 인도원전 시장 진출을 위해 구체적인 행보를 모색할 계획이다.

다. 중국 원전사업

2006년에 발표된 중국의 11차 중장기 원전계획(十一五(2006년~2010년))에 따르면 2020년까지 현재 원전 설비용량 9,000MW(총 전력설비용량의1.3%)를 약 40,000MW(총 전력설비용량의 4%)로 확충할 예정이었으나, 현재는 이를 70,000MW(5%)로 확대 조정할 계획이

다. 현재 중국은 원자력 발전소 11기(9,000MW)를 운전 중에 있으며, 제3세대 신형원전을 포함 26기(25,300 MW)를 건설 중에 있다. 또한 향후 원전비중 목표를 달성하기 위해서는 매년 1,000MW급 발전소를 기준으로 3~4기를 신규로 지어야 한다.

현재 중국은 기존 3대 원전사업자인 핵공업집단공사(CNNC), 광동핵전집단공사(CGNPC), 중국전력투자집단공사(CPI)를 중심으로 크게 3가지 노형정책, 첫째, 기존원전 복제건설(프랑스 CPR1000 및 러시아 VVER 복제), 둘째, 3세대 신형기술 도입(AP1000, EPR1600), 셋째, 자체노형 개발 건설(CNP300, CNP600, CNP1000)에 따라 원전 건설을 추진 중에 있다.

운전중인 발전소는 강소성 티엔완 2기, 절강성 친산 5기, 광둥성 다야완 2기, 링아오 2기가 있으며 주로 기존원전의 복제 건설 유형에 속하고, 건설중인 발전소는 세계 최초 AP1000의 시범원전인 절강성의 산먼원전, 산둥성의 하이양, EPR1600의 타이산 등이 추진 중에 있으며, 이 밖에도 강소성 티엔완, 광둥성 루핑, 해남성 창지앙에도 신규원전을 추가 건설할 계획이다.

이처럼 세계 최대의 원전 건설시장인 중국에서 한국형원전을 중국 도입 노형으로 포함시키기 위하여, 한전은 그 동안 축적된 기술교류와 협력을 통하여 전략적으로 접근해 왔다.

또한 원전수주 기반 구축과 함께 최근 중국 원전관련 조직개편에 따른 변화에도 적극 대처하고 있다. 올 초 중국은 국가에너지위원회(NEC : National Energy Committee) 신설과 기존 에너지국을 국가에너지국

으로 확대함에 따라 원전 정책을 주관하는 중국 정부 관계자와의 교류 활동 강화가 더욱 중요해졌는데, 이에 한전은 정부와 함께 ‘한중 원전 기술 포럼’ 개최 등 한-중 정부간 원전협력을 위한 정기 교류 채널 확보 및 중국 고위급인사 대상 원전설명회 등 활동을 통해 전략적으로 수주 기반을 다지고 있다.

라. 요르단 원전사업

요르단은 2030년까지 4기의 원전을 도입할 계획을 세우고 2017년 최초원전 운전을 목표로 원전도입을 추진 중에 있으며, 2008년 12월에 양국정상은 한국-요르단 정부간 원자력 협력협정 체결, 한국-요르단 정부간 3대 대형 프로젝트 상호협력 양해각서 체결, 한전-요르단 원자력위원회간 원자력 상호협력 양해각서 체결 및 원전건설을 홍해-사해 대수로 및 담수플랜트와 연계하여 건설하는 계획을 수립하는 것 등에 대해 한국과 협력한다는 방안에 합의한 바 있다.

이후, 요르단이 2009년 1월에 정부간 협력사업으로 최초 원전 1호기 건설사업을 한국과 추진하려는 의사를 표시해옴에 따라 한전은 양국간 협력방안의 후속조치 일환으로 요르단을 방문하여 ‘요르단 원전사업 추진계획’을 제안하였으며, 양국 정부간 원전사업 추진 협력협정을 체결하고, 한전-요르단 양국 원전사업자간 사업협력협정(JDA) 체결을 추진코자 수차례 협의해 왔다. 그러나 요르단은 그동안 추진하여왔던 양국정부간 협력사업 형태가 아닌 국제 경쟁입찰에 의한 사업방식으로 선회를 추진하여, 아카바 원전사업 후보노형에 대한 기술성 평가를 진

행하고 있어 한전도 1000MW급 원전으로 기술평가에 참여하고 있다.

다만, 요르단의 원전건설을 위한 안정적 재원확보 방안이 불투명하고, 미-요르단 간 원자력협력협정 미체결로 수출통제 요인이 내재되어 있는 등의 걸림돌이 존재하고 있다

2. 수출기반 강화대상국가

가. 태국 원전사업

태국은 2006년 말 국가에너지 개발계획 공표 및 2007년 신규전원개발계획(PDP2007) 수립에 따라 총 전력수요의 10%를 원자력으로 공급하고자 2020년 최초도입원전의 상업운전을 목표로 하고 있으며, 2023년까지 총 4기의 원전을 건설할 계획이다.

현재 태국정부는 원전도입을 위한 범정부 인프라준비위원회(NPIPC)를 구성하고 원전도입 인프라구축계획(NPIEP)을 수립하여 시행하고 있으며, 그 일환으로 2008년 10월부터 태국전력청(EGAT)을 중심으로 원전도입 타당성조사를 수행 중에 있다.

한-태 양국 정부는 2004년 3월 원자력협력 양해각서를 체결하고 2006년부터 3차례에 걸쳐 양국간 원자력협력위원회를 개최하였으며, 한전은 태국전력청과 1986년 양사간 전력협력협정을 체결하여 2007년부터는 정기적인 기술교류를 추진 중이다. 특히, 2008년에는 태국의 국회, 정부(에너지부 및 과기부), 원자력청, 전력청 등의 기관에서 여러 차례에 걸쳐 한국의 원전시설을 방문하는 등 한국의 원전기술에 관심을 보이고 있으며, 한전은 2008년말부터 태국전력청(EGAT)이 수행중인

원전도입 타당성조사에서의 노형평가를 위한 한국형원전 평가 자료를 제공하였다. 2011년 3월경부터 부지 타당성 조사를 수행하여 원전을 건설할 부지를 선정할 예정이며, 또한 2012~2013년 사이에는 원전공급자 선정이 예정되어 있어 원전을 추진하는 동남아 국가 중 가장 빨리 공급자 선정이 이루어질 것으로 예상되고 있다.

따라서 한전은 태국 원전사업에 있어 한국형원전 진출기반 마련을 위한 노력을 한층 더 기울일 예정이다.

나. 인도네시아 원전사업

인도네시아는 2000년대 중반 최초원전의 상업운전을 목표로 원전건설 타당성조사를 수행하는 등 원전도입을 적극적으로 추진하여 왔다. 그러나 1997년 말 발생한 금융위기로 원전도입 시기를 조정하여 2006년 1월 중장기 국가 에너지정책을 수립, 2016년 최초원전 상업운전을 목표로 원전도입 계획을 재추진하고 있으며, 최초 원전건설 이후 2025년까지 최소 4기의 원전을 건설할 계획이다.

이에 따라 한국은 90년대 후반부터 인도네시아를 향후 한국형원전 진출 전략국가로 선정하고 사업진출 기반을 구축하기 위해 인도네시아 원전사업 유관기관인 원자력청, 전력공사 등과 협력을 지속해 오고 있다. 2007년부터는 한-인니 원전도입 공동연구(5회) 및 교육훈련(약 200여명)을 수행하여 오면서 한국형원전에 대한 신뢰도를 높여 원전 수주에 대한 기반을 구축하였다.

그러나 인도네시아는 원전 반대여론, 정국일정 등 내부사정 등으로

원전 건설 추진 일정이 계속 지연되고 있다. 따라서 향후 인도네시아 정부 및 원전관계자들과의 협력관계를 지속적으로 유지하되 인도네시아 정부의 원전건설에 대한 가부가 가려진후 추진 여부를 결정하여야 할 필요성이 있다.

다. 말레이시아 원전사업

당초 말레이시아는 2025년까지 원전 2기를 도입한다는 목표를 설정하고 2010년까지의 정부 중합에너지계획을 수립 중에 있었으나, 최근 LNG 수급과 전기 수요 증가에 따라 빠른 원전도입(Fast Track)을 적극 검토하고 있다.

한전은 2008년 3월 한전-말레이시아 전력공사(TNB)간 원전협력양해각서 체결을 기반으로 2009년 6월에 ‘말레이시아 최초 원전도입을 위한 예비타당성 조사용역’ 계약을 체결하였고, 말레이시아 원전 사업 착수에 대비하여 한국형원전 수출을 위한 기반을 다지고 있다.

예비타당성 조사용역이 완료된 후에도 한국전력기술(주)-말레이시아 전력공사 연구소(TNBR)간 부지 사전조사 용역 체결을 추진하고 제2차 한국-말레이시아 포럼을 서울에서 개최하는 등 지속적인 네트워크를 통해 말레이시아 원전 수주활동을 지속적으로 전개할 예정이다.

라. 남아공 원전사업

남아공은 Koeberg 원전 (울진 1·2호기와 동일 노형) 2기를 1984년과 1985년에 준공하여 운영 중이다. 남아공 국영회사인 ESKOM은 추

가 원전건설을 위해 예비타당성조사를 완료하였으며 2008년 프랑스 AREVA와 미국 웨스팅하우스를 대상으로 제한경쟁 입찰을 시행하였으나 양사 입찰가격 과다, 금융위기 도래, 남아공 정권교체 등의 사유로 인해 입찰을 전격 취소하였다. 그러나 ESKOM은 2009년 5월 신규원전 건설계획 재개를 발표하였으며, 남아공정부는 2010년 5월 원전건설계획을 확정하였고 2010년 하반기에는 원전건설 재입찰을 추진할 것으로 예상되며 2030년까지 PWR형 원전 12기를 Cape 등 5개 지역에 건설할 계획이다.

마. 핀란드 원전사업

핀란드는 현재 민영 TVO사 2기(올킬루오토 1·2호기 BWR 각 860 MWe) 및 국영 Fortum사 2기(로비사 1·2호기 VVER 각 440 MWe) 등 총 4기의 원전을 운영중이며, 추가로 TVO사가 올킬루오토 원전부지에 APR1600 1기를 건설 중에 있다. 현재 TVO, Fortum 및 신생사업자인 Fennovoima사가 신규원전건설 사업자로 선정되기 위해 노력하고 있으며, 핀란드 정부가 2010년 4월에 1~2개 업체를 신규원전사업자로 승인하고 2010년 6월에 의회가 기준을 하게 되면 본격적인 입찰을 추진할 것으로 전망된다. 한국은 동 3개 업체 중 TVO 및 Fortum사와 APR1400 건설 타당성에 대한 공동연구를 수행하는 등 사업참여를 위해 협력하고 있다.

TVO사는 1,400~1,700MWe급 1기의 2019년 준공을 목표로 올킬루오토 4호기 건설을 추진 중인데, 2007년 12월 이사장을 포함한 경영

진이 방한, 신고리 원전 건설현장 및 두산중공업(주) 창원공장을 방문하고 APR1400 설명회에 참석하여 한국 측의 기술능력에 확신을 갖게 된 후 즉석에서 APR1400의 핀란드내 건설타당성에 대한 공동연구를 제안하였고, 이에 따라 2008년 4월부터 2009년 2월까지 타당성연구를 공동으로 수행한 바 있다.

한국은 동 타당성 연구기간 중 2008년 4월에 올킬루오토 4호기 신규 건설 인허가의 첫 단계인 건설기본계획승인(DIP, Decision In Principle) 신청을 위한 APR1400 기술자료를 TVO사측에 제출하였으며, 2008년 11월에는 핀란드 규제기관(STUK) 예비안전성평가용 기술자료를 제공하여 2009년 5월 APR1400이 EPR(프), APWR(일), ABWR(미-일), ESBWR(미-일)과 더불어 예비안전성평가를 통과한 후보노형으로 선정되었다. 또한 한국은 TVO사가 2009년 11월에 예비안전성평가를 통과한 노형을 대상으로 요청한 입찰준비 기술평가자료를 2010년 4월에 제공한바 있으며, 2010년 6월 핀란드 정부 및 의회가 TVO사를 신규원전건설 사업자로 선정하게 되면 TVO사 추진일정에 따라 2012년 말 계약체결을 위한 입찰참여를 추진할 계획이다.

또한 1,000~1,700MWe급 1기의 2020년 준공을 목표로 로비사 3호기 건설을 추진중인 Fortum사와도 핀란드 내 APR1400 건설 타당성 공동연구를 2009년 4월부터 2009년 12월까지 수행하였다. 이를 위해 TVO사와의 선행 공동연구 결과를 최대한 활용하였으며, 2009년 10월에 APR1400은 EPR(프), VVER(러), ABWR(미-일), ESBWR(미-일)과 더불어 핀란드 규제기관(STUK)의 예비안전성평가를 통과한 후

보노형으로 선정되었다. 2010년 6월 핀란드 정부 및 의회가 Fortum사를 신규원전건설 사업자로 선정하게 되면 Fortum사의 추진일정에 따라 2013년 6월 계약체결을 위한 입찰참여를 추진할 계획이다.

한편, 핀란드 원전사업 참여를 위해서는 대형항공기 충돌(APC, Airplane Crash) 대비 이중격납건물, 중대사고 대처설비 및 자연재해 대처설비 등 EUR요건에 따른 추가적인 설계개발이 요구된다. 따라서 한국은 APR1400과 EUR 요건 비교검토 및 EUR 요건에 맞는 설계변경 방향 등을 핀란드 측과 상호 검토해 왔으며, 이와 병행하여 APR1400의 유럽시장 진출을 목표로 하는 ‘APR1400 시장 다변화 과제’를 수행하고 있다. 동 과제는 2009년 6월부터 2013년 5월까지 4년간 수행되며 동기간에 EUR 요건에 따른 개념 및 기본설계를 개발하고 EUR 인증을 취득할 계획이다.

바. 리투아니아

리투아니아는 유럽국가 중 유일하게 한국형원전의 진출을 적극적으로 추진하는 국가이다. 기존 러시아의 체르노빌과 동일 노형인 Ignalina 원전 2기에 대해 유럽연합이 위험성을 이유로 폐로를 요구함으로써 2004년 및 2009년에 각각 폐쇄 조치하였다. 이에 신규원전 2~3기를 인근부지에 건설할 예정이다.

2010년 리투아니아 국방장관 방한으로 리투아니아 측이 신규원전 건설에 한국의 참여를 희망해옴에 따라 한국은 2010년 2월1일 사전자격 심사(PQ)를 통과하고 3월 24일 Non-Binding 입찰서(비구속력을 가진

입찰서)를 제출하였으며, 향후 Binding 입찰서 및 전략적 투자자 선정에의 참여 여부를 결정할 예정이다.

리투아니아의 신규원전 절차는 민자발전(IPP) 방식을 추진하고 있으나 한전은 민관협력(PPP) 방식을 선호하고 있어 이에 대한 지속적인 논의와 협상을 통해 이사업의 성공여부가 결정될 전망이다.

사. 우크라이나 원전사업

우크라이나는 현재 15기(13GW)의 원전운영으로 국가 전력의 약 50%를 원자력이 담당하고 있으며, 2기의 신규원전 건설을 추진하고 있는 원자력 강국이다. 또한, 국가에너지전략에 따라 2030년까지 16GW 규모의 신규원전을 건설하여 원전설비용량을 두 배로 확대할 계획이었으나, 최근의 국가 재정 위기로 인해 일부 계획을 수정하여 추진할 예정이다.

우크라이나는 원전설비, 연료공급 및 폐기물관리 등 모든 분야에 있어 러시아에 전적으로 의존하고 있어 최근 러시아 이외의 국가들과 원자력 산업분야의 협력 강화를 추진하고 있다.

2007년 6월 한국-우크라이나 양국 정부간 원전 및 우라늄개발 양해각서를 체결한 것을 시작으로 2007년 9월에는 한전-우크라이나 원자력 공사간 원자력 협력 MOU를 체결하였으며, 양사간 원자력실무그룹을 구성하여 2008년 6월 원전실무그룹 1차 회의를 개최한 바 있다.

또한, 원자력 및 기타 산업분야의 협력강화를 협의하기 위해 2009년 7월 우크라이나 총리의 한국 방문이 이루어졌으며, 한전은 우크라이나

원자력공사와의 제2차 원자력실무그룹 회의 추진 등을 통해 중장기 관점에서 지속적인 원전 협력방안을 논의할 계획이다.

아. 루마니아 원전사업

루마니아는 1980년대 초 체르나보다 지역에 월성원전과 동일노형인 중수로형 원전 5기 건설공사를 착수하였으나 1991년 재원조달 문제로 2~5호기는 공사를 중단하고 1호기만 공사를 계속하여 1996년 12월부터 상업 운전을 시작하였고, 2호기는 2000년초 AECL 등의 지원으로 공사를 재개한 결과 2007년 10월부터 상업운전을 개시하였다. 루마니아 정부는 공정률 5~15% 상태에서 공사가 중단된 체르나보다 3·4호기는 2020년까지 에너지개발계획에 따른 자국내 전력수요 충족 및 발칸반도 송전망 연결과 연계한 전력수출을 위해 2016년 준공을 목표로 공사계획을 수립하여 정부 내에 사업추진위원회를 발족하고 본격적으로 공사재개 준비를 추진하여 왔으며, 5호기는 더 이상 진행하지 않는 것으로 결정을 내렸다.

또한 루마니아 정부는 2003년부터 2007년 까지 3·4호기 건설재개를 위한 재원조달 모델을 PPP(정부-민간 합작방식)에서 JVPC(민간주도 방식)의 검토를 거쳐 최종적으로는 핀란드 모델(투자비 회수를 전력으로 인수하는 방식)로 결정 하였다. 그리하여 이의 추진을 위해 투자자 유치 관련 법령을 제정하고 2007년 7월 투자사를 유치하였으며 그 결과 ENEL(이태리), RWE(독일), CEZ(체코), GDF-Suez (프랑스), Iberdrola(스페인), Arcelo-Mittal(루마니아) 등 유럽의 6개의 주요 전

력회사가 모집되었다.

루마니아 원자력공사(SNN)는 이들 6개 투자사와 투자조건 및 금액 등에 대한 협의를 진행하여 2008년 12월 투자협약을 체결하였고 2009년 3월 마침내 SNN이 대주주(지분 51%)로 참여하는 사업발주사(EN사, EnergoNuclear)를 설립하였으며 현재 EN사는 유럽의 공정경쟁 요건에 따라 EPC 계약자 선정을 위하여 관련 법규, 추진절차 및 사업발주 방식 등을 검토중이다.

한국은 원전기술 경험 도입을 희망하고 있는 루마니아 정부의 요청에 따라 월성원전 건설, 운영경험을 바탕으로 3·4호기 공사재개 사업 및 1·2호기 운영 기술지원 참여를 추진하고 있다. 이에 루마니아 산자부와 2001년 3월 체르나보다 원전사업 협력원칙 양해각서 체결을 시작으로 이후 루마니아 정부 및 SNN과 다양한 기술 협력·협약 및 기술교류 협력 양해각서 체결과 양국정부 및 산업계간 교류, 협력채널 확보 등을 통해 현지의 사업 참여기반을 강화해 나가고 있다.

체르나보다 3·4호기 사업 참여에 대한 정부간의 관심도 높아져 2004년부터 시작된 한·루 산업협력회의시 원자력분야에 대한 협력 협의가 지속적으로 이루어지고 있으며 2006년 9월에는 노무현 대통령이 루마니아를 방문하여 양국 정상간 체르나보다 3·4호기 사업참여 및 협력에 대한 논의를 하였고 동 기간 중 루마니아 원자력공사, 한전, 한수원(주)간 원자력 협력약정을 체결함으로써 한국의 사업 참여기반을 한층 더 확고히 하였다. 또한 2008년 10월에는 현 바세스쿠 루마니아 대통령이 방한하여 이명박 대통령과 체르나보다 3·4호기 사업참여 및

협력에 대해 재차 논의를 한 바 있다.

체르나보다 3·4호기 사업 참여를 위해 한수원(주)은 SNN, AECL 및 Ansaldo와 공동으로 2003년 3월부터 9월까지 기술성, 경제성 등 각 분야에 대해 1단계 타당성 조사를 공동으로 수행하여 공사재개 필요성을 입증하였으며, 2003년 10월부터 2006년 12월까지 세부 재원조달 방안 및 주요 계약체결을 위한 2단계 타당성 조사 수행을 완료하였다.

또한 루마니아 정부의 재원조달 방안이 구체화됨에 따라 사업참여 가능성 제고를 위해 원천기술사 AECL 및 1·2호기 참여사인 Ansaldo와 사업 공동참여 방안을 지속적으로 협의하여 왔으며 EN사 설립 이후에는 AECL이 하도급으로 참여하는 한수원(주) 터키 참여방안을 AECL과 협의 완료하였다. 한편 EN사는 EPC 계약자 선정 공식 착수를 의미하는 사업참여의향요청서(REI)를 2010년 상반기중 발급할 것으로 전망되며 한수원(주)은 EN사의 사업일정에 맞추어 적극적으로 수주를 추진할 계획이다.

자. 기타 원전수출 잠재시장 국가

기타 장기 협력을 통한 원전시장으로 폴란드, 이집트, 사우디아라비아, 멕시코, 모로코 및 쿠웨이트 등을 분류하고 있으며, 우라늄광 개발 등과 연계하여 몽골, 카자흐스탄 등과 협력할 예정이며, 또한 브라질과는 연료 및 용역, 기자재 공급 등 부분적 협력 방안을 모색하여 우리의 원전 플랜트, 기자재 및 용역 등을 수출할 수 있도록 국가별 원전수출 추진전략을 수립하고 있다.

3. 한국원전산업체 해외원전품목 수출 현황 (1993~2010.3.31)

업체명	주요 내용	건수	금액(US천\$)
한국전력공사	UAE 원전 건설 사업 등	2	18,600,458
한수원(주)	루마니아 중수로 수명관리 기술자료 제공 등	40	28,229
한기(주)	WH 중국 AP1000 건설현장 기술자문 용역 등	37	60,854
원전연료	브라질 INB Leaf Spring 제조공정 벤치마킹 교육 등	33	10,536
한전KPS	미국 Palo Verde 원전 Head Replacement 지원용역 등	135	10,811
두산중공업(주)	미국 Levy County 1·2호기 AP1000 설비공급 등	32	1,644,000
(주)대우건설	요르단 연구용원자로 건설공사 등	7	156,894
원자력연구원	일본 Covalent 중성자 도핑서비스 등	175	22,255
합 계		461	20,534,037

제4절 향후 전망

한국전력공사 해외원전개발처 사업전략팀장 조성민

원자력은 온실가스 배출량이 거의 없는 그린에너지이며, 신재생에너지는 원자력만큼 효율적으로 대량의 에너지를 공급해 줄 수 없다는 이유로 세계는 다시금 원자력에 주목하고 있다. TMI 원전 사고 이후 30년간 거의 원전 건설이 없을 정도로 침체기였지만 유가상승 및 지구온난화에 대한 대안으로 원자력이 각광을 받으면서 미국을 비롯한 여러 선진국에서 다시 원전건설에 관심을 갖는 등 원자력 르네상스 시대가 도래하였다.

이러한 전 세계적인 흐름에 맞추어 세계원전시장이 확대될 것으로 예상됨에 따라 각 원전시장에서 유리한 위치를 점하기 위해 원전 선진국 업계간 제휴·통합 등 재편이 본격화 되고 있다. 또한 미국의 웨스팅하우스와 프랑스의 아레바가 세계 원전시장의 50%이상을 차지하고 있는 상황에서 최근 웨스팅하우스, 아레바, 미쯔비시, GE 등 주요 원전공급사들은 제3세대 최신원전 개발을 완료하고 본격적으로 수주 경쟁을 벌이고 있다.

이러한 치열한 경쟁구도 속에, 우리나라는 작년 말 UAE에 원전 4기를 수출하여 세계 원자력계를 놀라게 했으며, UAE 원전 수주를 계기로 한국형원전 수출산업을 육성하기 위한 경쟁력 강화 종합 대책인 ‘원자력발전 수출산업화 전략’을 지난 1월 수립하여 세계 원전시장에 적극적으로 대응하고 있다.

원전수출 산업화를 통하여 2030년 세계 3대 원전수출 강국으로 도약한다는 비전과 함께 ‘세계 신규원전 건설 점유율 20% 달성’을 목표로 설정하고, 세계 최고 수준의 원전수출산업 경쟁력을 확보하기 위하여 대형 및 중소형 원전, 연구로 등 규모별 신규 건설 시장을 적극 개척하며 경수로 및 중수로 유지·보수 시장으로도 병행 진출을 꾀하고 있다. 이를 위하여 우리나라는 국가별 맞춤형 수출 및 원전 운영·정비시장 진출을 추진하고, 핵심기술 자립화와 토종 신형원전 APR+ 개발을 2012년까지 조기에 달성하고자 노력을 기울이는 중이다.

또한 한국형원전(APR1400)의 안전성을 국제적으로 인정받기 위해 미국 NRC 설계인증(DC) 및 유럽원전 사업자기준(EUR)의 안전성 인

증 획득을 추진하여 미국 및 유럽지역 수출의 걸림돌을 제거함으로써 원전 선진국으로의 수출가능성을 더욱 확대하고, 추가적인 원전수주에 대비하여 원전 핵심 기자재 공급능력 확충 및 원전연료의 안정적 확보를 위한 해외광산 지분인수 등의 전략을 추진하고, 중장기적으로는 외국의 원자력 관련 주요 기업과의 전략적 제휴를 맺을 뿐 아니라 우리나라의 원전사업 체계 강화를 통한 원전 수출 전략을 추진하고 있다.

한편, 국내·외 우수 원전인력 양성이 원전사업 추진에 중요한 변수로 작용함에 따라 원전도입국 인력의 교육프로그램을 운영중이며, 해외 원전 추가수주를 대비하여 신규 소요인력 충원, 퇴직인력 활용 및 대학 지원과 세계 최고의 ‘국제 원자력 전문대학원’ 개설 등을 통한 전문인력 양성 및 확보를 위해 노력하고 있다.

이러한 노력을 통하여 우리나라의 UAE원전 이후 수출에 대한 향후 전망은 긍정적이다. 전 세계 많은 국가에서 한국과의 원전협력을 희망해 오고 있으며, 특히 터키, 요르단 등 핵심수주 대상국들이 한국형원전 도입을 희망하고 있어, 이들 국가 중에서 수출이 성사될 가능성이 높다. 또한 신규 원전도입국가 및 잠재 도입국가 등에 대해서도 정부와 한전 및 원전관련 유관기관이 하나가 되어 원전플랜트 수출에 총력을 기울이고 있으므로, 머지않은 장래에 한국형원전의 추가 수출 달성이라는 열매를 맺을 수 있을 것으로 예상된다.

제3장 원자력 해외동향

한국수력원자력(주) 발전처 운영계획팀장 이재동

원자력 발전은 안정적인 기저부하로서 전 세계 전력 생산량의 약 15%를 담당하고 있으며 2010년 4월 현재 13개국에서 총 52기의 원전이 건설 중에 있다. 현재 16개국에서 전력 소요량의 4분의 1이상을 원자력이 담당하고 있으며 프랑스는 4분의 3, 우리나라를 비롯한 벨기에, 헝가리, 리투아니아, 슬로바키아, 스웨덴, 스위스, 슬로베니아, 우크라이나는 3분의 1이상, 일본, 독일, 핀란드는 4분의 1이상을, 미국은 약 5분의 1정도를 원자력이 담당하고 있다.

2009년 말 기준 전 세계 가동 원전은 31개국 441기이며 설비용량 397,295MW로, 전력 생산량은 프랑스, 독일, 스웨덴의 장기 계획예방정비로 인해 2008년 대비 4% 감소한 총 25.5억MWh를 생산하였다. 평균 이용률 또한 2008년의 79%에 비해 다소 감소한 76%을 기록하였다. 2009년도 세계 발전량의 가장 큰 감소는 2008년도 대비 약 2,800만 MWh의 감소를 기록한 프랑스에서 두드러졌으며 독일과 스웨덴도 각각 1,400만MWh와 1,200만MWh가 감소하여 프랑스의 뒤를 이었다.

미국 원전의 발전량은 8.3억MWh로 역대 3위에 해당하는 실적을 기록하였으며, 아르헨티나, 체코, 핀란드, 헝가리, 슬로바키아는 역대 최고의 발전량을 기록하였다. 특히 체코와 헝가리는 지난 2년 연속 최고기록을 갱신하였다. 2009년도 전 세계 설비용량은 슬로바키아 Bohunice 2 호기(440MW)의 영구정지(2008년 12월 31일)로 인해 다소 감소하였

으나, 상업운전을 개시한 일본의 신규원전 1기(Tomari 3호기, 912MW)와 각국의 출력증강(500MW 이상)에 의해 전체적으로 약 1,100MW 증가하였다.

리투아니아의 Ignalina 2호기(1,300MW)는 2009년에 1,160만MWh의 전력을 생산하여 발전량 순위 5위를 기록하였는데, 이 원전은 2009년 12월 31일 영구정지 되었다. 리투아니아는 유럽연합 가입조건으로 Ignalina 1·2호기의 가동정지를 받아들였으며, 이에 따라 1호기는 2004년 말 가동정지 되었다.

1. 미국

2009년 말 기준 미국의 가동원전은 104기이며 설비용량 107,023MW, 이용률 89%, 총 8.3억MWh의 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 계획예방정비 기간의 지속적인 단축을 통해 우수한 원전운영실적을 달성하고 있다. 미국은 2010년 초까지 총 120건(총 5,640MW 규모) 이상의 출력증강을 시행하였으며, 추가 출력증강이 계획되어 있다. 계획예방정비의 경우 1990년 평균 107일이었던 정비기간이 2000년에는 평균 40일로 감소되었고 최근의 최단기간 기록은 15일이다. 이로 인해 1990년에 5.8억MWh에 불과했던 발전량이 설비용량 증가가 거의 없었음에도 불구하고 2009년 약 40%나 증가한 8.3억MWh를 기록하였다. 계속운전과 관련하여, 미국 원자력규제위원회

(NRC)는 2000년 3월 Calvert cliffs 원전 2기의 20년 계속운전을 승인한 이래 2009년 말까지 미국 전체 발전소의 50%가 넘는 59기의 계속운전을 승인하였으며, 최종적으로 약 90기의 원전에 대하여 60년까지 계속운전을 승인할 예정이다. 미국은 신규 원전 건설 촉진을 위하여 신형원전 표준설계인증, 조기부지허가(ESP), 건설·운영 통합인허가(COL) 등의 프로세스를 도입하였으며, 2005년 개정한 에너지법에 따라 신규 원전의 세액공제, 원전 인허가 지연 비용, 온실가스 감소관련 혁신기술에 대한 채무 보증 등을 국가가 수행하도록 하고 있다.

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. 영국

2009년 말 기준 영국의 가동원전은 19기이며 설비용량 12,540MW,

이용률 51%, 총 944만MWh의 전력을 생산하였다. 원전 발전량 점유 비율은 2006년에 19%였으나 오래된 발전소들의 결함 때문에 2008년 13.5%까지 감소하였다. 영국 정부는 2007년 에너지 백서에서 에너지 안보를 확보하고 화석연료의 가격상승과 온실가스 감축에 대비하기 위해 에너지 절감 노력과 재생에너지에 대한 지원을 강화해야 한다고 밝히고 있다. 이런 노력은 원자력에 대한 민간 부분의 투자를 확대할 것이고 원자력이 향후 중요한 역할을 할 것이라고 밝히고 있다. 2007년 에너지 백서 발간 후 신규원전 건설을 위해 Westinghouse사는 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 RWEN power와 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.

3. 프랑스

2009년 말 기준 프랑스의 가동원전은 58기이며 설비용량 65,880MW, 이용률 71%, 총 4.1억MWh의 전력을 생산하였다. 이는 2008년도 발전량보다 2,800만MWh(약 7%)가 감소한 것이며, EDF사에 의하면 발전소 파업에 따른 약 1,700만MWh의 전력손실에 기인한 것이다. 또한, Bugey 3호기는 2009년 4월부터, Chinon B-3호기는 6월부터 발전 정지하였으며, Fessenheim 2호기는 5.5개월간의 정지 후에 11월 발전을 재개하였다.

프랑스는 원자력과 수력의 발전량 비중이 90% 이상으로 발전단가가 유럽 최저 수준이며 세계 최대의 전력 수출국이다. 또한, 전력생산에 따른 CO₂ 방출량도 가장 적은 편이다. 신규 원전건설과 관련하여 2004년 6월 EPR(유럽형 신형원전)건설을 지원하는 에너지법이 의회에서 통과되었고 EDF(프랑스 전력공사)는 2013년 준공을 목표로 2007년 Flamanville 부지에 1,650MW급 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 기존원전의 58%를 EPR로 대체할 계획임을 발표하였다. 2003년 EDF사는 출력증강을 통해 1,455MW급 원전

4기의 출력을 1,500MW로 올렸고, 2008~2010년 시행할 900MW급 원전 5기에 대해 3% 출력증강 계획을 확정하였으며, 2015년부터는 1,300MW급 원전 20기에 대해 7% 출력증강을 계획하고 있다. 2006년 CEA(프랑스원자력청)는 제4세대 원전인 소듐냉각고속로 건설 추진과 가스냉각고속로를 개발하기로 결정하였으며 2035~2040년경 제4세대 원전의 상업운전을 시작할 예정이다.

4. 독일

2009년 말 기준 독일의 가동원전은 17기이며 설비용량 21,497MW, 이용률 69%, 총 1.3억MWh의 전력을 생산하였다. 1998년에 집권한 독일사민당과 녹색당 연립정권은 탈 원자력정책을 추진, 운영중인 원전수명을 32년으로 확정하여 수명이 다하는 원전부터 단계적으로 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 2008년 중반 실시한 원전 계속운전 여론조사에서 찬·반 투표율이 모두 46%로 동률을 이루어 원전 폐지 정책이 계속될 지는 의문이다. 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. 따라서 2009년 집권한 정부에 의해 원전 폐지정책은 보류되었으며, 원전운영사들은 원전수명을 60년으로 연장하기를 희망하고 있다.

5. 벨기에

2009년 말 기준 벨기에의 가동원전은 7기이며 설비용량 6,207MW, 이용률 87%, 총 4,722만MWh의 전력을 생산하였다. 1990년 이후 벨기에의 전력 소비는 해마다 증가하고 있으며 현재 1인당 연간 전력 소비량은 7.8MWh이다. 1974년 첫 번째 원전의 상업운전을 시작하였지만 정부의 지원이 미미하였으며 2003년 1월에는 탈원자력법을 제정, 원전 수명을 40년으로 결정하고 신규원전 건설 금지 등 원자력산업을 제한해 왔다. 그러나 2007년 에너지 전망 2030에서 이산화탄소 배출 감축과 에너지 대외의존도를 낮추기 위해 탈원자력법을 재검토해야 하며 현재 운전 중인 원전 7기의 계속운전이 필요하다고 언급하였고, 2009년 발간된 보고서에서는 원전에 따라 10년에서 20년간의 계속운전을 권고하였다. 벨기에는 1993년부터 2004년 사이 증기발생기를 교체하는 등 원전 출력증강을 실시하였으며, Doel 1·2호기, Tihange 1호기의 10년 수명연장을 위해 2009년부터 안전성 평가를 준비 중이다.

6. 스위스

2009년 말 기준 스위스의 가동원전은 5기이며 설비용량 3,370MW, 이용률 92%, 총 2,752만MWh의 전력을 생산하였다. 1인당 연간 전력

소비량은 7.7MWh으로 1980년 이후 매년 2%씩 늘어나고 있다. 스위스는 최초의 원전인 Beznau 1호기(PWR, 365MW)를 비롯한 모든 원전의 출력증강 사업을 통해 출력을 증강하였으며, 정부는 장기 에너지수요에 대비하기 위해 원전 추가건설에 동의하였다. 엑스포(Axpo)사와 BKW 사는 Beznau 1·2호기, Muehleberg 원전 인근부지에 각 1기씩 1,600MW급 신규원전을 건설하는 계획을 발표하였으며, 스위스 정부는 현재 운영 중인 원전 5기의 수명 만료시 예상되는 전력부족에 대비하기 위해, 프랑스와 중장기 전력수입 계약을 추진할 것이라고 밝혔다.

7. 스웨덴

2009년 말 기준 스웨덴의 가동원전은 10기이며 설비용량 9,685MW, 이용율 64%, 총 5,227만MWh의 전력을 생산하였다. 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(원자력발전 검사청)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 840MW으

로 증강하고 수명을 60년으로 연장하는 계획을 발표하였다.

2009년~2010년 겨울, 스웨덴에서는 대규모 설비 현대화 작업에 착수한 원전들의 정비기간 연장으로 원자력 발전량이 전년 동기 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 친 원전 정책을 표방하고 있는 자유당이 선거에서 승리하였으며 집권 4년 동안에는 가동 중인 원전의 폐쇄는 없을 것이라고 공약한 바 있다. 자유당은 기후변화전략과 관련한 기자회견에서 신규원전 건설반대 정책 철회와 신규원전 건설허가로 2020년에는 신규원전이 가동될 수 있도록 국회의 협조를 요청한다고 발표했다.

8. 체코

2009년 말 기준 체코의 가동원전은 6기이며 설비용량 3,686MW, 이용율 83%, 총 2,711만MWh의 전력을 생산하였다. 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 증강

하였고, Temelin 1·2 호기는 2004~2007년 고압 터빈 교체를 통해서 출력을 981MW에서 1,013MW으로 증강하였다. 체코전력공사는 2020년 이후 Dukovany 원전을 대체할 목적으로 2008년 6월 Temelin 지역에 신규원전 건설계획을 발표하고 환경영향평가를 신청하였다. 신규 원전은 2013년 건설을 시작하여 2020년에 준공할 계획이다. 신규원전 사업자로 Skoda JS 콘소시엄, Westinghouse사, Areva사, Mitsubishi사, KHNP 등이 입찰하였으나, Westinghouse사와 Areva사 만이 통과하였으며 2012년 초에 최종 계약자를 선정할 계획이다

9. 핀란드

2009년 말 기준 핀란드의 가동원전은 4기이며 설비용량 2,800MW이고 이용율 96%, 총 2,352만MWh의 전력을 생산하여 핀란드 총 전력생산량의 27.8%를 차지하고 있다. 원전 4기중 2기는 TVO사가 운영 중이며 나머지 2기는 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 사업을 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 지연되어 2012년에 상업운전을 시작할 예정이다. 한편 Fennovoima사는 핀란드의 6번째 원전을 건설하기 위해 2009년 신규원전건설 신청서를 제출하였으며 정부의 허가를 기다리고 있다. 부지 환경영향평가는 통과된 상태로 1,500~2,500MW급인 Areva사의 EPR, SWR-1000, Toshiba사의 ABWR 노형을 고려 중이며 2012년에 건설을 시작할 예정이다. Fennovoima사는 핀란드 철강회사인 Outokumpu, 스웨덴의 철강회사인 Boliden, 전력회사인 Rauman Energia, Katterno Group, E. On Suomi 등 5개사가 참여하여 2007년 6월에 설립한 전력회사이다. 2009년 2월 Fortum사도 2020~2021년 전력생산을 목표로 Loviisa 지역에 1,000~1,800MW급 원전건설을 위한 신규원전 건설신청서를 제출하였으며 핀란드 정부는 2010년까지 신규원전 건설신청에 대한 허가여부를 결정할 예정이다.

10. 루마니아

2009년 말 기준 루마니아의 가동원전은 2기이며 설비용량 1,412MW, 이용률 95%, 총 1,175만MWh의 전력을 생산하여 루마니아 전력 생산량의 약 20%를 차지하였다. Cernavoda 1·2호기는 각각 1996년, 2007년에 상업운전을 시작하였으며 1호기는 1980년, 2~5호기는 1982년에 건설을 착수하였으나 1호기를 제외한 나머지 4개 호기는 전력수요 감소와 자금부족 등으로 중단되었다가 2000년 루마니아 정부의 대규모 투자 결정 후 건설이 재개되어 2007년 10월 Cernavoda 2호기가 준공되었다. Cernavoda 3·4호기의 건설은 2008년 11월 구성

된 다국적 컨소시엄에 의해 추진되고 있으며, 각 투자 회사들은 투자금액에 비례한 권한을 갖게 될 것이다. 또한 루마니아는 2015년까지 원전 점유율을 24%로 늘리고 2020년까지 4기의 신규원전을 건설하는 중장기 에너지정책을 추진 중이다.

11. 헝가리

2009년 말 기준 헝가리의 가동원전은 4기이며 설비용량 2,000MW, 이용률 89%, 총 1,542만MWh의 전력을 생산하여 헝가리 전력 생산량의 약 40%를 담당하고 있다. 헝가리의 전력 소비는 1990년부터 2001년까지 약 27% 증가하였으며 이후로도 지속적으로 증가하고 있다. 2005년 헝가리 의회는 Paks 1~4호기의 원전수명을 30년에서 50년으로 연장하도록 승인하였으며 현재 운영허가 갱신 절차가 진행 중이다. Paks 1~4호기 출력은 440MW 였으나 터빈교체 등 출력증강을 통해 500~510MW으로 출력을 증강하였다. 1998년 헝가리 전력사의 신규 원전 발주에 Paks사는 600~700MW급 AP600, CANDU 6, 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 Paks지역에 1,000MW급 원전 2기를 건설하여 각각 2020년, 2025년에 상업운전을 시작할 계획이다. 2011년에 사업자 선정 관련 입찰 공고를 하고, 2012년에 사업자 선정 후 2013~2017년에 건설할 예정이다. Paks사는 프랑스 Areva사의 EPR, Areva-Mitsubishi사의

Atmea 1, 러시아 Atomstroyexport사의 AES-2006, Westinghouse사의 AP1000 이렇게 네 개의 노형을 고려중이다.

12. 러시아

2009년 말 기준 러시아의 가동원전은 31기이며 설비용량 23,242MW, 이용률 74%, 총 1.6억MWh의 전력을 생산하였다. 러시아는 전력수요가 계속 증가할 것으로 예상하고 있어 지속적인 이용률 증가와 계속운전 그리고 신규원전 건설로 2020년까지 원자력 발전량을 현재의 2배로 늘릴 계획이다. 러시아는 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 러시아 연방 원자력공사 Rosatom¹⁾은 2030년까지 원자력발전소 건설 분야에서 세계 최고가 되겠다고 선언하였다.

1) Rosatom : 러시아 원전 건설·운영을 담당하는 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.

러시아는 2030년까지 자국에 42기, 해외에 60기 등 모두 102기의 신규 원전을 건설할 계획이다. 또한 러시아 정부는 2015년까지 원자력 연구비용으로 270억 달러를 Rosatom에 배정하였다.

13. 우크라이나

2009년 말 기준 우크라이나의 가동원전은 15기이며 설비용량 13,880MW, 이용률 66%, 8,216만MWh의 전력을 생산하였다. 현재 우크라이나는 대부분의 화석연료와 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. 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 2010년에 건설을 재개하여 2016년, 2017년에 완공할 예정이다. Khmel'nitski 3·4호기의 공사재개를 위해 국제 입찰을 실시하였으며

러시아 Atomstroyexport사와 한국 KHNP사 2개 사가 응찰하였다. 2009년 계약자를 선정할 예정이었지만 자금조달에 대한 협의가 진행 중이다. 우크라이나는 신규 원전건설을 위해서 2010년까지 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.

14. 중국

2009년 말 기준 중국의 가동원전은 11기이며 설비용량 9,014MW, 총 7,200만MWh의 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 2007년 5월, 2030년까지 원전 설비용량을 16만 MW로 증가시키는 계획을 발표하였다. 중국은 현재 20기 이상의 원전을 건설하고 있으며 제11차 5개년(2006~2010) 경제계획에 따라 14기의 원전을 건설할 예정이다. Hongyanhe 지역에 CPR-1000 4기,

Haiyang 지역에 1,000MW급 2기, Huian/Fuqing 지역에 2기, Hongshiding/Rushan 지역에 2기, Tianwei/Lufeng 지역에 2기, Taishan 지역에 2기를 건설할 예정이다. 제12차 5개년(2011~2015) 경제계획 실행시 중국의 원전 설비용량은 2.5만MW로 증가할 것이고, 제13차 경제계획 실행시 원전 설비용량을 4.5만MW로 증가시킬 계획이다.

15. 인도

2009년 말 기준 인도의 가동원전은 17기이며 설비용량 4,120MW, 이용률 46%, 총 1,702만MWh의 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 중간 용량 2기, 대용량 2기, 고속증식로 1기를 포함, 총 6기를 건설 중에 있다. NPCIL은 원자력 설비용량을 2015년 2.2만MW, 2050년까지 5만MW로 증가시킬 예정이다. 이에 따라 2005년 Kakrapar, Rawatbhata 지역에 PHWR 700MW급, Kudankulam 지역에 PWR-VVER 1,000MW급, Jaitapur 지역에는 PWR 1,000MW급 등 총 8기의 신규 원전건설 부지를 선정하였으며, 2007년 4월 4기의 건설을 허가하였다. 2010년 초에 부지정리를 시작하였으며, 건설기간은 66개월로 예상하고 있다. 인도 국영기업인 NTPC은 2017년 상업운전을 목표로 2,000MW급 원전도입을 고려중이며, NPCIL은 Jaitapur 부지에

1,600MW급 EPR(6기)을 건설할 계획이다. 인도 원자력에너지위원회(AEC)는 2010년에 NPCIL이 인도 고유의 PWR 노형을 발표할 것이라고 밝혔다.

16. 일본

2009년 말 기준 일본의 가동원전은 56기이며 설비용량 50,492MW, 이용률 65%, 2.7억MWh의 전력의 전력을 생산하였다. 일본은 2017년까지 원자력 발전량 점유율을 41%까지 증가시킬 계획이다. 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 프로그램은 비등수로 및 가압경수로의 설계 수정을 통해 운영과 정비를 개선하는 1, 2단계 프로그램과 1,300~1,400MW 용량의 개량형비등수로와 개량형가압경수로를 개발하는 3단계 프로그램으로 되어 있었다. 2007년 발생한 지진으로 인해 발전을 중지했던 Kashiwazaki-Kariwa 원전 중 6·7호기는 내진 설계기준을 강화하고 설비 개선을 통해 발전을 재개하였으며, 1·5호기는 내진 기준 강화에 착수하였다. 일본의 에너지 정책은 에너지 안보 확보를 위해 대외의존도를 줄이는 것이며 이를 위해 원자력

의 비중을 늘려갈 예정이다. 2005년부터 사용후연료의 재활용을 위해 재처리를 추진 중에 있고, 우라늄의 이용효율을 높이기 위해 고속증식로를 개발하고 있다.

17. 파키스탄

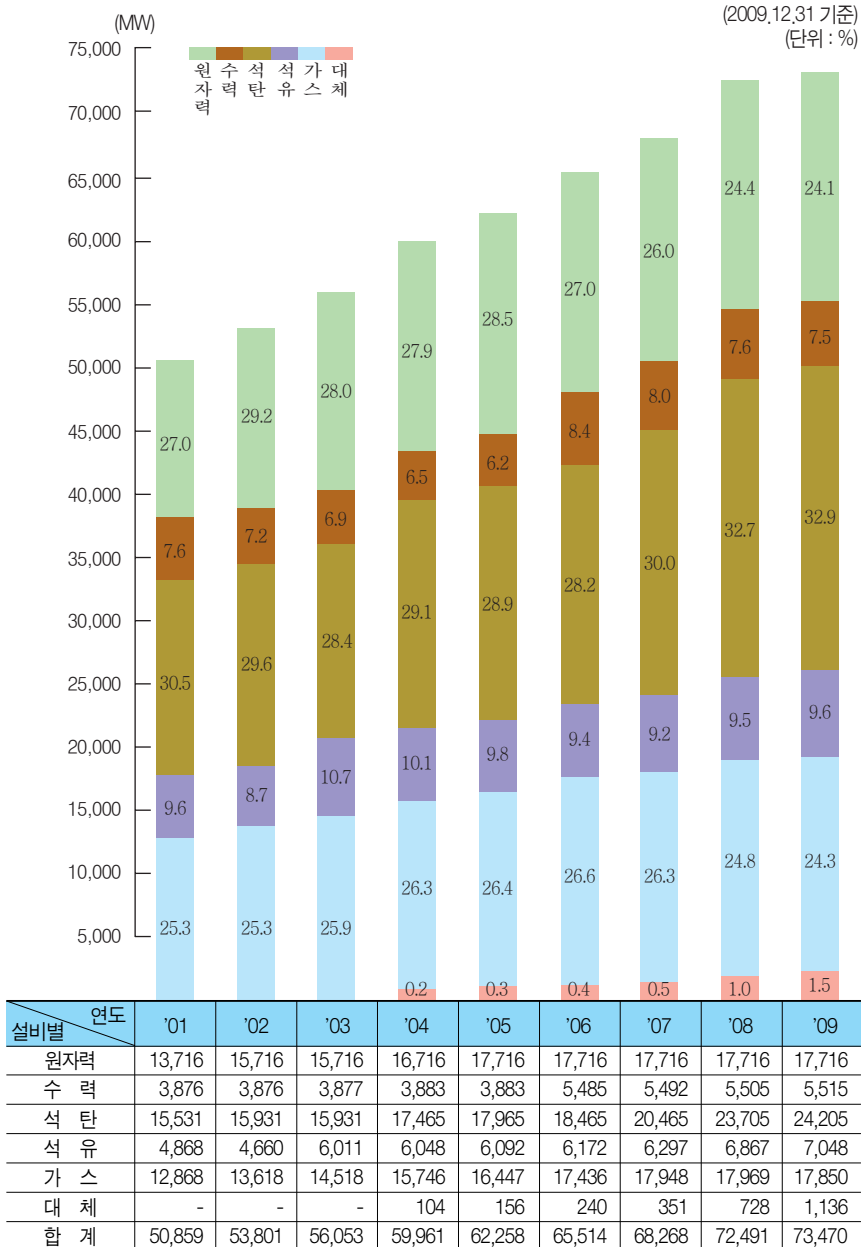
2009년 말 기준 파키스탄의 가동원전은 2기이며 설비용량 462MW, 이용률 63%, 총 285만MWh의 전력을 생산하였다. Karachi원전(125MW, PHWR)은 1971년에, Chashma 1호기(300MW, PWR)는 2000년에 각각 상업운전을 시작하였다. 현재 건설 중인 Chashma 2호기(300MW, PWR)는 2005년 11월에 건설을 시작하였으며, 2011년에 상업운전을 시작할 예정이다. 파키스탄은 2005년 채택한 에너지 안보 계획에 따라 원전 설비용량을 2015년 900MW, 2020년 1,500MW, 2030년 8,800MW까지 단계적으로 증가시킬 계획이다.

2008년 6월 파키스탄 정부는 Chashma 3·4호기(설비용량 320MW)의 건설계획을 발표하였다. 2009년 24억 달러의 건설비용을 책정하고 중국 Zhongyuan Engineering사를 주계약자로 선정하였다. Chashma 1·2호기는 파키스탄과 원자력 설비의 통상을 금지하는 원자력공급국그룹(Nuclear Suppliers Group)에 중국이 가입하기 이전인 1990년, 2000년에 계약을 체결했다.

➡➡➡ 원자력발전백서

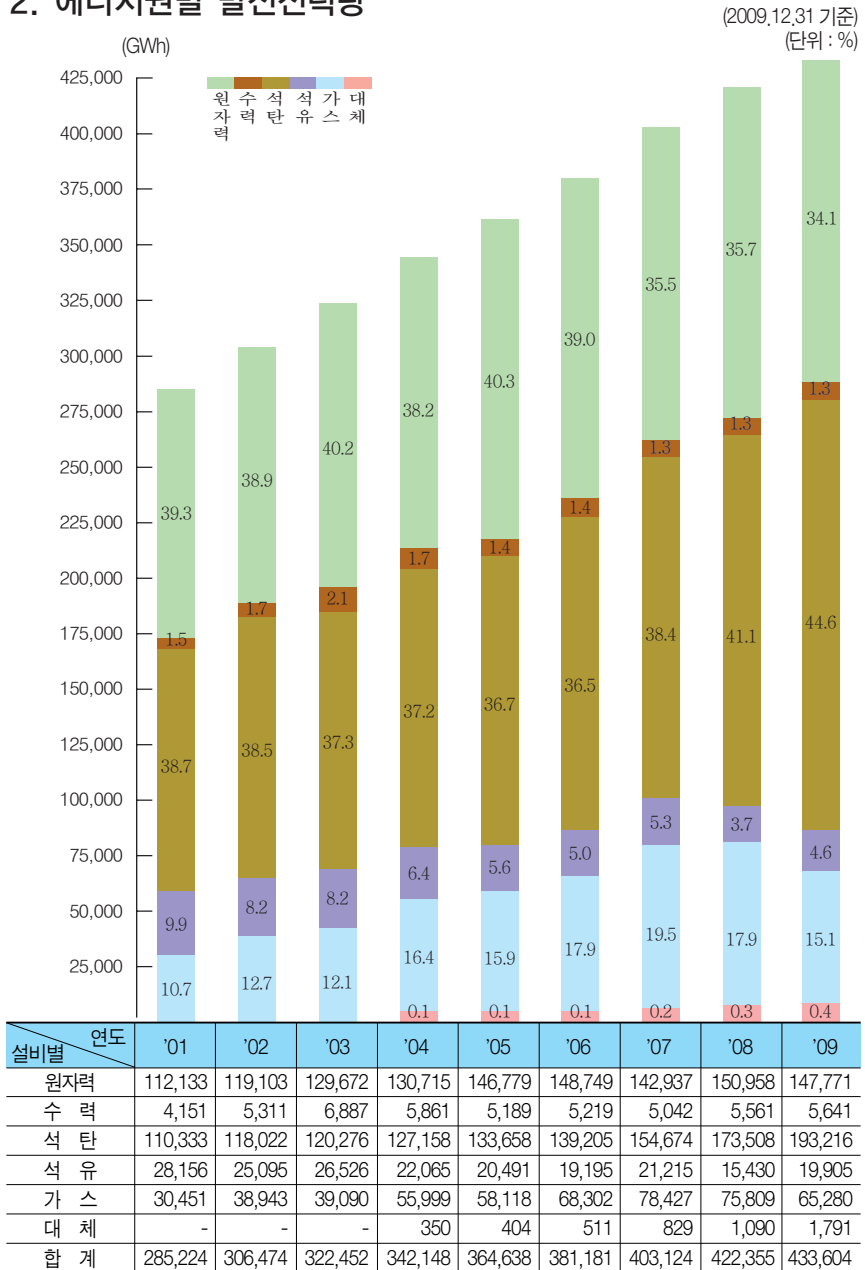
부 록

1. 에너지원별 발전설비



[한국전력 전력통계속보 제378호('10. 5.28)]

2. 에너지원별 발전전력량



[한국전력 전력통계속보 제378호('10. 5.28)]

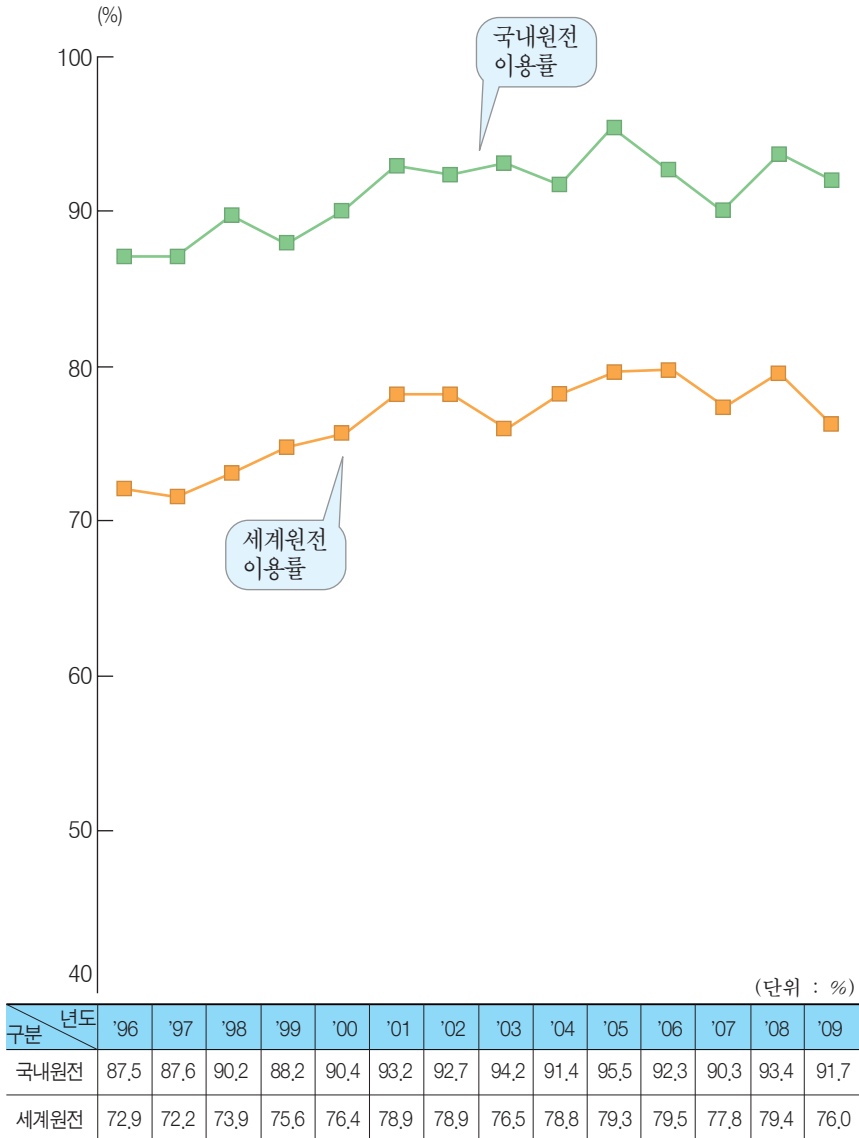
3. 2009년 국가별 원자력 발전현황

(2009.12.31 기준)

국 가 명	기수	설비용량 (MW)	발전량 (MWh)	이용률 (%)	2007 ~ 2009 평균	
					발전량(MWh)	이용률(%)
미 국	104	107,023	833,580,234	89.03	839,620,223	89.94
프 랑 스	58	65,880	410,033,172	70.98	429,259,248	74.35
일 본	56	50,492	272,314,061	64.63	267,513,847	62.32
러 시 아	31	23,242	163,279,360	73.51	161,283,500	72.43
캐 나 다	21	15,367	90,851,077	65.36	92,971,473	66.28
한 국	20	17,716	147,770,807	91.71	147,221,969	91.82
영 국	19	12,540	9,441,000	51.24	—	—
독 일	17	21,497	134,893,041	69.44	141,362,967	73.18
인 도	17	4,120	17,020,000	45.63	16,786,411	45.69
우크라이나	15	13,880	82,164,342	66.15	88,182,915	71.55
중 국	11	9,014	NA		—	—
스 웨 덴	10	9,685	52,274,683	63.59	61,034,869	74.13
스 페 인	8	7,735	52,890,087	78.85	55,642,392	82.83
벨 기 에	7	6,207	47,221,692	87.67	47,068,747	87.62
대 만	6	5,144	41,571,137	92.13	40,984,139	90.47
체 코	6	3,876	27,112,409	82.75	26,579,504	83.10
스 위 스	5	3,370	27,517,589	92.36	27,584,833	93.27
핀 란 드	4	2,800	23,525,817	95.87	23,302,484	94.65
헝 가 리	4	2,000	15,427,199	89.10	14,975,860	87.95
슬로바키아	4	1,894	NA		—	—
브 라 질	2	2,007	12,975,089	67.43	13,114,754	68.82
불 가 리 아	2	2,000	15,255,798	87.07	15,087,815	86.03
남 아 공	2	1,930	12,119,759	71.68	12,872,114	76.06
루 마 니 아	2	1,412	11,752,720	95.02	9,981,897	88.78
멕 시 코	2	1,364	10,501,079	87.82	10,241,927	85.58
아르헨티나	2	1,005	8,161,689	90.22	7,586,435	86.08
파 키 스 탄	2	462	2,854,348	63.25	2,419,413	53.46
리투아니아	1	1,300	11,598,200	101.83	10,459,700	91.76
슬로베니아	1	727	5,738,808	90.11	5,901,943	92.58
네 덜 란 드	1	515	4,248,227	94.17	4,209,726	93.23
아르메니아	1	408	2,493,701	69.76	2,502,926	69.96
합 계	441	397,295	2,546,587,120			
호기당 평균		901	6,196,076	75.97		

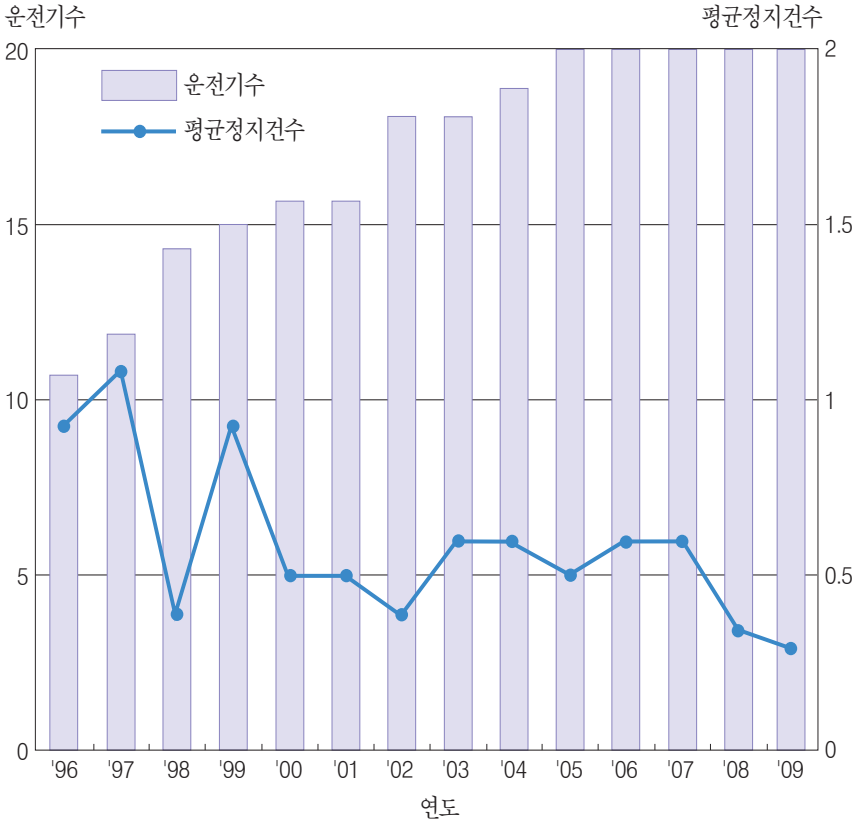
[Nucleonics Week ('10. 4. 1)]

4. 국내 및 세계 원전 평균이용률 비교



5. 원전 고장정지 비교

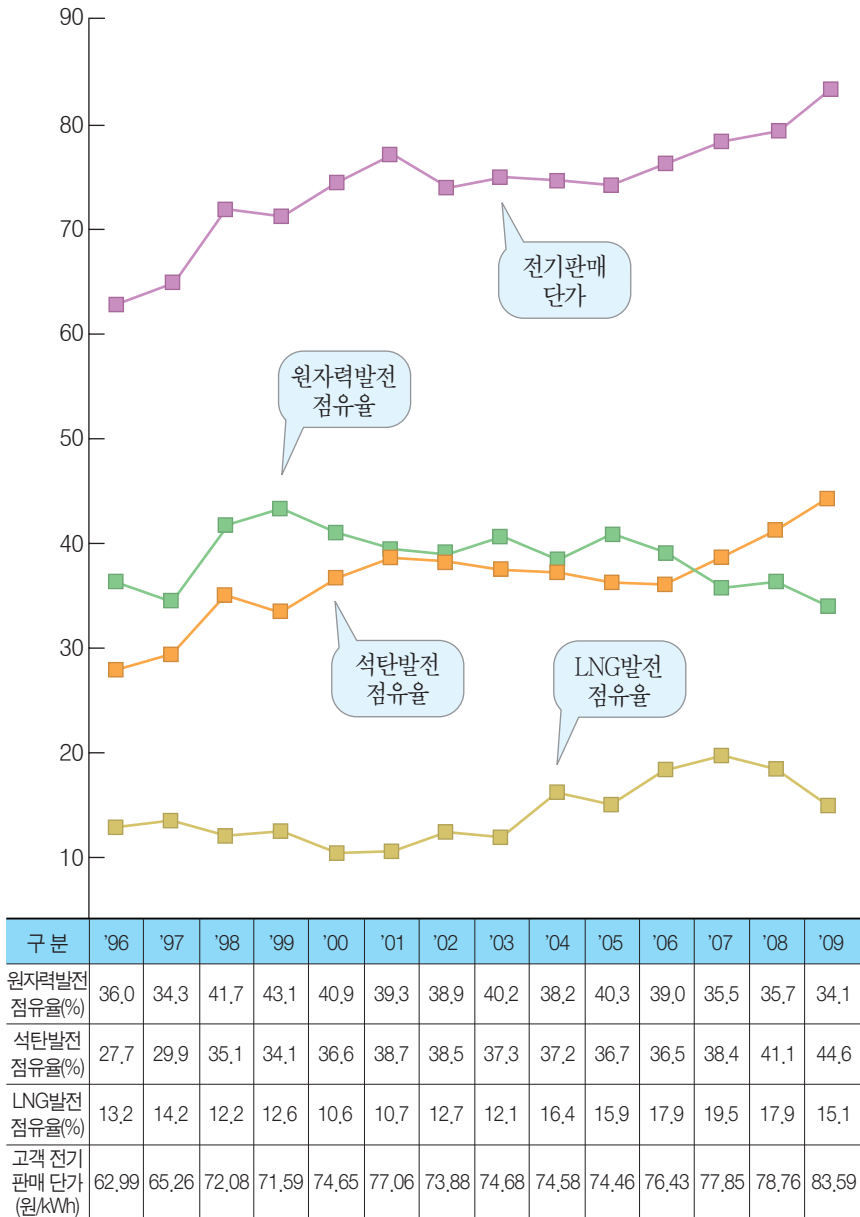
국내원전 호기당 고장정지 추세



고장정지건수

구분	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09
운전기수	11	12	14	15	16	16	18	18	19	20	20	20	20	20
고장정지건수	10	13	6	13	8	8	8	11	12	10	11	12	7	6
1기당 고장정지건수	0.9	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

6. 원자력발전량 점유율과 전기판매단가



[한국전력 전력통계속보 제378호('10. 5.28)]

편찬위원회

위원장 지식경제부 자원개발원전정책관 문재도
위 원 지식경제부 원자력산업과장 이재홍
 한국수력원자력(주) 홍보실장 강신현

편찬실무반

지 식 경 제 부 : 원자력산업과 신흥섭
한국수력원자력(주) : 홍보실 언론홍보팀 신보균

집 필 반

지 식 경 제 부 : 김경미, 박성준, 박한서, 이판대
 이종경, 박지운, 김종범, 하동환
 류광열, 류강열
한 국 전 력 공 사 : 조성민, 임현승, 태종훈
한국수력원자력(주) : 이재동, 원재연, 하수영, 김태완
 고영우, 문병위, 허 열, 설동욱
 허성철, 안병준, 박동원, 백 훈
 심재훈, 신보균
한국방사성폐기물관리공단 : 이철호, 이대기, 오세풍, 최병일
한전원자력연료(주) : 박성배
한국원자력문화재단 : 정항수, 김동원

지식경제부 원자력산업과

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 2010년 6월

발 행 처 : 지 식 경 제 부
한국수력원자력(주)

<비매품>



지식경제부 원자력산업과
경기도 과천시 관문로 88(정부과천청사 3동)
02-2110-5482 / www.mke.go.kr



한국수력원자력(주) 홍보실
서울시 강남구 영동대로 411
02-3456-2492 / www.khnp.co.kr