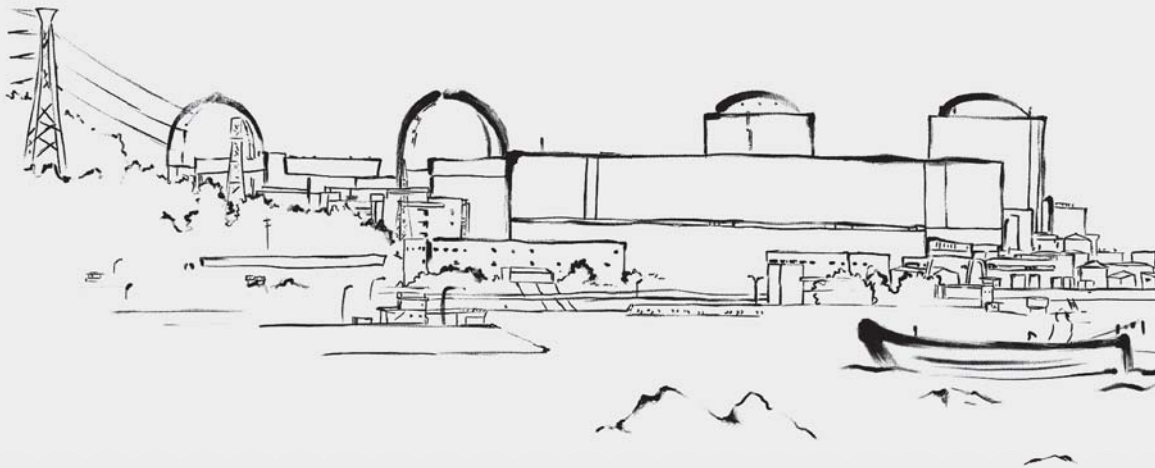


2009 원자력발전백서



mke 지식경제부
Ministry of Knowledge Economy

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

발 간 사



「2009 원자력발전백서」의 발간을 진심으로 기쁘게 생각합니다. 이 책에는 지난 한 해 동안 우리 원자력산업 관계자 여러분이 흘린 땀과 눈물, 그리고 여러분이 꿈꾸는 미래가 담겨 있습니다. 이 기회를 통해 원자력산업 발전을 위해 묵묵히 애써주고 계신 여러분의 노고에 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

지난해 우리나라 원자력발전은 30주년을 맞이하였습니다. 원전의 불모지에서 세계 6위의 원전보유국이자 세계에서 두 번째로 3세대 경수로를 건설 중인 원자력 기술강국으로 성장하기까지 고난과 영광의 역사를 되새기는 소중한 한 해였습니다. 그러나 세계적 경기침체와 환율급등, 사상 유례없는 고유가는 원자력산업을 비롯한 경제전체에 새로운 과제를 안겨주었습니다.

정부는 저탄소 녹색성장을 새로운 국가비전으로 제시하며 당면한 경제위기를 우리 경제의 체질을 개선하고 성장잠재력을 확충하는 계기로 만들기 위해 선도적 노력을 기울여 왔습니다. 국가에너지기본계획('08.8)과 제3차 신재생에너지기본계획('08.12), 제4차 에너지이용합리화기본계획('08.12)을 차례로 발표하며 에너지 다소비형 경제를 저탄소형 경제로 전환하기 위한 세부전략을 수립하였습니다. 이를 통해 정부는 43.4%에 이르는 과도한 석유 의존도를 2030까지 33% 수준까지 줄여나갈 것입니다. 특히 가장 현실적인 화석원료의 대체에너지원으로 주목받고 있는 원자력발전의 설비 비중을 2030년까지 41%('08년 24%)로 확대하고 국내 전력생산의 59%를 원자력발전으로 충당할 계획입니다.

원자력발전 확대를 위한 원자력산업계와 정부의 노력은 새로운 성장동력에 목말라하는 우리경제에 새로운 희망이 될 전망입니다. 체르노빌 참사이후 20여년간 침체에 빠져있는 세계 원전산업이 새로운 부흥기를 맞고 있기 때문입니다. 국제원자력기구(IAEA)는 2030년까지 세계적으로 300기가 넘는 신규원전이 발주될 것으로 예측하고 있습니다. 지난 30여년간 지속적인 원전건설을 통해 세계 최

고수준의 설계, 제작, 건설 기술과 안전관리 능력을 확보하고 있는 우리에게 더 없이 좋은 기회인 것입니다.

정부는 이미 원전수출 유망국을 중심으로 국가별 맞춤형 수주전략을 추진중입니다. 한국형원전의 우수성과 기술력을 홍보하기 위한 설명회를 개최하고 중장기 협력대상국을 중심으로 원자력 인력양성 등 인프라 구축을 지원함으로써 한국형 원전수출에 유리한 환경을 조성하기 위해 노력하고 있습니다.

이와 함께 원전기술을 한 단계 더 발전시키기 위한 노력도 가속화해 나갈 것입니다. 未自立 핵심기술 개발을 조속히 완료하는 한편, 자체 개발한 신형경수로의 핵심설계코드와 기자재(RCP, MMIS)를 100% 국산화하고 이를 새로이 건설될 신울진 원전 1·2호기에 적용시킬 계획입니다. 또한 독자적인 신형원전 APR+ 개발을 당초 계획된 2015년보다 3년 앞당겨 2012년까지 달성함으로써 외국 원전과의 경쟁에서 우위를 점해나갈 것입니다.

그러나 원자력발전의 역할확대를 위해서는 무엇보다 원전운영의 안정성을 높이고 국민의 이해를 구하는 일이 중요합니다. 정부는 지속적인 설비개선과 기술 개발을 통해 원전의 안전성을 향상시키고 원전과 지역사회가 함께 발전할 수 있는 지역공존형 원전 건설을 위해 발전소주변지역지원 제도를 개선해 나갈 것입니다. 아울러, 사용후연료 관리방안 및 신규원전 부지 확보 등 국민적 관심사항들에 대해서는 투명한 정보공개와 충분한 공론화를 거쳐 국민적 공감대를 형성한 후에 결정할 것입니다.

이번에 발간되는「2009 원자력발전백서」가 우리 원자력산업이 가진 큰 힘과 가능성을 되새기고 원전육성의 공감대를 더욱 넓히는 계기가 되기를 기대합니다. 감사합니다.

2009년 6월
지식경제부장관 이윤호



인 사 말



올해는 우리나라 원자력발전이 국민과 함께한지 반세기가 되는 뜻 깊은 해입니다. 우리나라가 전쟁의 잣더미를 딛고 오늘날의 경제 성장을 이룰 수 있었던 배경에는 저렴하고 안정적으로 전력을 공급해 온 원자력발전이 있었습니다.

돌이켜보면 그동안 원자력발전은 눈부신 발전을 거듭해왔습니다. 지난 70년대 초 고리 1호기를 건설할 당시만 해도 원전의 불모지와 다름없던 우리나라가 이제 원전 20기를 운영하는 세계 6위의 원전 대국으로 성장하였습니다. 혼신의 노력을 통해 한국표준형원전을 개발해냈을 뿐 아니라 제3세대 원전인 APR1400 노형의 신고리 3·4호기를 건설 중이며 원전기술 자립이라는 꿈에도 바짝 다가서고 있습니다.

그런가 하면 운영기술 또한 세계 최고의 수준으로 인정받고 있습니다. 미국의 유력 원자력 전문지인 'Nucleonics Week' 3월호에 따르면, 6기 이상 원전 보유국 가운데 우리나라가 원전 이용률 부문에서 1위를 차지하였습니다. 세계 원전 평균 이용률 79.4% 대비 14%를 상회하는 93.4%라는 우수한 성적입니다.

이렇듯 외형적 발전과 더불어 내실을 다져온 우리 원자력발전은 이제 침체된 국가 경제의 새로운 희망이 되어야 하겠습니다. 원자력발전소는 최첨단 과학기술과 다양한 산업분야의 기술력이 집합된 종합 프로젝트입니다. 한국표준형원전 2기를 수출하면 5만 명의 고용효과와 더불어 약 5조원의 수출효과가 창출되는 등 산업계 전반으로 파급효과가 막대합니다. 원전 해외 수출을 달성한다면 국가 경제 활성화에 크게 기여할 수 있을 것입니다.

더구나 가동 중 온실가스 배출이 없는 원자력발전은 지구 온난화 현상의 현실

적인 대안 에너지이기도 합니다. 경제성이 입증된 거의 유일한 청정 에너지원으로 ‘저탄소 녹색성장’ 시대를 이끌 차세대 성장 동력인 것입니다. 그러하기에 우리 정부는 지난해 국가에너지기본계획을 통해 원자력의 발전 비중을 지금의 36%에서 2030년에는 59%까지 확대하겠다고 발표한 바 있습니다.

세계 각국 또한 원자력발전에 주목하고 있습니다. 이른바 ‘원자력 르네상스’라고 할 만큼 원전의 확대와 도입을 서두르고 있는 것입니다.

IAEA에서는 전 세계의 신규 원전건설이 2030년까지 300기를 넘을 것으로 전망하고 있습니다.

이렇듯 원자력의 역할이 커질수록 원자력에 대한 국민의 따뜻한 이해와 관심은 더욱 절실히 요구됩니다. 원전산업이 지속적인 성장을 거듭하기 위해서는 국민의 합의와 지지가 필수적이기 때문입니다.

이러한 뜻에서 발간되는 이 책에는 원자력발전에 대한 모든 정보가 상세하고 알기 쉽게 수록되어 있습니다. 이처럼 원자력발전에 대한 정보를 투명하게 공개하는 것은 국민의 신뢰와 지역 주민들의 이해와 지지를 얻기 위함입니다.

아무쪼록 이 책자가 국민 여러분의 원자력발전에 대한 이해를 높여 나가는데 크게 도움이 되기를 기대하면서, 그동안 발간을 위해 힘써주신 집필진과 관계자 여러분의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

2009년 6월

한국수력원자력(주)사장 김 종 신

김종신

❁ 원자력 2008 >>>>



고리 1호기 재가동 기념식('08. 1.17)



신고리 1호기 원자로 설치('08. 3.31)



영광 슬라파크 종합준공식('08. 4.18)



원자력발전 30주년 기념식('08. 6. 9)

❁ 원자력 2008 >>>>



지식경제부 장관 월성본부 격려 방문('08. 7.17)



신고리 3호기 최초콘크리트 타설('08.10.31)



울진 1호기 상업운전 20주년 기념식('08.12.15)



공공기관 업무보고('08.12.31)

목 차

제1편 원자력발전정책

제1장 국내·외 에너지 정세	3
제1절 개요	3
제2절 세계 에너지 전망	11
제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망	21
제2장 전력수급 기본계획	41
제1절 개요	41
제2절 제4차 전력수급기본계획의 주요 내용	43
제3절 향후 계획	50
제3장 원자력발전 정책 방향	52
제1절 기본방향	52
제2절 원전의 안전성 확보	57
제3절 원전산업의 경쟁력 강화	61
제4절 원전기술개발의 체계적 추진	63
제5절 원자력발전소 주변지역 지원제도	67
제6절 국민이해 확보	72
제7절 원전연료 및 방사성폐기물 관리확보	79
제8절 방사성폐기물 관리	83

제2편 원자력발전소 운영 및 건설

제1장 원자력발전의 역할	95
제1절 원자력의 도입	95
제2절 원자력발전의 필요성	117

제2장 원자력발전소 운영	122
제1절 설비용량 현황	122
제2절 발전량 현황	124
제3절 이용률 및 가동률 현황	126
제4절 불시정지 및 한주기 무고장 안전운전 현황	130
제5절 정비 및 운영관리 현황	136
제3장 원자력발전소 건설	145
제1절 원전건설 현황	145
제2절 원전건설 기술의 발전	157
제4장 원자력발전소 주요운전현황	164
제1절 계속운전	164
제2절 출력증강	185
제3절 월성 1호기 압력관교체	206

제3편 원전연료 및 방사성폐기물 관리

제1장 원전연료 현황	223
제1절 원전연료 주기	223
제2절 각 주기별 수급현황 및 전망	224
제3절 국내 원전연료 수급계획	241
제2장 원전연료 설계 및 제조	244
제1절 경수로 원전연료	244
제2절 중수로 원전연료	260

제3장 방사성폐기물 관리	261
제1절 개요.....	261
제2절 사용후연료 관리	263
제3절 중·저준위 방사성폐기물 관리	267
제4장 방사성폐기물 관리사업	277
제1절 개요.....	277
제2절 부지선정 과정	280
제3절 월성원자력환경관리센터 건설	310
제4절 방사성폐기물관리공단 발족	325
제5절 중·저준위 방사성폐기물 처분시설	330
제6절 사용후연료 공론화	334

제4편 원전의 안전대책

제1장 원전의 안전대책	341
제1절 원전의 안전개념	341
제2절 안전관리 체계	349
제3절 원전의 안전대책	358
제4절 원전의 지진대책	366
제2장 방사선 안전관리	378
제1절 종사자 안전관리	378
제2절 방사능 방재대책	390
제3장 환경관리	397
제1절 환경관리체계.....	397

제2절 일반환경 관리	399
제3절 환경방사능 관리	408
제4절 온배수 관리	418

제5편 연구개발

제1장 원자력 중 · 장기 연구개발 개요	429
------------------------------	-----

제2장 원자력발전기술개발사업	431
제1절 원자력발전기술개발사업 추진 배경	431
제2절 추진 근거 및 목표	433
제3절 사업추진체계	434
제4절 투자규모 및 추진대상기술	437

제3장 원자력연구개발사업	441
제1절 추진배경	441
제2절 추진근거 및 추진체계	442
제3절 추진절차	444
제4절 2009년 추진계획 및 2008년 추진실적	445

제6편 품질보증

제1장 원자력품질보증 개요	453
제1절 일반개요	453
제2절 품질보증 기준	455
제3절 품질보증체계	468

제2장 단계별 품질보증활동	470
제1절 건설단계 품질보증활동	471
제2절 운영단계 품질보증활동	475
제3장 품질문화 정착 및 지속적 개선	478
제1절 품질윤리규범	478
제2절 품질개선활동	478
제3절 품질경영	482
제4절 품질교육	485
제4장 국내·외 품질업무 공조	487
제1절 해외 협력활동	487
제2절 국내 협력활동	490

제7편 국민이해와 지역협력

제1장 국민이해 증진활동	495
제1절 사회환경의 변화	495
제2절 국민이해 증진활동	500
제3절 원자력에 대한 국민인식	529
제4절 해외 여론 동향	533
제2장 원전 주변지역 지원사업	543
제1절 개 요	543
제2절 2008년도 주요사업 실적	550
제3절 2009년도 지원사업 추진계획	554

제3장 지역과의 일체감 형성을 위한 노력	556
제1절 봉사활동 추진현황	556
제2절 지역사회 일체감 행사지원 및 참여	559
제3절 1부서 1마을 자매결연 활동.....	559
제4절 사회공헌 수상실적	560
제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과	561
제1절 건설기간 중 지역경제 영향.....	561
제2절 운영기간 중 지역경제 영향.....	563
 제8편 국제협력 및 해외동향	
제1장 원자력 국제협력	569
제1절 국제 원자력 관련기관	569
제2절 원자력 국제협력	578
제2장 해외사업 진출	602
제1절 개요.....	602
제2절 해외사업 추진현황	605
제3절 향후전망.....	620
제3장 원자력 해외동향	623
 부 록	643

표 목 차

〈표 1- 1〉 세계 총 에너지소비 및 수요 전망	12
〈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	45
〈표 1-15〉 수요관리 목표량	46
〈표 1-16〉 수요관리 투자비	46
〈표 1-17〉 목표수요에 따른 적정설비규모	47
〈표 1-18〉 기준수요에 따른 적정설비용량	47
〈표 1-19〉 기준수요에 따른 2022년 발전설비 구성비	47
〈표 1-20〉 4차 전력수급계획 반영 대상 발전기 종합	48
〈표 1-21〉 연도별 전력수급 전망	49
〈표 1-22〉 연도별 전원구성 전망	50
〈표 1-23〉 기본지원사업과 사업자지원사업의 비교	69
〈표 1-24〉 최근 원자력발전소 주변지역 지원규모	70
〈표 1-25〉 우라늄정광 현물시장 가격추이	81
〈표 2- 1〉 2008년 기준 화석연료 수입대체 효과 및 환경오염 경감 ...	116

〈표 2- 2〉 에너지원별 판매단가 및 CO ₂ 배출량	116
〈표 2- 3〉 국내 원자력발전소 현황	122
〈표 2- 4〉 발전원별 발전설비 용량 추이	124
〈표 2- 5〉 국내 원자력발전소 호기별 발전량 실적	125
〈표 2- 6〉 에너지원별 발전량 구성비 추이	126
〈표 2- 7〉 국내 원자력발전소 이용률 현황	127
〈표 2- 8〉 국내 및 세계 원전이용률 비교	128
〈표 2- 9〉 국내 원자력발전소 가동률 현황	129
〈표 2-10〉 2008년도 국내 원자력발전소 불시정지 현황	131
〈표 2-11〉 국내 원자력발전소 불시정지 현황	132
〈표 2-12〉 국내 원자력발전소『한주기 무고장 안전운전』달성 현황 ...	133
〈표 2-13〉 국내 원자력발전소 연도별『한주기 무고장 안전운전』 현황	136
〈표 2-14〉 국내 원자력발전소 최단공기 현황	136
〈표 2-15〉 호기별 계획예방정비 실적.....	138
〈표 2-16〉 교육훈련 실적	143
〈표 2-17〉 원전 모의제어반 현황.....	144
〈표 2-18〉 건설 및 건설준비중 원전 준공일정	146
〈표 2-19〉 신고리 1·2호기 건설일정	150
〈표 2-20〉 신월성 1·2호기 건설일정	152
〈표 2-21〉 신고리 3·4호기 건설일정	155
〈표 2-22〉 신울진 1·2호기 건설일정	157
〈표 2-23〉 기술자립 역할 분담.....	158
〈표 2-24〉 국내 가동중 원전의 설계수명 현황	166
〈표 2-25〉 경년열화 관리대상 선정 평가에 관한 사항.....	175
〈표 2-26〉 경년열화 관리계획 평가에 관한 사항	175

〈표 2-27〉 계속운전을 위한 수명평가에 관한 사항	177
〈표 2-28〉 운전경험, 연구결과 반영 필요사항	177
〈표 2-29〉 미국원전 출력증강 추진현황.....	186
〈표 2-30〉 출력증강 기술개발 추진경위.....	188
〈표 2-31〉 출력증강에 따른 주요 운전변수 및 안전해석 입력자료 ...	194
〈표 2-32〉 고리 3·4호기 출력증강 전후 확률론적 안전성 변화 추이	202
〈표 2-33〉 고리 4호기 출력증강 적용을 위한 현장업무 수행내용 ...	205
〈표 2-34〉 월성 1호기 평균 이용률 및 발전정지 현황	208
〈표 2-35〉 해외 원전 사례(압력관 전랑교체)	213
〈표 2-36〉 해외 원전 사례(압력관 일부교체)	213
〈표 2-37〉 교체기기 기존대비 개선사항.....	215
〈표 2-38〉 압력관교체 대상 및 저장소	218
〈표 2-39〉 압력관저장시설 제원	219
〈표 3- 1〉 세계 우라늄 정광 수급 전망	227
〈표 3- 2〉 세계 경수로 변환시설 현황	232
〈표 3- 3〉 건설 계획 중인 경수로 변환시설 현황	233
〈표 3- 4〉 세계 경수로 변환역무 수요 전망	233
〈표 3- 5〉 세계 중수로 변환시설 현황	233
〈표 3- 6〉 세계의 농축설비 현황	236
〈표 3- 7〉 농축 수급 전망	237
〈표 3- 8〉 건설 중인 농축설비 현황	238
〈표 3- 9〉 성형가공설비 현황	240
〈표 3-10〉 교체 노심 설계 현황	246
〈표 3-11〉 연도별 국산 경수로용 원전연료 생산 현황.....	247
〈표 3-12〉 경수로용 원전연료 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황 ...	251
〈표 3-13〉 연구개발 과제 내용 및 연료서비스 기술 확보 현황	259

〈표 3-14〉 중수로용 원전연료 주요 제조공정 개선 및 장비개발 현황	260
〈표 3-15〉 사용후연료 시설용량 및 저장실적	264
〈표 3-16〉 2008년 기체 및 액체 방사성 폐기물 배출에 의한 주민예상 선량 평가	269
〈표 3-17〉 2008년도 방사성 기체 및 액체 배출실적	271
〈표 3-18〉 2008년 중·저준위 고체폐기물 발생실적	274
〈표 3-19〉 중·저준위 방사성폐기물 인도규정(고시 2008-65호) 주요내용	275
〈표 3-20〉 유치신청 현황	307
〈표 3-21〉 방폐장 유치 주민투표 결과	308
〈표 3-22〉 중·저준위 방사성폐기물처분장 부지선정 추진 과정	309
〈표 3-23〉 방폐공단의 지역지원사업 대상	330
〈표 4- 1〉 한수원(주) 원자력 안전점검의 날 행사 실적	357
〈표 4- 2〉 국내 원전의 내진설계값	368
〈표 4- 3〉 미국 주요원전의 내진설계값	369
〈표 4- 4〉 중요지진 및 원전의 지진 안전성	373
〈표 4- 5〉 지진 진도 비교표	374
〈표 4- 6〉 지진 감시설비 현황	377
〈표 4- 7〉 방사선관리구역 출입절차	383
〈표 4- 8〉 주요 방사선 방호장구	387
〈표 4- 9〉 방사선량 및 계획예방정비 기간 비교	388
〈표 4-10〉 국내외 원전 노형별 호기당 평균 방사선량	389
〈표 4-11〉 2008년도 방사능방재 합동 및 전체훈련 실적	392
〈표 4-12〉 2008년도 방사능방재 부분훈련 실적	393
〈표 4-13〉 한수원(주) 방사능재난대응시설 확보 현황	395

〈표 4-14〉 갑상선 방호약품(KI정제) 확보 현황	396
〈표 4-15〉 행정관서 환경방사능 감시단말기 설치 현황	396
〈표 4-16〉 대피 수용시설(구호소) 현황	396
〈표 4-17〉 원전 주변 해양수질의 연도별 변화	406
〈표 4-18〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화	407
〈표 4-19〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황	407
〈표 4-20〉 환경방사선 조사내용	410
〈표 4-21〉 공간감마선량률(환경방사선감시기)	411
〈표 4-22〉 공간집적선량	412
〈표 4-23〉 부지별 예상 최대 주민피폭선량	417
〈표 4-24〉 원전 온배수 피해보상 민원현황(1980~2008)	424
〈표 5- 1〉 연도별 투자 계획	437
〈표 5- 2〉 2009년 추진계획 및 2008년 실적	447
〈표 6- 1〉 A등급 품질보증요건	464
〈표 6- 2〉 주요 품질감독 항목	466
〈표 6- 3〉 업무별 품질활동	477
〈표 6- 4〉 품질경영 중장기 주요 실천계획	483
〈표 6- 5〉 주요 사내·외 품질교육과정의 종류	486
〈표 7- 1〉 원전 사고·고장 정보공개 관련 인터넷 홈페이지 주소 ...	503
〈표 7- 2〉 원자력관련 연도별 인식도 변화 추이	532
〈표 7- 3〉 2008년도 지원 및 납부 금액	544
〈표 7- 4〉 기금지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체	547
〈표 7- 5〉 기금 기본지원사업 세부내용	548
〈표 7- 6〉 사업자지원사업 추진방향	549
〈표 7- 7〉 사업자지원사업 세부내용	549
〈표 7- 8〉 2008년도 기금지원사업 지원실적	551

〈표 7- 9〉 연도별 기금지원사업 지원금액	551
〈표 7-10〉 연도별 특별지원사업 지원금액.....	552
〈표 7-11〉 사업자지원사업 지원실적	553
〈표 7-12〉 2008년도 사업자지원사업 사업종류별 지원실적	553
〈표 7-13〉 2009년도 기금지원사업 계획	554
〈표 7-14〉 2009년도 사업자지원사업 계획	555
〈표 7-15〉 봉사활동 실적 통계.....	558
〈표 7-16〉 1부서 1마을 자매결연 활동	559
〈표 7-17〉 2008년 신고리 1·2호기 건설현장 인력고용 현황	561
〈표 7-18〉 2008년 신월성 1·2호기 건설현장 인력고용 현황	562
〈표 7-19〉 2008년 신고리 3·4호기 건설현장 인력고용 현황	562
〈표 7-20〉 2008년 지역업체 원전건설공사 참여현황	563
〈표 7-21〉 2008년 국내 원자력발전소 근무자 현황	564
〈표 7-22〉 2008년 원자력발전소별 지방세 납부현황	565
〈표 7-23〉 원자력발전소 주변지역 쌀 구매 실적	566
〈표 8- 1〉 원자력기구(NEA) 회원국 현황.....	571
〈표 8- 2〉 NEA의 운영위원회 조직	574
〈표 8- 3〉 해외원전 소유자그룹 현황	577
〈표 8- 4〉 국제원자력기구 협약 가입 현황	579
〈표 8- 5〉 원자력관련 협정 체결 현황	585
〈표 8- 6〉 원자력협력협정 체결 현황	599
〈표 8- 7〉 양국간 원자력공동조정위원회 개최현황	601
〈표 8- 8〉 사업기반 구축 대상국	619
〈표 8- 9〉 중장기 협력 대상국	620

그림 목 차

〈그림 1- 1〉 국제유가 및 세계석유수요 추이	5
〈그림 1- 2〉 GDP와 에너지소비	23
〈그림 1- 3〉 1차에너지 소비구조	27
〈그림 1- 4〉 원전기술 개발 과정	64
〈그림 2- 1〉 원전건설 변천사	99
〈그림 2- 2〉 고리 1호기 기공식	101
〈그림 2- 3〉 고리 1호기 준공식	101
〈그림 2- 4〉 발전원별 이산화탄소(CO2) 배출량 비교	119
〈그림 2- 5〉 신고리 1·2호기 공사현장 전경	148
〈그림 2- 6〉 신월성 1·2호기 공사현장 전경	151
〈그림 2- 7〉 신고리 3·4호기 공사현장 전경	155
〈그림 2- 8〉 미국 기네이 원전, 일본 쓰루가 원전, 영국 올드버리 원전	170
〈그림 2- 9〉 고리 1호기 신형 증기발생기 설치, 원자로냉각재펌프 교체	172
〈그림 2-10〉 고리 1호기 계속운전 사업추진회의	173
〈그림 2-11〉 계속운전 안전심사 절차도	182
〈그림 2-12〉 계속운전 안전성 설명회, 심포지움 모습	183
〈그림 2-13〉 고리 1호기 계속운전 재가동 기념식 모습	184
〈그림 2-14〉 출력증강 제6차 사업추진회의 기념사진	186
〈그림 2-15〉 출력증강 기술개발 방법	189
〈그림 2-16〉 출력증강 기술개발 추진 체계	191
〈그림 2-17〉 출력증강 기술개발 추진 절차	192
〈그림 2-18〉 월성 1호기 계통도	207
〈그림 2-19〉 월성 1호기 원자로	209
〈그림 2-20〉 압력관 전면	211

〈그림 2-21〉 압력관 감용장비	212
〈그림 2-22〉 압력관 Mock-up 훈련장	216
〈그림 2-23〉 기기 조립장	217
〈그림 2-24〉 캐나다 포인트레프르 원전 압력관저장시설	219
〈그림 3- 1〉 원전연료 주기도	223
〈그림 3- 2〉 우라늄 정광 현물 시장가격 추이	229
〈그림 3- 3〉 원심분리 및 기체확산 농축시설	235
〈그림 3- 4〉 경수로용 원전연료 집합체	239
〈그림 3- 5〉 중수로용 원전연료 집합체	240
〈그림 3- 6〉 월성원전 사용후연료 건식저장시설	265
〈그림 3- 7〉 드림핵중분석장치 검출기 및 컨베이어	276
〈그림 3- 8〉 이송용 컨베이어	276
〈그림 3- 9〉 월성원자력환경관리센터 조감도	280
〈그림 3-10〉 절차공고에 따른 부지선정 절차 및 일정	306
〈그림 3-11〉 방폐장 유치지역 특별지원금 지원 협약식	313
〈그림 3-12〉 동굴처분방식	317
〈그림 3-13〉 월성원자력환경관리센터 착공식	323
〈그림 3-14〉 월성원자력환경관리센터 건설현장	325
〈그림 3-15〉 한국방사성폐기물관리공단 설립	326
〈그림 3-16〉 방폐물 운송선박	333
〈그림 4- 1〉 심층방어 개념	343
〈그림 4- 2〉 다중방호 설비	345
〈그림 4- 3〉 안전설비	347
〈그림 4- 4〉 안전관리체계	350
〈그림 4- 5〉 가동원전 종합 안전점검	352
〈그림 4- 6〉 SA · CAP · PG개념도	353

〈그림 4- 7〉 제14회 원자력안전의 날 기념식	356
〈그림 4- 8〉 국내원전 내진성능 개선방안	371
〈그림 4- 8〉 방사선관리구역 출입구 모습	383
〈그림 4- 9〉 휴대형 공기공급 호흡방호장비 착용모습	386
〈그림 4-10〉 국가 방사능 방재대책 체계도	391
〈그림 4-11〉 방사능 방재훈련 모습.....	393
〈그림 4-12〉 환경경영시스템 인증서	403
〈그림 4-13〉 원자력발전소 온배수 순환도.....	419
〈그림 4-14〉 온배수와 자연해수에서 월동한 넙치 비교	421
〈그림 4-15〉 월성원자력 온배수이용 양식장.....	423
〈그림 4-16〉 영광원전 온배수이용 양식어류 방류행사	423
〈그림 5- 1〉 원전 기술개발 단계	431
〈그림 5- 2〉 원전 기술의 발달 과정	432
〈그림 5- 3〉 지식경제부 주관 원전기술개발사업 구도	433
〈그림 5- 4〉 원자력발전 기술개발사업 추진체계	435
〈그림 5- 5〉 과제 선정 및 수행 절차	436
〈그림 5- 6〉 과제 평가 절차	437
〈그림 5- 7〉 원자력연구개발사업 분류	443
〈그림 5- 8〉 과제선정 및 수행절차	444
〈그림 6- 1〉 국내 원자력사업 품질보증 체계	468
〈그림 6- 2〉 한수원(주) 품질보증체계도	469
〈그림 6- 3〉 단계별 품질보증활동 종합	470
〈그림 6- 4〉 원자력 건설사업 추진 조직	471
〈그림 6- 5〉 품질비전, 품질목표 및 추진전략 체계도	484
〈그림 7- 1〉 과천과학관 지진체험관 및 한수원 홍보전시부스	513
〈그림 7- 2〉 지원금 및 지방세 흐름도	545

〈그림 7- 3〉 발주법 개정연혁	546
〈그림 7- 4〉 한수원 사회봉사단 조직	557
〈그림 7- 5〉 2008년 주요성과.....	557
〈그림 7- 6〉 봉사활동기금 현황	558
〈그림 8- 1〉 세계원전 현황	602

제1편 원자력발전정책

>>> 제1장 국내·외 에너지정세

>>> 제2장 전력수급 기본계획

>>> 제3장 원자력발전 정책 방향

제1장 국내 · 외 에너지정세

지식경제부 에너지자원정책과 주무관 이정훈

제1절 개요

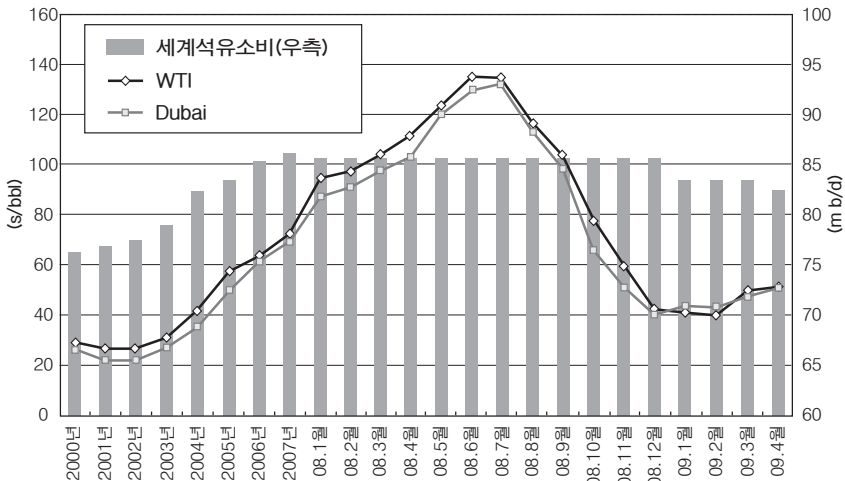
최근 세계 에너지시장을 둘러싸고 있는 환경을 살펴보면, 석유는 2008년 중반에 배럴당 최고 147달러까지 올라갔다가 같은해 말 40달러 수준으로 급락하였다. 또한 천연가스는 가스 생산국들 사이에 GAS-OPEC의 결성이 논의되고 있는 가운데 되풀이되고 있는 러시아의 대유럽 천연가스 공급중단 사태와 그로 인한 EU의 에너지안보에 대한 논란이 세계 에너지시장을 새로운 시각에서 살펴보게 하고 있다. 특히 2008년 전반기에 나타난 초고유가 사태로의 진전은 단기적으로 석유는 물론 가스, 석탄 등 화석에너지 전반의 시장가격을 끌어올렸지만 그 결과로 에너지 소비 감소를 가져오며 하반기부터 에너지 가격은 하락세로 반전되었다. 물론 2008년말 몰아닥친 미국 발 금융위기로 인한 글로벌 경기침체의 여파로 전 세계의 에너지 수요가 급감하여 원자재를 포함한 에너지 시장의 침체도 예외가 될 수 없었다. 글로벌 경기침체로 인한 에너지 시장의 어려움은 상류부문에 대한 개발 및 신규투자 부진과 지연으로 나타나고 있다. 이는 향후 세계경기 회복시 또다시 원유 등 에너지 가격의 폭등을 가져올 수 있는 요인이 될 것으로 평가되고 있다.

과거 수차례의 에너지 위기는 원인이 해소되면 이전 상황으로 회복되어 에너지시장이 다시 안정을 찾는 트렌드가 유지되어 왔다. 그러나

2000년대 들어, 특히 최근에는 에너지시장의 트렌드가 커다란 변화를 보이고 있다. 수급측면에서 살펴보면, 석유를 포함한 에너지 수요는 중국과 인도 등 신흥 개발도상국들의 소비가 해당국 정부의 적극적인 경제개발 정책의 결과로 큰 폭으로 증가하고 있다. 특히 중국과 인도의 경우 가히 폭발적이라고 할 만큼 에너지 수요가 늘어나고 있다. 이에 비하여 공급측면의 에너지 시장 환경은 매년 악화되고 있다. 특히 석유부문에서 보면, 고유가 상황이 유지되었던 2008년에도 OPEC의 여유 생산능력이 낮게 유지되었고, 러시아를 제외한 비OPEC 산유국의 증산 가능성은 마이너스로 평가되었다. 따라서 중장기적으로 개도국을 중심으로 늘어나게 될 석유 수요에 대한 공급은 거의 전적으로 OPEC 특히 중동 OPEC에 의존할 수밖에 없다는 결론이다. 하지만 근원적인 자원고갈의 문제는 접어들더라도 OPEC을 포함한 산유국에서 정치적 이유나 테러, 전쟁 가능성 등 지정학적 요인과 투자부진 등으로 유전개발과 생산에 어려움이 예상되고 있고, 지구온난화로 인한 잦은 열대성 폭풍의 발생에 따른 유전 및 생산설비 손실로 인한 피해가 해마다 늘어나고 있다. 이는 중장기적으로 수요보다는 공급부문의 제약에 따라 2008년과 같은 고유가 상황이 전개될 수 있음을 예고하는 것이다.

2008년에 배럴당 150달러를 위협하는 수준까지 치솟았던 초고유가 상황은 우리 경제를 크게 위협한 바 있다. 초고유가 상황의 지속은 에너지소비의 96.5%를 해외에 의존하고 있는 우리나라로서는 커다란 부담으로 작용할 수밖에 없다. 2008년 상반기 동안 유가상승이 지속된 주요인은 중국 등 개도국의 지속적인 석유수요 증가와 ‘피크오일 이론’을

배경으로 석유매장량 조기 고갈의 우려가 확산되면서, 상품시장에서 대규모 투기자금들이 석유상품 매입을 확대하였기 때문이었다. 여기에는 2007년부터 지속된 미국 서브프라임 모기지 부실로 인한 투자여건 변화의 영향이 반영된 것으로 보여진다. 또 다른 요인으로서는 달러화 약세를 들 수 있다. 달러화 약세는 원유 실질가격의 하락을 의미하지만 원유 선물에 대한 투자가 자산가치 보전을 위한 매력적인 투자로 인식되면서 달러화 하락 시마다 대규모 투자자산이 Nymex 등 석유상품시장으로 유입되어 유가상승으로 이어졌다. 수급측면에서 보면, 국제에너지기구(IEA)는 2008년 초 세계석유 수요를 2007년 대비 1.8백만b/d 증가할 것으로 예측했으나, 초고유가 상황으로 인한 OECD 특히 미국을 중심으로 한 큰 폭의 소비감소와 4분기에 표면화된 글로벌 경기침체 영향으로 세계 석유수요는 2007년보다 오히려 줄어든 것으로 확인되었다.



〈그림 1-1〉 국제유가 및 세계석유수요 추이

2008년 상반기의 유가 폭등은 금, 은 등 귀금속은 물론 구리, 아연 등 광물 원자재가격까지도 급등을 초래하였다. 결국 우리나라는 경기침체와 더불어 국제 원자재가격의 폭등으로 스태그플레이션을 고민해야 하는 상황에 놓이게 되었다. 미국의 실물경기 침체가 본격화되고 금융시장 경색에 따른 여파가 서유럽과 일본 등 주요 선진국들로 파급되면서 각종 경제지표의 부진이 목격된 한편, 국제 유가와 원자재 및 농산물 폭등 현상으로 세계 경제는 마이너스 성장을 우려하기에 이르렀다. 다행히도 2008년 하반기 들어 국제유가는 하락세로 전환되었고 9월 이후에는 글로벌 불경기 여파로 급락세가 이어지면서 12월 국제유가는 배럴당 40달러 수준으로까지 폭락하였다. 2차 세계대전 이후 최대 폭이라는 세계적 불경기로 인해 주요 석유 소비국들의 실질 수요가 큰 폭으로 감소한 것이 유가폭락의 주요인이었다. 실제로 2008년 한 해 동안 세계 석유 수요는 유가하락 만큼이나 예상을 뛰어넘는 소비감소 현상을 보였다. 우리나라의 경우에도 2008년 석유제품 소비는 전년대비 약 4.3% 감소한 것으로 나타났다.

석유를 제외한 에너지원별 시장을 보면 주로 장기계약을 통하여 거래되고 있는 LNG 시장의 경우, 아시아지역의 LNG 수입가격은 원유가격에 연동되어 있기 때문에 2008년도에는 원유가격의 폭등으로 LNG 수입 가격이 10월에 최고 톤당 1,000달러가 넘는 수준까지 급등하였다. 그러나 11월부터 LNG 가격이 하락하기 시작하였으며, 2009년 초에는 경기침체의 여파로 가스 소비가 전 세계적으로 줄어들면서 LNG 시장에서 일시적인 공급초과 현상도 나타나고 있다. 현재로서는 글로벌 경

경기침체의 영향으로 나타난 현상으로 분석되지만 경기회복이 늦어질 경우, 카타르 등 중동의 신규 LNG 액화공장 가동이 예정되어 있기 때문에 LNG 시장이 공급 초과로 인하여 특히 현물시장을 중심으로 약세상황이 한동안 이어질 가능성도 예상해볼 수 있다.

석탄(연료탄)시장의 경우, 2007년 하반기부터 이어진 경기호황의 여파로 인하여 세계 석탄수요 증가와 해상물동량 증가가 이어지면서 2008년 상반기까지 연료탄 국제가격의 상승세가 이어져 왔다. 특히 아시아 시장에서 연료탄 가격은 2008년 7월에 최고 톤당 220달러가 넘는 높은 가격을 기록하기도 하였다. 이는 특히 연말과 연초에 발생된 홍수로 인한 호주 석탄광의 공급량 감소와 남아공의 전력부족 사태, 그리고 중국 정부의 일시적인 석탄수출 중단 등의 사태들이 석탄시장의 수급요인을 악화시키면서 석탄 국제가격 상승에 중요한 원인을 제공하였다. 2007년 중국의 석탄수출 물량은 53.2백만 톤으로 예년 수준의 절반에도 미치지 못하는 수준으로 급감하였는데, 이는 중국의 국내 석탄수급 차질로 인한 중국정부의 일시적인 수출중단 조치의 영향인 것으로 확인된 바 있다. 그러나 석탄시장에 있어서도 2008년 7월을 분기점으로 유가하락 반전과 함께 약세로 돌아섰으며, 더구나 세계적인 경기침체가 본격화한 4분기 이후 원유와 마찬가지로 석탄가격도 급락세가 이어졌다. 2008년 말에는 연료탄 국제시세가 톤당 85달러 수준으로 떨어졌고, 심각한 전세계 불경기 여파로 1/4분기까지도 약세 상황으로 유지되고 있다. 이러한 석탄가격 하락에는 미국과 인도네시아, 호주 등에서의 석탄수출이 점차 늘어나고 있고, 경기침체로 인한 전력 및 산업용 석탄소

비가 줄어들면서 공급여력이 커지고 있기 때문으로 분석되고 있다. 또한 해상물동량 감소로 선박 수송운임이 크게 떨어진 것도 주요한 원인이 되고 있다.

IMF를 포함한 세계 경제기구들은 2008년에 마이너스를 기록한 세계 경제 성장률이 2009년까지는 회복되기 어렵겠지만 2010년부터는 점차 회복추세로 돌아설 것이라는 전망을 내놓고 있다. 중국을 포함한 개도국들의 경제성장률은 2008년에도 마이너스 성장이 아닌 성장률 둔화를 예상하였으며 중국은 2009년에도 6%대의 성장률을 기록할 것으로 전망하였다.

세계적인 불황이 덮치면서 석유를 비롯한 에너지시장은 잠시나마 가격 약세와 함께 수급상황이 안정세를 보이고 있다. 세계 각국은 작년 말 이후부터 금융시스템의 안정화 노력과 더불어 정부투자 확대 등 경기회복을 위한 대책들을 쏟아내고 있다. IMF 등 국제 경제기구들이 현 세계 경제 상황의 회복이 다소 더디게 진행될 것이라는 전망을 내놓고 있지만 대체로 2010년부터는 회복기에 접어들 것으로 보고 있다. 이러한 상황에서 에너지 분야는 경기회복이 본격화되면 유가를 비롯한 에너지가 격 전반의 상승세가 또다시 이어질 것으로 전망되고 있다. 이는 글로벌 불황으로 인한 에너지부문 특히 석유, 가스산업에서의 투자 지연 및 취소 상황이 경기회복으로 에너지 수요가 본격적으로 증가하는 국면에서는 공급부진에 의한 수급상황 악화를 초래하는 요인이 될 것으로 예상되기 때문이다. 따라서 최근과 같은 저유가 시기에 에너지 자원 확보에 대한 투자가 전략적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 정부는 이와

같은 필요성에 따라서 2008년 하반기부터 본격적인 자원외교를 수행하고 있다.

한편, 지구온난화를 방지하기 위한 국제적인 노력이 전개되어 왔는데, 1992년 UN 환경개발회의에서 기후변화에 관한 국제연합기본협약이 채택되었고, 구체적 실행계획을 포함하고 있는 교토의정서(Kyoto Protocol)가 2005년 2월 16일 발효된 바 있다. 최근에는 2012년 이후 선진국의 의무부담에 대한 협상이 UNFCCC(United Nations Convention on Climate Change) 차원의 특별작업반(Ad hoc Working Group)을 통하여 진행되고 있으며, 2012년 이후 기후변화 대응체제 구축을 위한 선진국과 개도국 등 모든 당사국들이 참여하는 ‘기후변화협약 이행 증진을 위한 기후변화에 대응한 장기협력 대화 채널’이 가동 중에 있다. 지금까지의 기후변화협상에 의하면 우리나라는 non-Annex I 국가로서 현재 온실가스배출량 감축 의무부담국(Annex I 국가)에 속해 있지 않지만, 향후 협상 여하에 따라 의무부담국에 편입되거나 자발적 감축량을 설정하는 등 실질적인 온실가스 감축 정책을 추진해야 할 것으로 보인다.

우리나라는 OECD가입국이면서 에너지연소부문에서 세계 10위의 이산화탄소 배출국가로, 선진국들의 온실가스 감축 압력이 가중되고 있다. 우리 정부는 이러한 국제적 압력에 효과적으로 대응하기 위하여 2001년 9월 국무총리훈령을 제정하여 범정부대책기구를 기후변화대책위원회로 확대 개편하고, 에너지 절약 및 온실가스 감축이 우리경제의 신 발전 비전인 ‘저탄소 녹색성장’과 부합된다는 인식하에 정부종합

기본계획을 수립하여 시행하고 있다. 국무총리실, 지식경제부, 외교통상부, 환경부 등 관계부처의 협의 및 공청회를 거쳐 ‘기후변화대응 종합 기본계획’을 2008년 9월 수립하였으며, 12월에는 기본계획의 후속 계획인 「세부이행계획」, 「기후변화대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜」, 「국가 기후변화 적응 종합계획」을 심의·확정하였다.

지식경제부는 2008년 8월 국가에너지위원회에서 심의·확정된 에너지부문 최상위 계획인 「제1차 국가에너지기본계획」(2008~2030)을 작성하여, 국가의 새로운 발전 패러다임인 ‘저탄소 녹색성장’ 구현을 위한 기반을 마련하고, 기본계획의 충실한 이행을 위한 세부 실천계획들을 수립하여 이행해 나가고 있다. 또한 국가 온실가스 의무부담 현실화에 대비하여 온실가스 감축시스템을 구축하고 대외 협상능력을 강화하기 위해 노력하고 있다. 2009년 12월에 있을 2013년 이후의 온실가스 감축의무부담체제 국제논의에 대비한 협상대책을 마련하고, 배출량, 감축실적 등 정책수립의 기초가 되는 통계체제를 지속적으로 구축하고 있다.

최근의 세계적 경기침체에도 불구하고, 우리를 둘러싼 주변국들의 에너지 확보경쟁은 갈수록 격화되고 있다. 특히 동북아 에너지 패권을 차지하기 위한 중국과 일본의 경쟁은 가히 자원전쟁이라고 해도 과언이 아닐 정도이다. 중국은 폭증하는 에너지 수요에 대비하여 유엔탄과 같은 주요자원의 수출을 제한하고, 이란의 핵개발 추진에도 불구하고 이란과 에너지 협정 체결 및 인도와의 자원 확보 협력을 추진하고 있다. 일본은 동중국해 가스전 탐사, 동시베리아 송유관 등 자원 확보를 위해 중

국과 경쟁을 치열하게 전개 중이다. 미국·유럽 각국도 중동과 카스피해의 자원선점을 위해 국가적 차원의 노력을 벌이고 있다. 세계 경제의 회복이 가시화되고, 잠재적 경제대국인 인도의 경제 발전이 본격화 되는 경우 이러한 국제사회의 자원 확보 경쟁은 더욱 심화될 전망이다.

제2절 세계 에너지 전망

1. 세계 총에너지 수요 전망

세계 에너지수요는 IEO(International Energy Outlook) 2008 기준시나리오(reference case) 전망에 따르면 2005~2030년까지 50% 증가할 것으로 전망된다. 국제 유가와 천연가스 가격 상승이 장기적으로 에너지수요를 다소 둔화시키는 요인으로 작용하겠으나, 개발도상국(Emerging Economies)의 고성장과 인구증가로 인해 세계 에너지 수요 증가율은 높은 수준을 유지할 것이다.

총 에너지수요는 2005년 46만2천조Btu(quadrillion british thermal units : Qbtu)에서 2015년에는 56만3천조Btu, 2030년에는 69만5천조Btu로 증가할 것으로 예상된다.

〈표 1-1〉 세계 총 에너지소비 및 수요 전망

(단위 : 천조Btu)

구 분	소비실적			수요전망					연평균 증가율(%) '04 ~ '30
	'90	'04	'05	'10	'15	'20	'25	'30	
OECD	197.5	239.4	240.9	249.7	260.5	269.0	277.6	285.9	0.7
북미	100.7	120.6	121.3	126.4	132.3	137.8	143.4	148.9	0.8
유럽	70.0	81.0	81.4	83.9	86.8	88.5	90.4	92.0	0.5
아시아	26.8	37.8	38.2	39.3	41.4	42.7	43.7	44.9	0.7
Non-OECD	149.9	207.9	221.3	262.8	302.5	339.4	374.2	408.8	2.5
러시아 등	67.3	49.5	50.7	55.1	59.5	63.3	66.0	69.1	1.2
아시아	47.4	101.0	109.9	137.1	164.2	189.4	215.3	240.8	3.2
중동	11.2	20.9	22.9	26.4	29.5	32.6	34.7	36.8	1.9
아프리카	9.5	14.0	14.4	16.5	18.9	20.9	22.5	23.9	2.0
중남미	14.5	22.5	23.4	27.7	30.5	33.2	35.7	38.3	2.0
총계	347.4	447.3	462.2	512.5	563.0	608.4	651.8	694.7	1.6

비 OECD 국가인 개발도상국의 에너지수요는 2005~2030년 기간 중 연평균 2.5%씩 증가할 것으로 전망되어 2030년에는 2005년 수준에 비해 84.7%나 늘어날 것으로 예상된다. 반면, OECD 국가들의 같은 기간 에너지수요 증가율은 연평균 0.7%에 불과할 것으로 전망된다.

개발도상국 중에서도 중국과 인도의 경제성장률이 가장 높게 전망되고 있어 에너지수요 역시 이러한 경제성장세를 반영하여 빠르게 늘어날 것으로 예상된다. 중국 및 인도의 에너지소비가 세계 에너지소비에서 차지하는 비중은 빠른 경제성장에 기인하여 크게 증가하였는데, 1980년 8% 미만에서 2005년에는 18%로 크게 확대되었다. 또한 2030년의 에너지수요는 2005년 수준보다 두 배 이상으로 증가하여 전 세계 에너

지수요의 25%를 점유할 것으로 예측되고 있다. 한편 중동과 아프리카, 그리고 중남미 등 비 OECD국가들의 에너지수요는 같은 기간 60% 정도 증가할 것으로 전망되며, 비 OECD 유럽과 구소련 지역을 포함하는 유라시아 지역의 경우에는 비효율적인 자본재 대체에 따른 에너지효율 개선과 인구증가율 둔화로 에너지수요가 2005년과 2030년 기간 동안 36% 증가하는데 그칠 것으로 전망된다.

한편, 전 세계에서 미국의 에너지수요가 차지하는 비중은 2005년 22%에서 2030년 17%로 줄어들 것으로 보인다.

2. 부문별 최종에너지 수요 전망

최종수요부문(end-use sector)의 에너지수요는 석유가 주종을 이루는 수송부문을 제외하면 지역별 특성에 따라 다양성을 나타내고 있다.

가. 가정부문

전 세계적으로 가정부문의 에너지수요는 2005년을 기준으로 전체 에너지소비의 15%를 차지하고 있다. 국가마다 가정부문의 에너지소비 구조는 매우 다양하게 나타나고 있는데 이는 국가별 소득수준이나 자원보유량, 기후 및 에너지 인프라가 다르기 때문이다. 일반적으로 OECD 국가의 가구당 에너지소비가 비 OECD 국가보다 높게 나타나고 있으며, 이는 부분적으로 소득수준에 기인한다고 할 수 있다. 예를 들면 미국의 인당 GDP는 2005년에 3만7천 달러(2000년 불변기준)였으며 인당 에너지소비는 38.7백만 Btu로 나타났다. 반면 중국은 같은 기간 인당 소득

수준이 5,900 달러였으며 인당 에너지소비 수준은 3.2백만 Btu 였다. IEO2008이 시장에서 거래되는 에너지를 기준으로 전망하고 있다는 점을 고려할 때, 비 OECD 국가들의 가정부문 에너지소비가 아직도 전통적인 목재, 쓰레기, 동물배설물 등에 상당히 많은 부분을 의존하고 있다는 것은 전망의 의미를 퇴색하게 할 수 있는 부분이다. 아프리카 사하라 남부의 시골주민들의 93%는 여전히 요리를 위해 바이오매스(동물 배설물)를 주요 에너지원으로 사용하고 있으며, 중국과 인도의 일부지역에서도 목재나 숯 등을 주로 이용하고 있다.

나. 상업부문

상업부문은 서비스 분야로도 인식되고 있는데 다양한 형태의 서비스를 제공하는 학교, 상점, 교도소, 식당, 호텔, 병원, 박물관, 사무용 건물, 은행, 체육관, 스타디움 등으로 구성되며 주로 건물에 대한 냉난방이나 온수, 조명, 취사 등에 에너지가 사용되고 있다. 건물 이외의 분야에서는 신호등, 도심 수도 공급 및 하수도 처리 등에서 에너지가 사용된다. 상업부문 에너지소비 역시 소득수준과 크게 직결되는 특성을 갖고 있기 때문에, 일반적으로 OECD 국가의 상업부문 인당 에너지소비가 비 OECD 국가의 그것에 비해 크게 나타나고 있다. 2005년에 비 OECD 국가의 인당 에너지소비는 1.2백만 Btu에 불과한데 반해 OECD의 인당 에너지소비는 평균 16.4백만 Btu를 기록하였다.

OECD 국가들의 인구증가 둔화 및 지속적인 에너지효율 개선은 전망 기간 동안 상업부문 에너지수요 증가를 억제하는 요인으로 작용할 것이

다. 한편 경제성장에 따른 비즈니스 활동 증가가 상업용 에너지수요를 증가시키는 요인으로 작용하기도 한다. 미국은 OECD 국가 중 상업용 에너지소비가 가장 많은 나라이며 전망기간 동안에도 이러한 추세는 이어져 2030년에는 전 세계 상업용 에너지수요의 45%를 점유할 것으로 전망된다. 비 OECD국가에서는 경제성장이 빠르게 진행되고 있는 만큼 상업용 에너지수요도 급격히 증가할 전망이다. 인구증가가 OECD국가들에 비해 상대적으로 빠르다는 점도 상업용 에너지수요가 OECD국가에 비해 크게 증가할 수밖에 없는 요인이다.

다. 산업부문

일반적으로 OECD국가가 비 OECD국가에 비해 산업부문 에너지효율성이 높으며 산업구조 측면에서도 에너지저소비산업의 비중이 상대적으로 높다. 이에 따라 비 OECD국가의 산업부문 에너지소비 원단위(에너지소비/GDP)가 OECD국가에 비해 거의 40% 가량 높게 나타나고 있다. 비 OECD국가들은 산업부문의 노후된 설비들을 교체하는 과정에서 상당한 에너지원단위 개선을 나타낼 것으로 전망된다. 이에 따라 비 OECD 국가들의 에너지원단위는 2005~2030년 기간 중에 연평균 3.0%를 기록할 것으로 전망된다. 전 세계적으로는 연평균 2.1%씩 에너지원단위가 개선될 것으로 전망된다.

OECD국가들은 중공업 산업과 에너지다소비 산업에서 벗어나 서비스산업으로 이동하거나 에너지저소비형 산업구조로 이동하고 있는 반면, 비 OECD국가에서는 점차 에너지다소비형의 중공업 비중이 높아져

가고 있다. 중국의 경우, 최종에너지소비에서 산업부문이 차지하는 비중이 77%에 이르고 있다. 2030년까지 이러한 비중이 줄어들 것으로 기대하고 있긴 하지만 2030년에도 여전히 72%로 높은 수준을 유지할 것으로 전망된다. 다른 비 OECD 아시아지역의 산업부문 최종에너지소비 비중도 2030년까지 60%의 높은 수준을 나타낼 것으로 예상된다.

라. 수송부문

수송부문 에너지소비에 있어서도 경제활동과 인구증가가 추세를 결정짓는 중요한 요소다. OECD국가와 비 OECD국가 모두에서 이러한 요소들이 증가추세를 지속하고 있으며, 특히 비 OECD국가에서 도시화가 진행됨에 따라 항공수송 수요와 자동차 운행이 상대적으로 높게 증가하고 있어 역시 비 OECD국가에서 수송부문 수요의 급증이 예상되고 있다. 화물수송에 있어서는 트럭의 에너지수요 증가가 높은 비중을 차지할 전망이다. 특히, 국가 간 무역이 증가할 것으로 예상되고 있어 전망기간 동안 항공 및 선박 에너지수요 역시 급격히 증가할 것으로 예상된다.

3. 에너지원별 수요 전망

전망기간(2005~2030)동안 모든 에너지원의 소비가 증가할 것으로 전망된다. 국제유가가 전망기간 동안 상대적으로 높은 수준을 유지할 것으로 예상됨에 따라, 비전통 액체연료를 포함한 원유, 콘덴세이트, LNG 등의 액체연료는 전망기간 중 연평균 1.2%의 가장 낮은 수요증가율을 나타낼 것으로 전망된다. 비전통 액체연료는 바이오연료, GTL(Gas-

to-liquids), CTL(Coal-to-liquids), 초중질유, 오일셰일 및 비튜멘 등을 포함한다.

재생에너지와 석탄은 각각 연평균 2.1%와 2.0%로, 에너지원 가운데 가장 높은 수요증가율을 나타낼 것으로 예상된다. 재생에너지수요의 빠른 증가 전망은 화석연료 사용에 대한 환경규제 강화와 유가 및 천연가스 가격이 높은 수준을 유지할 것이라는 전망에 기인한다. 석탄은 중국, 인도, 그리고 미국 등 에너지다소비국에 풍부하게 매장되어 있으며, 석유나 천연가스에 비해 가격이 상대적으로 낮게 유지될 것으로 예상되어 상대적으로 수요증가율이 빠르게 나타날 전망이다.

석유제품 등 액체연료는 전망기간 동안 주요 에너지원의 위상은 유지하겠지만, 높은 가격 수준 때문에 세계 에너지수요에서 차지하는 비중은 2005년 37%에서 2030년 33%로 줄어든 것으로 예측된다. 특히 발전부문의 액체연료 수요는 중동지역을 제외한 세계 거의 모든 지역에서 감소하여 전망기간 중 연평균 1.0% 감소할 것으로 전망되었다. 산업부문의 액체연료 수요는 에너지효율 개선 및 연료대체에 기인하여 전망기간 중 증가율이 연평균 1.1%로 둔화될 것으로 전망되고 있는데, 특히 연료대체 여력이 큰 비 OECD국가에서 수요둔화가 크게 나타날 전망이다.

천연가스 수요는 2005년 104조 cf에서 2030년에는 158조 cf로 연평균 1.7% 증가할 것으로 전망되었다. 천연가스는 특히 발전부문에서 그 중요도가 높아지고 있는데 이에 따라 전 세계 발전연료로서의 비중이 2005년 20%에서 2030년에는 25%로 확대될 것으로 보인다. 그러나 IEO2007에 비해서는 전망수치가 다소 하향 조정되었는데 이는 천연가

스 가격 상승과 미국의 청정석탄 세금감면 정책 등이 천연가스 발전소 건설에 장애로 작용할 것으로 분석되기 때문이다.

최근 몇 년간 세계 석탄수요는 급격히 확대되었으며 이러한 추세는 한동안 지속될 것으로 보인다. 석탄수요는 전체 세계 에너지수요 중 2002년에 24%를 차지하였으며 2005년에는 27%로 확대되었다. 이는 중국의 석탄소비 증가가 큰 원인으로 작용한 결과이다. 중국의 석탄소비가 1990년에서 2001년까지 연평균 3% 증가한데 반해 2002년부터 2005년까지는 연평균 17%로 급증하였다. 이에 따라 중국의 석탄수요는 2000년보다 거의 두 배에 이르고 있는 실정이다.

세계 석탄수요는 2005년에서 2030년까지 연평균 2.0% 증가할 것으로 전망된다. 2005년과 2015년 기간 중에 3만 5천조 Btu가 증가하고 2015년과 2030년 기간 중에는 추가적으로 4만 4천 Btu가 증가할 것으로 보인다. 이에 따라 2030년 전 세계 에너지수요에서 석탄수요가 차지하는 비중은 29%에 이를 것으로 예상된다. 석탄사용을 규제하는 정책이 도입되지 않는 한 미국, 중국, 그리고 인도는 값비싼 연료를 대체하는 수단으로 석탄수요를 늘릴 가능성이 높아 보인다. 석탄수요가 감소할 것으로 전망되는 지역은 OECD 유럽과 일본이 유일한데, 이들 지역에서는 인구의 정체 또는 감소, 전력수요의 둔화 그리고 발전연료로서 천연가스와 원자력 그리고 재생연료의 비중이 매우 높기 때문에 석탄수요 감소가 전망된다.

전 세계 발전량은 2030년에 333억MWh로 2005년의 173억MWh의 두 배에 이를 것으로 전망된다. 비 OECD 국가들의 발전량 증가가 두드

러질 것으로 예상되는 가운데 연평균 4.0%의 증가율을 보일 것으로 예측되었으며, 생활수준의 향상으로 가전기기 보급 확대 및 상업건물의 건축 증가가 주요인으로 작용할 것이다. OECD 국가들에서는 기반시설이 이미 구축되어 있는 가운데 인구증가 둔화로 인해 발전량 증가가 미미할 것으로 보여 발전량 증가율도 연평균 1.3% 수준에 그칠 것으로 전망된다.

발전용 연료로서의 천연가스와 석탄소비는 전망기간 동안 가장 높은 증가율을 나타낼 것으로 예상되고 있다. 발전연료 수요에서 천연가스가 차지하는 비중은 2005년 20%에서 2030년 25%로 확대될 것으로 보이며, 석탄의 비중 또한 2005년 41%에서 2030년 46%로 확대될 것이다. 미국과 비 OECD국가에서 충분한 매장량을 보유하고 있는 가운데 국제유가와 천연가스 가격 상승이 예상되고 있어 발전부문에서 석탄의 경제적 활용가치는 더욱 높아질 것이다.

원자력발전은 2005년 26억MWh에서 2015년 30억MWh, 그리고 2030년에는 38억MWh까지 확대될 것으로 전망된다. 화석연료 가격 상승과 에너지안보 문제, 온실가스 배출 억제 기조가 신규 원자력 발전소 건설을 촉진할 것이며 OECD와 비 OECD 유라시아 지역의 노후 원전들도 활용도가 높은 만큼 폐쇄가 지연될 것으로 예상되고 있다.

원자력 발전소 확장은 비 OECD국가에서 주로 이루어질 것으로 예상된다. 러시아, 중국, 인도가 2005년에서 2030년 사이에 증가할 것으로 예상되는 원자력 발전용량의 67%를 점유할 전망이다.

수력을 포함한 재생에너지를 이용한 발전도 지속적으로 증가할 것으

로 예상되는 가운데 2005년에서 2030년까지 연평균 2.1% 증가율을 보일 것이다. 특히, 재생에너지는 화석연료 가격 상승과 함께 재생에너지 이용을 장려하는 정부정책으로 경제성을 한층 확보해 나갈 것으로 전망된다.

재생에너지 수요 증가는 대부분 비 OECD 아시아, 중남미 지역의 중·대규모의 수력발전 설비 확장을 통해 이루어질 것으로 보인다. 이들 국가들은 수력발전 건설을 계획하고 있거나 현재 건설을 진행 중에 있다. 중국은 양쯔강에 18.2GW의 Three Gorges 댐 건설을 거의 완공한 상태이며, 규모를 추후 22.4GW까지 확대할 것을 계획하고 있다. 한편, 12.6GW 규모의 댐 건설이 양쯔강 하류인 Jisha 강에서 진행 중인 가운데 2020년에 완공될 것으로 예상되며 Hongchui 강에서는 중국에서 세 번째 규모인 6.3GW의 수력발전 댐이 건설될 계획이다.

인도에서는 14.5GW 용량의 수력발전소가 건설 중에 있으며, 중남미에서는 브라질이 5.5GW 규모의 댐 건설과 함께 2010년 이후 전력수요 초과를 우려하여 3.15GW급의 댐을 Santo Antonio에, 3.3GW급은 Rio Madeira 강에 건설할 계획이다.

캐나다와 터키를 제외하면 OECD 국가에서는 수력발전이 지속적으로 증가하지는 않을 전망이다. 이는 OECD 국가들 대부분이 이미 수력발전소 개발이 완료된 상태이기 때문이다. 반면 OECD 국가에서의 재생에너지 이용은 주로 풍력, 태양광 및 태양열, 지열, 폐기물 또는 바이오매스 등에서 증가할 것이다. 2007년 미국에서만 4,287MW(38%)의 풍력발전 설비가 증가하였으며, 이는 연방 정부의 세제 감면과 주정부의

재생에너지 의무사용기준(Renewable Portfolio Standards) 등의 지원 하에서 이루어지고 있다. 풍력발전 시장은 비 OECD국가에서도 크게 확대되고 있는데 중국이 3,400MW, 인도가 8,000MW급의 풍력발전 설비를 2007년에 도입하였다.

OECD 유럽지역은 대부분의 국가들이 교토의정서 하에 온실가스 배출을 줄이는데 참여하고 있기 때문에 풍력발전 시장의 핵심이라 할 수 있다. 2007년에 8,554MW의 풍력발전 설비가 도입되었다. EU는 2020년까지 전체 에너지수요 중 재생에너지의 비중을 20%까지 확대하는 것을 목표로 하고 있으며, 바이오연료의 비중을 최소 10% 이상으로 강제하고 있다. 대부분의 EU 국가들이 재생에너지 생산에 대한 인센티브를 부여하고 있으며 이는 자본투자에 보조금을 지원하고 재생에너지를 통한 발전에 대해 가격을 보장해 주는 형태로 나타나고 있다. 풍력시장은 특히 독일과 스페인에서 활성화되고 있는데 2007년 말 기준으로 각각 22,247MW와 15,145MW의 설비를 갖추고 있다.

제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망

1. 국내 에너지수급 동향

가. 개 황

우리나라의 에너지 소비 추이는 경제구조의 변화와 밀접한 관계를 가지고 있다. 1960년대 이후 산업화를 추구하면서 농업사회에서 산업사회로의 전환이 이루어짐에 따라 에너지수요가 급격히 증가하여 왔다.

1980년 이후의 소비증가율 추이를 살펴보면 1980년대 초반에는 제2차 석유파동으로 탈석유정책을 펴면서 낮은 에너지소비 증가율(1980~1985년간 연평균 증가율 : 5.1%)을 보였고, 이에 따라 에너지의 GDP탄성치는 0.63을 기록하였다.

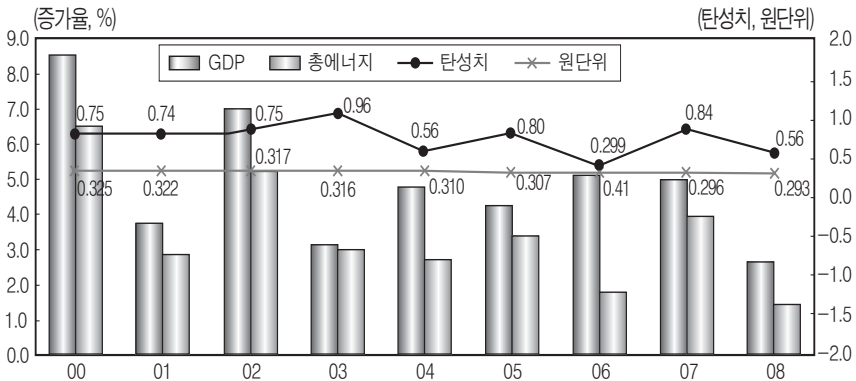
그러나 1980년대 후반부터 에너지가격정책이 소비자위주로 전환되고, 석유화학산업의 설비투자가 크게 늘어나면서 에너지소비증가율은 급격히 상승세로 돌아섰다. 1985~1990년간 에너지소비증가율은 10.6%, 1990~1995년간 증가율은 10.1%를 기록하면서 에너지의 GDP탄성치는 각각 1.06, 1.35로 높아졌다.

높은 증가세를 보이던 에너지소비는 1998년 들어 IMF영향으로 경제가 마이너스 성장을 기록하면서 에너지통계가 집계되기 시작한 이래 가장 큰 폭의 감소율인 -8.1%를 기록하였다. 1998년 외환위기에 의한 에너지수요 감소는 2001년에 완전히 회복되었으나, 이후 정부의 에너지 절약정책강화, 국제유가 강세에 따른 국내 에너지 가격인상 및 개편 등으로 에너지 소비 패턴과 에너지원별 소비구조에는 상당한 영향을 주었다. 외환위기 이전인 1990년~1997년 연평균 9.9%의 높은 증가율 기록하였으나, 1997~2002년에는 연평균 2.9%로 같은 기간의 경제성장률 4.4%보다 낮은 수준을 유지하였다.

1999년 소비증가율은 1998년의 마이너스 성장의 상대적인 반등으로 9.3%의 증가율을 보였지만, 2000년 6.4%, 2001년 2.9%, 2002년 5.2%, 2003년 3.1%, 2004년 2.4%, 2005년 3.8%, 2006년 2.1%, 2007년 3.0%의 안정적인 성장세를 보이고 있다.

2008년 총에너지 소비는 미국발 금융위기에서 비롯된 세계적인 경기 불황으로 전년 대비 1.4% 증가한 239.8백만 TOE로 추정되며, 이에 따라 석유소비는 전년대비 4.3% 감소하였고, LNG 소비는 전년대비 0.5% 감소(전년 8.3% 증가)한 반면, 석탄 소비는 발전설비 증설로 전년대비 10.7% 증가한 것으로 추정된다.

동·하절기 예외적 기온변동에 따른 에너지소비 패턴의 급격한 변화 가능성이 존재하나 2000년대 들어 경제의 저성장 기조 및 에너지저소비형으로의 경제구조 전환으로 에너지수요 증가율은 안정화 추세를 보이고 있다.



〈그림 1-2〉 GDP와 에너지소비

〈표 1-2〉 주요에너지 지표

(증가율, %)

구 분	단 위	'80	'90	'81~'90	'00	'91~'00	'05	'06	'07	'08(p)
1차에너지소비 (증가율)	백만toe (%)	43.9 (1.6)	93.2 (14.1)	(7.9)	192.9 (6.4)	(7.7)	222.3 (3.4)	227.0 (2.1)	236.5 (4.2)	239.8 (1.4)
최종에너지소비 (증가율)	백만toe (%)	37.6 (1.7)	75.1 (14.0)	(7.2)	149.9 (4.7)	(7.3)	171.7 (2.5)	174.5 (1.6)	181.5 (4.0)	182.9 (0.8)
에너지탄성치	소비증가/ 경제성장	-1.0	1.53	0.91	0.75	1.24	0.80	0.41	0.84	0.56
에너지원단위	toe/백만원	0.316	0.291	0.283	0.333	0.326	0.307	0.299	0.296	0.293
석유의존도	%	61.1	53.8		52.0		44.4	43.6	44.6	41.8
석유정제능력	천B/일		840		2,438		2,735	2,772	2,808	2,855
에너지 해외의존도	%	73.5	87.9		97.2		96.8	96.6	96.7	96.5
에너지수입액 (증가율)	억\$ (%)	66.2 (76.1)	109.1 (45.1)	(7.1)	378.9 (66.6)	(15.8)	667.0 (34.5)	855.7 (28.3)	949.8 (11.0)	1,415 (49.0)
총수입중 에너지비중	%	29.7	15.6		23.4		25.5	27.7	26.6	33.1
GDP성장률	%	-1.5	9.2	(8.7)	8.5	(6.2)	4.2	5.1	5.0	2.5

※ GDP는 2000년 가격 기준, 2000년부터 신원량환산기준에 의한 지표 사용

나. 에너지원별 수급동향

에너지원별로는 1960년대에는 석탄과 신탄이 주요 에너지였으나, 1970년대 들어서는 중화학공업 육성 등으로 석유비중이 급격히 상승하면서 석유가 주요 에너지로 등장하였다.

1980년대 이후에도 석유의 주된 에너지로서의 지위는 견고하게 유지

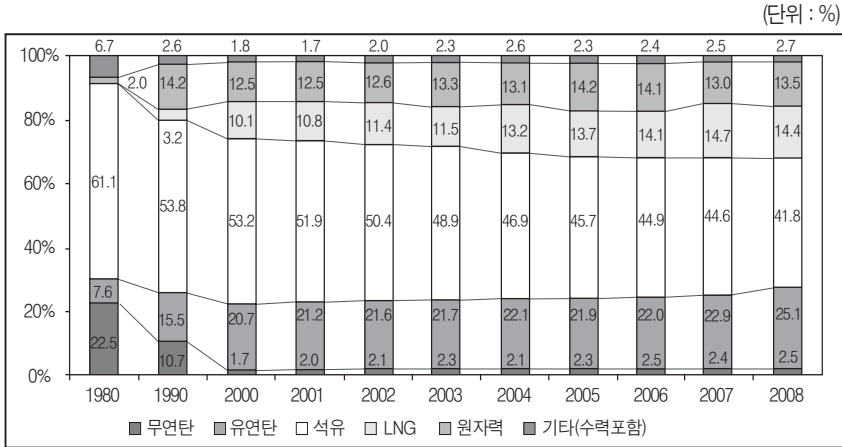
하고 있다. 1990년대 후반에 들어서면서 사용이 편리하고 깨끗한 LNG 및 전기의 소비가 증가하면서 석유의 소비 비중이 축소되기 시작하여 2002년에는 50% 이하로 축소되었다. 1980년대 후반에 도입된 LNG는 1990년대 연평균 20.1%의 급성장을 하면서 2008년에는 소비비중이 14.4%로 확대되었다. 전력수요 증가에 따라 유연탄의 비중도 점차 확대되고 있으며, 유연탄은 국내 총에너지소비의 25.1%를 담당하는 주요 에너지원으로 석유에 이어 제2위의 지위를 유지하고 있다. 1960년대 국내에너지소비의 40%를 담당하였던 무연탄 소비는 1988년을 기점으로 감소하기 시작하여 2008년에는 그 비중이 2.5%로 감소하였다.

이러한 에너지원별 소비형태의 변화에 따라 에너지 자급율도 크게 낮아져 우리나라의 에너지수입의존도는 2008년 기준 96.5%를 기록하였다.

〈표 1-3〉 에너지원별(1차에너지) 소비현황

구 분		'90	'00	'90~'00(%)	'05	'06	'07	'08(P)
석 유(백만B)		356.3	742.6 (3.2)	(7.6)	761.1 (1.2)	765.5 (0.6)	794.9 (3.8)	760.7 (-4.3)
LNG(백만톤)		2.3	14.6 (12.3)	(20.1)	23.4 (7.1)	24.6 (5.4)	26.7 (8.3)	26.5 (-0.5)
석 탄 (백만톤)	무연탄	21.5	6.2 (24.1)	(-11.7)	9.0 (11.0)	9.8 (8.8)	9.7 (-1.3)	10.2 (5.3)
	유연탄	21.9	60.3 (11.4)	(10.7)	75.8 (2.4)	78.0 (2.9)	84.4 (8.2)	94.0 (11.3)
	소 계	43.4	66.5 (12.5)	(4.4)	84.8 (3.3)	87.8 (3.5)	94.1 (7.2)	104.2 (10.7)
수 력 (100만MWh)		6.4	5.6 (-7.5)	(-1.2)	5.2 (-11.5)	5.2 (0.6)	5.0 (-3.4)	5.6 (10.5)
원자력 (100만MWh)		52.9	109.0 (5.7)	(7.5)	146.8 (12.3)	148.8 (1.3)	142.9 (-3.9)	151.0 (5.6)
기 타(백만toe)		0.8	2.1 (17.9)	(10.3)	4.0 (-0.4)	4.4 (10.0)	4.8 (10.8)	5.4 (11.6)
합 계(백만toe) (증가율) %		93.2	192.9 (6.4)	(7.5)	222.3 (3.4)	227.0 (2.1)	236.5 (4.2)	239.8 (1.4)

※ ()는 증가율, 2008년은 잠정치, 2000년부터 신열량환산기준에 의한 지표



※ 2000년 이전은 구열량환산기준, 이후는 신열량환산기준에 의한 지표

〈그림 1-3〉 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 회복하지 못하고 있다. 2008년에 석유소비는 세계적인 경기불황으로 전년대비 4.3% 감소하였으며, 총 에너지에서 석유 점유율은 41.8%대로 전년대비 2.8%p 떨어졌다.

부문별로는 산업용 2.0%, 수송용 4.8%, 발전용 42.7% 감소하고 가정 상업용은 2.5% 증가하였다.

〈표 1-4〉 부문별 석유소비현황

(단위 : 백만배럴, %)

연 도	산업부문	수송부문	가정 · 상업	공공기타	전 환	합 계
'81	69.7	25.9	24.7	10.9	48.8	180.1
'82	64.3	29.6	23.7	11.3	50.0	178.9
'83	67.2	38.5	21.9	12.5	49.1	189.3
'84	72.7	42.7	24.8	12.4	38.5	191.0
'85	74.5	47.7	25.8	11.9	29.3	189.2
'86	82.8	54.7	28.0	13.7	21.4	200.6
'87	90.0	65.6	32.6	13.8	8.4	210.5
'88	101.4	76.4	40.7	13.3	18.6	250.6
'89	110.2	87.3	51.3	15.1	23.2	287.1
'90	139.3	101.1	67.5	16.1	32.4	356.3
'81~'90	(8.0)	(16.3)	(11.8)	(4.4)	(-4.5)	(7.9)
'91	170.7	115.1	77.3	15.5	46.1	424.7
'92	218.4	132.2	93.9	11.0	58.7	514.2
'93	234.4	150.7	110.6	10.7	58.3	564.6
'94	258.6	170.4	115.4	10.5	66.6	621.5
'95	266.0	193.7	131.8	10.0	75.7	677.2
'96	281.6	212.7	139.8	10.7	76.3	721.1
'97	348.5	228.1	141.0	10.1	66.1	793.9
'98	345.8	187.7	100.6	8.6	27.5	670.3
'99	355.7	205.9	118.9	9.0	30.2	719.7
'00	362.0	223.5	105.1	8.1	43.8	742.6
'90~'00	(10.0)	(8.2)	(4.5)	(-6.6)	(3.1)	(7.6)
'01	359.9	231.1	97.7	9.4	45.5	743.7
'02	374.9	244.0	97.2	8.7	38.1	762.9
'03	374.7	249.6	91.0	10.0	37.6	762.9
'04	383.1	249.1	79.7	9.6	30.8	752.3
'05	391.7	255.1	75.4	10.1	28.7	761.1
'06	403.7	261.1	63.6	9.1	28.0	765.5
'07	429.5	268.4	56.5	9.1	31.4	794.9
'08(p)	421.0	255.6	57.9	8.2	18.0	760.7

(2) L N G

LNG는 전체 에너지소비에서의 비중은 2005년에 약 13.7%로 상대적으로 낮은 수준이나 급속한 신장세를 보이고 있으며, 도시가스용은 1990년대 급성장 단계에서 2001년 이후 안정적인 성장추세에 있다.

발전용은 1997년 외환위기 전까지 지속적인 성장세를 보였으나, 전력수요에 대한 기저발전원의 변동에 따라 수요 등락추세이다.

〈표 1-5〉 용도별 LNG 소비추이

(단위 : 천톤, %)

	도시가스용(A)								발전용(B)	
	주택용		일반용		산업용		소계			증가율
		증가율		증가율		증가율		증가율		
'87	40	-	3	-	32	-	75	-	1,537	-
'90	272	89.2	163	265.3	140	64.5	575	97.2	1,741	4.3
'94	1,663	57.3	415	26.3	376	28.0	2,454	43.7	3,329	32.2
'95	2,348	41.2	514	23.9	554	47.6	3,417	39.2	3,562	7.0
'99	5,023	20.9	879	14.4	1,983	37.5	7,886	23.3	4,769	13.8
'00	5,838	16.2	1,064	21.0	2,626	32.4	9,528	20.8	4,689	-1.7
'90-'00		35.9		20.6		34.0		32.4		10.4
'01	5,864	0.5	1,622	52.4	2,814	7.2	10,300	8.1	5,287	12.8
'02	6,297	7.4	1,801	11.0	3,096	10.0	11,194	8.7	6,509	23.1
'03	6,694	6.3	2,007	11.5	3,278	5.9	11,979	7.0	6,468	-0.6
'04	6,800	1.6	2,249	12.0	3,455	5.4	12,504	4.4	8,818	36.3
'05	7,590	11.6	2,708	20.4	3,779	9.4	14,077	12.6	9,044	2.6
'06	7,384	-2.7	2,724	0.6	3,849	1.8	13,957	-0.9	10,479	15.9
'07	7,494	1.5	2,866	5.2	4,236	10.0	14,596	4.6	11,927	13.8
'08(p)	8,850	18.1	3,404	18.8	5,624	32.8	17,878	22.5	11,029	-7.5

(3) 무 연 탄

무연탄소비는 1986년도에 최고치인 2,700만톤을 기록한 이후, 국민 소득 수준향상에 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
'90	283	19,263	1,983	21,529	-9.0
'91	303	15,184	2,070	17,557	-18.4
'92	443	11,209	1,945	13,597	-22.6
'93	758	7,837	2,272	10,867	-20.1
'94	673	4,684	2,192	7,549	-30.5
'95	837	3,005	2,421	6,263	-17.0
'96	895	1,961	2,514	5,370	-14.3
'97	536	1,389	2,305	4,230	-21.2
'98	951	1,229	2,451	4,631	9.5
'99	1,323	1,117	2,552	4,992	7.8
'00	2,155	1,192	2,850	6,196	24.1
'01	3,217	1,230	2,689	7,137	15.2
'02	3,954	1,175	2,558	7,687	7.7
'03	4,680	1,191	2,710	8,581	11.6
'04	4,396	1,385	2,356	8,137	-5.2
'05	4,670	2,010	2,354	9,034	11.0
'06	5,146	2,327	2,356	9,829	8.8
'07	5,451	2,091	2,156	9,698	-1.3
'08(p)	5,966	2,289	1,960	10,215	5.3

(4) 유 연 탄

1990년대의 산업성장과 전력소비 급증에 따라 1990년대 연평균 11.4%의 빠른 성장세를 보였으나, 최근 계절용수요 및 산업용 수요가 안정화되는 추세였으나, 2008년 발전설비 증설로 전년대비 11.3% 증가율을 기록하였다.

부문별로는 전력수요의 증가에 따라 발전용 유연탄 수요는 1990년 570만톤에서 2008년에는 6,279만톤으로 증가(2000년대 연평균 8.2% 증가)하였으며, 점유율도 1990년 26.2%에서 2008년에는 66.8%까지 높아진 반면, 산업용은 20%대에서 8%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
'90	11,735	53.6	5,723	26.2	4,418	20.2	21,876	6.9
'95	16,305	42.8	14,229	37.4	7,555	19.8	38,089	8.5
'00	19,415	32.2	33,305	55.2	7,609	12.6	60,329	11.4
'01	19,315	30.3	36,601	57.5	7,770	12.2	63,686	5.6
'02	20,097	29.4	40,143	58.8	8,024	11.8	68,264	7.2
'03	20,509	29.1	41,631	59.0	8,399	11.9	70,539	3.3
'04	20,839	28.2	45,512	61.5	7,627	10.3	73,978	4.9
'05	20,810	27.5	47,852	63.1	7,126	9.4	75,788	2.4
'06	20,731	26.6	50,199	64.4	7,068	9.0	77,998	2.9
'07	21,519	25.5	55,487	65.7	7,425	8.8	84,430	8.2
'08(p)	23,568	25.1	62,791	66.8	7,624	8.1	93,983	11.3

(5) 원 자 력

원자력은 1977년 시험가동을 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 가동 중단(6개월) 및 유연탄 발전설비 증설로 유연탄(39.9%) 보다 낮은 비중(35.7%)을 나타냈다. LNG(17.9%), 석유(2.4%)가 주요 발전 에너지원으로 그 뒤를 잇고 있다.

〈표 1-8〉 에너지원별 발전전력량

(단위 : GWh, %)

	수력	무연탄	유연탄	석유	가스	원자력	(점유율)	기타*	발전량
'80	2.0	2.4	-	29.3	-	3.5	(9.4)	-	37.2
'90	6.4	5.0	17.4	16.4	9.6	52.9	(49.1)	-	107.7
'00	5.6	5.3	92.3	26.1	28.1	109.0	(40.9)	-	266.4
'01	4.2	5.2	105.1	28.2	30.5	112.1	(39.3)	-	285.2
'02	5.3	5.1	112.9	25.1	38.9	119.1	(38.8)	-	306.5
'03	6.9	5.4	114.9	26.5	39.1	129.7	(40.2)		322.5
'04	5.9	4.6	122.6	18.5	56.0	130.7	(38.2)	3.9	342.0
'05	5.2	4.5	129.2	17.7	58.1	146.8	(40.3)	3.2	364.6
'06	5.2	4.3	134.9	16.6	68.3	148.8	(39.0)	3.1	381.2
'07	5.0	4.5	150.2	17.8	78.4	142.9	(35.5)	3.9	403.1
'08	5.6	5.0	168.5	10.1	75.8	151.0	(35.7)	6.4	422.4

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

다. 부문별 에너지소비동향

최종에너지 소비는 1990년 75.1백만TOE에서 2008년 182.9백만 TOE로 17년 동안 2.4배 증가하여 연평균증가율 5.1%를 보이고 있다.

2008년에는 상반기 고유가와 하반기 경기침체로 인해 전년대비 0.8% 증가의 정체를 보였다.

〈표 1-9〉 부문별 최종에너지소비

(단위 : 백만TOE)

구분		'05	'06			'07			'08 (p)		
				구성비 (%)	증가율 (%)		구성비 (%)	증가율 (%)		구성비 (%)	증가율 (%)
부 문 별	계	171.7	174.5	100.0	1.6	181.5	100.0	4.0	182.9	100.0	0.8
	산업	95.6	98.6	56.5	3.2	104.3	57.5	5.8	106.8	58.4	2.3
	수송	35.1	36.0	20.6	2.8	37.1	20.4	2.9	35.3	19.3	-4.8
	가정·상업	37.0	36.0	20.6	-2.6	35.9	19.8	-0.2	36.7	20.1	2.3
	공공·기타	4.1	3.8	2.2	-5.5	4.1	2.3	6.3	4.1	2.2	-0.7
에 너 지 원 별	석탄	23.0	23.4	13.4	1.7	24.2	13.4	3.8	26.2	14.3	8.1
	무연탄	4.0	4.5	2.6	11.8	4.6	2.5	2.5	5.0	2.7	9.0
	유연탄	19.0	18.9	10.8	-0.5	19.7	10.8	4.1	21.2	11.6	7.9
	석유	96.8	97.1	55.7	0.4	100.6	55.5	3.6	97.4	53.3	-3.2
	도시가스	18.0	18.5	10.6	3.2	19.0	10.4	2.6	19.3	10.6	1.9
	전력	28.6	30.0	17.2	4.9	31.7	17.5	5.7	33.4	18.2	5.3
	열에너지	1.5	1.4	0.8	-6.9	1.4	0.8	0.9	1.5	0.8	5.2
	기타	4.0	4.1	2.3	5.0	4.5	2.5	9.7	5.1	2.8	12.7

(1) 산업부문

산업부문의 소비증가는 1990~2000년 평균 6.9%의 높은 증가율을 기록 하였으나, 2000년 이후 2006년 3.0%, 2007년 4.6%의 다시 증가율 상승세를 보이다가 2008년 2.3%로 증가율이 하락하였다. 2008년 에너지원별로는 석유소비가 석유화학산업의 납사소비 감소로 인해 2.0% 감소하였으나, 제철용 유연탄의 소비는 9.5%의 높은 증가율을 보였다. 고급에너지인 전력 및 도시가스는 각각 4.5%, 13.6%로 상대적으로 크게 증가하였다. 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%대의 안정적인 수준을 유지하고 있었으나, 최근 들어 점유율이 상승하여 2008년에는 58.4%를 차지하였다.

(2) 수송부문

수송부문은 1980년대 연평균 16.0%의 증가에 이어 1990년대에도 연평균 8.1%의 높은 증가율 기록하였으나, 2000년대에는 증가율이 둔화되어 2000~2008년 연평균 1.9% 증가하고 있다. 2008년에는 상반기 고유가 상황과 국내경기 위축 등으로 소비 증가율이 4.8% 감소를 기록했다. 에너지소비량 중 수송부분 점유율은 1990년대 이후 20%대의 수준을 유지하고 있었으나, 2008년 19.3%로 20% 이하로 떨어졌다. 에너지원별 점유율은 경유 42.9%, 휘발유 21.9%, LPG 14.6%, B-C유 8.9%, 제트유 8.7% 순으로 나타났다.

자동차 등록대수는 2008년말 기준 16,794천대로 전년대비 2.2% 증

가하였다.

(3) 가정·상업부문

가정·상업·공공부문은 1981~1990년 연평균 3.7%의 증가율을 기록하였으며, 1990~2000년 연평균 4%의 증가율을 보였다. 2008년에는 유가 상승으로 전력 소비가 증가하면서 전년대비 2.3% 상승하였다. 총 에너지소비 중 점유율은 1990년 33%이었으나 점차 감소하여 1998년에는 22.6%까지 하락하였고, 2000년 이후에는 20% 내외의 안정적인 수준을 유지하고 있다.

에너지원별로는 전력, 지역난방 등 고급에너지의 수요는 크게 증가했으며, 그동안 감소추세였던 석유소비도 전년대비 2.4% 증가를 기록하였다.

라. 에너지수입

우리나라는 국내 에너지소비량의 약 96.5%를 수입에 의존하고 있으며, 2008년 에너지수입액은 전년대비 48.9% 증가한 1,415억불로, 이는 국내 총 수입액의 33.1%에 달한다. 이와 같이 에너지수입이 크게 증가한 것은 주요에너지인 원유 및 유연탄 도입가격의 인상, 도시가스 보급 확대에 따른 LNG수입 증가에 기인하고 있다.

에너지원별로는 원유가 42.3% 증가한 858.6억불로 단일품목으로는 가장 많았고, 다음으로는 석유제품이 47.8% 증가한 222.8억불, LNG가 56.5% 증가한 198.1억불, 유연탄이 97.0% 증가한 118.2억불로 나타났다.

〈표 1-10〉 에너지수입현황

(단위 : 억불,%)

구 분	'90	'00	'90~'00(%)	'05	'06	'07	'08
총에너지 수입액	109.3	375.8 (65.8)	(13.1)	667.0 (34.5)	855.7 (28.3)	949.8 (11.0)	1,414.7 (48.9)
에너지 수입액 비중	15.6	23.6		25.5	27.7	26.6	33.1
원 유	64.6	252.2 (70.6)	(14.6)	426.1 (42.4)	558.7 (31.1)	603.2 (8.0)	858.6 (42.3)
석유제품	25.5	61.9 (69.5)	(9.3)	97.2 (16.3)	121.2 (24.7)	150.7 (24.3)	222.8 (47.8)
무연탄	0.5	0.7 (56.5)	(3.4)	4.3 (84.2)	4.1 (-5.2)	4.5 (9.8)	9.9 (121.2)
유연탄	12.2	20.3 (8.9)	(5.2)	48.0 (23.4)	47.0 (-2.1)	56.8 (20.7)	118.2 (97.0)
LNG	4.8	37.9 (82.9)	(22.9)	86.5 (32.0)	119.2 (37.9)	126.5 (6.1)	198.1 (56.5)
우라늄	1.7	2.8 (8.6)	(5.1)	2.9 (-15.0)	3.4 (18.7)	4.9 (44.2)	7.3 (49.1)

※ ()는 전년 대비 증가율, ※한국무역협회 무역통계(www.kita.net)

2. 2009년 에너지수급전망

가. 개 요

2009년 에너지수요는 하반기에 이르러서야 경기가 회복될 것으로 예상됨에 따라 에너지수요 증가율은 전년대비 0.8% 감소한 237.8백만 TOE에 그칠 것으로 전망된다. 에너지원별 소비는 이전의 소비추세에

서 크게 벗어나지 않아 석유소비 비중은 감소하겠지만, LNG는 발전용 소비의 감소로 비중이 감소할 것으로 보인다. 또한, 고급에너지 선호에 따른 전력, 도시가스, 지역난방 등의 소비가 상대적으로 높은 증가세를 유지할 것으로 예상된다.

나. 2009년 에너지원별 소비 전망

에너지원별로 보면, 2008년 4.3% 감소를 보였던 석유수요는 더딘 경기회복의 영향으로 증가율이 -0.7% 수준에 머물 것으로 전망된다. 산업용 연료 및 가정·상업·공공부문의 석유소비는 타 에너지로의 연료 대체가 지속될 것으로 예상되며, 산업용 중 납사 등 비에너지유의 수요도 감소하는 가운데 휘발유와 발전용 중유의 소비가 증가할 것으로 보인다.

2009년 LNG 소비는 발전용 수요가 감소할 것으로 예상됨에 따라 2008년 -0.5%에서 -10.3%로 감소율이 확대될 전망이다.

원자력은 2008년에는 고리 1호기 계속운전에 따른 재가동 등으로 2006년 수준을 회복한 5.6% 증가한 것으로 집계되었으나, 월성1호기 압력관교체를 위한장기계획정비('09.4~'10.12)로 2009년에는 4.4%의 감소를 기록할 것으로 예상된다.(제4차 전력수급기본계획 기준)

에너지원별 소비구조를 보면 석유소비 비중은 전년과 유사한 반면, LNG 비중은 감소하고 석탄, 원자력, 기타 에너지의 비중은 증가할 전망이다. 석유소비는 41.9%를 차지하여 여전히 가장 중요한 에너지원으로서의 위치를 유지할 것이다.

〈표 1-11〉 1차에너지 소비 전망

구 분		'08(잠정)			'09(전망)		
		소비량	증가율 (%)	구성비 (%)	소비량	증가율 (%)	구성비 (%)
석 유	(백만B)	760.7	-4.3	41.8	755.7	-0.7	41.9
LNG	(백만톤)	26.5	-0.5	14.4	23.8	-10.3	13.0
석 탄	(백만톤)	104.2	10.7	27.6	107.9	3.6	28.7
• 유연탄	(백만톤)	93.9	11.3	25.1	98.4	4.7	26.4
• 무연탄	(백만톤)	10.2	5.3	2.5	9.5	-6.8	2.3
원자력	(TWh)	151.0	5.6	13.0	144.3	-4.4	13.5
수 력	(TWh)	5.6	10.5	0.5	5.4	-2.2	0.5
기 타	(백만TOE)	5.4	11.6	2.2	6.1	13.4	2.6
1차에너지	(백만TOE)	239.8	1.4	100.0	237.8	-0.8	100

다. 부문별 수요 전망

최종에너지 수요는 전년대비 1.6% 감소한 180.0백만 TOE를 기록할 것으로 전망된다. 2009년은 하반기에 가서야 경기회복이 나타날 것으로 전망되고 에너지 다소비업종의 수요 둔화로 산업부문의 소비증가세가 하락할 것으로 예상되어 최종에너지 수요는 증가율이 2008년보다 낮아질 전망이다.

수요 부문별로 최종에너지 소비를 보면 산업부문의 에너지 소비가 가장 크게 감소할 것으로 보이고, 수송부문이 1.6% 감소, 난방용 에너지 소비 비중이 높은 가정·상업부문이 0.6% 감소로 감소폭이 다소 낮을 것으로 예측된다.

2008년 가정·상업부문의 에너지 소비는 기온효과의 영향으로 전년 대비 2.3% 증가한 것으로 나타났으나, 2009년에는 소득감소로 인해 0.6% 감소할 것으로 전망된다.

산업부문 에너지 수요는 경기침체가 상반기까지 지속될 것으로 예상됨에 따라 전년보다 감소폭이 늘어나 2.0% 감소할 전망이다.

그동안 고유가에도 불구하고 꾸준하게 증가하던 수송부문 에너지 소비는 경기침체로 인해 2008년 수송용 경유를 중심으로 4.8%의 감소를 기록하였으며, 2009년에도 화물수송용 유류 소비가 감소로 인해 전년 대비 1.6% 감소할 것으로 전망된다.

〈표 1-12〉 부문별 에너지 수요전망

(단위 : 백만TOE, %)

구 분	'05	'06	'07			'08			'09(전망)		
	물량	물량	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율
합 계	171.7	174.5	181.5	100.0	4.0	182.9	100.0	0.8	180.0	100.0	-1.6
산업부문	95.6	98.6	104.3	57.5	5.8	106.8	58.4	2.3	104.6	58.1	-2.0
수송부문	35.1	36.0	37.1	20.4	2.9	35.3	19.3	-4.8	34.7	19.3	-1.6
가정·상업	37.0	36.0	35.9	19.8	-0.2	36.7	20.1	2.3	36.5	20.3	-0.6
공공·기타	4.1	3.8	4.1	2.3	7.9	4.1	2.2	-1.0	4.2	2.3	2.1

※ 신열량환산기준에 의한 지표

라. 에너지수입전망

2009년 에너지 수입액은 세계적인 경기침체의 영향으로 도입단가의 하락과 수입물량 감소로 2008년보다 크게 줄어든 746억불로 예상된다.

주요 에너지원별 수입액은 원유가 455억불, LNG 100억불, 유연탄이 68억불에 달할 것으로 전망된다.

수입물량은 원유수입은 전년대비 2.7% 감소한 842백만배럴, 유연탄 수입은 4.8% 증가한 93백만톤, LNG는 5.9% 감소한 25백만톤을 수입할 것으로 전망된다.

제2장 전력수급기본계획

지식경제부 전력산업과 사무관 윤정원

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 매우 크기 때문에 정확히 전력수요를 예측하고 이에 따른 공급설비의 적기 확충이 이루어져야 한다.

장기적인 전력설비 건설계획 수립시 전력수요예측 및 수요관리, 예비 전력 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 장기전력수급계획을 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(전원구성비)를 도모하기 위해 정책적 '계획' 기능을 강화하였다. 즉, 발전사업자의 건설의향 반영을 주로 하였던 제2차 전력수급기본계획과는 달리 사회적 비용을 최소화하기 위한 적정 설비규모와 전원 MIX 기준을 도출하고 이에 따라 발전사업자의 건설의향을 선별적으로 반영하였다.

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

도록 하고 있다.

제2절 제4차 전력수급기본계획의 주요 내용

가. 계획수립 개요 및 기본방향

2008년 12월에 발표한 제4차 전력수급기본계획은 2008년부터 2022년까지 15년을 대상 기간으로 하고 있으며, 3차 수급계획과 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 사용 정책기능을 강화하였다. 또한 기후변화 대응형 전원믹스 구성을 위하여 발전설비에서 배출되는 탄소의 배출 목표량 설정 및 탄소 가격을 책정 환경비용으로 반영하였다. 제4차 전력수급기본계획에서 수요예측은 제1차 국가에너지기본계획의 2030년 에너지원단위 개선 목표수요를 반영하여 4차 수급계획의 목표수요로 정하고 수요예측 결과를 기준수요로 반영하였다. 발전설비 계획은 목표수요에 대응하여 수립하였고 목표수요와 기준수요의 차이만큼은 불확실 대응설비로 반영하였다.

나. 제4차 전력수급기본계획의 주요내용

(1) 전력수요 예측

제4차 전력수급기본계획에서 목표수요는 제1차 국가에너지기본계획

의 2030년 에너지원단위 개선 목표수요를 반영하였으며, 수요예측 결과를 기준수요로 반영하였다.

(가) 목표수요

연 도	'06(실적)	'20	'30	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 수립·추진할 계획이다.

(나) 기준수요

수요예측을 위한 기초자료인 GDP는 2008~2022년간 연평균 4.2% 성장을 전망한 한국개발연구원(KDI)의 전망치를 사용하였고 산업구조 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	'08	'10	'15	'22	'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 피크 억제하여 81,805MW가 발생할 것으로 전망되었다.

〈표 1-14〉 최대전력 전망

(단위 : MW)

연 도	'09	'10	'15	'22	'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

(2) 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		'08	'09	'13	'18	'22
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 억원이 소요될 것으로 전망하였다.

〈표 1-16〉 수요관리 투자비

(단위 : 억원)

연 도	'09	'13	'18	'20	'22	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

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

(3) 발전설비 계획

발전설비 계획은 목표수요와 기준수요 각각에 대하여 적정설비용량

을 도출하였고 목표수요에 의해 도출된 설비용량은 확정설비로, 목표수요와 기준수요의 차이만큼은 불확실 대응설비로 4차 수급계획에 반영하였다.

〈표 1-17〉 목표수요에 따른 적정설비규모

(단위 : MW)

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

* 목표수요에 따른 기준계획은 전국권에 대해서만 산정

〈표 1-18〉 기준수요에 따른 적정설비용량

구 분	전원별 신규추가 용량(MW)			총계(MW)	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	

〈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

〈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 ('13.09) 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 허동#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	-	-	-	8,400
		불확실 대응 설비	-	당진#9 ('14.12) 1,000 #10 ('15.12) 1,000 삼척#1,2 ('15.12) 2,000	안동 ('11.12) 900, 신울산 ('13.12) 700	5,600

(4) 전력수급 전망

2011년까지 설비예비율이 6~10% 수준으로 전망되며, 단기수급측면에서 적극적인 대응이 필요할 것으로 예상되나, 2012년 이후는 설비예비율이 12~24% 수준으로 수급안정이 가능하다.

〈표 1-21〉 연도별 전력수급 전망

연 도	최대수요 (MW)	총설비용량 (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

(5) 전원구성 전망

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

〈표 1-22〉 연도별 전원구성 전망

(설비용량(MW) / 구성비(%))

구 분		원자력	석탄	LNG	석유	신재생	양수/집단	합 계
'08년	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	100.0
'10년	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	100.1
	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	100.0
'15년	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	100.0
	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	100.0
'20년	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	100.0
	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	100.0
'22년	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	100.0

제3절 향후 계획

최근의 경기침체 상황은 중·단기적으로 전력수요 감소와 민자발전 사업자의 경영여건 악화로 인한 전력공급 감소 가능성을 동시에 내포하

고 있으며, 장기적으로 4차 수급계획의 원전 등 기저설비 확충은 LNG 복합 등 첨두설비의 이용률 저하로 인한 사업성 악화가 전망된다. 따라서 4차 전력수급계획의 간년도 계획을 통해 중·단기적인 전력수급 여건변동에 대응하여 설비계획을 조정함으로써 전력수급 안정과 적정 설비투자 유도가 필요한 실정이다. 이에 정부는 중·단기(2009~2014)에 대한 간년도 계획 수립을 통하여 제4차 전력수급기본계획 수립시 전제 조건인 경제성장률, 연료가격, 환율 등을 재검토하고 이를 바탕으로 전력수요 예측 및 발전설비 건설 추진현황 점검을 수행하여 대책마련 필요시 중·단기에 대한 간년도 계획을 수정·공고할 예정이다.

제3장 원자력발전 정책 방향

제1절 기본방향

지식경제부 원자력산업과 서기관 조정아

1. 원자력에 대한 사회적 수용성 제고

최근 들어 원자력에 대한 사회적 인식은 높아지고 있으나, 아직도 원전시설은 국민과 지역주민들에게 대표적인 기피시설로 여겨지고 있다. 일반적인 이해도는 향상되고 있으나 본인과 직접 연관될 경우, 여전히 부정적인 인식이 높은 것이 사실이다. 원전은 건설과 운영과정에서 국민과 지역주민들의 이해를 제고하는 것이 가장 중요하다.

이를 위해 2006년 국가에너지위원회 및 산하 갈등관리전문위원회 출범으로 시민·환경단체 등 각계가 참여하여 원자력 관련 쟁점사항을 논의할 수 있는 공식적인 공론화의 장이 마련되었다. 이와 함께 공개토론회 및 공청회를 개최하여 다양한 계층의 의견을 수렴하여 2008년 8월에 국가에너지기본계획 확정을 통해 원자력 비중을 2030년까지 확대하기로 결정하였다. 아울러 사용후연료 증장기 처리방안 등 주요 쟁점사항에 대해서도 공론화를 통해 사회적 수용성을 확보하여 결정할 예정이다.

또한, 지역과 공존·공영하는 원전 건설 및 운영을 위해 원전 주변지역과 원전의 일체감을 높여나가는 것이 중요하다. 원전 주변지역은 원전안전에 대한 불안심리가 크고, 피해의식까지 갖고 있는 경우가 있어, 원전 건설을 통해 지역사회가 동반 발전할 수 있는 기회와 인식을 확산

하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 원전 운영정보의 투명한 공개를 통해 원전 운영의 신뢰성을 제고하고, 발전소 주변지역의 특성을 고려한 지원사업, 지역경제 활성화를 위한 지역주민 고용 및 지역업체 지원 등 원전이 지역사회의 일원으로서 함께 하고 있다는 공동체의식을 강화해 나가야 할 것이다.

또한, 원전이 들어서는 발전소 주변지역 지원을 지속적으로 추진해 나갈 것이다. 2005년 관련 법령이 개정되어 2006년부터는 지원금의 현실화가 이루어지고 사업시행자의 재량권이 대폭 확대된 바 있고, 2007년에는 원자력발전소의 주변지역에 대한 민간환경감시기구 운영의 효율성 제고를 위하여 합리적 지원기준을 정하고 업무범위를 명확화 하는 등 운영체계를 개선하였다. 향후 발전소 주변지역 사업체계를 더욱 효과적으로 개선하기 위해 사업시행자별 평가를 실시하여 주민 만족도 제고시켜 나갈 계획이다.

2. 원전의 적정비중 결정

원자력발전은 타 전원에는 비해 경제성, 공급안정성, 환경성 측면에서 우수한 전원이다. 최근 신 고유가 시대의 도래와 함께, 교토의정서 발효에 따른 38개국의 감축의무가 시작되고 발리 로드맵에 따른 추가협상이 예정되어있는 등 온실가스 배출 감축의무가 더욱 강화될 것으로 전망된다. 유가 상승에 따라 연료가격 전반의 동반상승이 진행되는 가운데, 타 전원에는 비해 연료인 우라늄이 상대적으로 고른 매장분포를 갖고 있으며 발전원가 중 연료비 부담이 적을 뿐 아니라 비축이 용이하여 원

자력 발전은 온실가스 배출이 없는 깨끗한 전원으로 향후 중요성이 더욱 확대될 것으로 전망된다. 이에 따라 정부는 관련 전문가, 시민환경단체 등이 참여한 가운데 원전의 적정비중에 대한 사회적 공론화를 거쳐, 지난 2008년 8월에 국가에너지위원회에서 2030년까지 원자력발전 비중을 약60%까지 확대하기로 결정하였으며, 이를 위해 필요한 신규부지 2~3개소를 공론화 및 후보지 조사 등을 거쳐 2012년까지 확보할 예정이다. 아울러 지난 2008년 12월에 수립된 제4차 전력수급기본계획에 반영된 신규원전 4기(신고리5·6호기, 신울진 3·4호기) 및 현재 건설 중인 8기에 대한 건설도 안전성과 국민 이해도를 제고하면서 적기 건설을 추진할 예정이다.

3. 연구개발 강화를 통한 원전 경쟁력 강화

세계 원전시장이 확대되면서, 2030년까지 약 300기의 신규 원전이 새롭게 건설될 것으로 전망되고 있다. 이에 따라, 원전 선진국 업계 간 제휴·통합이 활발해지면서 세계 원전시장의 경쟁구도가 심화되고 있다. 일본 도시바의 웨스팅하우스 인수, 일본 미쓰비시와 프랑스 아레바간의 사업제휴 및 히타치와 GE간 사업통합 등 선진 기업들은 신규 원전 시장 주도를 위해 활발하게 움직이면서, 본격적인 수주전을 추진해 나가고 있다. 우리나라는 그간 1980년대 「원전건설 기술자립 계획('87~'95)」을 시작으로 지속적 기술개발을 통해 한국표준형원전(OPR1000) 및 차세대원자로(APR1400)를 개발하는 등 독자원전 개발에 성공하였고, 원천기술 확보 및 설비성능 향상을 위해 '원전기술 발전방안(Nu-tech

2015)’을 수립·추진(’07~’15)하였다. 그러나, 우리나라는 일부 원천기술(원전설계코드, 원자로냉각재펌프, 원전제어계측장치)을 해외 경쟁사에 의존하고 있어 원전수출시 기술적 제약요인으로 작용하고 있다. 이에 정부는 원전수출에 있어 그 기회를 실기하지 않도록 2012년까지 미자립 기술을 완전 국산화하고 해외시장 제약 없이 수출 가능한 신형 원전(APR+) 개발을 추진하기 위해 기존의 Nu-Tech2015를 수정·보완하여 Nu-Tech2012 계획을 수립·추진 중이다. 이를 통해 완전한 기술 자립화를 달성하고 취약한 대외적 인지도를 극복하여 원전 수출국으로 도약하고, 향후 원전의 지속가능한 성장을 보장할 수 있는 친환경 기술도 병행 개발함으로써 균형있는 원전 경쟁력을 갖추어 나갈 계획이다.

4. 해외 원전시장 진출 강화

우리나라는 총 20기의 원전을 운영 중으로 세계 6위 원전국가로 성장하였으며, 일부 원천기술(원전설계코드, 원자로냉각재펌프, 원전제어계측장치)을 해외 경쟁사에 의존하고는 있지만 꾸준한 기술개발로 높은 기술능력을 확보하고 있다. 이를 바탕으로 국내 원전산업의 발전뿐 아니라 최근 원전 르네상스라고 불릴 정도로 급속도로 성장하고 있는 세계 원전시장 진출을 추진하고 있다. 특히, 기후 변화, 유가 급변 등에 따라 화석 연료의 대안으로 세계 각국의 원전에 대한 관심이 높아지고 있고, 중국 등 신흥국가의 원전건설이 추진되면서 원전 플랜트를 비롯, 원전 설계 및 기자재 제작 등 원전 관련 시장은 지속적으로 성장할 것으로 전망됨에 따라, 원전수출은 반도체, 조선, 자동차에 이어 우리나라의 먹

거리를 책임질 유망한 차세대 수출 품목으로 주목받고 있다. 현재, 우리나라는 1990년대 이후 지속적인 원전건설을 통해 풍부한 건설 및 운영 경험을 보유하고 있고, 반복건설을 통해 높은 경제성을 확보하고 있는 등 진출여건은 좋으나, 원전시장 진출을 위한 기반조성 활동과 해외 진출경험 및 원천기술 면에서 선진국에 열세인 것이 사실이다. 이에 따라 우리나라는 아직 원전 플랜트 수출은 없으나, 기자재 및 기술용역 등은 2008년까지 약 18억불의 수출실적을 보이고 있다. 특히, 최신 기술인력을 바탕으로 두산중공업, 한국전력기술 등을 필두로 기자재 및 기술용역 등을 중심으로 한 해외진출 규모가 확대되는 추세이며, 진출분야도 기자재 중심에서 설계용역, 연료, 유지보수, 운영자문 등으로 다양화되고 있으며, 앞으로 해외 메이저 원전 공급사와의 전략적 협력관계를 유지함으로써, 지속적인 수출 확대가 기대된다.

정부는 원전 플랜트 수출을 성사시키기 위해 UAE, 요르단 등 유력 수출대상국과의 적극적인 원전 Sales 외교를 통하여 국가차원에서 원전 협력을 추진하고 있으며, 또한 원전수출에 있어 국내 관계기관의 적극적인 협조를 얻어내고자 원전수출협의회를 운영 중에 있다. 이와 함께 독자수출이 가능한 명실상부한 한국형 원전 개발을 추진함으로써 원전 수출의 기술적 제약요인을 해소하고, 전략시장에 대한 맞춤형 원전 수출을 위해 현지 유력기업과의 파트너십을 강화해 나갈 계획이다.

제2절 원전의 안전성 확보

지식경제부 원자력산업과 서기관 조정아

1. 원전설비의 안전관리

원전설비는 고도의 안전성을 갖추기 위해 건설 및 운영의 전과정에 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·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 고

장이나 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 주기적안전성평가를 실시하도록 하였다. 이에 한수원(주)은 16기의 평가 대상 발전소중 고리 1호기 등 12기에 대해 평가완료하고 월성 3·4호기 등 4기에 대해서는 2008년말 현재 평가가 진행 중이다

2. 원전주변지역의 환경관리

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

원전의 환경방사능 조사를 위해 30km 이내지역의 다수 지점에 방사선감시기 등 감시장비를 설치하고 있으며, 특히 인구 밀집지역에는 외부표시판을 설치하여 주민들이 직접 확인할 수 있도록 하고 있다. 지금

까지의 조사결과 원전주변의 방사능 영향은 다른 일반지역과 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타나고 있어 원전이 매우 안전하게 운전되고 있음이 확인되고 있다.

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

고리원전, 영광원전 및 울진원전 지역에는 주민 자율적인 환경감시를 위해 민간환경감시기구가 구성되어 그간 발전소주변지역지원사업 지원금에서 설치 및 운영에 소요되는 비용을 지원해 왔으며, 2002년부터는 전력산업기반기금으로 계속 지원하고 있다. 현재 건설중인 신고리원전(울주군) 지역은 2006년 8월 감시기구가 구성됨에 따라 2006년부터 설치 및 운영비용을 전력산업기반기금에서 지원중이며, 그 동안 감시기구 구성이 지연되어 왔던 월성원전(경주시)은 2006년 5월 감시기구의 설치·운영을 위한 조례제정을 마치고 2007년 11월 감시기구가 구성되었다. 따라서 2007년 11월부터는 1개 기구가 추가된 총 5개의 민간 환경감시기구를 대상으로 운영에 필요한 재정적 지원을 하고 있다

3. 원전의 안전한 폐로대책

원전은 우리님과 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 있는데, 한수원(주)은 2008년 말 현재 원전 철거비 충당금으로 4조 3,111억원을 적립하여 폐로에 대비하고 있다.

한편, 폐로가 계획되어 있는 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 신청하였으며 정부는 한수원(주)이 제출한 주기적안전성평가서, 주요기기에 대한 수명평가서 및 방사선 환경영향 평가서 등 16개 분야 112개항목에 대해 안전성을 심사하여 2007년 12월 계속운전을 허가하였다. 이후

한수원(주)은 지역주민들과의 합의를 거쳐 2008년 1월부터 재가동을 시작하였다.

제3절 원전산업의 경쟁력 강화

지식경제부 원자력산업과 사무관 박지운

1. 원전기술 자립 추진

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

이에 정부는 1984년 7월 원전의 경제성 제고 및 에너지 자립기반을 확립하기 위하여 ‘원전건설 기술자립 계획’을 수립하고, 영광 3·4호기가 준공되는 1995년까지 95%의 기술자립 목표를 설정하였다. 1987년 발주한 영광 3·4호기 건설사업은 국내업체를 주계약자로 선정하고 각 업체가 전문분야별로 역할을 분담하고 유기적인 협력 체제를 구축하여 외국으로부터 기술도입을 통한 원전기술의 국산화를 추진하였으며, 동 원전이 준공된 1995년말 당초 목표대로 95%의 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·운영 경험 및 해외 신기술개발 사례를 반영하고 이를 토대로 올진 3·4호기 사업을 추진함으로써, 우리나라 실정에 맞는 표준원전 설계를 완성하고,

이후 후속 원전은 표준설계를 그대로 적용·건설하여 안전성과 경제성을 지속적으로 향상시켜 나가는 것이다. 사업주체인 한전과 전력그룹사는 1995년말 발전소 전 계통에 대한 표준 설계요건 및 표준 상세설계를 완료하였고, 1999년 준공된 울진 3·4호기 건설을 통해 표준화를 완성하였다.

이로써 국내 원자력산업계는 한국표준형원전의 설계·건설능력을 확보하였고 이를 바탕으로 영광 5·6호기 및 울진 5·6호기를 그대로 복제 건설하여 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 건설(준비)중에 있으며, 향후 후속 원전에도 적용될 것으로 기대된다.

2. 원전산업의 경쟁력 제고

원자력발전 부문은 국내 발전량의 35% 이상을 차지할 뿐만 아니라 기저부하로서의 안정적인 전력공급에 중요한 역할을 담당하고 있다.

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

한편, 국내 원자력발전소 기술이 그간의 자립노력으로 현재 95% 자

립수준에 이르고 있다고는 하나, 아직 대외적인 기술우위를 확보하지는 못한 상태이다. 더구나 WTO 체제 출범으로 원자력발전소 기자재 공급과 시공분야가 1997년부터 이미 개방되었고, 설계엔지니어링과 원전연료 부문은 머지않아 개방이 불가피할 것으로 예상되고 있어 원전산업의 대외 경쟁력 확보도 시급한 실정이다.

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

이와 같은 원전 기술개발 환경변화를 반영하여 2012년까지의 원자력발전 중장기 연구개발 로드맵을 제시하고, 중점 추진사업 및 기술을 도출하여 성과중심 및 목표지향적인 기술개발로 2012년 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)을 수립하여 시행중에 있다.

제4절 원전기술개발의 체계적 추진

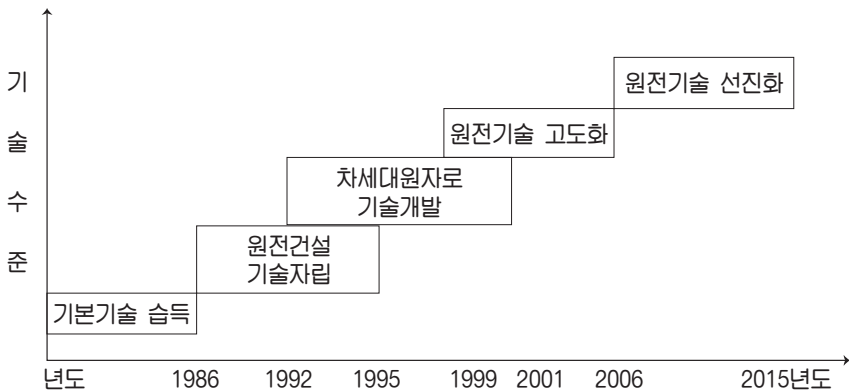
지식경제부 원자력산업과 사무관 박지운

1. 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015) 수립 및 추진계획

그 동안 원자력발전분야의 연구개발사업은 원전기술고도화사업과 전력설비성능향상 원자력부문 사업 및 원전기술혁신분야 기술개발사업으로 구분하여 원전기술의 선진화를 위한 기반구축 기술개발에 중점

을 두고 추진되어 왔으며, 원자력산업 진흥을 위한 원전 설계, 건설, 운영 등 원전기술의 실용화와 연관된 기술개발에 주력해 왔다.

원전기술고도화사업이 2006년 12월 종료됨에 따라, 정부는 원전기술 선진국 진입과 수출 산업화를 위하여 원전기술고도화사업의 후속인 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015, 2007~2015)을 수립, 추진하게 되었다. Nu-Tech 2015를 통하여 2004년말 산업자원부로 집행기능이 이관된 ‘원전기술혁신분야’와 국제환경규제의 효율적 대응 등 원자력산업의 지속성장을 위한 국내외 환경변화에 따라 에너지와 환경분야의 조화에 중점을 둔 ‘원자력환경기술개발사업’을 포함하는 중장기 기술개발 계획을 별도로 운영할 계획이다.



〈그림 1-4〉 원전기술 개발 과정

원전기술발전방안(Nu-Tech 2015) 포트폴리오 기술개발에 대한 분야별 주도사업 및 중점기술을 선정하여 중점 추진하되, 선택과 집중을 위하여 국가전략과제(Top-down)를 80%이상 점유토록 유지하여 추

진할 것이다. 현안해결 충족을 위한 기술개발 등은 수요자 중심(Bottom-up) 및 원전 관련사의 자체 연구개발로 추진하여 원전기술개발의 균형을 유지할 계획이다.

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.

분야별 주도사업 및 중점기술로는 국내원전 기술수준 분석결과를 토대로 핵심기술의 원천소유권 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

● 원전 국제 경쟁력 제고 핵심기술 개발 분야

- ① APR1400 후속 원전 개발
- ② 해외진출 핵심기술 개발
- ③ 핵심기기 고유브랜드 확보 기술개발

● 선진국 수준 원전 운영기술 개발 분야

- ① 가동원전 성능향상 기술개발
- ② 장기운전 신뢰도 향상 기술개발
- ③ 원전연료 신뢰도 제고 기술개발

● 원전 지속성 보장 친환경 기술개발 분야

- ① 사용후연료 장기관리 기반구축 기술개발

- ② 방사성폐기물 처분장 운영기술 개발
- ③ 원자력시설 방사선 안전관리 선진화 기술개발

2. 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015) 수정 추진

최근 세계 각국은 불안정한 에너지수급 상황, 기후변화 협약에 따른 온실가스 감축 등에 대응하기 위한 현실적인 에너지 대안으로 원자력 발전에 주목하고 있어 세계 원전시장이 크게 확대되고 있으며 이를 뒷받침해 주듯 2008년 8월에 IAEA는 향후 세계 원자력발전 전망에 대해 2008년 372GW에서 2030년 최소 473GW, 최대 748GW까지 증가할 것으로 이른바 ‘원자력르네상스’를 예견하였다.

이렇듯 세계 원전시장이 새롭게 열리고 있어 국내 원전업계도 지금껏 축적해온 원전 설계·제작·시공 능력을 토대로 최초 원전수출을 추진하고 있다.

그러나, 우리나라는 아직 원전기술을 완전 자립하지 못하고 있는 상황으로 원전설계코드, 원자로냉각재펌프, 원전제어계측장치 등 핵심 원전기술을 해외 경쟁사에 의존하고 있어 원전수출시 기술적 제약요인을 갖고 있다. 이에 정부는 원전수출에 있어 그 기회를 실기하지 않도록 2012년까지 미자립 기술을 완전 국산화하고 해외시장 제약 없이 수출 가능한 신형원전(APR+) 개발을 추진토록 기존의 Nu-Tech2015를 수정·보완하여 Nu-Tech2012 계획을 수립 추진중이다.

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 지원사업 등을 위해 시행하는 사업으로써 지원금의 규모는 기본지원사업에 대한 연간 지원금의 10% 범위 내에서 주변지역지원사업심의위원회의 심의를 거쳐 지식경제부 장관이 정한다.

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

〈표 1-23〉 기본지원사업과 사업자지원사업의 비교

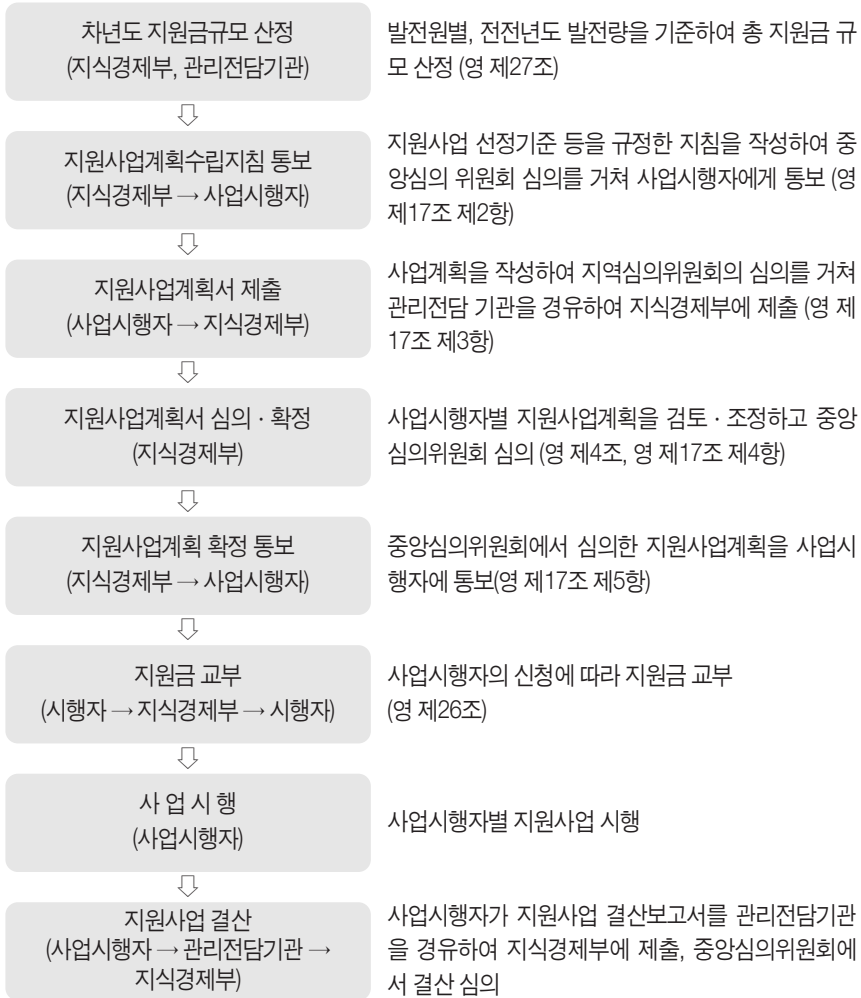
구 분	기본지원사업	사업자지원사업
사업 성격	○ 주변지역의 개발과 주민의 복리 증진을 위하여 정부기금으로 시행하는 지원사업	○ 원자력·수력발전사업자의 자기자금에 의한 지역지원사업
재원 부담	○ 전력산업기반기금	○ 한수원(주) 자체예산
사업시행자	○ 지자체의 장 (원전의 경우, 전기요금보조사업은 발전사업자)	○ 발전사업자
지원사업의 종류	○ 공공시설사업, 소득증대사업, 육영사업, 전기요금보조사업, 주민복지지원사업, 기업유치지원사업, 사회복지사업	○ 교육·장학지원사업, 지역경제협력사업, 주변환경개선사업, 지역복지사업, 지역문화진흥사업,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

〈표 1-24〉 최근 원자력발전소 주변지역 지원규모

(단위: 백만원)

관련법령 및 재원		사업종류	'07년도 지원규모	'08년도 지원규모					'09년도 지원계획
				고리	영광	월성	울진	계	
발전소 주변 지역 지원에 관한 법률	전력 사업 기반 기금	기본지원 사업	45,265	16,403	11,941	9,780	11,669	49,793	52,750
		특별지원 사업	62	-	-	-	-	0	35,504
		홍보사업	11,032	-	-	-	-	0	10,993
		기타지원 사업	2,835	855	659	649	449	2,612	2,400
		소계	59,194	17,258	12,600	10,429	12,118	52,405	101,647
	발전 사업자 자기 자금	사업자 지원사업	45,769	20,886	11,941	9,780	11,669	54,276	47,596
지방세법		지역개발세	71,174	13,249	24,947	11,296	25,833	75,325	72,115
총 계			176,137	51,393	49,488	31,505	49,620	82,006	221,358

3. 지원사업 추진절차



4. 지원제도 개선실적 및 계획

2005년 발주법령 개정으로 2006년부터는 그간 지방자치단체 및 마

을주민이 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 개선방안 마련을 위하여 발전소 주변지역 지원에 관한 법률을 2009년 하반기에 개정할 계획이다.

제6절 국민이해 확보

지식경제부 원자력산업과 사무관 하동환

1. 원자력발전 여건 변화

최근의 국내외적 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 화석에너지 대안으로 원자력 발전을 주목하고 있으며, 미국은 그 동안 중단되었던 원자력발전소의 건설을 재개기로 결정하였고, 독일, 핀란드 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 300여기 이상의 원전이 신규 건설될 전망이다.

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

우리나라의 원자력은 1978년 고리 1호기가 최초로 상업운전을 시작한 이래 현재에는 전체 전력공급의 35% 이상 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 ’07년 36%→’30년 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 적극적인 조치를 취하지 않은데도 큰 원인이 있다.

원자력발전 도입 초기에는 안정적인 전력공급을 통해 경제개발을 촉진해야 한다는 국가적 목적이 우선시되었으며, 국가정책에 대한 국민적 합의는 크게 문제되지 않았다. 그러나 민주화의 진전과 이에 따른 일반 국민의 정책결정에 대한 참여요구의 수준이 높아지고 시민·사회단체의 영향력이 커지면서, 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 원자력 발전사업을 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

모든 국민이 원자력발전에 대해 충분한 지식을 갖고 있고, 안전성에 대해 이해한다면 원자력발전사업을 추진하는데 어려움이 없을 것이다. 그러나 아쉽게도 원자력분야는 전문가가 아닌 일반 국민이 쉽게 접근하고 이해할 수 있을 만큼 일반화된 과학기술분야가 아니다. 따라서 일반 국민의 입장에서 원자력을 이해할 수 있도록 도와 줄 수 있는 종합적이고 체계적인 홍보전략과 기법의 실행이 필요하다.

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

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

또한 원자력발전에 대한 막연한 두려움을 해소시켜 주기 위해 원자력 관련시설 견학을 통하여 직접 체험해 볼 수 있도록 하고 있으며, 특히 자라나는 차세대에게 올바른 원자력·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 공동으로 수행하여 발표하고, 민간환경감시기구를 운영하는 등 원자력발전소의 운영 실태를 주민들이 직접 감시할 수 있도록 함으로써 원자력발전에 대한 거부감을 해소해 나가고 있다.

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

3. 원자력홍보의 미래지향적 전개

원자력홍보는 원자력에 대한 부정적 선입견과 왜곡되고 편향된 주장, 위험성에 대한 과장된 정보 등 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 투

명하게 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 자리

하고 있는 원자력발전에 대한 국민적 이해기반 확충과 국민 신뢰회복이 그 어느 때보다 필요한 시점이다.

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

제7절 원전연료 및 방사성폐기물 관리확보

지식경제부 원자력산업과 사무관 하동환

1. 원전연료의 확보

가. 개 요

원자력발전소에서 사용되는 원전연료는 경수로의 경우 5%이하의 저농축 우라늄을, 중수로의 경우 천연우라늄을 사용하며 화석연료와는 달리 정련, 변환, 농축, 성형가공 등 여러 단계의 공정을 거쳐 만들어지며, 설계단계에서부터 안전성을 최우선 개념으로 고려하여 제작되는데 우리나라는 연간 약 4,000톤의 우라늄(정광)을 사용한다. 원자로에 장전된 연료는 경수로의 경우 3~5년, 중수로의 경우 1년 동안 연소되며, 사용후연료는 장기간 저장 후 직접 처분하거나 미연소된 우라늄 또는 플루토늄을 회수하여 재활용할 수도 있다.

우리나라에는 우라늄이 소량 매장되어 있으나 품위가 매우 낮아 경

제성이 없으며, 우라늄 농축 및 재처리도 한미원자력협력협정 및 한반도 비핵화 선언('91)으로 국내에서는 하지 못함에 따라, 우라늄 정광에서부터 농축역무까지는 해외에서 구매하고 있다. 그러나 1980년대 이후 국가에너지 안보와 원전연료주기 기술확보 차원에서 원전연료의 성형가공 분야에서 완전 자립하여 소요량 전량을 국내에서 생산·공급하고 있다.

나. 원전연료 확보

(1) 시장동향

<세계우라늄 매장량 및 수급>

세계의 우라늄은 연간 세계 원전사용량(7만톤, 정광) 기준으로 확인 및 추정물량을 합쳐 약 228년 분에 해당하는 1,600만톤 정도가 매장되어 있으나 실제 생산량은 소요량에 미치지 못하여 부족분을 각국 정광 생산자·전력사·정부 보유 재고우라늄과 일부국가의 핵무기해체 고농축 우라늄의 희석 공급량 등 2차 공급원으로 충당되고 있으며 원자력 르네상스를 맞아 향후 신규 우라늄광산 개발, 기존광산 증설 등으로 1차 공급원이 늘어날 전망이다. [해저속에도 전세계 원전이 6만년간 사용할 수 있는 약 40억톤의 우라늄이 존재하나 채광비가 너무 높아 아직 경제성이 없음]

<시장가격>

세계 우라늄 시장가격은 1970년대말 제2차 석유파동을 계기로 원자

력발전소의 경제성에 대한 국제적 관심이 고조되어 우리나라 정광 파운드당 40달러를 상회하였으나, 이후 세계적인 원자력산업의 침체와 러시아산 우라늄의 방매, 미·러 핵탄두 해체협정(1993~2013)에 따른 고농축 우라늄 희석분 시장유입 등으로 시장가격은 1980년대 중반부터 2002년말까지 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 있으나 이를 고비로 최근 원전확대 추세에 따른 1차공급원 확대 전망, 가수요 감소 등 장기적인 수급여건 개선 기대에 따라 우라늄 가격이 점차 안정세로 접어들고 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 있으나, 2010년 및 2012년경 각각 노후화가 예상되는 미국 및 프랑스의 현 농축시설을 대체할 신규 농축시설의 건설추이에 따라 향후 중장기 농축역무 수급에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

〈표 1-25〉 우라늄정광 현물시장 가격추이

(단위 : US\$/lbU₃O₈)

연도	'79	'86	'90	'95	'00	'05	'06	'07.6	'07	'08
가격	42.7	17.0	9.6	12.2	7.1	36.2	72	136	90	53

(2) 원전연료 확보

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

원전연료의 장기 안정적 확보와 경제적 조달을 위하여 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 공급신뢰 아래 가동되어 왔다. 그러나 점증하고 있는 자원 민족주의 경향 등 향후 격화될 경쟁지향적 세계 에너지환경 변화에 따라 우리나라 시장의 관행적 공급신뢰성도 상업적 역학관계의 속성상 비우호적으로 변화될 가능성을 배제할 수는 없다. 따라서 정부는 앞으로 ‘국산연료의 품질향상과 국제경쟁력 제고를 위한 장 · 단기적 기술개발정책’의 지속 추진, ‘해외

우라늄광산 개발', '해외 농축 또는 변환사의 지분 확보' 등 장기 안정적인 원전연료 공급원 확보를 위한 노력을 추진해 나갈 계획이다.

제8절 방사성폐기물 관리

지식경제부 방사성폐기물과 사무관 정근용

1. 개요

원자력은 우리나라 전력공급의 35% 이상을 담당하며 안정적이고 저렴한 전력 공급을 위한 기반을 제공하는 장점을 가지고 있으나, '원자력 발전'에 따라 불가피하게 발생하는 방사성폐기물의 안전한 처분 필요성도 대두되었다.

지난 1986년부터 수차례 진행되어 온 방사성폐기물 관리시설 부지선정 추진은 활성단층 발견(굴업도) 등 부지안전성 문제와 지역 주민의 반발 등으로 곤란을 겪었으며, 이후에도 '지자체 자율유치' 방침에 따라 전북 부안지역이 신청하였으나 전략 및 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 3천억원의 특별지원금, 반입수수료, 한수원(주)의 본사 이전 등을 제도적으로 보장하고, 이외에 양성자가속기 사업도 유치지역에 추진되도록 하는 등 획기적인 정책전환을 하였다.

그 결과 경주, 군산, 포항, 영덕 등 4개 지역에서 유치신청을 하게 되었고 2005년 11월 2일 주민투표를 통해 경주지역이 중·저준위방사성폐기물 처분시설(이하 중·저준위 방폐장) 부지로 최종 선정되었으며 2010년 준공을 목표로 1단계 10만드럼 규모의 중·저준위 방폐장 건설을 추진 중에 있다.

한편, 4개 원자력발전소에서 임시저장되고 있는 사용후연료에 대하여는 금년중 일반시민, 전문가, NGO 등이 참여하여 관리방안에 대한 공론화를 거쳐 방사성폐기물관리 기본계획을 수립할 예정이다.

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 $4,000\text{Bq/g}$ 이상이고 열 발생률이 2kW/m^3 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 관리현황(2008년말 기준)을 살펴보면, 중·저준위폐기물의 경우 원자력발전소 운영 중에 발생한 폐기물이 총 81,779드럼(200리터 기준)으로 발전소 부지내 임시저장시설에서 관리되고 있으며, 방사성동위원소 이용기관에서 발생된 동위원소폐기물은 총 5,284드럼(200리터 기준)으로 대전 원자력연구원 구내의 임시저장시설에서 관리되고 있다.

사용후연료의 경우 경수로(고리, 영광, 울진)와 중수로(월성) 두 종류의 원자로에서 각각 형태가 다른 사용후연료가 발생하는데, 2008년말 현재 누적 발생량은 총 10,083톤으로 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 및 분류, 처리, 운반, 저장, 처분의 단계로 구분되며, 최종 단계인 처분(disposal)은 방사성폐기물이 인간에게 유해를 끼치지 않을 때까지 인간의 생활권으로부터 영구히 격리시키는 것을 말한다. 대부분의 원자력 선진국에서는 이러한 처분시설을 오래전

부터 운영 중에 있으며 우리나라도 지난 2005년 11월 주민투표를 통해 경주시에 중·저준위 방사성폐기물 처분시설을 건설하기로 결정하였다. 이후 지식경제부(당시 산업자원부)는 전원개발촉진법에 따라 환경부 등 10개 관계부처 협의와 전원개발사업추진위원회의 심의·의결을 거쳐 2006년 1월 2일 경주시 양북면 봉길리 일대 약 210만 m^2 를 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 과학교육기술부(당시 과학기술부)에 방폐장 건설·운영 인허가를 신청하였다. 이에 지식경제부는 전원개발사업추진위원회의 심의·의결을 거쳐 2007년 7월 12일 전원개발사업 실시계획

을 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 VIP 임석 하에 방폐장 착공행사를 개최하였다.

2008년 7월 교육과학기술부에서 방폐장 건설에 대한 인·허가가 완료됨에 따라 2010년 6월 완공을 목표로 8월 1일부터 주설비공사를 시작하였고, 2009년 3월말 현재 44.37%의 공정률로 계획대비 94.85%의 실적을 달성하였다.

2009년 1월 1일 방사성폐기물관리법의 시행으로 방사성폐기물 관리 업무를 전담할 ‘한국방사성폐기물관리공단(이하 ‘방폐물관리공단’)' 이 발족함에 따라, 2009년 4월 17일 사업시행자를 한수원(주)에서 방폐물관리공단으로 변경하는 것을 내용으로 전원개발 실시계획을 변경 고시하였다.

4. 사용후연료 공론화 추진

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

이러한 원자력위원회의 의결에 따라 국가에너지위원회 산하 갈등관리전

문위원회는 2007년 2월 공론화 준비에 착수하였다. 2007년 4월에는 갈등관리전문위원 일부 및 외부전문가로 구성된 사용후연료 공론화 TFT를 구성하고 영국·캐나다 등 해외의 공론화 사례 연구와 20여 차례(월 2차례)의 회의를 개최하였으며 2007년 12월에는 ‘사용후연료공론화 설명회’를 개최하고 원자력연구계, 관련 업계, 언론 등 120여 명이 참가하는 공론화에 대한 의견 수렴의 기회 마련하였다.

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

해외에서도 사회적 공론화를 거쳐 사용후연료 관리방안을 마련하고 있다. 영국은 2003년 11월 설립된 방사성폐기물관리위원회를 통해 약 3년간 공론화를 추진하였고, 캐나다도 방사성폐기물 전담기관 주관 하에 2002년 말부터 약 3년간 공론화를 추진하였다.

5. 유치지역 지원계획 수립 및 추진

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

경주시에 지원되는 유치지역 지원사업은 특별지원금 3,000억원, 폐기물 반입수수료, 원자력발전사업자 본사이전, 유치지역지원계획 수립, 양성자가속기사업 등이다. 특별지원금은 경주시와 협의를 통해 2006년

5월 9일 경주시 명의를 기탁계정에 지급하였고, 방폐장 실시계획 승인 시점인 2007년 7월에 1,500억원이 경주시에 의해 인출되었으며 향후 운영개시 시점에 나머지 1,500억원이 인출될 예정이다.

원자력발전사업자인 한수원(주)의 본사이전은 2006년 12월 29일 경주시 양북면 장항리를 이전 부지로 선정하고 이전절차를 진행중이며, 폐기물 반입수수료의 경우 방폐장 운영시점부터 폐기물의 반입량에 연동하여 지원될 예정이다.

양성자가속기 사업의 경우, 2006년 2월 28일 경주시에 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, 2008년말 현재 55개 사업 총 지원예산 28,830억원의 약 11%인 3,281억원의 예산이 집행되었으며 대다수 사업이 초기단계로서 예비타당성조사, 용역추진 등에 집중되어 2009년 이후 집행실적이 가시화될 것으로 전망된다.

6. 방사성폐기물 관리제도 개선 추진

국회, 감사원 및 일부 시민단체 등에서 원자력발전사업자가 방사성폐기물 관리사업을 담당하면서 발생할 수 있는 폐기물 관리의 투명성 문제와 원전사후처리비용 재원관리의 투명성 및 유동성 확보 문제를 제기하며 전담기구 설립과 충당금의 기금화 등을 주장하면서 이를 제도적으로 보장하기 위한 법제화를 요구해왔다.

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

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

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

법안 마련 및 검토 등 일련의 과정을 거쳐 2007년 9월 국회에 제출된 ‘방사성폐기물관리법(이하 방폐물관리법)’은 2008년 2월 26일 본회

의 의결을 거쳐 2008년 3월 28일 공포되었다.

동 방폐물관리법은 본문 7장 45조, 부칙 8조로 되어 있으며, 방폐물관리기본계획의 수립(제6조), 방폐물 관리비용(제14조), 사용후연료관리 부담금(제15조), 방폐물관리 전담기관의 설립(제18조~제27조) 및 방폐물관리기금의 설치·운용(제28조~제31조) 등을 주요 내용으로 하고 있다.

한편 방폐물관리법 제18조(공단의 설립)에 따르면 동 법 시행일('09. 1.1) 이전까지 방사성폐기물 관리를 위한 전담기구인 한국방사성폐기물관리공단(이하 공단)을 설립하도록 되어 있다. 이에 공단설립위원회 구성을 통해 공단을 2009년 1월 2일자로 공단을 설립하게 되었다.

공단은 방사성폐기물 관리 전담기관으로써 올해 사용후연료 관리방안에 대한 공론화와 중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 시범운영 등을 중점 사업으로 추진할 예정이다.

제2편 원자력발전소 운영 및 건설

>>> 제1장 원자력발전의 역할

>>> 제2장 원자력발전소 운영

>>> 제3장 원자력발전소 건설

>>> 제4장 원자력발전소 주요운전현황

제1장 원자력발전의 역할

한국수력원자력(주) 홍보실 기업홍보팀장 최동관

제1절 원자력의 도입

인류역사에서 원자력은 1945년 군사적 목적으로 첫선을 보였다. 제2차 세계대전을 종식시킨 원자력의 등장은 인류에게 커다란 공포를 안겨 주었다. 이러한 원자력이 공포의 대상에서 벗어나 새로운 가능성을 보인 것은 8년 뒤인 1953년이었다. 1953년 12월 8일 국제연합총회 연설에서 미국 아이젠하워 대통령은 원자력의 평화적 이용을 선언하고 국제원자력기구(IAEA : International Atomic Energy Agency)의 창설을 제창하였다. 이는 군사 목적으로 개발된 원자력의 평화적 사용을 위한 첫걸음이었다. 이후 1954년 12월 유엔 총회는 원자력의 평화적 이용을 위한 결의안을 채택하고 국제원자력기구의 창설을 결정하였다. 1955년 8월에는 제네바에서 국제원자력평화회의가 열렸으며, 12월에는 유엔총회에 국제원자력기구 및 방사선조사위원회 설치에 대한 안건이 가결되었다. 이어 1956년 10월에는 국제원자력기구 헌장이 채택되었으며, 유엔 본부에서 국제원자력기구 협약에 관한 서명이 있었다. 국제원자력기구는 1957년 7월 29일 헌장이 발효됨으로써 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 원자력

의 평화적 이용에 대한 우리나라의 활동은 미국과의 긴밀한 협력속에 진행되었다. 1955년 12월 원자력의 비군사적 이용에 관한 한·미간 협력을 위한 협정이 국회에서 인준되었으며, 1956년 2월에는 한·미 원자력 협력협정이 공식적으로 체결되었다. 1957년 IAEA가 본격 출범하자 그 해 8월 8일 IAEA 현장에 서명하고 협약 체결과 동시에 회원국으로 가입하였다. 국내에서도 1956년 3월 9일 대통령령에 의해 문교부 소속 기술교육국 내에 원자력 연구개발 및 이용을 위한 행정부서로 원자력과가 신설되었다. 이어서 1958년 2월 원자력원의 직제를 포함한 원자력관계법의 모법인 원자력법이 국회를 통과하였고, 3월 11일에는 법률 제483호로 공포되었으며, 1959년 1월 원자력원이 정식 발족함으로써 원자력의 이용·개발에 필요한 체제를 갖추었다.

또한 이 때는 원자력 연구개발의 터전을 닦은 시기였다. 1959년 3월 원자력 연구개발을 위한 전문 연구기관으로 원자력연구소가 발족되어 1962년 3월 최초의 연구용 원자로인 TRIGA Mark-II를 가동시켜 기초연구와 동위원소 생산 등의 연구가 본격적으로 이루어졌고, 1963년 12월 방사선의학연구소 및 1966년 11월 방사선농학연구소의 분리·독립으로 연구개발의 범위도 확대되었다.

1970년대에 들어 세계적인 석유파동으로 원자력의 중요성이 크게 부각되기 시작하였다. 이러한 주변환경에서 1971년 3월 19일 고리원자력 1호기가 착공된 것을 비롯하여 모두 6기의 신규원전이 착공 또는 추진되었다. 한전은 사업초기 전적으로 외국에 의존할 수밖에 없었던 원자력발전 기술의 자립을 위해 한국원자력연구소와 공동으로 제2 연구용

원자로 TRIGA Mark-Ⅲ를 도입하였으며, 한국원자력기술주식회사, 한전보수공단, 한국핵연료개발공단을 설립하여 원자력 사업구조를 세분화·전문화시켰다.

1980년대 국내 원자력계는 새로운 도약기를 맞았다. 원자력발전소가 속속 준공되면서 우리나라 전력 공급의 중추적인 역할을 원자력이 담당하게 되었으며, 원전연료 국산화, 원자력발전 운영기술의 자립, 다목적 연구로 자력 설계·건설사업이 추진되어 기술자립의 틀을 갖추었다. 또한 정부는 원자력안전을 확보하기 위해 한국원자력연구소 내에 원자력 안전센터를 설립하였으며, 1989년에는 이를 한국원자력안전기술원으로 독립법인화하면서 안전규제의 독립성을 확보하였다.

1990년대에 들어서면서 원자력발전은 새로운 도전에 직면하였다. 다수의 신규원전을 준공하며 성장을 지속해 나갔지만, 정치·사회적인 민주화에 따라 반원전 활동이 활발하였음은 물론, 지역 이기주의와 국민들의 권리의식 신장 등으로 국가사업이라는 명분만으로는 원전사업을 추진할 수 없는 어려운 상황에 처하게 되었다. 이에 따라 원전에 대한 국민합의가 우선되어야 한다는 인식하에 대국민 홍보를 집중적으로 추진하게 되었으며, 원전기술자립과 운영기술의 우수성을 근거로 원전 안전성에 대한 신뢰확보에 역점을 두었다.

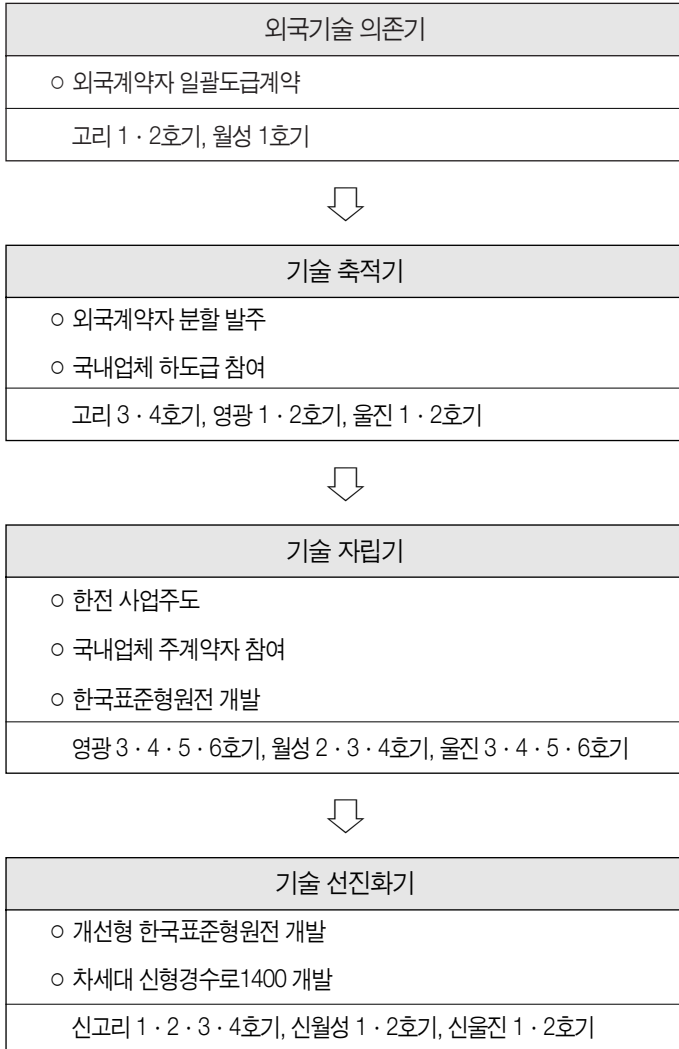
이제 우리나라는 총 20기의 원전을 보유한 세계 6위의 원전 선진국으로 성장하였으며, 한국표준형원전의 기술자립과 우수한 운영기술을 바탕으로 해외 원자력시장 진출을 적극 추진하고 있다. 또한 정부와 사업자는 원전에 대한 국민 이해와 합의를 바탕으로 방폐장 건설사업, 계속

운전, 출력증강 등 현안사업을 성공적으로 추진하였으며, 신규원전 건설을 차질없이 진행하여 원자력이 국가의 중추적인 에너지원 역할을 지속해 나갈 수 있도록 할 것이다.

1. 원전 건설사

1978년 4월 고리원자력 1호기가 가동됨으로써 세계 21번째의 원전 보유국이 된 우리나라는 지속적인 원전건설을 추진하여 2008년 말 기준으로 20기의 원전을 가동하고 있다. 1980년대 중반 전력예비율 과다로 5~6년간 신규원전 건설이 잠시 중단되었으나 매년 10% 이상 증가하는 전력수요에 대처하기 위하여 다시 원전건설을 재개하였다. 2008년 말 현재, 신고리 1·2·3·4호기와 신월성 1·2호기를 건설중에 있으며, 신울진 1·2호기는 건설 준비중에 있다.

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



〈그림 2-1〉 원전건설 변천사

가. 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.

(1) 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 확정된 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 GE사, 웨스팅하우스(Westinghouse)사, Combustion Engineering사와 영국의 British Nuclear Export Executive사 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 원자력발전 보유국으로 원자력발전 시대의 막을 열게 되었다.



〈그림 2-2〉 고리 1호기 기공식
(1971. 3. 19)



〈그림 2-3〉 고리 1호기 준공식
(1978. 7. 20)

고리 1호기는 가압경수로형 587MW로써 주계약자인 미국의 웨스팅하우스사가 전반적인 건설책임을 지고 원자로 계통설비의 공급과 초기

원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 터빈·발전기 계통설비의 공급과 토건공사의 감독을 맡았다. 국내업체로는 현대건설(주)이 원자로계통 공사를, 동아건설(주)이 터빈·발전기계통 공사를 하도급 형태로 참여했으며, 비파괴검사는 유양원자력(주)이 맡았다. 이 건설공사에는 외자 1억7천390만 달러, 내자 717억원 등 모두 1천560억원이 소요되었는데, 당시로서는 우리나라 사상 최대규모의 단위사업이었다.

(2) 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. 1976년 1월 김영준 한전사장이 부임하면서 우선적으로 고리 2호기의 계약상 문제점을 개선하기 위한 작업에 착수하였으며, 세 차례에 걸친 계약협

상 과정을 통해 계약금액을 삭감하고 1976년 11월 14일 재계약을 체결하였다. 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 웨스팅하우스사가 원자로계통 설비의 공급과 초기노심용 원전 연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 터빈·발전기계통설비의 공급을 맡았는데 국내업체로는 현대건설(주)이 1차 계통에, 동아건설(주)이 2차 계통에 하도급 형태로 참여하였다. 이 공사에는 외자 5억4천만 달러, 내자 2천8백5억원 등 5천9백16억원이 소요되었다.

(3) 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 석유 무기화 전략은 제1차 석유파동을 몰고 왔으며 정부는 이에 대처하는 방안으로 원자력 발전 개발 계획의 확장을 서둘러야 하는 처지에 있었다.

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

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

사, Royal은행, 영국의 Hambros은행, Lazard은행의 차관으로 충당하였다. 고리 2호기와 월성 1호기는 1983년 7월과 4월에 각각 준공됨으로써 한국은 거의 같은 시기에 비슷한 용량의 경수로와 중수로를 함께 보유하게 되었다.

나. 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.

(1) 고리 3·4호기

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

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

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

(2) 영광 1·2호기

영광 1·2호기는 건설부지를 전남 영광군 홍농면(현 홍농읍) 계마리로 확정하고 고리 3·4호기와 마찬가지로 한전 주도의 분할발주방식으로 추진되었다. 설비용량은 각각 950MW, 노형은 가압경수로형이고 공사비는 외자 10억6천3백만달러, 내자 1조2천78억원 등 모두 2조 4백억원이 소요되었다. 건설에 따른 국제입찰이 진행 중이던 1979년 3월 28일 미국의 트리마일 원전 2호기 사고가 발생하여 인허가 요건이 강화

됨에 따라 영광 1·2호기는 안전성 향상에 역점을 두고 설계되었다. 1981년 2월 기공식을 가진 영광 1호기는 1986년 8월에, 2호기는 1987년 6월에 각각 상업운전을 개시하였다.

(3) 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 보조전물을 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 2조1천2백억원이 소요된 울진 1·2호기는 국내업체가 설계, 기기제작, 시공 등 공사전반에 직접 참여하였는데 설계분야는 6%, 기기공급분야는 40%까지 국산화율을 높였고 시공분야는 완전 기술자립을 이룩했다.

다. 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 중

화학공업 분야의 국내 산업기술 수준 향상과 외국업체의 하도급자로 참여하면서 습득한 기술능력을 바탕으로 국내업체를 분야별 주계약자로 하고 외국업체는 핵심기술 분야를 지원하는 하도급자로 참여하게 함으로써 명실상부한 원전건설 기술자립을 달성할 수 있게 된 것이다. 최초의 한국표준형원전인 울진 3호기가 1998년 8월, 울진 4호기가 1999년 12월에 각각 상업운전을 개시하였다.

(1) 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 축소

시켰다. 영광 3호기는 1994년 3월, 4호기는 1996년 1월에 성공적으로 상업운전에 들어감으로써 한국표준형원전을 탄생시킨 모태로서 큰 역할을 하였다.

(2) 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.

(3) 울진 3·4호기

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

준원전 설계개념을 도입함으로써 한국표준형원전 건설의 시발점이 되었으며, 이 표준설계는 앞으로 건설되는 후속기에도 계속 적용하여 원전건설의 해외의존도를 낮추고 명실상부하게 원전기술자립을 이룩하는 토대가 되었다.

(4) 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 슬한 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.

(5) 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-690)

등을 통해 안전성을 강화하였고, 최신기술의 적용과 선행호기의 운전경험을 반영하여 운전 및 유지보수의 편의성을 향상시켰다.

라. 기술 선진화기

현재 건설중에 있는 신고리 1·2호기와 신월성 1·2호기는 개선형 한국표준형원전으로 30여년의 원전건설 및 운영경험 등을 토대로 한국 표준형원전 설계개선 1, 2단계 사업을 통해 일체형원자로상부구조물, 복합건물 등 97개의 개선사항을 반영하여 기존원전 대비 안전성과 경제성의 향상은 물론, 원전 종사자의 운전 편의성과 방사선피폭 저감을 도모하는 한편 합성구조물공법과 원자로냉각재계통의 자동용접 등 신공법 등을 통하여 국내 원전중 최단기간의 공기로 추진될 예정이다. 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 신형경수로1400은 국내 원전건설 및 운전경험을 토대로 세계 주요 신형원전에서 채택하고 있는 최신의 안전설비와 기준을 적용하였으며, 사고방지는 물론 만일의 경우 사고 발생시에도 그 영향을 최소화 할 수 있도록 중대사고 완화개념을 설계에 대폭 반영하였다.

(1) 신고리 1·2호기

신고리 1·2호기는 부산광역시 기장군과 울산광역시 울주군이 인접

한 위치에 건설중인 1,000MW급 개선형 한국표준형원전으로 기존 한국표준형원전보다 안전성과 경제성을 더욱 향상시켰다. 신고리 1·2호기는 2005년 1월에 정부로부터 실시계획승인을 받은 후 부지정지공사를 거쳐 2005년 10월에 본관 기초굴착공사에 착수하였다. 신고리 1호기는 2006년 6월에, 2호기는 2007년 6월에 각각 최초콘크리트 타설을, 2008년 3월과 2009년 2월에 각각 원자로를 설치하였다. 기기냉각용해수의 배수형식을 국내원전으로는 처음으로 수중배수방식으로 도입하여 온배수에 의한 영향을 최소화하는 등 환경친화적인 발전소를 건설중에 있으며, 신고리 1호기는 2010년 말, 2호기는 2011년 말에 각각 준공되어 우리나라의 21번째, 22번째 원전이 될 예정이다.

(2) 신월성 1·2호기

신월성 1·2호기는 2005년 9월, 정부로부터 실시계획승인을 받아 현 월성원자력본부 인접부지에 건설중이며, 2007년 11월에 신월성 1호기, 2008년 9월에 신월성 2호기에 대하여 각각 최초콘크리트타설을 하였다. 중수로형인 월성 1·2·3·4호기와는 달리 신월성 1·2호기는 1,000MW급 개선형 한국표준형원전으로 올진 5·6호기의 설계를 개선하여 안전성, 경제성, 친환경성을 극대화한 것이 특징이다. 2010년대 국내전력수급 안정에 이바지하고, 지역경제를 크게 활성화시킬 것으로 기대되는 신월성 1·2호기는 각각 2012년 3월, 2013년 1월에 준공 예정으로 우리나라의 23번째, 24번째 원전이 될 예정이다.

(3) 신고리 3·4호기

신고리 3·4호기는 한국이 독자적으로 개발한 1,400MW급 신형경수로1400(APR1400)으로 지어지는 최초의 원전이 된다. 한수원(주)은 2007년 2월 22일 주설비공사업체로 현대건설(주), 두산중공업(주), SK건설(주) 컨소시엄을 선정하였으며, 2007년 9월 13일 전원개발사업실시계획 승인에 따라 부지정지를 착수하였으며, 11월 28일에는 기공식을 갖는 등 건설공사에 들어갔다. 이어 2008년 4월 15일 건설허가를 취득하고, 본관기초굴착공사를 착수하여 본격적인 공사에 들어갔으며, 2008년 10월 신고리 3호기에서 최초콘크리트 타설을 하였다. 신고리 3·4호기 기기냉각용 해수의 취·배수 형식은 수중 취·배수 방식을 도입하여 온배수에 의한 영향이 최소화되도록 하였으며 냉각수 취·배수구 구조물 구축과 관련한 일체의 해안선을 자연 그대로 유지함으로써 명실상부한 환경친화적인 발전소로 건설할 계획이다. 신고리 3·4호기의 준공 예정일은 각각 2013년 9월과 2014년 9월이다.

(4) 신울진 1·2호기

신울진 1·2호기는 신고리 3·4호기에 이어 두 번째 건설되는 신형경수로1400(APR1400)으로 2005년 6월 건설기본계획을 확정, 2009년 8월부터 경북 울진군 북면 덕천리 일원에 사업을 착수하여 1호기는 2015년 12월, 2호기는 2016년 12월 각각 준공될 예정이다. 신울진 1·2호기는 신기술·신공법 적용 확대를 통한 공기단축으로 안전성 및 경제성을 확보하고 주요 기자재의 국산화 추진으로 원전건설 모든 분야에 대한 완전한 기술자립을 목표로 추진하고 있다. 신울진 1·2호기가 준

공될 경우 우리나라는 APR1400의 원전설계와 기자재 제작에서 원천 기술을 보유함에 따라 향후 해외원전사업에서 국제적 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 기대된다.

2. 원전 운영기술의 발전

1978년 고리 1호기를 가동한 이래 운영기술은 비약적인 발전을 거듭하였다. 이를 객관적으로 보여주는 것이 높은 이용률의 유지와 고장정지율의 감소이다. 이용률은 1980년대 초반까지 미숙한 운영경험과 낮은 기술수준으로 40~60%에 불과하였다. 그러나 1980년대 중반부터 정비 기술 및 운전경험의 축적, 운영인력의 자질향상으로 본격적인 70%대의 이용률 시대를 열게 되었다. 반면 고장정지는 1978년 첫째 17건에서 점차 감소 추세를 보이다가 1988년에 호기 당 2건 이하로 안정되었다.

1990년대에 들어서면서 운영기술은 자립단계를 넘어 괄목할만한 성장을 한 결과 지금은 세계 최고수준의 이용률과 고장정지율을 보이고 있다. 국내 원전의 평균이용률은 1990년 79.3%로 80%에 근접하였고 1991년부터 80%대로 진입하였다. 1993년부터는 5년 연속 87% 이상의 높은 이용률을 나타내다가 1998년에 처음으로 90.2%를 기록하여 당시 최고의 이용률을 기록했다. 전력산업구조개편에 따라 발전부문의 경쟁체제가 도입된 이후 국내 원전의 평균이용률은 2001년 93.2%, 2002년 92.7%, 2003년 94.2%, 2004년 91.4%, 2005년 95.5%, 2006년 92.3%, 2007년 90.3%, 2008년 93.4%를 기록함으로써 2008년 세계원전 평균이용률인 79.4%를 훨씬 능가하는 우수한 실적을 나타내고

있다.

국내원전 평균 고장정지율은 80년대 중반까지는 매우 높은 정지율을 유지했으나 90년대 들어 운전경험과 기술축적으로 1994년 호기당 0.9건을 기록한 이후 호기당 1건 내외로 안정되어 세계적인 수준에 진입하였다. 1998년에는 0.4건을 기록하였고 2000년 이후는 연속적으로 0.5건 전후를 기록하였으며, 특히 2008년에는 0.35건으로 우리의 원전 운영기술이 세계 최고 수준임을 입증해주고 있다.

이러한 성과는 30년간의 원전운영 경험을 바탕으로 운전 및 정비기술이 향상된 결과라 할 수 있다. 이용률은 고장정지의 지속적인 감소와 계획예방정비기간의 최적화, 연료교체주기가 긴 연료 사용으로 대폭 향상되었다. 또한 운영·정비 측면에서 운전경험 반영, 설비개선 등 철저한 예방정비와 지속적인 설비 개선을 통하여 모든 설비가 최적의 상태에서 운전되도록 유지 관리하여 고장발생을 최소화함으로써 고장정지가 현저히 감소되었다.

세계 평균이용률보다 약 14% 높은 이용률로 인해 1,000MW급 원전 2기를 추가 건설할 투자비 약 5조원의 절감 효과를 얻을 수 있었다. 이러한 경제적 효과와 더불어 원자력발전은 화석연료 수입대체와 환경오염 방지를 통해 우리들의 삶의 질 향상에도 커다란 기여를 하고 있다.

〈표 2-1〉 2008년 기준 화석연료 수입대체 효과 및 환경오염 경감

구 분	수입대체	CO ₂ 배출저감
유연탄발전 대비	7조 9천억원	1억 4천만 톤
LNG발전 대비	16조 1천억원	8천 1백만 톤
유류발전 대비	25조 1천억원	1억 2천만 톤

※ 적용환율: '08년 1~11월 평균가(1102.6원/\$)

연료가격: 유연탄 14만원/톤, 석유 700원/리터, LNG 78만원/톤

〈표 2-2〉 에너지원별 판매단가 및 CO₂ 배출량

구 분	원자력	유연탄	유류	LNG	수력
판매단가(원/kWh)	39.02	51.15	191.97	163.83	134.30
CO ₂ 배출량(g-CO ₂ /kWh)	10	991	782	549	8

※ 판매단가: 한수원 전력거래 통계집('09. 3)

CO₂ 배출량: 국제원자력기구(IAEA 2006, 평균값)

다음으로 운전 및 정비요원에 대한 교육훈련을 강화하여 운영 및 정비기술을 지속적으로 향상시켰다는 점이다. 시뮬레이터 교육을 통한 정예의 운전요원과 숙련된 정비요원을 양성함으로써 인적요인에 의한 고장발생예방과 정비의 질적 향상을 가져왔다. 결론적으로 세계 최고 수준의 원전운영 능력은 최고의 원전을 만들겠다는 원전종사자들의 헌신적인 노력을 통하여 운전 및 정비기술의 지속적인 향상, 철저한 종사자의 교육훈련, 인적실수 방지 등으로 발전소의 소프트웨어와 하드웨어를 항상 최적의 상태로 유지하는 노하우를 갖지 않으면 불가능한 일이다.

제2절 원자력발전의 필요성

1. 원자력발전은 에너지 자립의 초석

2008년 7월 배럴당 147달러를 기록하는 고유가로 나라마다 에너지 확보와 에너지 자립을 국가정책의 최우선에 두고 있다. 특히 비산유국인 우리나라는 석유의존도를 낮추는 에너지 정책으로 에너지 위기에 대비하고 에너지 자립을 이룩해야 한다. 또한 에너지를 무기화하는 국제사회에서 에너지 안보차원에서 에너지 다원화 정책도 마련해야 한다. 에너지원의 대부분을 수입하고 있는 우리나라 여건에서 에너지 소비는 계속 증가하고 있어 에너지 해외의존도는 더욱 심화될 것으로 보인다. 2008년 8월에 발표된 ‘국가에너지기본계획’에 따르면 정부는 원자력 발전 비중을 점진적으로 확대하여 2030년까지 설비비중 41%, 발전량 비중 59%까지 제고할 계획이다. 또한, 2008년 12월에 발표된 ‘제4차 전력수급기본계획’에 따르면 국내 총 전력수요량은 연평균 2.1% 증가하여 오는 2022년경에는 50만GWh가 될 것으로 전망된다. 최대전력수요도 2022년경에 81,805MW로 2008년 7월 15일 62,794MW의 약 1.3배에 이를 것으로 보인다. 이러한 전력수요의 증가와 기후변화협약 등 국제적인 환경규제에 대응하고자 2022년까지 원자력 비중을 최대 발전원(32.6%)으로 높여나갈 계획을 세웠다.

지난 70년대 두 차례의 석유과동을 겪으면서 탈석유전원정책으로 시작한 원자력발전은 그동안 지속적인 성장을 한 결과 1988년 이후 20년간 연평균 원자력발전은 총발전량의 약 40%를 차지하면서 주력 발전원

으로 안정적 전력공급에 중추적인 역할을 하고 있다. 원자력발전을 시작할 당시 발전량 기준으로 석유발전 비중이 70% 이상이었으나 지금은 10% 미만으로 낮추어져 있다. 원자력발전이 아니면 지금 우리의 에너지 현실은 석유, 석탄 비중이 지금보다 2배 이상 높을 것이다. 현재 국내 에너지환경은 에너지수요 급증, 다소비형 산업구조, 대체에너지 개발한계, 이산화탄소 배출급증, 에너지안보 위협요인 등으로 어려운 상황이다. 원자력발전은 자원빈국, 탈석유, 이산화탄소 감축, 대체에너지 한계, 에너지안보 등 우리의 어려운 에너지현실을 감안할 때 필수적인 국가에너지로서 에너지자립의 초석이 되고 있다.

2. 원자력발전은 친환경에너지

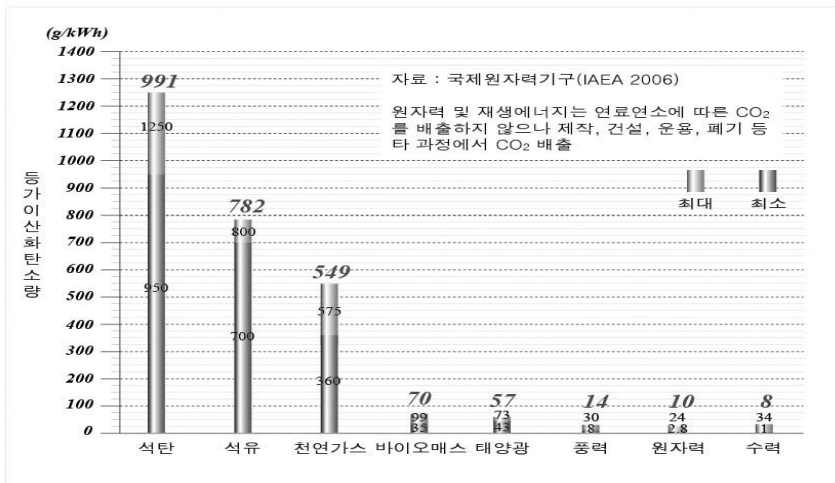
지금 세계는 지구환경보전을 위해 각종 환경규제를 강화하고 있다.

특히 온실가스 배출 억제에 관한 국제 규범인 기후변화협약이 2005년 정식 발효된 이후 2008년부터는 공약기간 도래에 따라 해당 국가들은 2012년까지 이산화탄소 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축하여야 한다. 우리나라의 경우 직접적인 감축 대상은 아니지만 소비에너지 중 화석연료의 비중이 85% 정도로 높아 온실가스 문제가 어느 나라보다도 심각한 상태다. 따라서 이산화탄소를 배출하지 않으면서 높은 경제성과 효율성을 지니고 있는 원자력발전이 가장 현실성있는 대체에너지로 재인식되고 있다.

Nucleonics Week('09.3.5)에 따르면 2008년 말 기준으로 전 세계 31개국에서 439기의 원전이 운영중이며 총 396,361MW의 설비용량으로

2,690,243GWh의 전력을 생산하고 있다. 이는 2007년 전 세계 전력생산량인 19,859TWh의 13.5%에 해당하는 양이다. 이로 인해 연간 20억 톤 이상의 이산화탄소 배출이 방지되고 있으며, 이 수치는 세계 이산화탄소 총배출량의 약 10%에 해당된다. 우리나라의 경우 현재 발전부문이 배출하는 이산화탄소량이 전체의 약 24% 수준이나 전력수요 증가에 따라 점차 늘어날 것으로 보여 원자력발전을 통한 이산화탄소 배출감소는 필수불가결한 선택일 수밖에 없다.

원자력발전은 연료 채굴에서 폐기물처리까지 전 과정에서 이산화탄소 배출량이 수력발전이나 자연에너지와 같은 수준이다. 해당 에너지원의 채광에서부터 발전소 건설, 운전까지의 전 에너지 사이클 기간 중의 온실가스 배출 총량을 비교할 때 원자력발전이 수력 다음으로 온실가스를 가장 적게 배출하는 것으로 밝혀졌다



〈그림 2-4〉 발전원별 이산화탄소(CO₂) 배출량 비교

화력발전은 원자력발전보다 50~100배 더 많은 온실가스를 배출한다. 원자력발전은 가동중에는 온실가스를 배출하지 않는다. 따라서 원자력발전은 온실가스 감축을 앞두고 그 효용성이 더욱 높아질 것으로 기대되고 있다. 원자력발전이야말로 효과적으로 온실가스의 배출량을 줄이면서 에너지 수요증가에 기여할 수 있는 실증된 에너지원이다. 이렇게 볼 때 우리는 에너지이용 효율을 높이고 장기적으로는 온실가스를 배출하는 화석연료의 소비증가를 억제하는 방향으로 정책을 수립하여 추진해나가야 한다. 즉, 원자력이나 신재생에너지의 이용을 확대하는 것이 바람직하다. 그러나 신재생에너지는 지리적, 지형적 특성이 적합해야 할 뿐만 아니라 현재로서는 단위용량이 적고 경제성이 낮기 때문에 향후 수십년 내에 대규모 에너지 공급원으로서의 역할은 기대하기 어렵다. 바로 이러한 점에서 원자력발전이 현재로서는 에너지를 안정적으로 확보하고 지구환경보전을 가능하게 하는 현실적인 에너지원이라 할 수 있다.

원자력발전은 이상과 같은 환경적인 측면 외에 에너지 안보, 경제성, 그리고 산업정책적인 면에서도 유리한 점이 많기 때문에 국가차원에서 우리 실정에 맞는 에너지원을 계속 개발하는 동시에 원자력 발전을 점증적으로 확충해 나가야 할 것이다.

3. 원자력발전은 준국산 에너지

우리나라는 1970년대 두 차례의 석유파동을 겪으면서 에너지 다변화 정책의 일환으로 원자력 발전을 적극 추진해 왔다. 그 당시 원전 기술을

모두 미국(웨스팅하우스)에서 전수받으면서 시작한 고리 1호기가 1978년 가동된 이래 30년이 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. 특히 자체기술로 개발한 한국표준형원전의 해외수출을 위해 산업자원부(현 지식경제부), 과학기술부(현 교육과학기술부), 한전, 한수원(주) 등 해외 원전사업 관련사로 구성된 「제3차 해외 원전 시장 진출추진위원회」를 개최하여 그동안 사용해온 한국표준형원전(KSNP)의 해외용 명칭을 OPR1000(Optimized Power Reactor 1000)으로 2005년 3월에 변경하였다. 원자력발전은 자원 없는 우리나라에서는 유일하게 기술자원만으로 준 국산화 할 수 있는 에너지원이다. 원전기술은 첨단과학기술을 총망라해 놓은 산업이기 때문에 국내 산업기술 발전에 그 파급효과가 커 관련분야의 기술발전을 선도하고 있다. 또한 연료공급 면에서도 원전은 우라늄 연료로 화석연료보다 훨씬 안정적이며 장기간 연료장전 때문에 비축효과도 크다. 특히 우라늄 연료는 준 국산연료로서 농축우라늄과 천연우라늄 형태로 수입하여 한전원자력연료(주)에서 원전연료형태로 가공·제작하여 공급하고 있다. 원자력발전은 발전원가 중 연료비의 비율이 13% 정도로 매우 낮고 발전원가가 타 발전원에 비해 가장 저렴하기 때문에 경제성에서도 훨씬 유리하다.

제2장 원자력발전소 운영

한국수력원자력(주) 발전처 운영계획팀장 김경욱

제1절 설비용량 현황

2008년 말 현재 우리나라는 총 20기의 원자력발전소가 상업운전 중에 있으며, 원자력 발전설비 용량은 17,716MW이다. 이는 전체 발전설비 용량 72,491MW 대비 24.4%로 2007년도의 26.0%보다 다소 감소하였다. 원자력 발전설비 점유율이 감소한 것은 2008년 영흥화력 3·4호기 등 타 발전설비 용량이 4,223MW 증가한데 반해 원자력 발전설비는 신규설비가 준공되지 않아 전체 발전설비 대비 원자력 발전설비 비율이 약간 감소하였다. 국내 가동원전을 원자로형에 따라 분류하면, 가압경수로형이 16기(14,937MW), 가압중수로형은 4기(2,779MW)가 운전중이며 국내 원자력발전소 현황과 발전원별 발전설비 용량의 추이는 각각 <표 2-3>, <표 2-4>와 같다.

<표 2-3> 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

호기	구분	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 고리원자력 1호기가 설비용량 587MW로 상업운전을 개시한 이래 30년째인 2008년말 현재 총 설비용량은 17,716MW로서 1978년에 비해 30배 이상으로 증가하였으며, 설비용량 면에서 세계 6위의 원자력 발전국으로 성장하였다.

〈표 2-4〉 발전원별 발전설비 용량 추이

(단위 : MW, %)

연도 설비별	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
원 자 력	13,716 (29.2)	13,716 (28.3)	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)
수 력	3,148 (6.7)	3,149 (6.5)	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)
석 탄	13,031 (27.7)	14,031 (29.0)	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)
유 류	4,716 (10.0)	4,866 (10.0)	4,868 (9.6)	4,660 (8.7)	6,011 (10.7)	4,666 (7.8)	4,710 (7.6)	4,790 (7.3)	4,190 (6.1)	4,900 (6.8)
가 스	12,368 (26.3)	12,689 (26.2)	12,868 (25.3)	13,618 (25.3)	14,518 (25.9)	15,746 (26.3)	16,447 (26.4)	17,436 (26.6)	18,476 (27.1)	18,476 (25.5)
집 단/ 대 체	-	-	-	-	-	1,486 (2.5)	1,538 (2.5)	1,622 (2.5)	1,930 (2.8)	2,188 (3.0)
합 계	46,978 (100)	48,451 (100)	50,859 (100)	53,801 (100)	56,053 (100)	59,961 (100)	62,258 (100)	65,514 (100)	68,268 (100)	72,491 (100)

주) 모든 통계수치는 각각 반올림되었으므로 합계가 일치하지 않는 경우도 있음

[한국전력 전력통계속보 제366호('09. 5.29)]

제2절 발전량 현황

원자력발전량 점유율은 1989년에 50.1%로 국내 전체 발전량의 절반 이상을 차지한 이래 1990년대 초반부터 시작된 삼천포, 보령 등 대용량 화력발전소 건설로 인해 계속 감소하여 1997년에 34.3%까지 감소하였다. 1998년 이후 원자력발전량이 35~40%대의 점유율을 유지하여, 원자력 발전은 꾸준히 우리나라의 주력 발전원으로서 안정적 전력공급에

크게 기여하여 왔다.

〈표 2-5〉 국내 원자력발전소 호기별 발전량 실적

호기	실적	'08 발전량 실적(MWh)	총 누계 발전량(MWh)
고리	#1	4,866,527	118,825,991
	#2	5,232,770	126,178,957
	#3	7,819,995	170,062,968
	#4	8,602,688	169,897,869
월성	#1	5,080,434	130,561,468
	#2	5,910,585	66,764,889
	#3	5,958,123	61,844,065
	#4	6,057,621	55,524,980
영광	#1	8,737,294	166,507,635
	#2	7,737,933	156,214,694
	#3	8,239,234	111,316,252
	#4	8,371,814	105,748,546
	#5	8,282,867	52,302,188
	#6	8,393,735	48,430,170
울진	#1	8,560,877	148,196,990
	#2	7,620,050	142,826,328
	#3	8,464,352	86,458,095
	#4	9,236,080	75,065,893
	#5	9,234,124	37,595,414
	#6	8,550,832	31,051,348
계		150,957,936	2,061,374,740

〈표 2-6〉 에너지원별 발전량 구성비 추이

(단위 : GWh, %)

연도 설비별	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
원 자 력	103,064 (43.1)	108,964 (40.9)	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)
수 력	6,066 (2.5)	5,610 (2.1)	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)
석 탄	81,544 (34.1)	97,538 (36.6)	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)
유 류	18,526 (7.7)	26,142 (9.8)	28,156 (9.9)	25,095 (8.2)	26,526 (8.2)	18,512 (5.4)	17,732 (4.9)	16,598 (4.4)	18,131 (4.5)	10,094 (2.4)
가 스	30,124 (12.6)	28,146 (10.6)	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)
집 단/ 대 체	-	-	-	-	-	3,903 (1.1)	3,163 (0.9)	3,108 (0.8)	3,913 (1.0)	6,426 (1.5)
합 계	239,325 (100)	266,400 (100)	285,224 (100)	306,474 (100)	322,452 (100)	342,148 (100)	364,638 (100)	381,181 (100)	403,124 (100)	422,355 (100)

[한국전력 전력통계속보 제366호('09. 5.29)]

제3절 이용률 및 가동률 현황

1. 이용률

원전 이용률은 발전설비 운영의 효율성과 활용도를 나타내는 지표로서 설비의 건전성 및 운영인력의 우수성 등 발전소 운영기술 수준을 평가하는 직접적인 척도가 된다. 2008년 원전 이용률은 93.4%로 역대 최고 기록을 달성하였으며 세계 원전의 평균 이용률인 79.4%보다 14%나

높아 우리나라 원전 운영기술의 우수성을 보여주고 있다.

〈표 2-7〉 국내 원자력발전소 이용률 현황

(단위 : %)

연도	고 리				월 성				영 광						울 진						평
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6	균
'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

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 2000년부터 9년 연속 90%이상의 높은 이용률을 유지하고 있다.

〈표2-8〉 국내 및 세계 원전이용률 비교

(단위 : %)

연도 구분	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
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
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

Nucleonics Week ('09. 3. 5)

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, 1990년대 이후 평균 80% 이상, 2000년대에는 90% 내외의 높은 가동률 실적을 보이고 있다.

〈표2-9〉 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

제4절 불시정지 및 한주기 무고장 안전운전 현황

1. 불시정지

불시정지는 1년 동안 정상 운전중 기기고장 또는 인적요인에 의해 발전소가 불시에 정지한 건수를 의미하는데, 안전성과 전기품질 확보 측면에서 원전의 운영관리 수준을 나타내는 지표이다. <표 2-10> 2008년도 국내 원자력발전소 불시정지 현황에 나타난 바와 같이 2008년도 가동원전 20기에서 모두 7건의 불시정지가 발생하여 호기당 연평균 불시정지율은 0.35를 기록하였다. 원자력 발전의 초기단계인 1980년대 중반까지는 호기당 연평균 5건 이상의 높은 불시정지율을 보였으나, 1990년대 들어서부터는 운영경험과 관련 기술의 축적으로 호기당 연평균 1건 내외로 안정되었으며 1998년 이후 호기당 연평균 1회에도 미치지 않는 우수한 실적을 보이고 있다. 원자력발전소의 안전운전을 위해서는 원전을 운영하는 인력의 역할이 매우 중요하다. 따라서 인적실수 제로화를 목표로 통합 인적행위 개선프로그램을 개발하여 원전운영과 관련한 모든 업무 수행 중 발생할 수 있는 인적실수를 사전에 방지하고 있다. 대내적으로는 국내 발전소 간 기술교류그룹(Peer Group)을 분야별로 운영하여 취약분야를 도출 및 개선하고 우수사례를 상호 전파하고 있으며, 대외적으로는 해외기관(WANO, INPO)과의 기술협력을 통해 해외경험 사례를 국내 원전의 운전 및 정비 업무에 반영하여 운영방법을 개선하고 있다. 또한 신뢰성 향상을 위해 발전정지 유발기기의 목록을 작성, 집중관리하고 있으며 제어설비의 다중화를 통한 전기적·물리

적 격리 개선으로 발전정지 유발 요인을 제거하였다. 그 외에 주기적 안전성 평가를 통해 원전 안전성을 확인하고 보완이 필요한 사항을 도출하는 등 불시정지 저감을 위해 최선을 다하고 있다.

〈표 2-10〉 2008년도 국내 원자력발전소 불시정지 현황

호 기	정지일시	재개일시	정 지 내 용
울진 #3	01.25 16:35	01.26 21:35	터빈보호신호 발생에 의한 터빈발전기 정지
고리 #3	02.04 05:24	02.05 03:35	발전기 보호계전기 동작에 따른 발전기 정지
울진 #3	02.29 15:12	03.01 20:25	계자차단기 개방에 의한 터빈발전기 정지
울진 #1	07.03 09:56	07.04 07:10	증기발생기 수위저하에 의한 원자로 정지
울진 #1	10.26 14:36	10.27 06:32	터빈제어카드 고장에 의한 원자로 정지
영광 #6	12.06 13:34	12.08 05:40	제어봉 위치전송기 오동작에 의한 발전정지
고리 #2	12.19 15:37	12.21 05:46	터빈보호신호 오동작에 의한 발전정지

〈표 2-11〉 국내 원자력발전소 불시정지 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
누계	107	51	31	29	35	8	5	2	29	25	12	10	4	3	23	17	10	10	4	2	417	-

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. 2008년도에는 20기의 가동원전 중 고리 1·4, 영광 3·4·6, 월성 2·3 및 울진 6호기 등 8기의 원전에서 한주기 무고장 안전운전을 달성하였다. 이로써 2008년 말까지 국내 원전이 달성한 한주기 무고장 안전운전은 1988년 고리 3호기를 시작으로 총 75회에 이르고 있다.

〈표 2-12〉 국내 원자력발전소『한주기 무고장 안전운전』달성 현황

호기	구분	달성횟수	연속 운전일	연속 운전기간
고리#1	8		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
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	3	393		'07. 4. 6 ~ '08. 5. 3
		454		'99.12. 4 ~ '01. 3. 1
		414		'04.12.18 ~ '06. 2. 4
월성 #4	4	404		'07. 5.24 ~ '08. 6.30
		429		'01. 1.28 ~ '02. 4. 1
		382		'03. 7. 1 ~ '04. 7.16
		433		'04. 8. 9 ~ '05.10.15
영광 #1	3	435		'05.11. 5 ~ '07. 1.13
		395		'92.10. 8 ~ '93.11. 5
		432		'00.11.28 ~ '02. 2. 2
영광 #2	2	476		'03. 6.17 ~ '04.10. 4
		458		'01.10.17 ~ '03. 1.17
		465		'03. 2.20 ~ '04. 5.29

호기 \ 구분	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 #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	3	358	'00. 7. 8 ~ '01. 6.30
		482	'01. 7.30 ~ '02.11.23
		466	'03. 1. 1 ~ '04. 4.10
울진 #4	1	472	'05. 2. 5 ~ '06. 5.22
울진 #5	1	400	'05. 8. 7 ~ '06. 9.10
울진 #6	2	386	'06. 5.11 ~ '07. 5.31
		437	'07. 6.28 ~ '08. 9. 6
계	75	-	-

〈표 2-13〉 국내 원자력발전소 연도별 『한주기 무고장 안전운전』 현황

구분 \ 연도	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
가동 원전	9	9	9	9	9	10	11	12	14	16	16	16	18	18	19	20	20	20	20
한주기 무고장안전	0	1	2	3	0	1	1	2	6	4	1	7	7	4	10	4	6	7	8

제5절 정비 및 운영관리 현황

1. 정비능력의 강화

가. 예방정비의 최적화

2008년도 계획예방정비는 15개 호기에서 총 460.4일 동안 수행하였으며, 평균공기는 32일로 지난 3년간의 평균실적 대비 6일을 단축시킨 기록이다. 또한, 고리 1호기가 19.6일, 울진 4호기가 25.2일로 동일 노형별 최단공기에 계획예방정비를 시행하였다.

〈표 2-14〉 국내 원자력발전소 최단공기 현황(2008.12.31 현재)

구 분	경수로(비표준형 원전)			경수로(한국 표준형 원전)		
	발전소	공기	일자	발전소	공기	일자
이전 최단공기	고리#1	23.1	'04.03.21	울진#5	26.4	'07.12.12
최단공기 달성	고리#1	19.6	'08.12.09	울진#3	25.2	'08.07.25

원자로 및 터빈 발전기 등 주 공정 최적화를 위해 24시간 작업체제를 유지하여 주·야간 동일한 작업효율 유지와 함께 주 공정 작업과 병행

할 수 있는 공정기법을 개발하였으며, 정비작업 단계를 분단위로 세분화함으로써 시간 손실을 최소화 하였다. 최근 세계의 원전 사업자들은 치열한 시장경쟁 체제하에서 원자력의 경쟁력 향상을 위하여 계획예방정비 기간을 지속적으로 단축하고 있으며 일부 우수원전의 경우 지속적인 기술개발과 규제 및 제도개선 노력으로 15~17일대의 계획예방정비를 시행하기에 이르렀다. 이와 관련하여 한수원(주)도 해외 원전의 우수 운영사례 및 공정관리 신기법에 대한 벤치마킹을 시행하였고 20기의 원전 계획예방정비를 2010년부터 평균 10일대로 단축하는 ‘2010 프로젝트’를 수립하여 공정·작업관리 기량 향상, 설비 개선, 발전소 기동·정지 절차 및 화학·노심관리분야 공정개선, 정비기법 선진화, 조직·제도 개선 등을 추진하고 있다. 2005년에는 해외 전문기관을 이용하여 영광 4호기를 대상으로 계획예방정비 준비 및 시행단계의 정비, 운영분야 등 전반에 대한 체제진단을 수행하였다. 2008년에는 체계적이고 표준화된 선진 공정관리 기반을 조성하기 위하여 실시간 원전 계획예방정비 공정관리 시스템(NPOMS)을 구축하였으며, 또한, 예방정비 최적화를 위하여 예방정비 표준화 기준(PM Template)을 개발하여 예방정비 기준에 따른 상태감시와 정비직무 ERP 시스템을 연계하여 시행하고 있다. 2008년에 시행한 <표 2-15> 호기별 계획예방정비 실적을 살펴보면, 영광 2호기 저압급수가열기 교체, 고리 4호기 및 울진 2호기 주변압기 교체, 영광 5호기 복수기 전단 이물질 여과기 교체, 월성 4호기 백금검출기 교체, 울진 3호기 및 울진 6호기 여자기 제어계통(EX2000) 교체 등을 수행하여 설비 신뢰도와 안전성 향상을 도모하였

다. 또한 취약 및 노후설비에 대한 개선·보강 사업을 체계적으로 수행하고 있으며, 공기 최적화를 위한 설비개선작업의 일환으로 영광 3호기 및 울진 3호기 원전연료 취급설비를 성능이 개선된 설비로 교체 설치하여 연료 취급 속도를 시간당 2다발에서 4~5다발로 향상하였고, 고리 2호기 주발전기 및 고리 4호기 주발전기와 고압터빈 고정익을 교체하여 설비 효율을 개선하였다.

〈표 2-15〉 호기별 계획예방정비 실적 (2008년)

호기	회차	일정	공기	주요작업항목
고리#1	26	'08.11.20~'08.12.09	19.6	○ 원자로 냉각재계통 배수밸브 정비 ○ 저압터빈 분해점검
고리#2	22	'08.05.30~'08.07.13	43.8	○ 주발전기 교체 ○ 고압터빈 분해점검
고리#3	18	'08.04.28~'08.05.31	33.2	○ 주여자시스템 교체 ○ 저압터빈/주발전기 완전분해 점검 ○ 터빈조속기 제어시스템 교체
고리#4	18	'08.12.27~'09.02.07	42.3	○ 주발전기/주여자시스템/주변압기 교체 ○ 고압터빈 고정익 개선(출력증강 관련) ○ 주증기관 안전밸브 전량 교체
영광#2	17	'08.09.06~'08.10.14	38.9	○ 원자로 헤드 코노쉴 교체 ○ 증기발생기 급수링 교체 ○ 저압급수가열기 교체 ○ 고압/저압터빈/주발전기 완전분해점검
영광#3	11	'08.10.17~'08.11.20	34	○ 원자로 헤드 관통관 체적검사 ○ 고압터빈/주발전기 분해점검 ○ 원자로 MST 및 연료취급설비 성능개선
영광#4	10	'08.05.27~'08.06.25	29.2	○ 원자로 헤드 관통관 체적검사 ○ 주변압기 교체

호기	회차	일정	공기	주요작업항목
영광#5	5	'08.04.04~'08.05.08	33.8	○ 원자로건물 종합누설률 시험 ○ 복수기 전단 이물질 여과기 설치 ○ 가압기 전열기 및 주변압기 교체
영광#6	5	'08.11.05~'08.12.02	28	○ 원자로건물 종합누설률 시험 ○ 증기발생기 용접식 관마개 교체 ○ 가압기 전열기 및 주변압기 교체
월성#2	9	'08.05.03~'08.05.30	27.6	○ 원자로건물 종합누설률 시험 ○ 저압터빈/주발전기 분해점검 ○ 살수탱크 예폭시라이너 열화보수공사
월성#3	8	'08.06.30~'08.07.27	27.3	○ 원자로건물 종합누설률 시험 ○ 저압터빈/주발전기 분해점검
월성#4	7	'08.04.05~'08.04.26	21.4	○ 수평중성자속 백금검출기 교체 ○ 저압터빈 분해점검
울진#2	15	'08.09.17~'08.10.30	43	○ 원자로건물 종합누설률 시험 ○ 인원비상출입구 개선 ○ 전력용변압기 교체 ○ 고압터빈/저압터빈 분해점검
울진#3	8	'08.06.30~'08.07.25	25.2	○ 연료이송계통 및 재장전기중기 성능개선 ○ 여자기 제어계통(EX-2000) 교체
울진#6	3	'08.09.06~'08.10.02	25.7	○ 가압기 전열기 교체작업 ○ 주변압기/여자기 제어계통(EX-2000) 교체 ○ 저압터빈/주발전기 분해점검

나. 정비체제의 선진화

선진국형 정비체제 확립과 효율성 제고를 통한 설비의 최적운동을 도모하기 위하여 발전소별로 우수인력을 선발하여 엔지니어링 조직을 확대 구성하였고, 해외 우수원전 및 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 자체 수행함으로써 검사 신뢰도 및 기술력을 향상시켰으며 원전 가동중검사에서 수행되는 비파괴검사 중, 안전관련 설비에 대한 초음파 탐상검사와 증기발생기 세관 와전류 탐상검사에 대한 기량검증 제도가 교육과학기술부 고시에 의해 시행됨에 따라 검사자, 검사절차서, 검사장비에 대한 신뢰도를 더욱 향상시켰다. 또한 원전 설비 기술력 향상을 위한 연구개발을 지속적으로 추진하고 있으며 증기발생기 통합성능 관리기술, 공기구동밸브 설계기준 성능평가기술, 감속배관 관리기술 등을 개발하여 현재 적용 중에 있다. 국제유가의 불안과 기후변화협약의 발효로 원자력발전의 필요성이 증대되고 있는 가운데 정비체제의 선진화를 통해 원전의 안전성과 정비 신뢰도를 향상시켜 발전소 불시정지를 최소화하고 우수한 운영실적을 달성함으로써 대국민 신뢰도를 향상시키고 안전한 원전 운영에 크게 기여하였다.

2. 교육훈련

국내 원자력발전소의 효율적인 운영과 안전성 확보를 통해 저탄소 녹색성장의 중추적 역할을 성공적으로 수행하기 위해서는 유능한 기술인력의 확보가 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 기초에서부터 고급분야에 이르는 교육과정 운영으로 전문인력을 양성하기 위해 원자력교육원을 설립하였다. 이후 각 원전본부에서는 사업소별 특정 부문의 훈련을 위한 교육훈련센터를 설립하여 교육체계 및 과정을 현장중심으로 세분화·전문화하였으며, 교육시설의 현대화 및 발전소 종사자의 직무분석을 통한 교육훈련 프로그램 개편으로 직무 전문성 향상과 현장 문제해결 중심의 교육으로 개선하였고, 인적오류 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 사업소에서 13~17주간의 현장적응훈련과 8주간의 해당 노형별 계통교육 등 총 28~32주 교육을 마친 후 보직을 받아 업무에 임하게 된다. 운전·정비 등 발전소 운영분야의 기술능력을 향상시키기 위하여 보직을 받은 후에도 업무수행 중 각 보직에 필요한 실무과정, 전문과정, 간부과정 등을 단계적으로 이수하도록 사내교육을 시행하고 핵심 및 취약분야 기술 습득을 위해 해외 및 국내 제작기관과 우수원전에 파견, 위탁교육을 시행하고 있다.

나. 원자력교육원 교육

1979년 10월, 원자력 전문기술인력 양성이라는 중요한 역할을 수행

하기 위해 설립된 한수원(주) 원자력교육원은 ‘글로벌 경쟁력을 갖춘 인재양성’이라는 미션과 ‘세계 제일의 원자력전문 교육기관’이라는 비전을 가지고 국내·외 원자력분야 종사자들을 교육하고 있다. 원자력교육원의 교육과정은 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 관리자를 대상으로 한 교육과정이다. 또한 원자력산업을 선도하기 위한 직무역량 향상을 위해 직무관련 100여개 과정과 IAEA 및 WANO 국제협력과정 그리고 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 정비업무를 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(고리, 영광, 월성, 울진) 교육훈련센터에서는 원자력교육원 교육과정을 위임받아 운영중이며, 또한 각 사업소 특성에 맞는 특수교육과정과 노형별 직무교육을 운영하고 있다. 특히 해당 원전과 동일한 원자로 모의제어반을 도입하여 원전 운전원을 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 원자력교육원에서 운영하기 어렵고 국내·외 전문기관을 활용한 교육훈련이 필요한 분야에 대해서는 위탁교육을 시행하고 있다. 국내 위탁교육은 한국원자력연구원과 산업기술협회 등 국내 전문교육기관을 이용해 실무개발 교육을 시행하고 한전원자력연료, 두산중공업 등 국내 전문 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 2-16〉 교육훈련 실적

(단위 : 명, '08.12.31 현재)

구분	년도	'77-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	계
사내 교육 (원자력 교육원)	기본과정	8,673	43	575	823	2,920	2,133	1,110	816	1,799	835	19,727
	개발과정	23,814	3,106	3,108	3,119	3,275	3,910	5,416	6,276	5,585	7,617	65,226
	특수과정	8,872	895	821	786	1,190	829	535	841	856	608	16,233
	수탁과정	2,382	269	273	161	136	288	344	447	397	535	5,232
	소 계	43,741	4,313	4,777	4,889	7,521	7,160	7,405	8,380	8,637	9,595	106,418
국내위탁교육		5,320	422	664	1,307	2,243	2,864	2,592	3,256	3,461	4,769	26,898
해 외 훈 련		1,184	23	24	62	130	341	462	546	427	308	3,507
계		50,245	4,758	5,465	6,258	9,894	10,365	10,459	12,182	12,525	14,672	136,823

〈표 2-17〉 원전 모의제어반 현황

구분 \ 제어반	모의제어반Ⅰ	모의제어반Ⅱ	모의제어반Ⅲ	모의제어반Ⅳ	모의제어반Ⅴ	모의제어반Ⅵ	모의제어반Ⅶ
대상발전소	고리 #1,2	고리 #3,4	울진 #1,2	영광 #3,4,5,6	월성 #1,2,3,4	울진 #3,4,5,6	영광 #1,2
제 작 사	삼성, 현대	웨스팅 하우스	프랑스 톰슨사	삼성, 현대	CAE사	삼성, KOPEC	웨스팅 하우스
기준발전소	고리 #2 PWR 2 Loop 650MW	고리 #3,4 PWR 3 Loop 950MW	울진 #1,2 PWR 3 Loop 950MW	영광 #3,4 PWR 2 Loop 1,000MW	월성 #2 PHWR 2 Loop 713MW	울진 #3,4 PWR 2 Loop 1,000MW	영광 #1,2 PWR 3 Loop 950MW
준공일자	'98년 7월	'86년 12월	'90년 2월	'97년 4월	'96년 12월	'02년 10월	'06년 9월
설치장소	원자력 교육원	원자력 교육원	울진 훈련센터	영광 훈련센터	월성 훈련센터	울진 훈련센터	영광 훈련센터

제3장 원자력발전소 건설

한국수력원자력(주) 건설처 사업기획팀장 김현철

제1절 원전건설 현황

1. 개 요

2008년 말 현재 우리나라는 6기의 원전을 건설중이며 2기의 원전이 건설 준비중에 있다. 건설중인 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 신울진 1·2호기가 2009년 8월 착공을 목표로 사업을 추진중에 있다.

신고리 1·2호기는 2005년 1월 15일 전원개발사업실시계획이 승인·고시됨에 따라 2005년 1월 17일 부지정지공사를 착수하였고, 2005년 10월 1호기 기초굴착공사를 착수하였으며 2006년 6월 16일에 최초콘크리트를 타설함으로써 본격적인 구조물 공사에 돌입하였다. 2008년 3월 1호기 원자로용기 설치를 완료하였으며, 2009년 2월 2호기 원자로용기 설치를 목표로 순조롭게 공사를 진행중에 있다.

신월성 1·2호기는 2005년 9월 30일 전원개발사업실시계획이 승인·고시됨에 따라 2005년 10월 1일 부지정지공사를 착수하였고,

2007년 11월 20일 1호기 최초콘크리트타설에 이어 2008년 9월 23일에는 2호기 최초콘크리트를 타설하였으며 현재 본관건물 구조물공사 및 기전공사가 진행중으로, 2009년 4월 2호기 원자로용기 설치를 목표로 공사를 진행중에 있다.

또한, 최초로 신형경수로1400(APR1400)으로 건설중인 신고리 3·4호기는 2007년 3월 주설비 시공계약을 현대건설(주)/두산중공업(주)/SK건설(주) 공동수급체와 체결하였고, 2007년 9월 13일 전원개발사업실시계획이 승인·고시됨에 따라 부지정지공사를 착수하였으며, 2008년 10월 16일 3호기 최초콘크리트를 타설 하는 등 본격적으로 공사를 추진중에 있다.

2010년대 후반 전력공급을 위하여 건설되는 신울진 1·2호기는 2005년 6월 건설기본계획을 확정, 사업을 착수하였고, 2005년 12월에는 사업추진세부계획을 수립하였다. 2007년 12월 종합설계용역/NSSS 초기분 공급계약을 체결하였으며, 2008년 7월에는 주계약 공급제외요청서를 관련사에 발급하는 등 2009년 8월 착공을 목표로 사업착수 전 준비업무에 만전을 기하고 있다.

〈표 2-18〉 건설 및 건설준비중 원전 준공일정

건 설 중						건설 준비중	
신고리 #1	신고리 #2	신월성 #1	신월성 #2	신고리 #3	신고리 #4	신울진 #1	신울진 #2
'10.12	'11.12	'12.3	'13.1	'13.9	'14.9	'15.12	'16.12

※ 제4차 전력수급기본계획 기준

신규원전 입지로는 고리원전 인근 효암·비학 지역과 신암리 지역에 8기를 건설할 수 있는 부지를 각각 1997년과 2000년에 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하여 현재 신고리 1·2호기와 신고리 3·4호기가 건설중에 있다. 또한, 2002년 5월 울진원전 인근 덕천리 지역에 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)과 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약을 체결하였으며, 동시에 한국전력기술(주)과 종합설계용역 계약을 체결하였다. 또한, 2003년 6월 주설비공사의 시공계약을 현대건설(주)/대림산업(주)/SK건설(주)의 공동수급체와 체결함으

로써 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 최초 콘크리트를 타설하였으며, 2008년 3월 31일 원자로용기를 설치완료한 후 기전공사를 수행 중에 있다. 2호기는 2007년 6월 5일에 최초 콘크리트를 타설하였고 2009년 4월 원자로용기 설치를 착수할 예정이다.



〈그림 2-5〉 신고리 1·2호기 공사현장 전경('08.12)

신고리 1·2호기는 한국표준형원전을 참조발전소로 그동안 쌓아온 한수원(주)의 원전건설 및 운영경험과 설계사인 한국전력기술(주)의 설계경험을 토대로 3년간의 한국표준형원전 설계개선 1,2단계 사업을 통해 일체형원자로상부구조물, 복합건물 등 97개의 개선사항이 반영된 개선형 한국표준형원전(OPR1000)으로서 기존원전 대비 안전성과 경제성의 향상은 물론, 원전 종사자의 운전 편의성과 방사선피폭 저감을 도모하는 한편 합성구조물공법과 원자로냉각재배관의 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 2-19〉 신고리 1·2호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	연 료 장 전	준 공
신고리 #1	● '00. 8	● '05. 1	● '05.10	● '06. 6	● '08. 3	○ ('09.10)	○ ('10. 6)	○ ('10.12)
신고리 #2	● '00. 8	● '05. 1	● '05.10	● '07. 6	● '09. 4	○ ('10.10)	○ ('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 (주)대우건설/삼성물산(주)/GS건설(주)의 공동수급체와 주설비공사 계약을 체결함으로써 사업추진을 위한 중요한 사업체제가 완성되었다.

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

1월로 준공일정을 변경하였다.

신월성 1·2호기는 2007년 6월 4일 건설허가를 취득하여 본관기초 굴착공사를 착수하였고 2007년 11월 20일 1호기 최초 콘크리트를 타설한 이후 2008년 12월 현재 원자로 격납건물 콘크리트 타설작업을 진행중에 있다. 또한, 2호기 원자로건물 구조물공사가 진행중이며 2009년 3월에는 국내최초로 원자로 격납건물철관 3단 동시인양작업을 추진할 예정이다.



〈그림 2-6〉 신월성 1·2호기 공사현장 전경('08.12)

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

(RVI) 병행시공, 전천후시공(Javara Tent)등 신공법 적용을 통하여 건설공정을 최적화할 계획이다.

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 4개호기 동시발주에 따른 이점을 최대한 활용하기 위해 주기기 동시 계약체결 및 보조기기의 통합/동시발주 등 경제성 제고 노력을 통하여 경제성과 효율성에 입각한 사업추진이 가능하게 되었다.

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

〈표 2-20〉 신월성 1·2호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	연 료 장 전	준 공
신월성 #1	● '00.12	● '05.10	● '07.6	● '07.11	○ ('09.8)	○ ('11.1)	○ ('11.9)	○ ('12.3)
신월성 #2	● '00.12	● '05.10	● '07.6	● '08.9	○ ('10.6)	○ ('11.11)	○ ('12.7)	○ ('13.1)

4. 신고리 3·4호기

신고리 3·4호기는 가동중인 고리 1~4호기와 건설중인 신고리 1·2호기의 인접부지인 울산광역시 울주군 서생면 신암리 일원에 국내 최초로 건설되는 설비용량 1,400MW급 신형경수로1400(APR1400) 원전이다. 신고리 3·4호기는 당초 2010년 9월과 2011년 9월 준공을 목표로 사업을 추진하였으나 2006년 12월에 공고된 제3차 전력수급기본계획에 따라 준공일정을 2013년 9월과 2014년 9월로 변경하여 추진 중이다.

2000년 1월 정부가 확정 공고한 「제5차 장기전력수급계획」에 의거 발전소 건설계획에 반영되어 있는 신고리 3·4호기는 2001년 2월 건설기본계획을 확정하였고, 2006년 8월에 두산중공업(주)과 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약을 체결하였으며, 동시에 한국전력기술(주)과 종합설계용역 계약을 체결하였다. 또한, 2007년 3월에는 주설비 공사 시공계약을 현대건설(주)/두산중공업(주)/SK건설(주)의 공동수급체와 체결함으로써 사업체제를 갖추었다.

2007년 9월 정부로부터 전원개발사업실시계획을 승인받아 부지정지공사를 착수하였으며 2008년 4월 건설허가 취득과 동시에 본관기초 굴착공사를 착수하였고, 10월 16일에 3호기 최초콘크리트를 타설 하였다. 현재 3호기는 원자로건물 기초 구조물의 콘크리트 타설 작업을 준비중으로 2009년말까지 원자로건물 격납철판 설치를 완료할 예정이며, 4호기는 2009년 11월에 최초콘크리트 타설을 목표로 구조물작업을 착수하는 등 본격적인 공사에 박차를 가하고 있다.

신고리 3·4호기는 한국표준형원전을 토대로 해외 신형원전의 신개념 기술을 참조하여 설계되었으며, 기 확보된 국내원전의 건설·시운전 및 운영경험을 최대한 반영하였다. 내진성능을 강화시키고자 원자로건물과 보조건물을 공동기초위에 건설하도록 하였고 설계수명을 60년으로 늘려 경제성도 크게 향상시켰다.

또한, 사고방지는 물론 만일의 경우 사고 발생시에도 그 영향을 최소화 할 수 있도록 중대사고 완화 측면을 설계개념에 대폭 반영하였는데 원자로용기 직접주입(Direct Vessel Injection), 비상노심냉각수 유량조절장치(Fluidic Device in SIT), 안전감압계통(POS RV), 원자로건물 내 재장전수탱크(IRWST) 등을 들 수 있다.

신고리 3·4호기의 주제어실은 디지털 기술을 적용한 워크스테이션 형식으로 구성된 첨단개념을 도입하여 신호검증 및 기능감시 등의 다양한 운전지원 기능을 컴퓨터 기반의 워크스테이션에서 제공함으로써 운전원의 업무 부담을 감소시키고 인적오류 가능성이 최소화되도록 설계하였다.

또한 한국표준형원전의 반복건설을 통해 축적된 경험을 바탕으로 개선된 설계개념을 적용하였으며, 특히 공용으로 사용할 수 있는 건물을 양호기 사이에 통합 배치하였고, 각종 펌프, 탱크, 열교환기의 통합 등으로 건물 및 설비를 최적화하여 건설물량을 크게 감소시켜 경제성을 향상시켰음은 물론 모듈화 공법 및 Deck Plate 공법 등의 신기술·신공법을 최대한 적용하여 시공성도 더욱 향상되었다.



〈그림 2-7〉 신고리 3·4호기 공사현장 전경('08.12)

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

2010년대 중반에 신형경수로1400(APR1400)의 첫번째 발전소인 신고리 3·4호기가 본격적인 상업운전에 들어갈 경우 21세기 국내 원전산업의 새로운 장을 열게 될 것이며, 안전성과 경제성 측면에서도 국제적인 경쟁력을 확고히 갖추게 되어 향후 세계 신형원전시장에 독자적인 수출도 가능할 것으로 기대된다.

〈표 2-21〉 신고리 3·4호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	연 료 장 전	준 공
신고리 #3	● '01.2	● '07.9	● '08.4	● '08.10	○ ('10.8)	○ ('12.5)	○ ('13.1)	○ ('13.9)
신고리 #4	● '01.2	● '07.9	● '08.4	○ ('09.11)	○ ('11.8)	○ ('13.5)	○ ('14.1)	○ ('14.9)

5. 신울진 1·2호기

신울진 1·2호기는 신고리 3·4호기에 이어 두 번째 건설되는 신형 경수로1400(APR1400) 노형으로서 2005년 6월 건설기본계획을 확정, 사업을 착수하여 1호기는 2015년 12월, 2호기는 2016년 12월 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 진행하고 있다.

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)과 초기분 계약을 체결하여 인허가 신청 준비 업무를 수행하였고, 2008년 7월 공급제외요청서를 관련사에 발급한 후 9월부터 공급제외서를 접수하여 이에 대한 기술평가를 수행하는 등 사업일정 준수를 위해 만전을 기하고 있다

한편, 사업초기업무로 용지매수, 부지세부지질조사, 문화재조사, 기상 관측탑 설치 및 운영, 이주단지조성 등을 2008년에 이어 계속 진행해 나갈 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 2-22〉 신울진 1·2호기 건설일정

구 분	기본계획 확 정	부지정지	본 관 기초굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	상온수압 시 험	연 료 장 전	준 공
신울진#1	● '05. 6	○ ('09. 8)	○ ('10. 6)	○ ('11. 3)	○ ('12.12)	○ ('14. 8)	○ ('15. 4)	○ ('15.12)
신울진#2	● '05. 6	○ ('09. 8)	○ ('10. 6)	○ ('12. 3)	○ ('13.11)	○ ('15. 6)	○ ('16. 2)	○ ('16.12)

제2절 원전건설 기술의 발전

1. 원전건설 기술자립

가. 추진배경 및 경위

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

1987년 초 착수된 영광 3·4호기 건설사업과 연계하여 원전건설 기술자립 추진을 도모하였으며 이를 위해 국내 역할 분담사와 외국 기술 보유사(CE, GE, S&L)간에 기술도입계약(TTA)을 체결하여 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 2-23〉 기술자립 역할 분담

구 분	담당 분야	비 고
한국전력공사	종합사업관리	현, 한수원(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 도모토록 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 5·6호기를 2002년에 각각 성공적으로 준공하였으며 계속하여 울진 5호기가 2004년 7월에, 울진 6호기가 2005년 4월에 상업운전을 개시함

으로써 총 6기의 한국표준형원전을 성공적으로 건설하였다.

(2) 개량화(Evolution) 기술능력 확보

1987년 5월 웨스팅하우스사(구, ABB-CE)와 체결한 기술도입계약(TTA)이 1997년 5월에 만료됨에 따라 1997년 6월 웨스팅하우스사와 기술사용협정(TTA/LA)을 체결하여 국내 영구기술사용권리를 확보하였다. 아울러 차세대원자로 개발을 추진하여 신형경수로(APR1400)를 2001년 12월 개발 완료하였으며, 이를 통해 자체 기술능력 향상을 통한 개량화 및 자체 개발능력을 확보하게 되었다.

2. 건설공정 최적화 추진

가. 추진 배경

미국의 AP1000을 비롯하여 원전선진국들은 모듈화, 신공법 적용 등을 통한 건설공기 단축으로 경제성을 향상시키는 노력을 활발히 전개하고 있다. 우리나라도 한국표준형원전의 반복건설을 통한 지속적인 건설공기 단축을 추진하여 왔으나 원전의 해외 진출시 대외 경쟁에서 확실한 우월성 확보가 필요함으로 원전사업의 해외 진출을 위한 추가적인 건설공정 최적화를 추진중에 있다.

나. 추진 방안

건설공정 최적화를 위해서는 신기술, 신공법의 도입과 더불어 선진 건설관리 등을 통한 지속적 건설기간 단축 노력이 필요하다. 적용가능

한 주요 신공법으로는 원자로건물의 Over The Top 공법, SC(Steel Plate Reinforcement Concrete)모듈공법, 원자로 내장품과 원자로냉각재배관 설치작업 병행 수행 등이 있다. 아울러 축적된 원전건설 경험 활용과 최신 IT 기술을 기반으로 한 원전건설관리시스템(NPCMS)을 운영하여 프로젝트 간 정보공유 및 예측기능을 획기적으로 개선하였다.

3. 차세대원자로 기술개발[신형경수로1400(APR1400)]

가. 개 요

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

이렇게 개발된 1,400MW급 차세대원자로는 2001년 2월 제15차 기술개발추진위원회에서 신형경수로1400(APR1400)으로 명명되었으며, 정부의 철저한 안전성 심사를 거쳐 2002년 5월에 표준설계인가(Design Certification)를 취득하였다. 신형경수로1400은 신고리 3·4호기에 최초로 적용되어 건설되고 있으며, 2010년대 중반이후 한국의 주력노형으로 자리매김을 할 것으로 전망된다.

나. 주요 설계특성

신형경수로1400은 기존 노형 대비 안전성과 경제성을 대폭 개선하여

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

- 설계기준 : 용량 (1400MW), 설계수명 (60년), 내진설계 (0.3g)
- 안전여유도증대 : 노심 열적여유도 확보 (10~15%), 가압기/증기 발생기 용량 증대, 4 Train 원자로 직접 안전주입, 원자로건물 내 재장전수탱크 설치 등
- 경제성 향상 : 설비용량 증대, 단순화 및 최적화, 모듈화 확대 등
- 중대사고 완화 : 안전감압배기계통, 축매형 수소재결합기 및 정화 기계통, 원자로 공동 침수계통, 원자로공동배치 및 구조설계개선, 원자로외벽 냉각설비 등 도입
- 첨단 제어시설 설계 : 한국적 인간공학을 반영한 다중 워크스테이션 채택

다. 시공성 향상을 위한 최신 공법 도입

신형경수로1400(APR1400)에서는 시공성 향상을 위해 모듈화 공법 확대 적용, 공동매트 채택, 무지보(Deck Plate)공법 적용, 대용량 크레인 사용을 통한 시공성 제고 등 최신의 신기술/신공법을 최대한 적용할 예정이다. 아울러 상세 시공성 분석을 통해 원자로건물 내부 구조물 철 판거푸집 적용(SC모듈공법), 원자로 내부 구성품 모듈화, 원자로건물

천장크레인 사전 조립 등의 첨단 모듈화 기술 등을 확대 적용함으로써 건설기간을 지속적으로 단축해 나갈 예정이다.

4. 향후 전망

우리나라는 개선형 한국표준형원전(OPR1000)으로 건설중인 신고리 1·2호기, 신월성 1·2호기와 함께 신형경수로1400(APR1400)으로 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 원전건설 시장에서 유리한 입장에 설 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 원전이 타 전원 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 주요운전현황

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 원전설계시 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 심도있게 평가하여 안전한 경우에는 설계수명 기간 만료일 이후 계속운전을 승인하여 운전하고 있다.

계속운전은 부존자원이 절대적으로 부족한 우리나라에서 에너지자원의 효율적 활용과 기후변화협약에 따른 온실가스(CO₂) 배출 감축이라는 측면에서 필요하다.

특히 치솟고 있는 국제유가와 에너지 안보차원에서, 경제적이고 공급이 안정적인 에너지 확보의 문제는 국가 존망의 문제와 직결되고 있다.

이는 원자력의 역할이 더 중요해지고 있다는 것을 반증하고 있다.

설계수명 기간 만료일 이후의 원전 운영에 대하여 운영허가 갱신(License Renewal), 장기가동(Long-term Operation), 계속운전(Continued Operation) 등 여러 가지 용어가 거론되었으나 우리나라는 원자력법에서 ‘설계수명 기간 만료일 이후의 계속운전(이하 계속운전)’이라는 용어를 채택하였다.

2. 우리나라의 계속운전 추진현황

가. 국내 가동중 원전의 설계수명

가동 중인 20기의 원전 중에서 고리 1호기와 월성 1·2·3·4호기의 설계수명은 30년, 기타원전은 40년이 되며 설계수명의 산정 기산일은 고리 1·2호기와 월성 1호기는 최초임계일이 되며, 기타원전은 운영허가일이다.

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

〈표 2-24〉 국내 가동중 원전의 설계수명 현황

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

나. 법제화

우리나라는 2005년 9월 원자력법 시행령(제42조의2~5)과 동법 시행규칙(제19조의2~3)이 개정되었으며 2005년 12월에는 계속운전 관련 과학기술부 고시2005-31호(경수로형)가 공포되었다. 이후 2007년 10월에 고시 2005-31을 기술기준 적용지침 2007-18호로 개정하였다.

개정된 시행령에 의하면 설계수명 기간이 만료된 후의 원자력발전소의 운전을 ‘계속운전’이라고 하며 계속운전을 위해서는 사업자가 설계수명 기간 만료일로부터 5년 내지 2년 이전(단, 고리 1호기의 경우 부칙에 의거 설계수명 기간 만료일로부터 1년 이전)에 주기적안전성평가 보고서, 주요기기에 대한 수명평가 보고서 및 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가보고서를 제출하고 교육과학기술부는 평가보고서를 심사하여 계속운전 여부를 결정하도록 되어 있다.

계속운전관련 원자력법령은 미국의 운영허가갱신 법령과 국제원자력기구의 주기적안전성평가 기술기준을 적용하여 만든 강화된 규제이다.

주요내용은 안전기준에 적합한 원자로시설은 계속운전을 허용하되, 부적합한 원자로시설은 영구정지 하도록 하는 것이다.

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.

3. 해외 계속운전 추진현황

현재 상업용 원자력발전소는 전 세계적으로 31개국에서 439기가 가동되고 있으며 30년 이상 운전중인 원자력발전소는 119기이고, 40년 이상 운전중인 것도 1기가 있다.

대부분의 전력회사는 자사의 원자력발전소가 안전성에 문제가 없고 경제성이 입증된다면 계속 운전을 희망하고 있으며, 안정적인 전력 공급을 위하여 원전의 계속운전에 관심을 집중시키고 있다.

장기가동 원전이 증가함에 따라 미국, 유럽, 일본 등 많은 국가들은 10여년 전부터 설계수명 기간 만료일 이후의 계속운전에 대한 연구를 수행하고 법적근거를 마련하여 안전성을 평가하였다.

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 4월 현재 104기 원전 중 인허가갱신 승인을 받은 원자력발전소는 51기이며, 심사중인 원자력발전소는 19기이다.

일본은 주기적안전성평가(PSR, Periodic Safety Review) 제도를 활

용하고 있으며 규제상의 운영허가기간은 없다.

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

일본의 주기적안전성평가(PSR) 관련법령은 2003년 9월에 신설하여 30년이상 운전하고자 하는 원자로시설에 대하여 10년마다 최신기술정보를 반영한 안전성평가를 실시하고 발전소 수명관리 보고서를 제출하며 정부는 이를 심사하여 공표하고 있다. 2009년 3월 현재 53기의 원전 중 겐카이 1호기 등 16기의 원전이 30년이상 계속운전 중이다.

영국은 운영허가기간의 제한이 없으며 10년마다 수행되는 주기적안전성평가(PSR) 결과를 활용하여 계속운전 허용여부를 결정하며, 2009년 4월 현재 19기 원전중 Oldbury 1·2호기 등 8기의 원전이 계속운전 중이다.

캐나다는 통상 2년(2~5년) 주기로 원전의 안전수준과 운영성적을 종합평가하여 운영허가기간을 갱신하고 있으며, 2009년 4월 현재 18기 원전 중 Pickering 1호기 등 4기의 원전이 30년 이상 계속운전 중이다.

러시아는 장수명 수동형기기의 경년열화관리 규정에 따라 계속운전을 하며 2009년 4월 현재 31기 원전중 스몰렌스크 1호기 등 18기의 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 11월부터 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, 감시를 위한 기술을 개발하였다.

계속운전을 위한 계통·구조물·기기의 효율적인 경년열화 관리프로그램은 수명평가 결과와 국내·외 경험을 고려하여 도출되었으며, 경년열화 관리프로그램이 효과적으로 이행될 때 계속운전기간 동안에도

발전소의 계통·구조물·기기의 고유기능과 안전성이 유지됨을 확인하였다.

확률론적안전성평가는 1999년 11월부터 2002년 11월까지 수행되었다. 이는 중대사고에 대한 종합안전성을 확률론적 방법으로 평가하는 것이다.

그 결과를 토대로 중대사고 예방 및 완화에 필요한 설계개선 또는 설비보강 계획을 도출하여 발전소 안전성을 증진시키고자 하는데 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 향

상은 물론 장기 가동을 위한 기틀을 마련하였다.

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), 습분분리 재열기 성능개선('85) 등을 교체하였다.

또한 한수원(주)은 계속운전 법적요건과 관련 없으나 설비신뢰도 제고를 위해 자발적으로, 그 동안의 정비경험과 해외정보 및 발전소 운영 자료를 바탕으로 73건의 설비개선 계획을 수립하여 기존의 용접식 주 증기안전밸브를 플랜지식으로 교체하여 정비편의성을 개선하였고 격납용기 재순환팬 개선 및 여과설비의 성능향상과 주제어실공조계통 등을 개선하였다.



〈그림 2-9〉 고리 1호기 신형 증기발생기 설치, 원자로냉각재펌프 교체

다. 1차 주기적 안전성평가(PSR) 안전성 증진사항 이행

한수원(주)은 2002년도에 수행한 주기적 안전성평가 결과 안전성 증진사항 40건이 도출되어 화재방호 설비개선, 계통 및 기기 경년열화관리 프로그램에 위한 설계능력보고서 작성, 주요기기 피로감시시스템 구축, 제어봉구동장치 마모관리 계수시스템 구축 등의 경년열화관리 프로그램을 개발하였으며 원자로압력용기 조사취화 건전성평가를 위해 마스터커브 방법을 이용한 가압열충격 안전여유도를 해석 및 평가하였고, 압력-온도 운전제한 곡선 작성 등을 수행하여 40건 모두 해결하였다.



〈그림 2-10〉 고리 1호기 계속운전 사업추진회의

라. 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 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·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 참고하였으며 평가사항은 아래와 같다.

〈표 2-25〉 경년열화 관리대상 선정 평가에 관한 사항

세 부 사 항	참조 기술기준
1. 기계계통의 범위 설정 및 선정결과 평가	NUREG-1800
2. 구조물의 범위 설정 및 선정결과 평가	(운영허가 갱신 안전심사지침)
3. 전기 및 계측제어계통의 범위설정 및 선정결과 평가	및 NUREG-1801(GALL)

〈표 2-26〉 경년열화 관리계획 평가에 관한 사항

세 부 사 항	참조 기술기준
1. 안전등급 1,2,3기기 가동중검사 2. 안전등급 지지대 가동중검사 3. 일회검사 4. 원자로용기 감시 5. 이물질 감시 6. 중성자 소음 감시 7. 수화학 8. 봉산부식 9. 주조 오스테나이트 스테인리스강의 열취화 10. 주조 오스테나이트 스테인리스강의 열에 의한 경년 열화 및 중성자 조사 취화 11. 유동가속부식 12. 재료의 선택적 침출 13. 원자로 헤드 덮개 스택트드	NUREG-1800 (운영허가 갱신 안전심사지침) 및 NUREG-1801(GALL)

세 부 사 항	참조 기술기준
14. 니켈합금 노즐 및 관통부 15. 원자로용기 내부구조물 16. 볼트결합 건전성 17. 증기발생기 세관 건전성 18. 천정의 대용량 및 소용량 취급계통 19. 매설 배관 및 탱크 검사 20. 지상의 탄소강 탱크 21. 연료유 화학 22. 개방형 냉각수 순환계통 23. 밀폐형 냉각수 순환계통 24. 압축공기계통 25. 화재방호설비 26. 소방수계통 27. 격납건물 라이너 플레이트, 강제격납용기 28. 격납건물 29. 격납건물 누설률 시험 30. 조적벽 31. 구조물 32. 원전 수리 구조물 33. 원자력 보호도장 34. 환경검증 요건을 적용받지 않는 전기 케이블 및 비금속 연결부 35. 환경검증 요건을 적용받지 않는 계측 회로에 사용된 전기 케이블 36. 환경검증 요건을 적용받지 않는 접근 곤란한 중전압 케이블 37. 모선 덕트 38. 휴즈 홀더 39. 환경검증 요건을 적용받지 않는 전기 케이블 금속	NUREG-1800 (운영허가 갱신 안전심사지침) 및 NUREG-1801(GALL)

〈표 2-27〉 계속운전을 위한 수명평가에 관한 사항

세 부 사 항	참조 규정 및 기술기준
1. 시간제한 경년열화 평가의 확인	- 10 CFR 54.21
2. 원자로용기 중성자 조사취화 평가	- 10 CFR 50, Appendix G
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. 격납건물 라이너플레이트, 강재격납용기 및 관통부 피로 평가	- 10 CFR 54.21
7. 기타 원자로별 시간제한 경년열화 평가	- 10 CFR 54.21

〈표 2-28〉 운전경험, 연구결과 반영 필요사항

세 부 사 항	참조 규정 및 기술기준
1. 화재방호 평가	- 10 CFR 50.48
2. 기기의 동적 및 내진 검증	- 미국 NRC 규제지침(Reg. Guide) 1.100
3. 원자로용기 가압열충격	- 10 CFR 50.61
4. 원자로정지불능 예상 운전과도	- 10 CFR 50.62
5. 능동형기기의 관리계획	- ASME OM
6. 배관 열성충 평가	- 미국 NRC 행정조치(Bulletin) 88-11
7. 가연성기체 연소에 대한 안전성 평가	- IAEA 안전지침 NS-G-1.10
8. 소내정전사고 대처능력평가	- 10 CFR 50.63

(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. 고리 1호기 계속운전 안전성평가보고서 심사

2006년 6월 16일 한수원(주)으로부터 고리원전 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 수시로 실시하였다.

(1) 주기적안전성평가보고서 심사

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

1차 주기적안전성평가시와는 다르게 이번에는 해외 운전경험인 화재 방호, 원자로용기 가압열충격 등 미국의 소급규정 관련 5개 항목과 기기

의 동적 및 내진검증 등 안전성 증진관련 3개 항목을 추가로 수행하여 국내·외 최신요건을 적절히 반영한 것으로 평가하였다.

(2) 주요기기수명평가보고서 심사

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

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

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

원자로용기의 최대흡수에너지 특성과 관련하여 한수원(주)은 과기부 고시 제2005-03호에 따라 계속운전 목표시점인 40년에 상당하는 중성자 조사량을 가진 원자로 용기내의 시편을 사용한 파괴인성시험을 수행하였으며, 파괴인성시험결과 계속운전기간에도 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 가압열충격에 대해 건전성을 확보할 수 있을 것으로 확인하였다.

(3) 방사선환경영향평가보고서 심사

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

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

(4) 현장점검 결과

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

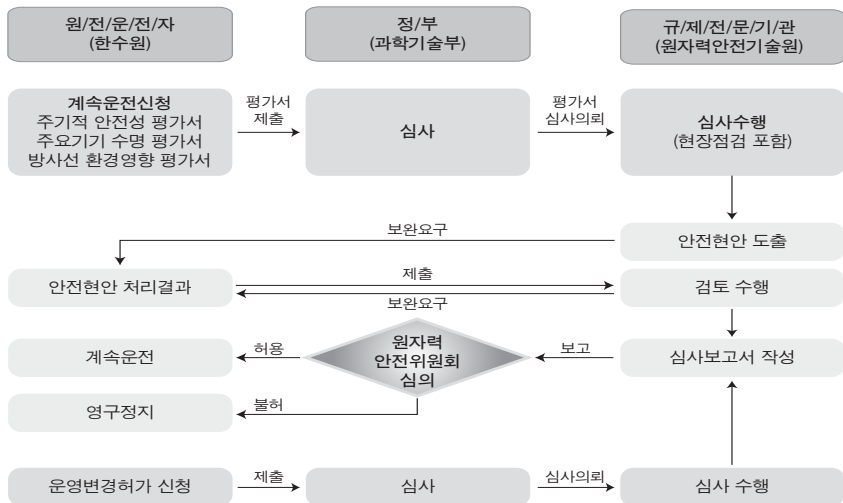
국제원자력기구(IAEA)의 전문가와 공동으로 안전성을 확인한 결과로는, 원전의 안전성 증진 차원에서 2건의 제안사항과 3건의 권고사항이 도출되었다.

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. 한수원은 이러한 사항들을 모두 적합하게 조치완료 하였고 조치결과는 적합한 것으로 확인하였다.

(6) 심사결과

종합적인 안전심사 결과로써 고리 1호기 계속운전 신청서류인 주기적안전성평가보고서, 주요기기수명평가보고서, 방사선환경영향평가서 등의 심사를 통해 원자로 용기, 안전등급 배관, 격납건물 등 주요 기기에 대한 수명평가 및 경년열화 관리계획이 관련 요건에 따라 적절하게 수립되어 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. 과기부는 이러한 심사결과를 토대로 2007년 12월 11일 고리 1호기 계속운전을 허가하였다.



〈그림 2-11〉 계속운전 안전심사 절차도

바. 사회적 수용성 확보

(1) 계속운전 공론화

국내최초로 시도되는 계속운전의 사회적 수용성 제고를 위하여 한수원(주)은 계속운전의 공론화, 계속운전의 필요성, 계속운전 해외사례 및 안전성 등의 내용으로 지역주민들에게 홍보활동을 하였다.

지역주민, 지역 여론주도층, 지자체 공무원, 지역 주요단체, 지역 국회의원 등을 대상으로 총 1,100여회의 소규모 설명회 및 맨투맨 홍보를 하여 계속운전에 대한 올바른 정보를 제공하여 공공의 이해기반을 넓힘으로써 계속운전 안전성에 대한 공감대를 확산하였다.

주요언론사 기자를 대상으로 미디어 투어를 비롯한 기자간담회를 53회 시행하여 계속운전 안전성에 대한 올바른 보도를 유도하였으며, 지역

주민, 환경단체, 학계를 대상으로 10여회에 걸쳐 계속운전 세미나, 워크숍을 개최하여 계속운전을 공론화 하는 한편 각계의 의견을 수렴하였다.

이밖에 지역주민 등을 대상으로 25회의 일본 계속운전 원전 시찰을 시행하여 계속운전 안전성에 대한 폭넓은 이해를 도모하였으며, 특히 정부, 한수원(주) 경영진, 학계, 언론계, 갈등관리전문가로 구성된 상황 점검반을 구성하여 고리1호기 계속운전 이해관계자들과의 갈등 해소 대책에 주력하였다.



〈그림 2-12〉 계속운전 안전성 설명회, 심포지움 모습

(2) 계속운전 주민합의

설계수명 이후 장기원전의 계속운전은 지역주민의 동의를 법적으로 요구하고 있지는 않지만 원전사업은 주민 수용성이 중요하다는 인식 아래 지역 협의회를 구성하여 성실하고 책임있는 자세로 지역의 의견을 수렴하고 한수원(주)의 입장을 솔직하게 전달함으로써 지역대표와 신뢰감을 구축하였다.

총 5회의 전체회의와 수차례의 실무협상 과정에서 계속운전 안전성에 대한 폭넓은 의견을 교환하였으며 특히 고리원전으로 인해 지역이

30년간 그린벨트로 묶여 지역이 낙후되었다는 주장이 제기되어 농수산물 특산물 판매장, 도서관 건립 등의 지역 숙원사업 지원을 협의하고 합의서를 체결함으로써 2년여에 걸친 지역주민과의 갈등을 해결하였다.

사. 계속운전 첫주기 무고장안전운전(OCTF) 달성

고리 1호기는 2007년 12월 21일 연료장전을 시작하여 2008년 1월 3일 임계에 도달하였고 2008년 1월 9일 계통병입에 이어 100% 출력운전에 도달하게 되었으며, 1월 17일에는 지역주민의 축복을 받으며 계속운전 재가동 기념행사를 가졌다. 이후 고리원전 1호기는 국내원전 최초로 계속운전 첫 주기 무고장안전운전(317일)을 달성함으로써 3주기 연속 무고장안전운전(1043일)과 총 8회의 무고장안전운전의 위업을 달성해 우수한 원전 운영능력과 설비 안전성을 대·내외에 입증하였다.



〈그림 2-13〉 고리 1호기 계속운전 재가동 기념식 모습

제2절 출력증강

1. 개요

가동원전 출력증강(power uprate)은 가동중인 발전소에 대해 발전소 계통 및 설비가 가진 여유를 평가하고 분석하여 규제기관의 심사를 거쳐 안전성이 허용하는 범위 내에서 운영허가출력(원자로 열출력)을 증가시키고 2차측이 이를 수용하게 함으로써 궁극적으로 원자력발전소의 전기출력을 개선하는 사업이다.

미국에서는 이미 1970년대부터 추진하기 시작하여 1980년대부터 활발하게 적용하고 있다. 2008년말 현재 가동원전 총 104기 중 91기의 원전에서 124건의 출력증강을 적용하고 있다. 유럽은 30여기의 발전소에서 45건이 넘는 출력증강을 적용하고 있으며 대만전력에서도 가동 중인 6기의 원전에 모두 출력증강을 적용하였다.

한수원(주)은 지식경제부와 기술개발협약을 맺고 출력증강 기술의 개발 및 적용을 최종목표로 하여 고리 3·4 및 영광 1·2호기를 대상으로 출력증강을 추진하였다.

〈표 2-29〉 미국원전 출력증강 추진현황 (2008년 12월말 현재, 출처 : NRC)

구 분		PWR	BWR	계	비 고
가동원전		69	35	104	
출력증강 적용원전		58	33	91	
유형	MUR	29	11	40	
	SPU	42	22	64	
	EPU	5	15	20	3기 추진 중
합 계		76	48	124	3기 추진 중

주1) 미세 출력증강(MUR, Measurement Uncertainty Recapture)

- 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



〈그림 2-14〉 출력증강 제6차 사업추진회의 기념사진

2. 기술개발 배경

국내에서도 세계적인 추세에 따라 출력증강 기술습득 및 적용을 위한 노력이 진행되어 왔다. 1995년 웨스팅하우스형 원전 출력증강 과제 사전 조사 연구를 시작으로 1998년에는 3-Loop 원전의 출력증강 변수비교 등을 통한 고리 3·4 및 영광 1·2호기 출력증강 타당성을 검토하였다.

이러한 노력의 결실로 2002년 산업자원부 전력산업기술개발 연구과제 「가동원전 출력증강 기술개발」이 채택되어 가동원전 출력증강 기술 확보는 물론 웨스팅하우스형 3루프 원전의 원천설계 기술을 습득함으로써 설계 및 운영기술 자립을 목표로 해외사와의 협력관계를 협약서에 치밀하게 반영하여 연구를 실시하게 되었다.

또한 기술개발 과제를 1단계 예비평가('02.9~'03.11), 2단계 상세평가('03.12~'05.4), 3단계인 인허가 단계('05.5~'07. 6)로 구분하여 단계별로 실시하여 기술개발 현황에 대한 목표달성도 및 과제의 실효성을 중간 점검함으로써 목표달성을 위한 긴장감과 집중력이 흐트러지지 않도록 하였다.

3. 기술개발 전략

가. 주요 경위

「가동원전 출력증강 기술개발」은 전력산업연구개발과제로서 한수원(주)이 주관기관으로 하고 한전 전력연구원, 한국전력기술, 한전원자력연료가 위탁사로 참여하여 2002년 9월에 산업자원부와 협약을 체결하

였으며, 2003년 6월에는 해외사와 기술지원협약을 체결하였다. 국내 기술자립에 유리한 조건으로 해외사와의 협상이 순조롭게 진행되지 않아 예정보다 6개월 늦게 협약이 체결됨에 따라 기술개발기간도 초기계획보다 6개월 연장되었다. 이러한 시행착오를 겪었지만 당초 계획대로 2003년 11월에 예비평가를 완료하였고, 2005년 4월에 상세평가를 완료한 후 2005년 9월에 인허가 신청을 하였다. 15개월 동안의 규제기관의 심사를 거쳐 2006년 12월에 고리 3·4호기 출력증강 허가를 취득하였으며 2007년 8월에 영광 1·2호기 출력증강 허가를 취득하였다.

〈표 2-30〉 출력증강 기술개발 추진경위

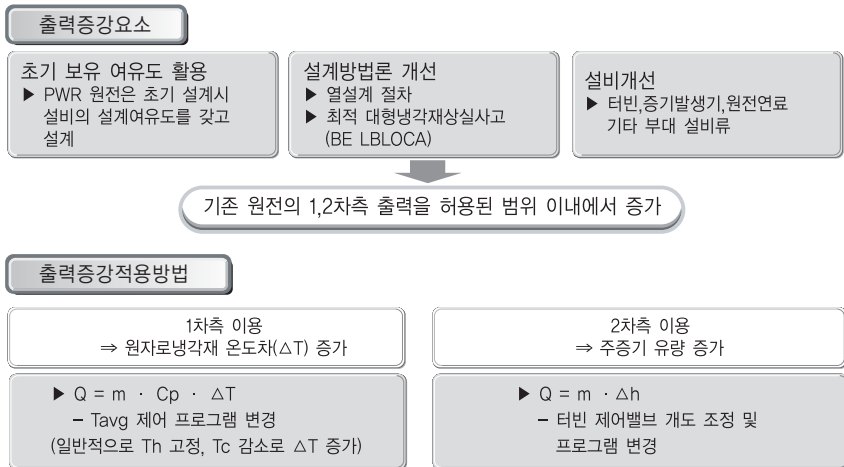
사 업 명	가동원전 출력증강 기술개발
개발기간	2002. 9. 1 ~ 2007. 6.30 (58개월)
총사업비	452억 원(설비개선비용 불포함) : 기금지원을 50%
법적근거	전기사업법 제47조, 시행령 제23조 ~ 26조

주요경위

- 2002. 9.26 : 가동원전 출력증강 기술개발 협약(산업자원부, 현 지식경제부)
- 2003. 6.30 : 해외사(WH사 등 4개사) 기술지원계약 체결
- 2005. 4.30 : 출력증강 안전성분석 완료
- 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
- 2008.12.27 : 고리 4호기 출력증강을 위한 설비개선 착수
 - 고압터빈 고정익 다이어프램 교체 및 설치 7건 변경

나. 출력증강 방법

원자력발전소의 인허가 열출력을 높이기 위해서는 <그림 2-15>와 같이 초기보유 설계 여유도를 활용하고 열설계 절차 등 해석방법론의 개선으로 증진된 여유도를 활용하여 안전성을 입증한 후 규제기관으로부터 승인을 받아야 하며 증가된 증기량을 수용할 수 있도록 고압터빈 등 2차측 주요설비를 개선하는 것이다.



<그림 2-15> 출력증강 기술개발 방법

다. 추진 체계

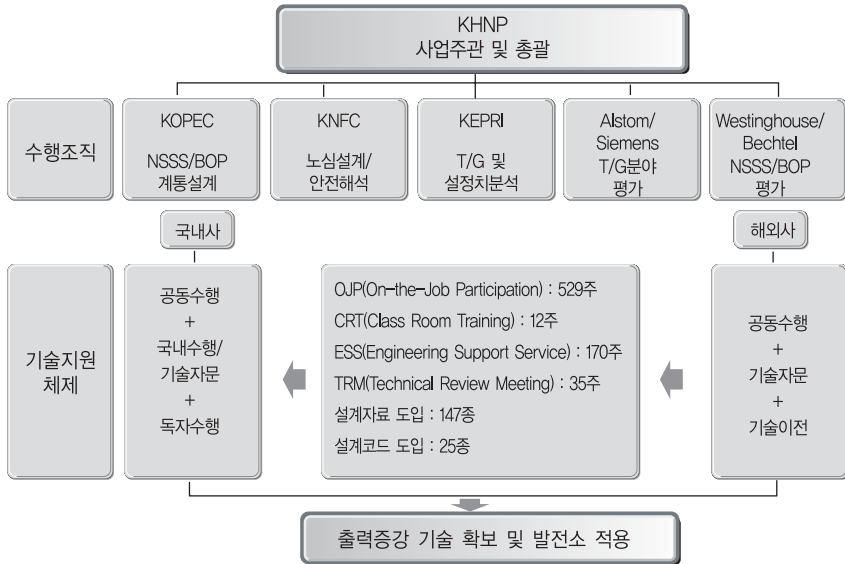
(1) 추진조직

기술개발 추진 조직은 <그림 2-16>과 같이 한수원(주)이 주관기관으로서 기술개발을 총괄하고 있으며 분야별로는 국내·외 여러 회사가

참여하였다. 국내사로는 NSSS(Nuclear Steam Supply System) / BOP(Balance of Plant) 계통 설계분야는 한국전력기술이, 노심설계 및 안전해석분야는 한전원자력연료가, 제어/보호계통 및 터빈발전기분야는 전력연구원이 담당하였으며 해외사로는 웨스팅하우스사가 NSSS분야(안전해석 및 설정치분야 자문포함)에, 벡텔사가 BOP분야에, 알스톰사와 지멘스사는 각각 고리 3·4 및 영광 1·2호기 터빈발전기분야에 참여하였다.

(2) 추진전략

출력증강에 대한 경험이 풍부한 선진 회사로부터의 입증된 기술을 바탕으로 국내 출력증강 기술능력을 확보하기 위하여 자체기술개발과 해외사의 설계자료, 설계코드 등의 기술도입을 병행하여 추진하였다. 국내사가 기반기술을 보유하고 있는 분야는 국내사 주도로 개발업무를 수행하는 한편 국내에 기반기술이 빈약한 분야는 해외사가 주도하여 기술개발을 하되 국내사가 공동기술개발(OJP, On the Job Participation) 형태로 참여하고 강의식교육(CRT, Class Room Training), 기술지원(ESS, Engineering Support Service) 및 현안검토회의(TRM, Technical Review Meeting)를 통하여 부족한 기술을 확보 하도록 하였다. 특히 기술개발 과정 중에 도출되는 현안사항은 분기별로 사업추진회의(PRM, Project Review Meeting)를 통해 모든 기관이 협력하여 문제를 해결하였다.



〈그림 2-16〉 출력증강 기술개발 추진 체계

(3) 추진단계

출력증강 기술개발은 <그림 2-17>과 같이 총 3단계로 구분하여 추진하였으며, 각 단계별 기간 및 주요 기술개발 내용은 다음과 같다.

1단계 : 예비평가

설계 및 운전자료 검토를 통하여 가용 여유도를 평가하였고, 출력증강에 제한적인 요인으로 작용하는 계통과 기기의 성능, 안전성 및 건전성을 예비 평가하였다.

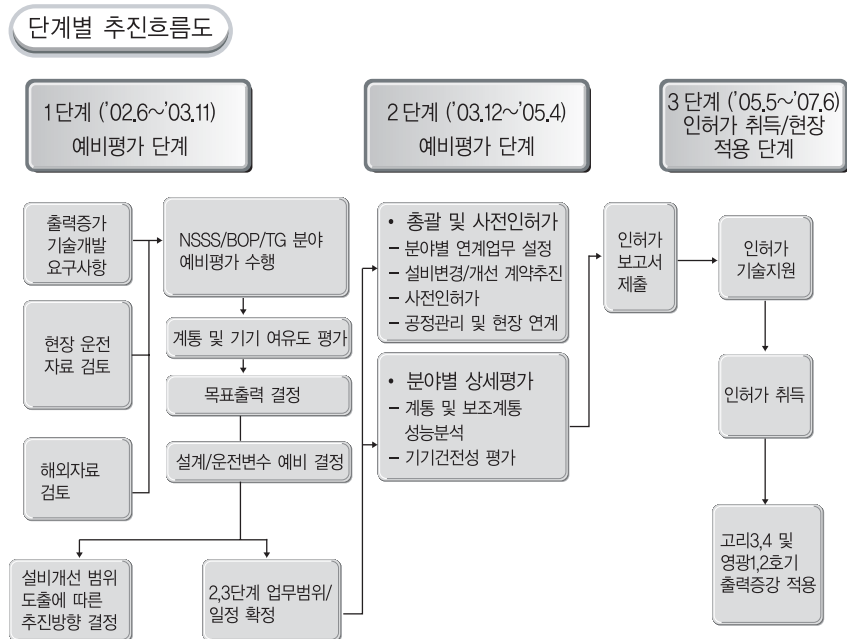
2단계 : 상세평가

출력증강 조건에서 안전해석, 설정치 분석, 노심, NSSS 계통 및 보조

계통 성능분석, NSSS 기기 건전성 평가, BOP 성능분석, T/G 성능분석 등에 대한 상세평가를 수행하여 성능, 안전성 및 건전성을 입증하고 설비개선범위를 도출하였다.

3단계 : 인허가 취득 및 현장 적용

규제기관의 인허가를 취득하였으며 출력증강에 대한 종사자 교육훈련, 각종 발전소 기술문서 개정 및 설비개선을 위한 제반 준비를 마치는 등 발전소에 적용할 준비를 완료하였다. 고리 4호기는 이런 기술개발 단계를 거쳐 필요한 설비개선을 수행하고 2009년 2월에, 고리 3호기는 2009년 12월에 출력증강 목표출력에 도달할 예정이다.



〈그림 2-17〉 출력증강 기술개발 추진 절차

4. 기술개발 세부 내용 및 결과

가. 기술개발 개요

출력증강 기술개발 과제에서는 고리 3·4호기 및 영광 1·2호기의 인허가 열출력을 현재의 2,775 MWt에서 2,900 MWt로 4.5%로 안전하게 증가시킬 수 있는 지에 대한 상세 평가와 해석을 수행하였다. 수행한 주요 기술개발 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 성능변수(PCWG, Performance Capability Working Group) 생산
 - － 발전소의 안전 및 성능 평가에 적용되는 주요 변수
- 출력증강 관련 계통 및 기기 성능, 안전성 및 건전성 상세분석 수행
- 노심설계 및 안전해석 수행
- 설비변경 및 개선 방안 수립
- 인허가보고서 작성
- 최종안전성분석보고서(FSAR) 개정안 작성

나. 성능변수(PCWG) 생산

출력증강 성능변수인 PCWG 변수는 출력증강 분석에 사용하는 가장 기본적인 변수들로 원자로냉각재계통과 이차계통의 조건, 즉 온도, 압력, 유량 등을 포함하고 있으며, 이 값들은 설계과도, 계통 및 기기, 사고 해석, 원전연료 설계 및 평가의 기본값으로 사용된다. 고리 3·4 및 영광 1·2호기에 대해서는 다음의 주요 입력변수 및 가정조건으로 PCWG 변수를 생산하여 NSSS/BOP/TG 계통 성능 및 건전성 평가, 노

심설계 및 안전해석의 기본 자료로 활용하였다.

- 출력증강 후 노심열출력은 기존 2,775 MWt에서 4.5% 증가된 2,900 MWt
- 열설계유량은 기존 95,600 gpm에서 약 1.5% 감소된 94,200 gpm
- 100% 출력에서 Tavg는 580°F부터 587°F까지의 범위에서 운전 가능
- 증기발생기 관막음률은 각 Tavg 조건에서 0%, 5% 및 7%를 적용

〈표 2-31〉 출력증강에 따른 주요 운전변수 및 안전해석 입력자료

(출처: 고리 3·4호기 출력증강 안전성분석 보고서)

번호	안전변수(운전변수)	단위	출력증강 적용		변화	비 고
			전	후		
1	노심출력	MWt	2,775	2,900	+125	4.5% 증가
2	RCS 압력	psia	2,250	2,250	0	운전압력 변화 없음
3	RCS 평균온도	°F	588.5	586.0	-2.5	온도 감소
4	고/저온관 온도차이	°F	64.0	68.0	+4.0	열출력 증가 영향
5	최소측정유량	gpm	293,700	289,400	-4,300	운전여유도 증대
6	평균 선출력밀도	kW/ft	5.45	5.69	+0.24	4.5% 열출력 증가반영
	최대 선출력밀도		14.2	14.8	+0.60	
7	100% 출력 최소 DNBR	-	2.66	2.53	-0.13	DNBR 설계기준 : 1.25 이상
8	감속재온도계수	pcm/°F	-45	-47	-2	운전여유도 증대목적

다. 핵증기공급계통(NSSS) 평가

핵증기공급계통 및 보조계통 성능평가 업무에는 원자로냉각재계통 성능평가, NSSS/BOP 연계요건 평가, 핵증기공급계통 주기기 및 보조 기기의 성능평가를 포함하였다. 원자로냉각재계통의 성능평가에서는 원자로냉각재 유량의 감소에 따른 살수유량의 적절성 여부와 가압기압력방출탱크가 출력증강 조건에서 예상되는 최대 증기방출을 수용하는지를 평가하였다. 출력증강시 고온관과 저온관의 온도차는 증가시키되 원자로냉각재의 평균 온도는 낮추기로 함에 따라, 가압기 정상 수위가 낮아지므로 가압기압력방출탱크로 유입되는 증기의 체적이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 새로운 가압기압력방출탱크 수위 설정치를 설정하였다.

NSSS/BOP 계통 연계요건 평가에서는 출력증강에 따라 영향을 받을 수 있는 주증기계통, 증기방출계통, 복수 및 급수계통, 보조급수계통, 취출수계통 등에 대한 연계요건을 검토하였다. 평가결과, 기존의 주증기 안전밸브의 설정압력은 출력증강 시에도 동일하게 유지되고, 주증기안전밸브의 용량은 증가된 증기유량을 수용할 수 있음이 안전해석을 통하여 확인되었다. 기존의 증기발생기 압력방출밸브의 최소 및 최대 용량요건은 출력증강 시에도 동일하게 유지된다. 주증기차단밸브 및 주증기차단밸브 우회밸브에 대한 요건은 출력증강으로 인한 영향이 없다. 단, 증기덤프계통의 용량은 출력증강 조건에서 증기유량이 증가하므로 고리 3·4호기 및 영광 1·2호기의 100% 부하상실 수용 기능을 50% 부하상실수용으로 성능기준을 변경 하였다.

핵증기공급계통 주기기 성능분석에서는 원자로, 가압기, 원자로냉각재펌프 및 증기발생기 성능요건에 대해 검토하였다. 평가결과, 핵증기공급계통 주기기의 성능은 출력증강 조건에서도 허용 가능한 것으로 확인되었다. 원자로냉각재펌프 전동기의 경우, 출력증강에 따른 가장 가혹한 고온 냉각재운전조건인 7,289 HP의 부하조건과 가장 가혹한 저온 냉각재운전조건인 9,431 HP의 부하조건에 대해 평가되었고, 모두 허용 기준을 만족하였다.

핵증기공급계통 보조계통 성능분석은 화학 및 체적제어계통, 잔열제거계통 및 비상노심냉각계통의 성능 분석업무를 포함하였다. 평가결과, 화학 및 체적제어계통은 열교환기 및 탱크의 설계변수와 운전변수 모두 출력증강 조건을 수용하고, 잔열제거계통은 냉각시간에 대한 허용범위를 만족시키는 것으로 나타났다. 안전주입유량은 안전주입계통이나 기기의 용량 변경없이 증가된 출력의 안전해석 허용기준을 만족시킬 수 있음을 확인하였다. 또한 붕소열재생계통 및 붕소회수계통의 성능은 출력증강으로 인한 영향은 없는 것으로 나타났다.

핵증기공급계통 기기 건전성 평가는 원자로용기 및 원자로내부구조물, 제어봉구동장치, 원자로냉각재 배관 및 기기 지지대, 원자로냉각재펌프, 증기발생기, 가압기 및 NSSS 보조기기에 대한 구조 건전성 평가를 포함하였다. 평가 결과, 기기들의 구조적 건전성에 대한 영향은 없는 것으로 나타났다.

출력증강에 따른 NSSS 제어계통 성능평가를 위하여 설계과도상태 분석을 수행하였다. 분석 결과, 원자로 정지 및 공학적안전설비 작동 설

정치까지 충분한 운전여유가 있으며 안정된 제어특성을 보였다. 또한, 출력증강에 따른 원자로보호계통 설정치 영향평가를 수행하였는데, OP ΔT /OT ΔT 기술지침서 설정치는 안전해석치가 변경됨에 따라 새로 설정되었으며, 그 외 보호계통 설정치는 현재 설정치가 유효한 것으로 평가되었다. 보호계통 허용치의 경우는 계기 운전가능성 판단을 보다 엄밀히 하기 위하여 기존 값보다 약간 줄여서 제시하였다.

라. 노심설계 및 열수력 평가

핵설계에서는 출력증강 조건에서 안전해석에 필요한 자료를 생산하고 기술지침서의 핵설계 관련 인자들의 유효성을 확인하였다. 출력증강 조건을 반영한 노심해석 모델을 구성하고 연료의 건전성 및 안전해석에 사용되는 핵설계 자료를 생산하고 평가하였다. 출력분포, 반응도계수 및 동특성 인자 등 대부분의 핵설계 인자는 주기별로 나타나는 편차 범위 내에서 변화하여 기존의 안전해석에 사용된 값이 여전히 유효한 것으로 평가되었다. 다만, 3개 항목의 안전해석 입력 값은 변경되어야 할 것으로 평가되었다.

연료봉의 열적/기계적 성능이 출력증강 조건에서 관련 설계기준을 만족하는 지에 대한 평가와 안전해석을 위한 연료봉 온도자료의 생산은 기존의 방법론 및 절차에 따라 수행하였다. 연료봉의 열적/기계적 건전성 평가 관련 설계기준 중 출력증강에 의해 영향을 받는 것은 연료봉 내 압, 피복관 부식, 피복관 응력, 피복관 변형률, 피복관 피로 그리고 원전 연료 중심선 온도기준이다. 또한 안전해석을 위한 연료봉 온도자료 역

시 출력증강에 의해 영향을 받게 된다. 따라서 안전해석을 위한 기본 입력 자료로 사용되는 연료봉 최대/최소 평균 온도 및 표면 온도, 연료봉 내압 그리고 연료봉 성능 인자들이 생산되었다. 원전연료집합체 설계의 경우, 출력증강에 따라 변하는 노심설계변수를 도출하고 이들 노심설계 변수가 원전연료집합체의 기계설계기준에 미치는 영향을 평가한 결과, 기계적 건전성이 유지되는 것으로 평가되었다.

열수력설계는 출력증강 노심의 DNB(핵비등이탈, Departure from Nucleate Boiling) 및 수력적 성능분석을 통하여 노심의 열수력적 안전성을 입증하는 것이다. 이를 위하여 WRB-2 임계열속상관식 및 최신 열설계 방법론(RTDP, Revised Thermal Design Procedure)을 적용하였다. 출력증강 노심의 열수력 설계변수들을 반영하여 열적 및 수력적 성능 분석을 수행한 결과 설계기준을 모두 만족하였다.

마. 안전해석 및 방사선 결말분석

대형 냉각재상실사고(LOCA, Loss of Coolant Accident) 해석은 최적 평가 코드인 KREM을 적용하여 수행되었다. 이 방법론은 규제기준에 적합하게 개발된 것으로 웨스팅하우스 3-루프 원전의 대형 LOCA 해석에 사용할 수 있도록 승인되었다. 해석결과, 피복관침투온도는 2,032°F로 허용기준(2200°F 미만)을 만족하였다. 소형 LOCA의 가장 제한적인 3인치 파단사고의 피복관침투온도는 1,910.4°F로 허용기준을 만족하였다. 재임계 여부를 확인하기 위한 LOCA 후 장기노심냉각 평가에서는 격납건물 집수조 혼합 붕소농도 및 안전주입 전환시간을 분

석하였고 이를 토대로 원자로용기 수위가 유지되고 붕소석출이 되지 않음을 확인하였다.

비냉각재상실사고 해석은 최종안전성분석보고서에 포함되어 있는 사고 조건에 대하여 수행되었으며 해석 결과, 각 사고해석에 고려되는 허용기준을 모두 만족하였다. LOCA 및 주증기배관 파단사고시 질량 및 에너지 방출량을 분석하였으며, 격납건물 건전성 평가에 적용하였다.

설계기준 사고에 대한 방사능 영향 평가는 USNRC가 개발한 전산코드인 RADTRAD 코드를 사용하여 출력증강에 영향을 받는 사고를 선별하고 이에 대한 분석을 수행하였다. 평가 결과, LOCA를 포함한 설계기준 사고에 대한 방사능 영향평가는 허용기준을 모두 만족하였다.

바. 발전소보조계통(BOP) 및 터빈발전기 분야 평가

고리 3·4호기 및 영광 1·2호기의 인허가 열출력을 현재의 2,775 MWt에서 2,900 MWt로 4.5% 증가시키는 것을 수용할 수 있는지에 대한 상세평가와 해석을 수행하였다. 평가 결과, 출력증강 조건에서도 발전소보조계통분야의 계통 성능, 구조물 건전성 및 안전성이 확보되는 것으로 나타났다.

다만 핵증기공급계통 보조계통 및 기기의 설비변경은 요구되지 않으나, 이차계통 일부기기는 적정한 여유도를 유지하기 위하여 설계변경이 요구되었다. 1차 기기냉각수열교환기 교체, 주급수펌프 운전조건 변경, 증기발생기 취출수제어밸브의 밸브 행정거리 증가 등이 설계변경 대상으로 나타났다.

마지막으로 터빈 발전기 분야에서는 출력증강 조건에서 열평형도를 생산하고 이에 따른 터빈-발전기의 수용능력을 평가하였다. 고리 3·4호기 터빈-발전기의 현재 교축증기 체적유량 여유는 2.22%이나, 출력증강 조건에서는 체적유량이 10.18% 증가하였다. 따라서 출력증강 증기조건을 수용하기 위한 고압터빈 1~4단 다이어프램 교체를 최적방안으로 검토하였으며, 이 경우 전기출력은 3.41% 증가한 1,033.2 MWe가 예상되며 출력증강 증기조건에서도 기계적 건전성이 확보될 수 있음을 확인 하였다.

영광 1·2호기 터빈-발전기의 현재 교축증기 체적유량 여유는 10.23%이나, 출력증강 조건에서 체적유량이 11.47%로 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.

사. 설비개선 준비

인허가 취득 및 현장 설비개선을 위하여, 출력증강 설계조건을 반영하여 고리 3·4호기 및 영광 1·2호기 최종안전성분석보고서 개정안을 작성 하였으며, 출력증강 평가결과 설비 변경 및 개선이 필요한 부분에 대해 현장 적용을 위한 설비개선 방안도 수립하였다. 이와 아울러 발전

소 안전성 영향에 대한 평가 보고서를 작성하여 출력증강 조건에서도 발전소가 안전하게 운전될 수 있음을 확인하였다.

아. 출력증강을 위한 안전성분석 및 성능평가 결과

출력증가 조건에서 해석 및 평가 결과, 핵증기공급계통 및 발전소보조계통은 허용 인허가 기준과 요건을 계속 준수하면서 운전이 가능하다는 것을 보여 주었다. 출력증강 적용에 따른 핵증기공급계통의 설비 변경은 요구되지 않았지만, 발전소보조계통에서는 허용 여유도를 유지하기 위해 일부 소규모 설비 변경이 요구되었다. 터빈 발전기 계통에서는 출력증강에 따라 증가한 증기유량을 수용하기 위해 고압터빈의 개선이 요구되었다.

5. 출력증강 운영변경허가

가. 심사질의 답변

2005년 9월 1일 고리 3·4 및 영광 1·2호기 출력증강 운영변경허가를 신청한 후에 규제기관은 5차례에 걸친 572건의 심사질의를 통하여 출력증강의 안전성을 심사하였다. 심사가 원활하게 진행되게 하기 위하여 질의별로 심사자와 답변자의 유선연락처 및 답변현황을 기록한 데이터베이스를 규제기관과 공유함으로써 질의답변대응에 대해 담당 검사원과 설계자가 수시로 협의할 수 있는 채널을 확보하였으며 출력증강 안전성분석 전체에 대한 대면심사를 규제기관 시설에서 집중적으로

실시함으로써 인허가 업무의 효율성을 증진하여 심사가 적기에 이루어지게 하였다.

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 수용하여 규제기관과의 신뢰를 증진하면서 발전소의 안전성을 실질적으로 증진하였다. 또한 출력증강과 동시에 진행된 대체교류 디젤발전기의 준공으로 출력증강 후에도 발전소의 확률론적 안전성은 더욱 증진되었다.

〈표 2-32〉 고리 3·4호기 출력증강 전후 확률론적 안전성 변화 추이

(출처: 한국원자력안전기술원 심사보고서, 단위:E-6/년)

구분	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

LERF(Large Early Release Frequency): 대량조기방출빈도

다. 운영변경허가 취득

출력증강 안전성 분석결과의 타당성, 규제기관의 안전성 심사에 대한 적극적인 대응 및 한수원(주)이 꾸준히 진행해온 안전설비의 보강으로 출력증강 운영변경허가를 고리 3·4호기는 2006년 12월 14일, 영광

1·2호기는 2007년 8월 3일 적기에 취득하게 되었다.

6. 출력증강 적용준비

가. 인허가후속조치 이행

고리 3·4호기 출력증강을 위한 운영변경허가시 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 안전성 분석과 설비개선 방향을 확정하였으며 2008년 3월 31일 후속조치 이행을 위한 안전성분석보고서를 교육과학기술부에 제출하여 2008년 9월 27일 운영변경허가를 취득하였다.

나. 공사계획변경인가 취득

고리 4호기의 출력증강을 위한 주요 설비개선인 고압터빈 고정익 다리아프램 교체를 위해 전기사업법 제61조, 제62조 및 동법 시행규칙 제29조에 따라 공사계획변경신청서를 2008년 10월 31일에 지식경제부에 신청하여 11월 27일 변경인가를 취득하였다.

다. 현장 적용 준비

출력증강은 발전소의 운영에 많은 변화를 수반한다. 따라서 기술문서 검토 및 개정, 발전소 운전원을 비롯한 운영요원에 대한 체계적인 교육이

요구되었으며 출력증강을 위한 설비개선 준비도 충실하게 수행하였다.

운영변경허가 서류로 최종안전성분석보고서와 운영기술지침서 총 711개 항목이 검토되고 개정되었으며 그 후속작업으로 발전소 운영절차서 902건을 검토하여 이중 46건의 절차서를 개정하였다. 또한 1,754개의 계측기 및 기록계를 일일이 검토하여 출력증강 조건에서 제 기능을 발휘하는지 확인하였으며 가압기 안전밸브 루프씰 설계변경 등을 위한 설계변경서 10건을 작성하였다. 또한 본사 및 설계자들의 사업소 운영요원에 대한 교육 실시 이외에도 다양한 교육 프로그램이 진행되었으며 특히 운전원들을 대상으로 정기적인 교육이 실시되었다. 운전원들의 변화대응 능력을 높이기 위하여 시뮬레이터에 출력증강 모드를 추가하여 출력증강 전에 운전원들이 실제에 버금가는 발전소운영 경험을 충분히 쌓게 하였다. 한편, 출력증강 후 성능시험을 위하여 VC Summer 등 4개 해외발전소 출력증강 후 성능시험 사례를 조사하였으며 이를 기준으로 고리 4호기 시운전 시험 절차서 109건을 검토하여 출력증강 성능시험을 44건 수행하기로 규제기관의 사전검토를 거쳐 결정하였다.

〈표 2-33〉 고리 4호기 출력증강 적용을 위한 현장업무 수행내용

번호	분 류	주요 내용
1	인·허가	○ FSAR 개정 570항목 검토 ○ 후속이행사항 관련 FSAR개정 16항목 검토 ○ FSAR 개정 추가개정 55항목 검토 ○ 운영기술지침서 개정 52항목 검토 ○ 후속이행사항 관련 기술지침서 개정 20항목 검토
2	설계변경	○ 가압기 안전밸브 Loop Seal 개선 등 10건 작성 ○ 계측범위 관련 계측기 및 레코더 1,754개 검토
3	문서개정	○ 운영절차서 902개 검토 ○ 원자로정지계통 응답시간 측정시험 절차서 등 45개 개정
4	설비개선	○ OT△T/OP△T 설치치 변경 등 10개 설계변경작업 추진 ○ 주전산기 등 21항목 전산설비 영향검토 및 개선 ○ 출력증강 내용 반영하여 시뮬레이터 설비개선
5	성능시험	○ VC Summer 등 4개 해외발전소 사례검토 ○ 시운전 시험 절차서 109건 검토 ○ 출력증강관련 성능시험 44건 수행
6	교육훈련	○ 현장설명회 개최 ○ 기술개발 OJP 발표회 개최 ○ WANO/TSM WORK-SHOP 시행 ○ 발전 운전원 교육(이론 및 시뮬레이터를 통한 실기) ○ 정비 엔지니어 교육
7	생성자료	○ 출력증강 기술개발 생성자료 관리 - 보고서(89), 회의자료(23), 논문(18), 설계문서(977) - 설계도면(286), 서신(888) 등

7. 향후 계획

이제 고리 4호기는 출력증강을 위한 설비개선을 2008년 12월 착수

할 예정이다. 모든 설비개선이 완료되면 성능시험 절차에 따라 출력상승시험을 실시할 것이며 2009년 2월경 새로운 100% 정격출력에 도달하여 연간 27만 MWh를 더 생산할 수 있게 된다.

고리 3호기는 2009년 10월에 설비개선에 착수하여 2009년 12월경에 새로운 정격출력에 도달할 것이다. 모든 준비를 완벽하고 충실하게 완료하였으므로 고리 3·4호기의 출력증강 사업의 성공 가능성은 거의 100%라고 할 수 있다. 이렇게 되면 출력증강 기술개발이 에너지자원이 부족한 우리나라 현실에서 앞서가는 선택이었음이 입증될 것이다. 영광 1·2호기는 현재 관련 인허가 및 주요 설비개선은 완료된 상태에서 여러가지 사업여건을 검토하고 있으며 그밖에 후속호기 확대 적용 타당성에 대해서도 실무검토가 이루어지고 있다. 가동원전 출력증강 기술력의 확보로 우리는 저탄소 녹색성장 시대에 환경보호와 에너지 자립을 이룰 수 있는 새로운 선택권을 하나 더 가지게 되었으며 궁극적으로 우리나라 전력산업 발전과 경제 선진화의 든든한 기반이 될 것이다.

제3절 월성 1호기 압력관계체

1. 월성 1호기 개요 및 운영현황

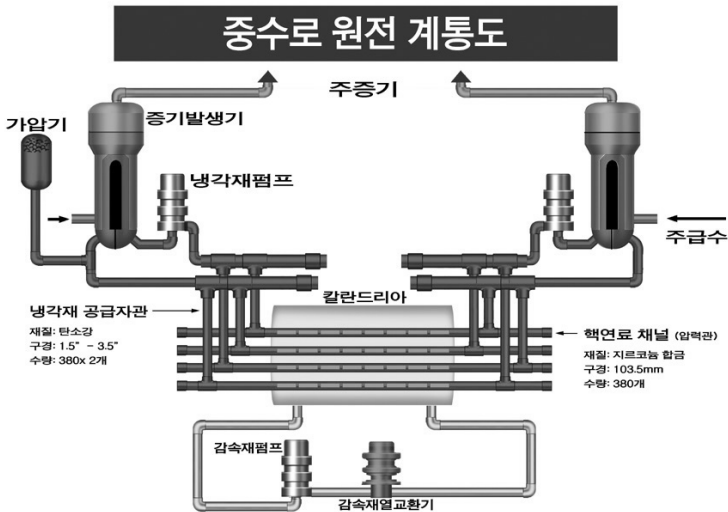
가. 개요

월성 1호기는 국내 최초로 도입된 가압중수로형(PHWR: Pressurized Heavy Water Reactor) 원자력 발전소로 냉각재와 감속재를 물보다 비중이 약간 더 큰 중수를 사용하고, 연료는 천연우라늄을 사용하며 캐나

다에서 개발하였다.

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

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



〈그림 2-18〉 월성 1호기 계통도

나. 운영현황

월성 1호기의 운영실적은 2008년말 기준으로 누계 이용률이 86.2%이고 한주기무고장운전(OCTF : One Cycle Trouble Free)을 5회 달성

하였으며, 세계 이용율 1위를 4회 달성하는 등 운영 실적이 매우 우수한 상태이다.

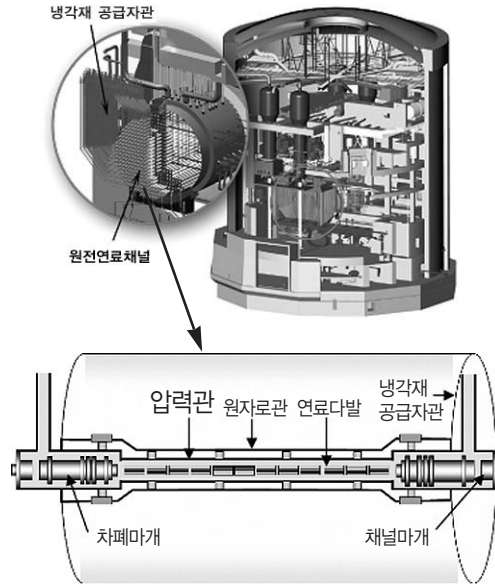
〈표 2-34〉 월성 1호기 평균 이용률 및 발전정지 현황

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

원자로설비는 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 다발
을 장전하며, 약 99기압의 냉각재가 흐름
- (3) 원자로관 : 냉각재와 감속재를 구분해 주는 관(380개)
- (4) 냉각재 공급자관 : 압력관과 증기발생기를 연결하는 관(760개)



〈그림 2-19〉 월성 1호기 원자로

2. 압력관교체 개요

가. 압력관교체

압력관은 원래 내용년한이 도달하거나 정비가 필요한 경우 부품을 교체할 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 운영중인 발전소에서 교체를 시행하고 있음

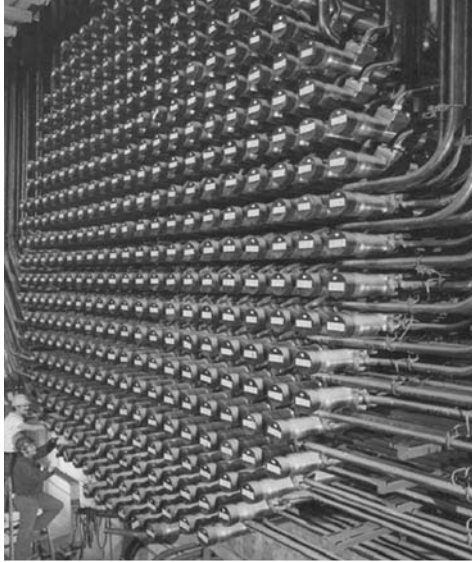
- (1) SFCR : 포인트레프르(캐나다), 엠발스(아르헨티나), 월성 1호기(한국) 등

(2) LSFCR : 피커링 1 · 2 · 3 · 4호기(캐나다)

나. 압력관계체 공정

압력관계체 공정은 교체준비, 압력관 제거, 재사용기기 검사, 압력관 설치, 발전소 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, 교체장비의 원활한 운영을 위해 주변 간섭설비 제거, 교체장비 설치를 위해 플랫폼 설치 등의 사전 준비작업.
- (2) 압력관 제거 : 압력관과 연결되어 있는 냉각재공급자관, 엔드피팅 및 관련기기들을 먼저 제거하고, 압력관, 원자로관을 제거하는 작업.
- (3) 재사용기기 검사 : 재사용 기기들에 대해 이상 유무를 검사하는 것
- (4) 압력관 설치 : 원자로관, 압력관 및 엔드피팅, 냉각재공급자관 설치 작업.
- (5) 시운전 : 압력관을 설치후 수압시험, 관련기기들을 기능시험과 계통 전체에 대한 성능시험 수행



〈그림 2-20〉 압력관 전면

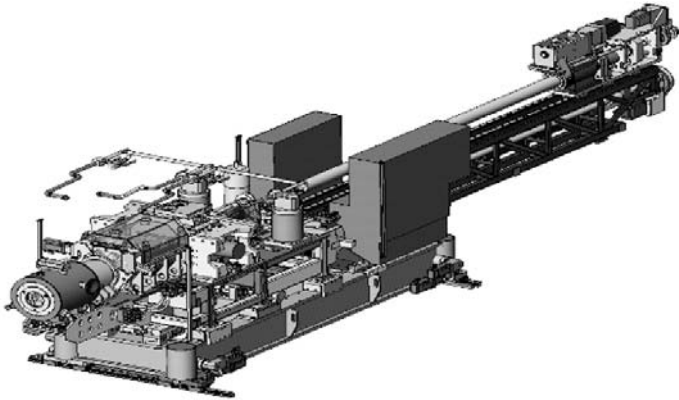
다. 압력관교체 장비

압력관교체 기술은 중수로 원설계자인 캐나다원자력공사(AECL)가 개발하였다. 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 제거시 인출 및 파쇄를 자동으로 하고 있어 작업 여건이 개선되고, 또한 작업자의 방사선 조사량이 한층 줄어들 수 있게 되었다.

또한 모든 작업공정을 압력관교체 주제어실에서 현장에서 일어나는

모든 작업에 대해 모니터를 통해 통제하고 관리하고 있어, 작업의 효율성이 증대되었다.



〈그림 2-21〉 압력관 감용장비

라. 해외원전 교체사례

중수로(CANDU)형 원전은 전 세계적으로 한국, 캐나다, 중국 등에서 모두 44기가 가동되고 있으며 월성 1호기와 동일한 CANDU6형은 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 발전소가 압력관교체 공사를 수행 중에 있다.

Bruce Power사의 부루스 1·2호기는 2008년 12월 현재 압력관을 모두 제거한 상태이며 2010년경 공사를 완료할 예정이다.

월성 1호기와 동일 노형의 발전소인 캐나다 NB Power사의 포인트레

프르는 2008년 3월 공사를 시작하여 2008년 12월 현재 공급자관 제거 완료 후 엔드피팅을 제거하고 있으며 2009년에 압력관교체 공사를 완료할 예정이다.

〈표 2-35〉 해외 원전 사례(압력관 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	'07	교체 중
부루스 1호기	'77	'08	교체 중
포인트레프르	'83	'08	교체 중
젠틀리-2	'83	'11	교체 준비 중
부루스 3·4호기	'78/'79	'12 이후	교체 예정

〈표 2-36〉 해외 원전 사례(압력관 일부교체)

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

3. 월성 1호기 압력관계체 추진 현황

가. 교체배경

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

나. 교체범위 및 개선사항

(1) 교체범위

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

(2) 개선사항

(가) 압력관 재질 취성 보강

기존 월성 1호기 압력관에 비해 잉곳(ingot)의 2중 용융처리에서 4중 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.

〈표 2-37〉 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 캐나

다원자력공사(AECL)과 계약을 체결하여 사업을 추진하고 있으며, '08년 12월 현재 주요 기자재 및 장비에 대한 설계를 완료하고 제작 중에 있다.

그리고 압력관교체를 위해 필요한 현장지원시설인 훈련장, 기기조립장, 기자재 및 장비 저장시설 등을 설치 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 발전소 휴지관리, 품질보증계획 등을 심사하여 인허가를 취득하였다.



〈그림 2-22〉 압력관 Mock-up 훈련장



〈그림 2-23〉 기기 조립장

(2) 추진 일정

월성 1호기 압력관교체 추진일정은 다음과 같다.

- 2009. 4 : 발전소 정지 및 교체 착수
- 2009. 6 : 연료제거, 중수 배수 및 건조, 간접설비 제거
- 2010. 2 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 제거
- 2010. 7 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 설치
- 2010.12 : 시운전 및 발전재개

4. 압력관교체 방사성물질 관리

가. 발생하는 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·저준위 저장시설에 저장한다.

〈표 2-38〉 압력관교체 대상 및 저장소

교체대상	저장 용기	저장 장소
엔드피팅	대형 컨테이너	압력관저장시설
압력관, 원자로관	소형 컨테이너	
원자로관 삽입체		
냉각재 공급자관	스틸박스	중저준위 폐기물 기존 저장시설

다. 압력관저장시설

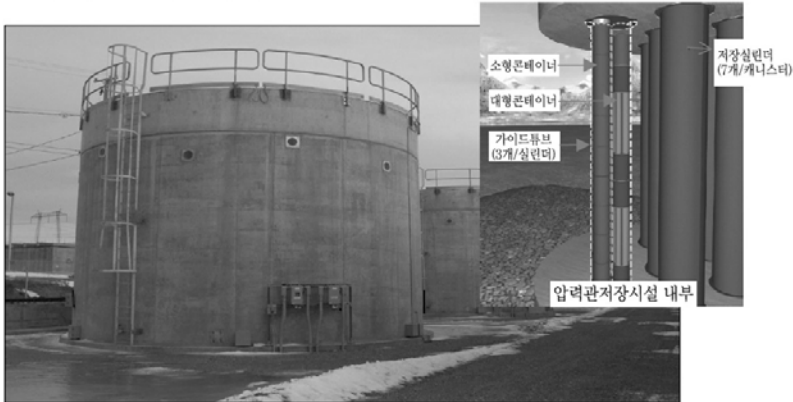
압력관저장시설은 압력관을 교체시 발생하는 폐기물 중 압력관, 원자로관, 엔드피팅을 저장하는 사일로 형태의 구조물로 4개를 설치하여 운영한다.

설치위치는 월성원자력본부내 사용후연료 건식저장시설 인근에 설치되고 제원은 아래와 같다.

〈표 2-39〉 압력관저장시설 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	4동
내진성능	0.2g

[압력관 저장시설(캐니스터 사진)]

**Point Lepreau Canisters**

〈그림 2-24〉 캐나다 포인트레프루 원전 압력관저장시설(월성 1호기와 동일)

5. 압력관교체 방사선안전관리 및 주변 환경영향

가. 방사선안전관리

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

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

나. 주변 환경영향

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

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 주변지역에 미치는 영향은 없다.

제3편 원전연료 및 방사성폐기물 관리

>>> 제1장 원전연료 현황

>>> 제2장 원전연료 설계 및 제조

>>> 제3장 방사성폐기물 관리

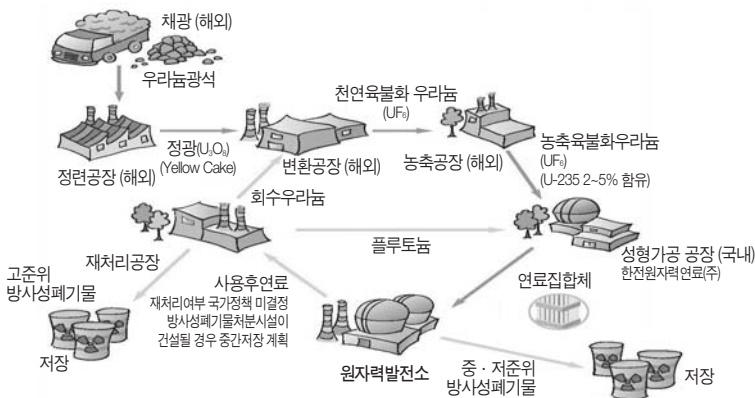
>>> 제4장 방사성폐기물 관리사업

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 국내외 기술개발 추이 등을 감안하여 결정하되 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하되 적기에 결정하기로 의결한 바 있다.

<그림 3-1>은 원전연료 주기도로서, 우라늄 원광의 채광으로부터 가공된 원전연료를 원자로에 장전하기까지의 과정을 ‘선행원전연료주기(Front-end Nuclear Fuel Cycle)’, 원자로에서 연소 후 인출된 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 세계 우라늄 연간 소요량 7만톤U을 기준으로 계산해 보면 향후 78년 정도 사용가능한 양이라 할 수 있다. 또한 확인매장량과는 별개로 전 세계 원전 사용량의 약 150년분에 해당되는 1,055만톤U의 추정 매장량이 있는 것으로 평가되고 있다. 이밖에도 310년분에 해당하는 약 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 구소련산 우라늄 및 러시아 핵무기 해체 우라늄의 시장 유입, 세계 각국 정부 및 전력사 보유 재고 우라늄의 시장 유입으로 1990년대 이후에는 우라늄 시장가가 안정되었으며, 이에 따라 우라늄광 탐사 및 개발이 거의 중단되었다. 특히 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 2008년 전 세계 원전설비용량을 37만 MWe로 추정하고 있으며, 2010년까지 큰 변화가 없을 것이나 2015년부터 증가하기 시작하여 2020년에는 45만MWe, 2030년에는 53만 MWe가 될 것이라고 전망하였다 <표 3-1 참조>.

2008년 전 세계 연간 우라늄정광 생산량은 약 4.82만톤으로 추정되고 있으며, 이는 전 세계 연간 우라늄정광 소요량 6.46만톤U의 약 75%에 해당하며, 수요량 대비 약 1.6만톤U 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 원전연료주기 시설 운영사들이 보유하고 있는 우라늄 재고, ② 냉전 종식 후 미국 및 러시아의 핵무기 해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석 사용, ③ 사

용후연료를 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 수급균형에 당분간 영향을 끼칠 것으로 전망된다. 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	2008년	2009년	2010년	2015년	2020년	2030년
원자력시설용량 (GWe)	374.4	375.7	376.9	408.9	453.4	529.0
수 요 량 (만톤U)	6.46	6.54	6.50	7.40	8.10	10.92
생 산 량 (만톤U)	4.82	5.40	6.03	6.79	6.59	6.01

[2007 WNA-The Global Nuclear Fuel Market(Reference Scenario)]

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 인하

여 각 생산자 및 전력사들이 보유하고 있던 재고를 저가로 방매함에 따라 1980년대에는 우라늄 가격이 급격히 하락하였으며, 1994년말에는 현물시장가격이 파운드당 러시아산 7달러, 비러시아산이 9달러 선에서 거래되기도 하였다.

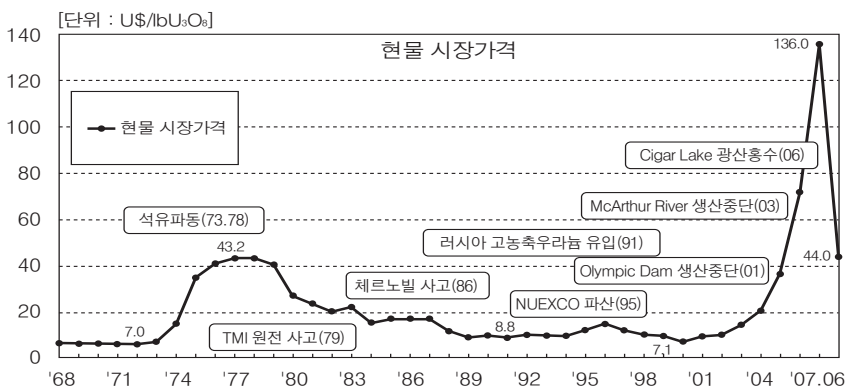
1990년대 들어서면서 독립국가연합(CIS)이 자국의 경제난 해소를 위해 세계 시장에 우라늄 판매를 증가시키자 미국 정부는 덤핑판매를 억제하기 위해 1992년 10월 미국과 러시아, 카자흐스탄, 우크라이나 등 독립국가연합 국가와 반덤핑 유예협정을 체결함으로써 우라늄 시장가격은 러시아산 대 비러시아산 시장가로 이원화되어 공표되었으며, 또한 유럽연합(EU)도 독립국가연합(CIS)산 우라늄의 수입을 소요량의 20% 이내로 제한하는 정책을 견지하였다. 그러나 2001년 10월 이후 미국 및 유럽연합(EU)의 러시아산 우라늄 정광에 대한 수입제제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

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

우라늄 정광가격은 1990년대 중반 세계 최대 정광 중개회사였던 NUEXCO사가 파산함에 따라 수급 불안정 우려로 인하여 1996년 말 파

운드당 15달러까지 상승하기도 하였으나, 호주의 3개 광산 운영정책(Three Mine Policy)의 폐지, 캐나다 신규광산개발 등으로 인한 생산량 증가 기대감, 미국 에너지부(DOE)의 비축량 처분계획 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 헷지펀드의 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 참조>.



〈그림 3-2〉 우라늄 정광 현물 시장가격 추이

현재의 우라늄 시장 환경은 공급자 우위의 시장으로 재편되었으며, 고유가와 지구온난화 문제 해결을 위한 원전건설 확대에 따른 우라늄 수요 증가, 신규 광산 개발지연 및 캐나다 Cigar Lake 광산 생산개시 일정 지연 우려 등 수급불안을 야기할 수 있는 요소들이 상존하고 있는 상황이다. 한편으로는 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.<표 3-2 참조> 2008년도 전 세계 연간 생산량은 설비용량 7.26만톤U의 56%인 약 4.04만톤U으로 추정되며, 이는 2008년 수요량 6.1만톤U에 못 미치는 수준이다. 이와 같은 부족분은 각 전력

사들이 보유하고 있는 재고량과 핵무기 해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석 공급 등의 2차공급원으로 충당하고 있다. WNA는 향후 경수로 변환역무 수요량이 2010년 6.13만톤U, 2020년 7.68만톤U, 그리고 2030년에는 10.16만톤U으로 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, 2009년 4월 현재 유럽지역 10달러/kgU, 북미지역 8.5달러/kgU의 가격수준을 유지하고 있다.

변환역무 가격은 장기적인 수급 안정화로 급격한 가격 상승은 없을 것으로 전망되나, 신규시설<표 3-3 참조>의 투자비 조달 등의 문제로 인하여 당분간 점진적인 가격 상승이 예상된다.

〈표 3-2〉 세계 경수로 변환시설 현황

국 명	변환회사	설비용량 (톤U/년)	'08년 생산량 (톤U)	비 고
캐나다	Cameco	12,500	1,500	
프랑스	AREVA(Comurhex)	14,000	11,000	
미 국	ConverDyn	15,000	11,900	18,000톤SWU/년으로 증설 계획 중
영 국	BNFL	5,000	4,500	Cameco사 운영
브라질	IPEN	100	100	
러시아	TENEX	25,000	11,000	
중 국	CNNC	1,000	400	
계		72,600	40,400	

[UxC Conversion Market Outlook(2008,11)]

〈표 3-3〉 건설 계획 중인 경수로 변환시설 현황

국 명	회 사	시설명	용량(톤U/년)	비 고
프랑스	AREVA	ComurhexII	15,000 (2012년)	추후 21,000톤U으로 증설 계획
카자흐스탄	Kazatomprom	Ulba Conversion LLP	12,000	○ 지분 - Kazatomprom 51% - Cameco 49% ○ 사업타당성 분석중
미 국	ConverDyn	미정	8,000 (2015년)	○ Urenco와 공동으로 Urenco 부지내 건설 계획 ○ 사업타당성 분석중
합 계			35,000	

[UxC Conversion Market Outlook(2008.11)]

〈표 3-4〉 세계 경수로 변환역무 수요 전망

(단위 : 만톤U/년)

구 분	2008년	2009년	2010년	2015년	2020년	2030년
수요량	6.10	6.21	6.13	7.02	7.68	10.16

[2007 WNA-The Global Nuclear Fuel Market]

〈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

[2005 WNA-The Global Nuclear Fuel Market]

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 이용(전력소요량 : 50kWh/SWU)
- 레이저법 : U^{235} 원자에만 흡수되는 레이저를 투사시킨 후 여기된 (+) U^{235} 원자를 자장에 통과시켜 (+) U^{235} 이온을 (-)이온판에 집적하는 방법으로, 연구개발 단계이다.



〈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 참조>.

〈표 3-6〉 세계의 농축설비 현황

국 명	회사명	농축방법	용 량 (톤SWU/년)	비 고
미 국	USEC	기체확산법	8,000	잠정중단 예정 (2013년)
프랑스, 이태리, 스페인, 벨기에, 이란	EURODIF	기체확산법	10,800	잠정중단 예정 (2013년)
영국, 독일, 네덜란드	URENCO	원심분리법	10,500	12,800톤SWU로 증설 예정(2015년)
러 시 아	TENEX	원심분리법	24,500	27,000톤SWU로 증설 예정(2015년)
기타(일본, 중국 등)	JNFL 등	-	1,500	-
계			55,300	

[Ux enrichment Market Outlook(2009년 1분기)]

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 5.53만톤SWU이며 농축 소요량 5.09만톤SWU를 초과하는 상태이다. 향후 세계의 농축소요량은 2010년 5.32만톤SWU, 2020년 6.35만톤SWU, 2030년 8.35만톤SWU까지 증가할 것으로 전망된다<표 3-7 참조>.

〈표 3-7〉 농축 수급 전망

(단위 : 만톤SWU)

구 분	2008년	2009년	2010년	2015년	2020년	2030년
수요량	5.09	5.37	5.32	5.69	6.35	8.35

[2007 WNA-The Global Nuclear Fuel Market]

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 3-8 참조>.

1990년대 초부터 러시아의 서방세계 진출 및 1995년 이후 러시아 핵 무기해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석공급으로 인하여 농축역무 가격은 하락하였으나, 2000년대에 들어서 미국 USEC사의 유럽지역 경쟁사에 대한 덤핑제소 및 Portsmouth 공장 가동중단에 의한 수급 불안으로 가격 상승세가 지속되고 있다. 기체확산법 농축공장의 가동을 제한과 2010년 초 미국 및 프랑스의 신규설비 건설에 소요되는 막대한 투자비 조달에 대한 우려로 가격이 상승하여 2009년 4월 현재 160달러/SWU 수준을 유지하고 있으며, 당분간 시장가격 상승세를 유지할 전망이다. 2010년 초반 이후 신규공장 가동 가시화에 따른 수급상황 개선으로 점차 가격이 안정화될 전망이다.

〈표 3-8〉 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	2011년	3,800톤SWU (2012년)
LES	National Enrichment Facility	Lea County, New Mexico, USA	2009년말	3,200톤SWU (2013년)
AREVA	George Besse II (GB-II)	Pierrelatte, France	2009년초	4,000톤SWU (2014년)
AREVA	Eagle Rock Enrichment Facility	Idaho Falls, Idaho, USA	2014년초	3,300톤SWU (2019년)
GLE	SILEX plant	Wilmington, North Carolina, USA	2013년	3,500톤SWU (2015년)
합 계				17,800톤SWU

[UxC Enrichment Market Outlook(2009년 1분기)]

4. 성형가공 역무(Fuel Fabrication Services)

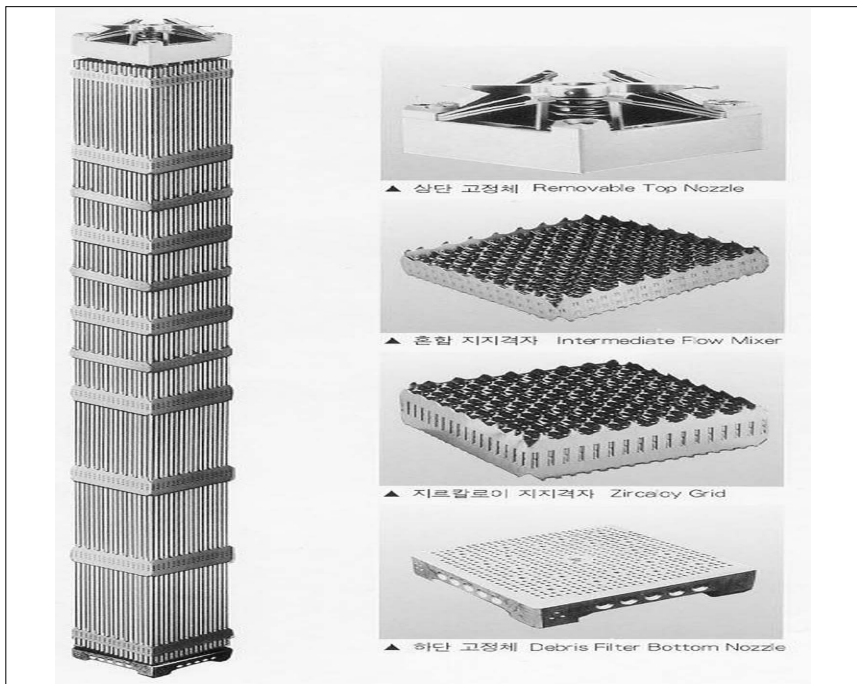
경수로연료의 경우 농축된 UF₆를 이산화우라늄(UO₂) 분말로 재변환시킨 후 펠렛(Pellet) 형태로 압축하고 고온의 가열로에서 소결하여 세라믹 연료를 만든다. 이렇게 소결된 펠렛을 중성자 흡수율이 낮고 내부식성이 양호한 지르코늄 재질의 봉에 넣어 밀봉한 후 지지격자 및 골격체를 사용하여 수 개의 연료봉을 원전에서 사용 가능한 집합체로 조립하는 일련의 과정을 성형가공이라 한다.

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

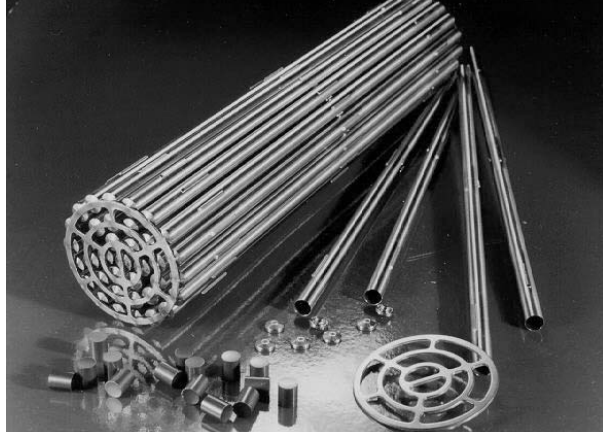
진하여 자국내 소요량을 공급하고 있다.

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.

<표 3-9 참조>



<그림 3-4> 경수로용 원전연료 집합체



〈그림 3-5〉 경수로용 원전연료 집합체

〈표 3-9〉 성형가공설비 현황

(단위 : 톤U/년)

구 분	국 명	회 사 명	생산능력 ^{주)}
경수로용	미 국	WH 등	3,100
	영 국	WH(BNFL)	860
	독 일	AREVA NP	650
	프 랑 스	AREVA NP-FBFC	1,200
	벨 기 에	AREVA NP-FBFC	750
	일 본	GNF-J 등	1,724
	스 페 인	ENUSA	300
	브 라 질	INB	200
	한 국	KNFC	400
	러 시 아	TVEL-MSZ 등	1,600
	스 웨 덴	ABB-ATOM	400
	중 국	CNNC	200
	인 도	DAE	25
소 계			11,409
중수로용	캐 나 다	CGE, ZPI	2,700
	아르헨티나	CNEA	160
	인 도	DAE	435
	한 국	KNFC	400
	중 국	CNNC	200
	루마니아		150
소 계			4,045

주) 경수로의 경우, Rod/Assembly 생산용량 기준 데이터

[2007 WNA-The Global Nuclear Fuel Market]

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 시기를 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

2009년 4월 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, 국제경쟁입찰을 통해 소요량을 확보하고 있다.

4. 농축 역무

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

5. 성형가공 역무

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

그러나, 1994년 및 1995년에는 영광 3·4호기 초기노심 연료공급을 위한 일시적 소요량 증가로 인하여 국내 경수로용 원전연료 공급용량

부족분을 미국 WH사로부터 도입한 바 있으며, 1997년에는 울진 3·4호기 초기노심용 연료공급에 따른 부족분을 미국 ABB-CE사로부터 도입하기도 하였다.

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

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

한편, 원전건설에 따른 성형가공 수요 증가에 대비하여 한전원자력연료(주)가 1997년말 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 원전연료 설계 및 제조

한전원자력연료(주) 홍보협력팀장 박성배

제1절 경수로 원전연료

1. 설계 현황

2008년도에는 초기노심 8개호기(신고리 1·2호기, 신월성 1·2호기, 신고리 3·4호기 및 신울진 1·2호기)의 사업추진 목표 공정률을 계획대로 100%달성하였다.

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

특히, 2008년 6월에 웨스팅하우스형 원전용 개량연료인 16ACE7™이 고리 2호기 23주기에 첫 상업 장전되었고, 17ACE7™ 연료는 2009년 1월 고리 4호기 19주기에 장전되었으며, 이 때 노심열출력 기준으로 4.5% 출력증강이 동시에 적용되었다.

각 호기별 추진 세부실적은 다음과 같다.

가. 초기 노심 설계

- (1) 신고리 1·2호기: 2008년말 기준으로 원전연료 및 초기 노심 설계는 76.16% 공정률을 나타내고 있으며, 2008년에는 FSAR 제출 및

질의응답을 수행하였다. 제8차 및 제9차 사업추진회의(PRM)가 개최되었고 일정대로 연계자료 및 설계자료를 생산하였다.

- (2) 신월성 1 · 2호기 : 2008년말 기준으로 원전연료 및 초기 노심 설계가 73.79% 공정률을 나타내고 있으며, 2008년에는 FSAR 작성을 수행하였다. 제4차 및 제5차 사업추진회의(PRM)가 개최되었고 일정대로 연계자료 및 설계자료를 생산하였다.
- (3) 신고리 3 · 4호기 : 2008년말 기준으로 원전연료 및 초기 노심 설계가 56.04% 공정률을 나타내고 있으며, 2008년에는 건설허가(CP)를 취득하였다. APR1400형 원전에 대한 원자로용기 직접 주입 등의 새로운 설계개념을 반영하기 위해 2009년 12월 인허가 취득을 목표로 LBLOCA 최적해석 방법론 개발을 연구과제로 수행하였으며, 2009년에도 계속 수행할 예정이다. 제3차 및 제4차 사업추진회의(PRM)가 개최되었고 일정대로 연계자료 및 설계자료를 생산하였다.
- (4) 신울진 1 · 2호기 : 2008년말 기준으로 원전연료 및 초기 노심 설계가 약 20% 공정률을 나타내고 있으며, 2008년에는 PSAR 작성 및 국산화 원자로냉각재펌프(RCP) 반영 안전해석을 수행하였다. 또한, 본계약 추진을 위한 업무를 수행하였다.

나. 교체 노심 설계

국내 가동 중인 16개 경수로형 노심에 대한 2008년도 교체노심 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	26	'08. 4	'08. 6	'08. 9	'08.12	'08.12
고리 #2	23	-	-	'08. 5	'08. 6	'08. 7
	24	'08.12	-	-	-	-
고리 #3	19	-	-	'08. 3	'08. 5	'08. 6
	20	'08. 9	'08.11	-	-	-
고리 #4	19	-	'08. 2	'08.10	-	-
영광 #1	19	'08. 3	'08. 7	-	-	-
영광 #2	18	-	-	'08. 6	'08.10	'08.10
영광 #3	12	-	'08. 2	'08. 7	'08.11	'08.11
영광 #4	11	-	-	'08. 3	'08. 6	'08. 6
	12	'08. 9	-	-	-	-
영광 #5	6	-	-	'08. 2	'08. 4	'08. 5
	7	'08. 8	'08.12	-	-	-
영광 #6	6	-	'08. 2	'08. 8	'08.11	'08.12
울진 #1	17	'08. 1	'08. 4	'08.12	-	-
울진 #2	16	-	-	'08. 8	'08.10	'08.11
울진 #3	9	-	-	'08. 4	'08. 7	'08. 7
	10	'08.11	-	-	-	-
울진 #4	9	'08. 4	'08. 6	'08.11	-	-
울진 #5	5	'08. 4	'08. 7	-	-	-
울진 #6	4	-	'08. 1	'08. 6	'08. 9	'08. 1

2. 제조 현황

1988년 10월부터 양산 체제를 구축하여 1989년 7월 고리 2호기 7주
기용 원전연료를 납품한 이후 한전원자력연료(주)는 국내에서 소요되

는 원전연료 전량을 공급하고 있다.

2008년에는 한국표준형 재장전용 원전연료 380다발, 웨스팅하우스형 재장전용 원전연료 389다발, 총 769다발 338톤U를 생산하였으며, 고리 2호기 23주기 교체노심을 포함한 15개 영역에 933다발 410톤을 한수원(주)에 납품하였다. 2008년말 까지 총 누적된 생산량은 4,845톤 U이다<표 3-11 참조>.

〈표 3-11〉 연도별 국산 경수로용 원전연료 생산 현황(1990~2008년)

(단위: 다발(톤U), 2008년말 기준)

연도 구분		1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
경 수 로	집합체 수량	244 (104)	640 (279)	700 (307)	720 (319)	742 (322)	737 (320)	737 (328)	730 (318)	750 (328)	769 (338)
	누계	536 (227)	5,212 (2,264)	5,912 (2,571)	6,632 (2,891)	7,374 (3,213)	8,111 (3,532)	8,848 (3,861)	9,578 (4,178)	10,328 (4,506)	11,097 (4,845)

[2007 WNA-The Global Nuclear Fuel Market]

3. 원전연료 기술개발

가. 개량 원전연료 개발

(1) PLUS7™ 개발

(가) 개발 개요 : 1999년 4월부터 2002년 3월까지 노외 성능시험을 거쳐 한국표준형 원전용 개량 원전연료 PLUS7™ 개발을 완료하여 시범집합체 4다발을 제조하였다.

개량 원전연료의 노내 성능을 확인하기 위하여 2002년 12월 올진 3

호기에 시범집합체를 장전하여 노내 연소시험을 수행하였으며 2007년 2월 3주기 연소시험을 완료하였다.

PLUS7™은 국내에서 최초로 개발한 개량 원전연료이며, 한국표준형 원전에 대한 상용 장전 인허가를 획득하고, 2006년 6월 올진 4호기를 시작으로 2008년까지 국내 한국표준형 원전 8개호기 모두에 상용 공급을 완료하였다.

(나) 향후 전망 : 올진 3호기에서 3회 연소된 연료봉들과 골격체에 대한 Hot Cell 시험을 2009년에 수행할 예정이며, 기존 한국표준형 OPR1000 교체노심 외에도 신규 원전인 신고리 3·4호기, 신울진 1·2호기 교체노심 및 APR1400 초기노심에도 PLUS7 연료를 장전할 예정이다.

(2) ACE7™ 개발

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

16×16형 개량 원전연료는 노내 성능을 확인하기 위하여 2005년 1월 고리 2호기에 시범집합체를 장전하여 2006년 3월 1주기, 2007년 5월 2주기, 2008년 12월 3주기 연소시험을 성공적으로 완료하고 2008년 12월부터 고리 2호기에 상용 장전되어 성공리에 운전 중에 있다. 17×17형 개량 원전연료는 노내 성능을 확인하기 위하여 2005년 7월 고리 3호기에 시범집합체를 장전하여 2006년 12월에 1주기, 2008년 7월 2주기 연소시험을 완료하고 현재 2009년 1월에 고리 4호기에 최초 상

용 장전되어 운전중에 있다.

(나) 향후 전망 : 17×17 ACE7™ 개량 원전연료는 고리 3·4호기, 영광 1·2호기 및 울진 1·2호기에, 16×16 ACE7™은 고리 2호기에 각각 상용 공급될 예정이다.

(3) 수출선도형 고성능 고유 원전연료 개발

(가) 개발 개요 : 2010년까지 소유권이 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 2월까지 2단계(총 4년 6개월)에 걸쳐 고유 원전연료를 개발하고 있다.

2010년 3월부터 2015년 12월까지의 3단계에서는 노내 연소시험용 시험집합체를 제조하여 상용로에 시험 장전하여 노내 연소성능을 검증할 예정이며, 노내 연소성능을 바탕으로 상용장전 인허가를 추진하여 2016년부터는 국내 원전에 상용 공급할 예정이다.

(나) 추진 실적 : 2008년도에는 선정된 주 후보모형의 상세설계를 완료하고 고유 부품 및 집합체에 대한 도면과 시방서를 생산하였다. 주 후보모형의 예비 성능시험 및 제조성 검증을 위한 시제품 제작이 수행되었으며, 주 후보모형의 노외 성능시험용 시험집합체 제조를 위한 원자재 및 부품 구매가 착수되었다.

또한 독자 기술소유권 확보를 위하여 2008년도에는 국내 6종의 특허를 출원하였고 해외 2종의 특허를 신규로 출원 중에 있다. 2008년 말까지 총 국내 29종 및 해외 4종의 특허가 출원되었으며 14종에 대해서는

국내특허 등록이 완료되었다.

(다) 향후 전망 : 2008년도에 상세설계가 완료된 주 후보모형에 대하여 2009년말까지 노외 성능시험용 부품 및 집합체를 제조하고 노외 성능시험을 수행하여 노외 성능을 검증하고 2010년 2월까지 설계기준의 검증 등을 통하여 최종 설계를 마무리할 예정이다.

나. 공정개선 및 구조부품 국산화

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

특히 연료봉 2차 용접 기준라인 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 외 9종의 장비 개발과 연료봉 용접공정 외 4종의 제조공정 개발을 포함하는 경수로 연료봉 공정 자동화 및 최적화 프로젝트를 2010년 3월 완료를 목표로 수행 중에 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<표 3-12 참조>.

2005년에는 한국표준형 개량연료 PLUS7™에 사용되는 부품을 전량 국산화 개발 완료함은 물론 제조공정을 자체 개발하여 울진 4호기 7주

기 원전연료 집합체에 대한 상업 생산을 시작으로 현재 한국표준형 원자력발전소에 전량 공급하고 있다.

또한 웨스팅하우스형 개량연료 ACE7™의 경우 2006년부터 구조부품 및 제조공정의 양산체제 구축에 착수하여, 16ACE7™ 연료는 2007년 10월 부품 국산화 완료 및 2008년 1월 집합체 제조를 완료하여 2008년 4월 고리 2호기 23주기용으로 공급하였고, 17ACE7™ 연료는 2008년 4월 부품 국산화 완료 및 2008년 6월 집합체 제조를 완료하여 2008년 11월 고리 4호기 19주기용으로 공급하였다.

〈표 3-12〉 경수로용 원전연료 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	생산성 향상	'04. 7 ~ '05.10
	튜브 자동이송장치 개발	생산성 향상	'05. 6 ~ '05. 8
	PLUS7™ 안내관 자동용접기 개선	생산성 향상	'05. 4 ~ '05.12
	PLUS7™ 지지격자 용접치구 분리기 제작	생산성 향상	'05. 1 ~ '05. 5
	지지격자 번호 각인방법 개선	생산성 향상	'05. 1 ~ '05. 3
	연료봉 탐상시험기 신호증폭기 개선	검사성 향상	'07. 6 ~ '07. 8
	집합체 조립장비 장입장치 개선	생산성 향상	'06. 9 ~ '08.12
	신개념 지지격자 레이저 용접기 개발	생산성 향상	'06. 1 ~ '09. 3
	경수로 연료봉 공정자동화 및 최적화	생산성 향상	'07. 6 ~ '10. 3
부품 국산화	웨스팅하우스형 개량연료(ACE7™) 구조부품 및 제조공정 국산화	원가 절감	'06. 9 ~ '08. 5

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.

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

(2) 추진실적 : 2단계('03.12~'06.11) 사업과 관련하여 한전원자력 연료를 비롯하여 한국원자력연구원, 창원특수강(주) 및 5개 위탁기관이 과제 협약서를 산자부에 제출하여 2003년 12월 산자부 과제협약 체결을 완료하였다.

2004년 2월 지르코늄합금 튜브 제조기술 과제 착수회의 및 지르코늄합금 튜브 국산화 기본계획(안)을 이사회에서 의결함으로 본격적인 사업이 추진되었다. 튜브 제조시설 부지(17,870m²)를 대덕 테크노밸리 내에 계약을 완료하여 본 부지에 들어설 튜브 제조시설에 대한 설계 용역 업체와 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 건축

조감도를 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 웨스팅하우스에서 튜브제조기술을 습득하였다. 이와 함께 단위공정별 요소 기술 개발을 위해서 제조공정 장비 설계 최적화, 구매, 제작이 착수되었고 제조공장 건물 및 유틸리티 설계 및 설치공사가 마무리되어 장비설치를 위한 모든 준비를 완료하였다.

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

2007년 1월 성형공정 펄거 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 양산을 위한 본격적인 상업가동을 시작하여 국내 경수로 원자력발전소에 공급되는 원전연료 튜브를 전량 공급할 예정이다.

(3) 향후 전망 : 원전연료 피복관 제조공장은 2009년 3월의 준공식을 기점으로 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 품질 건전성 확보, 경쟁사와의 경쟁력확보 및 고객 만족에 최선을 다하게 될 것이다.

또한, 피복관의 자체생산은 피복관의 국산화에 국한하는 것이 아니라 한전원자력연료(주)가 회사의 비전을 걸고 추진하는 해외수출사업의 기초가 된다는 점에서 매우 중요한 의미가 있다고 하겠다.

라. 원전 노심설계코드 개발

(1) 개발 개요 : 소유권이 확보된 원전 노심설계코드 개발을 1단계('06.10~'10.9)와 2단계('10.10~'13.9)로 나누어 총 7년에 걸쳐 개발하기로 하였으나, 개발된 고유코드의 사업 적용성을 앞당기기 위해 각 단계별로 6개월씩 단축하여 총 6년에 걸쳐 개발하는 것으로 변경되었다.

본 개발 업무는 현재 원전 노심설계에 필요한 핵설계, 열수력설계, 집합체기계설계, 그리고 연료봉 설계코드에 대하여 1단계 3차년도 개발이 진행 중이다.

코드 개발이 완료되면 교체노심 설계뿐만 아니라 신규 원전설계의 노심설계에 이용될 예정이며, 원전연료 및 제어봉의 성능평가 및 최적화와 인허가를 위한 설계 건전성과 안전성 해석 등에 활용될 것이다.

또한 현재 개발중인 수출선도형 고성능 고유 원전연료에 대한 성능평

가에 활용하여 고유 연료의 해외 수출시 노심설계코드를 함께 제공함으로써 국제경쟁력을 확보할 수 있다.

(2) 추진 실적 : 2006년에는 기술개발에 대한 기술성 및 경제성 평가가 이루어졌으며 과제 추진에 대한 계획서를 작성하여 2006년 10월 주관기관과 계약을 체결하였다. 1차년도인 '06~'07년에 개발코드의 요건 및 방법론을 확립하였고, 2차년도와 3차년도인 2009년에 개발코드의 요건에 따라 상세 코드개발이 차질 없이 진행 중에 있다.

(3) 향후 전망 : 4차년도에 개발 코드를 검증하고 인허가 보고서를 작성할 계획이다.

마. 원전 안전해석코드 개발

(1) 개발 개요 : 국내 전 경수로형 원전에 대한 안전해석 코드를 개발하여 인허가 획득을 목표로 하는 원전 안전해석코드 개발이 2006년 10월에 착수되었다.

본 과제는 2016년 9월까지 3단계로 추진될 계획이다. 한전원자력연료는 특수 부품 및 프로세스 모델, 열구조체 모델, 연료봉 모델, 원자로 동특성 모델의 개발을 담당하고 있다.

(2) 추진 실적 : 2007년도에는 향후의 요건서 및 설계서 작성을 위한 각 모델별 문헌 조사 및 검토가 수행되었다. 2008년에는 각 모델별로 변수 및 함수 구조를 결정하고, 전체 14개 모델을 C++ 전산언어를 사

용하여 구현하는 작업이 완료되었다. 구현된 모델들을 입출력 및 Solver와 연계하고 단위시험을 통하여 이들 모델들을 확인하고 검증하는 작업은 2009년에 수행될 계획이다.

(3) 향후 전망 : 1단계 2010년까지 코드 원형을 개발하고, 2단계 2013년까지 개발 코드를 검증한 후, 3단계 말인 2016년에 인허가를 획득할 계획이다.

바. 경수로 신연료 운반용기 개발

(1) 개발 개요 : 국내 · 외 방사성물질 운반규정(과기부 고시 2007-22 및 IAEA Safety Standards Series TS-R-1) 강화에 따라 2006년 12월 31일 이후의 모든 운반용기는 검사기준을 만족하여야 한다.

강화된 규정에 따라 한전원자력연료(주)에서는 사용중인 기존의 3종 80대의 운반용기를 2012년 9월 이후에는 사용할 수 없으며, 이를 대체하기 위하여 경수로 신연료 운반용기 개발을 2006년 9월부터 수행하였다.

(2) 추진 실적 : 2001년 국내 · 외 방사성물질 운반규정의 강화에 따라 WH사로부터 MCC-3 운반용기 설계기술 무상도입 후 RCC-3(20대)를 MCC-3로 임시 설계변경을 수행하였으며('03.12), 기존의 운반용기에 대하여 2007년에서 2012년으로 사용기간 연장을 과기부로부터 승인받았다('07.9).

또한, 정부 과제로 '경수로 신연료 운반용기 국산화 개발'을 2007년 3월부터 수행하고 있으며, 2008년 2월에는 운반용기의 기본설계를 완

료하였고, 9월에는 상세설계를 완료하여 설계 자료를 바탕으로 한 설계 승인 신청서를 정부에 제출하였다. 또한 설계승인 획득을 위한 성능시험용 시제품을 제조하여 2009년 상반기 내에 인·허가 시험을 수행할 예정이다.

(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 관리 시스템개발, 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 연료성능검사 기술인프라 구축으로 수출선도형 고성능 고유 연료 및 코드개발에 필요한 필수 성능자료를 제공할 수 있으며, 노내검사 독자 기술소유권 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 : 전 수명 연료신뢰도 관리시스템 개념설계와 노내성능 검사장비개발 및 조사연료의 구조부품 핫셀검사를 위한 장비 예비설계를 완료하고 상세설계를 진행 중이다. 또한, 3주기 연소한 PLUS7 연료봉의 파괴·비파괴 시험을 통한 마모성능검사·평가 및 PLUS7 연료의 골격체 이송을 위한 대체골격체 제조를 완료하였다.

(3) 향후 전망 : 2010년까지 전수명 연료신뢰도 DB 시스템 시제품 개발, 고유손상감시코드 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 연료 서비스팀을 구성하여 해외 기술 연수와 수리장비 개발 및 외국 회사와 공동 수리작업 등을 통하여 2000년부터 자체 인력과 장비로 연료 수리작업을 수행하게 되었다.

연료수리는 수중에서 누설연료봉(Leakage Fuel Rod)을 스테인레스 스틸 더미봉(Stainless Steel Dummy Rod)으로 교체하거나 손상된 부품을 수리하는 작업으로 2000년 2월 영광 2호기에서 국내 기술로 최초 실시하였으며 2008년 12월까지 총 17개 호기에서 24다발을 수리하였다. 2008년 5월에는 고리 3호기에서 17ACE7 시범집합체 2주기 연소 후 연소성능검사를 수행하였으며, 6월과 9월에는 고리 2호기 개량연료인 16ACE7 시범집합체 3주기 연소 후 집합체와 연료봉을 대상으로 정

밀검사를 수행하였다.

연료서비스 기술 향상과 개량연료 개발 및 발전소의 효율적 운영 지원을 위하여 지속적인 연구개발 중에 있으며, 현재 중수로 사용후연료 건전성 검사 장비 및 기술개발과 경수로용 사용후연료 노내연소 성능검사 장비 및 기술개발 등의 과제를 수행중에 있다.

원전연료 서비스분야의 연구개발 과제 내용 및 기술 확보 현황을 <표 3-13>에 요약하였다.

<표 3-13> 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

주) AOA : Axial offset anomaly, 축방향 출력편차 불균형

제2절 중수로 원전연료

한전원자력연료(주)는 1997년말 준공한 연산 400톤U 생산규모의 가공시설에서 국내 중수로형 원자력발전소에 소요되는 원전연료 전량을 생산·공급하고 있다. 2008년에는 월성 원전 4기에 중수로형 원전연료 405톤U(21,168다발)를 공급하였고, 1998년 이후 현재까지 총 4,132톤U(215,928다발)를 공급하고 있다.

〈표 3-14〉 중수로용 원전연료 주요 제조공정 개선 및 장비개발 현황(2008년)

제조 공정 개선	효 과
경남댐 집합부 검사장치 개선	품질 향상
피복관 흑연도포 자동화	생산성 향상
흑연도포 및 베이킹공정 재작업절차 수립	원가절감
헬륨누출시험기 개선	생산성 향상
장비 유지보수 관리 프로그램 개발	생산성 향상
피복관 내·외경 연마 브러쉬 개선	생산성 향상

또한 2008년에는 생산성 향상과 원가절감 및 품질향상을 위해 경남댐 집합부 검사장치 개선 등 6건의 제조공정 개선 및 장비개발 <표 3-14>을 수행하였으며, 2009년에도 월성원자력발전소에서 소요되는 원전연료 수요량의 적기 공급과 고품질의 원전연료 제조를 위해 지지체 코이닝 장비개선 및 집합체용접 장비개선 등의 지속적인 공정개선을 통한 생산성 증대에 노력할 예정이다.

제3장 방사성폐기물 관리

한국수력원자력(주) 안전기술처 방사선안전팀장 문병위

제1절 개 요

일반 산업 활동에서 산업폐기물이 발생하는 것처럼 원자력을 이용한 산업 활동에서도 폐기물이 발생된다. 원자력발전소, 병원 및 연구소의 운영 중 방사성 물질에 의해 오염된 폐기물으로써, 방사선관리구역에서 작업에 쓰였던 작업복, 종이, 기기부품, 공구 등이 이에 해당된다. 보통 방사성 물질을 제거해서 재사용 하지만 더 이상 쓸모가 없게 된 대상물이 방사성폐기물로 분류된다. 그러나 생활폐기물이나 산업폐기물 등 다른 폐기물에 비해서 그 양이 매우 적고 발생하는 곳도 한정되어 있어서 격리 및 체계적 관리가 용이하다.

원자력발전은 화석연료를 사용하는 발전방법에 비해 거의 환경오염을 초래하지 않아 환경보호를 위해 그 필요성을 인식하고 있으며 화석연료 가격이 불안정해지면서 세계적으로 원자력발전이 다시 부흥기를 맞아 원자력발전소를 다시 건설하고자하는 분위기가 고조되고 있다.

우리나라에서는 어렵게 중·저준위 방사성폐기물 처분부지가 선정되어 처분장 건설이 진행되고 있으나 사용후연료의 중간저장을 위한 준비에는 아직도 많은 어려움이 있을 것으로 예상되고 있다. 원자력이 1950년대 군사적 목적으로 사용되면서 세상에 알려지고 반핵운동이 지속적으로 유지되면서 원자력에 대한 부정적인 이미지가 깊어 원자력발

전에 의한 여러 가지 혜택이 가려지고 대중적 호응도가 아직 개선되지 못하면서 방사성폐기물에 대한 일반인의 과잉 반응은 과학적인 근거와는 전혀 관계없이 일부 환경단체와 함께 정치·사회적 목적에 따라 많이 호도되는 경향이 있다.

방사성폐기물은 발생원 및 발생량이 극히 적고, 더구나 다른 일반폐기물과 달리 시간이 지남에 따라 방사능이 감소하는 특징이 있어 공학적인 조치를 통해 인간 및 환경에 전혀 위해가 없도록 관리할 수 있음에도 불구하고 일부에서 방사성폐기물이 경계의 대상으로만 인식되고 있는 것은 매우 안타까운 일이다. 방사성폐기물도 원전과 마찬가지로 안전을 위주로 완벽하게 관리됨을 인식시키기 위한 노력을 계속하여야 한다.

1970년대 말부터 본격화된 우리나라의 원자력산업은 지난 30여 년 간 괄목할 만한 성장을 이룩하여 현재 20기의 원자력발전소가 가동되고 있고, 6기의 신규원전이 건설 중에 있어 명실공히 원자력발전 국가로 발돋움하였다. 국내 전력수요의 35% 이상을 원자력발전으로 충당하고 방사선 및 방사성동위원소의 이용 면에서도 국가산업 발전에 비례하여 산업적 이용이 큰 폭으로 늘어나고 그 이용분야가 더욱 다양화, 고도화 되는 추세에 있다. 더구나 국내 원자력발전소 건설 및 운영기술의 해외 수출 가능성이 커지면서 청정에너지로써 국가 산업발전에 기여하는 바가 클 것으로 기대되고 있다.

이처럼 국내 원자력 산업이 확대되면서 방사성폐기물의 안전한 관리 및 처분은 지속적인 원자력이용을 위해 매우 중요한 사안이다. 국내 원자력 산업에서 발생한 방사성폐기물은 원자력발전소에서 발생하는 사

용후연료를 제외하고는 모두 중·저준위 방사성폐기물이다. 발생원별로는 원자력발전소 방사성폐기물이 대부분을 차지하고 있으며, 연구용 원자로 및 기타 방사성동위원소 이용기관에서 나머지 방사성폐기물을 발생시키고 있다. 한수원(주)은 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물을 원전 부지 내 방사성폐기물 임시저장고에 전량 보관하고 있으며, 방사성동위원소 폐기물은 한국방사성동위원소협회에서 수거 및 운반하여 한수원(주)의 대전소재 원자력발전기술원의 전용 저장시설에 보관하고 있다. 중·저준위 방사성폐기물 처분장이 본격적으로 운영되면 원자력발전 및 방사성동위원소 이용으로 발생된 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 사용후연료는 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 조밀저장대를 교체하였다.

최근 해외에서는 물 속에 사용후연료를 저장하는 기술 외에도 콘크리트 또는 납 차폐체 등으로 방사선을 막고 자연순환 공랭시키는 기술을 적용하여 여러 원전 및 중간저장시설에서 건식저장시설을 운영하고 있다. 우리나라에서도 월성원자력발전소에 이러한 공기냉각식 콘크리트 구조물 형태의 저장시설을 1992년, 1998년, 2002년 및 2006년 4회에 걸쳐 건설하였으며, 저장용량을 확장하기 위해 기존 부지 윗편에 추가로 조밀건식저장시설을 2009년 10월까지 건설 완료할 계획이다. 현재 단계적으로 조밀저장대 및 건식저장시설 추가 설치와 함께 호기 간 사용후연료 운반 등을 통하여 2016년까지 사용후연료를 원전부지 내에 저장할 수 있도록 계획을 수립하고 있다. 2008년 말 현재 사용후연료의 저장관리현황은 <표 3-15>과 같다.

<표3-15> 사용후연료 시설용량 및 저장실적 (2008년말)

(단위 : 다발)

구 분	시설용량	저장실적
고 리	6,004	4,184
월 성	325,632	289,640
영 광	7,418	3,888
울 진	6,582	3,055
계	345,636	300,767

2. 중간저장

사용후연료는 방사성폐기물이기는 하지만 쓰고 남은 우라늄과 플루토늄과 같은 유용한 물질이 포함되어 있다. 그래서 영국, 프랑스, 벨기

에, 스위스, 일본 등에서는 사용후연료로부터 우라늄과 플루토늄 같은 핵분열성 물질을 추출해서 다시 연료로 제작하여 원자로에 사용하고 있다. 이러한 유용한 물질을 추출하는 과정을 재처리라고 한다. 우리나라는 사용후연료 저장능력을 확장하여 2016년까지 원전부지 내에서 관리하고 향후 사용후연료에 대한 종합적인 관리방침을 국가정책방향, 국내외 기술개발 추이 등을 감안하여 추후 검토 결정하기로 제253차 원자력위원회('04.12.17)에서 결정하였다.



〈그림 3-6〉 월성원전 사용후연료 건식저장시설

3. 영구처분

사용후연료는 열이 식을 때까지 충분히 원전 부지내 또는 중간저장시설에 보관하다가 지하 깊이 최종 처분하는 개념이 세계적으로 널리 인정되고 있다. 이에 따라 일부 국가에서는 이미 암반특성을 연구하는 지하 실험시설을 운영 중에 있다. 그러나 다른 한편에서는 회수 가능한 처분방안 연구가 계속되고 있는데 이는 다음 세대에 더 효과적인 처분방

법이 개발될 것이므로 사용후연료를 회수할 기회를 주지 않고 최종 처분하는 것은 비경제적일 수도 있다고 보는 견해에서 비롯된다. 미국과 같은 나라에서는 사용후연료를 직접 영구처분할 목적으로 영구처분시설을 2017년대 가동 목표로 추진 중에 있는데, 지하 수백 미터 아래에 수평터널을 파서 사용후연료를 넣고 밀봉하여 생태계로부터 격리하는 개념이다. 최근 오바마 정부가 들어서면서 영구처분 시설의 건설은 유보하고 있는 실정이다. 프랑스, 독일, 일본, 영국 등과 같은 나라에서는 재처리하고 남은 고준위 고화체를 2030~2040년대에 영구처분할 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 적절한 경제적 규모에 도달하지 않았다고 판단하여 원전 부지 내, 재처리 시설 내 또는 중간저장시설에 저장하고 있으며 아직 영구처분장을 운영하고 있지는 않으며 자체적 또는 공동으로 해결책을 찾는데 부심하고 있다. 방사성폐기물 처분문제를 궁극적으로 해결하는데 전 세계 차원의 협력이 필수적이다. 하지만 어느 정부도 타국의 방사성폐기물을 들여오므로써 자국민의 비난을 받는 것은 원치 않는다. 과거 좋은 조건으로 방사성폐기물을 인수할 용의가 있다고 발표했던 국가조차도 폐기물을 인수하지는 않았다. 그럼에도 불구하고 사람이 거주하지 않는 사막에 처분시설을 건설하는 것이 원전 보유국의 인구밀집지역에 건설하는 것보

다는 합리적이다. 또한 몇 곳에 국제처분장을 건설하는 것이 각국에 처분장을 설치하는 것보다는 값싼 방법이 될 수도 있다. 자국 내에서 폐기물의 해결책을 찾을 수 없는 국가들에 대해서 국제협력이 해답이 될 수 있지만 수용 준비가 무르익지 않아 대중의 반발이 우려되는 것도 현실이다.

제3절 중 · 저준위 방사성폐기물 관리

1. 기체 방사성폐기물 관리

가. 발생원

원자력 에너지는 우라늄이 중성자를 흡수하여 핵분열하는 과정에서 발생된다. 핵분열 과정에서 생성되는 핵분열생성물은 대부분 연료봉안에 격리되어 있지만 극히 일부가 원자로냉각재계통으로 이동하여 원자로, 원자로건물 및 보조건물 내 각종 설비에 존재하게 된다. 방사성 기체는 원자로냉각재계통의 냉각수 수질을 정화하는 과정과 방사능에 오염된 액체 방사성폐기물을 수집·처리하는 과정에서 발생한다.

나. 처리방법

기체 방사성폐기물은 기체 방사성폐기물 저장탱크에 압축 저장하여 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 고

효율 여과기(HEFA Filter)를 이용하여 기체 방사성폐기물을 제거하는 방법(고리 2발전소, 영광, 월성 발전소, 울진 2·3발전소)을 이용하여 처리한 후 방사능 연속감시기로 감시하면서 배출한다.

다. 배출관리

교육과학기술부 고시 제2008-31호(방사선 방호 등에 관한 기준)에 의하면 기체 방사성폐기물에 대한 배출 방사능량은 발전소 부지경계에서 배출관리기준 상의 제한값을 초과하지 않도록 규정하고 있다. 또한, 원자력법 시행령에서는 기체배출로 인한 발전소 인근 주민의 방사선 영향이 연간 선량한도를 넘지 않도록 제한하고 있다. 이에 따라 원자력발전소에서는 이러한 관련 규정을 준수하기 위하여 정기적으로 시료를 채취·분석하고 기체 방사성폐기물을 외부로 배출하기 전에 방사성물질의 종류 및 농도를 측정하여 발전소 인근 주민이 거주하는 지역에서 배출관리기준을 초과하지 아니함을 확인하고 있다. 외부 배출 중에도 방사선감시기로 연속적으로 감시하며 만약 방사능이 기준치에 도달하게 되면 방사선감시기가 이를 감지하여 배출을 차단시키는 신호를 발생시키게 된다.

기체 방사성폐기물의 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.

2008년도의 발전소 인근주민에 대한 방사선영향을 평가한 결과는

<표 3-16>과 같으며 기체 방사성폐기물로 인해 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 지난해에 받은 것으로 예상되는 전신선량은 최고 0.00956 밀리시버트였고, 액체 방사성폐기물로 인한 전신선량은 최고 0.000052 밀리시버트였다. 부지별 평가에서는 가장 높은 주민선량을 보인 영광의 경우 다수호기 운영에 적용하는 설계기준치의 약 4%로 매우 적은 값이다.

<표 3-16> 2008년 기체 및 액체 방사성 폐기물 배출에 의한 주민예상선량 평가

구 분	설계기준치 (mSv/yr)	주민예상선량(mSv/yr)			기준치대비 (%)
		액 체	기 체	계	
고 리	0.25	5.23E-06	4.60E-03	4.60E-03	1.84
영 광	0.25	7.23E-06	9.56E-03	9.57E-03	3.83
월 성	0.25	5.20E-05	8.26E-03	8.31E-03	3.32
울 진	0.25	3.07E-05	1.87E-03	1.90E-03	0.76

2. 액체 방사성폐기물 관리

가. 발생원

액체 방사성폐기물 발생의 근원은 핵분열생성물과 방사화생성물이 들어있는 원자로 냉각재이며, 원자로 냉각재를 정화하는 과정에서 발생하는 것과 펌프, 밸브 등의 기기로부터 누설된 물을 수집한 것, 방사선 작업복 등을 세탁한 물 등으로 구성된다. 액체 방사성폐기물은 포함된 방사능의 양, 화학적 순도에 따라 발생원에서부터 분리하여 수집하도록 되어 있다.

나. 처리방법

원자로냉각재의 처리과정에서 발생하는 액체 방사성폐기물에는 입자나 이온형태의 방사성물질뿐만 아니라 붕산도 포함되어 있으므로 여과기 및 붕산증발기로 구성된 붕산회수설비를 사용하여 붕산은 재사용하고 이 과정에서 붕산과 함께 있던 방사성물질은 제거된다. 방사능이 제거된 물은 발전소에서 재사용하거나 방사능 연속감시기로 감시하면서 배출하고 있다.

각종 기기로부터 건물바닥으로 누설된 액체 방사성폐기물은 먼지 등 불순물을 포함하고 있기 때문에 저장탱크에 수집하였다가 액체 방사성폐기물 처리설비인 여과기, 이온교환수지탑 및 폐액증발기 등을 사용하여 처리한다.

다. 배출관리

기체 방사성폐기물에 대한 배출관리와 마찬가지로 액체 방사성폐기물에 대해서도 교육과학기술부 고시 제2008-31호의 배출관리기준 상의 제한값을 초과하지 않도록 관리하고 있으며 발전소 인근 주민의 방사선 영향도 원자력법 고시에서 정한 연간 선량한도를 넘지 않도록 제한하고 있다. 원자력발전소에서는 이러한 관련 규정을 준수하기 위하여 정기적으로 시료를 채취·분석하고 액체 방사성폐기물을 외부로 배출하기 전에 방사성물질의 종류 및 농도를 측정하여 발전소 인근 주민이 거주하는 지역에서 배출관리기준을 초과하지 아니함을 확인하고 있다. 액체 방사성폐기물도 배출 방사능이 기준치에 도달하게 되면 방사선 연

속감시기가 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 방사성폐기물은 증발·농축·여과 등을 거쳐 방사능 농도를 최대한 낮추어 배출하고 있으며 2008년도에 가동 중인 원전으로부터 배출된 액체 방사성폐기물의 전베타-감마선(β - γ)은 총 0.0017테라베크렐(TBq)이었으며, 액체 유출물로 인한 연간 주민 예상 방사선량은 가장 높았던 월성의 경우에도 5.2×10^{-5} mSv로서 액체 유출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량한도 0.03mSv의 0.17%에 불과한 수준으로서 안전하게 관리되고 있다. 발전소별 배출실적은 <표 3-17>과 같다.

〈표 3-17〉 2008년도 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	1.45E+00	5.22E-01	4.36E+01	4.31E+00	8.74E-04	9.98E-02	2.87E+01	3.05E-02	3.73E-02	2.50E-02
액체	TBq	1.26E-05	9.06E-06	5.21E-04	2.41E-04	LLD미만	LLD미만	5.10E-04	2.28E-06	LLD미만	3.56E-04

주) 삼중수소 제외, LLD : Lower Limit of Detection, 검출 하한치

방사선에 관하여 세계 최고기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)가 일반시민에 대해 권고한 개인선량이 1년에 1밀리시버트(100밀리렘)이고, 원자력발전소가 없어도 우리 인간이 자연적으로 받는 개인선량이 2.4밀리시버트(240밀리렘) 혹은 그 이상인 점을 생각해 본다면 원자력 발전소 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 액체 방사성폐기물 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 방사성폐기물의 경우에는 폐기물 중의 방사능이 각각의 고유 반감기에 따라 시간이 지나면 세기가 감소된다. 따라서 방사성폐기물을 생활환경으로부터 격리하고 적절한 시간동안 보관해 두면 방사능을 내지 않는 일반폐기물로 전환이 가능하다.

다. 처리방법

고체 방사성폐기물은 종류에 따라 알맞은 처리방법을 사용하여 그 부피를 감용하고 형태를 안정화함으로써 원전부지 내 임시저장시설의 이용효율 극대화, 영구처분 비용 절감, 최종 방사성폐기물의 특성 안정화 및 작업종사자 피폭 방사선량 저감을 도모하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 압축이 가능한 잡고체폐기물은 수집하여 30톤 압축기로 드럼 내

에서 압축하여 뚜껑을 닫아 밀봉처리 한다. 폐수지는 완전 건조 후 300년간 구조적 안전성을 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 처분안전성을 제고하고 방사성폐기물 드럼 발생량을 줄이고자 노력하고 있다. 유리화설비는 2008년 6월 연구개발을 통해 올진 5·6호기에 설치를 완료하고 2009년 하반기부터 정상가동될 예정이다.

라. 저장관리

고체 방사성폐기물은 포장용기에 포장 후 전용트럭으로 원전 부지 내 방사성폐기물 임시저장고로 운송하여 방사성폐기물 종류별로 저장하고 있으며 최종적으로는 영구처분장으로 운반되어 처분하게 된다.

마. 발생량 추이

2008년도에 가동 중인 원전에서 발생한 고체 방사성폐기물은 모두 5,298드럼(200리터 드럼 기준)으로써, 전년도(6,018드럼) 대비 720드럼이 감소되었으며 발생실적은 <표 3-18>과 같다.

〈표 3-18〉 2008년 중·저준위 고체폐기물 발생실적

(단위:드럼)

구 분	고 리	영 광	울 진	월 성	계
농축폐액	35	101	65	0	201
폐 수 지	30	40	0	126	196
폐 필터	0	0	0	10	10
잡 고 체	1,289	1,039	1,632	549	4,509
슬 러 지	20	138	126	98	382
계	1,374	1,318	1,823	783	5,298
누 계	39,351	19,564	15,329	7,535	81,779

바. 중·저준위 방사성폐기물 처분대비

방사성폐기물을 처분시설로 차질 없이 인도하기 위해서는 처분관련 규정을 고려하여 인도할 준비를 철저히 해야 할 것이다.

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 2008-65호)로 개정되면서 처분을 위한 기술기준이 구체적으로 제시되었으며 주요 내용은 <표3-19>와 같다.

〈표 3-19〉 중·저준위 방사성폐기물 인도규정(고시 2008-65호) 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 알파에 대해 처분 농도제한치 설정 ○ 규명대상 핵종(14개) : 폐기물에 포함되어 있는 전체 방사성 핵종의 95% 이상을 규명하여야 하며, 다음 방사성핵종에 대하여는 그 농도가 규명되어야 함(처분 농도제한치 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 특성 평가방법 ○ 총 방사능량, 주요 핵종농도, 표면 방사선량률 ○ 주요 안정성 특성 및 특성 평가방법 등
기 타	○ 처분기준에 적합함을 보장하기위한 계획 수립, 운영

방사성폐기물의 처분을 위해서는 중·저준위 방사성폐기물 인도규정에서 정하는 바에 따라 폐기물에 포함되어 있는 전체 방사성핵종의 95%이상을 규명하여야 하며, 규명방법으로 방사선계측 등에 의한 직접 측정 방법, 척도인자 등 간접평가 방법, 물질수지 등을 이용한 이론적 평

가방법을 이용하도록 규정하고 있다. 드럼 내 감마 방사능 분석을 위해 드럼 밖으로 방출되는 감마 방사성핵종의 방사능 세기를 분석한 후, 이를 활용하여 드럼 내에 존재하는 모든 방사성핵종의 방사능농도를 평가하기 위해 각 원전본부별로 드럼핵종분석장치(Radioactive Waste Assay System)를 1대씩 방사성폐기물 임시저장고에 설치하였다.

○ 임시 저장시설내 장비설치 모습



〈그림 3-7〉 드럼핵종분석장치 검출기
및 컨베이어



〈그림 3-8〉 이송용 컨베이어

폐기물내 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 직접 측정이 곤란한 핵종의 방사능을 계산하기 위한 인자로서, 주요 감마선 방출핵종과 알고자 하는 핵종과의 농도비를 말한다. 이러한 척도인자는 발전소별 시료채취·분석을 통해 국내 원전별 특성이 반영되도록 하였으며, 주기적으로 유효성을 검증할 계획이다.

제4장 방사성폐기물 관리사업

한국수력원자력(주) 방폐물사업처 사업추진팀장 구권희

제1절 개요

1. 기본방침

2004년 12월 17일 제253차 원자력위원회는 기존의 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설과 사용후연료 중간저장시설을 수용하는 방사성폐기물 종합관리시설을 건설하기로 한 방사성폐기물 관리대책(249차 원자력위원회, '98.9.30)을 변경하여 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설과 사용후연료를 분리하여 추진키로 심의·의결하였다.

이에 따라 먼저 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설을 건설하여 발전소 임시저장고가 포화되는 2008년말까지 우선 완공하고, 사용후연료 관리방침에 대해서는 국가정책방향 및 국내·외 기술개발 추이 등을 감안하여 중·장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하기로 하였다.

2. 중·저준위방사성폐기물 처분시설 건설

가. 사업개요

- ◇ 위 치 : 경북 경주시 양북면 봉길리 일원
- ◇ 총 면 적 : 2,140,139㎡(추가편입부지 포함)
- ◇ 시설규모 : 총 80만 드럼 규모(1단계 10만 드럼)
- ◇ 처분방식 : 동굴처분(1단계)
- ◇ 사업기간(1단계) : 2006.1 ~ 2010.6(전원개발사업예정구역지정고시~준공)

나. 주요추진일정

- | | |
|---------------------|-----------------|
| ◆ 전원개발사업 예정구역 지정고시 | : '06. 1. 2 |
| ◆ 환경영향평가/부지특성조사 | : '06. 2~'07. 1 |
| ◆ 전원개발사업 실시계획 승인 신청 | : '07. 1. 11 |
| ◆ 건설 · 운영허가 신청 | : '07. 1. 15 |
| ◆ 전원개발사업 실시계획 승인 취득 | : '07. 7. 12 |
| ◆ 부지정지공사 착수 | : '07. 7. 18 |
| ◆ 건설 · 운영허가 취득 | : '08. 7. 31 |
| ◆ 처분시설공사 착공 | : '08. 8. 1 |
| ◇ 인수저장시설 시범운영 | : ('09. 7. 1) |
| ◇ 처분시설 준공(1단계) | : ('10. 6. 30) |

다. 사업추진계획

2005년 11월 3일 중 · 저준위방사성폐기물처분시설의 최종 후보 부지가 주민투표를 통해 경상북도 경주시 양북면 봉길리로 선정된 이후

산업자원부(현 지식경제부)는 10개 정부관계부처와 협의를 통해 2006년 1월 2일 이 지역 일대의 부지를 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설을 위한 전원개발사업 예정구역으로 지정 고시하였다.

이에 따라 처분시설 건설을 위한 부지매수 및 부지특성조사, 환경영향평가 등 각종 조사 활동과 설계업무가 본격적으로 착수되었으며, 2007년 7월 12일 전원개발계획 실시계획 승인이후 공공시설 설치 및 부지정지공사 등 기반공사를 2007년 7월 18일에 착수하였고, 2008년 7월 31일에 건설·운영허가를 취득하여 본격적인 처분시설공사를 착공함으로써 2010년 6월에 1단계로 10만 드럼 규모의 처분장을 완공할 예정이다.

경주시 양북면 봉길리 일대 총 2,140,139㎡ 부지에 건설되는 중·저준위방사성폐기물처분시설은 총 80만 드럼을 단계적으로 증설할 수 있는 규모로써 1단계 건설사업은 동굴처분 방식으로 10만 드럼을 저장할 수 있도록 높이 50m, 직경 24m의 수직원통형 구조인 사일로 6개가 건설될 예정이며, 나머지 70만 드럼 처분시설은 1단계 건설 후 방폐물 발생량, 처분방식, 처분기술 등을 종합적으로 고려해 단계적으로 건설될 예정이다.

중·저준위방사성폐기물처분시설은 크게 처분사일로, 운영동굴, 건설동굴, 수직구조로 구성된 지하시설과 인수저장건물, 방사성폐기물건물, 지원건물 등으로 구성된 지상시설로 건설될 예정이며, 이들 시설은 지형 조건과 구조물 특성에 따라 적절하게 배치되고 친환경적이면서 쾌적한 공간으로 조성될 계획이다. 지역주민들의 편의시설과 조경시설로 경

관을 정비하고, 특히 최첨단 홍보관을 갖추어 중·저준위방사성폐기물 처분시설을 견학하는 사람들에게 방사성폐기물에 대한 올바른 이해를 돕도록 할 계획이다. 또한 부지 인근에 있는 문무대왕릉, 이견대, 감은사지 등과 연계해 중·저준위방사성폐기물처분시설이 관광명소로 각광받을 수 있도록 조성할 계획이다.



〈그림 3-9〉 월성원자력환경관리센터 조감도

제2절 부지선정 과정

1. 과거 추진경위

1978년 고리원자력발전소 1호기의 가동 이래 원자력발전소와 방사성동위원소 이용기관의 증가로 방사성폐기물 발생량이 급속히 증가되

어 방사성폐기물의 안전관리가 큰 문제로 대두됨에 따라 1983년 「방사성폐기물 관리사업 대책위원회」를 구성하고 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 의결하였다.

1985년 6월 29일, 제213차 원자력위원회는 「방사성폐기물 운영관리기구 설치방안」을 의결하여 한국핵연료주식회사가 방사성폐기물 관리사업을 전담하고 장기대책 수립을 위한 기술 검토, 관리기준 작성, 비용조달방안 강구 및 사업 수행을 위한 기술개발을 수행토록 하였다.

1986년 5월 12일 정부는 방사성폐기물 관리사업을 위한 재원 확보를 위하여 방사성폐기물 관리기금을 설치하고 정부가 기금을 운용할 수 있도록 원자력법을 개정하였으며 전담수행기관을 한국핵연료주식회사에서 한국원자력연구소로 변경, 지정하였다.

1988년 7월 27일 부총리실에서 위원장인 당시 경제기획원장관과 위원인 과학기술처장관, 동력자원부장관, 한전사장, 한국전산원장, 경제수석비서관, 간사인 과기처 원자력국장 등이 참석한 가운데 제220차 원자력위원회가 개최되어 「방사성폐기물관리 기본방침(안)」을 확정하였는데 그 주요 내용을 보면 다음과 같다.

중·저준위방사성폐기물 관리를 위하여 지중매몰식의 영구처분시설을 1995년 12월 말까지 건설하고, 사용후연료는 재처리 또는 영구처분에 대한 국가정책 결정시까지 중간저장 관리하며, 이를 위한 중간저장

시설을 1997년 12월 말까지 원전부지 이외의 장소(Away from Reactor)에 집중식으로 건설하며, 영구처분시설 및 중간저장시설 가동 시까지 원전 중·저준위 방사성폐기물과 사용후연료는 한전이 원전부지 내에서 관리토록 하되, 관리비용은 방사성폐기물관리기금이 아닌 한전 자체 자금에서 조달토록 하였다. 아울러 방사성동위원소 폐기물의 종합관리를 위하여 별도방안을 강구하였으며, 정부는 방사성폐기물 관리사업을 수행하는 한국에너지연구소를 지원기로 하였다.

1988년 12월 29일 제221차 원자력위원회는 제220차 원자력위원회에서 의결한 방사성폐기물관리 기본방침에 대한 후속조치로 방사성폐기물 관리 중장기사업계획을 수립하였다.

방사성폐기물관리 중장기사업계획에는 총 부지는 임해지역을 대상으로 150만평 규모로 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용연료 중간저장시설, 그리고 연구시설 관련 부속시설을 건설하며, 중·저준위방사성폐기물처분시설은 25만 드럼 규모의 동굴처분방식으로 1995년 12월말에 준공하고, 사용후연료 중간저장시설은 3,000톤 규모의 습식 저장방식으로 1997년 12월 말까지 준공토록 되어 있었다.

제221차 원자력위원회에서 확정된 방사성폐기물관리 사업계획은 부지선정의 지연과 원자력발전소에서의 감용설비 도입 등 사업추진 여건이 크게 변화됨에 따라 일부 사업계획 변경이 불가피하게 되었다.

1995년 2월 15일 제237차 원자력위원회는 방사성폐기물관리 사업계획 기본방침을 수정하여 방사성폐기물 처분시설 부지를 당초 임해지역에서 임해 또는 도서지역으로 하고, 중·저준위폐기물 영구처분시설

준공목표를 당초 1995년 12월말에서 2001년 12월말로 변경하며, 사용후연료 중간저장시설의 저장방식 및 저장규모, 준공목표시점은 충분히 검토 후 결정토록 하였다.

또한 시설부지 주변지역의 개발 및 지원을 위하여 ‘방사성폐기물관리사업의 촉진 및 시설주변지역의 지원에 관한 법률’에서 정하는 지역지원사업을 추진하였다.

1986년 원자력법이 개정되고 이에 따라 1988년 방사성폐기물관리사업이 본격적으로 시작된 이후 정부는 지정방식 또는 공모방식 등 다양한 방법으로 부지선정 작업을 추진하여 왔으나 국민적 이해 부족과 여러 가지 정치적·사회적 난관에 봉착, 실패를 거듭하였다.

1989년에는 동해안의 경북 울진군, 영덕군, 영일군 등 3개 지역에서 부지지질조사를 추진하였으나 주민의 집단 반발로 조사 도중 철수하기도 하였다.

가. 안면도

동해안 3개 부지중 1개 부지를 확정된 후 부지조사를 재개하는 방안과 기존의 종합관리체계(사용후연료와 중·저준위폐기물 통합관리)에서 분산관리체계로 변경하여 중·저준위폐기물 영구처분시설은 인간생활권으로부터 영구격리처분이 가능한 무인도 또는 대륙붕에 건설하고, 사용후연료 중간저장시설은 ‘한국원자력연구소 제2연구소 설립계획’으로 시설 개념을 변경하여 원전연료주기 연구시설 건설과 연계 추진하는 방안이 검토되었다.

1989년 과학기술처는 충남 태안군 안면도에 원자력 제2연구소 설치를 추진하였고 방사성폐기물관리사업의 추진 필요성과 시설 입지로 인한 지역발전 가능성을 공감한 충청남도에서도 원자력 제2연구소 입지 문제를 지역개발과 연계하여 추진키로 하고, 그 후보지로 토지이용성이 높고, 항만입지가 가능하며 토지매수가 용이하고 지역개발 효과가 높을 것으로 판단된 안면도를 추천하였다.

1990년 9월 제226차 원자력위원회를 열어 충남 안면도를 원자력 제2연구소 부지로 선정하고, 방사성폐기물처분시설은 1991년 5월까지 원자력위원회의 의결을 거쳐 최종 확정한다는 내용을 의결키로 하였으나, 1990년 11월 한국원자력연구소 분소계획이 포함된 서해연구단지 개발계획이 모 일간지를 통해 알려지자 안면도 주민들은 곧바로 반대활동에 들어갔으며, 안면도 반대투쟁위원회 부위원장 등 주민대표 7명이 과학기술처장관과의 면담을 위해 상경하여 정부의 안면도 방사성폐기물 처분시설 건설계획을 철회할 것을 주장하며 농성을 벌였다.

결국 안면도 부지선정 사업은 주민과의 사전 협의 없이 사업내용을 비공개로 진행한 결과, 1990년 11월 ‘안면도 사태’라는 국민에게 커다란 충격을 안겨준 대규모 시위를 초래하였고, 국민들에게 ‘방사성폐기물처분장’의 부정적인 이미지를 깊이 심어주는 계기가 됨으로써 이후 방사성폐기물사업 추진에 많은 어려움을 야기하게 되었다.

또한 안면도 사태로 인해 방사성폐기물에 대한 국민의 인식은 더욱 부정적으로 되었으며, 정부가 추진하는 국책사업도 지역주민의 합의가 없으면 백지화 될 수 있다는 전례를 남겼다.

결국 과학기술처장관은 ‘주민들의 오해가 풀리지 않는 한 어떠한 원자력시설도 안면도에 추진하지 않겠다.’는 입장을 밝히고 1991년 6월 7일 제227차 원자력위원회에서 안면도 원자력 제2연구소 추진계획을 공식적으로 철회하였다.

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 되었다. 이에 따라 부지확보 절차의 기본개념으로 기술적인 측면의 검토결과를 토대로 선정된 지역에 대해 국민이해 차원의 지역협의과정을 반드시 거치도록 하는 추진방법을 선택하게 되었다.

즉, 사업요건을 고려한 「다수 대상지역 도출」→「협의대상지역 선정 및 지역협의」→「지역협력협정 체결」의 순서를 거쳐 부지를 확보한다는 기본방향을 설정했다.

과학기술처와 한국원자력연구소는 원자력의 이용과 방사성폐기물에 대한 국민의 이해 증진에 전력을 다한다는 목표를 세우고 그 일환으로 방사성폐기물 부지 확보 사업을 공개주의 원칙 하에 지역개발 사업과 연계해서 자율신청을 권유하기로 방침을 정하고 전국을 대상으로 부지 공모를 시행하기로 결정하였다

결국 방사성폐기물 관리정책 수립에 있어서도 기술적인 안전성과 함께 가장 중요한 선결과제는 ‘국민이해 및 지역협의’라는 점을 인식하게 되었으며, 사회·과학적인 관점에서 부지 확보 방안과 지역협력 방안을

제시하게 한 방사성폐기물관리사업의 기본방침을 재정립하는 계기가 되었다.

나. 굴업도

1991년에는 서울대학교에 연구용역을 의뢰하여 전국의 임해지역을 대상으로 6개의 최적 후보지역을 도출한 후 해당지역을 순회하며 연구 결과에 대한 설명회를 개최하는 등 노력을 경주하였으나 지역별 반대투쟁위원회 및 주민들의 계속되는 반대활동으로 부지선정은 난관에 봉착하게 되었다.

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

1994년 지역지원법에 힘입어 경남 양산군 장안읍과 경북 울진군 기성면에서 유치를 위한 일부 주민대표들이 유치의사를 밝혔으나 반대주민들의 조직적이고 강력한 반대활동으로 부지 확보에는 실패하고 말았다.

정부는 계속되는 부지선정 사업이 실패함에 따라 전국의 임해지역과 폐광지역 그리고 도서지역을 대상으로 후보 부지를 물색하여 전문기관의 검토와 서울대학교 용역결과에 따라 6개 임해지역(경북 울진군, 경북 영일군, 강원 양양군, 강원 고성군, 전남 장흥군, 충남 태안군)과 3개 도서지역(경기도 굴업도, 충남 삼시도, 전북 비안도) 그리고 지역주민 대표들이 연명으로 유치를 신청한 경남 양산군 장안읍 등 총 10개 지역을 후보지역으로 선정하였다.

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 선정하였다.

굴업도가 최종지역으로 선정됨에 따라 1995년 2월 15일 제237차 원자력위원회에서 방사성폐기물관리사업에 대한 기본방침을 수정하였다.

즉, 방사성폐기물시설 부지를 당초 임해지역에서 임해 또는 도서지역으로 하고, 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설 준공목표를 당초 1995년 12월말에서 2001년 12월말로 변경하며, 사용후연료 중간저장시설의 저장방식과 저장규모 그리고 준공목표시점에 대해서는 충분한 검토 후 결정토록 한다는 것이었다. 아울러 방사성폐기물관리시설 부지 주변지역의 개발 및 지원을 위하여 ‘방사성폐기물관리사업의 촉진 및 시설주변지역의 지원에 관한 법률’(이하 ‘방촉법’)에서 정하는 지역지원사업을 추진키로 하였다.

다음날 2월 16일, 제3차 방사성폐기물관리사업 추진위원회는 방사성폐기물관리사업 기본방침을 최종 확정하고 방촉법 제3조의 규정에 의거 과학기술처 고시 제1995-3호('95.2.27)로 굴업도를 「방사성폐기물관리시설지구」로 지정·고시하였다.

그러나 한국원자력연구소에서 1995년 5월부터 10월까지 실시한 굴업도와 그 주변지역에 대한 부지특성조사 및 환경영향평가와 한국자원연구소의 추가조사 및 정밀분석 작업, 국내외 전문가로 구성된 지질자

문위원회 및 시설입지검토위원회의 활성단층 조사 및 분석내용에 대한 객관적인 검증결과 굴업도 3km 이내 해저에서 활성단층이 존재하는 것으로 검증되었다.

결국, 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 과학 기술처 고시에 따른 방사성폐기물관리시설 부지로 부적합하다고 결정하고 정부는 1995년 12월 16일 굴업도에 대한 「방사성폐기물관리 시설지구」지정을 해제하였다. 이로써 방사성폐기물관리사업은 원점에서 다시 출발할 수밖에 없었다.

이는 부지특성을 고려하지 않고 지역주민의 수용성을 지나치게 의식하여 다른 요소들을 간과하고 지방자치제도 실시 이전에 지정고시를 한다는 시간적인 촉박함을 중시하여 부지선정 자체만을 고려한 성급한 정책 결정으로 기인한 결과라 할 수 있었다.

다. 방폐물 관리사업 수행 주체 변경

정부는 굴업도가 방사성폐기물 관리시설지구에서 해제됨에 따라 방사성폐기물 관리사업을 전면 재검토하게 되었으며, 1996년 1월 11일 국가과학기술자문회의는 대통령보고(세종 2000 XVIII)에서 원자력사업에 대한 행정체제의 효율화 방안을 조기에 확정하여 시행하는 것이 국가적 현안사업을 추진하는데 필요하다고 보고하였고, 대통령은 원자력사업의 효율적 추진방안으로 한국원자력연구소가 수행하고 있는 방

사성폐기물관리사업을 사업 추진 경험이 풍부한 한전으로 이관하는 방안을 검토·지시하였으며, 제245차 원자력위원회('96.6. 25)의 심의·의결을 거쳐 1997년 1월 1일부로 방사성폐기물관리사업 추진체계를 조정하였다.

그동안 원자력법에 의거 과학기술부 주관으로 한국원자력연구소에서 수행했던 방사성폐기물관리사업을 전기사업법에 의한 산업자원부 주관하에 한전이 수행토록 관련 법령 및 사업수행 주체를 변경하였다. 또한 한국원자력연구소내 원자력환경관리센터의 관련 업무 및 인력을 한전에 이관하고, 사용후연료에 대한 연구개발 업무는 원자력연구소에서 계속 수행하며 방사성폐기물관리기금은 폐지토록 하였다. 그리고 지금까지 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.

상기 방사성폐기물관리사업의 조정 방안을 중심으로 통상산업부와 과학기술처는 총리실과 더불어 최종 협의를 거쳐 1996년 6월 25일 제 245차 원자력위원회의 심의·의결을 거친 후 정부정책으로 확정되었다.

라. 유치공모 또는 사업자주도 방식

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 의결함으로써 굴업도 이후 방사성폐기물관리시설 부지 확보를 위한 사업이 본격적으로 시작되었다.

방사성폐기물 관리대책이 확정됨에 따라 정부는 입지추진에 있어 본 사업이 국민과 함께 하는 사업이 될 수 있도록 신중하게 추진하는 것과 자율유치 신청방식을 우선 추진후 가시적인 성과가 나타나지 않을 경우 유치공모 또는 사업자 선정방안으로 추진한다는 기본계획을 세웠다. 또한 종합관리시설 건설에 있어 부지선정 전까지 처분시설 개념 및 방사성폐기물 관리체계를 정립하고 사용연료 중간저장시설 준공시까지 원자력발전소 부지 내 자체 저장시설을 확충하여 관리한다는 세부방침도 확정하였다.

(1) 지자체 대상 유치공모

정부는 과거 추진사례를 분석한 결과 지역주민과의 합의과정이 없는 사업자 선정방식으로는 성공이 불가능하다고 판단하여 지역주민의 자율적인 의사를 존중하는 투명하고 공개적인 사업추진이 필요하게 되었다.

정부가 추진코자 하는 유치공모의 기본방향은 유치희망 지자체가 없거나 적격 후보지가 없을 경우 지자체와 협의하여 사업자가 적격 후보지를 선정한다는 것이었다.

정부와 한전은 2000년 6월 27일, 산업자원부, 과학기술부 그리고 대덕연구단지 출입기자를 대상으로 기자간담회를 갖고 방사성폐기물관리시설 부지로 60만평을 공모한다고 발표하였다.

유치신청은 기초지방자치단체장이 기초지방의회의 동의를 받아 신청하고 부지의 규모는 약 60만평으로 24만평 정도의 정지면적 조성이 가능한 임해지역이어야 하며, 과학기술부(현 교육과학기술부) 고시에 규정된 자연 환경, 인문·사회적인 제요건 등 관련 법령상의 부지위치 기준에 부합된 지역으로 하였다. 유치공모기간은 2000년 7월부터 2001년 2월말까지이며, 응모부지에 대해서는 투명하고 공정한 부지적합성조사 절차를 거쳐 최종 후보 부지를 결정기로 하였다.

또한 방사성폐기물관리시설이 입지하는 지역에는 ‘발전소주변지역 지원에 관한 법률’에 따라 지역지원사업을 시행하게 되며, 지역지원금은 부지면적과 방사성폐기물관리시설의 건설 및 운영 기간에 따라서 산정되며, 부지 규모를 60만평으로 하고 건설기간을 5년 그리고 운영기간을 30년으로 가정할 경우 약 2,127억원이 지원될 예정이며, 지역지원사업은 지방자치단체에서 수립한 개발계획 및 숙원사업 등과 연계하여 추진하기로 하였다.

2001년 6월 30일 방사성폐기물관리시설 유치공모 마감결과 7개 지역(영광, 강진, 진도, 고창, 보령, 완도, 울진)이 유치청원을 하였으나 완도는 청원을 자진 철회하였고 다른 지역은 지방의회 및 지자체장이 주민청원을 기각함으로써 자율유치에 실패하였다. 하지만 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 가져오

는 계기가 되었다.

아울러 부지선정 방식도 자율유치공모 방식에서 사업자 주도 방식으로 전환 추진하는 계기가 되기도 하였다.

(2) 사업자 주도 후보부지 선정

제249차 원자력위원회('98.9.30)는 방사성폐기물관리시설 부지를 지방자치단체를 대상으로 유치공모하거나 사업자가 후보 부지를 선정하고 지방자치단체와 협의하여 확보하는 방안으로 추진토록 하는 방사성폐기물 관리대책을 의결한 바 있으며, 2000년 7월부터 2001년 2월 말까지 유치공모 방식에 의해 사업을 추진하였으나 부지를 확보하는 데는 실패하고 말았다.

한편 2001년 4월 1일, 방사성폐기물관리사업의 주체였던 한전이 전력산업구조개편에 따라 6개 발전회사와 전력거래소로 분리되면서 원자력발전사업자인 한수원(주)이 방사성폐기물관리사업을 승계하였다.

유치공모 방식이 실패함에 따라 한수원(주)은 '사업자 주도 방식의 부지확보 방안'을 수립('01.8.6)하고 방사성폐기물관리시설 후보부지도출을 위한 용역을 전문기관과 체결하였다. 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 광송리 등 4개 지역이 도출되었다.

2003년 2월 4일 제252차 원자력위원회는 원자력발전소의 지리적 분포 등을 감안 할 때, 복수의 방사성폐기물관리시설을 운영하는 것이 바

람직하다고 판단하고 제249차 원자력위원회('98.9.30)에서 결정한 방사성폐기물관리대책을 일부 변경하였다. 주요 내용을 보면 방사성폐기물관리시설 부지 규모를 당초 60만평에서 2개소로 하되, 그 규모는 후보지 여건에 따라 확정하고, 전문기관의 용역을 통해 도출된 후보 부지를 대상으로 향후 1년간 지질 조사와 환경성 검토, 그리고 적극적인 지역협의를 거쳐 「부지선정위원회」에서 최적적 부지를 선정하고, 최종 「원자력위원회」의 심의·의결을 거쳐 선정키로 하였다.

2003년 2월 5일, 산업자원부장관은 관계부처 장관과의 공동담화문을 통해 방사성폐기물관리시설 후보지역으로 경북 울진군 근남면 산포리, 경북 영덕군 남정면 우곡리, 전남 영광군 홍농읍 성산리 그리고 전북 고창군 해리면 광승리 등 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 이들 지역이 바다에 인접해 있다는 지리적 이점을 최대한 활용하여 우수한 관광 자원 및 지역 특화사업을 적극 개발하고 도로, 교량 등의 확충을 통해 가장 살기 좋고, 소득이 높은 지역으로 발전할 수 있는 방안을 적극 검토할 것을 약속하였다.

(3) 양성자기반 공학기술개발사업 연계추진

2003년 4월 15일 개최된 국무회의에서는 대통령은 ‘국가적 과제인 방사성폐기물관리시설 부지선정을 더 이상 늦춰서는 안 된다’며 지방자치단체와 주민대표들이 합의하여 방사성폐기물관리시설 부지 유치를 신청할 경우 양성자가속기사업 유치에 특별가산점을 부여하는 방안

을 제시하였다. 이는 이미 후보지로 선정된 경북 울진, 영덕과 전남 영광, 전북 고창 등 4곳 이외에도 방사성폐기물관리시설 후보지 신청이 가능하도록 문호를 개방한 것이었다.

2003년 5월 1일, 과학기술부와 산업자원부는 중앙일간지를 통해 「방사성폐기물 관리시설 부지확보 사업과 양성자기반 공학기술개발사업 연계추진」 공고문 발표를 통해 방사성폐기물관리시설 유치지역에 양성자기반공학기술개발사업을 연계 추진하되, 동일 광역자치단체 내에서 두 사업을 서로 다른 지역(기관)에 유치코자 할 경우 해당 기초자치단체장과 의회의 동의를 얻어 자율적으로 추진할 수 있도록 동일부지 유치 원칙을 완화하였다.

정부는 2003년 5월 12일 방사성폐기물 관리시설에 대한 낮은 주민 수용성 및 시설의 특성을 반영하여 지역주민의 생활안정 및 복지증진을 위한 직접지원사업 실시 등 지원제도를 강화하기 위한 법 개정을 추진하였다.

방사성폐기물 관리시설에 대한 지원사업은 지방자치단체장이 시행하는 지역개발 지원사업과 방사성폐기물 관리사업자가 시행하는 전기요금 보조사업 등으로 단순화 하고, 지역개발 지원사업에는 지방자치단체장이 지역 주민이 수혜를 실감할 수 있는 직접지원 사업을 할 수 있도록 규정하였다.

정부는 2003년 6월 4일 서울에서 지방자치단체장 및 지방의회 대표들을 대상으로 방사성폐기물 관리사업에 대한 이해 증진을 돕기 위해 설명회 성격의 정책협의회를 개최하였으며, 이 자리에서 전북도 및 군산

시, 부안군, 장흥군 등 여러 지방자치단체에서 깊은 관심을 두게 되었다.

정부는 4개 후보부지가 유치신청을 할 경우 부지 선정에 우선권을 주도록 되어 있는 2003년 5월 1일자 유치공고에 대해 4개 후보부지 우선권의 완화가 필요하다는 여러 지역의 여론을 반영하여 2003년 6월 26일 4개 후보지역(울진, 영덕, 영광, 고창) 이외의 지역이라도 부지조사를 완료하여 부지 적합성을 확인하고 2003년 7월 15일까지 유치신청을 한 경우에는 4개 후보부지와 동일한 우선권을 인정하고, 부지선정 절차도 1개 지역 지방자치단체만 신청한 경우 부지조사 결과 적합 판정시 최우선적으로 최종 부지로 선정하며, 2개 이상 지자체가 신청한 경우에는 용역보고서 순위와 부지조사결과, 주민수용성 등을 종합적으로 고려하여 「부지선정위원회」에서 최종 부지를 선정한다는 내용의 「방사성폐기물관리시설 부지 유치활동 사업변경 공고」를 실시하였다.

(4) 부안군 위도

정부의 ‘4개 후보지(울진, 영덕, 영광, 고창) 지자체 또는 4개 지역 이외의 지방자치단체 중 2003년 7월 15일까지 부지 조사를 완료하고 방사성폐기물 관리시설 부지로 적합하다는 판정을 받은 지자체가 유치 신청을 한 경우 우선 선정한다.’는 변경 공고(’03. 6.26) 이후, 전북 군산시와 강원도 삼척시에서 시설 유치에 관심을 보였으나 활성단층의 발견과 지방의회의 반대로 유치 신청은 무산되었다.

유치신청 마감을 하루 앞둔 2003년 7월 14일 부안군수와 부안군의 회 의장은 산업자원부를 방문하여 ‘부안군 위도면 치도리 일대’에 방사성폐기물 관리시설을 유치하겠다는 유치신청서와 양성자기반 공학기

술개발사업 유치신청서를 제출했다.

2003년 7월 15일 「방사성폐기물관리시설부지선정위원회」는 1차 회의를 시작으로 총 6차례의 회의를 개최하고 위도지역 현장답사와 부지 환경 조건, 사업 추진 여건 등에 대한 종합평가를 거쳐 2003년 7월 24일 부안군 위도를 방사성폐기물관리시설 최종후보부지로 선정 발표했다.

그러나 환경단체, 농민회, 종교단체 및 핵폐기장 백지화 범부안군민 대책위는 지속적인 대규모 촛불시위와 격포항 해상시위, 부안~전주간 국도 차량시위, 부안군내 초·중·고교 학생 등교거부 등의 반대활동을 통하여 방사성폐기물관리시설 위도유치 백지화를 요구했다.

2003년 10월 3일 정부는 국무총리 주재 하에 부안 반대대책위 대표 단과의 간담회를 갖고 ‘방사성폐기물관리시설 유치 백지화나 전면추진’과 같은 전제조건 없는 대화를 원칙으로 하는 「부안 民·政 대화기구」구성에 합의, 대화기구 명칭을 「부안지역 현안 해결을 위한 공동협의회」로 정하고, 2003년 10월 16일 국무총리가 추천한 경실련 공동대표를 위원장으로 선임하고 정부 측 대표 5명과 부안 반대대책위측 대표 5명을 위원으로 선임하여 10월 24일 제1차 회의를 시작으로 제4차 회의까지 양측의 입장을 조율하였으나 주민투표 실시시기에 대한 입장차이로 의견조율에 실패함으로써 공동협의회 운영은 중단되었다.

이후 2004년 2월 14일 부안 반대대책위 주관으로 위도를 제외한 36개 투표소에서 독자적으로 실시된 주민투표에서 유권자 52,108명중 37,524명이 투표에 참가(투표율 : 72.01%)하여 투표자 91.9%가 방사성폐기물관리시설 유치를 반대함으로써 더 이상의 사업 추진은 사실상

불가능해 졌다.

이는 양성자가속기사업과 연계추진으로 인한 유치신청시한 촉박으로 타 관심지역의 신청기회가 무산되는 등 지역간 경쟁구도 구축에 실패한 점도 한 원인이라 볼 수 있지만 사전 주민동의와 여론수렴과정, 지방의 회의 동의없는 사업추진 등이 사업 실패의 주요 원인이라 할 수 있다.

(5) 민주적 절차 보완

정부는 12월 10일 「부지선정과정에 주민투표 도입」과 「타 자치단체에 대한 기회부여」 등을 골자로 하는 유치신청 보완방침 발표를 통해 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

부안군 유치신청 이후 부지선정 과정에서 논란의 핵심인 ‘주민의견 수렴과정 없는 지자체장의 독단 신청’이 부안에서의 실패 원인으로 분석됨에 따라 주민투표 도입과 주민의견 수렴 등 민주적인 절차를 보강한 새로운 사업추진정책을 수립하게 되었다

2004년 2월 4일 정부는 방사성폐기물 관리시설 부지 신규유치공모를 공고하고 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 15일까

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

2004년 9월 16일 산업자원부장관은 기자회견을 갖고 빠른 시일 안에 대안을 마련하여 투명한 절차를 통하여 사업을 추진할 것과 새로운 방사성폐기물 처리방안 수립과정에서 불안주민, 자치단체 등과 긴밀한 협의를 통해 갈등을 최소화하는 해법을 모색하겠다는 입장을 발표하였다.

2. 중·저준위방폐물처분시설 부지 선정

가. 방사성폐기물 관리정책 변경

정부는 2004년 2월 공고한 부지선정절차가 지역주민의 자율적인 유치청원과 주민투표에 의한 결정방식이었음에도 불구하고 지자체장의 예비신청이 없어 부지선정이 무산됨에 따라 절차적 민주성, 투명성 외에 사회적, 지역적 수용성을 높이는 방향으로의 정책 전환이 필요하게 되었다.

2004년 12월 17일 제253차 원자력위원회는 현재 원자력발전소 내에 저장중인 중·저준위방사성폐기물은 2008년말부터 포화가 예상되어 처분시설 건설이 시급한 상황이나 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 결정하였다.

(1) 중·저준위방사성폐기물 관리

원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물은 영구처분시설 준공시까지 각 원자력발전소 부지 내에서 저장·관리하되, 처분시설이 건설될 경우 단계적으로 이송하여 영구처분하며 설비개선, 운영 최적화, 감용 기술 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 발생되는 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 복

리증진을 위한 지원방안을 마련하며 주민고용 등 사업자가 이행할 수 있는 간접지원방안도 병행하여 검토, 추진토록 하였다. 그리고 유치지역에 대한 효율적인 지원을 위해 ‘유치지역 지원 등에 관한 특별법’ 제정을 추진토록 하고 유치지역에 대한 지원사업을 효율적으로 추진하기 위해 범정부적인 지원체제를 마련하여 운영토록 하며, 시설의 안전성에 대하여 주민들이 확신할 수 있도록 민간환경감시기구를 운영하고 주민 건강진단 및 역학조사를 정기적으로 실시토록 하였다.

(2) 사용후연료 관리

원자력발전소 부지내 임시저장고의 저장공간을 확충하여 2016년까지 각 원자력발전소 부지내에서 관리함을 원칙으로 하고 원자력발전소 별로 조밀저장대 설치, 호기간 이동, 건식저장소 추가 설치 등으로 임시 저장 공간을 확충하고, 사용후연료의 처리, 처분과 관련한 연구개발을 지속적으로 추진토록 했다.

그리고 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 추진방침을 결정토록 했다.

나. 유치지역지원 특별법 제정

2003년 7월 14일 전북 부안군 위도가 방사성폐기물관리시설 부지유치를 신청함에 따라 동 지역에 대한 지원사업을 담은 부안군지원특별법 제정에 대한 검토를 시작하게 되었다.

산업자원부는 방사성폐기물 관리시설 부지선정과 관련하여 정부의 유치지역 지원 의지에 대한 신뢰 확보와 범정부적 지원체제 구축을 위해 2004년 4월 22일 ‘국정현안정책조정회의’에서 ‘방사성폐기물 관리 시설 유치지역지원 등에 관한 특별법’ 제정방침을 확정하고 관계부처의 협의를 통해 7월 12일 입법예고를 하였다.

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 제정키로 결정하고 특별법 명칭도 ‘중·저준위방사성폐기물처분시설 유치지역 지원에 관한 특별법’으로 변경하였다.

동 특별법은 제253차 임시국회 의결('05.3.2)을 거쳐 2005년 3월 31일 법률 제7444호로 공포되었다. ‘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 생활 향상과 소득증대를 위한 실질적인 지원책 마련에 중점을 두었다.

유치지역 지원대상 지역을 현행 ‘발전소주변지역 지원에 관한 법률’상 시설이 설치될 지점으로부터 반경 5km 이내로 규정되어 있는 기존의 거리개념에서 시·군·구 단위 행정구역으로 변경하여 시설을 유치하는 지역의 모든 주민들이 지원 혜택을 받을 수 있도록 하고, 지역 발전을 위한 장기적인 재원 확보 차원에서 ‘반입수수료’ 규정을 신설하여

방사성폐기물관리시설 설치사업자는 방사성폐기물 배출사업자에게 방사성폐기물 양에 연동하여 반입수수료를 징수하고, 그 중에서 대통령령이 정한 일정금액을 매년 유치지역 지원 용도로 지방자치단체에 납부하고, 나머지 금액은 사업자가 전기요금 보조, 육영사업 등 독자적인 주민 지원 사업에 활용하도록 규정하였으며, 유치지역이 정해지면 사업자는 유치지역 특별지원금(3천억원)을 유치지역에 제공하고 유치지역 지방자치단체의 장은 특별지원금을 지역개발, 관광 진흥, 농수산물 판로지원, 지역주민의 소득증대·생활안정·복리증진 등에 사용하도록 규정하였다.

또한 특별지원금과 반입수수료로 구성된 지역지원사업 재원을 유치지역 지방자치단체가 독립적으로 운용할 수 있도록 ‘지원사업특별회계’를 설치·운용할 수 있는 근거규정을 마련하였다.

국·공유재산의 대부, 국고보조금의 인상 지원, 지역 업체와의 의무 공동도급계약, 지역주민 우선고용 등 지역개발 촉진을 위한 다양한 특별규정도 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 규정하였다.

그리고 지역지원사업의 심의·의결을 위해 ‘유치지역지원위원회’와 ‘유치지역지원실무위원회’를 설치·운영하는 등 범정부적 지원체계를 구축토록 하였다.

다. 부지선정위원회 구성 운영

안면도, 굴업도에 이어 2003년에 추진된 부안군 위도의 방사성폐기물처분시설 부지선정 사업은 지역주민의 의사를 무시한 채 정부가 일방적으로 사업을 밀어 붙였다는 비판과 함께 절차의 투명성과 공정성 시비를 낳으며 결국 실패로 끝이 났다.

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.

산업자원부장관은 유치지역 선정계획, 부지조사결과, 선정과정 등을 공개적이고 투명하게 진행하도록 한 「중·저준위방사성폐기물 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 구성하였다.

부지선정위원회는 산업자원부장관의 자문기구로서 공정하고 객관적인 부지선정기준 및 적합성 평가기준을 수립하여 부지선정 절차 전반을

투명하고 효율적으로 관리함을 목적으로 하고 있다.

부지선정위원회는 유치지역 선정계획 및 절차에 관한 사항, 부지조사 결과의 평가에 관한 사항, 기타 부지선정에 관하여 산업자원부장관이 필요하다고 인정하는 사항에 대하여 심의하도록 하였으며, 효율적인 업무 추진을 위하여 i)부지적합성소위원회, ii)부지선정기준소위원회, 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.

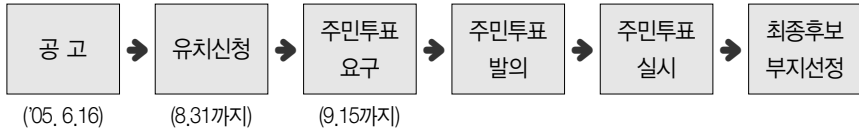
그 결과, 4개 유치신청지역은 모두 부지안전성에 제척사유가 없는 것으로 확인되었으며, 지질·지하수·자연환경·부지환경 등이 양호하여 권고기준에도 전반적으로 부합하는 것으로 평가되었다.

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.

라. 부지 선정

부지선정절차 공고와 관련하여 정부관계부처로 구성된 상황점검반과 당·정·청 협의회 그리고 부지선정위원회는 부지선정 일정과 주민투표 및 부지선정 절차에 대해 수차례 논의하였고 정부는 2005년 6월 10일 국정현안정책조정위원회회의를 통해 부지선정 절차와 진행일정을 최종 확정하고 2005년 6월 16일, 산업자원부장관은 과천정부청사에서

다음과 같은 요지의 ‘중·저준위방사성폐기물처분시설 부지선정 등에 관한 공고’를 발표하였다.



〈그림 3-10〉 절차공고에 따른 부지선정 절차 및 일정

- ① 지방자치단체의 장이 지방의회의 동의를 얻어 산업자원부장관에게 유치신청
 - ※ 신청지역이 2군데 이하일 경우, 경쟁구도 조성을 위해 부지선정위원회가 여론조사를 통해 주민투표 대상지역을 추가 선정 가능
- ② 주민투표 대상지역에 대하여 부지선정위원회가 부지안전성 및 사업추진 여건 등 부지적 합성을 종합평가
- ③ 부지가 적합하다고 평가된 지역에 대해 산업자원부장관이 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 산업자원부에 유치신청서를 제출하였다. 그간 유치신청에 관심을 보였던 울진군 및 삼척시는 의회의 유치동의안 부결로 인하여 유치가 무산되었고, 부안군 역시 부안군 의회의 의장직인 미비 등의 이유로 신청서가 반려(8.23)된 이후 신청서

필수요건인 군의회의 동의를 확보하지 못해 유치신청서 접수시한을 넘기고 말았다.

〈표 3-20〉 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 3-21〉 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 3-22〉 중·저준위 방사성폐기물처분장 부지선정 추진 과정

차수	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(원자력연구소) → 산업자원부(한전)
6차 (’00년~’01년)	영광, 고창, 강진, 완도, 진도, 보령, 울진	• 전국 46개 임해지역 지자체 대상으로 유치 공모 ⇒ 7개 지역에서 유치청원 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)

제3절 월성원자력환경관리센터 건설

1. 전원개발사업예정구역 지정고시

한수원(주)은 경주시 양북면 봉길리 일원에 대해 사전환경성평가를 실시하였다. 사전환경성평가는 사업예정부지에 대한 입지타당성 등 환경에 미치는 영향을 검토하여 후보부지 선정을 위한 환경관련 평가 심사 자료를 얻기 위한 목적으로 사업계획, 토지이용 현황, 보호구역지정 현황, 자연환경, 생활환경 및 사회·경제 환경 등 총 19개 평가항목에 대해 조사가 수행되었으며, 조사결과 예정부지에 처분시설을 건설하는 것은 문제가 없는 것으로 평가되었다.

한수원(주)은 사전환경성검토보고서, 방사성폐기물처분시설 사업계획서, 편입토지명세서, 용지도 등을 첨부하여 2005년 12월 2일 전원개발촉진법 제11조에 따라 산업자원부에 방사성폐기물처분시설 전원개발사업 예정구역 지정을 신청하였다.

산업자원부는 전원개발사업촉진법 제11조 제3항에 의한 협의절차에 따라 과학기술부, 재정경제부 등 11개 정부 관계부처와의 협의를 마치고 2005년 12월 29일 전원개발사업추진위원회(위원장 : 산업자원부 제2차관)의 심의·의결을 거쳐 2006년 1월 2일 경북 경주시 양북면 봉길리 일대 2,098,419m²를 ‘중·저준위방사성폐기물처분시설 건설사업 예정구역’으로 지정·고시(산업자원부 고시 2005년-133호) 하였다.

중·저준위방사성폐기물 처분시설은 총 80만 드럼의 규모의 천층 또는 동굴처분 방식으로 건설하되 1단계 10만 드럼을 우선 착수하여

2009년 12월까지 준공토록 하고, 필요시 부분완공 후 처분시설을 운영하도록 하였다.

방폐장 예정구역 지정고시 지역은 기존 신월성 1·2호기 원전부지 1,261,816㎡에 새로이 836,603㎡가 추가된 것으로 신월성 원전부지는 부지조사 및 환경영향평가 등을 통해 지난 2005년 9월 30일 원전 건설을 위한 전원개발사업 실시계획이 승인된 바 있으며, 금번에 전원개발 촉진법에 따른 전원개발사업 실시계획 변경절차를 거쳐 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지로 편입되었다.

이로써 경주시 양북면 봉길리 일원이 중·저준위방사성폐기물 처분시설이 들어설 대상 부지로 법적으로 최종 확정되어 다른 용도로의 전용이 금지되고, 사업자인 한수원(주)은 토지 등에 대한 매수청구가 가능하게 되었다.

또한 방폐장 예정부지에 대한 부지특성조사, 환경영향평가 등 각종 조사활동이 개시됨으로써 본격적으로 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설사업이 추진되었다.

2. 유치지역 지원사업 시행

2006년 1월 2일 경북 경주시 양북면 봉길리 일대가 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설사업 예정구역으로 지정 고시됨으로서 ‘중·저준위방사성폐기물처분시설의 유치지역에 관한 특별법’에 따라 특별지원금 3,000억원 지급, 한수원(주) 본사이전, 방사성폐기물 반입수수료 지원 등 유치지역에 대한 지원사업도 본격적으로 착수되었다.

가. 특별지원금 지원

유치지역지원 특별법에 의하면 산업자원부장관은 「전기사업법」 제 12조 1항 3호의 규정에 의거 원자력발전사업자로 하여금 유치지역지원 특별지원금을 지원토록 할 수 있으며, 지원시기와 방법은 산업자원부장관과 관할자치단체장과 협의하여 정하되, 관할자치단체가 유치지역지원사업 특별회계의 관리·운용 및 결산 등에 관하여 필요한 사항을 조례로 제정한 후에 협의를 개시하도록 규정하고 있다. 이에 따라 경주시는 경주시의회의 의결을 거쳐 2006년 3월 7일 특별회계 설치 조례를 제정하고 3월 9일 산업자원부에 특별지원금에 관한 협의개시를 요청하였다.

산업자원부와 경주시가 합의한 특별지원금 지급방식은 한수원(주)은 특별지원금 3,000억원 전액을 경주시 명의로 개설된 기탁계정에 입금하고, 경주시는 기탁계정에 입금된 특별지원금중 중·저준위방사성폐기물 처분시설 건설 실시계획 승인 시점에 1,500억원, 사업운영 시점에 나머지 1,500억원을 경주시 특별회계로 이체하며, 기탁계정에서 발생한 이자는 경주시 특별회계로 수시이체가 가능하도록 되어 있다. 또한 사업 중단으로 인하여 인출조건이 충족될 수 없을 때에는 기탁계정에 남아있는 특별지원금 전액을 한수원(주)에 반환하도록 하였다.

산업자원부는 경주시와 협의를 완료됨에 따라 한수원(주)에 특별지원금 지급에 필요한 조치를 요청하고, 특별지원금 지급 및 인출조건 등에 관한 당사자간의 권리·의무를 명확히 하기 위하여 산업자원부·경주시·한수원(주) 3자간의 ‘특별지원금에 관한 협약’을 체결하기로 하였다.

2006년 4월 28일 산업자원부장관, 경주시장, 한수원(주) 사장은 경

주시 월성원자력본부에서 ‘특별지원금 지원에 관한 협약서’ 서명식을 갖고 협약을 체결하였다. 이에 앞서 한수원(주)은 농협중앙회 경주시지부와 유치지역지원 특별지원금 기탁계정 개설 및 예금질권 설정에 대한 계약서에 서명하고 한수원(주)이 경주시에 특별지원금을 지급하기 위하여 선행되어야 할 기탁계정의 개설 및 예금질권의 설정에 관한 사항을 규정하고, 이와 관련된 경주시와 한수원(주) 그리고 계정개설은행의 권리와 의무를 명확히 하였다.

한수원(주)은 2006년 5월 9일 「중·저준위방사성폐기물처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법」에 따라 경주시 명의 두개의 기탁계정에 각각 1,500억 원씩 특별지원금 3,000억 원을 전액 입금하였으며, 2007년 7월 12일 산업자원부의 전원개발사업 실시계획승인으로 7월 23일 특별지원금 1,500억 원을 기탁계정에서 인출하여 경주시에 지급하였고, 나머지 1,500억원은 사업운영 시점에 경주시에 이체할 계획이다.



〈그림 3-11〉 방폐장 유치지역 특별지원금 지원 협약식

나. 한수원(주) 본사 이전

「중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법」에 따르면 원자력발전사업자는 유치지역이 정해진 후 1년 이내에 토지매수, 본사이전 등에 관한 계획을 확정하고, 처분시설에 대한 전원개발사업 실시계획 승인시점부터 3년 이내에 유치지역으로 본사이전을 완료하도록 되어 있다.

이에 따라 한수원(주)은 본사이전 대상부지 선정을 위해 경주 도심지역과 동(東)경주(양남·양북면·감포읍) 지역을 대상으로 적합 부지를 물색하였다.

한수원(주) 본사이전 대상부지 결정을 앞두고 경주시 전체의 균형발전과 한수원(주) 본사이전에 따른 시너지효과 극대화를 위해 시내권에 한수원(주) 본사를 두어야 한다는 경주시내권 지역주민과 방사성폐기물처분시설이 안전하다는 것을 보장하기 위해서는 방사성폐기물처분시설이 들어설 지역에 본사를 두어야 한다는 동경주지역 주민들간의 갈등과 유치경쟁이 치열하였다.

결국 한수원(주)은 2006년 12월 29일 국가에너지 미래를 밝혀줄 초대형 국책사업인 중·저준위방사성폐기물처분시설 부지 확보를 19년 만에 성공한 만큼 본사이전 문제로 인해 차질을 빚어서는 안 되며, 인근 지역 주민들의 정서를 감안하고 원전산업의 지속성을 확보하기 위해 방사성폐기물처분시설이 들어설 예정인 양북면 지역으로 한수원(주) 본사를 이전기로 최종 결정하고 양북면 장항리를 최종 선정·발표하였다.

한수원(주) 본사이전 대상부지가 결정됨에 따라 한수원(주)은 2007

년 1월 2일 본사이전계획을 수립하여 정부에 보고하였고, 경주시는 1월 18일 이 지역을 토지거래계약허가구역으로 지정·공고(경상북도 공고 제2007-46)하였다. 이후 7월 31일 한수원(주)은 본사지방이전계획을 정부(지식경제부/국토해양부)에 승인 요청하여 2008년 10월 23일 국토해양부로부터 승인을 득하였다.

경주시에서는 한수원(주) 본사이전 부지를 포함한 경주전역에 대한 도시계획 재정비를 2009년말 까지 완료할 계획이며, 원활한 토지매수를 위한 공익사업 인정도 2009년 1월 22일 중앙토지수용위원회의 심의를 거쳐 최종 승인권자인 국토해양부의 승인 검토 중에 있다.

향후 한수원(주) 본사이전은 인허가절차 등이 완료되면 토지 매수와 문화재조사를 거쳐 사옥설계 및 시공을 발주할 계획이다.

다. 유치지역 지원요청사업

경주시는 양북면 봉길리가 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지로 확정된 이후 118개 사업 8조 8526억 원 규모의 지역지원사업을 선정하여 2006년 6월 30일 산업자원부에 유치지역지원사업요청서를 제출하였다.

이후 산업자원부는 관계부처의 의견을 수렴하여 유치지역지원계획(안)을 마련하여 경주시가 당초 요청한 118개 사업 중 타당성이 미흡하여 심의대상에서 제외한 46개 사업을 제외한 72개 사업을 유치지역지원실무위원회에서 심의·의결하였으며, 이후 컨벤션 센터 및 다목적시설 건립과 에너지박물관 건립 등 2개 사업이 지원사업으로 검토·합의

가 되어 총 55개 지원사업과 7개 장기검토사업이 유치지역지원위원회에 상정, 2007년 4월 18일 국무총리를 위원장으로 하는 유치지역지원 위원회에서 ‘유치지역지원계획(안)’을 심의·확정하였다.

그 내용을 보면 문화재 복원, 관광활성화 등을 위한 역사문화관광 기반시설 조성 분야 22개 사업, 산업단지 조성 및 도로교통망 확충 등을 통한 지역혁신기반구축 분야 10개 사업, 친환경 산업벨트구축 및 청정 생활환경개선 등을 통한 친환경도시 육성 분야 23개 사업 등 총 55개 지원사업과 동해안 해양관광단지(Sea World) 조성 등 7개 장기검토사업 등 총 62개 사업을 확정하였다.

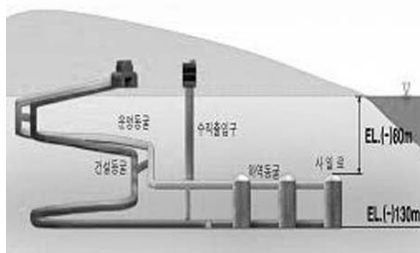
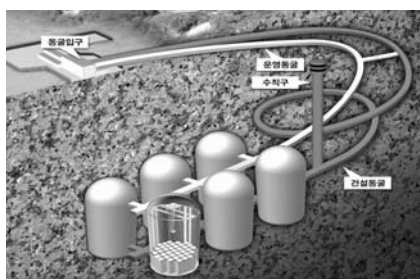
유치지역지원계획(안)이 확정됨으로써 관련부처는 지원계획 시행절차에 따라 사업별 시행계획 및 당해 연도 추진계획을 관할 지방자치단체의 장에게 통보하였다. 한수원(주)도 컨벤션센터 및 다목적시설 건설, 에너지박물관 건립, 국도 31호선 우회도로 건설, 지방도 929호선 우회도로 건설 등 4개 지원사업에 대해 2007년 6월 23일 시행계획을 수립하여 산업자원부 및 경주시에 제출한 바 있으며, 컨벤션센터 및 다목적시설과 에너지박물관 건립사업의 경우 2011년 완공을 목표로 현재 타당성조사(위치, 규모 등)가 시행중이며, 국도 31호선 우회도로 건설사업은 부지매수와 터널공사가 진행 중에 있으며, 지방도 929호선 우회도로 건설사업은 공사시행 허가취득을 위한 교통영향평가 및 환경영향평가 협의 등을 마치고 2009년부터는 공사착공에 들어갈 예정이다.

3. 처분방식 결정

한수원(주)은 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설 사업예정구역 지정고시 이후 처분방식을 결정함에 있어 보다 투명하고 객관적으로 결정할 수 있는 방안을 모색하기 위하여 산업자원부(현 지식경제부)와 경주시의 협의를 거쳐 2006년 4월 3일 ‘처분방식선정위원회’를 구성하였다.

처분방식선정위원회는 ‘기술분과위원회(7명)’와 지역주민들의 의견을 반영하기 위하여 경주시에 추천을 의뢰하여 선정한 ‘지역사회환경분과위원회(9명)’로 구분하여 총 16명으로 구성하였다.

처분방식선정위원회는 2006년 4월 4일, 1차 전체회의를 시작으로 총 4차례의 전체회의와 수차례의 분과회의를 통해 부지조사 및 해외자문, 시설물 배치, 방사선 안전성평가, 구조물예비안전성 등을 종합적으로 검토한 결과, 봉길리 부지가 천층과 동굴처분시설 부지로 모두 안전성에 적합하다는 결론을 내리고 2006년 6월 28일 주민수용성과 친환경성 등을 고려하여 중·저준위방사성폐기물 처분방식을 동굴처분방식으로 최종 선정 발표했다.



〈그림 3-12〉동굴처분방식

이번에 선정된 동굴처분방식은 1단계인 10만 드럼 규모에만 적용하고 나머지 70만 드럼은 부지조사 결과와 향후 발생하는 폐기물 특성 및 처분기술 변화 등을 고려하여 유연하게 결정해 나가도록 하였다.

동굴처분방식은 해수면이하 80~130m에 견고한 지하 암반 내 혹은 지하의 동굴에 콘크리트구조물을 만들고 방사성폐기물이 담긴 드럼을 저장한 후 동굴을 메우는 방식으로써 지상에 대형 콘크리트구조물을 설치하는 천층방식에 비해 방사성폐기물을 인간생활권으로부터 완전 격리하는 친환경적인 장점이 있는 처분방식으로 핀란드 올킬루오토, 스웨덴 포스마크 처분장 등이 대표적인 예로 볼 수 있다.

3. 부지조사 및 환경영향평가

2006년 1월 2일, 경북 경주시 봉길리 일원(월성원전 인접부지)이 전원개발사업 예정구역으로 고시됨에 따라 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설을 위한 부지 매수 및 문화재조사, 부지특성조사, 환경영향평가 등 각종 조사활동과 설계업무가 본격적으로 착수되었다.

가. 문화재조사

문화재지표조사는 「문화재보호법」에 따라 ‘영남문화재연구원’에 조사용역(’06.1.23~2.22)을 의뢰하여 중·저준위방사성폐기물처분시설 부지 중 신규 편입 부지인 약 836,603m²에 대해 실시하였으며 문화재청의 심의결과 일부지역에서 문화재 매장 가능성이 확인됨에 따라 시굴 및 발굴조사가 필요하게 되었다.

2006년 9월 25일 시굴조사 허가를 관계기관으로부터 취득하고 전문 기관인 신라문화유산조사단에 의뢰하여 2006년 11월 10일부터 2007년 2월 18일까지 시굴조사를 실시하였다. 시굴조사 심의 결과 사토장 9,384m² 및 관리시설 2,922m²에 대해서는 발굴조사가 필요하다는 문화재청의 의견에 따라 2007년 3월부터 120일간의 일정으로 발굴조사를 진행하였다.

나. 부지특성조사

부지특성조사는 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설·운영허가에 필요한 안전성분석보고서의 부지특성과 처분시설 설계 및 건설에 필요한 부지특성자료의 획득을 목적으로 2006년 4월에 착수하였다. 조사 분야는 과학기술부 고시 부지특성조사보고서 작성지침에 따라 지질·지진·수문·지질공학·지구화학 등으로 나누어 광역에서 국지로 또는 개략에서 상세의 단계적인 지질조사를 통해 방사성폐기물처분시설 부지 고유의 지질학적 특성을 파악하여 조사 및 분석된 부지특성에 따라 부지안전성을 평가하였다.

부지조사 및 평가에는 국내의 전문 엔지니어링 업체 및 연구기관(원자력연구원, 한국지질자원연구원, 기초과학지원연구원)이 참여하였으며 일부 전문적인 항목에 대해서는 관련 분야에 경험이 풍부한 미국, 캐나다, 프랑스 등 외국 업체의 참여가 있었다. 또한 조사결과의 신뢰성을 확보하기 위해 분야별로 전문가 자문을 실시하고 조사 전반에 걸친 철저한 품질관리를 실시하였다.

다. 환경 및 교통영향평가

환경 및 교통영향평가 조사는 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 건설에 따른 환경에 미치는 영향을 예측, 분석하여 저감방안을 강구하고 전원개발사업 실시계획 승인 신청에 필요한 서류작성을 위해 외부 전문 업체에 용역을 의뢰하여 2006년 2월 21일부터 착수하였다.

환경영향평가는 사업개요와 토지이용 현황 및 계획, 환경관련 지역현황, 어업권 현황 등 지역개황조사 그리고 자연환경, 생활환경, 사회·경제환경 분야 등 3개 분야 총 23개 평가항목에 대해 조사가 진행되었으며, 교통영향평가는 사업지 및 주변지역의 장래 교통수요, 사업시행으로 인한 문제점 및 개선방안과 개선안 시행계획 등을 도출하기 위한 조사가 진행되었는데, 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설사업으로 인한 환경과 교통영향평가 조사결과 사업추진에 문제점은 없는 것으로 나타났다.

한수원(주)은 조사결과를 바탕으로 환경영향평가서 초안을 작성하고 양북면사무소 등 4곳에서 평가서 내용에 대한 주민공람('06.10.24~11.22)을 실시하였다. 또한 환경영향평가 초안에 대한 주민공람 시 주민들의 이해를 돕기 위해 2006년 11월 2일 경주시 청소년수련관에서 주민설명회를 개최하였다. 그러나 일부 주민들의 한수원(주) 본사의 양북면 이전과 연계하여 설명회 진행을 방해함으로써 무산되고 말았다. 주민설명회가 주민들의 반대로 무산됨에 따라 12월로 예정된 공청회 또한 개최되지 못하였다. 이에 한수원(주)은 법적인 요건에 따라 환경영향평가 초안 내용을 경주시 홈페이지에 게재하여 공지하고 주요 언론

에 이를 공고하였다.

4. 중·저준위방사성폐기물 처분시설 1단계 건설 착수

가. 전원개발사업실시계획

한수원(주)은 부지특성조사 및 환경영향평가, 방사선환경영향평가 등 인·허가에 필요한 조사를 완료하고 전원개발촉진법(제5조 1항 및 시행규칙 제2조)에 따라 사업수행세부계획서, 시설배치도, 환경영향평가서 등 17종의 서류를 첨부하여 산업자원부에 2007년 1월 11일 전원개발사업 실시계획 승인을 신청하였다. 이후 정부의 심의를 거쳐 2007년 7월 12일 실시계획승인을 취득하고 7월 18일부터 부지정지공사를 착수하였다. 이는 당초계획대비 3.5개월 조기 취득한 것으로 부지정지공사를 조기에 착수함으로써 촉박한 사업일정 준수기반을 구축할 수 있게 되었다.

나. 분야별 건설업무 추진

한수원(주)은 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 기본 및 상세설계, 인허가 지원, 기자재 구매 및 시공 기술업무, 사업관리 지원업무 등 종합적인 설계업무 수행을 위해 한국전력기술(주)과 2006년 11월 3일 종합설계용역계약을 체결하고 기본 및 상세설계와 인허가 지원 등 사업추진에 필요한 설계업무를 수행하고 있다.

그리고 중·저준위방사성폐기물 처분시설 1단계 공사의 부지정지 및 굴착공사, 터널공사 등 19개 주설비 단위공사 시행을 위해 2007년 6월

12일 대우건설과 삼성물산의 공동수급체와 주설비공사 계약을 체결하고 전원개발사업실시계획승인 취득과 동시에 부지정지공사와 기반시설공사를 하고 있다.

또한 국내 최초 건설사업으로 짧은 공정 등의 사업특성을 고려하여 1단계 처분시설에 소요되는 기자재를 적기에 공급하기 위해 예정구역지정고시 이후 곧바로 기자재 조달 기본방침을 수립하고 2007년 1월에 국내·외 62개 품목에 대한 기자재 조달계획서를 발행하고 각 품목별 구매계획, 기술평가, 낙찰자 선정, 계약체결 및 기자재 현장 납품 등 구매업무가 순조롭게 진행되고 있다.

다. ‘월성원자력환경관리센터’ 명칭 선정 및 착공식

한수원(주)은 2007년 7월 15일부터 한 달간 ‘함께 지어요! 방폐장 이름’이란 슬로건 하에 산업자원부·과학기술부·한수원(주) 직원 및 경주시민 등을 대상으로 방폐장 이름 공모를 실시하였다. 방폐장 이름 공모 행사에는 1,627명의 경주시민과 원자력관련 종사자들이 참여해 2,479건의 의견이 접수됐으며, 특히 응모자의 65%가 경주시민으로 지역에서의 높은 관심을 확인할 수 있었다. 최종결과 최우수작을 선정하지는 못했지만 우수작과 네이밍 전문가의견 등을 종합해 3차례의 심사를 거쳐 월성원전의 브랜드가치를 활용하고 방사성폐기물을 자연으로 돌려보낸다는 친환경적인 의미를 담아 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 공식명칭을 ‘월성원자력환경관리센터’로 최종 확정했다.

2007년 11월 9일에는 방폐장 부지에서 대통령 및 경주시민들을 비

롯하여 산업자원부장관, 경북도지사, 경주시장, 한수원(주) 사장 등 950여명이 참석한 가운데 성공적인 월성원자력환경관리센터 건설을 기념하는 착공행사가 거행되었다. 특히 이 행사에서 대통령은 국가 장기 현안사업이었던 방폐장 부지확보를 위해 노력한 관계자의 노고를 치하하고 한수원(주) 본사이전, 컨벤션센터 건립, 에너지박물관 등 유치지역 지원사업이 차질없이 진행될 수 있도록 지원할 것이라고 약속하였다.



〈그림 3-13〉 월성원자력환경관리센터 착공식

라. 건설·운영허가 취득 및 시설공사 착수

건설·운영허가는 방폐장 부지여건 및 설계를 반영하여 작성한 안전성분석보고서를 비롯한 신청서류들을 규제기관이 심사하는 법적인 단계로, 방사성물질 등에 의한 인체·물체 및 공공의 재해방지에 지장이 없음을 확인하는 과정이다. 한수원(주)은 원자력법 제76조(폐기시설 등의 건설·운영허가) 및 시행령 제220조, 시행규칙 제79조 등에 따라

방사선환경영향평가서, 안전성분석보고서, 안전관리규정, 설계 및 공사 방법에 관한 설명서, 건설 및 운영에 관한 품질보증계획서 및 기타 과기 부령이 정하는 서류(5종) 등 총 10종의 신청서류를 첨부하여 과학기술 부에 2007년 1월 15일 건설·운영허가를 신청하였다.

이후 정부의 철저한 안전성 평가 및 심사를 거쳐 2008년 7월 31일 교육과학기술부로부터 건설·운영허가를 취득하였는데, 이는 당초 목표한 2007년 12월 말 대비 약 7개월 정도 지연된 것으로 방폐장이 국내 최초시설인 만큼 안전심사 과정에서 해외 사례 확인 등 면밀한 심사가 수행 되었고, 또한 당시 빈번한 외국의 대규모 지진사고가 발생함에 따라 시설의 안전성과 내진설계 재확인 등 추가적인 검토와 평가가 진행 되었기 때문이었다.

건설·운영허가 취득에 따라 8월초부터 수직구, 건설동굴 및 운영동굴의 굴착공사와 지상지원시설의 기초 콘크리트 타설 작업 등 본격적인 시설공사를 착수하게 되었다. 한편 건설·운영허가 취득 지연에 따른 시설공사 착수 지연으로 인해 방폐장의 주요 공정조정이 불가피하게 되어 시범운영 일정은 당초 2009년 1월에서 7월로, 준공일정은 2009년 12월말에서 2010년 6월말로 각각 6개월씩 순연토록 조정하였다.

2008년 12월 현재 사업종합 공정율은 약 38%를 보이고 있으며 순조롭게 공사가 진행 중에 있다.



〈그림 3-14〉 월성원자력환경관리센터 건설현장('08.12)

제4절 방사성폐기물관리공단 발족

한국방사성폐기물관리공단 홍보팀장 이철호

1. 국가차원의 방사성폐기물관리 전담기관의 설립

경주 중·저준위 방사성폐기물처분장 부지선정('05.11.2) 이후, 국제 기준에 맞는 방사성폐기물 관리체제 구축이 핵심 정책과제로 대두되었다. 그동안 방사성폐기물관리는 방사성폐기물의 주요 발생자이며 원전 사업자인 한수원(주)이 수행해왔다. 그러나 방사성폐기물 발생자가 관리사업을 동시 수행하는 구조로 인해 사업의 객관성 및 투명성에 대한 우려의 소지가 있다는 지적이 제기되었다. 국제기준인 IAEA 권고사항도 방사성폐기물의 안전관리를 위해 방사성폐기물 발생자와 처분관리자를 분리시켜 상호 견제와 균형이 가능한 구조를 만드는 것을 권고하고 있고 감사원의 감사결과에서도 △방사성폐기물관리사업은 국가 직접수행 또는 발전사업자와 독립된 법인이 담당 △방사성폐기물처리재

원은 원전사업자·관리사업자와 별도기관이 기금형태로 관리 △고준 위방폐장 부지선정의 공정한 기준·절차를 법제화하도록 요구했다.

이와같이 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 한국방사성폐기물관리공단(이하 방폐물관리공단)이 설립되었다.



〈그림 3-15〉 한국방사성폐기물관리공단 설립

지식경제부 산하 준정부기관으로 설립된 방폐물관리공단은 정원 201명 규모로 본사에 경영지원본부, 사업본부, 운영본부 등 3개의 본부를 두고 경주에 중·저준위방사성폐기물관리시설인 월성원자력환경관

리센터와 대전에 기술개발을 담당하는 방사성폐기물기술개발센터를 두고 있다.

방폐물관리공단의 설립으로 국제기준에 부합하는 방사성폐기물 관리체계를 구축하게 되었으며, 독립된 전담기관을 둬으로써 방사성폐기물 관리의 안전성·전문성·투명성 등이 더욱 향상되어 녹색성장의 주요 에너지원인 원자력에 대한 부정적인 인식을 줄여나가는데 핵심적인 역할을 할 것으로 기대되고 있다.

2. 방폐물관리공단의 역할

방폐물관리공단은 방사성폐기물관리 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 기술지원 및 정보제공 △방폐물관리법 또는 다른 법령에 따라 정부로부터 위탁받은 사업을 수행한다.

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

공단은 사용후연료 관리방안 마련을 위해 추진되는 사용후연료 공론

화가 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 핵심기술의 개발과 처분시설의 주요설비 국산화 및 성능개선, 사용후연료 중간저장 및 처분관련 기술개발 등 방사성폐기물 관련 연구개발을 추진하고 있고 해외의 선진 방사성폐기물관리 전담기관과 기술교류를 확대를 통한 선진기술을 확보, 국제협력을 통한 국가위상제고 및 공단의 역할 제고를 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 정보공개와 방사성폐기물 관리 실태를 직접 눈으로 확인할 수 있도록 월성원자력환경관리센터에서 시설견학을 시행하며 다양한 현장체험 기회를 제공하고 있다.

3. 유치지역 지원사업

2006년 1월 2일 중·저준위방사성폐기물처분시설 건설사업 예정구역이 고시됨으로서 ‘중·저준위방사성폐기물처분시설의 유치지역지원

에 관한 특별법'에 따라 특별지원금 3,000억원 지급, 한수원(주) 본사 이전, 방사성폐기물반입수수료 지원 등 유치지역에 대한 지원사업이 본격적으로 착수되어 진행되고 있다.

이중 유치지역 특별지원금 3,000억원이 지난 2006년 5월에 경주시 명의로 개설된 기탁계정에 입금되었고 처분시설 건설 실시계획승인시 1,500억원, 사업운영개시시 1,500억을 지급한다는 조건에 따라 전원개발사업 실시계획이 승인된 2007년 7월 1,500억원을 기탁예정에서 인출하여 경주시에 지급하였다. 나머지 1,500억원은 처분시설 운영개시 예정인 올 하반기 중에 지급될 예정이다.

올 하반기 우선 운영시점부터 발생하게 되는 반입수수료의 일부중 75%는 경주시에, 나머지 25%는 방폐물관리공단에서 유치지역지원 사업에 사용하게 된다. 처분용량 80만 드럼을 기준으로 할 때 총 지원사업 규모는 5,100억원이 될 것으로 추정된다. 이중 75%(3,825억원)는 지방자치단체인 경주시에 시행하며 25%(1,275억원)는 방폐공단이 직접 지역지원사업을 시행하게 된다.

경주시는 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 유치지

역의 발전을 위하여 필요한 것으로 정하는 사업에 사용하게 된다.

〈표 3-23〉 방폐공단의 지역지원사업 대상

사업구분	세부사항
① 전기요금 보조사업	주택용 전력요금의 일정액을 보조하는 사업 (산정기준 및 배분기준은 사업의 규모 및 지원대상자의 수, 처분시설과의 거리, 소득규모, 전기사업량을 고려하여 지경부 장관이 고시)
② 홍보사업	- 처분시설의 건설·운용 및 지원사업에 관한 홍보 - 전통문화의 계승·발전 및 지역사회의 유대강화를 위한 사업
③ 육영사업	각급 학교 및 학생을 대상으로 장학금 지급, 시설 및 기자재 지원, 체육 활동 및 방과후 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

제5절 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설

1. 월성원자력환경관리센터 시범운영

방폐물관리공단은 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 건설에 박차를 가하고 있으며, 올 하반기에는 울진원전의 방사성폐기물 1,000드럼을 전용선박으로 해상운반한뒤 처분시설 내의 인수저장건물에 안전하게 저장 관리하는 시범운영을 통해 방사성폐기물의 운반, 저장 및 처분장 운영에 대한 안전성을 확인할 예정이다.

인수저장시설 시범 운영은 철저한 절차를 거치게 된다. 우선 울진원전 임시저장고에서 방사성폐기물 드럼을 선정해 발생지 예비검사를 거친 뒤 국제기준(IAEA 규정) 및 원자력법에 따라 특수설계, 제작된 전용 운반용기에 드럼 8개씩 담아 울진원전의 물양장으로 운반되어 처분시설이 있는 월성원전 물량장까지 방사성폐기물 전용 운송선박으로 운반된다.

월성원전 물량장에 도착한 방사성폐기물은 운반차량을 이용하여 월성원자력환경관리센터의 인수저장시설로 운반한 후 방사능 농도 등 인수조건 부합여부 검사를 거쳐 최종 처분하게 된다.

2. 해상운반의 안전성

국내 최초로 건조된 중·저준위방사성폐기물 운송선박(청정누리호)은 길이 78.6m, 너비 15.8m, 총톤수 2,600톤, 속도 12노트로서 1회에 약 1,000드럼의 방사성폐기물을 운반할 수 있고 우리나라 원자력발전소에 보관하고 있는 중·저준위방사성폐기물을 처분시설까지 안전하게 운반하는 임무를 수행하게 된다.

운송선박은 방사선 안전관리를 위해 국내법규 및 국제규칙을 바탕으로 하여 설계하였다. 국제해사기구(IMO) 등 국제기준과 국내 선박안전법 등에 따라 안전성과 기밀성이 유지 되도록 이중선체와 이중엔진, 선박자동식별장치 등 안전설비를 갖춰 선박 충돌 등 만약의 사고 발생시에도 방사성 물질이 누출될 우려는 거의 없다.

또한 방사선 안전관리를 위해 자동방사선감시장치가 설치되어 있으

며, 방사선안전관리 장비·장구 등을 구비하고 있고, 화물구역 등 주요 구역에 차폐체가 설치되어 있어 방사성 폐기물에 의한 승선인력의 피폭을 최저로 할 수 있게 설계되었다. 화물창에는 온도제어설비 및 이중의 기계식환기설비와 고정 살수 노즐장치가 설치되어 있어 화재 시에도 방사성폐기물이 고온에 노출되는 것을 막을 수 있다.

방사성폐기물 해상운송은 (주)한진과 제이케이이엔지사 공동으로 수행하게 되며 1년에 약 9차례 운항하게 되며 최적의 기상상황이 아니면 운항하지 않는 등 운항 조건을 엄격하게 수립하여 운영한다. 또한 해상 사고시 긴급 조치를 위해 체계적인 연락체계를 갖추고 응급상황에 대처하기 위하여 방사선 비상대응계획서, 방사선방호계획서를 만들어 운영한다.

선박의 승무원은 운송선박에서 요구하는 법적 자격보다 한 단계 높은 선장을 선임하고 운항인력도 법적 요구인원보다 많은 승무원과 방사선 안전관리 요원으로 운영하게 된다.

국제 규칙으로는 해상인명안전조약(SOLAS 협약), 해양오염방지협약(MARPOL 협약), 국제해상위험물규칙(IMDG Code), 국제해상안전수송등급(INF Code), 일본 방폐물선박 건조기준(KAISA NO.450) 등의 규정들을 만족하도록 설계하였다.

설계시 적용한 국내 법규로는 선급 강선규칙(한국선급), 선박안전법, 선박법, 중저준위 방사성폐기물 운송선박에 관한 기술기준(교과부 고시), 방사성물질 운반선박의 안전기준(국토해양부 고시) 등을 적용하였다.



운송선박 주요제원

• 국내 총톤수	: 2,600톤
• 총 재회중량	: 1,365 톤
• 전장	: 78.60m
• 폭	: 15.80m
• 깊이	: 7.30m
• 계획만재흘수	: 4m
• 항해 속력	: 12.0 노트
• 승선 인원	: 19명

〈그림3-16〉 방폐물 운송선박

3. 중·저준위 방사성폐기물 관리시설 운영개요

월성원자력환경관리센터는 3중의 보호방벽을 갖춘 데다 정부의 철저한 안전규제, 민간환경감시기구운영 등 다각적인 환경감시를 통해 방사선량이 엑스레이 1회 촬영시보다 낮은 연간 0.01밀리시버트(mSv)로 관리된다.

현재 고리, 영광, 울진원자력발전소에서 발생되어 임시 보관중인 방사성폐기물은 전용선박을 이용하여 월성원자력환경관리센터로 해상 운송된다. 처분시설 바로 옆에 위치한 월성원전의 방사성폐기물은 육상으로 운반한다. 방사성동위원소 폐기물은 발생자 또는 방폐물 운반대행업자가 처분장까지 운반하게 된다.

월성원자력환경관리센터에 도착한 방사성폐기물은 인수검사 시설에서 방사능측정기, 엑스레이 및 초음파 검사 등을 통해 방사능 농도, 유해물질 포함여부 등 정밀한 인수검사를 실시하게 된다.

인수검사가 끝난 방사성폐기물은 10cm 두께의 철근 콘크리트 처분용

기에 담겨 운반트럭을 통해 처분동굴로 이동되어 사일로에 차곡차곡 쌓여진다. 처분동굴이 다 차게 되면 빈 공간을 채움재로 채우고 지하수 이동을 막기 위해 운영동굴 및 건설동굴 입구를 콘크리트로 밀봉 폐쇄하여, 사람이나 동식물의 접근을 차단한다. 처분된 폐기물은 시간이 지나 방사능이 감소되어 자연 상태로 돌아가게 될 때까지 방폐장 주변에 설치된 환경감시기를 통해 방폐장 운영기간은 물론 폐쇄 이후에도 일정기간 관리하게 된다.

안전성을 더하기 위해 원전과 같은 내진설계기준을 적용하여 외부로의 방사능 누출을 원천적으로 봉쇄할 수 있도록 한다. 무엇보다 처분동굴은 지하 130m에 위치하기 때문에 설령 지진이 일어난다고 해도 방사능 누출로 인한 환경피해는 없다고 볼 수 있다.

제6절 사용후연료 공론화

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 중저준위 방폐장 부지선정 과정의 실수를 되풀이하지 않기 위해 사용후연료 관리정책 수립 단계부터 이해관계자와 전문가 등의 다양한 의견을 민주적으로 수렴하여 사회적 수용성을 확보하자는 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 TFT를 운영하여 사용후연료의 사회적 공론화에 대한 검토와 논의를 진행해왔다. 사용후연료 공론화 TFT는 약 10개월에 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 정리해 2008년 4월 정부에 공론화 권고보고서를 제출하였다.

공론화 권고보고서는 사용후연료 공론화의 원칙으로 전문성과 특수성 그리고 우리나라의 사회 문화 및 정치외교적 상황을 고려하여 민주성, 책임성, 도덕성, 진정성, 독립성, 숙의성, 회귀성, 투명성을 기준으로 추진되어야 한다고 권고했다.

이 같은 권고에 따라 정부로부터 독립적인 위치에서 객관적이고 중립적인 공론화를 추진하기 위한 공론화추진기구가 2009년 발족될 전망이다. 공론화추진기구는 다양한 이해관계자가 폭넓게 참여할 수 있도록 하여 현실적인 대안이 채택될 수 있도록 할 것이며, 정부에서는 그 결과를 토대로 방사성폐기물관리 기본계획을 마련하여 원자력위원회에 상정, 확정할 예정이다.

2. 사용후연료 중장기 관리방안

사용후연료란 원자력발전소에서 전기를 만든 후 원자로에서 꺼낸 연료를 말하며 96%정도는 재활용이 가능한 소중한 국가 에너지자원이기도 하다. 사용후연료는 재활용이 가능하기 때문에 재처리 하는 국가들도 있고 사용후연료 자체를 폐기물로 간주해서 땅속깊이 영구적으로 직접 처분하는 국가들도 있다.

직접처분은 사용후연료의 높은 열과 방사능을 장기적으로 안정시키기 위하여 30~50년간 냉각한 후 지하 약 300m~1,000m 깊이의 암반층에 처분하는 것으로 미국, 스웨덴, 핀란드, 캐나다 등에서 계획 중이다. 재처리는 사용후연료에 남아있는 플루토늄 등 유용한 물질을 분리, 추출하여 원자력발전소의 연료로 재활용하기위한 것으로 영국, 프랑스, 일본 등에서 채택하고 있다.

재처리와 직접처분 중 어떤 관리정책을 채택할 것인가는 그 나라의 에너지 정책, 경제성, 환경문제, 국민의 수용태세 등 자국의 제반 사항뿐만 아니라, 핵확산 문제와 관련된 정치·외교적 요소 등 국제적 상황까지 고려하여 의사결정을 해야 하는 등 매우 복잡한 양상을 지니고 있다.

우리나라는 국가정책방향, 국내·외 기술개발추이 등을 감안하여 사용후연료에 대한 종합방침을 결정할 예정이다.

3. 해외 사용후연료 공론화 현황

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 하고 도출된 대안은 반드시 정책에 반영되도록 한 것이 특징이다.

영국의 공론화는 약 5,000명 정도의 일반대중과 이해관계자들이 의사결정에 참여하였고 일반대중의 의견과 전문가들의 의견을 균형있게 통합하고자 노력했다는 점에서 시사하는 바가 크다. 영국은 1997년 셀라필드 지역을 방사성폐기물 처분장 부지로 선정하려던 것이 수포로 돌아간 뒤 방사성폐기물관리위원회(CoRWM) 주관하에 2003년 10월부터 2006년 5월까지 약 3년동안 3단계로 나누어 공론화를 추진했다. 1단계에는 위원회를 구성, 대안선택기준 마련 등의 사전준비를 하고, 2단계로 대중의 의견을 수렴하여 실현가능 대안을 선택하고 대안 평가방법을 설정하였으며, 3단계는 각 집단의 대표자들로 구성된 평가단에서 대안에 대한 평가를 실시하고 공론화 결과보고서를 작성하여 정부에 제출했다.

캐나다의 공론화 특징은 지역사회의 복지가 구체적으로 무엇을 의미하는가를 체계적으로 기술하여 관리시설의 파급효과를 이해하도록 한 점과 단계적 관리방안을 제안한 것 등이다. 캐나다는 공론화를 위한 방사성폐기물관리 전담기관(NWMO)을 설립하여 2002년 10월부터 2005년 9월까지 4단계로 추진했다. 1단계는 일반대중의 기대치를 확인하는 단계로서 250명의 대면토론을 통해 관심사항을 NWMO 프로세스에 반영했으며, 2단계는 캐나다인의 가치와 우선순위를 반영하는 평가

분석틀을 개발해 국민설문조사(1,900명 대상, '03.4)등을 실시했다. 3 단계는 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 문제를 장기적으로 풀 수 있는 기틀을 마련했다.

제4편 원전의 안전대책

>>> 제1장 원전의 안전대책

>>> 제2장 방사선 안전관리

>>> 제3장 환경관리

제1장 원전의 안전대책

한국수력원자력(주) 안전기술처 원자력안전팀장 이방진

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 위해로부터 보호한다.

나. 방사선방호 목표 : 작업종사자 및 대중보호

정상운전시 발전소 내에서의 방사선 피폭과 발전소 외부로 방사성물질의 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

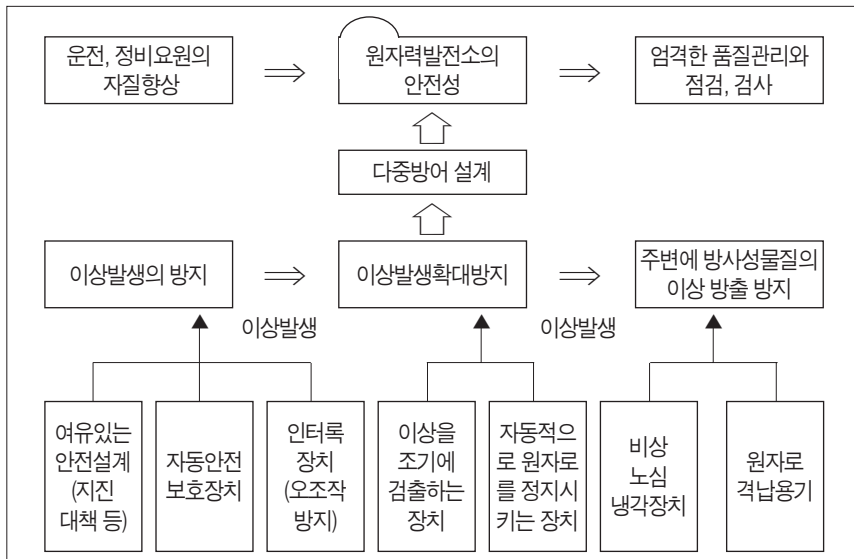
가. 심층방어

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 것을 말한다.

이상상태의 발생 방지수단으로서 모든 시설에 대하여 충분한 안전여유도를 갖도록 설계하고 있으며 안전에 중요한 설비는 고장에 대비하여 설비를 다중으로 갖추어 두고 있다. 따라서 확률적으로 이상상태의 발생가능성이 매우 낮지만 만일 기기의 고장이나 운전원의 실수가 겹쳐 이상상태가 발생하면 원자로보호설비가 이를 자동적으로 감지하여 원자로를 안전하게 정지시킴으로써 원전연료가 손상되는 등의 중대한 사고로 진전되는 것을 방지해 준다. 그럼에도 불구하고 만에 하나 중대한 사고가 발생하거나 발생할 가능성이 있는 경우 비상노심 냉각장치와 원자로건물 등 안전설비가 사고의 진전을 완화시키고 방사성물질이 주변 환경으로 누출되는 것을 방지하도록 설계되어 있다.



〈그림 4-1〉 심층방어 개념

나. 다중방호설비

심층방어개념의 핵심은 다중방호이다. 다중방호 개념은 방사성물질이 발전소 외부로 누출되는 것을 방지하기 위하여 여러 겹의 방호벽을 설치하는 것을 말한다. 국내에서 운영되고 있는 원전은 다음과 같이 다섯 겹의 방호벽으로 이루어져 있다.

(1) 제1방호벽(연료펠렛)

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

(2) 제2방호벽(연료피복관)

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

(3) 제3방호벽(원자로용기)

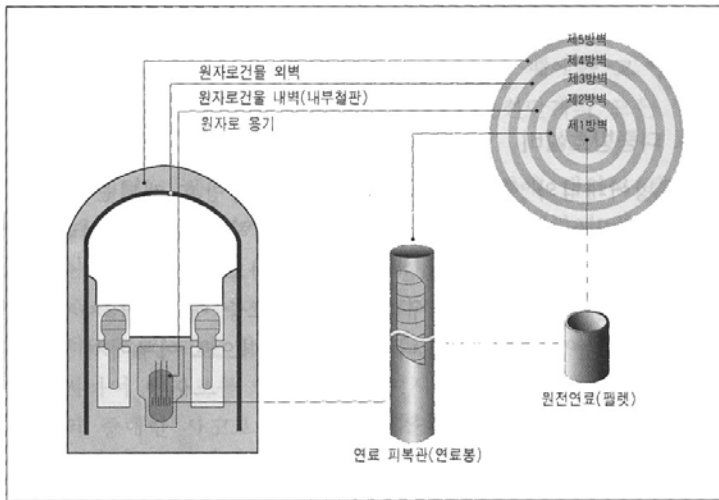
만약의 경우 연료 피복관에 결함이 생겨 방사성물질이 새어나와도 두꺼운 강철로 된 원자로용기와 배관에 의하여 방사성물질이 외부로 누출되지 못하도록 되어 있다.

(4) 제4방호벽(원자로건물 내벽)

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

(5) 제5방호벽(원자로건물 외벽)

최종적으로 120cm 두께의 강화된 철근콘크리트의 원자로건물 외벽이 있어서 방사성물질이 외부환경으로 누출되는 것을 방지한다.



〈그림 4-2〉 다중방호 설비

상기 다중방호벽 중 최종방호벽인 원자로건물의 중요성은 미국 TMI 원전 사고와 구소련 체르노빌원전 사고에서 입증되었다. 구소련 체르노빌원전의 경우 원자로건물이 설치되어 있지 않아서 방사성물질이 발전소 외부로 누출되어 일반인에게 피해를 끼친 반면, 원자로건물이 설치된 TMI원전의 경우 발생한 방사성물질이 대부분 원자로건물 내에 갇혀서 외부환경에 대한 피해가 없었기 때문이다.

3. 안전설비

가. 안전설비의 종류

(1) 사고예방설비

(가) 원자로보호계통

원자로의 이상을 감지하여 경보(Alarm)나 원자로 정지신호를 발생시키고 나아가서는 공학적 안전설비를 작동시키는 계통이다. 원자로보호계통은 잘못된 신호에 의해서 원자로가 정지되지 않고 실제신호에 의해서만 안전하게 정지될 수 있도록 다중논리회로(2 out of 3 또는 2 out of 4) 설계개념을 채택하고 있다.

(나) 원자로정지계통

원자로정지계통은 다른 원리의 독립된 2개의 정지계통을 보유하고 있다. 1개의 계통은 제어봉을 이용하고 다른 1개의 계통은 보완장치로서 봉산주입계통이 사용되고 있다.

(다) 비상노심냉각계통

비상노심냉각계통은 노심 내에 축적된 열과 붕괴열을 제거하기 위한 설비로서 다른 원리의 독립된 계통을 다중으로 설치하고 있다.

(2) 사고완화 설비

(가) 원자로건물

방사성물질이 수용되어 있는 원자로 및 1차 계통을 기밀성이 유지되는 강화된 철근 콘크리트 건물 내에 수용하여 만일의 사고시에도 방사

성물질의 외부누출을 방지하도록 설계되어 있다.

(나) 원자로건물 살수계통(Spray System)

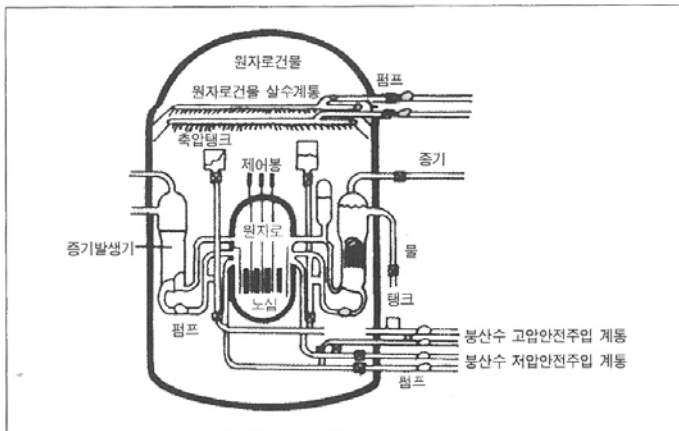
사고시 격납용기 내의 압력을 단시간 내에 저하시켜 외부로의 방사성 물질 누출을 감소시키고 요오드 등의 방사성물질을 격납용기 안에서 제거하기 위한 계통이다.

(다) 공기 재순환계통

원자로건물 내의 공기를 재순환시켜 필터를 이용하여 방사성물질을 제거하는 계통이다.

(라) 비상가스 처리계통

원자로건물 내부기체의 방사성물질을 필터를 통해 제거하여 깨끗한 기체만 배기계통으로 배출하는 계통이다.



〈그림 4-3〉 안전설비

나. 안전설비의 설계특성

(1) 다중성(Redundancy)

한 계열의 기능이 상실되었을 때 똑같은 기능을 발휘하는 다른 계열이 본래의 기능을 발휘할 수 있도록 같은 기능을 갖는 설비를 2계열 이상 중복해서 설치한다.

(2) 독립성(Independence)

2개 이상의 계통, 또는 기기(각각의 기능이 동일하거나 다른 경우 포함)의 기능이 한 가지 원인에 의해 상실 또는 저해되지 않도록 물리적 · 전기적으로 분리(독립)하여 설치한다.

(3) 다양성(Diversity)

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

(4) 견고성(Durability)

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 방

향으로 유도되도록 설계한다.

(7) 연동기능(Interlock)

설비 또는 기기의 오동작 등에 의한 손상 및 사고를 방지하기 위하여 정해진 조건이 만족되지 않으면 기기가 동작되지 못하도록 한다.

제2절 안전관리 체계

1. 안전관리 조직체계

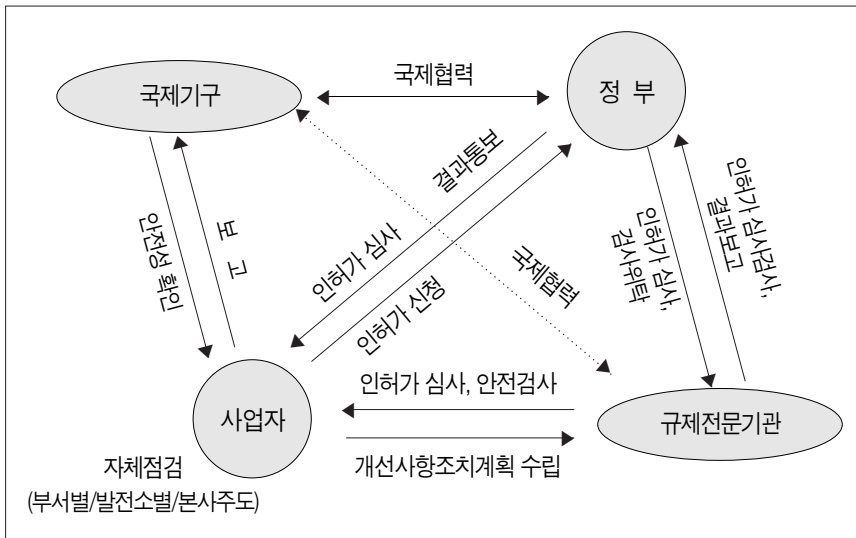
원자력발전소가 아무리 심층방어개념과 안전설계기준을 적용하여 안전하게 건설되었다 하더라도 정해진 규정과 절차에 따라서 엄격하게 운영·관리되지 않는다면 그 안전성은 결코 확보될 수 없을 것이다. 원전의 잠재적인 위험은 원자로를 운전함으로써 비로소 생기는 것이므로 원전의 안전관리는 안전설계에 못지않은 중요성을 갖는다.

이와 같은 안전관리의 중요성에 따라 우리나라의 원자력안전관리는 사업자와 정부 그리고 규제전문기관이 기능별, 단계별로 역할을 분담하여 안전성을 종합적으로 확인하는 삼각체제에 의해서 이루어지고 있다.

원전의 안전에 대한 궁극적인 책임을 갖고 있는 사업자는 원전 현장에서 실무적인 안전관리 활동을 수행한다. 정부는 관계법령을 통하여 원전운영에 따른 제반 안전요건과 지침을 제시하고 설계, 제작, 시공, 운전 등의 과정에서 각종 인허가 심사 및 검사를 통해 시설의 종합적인 안전성을 확인하고 있다. 이러한 정부의 안전관리 활동 중 기술적으로 전문지식이 요구되는 부분은 안전규제전문 기관인 한국원자력안전기술

원에 위탁되어 수행되고 있다.

이러한 국가 차원의 안전관리 활동과 더불어 최근에는 국제원자력기구 등을 중심으로 원전의 안전성을 국제적으로 감시하는 움직임이 활발히 전개되고 있다. 1994년 9월 제38차 국제원자력기구 연차총회에서 체결된 원자력안전협약도 이러한 공동감시체제의 한 범주에 속한다고 할 수 있으며, 1999년 4월 12일부터 2주간에 걸쳐서 체약국 원전의 안전성을 체계적으로 검토하기 위한 최초 체약국 검토회의가 IAEA에서 개최된 바 있다. 제2차와 3차 회의가 각각 2002년과 2005년에 IAEA에서 개최되었으며, 4차 국가보고서 작성 및 타 체약국 보고서 검토를 거쳐 2008년도에 제4차 회의가 IAEA에서 개최되었다.



〈그림 4-4〉 안전관리체계

가. 안전점검 및 자체점검

사업자는 원전의 안전성을 증진시키기 위하여 품질보증감사, 외부기관에 의한 안전점검 및 국제기구 주도에 의한 안전점검과 기술교류를 수행하고 있으며, 세계최고수준의 원전과 차이분석에 의한 자체진단을 실시하고 있다.

품질보증부서는 원전건설 및 운영을 직접 담당하지 않는 독립적인 위치에서 정기적으로 감사기준에 따라 감사를 실시하고 있다.

외부기관에 의한 점검으로는 지식경제부 및 교육과학기술부에서 원자력안전관리상 필요하다고 인정할 때 시행하는 특별안전점검이 있으며, 국제원자력기구(IAEA), 세계원전사업자협회(WANO) 및 미국원자력발전협회(INPO) 등 해외 전문기관에 의한 안전점검 등이 있다.

세계원전사업자협회(WANO) 외부점검(Out Side Review) 일환으로 모든 원전에 대해 안전성 및 신뢰성 확인을 위해 원전안전점검단(KOSART : KHNP Operational Safety Review Team)에 의한 안전점검을 주기적으로 수행하고 있다.

점검결과 도출된 우수사례 및 개선가능분야는 운영개선프로그램(CAP)에 등록하여 문제점의 근본원인을 분석·제거함으로써 반복적 지적사항이 발생되지 않도록 철저히 관리하고 있다.

특히, 원전가동 30년을 맞이하여 원전의 안전성을 총체적으로 점검함으로써 안전수준을 확인하고자 국내·외 전문가를 초빙하여 2008년 5월 13일부터 7월 4일까지 약 2개월간 가동원전 20기 전체에 대해 종합안전점검을 수행하였다.

점검결과에 따르면, 국내에서 가동 중인 원전 20기 모두 충분한 안전성과 신뢰성을 확보하고 있으며 안전에는 아무런 이상이 없는 것으로 조사됐다.

또한, 원전에서 각종 기기와 설비들의 정비 및 방사선관리에 참여하는 협력회사의 안전수준을 확인하고 운영 및 정비품질 향상방안을 도출하기 위해 2008년 10월 27일부터 11월 14일까지 약 1개월간 협력회사 안전점검을 수행하였다.

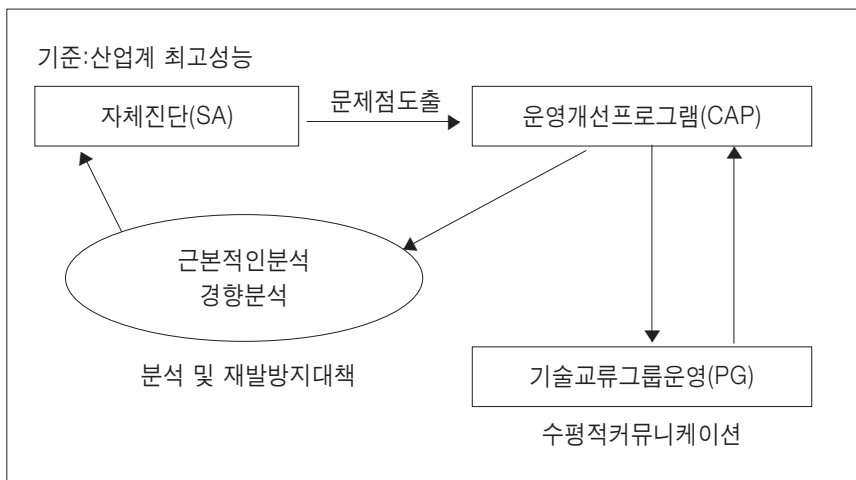
이번 점검은 협력회사 종사자들에게 원전 안전성 향상에 적극 참여하고 있다는 주인의식과 자긍심을 제고시켰고, 점검 및 수검 공동참여로 한수원과 협력회사의 파트너십을 더욱 강화하였다.



〈그림 4-5〉 가동원전 종합 안전점검

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 확대 적용하고 있다. 또한 운영개선프로그

램(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 운영 관행 및 절차를 표준화하고 시스템 및 업무수행자의 능력을 상향평준화시키는 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 2008년 한 해 동안 전 원전에서 총 306회가 개최되어 총 2,568건을 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. 2008년도에는 총 9회의 원자력발전안전위원회가 개최되어 총 48건의 안전을 심의하였다.

다. 안전문화 증진

(1) 원자력 안전문화 증진 활동

안전문화를 창달하기 위하여 각 원전에서는 종사자의 안전의식을 제고하기 위한 제반 활동을 강화하고 안전관련 관행의 개선, 안전문화 관련 교육훈련의 강화, 우수 안전문화의 전파 및 확산 등에 많은 노력을 경주하였다.

2004년 7월부터 2005년 8월까지 수행된 안전문화 증진방안 연구를 통하여 객관적인 안전문화 평가지표를 개발하여 지속적으로 원전종사자의 안전의식을 평가하고 결과를 운영관리 및 교육훈련에 반영하고 있다. 이를 바탕으로 2006년도에 발전소 근무자들을 대상으로 안전문화 평가를 최초로 실시하였고, 그 결과를 토대로 실질적이고 구체적인 안

전문화 이행방안을 수립하였다. 2년의 평가주기에 따라 2006년도에 이어 2008년도에 가동원전 근무자를 대상으로 원자력 안전문화 평가를 수행한 결과 2006년도에 비해 안전문화지표가 상승한 것을 확인하였다.

또한, 원전 근무자에게 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 원자력안전의날 행사가 교육과학기술부 주관으로 2008년 9월 10일 개최되었다. 한수원(주)은 이 행사와 연계하여 전 원전본부 및 특수사업소에서 기념식, 안전유공자 포상, 안전문화 특강, 언론홍보, 설비 안전점검, 안전현안 간담회, 인적행위 개선사례 발표 등 다양한 행사를 시행하였다.



〈그림 4-7〉 제14회 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 안전조회시 협력회사 직원을 포함한 전 직원에게 교육될 뿐만 아니라 사내 홈페이지에 게시되고, 본사 전 직원에게는 전자우편으로 전달됨으로써 전 직원의 안전문화 의식제고에 크게 기여하고 있다. 또한, 2008년부터는 설비안전점검을 더욱 내실화하기 위해 본사에서 선정한 설비뿐만 아니라 발전소별로 선정한 설비와 타발전소 고장·정지시 관련 설비를 선정하여 점검하도록 하였다.

〈표 4-1〉 한수원(주) 원자력 안전점검의 날 행사 실적

추진항목 '08년 실적	설비 점검	기술 교류	안전 조회	원전 안전 운영 특강	안전표어 및 현수막	합계
4개 원전본부	120	91	120	29	120	480

2. 법령체계

가. 원자력법

원자력법은 원자로 및 핵물질취급시설의 인허가, 방사성물질 등의 안전관리, 핵물질의 계량관리 및 물리적방호, 방사선장해 방어에 관한 기본적인 사항과 벌칙 등을 규정하고 있으며, 정부의 안전관리활동의 법적 근거가 되고 있다.

원자력법은 법과 그 부속법령인 시행령 및 시행규칙으로 되어 있으며 법은 전문 122조와 부칙, 시행령은 전문 337조와 부칙, 규칙은 전문 137조로 구성된 원자력법시행규칙과 전문 101조로 구성된 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 전문 122조로 구성된 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 등 세 가지의 규칙으로 구성되어 있다.

또한, 비상노심냉각계통의 성능에 관한 기준이나 원자로시설의 각종 시험에 관련된 세부기술기준 등 원자력법령에서 위임한 사항을 교육과학기술부장관이 정한 각종 고시가 있다.

나. 전기사업법

전기사업법은 전기설비의 설치, 전기설비 공사계획 등에 관한 인허가

등 기본적인 사항과 벌칙을 규정하고 있다.

원전시설도 전기를 생산하는 시설로서 전기사업법의 적용을 받는다. 전기사업법은 법과 그 부속법령인 시행령 및 시행규칙으로 되어 있으며 법은 전문 108조와 부칙, 시행령은 전문 63조와 부칙, 그리고 시행규칙은 전문 52조와 부칙으로 구성되어 있다.

다. 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법

핵물질 및 원자력시설의 방호체제와 방사능재난관리체제를 강화하기 위하여 ‘원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법’(이하 ‘방재법’)이 2003년 5월에 제정되었다. 동 법은 원자력법에 규정되어 있던 원자력방호 및 방사능방재와 관련된 조항들을 옮겨 규정하는 한편, 물리적방호 및 방사능재난대책을 강화하기 위한 다양한 규정 등을 포함하고 있다. 방재법은 법과 그 부속법령인 시행령 및 시행규칙으로 되어 있으며 법은 전문 52조와 부칙, 시행령은 전문 42조와 부칙, 그리고 시행규칙은 전문 25조와 부칙으로 구성되어 있다.

제3절 원전의 안전대책

1. 건설 중 안전대책

가. 인허가 심사

원전을 건설하고 운영하기 위하여 사업자는 원자력법 및 전기사업법에서 요구하고 있는 분석 및 평가보고서, 지침서 및 계획서 등을 작성하

여 그 안전성이 검토될 수 있도록 단계별로 신청하여 정부의 승인을 득 하여야 한다. 원전을 건설하기 위해서는 방사선환경영향평가보고서, 예비안전성분석보고서 및 건설에 관한 품질보증계획서 등을 제출하여 원자력안전위원회의 심의를 거쳐 교육과학기술부장관의 건설허가를 받게 된다.

또한 원전을 운영하기 위해서는 운영허가를 받아야 하는데 이때에는 최종안전성분석보고서, 운영기술지침서, 운전에 관한 품질보증계획서 및 방사선환경영향평가보고서 등을 제출하도록 하여 원전 가동에 따른 안전성을 확인하도록 하고 있다.

나. 사용전검사

사용전검사는 정부에 의한 가동 전 원전의 안전검사를 말하는 것으로 시공된 시설의 내용이 당초 허가된 내용에 부합하는지를 확인하는 시설검사와 기기, 계통, 시설의 안전성능을 확인하는 성능검사로 구분된다.

시설검사는 구조, 계통 또는 기기가 가동전시험을 위해 시운전부서로 이관되기 전에 건설사업소장 책임 하에 제작, 시공, 설치 등의 타당성을 입증하고 운전준비 태세의 완료여부를 확인하기 위하여 실시하는 제반 시험을 확인하는 절차이다.

성능검사는 원전의 공사가 완료된 후부터 원전연료 장전이 가능한 상태로 될 때까지의 기간 중 원자로시설의 기능 및 성능을 확인해야 할 설비들에 대한 시험과 원전연료 장전부터 상업운전까지 원자로의 운전성능 및 기능을 확인하는 검사이다.

다. 품질보증 활동

사업자는 원자력발전소의 구조물이나 계통 또는 기기 등이 이용과정에서 제 기능을 만족스럽게 발휘할 것이라 확신을 줄 수 있도록 계획을 세우고, 정해진 절차에 따라 업무를 수행하며, 또한 이들 업무가 만족스럽게 수행되는지를 확인·평가하고 시정, 조치하는 품질보증 활동을 수행하고 있다. 이러한 품질보증 활동은 발전소의 건설기간 뿐만 아니라 발전소 수명기간 내내 수행되며 시공 또는 운영조직과 분리된 조직에서 수행함으로써 활동의 독립성을 유지하고 있다.

2. 가동 중 안전대책

가. 안전심사 및 안전검사

정부는 가동 중인 원전이 설계수명 기간동안 안전하게 가동될 수 있도록 지속적이고 체계적인 확인·감독활동을 수행한다. 이러한 활동은 크게 안전심사와 안전검사로 구분된다.

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

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

정기검사는 발전소 별로 약 18개월 이내에 1회씩 발전소의 연료 재장

전 기간 중에 수행되며, 이를 통해 검사대상시설의 성능이 원자력관계 법령에서 규정하고 있는 기술기준에 적합한 성능을 유지하고 있는 것이 확인되어야 다음 주기 운전을 계속할 수 있다.

수시검사는 원전에 특별한 문제점이 발생하거나 기타 국내·외 원전에서 발생한 유사사건들을 참고로 하여 특별히 검사를 수행할 필요가 있다고 판단되는 경우 교육과학기술부의 주관 하에 수행된다.

일상검사는 각 원전부지에 파견되어 있는 교육과학기술부 및 한국원자력안전기술원의 검사관들이 발전소의 안전운전을 감시하는 활동으로 원자로정지 또는 중요한 안전계통에 문제가 발생할 경우 이를 조사한 후 교육과학기술부 본청에 보고하여 필요한 조치가 취해질 수 있도록 한다.

이 외에도 원자로시설의 용기, 배관, 주요 펌프 및 밸브와 구조물에 대하여 시간의 경과에 따른 열화의 정도를 감시·평가하기 위하여 관련법령에 근거하여 실시하는 가동중검사가 있으며, 가동중검사의 적절성을 확인하기 위한 공인검사가 있다.

나. 정기점검

정부에 의한 안전심사 및 검사와는 별도로 사업자는 원전의 안전성을 확인하기 위하여 정기점검을 실시하고 있다.

정기점검은 각종 안전관련 기기나 계통이 설계시 고려하였던 성능을 충분히 발휘하고 있는지 또한 모든 운전조건이 안전성에 적합한지를 발전소 계통 및 설비의 중요도에 따라 정해진 주기에 의해 지속적으로 확

인하는 것이다. 정기점검은 원자력법에 의거 승인을 받도록 되어 있는 운영기술지침서에 기술되어 있다.

정기점검 결과 불만족사항이 발생하면 운영기술지침서에서 정해진 요건에 따라 즉시 조치하여야 한다. 이들 조치 중에는 일정 기간 내 불만족사항을 해소시키거나 이것이 불가능한 경우 다음 일정 기간 내에 발전소를 정지시켜 정상으로 회복시킨 후 재가동하는 내용도 포함되어 있다.

다. 자격관리

원자력발전소는 현대 과학기술이 집적된 방대한 규모의 산업시설로서, 이를 안전하게 운영하기 위해서 사업자는 종사자의 자질향상을 위한 교육훈련에 많은 노력을 기울이고 있으며 소정의 자격을 갖춘 자로 하여금 업무를 수행케 하고 있다.

특히 원자로의 안전한 운전을 위하여 정상운전은 물론 비상운전능력을 갖춘 원자로조종사(감독)면허 소지자로 하여금 운전업무에 종사케 하고 있으며, 방사선동위원소취급(감독)자면허 소지자로 하여금 방사선 안전관리업무를 담당케 하여 방사성물질에 의한 오염을 방지하고 방사선에 의한 장애를 최소화하고 있다. 또한 핵연료물질은 핵연료물질취급(감독)자 면허소지자가 안전관리를 담당케 하고 있다.

라. 주기적안전성평가(PSR, Periodic Safety Review) 수행

주기적안전성평가는 가동원전에 대한 안전성 확인 및 향상을 위하여 기존의 정기검사 등의 안전성 확인 방법에 추가하여 실시하는 포괄적이

고 체계적인 안전성평가기법으로, IAEA의 권고에 따라 상업용 원전을 보유하고 있는 많은 국가들이 기존의 안전성 보장 노력과 더불어 실시하고 있다.

우리나라는 가동원전에 대한 주기적안전성평가를 위해 1999년 12월 21일 제11차 원자력안전위원회에서 기본방향, 추진방법, 대상호기 선정 및 법제화 방안 등을 포함한 추진방안을 의결하였으며, 2001년 1월 원자력법 개정 후, 동년 7월에 시행령, 시행규칙을 개정하는 등 주기적 안전성평가 제도의 법제화를 완료하였다. 또한 2005년 9월 계속운전 주기적안전성평가 제도를 위해 원자력관련법령을 개정하였다.

관련법령에 따르면, 발전용원자로 운영자는 해당 원자로시설의 운영 허가일부터 매 10년마다 안전성을 종합적으로 평가하고, 그 평가보고서를 교육과학기술부장관에게 제출하도록 되어 있으며, 제도마련 당시 운영허가 이후 10년 이상 경과한 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 시범호기인 고리 1호기에 대한 평가를 착수하여, 2006년 12월 28일 울진 1·2호기에 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.

2008년말 기준으로 운영허가 이후 10년이 경과한 고리 1·2·3·4, 영광 1·2·3·4, 월성 1·2, 울진 1·2호기에 대한 평가를 완료하였다. 한편 2007년도에 착수한 월성 3·4 및 울진 3·4호기에 대한 평가를 진행 중이며, 영광 5·6 및 울진 5·6호기는 2011년과 2012년에 각각 착수할 예정이다.

한수원(주)의 평가결과는 규제기관에서 심사하여 심사결과와 함께 원자력안전위원회의 심의를 받고 있으며, 현재까지의 심의결과에 따르면 국내 가동원전은 관련규정에 적합하게 운영되고 있어 안전성에 문제가 없음이 확인되었다. 또한, 한수원(주)은 원전의 안전성을 보다 더 향상시키기 위하여 평가 및 심사결과에 따라 도출된 안전성증진사항을 이행하고 있다. 각 원전별로 이행되는 안전성증진사항에는 확률론적안전성평가(PSA) 결과에 따른 안전성향상방안도 포함되어 있어, 이행 완료 시에는 원전의 안전성이 종합적으로 증진될 것으로 기대되고 있다.

마. 확률론적안전성평가(PSA, Probabilistic Safety Analysis) 수행

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 고

리 3·4호기 및 영광 1·2호기의 안전성을 재확인하기 위해 1989년도에 최초로 수행하였다.

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 왔다.

우리나라는 2007년 12월 국내 전 원자력발전소에 대해 확률론적안전성평가를 수행 완료하였고, 평가결과는 국제기준을 모두 충족하고 있는 것으로 나타났으며, 신규 원자력발전소의 경우 선행 원자력발전소에 비해 안전성이 크게 향상된 것으로 평가되고 있다. 이는 선행 원자력발전소의 확률론적안전성평가를 통해 도출된 안전성 향상방안들을 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 충돌시 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 1,000km 정도 떨어진 유라시아판 내부에 위치하고 있어 대규모 지진이 발생할 가능성이 매우 낮은 안전지대로 분류되고 있다. 피해를 유발할 수 있는 규모 5이상의 지진이 일본에서는 연간 50회 이상 발생하는데 비해 우리나라에서는 20년에 1회 정도 발생하고 있다.

지진의 발생장소, 시기 등을 정확하게 예측하여 예방 또는 대비한다

는 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 내진설계

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

〈표4-2〉 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	0.183	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 이후	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, 시공단계별로 엄격한 품질관리를 시행할 뿐 아니라, 정부 규제기관에서도 철저한 검사를 시행하고 있어 성능과 안정성을 신뢰할 수 있다. 특히 가장 중요한 원자로 격납건물은 단단한 암반위에 건설하고 있어 강진에도 잘 견딜 수 있다.

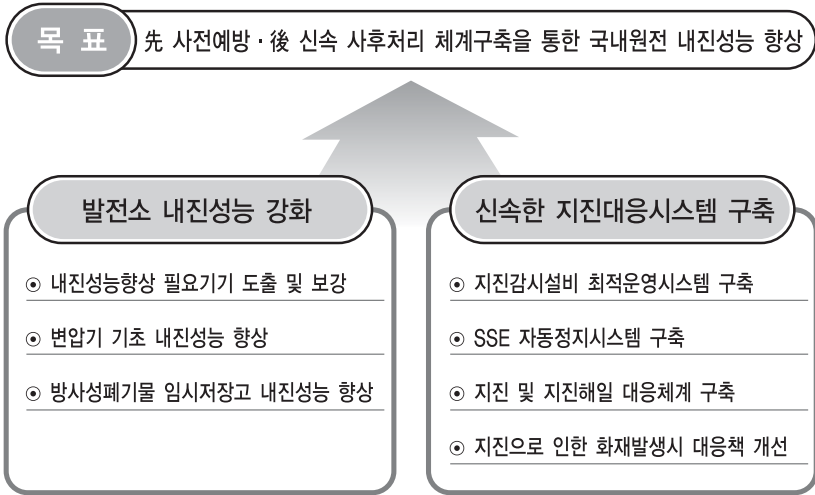
지진이 발생하였을 때 단단한 암반위에 지은 원자력발전소는 토사지반에 건설된 건물보다 진동의 영향을 1/2~1/3 정도 적게 받아 훨씬 안전하다. 그리고 모든 주요기기는 다섯 차례의 운전기준지진과 한 차례의 설계기준지진을 겪어도 정상 작동함을 시험으로 확인한 후 설치되고

있다.

원자력발전소의 내진안전성을 입증하는 사례로서 1989년 10월에 발생한 샌프란시스코 지진은 규모 7.1로서 최대지반가속도가 0.64g에 달하였지만 인근 다이블로 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	▷ 고베지진 ('95.1.17), M=7.2
8	8.3	XI	1.4414	▷ 당산지진 ('76.7.28), M=8
9	9.0	XII	3.2268	▷ 인도네시아 지진 ('04.12.26), M=9.0

주1) MMI : Modified Mercalli Intensity

3. 원전 주변지역 디지털 지진 관측망 구축 현황

가. 설치배경

- (1) 1997년 6월 25일 경주 지진 발생 당시 국내 지진관측설비들이 노후하여 진앙지를 3번이나 번복하는 등 문제발생
- (2) 원전주변지역의 지진감시능력을 강화하고자 전국 4개 원전 부지 주변에 총 8개소의 디지털 지진관측소 설치 운영('99. 5)
- (3) 원전 주변에서 발생하는 지진관측의 신뢰성을 높이고 좀 더 정확한 양질의 자료를 수집하기 위하여 5개의 지진관측소 추가 설치 운영

나. 지진 감시 설비 개요

- (1) 지진 관측소 위치 : 총 13개소
 - (가) 고리원전 : 4개소
 - (나) 월성원전 : 4개소
 - (다) 영광원전 : 2개소
 - (라) 울진원전 : 2개소
 - (마) 삼랑진양수발전소 : 1개소
- * 지진감시센타 : 대전 전력연구원내 위치

(2) 관측소별 구성 설비 개요

(가) 가속도계 (Kinematics사, 미) : 각 1대

(나) 속 도 계 (Markland사, 일) : 각 1대

(다) 기 록 계 (Quanterra사, 미) : 각 1대

(3) 운영방법

(가) 전력연구원 보유 고속 LAN망을 통해 지진 감시 센터 실시간 전송

(나) 한국지질자원연구원, 기상청 등과 실시간 자료 공유

(다) 운영개시일 : 1999. 5.27

다. 전력연구원 운영 지진관측망(장비) 현황

〈표 4-6〉 지진 감시설비 현황

지역	관측 소명	장 비 명	수량	관 측 개시일	설치 위치
고리	KRA	JC-V100(속도계) Episensor(가속도계) Q4210(기록계)	1 1 1	'99. 5	울산광역시 울주군 서생면 신암리
	KRB	"	"	'99. 5	부산광역시 기장군 기장읍 서부리
	KRC	"	"	'03. 2	울산광역시 울주군 범서면 서사리
	KRD	"	"	'03. 2	울산광역시 울주군 삼남면 교동리
월성	WSA	"	"	'99. 5	경북 경주시 양남면 나아리
	WSB	"	"	'99. 5	경북 경주시 양남면 상계리
	WSC	"	"	'99. 5	경북 경주시 동천동
	WSD	"	"	'03. 2	경북 포항시 남구 오천읍 진전리
울진	UJA	"	"	'99. 5	경북 울진군 부구리
	UJB	"	"	'03.12	경북 울진군 서면 하원리
영광	YGA	"	"	'99. 5	전남 영광군 홍농읍 계마리
	YGB	"	"	'99. 5	전남 영광군 백수읍 천마리
삼랑진	SRJ	"	"	'03. 1	경남 밀양시 삼랑진읍 안태리

제2장 방사선 안전관리

한국수력원자력(주) 안전기술처 방사선안전팀장 문병위

제1절 종사자 안전관리

1. 기본 원칙

원전 방사선안전관리의 목표는 방사선으로부터 종사자를 보호하고 방사성 물질의 외부 환경으로의 유출을 최소화하여 원전주변 주민 및 환경에 미치는 영향을 최소화하는 것이다. 원자력발전소는 설계 및 건설 단계에서부터 방사선안전을 고려하고 있으며, 원자력발전소 운전 중에도 작업자의 방사선량을 ‘합리적으로 가능한 한 낮게(ALARA, As Low As Reasonably Achievable)’ 유지하도록 노력하고 있다. 이러한 목표 달성을 위하여 우리나라는 국제방사선방호위원회(ICRP)의 선량 제한 권고 등을 반영하여 우리나라 실정에 적합한 방사선안전관리기준을 마련하고 이를 원자력 관계법령 등에 규정하고 있다.

국제방사선방호위원회가 권고한 방사선방호의 목적은 확률적 영향의 최소화와 결정적 영향의 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’를 발행하면서 방사선작업종사자의 선량한도를 연간 50 mSv(밀리시버트)에서 연간 50mSv를 넘지 않는 범위 내에서 5년간 100mSv로 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 20mSv를 초과하지 않도록 관리하고 있다.

나. 건강진단

방사선작업종사자는 방사선관리구역에 최초 출입하기 전 및 매 1년

마다 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
- 방사선장해 방어
- 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 개선하고 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

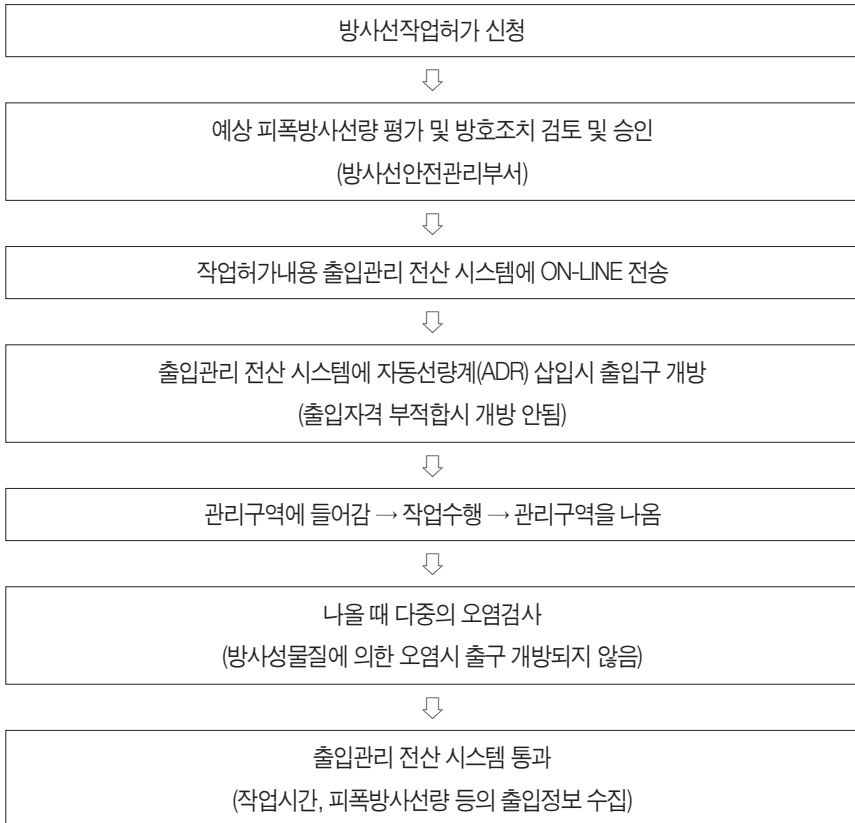
방사선작업종사자의 방사선 안전을 보장하기 위하여 방사선작업허가, 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업관리, 방사선비상계획 등의 안전관리 절차가 명확히 명문화되고 승인 과정을 거쳐 시행되고 있으며, 규제기관은 이의 시행여부를 감시·감독하고 있다.

(1) 출입관리

원자력발전소 방사선관리구역 출입구에는 방사선안전관리의 신뢰성과 투명성 확보를 위해 자동출입 통제설비를 설치·운영함으로써 허가 받지 않은 작업자의 출입을 엄격히 통제하고 있음은 물론, 방사선관리구역 출입자 및 작업내용을 즉시 확인할 수 있고 방사선작업종사자들에게 방사선안전관리 정보를 제공할 수 있도록 방사선안전관리 업무 전반에 대한 종합 전산시스템을 구축·운영하고 있다.

방사선관리구역 출입자는 방사성물질에 의한 오염방지를 위하여 자신의 의복을 벗고 관리구역작업복, 모자, 장갑, 양말 등 관리구역 작업용품과 자동선량계(ADR) 및 열형광선량계(TLD) 등의 개인 방사선량 측정기를 착용하고 출입하게 된다. 자동선량계는 방사선관리구역 출입시 본인이 받은 방사선량을 직접 확인할 수 있으며, 작업지역 주변의 방사선량률이 급격하게 증가하거나, 미리 설정된 방사선량을 초과하여 피폭 받게 되는 경우 즉시 경보음을 발생하여 작업자에게 알려준다. 열형광선량계는 1개월 또는 일정기간에 받은 방사선량을 측정하는데 이용되며, 공식적인 피폭기록 관리에 사용된다.

〈표 4-7〉 방사선관리구역 출입절차



〈그림 4-8〉 방사선관리구역 출입구 모습

(2) 방사성 오염관리

방사선관리구역을 나올 때에는 착용했던 관리구역 작업용품을 벗고 방사선관리구역 출구에 비치되어 있는 오염검사기를 이용하여 작업자가 직접 오염검사를 실시하며 출구에 설치되어 있는 자동 전신오염검사기에서 다시 오염여부를 확인하게 된다. 자동 전신오염검사기에서는 오염이 검출되면 출구가 개방되지 않으며, 경보가 발생하면서 오염부위를 지시하게 된다. 오염이 검출된 작업자는 방사선안전관리원의 도움을 받아 오염을 완전히 제거하고 다시 전신오염검사기를 통과하여 방사선관리구역 밖으로 나가게 된다.

특히, 얼굴오염이나 코 내부오염이 검출된 작업자는 체내오염검사(WBC, Whole Body Counting)를 실시하여 방사성물질이 체내에 흡입되었는지를 확인하고 체내 흡입이 확인되면 흡입된 방사성물질로부터 인체가 받게 되는 방사선량을 평가하여 관리한다.

(3) 물품의 반출 · 입 관리

방사선관리구역 물품 반출 · 입은 일반적으로 방사선관리구역 출입 통제소에서 관리하고 있다. 그러나 출입통제소에서 관리할 수 없는 원전연료 또는 대형기기 등의 반출 · 입시에는 원자로건물, 원자로보조건물 등의 기기 반입구에 임시 출입통제소를 설치하여 반출 · 입을 관리하며, 방사선관리구역으로부터 물품을 반출할 때에는 물품의 오염검사를 실시하여 표면오염도가 법적으로 정한 제한값 이하의 물품에 대해서만 반출을 승인한다.

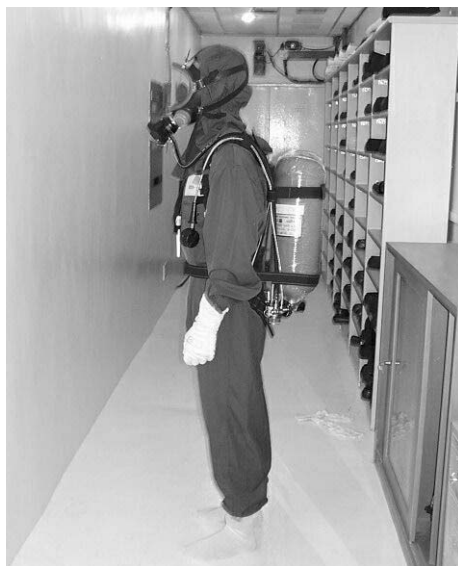
(4) 방사선작업관리

방사선관리구역에서의 작업은 다음과 같은 절차와 방법으로 실시하고 있다.

- (가) 사전에 개인의 집적방사선량, 작업장의 방사선량을 및 작업환경 등을 고려하여 필요에 따라 차폐체 설치, 구역제염 등 종사자의 방사선량을 저감할 수 있도록 작업계획을 수립하고, 작업절차, 방법 등에 대해서는 작업자에게 충분히 교육한 후 작업에 착수하도록 하고 있다.
- (나) 방사성물질의 체내 흡입을 방지하기 위해 마스크 등 작업환경에 따라 필요한 방호장구류를 착용하며, 개인 방사선량 측정을 위한 개인선량계 착용, 작업시간 제한 등 필요한 조건을 정하여 작업을 허가하고 있다.
- (다) 방사선작업은 작업 전에 방사선안전관리 전산시스템을 이용하여 작업장의 방사선량을, 방사성오염도 등을 평가하며 작업내용과 과거 경험 등을 반영하여 작업허가를 하는 등 효율적인 방사선안전관리를 수행하고 있다.
- (라) 작업환경이 열악한 증기발생기 내부 작업 등 고방사선구역 작업 시에는 작업 전에 충분한 모의훈련을 실시하여 작업의 숙련도를 높이고 작업시간을 단축하여 방사선 피폭을 최소화하고 있다. 또한 작업 전·후에 ALARA 회의를 개최하여 작업내용을 분석·평가하며, 여기서 얻은 경험을 동일 또는 유사 작업시 활용하는 등 작업자의 방사선량 최소화와 작업능률 향상을 위한 노

력을 기울이고 있다.

다. 방사선 방호장구



〈그림 4-9〉 휴대형 공기공급
호흡방호장비 착용모습

공학적 안전시설과 운영절차가 갖추어져 있어도 작업현장 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 4-8〉 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 20mSv를 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 지역에서 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 방사선량을 측정 장비를 활용하여 다중으로 방사선량을 측정, 관리함으로써 선량평가의 신뢰도를 높이고 있다.

방사선작업종사자가 방사성물질을 체내로 섭취하여 받은 내부피폭 선량 평가는 전신 체내오염검사기(WBC)를 사용하여 측정·평가한다. 평가는 최초 작업종사자로 지정할 때와 그 이후 매 1년마다 정기적으로

실시한다.

5. 2008년도 방사선안전관리 실적

2008년 총 20기의 원전 운영에 따른 방사선작업종사자 10,840명의 총 방사선량은 10.14맨 · 시버트(man · Sv) 이었으며, 호기 당 평균 방사선량은 0.51맨 · 시버트로 1978년 고리 1호기 가동이후 가장 낮은 수치를 나타냈다.

총 방사선량은 당해연도에 수행된 계획예방정비 횟수 및 작업물량에 따라 크게 좌우되는데, 2008년도의 경우 총 15개 호기에서 연 461일간의 계획예방정비작업이 수행됨으로써 총 18개 호기, 연 762일간의 2007년도 실적(총 방사선량 12.81맨 · 시버트)보다 크게 감소하였다.

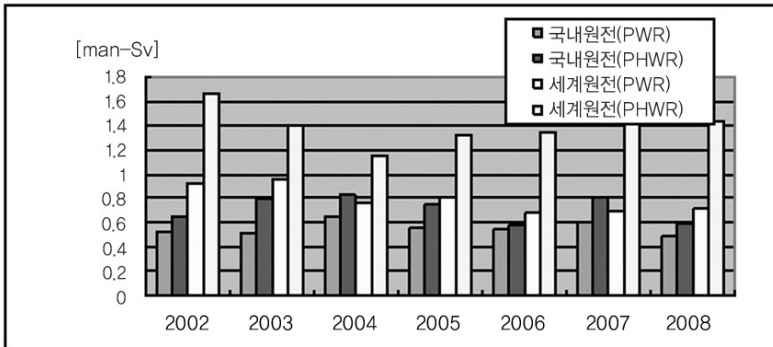
〈표 4-9〉 방사선량 및 계획예방정비 기간 비교

구 분	가동원전 (기)	방사선량(man · 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

* 계획예방정비 착수일 기준

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

〈표 4-10〉 국내·외 원전 노형별 호기당 평균 방사선량



※ PWR : 가압경수로, PHWR : 가압중수로

한편, 방사선작업종사자 1인당 연간 평균 방사선량은 0.94 mSv 였으며, 연간 20 mSv 이상 피폭 받은 종사자는 2명이 있었다. 방사선작업종사자의 연간 평균 방사선량 0.94 mSv는 일반인이 일상생활 중 공기 흡입 및 음식물 섭취, 땅, 우주로부터 받는 자연 방사선량 연간 2.4 mSv의 절반 정도로 원자력발전소 종사자의 방사선량이 얼마나 철저히 관리되고 있으며, 방사선안전성을 확보하고 있는지 짐작할 수 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 방재대책을 수립하고 있고, 원자력사업자인 한수원(주)은 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법에 따라 원전 부지별로 방사선비상계획 및 수행절차를 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.

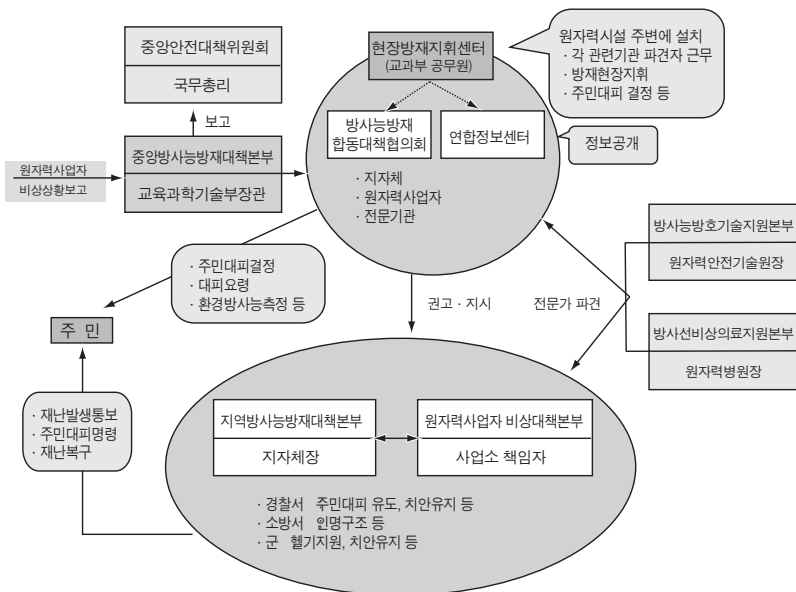
2. 원전 방사능 방재대책 체계

우리나라의 방사능 방재대책 체계는 중앙방사능방재대책본부장(교육과학기술부장관)의 지휘 하에 현장방사능방재지휘센터, 지역방사능

방재대책본부, 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 4-10>는 국가 방사능 방재대책 체계도를 나타내고 있다.



<그림 4-10> 국가 방사능 방재대책 체계도

방사능 방재훈련은 교육과학기술부 장관이 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.

2008년도에 실시된 방사능 방재훈련의 실적은 <표 4-11>, <표 4-12>와 같다.

<표 4-11> 2008년도 방사능방재 합동 및 전체훈련 실적

구 분	원 전		훈련일자	참여기관
합동훈련	고리 2호기		5.15	정부 및 28여 유관기관, 지자체, 한수원(주) 등
	울진 4호기		10.29	정부 및 20여 유관기관, 지자체, 한수원(주) 등
전체훈련	고리	4호기	9.23	한수원(주), 한국원자력안전기술원 등
	영광	2호기	5.14	
		4호기	9.11	
		6호기	6.19	
	월성	1호기	8.27	
		3호기	10.2	
	울진	2호기	4.23	
		6호기	7.10	

〈표 4-12〉 2008년도 방사능방재 부분훈련 실적

구 분	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기
고 리	○긴급정비 ○비상전화 성능점검	○초기비상대응조치 ○정보공개 ○비상요원자동통보	○사고분석 ○비상전화 성능점검	○사고분석 및 복구조치 ○비상전화 성능점검
영 광	○사고보수 및 복구조직 운영 ○비상통신설비 성능 점검	○주민예상피폭 선량평가 ○비상요원 자동통보	○주민예상피폭 선량평가 ○비상요원 자동통보	○사고분석 및 평가방법 ○비상요원 자동통보
월 성	○비상의료구호 ○비상전화 성능점검	○초기비상 대응조치 ○비상용 모사 전송기 성능점검	○손상설비 원인분석 ○정비계획 수립 ○비상용 방송설비 성능 점검	○환경방사선 감시 및 평가 ○비상요원 자동통보
울 진	○긴급정비 ○비상통신설비 성능 점검	○주민보호조치 (권고) ○비상통신장비점검 ○비상요원자동통보	○사고분석 ○비상통신장비 점검	○사고분석 ○비상통신장비 점검



(2008 방사능방재 합동훈련)



(화재 및 긴급구조훈련)

〈그림 4-11〉 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 설치되어 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 4-13>과 같다.

이외에도 원자력발전소에서는 발전소 반경 2km 지역내의 주민들이 비상상황을 청취할 수 있는 경보방송설비의 설치, 방사성옥소가 인체 내의 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 배부하는 등 발전소 주변주민 보호에 만전을 기하고 있다. 아울러 평시에도 인근 주민들이 거주지역 내의 환경방사선 준위를 스스로 감시하고 확인할 수 있도록 환경방사능 감시 단말기(ERMS, Environmental Radiation Monitoring System)를 원전 관할 지자체 등에 설치하여 지속적으로 관리·운영하고 있다.

〈표 4-13〉 한수원(주) 방사능재난대응시설 확보 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
	비상운영지원실	1발전소 사무실 지하 2발전소 출입통제건물 3층 3발전소 출입통제건물 2층
	환경실험실	사택단지 내
월성원전	비상대책실	경주시 양북면 와읍리 394
	비상기술지원실	각 호기 주제어실 옆
	비상운영지원실	각 호기 보건물리실 옆
	환경실험실	사택단지 내
울진원전	비상대책실	사택단지 내
	비상기술지원실	1발전소 전기건물(#1·2 공용) 2발전소 각 호기 출입통제건물 3발전소 각 호기 출입통제건물 2층
	비상운영지원실	1발전소 전기건물 2발전소 출입통제건물 3발전소 출입통제건물 2층
	환경실험실	사택단지 내(비상대책실 옆)

〈표 4-14〉 갑상선 방호약품(K정제) 확보 현황

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

〈표 4-15〉 행정관서 환경방사능 감시단말기 설치 현황

구 분	설치장소
고리원전	기장군청
영광원전	영광군청
월성원전	경주시청
울진원전	울진군청

이와 같은 다양한 방사능재난대응시설 외에도 주민보호를 위한 비상 대책을 집중적으로 강구하기 위해 발전소를 중심으로 반경 약 8~10km의 지역을 방사선비상계획구역으로 설정하여 운영하고 있으며, 지방자치단체는 유사시 방사선비상계획구역내의 주민들을 신속하게 대피시킬 수 있도록 학교 등의 대피시설을 사전 지정·관리하고 있다.

〈표 4-16〉 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	19,733	23,186
월성원전	감포중학교 등 10개소	9,794	8,977
울진원전	부구초등교 등 32개소	16,609	23,595

제3장 환경관리

한국수력원자력(주) 안전기술처 민원환경팀장 설동욱

제1절 환경관리체계

1. 개요

원자력발전소는 ‘원자력법’ 및 ‘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 환경영향평가서(또는 방사선 환경영향평가서)는 지역주민의 의견 수렴, 공청회 및 정부 관계부처의 협의와 승인을 거쳐 최종적으로 작성하며 협의·승인된 평가서의 내용을 준수하여 발전소를 건설하고 운영한다.

원자력발전소의 환경관리는 일반환경, 방사선환경 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

향평가서 협의내용, 환경보전법 및 한수원(주) 자체 원전주변 환경조사 지침에 따른 일반환경(해양부분 포함) 분야 및 원자력법에 의한 환경방사능 분야로 구분하여 실시한다.

환경영향평가서 협의내용에 의한 환경영향 조사 및 평가항목은 자연 환경 부문의 기상, 지형·지질, 동·식물상, 해양환경, 수리·수문분야와 생활환경 부문의 토지이용, 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음, 진동, 악취분야 및 경제환경 부문의 인구, 주거, 산업, 교육, 교통 등 사회·경제 등으로 되어 있다. 또한 발전소 온배수에 의한 해양 동식물 등 수산자원에 미치는 영향과 방사능에 의한 직·간접적으로 주민에게 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. 환경방사선 분야는 원자력발전소에서 환경으로 배출되는 미량의 방사성 기체나 액체로 인한 주민이나 환경의 영향정도를 평가하기 위하여 환경방사능 감시계획을 수립하여 발전소 주변의 방사능 농도와 방사선량을 조사·평가한다. 조사지점은 주변지역의 기상상태, 인구분포, 지형의 특성 등을 고려하여 선정되며, 선정된 지점에서는 지상 1m 높이의

방사선량률과 공기, 물, 표층토양, 해산물, 각종 식품류, 술잎 등의 방사능 농도 등을 정해진 주기에 따라 조사한다. 원전운영영향을 평가하기 위한 기초자료는 원전운영 수년전부터 수행되는 ‘운영 전 환경방사능 조사’를 통하여 수집하며, 원전이 운영되지 않는 지점(비교지점)의 조사도 병행되고 있다.

3. 환경감시 체계

원자력발전소의 환경감시는 사업 주체인 한수원(주)에 의한 자체감시는 물론 환경감시의 신뢰성 확보와 객관성을 제고하기 위하여 정부(지식경제부, 환경부, 교육과학기술부), 규제기관(한국원자력안전기술원), 연구기관(대학교, 전력연구원 등)에서 원전지역의 환경에 대한 조사에 참여하고 있으며 지역주민, 학계 전문가, 기초의회대표 등으로 구성된 원전 소재지별 민간환경감시기구에서도 원전지역의 환경안전에 대한 평가와 감시를 실시하고 있다.

제2절 일반환경 관리

1. 개 요

원자력발전소 일반환경 관리는 환경 관계법규에 따라 수행하며, 발전소 운영으로 발생하는 환경오염물질을 적정하게 관리 및 처리하기 위하여 하·폐수처리시설 및 폐기물 중간처리시설, 보관시설 등을 설치하여 운영하고 있다. 또한 우리 회사의 자체 지침(원전주변 환경조사 지침,

2002. 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 수질환경보전법 및 하수도법에 따라 발전소 내 설치된 하수처리시설과 폐수처리시설에서 각각 적절하게 처리하여 방류하고 있으며, 방류수질 감시를 위해 수질 연속측정시스템을 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·알칼리성의 무기성 폐수와 터빈계통 회전기기에서 배출되는 오일함유 폐수 및 2차계통 수질조절을 위해 사용되는 복수탈염설비의 재생폐수인 소량의 유기성 폐수이다. 폐수처리는 크게 중화, 응집·침전, 여과공정을 거쳐 처리되며, 최종 방류수조에서 배출되는 폐수는 수질측정기를 통하여 실시간 감시하고 있다. 한편 울진 5·6호기 폐수처리시설에는 중수도시설을 설치하여 운영하고 있으며, 중수도에서 처리된 물은 발전용 원수로 재이용하고 있다.

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

발전소 수질오염물질 배출 저감을 위한 노력으로 2005년에는 환경시설 전문업체와 공동으로 전기분해설비를 연구 개발하여 고리본부에 설

치·운영하고 있으며, 2006년에는 원자력 및 수력발전소에 운영중인 폐·오수처리시설을 대상으로 기술진단 용역을 시행하였다. 기술진단 결과에 따라 폐수시설 부문은 전기분해방식 도입을, 오수시설 부문은 군소시설 통합방안 및 고도하수처리공법을 도출하였으며, 2007년도에 기술진단 결과에 따라 설계용역을 시행하였으며, 현재 공사설계서에 따라 공사를 추진 중에 있다.

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 배출단계에서 폐기물을 철저히 분류하여 재활용률을 높이고 있으며, 2008년도 기준 폐기물의 재활용 실적은 약 65%이다. 또한 2003년부터 다이옥신 등 대기오염물질 발생 최소화를 위하여 자체 운영하던 소각로를 폐쇄하고 대형 소각로를 운영하는 외부 폐기물처리업체에 전량 위탁 처리하고 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 처리하였으며, 금년부터는 국내 PCB 처리기반이 조성되어 2013년까지 연차적으로 국내 처리업체에 위탁처리할 계획이다. 또한 2004년 국내 PCB 물질의 유통차단 및 근절을 위하여 환경부, 환경단체,

전문가 및 발전사간 협약을 체결하고 공동으로 노력하고 있으며, 우리 회사의 직원이 환경부 정책협의회 및 안전처리평가단 위원으로 위촉되어 국내 PCB 근절정책 입안과 PCB의 적절한 관리 및 처리를 위한 실무 위원으로 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 배출 저감 노력을 인정받아 2000년도에 부산시와 고리본부, 경상북도와 울진본부간 자율환경관리 협약을 체결한 바 있으며, 꾸준한 환경관리 개선 노력으로 2006년에는 울진본부가, 2008년도에는 월성본부가 자율환경 관리업소로 지정되어 자체적으로 환경 관리를 하고 있다. 기타 화학물질, 토양오염 유발시설, 소음, 진동 및 환경영향평가 협의내용 등을 관련법에 따라 적절하게 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, 매년 내부심사 및 사후관리심사를 통하여 환경개선사항을 도출, 개선하고 있다. 또한 환경경영 실천 의지로 지속적인 환경개선, 국내·외 환경기준 준수, 환경오염물질 배출의 최소화, 환경보전활동 선도 및 환경정보의 투명한 공개 등의 ‘환경방침’을 제정 공포하였다.



〈그림 4-12〉 환경경영시스템 인증서

3. 해양환경 관리

해양환경 상태를 연속적으로 감시하기 위해 고리, 영광, 월성 및 울진 원전 취·배수구 주변 해역에 수온 연속측정기와 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 1997.9~2001.11 기간 동안 4개 원전 주변해역에 대한 항공기 이용 원격 적외선 탐사를 실시한 바 있으며, 2002년부터는 인공위성 관측 자료를 이용한 온배수 확산범위 평가 연구를 시행하고

있다.

그 외에 원전 주변해역의 수온을 자동관측하여 데이터를 전산처리할 수 있는 연속조사시스템(HDMS)을 개발(한전 전력연구원), 원전주변 해양환경조사에 적극 활용하고 있다.

한편 ‘원전주변 환경조사 지침’에 따라 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 조사하고 있다. 또한 육상 생태계 중 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 주변해역의 대표지점에서 수온을 연속적으로 조사하고 있으며, 이와 함께 발전소 주변에 대한 기상상황(기온, 습도, 풍향, 풍속 및 강우량)에 대해서도 계절별로 조사하고 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 수중 취·배수 기법을 적용하여 건설 중에 있으며, 이에 의한 해양환경 변화 여부를 장기적으로 관찰하기 위하여 고리, 월성, 울진원전 주변해역은 기존의 표층 위주의 해양조사에서 2003년부터는 수심별 조사로 변경함으로서 표층은 물론 저층에서의 생태환경 변화도 감시토록 강화하였다.

또한 환경조사의 신뢰성 제고를 위해 한전 전력연구원과 원전주변지역 소재 지방대학 및 환경전문가로 구성된 환경조사 자문단을 운영하고 있으며, 해양분야 민간환경단체인 바다사랑실천운동시민연합(바실련)에서 발전소 주변 해역에 대한 환경호르몬, 온배수에 의한 생체 장해평가 등의 해양조사에 참여함으로써 조사의 투명성을 높이고 있다.

현재까지 조사한 결과, 고리, 월성, 울진원전 주변의 수질은 환경부의 해역별 수질등급기준 I~II등급을 유지하고 있어 운영 전후가 비슷하게 나타나고 있다.

〈표 4-17〉 원전 주변 해양수질의 연도별 변화 (최근 5년간)

(단위 : mg/L)

측 정 항 목		'04	'05	'06	'07	'08
용존 산소량 (DO)	고리	8.20	8.18	7.90	7.93	7.41
	월성	8.13	8.41	7.83	7.75	7.28
	영광	8.33	8.17	8.53	7.80	7.30
	울진	7.90	9.41	8.60	7.78	7.60
화학적 산소 요구량 (COD)	고리	1.12	1.10	1.27	1.52	1.01
	월성	1.27	0.98	1.20	1.33	0.96
	영광	1.41	1.28	1.29	3.87	3.80
	울진	1.25	1.01	1.07	1.29	0.81
총질소 (Total-N)	고리	0.034	0.050	0.182	0.046	0.053
	월성	0.035	0.041	0.196	0.045	0.066
	영광	0.044	0.053	0.103	0.350	0.105
	울진	0.041	0.049	0.094	0.032	0.048
인산염인 (PO ₄ ³ -P)	고리	0.009	0.008	0.013	0.010	0.017
	월성	0.010	0.007	0.012	0.013	0.021
	영광	0.018	0.012	0.016	0.013	0.015
	울진	0.010	0.007	0.014	0.007	0.010

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

II 등급(DO 2이상, COD 2이하, 총질소 0.6이하)

〈표 4-18〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화 (최근 5년간)

(평균현존량 단위 : g · dry · wt/m²)

항목 \ 연도		'04	'05	'06	'07	'08
출 현 종 수	고리	101	97	124	114	108
	월성	99	103	114	104	105
	영광	26	32	28	21	15
	울진	70	99	98	100	90
평 균 현존량	고리	403	420	388	342	303
	월성	479	576	402	387	369
	영광	4	4	2	28	18
	울진	542	611	549	525	332

〈표 4-19〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황 (최근 5년간)

(개체수 단위 : 개체/m²)

항목 \ 연도		'04	'05	'06	'07	'08
출 현 종 수	고리	219	207	200	193	236
	월성	170	167	208	150	177
	영광	82	92	101	112	127
	울진	201	173	205	199	226
평 균 현존량	고리	651	684	768	922	966
	월성	242	243	609	231	311
	영광	226	280	424	354	374
	울진	503	599	588	759	958

해양생태계 중 비교적 온도변화에 민감한 해조류나 저서동물에 대한 조사결과<표 4-18>, <표 4-19>를 살펴보면 조사연도에 따라 다소 변화는 있으나, 이는 조사지점의 해양조건, 즉 해수의 간·만조, 계절, 수

온 등에 따라 차이가 나는 것으로 판단된다.

현재까지 약 30년간의 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, 20년간 조사한 결과에 따르면 수질이나 저질에 주는 영향이 거의 없는 것으로 알려지고 있으며 어류 생물자원 조사결과에서도 일부 어종의 변화가 있었으나 총 어획량은 오히려 증가한 것으로 보고 되고 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 관리를 통해 방사성물질의 배출이 관련 규정을 만족하는지 확인하고 원자력발전소 주변 주민의 건강과 안전이 확보되어 있는지 조사·확인하게 된다.

이를 위해 교육과학기술부고시 제2008-28호 ‘원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향 평가에 관한 규정’에 따라 원전

주변의 환경방사선을 조사하여 주민이 받는 방사선량이 교육과학기술부 고시 제2008-31호 ‘방사선 방호 등에 관한 기준’에 규정한 선량한도를 충분히 만족하는지 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 시료채취 지점은 주로 발전소로부터 5km 이내에 집중되어 있고, 해양시료 채취지점은 각 발전소의 배수구 주변에 집중되어 있다. 또한, 이들 발전소 인근지점 외에 발전소로부터 16km 이상 떨어진 비교지점(대조구)을 시료별로 1곳 이상 선정하여 자연방사선(능) 준위를 확인하고 있다. 원자력발전소별 시료종류, 조사빈도, 지점수, 측정방법 등 환경방사선 조사내용은 <표 4-20>과 같다.

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.

〈표 4-20〉 환경방사선 조사내용

조 사 대 상		빈도 (회/년)	원전당 조사지점수	측정수단, 측정항목
방사선	집적선량	4	42~53	열형광선량계
	선량률	4~12	22~49	휴대용 GM 또는 NaI(Tl)
	선량률	연속	10~12	환경방사선감시기
공기	미립자	52	10	전베타, 감마, 방사성옥소
	수분(이산화탄소)	24(12)	10(3)	^3H , (^{14}C)
물	식수, 지하수, 지표수	4	2~4	감마, ^3H
	빗물	12	4~7	감마, ^3H , 전베타
육상시료	표층토양	2	10~12	감마, ^{90}Sr
	곡류, 채소	1~2	3~8	감마, ^{90}Sr , (^{14}C)
	우유	4~12	2	감마, ^{131}I , ^{90}Sr , (^{14}C)
지표생물	솔잎, 쑥, 불가사리	2	2~5	감마, ^{90}Sr
해양시료	해수	4~12	4~11	감마, ^3H , 전베타, ^{90}Sr
	해저퇴적물, 어패류, 해조류	2	3~10	감마, ^{90}Sr

주 1) 감마는 감마선방출핵종

2) 수분(이산화탄소)은 월성원전만 일부 시료에 대해 분석

3. 조사결과

가. 환경방사선

2008년도 4개 원전 주변 42개소의 환경방사선감시기에서 측정된 공간방사선량률의 연간 평균치는 <표 4-21>에 나타난 것과 같이 부지 내부 83.0~109nGy/h, 부지 외부 81.2~124nGy/h로서 2007년도에 측정

된 부지 내부 80~103nGy/h, 부지 외부 80~123nGy/h와 유사하며, 한국원자력안전기술원이 2007년도에 전국 34개 모니터링 포스트에서 측정한 지역별 월평균 방사선량을 범위¹⁾인 68~175nGy/h 이내에 있다.

〈표 4-21〉 공간감마선량률(환경방사선감시기)

(단위 : nGy/h)

고리원전지역			월성원전지역			영광원전지역			울진원전지역		
측정지점	평균측정값		측정지점	평균측정값		측정지점	평균측정값		측정지점	평균측정값	
	'07	'08		'07	'08		'07	'08		'07	'08
부지 내부	1발전소	90 99.4	부지 내부	취수구	86 86.3	부지 내부	본부정문	93 93.3	부지 내부	후 문	103 109
	2발전소	96 101		폐기물고	95 85.4		배수로	92 95.4		남서고지	92 94.9
	전시관	84 89.7		후문서쪽	82 83.0		주사무실	91 96.2		신화리	100 97.5
	관측소	80 86.7		후문동쪽	80 85.7		본부후문	89 92.7			
	정수장	80 83									
부지 외부	월내 1	82 89.4	부지 외부	나 산	80 83.3	부지 외부	청경사택	89 90.3	부지 외부	취수댐	110 116
	월내 2	80 89.3		직원사택	80 81.2		홍농서초교	88 89.4		기곡동	114 118
	비 학	85 89.6		1발정수장	82 84.1		홍농사택	98 97.9		죽변초교	109 109
	명 산	86 86.4		상 봉	82 82.2		법 성	123 124		부구교량	109 107
	사택 3	80 87.4		경 주	83 82.7		영 광	108 109		한수원사택	111 118
	효 암	88 87.5		울 산	82 82.9		고 창	109 110		매화초교	93 95.7
	부산대	87 86.6								궁촌초교	92 96.6

열형광선량계로 측정된 분기별 공간집적선량은 <표 4-22>에 나타난 것과 같이 부지 내부 집적선량은 95~246 μ Gy로 최근 5년 평상변동 범위인 86~287 μ Gy와 유사한 수준이며, 부지 외부 집적선량은 91~274 μ Gy로 최근 5년 평상변동범위인 89~331 μ Gy와 유사한 수준이다. 전체

1) 2007년 전국환경방사능조사, 42p, 한국원자력안전기술원

적으로 한국원자력안전기술원이 2007년도에 전국 모니터링 포스트에서 측정한 분기별 집적선량 범위²⁾인 107~315 μ Gy와 유사한 수준이다.

〈표 4-22〉 공간집적선량

(단위 : μ Gy/91d)

구분	원전	고 리	영 광	월 성	울 진
부지내부	'08년	95~199	124~174	144~230	159~246
	정상변동범위 ('03~'07년)	86~204	158~181	149~243	149~287
부지외부	'08년	91~178	121~182	156~266	170~274
	정상변동범위 ('03~'07년)	89~253	147~155	157~331	147~290

나. 환경방사능

(1) 공기 중의 방사능

2008년도 조사결과, 모든 원자력발전소 주변 공기에서 원자력발전소에 유래하는 인공 감마방사선 방출핵종이나 방사성옥소는 검출되지 않았으며, 공기의 평균 전베타방사능³⁾은 고리 0.126~1.96mBq/m³, 월성 0.186~1.89mBq/m³, 영광 0.300~2.63mBq/m³ 그리고 울진 0.120~1.99mBq/m³으로 각 원전의 비교지점 값인 부산대 0.154~1.79mBq/m³, 경주 0.194~1.93mBq/m³, 고창 0.387~2.43mBq/m³, 삼척 공촌초교

2) 2007년 전국환경방사능조사, 46p, 한국원자력안전기술원 (1 Gy = 1.21 Sv로 환산)

(계산 예 : 1.00 mSv/y $\times$ 1 mGy/1.21 mSv $\times$ 1000 μ Gy/mGy $\times$ 1 년/4분기 = 206.6 μ Gy/분기)

3) 공기중미립자의 전베타방사능은 일주일간 연속해서 공기중의 미립자를 흡인 여과한 유리섬유 필터를 라돈계열의 자연붕괴를 위해 72시간 실온에서 방치한 후 계측함.

0.246~1.87mBq/m³와 비슷한 수준이다.

월성원자력발전소는 중수로 특성상 삼중수소배출이 경수로보다 다소 많으므로 다른 지역과 달리 공기 중 삼중수소를 추가로 분석하고 있다.

공기 중 삼중수소에 의한 주민선량은 농도가 가장 높은 취수구 지점의 47.6Bq/m³에 대해 호흡에 의한 방사선량을 평가할 때 6.34×10^{-3} mSv/yr이며, 이는 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr의 0.63%로 삼중수소로 인한 환경영향은 미미한 수준이다.

공기 중 ¹⁴C는 월성원자력발전소 부지 주변 평균이 0.298Bq/g-C로서, 자연준위 0.250Bq/g-C⁴⁾보다 약간 높으나 호흡에 의한 ¹⁴C 방사선량은 2.80×10^{-6} mSv/yr로 평가되며 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr의 0.0003%로 무시될 수 있는 양이다.

(2) 육상 시료

표층토양에 대한 분석결과 인공 방사성 핵종인 ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr이 원자력발전소 주변과 비교지점 거의 모든 시료에서 검출되었다. ¹³⁷Cs과 ⁹⁰Sr은 과거 대기권 핵실험 등의 영향으로 전국의 토양 시료에서 지속적으로 검출되고 있으며 한국원자력안전기술원이 실시한 2007년도 전국환경방사능조사에서도 확인되고 있다.

2008년도에 모든 원전 부지 내·외부 전 지점에서 검출된 ¹³⁷Cs 최대 값은 영광군 법성 지점의 31.0Bq/kg-dry였다. 이는 한국원자력안전기술원이 2007년도에 전국 12개 지방방사능측정소 모니터링포스트 주변

4) 2007년 원자력이용시설 주변 방사선환경조사 및 평가보고서, 39p, 한국원자력안전기술원

의 표층토양에 대해 측정한 결과인 $0.700 \sim 8.1 \text{ Bq/kg-dry}^{5)}$ 범위와 유사한 수준이다.

또한 검출된 ^{90}Sr 최대값은 월성원전 부지 외부인 나산지점의 1.68 Bq/kg-dry 로 이는 최근 5년간 평상변동범위인 $<^{6}) 0.216 \sim 3.42 \text{ Bq/kg-dry}$ 이내였다.

육상 지표생물 중 솔잎에서도 핵실험 등의 영향으로 ^{90}Sr 이 검출되었으며 원전 전 지점의 최대값은 월성원전 주변 나아리 지점의 6.69 Bq/kg-fresh 로서 최근 5년간의 평상변동범위인 $2.26 \sim 9.79 \text{ Bq/kg-fresh}$ 이 내였다. 솔잎에서는 우주선에 의해 생성된 ^7Be 등 천연 방사성 핵종이 추가 검출되었다. 육상의 곡류(보리 등), 채소(배추, 열무 등), 육류 등의 농산물과 지표수, 식수, 지하수에서는 원전에서 유래하는 인공 방사성 핵종의 검출이 없었으며 곡류시료 일부에서 과거 핵실험의 영향으로 판단되는 ^{90}Sr 이 미량 검출되었다.

(3) 육상 물시료

빗물에서 전베타 방사능은 고리 $<0.0217 \sim 0.169 \text{ Bq/L}$, 월성 $<0.0124 \sim 0.371 \text{ Bq/L}$, 영광 $<0.00670 \sim 0.260 \text{ Bq/L}$, 울진 $0.0130 \sim 0.205 \text{ Bq/L}$ 로서 각 원전의 비교지점 값인 부산대 $<0.0217 \sim 0.0845 \text{ Bq/L}$, 울산 $<0.0124 \sim 1.12 \text{ Bq/L}$, 광주 $<0.00698 \sim 0.127 \text{ Bq/L}$, 삼척 공촌초교 $0.0182 \sim 0.123 \text{ Bq/L}$ 보다 다소 높거나 유사하게 나타났으나 극미량이어서 환경영향은 미미한 것으로 판단된다. 삼중수소는 고리 $<2.08 \sim 75.8$

5) 2007년 전국환경방사능조사, 70p, 한국원자력안전기술원

6) 계측기의 최소 검출가능농도 이하

Bq/L, 월성 <3.20~1,496Bq/L, 영광 <2.34~72.3Bq/L, 울진 <0.980~25.0Bq/L로서 각 원전의 비교지점 값인 부산대 <1.96Bq/L, 울산 <1.02~10.6Bq/L, 광주 <2.35~2.58Bq/L, 삼척 공촌초교 <0.980Bq/L보다 높게 나타났다. 농도가 특히 증가한 1,496Bq/L(월성원전 폐기물저장고, 2008년 6월 검출)는 배출된 기체가 기상조건에 의해 집중되어 방사능 농도가 증가하였기 때문이며, 이 빗물을 직접 섭취한다고 보수적으로 가정하여 평가한 주민선량이 5.29×10^{-3} mSv/yr로서 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr의 0.53%여서 환경 영향은 미미한 수준이다.

빗물의 감마동위원소 분석결과 인공 방사성 핵종은 모든 지점에서 최소검출가능농도 미만이었다.

(4) 해양시료

해수의 전베타 방사능은 고리 7.68~12.8Bq/L, 월성 7.25~13.7Bq/L, 영광 5.71~13.5Bq/L, 울진 6.30~11.7Bq/L로서 각 부지의 비교지점 값인 송정 8.19~11.6Bq/L, 함평 5.42~11.2Bq/L, 구룡포 7.66~11.6Bq/L, 삼척 장호 7.47~12.4Bq/L와 유사하게 나타났다. 삼중수소는 고리 <1.71~128Bq/L, 월성 <1.15~42.9Bq/L, 영광 <2.31~43.1Bq/L, 울진 <0.893~8.62Bq/L로서 각 부지의 비교지점 값인 송정 <1.73Bq/L, 함평 <2.27~5.32Bq/L, 구룡포 <1.11Bq/L, 삼척 장호 <0.980Bq/L보다 높으나 고리원전 최대치인 128Bq/L이라도 교육과학기술부 고시 제 2008-31호의 배출관리기준 40,000Bq/L의 0.32%에 해당하는 낮은 농도이다. ¹³⁷Cs은 거의 모든 해수시료에서 검출되었으며 최대치는 울진 원전 취수구의 3.01mBq/L였다. 이는 최근 5년간 평상변동범위인

1.50~2.93mBq/L를 약간 초과하였으나 2007년에 한국원자력안전기술원이 측정한 우리나라 주변해역 21개 지점 표층 해수 농도범위 1.34~3.00 mBq/kg⁷⁾과 유사한 수준이다.

해저퇴적물 중 ¹³⁷Cs과 ⁹⁰Sr은 표층토양에서와 마찬가지로 이유로 지구상 어디에서나 검출되고 있는 핵종으로 4개 원자력발전소 주변 지역에서 고르게 검출되었는데 ¹³⁷Cs의 최대값은 월성원전 취수구 지점의 2.47Bq/kg-dry로서 최근 5년간의 평상변동범위인 0.793~ 2.58Bq/kg-dry 이내였으며, ⁹⁰Sr 최대값은 신고리원전 배수구지점의 0.354Bq/kg-dry였다. ⁶⁰Co이 일부 시료에서 검출되었는데 최대치는 월성원전 배수구 지점의 2.02Bq/kg-dry로서 최근 5년간 평상변동범위인 <0.230~6.79Bq/kg-dry 이내였다.

패류의 경우, 울진원전 배수구에서 ¹¹⁰mAg이 최대 0.484 Bq/kg-fresh 검출되었으나 평상변동범위 <0.211~3.48 Bq/kg-fresh 이내였으며, ⁹⁵Nb은 0.206 Bq/kg-fresh 검출되었다. 해산물 섭취를 가정하여 ¹¹⁰mAg과 ⁹⁵Nb의 주민선량을 평가하면 일반인에 대한 선량한도인 1mSv/yr의 0.01% 미만으로 환경에 미치는 영향은 미미하다고 할 수 있다.

저서생물의 경우, 울진원전 배수구에서 ¹¹⁰mAg이 최대 1.18 Bq/kg-fresh 검출되었으나 평상변동범위 <0.0316~5.38 Bq/kg-fresh 이내였고, ⁵⁸Co가 최대 0.122 Bq/kg-fresh 검출되었으나 평상변동범위 <0.0107~0.380 Bq/kg-fresh 이내였다.

해조류의 경우, ¹³¹I이 고리·월성·울진원전에서, ⁹⁵Nb이 월성·울진

7) 2007년 해양환경방사능조사, 15p, 한국원자력안전기술원

원전 시료에서 검출되었는데 ^{131}I 은 최대 2.07Bq/kg-fresh , ^{95}Nb 은 최대 0.148Bq/kg-fresh 였다. ^{131}I 은 2008년 중 액체 방사성폐기물 배출 감시 결과 검출 실적이 없었고, 2007년 한국원자력안전기술원이 전국 180개 지점의 지표수 조사 결과 ^{131}I 이 최대 3.42Bq/L ⁸⁾ 검출된 점을 고려할 때 의료용으로 사용된 후 원전주변 해역으로 유입된 ^{131}I 의 영향으로 판단된다.

(5) 방사성물질 배출에 의한 예상 최대 주민피폭선량

방사성물질 배출에 의해 주민이 받을 것으로 예상되는 최대 주민피폭선량을 전산 프로그램을 사용하여 평가한 결과 <표 4-23>과 같이 최대 값은 영광원전 부지 경계에서 0.00957mSv/yr 로 예측되어, 발전소 부지 당 설계기준치 0.25mSv/yr 를 충분히 만족하고 있음을 확인하였다.

<표 4-23> 부지별 예상 최대 주민피폭선량

(단위 : mSv/yr)

원 전	고 리	월 성	영 광	울 진
선 량	0.00460	0.00831	0.00957	0.00190

4. 결론 및 대책

2008년도에 측정된 공간집적선량과 공간선량률 등 원자력발전소 주변의 환경방사선량은 과거 또는 일반지역과 비교하여 유의할 만한 변화가 발견되지 않았고 자연방사선수준과 차이가 없었다. 환경시료중의 방

8) 2007년 전국환경방사능조사, 73p, 한국원자력안전기술원

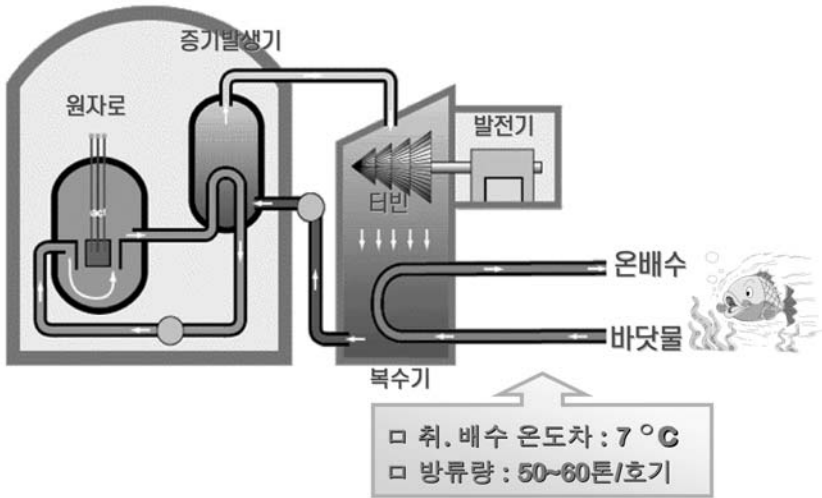
사능은 과거 핵실험의 잔류 영향으로 검출되는 ^{137}Cs , ^{90}Sr 이 예년과 마찬가지로 지속적으로 검출되고 있으나 그 양은 우리나라 전 국토에서 검출되는 수준 이하였다.

이와 같이 원자력발전소 주변 환경의 방사선 수준은 충분히 안전한 것으로 평가되나, 지역주민과 국민이 보다 안심할 수 있도록 효율적인 환경방사선 감시체제 구축을 추진하고 있으며 기술개발을 통하여 보다 철저한 환경관리와 이에 대한 신뢰성을 확보해 나갈 것이다.

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°C 정도 상승되어 바다에 배출되며 이를 온배수(溫排水)라고 한다. 해역에 따라 차이는 있으나 일반적으로 배수구를 빠져나간 온배수는 자연해수와 혼합되거나 대기중으로 열을 발산시켜 곧 주위 바닷물의 온도와 같아진다. 국내에서 운전중인 1,000MW급의 원자력발전소 1기에서 사용하는 냉각용 해수의 양은 초당 약 50~60톤 정도이다.



〈그림 4-13〉 원자력발전소 온배수 순환도

2. 온배수의 영향

해양의 상태는 조류, 일조시간, 바람 등 자연적인 조건과 산업 및 생활 하수 등의 인공적인 영향으로 항상 변하고 있으므로 이에 대한 온배수만의 영향을 명확하게 규명하는 데는 현대 과학기술로는 상당한 어려움이 있다. 우리나라에서 자주 보도되고 있는 연안의 어패류 폐사, 어획량 감소, 해조류 양식 피해 등은 이와 같이 다양한 환경영향으로 인한 생태계 하부구조의 변동으로 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

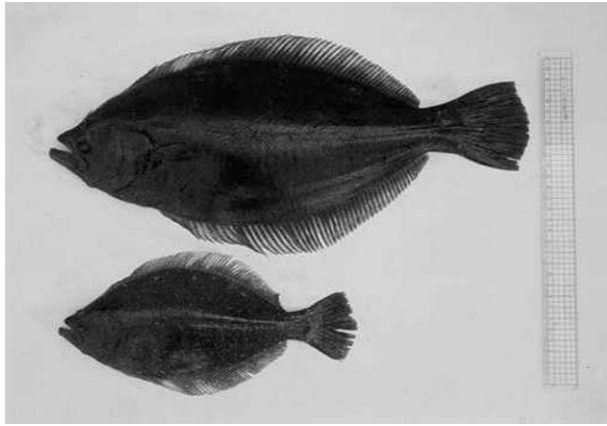
영향은 어류에 대해서는 더운 물을 좋아하는 종은 모여들고 찬물을 좋아하는 종은 이동하나 전반적으로 볼 때 상업적 가치를 가진 대부분의 어류는 친온성이며, 많은 어류가 배수구 부근에 모여드는 경향을 나타내고 있다.

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

서양의 대부분 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 보고 되어 있지 않다.

3. 온배수의 이용

온배수를 자원으로 재활용하는 사례는 수산생물 양식, 지역난방, 해수담수화, 온실난방 등이 있으며 특히 어류양식이 가장 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 어류의 성장과 수온의 관계에 대하여 연구된 바에 따르면 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 4-14〉 온배수(위)와 자연해수(아래)에서 월동한 넙치 비교

우리나라에서 현재 활발히 양식하고 있는 어류는 대부분 온수성 어종이기 때문에 11월부터 이듬해 4월까지의 해수 수온이 낮아져서 자연해수로 양식이 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 실용화하기 시작하였다. 일본은 후쿠시마, 다카하마 등 7개 원전을 포함한 20개 발전소에서 기업규모의 양식을 하고 있으며, 특히 후쿠시마현의 경우 지자체 산하의 재배어업센터와 수산종묘연구소가 넙치, 돔, 전복, 성게 등 다양한 품종의 종묘를 생산하여 양성시키고 있다. 미국은 22개 발전소에

서 양식사업을 하고 있으며, 캐나다는 피커링원전 인근 양식장에서 송어를 양식하고 있는데 생산량의 40% 가량을 미국으로 수출하고 있다. 이외에도 영국, 프랑스, 독일 등 20여 개국에서 산업화를 서두르고 있다.

우리나라에서 발전소 온배수를 수산업에 이용한 것은 국립수산진흥원에서 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 종묘생산시설을 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 2,600㎡의 부지에 양식동과 부대시설을 갖춘 연간 성어 17톤 생산 규모의 온배수양식장이 1995년 건설되어 넙치, 우럭 치어를 입식하여 시험 양식한 결과 자연상태보다 약 2~4배 빠르게 성장함을 확인하였다.

월성원전은 1998년 5,290㎡의 부지에 종묘배양과 성어양식을 동시에 할 수 있는 시설을 준공, 2년간의 한국해양연구원 시험양식을 거쳐 넙치, 참돔, 황복, 전복 등 고급 어패류 10여종을 성공적으로 양식하고 있다.



〈그림 4-15〉 월성원자력 온배수이용 양식장

온배수를 이용한 어패류 시험양식 기간 중에도 주기적으로 양식장 해수 및 어류시료를 채취하여 전문기관의 분석을 거침으로서 방사능으로부터 안전함을 확인하고 있으며, 어류 감정평가 결과 육질과 성장도에서 최우수 등급 판정을 받은 바 있다.

또한 우리회사에서는 1997년부터 2008년까지 매년 온배수를 이용한 치어와 치패를 발전소 주변 해역에 방류하고 있으며, 현재까지 어류 533만마리, 전복 1,500만마리, 갑각류 5,600만마리, 패류 240톤 등 해역 특성에 알맞은 고부가가치 품종을 방류하여 수산자원 조성사업을 지속적으로 시행하고 있다.



〈그림 4-16〉 영광원전 온배수이용 양식어류 방류행사

아울러 수산업의 국제경쟁력 강화를 위하여 정부에서는 경남 통영해역을 시범해역으로 선정하여 환경친화적 목장화사업을 추진하고 있으며 해중립 조성, 건강종묘 대량생산 등 관련기술 축적 후 전국 연안까지 확대를 계획하고 있다. 앞으로 정부에서 주도하는 연안 해양목장화 현장적용기술이 확립되고 복합형 해양목장단지 연구가 완료되면 발전소의 온배수는 제2의 자원으로 각광받을 수 있을 것으로 기대한다.

4. 온배수 민원대책

원자력발전소 건설 및 운영에 따른 지역주민의 경제적 혜택에 대한 기대심리와 원전주변지역 개발 요구, 원전 안전성에 대한 불안감 등이 민원발생의 배경이 되고 있다.

최근에는 발전소 온배수에 의한 어업 피해가 확인되면서 원전주변 어민들의 어획고 감소에 상응하는 피해보상 요구 민원이 증가하고 있다. 1980년에서 2008년까지 원전 온배수 피해보상과 관련된 민원은 총 35건이며, 2008년말 현재 26건을 조치완료 하였고 9건이 진행 중에 있다.

〈표 4-24〉 원전 온배수 피해보상 민원현황(1980~2008)

(단위: 건)

구 분	총 발생건수	조치완료	진행 중
고 리	7	5	2
월 성	5	4	1
영 광	18	13	5
울 진	5	4	1
계	35	26	9

온배수피해 민원 해소를 위해 지역과의 상생 및 역지사지의 자세로 객관적 조사를 통해 합리적인 보상이 될 수 있도록 최선을 다하고 있으며, 다소 무리한 요구에 대해서는 주민을 이해시키고 설득하는데 주안점을 두고 있다. 또한 발전소주변지역지원에 관한 법률 개정과 함께 지역지원사업의 확대시행으로 원전 주변지역을 잘사는 마을로 만들어서 주민들의 피해의식과 보상심리를 근원적으로 해소함으로써 민원발생요인을 없애도록 노력하고 있다.

이와는 별개로 원자력발전소 직원 채용시 해당지역 주민에게 가점을 부여하여 고용기회를 확대하고, 원자력발전소 온배수를 이용하여 양식한 어류와 지역특성을 고려한 어패류를 인근해역에 방류함으로써 어민 소득증대에도 기여하고 있다.

그 외에 환경안전에 대한 국민들의 신뢰제고를 통해 민원소지를 근본적으로 없애고자 환경친화형 원전운영을 목표로 민간환경감시기구 운영, 원전주변 기형가축 데이터 베이스화, 해양환경조사 개선, 환경감시 설비 보강 등 각종 환경친화 사업을 추진하고 있다. 아울러 원전에 대한 홍보활동을 강화하고 지방자치단체 및 주민과 지속적인 대화로 이해기반을 조성하여 상호 협력관계를 유지하고자 한다.

제5편 연구개발

>>> 제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요

>>> 제2장 원자력발전기술개발사업

>>> 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)와 산업체 주도(한전) 과제로 나뉘어 연구개발이 추진되어 왔다.

이에 정부에서는 1997년 「원자력 연구개발 중·장기개발계획」을 특정 연구개발사업에서 분리 추진하여, 정부 주도 연구계획을 개편한 「21세기를 향한 연구개발 중·장기계획(1997~2006)」 및 산업체 주도 연구계획을 개편한 「원전기술고도화사업계획(1999~2006)」을 수립함으로써 지금의 국내 원자력 연구개발 추진체계를 갖추게 되었다.

그러나 대내·외적인 원전 기술개발 환경변화에 대응하고 원전 수출의 걸림돌이었던 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출을 겨냥한 기반기술을 구축하고 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위하여 기존의 연구개발 체계를 재정립할 필요성이 제기되어, 제254차 원자력위원회(2007. 1)에서는 2007년부터 2011년까지 5년간 우리나라

원자력 비전과 정책 목표 등을 담은 제3차 원자력진흥종합계획이 심의·의결되었고, 아울러 2006년 12월 원전기술고도화사업이 종료됨에 따라 지식경제부 주관으로 원자력진흥종합계획과 연계한 원자력 산업 진흥부문의 중장기 계획인 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하여 추진 중에 있었으나 핵심 주도사업인 원전 수출의 적기 실현을 위하여 선택과 집중을 통한 2012년 사업목표 달성을 위한 기간단축 및 사업범위 등에 대한 재조정의 필요성이 제기되어, 현재는 원전기술 발전 로드맵(Nu-Tech 2012)으로 수정·기획하여 추진중에 있다.

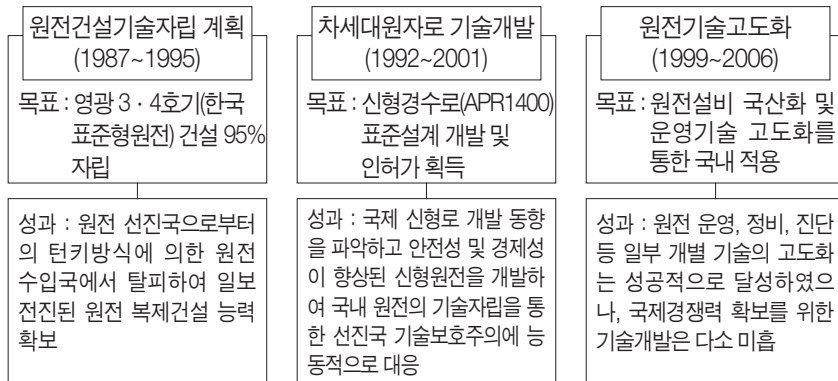
정부주도의 원자력분야 중·장기 연구개발과는 별도로 한수원(주)에서는 전력산업의 경쟁체제 도입과 원자력기술 환경 변화에 능동적으로 대처하고 체계적인 기술개발을 위해 자체적인 중·장기 기술발전계획을 수립(2006. 5)하여 추진하고 있으며, 회사 경영목표 달성 및 기술경쟁력 강화를 위한 전략기술개발과 기술적인 문제점 해결과 현장 직원의 기술능력 향상을 위한 현안기술개발로 구분하여 연구개발을 추진하고 있다. 중·장기 기술발전계획 주요내용은 APR1400 건설·운영 기술개발 등 7대 신성장 동력과제를 선정하여 중점 추진하고, 성과중심의 선진 연구개발 체계 구축, 미국전력연구소(EPRI)¹⁾ 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.

1) EPRI(Electric Power Research Institute) : 1973년 설립된 전력사들로 구성된 비영리 컨소시엄, 4개 연구분야(전력생산, 원자력, 송배전, 환경)로 운영중.

제2장 원자력발전기술개발사업

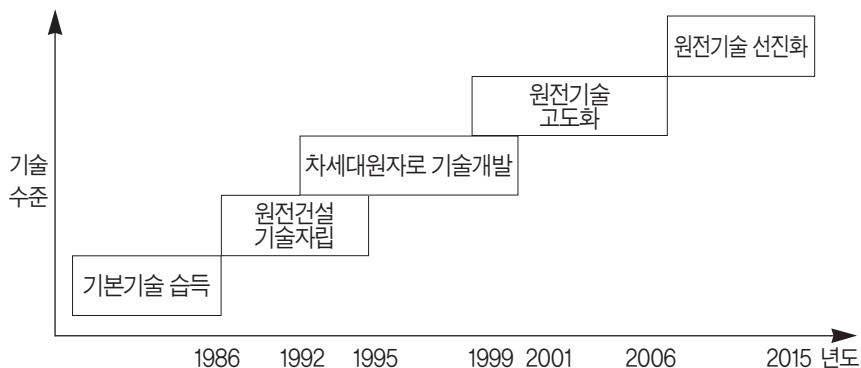
제1절 원자력발전기술개발사업 추진 배경

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



〈그림 5-1〉 원전 기술개발 단계

2007년부터 2015년까지 중장기적으로 원전기술고도화 단계에서 습득한 기술을 바탕으로 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출을 겨냥한 기반기술 구축과 선진국 수준의 운영기술 확보를 위한 원전기술 선진화 사업이 추진 중에 있다.



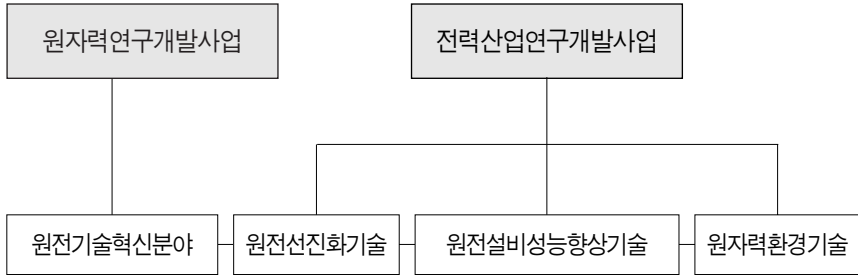
〈그림 5-2〉 원전 기술의 발달 과정

그 동안 원자력발전분야의 연구개발사업은 원전기술고도화사업, 전력설비성능향상 원자력부문 사업 및 원전기술혁신분야 기술개발사업으로 구분하여 원전기술의 선진화를 위한 기반구축 기술개발에 중점을 두고 추진되어 왔으며, 원자력산업 진흥을 위한 원전 설계, 건설, 운영 등 원전기술의 실용화와 연관된 기술개발에 주력해 왔다.

2004년말 지식경제부로 집행기능이 이관된 원전기술혁신분야는 원자력 연구개발사업 중 원전에 직접 적용되는 안전성 관련기술이나 혁신 기술 개발로 기초분야와 실용화의 중간단계 기술을 개발하여 궁극적으로 원전에 적용하는 기술을 개발하고 있다.

원전 방사성폐기물처리 및 신공정 기술, 유리화처리기술, 사용 후 연료관리 등 방사성폐기물 처리 최적화기술과 방사선량 평가 및 저감 신기술 등은 원전기술고도화사업에 포함되어 추진되었으나, 국제환경규제의 효율적 대응 등 원자력산업의 지속성장을 위한 국내·외 환경변화에 따라 환경친화적 에너지원의 역할 증대를 감안하여 2007년부터 에

너지와 환경분야의 조화에 중점을 둔 ‘원자력환경기술개발사업’을 별도로 운영하고 있다.



〈그림 5-3〉 지식경제부 주관 원전기술개발사업 구조

제2절 추진 근거 및 목표

1. 추진 근거

원자력발전기술개발사업계획은 원자력법 제8조의2(원자력진흥종합계획의 수립)에 의거, 제247차 원자력위원회(1997. 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 기술개발체계의 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 기술개발 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

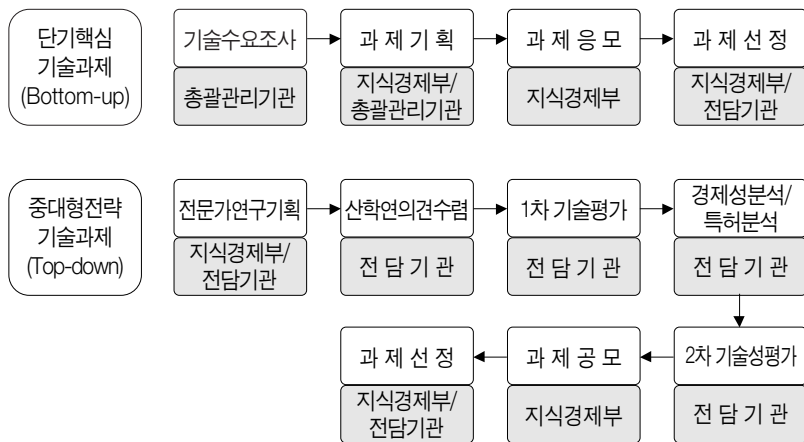
성과평가에 대한 최종 결정은 정부(지식경제부)가 주도하고 있으며, 본 연구개발사업의 특성상 사업계획의 신뢰성 및 성과활용의 극대화를 위하여 한수원(주)이 총괄관리기관으로 정부의 사업관리를 지원하며 기술수요조사 및 과제관리를 강화하였다.



〈그림 5-4〉 원자력발전 기술개발사업 추진체계

2. 과제 발굴 및 선정

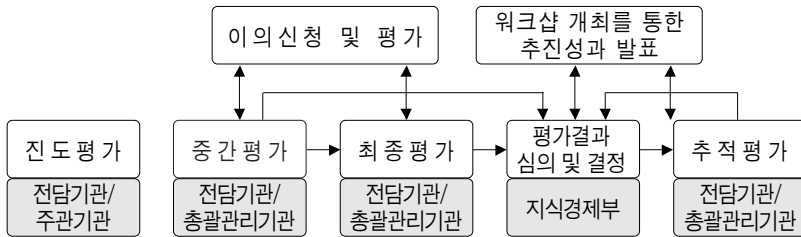
그림과 같이 과제를 발굴, 기획하며, 전력산업연구개발사업 관련규정에 의거 산·학·연으로 구성된 선정위원회에서 과제를 최종 선정한다.



〈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, 전담기관과 총괄관리기관은 개별사업 기획시 설정된 단계마다 중간 평가를 수행하여 과제 수행 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(안)

2015년까지 전력산업연구개발사업의 원자력발전기술개발사업(전력산업기반기금)은 6,581억원, 원자력연구개발사업의 원전기술혁신분야(원자력연구개발기금)는 1,440억원 등 총 8,021억원을 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	508	554	610	659	712	768	896	923	951	6,581
원전기술 혁신분야	160	160	160	160	160	160	160	160	160	1,440
계	668	714	770	819	872	928	1,056	1,083	1,111	8,021

※ 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 핵심기술 개발 분야

- (1) APR1400 후속 원전 개발
- (2) 해외진출 핵심기술 개발
- (3) 핵심기기 고유브랜드 확보 기술개발

나. 선진국 수준 원전 운영기술 개발 분야

- (1) 가동원전 성능향상 기술개발
- (2) 장기운전 신뢰도 향상 기술개발
- (3) 원전연료 신뢰도 제고 기술개발

다. 원전 지속성 보장 친환경 기술개발 분야

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

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 집중 지원

- (1) 기술분야별 중장기적인 주력사업 선정 및 이에 대한 중점기술 도출
- (2) 중점전략 프로그램에 의해 기술분야별 도출된 기술지도 (TRM)를 근간으로 사업목표 대비 성과목표 제시
- (3) 국가차원에서 확보해야 할 전략기술을 하향식(Top-down) 방식으로 효과적으로 선택하여 단기적 지원보다 장기적으로 꾸준히 지원

다. 실용화를 위한 연구개발 성과 활용성 제고

- (1) 실용화를 고려한 기술 Needs의 도출 및 연구개발성과 활용성 제고 등 전문기관의 축적된 기술역량을 활용
- (2) 중점전략 프로그램 중심으로 핵심·원천기술개발에 산·학·연 협력체계를 유지토록 하고, 최종 활용성 제고를 위하여 필요시 인허가 지원체계를 함께 구축

라. 연구개발성과의 활용도 제고 및 시너지 효과의 극대화를 위하여 산·학·연 협력체계를 강화하며, 공동(협력)연구 확대 추진

- (1) 연구개발주체들의 명확한 역할분담과 긴밀한 협력체계 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 기술개발 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 ‘원전 기술혁신분야’의 집행기능을 지식경제부로 이관하여 수행하고 있다.

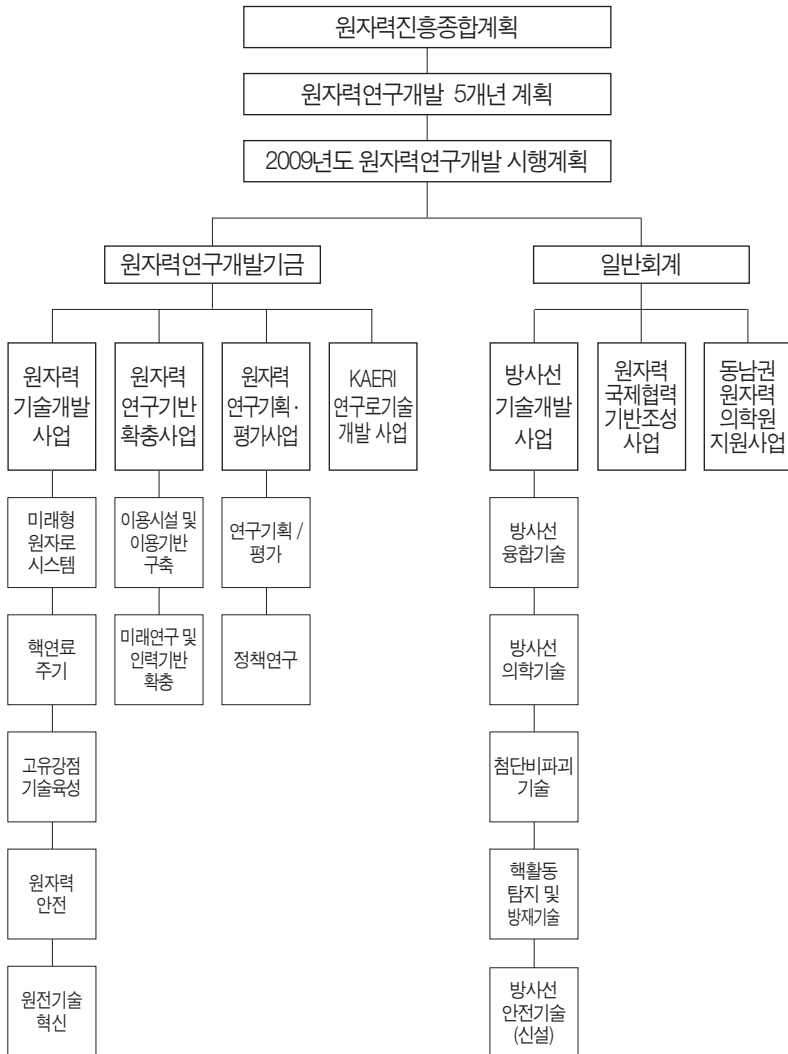
제2절 추진근거 및 추진체계

1. 추진 근거

원자력법 제8조의2(원자력진흥종합계획의 수립) 및 제9조의2(원자력연구개발 사업의 추진)

2. 추진 체계

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



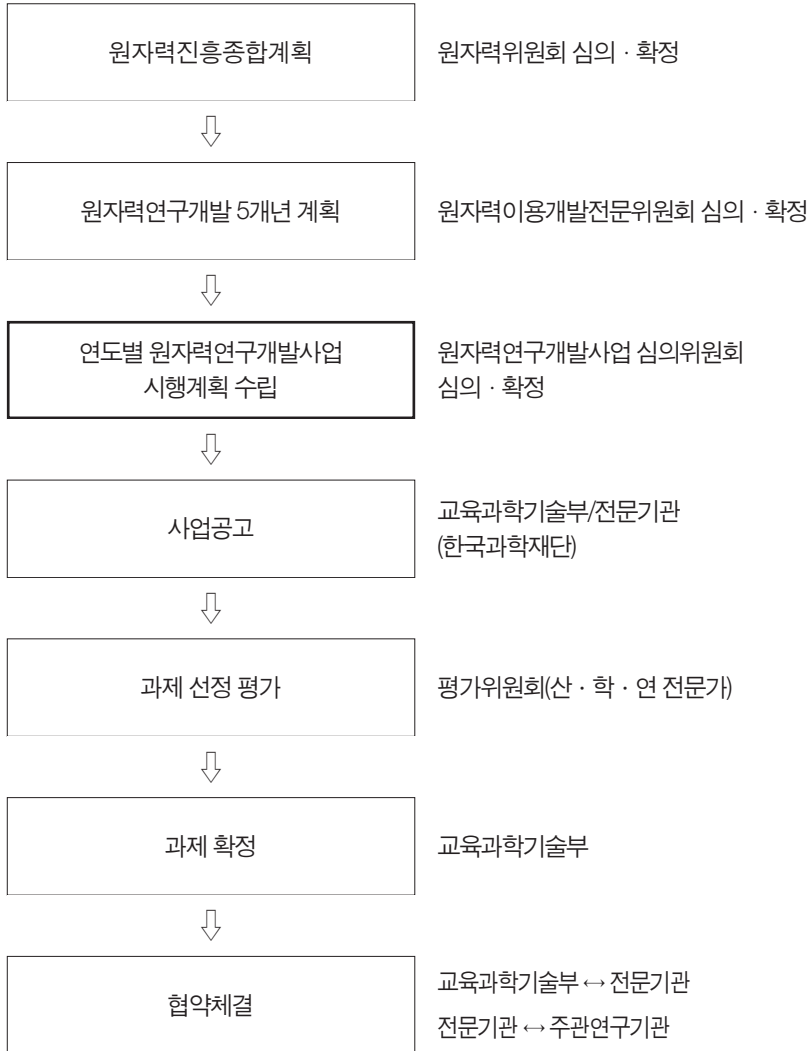
※ 원자력기술개발사업에서 추진된 방사선 기반기술(연구로)사업을 KAERI 연구로기술개발사업으로 분리 추진

※ 방사선기술개발사업 중 방사선안전관리 역량 증진을 위한 방사선안전기술개발분야 신설

〈그림 5-7〉 원자력연구개발사업 분류

제3절 추진절차

원자력 연구개발사업 과제선정 및 수행절차는 <그림5-8>과 같다.



<그림 5-8> 과제선정 및 수행절차

제4절 2009년 추진계획 및 2008년 추진실적

1. 2009년 추진계획

가. 중점 추진방향

(1) 안정적 에너지 공급을 위한 미래 원자력 핵심기술 지속 개발

- 소듐냉각고속로(SFR)의 고유 노심, 원자로 및 개통개념 설정 등 핵심·원천기술개발을 위한 전략적 추진
- 이산화탄소를 배출하지 않고 대량의 수소를 경제적으로 생산하기 위한 초고온가스로(VHTR)의 계통평가, 피복입자 원전연료 성능분석 코드 확보 등 핵심·원천기술개발 추진
- 제4세대 원자력시스템(Gen-IV) 및 세계원자력에너지파트너십(GNEP) 적극 참여를 통한 국제협력 강화

(2) 원자력연구개발 5개년 계획에 근거하여 추진중인 국가·국민적 수요 해결을 위한 방사선기술 이용영역 지속 지원

- 방사선융합/의학기술, 첨단비파괴검사기술 개발 등 중점 지원으로 생명/환경/의료 및 첨단산업 분야 고부가가치 신산업 창출
- 삶의 질 향상을 위한 사회적 수요가 증대됨에 따라 방사선기술과 NT, BT 등 신기술간 융합으로 사회현안문제 해결 및 핵심기술확보를 위한 연구과제 추진
- 방사선안전 현안에 대해 능동적으로 대응하고, 국가의 방사선안전관리 인프라 강화를 위한 방사선안전기술분야 신설

(3) 단계 기획 등을 통한 다양성을 수용하는 신규 연구프로그램의 발굴

- 국내·외 여건변화, 기술개발 추세 등을 고려한 연구기획을 통해, 2009년도 연구개발 예산을 반영한 신규 분야 도출

(4) 국민 체감안전 증진을 위한 종합적 안전성 평가 및 검증체계 구축

- 원전 안전성 평가, 검증, 성능 기반기술 선진화와 가동중 원전 핵심안전현안 해결을 위한 국제수준의 기술역량 확보
- 리스크 정보를 활용한 국가 원자력시설·방사선 규제이행 체계의 확립을 통한 사전 예방적 원자력 안전관리기술 최고 수준 유지

(5) 미래 원자력 핵심 인재 양성 및 전주기적 활용

- 미래 원자력기술 분야의 고급전문인력 육성을 통한 질적 고도화 기반 마련
 - 원자력대학생논문연구지원, 신진연구자(3N 연구자) 발굴을 통한 창의적 연구 역량 기반확충
- 원로·중견·신진 원자력 전문가의 조화로운 활용을 통한 신·구 세대간의 전문기술 전수

(6) 원자력 기초·원천연구 진흥

- 원자력 핵심연구 및 바이오·나노분야와 융합연구를 위한 하나로 등 대형연구시설 공동이용 활성화 및 저변 확대
 - IT, BT, NT 등 타 연구 분야 연구자와 공유를 통한 시너지 창출이 가능한 중점 연구시설로 활용
- 대학을 중심으로 한 원자력기초공동연구소(BAERI²⁾)의 우수연

구과제 발굴지원으로 학제간 공동연구 활성화

- 지역 기술혁신을 유도할 권역별 사이클로트론 연구소(CRC³⁾)의 기초연구지원을 통한 역량강화

나. 예산 배분계획

- 2009년도 투자규모는 2,119억원('08년도 1,998억원, 6.1% 증액)
 - 원자력연구개발기금 : 1,678억원('08년도 1,598억원)
 - 일반회계 : 441억원('08년도 400억원)

〈표 5-2〉 2009년 추진계획 및 2008년 실적

(단위 : 백만원)

재 원	사 업 명	'08 실적	'09 계획	증감	%	비고
원자력 연구 개발 기금	원자력기술개발사업	133,900	130,564	△3,336	△2.5	
	- 미래형원자로시스템	21,894	30,300	8,406		
	- 원전연료주기	27,516	31,700	4,184		
	- 고유강접기술육성	23,295	26,064	2,769		
	- 원자력안전	29,257	26,500	△2,757		
	- 방사선기반기술(연구로) ^{주1)}	15,977	-	△15,977		
	- 원전기술혁신	15,961	16,000	39		
	원자력연구기반확충사업	22,800	22,800	-	-	
	- 연구시설 및 이용기반 구축	8,400	8,000	-		
	- 미래연구 및 인력기반 구축	14,400	14,800	-		
	KAERI 연구로기술개발사업	(14,951) ^{주2)}	11,436	(△3,515)	(△23.5)	
	원자력연구기획·평가사업	3,090	3,023	△67	△2.2	
	- 연구기획·평가	2,240	2,173	△67		
	- 정책연구	850	850	-		
	소 계	159,790	167,823	8,033	5.0	

2) BAERI(Basic Atomic Energy Research Institute) : 원자력기초연구 공동 수행 등을 위해 대학 등에 설립한 기초공동연구소

3) CRC(Cyclotron Research Center) : 사이클로트론 가속기를 이용하는 연구센터

재 원	사 업 명	'08 실적	'09 계획	증감	%	비고
일반 회계	방사선기술개발사업	31,863	34,028	2,165	6.8	
	- 방사선융합기술개발	17,200	18,224	1,024		
	- 방사선의학기술개발	8,500	9,300	800		
	- 첨단 비파괴검사기술개발	1,550	1,450	△100		
	- 핵활동 탐지 및 방재기술개발	4,613	4,054	△559		
	- 방사선안전기술개발	-	1,000	1,000		신규 추진
	원자력국제협력기반조성사업	3,530	3,972	442	12.5	
	동남권 원자력의학원 지원사업	4,600	6,162	1,562	33.9	
	소 계	39,993	44,162	4,169	10.4	
	총 계	199,783	211,985	12,202	6.1	

※ 주1) '09년부터 한국원자력연구원이 주관인 과제(11,436백만원)는 'KAERI 연구로기술개발사업'으로 분리, 그 외(764백만원)는 '고유강점기술육성분야'로 통합

주2) 원자력기술개발사업에서 지원한 '08년도 해당과제의 지원 금액

※ 사업별 분야 및 과제별 연구비는 평가 결과를 반영하여 최종 확정

2. 2008년도 지원 실적

◇ 2,065억원(정부: 1,998억원, 민간: 67억원)을 투입하여 원자력
기술개발사업 등 7개 사업 추진

※ 정부: 원자력연구개발기금 1,598억원, 일반회계 400억원

가. 원자력기술개발사업(기금: 1,339억원, 민간: 54.4억원)

- (1) 미래형원자로시스템: 219억원(민간 0.5억원)
- (2) 원자력안전: 292억원
- (3) 원전연료주기: 275억원(민간 5.3억원)
- (4) 방사선기반기술: 160억원

(5) 고유강점기술육성 : 233억원(민간 2.8억원)

(6) 원전기술혁신(지경부 주관) : 160억원(민간 45.8억원)

나. 원자력연구기반확충사업(기금 : 228억원, 민간 : 7.7억원)

(1) 연구시설 및 이용기반 구축 : 84억원(민간 7.5억원)

(2) 미래연구 및 인력기반 확충 : 144억원(민간 0.2억원)

다. 원자력연구기획·평가사업(기금 : 30.9억원)

(1) 연구기획·평가 : 22.4억원

(2) 정책연구 : 8.5억원

라. 방사선기술개발사업(일반회계 : 318.6억원, 민간 : 4.9억원)

(1) 방사선융합기술개발 : 172억원(민간 2.4억원)

(2) 방사선의학기술개발 : 85억원

(3) 첨단비파괴검사기술개발 : 15.5억원(민간 2.5억원)

(4) 핵활동 탐지 및 방재기술개발 : 46.1억원

마. 원자력국제협력기반조성사업(일반회계 : 35.3억원)

바. 동남권 원자력의학원 지원사업(일반회계 : 46억원)

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

오늘날 원자력발전소를 보유한 세계 각국은 원자력발전소의 안전성 및 신뢰성 확보를 위하여 품질보증활동의 중요성을 강조하고 있으며 이를 감안, 국제원자력기구(IAEA)에서는 원자력 안전의 개념과 구체적인 대책을 조화시킬 목적으로 1974년부터 원자력발전소에 관한 여러 분야의 기준과 지침을 제정하여 왔다.

그 중 원자력발전소의 설계, 건설 및 운전에 필요한 품질보증활동시에 준수해야 하는 기준을 작성하여 1978년에 발행하였는데, 원자력 품질보증은 ‘원자력발전소를 안전하게 가동 할 수 있도록 구조물, 계통, 기기 및 종사자 자격 등을 체계적으로 관리하는 모든 행위’라고 정의하고 있다.(출처: IAEA 안전시리즈 50-C-QA, 1978/미국연방법 10CFR50 부록B)

2. 품질보증의 필요성

원자력발전소의 경우 안전에 대한 중요성을 감안하여 우주항공산업 분야, 방위산업분야와 더불어 엄격한 품질보증체계를 갖출 것을 관련

법령에서 요구하고 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.

원자력발전소는 약 4만 여개의 기기와 고압배관, 케이블 등으로 구성되어 있으므로 안전운전을 위해서는 다수의 기기와 부품이 충분한 품질을 유지하도록 설계, 제작, 시공, 운전되어야 하고, 수명기간 동안 설비의 품질저하를 최소화 할 필요성이 있다.

그러므로 원자력발전소 품질보증의 목적은 체계적이고 계획적인 품질보증체계의 구축, 운영을 통해 발전소의 안전성 및 신뢰성을 확보하는 것이다.

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 발주자인 한수원(주) 뿐만 아니라 원자력발전소 관련사업에 참여하는 설계회사, 건설회사, 정비회사, 기자재 또는 용역 공급업체까지도 품질보증시스템

을 구축, 운영할 것을 요구하고 있다.

따라서 원자력사업에 참여하는 조직은 이러한 요구조건을 만족시키기 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, ③품질보증계획서요건의 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 있는지 다중으로 확인함으로써 원자력발전소 전 수명기간동안 높은 수준의 품질이 유지되도록 추구하고 있다.

제2절 품질보증 기준

1. 품질보증규제요건 정립

우리나라 원자력 품질보증규제요건은 과학기술처가 1978년 ‘원자로의 건설 및 운영에 관한 규정’을 제정한 지 12년 뒤인 1990년 4월 고시

90-3호 ‘원자로 및 관계시설 품질보증기준’을 제정함으로써 품질보증 규정의 규제화 기틀을 마련했다. 이듬해인 1991년에는 한국원자력안전 기술원이 ASME NQA-1&2를 참조해 고시90-3호의 세부 규제지침인 ‘원자력시설 품질보증지침’을 제정함으로써 품질보증의 기본적인 지침과 기준의 기초가 마련됐다. 이 기준의 세부내용은 미국 기준과 거의 비슷했다.

정부는 10년간 적용해왔던 원자력 품질보증규제요건인 고시 90-3호 ‘원자로 및 관계시설 품질보증기준’을 폐지하고, 2000년 4월 18일 ‘원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙’을 제정했다. 그리고 2001년 12월에는 고시 2001-47호로 ‘원자로 시설의 품질보증세부요건에 관한 기준’을 제정해 품질보증 규제요건을 재정립했다.

고시 2001-47호는 고시 2000-17호 ‘전력산업기술기준의 원자로 시설기술기준 적용에 관한 지침’에서 고시한 ‘KEPIC QAP 1&2 또는 이와 동등한 기준’에 따른 원자로시설의 건설 및 운영에 관한 품질보증 세부요건을 고시했다.

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 한전, 한수원(주)과 대

한전기협회 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(2005년 판 기준)]의 기술기준을 개발하였다. 이에 따라 국내 원자력산업계는 그동안 적용해 온 미국기계학회 품질보증요건(ASME NQA-1) 대신 국내 고유의 품질보증기술기준(KEPIC QAP-1)을 적용하게 되었으며, 이에 따라 KEPIC은 올진 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-1를 적용하고 있어 국내 고유의 품질보증기술기준을 확고히 운영하게 되었다.

※ 전력산업기술기준 : KEPIC(Korea Electric Power Industry Code)

전력설비의 안전성과 신뢰성확보를 위하여 설계, 제작, 시공, 시험, 검사, 운전 및 보수 등에 필요한 기술적인 요건을 국내실정에 맞게 규정한 상세 기술 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 설

계에서 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 통계적 품질관리(Statistic Quality Control)가 주목을 끌게 된 계기가 되었다. 이러한 통계적 품질관리가 더욱 꽃피게 된 것은 1941년 제2차 세계대전이 일어나면서 부터였다. 평상시의 일상용품 중심의 생산활동에서 군수용품을 생산하게 되는 전환기에서 제품의 품질상 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 내용을 그룹화하여 설명하면 다음과 같다.

가. 조직 및 품질보증계획

품질에 영향을 미치는 업무를 수행하는 조직의 책임, 권한 등은 서류로 기록되어야 하고, 업무 이행상태를 확인할 책임이 있는 조직은 조직상 독립성을 유지하여야 하며 주요 책임으로는 문제 제기, 해결방안의 제시, 이행여부 확인 등이 있다.

또한, 품질보증계획은 품질에 영향을 미치는 업무의 특성과 중요도에 따라 구분, 관리하여야 하며 계획은 초기단계에서 수립하고 특수한 작업은 시험장비 및 절차서등이 사전에 준비되어야 하며 시험은 업무의 적용범위, 복잡성 또는 특성에 따라 교육 및 훈련을 받은 인증된 자격을 소유한 요원이 수행하도록 하고 있다.

나. 설계변경관리

발전소의 건설 및 운영단계에서 개선의 도구(Tool)로써 설계변경은 필수불가결하다. 물론 발전소 설계단계에서 완벽하게 계획되었다고 할지라도 발전소의 물리적 상태뿐만 아니라 신기술을 반영한 제어회로, 보호회로의 변경 등으로 인해 발전소의 기능개선이 이루어질 수밖에 없다. 이러한 설계변경 시에는 적용되는 규제요건, 기준요건 등이 설계변경서에 기록되어야 하고 설계변경 결과는 설계 타당성과 적합성 등이 서류로써 확인되도록 관리하는 한편, 시방서, 도면, 절차서 및 지시서에 올바르게 반영되어야 한다.

다. 구매관리

발전소의 건설 및 운영시 기자재의 구매는 구매계획 수립, 시방서 작성, 구매 이행, 시험 및 인수검사 등이 완료된 자재가 발전소에 사용되도록 해야 하고 기기별로 구분된 품질등급을 적용, 구매시방서를 작성, 승인해야 한다.

발전소에 기기, 자재 및 용역을 공급하는 업체는 한수원(주) 자체평가 규정에 의한 평가결과 수행능력이 인정된 업체가 공급하도록 공급자관리를 하고 있다.

구매시방서, 구매계획, 공급자관리, 입찰서 평가, 공급자 업무 수행결과, 품질감독, 감사, 검사, 인수검사 및 부적합사항 등 구매기록은 서류로써 관리되어야 한다. 또한 규정에 적합하여 합격된 품목만이 사용될 수 있도록 구분해야 하며 부적합 품목이나 기기는 반드시 분리하여 격리 보관되어야 한다. 기자재의 취급, 저장, 세정, 포장, 운송 및 보관은 손상이나 분실을 방지하고 열화를 최소화하기 위해 세부관리 절차를 수립 이행하여야 한다.

라. 공정, 검사, 시험 및 운전상태 관리

용접, 비파괴 검사 등 특수 작업을 수행하는 조직은 승인된 절차서 및 작업방법을 수립해야 하며 합격기준, 기록방법 및 특수요건이 무엇인지 절차서에 기록하여 관리해야 한다.

그리고 검사는 자격이 인증된 사람에 의해 수행되어야 하고 공정중 검사, 최종검사 및 가동중검사이 필수적으로 검사를 해야 할 검사점을

명시, 운영하여야 하고 시험요건 및 합격기준은 시험항목별로 승인되어야 하며 제품시험, 실증시험, 건설중 시험, 시운전 시험 및 운전중 시험을 포함하여 시험요건은 철저히 관리되어야 한다.

품질에 영향을 주는 업무에 사용되는 공구, 계기, 측정기, 기타 측정 및 시험장비는 정확도를 위해 정기적으로 교정 · 관리되어야 한다.

또한 필요한 검사 및 시험에 합격한 품목을 구별하고 부주의로 인한 불합격 품목이나 검사 및 시험이 수행되지 않은 품목의 사용을 예방하기 위하여 밸브나 스위치에 꼬리표 또는 적절한 방법으로 시험 및 검사 상태를 표시해야 한다.

마. 서류 및 기록관리

지시서, 절차서 및 도면의 작성과 변경은 검토, 승인 등 관리절차가 수립 이행되어야 하고 지시서, 절차서에는 명확한 판정기준이 수립, 운영되어야 한다.

또한, 작업내용, 운전내용, 평가결과, 검사결과, 재료분석결과 및 증빙자료 등은 보존 방안이 수립되어야 하고 각각의 기록에는 기록자, 검사자, 승인자, 보존기간 및 장소 등이 기입되어 관리되어야 한다.

바. 감사 및 진단

감사는 품질관련 업무가 품질보증계획의 모든 요건에 일치하는지를 확인하고 그 유효성을 평가하기 위하여 계획적인 일정에 따라 수행되어야 한다. 또한 감사 결과는 서류로 작성되어 최고 책임자에게 보고 되어

야 하며, 개선필요사항에 대하여는 후속조치가 이루어지도록 관리되어야 한다. 감사업무를 수행하는 감사반의 구성은 감사대상 업무수행에 대한 직접적인 책임이 없는 감사자 혹은 선임감사자 자격을 갖춘 요원을 선발하고 감사요원 중 감사계획과 감독 등 총괄업무는 감사반장이 수행하여야 한다.

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 4가지 품질등급으로 구분하여 차등적인 품질활동을 수행하고 있다.

가. 안전성등급(Q)

고장 또는 결함 발생시 일반인에게 방사선 장애를 직·간접으로 미칠 가능성이 있는 원자로 및 원자로의 안전관련 계통, 기자재 및 용역

나. 안전성영향등급(T)

고장 또는 결함발생시 안전성등급품목의 기능에 영향을 줄 수 있는 품목 또는 용역

다. 신뢰성등급(R)

고장 또는 결함발생시 전력설비의 운영에 영향을 주거나 대규모의 복구작업이 필요한 품목 또는 용역

라. 일반산업등급(S)

Q, T 및 R등급으로 분류되지 않는 모든 품목 및 용역

마. 품질등급체계 변경운영

한편, 한수원(주)은 2006년부터 가동원전에 대해서는 현행 4가지 품질등급체계를 3가지 품질등급체계로 변경작업에 착수하여 2008년 5월 규제기관으로 부터 인허가 변경신고 승인을 득하고 2008년 12월 현재 각 발전소별로 관련절차서 변경 등 후속조치 작업을 진행하고 있다.

상기 3가지 품질등급체계란 안전성등급(Q), 안전성영향등급(A), 일반산업등급(S)으로 구분되며, 기존의 안전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R)을 재분류하여 안전성기기에 영향을 주거나, 발전정지 유발 및 비상운전에 관련되는 기기는 A등급으로 지정하여 별도의 품질보증요건을 제시하였고, A등급에 대한 품질보증요건은 <표 6-1>과 같다.

〈표 6-1〉 A등급 품질보증요건

장	조항	내 용	A적용	장	조항	내 용	A적용
1	1.1	조직			7.4	공급자 평가 및 선정	√
	1.2	일반사항			7.5	입찰서 평가	
	1.3	조직의 운영체계	√		7.6	계약자 품질보증계획 이행확인	
	1.4	업무의 위임 및 대리			7.7	예비품 및 대체품목의 관리	
	1.5	책임사항			7.8	구매기자재 및 용역 합부판정	√
2	2.1	품질보증계획			7.9	계약자 부적합사항 관리	
	2.2	일반사항			7.10	계약자 제출서류 관리	
	2.3	품질보증계획 수립 및 운영			7.11	일반규격품목의 적용 및 관리	
	2.4	품질보증계획서 관리	√	8	8.1	기자재의 식별관리	
	2.5	품질보증계획서의 이행			8.2	일반사항	
	2.6	품질보증계획서 유효성평가			8.3	식별방법	
	2.7	교육, 훈련 및 자격관리			8.4	식별의 관리 및 확인	√
3	3.1	설계관리		9	9.1	특수작업관리	
	3.2	일반사항			9.2	일반사항	√
	3.3	설계입력	√		9.3	인원, 절차서, 장비의 자격인증	
	3.4	설계과정			9.4	서류 및 기록	
	3.5	설계확인		10	10.1	검사	
	3.6	설계변경관리	√		10.2	일반사항	√
	3.7	설계연계사항 관리			10.3	검사자 자격인증	
	3.8	설계서류 및 기록			10.4	검사계획	√
4	4.1	구매서류 관리			10.5	필수확인점/입회점	
	4.2	일반사항			10.6	최종검사	
	4.3	구매서류의 작성	√		10.7	재검사	
	4.4	구매서류의 검토	√		10.8	검사기록	
	4.5	구매서류의 변경관리	√	11	11.1	시험관리	
5	5.1	지시서, 절차서 및 도면			11.2	일반사항	√
	5.2	일반사항	√		11.3	시험계획	
	5.3	절차서 운영체계			11.4	시험 절차서/지시서	√
6	6.1	서류관리			11.5	재시험	
	6.2	일반사항	√		11.6	컴퓨터 프로그램 시험	
	6.3	작성, 검토, 승인, 발행 및 배부			11.7	시험기록	
7	7.1	구매 기자재 및 용역의 관리		12	12.1	측정 및 시험장비의 관리	
	7.2	일반사항			12.2	일반사항	√
	7.3	구매계획	√		12.3	검교정 계획	

장	조항	내 용	A적용	장	조항	내 용	A적용
13	12.4	검교정 기준		17	16.3	시정조치 및 후속관리	√
	12.5	식별			16.4	중대결함 처리	
	12.6	부적합한 측정/시험결과 평가			16.5	경향분석	
	12.7	기록			17.1	품질보증기록	
	13.1	취급,운송 및 저장			17.2	일반사항	√
	13.2	일반사항	√		17.3	품질보증기록의 범위	√
	13.3	특수품목 관리			17.4	기록의 분류	
	13.4	표시			17.5	기록의 관리	
	14.1	검사,시험 및 운전상태			17.6	기록의 저장 및 보호	
	14.2	일반사항			17.7	기록의 수정	
	14.3	표시 및 관리	√		17.8	비영구 기록의 처리	
	15.1	부적합 기자재의 관리		18	18.1	품질보증감사	
15	15.2	일반사항	√		18.2	일반사항	√
	15.3	식별	√		18.3	감사계획	
	15.4	서류화 및 관련조직 통보			18.4	감사준비	
	15.5	격리			18.5	감사수행 및 보고	
	15.6	처리			18.6	보고	√
	15.7	기록			18.7	시정조치 및 후속관리	√
	16.1	시정조치			18.8	감사기록	
16	16.2	일반사항	√				

4. 독립된 품질부서의 수행업무

가. 품질감독

품질감독은 안전성 구조물, 계통 및 기기들에 대한 업무가 최종안전 성분석보고서, 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 6-2〉 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 이상 또는 3년 1회를 기준으로 주기를 설정하여 수행하고 있으며, 내부감사는 업무의 중요도에 따라 감사주기가 설정되는 데 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 책

임이 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.

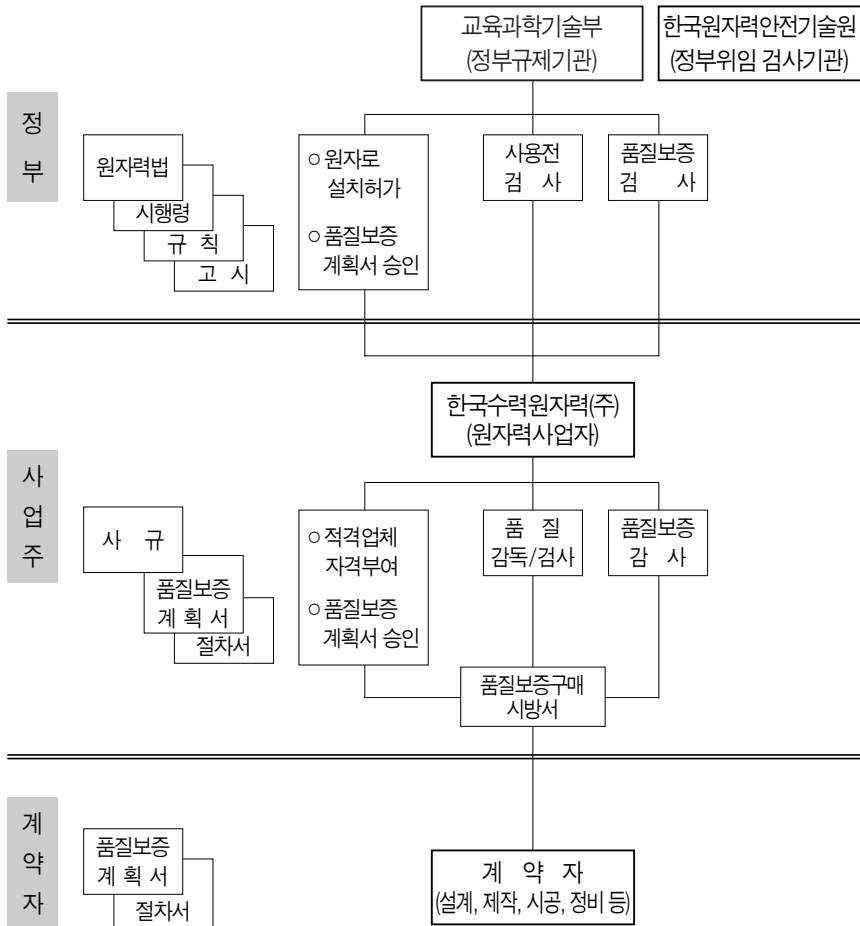
마. 용역업체 실사

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

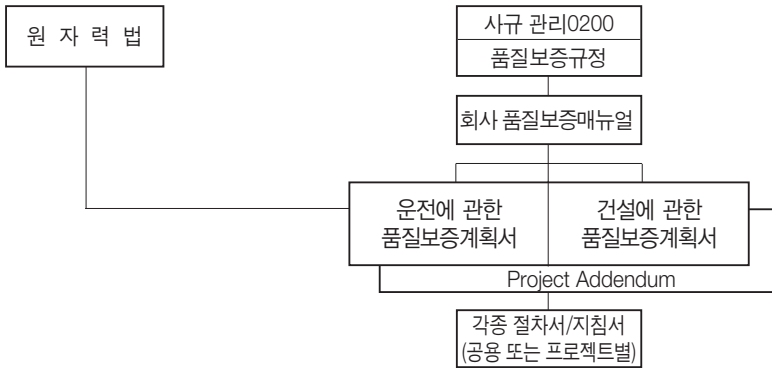
원자력 발전소의 건설 및 운영과 관련된 정부, 원자력사업자 및 계약자의 조직간 품질보증체계는 <그림 6-1>과 같다.



<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.



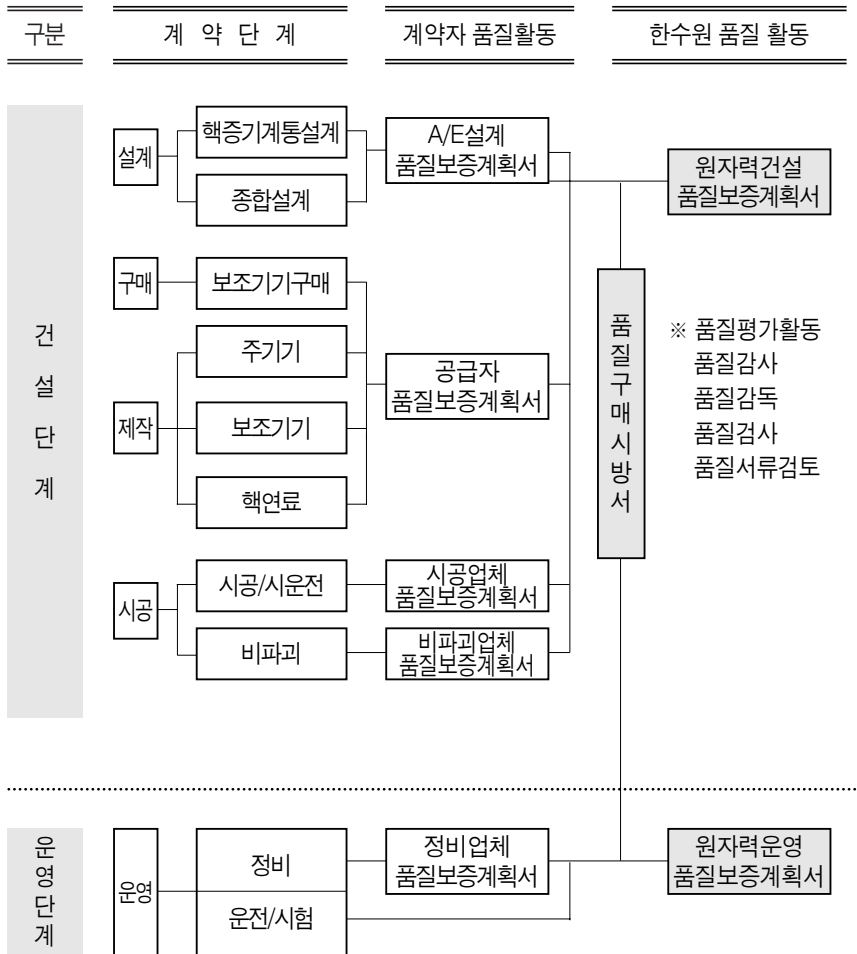
〈그림 6-2〉한수원(주) 품질보증체계도

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

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

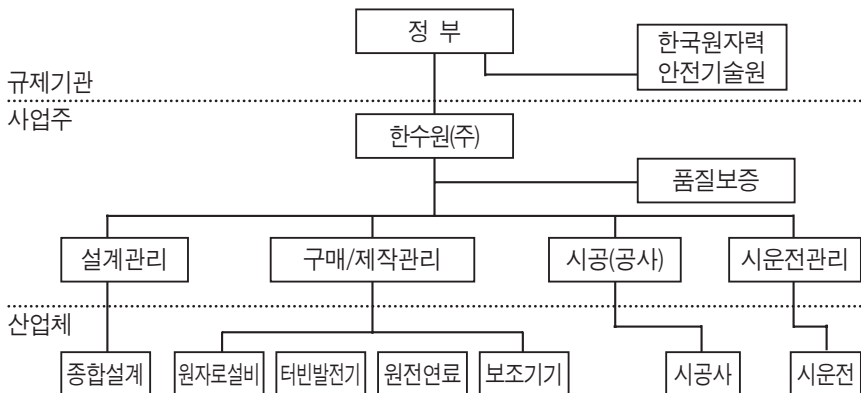
제1절 건설단계 품질보증활동

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, 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 평가한다. 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 발휘하는지 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 승인받은 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 6-3〉 업무별 품질활동

업 무 구 분	품 질 활 동
운 전	○ 시험 및 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 올바르고 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 재조정 하였고 앞으로도 회사 경영환경 변화, 품질경영의 추진, 고객 Needs 변화 등에 맞추어 이를 지속적으로 개선 및 보완하여 활용할 방침이다.

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 분임조’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.

2. 품질보증분야 업무혁신 추진

‘세계 수준의 발전설비 품질 제고’를 목표로 한수원의 품질보증분야 업무혁신 프로그램들이 2007년을 기점으로 본격 추진되기 시작했다.

한수원(주)은 ‘발전소 업무수행 기본 수칙’을 2007년 1월부터 적용하기 시작했다. 발전소 업무수행 기본수칙의 제정은 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 반드시 기본수칙을 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. 또한 품질보증감사 및 원자력발전 안전위원회(KNRB) 점검, 본사 특별 점검을 통해 시행상태를 확인하고 미흡한 사항들은 계속 수정·보완할 계획이다.

규제 환경 변화의 능동적 대응 및 독자적인 품질등급체계 구축을 통해 선택과 집중으로 품질경쟁력을 확보하기 위해 현행 Q, T, R, S의 4단계에서 Q, A, S의 3단계 품질등급체제로 변경을 추진 중에 있다. 한수원(주)은 2006년 4월 품질등급체계 개선 기본방안을 수립하고, 그 해 10월 표준형 원전 Augmented-Q 등급 분류를 완료했다. 2006년 7월 5일부터 1년간 한빛과위와 품질등급 변경에 관한 공동연구를 수행했고, 미국 팔로버디 원전, 캐나다 G-2원전의 품질등급 운영사례를 벤치마킹했다.

그리고 품질보증실 주관으로 발전소 품질문제점에 대한 체계적인 해

결 및 재발방지를 위해 원전운영 개선프로그램 CAP(Corrective Action Program)를 개발해 2007년 4월 고리원전 2발전소에 시범 적용했다. 시범 적용에서 나타난 문제점을 조치해 6월부터 한수원(주) 전사에 적용하고 있다.

또한 성능기반 품질보증 업무 구축을 위해 2007년 3월 품질보증감사 개선방안을 마련하고 감사 점검표 개발 등 감사기법을 지속적으로 개선해 나가고 있으며, 2007년 울진 1호기 계획예방정비 기간중 정비분야 품질보증감사를 Observation 형식으로 수행한 결과, 절차서 준수문화 확산, 정비원의 Workmanship 향상 등 가시적인 시행효과가 확인됨에 따라 2008년에는 이를 더욱 확대하여 계획예방정비가 시행되는 전 발전소에 대해 계획예방정비 기간중 Observation을 실시하여 각종 작업 프로세스의 유효성, 정비원의 Workmanship, 전 종사자의 절차서 준수 문화 등을 점검하여 발전소 정비품질 향상에 전력을 기울일 방침이다. 또한 품질보증업무의 효율성 제고를 위해 품질서류 검토 최적화 작업을 추진하여 사무실에서 서류검토 시간 대신 현장설비 검사에 치중하도록 하였고 품질부서 업무중첩 및 인력운영의 효율화를 위해 영광, 울진본부 6개 호기 운영원전의 품질검사부, 품질보증부 업무기능을 호기별 전담제 형식인 품질기술팀, 품질보증팀으로 재편하여 발전소 품질문제 해결을 보다 책임감있게 이행하도록 개선하였다.

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·시행할 예정이다.

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.

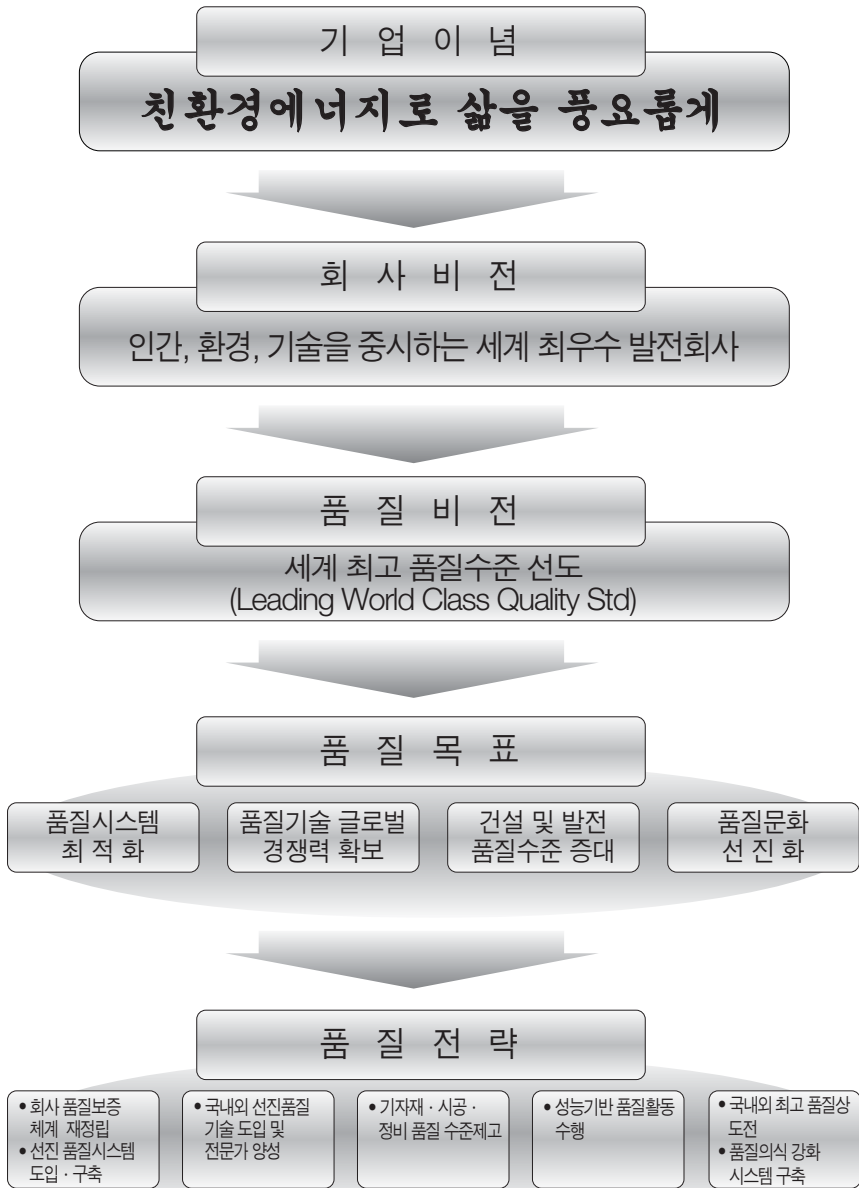
회사의 기업이념인 ‘친환경에너지로 삶을 풍요롭게’와 회사비전인 ‘인간, 환경, 기술을 중시하는 세계 최우수 발전회사’를 실현하기 위해 <그림6-5>와 같이 품질비전, 품질목표 및 품질전략과 세부 추진계획을 수립하였다.

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 나가고 있다.

연도별 주요 실천계획을 살펴보면, 추진분야를 품질시스템, 품질기술, 설비품질, 품질문화 등 4개 분야로 분류하고 기간별 세부시행 추진계획을 수립, 추진할 예정이며 주요내용은 <표6-4>와 같다.

〈표 6-4〉 품질경영 중장기 주요 실천계획

기 간	추진목표	주요내용
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 ○ 원자력품질지격제도 시행 등
2012	품질경영 정착	○ 통합경영시스템 운영 ○ 국제 품질전문가 워크숍 개최 등
2013~ 2015	선진품질경영체계 확립	○ 통합경영시스템 운영 및 평가 ○ 세계 최고 품질상(데밍상) 도전 등



〈그림 6-5〉 품질비전, 품질목표 및 추진전략 체계도

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 KEPIC기술기준, 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 6-5>와 같다.

또한, 원전건설 및 운영에 참여하는 협력업체 직원들을 대상으로 품질선임감사자 및 원자력품질보증 과정을 운영하고 있으며, 참여 업체로부터 좋은 반응을 얻고 있다.

〈표 6-5〉 주요 사내·외 품질교육과정의 종류

구 분	교 육 기 관	교 육 과 정
사내교육	원자력교육원	○ 품질보증일반 ○ 품질선임감사자반 ○ 원자력기계 품질반 ○ 원자력계전 품질반 ○ 품질선임감사자 보수교육반 ○ 고급품질검사자 보수교육반 ○ 구매시방서 작성 및 관리
	대한전기협회	○ 전력산업기술기준(KEPIC)교육 - 원자력기계 공인검사 등 11개 과정
사외교육	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 13개 과정
	한국도장인증기술협회	○ 초급 도장감리원 과정 ○ 통합 고급 도장감리원 과정
	한국도장기술인협회	○ 원전도장 검사자 교육
	한국기계연구원	○ 용접기술강좌 ○ 가동중 원전보수 및 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 협의체와 협력 체제를 갖춰 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 한수원은 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 보고 자료 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 2008년 12월 현재 미국 32개사, 캐나다 등 해외 12개사가 회원사로 가입해 있다.

NUPIC의 국제회원사로 가입한 한수원(주)은 Q등급 해외구매업체 62%에 상당하는 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 한수원의 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 한수원에게 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 4월 현재 CANPAC에는 캐나다의 원전사업자 4개사와 한국의 한수원(주), 루마니아가 회원사로 가입되어 있고, 중국 원전사업자가 회원사로 가입을 검토하고 있다.

2. 선진 품질정보 수집 및 국제동향 파악

미국품질학회(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 한전은 1999년까지 회원으로 있다가 IMF 여파로 탈퇴한 바 있었다. 2007년 12월 현재 ASQ의 회원 수는 100여 개국의 약 1100여 개 단체회원과 개인회원도 약 11만명에 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 유럽품질협의체(EOQ)의 연차대회에도 참여하여 유럽지역의 품질동향 파악 및 정보수집에 활용하고 있다.

제2절 국내 협력활동

1. 국내 협회활동

한수원(주)은 대한전기협회의 회원사로써 전력산업기술기준(KEPIC) 개발에 필요한 출연금을 지원하고 각종 전력기술기준의 제·개정시 이의 검토를 위한 전문·실무위원회에 참여하여 전력산업기술

기준의 개발에 크게 기여하고 있다.

또한 2001년 우리나라 한국산업규격(KS)과 품질보증체제·환경경영체제·ISO 9000의 대표적인 인증기관인 한국표준협회에 가입하여 직원들의 품질전문지식 습득을 위해 협회에서 주관하는 각종 품질관련 전문교육에 참여하고 있으며 또한 국가 품질경진대회 참여 등을 통해 원자력품질을 대외에 홍보하고 일반 산업계와의 품질정보교류에 참여하고 있다.

그밖에 2002년 8월과 9월에 품질경영학회와 한국비과괴검사학회에 각각 가입하여 매년 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 2008년 12월 현재 한수원(주), 한국전력기술, 두산중공업, 삼성건설, 현대건설, 한전KPS, 삼창 등 설계·용역 업체와 주기기 공급업체, 그리고 시공사 및 정비 분야 16개 업체가 참여하고 있다.

품질협의회는 연간 상·하반기 2회의 정기회의로 개최하며, 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 기업홍보팀장 최동관

제1절 사회환경의 변화

1. 국제환경의 변화

1973년의 제1차 석유파동 당시 전 세계에서 가동중인 원전은 147기로, 세계 에너지소비의 0.8% 정도만을 원자력발전이 담당하였다. 그 후 선진국들을 중심으로 각국은 에너지의 안정적 공급을 위해 탈 석유평책의 일환으로 원전개발을 활발히 추진해오던 중 1986년 구소련의 체르노빌 원전사고의 영향으로 미국을 비롯한 선진국들은 원전축소정책으로 전환하여 원전건설을 억제해 왔었다. 그러나 프랑스와 일본, 한국 같은 자원이 부족한 나라와 중국 등 일부 개도국들은 원전개발을 지속적으로 추진해왔다.

2008년 말 현재 전 세계 31개국에서 439기의 원전이 운영되고 있으며, '08년 한해 동안 26.9억MWh의 전력을 생산하여, 전세계 전력생산량의 약 15%를 담당하였다. 그 동안 원전건설을 억제해온 선진국들은 부존자원이 풍부하거나 전력수요 증가가 거의 없는 포화상태로 대규모 용량인 원전의 추가건설이 크게 필요하지 않았다. 일부 유럽연합국에서는 원전 폐쇄정책 하에 대안으로 대체에너지 개발에 비중을 두고 있었다.

그러나 지구온난화의 주범인 온실가스 배출 억제를 위한 교토의정서

의 공식발효('05. 2)와 유가불안, 자원부국들의 에너지 무기화 조짐과 분쟁, 개발도상국의 급격한 에너지 수요 증가 등으로 세계 각국이 원전에 다시 눈을 돌리고 있다.

104기의 원전을 통해 자국 전력의 약 20%를 공급하는 미국은 26기의 신규 원전에 대해 건설허가를 신청해 놓은 상태이다. 또한 2008년말 현재 가동원전 104기 중 91기의 원전에서 124건의 출력증장을 승인하였다. 계속운전과 관련하여 2008년말까지 51기의 계속운전을 승인하였으며, 최종적으로 85기를 승인할 예정이다.

31기의 원전을 운영하고 있는 러시아는 2020년까지 원자력발전량을 현재의 2배 수준까지 늘릴 계획이며, 러시아연방원자력공사는 2030년까지 러시아에 42기, 해외에 60기 등 총 102기의 신규 원전을 건설할 예정이다.

경제발전으로 에너지 수요가 폭증하고 있는 중국, 인도 등 개발도상국들도 앞 다투어 원전건설에 나서고 있다. 2008년 말 현재 11기의 원전을 운영중인 중국은 현재 9,000MW의 설비용량을 2020년까지 약 40,000MW로 늘릴 예정이다. 이는 1,000MW급 원전 40기에 해당하는 용량이다. 17기의 원전을 가동중인 인도도 2012년까지 17기를 추가 건설해 현재 3%인 원전의존율을 30%로 크게 늘릴 예정이다. 현재 에너지의 95%를 러시아의 천연가스에 의존하고 있는 벨로루시는 최근 천연가스 가격이 상승함에 따라 원자력발전소 2기를 건설하기로 결정했는데 각각 2016년과 2018년에 완공을 목표로 하고 있다. 이탈리아도 2013년 건설착수를 목표로 원자력 신규법안이 하원을 통과한 상태이다. 영국,

프랑스, 스웨덴 등 다른 유럽 국가들도 원자력의 재추진을 검토하고 있거나 원전건설을 재개하였다. 세계 각국의 원전건설 추진배경에 대해 원자력에너지가 갖는 친환경성과 경제성의 명분도 강하지만 원자력이 국가에너지 안보에 있어 최후의 보루 역할을 하기 때문이라고 에너지 전문가들은 설명하고 있다.

2. 국내환경의 변화

부존자원이 없는 우리나라는 지난 1970년대 석유과동 이후 탈석유전 원정책과 에너지다원화정책에 따라 원자력개발을 지속적으로 추진해 왔다. 1978년 고리 1호기가 상업운전을 시작한 지 30년이 지난 2008년 말 기준 가동 원전기수는 20기로 늘었고 설비용량은 17,716MW로 전체 발전설비용량인 72,491MW의 24.4%를 점유하며 세계 6위의 원자력발전 대국으로 성장하였다.

지난 30년간 국내 전력생산의 주축을 담당해온 원자력발전은 국가 경제발전과 국민의 삶의 질 향상에 중추적인 역할을 해왔다. 1982년 이후 국내 소비자물가는 200% 이상 올랐지만 전기요금은 약 10% 증가하는데 그쳤다. 이는 대용량의 전력을 값싸게 공급한 원자력 덕분에 가능한 일이었다. 또한 기후변화협약 이행기간이 도래함에 따라 선진국들은 2012년까지 이산화탄소 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축해야 하는 상황이다. 국내 에너지자급률이 3%에 불과하고, OECD 국가 중 온실가스 배출 증가량 1위인 우리로서는 온실가스 배출이 거의 없으며 생산단가가 저렴한 원자력에너지를 선택하고 확대하는 것만이 최선의 방향

으로 인식되고 있다.

아울러 원전건설기술도 지속적인 기술개발을 통해 한국표준형원전을 개발하여 현재 6기가 운영 중에 있으며 개선형 한국표준형원전 4기가 추가 건설 중에 있다. 나아가 한국표준형원전에 비해 안전성과 경제성을 대폭 강화한 차세대 원전인 APR1400을 개발하여 건설 중에 있으며 이러한 기술력을 바탕으로 해외원전시장 진출을 적극 추진하고 있다.

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% 증가하여 오는 2022년경에는 50만GWh가 될 것으로 전망된다. 최대전력수요도 2022년경에 81,805MW로 2008년 7월 15일 62,794MW의 약 1.3배에 이를 것으로 전망하고 있다.

한편, 지난 2008년은 원전역사에 뜻 깊은 한 해가 되었다.

국내 최초로 고리 1호기가 계속운전을 시작했으며, 계속운전 첫주기 무고장 안전운전을 달성으로 3주기 연속 무고장 안전운전을 달성했고, 국내 원자력 발전량 총계가 2조kWh를 넘는 해였다. 이는 지난 30년의 기간 동안 국내 전체 발전량의 약 38%에 해당되는 양이며, 국내 총 전력사용량으로 보면 약 5년 동안 쓸 수 있는 전력이다.

30년간의 설계수명을 다한 뒤 2008년 1월 17일 10년간의 계속운전에 본격적으로 들어간 고리 1호기는 재가동 전의 2주기를 포함하여 3주기 연속 무고장 안전운전을 달성했다. 국내 원전의 효시인 고리 1호기가

계속운전을 성공적으로 시작함으로써 한수원(주)의 원전운영과 정비기술이 세계적인 수준임을 입증하였다. 또한 2008년에는 역대 최고수준의 운영실적을 달성하였다. 지난해 ‘92%의 원전 이용률과 호기당 0.4건 이하의 불시정지 건수 달성’이라는 원전운영목표 달성을 위하여 ‘패러다임 체인지 2008 Target 9204’라고 슬로건을 정하고 목표달성을 위하여 최선을 다하였다. 그 결과 2008년 원전이용률은 93.4%를 달성하였다. 이는 같은해 세계 평균이용률인 79.4%보다 월등히 높은 수치이며, 미국(91%), 프랑스(76%)보다 더 높은 실적이다. 또한 호기당 불시정지건수는 0.35건(총 7건)으로 2007년의 0.6건에 비해 40% 이상 감소하였다. 이는 원자력발전을 시작한 이래 최저 수준이며 최근 3년간 평균 정지건수인 11건과 비교해도 획기적인 실적이다.

또한, 국내 최초로 고리 4호기는 2008년 12월 27일부터 착수된 제 18차 계획예방정비 기간 동안에 고압터빈개선, 노후 발전기 교체 등 설비개선공사를 마치고 2009년 2월 국내 최초로 출력증강을 적용할 계획이다. 출력증강이 적용되면, 원자로 열출력은 2,775MWt에서 2,900MWt로, 발전기출력은 999MWe에서 1,033MWe로 증대 될 것이다. 미국에서는 이미 1970년대부터 출력증강을 추진하기 시작하여 2008년말 현재 91기의 원전에서 124건의 출력증강을 적용하고 있으며 유럽에서도 30여기의 발전소에서 45건이 넘는 출력증강을 적용하고 있다. 한수원(주)은 영광 1·2호기, 고리 3·4호기의 출력증강을 추진하고 있으며, 원전 4기의 출력증강이 완료되면 약 170MWe의 전력공급용량이 늘어나고, 이로 인한 연간 전기판매 수익은 480억원으로 예상된다.

원전의 우수한 운영실적 및 기술력에도 불구하고 국민수용성은 기대만큼 높지 않아 원전의 지속적인 추진에 걸림돌이 되고 있다. 현재 원전에 대한 국민 인식은 원전의 필요성, 환경친화성, 경제발전의 기여도 등에서는 긍정적이나 안전성에 대해서는 아직도 막연한 불안감을 가지고 있다. 이렇게 볼 때 국민합의를 통한 원전사업의 지속적인 발전을 위해서는 무엇보다도 원전안전에 대한 국민적 불안을 해소시킬 대책이 가장 절실하다 하겠다.

제2절 국민이해 증진활동

1. 원전에 대한 국민이해

우리나라는 1978년 고리 1호기 상업운전 이후 현재 총 20기의 원전을 운영하며 설비용량 기준 세계 6위의 원전강국으로 도약했다. 원자력 발전은 주력 발전원으로써 중추적인 역할을 하고 있으며 앞으로도 지속적으로 추진될 전망이다. 그러나 이에 비해 원전에 대한 국민이해도는 전반적으로 낮은 편이며 정당한 평가대신 대체로 부정적인 면에 치우쳐 있는 것도 사실이다. 여론조사 결과에 의하면 원전의 필요성, 환경친화성, 경제성과 경제발전의 기여도 등에서 긍정적인 반면에 안전성에 대해서는 부정적인 여론이 지배적이며 안전규제가 더욱 강화되어야 한다고 나타났다.

이런 현실을 볼 때 원전에 대한 국민수용성(Public Acceptance)을 향상시키기 위해서는 무엇보다도 원전안전에 대한 국민불안을 해소하고

국민의 신뢰를 높이기 위한 노력을 지속적으로 전개해야 한다. 무엇보다 안전한 원전운영을 최우선 목표로 하고, 원자력발전의 안전성에 대한 대국민 홍보가 뒷받침되어야 할 것이다. 원전사업은 안전성 보장 없이는 지속할 수 없다. 한수원(주)과 정부는 원전운영의 최상의 목표를 안전운전에 두고 있으며 실제 원전의 안전운영 실적도 세계 최상급이다. 원전에 대한 국민적 이해와 수용에 많은 영향을 미치는 것이 언론이다. 여론을 주도하는 언론의 정확하고 객관적인 보도의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 가끔 발생하는 사소한 원전고장에 대한 언론의 왜곡, 과장보도는 국민들에게 불안감을 조성하고 원전신뢰도를 떨어뜨리는 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 언론은 원자력이 핵심적인 국가에너지라는 확고한 국가관을 견지함은 물론, 원전을 이해하고 사실에 기초한 정론을 펼쳐 원전PA의 견인차 역할을 해주어야 한다.

국민들도 왜곡되고 과장된 정보에서 벗어나 과학적 사실과 실체적 진실을 믿을 수 있는 성숙한 시민의식을 보여줄 것으로 기대하며 한수원(주)은 다양한 원전홍보 채널을 통해 국민들을 설득하고 이해를 구하는데 더욱 주력할 것이다.

2. 기관별 국민이해 증진 활동

가. 한국수력원자력(주)

한수원(주)은 원자력사업에 대한 국민들의 이해를 높이기 위해 사회적 책임을 다하는 공익성과 친환경에너지 기업이미지 PR 활동, 원자력 뉴스레터발송 등 사이버 홍보활동, 원전시설 현장체험기회 확대, 홍보

책자 제작·배포 등의 적극적인 홍보활동을 다양하게 전개하고 있다. 또한 회사 홍보영상물을 각 원전 홍보전시관에서 상영하는 등 원전의 필요성과 안전성을 알리는데 효과적인 홍보방안을 지속적으로 개발하고 있다.

(1) 원전공개정책

원전은 안전성 보장을 최우선으로 하여 안전운영에 심혈을 기울이고 있지만 그 실상을 잘 모르는 국민들은 여전히 불안감을 떨치지 못하고 있다. 따라서 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 보도자료 배포를 통해 언론에 공개한다. 각 기관별 인터넷 홈페이지 주소는 다음과 같다.

〈표 7-1〉 원전 사고·고장 정보공개 관련 인터넷 홈페이지 주소

기관명	홈페이지 주소	제 목
교육과학기술부	www.mest.go.kr	정보마당/사업 및 제도안내/원자력국 /원자력안전/원전운영현황/원전운영정보
한국원자력 안전기술원	www.kins.re.kr	원전사고고장정보/사고고장정보 /원전사고고장현황
한수원(주)	www.khnp.co.kr	지식센터/원자력발전운영/원전운영소식

이와 같이 원전운영에 대해 공개지침에 따라 우선적으로 언론에 신속하게 공개하고 있으며 그 외에 발간물을 통하거나 시설에 대한 공개도 하고 있다. 특히 한수원(주) 홈페이지(www.khnp.co.kr)의 원전운영현황에 원전안전현황, 방사선현황 등 원전운영 관련정보가 자세하게 공개되고 있다.

발간물을 통한 공개는 사외보인 「(주)과워」를 매달 2만부씩 발간하여 지역주민, 학생, 일반인 등 각계각층에 배부하였으며, 「원자력에너지」, 「1318 세대를 위한 원자력이야기」, 「초등학생용 홍보수첩」등 계층별 홍보책자를 세분화하여 원전본부 시찰자 및 과학교사 등을 대상으로 배부하고 있다. 또한, 1978년 4월 고리 1호기 상업운전 이래 30년간 국가 경제발전에 기여한 원자력발전의 역할을 재조명하기 위하여 「원자력발전 30년사」를 발간하였다. 원전본부별로는 소식지를 발간, 주기적으로 지역주민과 관련기관에 배부하고 있다. 또한 한수원(주)이 정부(지식경제부)와 공동으로 매년 국내 원전정책, 운영현황, 방사성폐기물관리, 국내·외 동향 등 원자력발전에 관한 모든 것을 정리한 「원자력발전백서」를 발간하여 일반 국민에게 원전 전반에 대해 투명하게 알림으로써 원

자력에 대한 국민이해를 높이는데 기여하고 있다.

시설공개는 원전의 실제 운영상태를 직접 확인시켜 주는 중요한 수단으로, 원전별로 홍보전시관을 갖추고 연중 방문객들을 맞이하고 있으며 고장관련 설비도 지역주민이나 시민사회단체 요청시 공개하고 있다. 문화, 학술, 체육행사 등 다양한 문화행사의 협찬을 통한 원전 사회적 수용성 확대에도 많은 노력을 기울이고 있다. 각 원전을 순회하는 음악회를 개최하고 소외된 청소년에게 각종 문화·예술공연 관람 기회를 정기적으로 제공하고 있으며, 거북이마라톤, 전기사랑마라톤 대회 등도 적극 참여하면서 국민에게 가까이 다가가는 기업상을 정립해 나가고 있다.

(2) 차세대교육

차세대에게 원자력을 바르게 알리고 이해시키는 것은 원전사업의 미래를 좌우하는 중요한 사안이다. 따라서 한수원(주)은 미래의 주역인 초·중·고교생들에게 원자력에 대한 이해를 증진시키는 다양한 프로그램을 실시하여 학생 및 교사들에게 원자력과 친밀해질 수 있는 기회를 제공하고 있다. 여기에는 일일교사 참여, 주니어 공학기술교실 운영, 원자력 문예대전 개최, 원어민강사 지원, 아동뮤지컬행사, 방과후 교실 연중운영, 중학생공부방 운영, 학교운동장 개선사업 등이 있다. 또한 ‘1318세대를 위한 원자력이야기’ 등의 청소년들의 눈높이에 맞는 홍보책자를 제작·배부하고 있으며, 특히 과학교사에게 배부하여 교재로 사용토록하고 있다. 특히 2006년에는 청소년을 대상으로 하는 홍보동영상을 제작해 각 홍보전시관에서 상영함으로써 청소년들의 호기심과 흥미를 이끌어냈으며, 2007년에는 회사 홍보동영상, 수력 홍보동영상 등

을 제작·배포하였다. 또한 원전 홍보관을 방문하는 학생들에게 전시물과 시설견학을 통하여 원전과 친밀감을 느낄 수 있는 기회를 주고 있다.

그리고 한국원자력문화재단의 교과서 연구 분석사업에 협력하여 교과서의 원자력 관련 내용이 바르게 서술될 수 있도록 자료를 제공하고, 관계 인사들의 원전시찰도 지속적으로 추진하고 있다. 원전이 21세기에도 주력에너지 역할을 지속하기 위해서는 자라나는 세대의 원전에 대한 이해가 필수적이므로 이를 위해 학교에서부터 원자력교육이 올바르게 이루어져야 한다.

(3) 일반국민 홍보

원전에 대한 국민인식은 그동안 많이 개선되었지만, 원전의 필요성은 인정하면서도 안전성은 우려하고 있는 것이 현실이다. 원전에 대한 국민합의가 근원적으로 어려운 점도 안전문제에 대한 우려 때문이다. 한수원(주)은 원전안전의 실상을 일반국민에게 알리는데 역점을 두고 원전운영의 투명한 공개를 통하여 국민들을 이해시키는데 주력하고 있다.

언론홍보

친환경 녹색성장의 한 축인 원자력발전의 중요성 및 현황을 정확히 알리기 위해 원전운영, 안전점검, 건설현황, 원전수출 추진현황 등 한수원(주)의 주요 경영현안에 대한 보도자료 및 사진을 주기적으로 배포하고 있다. 또한 공기업 선진화를 위한 경영혁신 노력, 윤리경영 실천, 대 중소기업 상생사업 등 기업문화를 적극적으로 소개함으로써 한수원(주)의 공익적 역할을 알리는 데 힘쓰고 있으며, 원전본부별 사회공헌

활동 및 동정, 지역축제 소식 등을 수시로 발굴, 보도자료로 배포함으로써 원자력발전이 국민과 함께하는 사업임을 알리기 위해 노력하고 있다.

2008년은 고리 1호기가 상업운전을 시작한지 30년을 맞는 원자력발전 30주년이며 신고리 1호기 원자로 설치, 신고리 3·4호기 최초콘크리트타설 등 차세대 신규원전건설 사업, 신재생에너지사업 등 여러 가지 현안사업들이 있었다. 이와 관련 언론홍보의 방향은 국민들에게 원자력발전의 역할을 강조하는 한편 정확한 실상을 알려 원자력사업에 대한 오해와 불신을 예방하고 국민적 공감대를 이끌어 내려고 노력했다.

국내 최초의 원전인 고리 1호기가 1978년 전력생산을 개시한 이래 30년 동안 총 2조kWh의 전력을 생산, 석유대비 155조, 가스대비 247조원의 수입대체 효과를 이룬 원자력발전의 업적을 국민들에게 알리는데 주력했다. 특히 지난해 재가동 준비에 들어 간지 20여일 만에 연료장전과 시험운전을 거쳐 본격적인 전기 생산에 돌입한 고리 1호기의 재가동은 우리나라 원전기술의 우수성과 원전의 안전성을 보여주는 계기로 취재기자와 사진기자단 등을 초청해 대국민 홍보에 적극 활용했다. 또한 TV 특집방송과 신문시리즈를 집중 기획하여 고유가시대에 원전의 중요성을 홍보하는 한편, 원자력발전 30년의 의미, 원전수출 추진내용, 향후 원자력산업의 과제 등을 대중적으로 알려 원전에 대한 이미지를 제고하는데 노력했다.

국내 원전건설의 새로운 표준이 될 신형경수로 APR1400의 최초 콘크리트 타설, 신고리 1호기 원자로 설치 등을 신문과 방송을 통해 널리 알렸다. APR1400은 세계 각국이 주력으로 건설중인 제 3세대 원전으

로 우리나라 원자력 기술이 세계적 수준으로 올라섰음을 대내·외에 알릴 수 있는 좋은 기회가 됐다. 이는 해외진출에 대한 희망을 불어넣는 작업이었다.

원자력 발전의 기술자립 및 신기술개발에 대한 홍보도 집중 전개했다. 원자력발전기술개발사업(Nu-Tech 2012)은 고유 원천기술을 갖춘 1,500MW급 첨단 대용량 원전을 당초 계획보다 3년 앞당겨 2012년 개발을 마치고 2022년 첫 상업운전에 들어가는 사업으로 원전 핵심설계코드 및 원자로냉각재펌프(RCP) 국산화로 10개호기 기준 약 6,750억원의 수입대체 효과를 얻을 수 있어 언론을 통해 상세히 홍보했다.

국민적 열망이 높은 한국 원자력산업의 해외진출 뉴스를 상세하게 소개함으로써 우리나라의 원자력발전 수준이 세계적 수준으로 도약했음을 알리는 데도 힘썼다. 이는 국민적 자긍심을 높여주는 요소로 작용했다. 원자력 원천기술 보유국인 캐나다에 대한 원전연료 취급계통 운전 및 정비 분야 기술 수출, 미국과 방폐물 유리화기술 제공협약을 체결했다는 뉴스는 우리나라도 이제 원전 도입국에서 수출국이 되었다는 점에서 한껏 높아진 한국 원자력산업의 위상을 입증해주었다. 이와 함께 1,500만달러 규모의 중국 원전 기술용역 수출, 인도네시아 진출을 위한 유스트 칼라 부통령과의 협력협약의 등도 언론에 소개했다.

안전성에 대한 상세한 자료를 수시로 제공해 궁금증을 해소하고 신뢰를 얻는데 힘썼다. 원자력발전 30년을 맞아 실시한 국내원전 20기 특별점검, 원자력 안전운전 결의대회, 방폐물 처리 관련 기술제휴 등 원전 안전을 위한 한수원(주)의 노력을 상세히 소개, 국민들의 궁금증을 해소토록 했다.

한편 1,000여명의 임직원이 참여한 태안 자원봉사, 한수원(주) 사회봉사단의 의료봉사, 어르신 식사봉사, 장애인 및 불우 어린이 시설에 대한 상시 봉사 등 전사적인 자원봉사활동도 소개했다. 또한 보유기술 무상이전, 해외시장 판로 개척 지원, 자금이 부족한 중소기업들을 위한 전자발주론 등 중소기업과의 상생노력도 널리 알려 한수원(주)이 ‘중소기업과 더불어 살아가는 에너지 리더’임을 각인시켰다.

이러한 노력에 힘입어 2008년도 언론보도 기사는 지난해 보다 크게 증가했다. 이는 사업 중심의 언론홍보에 머무르지 않고 그 범위를 기업문화로 넓힌 결과이며, 원자력발전 30주년 및 원전수출에 대한 언론의 관심 고조에 대한 결과로 볼 수 있다. 언론홍보에 대한 다양한 노력을 전개함으로써 한수원(주)과 관련된 보도기사는 크게 늘어났고, 이는 원자력르네상스 시대를 맞이하여 한수원(주)의 이미지를 ‘국민과 함께 하는, 국민들에게 친근한 기업’임을 각인시키는데 일조했다.

언론보도 횟수는 2007년 528건에서 2008년 627건으로 대폭 확대되었으며 비판성보도 비율도 감소하였다. 이는 기자들에게 시의적절하게 설명자료 또는 해명자료를 제공함으로써 보다 적극적인 언론홍보 활동에 치중, 우호적인 보도 유도 및 오보를 사전에 효율적으로 차단했기 때문으로 분석된다.

미디어 홍보

한수원(주)은 2008년 한 해 동안 원전에 대한 사회적 수용성 제고, 각종 현안사업 홍보 및 기업PR을 위해 각종 광고물들을 제작해 다양한 매체를 통해 광고를 실시했다. 원전에 대한 사회적 수용성을 제고하고자

‘희망에너지’ 편과 ‘녹색성장’ 편을 제작하였으며, 현안 사업인 방폐장 홍보를 위해 ‘희망 경주’ 편을, 그리고 강릉지역 도암댐 홍보를 위해 ‘플라잉 님시’ 편 등의 방송광고용 CF 및 인쇄광고물들을 제작했다.

매체집행은 방송광고의 경우 공중파 TV 및 라디오를 통해 목표 대상인 30~59세 남녀가 골고루 시청하는 유명 드라마나 시사·뉴스프로그램 등을 위주로 광고를 시행했으며, 세계 최대의 스포츠 이벤트인 ‘2008년 베이징올림픽’의 중계방송 프로그램을 활용한 집중적인 광고를 실시했다. 이와는 별도로 방폐장 건설의 원활한 추진을 위해 대구·포항지역에 국한된 지방방송을 활용한 광고도 병행했다.

방송매체 이외에 인쇄매체를 통한 광고도 강화했다. 2008년은 원자력발전 30주년이 되는 해로 이와 관련한 각종 행사와 연계하여 광고를 시행했다. 또한, 정부의 ‘저탄소 녹색성장 정책’에 부응하며 원전의 안전성, 경제성, 환경친화성 등을 전파하고자 3편의 시리즈 광고물을 제작, 중앙일간지를 대상으로 광고를 시행했다.

한수원(주)은 전통적인 4대 매체 이외에도 뉴미디어를 활용한 광고를 적극적으로 시행했다. 인터넷을 이용한 온라인광고, 전광판·옥상간판 등의 옥외광고와 지하철 역사 등의 PDP를 활용한 옥내광고 등을 시행했다. 특히 틈새시장 공략 차원에서 공중파TV 대비 상대적으로 광고비가 저렴한 케이블TV를 통한 적극적인 광고를 시행했다. 주요 광고 집행매체는 정책입안자나 여론주도층이 주 시청자인 YTN 등의 보도채널, 시청자가 고루 분포된 영화채널 OCN 그리고 장년 여성층이 주 시청자인 드라마채널 등이었다.

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 홈페이지는 원자력발전 30년을 맞아 2008년 5월에 회사 홈페이지의 글로벌화와 CEO 홍보 강화를 위해 영문 홈페이지와 CEO 홈페이지를 대대적으로 개편하고 중문 홈페이지를 신설하였다.

친환경과 첨단 이미지가 첫 화면에 부각되도록 최신 트렌드의 디자인을 적용시켜 새단장했으며 원자력에 대한 국민들의 이해와 정보 습득이 용이하도록 폴더형 섹션 메뉴창을 통한 정보 접근성을 높여 검색과 이용을 쉽게 하였다. 네티즌 맞춤형 기능인 모바일 기반의 N-서비스, UCC 존을 신설하고 KHNP 연대기, 발전소 라이브, 원자력 르네상스 애니메이션 동영상 등 홍보 차별화 콘텐츠를 대폭 보강하여 네티즌의 방문과 참여를 유도하였다. 또한, 대국민 원전 정보공개 요구에 부응하여 4개 원전의 운전, 정비, 정지 상태를 발전 신호등과 자막창을 통해 실시간으로 알려주어 원전운영 신뢰도를 높였으며 네티즌 요청정보에 대한 신속한 서비스를 위해 온라인 자동응답 시스템도 함께 구축하였다.

회사 홈페이지에서 녹색성장 그린에너지 이벤트, 희망에너지-Up, 원자력가족 1+1 한마음 캠페인, 원자력발전 30년 엠블럼 공모전 등 다양한 사이버 이벤트와 캠페인을 펼치고 쌍방향 커뮤니케이션과 적극적인 온라인 홍보에 힘입어 2008년말에 회사 홈페이지 회원 누계 20만명, 방

문자 누계 1,000만명을 달성하는 성과를 거둠으로써 명실 공히 대국민 호응도가 높은 원자력 포털사이트로서 자리매김하게 되었다. 아울러 네이버와 다음 포털사이트에 한수원 공식 기업 블로그와 카페를 각각 개설·운영하여 회사 홈페이지, 네티즌과의 연대홍보를 통한 온라인 홍보 시너지 효과도 꾀하였다.

한편, 전파식 상시 홍보수단으로 통화 대기시 기계음 대신 기업 홍보 멘트와 음악을 제공하는 ‘통화 연결음 서비스’를 사내전화와 직원 휴대폰을 통해 적극 시행하여 홍보효과를 높이고 있으며, 특히 고객 접점 홍보 강화를 위해 2009년 4월에 전직원으로 확대시행하고 음원도 다양화시켜 대국민 원자력 수용성과 기업 호감도 제고에 크게 기여하고 있다.

아울러 KBS 과학카페 원자력편, 회사 대표 홍보영화 ‘에너지 심장’, ‘글로벌 에너지 리더’, 지구온난화 방지 공익캠페인 영상, 방폐물 홍보 영상, 도암댐 홍보영상 등 다수의 회사 홍보 동영상을 회사 홈페이지의 홍보영상관을 통해 일반국민과 지역주민에게 원자력 및 관련사업의 이해를 돕고 있으며 원자력의 안전성, 경제성, 친환경성을 적극 알리고 원자력이 녹색성장의 중심 에너지라는 대국민 인식을 높여 나가고 있다.

국내·외 원자력 동향, 한수원 주요소식과 경영 현안, 특집 테마 등을 묶어 웹진형태로 제공하는 한수원 디지털 뉴스레터를 한수원 인터넷 회원, 전력그룹사 직원, 유관기관 관계자, 경영평가위원 등 13만 여명에게 전용 대용량 메일시스템을 이용하여 발송하고 있으며 2008년부터는 매월 2회로 늘려 원자력정보 제공 기회를 확대했으며, 2009년 3월말에 한

수원 뉴스레터 100호 발간을 계기로 산뜻하고 친근감 있는 디자인 화면을 새단장하여 홍보와 콘텐츠 전달 효과를 크게 높였다.

전시홍보

2001년 한수원(주)은 한전으로부터 분리·발족 되면서 원자력 및 회사에 대한 국민의 낮은 이해도를 높이고 원전에 대한 수용성 제고를 위해 홍보전시부를 발족시켰다. 이후 기존에 운영되고 있는 홍보관의 개·보수, 신축, 운영 관련 업무와 국내·외에서 개최되는 각종 원전 및 에너지관련 전시회에 참가하여 회사 인지도 향상에 일익을 담당하고 있다.

홍보전시부 발족과 함께 2004년 처음으로 원자력산업연차대회와 산업자원부(현 지식경제부)에서 주관하는 에너지산업순회전에 참여하여 일반 국민과 직접 대면을 통해 원전에 대한 안전성, 경제성, 친환경성 등을 홍보하였다. 이후 회사가 참여하는 전시회는 2004년 2건, 2005년 4건, 2006년 9건, 2007년 12건, 2008년 12건으로 해마다 증가하였으며, 2009년에도 한-아세안 특별정상회담 전시회, 신성장동력 박람회, 인천 도시축전 전시회 등 약 13건의 전시회에 참가할 계획이다.

또한 원전해외수출기반 조성을 위해 2006년부터 중국 핵공업전람회, 베트남 국제원자력전람회, 원자력선진국회의(ICAPP), 태평양연안국원자력회의(PBNC) 등 각종 해외전시회에 참여하여 OPR1000 및 APR1400의 우수성과 우리나라 원자력산업에 대한 이해도를 제고하고, 원전건설 및 운영능력을 과시함으로써 원전수출의 가능성을 한층 높였다.



〈그림 7-1〉 과천과학관 지진체험관 및 한수원 홍보전시부스

한편 2008년에는 교육과학기술부가 건립한 국립과천과학관 내에 가상지진을 체험하고 원전의 지진안전성을 이해할 수 있는 ‘지진체험관’, 원자력과 수력발전의 원리를 설명하는 ‘수력·원자력코너’를 설치함으로써, 연간 약 300만명의 관람객들이 원자력을 쉽고 재미있게 체험할 수 있도록 하여 원전수용성을 높이는데 크게 기여하고 있다.

(4) 지역주민 홍보

지역주민에 대한 홍보는 일반국민과는 다르게 접근하는 홍보방식이 필요하다. 한수원(주)은 ‘지역주민과 함께하는 지역공동체 경영’을 위하여 적극적인 지역협력을 통해 잘사는 지역건설, 함께하는 공동체건설을 추구하고 있다. 이는 지역사회에 공헌하고 국민과 함께하는 원자력을 실현하여 원전사업을 지속 가능하게 하기 위함이다. 일반 국민을 대상으로 하는 홍보활동은 주로 대중매체를 활용하지만 지역주민에 대해서는 속성상 지역주민과의 밀착홍보를 통한 지역사회와의 유대강화와 각종 지원을 통한 사회공헌 등에 중점을 두고 있다.

2008년도 원전지역별 주요 홍보활동을 보면, 먼저 고리원자력본부의

경우 지역주민 초청 한마음 음악회, 지역 문화유적 탐방, 주니어 공학기 술교실, 원자력 유소년 축구교실, 스승의 날 기념 원자력 일일교사 활동, 장학금 지급(746명), 영어 원어민 교사채용 지원 등 차세대 대상 특별 홍보를 시행하였다. 또한, 지역주민 일자리 창출 지원, 철마 한우 축제, 기장 멸치 축제 등 지역경제 활성화를 위해 노력하였으며, 배수확, 모내기, 기장군 이동효드림센터 운영, 노사합동 무료급식, 복지시설 아동 문화체험, 사랑의 도시락 배달봉사, 김장나누기, 집수리 봉사활동(29세대) 등 지역사회 봉사활동을 적극 추진하고 있다.

영광원자력본부 주관 또는 후원으로 치러지는 법성포단오가요제, 영광해변가요제, 3군 합창제 등의 지역문화 행사가 지역주민들로부터 큰 호응을 얻고 있다. 또한 지역주민과 함께하는 옥당골 어르신 행복만들기 사업 추진(발 맛사지, 집안 청소, 건강검진 프로그램 지원 등), 인근 지역 독거노인을 위한 도시락 배달(주1회, 39세대), 사랑의 집고치기 및 이동식 가옥기증, 1부서 1자매마을 결연활동 등 지역주민을 위한 다양한 지역사회 봉사활동을 추진하고 있으며, 주변지역 인재육성을 위하여 원어민 영어강사 지원, 지역명문학교 육성 지원사업, 주니어 공학교실, 꿈나무 육성 장학결연 사업 등 다양한 장학프로그램을 지원하고 있다. 이러한 여러가지 지역지원사업과 사회공헌활동을 통해 원전과 지역주민간의 일체감 형성 및 지역사회 발전에 크게 기여하였다.

월성원자력본부의 경우 ‘동리·목월 문학상’ 후원, 경주국립박물관과 연계하여 ‘신라인과 불’ 운영, 농촌전통 테마 체험 마을인 ‘세심마을’과의 결연활동 시행 등을 통해 기업이미지 제고를 위하여 노력하고

있다. 그리고 마임&버블쇼, 2008 원자력 해변가요제, 찾아가는 미술관 ‘원자력을 찾아온 태권V’ 등을 지원하였으며, 제17회 경주 벚꽃마라톤 대회, 한국의 술과 떡잔치, 제7회 신라의 달밤 걷기 대회, 경주시 생활체육 축구대회, 1부서 1마을 자매결연활동(63개 마을), 스승의 날 일일교사 참여 등을 통하여 지역사회와의 일체감 조성에 노력을 다하고 있다. 또한, ‘누키봉사대’를 결성하여 방과후 교실 운영, 가사서비스 활동, 문화지킴이 활동, 영어 원어민 교사 지원, 방학중 영어마을 캠프 등을 통해 지역사회 봉사활동과 장학사업에 심혈을 기울이고 있다.

울진원자력본부의 경우 유관기관 및 지역주민들을 대상으로 계획에 방정비시 현장견학을 실시하고 있으며, 특히 신울진 입지 예정지역 주민에 대한 집중홍보를 시행하였고, 환경영향평가 공청회 등을 개최하였다. 글로벌시대의 리더 육성을 위하여 원어민 영어강사지원, 울진공공도서관 도서구입지원, 학교 운동장 개선사업, 학교 급식소 신축 등 교육여건을 개선하였다. 또한 지역의 특색있는 고유 전통행사를 지원하여 사라져가는 전통문화를 계승하는 등 지역발전에 상당한 기여를 하고 있다. 특히 8월 1일부터 3일간 계속된 ‘제2회 울진 뮤직팜 페스티벌’은 문화적으로 소외되어 있는 울진지역에 다양한 문화체험 기회 제공과 외부관광객 유입으로 인한 지역경제 활성화에 크게 이바지 하였다. 2008년 한해동안 독거노인 이동목욕 및 이용 봉사, 한마음 결연 100여 가구와 명절음식 나누기, 저소득가구 사랑의 집수리 봉사(35가구), 어르신 수영교실, 동·하계 방학동안 사랑의 인라인교실 등 총 5,101명이 511회의 봉사활동에 참가하였고 현재 59개 부서에서는 원전주변 마을과 자

매결연을 맺고 정기적으로 활동중이다.

이와 같이 각 원전별로 다양한 방법의 사회공헌 활동을 통해 지역주민들과 친밀감을 도모하면서 공존의식을 높이고 원전과의 일체감을 조성하는데 주력하고 있다. 4개 원자력본부는 모두 격월제로 소식지를 발간하고 지역문화행사를 지원하며 주민들에게 전시관과 관련시설을 결혼식장이나 행사장, 자연학습장 또는 회의장으로 이용할 수 있도록 하고 있다.

그리고 영광과 월성원전에서는 온배수 양식장을 운영하면서 매년 5월말에 양식어류 방류사업을 통하여 온배수의 청정성과 유용성을 알리고 있다. 특히 여름 피서철에는 4개 원전 모두 해변가요제를 개최함으로써 지역주민과 함께 하는 화합의 장을 만들고 있다. 이와 같이 원전은 지역사회와 함께한다는 공감대 형성에 주력하고 있으며 앞으로도 더욱 지역주민 홍보를 강화하여 지역공존의식을 높여나갈 계획이다.

나. 한국원자력문화재단

한국원자력문화재단 기획행정실장 정향수

한국원자력문화재단은 원자력의 다양한 이용에 대한 국민의 올바른 이해 증진을 위해 2008년 한 해 동안 『행복에너지-생활 속의 원자력』이란 메시지를 중심으로 원자력의 친화적인 이미지를 대중 속으로 확산시키는데 주력하였다.

이를 위해 핵심사업 중심으로 국민적 니즈에 부응하는 참신한 사업들을 개발하였으며, 프로그램의 다각화를 통해 신뢰 증진 전략 과제들을 개발하는 한편 체험형 전시시설의 운영 확대와 원자력 교육 콘텐츠의

다양화, 교육과정·교과서 부문에서 원자력 관련 서술 내용의 반영 확대와 원자력 관련 교수학습자료의 개발 등을 통해 자라나는 세대들이 원자력에 대해 구체적으로 접근할 수 있는 맞춤형 교육 내용을 만들었다.

또한 에너지와 환경에 관련된 여러 단체들과 네트워크를 구성하여 정보의 생산 및 점검 시스템을 체계화하였고, 원자력 관련 정보 D/B 집적을 통해 창의적인 소통 체계를 광역화하는데 힘을 기울였다.

(1) 국민이해사업

국제 유가가 급등하면서 2008년 한 때는 유가가 배럴 당 150불에 육박하는 초고유가가 진행되자 에너지의 안정적인 확보와 원자력의 중요성이 다시 한 번 부각되었다.

또한 지구온난화를 방지하기 위한 기후변화협약으로 이산화탄소의 배출이 적은 청정에너지의 이용 확대에 대한 요구는 계속 증대되고 있다.

이렇듯 에너지 확보와 기후변화협약, 안정적인 연료 수급과 온실가스의 감축 등과 관련하여 원자력의 유용성은 그 어느 때보다 높아지고 있지만 원자력의 이용 확대는 국민의 적극적인 이해가 뒷받침되지 않고서는 이루어지지 못한다는 특성이 있다.

더욱이 원자력 정책은 다양한 이해 관계자들 간의 의견 조율과 이해의 조정 및 수용의 과정을 거치지 않으면 안되기에 원만한 국가정책으로서의 구현에는 어려운 점이 있다.

이에 한국원자력문화재단은 원자력에 대한 사회적 갈등해소와 국민 이해 증진 및 계층 간의 커뮤니케이션을 위한 전략적 기반 아래 다양한 사업을 추진해 왔다.

중장기 원자력 홍보 전략의 수립

원자력산업을 둘러싼 대내·외적인 환경변화에 원만히 대응하면서 국가 원자력 정책에 대한 국민 수용성을 높이기 위해서는 종합적이고 체계적인 원자력 홍보 전략의 수립이 절대적으로 필요하다.

한국원자력문화재단은 원자력이 에너지 안보, 환경보전, 국민의 삶의 질 향상 및 과학발전에 기여하는 미래 한국의 신 성장 동력으로서의 그 역할을 다할 수 있도록 2008년 12월, 제 255차 원자력위원회에 ‘대국민 수용성 제고를 위한 원자력 홍보전략’을 수립하여 보고한 바 있다.

이 전략의 핵심 목표는 그간 소극적이었던 원자력 홍보를 적극적으로 전환하여 원자력에 대한 국민의 신뢰를 바탕으로 한 감성적 지지까지 확대한다는 것이다.

홍보 대상은 원자력에 대한 지식 및 관여도에 따라 각성 공중, 활동 공중, 비활동 공중, 인지 공중의 4개 집단으로 분류하고, 각 집단별로 중재 및 협상 전략을 통한 갈등 최소화, 대중적 홍보수단을 통한 호의적 태도 형성 등을 이루어 나갈 계획이다.

그간 이성적 접근에 치중하였던 전략 방법 또한 이성적 접근과 감성적 접근을 동시에 시도해 국민인식 수준을 오해와 이해를 넘어 신뢰와 애정의 단계에 이르게 한다는 전략이다.

미디어매체활용 국민이해증진

일반 국민들은 TV, 라디오, 신문, 잡지 및 웹 사이트 등 각종 매체를 통해 정보를 접하고 받아들인다. 한국원자력문화재단은 일반 대중들에게 친근한 메시지로 다가서기 위해 다양한 매체를 통해 원자력의 유용

성과 필요성을 전파하고 있다.

매체 파급력이 큰 공중파 TV 방송 프로그램의 제작 및 참여를 통해 친숙한 이미지 전파에 힘을 쏟았다. 대표적으로 ‘퀴즈 대한민국’, ‘과학 카페’, ‘신나라 과학나라’의 제작 참여 및 ‘오일쇼크-한국과학자들의 다섯 가지 선택’ 등 3편의 다큐멘터리를 제작·방영하였다.

또한 원자력발전 30주년을 기념하여 문화일보, 경향신문, 소년한국일보 등에 기획 취재를 통한 특집기사가 실리도록 구성하는 한편, 중앙일보의 ‘원전 30년, 다시 원자력발전이다’라는 사실 등 총 14차례에 걸쳐 각 언론 매체에 사설과 칼럼을 이용한 해설 기사를 통해 원자력을 올바르게 이해할 수 있도록 언론 홍보를 전개하였다.

‘희망에너지 원자력으로 행복한 미래를 약속’이란 메시지를 담은 ‘희망 UP 캠페인’이 공중파 TV와 신문, 잡지는 물론 뉴 미디어매체인 케이블 TV와 와이드 칼라 광고에도 연중 게재하며 원자력의 국민적 이해를 도왔다.

이외에도 원자력에 대한 신뢰 제고 및 감성적 지지기반 조성을 위해 사외보 ‘행복한 E’가 격월간으로 2만부씩 꾸준히 발간되고 있으며, 원자력발전의 원리를 담은 홍보책자 ‘행복한 삶을 추구하는 에너지 원자력’, 홍보 만화 ‘오리와 마리의 원자력 여행’, 홍보 팸플릿 ‘건강한 지구, 깨끗한 에너지 원자력’ 등 국민들이 궁금해 하는 다양한 정보를 담은 간행물을 지속적으로 발간·배포하였다.

특히 저탄소 녹색성장의 중심 에너지원인 원자력에 대한 차세대의 이해를 돕기 위해 교육용 만화 「미래를 위한 지혜로운 선택, 희망 에너지 원자력」을 제작하여 일선 교육 현장에서 큰 호응을 얻었다.

IT 홍보 콘텐츠의 확보와 쌍방향 커뮤니케이션

한국원자력문화재단은 웹 2.0 시대의 IT 흐름에 맞추어 상호 교환적인 커뮤니케이션이 이루어지는 최신의 IT 홍보를 지향하고 있다.

원자력포털 사이트를 추구하고 있는 재단 홈페이지(www.knef.or.kr)는 2008년 12월 행정안전부 산하 한국정보문화진흥원이 인증하는 『웹 접근성 품질마크』를 취득하여 한국원자력문화재단이 고객 신뢰도, 만족도 제고 및 사회에 공헌하는 기관임을 널리 알림과 동시에 원자력에 대한 긍정적 이미지 확산에도 기여하였다.

특히 차세대들이 소통의 수단으로 활용하고 있는 사이버 공간 ‘블로그’를 통해 원자력 에너지의 중요성과 필요성을 널리 알리는 기관으로서의 역할을 수행하였는데, 실제로 2008년 7월부터 12월까지 원자력 관련 정보를 누리꾼들에게 쉽게 다가갈 수 있도록 퀴즈나 재미있는 과학 이야기 등의 다양한 콘텐츠로 풀어내는 참여형 블로그를 운영하여 ‘2008 블로그 백서’에 따르면 정부부처 및 공공기관을 대상으로 한 47개 블로그 가치평가에서 1위를 차지하기도 하였다.

한국원자력문화재단의 홈페이지는 크게 ‘지식발전소’, ‘홍보센터’, ‘참여마당’, ‘재단 소식’과 ‘고객센터’의 다섯 마당으로 나뉘어 콘텐츠를 구성하고 있다.

원자력 관련 정보와 자료를 한눈에 찾아 볼 수 있도록 구성된 ‘지식발전소’는 매일 생성되는 원자력 관련 소식을 신속히 전달해 주는 한편, 에너지의 이해, 원자력 발전현황, 생활 속의 원자력, 방사성폐기물, 저탄소 녹색성장, 교수학습자료, 원자력정보자료실 등으로 꾸며 교육용 자

료를 포함하여 원자력과 관련된 모든 정보를 망라하고 있다.

또한 ‘홍보센터’는 ‘차세대교육사업’을 비롯하여 전시관 소개, 동영상 갤러리, TV속의 원자력, 미디어 소식, 재미있는 원자력 등의 콘텐츠를 보유하고 있어 네티즌들의 이용 편의성을 높였다.

‘참여마당’에서는 ‘원자력 Q&A’를 비롯하여 ‘이벤트 및 공모전’, ‘공감백서’, ‘생생포토’, ‘원자력 퀴즈’ 등의 콘텐츠와 함께 ‘행복모니터 요원’에 대한 사이버 공간을 마련함으로써 국민 참여 접점을 확대하는 한편, 시청각 장애인, 고령층 등 정보취약계층의 접근성 용이를 위해서도 이미지 대체 텍스트, 메타 태그 등의 방법을 사용하였다.

이밖에 원자력정보관리시스템(NIMS)을 이용하여 원자력에 대한 국내·외 최신 뉴스와 정보를 수집하여 일일 뉴스레터와 주간 뉴스레터를 제작하여 약 22만명에 달하는 회원들에게 전자우편을 통해 발송하였으며, 특히 현안 중심의 뉴스 분류 항목을 추가하여 원전 30년 특집 기사를 집중 게재 하였다.

(2) 교육사업

에너지 안보의 중요성이 요구되는 오늘의 현실에서 에너지의 합리적인 이용과 개발 등에 대한 체계적인 교육과 생활 체험을 제공하는 것은 장기적으로 에너지 문제 해결을 위한 지름길이라 할 수 있다.

에너지 교육을 통해 부존자원이 없는 우리나라가 우수한 과학기술을 바탕으로 원자력을 개발, 이용함으로써 안정적인 에너지 공급에 기여하고 있다는 사실을 알리기 위해 여론주도층을 비롯하여 교사, 차세대 학생 등을 대상으로 다양한 교육 프로그램을 운영하고 있다.

계층별 이해 증진을 위한 원자력 교육 강화

일반인들이 원자력에 대해 갖고 있는 막연한 불안감은 원자력발전소를 방문하여 직접 안전관리 상태를 살펴봄으로 해소될 뿐 아니라 원자력에 대한 태도마저 변화시킬 수 있으므로 이들에 대한 현장교육은 매우 중요한 의미를 갖는다.

한국원자력문화재단은 사회 각계의 여론주도층 인사를 중심으로 원자력발전소 현장교육을 지속적으로 추진하고 있다. 2008년에는 총 90회에 걸쳐 시민사회단체, 문화·종교·교육·학술단체 및 여성단체, 환경단체의 각계 인사 3,532명을 대상으로 원자력 현장교육을 시행하였다.

이와 함께 사회 저변에 원자력 이해기반을 넓히고 올바른 원자력 교육환경을 조성하기 위해 전문적인 원자력 강좌를 시행하고 있는데, 대상에 따라 원자력, 물리, 에너지, 환경공학 등 각계에서 활동하고 있는 교수로 구성된 강사를 파견하고 있다. 2008년에는 모두 8,140명이 원자력 강좌를 수강하였으며, 특히 원자력 강사에 대한 정보를 홈 페이지에 공개하고 온라인 신청이 가능하도록 교육의 편의성을 제고하였다.

또한 4월 ‘과학의 달’과 5월 ‘스승의 날’을 전후하여 원자력계에 종사하는 전문 인력이 일선학교를 찾아가 수업을 진행하는 ‘일일교사 원자력 교실’은 8개 단체에서 모두 260명의 일일교사 지원자가 참여하여 전국 초·중·고등학교 학생 19,701명을 대상으로 교육함으로써 차세대 학생들에게 원자력을 이해하는 기회를 확산시켰다.

이밖에 초·중등학교 교사와 전문직을 대상으로 하계, 동계 2회에 걸

쳐 518명을 대상으로 원자력 직무연수를 시행하였으며, 교사를 중심으로 한 원자력 현장연수에도 모두 46회, 1,874명의 선생님들이 다녀감으로서 원자력을 이해하는 다양한 교육 기회를 넓혀 나갔다.

에너지 체험관 『행복한 i』 운영

국내 최초의 종합에너지체험전시관인 『행복한 i』는 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템을 활용한 20여 가지의 전시물을 방문객이 직접 만지고 작동해 보면서 관람객 스스로 에너지의 원리를 터득할 수 있도록 설계하였으며, 전시관 관람을 마친 학생들은 2층 교육실에서 ‘신나는 과학실험’ 등 수준별 프로그램에 참여할 수 있도록 운영하고 있다.

에너지체험관 『행복한 i』는 2007년 5월 서울시 교육청으로부터 ‘서울시 사립과학관’으로 지정된 이래 같은 해 6월에는 ‘서울시 교육청 현장체험 학습기관’으로 지정되었으며, 2008년에는 서울은 물론 인근 수도권권의 각급 학교에서 모두 29,664명의 관람객이 다녀감으로 수도권의 대표적인 에너지 체험 학습장으로 자리매김하게 되었다.

이밖에 한국원자력문화재단은 대전 엑스포 과학공원 전기에너지관을 비롯하여 엑스포 과학공원 에너지관, 국립서울과학관, 서울시교육과학연구원, 전라남도 교육과학연구원 등에 원자력 상설전시관을 설치·운영하고 있다.

특히 서울을 포함하여 지방 도시를 순회하는 이동전시방법을 개발하여 창원, 광주, 부산, 일산, 대전 등의 도시에서 모두 9회에 걸쳐 원자력 이동전시관을 순회 운영함으로 436,104명이 관람하여 일반국민들에게 원자력 에너지의 필요성, 안전성과 그 효용성을 알려나갔다.

교육과정 · 교과서 분석 연구를 통한 원자력 이해교육의 체계화

학교 교육은 미래 사회의 주역이 될 차세대 학생들의 지적 능력 향상에 절대적인 영향력을 미친다. 이에 한국원자력문화재단은 학교에서 원자력 교육이 체계적으로 이루어지도록 초·중등학교 교육과정 및 교과서 분석 연구를 지속적으로 추진해 오고 있다.

2008년에는 『개정교육과정(2007. 2)』에 맞추어 교과서 출판사 편집진 및 교과서 집필자들이 참고로 활용할 수 있도록 초·중·고교 교과서 28개 과목을 분석하여 모두 204건의 원자력 관련 교과서 수정·보완 자료를 개발하였으며, 이를 교육과학기술부, 지식경제부, 국회, 한국검정교과서 및 20곳의 교과서 출판사에 배포하였다.

한국원자력문화재단은 2007년 교과서 수정·보완 요구 자료에 의해 반영된 2008년도 신규 교과서 101책을 대상으로 『2008년도 초·중등 교과서 원자력관련 수정·보완 내용 성과분석』을 제작하였다.

이 자료에 의하면 2008년 각급 학교 교과서 중 모두 95 항목의 교과서 내용이 수정 요구한 내용으로 반영되어 고쳐졌으며, 이를 학교별로 구분하면 초등학교 교과서에서는 1항목이, 중학교 교과서에는 19항목이, 고등학교 교과서에서는 75항목이 수정되고, 교과 내용으로 보면 과학이나 공업 계통의 교과서보다는 사회, 경제, 지리 등 인문계통의 교과서에서 더 많은 반영을 보임으로써 원자력이 교육과정이나 교과서 부문에서도 전반적인 ‘사회 현상’으로 다루어지도록 도움을 주었다.

다양한 차세대 문화행사 추진

원자력에 대한 친근한 이미지는 어린 시절부터 적극적인 관심과 참여

를 독려함으로써 자연스럽게 형성될 수 있다. 이에 한국원자력문화재단은 미래의 주역인 차세대를 대상으로 다양한 교육 문화 프로그램을 개발, 추진하여 차세대에 대한 원자력 이해 영역을 넓혀 나갔다.

먼저 한국원자력문화재단의 대표적인 문화 사업으로 자리 잡은 『2008 원자력 공모전』은 작문과 포스터 부문에 모두 9,854점이 응모함으로 매년 참가자가 꾸준히 신장하는 모습을 보여 주었고, 2008년 12월, 대전 국립중앙과학관에서 원자력 뮤지컬 ‘행복한 I’의 공연은 모두 16,119명의 자라나는 세대가 관람하였을 뿐 아니라 대전 인근의 성우보육원, 천양원 등의 소외 아동을 공연에 초청하여 ‘배려하는 원자력’이라는 긍정적인 이미지까지 획득하는 성과를 거두었다.

또한 2008년 11월, 서울 뚝섬에 위치한 ‘서울 숲’에서 개최된 ‘2008 행복한 E 페스티벌’에서는 에너지의 소중함을 직접 체험하고 즐길 수 있도록 걷기대회인 ‘뉴프를 완성하라’를 비롯해 ‘행복한 E 콘서트’, ‘행복한 에너지 마을 그리기’ 등의 프로그램과 다채로운 교육 및 문화 행사로 구성하여 추진하였는데, 약 5만 여명의 관람객이 행사에 참여하여 성황을 이루었다.

2008년 7월 천안 상록리조트에서 열린 ‘2008 원자력과학캠프’에서는 전국 149개 초등학교에서 총 277명의 학생들이 참가하였으며, 그밖에 2008년 10월, ‘제21회 사이언스 데이’ 행사에는 원자력 전시부스를 설치하는 등 자라나는 세대에게 다양하고 올바른 원자력 정보를 제공하였고, 9월부터 11월까지 3개월간 전남 목포 자연사박물관을 시작으로 전남 해양수산과학관, 부산 수산과학관, 충북 교육과학연구원 등 전국

4개 지역을 돌며 ‘찾아가는 에너지 체험전’을 가짐으로 약 5만여 명의 관람객이 원자력을 이해하도록 도왔다.

(3) 연구협력사업

원자력을 향한 국민들의 신뢰 수준은 정확하고 공정한 정보를 얼마나 신속하게 접근할 수 있도록 만드느냐에 따라 달라진다. 그러므로 원자력에 대한 국민이해 기반을 넓히는 일은 원자력을 바라보는 국민들의 인식과 태도를 올바르게 파악하는 데서부터 출발해야 한다. 이를 위하여 한국원자력문화재단은 원자력에 관한 과학적인 조사연구, 국내·외 원자력계 동향 자료 수집 및 분석과 함께 국내·외 유관기관과의 교류 협력을 활발하게 추진하고 있다.

여론조사 및 공중 관계성 연구

한국원자력문화재단은 매년 원자력에 대한 여론조사를 정기적으로 실시하여 일반 국민들이 원자력을 어떻게 이해하고 있는지 과학적인 분석을 위한 기초자료로 활용하고 있다.

특히 2008년에는 초고유가 현상 등 에너지 환경의 변화와 관련하여 원전의 적정 비중에 관한 국민적 관심을 알아보기 위해 전문적인 조사기관을 통해 여론조사를 하였으며, 매년 정기적으로 시행하는 정기여론조사에서는 원자력발전의 필요성, 안전성, 방사성폐기물의 관리 안전성, 신규 원전건설 및 거주지내의 수용도 등에 대한 국민인식조사를 시행하였다.

이러한 국민인식조사를 통해 주변 환경의 변화로 인한 여론 변화의 추이를 파악하고 계층별 여론을 분석하는 한편, 원자력홍보사업에 대한 모

니터링 및 만족도 조사 등을 통해 국민이해 증진 효과를 과학적으로 분석하여 보다 효율적인 홍보활동 및 홍보전략을 수립하는 데 활용하고 있다.

국제 교류 및 유관기관 협력

한국원자력문화재단은 국제 교류를 통하여 세계 원자력계의 조류에 신속하게 대응하고 최신 정보 수집과 홍보사례 연구, 인적 교류 등을 활발하게 추진하고 있으며, 원자력 국민이해 및 신뢰 증진을 위해 국내 유관기관과의 협력을 강화하고 있다.

1992년 협력 협정을 체결한 일본원자력문화진흥재단(JAERO)과는 2008년 3월 정보교류간담회를 가졌으며, 해외 시찰에 대한 교류 협력, 일본 방한학생 협조 등의 관계를 통해 지속적인 정보 교류를 이루고 있으며, 2000년 협력 협정을 체결한 프랑스 원자력청(CEA)과도 매년 한·프 원자력 홍보세미나를 공동으로 개최하고, 2008년에는 정보교류를 위한 간담회(3회)를 갖는 등 활발한 교류협력 체계를 유지하고 있다.

특히 원자력 수출을 위한 기반 환경 조성을 위한 교류 협력 채널 다변화 전략의 일환으로 일본 에너지경제연구소 수석연구원을 비롯, 미국 원자력협회(NEA) 부회장, 베트남 국회의원, 태국 원자력청장, 베트남 투자기획부 및 개발연구원 등이 한국원자력문화재단을 방문하거나 협력 사업에 동참하여 해외 에너지 관련 정보를 교환하는 한편, 원자력을 전략적으로 수출하기 위한 대국민 이해 전략에 관한 노하우 제공 등에 깊은 관심을 표명하였다.

이밖에 한국원자력문화재단은 2008년 9월 식품, 환경, 원자력이 갖고 있는 공통적인 대국민 이해 전략 구상을 위해 ‘과학기술 관련 국가정

책과 대국민 커뮤니케이션 전략’이라는 주제 아래 프레스센터에서 심포지엄을 개최하였으며, 9월 23일에는 ‘기후변화와 원자력’이란 제목으로 국회 도서관 대강당에서 기후변화에 대응하기 위한 원자력의 역할을 알아보기 위한 심포지엄을 개최하였다.

앞으로도 고유가 현상은 지속될 것이며, 기후변화협약 등 에너지 이용 환경이 갈수록 어려워지고 있는 현실에서 원자력의 지속가능한 개발과 이용은 현세대의 문제인 동시에 다가올 세대의 문제이기도 하다. 따라서 장기적인 관점에서 ‘국민이해기반 확충’은 ‘원전의 공급능력’만큼이나 중요한 일이기도 하다.

한국원자력문화재단은 에너지 선진국 달성을 위한 국민화합 선도 기관으로서 원자력의 평화적 이용에 대한 국민이해 증진을 통해 원자력이 국가의 신성장 동력으로서의 역할을 수행하도록 최선을 다해야 할 것이다.

제3절 원자력에 대한 국민인식

한국원자력문화재단 정보협력실장 경승호

한국원자력문화재단에서는 우리나라 국민들의 원자력에 대한 인식을 알아보기 위해 2008년 12월, 리서치앤리서치를 통해 『2008 원자력 국민인식조사』를 실시하였다.

이 조사는 2007년 주민등록인구현황을 기준으로 지역, 성, 연령별 인구 비례로 무작위 추출·선정된 전국 16개 시도 20세 이상 성인 남녀 1,500명을 대상으로 대면 면접 조사 방식으로 진행하였으며, 95% 신뢰 수준에 최대 허용 표본 오차는 $\pm 2.5\%$ 였다.

조사 결과에 따르면 우리나라 국민 중 ‘원자력발전이 필요하다’는 응답은 전년대비 7.0%가 상승한 89.8%로 대부분의 국민들이 원전의 필요성을 인식하고 있는 반면 ‘필요하지 않다’는 응답은 8.8%에 그치고 있다.

또한 이 조사에서는 원자력발전소가 ‘안전하다’는 응답은 58.3%를 나타내고 있는데, 이는 2007년 51.4%로 나타난 것에 대비하여 6.9%가 상승하였으며, ‘안전하지 않다’는 응답은 36.7%로 나타나 우리나라의 원전의 안전성에 대한 국민의 인식은 긍정적인 방향으로 움직이고 있음을 알 수 있다.

그러나 과거 여론조사의 결과를 살펴보면 원전의 안전성에 관한 인식이 다른 원자력 인식 항목에 비해 유동성이 매우 큰 데, 그것은 조사 시점 전후로 사회·환경여건이 여론조사에 영향을 미치기 때문에 여론조

사 수치로서의 이용에 주의를 기울일 필요가 있다. 이는 과거 공공시설 물에서의 안전사고가 빈번하게 일어났을 때는 원자력발전소의 안전운전 여부와 관계없이 안전성 인식이 동반하여 하락한 경우가 있었기 때문이다.

2008년도 방사성폐기물 관리에 있어서 ‘안전하다’는 응답은 64.6%로 전년 대비 11.2%가 상승하여 경주의 중 저준위 방사성폐기물처분장 부지선정 이후 방사성폐기물에 대한 불신이 상당부분 감소했다는 것을 추정할 수 있게 되었다.

원자력발전소의 추가 건설에 대한 국민여론을 살펴보면, 원자력발전소의 신규증설이 필요하다는 응답은 41.4%로서 2007년도 43.6%보다 약 2.2%가 낮은 수준에서 신규증설을 원하고 있는 것으로 나타났으며, 현 수준 유지는 2007년 38.2%에서 2008년 51.2%로 높아져 2006년 이후 증가세를 보이고 있고, 원전건설이 감소 또는 중지되어야 한다는 의견은 4.6%로서 전년과 대비하여 1.4% 하락하고 있음을 나타내고 있다.

또한 ‘거주지 내 원전건설’에 대해서는 2007년에는 27.4%를 나타낸 데 비해 3.7% 하락한 23.7%가 찬성을 하였으며, ‘지역발전의 투자 규모에 따라 찬성한다’는 조건부 찬성은 전년에 비해 0.7% 하락한 17.6%로 나타난 반면, 반대는 4.3% 상승한 58.7%로 나타났다.

거주지 내 원자력발전소의 건설을 반대하는 이유로는 질병 가능성, 주변 환경오염 우려, 원전 폭발 가능성, 재산 가치 하락 등의 이유를 들고 있어서 개인의 건강과 관련된 기피사유가 과거보다 약간 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

이 조사에서는 원전에 대한 홍보시 ‘신뢰할 수 있는 대상이 누구인가’라는 항목을 조사하였는데, 뜻밖에도 원자력 종사자, 과학자, 정부, 환경단체, TV/라디오 순으로 응답하여, 과거 2000년 조사시 신뢰하는 기관이 ‘환경단체·반대 운동가’였던 것에 비하면 국민들의 인식이 조금씩 바뀌고 있음을 알 수 있었다.

한국원자력문화재단에서는 이 조사에서 ‘사용후연료’에 대한 국민인식도 같이 조사하였는데, ‘사용후연료’를 알고 있는가의 인지도 질문에서 ‘알고있다’는 응답이 27.8%로 전년대비 3.5%가 상승하였다.

‘사용후연료’에 대한 정보 습득 경위는 주로 TV 보도프로그램(90.6%)을 통해서였으며, 다음으로는 신문기사, 라디오 보도 등의 순이었다.

‘사용후연료’의 처리문제 해결 주체로서는 ‘정부의 역할’(37.3%)을 강조하였고, ‘원자력관련 전문가’(25%), ‘국민여론’(21.8%) 등의 항목에서 비중이 높은 반면 ‘국회 및 정당’(2.9%) ‘시민단체’(6.5%)의 역할 기대는 미미하게 나타났다.

이렇게 원자력에 관한 국민인식의 연도별 변화 추이를 살펴보면 2005년에는 방사성폐기물 부지선정과 관련한 집중 홍보와 찬반토론 등이 긍정적으로 작용하여 전 지표가 전년도에 비해 큰 폭으로 상승했던 반면, 2006년에는 북한 핵실험(2006.10)의 영향으로 반대여론이 확산되었음을 지표상에서 발견할 수 있다.

이는 2007년 6월 한국리서치에서 2006년 여론조사 응답자를 대상으로 조사한 결과 방사성폐기물 부지선정에 따른 긍정적인 영향이 18%,

북한 핵실험으로 인한 부정적 영향이 42%로 나타난 결과를 보아도 알 수 있다.

2008년의 국민인식은 2007년에 비해 대부분의 지표가 상승했음을 알 수 있다. 이것은 고유가, 기후변화 등 에너지 상황의 변화가 원자력의 국민인식에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보여진다.

다만 거주지내 원전의 건설 찬성을 묻는 ‘거주지 수용성’에서는 작게나마 전년도에 비해 떨어지고 있어서 원자력발전소를 혐오시설로 보는 기피현상은 보다 강화된 것으로 파악할 수 있는데 이러한 것을 통해 국민의 원자력에 대한 인식과 의사 결정에 있어서는 괴리가 나타나고 있다는 것을 이번 조사에서도 발견하게 되었다.

〈표7-2〉 원자력관련 연도별 인식도 변화 추이

구 분						(단위 : %)
	'02	'05	'06	'07	'08	('07대비)
원전 필요성	83.9	95.4	86.8	82.8	89.8	(+ 7.0)
원전 안전성	37.6	70.6	46.0	51.4	58.3	(+ 6.9)
방폐물 안전성	41.5	59.6	41.7	53.4	64.6	(+11.2)
원전신규증설	36.9	64.9	52.0	43.6	41.4	(- 2.2)
거주지내 건설찬성	29.1	50.5	22.3	27.4	23.7	(- 3.7)
조건부 찬성	-	-	23.6	18.3	17.6	(- 0.7)

제4절 해외 여론 동향

한국원자력문화재단 정보협력실장 경승호

1. 미국

전 세계적인 고유가와 맞물려 미국에서의 원자력에 대한 호감도가 매년 상승하고 있는 것으로 나타나고 있다. 2007년도 초 MIT의 개량형 원자력 에너지 시스템센터가 1,200명을 대상으로 실시한 여론조사 결과 원자력발전의 이용을 증대하기를 원하는 비율이 35%로 나타났고, 미국에너지협회(NEI)가 2007년 4월 18세 이상의 1,000명을 대상으로 실시한 전화조사 결과 원자력발전의 이용 찬성률이 63%, 반대가 31%로 나타났으며, 같은 해 10월 1,000명을 대상으로 실시한 여론조사에서는 원자력이 ‘기후변화 문제를 해결하는데 얼마나 관련이 있는가’란 질문에 29%가 ‘관련성이 크다’라고 응답하였고, 38%는 약간 있다, 24%는 전혀 없다고 응답하였으며, 나머지 8%는 무응답이었다.

이중 원자력이 기후변화를 방지할 수 있는 해결책이라는 것을 인식하는 응답자들 가운데 원자력 이용 찬성률은 69%였지만, 원자력이 기후변화 방지에 해결책이라는 것을 알지 못하는 응답자 중 원자력 이용 찬성률은 56%였다.

2008년 11월 18일부터 21일까지 1천명을 대상으로 실시한 전화조사 결과를 보면 전년 4월 실시한 조사결과인 63%에 비해 11%가 상승한 74%가 원자력발전의 이용에 호감을 보이고 있는 것으로 나타나고 있는데, 이는 지난 1983년 이래로 가장 높은 찬성률을 보이고 있다.

또한 대다수라고 볼 수 있는 미국 국민의 89%가 원자력 에너지는 미래의 중요한 에너지원이라고 생각하는 것으로 나타났다. 이를 위해 ‘안전 기준이 확보된다’는 전제 아래 원자력발전소의 ‘계속 운전’에 대해 85%의 국민들이 찬성하는 것으로 나타났으며, 거주지역 가까운 곳에 원자력 발전소를 신규로 건설하는 것에 대해서도 응답자의 75%가 찬성하여 미국 국민들은 원자력발전 정책에 매우 호의적인 것으로 나타났다.

이 조사에서는 미국에서 원자력발전소가 국민들에게 이렇게 높은 호감을 얻을 수 있었던 것은 크게 두 가지로 나누어 분석하고 있는데, 첫째는 원자력발전소의 안전성에 대해 국민들이 상당한 수준에서 신뢰를 보내고 있기 때문으로 풀이하고 있다.

즉, 조사 응답자의 15%만이 원자력발전소가 불안하다고 응답한 반면, 조사 응답자의 72%가 원자력발전소가 안전하게 관리되고 있다고 응답하여 지난 25년간의 조사 중 가장 높은 호감도를 나타내고 있기 때문이다.

두 번째는 갈수록 악화되고 있는 기후변화 문제에 대해 미국 국민들은 원자력이 적절한 대안이라는 생각이 자리 잡고 있는 것으로 분석하고 있다. 이 조사에서는 응답자의 74%가 ‘원자력발전이 저탄소의 깨끗한 에너지’라는 데 동의하여 원자력발전이 전 지구적인 환경 문제에 대처할 수 있는 에너지원이라고 믿고 있다는 통계를 내놓고 있다.

2. 유럽연합(EU)

유럽연합(EU)은 27개 회원국으로 구성된 유럽연합 시민들의 원자력

에 대한 여론조사 결과를 브뤼셀에서 발표하였다.

이 조사 결과에 따르면 유럽연합 시민들의 원자력에 대한 지지도는 2005년의 조사에 비해서는 높아졌지만, 방사성폐기물에 대해서는 여전히 거부감을 갖고 있으며, 게다가 잘못된 정보를 보유하고 있는 것으로 나타났다.

EU 회원국 내에 거주하는 약 27,000명에 대해 2008년 7월, Eurobarometer사가 실시한 여론조사 결과는 EU 시민의 44%가 원자력을 지지하고 있는 것으로 나타났는데, 이는 2005년 조사와 비교하면 7%가 상승한 수치라고 한다. 또한 이 조사 결과 이탈리아, 폴란드, 아일랜드, 그리스에서 원자력을 지지하는 여론이 두드러지게 증가한 것으로 나타났는데, 그래도 유럽인의 45%가 원자력을 반대하는 것으로 나타나 여전히 원자력을 반대하는 세력이 많은 것을 보여주고 있다. 그러나 이 수치도 2005년 조사에 대비하면 10%가 감소한 수치라고 밝혀 유럽에서 원자력에 대한 여론이 서서히 변화하고 있음을 보여주고 있다.

이 여론조사 결과 보고서는 유럽에서 원자력에 대한 지지율이 상승한 원인으로 ‘에너지 안보 및 기후변화에 대한 우려’가 주도한 것이라고 밝히고 있으며, 또한 유럽인의 63%가 ‘원자력이 석유를 대신하는데 기여할 것으로 믿고 있다’고 응답하였다.

그러나 유럽인들은 방사성폐기물과 관련된 위험에 대해서는 상당한 우려를 하는 것으로 나타났다.

유럽인의 80% 이상의 사람들이 방사성폐기물 처분과 관련하여 가장 큰 염려는 ‘보건 및 누설에 관한 위험’이라고 응답함으로써 유럽인들이

방사성폐기물이 유발할 수 있는 정확한 위험에 대해 잘못 알고 있는 것으로 나타났다.

유럽인의 4분의 3 이상은 ‘모든 방사성폐기물은 매우 위험’ 하며, 3분의 1 이상은 ‘화학 폐기물과 유사한 양으로 많이 생산’ 되고 있는 것으로 믿고 있으며, 유럽인의 절반은 ‘방사성 폐기물의 반은 바다에 버리는 것’으로, 3분의 2는 ‘처분을 위해 외국으로 수송되는 것’으로 알고 있어서 방사성폐기물에 대한 정확한 정보 제공이 절실히 요구되는 상황이라 하겠다.

또한 원자력발전을 반대하는 이들 중 40%는 방사성폐기물 관리 문제가 해결된다면 생각을 전환할 의도가 있다고 밝혔으며, 조사 응답자의 61%가 방사성폐기물 관리 문제가 해결된 후 원자력 이용을 찬성한다는 의견을 밝히고 있다.

3. 영국

영국 국민의 65%가 ‘에너지 이용의 균형을 위해 원자력을 이용하는데 찬성’ 하는 것으로 나타났다.

2008년 12월 4일 영국 원자력 기업협회(NIA)의 의뢰로 여론조사기관 Ipsos Moris 사가 인구비례에 따른 영국 국민 2,000명을 대상으로 조사한 결과 발표에 의하면, 기후변화에 따른 에너지 수급 안전성 및 에너지 비용 상승에 따라 원자력 에너지에 대해 지지가 확대되고 있는 것으로 나타났다.

2007년 8월 29일 영국 신문 <더 타임즈>지가 여론조사기관 포폴러

스에 의뢰하여 실시된 조사 내용에 따르면 조사 대상자의 3분의 2 가량은 원자력발전이 석탄, 가스, 그린에너지와 함께 장래에 영국의 모든 에너지 구성 중 일부를 차지하게 될 것으로 믿고 있다고 응답했으며, 20% 이상이 원자력이 기후변화방지를 위한 최선의 방법이라고 응답하였으며, 어떤 경우에도 원자력발전 계획에 반대한다고 응답한 비율은 20%로 나타났다.

이에 반해 2008년도 Ipsos Moris 사의 조사 결과는 영국 국민의 65%가 ‘에너지 믹스에 원자력을 지지한다’고 응답했으며, 10%만이 반대하고 있는 것으로 나타났다고 발표하였다.

또한 영국 국민의 40%가 에너지 믹스에서 ‘원자력의 역할이 증대될 것이다’는 의견에 지지를 보냈으며, 19%만이 반대하는 것으로 나타나 지난 10년 중 원자력의 호감도가 가장 높은 수치를 나타낸 것으로 분석되었다.

또 하나의 여론조사는 2008년 11월, 프랑스의 EDF사의 의뢰로 YouGof사에서 온라인 POLL을 통해 4,449명을 대상으로 조사한 결과에 의하면, 영국민의 53%가 ‘노후 원전을 신규원전으로 대체해야 한다’고 생각하는데, 이 결과는 2006년 41%, 2007년 46%에서 지속적으로 상승하고 있는 것으로 나타났다.

또한 이 조사에서도 62%의 응답자가 영국의 균형 잡힌 에너지 믹스를 위해서는 원자력발전이 필요하다는 것에 찬성하고 있어서, 2006년 54%, 2007년 59%에서 소폭이지만 지속적으로 상승하고 있는 것으로 나타났다.

한편, 방사성폐기물의 경우 응답자의 81%가 ‘방사성폐기물 처분에 대해서 우려하고 있는 것’으로 나타나 방사성폐기물의 처분 및 방사능 오염에 관한 우려가 원자력발전의 큰 취약점으로 작용하고 있음을 나타내고 있다.

4. 스웨덴

스웨덴 국민의 82%가 원자력발전을 계속 유지해야 한다는 여론조사 결과가 발표됐다. 스웨덴 원자력훈련안전센터(KSU) 분석 그룹의 의뢰로 스웨덴 여론조사기관인 시노베이트 테모사가 16세 이상의 남녀 1,019명을 대상으로 2008년 7월 2일부터 4일까지 전화조사를 통해 조사한 결과에 따르면 스웨덴 국민의 40%가 원자력발전이 지속되어야 하며, 필요시 신규 원전건설을 찬성하는 것으로 나타났다.

또한 같은 조사에서 42%의 응답자가 원자력발전의 지속적 운영에는 찬성하나, 추가건설에는 반대하는 것으로 나타났고, 15%의 응답자가 원자력발전소가 폐쇄되어야 한다고 대답하였다.

스웨덴 국민 10명 중 7명은 원자력발전이 환경에 미치는 부정적인 영향은 미미하다고 대답하였으며, 원자력이 환경에 미치는 영향이 적다고 답한 응답자 중 72%가 원자력발전의 지속 및 신규 원전건설에 찬성한 사람들로 나타났다.

한편, 원자력의 환경 영향이 크다고 응답한 사람은 단지 22%만이 원자력발전 지속 및 필요시 신규 건설에 찬성한다고 응답하여 대조를 보이고 있다.

스웨덴은 1980년 국민투표를 통해 경제에 피해를 주지 않는다는 전제 아래 신규 원전은 건설하지 않고 기존의 원전은 단계적으로 폐쇄하기로 표결한 바 있으며, 같은 해 말 의회는 2010년까지 원자력발전이 단계적으로 폐지되어야 한다고 결정하였다.

그러나 2006년 구성되어 현재 집권중인 연립정부(온건파, 중도파 정당, 자유당, 기독교민주당 등으로 구성)는 2010년에 끝나는 임기 중에는 원자력발전의 단계적 폐지에 관련하여 어떠한 결정도 내리지 않을 것이라고 밝힌 바 있다.

5. 스위스

스위스에서는 2008년 여론조사 결과 응답자의 7%만이 원자력발전을 ‘찬성’ 하는 것으로 나타나고 있다. ‘반대’의 의견을 개진한 응답자는 찬성의 두 배인 14%를 나타내었고, 33%는 ‘비교적 찬성’의 의견을, 38%는 ‘비교적 반대’의 응답을 보여주었다. 스위스의 경우 원자력이 전력의 40%를 공급함에도 불구하고 수용도가 매우 저조한 것을 알 수 있다.

2007년 7월 스위스연방폐기물관리기관인 Nagra가 방사성폐기물관리에 대한 여론조사에서 조사대상자 1천명 중 85%가 스위스 방사성폐기물은 국내지역 심지층처분장에 저장되어야 한다고 응답하였고, 13%가 국외에 저장되기를 희망한다고 응답하였으며, 조사대상자의 약 88%는 처분장 부지 선정에 있어서 ‘보안’이 주요 검토사항이 되어야 한다고 응답하였다.

또한 64%는 자신들의 거주 지역에 선정된 처분장을 수락할 것이라고 말하였지만 그럴 경우 기분은 좋지 않을 것이라는 응답자가 수락 응답자의 3분의 2에 달하고 있었다.

한편, 스위스 연방에너지부(SFOE)는 2006년 3월, 자국의 방사성폐기물용 심지층 처분장 후보지 선정을 위한 3단계 계획을 발표하였다.

6. 일본

일본원자력문화진흥재단은 2008년 10월 1일부터 13일까지 일본 전역의 15세 이상 79세까지의 일본국민 1,200명을 대상으로 개별방문조사를 통해 ‘원자력 이용의 지식보급계발에 관한 여론조사’를 실시하였다.

이 조사에 따른 주요 결과를 알아보면 ‘원자력의 신뢰도’에 대한 질문에서 ‘원자력에 종사하는 전문가나 원자력 관계자를 신뢰하느냐?’는 질문에 대해 ‘신뢰할 수 있다’는 응답 25.3%에 비해 ‘신뢰할 수 없다’는 응답은 15.9%로 나타나 긍정적인 답변이 조금 앞서는 것으로 조사되었으며, ‘원자력의 안전관리, 규제를 담당하고 있는 정부나 지자체를 신뢰할 수 있느냐?’는 질문에 대해 ‘신뢰할 수 있다’는 응답이 23.0%, ‘신뢰할 수 없다’는 응답이 23.2%로 거의 비슷한 수준을 보였다.

현재 일본이 추진하고 있는 ‘원자력발전, 재처리, 방사선이용 등 원자력의 평화적 이용에 대해서 신뢰할 수 있느냐?’는 질문에 대해 「신뢰할 수 있다」는 응답이 24.3%, 「신뢰할 수 없다」는 응답이 15.1%로 조사되었다.

‘생활 속에서 원자력의 평화이용이 필요하느냐?’는 질문에 대해 「필요

하다」는 응답이 73.9%로 높게 나타났다. 또한 ‘지구온난화방지를 위해 원자력발전을 활용하는 것’에 대해 「필요하다」는 답변이 64.5%로 조사되었다.

또한, ‘원자력에 대한 태도’를 조사하였는데, ‘원자력발전’에 대해 「필요하다」는 답변이 71.9%로 조사되었으며, ‘화석연료 고갈, 오일쇼크에 대비해 원자력을 활용하는 것이 필요한가?’라는 질문에서는 「필요하다」는 답변이 57.0%로 조사되었다.

7. 기타 국가

독일은 2008년 7월 11일자 슈피겔지에서 ZDF-Politbarometer의 여론조사 결과를 인용하여 ‘점점 상승하는 에너지가격이 독일 국민의 원자력에 대한 자세를 바꾸고 있다’고 보도하면서, 응답자의 54%가 ‘독일의 원자력에 의한 발전이 조금 더 지속되어야 한다’고 대답하였으며, 응답자의 40%가 ‘원자력 발전은 정부에서 발표한 계획처럼 2021년까지만 사용되어야 한다’고 응답했다고 발표하였다.

지난 2007년 독일 『빌트』지에서 조사한 여론조사에 의하면 ‘대체에너지의 이용이 충분하지 않은 상황에서 원자력발전의 폐지는 찬성할 수 없다’는 응답이 61%로 나타나 원자력의 조급한 폐지에 대해서 응답자의 과반수가 반대한 것으로 나타나고 있는데, 이는 그 배경에 가스 등의 화석에너지를 러시아로부터 수입에 의존하고 있는 것에 대한 독일인들의 불안과 석유를 둘러싼 러시아, 벨로루시간의 분쟁에 대한 독일 언론의 보도 내용이 영향을 받았다고 분석하고 있다.

스페인인 1983년 원전 추가 건설을 중지하기로 결정한 정책을 지금까지 유지하고 있는 국가로서 현재 원전 8기를 운영 중에 있다. 2008년 8월, Sigma Dos사가 조사한 스페인의 여론조사 결과를 보면 응답자의 39.7%가 스페인의 ‘원전 중지 정책을 중단해야 한다’고 답변하고 있으며, 48.3%는 ‘원전 중지 정책을 지속해야 한다’고 대답하고 있다.

또한 응답자의 22%가 거주지 내 원전의 건설을 찬성한다고 응답하였고, 75.1%가 거주지 내 원전건설을 반대한다는 의견을 보이고 있다.

폴란드 정부는 최근 2020년까지 원자력발전소 건설을 추진하지 않는다는 발표를 한 국가로서 2008년도 여론조사 결과 폴란드 국민의 47%가 원자력 발전소의 건설을 반대하며, 42%가 원전건설을 찬성한다는 의견과 함께 찬성한 사람의 73%는 거주지 반경 100km 이내 원전의 건설을 수용한다는 대답을 보이고 있는 한편, 18%는 거주지 내에 원전건설을 반대한다는 의견을 보이고 있다.

캐나다는 2008년 캐나다원자력협회(CNA)가 Ipsos Reid사에 의뢰하여 조사한 여론조사에 의하면 캐나다 국민들의 대다수인 73%가 원자력 발전을 ‘신뢰할만하다’고 응답하였으며, 응답자 중 72%가 ‘신규 원전 건설이 새로운 일자리를 창출하는데 기여한다’고 하였으며, 68%의 응답자가 ‘원자력이 미래 에너지 믹스에 중요한 역할을 담당할 것이다’고 대답하였다.

제2장 원전 주변지역 지원사업

한국수력원자력(주) 안전기술처 민원환경팀장 설동욱

제1절 개 요

원자력발전에 대한 국민들의 인식은 매우 높아졌으나, 원전시설이 개인에 직접적으로 관련될 경우 여전히 부정적이다. 한수원(주)은 원전에 대한 대국민 홍보와 발전소 주변지역에 대한 지원사업의 효율적인 추진을 통해 전력산업에 대한 국민의 이해를 증진함으로써 전원(電源)개발을 촉진하여 국가경제 발전에 기여하고 있다. 발전소의 원활한 운영을 도모하며 지역발전에 기여할 목적으로 제정된 『발전소주변지역지원에 관한 법률』(이하 ‘발주법’)을 근간으로 원전이 들어서는 지역에 대해 각종 지원사업을 본격적으로 시행하고 있다.

1989년 발주법 제정 이후 2008년까지 전력산업기반기금에 의해 고리, 영광, 월성, 울진 4개 원전 주변지역에 약 7,815억원 규모의 지원사업을 시행하였다. 특히 2006년에는 발주법 개정을 통해 기본지원사업 규모를 대폭 확대(2005년 167억, 2006년 421억, 2007년 453억, 2008년 498억)하였으며, 기금지원사업과 별도로 원자력·수력 발전사업자인 한수원(주) 자체자금으로 기본지원사업과 동일 규모의 지원사업을 시행할 수 있도록 사업자지원사업 제도를 새로이 도입하였다.

이러한 직접적인 지원사업 외에도 2006년부터 지역개발세(2006년 766억, 2007년 761억, 2008년 803억)를 납부하고 있으며, 신규 원전

건설 및 기존 가동원전 운영을 통해 지역주민 고용창출, 지역업체 공사 발주, 지방세 납부 등 원전주변지역에 막대한 기여를 하였다. 또한 한수원(주)은 발전소가 위치한 지역사회의 발전에 적극적으로 기여하고, 회사도 아울러 발전하는 공존·공영 실현을 위해 「지역공동체경영」을 회사 중점사항으로 추진하고 있다. 그 일환으로 1부서 1자매마을 갖기 운동을 벌여 269개에 달하는 자매마을과의 유대강화 노력을 기울이고 있으며, 한수원(주) 직원들의 자발적인 사회봉사활동을 회사차원에서의 체계적이고 효과적인 봉사활동으로 이끌어내기 위해 『한수원 사회봉사단』을 창단하여 본격적인 지역사회 봉사활동에 나서고 있다.

1. 지역발전 기여

2005년 7월 발주법 개정을 통해 2008년에는 524억원 규모의 기금지원사업과 사업자 자체자금 543억원 규모의 사업자지원사업을 합하여 총 1,067억원 규모의 지역지원사업을 시행하였다. 또한 지역지원사업 외에 원전 지역개발세 803억원을 납부하였다<표 7-3>.

〈표 7-3〉 2008년도 지원 및 납부 금액

(단위 : 억원)

구 분	지원실적	비고
기금지원사업	524	'06년 대폭 확대
사업자지원사업	543	'06년 신설
지역개발세	803	'06년 신설
합 계	1,870	

※ 기금지원사업 : 기본지원사업, 특별지원사업, 홍보사업, 기타사업



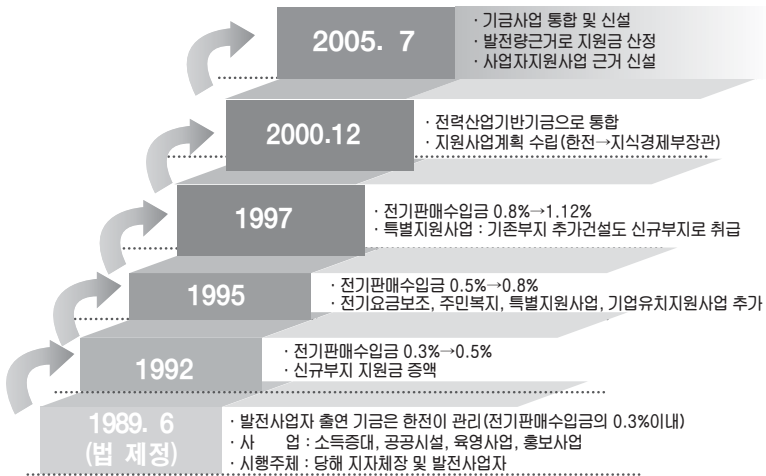
〈그림 7-2〉 지원금 및 지방세 흐름도

2. 지역지원사업 관련 발주법 개정(제5차, 2005년 7월)

가. 기금지원사업 관련 개정내용

발전소 건설종료 및 가동기간이 지날수록 지원금이 감소하는 지원방식의 불합리를 해소하고 선택과 집중에 의한 효율적 지원사업 추진을 위하여, 2005년 7월 대대적으로 발주법을 개정하였다. 이로 인해 2006년부터 지역지원사업 중 기본지원사업비의 산정방식을 발전소의 발전량 기준으로 변경하여 지원사업 규모를 약 2.5배로 대폭 확대하였다. 또한 공공시설사업, 소득증대사업, 육영사업으로 구분되었던 기본지원사업에 기업유치지원사업, 주민복지지원사업, 전기요금보조사업을 통합하고, 사회복지사업을 신설하였다. 원전 육영사업의 시행주체는 발전사

업자에서 지자체로 변경되었다<그림 7-3>. 개정된 기금지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체 등의 세부내용은 <표 7-4>, <표 7-5>와 같다.



〈그림 7-3〉발주법 개정연혁

〈표 7-4〉 기금지원사업의 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 촉진을 위해 필요하다고 인정하는 때에는 건설 준비기간에도 시행가능	지자체장 (단, '05년 이전 육영사업은 발전사업자 시행)
	공공시설사업			
	육영사업			
	사회복지사업			
	주민복지지원사업			
	기업유지지원사업			
	전기요금보조사업			발전사업자
특별지원사업		○주변지역이 속하는 지방자치단체의 관할지역	○전원개발사업실시 계획 승인일 또는 전기설비공사계획 인가일부터 운전개시일 전일까지 ※ 지경부장관이 인정하는 경우 가동기간에도 가능	지자체장 (발전사업자와 협의하여 정하는 경우 발전사업자 시행가능)
홍보사업		○국민일반을 대상으로 시행		원자력 문화재단
기타사업		○주변지역	○건설 및 가동기간	지자체장

〈표 7-5〉 기금 기본지원사업 세부내용(시행령 별표 1)

사업구분	사업세부내용
소득증대사업	농림수산업시설, 상공업시설 및 관광산업시설의 설치·운영 등 지역발전과 주민의 소득증대를 위하여 시행하는 사업
공공시설사업	의료시설, 도로시설, 항만시설, 상·하수도시설, 환경·위생시설, 방사능방재시설, 운동·오락시설 및 전기·통신시설 등을 건립·운영하는 사업
육영사업	교육기자재 지원, 학자금·장학금 지급 및 교육·문화 관련시설 건립 등 지역주민에 대한 교육을 지원하는 사업
사회복지사업	복지회관건립 등 지역주민을 위한 사회복지 관련시설 확충 및 지원 프로그램 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

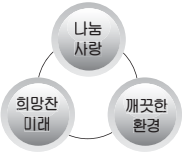
2005년 7월 제5차 발주법 개정을 통하여 2006년도부터 발전사업자(한수원)의 자체자금으로 기금지원사업과 동일 규모의 사업자지원사업을 시행할 수 있는 법적 근거를 마련하였다.

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 구현에 있으며, 한수원이

주민을 위한 사업을 직접 발굴, 시행하여 기업과 지역사회가 공존·공영할 수 있도록 지원하는 제도이다.

2008년도에는 원전주변지역에 543억원 규모의 사업자지원사업을 시행하였다. 사업자지원사업 추진방향 및 사업세부내용은 <표 7-6>, <표 7-7>과 같다.

<표 7-6> 사업자지원사업 추진방향 : 지역사회에 도움이 되는 실효성 있는 사업추진

○ 지역주민 참여를 통한 주민 체감형 사업추진 ↳ 인터넷, 신문 광고, 설문조사 등을 통한 주민의견 적극 수렴 ○ 지역여건 고려 및 지역자산 파악 ↳ 지역별 특성화사업 추진	<사업테마>  <삼위일체 파트너십> 
---	---

<표 7-7> 사업자지원사업 세부내용(시행령 별표 4)

사업구분	사업세부내용
교육·장학지원사업	지역우수인재 육성, 기숙사 마련, 영어마을 연수, 우수교사 유치 및 장학사업 등 교육 관련 지원사업
지역경제협력사업	지역특산물 판로지원 및 지역산업의 경쟁력 강화 지원 등 지역경제 활성화를 지원하는 사업
주변환경개선사업	바다정화, 도로정비 및 주거환경 개선 등 지역의 생활환경을 쾌적하게 조성하는 사업
지역복지사업	복지시설 지원, 육아시설 건립·운영, 체육시설 마련 및 마을버스 운영 지원 등 지역주민의 생활여건을 개선하는 사업
지역문화진흥사업	문화행사 및 문화시설 건립 지원 등 지역주민이 문화생활을 즐길 수 있는 환경을 조성하는 사업
그 밖의 사업자지원사업	지역홍보 등 지역특성을 살리고 주민복지증진, 지역현안 해결 및 지역이미지 제고 등을 위한 사업, 사업자지원사업의 계획 및 운영과 관련한 부대사업

제2절 2008년도 주요사업 실적

1. 기금지원사업

2005년 발주법 개정을 통해 지원금을 발전량 기준으로 산정하게 됨에 따라 지원규모가 대폭 확대되어 2008년도에는 공공시설, 소득증대, 육영사업 등 기본지원사업과 기타사업에 총 524억원을 지원하였다 <표 7-8>. 기본지원사업 중 전기요금보조사업은 2006년 2월 시행요령 개정을 통해 원자력발전소 시설용량에 따라 1,000MW미만~7,000MW 이상까지 8단계로 구분하여 주택용은 100kWh~170kWh까지의 해당 요금과 산업용은 계약전력 200kW까지 kW당 1,500원~2,900원까지 전기요금을 보조할 수 있도록 보조금 단가를 인상하여, 지역주민의 실질소득 증대 및 기업유치에 기여할 수 있도록 하였다.

〈표 7-8〉 2008년도 기금지원사업 지원실적

(단위: 억원)

사 업 종 류		금 액	비 고
기 본 지 원 사 업	소득증대사업	74	마을공동창고 건립, 농가형 저온창고 설치, 승용이양기 구입, 농수로포장공사 등
	공공시설사업	248	정보화추진사업, 마을회관 신축 및 보수, 상수도 시설공사 등
	육 영 사 업	103	방과 후 교실 및 원어민강사 지원, 인조잔디운동장 조성, 도서·기자재 지원, 학자금·장학금 지원, 특기적성교육지원 등
	사회복지사업	11	-
	주민복지지원사업	-	-
	기업유치지원사업	0.1	-
	전기요금보조사업	62	주택용, 산업용 전기요금 보조
	소 계	498.1	-
기타사업		26	-
합 계		524	-

〈표 7-9〉 연도별 기금지원사업 지원금액

(단위: 억원)

연도 사업소	'90~'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	합 계
고 리	331	208	397	29	783	171	519	130	172	2,740
영 광	912	127	78	52	53	50	112	125	127	1,636
월 성	357	56	109	767	38	45	96	104	104	1,676
울 진	461	643	79	92	66	53	126	122	121	1,763
합 계	2,061	1,034	663	940	940	319	853	481	524	7,815

주) 원자력문화재단 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 대

규모 숙원사업을 해결하기 위해 지원하고 있다<표 7-10>.

〈표 7-10〉 연도별 특별지원사업 지원금액

(단위 : 억원)

발전소	한도 금액	교 부 금 액						
		'96~'03	'04	'05	'06	'07	'08	합계
신고리 #1·2	704	197	13	96	398	-	-	704
신고리 #3·4	1,147	410	737	-	-	-	-	1,147
영 광 #5·6	556	556	-	-	-	-	-	556
월 성 #2~4	156	156	-	-	-	-	-	156
신월성 #1·2	697	697	-	-	-	-	-	697
울 진 #3~6	648	647	-	-	-	1	-	648
신울진 #1·2	1,245	-	-	-	-	-	-	0
합 계	5,153	2,663	750	96	398	1	-	3,908

2. 사업자지원사업

2006년도부터 신설된 사업자지원사업 제도에 따라 기금지원사업과 별도의 사업자 자체자금으로 원전지역에 2006년 420억원, 2007년 458억원, 2008년 543억원 등 총 1,421억원을 지원하였다. 원전별 사업자지원사업 계획수립을 위하여 인터넷, 신문 광고, 설문조사 등을 통해 지역주민, 지역사회단체, 기관 등 지역민들의 의견을 적극 수렴하였다. 또한 지역여건 및 지역의 유·무형 자산과약, 철저한 사업타당성 조사·분석을 통하여 지역별 특성화 사업을 선정하였으며, 지역사회와의 협의를 바탕으로 선택과 집중을 통해 체감 가능한 규모있는 사업을 추진하였다. 지원실적은 <표 7-11>, <표 7-12>와 같다.

〈표 7-11〉 사업자지원사업 지원실적

(단위:억원)

구분 사업소	지원금				특성화 분야	주요 특성화 사업
	'06	'07	'08	합계		
고 리	102	125	209	436	교육·장학사업	• 원어민 영어강사 지원사업 등
영 광	104	119	119	342	지역경제협력사업	• 복분자 가공공장 건립 등
월 성	96	98	98	292	지역복지사업	• 청소년 복지시설 건립 등
울 진	118	116	117	351	교육·장학사업	• 울진도서관 시설개선 사업 등
합 계	420	458	543	1,421	-	-

〈표 7-12〉 2008년도 사업자지원사업 사업종류별 지원실적

(단위 : 억원)

사업소		교육장학	지역경제	환경개선	지역복지	문화진흥	기 타	합 계
고 리	금액	76	6	22	82	8	15	209
	건수	4	3	3	4	4	4	22
영 광	금액	16	25	32	16	21	10	119
	건수	3	8	3	7	4	3	28
월 성	금액	8	22	6	21	34	7	98
	건수	8	5	2	5	5	2	27
울 진	금액	10	66	4	4	23	9	117
	건수	4	8	3	6	6	3	30
총 계	금액	109	119	64	122	86	42	543
	건수	19	24	11	22	19	12	107

제3절 2009년도 지원사업 추진계획

1. 기금지원사업

2009년에는 원전 주변지역 지원사업으로 공공시설, 소득증대, 육영사업 등 7개의 기본지원사업과 특별지원사업에 총 882억원을 지원할 계획이다<표 7-13>.

2006년까지 발전사업자가 대상고객에게 전기요금보조금을 직접 지급하는 방식으로 시행되었던 전기요금보조사업은 한전과의 협약체결을 통해 2008년부터 대상고객의 전기요금고지서에서 보조금액이 자동 감면 되는 방식으로 시행되었다. 이로 인해 별도 신청절차 없이 발전소 주변지역에 거주하는 주민들 모두가 전기요금보조금을 지원받을 수 있도록 지역민의 편의를 도모하였다.

〈표 7-13〉 2009년도 기금지원사업 계획

(단위 : 억원)

사업종류		금액	비고
기본지원사업	소득증대사업	527	• 고리본부 : 150 • 영광본부 : 113 • 월성본부 : 94 • 울진본부 : 170
	공공시설사업		
	육영사업		
	사회복지사업		
	주민복지지원사업		
	기업유치지원사업		
	전기요금보조사업		
특별지원사업 등		355	• 신울진 1·2호기
합계		882	

2. 사업자지원사업

2009년 원전주변지역에 사업자지원사업으로 475억원을 <표 7-14>와 같이 지원할 예정이다. 원전본부 지역주민들의 다양한 의견을 수렴하여, 충분한 타당성 검토 절차를 거쳐 지역의 특성화 사업을 발굴하며, 기금지원사업과의 시너지효과를 통하여 지역발전을 선도하는 사업을 추진할 계획이다.

〈표 7-14〉 2009년도 사업자지원사업 계획

(단위 : 억원)

사업소	지원규모	비 고
고리본부	152	• 교육·장학지원사업 • 지역경제협력사업 • 주변 환경 개선사업 • 지역복지사업 • 지역문화진흥사업 • 그 밖의 사업자 지원사업
영광본부	113	
월성본부	94	
울진본부	116	
합 계	475	

제3장 지역과의 일체감 형성을 위한 노력

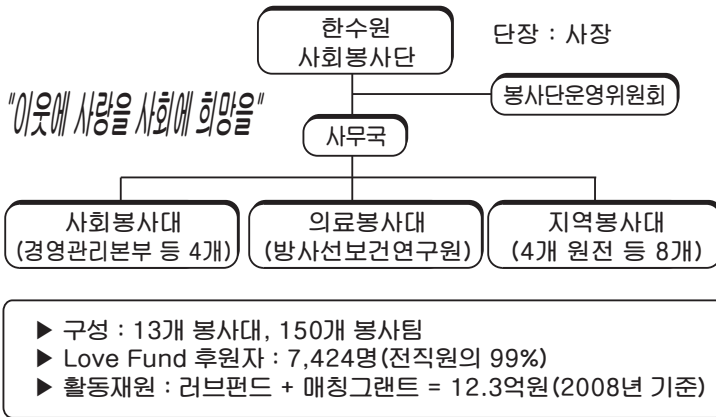
한국수력원자력(주) 기획재무처 기획팀장 박동원

제1절 봉사활동 추진현황

한수원(주)은 2004년 6월 사회봉사대, 의료봉사대, 지역봉사대 등 13개의 단위 봉사대로 구성된 ‘한수원 사회봉사단’을 창단하여 기업의 사회적 책임과 『지역공동체경영』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 주변지역에 집중적으로 활동하고 있다. 또한 방사선보건연구원의 전문 의료진을 주축으로 구성된 ‘의료봉사대’는 의료혜택이 낙후된 원전 및 수력발전소 주변 농어촌 지역을 대상으로 광범위한 무료진료를 지속적으로 실시하고 있다. <그림 7-4>, <그림 7-5>, <그림 7-6>, <표 7-15> 참조

또한 봉사활동의 활성화를 위하여 ‘희망찬 미래’, ‘나눔 사랑’ 그리고 ‘깨끗한 환경’이란 전사적 봉사테마를 선정하여 봉사활동의 목적과 방향을 더욱 선명하게 할뿐만 아니라 ‘자원봉사주간’을 지정·운영하는 등 임직원들의 자원봉사활동을 적극 확대 추진하고 있다.



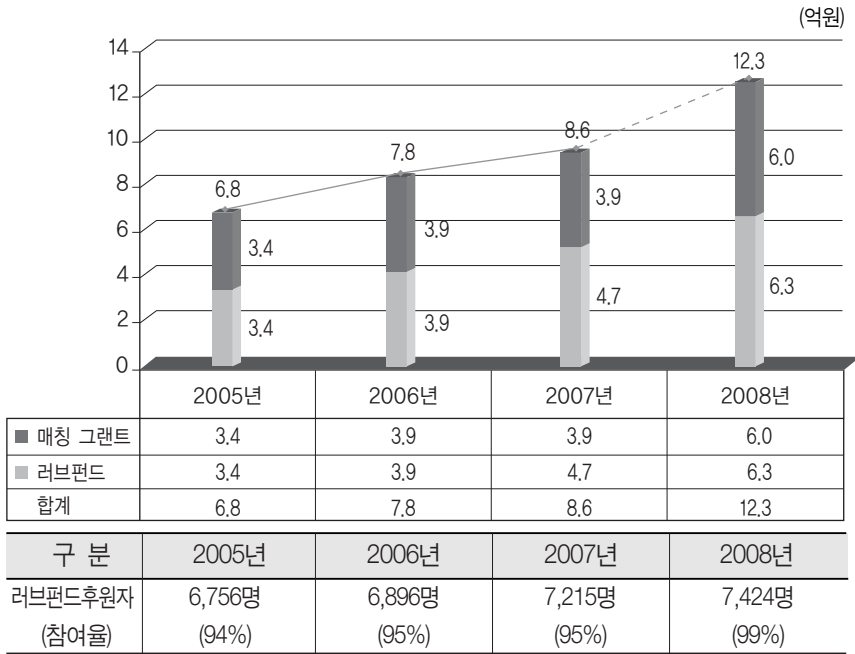
〈그림 7-4〉 한수원 사회봉사단 조직

- KBS “사랑의 리퀘스트” 방송 참여
 - 화상어린이를 위한 한라산 등반 봉사
 - KBS를 공개생방송 참여(1,950만원 후원) 및 기부전화 접수 봉사활동
- 이웃사랑 실천의 달 캠페인 시행
 - Love Fund ♥ + 배가운동 : 연 1억 5,862만원 증액(전년 대비 33.5% ↑)
 - 명절맞이 주변지역 봉사 : 2,501명, 8,270시간 활동(1억 9천만원 후원)
- 원전주변지역 의료봉사활동 시행 : 3,060명 무료건강검진
- 노사 및 정부합동 봉사활동 시행
 - 노사합동 다일공동체 밥퍼나눔행사 지원 등
 - 4개 원전본부, 지식경제부 합동봉사활동
- 서해안 원유피해 복구 대규모 봉사활동 전개
 - 인력지원 : 1,433명 자원봉사
 - 성금 및 물품지원 : 1억 500만원



- ◆ 지역사회 원전수용성 향상('08년 대비 7% ↑)
- ◆ 지역사회의 지지와 신뢰로 원전 8기 적기 건설(준비) 중
- ◆ 2008 나눔경영대상 수상(국민일보 주최/지역사회발전부문)

〈그림 7-5〉 2008년 주요성과



〈그림 7-6〉 봉사활동기금 현황

〈표 7-15〉 봉사활동 실적 통계

활동분야	봉사활동 참여인원	봉사활동 참여시간	시행횟수(회)			지원금액 (천원)
			자체	협력	계	
복지단체지원	4,838	21,099	754	12	766	245,986
불우이웃돕기	963	4,114	57	4	61	186,667
장애인돕기	1,060	6,382	139	25	164	131,055
독거노인돕기	3,596	12,850	628	32	660	59,556
소년소녀가장돕기	45	195	14	3	17	5,937
불우청소년지원	2,025	7,171	376	8	384	140,349
의료봉사	1,044	4,622	124	10	134	1,222
문화예술 행사지원	3,682	15,705	370	44	414	17,727
교육서비스	1,722	4,109	477	6	483	7,886
자연보호 및 일손돕기	10,019	39,147	938	29	967	76,660
기 타	249	595	9		9	6,632
합계	29,243	115,989	3,886	173	4,059	879,677

제2절 지역사회 일체감 행사지원 및 참여

원전주변지역 유관기관, 지역 시민·환경단체, 주변지역 읍·면 지역 단체 등이 주관하는 행사에 적극적으로 참여·지원하고 있다. 2008년에는 원전주변지역에 총 1,231회의 행사지원을 하였으며, 각 사업소별 대표적인 행사로는 고리원전 ‘기장군 달맞이 축제’, ‘기장 멸치축제’, 영광원전 ‘법성포 단오제’, ‘홍농 한마음벚꽃축제’, 월성원전 ‘경주국제마라톤 행사’, ‘문무대왕 춘향대제’, 울진원전 ‘뮤직팜 페스티벌’, ‘4.13 흥부만세제’, ‘평해 남대천 단오제’ 등이 있다.

제3절 1부서 1마을 자매결연 활동

원전본부별 1부서 1자매마을 갖기 운동을 벌여 231개부서가 269개에 달하는 자매마을과 자매결연을 맺어 활동하고 있으며, 2008년에는 1,089회의 자매결연 활동을 시행하여, 원전과 지역사회가 하나 되기 위한 활동을 지속추진 중이다.

〈표 7-16〉 1부서 1마을 자매결연 활동

사 업 소	자매 부서수	자매 마을수
고리본부	44	73
영광본부	74	74
월성본부	54	63
울진본부	59	59
합 계	231	269

제4절 사회공헌 수상실적

한수원은 ‘지역순회 의료봉사활동’을 비롯해 ‘청소년 야학교실’, ‘사랑의 집수리 봉사’, ‘어르신 및 중증장애인 목욕봉사’, ‘도시락 배달’ 등 소외계층지원 활동에 앞장서고 있다. 특히 지역경제 활성화는 물론 노인, 장애인, 청소년 가장 등 소외계층에 대한 지속적인 사회공헌활동과 지역사회와의 일체감 조성을 통하여 경주 중저준위 방폐장 적기건설, 신고리 3·4 및 신월성 1·2호기 신규원전사업의 성공적인 착공 등 괄목할 만한 성과를 이루어냈으며, 이러한 활동을 인정받아 발전소의 해당지자체 및 복지기관, 지역단체로부터 단체 7건, 개인 36건의 사회봉사관련 감사패, 표창장 등을 수상하였다.

제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과

한국수력원자력(주) 홍보실 기업홍보팀장 최동관

제1절 건설기간 중 지역경제 영향

1. 고용효과

원전건설은 계획부터 준공까지 10년 이상 소요되는 대형 프로젝트로 실제 공사기간이 7년여에 이르며 설계, 제작, 시공, 시운전 각 분야별로 많은 업체가 참여하고 있으며, 특히 시공단계에서는 대량의 건설인력이 요구되는 만큼 건설 현장과 인접한 지역사회에 많은 인력의 고용창출 효과를 가져오게 된다. 또한, 한수원(주)은 원전 건설기간 중 지역건설 업체 활용 및 현지 주민을 고용토록 하는 내용을 건설업체와 시공계약 시 반영하고 있다.

〈표 7-17〉 2008년 신고리 1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위:명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	합 계
한 수 원		18(9%)	178	196
시공업체	직 원	256(54%)	219	475
	근로자	1,737(53%)	1,511	3,248
	소 계	2,011(51%)	1,908	3,919
기 타 업 체		32(35%)	59	91
합 계		2,043(51%)	1,967	4,010

〈표 7-18〉 2008년 신월성 1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위: 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	합 계
한 수 원		14(8%)	173	187
시공업체	직 원	139(36%)	242	381
	근로자	492(30%)	1,106	1,598
	소 계	631(32%)	1,348	1,979
기 타 업 체		9(28%)	23	32
계		654(30%)	1,544	2,198

〈표 7-19〉 2008년 신고리 3·4호기 건설현장 인력고용 현황

(단위: 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	합 계
한 수 원		4(3%)	124	128
시공업체	직 원	124(48%)	126	260
	근로자	1140(74%)	402	1,542
	소 계	1268(70%)	652	1,920
기 타 업 체		45(47%)	50	95
계		1,317(64%)	862	2,143

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 원전건설공사에 직·간접적 참여에 의한 지역경제 활성화와 고용확대를 통해 지역주민의 소득증대에도 크게 기여할 것으로 보인다.

〈표 7-20〉 2008년 지역업체 원전건설공사 참여현황

(단위: 건, 억원)

구 분	신고리 #1·2		신월성 #1·2		신고리 #3·4	
	참여건수	규모	참여건수	규모	참여건수	규모
건설공사	54	153	16	84	26	73
기자재 납품	1,550	928	253	66	264	119

제2절 운영기간 중 지역경제 영향

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, 1990년부터 한수원(주) 직원 채용시 주변지역 주민에게 필기고사 총점의 10%를 가산점으로 부여해 채용기회를 확대하고 있고, 기능직, 별정직 등의 직종에는 해당 지역주민을 우선적으로 채용하고 있다. 2008년 말 4개 원전본부 근무자 총 7,639명(한전KPS 포함)중 약 20%인 1,549명이 주변지역 주민으로 구성되어 상시 근무하고 있다.

〈표 7-21〉 2008년 국내 원자력발전소 근무자 현황

(단위: 명)

구 분 사업소	주변지역출신		타지역 출신		계	
	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS
고리본부	313 (20,8%)	87 (24%)	1,189	276	1,502	363
영광본부	298 (20,3%)	131 (23,9%)	1,173	416	1,471	547
월성본부	254 (18,4%)	93 (22,6%)	1,123	319	1,377	412
울진본부	253 (17,4%)	120 (23,3%)	1,198	396	1,451	516
계	1,118 (19,3%)	431 (23,4%)	4,683	1,407	5,801	1,838

※ () 내는 4개 원전본부 전체인력 중 주변지역 출신 비중

2. 임금소득의 유입

원자력발전소 운영단계에서는 발전소별 설비용량에 다소 차이는 있으나, 원전본부별로 약 1,700~2,000명 정도의 상시 운영인원이 근무하게 됨으로써 이들에게 지급되는 임금의 대부분은 생활비나 저축의 형태로 해당지역에 유입되고 있다.

2008년 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.

2008년 4개 원전 본부의 지방세 납부실적은 1,280억원으로 해당 지방단체 전체세수의 약 37 %정도인 것으로 나타나고 있다.

〈표 7-22〉 2008년 원자력발전소별 지방세 납부현황

(단위 : 백만원)

사업소	한수원	한전KPS	계(A)	원전소재지 전체지방세수(B)	전체 지방세수 비율(A/B×100)
고리본부	23,298	318	23,616	103,836	22.7%
영광본부	40,400	455	40,855	62,400	65.5%
월성본부	21,763	346	22,109	116,500	19.0%
울진본부	40,517	985	41,502	59,470	69.8%
계	125,978	2,104	128,082	342,206	37.4%

4. 지역 특산물 판매 촉진

농·수산물 수입개방과 쌀 등의 소비감소 추세로 우리 농·어촌은 판로에 어려움이 있어 왔다.

이에 지식경제부와 한수원(주)은 원전 주변지역 농·수산물 판매의 어려움을 덜어주고 지역주민과의 유대강화 및 원전의 안전성에 대한 불

신을 해소하기 위하여 원전 주변지역 농·수산물 특별 구매운동을 추진하게 되었다.

매년 각 원전본부별로 원전 주변지역 쌀 특별구매 운동을 전개함으로써 지역과의 유대강화는 물론 지역 쌀의 우수성을 간접 홍보해주는 효과도 거두고 있다.

〈표 7-23〉 원자력발전소 주변지역 쌀 구매 실적

(단위 : 포(20kg), 백만원)

구 분 사업소	'03		'04		'05		'06		'07		'08	
	구매량	금액	구매량	금액	구매량	금액	구매량	금액	구매량	금액	구매량	금액
고리본부	971	27	1,197	58	1,938	42	1,190	49	1,199	51	2,475	99
영광본부	1,590	65	1,432	59	1,250	50	830	32	1,068	42	1,208	50
월성본부	1,350	59	1,300	57	1,250	50	1,522	61	3,717	149	810	37
울진본부	433	19	1,460	64	1,324	56	1,494	55	1,430	50	1,512	60
계	4,344	170	5,389	238	5,762	198	5,036	197	7,414	292	6,005	246

제8편 국제협력 및 해외동향

>>> 제1장 원자력 국제협력

>>> 제2장 해외사업 진출

>>> 제3장 원자력 해외동향

제1장 원자력 국제협력

한국수력원자력(주) 원자력정책처 원자력총괄팀장 노백식

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. 2008년 말 현재 145개 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·관리하는데 있다.

국제원자력기구는 핵확산 방지를 위한 안전조치 업무를 우선으로 하여 최근에는 보다 포괄적이고 체계적인 안전성 확보를 위한 원자력 안전협약 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, 훈련생 파견, 장비지원 등이다. 공동연구사업은 1970년대 중반부터 1980년대 초까지 가장 활발하게 진행되었으나 현재는 국제원자력기구의 재정현황에 따라 점차 줄어들고 있는 추세이다.

IAEA 총회는 최고 의사결정기관으로 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 1972년 설치된 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, RCA 파트너십 진흥을 위해 활발한 활동을 전개하고 있다. 2008년말 현재 지역간 협력협정 회원국은 극동 아시아 지역의 한국, 일본, 중국 등 총 17개국이다.

2. 경제협력개발기구/원자력기구 (OECD/NEA)

원자력기구(NEA: Nuclear Energy Agency)는 경제협력기구(OECD: Organization for Economic Cooperation and Development) 산하의 준 독립기구로 프랑스 파리에 위치하고 있다. NEA는 기구 참여국가 간 협력을 통해 원자력을 안전하고, 환경친화적이며, 경제적인 에너지 원으로 개발하기 위한 제반활동을 지원하는 것을 목적으로 하고 있다.

당초 NEA는 서유럽 국가들이 학술적·재정적 역량을 결집시켜 원자력을 개발하기 위하여 1957년 12월 유럽경제협력기구(OEEC)내 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. 2008년말 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 국제공동연구사업에 참여할 수 있다.

연구결과들은 대개 회원국들 간 공유가 가능하나 어떤 경우에는 해당 프로젝트 참여 회원국들에게만 활용할 수 있도록 제한하고 있다. NEA 회원국은 NEA에서 주관하는 폐쇄적인 핵심기술에 직접 접할 수 있으므로 이미 개발된 원자력 기술자료의 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 이들 국가의 원자력안전연구의 계획, 수립 및 집행을 지원하기 위한 것이다.

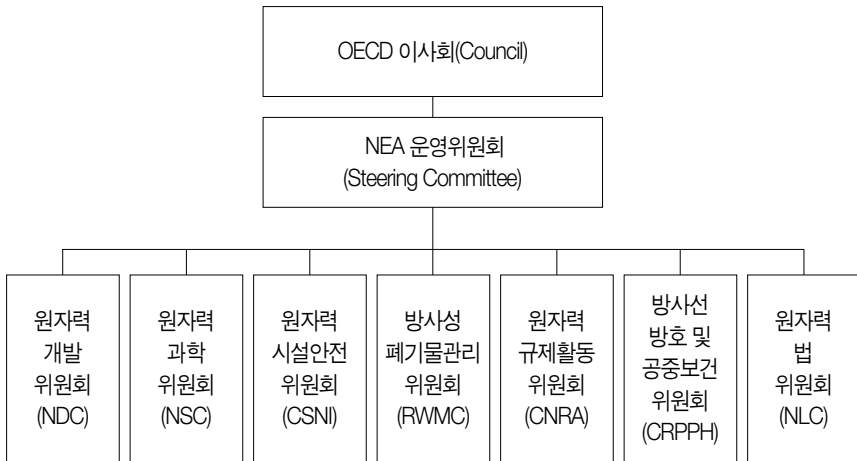
NEA는 국제협력을 통하여 회원국들이 원자력을 평화적인 목적으로 안전하고, 환경 친화적이며, 경제적으로 이용하는 데 필요한 과학적, 기술적, 법적 기반을 유지하고 개발할 수 있도록 지원하는 것을 임무로 하고 있다. 아울러 정부의 원자력정책 결정에 반영시킬 수 있도록 신뢰할 수 있는 평가결과를 제공하고 주요현안에 대한 공통의 이해를 조성하며, 에너지 분야 및 지속가능한 개발과 같은 분야에서 OECD의 정책분석 결과보다 널리 전파시키는 임무를 띠고 있다.

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, 기구는 원자력안전 및 인허가, 방사성폐기물관리, 방사선방호, 원전연료주기의 경제성 및 기술성 분석, 원자력과학, 원자력법 및 손해배상, 그리고 일반 대중에 대한 정보제공과 같은 주요 현안을 취급하기 위한 프로그램을 수립·시행하고 있다. 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 원전사고 후 유사사고 발생 우려에 대한 여론 급증에 따라 원전의 안전성 및 신뢰성 확보를 위해 미국 원전보유 전력 회사들이 비영리 단체인 미국원자력발전협회(INPO)를 1979년 12월 아틀란타에 설립하였다. 2008년 12월 현재 미국내 전력 회사 27개, 원자로공급회사/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 우수사

레 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·안정운영에 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 협력을 도모하는 데에 있으며 4개의 지역센터(동경, 파리, 아틀란타, 모스크바)와 본부(런던)를 두고 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 교

환, 사고·고장정보의 신속한 교환, 원전 운영관련 지침·기준 제공, 전 세계 원전에서 발생하는 사고의 분석, 감시를 통한 사고 재발 방지, 각종 회의 및 기술교환 방문을 통한 기술정보 교류 등이며, 회원 상호간 조직적이고 기술적인 협력에 중점을 두고 있다.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)

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 네트워크 활용 ○ 각종 기술회의 및 세미나 개최 ○ CANDU형 원전 주요 현안 공동 연구개발	월성 #1 ~ 4
FROG (Framatome Owners Group)	'91. 10 / '91. 10	○ 프랑스 : EDF, AREVA NP ○ 해외 : 한수원(주) 등 6개 전력회사	○ 각종 기술회의 및 세미나 개최 ○ 프라마툰형 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 2008년에 한수원(주)은 IAEA 전문가를 초청하여 원전경제성 분석분야 등 5건의 워크숍을 국내에서 개최하였고, 원전 설비용량 예측 분야 자문회의 등 9건의 IAEA 해외개최 기술회의, 워크숍 및 훈련과정 등에 적극 참여하여 IAEA와의 협력관계를 공고히 하였다.

우리나라는 2004년 9월 원전안전성평가팀(OSART)의 일원으로 화학분야 해외원전 안전점검단에 전문가를 파견한 바 있고, 2007년에는 국내 원전 운영의 안전성에 대한 국제적 비교 및 객관적 평가를 위하여 영광 3발전소를 대상으로 원전안전성평가(OSART)를 받아 세계 최고 수준의 운영능력을 인정받았으며, 프랑스 치농원전의 원전안전성평가팀(OSART)의 일원으로 원전안전운영분야의 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 16개의 자문위원회에 참여하고 있다.

1969년에는 IAEA 원자력정보교환 체제인 INIS(International Nuclear Information System)에 가입하여 원자력안전, 핵주기기술 등 정보교환활동을 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.

〈표 8-4〉 국제원자력기구 협약 가입 현황

명 칭	내 용	협약 발효일	서명일
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

명 칭	내 용	협약 발효일	서명일
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
사용후 연료 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 상설기술위
원회 등의 참석을 통하여 우리나라의 입장을 전달하고 NEA의 활동계

획을 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 지원하는 Cost Free Expert를 파견해 왔다. 2008년 10월말 현재 정규직원 1명과 Cost Free Expert 3명이 근무하고 있다.

3. 미국원자력발전협회(INPO)와의 협력

한수원은 INPO에서 운영하는 국제 온라인 정보교환 체계를 활용한 기술정보 교환, 발전소 운영에 관한 각종 지침 등 INPO 발간물 입수, INPO 파견 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 원자력발전기술원의 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 2008년도에 정비규정 기술능력 향상을 위한 INPO 기술교환방문 프로그램을 원자력발전기술원에서 시행하는 등 2008년말 현재 총 21회의 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 창립 이래 한수원(주)이 소속된 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 자료를 입수하였고, 2005년에는 미국의 Dominion 전력사, Point Beach 원전을 방문하여 미국원전의 계속운전에 대한 자료를 입수하였으며, 2006년에는 미국의 TXU 전력사, Comanche Peak 원전을 방문하여 미국원전의 무선통신 사례에 대한 자료를 입수, 2007년에는 미국의 Ginna원전, Robinson원전, Brunswick원전 등을 방문하여 화재방호 케이블 관리에 대한 벤치마킹을 시행하였고, 2008년에는 일본의 하마오카 원전을 방문하여 방사성폐기물 이송에 관한 경험을 습득하는 등 2008년 말까지 해외 우수원전과 총 33회의 기술 교환방문을 시행하였다.

또한, 2008년도에도 해외원전에 대한 안전점검단(Peer Review)의 일원으로 참여하여 미국 산 오노프리 원전 등에 대한 기술자문을 수행함으로써 국내 원전운영기술의 우수성을 해외에 알렸으며 2008년말까지 61회의 해외원전 안전점검단에 총 70명이 참가하였다.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)과의 협력

한수원(주)은 3개의 원전소유자그룹(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, 2003년에 FROG 운영위원회, 2006년에 COG 기술위원회를 국내에서 각각 개최하였다.

6. 기타 해외 원자력관련 기관과의 협력

현재 21개 해외 기관들과 협정을 체결하여 정기 기술회의 개최, 인력 및 자료교류를 통하여 원자력분야의 상호 협력관계를 활발히 하고 있으며, 10개 해외 원전과도 발전소간 기술협력 협정을 체결하여 발전소 운영을 통해 얻은 경험을 상호 교환함으로써 원전의 안전운전에 기여하고 있다.

또한 INPO, WANO, 해외원전 소유자그룹 이외에도 미국원자력에너지협회(NEI), 일본원자력산업회의(JAIF), 우라늄협회(WNA)에도 가입하여 해외 원자력정책 등 기술정보 교류를 통해 국내 원자력산업의 향상을 아울러 도모하고 있다.

〈표 8-5〉 원자력관련 협정 체결 현황

협 력 기 관	주 요 협 력 사 항	체결일자
아르헨티나 원자력위원회(CNEA)	원자력(중수로) 발전설비 운영	'80. 2,11
대만전력공사(TPC)	전력사업 전반	'80,11,10
프랑스전력공사(EDF)	에너지정책, 발전소 설비운영, 전력사업, 신기술 개발	'84. 7,31
일본전원개발(EDPC)	신 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(WH)	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 2008년말 현재 23개국(미국, 캐나다, 프랑스, 호주, 독일, 스페인, 일본, 러시아, 영국, 중국, 아르헨티나, 베트남, 터키, 벨기에, 체코, 브라질, 우크라이나, 이집트, 칠레, 루마니아, 카자흐스탄, 인도네시아, 요르단)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 70~80년대에는 선진국에 집중되어 있으나, 90년대 이후에는 협력 대상국이 동남아, 아프리카, 동유럽, 남미지역 등으로 확대되고 있음을 알 수 있다. 즉, 개도국과 협력협정 체결을 통해

공동조정위원회를 개최하거나, 기술조사단 파견, 대상국 고위관계자 초청, 기술설명회, 원전도입 타당성 공동조사 등을 통해 우리 기술의 우수성 홍보 및 해외 진출여건을 조성하는 것이 국가간 협력의 중요한 목표이다. 둘째, 원자력 기술 선진화를 위한 선진국과의 기술 협력 강화이다. 90년대 이후 개도국과의 협력이 강조되면서 선진국과의 협력 중요성이 상대적으로 약화되기는 하였으나 미국, 캐나다, 프랑스 등 우리나라가 원전을 도입한 국가와 공동조정위원회 개최 등을 통해 원자력정책 및 인력기술 교류, 공동연구 등을 지속적으로 추진하고 있다.

가. 미국

우리나라와 미국의 원자력 협력은 1956년 2월 3일 『원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 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 설치에 관한 각서 교환, 1995년 6월 과학기술부와 미국 원자력규제위원회간 『원자력안전 기술정보 교환 약정』 체결 그리고 1996년 6월 과학기술부와 미국 에너지부간 산하 연구기관간 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, 세계원자력파트너쉽(GNEP) 활동, 유엔안보리 결의 1540 이행을 위한 IAEA 활동 등의 의제를 논의하였다.

우리나라는 미국으로부터 고리 1~4호기와 영광 1~4호기 원자력발전소와 TRIGA MARK II, III를 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 모

색하는 등 정책적 지원방안을 협의함과 아울러 양국 연구기관 간 추진 중인 연구협력과제의 이행상황을 점검하고 연구협력 강화방안을 협의하였다.

우리나라는 프랑스로부터 울진 원전 1·2호기('85, '89년 가동), 조사 후시험시설 및 방사성폐기물 처리시설('78년 가동) 등을 도입하였다.

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 『대한

민국 정부와 러시아연방 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력 협정』을 체결('99. 10. 8 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 2007년 12월 제12차 공동조정위원회가 모스크바에서 개최되었다. 본 회의에서 양국 원자력협력을 공고히 하는 것을 다시 한번 확인하였으며, 소멸처리 관련 원전연료주기 기술연구 등 15개 분야 기술협력의제에 관해 논의하고 향후계획에 대해 협의하였다.

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 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 협력쪽에 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 일본정부 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.

이밖에 제1차 원자력안전협약 검토회의시 3국간 안전협약 검토보고서 상호간 검토 및 인접국간 협력 필요성이 대두되어 안전 분야에서 한·중·일 3자회의(MOST-NISA-NNSA)가 2차례(1차: '01. 3, 2차: '04. 2 일본 동경) 개최된 바 있다.

바. 중국

양국은 1992년 8월 한·중 외교수립 이후 1994년 10월 중국 이붕 총

리 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 본회의에서 양국은 원자력발전을 포함한 원자력분야 전반에서 협력을 확대한다는데 인식을 같이하고 특히 원자력 안전, 원자력이용 수소생산 연구 등의 분야에 대해서 적극 협력키로 합의했다.

중국과 정부간 협력은 원자력공동위원회 외에도 한중투자협력위원회(5차, 2007년 정주), 경제장관회의(6차, 2006년 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 논의되었으며 특히 동기간에 개최된 7차 상해핵공업전람회에서도 APR1400 및 OPR1000의 우수성을 홍보하여 중국 진출기반을 다지는 계기가 되었다.

사. 캐나다

우리나라와 캐나다의 협력은 1975년 1월 한전과 캐나다 원자력공사(AECL)간에 CANDU형 원자로인 월성 1호기 공급계약을 체결하면서

시작되었다. 이후 1976년 1월 양국 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/천연자원성)를 서명하였으며, 이를 근거로 1983년 4월 제1차 양국간 원자력공동조정위원회를 서울에서 개최하였으며, 2001년 6월 서울에서 개최된 제17차 원자력공동조정위원회에서는 한·카 원자력협력협정 개정문제와 연료 및 중수로관련 기술협력 등의 의제를 서로 협의하였다.

또한, 원자력 이용 개발 분야 협력과는 별도로 원자력 안전·규제분야 정보교환, 공동연구, 상호 관심분야 등을 협의하기 위하여 1998년 10월 과학기술부와 캐나다 원자력안전위원회간에 『원자력안전규제 협력을 위한 각서』를 교환하여 ‘MOST-CNSC 원자력안전협의회’가 공동조정위원회와 별도로 개최될 수 있는 근거를 마련하였으며, 이후 제1차 회의(’99.3, 서울) 및 제2차 회의(’02.12, 오타와)가 개최되었다.

우리나라는 캐나다로부터 70년대 중반부터 중수로형 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 협력회의를 개최하여 2007년 1월 하노이에서 제4차 대회를 개최하였다. 이 대회에서는 2006년 10월 개최된 ‘한-베 원자력협력협정 10주년 원자력기술 세미나’에 대해 높이 평가하였으며 방사선의학분야 협력을 위해 베트남에 방사선 사이클로트론을 설치지원키로 하고 구체적인 계획을 협의하였다. 한편, 양국 정부는 2006년 11월 하노이에서 개최된 APEC 정상회의 기간 중 ‘베트남 원자력개발 협력약정’ 및 ‘원전기기 국산화 협력 양해각서’를 체결하였다.

베트남은 90년대 중반부터 원자력발전소 도입에 대해 검토하고 있으며, 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 한전 및 한수원(주)은 KOPEC, KAERI, KINS 및 KAIST와 공동으로 원전 진출기반 조성을 위한 『베트

남 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 정부간의 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 1980년부터 한·호 자원협력위원회를 설치·운영하고 있으며 제22차 한·호 자원협력위원회가 2006년 9월 울산에서 개최되어 양국간 우라늄 자원분야 협력을 논의 하였다.

한국은 1983년부터 세계 우라늄 생산 1위(27%) 국가인 호주로부터 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 진행되었다. 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 개최하여 자원부국인 카자흐스탄과 자원협력위를 설치·운영하여 에너지·자원분야 협력을 공고히 하고 있다. 한편 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 세계 우라늄의 14.3%(세계 2위)를 생산하는 카자흐스탄과의 우라늄 장기도입 합의로 최근 국제시장가격이 급등하는 우라늄정광을 안정적으로 확보할 수 있게 되었다.

타. 인도네시아

우리나라는 인도네시아와의 원자력협력협정 체결을 위하여 1994년 원자력협력협정(안)을 인도네시아 측에 전달하였으며, 그 동안 양국은 협정문안을 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 발효되었다. 이에 대한 후속조치로써 인니 원전도입 준비를 위한 양국 정부간 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 타당성조사를 1, 2단계에 걸쳐 공동 수행하였고, 2005년 12월에는 한전-한수원(주)-인니 전력공사간 협력 양해각서를 체결하고 원전건설준비를 위한 공동연구를 수행하여 2008년 7월 완료한 바 있으며, 2007년 7월에는 인도네시아 대통령 방한시 에너지 민간기업인 MEDCO Energy International사와 원전사업개발 양해각서를 체결하고 최초원전 도입에 관한 이해와 공감대 확보를 위한 공동협력을 수행하여 2008년 10월 완료하였다.

파. 요르단

2008년 5월 요르단 원자력위원회 위원장이 방한하여 국내 원전산업체를 시찰하고 원전사업을 협의함으로써 요르단과 우리나라의 원자력 분야 협력이 본격적으로 진행되었다. 우리나라도 2008년 5월과 2009년 1월에 민관합동 대표단을 요르단에 파견하여 요르단 원전산업현황을 조사하였다. 2008년 9월에는 요르단 하원의장 일행이 방한하여 국내 원전산업체를 시찰하였다. 2008년 12월 1일에 우리나라와 요르단은 요르단 국왕의 국빈방한 기간 중에 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 본격적으로 진행되고 있다.

〈표 8-6〉 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: '74.6.16	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 원자력에너지의 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 일본국 정부간의 원자력협력에 관한 각서교환	'80.5.25	'80.5.25	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 호 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 협력에 관한 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 요르단 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'08.12. 1	요르단측 발효절차 진행중	원자력 위원회 (JAEC)

[외교통상부 홈페이지 조약정보 자료]

〈표 8-7〉 양국간 원자력공동조정위원회 개최현황

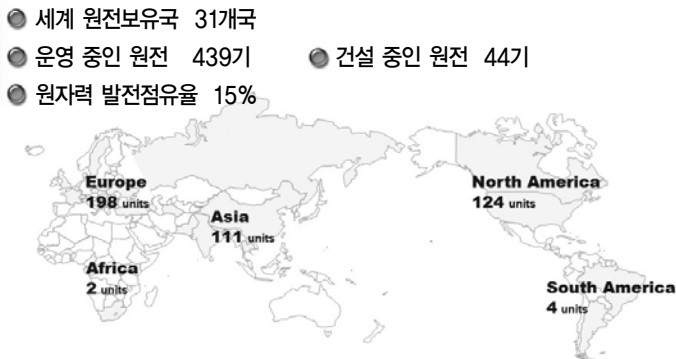
국 별	근거 협정	최초 개최년도	최근 개최년도 (개최 횟수)
미 국	한·미 원자력 및 기타 에너지 공동상설위원회 설치를 위한 각서('76. 8)	'77. 7 (서 울)	'08.10(29차) (서 울)
프랑스	대한민국 정부와 프랑스 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정('82. 2)	'82. 2 (파 리)	'08. 4(18차) (서 울)
캐나다	한·카 원자력공동조정위원회 설치 및 운영에 관한 양해각서('83. 4)	'83. 4 (서 울)	'01. 6(17차) (서 울)
호 주	대한민국 정부와 호주 정부간의 원자력의 평화적 이용에 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)	'07.12(12차) (모스크바)
영 국	원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 대한민국정부와 영국정부간의 협정('91. 11)	'92. 5 (런 던)	'99. 6(6차) (런 던)
중 국	대한민국 과학기술부와 중국원자능기구간 원자력의 평화적 이용 협력에 관한 약정('99. 10)	'00.11 (서 울)	'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

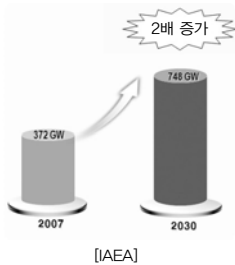
한국전력공사 원자력사업처 정책사업팀장 조성민

제1절 개 요

최근 세계 각국은 고유가 및 화석연료의 고갈로 국제 에너지 시장의 불안정과 이산화탄소 감축에 대비할 수 있는 유일한 현실적 대안이 원자력이라는 인식이 확산되면서 경쟁적으로 원전 건설을 추진하고 있다. 더욱이 TMI 및 체르노빌 사고로 원전 건설을 중단했던 미국 및 유럽 국가들이 원전 건설을 재개하고 있으며, 중동, 동남아, 아프리카 국가에서도 국가경제성장과 안정적 에너지 공급을 위해 원자력발전의 도입을 적극 추진하고 있다. 국제 원자력기구(IAEA)에 따르면 2030년까지 약 300기의 원전이 신설될 계획으로, 시장규모는 900조원에 이를 것으로 전망하고 있다.



〈그림 8-1〉 세계 원전 현황



우리나라는 원전 20기를 운영하는 세계 6위의 원전 보유국으로 지속적인 원전건설로 실질적인 원전건설 인프라, 인력 및 기자재 생산능력과 최신 기술을 보유하고 있으며, TMI 사고 이후 원전건설을 중단한 미국 및 유럽등과 달리 80년대 이후 지속적 반복 건설을 통해 안정적 사업능력을 확보하고 있다. 특히 원전 8기를 동시에 차질없이 건설 및 준비중에 있는 나라는 우리나라가 전 세계에서 유일무이하다.

우리나라는 그동안 이러한 국내 원전산업의 지속성장과 원전산업계가 축적한 원전건설기술 및 첨단기술을 바탕으로 1,000MW급 한국표준형 경수로 OPR1000(Optimized Power Reactor 1000)을 개발하여 건설·운영중에 있다. 또한 이를 기반으로 리히터 규모 7의 지진에도 견디도록 설계되었고 안전성과 경제성을 구비한 1,400MW급 3세대 신형 경수로 APR1400(Advanced Power Reactor 1400)을 개발함으로써 외국의 타경쟁사 노형보다 우수한 경쟁력 있는 원전을 상품화하여 적극적으로 원전플랜트의 해외사업 진출을 도모하게 되었다. 건설공기 측면에서도 표준화, 반복 건설을 통한 Process 혁신 및 최신 건설 공법을 적용한 APR1400은 미국 및 프랑스의 원전에 비해 건설비도 저렴하여 세계 시장에서 충분한 경쟁력을 갖춘 것으로 평가되고 있다.

하지만, 핵심설계코드, 원자로냉각재펌프, 제어계통 일부 등의 분야에서 원천기술을 아직 확보하지 못하였으며, 원전 수출 후발 주자로서 한국형 원전에 대한 인지도가 미흡하다는 단점을 갖고 있다. 이에 우리나라는 원천기술 미확보 부분에 대해서는 2012년 완전 기술 자립을 목표로 국산화를 추진 중에 있다. 또한 인지도 미흡에 대해서는 그동안 정부와 한전을 중심으로 한 범국가 차원의 적극적 해외 마케팅 추진을 진행하여 한국형 원전에 대한 인지도가 급격히 상승 중에 있으므로 조만간 가시적인 성과가 있을 것으로 전망된다.

한편, 원전플랜트 수출은 국가 대항전 성격의 사업으로 상업성을 바탕으로 정치·외교적 협상의 산물로 국가간 무역수지, 무상원조, 산업육성 등을 고려하여 국익차원에서 결정된다. 또한 도입국은 원전 도입 결정시 공급국 및 공급사의 국제적 위상, 재무상태, 사업역량 등의 국제적 신인도를 우선적으로 고려하고 있다.

이와 같이 원전플랜트 수출을 위해서는 그 나라의 정치력, 경제력, 국력까지 포함되기 때문에 정부차원의 적극적 관심과 지원이 필요할 뿐만 아니라, 원전 산업계의 혼연일체 된 노력이 필요하다. 따라서 한전을 중심으로 한수원(주), 한국전력기술, 한전원자력연료, 한전KPS, 두산중공업, 시공사 등이 통합된 협력 체계를 갖추어 최선의 노력을 경주하고 있다.

한전은 금년을 원전 플랜트수출 달성 원년의 해로 목표를 설정하고 UAE, 터키, 요르단, 중국 등 핵심 4개국에 우선적으로 수주역량을 집중하는 국가별 차별화 및 집중화 전략, 원전수출과 에너지·광물자원 개발의 연계 또는 한전의 송변전, 배전, 전력통신 등 전력기술과 패키지 형태로 수출을 추진하는 도입 국가별 맞춤형전략, 공격적 마케팅 활동 등

을 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 신재생에너지사업에 대한 해외사업도 추진 중에 있다.

제2절 해외사업 추진현황

1. 수출 역량집중 중점 추진국가

가. UAE 원전사업

UAE의 총 전력수요는 2020년까지 약 1,500MW에서 40,000MW로 증가가 예상됨에 따라 UAE 정부는 미래 전력수요에 맞추어 Baaya 및 Muaskar al Hamra (아부다비 서쪽 230~270km) 지역에 4,000~5,500MW 규모의 원전을 건설할 예정이다. UAE는 최초로 건설되는 원전을 UAE 표준노형으로 채택하고 추가 원전을 연속적으로 건설할 계획이다. 입찰방식은 공개경쟁방식으로 2009년 9월 중 계약을 체결하여 2017년 5월 1일 최초 호기 원전 준공을 목표로 2008년 3월 원자력공사(ENEC, Emirates Nuclear Energy Corp.)를 설립하는 등 원전 도입을 위한 제반절차가 빠르게 진행 중에 있다.

2008년 12월 31일 UAE측은 자국의 원전 사업에 한전의 참여를 공식 요청해옴에 따라 한전을 중심으로 한수원(주), 한국전력기술, 두산중

공업, 한전KPS, 한전원자력연료, 영국 AMEC, 미국 벡텔, 일본 히타치 및 독일 지멘스 등 국내·외 원전사업 전문기관들과 입찰팀을 구성하여 UAE원전사업의 첫 단계인 사업자 자격 평가서류를 2009년 3월 30일에 제출하였다. UAE는 이 자격평가에서 지명된 3개 업체를 대상으로 입찰요청서를 발급 후, 2009년 7월까지 제출받아 2009년 9월 16일에 최종 계약자를 선정할 예정이다. 이에 따라 정부에서도 UAE와 정부간 원자력 협력협정체결을 추진 중에 있으며 한전도 UAE 원전 수주를 위해 유관기관과 공조하여 역량을 집중하고 있다.

특히 UAE원전은 터키방식에 재원조달이 자유롭고 핵심기술 이전 요구도 없어 계약조건이 양호한 편이다. 따라서 프랑스 아레바, 미국 웨스팅하우스, 일본 도시바, 미쓰비시, 히타치 등 세계적 원전 기업들이 대거 참여하여 수주를 위한 경쟁이 치열할 것으로 예상된다.

한편, 미국 TMI사고 및 체르노빌 사고 이후 세계적으로는 신규 원전 건설이 중단 되었지만, 한전은 1970년대 초부터 꾸준한 기술개발을 통해 원전 20기의 건설 및 운전경험, 한국정부의 강력한 국가적 지원, 전 범위(발전소 건설~운영)의 One Package Supply Chain 능력 등 타 경쟁사들과의 차별화 전략을 수립하여 UAE측에 제안하였다. 이러한 능력은 UAE측의 주계약자 선정시 최우선적으로 고려하는 원전의 안전성 및 신뢰성을 한전이 완벽하게 충족시킬 수 있으므로 첫 해외원전 수주 가능성이 상당히 높을 것으로 전망된다.

만약 한전이 UAE원전을 수주하게 되면 국가의 경제적인 효과뿐만 아니라 세계원전시장에서 한국표준형원전의 안전성과 기술력 등을 인정받는 계기가 될 것으로 예상된다.

나. 중국 원전사업

중국 十一五(2006년~2010년) 중장기원전계획에 의하면 현재 원전 설비용량 9,000MW(총 전력설비용량의1.3%)에서 2020년까지 약 40,000MW(총 전력설비 용량의 4%)로 확충할 계획이며, 이를 70,000MW로 조정할 예정이다. 이는 1,000MW급 원자력발전소 기준으로 60기를 추가 건설해야 하는 거대한 건설계획이다. 현재 중국은 기존 3대 원전사업자(핵공업집단, 전력투자집단, 광동핵전집단)를 중심으로 원전건설을 추진 중에 있다. 2008년 말 현재 광둥(廣東)성 링아오(嶺澳)에 2기, 요녕(遼寧)성 홍옌허(紅沿河)에 4기, 광둥(廣東)성 양지양(陽江)에 6기, 절강(浙江)성 팡자산(方家山)등에 기존의 1000MW급 가압경수로를 복제하여 건설 중이고 절강(浙江)성 친산(秦山)에는 650MW급 독자 개발 가압경수로 2기를 건설 중이다. 또한 절강(浙江)성 산먼(三門), 산둥(山東)성 하이양(海陽) 및 광둥(廣東)성 타이산(台山)에는 제3세대 신형원전을 도입, 건설하기 위한 외국공급사와의 공급 계약이 이미 체결되었고 현재 건설공정이 진행 중이다. 특히, 산먼(三門) 원전은 세계 최초의 AP1000 시범원전으로서 올해 4월에 최초콘크리트를 타설하고 2013년 하반기 준공을 위한 본격적인 건설단계에 진입하였다. 이밖에도 강소(江蘇)성 티엔완(田灣), 광둥(廣東)성 루핑(陸豐), 해남(海南)성 창지양(昌江)에도 신규원전을 추가 건설할 계획이다.

이처럼 중국은 세계 최대의 원전 건설시장으로 전 세계 원전 건설기

주) www.heneng.net.cn 참조

업의 각축장이 되고 있다. 아직 한국형원전이 중국의 도입노형으로 선정되지 않고 있으나, 한전은 그동안 축적한 기술교류와 협력을 토대로 한국형원전의 중국 신규원전 시장 진출을 위한 다양한 사업수주 기본 전략을 수립하여 전략적으로 추진하고 있다. 그 전략은 첫째, 중국의 경제 개혁개방 정책을 활용하여 민간기업과 합작투자를 통한 원전사업자 자격 획득을 위해 노력하며, 둘째, 중국의 단기 전력수요 급증에 따른 틈새시장을 공략하고, 셋째, 중국 원전사업자 및 발전집단과의 협력을 통한 중장기 진출기반 구축을 추진하는 것이다.

이를 위해 한전은 중국의 경제 개혁개방 정책을 활용한 민간기업과의 원전사업 공동 진출 추진을 위해 2009년 2월 중국 요녕성장의 지지 서명하에 한전-日林그룹간 합작투자를 위한 양사간 협력협정을 체결하였으며, 효율적인 합작 사업추진을 위해 양사의 공식 사업추진조직인 ‘요녕성 원전사업 실무그룹(Working Group) 협의회’를 구성하여 운영하고 있다.

또한 중국의 단기 전력수요 급증에 따른 틈새시장 공략을 위해 한전이 중국의 대단위 원전 건설문제 해결의 대안임을 홍보하고 있으며, 지속적인 원전 건설을 통해 축적된 짧은 건설공기, 낮은 건설단가, 뛰어난 경제성, 높은 원전 이용률, 낮은 고장정지 건수 등 한국표준형원전의 우수성을 알려 적극 홍보하고 있다.

마지막으로, 한전과 중국 3대 원전사업자간 기 체결된 협력협정을 확대하고 있으며, 동시에 3세대 원전 도입기관인 국가핵전기술평사(SNPTC)와의 협력협정을 추진하고 있다. 또한 원전사업 진출에 적극

적인 중국 발전집단과의 기술교류 및 협력을 통한 원전 수주활동을 전개하고 있으며, 그 예로 한전-대당집단간 최고경영자의 면담 정례화에 이어 2009년 5월 한전-대당집단간 원전사업 협력협정을 체결할 예정이다. 이외에도 화능집단과 지속적인 교류를 추진하는 등 원전사업자 및 발전집단과의 협력을 통한 중장기적인 원전사업 진출을 모색하고 있다.

다. 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 공고되었으나, 2008년 9월 24일 마감된 응찰 결과 러시아의 Atomstroyexport 가 주도하는 1개 컨소시엄만 단독 입찰하였다. 현재 터키 정부는 입찰서에 대한 기술평가를 완료하고 가격을 평가 중이며, 최종 평가결과를 2009년 상반기에 발표될 것으로 보인다.

한전은 아큐유 원전사업을 국내 원전 역사상 최초의 해외수출 기회로 간주하고 동 사업을 수주하기 위해 국내 원전산업계의 역량을 결집하여 경쟁력 우위의 입찰서를 작성하였다. 또한, 사업수주 가능성을 높이기 위해 터키 현지의 유력업체인 엔카(ENKA) 그룹과 공동사업개발협정을 체결하고 현지법인을 설립하는 등 사업수주를 위한 만반의 준비를 수행하였다.

그러나, 아큐유 원전사업은 세계 최초로 시도된 민간발전사업자 (Independent Power Producer, IPP) 방식의 사업으로서 대규모 재원

조달이 필요하나, 사업자의 책임한도가 불투명한 점 등 입찰조건이 국제관례에 벗어나 사업주에 매우 불리하여 한전은 입찰을 포기할 수밖에 없었다.

아큐유 원전사업과는 별도로 터키 정부는 터키 북부의 흑해 연안 시놉(Sinop) 지역에 또 다른 원전을 건설할 예정으로 법령 개정 등 준비작업을 추진중에 있다. 시놉 원전 부지에는 원전, 원전연료 공장, 교육센터 등이 건설되고, 장기적으로 연구용 원자로 및 가속기도 함께 건설될 예정이다. 시놉원전은 2009년 하반기에 사업자를 선정하기 위한 절차를 착수할 것으로 알려지고 있어 한전은 정부와 긴밀한 협조 아래 동 사업 수주를 위해 총력을 기울이고 있다.

라. 요르단 원전사업

요르단은 2030년까지 4기의 원전을 도입할 계획으로 2017년 최초원전 운전을 목표로 추진중에 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, 요르단은 2009년 1월에 정부간 협력사업으로 최초원전 1호기 건설사업을 한국과 추진하려는 의사를 표시해옴에 따라 한전은 양국간 협력방안의 후속조치 일환으로 요르단을 방문하여 ‘요르단 원전사업

추진계획’을 제안하였으며, 요르단 정부도 부지선정 용역을 국제경쟁 입찰방식으로 공고하면서 한전의 참여를 공식 요청하여 원전부지 선정 용역 사업제시서(RFP)를 접수하고, 한전은 이에 대한 입찰서를 준비하고 있다.

현재, 요르단 원전사업은 정부간 협력사업으로 추진 중이며 한전-요르단 양측은 한전이 제시한 정부·민간 합작(PPP : Public Private Partnership) 방식의 재원조달을 통한 APR1400 1기를 건설하는 방안에 대해 세부 협의 중으로 협의가 진전되면 양국 정부간 원전사업 추진 협력 협정을 체결하고, 한전-요르단 양국 원전사업자간 사업협력협정(JDA) 체결을 추진할 예정으로 요르단 원전 사업에 적극 참여할 계획이다.

한편, 한국정부는 정부차원의 지원을 위해 2009년 3월 국무총리를 포함한 정부대표단이 요르단을 방문하여 원전후보지 시찰 및 국왕, 총리 등을 방문하고 한국형원전 수주를 위한 적극적인 활동을 전개하는 등 그 어느 때보다 요르단에 한국원전 수출의 좋은 기회를 맞고 있다.

다만, 요르단의 원전건설을 위한 안정적 재원확보 방안이 불투명하고, 미-요르단 간 원자력협력협정 미체결로 수출통제 요인이 내재되어 있는 등의 걸림돌들도 존재하고 있다.

2. 신규 개척 및 전략적 접근 필요 국가

가. 인도네시아 원전사업

인도네시아는 2000년대 중반 최초원전의 상업운전을 목표로 원전건설 타당성조사를 수행하는 등 원전도입을 적극적으로 추진하여 왔으나,

1997년 말 발생한 금융위기로 원전도입 시기를 조정하여 2006년 1월 중장기 국가 에너지정책을 수립, 2016년 최초원전 상업운전을 목표로 원전도입 계획을 재추진 하고 있으며, 최초 원전건설 이후 2025년까지 최소 4기의 원전을 건설할 계획으로 있다.

이에 따라 한국은 90년대 후반부터 인도네시아를 향후 한국표준형원전 진출 전략국가로 선정하고 사업진출 기반을 구축하기 위해 인도네시아 원전사업 유관기관인 원자력청, 전력공사 등과 협력을 지속해 오고 있다. 2007년부터는 한-인니 원전도입 공동연구(5회) 및 교육훈련(약 200여명)을 수행하여 오면서 한국형 원전에 대한 신뢰도를 높여 원전 수주에 대한 기반을 구축하였다.

한편, 인도네시아는 원전 반대여론, 정국일정 등 내부사정으로 추진 일정이 계속 지연되고 있으며, 인도네시아 정부의 취약한 재정상황으로 재원조달방안도 불투명하다. 그리하여 인도네시아 정부의 취약한 재정능력을 감안, 최초 원전에 적합한 최적의 재원조달 방안으로 정부·민간 합작(PPP : Public Private Partnership) 방식 등을 검토하고 있으며, 인도네시아 자원개발, 화력발전 등과 연계한 원전수주 활동도 적극적으로 추진할 예정이다.

현재, 한전과 인도네시아 전력공사 간 원전건설 공동연구 상호협력양해각서 체결이 2009년 5월경에 예정되어 있으며, 이 협력이 체결되면 인도네시아 원전 최초 도입을 위한 원전건설 공동조사 연구 활동이 한층 심도있게 추진될 전망이다.

나. 루마니아

루마니아는 1980년대 초 체르나보다 지역에 월성원전과 동일노형인 중수로형 원전 5기 건설공사를 착수하였으나 1991년 재원조달 문제로 2~5호기는 공사를 중단하고 1호기만 공사를 계속하여 1996년 12월부터 상업운전 중에 있고 2호기는 2000년초 AECL 등의 지원으로 공사를 재개하여 2007년 10월 상업운전을 개시하였다. 현장 건설 공정률 5~15% 상태에서 공사가 중단된 3~5호기에 대해서도 단계적으로 공사 재개를 추진중이다. 이 중에서도 특히 3·4호기에 대해서는 2020년까지 에너지개발계획에 따른 자국내 전력수요 충족 및 발칸반도 송전망 연결과 연계한 전력수출을 위해 2015, 2016년 준공목표로 공사계획을 수립하여 정부 내에 사업추진위원회를 발족하고 본격적으로 공사재개를 추진하여 왔다.

한수원(주)은 한국의 원전기술 경험 도입을 희망하고 있는 루마니아 정부의 요청에 따라 월성원전 건설·운영경험을 바탕으로 3·4호기 공사재개 사업 및 1·2호기 운영 기술지원 참여를 추진하고 있는데 루마니아 산자부와 2001년 3월 체결한 체르나보다 원전사업 협력원칙 양해각서를 시발로 하여 이후 루마니아 정부 및 원자력공사(SNN)와 다양한 기술 협력·협약 및 기술교류 협력 양해각서 체결과 양국정부 및 산업계간 교류, 협력채널 확보 등을 통해 현지의 사업 참여기반을 강화해 나가고 있다.

또한 3·4호기 공사재개 사업 참여를 위해 한수원(주)은 SNN, AECL 및 Ansaldo와 공동으로 2003년 3월부터 9월까지 기술성, 경제

성 등 각 분야에 대해 1단계 타당성 조사를 공동으로 수행하여 공사재개 필요성을 입증하였으며, 2003년 10월부터 2006년 12월까지 세부재원조달 방안 및 주요 계약체결을 위한 2단계 타당성 조사 수행을 완료하였다. 2006년 9월에는 노무현 대통령이 루마니아를 방문하여 양국 정상간 체르나보다 3·4호기 사업참여 및 협력에 대한 논의를 하였으며 동 기간 중 루마니아 원자력공사, 한전, 한수원(주)간 원자력 협력약정을 체결함으로써 한국의 사업 참여기반을 한층 더 확고히 하였다.

루마니아 정부는 3·4호기 건설을 위해 다양한 재원조달 방식을 검토해 왔는데 최근에는 정부의 직접적인 보증없이 투자자가 직접 전력을 인수 또는 판매하는 방식인 핀란드 모델로 잠정 결정하고 이의 추진을 위해 제정된 투자자 유치 관련 법령에 따라 2007년 10월 이태리 전력공사(ENEL) 등 유럽의 주요 전력회사 6개사로부터 투자제의를 접수받아 투자조건 및 금액 등에 대한 협의를 진행하여, 2008년 12월 투자협약을 체결하여 2009년 3월 사업지주회사(Project Company)가 설립되어 본격적인 사업 준비에 착수하였다. 투자협약서에 따라 정상적으로 사업이 추진되면 2010년 주 계약 체결, 2016년 상업운전에 돌입하게 된다. 한수원(주)은 AECL, Ansaldo 등과 전략적 파트너십을 구축하여 원전건설 공동수주를 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

다. 태국 원전사업

태국은 2006년 말 국가에너지 개발계획 공표 및 2007년 신규전원개발계획(PDP2007) 수립에 따라 총 전력수요의 10%를 원자력으로 공급

하고자, 2020년 최초도입원전의 상업운전을 목표로 2023년까지 총 4기의 원전을 건설할 계획이다.

현재 태국정부는 원전도입을 위한 범정부 인프라준비위원회(NPIPC)를 구성하고 원전도입 인프라구축계획(NPIEP)을 수립하여 시행중에 있으며, 그 일환으로 2008년 10월부터 태국전력청(EGAT)을 중심으로 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 체결한 이래로 2007년부터 정기적인 기술교류를 추진중에 있다. 특히, 2008년도에는 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 평가자료를 제공하고 태국 원전시장 진출을 위한 적극적인 협력을 추진 중에 있다.

라. 인도 원전사업

인도는 2008년 말 현재 17기의 원전을 운영중이며 6기의 원전을 건설중에 있다.^{주)} 현재 총 4,120MW의 원전 설비 용량에서 2020년까지는 20,000MW 규모의 약 20기의 원전을 건설하고, 2032년까지는 총 50기의

주) 한국 수출입은행 해외경제·투자정보(OEIS) '08.11.24 참조

원전을 추가로 건설하여 원전설비용량을 63,000MW 규모로 늘린다는 야심찬 계획을 수립한 바 있다. 또한 기존의 인도원자력공사(NPCIL) 중심의 독점체제에서 민간개방도 추진하고 있다.

이러한 인도의 원전설비 확장 추세에 따라, 한전은 2008년 8월 KEPCO-인도 GMR그룹 간 상호 원전협력협정 양해각서를 체결하여 본격적인 인도 원전시장 진출을 위한 기반을 다지고 있다.

한편, 원자력공급국그룹(NSG)은 2008년 9월 인도를 규제 대상국에서 해제하여 원전 수출 규제의 걸림돌들이 제거됨으로써, 2008년 말 프랑스, 미국, 러시아 등 원전 선진국들은 인도와 원자력협력협정을 체결하는 등, 벌써부터 인도 원전시장에서 치열한 수주 활동을 벌이고 있다.

이에 우리나라도 향후 인도 원자력발전소 건설수주를 위해서는 우선 정부차원에서 원자력협력 협정체결이 추진되어야 하며, 더욱이 인도는 단기간에 대규모 원전건설이 계획되어 있으므로 원전 건설뿐만 아니라 원전관련 발전설비 및 기자재 공급, 유지 보수 분야 등의 틈새시장도 고려하는 다각적인 진출 전략을 모색하여야 할 것이다.

마. 말레이시아 원전사업

말레이시아는 2025년까지 1,000MW급 원전 2기를 도입한다는 목표를 설정하고 정부 종합에너지계획을 수립 중에 있다. 이에 따라 2008년부터 사전 부지조사를 시작하여 2012년경 국제입찰을 통해 공급자를 선정하고 2016년부터 건설을 착수하여 2021년 최초 상업운전을 목표로 추진하고 있다.

이에 한전은 2008년 3월에 한전-말레이시아 전력공사(TNB)간 원전협력양해각서를 체결하고 말레이시아 원전 사업 착수에 대비하여 한국형 원전 수출을 위한 기반을 다지고 있다.

그러나 말레이시아는 상용원전 도입에 있어 정부정책이 아직 결정되지 않은 상태로, 추후 원유가격에 따라 원전건설 여부가 결정될 가능성이 있는 등, 아직까지는 원전도입 의지가 불안정하다. 이에 말레이시아 정부는 2009년 상반기 중 원전도입에 관한 정부의 공식입장을 발표할 계획이다. 한전은 한국-말레이시아 정부간 원자력 협력협정 체결 추진 계획을 수립하는 등 말레이시아 정부의 원전 건설 결정에 미리 대비하고 있다.

바. 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 11~12기의 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 원자

력공사간 원자력 협력 MOU를 체결하였으며, 양사간 원자력실무그룹을 구성하여 2008년 6월에는 원전실무그룹 1차 회의를 개최한 바 있다.

또한, 원자력 및 기타 산업분야의 협력강화를 협의하기 위해 2009년 7월 경 우크라이나 총리의 한국 방문이 예정되어 있으며, 한전은 우크라이나 원자력공사와의 제2차 원자력실무그룹 회의 추진 등을 통해 중장기 관점에서 지속적인 원전 협력방안을 논의할 계획이다.

사. 핀란드

핀란드는 민영 TVO사 및 국영 Fortum사가 각각 2기씩 총 4기(올킬루오토 1·2호기 BWR 각 860 MWe, 로비사 1·2호기 VVER 각 440 MWe)의 원전을 운영중이며 추가로 TVO사가 올킬루오토 원전부지에 EPR1600 1기를 건설 중에 있다.

TVO사는 2019년 준공을 목표로 후속 올킬루오토 4호기 건설을 추진 중이며 이사장을 포함한 경영진이 2007년 12월 방한, 신고리 원전 건설현장 및 두산중공업 창원공장을 방문하고 APR1400 설명회에 참석하여 한국 측의 기술능력에 확신을 갖게 된 후 즉석에서 APR1400의 핀란드내 건설타당성에 대한 공동연구를 제안하였다.

APR1400 건설타당성 공동연구의 일환으로 2008년 3월말 1차 기술 회의가 헬싱키에서 개최되어 대형민항기 충돌(APC) 안전성이 확보된 이중격납건물 도입 등 APR1400이 핀란드 진출에 필요한 5건의 인허가 현안을 공동으로 도출하였다. 2008년 4월에는 올킬루오토 4호기 신규 건설 인허가 중 첫 단계인 건설기본계획승인(DIP) 신청을 위한

APR1400 기술자료를 핀란드 측에 제출하였다. 이후 한전 및 한수원(주)을 중심으로 한국전력기술, 한전원자력연료 등이 참여하여 인허가 현안 해결을 위한 기술검토 및 해석을 지속적으로 수행하고 있으며 2008년 6월, 8월 및 10월에 핀란드 규제기관(STUK)과 TVO사를 대상으로 APR1400 기술회의를 개최한 바 있다.

2009년도에는 핀란드 규제기관의 노형별 예비안전성평가를 통과하고 사업주인 TVO사와 사업수행방식, O&M 등에 대해 구체적인 협의를 본격적으로 진행할 예정이다. 또한 2010년 중반에 발주될 입찰에 대비 현지 시장조사, 입찰팀 구성 등 최적 수주방안을 수립할 계획이다.

한편 2020년 준공을 목표로 로비사 3호기를 신규 추진중인 Fortum 사도 2008년 9월 국내 원자력산업계를 방문하여 우수한 건설 및 운영 실적과 탁월한 원전 기술능력을 확인한 후 APR1400 건설타당성 공동 연구를 제안하여 현재 공동연구가 진행 중이다. 한국 측은 TVO사와의 선행 공동연구 결과를 최대한 활용하여 Fortum사와 공동연구를 수행하고 있으며 로비사 3호기를 최종 수주하기 위한 노력도 경주중이다.

아. 기타 원전수출 잠재시장 국가

〈표 8-8〉 사업기반 구축 대상국

수주전략	해당국 원전정책 수립 지원을 통한 우호적 사업기반구축
브라질	• 발주사와의 교류 및 협력을 통한 원전 수주기반 마련
모로코	• 사업발주 대비 협력관계 유지 및 원전 수주기반 마련

〈표 8-9〉 중장기 협력 대상국

수주전략	국가 및 사업자간 협력관계 구축을 통한 중장기 진출기반 조성
방글라데시	• 원전기술 교류를 통한 수주기회 확대
우루과이	• 중남미 사업진출 거점 확보
남아공	• 신규원전 입찰을 대비한 협력관계 유지

3. 한국원전산업체 해외원전품목 수출 현황(1993~2009.3.31)

기 관 명	수 출 내 용	금액(U\$)(천불)
한 수 원(주)	중국 친산원전(3단계) S/G 관막음 기술지원용역 등 34건	27,613
한국전력기술(주)	ITER IO 방사성폐기물처리 및 저장시스템 최적화 용역 등 30건	54,977
두 산 중 공 업(주)	미국 Levy County #1,2 AP1000 등 32건	1,644,000
원 전 연 료(주)	지르코늄 스크랩 수출 등 30건	10,432
대 우 건 설(주)	대만 용문원전 기계, 배관 설치공사 기술자문 등 6건	26,894
원 자 력 연 구 원	산업공정 유동모사장치 제작 및 수출 등 153건	17,970
한 전 K P S (주)	미국 Palo Verde #3 RCP 정비지원공사 등 122건	9,711
합 계	총 407 건	1,791,597

제3절 향후 전망

원자력은 온실가스 배출량이 거의 없고, 신재생에너지로는 원자력만큼 효율적으로 대량의 에너지를 공급해 줄 수도 없기 때문에 세계는 다시금 원자력에 주목하고 있다. TMI사고 이후 원전을 건설하지 않았던 미국, 유럽뿐만 아니라 그동안 원전을 보유하고 있지 않은 국가에서도 원전도입을 추진하고 있다.

바야흐로 원자력 르네상스 시대가 다시 시작되고 있는 것이다.

이러한 전 세계적인 흐름에 맞추어 세계원전시장이 900조원 규모로 확대될 것으로 예상됨에 따라 원전시장에서 유리한 위치를 점하기 위해 원전 선진국 업계간에는 제휴·통합 등 재편이 본격화 되고 있다. 또한 미국의 웨스팅하우스사와 프랑스의 아레바가 세계원전시장의 50%이상을 차지하고 있는 상황에서 최근 웨스팅하우스사, 아레바, 미쓰비시, GE 등 주요 원전공급사들은 제3세대 최신원전 개발을 완료하고 본격적으로 수주 경쟁을 벌이고 있다.

이러한 치열한 경쟁구도 속에, 우리나라 역시 한국표준형원전인 OPR1000 및 제3세대 원전인 APR1400의 개발을 완료하고 세계 원전 시장에 도전장을 내밀어 경쟁에 본격 참여하고 있다.

그러나, 현재까지 우리나라는 원전수출 추진실적에서 기자재 및 용역 수출에 대해서는, 규모는 작으나 최근 증가세인 반면 플랜트 분야는, 아직 수출을 달성하지 못하고 있다. 이에 기자재, 설계, 유지보수, 연료 등에 대해서는 국내기업 간 원전수출관련 정보를 서로 공유하여 서로 협력하는 체제를 구축함으로써 수출 확대를 지속적으로 추진해 나가고자 하고 있고, 원전 플랜트 수출을 위해서는 현재 수출관련 기능이 분산되어 있는 것을 한군데로 역량을 결집할 수 있도록 한전을 중심으로 원전 수출 체제를 일원화함으로써 플랜트수출 추진 인프라를 강화하였다.

또한, 한국형 원전의 기술적 제약요인들을 조기에 해소하기 위해 미 확보 기술에 대한 국산화 및 APR+ 개발을 앞당겨 추진하고, 미국설계 인증(DC) 및 유럽원전 사업자 기준(EUR) 인증 획득을 추진하여 미국

및 유럽 지역 진출에서도 수출추진에 걸림돌들을 제거함으로써 원전 선진국들에게도 원전수출에 대한 가능성을 넓혀 나가는 전략을 추진하고 있다.

한편으로, 이러한 전략 실행을 위해서 정부 및 한전은 제4차 전력수급 기본계획에 따라 2022년까지 현재 건설 중인 6기를 포함하여 총 12기의 원전을 건설할 예정인 국내 신규원전 추가 건설 및 해외 원전 수주에 대비, 신규 소요인력충원과 퇴직인력 활용, 대학지원 등을 통한 원전 전문인력 양성 및 확보를 위해 노력하고 있다.

이러한 노력의 일환으로, 우리나라의 원전 수출에 대한 향후전망은 긍정적이다. 그 이유는 전 세계 많은 나라에서 우리나라가 원자력에서 이룩한 눈부신 발전을 인정하고 한국과의 원전협력을 희망해 오고 있으며, 이미 여러 나라들과 국가간 상호 원전협력 협정을 꾸준히 체결하고 있기 때문이다. 특히, UAE, 터키, 중국, 요르단 등 핵심수주 대상국들은 한국형원전 도입을 희망하고 있어, 이들 국가 중에서 한국형 원전수출 달성이 조만간 성사될 가능성이 높다. 또한 신규원전을 도입하려는 국가 및 잠재 도입 예상국가 등에도 정부와 한전 및 원전관련 유관기관이 하나가 되어 원전플랜트 수출에 총력을 기울이고 있으므로, 머지않은 장래에 한국형원전 수출달성이라는 열매를 맺을 수 있을 것으로 예상된다.

제3장 원자력 해외동향

한국수력원자력(주) 발전처 운영계획팀장 김경욱

2008년말 현재 전 세계 가동원전은 31개국 439기이며 설비용량 396,361MW로, 전력 생산량은 2007년 대비 1.7% 감소한 총 26.9억 MWh를 생산하였다. 평균 이용률은 79.36%로 2007년의 78.71%에서 약간 감소하였으나 큰 변화는 없었다.

원자력 발전은 안정적인 기저부하로서 전 세계 전력 생산량의 약 15%를 담당하고 있으며 2008년 현재 13개국에서 총 44기의 원전이 건설 중에 있다. 현재 16개국에서 전력 소요량의 4분의 1이상을 원자력이 담당하고 있으며 프랑스는 4분의 3, 대한민국을 비롯한 벨기에, 헝가리, 리투아니아, 슬로바키아, 스웨덴, 스위스, 슬로베니아, 우크라이나는 3분의 1이상을 원자력이 담당하고 있으며 그 외 일본, 독일, 핀란드는 4분의 1이상을, 미국은 약 5분의 1정도를 원자력이 담당하고 있다. 2008년 미국, 프랑스, 영국, 독일, 일본 등 주요 원자력 선진국들이 발전소 정비와 검사 등으로 저조한 운영실적을 기록한 반면 루마니아, 브라질, 체코, 헝가리, 러시아 등의 국가들은 역대 최고의 해를 보냈다. 그러나 미국은 계획예방정비가 2007년에 비해 13기가 많았음에도 불구하고 꾸준한 출력증강으로 2007년 발전량 8억 4,300만MWh에 이어 역대 2위인 8억 4,240만MWh의 발전량을 기록하였다. 프랑스의 경우 원자력 발

주) World Nuclear Association Homepage 'Country Briefings' 참조

전소 정비기간이 계획보다 증가하였지만 95% 이상의 높은 이용률을 달성한 원전들이 있어 2008년 발전량은 4억 3,864만MWh를 기록하였으며 2007년에 비해 0.4% 감소하는데 그쳤다. 영국은 2007년 10월 Hartlepool 1호기의 원자로 압력경계 구조물(Boiler Closure Unit)에서 발견된 문제로 동일노형인 개량형 가스냉각로(AGCR) 4기 모두가 정비 중에 있어 2007년보다 약 2,000만MWh가 감소한 3,937만MWh의 발전량을 기록하였다. 일본의 2008년 발전량은 2007년에 비해 약 2,700만MWh가 감소한 2억5,200만MWh이며, 이용률은 Kashiwazaki-Kariwa 원전(7기, 총 용량 8,212MW, 지진관련 점검으로 정지중)의 장기 정지로 인하여 2007년 대비 4.7% 하락한 59.1%를 기록하였다. 루마니아는 Cernavoda 2호기(655MW, CANDU형)가 2007년 10월 상업운전을 시작하여 2008년까지 연속 운전으로 원자력 발전량이 급상승하였으며 헝가리는 Paks 원전(4기, 총 용량 1,940MW)의 출력증강을 통해 2008년에 역대 최고인 1,480만MWh의 발전량을 기록하였다.

2009년 세계 원자력 발전은 캐나다 Bruce 2호기의 장기 정비후 발전 재개로 공급용량이 증가할 것으로 예상되나 작년 말 영구 정지한 슬로바키아의 Bohunice 2호기와 주발전기 화재로 2008년 9월부터 정지 중인 미국의 Cook 1호기의 영향 등으로 전망이 그리 밝지 않은 편이다.

1. 미국

2008년말 현재 미국의 가동원전은 104기이며 설비용량 106,061MW, 이용률 89.9%, 총 8.4억MWh의 전력을 생산하여 미국 전력 소비량의 약 20%를 공급하였다. 2007년 2월 미국전력연구소(EPRI)는 2020년

까지 신규 원전용량 24,000MW을 포함, 2030년까지 64,000MW 용량 증가가 필요하다고 발표했다. 과거 20년간 미국의 원자력 연구개발 투자는 지속적으로 감소해왔으나 최근 들어 투자가 증가하고 있다. 1997년 원자력 분야 연구개발투자는 전체 에너지 연구개발 투자자금의 2%에 불과해 프랑스, 대한민국, 캐나다 등보다 낮았으나 1999년을 기점으로 다시 상승, 2008년 미국에너지부는 원자력프로그램을 위해 8억7천5백만 달러를 요청하였다. 미국은 원전 출력증강 사업과 계속운전 그리고 계획예방정비 기간의 지속적인 단축을 통해 높은 원전운영실적을 달성하고 있다. 출력증강과 관련하여 미국 원자력규제위원회(NRC)는 2008년 12월 기준 124건(총 5,640MW 규모) 이상의 출력증강을 승인하였으며 현재 6건(총 595MW 규모)을 심사중이다. 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 2008년 약 40%나 증가한 8.4억MWh를 기록하였다. 또한 계속운전과 관련하여, 미국 원자력규제위원회(NRC)는 2000년 3월 Calvert Cliffs 원전 2기의 20년 계속운전을 승인한 이래 2008년 말 까지 미국 전체 발전소의 거의 50%에 달하는 51기의 계속운전을 승인하였으며 최종적으로 85기를 승인할 예정이다. 또한 신규 원전건설 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.

2. 영국

2008년말 현재 영국의 가동원전은 19기이며 설비용량 11,952MW, 이용률 48.7%, 총 4천만MWh의 전력을 생산하였으나 원전 발전량 점유 비율은 전년대비 약 3% 감소한 12%를 차지하였다. 영국정부는 이산화탄소 배출제한 목표달성과 운영중인 원전의 수명만료가 도래함에 따라 에너지안보 확보를 위해 원자력 발전소 도입에 적극적인 입장을 나타내고 있다. 2007년 5월 영국정부는 미래 에너지원으로서 원자력에 대한 검토를 착수, 2008년 1월 차세대 원전 건설을 승인하였으며 2008년 원자력백서에서 신규 원전들이 다른 저탄소 에너지원과 더불어 영국의 미래 에너지원 역할을 수행해야 한다고 밝히고 투자 활성화를 위해서 영국정부의 적극적인 지원이 필요하다고 강조하였다. 2008년 10월 영국 정부는 2050년을 목표로 온실가스 배출량을 현행대비 80%까지 줄이겠다고 발표하였다. 영국 정부의 원자력정책은 원자력 발전량 비중을 20%이상 넘기지 않는 것이지만, 일부 정부 관계자들은 온실가스 감축 등과 관련하여 전력 생산량의 40%를 원자력이 담당하는 것이 현실적이고 바람직하다고 주장하고 있다. 2008년 9월 British Energy사는 영국 원자력 산업의 활성화를 위해 프랑스 EDF의 125억 파운드의 주식 공매 제의에 동의하였으며 2016년 이후 건설 착수를 목표로 유럽형 신형원전 4기(총 설비용량 6,400MW)를 건설할 계획이다.

3. 프랑스

2008년말 현재 프랑스의 가동원전은 58기이며 설비용량 66,020MW, 이용률 76.1%, 총 4.4억MWh의 전력을 생산하여 프랑스 전력 생산량의 75%를 차지하고 있다. 프랑스는 원자력과 수력의 발전량 비중이 90% 이상으로 발전단가가 유럽 최저 수준이며, 전력생산에 따른 CO₂ 방출량도 가장 작은 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 EPR원전 건설을 착공하였다. 또한 2009년 1월에는 Penly 부지에 2017년 완공을 목표로 하는 두 번째 1,650MW급 EPR 원전의 건설계획을 발표하였다. EDF는 2020년부터 EPR을 매년 1기씩 준공하여 기존원전의 58%를 EPR로 대체할 계획이라고 발표하였다. 2003년 EDF는 출력증강을 통해 1,455MW급 원전 4기의 출력을 1,500MW로 올렸고, 2008~2010년 시행할 900MW급 원전 5기에 대해 3% 출력증강 계획을 확정하였다. 또한 2015년부터는 1,300MW급 원전 20기에 대해 7% 출력증강을 계획하고 있다. 2006년 CEA(프랑스 원자력청)는 제4세대 원전인 소듐냉각고속로 건설 추진과 가스냉각고속로를 개발하기로 결정하였으며 2035~2040년경 제4세대 원전의 상업운전을 시작할 예정이다.

4. 독일

2008년말 현재 독일의 가동원전은 17기이며 설비용량 21,371MW, 이용률 76%, 총 1.5억MWh의 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 독일 금융계 발표 자료에 따르면 독일이 원전폐지정책을 계속 고수할 경우 이산화탄소 배출규제가 어려워질 것이고 전기요금의 상승과 러시아에 대한 가스 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 원전폐지정책이 계속될 지는 의문이다. 또한 연방경제기술부(The Federal Ministry of Economics & Technology)는 독일이 원전폐지정책과 이산화탄소 배출규제 정책을 계속 고수한다면, 2020년경에는 설비용량 25,000MW의 원전이 생산하는 만큼의 전력량을 수입해야 할 것이라고 밝혔다.

5. 벨기에

2008년말 현재 벨기에의 가동원전은 7기이며 설비용량 6,101MW, 이용률 85%, 총 4,500만MWh의 전력을 생산하였다. 1990년 이후 벨기에의 전력 소비는 해마다 증가하고 있으며 현재 1인당 연간 전력 소비량은 7.8MWh이다. 1974년 원전의 첫 상업운전을 시작하였지만 정부

의 지원이 미미하였으며 2003년 1월에는 탈원자력법을 제정, 원전수명을 40년으로 결정하고 신규 원전건설 금지 등 원자력산업을 제한해 왔다. 그러나 2007년 ‘에너지 전망 2030’에서 이산화탄소 배출 감축과 에너지 대외의존도를 낮추기 위해 탈원자력법을 재검토해야하며 현재 운전중인 원전 7기의 계속운전이 필요하다고 언급하였다. 벨기에는 1994년부터 2002년 사이 증기발생기를 교체하는 등 원전 출력증강을 실시, 총 219MW의 설비용량을 늘렸으며, 2009년 현재 Doel 1·2호기, Tihange 1호기는 계속운전 승인을 받기위한 준비를 하고 있다.

6. 스위스

2008년말 현재 스위스의 가동원전은 5기이며 설비용량 3,352MW, 이용률 93.8%, 총 2,750만MWh의 전력을 생산하였다. 1인당 연간 전력 소비량은 7.7MWh로 1980년 이후 매년 2%씩 늘어나고 있다. 스위스는 최초의 원전인 Beznau 1호기(PWR, 365MW)를 비롯한 모든 원전에 대해 출력증강 사업을 추진하였으며 정부는 장기 에너지수요에 대비하기 위해 원전 추가건설에 동의하였다. 엑스포(Axpo)사와 BKW사는 Muehleberg 원전 인근부지에 1,600MW급 Beznau 1·2호기를 건설하는 계획을 발표하였으며 정부는 현재 운영중인 원전 5기의 수명 만료시 예상되는 전력부족에 대비하기 위해, 프랑스와 중장기 전력수입 계약을 추진할 것이라고 밝혔다.

7. 스웨덴

2008년말 현재 스웨덴의 가동원전은 10기이며 설비용량 9,611MW, 이용률 78.17%, 총 6,390만MWh의 전력을 생산하여 스웨덴 전력 생산량의 50%를 차지하고 있다. 스웨덴은 Barseback 1·2호기 폐쇄에 따른 전력 생산량 감소로 원전 출력증강을 추진, 2007년 Ringhal 4호기는 저압터빈 교체를 통해 출력을 30MW 증강하였으며, 2008년 Ringhal 3호기의 증기발생기와 저압터빈 교체를 통해 출력을 70MW 증강하였다. 그리고 2011년 고압터빈 및 기타 설비 교체를 통해 출력을 240MW 더 증강할 예정이다. SKI(원자력발전검사청)은 Oskarshamn 3호기의 출력증강 사업을 2005년에 승인하였으나 예정보다 1년 정도 지연될 것이라고 2007년 발표하였다. Oskarshamn 3호기의 출력증강사업은 원자로와 터빈 개선작업을 통하여 수명을 60년으로 연장하고 출력을 250MW 증강하는 사업으로 약 1억 8천만 유로가 투자될 계획이다. 스웨덴 정부와 원전 경영진은 2006년 6월, Forsmark 1호기 스위치야드 단락사고와, 비상디젤발전기 2대 기동 실패 사건(INES 2등급) 이후 IAEA OSART의 점검을 요청하였고 OSART 점검단은 스웨덴 Forsmark 원전종사자들의 훈련을 위해 국제적 협력과 지원이 필요하다는 결론을 내렸다. 2008년 10월 Oskarchamn 3호기에서 제어봉 균열이 발견된 후, 동일 노형인 Forsmark 3호기의 검사를 위한 정지로 2008년 스웨덴은 최근 6년간 최저 운영실적을 기록하였다. 스웨덴은 지난 1980년 국민투표를 통해 원전 폐쇄를 결정한 바 있으나, 현재까지 2개호기만 폐쇄하였으며, 남은 10개호기에 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

2008년말 현재 체코의 가동원전은 6기이며 설비용량 3,472MW, 이용률 83.2%, 총 2,620만MWh의 전력을 생산하여 체코 전력 생산량의 30%를 차지하였다. Dukovany원전 1~4호기는 1985년 1호기, 1986년 2·3호기, 1987에 4호기가 각각 상업운전을 시작하였으며, Temelin 1·2호기는 2000년과 2002년에 각각 상업운전을 시작하였다. CEZ(체코전력공사)는 민영화될 예정이며 현재 Dukovany 원전의 출력증강을 위해 자금을 마련 중에 있다. 2008년 6월 체코전력공사는 Temelin 지역에 신규원전 건설계획을 발표하고 환경영향평가를 신청하였으며, 2013년 건설을 시작하여 2020년에 준공할 예정이다.

9. 핀란드

2008년말 현재 핀란드의 가동원전은 4기이며 설비용량 2,800MW, 이용률 92.6%, 총 2,340만MWh의 전력을 생산하였다. 1977~1980년 Olkiluoto 1·2호기는 출력증강 사업과 계속운전 승인을 통해 수명을 60년으로 연장하고 출력을 200MW이상 증강하였으며, 2009~2011년

까지 저압터빈 교체 등 지속적인 출력증강 사업을 통해 출력을 860MW에서 1,000MW까지 올릴 계획이다. Loviisa 1·2호기는 1977~1980년 출력증강 사업을 통해 45MW의 출력을 증강하여 488MW로 설비용량이 증가하였으며, 2007년에는 원전수명을 50년으로 연장하였다. 핀란드의 5번째 원전인 Olkiluoto 3호기(EPR)는 2005년 중반에 건설을 시작, 2012년에 준공할 예정이다. 한편 Fennovoima사는 핀란드의 6번째 원전을 건설하기 위해 2009년 신규 원전건설 허가신청서를 제출하였으며, 부지 환경영향평가는 통과된 상태로 1000~1500MW급인 AREVA의 EPR, SWR-1000, TOSHBA의 ABWR 노형을 고려중이며 2012년에 건설을 시작할 예정이다. Fennovoima사는 독일 E.On-핀란드사가 34%, 그 외 스웨덴의 철강회사인 Boliden, 핀란드 철강회사인 Outokumpu와 다수의 전력산업관련 회사들이 참여하여 2007년 6월에 설립한 전력회사이다. 2009년 2월 Fortum사도 2020~2021년 전력생산을 목표로 Loviisa 지역에 1000~1800MW급 원전건설을 위한 신규 원전건설 신청서를 제출하였으며 핀란드 정부는 2010년까지 신규 원전 건설 신청에 대한 허가여부를 결정할 예정이다.

10. 루마니아

2008년말 현재 루마니아의 가동원전은 2기이며 설비용량 1,412MW, 이용률 90.5%, 총 1,120만MWh의 전력을 생산하여 루마니아 전력 생산량의 20%를 차지하였다. Cernavoda 1·2호기는 각각 1996년, 2007년에 상업운전을 시작했다. Cernavoda 1호기는 1980년, Cernavoda

2~5호기는 1982년에 건설을 착수하였으나 1호기를 제외한 나머지 4개호기는 전력수요 감소와 자금부족 등으로 중단되었다가 2000년 루마니아 정부의 대규모 투자(6천만유로) 결정 후 건설이 재개되어 2007년 10월 Cernavoda 2호기가 준공되었다. Cernavoda 3·4호기의 건설은 2008년 11월 구성된 다국적 콘소시움에 의해 추진될 것이며 각 투자 회사들은 투자금액에 비례한 권한을 갖게 될 것이다. 또한 루마니아는 2015년까지 원전 점유율을 24%로 늘리고 2020년까지 Cernavoda 5호기의 준공 및 4기의 신규원전을 건설하는 중장기 에너지정책을 갖고 있다.

11. 헝가리

2008년말 현재 헝가리의 가동원전은 4기이며 설비용량 1,910MW, 이용률 86.9%, 발전량 1,482만MWh로 헝가리 전력 생산량의 3분의 1 이상을 담당하고 있다. 헝가리의 전력 소비는 1990년부터 2001년까지 약 27% 증가하였으며 이후로도 지속적으로 증가하고 있다. 2005년 Paks 1~4호기는 원전수명을 50년으로 연장하였으며 60~70MW 출력 증강 사업을 진행하고 있다. 이미 Paks 1·4호기는 출력증강 사업을 완료하였으며 Paks 2·3호기는 2009년까지 완료할 예정이다. 1998년 헝가리 전력사의 신규원전 발주에 Paks사는 600~700MW급 AP600, CANDU 6, VVER 640을 제시하였으나 당시의 정부방침과 부합되지 않는다는 이유로 취소되었다. 그러나 헝가리 정부는 전력수요 증가와 노후 화력발전소 폐기에 따른 전력공급 감소에 대비, 2030년까지 6,000~8,000MW의 추가 전력설비용량을 확보하기 위해 Paks지역에

1,000MW급 원전 2기를 건설할 예정이다.

12. 러시아

2008년말 현재 러시아의 가동원전은 31기이며 설비용량 23,266MW, 이용률 73.1%, 총 1.6억MWh의 전력을 생산하였다. 러시아는 전력수요가 계속 증가할 것으로 예상하고 있어 지속적인 이용률 증가와 계속운전 그리고 신규원전 건설로 2020년까지 원자력 발전량을 현재의 2배 수준까지 증가시킬 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 계약체결로 침체된 러시아의 원전 건설사업이 부활하기 시작하였다. 2000년 원전 건설사업이 재개되면서 2001년에 Volgodonsk 1호기, 2004년에 Kalinin 3호기가 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·운전을 전담하는 Atomenergoprom을 모태로 우라늄 채광과 농축을 수행하는 Technabsexport, 해외 원전 건설을 담당하는 Atomstroyexport를 비롯해, 원자력 기초연구 기관과 산업체 등 모두 130여 개 산하기업을 거느리고 있는 거대 기업.

2030년까지 러시아에 42기, 해외에 60기 등 모두 102기의 신규 원전을 건설할 예정이며 이는 세계원자력협회(WNA)가 2030년까지 예상한 신규원전 수(237기)의 43%에 해당한다. 또한 러시아 정부는 2015년까지 원자력 연구비용으로 270억 달러를 Rosatom에 배정하였다.

13. 우크라이나

2008년말 현재 우크라이나의 가동원전은 15기이며 설비용량 13,835MW, 이용률 73.3%, 총 9,250만MWh의 전력을 생산하여 우크라이나 전력 생산량의 47.5%를 차지하였다. 현재 우크라이나는 대부분의 원전 정비작업과 연료를 러시아로부터 공급받고 있다. 구소련의 붕괴와 함께 1990년 3억MWh였던 전력수요도 2000년 1.7억MWh로 감소하였다. 그러나 우크라이나 정부는 전력 수요가 2020년 3.1억MWh, 2030년에는 4.2억MWh까지 증가할 것이라고 예상하고 있으며 전력 생산량의 절반을 원자력을 통해 공급한다는 정책을 가지고 있다. 국영원자력회사인 Energoatom은 Rovno 1·2호기와 South Ukraine 1호기의 설계수명을 15년 연장할 계획이며 2008~2009년에 3개 호기의 내부검사를 실시할 예정이다. 한편, 우크라이나에서는 2006년에 발생한 러시아 천연가스 공급중단 사건을 계기로 에너지 안보와 원자력 발전의 역할이 새롭게 부각되어, 2030년까지 원전 설비용량을 현재의 두 배로 늘리기 위해 Khmel'nitski 3·4호기의 완공을 포함하여 11기(설비용량 16,500MW)의 신규 원전건설을 승인하였다. 우크라이나 정부는 신규 원전건설을 위해 국제 입찰을 실시하였으며 러시아의 Atomstroyexport와 한국의 KHNP

2개 사가 응찰하였다. 우크라이나는 2009년 계약자를 선정할 예정이며 신규 원전건설을 위해서 2010년까지 3~4개의 원전부지가 필요한 상황이다.

14. 중국

2008년말 현재 중국의 가동원전은 11기이며 설비용량 8,600MW, 이용률 89.8%, 총 6,286만MWh의 전력을 생산하여 중국 전력 생산량의 2.3%를 차지하였다. 2007년 말 기준 중국의 에너지원별 설비용량은 수력 145,000MW, 화력 554,000MW, 원자력 9,000MW, 풍력 4,000MW이며 전체 설비용량은 713,000MW으로 모두 2.5억MWh의 전력을 생산하였다. 2010년이 되면 중국은 전체 설비용량 850,000~900,000MW, 3.8억MWh의 전력을 생산할 것으로 예상하고 있으며 2020년까지 설비용량을 1,330,000MW으로 증가시킬 계획이다. 중국은 생산된 전력의 약 4분의 3을 산업용으로 사용하며 약 83%가 화석연료에 의해 생산된 발전량이다. 그러나 중국은 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, 2020년까지 원전 설비용량을 40,000MW로 증가시키는 계획을 발표하였다. 중국은 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.

15. 인도

2008년말 현재 인도의 가동원전은 17기이며 설비용량 4,120MW, 이용률 42.7%, 총 1,550만MWh의 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 22,000MW, 2050년까지 50,000MW로 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. 인도 국영기업인 NTPC은 2017년 상업운전을 목표로 2,000MW급 원전도입을 고려중이며, NPCIL은 EDF(프랑스 전력공사)와 MOU를 체결, 2009년 Areva와 Jaitapur 부지에 1,600MW급 EPR(2~6기)을 건설할 계획이다.

16. 일본

2008년말 현재 일본의 가동원전은 55기이며 설비용량 49,580MW, 이용률 59.2%, 발전량 2.5억MWh로 일본 전력 생산량의 30%를 담당하고 있다. 일본은 향후 원자력 발전량 점유율을 2009년 37%, 2017년에는 41%까지 증가시킬 계획이다. 현재 Tomari 3호기(912MW)와 Shimane 3호기(1,373MW) 등 신규원전 2기가 건설 중에 있으며 2019년까지 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. Kashiwazaki-Kariwa 6·7호기는 최초의 개량형비등수로형 원전으로 2007년 발생한 지진으로 인해 발전정지 중이며 지진영향에 대한 조사 결과에 따라 내진 설계기준을 강화할 예정이고 현재는 재가동을 위해 규제기관과 협의 중이다. 일본의 에너지 정책은 에너지 안보 확보를 위해 대외의존도를 줄이는 것이며 이를 위해 원자력의 비중을 늘려갈 예정이다. 2005년부터 사용후연료의 재활용을 위해 재처리를 추진 중에 있고, 우라늄의 이용효율을 높이기 위해 고속중식로를 개발하고 있다.

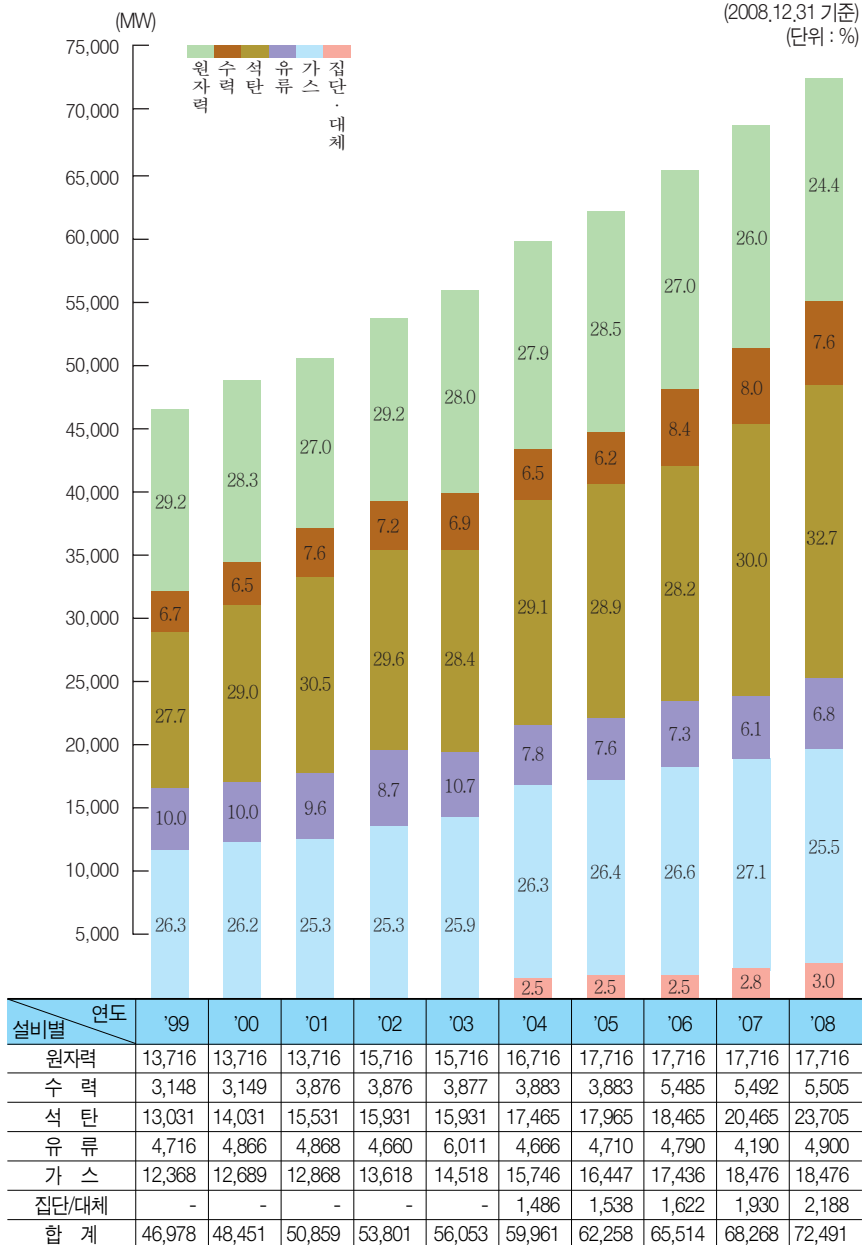
17. 파키스탄

2008년말 현재 파키스탄의 가동원전은 2기이며 설비용량 462MW, 이용률 42.9%, 총 188만MWh의 전력을 생산하였다. Karachi원전(125MW, PHWR)은 1971년에, Chashma 1호기(300MW, PWR)는 2000년에 각각 상업운전을 시작하였다. 현재 건설 중인 Chashma 2호기(300MW, PWR)는 2005년 11월에 건설을 시작하였으며, 2011년에 상업운전을 시작할 예정이다. 파키스탄은 2005년 채택한 에너지 안보 계획에 따라 원전 설비용량을 2015년 900MW, 2020년 1,500MW, 2030년 8,800MW로 단계적으로 증가시킬 계획이다. 2008년 6월 파키스탄 정부는 중국 상해핵공정연구설계원과 계약을 맺고 2009년부터 건설할 예정으로 320~340MW급 Chashma 3, 4호기의 건설계획을 발표하였다. 그러나 Chashma 3·4호기의 경우, 중국이 핵비확산을 추구하는 원자력공급국그룹(Nuclear Suppliers Group)에 가입한 2004년 이후에 계약이 체결되어 건설이 원활하게 이루어질 지는 의문이다.

➡➡➡ 원자력발전백서

부 록

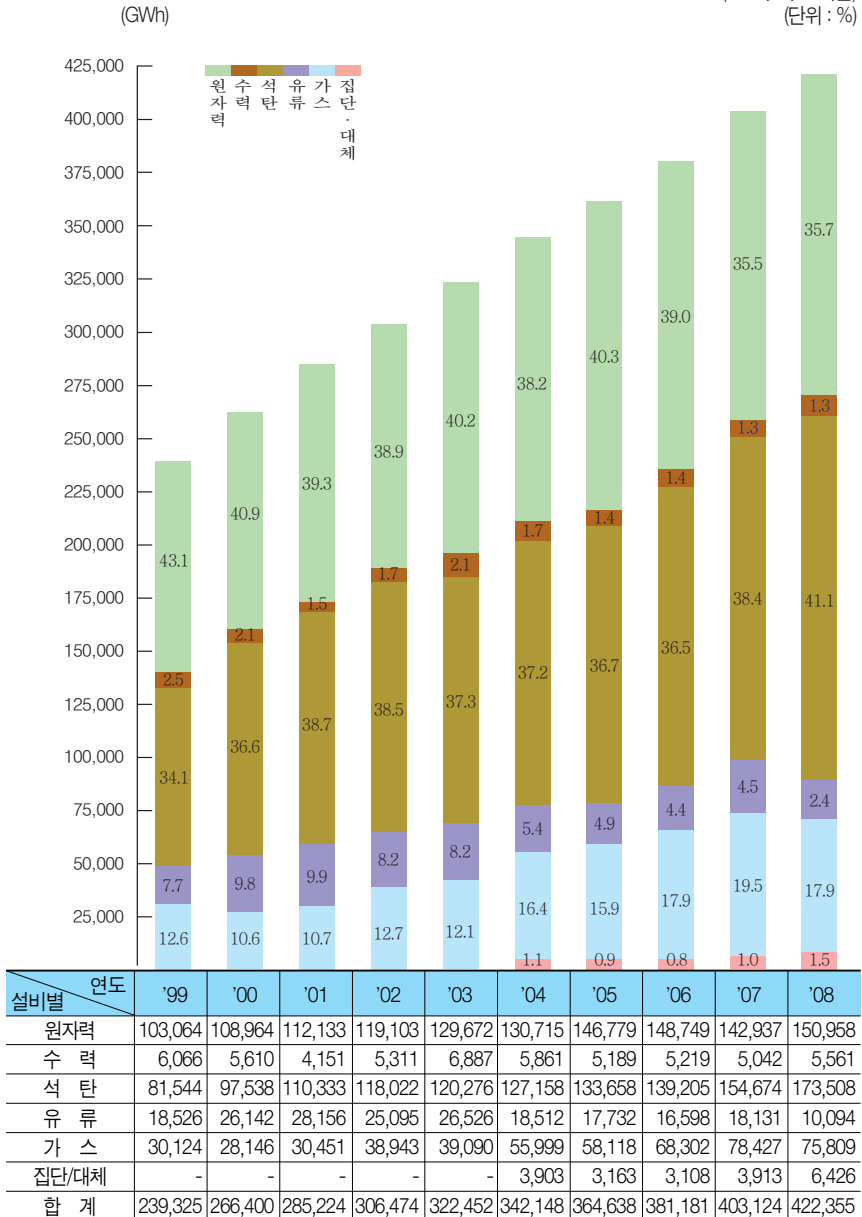
1. 에너지원별 발전설비



[한국전력 전력통계속보 제366호('09. 5.29)]

2. 에너지원별 발전전력량

(2008.12.31 기준)
(단위 : %)



[한국전력 전력통계속보 제366호('09. 5.29)]

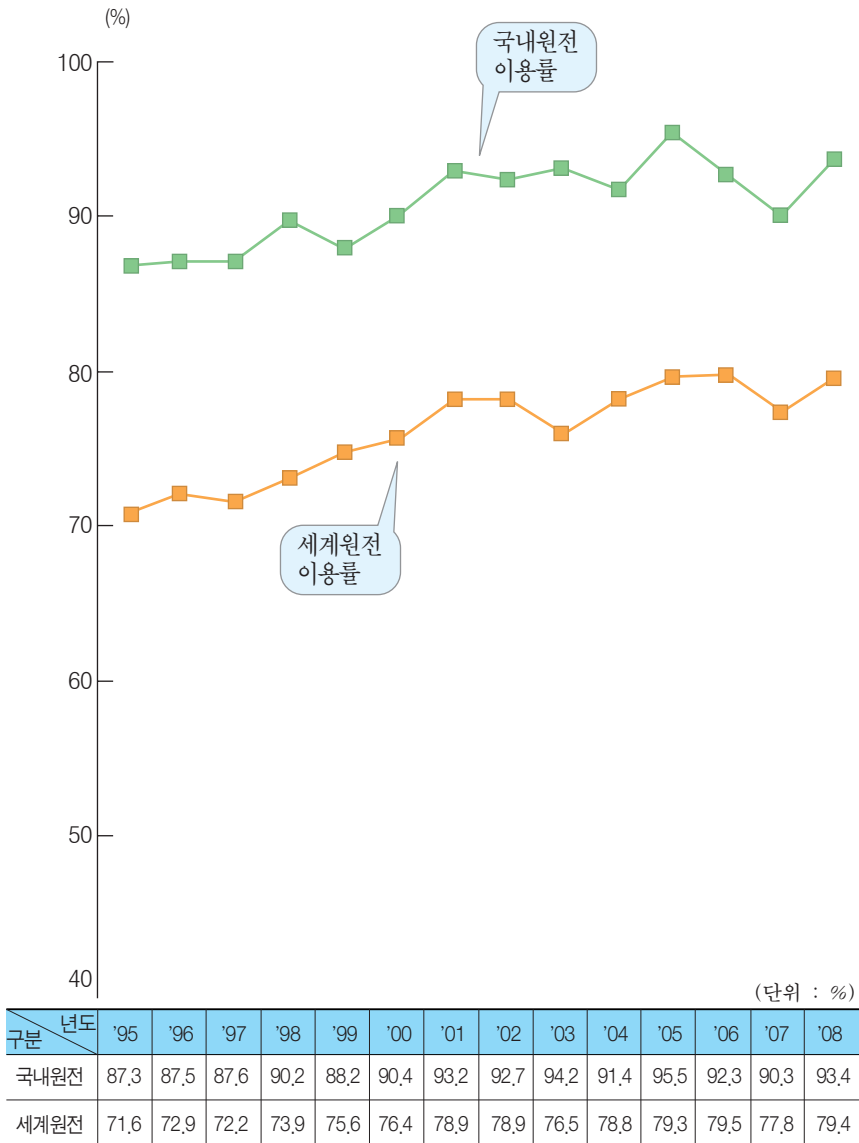
3. 2008년 국가별 원자력 발전현황

(2008.12.31 기준)

국 가 명	기수	설비용량 (MW)	발전량 (MWh)	이용률 (%)	2006 ~ 2008 평균	
					발전량(MWh)	이용률(%)
미 국	104	106,977	842,360,801	89.91	836,188,252	90.26
프 랑 스	58	65,880	438,641,923	76.09	442,645,217	76.45
일 본	55	49,580	251,744,159	59.16	277,883,386	64.25
러 시 아	31	23,266	162,289,470	73.09	158,371,923	71.21
캐 나 다	21	15,367	94,055,812	66.73	95,486,736	68.12
한 국	20	17,716	150,957,937	93.44	147,547,996	92.01
영 국	19	12,540	39,370,000	48.71	—	—
독 일	17	21,497	148,662,835	76.69	152,184,012	79.76
인 도	17	4,120	15,532,006	42.70	16,982,411	49.34
우크라이나	15	13,880	89,841,302	73.25	90,874,467	74.07
스 웨 덴	10	9,611	63,908,316	78.17	66,191,896	80.04
중 국	9	9,014	42,562,618	89.84	—	—
스 페 인	8	7,735	58,997,662	87.76	58,036,309	86.10
벨 기 에	7	6,101	45,757,177	85.14	46,868,221	87.61
대 만	6	5,144	40,826,862	88.98	40,417,255	89.39
체 코	6	3,834	26,502,309	83.19	26,176,523	83.27
스 위 스	5	3,352	27,537,746	93.76	27,628,692	93.79
슬로바키아	5	2,200	16,703,716	86.45	16,683,533	81.65
핀 란 드	4	2,800	22,958,414	92.62	23,096,025	93.73
헝 가 리	4	1,940	14,823,468	86.89	14,320,423	85.64
브 라 질	2	2,007	14,003,775	74.67	13,379,528	70.80
불 가 리 아	2	2,000	15,765,105	89.73	16,500,289	83.72
남 아 공	2	1,930	13,307,504	78.49	12,359,251	73.02
루 마 니 아	2	1,412	11,225,808	90.51	7,941,493	87.46
멕 시 코	2	1,364	9,803,976	81.77	10,363,647	86.60
아르헨티나	2	1,005	7,380,388	83.71	7,429,508	83.93
파 키 스 탄	2	462	1,882,858	42.91	2,384,500	48.63
리투아니아	1	1,300	9,948,100	87.11	9,476,733	83.13
슬로베니아	1	727	6,272,000	98.22	5,838,426	92.41
네 덜 란 드	1	515	4,157,629	91.91	3,950,132	89.13
아르메니아	1	408	2,461,662	68.68	2,551,779	71.33
합 계	439	396,361	2,690,243,338			
호기당 평균		903	6,533,913	79.36		

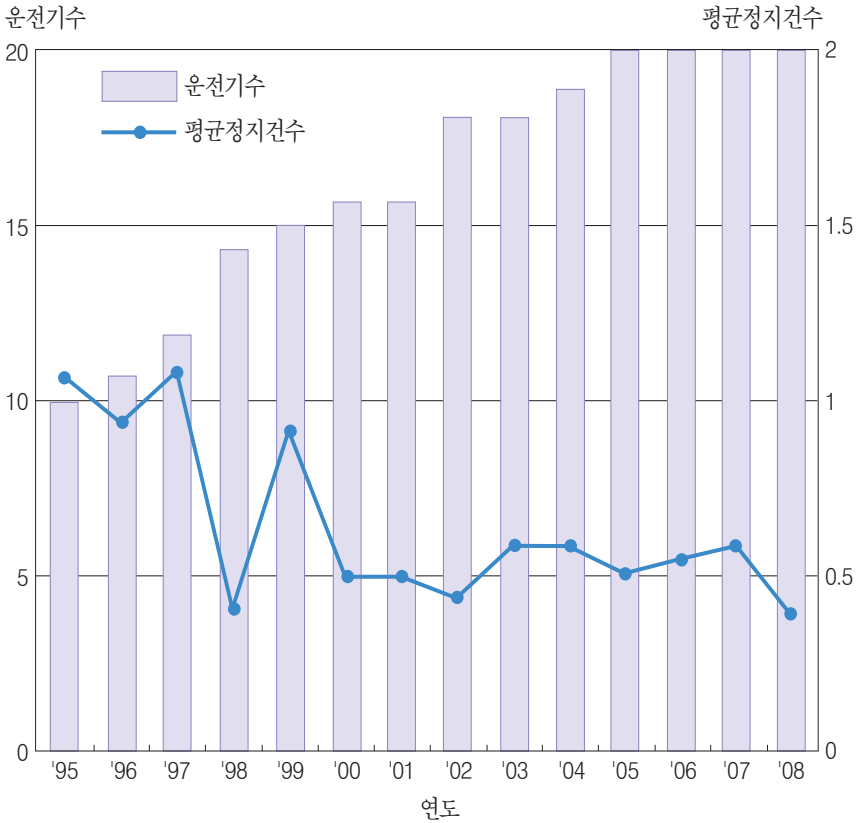
[Nucleonics Week ('09. 3. 5)]

4. 국내 및 세계 원전 평균이용률 비교



5. 원전 고장정지 비교

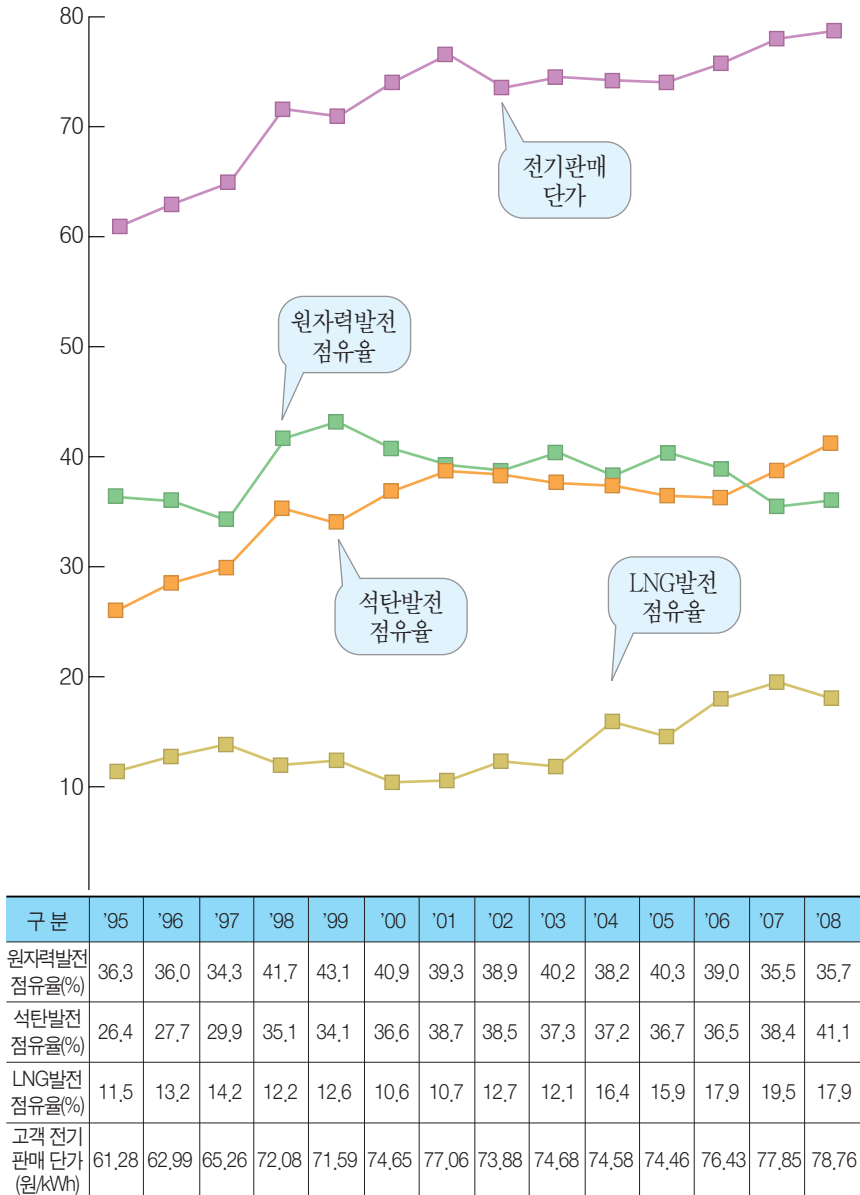
국내원전 호기당 고장정지 추세



고장정지건수

구 분	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
운전 기수	10	11	12	14	15	16	16	18	18	19	20	20	20	20
고장 정지 건수	11	10	13	6	13	8	8	8	11	12	10	11	12	7
1기당 고장정지 건수	1.1	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

6. 원자력발전량 점유율과 전기판매단가



[한국전력 전력통계속보 제366호('09. 5.29)]

편찬위원회

위원장 지식경제부 자원개발원자력정책관 강남훈
위 원 지식경제부 원자력산업과장 나기용
한국수력원자력(주) 홍보실장 강신현

편찬실무반

지 식 경 제 부 : 원자력산업과 박경민
한국수력원자력(주) : 홍보실 기업홍보팀 최동관

집 필 반

지 식 경 제 부 : 이정훈, 윤정원, 조정아, 박지운
김종범, 하동환, 정근용

한 국 전 력 공 사 : 조성민

한국수력원자력(주) : 김경옥, 김현철, 하수영, 김태완
문병위, 구권희, 이방진, 허 열
설동옥, 허성철, 안병준, 박동원
노백식, 최동관

한국방사성폐기물관리공단 : 이철호

한국원자력연료(주) : 박성배

한국원자력문화재단 : 경승호, 정항수

지식경제부 원자력산업과

전화번호 : (02)2110-5482

주 소 : 경기도 과천시 관문로 88
(과천정부청사 제3동)

한국수력원자력(주) 홍보실

전화번호 : (02)3456-2492

주 소 : 서울 강남구 영동대로 411

원자력발전백서

발행 2009년 6월

발 행 처 : 지 식 경 제 부
한국수력원자력(주)

<비매품>



신고리 원자력발전소 1·2호기 공사현장