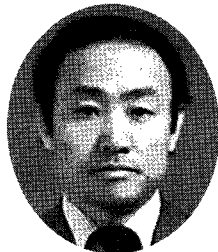


韓國 에너지의 將來

이 글은 지난 10월6일 한전본사 소강당에서 전국전력노동 조합 주최로 개최된 제15회 아시아전노련 대표자회의에서 발표된 특강의 내용이다.



강 창 순
서울대 원자핵공학과 교수

국가의 산업발달과 생존권의 확보는 에너지의 안정공급이 기본문제로 등장하고 있다. 특히 1970년대 2차례의 석유파동 이후 세계 각국은 안정공급을 우선으로 한 에너지정책 수립에 초점을 맞추고 있다.

에너지의 역할

특히 최근의 걸프전쟁은 에너지 자원이 빈약한 나라에 불안감을 증폭시켜 주는 역할을 하였다. 실제로 큰 여파는 없었다고 하여도 에너지빈국들은 과잉반응을 보였

고, 다시 한번 에너지 안정공급의 심각성을 재인식하게 하였다. 그 이유는 현재 에너지공급의 주종을 이루는 화석에너지는 자원에 한계성이 있고, 뿐만 아니라 그 부존지역이 일부 국가에 편중되어 있어 자원무기화시 대처방안의 강구가 필요하기 때문이다. 석유는 58%가 중동지역에, 석탄의 경우 65%가 미, 中, 소 강대국에 그리고 천연가스는 45%가 동구권에 편재되어 있다.

에너지 수급현황

에너지 부존자원에서 전세계 매

장량은 석유는 약 1조배럴, 천연가스는 100조 m^3 로서 가채년수는 약 50년으로 21세기에 고갈될 것으로 예상되고 있으며, 석탄은 고품위의 경우 1조톤으로서 현재 소비추세를 따르면 가채년수가 300년은 가능할 것으로 보고 있다. 수력은 국가에 따라 차이가 있으나 개발한계에 도달하였거나 환경문제의 야기로 개발에 어려움이 있다. 그리고 기타 신재생에너지는 대부분 기술개발단계에 있으며 주변의 환경과 조건에 구애를 받아 소규모적이고 제한적으로 이용되고 있는 것이 현실이다.

한국은 에너지자원빈국으로서 저품질의 무연탄 및 소량의 수력만 갖고 있다. 그리고 조력발전을 비롯한 신재생에너지의 가능성은 투자에 비해서 이용률이 매우 저조한 것으로 평가하고 있다. 따라서 1991년의 경우 국내 총소비에너지의 91.2%를 수입에 의존하고 있는 실정이다. 한국은 지속적인 경제의 발달을 추구하면서 에너지의 소비는 계속 증가할 것이며, 이에 따라 에너지 해외의존도의 경향은 더욱 심화될 것이다.

에너지의 소비형태를 보면 전력 에너지는 그 효율성, 다양성, 편리성이라는 장점으로 인하여 선, 후진국을 막론하고 그 소비율이 꾸준히 증가추세를 보이고 있다. 소득의 증가와 생활수준의 향상으로 전력수요는 21세기까지 계속 증가추세를 유지할 것으로 전망하고 있다. 한국의 전력수요는 전년도에 비해 1990년도에 14.8%, 1991년도에 10.6%의 높은 증가율을 보

였다. 지난 10년간(1982~1991)의 연평균 수요증가율은 11.4%에 이르고 있다. 이러한 전력소비 증가율은 세계 최고로서 선진국은 물론 경쟁대상국인 臺灣보다도 월등히 높은 것이다. 한편 1991년도 1인당 전력소비량은 연간 2,412kWh로서 다른 나라에 비하여 아직도 매우 적은 편이다. 따라서 소득증대와 생활수준의 향상과 더불어 당분간 10% 이상의 연간 전력수요 증가율이 지속될 것으로 예상하고 있다. 참고로 <표 1>은 각국의 연간 전기 사용량을 보여주고 있다.

<표 1> 각국의 연간 전기사용량

국 명	1인당 전기사용량(kWh)
노르웨이	24,747
캐 나 다	18,263
스 웨 덴	17,243
미 국	10,958
영 국	5,633
프 랑 스	5,606
日 本	5,331
臺 灣	3,895
한 국	2,412

주) 원자력발전 왜 최선의 선택인가, 한국원자력문화재단, 1992

에너지수급계획

1991년 10월 발표한 한국 정부의 장기전력수급계획을 <표 2>에 간추려 보았다. <표 2>에 의하면 2006년까지 전력량 및 최대수요의 평균 성장률은 각각 6.8%와 6.6%로 지난 10년간의 연평균 증가율 11.4%보다 보수적으로 낮게 책정하고 있다. 그리고 발전설비 최적구성목표를 원자력 40%(기저부하), 유연탄 30%(기저 및 중간부하), LNG 및 석유 20%(중간 및 첨두부하) 그리

<표 2> 전력량 및 최대수요용량의 연간 증가율 및 환산량

연간증가율

구 분	91~96	97~01	02~06	연평균
전력량(%)	9.4	6.0	4.5	6.8
최대수요(%)	8.9	6.0	4.6	6.6

환산전력량 및 최대수요

구 분	91	96	01	06
전력량(10 ⁶ kWh)	104,765	161,578	215,917	269,494
최대수요(10 ⁶ kW)	19124	28,7520	38,309	48,155

주) 장기전력수급계획(91~2006), 동력자원부, 1991. 10

고 수력 10%(첨두부하)로 설정하고 있다. 이 구성목표를 근거로한 1991~2006 발전설비계획은 <표 3>과 같다. 이러한 경우 2006년에 원자력의 총발전설비는 기존의 설비를 포함하여 23,229MW로서 전체의 39.6%를 차지하게 되고, 이에 의한 발전량은 156,868GWh로 예상하여, 한국 총발전량의 52.1%를 차지하게 될 것이다.

<표 3> 91~2006 발전설비계획

구 분	기 수	발전용량(kW)	구성비(%)
원자력	18	16,200	36.3
석 탄	29	15,240	34.1
석 유	2	20	-
L N G	14	9,730	21.8
수 력	22	3,630	7.8
계	80	44,820	100

주) 장기전력수급계획(91~2006), 동력자원부, 1991. 10

신재생에너지 평가

에너지시스템은 비순환에너지로

서 화석연료와 원자력이 있고, 신재생에너지로서 태양에너지, 풍력, 해양, 소수력, 바이오매스 및 지열 등이 고려되고 있다. 에너지시스템의 효율을 평가하는데 종종 금전의 형태로 변환하여 평가하곤 한다. 그러나 에너지시스템 효율에 金錢的인 수치를 직접 적용하는데는 문제점이 있다. 예를 들어서 석유 1배럴에 20달러라고 하자. 이러한 값을 부과하는 것은 무슨 뚜렷한 논리나 근거가 있는 것이 아니고, 시장의 가격형성에 따라 임의적으로 결정되고 있다. 앞으로 가치있는 이용방법이 새로이 개발된다면(현재에도 여러 이용분야가 제시되고 있음), 석유 1배럴이 갖는 가치는 매우 다르게 될 것이다. 석유는 비순환에너지로서 한번 쓰면 완전히 소멸되기 때문에 1배럴이 갖는 진가를 현재를 기준으로 판단하는 것은 위험한 일이다. 따라서 20달러라는 현재의 값을 부과함으로써 귀중한 자원을 낭비하게 된다면, 우리들 후세들에게 매우 무책임한 행위가 되는 것이다. 이러한 관점에서 대체에너지로서 태양에너지 등과 같은 신재생에너지의 중요성이 대두되게 된다. 그러나 대체에너지로서 신재생에너지는 소규모이며 제한적이기 때문에 현 에너지시스템의 근간을 이루지 못하고 보완적 시스템으로만 그 사용이 가능하다. 그렇다고 해서 대형 에너지시스템으로 사용할 수 없다거나, 계획을 할 필요가 없다는 것은 아니다. 다만 현재의 기술수준으로서 그렇다는 것이다. 기술이 보완되고 기술적 불확실성이 배제되면 그 평

가가 훨씬 달라질 것이다. 따라서 기술 및 경제적으로 개선을 위한 노력, 즉 연구개발이 지속적으로 필요한 것이다.

한국의 경우 충남 가로림만에 40만kW급 조력발전소 건설을 검토한 바 있으나 기술상의 문제점과 초기투자자 지나치게 커서 경제성이 없는 것으로 판단하고 있다. 풍력은 정부 주도하에 20kW급 발전소가 추진중에 있고, 2001년까지 100kW급 개발을 목표로 하고 있다. 서남해안 도서지역의 소형 발전소 보급에 목적을 두고 있다. 태양발전의 경우 1975년 규소태양전지를 제작하고 그 특성 측정결과를 발표하면서 다양한 연구가 진행되어, 현재 전남 하화도에 최대 25kW급 설비를 갖추고 있고, 마라도에도 한국전력공사에서 약 5억원을 투자하여 30kW급 태양광발전소 준공을 목전에 두고 있다. 정부는 조만간 충남 호도에 100kW급 태양광발전소를 설치하여 실증시험을 계획하고 있어, 2000년 이후에는 낙도의 전원으로 실용화가 가능하리라고 본다. 한국 정부는 대체 에너지 개발에 1988~1991년까지 이미 490억원을 투자하였으며, 2001년까지 총 3,000억원 규모의 추가 연구개발비를 투입할 계획이

원자력의 현황

1970년대 후반까지 원자력발전은 세계 여러나라에서 주전력원으로서 각광을 받아 왔다. 그러나 1979년 TMI 2 사고로 안전규제의

요건이 강화되면서 이로 인한 건설공기 지연으로 건설비가 상승되고, 이와 때를 같이하여 세계적인 경제침체로 전력수요증가가 둔화되면서 원자력산업은 침체국면을 맞게 되었다. 설상가상으로 1986년 소련의 체르노빌 사고로 원자력발전은 대중에게 강한 충격을 주었으며, 이에 따른 반원전활동의 증가로 계획된 원자력발전소가 많이 취소되는 상황에 이르렀다. 그럼에도 불구하고 한국을 비롯한 프랑스, 日本, 臺灣 등 에너지자원이 부족한 나라에서는 원자력발전의 필요성이 강력히 인식되어 원자력개발에 지속적인 노력을 경주하고 있는 반면에 스웨덴, 벨기에, 이탈리아, 스위스 등은 원자력발전소 건설계획을 완전히 중단하게 되었다.

1991년말 현재 세계 원자력발전소는 총 421기가 운전중에 있다. 그리고 84기가 건설중에 있고 62기가 건설계획중에 있다. 1991년도 원자력에 의한 총발전량은 2조90억 kWh로서 전세계 총전력생산량 중 원자력발전이 차지하는 비중은 17%에 해당한다. 1991년도 각국별 원전발전 비율은 프랑스가 72.2%로서 가장 높고, 그 다음 벨기에가 59.3%, 헝가리가 48.4%이다. 그리고 한국은 47.5%로서 세계 4위를 차지하고 있다.

한국은 1992년 8월 현재 9기의 (762만kW) 원전이 가동중에 있으며, 5기(470만kW)가 건설중이고, 2006년까지 추가로 13기(1,150만kW)가 계획중에 있다. 1991년 원자력발전에 의해 생산된 전력량은 총 563억kWh로서 전체 발전량 1,

186억kWh의 47.5%를 차지하였다. 1974년 고리 1호기의 건설이 시작된 이후 9기의 원전을 설계, 건설, 가동하는 과정에서 국내 원자력산업의 활성화가 지속되어 왔고 관련분야에서의 인력양성과 기술도입 및 국산화가 진전되어 오고 있다. 영광 3, 4호기의 설계를 통한 원전의 국산화 제고 및 기술자립이 본격적으로 추진되어, 후속기부터는 국내기술로 설계가 수행되고 있다. 한국의 원자력발전소가 동 및 건설현황 그리고 앞으로의 계획은 <표 4>와 같다.

원자력의 효용성

그렇다면 한국에서 원자력발전은 왜 최선의 선택인가? 우선 에너지 안정공급이라는 측면에서 원자력은 한국에서 필수적으로 여겨지고 있다. 원자력은 화석연료에 비하여 에너지밀도가 높아 작은 양의 원자연료 비축으로 에너지 비축량을 크게 늘일 수 있다. 우리나라 1그램은 석탄 3톤, 석유 9드럼의 에너지에 해당한다. 100만kW급 발전소 연간 소요연료량은 유연탄 220만톤, 중유 940만배럴이 된다. 이는 유연탄의 경우 10만톤급 선박 22척, 중유의 경우 10만톤급 선박 15척에 해당한다. 한편 원자연료의 경우 연간 소요량은 25톤에 지나지 않으며, 10톤 트럭 3대분으로서 에너지 비축효과가 매우 큰 것을 알 수 있다. 따라서 소량의 연료로 많은 에너지를 발생할 뿐만 아니라 한번 장전하면 3년 이상 사용하고, 수송과 저장이 용이한 것이 특징이라

〈표 4〉 한국의 원자력발전소 현황 및 건설계획

발전소명	MW	노형	연도	(현황)
고리 #1	587	PWR	1978 준공	(가동중)
월성 #1	679	PHWR	1983 준공	(가동중)
고리 #2	650	PWR	1983 준공	(가동중)
고리 #3	950	PWR	1985 준공	(가동중)
고리 #4	950	PWR	1986 준공	(가동중)
영광 #1	950	PWR	1986 준공	(가동중)
영광 #2	950	PWR	1987 준공	(가동중)
울진 #1	950	PWR	1988 준공	(가동중)
울진 #2	950	PWR	1989 준공	(가동중)
영광 #3	1,000	PWR	1995 준공	(건설중)
영광 #4	1,000	PWR	1996 준공	(건설중)
월성 #2	700	PHWR	1997 준공	(건설중)
울진 #3	1,000	PWR	1998 준공	(건설중)
울진 #3	1,000	PWR	1999 준공	(건설중)
신규중수로 #1	700	PHWR	1998 준공	(계획중)
신규중수로 #2	700	PHWR	1999 준공	(계획중)
신규경수로 #1	1,000	PWR	2000 준공	(계획중)
신규경수로 #2	1,000	PWR	2001 준공	(계획중)
신규경수로 #3	1,000	PWR	2002 준공	(계획중)
신규중수로 #3	700	PHWR	2002 준공	(계획중)
신규경수로 #4	1,000	PWR	2003 준공	(계획중)
신규중수로 #4	700	PHWR	2003 준공	(계획중)
신규경수로 #5	1,000	PWR	2003 준공	(계획중)
신규경수로 #6	1,000	PWR	2004 준공	(계획중)
신규경수로 #7	1,000	PWR	2005 준공	(계획중)
신규경수로 #8	1,000	PWR	2006 준공	(계획중)
신규중수로 #5	700	PHWR	2006 준공	(계획중)

주) 장기전력수급계획(91~2006), 동력자원부, 1991. 10

하겠다.

또한 원자력은 발전비용 중 연료가 차지하는 비중이 매우 작다. 1991년 기준으로 한국의 경우 발전원가 중 연료비가 점유하는 비율을 보면 원자력이 15.7%, 석유가 70.6%, 석탄이 58.5% 그리고 천연가스가 82.6%이다. 따라서 원자력은 화석에너지와 같이 한번 쓰면 없어지는 소비성 에너지라기 보다는 기술집약성 에너지로 생각할 수 있다. 따라서 원자력의 기술자립이 에너지의 안정공급이라는 측면에서

매우 중요한 과제로 부각되고 있다.

원자력발전의 경제성은 도입 초기부터 다른 전력발전원(석탄, 석유, 천연가스)에 비해 우위를 지켜 오고 있다. 한국의 1991년도 발전원별 발전원가는 〈표 5〉와 같다. 〈표 5〉에서 보듯이 1991년의 경우 원자력의 발전원가는 22.62원/kWh로서 가장 저렴한 것을 알 수 있다. 그 이유는 건설비용은 비싸지만 연료비가 매우 저렴하기 때문이다. 이 원자력발전 원가에는

〈표 5〉 91년도 발전원별 발전원가비교

발전원	발전원가(원/ kWh)
원자력	22.62
석탄	30.79
유류	27.84
수력	29.24
한전평균	27.82

주) 1991년 한전실적

폐로비용, 사용후연료 처리비용, 방사성폐기물 처분비용이 포함된 것이다. 따라서 폐기물처리, 처분비용을 모두 포함해도 타발전에 비하여 아직 경제적인 것을 알 수 있다. 원자력은 지금도 안전규제의 합리화 추진, 발전소의 표준화, 건설공기의 단축, 이용률의 개선, 보수기간의 단축 등으로 경제성 향상을 지속적으로 노력하고 있다. 결과적으로 원자력의 경제성은 앞으로 타 발전원에 비해 계속 우위를 점할 것으로 전망한다.

환경문제와 원자력

우리 사회에서 환경문제는 갈수록 심각하게 거론되고 있다. 화석연료의 연소로 발생되는 산성비, 분진, 유독가스와 같은 공해 뿐만 아니라, 다량의 이산화탄소의 발생으로 인한 온실효과는 범세계적으로 중요하게 생각되고 있다. 1989, 1990, 1991년에 개최된 G7 정상회담에서는 연 3차에 걸쳐서 화석연료에 의한 이산화탄소 방출로 대기오염이 심각한 것을 인정하고, 이에 따른 온실효과 방지를 위해 이산화탄소 방출을 억제하는 측면에서 원자력은 중요한 에너지원이라는 점에 의견을 같이 하였다. 1992

년 로마클럽의 원자력 지지표명에서도 화석연료에 의한 환경공해의 심각성을 경고하고, 환경보전을 위해 원자력이 필요하다고 하였다. 그리고 1992년 6월 리우 유엔환경개발회의에서는 2001년까지 이산화탄소의 방출량을 1990년 기준으로 동결할 것을 의결하였다. 결과적으로 원자력발전은 청정에너지로서 이산화탄소, 질소산화물, 아황산가스 등 공해물질을 방출하지 않기 때문에, 이러한 환경문제가 부각되면서 긍정적 평가가 증가 추세에 있다고 하겠다.

원자력발전소는 석탄화력발전소보다 소요부지면적이 작다. 따라서 원자력발전은 국토의 효율적인 이용이라는 측면에서도 유리하다. 한국의 경우 유연탄발전을 위한 부지 소요면적은 평균 1,023m²/MW이 필요한 것으로 집계되고 있으며, 이는 원자력발전을 위한 평균 부지 소요면적 356m²/MW의 약 3배 가량에 해당되는 것으로 나타나고 있다.

또한 원자력발전은 고체폐기물의 발생량이 매우 적은 에너지원이다. 일반생활 및 산업쓰레기에 비해 폐기물의 발생량이 매우 적다. 한국민은 최근 폐기물의 발생량에 매우 민감한 반응을 보이고 있는 실정이다. 1991년도의 연간 1인당 쓰레기의 발생량을 보면, 생활쓰레기가 840kg, 산업쓰레기 630kg으로 엄청나게 크게 집계되고 있다. 반면에 원자력발전에 의하여 발생하는 방사성폐기물의 양은 0.05kg에 지나지 않는다. 발전원별 폐기물의 발생량을 화력(유연탄)과 원자력을

비교하여 보면, 원자력발전의 폐기물발생량은 석탄화력의 약 820분의 1에 해당하여 엄청나게 적은 것을 알 수 있다. 100만kW급 발전소 1기 1년 운전기준으로 폐기물발생량은 <표 6>과 같다.

<표 6> 폐기물 발생량의 비교

원 자 력	석탄화력(유연탄)
사용후연료: 25톤 기타: 500톤	재: 387,000톤 분진: 1,300톤 기타: 43,000톤
계: 525톤	계: 431,300톤

주) KBS 보도자료, 한전, 1992

원자력의 리스크

그렇다고 해서 원자력은 모든 것이 완전한 것은 아니다. 모든 문명의 이기는 양면성이 있어서 좋은 점이 있으면 반드시 나쁜 점을 수반하는 것이다. 원자력발전도 예외는 아니어서 그 효용성은 충분히 인정이 되고 있으나, 이와 부수되어 발생하는 리스크가 문제가 되고 있다. 따라서 원자력의 효용성과 이에 수반하는 리스크는 항상 함께 상대적으로 검토되어야 한다. 원자력의 이용은 그 리스크 평가를 전제로 한 당위성의 우위에 바탕을 두어야 한다. 원자력의 이용과 더불어 대두되는 리스크로서는 우선 국민의 합의를 이루어야 하는 리스크를 들 수 있고, 방사선 안전성에 대한 리스크, 방사성폐기물의 발생과 관련된 리스크, 그리고 핵보안과 관련된 리스크 등을 생각할 수 있다.

원자력과 여론

원자력 관련 사업은 그 전문성 때문에 소수의 기술집단에 의하여 추진되어 온 것은 사실이다. 또한 지난 5공화국까지는 원자력기술이 국가기밀로 취급되어 모든 정보가 정부에 의하여 통제되어 일반국민과 유리된 상태이었다. 그러나 제6공화국에 들어 오면서 국민의 민주화 욕구가 급격히 상승하게 되었고, 원자력분야도 예외는 아니어서 국민은 짧은 시간에 많은 궁금한 사항에 관한 정보를 요구하게 되었다. 그러나 일반대중은 이러한 정보를 올바르게 소화할 준비가 되어 있지 않은 것이 문제이다. 다시 말해서 일반대중에 대한 원자력기술의 충분한 교육과 홍보가 미흡한 상태인 것이다. 그러므로 이에 따른 국민의 원자력에 대한 인식의 혼란은 당연한 것으로서, 이러한 현상은 원전부지에서의 지역주민들의 격렬한 반대시위로서 실제로 나타나고 있는 것이다. 원자력의 이용을 계속적으로 추구하는 우리 사회 현황에서는 원자력에 관한 정확한 내용과 정보를 국민에게 알리고 이해를 구하는 대민홍보가 필수적인 것이다. 국민의 이해를 구하고 합의점을 찾는 데 실패한다면, 원자력이 아무리 효용성이 있다고 하여도 그 추진은 불가능하다. 여론문제로 인하여 원자력이용을 제한하거나 폐지하는 국가도 있다. 특히 소련의 체르노빌원전 사고로 인해 피해를 받은 중부유럽국가들의 경우 원전사고에 대한 위기의식이 증가, 정치적인 문제로 등장하기도

하였다. 원자력에 관한 여론의 쟁점은 주로 설비의 안전성과 방사성 폐기물의 처분, 핵보안이라 할 수 있다.

원자력의 안전성

원자력의 이용에서 시설의 안전성 유지는 필수적인 것이다. 안전성 증진을 위하여 설계, 건설, 운전과 관련된 제반 활동에서 다음과 같은 원칙을 철저히 준수하도록 하여야 한다.

1. 안전문화를 창출하여 모든 개인, 조직의 행위, 상관관계를 지배하도록 한다.
2. 다중방어의 개념을 시설설계 및 대책에 대한 전반적 전략으로 한다.
3. 어떠한 첨단기술이라도 입증된 기술 외에는 배제한다.
4. 제반 활동에 철저한 품질보증 프로그램을 적용하여 신뢰성을 높인다.
5. 독립적인 안전성평가를 통하여 약점을 밝히고 보완한다.

방사성폐기물

원자력의 이용과 동반하여 발생하는 폐기물은 아무리 소량이라도 방사성물질이므로 안전하게 처리, 처분되어야 한다. 방사성폐기물 처분은 방사선에 의한 위험으로부터 일반대중과 자연환경을 보호하기 위하여 제도적 관리기간(약 300년) 뿐만 아니라, 제도적 관리기간 후(10⁶년까지)에도 안전성이 유지되어야 한다. 이를 위하여 지속적인

연구개발이 추진될 것이다.

원전에서 생성되는 저준위 폐기물은 현재 각 발전소 부지 내에 있는 임시저장고에 저장되어 있다. 현재 9기의 원자력발전소와 약 650개의 방사성동위원소 취급기관에서 저준위 방사성폐기물이 발생하고 있고, 그 추정량은 <표 7>과 같다. 저준위 방사성폐기물의 처분은 지중처분을 원칙으로 접근하고 있다. 지중처분은 폐기물을 지표와 동굴 또는 지하 깊은 곳에 폐기물의 특성에 따라 깊이나 위치를 달리하여 매장하게 되며, 해양처분과는 달리 필요시 복구가 가능하며 감시가 용이하기 때문에 선택되었다.

100만kW급 원전 1기에서 약 30톤의 사용후연료가 발생한다. 자원이 없는 한국으로서는 사용후연료

를 폐기물로 처리하기 보다는 재사용할 수 있는 귀중한 자원으로 생각하고 있다. 사용후연료에 포함되어 있는 원자연료물질을 재활용할 수 있기 때문이다. 특히 가압경수로에서 생성되는 사용후연료를 중수로의 장전연료로 사용하는 것을 신중히 검토하고 있다.

현재 한국은 재처리를 수행하고 있지 않는 관계로 고준위 폐기물은 생성되고 있지 않다. 사용후연료를 각 발전소의 부지 내에 있는 저장 시설에 저장하고 있다. 그러나 사용후연료는 계속 생성되고 있고, 결국 각 발전소의 저장능력이 한계에 이르게 된다. 따라서 이 문제 해결을 위하여 부지 내 저장조를 확장하느냐 혹은 중양집중식 저장조를 건설하느냐 결정하여야 한다.

<표 7> 한국 방사성폐기물 발생량

(단위 : 드럼)

연 도	원자력발전소		기 타		합 계	
	발생량	누 계	발생량	누 계	발생량	누 계
1987	3,078	14,998	621	1,148	3,699	16,416
1990	9,299	36,741	1,666	4,522	10,965	41,263
1993	12,155	71,620	2,106	10,448	14,261	82,068
1995	12,422	96,197	2,270	14,893	14,693	111,090
1998	14,611	137,723	2,178	22,573	17,329	160,296
2000	16,115	169,235	3,069	28,532	19,184	197,767
2003	17,441	221,330	3,615	38,891	21,055	260,220
2005	18,443	257,881	4,066	46,801	22,509	304,683
2008	26,584	321,351	4,774	60,370	31,358	381,721
2010	26,584	374,520	5,372	70,800	31,956	445,320
2013	16,787	428,192	6,379	88,989	23,166	517,181
2015	16,787	461,766	7,342	103,168	24,129	564,934
2018	25,235	511,056	8,670	127,479	33,905	638,535
2020	22,062	555,180	9,966	146,599	32,028	701,779
2023	65,675	723,112	12,923	182,224	78,598	905,336
2025	37,263	826,732	15,420	211,756	52,683	1,038,488
2028	3,928	868,512	19,915	266,435	23,843	1,134,947
2030	3,340	875,192	23,889	312,106	27,229	1,187,298

주)과기처, 한국에너지연구소, 중저준위 폐기물 영구처분시설 건설후보부지조사(I), 1989

부지 내 저장조의 건설은 결국 중
북투자의 의미를 가지므로 중앙집
중식으로 추진하고 있다.

원자로전략

한국의 노형개발전략은 아주대학
교의 에너지연구소에서 수행한
2000년대 원자력전망 및 대책방안
수립에 관한 연구를 근거로 추진되
고 있다. 연구를 간추려 보면 다음
과 같다.

1. 1단계전략(2006년까지)

(1) 경수로

1,000MW급 기존 원전을 기반
으로 개발한 개량형 경수로

(2) 보완노형

600MW급 CANDU-6을 기반
으로 개발한 PHWR

2. 2단계전략(2015년까지)

(1) 경수로

용량 300~900MW급 신형 안전
로

(2) 보완노형

용량 300~600MW급 신형 PH
WR 및 Barge-Mounted형 원자
로

(3) 원자연료

Tandem 핵주기 도입

(4) 원자력 이용 확대를 위한 노
형개발(열병합발전, 지역난방, Pro-
cess Heat)

3. 3단계전략(2025년까지)

(1) MOX 원자연료를 이용한
HCLWR 추진

(2) 보완노형으로 가스 및 중수

고전환로 추진

(3) LMFBR 실증로 병행 추진

4. 4단계전략(2025년 이후)

(1) LMFBR 상용화 추진

(2) 핵융합로에 대한 계속적 기
술개발

경수로전략

2000년대에 들어가서도 경수로
가 계속해서 원자력발전의 주종을
이루리라고 전망한다. 그러나 현재
한국이 보유하고 있는 기존 경수로
만으로는 안전성에 관한 일반대중
의 요구를 만족시키기 어려운 현실
이며, 보다 적극적인 안전기구를
갖춘 형태의 원자력발전소가 설계
되어야 할 것이다. 제1단계 2006년
까지는 기존 경수를 기반으로 일
차적으로 원전의 표준화, 안전규제
합리화와 안전성 향상을 통해 공기
단축과 경제성 향상을 추진하고 개
량연료개발을 추진할 것이다. 경수
로 개량화에 포함되는 주요내용은
〈표 8〉과 같다.

중수로전략

한국은 경수로와 더불어 보완형
으로 1기의 중수로가 가동중에 있
다. 또한 〈표 4〉에서 보듯이 1기
의 중수로가 건설중이고 2006년까
지 700MW급 5기가 추가로 건설
계획중에 있다. 따라서 원자로의
다원화라는 측면에서 중수로는 경
수로와 병행으로 건설이 추진될 것
이다. 중수로는 가동률이 매우 높
고, 천연우라늄 혹은 저농축우라늄

〈표 8〉 제 1단계 경수로 개량화 내용

이용률 90% 목표와 신뢰도 향상

- 18~24개월 장기핵주기 채택
- 연료교체기간 및 검사기간 단축
- 신뢰도 높은 부품 개발

건설단가의 절감

- 원전의 표준화
- 기자재 Shop-Fabrication
- 인허가기간 단축
- 설계 및 건설관리기술 개발
- 설계의 단순화

연소도 개선

- 원자연료사용량의 감소로 연료
비 절감
- 고연소도 연료 개발

작업중사자에 대한 피폭량 감소

설계여유도 증대

- 원자로안력용기 배열구조 변경
- 원자로 냉각수량 증가
- 노심출력밀도 강하로 연료손상
확률 감소

부하추중운전

폐기물발생량 감소

주) 아주대학교 에너지연구소, 2000년대
원자력전망 및 대책방안 수립에 관한
연구, 1989

을 원자연료로 사용하므로 원자연
료주기에서 농축과정을 배제할 수
있다는 이점이 있다. 그리고 경수
로의 사용후연료를 재처리한 우라
늄의 연소가 가능하므로 원자연료
주기 확보 측면에서 신중히 고려되
고 있다.

차세대원자로

기존 경수로는 짧은 기간동안에
발전소의 크기가 급격하게 신장되

었다. 그 결과로 어떤 설계들은 제대로 최적화되지 못한 상태에서 채택되어, 더욱 설계개념을 복잡하게 만들었다. 더구나 새롭게 발견되는 안전성 문제를 해결하기 위하여 전체적인 기본설계의 변경없이 기존의 발전소에 새로운 안전계통을 추가함으로써 발전소 설계여유도를 줄이고, 안전해석을 더욱 복잡하고 어렵게 하여 왔다. 결과적으로 경제적이라고 볼 수 없게 하였다. 제 2단계 노형전략에서 요구하고 있는 내용은 과감한 안전성 향상과 경제성 제고를 위한 새로운 원전의 개발이다.

새로운 안전성의 개념은 자연법칙(자연대류 또는 중력 등)에 의한 안전성의 확보에 있고, 인위적인 안전성에 의존하지 않으므로 인위적인 조작실수나 오관을 극복할 수 있어서 원자력 여론에 강한 설득력이 있어야 한다. 이러한 과감한 안전성 증진을 추구하는 동시에 경제성 측면에서도 구체적인 이점으로써 계통의 단순화, 중복성 및 공장 제작의 확대, 모듈형에 의한 공기의 단축 및 품질보증, 장핵주기의 이용, 60년 이상의 운전연장 등이 고려되고 있다. 그리고 Barge-Mount 건조를 통하여 부지조성과 발전소조립을 독립적으로 수행함으로써 건설공기의 단축, 인허가 표준화 및 기간단축, 기자재 생산의 양산효과 및 반복효과 등을 토대로 경쟁력 확보를 성취할 것이다. 따라서 2006년 이후 한국에서 10년간 건조될 주원자료를 차세대원자료를 정의하며, 그 개발계획은 1994년까지 개념확정 그리고 2001년까지

FOAK(First Of A Kind) 설계를 완료하여 부지와 관련된 사항만을 제외하고 설계를 완성하는 것으로 되어 있다. 그리고 첫번째 원자로 건설은 2001년부터 시작하여 2006년에 완료하는 것으로 되어 있다. 그 설계목표를 간추리면 <표 9>와 같다.

원자력연료주기전략

원자력이용에는 에너지의 안정공급이라는 측면에서 원자력연료주기가 확립되어야 한다. 우리나라정광의 확보는 국제정세의 영향을 받기 쉬우므로 공급원의 다원화와 장기계약과 장기개발수입을 통한 공급원의 안정확보와 가격안정을 정책적으로 추진하는 것이 바람직하다. 이와 함께 비상대비책으로 원자력발전소의 원자력연료 소요량에 적절한 비축량을 설정, 에너지수급에 안정을 기해야 할 것이다. 우리나라 농축서

비스는 현재 전세계적으로 시설용량이 과잉상태에 있다. 이러한 과잉상태는 2000년까지 지속될 것으로 전망하며, 2000년대에 가격은 60~80달러/SWU 선까지 하락할 것으로 전망하고 있다. 그러나 미래의 원자력연료주기의 독립성을 유지하기 위하여 기술확보를 위한 기술개발을 적극적으로 추진하는 것이 바람직하다.

후행핵주기에서 재처리시설의 확보는 한국의 경우 필수적이다. 현재는 국제정치적 상황에 의하여 재처리시설을 보유하지 않는 것으로 되어 있다. 그러나 방사성폐기물의 관리 측면에서 뿐만 아니라, 원자연료의 효율적 이용, 그리고 원자력연료주기 독립을 위하여 재처리시설은 반드시 확보해야 할 것이다. 혼합원자력연료의 사용, 경수로와 중수로의 탄핵주기기에 관한 혼합원자력연료가 가공에 많은 경제적 이점을 보여주고 있다.

<표 9> 차세대원자로 개발목표

항 목	기존 경수로	차세대원자로
1. 안전성		
노심손상확률	$<1 \times 10^{-4} / \text{ry}$	$<1 \times 10^{-5} / \text{ry}$
설계기준사고시		
운전원 대처시간	10분~3시간	72시간
전 원상실사고시		
대처시간	약 4시간	>8시간
인간공학설계	아날로그식	디지털식
2. 성능		
가동률	80%	87%
수명	40년	60년
불시원전정지빈도	약 5회/년	<1회/년
3. 노심주기		
원자력연료교체주기	1년	2년

주) 차세대원자로 기술개발 연구기획 토론회, 1992

중장기연구개발계획

한국원자력위원회는 1992년 6월 26일 원자력사업의 효율적 추진을 위하여 원자력연구개발 중장기계획(1992~2001년)을 확정하고, 앞으로 10년간에 걸쳐서 총 1조9,855억원을 투입하여 34개 항목의 기술을 개발하도록 결정하였다. 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 고속증식로

정부 주도로 1,083억원을 투입하여 2001년까지 15만kW급 실증로를 건설하고, 2025년 이후 상업화를 목표로 하고 있다.

2. 차세대경수로 개발

산업계 주도로 2,280억원을 투입하여 경제성과 안전성이 획기적으로 개선된 차세대경수로 개발을 2001년까지 완료하고, 2006년까지 건설할 것이다.

3. 원자연료주기

정부 주도로 경수로의 사용후연료를 중수로의 연료로 사용하는 소위 탄핵핵주기의 개발, 그리고 미래형 원자연료 개발이 수행되며 산업계 주도로 경수로형 개량원자연료를 개발한다. 정부 주도로 1,371억원과 산업계 주도로 290억원이 계상되어 있다.

4. 방사성폐기물

정부 주도로 1995년까지 영구처분시설 설계기술의 개발, 1997년까지 사용후연료 중간저장기술의 개발, 2010년까지 초고압압축공정 및

처분기술 개발을 포함한다.

5. 원자력안전기술

1996년까지 안전성 평가기술을 확립하며, 2001년까지 원자력사고 방지 및 완화기술을 개발, 2025년까지 고속증식로의 안전평가기술을 확립한다. 모두 정부 주도하에 추진되며, 1,741억원이 투입된다.

6. 기 타

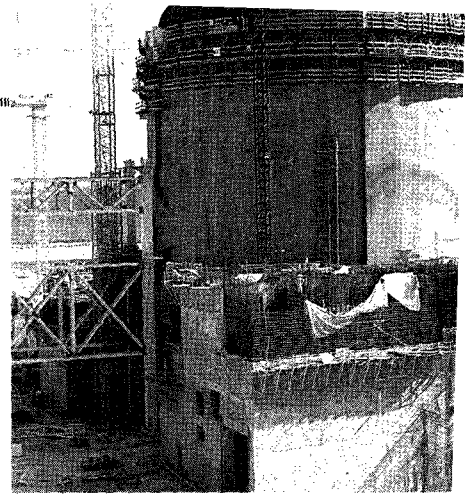
정부 주도 연구과제로서는 원자로 신소재 개발, 인간공학기술, 첨단로봇기술, 레이저기술, 장수명 핵종소멸기술, 핵융합로 연구 등이 있고 산업계 주도 과제로서는 운전기술의 고도화와 방사선 안전관리, 발전소수명 피로관리, 종합 데이터 베이스의 구축 등을 포함한다.

결 론

에너지는 국가 산업발전과 사회개발에 기본적인 요소로 그 확보와 안정공급은 절대적으로 중요하다. 따라서 어떠한 상황에서도 융통성 있게 대처할 수 있는 신뢰성 있는 에너지공급에 목표를 두고 경제적이고 안정적인 에너지 수급방법을 선택하는 중요한 과제이다.

한국은 천연자원이 빈약한 반면에 다행히 재능이 많은 인력자원이 풍부하다. 그러므로 선진국으로 향한 도약과정에서 에너지공급의 해결도 수입천연자원에 의지하기 보다는 인재양성과 고급기술의 개발로 그 활로를 개척하여야 할 것이다.

에너지원으로서 화석연료는 쉽게



쓸 수 있는 것이 특징이다. 그러나 다른 분야의 이용(화학공업, 자동차, 난방 등)이 크며, 그 자원이 한정되어 있어서 후세를 위하여 소비의 자제가 필요하다. 그리고 화석연료는 환경문제를 동반하여 유황산화물(SO_x), 질산화물(NO_x) 등의 방출이 산성비의 주요인이 되며, 이산화탄소(CO₂)의 대기내 축적으로 지구의 온실화현상 및 기상의 변동을 초래할 우려가 있으므로 철저한 환경관리를 전제로 한 소비의 억제 필요하다.

신재생에너지(풍력, 조력, 태양열, 지열, 바이오매스 등)는 현재로서는 그 효율성 때문에 소형으로 제한적 사용만이 가능하다. 그러나 21세기를 향하여 기술개발 및 연구에 지속적인 투자는 요구된다.

원자력은 대형 에너지공급에서 화석연료의 대체에너지로 매우 적합하다. 특히 원자력은 인력에 의존하는 기술에너지로 분류할 수 있어서 한국에 매우 적절하다. 그리고 에너지자원의 안정확보, 환경보전이라는 측면에서 그 특징을 찾을 수 있다. 그러나 원자력은 안전성, 방사성폐기물과 같은 리스크를 동반하는 것을 인정하고, 이에 대한 해결과 국민의 합의도출은 원자력 이용의 필수 전제조건이다. ▣