

한국의 원자력전망과 개발전략

이 병 휘

한국과학기술원 원자력공학과 교수
신형로연구센터 소장



미국의 아이젠하워 대통령이 유엔총회에서 '원자력의 평화적 이용'을 제창한지 42년이 된 지금 원자력의 평화적 이용은 갈림길에 서있는 것처럼 보인다.

과연 원자력은 앞으로 계속 개발되며 이용될 것인가? 아니면 점차 쇠퇴할 것인가?

이러한 불확실성에도 불구하고 동북아시아에 있어서 한국은 중국·일본과 마찬가지로 전력확보를 위한 주

요 에너지원으로서 원자력사업을 활발히 추진하고 있다.

한국에서는 장기원자력계획에 따라 60년대부터 한국의 실정에 적합한 원자력시스템 및 핵연료주기 공정 등의 국산화가 시작됐으며, 신형 원자로 및 핵연료의 연구개발이 진행되고 있다.

이러한 원자력정책은 원자력발전의 안전성과 경제성을 향상시켰으며, 국민에게 안전성에 대한 믿음을 주었다.

또한 원자력발전소의 원활한 운전을 위한 핵연료의 장기적인 안정공급을 보증하고, 핵연료 이용의 효율성을 극대화시켰을 뿐만 아니라, 환경과 생태계에 대한 영향을 극소화시키는데 기여하였다.

체르노빌 원전사고 이후 많은 서유럽국가들은 안전성에 대한 국민의 우려로 인하여 원전운전을 일시중지하게 되었다.

또한 옛소련과 동유럽의 붕괴, 그린

라운드 및 세계무역기구(WTO)의 출범은, 향후 세계가 갖추어야 할 요건은 이데올로기보다는 실제적인 경제성·기술 및 환경문제에 달려있다는 것을 보여주고 있다.

세계각국은 국제경쟁력을 강화시키고 국가이익을 극대화하기 위하여 노력하는 한편 생태계를 보전시키기 위해 노력하고 있다.

현재 한국의 표준형 경수로로는 북·미간 원자력협상의 의제로 상정되어 있으며, 이를 통해 안전성·신뢰성에 대해 논의가 되고 있다.

북한 및 이 지역의 사회주의 국가들에 대한 수출 가능성도 이 결과에 따라 판명이 될 수 있을 것이다.

따라서 지역협력의 틀 안에서 한·일 양국간의 원자력경험을 교환하고 원자력협력을 증진시키기 위해 이번 한·일 공동세미나에 적극적으로 참여한 일본원자력산업회의 대표단 여

러분을 환영하는 바이다.

경제개발과 원자력

한국은 연간 평균 8%의 경제성장과 함께 지난 40년 동안 눈부신 경제성장을 이룩하였다.

이 기간동안 GNP는 240배, 1인당 GNP는 120배의 성장을 이루었다.

급속한 산업화로 인하여 65년부터 91년까지 1인당 에너지소비는 5배나 증가하였으며, 앞으로 2010년까지 2 배나 더 증가될 것으로 기대된다.

이러한 급속한 에너지소비의 증가 속에서 전력수요는, 그 사용의 편리함으로 인해 지난 10년간 연평균 12%의 증가를 보였다.

작년 7월, 최대전력수요는 한달 내 내 지속된 무더위와 수출시장의 경기 회복으로 인하여 23%(총 26.7GWe 수준까지)로 급등하였다.

그러나 이러한 증가에도 불구하고 1인당 전력소비는 여전히 일본의 3/5, 미국의 1/3 정도인 3,500kWh 수준에 머물러 있는 것으로 보아, 전력수요는 다음 세기까지 계속 증가된 후 일정선에 머무를게 될 것으로 전망 된다.

과거의 왕성한 경제성장은 에너지 부족자원의 부족으로 인하여 외국으로부터 수입된 에너지에 의해 뒷받침 되었다.

71년에는 총에너지소비의 50%만이 수입된 것에 비해 작년에는 96%

가 수입되었다.

이러한 경향은 부족한 국내 에너지 부족자원에 기인한 수입에너지에 대한 국가에너지공급체계의 의존도가 증가하고 있음을 보여주고 있다.

외국에서 수입되는 다른 화석에너지

와 비교하여 핵연료는 화학적인 연소반응이 아닌, 극히 적은 CO₂가 방출되는 핵분열반응으로서 단위무게당 에너지밀도가 높다는 뚜렷한 이점을 가지고 있다.

금년 2월 20일로 원자력발전공급

(표 1) Korea Nuclear Power Program

Nuclear Power Plants in Operation

Project Number	Plant Location	Capacity (MWe)	Type	Commercial Start	Type of Contract
1	Kori 1	590	PWR(W)	4/78	Turn-key
2	Wolsong 1	680	PHWR(AECL)	4/83	
3	Kori 2	650	PWR(W)	7/83	
4	Kori 3	950	PWR(W)	9/85	Component Approach
5	Kori 4	950	PWR(W)	4/86	
6	Yonggwang 1	950	PWR(W)	8/86	
7	Yonggwang 2	950	PWR(W)	6/87	
8	Ulchin 1	950	PWR(Fra)	9/88	
9	Ulchin 2	950	PWR(Fra)	9/89	
10	Yonggwang 3	1,000	KS-PWR(ABB-CE)	3/95	▲

▲ : KEPCO management with domestic industry as prime contract

Nuclear Power Plants in Construction and in Planning

Project Number	Plant Location	Capacity (MWe)	Type	Commercial Start	Type of Contract
11	Yonggwang 4	1,000	KS-PWR(ABB-CE)	3/96	KEPCO management with domestic industry as prime contract
12	Wolsong 2	700	PHWR(AECL)	6/97	
13	Ulchin 3	1,000	KS-APWR(ABB-CE)	6/98	
14	Ulchin 4	1,000	KS-APWR(ABB-CE)	6/99	
15	Wolsong 3	700	PHWR(AECL)	6/98	
16	Wolsong 4	700	PHWR(AECL)	6/99	
17	Yonggwang 5	1,000	KS-APWR	/01	(In Planning Stage)
18	Yonggwang 6	1,000	KS-APWR	/02	
19	New PWR 1	1,000	KS-APWR		
20	New PWR 2	1,000	KS-APWR		
21	New PWR 3	1,000	KS-APWR		
22	New PHWR 1	700	PHWR		
23	New PWR 4	1,000	KS-APWR		

은 총 500TWh에 도달하였다.

이 양은 석유 7억배럴, 석탄 1억6천만톤에 해당하는 것이다.

금년 3월, 1GWe 용량의 최초의 한국표준형 원전이 상업운전되었다.

현재 9기의 경수로와 1기의 CANDU 구성된 8.6GWe 용량의 원전 10기가 운전중에 있고, 3기의 한국표준형 원자로와 3기의 CANDU를 합해 총 5.1GWe의 원전이 현재 건설중에 있다.

추가로 6.7GWe 용량의 한국표준형 원자로 및 CANDU, 총 7기가 <표 1>처럼 계획중에 있다.

이 계획에 따르면, 2006년에는 전력발전량중 원자력의 비율은 약 38%가 될 것이다.

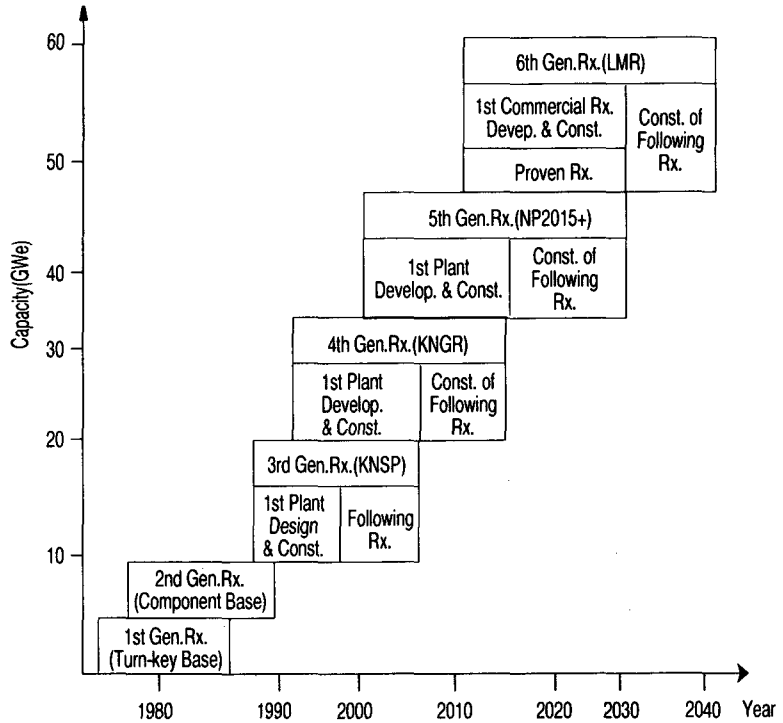
한국형 차세대원자로는 2007년 이후에 건설될 예정이다.

2040년까지의 장기원자력수급계획에 따르면 원자력사업 확충에 대한 실질적인 제한은 대중인식에 따른 부지선정 문제가 될 것이다.

정상적인 원자력발전소 수요는 55기이고, 석탄 1톤당 100달러의 탄소세가 부과될 시에는 90기 이상의 원전이 건설되어야 한다.

그러나 한국에 있어서 계획된 원전부지의 최대수용량은 약 40기 정도이다.

이러한 어려움을 극복하는 길은 바지선에 NSSS를 건설하거나, 원자력의 평화적 이용에 대한 대중인식을 증진시키는 교육 및 홍보프로그램을 강



<그림 1> Nuclear Reactor Development Strategy

화하는 것이다.

작년에 한국정부는 방사성폐기물 저장을 위한 최종부지로 굴업도를 선정하였다.

일부 지역주민의 과민반응과 세부적인 지질조사가 아직 남아있지만 거의 이곳에 대한 국민적 합의가 이루어졌다.

노형전략 및 핵연료주기전략

한국형 차세대원자로(KNGR)를 위한 목표는 <그림 1>에 나타난 바와 같이 2007년에 1,300MWe의 한국표

준형 신형원자로원전 후속기를 가동시키도록 설정되어 있다.

한국형 차세대원자로의 개발은 한국전력공사에 의해 수행되고 있는 2단계 프로젝트, 즉 기본개념설계에 포함되어 있으며, 주로 한국표준형 원전에 대한 시험을 거친 후속기술과 안전성 및 경제성을 향상시키는 신형설계를 특징으로 하고 있다.

한국표준형 원전과 비교하여 한국형 차세대원자로의 주요한 개선점은 대용량·장수명·이중격납용기와 중대사고확률의 저감 및 중대사고방지 대책 등을 포함한 안전성의 향상이다.

한국의 노형 전략은 2006년까지 주노형으로서 가압경수로와 보완노형으로서 CANDU를 설정하고 있으며, 중기계획으로서 개량형 차세대 원자로를 2025~2030년까지 사용하고, 이후로는 액체금속로를 도입할 계획이다.

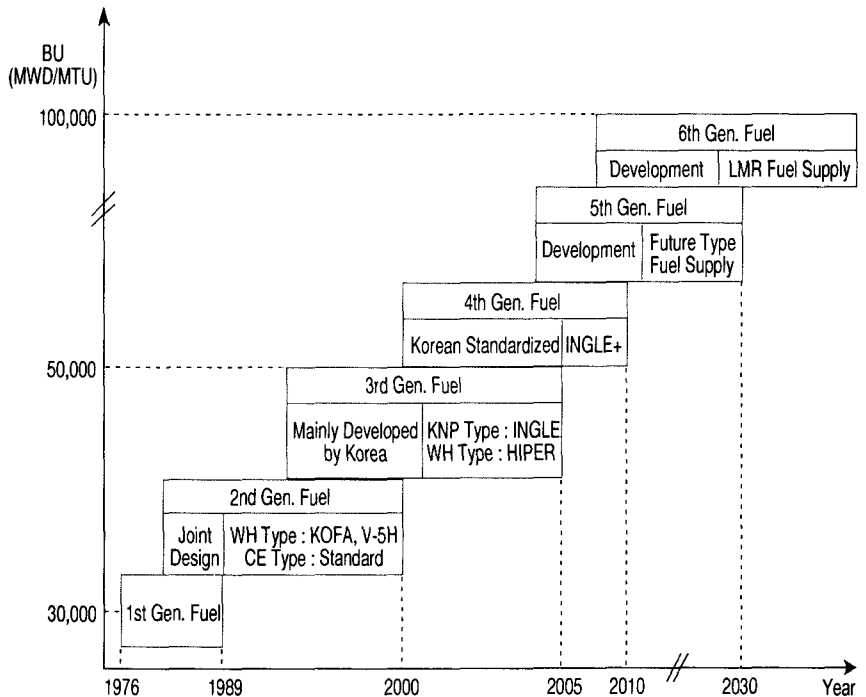
또한 DUPIC에 대한 연구개발이 AECL과 공동으로 수행되고 있다.

이러한 노력과 병행하여 장주기 고연소도 핵연료 설계에 대해서는 <그림 2> 처럼 96년부터 모든 가압경수로 원전에 연소도 47,000 MWD/톤의 한국원전연료(주) 제조의 Vantage 5H 연료를, 2000년부터는

50,000MWD/톤의 연소도를 갖는 연료를, 그리고 나아가서는 초고연소도 장주기 핵연료를 공급하기 위한 노력이 웨스팅하우스와 공동으로 이루어지고 있다.

또한 신형원자로시스템을 뒷받침하기 위한 신형원전연료주기기술이 핵연료주기전략에 따라 개발되고 있다.

PWR을 위한 초고연소도연료 및 CANFLEX와 같은 HWR을 위한 신형원전연료와 DUPIC의 개발은 천연우라늄의 요구량과 사용후핵연료 방출량을 확실히 저감시킬 것이다(<그림 3> 참조).



<그림 2> PWR/LWR Fuel Development Strategy

또한 MOX연료 개발과 PWR에서의 핵연료재순환은 선행 및 후행 핵연료주기공정을 감소시킬 것이다.

따라서 PWR에서의 DUPIC과 MOX연료 재순환의 적절한 조화는 사용후핵연료 저장수조의 수용한계를 완화시킬 뿐만 아니라, 최종적으로 처리·처분되는 폐기물의 양의 감소를 통해 이로 인한 환경영향을 줄여줌으로써 핵연료주기의 효율성과 원자력에 대한 대중의 인식을 증진시키는데 기여할 것이다.

KNGR과 LMR을 위한 신형원전연료는 후속원자로의 진전에 따라 발전

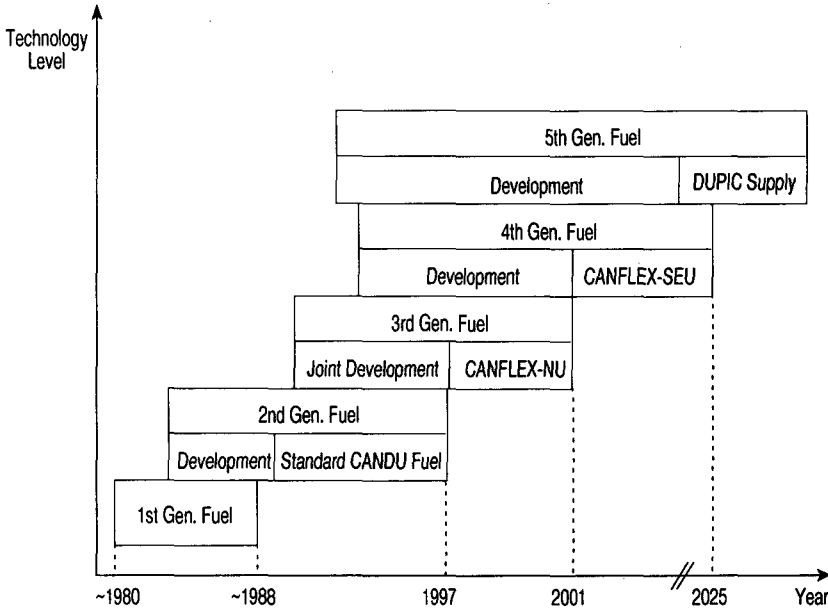
할 것이다.

의심할 여지 없이 한국의 원자력산업계·학계·연구계의 역량에는 다소 한계가 있다.

따라서 상호 격차를 줄이고 공동목적으로 수행하는데 따른 비용을 분담하기 위해 양자간, 혹은 다자간의 지역협력력이 신형원자로와 핵연료주기 개발을 위한 중장기목표를 수행하는데 중요한 전략이 될 것이다.

대중인식과 홍보 및 교육

체르노빌사고와 한국에서의 정치적



(그림 3) CANDU Fuel Development Strategy

민주화의 진전에 따라 원전의 안전성에 대한 국민의 우려가 더욱 많이 표출되고 있다.

이에 따라 한국형 차세대원자로(KNGR)를 위한 부지선정이 어렵게 되고 있다.

원자력에 대한 대중인식을 증진시키기 위해 신형원자로와 핵연료주기에 대한 홍보 및 교육이 국가적 캠페인으로서 일반국민과 중·고등학생들에게 널리 보급되어야만 한다.

적절한 교육을 통하여 가장 실행가능한 지속적인 에너지 공급원으로서 신형원자로와 핵연료주기의 중요한 역할에 대한 올바른 이해 등이 대중인식을 위한 가장 중요한 기초가 될 것이다.

또한 관련 연구소, 규제 및 인허가 기관, 전력회사의 적절하고 시기에 맞는 홍보는 신형원자로와 핵연료주기가 신형원자력시스템의 필수요소라는 내용을 대중에게 인식시키기 위한 두 번째 기초가 될 것이다.

지금까지 수행된 조사로부터 교육은 홍보를 위한 필수적인 기초이고, 대중은 원자력에 대한 이중적인 감정을 공유하고 있음이 드러났다.

대부분의 사람(70~80%)이 전력을 공급하는 필수적인 시설로서 원자력발전소를 인정하였으나 동시에 강한 NIMBY 신드롬을 가지고 있다.

발전소 주변지역 지원에 관한 법률에 따라 전력회사들은 지역주민들의 생활수준과 일상의 편리를 향상시키

기 위한 실질적인 원조를 제공하고 있다.

이러한 지원과 캠페인은 확실히 대중인식 뿐만 아니라 님비(NIMBY) 현상을 개선할 것이다.

그러나 대중인식을 향상시키기 위한 기본적인 요건은 얼마나 많은 지원과 캠페인 및 노력이 이루어졌는가에 달려있는 것이 아니고, 국민이 실제로 새로이 개발된 신형원자력시스템이 가지는 안전성과 경제향상의 이점을 이해할 수 있고, 인정할 수 있는지에 달려있다.

이러한 점에서 적절한 교육과 안전성에 대한 투명성이 중요한 요소가 되고 있다.

따라서 시스템 설계의 단순화는 대중인식을 향상시키기 위한 한국형 차세대원자로(KNGR)를 위한 필수적인 설계요건중의 하나가 될 것이다.

문제점과 지역협력

한국에서는 핵의학·산업 및 농업에 있어서의 방사성동위원소와 방사선기술 적용과 같은 원자력이용분야에 대한 대중인식에는 문제가 없는 반면에, 체르노빌 원전사고와 님비 신드롬이 민주화운동과 반핵활동에 의해 조명되어 원자력 특히 중대사고시의 원자로안전과 방사성폐기물 처분에

대한 국민의 관심은 높은 편이다.

또한 한반도 핵비확산 및 비핵화 선언, 현재 벌어지고 있는 북·미간 원자력협상, 한반도에너지개발기구(KEDO) 등으로 인하여 원자력의 평화적 이용에 관련한 국가적 의지와 확실한 정책성명이 가려지고 있을 뿐만 아니라, 국가적 홍보 캠페인을 약화시키고 있다.

신형원자력시스템 개발의 최대 목적은 원자력의 안전성·경제성·대중인식을 향상시키고 NIMBY를 개선시키는 것이다.

그러나 아무리 기술혁신이 일어나더라도 국민 수용성은 실질적 안전과 경제상 향상에만 의존하는 것이 아니고, 신기술혁신을 이해시키고 인정시키기 위하여 국민에 대한 적절한 홍보를 아울러 필요로 한다.

때때로 잘못된 홍보가 기술계와 국민간에 커다란 장벽을 만들었다.

따라서 실제 문제점은 대중에 대한 효과적인 홍보방법이며 이 점에서 대중매체의 역할은 매우 중요한 것이다.

또한 본질적인 문제점은 신형원자로와 같이 “얼마나 안전해야 국민이 수용하기에 충분히 안전한가” 하는 것이다.

비용과 위험을 최소화시키기 위해서는 기술혁신과 대중인식을 향상시키기 위한 홍보 및 교육간에 적절한 균형이 유지되어야만 한다.

한국의 원자력프로그램의 저력은 꾸준하고 지속적인 전력수요 증가에

기인한다.

꾸준한 전력수요 증가 때문에 신형원자력시스템이나 신원자로기술 또는 새로운 설계방식을 개발할 수 있는 것이다.

‘원자력의 평화적 이용’에 대한 올바른 홍보와 교육을 위하여 국제원자력기구(IAEA)는 세계적 차원에서 그 객관적이고 신뢰할 만한 자료들을 제공하고 있다.

체르노빌 사고 이후 원자력의 평화적 이용을 위한 세계원자력의 무대는 유럽에서 아시아로 점차 옮겨가고 있다.

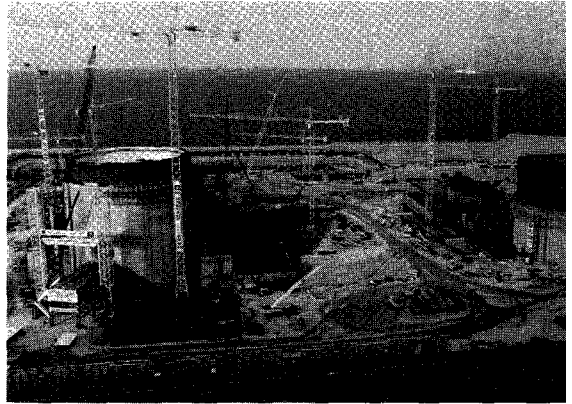
21세기의 세계 원자력개발 및 이용을 주도하게 될 저력은 현재 유럽에 비교하여 1인당 에너지소비가 적고 경제개발이 왕성한 동아시아가 될 것이다.

따라서 지역적인 문제가 지역의 이해관계 차원에서 지역협력을 통하여 유용하고 신속하게 해결될 것이다.

이런 중요한 정보의 전파는 대중매체 및 교육기관에서 국민과 학생들에게 적기에 적절한 원자력지식을 전달하는 데 중요하다.

효율적인 지역대책

그린피스, Concerned Scientists 등의 반핵활동단체간에는 긴밀한 국



울진원자력 3·4호기 건설현장

제협력이 이루어지고 있는 반면에, 한국의 원자력계는 국민 관심사항에 대해 정부가 모든 것을 해결해 줄 것으로 믿고 있다.

원자력 지지자들은 산업·의약·농업 및 식품제조에 대한 방사성동위원소와 방사선기술 적용으로부터 얻는 이익을 주장하는데 있어서 좀 더 능동적이어야 할 필요가 있다.

또한 원자력계는 우리의 일상생활에 있어 매우 중요한 현대과학의 중요한 편리성과 신뢰할 수 있는 에너지 공급의 차원에서, 원자력산업을 잃었을 때 얻어지는 손실에 대해 국민에게 알려야만 한다.

이러한 우회적인 대응은 원자력에 대한 대중의 인식을 증진시키는데 효과적인 방법이 될 것이다.

이러한 이유로 동아시아지역의 원자력산업회의의 회원들이 지역협력을 통해 국민들에게 원자력기술의 이점을 적극적으로 교육·홍보해 주기 바란다. ☞