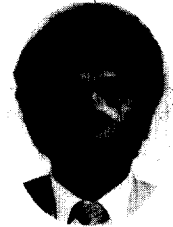


# 원자력발전 - 야누스 두 얼굴의 실상



申 載 仁  
(韓國電力技術株式會社)  
技 術 本 部 長

## I. 점증하는 원자력발전의 비 중과 반핵운동

1947년 미국에 원자력위원회가 설립되어 아이젠하워 대통령의 “원자력의 평화적 이용”에 관한 업무를 관장한 지 32년째인 1979년 3월 28일 미국 펜실바니아주 해리스버그 지역에 있는 중형의 원자력발전소로부터 하나의 뉴스가 전 세계 각 지역으로 타전된다.

서경 76.7도 북위 40.1도에 위치하고 있는 전장 3마일의 조그마한 쓰리마일섬은 2개의 원자력발전소를 품고 있으며 섬의 이름을 따서 각각 TMI-1, TMI-2로 명명하고 있었다. 이중 TMI-2는 900MWe급 원자력발전소로 1979년 1월 처음으로 상업운전을 시작한 이래로 전기회사인 GPU에 값싸고 저렴한 전력을 공급하는 평범한 발전소에 불과하였다며 주로 농경지대인 섬 주변과도 썩 잘 어울리는 모양을 하고 있었다.

1979년 3월 27일 23시에서 28일 07시까지의 운전근무자들은 전 근무자로부터 인계받은 운전 일지를 검토하고 별 이상이 없음을 확인하였다. 28일 04시 00분 37초, 운전원들은 터빈이 정지하고 비상급수펌프가 가동되며 8초 뒤에는 원자로가 트립되는 것을 감지하였다. 사고후 약

1분경에는 증기발생기의 물이 완전 고갈되었으며 2시간 30분경에는 원자로 노심부분의 냉각재가 증발되어 노심에 물이 없는 상태가 유발되었음이 판명되었다. 07시 24분에 발전소장이 일반비상을 발령하고 비상지휘반을 편성, 운영함으로써 유명한 TMI 원자력발전소의 사고는 그 서막을 올리게 된다.

이 사고는 기술자들에 의해서 확률 0으로 평가되던 핵연료의 용융이 발생되므로써 원자력발전소의 안전성평가에 중대한 전기를 마련하게 되고 원자력발전산업의 위축을 초래하였다.

TMI사고가 제 1막의 서장이라면 1986년 4월 26일 01시 23분에 발생된 소련의 체르노빌 원자력발전소의 사고는 원자력발전사에 있어서 제 2막의 뼈에로가 된다. 원자로에서 발생된 화재 및 폭발사고는 원자로건물을 파괴하고 원자로 내에 포함되어 있던 방사능 물질을 대기로 방출시킴으로서 전 세계의 비상한 관심속에 정치적 긴장까지 유발하게 된 재앙이었다. 소련은 상당기간 동안 사고경위 및 내용을 발표하지 않았으므로 사망자수 및 피해범위에 대해 억측이 난무하였다. 7월 19일 소련 정치국의 발표에 따르면 31명의 사망자와 중상 203명, 경상 237명 그리고 28억 달러 상당의 경제적 손실과 400평방마일의 오염이 따른 사상 최악의 대형 원자

력사고로 판명되었다.

이 두 사건은 미국 및 유럽 전역에 걸쳐 에너지 소비의 감소와 저유가에 따른 원자력발전소 신규건설 취소에 추가하여 스위스나 스웨덴에서는 결정적인 원자력발전소의 건설중지를 초래하는 계기를 만들었다. 특히 원자력발전소 건설을 반대하는 반핵단체에 대해서는 회심의 미소를 짓도록 크게 공헌하였다.

이렇게 치명적인 타격을 받은 원자력발전의 현재 상태와 미래의 전망은 어떠한가.

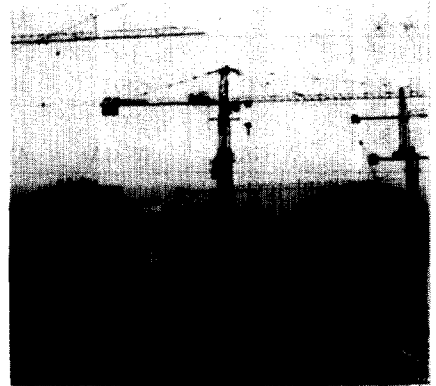
최근 불란서 전력회사인 PDF의 Jacques Leclerg 부사장이 쓴 "Nuclear Age"라는 책은 2020년까지 전 세계의 전력중 원자력 점유율이 30~40%로 증가할 것으로 예측하고 있다. 1986년말을 기준으로 하여 볼 때 전 세계적으로 378기의 원자력발전소가 가동중에 있어서 265.8GWe의 발전용량을 보유하고 있고, 세계 총 발전량의 15%를 원자력이 점유하고 있다. 앞으로도 108기의 건설중인 발전소를 포함하여 1995년까지는 552기~587기, 2000년까지는 565기~648기까지의 원자력발전소가 가동될 것으로 예측되고 있어 선진국 전력생산의 40% 이상을 원자력이 담당할 것으로 예측된다.

국내의 원자력발전소 건설계획은 1956년 문교부 산하부서인 원자력과가 시발점이 된다. 그 해 2월에는 한미간에 원자력의 평화적 이용에 관한 상호협력 계약이 체결되며 1959년에 원자력청이 구성되면서 본격화되었다. 1970년 한국전력이 원자력발전소 건설을 주도하면서 고리 1호기(587MWe, PWR)를 미국의 웨스팅하우스사에 일괄계약으로 발주하였고, 고리2호기(650MWe, PWR)와 월성 1호기(678.7MWe, PHWR)를 1977년과 1976년에 각각 발주함으로써 외국회사의 기술협조에 의한 제 2세대 원자력발전소 건설이 시작되었다. 그 후 원자력 5, 6호기(950MWe, PWR)와 7, 8호기(950MWe, PWR)가 분할발주 형태로 계약됨으로서 국내기술진이 적극 참여하여 사업을 주관하는 제 2세대 원자력발전소 건설시기를 맞게 된다. 프랑스 회사들에게 주기가 발주된 원자력 9, 10호기(950MWe, PWR)와 더불어 국내 원자력기술의 축적

및 개발의 대부분이 이 시기에 이루어지게 된다.

금년에 발주될 예정인 원자력 11, 12호기는 이러한 분류로 하면 제 3세대가 된다. 그동안 쌓아온 기술을 바탕으로 하여 국내 각 업체가 주계약자가 되며 외국업체들은 기술능력을 제공하는 하청업체로서의 계약형태를 취함으로써 완전한 국내업체 주도하에 사업을 운영하게 된다.

현재 국내에서 운전 또는 건설중에 있는 원자력발전소의 현황은 표 1과 같다.



건설중인 원자력 9, 10호기

1986년 우리나라의 각 전원별 구성비율은 수력(양수 포함)이 12.3%, 석탄이 20.5%, 석유 26.7%, 가스 14.1%, 원자력 26.4%로 되어 있으나 현재 건설중이거나 발주중인 원자력발전소가 건설되면 1991년에는 35%, 2000년대에는 약 40%의 발전설비 용량을 원자력이 차지할 것으로 예상된다. 원자력발전소는 대용량, 고건설비의 특성때문에 주로 기저부하를 감당하고 있어 발전원별 발전량으로 살펴본다면 원자력의 비중은 더욱 높아지게 된다. 1985년 한전의 총발전량 56,180GWH중 원자력이 차지하는 비중은 29.8%로서 1991년도에는 49%, 1996년도에는 44%에 육박할 것으로 예상된다.

이러한 통계숫자에서 보는 바와 같이 현재 원자력에 관한 일부의 반대의견이 있음에도 불구하고 지금도 총 발전량중 원자력의 점유비율이 계속 높아지고 있는 추세에 있으며 앞으로도 원자력발전소의 추가건설 계획을 각국이 가지고 있는 것이 사실이다. 무엇이 계속적으로 원자력을 사용토록 하는 매력인가? 과연 원자력발

표 1. 원자력발전소 운영 및 건설현장

구분	1 호 기	2 호 기	3 호 기	5/6호기	7/8호기	9/10호기	11/12호기
위 치	경남양산	좌 동	경북월성	경남양산	전남영광	경북울진	전남영광
설비 용량 (Mwe)	587	650	678.7	950×2 기	950×2 기	950×2 기	950×2 기
상업 운전	1978. 4	1983. 6	1982. 12	1985. 9 (5) ~ 1986. 6 (6)	'86. 12 (7) ~ '87. 9 (8)	'88. 9 (9) ~ '89. 10 (10)	'95. 3 (11) ~ '96. 3 (12)
원 자 로 형	가압경수로 (PWR)	좌 동	가압중수로 (PHWR)	가압경수로 (PWR)	좌 동	좌 동	좌 동
원 자 로 공급 회사	(미) W	(미) W	(카) AECL	(미) W	(미) W	(불) 프라마툼	-
터빈발전기 공급 회사	(영) GEC	(영) GEC	(영) 카슨스	(영) GEC	(미) W	(불) 알스툼	KHIC
기술 용역	(미) W/GAI	(미) W/GAI	(카) AECL	(미) 백 텔	(미) 백 텔	(불) 프라마툼알스툼	KOPEC
주 차 관 선	(미) EXIM (영) Lazards	좌 동	(카) ECD	(미) EXIM	(미) EXIM	(불) BFCE	-
국내 시 공 회 사	현대 건설 동아 건설	좌 동	좌 동	현대 건설	좌 동	동아 건설 한국중공업	-
계약 방식	일괄발주형 (턴 키)	좌 동	좌 동	분할발주형 (논·턴키)	좌 동	좌 동 (1.2차분할)	국 내 주 계약
사업 관리	계약자주도형	좌 동	좌 동	한전주도형	좌 동	좌 동	한 전

전소는 안전하며 경제적인가? 다른 대체에너지의 기술적 진보와 경제성 향상에 원자력은 계속적인 우위를 지킬 수 있을 것인가? 그리고 근본적으로 원자력은 우리나라에 필요한 에너지인가? 이러한 의문점 등은 에너지에 관심이 있는 일반 대중들이 곧 묻고 싶은 질문들이 될 것이다.

## II. 원자력 안전성 비판 및 실제

전력사업에 종사하지 않은 일반 대중들의 원자력에 관한 제일 큰 의문점은, 과연 원자력은 사용하기에 안전한 에너지원인가? 하는 것이다. 사실 원자력이 일반 대중에 공식적으로 선을 보인 것은 2차대전의 종말을 고하게 한 원자폭탄이었으며 그 후부터는 일반대중의 가슴속에는 원자력의 긍정적 측면보다는 공포와 관련된 부정적 측면이 크게 부각되어 투영되고

있게 된다. 원자력발전소의 건설을 반대하기 위한 데모에는 필수적으로 원폭과 사람의 두골과 X자형의 회색빛 뼈가 옛날 바이킹족의 문장처럼 나부끼게 된다. 사람들은 본능적으로, 직접 만질 수 없거나 눈으로 볼 수 없는 환경을 공상적으로 확대해석하는 경향이 있으며 매일 자주 접촉하는 일상 교통사고보다는 흔치 않은 대형 사고를 더욱 두려워 하게 된다. 원자력을 방사선, 핵분열, 원자등 관련된 작용이나 현상물질들이 비가시적인 것 때문에 잘못하면 만화책을 읽는 상상력을 동원하여 공포의 외인 구단으로 변질될 수도 있는 것이다.

### 원자력발전과 원자폭탄-야누스의 두 얼굴

원자력발전은 원자폭탄의 원리를 이용하지만 근본적인 구조상에 있어서는 원자폭탄과는 상이하게 구성되어 있다. 원자력발전소는 동작원리에 있어서는 석유나 석탄발전소와 설계가 동일하나 석유나 석탄을 이용하여 수증기를 얻는 보

일리대신에 원자로를 사용하고 있다. 원자로는 우라늄235라는 핵분열 물질을 이용하여 하나의 원자가 두 개로 분열하면서 방출하는 질량결손 에너지를 사용한다. 원자폭탄은 짧은 시간 내 급격한 에너지의 방출 즉, 폭발을 필요로 하기 때문에 우라늄235가 100% 가깝게 농축되어 있어야 하지만 원자력발전은 장기간 에너지를 소량 발생시켜야 하므로 우라늄235의 성분비를 핵연료중의 2~4% 정도만 사용하여 폭발이 일어날 수 없도록 하고 있다. 원자력발전소에서 사용하고 나온 핵연료에 포함된 프루토늄239가 원자폭탄 제조물질로 사용될 수 있으나 약 11kg의 원폭 재료인 프루토늄을 얻기 위해 3.7m 길이의 핵연료 680kg을 약 100톤가량의 용기에 집어 넣고 특수공장으로 운반하여 핵연료로부터 프루토늄을 분리하여야 하는 특수 제조과정을 거쳐야 하기 때문에 핵연료 도난에 의한 원폭 제조도 불가능하다. 기술적으로 원폭은 원자력발전소가 없이 제조 가능하며 원자력발전소에서 원폭제조를 쉽게 할 수 있도록 도움을 주는 정도로 미약한 편이다.

### 다중방호의 개념

원자력발전소에서 예상되는 가장 큰 사고는 냉각재 상실사고(LOCA)에 의한 핵연료의 용융과 이 물질의 대기방출에 따른 심각한 자연 및 인체오염 사고이다. "China Syndrome"이란 영화에서는 이 가상사고를 재미있게 극화시키고 있지만 원자력발전소의 설계자들은 이 가상적인 최대 사고를 미연에 방지하거나 사고후 적절한 조치를 취하므로써 피해를 최소화시키기 위해 다중의 안전장치와 보호벽을 설치하도록 하고 있다.

독성의 방사성물질은 핵반응의 와중에서 핵연료 내부에 생성된다. 이 물질이 외부로 방출되기 위해서는 가압경수로인 경우 핵연료를 감싸고 있는 핵연료 피복관, 원자로 구조물, 원자로 압력용기, 원자로의 콘크리트 차폐벽, 격납용기, 원자로 건물등의 보호벽을 통과하여야 한다. 이러한 보호벽들은 설계과정에서 실험자료와 재료특성들을 면밀히 검토하여 안전범위

에 들어 있도록 설계하고 있다. 다중방호의 개념은 원자력발전소의 설계에서 필수적으로 사용하는 근본개념이다. 설계의 첫 단계에서 원자력발전소의 안전과 관련된 계통이나 기기는 그 중요도에 따라 1, 2, 3등급으로 각각 분류되어 정해진 특별 기술규격이나 기준에 따라 설계·점검·건설이 이루어지며 이중 특히 안전관련 중요설비는 같은 성능을 가진 설비가 독립적으로 이중(二重) 이상 설치되도록 고려함으로써 그중의 하나가 고장이 나더라도 동작에는 이상이 없도록 하고 있다. 또한 1974년 이후에 급격히 기술이 발달한 확률론적 위험도 평가기법(PRA)은 기존 발전소의 안전성 취약계통이나 설비를 찾아내고 공학적으로 보강하는 데 매우 진요하게 쓰이고 있다.

우리나라에 들어와 있는 가압경수로(PWR)와 가압중수로(PHWR)는 위와 같은 안전 설비와 설계개념을 완벽할 정도로 적용하고 있는 원자력발전소이다.

전 세계적으로 이미 개발이 되어서 상용화되어 있는 원자력발전소에는 이외에도 비등형경수로(BWR), 고온가스로(HTGR), 고속중식로(FBR)등이 있으나 안전개념은 상호 유사하다.

소련의 체르노빌발전소는 RBMK형 발전소에서 서방세계의 원자력발전소와는 설계개념이相異하다. 특히 크게 다른 점중의 하나가 다중방호벽중에서 원자로 격납용기 및 건물의 개념이 없다는 사항이다. 미국의 TMI사고가 아무런 인명피해가 없이 끝날 수 있었지만 소련의 체르노빌사고는 외국에까지 엄청난 피해를 주었던 가장 큰 원인은 바로 이상이점 때문이었다. TMI에서는 외부와 격리를 시켜주는 원자로 격납용기와 건물이 사고가 완전히 수습될 때까지 계속 방사성물질의 외부누출을 막아주므로써 인명피해와 대기중의 방사성 오염을 피할 수 있도록 해주었다. 이 구조물들의 건전성은 바로 이러한 중요성때문에 주기적으로 점검을 받도록 하고 있다. 현재 우리나라의 원자력발전소에서 대기중에 방출되는 방사선량은 원자력 관계법상 규제치의 100분의 1로 운영하고 있으며 1985년도의 원자력발전소 주변 방사선량은 0.1~0.6

미리렘으로 평가되어 법적 규제선량 500미리렘의 0.02~0.12%에 불과한 것으로 나타났으며 이는 자연방사선에 의한 년 방사선량 100미리렘보다 훨씬 적은 수치이다.

기술기준 및 기술자립과 안전성

다중방호의 개념은 원자력발전소 설계 뿐만 아니라 제작, 건설, 인허가, 운전(비상대책 포함) 보수의 전 과정에 걸쳐 적용되고 있다. 이러한 기본안전개념은 근본이 되는 기술의 수준이나 규격을 명시하여 필수적으로 적용하도록 하고 그 적합성 여부를 인허가과정에서 재검토하므로써 어느 발전소든지 안전에 대한 기본개념을 통일시키고 규격화하게 된다. 우리나라는 대체로 미국, 불란서, 일본과 같이 설계 및 제작, 건설에 적용하는 기술수준 및 표준(Codes & Standards)을 공용하고 있으며 인허가제도 역시 기본개념을 비슷하게 답습하고 있다.

한전에서는 발전소 건설의 당사자 및 소유주로서 기술 및 설비의 국산화에 관심을 두고 있었으며 원자력발전소 11, 12호기 건설에 때맞추어 기술수준, 규격, 표준 그리고 품질관리에 대해서 국내실정에 알맞도록 재정비할 계획을 세우고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 기술의 수준이나 표준은 대체로 미국의 것을 원류로 삼는다. 그렇지만 일본, 불란서, 독일, 캐나다 등은 자국의 산업형태에 맞추어 보완 개정하여 별도 제정 사용하고 있다. 이것은 규정의 완화 또는 안전성의 저하를 목적으로 하지 않고 단지 자국에서 생산되는 소재가 미국의 제품과 상이하며 시험, 검사 및 검사제도, 확인등의 절차들이 미국과 다르기 때문이다.

품질관리 역시 현재까지는 국내 기술의 부족으로 IAEA나 미국의 10CFR50 APP. B를 중심으로 하여 원자력발전소의 안전성을 확보토록 하여 왔다. 그렇지만 제 3 공인검사기관이나 기술사제도, 검사제도등이 우리나라의 현실과 맞지 않으므로써 상당 부분의 Q. A. 활동을 외국에 의존할 수밖에 없는 처지였다. 이제 한전을 주축으로 한 전력그룹 안에 품질보증 실무분회가 조직되어 우리에게 알맞는 품질보증제도를

구축하는 작업을 벌이고 있다.

원자력기술의 자립 및 확보는 우리가 운전하는 원자력발전소를 우리 자신이 설계·제작·건설·운전 및 보수를 할 수 있으므로써 안전도를 더 높여줄 수가 있다. 충분한 능력을 소유한



원자력 11, 12호기 부지 세부지질조사

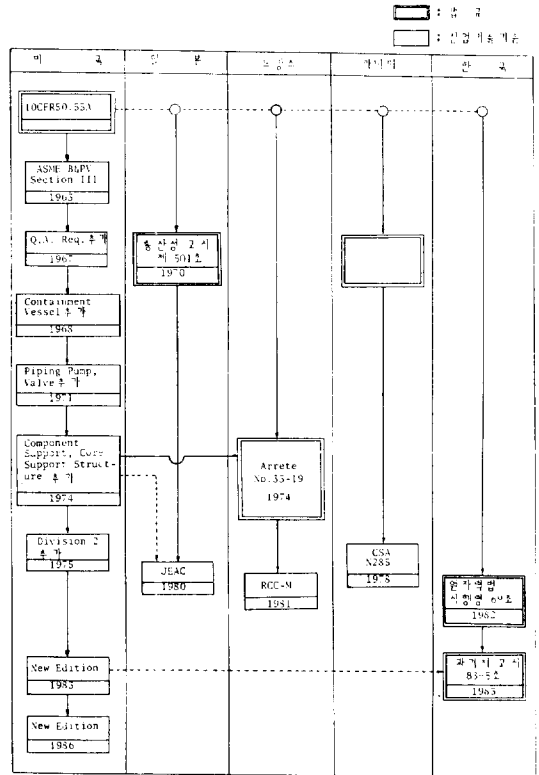


그림 1. 각국의 기계기술 기준 관련도

기술자, 운전원, 보수원들이 국내에 있음으로 인하여 심도있는 안전설계 및 건설 그리고 운전이 가능하기 때문이다. 그동안 쌓아 온 원자력의 기술이 이번 원자력11, 12호기 건설과 맞추어 각 관련회사들이 특별히 작성한 기술자립계획에 따라 꽃피울 수 있으리라 생각된다. 이제 한국은 기술자립을 통한 원자력 안전성 제고를 이룰 수가 있을 뿐만아니라 원자력기술의 혁신 능력까지 보유하므로써 세계 선진국과 동일한 위치에 설 수 있는 전기가 마련되고 있는 것이다.

그간에는 국내의 산업발달이 원자력과 같은 고품질 생산에는 미치지 못하였으며 축적된 기술들이 신뢰성을 보유하지 못하므로써 국내의 원자력법 역시 기술의 수준이나 규격에 대해서는 미국의 것을 사용함을 원칙으로 하고, 원자로 수입국의 것을 원용할 수 있도록 하였다.

이제 표2에서 보는 바와 같이 국내 원자력 산업의 기술능력이 급격하게 향상되었으며 품질관리면에서도 상당 수의 업체가 미국기계학회(ASME)의 N-Stamp를 획득하고 있으므로 인하여 국내 산업체 위주의 국산화정책을 정부에서도 관심을 두고 있다.

표 2. 국내의 기술능력

단위 : %

분야	호기	5/6	7/8	9/10	11/12	1995년
		자립율				
주 기 기	NSSS 계통설계	-	-	-	50	95
	NSSS 제작	10	18	26	68	95
	T/G 제작	11	28	40	90	95
A/E 설계업무		37.3	41.3	46	79	95
핵연료 설계(초기노심)		-	-	-	77	100
핵연료 제조		-	-	-	100	100

\*설계업무는 M/H 기준, 제작업무는 생산비 기준임.

### Ⅲ. 원자력발전 과연 경제적인가?

원자력발전의 상용화는 오일값의 상승에 따른 대체에너지 개발에 따라 급성장하게 된다. 원자력발전은 막대한 건설비의 투자에도 불구하고 저렴한 연료비에 힘입어 오일 및 석탄화력보다 발전단가가 훨씬 낮은 것으로 인식되어 왔다. 실제로 표3에서 보는 바와 같이 OECD 각국의 1984년도 기준 원자력 발전 원가는 캐나다와 미국의 석탄산지와 근접한 일부 지역을 제외하고

표 3. OECD 주요국가의 원자력 및 유연탄발전원가 비교

(단위 : mills/kWh, '84년도 가격기준)

		계	자 본 금	운 영 비	연 료 비	유연탄/원자력
벨 기 에	원자력	22.3	11.5	3.5	7.3	1.62
	유연탄	36.1	8.1	5.1	22.9	
미 국 (동 부)	원자력	43.6	32.0	4.5	7.1	1.08
	유연탄	47.0	14.2	4.0	28.8	
불 란 서	원자력	20.8	9.5	4.0	7.3	1.80
	유연탄	37.4	7.1	3.2	27.1	
이 태 리	원자력	24.3	12.4	3.5	8.4	1.41
	유연탄	34.2	6.8	2.8	24.6	
일 본	원자력	31.6	15.4	6.1	10.1	1.37
	유연탄	43.2	11.6	5.8	25.9	
독 일	원자력	27.1	15.6	5.0	6.5	1.41
	유연탄	38.3	7.6	5.8	24.9	
영 국	원자력	30.4	16.1	5.5	8.8	1.70
	유연탄	51.7	12.4	4.5	34.8	

(자료 : OECD (NEA) - 1986)

特輯 : 電氣 點燈 100주년

는 석탄화력보다 훨씬 저렴한 것으로 판명되었다. 1985년말부터 국내에서는 오일값의 하락과 더불어 원자력발전 원가가 TMI사고이후에 더욱 엄격해진 안전규제때문에 건설비 및 건설공기가 늘어나고 있는 미국의 추세에 따라 국내의 원자력발전 원가도 높아지는 경향을 보이고 있으나 아직도 원자력의 발전단가는 석유나 석탄화력에 비하여 훨씬 경제적이라는 평가를 받고 있다. 1986년도 한전의 발표에 따르면 1985년도 발전원가 실적치는 원자력이 27·27원/KWH, 유연탄이 32·14원/KWH, 석유가 54·25원/KWH로서 계속 원자력이 우위를 보이고 있다. 이 수치는 지급이자를 포함한 값으로서 지급이자를 포함하지 않을 경우에는 원자력이 18·16원/KWH, 유연탄이 24·77원/KWH 로서

원자력의 경제성 우위를 명확하게 나타내고 있다. 지급이자는 원자력의 경우 막대한 건설비 때문에 발생하는 것이어서 이자율, 물가상승율, 경제수명 등 발전단가를 결정하는 여러가지 구성요소의 특성에 따라 크게 좌우된다.

발전단가의 구성비율

발전단가는 일반적으로 발전소의 경제수명 년 한동안에 투입된 총 비용을 생산된 총 전력으로 나눈 개념으로 이해될 수 있다. 이 때의 주요 구성요소로서는 자본비, 연료비, 운전유지비로 크게 대별할 수 있으며 이 때 자본비는 건설비, 건설중 이자 및 물가상승비, 초기연료비, 해체비 등이 포함되며 연료비에는 핵연료 사용 후 처리처분 비용이 포함된다.

표 4에서 나타난 바와 같이 각국의 발전단가의 구성요소별 비율은 일정하지 않으나 원자력의 경우 연료비와 고정비(자본비+운전유지비)의 비율은 미국, 영국, 캐나다의 경우 2.2:7.8 그리고 그외의 국가에서는 대개 3:7의 비율이 됨을 알 수 있다. 우리나라의 경우는 이 비율이 1.5:8.5로서 과도한 고정비의 지출경향을 볼 수 있다. 반대로 석탄화력의 연료비 대 고정비의 비율은 표 5에서 보는 바와 같이 미국을 제외한 여러 나라들이 대부분 7:3의 비율을 이루고 있으나 우리나라는 5.5:4.5의 비율로 외국에 비하여 여전히 높은 고정비의 지출경향을 나타내고 있다.

따라서, 우리나라의 원자력발전소는 표준화, 건설공기의 단축, 기자재 및 기술의 국산화과정을 통하여 연료비와 자본비의 비율을 외국의 수준으로 높일 수 있다면 그 발전단가를 석탄화력에 비하여 더욱 낮출 수 있는 여지가 아직 많이 있음을 알 수 있다.

우리나라의 석탄 발전소와 원자력 발전소의 고정비 비율이 공히 외국에 비해 약 15% 정도 높다는 것은 건설비 및 지급 이자가 너무 많이 소요되고 있어 우리 나라 발전소의 경제성을 그만큼 더 떨어뜨리고 있는 셈이다. 특히 원자력 발전소의 고정비가 석탄 발전소의 고정비보다

표 4. 원자력발전단가 구성비(예)

(단위: %)

국가\이자	자본비(c)	운전유지비(m)	연료비(f)
벨기에	50	23	27
캐나다	53	25	22
핀란드	61	10	29
프랑스	49	18	33
서독	55	16	29
일본	52	18	30
스웨덴	57	15	28
미국	64	13	23
영국	69	9	22
한국	85		15

표 5. 석탄화력발전단가 구성비(예)

(단위: %)

국내\이자	자본비(c)	운전유지비(m)	연료비(f)
벨기에	17	9	74
캐나다	12	4	84
핀란드	22	5	73
프랑스	23	8	69
서독	17	13	70
일본	24	11	65
스웨덴	21	12	67
미국	35	13	52
영국	26	7	67
한국	46		54

월등히 많으므로 동등한 고정비 구성 비율 상승에 대한 실제 소요 비용은 원자력의 경우에 훨씬 큰 폭으로 증가하게 된다.

이러한 사실이 우리 나라 원자력 발전소의 경제성을 낮추고 있는 요인인 것이다.

### 달려 태우기

우리나라는 자원빈국이기 때문에 석탄, 석유와 같은 에너지를 외국으로 부터 수입하지 않을 수 없다. 따라서, 발전용 석유, 석탄, 원자력에너지의 수입때문에 발생하는 전원별 외화유출액을 살펴보면, 석유화력은 발전단가의 71% 외화유출이 불가피하며 석탄의 경우에는 55%의 발전단가가 석탄연료의 구매를 외화로 유출하여야 한다. 원자력의 경우에는 핵연료의 원량을 구매하며 농축을 완전히 외국에 의존할 경우 발전단가의 15%가 외국으로 유출되게 된다. 단, 이 경우에는 100%의 원자력발전 기술이 자립되었을 것으로 가정할 것이다. 전 수명기간 동안의 외화유출액을 계산하면 원자력은 12억불, 유연탄은 25억불의 외화가 사용된다. 힘들여 수출해서 벌어들인 외화를 석유나 석탄을 구매하기 위해서 보일러 안에서 태우는 격이 된다.

이러한 관점에서 살펴볼 때 원자력은 100%의 기술자립도만 이루어지면 외화의존도가 매우 적으므로 원자력을 준국산에너지로 부를 수 있다. 우리나라에 부존되어 있는 에너지 광물이 부족한 시점에 원자력은 장시간(1~2년) 핵연료를 사용하므로써 자연스럽게 에너지 비축효과까지 부수적으로 얻을 수 있다.

### 사회간접비용과 효과

각 전력원의 경제성 비교는 직접소요 경비에 의한 단순 발전단가 비교가 보통이지만 최근에 이르러서는 발전소의 건설이 사회전반에 미치는 효과가 크므로 이러한 사회간접효과를 비용으로 전환하여 발전단가를 평가하는 방법이 대두되고 있다.

사회에 미치는 간접효과는 대체로 발전소 건

설 및 운전에 따른 막대한 고용효과와 환경오염에 따른 복구비, 석탄이나 석유값의 변동에 따른 건설비와 연료비의 변동위험률, 연료공급의 불안전성, 연료나 비국산화 품목의 외국구매에 따른 국제관계의 정치적 상호협력관계 등이 고려되고 있다.

원자력은 막대한 고용효과와 미미한 환경오염, 연료의 안정적 확보, 원활한 국제협력등이 긍정적인 측면이며 화력보다는 조금 많은 폐열 때문에 일어나는 환경오염, 방사성폐기물의 처리처분등이 단점으로 인식되고 있다. 반면에 화력발전소는 방사성물질(라돈)의 방출, 산성비에 따른 환경오염, 석탄재의 처리문제, 석탄운반선의 점안을 위한 해안공사, 석탄가격의 불규칙한 변동 및 공급의 불안전성등이 단점으로 지적되고 있으며 상대적으로 적은 폐열 및 짧은 건설공기에 따른 전력공급의 신속성, 원자력에 비해 적은 연구개발비의 투자등이 장점으로 꼽히고 있다.

일반적으로는 고도의 원자력기술의 타 산업전파효과와 더불어 사회간접효과도 원자력이 우수한 것으로 평가되고 있다.

### 종합경제성

이상에서 언급된 바와 같이 현재 원자력은 유연탄화력보다는 발전단가가 낮은 것은 사실이지만 화력과 발전원가 차이의 폭이 매우 좁아졌기 때문에 그 우열을 크게 가질 수가 없다.

그러나, 원자력은 표준화, 건설공기 단축, 이윤율 제고, 기술자립등을 통해서 자본비의 절감을 이룩할 수 있는 가능성이 매우 많으므로써 화력보다는 경제성을 높일 수 있는 여지가 많다고 생각되어야 한다. 따라서, 원자력발전의 경제성은 화력이나 석유발전소에 비하여 직접단가 또는 사회간접효과를 고려, 훨씬 좋다고 결론지을 수 있다.



#### IV. 원자력발전의 미래 - 보라빛인가?

금년이 우리나라의 점등100주년이 되는 해라고 한다. 세계적으로 원자력발전이 상용화된 지는 30년이 불과하나 앞으로 전력생산의 40%를 원자력이 담당할 것으로 예상된다. 그렇지만 TMI사고와 체르노빌사고로 이어지는 악몽을 씻기 위해서 원자력기술의 선진 제국에서는 안전도가 매우 높고 단호기당 건설비가 적은 중소형(600MWe급이하) 원자력발전소를 개발하기 위해 관련 산업체들이 협력하여 공동 연구개발을 수행하고 있다. 이 신형 원자력발전소의 개념에는 재래식 원자력발전소와 비교하여 안전성의 급격한 향상을 목표로 하고 있음은 물론이고 표준화와 모듈화를 통한 경제성 제고, 계통구조의 간략화를 도모하므로써 이용률 향상을 꾀하고자 하는 목적을 갖고 있다.

원자로 기종으로는 현재의 가압경수로, 비등경수로, 고온개수로의 변형 형태를 개발하고 있으며 그외에도 고속중수로와 미래의 꿈인 핵융합로 연구가 활기를 띄우고 있다.

우리나라는 그동안 일천한 원자력역사에 비교하여 볼 때 괄목할 만한 기술의 진보를 가져왔다고 생각된다. 외국에 의존하던 시대에서 이제는 우리가 주도하여 원자력발전소를 설계·제작·건설·운전·보수할 수 있는 단계에 들어와 있다. 사실 우리나라에 에너지 부존자원으로서는 약간 저품질의 무연탄과 한계성 있는 수력자원 뿐으로서 원자력과 같은 준국산에너지를 활용하는 것은 당연한 이치이다.

그러나, 앞으로의 원자력발전을 발전적으로 추진하기 위해서는 기술의 자립은 물론 기술력

신과 신기술의 개발, 안전성 확보, 이용률 제고, 경제성 제고, 폐기물의 처리처분에 대한 확고한 정책이 수반되어야 한다. 현재로서는 한전을 중심으로 한 원자력관련 산업체들이 전력그룹을 형성하여 각각의 업무분장이 이루어졌으며 원전11, 12호기의 국내주도 계약, 기술자립 계약이 추진중에 있으므로 도약할 기본 받침대는 형성되었다고 생각하여야 할 것이다.

이외에도 표준원자력발전소 건설계획과 국내 산업에 적용할 수 있는 기술의 기준 및 표준에 대해서도 논의되고 있어 원자력 기술자립의 기본요건은 충족될 수 있을 것으로 예상된다. 특히 표준원자력발전소의 설계·건설은 기술의 혁신, 경제성 제고, 이용률 제고 측면에서도 매우 중요한 사업으로서 외국의 신형로 개발사업과 연계하여 우리 원자력기술의 선진화를 달성하는 계기가 될 것으로 생각된다.

지금까지 우리의 원자력발전소는 안전성 측면이나 이용률 측면에서 상당한 수준을 유지하고 있는 것이 사실이다. 그렇지만, 많은 분야의 기술을 항상 외국으로부터 전수받는 입장에서 얻은 결실이다. 이제는 이러한 일방통행적인 방식을 지양하고 공동 기술협력을 추구하는 대등한 위치로 오르기 위해서는 신기술의 개발과 기술혁신에 관심을 두고 추진하여야 할 것이다.

새로운 안전기술의 개발, 신형로 개발, 효율의 향상등을 추구하다 보면 개발된 고난도 원자력기술이 관련된 타 산업기술에 전파되어 전 산업의 기술을 질적으로 향상시켜 줄 수 있을 것이며 준국산에너지인 원자력의 활용으로 에너지 자립화에 기여할 수 있을 것이다.

이러한 관점에서 우리나라의 원자력 발전산업은 환한 미래를 맞아들이고 있는 것이 아닌가?