



原子力技術自立과 向後課題

Nuclear Power Plant Technology Self-Reliance & Related Problems

李文國

韓國電力技術(株) 原子力事業本部長

1. 서 론

18세기 산업혁명 이후 인류사회 동력의 근간을 이루어 왔던 화석 연료(석유, 석탄)가 다른 에너지원에 비견할 수 없는 여러가지 장점에도 불구하고 가채년수가 한정된데다가 (약 30년 정도로 추정) 1973년 석유수출국가기구(OPEC)에 의해 야기된 석유 파동으로 자국내에 확고한 에너지원이 없는 국가들이 이의 의존에서 탈피, 에너지원을 다변화하여 장래의 충격을 최소화하려는 부단한 노력을 기울여 왔음은 주지의 사실이다.

원자력은 대단위 동력을 소요로 하는 현대 산업사회에서 화석연료를 대체할 수 있는 유일한 수단으로 증명되었으며 이에따라 많은 국가들이 원자력의 독자적 개발 및 이용에 전력을 다하고 있는 바 1987년말 현재 총 발전량의 53%를 점유하고 원전 설비용량으로 세계 9위에 위치한 우리나라 원자력 발전의 기술자립을 위해 작금 본

격적인 논의와 노력이 활발히 진행됨은 지극히 당연하다고 하겠다.

원자력 기술자립은 독자적인 국가 에너지원의 확보라는 절대적인 대의명분 이외에도 많은 외화 절감과 고도의 기술축적 및 이의 타산업에의 파급 그리고 차세대 원자로(고속중식로, 핵융합로)의 기술 수용이라는 실익적인 측면에서 범국가적 차원에서 추진되어야 할 우리 세대의 중요한 임무중의 하나인 것이다.

본고에서는 한국전력공사(한전)를 위시하여 한국전력기술주식회사(한기), 한국에너지연구소(한에연), 한국중공업(한중), 한국핵연료주식회사(한핵) 등으로 구성되는 전력그룹협력회 회사들을 중심으로 지금까지 추진되어 온 원자력 기술자립 현황과 이를 위한 장차의 과제를 기술하고자 한다.

2. 기술자립 추진현황

1970년 7월 우리나라 최초로 고리 1호기 원자력 발전소가 외국 계약자(미국의 Westinghouse와 영국 GEC)에게 일괄도급(Turn-Key) 방식으로 발주된 이후 정부와 업계에서는 설계와 기기제작의 국산화 제고에 많은 관심을 기울여 왔다.

고리 1호기의 경우 원자력 안전계통에 관계 없는 2차계통의 순수저장설비, 2차 계통전선, 접지 및 조명설비 등에 국한해 약 8% 정도의 미미한 국산화 실적을 올린 반면 고리 2호기 및 월성 1호기 계약시 정부는 인가조건으로 고리 2호기의 경우 총 기자재 금액의 약 13%를, 그리고 월성 1호기는 약 10%를 국산화 하도록 의무화 하였다.

이러한 국산화 추진을 위해 한전, 외국계약자, 국내업체 대표로 국산화 타당성 조사단을 구성하고 탄소강 배관, 전선, 닥트작업 등 32개 국산화 가능 품목이 작성, 보고되었다.

한편 설계엔지니어링 분야에서도 고리 1호기의 경우 5% 정도 참여에 그쳤던 실적에 반해 월성 1호기에서는 약 16%의 참여 신장을 보였다.

또한 한전으로서도 최초로 건설되는 원자력 발전소 건설 및 운전 요원을 확보하기 위해 1972년부터 1977년까지 5년동안 제어실 운전 요원 및 건설 담당요원을 주로하여 66명의 기술인력을 Westinghouse와 GEC에서 훈련을 시켰으며 고리 2호기를 위해 1978년 부터 1980년 사이 38명을 Westinghouse에서, 그리고 월성 1호기를 위해 1976년 부터 1979년 사이 77명을 AECL에서 훈련을 이수토록 하였다.

또한 1974년 고리 현장에 자체 훈련기관을 설치하여 원자력 기술진 양성에 노력을 경주하였다.

이러한 국산화 제고 노력과 실적에도 불구하고, 외국계약자와 일괄 도급계약이라는 계약 특수성

때문에 비록 정부가 인가조건으로 일정 수준 이상의 국산화를 의무화 한다고 해도 한계가 있고 대상품목도 외국 계약자와 합의에 이르러야 되는 등 장애 요소가 많았다.

이에 따라 원자력 발전소 국산화를 제고에 한 획을 긋게 되는 새로운 계약방식으로 등장하게 된것이 고리 3, 4호기와 영광 1, 2호기의 분할 발주방식이다. 즉 한전은 미국의 유능한 엔지니어링 업체인 Bechtel을 고용하여 설계용역 업무와 건설관리 지원업무를 일임하고 계약조건으로 해외에서 수행되는 설계 엔지니어링 업무에 일정수의 한기 직원 공동참여를 의무화 하였다.

이에 따라 고리 3, 4호기의 경우 총 29명(1,050%)의 한기 직원이, 그리고 영광 1, 2호기의 경우 총 58명(1,152%)의 한기 직원이 미국 Bechtel사에 파견되어 Bechtel 직원과 공동으로 설계 엔지니어링에 참여하여 이 분야 기술자립의 초석을 쌓았다.

한편 핵증기 공급계통(NSSS)과 터빈 발전기(T/G)는 각각 미국의 Westinghouse와 영국의 GEC사에 발주하고 총 기자재 금액의 10% 및 11%를 국산화 하도록 하였으며 보조기기 국산화에 대해서는 구매 패키지 별로 국내 업체에게 직접 발주하는 방식(Case I)과 외국 보조기기 제작자가 주문을 받아 그들의 책임하에 국내 업체와 기술제휴로 국내에서 제작 공급하는 국산화 방식(Case II)의 두가지 방식으로 추진하여 총 국산화율은 고리 3, 4호기 경우 29.2%, 그리고 영광 1, 2호기 경우 35.5%로 제고되었다.

울진 1, 2호기는 계약 방식이 일괄도급 방식과 분할 발주방식의 혼용 형식 비슷한 Island Approach개념으로 1차 계통은 프랑스의 Framatome사가, 그리고 2차계통은 Alstom사가 공급하는 내용이었으나 국산화를 향상 대책은

고리 3, 4호기 계약 개념을 그대로 도입해서 설계 엔지니어링의 경우 46%, 기자재의 경우 40%의 국산화를 이룩하였다.

고리 1호기에서 월성 1호기에 이르는 기간은 원자력기술 불모지의 이 땅에 선진 외국회사가 건설하는 과정에서 단순히 원자력 기술을 경험하는 시기였다면 고리 3, 4호기부터 울진 1, 2호기에 이르는 기간은 기술자립 의식이 발아되고 성장되어 계약을 주도하고 국산화를 적극 추진하여 훗날 본격적인 원자력 기술자립의 터전이 되는 기술 축적의 시기라고 할 수 있다.

이상에서 언급한 고리 1호기 부터 울진 1, 2호기에 이르는 동안 국산화 추이를 종합해 보면 표 1과 같다.

각 관련사별로 한전과의 유대하에 산발적으로 자사 국산화를 제고에 주력하던 기술축적시기인 1984년 7월 정부(동자부)는 “원자력 발전 경제성 제고방안 추진” 방침에 의거 원전 건설에 관련되는 국내 업체의 기술자립 목표를 제시하고 국내 업체를 주계약자로 한 발전소 건설 계약방식을 제시할 것을 요구하였다.

또한 기술자립체제와 각사별 분업체제 확립을 강조하고 전력기술 협력위원회 설치 운영을 권

장하였다.

이에 따라 각 관련사는 비로소 국산화라는 협의의 테두리에서 벗어나 자립이라는 광의의 테두리에서 그 목표를 설정하고 이의 실천 방안을 동자부에 제시하였다.

이때 보고된 주요 내용은 아래와 같다.
가. 기술자립 목표

구 분	'84년현재자립률(%)	'90년대 초반목표(%)
설계 용역	70%	90%
기자재생산	60%	90%
건설 시공	99%	100%
핵연료생산	0%	100%

나. 발전소 건설 계약 방식의 전환

- 국내 업체를 주계약자로 함
- 기술전수 위주의 외자 도입 계약

다. 표준 설계에 의한 발전소 건설

- 동시에 다수기 추진 (최소한 6기)
- 계획 생산 체제의 구축 (동일 설계의 반복 생산)

라. 분업체제의 확립

- 한전 : 종합 사업관리
- 한기 : 설계 및 엔지니어링
- 한중 : 기자재 생산공급 및 설치

〈표 1〉

호 기	노 형	출력 (Mwe)	공 급 업 자		국산화율(%)	
			원 자 료	터빈·발전기	설 계	기 기
고리 1	PWR	587	WH	GEC	5	8
고리 2	PWR	587	WH	GEC	5	13
월성 1	CANDU PHW	678	AECL	PARSONS	16	10
고리 3, 4	PWR	950	WH	GEC	37	29.2
영광 1, 2	PWR	950	WH	WH	44	35.6
울진 1, 2	PWR	1000	FRAMATOME	ALSTHOM	46	40.1

- 한핵 : 핵연료생산
- 한에연 : 핵 관련기술 연구개발
- 마. 기술협조 체제의 확립
 - 전력그룹 기술협력위원회 설치 운영
 - 기술자료의 집중관리

본안은 1985년 5월 정부 전원계획이 2001년까지 원전 8기 건설을 2004년까지 8기 건설로 축소조정되고 핵증기 공급계통설계를 한에연으로 일원화 함에 따라 1차 수정되어 정부에 보고 되었으며 1986년 3월 영광 3, 4 호기 관련 계약이 마무리되어 감에 따라 영광 원자력 3, 4 호기를 통해 95% 이상 자립한다는 목표조정으로 2차 수정되어 보고되었다.

수정된 안에 따르면 기자재 설계 및 제작, 핵증기 공급계통 설계, 플랜트 종합설계 기술용역은 영광 3 호기 가동 목표 연도인 '95년 까지 '95% 이상 자립하는 목표이며 핵연료 설계와 제조는 100% 자립하는 목표이다.

본 수정안에 대해 동자부는 1986년 7월 "원자력 발전자립 기술계획 보완"을 지시하였고 또 1987년 4월 영광 원자력 3, 4 호기 계약이 조인됨에 따라 변경된 상황을 수용하여 1988년 4월 한

전을 위시, 모든 전력그룹사가 공동으로 심혈을 기울여 방대한 "원자력 발전소 건설 기술자립 실천계획"을 집대성하였다.

기술자립 실천계획에서는 각사별 자립목표해인 1995년을 기준으로 보다 세밀하게 세우고 영광 원자력 3, 4 호기 계약과 관련한 각사의 국산화율을 제시하였다. 또한 각사별로 현재의 기술 수준을 자세히 평가하고 이에 따라 미자립된 기술을 어떻게 자립하고자 하는지 연도별로 그 방법을 자세히 소개하고 있다.

참고로 자립계획서에서 분석한 영광 3, 4 호기 국산화율과 설정한 자립목표는 표 2 와 같다.

이상에서 지금까지 추진되어 온 원자력발전소 기술자립 추진현황을 간단히 고찰하였거니와 현재 한전을 중심으로 각 전력 그룹사는 사장단으로 구성되는 전력 그룹 협의회를 설치하여 기술자립에 관한 제반사항을 최고 경영자 레벨에서 협의, 검토하고 있으며 산하에 부사장단으로 구성되는 원자력 건설 추진위원회를, 또 그 산하에 본부장급으로 구성되는 기술자립 분과위원회를 두고 수시로 기술자립에 관련된 정책을 세우고 이의 실천을 독려하며 대정부 및 다른 업체와

〈표 2〉

구 분	관련사	영광 3, 4 호기 국산화율 (%)	목표 (1995년도) (%)
종합 사업관리	한 전		98
기자재 제작	핵증기공급계통	한 중	63
	터빈·발전기	한 중	94
	소 계		74
설 계	플랜트종합설계	한 기	75
	원자로계통설계	한에연	50
	핵연료 설계	한에연	50
	소 계		58
핵 연료 제조	한 핵	100	100

긴밀한 관계를 유지하고 있다.

3. 기술자립 추진방안

원전 건설과 관련한 각 전력그룹사의 업무분장과 각사별 자립목표는 제 2장에서 기술했거니와 그러한 목표를 어떻게 달성할 것인가 하는 문제가 작금 원전 건설에 종사하는 모든 사람들의 지대한 관심사가 되고 있다.

전술한 바 고리 1호기 부터 올진 1, 2호기 건설에 이르는 동안 부단한 정부-전력업계의 노력으로 상당 수준의 기술과 경험이 축적된데 힘입어 영광 원자력 3, 4호기 계약은 국내 업체를 주계약자로 하고 각 국내 업체는 부족 기술을 보완하기 위해 외국 업체와 하청계약을 맺은 것이 특색이라 할 수 있다.

다시 말하면 전력 그룹 산하 회사들이 비로소 원전 건설의 주역을 담당하면서 자립 단계로 진입한 것이다.

아울러 추후 각사의 업무를 독자적으로 수행하는 데 필요한 일체의 전산프로그램 및 기술자료를 확보하고 그러한 업무를 수행할 인적요소에 능력을 부여하는 교육 훈련을 골자로 하여 별도 기술도입 계약을 체결하였다.

전력그룹사 기술자립 방안은 이와 같은 영광 원자력 3, 4호기 건설계약 특성 위에서 작성되었으며 또 이해될 수 있다.

가. 영광원자력 3, 4호기 사업수행

지금까지 각 관련사가 기술과 경험을 축적해 온 과정은 주계약자인 외국 계약자 밑에서 제한된 범위와 기간동안 계약자가 요구하는 설계 결과물을 생산하거나 기기의 경우에도 비안정성 품목을 위주로 계약자와 합의된 조건하에 제작해 왔기 때문에 산발적이며 전체 사업 사이클을 전혀 경험해 보지 못한 것이 큰 문제로 지적되

어 왔다.

금번 영광 원자력 3, 4호기 주계약자로 선정되면서 각사는 비로소 주체적인 입장에서 외국 계약자와 공동으로 사업수행을 하게 되었고 이의 성공적인 수행은 원전 기술자립을 달성했다고 해도 과언이 아닐 정도로 큰 비중을 차지하고 있다.

외국 계약자의 사업참여는 핵심 기술분야에 한정시켜 최소화 했고 설계업무는 국내에서 수행하는 것을 원칙으로 하여 보다 많은 기술 이전의 효과를 기하고 있다. 영광 원전 3, 4호기 이후의 후속기가 영광 원전 3, 4호기를 참고 발전소로 하여 전력그룹회사 단독으로 추진되는 것을 가정할 때 영광 원전 3, 4호기 사업 수행에서 축적되는 전 공정의 경험기술(Know-how)은 기술자립의 가장 중요한 요소가 될 것이다.

사업의 성공적 수행에 관한 논의는 본제목과는 거리가 있고 한정된 지면 관계로 생략하기로 한다.

나. 기술도입

사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 능력있는 인적자원의 확보와 사업수행의 수단이 되는 도구, 즉 전산 프로그램, 도면, 각종 기술문서 등이 갖추어져야 한다. 영광 원전 3, 4호기 사업수행 계약 체결시 국내 주계약 회사들은 별도의 기술도입 계약을 사업수행 계약자와 체결하고 영광 원전 3, 4호기는 물론 추후 각사가 담당하고 있는 분야의 업무를 독자적으로 수행하는데 필요한 도구를 도입 했거나 도입하고 있으며 사업수행만을 통해서는 축적하기 힘든 심도 있는 기술(Know-why) 또는 자사 취약요소 기술을 습득하기 위해 많은 직원들을 국내외에서 훈련시키고 있다.

또한 기술도입 계약은 외국 계약자가 수행하고 있는 연구개발 사업에 국내 기술진의 참여분

호를 개방하고 있으며 (CE -한에연) 사업수행 또는 자체 기술 개발과정에서 필요한 기술자문도 받을 수 있도록 구성되어 있다.

이전된 전산 프로그램과 기술자문은 비록 소유권 자체를 획득할 수는 없었으나 영구적으로 사용할 수 있는 영구 비독점 사용권을 취득해서 추후 타 사업에도 무제한 사용이 가능하고 교육 훈련에도 전력그룹사 직원 상호 참여 가능성을 계약에 반영, 예를 들면 한기의 국내 교육에 한전, 한중, 현대 등 100여명의 협력회 및 관련 회사 직원들이 교육을 이수했다('88. 8. 31 현재).

다. 자체 기술개발

외국 계약자와 공동으로 수행하는 사업수행과정에서 얻어지는 기술은 경험기술(Know-how)로서 사업수행을 어떻게(how) 한다는 방법론을 터득하는 일종의 경험이다.

사업수행 자체는 예산과 일정에 엄격히 통제를 받기 때문에 방법론적 기술의 근원을 규명하고 파악할 겨를이 없게 된다.

이러한 단점을 보완하기 위해 관련사는 별도 기술도입 계약하에 교육훈련 또는 기술자문을 통해 왜(Why) 그런 방법이 채택되었는지를 이해하고자 함은 전술한 바와 같다. 그러나 이것은 외국인이 자국에 맞게 개발한 그 기술의 본질을 이해하는 것이지 우리의 기술은 아닌 것이다.

또 사업수행 도구로 도입한 전산 프로그램이나 기술자문도 외국의 법규, 기술기준 및 단위에 기초하고 있기 때문에 우리의 현실과는 다소 거리가 있어 이를 국산화하는 것도 기술 자립으로 가는 과정에서 해결해야 할 하나의 과제인 것이다.

이와같은 업무는 사업에 참여하는 인원으로서 수행 불가한 일이기 때문에 관련사는 별도 자체 기술개발 인력을 두고 도입기술의 국산화에도 주력하고 있다.

라. 설계검증 및 시작품 제작

영광 원자력 3, 4호기 사업을 외국 회사와 공동 수행함으로써 많은 경험기술이 터득되는 것은 사실이나 실제로 우리나라 기술진 단독으로 차후 사업을 수행하기 앞서 일부 기술취약부분에 모의 설계 내지는 모의제작의 필요성이 공통으로 인식되었다.

원전 건설이 다른 어느 건설에도 비교할 수 없는 엄청난 공사비를 소요할 뿐더러 안전성이 무엇보다 강조되는 점에서 “하면 된다”라는 식의 모험이 통용될 수 없고 따라서 실제 사업수행전 취약 기술에 대해 확인 작업을 수행하는 개념이다.

그러나 이 설계검증 및 시작품 제작은 많은 인력과 경비가 소요되고 또 후속기 발주 시점과도 직결되어 있어 그 수행 규모는 아직 미지수라고 하겠다.

즉, 영광 원자력 3, 4호기 사업수행이 한창일 때 후속기가 발주되는 경우 설계검증 또는 시작품 제작업무에 가용할 수 있는 인원 및 시간의 제약도 클 것이며 소요 비용 또한 국가적 차원의 지원을 필요로 하기 때문이다.

참고로 각사별 설계검증 및 시작품 제작계획은 아래와 같다.

설계검증

○한기 : 94건

○한중 : 23건

○한에연 : 연간단위로 계획수립 예정 (핵연료 설계 : 15건)

시작품 제작

○원자로 부분 : 16건

○터빈, 발전기 부분 : 6건

○핵연료 부분 : 1건

마. 정부 및 전력 그룹사간 협력체제 강화

계획된 원전 건설 기술자립을 달성하기 위해서는 정부관계부처 및 각 전력그룹사 간에 일사불란한 협력 체계가 유지되어 정부에서 정책적으로 결정 및 지원해 주어야 할 사항 등에 대해서도 그 방안을 논의하고 그룹사 사이에서도 기술정보의 교환 및 상호 보완적인 관계가 유지되어야 할 것이다.

현재 동자부와 과기처를 중심으로 각 그룹사 대표들로 구성된 기술자립보고회의를 연 1회 개최하는 것을 검토중에 있으며 그룹사간에는 단말기를 이용하여 상대 전산 시스템을 이용하거나 어느 한 회사의 교육훈련에 다른 회사직원의 참여를 유도하는 등 긴밀한 협력체계가 유지되고 있다.

또한 한달에 한번씩 기술자립 현황과 문제점을 검토하고 토의하는 사업책임자(기술자립 책임자) 회의를 개최해 오고 있다. 나아가 현재 진행중인 전력 그룹 Workshop을 활성화시켜 기술자립 추진 관련 정책 수립을 위한 의견을 수렴하고 대국민 원자력 홍보도 강화할 예정이다.

4. 외국 기술자립 사례

미국이 세계 최초로 상업 원자로 기술을 개발하고 또 이를 보편화한 중주국이라면 미국의 기술을 여러가지 형태로 이전받아 나름대로 자국 원전기술 자립을 이룩하고 나아가 세계 유수 국가에 수출까지 하는 대표적인 성공 사례가 프랑스, 서독이다. 일본 역시 미국의 원전 기술을 토대로 완전한 기술자립을 이룩한 나라이지만 아직 해외수출 실적이 없는 점이 프랑스, 서독과는 다르다고 할 수 있다.

여기서는 지면 관계상 극히 피상적으로 그 사례를 살펴보겠지만 유의할 것은 이 나라들이 원자력 기술을 도입할 당시의 하부 공업구조와 기

술수준이 우리의 현실과는 너무 다르다는 점이다. 그들은 이미 당시에 터빈 발전기를 위시한 많은 보조기자재 생산기술이 이미 세계적인 수준이었으며 관리능력이나 기타 기술 잠재력이 막강해서 원자력이란 새로운 기술이 매우 자연스럽게 접목될 수 있었다.

또한 우리와는 비교할 수 없는 많은 전력소비 즉, 다량의 원전 발주가 무엇보다 특정한 기술자립의 초석이 되었다.

물리적 형체로서 나타나지는 않았으며 정부를 비롯 모든 관련사들의 일사불란한 협력, 공익을 위한 지극한 헌신 등은 짧은 기간동안 이제 모두 종주국을 상회하는 원전 선진국으로 부상하는 밑거름이었다.

가. 프랑스

미국에서 원전기술을 이전 받아 자립을 이룩한 성공사례 중에서도 프랑스는 그 대표적 케이스이다.

2차 대전직후 낙후된 프랑스 과학기술을 진흥시키기 위한 일환으로 1945년 10월 프랑스 원자력 연구소가 창설되고 1947년에는 최초의 프랑스 시험 원자로(ZOE)가 가동되었다.

1953년에는 Marcoule에 자연 우라늄을 사용한 프랑스 최초의 원자로가 건설되었으며 1954년 프랑스 전력공사인 EDF는 이 원자로를 이용한 전력생산 가능성을 검토하고 프랑스에 총 6기, 그리고 스페인에 1기를 건설하였다.

1968년 경제성 문제로 자국이 개발한 자연 우라늄-가스 냉각방식의 원자로를 포기하고 미국 Westinghouse가 개발한 가압경수로형으로 전환할 것을 결정하여 1970년 최초의 900Mwe급 가압경수로 원전이 발주되었다.

Westinghouse의 가압경수로를 채택하기로 결정한 1968년부터 본격적인 원전 발주가 시작되는 1973년 석유파동 쇠퇴까지를 프랑스에서는 자

립 1 단계(적응단계)로 분류하고 있다.

이 기간동안 프랑스는 원자력 산업계를 정돈하여 프랑스 전력공사인 EDF가 설계, 엔지니어링과 사업관리를 담당하고 Framatome은 핵증기 공급계통(NSSS) 및 그 보조기기를, 그리고 Alsthom은 터빈, 발전기를 설계, 제작, 설치하도록 하였다. Framatome은 제반여건을 검토한 결과 Westinghouse와 합작을 통해 기술을 이전받기도 하고 1972년 합작 계약에 서명하였다. 자립 1 단계 기간동안 원전 발주는 그다지 활발치 못해 총 6기의 900Mwe급이 발주되었다.

이와 같이 이 기간동안은 Westinghouse 900 Mwe 모델 적응단계로서 기기 생산업체들을 전문화하고 기기생산에 필요한 새로운 기술습득에 주력하였으며 특히 공정개발 및 품질관리 기법 응용에 많은 노력을 경주하였다.

또한 프랑스 원자력 연구소인 CEA, 전력공사인 EDF를 위시하여 많은 원전건설 관련회사들도 이 기간 동안 연구개발에 투자를 아끼지 않았다.

1973년 석유파동은 프랑스 원전의 대량 발주 시대의 문을 열었으며 원전 선진국으로 부상하는 계기를 마련해 주었다.

1974년 이후 Westinghouse와 합작계약이 만료된 1982년까지가 자립 2단계(양산단계)로 분류되고 있다.

1973년 석유파동 직후 프랑스 정부는 아래의 5가지 원전정책을 확정했다.

- 한꺼번에 많은 원전을 발주한다.
- 기종은 가압경수로로 단일화한다.
- 모델은 900Mwe와 1300Mwe 두 종으로 제한한다.
- 가능한한 각 모델은 표준화되어 동일하게 건설한다.
- 주요 기기공급 업체는 단일업체로 지정한다.

위와 같은 원칙하에 EDF는 1974년부터 1982년 사이에 다량의 원전 발주를 시작, 900Mwe급 동일형 28기를, 그리고 1300Mwe급 동일형 15기를 주문했다.

이러한 양산단계에서 표준화가 정착되었으며 기술기준을 확정시켰고(RCC Series) 설계, 제작, 시공에 적용되는 국가 안전법령을 제정함으로써 원전 안전규제를 강화시켰다.

1983년 이후는 Westinghouse와 합작계약이 만료됨에 따라 기술수용 및 자립을 완전히 성취하고 상호 협력관계로 위상을 바꾼 원전 개화기의 시기이다.

이 기간 동안에도 EDF는 1300Mwe 동일 기종 5기를, 그리고 1400Mwe 2기를 발주했다. 1400Mwe는 순수 프랑스 기술에 의해 개발되었으며 1990년과 1992년에 상업가동될 전망이다.

프랑스 원전 기술자립 요인은 여러가지가 있겠으나 무엇보다 설계 및 제작능력의 집중, 기기의 표준화 그리고 지속적인 원자력 발주의 3가지 요소가 가장 손꼽히고 있다.

그러나 매사가 그렇듯 모든 것이 순조롭게만 진행된 것은 아니고 설계, 제작, 구매, 시공 등 많은 조직을 일사불란하게 유도하는 문제, 새로 구성된 조직간의 마찰, 품질보증 측면에서 발행되는 불일치보고서(Non-Conformance Report) 처리 등이 자립기간 동안의 어려움으로 기록되고 있다.

나. 서 독

2차 대전 패전의 결과로 서독에서 핵무기 제조는 엄격히 금지되었다. 이러한 사유로 원자무기와 동시에 원자력 발전소 핵연료 제조와도 관련되는 플루토늄 및 농축우라늄 생산이 오랜 기간동안 금지됨으로써 이웃 프랑스에 비해 원전 기술자립 과정에서 제약요인이 많았다.

1955년 서독이 국가로서의 주권이 인정됨에

따라 평화적 원자력 이용이 비로소 가능해졌으며 서독 정부는 원자력 부서를 신설하게 된다.

이에 따라 서독의 AEG 회사는 미국의 GE와 합작(GE지분: 11.7%)을 통해 비등수형 원자로(BWR) 기술을 도입하기 시작했으며 Siemens사는 Westinghouse로부터 가압 경수로(PWR) 기술에 관한 License를 획득하고 이의 개발에 착수했다.

이러한 결과로 1961년 최초의 15Mw급 비등수형시험 원자로(BWR)가 Kahl am Main에서 가동되었다. 1960년대는 서독이 원전 기술자립을 완전히 이룩하고 외국기술 도입에 종지부를 찍게 되는 중대한 시기였다.

즉 Westinghouse사로 부터 가압경수로 기술을 이전받던 Siemens는 1960년대 10년 동안 막대한 연구개발비를 투자하여 가압경수로에 관한 모든 기술을 취득하고 국산화하여 70년대에 들어서면서 드디어 Westinghouse와 결별, 독자적인 원전 건설에 돌입하게 된다.

한편 GE와 합작관계에 있던 AEG사도 1970년에 들어서서 GE와 손을 끊고 Siemens와 결합하여 순수 원전 건설 전담회사인 KWU가 탄생되었다. 1978년 KWU는 Siemens사로 귀속되면서 AEG사와 관계를 청산, 오늘날 서독의 유일한 원전 건설회사가 되었다.

1965년 Karlsruhe에 있는 독일 원자력 연구소는 최초의 중수로 원자로를 설치하고 이 분야에서도 독자적 기술을 확보하였다.

1972년 최초 독일 순수 상업 핵 발전소인 Wuergassen 발전소와 Stade 발전소가 전력을 공급하기 시작하였는 바 모두 640Mwe 용량이었으며 Wuergassen 발전소는 비등수로형(BWR)이고 Stade 발전소는 가압경수로형이었다.

위에 언급한 AEG사와 Siemens사가 서로 다른 노형의 기술을 개발한 결과로 서독에서는 프랑스와는 달리 처음부터 노형을 통일하지 않고

양형을 계속 존속시켜 왔는데 이는 프랑스에서는 전력회사를 EDF 단일 국영회사로 통일시키는데 반해 서독에서는 많은 사유 전력회사가 존재하는데서도 그 원인을 찾아볼 수 있다. 서독 원전 기술자립 특징중 우리의 주목을 끄는 것은 주지하다시피 Siemens사가 오랜 전통의 전기·전자제품회사인 관계로 핵중기 공급제통과 관련된 주요품목, 즉 원자로, 증기발생기, 가압기, 펌프 등을 모두 주변 국가인 이태리, 오스트리아, 스위스 등에 하청을 주어 원전 시장 불경기 때 그 충격을 최소화하고 그들 국가에 원전 수출도 하는 강점을 기록하고 있다.

가격 기준으로 해서 서독은 전체 원전 건설에 소요되는 비용의 약 11%를 외국업체에 하청 주는 것으로 밝혀졌다.

이러한 정책은 서독의 경우 오스트리아나 스위스가 국가는 다름지언정 같은 민족이라는 차원에서 비록 외국 하청일지라도 어느 정도 안전성을 기대할 수 있다는 점에서 우리가 그대로 본받기에는 문제점이 있을지 모르나 우리의 자립정책 수립과정에서 참고할 만한 사항이 될 것이다.

프랑스가 단일 전력회사 아래서 비교적 원전에 이해심 많은 국민성 덕택으로 사회적 장애가 없이 많은 원자력을 건설해온 반면 서독의 경우 국토분단과 양 열강에서 자국에 설치한 엄청난 양의 핵무기에 국민 감정이 지극히 반핵쪽으로 발전, 건설때마다 심한 사회적 진통을 겪어야 하는 바람에 프랑스처럼 다량발주가 불가능했다.

실제로 1970년 중반 이후에 발주된 원전 건설에 소요되는 기간은 최소 11년에서 최고 15년으로, 전력 회사들이 원자력 발주에 소극적인 자세를 취할 수밖에 없는 형편이다.

서독에서 이미 상업발전 중이거나 건설중인 발전소의 대부분이 프랑스와는 달리 900Mwe급이 아니고 1300Mwe급 대응량이라는 것도 이러

한 각도에서 이해될 수 있다(1986년 말까지 가동되는 서독의 총 21기 원전중 11기가 1300Mwe 급). 참고로 1986년 말 현재 서독의 원전 현황을 보면 21기가 가동중, 4기가 건설중이고 3기가 발주중이며 전체 전력 생산중 원전이 차지하는 비율은 약 30%이다(19,893Mwe).

5. 향후과제

이미 각 관련사별로 원전 건설에 관한 상당한 기술과 경험을 축적하였으며 영광 원전 3, 4호기 사업계약을 기술전수 극대화의 개념에서 구성했고 1995년까지 실질적인 기술자립이 되도록 세밀한 계획과 실천방안도 작성되었으되 아직도 기술자립까지 가는 도정에서 해결해야할 문제점들은 산적해 있는 바 그 중 중요한 몇가지만 기술하고자 한다.

가. 소요비용 지원

한전을 위시한 각 관련사들은 원전 기술자립을 위해 그동안 많은 금액을 투자해 왔으며 또 앞으로도 투자를 계속해야 할 것이다.

앞에서도 살펴 보았듯이 기술자립 기반 조성 여건이 우리보다 훨씬 유리했던 프랑스, 독일 원전 관련 회사들도 자립의 근간이 되었던 것은 집중적인 연구, 개발사업이었고 여기에는 엄청난 자본투자가 뒷받침이 되었음은 물론이다. 불행히도 우리의 원전관련 회사는 재정적으로 영세성을 면치 못하는 소규모 회사이거나 아니면 회사 재무구조상 대규모 연구, 개발사업 수행이 불가능해서 현재 진행중인 기술자립 소요비용중 상당부분을 한전으로 부터 지원받고 있는 형편이다.

영광 원전 3, 4호기 계약 연도인 1987년부터 기술자립 목표해인 1995년까지 관련사들이 기술자립에 투자해야 할 비용은 약 2430억원 정도가

될 것으로 추정되며 이 중 각사가 부담할 수 있는 금액은 770억원 정도이고 한전이 지원하는 금액은 약 870억원으로 790억원 정도가 별도 재원이 마련되어야 할 것으로 예상되고 있다.

본 금액은 주로 선진국의 연구, 개발사업을 대체코자 하는 설계검증 내지는 시작품 제작에 소요되는 금액으로 정부를 위시, 한전 및 전력그룹사들과 재원의 출처 및 지원 가능성을 계속 연구 검토해야할 항목이다.

나. 보조기기 기술자립 활성화

서론에서 언급했듯 본장에서 논의하는 원자력 기술자립이란 한전을 중심으로 한 전력그룹사의 한정적인 기술자립이며 실제로 금액면에서 이보다 더 큰 비중을 차지하고 있는 보조기기 설계 및 제작기술 자립은 제외되었다.

보조기기 업체는 수백, 수천에 달하며 민간기업들로 구성되기 때문에 전력그룹사처럼 협의회를 구성한다든지 공통된 목표나 실천방안을 논의하는 것은 불가능하다. 보조기기 기술자립은 철저한 시장원리에 입각해 정부, 한전이 우선보조기기 업체들이 설비와 기술개발에 투자하고 연구할 욕망을 유발할 충분한 원자력 발전소를 건설하지 않는 한 불가하다.

특히 원자력 제품 생산은 품질보증(QA) 관계상 같은 다른 용도의 제품에 비해 원가 상승요인이 많고 안전성 관련 제품의 경우 기술개발과 시험설비에 막대한 시간과 경비가 소요되어 현재의 원자력 발전소 발주 상태로서는 국산화 기대가 어려운 형편이다.

따라서 한정적으로나마 우선 주요 보조기기 품목을 결정하고 이를 납품할 국내 공급업체를 선정하여 제반 행정 및 자금지원도 병행해야 할 것이다.

그러나 정부와 한전이 지원을 할 수 있는 능력도 한계가 있으며 경제성을 갖춘만큼의 수주

보장이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

보조기기 기술자립이 되지 않고서는 진정한 원자력 발전 기술자립은 있을 수 없다고 생각된다.

다. 원전 표준화 및 기술기준과의 연계

원전 건설과는 별도로 그간 원전표준화 사업과 기술기준 정립을 위한 기초조사가 수행되어 온 바, 완벽한 기술자립을 위해서는 조속히 원전 건설의 표준설계를 완성하고 국내 기술기준이 정립되어져야 한다.

외국 기술기준이 통용되는 한 우선 기자재, 특히 소재의 국산화에 심한 제약을 받게 될 것이다. 실제로 과거 원전 건설 경험에서 국산화할 능력은 갖추어졌으며 기술기준의 차이로 보조기기 국산화에 어려움 겪은 예가 허다하다.

국내 원전의 대다수가 미국 회사에 의해 건설되다 보니 비근한 예로 사용되는 단위가 모두 Foot-Pound 단위로 되어 있어 KS 규격과 일치되지 않고 정부에서 강력히 권장하는 미터법과도 역행되고 있을 뿐만 아니라 가까운 장래에도 시정을 기대하기가 어려운 실정이다.

원전 기술자립 과정에서 이러한 우리 정책이나

기준과 동떨어진 현실을 어떻게 수용할 것인가 하는 것도 큰 난제중의 하나이다.

6. 맺음 말

단편적이거나 우리의 원자력 기술자립이 추진되어 온 경위, 현재의 위상 그리고 향후 추진방안과 문제점들을 고찰하였거니와 기술자립은 정부나 한전의 관리만으로 추진되는 것도 또 이룩되는 것도 아니다.

그것은 원전에 참여하는 모든 회사의 자발적인 동기 유발에서 시작된다. 정부와 한전은 다만 관련회사들에게 투자할 가치가 있는, 참여할 가치가 있는 충분한 원전 건설의 청사진을 제시하고 이를 실천하고 그리고 그들이 당면한 어려움에 귀를 기울여 주어야 한다.

또한 관련사들은 원전 기술자립이 행여 바쁜 사업일정 관계로 뒷전으로 밀려 형식적 보고에 그치지 않도록 회사 지상의 명제로 삼고 거사적 차원에서 지속적으로 추진하지 않으면 안된다.

자립은 우리 세대에 주어진 소명이지만 자칫 그것이 한낱 탁상공론에 불과하지 않도록 어느 때보다 정부, 관련사의 협조가 강조된다 하겠다.

참고문헌

- 세계 각국의 원자력 동향(1988. 4 한전 전원 계획처)
- 원자력 산업(1979. 5, 1983. 3, 4 원산)
- 원자력 발전소 건설 기술자립 실천계획(1988. 4 한전)
- 한국전력기술주식회사 10년사(1985. 10 한기)
- 원전건설 기술자립 분기보고서(1988. 7 한기)
- 원전건설 기술자립 추진계획(1988. 8 한전 원전처)
- 전력그룹사 영광 원전 3, 4호기 사업책임자 회의자료(1987. 10)
- The French Nuclear Power Program, Present Status and Forecasts(1988. 4 EDF)
- Presentation Generale de l'industrie Nucleaire Francaise(1982. 10. M. Leny)
- Structure et Performance de l'industrie Nucleaire(1980 Bernard Real)
- Faktenpapier zur Kernenergie(Deutsches Atomforum E. V.)
- Kernkraftwerke in der Deutschland(Deutsches Atomforum E. V.)