

地球가 지니고 있는 天然資源에만 安逸하게 依存해왔던 人間은 이제 그 資源의 限界狀況에 봉착되어 危機直面に 놓여있다. 이같은 實情下에서 人間은 科學의 힘에 크게 期待하고 있으며 또한 科學을 다루는 科學者들의 頭腦는 尙 새없이 움직이고 있다. 여기에 紹介하는 學術論文은 지난 7月5日 科學技術處, 原子力學會, 機械學會가 共同으로 主催한 바 있는 原子力發展에 관한 심포지움에서 發表된 論文으로서 關係자들에게 많은 參考가 될것이라고 믿어져 그 全文을 連載로 紹介한다. <편집부>

<下>

古里원자력 발전소 1호기 건설현황 및 건설 문제점

김 석 진
한국전력주식회사

Ⅲ. 장차 해결해야 할 과제

1. 특수 원자로 재료의 확보 보장

가. 농축우라늄 확보

원자로 재료중 가장 큰 관심사는 핵연료 확보와 중수로(重水爐)의 경우는 중수 확보로 집약된다. 특히 작년 하반기 세계적으로 풍미하고 있는 에너지 위기로 각종 1차 에너지원 확보문제는 어느 나라나 예외없이 심각한 문제로 다루어지고 있다. 심지어 외교정책에 영향을 미치고 있는 실례를 많이 볼 수 있다.

핵연료의 경우 우라늄 원광확보도 중요하지만 앞으로 가장 중요시해야 할 사항은 농축우라늄 확보문제일 것으로 생각된다. 세계 각국의 원자력 발전소 건설계획을 살펴 보면 고속중식로가 실용화되기까지 발전설비가 저농축 우라늄 핵연료를 사용하는 경수형 원자로임을 알수있다. 현재 상업가동중인 자유세계의 농축설비는 미국 원자력위원회의 소유인 3개의 기체확산식 농축

공장뿐이다. 최근에는 자유세계 일부 국가(서독 등)가 소련으로부터 농축 서비스를 받도록 계약하고 있으나 소련의 농축설비가 아무 조건없이 자유세계 제 국가에 무차별 개방될지는 아직도 미지수라 하겠다. 서구에서 건설중에 있는 EU RODIF의 기체확산식 농축공장 및 UREIVCO의 원심분리식 농축공장은 현재 실험공장의 범위를 벗어나지 못하고 있으며 1980년경에 가서야 상업가동 예정이다.

1973년9월 발표한 미국 원자력위원회의 신 농축계약 기준의 독점적 횡포로 상기 서구 농축사업체들은 농축설비 건설에 박차를 가하고 있으며, 일본도 자체 농축공장 건설추진은 물론 서구 및 소련등 제3의 농축원을 찾고 있다. 한편 동기는 다르지만 미국내에서도 민간업자에 의한 농축공장 건설계획이 활발히 진행되고 있다. 즉 Westinghouse사, Union Carbide사 및 Bechtel 사 등이 UEA(Uranium Enrichment Association)를 결성, 기체확산식 농축공장을 General Electric사와 Exxon사는 원심분리식 농축공장 건설을 검토중에 있다. 1980년대 중기의 농축능력은 약

6,900만 SWU(Separative Work Unit)의 생산 능력을 보유, 급증하는 농축우라늄 수요를 충족시킬 수 있으리라 전망된다.

미국 원자력 위원회의 엄격한 농축계약 조건에 비해 URENCO의 경우는 Lead Time이 짧고 계약후 SWU량 및 농축도를 다소 조정할 수 있는 신축성이 있으나 계약단가가 훨씬 고가일 것으로 전망된다. 현재 미국의 농축설비에 의존할 수 밖에 없는 상태에서 불원 농축 서-비스 구축원(購得源)이 단원화하는 상태로 변모할 전망이다. 사태는 반드시 농축 서-비스 수용자에 유리한 방향으로만 전개될 지는 알수없다. 따라서 미국 경수형 원자로 건설의 경우 원자력의 평화적 사용을 위한 한미정주간 쌍무협정 및 미국 원자력위원회와의 농축계약에 의거 제공을 보장받고 있지만 타 발전형태에서는 없는 중요한 과제이므로 이 분야 산업계의 움직임을 장기적이고도 국제적 관점에서 예의 파악 대처해야 할 것이다. 참고로 세계의 농축설비 현황 및 전망을 다음에 실어둔다.

농축설비 현황 및 전망

단위; 백만 SWU

농 축 설 비	시설용량	년 도	농 축 방 법
USAEC	12.7	1974	기체 확산식
	23.5	1980	
	27.7	1985	
EURODIF	0.2	1974	기체 확산식
	3.5	1980	
	9.0	1985	
URENCO	0.05	1974	원심 분리식
	2~3	1980	
	10.0	1985	
UEA	9	1982	기체 확산식
GE-Exxon	3		원심 분리식
일 본	0.7~1.5	1985	원심 분리식
기타 1. 소련에서 7~10농축업무를 자유세계에 제의하고 있으며 2. 남아연방에 대단위 Nozzle공장 건립 검토 3. 캐나다에 민간공장건립검토			

나. 중수의 공급확보

신설되는 중수로에 장입해야 하는 중수의 소요량은 1MWe당 약 1~1.1ton이며 매년 보충해야 할 중수의 양은 MWe당 0.01ton 내의이므로 중수로가 증설됨에 따라 늘어날 중수 수요도 막대할 것이다. 캐나다 AECL의 Cochran이 실시한 수요전망에 의하면 1971년에서 1975년까지는 세계의 중수 수요량을 년평균 2,000톤, 1976~1980년사이에는 약 3,900톤, 그리고 1980년대 전반기까지는 약 6,000톤으로 추정했다. 중수공장은 건설에 약 3년반의 기간이 소요되며 건설을 전후한 계획기간 및 완공후의 시운전기간을 고려하면 최소한 5년 정도가 소요되므로 현재의 세계적인 중수공급 부족상태는 1970년대 말까지는 지속될 전망이 있으며 중수의 공급가격도 이에 따라 상승될 가능성이 많다.

따라서 중수의 장기공급보장은 중수로 도입의 전제가 되며 적어도 Plamt 수출국의 보장을 받아야 할 것이다. 현재 운전중이거나 1978년까지 건설이 완료될 예정으로 있는 중수공장의 현황은 아래와 같다.

1978년까지 건설완료예정의 중수공장현황

국 별	공 장 명	용 량 (Ton/년)	제 조 별	완 공
미 국	Savannah River	180	G. S	100% 가동중
	Port Hawesbury	360	"	65% "
카나다	Bruce#1, #2	360×2	"	50% "
	Bruce#3, #4	360×2	"	계 획 중
	Glace Bay	360	"	건 설 중
인 도	Nangal	14	중류	가 동 중
	Baroda	65	NH ₃ /H ₂	건 설 중
	Tuticorin	70	"	"
	Kota	100	G. S	계 획 중
노르웨이	Norsk Hydro	20	-	가 동 중
스 위 스	Emser Werke	3	전해	"
불란서	Mazingarbe	20	NH ₃ /H ₂	"

2. 자료 및 정보의 입수, 활용 및 국내 기술축적

계약자가 설계 분석과정에 사용하였거나 얻은 정보의 입수가 해당 원자력 발전소 건설 운전을 위해서 필요하고 중요할 뿐만 아니라, 추후의 원자력 발전사업 및 국내 관련기술의 육성을 위해서도 대단히 중요한 의미를 갖는다. 계약관계에 있는 당사자는 서로 대립되는 입장을 취하는 것이 일반적인 경향으로서 이 자료 및 정보의 제공에 있어서도 발전소 소유자인 전력회사는 최대한의 자료 및 정보를 흡수하려는 데 반하여 계약자측은 계약상 제공의무가 없다는 계약자 자체의 비밀구분에 의한 비밀자료(Proprietary Information)라는 등의 구실로 그 제공을 극구 부인하기 마련이다. 이에 대하여 계약상 제공하지 않아도 된다는 조항이 없는 한 발전소 소유자인 전력회사로서는 모든 것을 알 권리가 있으며 자료 및 정보를 충분히 제공받을 권리가 있다는 이유를 들어 상당량의 자료를 제공받고 있다. 아무튼, 계약조항을 여하히 spell out 하여 Data 및 Information을 요구 확보할 것인가 하는 것이 중요한 문제다. 특기할 예로써는 각종 설계 보고서중 원자로 압력용기, 가압기, 증기 발생기 및 일차계통 배관의 응력분석 보고서의 입수를 들 수 있겠다. 현재 원자력연구소 전문가들이 검토중에 있으며 장차 2호기부터는 이와 같은 응력분석 분야에서도 국내 기술의 보다 적극적인 참여가 기대된다. 계약자로부터 중요한 자료 및 정보를 요구 제공받는 이유는 단기적으로 당해 발전소의 설계, 분석의 건전성을 확인하려는 데 있으며 장기적으로는 이를 충분히 소화, 흡수하여 국내기술 축적을 기하자는 데 목적이 있다. 계약자측으로부터 얻은 설계자료 및 기타 기술정보를 장차 우리나라 원자력 사업추진에 여하히 활용하여 국내 기술축적에 기여케 할 것인가 하는 것이 중요한 문제이다. 또한 해외의 각종 정보자료를 시기에 뒤떨어지지 않게 입수, 분석, 정책결정에 활용하는 소위 정보 관리에 관한 효과적인 체제 정비도 극히 중요한

분야의 하나이다.

3. 원자력 요원의 확보훈련

정부는 1968년까지 9기의 원자력 발전소(약 660만 KW)의 건설을 계획중에 있다. 이를 뒷받침하기 위하여 한전이 작성한 장기 요원확보 훈련계획시안에 의하면 1986년까지 약 1,200명의 기술계인원을 확보 훈련해야 할 것으로 판단되고 있다.

특히 이중 약 400명은 철저한 해외훈련을 이수케 해야할 것으로 나타나 있다.

다른 어느산업분야보다도 원자력 분야에서는 소위 Post-Graduate Training(졸업후 직장교육)의 중요성이 강조되고 있다. 소위 기술요원의 훈련방안의 대강을 보면 입사후 분야별로 적합한 단계적 훈련을 이수케 하는 것으로 되어 있는 바 원자력 발전 기초교육, 재래식 화력발전소에서의 실무훈련을 이수케한 후 노심설계, 구조설계, 계측제어설계 등 각종 설계훈련, 노심관리 및 안전성 분석등 분석훈련 및 QA, 전자계산기등 전문훈련, 발전소 운전훈련, 유지보수에 관한 훈련등 분야별로 적절한 단계별 훈련을 시행해야 한다. 발전소 운전 및 유지보수 이외의 훈련분야는 국제협력기구를 통한 해외훈련도 최대한 활용할 것이다.

발전소 건설계약 체결시마다 적정인원의 해외 파견 훈련계획을 삽입하고 있다. 현재 약 65%의 공정진도를 보이고 있는 고리 원자력 발전소 1호기의 운전, 보수, 기술지원 요원의 훈련 시행과정을 보면 약 3개월간의 제1단계 훈련에서는 계약자측의 웨스팅하우스 교육교재에 의한 원자력발전 기초훈련을 국내에서 시행하였으며 운전중인 가압수형 원자력 발전소(Zion 발전소)에 관한 강의 견학을 주내용으로한 제 2단계 훈련, 고리 원자력발전소 설계에 관한 강의를 주내용으로 하는 제 3단계 훈련 및 Zion 원자력발전소를 모형화한 Simulator를 사용한 운전훈련의 제 4단계 해외훈련(총 6개월)을 마쳤으며 이 Simulator는 약 100여종에 달하는 발전소 사고

내지는 고장현상을 모의 실습할 수 있도록 되어 있으며 실제의 원자력발전소에서 운전원이 경험할 수 없는 정도까지의 사고 내용에 대처할 수 있는 운전훈련을 하도록 되어 있다. 현재 고려현장서 운전보수 manual 작성검토를 주 내용으로 하는 웨스팅하우스 훈련책임자 지도, 감독하에 5단계 훈련중에 있는 바 약 1년후에는 발전소 Stara Up Test에 투입될 것이다.

한사람의 유자격 기술자를 양성 활용할 수 있기까지는 분야별로 다소 차이는 있으나 대체로 대학졸업후 약 2년의 철저한 훈련이 필요하다. 앞으로 각 분야별 설계요원 및 발전소 건설요원 및 운전요원의 확보훈련은 원자력 사업의 원만한 추진내지 국내기술 축적에 가장 중요한 관건이 될 것이다. 막대한 소요 요원을 여하히 확보하여 조직적이며 효과적인 훈련을 시행할 것인가 하는 것이 해결되어야 할 중요한 문제중의 하나이다.

4. 최고 경영층의 원자력 훈련

전술한 바와 같이 원자력 발전은 각종 전문분야별 인력을 확보해야 하고, 투자의 방대성으로 인하여 하나의 공급원만을 기대할수없다는 불가피성이 뒤따른다.

또한 어느 분야의 사업보다도 계약 당사자간의 관계이외에 국제적 협력내지 안전 규제를 추가로 받아야 하기 때문에 국제적 성격을 띠는 사업이 될 수 밖에 없다.

이와 같은 성격의 사업을 원활히 추진하려면 이에 적절한 대응책이 필요하다.

그 하나가 국제회의에서도 거듭 강조되고 있고 최고 경영층의 원자력 발전에 관한 이해 촉구라 하겠다. 특히 이와 같은 필요성은 원자력 발전사업의 시발점에 있는 우리나라와 같은 경우, 초기 정책결정단계에 더욱 중요한 것으로 판단된다.

최고 경영층의 원자력 이해를 돕는 세미나나 Orientation이 미국내 주요원자로 제작회사, 학회 및 국제 원자력기구 주최로 수시로 개최되고 있는 바, 이러한 과정에 가급적 빠짐없이 참여

하여 변천하는 추세에 민감히 대처하는 것이 현명하고 유익한 방법이라 하겠다.

현재까지 우리나라 원자력 발전 건설사업의 역사는 짧다. 그동안 충분하다고는 할 수 없으나 고려 원자력 1호기의 경우 설계 운전분야의 실무자급 훈련에 주력해 왔다.

IV. 결 언

이상에서 계약체결에 앞서 고려해야 할 사항, 건설추진상의 중요문제 및 장차해결해야 할 사항에 관하여 중점적으로 논하였거니와 결론적으로 다음 두가지 사항이 더욱 강조되어야 할 것으로 생각한다.

첫째 소요자금의 확보와 자격을 갖춘 기술자의 확보 문제이다. 이중 막대한 소요자금의 적기확보 문제도 대단히 어렵고 중요한 문제임에 틀림없으나 이는 경우에 따라 비교적 단시일에 해결책을 강구할 수 있는 문제인데 반하여 자격을 갖춘 기술자를 확보하는 문제는 우리나라의 경우 훈련된 인원을 그때 그때 외부에서 모집할 수 있는 상태가 아닌바 적어도 2~3년 이라는 긴 시간의 훈련을 요하므로 어떤 의미에서 더욱 어려운 난제가 아닐수 없다. 인력확보, 훈련을 위한 종합계획을 수립하여 사업 추진에 차질이 없도록 해야 할것이다.

둘째, 적어도 원자력 5호기 이후 부터는 Turnkey계약 방식을 탈피 할 수 있도록 수용태세를 갖추어야 할 것으로 사료된다. 상기 인력확보 훈련 문제도 단순히 해당 원자력 사업의 추진을 목표로 할 것이 아니라 Turnkey계약 지양시 책임져야할 업무를 충분히 국내기술로 감당해야 할 것이므로 이에 대비한 훈련까지를 고려해야 할 것이다.

이에 관해서는 전력회사 뿐만 아니라 원자력 발전소 건설에 직접 간접으로 관련되는 모든 분야에서 한가지 목표 달성을 위한 사전 태세 정비가 점차적으로 이루어 지도록 노력해야 하겠다. <完>