

特輯

原電國産化
어디까지
왔나?

原電의 機資材國産化 現況과 對策

Current Status and Future
Program for Localization of
Nuclear Power Plant Equip-
ment and Materials



鄭 靜 運
〈韓國重工業(株) 理事〉

1. 序 論

우리나라는 최초의 원자력발전소인 古里 1 호기를 69년에 착수한 이래 현재 9基의 원자력발전소가 운전 및 시운전중이거나 건설중에 있다. 그간 원자력발전소 건설과정에서 토목, 건축, 설치공사를 포함한 건설공사부문에서는 초기부터 국내업체들이 참여하여 경험을 蓄積해 왔으나 機資材 供給部門에서는 원자력 5 호기부터 국내업체들이 본격적으로 참여하기 시작하여 이제 4 년정도의 국산화제작 경험을 가지게 되었다.

원자력발전소 機資材國産化는 국내 重化學工業部門에 방대한 시장을 제공할뿐만 아니라 기술수준의 高度化에도 크게 기여할 수 있다는 정책적인 배려하에서 관계 기관에서는 기자재 국산화율을 설정함과 아울러 국산화 대상품목 및 전문 생산업체의 선정 등을 포함한 장기 육성 방안을 수립하여 추진중에 있다.

원자력발전소는 건설단계에서부터 수명이 다하여 폐기될 때까지 안전성 확보를 최우선으로 하고 있는바 기자재국산화도 안전성 확보라는 大命題下에서 추진하고 있다.

우리나라는 국가 固有의 설계, 제작, 품질보증 표준이 제대로 갖추어져 있지는 않으나 건설의 主 契約者인 선진제국의 표준에 따라 품질보증 활동을 전개함과 더불어 단계적으로 국산화율을 높여 감으로써 안전성이 보증되는 기자재를 공급토록 하고 있다.

2. 原電 機資材國産化現況

2.1 原子力發電所 建設現況

우리나라에서 發電·建設되고 있는 9기의 원자력발전소 기자재는 일부 補助機器類를 제외하고 외국 회사들이 主導, 供給하여 왔다.

加壓輕水型(PWR)인 고리 1, 2 호기와 加壓重水型(CANDU)인 월성의 원자력 3호기는 각각 Westinghouse(미국)와 AECL(캐나다)이一括都給 계약방식(Turn-Key)으로 건설하였으며 국내업체는 현장의 건설공사분야에서 하청을 받아 참여하는 정도에 그쳤다.

Turn-Key 방식으로 추진된 3기의 원자력발전소 건설경험을 바탕으로 하여 원자력 5, 6호기부터는 部分 契約方式(Non-Turn-Key)을 채택함과 아울러 主契約者 주도하에서 국산화 의무율을 달성케 함으로써 국내업체의 설계 및 기자재 공급범위를 높여가도록 유도하였다.

이러한 추진방식에 힘입어 주 계약자의 하청 형태이긴 하지만 원자력발전소 주 기기인 원자로(Reactor Vessel), 증기발생기(Steam Generator) 및 터빈-발전기의 부분적인 국산화가 가능하게 되었다.

현재 900 MW급 6기(원자력 5-10호기)가 이와 같은 방식으로 건설되고 있다. 현재 계획중에 있는 원자력 11, 12호기의 건설에서는 국내업체의 參與幅이 외국회사들을 능가할 것으로 전망되고 있다.

2.2 機資材 國産化 現況

安全性을 확보할 수 있는 범위내에서 최대한 국산화를 이루려는 관계당국의 방침하에 1차적

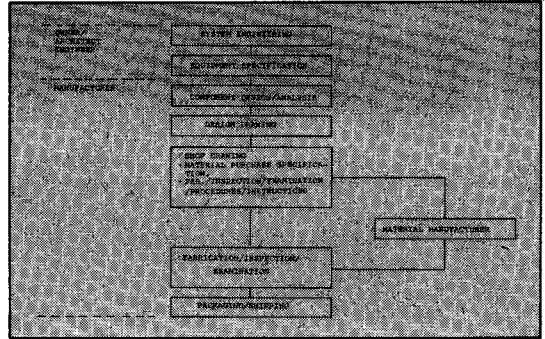
〈表 1〉 國産化推進現況

(단위: %)

구분 \ 호기	5·6호기	7·8호기	9·10호기
NSSS	10.0	18.0	26.7
T/G	11.0	27.6	43.6
B.O.P	33.2	45.2	66.7
TOTAL	29.2	35.6	41.5

(자료: 원자력산업 '81.11·12월호 및 '83.3·4월호)

〈그림 1〉 COMPONENT PRODUCTION FLOW



으로 발전설비 일원화 방침을 수립하여 韓國重工業(KHIC)을 발전설비 종합제작회사로 선정하였고 2차적으로 보조기기를 系列化, 專門化할 수 있도록 26개 품목을 대상으로 36개 전문업체를 지정하여 국산화를 추진하여 온 결과 국내 다른 플랜트 건설에서는 찾아볼 수 없는 궤跡만만한 기자재 국산화를 실현하게 되었다(표 1 참조).

원자력 5, 6호기의 주요 기자재는 이미 82년에 제작완료되었으며, 현재 한국중공업 昌原공장에서 제작 납품하고 있는 7, 8호기 및 9, 10호기도 '83년 및 '85년에 국산화 제작이 완료될 것이다. 9, 10호기의 제작이 완료되는 '85년도 말에는 5, 6호기의 운전을 통하여 국산기자재의 性能을 試驗받게 될 것이다.

發電設備 제작은 技術集約型이면서 資本集約型 중공업 분야이다.

그림 1과 같이 발전설비가 제작 出荷되기까지는 발전소 Owner나 Architect Engineer의 System Engineering에서 제작회사의 제품설계 및 생산기술 Engineering과 大單位의 생산 시험설비를 필요로 하게 된다.

원자력발전소 기자재 국산화는 국내관련업체의 엔지니어링 능력과 생산설비 능력의 평가에 바탕을 두고 기자재를 세가지 範疇로 나누어 단계적으로 추진하고 있다(표 2 참조).

〈表 2〉 原子力 9·10號機 機資材 國産化現況

구분	품 목	국산화율 (%)
CASE-I	-HEAT EXCHANGER -TANKS -HEAVY COMPONENT SUPPORTS & TOOLS -AUXILIARY PIPING -TRANSFORMER & DIESEL GENERATOR	7.3
CASE-II	-REACTOR VESSEL -STEAM GENERATOR -PRESSURIZER -ACCUMULATOR & B.I.T -PRIMARY PIPING -FUEL RACKS -HEAVY HANDLING EQUIPMENT -VENTILATION	19.4
CASE-III	-REACTOR INTERNAL -REACTOR COOLANT PUMP -CONTROL ROD DRIVE MECHANISM -PUMP & COMPRESSOR -VALVE -I & C	73.3
TOTAL		100.0

CASE I : 거의 국내기술과 약간의 외국기술의 도움으로 설계 및 제작되는 기자재이다. 그림 1의 Manufacturer 책임하에 있는 전활동을 국내업체가 주도하는 기자재로서 韓電이나 외국 主契約者가 국내업체에 발주하고 있다.

CASE II : 기자재의 대부분이 외국기술에 의존해서 설계 및 제작되는 기자재이다. 그림 1의 Manufacturer 책임사항중 생산기술 사항은 국내업체가 지는 기자재로서 외국 주 계약자가 국내업체에 발주하고 있다.

CASE III : 고도의 제작기술이 요구되거나 국산화를 위해서는 追加施設投資가 요구되어 완전히 외국에서 제작되는 기자재로서 한전과 외국업체와의 직접적인 계약에 의해 공급되고 있다.

앞으로 건설될 발전소에 대해서는 CASE II 품목을 CASE I으로 CASE III를 CASE II 혹은

CASE I으로 전환하여 기술 및 경제적인 측면에서 국산화의 내실화를 기하여야 할 것이다.

국내 기술로서 설계, 제작이 不可能한 기자재에 대해서는 외국업체와의 기술제휴(Technical License Agreement)나 제작기술 지원계약(Manufacturing Assistance Agreement)에 의해서 국산화를 추진하고 있다(표 3 참조).

제작을 위한 기술지원은 제휴선이 이미 개발 사용하고 있는 설계도면, 기술사양 등의 기술자료 제공, 국내기술진의 제휴선 공장에서의 On-The-Job-Training과 제휴선 기술자의 常駐指導 등의 형태로 이루어지고 있다.

한국중공업은 사업초기에 미국의 C-E 및 G. E사와 각각 기술제휴 계약을 체결하여 기술훈련 등을 포함한 제작능력 개발에 주력하여 왔으나, 한국의 원자력발전소 주 계약자가 다른 회사로 선정됨에 따라 이들 주 계약 회사로부터 기술지원을 받아야 하는 어려움을 겪게 되었다.

원자력 9, 10호기의 主機器를 기준하여 볼 때 일부품목 즉, NSSS(핵증기발생계통 - 일차계통)의 Reactor Internal, Coolant Pump 및 Con-

〈表 3〉 韓國重工業技術協力現況

구분	제 휴 선	기 간	비 고
NSSS	COMBUSTION ENGINEERING(미국)	'78/3-'90/3	LICENSE
	WESTINGHOUSE(미국)	'81/5-'91/5	"
	FRAMATOME(프랑스)	원자력 9-10호기에 한정	MANUFACTURING
T/G	GENERAL ELECTRIC(미국)	'76/11-'91/11	LICENSE
	WESTINGHOUSE(미국)	원자력 7·8호기에 한정	MANUFACTURING
	ALSTHOM(프랑스)	원자력 9-10호기에 한정	"

〈表 4〉 主機器國産化率(附加價値基準)

(단위: %)

	7·8 호기	9·10 호기	국 산 화	
			자재	제 작 범 위
1.REACTOR VESSEL	-	14.0	0	LOWER PART & FINAL ASSEMBLY
2.STEAM GENERATOR	7.2	12.3	0	UPPER PART & FINAL ASSEMBLY
3.PRESSURIZER	18.7	28.0	0	COMPLETE
4.PRIMARY PIPING	-	28.0	0	COMPLETE
5.TURBINE	24.5	39.0	47	STATIONARY PART & ROTOR SHAFT
6.GENERATOR	10.4	48.7	62	STATIONARY PART & ROTOR SHAFT

trol & Instrumentation과 T/G(2차 계통)의 T/G Rotor Assembly, Exciter 및 Control & In-

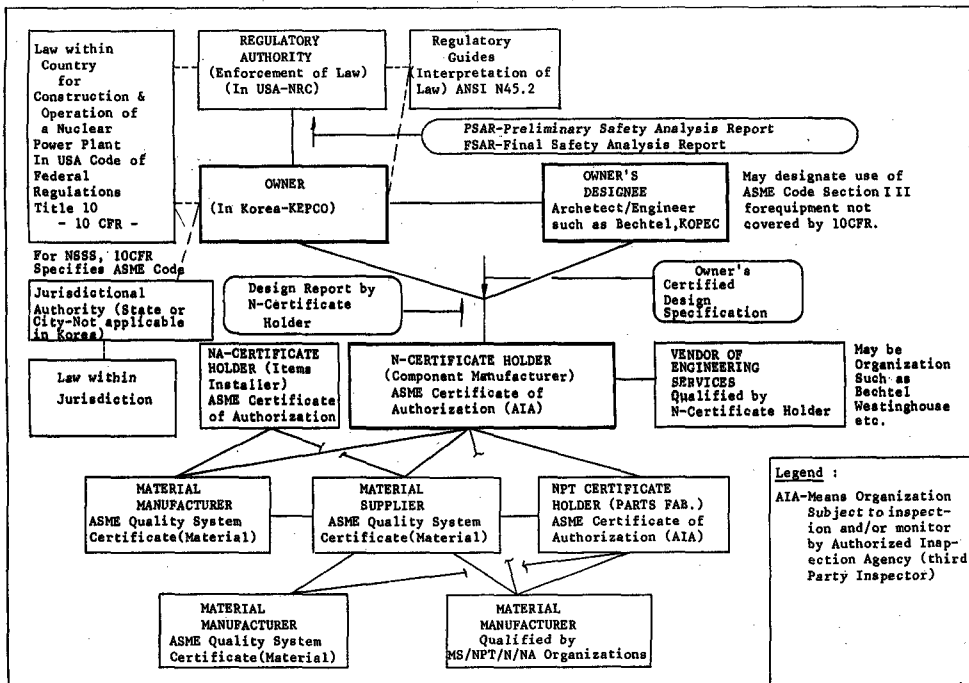
strumentation 을 제외한 전품목에 대해서 부분적인 국산화 내지는 완전 국산화를 달성하게 됨으로써 外形上 획기적인 발전을 이루었다.

그러나 설계능력의 부족, 國産資材開發의 지연 및 品質保證 프로그램의 開發應用부진 등으로 附加價値 측면에서의 국산화는 만족스러운 상태에 이르지 못하고 있다(표 4 참조). 특히 자재 부문에서는 1차계통 자재는 거의 全量 수입에 의존하며 2차계통에 한해서 국산자재를 일부 사용하고 있다.

3. 品質保證

원자력발전소는 어떠한 경우에도 안전해야함은 물론 단기간의 稼動停止라도 막대한 경제적 손실을 초래한다는 점에서 개개 기자재의 신뢰성이 보장되어야 한다.

〈그림 2〉 TYPICAL ORGANIZATION RELATIONSHIPS FOR NUCLEAR POWER PLANT CONSTRUCTION



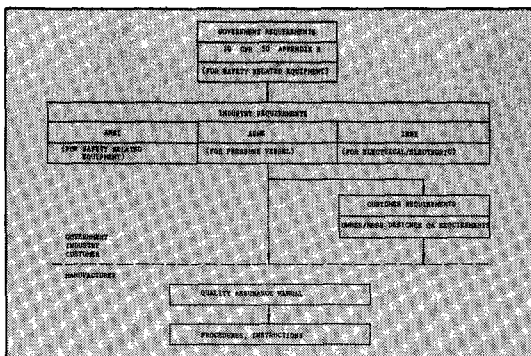
이를 위하여 원자력발전소 기자재 생산공정에 있어서는 엄격한 품질보증 활동이 요구되며 대부분의 나라들은 법적으로 품질보증 활동을 규정하고 있고 특히 안전성 관련기기제작은 資格要件을 갖춘 업체에 한해서만 참여토록 하고 있다.

그림 2는 미국의 원자력발전소 건설에 참여하는 조직들의 상호관계와 관련규정을 ASME CODE SECTION III(미국 기계기술자 코드)에 따라 설계, 제작되는 기기를 중심으로 도시한 것이다.

원자력발전소는 안전규제법률을 집행하는 정부기관, 발전소 소유주 즉 전력회사, 전력회사를 대신하여 엔지니어링을 수행하는 Architect Engineer, 기기설계 제작회사(N, NPT Certificate Holder), 기기설치회사(NA Certificate Holder) 및 자재 제작 공급회사(Quality System Certificate Holder)들의 공동노력으로 건설되며, 각 회사들은 法에서 규정하고 있는 소정의 품질보증 활동을 하도록 되어 있다.

우리나라도 원자력법(법률), 원자로의 건설, 운영, 관리 등에 관한 규정(대통령령) 및 시행세칙(총리령)에 따라 품질보증 활동을 규정하고 있으나 기기설계, 제작표준은 設定되어 있지 않아 미국의 ASME CODE, 불란서의 RCC CODE에 따라 설계, 제작하고 있다.

〈그림 3〉 原子力品質保證프로그램의 흐름(美國)



우리나라 원자력 기자재 제작에 준용되고 있는 미국의 원자력품질 보증 프로그램의 체계는 그림 3과 같다. 원자력발전소 1차계통의 안전성 관련기기를 설계, 제작하는 업체는 법률로서 규정하고 있는 품질요구사항과 이를 더욱 구체화한 CODE 및 발전소 소유주의 품질요구사항에 따라 자체의 품질보증 프로그램을 설정하여, 제품 설계에서 구매, 제작, 시험, 검사출하의 전 과정을 엄격히 관리해야 할 의무를 지게 된다.

더 나아가서 설계 제작업체는 ASME로부터 所定の 심사를 거쳐 자격을 취득한 후 제 3의 검사기관에서 파견되는 原子力公認検査官(Authorized Nuclear Inspector)의 관리감독하에서만 제작 납품할 수 있게 되어 있다.

우리나라에서는 한국중공업과 현대 중공업이 기기설계 제작업체로서, 현대 및 동아건설이 기기설치 업체로서, 그리고 한국중공업이 자재 제작, 공급업체로서의 자격을 ASME로부터 각각 취득하였다.

4. 推進課題 및 結論

원자력발전소의 持續的인 건설과 관계당국의 확고한 국산화시책에 힘입어 기자재 국산화는 외형상으로 크게 성장해 왔다. 이제 앞으로 건설될 발전소에 대해서는 국산화의 외형적인 성장보다 내실화에 주력해야 할 것이며, 기자재 국산화의 內實化를 기하기 위한 방안은 여러 측면에서 검토될 수 있다.

— 우선 제품설계 능력의 개발 및 확보를 통해 기술자립 기반을 갖추어야 할 것이다. 국내 기계공업계의 공통적인 현상으로서 하드웨어(Hardware) 개발을 위한 제작 기술의 도입, 흡수에만 주력한 나머지 국제경쟁력 확보의 關鍵이 되는 엔지니어링 능력의 개발에 대한 노력과 투자가 상대적으로 부진하였다.

—이미 국산화 되고 있는 품목에 대한 국내제 작분을 높여서 부가가치를 향상시켜야 할 것이다. 특히 製造原價의 50~60%를 占하는 자재의 국산화가 추진되어야 할 것이다. 이제까지는 국산화품목수를 늘림으로써 외형상으로 국산화율을 올리려는 경향이 있었다.

제조원가의 측면에서 국제경쟁력을 갖추어 기업의 채산성을 확보해야 할 것이다.

우리의 기술과 자금만으로 원자력발전소를 건설할 수 없는 현재의 狀況下에서는 우리와 상반되는 이해관계를 가지고 있는 외국 공급회사와의 협력하에서 국산화의 내실화를 追求해야 하는 어려움을 안고 있다.

그러나 세계 원자력 기자재 시장에 대한 장기전망은 우리의 내실화 추진계획을 밝게 해 주고 있다. 즉 선진제국의 발전설비 제작능력에 비해 豫想市場規模가 30~40% 수준에 머물고 있어 우리에게 유리한 조건으로 외국 공급회사들을 유도할 수 있으리라 본다.

우리의 당면 과제인 내실화의 실현은 관계당국과 제작회사들의 장기계획에 입각한 공동노력으로 성취될 것이며, 그런 의미에서 내실화 실현의 지름길로 자주 攀論되어 현재 관계기관에서 연구검토되고 있는 세가지 사항만 언급하고 끝맺고자 한다.

國內主導型 發電所 建設

이제까지는 한국전력에서 국내업체에 직접발주한 일부 補助機器를 제외한 전 기자재의 국산화는 한전과 외국 공급업체간의 主契約를 근거로 하여, 외국 主契約者 주도하에 이루어지는 국내업체와의 국산화제작 계약에 의하여 추진되어 왔다.

이러한 추진방식은 국내업체의 수용태세가 갖추어지지 않은데서 비롯된 것이기는 하나 국내

업체들이 外國同種業體의 하청업체 역할만 담당케 됨으로써 국산화 내실화의 제약요인이 되어 왔다.

앞으로 건설될 발전소에 대하여는 외국 공급회사의 설계를 그대로 적용하더라도 국내 업체가, 주 계약자의 위치에서 국산화를 주도케 함으로써 국산화의 내실화를 이룰 수 있게 해야 할 것이다.

國家 標準型 發電所 設計

원자력발전소는 국가고유의 CODE 및 STANDARDS 에 따라 건설되며, 나아가 각 제작업체들은 자기회사의 설계, 기술사양, 작업절차서 등을 개발, 적용시키므로 우리는 같은 제품을 제작하더라도 國別 제작회사별 기준을 따라야 하며 이로 인해 기술축적, 생산성 향상에 막대한 지장을 초래하고 있다.

조속한 기술자립을 위해서는 우리나라 실정에 맞는 원자력발전소의 설계를 표준화하고 이를 차후에 건설될 발전소에 적용함으로써 표준화의 이점을 최대한 활용할 필요가 있다. 현재 한국전력기술주식회사(KOPEC)가 중심이 되어 원자력발전소 설계표준화 연구가 진행중이다.

長期契約(Multi-Unit Contract)

국산화를 성공적으로 실현하기 위해서는 시장확보가 선행되어야 한다. 불란서의 FRAMATOME 및 ALSTHOM이 원자력발전 설비제작회사로서 세계적인 경쟁력을 갖추게 된 것이 바로 국내 전력회사와의 장기공급 계약에 힘입은 것으로 평가되고 있다. 이런 정책에 힘입어 충분한 시장이 장기간 확보되었으며, 따라서 장기계획에 입각해서 확실하고 안정된 시설투자, 기술 개발, 인력관리 등을 할 수 있었다.