

特 輯

原電國産化
어디까지
왔나?

原電 國産化 어디까지 왔나?

*The Localization of Nuclear Power
Plant: Its Achievement and Prospect*



金 琮 埰

〈韓國電力公社 原子力建設處長〉

1. 序 言

우리나라는 現在 9基의 原子力發電所가 商業 運轉中이거나 建設中에 있으며, 우리 主導로 建設中인 것은 原子力 5號機부터 10號機까지 6基이다.

原子力 1號機, 2號機 및 3號機는 建設에서 試運轉까지 모든 建設業務를 外國 契約者가 일괄 主導하는 소위 턴-키 契約方式에 의거 建設된 반면, 1978年에 着工된 施設容量 950MW級의 原子力 5, 6號機 부터는 韓電이 外國 用役會社의 技術支援을 받아 建設工事を 主導함에 따라 韓國電力技術(株), 韓國重工業(株) 등 많은 國內業體 技術陣이 參與할 수 있는 契機가 마련 되었으며, 이로 부터 얻은 經驗과 技術은 原子力 7, 8號機 및 9, 10號機 國産化率 提高 및 國內技術의 自立度 向上에 많은 寄與를 하게 되었다.

原子力發電所의 國産化는 크게 “設計의 自立化”, “機資材의 國産化” 및 “國內 技術陣에 의한 施工 및 試運轉” 등으로 區分할 수 있으나, 本稿에서는 主로 原子力發電所 機資材의 國産化 現況과 向後 展望에 對하여 考察하여 보기로 하겠다.

2. 國産化 現況

가. 原子力機資材의 適用規格 및 特性

原子力發電所 機資材는 多様な 技術規格(Code & Standards)에 의거 設計, 製作, 設置 및 試驗하도록 되어있다. 우리나라에 建設된 原子力發電所의 適用技術規格은 主로 美國, 英國, 캐나다 및 프랑스 規格 등으로서 核蒸氣供給系統 및 關聯 附屬設備는 美國機械學會에서 發刊한 ASME 規格(American Society for Mechanical Engineers)과 프랑스의 RCC 規格(Règles de Conception et de Construction des Matériaux Mécaniques) 등을 適用하여 設計가 되었다.

프랑스의 RCC 규격은 미국의 ASME 규격의 원자력 관련 분야를 토대로 프랑스의 실정에 맞게 변경, 보완한 것으로 일반적으로 RCC 규격이 ASME 규격보다 다소 엄격하다 할 수 있으나, RCC 규격에서는 ASME 규격의 인증서(Certificate) 제도를 채택하지 않고 있다.

ASME 규격에서는 원자력 발전소 핵증기 공급 설비 관련 기계자재를 제작하는 업체는 미국 기계학회에서 발행하는 인증서(ASME Stamp)를 취득하도록 규정하고 있다. 따라서 국내의 많은 업체에서는 이미 각종 ASME Stamp를 취득하여 자기술수준 및 생산능력의對外 평가기준으로 활용하고 있다.

미국 기계학회에서 발급하는 주요 Stamp의 종류와 국내 주요 업체의 취득 현황은 표2 및 3에서 보는 바와 같다.

이러한 규격을 포함하여 기타 여러가지 규격에 의거, 설계된 원자력 발전소는 크게 핵증기 공급설비(NSSS), 터빈발전기설비(T/G) 및 보조

〈表 1〉 원자력 9-10호기適用 RCC規格

분 야	약 어	내 용
계 통	RCC-P	Rules for Process and System Design
기 계	RCC-M	Rules for Mechanical Equipment Design, Specification of Materials, Welding, Manufacturing and Testing
전 기	RCC-E	Rules for Electrical Equipment Design, Manufacturing, Qualification and Testing
토 건	RCC-G	Rules for Civil/Structural Design, Materials, Construction and Testing
소 방	RCC-I	Rules for Fire Protection and Prevention
핵연료	RCC-C	Rules for Nuclear Fuel Design, Manufacturing and Testing

도기계(BOP) 등으로 구분되며 기능별로 약 250여개의 시스템으로 분할되고 있다.

모든 시스템의 기계자재는 그 중요도에 따라 표4에서 보는 바와 같이 원자력 안전등급(Safety Class), 내진등급(Seismic Category) 및 품질등급(Quality Class) 등을 부여하여 일반 산업설비와 화력발전소보다 훨씬 엄격한 기술要件과 품질管理要件 등을適用하고 있으며 모든製作過程을 기록, 整理하여 保管하고 있다.

나. 國産化 推進 및 實績

원자력 발전소는 國內 關係法規에 의거, 다음과 같은 節次로 機械자材의 國産化 方針을 決定하여 왔다.

〈表 2〉 美國 機械學會 發行 認證書 (ASME STAMP) 種類

종류	내 용
A	조립건설 (Assembly)
PP	발전용 배관 (Power Piping)
S	발전용 보일러 (Power Boiler)
U	압력용기 (Pressure Vessel. Div. 1)
U2	압력용기 (Pressure Vessel. Div. 2)
H	주강제품 열보일러 (Cast Iron Heat Boiler)
N	원자력 기자재 (Nuclear/All Items)
NPT	원자력 기자재부품 및 부품 (Nuclear Parts & Appurtenance)
NA	원자력 기자재 조립건설 (Nuclear Assembly)
MM	자재 생산자 (Material Manufacturer)
MS	자재 공급자 (Material Supplier)
NV	원자력 안전밸브 (Nuclear Safety Valve)

〈表3〉 國內 主要業體 ASME認證書 取得現況

(85. 3. 현재)

업 체 명	인 증 서 종 류	유효 기간
현대중공업	N. NPT. NA. MS	83. 4~86. 4
	S. A. PP. H. U. U ₂	83. 12~86. 12
한국중공업	N. NPT. NA. MS	84. 9~87. 9
	MM. MS	83. 7~86. 7
	S. A. PP. U. U ₂	82. 5~85. 5
대우ITT	NPT. MS	85. 3~88. 3
	S. PP. U	84. 9~87. 9
현대건설	NA. NPT	85. 3~88. 3
동아건설	N. NPT. MS	82. 12~85. 12
한국전력기술	N	84. 6~87. 6
대우조선	S. A. PP. U. U ₂	84. 4~87. 4
삼성중공업	S. A. PP. U. U ₂	83. 6~86. 6
대한화학기계	S. H. U. U ₂	82. 11~85. 11
두산기계	S. A. PP. U. U ₂	82. 12~85. 12
조선공사	S. A. PP. U. U ₂	83. 12~86. 12
금성전선	S. A. PP. U. U ₂	84. 10~87. 10

1) 政府告示 標準國產化率을 基準으로 國產化 基本計劃 樹立 및 機械工業振興會에 導入機械施設에 對한 事前申告.

2) 商工部長官의 委任을 받은 機械工業振興會長은 各 機資材의 國內調達 可能如否 檢討 및 意見提示.

3) 機械工業振興會의 國產化 方針에 異意가 있을 경우에는 이의 再檢討를 요청.

韓電은 이와 같은 節次에 의거 確定된 國產化 方針을 基準으로 機資材를 國產化하고 輸入 對象品目이라 할지라도 國產化가 可能할 경우에는 工場實査 등을 通하여 果敢히 國產化로 轉換하고 있다.

政府에서도 發電設備國產化의 보다 效率的인 推進을 위하여 1981年7月1日字로 韓國重工業(株)을 發電設備 主機器製作業體로 하고, 關聯補助機器를 各 專門業體로 하여금 生産토록 하는 “發電設備專門系列化計劃(商工部 公告 第81-49號)”을 公告, 分散되었던 發電所機資材國

〈表4〉 原子力發電所 主要系統 機器別等級 分類

(#7·8基準)

品 名	안전등급	내진등급	품질등급	비 고
R. V, PZR, RCL 배관	1	I	Y	
S/G(Tube/Shell Side)	1/2	"	"	
RCP(Pump/Motor)	"	"	"	
Charging Pump & Motor	2	"	"	
PHR Pump & Motor	"	"	"	
Cont. Spray Pump & Motor	"	"	"	
C. C. W. Pump & Motor	3	"	"	
Aux. F. W. Pump & Motor	"	"	"	
Accumulator	2	"	"	
Emer. Diesel Gen. Set	NA	"	"	
Heat Exchangers	2.3/NA	I/II	Y/N	
Tanks	"	"	"	
FW/MS. Pipe	2/NA	"	"	
HVAC 系統	"	"	"	
T/G. Condenser 등	NA	II	N	* 원자력사고와 관련없음

註：- 안전等級：“1, 2, 3등”：“ANSI N. 18. 2a-1975”에 규정
 “NA”：NOT APPLICABLE
 - 耐震等級：“I”급：USNRC RG1. 29, 10 CFR50 APP-A 및 ANSI N18. 2-1973요건에 준함
 “II”급：NON-Seismic Category- I
 - 品質等級：“Y”：10CFR50 APP-B 요건에 준함
 “N”：10CFR50 APP-B 요건에 적용되지 않음

產化 業體를 韓國重工業(株)을 主軸으로 하여 再整備한 바 있다. 發電設備專門系列化計劃에 의한 韓國重工業(株) 生産品目 및 專門系列化品目は 表5에서 보는 바와 같다.

이러한 政策的인 考慮와 國內業體의 積極적

〈表5〉發電設備專門系列化計劃에 의한 品目別分類

韓國重工業(株)生産品目	專門系列化業體生産品目
- Reactor Vessel & Internals	
- S. G, PZR, RCP	
- Control Rod Drive Mechanism	
- Heat Exchangers(방사능유체용, Dear. F. W. Htr, H ₂ 및 TBN Lube Oil Cooler 등)	- Heat Exchanger(한중분 제외)
- Vessel(원자력급, 100mmt 또는 압력60kg/cm ² 이상)	- Vessel(한중분 제외)
- TBN, Gen, Exciter, Main Condenser	- Condenser(한중분 제외)
- TBN Driven F. W. Pump	
- Forged V/V(6"φ이상), Cast V/V(60"φ이상 또는 압력80kg/cm ² 이상)	- Forged V/V(6"φ미만), Cast V/V(6"φ~60"φ)
- Crane (Polar & Fuel Handling)	- Water & Waste Treatment Equipment
- HVAC(Q-List)	- I&C Component & System
- 화력발전소용(Coal Pulverizer)	- Heavy Electrical System
	- Pumps
	- Shop Fabricated Pipe & Support
	- Fire Protection System
	- 기타 화력발전소용 설비

인 呼應으로 原子力 5, 6號機 경우 29.4%, 原子力 7, 8號機 경우 34.8%에 이르는 國産化率을 記錄하게 되었고, 原子力 9, 10號機 경우에는 原子力發電所 心臟部인 原子爐容器(Reactor Pressure Vessel), 非常動力供給源인 非常디젤發電機設備, 約 450톤(Ingot重量基準)의 發電機回轉子軸 鑄造 및 機械加工 등 刮目할 만한 實績으로 約 40.2%의 國産化率(豫想)을 記錄하고 있다.

機資材의 國産化는 製作 및 契約方式에 따라 여러가지 形態가 있으나, 앞에서 言及한 國産化率은 政府에서 告示한 다음과 같은 國産品의

定義를 基準으로 하였다.

- 內國人이 圖面, 部品(輸入部品 50% 미만) 등을 導入하여 國內에서 製作하는 경우에는 國産으로 判斷.

- 素材爲主의 裝置(例: 鐵構造物, 굴뚝)는 素材의 國産化率에 의거 判斷.

- 外國 建設供給 契約者의 資金과 責任下에 國內에서 製作하는 경우에는 國産으로 判斷.

(註: 商工部 告示 第 85-1號)

호기명	國産화율(%)	비고
원자력 1 호기	8	
원자력 2 호기	12.9	
원자력 3 호기	10	
원자력 5·6 호기	29.4	計劃值임
원자력 7·8 호기	34.8	上同
원자력 9·10 호기	40.2	上同

〈表7〉 原子力 9·10號機 主要新規國産化品目

(선행호기 대비)

번호	품명	사양	수량
1	원자로(압력용기)	-	2 개
2	원자로냉각재계통배관(가공)	S/S. 27.5"φ~31"φ, 61mmth~67.5mmth	6 식
3	비상디젤발전기설비(엔진 및 조립, 시험)	엔진출력(대당): 3, 220HP, V형16기통, 발전기출력(대당): 4500KW, 엔진: 8대, 발전기: 4대	4 식
4	발전기(회전자축)	Gross: 450톤(INGOT), NET: 165톤	2 개
5	복수펌프	31ton/min, 454mH, 5032HP	6 대
6	열교환기 응축수회수펌프	32ton/min, 435mH, 4284HP	4 대
7	순환수펌프	1854ton/min, 17mH, 7072HP	4 대
8	345KV 가스절연육의개폐설비	-	2 식
9	345KV 가스절연모선	-	2 식
10	전력용전식변압기	6.9KV/480V, 630KVA	-
11	배전반류(내진설계분 포함)	6.9KV/480V, 직류 등	-
12	내방사성도료	-	-



〈月城의 原子力 3號機 全景〉

다. 國產化의 當面課題

原子力發電設備은 지금까지 國內 機械工業界에서 製作하여온 機資材에 비하여 高度의 品質管理에 의한 信賴性 및 精密性을 要求하고 있다. 設計에서 부터 製作, 試驗 및 設置까지 어느것 하나 看過할 수 없을 만큼 品質管理 要件을 強化함으로서 設備의 完璧한 性能 및 品質을 指向하고 終局的으로는 原子力發電所의 安全性과 利用率 提高를 目標로 하고 있는 것이다.

이러한 觀點에서 볼때 우리나라 機械工業界의 當面課題는 :

첫째로, 品質管理能力을 培養하는 길이다.

設計와 原資材 또는 機器部品 등은 外國에서 쉽게 導入할 수 있으나, 品質管理能力은 資材管理 및 工程管理 등과 함께 國內業體가 스스로 培養해야 할 課題이다. 國內業界가 原子力發電設備의 製作에 參與한 것은 1970年代 後半경 부터라고 할 수 있으며, 初期 國產化 機資材의 大部分은 主로 發電所의 全體性能이나 安全에 크게 影響을 미치지 않는 品目들이 大部分이었다.

現在에도 一部 業體에서는 品質管理 要件을 거의 完備하여 運用하고 있는 반면, 아직 品質管理概念 自體도 充分히 理解하지 못하고 있는

業體도 相當數 있는 實情이다. 앞으로 原子力安全等級機資材까지의 國產化를 위하여는 會社經營層에서 부터 品質管理業務의 重要性을 認識하여 品質管理組織을 活性化시키고, 專門人力을 적극 育成하여야 할 것은 물론 모든 從事員이 無缺點 製品을 만들겠다는 確固한 意志와 이로부터 보람과 矜持를 찾는 精神的인 信念이 더욱 重要하다 하겠다.

둘째로, 高級技術人力의 養成으로 自體技術開發에 注力하여야 하겠다.

國內産業構造가 급격히 高度化됨에 따라 技術人力의 底邊擴大 및 業體의 技術能力 向上이 절실히 要求되고 있으며, 이에 따라 우리나라에서는 先進外國의 有名會社와 많은 技術導入契約을 締結하여 왔다.

그러나 技術導入契約을 맺은 대부분의 外國業體에서는 自身들의 核心高級技術을 國內業體에 移讓하여 주는 것을 기피할 뿐만 아니라, 때로는 國內業體의 技術能力 向上까지도 警戒하는 姿勢를 보임으로서 技術導入契約에 의한 高級技術의 蓄積 또는 傳受에는 많은 어려움이 있었다.

現在까지 우리는 많은 原子力機資材를 外國業體와 技術提携로 國產化하여 外形의인 國產化率은 顯著히 增加하고 있음에도 불구하고, 國

內技術에 의한 純粹國產化分の 增加는 改善의 여지가 많은 實情이다. 이러한 觀點에서 우리는 高級技術人力養成 및 自體技術開發을 長期計劃下에 持續的으로 推進하여 技術集約的인 國產化로 名實相符한 國產化를 이룩하여야 한다.

셋째로, 原子力發電所의 標準化를 早速히 이룩하여야 하겠다.

우리는 프랑스 原子力發電所 標準化에 대하여 많은 것을 느끼고 있다. 初期 美國의 Westinghouse社로 부터 技術支援을 받아 原子力發電所를 建設한 프랑스는 프랑스의 實情에 맞는 設計를 開發, 이를 標準化함으로써 지금은 原子力發電所 標準化의 代表的인 國家로 評價받고 있으며, 美國 다음으로 自由世界 第2의 原子力發電產業國으로 發展하였다.

프랑스 原子力發電所 建設方式을 보면, 프랑스 電力廳(EDF)이 標準型的 原子力發電所를 選定, 全體事業管理 및 基本設計를 主管하고 原子爐系統設備는 FRAMATOME社, 터빈-發電機設備는 ALSTHOM ATLANTIQUE社 그리고 補助機器는 約 200餘個의 發電設備專門製作業體에서 設計부터 製作, 施工 및 試運轉까지 遂行함으로써 原子力發電所의 實質的인 分業化를 이룩하고 있으며, 이를 通하여 發電設備製作業體의 技術蓄積 및 生産性向上 뿐만 아니라 工事費節減 및 工期短縮 등에 많은 成果를 거두고 있다.

우리나라에서도 지금까지의 原子力發電所 建設 및 運轉經驗을 集大成하여 이를 土臺로 早速한 時日內에 原子力發電所를 標準化하여 建設을 推進함으로써 關聯業體의 技術蓄積은 물론 나아가서는 原子力發電所의 完全國產化를 實現하는 契機로 삼아야 하겠다.

넷째로, 原子力 機資材 製作業體에 대한 持續的인 支援이 있어야 하겠다.

앞에서도 言及한 바와 같이 政府는 發電設備 專門系列化計劃을 公告하고 專門系列化業體를

選定 發表하였으나, 지금까지 대부분의 業體는 주로 一般設計基準에 의한 機資材만을 生産하여 왔으므로 高度의 技術과 品質이 要求되는 原子力機資材의 生産을 위하여는 施設補完, 技術開發, 高級技術人力確保 등에 대한 새로운 投資가 不可避한 實情이며 이로 인한 原價上昇 또한 相當할 것으로 豫想된다. 따라서 이와같은 問題點을 解決할 수 있는 劃期的인 方案이 摸索되어야 하겠다.

3. 向後 展望

1970年代 初에 우리나라에 선보인 原子力産業은 지금까지 國內工業의 全般的인 技術水準을 向上시키고 高度의 品質管理制度를 定着시키는 데 일익을 擔當하여 왔다. 에너지 多變化 政策에 의한 代替에너지源의 寵兒로서 우리나라의 原子力産業은 短時日內에 많은 發展을 이룩하였으며, 原子力産業의 世界的인 沈滯現狀과 우리나라의 經濟成長 및 電力需要增加의 鈍化에도 不可하고 原子力發電所 建設은 持續的으로 推進되어 1990년까지 原子力發電所施設容量은 전체의 約 36%를 占有하게 될 展望이다.

우리公社는 이와 같이 原子力發電所의 持續的인 建設과 함께 보다 더 적극적인 原子力發電所 國產化 推進을 위하여 向後 標準設計를 確定하고 機資材國產化에 더욱 力點을 둘 것이다.

따라서 國內의 모든 發電設備製作業體는 原子力 9, 10號機까지 蓄積하여온 技術과 經驗을 最大限 活用하고 아울러 品質管理의 定着, 高度의 技術開發 및 高級技術人力確保 등을 通하여 原子力 機資材의 品質과 信賴度 向上은 물론 原子力發電設備 完全 國產化의 早期達成에 적극 勞力하여야 할 것이다.

原子力 發電所 機資材의 國產化는 國內 關聯産業의 技術水準向上 뿐만 아니라 高度의 技術蓄積에 의한 對外競爭力 提高에 크게 이바지할 것으로 믿는 바이다.