

特輯

原電國産化
어디까지
왔나?

機資材國産化 政策方向과 課題

Localization of Nuclear Power
Plant Components



李炳暉

〈科學技術處 原子力常任委員〉

昨今の油類供給過剩으로 派生된 油價下落現象은 70年代에 두번이나 겪은 世界에너지 危機의 쓰라린 敎訓을 살려 先進工業諸國을 爲始한 世界各國의 에너지節約運動과 石油代替에너지開發에 依한 脫石油政策의 꾸준한 推進努力의 結果라 하겠다.

그러나 이것은 一時的 過渡現象일뿐 長期的으로 限定된 油類資源이 向後 30年이면 枯渴될것 이라는 豫測으로 부터 미루어 볼 때 需要供給의 차질때문에 油價는 上昇하게 마련이다. 따라서 油類專燒大型火力發電은 經濟的 妥當性이 없어지기 때문에 新規油專燒火力發電所建設은 어려워질 것이다.

脫石油 代替에너지의 主宗으로 有力하게浮上된 原子力은 可用資源이나 經濟性面에서 越等히 有利할뿐만 아니라 火力發電方式보다 安全과 信賴性이 높고 社會間接所要投資가 훨씬 減少될뿐더러 環境保全·管理側面에서도 큰 利點이 있다. 뿐만아니라 原子力은 低廉하고 깨끗한 에너지로서 核燃料賦存資源可用量도 石油의 約 400倍로서 商用화된 原子力發電技術과 이미 開發되어 實証된 高速增殖爐 技術을 利用하면 向後 1,000年 以上 電力供給할 수 있는 에너지源이 되며 現在開發中인 核融合에너지利用技術이 實証되면 人類의 에너지問題는 完全히 解消 된다 해도 過言이 아니다.

이러한 狀況下에서 더구나 에너지資源이 貧困한 우리나라에서 石油代替에너지로 原子力이 主宗을 이루게 되는것은 當然한 歸結이라 하겠다.

그러나 原子力發電은 事故發生時 放射性物質의 漏出을 隨伴하여 Three Mile Island 原電事故時와 같이 大型放射性汚染을 誘發할 수 있으므로 火力發電보다 安全性을 最優先으로 考慮하여 한다. 따라서 放射線照射損傷을 包含한 高度의 設計基準, 製造技術과 엄격한 品質水準, 品質保證制度의 施行이 要球되며 發電所建設期

간의 長期化와 發電所補修時 作業者の 許容放射線被曝量制限때문에 補修作業制約을 嚴格히 받게 되므로 迅速한 補修에 長期間을 要하는 短點도 內包하고 있다.

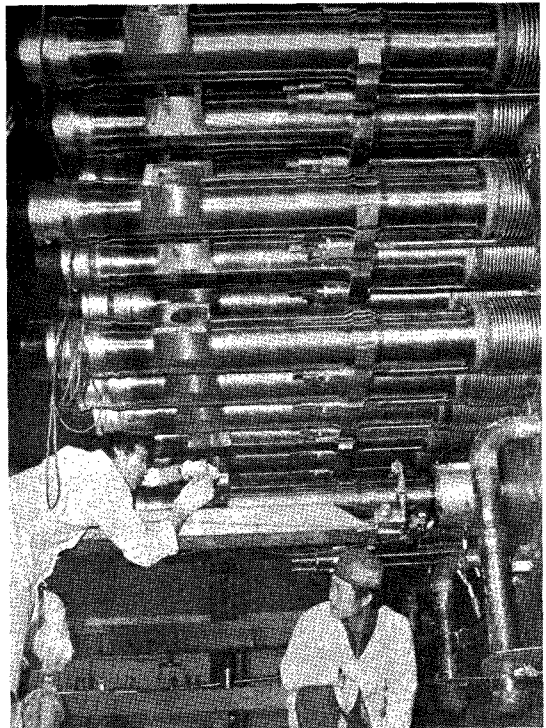
1. 必要性

第5次經濟開發5個年計劃期間中 石油依存度減縮을 爲하여 脫石油電源開發을 強力히 推進中이다. 中長期에너지需給計劃과 展望에 따르면 國內資源의 不足으로 供給은 大部分을 輸入에너지로 充當하여 에너지輸入依存도는 '82年の 74.5%에서 2,000년에는 89%水準으로 深化될 展望이나 供給構造面에서는 石油依存도가 크게 減縮되어 '82年の 57.8%에서 2,000년에는 32%水準이 되겠으며 이에 反해 原子力은 '82年の 2%에서 2,000년에 21%로 大幅 增加될 展望이다.

따라서 原子力等 脫石油 電力開發이 計劃대로 推進될 境遇 發電源의 石油依存도는 '82年の 70%가 '83년에 60%, '86년에 37%, '91년에는 16.7%로 減少될 것이다. 反面 原子力發電設備은 每年 900MWe級 1基程度씩 增設되어 '86년에는 全施設容量의 27%, '91년에는 約 40%, 2,000년에는 約 60%까지 點하게 될 展望이다.

急變하는 世界經濟與件과 不確實要因에 迅速히 能動的으로 對處키 爲하여 第5次經濟開發 5個年計劃을 最近에 修正·補完 作業中이다. 修正·補完의 力點은 安定成長基盤을 더욱 鞏固히 하기 爲하여 輸出과 內需의 持續的 伸張과 外債節減을 積極推進함으로서 經濟의 自力成長能力을 培養하는데 있다. 이를 爲하여 技術革新, 生産性 向上과 品質管理, 品質保証制度 等の 強化에 依한 産業의 國際競爭力 提高와 産業構造의 高度化와 合理化를 持續的으로 推進하고 있다.

특히 外債節減을 積極 推進하고 産業構造 高



月城原電核燃料棒 설치作業

度化와 合理化 促進을 爲하여 技術開發과 革新을 통한 國産化施策을 強力히 推進하고 있어 輸入에 依存했던 高性能機資材와 裝置가 大幅 國産化 代替되어 가고 있다.

한편 原電國産化는 莫大한 外債節減, 國際收支改善, 國內産業技術을 核水準級으로 高度化 向上誘導 함으로서 技術波及效果等に 크게 奇與할 뿐더러 機資材의 適期供給으로 建設工期短縮과 建設費節減, 補修部品の 迅速한 國內調達로 稼働率向上과 在庫水準適正化를 極大化하여 低廉한 電力을 安定供給 할 수 있게 된다. 또한 機資材供給의 海外依存度を 減少시키고 에너지自立度を 크게 向上하여 國家安保에 多角的 으로 貢獻한다.

따라서 外債節減과 에너지自立에 依한 에너지 安定供給을 期함으로서 經濟成長安定基盤을 더

욱鞏固케 하려면 原子力發電所 機資材國産化는 必須要件인 것이다.

2. 機資材의 使用條件에 따른 特性

一般火力發電과는 달리 原子力發電에 使用되는 機資材는 高溫·高壓下에서 強力한 放射線照射損傷을 設計壽命期間中 長時間 받게 된다. 따라서 機資材의 素材選定은 原子爐內의 어떠한 環境에서 使用될 것인가를 明確히 알아야 한다.

一般工業材料의 使用條件과 다른 重要한 點은 中性子, 荷電粒子 및 γ 線下에서 使用된다는 것이다. 이러한 特殊條件 때문에 原子爐材料가 지녀야 할 特性은 一般的으로 다음과 같은 條件을 生覺할 수 있다.

- 1) 中性子の 吸收가 적고, 中性子經濟上 有利할 것.
- 2) 高溫에서의 機械的性質이 우수하고 特히 短時間의 物理的性質뿐만 아니라 長時間 使用後 creep이나 疲勞가 적을 것.
- 3) 放射線照射에 의한 性質變化 및 劣化率이 작고, 特히 高溫에서 脆化하지 않을 것.
- 4) 冷却材와의 化學反應이 弱하고 腐蝕, 酸化 등에 強할 것.
- 5) 熱傳導性이 좋고 熱膨脹率이 작을 것.

原子爐材料의 使用條件

環 境	爐 型	輕 水 爐	高 速 增 殖 爐	高 溫 氣 體 爐
		化 學 環 境	水, 水蒸氣	液體소듐
材 料 의 最 高 溫 度 (°C)	爐心材	300-400	600-700	750-1,000
	構造材	260-300	400-600	450-800
放 射 線 環 境		주로熱中性子	주로高速中性子 (1Mev 程度)	주로熱中性子
中 性 子 照 射 量 (n/cm ²)	爐心材	10 ²⁰ - 10 ²¹	10 ²² - 10 ²³	10 ¹⁹ - 10 ²¹
	構造材	10 ¹⁸ - 10 ²⁰	10 ¹⁹ - 10 ²¹	10 ¹⁸ - 10 ¹⁹

6) 加工性, 熔接性이 좋고 값이 싸며 信賴性이 높을 것.

7) 被覆管材는 高溫에서 燃料芯材 및 核分裂生成物과의 共存性이 좋을 것.

上記 條件中 重要한 項目은 照射特性, 機械的性質, 製造加工性 等이며 아무리 其他條件이 좋아도 上記한 3개條件이 나쁘면 機資材로서 製作 使用할 수 없다.

따라서 原子力 發電所用 機資材는 소위 核水準이라 불리우는 높은 性能의 品質條件에 맞아야 하며, 이는 製造過程에서 부터 設置에 이르기까지 엄격한 品質保證을 받게 된다. 즉 高溫, 高壓, 湿度, 水壓, 地震, 摩擦, 爆發, 火災, 振動 및 放射線 等の 가혹한 條件에 견딜 수 있어야 하고 機資材는 一定期間동안 事故없이 機能을 遂行할 수 있어야 하며 一定期間 設定된 壽命의 連續動作을 保障 하여야 한다.

이런 必須條件을 機資材 設計·製作時 考慮토록 制定한 것이 ASME Code Section III로 輕水型原子爐의 系統 및 機器中 冷却材 壓力境界에 包含되는 壓力容器, 配管, 펌프, 밸브 等の 設計·製作·設置·試驗·檢査 等に 關한 事項에 大體로 適用되며 原子力發電所部品 技術基準이다. 이 외에도 美國의 ANSI, ASME, IEEE, RDT 技術基準 等과 프랑스의 RCCM, RCCE 技術基準 等이 있다.

3. 技術·經濟的 妥當性

이러한 嚴格한 技術基準適用과 品質保證이 이루어짐으로서 原子力發電所의 信賴性이 保障될 수 있다.

原電分野에 品質保證이 導入된 것은 美國原子力委員會(USAEC)가 1970년에 10CFR50 Appendix B(原子力發電所의 品質保證基準)를 制定하여 原子力發電事業者와 機資材 供給者에게

品質保證을 義務化시킨 法的根據를 마련하면서 였다.

이 基準은 原電 安全性과 關聯된 모든 系統과 機資材에 適用하는 18個項目의 品質保證計劃으로 細分되어 있으며 1971年과 1975年에 改正補完되어 美國의 原電技術을 導入한 各國에서 널리 準用되고 있어 우리도 이를 引用하고 있다. 따라서 必要한 生産設備을 갖추고 技術과 技能人力を 確保하여 設計, 素材購買, 製作, 設置, 稼動, 檢査 등 全過程에 걸쳐 18個項의 品質保證活動을 徹底히 履行하여야만 原電機資材를 生産할 수 있게 되어 있다.

우리나라 原子力 産業界가 機資材生産을 始作한 것은 70年代 後半부터였고 散發的이고도 自然發生的으로 非核水準級의 鉄筋, 鑄鋼品, 板材 등과 補助機器類를 外國主契約者의 下請形式으로 生産하였기 때문에 附加價置나 技術蓄積面에서 매우 微微한 實情이었다. 그러나 發電設備國産化推進의 一環으로 原子力發電設備 國産化도 産業構造 高度化·合理化政策에 副應하여 商工部에서 1981年에 原電機資材의 品目別·年度別 國産化計劃을 5次5個年計劃으로 確定하고 韓國重工業株式會社를 中心으로 36個專門業體를 系列化함으로써 高度技術專門化와 生産合理體系化로 一大轉機를 마련하였다.

그 동안 蓄積된 輕驗과 技術能力으로 Pressure Vessel, Steam Generator, Pressurizer 등 主要部品를 製作할 수 있는 水準에 이르고 있으나 技術導入에 依해 製作圖面이 提供되지 않는限 基本設計能力이 없기 때문에 各號機마다 各各 製作圖面이 提供되지 않으면 製作할 수 없는 實情이다. 따라서 基本設計能力이 時急히 提高되어야 하겠다.

原子力의 特殊性을 勘案하여 우리나라의 原子力事業은 原子力法에 依해 指定된 者나 許可를 받는 者만이 할 수 있게 되어 있다. 原子力法37

條부터 39條까지에 原子爐 및 關係施設의 生産에 關한 許可, 許可基準과 檢査事項을 規定하고 있다. 法38條(許可基準)의 第1號에서 “必要한 技術能力을 確保하고 있을 것”에 關한 技術能力을 施行細則第38條에서 規定하고 있다.

今年 7月19日 公告된 科學技術處告示 第83-2號로 “生産業許可와 關聯한 技術의 能力 및 品質保證計劃에 對한 基準”을 制定함으로써 生産設備·技術 및 技能人力の 保有基準과 品質保證計劃에 對한 基準이 마련되어 原子力法에 依據하여 原電機資材生産業을 法的으로 正式許可 할 수 있게 됐다.

國産化를 이룩함으로써 必然的으로 原子力發電技術을 完全히 消化하게 되고 自主技術確立을 통해 에너지準自立을 이룩하며 部品適期供給으로 建設工期短縮과 迅速한 補修管理가 可能하여 稼動率向上에 依한 低廉한 電力을 定安供給할 수 있게 된다. 따라서 國家經濟 成長基盤을 鞏固히하고 外債節減과 産業構造 高度化를 誘導하여 國際競争力을 強化시키므로 國家安保에 크게 寄與할 것이다.

國産化의 技術·經濟的 妥當性은 이와같이 매우 重要한 意義를 갖고 있어 再論의 余地가 없으나 適正國産化率을 어느線으로 잡고 이 目標達成을 위해 어떻게 政策手段을 動員해야 하겠는가?

參考로 日本의 境遇를 보면 1955年頃에 三菱重工, 日立, 東芝 등 5個 原子力그룹을 中樞로 한 專門系列化가 始作됐다. 현재 우리나라와 다른 점은 다음과 같다.

첫째, 原子力發電計劃 規模가 우리보다 훨씬 크기 때문에 PWR·BWR 原子爐 및 機資材 國産化를 爐型別로 原子力그룹을 別途로 形成하여 育成함으로써 專門化를 期할 수 있었다.

둘째, 初期에 設計·엔지니어링 등 소프트웨어의 技術導入을 果敢히 하여 約10年間 消化·

改良研究를 大的으로 國家와 民間企業이 共同으로 推進시켜 이 過程에서 核工學·爐物理·熱水力學·材料力學·原子爐材特性 等 基礎研究開

發을 通해 莫大한 技術蓄積을 이룩한 바탕 위에서 試驗爐·實証爐 等の 建設·運轉 經驗을 차분히 익힌 後 1960年代 末期부터 着實하게 本格

〈表〉日本原子力發電所 機器國産化

會社名	發電所名	國産化率(%)	主契約者	機器製作者			
				原子爐系	壓力容器	燃料體	蒸氣發生器
日本原子力發電	東海	35	GEC/SC	GEC	富士	BNFL	-
	" 第二	51	GE, 日立	GE	GE	GE/GETSCO	-
東京電力	敦賀 1	55	GE	GE	B & W/日立	GE/GETSCO	-
	福島第一原子力 1	56	GE	GE	GE	GE	-
	" 2	53	GE, 東芝	GE, 東芝	石川島播磨重工	JNF	-
	" 3	91	東芝	東芝	石川島播磨重工	JNF	-
	" 4	91	日立	日立	日立	JNF	-
	" 5	93	東芝	東芝	石川島播磨重工	JNF	-
	" 6	63	GE, 東芝	GE, 東芝	石川島播磨重工	JNF	-
中部電力	福島第二原子力 1	98	東芝	東芝	石川島播磨重工	JNF	-
	浜岡原子力 1	90	東芝	東芝	石川島播磨重工	JNF	-
關西電力	" 2	94	東芝, 日立	東芝	石川島播磨重工	JNF	-
	美浜 1	62	WH/三菱原子力工業	WH/三菱重工	CE	WH	CE
關西電力	" 2	76	三菱原子力工業	三菱重工/WH	三菱重工	WH	三菱重工
	" 3	97	三菱商事	三菱重工	三菱重工	三菱原子燃料	三菱重工
	高浜 1	73	WH/三菱商事	WH/三菱重工	三菱重工	WH	WH
	" 2	95	三菱商事	三菱重工/WH	三菱重工	三菱原子燃料	三菱重工
	大飯 1	85	WH/三菱商事	WH	三菱重工	WH	WH
	" 2	87	WH/三菱商事	WH	三菱重工	WH	三菱重工
	中國電力	島根原子力 1	93	日立	日立	日立	JNF
四國電力	伊方 1	94	三菱重工	三菱重工	三菱重工	三菱原子燃料	三菱重工
	" 2	99	三菱重工	三菱重工	三菱重工	三菱原子燃料	三菱重工
九州電力	玄海原子力 1	87	三菱重工	三菱重工	三菱重工	三菱原子燃料	三菱重工
	" 2	99	三菱重工	三菱電機 三菱原子力工業 三菱電機 三菱原子力工業	三菱重工	三菱原子燃料	三菱重工

(註) 國産化率(%) = $\frac{\text{國內製作機器額}}{\text{機器總額}} \times 100$

(資料: 原子力年報 1982. 10. 日本原子力委員會刊)

的 國產化에 進入하였다.

세째, 火力發電設備·金屬素材 等 關聯工業의 技術水準이 高度로 發達되어 있어 原子力産業을 充分히 支援해 줄 수 있는 基盤위에서 原電機資材의 國產化가 이루어 졌다.

日本の 例에 比하면 優先 原子力發電計劃 規模가 훨씬 적어 國產化 需要市場이 적고 技術과 關聯工業基盤이 微弱한 우리로서는 보다 더 슬기롭게 어려운 與件을 克服해 나가야만 機資材 國產化의 內實을 期하여 所期の 效果를 거둘 수 있게 되겠다.

4. 政策方向

原電總投資費中 機資材費는 約 40%程度를 차지하게 되므로 國產化에 依한 外債節減額도 자못 크지만 그 보다도 더욱 重要한 것은 原子力發電技術의 自立效果라 하겠다. 技術自立을 이룩함으로써 機資材需要創出이 可能하고 國產化가 이루어 질 수 있다. 原電 技術自立을 日本의 國產化를 통해 보고자 表에 실었다.

日本の 輕水爐 國產化率은 玄海原子力 2號機나 福島第二原子力 1號機에서 보는 바와 같이 三菱重工과 東芝에서 PWR과 BWR에 對해 各 各 完全國產化한 99%와 98%線에 이르고 있고 數年前까지만 해도 運轉稼働率이 歐美보다 低調 하였던 것이 近年에 이르러 最高實績을 記錄하기에 이르렀다.

이러한 過程과 與件에 비추어 우리의 目標은 原子力發電技術 自立化를 推進하여 原電의 安全 및 信賴度와 經濟性을 向上하고 機資材 國產化를 促進함에 있다. 이 目標을 早速한 時日內에 어려운 與件下에서 達成키 위하여는 政策方向을

첫째, 原電事業은 技術能力確保를 最優先의 으로 考慮하여 國家·研究開發機關·企業이 共同으로 外國技術隸屬의 굴레로부터 早速히 벗어나

기 위하여 技術開發 特히 NSSS의 基本設計能力 培養을 強力히 促進시킨다.

둘째, 原電技術開發은 國內潛在能力(人力, 施設)을 最大限 活用하여 原電事業者의 參與로 產·學·研의 連繫強化를 效率의이고 合理的으로 推進한다.

세째, 原電機資材 및 核燃料 國產化를 促進키 위하여 國內技術開發과 併行하여 原電導入時 核心技術移轉을 條件으로 하며 아울러 國際機構(IAEA 等) 및 核先進國과의 技術協力擴大를 통해 核心技術能力을 確保하며 事業의 具體的이고도 效率의 推進을 위해 國產化 基本計劃樹立으로 事業을 組織化 한다.

5. 課 題

이와같은 政策目標과 方向에 따라 早速히 成就되어야 할 어려운 課題가 많다.

첫째, 原電機資材國產化綜合計劃을 技術研究開發基盤위에서 柱核技術確保를 成就할 수 있는 次元에서 樹立해야 하겠다. 이에 따라 國家, 研究開發機關, 學界, 企業의 役割 分担을 明確히 하고 相互補完의 으로 連繫되어야 하겠다.

둘째, 소프트웨어는 科學·技術者의 研究開發能力과 高度의 技術蓄積에 따르는 것이므로 自力技術開發能力 提高를 組織的으로 原子力技術開發과 併行하여 OJP(On the Job Participation) 等を 통해 極大化시켜야 하겠다.

세째, 技術基準과 品質保證制度를 消化·改良·定着시켜 原電의 安全 및 信賴度와 經濟成을 向上시키기 위하여 品質公認制度가 早速히 確立되어야 하겠다.

이러한 重要課題를 着實하게 이루기 위하여 原子力事業의 綜合調整機能強化를 原子力委員會 補完으로서 隊行코자 現在 原子力法改正作業이 推進되고 있다.