

# 原子力研究開發 中長期計劃과

## 우리나라의 次世代原子爐

### 技術開發에 對한 小考

辛 基 祚

電友클럽會長

#### 1. 序 論

賦存에너지資源이 거의 없는 우리나라에서는 앞으로 劃期的인 에너지源이 開發되지 않는 한 原子力에너지의 利用은 계속적으로 擴大되어 가야만 할 것이다.

이에선 우선 原子力技術의 自立이 先行되어야 하는데, 이제까지는 原子力技術의 特殊性, 研究開發費의 制約 등의 이유로 인하여 활발한 研究가 이루어지지 못하였다.

이제 우리나라도 에너지技術開發에 力點을 두고 있는 先進 各國의 研究環境에 발맞추어, 原子力技術自立을 목표로 한 '原子力研究開發 中·長期計劃'이 原子力委員會의 議決을 거쳐 國家計劃으로 確立되었으며 확고한 목표와 구체적인 추진계획을 마련하였다.

이 計劃의 目標은,

- ① 2000년대초, 原子力技術先進國水準에 進入
- ② 原子力發電技術의 自立 및 高度化를 통한 國家에너지自立基盤 構築

에 있다.

研究計劃은 政府主導分野와 事業體主導分野로 大分되고 이중 事業體主導分野에 '次世代原子爐技術開發'이 포함되어 있다. 우리나라에서

는 21世紀에도 原子力이 主電源役割을 담당할 것으로 전망됨에 따라 高度의 安全性과 信賴性이 있는 次世代原子爐를 獨自의으로 開發하여 명실상부한 技術自立을 달성하고 國際競爭力을 확보하기 위해 先進國의 技術開發現況을 分析·評價하여

- 1994년까지 우리 固有의 原子爐型을 결정하고,
- 1997년까지 概念設計, 基本設計開發,
- 2001년까지 詳細設計, 安全性分析報告를 開發, 作成,
- 2007년에 次世代原子爐建設, 運營한다는 里程碑를 세우고 있다.

#### 2. 우리나라의 原子力技術

우리는 1962년 국내최초의 研究用原子爐를稼動시켰고 1978년에야 비로소 發電用原電 古里 1호기의 商業運轉을 시작했으며, 현재는 9기의 原子爐가 運轉中에 있고 7기(영광 3, 4호, 울진 3, 4호, 월성 2, 3, 4호)가 建設中에 있다.

우리의 原子力技術 現況을 살펴보면 제1호 原子爐의 運轉이 개시된 후 겨우 14년이 經過

했을 뿐이며, 더욱이 初期에는 原電建設事業을 外國會社에 一括都給發注하였으므로 우리의 독자적인 設計(綜合設計, 機器製作을 위한 設計 등), 機器製作 및 建設 能力이 매우 부족한 실정이며, 原子力에 대한 基礎, 基盤技術도 先進國에 비해 크게 落後되어 있다고 할 수 있다.

다음에 技術分野別로 좀더 상세히 살펴보기로 한다.

#### 가. 原子力發電所 綜合設計技術(Architect Engineering / A/E)

이 分野에서는 韓國電力技術株式會社(KOPEC)가 거의 독보적인 존재로서 1995년까지는 原電 A/E 技術을 95% 自立한다는 目標을 設定하고 꾸준히 노력하고 있다. 1975년 韓技의 創設以來 여러 우여곡절을 겪으면서 成長하여 왔는데,

人力參與基準으로는

- 古里 3, 4호기 .....37.3% 外國會社下請
- 영광 1, 2호기 .....41.3% 外國會社下請
- 울진 1, 2호기 .....46.0% 外國會社下請

設計에 참여하여 技術力を 蓄積해 왔고, 영광 3,4호기 建設에 이르러 비로소 外國 A/E社를 下請者로 고용하고 主契約者로서 主導的 役割을 담당하고 있다. 95% 自立의 內容은 技術人力參與 86%와 기타 電算코드의 確保, 社內·外의 技術教育, 原電設計資料의 確保 등을 評點하여 自立度를 評價하고 있다.

현재 概念 및 基本設計는 外國會社와 부분적으로 共同遂行하고 詳細設計는 完全自立段階에 있다. 95%의 技術自立 評點에 도달한다 해도 영광 3, 4호기가 1995년, '96년에 각각 竣工되고 所期の 性能을 발휘하여 순조로운 商業運轉이 계속됨으로써 비로소 1사이클의 經驗을 쌓을 수 있다고 볼 때, 綜合設計技術自立을 위해

要素技術을 完全 消化하도록 성실히 노력을 傾注해야 할 것이다.

#### 나. 核蒸氣發生系統(NSSS) 設計技術

이 分野는 원래 原子爐製造業體가 담당해야 하나, 현재 우리나라에서는 韓國原子力研究所가 담당하고 있다. 原子力技術研究開發 中·長期計劃에서는 各機關의 業務分擔도 점차적으로 調整하는 것으로 되어 있다.

原子力技術發展에 原子力研究所가 많은 공헌을 한 사실은 自他가 인정하는 바이다. 특히 근래에 原電技術 國產自立化計劃에서는 NSSS設計와 核燃料技術開發·自立化의 專擔部署로서 적극 개입하여 많은 發展에 크게 이바지하고 있다. 1986년초, 영광 3, 4호기의 NSSS 設計技術習得을 위해 ABB-CE와 System80 原子爐設計에 人力基準으로 50:50 共同遂行計劃을 추진, 1990년말까지 120명의 科學·技術者를 ABB-CE에 파견하여 技術을 習得하였으며, 技術傳受合意에 따라 기술자료, 서류 등 3,800種, 電算코드 100, 기타 필요자료를 傳受 確保하여 미래의 新技術開發을 위한 훈련을 받고 있다. 이러한 노력의 결과 韓國型標準原電의 NSSS設計를 獨自 遂行할 수 있는 能力을 배양하게 되었고, 이는 곧바로 울진 原電 3, 4호기 NSSS設計를 專擔하는 작업에 연결되었다.

이제부터는 在來式 原電 NSSS設計 乃至 그의 改良에만 執着하지 않고 더욱 進歩된 原子爐技術에 挑戰할 段階에 있다. NSSS設計技術을 위해서는 광범위한 要素技術이 完全 消化되어야 하고 또 NSSS의 製造를 위해서는 核燃料를 위시, 壓力容器, 蒸氣發生機, 펌프類, 制御 시스템 등의 機能仕樣은 물론, 全系統이 完全히 性能을 발휘할 수 있도록 各部分 設備의 仕樣이 완벽하게 作成되어야 하며 完全성에 대한 分析

評價도 이루어져야 하는 바 현재의 技術水準에  
가일층의 向上發展이 있어야 할 것이다.

#### 다. 原子爐의 製造技術

이 分野에서는 韓國重工業株式會社(KHIC)가  
주된 役割을 담당하고 있다.

KHIC는 1988년 原子力發電事業主인 韓電이  
수립한 原子力技術自立計劃에 의해, 1995년까지  
NSSS의 1次系統 部品設備의 設計, 製作, 設置  
技術의 87%를 自立達成하도록 추진중에 있다.  
이를 위해 KHIC는 영광 3, 4호기 1次系統 部  
品設備의 設計에 建設初期부터 참여하여 왔다.  
그러나, 그 能力評價結果는 人力, 設備 등의 太  
不足과 技術消化能力의 不足함을 드러내었다.  
따라서 울진 3, 4호기에서는 위의 취약점을 補  
完할 수 있도록 CE技術者의 指導아래 課業達成  
에 최선을 다하고 있으며, CE의 技術傳受를 위  
해 美國工場에서의 OJT는 물론, 設計에 共同參  
與方式으로 영광, 울진 原電事業에 從事하고 있  
다. 이러한 訓練結果는 영광原電의 原子爐用壓  
力容器와 蒸氣發生器의 製作에 挑戰하여 CE의

設計에 의해 材料配合에서부터 鑄造, 鍛造 段階  
를 消化하고 이들의 製作에 成功하게 된 것이  
다. 그러나 原子爐 全體의 設計, 製造, 組立 技  
術의 完全自立에는 좀더 풍부한 技術經驗을 축  
적할 필요가 있어 울진 3, 4호기 事業에서 技  
術의 進一步를 기하고 있다. 참고로 영광 3, 4  
호기에서의 經驗과 이의 補完을 위한 울진 3,  
4호기 事業에서의 對策은 다음 표 1에서 보는  
바와 같다.

실제로 KHIC가 확보해야 하는 技術은 原電  
機器製造業者로서의 機器製作을 위한 設計技術  
인 바, 上記한 바와 같이 機器加工技術은 相當  
水準에 도달해 있으나 設計技術은 短時間內에  
自立하기는 곤란할 것이며, 이에는 과거 日本의  
미쯔비시나 프랑스의 FRAMATOME 등이 美  
國의 Westinghouse社에서 技術을 習得한 課程  
을 본받아 應分の 投資를 하고 設計·製作技術  
自立에 가일층 精進해야 할 것이다.

#### 라. 核燃料技術

우리나라의 核燃料國產化方針은 1980년 12월  
에 확정되어,

- 輕水爐用燃料은 外國과 合作에 의해
- 重水爐用은 自體技術에 의해

國產化를 추진한다는 것이었으며, 1985년에 韓  
國原子力研究所에서 重水爐用은 研究開發이 끝  
나 實證試驗을 거쳐 1987년 下半年부터 國內需  
要를 充足시키고 있다.

한편 輕水爐用은 外國과의 合作投資開發에서  
方針을 변경하여 1984년에 設計는 原子力研究  
所가, 製作은 韓國核燃料株式會社(KNFC)가  
담당하기로 하여 技術導入先으로는 독일의  
KWU를 선정, 1986~1988년간 海外訓練 및 研  
修를 받아 1988년에 工場建設을 완료하여 동년  
10월에 生産을 開始하고 1990년 2월에는 古里

<표 1> 울진 3, 4號機에서의 對策

영광 3, 4號機 경험상 未備點	울진 3, 4號機에서의 處理方案
人力資源 不足	美國에서의 訓練, OJT, 國內訓練, 設 計技術 咨詢 활용
인터페이스 咨 詢 不足	國內 및 美國에서의 訓練, OJT, 設計팀의 구성, 事業管理 咨詢 활용
NSSS 設計技術 不足	國內 및 美國에서의 訓練, OJT, 設計팀의 구성, 事業管理, 購買業務 咨詢 활용
概念設計能力 不足	設計技術 咨詢
購買技術의 취 약성	國內外에서의 OJT, 事業管理, 구매기술의 咨詢 활용
技術機材設備의 不足	電算系統의 보완 電算 도드의 開發

2호기에 核燃料를 裝填 使用하게 되었다.

즉 重水爐用技術은 自體開發했으며(내용적으로는 캐나다原子力公社의 도움아래), 輕水爐用은 KWU에서 技術을 導入한 것이다. 初期에는 技術導入先과 共同設計했으나 1991년에는 完全自立에 이르게 되었다. 앞으로는 生産性提高, 品質改善 등에 注力하고 나아가 燃焼度の 增大, 壽命延長 및 安全性提高에 注力해야 할 것이다.

이상에서 原子力發電所建設을 위한 重要技術 즉 綜合設計技術, NSSS設計技術, 原子爐部分設備의 設計·製作技術 및 核燃料設計·製造技術의 현황과 技術水準의 現위치를 概觀하였다.

우리의 실정은 이러한데 先進國에서의 原子爐技術開發은 어느 水準에 이르러 있는 것인가.

### 3. 先進國에서의 原子爐技術開發動向

#### 가. 美 國

原子力技術의 尖端을 달리고 있는 美國의 경우, 國家의 에너지政策으로 2000년대까지 次世代原子爐를 開發하여 이를 建設, 運營할 수 있도록 汎國民의 計劃을 수립하고 在來式改良型 및 被動型(Passive) 原子爐의 開發을 함께 支援하고 있으며 開發爐型은 아래 표 2와 같다. 그리고 표 2의 各爐型 開發과 美原子力規制委員會(NRC)의 設計認可計劃은 표 3과 같다.

#### 나. 日 本

高速增殖爐(FBR)의 實用時點까지는 改良型

<표 2> 開發爐 型

爐 型	開發社	容 量	備 考
System 80 <sup>+</sup>	C.E.	1,300MWe	改良型
ABWR	G.E.	1,300MWe	改良型
AP-600	W.H.	600MWe	被動型
SBWR	G.E.	600MWe	被動型

<표 3> 爐型別 美 NRC 設計認可計劃

爐 型	開發社	最終設計承認	設計認證發給
ABWR	G.E.	1992년 12월	1994년 6월
System 80 <sup>+</sup>	C.E.	1993년 11월	1995년 5월
AP-600	W.H.	1994년 11월	1996년 5월
SBWR	G.E.	1995년 1월	1996년 7월

<표 4>

爐 型	開 發 社	容 量	備 考
APWR	미즈비시, W.H.	1300MWe	改良型
ABWR	히다찌, 도시마, G.E.	1300MWe	// 東京電力에서 建設中

을 主種으로 開發한다.

被動型爐는 容量의 格上을 검토중이며 開發爐型을 보면 표 4와 같다.

#### 다. 기타 國家

프랑스는 N<sub>4</sub>型, 1400MWe-改良型을 EDF가 開發, 建設中이고 독일과 合作으로 1400MWe級 改良型을 開發하고 있으며, 英國은 Sizewell B型 1,200MWe改良型을 建設中에 있고 1994년까지는 N<sub>4</sub>型도 고려, 또는 自體開發 등의 政策을 결정할 예정으로 있다.

### 4. 小 考

次世代原子爐 技術開發計劃과 우리나라의 技術位置, 先進國의 빠른 技術發展을 감안할 때 아래와 같은 點 등을 생각해 볼 수 있을 것이다.

(1) 우리나라의 原子力技術은 部分的으로 相當한 水準에 도달했다고 할 수도 있으나 實證된 技術이 아니라는 취약성이 있다. 技術의 成熟없이 새로운 技術에 排戰한다는 것은 相當한

Risk를 堪耐할 勇氣와 지혜를 필요로 한다.

(2) 新型原子爐研究센터(CARR)에서도 指摘한 바와 같이 1994년까지 改良型이나 被動型原子爐中에서 어느 하나를 次世代爐型으로 選定한다는 것은 매우 어려울 것이라는 생각이 든다. 이는 先進國開發動向에서 보는 바와 같이 1994년까지 NRC의 設計認證이 發給될 豫定인 爐型이 G.E.社의 ABWR밖에 없으며, 이 型의 原子爐는 東京電力에 의해 建設되고 있으나 性能立證은 1996~1997년에야 可能하기 때문이다. 그렇다고 해서 純粹 우리나라 技術로 Korean Origin爐를 開發한다는 것도 우리 技術水準으로 볼 때 不可能한 일이며 또 그럴 필요가 없다고 생각된다.

(3) 現計劃에 의하면 PWR型을 選好하는 것은 이 型이 우리와 가장 親近感이 있으므로 當然視되나, 현재까지 遂行된 韓國型 標準原電 技術開發에서 指向하고 있는 System 80+型이 자연적인 結果로서 導出된다면, 이 次世代原子爐 技術開發에 대한 巨大한 投資의 正當性을 올바르게 評價받지 못할 염려가 있을 수 있다. 그렇다면 果敢하게 着想을 넓혀 여러 가지 爐型에 대해 深度있는 研究가 필요하며 結果적으로는 더욱 安全하고 經濟的인 原子爐型을 導出해내야 한다고 생각된다.

(4) 報導에 의하면 美國의 에너지省과 原電業界는 改良型原子爐를 開發中인 3個의 製造業體에 대해서 設計入札書를 提出토록 正式要請하고 이를 10월 9일에 마감, 落札者選定作業은 12월 초부터 시작할 예정이다. 選定된 落札者에게는 開發資金을 支援하게 된다. 3個 製作業體는 ABB-CE, G.E., Westinghouse社이며 이들이 開發中인 改良型原子爐는 이미 記述한 바와 같이 System 80+, ABWR, APWR, SBWR 등으로, 이번 入札에서 가장 우수한 改良爐가 選

定된다면 아마도 當分間은 向後 美國의 原電建設에는 이 型의 原子爐建設이 主種을 이룰 것으로 豫見되는 바, 우리가 選定하는 次世代原子爐 型과의 相關關係에도 영향이 미칠 수 있지 않을까 留意함이 좋을 것으로 생각된다.

(5) 次世代原子爐開發事業은 實로 巨大하고 重要的인 國家的 Project인 고로 이 事業을 위해서는 組織機構를 劃期的으로 構成해야 한다고 생각된다.

즉, 各部署·機關이 分立, 擔當할 것이 아니라 單一, 別個組織으로 構成하여(高速電鐵의 예와 같이) 從業者들을 現所屬에서 差出, Project에 專屬시켜, 開發이 完了되고 새로운 原電建設, 運營될 때까지 移動치 말고 課業達成에 邁進해야 할 것이다. 철저한 責任感을 갖고 一絲不亂한 體系下에서 비로소 事業의 成功을 기할 수 있기 때문이다.

뿐만 아니라 原電建設에는 設計에서 建設·試運轉에 이르기까지 모든 業務遂行을 위한 節次書(Procedure)가 마련되어야 하며 各業務 遂行過程에서 철저한 品質保證檢査가 必須的인 까닭에, 이러한 일관성있고 總合的인 준비가 單一部署 책임하에 이루어져 全組織에 均衡있게 適用되어야 하는 까닭이기도 하다.

모든 隘路를 克復하고 가장 合理的인 코스를 巡航하여 우리나라에도 새로운 次世代原子爐가 建設되는 날을 苦待한다.

..... < 參考資料 > .....

1. 韓國電力技術株式會社 10年史
2. 原子力研究開發 中長期計劃
3. CARR 新型原子爐研究센터消息
4. 次世代原子爐技術開發計劃討論會 자료
5. The Development Plan of Next Generation Reactor in Korea.
6. 1990, 1991, 1992 KAIF-KNS Annual Conference Proceedings.