

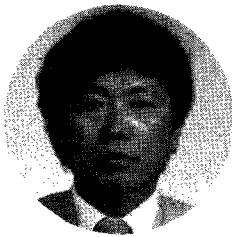
特 輯

原電國産化  
어디까지  
왔나?

# 原電標準化事業의 現況과 展望

— 設計標準化를 中心으로 —

*The Present Status and Prospects  
of Nuclear Power Plant  
Standardization in Korea*



申 載 仁

〈韓國電力技術(株) R&D센터 研究本部長〉

## 1. 序 言

現在까지 우리나라의 原子力發電所 建設은 다양한 主機器의 導入과 建設資金의 多變化 그리고 國內技術 能力의 부족으로 인하여 事業管理에 어려움을 초래하고 있을 뿐만 아니라, 發電 原價의 상승을 초래하여 石炭火力發電所와 對 備하여 經濟的인 優位를 지키지 못하고 있는 實情이다.

그렇지만 原子力에너지의 利用은 制限 資源을 가진 우리나라의 現實과 에너지원의 多樣化, 核心技術의 國內 他産業 傳播라는 命題때문에 계속되어야 하며<sup>(1)</sup> 따라서 原子力發電所의 經濟性 提高를 위한 방안들이 강구되고 있다.

標準原子力發電所의 설계는 建設工期의 短縮 (認許可節次의 簡素化 包含), 建設費의 節減, 利用率 向上을 통한 原子力發電所의 經濟性을 높이고 原子力技術의 自立과 機資材 國産化를 앞당길 수 있는 利點때문에 標準原子力發電所 建設을 위한 근본적인 과정으로 提議되었으며, 韓國電力技術(株)의 政府特定研究開發事業 遂行<sup>(2)</sup>과 韓電과 動資部의 細部 推進計劃 確定에 따라 進行중에 있다.<sup>(3)</sup>

本稿에서는 原電設計 標準化作業의 現況을 설명하고, 앞으로의 推進方向에 대한 筆者의 展望을 記述하고자 하며, 原電 國産化를 위한 標準化 效果에 대해서 언급하고자 한다.

## 2. 原電設計 標準化 推進現況

### 가. 原電 標準化의 概念

世界的으로 原子力發電所를 보유하고 있는 대부분의 國家들이 原電 標準化를 推進하였거나 計劃中에 있으며 그 概念과 推進方向은 自國의 에너지需要, 原電建設計劃, 國內의 技術水準, 原子力産業의 構造, 標準化 目的 등을 고려하여 獨特하게 설정되었다.<sup>(1)(4)</sup>

이중에서도 특히 에너지需要의 增加를 고려한 原電의 建設計劃과 國內 技術水準은 原電 標

準化 概念의 정립을 위한 主要 因子로 작용하였으며, 프랑스와 같이 每年 數基의 原電 建設 計劃을 가지고 있는 先進技術國은 自國 現實에 알맞는 標準原子力發電所를 많은 研究開發費를 투자하여 開發하였으며, 에너지需要가 매우 크지 않은 나라에서는 過大한 研究開發費를 投資할 수 없거나, 國內 技術의 水準이 충분하지 못함으로써 參照發電所(Reference Plant)의 複製(Duplication 또는 Replication)를 통한 多數基 反復建設의 概念을 채택하고 있다. 最近 標準發電所의 建設許可를 自國의 規制機關으로부터 획득한 이탈리아가 後者인 경우의 代表的인 例가 된다.

우리의 原電 標準化 概念은 1) 每年 0.5~1基의 原電 投入率로서는 過大한 技術開發費를 투자할 경제성이 빈약하며, 2) 國內의 設計, 機器製作을 위한 核心 技術水準이 상대적으로 충분하지 못하고, 3) 原電 建設을 위한 內資調達에 어려움이 예상되는 점 등을 고려하여 '84년 10월에 確定된 動資部의 推進基本計劃<sup>(3)</sup>에 따르면 독일, 프랑스, 일본의 原電 標準化 概念보다는 原電의 經濟性 提高에 着眼을 둔 이탈리아方式을 適用한 개념을 第1世代 標準化 概念으로 채택하였다.

즉, 標準原子力發電所는 900MWe급 PWR을 主種으로 하고, 爐型의 多變化를 위해 600MWe

급 PHWR을 보완적으로 채택하되, 지금까지의 發電所 建設, 運轉 經驗을 土臺로 하여 參照發電所設計에 改善事項을 추가 보완하고, 多數 敷地의 包括的特性을 만족하는 설계를 하여 多數基의 發電所를 反復建設하는 複製方式이다.

核蒸氣供給系統(NSSS), 터빈發電機系統(T/G) 및 補助機器系統 등 發電所의 全系統과 原子爐建物, 補助建物, 制御建物 및 터빈建物 등의 發電設備建物에 대한 設計 및 配置를 標準設計의 範圍 및 內容으로 하며, 循環水用 취배수구조물, 스위치야드 등 부지의 영향을 많이 받는다(Site Specific) 構造物과 系統만은 제외하도록 고려되었다.

우리나라와 외국의 標準化 概念을 要約하면 表1과 같다.

#### 나. 原電 標準設計의 推進概念

막대한 建設費와 長期間의 工期가 要求되는 原子力發電所 特性때문에 각국의 原子力發電所의 標準化는 經濟性과 安全性을 增進시키기 위한 目的으로 推進되어왔다. 또한 發電플랜트의 標準化는 부분적인 機資材의 標準化보다는 最適化한(Optimized) 標準設計가 一次的으로 먼저 수행되어야 하며, 現在 推進中에 있는 우리나라의 原電 標準化도 이러한 概念下에 技術經濟性分析을 통한 最適標準設計를 設計改善事業을 통하여 먼저 수행하되 구체적인 基本 및 詳

〈表 1〉 우리나라와 外國의 標準化 概念

구분 \ 국가	프 랑 스	독 일	이탈리아/ 영국	미 국	한 국
표준로형 및 용량	900MWe/1300 MWe급 PWR	1300MWe급 PWR(700/1000MWe 급은 주로수출용)	1000MWe급(이탈리아), 1300MWe급 PWR(영국)	1300MWe급 PWR/BWR	900MWe급 PWR
표준화방법	단계별 복제방식 (W NSSS기술도입)	참조발전소개선	참조발전소의 설계개선에 의한 복제방식(W NSSS 기술도입)	참조방식 반복방식 복제방식 제조인가방식	참조발전소의 설계개선에 의한 복제방식
표준화배경 및 목적	자국의 모델개발 해외시장 개척 건설공기단축	자국의 모델개발 해외시장 개척 건설공기단축 인허가 촉진	경제성향상 건설공기 단축 안전성/신뢰성향상	인허가 촉진	경제성 향상 기술자립촉진

細設計過程에서 機資材製作標準化, 建設施工標準化, 運轉補修標準화가 並行하여 推進하도록 되어있다.

最適의 標準設計를 위한 수행 절차는 다음과 같다.

1) 建設과 運轉/補修經驗 등을 集約하여 現實에 맞지않는 設計內容 등을 導出하여 설계개선 項目들을 選定하고,

2) 技術經濟性分析(Techno-Economic Analysis), 費用效果分析(Cost-Benefit Analysis) 또는 價値效果分析(Value-Impact Analysis)을 통하여 最適設計 改善方案을 결정하여,

3) 참조발전소의 基本 및 詳細設計에 設計改善方案을 反映하고, 標準機資材의 사양과 공사 시방서를 작성하며,

4) 수집된 技術情報를 組織化하고 모든 資料를 標準化, 電算化하며,

5) 運轉/補修資料 및 結果를 표준화, 전산화하도록 基本지침을 確定하는 것이다.

또한 最適設計를 위해서는 다음과 같은 주요 사항들이 검토될 것이다.

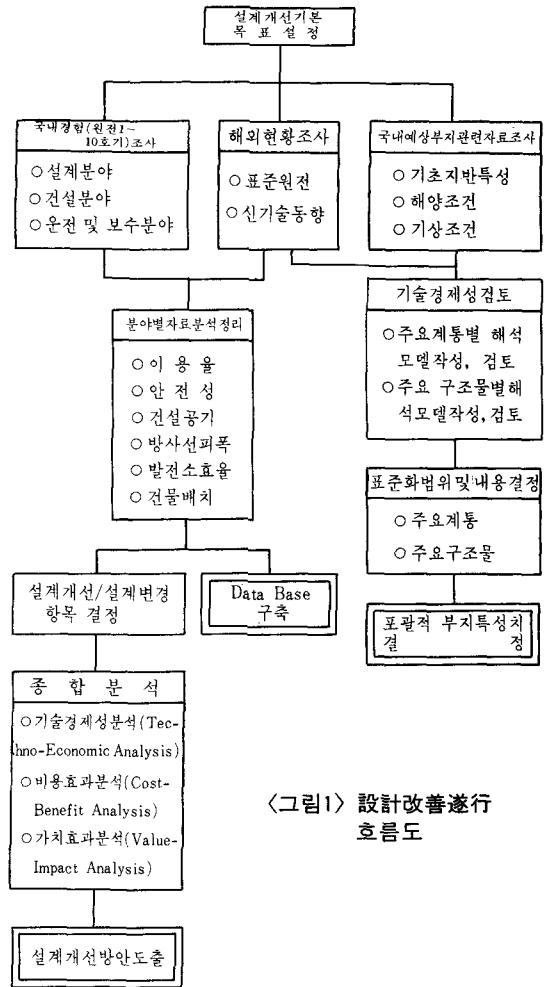
- 1) 利用率向上
- 2) 安全性向上
- 3) 發電所效率向上
- 4) 방사선피폭저감
- 5) 건설공기단축
- 6) 건물배치 및 크기 최적화
- 7) 포괄적 부지특성치 결정

그림1에 設計標準化事業中 설계개선 方案을 導出하기 위한 일의 흐름도를 나타내었다.

### 3. 標準設計 推進計劃

#### 가. 標準設計事業 推進現況 및 計劃

原電標準化事業은 그 규모와 성격으로 미루어 볼 때 單一機關이나 産業體가 단독으로 수행하기는 어려운 大規模의 汎 國家的 事業이므로 이의 成功的인 推進을 위해서는 명확한 사



〈그림1〉 設計改善遂行 흐름도

업수행계획, 相關기관의 組織的인 協調, 政策的 支援 등을 總網羅한 國家基本政策이 먼저 수립 되어야 한다. 이와 같은 必要性으로 인하여 韓國電力技術株式會社는 “標準原子力發電所 設計에 關한 研究”事業을<sup>(2)</sup> 政府(科技處)의 特定研究開發課題로 수행함으로써 標準化의 基本推進 方向을 정립하기 위한 기초작업을 끝마친 바 있다.

즉, 外國의 標準化事例, 標準原電에 적합한 爐型 및 容量, 標準化 가능범위 및 내용, 國內 技術現況, 國內 建設 豫想數地의 特性 등을 조사· 分析하여, 海外 主要 原子力發電國의 動向

과 우리의 여건을 종합 반영한 標準化方案을 수립·제시하였다.

動資部는 이를 바탕으로 原子力 有關機關의 의견을 수렴하여 “標準原子力發電所 設計事業 推進計劃”을<sup>(3)</sup> 1984년10월에 確定하였다. 이計劃에 의하면, 標準設計事業을 단계별 즉, 제2단계 설계개선연구, 제3단계 기본설계, 제4단계 상세설계로 區分하여 有關機關의 役割을 分擔 시행하되, 업무조정 및 協調가 必要한 事項은 韓國電力公社가 主導하는 電力그룹協力會에서 協議·調整하는 것으로 되어있다.

科技處는 原子力の 平和的 利用과 技術自立 그리고 原子力發電所의 標準化를 촉진하기 위한 綜合的인 “原子力利用 開發計劃(案)”을<sup>(5)</sup> 수립하고 이를 확정하기 위하여 各계의 의견을 反映·檢討中이며, 政府部處와 有關機關이 모두 참여하는 원자력위원회에<sup>(9)</sup> 상정하여 協議하도록 할 예정이다.

韓國電力公社는 제2단계의 設計改善研究에서 부터 發電所 建設/運轉 및 所有主로서 事業을 주도하고 있으며, 전력그룹 회원기관으로 하여금 原電標準設計에 대한 汎 國家的 重要性을 認識하고 他機關의 업무에 대한 相互理解와 協調 雰圍氣를 조성하기 위하여 週期的으로 실무자 회의의를 開催해온 바 있으며, 앞으로도 실무자 워크샵(Workshop)을 開催할 것을 計劃中이다.

以上과 같은 政府部處와 原子力 有關機關의 共同적인 努力에 따라 원전설계 표준화 事業의 제2단계의 設計改善研究도 가까운 장래에 着手할 수 있을 것으로 豫想되며, 標準設計의 段階別 推進計劃과 內容을 簡略히 要約하면 表2와 같다.

最近에 우리나라의 現 經濟與件을 고려하여 政府의 電源開發計劃이 修正補完됨에 따라<sup>(7)</sup> 標準發電所의 設計模型 發電所인 後續機(原電11, 12號機)의 推進計劃이 變更되었고, 따라서 표준설계사업의 推進日程도 現實에 맞게 재조정

되어야 할 것으로 생각된다. 즉, 後續機의 主機 器 선정시점을 基準으로 할 경우 標準設計의 推進日程은 다음 表3과 같이 조정하는 것이 妥當할 것으로 判斷된다.

나. 其他 標準化事業 推進現況과 展望

標準原子力發電所를 建設하기 위해서는 設計 標準化事業이외에도 認許可制度의 確立, 標準 機資材 選定 및 製作標準化, 建設施工 標準化,

〈表2〉 原電標準設計 推進內容

단 계	주요 추진 내용	비 고
제 1 단계 선행과제 조 사	○선행과제검토 ○개념설계기초연구 ○표준화추진방안제시, 참조발전소 선정시 활용	○특정연구개발과제로 한기(주)에서 기수행 (파기처 1차년도 사업)
제 2 단계 설계개선 연구	○건설 및 운전자료의 수집, 분석 및 전산화 ○경제성 및 안전성 향상을 위한 근본적인 설계개선 방안 도출 ○건설에상부지에대한 포괄적특성치결정 ○표준발전소를 포함한 후속원전의 건설 및 운전시 활용방안 검토	○파기처2차년도 특정연구개발과제로 일부 수행중 ○현재 한전연구 용역으로 추진중
제 3 단계 기본설계	○계통설계기준서 및 계통설명서 작성 ○배관 및 계장도 작성 ○내진 해석 등	○원전13, 14호기설계와 병행수행 ○표준화범위 및 내용에 해당되는 부분만 수행 ○설계자동화시스템(CAD)을 활용한 도면 제작
제 4 단계 상세설계	○배관 및 지지물 해석 ○기기 구매 및 건설 사양서 작성 ○도면 작성 ○시운전/운전절차서 작성 등	상 동

(表3) 原電標準設計推進日程(案)

구 분	기 간 (년)										
	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8
후속기				주기기선정							
	입찰서평가		기본설계		상세 및 현장설계						
표준설계		설계개선			기본설계						
							상세설계				

運轉補修標準화가 계속적으로 推進되어야 한다.

1) 認許可制度

다수의 標準原子力發電所를 複製建設하는 標準化 概念은 認許可節次的 單純化, 使用技術基準 및 規格의 明示, 安全性 確保 目標 등 認許可面에서 원칙적인 사항들이 先行的으로 결정되어야 한다.

現在 科技處와 韓電에서는 技術基準 및 規格, 品質保證節次, 認許可節次 등에 대하여 標準化 推進計劃과 별도로 現行 制度를 分析檢討하고 있으며, 科技處의 “原子力利用開發計劃”이 確定되는 대로 標準原子力發電所 認許可制度的 確立을 위한 작업들이 본격적으로 遂行될 것으로 예상된다.

2) 標準機資材의 選定 및 製作 標準化

標準原子力發電所 建設에 사용될 機資材는 國內에서 經濟적으로 製作possible한 品目과 技術水準이나 經濟性때문에 外國에서 購買하여야 할 機資材로 大別할 수 있다. 設計標準化의 遂行 段階에서는 韓國重工業을 중심으로한 國內 機器製作業體들의 國產化計劃에 맞추어 기자재 國산화율이 제고되도록 노력할 것이며, 특히 外國에서 購買하여야 할 機資材에 대해서는 特定 製造業體의 獨占을 방지하기 위해서 多數의 製作者를 選定하여 機資材 標準化를 꾀하도록 할 예정이다.

國內 生産 機資材의 標準化는 韓國重工業에서 國內 生産施設 및 技術水準을 評價하는 作業과 技術開發 및 機資材國產化計劃의 樹立 등 標準化 準備 및 基盤構築을 '86年末까지 완료하며, 製作技術自立을 통한 機資材의 標準모델 完成과 製作 標準化 作業을 '90年代에 完成하도록 추진하고 있다.

3) 其他

建設施工標準化 作業은 後續機 및 標準原子力發電所의 建設을 통하여 이루어질 것으로 예상되며, 특히 最新 Modularization 및 建設工法을 導入함으로써 建設工期의 短縮과 費用의 節減에 重點을 두고, 運轉補修標準化는 設計標準化에서 부터 얻은 결과를 이용하여 運轉補修의 節次書 및 표준계획서 作成, 현재 추진중에 있는 運轉補修管理電算化를 꾀함으로써 完成될 예정이다.

4. 原電 標準化를 통한 技術開發

原電 標準化는 一般的으로 經濟性 提高에 目的을 두고 있다. 그렇지만 우리나라와 같이 原子力 技術自立이 達成되지 못한 國家에서는 原電 標準化를 통하여 國內 技術의 自立基盤을 조속히 達成함으로써 原電 國產化率을 높일 수 있고, 이에 따라 建設, 運轉 및 補修의 원활을 기할 수 있으므로 技術開發에도 역점을 두어 標準化를 推進하여야 한다.

가. 國內技術 自力度

지금까지 總 9基의 原子力發電所를 建設運轉하여 오는 동안 國內 原子力産業의 技術水準도 상당히 發展하여 原電9·10號機에 있어서는 國產化率이 機資材製作 40%, 設計엔지니어링 46%, 建設施工 99%에 이르고 있다.<sup>(1)(9)</sup>

그러나 현재까지의 原電建設事業은 一括發注 혹은 分割發注方式의 外國 회사에 의해서 遂行된 注文式設計에 따른 것으로 爐型 및 容量의 相異, 多國籍 認許可基準의 適用, 機資材 仕様

의 다양함, 設計 및 施工方法의 相異 등 여러 가지 原因과 國산화율이 계약 초기에 결정되므로 실제 사업 참여율은 기술자립율보다 낮게 되어 있다.

현재의 기술자립율은 설계엔지니어링이 70% 이상, 기자재 제작이 60% 그리고 건설 시공은 99%로 평가되고 있다.

#### 나. 技術開發計劃

政府는 原子力發電技術의 自立을 촉진하고 축적된 기술을 완전 活用하기 위하여 後續機事業부터는 國內業體를 主契約者로 하고 外國業體는 下請契約業體로 活用하며, 下請契約時에는 技術移轉條件을 最大限 反映할 계획으로 있다. 따라서 標準原電의 參照發電所인 後續機事業을 통하여는 關聯技術과 資料를 충분히 습득함으로써 標準化事業의 基礎를 다져나가도록 할 것이다.

標準化事業에서는 後續機事業을 통하여 蓄積한 기술을 標準原電의 建設에 직접 적용하고 應用해 봄으로써 우리의 기술로 消化 定着해 나갈 것이다. 電力그룹協力會에서는 '84년12월 標準化를 통한 原子力發電 經濟性 提高方案(案)의 일환으로서 細部實踐計劃을 수립한 바 있으며, 이에 따르면 설계엔지니어링, 機資材製作 등 原子力 關聯技術이 '90년대에는 90% 이상의 自立度에 到達하여 準自立할 수 있을 것으로 계획되어 있다. 그러나 標準原電의 建設과 이를 통한 技術開發은 有關機關의 相互緊密한 協力體制內에서 가장 效果의인 방법으로 추진되어야 하며, 電源開發計劃에 따른 適期의 電力供給과 國內기술의 조기자립을 동시에 滿足할 수 있도록 지혜를 모아야 하겠다.

#### 5. 結 言

賦存資源이 부족한 우리나라는 늘어나는 電力需要를 安定的으로 供給하기 위하여 水火力發電所 뿐만 아니라 原子力發電所도 계속하여 建設하여야 할 입장에 있다.

그러나 認許可 要件의 強化, 建設工期의 遲延 등으로 인하여 원자력이 他에너지源에 대한 經濟的 優位性을 喪失하여 가고 있는 현시점에서 原子力發電 原價를 낮추기 위해서는 標準化事業이 절대적으로 요청된다. 標準化事業을 통하여는 經濟性 提高는 물론 安全性 向上 및 國內技術의 早期自立도 달성할 수 있다.

政府는 原電標準設計에 대한 계획을 수립하여 國策課題로서 추진하고 있으며, 이에 따라 韓國電力公社는 가까운 장래에 第2段階 設計改善 研究事業을 착수할 것으로 전망된다. 각 단계별 原電設計標準化計劃의 推進日程은 政府의 電源開發計劃이 수정 보완됨에 따라 원자력 11·12호기의 건설계획과 연계시켜 수정 보완되어야 할 것으로 판단된다.

原電標準設計事業은 반드시 成功的으로 이루어져야 할 汎 國家的 事業으로서 有關機關間 業務를 分擔하여 추진되고 있으므로 各機關은 적극적으로 參與하고 相互協力하여 지혜롭게 調和를 이루어가야 하겠다.

#### 〈參 考 文 獻〉

1. 李 昌錫, 原子力委員(非常任), 長期電源開發에 關한 建議, 1985. 2. 科學技術處
2. 標準原子力發電所 設計에 關한 研究: 韓國電力技術(株)研究報告書 KOPEC/PR-01/84, 1984. 4. 科學技術處
3. 標準原子力發電所 設計事業 推進計劃, 1984. 10. 動力資源部
4. Transactions of the American Nuclear Society and the European Nuclear Society, 1984 International Conference on Nuclear Power-A Global Reality, PP355-359, Volume 47, TANS-AD 471-530(1984), ANS
5. 原子力利用開發計劃(案), 1984. 8. 科學技術處
6. 林載春, 原子力安全規制의 改善(II), 原子力産業 第5卷 第2號 通卷24號, PP3-5, 1985. 2. 韓國 原子力産業會議
7. 長期電源開發計劃, 1985. 3. 動力資源部
8. 原子力發電, 1985. 1. 動力資源部