

《해설》

原子力發電所の 計劃과 建設(2)

車 宗 熙

韓國原子力研究所

5. 購買準備活動

原子力發電計劃이 그 나라에서 經濟的으로 바람직하고 技術的으로 原子力發電所 運營의 能力이 있는 組織體를 成立시킬 수 있다는 妥當性調查의 結論이 얻어진다면 關係機關은 原子力發電所購買에 對한 原則的 決定을 내려야 할 것이다. 그러나 原子力發電所의 購買은 매우 複雜하며 入札以前에 遂行하여야 할 일들이 있다. 여기서는 購買以前에 必要한 原子力發電事業의 組織과 要員確保, 콘설턴트(consultant)의 選定, 爐型選定, 國內 産業의 參與能力 및 豫備 入札等에 關하여 論하기로 한다¹⁰⁾.

가. 原子力發電事業의 組織과 要員

原子力發電事業을 遂行하는데 必要한 主要 組織體로서는

- (1) 原子力規制機關
- (2) 電力事業體
- (3) 原子力發電所 供給業體

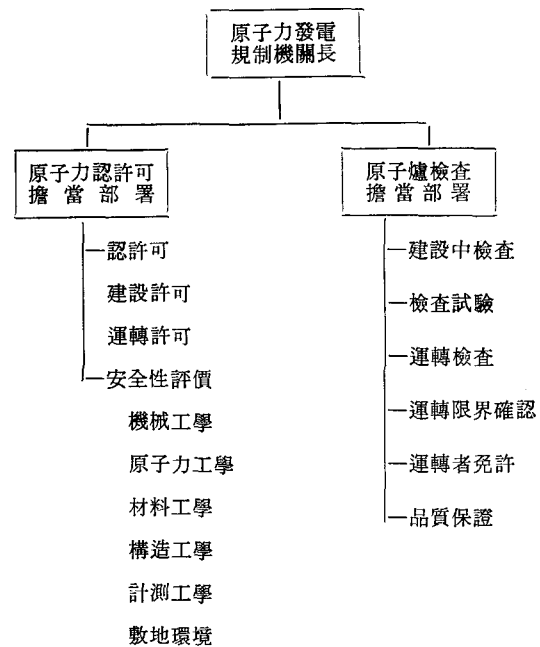
가 있다. 그중 첫째와 둘째는 原子力發電計劃國家內에 반드시 所在하게 된다.

(1) 原子力規制機關¹¹⁾

原子力發電所의 安全性을 規制하고 建設 및 運轉中の 設計, 品質管理을 檢討評價하고 監督하는 政府側의 組織體로서 最少限 다음의 組織과 機能을 가져야 할 것이다 (그림 1 參照).

規制機關은 적어도 原子力發電事業에서 必要한 安全을 위한 認許可 主務部署와 原子力發電所의 建設과 運轉中の 諸 檢査 主務部署가 있어야 한다. 認許可部署는 行政의 諸般 認許可業務와 이에 必要한 原子力施設의 安全性評價業務를 主管하게 된다. 安全性評價業務를 위하여는 最少限 그림 1에 있는 分野別로 專門家가 配屬되어야 할 것이다. 檢査部署는 原子力發電所 建設과 運

그림 1. 原子力規制機關의 組織例



轉過程에서 必要한 檢査業務와 品質保證業務를 主管하게 된다.

(2) 電力事業體側의 組織¹²⁾

原子力發電所 建設事業은 發電會社 또는 政府가 主管하는 것이 普通이며 다음은 그 事業組織의 一例이다 (그림 2參照). 이 組織은 事業責任者아래 事業技術役과 法律顧問을 두고 엔지니어링, 原子爐安全, 核燃料, 品質保證, 建設 및 弘報의 6個部署를 두고 있다. 엔지니어링은 原子力發電所 設計와 관련된 業務를 擔當하며 原子爐安全은 認許可業務를, 建設은 建設業務를, 品質保證은 建設中の 品質保證業務와 檢査業務를 擔當하게 될 것이며 따로 燃料管理部署와 弘報擔當을 둔다.

이러한 原子力發電事業의 組織은 一朝一夕에 構成하

그림 2. 原子力發電所 建設事業의 組織例

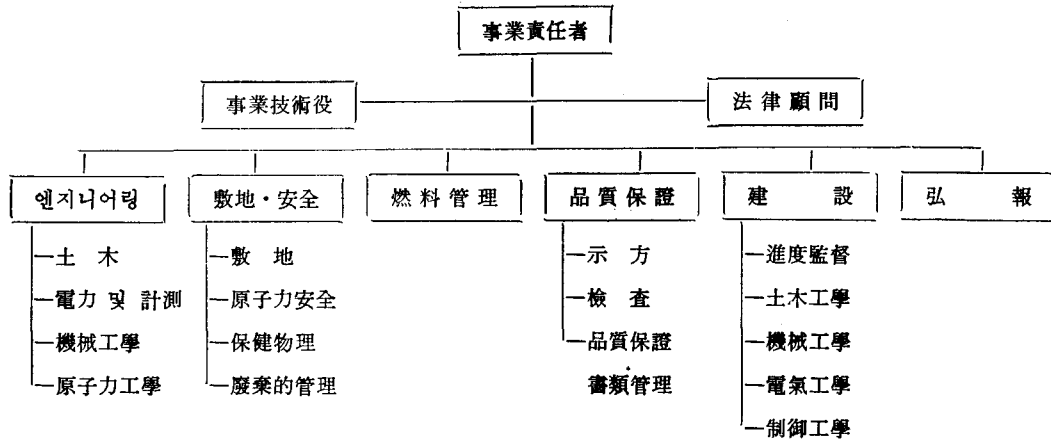


表 2. 原子力發電 事業要員數의 例

年	-11 妥當性調査	-9 敷地調査	-9 安全分析報告書 入札 評價, 契約	-6 建設	-1 코미쇼닝	0 運轉
建設事業組織						
事業責任者室	2		3	3	3	3
엔지니어링	4		7	7	7	7
敷地 및 安全	1		3	4	5	5
燃料管理	0		1	1	1	1
品質保證	0		3	6	6	6
建設	0		1	6	6	6
弘報	1		1	1	1	1
計	8		19	28	29	29
運轉組織						
所長室	0		1	2	2	2
技術	0		1	5	13	13
運轉	0		0	1(41훈련)	41	41
補修	0		0	5	7	7
計	0		2	13(41훈련)	63	63

기는 힘들며 原子力發電所의 計劃과 建設의 마일스톤에 따라 年次的으로 要員을 確保하고 訓練을 하여 成就하게 된다. 最初의 原子力發電所建設事業을 推進하는데 必要한 事業要員確保 計劃의 一例를 表 2에 表示한다. 여기는 運轉開始時點을 基準으로 妥當性調査段階(11年前), 入札 契約段階(9年前) 建設開始時點(6年前), 運轉의 코미쇼닝段階(1年前) 그리고 正式運轉開始時點으로 區分하여 各段階에서의 分野別 要員의 最少人員數를 表

示한 것이다.

(3) 原子力發電所 供給業體

原子爐製作業者는 大概 先進工業國인 美國, 英國, 西獨, 프랑스 및 日本等に 있으며 大部分의 開發途上國家에서는 이들 國家로부터 主要裝置, 部品를 輸入하게 될 것이다. 그러나 開發途上國家들도 그들의 工業水準의 向上과 原子力發電計劃의 擴張에 따라 國產化計劃이 推進되어 相當한 部分을 自力으로 設計 製作할 수 있는

時期가 올 것이다.

原子力發電所 供給業體의 組織은

- 企 劃
- 엔지니어링
- 製 作
- 輸送, 設置
- 試 驗
- 始 動

의 各그룹으로 構成될 것이며 이를 또한 原子力發電所 構成要素로서

- 原子爐系統
- 터어빈發電機系統

으로 大分되고 原子爐系統은

- 壓力容器
- 蒸氣發生器
- 原子爐心 및 燃料
- 原子爐裝備
- 電氣 및 制御裝置
- 附屬裝備
- 시스템分析
- 프로젝트管理
- 品質管理
- 라이선싱

등의 主要系統, 部品 및 技術管理別로 나눌 수 있으며 터어빈發電機系統도

- 터어빈
- 發電機
- 電氣機器
- 制御裝置
- 機械裝備
- 시스템分析
- 프로젝트管理
- 品質管理
- 라이선싱

와 같이 나눌 수 있다. 그러나 原子爐系統과 터어빈發電機系統은 반드시 同一業體가 아닐 수 있다.

나. 콘설턴트會社の 選定

豫備事業 또는 本事業期間中 여러가지 事業活動에 從事하여 支援하여 줄 콘설턴트가 必要하다. 豫備事業期間中 이 콘설턴트로부터 入札書類의 準備로부터 建設段階에 이르는 過程을 支援받을 수 있을 것이다. 이 콘설턴트會社는 事業을 위한 諮問과 責任技術者의 役割을 할 것이다. 이 役割을 할 콘설턴트會社의 觀點을 考慮

하여야 할 것이다.

(1) 原子力發電所 建設事業에 對한 充分한 知識이 있고 選定될 原子爐型에 對한 經驗이 있는가.

(2) 그 나라에서 다른 用役事業에 對한 經驗이 있는가.

(3) 어떤 特定の 原子爐製造業體와 紐帶를 가지고 있는가.

(4) 콘설턴트會社의 要員들은 다른 原子力事業과의 連續性을 維持하고 있는가.

(5) 그의 役割이 技術問題에 限定되어 있는가. 또는 經濟性 및 財政問題에 對한 能力도 있는가.

豫備購買活動에 있어서 위의 콘설턴트는 다음事項의 活動이 可能할 것이다.

- 豫算, 財政計劃, 財政機關과의 接觸等的 支援
- 一部部品の 國內調達을 위한 國內工業의 調査
- 安全性檢討, 規制要求事項 및 原子力保險等에 關한 發電所 所有者에 對한 助言
- 敷地評價 및 環境調査
- 原子爐型의 選定에 對한 助言

有能한 콘설턴트는 初期의 妥當性 調査와 그後の 入札購買活動을 支援하여 줄 수 있으며 要員의 訓練, 原子力發電所의 設計, 品質保證活動等도 支援하여 줄 수 있을 것이다.

다. 原子爐型의 選定

오늘날 世界에서 成功的으로 運轉되고 있는 發電用 原子爐에는 몇가지 型이 있다. 그러나 原子力發電事業을 위하여는 몇가지 理由아래 그 選擇은 制限된다. 다음에 原子爐型選定에 있어서 考慮되어야 할 事項을 들어 보기로 한다.

(1) 實 證

새로운技術, 새로운設計 또는 새로운材料로 特定業體가 만든 複雜한 裝置는 危險性을 갖게 된다. 이 危險性은 規格化되어 있지 않고 使用經驗이 不足할때 더 크다. 이와 같은 危險性을 減少시키는데는 오직 裝置와 製作이 實證되어 있음을 確認하는 것이다. 實證은 裝置의 實際의 運轉經驗에서만 얻을 수 있는 것이다. 過去 어떤金融機關에서는 危險性을 最少로 하는 데 必要한 實證의 適用基準을 가지고 있다. 예를 들면 世界銀行에서는 財政保證의 適用基準은 다음과 같이 定義하고 있다.

開發途上國家에서 必要한 複雜한 機械裝置들(火力發電所로부터 機關車에 이르기까지)은 이미 다른 國家에서 製作되어 成功的으로 運轉되어 있어야 한다. 이를 위하여 다음 두가지 原則이 있다.

(가) 開發途上國家는 先進國家에서보다 더 큰 運轉의 信賴性이 要求되며 事業投資의 成功의 結果의 더 큰 保證이 要求된다.

(나) 銀行은 잘 設立되고 믿을 만한 會社라 할지라도 複雜한 裝置의 여러가지 事故에 對하여 잘 알아야 한다.

위의 考慮事項은 새 原理와 技術이 關聯된 原子力發電所의 경우에도 適用되며 銀行은 既開發國家에서 成功의 으로 運轉되었다 할지라도 開發途上國家에서 다른 材料를 使用하여 設置하였을 때는 그 危險性이 考慮될 수 있다.

(2) 長期的 運轉委任

原子力發電所로서 選定된 原子爐型과 이것에 適用되는 燃料週期는 可能한 長期的 使用의 委任을 받을 수 있어야 할 것이다. 選定된 爐型에 對하여 純粹한 經濟的 基礎가 있어야 하며 長期에서의 經濟的 不確實性도 考慮되어야 할 것이다. 原子爐 및 燃料에 對한 國際的 長期供給 可能性을 考慮하여야 하며 또한 政治的 考慮도 決定을 내리는데 必要할 것이다.

(3) 國內 燃料의 利用

國內에 큰 우라늄資源이 있다면 濃縮하지 않고도 使用할 수 있으며 이 경우 爐型選定에도 크게 影響을 주게 될 것이다. 그러나 原子力發電을 위하여 天然우라늄을 使用하는데는 그 製造工程이 있는 것이다. 即 採鑛, 精鍊, 高純도를 위한 化學的 變換, 核燃料加工 및 組立의 여러 段階가 있는 것이다.

이 製造過程은 複雜하고 더욱이 技術示方과 品質管理는 嚴格하기 때문에 오랜 經驗없이는 많은 어려움이 뒤따르게 된다. 特히 燃料의 變換과 加工技術은 過少評價하여서는 안될 것이며 徐徐히 漸進的으로 이 技術이 導入되어야 할 것이다.

工業的 우라늄濃縮技術은 美國, 蘇聯, 英國 및 프랑스 등 몇個國만이 가지고 있다. 將次는 二個의 國際的 그룹인 Urenco 및 Eurodif도 濃縮서비스를 提供할 것이다. 그러나 濃縮서비스는 原子力發電所 建設보다 훨씬 앞서서 契約이 이루어져야 할 것이다.

濃縮우라늄이건 天然우라늄이건 使用後에는 플루토늄이 생기며 使用이 끝난 燃料는 化學的 再處理를 하여 이 플루토늄을 回收하여야 할 것이다. 파일럿規模로 再處理가 可能한 나라는 프랑스, 西獨, 印度, 日本, 스페인, 英國, 蘇聯, 아르헨틴 및 美國等이나 商業的規模로는 아직 成功段階는 아닌듯 하다. 原子力發電計劃에 있어서는 將次 再處理可能性을 檢討하여 萬一의 경우의 貯藏施設도 갖추어져야 할 것이다. 原子力發電을 위하여 國內우라늄資源에 의거한 燃料週기를 計劃할때는 그

複雜性과 長期的 展望을 考慮하여 過少하게 推定하는 일이 있어서는 안될 것이다.

(4) 其他考慮事項

그밖의 爐型選定에 있어 考慮할 事項으로서의 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(가) 原子力發電事業에 對한 國內參與可能性: 原子力發電所建設에 있어서 設計, 製作, 檢査等 部門에서 國內技術의 參與는 重要하며 年次的로 國內參與를 增加시킬 수 있는 爐型의 選定이 바람직 하다. 이런 見地에서 同型의 原子爐를 長期的으로 計劃하는 것도 한 方法일 것이다.

(나) 財源: 原子力發電所建設에는 尙大한 財源의 投資가 必要하다. 이런 財源의 額數와 調達時期의 展望도 爐型選定과 長期計劃樹立에 한 因子가 될 수 있다.

(다) 要員의 訓練: 原子力發電要員의 訓練可能性은 爐型選定뿐만 아니라 長期的 原子力開發計劃에 큰 因子가 되고 있다.

라. 實證 爐型

原子爐는 使用하는 核燃料, 減速材 및 冷却材의 種類에 따라 分類되는데 오늘날 商業發電에 使用되고 있는 實證된 原子爐는 가스冷却爐, 重水爐 및 輕水爐의 3가지로 大分된다. 다음에 各爐型의 特徵을 간단히 적어 보기로 한다.

(1) 가스冷却型系統

(가) 마그녹스型: 天然우라늄을 燃料로 使用하며 黑鉛減速, 가스冷却型의 原子爐로서 初期에 英國, 프랑스에서 使用되어 왔다. 그 이름은 우라늄燃料를 被覆한 材料(마그네슘合金)의 이름으로부터 온 것이다. 이型은 初期에 많은 運轉實績을 남겼으나 經濟性等 問題로 近來에와서 建設이 中斷되고 있다.

(나) AGR: 新型가스冷却爐로서 若干 濃縮한 酸化우라늄의 燃料를 스테인레스鋼으로 被覆한 마그녹스型의 英國에서 開發한 爐型의 하나이다. 첫번째 本格的 發電所인 Hinkley Point B는 1974년에 臨界에 到達한 바 있다.

(다) 高温가스冷却爐: 主로 美國이 開發한 高温의 가스冷却, 黑鉛減速型의 原子爐로서 既存의 가스冷却爐를 土臺로 開發한 것이다. 그러나 最近美國은 이 原子爐의 生産을 中斷한 바 있다.

(2) 重水型系統

(가) 加壓重水型 또는 CANDU型: 天然우라늄을 燃料로 하고 加壓된 重水에 의한 冷却, 重水減速型의 原子爐로서 캐나다에서 開發된 것이다. 運轉經驗은 적으

나 比較的 稼働率이 높은 型의 하나이다.

(나) 重水減速, 輕水冷却型 또는 SGHWR: 重수로 減速하고 輕수로 冷却하는 型이다. 英國에서 開發된 것은 蒸氣發生 重水爐(SGHWR)라고 불리우고 있다. 建設과 運轉經驗이 限定되어 아직 完全히 實證된 型으로 認定하기는 힘들다.

(다) 重水減速 가스冷却爐(HWGCR): 프랑스, 체코, 西獨에서 原型이 建設 運轉되었으나 아직 實證되었다고 認定하긴 힘든 것 같다.

(3) 輕水型系統

이 型은 輕水減速 및 冷却, 濃縮 우라늄燃料를 使用하는 것으로서 沸騰水型(BWR)과 加壓水型(PWR)이 있으며 建設, 運轉經驗이 가장 豊富한 爐型이다.

(가) 沸騰水型: 冷却材가 原子爐容器內서 沸騰을 이끄는 型이다.

(나) 加壓水型: 冷却材가 原子爐容器內서 沸騰하지 않는 型이다.

(다) 輕水冷却, 黑鉛減速型(LWGR): 美國과 蘇聯에서 開發되어 原型이 만들어졌으나 資本費가 커서 아직 商用化를 못하고 있다.

以上에서 高速增殖爐(FBR)는 除外되었다. 高速增殖爐의 原型이 美國, 蘇聯, 英國 및 프랑스에서 稼動中에 있으나 이것의 商業的 運轉은 가장 發展된 國家라 해도 1985年以前에 期待하기 힘들 것이므로 여기서는 考慮하지 않기로 하였다.

다음表는 1974年 1月現在의 各 爐型別 運轉實績을 表示한 것이다.

表 3. 主要原子爐型別 電力生產實績

(1974. 1 現在)

原子爐型	發電原子爐數	單位出力 MW(e) (gross)	積算電力生產量 10 ⁶ kWh
Magnox	34	40—675	327,042
AGR	1	41	2,410
HTGR	1	46	1,190
CANDU	6	137—540	28,880
Other PHWR	2	12—57	2,130
SGHWR	1	100	2,370
HWGCR	1	73	7,550
LWR	57	55—1,085	362,880
LWGR	1	862	23,870
合計			758,322

마. 國內技術參與能力的 調査

原子力發電所 購買入札에 들어가기 前에 國內産業의 參與能力을 調査하여야 한다. 開發途上國에서도 原子力發電所에 必要한 部分品, 燃料를 供給하여 줄 수 있는 施設이 잘 된 機械工業, 電氣工業이 育成되어 있고 充分한 數의 熟練工을 保有하고 있을 수 있다. 그러나 새로운 製造工程과 嚴格한 規格, 그리고 少量供給이 必要한 製品의 경우 勞賃이 낮다 하더라도 그 初期價格은 높아 질 수 있다. 더욱 重要한 것은 次음으로 原子力發電所를 建設하였을 때 그 性能을 保證할 수 있는나가 問題인 것이다. 이러한 여러가지 因子들의 影響을 分析하여 購買入札에 反映하여야 할 것이다. 如何間 原子力發電所建設을 위하여 可能한 國內設計 및 製造技術의 參與는 바람직한 것이다.

바. 豫備入札

萬一 適當한 原子爐型, 容量 및 供給者等에 관하여 좀더 情報를 얻어 檢討한 다음 決定을 내리고자 할 때 몇몇 能力 있는 供給者로부터 豫備入札을 要請할 수 있을 것이다. 豫備入札은 또한 各 供給者들에게 事業의 最終入札參加에 對한 興味를 불러일으켜 줄 것이며 原子爐型選定을 위한 보다 詳細한 資料를 提供받을 수 있을 것이다.

豫備入札에 應한 供給者들은 그들이 製作하는 原子爐型의 適切한 一般의 技術仕方 및 契約條件, 그리고 그들의 經驗을 說明한 入札書類를 提出할 것이다. 豫備入札書類에 價格이 提示되어 있지 않으면 要求할 수 있을 것이다. 一般의 豫備入札活動으로 부터 財源調達과 最終入札時의 供給範圍에 對한 매우價値있는 情報를 얻을 수 있을 것이다. 萬一 應札者가 參考할 수 있는 原子爐를 建設中에 있거나 運轉中에 있으면 더욱 原子爐供給者의 能力을 評價하는데 힘이 될 것이다.

6. 安全分析報告書

原子力發電所는 在來式發電施設과 달라 原子爐를 가지며 原子爐內에서는 核反應이 持續되고 放射能을 保有하고 있는 것이다. 따라서 原子力發電所의 運轉時에는 如何한 事故에 對하여도 安全함을 保障하여야 한다. 그래서 原子力發電所의 建設과 運轉中에는 安全性確保를 위한 嚴格한 規制를 받게 되는 것이다. 安全規制는 普通政府側에서 하며 規制活動의 하나로서 規制機關은 原子力發電所 建設事業者에게 建設될 原子力發電施設에 對한 安全性을 記述한 安全分析報告書(safety analysis report)의 提出을 要求하게 된다. 安全分析報告書의 形

式은 國家에 따라 조금씩 다르나 普通 豫備安全分析報告書 (PSAR)와 最終安全分析報告書(FSAR)가 있으며 前者는 建設許可를 위한 具備書類의 하나가 되고 있고 後者는 運轉許可를 위한 要求書類의 하나가 되고 있다. 事業者는 建設에 着手하기 훨씬 以前에 이 安全分析報告書作成의 準備를 하여야 한다. 때로 事業者는 이 安全分析報告書의 作成을 經驗있는 顧問에게 用役을 주거나 原子爐製作者에게 要請하기도 한다.

가. 安全分析報告書의 目的

安全分析報告書는 原子力發電所의 詳細한 特性과 施設內容을 記述하고 이 施設이 内外部로부터 오는 變化에 對하여 充分히 견디고 如何한 事故時에도 放射能이 漏洩되어 公衆의 健康과 安全을 害치는 일이 없다는 安全分析內容을 記述한 것이다.

安全分析報告書는 여러가지 資料를 綜合한 것으로 다음의 內容이 收錄된다.

- (1) 敷地特性의 詳細한 敘述과 安全과 關聯된 構造體部品 및 系統의 詳細한 敘述
- (2) 安全과 關聯된 設計基準, 規格의 適合性에 對한 證明
- (3) 豫想되는 攪亂, 誤動作, 故障 등으로 인한 發電所系統의 安全分析和 이에 따르는 發電所要員 및 公衆의 放射線被曝分析
- (4) 發電所의 試驗 및 運轉의 方法과 이를 위한 組織의 記述

安全分析報告書는 規制當局이 獨自의으로 安全性에 對한 評價를 遂行하여 發電所의 運轉을 위한 어떤 修正이나 特殊事項을 決定내릴 수 있도록 充分한 資料가 收錄되어 있어야 한다. 이런 資料는 簡潔해야 하나 安全性의 重要도에 따라 充分히 記述되어야 한다. 安全分析報告書에 마련해야 할 設計資料는 提出時間에서 適用할 수 있는 가장 앞서 있는 設計內容이어야 한다. 萬若 收錄하여야 할 어떤 資料가 얻기 힘든 경우는 이 資料를 作成하는데 使用될 基準과 根據를 提示하여야 하며 將次 補充 또는 修正의 形式으로 이 資料를 完成시킬 計劃이 記述되어 있어야 한다. 豫備安全分析報告書에는 意圖하는 바를 力點을 두어 記述하고 最終安全分析報告書에는 最終設計計算, 圖面, 回路 및 配線圖가 包含된 設計內容이 記述되어야 한다. 上記 두 報告書提出時期間의 中間過程中 施設에 對한 設計, 및 解析의 變更修正을 要求받을 수도 있다.

나. 여러가지 安全分析報告書의 構成

安全分析報告書는 各國의 規制當局의 要求條件에 따

라 그 構成과 內容이 定해진다. 國際原子力機構(IAEA)는 1969년에 “原子力發電所의 安全運轉 指針書”¹²⁾를 1970년에 “原子力發電所에 對한 安全報告書의 概要와 內容의 指針書”¹³⁾를 發刊한바 있다. 美國原子力委員會는 1972년에 “原子力發電所에 對한 安全分析報告書의 標準樣式과 內容”을 定한바 있으며¹⁴⁾ 그 後 美國原子力規制委員會는 이를 改正¹⁵⁾한바 있다. 最近 西獨에서도 安全分析報告書의 標準樣式의 草案이 開發되었으며 캐나다의 原子力管理委員會(AECB)도 “安全報告書一般指針”을 發表하고¹⁶⁾ 있는데 大體로 國際原子力機構의 것을 따르고 있다. 한편 Nordic 作業그룹은 1973年 “輕水型 原子力發電所의 安全評價書類 準備에 對한 指針”의 草案이 作成된 바 있다¹⁷⁾. 앞으로 安全分析報告書의 構成과 內容의 標準化하는데 加一層의 努力이 傾注될 것이다. 다음에 國際原子力機構, 美國原子力規制委員會, 西獨 및 Nordic 등의 여러가지 安全分析報告書의 構成을 紹介하기로 한다.

(1) 國際原子力機構의 安全分析報告書構成

第1節 敷地

1. 敷地記述
2. 氣象
3. 水理學
4. 地質 및 地震
5. 生態學
6. 要約

第2節 部品 및 系統

1. 發電所의 要約
2. 原子爐
3. 原子爐冷却系統
4. 格納系統
5. 制御 및 計測
6. 電氣系統
7. 動力變換系統
8. 燃料取扱 및 貯藏
9. 附屬裝置
10. 放射線防護
11. 放射性廢棄物系統

第3節 安全性分析

1. 事故事例
2. 分析

第4節 運轉

1. 運轉組織
2. 코미쇼닝 동안의 運轉
3. 正常運轉

4. 非正常 및 事故條件下의 運轉

(2) 美國原子力規制委員會의 安全分析報告書 標準構成

- 第1章 序論 및 發電所의 一般的 記述
- 第2章 敷地特性
- 第3章 構造物, 部品, 裝置 및 系統의 設計
- 第4章 原子爐
- 第5章 原子爐冷却系統 및 關聯系統
- 第6章 工學的 安全裝置
- 第7章 計測制御
- 第8章 電氣系統
- 第9章 附屬系統
- 第10章 蒸氣 및 動力變換系統
- 第11章 放射性廢棄物管理
- 第12章 放射線防護
- 第13章 運轉의 管理
- 第14章 初期試驗 및 運轉
- 第15章 事故解析
- 第16章 技術示方
- 第17章 品質保證

(3) 西獨의 安全分析報告書構成¹⁸⁾

- 第1節 敷地
 - 1.1 位置
 - 1.2 人口
 - 1.3 土地 및 用水의 使用
 - 1.4 産業 및 軍事施設
 - 1.5 輸送路
 - 1.6 氣象條件
 - 1.7 地質條件
 - 1.8 水理條件
 - 1.9 地震條件
 - 1.10 放射能放出
- 第2章 發電所 記述
 - 2.1 建物 및 構造物
 - 2.2 原子爐
 - 2.3 原子爐冷却材 및 加壓系統
 - 2.4 原子爐附屬 및 燃料輸送系統
 - 2.5 蒸氣動力系統
 - 2.6 電氣系統
 - 2.7 測定 및 制御工學
- 第3節 發電所의 運轉
 - 3.1 코미쇼닝
 - 3.2 運轉
 - 3.3 非常停止系統

3.4 放射線防護

- 第4節 故障 및 對策
 - 4.1 限界值와 危險條件
 - 4.2 放射性物質의 放出인 緊急事故
 - 4.3 電力供給의 故障
 - 4.4 放射性物質의 放出이 同伴하는 緊急事故
 - 4.5 一般緊急事項

(4) Nordlic 作業그룹의 安全分析報告書構成

- 第1節 序論 및 要約
- 第2節 設計데이터의 要約
- 第3節 敷地 및 領域
- 第4節 基本安全規則
- 第5節 系統, 構造物 및 部品の 技術示方 및 設計 評價
- 第6節 火災, 飛散物 洪水 및 其他環境危險에 對한 防護
- 第7節 發電所性能 및 事故解析
- 第8節 放射線防護
- 第9節 放射性物質의 放出影響
- 第10節 組織과 行政管理
- 第11節 非常對策
- 第12章 許可運轉條件
- 第13節 安全評價書에서 使用된 用語의 定義

다. 安全分析報告書內容의 概要

앞에 例示한 安全分析報告書의 構成을 보면 大體로 國際原子力機構의 構成例인 (1) 敷地 (2) 構造物, 部品 및 系統 (3) 安全性分析 및 (4) 運轉으로 大分된다. 다음에 各項의 內容을 要約하여 본다.

(1) 敷地

人口分布, 土地使用, 敷地の 活用度 및 管理와 關聯하여 敷地와 隣接地域의 地質學的, 地震學的, 水理學的, 氣象學的 및 生態學的 特性에 對한 情報를 提示한다. 特히 隣接敷地들의 特性이 發電所設計와 運轉限界에 미치는 影響을 分析하고 安全性의 見地에서 敷地가 發電所建設에 適合함을 證明하여야 한다. 內容은 風速, 大氣溫度 및 地震加速度 등과 같은 여러 變數들의 豫想되는 極限條件뿐만 아니라 代表的 環境條件을 明白히 記述하여야 한다.

(2) 構造物, 部品 및 系統

이 部品을 通하여 發電所의 全施設의 理解를 가져올 수 있도록 發電所의 各部施設의 設計概要를 記述하여야 하고 安全에 關聯된 構造物, 部品 및 系統에 對하여는 詳細한 設計資料를 提示하여 完全性評價가 可能하도록

하여야 할 것이다. 또한 地震을 考慮한 設計를 包含하여 適用되는 設計基準 및 規格의 適合性を 證明하여야 할 것이다.

(3) 安全性分析

原子力發電所의 安全分析은 各 裝置의 非正常狀態, 故障狀態에 따른 프로세스變數의 攪亂이 發電所에 어떻게 反應되는가를 分析함으로써 部分的으로 遂行하는 것이다. 여기서는 公衆에 對한 健康과 安全의 觀點에서 部品과 系統의 設計示方을 選定하는데 도움을 주는 安全分析이 다루어진다. 運轉上의 假想事故(電氣負荷의 喪失等)로부터 低確率의 假想事故(主要部品の 瞬間的 損傷)에 이르기까지의 事項이 分析되어야 한다.

(4) 運轉

여기서는 發電所運轉方法에 對한 情報를 마련한다. 發電所의 運轉은 運轉要員을 위한 많은 指針에 의거하여 遂行된다. 그렇게 詳細히 記述은 되지 않으나 發電所가 運轉中 技術的으로 安全을 維持할 수 있다는 것을 確信할 수 있도록 여러가지 見地에서의 運轉方法이 提示되어야 한다. 最初 運轉期間에 對한 資料도 提出하여야 하며 實際로 設計限界值가 安全運轉上 適合하다는 것을 證明하는 試驗에 對하여도 說明되어야 한다.

라. 安全性檢討에 必要한 技術人力

事業者가 提出하는 安全分析報告書는 政府의 原子爐 安全規制機關에 의하여 檢討되고 評價되어 그 適否를 判斷한다. 따라서 規制機關은 이 役割을 할 수 있는 組織과 人力이 必要하다.

一般的으로 原子爐安全規制機關은 原子力發電施設의 安全에 關聯된 다음 3가지 主要機能을 가진다. 即

- (1) 技術的 安全性檢討
- (2) 檢 查
- (3) 關聯規定과 基準의 開發

이러한 機能을 完遂하기 위하여, 特히 詳細한 安全基準과 分析이 包含된 安全分析報告書를 檢討하기 위하여 原子力發電技術을 가진 다음의 專門分野의 知識이 必要하다.

- 爐物理
- 熱傳達
- 流體力學
- 機械工學
- 核工學
- 土木工學
- 電氣工學
- 金屬工學

- 構造工學
- 計測制御
- 水理學
- 化學工學
- 保健物理
- 原子爐運轉
- 電子計算法
- 腐蝕工學
- 地質學
- 品質保證
- 氣象學
- 核安全
- 地震學
- 土壤力學
- 生態學
- 信賴度工學

規制機關의 要員의 規模는 原子力發電所의 數와, 評價 및 檢査를 支援해 줄 外部團體의 有無에 따라 달라지나 初期에 있어서는 6~8名 程度의 專門家로 構成하여 訓練과 經驗을 쌓아 나가야 할 것이다. 現在 原子爐計劃을 進行하고 있는 經驗있는 國家에 따르면 5~7機의 發電原子爐를 建設하거나 運轉하는 경우 最少限 50名의 專擔 專門要員이 規制機關을 위하여 必要하다. 이 경우 規制機關에 屬하고 있는 要員들은 最少限 다음 分野를 充足해야 할 것이다.

- 敷地 및 環境
- 構造(土木)
- 機 械
- 計 測
- 放射線防護
- 材 料
- 燃料管理
- 運 轉

規制機關은 모든 技術的 分野를 自體에서 解決해야 하는 것은 아니며 外部專門家を 利用하여 評價 및 檢査를 할 수 있으며 또한 이런 方法은 바람직한 것이다.

오늘날 原子力發電所의 詳細한 安全性檢討와 認許可 業務에 從事하는 發電所 1機當의 平均要員의 數는 다음과 같다¹³⁾.

- 美 國 : 17
- 英 國 : 40
- 프랑스 : 40
- 西 獨 : 35~40
- 스페인 : 25

規制機關의 組織과 認許可節次가 各國마다 다르므로 다른나라의 資料를 그대로 導入할 수는 없으나 參考는 될 수 있다. 다음은 스페인에서의 要員의 規模를 人年(man-years)으로 表示한 것이다.

—檢 査 : 9

—評價要員 : 8

—專 門 家 : 2

—行 政 : 3

마. 安定性評價

安全分析報告書에서 要求하는 資料에 따라 內容이 檢討되고 評價되는데 特히 다음 事項은 操心스럽게 다루어야 할 것이다.

- (1) 人口密度와 敷地環境의 特性
- (2) 敷地의 物理的 特性(例들면 水理, 地質 및 地震等)
- (3) 全般的 發電所의 設計基準
- (4) 各 系統, 構造物 및 部品の 設計目的
- (5) 品質保證에 對한 組織과 計劃
- (6) 放射性廢棄物의 放出 및 放射線被曝을 制御하기 위한 系統의 設計
- (7) 運轉 및 技術支援部署人員의 技術資格 및 그 適合性
- (8) 部品 및 系統의 引受 및 性能試驗
- (9) 非常計劃
- (10) 技術 및 運轉示方
- (11) 安全과 保安

美國原子力規制委員會에서는 輕水爐에 對한 安全分析報告書의 檢討 計劃書²⁰⁾가 發刊되어 檢討評價의 指針이 되고 있다.

規制機關 또는 技術相談役은 提出된 資料를 檢討하고 評價하기 위하여 여러가지 方法과 技法을 使用할 수 있다. 提出된 資料는 發効中이 있는 關聯法規, 規定 및 要求事項等과 對照하여 點檢되어야 한다. 評價過程에서 充分히 妥當성이 立證되고 建設과 運轉經驗을 가진 다른 原子爐의 評價資料를 使用하는 일은 效果的이고 重要하다.

初期段階에서는 安全分析에 關聯된 모든 分野를 強調할 必要는 없을 것이다. 例를 들면 普通의 事故分析과 過渡現象의 分析은 이미 原子爐供給者가 다른 마 키트를 위하여 設計된 다른 原子爐에 對한 것과 별 다를 것이 없기 때문이다. 規制機關은 類似한 建設中이거나 運轉中인 參考原子爐를 選定하여 그들간의 差異點을 指摘하여 이를 集中的으로 檢討해 보는 것이 보다 賢明

한 일일 것이다. 그러나 參考發電所의 資料를 利用한다 하더라도 다음 事項에 對하여는 注意를 기울여야 할 것이다.

(1) 提案한 發電所의 基本的 設計基準 및 特性을 參考發電所의 것과 代替해서 檢討해서는 안된다.

(2) 購買國의 敷地條件이 設計에 미치는 影響은 반드시 評價되어야 한다.

(3) 있을 수 있는 構造 및 附屬裝置의 設計 變更은 注意 깊게 點檢되어야 한다.

規制機關에서의 原子力發電所의 安全性評價와 認許可業務는 높은 水準의 知識과 操心스런 判斷을 要하며 따라서 規定, 文書, 獨自의 計算을 評價하는데 있어 專門知識없이 遂行해서는 안된다. 規制機關은 高度의 訓練과 經驗을 가진 所定人員의 技術要員이 반드시 必要한 것이다. (次號에 繼續)

參 考 文 獻

10. Steps to Nuclear Power, A Guidebook, Technical Reports Series No. 164, IAEA, Vienna, 1975
11. Organization of Regulatory Activities for Nuclear Reactors, Technical Reports Series No. 153, IAEA, Vienna, 1974
12. Safe Operation of Nuclear Power Plants and Technical Appendices, Safety Series No. 31, IAEA, Vienna, 1969
13. Guidelines for the Layout and Contents of Safety Reports for Stationary Nuclear Power Plants, Safety Series No. 34, IAEA, Vienna, 1970
14. Standard Format and Contents of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, USAELC, 1972
15. Standard Format and Contents of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, Rev. 2, USNRC, 1975
16. General Guidelines for the Preparations of Safety Reports, Licensing Guide No.2, AECB, 1975
17. Guidelines for the Preparation of Safety Assessment Documents for Stationary Water Cooled Nuclear Power Plants, Nordic Working Group on Reactor Safety, 1973.

18. Checklist for Standard Safety Report for Nuclear Power Plants with Pressurized Water Power Reactors or Boiling Reactors, Interregional Training Course on Nuclear Water Project Planning and Implementation, Karlsruhe, 1975.
19. M. Rosen, Comparisons in the Structure and Review of Safety Analysis Reports, Interregional Training Course in Nuclear Power Project Planning and Implementation Karlsruhe, 1975
20. Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, USNRC, 1975.