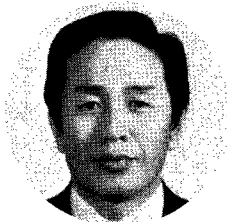


韓國 原電의 定期補修經驗과 問題點 및 對策

*Experiences from Nuclear Power
Plant Maintenance in Korea*



徐 錫 天
(韓國電力公社 原子力發電處長)

1. 韓國의 原子力發電 概況

資源이 貧弱한 韓國도 電力에너지의 確保策으로 原子力을 重視하고 '78年4月 原子力 1號機(古里1號) 商業運轉에 이어 原子力發開에 꾸준히 힘써 왔으며, 今年 9月30日 5號機가 商業運轉을 開始함으로써 現在 4基가 運轉中이고 5基가 建設中이다.

이중 6號機는 11月中旬에 첫 試驗發電을 하게 되며, 7號機는 12月中에 核燃料가 裝填되어 各各 明年中 商業運轉을 하게 된다.

當年度 9月末까지의 發電實績은 容量比로는 13.5%이나, 發電量 占有比는 27%이며, 1990年경의 原子力의 發電量 占有比는 50%線이 되어 “두燈중의 한燈이 原子力電氣”時代가 다가오고 있다(表 1).

한편 原子爐運轉-經驗年(Reactor-Year)에서 美國이 900年, 日本이 240年임에 비해 韓國은 이제 12年에 不過하다. 그래도 그동안 10回에 걸친 定期補修經驗을 통해 各가지 所重한 일들을 겪게 되었고, 이를 바탕으로 補修管理의 方向設定을 하게 되었다.

2. 定期補修의 適正한 管理

定期補修는 期間中 核燃料의 交替를 비롯하여 設備의 補修, 必要한 部品의 交換 등으로 다음 運轉段階에서 보다 높은 信賴性을 確保하고 또한 期間中 法定檢査 등 各種 檢査를 嚴格히 施行함으로써 安全性을 保障하게 되며, 이는 窮極의으로 發電設備의 利用率을 提高하려는데에 歸結된다.

利用率 提高의 定石은 ①故障停止率을 減小시키고, ②定期保修期間을 短縮하며, ③長週期核燃料를 採擇함으로써 運轉期間을 延長시켜주는 것으로 根幹을 이룬다. 따라서 適正한 補修計劃과 그 管理가 무엇보다 緊要하다.

設備의 補修는 韓國電力補修(株)에서 擔當하며, 重要檢査는 規制當局을 代行하여 原子力安

〈表 1〉 原電開發計劃

號機	爐型	容量 (MWe)	原子爐供給者	竣工	核燃料週期
1	PWR	587	W	'78.4	7
2	PWR	650	W	'83.7	2
3	PHWR	678	AECL	'83.4	N/A
5	PWR	950	W	'85.9	—
6	PWR	950	W		
7	PWR	950	W		
8	PWR	950	W		
9	PWR	950	FRA		
10	PWR	950	FRA		

全센터가 이를 監理하고 있다.

補修項目의 選定, 所要資材 및 豫備品의 確保, 試驗計劃書 등이 關聯組織間에 事前에 充分히 協議되며, 定期補修 開始 1個月 前에는 表 2와 같은 Task Force가 發足된다.

3. 苦痛스러웠으나 所重한 經驗들

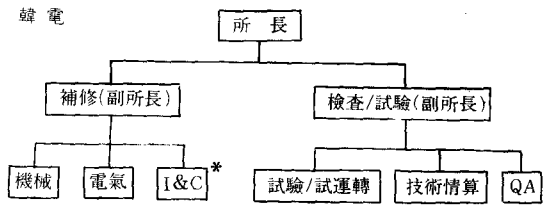
(原子力 1號機)

○原子爐內容 一部 改造

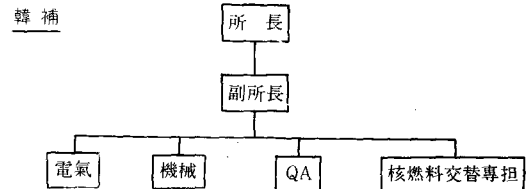
2年次 定期補修인 1981年1월에 核燃料 一部가 Baffle Jetting에 依해 損傷되었음이 發見되었다. 當時로서는 實証된 方法이 없어 Jet噴射를 줄여주기 위해 Baffle間隙을 두드려서(Peening) 좁혀주고, 直接 Jetting되는 곳의 燃料棒을 스텐棒으로 代置하는 등 措置를 하였으나, 效果가 없었다. 以後 KAERI-韓電-W가 緊密히 協調하여 對策에 腐心하던중 美國의 Farley 1號에서 Barrel과 Baffle間의 上端環狀板(Former Plate)은 막고, 나머지 板에 구멍을 뚫어 冷却水의 방향을 밑에서 위로 引導함으로써 差壓을 없애고 Jetting을 鮮止시키는 先例를 1984年10월에 古里 1號에도 成功的으로 施工하였다.

1985年 定期補修에서 核燃料의 損傷이 없었음이 確認되어, 이 方法이 適合한 것으로 看做되고 있다. 그동안 손상된 燃料는 지난 8月 모두 修理를 마쳤다. 流路變更이나 燃料修理는 모

〈表 2〉 Task Force



*但, 計測/制御(I&C)는 韓電에서 遂行



두 원격조작으로 遂行된 作業들이었다.

○MSR의 改修

1981年以來 Tube漏泄數가 늘어나고, 이를 排除함에 따라 發電出力의 減少要因이 되어왔다. 當年度 補修時 Coil交替 등 이를 모두 改補修함으로써 5MW의 出力増發이 期待된다.

○蒸氣發生器 細管漏泄

1985年8月중순 定期補修를 10일쯤 앞두고 S/G의 Tube漏泄 징후가 있어 發電을 停止하고 即刻 水壓試驗, 헬륨가스檢査, 全面ECT를 시행하고, 損傷管으로 檢出된 것을 再次檢査하여 9.6%該當量을 W의 技術을 빌어 排除(Plugging)하였고, 現在 75% 出力에서 試驗中이나 異常은 없다.

日本이 S/G Tube腐蝕으로 우리보다 먼저 어려움을 겪었고, 그에 따른 經驗을 갖고 있다.

今年까지 6年째 ECT를 遂行해온 KAERI에서 漏泄直前까지 이렇다할 問題提起가 없었던 事前準備없이 처음 經驗하는 管排除 등의 作業을 정지기간내에 遂行하기 위해서는 무척 바쁘게 뛰어야만 했다.

蒸器發生氣의 細管對策은 外國의 先例를 충분히 調查·評價하고, 가장 적합한 方法으로 措置할 것이다.

[原子力 2號機]

○터빈 高振動

가장 好調였던 2號機가 運轉開始 8個月後 급작스런 터빈 振動現狀이 생겨 點檢한바, 4개의 날개가 손상되었음을 發見하였고, 準備關係上 臨時措置後 再稼動하여 1984年6月 첫 定期補修 期間에 이를 完全히 修理하였다.

○原子爐 制御棒 集團落下

1985年度에 2號機는 214日 無停止 運轉記錄을 세운바 있어 큰 成果를 期待中 定期補修가 끝난 8月初부터 9月末에 걸쳐 7回의 制御棒 落下로 因한 不時停止를 경험하였다.

外國人 專門家를 포함하여 社內外 關係者에 依한 끈질기고 多角的인 原因糾明이 遂行되었다.

補修工事時 손질한 部分의 逆順路確認, 全接觸點의 하나하나를 살피고, 制御回路카드의 點檢과 交換, M/G Set 等 誤信號 發生可能性의 追跡 等 할 수 있는 諸般조치를 조바심속에서도 차근차근히 施行하였다.

그러나 뚜렷이 意見一致가 되는 原因을 糾明하지 못한바, 安全센터의 檢査部는 別途 專担班을 構成, 지금까지의 點檢/試驗/補修結果를 客觀的으로 綜合分析하고, 制御棒 引出時 抵抗(Friction)에 따른 保持力不足에 原因이 있을 가능성이 큼을 論議中이다.

어쨌든 他에서 그 先例를 찾을 수 없었던, 關係者를 가장 當황케한 經驗이었다.

[原子力 3號機]

○蒸氣發生器 一部改造

성능보조시험에서 濕分同拌率이 過多하여 1次 試圖로 Moisture Separator上部에 網을 設置하였으나 滿足스런 結果를 얻지 못하고, Full Size 工場試驗을 통해서 確信을 갖고, 運轉 1年後에 本格的 改造를 하여 成功하였다.

이때 韓電의 K博士가 技術的 諮問을 主導하였던 일은 지금도 흐뭇한 追憶이다.

○重水 漏出事故

1984年11月末 原子力 3號機의 1次側 熱輸送 系統의 安全弁健全性을 定期檢査하던중 職員의 失手와 設備 一部分의 缺陷이 겹쳐 原子爐建物內에 相當한 量의 重水가 漏出되었다.

24時間內에 安全센터의 專門家들이 신속히 支援되고, 適切한 事故收拾을 遂行하게 되었다. 이 事故로 PHT펌프中 1臺는 無水運轉으로 베어링이 損傷되고, Impeller까지 交替하였으며, 余他 펌프도 모두 分解點檢되었다.

非常對應 態勢에 對해서도 많은 教訓을 준 事態였으나, 收拾을 마감함에 있어 환경오염이 거의 없었으며 核燃料의 健全性이 立証된 것은 多幸한 일이었다.

月城原子力은 當年度 利用率 95% 成就가 期待되어 世界 "Top10"을 바라보게 될 것 같다.

[原子力 5號機]

建設 또는 試運轉期間中 經驗한 事例로서 "한 짐의 檢査 및 品質保證 書類보다 한사람의 責任性있는 끝손질"이 緊要하다는 본보기가 될 것 같아 例示한다.

○原子爐 制御棒 固着

Breach Guide Serew가 빠져서 制御棒과 그 誘導管사이 에 끼어서 固着 誘發.

○濕分分離再熱器(MSR) 故障

MSR內의 熱차폐板이 設計不實 等으로 試運轉中 찢어져 大幅 修理 補完.

○補助給水펌프

5/6, 7/8號機用 Aux. Feed Water Pump는 受軸 等 精密部分이 入荷時點에 모두 흠이 나 있어 全量 工場搬出.

4. 從事者 被曝管理

平素 운전시는 물론 特히 補修工事時 從事員에 對한 放射線 피폭관리는 優先管理 項目이다. 지금까지의 集計에 따르면 線量은

① 운전연수에 따라 어느 年限까지는 증가되고,

('85. 1. 1~10. 31)

〈表 3〉 原子力 運轉 實績

항 목		호 기		1	2	3	5	계
		계	획					
발전량 (MWH)	실	2,843,673	3,248,305	3,891,308	1,438,655	11,421,941		
	적	2,802,207	3,189,589	4,648,296	2,207,479	12,847,571		
	실적율(%)	98.5	98.2	119.5	153.4	112.5		
이용율 (%)	현 재	65.4	67.3	93.9	(82.2)	76.1 (5호기제외)		
	년 간 추정	67.9	71.1	93.2	69.1	77.9 (5호기제외)		
연 속 운 전 기 록		110일 17	213일 14 ('85)	171일 16 ('85)				

○ 당년도 추정 MWH 점유비 : 26.7% ○ KNU6 최초계통 병입 : '85. 11 중순
○ KNU5 '85. 9. 30준공(이용율 : 준공이후분) ○ KNU7 첫 핵연료장전 : '85. 12 중순

〈表 4〉 改善目標

改善項目	現在('84)	改善目標('91)
利用率向上(%)	70.1	PWR : 75 (PHWR : 83)
定期補修期間 短縮(日)	72	PWR : 55(600MW) PWR : 65(900MW) PHWR : 40(600MW)
事故停止 減少(件)	8.1	4
燃料週期延長 (月)	12	15~18

② 핵연료 손상이 있을때 현격히 증가하며,
③ 韓電보다 韓補직원의 평균과폭량이 높다.
보수기간중 韓補직원은 韓電에 비해 약 5 배
높은 것으로 집계되며, 이 수치는 분기당 규제
치의 23%이다.

5. 補修業務의 效率的 執行

우리나라에서 製作者, 研究 및 用役機關의 能
力이 原子力發電所의 運用, 補修를 支援할 水
準이 되기까지는 아직 相當한 時日이 所要될
것이며, 韓電-韓補의 協力體制만으로 補修(經
常/計劃 및 改善)業務를 效率的으로 遂行해 나
가야 한다.

利用率 提高方案에 對해서는 別途 成案되어
施行中이며, 補修業務의 自立을 促進하기 위해
서 다음 事項들이 勸案, 推進되어야할 것이다.
가. 適正한 補修費가 保障되고 從事員의 資

質向上과 分野別 專門化가 績極 誘導되어야 한다.

나. 標準化되고, 敎本化, 節次化하여 科學的
補修管理가 定着하여야 한다.

다. 資料와 設備診斷은 電算化되고, 故障補修
에서 豫防保守에로의 向上이 時急하다.

라. 施工 및 診斷裝備는 점점 現代化되고, 被
曝減少와 設備의 壽命延長次元의 管理가 緊要
하다.

마. 國際協力は 美國一邊倒에서 臺灣, 日本
等 近域과 프랑스 等 유럽의 原子力技術 自立
國들 先例에서 배울 必要를 느낀다.

6. 結 論

原子力發電의 安全性을 保障하고, 나아가 값
싼 電力을 生産하는 것이 國力을 培養하는 지
름길이다. 이를 위해 무엇보다 緊急한 것이 補
修品質의 向上이다.

運用經驗이 짧고, 國內의 技術水準도 充分하
지 못한 現實에서 그 關鍵은 從事員의 資質을
向上시키는 일과 設備改善 等に 必要한 投資를
계속하는 일일 것이다.

信仰과 같은 確信으로 技術自立을 하루라도
앞당겨야 한다.

表3, 4에 當年度 10月末까지의 原子力 運轉
實績과 1991年을 향한 改善目標를 參考資料로
添付한다.