

# 日本 原電의 運轉實績

笛木 謙右 (東京電力(株) 原子力發電部 副部長)

## 1. 序 言

日本の 原子力發電所 開發은 過去의 여러가지 障害要因에도 불구하고 순조롭게 進行되어 왔다. 1985年末 現在 商業運轉中인 原子力發電所는 BWR이 16基, PWR 15基 그리고 GCR이 1基로 總32基이며, 容量은 24.5GW로 石炭과 水力을 포함한 全發電量 154GW의 16%에 달한다.

原子力發電所의 成功的인 運轉實績에 따라 全体電力生産에 대한 原子力의 比率은 더욱 增加되어 159TWH에 달하였으며, 이는 1985年 總發電量의 26%에 該當된다. 이것은 처음으로 汽力發電所에 대해 25% 초과한 것이며, 石油 3千4百万톤의 輸入節減效果를 가져온 것이다. 本稿에서는 日本에서 輕水炉의 運轉經驗을 記述코자 한다.

## 2. 發電所 稼働率의 變遷

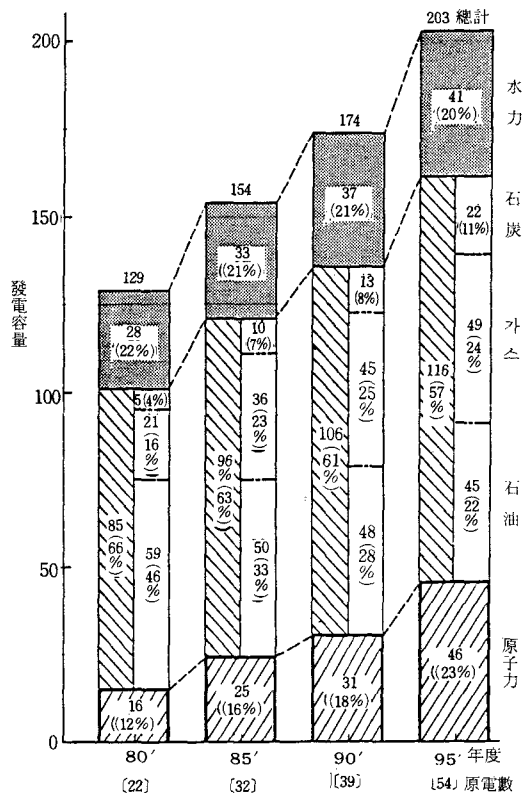
輕水炉(BWR과 PWR)는 原來 美國에서 부터 導入하였다. 이로서 輕水炉의 技術을 導入·吸收하기 始作하였으나, BWR과 PWR 둘 다 初期에는 많은 困難을 겪었다. 一部 유닛들은 BWR의 原子炉冷却系統의 스테인레스강 파이프의 응력부식균열(SCC) 問題와 PWR의 蒸氣發生器튜브의 問題로 자주 停止하여 長期的인 補修를 하지 않으면 안되었다.

이러한 問題를 解決하기 위해 政府, 製作者,

研究機關 뿐만 아니라 原子力産業界의 모든 努力이 集中되었고, 그 結果 原子力發電所의 利用率은 1983年度에 70%에 到達하였으며 그後 점차적으로 發展하여 1985年度에는 76%에 到達하였다. 이것은 훌륭한 成果라고 생각한다.

最近에 많은 유닛들이 우수한 運轉實績을

〈그림 1〉 發電設備構成



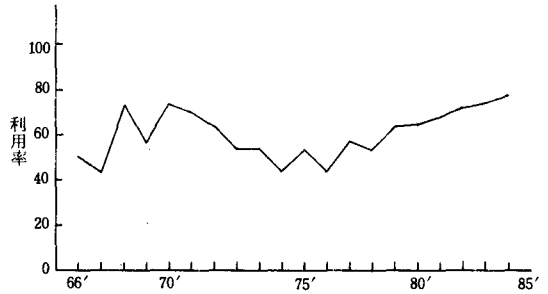
보였으며, 利用率이 80%를 상회한 유니트들도 있었다. 標準化에 의해 改良 設計된 進歩된 大容量 유니트가 앞으로 차례로 運轉될 것이며, 原子力發電所의 利用率은 매년 점차적으로 增加되어 몇년안에 利用率이 80%를 상회할 것으로 期待된다. 지난 3年間の 發電所運轉狀態分析에 의하면, 停止時間의 대부분은 매년 政府規制에 따라 年 1回 實施하는 定期檢査期間이며, 不時停止率은 1%에 不過했다.

稼働率은 原子力發電所의 安全性과 信賴性을 보여주는 重要한 要素中の 하나이다. 原子力發電에 대한 社會의 同意를 얻기 위해서는 滿足스러운 狀態에서 各 發電所가 運轉되는 것이 絶對的으로 必要하며, 이에 따라 가끔 過度한 對應策을 강구하기도 하여 上記 目的을 이룩하기 위해 發電所 經濟性 提高를 犧牲시키기도 했다.

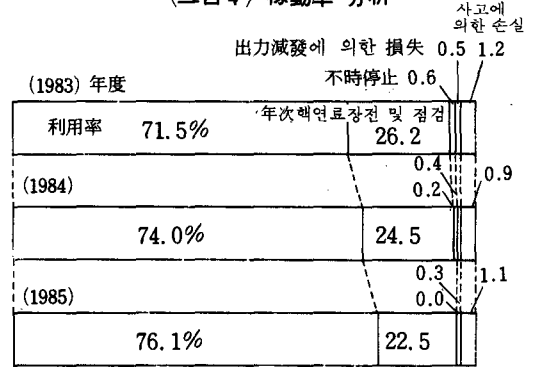
첫째로 將來 稼働率을 더욱 改善하기 위하여 事故와 故障에 의한 不時停止 回数의 減少가 可能한한 必要하다. 이것을 實踐하기 위해서는 問題의 再發防止를 위한 徹底한 豫防補修 뿐만 아

니라 裝備點檢技術의 開發과 發電所의 老巧化에 대한 對備策을 講究할 必要가 있다. 同時에 새로운 技術導入에 대한 努力과 發電所 裝備를 復

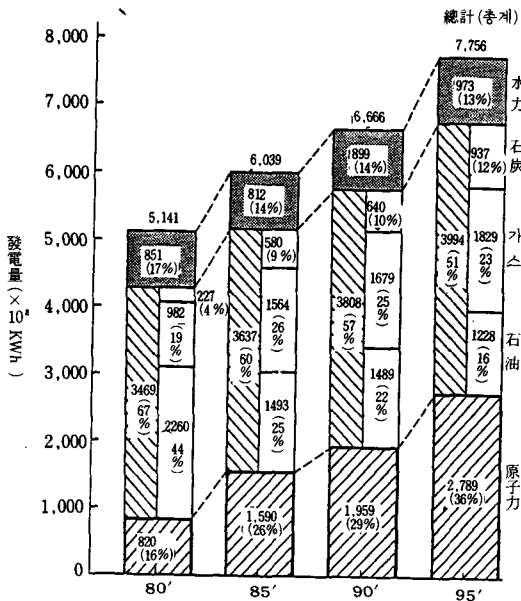
〈그림 3〉 利用率



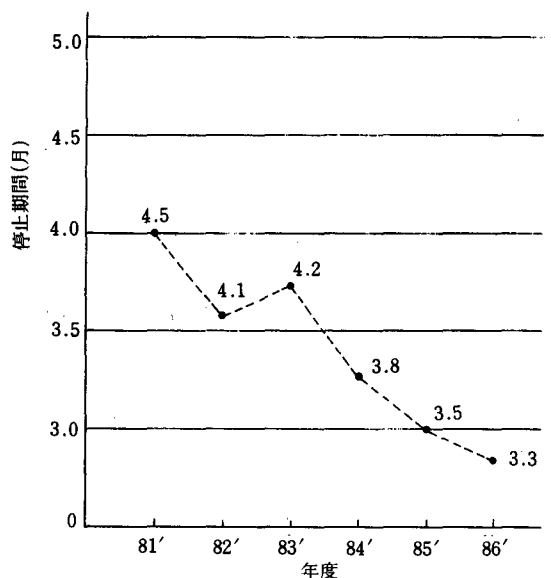
〈그림 4〉 稼働率 分析



〈그림 2〉 發電量 構成



〈그림 5〉 年間檢査停止期間



舊하고 現代化하기 위한 試圖가 行해져야만 한다.

둘째로 發電所가 停止時間의 대부분을 차지하는 定期點檢期間을 短縮시키는 것이 必要하며, 이를 達成하기 위한 方法으로 過去의 運轉經驗과 停止에 대한 分析 및 評價가 必要하다. 또한 點檢項目과 內容을 檢討하여 最大限 活用해야 한다. 물론 發電所의 信賴性과 安全性은 이러한 狀況에서도 犧牲되어서는 안된다는 것은 말할 必要가 없다.

셋째로 長週期 發電所運轉의 導入도 考慮해야 한다. 이것은 現在 12個月에서 將來에는 15個月로 늘이는 것이다. 이것을 達成하기 위해 段階的인 燃料改善 뿐만 아니라 運轉經驗을 評價할 必要가 있다. 앞에서 言及한 方法에 의하여 現

〈그림 6〉 最近年間檢査停止期間

		月							
		1	2	3	4	5	6	7	8
B	81'	短期 2.8		平均 4.5			長期 7.8		
	82'	3.1		4.4		6.5			
W	83'	3.1		4.0		5.3			
	84'	2.6		4.1		5.7			
R	85'	2.9		4.2		5.6			
	81'	2.5		4.4		5.8			
P	82'	2.4		3.8		5.7			
	83'	3.4		4.4		5.8			
R	84'	2.0		3.3		5.4			
	85'	1.8		3.0		4.9			

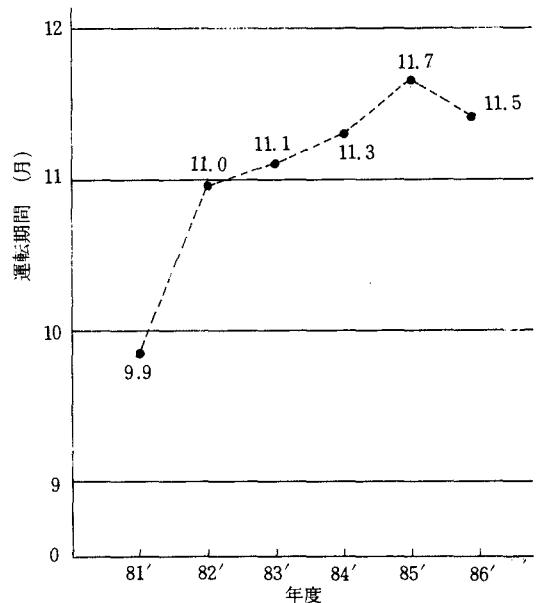
存 輕水炉의 稼動率은 앞으로 相當히 向上되어 질 수 있으리라 期待된다.

### 3. 事故와 故障의 變遷

유니트當 매년 스크램 回數는 原子力發電所의 信賴性과 安全性을 보여주는 要素中の 하나이다. 日本에서 스크램 發生頻度는 近來에 매우 적은 數值이며, 유럽보다 매우 적은 수치로 이는 日本에서의 強한 原子力 嫌惡感에도 불구하고 原子力發電의 開發努力에 대한 結果이다.

日本에서 어떤 事故나 故障이 發生되었을 때 各 電力會社는 그 原因을 철저히 調査하고, 發電機器製作會社와 協力하여 再發 防止를 위한 對策을 講究한다. 當然한 일로써 이러한 對應策은 問題가 發生된 發電所에 적용되어질 것이며, 같은 對應策이 다른 유니트의 비슷한 狀況에 역시 適用하는 것이 日本에서의 독특한 제도로서 發電機器製作者들에게 제공되는 發電所에서의 業故와 故障에 關한 有益한 情報는 設計改善에 반드시 反映한다. 이러한 方法으로 電力會社와 製作者들은 原子力發電所의 安全性과 信賴性 向

〈그림 7〉 運轉期間



〈그림 8〉 最近 運轉期間

		月							
		2	4	6	8	10	12	14	
B	81'	最短期		5.6	平均		9.7	最長期	12.1
	82'				9.6	10.9	12.6		
W	83'				8.3	10.6	11.8		
	84'				9.8	11.0	13.1		
R	85'				9.7	11.4	12.4		
	81'				7.0	10.2	12.2		
P	82'				10.1	11.1	13.2		
	83'				10.4	11.9	13.6		
R	84'				7.9	11.5	13.7		
	85'				9.5	11.9	13.8		

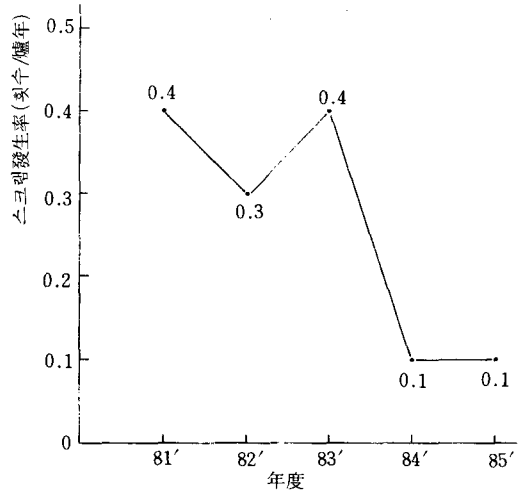
상을 위하여 긴밀한 關係를 維持하며 努力하고 있다.

過去 日本 原子力發電所에서 發生한 事故 및 故障을 分析해보면 대부분 原子炉冷却系統, 1次系統 制御設備, 蒸氣發生器 등에서 發生한 것으로 나타나며, 이것들의 대부분은 設計, 製作不良 그리고 腐蝕, 侵蝕에 起因한다. 그러나 그것들의 대부분은 初期故障이었으며, 設備改良과 같은 對應策에 의해 改善되어 왔고 將來의 事故의 故障은 그 自体的 完全하지 못한 裝備가 原因이 아니라 人的要素에 起因될 것이다.

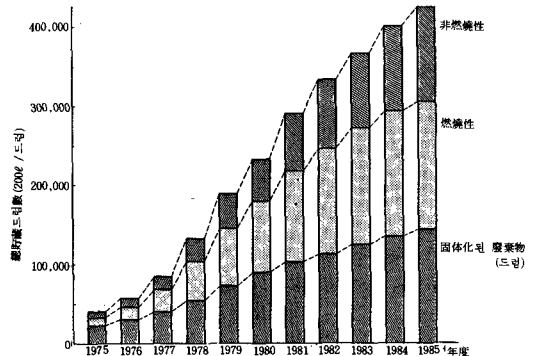
#### 4. 定期檢査期間의 短縮

日本에서 定期檢査期間이 긴 것은 火力發電時代 以來도 採擇된 傳統의인 豫防補修體制에 根

〈그림 9〉 스크램 發生率



〈그림 10〉 固體 放射性 廢棄物의 累積貯藏量



據한 것이며, 各 設備는 定期的으로 分解, 点檢, 再組立된다. 缺陷部分의 完全한 補修, 裝備와 系統의 改善은 이 檢査期間동안 施行되어 진다. 그것은 運轉中의 問題點을 最小化하는데 매우 效果的인 方法임이 明白한데, 持續的인 努力으로 多少 긴 定期檢査期間을 短縮하게 될 것이다.

특히, 過去의 運轉經驗과 檢査結果는 檢査項目과 內容의 再評價를 통해서 分析, 檢討되고 있다.

예를 들면, 어떤 檢査에서 過去經驗을 根據로 省略한다던가, 檢査時間이나 試驗期間을 減少하거나 檢査週期를 늘린다던가, 아니면 檢査를

〈表 1〉放射線業務従事者の 被曝狀況

項目		年度									
		1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
人員數 (人)	従事者	2,555	3,233	3,578	3,759	3,976	4,374	4,688	5,367	5,570	5,487
	기 타	17,241	22,129	30,577	30,495	31,978	36,158	35,941	41,072	43,937	46,441
計		19,796	25,362	34,155	34,254	35,954	40,532	40,629	46,439	49,507	51,928
總 累 績 被曝線量 (Man-rem)	従事者	769	726	766	826	796	784	733	660	597	536
	기 타	5,473	7,390	12,360	10,759	11,952	11,933	11,767	11,206	11,125	10,725
計		6,241	8,117	13,127	11,585	12,747	12,718	12,500	11,867	11,723	11,259
1人當平均 被曝線量 (rem)	従事者	0.30	0.22	0.21	0.22	0.20	0.18	0.16	0.12	0.11	0.10
	기 타	0.32	0.33	0.40	0.35	0.37	0.33	0.33	0.27	0.25	0.23
計		0.32	0.32	0.38	0.34	0.35	0.31	0.31	0.26	0.24	0.22
基 數		14	19	21	21	22	24	24	27	32	32

運轉中에 遂行한다던가 하는 것 등을 決定하기 위하여 檢査를 施行하고 있다. 當面目標은 約60 日間에 1,100MW級 發電所의 定期檢査를 遂行할 것을 考慮中이다.

### 5. 放射線 被曝量의 減少

運轉者와 補修要員에 대한 放射線 總被曝量에 있어 顯著한 改善을 볼 수 있다. 예를 들면, 24 基가 運轉된 1981年에 總放射線被曝量은 12,718 man-rem이며, 32基가 運轉된 지난해에는 11,259 man-rem으로 4年 동안 約 1,500 man-rem이 減少되었다.

이 事實은 發電所當 平均被曝量이 530에서 352 man-rem으로 減少되었으며, 이러한 成功原因은 오래된 發電所에서 放射線被曝量 減少對策을 增進시키고 또한 새로운 發電所에서는 裝備와 運轉方法을 改善하여 왔으며 한번의 停止 동안 總放射線被曝量이 100 man-rem보다 적은 發電所도 있다.

放射線被曝量 減少에 重要한 影響을 주는 對策으로 放射線遮蔽物 設置와 遠隔調整裝備 및 工具 그리고 낮은 코발트材質의 選擇, 필터에 의한 腐蝕生産物 除去 및 철저한 汚染除去를 效果的으로 遂行하고 있다.

### 6. 放射性廢棄物의 減少

原子力發電所에서 나오는 固体 放射性廢棄物은 一般的으로 貯藏을 위하여 200리터 드럼에 담아지는데, 日本에서 原子力發電所에서부터 發生하는 드럼의 數는 1年에 4萬個가 넘으며, 1985年末까지 드럼의 總數는 43萬個에 달하고 있다. 따라서 最小量의 드럼 發生과 廢棄物量의 減少 對策이 重要하다.

現在의 減少方法으로는 燃燒性材質은 燒却炉에서 태우며, 非燃燒性材質은 大型 油圧器로 壓縮시킨다. 그외에 여러가지의 技術이 開發中인데, 예를 들면 非燃燒性材質을 녹이는 方法等이다.

### 7. 結 言

日本의 現 原子力發電所는 우수한 運轉實績을 보여주고 있다. 그러나 이러한 水準에 到達하기 위하여 發電所側과 製作者側의 끊임없는 努力이 必要하다는 것을 결코 잊어서는 안된다.

앞으로 日本은 原子力發電所의 安全性과 信賴性을 더욱 改善키 위해 努力을 해야 하며 또한 國際的인 技術情報를 交換함으로써 原子力發電所의 開發에 있어 外國과 함께 協力할 수 있으리라 믿는다.