

우리나라 原子力發電設備 利用率



Capacity Factor of Nuclear Power Plants in Korea

朴 祥 基

韓國電力公社 原子力發電處長

1. 序 言

1978年 4月 國內 最初의 原子力發電所인 古里 原子力 1號機가 施設容量 587MW로서 商業運轉을 開始한 이래 11년째인 今年 4月末 現在 8基가 商業運轉中에 있으며, 總 施設容量은 6,666 MW로서 1978년에 비해 11배로 增加하였다.

또한, 原子力發電所 運轉基數의 增加와 低廉한 發電原價로 인해 原子力 發電量도 每年 增加하여 왔으며 이에 따라 原子力發電 占有率도 컸다.

國內 原子力發電의 元年인 1978년에는 23億 kWh를 發電하여 國內 全体 發電量의 7.4%에 불과하였으나, 1988年末 現在 401億kWh를 發電하여 46.9%를 占有하게 되어 1978년에 비해 發電量이 17배로 增加하였다. 이는 原子力 發電設備의 增大와 더불어 設備利用率 또한 꾸준히 向上되어 1984年 以後 लग론 70%以上의 高利用率을 維持해 왔기 때문이다.

그러면 原子力 施設容量面에서 世界 10位의

主要 原子力運營國으로 浮上한 우리나라의 原子力發電 設備利用率 實績을 具體적으로 알아보고, 向後 原子力發電所 運營의 새로운 方向을 모색해 보고자 한다.

2. 國內 原電의 設備利用率 現況

가. 年度別 設備利用率

國內 原子力發電所의 年度別 利用率을 분석해 보면, 國內 原電의 運營技術이 꾸준히 向上되어 왔음을 쉽게 알 수 있다.

1978년부터 1982년까지는 古里原子力1號機가 國內 처음으로 運轉됨으로써 原電 運營 技術 및 運轉經驗이 부족하여 利用率이 저조하였으나, 1983년부터는 古里原子力2號機 및 月城原子力 1號機가 追加로 商業運轉에 돌입하여 運轉基數가 3基로 增加함에 따라 原電 運營 技術 및 運轉經驗이 蓄積되어 發電設備의 效率의 運營 및 安定的 電力供給이 이루어지기 시작하여 利用率이 1984年度에는 70.1%, 1985年度에는 78.7%,

1986年度에는 78.1%를 나타냈으며, 1987年度에는 81.5%를 기록하는 등 高利用率을 계속적으로 유지하여 왔다.

1988年度에는 古里原子力1號機의 大規模 定期補修工事 및 蔚珍原子力1號機의 發電機 故障으로 인한 長期間 發電停止, 올림피 期間동안의 低負荷運轉 등으로 利用率이 다소 우려되었으나, 他 發電所가 運轉期間中 最善의 努力을 경주하여 故障停止減少 등 良好한 實績을 보여 줌에 따라 73.0%라는 高利用率을 다시 기록할 수 있게 되었다.

現在 運轉中인 8基의 原電 平均 利用率 1% 向上時 100億원의 油類代替效果를 얻을 수 있으며 發電所 利用率向上으로 原子力發電의 經濟性 提高 및 經營收支 改善에 기여하게 되므로 原子力 發電設備의 安定的 運營이 要望된다.

나. 原子爐型別 設備利用率

現在 運轉中인 8基의 原子力 發電設備를 原子爐型으로 구별해 보면, 月城原子力發電所1基만 캐나다에서 導入된 天然 우라늄을 燃料로 하고 重水を 減速材 및 冷却材로 사용하는 加壓重水爐型이고 나머지 7基는 美國 및 프랑스에서 供給된 低濃縮 우라늄을 燃料로 하고 輕水を 減

速材 및 冷却材로 쓰는 加壓輕水爐型發電設備이다. 設備容量面에서 加壓重水爐型은 678.7 MW이며 加壓輕水爐型은 5,987MW로서 重水爐 對 輕水爐의 比率은 1 : 9의 比率로 設置되어 있다(표 1).

加壓重水爐型인 月城原子力1號機가 商業運轉을 開始한 1983年 以後의 原子爐型別 利用率을 보면 그림 1과 같이 加壓重水爐型 發電所가 利用率이 높게 나타났으며, 商業運轉 以後의 全期間동안의 全体 平均 利用率 實績을 보아도 輕水爐型이 73.3%, 重水爐型이 80.1%로서 重水爐型 發電所가 더 좋은 記錄을 보이고 있다(그림 1 참조).

加壓重水爐型은 正常運轉中에도 燃料交替가 可能하여 加壓輕水爐型에 비해 전반적으로 設備 利用率이 높고, 定期補修期間이 짧게 所要되고, 定期補修時點도 柔軟性있게 定할 수 있어 發電 設備 運營上 여러 利點이 있다.

한편, 加壓輕水爐型은 設備利用面에서 加壓重水爐型에 비해 劣리한 實情이나, 多數의 同種 發電設備 運營으로 인한 有利한 技術蓄積 및 技術向上과 長週期 核燃料使用 등으로 利用率을 높이고 있으며, 그 예로 古里原子力2號機가 1987年 12月부터 종전 12個月 核燃料週期에서 3個月 延長된 15個月 長週期 核燃料를 使用하고 있다.

다. 容量級別 利用率

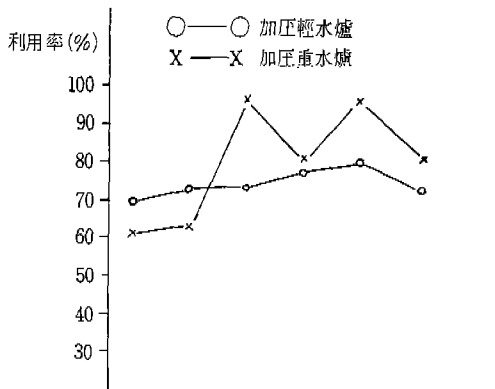
國內 原電의 設備容量을 크게 600MW級 容量과 950MW級 容量으로 分類해 보면 600MW級 發電所로는 古里 1, 2號機 및 月城 1號機가 이에 該當되며, 950MW級 發電所로는 古里 3, 4號機, 靈光 1, 2號機 및 蔚珍 1號機가 該當된다.

上記 容量級으로 利用率 實績을 알아보면 發電設備의 容量 大小로 利用率의 優劣를 명확히 判定하기는 곤란함을 알 수 있다.

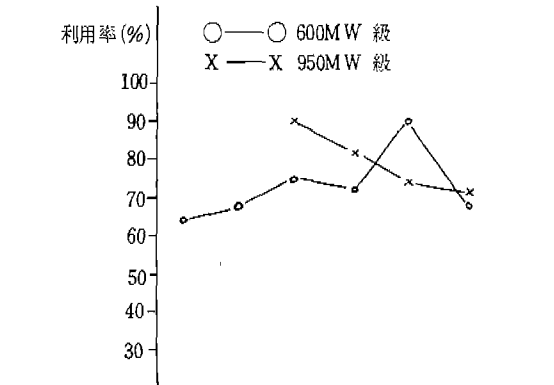
600MW級 發電所의 '87年 實績이 88.8%로서

〈표 1〉 國內 原子力發電所의 原子爐型 現況

| 原子爐型 | 號 機 | 容量 (MW) | 原子爐 供給國 | 商業運轉 年 月 |
|---------|----------|---------|-----------|-----------|
| 加壓輕水爐型 | 古里原子力1號機 | 587 | 美 國 | '78. 4.29 |
| | " 2號機 | 650 | " | '83. 7.25 |
| | " 3號機 | 950 | " | '85. 9.30 |
| | " 4號機 | 950 | " | '86. 4.29 |
| | 靈 光 1號機 | 950 | " | '86. 8.25 |
| | " 2號機 | 950 | " | '87. 6.10 |
| 蔚 珍 1號機 | 950 | 프랑스 | '88. 9.10 | |
| 加壓重水爐型 | 月城原子力1號機 | 678.7 | 캐나다 | '83. 4.22 |



〈그림 1〉 原子爐型別 設備利用率 比較



〈그림 2〉 容量級別 利用率 比較

상당히 높은 것은 月城 1 號機가 定期補修工事を 예년에 비해 짧은 22日만에 完了하여 運轉하였기 때문이며, '88年度에 70.5%로 낮게 나타난 것은 古里 1 號機의 178日間に 걸친 10年次 長期間 定期補修工事に 기인한 것이다. 또한 950MW 級 發電所의 '85年度 및 '86年度 實績이 80% 以上으로 나타난 것은 當該年度에 新規 商業運轉을 開始한 發電所의 運轉實績이 良好했기 때문이다.

한편 商業運轉以後 全期間동안 전체 平均 利用率實績을 比較해 보면 600MW 級은 72.4%, 950MW 級은 77.3%로서 最新 發電設備인 950MW 級 大容量 發電所의 利用率이 現在로는 높다 (그림 2).

라. 無停止 連續運轉

근래 몇 가지 運轉實績으로 미루어 볼 때 國內 原電의 運營技術은 比較的 짧은 期間에도 불구하고 世界的 水準에 이르렀음을 알 수 있다.

1985年 4 月부터 1986年 3 月까지 1 年間に 걸

쳐 月城 1 號機가 利用率 98.4%로서 同期間 自山世界에서 運轉中이던 277基의 原子力 發電所中에서 1 位를 記錄한 바 있고, 1987年에도 1년간 古里 1 號機가 94.0%, 月城 1 號機가 92.9%로 利用率 90% 以上을 記錄하여 國內 原電 運營技術이 크게 向上되었음을 나타낸 바 있다. 또한 1988年度에는 無停止 連續運轉에 관해 좋은 記錄을 樹立하였다.

古里 2 號機는 1987年 12 月 9 日부터 1988年 10 月 30 日 定期補修를 위해 停止하기까지 327日間 國內 最長期 無停止 連續運轉을 記錄하였는 바, 이는 同號機가 1986年에 樹立한 無停止 連續運轉 日數 214日보다 113日을 더 延長運轉한 좋은 實績이다. 또한 古里 3 號機는 1987年 12 月 10 日 제 3 주기 核燃料裝填以後 1988年 10 月 9 日 定期補修를 위해 停止하기 까지 304日間 核燃料 한 주기 無停止 連續運轉 記錄을 國內 原電 運營 10 年만에 이룩하였다.

이는 發電所의 故障停止件數가 運轉經驗의 蓄積과 技術能力의 向上을 바탕으로 한 꾸준한 노

力 덕분에 減少하였기 때문이며, 이러한 無停止 連續運轉 및 故障 停止減少가 利用率 向上에 크게 寄與하고 있다. 1988年度에는 原子爐當 不時 停止 件數가 1.6件으로서 美國의 2.1件보다도 良好한 實績을 나타내었다(그림 3).

3. 世界 原電 利用率과 比較

가. 全体 利用率

國內 原子力發電所의 利用率 實績을 世界 平均 利用率과 比較해 보면 1981年 以前에는 運轉 經驗이 적어 世界 水準에 못미치는 實績을 나타냈으나 1982年부터는 運轉 技術 및 經驗이 蓄積 되어 世界 水準에 이르게 되었다. 그리고 '85年 以後부터는 世界 平均을 約 10% 程度 上廻하고 있으며 이는 國內 原子力 發電의 짧은 景 況을 감안할 때 훌륭한 業績이라 아니할 수 없다 (그림 4). 참고로 利用率이 10% 높음에 따른 效果는 100萬kW級 原子力發電所(建設費 約 1조원) 1基를 더 確保하고 있는 것과 같다.

나. 原子爐型別 利用率

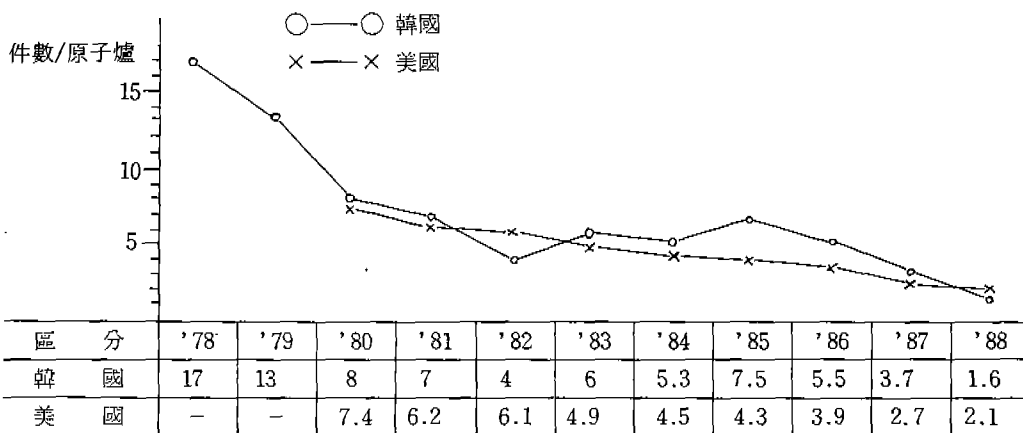
1988年12月末 現在로 全世界에서 運轉되고 있는 原子爐型別 設備容量 比率을 比較해 보면 加壓輕水爐型이 234基로서 全体 爐型中 62.3%를 占有하고 있으며 그 다음이 加壓沸騰爐型으로서 85基에 21.9%이며, 加壓重水爐型은 28基에 4.9%를 차지하고 있다.

原子爐型別 利用率을 比較해 보면 표 2와 같으며, 전반적으로 國內 發電所의 利用率 實績이 良好하다.

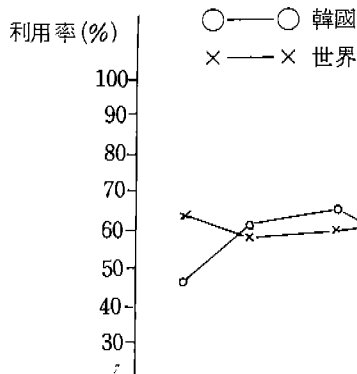
4. 利用率 向上對策

原電 設備利用率을 向上시키기 위한 체계적인 綜合對策은 1985年10月에 '91年을 目標로 처음 樹立되어 現在까지 修正·補完되 면서 適用되고 있으며, 1988年12月에는 2002年을 目標로 한 長期綜合對策을 수립하여 長期經營計劃에 반영시킴으로써 利用率 向上에 最大의 努力을 경주하고 있다.

이 利用率 向上對策上에 設定된 利用率 向上 目標를 보면 加壓輕水爐型 發電所는 '91年에 75%, 2002年에 78%까지 向上을 펴하고 있으며,



〈그림 3〉 不時停止件數 減少推移



| 區 分 | '78 | '79 | '80 | '81 | '82 | '83 | '84 | '85 | '86 | '87 | '88 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 韓國 平均 | 46.3 | 61.3 | 67.4 | 56.3 | 73.5 | 66.6 | 70.1 | 78.7 | 78.1 | 81.5 | 73.0 |
| 世界 平均 | 65.4 | 58.4 | 59.7 | 63.2 | 61.6 | 64.2 | 67.0 | 65.4 | 66.9 | 66.7 | 65.9 |

〈그림 4〉 세계 平均과 利用率 比較

〈표 2〉 原子爐型別 世界 平均과 利用率 比較

| 區 分 | | '81 | '82 | '83 | '84 | '85 | '86 | '87 | '88 |
|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 加壓輕水爐型 | 國 內 | 56.3 | 73.5 | 69.1 | 71.8 | 71.5 | 77.7 | 79.9 | 72.2 |
| | 世 界 | 62.5 | 60.9 | 65.1 | 69.4 | 67.4 | 68.6 | 68.2 | |
| 加壓重水爐型 | 國 內 | - | - | 61.9 | 66.8 | 94.4 | 79.7 | 92.9 | 79.4 |
| | 世 界 | 84.9 | 76.9 | 79.4 | 67.4 | 67.6 | 71.9 | 70.4 | |

加壓重水爐型 發電所의 경우는 '91年以後 83%를 유지해 가는 것으로 日標를 삼고 있다.

이러한 利用率 目標를 達成하기 위하여 改善 事項으로 定期補修期間의 短縮, 故障 停止의 減少 및 核燃料週期的 延長等を 도모하고 있으며, 定期補修期間의 단축을 위하여 補修裝備의 自動化 및 現代化, 故障停止의 減少를 위해 設備故障 豫防 및 運營要員의 資質向上 그리고 長週期核燃料의 早期導入等 多方面에 걸쳐 多角的으로 推進하고 있다(표 3).

韓電은 原子力 發電設備의 安全 運營과 安定的 電力供給을 위하여 수년전부터 故障停止를 줄

이기 위한 努力에 최선을 다하여 오고 있다. 機器缺陷等 機器故障에 의한 發電停止를 減少시키기 위한 方案으로는 設計段階에서 運營段階에 이르기까지의 철저한 品質活動, 設備의 週期的 點檢, 豫防點檢 및 豫防補修의 強化 그리고 人的 失手に 의한 發電停止를 防止하기 위하여 運轉 및 補修要員의 資質向上에 많은 努力을 경주하고 있다.

특히 原電 稼動基數의 增加에 따라 教育訓練 需要가 날로 增加하고 있을 뿐 아니라 教育의 質的 向上을 도모할 需要가 강조됨에 따라 現 古里研修院 施設을 現 施設의 3배 規模로 擴充하

〈표 3〉長期 利用率 向上目標

| 區 分 | '91年 改善目標 | 2002年 改善目標 |
|----------|--|--|
| 利用率 向上目標 | 加圧輕水爐型：75% 加圧重水爐型：83% | 加圧輕水爐型：78% 加圧重水爐型：83% |
| 定期補修期間短縮 | 加圧輕水爐型：55日 (600MW) 加圧輕水爐型：65日 (900MW) 加圧重水爐型：40日 (600MW) | 加圧輕水爐型：50日 (600MW) 加圧輕水爐型：60日 (900MW) 加圧重水爐型：40日 (600MW) |
| 故障停止減少 | 4件 | 0.5件 |
| 燃料週期延長 | 15~18個月 | 15~18個月 |

고 最新 補修訓練裝備를 갖춘 補修訓練 센터를 建設하는 事業이 '90年 6月 준공을 目標로 進行 中에 있어 이들 設備가 完成되면 중래의 講義위 주의 教育에서 탈피하여 實習위 주의 專門教育으로 전환할 豫定이다.

또한 非常時 對應能力과 運轉技術을 向上시키 기 위하여 既存 2대의 모의제어반에 추가로 1 대의 모의제어반을 導入, '90年 2月 蔚珍原子力 發電所에 設置할 計劃이다. 한편 運轉要員에 대한 精神教育의 一環으로 禪教育을 매년 實施하고 있으며, 아울러 運轉要員의 處遇改善等을 통하여 勤務意慾을 고취시켜 나가고 있다.

5. 結 言

에너지 賦存資源이 빈약한 우리나라로서 現在 로서는 에너지 自立을 위해 가장 最善의 에너지 選擇은 原子力發電임은 주지의 事實이다. 그러나 美國의 TMI原電 및 소련의 체르노빌 原電 事故와 最近 國內의 政治的·社會的 與件變化로 인한 地域住民 및 反公害단체의 原子力에 대한 關心增大로 原子力發電의 推進이 평탄치만은 않는 實情에 놓이게 되었다.

이러한 狀況에서 原子力發電所 運營者는 發電 設備의 安全運轉으로 값싸고 질좋은 安定的 電

力供給에 노력하여야 하겠고, 특히 現在 原子力 發電所의 運營狀況이 온 國民의 關心焦點이 되어 있는 바, 設備의 信賴性 있는 運營이 더욱 要 望되고 있다.

지난 10餘年間 人命과 주변환경에 피해를 줄만 한 原子力事故가 한번도 없었던 事實로 비추어 보아 國內 原子力發電所는 安全하게 運轉되고 있음을 알 수 있고, 이는 7회에 걸친 國際原子 力機構 (IAEA) 및 美國 原子力 發電協會 (INPO) 의 安全點檢에서도 立證된 바 있다.

또한, '86年以後 5차례에 걸친 電氣料金引下 는 發電原價가 低廉한 原子力發電 比重의 增加 로 인한 것으로, 原子力發電은 國內産業의 活性化 뿐만 아니라 輸出業체에 輸出價格 競爭力을 함양해 주고 있다.

國家 産業發展 및 國民 生活水準向上으로 電力需要는 급증하게 될 것으로 展望되며 '90年代 中반에는 電氣不足이 豫見되고 있다. 이러한 電力需要를 만족시키기 위한 電力源이 適期에 確保되어야 하며 發電所 建設이 원활하게 推進되 기 위해서는 既存 發電所의 信賴性있는 運轉으로 原子力發電에 대한 國民의 合意가 先行되어야 하기 때문에 原子力發電所 運營者인 韓電은 原子力發電所의 安全하고도 效率的인 運營에 배 전의 노력을 경주해 나갈 計劃이다.