

指向核能復興之羅盤

—學習芬蘭的努力、連續十七年容量因素 90%以上—

作者：原子力安全基盤機構(JNES)安全情報部長 水町涉

譯者：行政院原子能委員會(AEC)技正 石門環

*日文原文刊載於 2004 年 4 月 ENERGY 雜誌

興建世界第一座 160 萬瓩 EPR

前一期敘述美國核電廠故障事件減少、容量因素大幅提升之實況及其理由。以美國為首，世界各國對 1980 年代的日本，不只是經濟，對核電亦非常關注。九十年代初期，以美國 NRC 為首，開始學習日本提升容量因素、降低曝露劑量等而獲得改善。

這次針對歐洲，特別是對筆者相當喜歡的芬蘭曾進行過調查，故在此介紹這一個核能優等生及其努力的實況。在相當反對核能的歐洲，芬蘭的電力公司 TVO 在去年(以下均指 2003 年)12 月，與法馬通·西門子締結芬蘭第 5 部核能機組 Olkiluoto 3 號機的契約，這是世界第一部歐洲壓水式(EPR)、容量 160 萬瓩的超大型爐。今年(以下均指 2004 年)1 月 8 日取得建廠許可，1 月 29 日現場工程發包，開始建設連接廠區的道路、廠區開挖及整地，並預定 2009 年開始運轉。根據最近的民意調查，核電廠也象徵著擺脫俄羅斯的束縛，有 70% 的國民支持興建。這是世上首次採用 EPR 型的核電廠，現在管制當局 STUK (核能輻射安全署) 正積極進行詳細的設計審查中。

12 個月的運轉達到 90% 以上容量因素

圖 1 為 1970 年至 2003 年日本與芬蘭核電廠的容量因素，很多人再度

對差距如此之大而驚訝不已。芬蘭有兩個廠址，上述興建新機組的 Olkiluoto 核電廠有 2 部機組運轉中，1、2 號機分別於 1979 年、1982 年開始運轉，2 部機組均是容量 84 萬瓩的 BWR，實際上 2003 年的容量因素為 96.3%。另一個廠 Loviisa 是俄羅斯製的壓水式輕水爐(VVER)，也有 2 部機組，1、2 號機分別於 1977 年、1981 年開始運轉，2 部機組容量均為 48.8 萬瓩，2003 年的容量因素為 90.2%。芬蘭全國只有 4 部核能機組，但從 1987 年以來 17 年間，容量因素都超過 90%，這是辛勤努力的結果。

我國在 2002、2003 年因東京電力公司記錄不實問題等導致容量因素低迷，但即使排除此因素，這 17 年間積分值之差異仍然相當大。我國 2003 年的容量因素如圖 2 所示（譯者註：圖中由左自右排名為 1.荷蘭，2.芬蘭，3.韓國，4.瑞士，5.西班牙，6.比利時，7.墨西哥，8.美國，9.中國，10.台灣，11.德國，12.斯洛伐尼亞，13.捷克，14.羅馬尼亞，15.瑞典，16.南非，17.烏克蘭，18.斯洛伐克，19.印度，20.法國，21.俄羅斯，22.巴西，23.英國，24.加拿大，25.保加利亞，26.匈牙利，27.立陶宛，28.日本，29.巴基斯坦）。居世界第 28 名，墜落於地的樣子相當明確。很多人認為容量因素較差是因為外國容許長期運轉的關係，但這主要還是美國和韓國，歐洲的主流仍是運轉 12 個月。芬蘭也是在電力需求較小的夏天進行燃料更換，冬天的電力需求因使用暖氣而達到尖峰時則持續運轉，堅持運轉 12 個月仍能維持這麼高的容量因素。

將資金投入狀態監視保全

TVO 認為維持高設備利用率的秘訣主要有兩點：(1)重點式的狀態監視保全，(2)備品充實。首先就重點式的狀態監視保全而言，將設備區分為以

下 4 類優先順序：

1. 對機組的安全性與容量因素影響較大者。
2. 對機組的安全性與容量因素影響較少許者。
3. 對機組的安全性與容量因素無影響，但此設備之保全具有經濟效益者。
4. 對機組的安全性與容量因素無影響，且此設備之保全亦不具有經濟效益者。

這種保全計劃上的優先順序以單一故障的基準與 PSA（概率論安全評估）分析結果，分類為優先順序 1 者為全部設備之 5%，優先順序 2、3、4 者分別為 10%、18%、67%。根據此分析結果，對優先順序 1、2、3 的設備（全體之 33%）進行經常狀態監視保全。具體而言，在泵等動態機器設置振動計，經常進行振動監視，發生異常時，則進行保全。

另外對熱交換器等靜態機器，則監視溫度、流量等流程(Process)值，發生異常時，則進行保全。令人驚訝的是汽機內裝有日本製的“胃鏡”，屬於優先順序 4 的 67%，也就是全廠三分之二的設備僅作一般監視。

總而言之，把力量投入狀態監視保全，設置振動計、溫度計、流量計等進行經常監視，將資金投入於此，致力於提升容量因素。此外，芬蘭為了能夠維持 90% 以上的設備利用率，備品之準備亦極為充份，備用的設備多到令人吃驚，具體而言，有發電機、控制棒、閥類、泵、馬達、緊急柴油發電機等，庫存品金額高達 5 千萬歐元（約 70 億日圓）。

喚回日本核能的自信

以上介紹芬蘭 17 年間維持高容量因素的努力，芬蘭人利用日本良好性能的計測器等，並採用日本最擅長的「細緻的計畫」持續努力。我國也應

該進入一個新的時代，以科學、合理的判斷來提升核電廠的可靠度。2003 年的容量因素排名下降至世界第 28 名而變成劣等生，我們就以 2003 年作為底部，所有核能相關人員必須回復自信，並促使能受國民信賴的科學系統復興。

就在撰寫芬蘭現況的時候，正好傳來許久未有的好消息，聽說前述芬蘭 5 號機心臟部的反應爐容器由三菱重工得標，顯示日本的技術獲得世界肯定，這確實是「以 2004 年為核能復興元年—日本核能喚回自信」。

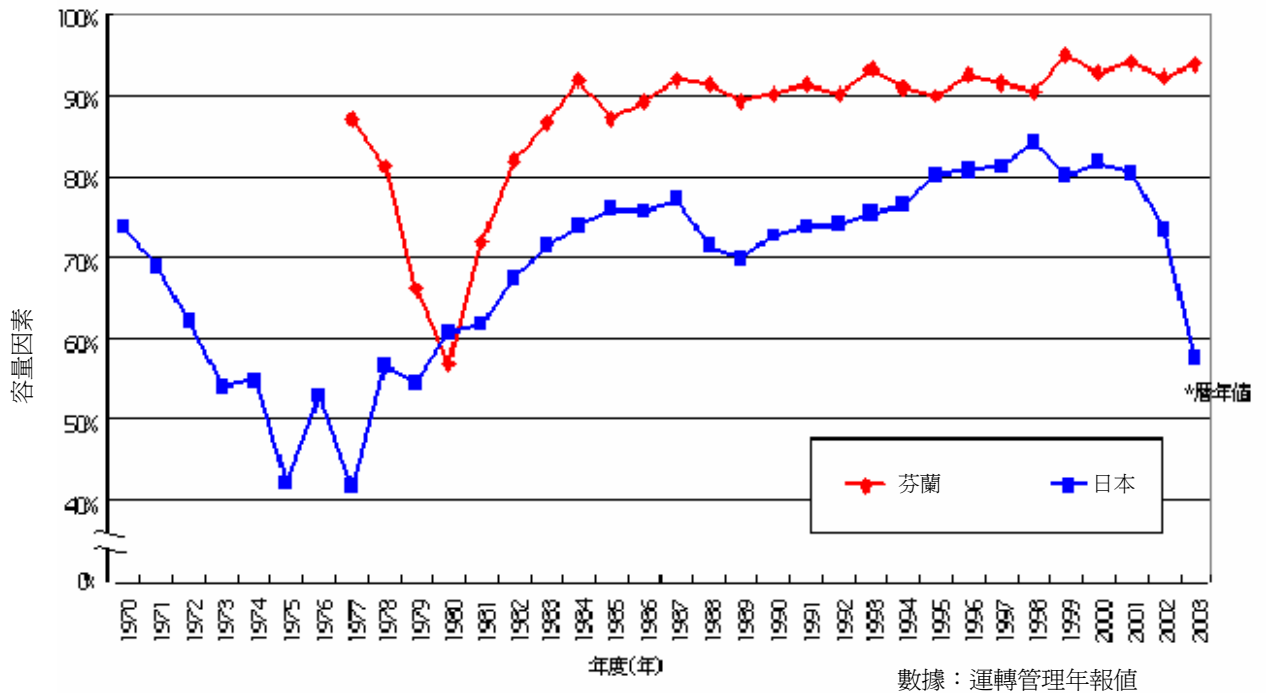


圖 1 日本與芬蘭核電廠歷年容量因素

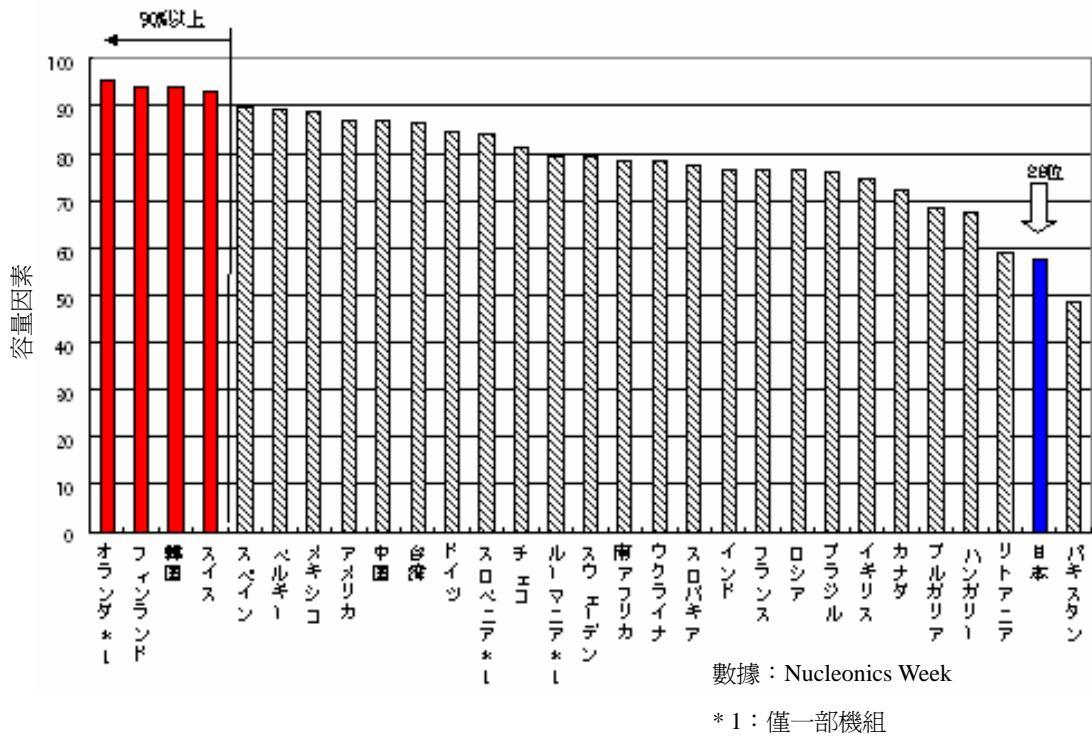


圖 2 各國核電廠容量因素(2003年)

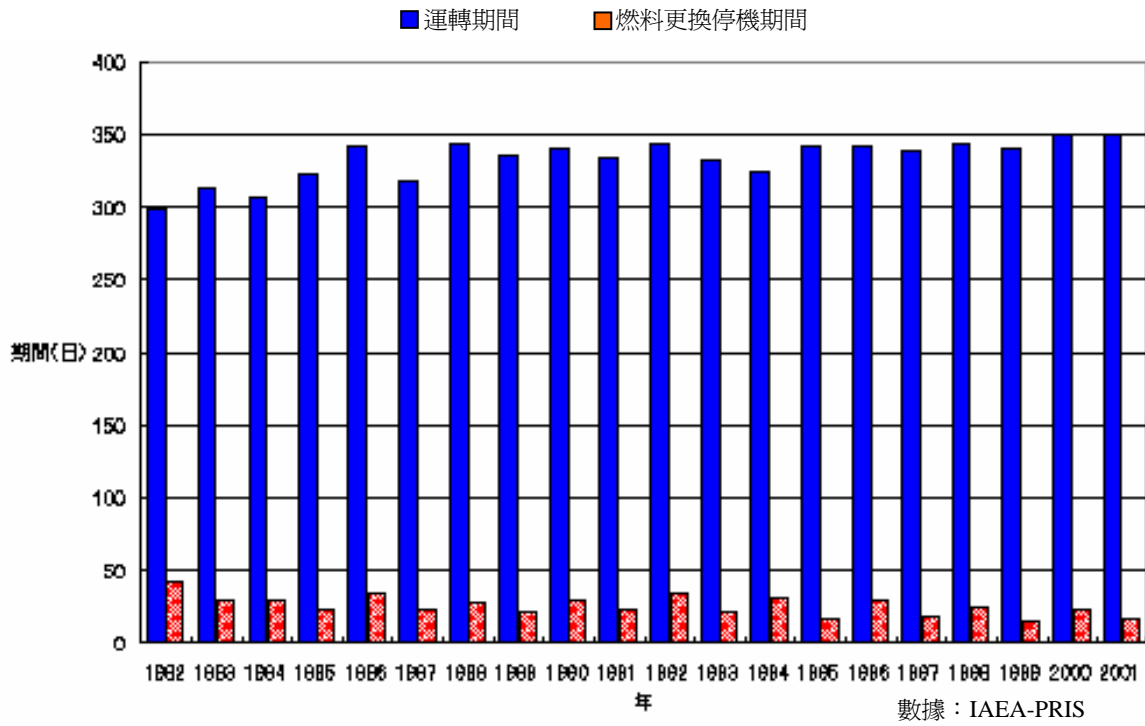


圖 3 芬蘭核電廠歷年運轉期間與燃料更換停機期間