

指向核能復興之羅盤

美國的改革宣言！

TMI 事故等發生後進行根本改革

— 參加安全管制 50 週年、TMI 25 週年會議 —

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 5 月 ENERGY 雜誌

成功衍生自大、自大導致事件

美國核能管制委員會(NRC)每年春天最大的活動就是舉行管制資訊交流會議(RIC)，今年(以下均指 2004 年)為第 16 屆，與往年一樣，在華盛頓白宮旁的希爾頓飯店召開，每次會議都以美國的電力公司、廠家為主，再加上眾多海外專家，今年參加的人數也有 1000 人以上。

這個會議可說是 NRC 主席與委員們表明信念的場合，同時也是提升 NRC 管制透明度、履行說明責任的會議。

去年(以下均指 2003 年) RIC 舉行前不久，伊拉克戰爭開打，因政府禁止前往戰爭當事國出差，所以這次算是隔兩年後才去，但仍像以前一樣是充滿熱情、盛況不減的會議。因為剛好是美國原子能委員會(AEC)開始安全管制以來 50 週年、TMI 事故 25 週年的關係，當時的 NRC 主事者 Denton、賓州州長 Thornburgh、TMI 所有者的美國最大電力公司 Exelon 的 Kingsley 總經理、以及 NRC 主席 Diaz 的論述等，使會場顯得相當熱鬧。

此次印象最深刻者莫過於 NRC Diaz 主席高格調的特別演講：「成功衍生自大、自大導致事件」。筆者在 3 月份的文章中介紹美國核電廠設備利用率從 1997 年的 70% 進步到 2002 年的 90%，短短 5 年之間提升了 20%，這

是 1980 年代時，美國學習日本的長處所獲得的成果。經過產官學界通力合作，引入以電廠性能指標 PI (Performance Indicator) 為中心之新監管過程 ROP，因而大獲成功，但有感於成功衍生自大，故此次再度以改革為訴求。

NRC 避免管制太少或太多的現實保守主義

Diaz 主席在 8 年前由佛羅里達大學核子工程教授就任 NRC 委員，素以善於營造輕鬆氣氛而聞名。其演講一直有相當高的格調，另一方面又極富幽默感，總會引起滿場笑聲不斷。此次會議前一天，在 NRC 本部偶然與作者搭乘同一部電梯時，也以滿面笑容表示歡迎，並幽默地說：「好久不見，託您們的福，電梯才能中途不停，直達一樓」。

Diaz 主席的演講題目為：「反省之時，行動之時」(A Time for Reflection, A Time for Action)，由其演講可窺知美國今後的管制作法，其重點精華條列如下：

1. 為了不掉入管制太少或太多的陷阱，以現實保守主義為信條。(Realistic Conservatism)
2. 與其「不行動」，寧可選擇「行動後遭受非難」。
3. 今年為 TMI 25 週年(主題為 25th Anniversary)，回顧 TMI 及 Davis-Besse, 引喻電力公司與 NRC 若過於自大，將會導致重大事件。
4. 核電廠的安全運轉必須以專門知識(Know-how)、利用向來良好的“核能方法”(The Nuclear Way)進行，並加以維持、強化。
5. 「安全性與可靠度可以完全並立」，高設備利用率與高效率對安全有助益，若無安全則絕對無法達到高設備利用率。

Davis-Besse 核電廠的問題(反應爐頂蓋大破洞問題)必須深切反省，現在

與其爭論不休，倒不如開始行動。

6. 今年針對反應爐工學與設計問題的監管(ROP 之許可、認可與規則化)，將強化以下重點項目：

- PWR 圍阻體內集水槽(Sump)有關 ECCS 問題之管制行動。
- 訂定規則解決長年之防火問題。
- PRA 有關品質計畫之作成與履行(PRA 手法與方案雖已完成，但仍有數據可靠性等品質問題)。
- LOCA (Loss of Coolant Accident)的再定義[對現在的設計基準事故 LOCA，亦即瞬間兩端斷頭式破斷(Double-ended Guillotine)，應作更合理、更具科學性的更改]等。
- 以上係利用風險訊息的性能基礎(Performance Base)式管制，相信對保護公眾健康與安全的現實保守主義而言相當重要。

今年防恐對策之重點項目

此次管制資訊交流會議熱烈進行時，西班牙發生火車爆炸恐怖事件，在會議中亦成為重大話題，Diaz 主席對防恐問題之發言如下：

7. 防恐問題雖然常被提出，但核電廠的設計可以應付龍捲風、火災、地震、洪水等外部事象，而且具有多重性的緊急爐心冷卻系統、以及具有多重多樣性的反應爐停機系統等，對恐怖份子具有強力的抑制力，何況又有緊急對策。為增進國家安全(Security)，以國土保安會議為首的聯邦機關、州政府組成強而有力的保護網，對防恐對策頗有自信。

今年對防恐與緊急防災訓練有關的具體行動如下：

- 今年在 Indian Point 核電廠舉行緊急防災訓練時，保安項目之統合與改

善。

- NRC、NSIR (Office of Nuclear Security and Incident Response)、以及研究部門人員更密切協調。
- 緊急防災訓練有關管制架構再檢討。
- 與 FEMA(聯邦危機管理局)更進一步密切協調。
- 對公眾通知手段之再評估。

人類製造的東西沒有不會壞的

此次會議時，Diaz 主席以「反省之時，行動之時」為主題，提出具體方案。

8. 成功衍生自大，自大就會招損，或是不知缺陷而自我滿足。無論何時何地，當成功來臨之際，也必須同時採取行動，防止自大威脅成功，也就是日本諺語所說的「即使勝利也要繫緊頭盔的帶子」。一小時的演講以後，問答相當熱烈，差不多提出了 20 個問題，其精要列舉如下。

問：總統候選人凱瑞明確否定尤加山(Yucca Mountain)計畫，如果他當選總統會變得怎樣？

答：你知道誰會當選嗎？(引起一陣笑聲後)，眾所周知共和黨政權對核能比較有好感，在布希政權下比較容易進行，但是尤加山計畫是已經決定的國策，即使凱瑞當選總統，也不得不執行。

問：德國環境部長認為老的核電廠未考慮飛機墜落，所以應該廢除，美國的防恐對策是否周全？

答：人類製造的東西沒有不會壞的，但是根據剛才所說的理由，我對核電廠的健壯性(Robustness)，以及與政府共同合作的防恐對策深具信

心，但是今後仍希望防恐設計基準(DBT)充份討論，務使臻於萬全。

大停電的經驗(Commissioner—Jeffrey S Merrifield)

NRC 有 4 位委員與 1 位主席，共和黨與民主黨各推薦 2 人，由國會認可，目前共和黨與民主黨各欠缺 1 人。今年是總統大選年，兩黨均未再推薦委員，而持續以 3 人的體制運作，其中 1 位委員 Merrifield 在大停電時，因主席不在而成為 NRC 負責人，擔負起陣前指揮工作，他栩栩如生地述說當時經驗如下：

2003 年 8 月 14 日遭遇到美國與加拿大史上最大停電事件，我那時想到 Kiekegaard 說過的話：「人生只有回顧過往才能理解，但也必須勇往直前活下去」。如果問道理何在，那次停電很明顯地具體呈現出未來的能源狀況，因此我深信對 NRC 的活動具有全面性的影響。

正午過後，送電系統開始出現障礙，4 時 5 分至 13 分之短短 8 分鐘內，8 個州和加拿大翁大略省 5000 萬居民受到停電的影響。

因為喪失外電，紐約的 FitzPatrick、Ginna、Indian Point 2、3 號機、Nine Mile Point 1、2 號機、紐澤西的 Oyster Creek、俄亥俄的 Perry、密西根的 Fermi，共 9 部機組停機，所有緊急柴油發電機均如預期正常起動而得以穩定下來。傍晚時刻，快速組成管理小組，6 時 30 分召開國土保安會議，並向布希總統報告。機組在穩定狀態下，8 時 30 分時僅留下少數監視人員，而讓其他的人返家，當時判斷此種處置應屬適當。

出乎意外的是機組復原相當費時，自 8 月 17 日至 22 日才陸續回歸正常。此後組成對策委員會，分成第 I 階段與第 II 階段，第 I 階段針對停電原因、第 II 階段針對降低停電可能性、降低停電影響等彙整提議。

此後，停電演變成國際性規模，8月28日倫敦大停電，此後哥本哈根和瑞典部份地區有400萬戶停電，9月28日義大利全國大停電。

停電的意外收穫是聯邦能源管制委員會認清核能的角色，並對NRC的增加輸出功率等有相當高的評價。NRC最近數年間認可101件的輸出功率增加案，供給420萬瓩的電力，相當於興建4部核電機組。另外有3件早期廠址許可(Early Site Permit, ESP)正在審查中，亦即Exelon公司的Clinton廠、Dominion公司的North Anna廠、以及Entergy公司的Grand Gulf廠，NRC也支持新建核電廠的計畫。

NRC雖然面對許多難題，但核電供應美國20%的電力，因此必須繼續努力提升核電廠的安全性及送電系統的可靠性，以預防今後的停電。

核能安全是羅生門的世界(Commissioner—Edward McGaffigan)

其次是Edward McGaffigan委員的發言：

「25年前，也就是發生TMI事故時，我在莫斯科的大使館負責核電部門，當時因為沒有CNN，在蒐集資訊方面非常辛苦。此後，核能的安全性一直有各式各樣的議論，但我深感要讓公眾理解安全性極為困難」。

此時令人驚訝的是以下的發言：

「核能安全是羅生門的世界，所謂羅生門是一部日本有名的電影，各種不同的人，對同一件發生的事情，以完全不同的形式去看，同時也看到完全不同的事。和美俄關係一樣，核能安全也住在羅生門裡面，我的使命就是不帶感情來處理複雜的事情，也就是把感情抽離」。

在前一天的演講中，Lacoste曾說過：「法國的民眾把輻射分成三類，第一類是天然的輻射，是不存在的；第二類是核能發電所產生的人工輻射，

是惡者；第三類是醫療上的輻射，是益者；這全部不對」。不只是法國，同樣的看法仍在全世界蔓延。最近醫生濫用電腦斷層掃描，所接受的輻射曝露劑量更是超出很多。Edward McGaffigan 最後又說：「TMI 和 Davis-Besse 核電廠事件都是因為自大才發生的，自大是由自我滿足衍生出來的，自我滿足很明顯地是惡，為了今後核電廠能長久持續安全運轉，必須將自我滿足從全體核能界根絕」。

管制趨勢(NRR Dyer 處長演講)

反應爐管制處(NRR) Dyer 處長以 NRC 的 ROP 為主題發表管制成果。從 1998 年起，重大事件件數、安全系統動作次數，運轉中急停次數獲得戲劇性改善，設備利用率由 70% 飛躍進步到 90% 等。特別是提升設備利用率使美國的核能發電增加 20%，相當於新建 20 部核電機組，這是民間與 NRC 共同合作所達到的成果。

「以圖表具體顯示美國的核電趨勢，圖 1 為最近 15 年間的重大事件件數。1998 年度平均每部機組 0.9 件，2003 年度急劇降至四十五分之一，平均 0.02 件。圖 2 為安全系統損傷頻率，也可看出減少的趨勢。圖 3 為安全系統的動作次數，1989 年度為 1.39 次，2002 年度為 0.18 次，也是急劇減少。圖 4 為每部機組總劑量，1989 年度為 374 人-侖目，2002 年度為 111 人-侖目，獲得大幅改善。圖 5 為運轉中急停次數，1988 年度為 2.87 次，2002 年度降至 0.64 次。這些綜合結果如圖 6 所示，核電總發電量由 1987 年度的 4550 億度 (kWh) 增加到 2002 年度的 7800 億度。在此期間完全沒有興建核電廠，而是提升設備利用率、增加輸出功率等所達成的結果，這是民間與 NRC 共同努力的結晶，希望今後也能維持這種合作關係，並繼續保有好

成績」。

另外也強調 NRC 致力於獲取民眾安心、減少不必要的管制。

ROP 之改革(營運處長 Travers)

反應爐監管過程(ROP)今後也將繼續改革，例如核電廠的性能指標 PI 在最近 4 年間約有 3 萬個，這是以簡單計算所得的數字： $4 \text{ 年} \times 4 \text{ 次/年} \times 103 \text{ 機組} \times 18 \text{ PIs} = 30,000$ 。其中綠燈以外的燈號約 81 個，不過 0.3% 而已。Davis-Besse 核電廠紅色等、綠色以外的顏色相當顯眼，這已經不能說是性能指標，而是有必要採取改善措施。

另外，橫向共通要素(Cross Cutting Issue)如人為因素等也應指標化，並提升透明性，這一點希望務必能實現。

TMI (Diaz、Denton、Thornburgh、Kingsley)

TMI 事件當時相當活躍的 NRC 負責人 Harold Denton 的話令人印象深刻：「雖然我認為 TMI 的惡夢不會再發生，但是一看到 Davis-Besse 就膽顫心驚，電力公司與 NRC 若自大，這樣的教訓就會再發生」。

當時的賓州州長 Thornburgh 就任時，失業率是全美國最差十名之一，退職時變成最佳前十名，素以行政手腕聞名，隨後被擢升為司法部長。他回憶說：「那時 TMI 所在的 Harrisburg 正上演一部“中國併發症”(China Syndrome)的電影，因此被混為一談，而使事態擴大」。他以冷靜的語調防止住民恐慌，被評價為 TMI 事件時少數真正的英雄之一。

在美國擁有 17 部核能機組的 Exelon 電力公司 Oliver Kingsley 總經理對核電則有正面的發言：「TMI 以後雖然有很多管制強化的措施，但是最近 NRC 的單一執照(One-Through-Licensing)等，使核電在經濟面上變成一種有

吸引力的選擇」。

另外幾乎大家都一致同意的是，自大的恐怖、緊急時連絡的困難度、選擇有益資訊的重要性等。

日本所有核能界人士也應改革

以上介紹出席 NRC 管制資訊交流會議時 Diaz 主席等人的主要演講內容。Dyer 處長很驕傲地報告美國核能電廠容量因素戲劇性的改善，但在成功的背後，存在著 Davis-Besse 核電廠未曾有過的問題。主席和兩位委員都表明堅強的決心：「不只是民間，NRC 也要對自大的部份深切反省，與自大作戰對 NRC 而言是最困難的課題，錯誤絕對不能重演」。

另外，也強調「為了核電廠能持續安全運轉，必須進行不斷的改革」，令人印象深刻。

美國的好成績源自學習 1980 年代的日本，在 3 月份那一期中已詳細敘述引入美國式的手法，建立 ROP 等制度，故不再重複。日本核能界也應進入一個新時代，所有相關人員不要互扯後腿，努力開拓出一條科學的、合理的道路。

確實是「以 2004 年為核能復興元年-日本核能喚回自信」

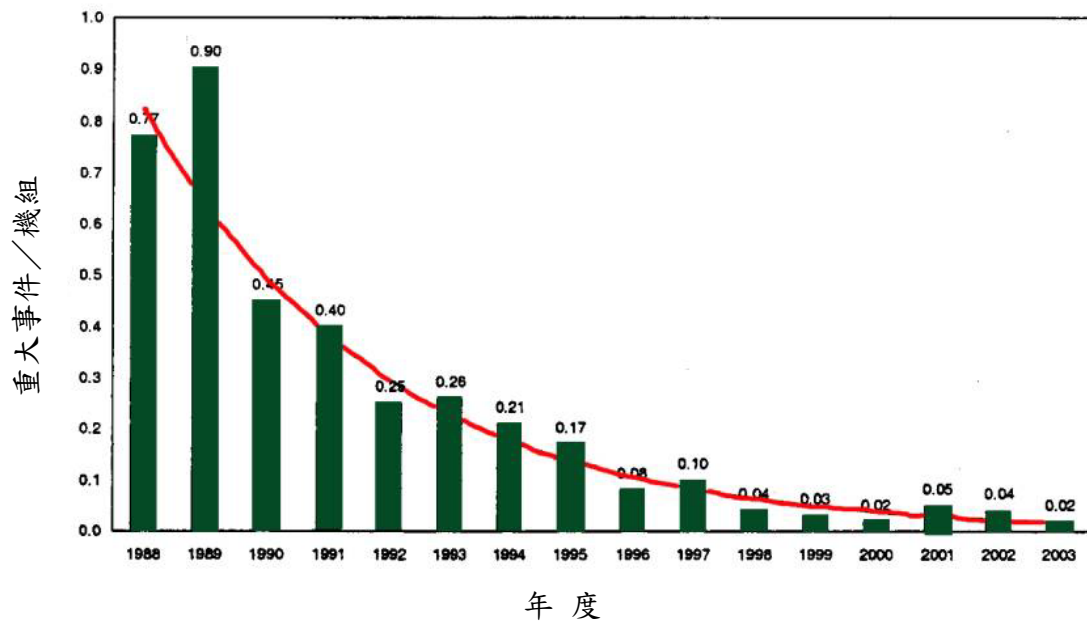


圖 1 重大事件

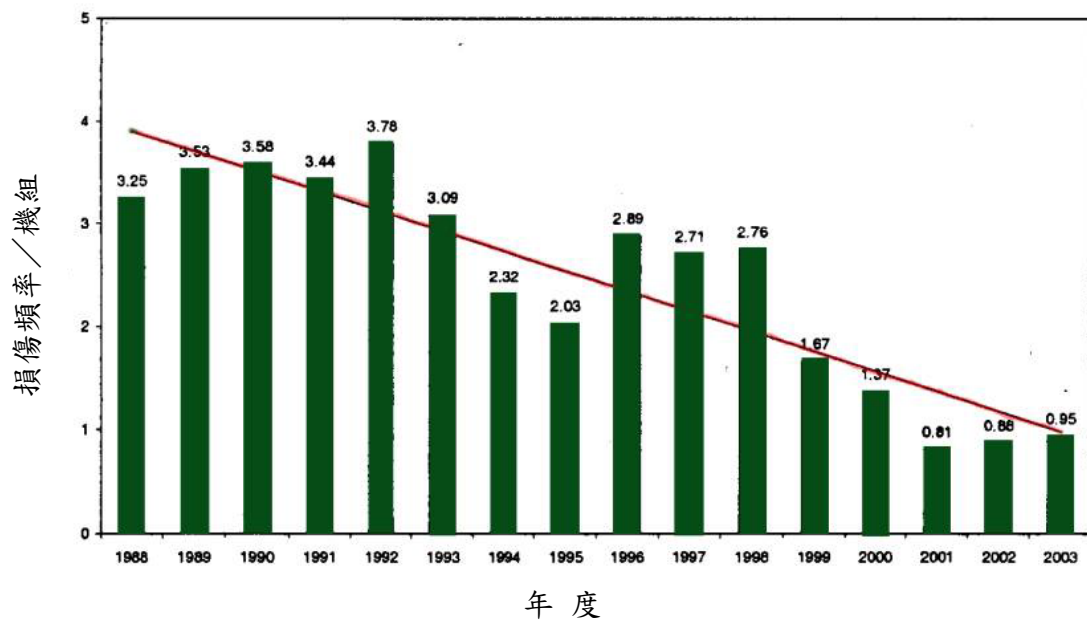


圖 2 安全系統損傷頻率

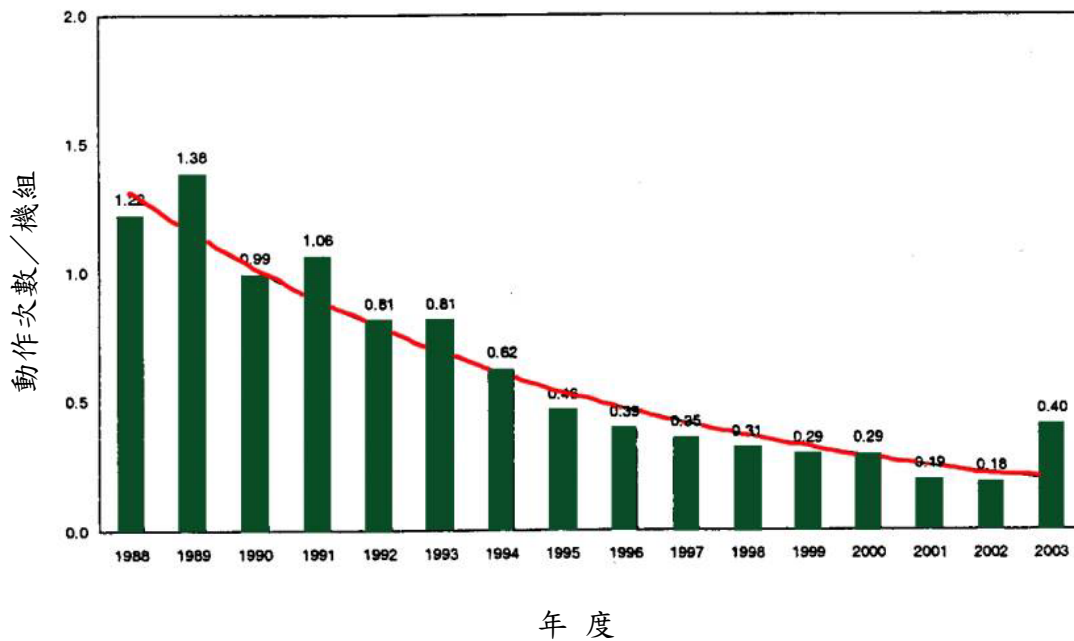


圖 3 安全系統統動作次數

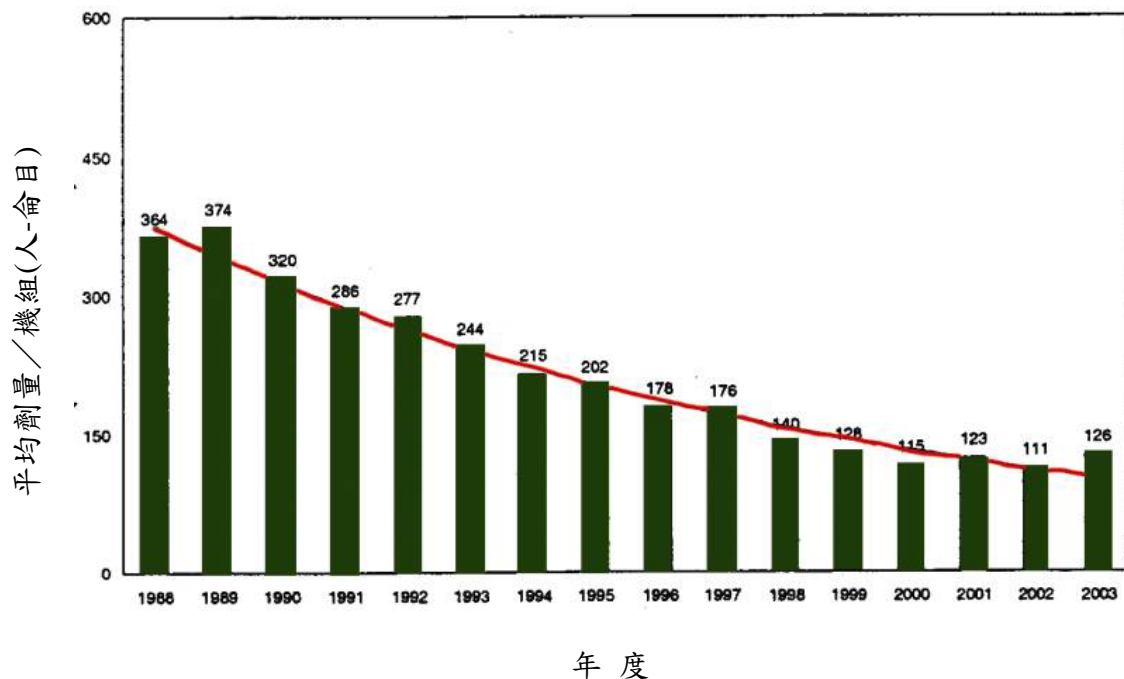


圖 4 總劑量

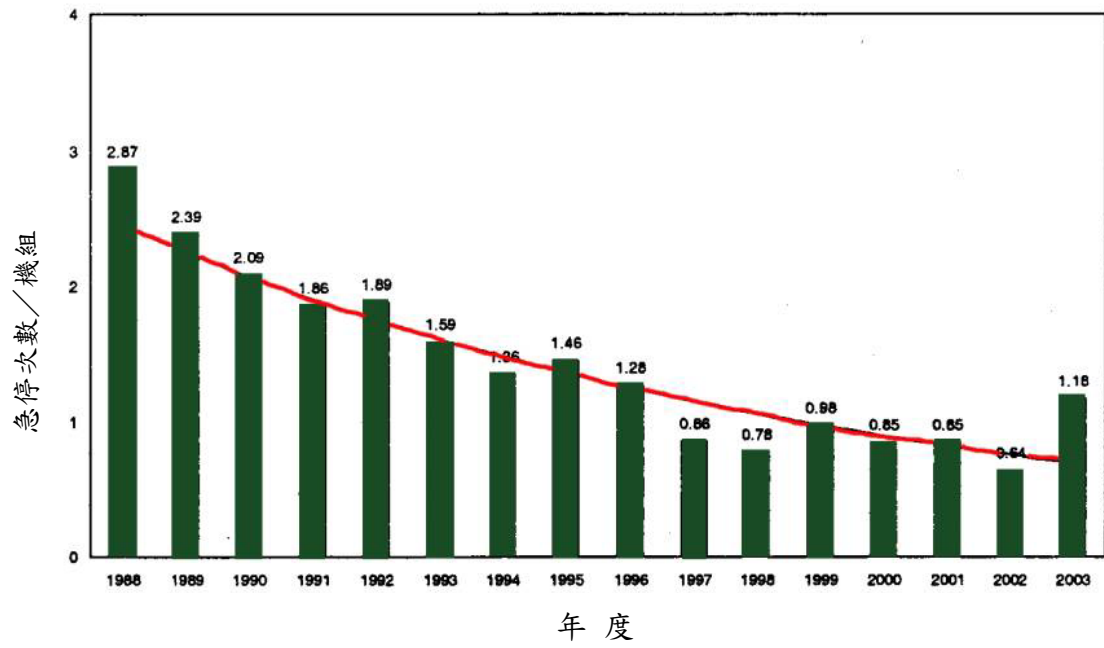


圖 5 急停次數

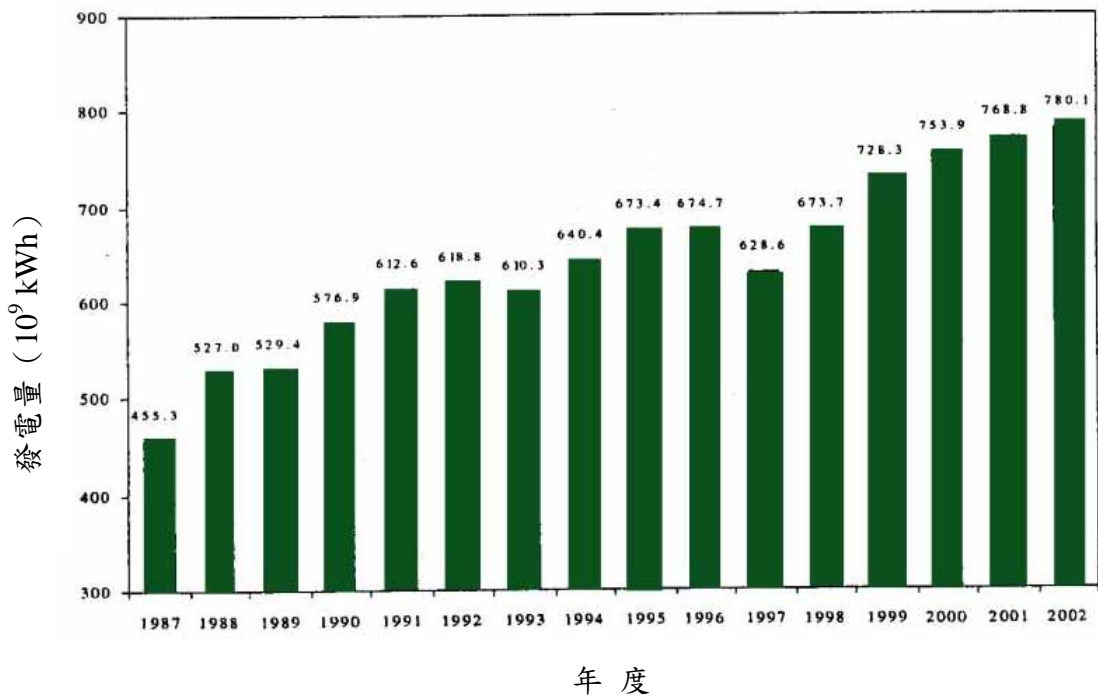


圖 6 核能總發電量