

# 指向核能復興之羅盤

學習德國驚人的努力

海外事業者設置「輻射防護部長」

作者：IAEA, NEA ISOE 委員會副主席[下一任(第七任)主席] 水町涉

譯者：行政院原子能委員會技正 石門環

\* 日文原文刊載於 2006 年 6 月 ENERGY 雜誌

## 轉向風力發電將修正

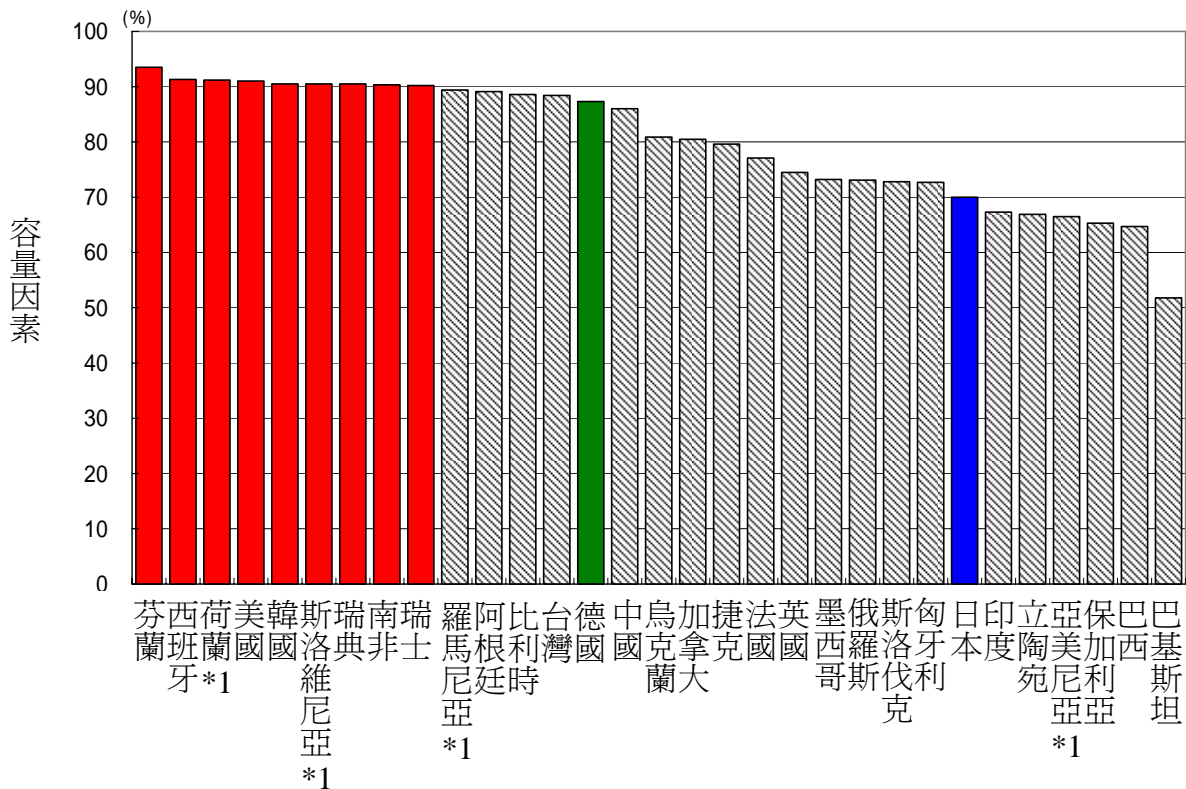
出席在華盛頓舉行的美國核能管制委員會（NRC）最大盛事的核能管制資訊會議（RIC，如 5 月份連載）之後，赴德國參加以降低輻射曝露為目的歐洲 ISOE 研討會。從華盛頓橫越大西洋，經由法蘭克福，訪問位於科隆（Cologne）的反應爐安全協會（GRS）。科隆是萊因河畔頗具歷史的城鎮，仍留有羅馬時代的石板路，兼具近代與古代的風貌。GRS 的辦公室位於大教堂旁的繁華鬧區，在 GRS 就德國的核能實況與檢查等進行討論。德國人在脫離核能的政策之下，對核能復活的話題熱烈談論，令人印象深刻，在此也初次聽到德國具有每年每部機組核能發電量為世界第一的實績。

筆者曾坐車環遊德國的主要城市，一般而言，地方都市的中心地區一定有該城市最高的教會，教會前面有廣場，市政廳與官舍面臨廣場。但是，最近因為脫離核能的政策，使風力發電一下子大量增加，風車比教堂更加顯眼。

依據 GRS 的說法，這種風車破壞各個都市的景觀，影響到教會的權威，似乎風評不佳。德國人一向理智，腦海中曾認為風力發電很好，此次前來德國，聽說認為應該修正此想法的聲音相當大，但是，尚無法立刻與核能復活相串連，令不少德國人著急萬分。

## 每部機組發電量世界第一

德國曾以脫離核能聞名，但實際上仍有 18 部核能機組運轉中，設備容量達到 2173 萬瓩，僅次於美國、法國、日本、俄羅斯，居世界第 5 位。2004 年容量因素達到相當高的 89.8%，圖 1 為 2004 年世界主要國家的容量因素，德國為 90% 弱，居世界第 14 位，日本 70%，為第 24 名。另以核能機組別來看，世界核能發電量前 10 名中，德國核能電廠占有其中的 5 部機組，相當令人驚訝。



\*1 只有 1 部機

數字計算：IAEA-PRIS (Power Reactor Information System) Database

圖 1 世界各國核電廠容量因素 (2004 年)

年度核能發電量世界最高的機組為德國 Isar 2 號機，而且是連續 6 年的紀錄，這是 147.5 萬瓩的 PWR，發電量為 122.4 億度。第 2 名是法國 Civaux

2 號機(156.1 萬瓩的 PWR)的 122 億度，第 3 名同為法國 Civaux 1 號機(156.1 萬瓩的 PWR)的 118 億度，第 4 名為德國 Emsland (140 萬瓩的 PWR)的 117.6 億度。東京電力公司的柏崎 7 號機 (135.6 萬瓩的 ABWR) 為 111.9 億度，為世界第 10 名。

圖 2 為世界主要國家每部核能機組輻射劑量的演變，1980 年代美國、日本、德國的成績都不好，此後德國努力改善，2002 年的劑量只有日本的一半，獲得相當良好的成果。

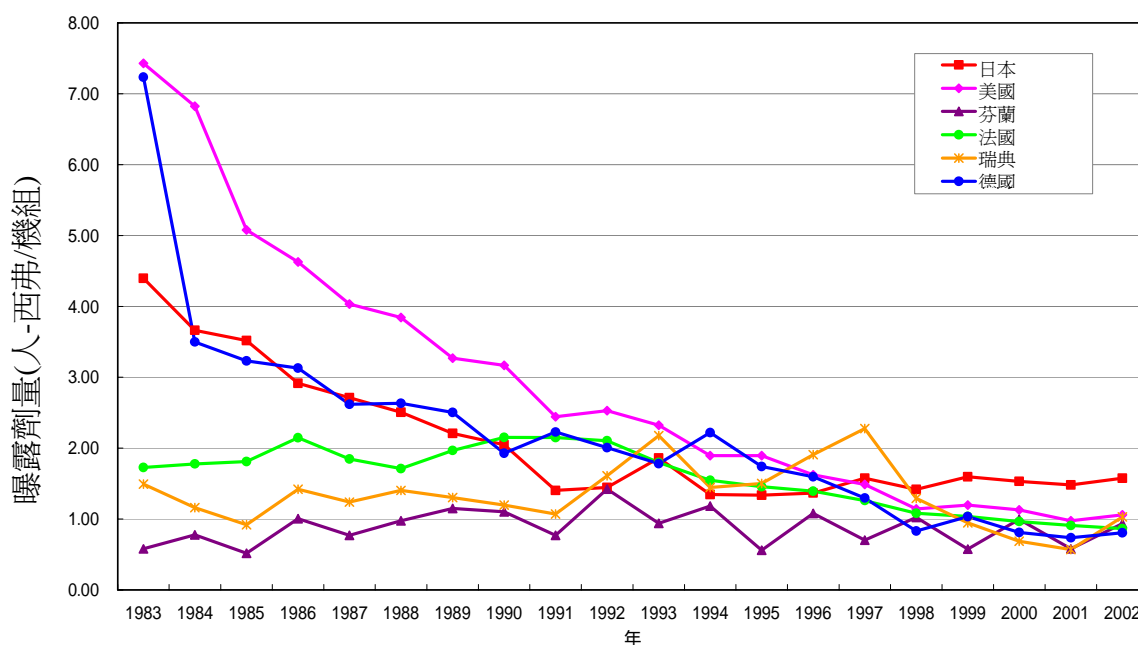


圖 2 主要國家每部機組輻射劑量之演變

德國的核能發電就像這樣，與一般的印象不同，實際上德國核能界相當努力。在先前的選舉中，奉行脫離核能政策的社會民主黨、綠黨敗給基督教民主同盟 (CDU)，開啟另一個新紀元。基民同盟揭示明確的推進核能政策，「有必要以核能發電來因應石油價格的暴漲與供給的不穩定」，因而獲得勝利。但是，未能達到過半數，故與社會民主黨組成連盟，而無法採

行推進核能的政策，基民同盟只能宣稱「除了徹底修正脫離核能的政策以外，現在運轉中的核電廠將延長運轉期間，並興建新核電廠」，雖然相當遺憾，但最近德國的民意調查顯示，核能復活獲得超過 50%的支持率，前景可謂相當光明。

## 世界主要國家都有輻射防護視察官

從科隆搭火車 40 分鐘到埃森 (Essen)，出席國際 ISOE 會議，1 月時從芬蘭、法國到美國，往西繞世界一圈，此次則往東環繞世界。

以前的 ISOE 會議均在北美技術中心與歐洲技術中心定期舉行，亞洲技術中心也在去年首次在濱岡舉行，也就是說，以前都是在各地區分別舉行。因此，筆者提議應該每年由 IAEA NEA 主辦一次國際會議，所以這一次就成為首次的 ISOE 國際會議，很榮幸能有 24 個國家 200 人參加，總算令人安心，照片為此次會議的委員。



會議的前 1 天，首度舉行輻射防護管制者與事業者的會議，共有 16 個國家參加，筆者於會議中發覺除了日本以外，其他 15 個國家都設有輻射防護的專門視察官員。除了美國、德國、法國、瑞典、芬蘭、西班牙以外，韓國、亞美尼亞（Armenia）也有專門的輻射防護視察官員。事業者方面也設有 ALARA（合理抑低輻射劑量）的專門部長，也就是輻射防護部長。另外，管制單位視察時，對事業者的 ALARA 方案實施狀況進行查核，而事業者的輻射防護部長的任務則是經常性指示發電部長、維護管理部長降低輻射劑量。

## 核能管制的目的在確保安全與降低曝露劑量

世界主要國家為什麼可以像這樣來降低輻射劑量呢？核能發電不會排放二氧化碳，氮化物（NO<sub>x</sub>）、硫化物（SO<sub>x</sub>），是對環境友善的能源，唯一的問題就是輻射，民眾所關心的也就是此一問題。反過來說，只要能夠控制輻射，就沒有任何問題，而輻射的控制絕不是困難的技術，只要參考世界上的良好事例即可，而 ISOE 就擁有世界上良好實務經驗（Good Practice）的資料庫。

各國核能管制的目的在確保核能安全、降低輻射劑量，此二目的也受到同等對待，例如美國 NRC 的管制目的為「保護民眾健康、免受輻射傷害」，法國、芬蘭、德國也是一樣。

## 各國發表核能潔淨化的努力

會議一開始的議題就是 IAEA 介紹輻射防護的各種努力，歐洲核能共同體 EURATOM（European Atomic Energy Community）介紹外部作業者的輻射防護對策等活動狀況。

在筆者擔任主持人的「降低射源項 (Source Term)」議題中，除了發表 Angra 核電廠 (巴西) 的加鋅經驗以外，美國 Beaver Valley 核電廠因電力公司換成 First Entergy 公司，以此為契機，將反應爐的運作全面修正，執行綜合性降低輻射劑量對策，並就此方面發表報告。荷蘭則報告對降低的劑量以費用來表示，並作為指標，採用“阿爾發值”(500 歐元/mSv)。此外，在劑量測定方面，美國、法國、德國分別介紹利用遠距通信系統監控劑量的最新技術。日本也發表了令人驕傲的報告，四國電力公司的檜本先生發表伊方核電廠進行世界首度爐內結構物一體更新的報告，因去年在濱岡的發表頗受好評，因此受邀參加此次國際會議，這也是日本的光榮。

## 梅克爾總理為核電推進派

德國新上任的梅克爾總理因是首位東德出身，又是曾經離婚的女性，因此受到相當矚目，她本人對推進核能的態度相當明確，但在目前聯合政權之下，對核能保持沈默。梅克爾總理 1954 年出生於漢堡，父親是基督教路德教會的牧師，因教區在東德，於 1954 年移居東德。1973 年梅克爾進入卡爾馬克斯萊比錫 (Leipzig) 大學 (現為萊比錫大學)，專攻物理學，獲有物理學博士學位。

在柯爾總理時代，就像日本新當選的國會議員被稱為“小泉的孩子”(Koizumi Children) 一樣，梅克爾也被稱為“柯爾的女兒”(Kohls Mädchen)，在組閣時，為了增加舊東德出身者與女性閣員的比率而飽受辛酸，被批評為只不過是為了人數的平衡。但是，此後逐漸像物理學者那樣，常常一面計算力量的平行四邊形，一面鞏固權力基礎，現在則引用以前的綽號，被稱為“鐵娘子”(eiserne Mädchen)。當然也有和以前被稱為鐵娘子的英國余契爾首相較量的意味，這是因為兩人都有科學家出身、保守派、

女性政治家等很多共同點。

梅克爾總理為物理學者，對核能相當了解，德國核能界斷言：「如果她能單獨取得政權，德國核能就會復活」，據說當時也盛傳「她不像女性，比男人還強，在外交方面雖是沿襲協調路線，但今年 1 月在普廷總統面前強力批判俄羅斯的人權問題及威權的政治手法，獲得德國人大聲喝采，現在支持率愈來愈高」。

## 日本也要轉向核能

以上說明德國在脫離核能政策的逆境之下，發憤圖強的情形。紐約的石油價格持續創下新高紀錄，日本轉向核能的時機也將很快來臨。

德國推進風力發電，作為自然能源的要角，甚至連地方都市以前以教會為中心的景觀也為之改變，據說教會的反對意見如潮流般湧到，以前各個都市的最高建築物是教堂，後來大型風車聳立、轉動的風景，連我們看來也是很不相稱。

在脫離核能的政策之下，德國還維持每部機組 1 年間最高核能發電量的世界紀錄，其努力可由圖中所示容量因素與降低輻射劑量得知。在 3 月份文章中談及法國的核能文化大革命，4 月份說明芬蘭興建新核電機組，5 月份則敘述美國大展魄力的 16 部新核電機組審查。

此次對於脫離核能政策下的德國，筆者想強調其在核能方面的發憤圖強，不能獨有日本落後，此刻正是我們和處境相似的德國、法國、芬蘭、還有已脫離核能低迷期的美國一起大聲疾呼，訴說核能效益的時機。最近石油價格異常，但人們已厭倦此一話題，也不再認真探討此問題，核能是對環境友善、大量供給能源的唯一手段，我們有必要再度認清此一事實。