

指向核能復興之羅盤(五十五)

訪問年度發電量世界第一的德國 Isar 核電廠 德國人拼命努力的性格

作者：IAEA, NEA ISOE 委員會主席 水町涉

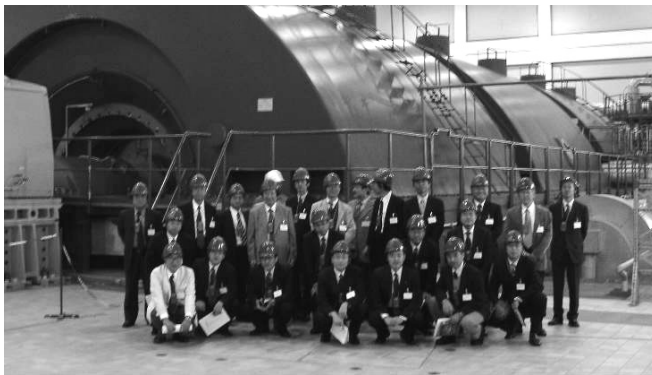
譯者：行政院原子能委員會技正 石門環

*日文原文刊載於 2008 年 11 月 ENERGY 雜誌

上一期描述訪問當今熱門話題的美國尤加山 (Yucca Mountain)，之後在巴黎停留 2 個星期，主持核能潔淨化 (ISOE) 委員會 3 個工作小組 (Working Group) 的會議，隨即再赴德國訪問。

筆者擔任日本機械學會「核能安全管制最適化研究會」第 5 次海外調查團團長，共 23 人前往德國 Isar 核電廠、拜恩 (Bayern) 州政府核能管制當局、以及德國的檢查專業機關 TUV 訪問。

此後，調查團繼續訪問目前正準備運轉 40 年以上的比利時 Doel 核電廠及其管制當局 BEL-V。參加者計有東北大學高木敏行教授、北海道大學奈良林直教授，以及經濟產業省原子力安全保安院檢查課官員等，集合電力業者、廠家管理幹部等核能產官學界，在世界上也算是相當特殊的調查團，受到德國、比利時等相關單位的熱烈歡迎 (照片 1)



照片 1 全體員工在 Isar 核電廠汽機前合影

德國 2002 年通過逐漸廢止核能的法案，核能的衰退令人擔憂，實際上如果設備利用率不佳、發生故障事件，將被迫停役，為避免發生這樣的事態，大家拼命努力，

反而獲得優異的績效，訪問團的目的即在調查德國核能的整體架構。

6 年連續世界第一的發電量 Isar 核電廠的驕傲

Isar 核電廠 1 號機為 91.2 萬瓩的 BWR（沸水式輕水爐），1979 年開始運轉，目前以 18 個月的週期運轉中，2 號機為 147.5 萬瓩的 PWR（壓水式輕水爐），1988 年開始運轉，目前以 12 個月的週期運轉中，屢次創下世界紀錄的 Isar 2 號機容量因素大約 97%，幾乎沒有故障事件，也創下 8 次達到年度發電量世界第一的紀錄。

最初創造世界紀錄是 1994 年，此後，特別是 1999 年至 2004 年連續 6 年保持年度總發電量世界第一的紀錄，2005 年因執行汽機改善工程，容量因素下降至 91%，而使連續記錄中斷，但 2006 年又回復，達成世界第一的紀錄。在此期間，日本核電廠位居世界前 10 名的有柏崎 7 號機等，但與世界相比，仍令人汗顏，圖 1 為德國 17 部核能機組及 Isar 核電廠的所在位置。

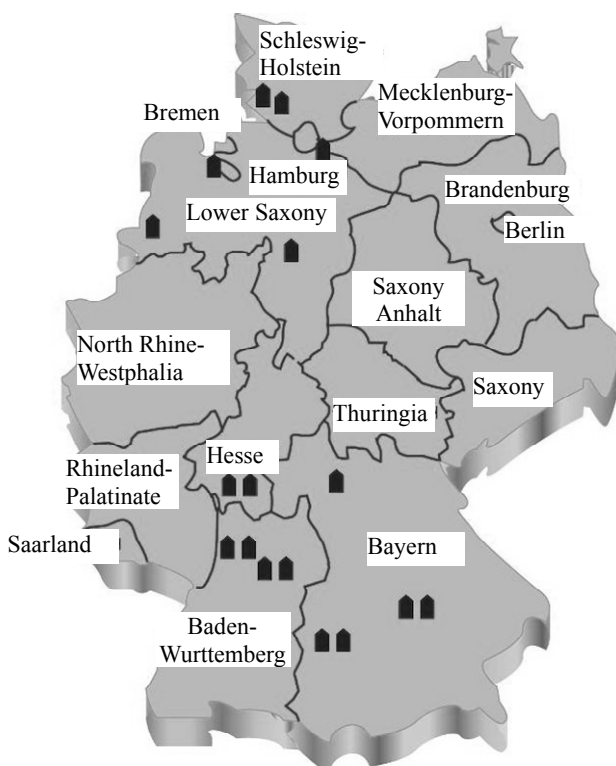


圖 1 德國的核能電廠

Isar 2 號機稱為 KONVOI 型，這是 2008 年 9 月份文章中所述芬蘭 Olkiluoto 3 號機（160 萬瓩 EPR，歐洲型壓水式輕水爐）的原型爐，其設計區分為 4 個系統，其中

1 個系統可在運轉中進行維修檢查，也就是所謂線上維修（On Line Maintenance），因此得以提升容量因素。

Isar 1 號機為 BWR，1983 年的容量因素也是全世界 BWR 型核電廠的第 1 名，2000 年 1 月更創下連續供電 519 天的紀錄。Isar 核電廠的員工抱持著自信努力工作，令人理解其以電廠為傲的心情，圖 2 為 Isar 2 號機優異的容量因素。

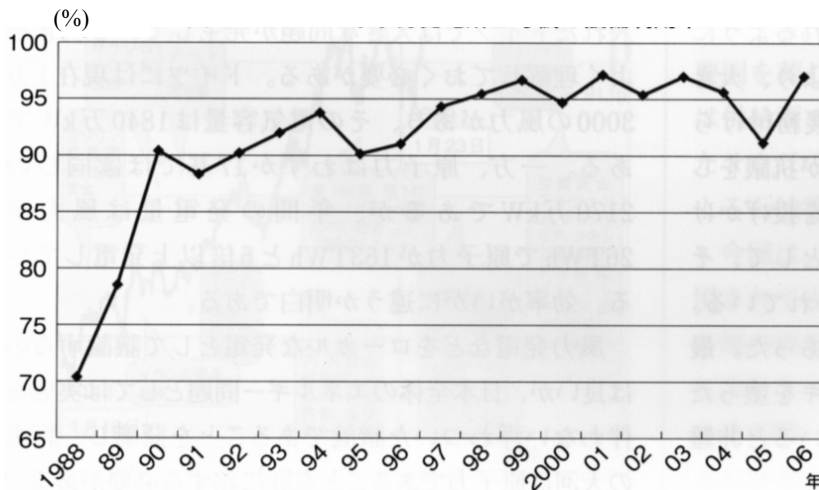


圖 2 Isar 核電廠 2 號機之容量因素

德國北部為北風、南部為太陽的核能管制

2008 年 3 月份文章中談到美國的核能管制從動輒罰金的北風轉變為對電力業者具有誘因的太陽政策，並因此大為成功的例子，在德國則談到地域性的話題。此次訪問的地方屬德國南部，原是富饒的國土，管制單位也說明核能管制以實質上的安全為最優先，另一方面，北部則有較多的反核派，管制單位也是為了質問而提出問題，發言方面更令人覺得是在視核能為惡的氣氛下進行，令人相當驚訝。

德國的核能管制在世界上也算是奇特的體制，屬國家聯邦政府機關的聯邦環境、自然保護暨核能安全部（BMU）訂定核能管制法，核能之研發則由聯邦經濟暨技術部（BMW）執行，在法律之下由各州政府執行實際的核能管制行政。因此，具體而言，電力公司興建、運轉核電廠均由州政府頒發許可。

德國執政黨（CDU）梅克爾首相雖然明確宣告推動核能，但目前在國會的席次尚無法過半數，因此與反對核能的綠黨成立連合政府，與日本一樣面臨政治上掌舵的難題。

正如以上所述，德國南部的民風使核能管制也採行太陽政策，但在同一個國家內管制卻大不相同，實在令人驚訝不已，詢問德國人時，答說這也是合理主義，在此一

狀況下，或許可以那麼說，也大致可以理解。

熱門話題的風力發電因價格昂貴而使德國產業外移

以今年（2008 年）的北海道洞爺湖高峰會議（主要國家領袖會議）為主，日本的大眾媒體對德國風力發電的稱讚相當醒目，也詢問國會議員對今後推動體貼環境的風力發電之意見，那些人的言論是否負責任呢？以推動風力發電不遺餘力的德國而言，其電源結構如圖 3 所示，雖然一直高聲喧嚷風力，但發電比率也不過 4%，另一方面，核能為 26%，煤及石油的火力發電則占 62%。環境部推動核能以外的電源，但卻利用德國北部開採的對環境不好的非良質煤炭來增加燃煤發電廠，環境部對此卻提出漠視環境的計畫。

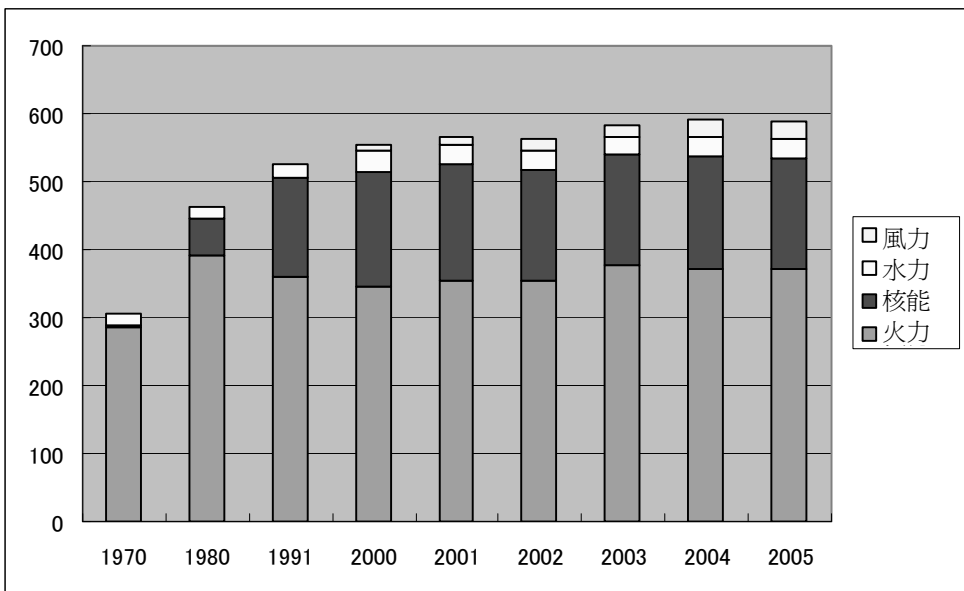


圖 3 德國總發電量之電源結構及演變

另外，德國的電費為每度 26~28 分，相當於 45 日圓，相當昂貴，Isar 核電廠的發電成本為 3 分錢，另加上將來除役處置及中期貯存預留 3 分錢，合計 6 分錢，約 10 圓日幣，此一價差眾所周知。法律規定電力公司具有收購風力發電的義務，即使核能可以便宜供電，但為了彌補高價的風力發電費用，致使人民必須負擔高價的電費，在這種高電費的狀況下，製造業無法生存，乃將工廠移至國外，造成德國經濟衰弱的結果，並因此遭受到嚴厲的批判。

此外，因為風車的關係，到處可看到很多的鳥類殘骸，遭受愛護動物團體強力的抗議，因此規定必須將偌大的風車葉片塗成紅色，又因有礙觀瞻，也開始受到環境保

護專家的抗議。其次是德國的教會也開始提出質疑，德國的郊外城鎮以教會為中心，前面有廣場，現在則變成市場。教會以往是城鎮中的最高建築物，最近在教會後方則有比教會還大的風車迴轉著，葉片還塗著紅色，責難之聲此起彼落，認為一切都被風車破壞掉了。

日本的媒體報導風力發電、太陽能發電才是拯救環境的方法，並以德國是此方面的先進國家而讚揚不已，殊不知德國僅佔 4%發電量的實況，而且反而引起相當大的環境問題。

對德國背水一戰的努力表達敬意

慕尼黑是筆者以前乘坐的 BMW 汽車的總公司及工廠所在地，屬於 Bayern 州，據說是以州名字首的 B 加上 Motor 的 M 及工廠（Werk）的 W 而取名為 BMW，筆者首度得知此一由來。BMW 工廠也因為高電價的關係，若成本不划算，也將不得不遷移，也許屆時 BMW 就要改名字了。

德國南部核能管制相當合理，但以北部為中心的德國整體而言，核能仍然處於嚴峻的狀態中，核能界人士針對於此，澈底致力於運轉安全及效率化，極力避免發生問題，像 Isar 核電廠有 8 次獲得年度發電量世界第一的紀錄，對德國核能界人士只有佩服與敬意，訪問團贈送日本武士的甲冑給他們，當作是核能的守護神，他們也誓言將永續運轉核電廠。

目前有很多論述把風力與太陽能發電當作是解決環境問題的對策，實在有必要充份理解推動風力發電的德國目前正發生重大問題的現況。德國現在有 1 萬 3 千座風力機組，電力容量 1840 萬瓩，另一方面，核能只有 17 部機，設備容量為 2170 萬瓩，風力的年度發電量為 26 Twh，核能為 163 Twh，達 6 倍以上，效率如何不同顯而易見。

以風力發電等作為地域性發電來議論固然是好事，但是以日本全體的能源問題而言，對那些昧於實際狀況而進行膚淺的議論必須有所認知，對於核能才是將來的“大河”更必須銘記在心。