

# 指向核能復興之羅盤(三十九)

## 以核電廠的排熱提供地域性暖氣 學習羅馬尼亞的小巴黎復活

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 2007 年 5 月 ENERGY 雜誌

### 擁有 5 部機組的核電廠

參加日本機械學會第 3 次海外調查團返國後，椅子尚未坐暖就立即飛往羅馬尼亞，筆者每個月都到各國訪問，羅馬尼亞則是初次造訪。羅馬尼亞在日本廣為人知的是奧運體操金牌選手柯馬妮希 (Comaneci) 的笑容，以及 15 世紀的吸血鬼，首都布加勒斯特被稱為小巴黎，是一個具有歷史的美麗城市。在二次大戰後 30 年間，共產黨一黨獨裁，所有的歷史性建築物遭到破壞，只有共產黨本部的建築物遺留下來，成為現今的國會議事堂。復興的速度緩慢，至今仍有很多人居住在共產黨建造的 12 層的暗淡公寓內。

Cernavoda 核電廠位於布加勒斯特以東 160 公里的黑海旁邊，抵達該廠後令人驚訝的是同型式 5 部機組的反應器廠房並列著，如照片 1 所示。聽說有 1 部機是使用天然鈾燃料的加拿大 CANDU 型 70.6 萬瓩機組，2 號機預定在今年開始運轉，第 3~5 號機則為了資金的回收而繼續興建，而且正在募集運轉的國家，據說候選國有韓國、德國、加拿大。



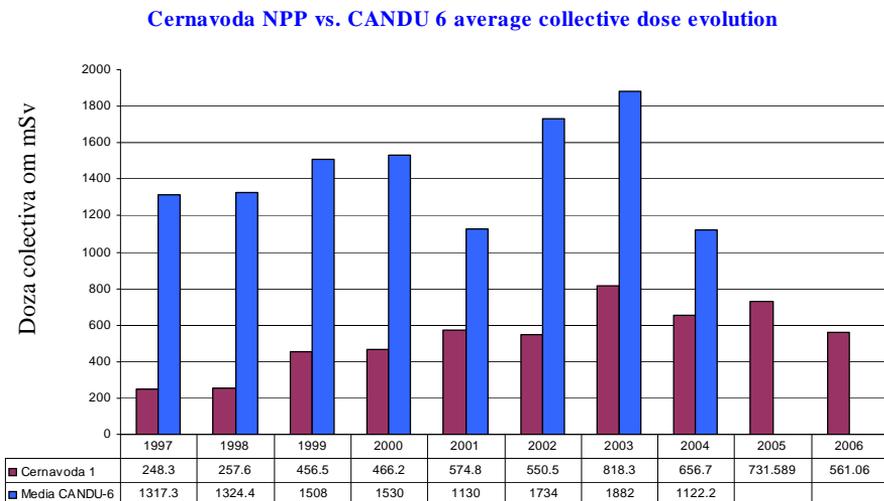
照片 1 Cernavoda 核電廠(CANDU 型 70.6 萬瓩)

日本一個廠址有 5 部機組以上的核電廠有柏崎刈羽(7 部機) 福島第一(6 部機) 浜岡(5 部機) 等 3 個核電廠，世界上 5 部機組並列的核電廠並不多見。筆者訪問過世界上 442 部核電機組的半數，美國並沒有 5 部機組以上的核電廠，加拿大東部的 Pickering 核電廠有 8 部機，Bruce 也有 8 部機，法國東北部比利時旁邊的 Gravelines 有

6 部機。筆者尚未訪問過烏克蘭，該國 Zaporozhe 核電廠也有 6 部 100 萬瓩的 PWR 在運轉，國外有 5 部機組以上的核電廠總令人感覺比國內更加豪邁。

## 核電廠內與日本同樣漂亮

進入 Cernavoda 核電廠內，又是一陣驚訝，走廊與牆壁閃閃發亮，除了日本的核電廠以外，筆者第一次看到如此漂亮的廠房，牆壁上貼著工作人員的曝露劑量，並特別標註必須注意的人員。另外，主要房間的入口標示房間內的劑量，據說每天量測 2 次、更新數據，當時正好是午餐後，正忙於重新填寫劑量數據。因為是 CANDU 型的反應爐，對流體劑量的變化必須相當敏感，雖是如此，仍致力於降低曝露，而且執行相當澈底，圖 1 為與世界上 CANDU 爐曝露劑量的比較。



Ref. "Candu Nuclear Station Tehnical Reports"

圖 1 Cernavoda 核電廠與主要 CANDU 爐之平均輻射劑量

另外，3000 位工作人員有一半為女性，戴著安全帽的女性相當顯眼，特別是工作人員的曝露劑量管理等作業，因為女性較為細心，而且也常會提出好的意見 ( Idea )，所以這類工作幾乎都委由女性擔任。此核電廠為加拿大製、汽機系統為意大利 Ansaldo 公司製造，加拿大與義大利技師住在高級的宿舍內，其他的工作人員則以採用地方人士為主，詢問日本如何時，則詞窮而不知所措。

冷卻水取自多腦河的運河，多腦河是歐洲僅次於窩瓦河的第 2 大河，流經德國、奧地利、斯洛伐克、匈牙利、克羅埃西亞、塞爾維亞、蒙地尼哥羅、摩爾多瓦、烏克蘭、保加利亞等 9 國，最後由羅馬尼亞流入黑海。黑海的 Constanta 海岸為粉末狀細砂

的白色海岸，持續綿延 200 公里到保加利亞，實在是相當漂亮的避暑勝地。黑海並不黑，而是清澈的藍色海水，從土耳其的伊斯坦堡經愛琴海而與地中海相連。

## 容量因素高達 91.4%

羅馬尼亞為農業國，電力需求較小，Cernavoda 核電廠的發電量 70 萬瓩，占總發電量的 9%，2 號機運轉後核能發電比率將提高到 18%。

圖 2 顯示最近 10 年的容量因素，2006 年高達 91.4%，為歷年最高，最低的是 2003 年，因為發電機出問題，但也達到 79.5%。當時也被問到日本的運轉實績，答以去年為 70%，又持續追問為何如此低。雖然 CANDU 爐在運轉中可以更換燃料，故容量因素較高，但這也是經過相當的努力才達到的成績，照片 2 顯示 CANDU 爐特有的運轉中進行的燃料更換設備。

羅馬尼亞第 1 部核能機組的 Cernavoda 核電廠在 1996 年末開始運轉，之後就留下如此好的運轉實績。赴廠址旁邊的輻射偵測事務所參訪，周邊的胡蘿蔔、白蘿蔔等輻射的變化已澈底數據化，該事務所員工全部為女性，對於應該偵測什麼、測定方法為何等問題，均斷言女性員工可以站在周邊居民的立場，也可以比較細心地計畫。

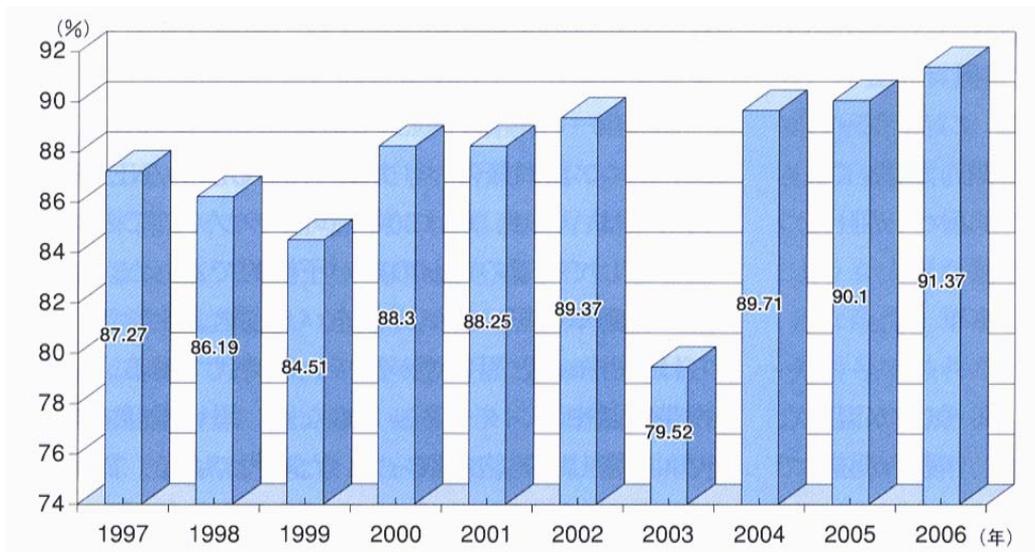


圖 2 容量因素之演變



照片 2 運轉中可更換燃料的 CANDU 型燃料更換設備

羅馬尼亞和日本本洲的面積一樣大，其中一半為平原，也沒有丘陵，從布加勒斯特至正東方的 Cernavoda 核電廠約 160 公里，公路與鐵路都是一直線，幾乎沒有轉彎，一直遠望到地平線為止，綿延著麥田或葡萄園。北部雖然有山地，南部幾乎都是平地，土壤的顏色也較黑，多腦河三角洲的肥沃土地相當寬廣，有機栽培蕃茄與捲心菜，是典型的農業國。道路工程作業也不太使用重機械，到處可見鏟子與鎚子，是一個純樸的國家。

## 以核電提供全地域的暖氣

黑海的位置雖比北海道更為偏北，但氣候溫暖，實在令人驚訝，冬天當然還是需要暖氣，此區域暖氣的熱能全部由核電廠送出，利用汽機排出的熱量供給溫水，因為對排放熱量加以有效利用，熱效率超過 90%。核電廠大修定期檢查時，起動核電廠的廠用鍋爐，持續不斷供給溫水，聽說當地居民也非常感謝。

令人深深感受到核電廠已與 Cernavoda 地方融為一體，這和今年訪問過的瑞士 Beznau 核電廠完全一樣，我國也應該考慮以北海道開始，利用排熱供應地區性的暖氣。核能發電的熱效率 30 幾%，60% 以上的熱排放於大海中，日本人本應有那種“可惜”的精神，也許是麻煩，或是以安全為優先，對羅馬尼亞也只能羨慕而已。

## 以誠摯的態度學習

羅馬尼亞的小巴黎被共產黨破壞殆盡，在日本頗富盛名的柯馬妮希也冒著生命危險，越過國境，取得美國國籍，目前從事體操教練的工作。筆者訪問羅馬尼亞時，柯馬妮希剛好帶著小孩回國，接受羅馬尼亞正教的儀式，另外也因為對身心障礙者的貢獻等，現在已成為羅馬尼亞的巾幗英雄。一黨支配雖然已在 18 年前結束，但現今仍有諸多創傷尚未消失。

另一方面，日本又如何呢？像北陸電力公司隱瞞臨界事故等，包括組織在內的整體隱瞞絕對不可原諒，必須澈底追究原因，今後也絕對不可以再發生這種組織性的隱瞞事件。所有從事鉅大能源相關工作的人，應該牢記在心的是，慎重的運轉管理至為重要。

在訪問羅馬尼亞後轉赴巴黎時，得知福島第一核電廠 3 號機發布 30 年前發生的事件，在 OECD/NEA 事務所內，對於 30 年前的事件為什麼會群情嘩然，相關的詢問紛至沓來。30 年前的時代，不管汽車或化學工廠都隨便排放黑煙，那時也沒有行動電話和網路，需要連絡時都使用黑色的電話機，用手指撥轉號碼。隱瞞雖然是最忌諱的事，但是若對任何事都以現今的標準去責難，實在也是小題大作。

此次初次訪問羅馬尼亞，看到核能電廠謹慎地運轉、維護，利用排放至多瑙河的熱量提供地域性暖氣，也看到與地方民眾融為一體、誠摯努力的樣子。在此羅盤系列文章中也常常言及，學習歷史是相當重要的，有的學校因為大學入學考試不考歷史而不教，但學習歷史乃理所當然，必須站在反省的立場上議論未來。

日本在發生重大事件之後，以科學而合理的方式去思考應是理所當然，但是也經常發生被誤導到歇斯底里的意見、無法理性對話的狀況，其實這是民眾的損失，現在已經是正視能源安全、深思熟慮的時代了。