

指向核能復興之羅盤(五十六)

阿根廷也運轉、興建核電廠

布宜諾艾利斯的國際輻射防護會議

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 12 月 ENERGY 雜誌

在探戈的國度舉行輻射防護會議

在前一期文章中敘述筆者擔任日本機械學會「核能管制最適化研究會」第 5 次海外調查團的團長，率 23 名團員訪問德國 Isar 核電廠及其管制當局-拜恩 (Bayern) 州政府等單位後，從巴黎返國，又立即赴阿根廷訪問。布宜諾艾利斯與日本位於地球的正反面，在此地舉行第 12 屆國際輻射防護會議 (IRPA: International Radiation Protection Association)，筆者以 ISOE 委員會主席的身份就世界核電廠的輻射問題發表演講。

此會議涵括醫療、航空、宇宙飛行員、農業、核電廠等相關之輻射作業，以守護從業人員及一般民眾之健康為目的，共同主辦的單位包括核能團體的國際原子能總署 (IAEA)、經濟合作暨發展組織核能署 (OECD/NEA)、世界衛生組織 (WHO: World Health Organization)、以及泛美國家衛生組織 (PAHO: Pan American Health Organization) 等眾多單位組織，共有來自 92 個國家 1500 人參加。阿根廷則是首次主辦如此大規模的核能相關會議，工作人員相當辛苦。

前一期文章中敘述今年 (2008) 巴黎紅葉來得較早，香榭大道上有名的法國梧桐樹 (platanus) 葉子也會變紅，但在號稱南美洲巴黎的布宜諾艾利斯，這種懸鈴木梧桐反而是春天時新綠色，初夏時呈現綠色的風光，相互對照，令人興味盎然。另一方面，世界上最美麗的日本庭園櫻花結束，接著是杜鵑花、水仙、八重櫻盛開，和南美洲的巨木互相爭奇鬥艷，相當美麗。

醫療、飛行員、太空人等必須有輻射防護

筆者在演講中談到，現在世界上運轉中的 435 部核能機組的員工，都低於大多數國家基準的每年 50 毫西弗 (mSv) 劑量，而且還達成 20 mSv 以下的目標值。另一方

面，醫療機構最近常使用電腦斷層掃描（CT Scan），不只是員工，患者超過 50 mSv 基準的人也為數不少，實有必要採取對策。另外，也有報告指出飛行員在東京與紐約之間往返 10 次，其劑量將超過 2 mSv，這些人不像核電廠員工那樣佩戴劑量徽章，故無法記錄正確的曝露劑量，因此有必要採取某些措施，另外也說明世界上電腦斷層掃描機的數量，其中以日本最多，相當令人驚訝。

如果以日本為例，現在運轉中的 55 部核能機組共有 6 萬 6 千位員工，最近 7 年以來沒有任何人超過 20 mSv，可以說管理相當良好。筆者演講時，核能界人士以外的醫療等方面的專家聽眾相當多，各種不同專長領域的專家也問了各式各樣的問題，特別是 ISOE 委員會擁有世界最大的核能發電設施有關的資料庫，所以也有聽眾提出要求將醫療相關及一般產業的數據也加以蒐集比較，我們也承諾會往正面方向思考。

阿根廷的核能發電狀況

阿根廷有 2 部核能機組運轉中，Atucha 1 號機為 35.7 萬瓩的壓水式重水爐（PHWR），於 1974 年開始運轉，Embalse 1 號機則為 64.8 萬瓩的加拿大型重水爐（CANDU），1984 年開始運轉。核能發電裝置容量占全部電力的 4%，發電量占 8%，據說阿根廷因為可以用開採鈾礦，所以採用可以直接使用天然鈾的壓水式重水爐。

現在阿根廷電力需求有 50% 仰賴水力發電，因為發電受到天候因素所影響，所以核能受到相當的期待，因而決定興建核能機組，圖 1 顯示阿根廷核電廠的位置。

Atucha 核電廠 2 號機恢復興建而顯現熱況

Atucha 核電廠 2 號機為 74.5 萬瓩的壓水式重水爐（PHWR），於 1981 年動工興建，但因政治問題而停建，最近則因環境問題及經濟成長率高達 6%，必須要有充足的電力，因此從 2006 年開始，也就是停建 25 年後又恢復興建。此次赴 Atucha 核電廠訪問，此廠位於布宜諾艾利斯北方 100 公里，沿著高速公路以每小時 130 公里的速限筆直奔馳，公路四周廣大而平坦，到處都有放牧的牛隻，但因太過遼闊，所以只感覺到稀稀落落，而沒有聚成集團的牛群。阿根廷國土為日本的 7.5 倍，相當廣大，農地種植小麥、大豆、玉米、菸草、葡萄等，物產豐富，最近酒類（Wine）變得有名，80% 的輸出為農畜產物，照片 1 為布宜諾艾利斯的中心地帶，照片 2 為 Atucha 核電廠。



圖 1 阿根廷的核電廠



照片 1 布宜諾艾利斯的中心地帶



照片 2 Atucha 核電廠 1、2 號機

Atucha 2 號機為西門子公司的設計，以天然鈾為燃料，但與 CANDU 型反應爐不同，燃料長達 5 公尺，屬特殊的設計，因此反應爐容器之直徑達 10 公尺，為世界最大，這是日本 JSW 公司所製造，圖 2 及照片 3 分別為反應爐容器的圖面及照片。

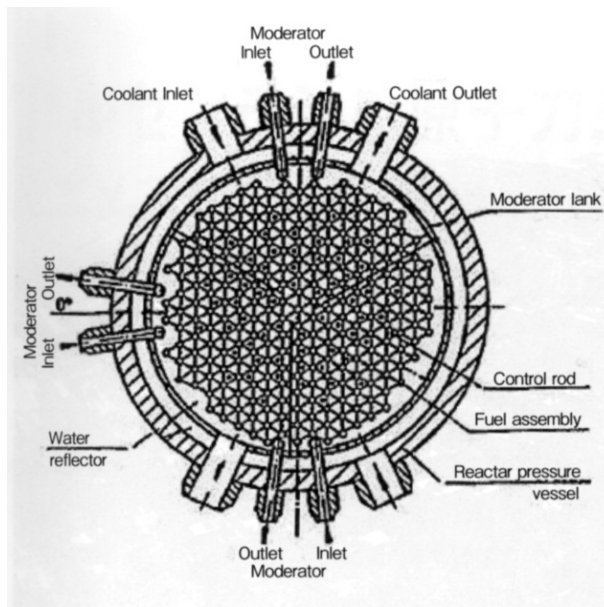


圖 2 Atucha 的世界最大反應爐容器



照片 3 Atucha 2 號機反應爐容器

到達 Atucha 核電廠後聽取廠方人員簡報，說明時充滿幽默感，相當生動活潑，例如說：「這個施工現場有 5 千人在工作，但我們不會雇用像馬拉度那那樣討厭的傢伙」，當時剛好 48 歲的足球天才馬拉度那獲選為國家隊教練，所以用這種笑話的方式進行簡報說明。5 千位員工以 3 個輪班的方式作業，用餐也在現場內，宿舍則建在現場鄰近，赴設計室參訪時，發現有塑膠模型，利用來製圖，在此電腦的時代，更加令人懷念從前。在現場塵土飛揚之中，阿根廷以人海戰術的方式進行建設，據說因為沒有焊工，所以就從焊工的教育訓練開始着手，預定 2010 年開始運轉。1 號機正在運轉中，循環水從出水口洶湧而出，2 號機的循環水進水渠道在其下方通過，工地的說明人員開玩笑解釋，這好像是古代羅馬的建設。

阿根廷的努力

阿根廷除了上述以牛為主要畜產，大豆等為主要農產品以外，還有相當豐富的鉛、鋅、銅、錫、鈾等礦物資源，人民相當活潑開朗，人口 4 千萬人，其中 97% 為西班牙與義大利裔的白人，印地安裔只有 3%。

首都布宜諾艾利斯在 450 年前是一片什麼都沒有大的草原，西班牙人發現後將其

開發為城鎮，每隔 100 公尺開闢成街道，成棋盤狀，相當漂亮，只要知道住址就很容易找到位置，是相當便利的大城市。道路比較狹小，幾乎都是單行道，但主要道路則是單側 6 車道的寬廣大道，穿越馬路相當辛苦。地下鐵有 A~E 共 5 條路線，筆者搭乘最古老的 A 線前往大會會場，A 線在 1913 年就已經通車，據說東京銀座線在建造時，曾從日本派遣考察團前來此地觀摩，後來才將銀座線建造完成，因此這裡可以說是東京地下鐵的老師。布宜諾艾利斯的地鐵車廂中還留有禁煙等日文文句，詢問後才知道是直接使用「弟子」的銀座線、丸之內線等的中古車輛，令人覺得有一種親近感。此地治安也相當良好，深夜時還有夫婦帶著小孩在街上走，與其他的南美國家完全不同，相當安全。

此次在阿根廷也討論到核能發電的必要性，因此阿根廷也在拼命努力建設，對施工現場的朝氣以及阿根廷人的開朗性格，令人憶起那種許久未曾有的莫名感動。