

指向核電復興之羅盤

中國轉向核電旗幟鮮明

發揚我國核電技術的時機 —北京首次主辦 ICONE 會議—

作者：ISOE 副主席（下一任主席） 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 2005 年 7 月 ENERGY 雜誌



比成田豪華的北京機場

到達北京機場時，白色的柳花好像棉絮，飄飄然在空中飛舞，春天時黃砂吹襲，黃金週之後柳花到來。曾想到吸入肺部後不知道怎麼辦，但意外的是只飄到前額，沒有進入鼻子內，中國稱之為柳絮。

北京機場是以日本的日圓借款而完成的，其豪華程度遠超過成田，鄰接大停車場，非常便利，但是中國人都不知道這是利用日本的日圓借款興建的。

離開機場，搭計程車試走一趟黃金週之前盛大舉行的反日示威遊行路線。北京以故宮為中心有環狀線，示威遊行就在那條所謂三環路的大路上，從西北到位於市中心的日本大使館之間。遭受攻擊的日本料理店已經修復並營業，日本大使館的玻璃窗仍然可見破裂痕跡，從計程車下來準備照相，公安奔跑過來禁止。

中國強調核電的角色

1990 年日本機械學會與美國機械學會 ASME 共同主辦國際核能工程會議 ICONE(International Conference on Nuclear Engineering)，我曾經對創辦此會議盡過心力，第 1 次會議是在新宿的京王大飯店舉行。此後，日本與美

國輪流主辦，這對日本的發展與核能工程的進步具有相當大的貢獻，後來因法國的參加成為契機，歐洲各國也紛紛加入，此次為第 13 次，我也以主持人及引言人的身份參加。

首先由代表中國的國防科學工業委員會副主任、也是核能最高負責人的國家原子能機構張華祝主任發表主題演講。



張華祝主任發表主題演講

張主任說明：「核能在中國也是重要的能源，至目前為止，累積核電建設的經驗，已有 9 部機組運轉中，不久之後就有 11 部機組。運轉情況良好，管理水準、運轉實績不斷向上提升，而且慢慢國產化，希望在 2010 年以前，第 2 代改良型 PWR 的自主技術能夠純熟，並在此之後進行第 3 代的自主製造。在安全管理方面，以「品質第一」、「安全第一」為宗旨(Motto)，多年來一直致力於法規與監督管理體系的整備，制定相關條例、一系列的安全準則、指引、基準以及技術文書。至於人才問題，為確保必要的人員，設置教育訓練據點，除了進行核能人才的培養以外，同時也從基礎教育到研究開發，使企業和學校相結合，建置職業訓練體系。中國發展核能並不只是滿足本國的電力需求，同時也對能源結構的改善和環境問題的解決有所貢獻」。

FBR 之後核融合納入視野

之後，大會名譽議長加納時男參議院議員、近藤駿介原子能委員長、早田邦久原子能安全委員發表演講，然後進行各國核能管制座談會(Panel)，座談者為中國核安全局(NNSA)王副局長、法國核能安全暨輻射防護研究所

(IRSN)所長 Dr. Repussard，美國為貝泰(Bechtel)公司副總經理 Dr. Griffith，日本則由我參加，在發表各國的核能及管制狀況之後舉行座談，各國發表的內容概要如下：

(中國)

為因應電力之不足，至 2020 年為止，核能發電比例將由目前的 1.7% 提高到 4.0%。因此必須興建 30 部機組，先以目前興建中的第 3 代核電因應，之後為第 4 代、快滋生式反應爐，最終轉移到核融合。

(法國)

IRSN 職員現有 1500 人，每年預算 2.7 億歐元（約 350 億日圓），其中一半為核能管制活動費，另一半為研究開發費用，可見在研發上亦盡力甚多。

(美國)

採行科學的、合理的 ROP，核能發電容量因素從 1997 年之 70% 提升到目前的 90%，此相當於新增 20 部 100 萬瓩級核電機組所發出的電力，布希總統已宣示在 2010 年以前將興建核電機組，目前正致力於核電之復活。

(日本)

2003 年 10 月修訂法律，將異常事件之報告範圍明確化，政府管制單位之檢查與事業者自主檢查範圍也明確規定，政府的檢查變更為以品質保證為重點的管制方式。另外，成立原力安全基盤機構(JNES)，擔負安全管理審查、解析評估、規格基準、防災支援、安全情報蒐集及分析等業務。

座談會時，有人提問美國有關風險（Risk）之考量觀點、法國每 10 年的安全審查、日本的美濱 3 號機事故等，美國強調貫徹風險告知(Risk Informed)管制，將風險作為一種情報訊息來判斷。法國說明每年也有一次

檢查，但非常重視每 10 年一次的安全審查。美濱核電廠 5 人死亡對核能界而言是非常慘痛的事故，但會場中也有意見指出並非核子事故，而是勞動災害事故，另外也有直率的疑問指出為何像日本這樣的先進國家會發生這樣的事故。

世界 20 個污染最嚴重城市中國佔五分之四

此次 ICONE 會議共有 26 個國家 900 人參加，其中日本約 90 人（登錄者約 150 人）。整個會議中最受矚目的是 CNNC 的報告，「世界上 20 個污染最嚴重的城市之中，有 16 個是在中國」。煤的污染是相當嚴重的問題，「今後必須重視比較體貼環境的核能」。

中國與世界電力構成之比較如圖 1 所示，中國燒煤火力所佔比例達 74%，與世界平均之 24% 比較，可清楚看出依賴煤炭的程度。

圖 1 中國與世界電力構成之比較

	世界	中國
火力發電	85%	93%
石油	39%	17%
煤	24%	74%
瓦斯	22%	2%
水力發電	6.9%	5%
核能發電	6.3%	1%
其他	2.5%	0.6%

但是，即使燒了那麼多的煤，中國缺電的情況仍然相當嚴重。

「現在，電力還缺 2300 萬瓩，今年大概會發生停電吧」，淡然說出這種窘態，高層大樓陸續興建，大家都在擔心電梯會變成什麼樣。

圖 2 是我擔任主持人時，中國核能研究所(CIAE) Gu 女士所發表的資料，為解決電力不足問題，預測 2003 年的 350 GW 供電能力到 2020 年以

前必須提高到大約 3 倍的 1000 GW，日本目前是 237 GW，所以是日本的 4 倍，另外也預測 2050 年的供電為 1500 GW。

圖 2 中國之電力與核電需求預測

	2003(年)	2020	2050
供電量(GW)	350	960—1000	1500
核能發電(GW)	6.1	40	>150
核電佔有率	1.7%	~4%	>10%

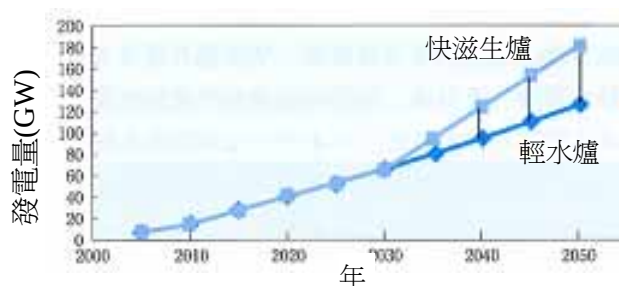
另外，從 2020 年每人電力消費量來看，中國為 1208 度 (kWh)，與日本之 8220 度比較約 7 分之 1，與美國之 13228 度比較，每人消費量約 11 分之 1，即使到 2020 年中國的供給電力提高到大約現在 3 倍的 1000 GW，也還在現在日本每人電力消費量的一半以下，因此中國的預測值大致還妥當。

2020 年核能發電為 40 GW

中國的核能發電現在為 6.1 GW，佔總發電量的 1.7%，為了達到 2020 年提高到 3 倍的供電能力，必須要有 40 GW 的核電，約為現在的 7 倍，其所佔比例亦將提高至 4%，故必須興建 34 部 100 萬瓩級的核電機組，雖然這是驚人的數字，但與現在日本核電電力 47 GW 比較，仍然算少。另外也預測 2050 年的核能發電為 150~180 GW，佔總發電量的 10% 以上。

圖 3 顯示到 2050 年之核電發展趨勢，預定在 2030 年以前為第 3 代 PWR，2030 年以後為第 4 代及快滋生反應爐。

圖 3 中國之核電需求預測



2020 年石油輸入約 3 倍

當時也發表中國的石油需求預測（圖 4），依據此圖，2002 年的石油需求為 237 Mt，其中國內生產 167 Mt，輸入 70 Mt。2010 年的需求預測為 320~350 Mt，國內生產 195 Mt，輸入 125~155 Mt。2020 年的需求預測為 400~430 Mt，國內生產為 200 Mt，輸入為 200~230 Mt，2020 年的石油輸入將增加到現在的 3 倍。

圖 4 中國之石油需求預測

	2202(年)	2010	2020
石油需求量	237	320—350	400—430
國內生產	167	195	200
輸入量	70	125—155	200—230

(Mt)

現在我國（日本）的石油輸入約 220 Mt，所以 2020 年的中國和現在的日本是同樣程度的輸入國，其影響相當鉅大。

日本在各種領域提供支援

今年(2005 年)ICONE 會議前的安排完全以中國的行事方式進行，與過去 12 次 ICONE 不同，因此讓日本、美國的與會人員相當困惑，但是到了會議一開始以後，卻又相當順利，終能圓滿成功。

中國許多不同領域的專家提出發自內心的意見，實在相當值得參考。特別是世界上污染最嚴重的 20 個城市之中，有 16 個在中國，實在令人相當驚訝，為了克服這樣的環境問題，中國提出非常具有前瞻性的計畫，也就是除了現有 9 部核電機組以外，將再興建 30 部以上機組，令人感覺好像看到 30 年前日本的樣子。另一方面，未來 30 年間，日本新建核能機組將大幅減少，在此次會議期間，中國方面一直有技術合作的要求，特別是安

全管制、技術、人才等各種領域，日本技術之傳承發揮成效的日子已經來臨，而且也是勢之所趨，非作不可。

2005 年 6 月在北海道，中日韓 3 國大約 20 位核能專家在一起舉行研討會(Workshop)，發表最近的異常事件、機組之容量因素、自動停機次數及其分析，也互相討論今後資訊的分享等。在此聚集了中國的國家核安全局、韓國的原子能管制當局、以及日本的經濟產業省原子力安全保安院和原子力安全基盤機構的專家，我個人也參加此一盛會並致辭，期盼經由這樣的研討會，今後也能夠繼續進行技術交流。

另外，明年(2006 年)第 14 屆 ICONE 將在邁阿密舉行，後年第 15 屆將在目前最有活力的名古屋，也有提案在此之後於上海舉行，獲得中國負責人相當正面的反應。

發展途中的國家

北京的街道變得相當漂亮，近代的大樓櫛比鱗次，建設中的大廈相當多，但是老舊骯髒的房屋也點綴其中，可說是仍在發展途中的國家。

住宿的旅館房間相當大，可與美國相比美，大廳也是既豪華又氣派，櫃檯人員既親切，制服也漂亮，但是偶而聽到吵架的聲音，令人相當驚訝，打掃地板的清潔人員等即使在一流的旅館也穿著粗糙的衣服而怒氣沖沖吼叫，實在不太相稱(Unbalance)。

以前道路凹凸不平，高速公路在最近 10 年大幅增加，也鋪設得相當漂亮，離北京稍微遠一點的地方，道路鋪設仍然不太平坦。計程車實在很恐怖，只要稍有空隙就鑽，自行車也堂堂奔騎其間，行人突然冒出來穿越馬路，我們通常會踩煞車，那裡的駕駛人反而是踩油門，光是坐車就感覺疲累，卻不常發生事故，實在令人嘆為觀止。電視新聞曾經報導追撞事故造

成 10 人死亡。在中國，各地方的發音不同，因為電視有漢字字幕，我們也猜得出大概的意思，所以相當方便。談到電視，包括日本 NHK 的 BS 等共有 4 個日本頻道，以報導日本的新聞為主，從日本頻道可看到美國大聯盟洋基隊的松井等，不會令人覺得不便，特別是日本的天氣預報，連北京天空雲的樣子都會放映出來，實在相當便利。

放養的貓熊

北京動物園的停車場停滿大型觀光巴士，當然主要是看貓熊，貓熊本來生長在四川省等 1800m 至 4000m 高地竹子較多的地區，在生態上屬於接近熊和浣熊的動物，因此貓熊屬熊科。上野和北京的動物園則獨立為巨貓熊(Giant Panda)科，貓熊的語源來自尼泊爾語，其意義為「吃竹子的動物」。

北京動物園佔地極廣，有各種不同的動物，貓熊就在入口處，相當有名，那裡的貓熊不像上野動物園那樣管理，而是放養，參觀者身後就有竹子，我折下竹子讓貓熊看，結果馬上就下來討著要吃，一給牠吃就津津有味地發出聲音啃咬，實在相當可愛，即使是共產國家，貓熊也沒有被看管，在此附上等著要吃竹子的貓熊照片。

在此處也有公安人員，示威遊行時，讓日本人驚訝的是幾乎所有公安都很年輕而神經緊繃，實際上公安不但年輕，而且制服上繫著腰帶，身體和手都繃直，實在儀態莊嚴又威風凜凜。



放養的貓熊等著要吃竹子