

指向核能復興之羅盤(三十一)

美國將北京的活力注入邁阿密

明年名古屋舉行「第 15 屆國際核子工程會議」

懷念故內田秀雄氏(前原子力安委會委員長)推進核能安全

作者：水町涉

IAEA, NEA ISOE 委員會副主席[下一任(第七任)主席]

譯者：石門環

行政院原子能委員會技正

日文原文刊載於 2006 年 10 & 11 月 ENERGY 雜誌

美國核能超活力

在 9 月份的文章中敘述美國核能界的活力，3 月時聽到 NRC Diaz 主席說申請興建的核能機組有 16 部機，後來增加到 25 部機，現在又有報告指出 27 部機，美國的熱力在 2006 年第 14 屆國際核子工程會議 ICONE (International Conference On Nuclear Engineering) 中爆發。

ICONE 會議創立於 1991 年，由日本機械學會與美國機械工程師學會 (ASME) 共同主辦。當時日本的核能在絕佳狀況中，美國正處於 Japan as No.1 風潮的時代，熱烈地學習日本，這個會議就是美國向日本探詢共同主辦而開啟的。ICONE 創立當時，筆者亦略盡棉薄之力，第 1 屆會議在新宿的京王 Plaza Hotel 舉行，共 400 人參加，此後，筆者擔任組織委員、也歷任議題主席 (Track Leader)、主持人。

第 2 屆於 1993 年在舊金山的 Hyatt Regency Hotel 舉行，400 人參加。第 3 屆於 1995 年在京都的 Prince Hotel 舉行，630 人參加。第 4 屆於 1996 年在紐奧良舉行，730 人參加，紐奧良在去年 (2005 年) 受到颶風侵襲而損失慘重。後來應法國要求，乃決定日本、美國、法國共同舉辦，隔年的 1997 年在法國尼斯舉行，共 800 人參加。此後，輪流在聖地牙哥、新宿京王 Plaza Hotel、巴爾的摩舉行，後來中國也參加。由我們所開創的日美會議，後來加上歐洲、中國，此次則發展到 27 國參加的國際會議，實在令人相當興奮。

去年第 13 屆應中國的要求在北京召開，正逢北京發生日本大使館抗議遊行事件之後，日本方面原來預定參加人員紛紛取消行程，筆者則在第 1 天發表演講。這次是第 14 屆，在邁阿密的 Continental Hotel 舉行，共 27 個國家 1000 人參加。筆者是第 2 次

造訪邁阿密，到處可看到去年颶風肆虐後的殘痕，住宿的 Hyatt Regency Hotel 還張貼著「塵土殘留、非常抱歉」的啟事。另外，剛好也遇上太空梭返回甘迺迪太空中心，因出席會議，無法前往觀賞，頗為遺憾，但看電視時仍有相當的臨場感，好像就從身旁降落一樣。

去年北京竭盡心力，今年美國也展現出核能復活的熱力，一言以蔽之，美國的核能超活力、充滿自信。明年(2007)將輪到日本主辦，在最有活力的名古屋舉行第 15 屆會議，不知屆時是否也可以從日本散發出熱力，圖 1 為第 15 屆 ICONES 會議的海報。

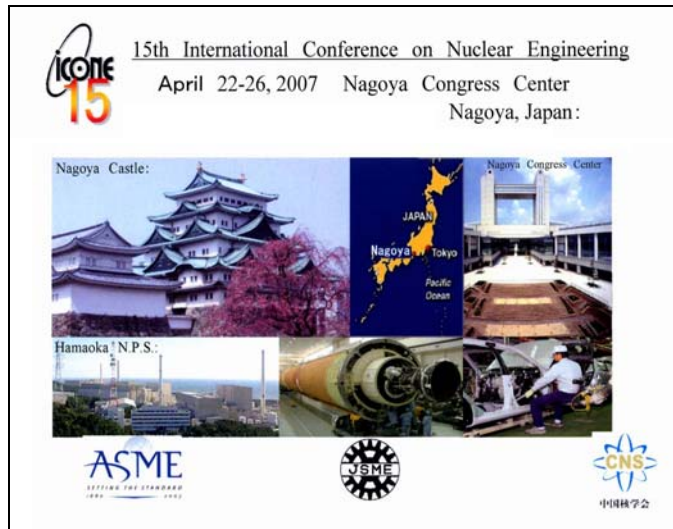


圖 1 2007 年名古屋第 15 屆 ICONES 海報

在會場與原在 NRC、許久未見面的 Denton 夫妻會面，一見面就向筆者伸手：「能不能給我 2 角 5 分錢」，給他一個硬幣後，就去買飼料餵食身旁可愛的鸚鵡，大家因此同聲大笑。TMI 事故時，Denton 是 NRC 的總負責人，當時是非常活躍的主要人物，此次在 ICONES 會議獲得表揚，贏得滿堂喝采，Denton 也非常高興，隨後才有要硬幣的趣談。

討論核能有關所有領域

核能電廠可說是集工學精髓的綜合體，其範圍相當廣泛，ICONE 共分為 12 個專業領域的議題，稱為 Track，各議題均指定一位主席，負責文獻的取捨選擇並擔任主持人，筆者亦擔任主席及主持人，12 個領域如下。

Track 1：電廠運轉與維護

Track 2：設備組件可靠度與材料

Track 3：結構完整性

Track 4：核子工程學

- Track 5：次世代系統
- Track 6：核能安全與保安
- Track 7：管制法規與標準
- Track 8：燃料循環與高放射性廢料管理
- Track 9：低放射性廢料、除污及除役
- Track 10：熱流
- Track 11：流體解析
- Track 12：核能之短期性發展
- Track 13：論壇討論
- Track 14：學生論文方案

ICONE 就上述議題討論全部核能有關的最新技術，為了引起年輕學生的興趣，對學生所提論文加以獎勵，此次也對選出的 50 位學生提供往返邁阿密的差旅費。

美國意氣軒昂

會議一開始，美國能源部 Spurgeon 次長在致詞時大發豪語：「美國宣言核能復活，預定申請興建 27 部核能機組，最快的機組大概 2014 年開始運轉，美國在 1970 年代曾有 1 年興建 20 部機組的經驗，所以這個數字完全不令人驚訝」。話雖如此，但世界上大型鍛造的廠家相當少，屆時你爭我奪，頗令人擔心，另外，也提及另一個大問題：「設計、施工的人才不足」。

中國核工業集團的韓副總經理也意氣風發地談到：「現在中國的核能電廠有 9GW，占總電力的 1.7%，在 2020 以前將興建 30 部 100 萬瓩級的核能機組，增加到 40GW，核電比率將提升到 4%」。

圖 2 顯示中國核能發電的預測。歐洲代表的 WENRA 理事長哥梅斯則暢言：「現在歐洲全部的核能發電量為 2551 TWh，2025 年時將增加到 3072 TWh」。

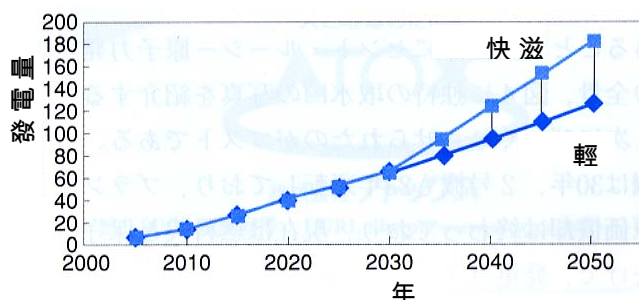


圖 2 中國的核能發電預測

美國、中國、歐洲都具有這樣的活力，第 13 屆會議在北京，第 14 屆在邁阿密，2007 年第 15 屆將在日本最具活力的名古屋舉行，期盼這樣的活力能持續下去，日本也能恢復元氣。

汽機無屋頂 每度電發電成本 1 分錢

ICONE 會議之後，參訪佛羅里達洲的 St. Lucie 核電廠，從邁阿密搭乘巴士 3 小時，沿海岸線往正北方向，電廠位於甘迺迪太空中心南方。此電廠在美國可說是例外，是和日本一樣的海水冷卻式電廠，1、2 號機均為西屋公司 84 萬瓩的 PWR，分別於 1976、1983 年開始運轉。此核電廠的特徵是海水進水口如溝渠般蜿蜒，兩部機組建在島上，這是另一個屏蔽 (Barrier)，與附近的住宅實體隔離，因此頗為自傲。另外，令人吃驚的是汽機沒有屋頂、完全裸露在外，圖 3 為 St. Lucie 核電廠全景，圖 4 為其獨特的進水口照片。



圖 3 St. Lucie 核電廠的露天汽機



圖 4 St. Lucie 核電廠獨特的進水口

另外令人驚訝的是成本，1 號機已運轉 30 年，2 號機 23 年，電廠的建廠成本已全部回收，現在只負擔燃料費與維護費，每 1 度電的發電成本為 1 美分錢 (1.2 日圓)。在此石油價格暴漲的時代，電廠人員相當驕傲地說：「在美國是爭第 1 名、第 2 名的低價格」，此電廠的口號是：「安全又可靠、乾淨又便宜地提供電力」。展示館也致力於小孩子的教育，不只是核能方面的知識，也以電腦提供各式各樣的遊戲，因為老師們對核能並不了解，故目前對現職教師澈底進行教育，且已獲得相當的成果，深感我國也應該學習效法。

筆者的友人住在電廠旁邊的梅爾本 (Melbourne) 海岸，筆者常去拜訪，這一帶的海岸以海龜前來產卵而有名，所以此核電廠的象徵 (Symbol) 也是海龜。另外，被稱

為佛羅里達之寶的魔鬼魚也在此地生息，電廠也協助魚的生養，出面致力於環境保護，成績相當出色。圖 5 為此核電廠的標誌，亦即海龜與電廠。



圖 5 St. Lucie 核電廠與海龜共生的標誌

美國汽油價格與日本相當

此次真正令人驚訝的是汽油價格的暴漲，筆者在邁阿密 ICONE 會議前一個星期才赴華盛頓訪問 NRC 總部，這是今年第 3 度前往，石油價格上漲，終於突破 3.5 美元。當時正逢北韓發射大浦洞飛彈，以色列入侵約旦，中東情勢愈加混亂，原油價格受此影響，上漲至每桶近 80 美元，石油價格也一舉暴漲到 3.5 美元，當然這是一加侖（3.8 公升）的價格，換算成每公升價格 $3.5 \text{ 美元} \times 128 \text{ 日圓} / 3.8 \text{ 公升}$ ，為 117 日圓/公升，本來美國汽油價格與我國是天壤之別，現在已差不多。

筆者以傅爾布萊特（Fulbrighter）留學生身份赴密西根大學研究所時，汽油價格約美金 30 分錢，現在已漲了 10 倍以上。石油危機時代，價格突破 1 美元時，曾造成美國國內大恐慌，此後油價雖較穩定，但去年漲至 3 美元，現在則為 3.5 美元。美國稅金較低，以前消費石油就像用水一樣，現在每公升相當 117 日圓，大家都異口同聲只能開豐田車。NRC 總部的友人詢問：「豐田的什麼車種比較好？」，令人驚訝的是隨即讓筆者在現場等待，逕自去買車，實在令人印象深刻。

美國與中國宣言轉向核能

就如前述，去年北京第 13 屆 ICONE 的活力，此次也被帶到邁阿密，這是因為石油價格暴漲、布希總統的核能復活宣言、以及中國轉向核能所致。2007 年 ICONE 會議

將在名古屋舉行，我國致力於核能立國，應該明確宣示未來的方向。

對內田秀雄氏殞落之訃聞愕然

2006 年 8 月 12 日，接獲恩師內田秀雄先生往生的訃聞，除了深感愕然以外，腦海中也如跑馬燈似地浮現出先生在各種場面的薰陶。



首先想起最後一次見面是在原子力安全委員會主辦的第 13 屆核能安全研討會「風險資訊在核能安全管制的應用」時先生的爽朗笑容。研討會於 2005 年 1 月 24 日假濱離宮朝日大會廳舉行，約 300 人參加。東京大學名譽教授矢川元基演講之後，筆者也就赴芬蘭、法國、美國等國考察風險資訊應用管制發表演講，隨後原子力安全委員會鈴木篤之委員長主持座談討論。

會場客滿，內田先生一個人坐在第一排中央，不肖的弟子們以戒慎惶恐的表情向其請益，那種場面令人難以忘懷。

葬儀之日，擔任治喪委員會主任委員的原子力安全委員會鈴木篤之委員長致弔詞，談及內田先生最後出席的正式會議正是這個研討會，令人不勝唏噓。同時也想起美國圍阻體動態荷重問題時，先生等待筆者赴美國調查後召開安全委員會的情景，令人懷念不已。

以下介紹內田先生的語錄。

「工學是將科學具體化的藝術」

工學可說是將科學具體實現的藝術，我們知道科學是追求真理的學問，探究自然的法則性，加以記述並說明的學問，但並不以應用於技術或工學為前提。工學是立足於科學，製作成現實物件的學問，科學是分析，工學是綜合。因此，工學在具體化過程中，將各式各樣領域的科學加以綜合組成，也就是說必須考量系統工程，進行工程評估、工程判斷，故必須具備支援這些評估與判斷的技術。

「儘量減少輻射的影響」

核能不會排放 CO_x 或 SO_x ，是對環境最友善乾淨的發電系統，但問題出在輻射，所以最重要的思想就是將輻射的影響在可合理達成的範圍內儘量降低，這就是 ALARA (As Low As Reasonably Achievable)。

這也是與筆者有關的 IAEA ISOE 的目的，實在是令人銘感在心的語錄。

「彩券會中獎，核能的風險另當別論」

核能在設計、製造、建設、運轉、管理方面必須確保安全對策，但是在鉅大技術的應用方面，不可否定其不確定性，因此對核能執行概率論的安全評估，這和彩券中獎的機率、汽車事故死亡統計值具有完全不同的意義，將彩券全部買下一定會中獎，但是發生核能事故的機率並不是真正發生事故的機率，而是意味著「不發生事故的不確定性」。在假設發生重大事故時，重要的是運用所有的手段，將輻射的影響降到最低。

執著科學 言行明確明瞭

內田先生於 1919 年出生在港區新橋，畢業於西麻布的筭小學。現在的西麻布交叉路口有一個「權八餐廳」，因小泉首相招待布希總統而聞名，以前此地叫作筭町，發音為「Kougai」，其意義為江戶時代的女性髮飾，由金、銀、象牙、鯨甲、水晶等所製成，當時的西麻布是女性用髮飾的小鎮。

先生是道地的「江戶子」，執著於明快的哲學，言行明確明瞭，在伊方核能電廠判決時，堂堂加入論陣之中。

我們雖然不可能繼承先生之後，但仍深切期盼先生的精神能傳承下去。先生！安息吧！