

2000 NSC-NRC 尖端材料研討會報告

(NSC89-2114-m002-009)

國科會自然處，擬推動我國與加拿大 NRC(National Research Council)雙邊合作研究，主題是尖端材料科學。雙方協議是先由加拿大方面在今年 6 月 25 日至 6 月 27 日於 Chalk River 舉辦首屆雙邊會議，主題是「Soft Matter, Nanomaterials and Neutron Scattering」，會後並將至 Steacies Institute for Molecular Science(SIMS)參訪。此事加拿大方面負責的是 Dr. John Root(Chalk River Neutron Laboratory, NRC) NSC 方面負責的是牟中原 教授。並由我國駐加科技組許榮富教授負責安排當地細節。

民國八十九年六月廿四日至三十日國科會(NSC)自然處王 瑜處長率隊赴加拿大渥太華參加 2000 年 NSC-NRC 尖端材料研討會與相關的參觀和訪問，此會由於 NRC, NSC 雙方以及我國駐加科技組許榮富教授事先詳細準備和規劃，研討會進行順暢、議題精采、雙方研究互補性高，是一個落實、成功的研討會。實驗設施之參觀和研究人員之訪問亦都是加拿大方面的研究中心或重點人員，得以對相關專長經驗與研究功能作進一步的瞭解，獲益良多，尤其加拿大方面人員的合作研究之誠意和準備都很高，更易落實本研討會的宗旨。此外，能有這個機會認識國內相關的研究精英亦是另一收穫。在此除了表達謝意之外，並對參觀訪問和研究合作的印像和意見報告如下。

- (1) 會議過程及內容
- (2) 參觀訪問 Chalk River Laboratory
- (3) 參觀訪問 SIMS (Steacie Institute for Molecular science)

- (4) 參觀訪問 IMS (Institute for Microstructure Science)
- (5) 參觀訪問 ICPET(Institute for Chemical Process and Environmental Technology)
- (6) 台灣-加拿大 合作計畫報告
 - 1. 高分子及有機體
 - 2. 三維的奈米結構
 - 3. 表面的奈米結構
 - 4. 電子及磁性
 - 5. 中子束相關應用實驗

(1) 會議過程及內容

整個 2000 年 NRC-NSC 尖端材料研討會的議程十分緊湊，也十分精彩。6 月 26 日早上 8：30 進行開幕式，由 John Root 博士主持。加拿大國家研究委員會（NRC）的代表 Dennis Salahub 博士及我方國科會（NSC）代表王瑜處長陸續致辭，之後，主要學術的報告集中在 6 月 26 日早上及 6 月 27 日整天。加拿大 NRC 方面提出學術報告的研究員共有十位。其報告的講題及內容均以配合我方研究員的領域為主，茲將我方及加方的講題記錄如下，以供對照：

- 白世榮 ：共軛剛棒固體聚電解質的離子電導性
- Jacques Rovers ：光子及電子元件裡的有機材料活化層
- 吳春桂 ：水溶性、電活化的電導高分子 / 金屬氧化物的奈米複合物
- Marie D'lorio ：規則星狀高分子模型在軟膠物質的應用
- 王崇人 ：奈米結構金材料的光性質及其融化
- 牟中原 ：中孔矽的合成及應用
- Peter Mason ：中孔洞物質的小角度中子繞射
- 林滄浪 ：星狀碳六十電離分子在水溶液的聚合

- Gary Enright : 超分子架構的化合物
- 陳啟東 : 奈米結構的電子傳輸量測
- John Tse : 熱電和電池材料的合理設計
- Jason Gardner : 漲落 (frustrated) 磁性材料的電子及分子研究
- 王瑜 : Fe^{+2} 複合體材料可能的光學開關應用
- Robin Williams : InAs/InP 量子點的自我聚集控制
- 王玉麟 : 表面神奇團---一種新種類的奈米結構
- Bob Wolkow : 矽表面控制的分子吸附---分子元件上的一層基底
- 林昭吟 : 奈米結構的磁顆粒膜及超晶格---大小 / 厚度效應
- Zin Tun : Chalk River 的中子反射儀

從對照式的演講題目及內容來看,不論是台灣或加拿大在奈米材料的研究重點之一,都著重於其可能的應用性及實際和元件介面匹配的問題。不同的是,加拿大研究群較有整合性。加拿大的 NRC 和我國的 NSC 不同的是: NRC 實際主導其名下的各研究中心,而我國的 NSC 只負責國家科技資源的分配,因此, NRC 可以做具體的規劃及按著規劃分配資源。如此一來,研究重點明確及資源集中,自然可以達到整合性及有效性。

在 6 月 27 日下午,所有學術報告結束之後,有個分組的討論會,由兩方面的研究員依研究主題分在一組,討論可能合作的計畫。加拿大列出的四個主題是:

- } 高分子及有機體
- } 三維的奈米結構
- } 表面的奈米結構
- } 電子及磁性

在短短的一個鐘頭的分組討論裡,各組都熱烈地交換意見,並凝結共識。在分組討論完畢後, John Root 博士做了總結,並且,每一組都各自提出了一個合

作計畫的草案，包括計畫的題目、目的、執行方法和雙方得到的利益等等。在四組的計畫草案裡，可以看出雙方研究員的長處互相配合，並腦力激盪出一些有創意的構想。 John Root 博士表示，這樣的結果是他始料未及的，他對大會的結語是：此次的中加交流研討會的目的已經圓滿達成了。

(2) 參觀訪問 Chalk River Laboratory

6月26日週一下午的行程為到 Chalk River Laboratory 參觀加拿大最主要的研究用反應器及中子束應用研究設施，包括加方參加此次合作研討會的人員一起在下午 1:30 搭巴士前往 1 小時車程的 Chalk River。到達該研究中心後經過三重關卡才能到達 NRU 反應爐的大樓，負責中子應用研究計劃的 Dr. John Root (也是此次加方的研討會主要籌辦人員)在大廳對參觀人員作 NRU 的背景作介紹，NRU 為多用途反應爐，除了中子束應用外也作核燃料照射研究，其設計不同於大多數其他的研究用反應器，NRU 可以作 on-line refueling，即反應爐不須每月停爐數天作燃料更換，但偶爾會因小故障而臨時停爐維修，NRU 為 120MW 反應爐，熱功率很高，但因爐心體積較大，因此熱中子通率並不是特別高，但仍然有足夠強的熱中子通率進行各種中子束應用研究。此反應爐並未加建造冷中子源，因此長波長的中子通率較低，在提議審查中的未來加拿大新一代研究用反應器 CNF(Canadian Neutron Facility for Materials Research)即會加建冷中子源及目前尚無的小角度中子散射儀，水平式反射儀、spin-echo spectrometer 等中子儀器。NRU 預計在 2005 年關閉，然後將現有之散射儀移至屆時剛蓋好之 CNF 使用。

參觀分成 4 組進行，由 Dr. John Root，負責垂直反射儀的 Dr. Zin Tun，負責 Bio material 的 Dr. J. Katsaras 及 Dr. Peter Mason 等人作介紹，包括反應爐、控制室、燃料更換設施及各式中子散射儀(六部)。目前 NRU 的主要中子束儀器包括高解析度中子粉末繞射儀，扇形的偵檢器可轉到最大 120 度處進行量

測，未來移到新的 CNF 安裝時擬將增加距離，使偵檢器可轉到 130 度或 140 度角度量測，及一具有中子偏極化裝置的三軸繞射儀兼垂直式反射儀，一具材料科學用繞射儀，一具 strain scanning 繞射儀，一具三軸繞射儀，一具生物材料繞射儀(反射儀)。NRU 利用中子繞射原理量測金屬構件(渦輪葉片、飛機結構件、焊段、壓力槽等)的殘留應力分非常成功，與工業界有密切的配合研究。另外在生物材料如細胞壁和蛋白質作用的研究，因最近發展出可以完全 hydration 的樣品腔，利用反射儀可以量得準確的細胞膜變化，對於生物材料的研究很有用。高解析度粉末繞射儀，三軸繞射儀等對磁性材料或高分子材料的研究也很有用。目前較缺乏面積式偵檢器，如果有面積式偵檢器可用在反射儀，或小角度中子散射的研究上或作 grazing incident scattering 的研究，提高偵測靈敏度和減少量測時間。參觀中也交換了許多未來可能進行的合作研究或技術交流，例如在磁性薄膜，導電高分子界面，生物薄膜，奈米結構的研究，以及國內可提供小角度散射技術及分析軟體供其發展小角度散射技術等等。

(3) 參觀訪問 SIMS (Steacie Institute for Molecular science)

第四天的行程安排前往 SIMS (Steacie Institute for Molecular science) 作參觀訪問，此行除了參觀其研究設備外，亦聽取此單位六個主要研究主題之簡報。NRC 的 Steacie Institute for Molecular Sciences (SIMS) 與中研院原分所的架構及研究主題都非常類似，甚至連 NRC 的院長 Dr. A. Carty 也是 SIMS 的研究員而中研院的李院長也是原分所的研究員這點都一樣。SIMS 在光譜，表面介面飛秒光學、核磁共振與理論這幾方面的研究與原分所幾乎完全相同，但是多了化學生物(chemical biology) 有機金屬化學與中子材料研究這三個主題。或許我們可以說是「英雄所見略同吧！」

理論小組由 Dr. John Tse 負責，應用分析和計算方式來進行(1)量子生物學、(2)光操控奈米技術、(3)分子物理與光譜學、(4)材料與介面科學等方面的

研究。Dr. Tse 報告目前進行中的鋰電池陰極材料及高效率熱電材料的計算和設計，他個人對 NSC 的來訪甚為支持，對將來可能的合作亦很熱心。

飛秒光譜實驗室包含兩間大規模的光學實驗室，實驗設備大都是自行設計和組裝，主要是以超短、超強的光束來研究原子與分子的量子動力學，諸如用飛秒雷射質譜儀來研究原子與分子的離子化反應，其飛秒光源有用光學參量振盪器 (optical parametric oscillator) 之方式來調整波長，另外亦見到用飛秒雷射鑽孔的成果 (N 約 3 微米)。所有得以參觀的 NRC 研究設施都有與工業界相關的研發項目與使命，NRC 和產業界的合作似乎很有規模和普遍。

「Excellence, relevance and collaboration are the hallmarks of research at Steacie Institute」其合作研究中最明顯也是最成功例子是分子介面研究群，四個研究員分別具備有機化學 (D. Wayner)，STM 表面科學 (R. Wolkow) 表面非線性光譜 (S. A. Mitchell) 專長。從 1998 年以來他們在 Science 發表一篇，在 Nature 發表兩篇，以及很多 PRL JACS, Angew Chem. 等的論文，成果相當豐碩。(在我國駐加代表處科學組許組長所設晚宴中獲悉 Dr. R. Wolkow 幾天前當選加國皇家科學院士，而且 NRC 的公關組正準備為他們最近將發表在 Nature 的成果發佈新聞稿)。互補的研究專長與緊密的合作關係顯然是這組人能有良好研究成果的重要因素。在這方面，我們有很多可以向他們學習的地方。根據 Dr. Wolkow 他們這樣的做法也是經過多次嚐試改組、整才，都是由研究人員自行整合出來，絕不是行政當局可以強迫的。好的科學研究終究是只能在很自然的討論辨證中產生的。

在中子材料研究與光譜研究這兩個方向中看到傳統包袱的痕跡，在化學生物的努力裡，我們看到的則是加國在生物科技蓬勃發展中強烈的企圖心，雖然這個主題與我們的研討會關係較遠，但是奈米材料研究在生物科技發展中所扮演的角色是一個值得我們深思的課題。畢竟這方面的研究在美國幾個主要研究中心裡已經如火如荼地展開了。以我國的人力與物力，我們不能樣樣都做，但是如此重要的課題，我們實在不該完全缺席。如何尋找方向與自我定位顯然是未來最重要

的工作。

(4) 參觀訪問 IMS (Institute for Microstructure Science)

這原先沒列入 NSC 代表行程的訪問,是應 Dr. Marie D'lorio (Group Leader , Advanced Materials)的邀請,去參觀和討論她所主持的有機發光二極體計劃,並由她和 Dr. Ye Tao 引導參觀實驗設施。他們有機發光二極體的研究設備極為完善,除了一間光學實驗室做 UV-Vis、光致光和電致光的光譜量測外,有機發光二極體的製作全在兩間無塵室中進行,有機材料的塗佈機、電極的濺渡機、熱和離子束蒸渡機都有配置,並都安裝於隔離箱(glove box)中來防止二極體的污染,尤其濺渡機和蒸渡機都是多重靶源,以改變電子入射極的工作函數,提高二極體的發光效率和降低起始電壓,實驗設施規劃之周延令人欽佩外亦生羨慕。此外亦參觀了非常完備的分析設施,如 X 光繞射儀、掃描式電子顯微鏡、穿透式電子顯微鏡、原子力顯微鏡、Auger 電子光譜儀、二次離子質譜儀(SIMS)等等,每件儀器都有專人操作、運轉中。

由於 Dr. D'lorio 之研究群主要是製作低聚物(oligomer)的有機發光二極體,有品質瑕疵與穩定性不佳之困擾,目前正圖以封裝技術來改進其穩定性,亦開始高分子發光二極體的研究,和國內高分子發光二極體的研究,方向目標都一致,互補性極高,她和 Dr. Tao 的合作意願亦高。

主要是參觀其 OLED 研發實驗室,學習經驗。OLED 是 Advanced Materials group 的研發重點,此 group 的 leader 是 Marie D'lorio,除他之外目前尚有三個 scientists 及六個 supporting members,此研究群每年約有 50 萬加幣的研究經費,現在正同時與學校及業界合作研發,試圖將 OLED 商品化。其主要用的發光材料是有機小分子或寡聚物,因為是與業界合作開發,使得製程(而非材料)為此研究群的研發重點。雖然其屬於研究單位,也可經由與各大學教授的合作收取研究生,也因其為研究單位,在同一棟建築物中就有可用於探討微結構的各種儀

器 (如 STM, AFM, SIMS, ESCA...等)及有經驗的儀器維護操作人員,如此才能提高研究效率,趕得上業界開發新產品的腳步。但令筆者印象最深刻的是其研究實驗室:整個 LED 的製程,從發光材料的合成、OLED 零件的組合、至零件的測試,都是在無塵室中進行。有機物的合成是在 clean level 5000 的無塵室中的通風櫥中做的;將有機物電極組裝成 OLED 零件,是在 clean level 1000 的無塵室中組合;最後零件的功能測試是在無塵室中充滿鈍氣的 glove box 中進行,如此的製程自然可以減低一些不必要的干擾,獲取最理想狀況時的實驗數據。據 Dr. D'lorio 表示:其 OLED 零件的壽命可達商業化的要求,目前最大的挑戰是在封裝部分,正積極尋求解決之道。

OLED (包括小分子及高分子)的研發,在過去幾年可稱為國內的全民運動之一。許多的優秀學者投入此一領域的研究,甚至有人預期 OLED 有機會成為第一個本土自行研發製造的高科技產品,若 IMS 是加拿大 OLED 研發最成功的地方,那依筆者對此領域的瞭解,台灣似乎做得比他們好。不管那些廠商宣稱要設廠生產 OLED 是炒作股票、還是確有其事。至少證明了國內在天時、地利、人和多方配合的情況下,也能有自我研發的科技而非只是代工。而我們比較欠缺的可能是一個明確的發展方向及有效的資源整合。

(5) 參觀訪問 Institute for Chemical Process and Environmental Technology (ICPET)

正式行期的最後一天,臨時由 Dr. Jacques Roovers 安排白世榮教授接去走訪 ICPET,和給 "Ionic Conductivity of Conjugated Rigid-Rod Solid Polyelectrolytes" 專題報告,並和鋰電池計劃主持人 Dr. Isobel Davidson 和她的副手 Dr. Yves Grincourt 會商,及參觀其電池實驗室,由於有工業界的參與,她們的研究較專注於凝膠電解質電池的生產和品管,自行研發了膠合碳粉陽極製造和鈕扣型電池的封裝技術,並且能同時測試高達 120 枚電池充、放電時氧化、還原之電化學反應,其他分析設備有熱失重分析儀、示差掃描量熱儀、殘留

氣體分析儀、X光繞射儀、X光光電子光譜儀(X-ray photoelectron spectrometer)、掃描式電子顯微鏡、穿透式電子顯微鏡、二次離子質譜儀等等，研究設施亦是周全完備。另外亦和 Dr. Michael D. Guiver 討論其他硬桿式電解質的化學合成方式。

目前 Dr. Davidson 的研發重點在凝膠電解質電池的封裝、測試和含鋰陰極之配製，對全固態電池之優點很有認知和興趣，有意參加 NSC-NRC 尖端材料的合作案，他們擁有實際製造和測試電池之經驗，正可和國內固態電解質的研究有契合的互補性，來共同發展高能量的新世代電池。

(6) 加拿大合作計畫報告：

由於 NSC-NRC 研討會事前細心和周延的準備，雙方與會者的研究互補性高，加上大家對執行中 NSC-NRC 合作案的肯定，使得雙方研究合作意願都高。目前經初步與 NRC 人員接觸和討論後，有可能有如下五案。

1. 高分子及有機體

A. Ionic Conductivity of Conjugated Rigid-Rod Solid Polyelectrolytes

- } Theories and computation for conductivity mechanisms - Dr. John Tse (NRC-SIMS)
- } Thin film battery fabrication and testing - Drs. Isobel Davidson 和 Yves Grincourt (NRC-ICPET)
- } Neutron Scattering for lithium ion distribution - Dr. John Root (NRC-SIMS)
- } Polyelectrolyte synthesis and doping - Prof. S. J. Bai (NSC-NSYSU)
- } Polyelectrolyte thin film fabrication and testing - Prof. S. J. Bai (NSC-NSYSU)

B. *Luminescence of Conjugated Rigid-Rod Polymers for Light Emitting Devices*

- } Injector electrode design and deposition - Drs. Marie D'lorio 和 Ye Tao (NRC-IMS)
- } Rigid-rod polymer synthesis - Prof. S. J. Bai (NSC-NSYSU)
- } Rigid-rod polymer thin film fabrication and characterizations - Prof. S. J. Bai (NSC-NSYSU)
- } Rigid-rod polymer light emitting device fabrication - Drs. Marie D'lorio 和 Ye Tao (NRC-IMS)及 Prof. S. J. Bai (NSC-NSYSU)
- } Rigid-rod polymer light emitting device electroluminescence - Drs. Marie D'lorio 和 Ye Tao (NRC-IMS)及 Profs. L. W. Do 和 S. J. Bai (NSC-NSYSU)
- } Device life-time and packaging - Drs. Marie D'lorio 和 Ye Tao (NRC-IMS) 及 Dr. Jacques Roovers (NRC-ICPET)

以上是經由和 NRC 人員討論後取得的共識，由於有 NSC 和 NRC 預算和法規等的限制，只能視為初步規劃，須要進一步和 NRC 估評和整合。

後記: Dr. Marie D'lorio 和自己都有注意到：在這類國際合作案，知識產權之歸屬是一重要項目，得加以規劃。

2. 三維的奈米結構

此項研究計劃是以牟中原教授的中孔徑分子篩 MCM-41 為中心進行雙邊合作。MCM-41 可以內含很多物質，其受到奈米尺寸之限制可以有很有趣的物理化學現象，擬由 Dr. John Tse 提出一個整合計劃，分為三部份：

- (1) Ga-MCM-41 — 牟教授已證實 MCM-41 內含的鎘金屬時可以有奇特的 Ga 之異構物產生，可以進行 X-光及中子散射實驗，以探討其在孔洞中之相變。

- (2) H₂O-MCM-41 — 以 MCM-41 中孔徑分子篩內含 H₂O 及 D₂O 進行中子散射實驗，以決定水在孔洞中之結構變化。
- (3) Xe-MCM-41 — SIMS 以 Ripmester 博士領導之研究群在 Hyperpolarized Xe NMR 觀測 MCM-41 可研究 Xe 在孔洞之分布及運動。

3. 表面的奈米結構

Steacie Institute for Molecular Sciences 的 Robert Wolkow 博士，中研院原子分子研究所的王玉麟博士以及中研院物理研究所陳啟東談論到了一項實驗構想，並將合提一個合作計畫。構想的由來是這樣的：

在幾年前，以掃描式穿隧探針顯微鏡已經可以在矽晶片表面，在所希望的位置上製作氧化矽原子小點。這雖是一種不折不扣的原子尺度的製程技術，但因為製作速率慢，這種技術僅能是實驗室的技巧而無實際的用途。最近，Wolkow 博士已經能成功的拓展這技術到，利用自行激發原理，自動的劃出一條氧化矽原子的直線(這成果即將在`自然`雜誌上發表)，所以可大幅提高製作原子點的速度，將可能有工業上發長的淺力。我們計畫要結合這種技術與聚焦離子佈植技術(王玉麟博士提供)及電子束微影技術(陳啟東博士提供)一起製作出原子尺寸的電子元件。利用電子束微影的技術可製作線寬為 30 奈米的金屬細線，它們可以用來當作電極，可把電訊號接至外面的量測設備上。但金屬電極是不能直接接到半導體的，因為會有接觸電位的問題，因此接點的地方還需利用聚焦離子佈植的方法來做歐姆接點。這是我們研究計畫的大概，詳細的作法與及人力的分配問題都要用 e-mail 聯絡並將在年底以前釐定，以期能在明年一月把計畫送出。

4. 電子及磁性---磁異性材料特性研究合作

晶體結構分析除了可以測定精細的結構參數外，也是判定材料是否含有雜項的主要工具。利用中子繞射測定各項結構參數，其精準度比起 X-射線繞射者得以提高一個數量級。利用 X-射線配合中子繞射探討結構分析，為開創世界級

研究品質不可或缺之工具。與加拿大合作發展中子繞射結構分析，可開發國內研究群另一新項研究工具，提昇研究品質。磁性微觀特性與結構的探討，則是中子束實驗的獨特功能。時下應用性能與經濟價值極高的超磁阻錳氧化物、鋰離子電池陰極材料和巨磁阻薄膜系統，均具有複雜磁性，具系統的電性功能又與磁有序特性有緊密相互影響關係。此類系統須引用中子散射技術，釐清複雜磁性，協助瞭解系統的基本物理，以利功能之改善。國內與加拿大方面均有研究群從事該類研究，且雙方配合與互補的情形極佳，利於整合與合作。在此次訪問，雙方人員亦有機會接觸並發現合作意願極高。並已規畫在今年度 9 月份，中央大學李文獻教授及其相關研究人員，共同再訪 Chalk River 實驗室，從事中子散射實驗工作，隨即進行實質的合作交流。

5. 中子束相關應用實驗

國內正改建第二代核反應器並推廣中子束相關應用，急需進行人員培訓，但苦於可用中子源難尋。此次至加拿大參訪 NRC 在 Chalk River 的實驗室，正是從事中子束相關應用的實驗設施。且發現加拿大相關人員亦有極高興趣從事雙方交流與合作，就藉此機會隨即討論以中子束實驗為主軸的學術研究合作議題。基於 Chalk River 實驗室現行可用的設施考量，雙方同意先期以探討晶體結構和磁性材料為主。

本中子設施於 1957 年開始運轉，爐心用 20%濃縮鈾，以重水為冷卻劑和中子減速劑(moderator)，功率高達 135 MW，但是因為爐心體積較為龐大，導致能量密度低，加以最大中子通量位於爐心之內，造成(1)所能取得的中子束通量較低，及(2)不值得裝設冷中子源(cold source)，而不能做有效的小角中子散射；加上用過燃料(spent fuel)積存於 containment building 內，中子束實驗背景值會較高，是故其中子應用是以繞射為主，這方面 Chalk River Laboratories 的人員和設備都有許多年的優異經驗和成果，可供核能研究所的 TRR-II 計劃借鏡和學習。尤其負責的 Dr. John Root 更是支持和 NSC 的合作案，加以國內的研究對中子之需求已遂漸擴大到高溫超導、高分子、含孔隙、磁性、奈米等材料領

域，對應用中子繞射的技術已漸具規模，中子束 beam time 之取得，日益迫切及困難，和 Chalk River Laboratories 的合作似乎可滿足這方面的需求，亦可促進 TRR-II 中子設施之興建。由於 TRR-II 計劃主辦單位核能研究所的經驗和重點大多著重於核子工程方面，對中子束的應用方面經驗較少，意願亦似不高，有關 NRC Chalk River Laboratories 的合作似乎可由 NSC 來規劃和主導。

致謝：

本次組團參加加拿大-台灣雙邊會談受益良多。首先應該感謝國科會經費支助，自然處王瑜處長大力提倡，駐加科學組許榮富處長細心安排，張秘書、葉小姐的協力。謝謝加方 Dennis Salahub, John Root 及 John Tse 的努力以及照顧。我們相信這項雙邊合作計劃將會有好的結果。

附錄：

台灣-加拿大 尖端材料研討會台灣代表團名單

Taiwan Delegation for the Canada-ROC Materials Science Meeting

- (1) Yu Wang 王瑜
- (2) Chung-Yuan Mou 牟中原
- (3) Yuh-Lin Wang 王玉麟
- (4) Tsang-Lang Lin 林滄浪
- (5) Shih Jung Bai 白世榮
- (6) Jau-Yn Lin 林昭吟
- (7) Chun-Guey Wu 吳春桂
- (8) Churng-Ren Wang 王崇人
- (9) Wen-Hsien Li 李文獻
- (10) Chii-Dong Chen 陳啟東