

出國報告（出國類別：其他）

參加日本 Nano Tech 2008 奈米技術展覽會

服務機關：行政院原子能委員會核能研究所

姓名職稱：李瀛生/研究員、黃振興/研究員、
余明昇/研究員、吳志宏/副研究員

派赴國家：日本

出國期間：97.2.12~97.2.16

報告日期：97年3月17日

摘要

2008 日本東京奈米展共有 524 企業及團體參展，參展攤位有 880 個，台灣以台灣奈米國家型科學技術辦公室名義登記參展，展示攤位編號為 B-53。核研所有兩個攤位，一個攤位展示固態氧化物燃料電池及太陽能電池研發成果，另一個攤位展示貯氫研發成果。核研所展示的固態氧化物燃料電池包括電漿噴塗及帶鑄-網印兩種研製技術之 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 電池。在此次奈米展中與電漿噴塗有關的領域有(1)固態氧化物燃料電池研製(2)奈米粉粒合成及(3)奈米結構陶瓷膜鍍膜共三種技術。固態氧化物燃料電池研製技術方面：日本新能源與工業技術發展機構在先進陶瓷反應計劃中，開發高效率電化學小體積高功率固態氧化物燃料電池模組，該模組之單元電池採用 0.8mm 及 1.6mm 直徑，長 15mm 圓柱形電池，電池材料為 NiO-GDC/GDC/LSCF-GDC，可輸出世界最高之功率密度 $1 \text{W}/\text{cm}^2$ at 570°C ，或 $2 \text{W}/\text{cm}^2$ below 600°C 。奈米粉粒合成方面：加拿大 Tekna 電漿系統公司以電感式電漿火炬為加熱工具製造各式金屬及金屬氧化物奈米粉末，並可改進粉末的流動性、密度及純度。奈米結構陶瓷膜鍍膜方面：日本東京大學 Yoshida 教授結合熱電漿噴塗鍍膜、物理蒸氣鍍膜及化學蒸氣鍍膜三種技術之優點，開發一套混合型雙槍真空電漿噴塗系統，可製作特殊奈米結構之抗腐蝕阻熱層，使用於該阻熱層的材料含 ZrO_2 、 HfO_2 、 Y_2O_3 及 La_2O_3 。

目 次

摘 要	i
目 次	iii
圖 目 錄	iv
表 目 錄	vii
一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	4
四、建 議 事 項	16
五、附 錄：出國報告圖表解說集	18

圖目錄

圖一	台灣展示館之一隅-----	19
圖二	INER 聚光型太陽能及 SOFC(ASC 及 MSC 兩種型式)電池研發成果展示現場、 海報及實體-----	20
圖三	INER 金屬有機骨架材料(Metal-Organic Framework, MOF)貯氫研發成果展示現 場-----	21
圖四	(a)與(b)、吳茂昆院士及我國駐日代表至台灣館現場了解展示成果-----	22
圖五	溫控脫附儀顯示所製備的 MOF 在室溫即可釋放氫氣-----	23
圖六	將儲氫匣連接調壓閥、流速控制器、PEMFC 及電壓控制器，即可推動 iPod Shuffle 播放音樂-----	23
圖七	Nano tech 2008 及同時舉行之另外五種會議海報-----	24
圖八	韓國 Carbon Nano-material Technology Co.生產之多壁奈米碳管 (Multi-wall carbon nanotube)及石墨奈米纖維(Graphite nanofiber) SEM/TEM 影像-----	24
圖九	日本燃料電池產業推進協議會規劃 SOFC 材料、SOFC 單電池及電池堆、小中 大各型量產、產品低價格化及普及化的完整進度與期程-----	25
圖十	日本新能源與工業技術發展機構(NEDO)開發管狀或蜂巢結構之高效率小體積 高功率固態氧化物燃料電池及電池模組-----	25
圖十一	日本 NEDO 研發成果之管狀單電池及電池模組，單元 NiO-GDC/GDC/LSCF- GDC 電池採用 0.8mm 及 1.6mm 直徑，可輸出世界最高之功率密度 $1\text{W}/\text{cm}^2$ (570 $^{\circ}\text{C}$)，或 $2\text{W}/\text{cm}^3$ (600°C)-----	26
圖十二	日本 NEDO 研發成果之微型單電池及其蜂巢狀電池模組，蜂巢結構燃料電池堆 在 600°C 可輸出 $1.2\text{W}/\text{cm}^3$ 的功率密度-----	27
圖十三	日本 NEDO 研發成果之小體積高功率固態氧化物燃料電池模組具備快啟動(fast	

	startup)特性 -----	27
圖十四	NEDO 開發之高能量貯存密度電容器，其電極由單壁奈米碳管做成 -----	28
圖十五	Tekna 生產之 30kW 實驗型及 60kW 先導型電感式電漿奈米粉製作系統 -----	28
圖十六	Tekna 公司以電感式電漿生產之奈米粉及其特性 -----	29
圖十七	日本東京大學 Yoshida 教授開發之混合型雙槍真空電漿噴塗系統，用於製作特殊奈米結構之抗腐蝕阻熱層-----	29
圖十八	日本 Yoshida 教授研發之抗腐蝕阻熱層擁有獨特奈米結構及優異導熱性質，此阻熱層含 ZrO_2 、 HfO_2 、 Y_2O_3 及 La_2O_3 材料 -----	30
圖十九	日本 NEDO 研究機構在氮化物半導體單晶基板與磊晶成長技術的研發與應用規劃 -----	31
圖二十	日本 NEDO 研究機構在三維光學元件研究計畫，最終產出成果之應用規劃示意圖 -----	32
圖二十一	日本 NEDO 研究機構應用奈米碳管具有高密度(density)、高純度(purity)、與高方向性(orientation)等特性，研製具有雙層結構的電容-----	32
圖二十二	日本 NEDO 研究機構藉上游與下游工業的合作，以及跨業界的合作，利用創新的奈米技術來執行支持五種新工業領域關鍵元件的發展示意圖-----	33
圖二十三	日本 NEDO 研究機構所發展的奈米顆粒重量量測示意圖與量測圖 -----	33
圖二十四	日本 NEDO 研究機構在先進陶瓷反應器(advanced ceramic reactor)計畫中所開發的陶瓷反應器-----	34
圖二十五	日本 NEDO 研究機構將建立適合形成大面積軟性有機薄膜電晶體(flexible organic TFT)元件的接觸式印刷技術(contact print)，以實際應用於由全軟性元件組成的顯示器-----	34
圖二十六	核研所奈米儲氫材料展示的海報-----	35
圖二十七	台灣東元應材公司利用 CNT 製作的透明廣告顯示牌-----	35

圖二十八	韓國 Carbon Nano-material Technology 公司量化生產 CNT 的設備，(a)圖為製程系統示意圖，(b)圖顯示其設施外觀以及生產的 CNT-----	36
圖二十九	韓國 Carbon Nano-material Technology 公司將生產之 CNT 和金屬粉末製作成複合物之示意圖及其外觀-----	36
圖三十	韓國 Carbon Nano-material Technology 公司將生產之 CNT 和金屬粉末製作成複合物，並將其製作成不同型態之煞車墊片-----	37
圖三十一	韓國 Daejin 公司將生產之 CNT/polymer 複合材料，製作成變焦相機之齒輪組 -	37
圖三十二	韓國 Daejin 公司將生產之 CNT/ABS 複合材料，製作成音響面板與汽車門飾的情形 -----	38
圖三十三	韓國 Daejin 公司將生產之 CNT/Al 合金的複合材料，利用散熱特性所製作的 LED 散熱槽、散熱板及熱片-----	38
圖三十四	韓國 EXA E&C 有關 CNT 製程和處理之程序和用途 -----	38
圖三十五	韓國 EXA E&C 公司藉由 CNT 的導電性，製作為淨身盆之加熱器，左圖為淨身盆外觀，中右圖為加熱器的示意圖和外觀-----	39
圖三十六	韓國 EXA E&C 公司藉由 CNT 的導電性，製作為淨身盆坐墊之加熱組，左圖為淨身盆坐墊之外觀，中右圖為加熱器的示意圖和外觀-----	39
圖三十七	韓國 EXA E&C 公司藉由 CNT 的導電性，製作為空調之加熱組，左圖為一般之加熱絲所製作之加熱組，右圖為以 CNT 製作之空調加熱器組外觀 -----	39

表 目 錄

表一 參展產品領域及技術分類	40
表二 以 CNT 製作之加熱器和傳統電熱絲加熱器之比較	40

一、目的

每年一度的 International Nanotechnology Exhibition and Conference 2008 nano tech, 主要是提供國際間所有的國家級奈米研發計畫、公民營研究機構或是大、中小產業機構, 有關現階段奈米研發現況與奈米相關產業之產品、技術與設施之資訊交換與公開展示的一個平台。因此, 除了主辦國日本之外, 也吸引國際間許多國家的參與, 紛紛以國家主題館的方式呈現, 如英國、德國、韓國、加拿大、西班牙與台灣等。由於規模龐大又展示內容豐富, 每年吸引不少國內外專家學者、學生與產業管理、企劃與研發階層的人員參與與參觀。當然, 日本人因地利之便參觀者佔了大部分, 然而許多亞洲國家的相關研究或產業人員, 或組團或單獨行動, 都可發現他們的身影。在此認知之下, 國科會之奈米國家型計畫辦公室, 即整合台灣參與奈米計畫之學校、研究機構與產業界, 以台灣主題館之名義參與此盛會, 核研所基於參與奈米相關研發計畫, 已有 5 年的時間, 有一些值得公開並宣揚所譽的研發成果, 也期望藉此找尋未來可能技轉的產商, 也以堅強的團隊參與, 展示本所固態氧化物燃料電池(SOFC), 包括電漿噴塗及帶鑄-網印兩種研製技術之 $10 \times 10\text{cm}^2$ 電池, 聚光型太陽能電池(concentration solar cell)與模組(module)單元實體, 及金屬有機骨架材料(Metal-Organic Framework, MOF)貯氫研發成果。參加本次總合型的奈米技術展覽, 可以廣泛的瞭解國際上各國在奈米技術上的研發、應用與產業技術現況, 並收集國際研發資訊, 協助本所計畫推動及未來策略擬定之參考。此外, 也期望藉由參與此盛會, 獲取國際間有關奈米材料應用於儲氫用途的研發現況; 加之, 以往在奈米碳管的儲氫研究也有一定經驗, 因此, 也希望蒐集奈米碳管研發近況以及其產業應用發展的資料, 都是此行的主要目的。

二、過 程

2月12日(星期二):

08:20 由桃園中正國際機場出發，於 12:15 到達東京成田機場，再搭專車於 1 小時後到達位於東京灣旁的友明(Ariake)華盛頓大飯店。本日主要行程為住宿房間確定、行李定位、準備參展資料、到展覽館完成會場佈置工作及熟悉展場附近環境。

2月13~15日(星期三~五):

參加於東京國際展示場(Tokyo Big Sight)舉行，為期3日的2008年日本國際奈米展。本次東京奈米技術展覽會共有來自世界各國，包括挪威、瑞典、英國、德國、韓國、台灣及主辦國日本等國家的廠商、研究機構及學校等單位合計共有524個企業及團體參展，參展攤位有880個，編號為B-01~B-53/ C-01~C-30/ D-01~D-37/ E-01~E-49/ F-01~F-27/G-01~G-45/H-01/N-01~N-17)。台灣館分配於B-53，靠近Seeds and Needs Seminar A會場，位置適當。台灣展示館編號B-53與英國館及日本NEDO展示攤位相鄰，便於了解互相的技術及研究方向。除本所外，另有工研院、國衛院、紡織中心、4家廠商、教育部及相關大學等14個單位參與。於“台灣展示館”中以25個攤位同時呈現我國奈米技術發展現況，圖一為台灣展示館一隅。本所包括有兩個攤位參展(如圖二與圖三所示)，一個攤位展示固態氧化物燃料電池，包括電漿噴塗及帶鑄-網印兩種研製技術之 $10 \times 10\text{cm}^2$ 電池，及聚光型太陽能電池(concentration solar cell)與模組(module)單元實體研發成果；另一個攤位展示有機金屬構造體(metal organic frameworks, MOF)貯氫研發成果，吳茂昆院士及我國駐日代表曾至台灣館表示關心(參閱圖四)。其中核能所現階段所開發之奈米儲氫材料，係一種IRMOF-8的金屬有機骨架材料(Metal-Organic Framework, MOF)，發現藉由架橋處理後，其吸氫量在室溫及6.9 MPa壓力下，最大之飽和吸氫量可以到達4.7 wt%，預期若增加壓力及吸氫時間，吸氫量在常溫及10 MPa壓力下，可以超過5 wt%以上。至於在氫氣脫附方面，溫控脫附測試儀(Temperature Programmed Spectrum, TPD)測試結果也顯示在常溫與常壓條件下，可以釋放氫氣，如圖五所示。此外，為了明白此金屬有機骨架材料，在未來填充於儲氫匣運作可能的問題，我們也建立了每爐次可生產約5g級IRMOF-8試樣的量化製作之系統與技術，並經過適當的架橋處理，置放於我們所設計與製作的28 cc儲氫匣中，並連結調壓器、流速控制閥、PEM燃料

電池堆與電位控制箱，成功的推動3 W iPod Shuffle播放音樂，如圖六所示。此項研發進展之資訊與MOF儲氫匣應用之展示，確確實實說明了奈米材料在儲氫的應用，已有一定的突破與進展，值得公開發表也期望尋找知音廠商，以開啓未來合作與技轉的可行性。

另有五項(參閱圖七)與Nano tech 2008展示會同時舉行的展示會及會議，分別敘述如下：

- a) Nano Bio Expo 2008。計34個攤位(即A-01~A-34)，技術會議需收費方可入場。
- b) Converttech Japan 2008/Neo Functional Material 2008(新機能性材料展2008)。計有186個攤位(即 I-01~I-186)，無需收費即可入場。參展者以日本公司為主，也有少數中國公司參與，其中Praxair Surface Technologies K.K.公司專精於以電漿噴塗技術製作耐磨及耐腐蝕塗層。
- c) METEC 2008(表面加工處理聯合展)及ASTECC 2008(尖端表面技術展與會議)，以日本公司為主(H-01~H-87)，主要提供機會讓有表面加工需求者及提供者能當面確實了解問題，技術會議需收費方可入場。
- e) 主要參展家數最多者為日本之產、學、研發單位。各大公司皆派出陣容，擴大宣傳與商機。每個攤位佈置多樣主題，聲勢甚大。
- f) 主要國際參展館(Pavilion)，依序為:Australia (F-04)、Canada (F-06)、Finland (C-26), France (G-35)、Germany (C-19)、Italian(B-51)、Korea (B-27)、Russia (F-21)、Swiss (C-31)、Spain (F-02)、UK (B-49)，較引人注目。

韓國今年也有 16 單位參加展覽，主要集中在奈米碳管(Carbon nanotube (CNT))的製備及應用，說明如下：(a)Cluster Instruments Co., Ltd. 其產品為高分散性的奈米碳管溶液、高分子及奈米碳管複合物，(b)Carbon Nano-material Technology Co.主要是利用熱化學氣相沉基法(Thermal Chemical Vapor Deposition)生產多壁奈米碳管 (Multi-wall carbon nanotube)、石墨奈米纖維(Graphite nanofiber)(參閱圖八)，(c)DAEJIN INDUSTRIAL Co., Ltd. 主要技術是將 Polymer-CNT Composite 及 Fe alloy-CNT 應用在汽車組件上，(d)Sungkyunkwan University 研究製作 CNT 及 CNT/Polymer nanofiber composite。整個展覽活動於 2 月 15 日 17:00 結束。

2 月 16 日：

於 10:00 check-out 旅館，搭專車於 1 小時後到達日本成田機場，14:30 離開日本東京並於 18:45 返抵台灣桃園機場。

三、心得

此次公差乃赴日參加 nano tech 2008 國際奈米技術展覽會，其展出內容包羅萬象，內容主要分為七大項，包括: Materials, IT & Electronics, Biotechnology, Nano Fabrication Technology, Evaluation & Measurement, Environment & Energy, Others，各項參展之產品及技術說明列於表一。本次展覽會包含各國廠商、學校及研究機構等單位，如韓國、英國、義大利、德國、芬蘭、瑞士、加拿大、法國、蘇俄、澳大地、台灣及主辦國日本等23個國家及區域參與，共524企業及團體，880個攤位進行展出。台灣主題區(Taiwan Pavilion)內有中央研究院物理研究所及原力精密機械有限公司、國家衛生研究院、工業技術研究院、行政院原子能委員會核能研究所、財團法人紡織產業綜合研究所、4家廠商、教育部及相關大學等共14個單位25攤位參加。本所展出包括ASC及MSC兩種型式之固態燃料電池(SOFC)、聚光型太陽能電池及貯氫組件。參加本次多樣性奈米技術展覽，可以廣泛的瞭解國際上各國在奈米技術上的研發、應用與產業技術現況，並收集國際研發資訊，協助本所計畫推動及未來策略擬定。

綜合參與此次奈米展之心得概述如下：

A. 燃料電池方面：

日本「燃料電池產業推進協議會」於「奈米技術商事創評發起」(Nanotechnology Business Creation Initiative)資訊中，規劃SOFC材料、SOFC單電池及電池堆、小中大各型量產、產品低價格化及普及化的完整進度與期程。這明白顯示出日本對SOFC產業的高度期待與重視。雖然日本在SOFC技術與進展，對外相對資訊與產品相對封閉，但內涵可能不輸歐美，值得注意(參閱圖九及附錄一)。在其規劃中：

- (1) SOFC材料方面：到約2008年，需開發(a)高性能化、(b)高活性化、(c)提升信賴性、(e)低成本化等技術。從2008到2015年，需完成導入奈米技術，達到(a)電極奈米結構化，高活性化，構造安定化，同時需防止奈粒子成長，(b)介面構造奈米化，提升導電率及防止Interconnector毒化，(c)奈米結構控制，提升seal信賴性及承受thermal cycle的耐力。從2015到2020年，必需做到(a)上述各項技術之確實建立，(b)量產化，(c)提升品質及信賴性及(d)降低成本。
- (2) SOFC Cell / Stack方面：到約2008年，需開發(a)高輸出電力化，(b)低溫工作化，(c)長壽

命化及(d)降低成本等技術。從2008到2013年，需達到(a)輸出電力： $0.2 \rightarrow 0.4 \text{ W/cm}^2$ ，(b)工作溫度： $800 \sim 1000 \rightarrow 650 \sim 800^\circ\text{C}$ 及(c)劣化率： $0.25\%/1000$ 小時以下。從2013~2020年需做到(a)輸出電力： $0.2 \rightarrow 0.4 \text{ W/cm}^2$ ，(b)工作溫度： $650 \sim 800 \rightarrow 500 \sim 800^\circ\text{C}$ ，(c)劣化率： $0.1\%/1000$ 小時以下及(d)成本：數十萬 \rightarrow 數萬日圓以下。

(3) SOFC System方面：到約2008年，需開發(a)提升發電效率，(b)提升耐久性，(c)低成本化及(d)燃料多樣化等技術。從2008到2010年，需做(a)發電效率達 $\sim 40\%$ ，(b)工作時間達1萬小時，(c)開發SOFC系統標準化之評價方法及(d)開發多樣燃料。從2010到2015年，需做(a)發電效率達大於 42% ，(b)工作時間達4萬小時，(c)成本達 $100 \sim$ 數百萬日圓/kW，(d)建立燃料多樣化及(e)建立SOFC系統標準化之評價方法。從2015到2020年，需做(a)發電效率達 $42 \sim 60\%$ ，(b)工作時間達 $4 \sim 9$ 萬小時及(c)成本達 $100 \sim$ 數十萬日圓/kW。

(4)在製品方面：

分成小容量定置型(含家庭用)、中容量定置型、小型攜帶用參種及大容量電氣事業用共生機種。小容量定置型(含家庭用)：從約2008~2012年，要導入kW級以下實証樣品機種，從2012~2015年，要初期導入量產型機種，從2015~2020年，要導入及擴大普及型機種。中容量定置型：從約2009~2012年，要導入數十~數百kW實証機種，從2012~2017年，要初期導入量產型機種，從2017~2020年，要導入及擴大普及型機種。小型攜帶用方面：從約2008~2012年，要導入數百W級以下實証樣品機種，從2012~2017年，要初期導入量產型機種，從2017~2020年，要導入及擴大普及型機種。大容量電氣事業用共生機種方面：從2015~2020年，要導入數MW級以上之實証機種。

日本新能源與工業技術發展機構(New energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)為日本最大的研發機構，其技術領域涵蓋半導體材料、精密機械、航空器、燃料電池、太陽能發電及環境技術開發等。NEDO的先進陶瓷反應計劃中，開發高效率小體積高功率固態氧化物燃料微小型單電池及電池模組，以管狀或蜂巢結構為主(參閱圖十)。管狀模組之單元電池採用 0.8mm 及 1.6mm 直徑，長 15mm 圓柱形電池，電池材料為NiO-GDC/GDC/LSCF-GDC，宣稱具世界最高之功率密度 1 W/cm^2 at 570°C ，或 2 W/cm^3 below 600°C (參閱圖十一)。其蜂巢結構之燃料電池堆在 600°C 時具 1.2 W/cm^3 的功率密度(參閱圖十二)。這類小體積高功率固態氧化物燃料電池模組具備快啟動(fast startup)特性(參閱

圖十三)。NEDO 也開發以單壁奈米碳管製作高能量貯存密度電容器之技術(參閱圖十四)。加拿大 Tekna 電漿系統公司專長以電感式電漿火炬為加熱工具製造各式金屬及金屬氧化物奈米粉末，並可將粉末外形球狀化而改進粉末的流動性，也可增進粉末的密度及純度。電感式電漿火炬的優點有(a)無電極污染，(b)電漿體積大及(c)加熱粉粒的時間長。Tekna 可生產 30kW 實驗型及 60kW 先導型電感式電漿系統，從事奈米粉末研製及生產(參閱圖十五)，該公司曾生產過的奈米粉特性示於圖十六。

日本東京大學 Yoshida 教授結合熱電漿噴塗鍍膜、物理蒸氣鍍膜及化學蒸氣鍍膜三種技術之優點，開發一套混合型雙槍真空電漿噴塗系統(參閱圖十七)，可製作特殊奈米結構之抗腐蝕阻熱層，使用於該阻熱層的材料含 ZrO_2 、 HfO_2 、 Y_2O_3 及 La_2O_3 ，此阻熱塗層之微結構及導熱性質示於圖十八。

B. 太陽電池及半導體相關之應用：

此次所參展的廠商及研發機構中，除了本所外，鮮少有關於太陽電池方面的展示。不過由所收集的其他資料中發現日本新能源與工業技術發展機構(New energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)在奈米技術與材料技術的發展計畫上做了相當完善與整體性的規劃，極具有參考價值，茲將其主要內容敘述如下：

在奈米技術方面總共包含有結構性材料與基本材料 (Structural materials & fundamental materials)、半導體與電腦組件 (Semiconductor and electronic parts)、光學元件 (Optical devices)、奈米製造 (Nanofabrication)、以及奈米量測 (Nanometrology) 等項目。而在材料技術方面則包含有燃料電池 (Fuel cells)、資訊設備 (Information appliances)、對環境有利的能源 (Environmental friendly energy)、汽車材料 (Automotive materials)、材料創新與材料處理技術 (Material creations and material processing technology)、以及量測與評估 (Measurement and evaluation) 等項目。

其中在 Structural materials & fundamental materials 方面主要係發展奈米結構的 Polymetric 材料，並且著重基本材料相關的分子級材料設計與奈米級高階的結構控制的研發；另一方面，該項計畫亦針對光學/電子(optical/electronic)材料進行研發，包括低介質損失材料(low dielectric-loss materials)、高熱阻材料(high heat-resistant materials)、高性能晶粒黏著劑(high

performance die bonds)與絕緣體薄膜(insulator films)。除了上述的項目外，該計畫也針對汽車用途的結構性材料進行研究開發，例如軟性線披覆材料(flexible wire coating materials)、水性顏料(water base painting materials)、與高強度紡織原料(high strength textile)。

在 Semiconductor and electronic parts 部份，主要係研發氮化物半導體單晶基板與磊晶成長技術(nitride-based semiconductor single crystal substrate and epitaxial growth technology)，並且開發大面積高品質單晶晶片，藉以超越現存的技術，製作高功率元件、超高效率的功率元件(power element)，與超高速率(ultra high-speed)的電子元件，最後並且著眼於節能方面的用途(參閱圖十九)。

在 Optical devices 部份，主要係針對三度空間的光學元件(three-dimensional optical devices)發展高效率的製程技術。計畫的著眼點在於利用玻璃材料所具有的特色，例如寬廣、連續的材料選擇範圍與高結構自由度(structural degree of freedom)，開發適合被使用於未來的資訊傳輸系統，以滿足高容量與高資料傳輸速度的需求，並且減少各種元件的尺寸、重量與能量消耗。因此，該項研究計畫選定玻璃材料為奈米技術的發展對象，計畫目的在於藉由較高的機器精準度改善元件特性，並且結合 femtosecond laser 與 spatial light modulation 技術獲取較高的製程速率，進一步降低製造成本。另外，該計畫亦經由開發三度空間的光學元件(3-D optical device)技術與三度空間的光學線路波導元件(3-D optical circuit waveguide)技術，展示高效率三度空間光學元件製程技術的效益；計畫典型的輸出產品將包含如光碟讀取頭、數位像的光學組件、機器人的眼睛、與光學資訊處理的三度空間光學線路，相關資訊如(參閱圖二十)。

在 Nanofabrication 部份，包括奈米碳管(carbon nanotube)發展計畫與實用奈米元件的奈米技術研發計畫。其中，於奈米碳管(carbon nanotube)發展計畫方面，主係利用奈米碳管作為電容的電極材料，取代一般常用的活性碳(activated carbon)，藉以降低電容的內部電阻；另外，由於奈米碳管材料具有高密度(density)、高純度(purity)、與高方向性(orientation)等特性，其每單位特性面積(specific area)的電容積(electric capacity)較一般活性碳為高，因此，在高能量密度電極材料應用上極具潛力，應用上述的奈米碳管特性，具有雙層的電容(參閱圖二十一)將被開發，以實現具較高輸出(output level)、較高能量密度(energy density)、與較長使用壽命(operation life)的電容；而計劃的最終目的則在開發具有 20Wh/kg 能量密度

(energy density)、10kW/kg 功率密度(power density)與 15 年使用壽命(service life)的電容元件。而在實用奈米元件的奈米技術研發計畫方面，主要係藉上游與下游工業的合作，以及跨業界的合作，經由利用創新的奈米技術來執行支持五種新工業領域關鍵元件的發展(參閱圖二十二)，包含資訊設備(information appliances)、燃料電池(fuel cells)、機器人(robots)、保健/福利設備與服務(healthcare/welfare equipment and services),以及環境/能源設備與服務(environment/energy equipment and services)；其中，經過第一階段三年的委託(entrusted)研究後，篩選出具有前景的項目，繼續進行第二階段兩年的資助(subsidized)研究，計畫所開發完成的元件必須於第二階段執行完畢後三至五年後進行商品化。

在 Nanometrology 方面，係以發展奈米技術材料的度量技術為重點。其主要是根據日本國家標準來準備參考材料，並應用於奈米材料，藉以確保材料可靠度，加速研發創造超微物件結構。研發項目包含薄膜的熱物理特性與介面熱阻抗的精確量測技術，以及奈米科粒物理特性、奈米細孔結構特性與奈米表面組成的量測技術，如圖二十三所示為量測奈米顆粒重量的示意圖與量測結果。至 2007 年止，已有超過 8 種新的奈米參考材料，陸續被開發完成。

在 Fuel cells 方面主要為先進陶瓷反應器(advanced ceramic reactor)計畫，開發技術以由可低溫操作的材料製作實際組件，以及開發整合為組件形成模組的技術，藉以實現較高效率與具有快速開啓與停止 (ON/OFF) 的較小型元件，並且整合所發展的結果製作展示一雛型模組，其中該雛型模組係於 650°C 或較低溫下具有大於 2kW/liter 的高能量密度，提供使用於輔助電力單元(auxiliary power unit, APU)，圖二十四為計畫所開發的陶瓷反應器。

在 Information appliances 方面主要包含發展超軟性顯示組件技術(technological development of superflexible display component)計畫與次世代奈米結構光學元件與製程技術計畫。在超軟性顯示組件技術發展計畫部份，將開發可疊層(laminate)輕薄型功能性材料的 roll-to-roll 技術，藉以製作具顯示功能的組件，另外也將建立適合形成大面積軟性有機薄膜電晶體(flexible organic TFT)元件的接觸式印刷技術(contact print)，以實際應用於由全軟性元件組成的顯示器(參閱圖二十五)。而在次世代奈米結構光學元件與製程技術發展計畫部份，將實現可滿足較高可靠度、較低成本、與較多功能整合等三項基本需求的創新奈米結構光學元件，其中，玻璃組件、與高速大面積的微鑄造(micro molding)製作技術將被建立。

C. 儲氫及奈米碳管方面：

1. 核研所奈米金屬有機骨架材料儲氫應用的展示：

爲了參與此次在日本舉辦之奈米展示，參與金屬有機骨架材料儲氫可行性評估計畫的科技人員，即各司其職的準備海報、宣傳單、實物與動畫影片，爲了在展示期間不僅吸引專家的注意，也希望引起一般參觀者的興趣，其中海報與宣傳單除了清晰的照片外，文案都採用英、日兩種文字，海報則如圖二十六所示，內容主要顯示金屬有機骨架材料(MOF)的結構、提昇吸氫量處理的示意圖，以及目前所獲得之最佳吸氫量，以及吸氫量測結果的確認與肯定；實物則包含各約 5g 的 MOF 以及經過架橋處理的 MOF，以及自製的儲氫匣；動畫影片的內容則包含說明何以發展奈米多孔之 MOF 儲氫材料的原因，以動畫呈現 3D 的 MOF 結構與其形成的孔洞隧道，其次也以動畫說明移轉(spill-over)的機制，也就是說藉由氫分子接觸到白金觸媒，解離成氫原子再藉由擴散，再儲存至多孔之 MOF 儲氫材料中，由於鍵結能大概在 20 kJ/mole 左右，因此在室溫下當壓力下降時，即可釋放氫氣推動 PEMFC 放電；隨後即以影片展示我們所設計與製作的 28 cc 儲氫匣，並連結調壓器、流速控制閥、PEM 燃料電池堆與電位控制箱，成功的推動 3 W iPod Shuffle 播放音樂的情形。

由於展示的議題與材料較偏向於燃料電池的用途，而燃料電池展即所謂的 4th International Hydrogen and Fuel Cell Expo FC EXPO 2008 的盛會，即將於 2 個禮拜後即於 2 月 27 日至 2 月 29 日，在同樣的地點召開會議和展示的盛會，因此，大部分對儲氫材料發展或儲氫系統精進有興趣的機構或專家學者，可能就選擇參與或參觀燃料電池展的盛會，而放棄參觀此次之奈米展，所以到我們攤位參觀或詢問的機構或專家學者，並沒有預期的多，然參觀者大致可分爲兩種類別：一般參觀者和氫能燃料電池工作參與者。一般參觀者都是由於我們的海報、實物及動畫影音所吸引，很好奇的進入攤位參觀，其中無法以英文溝通者，他們都會細心的閱讀相關的文案以及動畫所傳遞的訊息，至於可以用英文溝通者，則詳細說明研發的目的、何以採用 MOF 奈米多孔材料作爲吸氫材料？現階段研發的結果與儲氫匣展示的應用成果等，其中包括如日本 iLika 的事業開發部長(Business Development Director) Tak Ishikawa 等人員，他主要的興趣即在於儲氫匣系統組成的零組件，並認爲假若氫能經濟能夠起動，他們公司生產製作的高壓閥等組件就有相當大的市場，因此，對於我們開發壓力在 1000~1500 psi 的儲氫匣系統，應該有相當的接受度和普及性。

至於有參與氫能燃料電池系統開發而至本攤位參觀者，大概可以分成三種類別：分別為蒐集有關奈米吸氫材料近況資訊的廠商、已佈局氫能經濟之廠商以及進行開發 PEM 燃料電池應用系統之廠商；足見此相關議題之研究，不僅是研究機構在努力的項目，其研究結果與進度也被廠商所重視並隨時掌握切入之商機。其中蒐集有關奈米吸氫材料近況資訊的廠商，以韓國 LG Chem 公司的研究員(Principal Research Scientist)Jin-Nam Park 博士為代表，除了詢問吸氫的重量密度外，還詢問相關的容積儲氫密度以及 MOF 的密度，然後當場即計算一個容積內大概的吸氫量，以及可以推動的負載等議題，顯示他們對 MOF 儲氫材料研發資訊的蒐集，已有相當的時日，也是有備而來的。最後，並詢問目前的 MOF，其中編號那種 MOF 其吸氫能力較大，當告知為 IRMOF-8 較好時，他認為此結果與他們分析的結果還相當吻合。當反問他們何以對吸氫材料如此關注？他回答他們公司已注意質子膜燃料電池(PEMFC)的應用已有一段時間，尤其，對其中最關鍵的儲氫技術研發的進展與數據，都會巨細彌遺的蒐集與研判，作為公司未來投資或開拓產業的參考與依據。至於參觀者中，所服務或負責公司已佈局於氫能經濟之廠商，其中較具代表的是日本 CDM Infrastructure & Environmental, Inc.公司的負責人 Shinichi Higashida 為代表，開門見山即詢問現階段 MOF 儲氫材料每克成本為多少？目前吸氫數據以及釋放氫氣的條件等問題，當告知目前以實驗室數百 mg 級合成之架橋 MOF 試樣，每克成本約需美金至少約為\$15~25，量化製作後應可大為降低，他認為未來還須壓低成本才有競爭的機會，並認為其吸氫能力以及能夠於室溫下即釋放氫氣，應有相當的前景及應用性。至於參觀者，其所服務之公司已從事開發 PEM 燃料電池應用系統之廠商，則以日本 KURIMOTO, LTD 公司技術發展的市場經理 Shigeo Fukui 為代表，他們公司目前和台灣亞太燃料電池公司已有合作，開發以 PEM 燃料電池為動力的電動機車及電動醫療椅，已有產品在市面上市與展示，據悉他們是採用傳統 AB5 金屬氫化物為主要的儲氫材料，儲氫值在室溫約為 1.4~2 wt%之間，因此，提昇或尋找更高儲氫值的材料，也是他們積極努力的目標，當他獲悉我們開發的架橋 MOF 試樣，在室溫已有如此高的吸氫量，並且在室溫即可釋放氫氣，即認為未來應有合作的空間，並詢問我們在台灣是否和亞太燃料電池公司有接觸？我們誠實告知目前尚未接觸，主要是目前合成量尚屬於實驗室級，而 5g 級量化合成量的吸氫再現性尚需掌握，待我們 97 年計畫執行時，能夠成功展示 100W 負載的應用系統，又可成功合成具再現性的 MOF，屆

時會主動接觸國內所有開發 PEM 燃料電池為應用動力的廠商，期望能夠達成技轉的目標，提昇並擴大國內產商在 PEM 燃料電池應用的產業，帶動整個氫能產業的產值。

此外，從另一個角度的觀察，參展的攤位除了我們展示此項儲放氫功能的奈米材料外，並未發現有類似展示的內容，其原因可能有些研究機構或廠商，將類似研發成果擺在即將於 2 月 27 日至 2 月 29 日，在同一展覽館所展開的 4th International Hydrogen and Fuel Cell Expo FC EXPO 2008 的盛會；當然也不排除國際間在奈米儲放氫材料的研發上，尚未有所突破以致無法將其研發成果，有系統的介紹與展示。這也更顯示我們在少量材料合成與架橋處理的試樣，已有相當高的吸氫量，在 5 g 級的量化製品也可以應用於小功率瓦數的應用展示，都說明我們目前在此項議題研究上，雖不敢誇稱世界第一，但是位居於國際間領導地位的一群，應是不爭的事實。綜合此次參展的經驗，因為以往從來沒有擺攤位並擔任說明與介紹人員的經驗，只是扮演純參觀者的角色，方了解個中的滋味，也比較知道參觀者的需要與目的，對於未來參與展示會有更妥善且更親切的準備。

2. 國內東元奈米應材公司的奈米碳管應用的展示：

當奈米碳管(carbon nanotube, CNT)於 1991 年由 NEC 的 Ijima 博士開發出來後，有關其結構與各種導電特性、機械特性及傳熱特性也相繼的被公開後，吸引相當多的專家學者，針對其特性開發相關應用之產品，由於奈米碳管的直徑約數奈米(nm)，而長度則為數毫米(μm)，此優異的縱橫比(aspect ratio)被視為是最佳的點發射源，也就是說利用很低的外加電壓，就可以在奈米碳管之頂端釋放出相當大量的電子束，被認為具有發展為光源及平面顯示器的潛力，因此相當多的國際知名品牌公司與學校及研究機構，都投入相關的研究；而且事實上日本 NEC 及韓國 Samsung 都曾陸續展示不同尺寸的平面顯示器，動態的影像畫面每每在展示會場，都吸引參觀學者專家和一般民眾的目光，其優美的輕、薄特徵，咸認為是下一代的電視或顯示器的主流，此次參與此盛會也期盼能夠蒐集並參觀類似產品的進展訊息，然整個會場卻再也沒有發現類似產品的展示雛型，足見以往所挑剔的缺點，諸如發光的均勻性及使用壽命，還是無法克服，雖然國際間還是持續探討研發相關的議題，例如於基材上控制觸媒的大小、觸媒的分佈與其密度，希望長出特定密度且直徑均勻且垂直於基材的奈米碳管，以解決發光無法均勻的缺失，甚至後期也有研究機構，認為奈米碳管並不需要垂直於基材，還是可以釋放電子打擊螢光再發光，也於基材上長出方向不一的奈

米碳管，測試其發光特性，然這些各種的努力，可能都無法克服其先天與生俱來的問題，因此只好結束相關議題的研究及類似產品的展示。

雖然期盼能夠參觀上述奈米碳管平面顯示器的展示，但緣於上述理由無法得見，總是難掩失望之情，然而未料到在同為台灣主題館的私人企業公司，以奈米碳管製作的產品卻讓人驚豔。依據東元奈米應材公司的兩位代表的說法，也就是經理郭志徹博士及總經理室專案主任陳沛璋兩位，當初他們公司也是看好藉由奈米碳管之頂端，能夠釋放出大量電子束的特性，開發平面顯示器應有其未來性及商品化的潛能，然基於上述的理由也遭遇類似的瓶頸問題，還是無法突破。然他們參與工作的同仁，卻思索若此材料無法滿足平面顯示器所需的解析度或均勻度，是否有可以應用其在較低解析度又可以接受其均勻度的可能產品呢？一個透明廣告顯示牌用途的創意概念，就讓他們眼睛為之一亮，仔細評估現階段不同廣告顯示器的優缺點與價格的高低後，咸認為如此的產品，將和市面上通用的 LED 廣告顯示牌有所區隔，值得開發並推廣此概念。因此，他們仔細計算亮點安排的大小、密度與分佈，使其在玻璃板上的分佈，顧客仍然可以透過眼睛視角之故，可以看到後面的景物。因此，在一片可導電玻璃基材上網印上述大小、密度與分佈的奈米碳管薄膜，另一片相對應之玻璃基材上的對應位置則網印特定顏色的螢光粉，如紅、綠和藍三種顏色，再將兩片玻璃抽真空並於四周密合，即可外加施以正負電壓，於奈米碳管薄膜上激發出電子束，再撞擊到所安排的螢光粉予以產生光線，若經過編寫的軟體控制，就可以在特定的時間格安排那些特定點發光而有顏色，若此即可在此玻璃基板上顯示廣告所欲表現動態的影像文字，達成推銷廣告產品的目的。如圖二十七所示透明的廣告顯示牌。

尤其它整體和 LED 廣告顯示牌有所區隔之透明的特性，更能吸引顧客的目光，隨即將廣告欲推展的概念與欲推銷的商品，即傳達到接收者或顧客的腦海中，達成刊登廣告者的需求與目的，雖然其價格目前較之傳統普遍採用的 LED 廣告顯示牌為高，然其獨具的透明性，可以吸引更多的消費者，如此或可足夠彌補較高價位的投資。在展覽館中藉由此賣點，的確吸引相當多的企業負責人、企畫人員、專家學者與一般民眾的駐足觀賞、索取資料和聆聽解說，獲得不少的好品及賞識，甚至已有參觀者當場願意掏現金採購的意願，可以說明其成功之處，在於能夠轉個彎的思維特性。這件事實說明雖然原先擬採用奈米材料特性所研發之初期展示產品，有時因無法突破並滿足原先規劃產品的規格需求，而驟然結束相

關的研發工作，並不代表此奈米材料完全無法應用到其他產品的可能，畢竟有些產品的規範不需要如此嚴苛，只要能夠應用其特性或可將其創造滿足較低規範的新商業產品，也能創造未可知的市場。台灣東元奈米應材公司，這種原擬將奈米碳管開發應用於平面顯示器，然因故無法滿足其需求，研究人員即腦筋轉移到開發透明之廣告顯示牌的創意，就是一個相當經典的例子。因此，針對奈米材料特性並思考開發適合其定位的商品，的確是每個參與奈米材料研發的研究人員，必須具備的視野與思維。

3. 韓國館奈米碳管應用的展示：

由於從事奈米儲氫材料研發工作以來，早期即認為奈米材料的高比表面積及適當的孔洞大小，如單層奈米碳管的內徑 2~5 nm，多層奈米碳管之內徑約 5~10 nm 以及層與層間 0.34 nm 的尺寸，都適合儲存氫氣，因為動態氫分子直徑為 0.298 nm，應有機會吸附在碳六角結構的中間位置，而有很高的重量吸氫密度，且當時的資料也顯示奈米碳管有不錯的吸氫能力，那知投入類似奈米碳管吸氫能力的研究後，諸如合成參數的改變以控制奈米碳管的直徑，以及後續的氧化劣化處理，其在室溫吸氫量還是無法有所突破並予以期待。雖然，目前探討儲氫材料已聚焦於金屬有機骨架材料，但基於對奈米碳管的熟悉與認識，因此利用參與此盛會的機會，對於奈米碳管的產品與產業機會，特別予以注意並蒐集相關的資訊。誠然此次盛會並未發現奈米碳管應用於儲氫的研究，而且根據曾參加前幾次盛會的業者告知，此次展示會議中奈米碳管的應用產品已大為減少，其原因不外乎先天奈米碳管難以改善的特性以及後天處理的困難，使得其應用面大為減少，但是還是可以發現有較成熟的商品出現，尤其是韓國館展示的奈米碳管應用物品，值得國內業界與研發單位的重視與關注。因此，特別予以詳細的介紹：

在進入深入談到奈米碳管的應用之前，首先不可忽視的就是量化生產技術的建立，也就是說能夠控制產品的種類、數量、規格與品質，更能壓低成本，以便應付不同應用商品的不同規格需求。韓國 Antipass 有限公司，是全世界奈米碳管大量生產具領先的公司，他們的產品包含單層奈米碳管，直徑從 1~13 nm，可以應用於複合材料、透明導電薄膜及例如化學偵測器之奈米電子元件等；多層奈米碳管平均外徑從 15 nm 至 30 nm 之間，主要是應用於例如防止靜電(ESD)油漆的功能複合材料與導電聚合物；而薄壁多層奈米碳管，平均外徑從 3 nm 至 5 nm 之間，相當適合於場發射顯示器之應用。由於他們具有專利的製程，可

以依需求量的量化製作技術與降低成本的生產技術，加上生產的奈米碳管，較之傳統化學氣相沉積法(Cheical Vapor Deposition)所製作者，有比較少的缺陷和較佳的熱穩定性，可以應用並產生較佳的商品。加之，每年可生產噸級的奈米碳管，價格具有相當的競爭性，價格從每克數毛美金至每克數拾美元不等，端視規格、純度與數量而定，只要開發出奈米碳管的應用商品，此產業將具有相當的前景。另外一家奈米碳管生產的公司為 Carbon Nano-material Technology Co.公司，他們使用傳統的 CVD 方法，其製程設備的示意圖如圖二十八(a)，而實際的合成生產設施則如圖二十八(b)所示。他們除了生產滿足客戶需求的奈米碳管外，他們自己還生產奈米碳管和金屬粉末所形成的複合物 (CNT/metal composite)，其原理和產物外觀如圖二十九所示，由於不同測試結果，顯示具有不錯的熱傳導性、低噪音與耐磨的特性，因此已製作成各種不同型態的煞車墊片，已供應市面上之商業用途，如圖三十所示。

此外，有些產商自己並不生產奈米碳管，只是應用它獨特的特性，改善已有商品的性能或創造新用途的商品。首先介紹的是 Daejin 工業公司，此家公司主要是生產汽車零組件：諸如引擎的零件、底盤等。最近利用奈米碳管和特定材料所研製的混合材(hybrid material)，例如：聚合複合材料(polymer composite)、金屬合金(metal alloy)和散熱零件或材料(heat dissipation part/ material)，大為提昇產品的附加價值及獲得新的成長動力。其產品包含以 CNT 強化 PPA/GF 的複合材料，由於具有抗裂性與耐衝撞性，並有耐久性與防靜電放電特性，因此可以作為變焦相機或手機的齒輪組件，如圖三十一；CNT 強化 ABS, PC/ABS 的複合材料，不需要底漆或上色程序即可以產生有光澤的效果，可以作為汽車之內、外配件或家用電器等用途，如圖三十二顯示的音響面板及車門裝飾品等，而且這種應用可以大大增加產率以及良率以減少成本。此外，燒結奈米碳和鐵合金的複合材料，因為大幅提昇拉伸強度、衝擊強度及疲勞強度以及硬度與拉伸率，因此已有應用於汽車引擎或傳動之組件。他們也利用燒結奈米碳管/鋁合金(CNT/Al alloy)或 CNT 鍍層，藉由它們具有優良的散熱特性與改善導熱的能力，其產品可以應用於發光 LED 的散熱槽(heat sink)或散熱板(heat board)、熱板(hot plate)及散熱器(radiator)等，如圖三十三。最後也介紹應用 CNT 特性，成功製作出產品的公司，即 EXA E&C 公司，它們公司的主旨就是整合 CNT 的特性應用到所有相關的產業中，因此它們期許自己成為開發奈米碳管應用產品，具有高品質與高效率的

世界級的公司。他們主要的技術包括觸媒的製作、奈米碳管與銅離子形成功能鍵的技術、奈米碳管分散技術以及鍍膜和表面處理技術，這些技術的詳圖如圖三十四所示。至於其產品可以分為下面三種：淨身盆的加熱器，主要藉由 CNT 為優良之電導體特性加以應用而成，由於此產品具瞬間加熱的功能，可以大幅減少用電，由於此加熱器容易修改成尺寸更小的型態，使得整個淨身盆系統可為循環設計，達成連續供應熱水的目的，且系統可以更流線及更小化之設計，也因此具耐用性與抗高溫氧化特性。整個淨身盆外觀與加熱器示意圖與外觀，請參考圖三十五；其次產品就是淨身盆坐墊的加熱裝置，主要是利用 CNT 薄膜加熱器，使得升溫速度可在 1.5 分鐘即達 400°C，且溫度分佈均勻，由於有防水層加入不會有短路或放電等之安全顧慮，此淨身盆坐墊的外觀以及加熱裝置及溫度分佈與傳統電熱絲加熱器之比較，也可參考圖三十六，其優劣特點也可分三個項目比較，如表二；最後一個產品即是應用於空調的加熱器，應用的原理和上述的淨身盆加熱器類似，只不過應用在空調大而已。圖三十七顯示此 CNT 加熱器外觀。

從韓國館所展示的奈米碳管所衍生的產業，可以窺見韓國人在新興產業的用心與投入，畢竟開發一個新的材料已不容易，如何開發高良率之產能又能維持其應有特性的技術，必須應有掌握合成程序關鍵參數的技巧與運用，方能畢其功；尤其是將其特性應用於新產品或改良現有商品的性能，則必須對現有商品的缺點能夠掌握，方能應用 CNT 的特性予以加入或融入再予改善，相信憑藉韓國人的民族性與堅毅的精神，說不定會開創規模更龐大的 CNT 產業，值得國人注意與學習。

四、建議事項

此次配合本所“97年核能技術在奈米科技之發展與應用計畫”與國科會“奈米國家型科技計畫辦公室”作業，參與日本nano tech 2008(Tokyo Big Sight Exhibition)展覽會，展示本所奈米能源相關研發成果，主要目的在宣揚我國奈米科技研發產品與技術。國內參展人員包含產業、官方(教育部奈米科技人才培育及訓練計畫)及學界(學校與國家實驗室)，一方面展示我國科技能量，了解國際奈米科技水準，另一方面國內產業界尋求國外商機，向外推銷國內產品，向內引進關鍵技術及設備(含IP智財)，促進國際合作，並收集國際研發技術資訊，協助本所相關計畫推動及未來策略擬定。為彰顯以上效益，筆者粗淺建議如下：

1. 日本東京大學 Yoshida教授結合熱電漿噴塗鍍膜、物理蒸氣鍍膜及化學蒸氣鍍膜三種技術之優點，開發一套混合型雙槍真空電漿噴塗系統，可製作特殊奈米結構含 ZrO_2 、 HfO_2 、 Y_2O_3 及 La_2O 成份之抗腐蝕阻熱層，此套新穎的設計值得本所研發人員參考。
2. 本所目前只研發平板型SOFC電池片，此次參展未發現其他攤位有類似產品，但是日本新能源與工業技術發展機構開發高效率電化學小體積高功率固態氧化物燃料電池模組，該模組之單元電池採用0.8mm及1.6mm直徑，長15mm圓柱形電池，電池材料為NiO-GDC/GDC/LSCF-GDC，可輸出世界最高之功率密度 $1W/cm^2$ at $570^\circ C$ ，著重於小型攜帶方便之應用，值得未來研發方向參考。
3. 由此次參展的廠商與研發機構的內容發現，奈米技術的應用面已逐漸朝向奈米製造技術的發展包含機器與製造技術，藉以開發新製造技術作為下世代產品的應用，本所雖然在新製造技術上已有所成果，但是在其應用端的技術開發方面仍有待努力與加強。
4. 除了韓國館展示奈米碳管(CNT)的實際應用與商用產品外，日本NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)也開發以CNT取代傳統活性碳作為電容器之電極；若此可以將內電組極小化，由於CNT本身的高密度、高純度與高方向性，使其單位比表面積的電容較之使用活性碳者有更高的電容值，可以應用於高能量密度之電極材料。應用這些特性，具有高輸出能量、高能量密度又有長使用壽命的雙層電容器，將可以具體實現。最終目標是開發一個電容元件，其規格為具能量密度 $20Wh/kg$ 、功率密度 $10kW/kg$ 且

服役年限長達15年；此方面的應用研究值得本所相關研發人員借鏡。

5. 奈米結構或材料在實際應用研發的方向，事實上還是有相當多的議題，如光電材料開發上，低耗之介電材料(low dielectric loss materials)、高阻熱材料(high heat-resistant materials)與高性能鑄模鍵與絕緣薄膜、汽車結構材料、易彎曲線的塗覆材瞭、水性油漆或高強度織布都有其應用價值。但是否適合本所之研發方向？應有相當多考慮的因素。然那些項目可以和所內現階段，例如奈米材料或能源研發工作，能夠相配合或可能提昇其性能者，大概有兩項：首先在高聚焦太陽能電池系統研發上，如何將易導熱的 CNT 薄膜，塗佈於應散熱元件上，或可提昇太陽能電池系統之電能轉換率，但是必須要考量額外增加的成本問題；此外，有些奈米鈀(Pd)粒子分散劑之處理，可用於處理本所開發之金屬有機骨架材料(MOF)儲氫材料，將鈀粒子分散並連結 MOF，應用鈀金屬作為觸媒，能夠將氫分子分解成氫原子之特性，直接將氫原子藉由擴散儲存於 MOF 的吸附位置，也就是說從現階段採用的兩段移轉(secondary spillover)機制，改變為一段移轉(primary spillover)機制，除了有機會改善吸氫量或吸氫速率外，成本上也較現階段採用白金當觸媒來的少。
6. 為增加參展之可觀性、擴大人員交流及資訊交換，動態參展內容加上現場解說，比較會吸引參觀者之注意；在此次的參展中發現，由於前來參觀者大多為日本當地人士，溝通語言以日語為主，雖然台灣館派有當地留學生進行翻譯，但是效果仍有改善的空間，建議參展出國人員應考慮以具有說日語能力者為佳，除了可充分說明本所的研發成果外，並且可以進行逆向的資料收集；總計三天參展過程中，前來本所攤位參觀人數約有100人以上。
7. 展覽目的是尋找商機、吸取別人資訊及研發瓶頸突破，值得繼續參加日本 nano tech 2009 展覽，尋求合作、技轉及新商品推廣的機會；本所除了鼓勵繼續參加日本 nano tech 2009 展覽會外，也建議本所鼓勵相關同仁參加同地點(東京 Big Sight--有明國際展覽館)舉行之日本 Fuel Cell Expo 2009 展覽會，以求獲取國際最新燃料電池發展現況；另一方面，此次參展者除本所外，未發現其他太陽光電的參展廠商或研究機構，可能是受到即將在兩週後於同一地點舉行的 2008 太陽光電展影響，因此建議本所的太陽電池參展應考慮以太陽光電展為主，以利本所在太陽電池研發成果的宣揚與國際研發資料的收集。

五、附 錄：出國報告圖表解說集

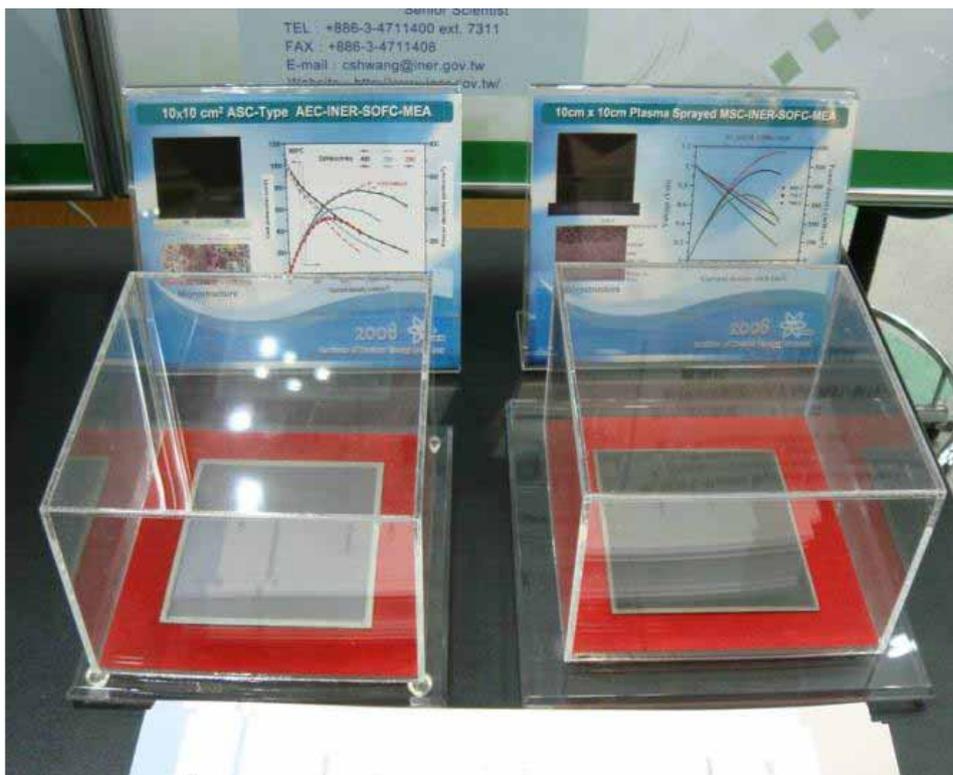
附錄一、日本SOFC技術研發與產品推廣內容及時程 (Nanotechnology Business Creation Initiative)
SOFC:固定型(家庭用、事業用)及小型攜帶

97.3.8黃振興

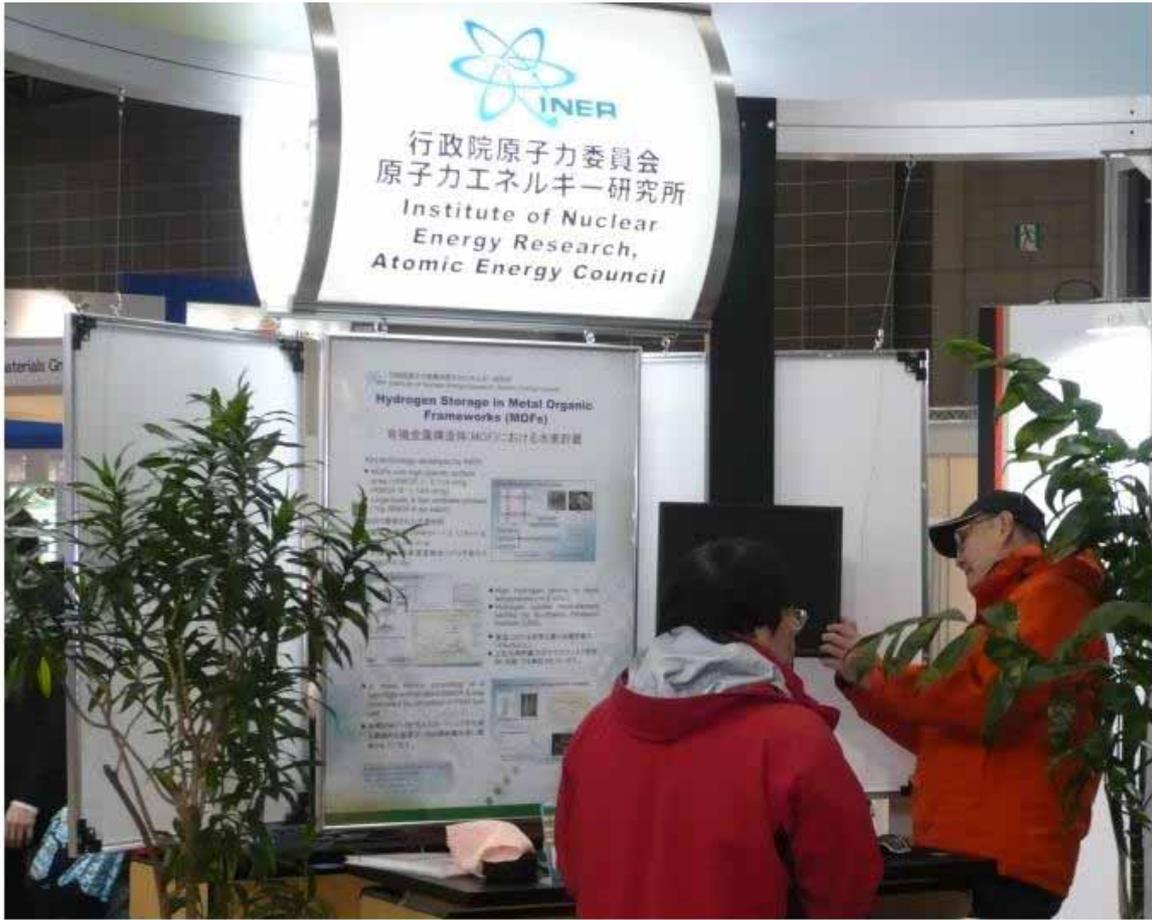




圖一、台灣展示館之一隅



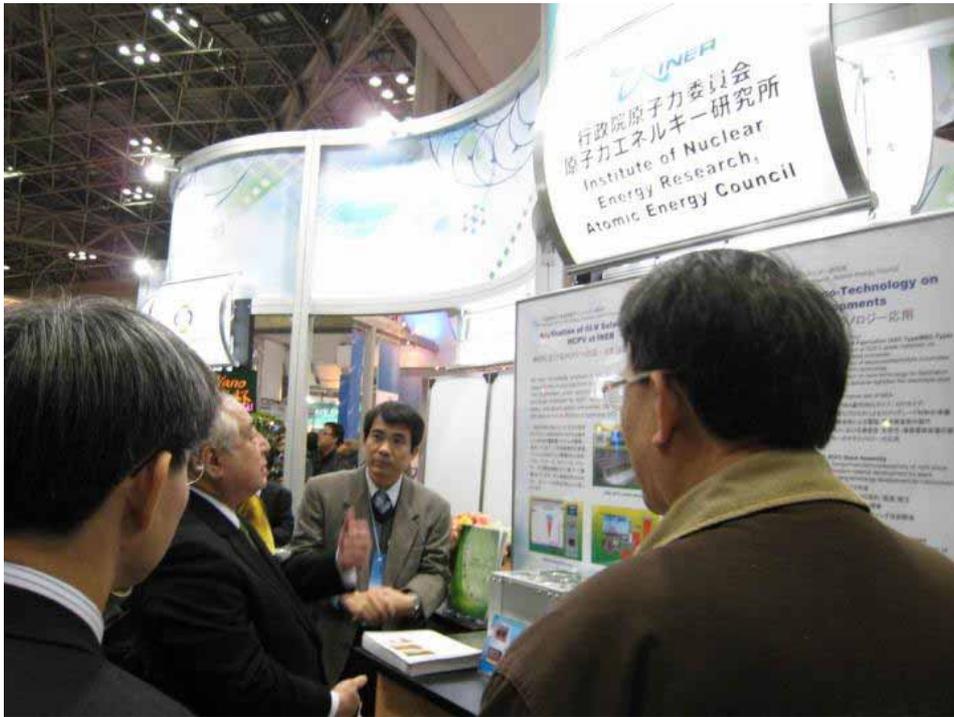
圖二、INER聚光型太陽能及SOFC(ASC及MSC兩種型式)電池研發成果展示現場、海報及實體



圖三、INER金屬有機骨架材料(Metal-Organic Framework, MOF)貯氫研發成果展示現場

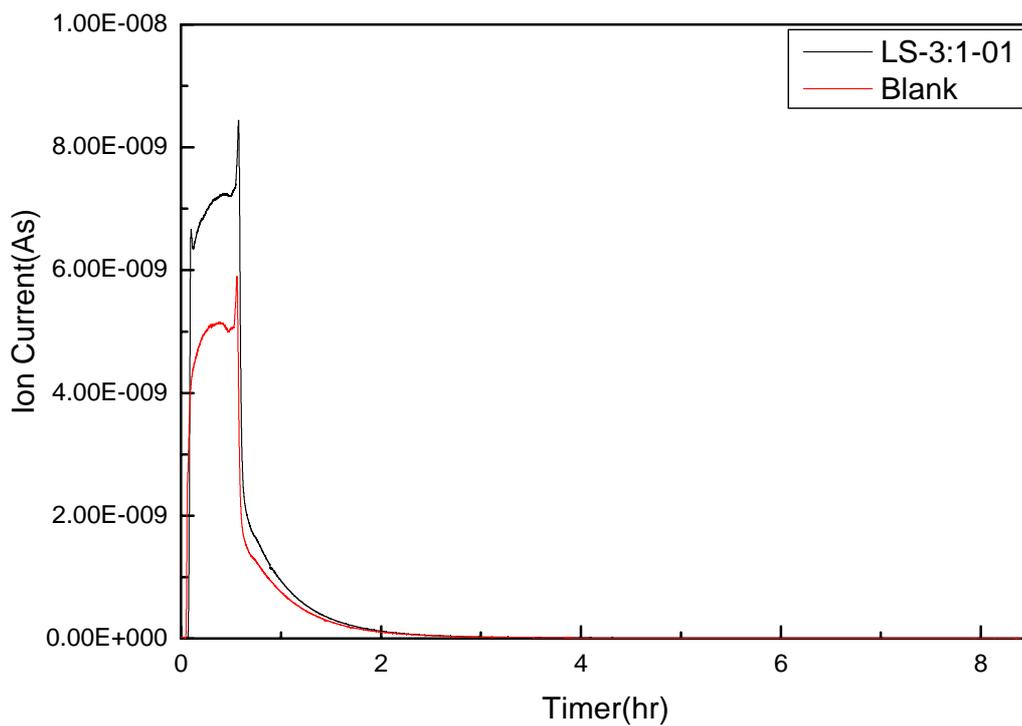


(a)

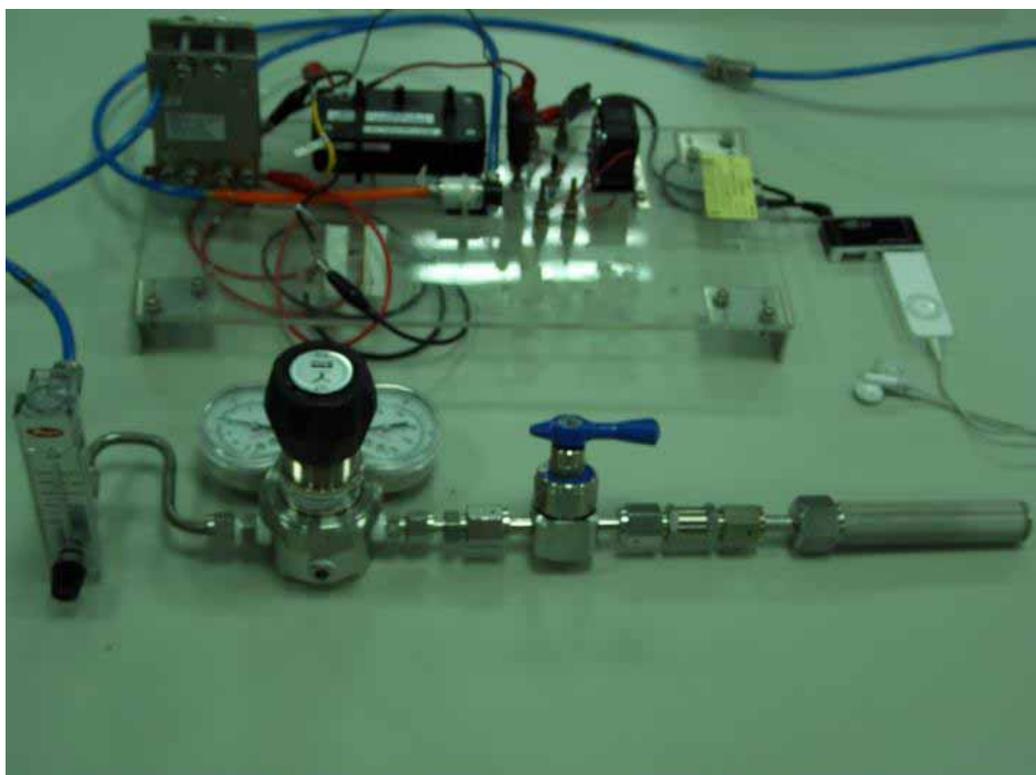


(b)

圖四、(a)與(b)、吳茂昆院士及我國駐日代表至台灣館現場了解展示成果



圖五、溫控脫附儀顯示所製備的MOF在室溫即可釋放氫氣

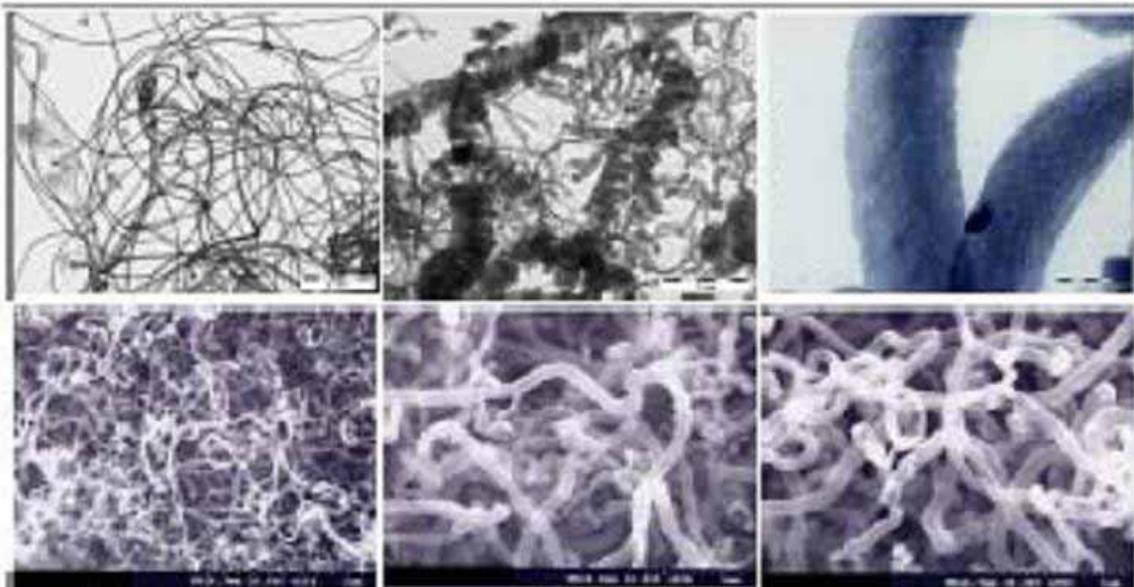


圖六、將儲氫匣連接調壓閥、流速控制器、PEMFC及電壓控制器，即可推動iPod Shuffle播放音樂

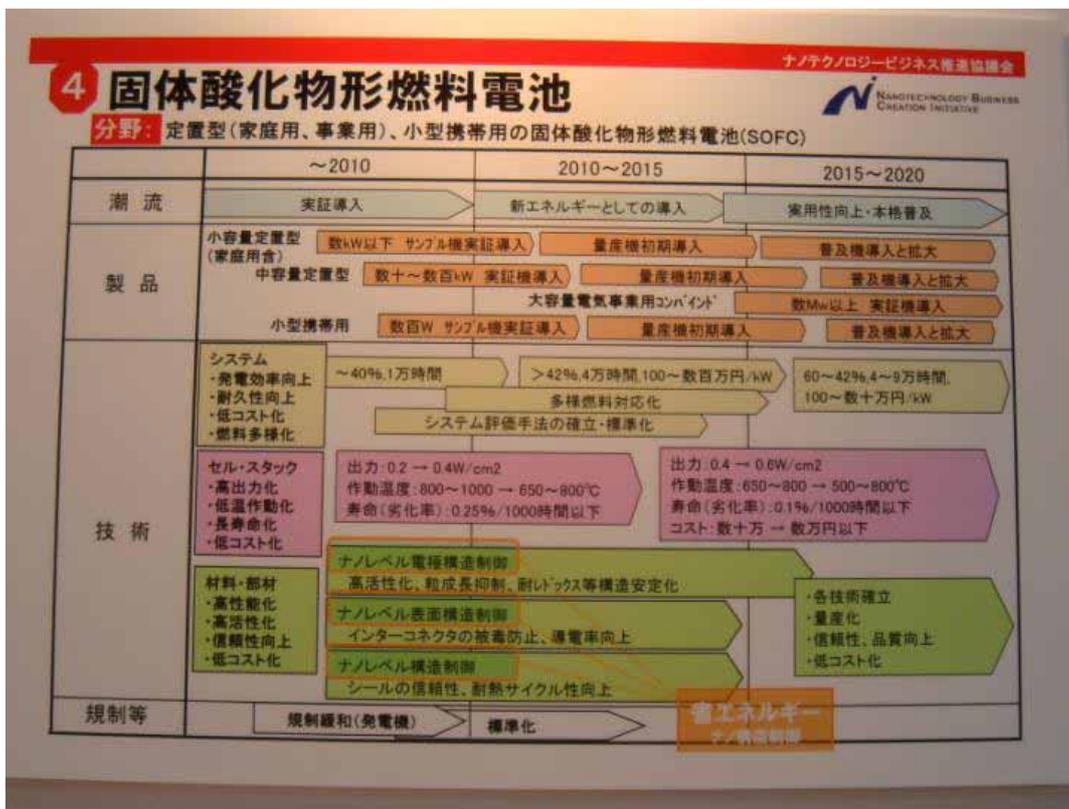


圖七、Nano tech 2008及同時舉行之另外五種會議海報

TEM & SEM Image



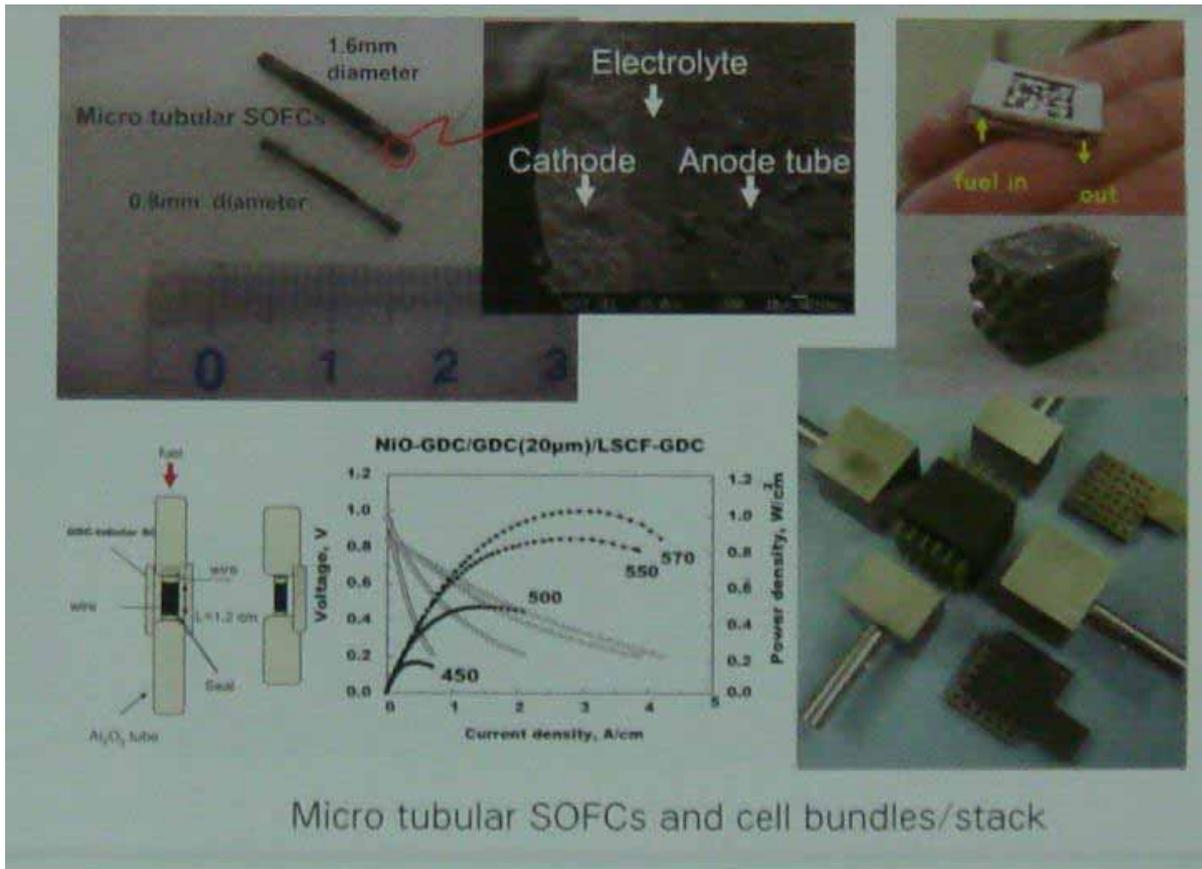
圖八、韓國Carbon Nano-material Technology Co.生產之多壁奈米碳管 (Multi-wall carbon nanotube) 及石墨奈米纖維(Graphite nanofiber) SEM/TEM影像



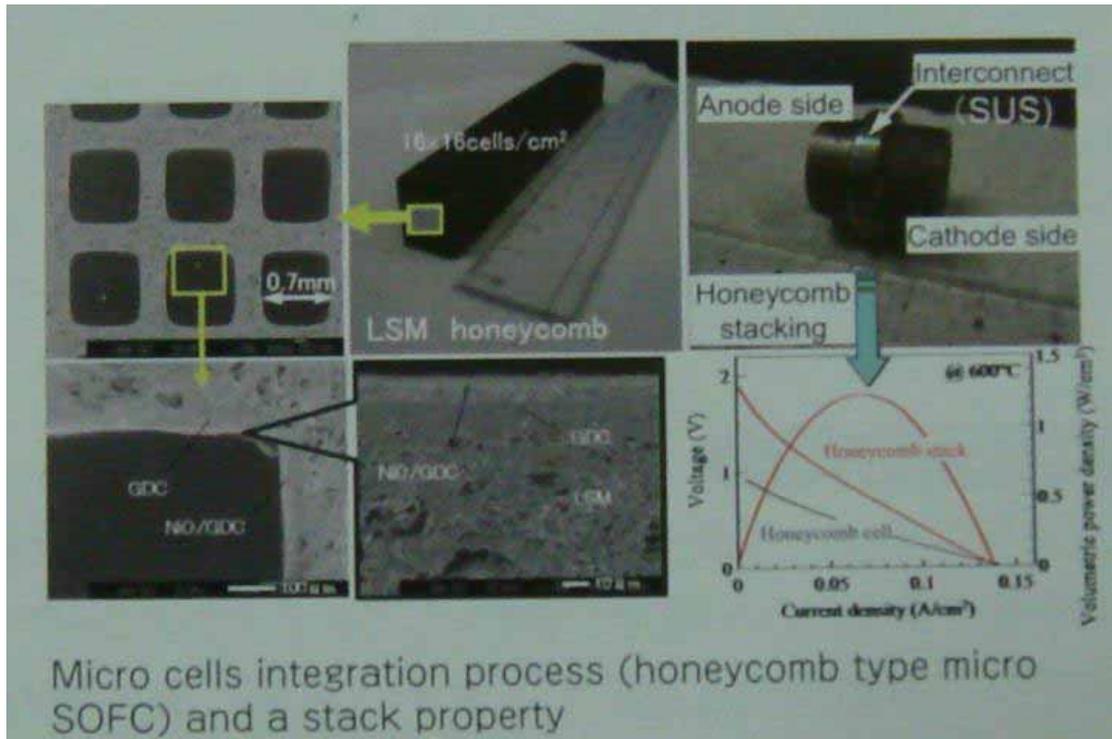
圖九、日本燃料電池産業推進協議會規劃SOFC材料、SOFC單電池及電池堆、小中大各型量產、產品低價格化及普及化的完整進度與期程



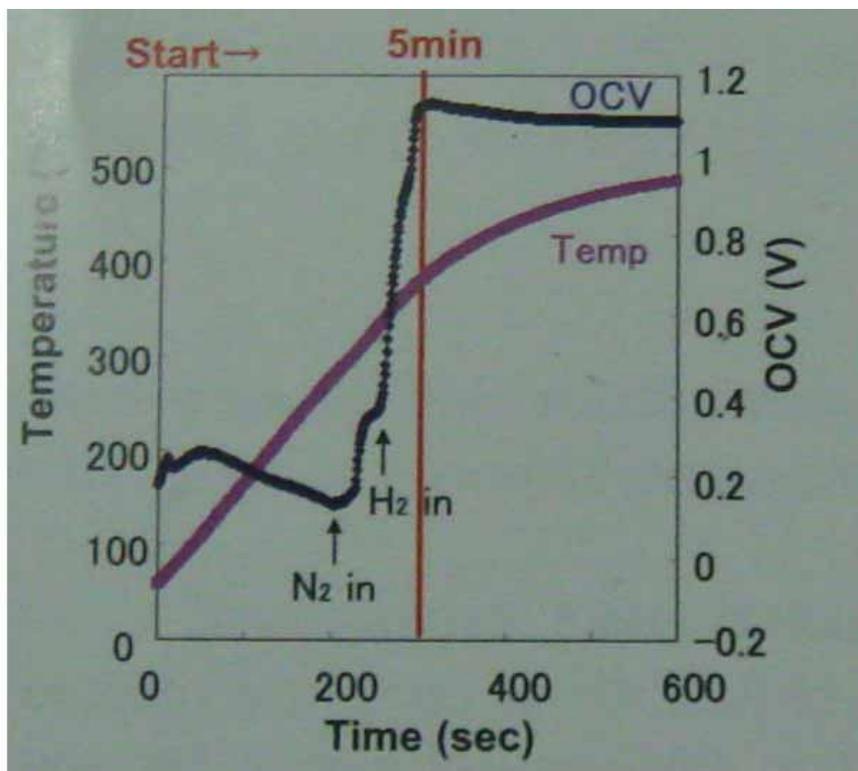
圖十、日本新能源與工業技術發展機構(NEDO)開發管狀或蜂巢結構之高效率小體積高功率固態氧化物燃料電池及電池模組



圖十一、日本NEDO研發成果之管狀單電池及電池模組，單元NiO-GDC/GDC/LSCF-GDC電池採用0.8mm及1.6mm直徑，可輸出世界最高之功率密度 $1\text{W}/\text{cm}^2$ (570°C)，或 $2\text{W}/\text{cm}^3$ (600°C)



圖十二、日本NEDO研發成果之微型單電池及其蜂巢狀電池模組，蜂巢結構燃料電池堆在600°C可輸出1.2W/cm³的功率密度



圖十三、日本NEDO研發成果之小體積高功率固態氧化物燃料電池模組具備快啟動(fast startup)特性

Project No. N-06 **A high-performance capacitor using singled-walled carbon nanotubes**

Application: Energy-saving uses in diverse fields

Project on the Development of Carbon Nanotube Capacitor / AIST, Zeon, Nippon Chem-Con

This project works to develop a mass synthesis technology for CNT forests, as well as to develop a high energy density capacitor using the CNT forest.

CNT forest
The CNT forest possesses a large surface area unparalleled by any of the existing CNTs. Breakthrough improvements in energy density can be achieved by using it as a capacitor electrode.

Electric double layer capacitor

The SWNT forests were successfully synthesized over a large area (A4) metal foil substrate. The yield is on the gram order per A4. It takes about 10 minute to grow.

Comparison of activated electrode and CNT electrode

Capacitor (Prismatic cell)

圖十四、NEDO開發之高能量貯存密度電容器，其電極由單壁奈米碳管做成

TEKNA Plasma Systems inc.

30 kW Laboratory Unit

- PL-35 Tekna's induction plasma torch
- Manual operation
- Flexible
- Batch process
- Size: 2.6 x 3.1 x 2.2 meters (W x D x H)

60 kW Pilot Unit

- PS-50 Tekna's induction plasma torch
- Advanced touch screen operator interface
- Data logging
- Continuous operation
- Glove box for powder handling
- High flow gas recycling system
- Size: 7 x 3.5 x 3.5 meters (W x D x H)

TEKNA Plasma Systems inc.
2935 Industrial Blvd. Sherbrooke (Quebec) CANADA J1R 2T9
Tel: 819.835.2204 • Fax: 819.835.1162 • www.tekna.com

圖十五、Tekna生產之30kW實驗型及60kW先導型電感式電漿奈米粉製作系統

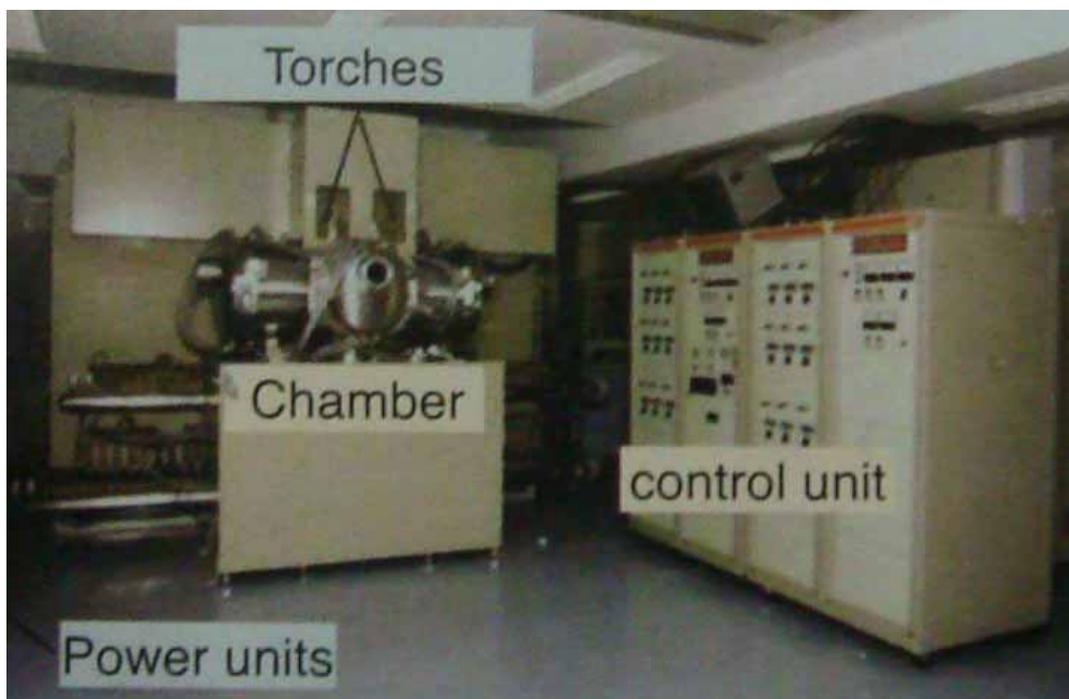
TEKNA
Plasma Systems inc.

Induction Plasma Nanopowder Synthesis

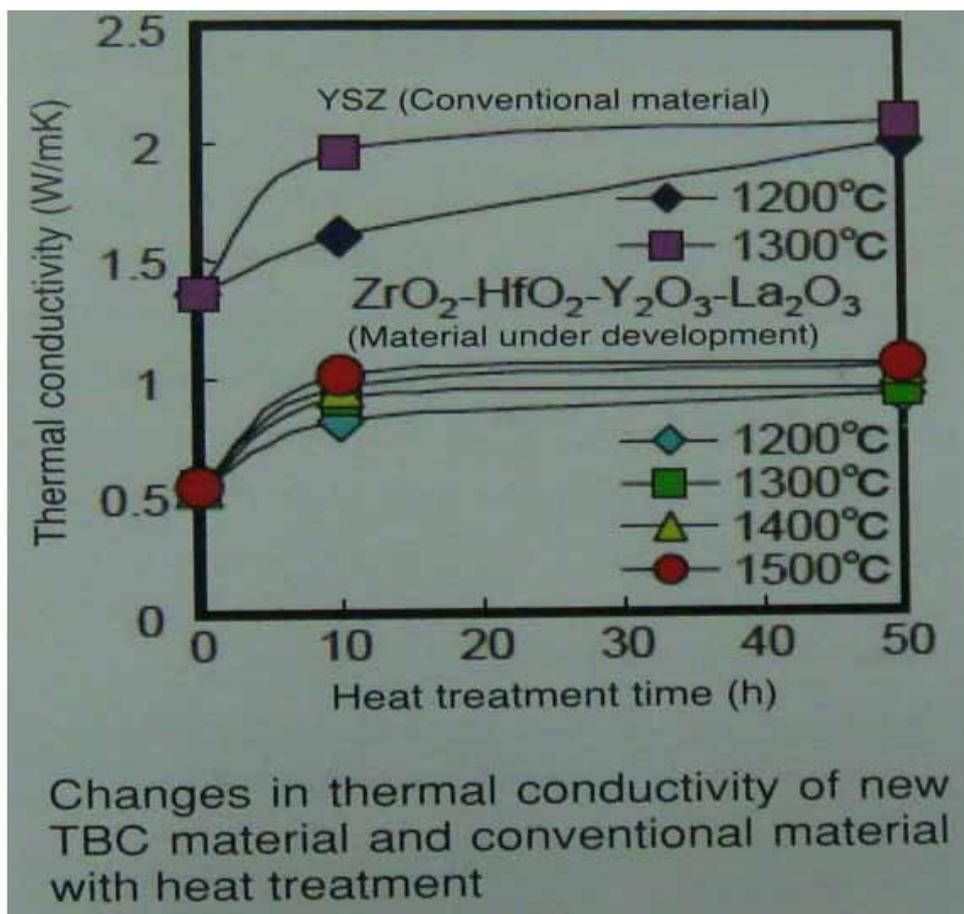
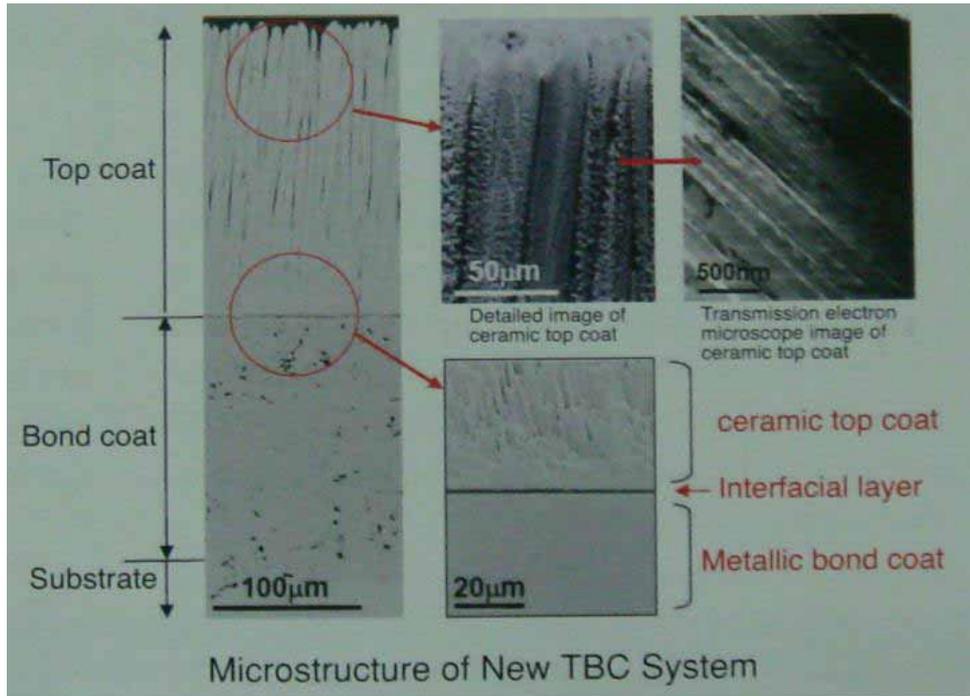
- Core plasma temperature up to 11 000K!
- In-flight vaporization and chemical process
- High purity
- Particle size control
- Feedstock:
 - Powder
 - Liquid
 - Gas

Type of Material	Examples	Typical Mean Diameter	Precursor Type
Pure Metals	All Metals (Ag, Al, Cu, Fe, Mo, Ni, Re, Ta, Ti, W, ...)	20 - 75 nm	Solid/Gas Phases
Oxides	Al ₂ O ₃ , NiO, SiO ₂ , TiO ₂ , ZrO ₂ , ...	50 - 100 nm	Solid/Liquid/Gas Phases
Carbides	B ₄ C, SiC, WC ...	40 - 80 nm	Solid/Liquid/Gas Phase
Nitrides	TiN, BN, Si ₃ N ₄ ...	20 - 80 nm	Solid/Liquid/Gas Phase

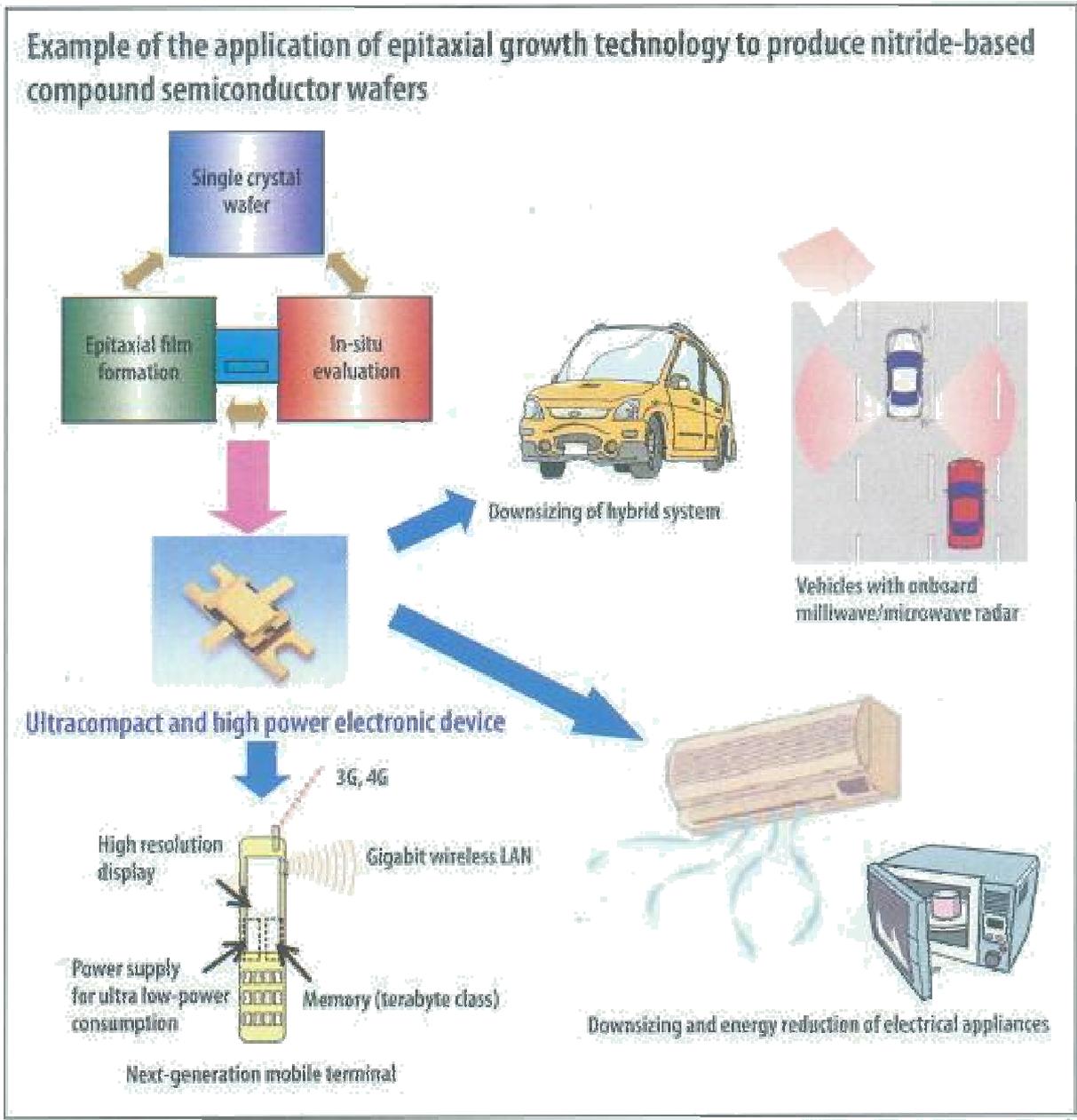
圖十六、Tekna公司以電感式電漿生產之奈米粉及其特性



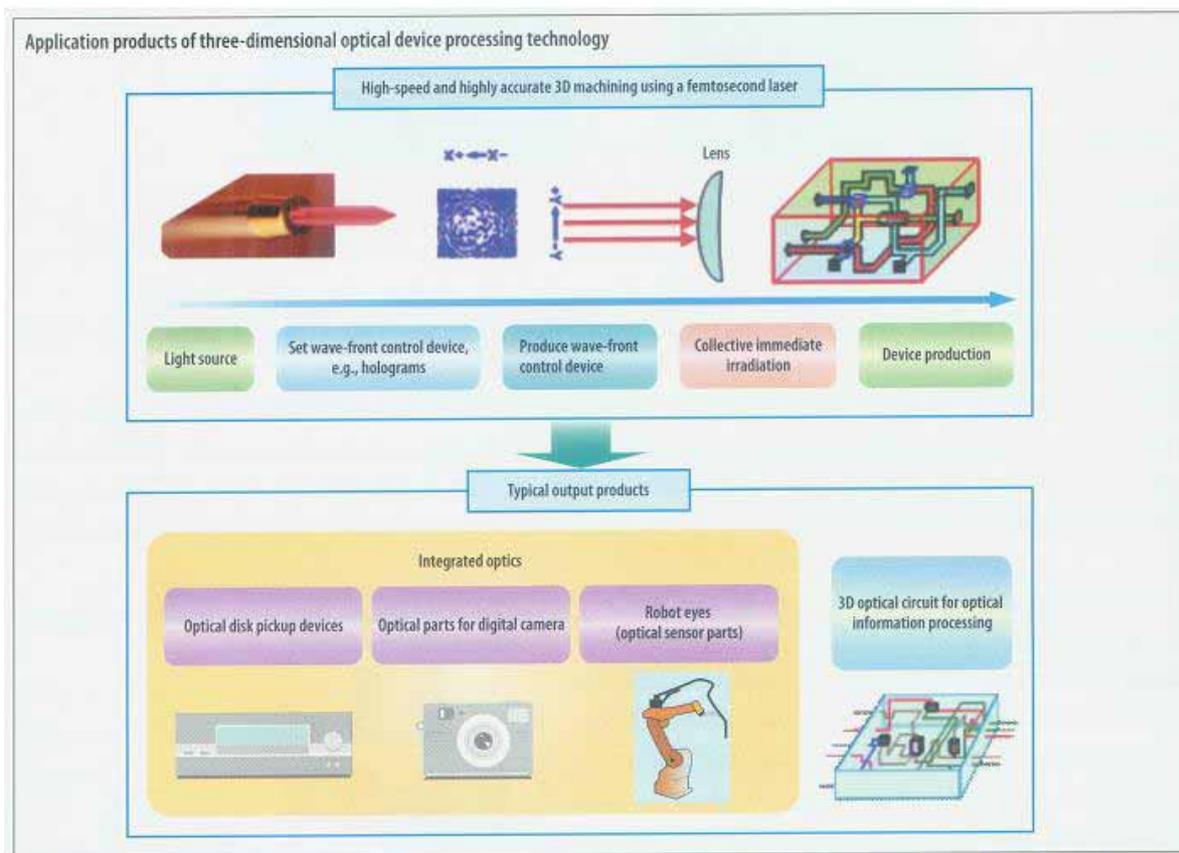
圖十七、日本東京大學 Yoshida教授開發之混合型雙槍真空電漿噴塗系統，用於製作特殊奈米結構之抗腐蝕阻熱層



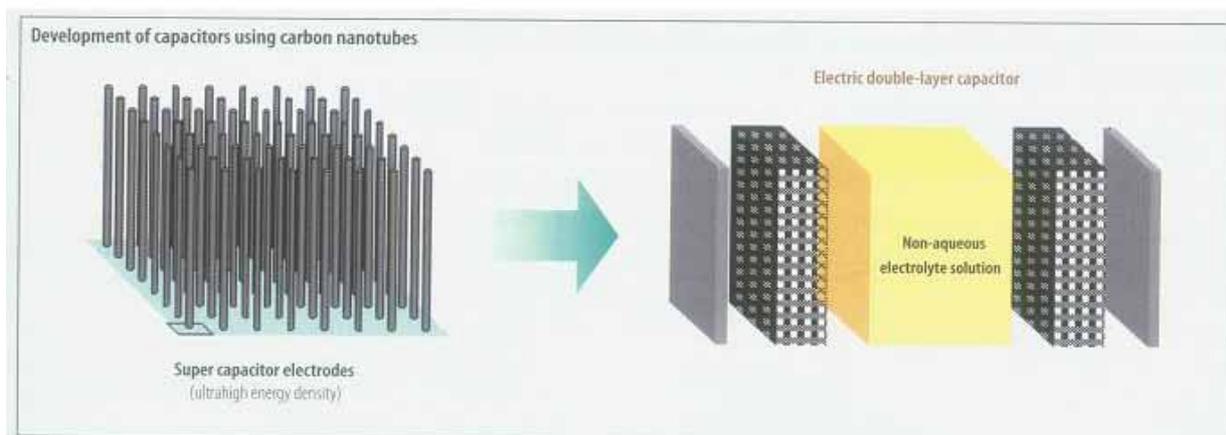
圖十八、日本Yoshida教授研發之抗腐蝕阻熱層擁有獨特奈米結構及優異導熱性質，此阻熱層含ZrO₂、HfO₂、Y₂O₃及La₂O₃材料



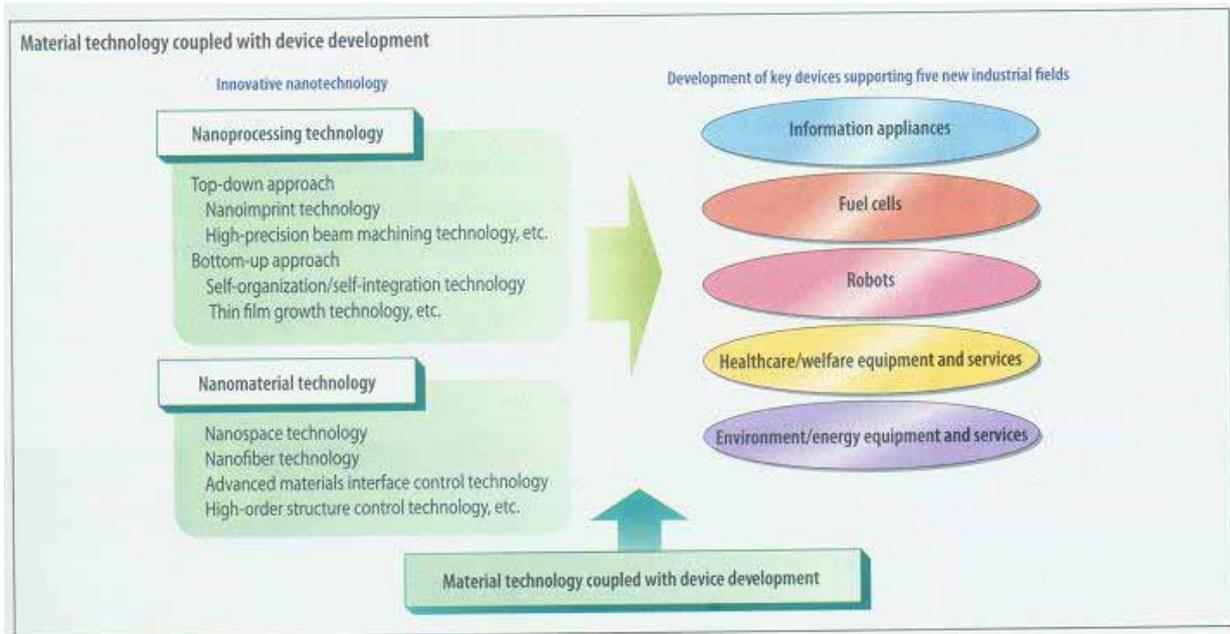
圖十九、日本NEDO研究機構在氮化物半導體單晶基板與磊晶成長技術的研發與應用規劃



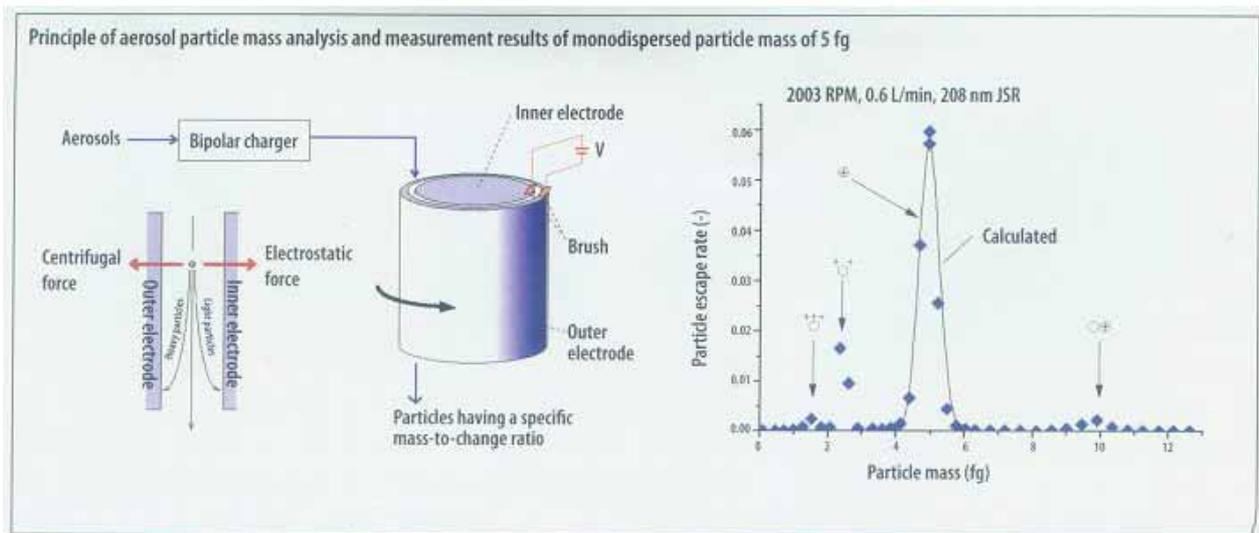
圖二十、日本NEDO研究機構在三維光學元件研究計畫，最終產出成果之應用規劃示意圖



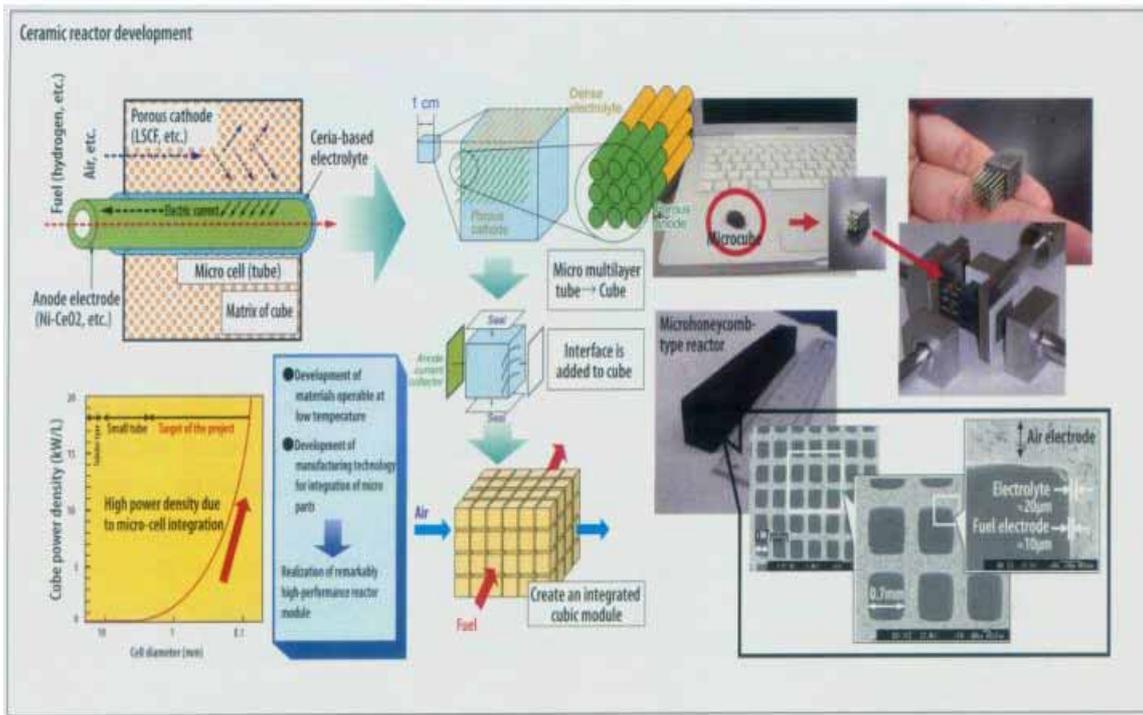
圖二十一、日本NEDO研究機構應用奈米碳管具有高密度(density)、高純度(purity)、與高方向性(orientation)等特性，研製具有雙層結構的電容



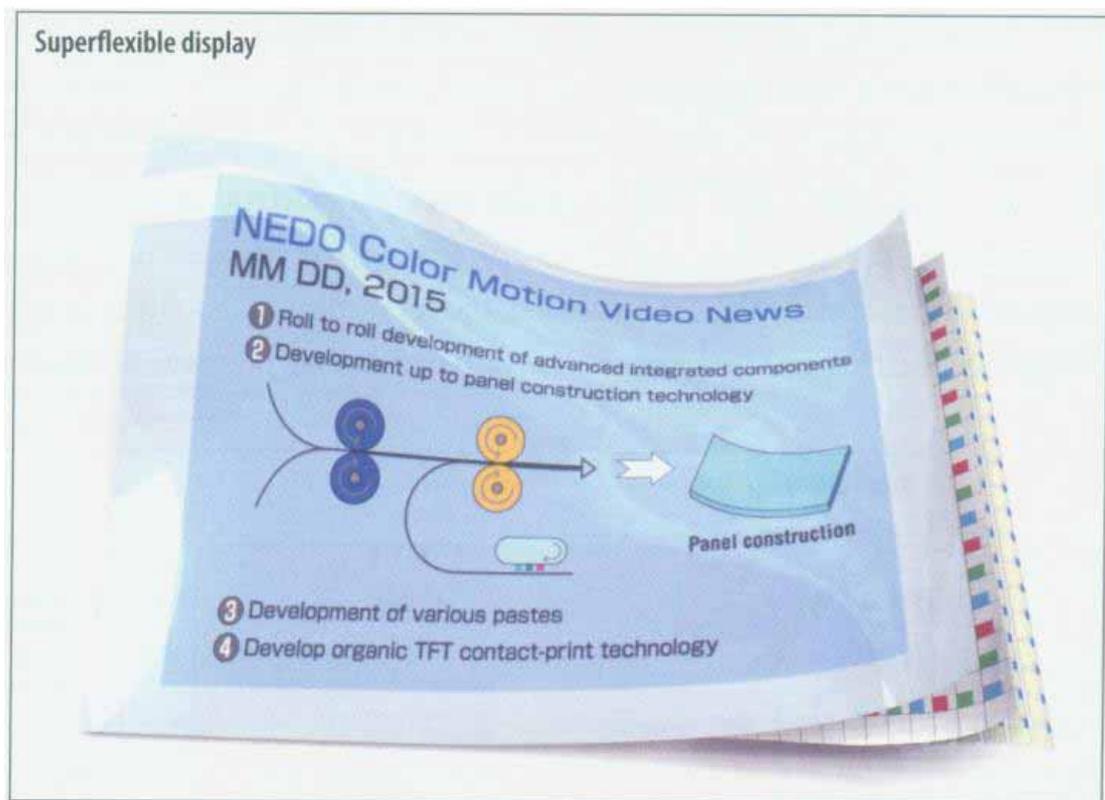
圖二十二、日本NEDO研究機構藉上游與下游工業的合作，以及跨業界的合作，利用創新的奈米技術來執行支持五種新工業領域關鍵元件的發展示意圖



圖二十三、日本NEDO研究機構所發展的奈米顆粒重量量測示意圖與量測圖



圖二十四、日本NEDO研究機構在先進陶瓷反應器(advanced ceramic reactor)計畫中所開發的陶瓷反應器



圖二十五、日本NEDO研究機構將建立適合形成大面積軟性有機薄膜電晶體(flexible organic TFT)元件的接觸式印刷技術(contact print)，以實際應用於由全軟性元件組成的顯示器

Hydrogen Storage in Metal Organic Frameworks (MOFs)

IR 501

➤ **We have key point in synthesis:**

- ❖ **With high SSA**
 - ❖ **IRMOF-1: 3114 m²/g**
 - ❖ **IRMOF-8: 1140 m²/g**
- ❖ **5g IRMOF-8 synthesized per batch in 2hr**

MOFs (Metal Organic Frameworks)

➤ **Hydrogen Spillover Effect**

➤ **Hydrogen uptake**

- ❖ **Our sample is certified by Southwest Research Institute (SwRI, U.S.)**
- ❖ **Room temperature max. hydrogen uptake is 4.7wt%**

➤ **Utilization for 3W PEM**

- ❖ **Operation on 500 psig cartridge, with output 2 psig, 12.66 sccm at RT**
- ❖ **cartridge with MOFs works for 101 min, which is three times of empty cartridge**

The Electrochemistry Result of bridged-MOFs Cartridge

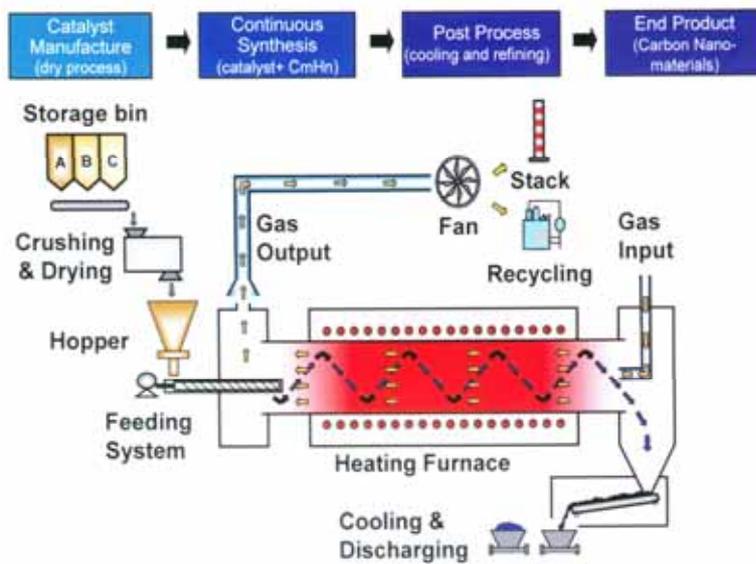
Ming-Sheng Yu, Ph. D. Senior Scientist
 TEL: +886-2-82317717 Ext. 2956, FAX: +886-3-4711291
 E-mail: msyu@iner.gov.tw
 http://www.iner.gov.tw/

圖二十六、核研所奈米儲氫材料展示的海報

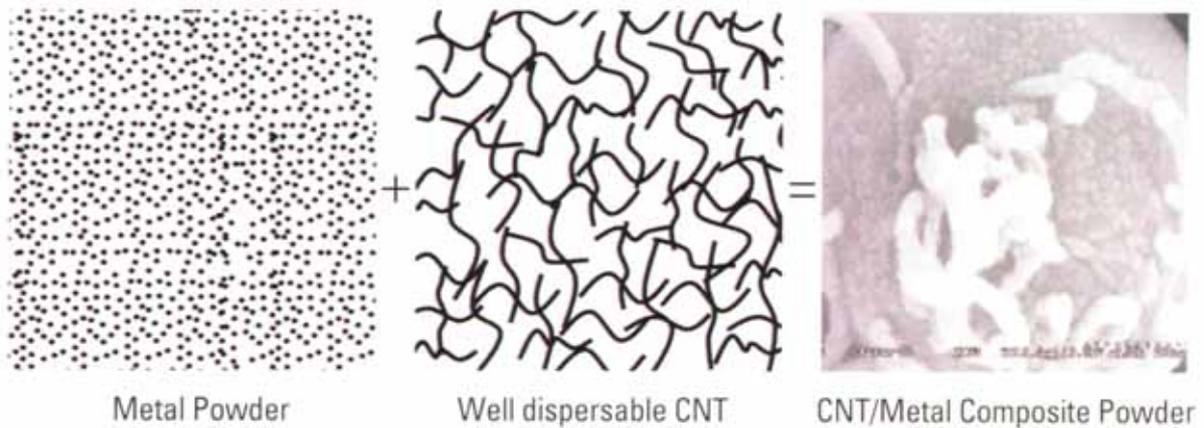


圖二十七、台灣東元應材公司利用CNT製作的透明廣告顯示牌

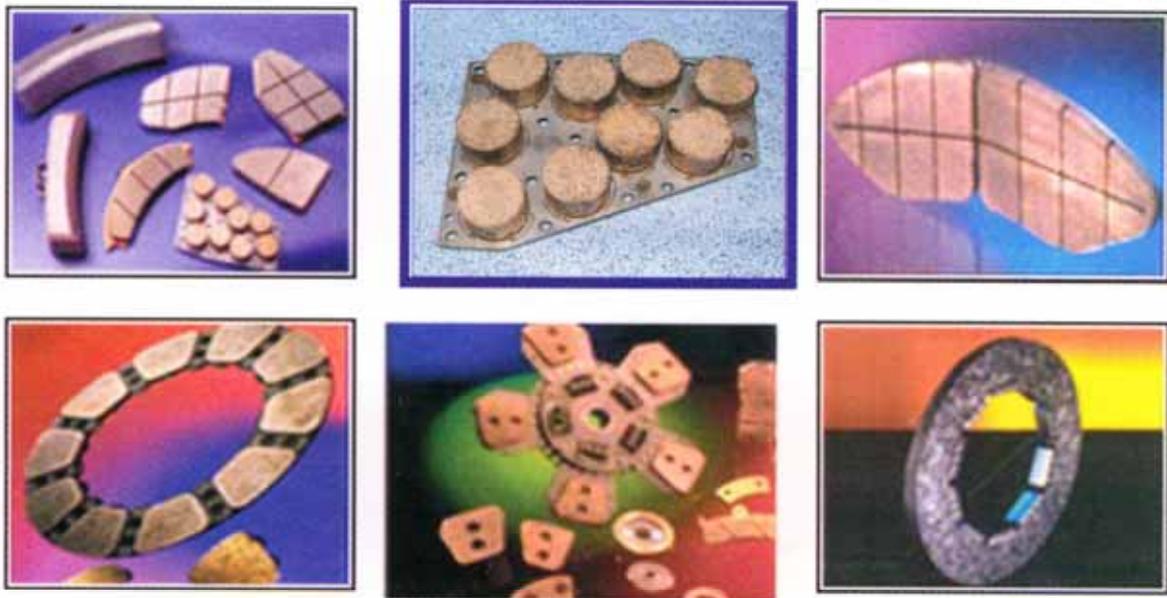
>> Process(CVD)



圖二十八、韓國Carbon Nano-material Technology公司量化生產CNT的設備，(a)圖為製程系統示意圖，(b)圖顯示其設施外觀以及生產的CNT



圖二十九、韓國Carbon Nano-material Technology公司將生產之CNT和金屬粉末製作成複合物之示意圖及其外觀

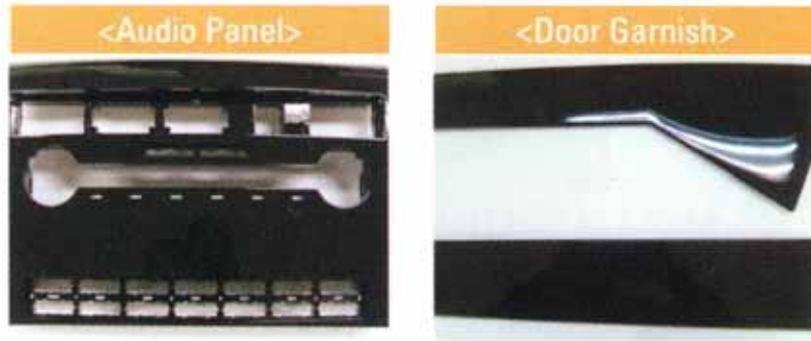


Various Type of Brake Pad

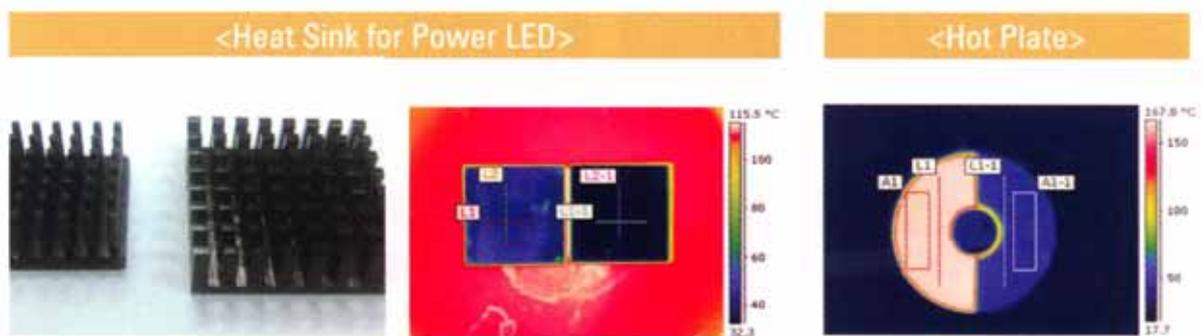
圖三十、韓國Carbon Nano-material Technology公司將生產之CNT和金屬粉末製作成複合物，並將其製作成不同型態之煞車墊片



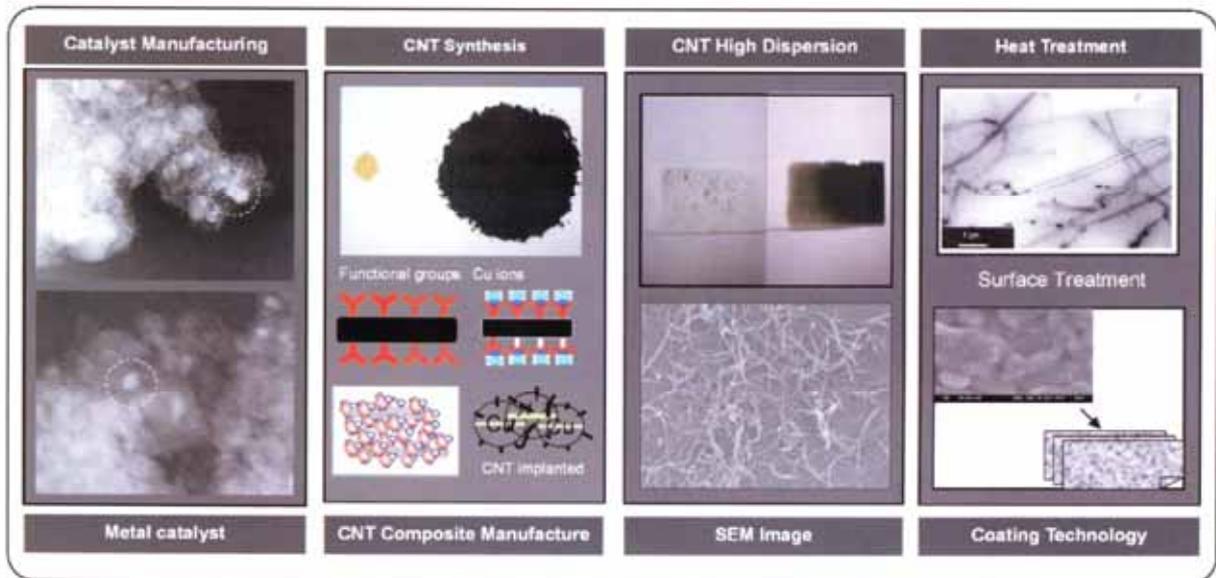
圖三十一、韓國Daejin公司將生產之CNT/polymer複合材料，製作成變焦相機之齒輪組



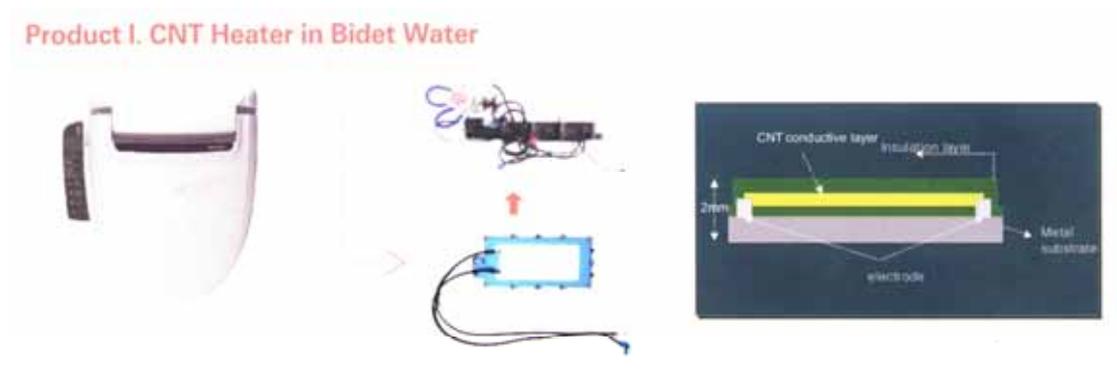
圖三十二、韓國Daejin公司將生產之CNT/ABS複合材料，製作成音響面板與汽車門飾的情形



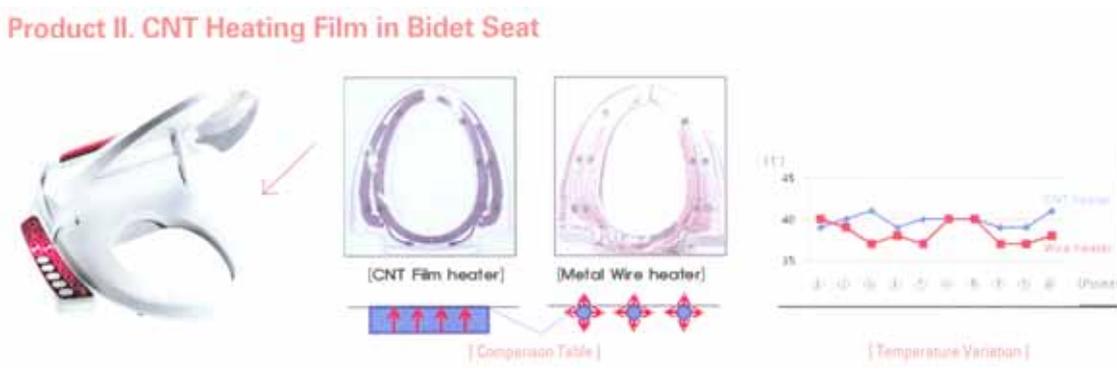
圖三十三、韓國Daejin公司將生產之CNT/Al合金的複合材料，利用散熱特性所製作的LED散熱槽、散熱板及熱片



圖三十四、韓國EXA E&C有關CNT製程和處理之程序和用途



圖三十五、韓國EXA E&C公司藉由CNT的導電性，製作為淨身盆之加熱器，左圖為淨身盆外觀，中右圖為加熱器的示意圖和外觀



圖三十六、韓國EXA E&C公司藉由CNT的導電性，製作為淨身盆坐墊之加熱組，左圖為淨身盆坐墊之外觀，中右圖為加熱器的示意圖和外觀

Product III. CNT Heater in Air Conditioner



圖三十七、韓國EXA E&C公司藉由CNT的導電性，製作為空調之加熱組，左圖為一般之加熱絲所製作之加熱組，右圖為以CNT製作之空調加熱器組外觀

表一 參展產品領域及技術分類

項目	產品及技術
1. Materials	Nano particle material, Nano coating, Highly pure materials, Excellent magnetic material, Nano composite material, Composite material, Photonics material, Carbon nanotube, Fullerene
2. IT & Electronics	Micromachine, Organic chip, Advanced semiconductor, Next-generation display, Next-generation LSI, Photonic device, Quantum device
3. Biotechnology	Bio material, Taylor made healthcare, Micro TAS, DDS, Bio chip, Molecular imaging, DNA manipulation
4. Nano Fabrication Technology	Ultra precision surface processing instrument, Priming charge processing, Femtosecond laser, Electron beam-Ion beam processing, Laser processing, Etching, Nano imprint, Next-generation lithography, Fusion bonding, Thin film manufacturing technology, Nano particle mixture and dispersion
5. Evaluation & Measurement	Near field optical, Piezo stage, Simulation and molecular design software, Evaluation measurement and designing tool, High efficiency and high sensitivity censer, Ultra precision measuring instrument, SPM/AFM, Electron microscope (SEM/TEM)
6. Environment & Energy	Environment restoration material, Environment cleanup, Environmentally-friendly technology, Photo catalyst, Environment evaluation, monitoring, Nondestructive testing system, Fuel cell, Energy storage
7. Others	Recruit agency, Research and others, Publication

表二 以 CNT 製作之加熱器和傳統電熱絲加熱器之比較

- Maximizing thermal efficiency by CNT composite and insulator coating technology

ITEM	PTC Heater	CNT Heater
Heating Speed	2 min. - 3 min.	Within 30 sec.
Variation of Resistance	Hard to control & (High Noise)	Easy to Control & (Low Noise)
Production efficiency	Low efficiency of production	High efficiency of Production

出國報告審核表

出國報告名稱：參加日本 Nano Tech 2008 奈米技術展覽會		
出國人姓名：	職稱	服務單位
李瀛生、黃振興、余明昇、吳志宏	研究員、研究員、研究員、副研究員	行政院原子能委員核能研究所
出國期間：97年2月12日至97年2月16日		報告繳交日期：97年3月17日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整（本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」） <input type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9.其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 2.退回補正，原因：_____ <input type="checkbox"/> 3.其他處理意見：	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各計畫主辦單位或機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢，本表除送本會綜計處外並請自行影印保存。
- 三、出國報告及計畫主辦單位或機關之審核作業應於出國人員返國之日起 2 個月內完成。

行政院原子能委員會因公出國人員出國報告書 建議事項參採紀錄表

出國報告書名稱：參加日本 Nano Tech 2008 奈米技術展覽會			
出國計畫主辦機關：行政院原子能委員會核能研究所			
出國人員	姓 名	單 位	職 稱
	吳志宏、李瀛生、黃振興、余明昇	核研所	副研究員、研究員
出國期間：97 年 2 月 12 日至 97 年 2 月 16 日			
出國地點：日本			
出國報告書繳交日期：97 年 3 月 17 日			
建 議 事 項 參 採 情 形			
項次	建 議 事 項	採 行 (請勾選)	存 查 (請勾選)
1	為增加參展之可觀性、擴大人員交流及資訊交換，動態參展內容加上現場解說，比較會吸引參觀者之注意。		
2	展覽目的是尋找商機、吸取別人資訊及研發瓶頸突破。值得繼續參加日本 nano tech 2009 展覽，尋求合作、技轉及新商品推廣的機會。		
3	本所除了鼓勵繼續參加日本 nano tech 2009 展覽會外，也建議本所鼓勵相關同仁參加同地點(東京 Big Sight--有明國際展覽館)舉行之日本 Fuel Cell Expo 2009 展覽會，以求獲取國際最新燃料電池發展新況。		
出國人員 簽章	審 核	單 位 主 管	簽 章

註：審核欄請各功能組組長用印，單位主管欄由督導副所長簽章