

出國報告(出國類別：其他(開會))

H00059

奈米材料及製程技術發展第二期計畫 -  
奈米精碳材料開發出國報告

H00059

服務機關：國防部軍備局中山科學研究院

姓名職稱：梁記偉 聘用技士

派赴國家：波蘭

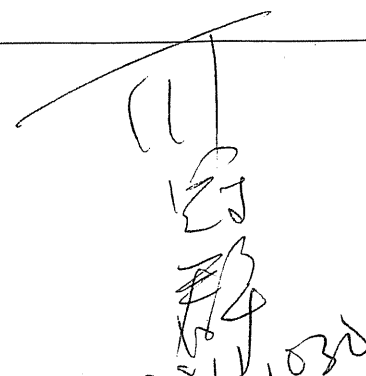
出國時間：101/6/16 ~ 101/6/23

報告日期：101/7/23

國防部軍備局中山科學研究院出國報告建議事項處理表

報告名稱	奈米材料及製程技術發展第二期計畫 - 奈米精碳材料開發出國報告		
出國單位	第五研究所	出國人員級職/姓名	聘用技士 / 梁記偉
公差地點	波蘭	出/返國日期	101.6.16 / 101.6.23
建議事項	<p>一、 此行參加國際碳材料研討會充分認識碳材料的最新應用，範疇涵蓋儲能、生醫、環保、複合材料與尖端奈米材料等；由於臺灣電子產業揚名國際，因此本國碳產業的研究偏重於電子產業的相關產品。然而，隨著人口、能源與環保問題已日益成為全球關注的焦點，碳材料在這些領域的應用實已成為重要的潮流。職建議國內碳產業可以多元發展，以因應未來趨勢。</p> <p>二、 石墨烯材料自從 2004 年於英國曼徹斯特大學由蓋姆博士發現以來廣受科學界重視，蓋姆博士也因石墨烯研究在 2010 年獲得諾貝爾獎。在今年的國際碳材料研討會中，石墨烯研究列為大會議程的十項主題之一，其重要性可見一般。目前石墨烯的學術研究已經非常蓬勃，將其導入產業界的時機已趨近成熟，本院應該積極扮演石墨烯產學合作的橋梁，促進此一新興產業在臺灣立足生根以協助本國相關企業進軍國際市場。</p> <p>三、 職於此行會議中得知國外先進國家，如瑞典等歐洲國家，將自然界中蘊含量非常豐富の木質素燒結成為具有經濟價值的高吸附性碳材。木質素可以從植物中提煉出來，原本不具太大的經濟功能，若是利用高溫技術將其精製成為濾材，不僅解決木質素的回收問題，也創造綠色產業的價值。</p>		
處理意見	<p>一、 推動國內精碳產業聯盟以串連上中下游碳材料廠商，並多元發展碳材料產品，延伸其觸角至生醫、環保等新興產業。</p> <p>二、 投入本院開發能量至石墨烯商品研究，並且辦理技術轉移給國內產業界以幫助其發展相關產業，如散熱材料、透明導電薄膜等。</p> <p>三、 使用高溫爐設備以木質素為原料進行多孔性材料研製，將此技術移轉到國內環保產業，以降低濾材的生產成本，並提昇國內廠商在價格上的競爭力。</p>		

# 國防部軍備局中山科學研究院 101年度出國報告審查表

出國單位	第五研究所	出國人員 級職姓名	聘用技士 梁記偉
單位	審查意見		簽章
一級單位	<p>1. 梁員此行資料收集完整，達成任務目的。</p> <p>2. 本案為學術研討，內容屬於公開資訊，並未涉及本院研發或商業機密。</p> <p>3. 完整審查意見請詳參主(君)管審查意見表。</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     第五研究所 程一誠                      高工組組長                      1010731150                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     中山科學研究院 林慶章                      第五所副所長                      0108061400                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     中山科學研究院 葛平亞                      第五所所長                      101080709                 </div>
計品會	<p>本次公差參加2012年國際碳材研討會，所獲得各國在碳材/奈米碳材/石墨烯之研究訊息，對於本院相關研究計畫很有參考價值。</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     計品會 魏漢東                      專任委員                      10108081740                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     計品會 鄭明傑                      副主委                      10108091300                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     計品會 萬紹正                      專任委員                      10108081335                 </div>
保 防 安 全 處	<p>已完成保密檢審作業，對於貴單位審查認定以一般資訊發表，本處敬表同意，無附加審查意見。</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     保防安全處 郭健平                      保防官                      10108100835                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     中山科學研究院 高學文                      保防安全處處長                      10108100900                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     中山科學研究院 顏永中                      保防安全處處長                      10108100920                 </div>
企 劃 處	<p>一、本案列本院101年出國計畫101013號，報告內容符合原核定出國計畫及事由。</p> <p>二、本次公差聆聽國際碳材專家演講並進行技術交流，返國後與同仁分享心得，所獲資訊對未來科專建案及本院精碳研究發展均有助益。</p> <p>三、請將奉核報告電子檔及紙本裝訂5份送本處續辦。另請於返國後3個月內，將報告電子檔登錄行政院資訊網及本院圖書館工作報告資訊網。</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     企劃處 梁瓊真                      科技組秘書                      10108141110                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     企劃處 吳炳文                      科技組組長                      10108141320                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     中山科學研究院 葉德華                      企劃處副處長                      10108150830                 </div>
批		示	
			

# 國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

本院執行「奈米材料及製程技術發展第二期計畫－奈米精碳材料及應用技術」任務，為開發高導熱碳材料暨奈米精碳產品，派遣梁記偉技士赴波蘭參與 2012 國際碳材料研討會。梁員藉由此次會議認識世界各國於碳材料領域的最新發展情形，其報告內容不僅提供本院豐富資訊以研究高導熱碳材料，亦揭示未來碳材料領域的趨勢潮流，有利本院相關精碳研究朝向多元化發展。

本院梁記偉技士於所內學術研討會公開發表此次出國的公差心得，並將其於會議中所蒐集之資料提供本院所有參與碳材料研究的同仁參考，以提昇本院在碳材料領域的研究能量。

H00059

第五研究所  
高溫組組長  
程一誠  
10107311500

中山科學研究院  
第五所副所長  
林慶章  
19080614000

H00059

# 出國報告審核表

出國報告名稱：奈米材料及製程技術發展第二期計畫 - 奈米精碳材料開發出國報告			
出國人姓名	職稱	服務單位	
梁記偉	聘用技士	國防部軍備局中山科學研究院	
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 (開會) (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)		
出國期間： 101 年 6 月 16 日 至 101 年 6 月 23 日	報告繳交日期： 101 年 7 月 23 日		
計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3. 無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8. 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"/> 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <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 checked="" type="checkbox"/> 9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> 其他 本報告已於 7 月 24 日辦理知識分享。 <input type="checkbox"/> 10. 其他處理意見及方式：報告內容不涉機敏，資訊可公開。		
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             第五研究所 計管組資訊員 楊映瑛 10108010830           </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             第五研究所 計管組技正 王俊傑 10108010850           </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             第五研究所 計管組副組長 陳彥良 10108010850           </div> </div>		
本件報告僅為赴波蘭參加「奈米材料製程技術發展第二期計畫」出國報告，該內容僅供本機關內部參考，不得作為「國家機密保護法」及「軍事機密與國防情報保護條例」等條例之「所列範疇」；另報告乃擬公開分發之資料擬擬，做為爾後研究或發展方向，並無包含本所實質研究成果資料，尚未屬於營業秘密法等相關智慧財產權的，故本案列屬一般性文件。	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             第五研究所 計管組組長 楊耀宗 10108030710           </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             中山科學研究院 第五所副所長 陳樂民 10108070800           </div> </div>		
審核人	出國人員	初審 (業管主管)	機關首長或其授權人員
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             第五研究所 高溫組技士 梁記偉 10107311200           </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             第五研究所 高溫組組長 程一誠 10107311530           </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             中山科學研究院 第五所副所長 林慶章 10108061400           </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             中山科學研究院 第五所所長 葛平亞 10108070900           </div>

說明：

- 一、各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請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

# 報 告 資 料 頁

1. 報告編號： CSIPW-101Z-D0003	2. 出國類別： 其他(開會)	3. 完成日期： 101 年 7 月 23 日	4. 總頁數： 24 頁
5. 報告名稱：奈米材料及製程技術發展第二期計畫 - <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">奈米精碳材料開發出國報告</span> </div>			
6. 核准 文號	人令文號	101.05.21 國人管理字第 1010006419 號	
	部令文號	101.05.15 國備科產字第 1010007212 號	
7. 經 費		新台幣： 99,295 元	
8. 出(返)國日期		101.06.16 至 101.06.23	
9. 公差地點		波 蘭	
10. 公差機構		波蘭碳材料學會	
11. 附 記			

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：奈米材料及製程技術發展第二期計畫 - 奈米精碳材料開發出國報告

頁數 24 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

國防部軍備局中山科學研究院第五研究所/梁記偉/02-2671-2711 轉 313835

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

梁記偉/國防部軍備局中山科學研究院/第五研究所/聘用技士/02-2671-2711 轉 313835

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他（開會）

出國期間：101/06/16-101/06/23 出國地區：波蘭

報告日期：101/07/23

分類號/目

關鍵詞：碳材料、導熱碳材料、多孔洞碳材、奈米碳材料、奈米碳複合材料、石墨烯

內容摘要：

派員赴波蘭參加「2012年國際碳材研討會」，和世界各國的碳材專家進行技術與資訊的交流。期使能洞察世界在碳材領域的發展趨勢，進而利用本院在碳材領域的研發能力協助國內廠商將先進科技轉化成爲市場商品，以振興國內碳材產業，並且領先邁進國際市場。本報告內容詳述出國過程，並依此次會議十項主題撰寫心得，分別爲儲能碳材料、碳材料在健康醫療與環境保護的應用、以碳材料爲前驅體的加工製程與科技、奈米碳材料、多孔性碳材料、碳複合材料與奈米碳複合材料、石墨烯、最新碳材料檢定技術、理論計算與模型、碳材料相關工業新知等；最後具體提出三大建議事項以茲參考。

H00059

# 目 次

壹、目的.....	(9)
貳、過程.....	(9)
參、心得.....	(11)
肆、建議事項.....	(24)

H00059

H00059



# 奈米材料及製程技術發展第二期計畫 - 奈米精碳材料開發出國報告

## 壹、目的

為執行經濟部科技專案「奈米材料及製程技術發展第二期計畫 - 奈米精碳材料及應用技術」，擬派員赴波蘭參加「2012年國際碳材研討會」，和世界各國的碳材專家進行技術與資訊的交流。期使能洞察世界在碳材領域的發展趨勢，進而利用本院在碳材領域的研發能力協助國內廠商將先進科技轉化為市場商品，以振興國內碳材產業，並且領先邁進國際市場。

## 貳、過程

職於中華民國一〇一年六月十六日星期六晚間十一時由桃園國際機場搭乘中華航空班機飛往歐洲，在經過約十三個小時的飛行時間以後於當地時間上午六點三十分抵達奧地利維也納國際機場，稍事停留，即轉機波蘭航空飛往波蘭克拉科。在經過一小時十五分鐘的飛行之後，於當地時間上午十一時降落約翰保祿二世國際機場。職搭公車進城、辦理旅館的入住手續以後，即步行前往距離兩公里外的會議現場 - Auditorium Maximum。完成大會註冊手續之後，即展開為期五日的會議行程。今年的國際碳材料研討會 (Carbon2012) 是由波蘭碳材料學會所主辦。會議地點 - 克拉科現為波蘭第三大城，曾經是首都並且在中歐的歷史上佔有重要的地位。本次與會人士來自世界各國，計約一千四百多名，並有數家贊助廠商參與。今年會議的主題包含儲能碳材料、碳材料在健康醫療與環境保護的應用、以碳材料為前驅體的加工製程與科技、奈米碳材料、多孔性碳材料、碳複合材料與奈米碳複合材料、石墨烯、最新碳材料檢定技術、理論計算與模型、碳材料相關工業新知等十大項。五天會期的報告議程計有全體出席演講五場、口頭報告二百四十五場與專題海報四百七十三張。除了全體出席演講以外，一般口頭報告分成四或五場平行進行，自每日上午八點三十分起至下午七時結束，過程十分緊湊。由於內容涵蓋廣泛，職選擇與計劃內容最貼近的報告為優先。五日議程結束之後，職對於先端碳材料領域的認識更上一層樓，將有助於本人所負責的工作之推展。在結束參與會議之後即搭機回國，同樣經維也納轉機，於國內時間六月二十三日星期六上午六時返抵桃園國際機場，結束這次的公差行程。此行參加會議工作計畫表詳列於表一。

表一、工作計畫表

國防部軍備局中山科學研究院出國人員工作計畫表

日期	星期	行程		公差地點	工作項目	備考
		出發	抵達			
101.06.16	日	桃園			去程。	夜宿 機上。
101.06.17	一	克拉科	波蘭 克拉科		1. 抵達會場辦理註冊報到手續。 2. 與國外人士進行技術交流與研討天然石墨材料的最新發展。	夜宿 克拉科。
101.06.18	二			波蘭 克拉科	1. 研討天然石墨運用於民生產業之最近發展趨勢。 2. 研討石墨烯、奈米碳材與加工碳素的應用。	夜宿 克拉科。
101.06.19	三			波蘭 克拉科	1. 研討不同前趨體所生產的碳素。 2. 研討碳材在能源、生物、醫療與環保產業的應用。	夜宿 克拉科。
101.06.20	四			波蘭 克拉科	1. 研討碳複合材料與碳奈米複合材料的應用。 2. 研討多孔性質之碳材的製造與應用。	夜宿 克拉科。
101.06.21	五			波蘭 克拉科	1. 研討碳材之電子性質及其應用。 2. 研討碳材料的創新方法與技術。 3.	夜宿 克拉科。
101.06.22	六	克拉科			回程。	夜宿 機上。
101.06.23	日		桃園		回程。	

## 參、心得

今年的國際碳材料研討會 (Carbon2012) 於波蘭克拉科盛大舉行。由波蘭碳材料學會所主辦。克拉科現為波蘭第三大城，它曾經是波蘭的首都，與奧地利維也納、捷克布拉格齊名，被譽為中歐三大古城。來自世界各國碳領域的專家共襄盛舉，共計約一千四百多名，並有多家贊助廠商參與，例如：SGL Group、Micromeritics 等公司。今年會議的主題包含儲能碳材料、碳材料在健康醫療與環境保護的應用、以碳材料為前驅體的加工製程與科技、奈米碳材料、多孔性碳材料、碳複合材料與奈米碳複合材料、石墨烯、最新碳材料檢定技術、理論計算與模型、工業新知等十大項。五天會期的報告議程計有全體出席演講五場、口頭報告二百四十五場與專題海報四百七十三張。除了全體出席演講以外，一般口頭報告分成四或五場平行進行。此次的全體出席演講邀請到多位重量級的學者參與，茲將演講者及其主題介紹詳列於表二。

表二、全體出席演講的講員名單暨其主題

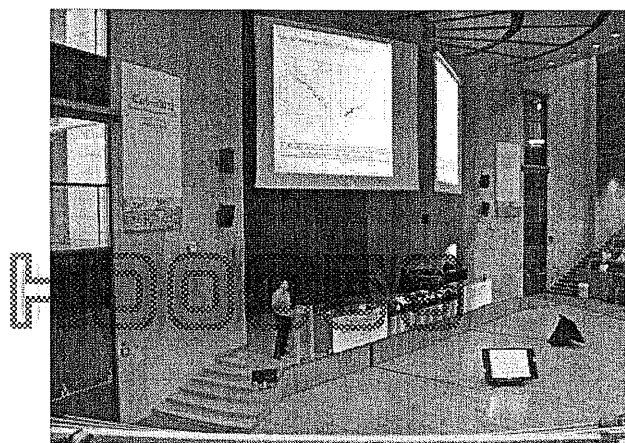
日期	研究機構 / 姓名	演講主題
6/18	波蘭 Institute for Chemical Processing of Coal / Prof. Marek Sciazko	低污染的煤礦技術所面臨的挑戰
6/19	日本名城大學 / 飯島澄男教授	奈米碳材料：合成與應用
6/20	美國賓州大學 / Prof. Mauricio Terrones	新型式碳材料
6/21	德國慕尼黑科技大學 / Prof. Klaus Drechsler	碳複合材料於航太科技的應用
6/22	法國 Poznan University / Prof. François Béguin	碳材料於儲能材料的應用

### 主題一、儲能碳材料 (Carbon for energy storage)

鋰電池被公認為最具前景的未來油電複合車或電動車之電力來源。新一代的的電極材料必須具備高能量、高功率以及高安全性能以因應油電複合車或電動車的應用需求。最先進的鋰電池複合材料為石墨，其電容量理論值為每克 372 毫安培小時。在眾多可能的材料中，錫的氧化物被認為可以成為石墨的替代品因為其具有更高的電容量理論值，例如：二氧化錫的電容量理論值高達每克 781 毫安培小時。然而，二氧化錫實際上作為電極材料時其循環率較低，因為其在充放電的過程中體積變化大，該性質將造成機械性破壞或電源接觸不良。

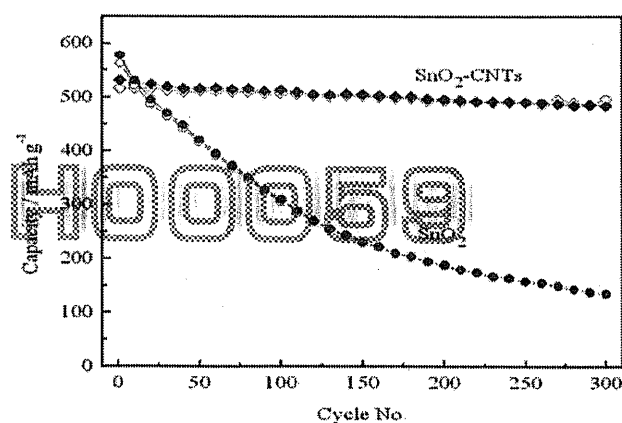
最近，美國阿戈恩國家實驗室發展一系列的方法以製造氧化錫-碳複合材料，其可作為

鋰離子電池的陽極材料，具有高容量、長時效的優點。使用新式製備法 - 以乙炔甘油為介質的溶劑熱多元醇反應途徑法以合成二氧化錫碳複合材料。該實驗室的楊博士在會議現場介紹兩個實際應用範例，見圖一，其一為二氧化錫奈米碳管複合材料；另一為二氧化錫石墨烯複合材料。



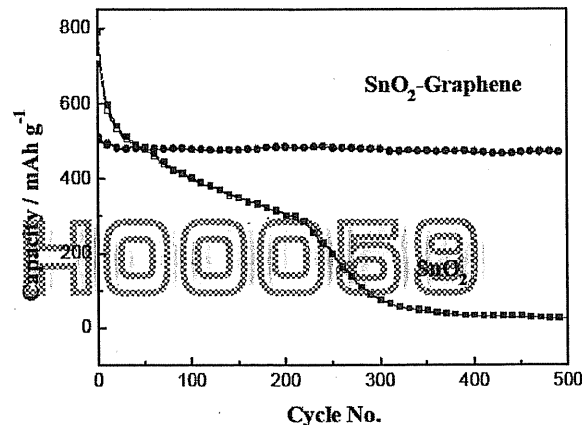
圖一、美國阿戈恩國家實驗室的楊博士在會議現場報告鋰離子電池研究

1. 二氧化錫奈米碳管複合材料：此複合材料具備高度分散於奈米碳管上的二氧化錫結晶構造，每個二氧化錫之奈米結晶尺寸分佈為 3 至 5 奈米。其作為鋰離子電池之陽極材料時，具有高能量密度以及循環使用穩定性。於每克 300 毫安培小時的充放電使用情形下，其循環率可達 300 次。請參考圖二。



圖二、比較二氧化錫與二氧化錫/奈米碳管的充放電容量

2. 二氧化錫石墨烯複合材料：類似前例地，此複合材料具備高度分散於石墨烯層與層之間的二氧化錫結晶構造，每個二氧化錫之奈米結晶尺寸分佈為 3 至 5 奈米。其作為鋰離子電池之陽極材料時，相較於二氧化錫-奈米碳管複合材料具有更高的能量密度和最佳的循環使用穩定性。此結果說明二維結構的支撐比一維結構更能夠穩定氧化錫。請參考圖三。



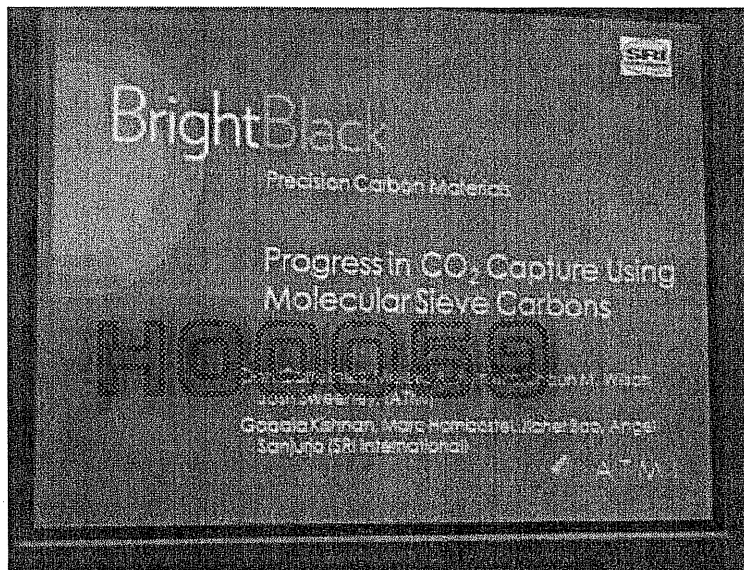
圖三、比較二氧化錫與二氧化錫/石墨烯的充放電容量

## 主題二、碳材料在健康醫療與環境保護的應用 (Carbon for energy storage)

當今環保議題所最關心的莫過於控制溫室氣體的排放量，尤其是二氧化碳。現在有一種新的趨勢：將大氣中必須被減量的溫室氣體進行選擇性的吸附收集，而不會影響到其它環境中所不可或缺的氣體分子，例如，水分子氣體。雖然在過去沸石一直被視為可以用來吸附溫室氣體，但是，事實上，沸石對水分子的吸附能力一直比二氧化碳來的高，所以沸石是不適用於這個目的。碳分子篩 (Molecular sieves carbons) 在一般的常見的蒸氣壓力下並不會吸附水分子，而且其反覆吸附與脫附二氧化碳所需的能量並不太高。兼具以上兩項優點，碳分子篩是十分合適用來吸附大氣中的二氧化碳。

來自美國 ATMI 公司 (ATMI Inc. U.S.A.) 的 J. Don. Carruthers 博士，在大會中報告一個小型的實際應用例，試圖說明使用碳分子篩在未來擴大應用到降低溫室效應的可行性。此應用例為降低一個煤力發電廠所排放的二氧化碳量至原本的 10% 以下，而所增加的電力成本則控制在 35% 以內。為了達到此目的，報告人的公司使用微米級碳分子篩配合特殊設計的反應器，進入氣體中的二氧化碳有大於 97% 的比率被吸附在此分子篩之中。而且，此設

計具有高度的選擇性，被吸附的氣體之中有 98% 以上的氣體分子是二氧化碳。此開創性的此碳分子篩反應器可以用來捕擷大氣中的二氧化碳以解決日益嚴重的溫室效應問題。

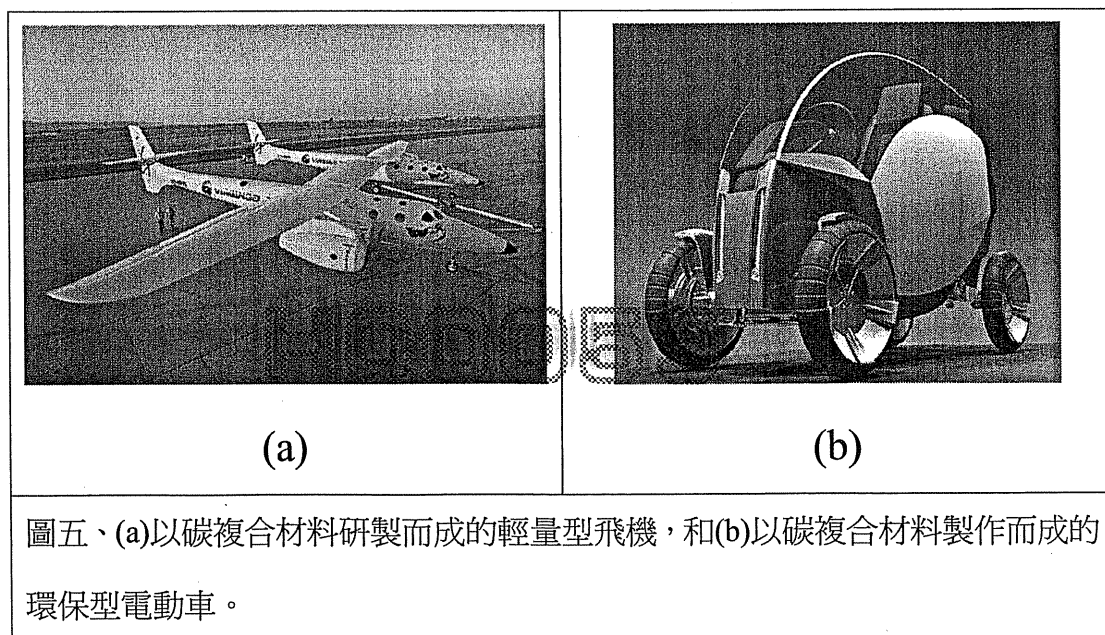


圖四、美國 ATMI 公司正嘗試以碳分子篩進行減緩溫室效應的工程

職在聽完報告之後有幾點感想，首先對於碳材料作為吸附溫室氣體的方法覺得其想法十分具有新意，而且動機值得讚揚。可是，當我們將二氧化碳吸附了，它仍然存在，它該往哪兒去？過去，大自然會將這些二氧化碳以各種不同的形式儲存起來，例如植被、海水中、大氣中等等，然後再轉化成其它形式，如氧氣等，釋放出來以進入大自然的循環。可是，這種人工的方法卻沒有和大自然有一個生生不息的連結與循環。其次，溫室氣體的種類其實不僅限於二氧化碳，水分子等等其它的氣體分子所扮演的角色其實目前的科學研究並未能給予一個完整的答案。所以，光是擷獲二氧化碳是否就能解決溫室效應，可能是一個非常大的問題。另外，生產這些微米級碳分子篩配合特殊設計的反應器本身就十分耗能，是否符合經濟效益本身也正問題。職認為此微米級碳分子篩配合特殊設計的反應器僅適用於降低工廠的二氧化碳排放到大氣中的量，若能解決這些擷獲的二氧化碳何去何從的問題，或許對於環保有一定程度的幫助。但是若想以之解決全球性的溫室效應的問題，恐怕還有很長的路要走。

### 主題三、以碳材料為前驅體的加工製程與科技 (Precursors, processing and technology)

在所有的材料當中，碳複合材料配合功能性的結構於航太科技以及動力車等需要輕量化的市場上具有最大的潛力。在許多應用證明例子中，相較於鋁材，碳複合材料節省了百分之三十的重量，相較於不銹鋼更達到百分之六十。事實上，碳複合材料在輕型航太科技與動力車的應用上已經十分地成熟，例如碳纖維超級跑車等。因應世界節能省碳的需求與對於高效能與環保的產品的日益重視，產業界開始將注意力放到這一類碳複合材料的應用商品，尤其是高負荷量的自動車或者是機械工程。然而，要達到在商業產品化的目標，必須先能夠降低材料成本、高度自動化生產、最佳化的設計概念，並且對於某些基本的材料性質要能夠更進一步地認識，例如長時期使用後的行為與造成損害的機制。而所有碳複合材料的研發關鍵就是碳纖維材料。來自德國慕尼黑科技大學的克勞斯德瑞斯勒教授在大會中報告說明此一相關領域無不將碳纖維系統當作基本模型，據以研究發展其相關產品。研究這一類的材料系統可以將其視作一個包含纖維、表面效應、製造程序和材料性質的整體結果。並且明白指出未來的航太科技與自動車將會大量使用此一相關材料。



圖五、(a)以碳複合材料研製而成的輕量型飛機，和(b)以碳複合材料製作而成的環保型電動車。

中山科學研究院的飛彈與戰機製造技術具有可觀的能量，並且早已將碳複合材料的技術導入相關產品的研製上。未來若能夠將我們目前已經累積的研究能量導入民用市場，勢必

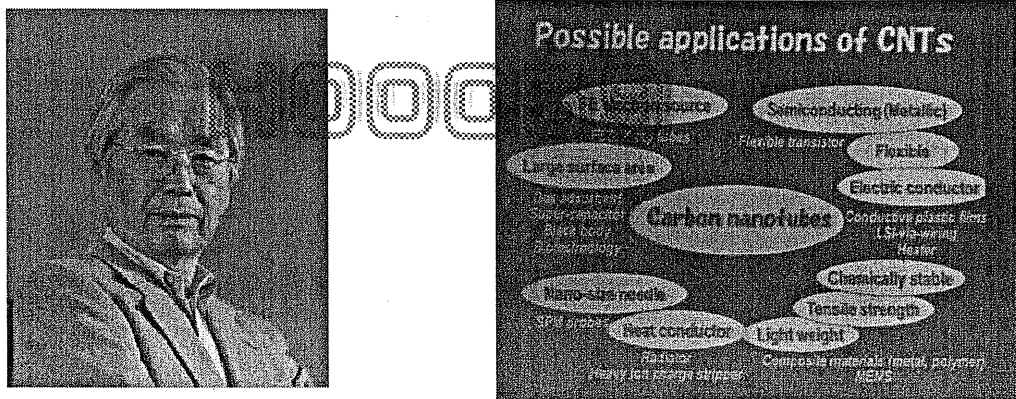


能夠提昇本院在國防工業以外的附加價值。這一類的市場商品包括了大型民航客機、船舶、汽車、電動車、腳動車甚至火車等。

#### 主題四、奈米碳材料 ( Carbon nanomaterials)

近十年以來，奈米材料領域諸子百家爭鳴，使得世人對奈米碳管的基本固態物理性質已經研究得十分透徹，而其在工業上的應用亦被廣泛地研究。尤其是在一些無可取代的應用技術 (killer applications) 最受矚目。這些應用技術上的研究在最近有一些突破性的進展。這些進展的關鍵主要在於工業級規模的生產技術有所提昇。除此之外，另一個重要的關鍵在於分離奈米碳管與金屬雜質技術的改良，這也是有益於工業化生產的重要因素。而奈米碳材料科學領域的最新研究興趣莫過於以「低溫氣相沉積法」製造可撓式石墨烯薄膜，以其取代銻錫氧化物所製成的透明導電薄膜。

日本名城大學的飯島澄男教授受邀在本次大會的全體出席演講中報告，見圖六。介紹最新的連續式卷對卷壓印技術，於 300°C 下應用微波表面電漿氣相沉積法以合成大面積石墨薄板 (A4-size graphit sheets)。此外，飯島教授亦介紹奈米材料的最新檢測技術，尤其是高解析度穿隧式電子顯微鏡與相關改進技術。報告中，亦提及臺灣的富士康集團在奈米科技上的投資與成果，令身為臺灣人的我深深感到驕傲。



圖六、被譽為奈米碳管之父的飯島澄男教授受邀在本次大會的全體出席演講中報告

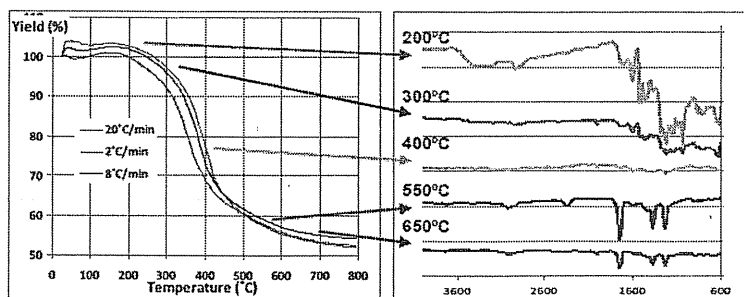
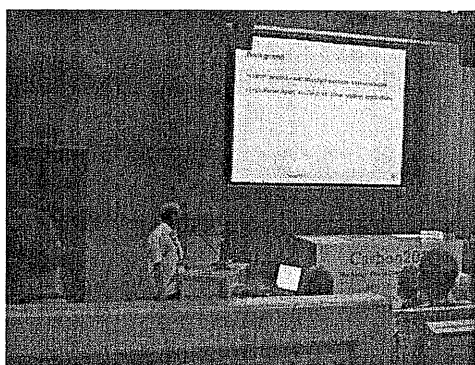


飯島教授被譽為奈米碳管之父，其學術地位舉世推崇，這次有幸親聆大師風範，覺得非常難得，而其報告可以視為當世對於奈米碳材料以至於奈米科技的前瞻性演講。他特別提及石墨烯薄膜技術將成為奈米科技於工業化應用的殺手級應用 (killer application)，實為強調其重要性已成為兵家之必爭之地。職有幸於中科院五所高溫組進行相關技術之研究，特別體會到該技術於業界競爭之激烈與自己肩上的責任之重大。本組近期將發展飯島教授所提及的「低溫氣相沉積法」以製備石墨烯薄膜的技術，屆時職將有機會更進一步了解此領域的相關技術的核心問題，並以解決其困難為使命。

## 主題五、多孔性碳材料 (Porous carbon)

木質素是地表上蘊含量最豐富的芳香烴聚合物，也是自然界蘊含量第二豐富的自然化合物。然而木質素在目前的造紙過程中的價值並不高。然而，將商業化製造販售的軟木牛皮紙木質素經過高溫處理並且通以氮氣氣氛而製成的碳化牛皮紙木質素，將可以成為好的吸附材料。以其對萘的吸附測試實驗證實，碳化牛皮紙木質素可以在經過表面的陽極處理或溫和的熱處理之後具有良好的吸附性能，未來將可以應用在吸收環境中的有害物質。

圖七為目前服務於瑞典的 Innventia AB 公司的李博士在本次會議中介紹以熱重量分析法 (Thermal gravimetric analysis) 配合傅立葉轉換紅外光光譜法 (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 觀察到在碳化牛皮紙木質素的過程中會經過兩個階段：第一階段為標準碳化 (<400°C)，第二階段為局部活性化 (>400°C)。而最佳的最終溫度為 700°C，高於此溫度以上，對產率和性質的影響不大且浪費能量。當溫度達到 700°C 時，碳化牛皮紙木質素的特定比表面積已經比未碳化處理的牛皮紙大 10 倍，達到 320m<sup>2</sup>/g。然而其對於水溶液中的萘的吸附能力卻沒有相對的提昇，李博士認為其原因在於碳化牛皮紙木質素的孔洞組成是屬於微米結構，而對於萘等芳香族大分子而言，巨觀結構的孔洞的吸附能力比較高。所以，李博士建議應該對碳化牛皮紙木質素做進一步的表面陽極處理或溫和的熱處理以成為新一代的吸附材料。



圖七、瑞典的 Innventia AB 公司的李博士在本次會議中介紹木質素經過熱處理後的多孔性質

H00059

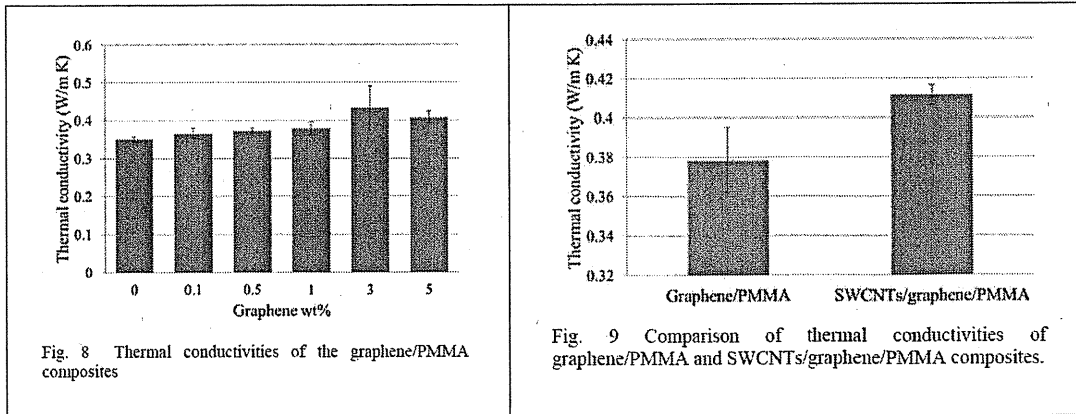
李博士來自臺灣，目前服務於瑞典的 Innventia AB 公司，是一家聲譽卓著的研發公司，致力於生質能源等課題的研究。李博士的成就，令同樣來自臺灣的我感到欽佩。這次李博士報告的題目就是一種典型的生質能源的開發利用，將不受重視卻又蘊藏量豐富の木質素做有效的再處理以提昇其經濟價值。而其應用的層面也是環保相關，可以用來過濾水中的有機毒素，例如萘等。然而，其實觀念是一大進步，距離實際應用卻還有一大段路要走。李博士的研究報告其實目前只做了一半，如何做後處理，將已經製得的高比表面積的碳化牛皮紙木質素轉換成真正具有吸附能力的材料，仍然需要努力。職所工作的崗位，中科院五所高溫組，具有十分充份的資源可以做相關類似的研究，十分期待可以在此議題上做出貢獻。

#### 主題六、碳複合材料與奈米碳複合材料 (Carbon-based composites and nanocomposites)

H00059

石墨烯奈米薄片因為其卓越的導電性、熱性質與機械特性而吸引廣泛的研究興趣與注目，並已公認為在許多應用領域具有潛力價值。最近微機電的熱管理問題已浮上檯面，一般認為熱傳導性質良好的碳材可能解決此一問題。作者在其先前的研究發現，添加微量的單壁或多壁奈米碳管的複合材料具有較佳的熱傳導性質。

在這份研究報告中，作者將石墨烯或石墨烯/單壁奈米碳管複合材料添加至聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 之中製成複合材料。因為空間的分佈，混摻單壁奈米碳管的複合材料有利石墨烯於聚甲基丙烯酸甲酯中的分散。本實驗中所使用到的石墨烯是以快速加熱剝離反應製造而成。圖八中左圖為石墨烯添加比例的效應，右圖為以石墨烯和奈米碳管作為添加劑的比較。



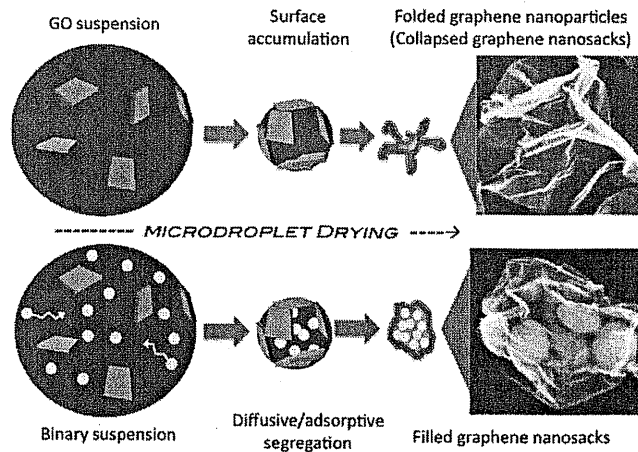
圖八、各種奈米碳複合材料的熱傳導性質之比較

H00059

### 主題七、石墨烯 (Graphene)

氧化石墨烯因為其特殊的性質而成為一種前景看好的巨型前驅體分子，可以用來製造新型碳材料。將單層氧化石墨烯與另一成份共同懸浮於水相溶液中，加以超音波振盪反應使其產生某種微液滴，使其乾燥之後會形成石墨烯袋攜帶另一成份的狀態。這個自組反應是發生在液氣相交界的表面，根據兩種成份的擴散速率與疏水性質的不同而造成自發性團聚現象，以產生石墨烯袋與其所包覆的成份所形成的核-殼狀對稱結構。分子動力學模擬顯示：形成此袋裝結構的「附著牽引」機制乃基於氧化石墨烯與水滴之間的氫鍵作用力。

本工作將示範使用石墨烯以包覆銀奈米粒子、親水性碳黑顆粒和脫氧核糖核酸，以及其它許多奈米袋的相關應用。由於石墨烯袋為透明且可允許電子進出，被包覆在其中的奈米粒子雖然與外在生物環境隔離，卻仍然可以吸收電磁波以進行邏輯性功能。最重要的是，此奈米袋在 5 百萬分之一的濃度以下並不具有毒性，所以適合執行生物上的應用。



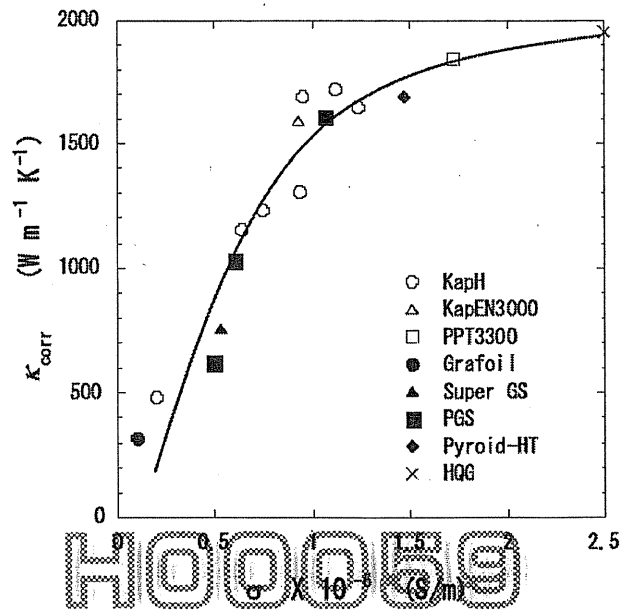
圖九、石墨烯袋包覆銀奈米粒子（親水性碳黑顆粒和脫氧核糖核酸）的自組反應機制

## 主題八、最新碳材料檢定技術 (New methods for carbon characterization)

熱傳導值的量測一直是碳材料領域所關注的技術，尤其是體積小的薄片材料，因為其技術十分困難。相對而言，電阻值的量測可以十分精準，也比較容易。由於熱傳導最快速的方式乃透過電子的傳遞，所以電阻值的大小和熱傳導之間必然存在某種關係，若是可以將此關係研究清楚，那麼只要量測電阻值即可以得到熱傳導性質，將會簡化許多量測上的問題。

早在 1960 年代的研究中已經指出當熱傳導係數  $\kappa$  值小於 400 W/mK 時，該碳材料的熱阻值與電阻值之間幾乎是成線性正比的關係。由於高導熱碳材的研究興起，目前熱裂解高向性石墨 (HOPG) 的熱傳導係數已經可以達到 1950 W/mK 之譜，然而，這一類新時代的產物的熱阻值

是否仍然和其電阻值成正比，就成為碳材料領域長期以來一直需要回答的問題。來自日本東京都市大學的 Yutaka Kaburagi 博士在本文會議中即揭舉了此類高導熱碳材中電阻值與熱阻值之間的關係。



圖十、多種高結晶性碳材的熱導係數相對於電導係數的關係

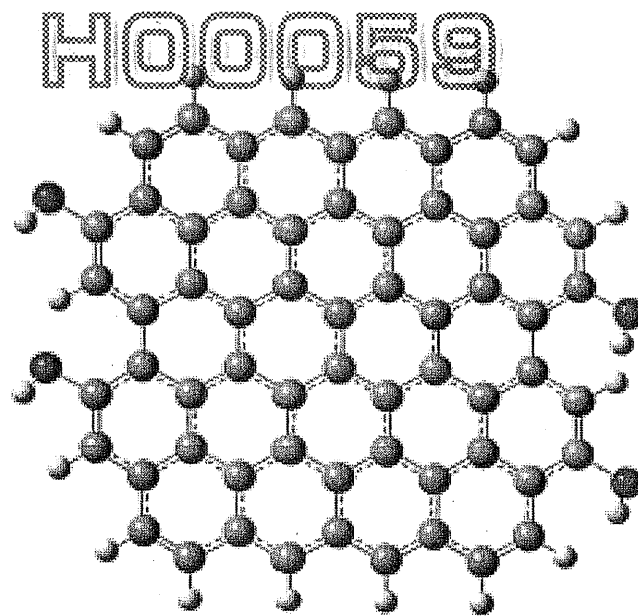
Yutaka Kaburagi 博士分別對多種不同型式的高導熱碳材料進行研究，例如：高結晶性石墨薄膜、商品化的石墨片和熱裂解石墨等，分別量測其導熱係數  $\kappa$  和電傳導係數  $\sigma$ ，結果得到如圖十所示的關係。由該圖可以得知，當熱傳導係數小於 1700 W/mK 時，其值和電傳導數之間仍然成線性正比的關係。可是，當熱傳導係數大於這個臨界值時，透過聲子傳遞的物理機制將會產生飽和現象，例如熱傳導機制。所以，這個線性關係仍然可以提供大部份的碳材所使用，因為絕大部份的碳材料，其熱傳導係數皆在此臨界值以下。對於碳材料領域的研究者而言，此無疑是一個十分方便的近似關係式。

### 主題九、理論計算與模型 (Computation and modelling)

伴隨著電腦的進步，理論計算在化學、物理與材料等科學領域所扮演的角色已日益重要。由量子力學所建構起來的初始計算理論 (*ab initio* calculation)，也因為高速電腦的發展而得以實現。過去有許多實驗量測所無法觸及或無法精確量測區別的數值，如今已經可以配合理論計算而得以獲得解答。例如：在氧化石墨烯的平面上含有哪些官能基至今仍然沒有定論。常見的有 -OH 基、C-O-C 基、HO-C=O 基和 CO-C=O 基等。分析氧化石墨烯 (GO) 的官能基是一項艱鉅的任務，而分析還原氧化石墨烯 (rGO) 更為困難。根據報導，一氧化碳、二

氧化碳和氧氣等小分子氣體會在還原反應過程之中形成並且釋放出來。並且在還原石墨烯的表面留下各種形式的含氧官能基，如呋喃、酚、五碳環、三碳環等。此外，使用穿隧式電子顯微鏡觀察得知，除了含氧官能基之外，還有一些構形上的缺陷。

來自日本千葉大學的 Yamada 博士以實驗配合理論計算的方式對石墨烯進行官能基的研究。石墨烯因為缺陷所造成的光電子能量偏移值，有些可以經由比對過去的文獻資料而得到判斷，若是無法從文獻中獲取資料，即可以利用 DFT 理論計算得到。下圖所示的圖形，即是進行理論計算時所用到的分子構形。



圖十一、進行理論計算時所採用的石墨烯分子構型，其中紅色的球體代表氧原子

#### 主題十、工業新知 (Industrial news)

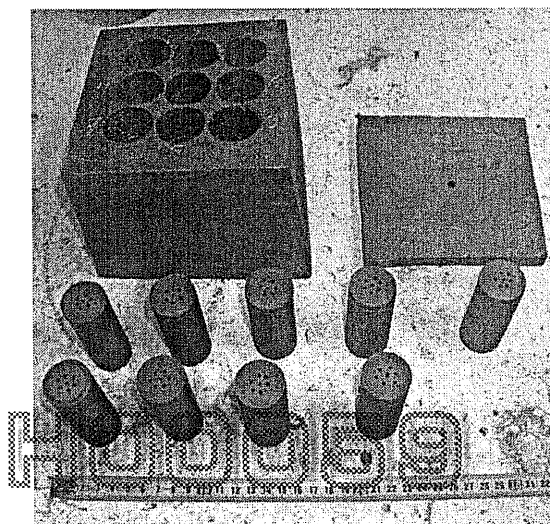


順應世界對於環境保護的呼聲日益高漲，煉鋼產業面臨更為嚴苛的挑戰。首先，他們必須改善製程以減少對環境的污染，同時又必須兼顧成本效益。因此，煉鋼業對於起始材料的選擇可能需要調整，以增加其副產物的多樣性與附加價值。除了重視焦煤產物的反應性和強度等主要特性之外，製造焦煤的過程需要對於其高溫爐所產生的廢氣有符合經濟效益的管理。

塑膠類的廢棄物不論是將其排入大海或是將其傾倒掩埋，都會造成對環境的嚴重污

染。然而若是將塑膠收集之後，以適當的條件燃燒可以再次利用，將其轉換成爲能量。因此，將塑膠摻入製作焦煤的反應爐體之中，不但可以利用其能量以達到節能的目的，同時解決了塑膠的回收問題。此外，不需要鉅額的投資，塑膠即可以還原成以碳爲主的產物，例如：燃料、反應爐體的支架、煤油的提煉、氫氣的來源等。因此，在煉鋼產業的應用方面，塑膠可以部份取代煤而成爲燃料，此舉亦可減少二氧化碳的排放量。根據先前的研究得知，以高溫爐燒結廢棄塑膠可以得到百分之四十的煤油、百分之四十富含氫氣的焦煤爐氣和百分之二十的焦煤。生化來源的焦煤起始物是十分有前景的煤燃料之替代品，並且可以和塑膠一起當作燃料使用。

來自芬蘭 Oulu 大學的 Jyrki Heino 博士在此次會議中報告他們在實驗室中，混摻少量聚乙烯 (5-10%) 在焦煤之中以高溫燒結而成冶金級焦煤燃料，如圖十二所示。聚乙烯爲最常用的塑膠之一。如果提昇塑膠的含量，可能會降低產物的強度，所以必須一方面增加塑膠的使用量，同時使用金屬強度測試儀以監控其強度。另外，Jyrki Heino 博士同時也使用了影像分析儀對產物進行表面材質外觀的性質分析，以幫助了解混摻塑膠的對冶金級焦煤的影響。



圖十二、混摻塑膠所燒製而成的冶金級焦煤與其坩鍋

本組所進行的瀝青改質相關研究可以由此塑膠回收利用的實例中得到啓發，或許我們可以將塑膠混摻入瀝青之中，以得到不同性質表現的瀝青產物。配合以性質分析，了解這些塑膠改質後的瀝青的性質以界定其可以利用的方向，增加其附加價值。同時，如本主題，已經達到塑膠之回收利用的環保目的。不僅可以推行環保運動，同時創造新興價值。

## 肆、建議事項

本案是配合 101 年度「奈米材料及製程技術發展第二期計畫」之「奈米精碳材料及應用技術」分項計劃，於 101 年 6 月 16 日至 6 月 23 日派員前往波蘭克拉科參加 2012 年國際碳材料研討會。

- 一、此行參加國際碳材料研討會充份認識碳材料的最新應用，範疇涵蓋儲能、生醫、環保、複合材料與尖端奈米材料等；由於臺灣電子產業揚名國際，因此本國碳產業的研究偏重於電子產業的相關產品。然而，隨著人口、能源與環保問題已日益成為全球關注的焦點，碳材料在這些領域的應用實已成為重要的潮流。職建議國內碳產業可以多元發展，以因應未來趨勢。
- 二、石墨烯材料自從 2004 年於英國曼徹斯特大學由蓋姆博士發現以來廣受科學界重視，蓋姆博士也因石墨烯研究在 2010 年獲得諾貝爾獎。在今年的國際碳材料研討會中，石墨烯研究列為大會議程的十項主題之一，其重要性可見一般。目前石墨烯的學術研究已經非常蓬勃，將其導入產業界的時機已趨近成熟，本院應該積極扮演石墨烯產學合作的橋梁，促進此一新興產業在臺灣立足生根以協助本國相關企業進軍國際市場。
- 三、職於此行會議中得知國外先進國家，如瑞典等歐洲國家，將自然界中蘊含量非常豐富の木質素燒結成為具有經濟價值的高吸附性碳材。木質素可以從植物中提煉出來，原本不具太大的經濟功能，若是利用高溫技術將其精製成為濾材，不僅解決木質素的回收問題，也創造綠色產業的價值。