

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡進度報告

新穎奈米碳材應用於車輛氣態多環芳香烴化合物排放之移除 (1/2)

計畫類別：開發型
計畫編號：MOST 104-2622-E-040-001-CC2
執行期間：104年02月01日至105年01月31日
執行單位：中山醫學大學公共衛生學系（所）

計畫主持人：郭崇義

處理方式：

1. 公開資訊：立即公開

中華民國 104 年 10 月 21 日

中文摘要：本產學計畫鑒於汽、柴油車輛在燃燒油品之後所排放出之碳黑、懸浮微粒以及氣態PAHs無法有效過濾與吸附，擬藉由化工與材料領域專長之博士後研究人員，結合本實驗室之空品變化流佈以及多環芳香烴化合物 (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 之檢測技術，開創出材料、公衛與產業界跨領域平台，開發技術且創新產品。

先期年度選擇不同成份奈米介金屬合金粉末觸媒製備出單枝或束狀型態奈米碳管以及Hummers ' method改良方法製備奈米氧化石墨烯，研究應用酸化氧化或官能基改質之奈米碳材於PAHs吸附、破出試驗或相關降解催化之分析探討、並且針對奈米碳材之物理結構、表面特性與成分分析，確認新穎奈米碳材對於PAHs相關物性化性；次年度則著重奈米碳材於破出試驗分析，致力開發出相對嚴苛之實驗條件下且達到高效率、低成本之新穎奈米碳材，改善且提昇民眾生活空氣品質。

中文關鍵詞：奈米碳管；石墨烯；多環芳香烴；破出測試

英文摘要：The suspended particulate and gaseous PAHs, after the burning of oil from diesel vehicles, are not be filtrated and adsorbed efficiently. This project views of the pollutants produced and plans to be by a post-doctoral researcher in expert field of chemical and materials engineering and combined with our professional skills in the air quality, flow distribution and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) detection technology. We are going to create materials, public health and industry cross-platform to develop novel technology and innovative products. In the first year, we pre-select the different components of nano inter-metallic alloy powder catalyst to prepare single or bundle type of carbon nanotubes (CNTs). The nano graphite oxide (GO) is prepared by using improved Hummers ' method. Then the oxidation, acidification and functionalized nano carbon materials are investigated and applied to the adsorption, breakthrough test and related degradation of PAHs. Moreover, the physical structure, surface characterization and composition of nano carbon materials are also analyzed to confirm the properties with PAHs. In order to improve people 's living air quality, we focus on the breakthrough test analysis under harsh experimental conditions and achieve higher efficiency, lower cost carbon material in the second year.

英文關鍵詞：Carbon nanotube, Graphite Oxide, Polycyclic aromatic hydrocarbons, Breakthrough test

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡(進度)報告

計畫名稱：新穎奈米碳材應用於車輛氣態多環芳香烴化合物排放之移除(1/2)

計畫類別：先導型 開發型 技術及知識應用型

計畫編號：MOST 104-2622-E-040-001-CC2

執行期間：104 年 02 月 01 日至 105 年 01 月 31 日

執行單位：中山醫學大學 公共衛生學系(所)

計畫主持人：郭崇義

計畫參與人員：博士後研究員：許 豪 麟

研究助理人員：溫 敬 峰、魏 千 岱

碩士班研究生：陳 俊 宇

研究摘要(人才培育、技術研發與技術特點等說明以及可利用之產業及可開發之產品、推廣及運用的價值)：

本產學計畫鑒於汽、柴油車輛在燃燒油品之後所排放出之碳黑、懸浮微粒以及氣態 PAHs 無法有效過濾與吸附，擬藉由化工與材料領域專長之博士後研究人員，結合本實驗室之空品變化流佈以及多環芳香烴化合物(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)之檢測技術，開創出材料、公衛與產業界跨領域平台，開發技術且創新產品。

先期年度選擇不同成份奈米介金屬合金粉末觸媒製備出單枝或束狀型態奈米碳管以及 Hummers' method 改良方法製備奈米氧化石墨烯，研究應用酸化氧化或官能基改質之奈米碳材於 PAHs 吸附、破出試驗或相關降解催化之分析探討、並且針對奈米碳材之物理結構、表面特性與成分分析，確認新穎奈米碳材對於 PAHs 相關物性化性；次年度則著重奈米碳材於破出試驗分析，致力開發出相對嚴苛之實驗條件下且達到高效率、低成本之新穎奈米碳材，改善且提昇民眾生活空氣品質。

處理方式：

1. 立即公開 (依規定，精簡報告係可供科技部立即公開之資料，並以 4 至 10 頁為原則，如有圖片或照片請以附加檔案上傳，如因涉及專利、技術移轉案或其他智慧財產權、影響公序良俗或政治社會安定等，而不宜對外公開者，請勿將其列入精簡報告)
2. 本研究是否有嚴重損及公共利益之發現：否 是
3. 本報告是否建議提供政府單位參考 否 是， (請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送。)

中 華 民 國 一 零 四 年 十 月 二 十 日

1. 研究動機、目的與方法

人類在現今科學領域的研究發展，已由微米(10^{-6} m)範圍邁入奈米(10^{-9} m)的尺度範圍，物質在奈米尺度下，因量子尺寸效應及表面活性效應展現出許多迥異於巨觀狀態之優異的物理與化學性質而備受矚目。碳元素[1]所構成的產品已在日常生活中扮演相當重要的角色，諸如煤炭、石墨、碳纖維與鑽石，可使用於燃燒生火、電池電極、強化材料強度與美觀裝飾等，在在顯示碳元素的重要性，快速蓬勃發展的奈米科技，在生物科技、光電資訊、環境能源與民生用品等領域皆具有廣泛的應用潛力。奈米碳管(Carbon nanotubes, CNTs)是由日本 NEC 公司飯島澄男博士[2]，在 1991 年以電弧放電法進行富勒烯(Fullerenes)合成實驗，以穿透式電子顯微鏡觀察碳的團簇(cluster)時所發現，其主要以多壁奈米碳管為主，為石墨平面捲曲而成之管狀材料，而奈米碳管本身結構可分為單壁以及多壁(MWCNTs)奈米碳管兩種形式；而單壁奈米碳管則至 1993 年在合成含磁性金屬(Fe, Co, Ni)之碳奈米膠囊時進而發現[3-4]。此外，石墨烯(graphene)為石墨(graphite)之單層二維材料，是六角形蜂窩狀晶格排列 sp^2 碳原子所組成單原子厚度的平面層狀薄膜結構，層與層的間距為 0.3354 nm 且具有金屬的導電性質。由於石墨結構中石墨烯層與層之間存在著強凡得瓦爾力(van der Waals force)，因此要將石墨烯脫層分散具有相當困難度，關於石墨烯官能基化改質方法，Hummers[5]於 1958 年研究發表以 $KMnO_4$ 及 $NaNO_3$ 在濃 H_2SO_4 中反應，成功將石墨氧化為石墨烯氧化物(graphene oxide, GO)；此方法所得到的 GO 為非導電性、親水性碳材料，其原理是將堆疊的層狀石墨結構，透過強氧化劑氧化，使得

電子非定域化之碳原子經由氧化反應產生 epoxide/hydroxyl/carboxylic acid 等官能基，形成 GO 氧化物，GO 結構中部分碳原子由平面結構的碳碳雙鍵鍵結(sp^2 軌域)變為立體或非平面結構之碳碳單鍵鍵結(sp^3 軌域)，且層與層之間經官能基化後，層間距可有效的撐開，層間距可以由石墨的 0.335 nm 增加至 GO 的 0.625 nm，因此可以將石墨材料脫層為石墨烯氧化物，文獻研究大多引用此方法進行改良，進行石墨烯氧化脫層反應[6]。再則，高度氧化之 GO 再進行還原反應，可形成還原的石墨烯氧化物(reduced graphene oxide, RGO)，使用還原劑如聯胺(hydrazine)、鹼金屬、Vitamin C 等。此時由於 sp^3 的碳被還原為 sp^2 碳，使得原本不導電的 GO 還原成具有導電性的 RGO，而 RGO 通常仍有部分官能基未被還原，因此 RGO 可進一步進行官能基的接枝反應，由於 GO 以及 RGO 皆可進行其他官能基化，利用改質的官能基與高分子形成化學鍵結，將可合成分散性良好的奈米複合材料[7-8]。

由於奈米碳管以及石墨烯為單質碳之同分異構物，其不論在物性、化性或材料特性上，均具備相當且獨特的性質，例如質量輕、高強度(42 N/m)、高韌性、可撓曲性、高表面積($500-2630\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$)、表面曲度大、高熱導度($4.8-5.3 \times 10^3\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$)、導電性特異等，且石墨烯薄膜其可見光透光率達 97% 以上；此外在機械性質方面，具有著較佳的結構以及相當高(0.5-1.0 TPa)的楊格係數[10]，使得在許多的領域都具有高度潛在之應用性，而廣泛地研究應用於場電子發射[11-12]、高分子複合材料的強化材料[13-16]、碳管場發射顯示器[17-18]以及氣體能源儲藏材料，成為現今奈米材料及奈米科技中廣泛應用及熱門研究領域。奈米碳管的應用主要取決於所成長之奈米觸媒

化學方面等領域，石墨烯薄膜對紅外線幾乎完全透光，可應用於透明電極材料。此一維、二維碳材均質量輕、高強度韌性、可撓曲性與高表面積等特性，而石墨烯取決單層與否以及其尺寸大小，因此針對這些領域的開發，將可獲得更高的附加價值以及經濟效益。

本產學合作研究計畫中，先期開發研究以奈米碳管及石墨烯其物性、化性或材料特性上具備相當且獨特的性質，進行多環芳香烴化合物之吸附或降解催化反應。收集處理後之氣態樣品，以氣相層析質譜儀(Gas Chromatography / Mass Spectrometer, GC/MS)儀器進行測定氣態 PAHs 之樣本分析，評估本研究所開發之材質對氣態 PAHs 之吸附或降解催化效率，探討作為取代較為昂貴的 XAD 高分子樹脂吸附材料之可行性。首先以醇還原法製備奈米介金屬鎂-鎳、鎳-鎳、鐵-鎳、鐵-鈷及鎳-鈷合金與奈米金屬(如:Fe、Ni、Co)之外，並將以所製備出的奈米介金屬合金與奈米金屬利用化學氣相沉積法，於 650-670 °C 的溫度下，通入特定流速的碳源(甲烷或乙炔)，進行甲烷的熱裂解反應進而沈積形成奈米碳管，另以 Hummer 之改良方法製備大量石墨烯氧化物。後期研究將進一步模擬探討在機動車輛之真實動力排放狀況下之吸附能力，開發研究以製備碳材擔持奈米介金屬合金觸媒之新型奈米材料，利用碳管、石墨烯之高比表面積吸附 PM 微粒或 PAHs 化合物，達到降低材料製作成本且達到合作企業雙贏之成果。材料分析將以傅立葉紅外線光譜儀(FT/IR)、X 光繞射分析(XRD)、場發射掃描式電子顯微鏡(HR-SEM)與高解析穿透式電子顯微鏡(HR-TEM)等儀器分析其構造與外觀，以拉曼光譜分析(Raman)其純度及 BET 測定表面積，確定碳材擔持奈米介金屬合金觸媒的表面特性分析及結

構分析。本計畫新穎碳材將以破出試驗評斷其吸附性能與效率測試，破出試驗裝置測定方式為使定濃度的測試氣體持續通過填裝碳材之檢測套筒，於其下游裝置一氣體監測器連續讀取氣體濃度值；測試初期，檢測套筒下游幾乎無測試氣體存在，經過一段時間後，套筒下游開始偵測得測試氣體且急遽上升，此現象稱之為「破出」(Breakthrough)現象，而此濃度值則為破出濃度，檢測套筒下游氣體濃度達到其破出濃度所需之時間為破出時間，破出時間愈長，則代表該奈米碳材吸附介質效率較佳。未來研究將進行較為嚴苛之測試條件，檢驗碳材檢測套筒其性能效率，待其性能效率達期望之效能便加以組裝成型，進行後期動力中汽、機車之效能試驗。

2. 研究方法與分析儀器

本計畫先期開發研究以奈米碳管及石墨烯其物性、化性或材料特性上具備獨特的性質，進行多環芳香烴化合物之吸附或降解催化反應。收集處理後之氣態樣品，以 GC/MS 進行測定氣態 PAHs 之樣本分析，評估本研究所開發之材質對氣態 PAHs 之吸附或降解催化效率，探討作為取代較為昂貴的 XAD-16 高分子樹脂吸附材料之可行性，進一步模擬探討在機動車輛之真實動力排放狀況下之吸附能力，開發研究以製備碳材擔持奈米介金屬合金觸媒之新型奈米材料，利用碳管、石墨烯之高比表面積吸附 PM 微粒或 PAHs 化合物，達到降低材料製作成本且達到合作企業雙贏之成果。未來研究將進行較為嚴苛之測試條件，檢驗碳材檢測套筒其性能效率，待其性能效率達期望之效能便加以組裝成型，進行後期動力中汽、機車之效能試驗，除建立經濟有效之 PAHs 吸附材料以取代原有昂貴之耗材外，另將其應用於車輛尾端排氣中氣態 PAHs 之

吸附，以達到保護環境之重要目標。

2.1 奈米介金屬合金觸媒之製備

奈米介金屬鎂-鎳合金微粒的製備以化學還原法中的醇還原法為主，其製備流程如下：以將鎳化鎂之奈米介金屬合金粉末觸媒的為例，其製備方法為取總莫耳數為 0.04 莫耳的金屬醋酸鹽（醋酸鎂及醋酸鎳），加入 200mL 乙二醇中，再將 10~30g 聚乙烯吡咯酮（Polyvinylpyrrolidone）溶於另一杯等體積的乙二醇中，最後將兩杯製備好的混合液混合並以磁石充分攪拌 15~20 分鐘，另取 10mL 的乙二醇，加入定量的硝酸銀（或 PdCl_2 ）以配置成核劑。將混合液於 180°C 下進行迴流一小時，當溫度達到所設定之迴流溫度時，再進行迴流 10 分鐘後，將含有適量硝酸銀（或 PdCl_2 ）的乙二醇溶液加入迴流液中，當溫度達到設定溫度時，再進行迴流一小時後，此時結束反應，並將反應結束之黑色液體倒入燒杯中，以冰浴冷卻至室溫，再以大量的酒精沖洗，並以 5,000 rpm 的轉速進行離心，並重覆上述步驟數次以洗去殘留的保護劑，將所得到之奈米鎂-鎳合金微粒於真空下乾燥。而其他奈米介金屬合金的製備方法亦同，然而其反應條件則需視各種金屬還原電位大小而加以改變。製作出雙成份奈米介金屬合金粉末觸媒後，再將其與第三成份之金屬（Mo 或 Cr）前趨物於 600°C 下進行鍛燒 1 小時，便可得到三成份奈米介金屬合金粉末觸媒。

2.1.2 奈米碳管之成長以及奈米氧化石墨烯之製備

在奈米碳管的成長部份，主要以熱化學氣相沈積法（Thermal Chemical Vapor Deposition）為主。首先取適量的觸媒，置於石英船（quartz boat）中，將石英船推入石英管中心位置，鎖緊石英管，通入 Ar 氣體後，將石英管內部

抽真空，以進行 purge 的動作。接著以 50 cc/min 的流率通入 99.995% 的氫氣，以 $500\sim 600^\circ\text{C}$ 的溫度還原觸媒 30min 後，接著將氫氣關閉，以 100 cc/min 的流率通入 99.99% 的甲烷（或乙炔），於 $650\sim 950^\circ\text{C}$ 的溫度下成長奈米碳管 30 min。當反應結束後，通入 Ar 氣體使反應爐溫度降至室溫，再將反應物取出進行特性分析。

片狀氧化石墨烯（Graphene oxide）為石磨粉末微粒經化學方法氧化與脫層後之產物，製造石墨烯的方法技術包含機械剝離法（mechanical exfoliation）、磊晶成長法（Epitaxial growth）、化學氣相沈積法（Chemical vapor deposition）及化學剝離法（Chemical exfoliation）等 [19-22]；機械剝離法及磊晶成長法，雖然可以獲得品質較佳之石墨烯，但這兩種方法均無法大面積合成石墨烯。化學氣相沈積法的製備過程，則必須使用近千度的高溫及昂貴的金屬基材（如銅或鎳），而有製造成本上的瓶頸。本計畫是以化學剝離法中的 Hummers' method 為主，再加以改良其方法達到更有效剝離成單原子層之片狀氧化石墨烯。其製備方法為先秤取 20g 石磨粉末，經過前置反應步驟冷卻一段時間後，將其加入硝酸鈉、過錳酸鉀和濃硫酸的混合液中，於 0°C 下水浴進行並維持溫度為 20°C 且反應 2 小時，加入 1L 去離子水；待反應結束後，以大量去離子水與 H_2O_2 混和溶液洗淨待其靜止沉澱，再加入大量的體積比為 1:10 的 HCl 溶液反覆沖洗數次，並以 7,500 rpm 的轉速進行離心收集，並重覆上述離心步驟數次，便可收得到片狀氧化石墨烯。

2.2 奈米碳材之酸化氧化改質

取定量製備的奈米碳管，加入 100mL 的 HNO_3 中且靜置 30min，然後取 50mL 的 H_2O_2 ，每隔 10 min 分別依序加入 10mL H_2O_2 於上述硝酸溶液中

且靜置 3 小時以上，使用 H_2O_2 目的為使碳管先被氧化成 -OH 官能基；而每隔 10min 分別依序加入 10mL H_2O_2 於硝酸溶液中，則是因為氧化反應為放熱反應，若加入過多的 H_2O_2 於硝酸溶液中，會因急速放熱與生成過多 NO_2 氣體而導致爆炸的可能性危害。接著將反應完的碳管以並以 5,000 rpm 的轉速進行離心，並重覆數次，再將離心後的碳管浸泡於 500mL 的去離子水中且靜置 1 天以上，過濾收集碳管且重複此步驟二次以上並收集之。

2.3. 場發射掃描式電子顯微鏡 (FE-SEM)

取少量經 CVD 成長奈米碳管後之樣品置於黏有碳膠之樣品座上，利用電子束之反射作用，產生 2D 圖像，以掃描式電子顯微鏡 (Field-emission scanning electron microscope, FE-SEM) 觀察奈米碳管整體的外部以及內部結構，確認碳管成長情形的優劣，作為改進碳管成長的依據。

2.4 高解析度穿透式電子顯微鏡 (HR-TEM)

取少量經 CVD 成長奈米碳管後之分散於 10 mL 的無水酒精 (99.5%) 中，經超音波震盪 30 min 後，取數滴懸浮液滴於鍍有碳膜的銅網上待乾燥隔夜後，利用高解析度穿透式電子顯微鏡 (High-resolution transmission electron microscopy, HR-TEM) 進行分析，以確認所成長之奈米碳管的型態是否為單層壁奈米碳管並用以分析所合成之奈米碳管的管徑分佈。

2.5 X 光繞射分析

材料的成分和組織結構是決定其性能的基本因素，X 光繞射 (X-ray diffraction, XRD) 分析則可給出材料中物相的結構及元素存在的狀態訊息且可用以量測奈米材料之晶粒度。

藉由 XRD 分析，可以確認成長奈

米碳管前奈米介金屬鎂鎳合金的結構及組成。由於奈米碳管的結構是由石墨片層捲區而成的中空管，而奈米碳管的結構優劣就取決於奈米碳管石墨化程度的高低，如果奈米碳管的純度越高其於 (002) 面的石墨層間距將愈接近高定向石墨的層間距 0.3354 nm，因此可以利用 XRD 進行碳管純度的初步分析，除此之外還可看出碳管中殘餘的觸媒狀態。特別是碳管純化後，藉由 XRD 的分析可以確認奈米碳管的純化是否完全，因為碳管純化完全時，其觸媒的特徵波峰將會消失。奈米碳材之 XRD 分析實驗，是取適量純化前後之奈米碳管粉末置於塗有凡士林之圓形凹槽的玻璃試片中，以具有 $CuK\alpha$ 繞射源之 MAC Science MO3XHF 的 X 光繞射分析儀進行分析。打開 X 光繞射儀之安全門，將試片置於試片槽中，將電壓、電流值分別設定在 40 kv、30 mA，蓋上鉛蓋後以 5° min^{-1} 的掃描速度，從 $2\theta = 20 \sim 80^\circ$ 進行分析。

2.6 拉曼光譜分析

利用顯微鏡將雷射光聚焦在薄膜表面，透過光的散射現象 (非彈性碰撞) 來測定材料振動的光譜，稱為顯微拉曼光譜 (Raman microscopy)。拉曼散射是量測光子能量的改變，及材料的振動能階差。以波數 (cm^{-1}) 來表示，即為拉曼位移 (Raman shift)。本實驗使用顯微拉曼系統，搭配 Nd:YAG 半導體雷射 532nm 的波長，射入樣本的雷射能量估計約有 100 mW。對奈米碳材的特徵分析來說，拉曼光譜是非常有用的工具，位於波數 $1500 \sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ 的高頻區，此波峰的形成是因為 MWCNT 碳碳雙鍵 ($C=C, sp^2$) 的振動而產生的特徵波峰，而且此波峰會因產物純度之提升而有分裂之情形，另外在 1350 cm^{-1} 附近會出現屬於無定形碳 ($C=C, sp^3$) 的特徵波峰。

2.7 傅立葉紅外線光譜儀

(Fourier-Transform Infrared Spectrometry, FT/IR)

分子集轉動、振動與移動等運動方式於一身而具有特定振盪頻率範圍(波數在 $4000 - 200\text{cm}^{-1}$ 之間)；分子振動分為兩種形式，一為伸縮振動(stretching vibration)，一為彎曲振動(bending vibration)。所謂伸縮振動是原子沿其鍵的方向作有規律的運動，至於彎曲振動則是一種改變鍵角的運動；兩化學鍵若有一共同原子，則其兩端的原子或原子團因運動而導致鍵角改變便是彎曲振動，例如：twisting(扭曲)、rocking(搖晃)及 torsional(扭轉)振動，均包含著鍵角改變的振動。而紅外線依不同波長範圍可分為近紅外線($0.72-3\mu\text{m}$)、中紅外線($3-6\mu\text{m}$)、遠紅外線($6-15\mu\text{m}$)與極遠紅外線($15-1000\mu\text{m}$)。

2.8 多環芳香烴化合物

(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)分析

氣態 PAHs 之樣本分析程序主要包括萃取、濃縮、活化/淨化、再濃縮及 GC/MS 儀器測定等步驟，分析方法詳述如下：

(1) 超音波震盪萃取：

將採樣後之吸附套筒樣品置於棕色燒杯內，並加入萃取溶劑至完全淹沒樣品，吸附套筒之萃取溶劑則為 DCM:n-Hexane 體積比相同($v:v=1:1$)的混合溶劑 200mL。使用超音波震盪 30 分鐘後，將萃取液倒入至濃縮瓶中，再加入萃取液重複震盪萃取，將第二次所得之萃取液亦倒入濃縮瓶混合之，此外需注意於前處理過程中，應盡量避免外在光線之照射，而降低 PAHs 之衰減或光裂解。

(2) 濃縮：

將超音波震盪二次後之萃取液以真空減壓濃縮法抽除有機溶劑且濃縮至約 2 或 3mL。

(3) 淨化：

將已處理過之 6 g 矽膠填充於淨化管中，先以 30 mL n-Hexane 潤洗活化之，再於矽膠上方填充覆蓋 2 g 無水硫酸鈉，再以 20 mL n-Hexane 潤洗；而淨化管中所填充之矽膠須先置於 105°C 之烘箱內乾燥處理 12 小時，而無水硫酸鈉則先置於 400°C 烘箱內烘乾 24 小時。樣品之淨化係利用正相矽膠法(Silica gel)來進行，以去除樣品中之水份或塵土顆粒干擾質。淨化管潤洗活化後，將上述之 2-3 mL 濃縮液倒入淨化管中，再使用 50 mL 之 n-Hexane 作為沖提液進行流洗沖提，並以濃縮瓶收集淨化液，再進行下一個再濃縮步驟。

(4) 再濃縮：

以孔徑 $0.45\ \mu\text{m}$ 之聚偏二氯乙烯濾紙過濾收集前述淨化後之濾液，並以真空減壓濃縮機抽除大量溶劑後，使用氮氣(N_2)吹拂至近乾，最後以 DCM 定量至 250 μL ，裝於密閉之棕色玻璃瓶中，置於冷凍庫中低溫保存待分析。

(5) 儀器測定：

氣態 PAHs 樣品分析係使用 GC/MS(VARIAN3900 /SATURN 2100T)進行分析，層析毛細管柱為 VF-5ht ($30\ \text{m} \times 0.25\ \text{mm ID}$, $\text{DF} = 0.10\ \mu\text{m}$)，樣本溶液每次注入體積量為 1 μL ；其升溫程式為：初始溫度 50°C ，停留 1 分鐘，以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 升到 100°C ，再以 $3^\circ\text{C}/\text{min}$ 升至 290°C ，維持定溫約 15 分鐘，注射器溫度為 300°C ，離子阱質量分析器(Ion trap mass analyzer)溫度為 250°C ，Transfer line 溫度為 290°C ，載流氣體為高純度氦氣(He)，流量為 1.0 mL/min。為避免基質干擾及增加訊雜比(S/N Ratio)，以 MS/MS 方法進行 PAHs 分析，當化合物由層析管柱被分離出，進入離子阱質量分析器後，首先會經第一次電子撞擊(Electron impact)產生游離化，

並由質量分析器篩選出欲分析之離子作為母離子 (Parent ions)，再以適當碰撞誘導解離 (Collision induced dissociation) 能量做第二次電子撞擊，使該母離子進一步碎裂成子離子 (Productions)，最後再由質量分析器進行子離子之質量分析及定量。此方法有效降低了背景雜訊之干擾，也提升特定離子之靈敏度，進而提高 S/N 值，並獲得清晰的 MS/MS 質譜圖。

2.9 破出試驗(Breakthrough Test)

本計畫之新穎碳材以破出試驗評斷其吸附性能與效率測試，破出試驗裝置測定方式為使定濃度的測試氣體持續通過填裝碳材之檢測套筒，計畫依照上述 2.3.9 小節之多環芳香烴化合物分析分法進行檢測。測試初期，檢測套筒下游幾乎無測試氣體存在，經過一段時間後，套筒下游開始偵測得測試氣體且急遽上升，此現象稱之為「破出」(Break through)現象，而此濃度值則為破出濃度，檢測套筒下游氣體濃度達到其破出濃度所需之時間為破出時間，破出時間愈長，則代表該奈米碳材吸附介質效率較佳。破出試驗初期測試條件以溫度 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相對溼度 $80 \pm 10\%$ ，測試流量為 $20 \pm 2 \text{ L min}^{-1}$ 之條件進行測試，預計以 10、50、100、500 與 1000 ppm 等不同濃度之多環芳香烴為測試氣體通過填裝碳材之檢測套筒，記錄破出氣體濃度為 10% 之破出時間，初步訂定 10% 多環芳香烴的破出時間為 60 分鐘以上為符合測試結果；記錄測試前後之檢測套筒重量，觀察其重量變化差異。未來研究將會以較為嚴苛之 1% 測試條件進行測試，檢驗破材檢測套筒其性能效率，待其性能效率達期望之效能便加以組裝成型，以利進行後期動力中汽、機車之效能試驗。

3. 結果與討論

3.1 雙成份與三成份奈米介金屬合金

粉末觸媒之製備及其成長奈米碳管之分析

雙成份奈米介金屬合金觸媒的製備以醇還原法為主，而三成份奈米介金屬合金觸媒的製備為將第三成份的金屬前趨物加入已製備好的雙成份奈米介金屬合金觸媒中，再將其收集之。使用不同成份觸媒進行成長奈米碳管主要為多壁奈米碳管，如圖 1 之 A 與 B 所示，表 1 為以雙成份或三成份之奈米介金屬合金觸媒成長奈米碳管之結果，其碳管之成長溫度為 800°C ，且碳源皆為 CH_4 ，其流量均為 180 sccm， H_2 為 20 sccm。由實驗結果可得知，大致上其碳產率可達 400 - 1200 %，而碳管管壁直徑約 17 nm，其比表面積可達 $240 \text{ m}^2/\text{g}$ ，本計畫使用 $\text{Mg}_{70}\text{Ni}_{30}$ 成長之碳管為主，其碳產率之計算如下：

$$\text{碳產率}(\%) = [(\text{成長碳管所得重量} - \text{觸媒重量}) \div \text{觸媒重量}] \times 100\%$$

使用 Hummers' method 製備之奈米氧化石墨烯，其 FE-SEM 分析圖如圖 2 所示，片狀奈米氧化石墨烯之外觀形貌可能因其結構具親水性而致多為皺褶狀。

3.2 奈米碳材經酸化氧化之分析

製備出之原始奈米碳管如圖 3 (a)，可觀察到未除去之介金屬觸媒之分佈；使用鹽酸進行酸洗製備出之多壁奈米碳管，因鹽酸並無氧化能力，故無法氧化碳管，只有將金屬催化劑去除及使碳管本身結構重組且增強其熱性質的效果。結果發現大部分的觸媒顆粒經酸液浸泡可被除去，但少部分觸媒係被包覆在奈米碳管中，由於攪拌速率較小且碳管之內部質傳阻力過大，使得被包覆在奈米碳管中的少部分觸媒即使經過酸洗的步驟仍無法被除去(如圖 3 (b) 之紅色圓圈標示)。而經酸化氧化後之奈米碳管以 FE-SEM 分析(圖 3 (c)之圓圈標示)可觀察到相當清

晰的碳管口面，顯示其介金屬觸媒多已酸洗氧化去除。製備出之氧化石墨烯經冷凍乾燥收集後，將其分散於水中發現具有相當好的分散性，將 2 mg 氧化石墨烯以及 2 mg NiCl_2 /氧化石墨烯分別均勻分散於 2 g 去離子溶液中時，將此溶液靜置於室溫下，可見其均勻分散於去離子水溶液中而不致聚集沉澱，且時間可長達半年以上，如圖 4 所示。

3.3 奈米碳管與氧化石墨烯之

XRD 分析

分析經過酸化氧化之奈米碳管與氧化石墨烯之 XRD 圖譜，如圖 5 所示。由圖中可得知經酸化氧化之奈米碳管具有原始 Graphite (d_{002} 與 d_{101}) 的繞射峰，其特性波峰 (2-theta) 分別出現於約 26.1° (d_{002}) 以及 43.1° (d_{101})，觸媒的強度也相對降低；而氧化石墨烯其特性波峰主要出現於約 9.4° 以及 26.2° (d_{002})，顯示出其層間距由原 0.340 nm 增加至 0.940 nm，說明石墨烯脫層效果因氧化提升。

3.4 奈米碳材之拉曼光譜分析

圖 6 為以拉曼光譜進行分析所製備之多壁奈米碳管、經酸化氧化的奈米碳管以及氧化石墨烯之頻譜圖。圖中可發現原始奈米碳管之 I_D/I_G 比值為 0.90，而經酸化氧化後之奈米碳管其 I_D/I_G 比值卻提高為 1.55，顯示出碳管本身表面或兩端開口的石墨結構因經過強酸氧化後其表面管壁會受到破壞，且碳碳雙鍵的鍵結會因被氧化成 $-\text{COOH}$ 或 $-\text{OH}$ 的官能基，進而形成 $\text{C}-\text{C}$ 鍵結 (sp^3) 或 $\text{C}-\text{O}$ 鍵結 (sp^3) 的影響，導致 $D\text{-band}$ 的強度增加，也間接說明多壁奈米碳管結構具有羧基與羥基等官能基存在於碳管上。此外，氧化石墨烯其拉曼分析頻譜圖也得到上述石墨結構受到破壞而導致 $D\text{-band}$ 強度增加的結果， I_D/I_G 比值約為 1.25，顯示存在較佳的石墨結構。

3.5 奈米碳材之 FT/IR 分析

圖 7 為原始製備出奈米碳管與其經過酸化氧化的奈米碳管與氧化石墨烯之 FT/IR 分析光譜圖。由圖中可見碳管經酸化氧化後具有 830 、 1400 、 1580 、 1711 與 3400 cm^{-1} 之特徵吸收峰，推論碳管經酸化氧化反應，可使碳管表面形成帶有一 OH 之官能基。於 $2600 - 3000\text{ cm}^{-1}$ 間，此吸收峰為 $\text{C}-\text{H}$ 鍵之拉伸 (Stretching) 吸收，可發現原始碳管與經酸化氧化之碳管存在明顯差異；而氧化石墨烯因同樣使用強酸氧化，可發現其 FT/IR 圖譜與氧化後之奈米碳管的光譜圖之間不具明顯差異。

3.6 奈米碳材之 TGA 分析 (TGA)

本研究使用熱重損失分析 (TGA) 來進行分析多壁奈米碳管中其無機分子與有機分子之比例關係，通入氣體為 O_2 且升溫速率為 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ；而下圖 8 為奈米碳管與氧化石墨烯之熱重分析圖。原始碳管最後所剩的重量約為占全部重量的 11%，但氧化石墨烯只剩下約 0-2%，推論碳管所剩重量可能為成長碳管所使用的合金觸媒，無法完全除去觸媒的因素可能是因觸媒位於碳管的管壁中，強酸溶液因內部質傳阻力較大，無法達到管壁中將觸媒形成錯離子而溶解出來，故仍有部份觸媒存在；而原始碳管的 TGA 分析曲線當溫度升高到 700°C 後，其重量卻開始轉為增加的情形，推論為因碳管已完全氧化成二氧化碳而只剩下觸媒部份，故觸媒被氧化形成氧化態而導致增加重量之結果。

3.7 奈米碳材成型產品組裝製作

圖 9 (a) 為本計畫使用之吸附套筒裝置，吸附裝置以玻璃套筒、離子交換樹脂 (Amberlite XAD-16, Sigma) 及聚氨基酯泡棉 (PUF) 組合而成，吸附裝置於採樣前預先洗淨，洗淨時將三種吸附裝置依序使用甲醇、二氯甲烷及正

己烷等溶劑隔水超音波震盪，震盪後自然風乾，再將 XAD-16 與 PUF 以夾層之方式組裝，圓筒狀之玻璃套桶內填充 XAD-16 約 4 公分，其上下端均以 PUF 固定，組裝完成以鋁箔紙包裝準備採樣。實驗完成後將吸附裝置以鋁箔紙包覆於夾鏈袋中密封保存，暫存於-20°C 冰箱保存，並盡速進行多環芳香烴物質之分析。圖(b)為吸附套筒內部填充氧化石墨烯(GO)和 XAD-16 之比較圖，將 10g 氧化石墨烯分散於 1L 去離子水中，成功克服套筒產品組裝的問題，可以冷凍乾燥法將其填充於玻璃吸附套筒，以利後續破出試驗之進行。

3.8 PAHs 分析檢測之品保品管

為確保計畫之數據能維持在一定的品質範圍之內，首先需確定本計畫之品保目標，其內容包括精密度、準確度、完整性、比較性及代表性等項目，以下分別就這些項目簡單說明其意義及本計畫所擬採行之方式。精密度係重覆分析同一樣品之再現性，可利用二重覆分析值的相對誤差來表示。準確度係指分析值與真值(True value)之重疊性，準確度之品保可以分析之回收率、標準品查核分析及樣品添加分析來確認，本計畫之準確度在考慮分析污染物之特性僅以回收率來表示。完整性係指本實驗所欲達到之整體目標，其定義如： $C(\%) = V/T \times 100\%$ ，C 為完整性、V 為實際完成之有效樣品數、T 為預期完成之樣品數，本計畫之品管要求項目及品保管制範圍如表 2。

4. 結論

本研究計畫使用醇還原法合成奈米介金屬合金觸媒，且利用化學氣相沉積法成功製備出多壁奈米碳管，藉由酸化氧化法去除成長多壁奈米碳管之介金屬觸媒；另改良 Hummer's method 進行製備氧化石墨烯，成功克

服套筒產品組裝的問題，以冷凍乾燥法將其填充於玻璃吸附套筒中，以利後續破出試驗進行，然其試驗結果將於期末報告中進行呈現。藉由本產學計畫提供一多樣化技術，結合本實驗室之空品變化流佈以及多環芳香烴化合物之檢測技術，開創出材料、公衛與產業界跨領域平台，開發技術且創新產品，相信可應用在民生化材產業、環境技術科技上，改善且提昇民眾生活空氣品質，進而提昇與其他產業的競爭力。

參考文獻

1. H. W. Kroto et al., Nature, 318, 1985: 162.
2. S. Iijima, Nature, 354, 1991: 56.
3. S. Iijima and T. Ichihashi, Nature, 363, 1993: 603.
4. D. S. Bethune, C. H. Kiang, M. S. de Vries, G. Gorman, R. Savoy, J. Vazquez and R. Beyers, Nature, 363, 1993: 605.
5. Hummers, W. S.; Offeman, R. E. Preparation of graphitic oxide. J. Am. Chem. Soc. 1958, 80, 1339.
6. Marcano, D. C.; Kosynkin, D. V.; Berlin, J. M.; Sinitskii, A.; Sun, Z. Z.; Slesarev, A.; Alemany, L. B.; Lu, W.; Tour, J. M. Improved synthesis of graphene oxide. ACS Nano 2010, 4(8), 4806-4814.
7. He, H. K.; Gao, C. General approach to individually dispersed, highly soluble, and conductive graphene nanosheets functionalized by nitrene chemistry. Chem. Mat. 2010, 22(17), 5054-5064.
8. Bae, S. Y.; Jeon, I. Y.; Yang, J.; Park, N.; Shin, H. S.; Park, S.; Ruoff, R. S.; Dai, L. M.; Baek, J. B. Large-area graphene films by simple solution casting of edge-selectively functionalized graphite. ACS Nano 2011, 5(6), 4974-4980.
9. Novoselov, K. S.; Geim, A. K.; Morozov, S. V.; Jiang, D.; Zhang, Y.;

- Dubonos, S. V.; Grigorieva, I. V.; Firsov, A. A. Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, 2004, 306, (5696), 666-669.
10. Treacy, M. M. J.; Ebbesen, T. W.; Gibson, J. M., Exceptionally high Young's modulus observed for individual carbon nanotubes. *Nature* 1996, 381, (6584), 678-680.
 11. Berliocchi, M.; Orlanducci, S.; Reale, A.; Regoliosi, P.; Di Carlo, A.; Lugli, P.; Terranova, M. L.; Brunetti, F.; Bruni, G.; Cirillo, M., Single wall carbon nanotube based aggregates and their electrical characterization. *Synthetic Metals* 2004, 145, (2-3), 171-176.
 12. Saito, Y.; Hamaguchi, K.; Mizushima, R.; Uemura, S.; Nagasako, T.; Yotani, J.; Shimojo, T., Field emission from carbon nanotubes and its application to cathode ray tube lighting elements. *Applied Surface Science* 1999, 146, (1-4), 305-311.
 13. Brosse, A.-C.; Tencé-Girault, S.; Piccione, P. M.; Leibler, L., Effect of multi-walled carbon nanotubes on the lamellae morphology of polyamide-6. *Polymer* 2008, 49, (21), 4680-4686.
 14. Hou, Z.; Wang, K.; Zhao, P.; Zhang, Q.; Yang, C.; Chen, D.; Du, R.; Fu, Q., Structural orientation and tensile behavior in the extrusion-stretched sheets of polypropylene/multi-walled carbon nanotubes' composite. *Polymer* 2008, 49, (16), 3582-3589.
 15. Mitchell, C. A.; Bahr, J. L.; Arepalli, S.; Tour, J. M.; Krishnamoorti, R., Dispersion of Functionalized Carbon Nanotubes in Polystyrene. *Macromolecules* 2002, 35, (23), 8825-8830.
 16. Jin, Z.; Pramoda, K. P.; Goh, S. H.; Xu, G., Poly(vinylidene fluoride)-assisted melt-blending of multi-walled carbon nanotube/poly(methyl methacrylate) composites. *Materials Research Bulletin* 2002, 37, (2), 271-278.
 17. Kim, J. M.; Choi, W. B.; Lee, N. S.; Jung, J. E., Field emission from carbon nanotubes for displays. *Diamond and Related Materials* 2000, 9, (3-6), 1184-1189.
 18. Liu, Y.; Liu, L.; Liu, P.; Sheng, L.; Fan, S., Plasma etching carbon nanotube arrays and the field emission properties. *Diamond and Related Materials* 2004, 13, (9), 1609-1613.
 19. K.I. Bolotin, K.J. Sikes, Z. Jiang, M. Klima, G. Fudenberg, J. Hone, P. Kim, H.L. Stormer, Ultrahigh electron mobility in suspended graphene. *Solid State Communications* 2008, 146, 351-355.
 20. K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov, Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science* 2004, 306, 666-669.
 21. C. Berger, Z. Song, X. Li, X. Wu, N. Brown, C. Naud, D. Mayou, T. Li, J. Hass, A.N. Marchenkov, E.H. Conrad, P.N. First, W.A. Heer, Conrad, Electronic Confinement and Coherence in Patterned Epitaxial Graphene. *Science* 2006, 312, 1191-1196.
 22. N.I. Kovtyukhova, P.J. Ollivier, B.R. Martin, T.E. Mallouk, S.A. Chizhik, E.V. Buzaneva, A.D. Gorchinskiy, Layer-by-Layer Assembly of Ultrathin Composite Films from Micron-Sized Graphite Oxide Sheets and Polycations. *Chemistry of Materials* 1999, 11, 771-778.

表 1 雙成份或三成份奈米介金屬
觸媒進行成長奈米碳管之結果

觸媒類型	碳產率(%)	碳管型式
Mg ₇₀ Ni ₃₀	450	MWCNT
Mg ₃₀ Ni ₇₀	400	MWCNT
Mg ₃₀ Ni ₇₀ /Mo ₅	850	MWCNT
Mg ₇₀ Ni ₃₀ /Cr ₃₀	1200	MWCNT

反應條件：碳管生長成長溫度 800 °C，
且 CH₄ 均為 180 sccm，H₂ 為 20 sccm

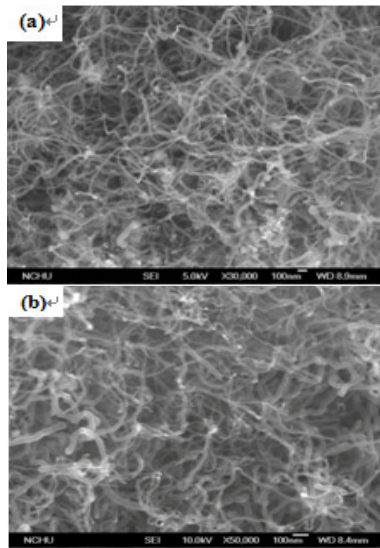


圖 1 以雙成份與三成份奈米介金屬合金觸媒(a: Mg₃₀Ni₇₀, b: Mg₇₀Ni₃₀/Cr₃₀)
進行成長奈米碳管之 FE-SEM 分析圖

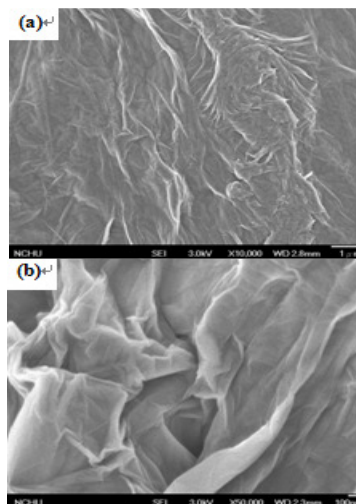


圖 2 片狀奈米氧化石墨烯之 FE-SEM
分析圖 (a: ×10000, b: ×50000)

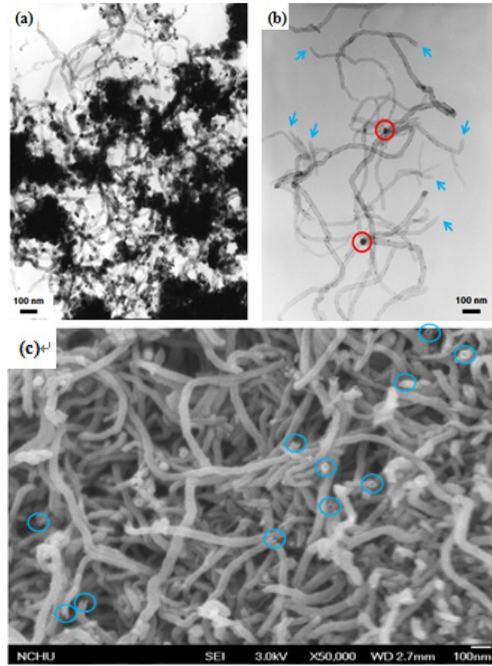


圖 3 原始製備 (a) 與經酸化氧化 (b)
的奈米碳管之 TEM 分析圖以及(c)經
酸化氧化奈米碳管之 FE-SEM 分析圖

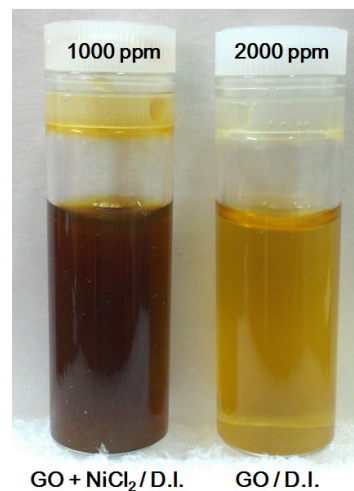


圖 4 氧化石墨烯於去離子水溶液中
之分散圖

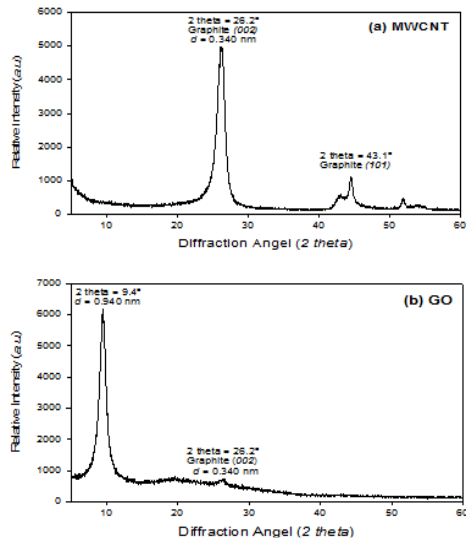


圖 5 (a)經酸氧化奈米碳管與(b)氧化石墨之 X-ray 繞射分析圖譜

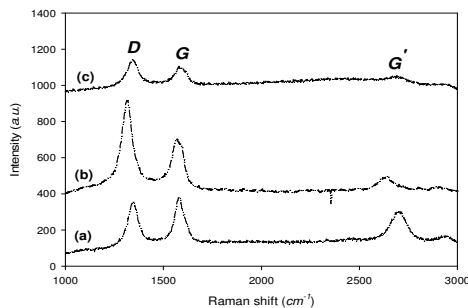


圖 6 (a)原始製備、(b)經酸化氧化的奈米碳管與(c)氧化石墨之 Raman 分析圖譜

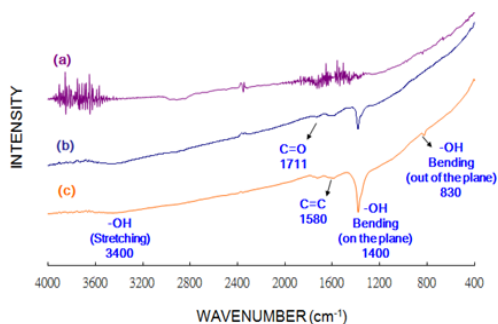


圖 7 (a)原始製備、(b)經酸化氧化的奈米碳管與(c)氧化石墨之 FT/IR 分析光譜圖

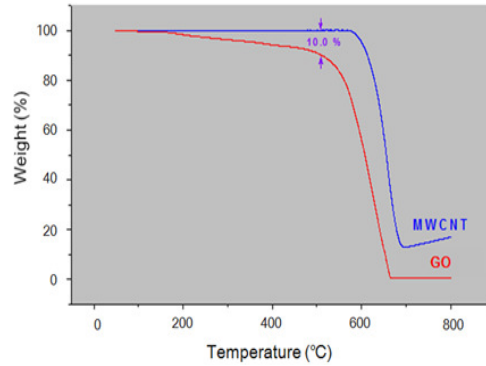


圖 8 MWCNT 與 GO 之 TGA 分析圖

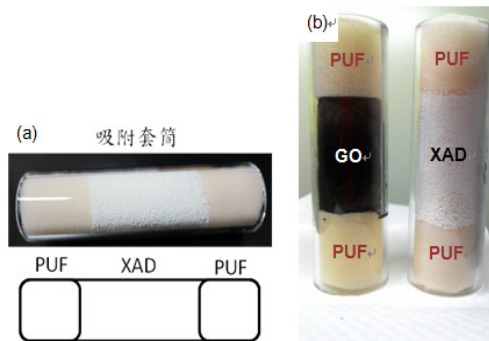


圖 3-9 (a)原始使用與(b)填充 GO 和 XAD-16 之吸附套筒圖

表 2 PAHs 分析之品管要求項目、頻率及管制範圍

品管要求項目	頻率	管制範圍
檢量線製作	每批次、均重新製作	相關係數 ≥ 0.990
檢量線查核	每批次、均重新製作	80-120%
空白分析	每批次或每 15 個樣品	\leq 方法偵測極限之三倍
重覆分析	每批次或每 15 個樣品	$\leq 20\%$
標準溶液萃取回收率	每批次	75-125%*
方法偵測極限	每年一次	-

*: NAP 和 3,6-DMP 除外, 因其易揮發與易受干擾而導致回收率偏低。

計畫查核點自評表（請逐年填列）

一、本表為本計畫重要審查資訊，本表之期程可視產學合作計畫執行情況予以設定。（例如按月別、季別、半年別等均可）。

第一年：

重要工作項目	查核內容概述（力求量化表示）			廠商參與情形概述		
	計畫執行後 第四個月初	計畫執行後 第八個月初	計畫執行 截止日	計畫執行後 第四個月初	計畫執行後 第八個月初	計畫執行 截止日
計畫執行比例	33%	70%	100%	33%	70%	100%
A. PAHs品保/ 品管測試 (10%)						
配製欲分析 PAHs之標準 品溶液		5 %		查核工作項目 是否符合期程		
建立欲分析 PAHs之減量 線		5 %		查核工作項目 是否符合期程		
B. 奈米碳材 製備(25%)						
奈米介金屬合 金觸媒之製備	5 %	5 %		查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	
奈米碳管與石 墨烯材料之製 備與改質	8 %	7 %		查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	
C. 貴重儀器 預約以及材料 分析(20%)						
材料分析	5 %	10 %	5 %	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程
D. 吸附套筒 破出測試 (20%)						
檢測套筒以及 設備組裝			10 %		查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程
不同奈米碳材 之破出測試			10 %		查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程
E. 數據分析 與結構表面現 象之探討 (15%)	5 %	5 %	5 %	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程
F. 期中/期末 報告撰寫 (10%)			10 %			查核工作項目 是否符合期程

第二年：

重要工作項目	查核內容概述（力求量化表示）			廠商參與情形概述		
	計畫執行後 第四個月初	計畫執行後 第八個月初	計畫執行 截止日	計畫執行後 第四個月初	計畫執行後 第八個月初	計畫執行 截止日
計畫執行比例	33%	70%	100%	33%	70%	100%
A. PAHs品保/ 品管測試 (10%)						
配製欲分析 PAHs之標準 品溶液		5 %		查核工作項目 是否符合期程		
建立欲分析 PAHs之減量 線		5 %		查核工作項目 是否符合期程		
B. 奈米碳材 製備(25%)						
奈米介金屬合 金觸媒之製備	5 %	5 %		查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	
奈米碳管與石 墨烯材料之製 備與改質	8 %	7 %		查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	
C. 貴重儀器 預約以及材料 分析(20%)						
材料分析	5 %	10 %	5 %	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程
D. 先期破出 測試實驗 (20%)						
檢測套筒以及 設備組裝			10 %		查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程
不同奈米碳材 之破出測試			10 %			查核工作項目 是否符合期程
車輛破出測試 之應用試驗(視 結果決定是否 測試)			(5 %)			查核工作項目 是否符合期程
E. 數據分析 與結構表面現 象之探討 (15%)	5 %	5 %	5 %	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程	查核工作項目 是否符合期程
F. 期中/期末 報告撰寫 (10%)			10 %			查核工作項目 是否符合期程

表 C012A-3

二、本產學合作計畫預估後續發展情形概述：

計畫執行及結束後之計畫如何配合追蹤管考、產品產出與開發規劃、預期可推廣至產業或市場之成果、預估可授權商品、預估應用價值及產值、建立平台、主要發現等（**簡要敘述成果，內容須包含是否已有嚴重損及公共利益之發現；如已有嚴重損及公共利益之發現，請簡述可能損及之層面及相關程度**）。

本研究計畫使用醇還原法合成奈米介金屬合金觸媒，且利用化學氣相沉積法成功製備出多壁奈米碳管，藉由酸化氧化法去除成長多壁奈米碳管之介金屬觸媒；另改良 Hummer's method 進行製備氧化石墨烯，成功克服套筒產品組裝的問題，以冷凍乾燥法將其填充於玻璃吸附套筒中，以利後續破出試驗之進行，然其試驗結果將於期末報告中進行呈現。本實驗室長期致力於空氣品質變化原因、衍生性氣膠、重金屬在環境中之流佈以及多環芳香烴化合物（PAHs）在環境中之流佈、暴露量或致癌風險評估等方面之研究，近年環保法規在空氣品質訂定上已逐年加嚴，然移動源中汽油及柴油車輛其所排放出之氣態 PAHs 仍未有效降低，故提出本產學合作計畫，希望藉由材料領域專長之博士後研究人才，結合本實驗室之空品變化流佈以及 PAHs 之檢測技術，研發創新材料並結合實用技術，開發可應用於分析化學之新耗材及可運用於移動源除污之新產品。本產學研究計畫如能順利執行，所開發之新穎材料將先與本計畫配合之廠商討論製作適合更廣層面之商業化分析級耗材，另將評估將此新穎材料運用於移動源其可能降低之致癌風險，並推動相關單位於移動源尾氣排放加裝此環保裝置，以達全面改善空氣品質之目標。

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫 預估 研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 <u>0</u> 項	完成技轉授權 <u>0</u> 項
專利	國內	預估 <u>0</u> 件	提出申請 <u>0</u> 件，獲得 <u>0</u> 件
	國外	預估 <u>0</u> 件	提出申請 <u>0</u> 件，獲得 <u>0</u> 件
人才培育		博士 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人	博士 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
		碩士 <u>1</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人	碩士 <u>1</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
		其他 <u>1</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人	其他 <u>10</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
論文著作	國內	期刊論文 <u>0</u> 件	發表期刊論文 <u>0</u> 件
		研討會論文 <u>1</u> 件	發表研討會論文 <u>0</u> 件
		SCI論文 <u>0</u> 件	發表SCI論文 <u>0</u> 件
		專書 <u>0</u> 件	完成專書 <u>0</u> 件
		技術報告 <u>0</u> 件	完成技術報告 <u>0</u> 件
	國外	期刊論文 <u>1</u> 件	發表期刊論文 <u>0</u> 件
		學術論文 <u>1</u> 件	發表學術論文 <u>0</u> 件
		研討會論文 <u>0</u> 件	發表研討會論文 <u>0</u> 件
		SCI/ SSCI論文 <u>1</u> 件	發表SCI/ SSCI論文 <u>0</u> 件
		專書 <u>0</u> 件	完成專書 <u>0</u> 件
		技術報告 <u>0</u> 件	完成技術報告 <u>0</u> 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 <u>0</u> 家	設立新公司或衍生公司(名稱)： _____
計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限 600 字以內)		本研究計畫使用醇還原法合成奈米介金屬合金觸媒，且利用化學氣相沉積法成功製備出多壁奈米碳管，藉由酸化氧化法去除成長多壁奈米碳管之介金屬觸媒；另改良 Hummer's method 進行製備氧化石墨烯，成功克服套筒產品組裝的問題，以冷凍乾燥法將其填充於玻璃吸附套筒中，以利後續破出試驗之進行，然其試驗結果將於期末報告中進行呈現。	

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2015/10/20

科技部補助計畫	計畫名稱: 新穎奈米碳材應用於車輛氣態多環芳香烴化合物排放之移除(1/2)
	計畫主持人: 郭崇義
	計畫編號: 104-2622-E-040-001-CC2 學門領域: 環境工程
無研發成果推廣資料	

104年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：郭崇義		計畫編號：104-2622-E-040-001-CC2				計畫名稱：新穎奈米碳材應用於車輛氣態多環芳香烴化合物排放之移除(1/2)	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明： 如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	1	1	100%		
		專任助理	10	1	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
其他成果 （無法以量化表達之 成果如辦理學術活動 、獲得獎項、重要國 際合作、研究成果國 際影響力及其他協助 產業技術發展之具體 效益事項等，請以文 字敘述填列。）		無					

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫預估研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 0 項	完成技轉授權 0 項
專利	國內	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 0 人，畢業任職於業界 0 人	博士 0 人，畢業任職於業界 0 人
		碩士 1 人，畢業任職於業界 0 人	碩士 1 人，畢業任職於業界 0 人
		其他 1 人，畢業任職於業界 0 人	其他 10 人，畢業任職於業界 0 人
論文著作	國內	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 0 件
		SCI論文 0 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
	國外	期刊論文 1 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 1 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 0 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 1 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 0 家	設立新公司或衍生公司(名稱):
計畫產出成果簡述： 請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。 (限600字以內)		本研究計畫使用醇還原法合成奈米介金屬合金觸媒，且利用化學氣相沉積法成功製備出多壁奈米碳管，藉由酸化氧化法去除成長多壁奈米碳管之介金屬觸媒；另改良 Hummer's method 進行製備氧化石墨烯，成功克服套筒產品組裝的問題，以冷凍乾燥法將其填充於玻璃吸附套筒中，以利後續破出試驗之進行，然其試驗結果將於期末報告中進行呈現。	