

計畫編號：EPA-104-U1U1-02-101



行政院環境保護署

「104 年推廣環境奈米科技知識平台及  
知識整合計畫」研究案

期末報告(定稿)

委託單位：行政院環境保護署

執行單位：國立交通大學環境工程研究所

執行期間：104 年 3 月至 104 年 12 月

行政院環境保護署編印

中華民國 104 年 12 月

計畫編號：EPA-104-U1U1-02-101



行政院環境保護署

「104年推廣環境奈米科技知識平台及  
知識整合計畫」研究案

期末報告(定稿)

計畫委託單位：行政院環境保護署

執行期間：104年3月至104年12月

計畫經費：新台幣壹佰陸拾萬元整

執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：蔡春進 教授

受託單位計畫執行人員：簡誌良、曾能駿、廖伯熙、

張光宇、施郁伶、許宴睿、

徐兆廷

行政院環境保護署編印

中華民國104年12月

## 「104年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」基本資料表

甲、委辦單位	行政院環境保護署永續發展室			
乙、執行單位	國立交通大學環境工程研究所			
丙、年 度	104 年度	計畫編號	EPA-104-U1U1-02-101	
丁、研究性質	<input type="checkbox"/> 基礎研究	<input type="checkbox"/> 應用研究	<input checked="" type="checkbox"/> 技術發展	
戊、研究領域	環境工程			
己、計畫屬性	<input checked="" type="checkbox"/> 科技類	<input type="checkbox"/> 非科技類		
庚、全程期間	104年3月~104年12月			
辛、本期期間	104年3月~104年12月			
壬、本期經費	0 億 1,600 千元			
	資本支出	經常支出		
	土地建築 千元	人事費	968.216 千元	
	儀器設備 千元	業務費	486.329 千元	
	其 他 千元	材料費	千元	
		其 他	145.455 千元	
癸、摘要關鍵詞（中英文各三則）	奈米技術, nanotechnology 環境健康安全, EHS 知識平台, database			
<b>參與計畫人力資料：</b>				
參與計畫人員姓名	工作要項或撰稿章節	現職與簡要學經歷	參與時間(人月)	聯絡電話及 e-mail 帳號
蔡春進	工作事項之規劃、執行與進度掌握及本報告之整合，本團隊之國際合作事務	交大環工所教授，明尼蘇達大學機械博士	9	(03)5727835 cjtsai@mail.nctu.edu.tw
簡誌良	協助知識缺口文獻回顧、專家訪問、知識平台訂期更新與電子報撰寫	交大環工所博士後研究員	9	(03)5712121#55550 clchien.ev91g@nctu.edu.tw
曾能駿	協助知識缺口文獻回顧、專家訪問、電子報撰寫與報告撰寫及整合	交大環工所計畫助理	9	(03)5712121#55547 vic.ev99g@nctu.edu.tw
廖伯熙	協助知識缺口文獻回顧與電子報撰寫	交大環工所博士生	4	(03)5712121#55524 bxliao.ev00g@g2.nctu.edu.tw
張光宇	協助知識缺口文獻回顧	交大環工所碩士生	4	(03)5712121#55524 jillyeddy@hotmail.com

行政院環境保護署

「104 年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」研究案

施郁玲	協助知識文件上傳	交大環工所 碩士生	4	(03)5712121 #55524 lucy406kimo@hotmail.com
許晏睿	協助知識文獻收集與整理	交大環工所 碩士生	4	(03)5712121 #55524 dr20060406@hotmail.com
徐兆廷	協助知識缺口文獻回顧	交大環工所 碩士生	4	(03)5712121#55548 cthsu.ev03g@nctu.edu.tw

## 行政院環境保護署計畫成果中英文摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：

104 年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫

二、英文計畫名稱：

The Promotion of Taiwan Nanotechnology EHS Database and the integration of knowledge

三、計畫編號：

EPA-104-U1U1-02-101

四、執行單位：

國立交通大學環境工程研究所

五、計畫主持人：

蔡春進

六、執行開始時間：

104/03/04

七、執行結束時間：

104/12/31

八、報告完成日期：

104/11/27

九、報告總頁數：

263

十、使用語文：

中文、英文

十一、報告電子檔名稱：

EPA-104-U1U1-02-101.DOCX

十二、報告電子檔格式：

WORD 2007

十三、中文摘要關鍵詞：

奈米技術、環境健康安全、知識平台

十四、英文摘要關鍵詞：

nanotechnology, EHS, database

## 十五、中文摘要

本計畫的目標主要為維護及管理環保署環境奈米科技知識平台(Taiwan Nanotechnology EHS Database, <http://ehs.epa.gov.tw/>)，依國內外的奈米 EHS 的研究成果充實其內容，及更新環境奈米的知識文件等工作。2011 年 4 月開站至 2015 年 11 月的總流覽人數已增加至 192,852，2015 年 1 月至 11 月的瀏覽人數為 58,080(更新日期：104 年 11 月 26 日)。知識平台網頁的國內研究報告及出版文獻篇數為：中文版網站收錄研究報告全文 197 篇(104 年新增 15 篇)、出版文獻連結 880 篇(104 年新增 139 篇)，及英文版網站收錄研究報告摘要 163 篇(104 年新增 6 篇)、SCI 論文連結 663 篇(104 年新增 101 篇)，其中知識平台收錄的 SCI 論文的委辦機關以科技部為主，研究領域則是以處理或應用的研究論文居多。平台收錄的文獻與資料可作為本國未來發展奈米技術 EHS 相關研究的參考。

本計畫已完成「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境及健康的影響」與「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」三項主題的奈米知識文件的蒐集、整理及更新，以了解國內外奈米 EHS 的研究最新進展。除此之外，本計畫回顧二篇有關奈米科技 EHS 議題的 ISO 標準(ISO/TS 16550:2014 及 ISO/TR 16197:2014)以及 OECD WPMN 的一篇最新報告(ENV/JM/MONO(2014)34)，配合過去四年已回顧的標準和報告，可了解 ISO 和 OECD 有關奈米 EHS 相關議題的發展趨勢。

本計畫已發行四期知識平台的電子報並上傳至知識平台，每期電子報皆以 e-mail 方式通知訂閱者(563 人)及相關人士(5069 人)，內容包含 nano-EHS 的最新消息與知識、近期活動及下期預告等。為了加強奈米技術的風險認知及溝通，本計畫已於 2015 年 6 月 15 日在台大集思會議中心舉辦「104 年環境奈米科技論壇」，邀請環保署、勞安所、衛福部及學界等專家學者舉行專家座談，討論國內最新的 nano-EHS 的政策、法規、標準及研究進展，並將環保署近期的研究成果以論文發表介紹給國內相關人士。論壇共吸引了產、官、學、研各界 189 人報名，實際出席參與論壇為 162 人(政府單位 45 人、業界 63 人、財團法人 4 人、學術單位 45 人、環保團體 3 人、個人 3 人)，業界參與人數為歷年來最多，主要原因是為了配合我國化學物質登錄制度的實施，本年度大量發送邀請參加論壇的公文(200 餘件以上)至國內產業工會與各大企業，充分達到了 nano-EHS 知識傳播及風險溝通的目的。

為了加強與國內互動及介紹台灣奈米 EHS 研究現況，本計畫已訪問清華大學化學工程系馬振基教授、以及成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，分享奈

米技術在環境與能源應用、與奈米物質在安全衛生管理相關議題的最新發展，訪問稿以中、英文方式呈現。本年度主持人代表我國參加與南非職業衛生研究所舉辦的國際奈米技術與職業與環境衛生研討會(7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015/10/18-22)同時舉行的亞洲奈米安全論壇(Asia Nano Safe Network, ANF)，此論壇由澳洲 RMIT 大學的 Paul Wright 教授主持，日本、韓國、澳洲及我國均發表了自己國家的奈米安全研究進展，主持人藉此機會將國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工研院等的跨部會奈米 EHS 成果作了介紹，與會各國學者及官員均對我國在奈米 EHS 議題的努力表示贊同。

#### 十六、英文摘要：

The goal of this project is to maintain the website of "Taiwan nanotechnology EHS database"(<http://ehs.epa.gov.tw/>) and provide data and information by integrating the international and domestic research achievements on nano-EHS related issues. The number of visiting to the website is increased to 192,852 (the latest updated date: Nov 26, 2015). The website, which demonstrates the achievements of nano-EHS related research projects in Taiwan and promotes the international interaction and collaboration, has received good feedbacks and comments from international community.

Up to now, 197 full articles for research reports (increased 15 articles this year) and 880 research papers in abstract (increased 139 papers) have been uploaded in the Chinese website. In addition, 163 abstracts for research reports (increased 6 articles) and 663 SCI papers (increased 101 papers) with the links to the publishers' websites have been uploaded in the English website, which demonstrates fruitful results in the nanotechnology EHS area in Taiwan. The main sponsor of SCI papers in the database is the Ministry of Science and Technology, while the main research area if these papers is treatment. The analysis of the comparison of database between Taiwan nanotechnology EHS database and ICON can be used a basis to develop nano-EHS related studies in Taiwan.

To understand the research directions in domestic and international nano-EHS issues, recent advances on nano-EHS related issues in three topical areas were reviewed, including the regulations and policies of nanotechnology, the impacts of

nanomaterials on environment and health, and the exposure assessment of nanomaterial in working place. Two ISO standards (ISO/TS 16550:2014 and ISO/TR 16197:2014) and one report of OECD (ENV/JM/MONO(2014)34) were also reviewed. By incorporating with the reviewed standards and guidelines in the past four-year projects, the international trend of the development of nano-EHS related issues can be followed and understood.

Four issues of e-papers were issued. Members can receive the latest nano-EHS news, nano-EHS knowledge, recent activities and the announcement of the next issue through e-mails, retrieve and read the fulltexts and track the historical files at the exclusive e-paper zone in the website. The numbers of members and visitors continue to increase this year. So far, the number of subscription of e-paper is 563.

To strengthen the risk perception and the communication of nanotechnology, the "2015 Environmental Nanotechnology Forum" was held on June 15, 2015 at GIS NTU conference center, Taipei. The experts from the Institute of Labor, Occupational Safety And Health, Environmental Protection Bureau, Department of Health, Industrial Technology Research Institute and universities representing industry, government, academia and research sectors were invited hold the round table forum to discuss the domestic progress on nano-EHS policy, regulation, standards, guidelines and research achievements. The Taiwan EPA's research achievements in the past year were also presented to different domestic stakeholders through paper presentations and discussion. From industry, government, academia and research institutions, there were 189 people registered and 162 people (45 government agencies, 63 industry, 4 foundation, 45 academic unit, 3 environmental groups, 3 individual) actually attended the forum for fruitful knowledge dissemination and risk communication on nano-EHS issues.

Finally, to promote the international interactions and introduce the domestic nano-EHS research achievements, two experts in the nano-EHS field were interviewed, including Professor Chen-Chi Ma from the department of chemical engineering of the National Tsing Hua University and Perng-Jy Tsai from the department of environmental and occupational health medical college of the National Cheng Kung University. The interview reports were prepared in both Chinese and



English. This year, the PI represented our country to attend the Asia Nano Safe Forum (ANF) held simultaneously at 7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015/10/18-22. The forum was chaired by Prof. Paul Wright of RMIT University in Australia, representatives of Japan, Korea and our country also joined the forum to share the latest development of nanosafety research of their own country. The PI introduced the inter-agency nano-EHS research achievements in Taiwan EPA, MOHW, MOL, NHRI, BSMI and ITRI. The scholars and officials attending the forum were all impressed by our nation's achievements in nano-EHS research.

# 目錄

第一章 前言 .....	1
1.1 緣起與背景說明 .....	1
1.2 環境奈米EHS知識平台與文獻回顧 .....	9
第二章 計畫目標、工作內容及效益 .....	15
2.1 計畫目標 .....	15
2.2 本計畫的工作內容 .....	15
2.3 預期效益 .....	16
第三章 研究方法 .....	19
3.1 維護環保署「環境奈米科技知識平台」功能正常運作、網站管理、 系統維護及確保資訊安全，並統計分析平台瀏覽資訊 .....	19
3.2 持續於平台收集國內外相關團體及部會EHS議題相關知識，並發行 「環境奈米科技知識平台電子報」，以利資訊整合及推廣奈米知識 分享 .....	22
3.3 舉辦「104 年環境奈米科技論壇」1 場 .....	30
3.4 其他行政應配合事項 .....	32
第四章 國內外環境奈米EHS之最新發展及知識文件 .....	33
4.1 奈米科技的法規與政策 .....	33
4.2 奈米物質對環境和健康的影響 .....	79
4.3 奈米作業場所的奈米物質暴露評估 .....	105
第五章 環境奈米科技知識整合及交流 .....	121
5.1 環境奈米科技知識平台 .....	121
5.1.1 社群討論 .....	138
5.2 風險認知溝通、優良管理實務及法規政策架構 .....	139
5.2.1 104 年環境奈米科技論壇 .....	139
5.2.2 環境奈米科技學者專家專訪 .....	141
5.3 與世界各國的奈米EHS研究交流 .....	147
第六章 工作進度 .....	149
第七章 結論及建議 .....	153
參考文獻 .....	159
附錄一 評選審查委員意見回覆 .....	165
附錄二 第一次工作進度報告會議紀錄 .....	170
附錄三 期中報告委員意見回覆 .....	171
附錄四 「環境奈米科技知識庫之功能強化及維運服務」計畫之工作檢討會議記 錄 .....	177
附錄五 環境奈米科技知識平台電子報(第 17- 20 期，共 4 則) .....	179
附錄六 104 年環境奈米科技論壇問卷調查 .....	225
附錄七 馬振基教授與蔡朋枝教授之專訪英文稿 .....	229
附錄八 實驗室的奈米銀微粒參考物質的製備(ISO/TS 16550 2014).....	236

附錄九 奈米銀微粒懸浮液的製備(ISO/TS 16550 2014).....	237
附錄十 知識平台系統維護需求申請單與工作紀錄 .....	238
附錄十一 期末報告審查會議紀錄 .....	251
附錄十二 104 年度科技計畫成果效益自評表 .....	258

## 圖目錄

圖 1.2.1 環境奈米科技知識平台的國際推廣網頁頁面 .....	11
圖 1.2.2 ICON網站介紹環境奈米科技知識平台的頁面 .....	12
圖 1.2.3 EU SAFENANO網站介紹環境奈米科技知識平台的頁面 .....	12
圖 3.1.1 環境奈米科技平台的資訊安全計畫架構圖 .....	20
圖 3.1.2 稽核作業示意圖 .....	22
圖 4.1.1 Sanowork工作項目的描述(Sanowork報告) .....	51
圖 4.1.2 Sanowork目標奈米物質及RRS發展的風險決定因素(Sanowork報告) .....	52
圖 4.1.3 Sanowork將RRS整合至 6 處理線(Sanowork報告) .....	52
圖 4.1.4 處理線的實施管道(Sanowork報告) .....	55
圖 4.1.5 SIINN的管理架構(SIINN報告) .....	59
圖 4.1.6 (A)肽聚醣層與(B)胞壁酸之結構(ISO/TS 16550 2014) .....	68
圖 4.2.1 食品級TiO <sub>2</sub> 示意圖及其TEM、XPS與UV/Vis DR分析(Yang et al. 2014) .....	80
圖 4.2.2 (a)食品級TiO <sub>2</sub> 與P25 之TEM影像；(b)TEM (ImageJ)分析出之微粒粒徑分布圖(Yang et al. 2014) .....	81
圖 4.2.3 食用級TiO <sub>2</sub> 及P25 的XRD分析結果(Yang et al. 2014) .....	81
圖 4.2.4 食品級TiO <sub>2</sub> 溶液含磷成分及比例：(a)經過 0.2 μm濾紙的濾出液分析結果；(b)經過 30 kDa濾紙的濾出液分析結果(Yang et al. 2014) .....	82
圖 4.2.5 平均界達電位：(a)食品級TiO <sub>2</sub> 與P25；(b)加入不同磷酸鹽濃度的P25 (Yang et al. 2014) .....	83
圖 4.2.6 GWAVA概述(Dumont et al. 2015) .....	86
圖 4.2.7 奈米氧化鋅的 90 百分位濃度預測圖(Dumont et al. 2015) .....	88
圖 4.2.8 奈米銀的 90 百分位濃度預測圖(Dumont et al. 2015) .....	89
圖 4.2.9 歐洲河中奈米微粒濃度的累積曲線(Dumont et al. 2015) .....	89
圖 4.2.10 環境隔室以及介質間物質傳輸作用示意圖(Liu and Cohen 2014) .....	91
圖 4.2.11 多環境奈米物質分布模型架構示意圖(Liu and Cohen 2014) .....	91
圖 4.2.12 洛杉磯地區模擬濃度示意圖(Liu and Cohen 2014) .....	94
圖 4.2.13 二氧化鈦在各介質間的傳輸速率以及各環境隔室中質量分布的示意圖(Liu and Cohen 2014) .....	95
圖 4.2.14 洛杉磯地區二氧化鈦濃度隨時間變化圖(Liu and Cohen 2014) .....	96
圖 4.2.15 附著因子對二氧化鈦在水中與沉積物中影響的示意圖(Liu and Cohen 2014) .....	96

圖 4.2.16 工程奈米物質溶解度對水中濃度的影響的示意圖(Liu and Cohen 2014) .....	97
圖 4.2.17 長期劑量與急性劑量的時間軸(Comfort et al. 2014).....	98
圖 4.2.18 Ag-NPs的TEM圖像：(A)長期暴露開始；(B)長期暴露 14 周後；(C)暴露於低劑量的Ag-NP下 14 周後，Ag-NPs被細胞所內化，由圖中的螢光圖像可以發現，紅色為肌動蛋白，藍色微細胞核，白點為Ag-NPs；(D)暴露濃度 0.4 pg/mL(E)暴露濃度 4 pg/mL；(F)暴露濃度 400 pg/mL (Comfort et al. 2014) .....	99
圖 4.2.19 A-400:急性暴露與C-400:長期暴露：(A)共焦成像評估p38 訊號；(B)細胞暴露狀況；(C) Ki67 的活化程度(紅)；(D)細胞分泌的IL-6 及 TNF-量 (Comfort et al. 2014) .....	100
圖 4.2.20 受到 10 ng/mL EGF刺激後細胞的(A)Akt磷酸化程度(B)Erk磷酸化程度(Comfort et al. 2014) .....	102
圖 4.2.21 長期暴露於 1.28 pg/mL AgNO <sub>3</sub> (C-1.28)，400 pg/mL AgNO <sub>3</sub> (C-400)、400 ng/mL Ag-NPs (C-Ag-NPs)的細胞壓力及訊號反應的評估：(A) p38、肌動蛋白、ki67 程度；(B)磷酸化程度(Comfort et al. 2014) .....	102
圖 4.2.22 石墨烯氧化物之FE-TEM分析影像( $\times 100,000$ )(Han et al. 2015).....	103
圖 4.2.23 使用掃描式奈米微粒光譜儀量測石墨烯氧化物之微粒粒徑分布圖：(a)低濃度；(b)高濃度(Han et al. 2015).....	104
圖 4.3.24 大鼠暴露於石墨烯氧化物 6 小時後，回復時間分別為 1 天、7 天與 14 天的大鼠肺部組織切片(Han et al. 2015) .....	105
圖 4.3.1 CPC量測之背景(Bkgd)與作業(Task)數目濃度散布圖：(a)fab作業區 Task A: CMP拋光機模組的維護保養，Task B: 由移動式推車盛裝酸性二氧化矽研磨液，Task C: 更換拋光板；(b)subfab作業區 Task A, C, D: 清洗或承裝氧化鋁研磨液，Task B: 清洗或承裝二氧化鈦研磨液；(c)WWT作業區 Task A, B: 酸/鹼性研磨液廢水過濾系統濾材更換(Shepard and Brenner 2013).....	106
圖 4.3.2 (a)多壁奈米碳管工作場所平面圖與監測點示意圖；(b)化學品儲藏室平面圖與監測點示意圖；(c)鐵製化學儲存櫃的圖像；(d)玻璃製的化學儲存櫃 (Kim et al. 2015) .....	116
圖 4.3.3 為 7 種不同通風條件下，奈米微粒( $10 < D_p < 420 \text{ nm}$ )、次微米至微米級微粒 ( $0.25 < D_p < 32 \mu\text{m}$ )、肺沉積微粒表面積與PM1 的質量濃度於化學品儲藏室內的監測結果以及微粒之粒徑分布([1]、[2]、[3]分別表示當奈米微粒的數目濃度達到穩定的階段)(Kim et al. 2015).....	117
圖 5.1.1 環境奈米知識平台首頁 .....	121
圖 5.1.2 電子報專區 .....	122
圖 5.1.3 電子報之全文圖樣 .....	122
圖 5.1.4 電子報圖樣 .....	123
圖 5.1.5 法規專區 .....	124

圖 5.1.6 政策專區 .....	124
圖 5.1.7 英文版網站提供研究報告摘要 .....	125
圖 5.1.8 英文版網站提供出版文獻的SCI論文連結.....	126
圖 5.1.9 活動訊息專區-研討會訊息 .....	127
圖 5.1.10 專家專訪專區 .....	127
圖 5.1.11 Nessus掃描結果圖 .....	128
圖 5.1.12 A <sup>+</sup> 無障礙檢測報告圖 .....	129
圖 5.1.13 網頁檢視人數統計圖 .....	130
圖 5.1.14 網站內容點閱統計圖 .....	131
圖 5.1.15 新舊訪客總覽圖 .....	131
圖 5.1.16 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的造訪頻率及回訪率的趨勢圖 .....	132
圖 5.1.17 今年(2015/1/1~2015/11/17)的造訪頻率及回訪率的趨勢圖 .....	132
圖 5.1.18 訪客地理位置圖 .....	133
圖 5.1.19 台灣城市訪客地理位置圖 .....	134
圖 5.1.20 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的訪客地理位置圖 .....	134
圖 5.1.21 今年(2015/1/1~2015/11/17)的訪客地理位置圖 .....	135
圖 5.1.22 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的訪客停留時間統計圖 .....	135
圖 5.1.23 今年(2015/1/1~2015/11/17)的訪客停留時間統計圖 .....	135
圖 5.1.24 今年(2015/1/1~2015/11/17)的網頁活動分析 .....	136
圖 5.1.25 今年(2015/1/1~2015/7/27)的行動裝置瀏覽統計圖 .....	137
圖 5.1.26 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的行動裝置瀏覽統計圖 .....	137
圖 5.1.27 今年(2015/1/1~2015/11/17)的行動裝置瀏覽統計圖 .....	138
圖 5.1.28 「台灣奈米技術在環境健康安全上之應用」粉絲團首頁 .....	138
圖 5.2.1 104 年環境奈米科技論壇活動照片 .....	141

## 表目錄

表 1.1.1 環保署的奈米科技計畫統計表 .....	5
表 2.3.1 關鍵績效指標 .....	17
表 3.2.1 奈米科技EHS議題相關之知識源 .....	23
表 3.2.2 環境奈米科技知識平台與國外重要知識源的架構比較表 .....	28
表 3.3.1 104 年環境奈米科技論壇議程表 .....	31
表 4.1.1 註冊類型及依照檔案類型的已註冊化學物質的清單 (更新日期：2015 年 11 月 24 日).....	39
表 4.1.2 2015 年歐盟執委會奈米安全研究群計畫(EU Nanosafety Cluster網站) .....	47
表 4.1.3 不同暴露情境的風險分析分級(Sanowork報告) .....	53
表 4.1.4 Sanowork計畫成果匯整(Sanowork報告).....	54
表 4.1.5 NanoRISK計畫的定期活動(NanoRISK報告).....	57
表 4.1.6 驗證與定量分析的結果(ISO/TS 16550 2014).....	70
表 4.2.1 暴露劑量的計算(Comfort et al. 2014).....	98
表 4.2.2 Ag-NPs的各項參數(Comfort et al. 2014).....	98
表 4.2.3 長期暴露與急性暴露下所增加的細胞壓力(Comfort et al. 2014).....	101
表 4.2.4 石墨烯氧化物於鼻部暴露腔之分布狀態(Han et al. 2015) .....	104
表 4.3.1 作業人員大量暴露到ENPs的作業活動(Pietroiusti and Magrini 2014) .....	107
表 4.3.2 作業場所ENPs清單(Pietroiusti and Magrini 2014).....	108
表 4.3.3 不同ENPs的作業場所建議暴露限制值(未標示單位者，單位皆為每立方 公尺的濃度) (Pietroiusti and Magrini 2014).....	108
表 4.3.4 ENPs、方法及分析作業場所調查的主要結果(Pietroiusti and Magrini 2014) .....	110
表 4.3.5 以微真空(Microvacuum)技術採集的表面樣品的物質特性總表 (Brenner and Neu-Baker 2014).....	112
表 5.1.1 已上傳知識平台的研究報告及出版文獻篇數統計(2015/11/25).....	125
表 5.1.2 無障礙自我檢測紀錄表 .....	129
表 6.1 工作進度表 .....	149
表 6.2 查核點說明表 .....	151

## 報告大綱

本報告第一章為前言，內容包括研究緣起及相關文獻回顧，說明國內外有關奈米與環境及職業衛生之學術活動及計畫，及奈米物質量測及特性分析技術現階段暴露與風險評估的知識缺口文獻回顧。

第二章與第三章包括環保署計畫招標評選須知所列之計畫目標、研究的工作內容、預期效益以及研究方法，內容包括維護環保署「環境奈米科技知識平台」功能正常運作、網站管理、系統維護及確保資訊安全，並統計分析平台瀏覽資訊；持續於平台收集國內外相關團體及部會 EHS 議題相關知識，並發行四期「環境奈米科技知識平台電子報」，以利資訊整合及推廣奈米知識分享；舉辦「104 年環境奈米科技論壇」，達成風險認知溝通、優良管理實務及法規政策架構的研擬等實質效益及訪問兩位奈米 EHS 議題之學者專家；撰寫「環保署第二期奈米國家型計畫成果總報告」中文報告，並蒐集更新環境奈米相關主題知識文件。最後為協助奈米群組計畫計畫管理及績效成果彙整及其它應配合事項。

第四章為本計畫的重點工作之一。包括環境奈米 EHS 知識文件的更新，及 ISO/OECD 有關奈米科技環境、健康、安全議題發展趨勢及相關資訊的追蹤工作，本團隊正針對三大主題的進行整理，包括「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境及健康的影響」與「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」，討論各主題的國內外的最新研究現況，本章中皆有詳細的說明。

第五章為環境奈米科技知識整合及交流，包括環境奈米科技知識平台的維護與更新工作，整合國內之研究成果，含研究報告、期刊論文、會議論文，及為進行風險認知溝通、優良管理實務及法規政策架構，舉辦的「104 年環境奈米科技論壇」。

第六章為工作進度以及查核點說明，第七章為研究結論與建議。附錄包含審查會議委員的意見及回覆情形、各期環境奈米科技知識平台電子報、專家的英文訪問報導及環境奈米科技知識平台網站維護工作報告等。



## 行政院環境保護署委託研究計畫成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：104年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫

計畫編號：EPA-104-U1U1-02-101

計畫執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：蔡春進

計畫期程：104年3月4日起104年12月31日止

計畫經費：1,600千元

### 摘要

本計畫的目標主要為維護及管理環保署環境奈米科技知識平台(Taiwan Nanotechnology EHS Database, <http://ehs.epa.gov.tw/>)，依國內外的奈米EHS的研究成果充實其內容，及更新環境奈米的知識文件等工作。2011年4月開站至2015年11月的總瀏覽人數已增加至192,852，2015年1月至11月的瀏覽人數為58,080。知識平台網頁的國內研究報告及出版文獻篇數為：中文版網站收錄研究報告全文197篇(104年新增15篇)、出版文獻連結880篇(104年新增139篇)，及英文版網站收錄研究報告摘要163篇(104年新增6篇)、SCI論文連結663篇(104年新增101篇)，其中知識平台收錄的SCI論文的委辦機關以科技部為主，研究領域則是以處理或應用的研究論文居多。平台收錄的文獻與資料可作為本國未來發展奈米技術EHS相關研究的參考。

本計畫已完成「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境及健康的影響」與「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」三項主題的奈米知識文件的蒐集、整理及更新，以了解國內外奈米EHS的研究最新進展。除此之外，本計畫回顧二篇有關奈米科技EHS議題的ISO標準(ISO/TS 16550:2014及ISO/TR 16197:2014)以及OECD WPMN的一篇最新報告(ENV/JM/MONO(2014)34)，配合過去四年已回顧的標準和報告，可了解ISO和OECD有關奈米EHS相關議題的發展趨勢。

本計畫已發行四期知識平台的電子報並上傳至知識平台，每期電子報皆以e-mail方式通知訂閱者(563人)及相關人士(5069人)，內容包含nano-EHS的最新消息與知識、近期活動及下期預告等。為了加強奈米技術的風險認知及溝通，本計畫已於2015年6月15日在台大集思會議中心舉辦「104年環境奈米科技論壇」，邀請環保署、勞安所、衛福部及學界等專家學者舉行專家座談，討論國內最新的nano-EHS的政策、法規、標準及研究進展，並將環保署近期的研究成果以論文發表介紹給國內相關人士。論壇共吸引了產、官、學、研各界189人報名，實際出席參與論壇為162人(政府單位45人、業界63人、財團法人4人、學術單位45人、環保團體3人、個人3人)，業界參與人數為歷年來最多，主要原因是為了配合我國化學物質登錄制度的實施，本年度大量發送邀請參加論壇的公文(200餘件以上)至國內產業工會與各大企業，充分達到了nano-EHS知識傳播及風險溝通的目的。

為了加強與國內互動及介紹台灣奈米EHS研究現況，本計畫已訪問清華大學

化學工程系馬振基教授、以及成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，分享奈米技術在環境與能源應用、與奈米物質在安全衛生管理相關議題的最新發展，訪問稿以中、英文方式呈現。本年度主持人代表我國參加南非職業衛生研究所舉辦的國際奈米技術與職業與環境衛生研討會(7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015/10/18-22)舉行的亞洲奈米安全論壇(Asia Nano Safe Network, ANF)，此論壇由澳洲RMIT大學的Paul Wright教授主持，日本、韓國、澳洲及我國均發表了自己國家的奈米安全研究進展，主持人藉此機會將國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工研院等的跨部會奈米EHS成果作了介紹，與會的各國學者及官員均對我國在奈米EHS議題的努力表示贊同。

The goal of this project is to maintain the website of "Taiwan nanotechnology EHS database"(<http://ehs.epa.gov.tw/>) and provide data and information by integrating the international and domestic research achievements on nano-EHS related issues. The number of visiting to the website is increased to 192,852. The website, which demonstrates the achievements of nano-EHS related research projects in Taiwan and promotes the international interaction and collaboration, has received good feedbacks and comments from international community.

Up to now, 197 full articles for research reports (increased 15 articles this year) and 880 research papers in abstract (increased 139 papers) have been uploaded in the Chinese website. In addition, 163 abstracts for research reports (increased 6 articles) and 663 SCI papers (increased 101 papers) with the links to the publishers' websites have been uploaded in the English website, which demonstrates fruitful results in the nanotechnology EHS area in Taiwan. The main sponsor of SCI papers in the database is the Ministry of Science and Technology, while the main research area if these papers is treatment. The analysis of the comparison of database between Taiwan nanotechnology EHS database and ICON can be used a basis to develop nano-EHS related studies in Taiwan.

To understand the research directions in domestic and international nano-EHS issues, recent advances on nano-EHS related issues in three topical areas were reviewed, including the regulations and policies of nanotechnology, the impacts of nanomaterials on environment and health, and the exposure assessment of nanomaterial in working place. Two ISO standards (ISO/TS 16550:2014 and ISO/TR 16197:2014) and one report of OECD (ENV/JM/MONO(2014)34) were also reviewed. By incorporating with the reviewed standards and guidelines in the past four-year projects, the international trend of the development of nano-EHS related issues can be followed and understood.

Four issues of e-papers were issued. Members can receive the latest nano-EHS news, nano-EHS knowledge, recent activities and the announcement of the next issue through e-mails, retrieve and read the fulltexts and track the historical files at the

exclusive e-paper zone in the website. The numbers of members and visitors continue to increase this year. So far, the number of subscription of e-paper is 563.

To strengthen the risk perception and the communication of nanotechnology, the "2015 Environmental Nanotechnology Forum" was held on June 15, 2015 at GIS NTU conference center, Taipei. The experts from the Institute of Labor, Occupational Safety And Health, Environmental Protection Bureau, Department of Health, Industrial Technology Research Institute and universities representing industry, government, academia and research sectors were invited hold the round table forum to discuss the domestic progress on nano-EHS policy, regulation, standards, guidelines and research achievements. The Taiwan EPA's research achievements in the past year were also presented to different domestic stakeholders through paper presentations and discussion. From industry, government, academia and research institutions, there were 189 people registered and 162 people (45 government agencies, 63 industry, 4 foundation, 45 academic unit, 3 environmental groups, 3 individual) actually attended the forum for fruitful knowledge dissemination and risk communication on nano-EHS issues.

Finally, to promote the international interactions and introduce the domestic nano-EHS research achievements, two experts in the nano-EHS field were interviewed, including Professor Chen-Chi Ma from the department of chemical engineering of the National Tsing Hua University and Perng-Jy Tsai from the department of environmental and occupational health medical college of the National Cheng Kung University. The interview reports were prepared in both Chinese and English. This year, the PI represented our country to attend the Asia Nano Safe Forum (ANF) held simultaneously at 7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015/10/18-22. The forum was chaired by Prof. Paul Wright of RMIT University in Australia, representatives of Japan, Korea and our country also joined the forum to share the latest development of nanosafety research of their own country. The PI introduced the inter-agency nano-EHS research achievements in Taiwan EPA, MOHW, MOL, NHRI, BSMTI and ITRI. The scholars and officials attending the forum were all impressed by our nation's achievements in nano-EHS research.

## 前 言

奈米技術在環境及各個領域均有很大的運用潛能，但是也可能會產生新的環境及人體健康危害的問題。奈米微粒的監測與控制技術，以及對於環境及人體健康的影響，國際間仍處於研究階段，相關的奈米 EHS 知識、標準及指引仍在累積之中。本計畫"知識"涵蓋的內容僅限於我國與先進國家在奈米技術環境

健康安全議題的最新進展及研究成果。ISO (International Organization for Standardization)在 2005 年成立 ISO TC 229 技術委員會，負責奈米物質標準的制定(ISO TC 229 網站)，共有 4 個工作小組，其中與奈米 EHS 有關的工作小組為 ISO/TC 229 WG3，至民國 104 年 11 月為止，ISO/TC 229 已發表 45 個標準(104 年新增 5 篇)，發展中的標準、指引及研究群計畫則尚有 38 個之多(104 年新增 11 篇)。

在 2006 年，經濟合作發展組織(OECD)的化學委員會同意一個奈米物質的工作計畫，由 OECD 議會成立 WPMN 執行此工作計畫。WPMN 執行的工作包括：建立 EHS 研究的資料庫、工程奈米物質(Engineered nanomaterials, ENMs)的 EHS 研究策略、代表性工程奈米物質的安全測試、工程奈米物質測試指引、自願方案及法規程序的合作、風險評估合作、奈米毒性替代測試方法、暴露測量及減輕暴露的合作等，以發展適合的方法及策略，確保人體健康及環境安全。目前為止，OECD 的 WPMN 已發表了 58 個奈米物質安全的一系列報告(104 年新增 16 篇)，包括研究及活動的路標、目前的奈米物質安全及發展活動、奈米物質工作計畫、OECD 測試指引於奈米物質的適用性初步評估等。OECD 的 WPMN 在 2006-2010 年共發表了 27 篇報告，2011-2012 年每年各發表了 8 篇報告，2013-2014 年則各發表了 7 篇報告，2015 年發表 16 篇(含 11 份人造奈米物質的測試方案報告)，由此可知近年來先進國家與國際組織對奈米技術在環境、健康、安全議題的發展已日趨成熟。此外環保署也投入環境奈米微粒及奈米物質的風險評估及風險管理的研究，以避免潛在的風險。本計畫的完成將有下列幾項預期效益：

1. 宣導環保署的環境奈米科技政策。
2. 呈現環保署的負責任的奈米科技發展研究成果，供國內外利益相關者參考。
3. 加強國內外奈米 EHS 的知識交流。
4. 有助於跨部會的奈米 EHS 議題合作及奈米科技風險管理。
5. 提昇國內外利益相關者的奈米 EHS 議題的認知並作好風險管理工作。

## 研究方法

針對環境中奈米物質質量測及特性分析及未來暴露評估與風險評估可能的知識缺口的文獻收集，本計畫篩選奈米科技的法規與政策、奈米物質對環境及健康的影響與奈米作業場所的奈米物質暴露評估術三項主題收集其最新發展趨勢，並收集整理 ISO/TC 229 WG3 的研究群計畫執行報告，以及 OECD 的奈米物質工作小組發表的奈米物質安全報告。本計畫定期發行知識平台電子報(每年 4 期)並上傳至知識平台，以 e-mail 方式通知訂閱者(563 人)及相關人士(5069 人)國內外最新的 nano-EHS 消息，內容包含 nano-EHS 知識、近期活動及下期預告。

為了加強奈米技術的風險認知及溝通，本計畫每年舉辦一場「環境奈米科技論壇」，邀請環保署、勞安所、衛福部及學界等專家學者舉行專家座談，討論了國內最新的 nano-EHS 的政策、法規、標準及研究進展，並將環保署近期的研

究成果以論文發表介紹給國內相關人士。本計畫每年皆訪問兩位奈米 ESH 相關的專家學者，訪問稿以中英文方式呈現，除了可解國內外的最新法展趨勢與研究成果外，還可以介紹台灣奈米 EHS 研究現況，本年度於 104 年 6 月 10 日完成訪問清華大學化學工程系馬振基教授，並於 104 年 10 月 1 日訪問成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授。

## **結 果**

本計畫工作內容之一為環境奈米 EHS 知識文件的更新，及 ISO/OECD 有關奈米科技 EHS 議題發展趨勢及相關資訊的追蹤工作，本團隊已針對「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境及健康的影響」與「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」三項主題進行整理，討論各主題的國內外研究現況，以作成具體的結論及建議。本團隊已完成環保署「環境奈米科技知識平台」現有舊資料的整理及重新分類，並蒐集過去由環保署、國科會、衛福部及勞安所委辦或自行研究的奈米技術 EHS 計畫所發表之國際期刊 SCI 論文，中文版網站收錄研究報告全文 197 篇(104 年新增 15 篇)、出版文獻連結 880 篇(104 年新增 139 篇)，及英文版網站收錄研究報告摘要 163 篇(104 年新增 6 篇)、SCI 論文連結 663 篇(104 年新增 101 篇)，其中知識平台收錄的 SCI 論文的委辦機關以科技部為主，研究領域則是以處理或應用的研究論文為主。平台收錄的文獻與資料可作為本國未來發展奈米技術 EHS 相關研究的參考。

本計畫已發行四期知識平台的電子報並上傳至知識平台，每期電子報皆以 e-mail 方式通知訂閱者(563 人)及相關人士(5069 人)，內容包含 nano-EHS 最新消息與知識、近期活動及下期預告。本團隊於 99-103 年度的計畫中，已回顧的 ISO 標準共 20 個，本年度已回顧 2 篇重要指引，分別為 ISO/TS 16550:2014 及 ISO/TR 16197:2014。另外，99-103 年度的計畫已回顧的 OECD WPMN 發表的報告共 12 份，本年度回顧 ENV/JM/MONO(2014)34 的 1 份報告，以追蹤及了解 ISO 和 OECD 有關奈米技術 EHS 相關議題的發展趨勢。

本計畫於 104 年 6 月 15 日舉辦「104 年環境奈米科技論壇」，將環保署過去一年的研究成果以論文發表方式介紹給不同國內利害相關者，論壇共吸引了產、官、學、研各界 189 人報名，實際出席參與論壇為 162 人(政府單位 45 人、業界 63 人、財團法人 4 人、學術單位 45 人、環保團體 3 人、個人 3 人)，業界參與的人數為歷年來最多，主要原因是為了配合我國化學物質登錄制度的實施，本年度大量發送邀請參加論壇的公文(200 餘件以上)至國內產業工會與各大企業，透過論壇的舉辦，除了可與國內各界進行技術交流及宣傳環保署負責的奈米技術的研究成果外，也充分達到了 nano-EHS 知識傳播及風險溝通的目的。

為了加強與國際的互動及介紹台灣奈米 EHS 研究現況，本計畫已訪問清華大學化學工程系馬振基教授、以及成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，分享奈米技術在環境與能源應用、與奈米物質在安全衛生管理相關議題的最新發

展，訪問稿以中、英文方式呈現。本年度主持人代表我國參加在南非的國際奈米技術與職業與環境衛生研討會(7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015/10/18-22)舉行的亞洲奈米安全論壇(Asia Nano Safe Network, ANF)，此論壇由澳洲 RMIT 大學的 Paul Wright 教授主持，日本、韓國、澳洲及我國均發表了自己國家的奈米安全研究進展，主持人藉此機會將國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工研院等的跨部會奈米 EHS 成果作了介紹，與會的各國學者及官員均對我國在奈米 EHS 議題的努力表示贊同。

## 結 論

本計畫完成三項主題的奈米知識文件的蒐集、整理及更新工作，歸納出國際間的奈米 EHS 相關的最研究成果與趨勢如下，值得作為本國發展奈米技術 EHS 相關研究的參考：

- (1) 先進國家仍非常重視奈米物質的管理，在相關法規與政策仍逐漸新增。以美國為例，US EPA 已完成 160 件以上的奈米物質的新化學物質的審查、NIOSH 和 P<sup>3</sup>NANO 簽署奈米材料的瞭解備忘錄。在歐盟，歐盟執行委員會發布奈米物質定義的審查方案、徵求化粧品中的奈米物質的安全性數據，此外歐洲議會也發表了一份分析歐盟和美國關於奈米物值法規管理的差異性報告等。我國在奈米物質相關法規與政策也有進展，如我國職業安全衛生法第 13 條納入了新化學物質源頭管理、環保署公告「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法」、勞動部發表「奈米物質安全衛生管理技術手冊」以及「奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引」、以及衛福部公告的「奈米食品申請作業指引」與「奈米醫療器材品質管理系統注意事項」。
- (2) ISO/TC 229 WG3 仍持續增加奈米物質安全相關的標準，至民國 104 年 11 月為止，已發表了 45 個標準，而研究中的標準、指引及研究群計畫尚有 38 個，比去年的 26 個增加很多。此外 OECD WPMN 已發表了 58 份奈米物質安全的報告，比去年 43 份增加很多，其中包括 11 份人造奈米物質的測試計畫，由此可知奈米物質目前仍是國際重要的焦點。
- (3) 奈米物質對環境與健康的影響仍是研究重點，如奈米碳管在大氣中的轉化對其毒性的影響、食品級二氧化鈦的特性分析研究、國際癌症研究署的奈米碳管、氫化閃石、矽化碳的致癌性評估報告、含奈米物質的產品會對海洋生物造成的傷害、水體中奈米銀和奈米氧化鋅的暴露評估、以及工程奈米物質在多環境介質中的分布等。
- (4) 奈米作業場所的奈米物質的特性量測與暴露評估的相關研究正在進行，如半導體製成的工程奈米微粒的職業暴露評估、工程奈米微粒作業場所的工作人員暴露風險、奈米碳管與奈米碳纖維的暴露評估、以及奈米物質工作場所中新的偶發性奈米氣膠來源-化學品儲藏室的奈米微粒等。

本計畫於 104 年 6 月 15 日在台大集思會議中心蘇格拉底廳，舉辦「104 年環境奈米科技論壇」，將環保署、衛福部與勞動部近期對奈米物質相關管理與政策之最新發展，以論文發表方式介紹給國內利害相關者，以下列出環保署、勞動部與衛福部的重點成果：

### 環保署

- (1) 我國毒性化學物質管理法於民國 102 年 12 月 11 日納入源頭登錄管理相關條文，初步規劃奈米運作基本資料物化特性表單，為後續登錄與管理做準備，並持續檢討相關法規對於奈米危害安全管理的必要性與可行作法。環保署環境衛生及毒物管理處依預警(Precautionary)之精神，透過源頭登錄法規掌握物質資訊，提升利害相關者對奈米可能潛在危害的重視與安全資訊傳遞，推動有效管理。
- (2) 環保署自民國 103 年 12 月 11 日開始實施化學物質登錄制度新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法，並設立新化學物質登錄平台，此平台依毒性化學物質管理法第七條之一規定建立化學物質登錄申請、登錄資訊上傳、查詢以及定期申報、新事證申請等相關登錄作業與後續管理因應之管道。

### 勞動部

- (1) 我國職業安全衛生法於民國 103 年 7 月修正施行後，職業衛生基礎資料庫之建置始有法源依據，勞動部職業安全衛生署為落實國內職業衛生保障及與國際發展趨勢接軌，建立系統化的職業衛生暴露危害分級、風險評估與管理，及化學品源頭登記與重點管理機制，並建置暴露評估工具(定性、半定量及定量)、化學品安全資訊網系統及暴露評估資料庫(監測計畫、監測及暴露評估結果)等及人才培育。現階段相關強化暴露及健康危害評估之具體作法為：(1)建立危害性化學品資料庫：對於國內具危害性之化學物質約 1 萬 9,000 種，將藉由化學品危害辨識、運作資料及暴露情形，篩選具有致癌、致突變及生殖毒性及其他作為重點管理對象約 3,000 餘種，分階段公告納入管制許可及流佈備查等管理；(2)發展分級管理工具及定量、半定量暴露評估模式；(3)加強勞工作業環境監測資料庫管理；(4)規劃勞工健康檢查資料庫：藉由檢查結果之統計分析資料，作為未來醫師臨床及健康指導之工作相關疾病預防之應用；(5)整合勞工暴露相關資料庫，發展應用工具。
- (2) 勞動部勞動與職業安全衛生所訂定的奈米物質作業場所安全與衛生之分級管理策略除可提供原暴露控制之目的外，亦可提供奈米事業單位擬訂奈米物質安全衛生管理之參考，以保障勞工安全與健康。事業單位可藉由落實奈米物質的風險等級評估及分級管理，評估是否會產生奈米物質的暴露情況，並採取謹慎的作業方式將奈米物質的暴露風險降至最低。

### 衛福部

- (1) 衛福部食品藥物管理署於民國 103 年 11 月公告奈米食品申請作業指引，此

指引規範奈米食品之定義、申請程序及作業流程、安全性評估須檢具之資料及申請書，提供食品業者遵循以確保食品安全及兼顧產業發展。

- (2) 衛福部食藥署與國家衛生研究院和醫藥工業技術發展中心長期合作，研擬含奈米物質的化粧品、藥品、醫療材料與食品的標準檢驗方法與相關規範。

## **建議**

- (1) 我國參考REACH精神已經啟動化學物質源頭登錄制度，建議應持續關注化學物質之物化特性、暴露及危害評估的議題，並參考先進國家最新的法規動態與政策趨勢，以確保我國奈米物質的安全並降低環境及人體健康的風險。
- (2) 定期檢討國內奈米物質的源頭登錄的現況，以確實掌握奈米物質在生命週期內的生產、輸入、處理、使用及棄置的數量及環境流佈現況，並做好奈米作業人員的暴露評估、風險評估及風險管理措施。
- (3) 持續關注國際間奈米物質EHS研究的最新成果與發展趨勢，以強化我國的奈米科學以及奈米技術的研究領域，並從現有的文獻與數據中，找出奈米知識缺口且明確指出未來研究目標。
- (4) 持續在知識平台上增加我國奈米EHS研究論文及報告，以提高國內奈米EHS研究成果在國際上的曝光率；提高知識平台網站的使用率、增加讀者閱讀與加入討論的意願。



# 第一章 前言

## 1.1 緣起與背景說明

奈米技術在各個產業的應用越來越重要，商業化奈米產品愈來愈多。截至目前為止，奈米相關的消費性產品已超過 1628 項，且逐年增加，其中常見的產品有化粧品、防曬乳、塑膠強化劑、防菌塗層、自淨的建材及防臭含奈米銀的襪子等不勝枚舉(PEN 網站, 2015)。然而當奈米產品為我們的生活帶來便利的同時，在其製造及處理奈米物質的過程中，工人是否會暴露在有奈米物質逸散的環境，或奈米產品在使用時是否會釋出奈米物質，造成一般大眾及環境的不良影響，這些議題是許多政府及研究單位正在進行的研究重點，其中以奈米物質對人體健康及環境的影響為最熱門的研究課題。

本計畫"知識"涵蓋的內容僅限於我國與先進國家在奈米技術環境健康安全議題的最新進展及研究成果。蔡(民國 99-103 年)執行環保署「推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」，曾回顧了許多奈米 EHS 的文獻，並針對我國的知識缺口作成具體結論。如蔡(民國 103 年)回顧了奈米物質在環境及其他的應用、奈米物質對環境及健康的影響、以及氣中奈米微粒的採樣分析技術三大主題，結果發現奈米物質在環境的應用相當多，如碳黑和奈米碳纖維可用在開發高敏感度的氣體感測器(Llobet 2013; Jang et al. 2011)、石墨烯衍生物可用於吸附水體中有機/無機以及金屬汙染物(Kemp et al. 2013; Wang et al. 2013; Lee and Yang 2012)、磁性奈米微粒(零價鐵、磁鐵礦及磁赤鐵礦)的環境永續利用(Tang and Lo 2013)、及奈米碳管(carbon nanotube, CNT)的表面摻雜金屬或其氧化物可用於分解毒化物(Li et al. 2014)等。奈米物質對環境與健康的影響依舊為國際研究的焦點，如食品中的奈米二氧化矽在高濃度(>200 µg/mL)下，消化道細胞的存活率會隨著暴露時間增長而降低(Yang et al. 2014)、奈米技術產品(紡織品與噴霧產品)的奈米物質逸散特性研究(Mitrano et al. 2014; Losert et al. 2014)、及奈米物質的生命週期模擬方法的開發(Lazareva and Keller 2014)等。環境奈米微粒的採樣分析方法也有所進展，如空氣中奈米碳管的特性量測法、採樣量化分析法以及電子顯微鏡觀察法(Dahm et al. 2013; Ono-Ogasawara et al. 2013; Ono-Ogasawara and Myojo 2013; R'mili et al. 2013)、德國聯邦教育與科學部門推動的作業場所的奈米物質暴露之分段評估標準方法(Asbach et al. 2012)、以及氣膠化學成分分析儀(aerosol chemical speciation monitor, ACSM)應用於大氣微粒的化學成分分析技術(Seto et al. 2013; Titta et al. 2014)。

我國近年來對於奈米EHS相關議題的研究也有許多進展，由政府研究資訊系統(government research bulletin, GRB)以奈米物質為關鍵字搜尋，便能得知許多相關研究之摘要或完整的報告，如翁(民國 104 年)參考現有標準檢測方法草案或國內外資料，建立對含奈米物質之化粧品(如TiO<sub>2</sub>或ZnO)或食品(如Ca或Fe)的樣品分析比對、規範標準量測程序與方法，以及評估適合列入相關法規之項目，

計畫成果可做為未來國內推動相關法規與建立檢驗標準之參考與重要依據；陳(民國 103 年a)追蹤國際間相關管理規範之發展，也加強蒐集國內外對於含有奈米原料及成分的化粧品的風險評估資料，以探討國內研究資源投入化粧品奈米安全評估之切入點與可行性，並促使我國化粧品奈米管理制度能兼顧使用安全與科技發展；陳(民國 103 年b)建立口香糖中二氧化鈦之奈米性檢驗方法，包含自口香糖中分離出二氧化鈦之方法以及ISO 13014 所建議之物化特性量測方法，以供未來訂定相關規範時參考；闕(民國 99 年)以細胞電阻檢測作為篩選細胞毒性之方法，該研究觀察了多種不同的細胞株暴露在奈米零價鐵下，其細胞生長的動態變化，也以電子顯微鏡分析奈米零價鐵之特性；並以流式細胞儀檢測奈米零價鐵對細胞的生物功能影響，包含細胞內吞奈米微粒的數量、氧化壓力的改變、細胞細胞凋亡的比率等。相較於一般傳統細胞毒性測試方法，以電阻檢測作為毒性篩選方法除了可降低細胞與奈米物質干擾所產生之不一致結果，還可以更穩定、快速的檢測大量的奈米微粒樣品。

以奈米材料為關鍵字搜尋到的研究資訊非常廣，有非常多奈米材料的在環境、材料及生醫等方面應用的研究，如張(民國 103 年)以模板輔助化學氣相沈積法間接或是直接合成磁性奈米碳管，並探討其應用於環境新興污染物布洛芬(Ibuprofen)之吸附特性，其中包含環境因子(如實驗溫度、pH 值、其他競爭/Cd(II)金屬離子存在與否等)與材料物化特性(磁性顆粒負載的形式與量及表面功能化程度等)對吸附行為之影響，最後探討這些材料用於污染物吸附與回收再利用之可行性；高(民國 103 年)研究高分子乳膠基質結合奈米零價鐵，形成一長效型基質(long-lasting substrate)，以有效處理受三氯乙烯(trichloroethylene, TCE)污染的地區。此技術結合了厭氧生物脫氯機制與奈米零價鐵的物化機制，其降解 TCE 的效率可達 99% 以上，且在 130 天之試驗中均可維持穩定之降解效率；連(民國 103 年)開發多孔奈米零價複合鐵金屬，並透過管柱實驗、分散穩定試驗、沉降實驗等了解此材料之特性與效能，最後探討長期操作下，該奈米材料在環境中的最終宿命；潘(民國 102 年)分析電焊作業產生之奈米微粒之物化特性，並以勞工心跳速率變異性、勞工尿液中的氧化壓力生物指標及人類冠狀動脈內皮細胞的奈米微粒心血管毒性測試，探討奈米微粒致心血管健康效應之劑量效應與致病機轉。

在奈米科技法規與政策的進展方面，美國環保署(United States Environmental Protection Agency, USEPA)目前已完成 160 件以上的奈米物質的新化學物質使用申請的審查，並在 2014 年 9 月針對 36 種的新化學物質提出顯著新使用規則的要求，包括 2 種多壁奈米碳管 (PMN 號碼 P-08-0392、P-09-257)、1 種碳化物合成的奈米碳(carbide derived nanocarbon) (PMN 號碼 P-11-290)、12 種奈米碳纖維(PMN 號碼 P-10-115、P-10-116、P-10-117、P-10-118、P-10-119、P-10-120、P-10-121、P-10-122、P-10-123、P-10-124、P-0-125、P-10-126)，但因部份申請者已提出商業機密的宣告，因此 US EPA 無法公開每件 SNURs 奈米物質的資訊。任何有意製造、進口或處理上述特定化學物質的人士將受到約束，

且必須依據規則在活動開始前至少 90 天，向 US EPA 提出 SNURs 的申請。

由於對奈米碳管及奈米碳纖維具有的異常毒性，美國職業安全衛生研究所 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 也提出奈米碳管及奈米碳纖維中的元素碳 (elemental carbon, EC) 的建議 8 小時的時量平均容許濃度 (recommended exposure limit - time weighted average, REL-TWA) 為  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，並呼籲作業場所的濃度應將降至此 REL 以下。除此之外，NIOSH 公告細二氧化鈦微粒和超細二氧化鈦微粒的 REL-TWA (8-hour) 分別為  $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$  以及  $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

歐盟化學品管理條例 REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) 規範製造者和進口者對於每年製造量或使用量高於 1 噸的物質將需要向 ECHA 呈遞一份物質的註冊檔案 (registration dossier)，對於每年製造量或使用量高於 10 噸的物質將需要呈遞包含物質化學安全評估 (chemical safety assessment, CSA) 的化學品安全報告 (chemical safety report, CSR) (European Commission, 2008a-c)。另外，歐盟的化粧品法規 (EC No 1223/2009) 規定從 2013 年 7 月 11 日開始銷售含有奈米物質的化粧品時，廠商須在上市前 6 個月向執委會通報使用的奈米物質。歐盟並在 2011 年 10 月通過的食品法規 (EU No 1169/2011)，規定從 2014 年 12 月 13 日起食品內含有工程奈米物質者，需於成分表上明確標示「奈米」兩字。

經濟合作與發展組織 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 各會員大都已有奈米物質的註冊、評估和管理法規。歐盟成員國的奈米物質源頭登錄管理的最新相關資訊彙整如下：

(一) 丹麥：2014 年 6 月 20 日起展開消費品奈米註冊計畫。這項註冊計畫針對歐盟執委會定義的奈米物質，符合標準的奈米物質製成品之製造與進口商必須進行註冊，目前允許廠商自主註冊，不過 2015 年 8 月 30 日起將強制實施。受其他法規規範項目則不在此限，包括：(1) 食品接觸材料、化粧品、醫療器材；(2) 成品或混合物中含有非故意生產的奈米物質；(3) 成品成分中的奈米物質固定，但成品正常使用時可能造成物質釋放，則不適用排除；(4) 印製成品，例如使用奈米物質油墨印製的報紙；(5) 紡織品，其所使用的顏料或染料含有奈米物質；(6) 其他產品，例如還有奈米級染料的油漆、木材防腐劑、膠、填充劑，且其使用的奈米級染料僅作著色劑之用；(7) 奈米炭黑或二氧化矽的橡膠成品；(8) 產品成分中的物質符合 REACH 註冊排除條款。

(二) 比利時：比利時部長會議通過全國奈米物質註冊規範，2016 年 1 月 1 日生效，混合物延至 2017 年 1 月 1 日。此外比利時正計畫將「含奈米物質之成品」納入註冊規範，實施前將先評估相關措施。奈米註冊規範使主管機關得以對造成大眾健康危害的奈米物質採取立即行動，雇主也必須採取適當的風險措施，保障暴露於奈米物質之勞工。

(三) 挪威：要求產品註冊時申報奈米資訊。挪威國家產品註冊規定 2013 年有部份的更新，要求若是申請註冊的物質或混合物含有奈米尺寸微粒，公司必須向該國的氣候與污染局 (Climate and Pollution Agency, Klif) 進行申報。規範並未將

成品納入，僅將因為危害特性而有必要進行提報的化學物質納入規範。

(四)法國：延長奈米年度申報期間至 2013 年 6 月底止。法國生態、可持續發展和能源部(Ministry for Ecology, Sustainable Development and Energy)延長第一輪奈米物質申報時間，由 2013 年 4 月 30 日延長至 6 月 30 日。依法國環境法律(Environmental Code)，在法國企業必須回報奈米物質產品、進口、經銷或是製造資訊。由於 2013 年為第一年辦理奈米申報(r-nano)，故延長申報時間。法國並已在 2014 年 6 月 1 日完成第二輪的申報，並在 2014 年 11 月公佈兩輪的申報報告，報告指出在 2013 年收到了 3,409 份申報文件，2014 年則增加到 10,417 份申報文件，然而申報的奈米物質使用量從 2013 年的 212,000 公噸，下降到 2014 年的 122,000 公噸。

我國在化學物質登錄登錄制度已有進展，毒性化學物質管理法已於 102 年 11 月修正通過部分條文，建立化學物質登錄機制，加強管理危害人體健康之虞毒性化學物質。根據毒性化學物質管理法第 7 條之授權，環保署已於 103 年 12 月 4 日公告「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法」，並自 103 年 12 月 11 日生效。此登錄辦法中第九條的總說明要求登錄人申請登錄科學研發用途、產品與製程研發用途或屬其他特殊形式之新化學物質，例如奈米物質，除應依此辦法所定之規定提出登錄資料，應另提出中央主管機關訂定之相關表單及資料，但是未規範奈米物質的定義，僅有經濟部標準檢驗局制定的「奈米材料詞彙」(中華民國國家標準 CNS 14975)。另外，辦法中僅規範製造或輸入超過 1000 公噸以上的化學物質，以及 10 公噸以上、經證實確定會致癌、致基因突變和致生殖毒性物質(carcinogenic, mutagenic or toxic for reproduction, CMR)，才須提交包括危害評估和暴露評估等安全評估報告。在此登錄制度實施一週年之期間，環保署透過成立化學物質登錄中心並建立化學物質登錄平臺推動相關工作，如行文或電子郵件進行個別業者之宣導(家數超過 3,700 家，辦理 40 場次法規或系統操作說明會及國際交流會議，參與人數逾 5,900 人，服務逾 8,500 通電話，2,200 封 e-mail，600 筆即時通訊諮詢及 70 筆 Facebook 粉絲專頁諮詢)，並逐步建立更新化學物質登錄常見問答集，透過全面宣導及溝通，促使化學物質登錄制度順利上路。

本國環保署配合奈米國家型科技計畫辦公室，與勞安所、衛福部跨部會合作共同推動奈米科技 EHS 計畫。環保署的主要工作為開發環境中奈米微粒暴露評估暨風險評估之方法，並透過創新育成計畫的推動，發展具有環境福祉的奈米科技。勞安所致力於工作場所工程奈米微粒的暴露評估與控制、及流行病學之研究，而衛福部的工作重點為奈米物質的毒性及健康相關之研究。環保署在第一期奈米國家型科技計畫(2003-2008)，共投入總經費 5452 萬元在奈米技術環境相關議題之研究發展計畫 19 項，其中推動負責任奈米研發及產業環境類別，共 10 項，佔總經費 55%；另外應用奈米技術在環境保護工作類別，共 9 項，佔總經費 45%；除了國家奈米計畫外，環保署另外在"環保創新科技研發計畫"中投入了 10 項研究計畫，總經費共 1675 萬元，應用奈米技術於環境保護的研究。

在第二期奈米國家型科技計畫(2009-2014)，環保署共投入 30 項計畫，總經費為 7537.4 萬元，全部用於奈米技術環境相關議題之研究發展，以推動負責任奈米研發及產業環境；在應用奈米技術於環境保護的研究方面，環保署除了於"環保創新科技研發計畫"中，投入共 5 項，總經費共 718.8 萬元之計畫案外，環保署並於 2013 年新增"新世代環境檢測發展計畫"，投入 2 項研究計畫，總經費共 280 萬元。環保署在第二期奈米國家型計畫中，持續與勞安所、衛福部合作，確保負責任的奈米國家型計畫之永續發展，環保署在近六年來的奈米科技計畫(2009-2014)之名稱如表 1.1.1 所述。

表 1.1.1 環保署的奈米科技計畫統計表

(計畫屬性：1. 推動負責任奈米研發及產業環境，2. 應用奈米科技在環境保護工作，\*奈米國家型科技計畫)

民國 103 年(奈米國家型科技計畫 總經費 919 萬元)

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
EPA-103-U1U1-02-101	民國 103 年	蔡春進	推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫	1
EPA-103-1603-02-02	民國 103 年	施養信	水環境中無機性奈米微粒量測技術開發研究	1
EPA-103-1605-02-01	民國 103 年	闕斌如	奈米微粒細胞毒性系統之建立及驗證	1
EPA-103-1602-02-09	民國 103 年	蔡春進	環境中奈米物質量測及特性分析技術開發	1

民國 102 年(奈米國家型科技計畫 總經費 1133.9 萬元，環保創新科技研發計畫補助總經費 150 萬元，新世代環境檢測發展計畫 280 萬元)

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
*EPA-102-U1U1-02-101	民國 102 年	蔡春進	102 年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫	1
*EPA-102-U1U1-02-100	民國 102 年	鄭尊仁	102 年奈米科技之風險感知及政策研究	1
*EPA-102-1605-02-01	民國 102 年	闕斌如	102 年奈米金微粒對細胞毒性檢測技術及生物標記之篩選建立	1
*EPA-102-1602-02-01	民國 102 年	蔡春進	102 年環境中奈米物質量測及特性分析技術開發	1

*EPA-102-1603-02-01	民國 102 年	施養信	102 年水環境中無機性奈米微粒量測技術開發研究	1
EPA-102-U1U4-04-001	民國 102 年	陳中庸	量子點奈米基因指紋鑑定系統應用於環境微生物之分析	2
EPA-102-E3S3-02-01	民國 102 年	秦靜如	奈米碳管修飾電極進行環境水質分析之先期研究 (1/4)	2
EPA-102-E3S4-02-02	民國 102 年	林俊德	環境奈米檢測技術開發 (1/4) - 水中奈米微粒富勒烯分離技術先期研究	2

民國 101 年(奈米國家型科技計畫 總經費 1392.5 萬元，環保創新科技研發計畫補助總經費 145 萬元)

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
*EPA-101-U1U1-02-101	民國 101 年	連興隆	綠色奈米技術之開發及應用計畫－沼氣脫硫奈米零價鐵濾床技術之開發與應用	2
*EPA-101-U1U1-02-105	民國 101 年	蔡春進	推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫	1
*EPA-101-1602-02-08	民國 101 年	蔡春進	環境中奈米物質量測及特性分析技術開發	1
*EPA-101-1605-02-01	民國 101 年	闕斌如	奈米微粒對細胞毒性及生物標記之篩選技術建立	1
*EPA-101-1603-02-01	民國 101 年	施養信	水環境介質中奈米微粒量測、轉換及宿命研究	1
EPA-101-U1U4-04-001	民國 101 年	陳中庸	奈米生物晶片應用於環境領域－基因量子點奈米系統應用於環境致病性微生物之檢測	2

民國 100 年(奈米國家型科技計畫 總經費 1285 萬元，環保創新科技研發計畫補助總經費 163.8 萬元)

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
*EPA-100-1605-02-01	民國 100 年	闕斌如	奈米微粒對細胞毒性篩選技術及驗證方法	1
*EPA-100-1602-02-01	民國 100 年	蔡春進	環境中奈米物質量測及特性分析技術開發	1

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
*EPA-100-U1U 1-02-102	民國 100年	施養信	水環境介質中奈米微粒量測、轉換及宿命研究	1
*EPA-100-U1U 1-02-105	民國 100年	蔡春進	環境奈米科技知識管理及整合計畫	1
*EPA-100-U1L 1-02-101	民國 100年	董瑞安	綠色奈米技術之開發及運用	2
EPA-100-U1U4- 04-001	民國 100年	陳中庸	開發奈米物質量子點應用於環境致病性微生物之生物晶片	2

民國99年(奈米國家型科技計畫 總經費 1507 萬元，環保創新科技研發計畫補助總經費 120 萬元)

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
*EPA-99-U1U 1-02-103	民國 99年	蔡春進	環境中奈米物質質量測、特性分析及即時毒性測試平台技術開發	1
*EPA-99-U1U 1-02-102	民國 99年	施養信	水環境介質中奈米微粒轉換及宿命研究	1
*EPA-99-U1U 1-02-101	民國 99年	鄭尊仁	奈米科技之風險感知及政策研究	1
*EPA-99-U1U 1-02-106	民國 99年	鄭榮家	環境奈米科技知識庫之功能強化及維運服務	1
*EPA-99-U1U 1-02-105	民國 99年	蔡春進	環境奈米科技知識管理及整合計畫	1
*EPA-99-U1U 1-02-104	民國 99年	闕斌如	配合即時監測環境樣品奈米微粒細胞毒性篩選技術	1
EPA-99-U1U4 -04-006	民國 99年	林錕松	利用奈米草酸鹽分解/礦化高科技產業含鹵素有害污染物之研發	2

民國98年(奈米國家型科技計畫 總經費 1300 萬元，環保創新科技研發計畫補助總經費 140 萬元)

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
*EPA-98-U1U 1-02-103	民國 98年	蔡春進	環境中奈米物質質量測及特性分析技術開發	1

計畫編號	計畫年度	計畫主持人	計畫名稱	計畫屬性
*EPA-98-U1U 1-02-105	民國 98 年	廖宜賢	環境奈米科技知識庫之強化及推廣	1
*EPA-98-U1U 1-02-101	民國 98 年	林一為	奈米科技之風險感知及政策研究	1
*EPA-98-U1U 1-02-102	民國 98 年	施養信	水環境介質中奈米微粒轉換及宿命研究	1
*EPA-98-U1U 1-02-104	民國 98 年	張章堂	環境中奈米微粒之細胞毒性研究	1
EPA-98-U1U4 -04-003	民國 98 年	顧洋	以選擇性光催化還原程序處理固定污染源之氮氧化物排放	2

在奈米 EHS 的標準及準則方面，2006 年 OECD 的化學委員會同意一個奈米物質的工作計畫，由 OECD 議會成立工程奈米物質工作小組(Working Party on Manufactured Nanomaterials, WPMN)執行此工作計畫。WPMN 於 2009 年的第 5 次會議中準備了 2009-2012 年的各種活動的路標圖，作為 WPMN 規畫將來的活動及產出之用(ENV/JM(MONO)(99)22)。WPMN 的 100 個以上的專家來自(1) OECD 的 30 個會員國；(2) 非會員國經濟體，如中國、巴西、俄羅斯、新加坡及泰國；(3) 觀察員及邀請專家，如 UNEP, WHO, ISO, BIAC, TUAC 及環境相關 NGO。我國不是 OECD 會員國，目前只能以觀察員及邀請專家身份參與各項會議。國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)在 2005 年成立 ISO TC 229 技術委員會，負責奈米物質標準的制訂(ISO TC229 網站, 2015)。TC 229 下設四個工作小組分別為 JWG 1: Terminology and nomenclature，負責奈米物質的術語及命名；JWG 2: Measurement and characterization，負責奈米物質的量測及特性分析；WG3: Health, Safety and Environmental Aspects of Nanotechnologies，負責奈米物質的 EHS；WG4: Material specifications，負責的奈米物質規範。其中與奈米 EHS 有關的工作小組為 ISO/TC 229 WG3，其工作重點如下：

1. 控制奈米物質職場暴露的標準方法
2. 決定奈米物質相對毒性/危害性潛勢的標準方法
3. 奈米物質毒性篩選的標準方法
4. 判定奈米物質環境友善使用的標準方法
5. 確保奈米產品之產品安全的標準方法

截至 2015 年 11 月為止，ISO/TC 229 已發表了 45 個標準，開發中的標準、



指引及研究群計畫(project group, PG)尚有 38 個之多，比去年的 26 個增加很多。本團隊於 99-104 年度已回顧了 22 篇重要的 ISO 標準，99 年度回顧 ISO/TR 22412:2008 (TC 24/SC4 發表)、ISO 15900: 2009 (TC 24/SC 4 發表)、ISO 12025 及 ISO/DIS 10808 (蔡，民國 99 年)；100 年度回顧 ISO/WD 27891(TC 24/SC 4 發表)、ISO 10801:2010 及 ISO TR 13121:2011 (蔡，民國 100 年)；101 年度回顧 ISO/TR 10929:2012、ISO/TS 10798:2011、ISO/TS 10868:2011、ISO/TS 11888:2011、ISO/TS 13278:2011 及 ISO/TR 13014:2012 (蔡，民國 101 年)；102 年度回顧 ISO/TS 10797:2012、ISO/TS 11937:2012、ISO/TS 12901-1:2012 及 ISO/TR 13329:2012 (蔡，民國 102 年)；103 年度回顧 ISO/TS 13830、ISO/TS 16195 與 ISO/TR 17200 (蔡，民國 103 年)；104 年度回顧 2 篇，分別為 ISO/TR 16197:2014 與 ISO/TR 16550:2014。

台灣過去儘管在產品研發、製造能力深具優勢，但因非聯合國會員，無法藉由參與國際標準組織(ISO)、國際電工委員會(The International Electrotechnical Commission, IEC)等國際性標準組織活動，連帶影響國內業者商機。但目前台灣為亞太奈米聯盟(Asia Nano Forum, ANF)會員經濟體之一，因此仍可藉由台灣奈米標準技術諮議會在國內成立的技術工作小組，透過 ANF 向 ISO、IEC 提案，提供意見及技術內容等方式，參與並影響對台有利的國際標準制定。

## 1.2 環境奈米 EHS 知識平台與文獻回顧

本團隊從民國 99 年開始承接「推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」，計畫主要為維護及管理環保署「環境奈米科技知識平台」網站(Taiwan Nanotechnology EHS Database, TaiNED, <http://ehs.epa.gov.tw/>)，依國內外的奈米 EHS 的研究成果充實其內容，及更新環境奈米的知識文件等工作。截至 2015 年 11 月止，知識平台網頁的國內研究報告及出版文獻篇數為：中文版網站收錄研究報告全文 197 篇(104 年新增 15 篇)、出版文獻連結 880 篇(104 年新增 139 篇)，及英文版網站收錄研究報告摘要 163 篇(104 年新增 6 篇)、SCI 論文連結 663 篇(104 年新增 101 篇)，其中知識平台收錄的 SCI 論文的委辦機關以科技部為主，研究領域則是以處理或應用的研究論文為主。平台收錄的文獻與資料可作為本國未來發展奈米技術 EHS 相關研究的參考。在 SCI 論文的分類方面，我國的研究領域以奈米科技的應用為主、微粒種類以氧化物較多、暴露或危害標的以其他/未指定為主、風險暴露群以其他/未指定為主、產生方法以工程奈米微粒為主。99 年起至今本團隊每年皆完成奈米知識文件的蒐集、整理及更新工作，整理 ISO 及 OECD 有關奈米科技環境、健康、安全(EHS)議題的發展趨勢。另外從 100 年 7 月創刊至今，本團隊每年皆發行四期電子報，並以 e-mail 方式通知訂閱者最新的 nano-EHS 消息，nano-EHS 知識，近期活動及下期預告，目前訂閱的用戶已增至 563 人，且知識平台網頁瀏覽人數已大幅增加至 192,852 次(統計至 2015 年 11 月 25 日)。

本團隊為了加強奈米技術的風險認知及溝通，每年皆會舉辦 1 場環境奈米科技論壇研討會，邀請勞安所、環保署、衛福部、工研院及學界等產官學研專家舉行專家座談，討論了本國的 nano-EHS 的政策、法規、標準及研究進展。本研究團隊也在每年專訪二位 nano-EHS 議題的專家學者，請他們提供 nano-EHS 方面的研究進展、國際趨勢及建議國內 nano-EHS 的研究及政策方向。截至 104 年 11 月，本團隊目前已訪問了 14 位的國內專家學者，分別為交大環工所蔡春進教授、清大生醫系董瑞安教授、清大化學系凌永健教授、國衛院奈米醫學研究中心楊重熙主任、台大職醫所鄭尊仁教授、環檢所阮國棟所長、國衛院環醫組劉紹興組主任、工研院奈米中心宋清潭研究員、成大環工系王鴻博教授、清大動機系李國賓教授、成大環醫所張志欽教授、財團法人安全衛生技術中心余榮彬總經理、清華大學化學工程系馬振基教授及成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，介紹他們的優異研究成果及針對奈米 EHS 各議題的看法，訪問內容並以中英文方式在專家專訪專區具名發表。

在知識平台的國際推廣方面，本團隊已於 2013 年初發出圖 1.2.1 的 TaiNED 推廣 e-mail 給 7574 國外 nano-EHS 相關人士，並且經由 ICON 及 EU SAFENANO 網頁的公佈，如圖 1.2.2 及圖 1.2.3 所示，獲得國際人士很大的迴響及好評。

## Taiwan Nanotechnology EHS Database (TaiNED)

[http://ehs.epa.gov.tw/Home/EN\\_F\\_Home\\_Index](http://ehs.epa.gov.tw/Home/EN_F_Home_Index)

Taiwan EPA has established the "Taiwan Nanotechnology EHS Database (TaiNED)" jointly with Taiwan IOSH, CLA (Institute of Occupational Safety and Health, Council of Labor Affairs) and Taiwan MHW (Ministry of Health and Welfare) since the first phase of the National Nanotechnology Project (2003-2008). This platform is served as the database for environmental nanotechnology and occupational safety and health to foster the communication among different domestic stakeholders. The achievements of the Taiwan nanotechnology EHS projects are presented in the platform to promote domestic as well as international exchanges and collaborations. Any individuals from the industry, government, academia and research institutions are welcome to visit the TaiNED.

For more information, please contact

Mr. Neng-Jiun Zeng ([vic.ev99g@nctu.edu.tw](mailto:vic.ev99g@nctu.edu.tw)) or Prof. Chuen-Jinn Tsai ([cjtsai@mail.nctu.edu.tw](mailto:cjtsai@mail.nctu.edu.tw)) at National Chiao Tung University, Taiwan.



圖 1.2.1 環境奈米科技知識平台的國際推廣網頁頁面

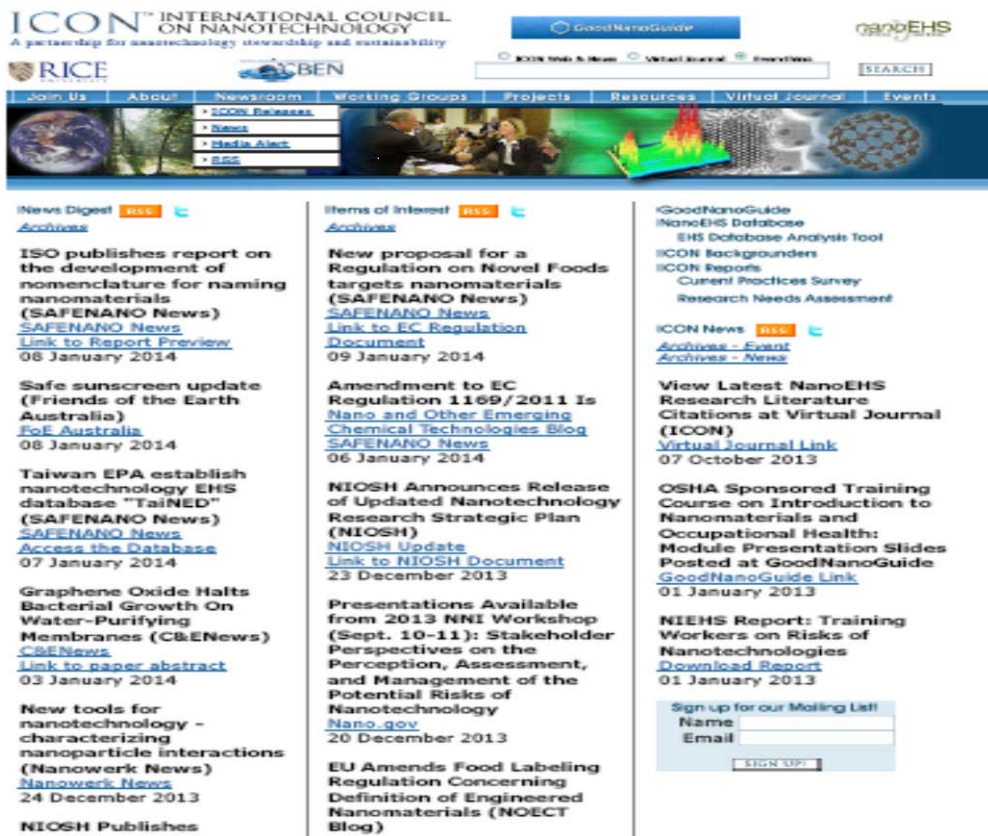


圖 1.2.2 ICON 網站介紹環境奈米科技知識平台的頁面



圖 1.2.3 EU SAFENANO 網站介紹環境奈米科技知識平台的頁面

於 99-103 年間本研究團隊針對環境中奈米物質未來暴露評估與風險評估可能的知識缺口進行文獻收集及整理，並列出國內研究現況，作成了具體的結論及建議，報告內容可在「環境奈米科技知識平台」取得。以 103 年度「推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」計畫的研究成果為例，歸納出的結論如下：

#### 奈米物質在環境及其他的應用

1. 奈米物質的環境應用很多，如石墨烯應用於吸附、儲存與分離氣體。碳黑及碳奈米纖可用來開發氣體感測器。
2. 磁性奈米微粒也已廣泛應用在環境永續利用上，如污染物的去除、污染物的脫附、磁性奈米微粒的回收、磁性奈米微粒的聚集情況與毒性等。
3. 奈米球微影技術(nanosphere lithography)可用於複雜的現地場所的奈米物質的動力學和轉變機制。
4. 將奈米氧化鐵包覆在乳化的油滴中的技術，不僅可改善鐵微粒在高密度非水相中的傳輸效率，同時避免 nZVI 與地下水中的鈍化污染物反應。

#### 奈米物質對環境及降康的影響

1. 奈米物質對環境與健康的影響仍是研究重點，如食品中的奈米二氧化矽在高濃度(> 200  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )時，細胞的存活率會降低。
2. 含奈米物質之噴霧產品的液體特性與瓶子的噴霧機制都會影響噴出來的總氣膠粒徑分布，且由噴霧產品所噴出的銀膠，其粒徑分布與在液相中銀不盡相同。
3. 人體吸入含奈米物質的化妝粉的最高吸入性微粒質量發生在粗微粒(2.5 - 10  $\mu\text{m}$ )的部分，而粒徑小於 100 nm 的微粒僅貢獻了微量的質量，並且大約有 85-93%的氣膠微粒數目會沉積在頭部區，<10%的在肺泡區，<5%的在氣管與支氣管區。
4. 不論是傳統的銀處理的紡織品或是奈米銀處理過的紡織品，在清洗過程中均可能是奈米銀微粒的組成來源，在管理與評估奈米銀的風險時，也應慎重考量常規銀處理紡織品的逸散風險。

#### 空氣中奈米微粒的採樣分析技術

1. 環境奈米微粒的採樣分析方法也有一些進展，如空氣中奈米碳管的三種特性量測方法，分別為在線氣膠量測、採樣量化分析以及電子顯微鏡觀察，主要針對 CNT 的數目、粒徑分布、質量及形貌進行量測。
2. 工作場所空氣中的奈米物質暴露之分段評估標準方法是利用分段評估的策略來評估暴露情形，主要分為 3 個階段來進行，階段 1 為資料收集，階段 2 為基本評估，階段 3 為進階評估，可適用於各種工作場所。
3. ACSM 可即時量測大氣微粒的化學成份，因此也逐漸廣泛應用於環境大氣微

粒的量測研究。由於 ACSM 無法偵測到揮發溫度大於 600°C 的耐火物質成分，必須利用 DMPS 及 BC 監測儀等儀器來推算出耐火物質質量濃度。

#### *ISO 及 OECD 有關奈米 EHS 議題的發展趨勢*

1. 至民國 104 年 1 月為止，ISO/TC 229 已發表 42 個標準，本計畫從 99 年至今的環境奈米科技計畫共已回顧 ISO 標準共 20 篇，103 年度回顧的標準為 ISO/TS 13830:2013-工程奈米物質及其相關產品的自願性標示準則、ISO/TS 16195-乾粉體型態之奈米體的代表性測試材料發展指引、與 ISO/TR 17200-粉體型態的奈米微粒-分析與量測等三篇。
2. 目前為止，OECD 的 WPMN 已發表了 42 個奈米物質安全的一系列報告，本計畫從 99 年至今共已回顧了 12 項 OECD 的相關指引及報告，103 年度回顧的 1 份重要報告為 ENV/JM/MONO(2012)1-工程奈米物質生態毒性和環境宿命測試指引的專家會議紀錄。

103 年度「推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」計畫的研究成果歸納出以下數項我國將來在奈米 EHS 議題上可努力之方向：

1. 國內化學物質源頭登錄制度已經啟動(參考 REACH 精神)，建議持續關注化學物質之物化特性、暴露及危害評估的議題，參考國際法規動態與趨勢，以確保化學物質妥善使用並降低環境危害風險。
2. 化學物質源頭登錄制度已經開始啟動，建議我國未來應邀集各界人士就化學物質的物化特性、暴露及危害評估等問題進行討論後，訂定登錄管理之辦法。
3. 奈米物質應用於環境及產品的研究仍應持續，如應用奈米物質提升紡織品的抗菌力、疏水性及保溫功能，及提高化學物質感測器的靈敏度與機動性；應用高分子奈米複合材料、磁性奈米微粒與石墨烯於水資源的永續處理。
4. 在開發奈米增強性產品的同時，也應評估產品在生命週期中可能釋放出的奈米物質對環境與人體健康的影響，以了解奈米物質的流布與其宿命。
5. 持續新增知識平台上中英文的文獻及研究報告，以提高國內研究學者研究成果之曝光率，增加網站的使用率、提升讀者閱讀與加入討論的意願。

## 第二章 計畫目標、工作內容及效益

### 2.1 計畫目標

根據環保署「104 年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」研究案評選須知，其所詳載之計畫目標為：

- 一、維護環保署「環境奈米科技知識平台」功能正常運作、網站管理、系統維護及確保資訊安全，並統計分析平台瀏覽資訊。
- 二、持續於平台蒐集國內外相關團體及部會 EHS 議題相關知識，並發行「環境奈米科技知識平台電子報」，以利資訊整合及推廣奈米知識分享。
- 三、舉辦「環境奈米科技論壇」1 場。
- 四、其他行政應配合事項。

### 2.2 本計畫的工作內容

一、維護環保署「環境奈米科技知識平台」功能正常運作、網站管理、系統維護及確保資訊安全，並統計分析平台瀏覽資訊

(一) 協助維護「環境奈米科技知識平台」(<http://ehs.epa.gov.tw/>)網站正常運作。

(二) 配合環保署網頁檢核，定期進行以下工作：

- 維護更新中英文網頁資料，並於網頁紀錄更新日期。
- 更新科普知識及補充常見問題 (Q&A) 內容。

(三) 依據平台瀏覽人數、來源等資訊進行統計評析，以維護平台資訊安全及提升服務品質。

二、持續於平台蒐集國內外相關團體及部會 EHS 議題相關知識，並發行「環境奈米科技知識平台電子報」，以利資訊整合及推廣奈米知識分享

(一) 整合蒐集國內外相關團體之奈米知識源，包括各國際網站、各部會 EHS 議題相關知識源等均須納入環境奈米科技知識平台，即時提供各界國內外最新之資訊。

(二) 篩選 3 項奈米相關主題：「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境和健康的影響」、「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」，蒐集更新奈米知識文件，並於總報告中專章評析。

(三) 專家專訪：為加強與國際互動，年度內完成我國奈米科技 2 位研究學者或經營管理人員英文訪問報導 (仿 Nanotech Japan Bulletin, Special Interview 作法)，可以同時帶出我國相關議題研究現況，並在知識平台發表。

(四) 發行知識平台會員電子報，發行 4 期，電子報版面需有美編設計，內容需包括：期別、出報日、平台網址、發行單位、執行單位、本期電子報內容

前言、奈米新知介紹、活動快訊等欄位，出刊內容需經環保署核定，每期電子報內容均置於知識平台供瀏覽。

### 三、舉辦「104 年環境奈米科技論壇」1 場

- (一) 整合蒐集國內外相關團體之奈米知識源，包括各國際網站、各部會 EHS 議題相關知識源等均須納入環境奈米科技知識平台，即時提供各界國內外最新之資訊。舉辦「104 年環境奈米科技論壇」1 場，擬定專家座談主題、論文發表主體（需經環保署核定），論壇包括：
  - 1.90 分鐘專家座談，邀請產官學研領域人員至少 5 名進行與談。
  - 2.奈米科技研究成果以口頭論文發表方式進行，總發表論文至少 8 篇。
- (二) 論壇時間以一日為原則，於上半年辦理完畢(活動地點、議程規劃須經環保署核定)，參加人數至少 80 人，會中需供應茶水、餐點(含參加人員及工作人員)、提供主講者撰稿費及製作論文集，現場需拍照、錄影、錄音，將活動內容製成光碟並更新至「環境奈米科技知識平台」。
- (三) 論壇問卷必須事先研擬且經環保署同意，於論壇結束前回收。整理各場次論文發表摘錄內容及回收問卷意見，納入總報告中專章分析並檢討，作為未來論壇規劃修正之參考。
- (四) 本論壇需符合環保署「環保低碳活動指引」，並需於活動辦理前至環保署「環保低碳活動平台」(<http://greenevent.epa.gov.tw>)完成活動自評與登錄，主辦單位及環保署經費補助 2 欄位需選擇環保署永續發展室，俾利統計。取得環保低碳活動 LOGO 後需於辦理活動、會議、展覽時標示，並於活動結束後上網登錄活動成果。

### 四、其他行政應配合事項

- (一) 本計畫應明確訂定每月執行進度、預期成效及查核點。
- (二) 配合管考作業，按月提報本計畫執行摘要、進度及工作成果。
- (三) 期中、期末審查外，每季提進度報告供環保署審查。
- (四) 配合環保署業務需求，提供必要之專業技術服務。
- (五) 本計畫之研究報告、論文發表或資料收集等相關產出，應自行上傳至環保署「環境奈米科技知識平台」。
- (六) 撰寫奈米成果效益報告及相關績效彙整等。

## 2.3 預期效益

本計畫工作內容執行完成之後，對於推動負責任的奈米科技發展將有下列幾項預期效益：

- (一) 有助於協助加強宣導環保署的環境奈米科技政策。



- (二) 有助於呈現環保署的奈米科技發展研究成果，供國內外利害關係人參考。
- (三) 有助於促成奈米 EHS 的國際交流。
- (四) 有助於跨單位的奈米 EHS 議題合作。
- (五) 提昇國內外利害關係人的奈米 EHS 議題的認知。

關鍵績效指標(Key Performance Indicators, KPI)如下：

表 2.3.1 關鍵績效指標

屬性	指標項目	初級產出	預期產出	實際達成情況
科技基礎研究	A.論文/著作	期刊論文發表總篇數(a+b)	0	0
		a.國內期刊論文	0	0
		b.國外期刊論文	0	0
		研討會論文發表數(c+d)	1	1
		■c.國內研討會論文	1	1
		d.國際研討會論文	0	0
	C.博碩士培育	博士培訓人數	2	2
		碩士培訓人數	4	4
	D.研究報告	研究報告數	1	1
	E. 辦理學術活動	國內研討會辦理次數	1	1
出版會議論文集數		1	1	
F.形成教材/手冊/軟體	環境奈米科技知識平台電子報期數	4	4	
社會福祉提升	Q.資訊服務	設立網站數	1	1
		網站訪客人次	30,000 人/年	58,080 人/年
科技政策管理	Y.資料庫	資料筆數	50	261

行政院環境保護署

「104 年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」研究案

---

## 第三章 研究方法

### 3.1 維護環保署「環境奈米科技知識平台」功能正常運作、網站管理、系統維護及確保資訊安全，並統計分析平台瀏覽資訊

本團隊協助維護環保署「環境奈米科技知識平台」(<http://ehs.epa.gov.tw/>)網站正常運作，並配合環保署網頁檢核，定期維護更新中英文網頁資料、於網頁紀錄更新日期、更新科普知識與補充常見問題 (Q&A) 內容、後台上稿等維護工作，並依據平台瀏覽人數、來源等資訊進行統計評析，同時維護平台資訊安全。本年度主要為維護網站運作，依環保署及招標須知的要求，本年度的工作內容如下：

1. 維護「環境奈米科技知識平台」網站正常運作。
2. 配合環保署網頁檢核，定期進行以下工作：
  - 維護更新中英文網頁資料，並於網頁紀錄更新日期。
  - 更新科普知識及補充常見問題(Q&A)內容。
3. 依據平台瀏覽人數、來源等資訊進行統計評析，並確保平台資訊安全。
4. 104 年環境奈米科技論壇資料上傳。
5. 報告及文獻資料的分類統計分析。
6. 一個月進行一次無障礙檢測。
7. 一季進行一次資安弱點掃描。

在資訊安全的部份，本計畫委託資訊科技公司執行「實體及環境安全管理」、「系統存取控制管理」、「系統發展及維護之安全管理」、「人員管理及資訊安全教育訓練」及「網路安全稽核管理」等工作事項，以維持本專案之資訊安全無慮，環境奈米科技平台的資訊安全計畫架構圖如圖 3.1.1 所示。

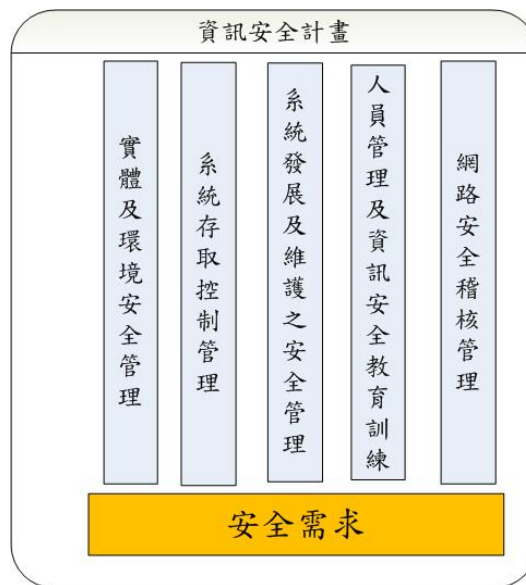


圖 3.1.1 環境奈米科技平台的資訊安全計畫架構圖

1. 實體及環境安全管理

系統伺服主機、設備安置於環保署主機房，並由本團隊的委外專業廠商，遵循環保署的資訊安全政策及資訊安全管理規範等相關規定，配合監資處進行例行性和不定期的檢測作業。

2. 系統存取控制管理

登入各作業系統時，依各級人員執行任務所必要之系統存取權限，由系統管理人員設定賦予權限之帳號與密碼，並定期更新。各單位之重要資料如需委外建檔者，不論在環保署內或環保署外執行，均須簽訂適當之安全管制條款，防止資料被竊取、竄改、販售、洩漏及不當備份等情形發生。

3. 系統發展及維護之安全管理

在資訊系統規劃之需求分析階段，即將資訊安全納入考量；系統之維護、更新、上線執行及版本異動作業，應予安全管制，避免不當軟體、木馬後門程式及電腦病毒等危害系統安全。對於系統建置開發之軟硬體系統及維護人員，應規範及限制其可接觸之系統與資料範圍，並於使用完畢後立即取消其使用權限。定期執行必要的資料及軟體備份，以便發生災害或是儲存媒體失效時，可迅速回復正常作業。

4. 人員管理及資訊安全教育訓練

對處理敏感性、機密性資料之人員及因工作需要須賦於系統管理權限之人員，應妥適分工，分散權責並建立評估及考核制度，及視需要建立人員相互支

援制度。依角色及職能為基礎，針對不同層級人員，視實際需要辦理資訊安全教育訓練及宣導，促使計畫執行人員瞭解資訊安全的重要性，各種可能的安全風險，以提高計畫執行人員的資訊安全意識，促其遵守資訊安全規定。本計畫已於 9 與 10 月對計畫執行人員分別各進行 1 場次的資訊安全教育訓練。

## 5. 網路安全稽核管理

### ➤ 網路安全稽核事項

(1) 對於通過防火牆之連線記錄資訊，均應予記錄。

(2) 伺服器主機應記載各項連結服務的作業紀錄(system log)。

#### - 作業日誌

每個系統所提供之查詢及操作(新增/刪除/修改)皆會被記錄在作業日誌中，如資訊服務網的查詢功能、登記管理系統的內容更新維護、通關查詢系統的查詢功能，系統會將使用者執行作業功能名稱、使用者資訊、執行時間、所執行的動作及所執行的 SQL 語法等記錄於作業日誌中。稽核人員可以隨時透過系統來針對『作業功能名稱』、『使用者資訊』、『執行時間』及『操作動作(含所執行的 SQL)』等資訊進行查詢及追蹤。

#### - 系統日誌

使用者對於系統登出、登入的系統動作皆會被記錄在系統日誌中，包括使用者登入帳號、使用者登入時間、使用者登出時間等內容。系統管理者能透過系統日誌所提供的訊息，提早及事先採取預防或補救措施。稽核人員可以隨時透過系統來針對『使用者登入帳號』及『使用者登入時間』等資訊進行查詢及追蹤。圖 3.1.2 為稽核作業示意圖。有了上述這些日誌，稽核人員便能隨時登入系統進行稽核作業，檢查是否有不正常的登入(如短時間內重覆登入存取)或系統異常操作等造成服務中斷或系統資料異常的情形發生。系統日誌與作業日誌將強化環保署的作業記錄機制，提升稽核各資訊系統的便利性，充分掌握系統運作時的安全性、可靠性。

### ➤ 網路入侵之追查

對入侵者的追查，除使用系統指令執行反向查詢外，並聯合相關單位(如中華電信)，追蹤入侵者；若入侵者之行為觸犯法律規定，構成犯罪事實，應立即通知有關單位，請其處理入侵者之犯罪事實調查。

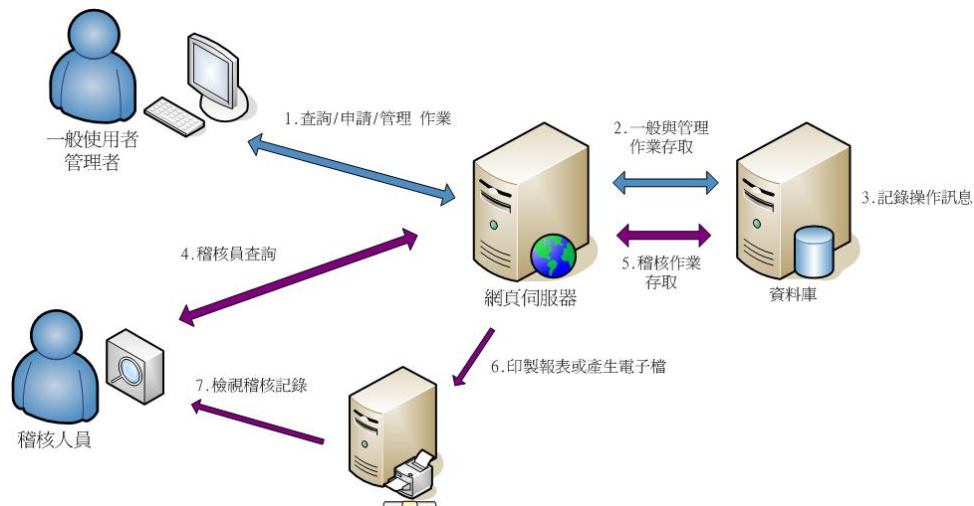


圖 3.1.2 稽核作業示意圖

### 3.2 持續於平台收集國內外相關團體及部會 EHS 議題相關知識，並發行「環境奈米科技知識平台電子報」，以利資訊整合及推廣奈米知識分享

「環境奈米科技知識平台」(TaiNED, Taiwan Nanotechnology EHS Database) 網站，有以下四大目標：

- (一) 建立環保署、勞工安全衛生研究所、衛福部的共同奈米科技環境安全健康 (EHS) 資訊及知識交流之平台。
- (二) 以國內的研究報告、期刊論文、會議論文、專利及技轉為主體，加強英文內容，以增加本國奈米 EHS 的研究成果與國際交流的機會。
- (三) 定期擷取奈米相關知識源，使國人獲得最新國內外奈米環境、健康、安全相關資訊，並建立產官學研各界進行奈米科技環境健康安全(EHS)知識交流之平台。
- (四) 定期發行電子報主動通知訂閱者，以分享奈米知識。

過去的工作除了擴建國內奈米技術領域研究機構及人才資料庫，環保署更透過以上資料庫網站建置，持續累積及擴充研究資源，以建構學習型組織之知識庫，提供各界深入瞭解及參與。本年度本團隊持續蒐集過去由環保署、科技部及勞安所委辦或自行研究的奈米技術 EHS 計畫所發表之國際期刊 SCI 論文，上傳至該平台。今年度本團隊已持續增加國外奈米科技 EHS 相關團體之奈米知識源至 41 個，有 34 個知識源的最近更新時間為 2015 年，3 個最近更新時間為 2014 年，剩下 3 個知識源分別僅更新至 2013、2012 以及 2011 年，如表 3.2.1 所示。在國外的知識源中，PEN 網站 (The Project on Environmental Nanotechnologies, <http://www.nanotechproject.org/>)、ISO TC 229 網站、經濟合作發展組織 OECD 網站 (Safety of Manufactured Nanomaterials,

[http://www.oecd.org/about/0,3347,en\\_2649\\_37015404\\_1\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/about/0,3347,en_2649_37015404_1_1_1_1_1,00.html))、美國環保署 USEPA 網站 (USEPA, National Center for Environmental Research: Nanotechnology, <http://www.epa.gov/ncer/nano/>) 及美國職業安全衛生研究所 NIOSH 網站 (NIOSH Safety and Health Topic: Nanotechnology, <http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/default.html>) 等內容豐富，為重要的環境奈米科技知識源。ICON 的虛擬期刊(The Virtual Journal)因收錄全世界最完整的奈米技術 EHS 的期刊摘要(含作者名稱及期刊名稱)，所以一直皆為本團隊的重要參考源之一，但 ICON 網站已公告出在 2014 年 9 月 30 日後不再更新網頁資訊。OECD 網站上以各會員國的研究活動、研究報告及指引的收錄最為完整，且指引及報告的全文均為免費，最具參考價值。

表 3.2.1 奈米科技 EHS 議題相關之知識源

分類	知識源名稱	特色	議題屬性	潛在受惠者
國際組織	OECD-Working Party on Nanotechnology (經濟合作發展組織-奈米科技工作小組) ( <a href="http://www.oecd.org">http://www.oecd.org</a> ) 最近更新日期：2015/11/16	<ul style="list-style-type: none"> <li>具跨國性奈米科技工作小組</li> <li>發展長期具延續性之奈米科技 EHS 議題之研究</li> </ul>	EHS	官
	EU NanoSafety Cluster ( <a href="http://www.nanosafetycluster.eu/">http://www.nanosafetycluster.eu/</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>具跨國性奈米科技工作小組</li> </ul>	EHS	官、產
	FP7-Framing Nano (歐盟第七期架構) ( <a href="http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html">http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>統整全歐盟區奈米科技政策之機構</li> <li>發展長期具延續性之奈米科技 EHS 議題之研究</li> </ul>	EHS	官
	IRGC-International Risk Governance Council (國際風險控管委員會) ( <a href="http://www.irgc.org/">http://www.irgc.org/</a> ) 最近更新日期：2015/11/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>國際奈米科技應用風險控管政策</li> </ul>	EHS	官、產
	ISO TC 229 Nanotechnologies (國際標準組織/技術委員會 229 奈米技術) ( <a href="http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=381983">http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=381983</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>制訂國際奈米科技 EHS 相關標準的國際組織</li> </ul>	EHS	官

分類	知識源名稱	特色	議題屬性	潛在受惠者
	EC-Environment Directorate General (歐盟執委會環境總署) ( <a href="http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm">http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm</a> ) 最近更新日期：2015/11/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>歐盟執委會專責環境政策的部門</li> </ul>	EHS	官、產
政府組織	BfR-Bundesinstitut für Risikobewertung (聯邦風險評估研究所) ( <a href="http://www.bfr.bund.de/en/home.html">http://www.bfr.bund.de/en/home.html</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>德國負責奈米安全的三大機構之一</li> </ul>	S	官
	US EPA-United States Environmental Protection Agency (美國環保署) ( <a href="http://www.epa.gov/">http://www.epa.gov/</a> ) 最近更新日期：2015/11/20	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供美國具體奈米科技EHS議題相關之政策及研究成果</li> <li>白皮書極具參考價值</li> </ul>	E	官
	NNI-The National Nanotechnology Initiative (美國奈米科技辦公室) ( <a href="http://www.nano.gov/">http://www.nano.gov/</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>統整美國所有有關奈米科技的相關研究及政策</li> </ul>	EHS	官
	SafeNano ( <a href="http://www.safenano.org/">http://www.safenano.org/</a> ) 最近更新日期：2015/11/11	<ul style="list-style-type: none"> <li>英國收錄資料最豐富的奈米科技EHS議題網站</li> </ul>	EHS	官
	奈米國家型科技計畫辦公室 ( <a href="http://www.twnpnt.org/">http://www.twnpnt.org/</a> ) 最近更新日期：2015/3/3	<ul style="list-style-type: none"> <li>我國奈米計畫主管機關</li> </ul>	EHS	官
	NIOSH-The National Institute for Occupational Safety and Health (美國職業衛生安全研究所) ( <a href="http://www.cdc.gov/niosh/">http://www.cdc.gov/niosh/</a> ) 最近更新日期：2015/11/18	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供詳細的與奈米科技有關的美國職業安全政策及報告</li> </ul>	SH	官、產
	NIEHS-National Institute of Environmental Health Sciences (美國國家環境健康科學研究所) ( <a href="http://www.niehs.nih.gov/">http://www.niehs.nih.gov/</a> ) 最近更新日期：2015/11/15	<ul style="list-style-type: none"> <li>美國環境健康安全報導</li> </ul>	H	官
	NIA-Nanotechnology Industries Association (奈米技術產業協會) ( <a href="http://www.nanotechia.org/">http://www.nanotechia.org/</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>負責工業的奈米技術的供應鏈</li> </ul>	EHS	官、產



分類	知識源名稱	特色	議題屬性	潛在受惠者
	CNS-UCSB-The Center for Nanotechnology in Society-University of California, Santa Barbara (社會奈米科技中心-加州大學聖塔芭芭拉分校) ( <a href="http://www.cns.ucsb.edu/">http://www.cns.ucsb.edu/</a> ) 最近更新日期：2014/11/15	<ul style="list-style-type: none"> <li>跨學科的研究群</li> <li>將社會科學之研究法應用在於奈米科技 EHS 相關議題的研究上</li> </ul>	EHS	學
	National Institute of Occupational Safety and Health, Japan (JNIOSH) ( <a href="http://www.jniosh.go.jp/en/">http://www.jniosh.go.jp/en/</a> ) 最近更新日期：2015/10/28	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本工作場所奈米安全衛生研究</li> </ul>	HS	官
學術研究單位	CEIN-UC-The Center for Environmental Implications of Nanotechnology- The University of California, Los Angeles (奈米環境中心-加州大學) ( <a href="http://www.cein.ucla.edu/">http://www.cein.ucla.edu/</a> ) 最近更新日期：2015/10/26	<ul style="list-style-type: none"> <li>USEPA 及 NSF 最新贊助之研究中心</li> <li>以奈米物質應用對環境之影響為研究重心</li> </ul>	EHS	學
	DaNa2.0 (德國聯邦教育及研究部(BMBF)贊助的奈米物質知識庫) ( <a href="http://www.nanopartikel.info/">http://www.nanopartikel.info/</a> ) 最近更新日期：2015/11/12	<ul style="list-style-type: none"> <li>具有科學深度並易於了解的奈米物質對人體和環境之影響的知識庫</li> </ul>	EHS	官、學、研
	CEINT-The Center for Environmental Implications of Nanotechnology (奈米環境中心) ( <a href="http://ceint.duke.edu/">http://ceint.duke.edu/</a> ) 最近更新日期：2015/10/15	<ul style="list-style-type: none"> <li>USEPA 及 NSF 最新贊助之研究中心</li> <li>跨領域研究群</li> </ul>	EHS	學
	ICON-International Council on Nanotechnology ( <a href="http://icon.rice.edu/">http://icon.rice.edu/</a> ) 最近更新日期：2014/9/30	<ul style="list-style-type: none"> <li>全球第一個奈米科技 EHS 議題資料庫</li> <li>產官學研資源同步整合</li> <li>NNI 支持</li> </ul>	EHS	產、官、學
	LCN-London Centre for Nanotechnology (奈米科技倫敦中心) ( <a href="http://www.london-nano.com/">http://www.london-nano.com/</a> ) 最近更新日期：2015/11/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>英國新成立的奈米科技研究中心</li> </ul>	EHS	產、學
	綠色化學網路資源共享網 ( <a href="http://gc.chem.sinica.edu.tw/">http://gc.chem.sinica.edu.tw/</a> ) 最近更新日期：2014/1/16	<ul style="list-style-type: none"> <li>科技部及中研院支持</li> <li>具綠色化學資料庫及毒理資料庫</li> </ul>	EH	學

分類	知識源名稱	特色	議題屬性	潛在受惠者
	PEN ( <a href="http://www.nanotechproject.org/">http://www.nanotechproject.org/</a> ) 最近更新日期：2015/2/20	<ul style="list-style-type: none"> <li>美國權威智庫組織</li> <li>聯合國奈米科技永續發展顧問</li> </ul>	EHS	產、官、學
	Research Institute of Science for Safety and Sustainability National Institute of Advanced Industrial Science and Technology ( <a href="http://www.aist-riss.jp/projects/nedo-nanorisk/index_e.html">http://www.aist-riss.jp/projects/nedo-nanorisk/index_e.html</a> ) 最近更新日期：2011/11/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米微粒特性量測的方法研究發展</li> </ul>	HS	研
	Public Engagement with Nano-based Emerging Technologies Newsletter Nanosystem Research Institute National Institute of Advanced Industrial Science and Technology ( <a href="http://unit.aist.go.jp/nri/nano-plan/index.html">http://unit.aist.go.jp/nri/nano-plan/index.html</a> ) 最近更新日期：2014/10/30	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米新興技術的公共參與</li> </ul>	HS	研
	National Institute for Environmental Studie, Japan ( <a href="http://www.nies.go.jp/index.html">http://www.nies.go.jp/index.html</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本國家環境研究所</li> <li>研究奈米物質之應用對環境的影響</li> </ul>	EHS	研、學
	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, French National Institute for Industrial Environment and Risks (INERIS) (法國國家工業環境及風險研究所) ( <a href="http://www.ineris.fr">www.ineris.fr</a> ) 最近更新日期：2015/11/6	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米的工業環境與風險研究</li> </ul>	EHS	研
	Chemical & Engineering News (化學化工新聞) ( <a href="http://cen.acs.org/index.html">http://cen.acs.org/index.html</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>美國化學學會發行的一份周刊，報導與化學相關的科研、工業、教育等各方面的動態</li> </ul>	EHS	官、產、學
民間機構	奈米風險咖啡館 ( <a href="http://nanome.jimdo.com/">http://nanome.jimdo.com/</a> ) 最近更新日期：2015/11/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>科技部支持</li> <li>具奈米科技環境、健康與安全之研究成果</li> </ul>	EHS	產、學、環保團體
	Foresight Institute ( <a href="http://www.foresight.org/">http://www.foresight.org/</a> ) 最近更新日期：2015/11/13	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供奈米科技EHS議題的藍圖</li> </ul>	EHS	官、學

分類	知識源名稱	特色	議題屬性	潛在受惠者
	NanoWerk ( <a href="http://www.nanowerk.com/">http://www.nanowerk.com/</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>「Spotlight」專區提供最新最即時的奈米科技相關報導</li> </ul>	EHS	學
	Nanotechnology Now ( <a href="http://www.nanotech-now.com/">http://www.nanotech-now.com/</a> ) 最近更新日期：2015/11/1	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米科技新聞報導</li> </ul>	EHS	學
	Nanotechweb.org/IOP ( <a href="http://nanotechweb.org/">http://nanotechweb.org/</a> ) 最近更新日期：2015/11/16	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米科技新聞報導</li> </ul>	EHS	學
	Nano Today ( <a href="http://www.journals.elsevier.com/nano-today/">http://www.journals.elsevier.com/nano-today/</a> ) 最近更新日期：2015/11/16	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米科技新聞報導</li> </ul>	EHS	學
	Nanotechnology Law Report ( <a href="http://www.nanolawreport.com/">http://www.nanolawreport.com/</a> ) 最近更新日期：2015/7/28	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供奈米科技相關議題之法律文獻、報導及服務</li> </ul>	EHS	產、學
	NanoReg News ( <a href="http://www.nanoregnews.com/">http://www.nanoregnews.com/</a> ) 最近更新日期：2013/5/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米科技新聞報導</li> </ul>	EHS	產、學
	Nanotechnology Law Blog ( <a href="http://nanotech.lawbc.com/">http://nanotech.lawbc.com/</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>奈米科技新聞報導</li> </ul>	EHS	產、學
	International Center for Technology Assessment (ICTA) ( <a href="http://www.icta.org/">http://www.icta.org/</a> ) 最近更新日期：2012/5/3	<ul style="list-style-type: none"> <li>協助大眾了解奈米技術對社會造成的影響</li> </ul>	EHS	官、產、環保團體
	Natural Resource Defense Council (NRDC) ( <a href="http://www.nrdc.org/about/">http://www.nrdc.org/about/</a> ) 最近更新日期：2015/2/21	<ul style="list-style-type: none"> <li>美國自然資源保護委員會</li> <li>關注奈米產品的健康、暴露及安全性議題</li> </ul>	HS	產、學、環保團體
	Observatory for Micro and NanoTechnologies (OMNT) ( <a href="http://www.omnt.fr/index.php/en">http://www.omnt.fr/index.php/en</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>法國微奈米科技觀察網站</li> <li>傳遞奈米科技風險的相關資訊</li> </ul>	HS	產、學
	ENDS Europe (歐洲環境新聞與資訊服務) ( <a href="http://www.endseurope.com">http://www.endseurope.com</a> ) 最近更新日期：2015/11/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供氣候、能源、廢棄物與資源、化學品、產品、污染與自然、交通、市場與公司、政策等的新聞報導</li> </ul>	EHS	官、產、環保團體

本知識平台參考國外的知名期刊發行電子報，如 Environmental Science and Technology (ES&T), Nano Letters, Nanotoxicology, Toxicology, Journal of Nanoparticle Research, Environmental Health Perspectives, Journal of American Chemical Society, Particle and Fibre Toxicology, Toxicology Letters, Journal of Applied Toxicology 等。先前環保署的「環境奈米科技知識平台」以國內的報告為主，發表於國際期刊的研究成果較少，過去數年透過本計畫的執行已逐漸改善英文資訊的內容。104 年度本團隊將持續結合國內環保署、勞安所、衛福部科技部、及發表於 SCI 期刊的論文，上傳至 TaiNED 網站與國際人士分享，持續改善目前的網站實用性及提高國際化的程度。「環境奈米科技知識平台」與國外重要的奈米科技 EHS 知識源的架構比較，如表 3.2.2 所示。

表 3.2.2 環境奈米科技知識平台與國外重要知識源的架構比較表

ICON 網站	美國環保署網站	美國勞工安全衛生研究所網站	環境奈米科技知識平台
<b>1. 加入我們</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 為什麼要加入我們</li> </ul> <b>2. 關於資料庫</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 任務和策略</li> <li>• 背景</li> <li>• 組織架構</li> <li>• 贊助單位</li> <li>• 參與人士</li> <li>• 聯絡我們</li> </ul> <b>3. 最新消息</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ICON 發佈</li> <li>• 最新消息</li> <li>• 媒體通知</li> <li>• RSS 訂閱</li> </ul> <b>4. 工作小組</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 管理組</li> <li>• 知識組</li> <li>• 最佳實務組</li> <li>• 溝通組</li> </ul> <b>5. 計畫</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GoodNanoGuide</li> <li>• 奈米 EHS 的研究需求</li> <li>• 現行實務的調查</li> </ul> <b>6. 線上資源</b>	<b>1. 委外科技研究計畫的首頁</b> <b>2. 奈米技術和奈米物質的研究</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 暴露和奈米物質的特性</li> <li>• 風險評估</li> <li>• 生命週期評估</li> <li>• 永續發展</li> <li>• 合作的研究成果</li> <li>• 委外研究經費的申請</li> </ul> <b>3. 委外奈米科技研究計畫</b> <b>4. 徵求計畫書</b> <b>5. 計畫清單</b> <b>6. 出版文獻</b> <b>7. 會議訊息</b>	<b>1. 指引和出版文獻</b> <b>2. 10 項重要的研究領域</b> <b>3. 常見問題</b> <b>4. 合作夥伴</b> <b>5. 現場研究的成果</b> <b>6. 最新消息和活動</b> <b>7. 相關連結</b>	<b>1. 首頁</b> <b>2. 關於資料庫</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 任務</li> <li>• 奈米科技白皮書</li> <li>• 組織架構</li> <li>• 聯絡我們</li> </ul> <b>3. 最新消息</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最新消息</li> <li>• 國外最新消息</li> <li>• 電子報</li> <li>• 奈米風險快訊</li> </ul> <b>4. 研究計畫</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 委辦機關</li> <li>• 研究領域</li> <li>• 暴露途徑</li> <li>• 微粒種類</li> <li>• 暴露或危害之標的</li> <li>• 文章種類</li> <li>• 風險暴露群</li> <li>• 讀者分類</li> <li>• 產生方法</li> </ul> <b>5. 出版文獻</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 委辦機關</li> </ul>

- 虛擬期刊
  - 資料庫分析
  - GoodNanoGuide
  - ICON 報告
  - ICON 背景
  - 名詞解釋
  - 政策報告
  - 相關連結
- 7. 虛擬期刊**
- 虛擬期刊
  - 資料庫分析
- 8. 活動訊息**
- 協會活動
  - 其他活動
- 研究領域
  - 暴露途徑
  - 微粒種類
  - 暴露或危害之標的
  - 文章種類
  - 風險暴露群
  - 讀者分類
  - 產生方法
- 6. 公告**
- 法規
  - 政策
- 7. 活動訊息**
- 研討會
  - 問卷調查
  - 環境奈米科技展
  - 環境奈米科技論壇活動花絮
- 8. 奈米 EHS 知識**
- 科普知識
  - 最佳控制實務
  - 名詞解釋
  - 專家專訪
  - 常見問題
- 9. 相關連結**
- 國際組織
  - 政府機構
  - 法人組織
  - 學術研究
- 10. 社群討論**
- 

在環境奈米 EHS 知識的更新的部分，本計畫針對「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境和健康的影響」以及「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」三大主題，進行重要文件的整理並討論各主題的國內外研究現況，以提供政府機構與利益相關者具體的結論與建議。

為加強與國際互動，本計畫將已於 104 年 5 月 29 日與 10 月 1 日，分別訪問了清華大學化學工程學系馬振基教授與成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，介紹其優異研究成果及國內外對奈米物質應用的看法，並將訪問內容以中文方式在發表於知識平台。在電子報的部分，本計畫已發行四期知識平台的電

子報並上傳至知識平台，每期電子報皆以 e-mail 方式通知訂閱者(563 人)及相關人士(5069 人)國內外最新的 nano-EHS 消息，內容包含 nano-EHS 知識、近期活動及下期預告。

### 3.3 舉辦「104 年環境奈米科技論壇」1 場

本計畫已於 104 年 6 月 15 日於台大集思會議中心蘇格拉底廳，舉辦「104 年環境奈米科技論壇」，將環保署、衛福部與勞動部近期對奈米物質相關管理與政策之最新發展，以論文發表方式介紹給國內利害相關者。本論壇共吸引產、官、學、研與環保團體，共 183 人報名參加 (含政府機構 55 人、業界 69 人、財團法人 8 人、學術單位 40 人、環保團體 3 人、個人 8 人)，實際出席參與討論人數為 163 人(政府單位 45 人、業界 63 人、財團法人 4 人、學術單位 45 人、環保團體 3 人、個人 3 人)，業界參與的人數為歷年來最多，主要原因是為了配合我國化學物質登錄制度的實施，本年度大量發送邀請參加論壇的公文(200 餘件以上)至國內產業工會與各大企業，充分達到了 nano-EHS 知識傳播及風險溝通的目的，議程如下表 3.3.1 所示。本團隊會將活動現場拍照、錄影，將活動內容更新至「環境奈米科技知識平台」，並整理各場次論文之摘錄內容及回收問卷意見，納入總報告中專章分析並檢討。同時本團隊依環保署「環保低碳活動指引」辦理，完成活動申請、自評與登錄等事宜。

表 3.3.1 104 年環境奈米科技論壇議程表

時間	議題	主講人
08:30~08:50	報到	
08:50~09:00	開幕致詞(環保署署長)	
主持人：交通大學 環境工程研究所 蔡春進 教授		
09:00~09:30	危害性化學品評估及分級管理	勞動部職業安全衛生署 陳秋蓉 副署長
09:30~10:00	我國奈米物質管理法規之進展	成功大學 法律學系 王毓正 副教授
10:00~10:10	茶敘 Tea break	
10:10~12:00	專家座談 奈米物質管理及法規發展現況 主持人：行政院環保署永續發展室 劉宗勇 執行秘書 成功大學 法律學系 王毓正 副教授 勞動部職業安全衛生署 陳秋蓉 副署長 成功大學環境醫學研究所 王應然 教授 財團法人安全衛生技術中心 余榮彬 總經理 環保署環境衛生及毒物管理處 陳淑玲 副處長 會議綜合討論	
12:00~13:00	午餐	
主持人：財團法人安全衛生技術中心 余榮彬 總經理		
13:00~13:30	奈米物質作業場所安全與衛生之分級管理策略	成功大學 環境醫學研究所 王櫻芳 博士
13:30~14:00	含有奈米物質化粧品之管理策略	國家衛生研究院 奈米醫學中心 陳仁焜 助研究員
14:00~14:30	不同表面修飾奈米銀微粒之細胞攝入與毒性機轉探討	成功大學 環境醫學研究所 王應然 教授
14:30~14:40	茶敘 Tea break	
主持人：成功大學 環境醫學研究所 王應然 教授		
14:40~15:10	奈米微粒細胞毒性系統之建立與驗證	中興大學 生物醫學研究所 闕斌如 教授
15:10~15:40	環境奈米科技知識平台之現況	交通大學 環境工程研究所 簡誌良 博士
15:40~16:00	茶敘 Tea break	
16:00~16:30	專題報告 從國際觀點，看我國化學物質登錄制度上路	環保署環境衛生及毒物管理處 盧柏州 專門委員
16:30~17:00	綜合討論	
17:00	賦歸	

### 3.4 其他行政應配合事項

在計畫執行中，本工作團隊將盡力配合環保署，執行相關之行政事項。根據環保署計畫評選須知所列之其他行政配合業務內容敘述如下：

1. 本計畫應明確訂定每月執行進度、預期成效及查核點。
2. 配合管考作業，按月提報本計畫執行摘要、進度及工作成果。
3. 期中、期末審查外，每季提進度報告供環保署審查。
4. 配合環保署業務需求，提供必要之專業技術服務。
5. 本計畫之研究報告、論文發表或資料收集等相關產出，應自行上傳至環保署「環境奈米科技知識平台」。
6. 代表我國參加 Asia Nano Safe 論壇。



## 第四章 國內外環境奈米 EHS 之最新發展及知識文件

本團隊正針對目前國內外最新的「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境和健康的影響」以及「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」三大主題，進行重要知識文件的整理，並討論各主題的國內外研究現況，以提供政府機構與利益相關者參考，以下章節為各主題的詳細內容。

### 4.1 奈米科技的法規與政策

本團隊在 99 - 103 年度已探討了世界各先進國家奈米物質註冊、評估和管理法規，已完成、進行中的與計畫中的工作項目，如美國依據毒性物質管理法 (Toxic Substance Control Act, TSCA) 執行奈米物質的產前通知 (Pre-Manufacture Notice, PMN) 及顯著新使用規則 (Significant New Use Rules, SNURs) 來管制奈米物質。歐盟利用化學品管理條例 (REACH) 制度全面管制奈米物質及其相關產品。針對世界各國的奈米技術 EHS 法規及政策，本團隊將收集最新發表的研究報告及文獻，以提供國內相關機構參考，期能有助於架構奈米技術相關的 EHS 法規與政策。

#### 一、美國奈米物質相關法規的進展

##### 美國環境保護署 (US EPA)

截至 2015 年 11 月為止，US EPA 目前已經完成超過 160 件以上的奈米物質的新化學物質使用申請的審查，在 2014 年 9 月 US EPA 已針對 36 種的新化學物質提出顯著新使用規則的要求 (美國環保署網站，2014)，包括 2 種多壁奈米碳管 (PMN 號碼 P-08-0392、P-09-257)、1 種碳化物合成的奈米碳 (carbide derived nanocarbon) (PMN 號碼 P-11-290)、12 種奈米碳纖維 (PMN 號碼 P-10-115、P-10-116、P-10-117、P-10-118、P-10-119、P-10-120、P-10-121、P-10-122、P-10-123、P-10-124、P-10-125、P-10-126)，但因部份申請者已提出商業機密的宣告，因此 US EPA 無法公開每件 SNURs 奈米物質的資訊。任何有意製造、進口或處理上述特定化學物質的人士將受到約束，且必須依據規則在活動開始前至少 90 天，向 US EPA 提出 SNURs 的申請。廠商在美國環保署的 SNURs 或 PMN 申請書中需填寫的化學物質相關資料如下：

##### 第一部分：一般資訊

- A. 申請者的資料
- B. 化學物質的資訊
  - (1) 非聚合物
  - (2) 聚合物
  - (3) 雜質
  - (4) 化學物質的別名

(5) 貿易識別名稱

(6) 通用化學名稱

(7) 副產品

C. 生產、進口和使用資訊

(1) 生產量

(2) 使用資訊

(3) 危害資訊

第二部分：人體暴露和環境釋放

A. 申請者控制的工業廠址

(1) 作業描述

(2) 工作場所暴露

(3) 環境釋放和處理

B. 其他人控制的工業廠址

(1) 作業描述

(2) 工作者暴露/環境釋放

第三部分：附錄資料

物理和化學性質資料表

(1) 純物質的物理形式

(2) 蒸氣壓

(3) 密度/相對密度

(4) 溶解度 (在溫度為多少°C 時、溶劑為何時)

(5) 在水中的溶解度 (在溫度為多少°C 時)

(6) 熔點

(7) 沸點/昇華溫度

(8) 光譜

(9) 解離常數

(10) 粒徑分布

(11) 辛醇/水分配係數

(12) 亨利常數

(13) 在水中的揮發

(14) 在土壤中的揮發

(15) pH 值 (在濃度為多少時)

(16) 易燃性

(17) 爆炸性

(18) 吸附率/係數

(19) 其它

在 2014 年 9 月 US EPA 並回應奈米碳管新化學暴露限值(new chemical

exposure limit, NCEL)的大眾評論，評論中建議US EPA可採取美國勞工安全衛生研究所(NIOSH)提出的奈米碳管建議暴露限值(recommended exposure limit, REL)  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，作為奈米碳管顯著新使用規則申請要求的新化學暴露限值，US EPA回應目前並不會採取NIOSH提出的奈米碳管REL作為NCEL，因為他們無法確定在REL的潛在暴露不會產生不合理的風險。如果廠商根據美國聯邦法規 40 C.F.R. 721.30 的規定提出要求，US EPA將會考量NIOSH提出的最終REL或其他替代的暴露控制方法。

聯邦法規 40 C.F.R. 721 為美國毒性物質管理法的一部份，規定了化學物質顯著新使用的管制規則(significant new uses of chemical substances)，其中法條中的 721.30 節規範了其他替代暴露控制方法的批准程序。當已識別的化學物質的顯著新使用申請案無法建立和執行以下任何一項的程序：用於控制工人暴露或此種化學物質釋放的具體措施，或者 US EPA 認可能充分提供與指定的暴露控制方法相同防護等級的替代方法時，此時製造、進口和處理此節指出的化學物質者，以及有意採取替代方法來控制工人暴露或環境釋放者，在活動開始前必須向 US EPA 提出等效確認(determination of equivalency)的申請。

等效確認請求的申請書必須包括：(1) 遞交者的姓名；(2) 物質具體的化學特性；(3) 涉及到被請求的物質的引用條文；(4) 活動的具體描述；(5) 替代的工人暴露或環境釋放控制方法的詳述；(6) 提出替代暴露控制方法可以和指定的暴露控制具同效力的分析報告。US EPA 會在收到申請書後的 45 天內完成審查工作。

### **美國環保署對市售的奈米化學物質提出一次完整的報告與紀錄保存的要求**

美國環保署針對製造或加工成奈米物質的新化學物質在其進入市場前，進行審查以確保安全。環保署首次提議以毒性物質管理法(Toxic Substances Control Act, TSCA)之授權，收集目前市面上的製造或加工成奈米物質的化學物質既有的暴露、健康與安全相關資訊。這項提案要求製造或加工成為奈米物質的化學物質的廠商，應提出一次完整的報告，其內容應包含：

- 具體的化學物質資訊
- 產量
- 製造方式、加工、使用、暴露與釋放資訊
- 現有的健康和 safety 資料

美國環保署化學品安全與污染預防辦公室行政助理提到：「奈米科技對產品的改良具有很大的潛力，從電視和汽車到電池與太陽能板等都應用到奈米科技，我們將會持續推動這項重要技術的發展。此議案可確保美國環保署了解市面上既有的奈米尺寸的化學物質的資訊。」此提案並非用於論斷奈米物質是否會對人體健康或環境造成危害，而是利用收集到的資訊來決定是否需要依 TSCA 採取更進一步的行動，包含需收集更多的資訊。環保署在聯邦公報(Federal

Register)公告此提案後的 90 天內，諮詢大眾對應提交的報告及紀錄保存的意見，並期望在諮詢意見的過程中舉辦一場公聽會。

### **美國環保署有條件同意塗敷奈米銀抗菌殺蟲劑產品的登記**

在 2015 年 5 月 19 日，US EPA 有條件同意 Nanosilva (NSPW-L30SS)為塗敷奈米銀抗菌殺蟲劑產品的登記，此產品為第二種 US EPA 核准登記的含奈米銀的產品。這項同意案並反映 US EPA 在處理、審查及核可奈米殺蟲劑登記申請時的專業技術。US EPA 指出，Nanosilva 將用在非食物接觸的保存劑以防止塑膠及紡織品(例如：居家用品、電子產品、運動裝備、醫療設備、衛浴燈具及飾品)產生異味或產生細菌、真菌和黴菌等。US EPA 審查申請者提供的 Nanosilva 奈米銀暴露數據和其他資訊，以及科學文獻數據以評估奈米銀的危害，結果指出塗敷過 Nanosilva 的塑膠及紡織品產品只會釋放極少量的銀。根據此結果，US EPA 認為 Nanosilva 並不會對人(包含孩童)或環境造成不良危害。若與其它產品相比，Nanosilva 釋出較少量的銀至環境中，因此 US EPA 認為 Nanosilva 對環境較為友善。最後 US EPA 要求申請的公司產生更多的額外數據，以使暴露評估結果更為完整。

### **美國勞工安全衛生研究所(NIOSH)**

美國勞工安全衛生研究所已提出奈米碳管及奈米碳纖維中的元素碳(EC)的 REL為  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (以 8-小時可呼吸性TWA (time-weighted average)質量濃度計)，此值為NIOSH 5040 元素碳分析方法的最低偵測下限，NIOSH呼籲作業場所的濃度應儘可能將降至此REL以下，因為在REL以下時人體肺部仍會有不良的健康影響(NIOSH 2013)。另外，NIOSH已公告細二氧化鈦微粒和超細二氧化鈦微粒的 8 小時時量平均RELS濃度值分別為  $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$  以及  $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

NIOSH和P<sup>3</sup>NANO (P<sup>3</sup>即為公-私夥伴public-private partnership)已於 2015 年 5 月 28 日簽署了一份瞭解備忘錄(memorandum of understanding, MOU)，旨在發展奈米纖維素的基礎知識，以克服產品的商業化障礙，其中特別聚焦在EHS議題。因涉及工作場所的安全，產品和應用的安全性驗證，以及環境等諸多議題。NIOSH 和P<sup>3</sup>NANO將為職業安全與健康研究、以及教育和商業開創共同的平台，進而發展新的風險管理指引及建議，並找出暴露纖維素奈米材料對人類健康的潛在影響。

NIOSH奈米技術副主任指出：「NIOSH很高興在奈米纖維素發展初期就能夠與P<sup>3</sup>NANO建立合作夥伴關係。奈米技術安全、負責任的發展是國家的優先事項，這樣的合作關係可以創造知識和增加實務經驗，有利於負責任的奈米技術發展。」自 2012 年以來，NIOSH已經開始參與奈米纖維素的研究和作業場所的暴露評估工作。在瞭解備忘錄下，P<sup>3</sup>NANO與NIOSH提供新興纖維素奈米技術的跨領域基礎知識與分享平台，包括奈米製程，進而促成有效職業安全與健康指引的共同發展。

NIOSH 和P<sup>3</sup>NANO提供了生命週期評估的應用機會，以探討大規模生產和使用奈米纖維素材料的長期社會與環境影響。NIOSH與P<sup>3</sup>NANO將會改善纖維素奈米技術的職業健康影響的基礎知識，並致力於纖維素材料的作業指引與工業最佳實務的建立，以及對利益相關者提出建議。

## 二、歐盟對奈米物質的規範與政策

歐盟執委會(EC)已於 2013 年 2 月 5 日完成五年一度的化學品註冊、評估、授權和限制(REACH)法規的審查。EC 將進行各相關法規方案的影響評估，特別是修訂 REACH 附件內容，以確保在註冊建檔時，奈米物質有清楚的資料及物質的安全性。EC 並指出如果因「其他因素」需要修改時，應特別考量到「奈米物質定義的提出應符合 EC 針對奈米物質定義(Recommendation 2011/696/EU)的建議」(歐盟執委會報告, 2014)。

REACH 中的 R 代表註冊(Registration)，為法規核心機制之一。一般而言，公司每年生產或進口的物質大於或等於一噸以上就需註冊。「註冊」將物質使用安全的責任由管理機關轉移到業者身上。註冊的義務(registration obligation)傳達了執委會白皮書第 58 頁中提及的憂慮：歐盟市場中有 99%的化學品缺乏相關資訊，製造商或進口商若未註冊將不能合法生產和/或進口物質。註冊檔案(registration dossier)中需證明物質在其生命週期中的風險受到控制，註冊所需的資訊將隨著物質生產和/或進口量而增加。

當註冊之物質達 1 噸或以上時，製造及進口商需提交一份技術檔案(technical dossier)，其內容包含以下資訊：(一) 物質之物理化學、毒物學及生態毒理特性；(二) 物質用途；(三) 物質分類及(四) 物質安全使用指南。每年註冊量達 10 噸或以上時，該技術檔案還需附上包含物質化學安全評估(chemical safety assessment, CSA)的化學品安全報告(chemical safety report, CSR)。

針對符合持久性、生物累積性及毒性(persistent, bioaccumulative and toxic, PBT)或高持久性和高生物蓄積性(very persistent and very bioaccumulative, vPvB)等特定類別的危害物質(REACH 附件 13)，CSA 涵蓋物質生產及其用途之暴露評估及風險特性分析。歐盟對於已列在現有歐盟的化學物質清單，或 1995.01.01 或 2004.05.01 前未生產或上市之物質稱為「逐步管制」(phase-in)物質，其他新化學物質稱為「非逐步管制」(non phase-in)物質。依據 REACH 法規，非逐步列管的物質註冊期限為 2008 年 6 月 1 日，逐步管制的新物質依據個別製造/進口商每年生產/進口之數量(噸)若不先進行預註冊時，註冊期限也是 2008 年 6 月 1 日，是先進行預註冊時有以下的新期限(第 23 條)：

- 2010 年 11 月 30 日前：
  - (1) 生產或進口量超過 1000 噸/年(含)之化學品；
  - (2) 生產或進口量超過 1 噸/年(含)屬於致癌性、致突變性或對生殖系統有毒害(carcinogenic, mutagenic or toxic to reproduction, CMR)之第 1 或第 2 級化學品(67/548/EEC 指令)；

(3) 生產或進口量超過 100 噸/年(含)有高毒害性之 R50/53 化學品 (67/548/EEC 指令)。

- 2013 年 5 月 31 日前：  
生產或進口量超過 100 噸/年(含)。
- 2018 年 5 月 31 日前：  
生產或進口量超過 1 噸/年(含)。

#### 預註冊(Pre-registration)

當公司於 2008 年 6 月 1 日和 12 月 1 日在歐盟化學品管理局(European Chemicals Agency, ECHA)申請預註冊，可以獲得進入歐盟市場的臨時通行證，在正式註冊期限前享有分階段註冊的緩衝期，在準備正式註冊的過程中，可以繼續製造或進口該物質。預註冊有利於形成「物質資訊交換論壇」(substance information exchange forums, SIEF)，不僅可增加註冊制度之效率、降低成本、避免重複試驗(尤其是對脊椎動物的試驗)、使下游使用者能追蹤他們所用的相關化學物質是否可能會被註冊，亦使 ECHA 得以先行估算註冊量。假如一個屬逐步列管的物質沒有在限定時間進行預註冊的動作，則當該物質在歐盟生產或進口時，就必須像非逐步列管物質一樣馬上進行註冊的動作後才能在歐盟流通。預註冊後，逐步列管物質可在歐盟市場流通至上述規定的截止日期。

ECHA 指出在 146,000 種逐步管制化學物質(phase-in substances)中，目前已收到 275 萬件預註冊申請，比預期的預註冊數量高 15 倍。然而由於目前預註冊不收費，很多廠商在確定該物質是否需要註冊前，都先預註冊該物質(換言之，廠商抱有以防萬一的心態)。ECHA 指出 82%的預註冊廠商為中小企業(SMEs)；除此之外，有 2 萬間廠商表示將在第一個截止日前註冊(其中包括約 25 萬件預註冊)。儘管如此，ECHA 表示在 2010 年截止日前，10%宣稱要申請預註冊的廠商如期完成預註冊。大量的預註冊物質產生供應鏈是否真正需要註冊的混淆，及使下游使用者擔心斷料。但執委會在第一個截止日後，並未發現任何支持此憂慮之證據。

在 2008 年 12 月 1 日 REACH 法規預註冊期限截止後，對於首次製造或輸入超過 1 噸/年的逐步管制物質，廠商仍可以辦理補預註冊(late pre-registration)，滿足補預註冊條件的物質在補預註冊的申請核可後，仍可以獲得 2-10 年的註冊緩衝期。但補預註冊需要在首次生產或進口超過 1 噸以上物質後的 6 個月內，且在註冊截止期限的 1 年以內完成，如註冊期限為 2018 年 5 月 31 日，廠商需要在 2017 年 5 月 31 日前完成補預註冊。未參與補預註冊的廠商將無分階段註冊緩衝期的優惠。

#### 註冊

截至 2015 年 11 月 24 日，ECHA 已收到 42,507 份的註冊檔案，涵蓋 7,245 種逐步管制化學物質及 1,368 種非逐步管制化學物質，共 8,613 種化學物質。表

4.1.1 列出了 REACH 最新的註冊類型及依照檔案類型的已註冊化學物質的清單，REACH 法規規範了多種的註冊種類，包括完整註冊(full registration)和中間產物(intermediates)，在一個註冊檔案中 1 種物質最多可被註冊登記為 3 個種類。

表 4.1.1 註冊類型及依照檔案類型的已註冊化學物質的清單 (更新日期：2015 年 11 月 24 日)

註冊類型	註冊總數	化學物質總數
完整註冊	34,243	5,478
中間產物	8,986	4,217
被運送的獨立中間產物	6,639	3,158
現址的獨立中間產物	3,065	1,856

以奈米管(nanotube)為關鍵字搜尋ECHA網站已公佈的註冊清單為例，目前已註冊的奈米物質有 2 種，包括 1 種石墨(EC編號 231-955-3)及 1 種管狀合成石墨(synthetic graphite in tubular shape)的多壁奈米碳管(EC編號 936-414-1)；以二氧化矽(SiO<sub>2</sub>)為例，目前已註冊的化學物質有 1 種為電熱熔渣(Slags, ilmenite electrothermal smelting) (EC編號 293-671-6)；以碳黑(carbon black)為例，目前已註冊的化學物質有 4 種，包括 1 種碳黑(EC編號 215-609-9)、1 種澄清油(石油)-催化裂解(EC編號 265-064-6)及 2 種石油殘留物-蒸氣裂解(EC編號 265-193-8、271-013-9)；以氧化鋁(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)為例，目前已註冊的化學物質有 4 種，包括 1 種氧化鋁(EC編號 266-340-9)、1 種電熱熔渣(EC編號 293-671-6)、1 種固溶體(EC編號 310-017-8)及 1 種融合的反應產物(EC編號 932-420-3)；以二氧化鈦(TiO<sub>2</sub>)為例，目前已註冊的化學物質有 3 種，包括不同晶系的二氧化鈦(EC編號 215-282-2、236-675-5)及電熱熔渣(EC編號 293-671-6)。每種物質的註冊內容包含了以下項目的資料：

1. 一般資訊
  - (1)辨識資料
  - (2)成份
2. 分類和標示資訊
  - (1)化學品分類及標示的全球調和制度(GHS)
  - (2)危險物質指令-危險混合物指令(DSD-DPD)
3. 製造、使用及暴露
  - (1)確定的用途(identified use)
4. 持久性、生物累積性及毒性的評估(PBT assessment)
5. 物理及化學性質
  - (1)外觀/物理狀態/顏色
  - (2)熔點/冰點

- (3)沸點
- (4)密度
- (5)粒徑分布
- (6)蒸氣壓
- (7)分配係數
- (8)溶解度
- (9)表面張力
- (10)閃火點
- (11)易燃性
- (12)可燃性
- (13)爆炸性
- (14)氧化特性
- (15)在有機溶劑中的穩定性及相關降解物的性質
- (16)解離常數
- (17)黏滯性
6. 環境宿命及路徑
  - (1)穩定度
  - (2)生物降解性
  - (3)生物累積性
  - (4)傳輸和分布
7. 生態毒性資訊
  - (1)對水中生物的毒性
  - (2)對沉積生物的毒性
  - (3)對陸生生物的毒性
8. 毒理資訊
  - (1)毒性動力學、代謝及分布
  - (2)急毒性
  - (3)刺激性/腐蝕性
  - (4)致敏性
  - (5)重覆劑量毒性
  - (6)基因毒性
  - (7)致癌性
  - (8)生育毒性
9. 安全使用的指引
10. 參考物質

另外，歐盟的化粧品法規(EC No 1223/2009)規定從 2013 年 7 月 11 日開始銷售含有奈米物質的化粧品時，廠商須在上市前 6 個月向執委會通報使用的奈



米物質。歐盟並在 2011 年 10 月通過的食品法規(EU No 1169/2011)，規定從 2014 年 12 月 13 日起食品內含有工程奈米物質者，需於成分表上明確標示「奈米」兩字。在 2014 年 12 月歐盟執委會發表了兩份 ENMs 安全作業的指引，第一份指引為「奈米物質工作人員的安全作業指引」，這份指引適用於 ENMs 的直接作業人員，並提出了許多有關危害、暴露和風險的常見問題，也提供控制工人暴露的風險管理措施。第二份指引為「保護工作人員的健康和安全免於來自於作業中奈米物質造成的潛在風險之指引-對雇主及安衛人員」，無論 ENMs 暴露或奈米技術使用的程度是否已知或即將發生，這份指引旨在協助雇主及專業的安衛人員遵守法規的要求(歐盟指令 89/391/EEC 及化學品指令 98/24/EEC)，最終目的為確保工作人員的健康與安全。

歐盟於 2015 年 1 月對”與食物接觸的塑膠材料及其製品法規(EU) No 10/2011”作了修訂，同意三種奈米物質的使用，分別為：(1)和二乙烯基苯交聯的丁二烯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯及苯乙烯的奈米共聚物；(2)非和丁二烯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯及苯乙烯交聯的奈米共聚物；(3)和 1,3-丁二醇二甲基交聯的丁二烯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯及苯乙烯的奈米共聚物。依據法規(EU) No 10/2011，若這些物質在未塑化的 PVC 的添加量低於混和最大重量比 10%，且在室溫或低於室溫的情況與食品接觸(包含長期的儲存、單獨使用或混和作為添加劑、微粒粒徑大於 20 nm 及至少 95% 數目的微粒粒徑大於 40 nm)，執法單位對該物質不會有安全顧慮。除此之外，原已核准的高嶺土材料條文已被修正成為”包含厚度小於 100 nm 之奈米微粒，且其添加在乙烯-乙醇(Ethylene vinyl alcohol, EVOH)共聚物的重量比應小於 12%”。若滿足上述條件，此材料不會使人體健康受到危害。此法規(EU No 2015/174)已於 2015 年 2 月 26 日生效。

### 歐盟執行委員會發布奈米物質定義的審查方案

聯合研究中心(Joint Research Centre, JRC)發表了一份科學報告，以增進歐盟執委會(European Commission, EC)對奈米物質定義的建議案的明確性及應用性。EC 持續審議奈米物質定義，並評估政策上的不同選項。此報告提出奈米物質的定義應廣泛適用於不同監管部門，因而建議針對自然、偶發和工程的奈米物質的來源的定義範圍應維持不變。此外，”尺寸”為辨識奈米微粒的唯一定義，亦即奈米微粒尺寸為 1-100 nm。

奈米物質定義中的明確措詞能防止”含奈米微粒的產品”變成了奈米物質的誤解。此報告提及的許多議題可藉由發展新的或改善現有的指引加以澄清。但若僅依賴針對奈米物質定義的重點而作出的指引文件，可能會在執行與決策過程產生非預期的差異。JRC 將持續支持奈米物質定義的審議程序，以及其在歐盟立法的施行。

歐盟對於奈米物質定義的建議(2011/696/EU)於 2011 年被採納，其建議的條文包括”根據經驗和科技進展而須作持續審查，特別針對是否應增加或降低原

有 50% 的數目粒徑分布門檻應作審議”。EC 在 2015 年年底前諮詢利益相關者對草案的意見，預計在 2016 年完成這項審議工作。EC 的奈米物質定義目前使用在殺菌劑和醫藥設備法規上，同時也作為化粧品及食品資訊法規中的舊奈米物質定義修訂案的參考。EC 正嘗試使用奈米物質的定義於 REACH 法規中與奈米物質有關的條文。除此之外，歐盟的機構，如歐洲化學品管理署(European Chemicals Agency, ECHA)和歐洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)在 EC 建議下皆已開始使用 EC 奈米物質的定義。

### **歐盟執委會徵求化粧品中的奈米銀膠的安全性數據**

2015 年 5 月 24 日，歐盟執委會徵求化粧品中的奈米銀膠的安全性數據。歐盟執委會表示他們已收到數種含奈米銀膠(CAS No. 7440-22-4)化粧品的申報書，雖然上述成份不受化粧品法規的管制，但在 CosIng (Cosmetic Ingredients and Substances, 化粧品成份和物質)資料庫中顯示這些物質具有抗菌效果。根據廠商申報的資料，奈米銀膠被作為奈米抗菌劑使用，並在化粧品中具有低於 1 nm 的截取直徑及可高達 1% 的最大濃度。因為奈米微粒進入細胞後可能產生的潛在毒性，及廠商提送的數據似乎不足以完成一份完整的風險評估報告，所以歐盟執委會持續關切奈米銀膠的使用。在諮詢消費者安全科學委員會(Scientific Committee on Consumer Safety, SCCS)的科學意見前，歐盟執委會先邀請有興趣的團體提出與添加奈米銀膠於化粧品中的安全性有關的任何科學資訊，特別是與所有毒性終點相關的數據，以及安全濃度限值的資訊。這些團體包括了歐盟成員國、化粧品製造商、相關物質的生產者、相關產業和消費者協會。提交安全性數據的截止日期為 2015 年 6 月 30 日。

除了歐盟對奈米銀膠的安全性有所顧慮之外，法國食品環境及職業健康安全局(French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety, ANSES)在 2014 年 4 月發表的工程奈米物質相關風險的意見，結論建議含奈米銀產品的銷售，應限制在已清楚顯現出益處的應用範圍。ANSE 於 2015 年 3 月 10 日發表其對暴露於奈米銀微粒的意見，除說明已完成的奈米銀微粒的潛在健康與環境危害的研究成果外，也表示人體的健康風險評估仍不足。ANSES 鼓勵進行物化特性分析、暴露評估、毒性和生態毒性、抗菌效果評估和抑菌效果等相關的研究，同時也要強化含奈米銀產品的數據可溯性和消費者資訊。ANSES 最後建議應將奈米銀微粒的使用(製造、處理及應用)，限制在已清楚顯現出益處及對人體健康的益處超過環境風險的應用範圍之內。

### **歐洲議會發表一份分析歐盟和美國法規差異性(含奈米物質管理)的報告**

歐洲議會的環境、公共衛生與食物安全委員會於 2014 年 11 月發表了一份分析歐盟和美國法規差異性的報告，這份報告涵蓋了包含奈米物質的 8 大主題。目前歐盟和美國分別利用化學品管理條例(REACH)和毒性物質管理法(TSCA)來管制奈米物質的使用，此兩種管理架構具有很大的差異性。REACH 的規定較

TSCA 嚴格，根據 REACH 的規定，所有在歐盟市場販售的化學品都必須向歐盟化學品管理局註冊，包括物質安全資料的繳交。然而根據 TSCA 的規定，只有在特定的條件下申請者才需繳交物質的安全資料，及在 1976 年前已獲准在市場上販售的化學品仍可以在市場上販售，卻無任何的測試或註冊要求。此外，美國對化學品的管制較少(使用或禁止的條件)，化學品的許多資訊可能會被保密。雖然在歐盟和美國沒有任何法規特別規範奈米物質的註冊，但數個歐盟成員國已實行奈米物質的註冊制度，包括法國、比利時和丹麥。

除此之外，目前在美國並無強制標示奈米物質的政策，但是歐盟的數個法規要求含有奈米物質的特定產品需要額外的標示，特別是化妝品和食品。歐盟和美國仍在發展針對奈米物質的特定法規，進行中的包括奈米物質使用的監測計畫和風險評估，及持續增加數個研究計畫的預算。吾人仍需繼續探究暴露在奈米物質所造成的潛在健康和環境影響，及研究用於評估暴露和辨識風險的方法。除了明確的奈米物質法規外，國際間對奈米物質應要有一致性的定義，以協助來自於不同國家或部門的利益相關者進行對話，進而促進奈米物質相關法規的調和。

#### **歐洲 NanoSafePack 發表包裝工業的奈米微粒安全處理及使用的最佳實務指引**

NanoSafePack 於 2015 年 1 月 30 日發表了最新的包裝工業的奈米微粒安全處理及使用的最佳實務指引，此指引可用於協助在包裝產品研發的各個階段中有使用奈米物質的業者。NanoSafePack 是歐盟科學研究與技術發展第七期計畫(European Union's Seventh Framework Programme, FP7/2007-2013)所贊助的計畫之一。這個指引的完成源自於計畫的一部分最新研究成果，以及應用到目前的奈米安全領域內的最新知識。

這篇最佳實務指引適用於使用高分子奈米複合材料於包裝應用的中小型企业以及較大的製造公司。該指引提出了易於了解、使用與應用於工業場合(industrial setting)的實務意見及建議，內容包括奈米填充物(包含奈米黏土、奈米銀、奈米二氧化矽、奈米氧化鋅、奈米碳酸鈣、奈米碳管與金屬氧化物等)，與高分子基材(包含熱固性聚合物如聚酯 PET、聚酰胺 PA 和聚氨酯 PU；熱塑性聚合物如聚乙烯 PE、聚丙烯 PP 和聚苯乙烯 PS)合成的高分子奈米複合材料的特殊應用與特性資訊，以及在環境健康與安全議題方面的新科學知識與指引。

除了完整的最佳實務指引外，NanoSafePark 也編印了一份免費且具有五種語言(英語，法語，西班牙語，葡萄牙語和意大利語)的迷你指引(Mini-Guide)，迷你指引提供了奈米技術於包裝工業的主要益處、完整版的最佳實務指引的架構及內容、以及使用一些個案研究說明奈米填充及高分子奈米複合材料的安全處理及使用的建議。

以一個進行品質分析、機能化或混合物的製備，且每個月使用粉末奈米物質小於 1 公斤的實驗室級個案研究為例，該指引提供了以下風險管理相關的建議：

- 一般建議：實驗室人員應使用個人防護具(Personal Protective Equipment, PPE)作為預防性的措施，如實驗衣、安全護目鏡、橡膠或乳膠手套以及實驗鞋，以避免工程控制失控或意外洩漏導致奈米物質與皮膚的接觸。手套應經常作更換。
- 奈米物質的儲存：奈米物質應儲存於氣密的容器內，最好又放入二次密封裝置(secondary containment)內。包裝的奈米物質應在未開封的情況下搬運至儲藏室。
- 採樣—奈米物質的容器應在工作平台(抽風櫃或手套箱等)內打開與密封。如果奈米物質必須在工作平台外處理，操作人員則需使用適當的 PPE。
- 分析/機能化/混合/配製：測試/加工程序應有適當的工程控制，如抽風櫃、手套箱或排風系統。不要使用水平層流式氣罩(clean benches)，因為這種設備會將氣流直接吹向操作人員。
- 清潔與維護：工作表面應使用高效微粒空氣過濾器(High Efficiency Particulate Air filter, HEPA)過濾的真空吸塵器或濕式擦拭清潔，不要使用乾擦或是壓縮氣體作表面的清潔方法。
- 廢棄物管理：所有的廢棄容器或其他與奈米物質接觸過的物品(如手套)，應保存在工作區內的塑膠袋中，直到它們移交給授權的廢棄物管理公司。可重複使用的實驗衣物也應由內部經受訓過的作業人員，或是專門的洗衣公司進行清洗。

此外該指引也以一個專門進行合成與薄膜加工，且擁有兩種不同的擠出機，每個月使用奈米物質粉末大於 25,000 公斤的工業級個案研究為例，該指引提供風險管理的建議：

- 一般建議：只允許受過技術和安全方面訓練的操作員在此區域內作業，且操作員應全程使用 PPE(如實驗衣、安全護目鏡、半罩呼吸防護具、橡膠或乳膠手套以及實驗鞋)，作為避免暴露與工程控制失控或意外洩漏的預防性的措施。手套應經常更換。原物料與廢棄物儲存房需要與主要工作區域連接，倉庫可以設置於工廠外圍以儲存最終奈米複合材料及薄膜。
- 加工廠區控制：儲槽應設置在管制區域(限制進入)的防水地板上方；在擠出機周圍應設置多個局部排氣(Local Exhaust Ventilation, LEV)點，包含奈米物質的進料器、雙螺桿、噴嘴以及母料切割機；一般通風；HEPA 過濾器；控制的環境參數：溫度約 20°C、乾燥區域；限制進入。
- 倉儲房控制：廢棄物房間最好在廠區內；一般通風系統；控制的環境參數：溫度約在 20°C，隱密且乾燥的區域；限制進入，僅允許受權人員進入廠區及倉庫。
- 奈米物質的儲存：奈米物質應由槽車運輸，儲槽的填充區(filling zone)應在防水地板上方，並設有排水收集系統。奈米物質應保存在受控制且密閉良好的儲槽內，奈米物質一旦離開儲槽應被保存在受控制的儲藏房內且與最

終奈米複合材料分開。

- 奈米物質於擠出機的進料：操作員應穿戴連身防護衣，應在密封包裝下運送奈米物質。擠出機進料的過程應在密閉環境及 LEV 條件下進行。
- 清潔與維護：工作表面應使用經 HEPA 過濾的真空吸塵器或濕式擦拭清潔，不要使用乾掃或是壓縮氣體作為表面的清潔方法。为了更好的防護，操作員應穿著連身防護衣，而不是一般的實驗衣。清潔與維護用水應進行回收，並經由授權的廢水管理員正確的管理，而不是排放到環境中。
- 廢棄物管理：殘留物主要為包裝與加工的副產物、拋棄式的 PPE、受污染的採樣物質、空氣過濾器與奈米物質。它們應保存在密閉的容器與一個設計過的空間，直到授權的廢棄物管理員來收集。

### **盟聯合研究中心促成了 OECD 在奈米物質安全知識的重大突破**

歐盟聯合研究中心(Joint Research Centre, JRC)在 OECD 的代表性人造奈米物質測試計畫扮演了關鍵的角色。OECD WPMN 以高品質、具科學根據與國際調和性的方法，評估奈米物質的危害、暴露與風險。最近 OECD 公布了奈米物質測試計畫產出的原始、實驗數據以及其它資訊，包含 11 種人造奈米物質，以 110 種不同測試方法得到近 59 點的終點(endpoints)測試結果，此資訊對奈米物質安全知識有重大突破。

這些大量的資訊以國際標準化學品資訊資料庫(International uniform chemical information database, IUCLID)的資料檔案(dossier)呈現，對於了解世界上的奈米物質的特性與應用有重大的進展。這些評估資訊可用於了解更多奈米物質的本質特性(intrinsic properties)，OECD 委員會因而據以作出以下結論：「傳統化學物質的測試與評估方法大致上可用於奈米物質的安全評估，但可能必須要針對奈米物質的特性作些調整。」

JRC 共同主持指導小組協調 OECD WPMN 的測試計畫，並積極協助奈米物質的測試(如二氧化矽)、以及協調評估 OECD 的奈米物質測試指引的適用性。此外 JRC 建立了奈米物質知識庫(nanomaterials repository)，內容包含 8 種以 OECD 計畫測試過的代表性人造奈米物質的資訊(以\*標記)。經 WPMN 測試計畫發展出的奈米物質的資料檔案，如富勒烯、單壁奈米碳管、多壁奈米碳管\*、銀\*、金\*、樹枝狀聚合物、二氧化矽\*、奈米黏土\*、二氧化鈦\*、二氧化銻\*與氧化鋅\*。

根據這些研究，OECD 現階段會聚焦在如何在需求面調整測試指引(test guidelines)，以確保法定測試指引可以適當的測出奈米物質的本質特性。同時 JRC 未來將持續協助測試指引計畫的協調和發展、並積極修訂與補充 OECD 測試指引，以確保奈米物質的適用性。

### **歐盟奈米 EHS 相關計畫發展趨勢**

歐盟執委會於 2015 年 6 月公佈 2015 年版的奈米安全研究群計畫概要

(Compendium of Projects in the European NanoSafety Cluster) (<http://www.nanosafetycluster.eu/>)，此為第五版的概要手冊。歐盟的這些大型研究計畫著重於整合毒性研究及暴露監測的新技術，過去已發表了許多的研究報告及指引文件，並指出奈米技術的人體健康及環境安全之研究需求。概要手冊發行的主要目的為協調研究人員的研究工作，建立研究人員於實際研究期間的聯絡和溝通管道，讓不同研究計畫目標能互相溝通，研究目標及方法能更加廣泛，及加強人員能力及實驗室基礎建設，支持具有共同目標的計畫間的合作關係，但以不犧牲出版權及智慧財產權為前提(EU NanoSafety Cluster 網站)。

歐盟至 2015 年 11 月為止，共執行 70 個大型奈米 EHS 計畫，研究經費高達 1 億 3 仟 7 佰萬歐元(約 51 億台幣)，包括 58 個第七期科研架構計畫(7th framework programme projects) (經費 1 億零 6 佰萬歐元，每個計畫執行年限自 2 年至 5 年不等)、第 5 個六期科研架構計畫(6th framework programme projects) (經費 3 仟 1 佰萬歐元)、1 個生命計畫(LIFE programme)以及 6 個國家型計畫(National programme)。隨著部分的第七期科研架構計畫的結束，歐盟自 2015 年 9 月開始執行第 1 個展望 2020 (Horizon 2020, H2020)計畫，目前已有 3 個 H2020 計畫正在進行。表 4.1.2 列出 2015 年歐盟執委會奈米安全研究群計畫的總覽，這些計畫的目的、執行人員、聯絡方式、計畫成果或預期成果等，均可在 2015 版的奈米安全研究群計畫概要手冊中獲得。

表 4.1.2 2015 年歐盟執委會奈米安全研究群計畫(EU Nanosafety Cluster 網站)

(\*表示 99-103 年已回顧)

計畫名稱	計畫內容	執行期限
展望 2020 計畫		
NanoFASE	提供奈米物質的暴露評估的整合架構以及特性量測的工具	2015-2019
ProSafe	評估與整合 NanoREG、OECD 贊助計畫與其他奈米安全相關計畫的結果	2015-2017
NanoREG II	奈米物質的法規性測試的歐盟通用方法(II)	2015-2018
第七期科研架構計畫		
BUONAPART-E	利用放電方法提升及最佳化奈米微粒和奈米結構的生產	2012-2016
CASCATBEL	利用奈米觸媒的串聯脫氧作用從木質纖維素生產生物燃料	2013-2015
eNanoMapper	奈米物質設計及安全性評估的資料庫和實體架構	2013-2016
ENNSATOX	工程奈米微粒對水環境的影響：結構、活性和毒理學	2009-2010
ENPRA	工程奈米微粒的風險評估	2009-2012
ENRHES	工程奈米微粒：健康與環境安全的回顧	2008-2009
FibralSpec	奈米纖維技術的開發	2014-2017
FutureNanoNeeds	回應未來法規需求的架構	2013-2016
GLADIATOR	石墨烯層的生產與特性	2013-2017
GUIDENANO	奈米技術產品對人體和環境健康風險的評估和減輕	2013-2016
HINAMOX	工程金屬和金屬氧化物奈米微粒對健康的影響：在細胞與身體層次的反應、生物成像及分布	2009-2012
*InLiveTox	腸、肝和內皮的奈米微粒毒性—發展和評估一個高通量數據產生的創新工具	2009-2013
LICARA	奈米物質的生命週期方法和人體風險的影響評估、產品管理，及利益相關者的風險/利益的溝通	2012-2014
MARINA	奈米物質的風險管理	2011-2015
MembraneNanoPart	模擬奈米微粒-酯類間的交互作用及奈米微粒對細胞膜結構和功能的影響	2013-2015
ModNanoTox	奈米微粒毒性的模擬：原理、方法、創新方法	2011-2015
NanoDefine	發展以經過驗證和標準化的方法為基礎的整合方法，支援歐盟執委會對奈米物質定義之建議的	2013-2017

計畫名稱	計畫內容	執行期限
	執行	
NanEx	工程奈米微粒暴露情境的發展	2009-2010
NANODETECTOR	工程奈米微粒對量測、偵測和產品/環境中奈米微粒識別的新方法的影響	2012-2015
*NANODEVICE	利用新穎的概念、方法與科技製造便於攜帶及易使用的儀器以測量及分析工作場所中的懸浮工程奈米微粒	2009-2013
NanoEIS	對業界和社會的奈米科技教育	2012-2015
*NanoFATE	奈米微粒的宿命評估及其在環境中的毒性	2010-2014
NANO futures	推動奈米科技之永續發展	2010-2015
NanoHeter	自然條件下水體中工程奈米微粒的宿命	2013-2016
*NanoHouse	用於家庭塗料的奈米微粒產品之生命週期	2010-2013
NanoImpactNet	奈米物質對歐洲系統所造成的健康和環境影響	2008-2012
NanoLyse	食品中的奈米微粒—檢測和特性量測的分析方法	2010-2012
NANOMEGA	模擬肺部暴露於奈米微粒的新穎毒性測試法-- $\omega$ -3 脂肪酸(omega-3 acids)的可能保護效應	2010-2012
NanoMICEX	奈米技術墨水和染料的風險降低和暴露控制	2012-2014
NanoMILE	工程奈米物質與生物系統及環境的互動機制：一項安全奈米科技的全球性架構	2013-2017
NANOMMUNE	工程奈米物質對免疫系統的危害影響廣泛評估	2008-2011
NanOxiMet	產生使奈米物質分類及人體健康效應預測成為可能的計量方法的能量	2013-2016
*NanoPolyTox	在各種工業應用中聚合奈米複合材料的加工、老化產生的奈米物質的毒性衝擊	2010-2013
NanoPUZZLES	模擬工程奈米微粒的性質、交互作用、毒性和環境行為	2013-2015
*NANO REG	奈米物質的法規性測試的歐盟通用方法	2013-2015
NanoSafePack	含奈米物質的包裝材料的安全性評估以及相關規範	2011-2014
NanoRISK	用於工程奈米物質造成風險的控制之最佳控制實務的有效性、預防及保護措施	2013-2016
NanoReTox	工程奈米微粒的反應性和毒性—對環境和人體健康的風險	2008-2012
NanoSolutions	工程奈米物質安全性分類的生物基礎	2013-2017
nanoSTAIR	建立一套程序及平台以支持奈米科技的標準化	2012-2014
NanoSustain	以危害特性量測和生命週期評估為基礎發展奈	2010-2013



計畫名稱	計畫內容	執行期限
	奈米科技產品的永續解決方法	
NanoTEST	發展可評估奈米微粒用於醫療診斷時的毒性數據之替代測試方案	2008-2012
NANOTHER	整合用於各種癌症之治療與診斷的奈米微粒新穎技術	2008-2012
NanoToes	奈米科技：安全專家之培訓	2010-2012
NanoTransKinetics	奈米微粒與細胞交互作用和傳輸時的基礎與動力學模擬	2011-2014
NanoValid	發展工程奈米物質之危害辨識、風險評估和生命週期評估的參考方法	2011-2015
NHECD	建立一個奈米微粒對健康、安全和環境影響的關鍵性與評斷性資料庫	2008-2012
*NEPHH	在奈米物質的生命週期中與其相關的環境污染與健康危害	2009-2012
NeuroNano	奈米微粒是否會誘發神經退化性疾病？了解奈米微粒的存在造成活性氧化物種類的起源和蛋白質團聚與錯誤折疊的現象	2009-2012
ModNanoTox	開發描述生物體內與環境中的工程奈米微粒的行為的模型	2011-2013
PreNanoTox	工程奈米微粒的可預測毒性	2013-2016
QualityNano	奈米物質安全測試品管的泛歐盟科研架構	2011-2015
SanoWork	安全的奈米作業人員的暴露情境	2012-2015
Scaffold	營造業對工程奈米物質之職業風險管理的創新策略、方法與工具	2012-2015
SetNanoMetro	工程二氧化鈦奈米微粒-功能特性的計量學	2013-2017
SmartNano	工程奈米微粒的靈敏測量、偵測與辨識	2012-2014
SIINN	創新奈米科學和奈米技術的安全應用	2013-2016
SUN	永續奈米科技	2013-2016
第六期科研架構計畫		
CellNanoTox	工程奈米微粒對細胞相互作用與毒性	2006-2010
DIPNA	奈米微粒的毒性與生態毒性分析方法的發展	-
NanoInteract	瞭解奈米微粒與現實生活的相互作用的平台與工具	2007-2009
NANOTRANSPORT	奈米微粒製造過程中所釋出的氣膠的行為研究	2007-2015
NANOSH	工程奈米物質的發炎反應與基因毒性效應	-

計畫名稱	計畫內容	執行期限
生命計畫		
SIRENA	消費性產品中工程奈米物質釋放的模擬以進行環境暴露評估	2013-2015
國家型計畫		
EURO-NanoTox	歐盟奈米毒理學研究中心	2010-2015
NanEAU	水中工程奈米微粒對水生生物與人體的毒性影響	2009-2014
NANOFILM	液相奈米薄膜產品中的奈米微粒的特性量測與技術分析	2010-2014
NANO KEM	在顏料與噴漆工廠內的奈米微粒的暴露與毒性特性	2007-2010
NANOPLAST	塑膠業的奈米物質與產品的暴露評估與毒性特性	2011-2014
SIDANO	工程奈米物質的風險評估的平行方法	2011-2014

本團隊過去已回顧 InLiveTox, NANODEVICE, NanoFATE, NanoHouse, NanoPolyTox, NanoREG 及 NEHPP 等 7 個計畫，本年度針對 Sanowork, NanoRISK, SIINN 進行重點回顧。

### **Sanowork - 安全的奈米作業人員的暴露情境**

Sanowork 計劃提出了一個解決職業上奈米物質風險管理的典範轉移 (paradigm shift)。實際上傳統的做法使用類似於管理有害化學品風險的方式，來進行工程上、行政上以及個人防護裝備的測量，然而這些方法因缺乏關於奈米物質製造的潛在風險的知識，而有所限制。為了克服這些限制，Sanowork 計畫由物質設計管制方法來增加安全性，使其能在設計時排除掉風險，而不是發生時才應對。計畫工作項目如下：

1. 根據不同設計方案制定風險的補救策略 (risk remediation strategies, RRS)，包含危害和作業人員暴露潛勢。
2. 嚴格實施暴露評估以有效地評估現有及擬議的暴露降低策略。
3. 由智能、反覆的危害辨識及體外測試策略作為危害評估，旨在確保即時快速有效的健康減輕對策評估。
4. 執行離線及現場風險分析，辨識物質的產品性能及操作狀態以確保一個更安全的作業人員的暴露情境。
5. 根據風險分析的結果、材料性能效益，及保險公司的風險轉移，以評估擬定策略的成本效益。

以下奈米物質及奈米產品的”代表”群選定為：氧化鋁(化學或陶瓷原料)；二氧化鈦和銀奈米粒子(陶瓷或紡織的光催化劑/抗菌塗料)；奈米碳管(高分子奈米複合材料)；聚醯胺奈米纖維(用於水質淨化系統的奈米結構膜)，二氧化鈦奈米纖維(光電塗料)。Sanowork 計畫由”消除/替代”控制策略的提升、發展、實施所構成，並試圖填補已經延遲的控制策略擴散缺口。為了符合奈米製造業的需求，Sanowork 提出了可持續的風險的補救，並在”為製造而設計”和”為安全而設計”間取得平衡的方法為策略。最終的目標是開發和顯現風險補救策略的功效，並提供以下的實務工具，包含發展可有實用潛力的安全設計功能、預防 NMs 相關作業人員的傷害、減少昂貴的風險管理措施的需求與實施安全的生產過程。Sanowork 工作計畫是為 42 個月的操作而設計，由 7 個工作項目(work package, WP)構成。工作計畫的示意圖顯示在圖 4.1.1 中。

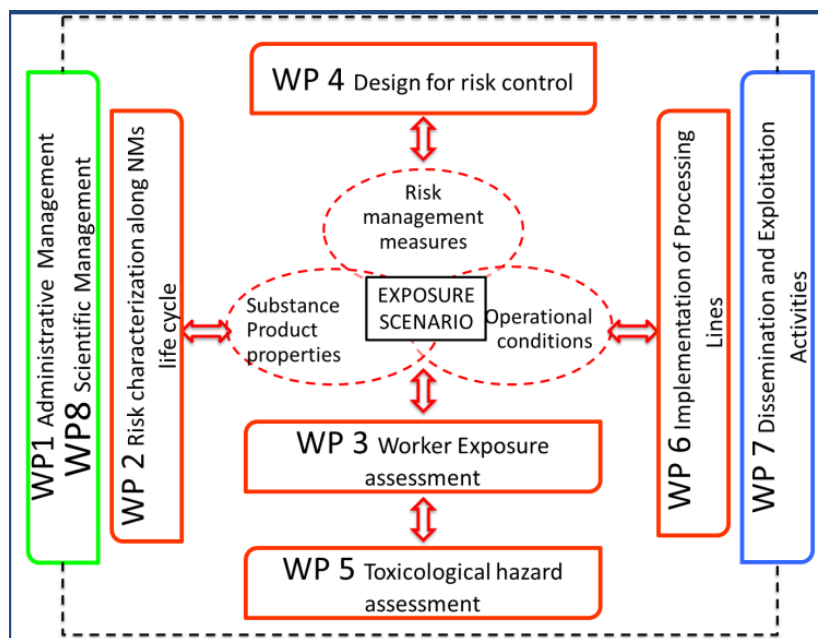


圖 4.1.1 Sanowork 工作項目的描述(Sanowork 報告)

Sanowork 計畫發展物質設計理念，提出三個主要目標：(1)發展根據設計方案制定的風險補救策略；(2)將其整合至生產線；(3)透過工作場所的暴露評估法、策略實施前後的風險分析，與 NMs 的性能及其他估算成本的步驟分析成本效益進行評估。圖 4.1.2 與圖 4.1.3 分別為 Sanowork 目標奈米物質及 RRS 發展的風險決定因素與 Sanowork 將 RRS 整合至 6 工作線，表 4.1.3 為不同暴露情境的風險分析。

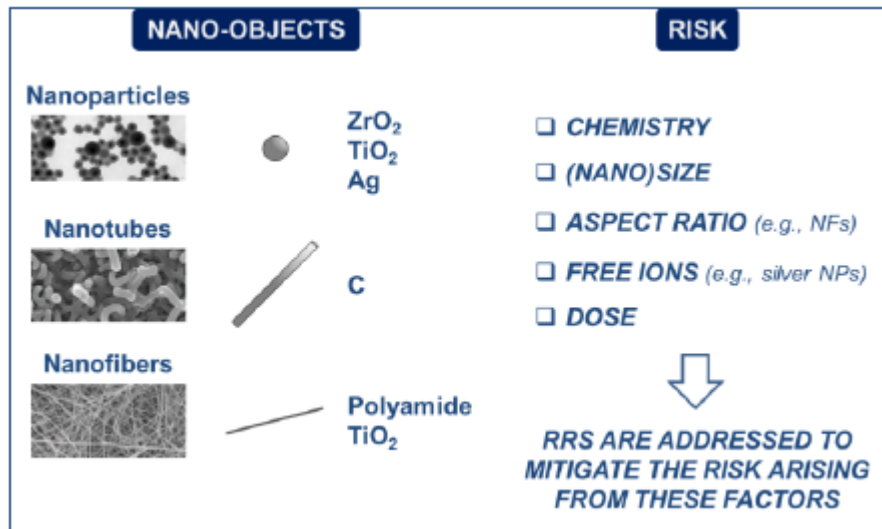


圖 4.1.2 Sanowork 目標奈米物質及 RRS 發展的風險決定因素(Sanowork 報告)

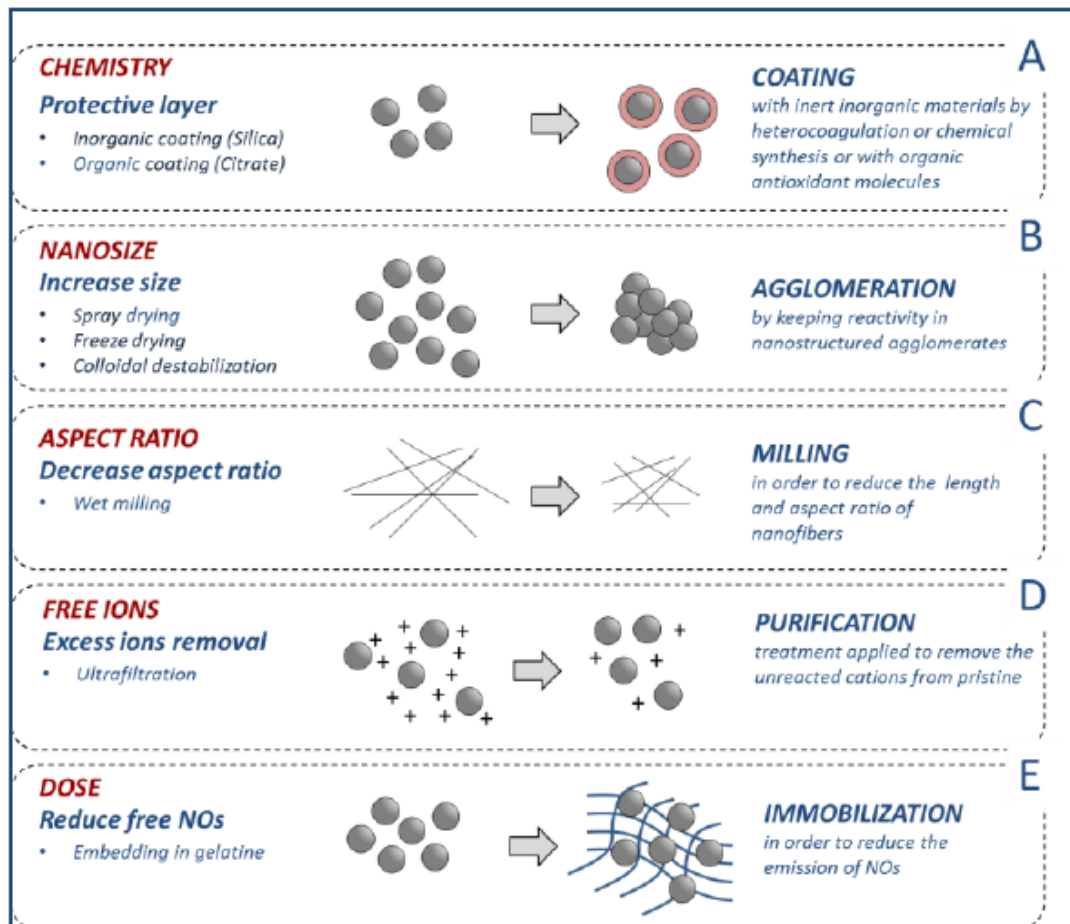


圖 4.1.3 Sanowork 將 RRS 整合至 6 處理線(Sanowork 報告)

表 4.1.3 不同暴露情境的風險分析分級(Sanowork 報告)

處理線	風險分析	暴露情境	數據來源	相關實驗暴露數據	數據來源
1	環境風險評估	ZrO <sub>2</sub> 奈米微粒在生產中的洗滌/處置/回收過程	待辨識的環境暴露情境	量化產生奈米廢棄物的數據	Plasmachem
2	離線	應用在顏料及陶器上的ZrO <sub>2</sub> 奈米微粒(生產規模)	MARINA 作業人員暴露情境(已完成)	離線：揚塵性	擬完成項目3.1及正在進行的 INERIS 數據
4	離線	應用在染料敏化太陽能電池上的TiO <sub>2</sub> 奈米纖維(生產規模)	MARINA 作業人員暴露情境(已完成)	離線：揚塵性	擬完成項目3.1及正在進行的 INERIS 數據
5	根據文獻資料及 Sanowork 有害物數據	現實暴露工業情境	Colorobbia (擬完成項目3.1)	自文獻或評估的數據	文獻/評估
6	現場	擠出機的進料(試驗規模)	MARINA 作業人員暴露情境(已完成)	CPC&TEM-區域-背景&活動(基礎活動) CPC&PAS&FMM&Areo Track&TEM-區域-作業人員-背景&與奈米相關/無關活動(密集活動)	INERIS CD
6	離線 (比照用途)	擠出機的進料(試驗規模)	MARINA 作業人員暴露情境(已完成)	揚塵性	擬完成項目3.1
6	離線	擠出機的進料(試驗規模)	MARINA 作業人員暴露情境(已完成)	揚塵性	擬完成項目3.1

Sanowork 計畫列出 2-8 工作項目的成果，分述於表 4.1.4。

表 4.1.4 Sanowork 計畫成果匯整(Sanowork 報告)

工作項目	計畫成果
WP2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 已辨認各處理線的熱點/ NM，已整理，評估和報告所有的資訊。</li> <li>● 利用處理過程中的風險及效益評估完成風險管理策略的第一次評估。</li> <li>● 數據庫的定義及創建為另一個重要的成果。</li> <li>● 至今已收集並整理選定為代表性 NM (參考 NM)的相關現有文獻資訊，以使用於風險特性分析方法。</li> <li>● UL 的團隊與保險業緊密合作，並加強了 Lloyds 保險市場的聯繫。</li> </ul>
WP3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 6 處理線的定量及半定量暴露結果。</li> <li>● 證明存在工作場所的吸入性奈米結構物質。</li> <li>● 暴露風險已排序的暴露情境辨識。</li> <li>● 適用於處理線的風險補救策略離線測試驗證。</li> <li>● 透過分組控制方法(CB)在 6 處理線實施半定量風險評估。</li> </ul>
WP4	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工作 4.1 應用在處理線 1 的 RRS：有機塗層並未使用，因為 ZrO<sub>2</sub> 粉末具有良好的水分散性，即使沒有任何的分散劑的幫助，它仍是穩定的。</li> <li>● 工作 4.2 應用到處理線 2 的 RRS：考慮到矽溶膠和檸檬酸鹽會對於陶瓷的最終燒結產生負面影響，未應用塗層的 RRS。</li> <li>● 工作 4.3 應用到處理線 3 的 RRS：有機薄膜塗層使用明膠而不是聚乙二醇和藻酸鹽。相對於聚乙二醇，明膠與多種生物相容，且相對於藻酸鹽便宜。</li> <li>● 工作 4.4 應用到處理線 4 的 RRS：避免使用表面塗層，只可應用於尺寸控制策略，因為它被認為較不會對最終材料的性能造成傷害。</li> <li>● 工作 4.5 應用到處理線 5 的 RRS：由於未預知大量未反應 Ag<sup>+</sup> 的存在，為了達到原始樣本的純化，增加兩個補救策略，分別為純化(purification)及固定(immobilization)。</li> <li>● 工作 4.6 應用到處理線 6 的 RRS：改質過的樣本(噴霧乾燥)</li> </ul>

工作項目	計畫成果
	與原始樣本相比沒有顯著影響。
WP5	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 進行一系列的活性實驗，以辨識原始NMs的危害和評估體外相關的細胞反應。</li> <li>● 根據定期推動委員會會議的討論結果，由於缺乏相關的暴露情景，決定不執行ZrO<sub>2</sub> (處理線2)與聚酰胺纖維(處理線3)的毒性害危害評估。</li> <li>● 所有的材料包括其餘的四個處理線(處理線1,4,5,6)，已以巨噬細胞和肺泡上皮細胞則作為肺氣體交換區的體外模型，針對原始(前)和補救(後)的形式進行測試。</li> <li>● 對於一個奈米銀微粒(PL5)的測試策略已經產生了足夠的數據來執行危害特性策略的模式，並將與中小企業的合作。</li> </ul>
WP6	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 基於現有暴露情景，六個處理線均在不同的技術水準下評估：PL2、3 和 4 在實驗室規模下進行研究，PL1 和 6 在模廠規模下進行研究，僅 PL5 在實際產業規模下進行研究，詳見圖 4.1.4。</li> </ul>
WP7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在同一議題的資助計畫下組織 1 研討會：SANOWORK，NANOMICEX 和 SCAFFOLD。</li> </ul>
WP8	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 利用會議記錄、期中科學報告和進度報告作為各計畫科學協調的平台。</li> </ul>

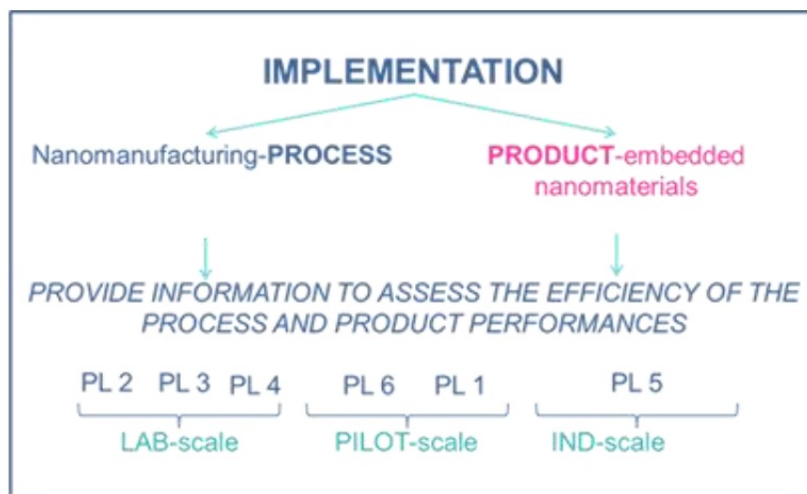


圖 4.1.4 處理線的實施管道(Sanowork 報告)

最後，Sanowork 對與目標相關的預期影響作了以下評論。在發展降低作業人員在 NMs 生產、使用與處置階段的 NMs 暴露的實用且成本效益高的策略方面，Sanowork 指出：(1)膠結控制策略(aggregation control strategy)可以降低在生產與使用過程中與意外洩漏所造成的排放潛勢；(2)有機/無機塗層(inorganic/organic coating)可以降低在工作場所內外使用與處置對健康造成的影響與暴露；(3)藉由洗滌分解 NPs 的技術可以降低處理時可能造成的排放潛勢。在促進歐盟奈米安全研究群目標與議程的發展方面，Sanowork 則提出：(1)提供目標 NPs 的毒理學效應，以促進歐洲內奈米毒理學的共識的形成；(2)根據物化特性建立生命週期資料庫，此資料庫提供奈米安全研究群避免重複作業以及增進效率。在該區域研究的凝聚力與整合力方面，Sanowork 將促進以下幾個領域中的奈米安全研究群活動：(1)完善的毒理學終點的結果，包含細胞活性如細胞凋亡與粒線體活性、促炎細胞因子與趨化因子的誘導/抑制、氧化壓力、特殊細胞或細胞功能受到的影響－特殊終端、顆粒的吸收與轉位、纖維產生的、遺傳毒性和細胞轉化；(2)作業人員曝露量評估計畫的結果；(3)風險補救工具成本效益的評估；(4)暴露情境的風險量化；(5)開發策略。

#### ***NanoRISK - 工程奈米物質風險控制之最佳控制實務的成效、預防及防護措施***

NanoRISK 計畫的執行期間為 2013 年 10 月至 2016 年 6 月，其主要目標為找出有效的風險管理措施，以預防或降低在高分子奈米複合材料產業的特定工作場所的工程奈米物質(engineered nanomaterials, ENMs)暴露，並支持與個人防護具和工程控制之適用性驗證相關的標準化活動，以保護勞工在使用 ENMs 時的安全。另一方面，化學品法規的實施，特別是 REACH 法規，扮演了確保在 2020 年之前保障環境及人體健康在使用化學品的安全的重要角色，因此控制現行工人暴露及降低工作場所逸散的有效策略的研究十分重要，而且可提供決策者及利益相關者解決問題的方法，以確保奈米技術永續發展。

基於上述原因，及考量到發展高科技領域的應用而持續增加的奈米微粒產量，為了降低及控制使用 ENMs 時造成的新興風險，而有 NanoRISK 計畫之產生，其具體目標為：

- (1)以與個人防護具、工程技術及有條理的措施之成效有關的量化數據，支持在 REACH 框架下發展的風險管理措施資料庫。
- (2)發展氣膠測試腔的原型，以評估和驗證實驗室規模的風險管理措施的執行成果。
- (3)加強與測定工業規模 ENMs 暴露的參數有關的知識庫內容。
- (4)提升與以生命週期為基礎，來自於工廠的 ENMs 潛在釋放到空氣、土壤及水體中有關的知識庫內容。
- (5)分析現有國際標準(ISO/CEN/ASTM)的適用性，以評估個人防護具和整體性防護措施的成效。
- (6)加強與類似奈米複合材料產業暴露情境有關的知識。



- (7)協助工業界執行 REACH 規定的化學品安全評估所需的 ENMs 風險和暴露的特性分析。
- (8)向中小企業和潛在的利益相關者宣傳計畫的成果。
- (9)持續監督對 REACH 政策和其對奈米物質的風險降低和污染防治影響。

NanoRISK 計畫的活動主要分為以下 5 種類別：籌備活動、執行活動、監督活動、溝通及宣揚活動，與計畫管理和監督。表 4.1.5 列出 NanoRISK 計畫的定期活動及負責的工作小組：

表 4.1.5 NanoRISK 計畫的定期活動(NanoRISK 報告)

	工作小組編號	工作小組名稱
籌 備 活 動	A1	奈米物質種類的選擇及描述
	A2	透過奈米物質的生命週期分析，收集與使用條件和風險管理措施相關的資訊
	A3	與針對職業和環境暴露的風險管理措施成效相關的數據彙整
	A4	找出針對標準化測試的試驗工廠規模要求
執 行 活 動	B1	決定防護效能的已發表標準的彙整及評估
	B2	為驗證活動而建立的測試腔離型的設計和建造
	B3	依據選出的風險管理措施的測試活動之發展
	B4	風險管理措施資料庫工具的開發
	B5	將實驗成果放大至工廠規模的研究
	B6	在標的奈米物質完整的生命週期中，降低和控制其風險所必要的措施和控制方法的指引
	B7	針對最終使用者和利益相關者的教育訓練活動
監 督 活 動	C1	起始狀態-基準的定義
	C2	在控制條件下防護措施的定量評估和監督
	C3	在工業條件下改善方案的評估
	C4	透過執行 NanoRISK 計畫來進行 REACH 實行的推廣
	C5	計畫的活動對社會-經濟影響的評估

NanoRISK 計畫的主要產出將是一個有效及技術可行的預防和防護措施資料庫，以降低和控制奈米複合材料生產、使用和釋放過程中所造成的環境、健康和安全的風險，以及利用一個新型測試腔的標準化測試方法，以進行工作場所控制方法成效的量化評估。NanoRISK 計畫的預期成果如下：

- (1)一個有效、技術可行及具經濟成效的有條理措施、個人防護具及工程技術的資料庫，以控制和降低 ENMs 的暴露風險。

- (2)一個用於控制風險的作業流程、預防及防護措施成效的標準化評估之功能化和新型測試腔的原形。
- (3)一個包括至少 10 項定義明確且已標準化之方法的概要，以評估工作場所奈米物質控制方法的成效。
- (4)有關個人防護具測試的 ISO 標準的完整評估報告。
- (5)在生命週期每一相關階段中奈米物質釋放到空氣、淡水、海水、廢水及土壤釋放率的新資訊。
- (6)標的奈米物質在空氣中懸浮行為的新知識，包括它們在奈米複合材料生產工廠的特定使用條件下的團聚/聚集型態和沉積因素的新數據。
- (7)一個彙整免費線上和一般研討會資料的條理化知識庫，以支持最終使用者和利益相關者在風險管理措施的應用和執行的教育訓練。
- (8)一套在區域、國家和歐盟等層級宣傳計畫活動的知識性資料。
- (9)一個可填補奈米物質影響的知識缺口，及發展和落實與歐盟科學委員會合作的網路平台。

#### **SIINN - 創新奈米科學和奈米技術的安全使用**

歐洲研究區域網路(European Research Area-NET, ERA-NET) SIINN 的目的為在歐洲創造一個最佳的環境，以促進使創新的奈米科學和奈米技術(nanoscience and nanotechnology, N&N)的研發成果，能安全和快速地移轉至業界使用。含奈米物質的商業產品正在迅速增加，但 NMS 對環境、人類健康和安全的潛在風險，仍是一個重要的問題。因此，SIINN 把最初的重點放在發展一個能夠處理和管理奈米安全問題(即奈米 EHS 風險)的整合架構。

歐洲各國在 N&N EHS 方面的活動仍非常不協調、不完整，導致現有資源無法最有效地使用，包含人力資源、研究經費及研究基礎設施。此外，在世界各地用於評估 EHS 數據往往是來自於少量、不可靠，甚至相互矛盾的奈米物質毒性研究結果。SIINN 計畫致力於改善這種不理想的情況，並著重在收集奈米安全性及 EHS 風險評估及管理的完整毒性數據。

SIINN 與各個國家和國際網絡、組織和團體合作，包括奈米安全研究群(NanoSafety Cluster)、QualityNano 基礎設施、經濟合作發展組織的奈米物質工作小組以及 NANO futures 歐洲科技及創新平台(Technology and Innovation Platform, ETIP)。但是由於含奈米物質系統的複雜性，且奈米物質在物理及生物影響與系統本身息息相關，目前奈米物質的物理及生物數據可靠性的問題仍相當大。大量關於工程奈米物質的研究也顯示出數據管理和可靠性的問題，特別是不同數據間經常相互矛盾。因此，全世界正在研究生物體內的奈米微粒系統的行為，但它們的結果並非均可移轉或直接使用。

在計畫的三年期間，SIINN 已在 2012、2013 和 2014 年各舉辦一次奈米安全、奈米毒理學和風險評估領域的聯合跨國研究的徵求(transnational calls)，以促使參與國家和地區的科學家能進行合作研究。

SIINN ERA-NET 於 2011 年 8 月 1 日開始運作，在 2011 年 9 月的第一次會議中建立管理架構(如圖 4.5.1 所示)，並確認合作夥伴。在 2011 年 12 月的 SIINN 指導委員會會議上確立第一次 SIINN 聯合徵求已在 2012 年 3 月公布。指導委員會在 2012 年 11 月和 2013 年 9 月的會議上回顧了過去的進展，並討論未來工作。SIINN 的主要預期成果如下：

- (1)歐洲在奈米科學以及奈米技術研究領域的強化。
- (2)從數據中有效找出知識缺口，且明確地說明目前及未來的跨國研究之目標。
- (3)藉由公開徵求，以有效地善用資源(如知識、資金和投資)，從而避免計畫的重覆。
- (4)潛在風險的快速評估和管理，此為業界快速採用 N&N 技術以研發安全產品的重要因素。
- (5)更高的安全標準及可靠度將有助於提升奈米技術的接受度。

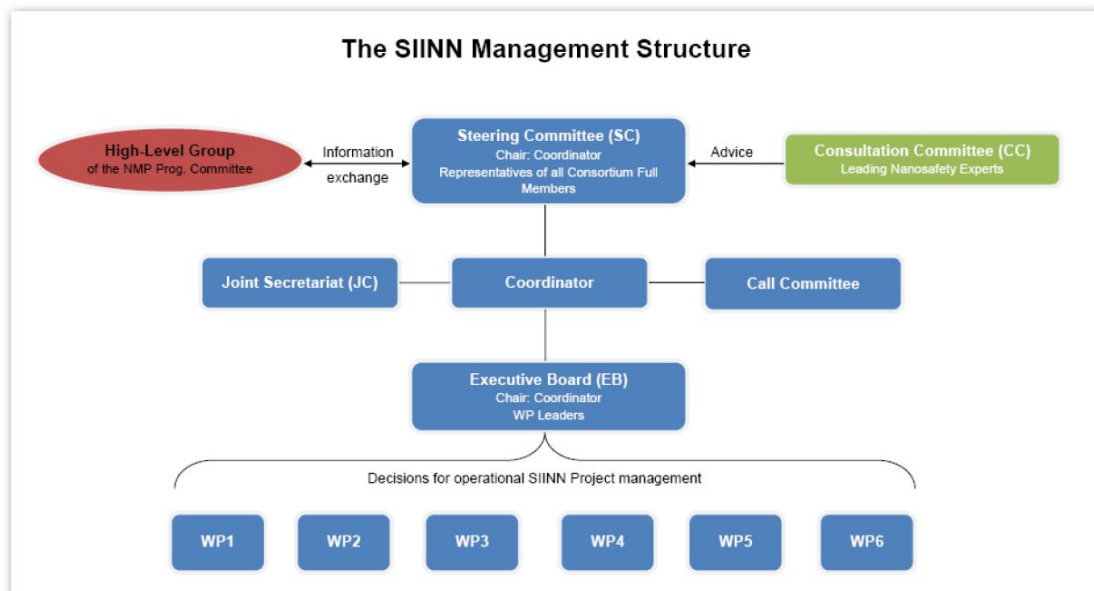


圖 4.1.5 SIINN 的管理架構(SIINN 報告)

SIINN 由六個工作計畫(workpackages, WP)所組成，各個工作計畫的主要工作項目如下：

WP 1：來源地確認和現有資料的彙集。

WP 2：與歐洲及全球奈米物質的 EHS 風險評估組織聯繫；網路資訊的管理及交流；規劃藍圖。

WP 3：接續著 WP 1，以確認現有的特性量測、EHS 管理方法(包括生命週期的確認)以及知識缺口以建立數據的可靠性。

WP 4：聯合徵求的合約架構及實行，以評估 WP 3 之缺陷。

WP 5：資訊傳播、開發、永續發展。

WP 6：技術及行政管理。

### 三、台灣奈米科技相關的最新法律規範

#### **職業安全衛生法**

我國在化學物質登錄制度已有一些進展，職業安全衛生法第 13 條已先行修法通過並於 103 年 7 月公告，條文中納入了新化學物質源頭管理之架構。根據職業安全衛生法第十三條第三項之授權，勞動部已於 103 年 12 月 31 日公告「新化學物質登記管理辦法」及「既有化學物質清單」，並自 104 年 1 月 1 日生效。在此辦法施行前曾製造或輸入新化學物質的廠商，得在 104 年 3 月 31 日前繳交一份類似於少量登記的安全評估報告；在此辦法施行日起至 104 年 12 月 31 日，製造或輸入之新化學物質的廠商，得於該期限內依少量登記類型，繳交評估報告。

以經濟合作發展組織的工程奈米物質工作小組所建議的 13 種代表性工程奈米物質的優先名單為例，在既有化學物質清單中僅列出了 6 種，分別為多壁奈米碳管、二氧化鈦、氧化鋁、氧化鈣、氧化鋅及二氧化矽。另外，關於廠商需繳交的化學物質安全評估報告，新化學物質登記管理辦法針對奈米物質特有的辨識資訊的收集並無規定，如 ISO/TR 13014 所列舉的影響奈米物質毒理分析的八大物化特性，包括微粒尺寸、分布、團聚狀態、形狀、表面積/表面積比、表面化學特性、表面帶電荷量和分散性等。

#### **毒性化學物質管理法**

而毒性化學物質管理法也已於 102 年 11 月修正通過部分條文，建立化學物質登錄機制，加強管理危害人體健康之虞毒性化學物質。根據毒性化學物質管理法第 7 條之授權，環保署已於 103 年 12 月 4 日公告「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法」，並自 103 年 12 月 11 日生效。在此辦法施行前曾製造或輸入新化學物質的廠商，得在 104 年 3 月 31 日前檢具曾製造或輸入該化學物質之證明文件，經主管機關審定後，依此辦法第三章的規定登錄化學物質資料。在此辦法施行日起至 104 年 12 月 31 日，製造或輸入之新化學物質的廠商，得於該期限內依少量登錄類型登錄新化學物質資料。

辦法中第九條的總說明要求登錄人申請登錄科學研發用途、產品與製程研發用途或屬其他特殊形式之新化學物質，例如奈米物質，除應依此辦法所定之規定提出登錄資料，應另提出中央主管機關訂定之相關表單及資料，但是辦法中未規範奈米物質的定義，目前僅有經濟部標準檢驗局制定「奈米材料詞彙」(中華民國國家標準 CNS 14975)。另外，辦法中僅規範製造或輸入超過 1000 公噸以上的化學物質，以及 10 公噸以上、經證實確定會致癌、致基因突變、致生殖毒性的 CMR 一級物質，才須提交包括危害評估和暴露評估等安全評估報告。

**勞動部勞動與職業安全衛生所發表「奈米物質安全衛生管理技術手冊」以及「奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引」**

隨著奈米科技的蓬勃發展，奈米物質已大量用於日常生活用品，但這些奈米物質及含奈米技術產品對環境、健康與安全(Environment Health and Safety, EHS)可能具有潛在的風險。為了降低奈米科技產品的疑慮並保護消費者的健康安全，美國與歐盟的奈米物質的管理法規已有很大的進展並在推行中。我國勞動部在奈米物質安全衛生管理制度與相關規範也有些進展，在 2011 年勞動及職業安全衛生研究所(Institute of Labor, and Occupational Safety and Health, ILOSH)配合政府推動奈米科技 EHS 的相關政策編印了「奈米技術實驗室奈米微粒暴露控制手冊」，協助事業落實勞工安全的目標。隨著職業安全衛生法(已下簡稱職安法)在 2013 年 7 月 3 日修正通過，勞動部在 2014 年 12 月 31 日發布「新化學物質登記管理辦法」及「既有化學物質清單」，此辦法參考國際標準化組織(ISO)的兩份奈米科技-奈米物質風險管理的技術手冊(ISO/TS 12901-1:2012(E)與 ISO/TS 12901-2:2014(E))，以分級管理(control banding, CB)的方式將奈米物質納入管理規範。

為因應職安法的修訂以及國際奈米安全衛生管理技術的發展趨勢，ILOSH 於 2014 年 5 月 18 日另外公告了「奈米物質安全衛生管理技術手冊」，以及「奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引」。奈米物質安全衛生管理技術手冊適用於所有製造或使用奈米物質的相關事業單位，內容主要包含奈米物質作業管理、奈米物質直接暴露評估與奈米物質暴露控制等章節。同時，技術手冊也提供了安全衛生管理計畫、自動檢查計畫、危害通識計畫、奈米危害物質標示、奈米危害物質清單、安全衛生工作守則、分級控制管理運用指引及奈米物質作業環境監測紀錄表之範例。期望藉此技術手冊協助奈米相關事業擬訂奈米物質安全衛生管理，並將奈米物質的暴露風險降至最低。

奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引適用於製造、處理與經手奈米物質之事業單位或研發單位，內容以奈米物質安全衛生暴露評估與暴露控制之簡易的運用步驟為主。期望藉由指引中的簡易制式表格的填寫，協助事業單位完成初步的奈米物質安全衛生管理，使其符合職業安全衛生法之規定，進而降低奈米物質作業人員的暴露風險。

**台灣衛生福利部食品藥物管理署公告奈米醫療器材品質管理系統注意事項**

「奈米醫療器材」的定義為含有奈米物質或應用奈米技術製造成的醫療器材。奈米物質的新穎物化特性會改變產品的化學、生物學、磁性，電性或光學等性質，這些特性與一般物質並不相同。因目前奈米醫療器材的品質、功效、性能、與安全性乃有一些疑慮，且國際間對於奈米醫療器材的風險與效益仍沒有一致的認定標準。衛福部食藥署已於 2015 年 9 月 25 日公布此注意事項給相關奈米製造業者作為品質管理系統的參考。

衛福部食藥署建議奈米醫療器材製造業者，在品質管理系統內應加強檢視產品整體生產流程的設計管制、製程管制、製程確效、檢驗與測試、採購管制、識別與追溯性、人員訓練、製程與測試設備管制。此外奈米業者在研發與製造奈米醫療產品時，亦應將風險管理(加入奈米材料、使用奈米技術後，產品風險是否改變)與環境危害(如奈米材料廢棄及處置)一併考量。在此文件中，衛福部食藥署列舉了 9 項奈米醫療器材品質管理系統的相關注意事項，如基礎建設及支援、工作環境、產品實現規劃、設計和開發輸入、設計和開發輸出、採購、產品防護、監測和量測裝置之管制與顧客回饋。最後衛福部食藥署建議奈米醫療器材製造業者亦需自行建立產品上市後監管措施，分析不良品與不良事件與產品使用的奈米物質或奈米技術的關聯性，並將分析結果回饋予製造廠內之產品研發、製程管理等單位，以降低奈米醫療器材造成的危害風險。

#### 四、ISO/OECD 奈米科技 EHS 議題

##### **已發表及發展中的 ISO TC229 標準**

ISO 在 2005 年成立 ISO TC 229 技術委員會，負責奈米物質標準的制 (ISO TC229 網站, 2015)。TC 229 下設四個工作小組分別為 JWG 1: Terminology and nomenclature，負責奈米物質的術語及命名；JWG 2: Measurement and characterization，負責奈米物質的量測及特性分析；WG3: Health, Safety and Environmental Aspects of Nanotechnologies，負責奈米物質的 EHS；WG4: Material specifications，負責的奈米物質規範。其中與奈米 EHS 有關的工作小組為 ISO/TC 229 WG3。至民國 104 年 11 月為止，ISO/TC 229 已發表的 45 個標準，發展中的標準、指引及研究群計畫則尚有 38 個，比去年的 26 個增加很多。本團隊已對 2 篇重要的標準指引進行回顧，分別為 ISO/TS 16550:2014 及 ISO/TR 16197:2014。

ISO TC229 已發表標準如下：

(\*表示 99-104 年已回顧)

1. \*ISO/TS 10797:2012  
奈米科技 - 以穿透式電子顯微鏡觀察單壁奈米碳管。
2. \*ISO/TS 10798:2011  
奈米科技 - 以掃描式電子顯微鏡結合能量分散式 X 射線分析儀(Energy Dispersive X-ray Analysis, EDXA)對單壁奈米碳管進行特性分析。
3. \*ISO 10801:2010  
奈米科技 - 以蒸發/核凝法產生金屬奈米微粒作為呼吸吸入毒性測試。
4. \*ISO 10808:2010  
奈米科技 - 呼吸毒性試驗用的暴露腔中的奈米微粒的特性分析。
5. ISO/TS 10867:2010  
奈米科技 - 以近紅外線螢光光譜法(near infrared photoluminescence

- spectroscopy)對單壁奈米碳管進行特性分析。
6. \*ISO/TS 10868:2011  
奈米科技 – 利用紫外-可見-近紅外線吸光光譜法對單壁奈米碳管進行特性分析。
  7. \*ISO/TR 10929:2012  
奈米科技 – 多壁奈米碳管樣本特性的分析方法。
  8. ISO/TS 11251:2010  
奈米科技 – 以生成氣體分析法/氣相層析-質譜儀測定法對單壁奈米碳管中的揮發性成分進行特性分析。
  9. ISO/TS 11308:2011  
奈米科技 – 以熱重分析法量測單壁奈米碳管的純度評估方法。
  10. ISO/TR 11360:2010  
奈米科技 – 奈米物質的分類及歸類方法。
  11. ISO/ TR 11811:2012  
奈米科技 – 奈米磨擦量測方法的指引。
  12. \*ISO/TS 11888:2011  
奈米科技 – 決定多壁奈米碳管的介觀形狀因子的方法。
  13. ISO/TS 11931:2012  
奈米科技 – 奈米碳酸鈣。
  14. \*ISO/TS 11937:2012  
奈米科技 – 奈米二氧化鈦。
  15. \*ISO/TS 12025:2012  
奈米物質 – 利用氣膠產生法自粉體中逸散奈米物質的量化方法。
  16. ISO/TR 12802:2010  
奈米科技 – 發展專有辭彙的模式分類架構 – 核心概念。
  17. ISO/TS 12805:2011  
奈米科技 – 奈米物質規範 – 奈米體(nano-objects)規範指引。
  18. ISO/TR 12885:2008  
奈米科技 – 奈米科技相關作業場所內的安全及健康實務。
  19. \*ISO/TS 12901-1:2012  
奈米科技 – 應用於工程奈米物質的職業風險管理-1 觀念與方法
  20. ISO/TS 12901-2:2014  
奈米科技 – 工程奈米物質的職業風險管理指引-2 暴露控制分組方法
  21. \*ISO/TR 13014:2012  
奈米科技 – 用於毒理學評估的工程奈米物質物化分析指引。
  22. ISO/TR 13014:2012/Cor 1:2012
  23. \*ISO/TR 13121:2011  
奈米科技 – 奈米物質風險評估的架構。

24. \*ISO/TS 13278:2011  
奈米科技 – 利用電感耦合電漿質譜法 (ICP-MS) 測定奈米碳管樣本的元素雜質。
25. \*ISO/TR 13329:2012  
奈米物質 – 物質安全資料表(MSDS)的準備。
26. \*ISO/TS 13830:2013  
奈米科技 – 工程奈米物質及其相關產品的自願性標示準則。
27. ISO/TS 14101:2012  
利用特定毒性篩選：傅立葉轉換紅外線光譜分析奈米金微粒的表面特性。
28. ISO/TR 14786:2014  
奈米科技 – 發展特定奈米物質的化學命名方法的注意事項。
29. \*ISO/TS 16195:2013  
奈米科技 – 乾粉體型態之奈米體的代表性測試材料發展指引。
30. \*ISO/TR 16197:2014  
奈米科技 – 人造奈米物質的毒性篩選方法的編輯及說明。
31. \*ISO/TS 16550:2014  
奈米科技 – 由金黃色葡萄球菌釋出的胞壁酸測定奈米銀微粒的效力。
32. \*ISO/TS 17200:2013  
奈米科技 – 粉體型態奈米微粒 – 分析與量測。
33. ISO/TS 17466:2015  
UV-Vis 吸收光譜儀在硫化鎘膠體量子點之特性量測的使用。
34. ISO/TS 18110:2015  
奈米科技 — 用於科學、技術與創新指標的詞彙。
35. ISO 29701:2010  
奈米科技 – 以體外試驗對奈米物質進行內毒素(Endotoxin)測試 – 蠶變形細胞溶解物(Limulus ameobocyte lysate, LAL)測試。
36. IEC/TS 62607-2-1:2015  
奈米物質製程 – 奈米碳管薄膜應用的關鍵特性 – 電阻(Resistivity)。
37. IEC/TS 62622:2012  
人工光柵用於奈米科技 – 空間品質特性(Dimentional quality paremeters)的敘述與量測。
38. ISO/TS 80004-1:2010  
奈米科技 – 辭彙 – 第一部分：核心術語。
39. ISO/TS 80004-2:2015  
奈米科技 – 辭彙 – 第二部分：奈米體。
40. ISO/TS 80004-3:2010  
奈米科技 – 詞彙 – 第三部分：碳奈米物質。
41. ISO/TS 80004-4:2011



- 奈米科技 - 辭彙 - 第四部分：奈米結構物質。
42. ISO/TS 80004-5:2011  
奈米科技 - 辭彙 - 第五部分：生物/奈米的界面。
43. ISO/TS 80004-6:2013  
奈米科技 - 辭彙 - 第六部分：奈米體的量測及儀器。
44. ISO/TS 80004-7:2011  
奈米科技 - 辭彙 - 第七部分：醫療、健康及個人保養的應用。
45. ISO/TS 80004-8:2013  
奈米科技 - 辭彙 - 第八部分：奈米製程。

ISO/TC229 研究中的標準、指引及進行中的計畫 (ISO TC229 網站)如下：

*奈米物質 EHS*

1. ISO/NP TR 12885  
奈米科技 - 奈米科技的職業設置的健康與安全守則。
2. ISO/NP TR 16196  
奈米科技 - 工程奈米物質樣品製備方法與適當的劑量度量的指引。
3. ISO/AWI TR 18637  
研究奈米體及其聚集體和團聚體的職業暴露限值的架構。
4. ISO/NP TR 19601  
奈米科技 - 奈米體氣膠微粒產生器的呼吸毒性研究。
5. ISO/AWI TS 20660  
奈米科技 - 抗菌銀奈米微粒的物質規範。
6. ISO/AWI TS 20787  
奈米科技 - 以豐年蝦(*Artemia* sp)評估奈米物質對水生動物的毒性。
7. ISO/AWI 20814  
奈米科技 - 懸浮液中奈米微粒的光催化活性的分析方法。

*奈米物質的量測*

1. ISO/AWI TR 18196  
奈米科技 - 奈米體的測量方法。
2. ISO/AWI TS 18827  
奈米科技 - 利用物化特性分析和活性氧類的性質比較合成的氧化鋅奈米物質的毒性機制。
3. ISO/AWI TS 19006  
奈米物質對細胞氧化壓力的影響。
4. ISO/AWI 19007  
奈米物質對細胞存活的影響。
5. ISO/NP TR 19057

- 利用體外實驗方法評估奈米物質生物穩定性的合適性。
6. ISO/NP TS 19337  
用於驗證細胞毒性測試的懸浮奈米物質之特性分析與測量方法。
  7. IEC/NP 62565-3-1  
奈米物質製程 – 物質規格 – 第 3-1 部分：石墨烯 – 空白樣品詳細規格。
  8. ISO/NP TS 19590  
奈米微粒 – 單微粒 ICP-MS 的偵測及特性量測。
  9. ISO/NP TR 19716  
奈米科技 – 纖維素的奈米晶體的特性 – 微粒形貌、純度與表面特性。
  10. ISO/NP TR 19733  
石墨烯的特性與量測方法。
  12. ISO/AWI 19805  
奈米科技 – 用於顯微鏡技術的氣懸奈米微粒的收集與樣品準備的指引。
  13. ISO/AWI TR 20489  
用於水樣中金屬奈米微粒的特性分析的分散與尺寸分離技術。
  14. ISO/NP TS 10798  
奈米科技 – 以掃描式電子顯微鏡結合能量分散式 X 射線分析儀對單壁奈米碳管進行特性分析。
  15. ISO/NP TS 10868  
奈米科技 – 利用紫外-可見-近紅外線吸光光譜法對單壁奈米碳管進行特性分析。
  16. ISO/NP TS 11308  
奈米科技 – 以熱重分析法評估單壁奈米碳管純度的方法。
  17. ISO/DTS 11888  
奈米科技 – 決定多壁奈米碳管的介觀形狀因子方法。
  18. ISO/NP TS 13278  
奈米科技 – 以電感耦合電漿質譜法(ICP-MS)測定奈米碳管樣本的元素雜質。
  19. ISO/AWI 19807  
奈米科技 – 磁性奈米微粒懸浮液的特性分析與量測方法。
  20. ISO/AWI TS 19808  
奈米科技 – 奈米碳管懸浮液的特性分析與量測方法的規範。
  21. ISO/NP TS 21236  
奈米科技 – 奈米黏土(nanoclays)的特性分析與量測方法。
  22. ISO/NP TS 21237  
奈米科技 – 奈米纖維的空氣過濾介質的特性分析、性能與量測方法。
  23. IEC/AWI 62607-6-3  
奈米製程 – 石墨烯結構與缺陷量測的關鍵控制特性。

### 奈米物質的命名

1. ISO/DTR 17302  
奈米科技 – 確認用於人體保健中奈米科技應用的詞彙發展之框架。
2. ISO/AWI TR 18401  
奈米科技 – 用在字彙的簡明語言指引。
3. ISO/TS 80004-1:2010/AWI Amd 1  
奈米科技 – 辭彙 – 第一部分：核心術語。
4. ISO/DTS 80004-9  
奈米科技 – 辭彙 – 第九部分：奈米技術的電工產品和系統。
5. ISO/DTS 80004-10  
奈米科技 – 辭彙 – 第十部分：奈米技術的光電元件和系統。
6. ISO/WD TS 80004-11  
奈米科技 – 辭彙 – 第十一部分：奈米層、奈米塗佈、奈米薄膜和相關術語。
7. ISO/WD TS 80004-12  
奈米科技 – 辭彙 – 第十二部分：奈米技術中的量子現象。
8. ISO/NP 8004-13  
奈米科技 – 辭彙 – 第十三部分：石墨烯與其他二維物質。
10. ISO/AWI TS 20477  
纖維素奈米物質的標準專有名詞與定義。
11. ISO/NP TS 80004-4  
奈米科技 – 辭彙 – 第四部分：奈米結構物質。

### 今年度回顧的 ISO TC229 標準

#### ISO/TS 16550:2014 技術規範:奈米科技 — 藉由金黃色葡萄球菌釋出的胞壁酸測定奈米銀微粒的效力

奈米銀微粒(silver nanoparticles, AgNPs)的抗菌特性大量的應用在消費產品，並已廣泛應用於生物製藥程序、醫療產品以及民生用品等，如醫療設備的抗菌塗層材料、整形外科或牙科移植材料、治療傷口的塗覆助劑、紡織產品、與洗衣機。工業界正在製造多種具有不同物理特性與低副作用的 AgNPs 抗菌劑。此外，在不同介質的奈米微粒的生物可用率的風險可能會影響土壤植物、動物與人類。從這個角度來看，AgNPs 的效力應根據其最終的生物活性進行評估與分類。ISO/TS 16550:2014 技術規範提供了評估 AgNPs 對金黃色葡萄球菌細胞壁降解與胞壁酸釋出(以氣相層析質譜儀定量)的活性測試方法。以下列出 ISO/TS 16550:2014 提及的專有名詞與定義：

- 抗菌活性(antibacterial activity)：殺菌或抑制細菌生長的化合物或基質的特性。

- 動態光散射法(dynamic light scattering, DLS)或稱光子相關法(photon correlation spectroscopy, PCS)：量測懸浮液中的微粒或溶液中的聚合物的粒徑分布的物理技術。
- 氣相層析質譜儀(gas chromatography – mass spectrometry, GC-MS)：結合氣液層析法與質譜的功能，以定性定量分析樣品中揮發性化合物(volatile compounds)的方法。
- 革蘭氏陽性菌(Gram positive bacteria)：在革蘭氏染色過程可已被染色(深藍色或紫色)且無法被有機溶劑褪色的細菌。
- 內標(internal standard)：將已知濃度的化合物加至樣品中，以促進化合物樣品的定性與定量分析。[參考來源: ISO 20752, 3.2]
- 偵測極限(limit of detection, LOD)：測試樣品中的分析物可以被檢測出的最小量或是濃度(但未必為量化值)。[參考來源: ISO 8196-1, 3.4.3]
- 定量極限(limit of quantification, LOQ)：在指定的實驗條件下，測試樣品中的標的物可以被定量分析出的最低濃度，且分析結果具有適當的準確度與精密度。[參考來源: ISO/TS 15216-1, 3.18]
- 線性動態範圍(linear dynamic range; LDR)：Y 對 X 的迴歸曲線為一直線，則此迴歸即稱為線性動態範圍。[SOURCE: ISO 3534-1, 1.34]  
註 1：Y 對 X 的線性迴歸係數即為迴歸線公式的斜率(X 的係數)。
- 胞壁酸(muramic acid)：一種糖醯胺的形式，介於葡萄糖胺與乳酸間的醚類綴合物(ether conjugate)，並且會在肽聚醣內自然的生成 N-乙酰衍生物(N-acetyl derivative)。  
註 1：3-O- $\alpha$ -carboxyethyl-D-glucosamine  
註 2：參閱圖 4.1.6(B)。

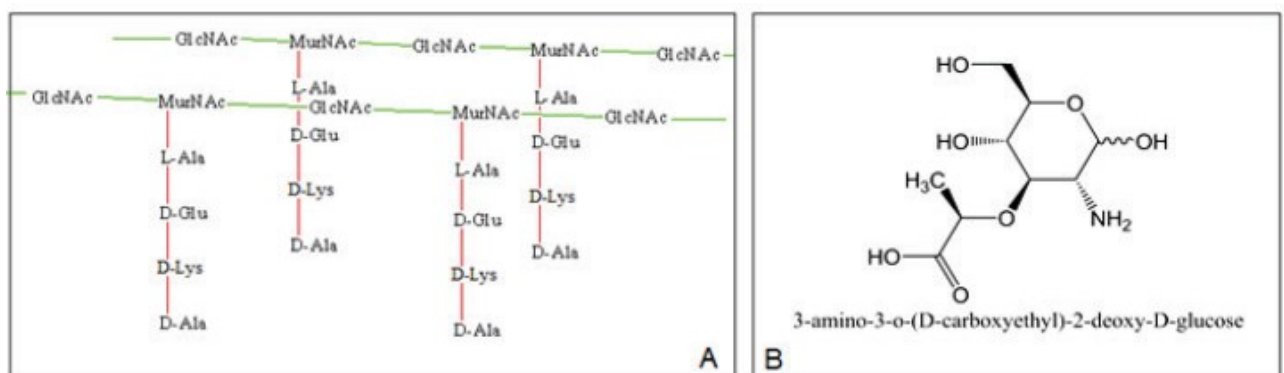


圖 4.1.6 (A)肽聚醣層與(B)胞壁酸之結構(ISO/TS 16550 2014)

- 肽聚醣(peptidoglycan, PGN)：在細菌質膜的細胞壁外形成網狀層的糖與胺基酸構成的聚合物。  
註 1：肽聚醣為所有細菌的細胞壁內的特定且基本的要素，其在革蘭氏陽性菌的細胞壁內的含量非常多(請參閱圖 4.1.6(A))。

- 奈米銀微粒的效力(silver nanoparticle potency)：指由胞壁酸的釋放量來間接測量奈米銀微粒與細菌細胞壁的反應程度。
- 金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, *S. aureus*)：一種革蘭氏陽性球菌且具凝固酶陽性的兼性厭氧菌。在顯微鏡觀察下呈團簇狀，並且可以在含甘露醇的高鹽度培養基中生長。
- 追溯性(trace)： $\mu\text{g/ml}$  的濃度或更低。
- 穿透式電子顯微鏡(transmission electron microscopy, TEM)：以電子束穿過樣品並與其交互作用，產生樣品的放大影像或是衍射圖案。
- 紫外線-可見分光光度計(ultraviolet-visible spectroscopy, UV-Vis)：在紫外線-可見光譜區偵測待測物的吸收或反射光譜。
- X 光粉末繞射儀(x-ray power diffraction, XRD)：藉由量測 X 光的彈性散射強度的方法分析材料之晶體結構。

PGN 為細菌細胞壁內的特定和基本成份，其主要特徵為線性的聚醣鏈與短肽鏈交互連接的網狀結構。金黃色葡萄球菌的聚醣鏈是由 N-乙醯葡糖胺(N-acetylglucosamine, GlcNAc)和接有 L-丙氨酸(L-alanine)、D-穀氨醯胺(D-glutamine)、L-離胺酸(L-lysine)和 D-丙氨酸(D-alanine)肽鏈的 N-乙醯胞壁酸(N-acetylmuramic acid, MurNAc)交替相連所組成(參閱圖 4.1.6(A))。目前已有研究指出 AgNPs 會破壞細菌細胞壁與產生 PGN 的碎片，導致培養基內胞壁酸濃度上升。

AgNPs 膠體的活性物質(active entity)具有各種不同的尺寸、表面積、形狀、界達電位與濃度。AgNPs 的活性取決於上述特性，且可能會有協同(synergistic)或拮抗(antagonistic)的交叉效應。為了區分這些特性所造成的影響，研究員需要製備大量的樣品以及使用各式各樣的儀器。胞壁酸濃度的監測是一個用於決定 AgNPs 對這些特性影響的效力指標。此技術規範利用非常敏感的單分析物:胞壁酸，間接量測細胞壁降解(cell wall degradation)的單一作用模式，此方法的敏感度高可作低於最低抑制濃度(minimum inhibitory concentration, MIC)的胞壁酸的定量。然而藉由偵測細菌胞壁酸釋出以決定 AgNPs 的效力，並不能用於代表細胞的死亡或生長的停止。此外此方法依賴一個單一實驗室合成的校正樣品，以建立可以在後續使用的劑量反應曲線。奈米微粒具有微粒-化學的二元性(particle-chemical duality)，微粒可作為溶解程序釋出的化學品的儲層。此技術規範敘述的標準方法無法提供 AgNPs 的其他種殺菌作用的相關資訊。

AgNPs 對金黃色葡萄球菌的效用不可用於預測其他格蘭氏陽性菌，且預期無法適用於完全不同結構的格蘭氏陰性菌。有鑑於這些考量，實驗室製備的奈米銀微粒的校正與系統驗證參考物質的特性數據，可參考附錄八與九。

在數據分析與結果解析的部份，研究人員需依照樣品製備程序準備胞壁酸的原液(濃度為  $1000 \mu\text{g/ml}$ )，並稀釋至介於  $1-1000 \mu\text{g/ml}$  的最終濃度，並以肌醇(myoinositol)作為內標。肌醇的峰面積用於修正胞壁酸的峰面積，以避免樣品注

射間的變化。每個濃度應進行三重覆的分析。修正後的胞壁酸峰面積如公式 4.1.1 所示。

$$\text{修正後的效應} = \frac{\text{胞壁酸峰面積平均值}}{\text{肌醇峰面積平均值}} \quad (4.1.1)$$

修正後的效應與相對應濃度如表 4.1.6 所示。為了評估 LOD 與 LOQ 的方法，樣品溶液需依照建議的方法與訊號雜訊比進行三重覆的檢測，三重覆樣品的標準偏差為±0.0128。

表 4.1.6 驗證與定量分析的結果(ISO/TS 16550 2014)

	數值
偵測極限 (µg/ml)	1
定量極限 (µg/ml)	3.3
線性動態範圍 (µg/ml)	3.3 to 1000
迴歸分析系數 (r <sup>2</sup> )	0.9950

AgNPs 測試樣品的懸浮溶液與工作/參考銀微粒應需以不同濃度製備，如表 4.1.5 所示。由 AgNPs 的測試樣品與參考品間釋出胞壁酸的差異，可顯示測試樣品的效力。AgNPs 效力的可接受程度由製造商與使用者間的協議而定。陰性控制組(negative control)應包 AgNPs 測試樣品的溶劑(solvent)與載體(vehicle)。此外，在胞壁酸濃度非常低與樣品介質相當複雜的情況下，此指引建議以串聯式質譜法(tandem mass spectrometry)與選擇性離子監測法(selected ion monitoring methods)提升偵測靈敏度。

#### ISO/TS 16197:2014 奈米科技 — 人造奈米物質的毒性篩選方法的編輯及說明

本指引指出奈米物質的體外篩檢方法可以分為細胞與非細胞測試。非細胞測試可用於奈米物質的非專一性影響測試，例如奈米物質與培養基中的細胞蛋白質或血漿之間的交互作用或作用後產生自由基的能力。細胞測試可用於檢測奈米物質干擾細胞中維持生物體運作的生物反應，包含細胞存活、細胞增殖、DNA 複製、細胞分裂與其他生物反應。以下列出 ISO/TS 16197:2014 提及的專有名詞與定義：

- 團粒(agglomerate)：由弱鍵結微粒或聚集體或是二者混合所形成的集合體，其外表面積約等於個別成分物質之表面積總和。
- 聚集體(aggregate)：由強鍵結或熔融的微粒結合所形成的顆粒，其外表面積可能遠小於個別微粒之表面積總和。
- 人造奈米物質(manufactured nanomaterial)：用於商業用途的奈米物質，具有

特殊性質與成分。

體外篩檢必須結合正與負控制(positive and negative controls)才具有意義。正控制用於檢驗實驗流程的正確性。正控制物質必須由以往的經驗得知，當細胞暴露於此物質時將產生負面影響。另一方面，負控制產生可忽略或是極微小的毒性，通常可視為背景值。假如細胞在負控制過程中，觀察到正效應，表示有一些因素會影響實驗結果，故這些結果都不能使用。當使用正確的細胞或細胞株時，毒性檢測是最基本也是最常見的體外檢測方法，此方法相當於體內高劑量毒性測試。通常細胞毒性測試是經由 24 小時暴露所算出的半致死濃度(LC<sub>50</sub>)或半有效影響濃度(EC<sub>50</sub>)來評估。由於細胞毒性測試通常是在牛胚胎血漿中或是在細胞成長狀態下進行，在 24 小時的培養過程中細胞會增殖，因此EC<sub>50</sub>是較適當的表示方式。

一般用於檢測化學物質毒性的方法可用於奈米物質的毒性測定。但是當樣品中有不透明的奈米物質時，會影響毒性測定的比色與螢光度。為解決此問題，可以在量測之前，將待測樣品溶液的上澄液轉移到試管或是培養皿中。然而，奈米微粒吸收實驗系統中的最終產物，與奈米微粒干擾產物的螢光或 UV 可見光的吸光度也要加以研究。假如奈米物質有這些吸收現象與干擾現象時，該項奈米物質的毒性測試結果就不可靠。在檢測時，應該要加以考慮並控制此類的干擾現象。

就皮膚過敏測試而言(遲滯型過敏)，目前有 3 種體內檢測方法，分別為天竺鼠加佐劑過敏檢測法(guinea-pig maximization test, GPMT)、天竺鼠無佐劑過敏檢測法(Beuhler test, BT)、小鼠局部淋巴結細胞增殖分析法(local lymph node assay, LLNA)。其中 BT、LLNA 是根據皮膚過敏發生前，待測試劑穿透皮膚的能力。然而，一般認為奈米物質穿透皮膚的能力很差甚至無法穿透。目前化學物質的皮膚過敏試驗的體外測試仍處於發展階段，但是否可應用於奈米物質仍然未知。

利用體外免疫模組系統(Lymphoid Tissue Equivalent Module)是評估免疫毒性的標準方法。該系統是一個專利的人體細胞體外培養與檢測技術的組合，以模擬人類的免疫系統。此種免疫模組系統分為兩個模組，分別為外組織等效模組(Peripheral Tissue Equivalent, PTE)與淋巴組織等效模組(Lymphoid Tissue Equivalent Module, LTE)，以及功能檢測與疾病模式。等效外組織可預測不同的生物與化學物質之間的加乘性、疫苗效能、毒性、潛在免疫能力。淋巴組織等效模組利用相近的細胞種類與交互作用機制，模擬淋巴結中的神經樹突活化 T 細胞，T 細胞再活化 B 細胞並開始製造抗體程序。淋巴組織等效模組能夠製造已經活化的 T 細胞、抗體、細胞激素，且已證實此模組優於周界血液單核細胞，相關之應用包括奈米物質、藥物、傳統化學物質。

由於研究學者難以複製人體中的血液環境，使得體外模式系統難以評估人類的免疫反應。然而，Ryan et al. (2007)證實肥大細胞或外血液嗜鹼細胞培養中加入富勒烯會抑制其免疫反應。此外，富勒烯會抑制已經誘發老鼠中免疫球蛋白 E 抗體的過敏反應。Schöler et al. (2012)將腹膜巨噬細胞與固態脂質的奈米物

質混合共培養，並研究巨噬細胞受到固態脂質奈米物質的影響。因這些固態脂質的奈米物質屬非水溶性，無法代表真實環境中的奈米微粒，但對結晶態的微粒仍具有研究價值。作者將巨噬細胞與奈米物質混合培養，經過 3 小時、24 小時、48 小時後，再量測上澄液中的 IL-6 細胞激素、IL-10 細胞激素、IL-12 細胞激素與腫瘤致死激素。結果指出固態脂質的奈米物質並不會誘發細胞激素分泌。

過去有許多研究回顧大氣環境中奈米物質毒性的氧化應力 (oxidative stress) 所扮演的角色，與其在細胞氧化應力的途徑。細胞在正常情形下，會製造反應性氧化物種(Reactive Oxygen Species, ROS)作為副產物，反應性氧化物種可以由細胞的抗氧化機制來平衡。一般使用二硫蘇糖(dithiothreitol, DTT)分析來評估奈米微粒的非細胞還原活性。DTT 的分析量測刺激物(如奈米物質)對二硫蘇糖醇氧化性，可分析出樣品的氧化還原活性。

微粒與血液成分的交互作用研究分成 3 類：(1)以奈米物質對心血管系統與血液的影響為重點；(2)研究奈米物體如何跟血液或血液中的蛋白質作用；(3)以奈米物質對血液的影響作為生物暴露的指標。Helfenstein et al. (2008)評估奈米物質對體外心臟肌肉的影響，研究人員在新生大鼠的心室肌原細胞與不同濃度的單壁奈米碳管、柴油引擎排放微粒、二氧化鈦混合共培養，並測量傳導速度與反應性氧化物種的產生率。雖然研究結果指出產生的反應性氧化物種對心肌細胞會有不同程度的影響，但是該研究並未測量微粒在培養基的物理特性。

以奈米物質的體外遺傳毒性檢測作為潛在癌症的預測指標售到許多毒理學家爭論。過去有許多文獻回顧此主題，主要的議題有：(1)原本檢測小分子物質的技術是否適用於奈米物質的體外基因毒性檢測；(2)體外基因毒性檢測終點與奈米物質致癌性機制相關性；(3)缺乏可用於評估檢測性能、敏感度、效用的正控制奈米物質；(4)體外暴露濃度與體內情境的相關性。

許多奈米材料的基因毒性測試研究發現了一些趨勢。舉例而言，在大部分加入奈米材料的細菌培養皿中，基因突變檢測呈現陰性，此現象有可能是因為奈米物質無法穿透細菌的細胞壁。相反的，用於檢測 DNA 危害與哺乳動物基因突變的單細胞膠凝電泳試驗(又稱彗星試驗, comet assays)，結果顯示大部分呈陽性反應，但這也有可能是研究者傾向於報告陽性反應產生的偏差。另一項須考慮的議題是如何修正標準基因毒性檢測方法以適用於奈米材料。如上所述，由於細胞攝取奈米物質的差異，哺乳動物的細胞比細菌的細胞更適合用於實驗。因此，奈米物質在培養液中的特性量測並研究奈米物質的物化特性，其與奈米材料暴露產生的危害關係非常重要。

奈米物質對人體健康的負面影響與奈米物質穿過人體生物屏障的能力有關。暴露的途徑包括肺部、胃腸道、皮膚，因此奈米微粒進入人體的入侵點相當重要。以下所描述的兩種重要的奈米物質入侵途徑：

- 肺部途徑

以篩檢為目的時，相較於體內檢測結果，目前有一些高劑量、成本低且結果較一致的檢測方法。許多文獻證實細胞培養與共培養的體外模式十分有用。



一些三維模式使用玻璃製的細胞培養皿與人體呼吸道上皮體外細胞模式可以維持數個月之久。大鼠的類細胞量子點研究對奈米微粒毒性學理的推斷有很大的幫助。Clift et al. (2011)假設特定的奈米物質在細胞內的累積會直接影響其毒性潛勢，雖然此研究著重於量子點，但其他相關的研究證實此為合理的假設。Alfaro-Moreno et al. (2008)發現人體肺細胞的雙培養與三培養液，會分泌顆粒性白血球聚落刺激性因子(granulocyte colony-stimulating factor, G-CSF)、巨噬細胞炎性蛋白(macrophage inflammatory protein, MIP)、腫瘤壞死 $\alpha$ 因子，他認為這些現象與微粒物質的全身性影響類似，包括引起發炎反應、內皮功能障礙、骨髓細胞的製造。

#### ● 皮膚途徑

目前奈米微粒的皮膚穿透性仍不清楚。能夠證明奈米物質可以穿透皮膚或滯留在毛囊的證據相當有限。皮膚穿透實驗一般使用小鼠或豬的皮膚來模擬人皮。但是動物的毛囊傳輸效率與生理跟人體有很大的差異，動物皮膚的滲透屏障效果很差。皮膚的組成主要有毛囊、游離脂肪酸與三酸甘油脂，不同皮膚種類之間的形貌差異代表物種之間的皮膚屏障差異極大，不同個體之間皮膚的差異可以利用目前的體外檢測法來研究。

皮膚吸收毒物動力學檢測法 (OECD TG 428)利用人類皮膚樣本作皮膚吸收實驗。此體外檢測技術已應用於奈米物質對人體皮膚的體內與體外檢測。研究人員利用 Franz-type 擴散槽(Franz-type diffusion cells)與 Saarbruecken 穿透模型 (Saarbruecken penetration model)，來評估奈米物質被皮膚吸收或藉由擴散穿透皮膚。

全動物篩檢系統是一種使用非傳統物種試驗的模擬系統，可用於評估奈米物質對環境與對人體健康毒性衝擊。例如許多研究已證實斑馬魚的胚胎模型在脊椎生物學與人類毒理學應用上可行且具研究價值。此模式系統細胞培養高經濟、省時、設備需求少、僅需少量的奈米物質溶液等優點，可有效的進行全動物調查。斑馬魚的胚胎模型實驗可以快速的評估整體動物系統暴露於奈米物質所產生的生物衝擊。Silva et al. (2005)利用老鼠耳朵的靜脈進行血栓形成的篩檢。在此模擬中，作者觀察到將孟加拉玫紅注射到靜脈中並且用雷射光照射靜脈會誘發血栓形成。在孟加拉玫紅注射到靜脈之前，將奈米物質注入靜脈或氣管中，可以研究奈米物質對血塊生成的影響，因為在孟加拉玫紅注射到靜脈的 10 分鐘內便會發生作用而形成血塊。該研究指出將奈米聚苯乙烯顆粒注入靜脈會大幅降低血塊凝結時間，且如果奈米聚苯乙烯顆粒是注射到氣管中，凝結時間會更縮短。

#### **OECD 有關奈米物質議題的發展趨勢**

至民國 104 年 11 月為止，經濟合作發展組織(OECD)的奈米物質工作小組(WPMN)已發表了 58 份奈米物質安全的報告，比去年 43 份增加很多，其中包括 11 份人造奈米物質的測試計畫，包括研究及活動的路標、目前的奈米物質安

全及發展活動、奈米物質工作計畫、OECD 測試指引於奈米物質的適用性初步評估等。本團隊已針對 2014 年發表的 ENV/JM/MONO(2014)34 進行重要回顧。

OECD WPMN 已發表的報告如下：

(\*表示 99-104 年已回顧)

1. ENV/JM/MONO(2015)31  
Preliminary guidance notes on Nanomaterials: Interspecies variability factors in human health risk assessment
2. ENV/JM/MONO(2015)30  
Guidance Manual towards the Integration of Risk Assessment into Life Cycle Assessment of Nano-Enabled Applications
3. ENV/JM/MONO(2015)20  
Analysis of the Survey on Available Methods and Models for Assessing Exposure to Manufactured Nanomaterials
4. ENV/JM/MONO(2015)19  
Harmonized Tiered Approach to Measure and Assess the Potential Exposure to Airborne Emissions of Engineered Nano-Objects and their Agglomerates and Aggregates at Workplaces
5. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Cerium oxide)
6. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Dendrimer)
7. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Fullerenes (C60))
8. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Gold nanoparticles)
9. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (MWCNTs)
10. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Nanoclays)
11. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Silicon dioxide)
12. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Silver nanoparticles)
13. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (SWCNTs)
14. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Titanium dioxide (NM100-NM105))
15. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials (Zinc oxide)
16. \*ENV/JM/MONO(2014)34  
Genotoxicity of Manufactured Nanomaterials : Report of the OECD expert meeting
17. ENV/JM/MONO(2014)28  
Report of the questionnaire on regulatory regimes for manufactured nanomaterials 2010-2011
18. ENV/JM/MONO(2014)15 - ENV/JM/MONO(2014)15/ADD  
Report of the OECD expert meeting on the physical chemical properties of

- manufactured nanomaterials and test guidelines
19. \*ENV/JM/MONO(2014)1 - ENV/JM/MONO(2014)1/ADD  
Ecotoxicology and Environmental Fate of Manufactured Nanomaterials: Test Guidelines
  20. ENV/JM/MONO(2013)17  
Environmentally Sustainable Use of Manufactured Nanomaterials - Workshop held on 14 September 2011 in Rome, Italy.
  21. ENV/JM/MONO(2013)18  
Co-Operation on Risk Assessment: Prioritisation of Important Issues on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials - Final Report.
  22. ENV/JM/MONO(2013)2  
Current Developments on the Safety of Manufactured Nanomaterials - Tour de Table at the 10th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials.
  23. ENV/JM/MONO(2012)40  
Guidance on Sample Preparation and Dosimetry for the Safety Testing of Manufactured Nanomaterials.
  24. \*ENV/JM/MONO(2012)14  
Inhalation Toxicity Testing: Expert Meeting on Potential Revisions to OECD Test Guidelines and Guidance Document.
  25. ENV/JM/MONO(2012)13  
Current Developments on the Safety of Manufactured Nanomaterials - Tour de Table.
  26. \*ENV/JM/MONO(2012)8  
Important Issues on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials.
  27. \*ENV/JM/MONO(2011)54  
National Activities on Life Cycle Assessment of Nanomaterials.
  28. \*ENV/JM/MONO(2011)53  
Information Gathering Schemes on Nanomaterials: Lessons Learned and Reported Information.
  29. \*ENV/JM/MONO(2011)52  
Regulated Nanomaterials: 2006-2009.
  30. \*ENV/JM/MONO(2011)12  
Current Developments/Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials.
  31. ENV/JM/MONO(2010)47  
Compilation and Comparison of Guidelines Related to Exposure to Nanomaterials in Laboratories.
  32. ENV/JM/MONO(2010)46

- List of Manufactured Nanomaterials and List of Endpoints for Phase One of the Sponsorship Programme for the Testing of Manufactured Nanomaterials: Revision.
33. ENV/JM/MONO(2010)42  
Current Developments/Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials, Tour de Table at the 7th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials.
  34. \*ENV/JM/MONO(2009)20/REV  
Guidance Manual for the Testing of Manufactured Nanomaterials: OECD Sponsorship Programme: First Revision.
  35. \*ENV/JM/MONO(2010)25  
Preliminary Guidance Notes on Sample Preparation and Dosimetry for the Safety Testing of Manufactured Nanomaterials.
  36. ENV/JM/MONO(2010)12  
Report of the Questionnaire on Regulatory Regimes for Manufactured Nanomaterials (2010).
  37. ENV/JM/MONO(2010)11  
OECD Programme on the Safety of Manufactured Nanomaterials 2009-2012 Operational Plans of the Projects.
  38. ENV/JM/MONO(2010)10  
Report of the Workshop on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials in a regulatory context, held on 16-18 September 2009, in Washington D.C., United States.
  39. ENV/JM/MONO(2010)4  
Current Developments/Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de Table at the 6th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials, 28–30 October 2009.
  40. ENV/JM/MONO(2009)45  
Analysis of Information Gathering Initiatives on Manufactured Nanomaterials.
  41. ENV/JM/MONO(2009)24  
Manufactured Nanomaterials: Roadmap for Activities during 2009 and 2010.
  42. ENV/JM/MONO(2009)23  
Current Developments in Delegations and other International Organisations on the Safety of Manufactured Nanomaterials- Tour de Table.
  43. ENV/JM/MONO(2009)22  
Manufactured Nanomaterials: Work Programme 2009–2012.
  44. ENV/JM/MONO(2009)21

- Preliminary Review of OECD Test Guidelines for their Applicability to Manufactured Nanomaterials.
45. ENV/JM/MONO(2009)20  
Guidance Manual for the Testing of Manufactured Nanomaterials: OECD's Sponsorship Programme.
46. ENV/JM/MONO(2009)18  
Report of an OECD Workshop on Exposure Assessment and Exposure Mitigation: Manufactured Nanomaterials.
47. ENV/JM/MONO(2009)17  
Comparison of Guidance on Selection of Skin Protective Equipment and Respirators for Use in the Workplace: Manufactured Nanomaterials.
48. \*ENV/JM/MONO(2009)16  
Emission Assessment for Identification of Sources and Release of Airborne Manufactured Nanomaterials in the Workplace: Compilation of Existing Guidance.
49. \*ENV/JM/MONO(2009)15  
Identification, Compilation and Analysis of Guidance Information for Exposure Measurement and Exposure Mitigation: Manufactured Nanomaterials.
50. ENV/JM/MONO(2009)10  
EHS Research Strategies on Manufactured Nanomaterials: Compilation of Outputs.
51. ENV/JM/MONO(2009)6  
Preliminary Analysis of Exposure Measurement and Exposure Mitigation in Occupational Settings: Manufactured Nanomaterials.
52. ENV/JM/MONO(2008)29  
Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de Table at the 4th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials, 11–13 June 2008.
53. \*ENV/JM/MONO(2008)13/REV  
List of Manufactured Nanomaterials and List of Endpoints for Phase One of the OECD Testing Programme.
54. ENV/JM/MONO(2008)7  
Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de Table at the 3rd Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials, 28–30 November 2007.
55. ENV/JM/MONO(2008)2  
Manufactured Nanomaterials: Programme of Work 2006–2008.
56. ENV/JM/MONO(2007)16

Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 2nd Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials, 25–27 April 2007.

57. ENV/JM/MONO(2006)35

Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 1st Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials, 26–27 October 2006.

58. ENV/JM/MONO(2006)19

Report of the OECD Workshop on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Building Co-operation, Co-ordination and Communication, 7–8 December 2005.

本團隊於 99-103 年的研究計畫共已回顧 12 份重要報告如下：

- ENV/JM/MONO(2008)13/REV (This document has been updated) – 贊助計畫第一期代表性工程奈米物質的優先名單及測試終點的項目表
- ENV/JM/MONO(2009)15 – 確認、整理及分析與工程奈米物質暴露測量及暴露減輕方法的相關指引
- ENV/JM/MONO(2009)16 – 工作場所懸浮工程奈米物質污染源及其釋放的辨識的評估方法
- ENV/JM/MONO(2009)20/REV – 測試工程奈米物質的指引手冊
- ENV/JM/MONO(2010)25 – 工程奈米物質安全測試的樣本準備及計量學的指引手冊
- ENV/JM/MONO(2011)12 – 工程奈米物質安全性的近期發展及活動
- ENV/JM/MONO (2011)53 – 奈米物質的市場現況調查
- ENV/JM/MONO(2011)52 – 奈米物質的法規進展：2006-2009
- ENV/JM/MONO(2011)54 – 奈米物質生命週期評估的各國活動
- ENV/JM/MONO(2012)8 – 工程奈米物質風險評估的重要議題
- ENV/JM/MONO(2012)14 – 奈米物質吸入性毒性測試指引的專家會議紀錄
- ENV/JM/MONO(2014)1--工程奈米物質生態毒性和環境宿命測試指引的專家會議紀錄。

### 今年度已回顧的 OECD 報告

#### ENV/JM/MONO(2014)34 人造奈米物質的遺傳毒性—OECD 專家會議報告

此報告為人造奈米物質遺傳毒性的專家會議記錄，該會議於 2013 年 11 月 18-19 日在加拿大渥太華召開，主辦單位為加拿大衛生部，共有來自 20 個代表團的 41 名成員出席了此次會議，會議主席由加拿大衛生部的 Tim Singer 擔任。會議的目的為：(1)回顧 OECD 測試計畫及歐盟 NANOGENOTOX 聯合計畫的遺傳毒性測試結果；(2)討論現有 OECD 遺傳毒性測試指引的適用性，及是否需要

開發新的測試指引或指引物質；(3)找出現有奈米物質遺傳毒性測試存在的知識缺口和法規需求。在會議中達成 7 點共識：

- 1、不推薦使用 Ames 試驗 (TG471) 作為奈米物質遺傳毒性研究的測試方法，測試指引計劃應該在測試指引內修正應用範圍。
- 2、測試指引中利用細胞增殖的毒性測試方法，為決定應用於奈米物質體外試驗的最高濃度的適切方法。在某些情況下，可考慮使用比標準 $\sqrt{10}$ 更寬的濃度間隔，以確保充分量測到濃度-反應關係，及量測到無細胞毒性的濃度。
- 3、應量測處理前和處理後的細胞培養介質中奈米物質的特性。在細胞培養介質中添加奈米物質時，希望能確保與體內系統的生物和生理情況儘可能具有比較性。
- 4、細胞攝取的程度是解釋測試結果時要考慮的一個重要因素。在某些情況下，從直接遺傳毒性來看，哺乳動物細胞未攝取奈米物質時可能表示其本質危害性較低。
- 5、當使用 cyto B 時，測試指引計畫應考慮體內微核子試驗方法(micronucleus assay)的修正，建議利用後處理或延遲共處理的標準程序作添加，以確保細胞培養介質暴露奈米物質的一段時間內無 cyto B。
- 6、在進行體內遺傳毒性研究之前，有必要進行一些毒理動力學研究，以確定該奈米物質是否到達目標組織(target tissue)。在沒有相關數據時，若奈米物質未到達目標組織，則這種測試不適用於檢測主要的遺傳毒性。
- 7、沒有足夠的數據可以建議何種暴露途徑最好。選擇暴露途徑的基本原則是考慮與人類暴露最接近的方式。

此外，研討會與會者認為目前仍存在若干知識缺口需要進一步釐清，以便解決許多重要議題，這些知識缺口包括：

- 什麼是合適的陽性和陰性控制組?NANOGENOTOX 計畫以奈米二氧化鈦作為一種通用的陽性控制組，然而並不是所有情況均適用。
- 是否有（或可以被開發）適用於檢測二次遺傳毒性的體外試驗方法？
- 除現有的毒性/細胞毒性的測量度量外，我們能否找出合適的度量單位(metrics)，從而定義出更好的測試劑量/濃度範圍？
- 什麼是最適當的細胞株？
- 分散劑（例如，BSA）對測試結果有什麼樣的影響？
- 外源性代謝活化（S9）的影響是什麼？
- 我們能否找出奈米物質遺傳毒性的根本生物機制？

## 4.2 奈米物質對環境和健康的影響

### 一、食品級二氧化鈦的特性分析研究

奈米科技為人類的生活帶來許多好處，但對人類的健康和生態環境可能行

生許多潛在的風險，過去已有文獻指出吸入奈米微粒(如奈米二氧化矽、奈米二氧化鈦、奈米銀、及奈米碳管等)會與人體不良健康效影有關(Quadros and Marr 2011; Stebounova et al. 2011; Nazarenko et al. 2012)。但目前食品中的奈米物質的安全性研究卻相當少，所以有必要進行更進一步的研究。奈米食品的安全性已逐漸成為全球觀注的議題，以歐盟與美國對此議題最為關注，且已提出奈米食品的定義與管理的建議，我國應利用目前現有的風險評估原則或加入其他可行的方法，發展出一套奈米食品的風險評估準則和奈米食品的相關規範，以確保消費者的健康權益。

二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )俗稱鈦白粉，因化學性質相當穩定且具有非常好的著色及遮色能性，因此成為目前用量最大的白色色素之一。 $\text{TiO}_2$ 被廣泛運用在食品當中(Yang et al. 2014)，在藥品、非乳製奶精、糖果、果凍及牙膏等產品都可以發現 $\text{TiO}_2$ 。這些食品最終將會進入廢水處理場、陸地或水生環境，但食品中的奈米二氧化鈦所占比例、以及影響人體與環境宿命與毒性的物化特性資訊仍不足。Yang et al. (2014)使用多種市售的食品級 $\text{TiO}_2$ 進行特性研究分析，食品級 $\text{TiO}_2$ 及其TEM、XPS與UV/Vis DR分析如圖 4.2.1 所示，作者利用光譜法及其他分析技術定量出多種被報導出會影響環境宿命與毒性的參數(元素組成、晶型結構、尺寸及表面組成)。此外，作者也使用了一個常用於毒性研究的固體觸媒奈米 $\text{TiO}_2$  (P25)作為實驗比對的對象。此研究所使用到的 5 種食品級 $\text{TiO}_2$ 與一種P25皆是由純化的鈦的前驅物合成的工程製品，並非由塊材研磨所製程。

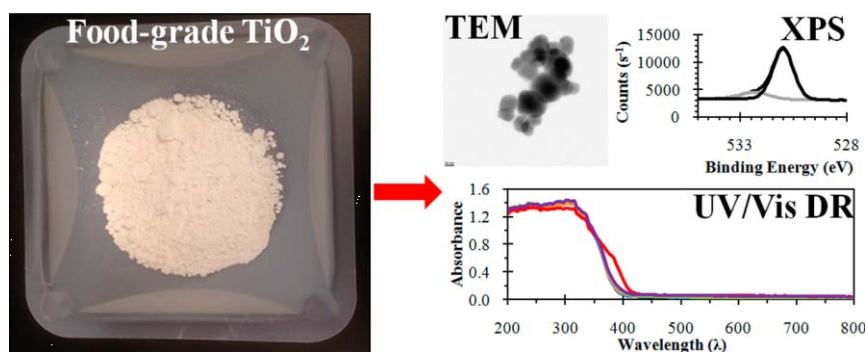


圖 4.2.1 食品級 $\text{TiO}_2$ 示意圖及其TEM、XPS與UV/Vis DR分析(Yang et al. 2014)

食品級 $\text{TiO}_2$ 樣品 1-4 皆由中國廠商製造，樣品 5 則是由義大利廠牌 FiorioColori製造，其中樣品 1、2、4 與 5 為粉末狀，樣品 3 為糊狀，上述 5 種食品級 $\text{TiO}_2$ 的TEM影像及微粒粒徑分布如圖 4.2.2 所示。根據TEM的量測結果顯示樣品 1-5 的粒徑分別為  $106 \pm 38$ 、 $122 \pm 48$ 、 $132 \pm 56$ 、 $124 \pm 42$  及  $117 \pm 41$  nm，其中 $<100$  nm的微粒所占整體數目比例分別為 35、23、21、17 及 19%，而P25的原始粒徑大小約  $23 \pm 10$  nm (所有原始微粒都小於 100 nm)。此外作者也分析 5 種食品級 $\text{TiO}_2$ 在超純水內的水力粒徑分布，樣品 1-5 的水力粒徑(hydrodynamic diameter)分別為 273、405、209、504 及 127 nm，其中樣品 1-4 水力粒徑皆大於



100 nm，樣品 5 的水合粒徑小於 100 nm 的微粒約占 29%，P25 的水力粒徑為  $210 \pm 62$ ，遠大於其原始粒徑。各樣品的XRD分析結果如圖 4.2.3 所示，樣品 4 包含了銳鈦礦與金紅石，其比例為 22:78，其晶相結構與P25 十分類似，但是P25 的晶相組成以金紅石為主，其他樣品多則以銳鈦礦型式為主。

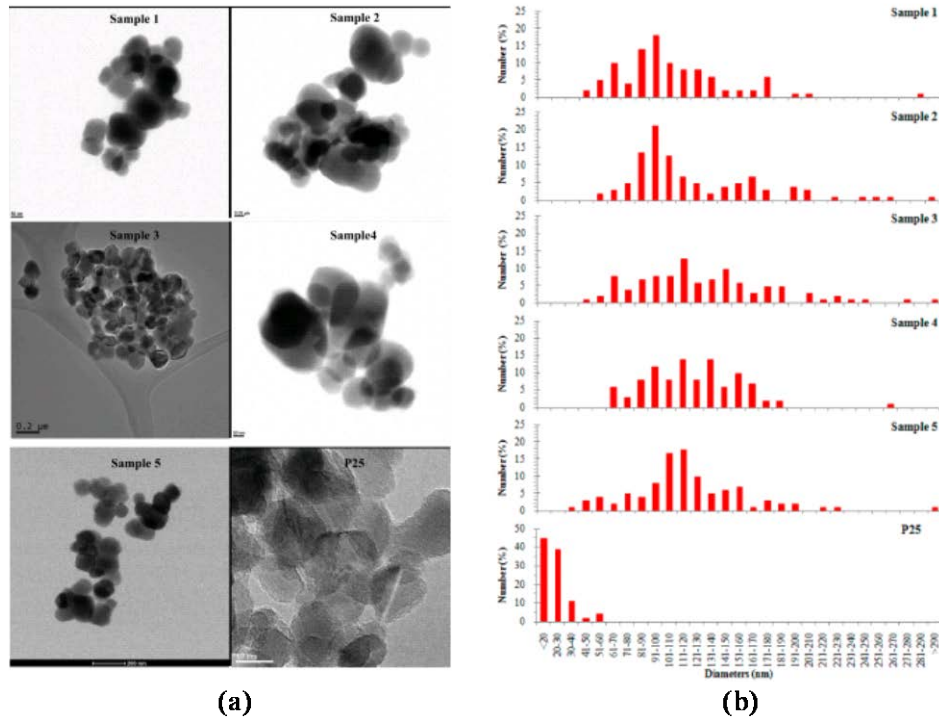


圖 4.2.2 (a)食品級TiO<sub>2</sub>與P25 之TEM影像；(b)TEM (ImageJ)分析出之微粒粒徑分布圖(Yang et al. 2014)

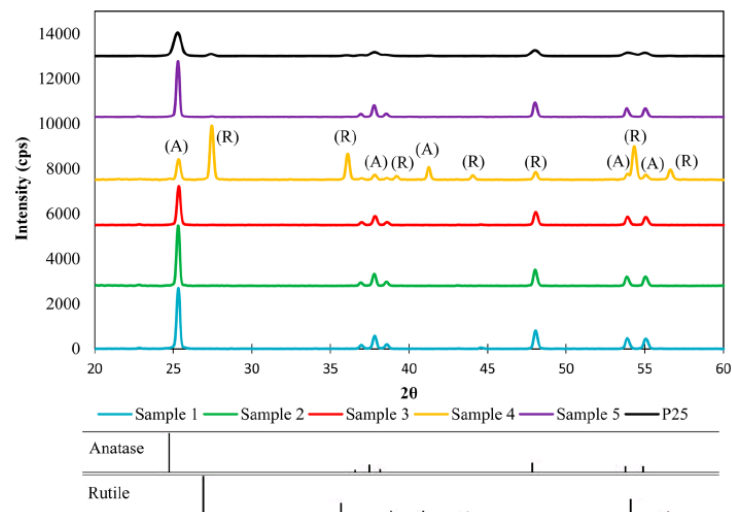


圖 4.2.3 食用級TiO<sub>2</sub>及P25 的XRD分析結果(Yang et al. 2014)

Yang et al. (2014)將 0.2 g 的食品級TiO<sub>2</sub>至入純水中均勻混合後，分別以 0.2

$\mu\text{m}$ 與 30 kDa (1 Da=1 dalton=1 道爾頓=1 個原子質量= $1.66 \times 10^{-27}$  kg)的濾紙過濾，濾出液再以ICP-MS分析鈦、磷、鋁與矽。在所有食品級 $\text{TiO}_2$ 的含鈦比例當中，除了樣品 3 的含鈦比例為 51%之外，其他樣品皆接近 100%。食品級二氧化鈦的濾出液皆檢測出含有磷成分，總磷濃度介於 0.5-1.8 mg/g  $\text{TiO}_2$ ，P25 的濾出液未偵測到磷成分。圖 4.2.4 (a)為經過 0.2  $\mu\text{m}$ 濾紙的食品級 $\text{TiO}_2$ 濾出液分析結果，5 種樣品的磷濃度分別為 0.7、0.7、0.3、0.1 與 0.7 mg/g  $\text{TiO}_2$ ，分別占了總磷含量的 52、51、61、4 與 45%。在經過 0.2  $\mu\text{m}$ 濾紙過濾的濾出水中，大約有 30-70%的磷含量為無機磷離子，其中僅有樣品 4 偵測不出磷離子。除了偵測鈦與磷之外，濾出水也檢測出微量的矽與鋁的成分。磷離子的存在表示無機磷(而非存在於食品級表面活性劑的有機磷)附著在 $\text{TiO}_2$ 的表面。XPS的分析結果顯示食品級 $\text{TiO}_2$ 的表面確實有磷的鍵結存在，而這些磷的鍵結主要來自於磷酸鹽的塗敷，使得食品級 $\text{TiO}_2$ 的表面擁有更多的負電，因此也提高它們在溶液與食品製備過程中的穩定性。

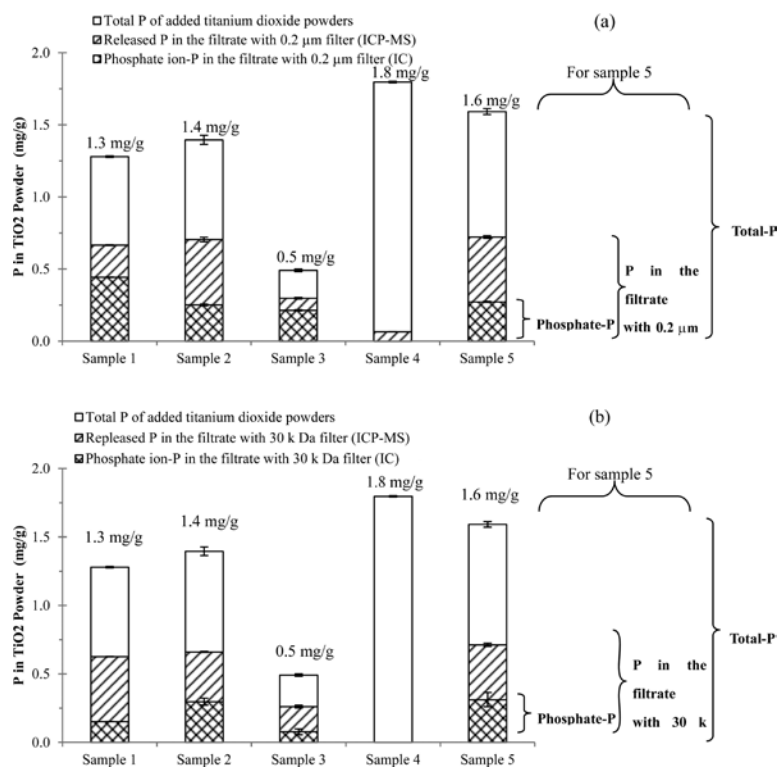


圖 4.2.4 食品級 $\text{TiO}_2$ 溶液含磷成分及比例：(a)經過 0.2  $\mu\text{m}$ 濾紙的濾出液分析結果；(b)經過 30 kDa濾紙的濾出液分析結果(Yang et al. 2014)

圖 4.2.5(a)為食品級 $\text{TiO}_2$ 樣品與P25的界達電位(iso-electric points, IEPs)的量測結果，樣品 1、3 與 4 的IEPs分別為 3.2、3.5 與 4，樣品 2 與 5 則低於 2.5，P25 的IEPs為 6.8，皆高於測試的 5 種食品級 $\text{TiO}_2$ 。作者發現在將 3.22  $\mu\text{g}$  P/g Ti磷酸鹽與P25 懸浮液混合後，P25 的IEPs將會有所變動，但變動的幅度不大。但加入

200  $\mu\text{g P/g Ti}$ 的磷酸鹽後，其IEPs將明顯的降低至 3.2，並且在 $\text{pH}>6$  後IEPs便非常穩定，如圖 4.2.5(b)所示，證實了 $\text{TiO}_2$ 表面吸附磷酸鹽後，可以降低IEPs。

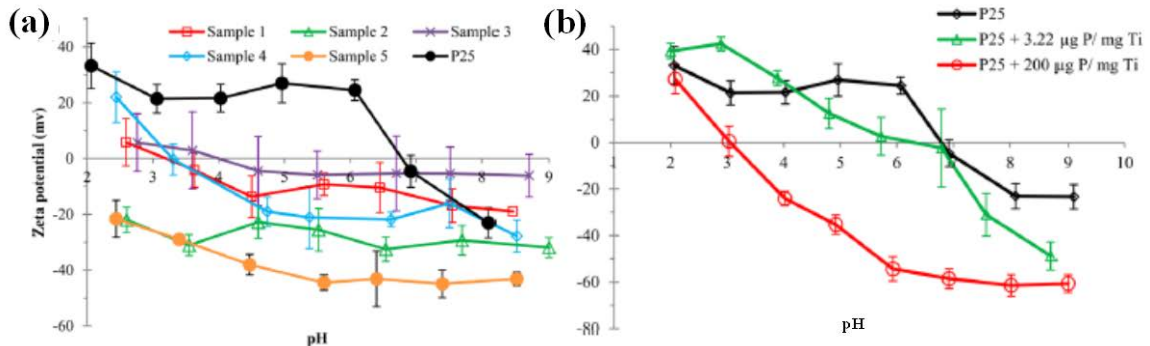


圖 4.2.5 平均界達電位：(a)食品級 $\text{TiO}_2$ 與P25；(b)加入不同磷酸鹽濃度的P25 (Yang et al. 2014)

根據光催化測試結果，作者發現 5 種食品級 $\text{TiO}_2$ 皆具有光敏材料的特性，其中以樣品 3 具有最高的光催化活性。若與P25 比較，陽離子染料更容易吸附於食品級二氧化鈦上，這個結果表示食品級二氧化鈦在環境中會有特別的反應潛勢。此研究最後指出食品級二氧化鈦的工程奈米物質特性與常用於毒性研究的P25 的特性截然不同，而且食品級二氧化鈦比P25 更容易進入環境當中(即有較高的環境暴露潛勢)，因此建議未來應對食品級 $\text{TiO}_2$ 與P25 的環境宿命與毒性作進一步的研究。

## 二、奈米碳管在大氣中的轉化可能會影響其毒性

CNTs 因具低質量密度、高機械強度、電子/電洞移動性與熱傳導等特性，廣泛的使用在消費產品中，如紡織品、汽車、電子設備、X 光管與電池。在這些含CNTs 產品的生命週期中，CNTs 被預期會進入環境(水、土壤與空氣)，最終進入人體。CNTs 的高比表面積與親油性所產生的生物活性可能會使大眾產生擔憂，CNTs 的毒性也受到大量的關注。雖然目前已有許多CNTs 在水體與土壤生態系統中的研究，但CNTs 暴露於大氣中的資訊仍嫌不足。

Liu et al. (2015)研究由臭氧與氫氧自由基化學改質的單壁奈米碳管(SWCNTs)，並透過模擬預期的對流層微粒(tropospheric particulate matter)的壽命，以了解其在大氣中的化學演化與毒性變化。研究結果顯示SWCNTs 的氧化反應大多會傾向羧酸的官能基化，但明顯的低於其它非大氣條件下的結果。Liu et al. (2015)指出儘管有發現官能化的證據，但也無法證明是臭氧與氫氧自由基導致SWCNTs 的氧化還原活性的變化與細胞毒性終點的變化。相反的，當SWCNTs 暴露於城市的大氣環境中，它可能會因為吸附了有機碳蒸氣，使其氧化還原活性以及細胞毒性明顯降低。Liu et al. (2015)提出SWCNTs 在大氣中的

轉化/官能基化可能會顯著的改變它的毒性，並建議未來應進一步研究大氣中的有機氣體與微粒對 SWCNTs 毒性的影響。

### 三、國際癌症研究署發表一份奈米碳管、氟淺閃石、矽化碳的致癌性評估報告

國際癌症研究署(International Agency for Research on Cancer, IARC)在 2014 年 10 月召開了一場致癌性評估會議，來自不同國家的 21 位專家依據 IARC 的致癌性分類標準，評估 SWCNTs 與 MWCNTs、氟淺閃石(fluoro-edenite)、矽化碳(silicon carbide, SiC)纖維與晶鬚的致癌性，並發表了一份致癌性評估報告。CNTs 可以由外徑為 1-3 nm 的單石墨烯圓柱體組成(即 SWCNTs)，或是在相同軸心內由多個直徑為 10-200 nm 在的石墨烯圓柱體組成(即 MWCNTs)。奈米碳管的長度通常介於幾百奈米到數十微米之間，其物化特性會因生產技術而有所變化。CNTs 的應用包含改進紡織品、塑膠、橡膠、電子以及其他複合材料的結構。報告指出 CNTs 在生產、處理以及反應器的清潔保養過程會有最高的逸散情況，而逸散出的通常可能為可呼吸範圍的團聚體。由於職業暴露的測量資料有限，消費者的暴露數據也尚未量化，且沒有人體致癌的資料可提供給 IARC 工作小組，因此現階段 CNTs 對人體致癌性的證據仍然不足。

目前有些 CNTs 的嚙齒動物試驗數據。IARC 的報告指出 MWCNT-7 (lot #05072001K28, Mitsui & Company, Japan)在大鼠(rats)的腹腔注射(intraperitoneal injection)與陰囊注射(intrascrotal injection)試驗，以及小鼠(mice)的腹腔內注射試驗中，會引起腹膜間皮瘤(peritoneal mesotheliomas)。也有研究顯示 MWCNT-7 的吸入會誘發雄性小鼠的細支氣管肺泡腺瘤(bronchioloalveolar adenoma)與上皮癌(carcinoma)。在一個腹腔注射研究中發現，兩種與 MWCNT-7 的尺寸相似的 MWCNTs(長度為 1-19  $\mu\text{m}$ ；直徑為 40-170 nm)也會引起雄性與雌性大鼠的間皮瘤；然而在另兩項 SWCNTs 的老鼠試驗研究的結果尚無法對 SWCNTs 的致癌性下定論。除此之外，CNTs 的吸入除了會引起嚙齒動物的急性或持續性肺部發炎、肉芽腫、纖維化、以及細支氣管或細支氣管肺泡增生，也會誘導遺傳病變，如 DNA 鏈斷裂、氧化的 DNA 鹼基、突變、微核形成與染色體的畸變。

總結來講，IARC 工作小組認為大多數的研究並沒有考量致癌機轉的證據，特別是與慢性終點(chronic endpoints)有關者。此外，由於缺乏多種不同的 CNTs 的一致性的致癌證據，所以無法針對其他種類的 CNTs 作成概括性的結論。根據既有的動物致癌性試驗結果，IARC 工作小組認為 MWCNT-7 有充分的致癌證據，其他兩種與 MWCNT-7 尺寸相似的 MWCNTs 則證據有限，而 SWCNTs 的致癌性證據不足。因此 IARC 工作小組將 MWCNT-7 歸類為可能致癌物(Possibly carcinogenic to humans, Group 2B)，其他的 SWCNTs 與 MWCNTs (除 MWCNT-7 外)因無足夠的動物或人體的致癌資料，所以無法歸類為人體的致癌物(Not classifiable as to its carcinogenicity to humans, Group 3)，等將來有更多研究數據時，ICRA 會再重新審定並作致癌性的分類。

### 四、防曬油和船底塗料內的奈米物質會對海洋生物造成傷害

奈米微粒可以通過皮膚接觸、食入或吸入進到人體。近年來，它們被迅速應用在材料、電子與醫藥等科技領域，以製造高效能源電池、石油洩漏的清理技術、抗癌技術、以及許多其他用途。然而，奈米物質對於環境和健康的影響較鮮為人知。目前有些機構正進行這方面的研究，如加州大學戴維斯分校的研究指出，常用於防曬油和船底塗料的奈米物質，會造成海膽胚胎易受到毒素的侵害。研究人員指出這可能會對沿海，海洋和淡水環境造成危害。這項研究結果發表於 *Environmental Science and Technology*，首次指出奈米物質可以用作化療增敏劑(chemosensitizers)。在癌症的治療中，化療增敏劑使腫瘤細胞對化療藥物的作用更加敏感。同樣的，奈米鋅和奈米銅會使海膽胚胎對其他化學物質更敏感，阻斷細胞中的運輸作用，而無法將毒素帶出細胞。奈米氧化鋅可用作化妝品的添加劑，如防曬油、牙膏和美容產品。奈米氧化銅通常用於電子工業和技術領域，也用作防污塗料(antifouling paints)，例如可以防止藤壺(barnacles)和貽貝(mussels)等附著到船體上。

加州大學戴維斯分校 Coastal Marine 實驗室的 Gary Cherr 教授指出，在低濃度下，這兩種奈米材料都是無毒的，但是對於處於敏感生命階段的海膽來說，奈米物質會破壞保護海膽免受環境毒素侵害的防禦機制。在奈米物質的安全設計方面，Gary Cherr 希望此研究與奈米物質的使用能保持同步，從而得到安全的奈米物質設計。

##### 五、地表水中的奈米銀和奈米氧化鋅-歐洲高時間與空間解析度的暴露量估計

Dumont et al. (2015)利用全球水可利用性評估模式(Global Water Availability Assessment Model, GWAVA)，以模擬兩種常見被排放至地表水的 ENPs 的濃度：奈米銀(Ag)和奈米氧化鋅(ZnO)，也說明最壞情況下的 ENPs 模擬濃度。GWAVA 主要利用明確的空間和時間來模擬河川流量和一些水文變量，如湖水量和人為用水量。Dumont et al. (2015)為了模擬 ENP 的濃度，GWAVA 水質模組(圖 4.2.6)最重要的輸入是地表水的 ENP 負荷量。此研究是在預測粒徑小於 100 nm 的 ENPs 的濃度，因此未使粒徑大於 100 nm 或個別分子的轉化不會被算入 ENP 損失，如硫化、磷化、懸浮物質的可逆吸附，與會大幅改變物質的大小的聚合和溶解程序不同。

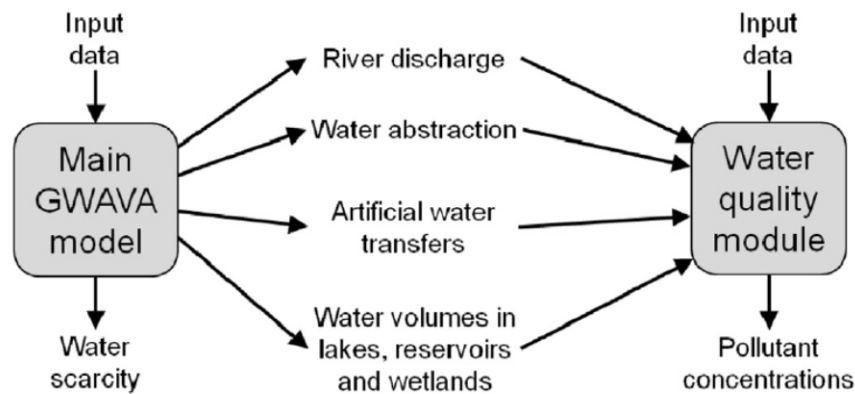


圖 4.2.6 GWAVA 概述(Dumont et al. 2015)

在地表水中奈米微粒的負荷量的部分，輸入到 GWAVA 中的各種地表水 ENP 負荷量使用個別的網格狀地圖(5' x 5' 解析度)來表示。這些網格的製作分兩步驟進行：(1)計算汙水處理廠(sewage treatment plants, STPs) ENP 的負荷量；(2)計算 STP 放流水的 ENP 負荷量。下列公式 4.2.1 總結了用於各網格的步驟一：

$$L_{cell} = L_p \times P_{cell} \quad (4.2.1)$$

$L_{cell}$  為指定單元網格中 ENP 於廢水中的負荷量( $\text{kg year}^{-1}$ )， $L_p$  為每個人產生的 ENP 負荷量， $P_{cell}$  為此單元網格中其家庭有連接到 STPs 而排放至河流的人數。其中  $L_p$  由歐洲內 ENP 負載到 STPs 的總量( $\text{kg year}^{-1}$ )除以歐盟 27 國總人口數來估計。歐洲內 ENP 負載到 STPs 的總量最可能的值為每年奈米氧化鋅 105 萬公斤、奈米銀 8850 公斤，歐盟統計局指出 2013 年歐盟 27 國有 5.03 億的人口數，因此歐盟 27 國內每人每年的 ENP 負載到 STPs 的量為奈米氧化鋅 2.1 g、奈米銀 0.018 g。

過去已有數個研究估計歐盟內的奈米銀產量，可作為釋放到 STPs 的 ENPs 量。從全世界每人每年 15  $\mu\text{g}$  到瑞士的每人每年 405 mg，而在同行評審文獻中，奈米氧化鋅產量為每人每年 0.11 g 到 3.2 g。此文據以計算釋放到 STPs 的 ENPs 量的奈米銀產量的估計值取上述文獻的中間範圍(每人每年 64 mg)，而奈米氧化鋅取上述文獻的高值(每人每年 3.2 g)。 $P_{cell}$  的值取自一描述歐洲各汙水排放點的數據集，不包含在歐洲經濟區的國家，波蘭、瑞典、瑞士、克羅地亞、塞爾維亞、馬其頓、阿爾巴尼亞、黑山、波斯尼亞和黑塞哥維那則使用模擬的數據，此數據為將 2013 人口地圖中的人口分配到排水區所模擬而得，而未連接到汙水處理系統的人口則不被列入計算。

公式 4.2.1 的結果用於公式 4.2.2 來計算某特定地區汙水( $\text{kg km}^{-2} \text{ year}^{-1}$ )對地表水造成的 ENPs 負荷量  $L_{*cell}$ ( $\text{kg km}^{-2} \text{ year}^{-1}$ )。公式 4.2.2 的  $A_{cell}$  為單元面積( $\text{km}^2$ )， $STP_{rem}$  為歐盟 27 國內 STPs 中 ENPs 平均被移除的比例。奈米銀的  $STP_{rem}$  值為 0.93，此值取自 10 份範圍在 0.85 到 0.99 間的文獻的平均值，而奈米氧化

鋅的STP<sub>rem</sub>值為 0.84，此值取自 3 份範圍在 0.81 到 0.98 間的文獻的平均值。最糟狀況的模擬將使用上述文獻中的最低值，奈米銀 0.85 與奈米氧化鋅 0.81。

$$L_{cell}^* = L_{cell} / A_{cell} \times (1 - STP_{rem}) \quad (4.2.2)$$

在模擬地表水中奈米微粒的傳輸與耗損的部分，地表水中的ENPs負荷量(湖泊、河川、濕地、水庫)為模擬出的 $L_{cell}^*$ ，此ENPs的濃度也要考慮由河流流量造成的稀釋與損失，河流流量的時空變化則是由 1970 - 2000 年的月氣象觀測數據來模擬，抽水(例如用於灌溉)以及蒸發造成的濃度增加皆有列入考慮。基於奈米氧化鋅的研究與以及一些關於不同ENPs的文獻綜述，河水中ENPs的損耗遵守 1 階動力學，因此ENP損耗由 1 階反應來模擬如下：

$$dC/dt = -kC + f(C, t, cell) \quad (4.2.3)$$

$C$ 為任何時間任意模擬地表水體中任意ENP的濃度( $\text{kg m}^{-3}$ )， $t$ 為時間(s)， $k$ 為關於地表水ENPs沉澱與溶解的一階損耗係數( $\text{s}^{-1}$ )， $f(C, t, cell)$ 為非針對ENPs的模擬變量的影響，如隨著 $C$ 、 $t$ 和單元網格而變化的水文變量。公式 4.2.3 意味著可以無視同相聚合對NPS損耗的影響，因為同相聚合為 2 階反應，因此公式 4.2.3 與常見的極低濃度水體狀況相符，因為低濃度下同類型的ENPs不易相撞，且代表在水中滯留時間越長，越多ENPs將被轉換。

氧化鋅的 $k$ 值為  $1.257 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ，此 $k$ 值所對應的半衰期為 15.3 小時，在此假設奈米氧化鋅的溶解對奈米氧化鋅的損耗無影響，因為奈米氧化鋅溶解速率比 $k$ 值小了 391 倍，而最糟狀況則使用 $k=0$  來進行模擬。研究發現STP放流水中所有的奈米銀都會被懸浮生物固體吸收，因此從STPs排出的地表水中奈米氧化銀損耗速率可以視為等同於懸浮生物固體的沉降速率，所以奈米銀的 $k$ 值為  $1.26 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，此 $k$ 值對應的半衰期為 1.5 小時，最糟狀況使用 $k=0$  來進行模擬。在此不將吸收到懸浮生物固體視為ENPs損失的理由為：(1)被吸收的ENP仍可能具有生物可利用性；(2)被吸收奈米銀與水中奈米銀呈平衡狀態，因此被吸收的奈米銀可能成為水中奈米銀的來源。溶解造成的奈米銀損失則因為遠小於沉降損失而被忽略。

Dumont et al. (2015)計算出模擬期間內各格點的 372 個月(即 31 年)濃度的平均值、中間值與第 90 百分位數，並發現造成此 372 個濃度變動的主因是每個月之間的水文變量(排水、取水、水位)會有幾個數量級之變化，濃度的中位數與平均值可用於代表生物組織慢性暴露與累積而造成的健康影響。這些統計數據以地圖與累積頻率曲線表示，地圖指出濃度的空間分布情況，可用來評估何處可能超過臨界值，累積頻率曲線可得知超過某特定濃度的比率為何。

Dumont et al. (2015)總結指出人煙稀少的地區，如冰島，斯堪的納維亞和蘇格蘭的兩種ENPs皆顯示最低的第 90 百分位濃度(圖 4.2.7.和圖 4.2.8)，在人口稠密地區則反之。此種模式在暑期會稍有不同，在歐洲的東部及南部第 90 百分位濃度會因為相對低的排水量而偏高。ENPs濃度的分布模式有時在國家邊界出現變化，其原因有 2 個：(1)出水點數據完整性的不同；(2)用來在模擬 $P_{cell}$ 之人口密度圖的空間解析度不同。局部的高濃度往往出現在大城市附近。區域若無較大的河段匯合，則濃度往往不會在下游方向發生大的變化，例外的情形通常是由於水庫的存在，使一些大的河流中的濃度突然下降至相對低之水平，此現象可在一些西班牙大型河川中的奈米氧化鋅觀察到，在水庫的下游，有時長達 15 到 40 公里的河段有很低的奈米氧化鋅濃度(圖 4.2.7)。在河川系統的更下游段，濃度有偏高的趨勢，因為STP通常在河川下游排放。

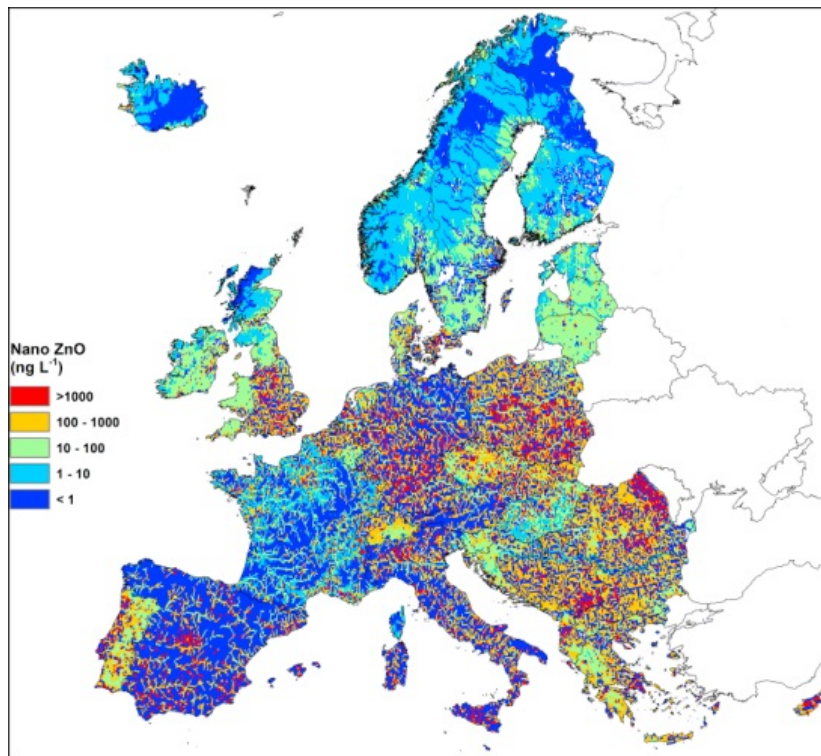


圖 4.2.7 奈米氧化鋅的 90 百分位濃度預測圖(Dumont et al. 2015)



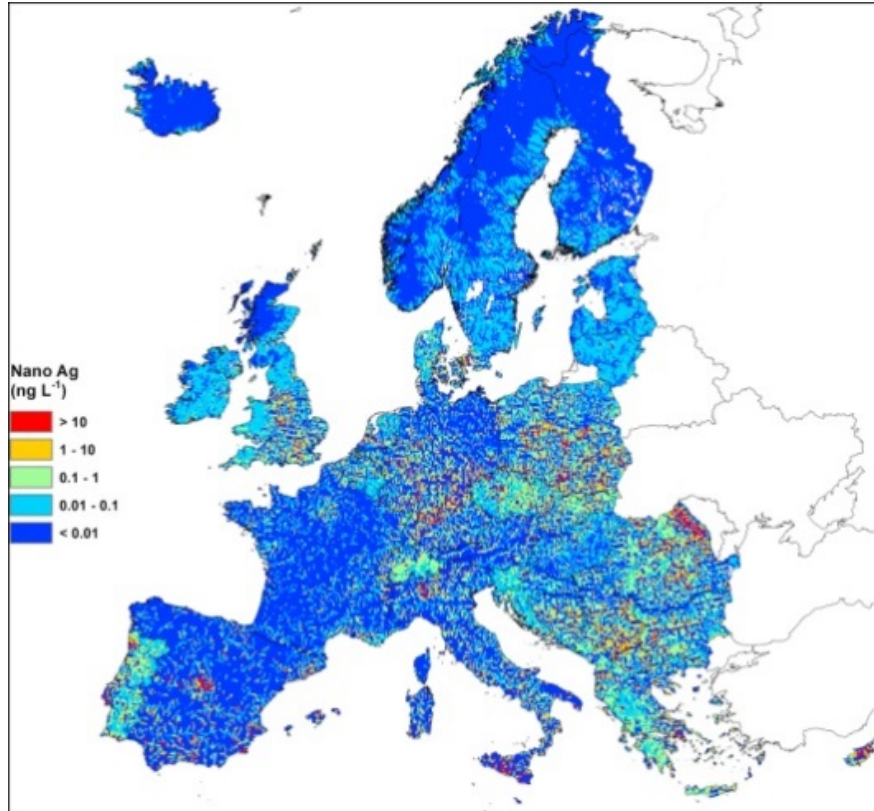


圖 4.2.8 奈米銀的 90 百分位濃度預測圖(Dumont et al. 2015)

一半的河段的長期平均濃度為奈米銀大於  $0.002 \text{ ng L}^{-1}$ 、奈米氧化鋅大於  $1.5 \text{ ng L}^{-1}$ ，在前 10% 高濃度的河段中奈米銀到達  $0.3 \text{ ng L}^{-1}$ 、奈米氧化鋅到達  $300 \text{ ng L}^{-1}$  (圖 4.2.9)，在前 10% 高濃度的河段奈米銀和奈米氧化鋅的中位數濃度分別超過  $0.17 \text{ ng L}^{-1}$  和  $160 \text{ ng L}^{-1}$ 。奈米銀在最壞情況下的第 90 百分濃度比預期情況下高出幾乎 13 倍，奈米氧化鋅則高出大約 2 倍。

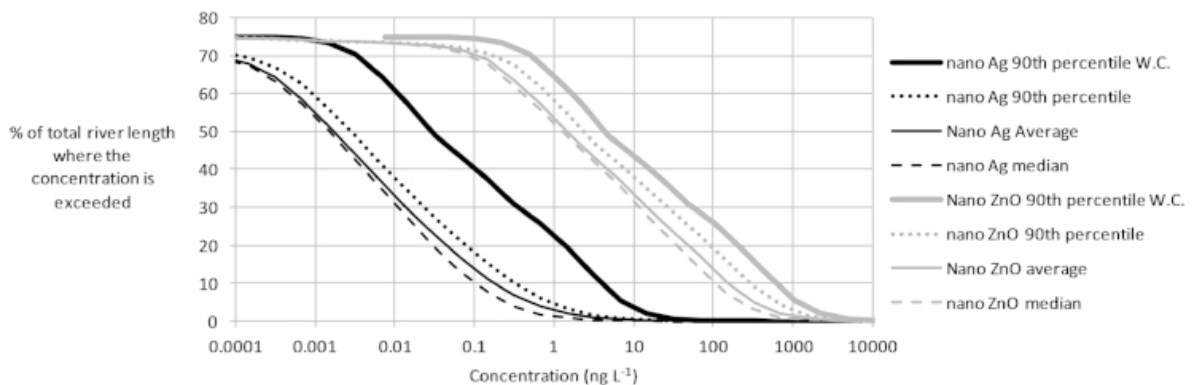


圖 4.2.9 歐洲河中奈米微粒濃度的累積曲線(Dumont et al. 2015)

奈米銀和奈米氧化鋅無官方的排放數據可作參考，且奈米銀的產量可以差到 5 個數量級，這些因素皆會增加模擬的不確定性。雖然 Dumont et al. (2015)

已使用最可靠的數據，但是此資料的原始數據仍指出奈米銀和奈米氧化鋅的產量分別可能比資料上的數據高出 1.6 與 4.3 倍，因此水中濃度的資料也可能高出 1.6 到 4.3 倍。垃圾掩埋場溶出的 ENPs 也可能是造成 ENPs 輸入值低估的原因之一，長時間而言此溶出量可能會變成重要因子。

此研究僅考慮家庭應用的 ENPs，所以可能會低估一些地方的 ENPs 濃度，例如在一些處理 ENPs 相關工業廢水的 STP 附近。ENPs 濃度的空間變化也可能被低估，因為 Dumont et al. (2015) 缺乏適當的資料，所以假定歐洲每人排放到污水系統的 ENPs 量為定值，但現實上卻存在許多變數。另外缺乏對兩個重要參數的數據也是一個原因，其一為地表水耗損係數  $k$  被假設為常數，其二為  $STP_{rem}$  被假設為常數。 $STP_{rem}$  和  $k$  的誤差可能造成高於預期值 2 到 13 倍的誤差，地表水 ENPs 耗損速率的資料過少也是造成不確定性的原因之一。

另外，最近仍有許多學者針對奈米物質的環境暴露及影響進行研究。如 Arvodsson et al. (2014) 針對石墨烯的二種製造方法進行生命週期評估，結果發現超音波法的製程比化學還原法的能耗較低且用水較少，但對人體健康及生態毒性的衝擊較大，然而若是加上溶劑回收時，超音波法在各種衝擊面會最低，且可以降低化學還原法的藍水足跡(blue water footprint)。

#### 六、工程奈米物質在多環境介質中的分布

ENMs 具有穿過不同環境界面的能力，因此常常會存在於環境介質中(空氣中或地表水中)。顯然地，現場監測 ENMs 的濃度對於評估多環境介質中工程奈米物質的分布相當重要，但現今測量環境中工程奈米物質的技術仍在發展階段。

Liu and Cohen (2014) 發展出多環境奈米物質分布模型(model for multimedia environmental distribution of nanomaterials, MendNano)，並選定數種 ENMs (氧化鋁、氧化鈣、氧化銅、四氧化三鐵、二氧化鈦、氧化鋅、銀、奈米黏土、二氧化矽以及奈米碳管)來模擬其在環境中的分布，分析的地區包含了國家規模的美國與瑞士以及地區規模的洛杉磯縣，模擬的時間則至少大於 1 年。圖 4.2.10 為環境隔室以及介質間物質傳輸作用示意圖，此方法將環境視為許多充分混和的隔室的集合體，每個隔室代表不同的介質(如大氣、水、表層土壤或沉積物)或生物群(如水生生物或植被)，且會與相鄰的隔室進行介質間物質傳輸作用。

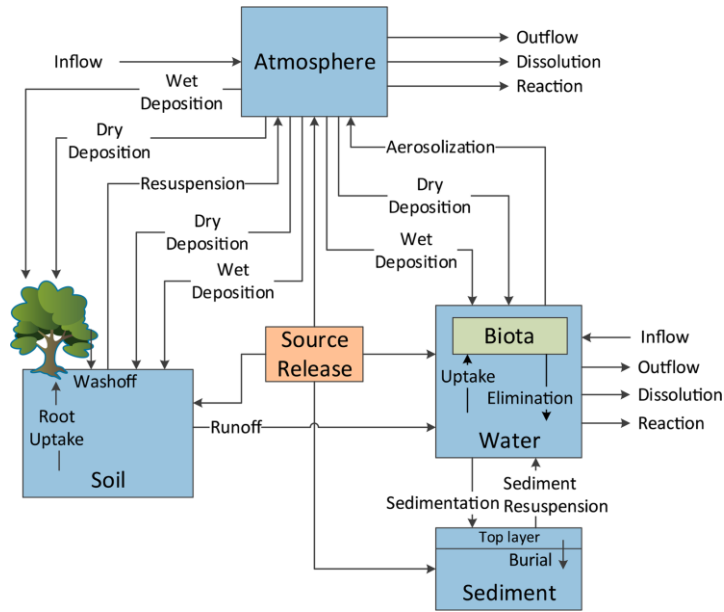


圖 4.2.10 環境隔室以及介質間物質傳輸作用示意圖(Liu and Cohen 2014)

圖 4.2.11 為多環境奈米物質分布模型架構示意圖，多環境奈米物質分布模型由以下幾個模組組成：情境設計以及輸入參數、介質間傳輸作用、模型方程式演算法、結果報告以及結果視覺化，而模擬所需輸入的參數包括工程奈米物質性質、環境微粒性質、來源釋放速率、地理參數以及氣候參數。

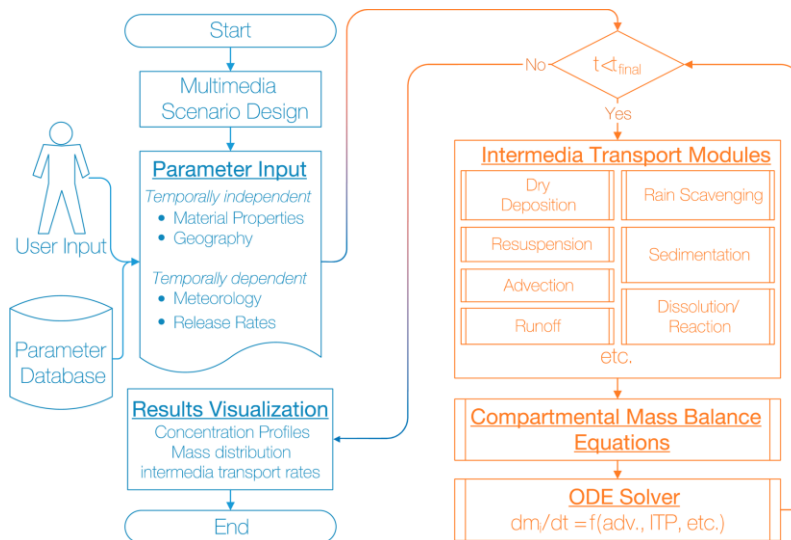


圖 4.2.11 多環境奈米物質分布模型架構示意圖(Liu and Cohen 2014)

為了模擬 ENMs 在多環境介質中的分布情況，此模型將微粒的粒徑分布劃分為數個尺寸區間，並使用數個質量平衡式來描述各種介質間的傳輸作用。某隔室中第 k 尺寸區間的動態質量平衡通式如下：

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}[V_i C_{i,k}] &= (Q_i^{in} C_{i,k}^{in} - Q_i^{out} C_{i,k}) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^P I_{i,j,k}^l \\ &+ \sum_{n=1}^U R_{i,k}^n + S_{i,k} \quad k = 1 \dots N; \quad i = 1 \dots T \end{aligned} \quad (4.2.4)$$

$N$ 為尺寸區間的總數， $V_i$  [ $\text{m}^3$ ]為第 $i$ 個隔室的體積， $C_{i,k}$  [ $\text{g m}^{-3}$ ]為第 $i$ 個隔室內第 $k$ 尺寸區間中的ENMs濃度。式 1 等號右方第一項代表平流質量傳輸，其中 $Q_i^{in}$ 和 $Q_i^{out}$ 分別為流入與流出第 $i$ 個隔室的流量 [ $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ] (註：只有氣體隔室與水體隔室有平流作用)、 $C_{i,k}^{in}$ 為入流的ENMs濃度 [ $\text{g m}^{-3}$ ]，等號右方第二項代表與隔室 $i$ 相鄰的所有隔室( $M$ )的所有傳輸作用( $P$ )所造成的淨傳輸率，其中 $I_{i,j,k}^l$  [ $\text{g s}^{-1}$ ]為隔室 $i$ 與 $j$ 間傳輸作用 $l$ 的物質傳輸速率。ENMs在環境中會受到各種轉化作用，如溶解、化學反應與生物轉換，第 $i$ 個隔室內第 $k$ 尺寸區間中工程奈米物質的轉換作用 $n$ 的轉換速率 [ $\text{g s}^{-1}$ ]表示為 $R_{i,k}^n = r_{i,k}^n V_i$ ，其中 $r_{i,k}^n$ 為單位體積的ENMs轉換速率 [ $\text{g m}^{-3}$ ]。最後， $S_{i,k}$ 為第 $i$ 個隔室內第 $k$ 尺寸區間中ENMs來源的釋放速度 [ $\text{g s}^{-1}$ ]。

公式 4.2.4 中的介質間傳輸速率 $I_{i,j,k}^l$ ，可由數個介質間傳輸機制模型來模擬。簡略來說，水、土壤、植被的乾沉降速度以及氣相的粒徑分布是影響乾沉降率的因素，而降雨強度、水滴粒徑分布以及懸浮微粒的粒徑分布是影響濕沉降洗除率與所需洗除比的因素。植物葉面上的ENMs洗除速率由葉面保水能力決定，風再懸浮率由包含土壤性質因素的風蝕方程式 (Wind Erosion Equation, WEQ)決定，而逕流造成的土壤流失以修訂版的通用土壤流失公式計算，此公式考慮了土壤沖蝕指數及地形因素。氣化速率(如微粒從水到空氣中)使用風速來估計，水中懸浮微粒的沉降速度使用史托克定律並同時考慮ENMs團聚的孔隙率來決定，而沉積的微粒再懸浮至水中的速率可由考慮逕流造成沉積物表面壓力的模型來決定，ENMs的溶解速率使用典型的擴散模型來預估，最後，生物與植物根部則使用簡單的攝取速度模型來模擬。

上述的質量平衡式(公式 4.2.4)可根據空氣與水中的特定介質間傳輸作用再分別表示為公式 4.2.5 及公式 4.2.6：

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}[V_a C_{a,k}] &= I_{s,a}^{resusp} + I_{w,a,k}^{aerosol} - \sum_j I_{a,j,k}^{dry} - \sum_j I_{a,j,k}^{wet} \\ &+ (Q_a^{in} C_{a,k}^{in} - Q_a^{out} C_{a,k}) + R_{a,k} + S_{a,k} \quad k = 1 \dots N \end{aligned} \quad (4.2.5)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt}[V_w C_{w,p}] &= \sum_k I_{a,w,k}^{dry} + \sum_k I_{a,w,k}^{wet} + I_{sed,w}^{sedresusp} + I_{s,w}^{runoff} \\
 &+ I_b^{elim} - I_{w,sed}^{sed} - I_{w,a,p}^{aerosol} - I_{w,b,p}^{uptake} \\
 &+ (Q_w^{in} C_{w,p}^{in} - Q_w^{out} C_{w,p}) + R_{w,p} \\
 &- K_{i,k}^{diss} (C_w^{(s)} - C_w^{(diss)}) A_{T,k} + S_{w,p} \quad p = 1 \dots N
 \end{aligned}
 \tag{4.2.6}$$

公式 4.2.5 等號右方前 4 項分別為工程奈米物質的風再懸浮速率、氣化速率(從水體)、大氣乾溼沉降速率。公式 4.2.6 等號右方前 8 項分別代表大氣乾濕沉降到水體、沉積物再懸浮、逕流(從土壤到水體)、生物體消耗、沉積、氣化、生物體吸收的速率。式中 a、b、s、w、sed 分別代表空氣、生物、土壤、水體、沉積物，k、p 則分別代表空氣與水中第 k 及第 p 個尺寸區間的粒徑範圍。

典型的環境下，ENMs 會產生團聚並阻礙入滲作用，因此一般會沉積在表土層(土壤或沉積物的表面)。依照上述，ENMs 在土壤與沉積物中的重量  $m_s$  與  $m_{sed}$  將以下列質量平衡式表示

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt} m_s &= \sum_k I_{a,s,k}^{dry} + \sum_k I_{a,s,k}^{wet} + I_{f,s}^{washoff} - I_{s,a}^{resusp} - I_{s,w}^{runoff} \\
 &- I_s^{root} + R_s + S_s
 \end{aligned}
 \tag{4.2.7}$$

$$\frac{d}{dt} m_{sed} = I_{w,sed}^{sed} - I_{sed,w}^{sedresusp} - I_{sed}^{burial} + R_{sed} + S_{sed}
 \tag{4.2.8}$$

公式 4.2.7 等號右方前 6 項依序代表 ENMs 藉由乾沉降、溼沉降以及從植物葉面沖刷到土壤的速率，與藉由風再懸浮、逕流以及植物根部吸收從土壤去除的速率，第 7、8 項則代表 ENMs 的轉換速率以及來源釋放速率。公式 4.2.8 等號左方 5 項分別代表 ENMs 的沉積、再懸浮(從沉積物)、掩埋、轉換與來源釋放速率。

在多介質隔室模型的架構中，可將生態受體(如植物、生物體)視為額外的隔室，因此 ENMs 沉積在葉面上的速率  $m_f$  以及被根部吸收的速率  $m_{root}$ ，可用下列式子表示

$$\frac{d}{dt} m_f = \sum_k I_{a,f,k}^{dry} + \sum_k I_{a,f,k}^{wet} - I_{f,s}^{washoff}
 \tag{4.2.9}$$

$$\frac{d}{dt} m_{root} = I_s^{root}
 \tag{4.2.10}$$

公式 4.2.9 等號右方依序代表 ENMs 藉由乾沉降、溼沉降以及從葉面上清洗掉的速率，公式 4.2.10 等號右方為 ENMs 藉由植物根部吸收的去除速率。

Liu and Cohen (2014)指出環境微粒的濃度遠高於只考慮ENMs釋放量而計算出的濃度。因環境微粒具有大表面積，ENMs與他們容易產生團聚的現象，造成ENMs與環境微粒容易結合在一起，因此空氣或水中的介質間傳輸會受到其他環境微粒粒徑分布的影響。環境氣膠的粒徑通常介於 0.001-2  $\mu\text{m}$ 間，自然水體中的懸浮固體在湖中、海中與河中的粒徑分別介於 0.01-1  $\mu\text{m}$ 、1-100  $\mu\text{m}$ 以及 30-150 nm間，濃度則根據不同水體有很大的變化(從 30  $\mu\text{g L}^{-1}$ 到 200  $\text{mg L}^{-1}$ )。工程奈米物質對環境微粒的附著效率是主宰不同環境介質中顆粒相工程奈米物質分布的重要因素，考量附著效率的ENMs的團聚需求解斯莫盧霍夫斯基的膠結方程(Smoluchowski coagulation equation)，但解出此方程式需花費電腦數小時到數天的時間，對於評估多介質中的濃度較不切實際。為了降低模擬的複雜度，並同時保留探索ENMs附著到其他環境微粒的濃度，此研究導入附著因子，此因子定義為ENMs附著到環境微粒的比例，且其值介於 0 到 1 間(即未附著至完全附著)。使用附著因子、水的化學性質、ENMs和環境微粒的粒徑以及化學性質即可模擬出環境中工程奈米物質的分布情況。

圖 4.2.12 為地區氣象以及 ENMs 的相對釋放速率對洛杉磯地區濃度分布影響的示意圖(模擬期間 1 年，且工程奈米微粒僅直接釋放到水與空氣中)，如作者所預期，空氣中的 ENMs 的濃度與其來源釋放速成正相關，而水中有相似的情況，水中工程奈米物質的濃度與來源釋放速度也成正相關(除了難溶於水的 ENMs 外，如氧化鐵、氧化鋅、銀、氧化銅)，因為 ENMs 釋放到水中的速度為控制介質間傳輸的主要因素(如大氣沉降或逕流)。

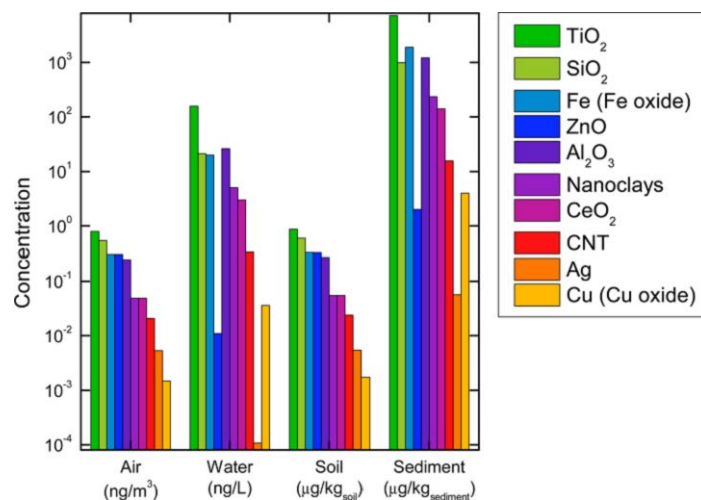


圖 4.2.12 洛杉磯地區模擬濃度示意圖(Liu and Cohen 2014)

在缺乏 ENMs 直接排放到土壤的情況下，大氣沉降為土壤中 ENMs 的唯一

來源，如圖 4.2.13 所示(模擬期間 1 年，其餘環境條件與圖 4.2.12 一樣)，土壤中二氧化鈦僅佔總質量分布的 2.53%，而大氣濕沉降為主要來源。若考慮直接排放到土壤的狀況，土壤中 ENMs 佔總質量的百分比將大幅上升(77.01–99.90%)。相似的，ENMs 在水中的濃度排序會相似於其在空氣中的濃度排序，且大氣沉降一樣為主要的來源。若考慮 ENMs 質直接排放到土壤的狀況，空氣與土壤中 ENMs 的濃度(相較於缺乏直接排放的狀況)將分別增加最多 3 倍與 106 倍(因土壤中 ENMs 的濃度越高，空氣中藉由風再懸浮輸入 ENMs 的速率也會提高)，而水中與沉積物中的含量則最多佔總 ENMs 質量的 6% 以及 0.2%。此外，在洛杉磯的例子，隨著二氧化鈦釋放到土壤中的分率從 0% 增加到 100%，其在空氣與土壤中的濃度將會分別增加 5.8 以及 236 倍，多介質中 ENMs 的質量分布會顯著地受到總釋放速率對各介質的分配比例的影響。舉例來說，當洛杉磯地區 ENMs 釋放到空氣中與水中的比例從 4:1 降到 1:0(即完全釋放到空氣中)時，二氧化鈦在水中與土壤中佔總 ENMs 質量的百分比將分別從 0.66% 及 49.25% 減少到 0.01% 以及 2.06%。

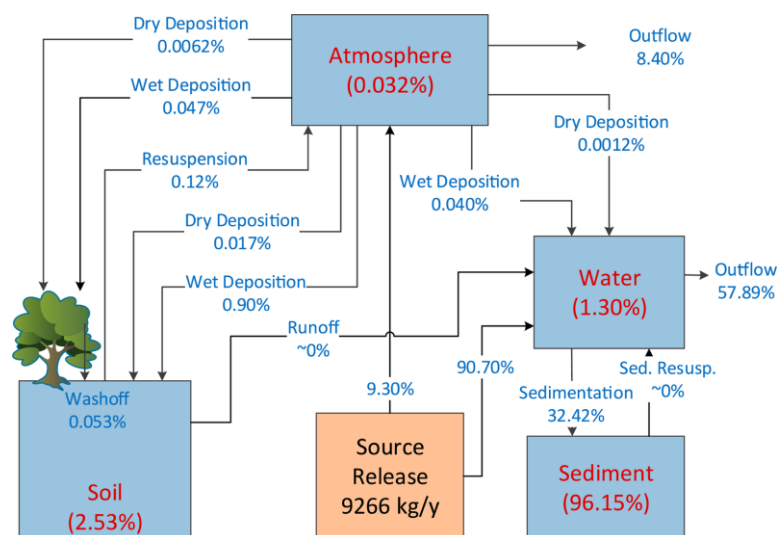


圖 4.2.13 二氧化鈦在各介質間的傳輸速率以及各環境隔室中質量分布的示意圖 (Liu and Cohen 2014)

圖 4.2.14 為隔室中 ENMs 濃度動態演變的示意圖，空氣與水中的 ENMs 濃度在短時間內(分別為 72 小時及 8 天)會趨近平衡態，而沉積物中的濃度則會持續上升。ENMs 在大氣中的濃度會受到降雨的影響而快速下降，並在降雨過後持續上升至平衡態，相對的，土壤中的 ENMs 濃度會隨著每次降雨而持續上升。在缺乏 ENMs 直接排放到水中的情況，水中的濃度會在每次降雨時因濕沉降的作用而升高，並在降雨過後下降。

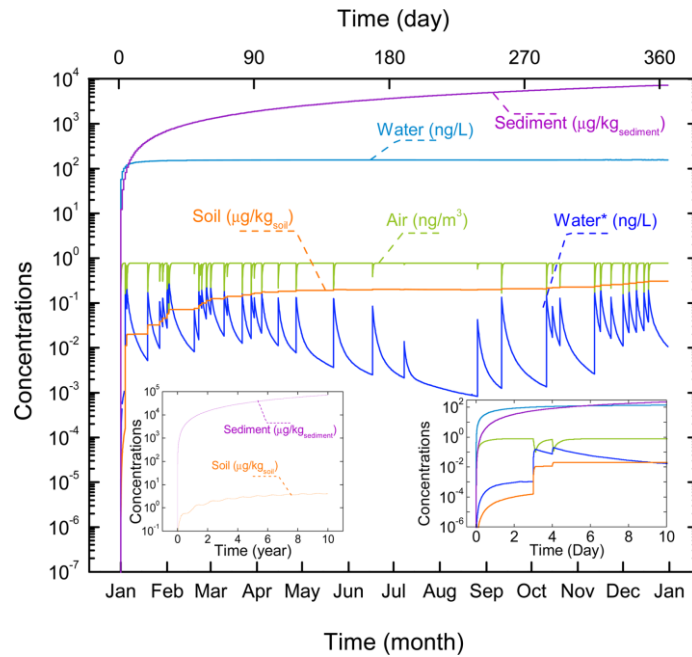


圖 4.2.14 洛杉磯地區二氧化鈦濃度隨時間變化圖(Liu and Cohen 2014)

圖 4.2.15 為附著因子對 ENMs 在水中以及沉積物中的影響的示意圖，當附著因子超過 0.7，ENMs 在水中的濃度會快速下降、在土壤中的濃度會大幅上升，因為越多 ENMs 附著到大環境懸浮微粒上，會加強 ENMs 藉由沉澱並從水體中去除的效應。除此之外，ENMs 藉由對流的去除速率會受到工程奈米物質與環境懸浮微粒的比例影響，如圖 4.2.15 中的小圖所示，當附著因子增加，水中 ENMs 由對流去除的百分比會降低，由沉澱去除的百分比會增加並使水中濃度降低，然而整體來說，對流去除效率仍比沉澱去除效率高了 2~200 倍。

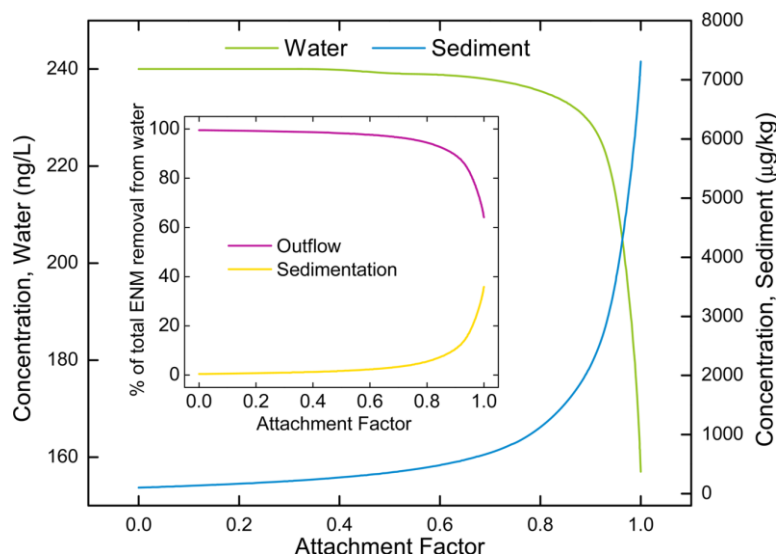


圖 4.2.15 附著因子對二氧化鈦在水中與沉積物中影響的示意圖(Liu and Cohen 2014)



最後Liu and Cohen (2014)指出一般來說奈米物質被視為非水溶性物質，但仍有數種ENMs表現出顯著的水溶性(如氧化鋅、銀、氧化銅、氧化鐵)，使這些奈米物質因在水中以及沉積物中有著較低的濃度。如氧化鋅具有相當高的溶解度(環境水體中鋅濃度比氧化鋅溶解度低一點)，造成實際上所有氧化鋅都會溶解。圖 4.2.16 為溶解度對ENMs去除速率的影響的示意圖，當ENMs溶解度低於  $5 \times 10^{-5} \text{ mg L}^{-1}$  時，溶解效應對水體中ENMs的濃度影響很低，但當溶解度增加時，水中ENMs濃度即開始下降。ENMs的溶解度越高，其在沉積物中的濃度也越低。

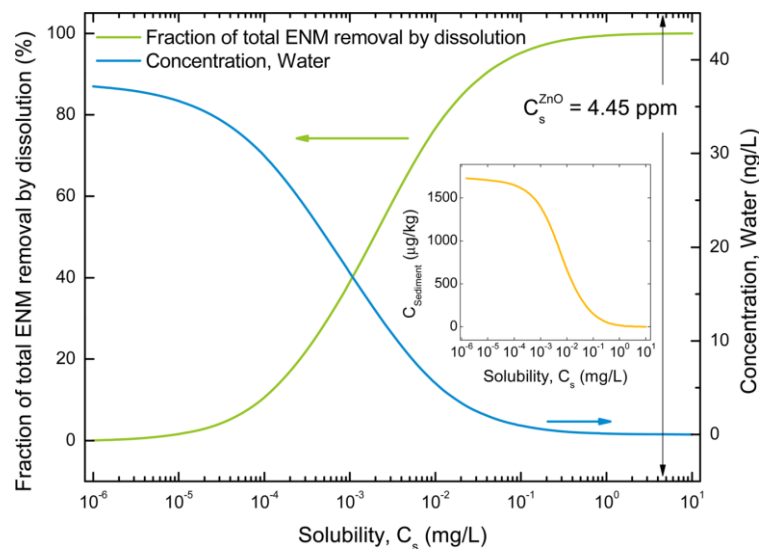


圖 4.2.16 工程奈米物質溶解度對水中濃度的影響的示意圖(Liu and Cohen 2014)

#### 七、低濃度奈米銀的長期體外暴露實驗提供了奈米材料毒性評估的新見解

由於奈米材料(nanomaterials, NMs)有著新穎的物理化學性質及無限的潛力，推動不同領域的科技發展。然而，當細胞暴露於NMs中，會引發不良的反應為一個重大的問題。吾人尚未完全了解NMs在生理系統的影響，包含對於NMs的特性不清楚、不完整的研究設計、體外暴露結果轉換為體內結果的準確度不足、無法評估在真實的暴露狀況下所引起的生物反應。目前正在進行的研究大多使用體外模型，這些研究發現了一些NMs所引起的生物反應，包括細胞壓力、DNA損傷、發炎及細胞毒性的增加，亦即NMs的暴露極有可能造成長期健康的危害。然而，對於將體外暴露的結果轉換為在體內的效果存在著很大的問題，因此需要找到一個針對NMs的細胞株測試的可靠方法。Comfort et al.(2014)指出將體外急性暴露延長為長期暴露可提高奈米微粒毒性預測模式的可能性。

OSHA 和 NIOSH 等機構已建立塊材的金屬可容許暴露濃度，然而奈米微粒具有的活性和反應特性明顯的與塊材不同，這些金屬 NMs 的容許暴露濃度(permissible exposure levels, PEL)將比目前的標準還低。由於不完善的奈米毒性

反應研究，決策者無法設定暴露限值。為了解決上述的問題，Comfort et al.(2014)設計了一個長期體外暴露模型，以增進對於低劑量濃度 NMs 的安全性評估。在 OSHA 容許的塊材銀暴露限值下，使角質化細胞(keratinocytes, HaCaTs)暴露於粒徑為 50 nm 的奈米銀微粒(silver nanoparticles, Ag-NPs)，進行 14 周的暴露實驗，並對於這些 HaCaTs 細胞所產生的反應進行評估，最後長期暴露的結果與受 24 小時急性暴露的細胞進行比較(該急性暴露的細胞內之 NMs 濃度與接受長期暴露 14 週後的細胞內之 NMs 濃度相同)，試驗流程如圖 4.2.17 所示。長期體外模型的關鍵設計參數包括：(1)一個每日輸送精確、低 NMs 劑量的機制，(2)延長實驗時間的能力，(3)使用可靠的非癌化細胞。長期暴露法：HaCaTs 細胞培養在六個培養皿中，一天暴露 NMs 持續 8 Hr，一周 5 天並持續 14 週，此暴露模型的目的是儘可能地模擬現實的職業暴露狀況。

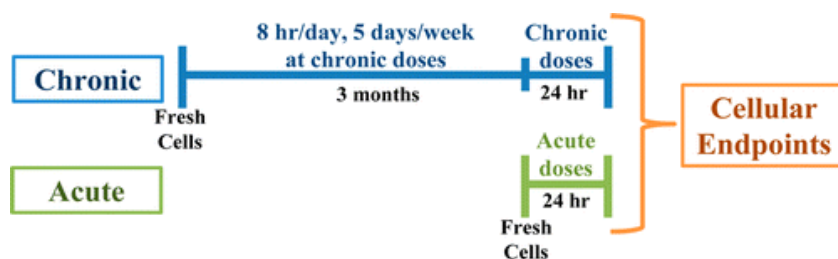


圖 4.2.17 長期劑量與急性劑量的時間軸(Comfort et al. 2014)

在這項研究中，Ag-NPs 的每日暴露濃度根據 OSHA 的塊材容許濃度值並依照實際狀況作微調，此微調考量了暴露後約有 2~4% 的奈米微粒會留存於皮膚上(如表 4.2.1 所示)。為了評估微粒的質量和參數，在細胞中添加 50 nm 的 Ag-NPs，並觀察其特徵(如表 4.2.2 所示)。圖 4.2.18 為 Ag-NPs 的 TEM 圖像，TEM 圖像證實了 Ag-NPs 為粒徑 50 nm 的球狀顆粒。 $\zeta$  電位分析顯示為 -10 mV，該負電荷是由形成蛋白質的電暈所造成。為了驗證 Ag-NPs 所產生的細胞毒性反應，使用傳統的劑量依賴性進行分析，得知  $LD_{50}$  為 54.3  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

表 4.2.1 暴露劑量的計算(Comfort et al. 2014)

	OSHA safety limits for silver	chronic dosage (4% of OSHA limit)	acute dosage (chronic dose $\times$ 70 days)
soluble level	10 pg/mL	0.4 pg/mL	28 pg/mL
insoluble level	100 pg/mL	4 pg/mL	280 pg/mL
IDLH	10 ng/mL	400 pg/mL	28 ng/mL

表 4.2.2 Ag-NPs 的各項參數(Comfort et al. 2014)

assessment	start of study:	end of study:	lysosomal
	media	media	fluid
primary size (nm)	54.3 ± 5.3	52.5 ± 5.1	
agglomerate size (nm)	101.9 ± 3.3	142.1 ± 10.8	336.8 ± 17.5
zeta potential (mV)	-9.9 ± 0.4	-9.2 ± 0.2	-5.9 ± 0.4
ionic dissolution (%)	0.32 ± 0.04	0.62 ± 0.01	8.89 ± 0.07
deposition efficiency (%)	52.8 ± 4.8	59.9 ± 7.0	
LD <sub>50</sub> (µg/mL)	54.3	47.7	

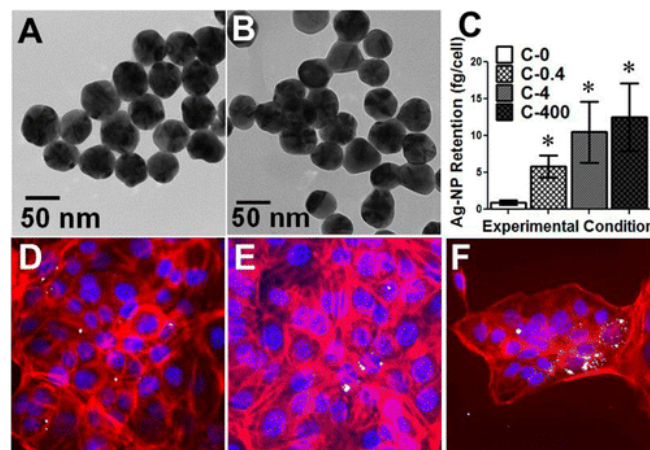


圖 4.2.18 Ag-NPs 的 TEM 圖像：(A)長期暴露開始；(B)長期暴露 14 周後；(C)暴露於低劑量的 Ag-NP 下 14 周後，Ag-NPs 被細胞所內化，由圖中的螢光圖像可以發現，紅色為肌動蛋白，藍色微細胞核，白點為 Ag-NPs；(D)暴露濃度 0.4 pg/mL(E)暴露濃度 4 pg/mL；(F)暴露濃度 400 pg/mL (Comfort et al. 2014)

研究發現NMs的性質會隨著時間而改變，也會改變NMs與細胞的介面及引起細胞反應。因此，Comfort et al.(2014)進行三個月的實驗以確定會隨時間改變的性質。LD<sub>50</sub>略微下降表示Ag-NPs的潛在毒性有隨著時間而增加的趨勢。一般認為Ag-NPs所解離出的離子為造成奈米毒性的根本原因，因此Comfort et al.(2014)評估Ag-NPs在介質中 8 小時後的解離率，以確定造成奈米毒性的主因是來自於解離出的離子。然而研究顯示最終解離速率只有 0.58 %，因此作者推論Ag-Nps所解離出的離子並不是造成奈米毒性的主因。典型的奈米微粒會經由內吞作用，暫時儲存在細胞內部的囊泡中，被視為降解或胞吐作用。由於奈米微粒會被溶酶體所內化，並且在生理相關的環境中會作顯著的改變，因此在此研究重新測量了Ag-NPs在人工溶酶體流體中的特性(artificial lysosomal fluid, ALF)。

對於劑量方面的另外一個問題是由於細胞持續增殖且細胞內化奈米微粒的速率為細胞生命週期的函數，因此細胞的實際暴露量不一定等於 NPs 的量。有鑑於劑量和攝取量的重要性，因此本研究藉由 ICP-MS 和 CytoViva 成像技術分別進行定性及定量，以確定在延長的暴露時間下 HaCaTs 內化 Ag-NPs 的能力(圖

4.2.18 的 C-F)。首先，在 400 pg/ml 的濃度下暴露 14 週後，活著的 HaCaTs 數目有稍微的減少(> 10%)，此現象是由於細胞壓力的提高而造成生長速率下降所導致，並不全然是細胞凋亡所造成。由圖 4.2.19 顯示，對於 HaCaTs 而言，長期低濃度(400 pg/ml)與急性高濃度(28 ng/ml)會造成不同的反應，在長期暴露下會導致較大且持續的壓力反應。

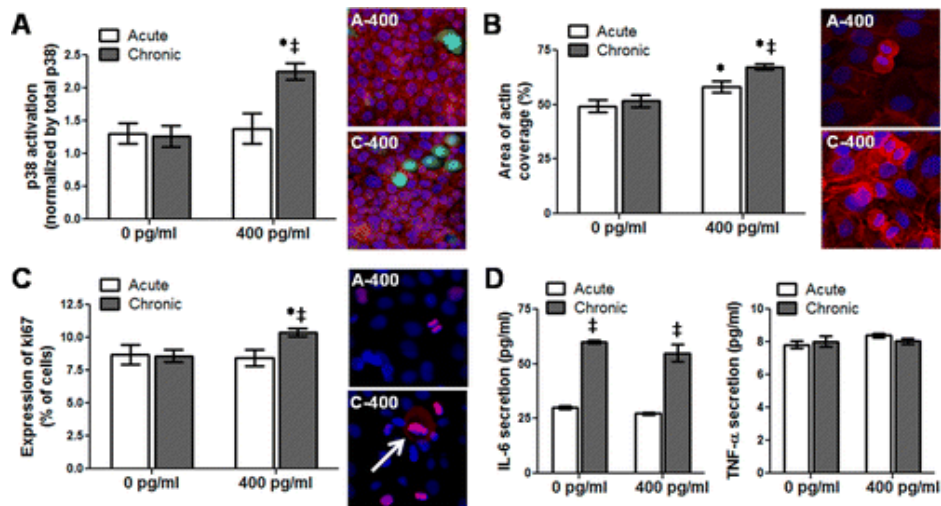


圖 4.2.19 A-400:急性暴露與 C-400:長期暴露：(A)共焦成像評估 p38 訊號；(B)細胞暴露狀況；(C) Ki67 的活化程度(紅)；(D)細胞分泌的 IL-6 及 TNF-量 (Comfort et al. 2014)

圖 4.2.19 為急性暴露(A-400)與長期暴露(C-400)下的細胞分析結果。p38 促分裂原活化蛋白激酶(p38 mitogen-activated protein kinase, p38 MAP kinase)在多種細胞壓力的刺激下開始活化，並產生凋亡的轉錄調節蛋白質、免疫反應、遷移及基因調控等一連串的反应。過去的生物模式研究已指出 p38 MAP kinase 在急性暴露的條件下顯著增加，但是在本研究低劑量的條件下並沒有檢測到 p38 MAP kinase 增加的情況。因受到壓力而增加的 p38 MAP kinase 引發了重組及增加肌動蛋白絲的現象，隨著細胞壓力程度增加，肌動蛋白絲逐漸失去正常結構並變得不規則(如圖 4.2.19 (B)所示)。在長期低劑量暴露下，細胞內的 Ki67(蛋白質)表現增強且在細胞核及細胞質有集中之現象，而在急性高劑量暴露下並沒有此現象(如圖 4.2.19 (C)所示)。Comfort et al.(2014)推測此增強的表現是 Ki67 的連續合成，其目的是為了修復因 Ag-NPs 而損傷的 DNA。細胞質鑑定顯示 Ki67 細胞的增生，及其阻斷細胞核的降解，證明了它在 DNA 損傷所扮演之角色。另外根據圖 4.2.19 (D)，作者發現 IL-6(介白素)有顯著的增加的趨勢，此為長期生長條件下的老化效應，並不是由於 Ag-NPs 的刺激所致。

相較於急性暴露，長期暴露下的 HaCaTs 細胞表現出較強的細胞壓力反應，其與基因修飾的現象有關。Comfort et al.(2014)以可檢測壓力及毒性的即時聚合酶連鎖反應(Polymerase Chain Reaction, PCR)驗證該假設的合理性。對於急性高

劑量及長期無劑量對照組的 Ag-NPs 暴露，PCR 發現了 84 個檢驗基因中有 3 個基因產生了改變的現象，如表 4.2.3 所示。熱休克蛋白(heat shock protein, HSP) 與 DNA 修復基因有增加的現象，與先前的數據相比，HaCaTs 老化效應對照組的 IL-6 有上升的現象。接受長期低劑量的 Ag-NPs 暴露的 HaCaTs 的細胞圖譜卻有相當大的改變，84 個基因中有 12 個有著明顯的變化。

表 4.2.3 長期暴露與急性暴露下所增加的細胞壓力(Comfort et al. 2014)

stress response genes		fold change over control cells <sup>a</sup>		
		acute: 28 ng/mL	chronic: 0 pg/mL	chronic: 400 pg/mL
gene	function			
<i>CCL21</i>	immunoregulation and inflammatory response			-3.37
<i>CCND1</i>	cell cycle progression			2.94
<i>CYP11A1</i>	metabolism and lipid synthesis		2.56	3.31
<i>CYP7A1</i>	metabolism and lipid synthesis			-3.15
<i>EGR1</i>	differentiation and mitogenesis			2.45
<i>GDF15</i>	differentiation and maintenance			2.23
<i>GSTM3</i>	stress response			2.40
<i>HSPA1L</i>	stress response	3.62		
<i>HSPA8</i>	stress response	2.05		2.50
<i>IL6</i>	inflammatory response		5.72	6.09
<i>PTGS1</i>	inflammatory response		-2.61	-3.69
<i>RAD23A</i>	DNA damage	3.71		3.60
<i>SERPINE1</i>	fibrinolysis inhibitor			6.12

從上述結果可以很明顯的看出 HaCaTs 歷經長期低濃度暴露後產生了較高的細胞壓力及大量的基因修飾。HaCaTs 的主要功能是識別並回應表皮生長因子(EGF)的刺激，產生細胞增殖、遷移或抵抗細胞凋亡的結果。EGF 的訊號傳遞對於角質細胞是十分重要的，但是事實上 Ag-NPs 的存在已經影響了 EGF 訊號，且細胞壓力也會影響 EGF 受體(EGF receptor, EGFR)的狀況，因此 EGF 的訊號為評估 HaCaTs 功能的最佳選擇。圖 4.2.20 為細胞受到 10 ng/mL EGF 刺激後的磷酸化程度示意圖，隨著 EGFR 的活化，第一個依賴性訊號為引發 PI3K/Akt 和 RAS/ERK，二者的關鍵蛋白質皆在長期暴露的條件下皆表現了更高程度的活化磷酸化狀態。值得重視的是 Akt、MAPK、PRKCA、STAT3 和 STAT5A 的過度表現，這些是主要的訊號傳遞介質，並與觀察到增加的 EG-相關訊號一致。此外，長期劑量暴露的細胞的 MMP7 較一般細胞多了 9 倍的含量，MMP7 為 P38 MAP kinase 作用的結果，負責分解細胞外的介質。

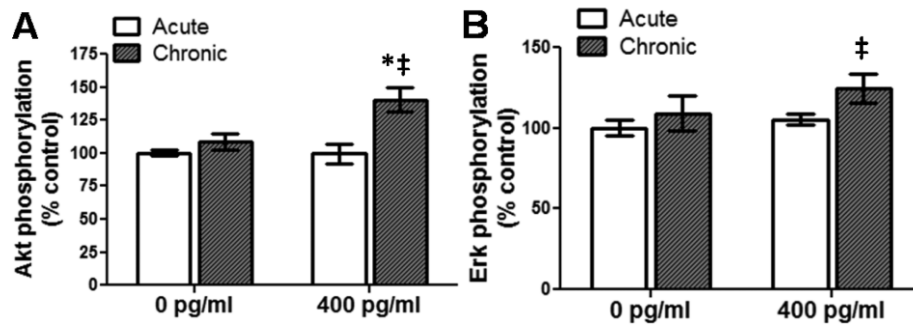


圖 4.2.20 受到 10 ng/mL EGF 刺激後細胞的(A)Akt 磷酸化程度(B)Erk 磷酸化程度(Comfort et al. 2014)

在 14 周的暴露時間後，這些受到 AgNO<sub>3</sub> 暴露的 HaCaTs 與受到 Ag-NPs 暴露的 HaCaTs 具有相同的細胞壓力及 EGF 終點，如圖 4.2.21 所示。研究結果發現暴露濃度為 1.28 pg/mL 的 AgNO<sub>3</sub> 對 HaCaTs 的影響甚微。儘管暴露於濃度為 400 pg/mL AgNO<sub>3</sub> 下確實引起壓力反應，卻還是無法與處於長期暴露條件下的 HaCaTs 所產生的反應相比。

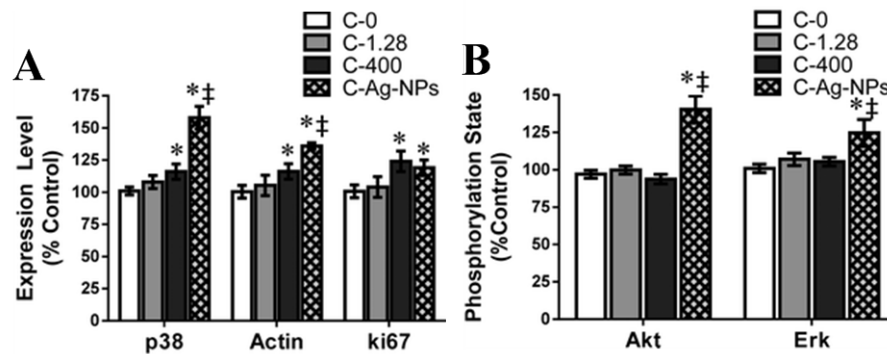


圖 4.2.21 長期暴露於 1.28 pg/mL AgNO<sub>3</sub> (C-1.28), 400 pg/mL AgNO<sub>3</sub> (C-400)、400 ng/mL Ag-NPs (C-Ag-NPs) 的細胞壓力及訊號反應的評估：(A) p38、肌動蛋白、ki67 程度；(B) 磷酸化程度(Comfort et al. 2014)

Comfort et al. (2014) 成功以此體外模型探討在真實暴露狀況下奈米微粒長期造成的影響。此模型應用於暴露 14 周的較低法規劑量，能更加準確的模擬出體內的暴露狀況，且保留了體外評估的優點。本研究採用了 50nm 的 Ag-NPs 和 HaCaTs 細胞作測試。長期低劑量和急性高劑量暴露下均無產生明顯的細胞毒性，但產生了其餘較特別的反應，包括長期的壓力反應、大幅度的基因調控修飾、增強的 EGF 訊號傳遞效率。使用 AgNO<sub>3</sub> 作為對照組，可確定這些反應是由微粒本身和它們溶出的離子的共同產生，此研究證實了長期暴露的體外模型能有效的闡明暴露於 Ag-NPs 下的長期影響。

#### 八、石墨烯氧化奈米物質的單次吸入暴露對 Sprague-Dawley (SD) 大鼠的肺部反應研究

石墨烯在未來有廣泛應用的潛力，所以越來越受到重視，然而，石墨烯對健康的影響仍尚未被充分釐清，目前尚無探討石墨烯氧化奈米物質對肺部影響的動物急性吸入暴露研究，為填補此知識缺口，Han et al. (2015) 運用單次 6 小時鼻部吸入技術(nose-only inhalation technique)來研究石墨烯氧化物對雄性 Sprague-Dawley 大鼠肺部的影響。

此研究利用場發射穿透式電子顯微鏡(FE-TEM)分析石墨烯氧化物特性，結果如圖 4.2.22 所示，EDS 分析結果顯示石墨烯氧化物含有五種元素(如：C、O、Na、Cl 與 K)，其中最主要的元素為碳與氧，作者並使用 Stokes-Einstein 方程式來估算石墨烯氧化物有效水力直徑，計算的結果為 150-250 nm。

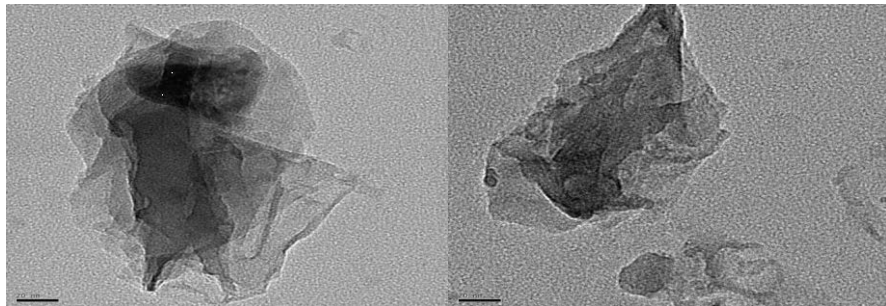


圖 4.2.22 石墨烯氧化物之 FE-TEM 分析影像( $\times 100,000$ )(Han et al. 2015)

此研究將大鼠分成三組，分別為控制組(乾淨空氣)、低濃度組( $0.46 \pm 0.06 \text{ mg/m}^3$ )以及高濃度組( $3.76 \pm 0.24 \text{ mg/m}^3$ )。其中低濃度暴露腔(inhalation chamber)的溫度和濕度分別為  $23.10 \pm 0.05 \text{ }^\circ\text{C}$  與  $32.90 \pm 0.21 \%$ ，而高濃度暴露腔內的溫度和濕度分別為  $25.25 \pm 0.07 \text{ }^\circ\text{C}$  以及  $34.40 \pm 0.34 \%$ 。暴露腔內的石墨烯氧化物微粒數目濃度、平均微粒粒徑、峰值粒徑、表面積濃度與質量濃度(秤重法)如表 4.2.4 所示。圖 4.2.23 為微粒粒徑分布圖，低濃度組與高濃度組暴露腔內的氧化石墨烯微粒數目濃度分別為  $3.33 \times 10^6 \pm 2.95 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$  與  $6.17 \times 10^6 \pm 4.13 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ ，峰值粒徑分別為 35 nm 與 50 nm，粒徑範圍介於 10-120 nm。

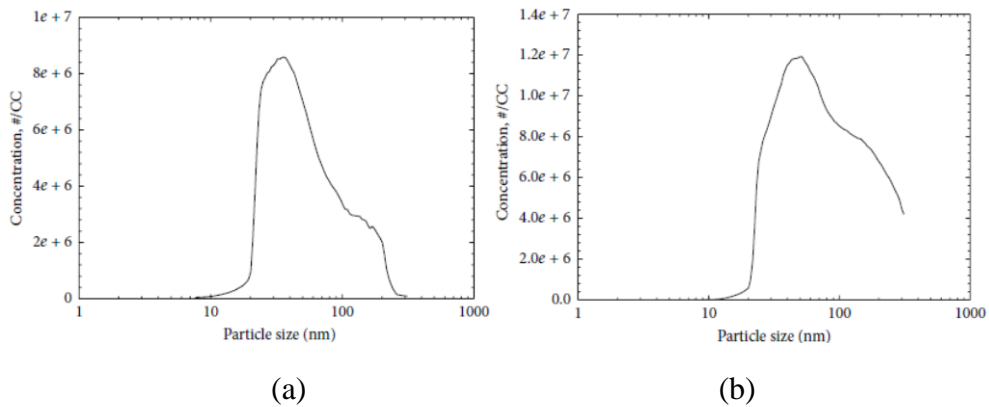


圖 4.2.23 使用掃描式奈米微粒光譜儀(scanning nanoparticle spectrometer, SNPS)量測石墨烯氧化物之微粒粒徑分布圖：(a)低濃度；(b)高濃度(Han et al. 2015)

表 4.2.4 石墨烯氧化物於鼻部暴露腔之分布狀態(Han et al. 2015)

組別	微粒數目濃度 (#/cm <sup>3</sup> )	平均微粒粒徑(nm) (GSD)	表面積 (nm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	質量濃度 (mg/m <sup>3</sup> )
控制組	9.99×10 <sup>2</sup> ± 8.10×10	NA	NA	0.01 ± 0.01
低濃度組	3.33×10 <sup>6</sup> ± 2.95×10 <sup>5</sup>	50.6 (1.82)	6.45×10 <sup>10</sup> ± 7.04×10 <sup>9</sup>	0.46 ± 0.06
高濃度組	6.17×10 <sup>6</sup> ± 4.13×10 <sup>5</sup>	72.9 (2.02)	2.72×10 <sup>11</sup> ± 3.70×10 <sup>10</sup>	3.76 ± 0.24

Mean ± SE.

低濃度與高濃度組分別暴露石墨烯 6 個小時，控制組則是暴露經過濾的乾淨空氣，暴露後每天檢查大鼠是否有任何與暴露相關的毒性反應，並記錄大鼠於購入、分組、6 小時吸入暴露後及剖檢前(necropsy)的體重，而在 6 小時的石墨烯氧化物暴露實驗過後，大鼠的回復時間分別為 1 天、7 天或 14 天，回復期一過便犧牲與解剖大鼠，觀察毒性反應。作者由解剖的結果發現，在暴露與回復期間，大鼠的睪丸、腎、脾、肝、肺以及腦等器官，無論是臨床症狀或器官重量的變化上皆沒有受到明顯的影響，在大鼠的攝食量方面，控制組與暴露組也沒有明顯的差異，而大鼠體重也沒有顯著的變化。除此之外，此研究對暴露於低濃度組與高濃度組後的大鼠肺部進行組織病理檢查，結果顯示沒有任何的病變。圖 4.2.24 為大鼠暴露於石墨烯氧化物 6 小時後，回復時間分別為 1 天、7 天與 14 天的大鼠肺部組織切片(Lung histopathology)，高濃度組的大鼠的肺泡巨噬細胞(alveolar macrophages)會在 1 天、7 天與 14 天的回復期間內吸收石墨烯氧化物，圖中黑色箭頭表示肺泡巨噬細胞內含有石墨烯氧化物質。



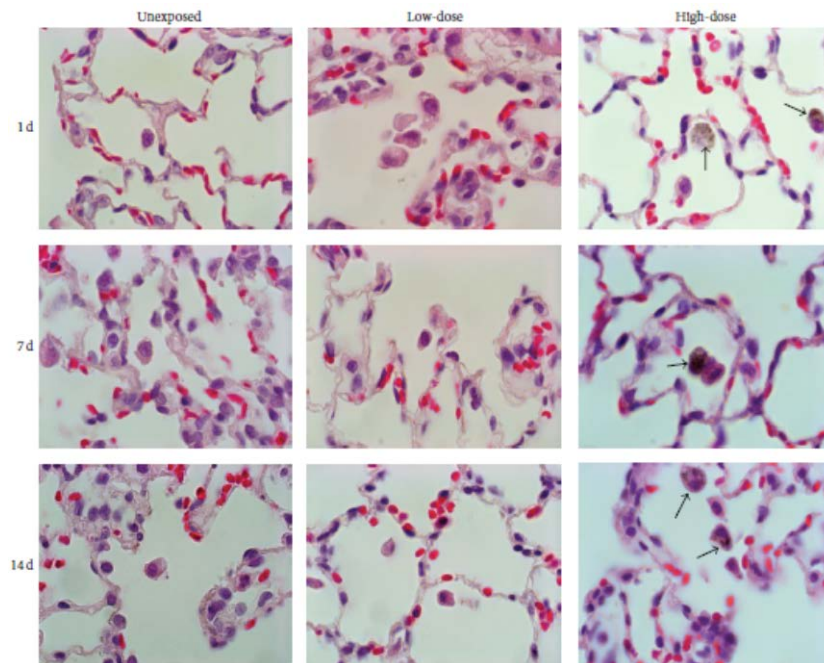


圖 4.3.24 大鼠暴露於石墨烯氧化物 6 小時後，回復時間分別為 1 天、7 天與 14 天的大鼠肺部組織切片(Han et al. 2015)

總結來說，雄性Sprague-Dawley大鼠於單次石墨烯氧化物呼吸暴露之最小毒性反應研究結果顯示，此研究所使用的石墨烯氧化物以及濃度條件(微粒數目濃度與質量濃度的最高值分別為  $6.17 \times 10^6 \pm 4.13 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$  與  $3.76 \pm 0.24 \text{ mg/m}^3$ )對於大鼠的毒性反應並不明顯，因此Han et al. (2015)建議需以不同實驗條件做更進一步的研究，以確定石墨烯氧化物奈米物質之毒性。

### 4.3 奈米作業場所的奈米物質暴露評估

#### 一、半導體製成的工程奈米微粒的職業暴露評估

奈米科技已被公認為 21 世紀重要的產業之一，從日常民生用品到高科技產品都可見許多奈米物質應用。雖然奈米物質具有不同於一般物質的獨特優點，但是伴隨而來健康與環境危害仍有待研究。國內產業對奈米物質的運用日益漸增，但在奈米作業場所可能產生的奈米物質的逸散特性卻鮮少被關注，因此作業人員的暴露與安全衛生等議題也被漠視。奈米作業場所的奈米物質的逸散特性(如數目濃度、形狀、團聚型態、表面積及成分等)都是影響人體不良健康效應的重要參數，但是學者們對這些參數該如何量測與應用於暴露評估尚無達成共識(Shepard and Brenner 2013)。有鑑於此，瞭解奈米作場所可能逸散的奈米物質特性將是熱門的研究重點之一。

奈米氧化鋁、奈米非晶型矽與奈米二氧化鈣等工程奈米微粒常用於半導體元件製造廠的晶圓拋光製程，又稱做化學機械研磨(chemical mechanical planarization, CMP)，由於有些金屬氧化物的奈米微粒可對細胞與器官系統的生物反應造成衝擊，有必要進一步研究與釐清這些奈米物質的應用與職業暴露情

境的潛在風險。Shepard and Brenner (2013)在 CMP 製程的奈米作業場所的晶圓製造區 (fabrication, fab)、附屬製造區 (subfab) 與廢水處理系統 (wastewater treatment, WWT) 三個場區，進行空氣中奈米微粒與奈米團粒的暴露特性分析，其中分析項目包含數目濃度、質量、大小、成分與形狀。

三個場址的數目濃度量測結果如圖 4.3.1 所示，fab 的背景與作業時的最大與最小數目濃度分別為 1-16  $\#/cm^3$  與 4-74  $\#/cm^3$ ，subfab 的背景與作業時的最大與最小數目濃度則分別為 1-60  $\#/cm^3$  與 3-84  $\#/cm^3$ ，在 WWT 廢水過濾濾材更換作業的背景與作業時的最大與最小數目濃度分別為 1,160-45,894  $\#/cm^3$  與 1,710-45,519  $\#/cm^3$ 。在各個場址中，不論是背景或作業時的多重覆數目量測結果皆有顯著的差異。因此，作者也使用數種不同的數據分析方法比對不同場址的背景與作業的量測結果，最後發現在每個工作區域的一些作業程序的可呼吸性微粒的濃度有所增加，儘管增加的幅度不大或在特定的作業程序的重覆量測結果不一致。

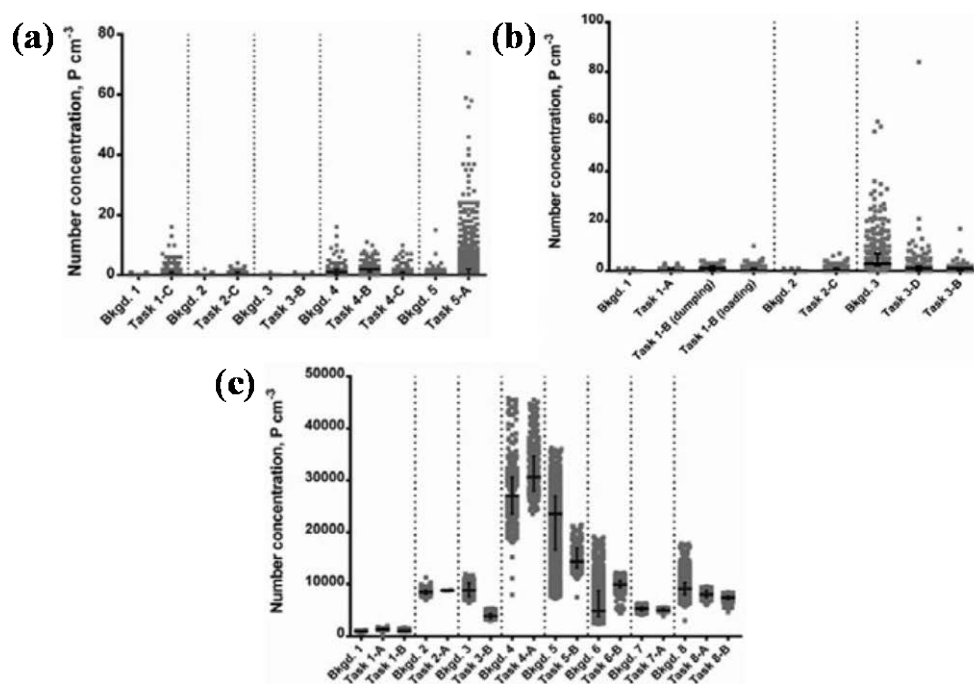


圖 4.3.1 CPC 量測之背景(Bkgd)與作業(Task)數目濃度散布圖：(a)fab 作業區 Task A: CMP 拋光機模組的維護保養，Task B:由移動式推車盛裝酸性二氧化矽研磨液，Task C:更換拋光板；(b)subfab 作業區 Task A, C, D:清洗或承裝氧化鋁研磨液，Task B:清洗或承裝二氧化鈦研磨液；(c)WWT 作業區 Task A, B:酸/鹼性研磨液廢水過濾系統濾材更換(Shepard and Brenner 2013)

此外，可攜式掃描式電移動度分析儀的測量結果顯示，在fab區作業時的奈米微粒(11.5-115.5 nm)的數目濃度略高於背景濃度約3.2  $\#/cm^3$ ，但在更換WWT 濾材作業時的微粒數目濃度並沒有比背景濃度高。在質量濃度分析的部分，所

有分析結果皆低於測量下限。TEM/EDS 分析結果發現有粒徑為 100-1000 nm 的含矽與鋁元素的團粒(agglomerates)或團聚物(aggregate)。該篇文章指出雖然目前尚無奈米氧化鋁、奈米二氧化矽與奈米二氧化鈾等物質的職業暴露限值(occupational exposure limit, OEL)，但此奈米作業場所的數目與質量濃度量測結果皆低於目前針對難溶性的低毒性奈米微粒的建議指標或參考值。

## 二、工程奈米微粒作業場所的工作人員暴露風險

工程奈米微粒為粒徑介於 1 至 100 nm 的人造材料，為橫跨多項領域的奈米科技產品。當材料縮小至奈米尺度時，會產生截然不同的物化特性，很適合應用於工業及生物醫學等領域，預期未來會有愈來愈多的作業人員直接或間接地接觸到 ENPs，根據目前的估計，2020 年將有約 6 百萬名作業人員可能會暴露到 ENPs。由於奈米技術為近期發展的新技術，所以目前關於 ENPs 對作業人員可能產生的風險之數據較少，Pietrojusti and Magrini (2014)回顧現有文獻，並找出風險評估過程在不同階段的最新發展趨勢。

歐盟執委會為了立法管理奈米材料，最近將奈米材料定義為"由數目濃度佔 50% 以上之至少一外觀尺寸(external dimensions)介於 1-100 nm 的非鍵結態(unbound state)、聚合物或團聚物，所構成之自然、偶發(incidental)或人造物質"。此定義涵蓋暴露人員的暴露分級(例如：管理或處理 ENPs 的人員)與暴露評估(以數目濃度評估暴露程度)。然而，數目濃度佔 50% 以下的奈米物質也可能會對人體健康造成影響。歐洲安全與健康總署(European Agency for Safety and Health)委託的一項文獻回顧指出有許多類型的作業活動都有可能暴露到 ENPs，如表 4.3.1 所示。

**表 4.3.1 作業人員大量暴露到 ENPs 的作業活動(Pietrojusti and Magrini 2014)**

➤ 建築業(例如：使用含有 ENPs 的耐磨(wear resistance)與絕緣(insulation)產品。)
➤ 醫療健康業(例如：藥物傳輸系統以及組織工程。)
➤ 能源產業(例如：低耗能儲能設備及新一代的光伏電池(photovoltaic cells)。)
➤ 汽車與航太工業(例如：強化材料及燃料添加劑。)
➤ 化學工業(例如：催化劑以及自潔表面技術(self-cleaning surfaces)。)
➤ 電子與通訊業(例如：光學/光電元件以及超高速小型電腦。)

表 4.3.2 為由 OECD 的工程奈米物質工作小組於 2006 年所公布之作業場所 ENPs 清單。

表 4.3.2 作業場所 ENPs 清單(Pietroiusti and Magrini 2014)

單壁奈米碳管	氧化鋅
多壁奈米碳管	氧化鈾
富勒烯	鐵
碳煙	銀
氧化鋁	金
樹狀體(Dendrimers)	奈米黏土 (層狀矽酸鹽)
二氧化鈦	二氧化矽

目前較為理想的暴露評估方法與策略為多重尺度的測量，包含質量、面積與數目濃度的監測與物化特性的分析。但是這個方法的成本與技術需求都很高，因此實用性較低，相較之下，或許監測數目濃度為最實際的方法。在產品資訊不足的情形下，必須採取預防原則(根據 2000 年 2 月的歐盟通訊)，且預先假設該物質對人體有害，ENPs 就屬於此類情況。然而在不同的 ENPs 暴露情形下所採用的預防原則大不相同，表 4.3.3 為 Pietroiusti and Magrini (2014) 統整之各國目前對不同 ENPs 所提出的建議限制。

表 4.3.3 不同 ENPs 的作業場所建議暴露限制值(未標示單位者，單位皆為每立方公尺的濃度) (Pietroiusti and Magrini 2014)

ENPs	BSI (英國)	IFA (德國)	DMSAE (荷蘭)	NIOSH (美國)	SWA (澳洲)	AIST (日本)	KML (韓國)
纖維類 ENPs							
硬質、生物持久性 CNTs	104 f	104 f	104 f	0.007 mg	105 f	0.03 mg	
密度 < 6000 kg/m <sup>3</sup> 的生物持久性粒 狀 ENPs							
二氧化鈦	0.066× WEL*	4 × 10 <sup>7</sup> p	4 × 10 <sup>7</sup> p	0.3 mg	0.03×澳洲人的呼吸量 或 0.1× 澳洲人的工作 暴露限值	0.61 mg	
碳煙	0.066× WEL*或 2 × 10 <sup>7</sup> p	4 × 10 <sup>7</sup> p	4 × 10 <sup>7</sup> p		3 mg		3.5 mg
二氧化矽	0.066× WEL*或	4 × 10 <sup>7</sup> p	4 × 10 <sup>7</sup> p		2 mg (白煙)		

	$2 \times 10^7$		
	p		
密度 $>6000 \text{ kg/m}^3$ 的生物持久性粒 狀ENPs			
氧化鈷、金、鐵、	$0.066 \times$		$0.03 \times$ 澳洲人的呼吸量
氧化鐵、銀、鈷、	WEL* 或 $2 \times 10^7$		或 $0.1 \times$ 澳洲人的工作
鉛	$2 \times 10^7$ p	$2 \times 10^7$ p	暴露限值
	p		

註：BSI：英國標準協會；IFA：德國職業安全健康協會；DMSAE：荷蘭社會及就業部；NIOSH：美國國家職業安全衛生研究所；SWA：澳洲工作安全委員會；AIST：日本產業技術綜合研究所；KML：韓國勞動部；f：纖維；p：微粒；WEL\*：粗微粒工作暴露限值。

英國標準協會(British Standard Institute, BSI)將奈米材料分成四大類，作為奈米材料的分類標準：(1)纖維類：高長寬比之不溶性奈米材料；(2)CMAR：非奈米尺寸型態就具有致癌、致突變、致氣喘及生殖系統毒素的任何ENP；(3)不溶性：非纖維類或CMAR類的不溶性或難溶性之奈米材料；(4)可溶性：非纖維類或CMAR類的可溶性之奈米材料。表 4.3.4 為澳洲工作安全委員會(Safe Work Australia, SWA)建議之 OELs 的使用策略，依順序分成六個步驟：(1)若公司的控制限制值比其他法規建議限制值更為嚴格，則採用前者；(2)若國內有訂定作業場所暴露限制值，則採用之；(3)採用其他國家所公布之作業場所暴露限制值；(4)採用研究結果得到的作業場所建議暴露限制值；(5) 具有健康疑慮的基準暴露劑量(Benchmark exposure levels)；(6)透過分析微粒濃度背景值所得到的微粒參考值(Local particle reference values)。

Pietrojusti and Magrini (2014)指出雖然目前已有許多研究涵蓋了各式各樣ENPs的作業場所暴露研究，但大部分的研究並未參考OELs或奈米微粒排放技術評估(Nanoparticle emission technical assessment, NEAT)的規範，使得這些測量數據難以用於評估作業人員的風險。Pietrojusti and Magrini (2014)回顧了21篇作業場所的調查報告，內容為有關於作業場所可能暴露的26種ENPs。表 4.3.4 列舉幾種較多人研究的 ENPs 作業場所暴露研究，其中有些研究參考 OELs 或 NEAT 的標準。

**表 4.3.4 ENPs、方法及分析作業場所調查的主要結果(Pietroiusti and Magrini 2014)**

ENP	文獻篇數	個人採樣	量測指標	指出暴露的報告篇數	參考文獻
奈米碳管/ 奈米纖維	12	4/12	NC: 12/12 MC:8/12 SAC:2/12	9/12	Lee et al., Birch et al., Dahm et al., Lee et al., Morawska et al., Debia et al., Fleury et al., Ling et al., Methner et al., Ogura et al., Ogura et al., Ogura et al.
二氧化鈦	5	2/5	NC: 5/5 MC:3/5 SAC:1/5	4/5	Curwin and Bertke, vanBroekhuizen et al.,Morawska et al., Yanget al., Koivisto et al.
銀	4	2/4	NC: 4/4 MC: 2/4 SAC: 0/4	3/4	Lee et al., Lee et al., Ling et al.,Zimmermann et al.
二氧化矽	2	1/2	NC: 2/2 MC: 1/2 SAC: 0/2	2/2	van Broekhuizen et al.,Tsai et al.
鋁	2	0/2	NC: 2/2 MC: 0/2 SAC: 0/2	2/2	Debia et al.,Zimmermann et al.

NC：數目濃度；MC：質量濃度；SAC：表面積濃度；OEL：職業暴露程度。

對於作業人員的 ENPs 暴露風險，仍存在許多不確定性，主要的問題在於缺乏可靠且容易操作的作業場所測量設備、能否得到個人暴露的評估資訊以及比較並量化暴露於奈米尺度與非奈米尺度(塊材型態)之相同物質的健康風險差異。雖然不同國家所提出的暴露限制值不盡相同，但他們仍提供了一個很好的參考標準，可用於評估現有作業場所的工程與個人暴露防護措施是否可靠，事實上，調查作業場所所得到的數據指出，若忽略或未適當使用防護措施時，就有可能會發生相當程度的暴露。

### 三、奈米物質的職業暴露:半導體作業環境中氧化金屬奈米微粒的皮膚暴露潛勢評估

半導體產業的 CMP 作業使用含有鋁、矽、氧化鈾等工程奈米物質的漿料，作業人員可能因接觸環境表面而暴露到這些工程奈米物質。Brenner and Neu-Baker (2014)發現 CMP 作業產生之工程奈米物質會透過手部接觸工作場所表面，與接觸含有工程奈米物質的手套等方式進入人體。作者於 CMP 的十一個作業環節進行表面微粒採樣，包含位於無塵室內的晶圓製程(一個採集點)、位於

次潔淨室的化學物質運輸系統(四個採集點)與處理 CMP 廢水的處理場(6 個採集點)。於各個採樣點採用過濾式微真空技術(filter-based microvacuum)進行環境表面的微粒樣本採集，與吸入性微粒的暴露評估，最後利用 TEM、SEM 與 EDS 分析微粒的形貌與成分。空氣中的微粒則透過各式直讀儀器即時監測微粒的濃度與粒徑。

在進行皮膚暴露評估時，工程奈米物質很有可能透過研磨液的沉積、研磨液的噴濺或髒汙手套的接觸累積於這些表面，造成手部接觸暴露的風險。評估結果發現，若考慮到 CMP 研磨液的實際使用頻率與使用量，矽的出現頻率最高，鋁次之，鈾頻率最低。於 Fab 採集的樣品中僅發現矽，於 Sub-Fab 的四個樣品中皆發現鋁和矽，僅一個樣本含鈾元素。於廢水處理廠的六個樣本中，4 個含矽，3 個含鋁，但未發現鈾元素。總計十一個樣品中，有九個含有矽，七個含有鋁，僅一個含有鈾，與預期的元素出現頻率(矽>鋁>鈾)相符，但是並未發現任何小於 100 奈米的微粒，如表 4.3.5。

表 4.3.5 以微真空 (Microvacuum) 技術採集的表面樣品的物質特性總表 (Brenner and Neu-Baker 2014)

日期	地點	採樣點	顯像方式	關注的物質			樣品含有矽/鋁/鈾		
				矽	鋁	鈾	100-500 nm	500-1000 nm	>1000 nm
2/5/2013	WWT	酸濾槽的開口	SEM	●	●	●	●	●	
		現場空白	SEM	●	●	●		●	
2/6/2013	Subfab	研磨液分配氣 A 的開口	SEM	●	●	●	●	●	
		研磨液分配氣 B 的開口	SEM	●	●	●	●		
		現場空白	SEM	●	●			●	
2/7/2013	Fab	CMP 器具下方的開口	SEM	●				●	
		現場空白	SEM	●	●			●	
2/2013	N/A	Media blank	SEM	●	●			●	
10/8/2013	WWT	酸濾槽的開口	SEM/TEM				●	●	
		酸濾槽旁的地板	SEM/TEM	●		●	●	●	
		鹼濾槽的開口	SEM/TEM						
		鹼濾槽旁的地板	SEM/TEM	●	●	●	●	●	
		遮蓋排水泵閥的塑膠壁	SEM/TEM	●	●	●	●	●	
		現場空白	SEM/TEM						
10/25/2013	Subfab	外側的門至過濾箱至 CMP 器具 1	SEM	●	●	●	●	●	
		外側的門至過濾箱至 CMP 器具 2	SEM	●	●		●	●	
		現場空白	SEM/TEM						
10/2013	N/A	介質空白	SEM/TEM						
10/2013	N/A	介質空白	SEM/TEM						

無論是在 fab、subfab 和汙水處理廠，Brenner 與 Neu-Baker (2014) 發現作業人員經常接觸到含有氧化鐵微粒與其團聚物的表面。個人防護具(尤其是手套)的使用可有效控管作業人員的職業暴露風險。此研究也與生物和毒理學領域的專家學者合作，以動物實驗測試這些工程奈米物質的皮膚暴露毒性。透過暴露評估與動物毒性的測試，有助於促進半導體作業人員的職業健康與安全，此方法也可應用於其他有使用工程奈米物質的產業。

另外奈米物質如奈米碳材(包括奈米碳管與奈米碳纖維)是近十年來常用的



奈米物質之一，因具有特殊的導電、導熱之物化特性，其應面非常廣泛涵蓋了光電、觸媒、複合材料等。隨著這股奈米科技熱潮，奈米碳管的全球產量與用量也逐年提升。過去的毒性測試報已顯示老鼠在吸入了一些多壁奈米碳管後，肺部會產生一些不良的影響如發炎、肉芽腫與纖維化。當涉及到健康影響議題時，仍無法定出最相關的劑量尺度(蔡 2013)。目前的奈米碳管暴露數據有限，且奈米碳管的職業暴露極限的法規也尚未建立。有鑑於此，Hedmer et al. (2013)量測多壁奈米碳管在電弧放電製成、純化與功能化階段所產生的職業暴露與逸散特性，研究結果顯示個人可呼吸性微粒的暴露質量濃度範圍為 $< 73$  至  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 間，元素碳暴露濃度範圍為 $< 0.08$  至  $7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 間，在奈米碳管粉末的過篩、機械處理、灌注、秤重及包裝的開放處理期間，量測到的最高含奈米碳管微粒的數目濃度為  $11 \text{ \#}/\text{cm}^3$ 。為了要能夠量化奈米碳管的暴露與逸散，作者認為一種高選擇與高靈敏性的分析方法是必要的。截至目前為止，僅有濾紙分析法結合SEM/TEM分析具有足夠的選擇與靈敏性，作者建議應盡早設立一套用於奈米碳管計數的標準方法。

Gomez et al. (2014)發現在聚合物(添加或未添加奈米碳管)或油漆(添加或未添加奈米微粒)的噴砂過程中，含有奈米物質的物件逸散出的微粒粒徑分布與未添加奈米物質的類似，微粒的影像分析顯似奈米物質全部或部份被包覆在基質中，未發現在單獨游離存在的奈米物質。作者並測出不同的加工過程的排放係數，以供後續推估污染來源研究之用。

#### 四、奈米碳管與奈米碳纖維的暴露評估: 14 個場址的分析研究

最新的證據顯示，暴露於奈米碳管與奈米碳纖維，可能會引起廣泛的負面健康效應，為了因應此風險，NIOSH訂定建議暴露限值(Recommended exposure limit, REL)，建議氣動粒徑  $4 \mu\text{m}$  以下的奈米碳管與碳纖維之 8 小時時量平均(8h TWA)元素碳濃度應低於  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。Dahm et al. (2015)針對美國生產或使用奈米碳管與奈米碳纖維的產業進行暴露評估，實地走訪 14 個場址，其中包含 13 個奈米碳管與 1 個奈米碳纖維的作業場所暴露評估。研究使用NIOSH 5040 標準方法收集可吸入性(Inhalable，氣動直徑 $<100$  微米)與可呼吸性粒徑區間(Respirable，氣動直徑 $<4$  微米)的元素碳質量濃度採樣，包含 9 個場址的個人呼吸區樣本(Personal breathing zone, PBZ)與 5 個場址的個人呼吸區與區域樣本，並以穿透式電子顯微鏡觀察可吸入性與可呼吸性粒徑區間的奈米碳管與奈米碳纖維團聚物之數目與大小，確認纖維暴露情況。

此外，此研究也測量戶外與室內的可吸入性與可呼吸性微粒的元素碳質量濃度，以排除其他人為元素碳的干擾，包含柴油引擎排氣、燃煤或燃油電廠的排放物、與季節性的生質燃燒源，背景的採樣地點則根據專業判斷與作業現場的情況做設置。為了區別人為與自然存在的元素碳，個人呼吸區與區域樣本皆與背景的濃度做比對，但這樣的比對是建立在背景濃度的測量數據能充分代表個人呼吸區與區域樣本實際背景濃度的假設前提上，但這樣的假設常常無法成

立，因為作業人員往往會在不同的作業地點進行時間長短不一的作業活動，其中也可能涉及到不同型態的對流與通風環境，使得作業過程的元素碳背景濃度不盡相同。儘管如此，透過掌握作業人員的工作內容與流程，以及對於作業場所與材料運用的認知與了解，皆有助於找出一個具有代表性的背景樣本。

在電子顯微鏡的分析方面，目前有少數的研究使用石棉的標準方法(NMAM 7400 與 7402)進行奈米碳管的採樣與分析，其中許多研究僅探討長寬比大於 3 的纖維狀微粒，而有部分研究則不論長寬比或團聚狀態皆予以採計。到目前為止，尚未有一套專門的奈米碳管計數規則可遵循，奈米碳管計數標準仍尚未有清楚的描述與定義，使得不同研究之間的數據難以相互比較。此外，對於其他奈米碳管與奈米碳纖維職業暴露限值的暴露尺度，例如透過顯微鏡測量的數目濃度，相關的參考指引也相當有限。

目前並無奈米碳管與奈米碳纖維容許暴露限制值，OSHA 針對石棉所訂定的容許暴露限制值- 每立方公分的空氣中低於 0.1 個纖維狀微粒-可先作為一個暫時性的參考標準。雖然石棉的毒性與某些種類的奈米碳管與奈米碳纖維相似，可能會產生類似的負面健康效應，但目前尚無數據能說明石棉的容許暴露濃度(Permissible exposure limit, PEL)對於奈米碳管與奈米碳纖維所造成的特有健康風險也能有相應的保護效果。英國標準學會(British Standards Institute, BSI)也對於長寬比大於 3 的纖維狀奈米物質提出一個職業暴露限值(Occupational Exposure Limits, OEL)- 每立方公分空氣中的纖維數目不得高於 0.01 個，然而在 Dahm et al. (2015)的 TEM 影像分析結果發現奈米碳管與奈米碳纖維團聚物多屬圓球形或矩型的微米級團聚結構，並不符合 OSHA 的石棉 PEL 與 BSI 的 OEL 所要求的長寬比 3:1 形貌定義。

個人呼吸區的 8 小時時量平均的暴露結果顯示，TEM 分析的數目濃度皆低於 OSHA 的石棉 PEL(低 33 倍)與 BSI 的 OEL(低三倍)，收集到的 51 組個人呼吸區樣本中，只有 2 組樣本高於 OSHA 的石棉 PEL，18 組高於 BSI 的 OEL。若進一步細分工業型態，奈米碳管與奈米碳纖維的數目濃度與元素碳濃度的趨勢相符，暴露風險最高的情境為同時生產奈米碳管/奈米碳纖維並將之混合加工成產品的產業(自行生產使用者)，其次為單純使用奈米碳管或奈米碳纖維生產複合材料的產業(二級製造業:複合材料與熱塑性塑膠製造商)，接著為奈米碳管與奈米碳纖維的製造供應商(一級製造業:製造與供應商)，風險最低的是購買奈米碳管與奈米碳纖維懸浮液來生產彈性電路板、照明或其他微電子零件的電子業(二級製造業:電子零組件製造商)。當 TEM 的結果以材料種類做分類時，處理多壁奈米管的作業場址的個人呼吸區濃度比單壁奈米碳管的作業場址高七倍，趨勢與元素碳質量濃度結果相近。

TEM的分析也發現樣本中有多寡不一的非晶型碳煙，碳煙的量似乎與材料的生產、使用與應用的目的有關，碳煙的多寡不僅影響元素碳的質量濃度，當利用TEM分析方法計算奈米碳管與奈米碳纖維團聚物的數量時，每個團聚物的奈米碳管與奈米碳纖維數量可能不盡相同，且夾雜多寡不一的非晶型碳煙，因

此增加了建立TEM標準計數方法的困難度。個人呼吸區的測量結果顯示，可呼吸性粒徑區間的元素碳濃度落在  $0.02\sim 2.94\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，幾何平均  $0.34\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，8 小時時量平均  $0.16\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而可吸入性粒徑區間的元素碳濃度落在  $0.01\sim 79.57\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，幾何平均  $1.21\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，穿透式電子顯微鏡的樣本分析結果發現奈米碳管或奈米碳纖維的數目濃度落在  $0.0001\sim 1.613$  個/立方公分，幾何平均  $0.008$  個/立方公分，8 小時時量平均  $0.003$  個/立方公分。最常出現的奈米碳管結構為  $2\text{-}5\ \mu\text{m}$  以上的團聚物，可吸入性樣本的元素碳濃度與電子顯微鏡觀察到的數目濃度有顯著相關(Spearman  $\rho = 0.39$ ,  $P < 0.0001$ )。

整體而言，百分之九十六的個人呼吸區與區域樣本元素碳加權平均濃度低於 NIOSH 的建議暴露限值，若以可吸入性粒徑區間來看，約有百分之三十的個人呼吸區樣本之元素碳濃度樣本大於建議暴露限值。在釐清微米級團聚物的毒性以前，應審慎地測量作業人員對空氣中奈米碳管與奈米碳纖維的暴露程度，並以可呼吸粒徑區間與可吸入性粒徑區間的元素碳濃度做定量，並應搭配穿透式電子顯微鏡分析，才能確認奈米碳管與奈米碳纖維是否確實存在。

#### 五、奈米物質工作場所中新的偶發性奈米氣膠來源-化學品儲藏室中的奈米微粒生成

Kim et al. (2015)於MWCNTs之工作場所的測量研究發現，位於工作場所內的化學物品儲藏室會生成奈米微粒，其數目濃度比工作場所內的濃度高出數倍，因此認為化學物品儲藏室內的奈米微粒會成為新的偶發性奈米微粒逸散污染源。此研究利用掃描式電動式粒徑分析儀(Scanning Mobility Particle Sizer; SMPS)與一上游加裝PM<sub>1</sub>旋風器的微粒表面積濃度即時監測儀(AeroTrak 9000)，監測作業場所的次微米微粒粒徑分布(10-420 nm)與沉積於肺泡區的微粒表面積濃度(10-1000 nm)，並使用光學微粒計數器(Optical Particle Counter, OPC)即時監測微米級微粒的粒徑分布(0.25-32  $\mu\text{m}$ )與PM<sub>1</sub>、PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的質量濃度(每 60 秒的平均值)，評估作業場內所的偶發性奈米氣膠的暴露情況，並透過比對 7 種不同的通風情境來判別室內的偶發性微粒逸散來源，包含化學儲存室的通風系統有無運轉、奈米物質作業場所與化學物儲存室相連的門有無打開等情境，相關的作業場所與化學品儲藏室的平面圖與監測點如圖 4.3.2 所示。

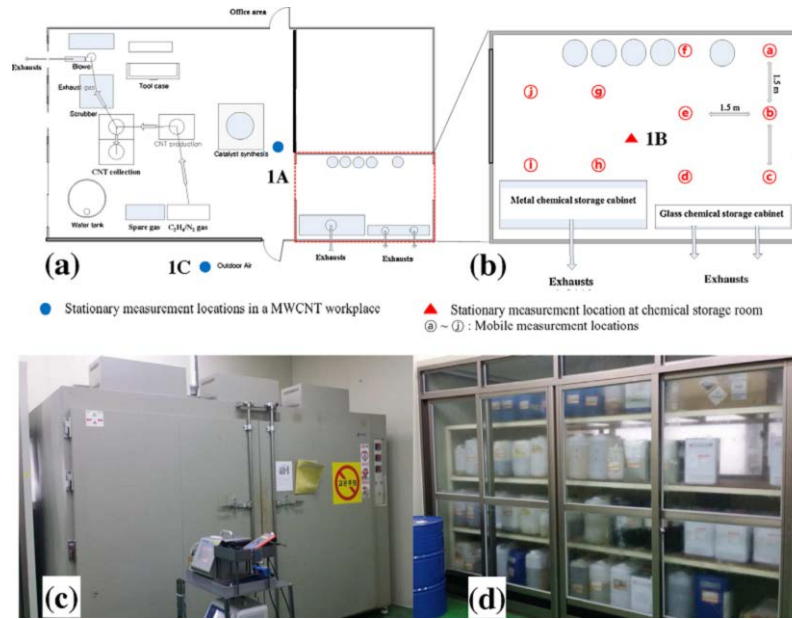


圖 4.3.2 (a)多壁奈米碳管工作場所平面圖與監測點示意圖；(b)化學品儲藏室平面圖與監測點示意圖；(c)鐵製化學儲存櫃的圖像；(d)玻璃製的化學儲存櫃(Kim et al. 2015)

圖 4.3.3 為 7 種不同通風條件下，奈米微粒( $10 < D_p < 420 \text{ nm}$ )、次微米至微米級微粒 ( $0.25 < D_p < 32 \mu\text{m}$ )、肺沉積微粒表面積與 $\text{PM}_{10}$ 的質量濃度於化學品儲藏室內的監測結果以及微粒之粒徑分布，當儲藏室與奈米物質工作場所相連的門為關閉狀態，且化學儲藏室內的通風系統為運轉時，奈米微粒的數目濃度最高(峰值粒徑 27 nm，如圖 4.3.2(c))，與環境背景濃度有明顯差別(峰值粒徑 92 nm，圖 4.3.2(b))。但當通風系統運轉的情況下，無論門有無開啟，儲藏室內的次微米至微米級微粒數目濃度並沒有顯著的差異，但此二情境的奈米微粒數目濃度與表面積濃度皆明顯高於背景濃度，由此可證絕大多數較小的奈米微粒是來自化學品儲藏室。此外當與儲藏室連接的門開啟，且化學儲藏室內的通風系統為運轉時，化學品儲藏室內的奈米微粒粒徑最小(峰值粒徑 15nm，如圖 4.3.2(d))。

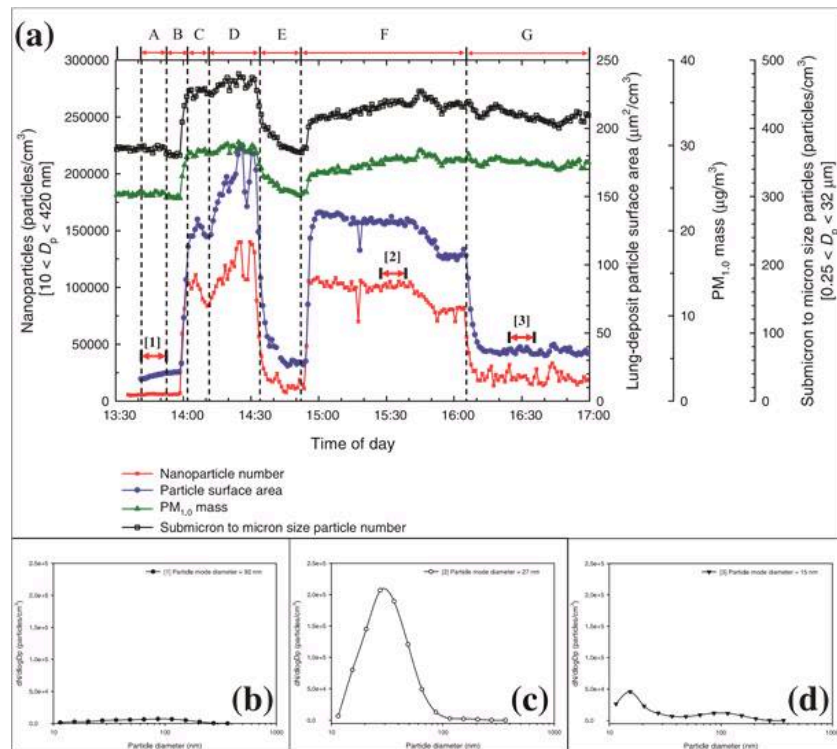


圖 4.3.3 為 7 種不同通風條件下，奈米微粒( $10 < D_p < 420 \text{ nm}$ )、次微米至微米級微粒 ( $0.25 < D_p < 32 \text{ }\mu\text{m}$ )、肺沉積微粒表面積與PM<sub>1</sub>的質量濃度於化學品儲藏室內的監測結果以及微粒之粒徑分布([1]、[2]、[3]分別表示當奈米微粒的數目濃度達到穩定的階段)(Kim et al. 2015)

Kim et al. (2015)發現當通風系統有運轉且門為開啟狀態時，儲藏室內的奈米微粒濃度約 $20,000 \text{ \#/cm}^3$ ，然而當門關閉時，儲藏室內的奈米微粒濃度高達 $100,000 \text{ \#/cm}^3$ 。造成此現象的主因為當門關閉時，儲藏室內的通風較差，導致奈米氣膠的累積，而當門為開啟狀態時，則高濃度的奈米氣膠會往相連的工作場所逸散，使儲藏室的數目濃度降低，但同時卻也成為工作場所的偶發性奈米氣膠逸散來源。當化學品儲藏室內的通風系統停止運轉，且門為關閉時，儲藏室內的奈米微粒濃度範圍在 $8.0 \times 10^4$ 至 $1.0 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ 。當門開啟時，儲藏室內的高濃度奈米微粒在5-10分鐘內快速下降至低於 $3.0 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$ 。化學品儲藏室內的奈米微粒濃度由初始(門關閉時)濃度的增加和隨後的減少(門開啟時)，與分別量測當儲藏室與奈米物質工作場所相連的門為開啟和關閉狀態，與化學儲藏室內的通風系統為停止運轉時，的結果趨勢相似，結果顯示化學品儲藏室內有持續產生的奈米微粒來源，如圖4.3.4所示。

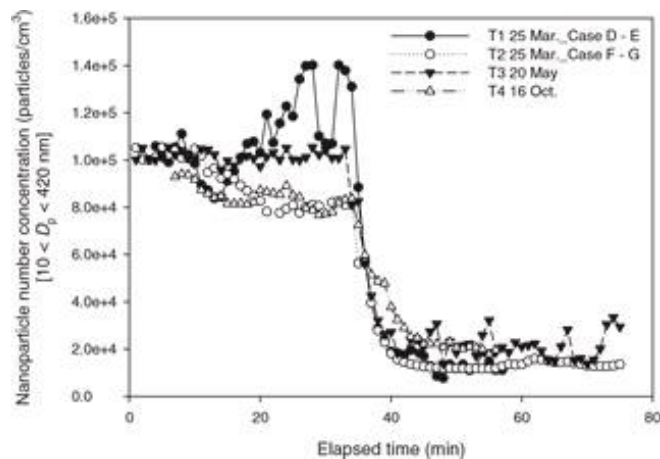


圖4.3.4 當化學品儲藏室內通風系統停止運轉，門開啟時，儲藏室內奈米微粒的數目濃度變化(Kim et al. 2015)

Kim et al. (2015)為了要觀察微粒形成的過程，在化學品儲藏室與奈米物質工作場所相連的門為關閉狀態，且化學儲藏室內的通風系統為停止運轉時，分別量測的初始期間內(20 min)，不同時段的微粒粒徑分布、微粒數目濃度和微粒等粒徑圖。圖4.3.5 (a)和(c)顯示在短暫的期間內只有峰值的微粒濃度有上升，而微粒的數目濃度與時間成正比(如圖4.3.5 (b)所示)。VOC的分析結果顯示，這些偶發性氣膠可能是由化學品儲藏室內所累積的前驅物與含氧揮發性有機物質(Oxygenated volatile organic compounds, OVOCs)經由氣相至微粒相的轉化而成。Kim等人使用濾紙收集這些奈米氣膠，並以SEM分析，發現濾紙上大多是粒徑介於30-60 nm奈米的圓球形微粒，觀察結果推論相符，如圖4.3.5 (d)所示。最後Kim et al. (2015)建議應加強由氣像或液像有害化學物質產生的偶發性二次微粒的辨別，以有效地量測ENMs工作場所的奈米微粒濃度，除此之外，評估先前甚少研究的偶發性奈米的暴露量亦十分重要。

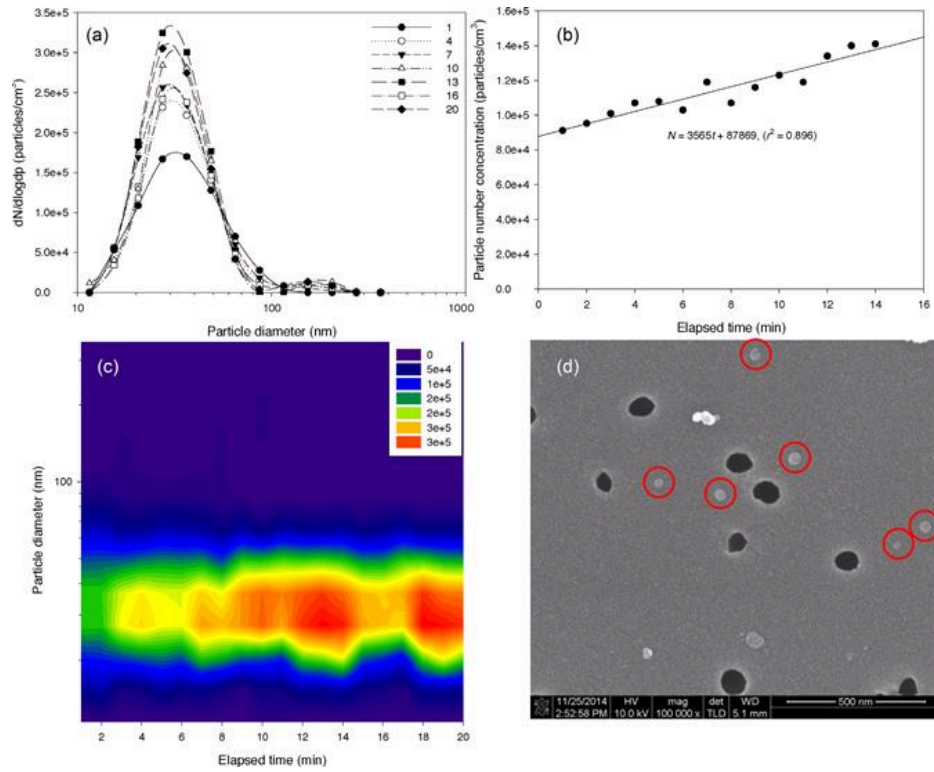


圖 4.3.5 偶發性奈米氣膠的(a)微粒粒徑分布；(b)數目濃度；(c)等粒徑圖(contour plot)；(d)奈米微粒 SEM 圖(Kim et al. 2015)

行政院環境保護署

「104 年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」研究案

---



## 第五章 環境奈米科技知識整合及交流

### 5.1 環境奈米科技知識平台

本團隊於 99 年度建置完成環境奈米科技知識平台，平台的首頁如圖 5.1.1 所示，今年的工作重點則在網站管理、資訊提供及整合，整合國內之研究成果，含研究報告、期刊論文、會議論文、專利及技轉，並公開於平台上。環境奈米科技知識平台電子報從 2011 年 7 月 8 日創刊至今，共發行 20 期，使用者可在最新消息的電子報專區瀏覽電子報的歷史資料(如圖 5.1.2)，並可透過電子報專區下載 PDF 檔的全文(如圖 5.1.3)，圖 5.1.4 為電子報的圖樣，訂閱者可以即時透過電子郵件收到電子報發佈的奈米 EHS 新知、奈米 EHS 知識、活動快訊及下期內容預告等，或連結至平台上閱覽全文。目前環境奈米科技知識平台的電子報訂閱人數為 563 人，且瀏覽人數已大幅增加至 192,852 次(統計日期：104 年 11 月 25 日，2015 年 1 月至 11 月的瀏覽人數為 58,080)。

圖 5.1.1 環境奈米知識平台首頁



圖 5.1.2 電子報專區



圖 5.1.3 電子報之全文圖樣



行政院環境保護署

## 環境奈米科技知識平台電子報

第二十期 | 出報日: 2015/11/16

訂閱電子報

平台網址: <http://ehs.epa.gov.tw/>  
 發行單位: [行政院環境保護署](#)  
 執行單位: [國立交通大學環境工程研究所](#)



前言

近年來先進國家與國際組織在奈米技術環境、健康與安全(EHS)的議題上已有顯著的進展，出現許多奈米技術相關的法規及標準，奈米物質的量測、控制及安全防護技術也已漸趨完備。為因應國際發展趨勢，我國環保署、衛福部與勞動部長期合作，持續關注奈米EHS的議題，發展相關技術及制訂管理法規，以確保負責任的奈米技術之永續發展。環保署、衛福部與勞動部三個政府部門共同建置了環境奈米科技知識平台(ehs.epa.gov.tw)，並自2011年開始定期發行電子報，以提供僑界學術界奈米EHS議題的即時資訊及研究進展，並與國內外不同利益相關者進行溝通及交流。

本期為第20期電子報，內容包括奈米科技的法規與政策、奈米物質對環境、健康與安全的影響議題，奈米物質在環境的應用之最新進展。首先在奈米科技的法規與政策方面，本期介紹了歐盟執行委員會發布奈米物質定義的審議方案、歐盟SUN計畫對奈米技術的風險管理進行調查、歐盟執委會同意的食物接觸物質清單新增三種奈米材料、奈米技術產業協會認為歐盟新類性食品的法規“無法實行”、歐盟執委會徵求添加於防腐劑與個人護理產品中的奈米二氧化鈦的意見、台灣衛生福利部食品藥物管理署公告奈米醫療器材品質管理系統注意事項，以及經濟合作發展組織的工程奈米物質工作小組發布工程奈米物質風險評估的新指引。在奈米物質對環境、健康與安全的影響方面，報導水中生物更容易吸收奈米級微粒、奈米氧化鋅與奈米二氧化鈦的適合毒性研究，以及低溫度的長期體外暴露實驗提供了奈米物質毒性評估的新見解。在奈米物質的應用的部分，報導奈米級與抗菌物質研究的未來與塑膠包裝瓶內的奈米微粒可延長鮮乳的保存期限。

本期專訪國立成功大學環境醫學研究所蔡朝煥教授，蔡教授在2012-2014年協助勞動部職業安全衛生署制訂危害性化學品暴露評估與分類管理相關規範，在2015年與勞動部勞動及職業安全衛生研究所合作編定「奈米物質安全衛生管理技術手冊」技術指引，提供相關單位擬訂奈米物質安全衛生管理之參考，以落實奈米物質風險等級評估及分類管理，期望將奈米物質的暴露風險降至最低，藉此專訪機會了解國內外對奈米物質在安全衛生管理技術上的最新發展資訊。更多EHS精彩報導都在「環境奈米科技知識平台電子報」。



奈米EHS  
新知介紹

1. [成功大學環境醫學研究所-蔡朝煥教授](#)
2. 奈米物質的應用
  - [奈米級與抗菌物質研究的未來](#)
  - [巴西Nanox公司研發的奈米級複合材料可延長鮮乳的保存期限](#)
3. 奈米物質對環境、健康與安全的影響
  - [研究指出水中生物更容易吸收奈米級微粒](#)
  - [奈米氧化鋅與奈米二氧化鈦的適合毒性研究](#)
  - [低溫度的長期體外暴露實驗提供了奈米物質毒性評估的新見解](#)
4. 奈米科技的法規與政策
  - [歐盟執行委員會發布奈米物質定義的審議方案](#)
  - [歐盟SUN計畫對奈米技術的風險管理進行調查](#)
  - [歐盟執委會同意的食物接觸物質清單新增三種奈米材料](#)
  - [奈米技術產業協會認為歐盟新類性食品的法規“無法實行”](#)
  - [歐盟執委會徵求添加於防腐劑與個人護理產品中的奈米二氧化鈦的意見](#)
  - [台灣衛生福利部食品藥物管理署公告奈米醫療器材品質管理系統注意事項](#)
  - [經濟合作發展組織的工程奈米物質工作小組發布工程奈米物質風險評估的新指引](#)



活動快訊

1. [2016職業衛生研討會暨第十屆海峽兩岸職業衛生交流會](#)
  - 舉行時間: 2016/03/02 8:00~2016/03/04 17:00
  - 與會地點: 中研醫事科技大學(71703 台南市仁德區文華一街89號)
  - 主辦單位: 臺灣職業衛生學會/北京大學
2. [nano tech 2016 - The 15th International Nanotechnology Exhibition & Conference](#)
  - 舉行時間: 2016/01/27 10:00~2016/01/29 17:00
  - 與會地點: Tokyo, JAPAN
  - 主辦單位: Secretariat of nano tech executive committee c/o ICS Convention Design, Inc.
3. 下期內容預告

[首頁](#) | [免費/取消訂閱](#) | [加入會員](#) | [聯絡我們](#)  
 Copyright © 2015 行政院環境保護署. All rights reserved.

圖 5.1.4 電子報圖樣

平台的公告專區提供環保署、衛福部與勞動部發佈的奈米技術 EHS 相關的法規(如圖 5.1.5)及政策(如圖 5.1.6)，如環保署的「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法」、衛福部的「鑑別奈米醫療器材參考指引草案」及「奈米食品申請作業指引草

案」，與勞動部的「新化學物質登記管理辦法」及「危害性化學品評估及分級管理辦法」等。

行政院環境保護署  
環境奈米科技知識平台

公告分類: 法規 公告單位: 全部  
查詢日期: ~ 查詢

共 9 筆相關資料

日期	分類	標題	公告單位
2015/01/30	[法規]	勞動部令：訂定「新化學物質登記及管制性化學品許可申請收費標準」	勞安所
2014/12/31	[法規]	勞動部令：訂定「危害性化學品評估及分級管理辦法」	勞安所
2014/12/31	[法規]	勞動部令：訂定「新化學物質登記管理辦法」	勞安所
2014/12/31	[法規]	勞動部令：訂定「管制性化學品之指定及運作許可管理辦法」	勞安所
2014/12/31	[法規]	化學品管理新制上路 職安保護更周延	勞安所
2014/12/30	[法規]	勞動部令：訂定「優先管理化學品之指定及運作管理辦法」	勞安所
2014/12/05	[法規]	環保署發布化學物質登錄辦法，啟動我國化學物質登錄制度	環保署
2013/11/22	[法規]	立法院三讀通過毒性化學物質管理法部分條文修正草案 明年起製造及輸入的化學物質都要登錄	環保署
2013/07/03	[法規]	「職業安全衛生法」(原名：勞工安全衛生法)第十條、第十一條與第十三條增修條文	勞安所

圖 5.1.5 法規專區

行政院環境保護署  
環境奈米科技知識平台

公告分類: 政策 公告單位: 全部  
查詢日期: ~ 查詢

共 8 筆相關資料

日期	分類	標題	公告單位
2015/09/24	[政策]	奈米醫療器材品質管理系統注意事項已於2015年9月24日公開	衛福部
2015/07/07	[政策]	奈米成分化粧品風險評估指引已於2015年7月7日公開	衛福部
2014/11/24	[政策]	奈米食品申請作業指引已於2014年11月24日公開	衛福部
2014/10/22	[政策]	鑑別奈米醫療器材參考指引草案已於2014年10月22日公開	衛福部
2011/08/16	[政策]	現行奈米藥品管理政策說明	衛福部
2011/08/16	[政策]	現行奈米化粧品管理政策說明	衛福部
2011/08/16	[政策]	現行奈米醫療器材管理政策說明	衛福部
2011/08/16	[政策]	現行奈米食品管理政策說明	衛福部

圖 5.1.6 政策專區

本報告同時整合國內外相關團體之奈米知識源，包括科技部與 EHS 議題相關之研究計畫、歐盟網站知識源等均已納入環境奈米科技知識平台。目前已整理並完成上傳的國內的研究報告及出版文獻篇數統計表如表 5.1.1 所示，中文版網站收錄研究報告全文 197 篇(104 年新增 15 篇)、出版文獻連結 880 篇(104 年新增 139 篇)，及英

文版網站收錄研究報告摘要 163 篇(104 年新增 6 篇)、SCI 論文連結 663 篇(104 年新增 101 篇)(統計日期：2015 年 11 月 25 日)，顯見國內對奈米技術 EHS 的研究成果豐碩。圖 5.1.7 及圖 5.1.8 分別為英文版網站研究報告及出版文獻的搜尋結果。

表 5.1.1 已上傳知識平台的研究報告及出版文獻篇數統計(2015/11/25)

委辦機關	中文版網站 研究報告全	英文版網站 研究報告摘	中文版網站 出版文獻連	英文版網站 SCI 論文連
環保署	64	64	211	23
勞安所	52	52	13	25
衛生福利部	15	2	65	70
科技部	62	44	494	500
奈米國家型計畫辦公室	0	0	0	1
工研院	0	0	36	2
環檢所	1	0	6	0
其他委辦機關	3	1	55	42
總計	197	163	880	663

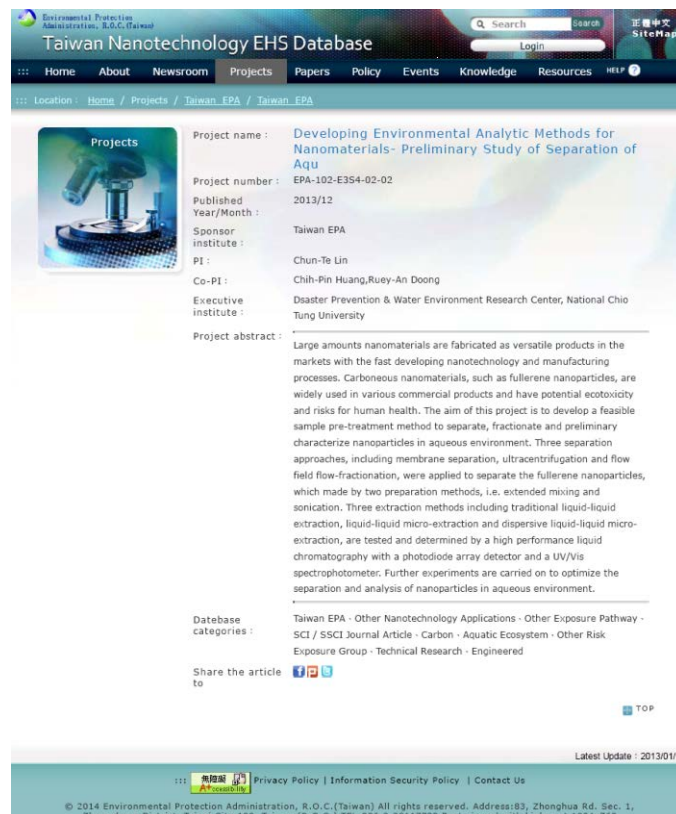


圖 5.1.7 英文版網站提供研究報告摘要

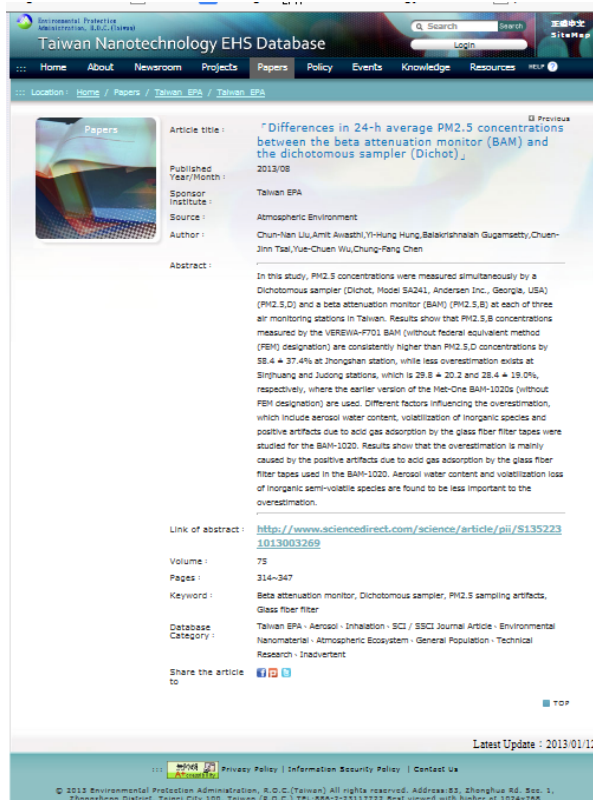


圖 5.1.8 英文版網站提供出版文獻的 SCI 論文連結

平台的活動訊息專區可發佈國際及國內研討會、論壇等活動訊息，開站至今已發佈了 47 筆訊息，如圖 5.1.9 所示。另外，活動訊息專區也有奈米科技展與環境奈米科技論壇活動花絮等兩個專區供使用者瀏覽。在奈米 EHS 知識專區則有可供一般民眾瀏覽的科普知識、最佳控制實務、名詞解釋、專家專訪及常見問等專區，其中為了推廣我國相關奈米 EHS 研究成果，本團隊目前已訪問了 13 位的國內專家學者，如圖 5.1.10 所示，分別為交大環工所蔡春進教授、清大生醫系董瑞安教授、清大化學系凌永健教授、國衛院奈米醫學研究中心楊重熙主任、台大職醫所鄭尊仁教授、環檢所阮國棟所長、國衛院環醫組劉紹興組主任、工研院奈米中心宋清潭研究員、成大環工系王鴻博教授、清大動機系李國賓教授及成大環醫所張志欽教授等，介紹他們的優異研究成果及針對奈米 EHS 各議題的看法，訪問內容並以中英文方式在專家專訪專區具名發表。最後，為了使網站使用者能精確取得所需之研究報告或出版文獻的資訊，平台規劃有簡易版及進階版的搜尋引擎，使用者可以根據關鍵字、分類、作者及出版年月等項目進行查詢。

行政院環境保護署  
環境奈米科技知識平台

站內搜尋 搜尋  
管理者登入  
English 網站地圖

首頁 關於資料庫 最新消息 研究計畫 出版文獻 公告 活動訊息 奈米EHS知識 相關連結 社群討論 HELP

您目前的位置： 首頁 / 活動訊息 / 研討會

活動訊息

共47筆相關資料

研討會舉行時間	研討會名稱
2015/10/19	The 7th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health 與會地點：Limpopo Province, South Africa 主辦單位：National Institute for Occupational Health (NIOH)/the Toxicology Society of South Africa (TOXSA)
2015/10/02	第22屆國際氣膠科技研討會暨2015細懸浮微粒(PM2.5)與健康研討會 與會地點：國家衛生研究院(苗栗縣竹南鎮科研路35號) 主辦單位：國家衛生研究院國家環境毒物研究中心/台灣氣膠研究學會
2015/10/01	104年奈米物質安全衛生管理論壇 與會地點：國家衛生研究院(苗栗縣竹南鎮科研路35號) 主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所
2015/09/16	第七屆中國環境科學學會室內環境與健康分會學術年會 (IEHB2015) 與會地點：杭州 主辦單位：國環境科學學會室內環境與健康分會/臺灣室內環境品質學會
2015/09/15	The 6th Asian Particle Technology Symposium (APT2015) 與會地點：Coex, Seoul, Korea 主辦單位：Division of Fine Particles Technology, Korean Institute of Chemical Engineers

< 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 >

圖 5.1.9 活動訊息專區-研討會訊息

行政院環境保護署  
環境奈米科技知識平台

站內搜尋 搜尋  
管理者登入  
English 網站地圖

首頁 關於資料庫 最新消息 研究計畫 出版文獻 公告 活動訊息 奈米EHS知識 相關連結 社群討論 HELP

您目前的位置： 首頁 / 奈米EHS知識 / 專家專訪

奈米EHS知識

共11筆相關資料

項目	專家專訪主題
1	專訪國立交通大學環境工程研究所-蔡春進教授
2	專訪國立清華大學生醫工程與環境科學系-董瑞安教授
3	專訪國立清華大學化學系-凌永健教授
4	專訪國家衛生研究院奈米醫學研究中心-楊重熙主任
5	專訪國立台灣大學職業醫學與工業衛生研究所-鄭尊仁教授
6	專訪行政院環境保護署環境檢驗所-阮國棟所長
7	專訪國衛院環境衛生與職業醫學研究組-劉紹興組主任
8	專訪工研院奈米中心-宋清潭特別助理/正研究員
9	專訪國立成功大學環境工程學系-王鴻博教授
10	專訪國立清華大學動力機械工程學系-李國賓教授

< 1 2 >

圖 5.1.10 專家專訪專區

本團隊將繼續協環保署進行 104 年度奈米計畫子計畫之橫向管理與整合等作業，並聯繫及追蹤各子計畫之計畫主持人，即時將研究成果及相關資料等上傳環保署「環境奈米科技知識平台」，及配合知識平台發行電子報，整合奈米 EHS 相關資訊。為蒐集環保署「環境奈米科技知識平台」所需之相關資料，本團隊已完成收集國內科技部、國家衛生研究院、勞工安全衛生研究所等單位過去所出版奈米技術 EHS 相關的研究報告及論文，部分已徵求計畫主持人或出版作者同意的報告將陸續上傳至「環境奈米科技知識平台」，以充實網站的內容及增加可讀性。

本年度除了提升網站功能的操作便利性、資料豐富性外，更針對資訊安全執行網站弱點分析掃描及網站流量的統計。弱點掃描(Vulnerability Assessment)的用意在於協助資訊人員提早察覺存在的已知漏洞，這包含系統弱點找尋、系統內部惡意程式的發現、系統整體強度的檢查、資訊安全政策設定是否有問題…等等。本團隊將不定期以『Nessus 弱點偵測軟體』針對目標主機進行安全評估及檢測。而檢測報告包含以下項目：

- 是否具有安全弱點或安全漏洞之訊息
- 弱點統計(依等級統計)
- 弱點清單
- 提供安全弱點、安全漏洞之說明連結

掃描策略為先進行 Microsoft Patches 掃描，掃描結果為無任何弱點存在，相如圖 5.1.11 所示。

114.34.180.151	
<b>Scan time :</b>	
<b>Start time :</b>	<b>Fri Oct 16 11:25:42 2015</b>
<b>End time :</b>	<b>Fri Oct 16 19:24:51 2015</b>
<b>Number of vulnerabilities :</b>	
<b>Open ports :</b>	<b>20</b>
<b>Low :</b>	<b>0</b>
<b>Medium :</b>	<b>0</b>
<b>High :</b>	<b>0</b>

圖 5.1.11 Nessus 掃描結果圖

本團隊目前已針對網站進行 4 次無障礙自我檢測，結果符合 A<sup>+</sup> 的規範，如表 5.1.2



所示，無障礙網頁規範之相關報告如圖 5.1.12。

表 5.1.2 無障礙自我檢測紀錄表

自我檢測日期	檢測結果
2015/05/04	符合A <sup>+</sup> 規範
2015/07/07	符合A <sup>+</sup> 規範
2015/09/29	符合A <sup>+</sup> 規範
2015/10/22	符合A <sup>+</sup> 規範

● 無障礙網路服務-標章資訊

機關代碼	355000000 行政院環境保護署
標章管理權機關代碼	355000000 行政院環境保護署
承辦人	--
網站名稱	環境奈米科技知識平台
網址	<a href="http://ehs.epa.gov.tw/">http://ehs.epa.gov.tw/</a>
標章等級	A+
最近檢測日期	2011.12.02
修正日期	2011.12.06
登錄日期	2011.11.21
備註	<p><a href="http://ehs.epa.gov.tw/NewRoom/F_News_Detail/">http://ehs.epa.gov.tw/NewRoom/F_News_Detail/</a>  <a href="http://ehs.epa.gov.tw/NewRoom/EN_F_News_Detail/">http://ehs.epa.gov.tw/NewRoom/EN_F_News_Detail/</a>                      二個目錄為轉址目錄，謝謝</p>
連結路徑	<p>&lt; a href = "http://www.webguide.nat.gov.tw/enable.jsp?category=20111121114554" title = "無障礙網站"&gt; &lt; img src = "(設定連結至您自行下載的無障礙標章圖檔位置)" border = "0" width = "88" height = "31" alt = "通過A+優先等級無障礙網頁檢測"&gt;</p>
標章狀態	此標章啟用中

檢測記錄	檢測日期	檢測狀態	檢測類別
檢視報告	2011.12.02	2011.12.06修正	機器／人工
檢視報告	2011.11.29	2011.12.01修正	機器／人工
檢視報告	2011.11.21	--	機器／機器

圖 5.1.12 A<sup>+</sup>無障礙檢測報告圖

在統計網站流量的分析方面，本團隊導入 Google Analytics (分析)之解決方案來讓系統管理者可以進一步瞭解網站流量和網頁功能使用成效，不僅提供了具有彈性

又容易使用的強大功能，更可透過全新的方式查看並分析流量資料。而以下列出幾類較常查詢使用的流量統計報表，讓系統管理者可以更廣面的去了解點閱民眾的習性及頻率，網頁檢視人數統計圖如圖 5.1.13。在特定時間區間內，統計出造訪次數、網頁檢視數、平均網站停留時間等數值。而相關數值解讀如下：

- 數據查詢區間：2015/1/1~2015/11/17，共有 7,060 次(不重覆訪客)造訪過本網站
- 曲線圖為：各月的訪客人數
- 造訪數：指在查詢區間內的總覽網站人數，含重覆到訪人數
- 不重覆訪客：指在查詢區間內的不重覆到訪人數
- 瀏覽量：指查詢區間內的總瀏覽頁數
- 單次造訪頁數：指查詢區間內單人造訪的頁數，亦『總瀏覽頁數/造訪數』
- 平均造訪停留時間：指查詢區間內單人造訪的停留網站內時間
- 跳出率：指只瀏覽一頁就離開的造訪數/造訪次數

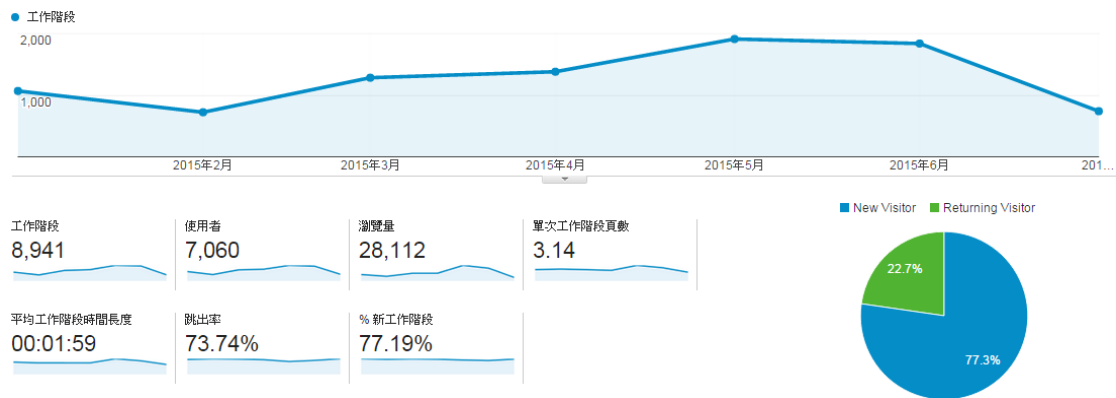


圖 5.1.13 網頁檢視人數統計圖

圖 5.1.14 為網站內容點閱統計圖，可觀察出使用者常用的功能單元，進而增加功能資料內容或加強網站查詢效率，讓使用者在使用該功能時，能有更好的使用體驗。圖 5.1.14 統計數據中，可看到所有造訪人次中，最常看到的功能排名，其中以『白皮書』、『最新消息-BfR 建議奈米銀不應使用於食品 and 個人日常用品』、『研討會』及『科普知識』為最多造訪人次中的前五名熱門功能。

網頁	瀏覽量	不重複瀏覽量	平均網頁停留時間	入站	跳出率	離開百分比
	31,978 % 總計: 100.00% (31,978)	22,663 % 總計: 100.00% (22,663)	00:00:55 資料檢視平均值: 00:00:55 (0.00%)	9,920 % 總計: 100.00% (9,920)	73.46% 資料檢視平均值: 73.46% (0.00%)	31.02% 資料檢視平均值: 31.02% (0.00%)
1. /	2,454 (7.67%)	1,712 (7.55%)	00:01:09	1,418 (14.29%)	37.45%	33.62%
2. /About/F_About_WhiteBook	1,158 (3.62%)	995 (4.39%)	00:03:21	773 (7.79%)	74.00%	63.73%
3. /Newsletter/F_News_Detail/10	1,062 (3.32%)	996 (4.39%)	00:04:55	980 (9.88%)	88.47%	88.14%
4. /Conference/F_Events_Index	936 (2.93%)	565 (2.49%)	00:00:29	161 (1.62%)	49.69%	22.97%
5. /Conference/F_Events_Detail/77	627 (1.96%)	439 (1.94%)	00:01:22	162 (1.63%)	62.35%	40.51%
6. /GeneralKM/F_GeneralKM_Index	507 (1.59%)	210 (0.93%)	00:00:10	18 (0.18%)	16.67%	4.73%
7. /Conference/F_Events_Register/77	462 (1.44%)	217 (0.96%)	00:01:12	14 (0.14%)	28.57%	6.71%
8. /Admin/ConferenceManage/B_Events_Index	417 (1.30%)	143 (0.63%)	00:01:53	97 (0.98%)	23.71%	17.51%
9. /Admin/NewspaperManage/B_Newspaper_Index/1	360 (1.13%)	56 (0.25%)	00:01:37	32 (0.32%)	37.50%	12.50%
10. /Glossary/F_Glossary_Index	292 (0.91%)	123 (0.54%)	00:00:08	9 (0.09%)	22.22%	3.42%

圖 5.1.14 網站內容點閱統計圖

圖 5.1.15 為新舊訪客總覽圖，在特定時間區間內，觀察使用者的新舊分布比率。圖 5.1.15 顯示訪客查詢的性質，New Vistor 為首次進到本網站的人次，而 Returning Vistor 為第二次(含以上)到訪本網站人次。由此數據可看出新訪客持續成長中，而舊訪客的回訪比例逐漸上升，佔比為 23% 這也代表著本網站的資訊參考性愈來愈重。



圖 5.1.15 新舊訪客總覽圖

以去年同期(2014/1/1~2014/11/17)跟今年(2015/1/1~2015/11/17)的造訪頻率及回訪率的趨勢圖如圖 5.1.16 與圖 5.1.17，便可以看出本網站所呈現的資料漸漸成為重度使用者，造訪次數 100 次以上的成長了 232.6%，造訪次數 200 已上的成長了 3913%，此結果顯示本平台慢慢成為查閱奈米知識的重點平台之一。

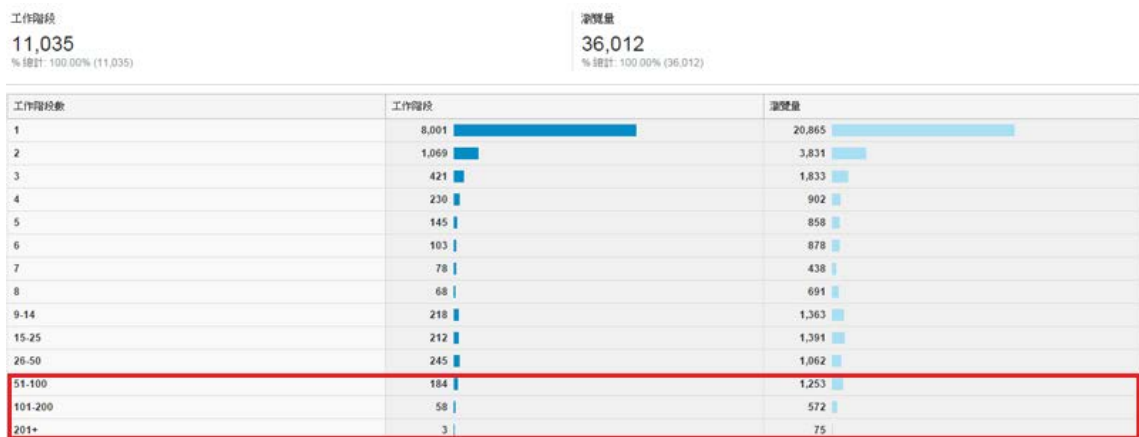


圖 5.1.16 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的造訪頻率及回訪率的趨勢圖

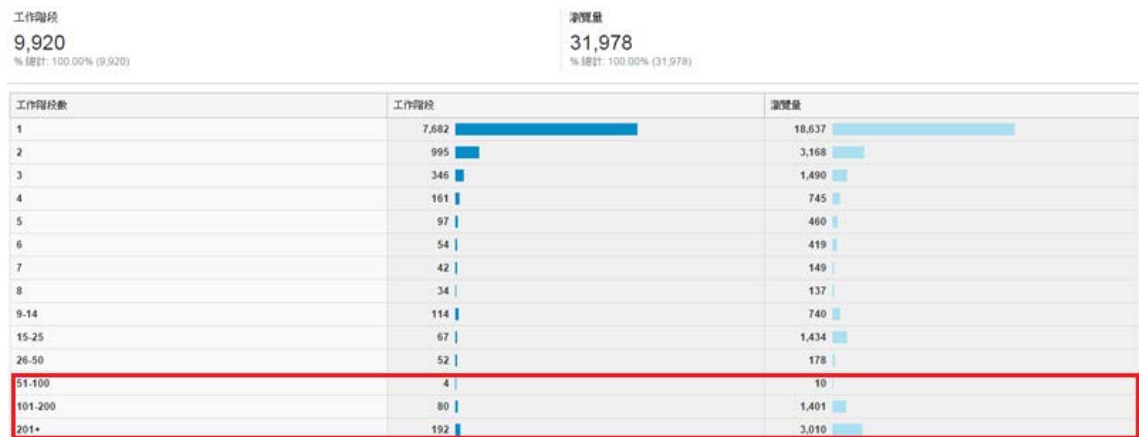
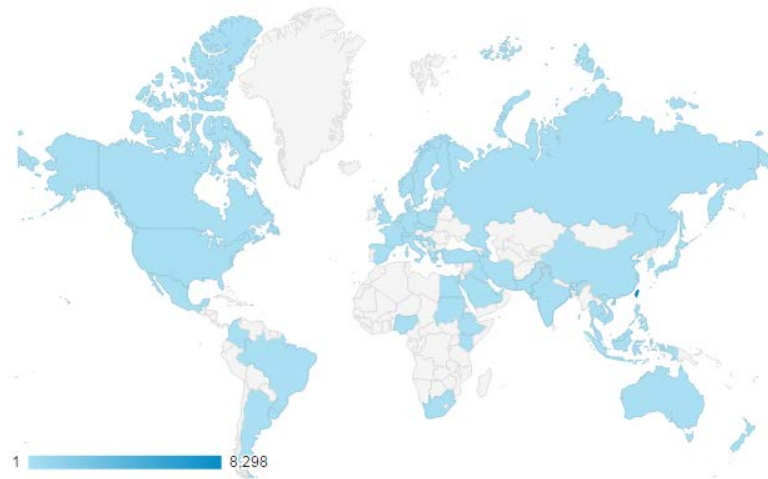


圖 5.1.17 今年(2015/1/1~2015/11/17)的造訪頻率及回訪率的趨勢圖

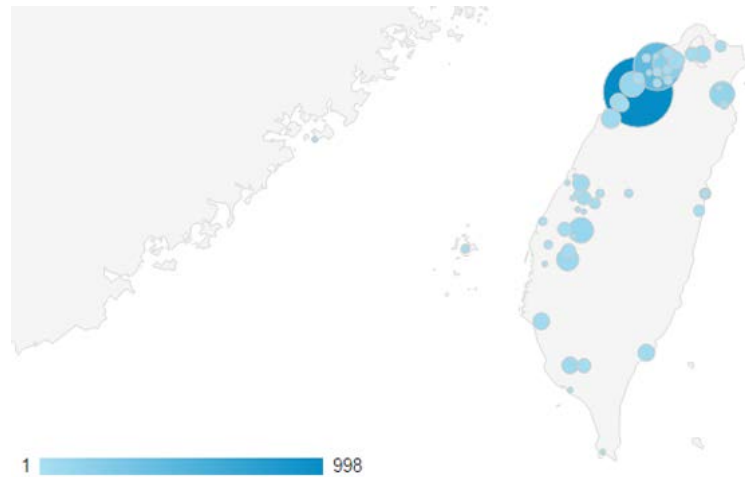
圖 5.1.18 為訪客地理位置圖，在特定時間區間內，可統計出訪客地理位置比例，藉以系統使用者的分布情形。綠色區域代表是訪客分布的國家分布，其中以『台灣』，『美國』及『香港』為最多的訪客國家來源。



國家地區	客戶開發			行為		
	工作階段	% 新工作階段	新使用者	跳出率	單次工作階段頁數	平均工作階段時長
	9,920 % 總計: 100.00% (9,920)	77.44% 資料檢視平均值: 77.36% (0.10%)	7,682 % 總計: 100.10% (7,674)	73.46% 資料檢視平均值: 73.46% (0.00%)	3.22 資料檢視平均值: 3.22 (0.00%)	00:02:02 資料檢視平均值: 00:02:02 (0.00%)
1. Taiwan	9,206(92.80%)	76.33%	7,027(91.47%)	72.59%	3.33	00:02:07
2. United States	131 (1.32%)	90.08%	118 (1.54%)	80.92%	2.59	00:00:52
3. Hong Kong	88 (0.89%)	92.05%	81 (1.05%)	87.50%	1.48	00:00:27
4. India	72 (0.73%)	98.61%	71 (0.92%)	93.06%	1.14	00:00:11
5. Japan	37 (0.37%)	89.19%	33 (0.43%)	72.97%	2.11	00:01:13
6. Malaysia	25 (0.25%)	96.00%	24 (0.31%)	84.00%	3.40	00:02:51
7. United Kingdom	24 (0.24%)	87.50%	21 (0.27%)	79.17%	1.96	00:00:55
8. Iran	24 (0.24%)	83.33%	20 (0.26%)	62.50%	3.67	00:04:15
9. Germany	22 (0.22%)	90.91%	20 (0.26%)	95.45%	1.05	00:00:01
10. Vietnam	22 (0.22%)	95.45%	21 (0.27%)	90.91%	1.09	00:00:13

圖 5.1.18 訪客地理位置圖

而台灣的城市中，以『新竹縣』、『中壢』及『桃園市』為前三多的台灣訪客城市來源，如圖 5.1.19。再以去年同期(2014/1/1~2014/11/17)跟今年(2015/1/1~2015/11/17)的訪客比較，如圖 5.1.20 與圖 5.1.21。



城市	客戶開發			行為		
	工作階段	% 新工作階段	新使用者	跳出率	單次工作階段頁數	平均工作階段時間長度
	9,206 % 總計: 92.80% (9,920)	76.33% 資料檢視平均值: 77.36% (-1.33%)	7,027 % 總計: 91.57% (7,674)	72.59% 資料檢視平均值: 73.45% (-1.18%)	3.33 資料檢視平均值: 3.22 (3.23%)	00:02:07 資料檢視平均值: 00:02:02 (4.66%)
1. (not set)	6,238(67.76%)	80.17%	5,001(71.17%)	75.18%	2.59	00:01:41
2. Zhudong Township	998(10.84%)	47.49%	474 (6.75%)	54.11%	7.71	00:05:10
3. Zhongli District	441 (4.79%)	78.23%	345 (4.91%)	76.19%	3.25	00:01:27
4. Taoyuan District	200 (2.17%)	81.00%	162 (2.31%)	72.00%	6.34	00:02:44
5. Yilan City	129 (1.40%)	65.89%	85 (1.21%)	53.49%	6.02	00:03:55
6. Douliu City	115 (1.25%)	74.78%	86 (1.22%)	83.48%	1.60	00:01:11
7. Zhubei City	112 (1.22%)	70.54%	79 (1.12%)	67.86%	4.01	00:03:49
8. Chiayi City	88 (0.96%)	77.27%	68 (0.97%)	71.59%	3.10	00:01:24
9. Miaoli City	66 (0.72%)	66.67%	44 (0.63%)	80.30%	2.52	00:01:39
10. Changhua City	61 (0.66%)	93.44%	57 (0.81%)	63.93%	2.07	00:01:43

圖 5.1.19 台灣城市訪客地理位置圖

國家地區	客戶開發			行為		
	工作階段	% 新工作階段	新使用者	跳出率	單次工作階段頁數	平均工作階段時間長度
	11,035 % 總計: 100.00% (11,035)	72.51% 資料檢視平均值: 72.45% (0.08%)	8,001 % 總計: 100.00% (7,995)	70.91% 資料檢視平均值: 70.91% (0.00%)	3.26 資料檢視平均值: 3.26 (0.00%)	00:02:09 資料檢視平均值: 00:02:09 (0.00%)
1. Taiwan	9,921(89.90%)	70.87%	7,031(87.88%)	70.49%	3.37	00:02:13
2. United States	261 (2.37%)	89.66%	234 (2.92%)	75.10%	2.51	00:01:30
3. Japan	96 (0.87%)	63.54%	61 (0.76%)	67.71%	2.18	00:01:11
4. Hong Kong	76 (0.69%)	89.47%	68 (0.85%)	82.89%	1.71	00:00:39
5. India	70 (0.63%)	84.29%	59 (0.74%)	75.71%	2.27	00:01:23
6. United Kingdom	60 (0.54%)	75.00%	45 (0.56%)	71.67%	2.73	00:02:20
7. Brazil	44 (0.40%)	100.00%	44 (0.55%)	84.09%	1.89	00:01:14
8. Germany	44 (0.40%)	93.18%	41 (0.51%)	77.27%	2.34	00:01:25
9. Iran	30 (0.27%)	96.67%	29 (0.36%)	70.00%	2.13	00:01:24
10. South Korea	28 (0.25%)	75.00%	21 (0.26%)	67.86%	6.21	00:04:25

圖 5.1.20 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的訪客地理位置圖

國家地區	客戶開發			行為		
	工作階段	% 新工作階段	新使用者	跳出率	單次工作階段頁數	平均工作階段時間長度
	9,920 % 總計: 100.00% (9,920)	77.44% 資料檢視平均值: 77.36% (0.10%)	7,682 % 總計: 100.10% (7,674)	73.46% 資料檢視平均值: 73.46% (0.00%)	3.22 資料檢視平均值: 3.22 (0.00%)	00:02:02 資料檢視平均值: 00:02:02 (0.00%)
1. Taiwan	9,206 (92.80%)	76.33%	7,027 (91.47%)	72.59%	3.33	00:02:07
2. United States	131 (1.32%)	90.08%	118 (1.54%)	80.92%	2.59	00:00:52
3. Hong Kong	88 (0.89%)	92.05%	81 (1.05%)	87.50%	1.48	00:00:27
4. India	72 (0.73%)	98.61%	71 (0.92%)	93.06%	1.14	00:00:11
5. Japan	37 (0.37%)	89.19%	33 (0.43%)	72.97%	2.11	00:01:13
6. Malaysia	25 (0.25%)	96.00%	24 (0.31%)	84.00%	3.40	00:02:51
7. United Kingdom	24 (0.24%)	87.50%	21 (0.27%)	79.17%	1.96	00:00:55
8. Iran	24 (0.24%)	83.33%	20 (0.26%)	62.50%	3.67	00:04:15
9. Germany	22 (0.22%)	90.91%	20 (0.26%)	95.45%	1.05	00:00:01
10. Vietnam	22 (0.22%)	95.45%	21 (0.27%)	90.91%	1.09	00:00:13

圖 5.1.21 今年(2015/1/1~2015/11/17)的訪客地理位置圖

圖 5.1.22 與圖 5.1.23 參與度統計圖，在特定時間區間內，可統計出訪客在網站造訪停留時間，藉以了解訪客在本網站中的資訊是否足夠吸引訪客長時間的駐足。以去年同期(2014/1/1~2014/7/27)跟今年(2015/1/1~2015/7/27)的訪客停留時間進行比較，在網頁停留 1800 秒以上的訪客總量較去年成長了 20%。



圖 5.1.22 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的訪客停留時間統計圖



圖 5.1.23 今年(2015/1/1~2015/11/17)的訪客停留時間統計圖

圖 5.1.24 為網頁活動分析圖，可由此圖評估使用者與網頁的互動方式，並協助

了解下列問題：

- 版面配置成效如何？是否能順利引導使用者完成預期的動作？
- 使用者是否真的看到了網站想要呈現的內容？
- 使用者是否順利在網頁上找到所需的資訊？
- 使用者按下了哪些連結？

由統計數字顯示，『首頁』、『關於資料庫』、『活動訊息』、『熱門知識文件』、『最新消息』、『常見問題』的點選比例較高。



圖 5.1.24 今年(2015/1/1~2015/11/17)的網頁活動分析



圖 5.1.25 為行動裝置瀏覽統計圖，在特定時間區間內，可統計出訪客在網站造訪時，所使用的資訊閱讀載具，可藉由此數據了解訪客所使用的載具趨勢，以便提前規劃並接軌趨勢，其中 8-9 月期間為配合環保署執行平台網頁移機作業，暫時關閉平台服務，因此造成平台來客數較低之情況。



圖 5.1.25 今年(2015/1/1~2015/7/27)的行動裝置瀏覽統計圖

2015 年的統計數據顯示，使用一般電腦為 83%，智慧型手機為 17%，使用者主要利用一般電腦瀏覽知識平台。以今年(2015/1/1~2015/11/17)跟去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的訪客行動裝置瀏覽相比較，如圖 5.1.26 與圖 5.1.27，智慧型手機(mobile+tablet)的使用比例成長 70%，代表愈來愈多使用者使用智慧型手機來取得本網站的資訊。

裝置類別	客戶開發			行為		
	工作階段	% 新工作階段	新使用者	跳出率	單次工作階段頁數	平均工作階段時間長度
	11,035 % 總計: 100.00% (11,035)	72.51% 資料檢視平均值: 72.45% (0.08%)	8,001 % 總計: 100.08% (7,995)	70.91% 資料檢視平均值: 70.91% (0.00%)	3.26 資料檢視平均值: 3.26 (0.00%)	00:02:09 資料檢視平均值: 00:02:09 (0.00%)
1. desktop	9,929(89.98%)	71.73%	7,122(89.01%)	70.14%	3.40	00:02:15
2. mobile	850 (7.70%)	81.29%	691 (8.64%)	79.29%	1.79	00:01:10
3. tablet	256 (2.32%)	73.44%	188 (2.35%)	73.05%	2.71	00:01:38

圖 5.1.26 去年同期(2014/1/1~2014/11/17)的行動裝置瀏覽統計圖

裝置類別	客戶開發			行為		
	工作階段	% 新工作階段	新使用者	跳出率	單次工作階段頁數	平均工作階段時間長度
	9,920 % 總計 100.00% (9,920)	77.44% 資料檢視平均值 77.36% (0.10%)	7,682 % 總計 100.00% (7,674)	73.46% 資料檢視平均值 73.46% (0.00%)	3.22 資料檢視平均值 3.22 (0.00%)	00:02:02 資料檢視平均值 00:02:02 (0.00%)
1. desktop	8,224(82.90%)	76.33%	6,277(81.71%)	71.73%	3.43	00:02:12
2. mobile	1,454(14.66%)	84.25%	1,225(15.95%)	83.15%	2.23	00:01:04
3. tablet	242 (2.44%)	74.38%	180 (2.34%)	73.97%	2.21	00:01:58

圖 5.1.27 今年(2015/1/1~2015/11/17)的行動裝置瀏覽統計圖

### 5.1.1 社群討論

本團隊已於臉書(Facebook)成立粉絲團(page)，名稱為「台灣奈米技術在環境健康安全上之應用」，頁面如圖 5.1.28 所示，作為提供奈米科技 EHS 議題、即時資訊及知識交流之網路社群。目前粉絲團已可提供奈米技術 EHS 的科普知識、名詞解釋及常見問題等資訊，未來可透過此粉絲團加強對不同利益相關者對奈米技術的認知與溝通。(以搜尋引擎搜尋「台灣奈米技術在環境健康安全上之應用」)



圖 5.1.28 「台灣奈米技術在環境健康安全上之應用」粉絲團首頁

## 5.2 風險認知溝通、優良管理實務及法規政策架構

### 5.2.1 104年環境奈米科技論壇

本計畫已於104年6月15日在台大集思會議中心蘇格拉底廳，舉辦「104年環境奈米科技論壇」，將環保署、衛福部與勞動部近期對奈米物質相關管理與政策之最新發展，以論文發表方式介紹給國內利害相關者。本論壇共吸引產、官、學、研與環保團體，共183人報名參加(含政府機構55人、業界69人、財團法人8人、學術單位40人、環保團體3人、個人8人)，實際出席參與討論人數為163人(政府單位45人、業界63人、財團法人4人、學術單位45人、環保團體3人、個人3人)，業界參與的人數為歷年來最多，主要原因是為了配合我國化學物質登錄制度的實施，本年度大量發送邀請參加論壇的公文(200餘件以上)至國內產業工會與各大企業，充分達到了nano-EHS知識傳播及風險溝通的目的。以下列出論壇當天環保署、勞動部與衛福部的重點內容：

#### 環保署

1. 我國毒性化學物質管理法於102年12月11日納入源頭登錄管理相關條文，初步規劃奈米運作基本資料物化特性表單，為後續登錄與管理做準備，並持續檢討相關法規對於奈米危害安全管理的必要性與可行作法。環保署環境衛生及毒物管理處依預警(Precautionary)之精神，透過源頭登錄法規掌握物質資訊，提升利害相關者對奈米可能潛在危害的重視與安全資訊傳遞，推動有效管理。
2. 環保署自103年12月11日開始實施化學物質登錄制度新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法，並設立新化學物質登錄平台，此平台依毒性化學物質管理法第七條之一規定建立化學物質登錄申請、登錄資訊上傳、查詢以及定期申報、新事證申請等相關登錄作業與後續管理因應之管道。

#### 勞動部

1. 我國職業安全衛生法於103年7月修正施行後，職業衛生基礎資料庫之建置始有法源依據，勞動部職業安全衛生署為落實國內職業衛生保障及與國際發展趨勢接軌，建立系統化的職業衛生暴露危害分級、風險評估與管理，及化學品源頭登記與重點管理機制，並建置暴露評估工具(定性、半定量及定量)、化學品安全資訊網系統及暴露評估資料庫(監測計畫、監測及暴露評估結果)等及人才培育。現階段相關強化暴露及健康危害評估之具體作法為：(1)建立危害性化學品資料庫：對於國內具危害性之化學物質約1萬9,000種，將藉由化學品危害辨識、運作資料及暴露情形，篩選具有致癌、致突變及生殖毒性(CMR物質)及其他作為重點管理對象約3,000餘種，分階段公告納入管制許可及流佈備查等管理；(2)發展分級管理工具及定量、半定量暴露評估模式；(3)加強勞工作業環境監測資料庫管理；(4)規劃勞工健康檢查資料庫：藉由檢查結果之統計分析資料，作為未來醫師臨床及健康指導之工作相關疾病預防之應用；(5)整合勞工暴露相關資料庫，發展應用工具。
2. 勞動部勞動與職業安全衛生所訂定的奈米物質作業場所安全與衛生之分級管理

策略除可提供原暴露控制之目的外，亦可提供奈米事業單位擬訂奈米物質安全衛生管理之參考，以保障勞工安全與健康。事業單位可藉由落實奈米物質的風險等級評估及分級管理，評估是否會產生奈米物質的暴露情況，並採取謹慎的作業方式將奈米物質的暴露風險降至最低。

### 衛福部

1. 衛福部食品藥物管理署於103年11月公告奈米食品申請作業指引，此指引規範奈米食品之定義、申請程序及作業流程、安全性評估須檢具之資料及申請書，提供食品業者遵循以確保食品安全及兼顧產業發展。

論壇論文集已上傳至知識平台提供大眾下載閱讀，讓不克參與論壇之各界先進也可獲得相關會議資訊，當日的活動照片如下圖 5.2.1 所示，在論壇結束後，共回收了 54 份論壇調查問卷，問卷內容及統計結果如附錄六所示，其他活動花絮以及論文精華已上傳至平台。



活動現場



活動現場



活動現場-演講



專家座談



圖 5.2.1 104 年環境奈米科技論壇活動照片

### 5.2.2 環境奈米科技學者專家專訪

為了加強與國際的互動及介紹台灣奈米 EHS 研究現況，本團隊已於 104 年 5 月 29 日完成訪問，並將中文訪問稿發布在環境奈米科技知識平台內，英文稿將在期末報告中呈現。以下為的中文訪談整理結果：

#### 馬振基教授訪問稿

##### 一、訪問目的



馬振基教授於 1978 年獲美國北卡羅來納州立大學化學工程博士學位後，先後任職於 Monsanto Co.(1977~1979)、Lord Corp.(1979~1980)、及 Phillips Petroleum Co.(1980~1984)。馬教授在 1984 年回國任教於清華大學化學工程系，並主持奈米複合材料實驗室，目前為清華特聘講座教授及國家講座主持人。馬教授過去專注於奈米材料及高性能高分子複合材料之基礎研究，並深入探討奈米複合材料之改質、製備與特性等主題。近年來致力於燃料電池用複合材料雙極板、染料敏化太陽能電池之工作電極及風力發電機複合材料葉片製備，並有多項技術移轉國內產業界。由於對高分子基礎科學研究與在航太、電子、半導體、光電、能源及環境應用推廣有極大貢獻，因此馬教授獲獎無數，如行政院傑出科技獎、國科會傑出研究獎、第一屆國家發明獎、國防科技研究獎、教育部產學合作獎、經濟部產業經濟貢獻獎、東元科技獎及教育部工科學術獎、國際 SPE 學會終身成就獎、清華講座教授、清華特聘講座教授及教育部第十七屆國家講座主持人。已發表的國際期刊論文超過 300 餘篇，國際學術會議論文 200 餘篇，著作 15 本書，獲國內外專利 130 餘件及多項技術移轉案，促進了國內高分子與複合材料及奈米材料之學術研究與產業發展。馬教授畢生致力於高分子/奈米材料科技，在學術研究、人才培育、產業服務、政府諮議及

國際合作各方面都有傑出的表現，因此本研究團隊希望藉由與馬振基教授訪談的機會，了解奈米技術在環境與能源應用相關議題的最新發展。

## 二、採訪方式

面訪

## 三、採訪時間

2015年5月29日

## 四、專訪問題

### 1. 是否可與讀者分享貴團隊近年來在分子/奈米複合材料於環境與能源應用的重要成果及其影響？

我主持的「奈米複合材料實驗室(Nano Composite Laboratory)」長期致力於分子奈米複合材料、能源科技與相關研究人才的培育，近年來以奈米碳管(Carbon Nanotube, CNT)與石墨烯(Graphene)高分子複合材料製程、燃料電池雙極板、薄膜、太陽能電池與風力發電複合材料葉片與零組件的研究為重點。主要的成果如：(1)以原位聚合法製備高機械性能及輕量化的氧化石墨烯(Graphene Oxide, GO)/聚亞醯胺(Polyimide, PI)薄膜複合材料，此GO/PI複合材料將可應用於航太、汽車與光電產業；(2)以奈米石墨烯片(Graphene Nanosheet, GNS)作為填充材製備輕量、可繞曲且具電磁波干擾遮蔽之導電高分子複合材料；(3)以陽極沉積法製備錳氧化物/石墨烯/奈米碳管(a-MnOx-GS-CNTs)超級電容器電極材料，此電極材料在循環伏安法的低掃速(5 mV/s)之下，可達到535 F/g的高電容值；在能量密度和功率密度的表現也相當優異，當功率密度為33.2 kW/kg時，能量密度可達到46.2 Wh/kg；(4)以CNT-Graphene (10 wt%: 90 wt%)複合奈米材於甲醇燃料電池催化觸媒之應用，此複合奈米材可有效提升觸媒分散性以及觸媒層之孔隙度，並可有效提升觸媒甲醇催化活性以及抗甲醇毒化能力；(5)石墨烯奈米複合材料應用於藥物/基因載體以及生物感測器之製備，已可以成功應用於一些生醫研究當中，相關內容已發表在Biomaterials與Advanced Materials期刊。本人認為奈米科技在材料及能源之研究具有很大的發展潛力，期望本實驗室的研發成果可以對國內新興奈米科技之應用有所助益。

### 2. 請問以馬教授過去在奈米複合材料實驗室的豐富經驗，對於國內促進奈米科技技術的產學互動以提高研發成果的價值，教授有何建議？

本人長期投入在塑膠、橡膠與複合材料的研發，至今已獲台灣及美、英、德、日等國共130餘件專利，並已成功將技術移轉給10餘家公司。近年來著重在研發奈米碳材之高分子複合材料、能源及環境材料的技術，以及燃料電池雙極板板材的製作技術，相關專利也已成功移轉給數家業者。我與業界往來相當頻繁，經常會透過研討會、參展及邀請演講的機會，與發表文章的方式，喚起更多業界對奈米技術於材料與能源應用的重視。

我截至目前為止藉由執行科技部、經濟部技術處或工業局計畫所協助的業者已超過兩百家，至今仍持續協助塑膠、橡膠、奈米高分子複合材料、半導體與光電材料等相關業者。自民國七十五年開始，經濟部委託我本人的團隊協助執行人才培訓計

畫，至今已培訓產業人才超過五千人次，對奈米技術與高分子材料之產學合作作出具體的貢獻。本人認為我們學界應秉持開放與樂觀的態度，協助台灣奈米相關產業在產品應用面的發展，並期望可將這些獨特的技術留在台灣，以提升台灣在國際上的競爭優勢。

**3. 請問以教授在奈米材料科技領域多年研究之經驗，您對於國際間奈米技術的應用的發展趨勢有何看法？台灣應該如何因應？**

國際間的奈米技術應用已蓬勃發展，值得我們借鏡與學習。以 2015 年 1 月於日本東京舉辦的全球規模最大的奈米科技研討會與展示會(Nano Tech 2015)為例，該會議有超過 400 個來自全球 30 多國的學術單位、研究機構、政府部門及企業界參與，並在 50 餘場的研討會中發表各國最新的研發與應用成果，其中德國、日本、美國、法國、義大利、韓國及中國大陸等都設立了各國自己的展示館(Pavilion)，並進行技術說明會，內容均非常的精彩；我國由國家型奈米科技研發成果產學橋接計畫整合，設立台灣專館，展示國內最新的奈米技術發展、推廣政策與相關產品。

在本奈米科技展示會中，我發現世界主要國家在奈米技術投入十分積極，應用面很廣且十分先進，已擴及至材料、環境、能源、醫療、半導體、光電及民生等產業。如德國近年來在奈米複合薄膜研發、提升表面機能性的材料與製程、結合溶膠凝膠製程(sol-gel processing)與奈米技術的新世代材料的應用、以及用於能源儲存與轉移的電子材料與奈米材料等都有很好的研發成果。另外日本除了在奈米材料的分散技術、表面改質技術、奈米碳材(Nano Carbon, 如 C60, CNTs, 與 Graphene)應用技術、再生能源與能源儲存系統的開發、以及新世代的機能性 Graphene 塗敷技術有傑出的研究成果外，也特別在生命奈米技術(Life Nano Technology)投入了相當多的心血，其中包含奈米醫藥用品、醫療器材、生物感測器與病菌感測器等之研發。這些國際上最新穎的奈米技術及相關的研發成果及產品，都值得成為台灣學官學研各界努力學習的方向與目標。

在 Nano Tech 2015 綜合展示會的部分，共有 567 個參展單位，在三天的展期內吸引了將近 5 萬人潮，其中最令人印象深刻的為日本的 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Origination, Japan)，該單位展出了相當多的奈米材料與奈米高分子複合材料的重要研發成果，如關鍵金屬(Critical Metals)、Nano Carbon、印刷電子材料(Printed Electronics)、CNT 與 Graphene 製備之透明導電薄膜、CNT 與碳纖維之高強度複合材料、電磁波吸收材料以及高電子移動度半導體材料等。我建議台灣學官學研各界應抱持著開放的國際觀，隨時藉由國際奈米技術研討會及展示會的參與，關注國際奈米技術應用的最新發展方向與趨勢，並在其中找出自己的競爭優勢，以勤奮努力的態度開創一片自己的藍天。

**4. 最後，請教授是否可以對於投入奈米技術相關的應用研究的學者們說幾句話？**

除個人的研究外，我建議年輕學者們應多注意整個國際間奈米技術的報導、相關產業的發展趨勢，以及關注各國研究單位的最新動向，如日本 NEDO、AIST(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)與 MEMS(Micro Electronic Mechanical System)，德國 Fraunhofer，美國 NSF(National Science Foundation)等相關研究單位。對於一個工程師而言，不要只被基礎研究所侷限，年輕學者們要對身邊事物所產生的問題保持興趣，且多思考解決的方法。除此之外，要清楚瞭解未來發

展的動向，並朝著促進人類福祉為目標向前邁進。最後，我們應藉由奈米技術各層面的應用需求，及產品和技術開發的問題，來思考未來的研究方向，包括在能源、環境、生醫以及材料和項應用等。台灣目前在奈米相關的儀器與設備仍處於開發階段，這些儀器與設備的研發將有很大的發展潛力。本人十分鼓勵年輕學者們多參與奈米技術的相關研討會，發表論文並與國際人士互動，並應多參加奈米技術儀器、設備及產品的展覽會，除了可以增廣見聞外，也可以從中得到許多的研究的靈感及機會。本人相信經由努力所獲得的研究成果除了能使人類的生活得到改善外，也會為自己帶來滿足感；比他人多一分的努力，才能得到多一點的甜美成果。

馬振基教授受訪影音檔網址：

<https://www.youtube.com/watch?v=hxpOXuSKL9M&feature=youtu.be>



## 蔡朋枝教授訪問稿

### 一、訪問目的



蔡朋枝教授美國明尼蘇達大學環境與職業衛生學博士，現服務於成功大學工業衛生學科暨環境醫學研究所，其研究領域包含暴露與健康危害風險評估、環境測定儀器之開發與設計、工業安全衛生政策法令政策之研究、以及作業環境工程控制方法之評估與設計。蔡教授曾擔任中華民國職業衛生學會理事長(2005~2008)、奈米國家型科技計畫-奈米碳球作業環境之危害暴露評估與控制的計畫總主持人(2006~2009)、及任職數個國內及國際期刊之總編輯或編輯委員，對於奈米作業場所的職業

安全衛生管理有豐厚的實務經驗。在 2012-2014 年蔡教授協助勞動部職業安全衛生署制訂危害性化學品暴露評估與分級管理相關規範，在 2015 年蔡教授與勞動部勞動及職業安全衛生研究所合作，透過資料蒐集、分析既有手冊執行上之困難、了解事業單位實際試行的狀況與召開專家會議等方式編定了「奈米物質安全衛生管理技術手冊」技術指引，提供相關單位擬訂奈米物質安全衛生管理之參考，以落實奈米物質風險等級評估及分級管理，將奈米物質的暴露風險降至最低。本研究團隊希望藉由此次訪問機會，針對奈米物質在安全衛生管理技術上的最新發展資訊與蔡教授進行交流。

### 二、採訪方式

面訪

### 三、採訪時間

2015 年 10 月 1 日

### 四、採訪問題

#### 1. 請教授與讀者分享貴團隊近年來在推動奈米物質的暴露評估、控制與分級管理制度的重要成果及其影響？

就我國職業安全衛生法制而言，在民國 102 年新職業安全衛生法公布前，有關奈米物質之暴露危害評估、控制與分級管理方面並未有確切的法源依據。但基於預警原則(precautionary principle)，勞動部勞動及職業安全衛生研究所(以下簡稱勞安所)仍於民國 98 年公告「奈米技術實驗室奈米物質暴露控制手冊」建議奈米技術實驗室依其現況積極選擇降低風險之安全衛生之方案，並採取適當的預警措施，以避免不可復原的災難產生。民國 100 年至 102 年間本人與中國醫藥大學楊禮豪教授合作，協助勞安所將前述控制手冊推廣至各奈米技術實驗室中、擬訂作業場所暴露評估方法、及赴現場協助完成奈米物質暴露評估工作。期間亦舉辦至少五場論壇或說明會推廣奈米物質暴露危害控制與管理技術。

民國 102 年勞動部公告職業安全衛生法，因此確立了奈米物質暴露健康危害風險評估、分級管理與控制之法源。本人乃與楊禮豪教授協助勞安所完成「因應職業安全衛生法奈米物質安全衛生管理措施探討」計畫，及制訂「奈米物質安全衛生管

理技術手冊」。其中有關風險評估、分級管理與控制部分，主要引用 ISO/TS 12901-1:2012(E)與 ISO/TS 12901-2:2014(E)兩個技術手冊，擬訂控制分級(control banding)策略，其內容包括資訊收集、危害分級、暴露分級、控制分級、效能評估及持續改進等。另亦針對新職安法內容，擬訂奈米物質之安全衛生管理規章、通識教育、暴露評估、安全衛生工作手則等規範，以供事業單位參考。前述手冊除可協助事業單位依法辦理奈米安全衛生管理相關事項外，也有助於其降低奈米物質暴露及保障作業人員之安全與健康。

**2. 請問以教授在奈米物質安全衛生管理領域的豐富經驗，您對於國際間奈米物質管理議題的發展趨勢有何看法？**

在奈米物質安全衛生管理方面，世界上已有許多組織團體或政府機構(如 ISO, OECD Environmental, Health and Safety Publications, HSE, BAuA, European Agency for Safety and Health at Work, OSHA 及 NIOSH 等)均訂出相關之指引或標準。以 ISO 而言，其制訂之技術規範主要區分為以下四個範疇：(1)物質特徵與毒性測試；(2)暴露與風險評估；(3)風險分級管理；(4)危害辨識。以上四個範疇均以能應用(applicable)於作業環境為主要導向，極適合我國從事奈米物質安全衛生管理時參考。又縱觀我國安全衛生法制現況，亦與前述概念吻合，更顯示其內容值得引進國內事業單位。唯就科學新技術方面，有關暴露評估技術、容許環境標準制訂、個人奈米採樣技術研發、生物偵測技術與標準制訂、工程控制技術等，國內雖部分已有著墨，但仍有許多值得進一步努力的空間。

**3. 對於協助台灣奈米技術產業進行職場安全衛生管理的相關研究及政策，蔡教授有何建議？**

我國職業安全衛生法公布之奈米物質安全衛生管理相關要點均屬於最低的基本要求。政府單位、組織、或研究團體應了解奈米物質危害認知評估的重要性，工程控制技術也日新月異，如何有效引進台灣，協助業界做好安全衛生工作，亦為現今政府相關機構工作重點之一。另有奈米物質暴露推估模式、流行病學、奈米毒理學、個人採樣技術、及工程控制技術等開發亦為政府相關主管機關及研究機關應大力推展之工作，以落實及提升本土奈米安全衛生管理技術水準。

就奈米事業單位而言，將奈米安全衛生管理措施有效融入既有安全衛生管理系統，應為其首要之工作。奈米物質危害分級管理之相關規定應落實至作業現場，以達到風險分級、分級管理、有效控制、及持續改善之目標，事業單位亦宜儘早施行。最後有關作業環境監測、長期暴露風險評估、健康檢查及管理等方面，事業單位亦宜留意新技術之引進及採用，以確保奈米作業人員之安全與健康。

**4. 最後，是否可以請教授對於年輕學者投入奈米技術的職業安全衛生研究說幾句話？**

奈米物質安全衛生技術與管理具多元及跨領域之特質。年輕學者除就其專長(如

採樣技術、暴露評估、奈米毒理、流行病學和工程控制等)尋求技術突破與領先外，亦宜加強跨領域合作，以整體解決(total solution)之概念從事完整及具體之研究，以提升研究之深度、廣度及實際應用價值。

蔡朋枝教授受訪影音檔網址：

<https://www.youtube.com/watch?v=hxpOXuSKL9M&feature=youtu.be>

### 5.3 與世界各國的奈米 EHS 研究交流

本年度主持人參加南非職業衛生研究所(National Institute of Occupational Health, NIOH)主辦的第七屆國際奈米技術、職業與環境衛生研討會(7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015 年 10 月 18 日至 22 日)，共有來自 20 個國家的 122 位學者與政府官員出席參與，與會國家有美國、日本、德國、法國、丹麥、台灣、韓國、英國、澳洲等，政府機關與國際組織包含美國 NIOSH、EPA、NIHS、WHO、IARC、OECD 與 ISO 等均有派員參與。與過去六屆的參與人數 300~600 人相比，第七屆參與的人數較少。除此之外，此研討會舉行了亞洲奈米安全論壇(Asia Nano Safe Network, ANF)，此論壇由澳洲 RMIT 大學的 Paul Wright 教授主持，日本、韓國、澳洲及我國均發表了自己國家的奈米安全研究進展，我將國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工研院等各單位的跨部會 EHS 成果作了介紹，與會的各國學者及官員均對我國在 Nanosafety 的努力表示贊同。

以下列出此研討會的重點內容：

#### 1. 亞洲奈米安全論壇：

- 韓國與日本的國家奈米計畫持續進行，澳洲則已終止，台灣已提出國家奈米計畫退場機制(3 年)。
- Paul Wright 教授指出奈米安全與測試的國際與區域合作，可以減少重覆、片斷式的研究；學者、政府相關單位應參與討論大眾的疑慮並提出見解；奈米物質的本質安全設計(safety-by-design)；奈米安全研究成果的產業化。另外澳洲的團隊研究奈米氧化鋅的皮膚穿透及毒性，發現皮膚穿透有限，且奈米氧化鋅微粒在抗原呈現細胞(antigen presentin cells, APCs)內同時產生促炎及抗炎效應。
- 韓國的 Il-Je YU 教授介紹韓國參與 OECD、ISO 等國際組織的研究以及訂出的許多標準或方法，如韓國已完成撰寫 MSDS 的 ISO 標準，且完成許多奈米銀的研究。如韓國已制定奈米銀的 *in vivo* 試驗標準，並利用進行短期及亞慢性動物實驗(3 個月)與 BMD (benchmark dose)模式，求出新的職業暴露限制值(occupational exposure limits, OELs)。另外韓國的學者進行印刷電路板的奈米銀墨水的暴露研究，以暴露目標限值(target margin of exposure, MOE)1000 為標準，結果顯示在作業場所及研究室之模擬暴露的 MOE 均遠高於目標值，因此認為奈米銀墨水不會造成健康風險。
- 主持人於此論壇中，介紹了國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工

研院等各單位的跨部會 EHS 成果。

2. OELs 的最新進展：

- OELs 的制定持續受到關注，學者提出奈米參考值(Nano Reference Value)作為 OELs 的臨時替代值(Broekhuizen, Netherlands)。

- 分類的 OELs (Categorical OELs, Shulte, USA)--依物化特性將奈米物質的危害分類，進行 *in vitro* 及 *in vivo* 實驗，並制定不同類別的 OELs

3. 多壁奈米碳管(multi-walled, MWCNTs)的最新研究進展：

- 對於動物實驗而言，目前最大的挑戰就是如何有效分散 MWCNTs，過去學者指出 MWCNTs 比青石棉(crocidolite)更容易產生間皮瘤，NIHS 的科學家利用 Taquann 分散及直接注入暴露腔的方法，進行 2 年低劑量之 MWCNT-7 的動物實驗，研究結果發現胸膜會有纖維化斑塊或發炎細胞的現象，實驗仍在進行中 (Kanno, Taquahashi, NIHS)。

- 12 種 MWCNT 的氣管注射(一次的注射量為 54  $\mu\text{g}$ )動物實驗研究，經過 1 年的追蹤結果發現肺部沒有纖維症、腫瘤或間皮瘤的症狀，但有肉芽腫產生，這些肉芽包覆 MWCNT 而與其他組織隔絕，因此未造成纖維症、腫瘤或間皮瘤(Kundsen, Norway)。

- 本計畫主持人以震盪-流體化床噴霧及氣液介面系統(SFA-WFI system)進行 A549 及 RAW 細胞株的體外實驗，結果發現此 SFA-WFI system 對 MWCNT 分散良好，比傳統之體外實驗方法產生更顯著的細胞毒性反應，另外動物實驗也已於近日完成，但未及在會中報告(Tsai, Taiwan)。

4. 國際的奈米安全發展趨勢

- WHO 已發表"保護作業人員免於工程奈米物質的暴露"指引(Kortum, WHO)。

- IARC 發表奈米碳管致癌性的專論(Stratif, IARC/WHO)，並根據既有的動物致癌性試驗結果，將 MWCNT-7 歸類為可能致癌物(Group 2B)，其他的 SWCNTs 與 MWCNTs (除 MWCNT -7 外)無法歸類為人體的致癌物(Group 3)，若將來有更多的研究數據時，ICRA 會再重新審定 CNT 的致癌性的分類。

- ISO/TC 229 仍持續增加奈米物質安全的相關標準，至民國 104 年 11 月為止，已發表了 45 個標準，而研究中的標準、指引及研究群計尚有 38 個，比去年的 26 個增加很多。

- 奈米物質的本質安全設計(Tinkle, USA)--在各設計流程中，考量內含奈米物質風險及不確定性的成本及效益，以"守門員"檢視各流程並決定是否進到下一步驟(通過)，作小修正、大修正且再從頭開始、暫時中止(等待其他相關的計畫完成，技術或法規成熟)或終止設計。因此本質安全設計為在設計過程中，即時辨識奈米物質的風險及不確定性，即時採取必要的風險修正及降低的措施。

## 第六章 工作進度

工作進度表如表 6.1 所示，本計畫之工作進度已完成 100%。

表 6.1 工作進度表

期程\工作項目	104 年										
	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
一、維護環保署「環境奈米科技知識平台」功能正常運作、網站管理、系統維護及確保資訊安全，並統計分析平台瀏覽資訊			(1)				(2)			(3)	
			4/8				8/5			11/30	
預定完成進度(%)	5%	10%	25%	30%	35%	45%	55%	70%	85%	95%	100%
實際完成進度(%)	5%	10%	25%	30%	35%	45%	55%				
二、持續於平台收集國內外相關團體及部會 EHS 議題相關知識，並發行「環境奈米科技知識平台電子報」，以利資訊整合及推廣奈米知識分享			(4)				(5)			(6)	
			4/8				8/5			11/30	
預定完成進度(%)	5%	10%	25%	30%	35%	45%	50%	70%	85%	95%	100%
實際完成進度(%)	5%	10%	25%	30%	35%	45%	55%				
三、舉辦「環境奈米科技論壇」1 場				(7)	(8)						
				5/31	6/15						
預定完成進度(%)	0%	20%	60%	80%	100%						100%
實際完成進度(%)	0%	20%	60%	80%	100%						100%
四、其他行政應配合事項			(9)				(10)			(11)	
			4/8				8/5			11/30	
預定完成進度(%)	5%	10%	25%	30%	35%	40%	55%	65%	70%	90%	100%
實際完成進度(%)	5%	10%	25%	30%	35%	40%	55%	65%	70%	90%	100%
第一次進度報告			(12)								
			4/8								

期程\工作項目	104 年										
	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
預定完成進度(%)	0%	80%	100%								100%
實際完成進度(%)	0%	80%	100%								100%
期中報告							(13) 8/5				
預定完成進度(%)	0%	10%	20%	50%	70%	95%	100%				100%
實際完成進度(%)	0%	10%	20%	50%	70%	95%	100%				100%
期末報告										(14) 11/30	
預定完成進度(%)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	55%	70%	85%	100%	
實際完成進度(%)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	55%	70%	85%	100%	

### 一、第一次進度報告

已於 104 年 4 月 8 日，進行第一次口頭進度報告，報告計畫之細部執行規劃內容，於取得環保署同意後據以施行。完成知識平台資訊安全維護及管理廠商之招標，並討論未來知識平台資安相關的工作項目；完成發行 1 則電子報。掌控資安維護廠商之工作進度、完成草擬專家座談及 104 年環境奈米科技論壇之議程及寄發邀請函給產、官、學、研各界。

### 二、期中報告

完成辦理專家座談及 104 年環境奈米科技論壇，並將活動內容整理發表於知識平台；完成馬振基教授的訪問、更新國內外奈米知識源、發行 2 則電子報及更新 ISO、OECD 以及三項主題之知識文件更新，並完成網站之科普知識及常見問題更新。已於民國 104 年 8 月 5 日提出期中研究報告 10 份及期中報告基本摘要 10 份，並出席審查會，提出口頭報告。

### 三、期末報告

完成蔡朋枝教授的訪問與發行 2 則電子報。於民國 104 年 11 月 30 日提出期末報告初稿 10 份，並於 104 年 12 月 18 日進行期末審查會議，且於接獲環保署修正意見後 15 日內提送修正稿 1 份，俟環保署核可後，於 15 日內提出正式報告與相關資料，包括：(1) 書面研究報告 20 份；(2) 原始資料與報告書全文(包括圖像資料)之 Word 格式電子檔案光碟 3 份；(3) 成果報告摘要(包括中英文書面資料；成果報告基本資料電子檔)；(4) 中華民國研究報告摘要表；(5) 「104 年度科技計畫重要成果效益報告」。

各工作進度之查核點說明如表 6.2 所示。

表 6.2 查核點說明表

查核點	查核內容	實際執行情況
(1)-(3)	<p>協助維護環保署「環境奈米科技知識平台」網站正常運作。</p> <p>配合環保署網頁檢核，定期維護網頁資料、紀錄更新日期、更新科普知識及補充常見問題內容。</p> <p>網站維護、網站相關統計評析及確保平台資訊安全。</p> <p>(1)104 年 4 月 8 日提出計畫之細部執行規劃內容。</p> <p>(2)104 年 8 月 5 日於期中報告中，提出進度說明。</p> <p>(3)104 年 11 月 30 日前提出期末報告初稿。</p>	<p>(1)已於 104 年 4 月 8 日提出 104 年度計畫執行之內容。</p> <p>(2)已於 104 年 8 月 5 日完成期中報告初稿。</p> <p>(3)已於 104 年 11 月 30 前提出期末報告初稿。</p>
(4)-(6)	<p>整合蒐集國內外奈米知識源，並納入知識平台。</p> <p>完成我國奈米科技 2 位專家專訪，於期末報告整理中英文訪問報導，並發表於知識平台。</p> <p>發行知識平台會員電子報 4 期(約兩個月一期)，內容需經環保署核定，並上傳知識平台。</p> <p>更新 3 項環境奈米相關主題的知識文件，並於總報告中專章評析。</p> <p>(4)104 年 4 月 8 日前提出計畫之細部執行規劃內容。</p> <p>(5)104 年 8 月 5 日於期中報告中，提出進度說明。</p> <p>(6)104 年 11 月 30 日前提出期末報告初稿。</p>	<p>(4)已於 104 年 4 月 8 日完成發行 1 期電子報。</p> <p>(5)已於 104 年 8 月 5 日前訪問馬振基教授、完成發行 3 期電子報並更新 3 項知識主題之回顧。</p> <p>(6)已於 104 年 11 月 30 日提出期末報告初稿，完成蔡朋枝教授的訪問、發行 4 期電子報並完成 3 項知識主題回顧更新。</p>
(7)-(8)	<p>舉辦 1 場「104 年環境科技論壇」，包含專家座談、奈米 EHS 相關論</p>	

查核點	查核內容	實際執行情況
	<p>文至少 8 篇，並上傳知識平台。 論壇問卷研擬且經環保署同意，納入總報告中專章分析並檢討。 (7)104年5月31日前提出104年論壇之細部執行規劃內容。  (8)104年6月15日舉辦環境奈米科技論壇。</p>	<p>(7)已於104年5月31日與環保署討論104年論壇細部規劃以及論壇問卷。  (8)已於104年6月15日辦理104環境奈米科技論壇。</p>
(9)-(11)	<p>其他行政應配合事項： 協助環保署104年度奈米計畫子計畫之橫向管理與整合等作業，並聯繫及追蹤各子計畫之計畫主持人。 (9)104年4月8日前提出計畫之細部執行規劃內容。  (10)104年8月5日提出期中報告。  (11)104年11月30日前提出期末報告初稿。</p>	<p>(9)已於104年4月8日完成。  (10)已於104年8月5日完成。  (11)已於104年11月30日提出期末報告初稿。</p>
(12)	<p>104年4月8日前進行第一次進度報告，提出口頭報告，報告計畫之細部執行規劃內容，於取得環保署同意後據以施行。</p>	<p>已於104年4月8日完成。</p>
(13)	<p>104年8月5日提出期中研究報告10份及期中報告摘要10份。</p>	<p>已於104年8月5日完成。</p>
(14)	<p>104年11月30日前提出期末報告初稿10份</p>	<p>已於104年11月30日前提出期末報告初稿。</p>



## 第七章 結論及建議

本計畫維護及管理環保署環境奈米科技知識平台(Taiwan Nanotechnology EHS Database, <http://ehs.epa.gov.tw/>)，並依國內外的奈米EHS的研究成果充實其內容，及更新環境奈米的知識文件。2011年開站至2015年11月的總流覽人數已增加至192,852，2015年1月至11月的瀏覽人數為58,080。知識平台網頁的國內研究報告及出版文獻篇數為：中文版網站收錄研究報告全文197篇(104年新增15篇)、出版文獻連結880篇(104年新增139篇)，及英文版網站收錄研究報告摘要163篇(104年新增6篇)、SCI論文連結663篇(104年新增101篇)，其中知識平台收錄的SCI論文的委辦機關以科技部為主，研究領域則是以處理或應用的研究論文為主。平台收錄的文獻與資料可作為本國未來發展奈米技術EHS相關研究的參考。

計畫已發行四期知識平台的電子報並上傳至知識平台，每期電子報皆以e-mail方式通知訂閱者(563人)及相關人士(5069人)，內容包含國內外最新的nano-EHS最新消息與知識、近期活動及下期預告。為了加強與國際的互動及介紹台灣奈米EHS研究現況，本計畫已訪問清華大學化學工程系馬振基教授與成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，分享奈米技術在環境與能源應用、與奈米物質在安全衛生管理相關議題的最新發展，並將訪問稿以中、英文方式呈現。本年度主持人代表我國參加與南非職業衛生研究所舉辦的國際奈米技術與職業與環境衛生研討會同時舉行的亞洲奈米安全論壇，此論壇由澳洲RMIT大學的Paul Wright教授主持，日本、韓國、澳洲及我國均發表了自己國家的奈米安全研究進展，主持人藉此機會將國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工研院等的跨部會奈米EHS成果作了介紹，與會各國學者及官員均對我國在奈米EHS議題的努力表示贊同。

為了加強國內奈米技術的風險認知及溝通，本計畫已於2015年6月15日在台大集思會議中心舉辦「104年環境奈米科技論壇」，邀請環保署、勞安所、衛福部及學界等專家學者舉行專家座談，討論了國內最新的nano-EHS的政策、法規、標準及研究進展，並將環保署近期的研究成果以論文發表介紹給國內相關人士。論壇共吸引了產、官、學、研各界189人報名，實際出席參與論壇為162人(政府單位45人、業界63人、財團法人4人、學術單位45人、環保團體3人、個人3人)，業界參與人數為歷年來最多，主要原因是為了配合我國化學物質登錄制度的實施，本年度大量發送邀請參加論壇的公文(200餘件以上)至國內產業工會與各大企業，充分達到了nano-EHS知識傳播及風險溝通的目的。論壇之環保署、勞動部與衛福部的重點成果如下：

### 環保署

1. 我國毒性化學物質管理法於102年12月11日納入源頭登錄管理相關條文，初步規劃奈米運作基本資料物化特性表單，為後續登錄與管理做準備，並持續檢討相關法規對於奈米危害安全管理的必要性與可行作法。環保署環境衛生及毒物管理處依預警(Precautionary)之精神，透過源頭登錄法規掌握物質資訊，提升利害相關者對奈米可能潛在危害的重視與安全資訊傳遞。

2. 環保署自 103 年 12 月 11 日開始實施化學物質登錄制度新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法，並設立新化學物質登錄平台，此平台依毒性化學物質管理法第七條之一規定建立化學物質登錄申請、登錄資訊上傳、查詢以及定期申報、新事證申請等相關登錄作業與後續管理因應之管道。

### 勞動部

1. 我國職業安全衛生法於 103 年 7 月修正施行後，職業衛生基礎資料庫之建置始有法源依據，勞動部職業安全衛生署為落實國內職業衛生保障及與國際發展趨勢接軌，建立系統化的職業衛生暴露危害分級、風險評估與管理，及化學品源頭登記與重點管理機制，並建置暴露評估工具(定性、半定量及定量)、化學品安全資訊網系統及暴露評估資料庫(監測計畫、監測及暴露評估結果)等及人才培育。現階段相關強化暴露及健康危害評估之具體作法為：(1)建立危害性化學品資料庫：對於國內具危害性之化學物質約 1 萬 9,000 種，將藉由化學品危害辨識、運作資料及暴露情形，篩選具有致癌、致突變及生殖毒性(CMR 物質)及其他作為重點管理對象約 3,000 餘種，分階段公告納入管制許可及流佈備查等管理；(2)發展分級管理工具及定量、半定量暴露評估模式；(3)加強勞工作業環境監測資料庫管理；(4)規劃勞工健康檢查資料庫：藉由檢查結果之統計分析資料，作為未來醫師臨床及健康指導之工作相關疾病預防之應用；(5)整合勞工暴露相關資料庫，發展應用工具。
2. 勞動部勞動與職業安全衛生所訂定的奈米物質作業場所安全與衛生之分級管理策略除可提供原暴露控制之目的外，亦可提供奈米事業單位擬訂奈米物質安全衛生管理之參考，以保障勞工安全與健康。事業單位可藉由落實奈米物質的風險等級評估及分級管理，評估是否會產生奈米物質的暴露情況，並採取謹慎的作業方式將奈米物質的暴露風險降至最低。

### 衛福部

1. 衛福部食品藥物管理署於 103 年 11 月公告奈米食品申請作業指引，此指引規範奈米食品之定義、申請程序及作業流程、安全性評估須檢具之資料及申請書，提供食品業者遵循以確保食品安全及兼顧產業發展。
2. 衛福部食藥署與國家衛生研究院和醫藥工業技術發展中心長期合作，研擬含奈米物質的化粧品、藥品、醫療材料與食品的標準檢驗方法與相關規範。

本計畫在奈米科技的法規與政策、奈米物質對環境和健康的影響及奈米作業場所的奈米物質暴露評估的最新知識文件回顧的部份，歸納出以下結論與建議：

### 奈米科技的法規與政策

- 1、截至 2015 年 11 月為止，US EPA 目前已經完成超過 160 件以上的奈米物質的新化學物質使用申請的審查，在 2014 年 9 月 US EPA 已針對 36 種的新化學物質提出顯著新使用規則的要求。

- 2、US EPA針對製造或加工成奈米物質的新化學物質在其進入市場前，進行審查以確保安全，且首次提議以TSCA之授權，收集市面上製造或加工成奈米物質的化學物質既有的暴露、健康與安全相關資訊，並提案要求廠商提出一次完整的報告與紀錄保存。
- 3、歐盟的化粧品法規(EC No 1223/2009)規定從2013年7月11日開始銷售含有奈米物質的化粧品時，廠商須在上市前6個月向執委會通報使用的奈米物質。在2011年10通過食品法規(EU No 1169/2011)，規定從2014年12月13日起食品內含有工程奈米物質者，需於成分表上明確標示「奈米」兩字。
- 4、歐盟和美國分別利用化學品管理條例(REACH)和毒性物質管理法(TSCA)來管制奈米物質的使用，兩種管理架構的差異性很大，REACH較TSCA嚴格許多。
- 5、歐盟NanoSafePack計畫於2015年1月30日發表最新的包裝工業的奈米微粒安全處理及使用的最佳實務指引，此指引可用於協助在包裝產業各個階段中有使用奈米物質的業者，並提供了風險管理相關的建議。
- 6、歐盟Sanowork計畫為了符合奈米製造業的需求，提出了可持續的風險的補救策略，並提供安全設計功能、預防NMs相關作業人員的傷害、減少昂貴的風險管理措施的需求與實施安全的生產過程等的實務工具。
- 7、勞動部在2014年12月31日發布「新化學物質登記管理辦法」及「既有化學物質清單」，此辦法參考ISO的兩份奈米科技-奈米物質風險管理的技術手冊，以分級管理的方式將奈米物質納入管理。
- 8、我國衛福部食藥署公告奈米醫療器材品質管理系統注意事項，以供奈米製造業者作為品質管理系統的參考，且建議奈米醫療器材製造業者亦需自行建立產品上市後監管措施，分析不良品與不良事件與產品使用的奈米物質或奈米技術的關聯性，並將分析結果回饋予製造廠內之產品研發、製程管理等單位，以降低奈米醫療器材造成的危害風險。
- 9、ISO/TC 229仍持續增加奈米物質相關的標準，至民國104年11月為止，已發表了45個標準，而研究中的標準、指引及研究群計畫尚有38個，比去年的26個增加很多。此外OECD WPMN已發表了58份奈米物質安全的報告，比去年43份增加很多，其中包括11份人造奈米物質的測試計畫，由此可知奈米物質目前仍是國際重要的焦點。

#### **奈米產品中的奈米物質對環境的影響**

- 1、食品級TiO<sub>2</sub>的特性與P25 TiO<sub>2</sub>的特性截然不同，且前者更容易進入環境(即有高暴露潛勢)(Yang et al. 2014)，建議未來應進行食品級TiO<sub>2</sub>與催化的食品級TiO<sub>2</sub>的環境宿命與毒性比較的研究。
- 2、SWCNTs的氧化反應大多會傾向羧酸的官能基化，且當SWCNT在大氣環境可能會因為吸附有機碳蒸氣，使其氧化還原活性以及細胞毒性明顯降低，建議未來應進一步研究大氣中的有機氣體與微粒對SWCNTs毒性的影響。
- 3、IARC工作小組根據既有的動物致癌性試驗結果，將MWCNT-7歸類為可能致癌

- 物(Group 2B)，其他的SWCNTs與MWCNTs (除MWCNT -7外)因無足夠的動物或人體的致癌資料，所以無法歸類為人體的致癌物(Group 3)，需等將來有更多的研究數據時，ICRA會再重新審定並作致癌性的分類。
- 4、防曬油和船底塗料的奈米物質(奈米氧化鋅與奈米氧化銅)，在低濃度時對一般生物無害，但仍會破壞海膽的保護機制(Wu et al. 2015)，因此有可能會對沿海、海洋和淡水環境造成危害。
  - 5、現今現場測量環境中ENMs的技術仍在發展階段，多環境奈米物質分布模型(MendNan)可用來模擬數種ENMs在環境中的分布情況(Liu and Cohen 2014)，此模型能協助量化各種介質間傳輸作用的貢獻，以及用來估計釋放ENMs可能成的環境濃度。
  - 6、相較於已知的急性高濃度暴露造成的危害，長期低濃度暴露所造成的危害較無法確知，且目前大部分的研究無法模擬出真實暴露的狀況、無法將體外暴露結果準確地轉換為體內結果。長期低濃度的暴露比起急性高濃度暴露較為接近真實的暴露狀況(Comfort et al. 2014)，因此未來在制定奈米物質相關安全法規時，可先以此體外模型進行測試，以建立更為適當的規範。

#### 奈米作業場所的奈米物質暴露評估

- 1、CMP製程奈米作業場所的fab、subfab與WWT進行一些作業時，可呼吸性微粒濃度有所增加，目前尚無奈米氧化鋁、奈米二氧化矽與奈米二氧化鈾等物質的OELs，但此奈米作業場所的數目與質量濃度量測結果皆低於目前針對難溶性的低毒性奈米微粒的建議指標或參考值。
- 2、多重尺度的測量目前較為理想的暴露評估方法與策略，但此方法的成本與技術需求都很高且實用性較低，相較之下監測數目濃度為最實際的方法(Pietrojusti and Magrini 2014)。
- 3、目前許多ENPs的作業場所暴露研究，但大部分並未參考OELs或奈米微粒排放技術評估的規範，使得這些測量數據難以用於評估作業人員的風險。
- 4、在聚合物(添加或未添加奈米碳管)或油漆(添加或未添加奈米微粒)的噴砂過程中，含有奈米物質的物件逸散出的微粒粒徑分布與未添加奈米物質的類似，微粒的影像分析顯似奈米物質全部或部份被包覆在基質中，未發現在單獨游離存在的奈米物質(Gomez et al. 2014)。
- 5、石墨烯擁有廣泛應用在科技產業的潛力，但目前石墨烯對健康的影響仍尚未被充分研究。在石墨烯氧化物濃度條件(微粒數目濃度與質量濃度分別為 $6.17 \times 10^6 \pm 4.13 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ 與 $3.76 \pm 0.24 \text{ mg/m}^3$ )並不會對大鼠肺部造成明顯的影響(Han et al. 2015)，因此未來建議以不同實驗條件作更進一步的研究，以確定石墨烯氧化物奈米物質之毒性。
- 6、化學品儲藏室內的奈米微粒的生成為新的偶發性的奈米微粒逸散來源(Kim et al. 2015)，建議未來的研究應加強辨識由氣像或液像有害化學物質產生的偶發性二次微粒，以有效地量測 ENMs工作場所的奈米微粒濃度的重要性。

- 7、以TEM計算CNT與奈米碳纖維數目濃度的過程既繁雜、昂貴又耗時，但對於CNT與碳纖維暴露評估而言，卻是一個靈敏且確實的方法(Dahm et al. 2015)。未來在建立OELs時，應考慮採用此方法做為定量尺度。
- 8、隨著先進複合材料的應用技術的發展，對於評估奈米碳管與奈米碳纖維複合材料的噴砂加工、切割或研磨等粉塵暴露情境可能會越來越普遍，並發生於不同的工業部門。未來有必要針對製造業下游、奈米物質的使用者，進行暴露情境的評估與發展適當的監測方法。

建議：

- 1、我國參考REACH精神已經啟動化學物質源頭登錄制度，建議應持續關注化學物質之物化特性、暴露及危害評估的議題，並參考先進國家最新的法規動態與政策趨勢，以確保我國奈米物質的安全並降低環境及人體健康的風險。
- 2、定期檢討國內奈米物質的源頭登錄的現況，以確實掌握奈米物質在生命週期內的生產、輸入、處理、使用及棄置的數量及環境流佈現況，並做好奈米作業人員的暴露評估、風險評估及風險管理措施。
- 3、持續關注國際間奈米物質EHS研究的最新成果與發展趨勢，以強化我國的奈米科學以及奈米技術的研究領域，並從現有的文獻與數據中，找出奈米知識缺口且明確指出未來研究目標。
- 4、持續在知識平台上增加我國奈米EHS研究論文及報告，以提高國內奈米EHS研究成果在國際上的曝光率；提高知識平台網站的使用率、增加讀者閱讀與加入討論的意願。



## 參考文獻

- Asbach, C., Kuhlbusch, T. A. J., Kaminski, H., Stahlmecke, B., Plitzko, S., Götz, U., Voetz, M., Kiesling, H. J., Dahmann, D. (2012). Tiered approach for the assessment of exposure to airborne nanoobjects in work-places. NanoGEM project, Federal Ministry of Education and Research, Germany.
- Alfaro-Moreno, E., Nawrot, T. S., Vanaudenaerde, B. M., Hoylaerts, M. F., Vanoirbeek, J. A., Nemery, B. (2008). Co-cultures of multiple cell types mimic pulmonary cell communication in response to urban PM<sub>10</sub>. *Eur. Respir. J.*, 32:1184–1194.
- Clift, M. J., Foster, E. J., Vanhecke, D., Studer, D., Wick, P., Gehr, P. (2011) Investigating the interaction of cellulose nanofibers derived from cotton with a sophisticated 3D human lung cell coculture. *Biomacromolecules.*, 10:3666–3673.
- Dahm, M. M., Evans, D. E., Schubauer-Berigan, M. K., Birch, M. E., Deddens, J. A. (2013). Occupational exposure assessment in carbon nanotube and nanofiber primary and secondary manufacturers: mobile direct-reading sampling. *Ann. Occup. Hyg.*, 57:328–344.
- European Commission (2008a). Communication from the commission to the European Parliament, The Council and European economic and social committee. Regulatory aspects of nanomaterials. [SEC(2008) 2036]. Commission of the European Communities, Brussels, 17.6.2008 COM(2008) 366 final.
- European Commission (2008b). Follow-up to the 6th meeting of the REACH competent authorities for the implementation of regulation (EC) 1907/2006, Brussels, 16 December 2008. Doc. CA/59/2008 rev.1.
- European Commission (2008c). Follow-up to the 6th meeting of the REACH competent authorities for the implementation of regulation (EC) 1907/2006, Brussels, 16 December 2008. Doc. CA/59/2008 rev.1.
- Helfenstein, M., Miragoli, M., Rohr, S., Mueller, L., Wick, P., Mohr, M. (2008). Effects of combustion-derived ultrafine particles, manufactured nanoparticles on heart cells *in vitro*. *Toxicology*, 253:70–78.
- Li, L., Chen C., Chen, L., Zhu, Z., Hu, J. L. (2014). Catalytic decomposition of toxic chemicals over iron group metals supported on carbon nanotubes. *Environ. Sci. Technol.*, 48:3372–3377.
- Lee, Y. C., Yang, J. W. (2012). Self-assembled flower-like TiO<sub>2</sub> on exfoliated graphite oxide for heavy metal removal. *J. Ind. Eng. Chem.*, 18: 1178–1185.
- Llobet, E. (2013). Gas sensor using carbon nanomaterials: A review. *Sens. Actuators B*, 179: 32–45.
- Losert, S., Goetz, N. V., Bekker, C., Fransman, W., Wijnhoven, S. W. P., Delmaar, C., Hungerbuhler, K., Ulrich, A. (2014). Human exposure to conventional and nanoparticle-containing sprays—A critical review. *Environ. Sci. Technol.*, 48: 5366–5378.
- Lazareva A., Keller A. A. (2014). Estimating potential life cycle releases of engineered nanomaterials from wastewater treatment plants. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2:1656-1665.
- Jang, J., Lee, J.S., Kwon, O. S., Park, S. J., Park, E. Y. and You, S. A. (2011). Fabrication of ultrafine metal-oxide-decorated carbon nanofibres for DMMP sensor application. *ACS nano*, 10: 7992-8001.

- Kemp, K. C., Seema, H., Saleh, M., Le, N. H., Mahesh, K., Chandra, V. and Kim, K. S. (2013). Environmental application using grapheme composites: water remediation and gas adsorption. *Nanoscale.*, 5: 3149-3171.
- Mitrano, D. M., Rimmel, E., Wichser, A., Erni, R., Height, M., and Nowack., B. (2014). Presence of nanoparticles in wash water from conventional silver and nano-silver textiles. *ACS NANO*, 8:7208-7219.
- Nazarenko, Y., Zhen, H. J., Han, T. W., Lioy, P. J., Mainelis, G. (2012). Nanomaterial inhalation exposure from nanotechnology-based cosmetic powders: a quantitative assessment. *J. Nanopart. Res.* 14, article number 1229.
- Ono-Ogasawara, M., Takaya, M., Kubota, H., Shinohara, Y., Koda, S., Akiba, E., Tsuruoka, S., Myojo, T. (2013). Approach to the exposure assessment of MWCNT by considering size distribution and oxidation temperature of elemental carbon. *Journal of Physics: Conference Series.*, 429: 012004.
- Ono-Ogasawara, M., Myojo, T. (2013). Characteristics of multi-walled carbon nanotubes and background aerosols by carbon analysis; particle size and oxidation temperature. *Adv. Powder Technol.*, 24: 263-269.
- Quadros, M. E., Marr, L. C. (2011). Silver nanoparticles and total aerosols emitted by nanotechnology-related consumer spray products. *Environ. Sci. Technol.*, (45):10713-10719.
- Ryan, J. J., Bateman, H. R., Stover, A., Gomez, G., Norton, S.K., Zhao, W. (2007). nanomaterials inhibit the allergic response. *J. Immunol.*, 179:665-672.
- R' mili, B., Le-Bihan, O. L. C., Dutouquet, C., Aguerre-Charriol, O., Frejafon, E. (2013). Particle sampling by TEM grid filtration. *Aerosol Sci. Technol.*, 47: 767-775.
- Schöler, N., Zimmerman, E., Katzfey, U., Hahn, H., Muller, R. H., Leisenfeld O. (2000). Effect of solid lipid nanoparticles (SLN) on cytokine production and viability of murine peritoneal macrophages. *J. Microencapsul.*, 17:639-650.
- Silva, V. M., Corson, N., Elder, A., Oberdorster, G. (2005). The rat ear vein model for investigating *in vivo* thrombogenicity of ultrafine particles (UFP). *Toxicol. Sci.*, 85:983-989.
- Seto, T., Kim, S., Otani, Y., Takami, A., Kaneyasu, N., Fujimoto, T., Okuyama, K., Takamura, T. and Hatakeyama, S. (2013). New particle formation and growth associated with East-Asian long range transportation observed at Fukue Island. Japan in March 2012. *Atoms. Environ.*, 74: 29-36.
- Stebounova, L. V., Adamcakova-Dodd, A., Kim, J. S., Park, H., O'Shaughnessy, P. T., Grassian, V. H., Thorne, P. S. (2011). Nanosilver induces minimal lung toxicity or inflammation in a subacute murine inhalation model. *Part Fibre Toxicol.*, 8:1-12.
- Tang, S. C. N. and Lo, I. M. C. (2013). Magnetic nanoparticles: Essential factors for sustainable environmental applications. *Water Res.*, 47:2613-2632.
- Tiitta, P., Vakkari, V., Croteau, ., Beukes, J. P., van Zyl, P. G., Josipovic, M., Venter, A. D., Jaars, K., Pienaar, J. J., Ng, N. L., Canagaratna, M. R., Jayne, J. T., Kerminen, V.-M., Kokkola, H., Kulmala, M., Laaksonen, A., Worsnop, D. R. and Laakso, L. (2014). Chemical composition, main sources and temporal variability of PM1 aerosols in southern African grassland, *Atmos. Chem. Phys.*, 14: 1909-1927
- Wang, S., Sun, H., Ang, H.M., Tade, M.O. (2013). Adsorptive remediation of environmental pollutants using novel graphene-based nanomaterials. *Chem. Eng. J.*, 226: 336-347.
- Yang, Y. X., Song, Z. M., Cheng, B., Xiang, K., Chen, X. X., Liub, J. H., Caoa, A., Wanga Y., Liua, Y. F., Wanga, H. F. (2014). Evaluation of the toxicity of food additive silica nanoparticles on gastrointestinal cells. *J. Appl. Toxicol.*, 34: 424-435.



- Yang, Y., Doudrick, K., Bi, X., Hristovski, K., Herckes, P., Westerhoff, P., Kaegi, R. (2014). Characterization of food-grade titanium dioxide: the presence of nanosized particles. *Environ. Sci. Technol.*, 48:6391–6400.
- 政府研究資訊 GRB 智慧搜尋系統網頁, Government Research Bulletin, [http://grbsearch.stpi.narl.org.tw/GRB\\_Search/grb/](http://grbsearch.stpi.narl.org.tw/GRB_Search/grb/)
- ICON網站, International Council on Nanotechnology, <http://icon.rice.edu/>
- ISO TC 229 網站, International Organization for Standard for Standardization, Technical Committee 229, [http://www.iso.org/iso/standards\\_development/technical\\_committees/list\\_of\\_iso\\_technical\\_committees/iso\\_technical\\_committee.htm?commid=381983](http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=381983)
- NIOSH 網站, NIOSH Safety and Health Topic: Nanotechnology, <http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/default.html>
- OECD 網站, Safety of Manufactured Nanomaterials, [http://www.oecd.org/about/0,3347,en\\_2649\\_37015404\\_1\\_1\\_1\\_1\\_1\\_0.html](http://www.oecd.org/about/0,3347,en_2649_37015404_1_1_1_1_1_0.html)
- PEN 網站, The Project on Environmental Nanotechnologies, <http://www.nanotechproject.org/>
- US EPA 網站, National Center for Environmental Research: Nanotechnology, <http://www.epa.gov/ncer/nano/>
- 中華民國國家標準 CNS 14975 「奈米材料詞彙(Terminology for nanomaterials)」, 2006 年
- 翁漢甫, 104 年「含奈米物質化粧品比對研究」, 衛生福利部食品藥物管理署報告摘要, 民國 104 年。
- 陳仁焜, 103 年「含奈米成分化粧品之風險評估與管理國際協和化研究」, 衛生福利部食品藥物管理署報告摘要, 民國 103 年 a。
- 陳惠芳, 103 年度「市售口香糖中二氧化鈦之奈米性檢驗研究」, 衛生福利部食品藥物管理署報告摘要, 民國 103 年 b。
- 高志明, 奈米零價鐵在地下環境介質之傳輸與應用, 103 年環境奈米論壇論文集, 民國 103 年。
- 連興隆, 103 年「多孔奈米複合鐵金屬修飾電子媒介體去除地下水含氯有機物之研究」, 科技部報告摘要, 民國 103 年。
- 潘致弘, 102 年度「奈米金屬微粒對勞工心血管與細胞毒性效應評估研究」, 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所期末報告 IOSH102-M321, 民國 102 年。
- 張瓊芬, 103 年「磁性奈米碳管材料之合成及應用於環境污染物吸附去除之研究」, 科技部報告摘要, 民國 103 年。
- 蔡春進, 99 年度「環境奈米科技知識管理及整合計畫」, 期末報告, EPA-99-U1U1-02-105, 民國 99 年。
- 蔡春進, 100 年度「環境奈米科技知識管理及整合計畫」, 行政院環保署期末報告, EPA-100-U1U1-02-105, 民國 100 年。
- 蔡春進, 101 年度「環境奈米科技知識管理及整合計畫」, 行政院環保署期末報告, EPA-101-U1U1-02-105, 民國 101 年。
- 蔡春進, 102 年度「推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」, 行政院環保署期末報告 EPA-102-U1U1-02-101 期末報告, 民國 102 年。
- 蔡春進, 103 年度「推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」, 行政院環保署 EPA-103-U1U1-02-101 期末報告, 民國 103 年。

闕斌如，99年「配合即時監測環境樣品奈米微粒細胞毒性篩選技術」，行政院環境保護署報告摘要，民國99年。

奈米科技的法規與政策

ISO/TS 16550:2014. Nanotechnologies -- Determination of silver nanoparticles potency by release of muramic acid from *Staphylococcus aureus*.

ISO/TR 16197:2014. Nanotechnologies -- Compilation and description of toxicological screening methods for manufactured nanomaterials.

ENV/JM/MONO(2014)34. Genotoxicity of manufactured nanomaterials: Report of the oecd expert meeting.

奈米物質對環境和健康的影響

Al-Kattan, A., Wichser, A., Zuin, S., Arroyo, Y., Golanski, L., Ulrich, L., Nowack, B. (2014). Behavior of TiO<sub>2</sub> Released from Nano-TiO<sub>2</sub>-Containing paint and comparison to pristine Nano-TiO<sub>2</sub>. *Environ. Sci. Technol.*, 48:6710–6718.

Arvidsson, R., Kushnir, D., Sandén, B. A., Molander, S. (2014). Prospective life cycle assessment of graphene production by ultrasonication and chemical reduction. *Environ. Sci. Technol.*, 48:4529–4536.

Becker, K., Schroecksadel, S., Geisler, S., Carriere, M., Gostner, J. M., Schennach, H., Herlin, N., Fuchs, D. (2014). TiO<sub>2</sub> nanoparticles and bulk material stimulate human peripheral blood mononuclear cells. *Food Chem. Toxicol.*, 65:63–69.

Buha, J., Mueller, N., Nowack, B., Ulrich, A., Losert, S., Wang, J. (2014). Physical and chemical characterization of fly ashes from swiss waste incineration plants and determination of the ash fraction in the nanometer range. *Environ. Sci. Technol.*, 48:4765–4773.

Dumont, E., Johnson, A. C., Keller, V. D. J., Williams, R. J. (2015). Nano silver and nano zinc-oxide in surface waters exposure estimation for europe at high spatial and temporal resolution. *Environ. Pollut.*, 196:341-349.

Göhler, D. and Stintz, M. (2014). Granulometric characterization of airborne particulate release during spray application of nanoparticle-doped coatings. *J Nanopart Res.*, 16:2520.

Liu, H. H., and Cohen, Y. (2014). multimedia environmental distribution of engineered nanomaterials. *Environ. Sci. Technol.*, 48:3281–3292.

Liu, Y., Liggió, J., Li, S. M., Breznan, D., Vincent, R., Thomson, E. M., Kumarathasan, P., Das, D., Abbatt, J., Antiñolo, M., Russell, L. (2015). Chemical and toxicological evolution of carbon nanotubes during atmospherically relevant aging processes. *Environ. Sci. Technol.*, 49:2806–2814.

Ma, R., Levard, C., Judy, J. D., Unrine, J. M., Durenkamp, M., Martin, B., Jefferson, B., Lowry, G. V. (2014). Fate of zinc oxide and silver nanoparticles in a pilot wastewater treatment plant and in processed biosolids. *Environ. Sci. Technol.*, 48:104–112

- Meesters, J. A. J., Koelmans, A. A., Quik, J. T. K., Jan Hendriks A., van de Meent, D. (2014). Multimedia modeling of engineered nanoparticles with simplebox4nano: model definition and evaluation. *Environ. Sci. Technol.*, 48:5726–5736.
- Wender, B. A., Foley, R. W., Prado-Lopez, V., Ravikumar, D., Eisenberg, D. A., Hottle, T. A., Sadowski, J., Flanagan, W. P., Fisher, A., Laurin, L., Bates, M. E., Linkov, I., Seager, T. P., Fraser, M. P., Guston, D. H. (2014). Illustrating anticipatory life cycle assessment for emerging photovoltaic technologies. *Environ. Sci. Technol.*, 48:10531–10538.
- Wu, B., Torres-Duarte, C., Cole, B. J., Cherr G. N. (2015). Copper oxide and zinc oxide nanomaterials act as inhibitors of multidrug resistance transport in sea urchin embryos: their role as chemosensitizers. *Environ. Sci. Technol.*, 49: 5760–5770.
- Xia, Y., Rubino, M., Auras, A. (2014). Release of nanoclay and surfactant from polymer-clay nanocomposites into a food simulant. *Environ. Sci. Technol.*, 48:13617–13624.
- Yang, Y., Doudrick, K., Bi, X., Hristovski, K., Herckes, P., Westerhoff, P., Kaegi, R. (2014). Characterization of food-grade titanium dioxide: the presence of nanosized particles. *Environ. Sci. Technol.*, 48:6391–6400.
- Zhao, J., Wang, Z., White, J. C., Xing, B. S. (2014). Graphene in the aquatic environment: adsorption, dispersion, toxicity and transformation. *Environ. Sci. Technol.*, 48:9995–10009.

#### 奈米作業場所的奈米物質暴露評估

- Brenner, S. A., Neu-Baker, N. M. (2014). Occupational exposure to nanomaterials: assessing the potential for cutaneous exposure to metal oxide nanoparticles in a semiconductor facility. *J. Chem. Health Safety*, In Press, Uncorrected Proof, Available online 15 November 2014.
- Dahm, M. M., Berigan, M. K. S., Evans, D. E., Birch, M. E., Fernback, J. E., Deddens, J. A. (2015). Carbon nanotube and nanofiber exposure assessments: an analysis of 14 site visits. *Ann. Occup. Hyg.*, 59(6):705-723.
- Gomez, V., Levin, M., Saber, A. T., Irusta, S., Maso, M. D., Hanoi, R., Santamaria, J., Jensen, K. A., Wallin, H., Koponen, I. K. (2014). Comparison of dust release from epoxy and paint nanocomposites and conventional products during sanding and sawing. *Ann. Occup. Hyg.*, 58: 983–994.
- Hedmer, M., Isaxon, C., Nilsson, P. T., Ludvigsson, L., Messing, M. E., Genberg, J., Skaug, V., Bohgard, M., Tinnerberg, H., Pagels, J. H. (2014). Exposure and emission measurements during production, purification, and functionalization of arc-discharge-produced multi-walled carbon nanotubes. *Ann. Occup. Hyg.*, 1–25.
- Honnert, B. and Grzebyk, M. (2014). Manufactured nano-objects: an occupational survey in five industries in France. *Ann. Occup. Hyg.*, 58:121–135.

- Kim, K.H., Kim, J.B., Ji, J.H., Lee, S.B., Bae, G.N. (2015). Nanoparticle formation in a chemical storage room as a new incidental nanoaerosol source at a nanomaterial workplace. *Journal of Hazardous Materials*, 298:36–45.
- Kaminski, H., Beyer, M., Fissan, H., Asbach, C., Kuhlbusch, T. A. J. (2015). Measurements of nanoscale TiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in industrial workplace environments – methodology and results. *Aerosol Air Qual. Res.*, 15: 129–141.
- Mirabile, M., Bocconi, F., Gagliardi, D., Rondinone, B. M., Iavicoli, S. (2014). Workplace exposure to engineered nanomaterials: the Italian path for the definition of occupational health and safety policies. *Health Policy*, 117:128–134.
- Pietrojusti, A. and Magrini, A. (2014). Engineered nanoparticles at the workplace: current knowledge about workers' risk. *Occup. Med.*, 64:319–330.
- Shepard, M. and Brenner, S. (2013). An occupational exposure assessment for engineered nanoparticles used in semiconductor fabrication. *Ann. Occup. Hyg.*, 58:251-265.

### 附錄一 評選審查委員意見回覆

會議名稱：「104年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」評選會議  
**會議記錄**

一、時間：中華民國 104 年 2 月 3 日(星期二)上午 10 時 00 分

二、地點：本署 4 樓第 4 會議室

三、主席：劉執行秘書宗勇

紀錄：蘇技士鈺珊

四、出席(列)單位及人員：如會議簽名單

五、主席致詞：(略)

六、申購單位報告：(略)

七、工作小組初審意見：(略)

八、簡報：交通大學環境工程研究所

九、簡報詢答：(略)

十、評選委員審查意見表：(如書面意見表)

十一、廠商答覆情形：(如書面回覆表)

十二、評分作業：(略)

十三、主席結論：

(一)合格：交通大學環境工程研究所

(二)本案訂有底價，並依準用最有利標決標辦法規定，優先議價對象將於簽奉核定後公布。

十四、散會(中午 12 時 00 分)

委員意見	意見回覆
<p>(一) 朱委員興華</p> <p>1. 本計畫推廣環境奈米科技知識平台及知識整合，有助於促進加強宣導，環保署的環境奈米科技政策。並有助於促成奈米 EHS 的國際交流，跨單位的奈米 EHS 議題合作及奈米科技風險管理，符合環境保護之政策需要。</p> <p>2. 本計畫執行團隊曾執行本計畫多年，擁有相關計畫執行實績，應可認定具備本計畫執行能力。</p> <p>3. 本計畫之計畫架構合理，主要工作項目、工作執行期程、預定工作進度及查核內容等尚屬明確；亦符合評選須知之計畫工作內容。</p> <p>4. 建議事項：</p> <p>(1) 本計畫之成果、應轉換成對行政院環境保護署之政策建議，透過對國內外相關議題之彙整收集，提出未來規劃執行之政策及措施。本計畫應列出建議環保署之相關政策事宜。</p> <p>(2) 本計畫可彙整環保署針對奈米科技發展之研究成果，提供奈米科技產業及相關從事人員參考，減少奈米科技對環境之破壞與影響。</p> <p>(3) 本計畫執行多年，宜針對整體計畫推動策略藍圖、各階段任務之差異重點、執行手法之精進及本年度之知識主題重點發展方向，再補強論述。</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 感謝委員肯定。</p> <p>3. 感謝委員肯定。</p> <p>4. 感謝委員建議，請參閱下列回覆：</p> <p>(1) 目前環保署已經強化毒性物質的登錄管理，將來可以另外再針對奈米物質的登錄及管理的工作加強，掌握奈米物質生產及輸入的源頭，及奈米物質在空氣、水、土壤及廢棄物中的流布情形。本計畫執行完畢後，會再具體的針對環保署未來政策的施行方向及相關的預算提出建議。</p> <p>(2) 在去年已完成的環保署第二期(98-103 年)奈米國家型計畫研究成果總報告，彙整了第一期 6 年計畫的執行概要，與第二期各個計畫產出的成果清單、政策法規面及社會民生面的執行成果等，有興趣的人士可以參閱環保署公開的各項研究計畫的報告。</p> <p>(3) 本計畫的工作重點在於探討每年國內外奈米技術 EHS 相關議題的發展趨勢，及維護並推廣知識平台。今年會加強 EHS 法規之探討，社群網站及科普知識內</p>

委員意見	意見回覆
<p>(4) 本計畫執行知識平台，宜提供平台瀏覽人數或知識平台之利用資訊。另可強化平台之活潑化，利用知識管理提供充分之分享。</p> <p>(5) 本計畫之執行對於直接與衍生之環境價值創造可再強化論述。</p>	<p>容的強化將列為本年之重點。</p> <p>(4) 為瞭解網站流量和網頁功能的使用成效，本團隊於期中和期末報告會針對以下項目進行分析，以進一步了解點閱民眾的習性和頻率，分析統計的項目將包括網頁檢視人數、網站內容點閱、新舊訪客總覽、造訪頻率及回訪率、訪客地理位置、停留時間、網頁活動分析和資訊閱讀的載具等。請參閱期末報告第 5.1 節。</p> <p>(5) 本計畫的執行效益以國內外相關利害者的知識擴散為主，今年計畫執行完後，會再加強環境價值的論述。</p>
<p><b>(二) 何委員祖鳳</b></p> <p>1. 平台資料之時效性有待加強，e.g. 最新消息、公告等。</p> <p>2. 針對預期效益，宜列 KPI 以供驗收參考。</p> <p>3. 專家專訪除了書面紀錄外，可考慮製作錄影版本。</p> <p>4. 電子報之發行時間宜儘可能有一定間隔（如：每季）。</p> <p>5. 何謂"知識"，宜再斟酌。</p>	<p>1. 針對中文版網站的最新消息，計畫開始執行後本團隊每月會進行更新；在公告方面，由於國內法規的更新並不頻繁，無法以每月/每季來評估公告更新的頻率。</p> <p>2. 感謝委員建議，本團隊會於期中及期末報告中列出關鍵績效指標(KPI) 以供查核。</p> <p>3. 感謝委員建議，今年度本團隊擬於知識平台的專家專訪專區上傳 3~5 分鐘的兩位專家的訪問影音檔，以增進平台與使用者的互動。</p> <p>4. 由於本計畫每年的決標日期不定，期末報告的繳交日期固定為 11 月 30 日前，且電子報內容須經環保署審核後始可發行，造成過去每期電子報的發送間隔不定。本年度會以 2~3 個月發行一次電子報為目標。</p> <p>5. 本計畫"知識"涵蓋的內容僅限於我國與先進國家在奈米技術環境健康</p>

委員意見	意見回覆
	<p>安全議題的最新進展及研究成果，已將此定義編入期末報告第一章。</p>
<p><b>(三) 李委員俊毅</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 平台觀看人數較少，不是很受歡迎，應思考如何提昇瀏覽人數。</li> <li>2. 平台內應加強與廠商之連接。</li> <li>3. 人員之投入應有專職人員。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本年度會繼續增加中英文的文獻及研究報告內容，以提高國內研究學者研究成果之曝光率，增加網站的使用率和提升讀者閱讀的意願，並鼓勵國內研究學者上傳自己的研究成果。另外，本團隊每年均會擴充新增論壇參加者的電子郵件信箱至電子報的寄送名單，以增加平台的點閱率。</li> <li>2. 平台的相關連結已有台灣奈米技術產業發展協會，每年論壇的邀請對象也包括科學園區產業工會及奈米技術產業協會等公司團體，以加強平台與利益相關者的溝通。</li> <li>3. 本團隊主要成員包括一位博士後研究員及一位專任助理，並由碩博士生協助知識缺口的文獻回顧工作。</li> </ol>
<p><b>(四) 陳委員志恆</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 就材料之化學組成而言，建議可針對材料本身化學性質的危害性進行評估。</li> <li>2. 建議增加奈米物質在環境中的型態改變方面的文獻收集。</li> <li>3. 奈米物質在產品中的形式不同，對</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 過去奈米物質的毒性評估研究已指出，奈米物質本身通常就具有化學毒性，而影響奈米物質毒理分析的八大物化特性(ISO/TR 13014)的不同，包括微粒尺寸、分布、團聚狀態、形狀、表面積/表面積比、表面化學特性、表面帶電荷量和分散性等，皆會產生不同的毒性結果。此議題仍為世界各國的研究重點，目前仍不易將現有的結果作整理比較奈米物質與化學物質本身之毒性。</li> <li>2. 本團隊在過去五年的報告均已整理奈米物質在環境中的型態改變方面的相關文獻，包括奈米物質對水中生物及環境生態的影響、奈米物質在環境中的傳輸、轉化及宿命，及奈米產品中的奈米物質對環境的影響等主題。</li> <li>3. 本團隊在過去五年的報告已回顧</li> </ol>



委員意見	意見回覆
<p>環境及安全所造成的影響亦不同，建議可針對此議題進行資料收集，例如紡織品內的奈米物質可能造成的影響。</p> <p>4. 知識平台資料的收集，應注意智權的問題。</p> <p>5. 含奈米物質的產品對環境影響的評論，應注意相關數據的嚴謹性，以避免對產品的市場造成影響。</p>	<p>「奈米產品中的奈米物質對環境的影響」的相關文獻，今年度持續回顧「奈米物質對環境和健康的影響」。</p> <p>4. 平台只列出研究報告及出版文獻已公開的摘要內容及全文連結，由使用者決定是否下載，電子報文章的內容均會註明引用的來源或出處。</p> <p>5. 本計畫的期末報告封底皆會標註報告的內容僅係受託單位或個人之研究意見，僅供環保署施政參考。</p>
<p><b>(四) 曹委員賜卿</b></p> <p>1. 辦理本（104）年「環境奈米科技論壇」時，宜做近年（約 5 年）環保署委辦計畫（奈米）之成果彙總報告，包括追蹤計畫後續成果（如專利、技轉或 paper 發表數等）時間可 15-30 分鐘，讓與會者可瞭解環保署奈米委辦計畫之近年內容及成效。</p> <p>2. 「環境奈米科技知識平台電子報」內容宜與知識平台內容有些不同，以利更有「可讀性」，諸如加上「科技論壇」之報導或奈米展之報導，或國內外環境奈米相關之新聞報導等。</p>	<p>1. 本團隊會再與環保署討論論壇的議程安排事宜。</p> <p>2. 感謝委員建議，今年度的電子報會加入論壇的活動報導。</p>



附錄三 期中報告委員意見回覆

委員意見	意見回覆
<p>(一) 朱委員興華</p> <p>1. 本計畫推廣環境奈米科技知識平台及知識整合，有助於促進加強宣導，環保署的環境奈米科技政策。並有助於促成奈米 EHS 的國際交流，跨單位的奈米 EHS 議題合作及奈米科技風險管理，符合環境保護之政策需要</p> <p>2. 本計畫之主要工作項目、工作執行期程、預定工作進度等尚屬明確；符合計畫查核內容。另執行工作進度 55%較預定工作進度超前 5%，經費支付進度只達 25%，未達預定經費進度。</p> <p>3. 建議事項：</p> <p>(1) 本計畫為明確執行成效，宜建立查核點達成情形說明，列表陳述預定查核點內容，實際達成查核點情形，其差異比對分析。</p> <p>(2) 本計畫執行多年，宜針對整體計畫推動策略藍圖、各階段任務之差異重點、執行手法之精進及本年度之知識主題重點發展方向，再補強論述。</p> <p>(3) 本計畫之成果應轉換成對行政院環保署之政策建議，透過對國內外相關議題之彙整收集，提出未來規劃執行之政策及措施。</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 經費支付進度係根據本計畫契約書的約定條款執行，第一期款於第一次工作進度報告經環保署認可後撥付計畫經費 25%，第二期款則於期中報告經環保署認可後再撥付計畫經費 30%。</p> <p>3. 感謝委員建議，請參閱下列回覆：</p> <p>(1) 已於預定進度表中新增"實際達成情形"乙欄以供比對。</p> <p>(2) 本計畫的工作重點在於探討每年國內外奈米技術 EHS 相關議題的發展趨勢，及維護並推廣知識平台。今年會加強 EHS 法規之探討，社群網站及科普知識內容的強化將列為本年之重點。</p> <p>(3) 由於本計畫之前作的具體建議，目前環保署已經強化毒性物質的登錄管理，將來可以另外再針對奈米物質的登錄及管理工工作作加強，掌握奈米物質生產及輸入的源頭，及奈米物質在空氣、水、土壤及廢棄物中的流布情形。本計畫執行完畢後，會再具體的針對環保署未來政策的施行方向及相關的預算提出建議。</p>

委員意見	意見回覆
<p>(4) 本計畫之執行對於直接與衍生之環境價值創造可再強化論述。</p> <p>(5) 國際的 ISO 標準之收集發展之累積完整，如何提供標準檢驗局轉換為 CNS 國家標準，以達成國際合作及同步進步水平。</p> <p>(6) 本計畫可以再強化知識平台的服務功能，將院內各部會有關奈米科技的網站進行超連結，創造更大價值。</p>	<p>(4) 本計畫執行完畢後，會於期末報告的結論及未來工作的章節中，歸納我國將來在奈米 EHS 議題上可努力的方向，以協助環保署建立環境奈米科技的管理策略。</p> <p>(5) ISO/TC 229 技術委員會已發表 43 個奈米技術 EHS 相關的標準，重要的標準/指引有奈米物質風險評價程序 (ISO/TR 13121)、呼吸毒性試驗用的暴露腔中的奈米微粒的特性分析方法 (ISO 10808:2010)、應用於工程奈米物質的職業風險管理方法 (ISO/TS 12901-1:2012)、奈米科技相關作業場所內的安全及健康實務 (ISO/TR 12885:2008) 及奈米物質安全資料表的準備方法 (ISO/TR 13329:2012) 等，建議國內經濟部標準檢驗局和工研院可優先多加參考以發展奈米技術 EHS 相關的國家標準。</p> <p>(6) 知識平台的相關連結專區已有各部會經費支持所建置的奈米技術 EHS 相關網站的連結。</p>
<p><b>(二) 陳委員春萬</b></p> <p>1. 平台已有一定之推廣成效，如何與其他奈米應用網站連結合作，擴大可行性。</p> <p>2. 未來可否邀請專家撰寫或整理特定科普議題，例如奈米應用、奈米 EHS 研究方向、研究物質、各國法規(指引與執行法規)，如工作內容之二、(二)。</p> <p>3. 法規發展可否將類似法規、過去法規進行連結，至少網站已收集資料。</p>	<p>1. 知識平台的相關連結專區已有各部會經費支持所建置的奈米技術 EHS 相關網站的連結。</p> <p>2. 感謝委員建議，目前知識平台已設有科普、專有名詞及最佳控制實務等專區，可供一般大眾使用，其內容皆已經過計畫主持人審閱後才刊登。</p> <p>3. 在國內的法規發展方面，知識平台的公告專區已有最新的法規及政策的連結。在國外的法規發展方面，電子報每期與奈米科技的法規與政</p>

委員意見	意見回覆
<p>4. 各國法規已逐步規範奈米物質，台灣也已建立相同法規，不過法規執行常需要特定技術支援，例如：REACH 註冊審查、資料完整性等，計畫可否也協助收集相同技術資料。</p>	<p>策有關的最新消息，皆會刊登在知識平台的最新消息專區，並列出每則消息的資料來源連結。</p> <p>4. 本團隊於 99-104 年的計畫中，已回顧的 ISO 標準共 22 個，其中包括了數種奈米物質的量測及特性分析的方法，值得法規執行單位參考。關於 REACH 的註冊審查及資料完整性等主題，本計畫期末報告 4.1 節中的"歐盟對奈米物質的規範與政策"乙節已概要地回顧 REACH 的註冊制度、執行現況及每種物質的註冊內容。</p>
<p><b>(三) 陳委員仁焜</b></p> <p>1. 本計畫的規劃和執行，非常重要，儘管奈米國家型計畫已經結束，但奈米物質及相關產品仍在市面上且有更增加的趨勢，計畫執行單位相當認真，請繼續努力。</p> <p>2. 對於"知識"的定義，可放在報告較前面的章節。</p> <p>3. 網站瀏覽人數如要再增加，可嘗試做進一步分析，例如可增加 email list 中的名單，盡可能包含主管部會的主管級官員。</p> <p>4. ISO 文件的收集頗耗費，可考慮與 EHS 跨部會溝通平台(目前為衛福部)互通有無。</p> <p>5. 期待研究成果能對環保署的施政有所幫助，彙整的結論或政策建言如有機會納入各部會的施政規劃白皮書，請計畫主辦單位可以慎重考量。</p> <p>6. 些許文字錯誤或不通順之處，加以修正(如期中報告 P.119 第 4、5 點)</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 本計畫"知識"涵蓋的內容僅限於我國與先進國家在奈米技術環境健康安全議題的最新進展及研究成果，此定義已於期末報告的第一章進行說明。</p> <p>3. 感謝委員建議，本團隊會朝此方向努力。</p> <p>4. 感謝委員建議，建議環保署可在跨部會溝通會議上，提供本計畫目前已回顧的 ISO 報告清單給其他部會參考。</p> <p>5. 此建議可提供環保署參考。</p> <p>6. 已修正文字錯誤或不通順之處，請參閱期末報告第 148 頁。</p>

委員意見	意見回覆
<p>即可，整體評估本計畫執行現況優良。</p>	
<p><b>(四) 李委員俊毅</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 知識平台之內容資料收集，是否可以產業別加以分類？</li> <li>2. 期中報告中 P.5-7 中所列奈米科技計畫之執行結果，應做整理分析。</li> <li>3. 過去有許多相類似之計畫，是否應做比較分析。</li> <li>4. 國外之奈米科技產品之管理規範，應儘速提供國內相關產品之規範，以利提升國際競爭力。</li> <li>5. 奈米科技論壇之參加人員，似乎產業界人員較少，應加強宣導。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 知識平台之內容資料收集以國內奈米技術 EHS 的研究成果為主，資料庫的主要分類為委辦機關、研究領域、暴露途徑、微粒種類、暴露或危害之標的、文章種類、風險暴露群、讀者分類及產生方法，使用者可在研究領域的細項分類下找到類似相對應的產業類別。</li> <li>2. 在去年已完成的環保署第二期(98-103 年)奈米國家型計畫研究成果總報告，彙整了第一期 6 年計畫的執行概要，與第二期各個計畫產出的成果清單、政策法規面及社會民生面的執行成果等，有興趣的人士可以參閱環保署公開的各項研究計畫的報告。</li> <li>3. 本計畫各年度的工作重點差異不大，主要目標均為追蹤國內外之奈米技術 EHS 相關議題的發展趨勢，以及維護並推廣環境奈米科技知識平台。</li> <li>4. 各國的奈米物質源頭登錄管理的最新相關資訊均已彙整在期末報告第一章。</li> <li>5. 本計畫寄發論壇邀請函的對象為奈米技術 EHS 相關之學會、公民團體、奈米展的參觀民眾、科學園區產業工會、各區的工業區管理處、科學工業園區管理局、30 個工業同業公會/聯合會及奈米技術產業發展協會等公司團體。本年度論壇吸引了產、官、學、研各界共 189 人報名，實際出席參與論壇為 162 人(政府單位 45 人、業界 63 人、財團法人 4 人、學術單位 45 人、環保團體 3 人、個人 3 人)，充分達到了</li> </ol>

委員意見	意見回覆
<p>6. 有關奈米科技產業規範之管理單位，應統一窗口。</p>	<p>nano-EHS 知識傳播及風險溝通的目的。</p> <p>6. 根據經濟合作發展組織發表的工程奈米物質的法規進展調查報告，法規規範的活動包括製造、進口、商品化和行銷、使用、處置/廢棄等，各國法規並無針對特定產業進行規範，也無單一的管理單位。</p>
<p><b>(五) 陳委員志恆</b></p> <p>1. 期中報告內容依計畫規劃執行。</p> <p>2. 根據目前本研究對環境奈米科技之資料收集，未來本研究可針對相關環保法規做相關建議，以提供主管機關研究相關法規之依據 (P.43)。</p> <p>3. 奈米作業場所的奈米物質暴露風險評估為重要的議題，建議可增加相關文獻之收集和分析。</p> <p>4. 奈米作業場所的監測可做為未來相關研究的基礎，建議可增加相關文獻之收集和分析。</p> <p>5. P.34 對於物理和化學資料表中所列的項目是否均針對奈米物質，請補充說明之合理性。</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 目前環保署已經強化毒性物質的登錄管理，將來可以另外再針對奈米物質的登錄及管理工作的加強，掌握奈米物質生產及輸入的源頭，及奈米物質在空氣、水、土壤及廢棄物中的流布情形。本計畫執行完畢後，會再具體的針對環保署未來政策的施行方向及相關的預算提出建議。</p> <p>3. 本團隊在 98 年執行環保署委辦計畫「環境中奈米物質質量測及特性分析技術開發」的報告已回顧「奈米物質的暴露評估」的相關文獻，建議明年可持續將此主題納入知識缺口的文獻回顧工作。</p> <p>4. 本團隊在過去五年的報告已回顧整理空氣中奈米微粒的檢測監測方法，已歸納結論指出現有之儀器及技術僅仍滿足部份的研究需求，每種儀器都有其使用上的優缺點。</p> <p>5. 因美國環保署將奈米物質視為化學物質來管理，第 34 頁所列項目為廠商在美國環保署的 SNURs 或 PMN 申請書中必需填寫的化學物質相關資料，奈米物質亦同。但是美國環保署可要求業者提交額外的資訊，包括生產量、製造方法、處理方法、物質特性、暴露資料、排放資料及</p>

委員意見	意見回覆
	健康安全資料等。
<p><b>(六) 永續發展室</b></p> <p>1. 報告格式請依契約書本署期中(末)研究報告撰寫要求及紙本印製格式撰寫。</p> <p>2. 報告 P.117 誤繕環管處主管的單位名稱，請修正。</p> <p>3. 第六章工作進度甘特圖的完成日期與實際進度，請補充說明。</p>	<p>1. 已依照環保署期中(末)研究報告撰寫要求進行內容的編排及印製。</p> <p>2. 已修正誤繕處請參閱期末報告第 146 頁。</p> <p>3. 已補充說明甘特圖的完成日期與實際進度。</p>



附錄四 「環境奈米科技知識庫之功能強化及維運服務」計畫之工作檢討會議記錄

會議記錄一

一、時間：104 年 9 月 30 日（星期三）上午 10 時 00 分

二、地點：國立交通大學環境工程研究所會議室

三、出席單位及人員：

欣揚科技有限公司：郭啓沐、李佩如、高嘉陽

國立交通大學環境工程研究所：蔡春進教授、簡誌良、曾能駿

記錄：李佩如

四、會議目的：

資訊安全教育訓練-系統操作人員

五、教育訓練內容：

1. 個人資料保護法
2. 個人資料管理
3. 個人資料保護與 ISMS (Information Security Management System)
4. 基本資訊安全認知
5. Q&A

六、散會：中午 12 時 00 分

會議記錄二

一、時間：104年10月28日（星期三）下午2時30分

二、地點：國立交通大學環境工程研究所會議室

三、出席單位及人員：

欣揚科技有限公司：郭啓沐、李佩如、高嘉陽

國立交通大學環境工程研究所：蔡春進教授、簡誌良、曾能駿

記錄：李佩如

四、會議目的：

資訊安全教育訓練-系統管理人員

五、教育訓練內容：

1. 系統資料管理

2. ISMS (Information Security Management System)

(1) 定義使用資訊與資訊系統的規範

(2) 策劃資訊安全架構

(3) 系統遭受攻擊時，仍可維持正常運作能力

3. 基本資訊安全認知

4. Q&A

六、散會：下午4時30分

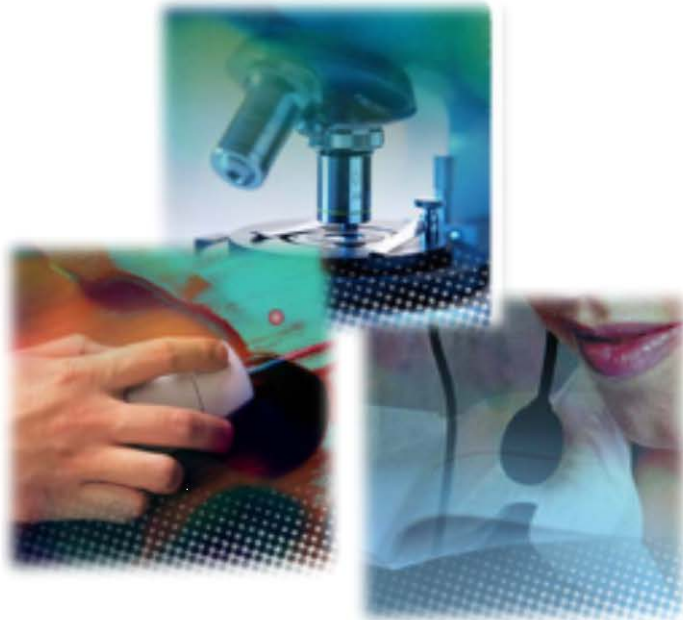


行政院環境保護署

Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

## 環境奈米科技知識平台電子報

第 17 期



(訂閱電子報)

發行日期: 2015/4/20

平台網址: <http://ehs.epa.gov.tw/>

發行單位: [行政院環境保護署](#)

執行單位: [國立交通大學環境工程研究所](#)

## 前言

近年來先進國家與國際組織在奈米技術環境、健康與安全(EHS) 的議題上已有顯著的進展，出現了許多奈米技術相關的法規及標準，奈米物質的量測、控制及安全防護技術也已漸趨完備。為因應國際發展趨勢，我國環保署、衛福部與勞動部長期合作，持續關注奈米EHS的議題，發展相關的技術及制訂管理法規，以確保負責任的奈米技術之永續發展。環保署、衛福部與勞動部三個政府部門共同建置了環境奈米科技知識平台(ehs.epa.gov.tw)，並自2011年開始定期發行電子報，以提供產官學研各界奈米EHS議題的即時資訊及研究進展，並與國內外不同利益相關者進行溝通及交流。

本期為第17期電子報，內容包括奈米科技的法規與政策、奈米物質對環境、健康與安全的影響議題、奈米物質在環境的應用之最新進展。首先在奈米科技的法規與政策方面，本期介紹了歐盟執委會提交奈米食品標示的修正案、歐盟執委會發表的兩份工程奈米物質安全作業的指引、以及歐洲議會發表的一份分析歐盟和美國法規差異性(含奈米物質管理)的報告。在奈米物質對環境、健康與安全的影響方面，本期報導了奈米碳管在大氣中的轉化可能會影響其毒性、以及電弧放電法生產之多壁奈米碳管於生產、純化與官能基化過程的暴露與逸散測量。最後在奈米物質的應用的部分，本期介紹了奈米科技應用在牙齒治療上的危害與益處、美國國家標準技術研究院發表的一種以高分子包覆銀的新參考物質、歐盟聯合研究中心發表世界第一種含奈米二氧化矽微粒的認證參考物質、以及奈米氧化鐵微粒吸附劑與電化學的整合技術-處理揮發性有機化合物之可再生整治系統的研發。

下期電子報將專訪清華大學化學工程系馬振基教授，馬教授過去在奈米材料(石墨烯與奈米碳管等)及高性能的高分子複合材料有深入之研究。近年來致力於燃料電池用複合材料雙極板、染料敏化太陽能電池之工作電極，及風力發電機複合材料葉片製備，並有多項技術移轉國內產業界。更多 EHS 精彩報導都在「環境奈米科技知識平台電子報」。

## 本期內容

### 1 奈米科技的法規與政策

- 歐盟執委會提交奈米食品標示的修正案給歐洲議會
- 歐盟執委會發表兩份工程奈米物質安全作業的指引
- 歐洲議會發表一份分析歐盟和美國法規差異性(含奈米物質管理)的報告

### 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

- 奈米碳管在大氣中的轉化可能會影響其毒性
- 電弧放電法生產之多壁奈米碳管於生產、純化與官能基化過程的暴露與逸散測量

### 3 奈米物質的應用

- 奈米科技應用在牙齒治療的危害與益處
- 美國國家標準技術研究院發表一種以高分子包覆銀的新參考物質
- 歐盟聯合研究中心發表世界第一種含奈米二氧化矽微粒的認證參考物質
- 奈米氧化鐵微粒吸附劑與電化學的整合技術-處理揮發性有機化合物之可再生整治系統的研發

### 4 活動訊息

- 2015 玉山永續環境論壇暨環境奈米科技學術研討會(2015/04/27~2015/04/28)
- 第 29 屆環境分析化學研討會(2015/05/01~2015/05/02)
- Aerosol Technology 2015 (2015/06/15~2015/06/17)
- The 6th Asian Particle Technology Symposium (2015/09/15~2015/09/18)
- The 7th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health (2015/10/19~2015/10/22)

## 本期全文

### 1 奈米科技的法規與政策

#### ● 歐盟執委會提交奈米食品標示的修正案給歐洲議會

歐盟執委會於 2013 年 12 月透過授權法案針對法規(EU 1169/2011)提出了新的工程奈米物質(engineered nanomaterials, ENMs)的定義,但是這項提案被歐洲議會的環境、公共衛生與食物安全委員會駁回,理由是此新定義會造成現有的 ENMs 不必被標示。在 2014 年 11 月,歐盟執委會告知世界貿易組織,他們將提交一份法規(EU 1169/2011)的修正案給歐洲議會和部長理事會,其內容為提供存在於食品中的 ENMs 定義的資訊給消費者,這項工作已在 2015 年 2 月份的上旬完成。歐盟執委會表示修正案回應了歐洲議會的要求,特別是某些屬於 ENMs 類別的食品添加物的豁免權已被刪除。歐洲議會和部長理事會目前仍在審查這份修正案。

資料來源：奈米產業協會網站

<http://www.nanotechia.org/news/news-articles/e-c-present-revised-nano-food-proposal-european-parliament>

#### ● 歐盟執委會發表兩份工程奈米物質安全作業的指引

歐盟執委會於 2014 年 12 月發表了兩份 ENMs 安全作業的指引,第一份指引為「奈米物質工作人員的安全作業指引」,這份指引適用於 ENMs 的直接作業人員,並提出了許多有關危害、暴露和風險的常見問題,也提供控制工人暴露的風險管理措施。第二份指引為「保護工作人員的健康和安全免於來自於作業中奈米物質造成的潛在風險之指引-對雇主及安衛人員」,無論 ENMs 暴露或奈米技術使用的程度是否已知或即將發生,這份指引旨在協助雇主及專業的安衛人員遵守法規的要求(歐盟指令

89/391/EEC 及化學品指令 98/24/EEC),最終目的為確保工作人員的健康與安全。

資料來源：歐洲議會報告

[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/536293/IPOL\\_STU\(2014\)536293\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/536293/IPOL_STU(2014)536293_EN.pdf)

#### ● 歐洲議會發表一份分析歐盟和美國法規差異性(含奈米物質管理)的報告

歐洲議會的環境、公共衛生與食物安全委員會於 2014 年 11 月發表了一份分析歐盟和美國法規差異性的報告,這份報告涵蓋了包含奈米物質的 8 大主題。目前歐盟和美國分別利用化學品管理條例(REACH)和毒性物質管理法(TSCA)來管制奈米物質的使用,此兩種管理架構具有很大的差異性。REACH 的規定較 TSCA 嚴格,根據 REACH 的規定,所有在歐盟市場販售的化學品都必須向歐盟化學品管理局註冊,包括物質安全資料的繳交。然而根據 TSCA 的規定,只有在特定的條件下申請者才需繳交物質的安全資料,及在 1976 年前已獲准在市場上販售的化學品仍可以在市場上販售,卻無任何的測試或註冊要求。此外,美國對化學品的管制較少(使用或禁止的條件),化學品的許多資訊可能會被保密。雖然在歐盟和美國沒有任何法規特別規範奈米物質的註冊,但數個歐盟成員國已實行奈米物質的註冊制度,包括法國、比利時和丹麥。

除此之外,目前在美國並無強制標示奈米物質的政策,但是歐盟的數個法規要求含有奈米物質的特定產品需要額外的標示,特別是化妝品和食品。歐盟和美國仍在發展針對奈米物質的特定法規,進行中的包括奈米物質使用的監測計畫和風險評估,及持續增加數個研究計畫的預算。吾人仍需繼續探究暴露在奈米物質所造成的潛在健康和環境影響,及研究用於評估暴露和辨識風險的方法。除了明確的奈米物質法規外,國際間對奈米物質應要有一致性的定義,以協助來自

於不同國家或部門的利益相關者進行對話，進而促進奈米物質相關法規的調和。

資料來源：歐洲議會報告

[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/536293/IPOL\\_STU\(2014\)536293\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/536293/IPOL_STU(2014)536293_EN.pdf)

## 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

### ● 奈米碳管在大氣中的轉化可能會影響其毒性

奈米碳管(CNTs)因具低質量密度、高機械強度、電子/電洞移動性與熱傳導等特性，廣泛的使用在消費產品中，如紡織品、汽車、電子設備、X 光管與電池。在這些含 CNTs 產品的生命週期中，CNTs 被預期會進入環境(水、土壤與空氣)，最終進入人體。CNTs 的高比表面積與親油性所產生的生物活性可能會使大眾產生擔憂，CNTs 的毒性也受到大量的關注。雖然目前已有許多 CNTs 在水體與土壤生態系統中的研究，但 CNTs 暴露於大氣中的資訊仍嫌不足。

Liu et al. (2015)研究由臭氧與氫氧自由基化學改質的單壁奈米碳管(SWCNTs)，並透過模擬預期的對流層微粒(tropospheric particulate matter)的壽命，以了解其在大氣中的化學演化與毒性變化。研究結果顯示 SWCNTs 的氧化反應大多會傾向羧酸的官能基化，但明顯的低於其它非大氣條件下的結果。Liu et al. (2015)指出儘管有發現官能化的證據，但也無法證明是臭氧與氫氧自由基導致 SWCNTs 的氧化還原活性的變化與細胞毒性終點的變化。

相反的，當 SWCNTs 暴露於城市的大氣環境中，它可能會因為吸附了有機碳蒸氣，使其氧化還原活性以及細胞毒性明顯降低。Liu et al. (2015)提出 SWCNTs 在大氣中的轉化/官能基化可能會顯著的改變它的毒性，並建議未來應進一步研究大氣中的有機氣體與微粒對 SWCNTs 毒性的影響。

### 參考文獻：

Liu, Y., Liggio, J., Li, S. M., Breznan, D., Vincent, R., Thomson, E. M., Kumarathasan, P., Das, D., Abbatt, J., Antinolo, M., Russell, L. (2015). Chemical and Toxicological Evolution of Carbon Nanotubes During Atmospherically Relevant Aging Processes. *Environ. Sci. Technol.*, 49:2806–2814.

### ● 電弧放電法生產之多壁奈米碳管於生產、純化與官能基化過程的暴露與逸散測量

Hedemer et al. (2014)測量電弧放電法生產之多壁奈米碳管(MWCNTs)的製造、純化與官能基化三個程序的職業暴露與逸散情況。在處理過程的 CNTs 的平均長度均小於 5 微米。由於大多從空氣中採集到的 CNTs 皆不符合世界衛生組織對於纖維尺度的定義，且目前尚無用於奈米碳管的顯微鏡測量的標準方法，Hedemer et al. (2014)決定只測量含奈米碳管的微粒，並以皮爾森相關係數(Pearson correlation coefficient)探討不同測量尺度結果的相關性(例如探討排放區與呼吸區的數目濃度關係)。

測量地點為一座小規模多壁奈米碳管生產工廠，使用過濾方法測量工作人員工作時之呼吸區粉塵濃度的可呼吸性濃度(respirable fraction)、元素碳濃度與含奈米碳管之微粒的數目濃度。此外，也測量不同工作項目進行時排放源附近的逸散量。以秤重法測定可呼吸性粉塵的濃度，以熱光學分析法分析元素碳，並使用掃描式電子顯微鏡分析含奈米碳管微粒的數目。測量結果發現，奈米碳管的最大暴露濃度發生在奈米碳管的生產過程，而含奈米碳管微粒的最高逸散數目濃度發生在製造過程的奈米碳管粉末的篩分、機械製程、傾倒、秤重與包裝等。目前仍需找出具有選擇性且夠靈敏的方法來量化奈米碳管的暴露與逸散程度，當前測量元素碳與可呼吸性粉塵所使用的量測方法仍無法只量測奈米碳

管本身，只有以電子顯微鏡分析過濾法採集的樣本才具備足夠的選擇性且靈敏度。研究建議未來奈米碳管的暴露評估可採用計算含奈米碳管微粒數目之計數方法。

然而須要注意的是，奈米碳管的高毒性不僅僅與長度有關，也與成分有關。因為某些碳管可能含有過渡金屬與多環芳香烴碳氫化合物，或是表面缺陷等。此外，為了提升不同研究間暴露數據的可比較性，也需要有一個奈米碳管的電子顯微標準計數分析方法，但該標準方法仍待發展及建立。

**參考文獻：**

Hedmer, M., Isaxon, C., Nilsson, P. T., Ludvigsson, L., Messing, M. E., Genberg, J., Skaug, V., Bohgard, M., Tinnerberg, H., Pagels, J. H. (2014). Exposure and Emission Measurements During Production, Purification, and Functionalization of Arc-Discharge-Produced Multi-walled Carbon Nanotubes, *Ann. Occup. Hyg.*, 58:355-379.

### 3 奈米物質的應用

#### ● 奈米科技應用在牙齒治療的危害與益處

奈米技術在牙齒醫學上的應用有很多的潛在益處，如具有抗菌能力的奈米物質，或對琺瑯質與象牙質有修復作用的預防保健性牙膏中的奈米物質。Besinis et al. (2015)詳述了與 ENMs 的超細結構、化學組成與牙組織(包含唾液、薄膜層及口腔生物膜等)的反應性，並描述 ENMs 在牙齒治療的應用所帶來的益處與潛在風險。

Besinis et al. (2015)提到含有 ENMs 的新型奈米填充物或複合物可用來提升牙齒的機械和生理功能，增強牙齒修復的能力。ENMs 使用在改善植牙體的骨整合(osseointegration)、感染控制以及生物相容性，可降低一些侵入性治療程序(invasive procedure)的排斥率。牙齒治療也有全新的前瞻應用，像是使用 ENMs 控制或引導牙髓幹

細胞(pulp stem cells)以再生牙齒。對於病患而言，牙齒治療將決定的 ENMs 暴露，因此牙齒材料的危害性為主要疑慮。目前的研究結果顯示，ENMs 的口服毒性雖然低，但是一些 ENMs 會被轉移至腸道導致全身性干擾，可能會造成器官的病變。但含有 ENMs 的基質非常重要，並且含 ENMs 的牙醫材料的口服毒性資訊目前尚未完善，仍需要進一步的研究。

整體而言，Besinis et al. (2015)認為 ENMs 的口服危害性低，並不會對奈米技術在牙醫學的新發展造成阻礙。整體的藥品與醫療設備的安全評估程序及策略相當健全且適當，不過含有 ENMs 的牙醫產品的個別毒性測試方法仍待修正。在健康與安全的部份，仍需提供醫療人員更好的奈米產品的患者安全健康指引。同時，業者也應該要標示產品中含有的 ENMs、可能益處、使用需知及注意事項，使消費者與病患清楚的認知。

**參考文獻：**

Besinis, A., Peralta, T. D., Tredwin, C. J., Handy, R. D. (2015). Review of Nanomaterials in Dentistry: Interactions with the Oral Microenvironment, Clinical Applications, Hazards, and Benefits. *ACS Nano*, 9 :2255-2289.

#### ● 美國國家標準技術研究院發表一種以高分子包覆銀的新參考物質

美國國家標準技術研究院(NIST)發布一種以高分子包覆銀的新參考物質，以供學者研奈米銀微粒對環境、健康和安全的潛在風險。這種新的 NIST 測試物質是第一種以冷凍乾燥、高分子披覆方式，將高反應性的銀微粒穩定化、且可長期保存的參考物質。奈米銀微粒是一種有效的殺菌劑，廣泛的使用在消費產品中，如襪子、鞋墊(抗腳臭)、抗污紡織品、扶手及鍵盤塗層等。

NIST 化學家表示，目前對於奈米銀微粒轉



化、溶解和再沉澱、與其他材料結合或反應的了解相當有限。不過，為了研究它的生物與環境行為與宿命，必須以相同的材料作研究，而非經修飾的或氧化的物種。

奈米銀微粒因有高反應性，所以在有氧氣或濕氣存在的情況，它會快速氧化並釋出銀離子，這就是其抗菌的原理。但這也使得學者難以製備出用於環境研究、可以長期保存的標準奈米銀懸浮液。高分子批覆與冷凍-乾燥技術通常用於醫藥界，以保存血液製品及蛋白質藥物。NIST使用聚乙烯吡咯酮(Polyvinylpyrrolidone, PVP)批覆奈米銀，製成冷凍-乾燥的PVP奈米銀餅，再將冷凍-乾燥的PVP奈米銀餅沖滿惰性氣體，並以真空密封包裝，使用時將PVP奈米銀餅與水混合再組成初始的懸浮液即可。PVP是一種美國食品及藥物管理局允許使用之聚合物，因可溶於水且毒性低，所以常添加於食品作為分散劑或穩定劑。

此參考物質具有均質與穩定的特性，在正確的保存與處理下，可以永久的穩定。NIST提供了該產品主要特性，包含銀微粒平均粒徑、每瓶銀的總質量及奈米微粒粒徑的百分比分布。

資料來源：Nanowerk 網站

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=39273.php>

### ● 歐盟聯合研究中心發表世界第一種含奈米二氧化矽微粒的認證參考物質

歐盟聯合研究中心已於2014年11月發表一種含有兩種粒徑、近似圓球的奈米二氧化矽微粒之液態混合物的認證參考物質，微粒的兩種粒徑分別為20 nm及80 nm。因應奈米微粒物理化學性質的正確特性分析的需求，由該研究中心下的參考物質與量測研究所(Institute for Reference Materials and Measurements, IRMM)所研發的參考物質將可協助毒理學家研究及探討奈米微粒的行為和宿命。動態光散射法、原子力學顯微鏡

及電子顯微鏡已用於分析該參考物質的特性。此參考物質特別適用來支持相關歐盟法規實施的發展，如歐盟執委會對奈米物質的定義。

資料來源：奈米產業協會網站

<http://www.nanotechia.org/news/news-articles/jrc-releases-world%E2%80%99s-first-certified-reference-material-consisting-silica>

### ● 奈米氧化鐵微粒吸附劑與電化學的整合技術-處理揮發性有機化合物之可再生整治系統的研發

空氣中粉塵微粒常可見到自然存在的奈米微粒，例如磁鐵礦與赤鐵礦微粒，這些奈米微粒通常具有低毒性、含量豐富且具有生物活性，在環境中扮演限制或控制某些微量污染物的角色。磁鐵礦奈米微粒目前已被廣泛應用於吸附地下水或受污土地的污染物，卻很少有研究使用磁鐵礦( $Fe_3O_4$ )整治氣狀污染物。磁鐵礦的合成簡單且對環境較友善，合成時可避免污染物的產生。因此可再生奈米磁鐵礦很適合用於開發為環境永續的氣體污染物整治方法。

BTEX (Benzene 苯, Toluene 甲苯, Ethylbenzene 乙苯, and Xylenes 二甲苯)常用於代表揮發性有機化合物 (volatile organic compounds, VOCs)，這些單環芳香族碳氫化合物 (monoaromatic hydrocarbons) 對環境有重大疑慮，暴露於VOCs會對人體呼吸器官與神經系統造成嚴重的傷害。大多數的VOCs皆以直接排放的形式進入大氣環境，對大氣化學有重要的影響。此外，VOCs與生物性氣膠及臭氧的形成機制有關，VOCs與地球輻射的交互作用也會對氣候造成影響。常見的VOCs多來自汽油、柴油與菸煙，許多工業設備與製程也會排放大量的BTEX。儘管BTEX已被證實具有許多毒性，然而未來工業界仍會持續大量使用，所以積極發展有效減少排放與加強BTEX回收的方法是必要的。

目前常用於吸附處理BTEX化合物的材料

有活性碳、奈米碳管、沸石與中孔洞二氧化矽，然而這些吸附材在應用於大規模BTEX的吸附處理時，會面臨低選擇性、高複雜度、高合成成本等問題。Hu et al. (2014)研究使用磁鐵礦、赤鐵礦與其複合物等材料作為BTEX吸附材的可能性。作者發展出一套去除氣狀BTEX的兩階段污染物整治系統，先以一系列的奈米鐵微粒去除氣狀BTEX，再以電化學技術再生吸飽BTEX的奈米微粒。此技術為第一個針對鐵氧化物奈米微粒開發出的高效、穩定且符合成本效益的電化學的再生系統。Hu et al. (2014)評估了不同種類的吸附材(磁鐵礦、赤鐵礦與其混合物)、電解液、電解電流強度與再生時間，也對整個系統進行最佳化。經過最佳化後，再生系統對於所有BTEX化合物的氣提效率皆可達90%以上，而磁鐵礦奈米微粒經過數次吸附與電化學脫附循環後，仍可維持穩定的吸附能力，研究結果證實高效率的奈米微粒電化學再生技術是可行的。磁鐵礦的電化學再生效率與電解液的種類、電極極性、電解電流與電解時間有關，但關係複雜。鹼性電解液可提供最高效的再生效果，研究也發現磁鐵礦奈米微粒放在陰極上的再生效率較佳，而在陽極上的再生效率則較低，氣提效率差異約8~15%左右。

此外，氣提效率一開始會隨著電流強度的增加及再生時間的拉長而提升，但最後都會達到一個穩定的效率值，不會繼續再提高。Hu et al. (2014)也發現，以羧甲基纖維素(carboxymethylcellulose)改質的磁鐵礦奈米微粒及磁鐵礦奈米微粒皆可高效地去除污染物，與其他研究結果吻合。此方法的微粒界面固定，可避免微粒分散至氣流中，且避免不良的副產物或氣膠微粒的逸散。作者建議未來可擴大研究的規模，以評估此方法的潛力。

#### 參考文獻：

Hu, Z., Beuret, M., Khan, H., Ariya P. A. (2014). Development of a Recyclable Remediation System for Gaseous BTEX: Combination of Iron Oxides Nanoparticles Adsorbents and

Electrochemistry. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2 : 2739–2747.

## 4 活動訊息

### ● 2015 玉山永續環境論壇暨環境奈米科技學術研討會

活動時間：2015/4/27~2015/4/28

會議地點：成功大學光復校區國際會議廳

主辦單位：行政院科技部/行政院環保署/國立成功大學永續環境實驗所/國立成功大學環境工程學系/財團法人成大研究發展基金會

E-mail：p56024102@gmail.com

網址：

<http://jade.web2.ncku.edu.tw/files/14-1047-1980.r12-1.php?Lang=zh-tw>

### ● 第 29 屆環境分析化學研討會

活動時間：2015/05/01~2015/05/02

會議地點：行政院環境保護署環境檢驗所

主辦單位：社團法人中華民國環境分析學會/行政院環境保護署環境檢驗所

聯絡電話：(02) 2364-3179

E-mail：ceas@ms22.hinet.net

網址

[http://www.ceas.org.tw/index.php?option=com\\_content&view=article&id=209:201529&catid=35:2008-09-03-04-25-29&Itemid=28](http://www.ceas.org.tw/index.php?option=com_content&view=article&id=209:201529&catid=35:2008-09-03-04-25-29&Itemid=28)

### ● Aerosol Technology 2015

活動時間：2015/06/15~2015/10/4

會議地點：Tampere, Finland

主辦單位：European Aerosol Assembly (EAA)

E-mail：at2015@tavicon.fi

網址：<http://www.tut.fi/at2015/>

### ● The 6th Asian Particle Technology Symposium

活動時間：2015/09/15~2015/09/18

會議地點：Seoul, Korea

主辦單位：Division of Fine Particles  
Technology, Korean Institute of Chemical  
Engineers

E-mail：[info@apt2015.org](mailto:info@apt2015.org)

網址：<http://apt2015.org/>

- **The 7th International Symposium  
on Nanotechnology, Occupational  
and Environmental Health**

活動時間：2015/10/19~2015/10/22

會議地點：Limpopo Province, South Africa

E-mail：[leigh@londocor.co.za](mailto:leigh@londocor.co.za)

網址：

<http://www.nanosafetycluster.eu/calendar/318/35-7th-International-Symposium-on-Nanotechnology-Occupational-and-Environmental-Health.html>

更多活動訊息請參閱環境奈米科技知識平台：

[http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F\\_Events\\_Index.html](http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F_Events_Index.html)

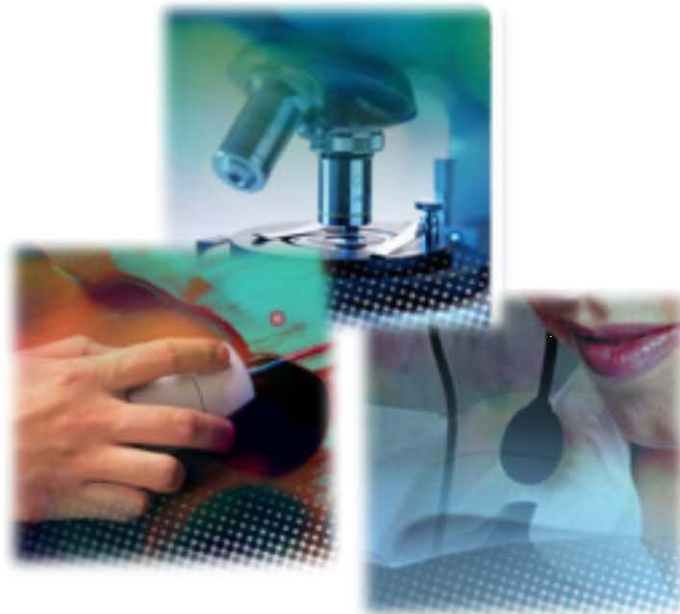


行政院環境保護署

Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

## 環境奈米科技知識平台電子報

第 18 期



(訂閱電子報)

發行日期: 2015/6/25

平台網址: <http://ehs.epa.gov.tw/>

發行單位: 行政院環境保護署

執行單位: 國立交通大學環境工程研究所

## 前言

近年來先進國家與國際組織在奈米技術環境、健康與安全(EHS) 的議題上已有顯著的進展，出現了許多奈米技術相關的法規及標準，奈米物質的量測、控制及安全防護技術也已漸趨完備。為因應國際發展趨勢，我國環保署、衛福部與勞動部長期合作，持續關注奈米 EHS 的議題，發展相關的技術及制訂管理法規，以確保負責任的奈米技術之永續發展。環保署、衛福部與勞動部三個政府部門共同建置了環境奈米科技知識平台(ehs.epa.gov.tw)，並自 2011 年開始定期發行電子報，以提供產官學研各界奈米 EHS 議題的即時資訊及研究進展，並與國內外不同利益相關者進行溝通及交流。

本期為第 18 期電子報，內容包括奈米科技的法規與政策、奈米物質對環境、健康與安全的影響議題、奈米物質在環境的應用之最新進展。首先在奈米科技的法規與政策方面，本期介紹了歐盟執委會徵求化粧品中的奈米銀膠的安全性數據、美國環保署有條件同意塗敷奈米銀抗菌殺蟲劑產品的登記、法國食品環境及職業健康安全局發表對含奈米銀產品的意見、國際癌症研究署發表一份奈米碳管、氟淺閃石、矽化碳的致癌性評估報告、歐洲 NanosafePack 發表包裝工業的奈米微粒安全處理及使用的最佳實務指引、美國環保署提議對市售奈米化學物質提出一次完整的報告與紀錄保存的要求、與國內勞動部勞動與職業安全衛生所發表「奈米物質安全衛生管理技術手冊」以及「奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引」。在奈米物質對環境、健康與安全的影響方面，本期報導了防曬油和船底塗料內的奈米物質會對海洋生物造成傷害。最後在奈米物質的應用的部分，本期介紹了奈米碳管與血腦屏障的交互作用、以工程水奈米結構之技術取代化學消毒劑、及可用於高溫環境(>200°C)的奈米結晶碳化矽感測器。

本期專訪清華大學化學工程系馬振基特聘講座教授，馬教授過去專注於奈米材料及高性能高分子複合材料之基礎研究，並深入探討奈米複合材料之改質、製備與特性等主題。近年來致力於燃料電池用複合材料雙極板、染料敏化太陽能電池之工作電極及風力發電機複合材料葉片製備，促進了國內高分子與複合材料及奈米材料之學術研究與產業發展。更多 EHS 精彩報導都在「環境奈米科技知識平台電子報」。

## 本期內容

### 1 奈米科技的法規與政策

- 歐盟執委會徵求化粧品中的奈米銀膠的安全性數據
- 美國環保署有條件同意塗敷奈米銀抗菌殺蟲劑產品的登記
- 法國食品環境及職業健康安全局發表對含奈米銀產品的意見
- 歐洲議會議員投票否決鎘系量子點應用於照明和顯示器燈源的豁免案
- 國際癌症研究署發表一份奈米碳管、氬淺閃石、矽化碳的致癌性評估報告
- 歐洲 NanosafePack 發表包裝工業的奈米物質安全處理及使用的最佳實務指引
- 美國環保署提議對市售奈米化學物質提出一次完整的報告與紀錄保存的要求
- 國內勞動部勞動與職業安全衛生所發表「奈米物質安全衛生管理技術手冊」以及「奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引」

### 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

- 防曬油和船底塗料內的奈米物質會對海洋生物造成傷害

### 3 奈米物質的應用

- 奈米碳管與血腦屏障的交互作用
- 以工程水奈米結構之技術取代化學消毒劑
- 可用於高溫環境(> 200°C)的奈米結晶碳化矽感測器

### 4 奈米 EHS 議題的學者專家專訪

- 清華大學化學工程系-馬振基講座教授訪問稿

### 5 活動訊息

- 2015 玉山永續環境論壇暨環境奈米科技學術研討會(2015/04/27~2015/04/28)
- 第 29 屆環境分析化學研討會(2015/05/01~2015/05/02)
- Aerosol Technology 2015 (2015/06/15~2015/06/17)
- The 6th Asian Particle Technology Symposium (2015/09/15~2015/09/18)

## 本期全文

### 1 奈米科技的法規與政策

#### ● 歐盟執委會徵求化粧品中的奈米銀膠的安全性數據

2015 年 5 月 24 日，歐盟執委會(European Commission, EC)徵求化粧品中的奈米銀膠的安全性數據。歐盟執委會表示他們已收到數種含奈米銀膠(CAS No. 7440-22-4)化粧品的申報書，雖然上述成份不受化粧品法規的管制，但在 CosIng (Cosmetic Ingredients and Substances, 化粧品成份和物質)資料庫中顯示這些物質具有抗菌效果。根據廠商申報的資料，奈米銀膠被作為奈米抗菌劑使用，並在化粧品中具有低於 1 nm 的截取直徑及可高達 1% 的最大濃度。因為奈米微粒進入細胞後可能產生的潛在毒性，及廠商提送的數據似乎不足以完成一份完整的風險評估報告，所以歐盟執委會持續關切奈米銀膠的使用。在諮詢消費者安全科學委員會(Scientific Committee on Consumer Safety, SCCS)的科學意見前，歐盟執委會先邀請有興趣的團體提出與添加奈米銀膠於化粧品中的安全性有關的任何科學資訊，特別是與所有毒性終點相關的數據，以及安全濃度限值的資訊。這些團體包括了歐盟成員國、化粧品製造商、相關物質的生產者、相關產業和消費者協會。提交安全性數據的截止日期為 2015 年 6 月 30 日。

資料來源：歐盟執委會企業成長署網站

[http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item\\_id=8171&lang=en&title=Call-for-data-on-ingredients%3A-Colloidal-Silver-%28nano%29---in-the-framework-of-Regulation-%28EC%29-1223%2F2009-on-Cosmetic-products](http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=8171&lang=en&title=Call-for-data-on-ingredients%3A-Colloidal-Silver-%28nano%29---in-the-framework-of-Regulation-%28EC%29-1223%2F2009-on-Cosmetic-products)

#### ● 美國環保署有條件同意塗敷奈米銀抗菌殺蟲劑產品的登記

在 2015 年 5 月 19 日，美國環保署(US EPA)有條件同意 Nanosilva (NSPW-L30SS)登記為塗敷奈米銀抗菌殺蟲劑產品。此為第二種 US EPA 核准登記的含奈米銀產品，這項同意案並反映 US EPA 在處理、審查及核可奈米殺蟲劑登記申請時的專業技術。US EPA 指出，Nanosilva 將用在非食物接觸的保存劑以防止塑膠及紡織品(例如：居家用品、電子產品、運動裝備、醫療設備、衛浴燈具及飾品)產生異味或產生細菌、真菌和黴菌等。US EPA 審查申請者提供的 Nanosilva 奈米銀暴露數據和其他資訊，以及科學文獻數據以評估奈米銀的危害，結果指出塗敷過 Nanosilva 的塑膠及紡織品產品只會釋放極少量的銀。根據此結果，US EPA 認為 Nanosilva 並不會對人(包含孩童)或環境造成不良危害。若與其它產品相比，Nanosilva 釋出較少量的銀至環境中，因此 US EPA 認為 Nanosilva 對環境較為友善。最後 US EPA 要求申請的公司產生更多的額外數據，以使暴露評估結果更為完整。

資料來源：美國環保署網站

[http://www.epa.gov/oppfeed1/cb/csb\\_page/updates/2015/nanosilver.html](http://www.epa.gov/oppfeed1/cb/csb_page/updates/2015/nanosilver.html)

#### ● 法國食品環境及職業健康安全局發表對含奈米銀產品的意見

法國食品環境及職業健康安全局(French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety, ANSES)於 2015 年 3 月 10 日發表其對暴露於奈米銀微粒的意見，除說明已完成的奈米銀微粒的潛在健康與環境危害的研究成果外，也表示人體的健康風險評估仍不足。ANSES 於 2014 年 4 月發表的工程奈米物質相關風險的意見，結論建議含奈米銀產品的銷售，應限制在已清楚顯現出益處的應用範圍。ANSES 鼓勵進行物化特性分析、暴露評估、毒性和生態毒性、抗菌效果評估和抑菌效果等相關的研究，同時也要強化含奈米銀產品的數據可溯性和消費者資訊。ANSES 最後建議應將奈米銀微粒的

使用(製造、處理及應用),限制在已清楚顯現出益處及對人體健康的益處超過環境風險的應用範圍之內。

資料來源:法國食品環境及職業健康安全局網站  
<https://www.anses.fr/en/content/exposure-silver-nanoparticles-update-knowledge>

### ● 歐洲議會議員投票否決鎘系量子點應用於照明和顯示器燈源的豁免案

歐洲議會議員在 2015 年 5 月 20 日投票否決了歐盟執委會提出的鎘系量子點應用於照明和顯示器燈源的豁免案。歐洲議會議員認為市面上已有無鎘量子點的替代品,這項在危害性物質限制指令(The Restriction of Hazardous Substances Directive 2002/95/EC, RoHS)中禁用的鎘物質豁免至 2017 年 7 月的提案不合理。歐洲議會議員以 618 票對 33 票(另外 28 票缺席)否決此提案,重申 RoHS 指令的豁免必須滿足某些條件,且危害物質沒有可靠的技術替代方案時才可考慮。議會雖拒絕此提案,但並不會禁止鎘系量子點的生產,而是會發起新的評估工作。現有的豁免決議將會維持有效,直至該決議撤銷為止。

資料來源:歐洲議會網站

<http://www.europarl.europa.eu/news/en/news-rom/content/20150520IPR57419/html/MEPs-veto-cadmium-exemption-plans-for-displays-lights-and-TVs>

### ● 國際癌症研究署發表一份奈米碳管、氟淺閃石、矽化碳的致癌性評估報告

國際癌症研究署(International Agency for Research on Cancer, IARC)在 2014 年 10 月召開了一場致癌性評估會議,來自不同國家的 21 位專家依據 IARC 的致癌性分類標準,評估單壁奈米碳管(single-walled carbon nanotubes, SWCNTs)與多壁奈米碳管(multi-walled carbon nanotubes, MWCNTs)、氟淺閃石(fluoro-edenite)、矽化碳

(silicon carbide, SiC)纖維與晶鬚的致癌性,並發表了一份致癌性評估報告。

CNTs 可以由外徑為 1-3 nm 的單石墨烯圓柱體組成(即 SWCNTs),或是在相同軸心內由多個直徑為 10-200 nm 在的石墨烯圓柱體組成(即 MWCNTs)。奈米碳管的長度通常介於幾百奈米到數十微米之間,其物化特性會因生產技術而有所變化。CNTs 的應用包含改進紡織品、塑膠、橡膠、電子以及其他複合材料的結構。報告指出 CNTs 在生產、處理以及反應器的清潔保養過程會有最高的逸散情況,而逸散出的通常可能為可呼吸範圍的團聚體。由於職業暴露的測量資料有限,消費者的暴露數據也尚未量化,且沒有人體致癌的資料可提供給 IARC 工作小組,因此現階段 CNTs 對人體致癌性的證據仍然不足。

目前有些 CNTs 的嚙齒動物試驗數據。IARC 的報告指出 MWCNT-7 (lot #05072001K28, Mitsui & Company, Japan)在大鼠(rats)的腹腔注射(intraperitoneal injection)與陰囊注射(intrascrotal injection)試驗,以及小鼠(mice)的腹腔內注射試驗中,會引起腹膜間皮瘤(peritoneal mesotheliomas)。也有研究顯示 MWCNT-7 的吸入會誘發雄性小鼠的細支氣管肺泡腺瘤(bronchioloalveolar adenoma)與上皮癌(carcinoma)。在一個腹腔注射研究中發現,兩種與 MWCNT-7 的尺寸相似的 MWCNTs(長度為 1-19  $\mu\text{m}$ ;直徑為 40-170 nm)也會引起雄性與雌性大鼠的間皮瘤;然而在另兩項 SWCNTs 的老鼠試驗研究的結果尚無法對 SWCNTs 的致癌性下定論。除此之外,CNTs 的吸入除了會引起嚙齒動物的急性或持續性肺部發炎、肉芽腫、纖維化、以及細支氣管或細支氣管肺泡增生,也會誘導遺傳病變,如 DNA 鏈斷裂、氧化的 DNA 鹼基、突變、微核形成與染色體的畸變。

總結來講,IARC 工作小組認為大多數的研究並沒有考量致癌機轉的證據,特別是與慢性終點(chronic endpoints)有關者。此外,由於缺乏多



種不同的 CNTs 的一致性的致癌證據，所以無法針對其他種類的 CNTs 作成概括性的結論。

根據既有的動物致癌性試驗結果，IARC 工作小組認為 MWCNT-7 有充分的致癌證據，其他兩種與 MWCNT-7 尺寸相似的 MWCNTs 則證據有限，而 SWCNTs 的致癌性證據不足。因此 IARC 工作小組將 MWCNT-7 歸類為可能致癌物 (Possibly carcinogenic to humans, Group 2B)，其他的 SWCNTs 與 MWCNTs (除 MWCNT -7 外) 因無足夠的動物或人體的致癌資料，所以所以無法歸類為人體的致癌物 (Not classifiable as to its carcinogenicity to humans, Group 3)。

#### 參考文獻：

Grosse, Y., Loomis, D., Guyton, K. Z., Lauby-Secretan, B., Ghissassi, F. El, Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Scoccianti, C., Mattock, H., Straif, K. (2014). Carcinogenicity of fluoro-edenite, silicon carbide fibres and whiskers, and carbon nanotubes. *The Lancet Oncology*, 15: 1427-1428.

### ● 歐洲 NanosafePack 發表包裝工業的奈米微粒安全處理及使用的最佳實務指引

在 2015 年 5 月 19 日，美 NanoSafePack 於 2015 年 1 月 30 日發表了最新的包裝工業的奈米微粒安全處理及使用的最佳實務指引，此指引可用於協助在包裝產品研發的各個階段中有使用奈米物質的業者。NanoSafePack 是歐盟科學研究與技術發展第七期計畫 (European Union's Seventh Framework Programme, FP7/2007-2013) 所贊助的計畫之一。這個指引的完成源自於計畫的一部分最新研究成果，以及應用到目前的奈米安全領域內的最新知識。

這篇最佳實務指引適用於使用高分子奈米複合材料於包裝應用的中小型企業以及較大的製造公司。該指引提出了易於了解、使用與應用於工業場合 (industrial setting) 的實務意見及建

議，內容包括奈米填充物 (包含奈米黏土、奈米銀、奈米二氧化矽、奈米氧化鋅、奈米碳酸鈣、奈米碳管與金屬氧化物等)，與高分子基材 (包含熱固性聚合物如聚酯 PET、聚酰胺 PA 和聚氨酯 PU；熱塑性聚合物如聚乙烯 PE、聚丙烯 PP 和聚苯乙烯 PS) 合成的高分子奈米複合材料的特殊應用與特性資訊，以及在環境健康與安全議題方面的新科學知識與指引。

除了完整的最佳實務指引外，NanoSafePark 也編印了一份免費且具有五種語言 (英語，法語，西班牙語，葡萄牙語和意大利語) 的迷你指引 (Mini-Guide)，迷你指引提供了奈米技術於包裝工業的主要益處、完整版的最佳實務指引的架構及內容、以及使用一些個案研究說明奈米填充及高分子奈米複合材料的安全處理及使用的建議。

以一個進行品質分析、機能化或混合物的製備，且每個月使用粉末奈米物質小於 1 公斤的實驗室級個案研究為例，該指引提供了以下風險管理相關的建議：

- 一般建議：實驗室人員應使用個人防護具 (Personal Protective Equipment, PPE) 作為預防性的措施，如實驗衣、安全護目鏡、橡膠或乳膠手套以及實驗鞋，以避免工程控制失控或意外洩漏導致奈米物質與皮膚的接觸。手套應經常作更換。
- 奈米物質的儲存：奈米物質應儲存於氣密的容器內，最好又放入二次密封裝置 (secondary containment) 內。包裝的奈米物質應在未開封的情況下搬運至儲藏室。
- 採樣—奈米物質的容器應在工作平台 (抽風櫃或手套箱等) 內打開與密封。如果奈米物質必須在工作平台外處理，操作人員則需使用適當的 PPE。
- 分析/機能化/混合/配製：測試/加工程序應有適當的工程控制，如抽風櫃、手套箱或排風系統。不要使用水平層流式氣罩 (clean

- benches)，因為這種設備會將氣流直接吹向操作人員。
- 清潔與維護：工作表面應使用高效微粒空氣過濾器(High Efficiency Particulate Air filter, HEPA)過濾的真空吸塵器或濕式擦拭清潔，不要使用乾擦或是壓縮氣體作表面的清潔方法。
  - 廢棄物管理：所有的廢棄容器或其他與奈米物質接觸過的物品(如手套)，應保存在工作區內的塑膠袋中，直到它們移交給授權的廢棄物管理公司。可重複使用的實驗衣物也應由內部經受訓過的作業人員，或是專門的洗衣公司進行清洗。

此外該指引也以一個專門進行合成與薄膜加工，且擁有兩種不同的擠出機，每個月使用奈米物質粉末大於 25,000 公斤的工業級個案研究為例，該指引提供風險管理的建議：

- 一般建議：只允許受過技術和安全方面訓練的操作員在此區域內作業，且操作員應全程使用 PPE(如實驗衣、安全護目鏡、半罩呼吸防護具、橡膠或乳膠手套以及實驗鞋)，作為避免暴露與工程控制失控或意外洩漏的預防性的措施。手套應經常更換。原物料與廢棄物儲存房需要與主要工作區域連接，倉庫可以設置於工廠外圍以儲存最終奈米複合材料及薄膜。
- 加工廠區控制：儲槽應設置在管制區域(限制進入)的防水地板上方；在擠出機周圍應設置多個局部排氣(Local Exhaust Ventilation, LEV)點，包含奈米物質的進料器、雙螺桿、噴嘴以及母料切割機；一般通風；HEPA 過濾器；控制的環境參數：溫度約 20°C、乾燥區域；限制進入。
- 倉儲房控制：廢棄物房間最好在廠區內；一般通風系統；控制的環境參數：溫度約在 20°C，隱密且乾燥的區域；限制進入，僅允許受權人員進入廠區及倉庫。

- 奈米物質的儲存：奈米物質應由槽車運輸，儲槽的填充區(filling zone)應在防水地板上方，並設有排水收集系統。奈米物質應保存在受控制且密閉良好的儲槽內，奈米物質一旦離開儲槽應被保存在受控制的儲藏房內且與最終奈米複合材料分開。
- 奈米物質於擠出機的進料：操作員應穿戴連身防護衣，應在密封包裝下運送奈米物質。擠出機進料的過程應在密閉環境及 LEV 條件下進行。
- 清潔與維護：工作表面應使用經 HEPA 過濾的真空吸塵器或濕式擦拭清潔，不要使用乾掃或是壓縮氣體作為表面的清潔方法。為了更好的防護，操作員應穿著連身防護衣，而不是一般的實驗衣。清潔與維護用水應進行回收，並經由授權的廢水管理員正確的管理，而不是排放到環境中。
- 廢棄物管理：殘留物主要為包裝與加工的副產物、拋棄式的 PPE、受污染的採樣物質、空氣過濾器與奈米物質。它們應保存在密閉的容器與一個設計過的空間，直到授權的廢棄物管理員來收集。

資料來源：NanoSafePack 網頁

<http://www.nanosafepack.eu/news/best-practices-guide-published>

## ● 美國環保署提議對市售的奈米化學物質提出一次完整的報告與紀錄保存的要求

美國環保署針對製造或加工成奈米物質的新化學物質在其進入市場前，進行審查以確保安全。環保署首次提議以毒性物質管理法(Toxic Substances Control Act, TSCA)之授權，收集目前市面上的製造或加工成奈米物質的化學物質既有的暴露、健康與安全相關資訊。這項提案要求製造或加工成為奈米物質的化學物質的廠商，應提出一次完整的報告，其內容應包含：

- 具體的化學物質資訊

- 產量
- 製造方式、加工、使用、暴露與釋放資訊
- 現有的健康和安資料

美國環保署化學品安全與污染預防辦公室行政助理提到：「奈米科技對產品的改良具有很大的潛力，從電視和汽車到電池與太陽能板等都應用到奈米科技，我們將會持續推動這項重要技術的發展。此議案可確保美國環保署了解市面上既有的奈米尺寸的化學物質的資訊。」此提案並非用於論斷奈米物質是否會對人體健康或環境造成危害，而是利用收集到的資訊來決定是否需要依 TSCA 採取更進一步的行動，包含需收集更多的資訊。環保署在聯邦公報(Federal Register)公告此提案後的 90 天內，諮詢大眾對應提交的報告及紀錄保存的意見，並期望在諮詢意見的過程中舉辦一場公聽會。

資料來源：美國環保署網站

<http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/0/36465EC76A3B4EFD85257E13004E8C95>

## ● 國內勞動部勞動與職業安全衛生所發表「奈米物質安全衛生管理技術手冊」以及「奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引」

隨著奈米科技的蓬勃發展，奈米物質已大量用於日常生活用品，但這些奈米物質及含奈米技術產品對環境、健康與安全(Environment Health and Safety, EHS)可能具有潛在的風險。為了降低奈米科技產品的疑慮並保護消費者的健康安全，美國與歐盟的奈米物質的管理法規已有很大的進展並在推行中。我國勞動部在奈米物質安全衛生管理制度與相關規範也有些進展，在 2011 年勞動及職業安全衛生研究所(Institute of Labor, and Occupational Safety and Health, ILOSH) 配合政府推動奈米科技 EHS 的相關政策編印了「奈米技術實驗室奈米微粒暴露控制手冊」，協助事業落實勞工安全的目標。隨著職業安全衛生法(已下簡稱職安法)在 2013 年 7 月 3 日修正通

過，勞動部在 2014 年 12 月 31 日發布「新化學物質登記管理辦法」及「既有化學物質清單」，此辦法參考國際標準化組織(ISO)的兩份奈米科技-奈米物質風險管理的技術手冊(ISO/TS 12901-1:2012(E)與 ISO/TS 12901-2:2014(E))，以分級管理(control banding, CB)的方式將奈米物質納入管理規範。

為因應職安法的修訂以及國際奈米安全衛生管理技術的發展趨勢，ILOSH 於 2014 年 5 月 18 日另外公告了「奈米物質安全衛生管理技術手冊」，以及「奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引」。奈米物質安全衛生管理技術手冊適用於所有製造或使用奈米物質的相關事業單位，內容主要包含奈米物質作業管理、奈米物直暴露評估與奈米物質暴露控制等章節。同時，技術手冊也提供了安全衛生管理計畫、自動檢查計畫、危害通識計畫、奈米危害物質標示、奈米危害物質清單、安全衛生工作守則、分級控制管理運用指引及奈米物質作業環境監測紀錄表之範例。期望藉此技術手冊協助奈米相關事業擬訂奈米物質安全衛生管理，並將奈米物質的暴露風險降至最低。

奈米物質安全衛生管理技術手冊分級管理運用指引適用於製造、處理與經手奈米物質之事業單位或研發單位，內容以奈米物質安全衛生暴露評估與暴露控制之簡易的運用步驟為主。期望藉由指引中的簡易制式表格的填寫，協助事業單位完成初步的奈米物質安全衛生管理，使其符合職業安全衛生法之規定，進而降低奈米物質作業人員的暴露風險。

資料來源：勞動部勞安所網頁

<http://www.ilosh.gov.tw/wSite/lp?ctNode=683&mp=11&idPath>

## 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

- 防曬油和船底塗料內的奈米物質會對海洋生物造成傷害

奈米尺度的微粒可以通過皮膚接觸、食入或吸入進入人體。近年來，它們被迅速應用在材料、電子與醫藥等科技領域，以製造高能源電池、石油洩漏的清理技術、抗癌技術、以及許多其他用途。然而，奈米物質對於環境和健康的影響較鮮為人知。目前有些機構正進行這方面的研究，如加州大學戴維斯分校的研究指出，常用於防曬油和船底塗料的奈米物質，會造成海膽胚胎易受到毒素的侵害。研究人員指出這可能會對沿海，海洋和淡水環境造成危害。

這項研究結果發表於 Environmental Science and Technology，首次指出奈米物質可以用作化療增敏劑(chemosensitizers)。在癌症的治療中，化療增敏劑使腫瘤細胞對化療藥物的作用更加敏感。同樣的，奈米鋅和奈米銅會使海膽胚胎對其他化學物質更敏感，阻斷細胞中的運輸作用，而無法將毒素帶出細胞。奈米氧化鋅可用作化粧品的添加劑，如防曬油、牙膏和美容產品。奈米氧化銅通常用於電子工業和技術領域，也用作防污塗料(antifouling paints)，例如可以防止藤壺(barnacles)和貽貝(mussels)等附著到船體上。

加州大學戴維斯分校 Coastal Marine 實驗室的 Gary Cherr 教授指出，在低濃度下，這兩種奈米材料都是無毒的，但是對於處於敏感生命階段的海膽來說，奈米物質會破壞保護海膽免受環境毒素侵害的防禦機制。在奈米物質的安全設計方面，Gary Cherr 希望此研究與奈米物質的使用能保持同步，從而得到安全的奈米物質設計。

資料來源：Nanowerk網

頁 <http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40067.php>

參考文獻：

Wu, B., Torres-Duarte, C., Cole, B. J., Cherr G. N. (2015). Copper oxide and zinc oxide nanomaterials act as inhibitors of multidrug resistance transport in sea urchin embryos: their role as chemosensitizers. *Environ. Sci. Technol.*, 49: 5760–5770.

### 3 奈米物質的應用

#### ● 奈米碳管與血腦屏障的交互作用研究

2015 年的 Biomaterials 刊登了奈米碳管與血腦屏障(blood-brain barrier, BBB)的交互作用的一項研究成果。Kafa et al. (2015)利用兩種方法探討了銨基官能化的多壁奈米碳管(MWNTs-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>)穿過BBB的能力：(1) 使用一個含有初級豬腦血管內皮細胞(porcine brain endothelial cells, PBEC)和初級大鼠星形膠質細胞(astrocytes)的體外共培養血腦屏障模型；(2) 以及在體內進行全身放射性標記的f-多壁奈米碳管(f-MWNTs)的給藥(systemic administration, 此處指的是打針)。

此研究在西班牙的 ICN2 (The Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology)進行，並利用穿透式電子顯微鏡(TEM)和掃描穿透電子顯微鏡(STEM)的圖像顯示，細胞或緊密接合作用(tight junctions)沒有被破壞，MWNT-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>和內皮細胞的質膜(plasma membrane)在潛伏4小時後，發生交互作用。MWNT-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>以能量依存性胞轉(energy-dependent transcytosis)之方式穿越PBEC單層。此外，高解析TEM(HRTEM)和電子能量損失儀(EELS)的結果顯示，MWNT-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>的石墨結構在進入PBEC後仍保持完整。總結來說，研究人員利用低電壓STEM成像首次能展現MWNTs-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>能在體外穿過BBB之胞轉過程。此項研究的結果可引領奈米碳管的新應用，例如它們可以作為利用全身性給藥向大腦遞送藥物和生物製劑的奈米載體。

資料來源：Nanowerk 網頁

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=39882.php>

參考文獻：

Kafaa, H., Wang, T. W., Rubioa, N., Vennerb, K., Anderson, G., Pach, E., Ballesteros, B., Preston, J. E., Abbott, N. J., Al-Jamal, K. T. (2015). The interaction of carbon nanotubes

with an *in vitro* blood-brain barrier model and mouse brain *in vivo*. *Biomaterials*, 53: 437-452.

### ● 以工程水奈米結構之技術取代化學消毒劑

全球的食源性疾病(foodborne diseases)的問題嚴重，往往會造成嚴重的經濟與公共衛生後果。美國疾病控制與預防中心(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)估計，每年食用受病原微生物(pathogenic microorganisms)污染的食物導致約 4800 萬人生病、12.8 萬人住院與 3000 人死亡，因此食品工業正積極尋找可以確保食物鏈安全性，同時對消費者與環境友善的一個農場到餐桌(farm to fork)的有效防止方法。在食品工業中，化學物質常用於清潔和消毒產品的接觸面以及食物的外表面，以確保生產與消費的食物免於病原微生物的污染。

維護食安的團體擔心用於食品工業中的部分消毒用化學物質會造成消費者的健康疑慮，如歐洲最近討論的”美國氯雞(American chlorine chicken)”即是一個典型的案例。美國大部份的家禽肉會在抗菌槽中冰浴，在槽中可以加氯以抑制沙門氏菌與其他細菌的生長。然而在歐洲，因為有致癌的疑慮，加氯處理在 90 年代即被禁止。哈佛陳曾熙公共衛生學院(Harvard T. Chan School of Public Health)的奈米技術與奈米毒理學中心的研究人員，為了研發無化學物質的消毒技術，正積極探討一個奈米技術的有效方法，以使生鮮農產品(fresh produce)以及食物表面的食源與腐敗微生物失去活性(inactivation)之技術。

Pyrgiotakis et al. (2014)以電灑(electrospray)方式產生工程水奈米結構(engineered water nanostructures, EWNs)，以去除氣懸微生物的活性，如圖 1 所示。奈米技術與奈米毒理學中心的主任 Philip Pyrgiotakis 告訴 Nanowerk：「這項 EWNs 技術具有獨特性。EWNs 的粒徑為 25 nm，可在室內條件下維持氣懸狀態長達數小時，並含有活性氧化物(reactive oxygen species, ROS)及非

常強的表面電荷(每個結構平均含 10 個電子)，可藉由破壞病原體(pathogens)的細胞膜之方式去其活性」。

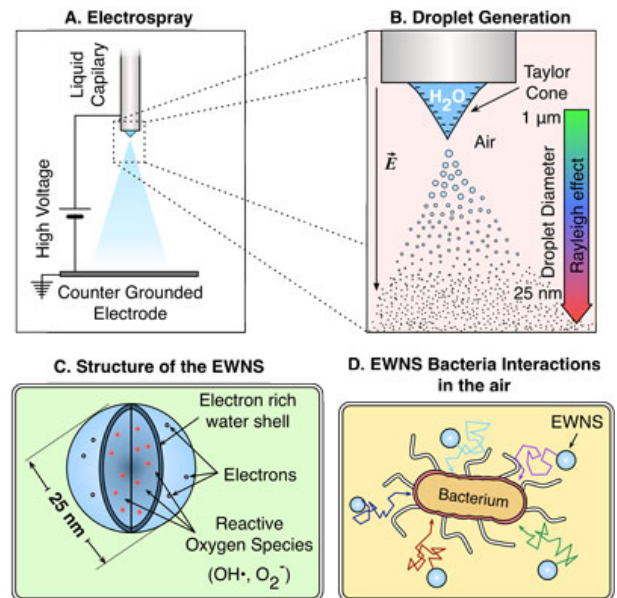


圖 1 (A)電灑(Electrospray)示意圖；(B) EWNS 產生示意圖；(C) EWNS 的結構；(D)空氣中 EWNS 與細菌的反應。(圖片來源：Center for Nanotechnology and Nanotoxicology)

近期 Pyrgiotakis et al. (2015)的研究結果顯示，奈米水珠(water nanodroplets)可以有效的去除在不銹鋼與番茄表面的代表性食源致病菌的活性，如大腸桿菌(*Escherichia coli*)、沙門氏菌(*Salmonella enterica*)及李斯特菌(*Listeria innocua*)，且細菌生長曲線皆呈現明顯的對數遞減的趨勢。研究團隊的主導者 Demokritou 表示，EWNs 應用在未來對抗食源性病原體的可能性的探討開啟了另一道門，更重要的是這項新穎、無化學物質、有成本效益且對環境友善的技術，對食品工業具有相當大的發展與應用潛力。此技術可用於農場的生鮮農產品的包裝與運送過程，以及超市或家裡冰箱內。該研究團隊正更進一步的探索此新穎奈米技術的前景，並致力於此技術的放大，使 EWNs 不僅可以提升殺菌效率與減少生鮮農產品的微生物負載外，還可延長

農產品保存期限，及減少消費者的食源性疾病的案例。

資料來源：Nanowerk 網頁

<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=39406.php>

參考文獻：

Pyrgiotakis, G., McDevitt, J., Bordini, A., Diaz, E., Molina, R., Watson, C., DeLoid, G., Lenard, S., Fix, N., Mizuyama, Y., Yamauchi, T., Braina J., Demokritou, P. 2014. A chemical free, nanotechnology-based method for airborne bacterial inactivation using engineered water nanostructures. *Environ. Sci.: Nano*, 1: 15–26.

Pyrgiotakis, G., Vasanthakumar, A., Gao, Y., Eleftheriadou, M., Toledo, E., DeAraujo, A., McDevitt, J., Han, T., Mainelis, G., Mitchell, R., Demokritou P. 2015. Inactivation of foodborne microorganisms using engineered water nanostructures (EWNS). *Environ. Sci. Technol.*, 49: 3737–3745.

#### ● 可用於高溫環境(> 200°C)的奈米結晶碳化矽感測器

此技術可應用於採礦業、航空業與汽車、電化學、生物醫療等工業。澳洲格里菲斯大學工程學教授Dzung Dao(主要研究學者之一)指出，在過去的50年中，矽已經成為感測儀器中半導體的主要材料，且現今的電腦、手機、汽車與更多產品仍然持續使用。

然而，由於熱載體製作與連接點洩漏等原因，矽在超過200°C的高溫下，不適合用於電子儀器。另一方面，由於具特殊的電子結構，碳化矽有極佳的機械強度、化學惰性、耐熱度與電穩定性，因此碳化矽是高效能感測器極具潛能的材料，應用層面有深層原油開採、碳開採、內燃機、節能儀器等。在溫度超過200°C的環境中，化學腐蝕與機械衝擊非常劇烈，這也是碳化矽有很大應用空間的原因。格里菲斯大學的昆士蘭微奈米

中心(Queensland Micro- and Nanotechnology Centre, QMNC)的研究(Phan et al. 2015)結果顯示，碳化矽可作為高效能感測器的良好半導體材料。碳化矽目前已經應用於驅動電子，在感測器技術方面成果也相當突出，特別是在高溫的工作環境的感測技術。

參考文獻：

Phan, H. P., Dao, D. V., Wang, L., Dinh, T., Nguyen, N. T., Qamar, A., Tanner, P., Dimitrijevic, S., Zhuab, Y. (2015). The effect of strain on the electrical conductance of p-type nanocrystalline silicon carbide thin films. *J. Mater. Chem. C*, 3: 1172–1176.

## 4 奈米 EHS 議題的學者專家專訪

### ● 清華大學化學工程系-馬振基特聘講座教授訪問稿

#### 一、訪問目的



馬振基教授於1978年獲美國北卡羅來納州立大學化工博士學位後，先後任職於Monsanto Co.(1977~1979)、

Lord Corp.(1979~1980)、及Phillips Petroleum Co.(1980~1984)。馬教授在1984年回國任教於清華大學化學工程系，並主持奈米複合材料實驗室，目前為清華特聘講座教授及國家講座主持人。馬教授過去專注於奈米材料及高性能高分子複合材料之基礎研究，並深入探討奈米複合材料之改質、製備與特性等主題。近年來致力於燃料電池用複合材料雙極板、染料敏化太陽能電池之工作電極及風力發電機複合材料葉片製備，並有多項技術移轉國內產業界。由於對高分子基礎科學研究與在航太、電子、半導體、光電、能源及

環境應用推廣有極大貢獻，因此馬教授獲獎無數，如行政院傑出科技獎、科技部傑出研究獎、第一屆國家發明獎、國防科技研究獎、教育部產學合作獎、經濟部產業經濟貢獻獎、東元科技獎及教育部工科學術獎、國際SPE學會終身成就獎、清華講座教授、清華特聘講座教授及教育部第十七屆國家講座主持人。已發表的國際期刊論文超過300餘篇，國際學術會議論文200餘篇，著作15本書，獲國內外專利130餘件及多項技術移轉案，促進了國內高分子與複合材料及奈米材料之學術研究與產業發展。馬教授畢生致力於高分子/奈米材料科技，在學術研究、人才培育、產業服務、政府諮議及國際合作各方面都有傑出的表現，因此本研究團隊希望藉由與馬振基教授訪談的機會，了解奈米技術在環境與能源應用相關議題的最新發展。

## 二、採訪方式

面訪

## 三、採訪時間

2015年5月29日

## 四、採訪問題

### 1. 是否可與讀者分享貴團隊近年來在**高分子/奈米複合材料於環境與能源應用的重要成果及其影響**？

我主持的「奈米複合材料實驗室(Nano Composite Laboratory)」長期致力於高分子奈米複合材料、能源科技與相關研究人才的培育，近年來以奈米碳管(Carbon Nanotube, CNT)與石墨烯(Graphene)高分子複合材料製程、燃料電池雙極板、薄膜、太陽能電池與風力發電複合材料葉片與零組件的研究為重點。主要的成果如：(1)以原位聚合法製備高機械性能及輕量化的氧化石墨烯(Graphene Oxide, GO)/聚亞醯胺(Polyimide, PI)薄膜複合材料，此GO/PI複合材料將可應用於航太、汽車與光電產業；(2)以奈米石墨烯片(Graphene Nanosheet, GNS)作為填充材料製備輕量、可繞曲且具電磁波干擾遮蔽之導電高分子複合材料；(3)以陽極沉積法製備錳氧化物/

石墨烯/奈米碳管(a-MnOx-GS-CNTs)超級電容器電極材料，此電極材料在循環伏安法的低掃速(5 mV/s)之下，可達到535 F/g的高電容值；在能量密度和功率密度的表現也相當優異，當功率密度為33.2 kW/kg時，能量密度可達到46.2 Wh/kg；(4)以CNT-Graphene (10 wt%: 90 wt%)複合奈米材於甲醇燃料電池催化觸媒之應用，此複合奈米材可有效提升觸媒分散性以及觸媒層之孔隙度，並可有效提升觸媒甲醇催化活性以及抗甲醇毒化能力；(5)石墨烯奈米複合材料應用於藥物/基因載體以及生物感測器之製備，已可以成功應用於一些生醫研究當中，相關內容已發表在Biomaterials與Advanced Materials期刊。本人認為奈米科技在材料及能源之研究具有很大的發展潛力，期望本實驗室的研發成果可以對國內新興奈米科技之應用有所助益。

### 2. 請問以馬教授過去在**奈米複合材料實驗室的豐富經驗**，對於國內促進奈米科技技術的產學互動以提高研發成果的價值，教授有何建議？

本人長期投入在塑膠、橡膠與複合材料的研發，至今已獲台灣及美、英、德、日等國共130餘件專利，並已成功將技術移轉給10餘家公司。近年來著重在研發奈米碳材之高分子複合材料、能源及環境材料的技術，以及燃料電池雙極板板材的製作技術，相關專利也已成功移轉給數家業者。我與業界往來相當頻繁，經常會透過研討會、參展及邀請演講的機會，與發表文章的方式，喚起更多業界對奈米技術於材料與能源應用的重視。

我至目前為止藉由執行科技部、經濟部技術處或工業局計畫所協助的業者已超過兩百家，至今仍持續協助塑膠、橡膠、奈米高分子複合材料、半導體與光電材料等相關業者。自民國七十五年開始，經濟部委託我本人的團隊協助執行人才培訓計畫，至今已培訓產業人才超過五千人次，對奈米技術與高分子材料之產學合作作出具體的貢獻。本人認為我們學界應秉持開放與樂觀的態度，協助台灣奈米相關產業在產品應用面的

發展，並期望可將這些獨特的技術留在台灣，以提升台灣在國際上的競爭優勢。

**3. 請問以教授在奈米材料科技領域多年研究之經驗，您對於國際間奈米技術的應用的發展趨勢有何看法？台灣應該如何因應？**

國際間的奈米技術應用已蓬勃發展，值得我們借鏡與學習。以2015年1月於日本東京舉辦的全球規模最大的奈米科技研討會與展示會(Nano Tech 2015)為例，該會議有超過400個來自全球30多國的學術單位、研究機構、政府部門及企業界參與，並在50餘場的研討會中發表各國最新的研發與應用成果，其中德國、日本、美國、法國、義大利、韓國及中國大陸等都設立了各國自己的展示館(Pavilion)，並進行技術說明會，內容均非常的精彩；我國由國家型奈米科技研發成果產學橋接計畫整合，設立台灣專館，展示國內最新的奈米技術發展、推廣政策與相關產品。

在本奈米科技展示會中，我發現世界主要國家在奈米技術投入十分積極，應用面很廣且十分先進，已擴及至材料、環境、能源、醫療、半導體、光電及民生等產業。如德國近年來在奈米複合薄膜研發、提升表面機能性的材料與製程、結合溶膠凝膠製程(sol-gel processing)與奈米技術的新世代材料的應用、以及用於能源儲存與轉移的電子材料與奈米材料等都有很好的研發成果。另外日本除了在奈米材料的分散技術、表面改質技術、奈米碳材(Nano Carbon, 如C60, CNTs, 與Graphene)應用技術、再生能源與能源儲存系統的開發、以及新世代的機能性Graphene塗敷技術有傑出的研究成果外，也特別在生命奈米技術(Life Nano Technology)投入了相當多的心血，其中包含奈米醫藥用品、醫療器材、生物感測器與病菌感測器等之研發。這些國際上最新穎的奈米技術及相關的研發成果及產品，都值得成為台灣產官學研各界努力學習的方向與目標。在Nano Tech 2015綜合展示會的部分，共有567個參展單位，在三天的展期內吸引了將近5萬人潮，其中最令人印象深刻的為日本的NEDO (New Energy

and Industrial Technology Development Origination, Japan)，該單位展出了相當多的奈米材料與奈米高分子複合材料的重要研發成果，如關鍵金屬(Critical Metals)、Nano Carbon、印刷電子材料(Printed Electronics)、CNT與Graphene製備之透明導電薄膜、CNT與碳纖維之高強度複合材料、電磁波吸收材料以及高電子移動度半導體材料等。我建議台灣產官學研各界應抱持著開放的國際觀，隨時藉由國際奈米技術研討會及展示會的參與，關注國際奈米技術應用的最新發展方向與趨勢，並在其中找出自己的競爭優勢，以勤奮努力的態度開創一片自己的藍天。

**4. 最後，請教授是否可以對於投入奈米技術相關的應用研究的學者們說幾句話？**

除個人的研究外，我建議年輕學者們應多注意整個國際間奈米技術的報導、相關產業的發展趨勢，以及關注各國研究單位的最新動向，如日本NEDO、AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) 與 MEMS (Micro Electronic Mechanical System)，德國 Fraunhofer，美國 NSF (National Science Foundation)等相關研究單位。對於一個工程師而言，不要只被基礎研究所局限，年輕學者們要對身邊事物所產生的問題保持興趣，且多思考解決的方法。除此之外，要清楚瞭解未來發展的動向，並朝著促進人類福祉為目標向前邁進。最後，我們應藉由奈米技術各層面的應用需求，及產品和技術開發的問題，來思考未來的研究方向，包括在能源、環境、生醫以及材料和項應用等。台灣目前在奈米相關的儀器與設備仍處於開發階段，這些儀器與設備的研發將有很大的發展潛力。本人十分鼓勵年輕學者們多參與奈米技術的相關研討會，發表論文並與國際人士互動，並應多參加奈米技術儀器、設備及產品的展覽會，除了可以增廣見聞外，也可以從中得到許多的研究的靈感及機會。本人相信經由努力所獲得的研究成果除了能使人類的生活得到改善外，也會為自己帶來滿足感；比他人多一分的努力，才能得



到多一點的甜美成果。

## 5 活動訊息

### ● The 2015 European Aerosol Conference

活動時間：2015/09/06~2015/09/11

會議地點：Milan, Italian Republic

主辦單位：Italian Aerosol Society

E-mail：[info@prometing.it](mailto:info@prometing.it)

網址：<http://www.eac2015.it/>

### ● The 6th Asian Particle Technology Symposium

活動時間：2015/09/15~2015/09/18

會議地點：Seoul, Korea

主辦單位：Division of Fine Particles  
Technology, Korean Institute of  
Chemical Engineers

E-mail：[info@apt2015.org](mailto:info@apt2015.org)

網址：<http://apt2015.org/>

### ● 104 年奈米物質安全衛生管理論壇

活動時間：2015/10/01~2015/10/01

會議地點：國家衛生研究院(苗栗縣竹南鎮  
科研路 35 號)

主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研  
究所

論壇資訊連結：

<https://www.dropbox.com/s/upm5jnynhvk7me2/104%E5%A5%88%E7%B1%B3%E7%89%A9%E8%B3%AA%E5%AE%89%E5%85%A8%E8%A1%9B%E7%94%9F%E7%AE%A1%E7%90%86%E8%AB%96%E5%A3%87.pdf?dl=0>

### ● 第 22 屆國際氣膠科技研討會暨 2015 細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)與健康研討會

活動時間：2015/10/02~2015/10/03

會議地點：國家衛生研究院(苗栗縣竹南鎮  
科研路 35 號)

主辦單位：國家衛生研究院國家環境  
毒物研究中心/台灣氣膠研究學會

E-mail：[2015icast@gmail.com](mailto:2015icast@gmail.com)

網

址：[http://nehrc.nhri.org.tw/ICAST/index.p  
hp](http://nehrc.nhri.org.tw/ICAST/index.php)

### ● The 7th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health

活動時間：2015/10/19~2015/10/22

會議地點：Limpopo Province, South Africa

E-mail：[leigh@londocor.co.za](mailto:leigh@londocor.co.za)

網址：

[http://www.nanosafetycluster.eu/calendar/31  
8/35-7th-International-Symposium-on-Nanot  
echnology-Occupational-and-Environmental  
-Health.html](http://www.nanosafetycluster.eu/calendar/318/35-7th-International-Symposium-on-Nanotechnology-Occupational-and-Environmental-Health.html)

更多活動訊息請參閱環境奈米科技知識平台：

[http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F\\_Events Inde](http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F_Events_Index)

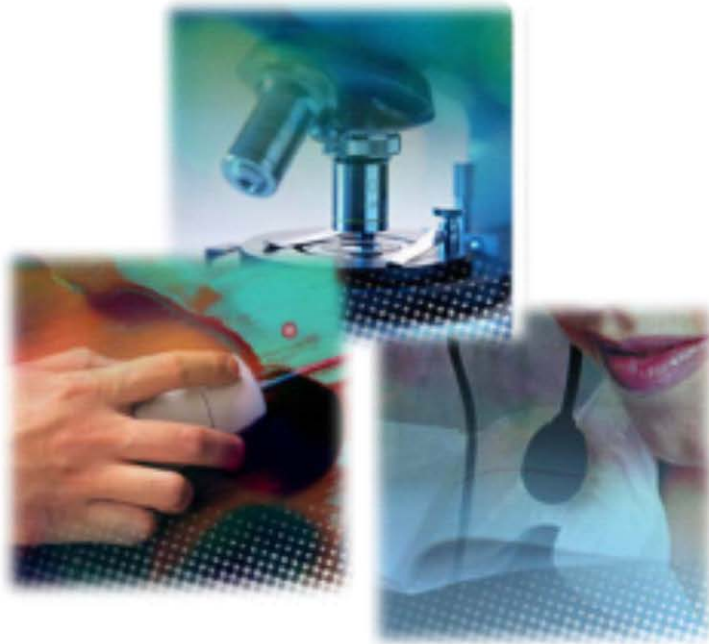


行政院環境保護署

Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

## 環境奈米科技知識平台電子報

第 19 期



(訂閱電子報)

發行日期: 2015/9/23

平台網址: <http://ehs.epa.gov.tw/>

發行單位: 行政院環境保護署

執行單位: 國立交通大學環境工程研究所

## 前言

近年來先進國家與國際組織在奈米技術環境、健康與安全(EHS)的議題上已有顯著的進展，出現了許多奈米技術相關的法規及標準，奈米物質的量測、控制及安全防護技術也已漸趨完備。為因應國際發展趨勢，我國環保署、衛福部與勞動部長期合作，持續關注奈米 EHS 的議題，發展相關的技術及制訂管理法規，以確保負責任的奈米技術之永續發展。環保署、衛福部與勞動部三個政府部門共同建置了環境奈米科技知識平台(ehs.epa.gov.tw)，並自 2011 年開始定期發行電子報，以提供產官學研各界奈米 EHS 議題的即時資訊及研究進展，並與國內外不同利益相關者進行溝通及交流。

本期為第 19 期電子報，內容包括奈米科技的法規與政策、奈米物質對環境、健康與安全的影響議題、奈米物質在環境的應用之最新進展。首先在奈米科技的法規與政策方面，本期介紹了歐盟奈米特性量測實驗室的啟用、奈米技術 EHS 研究與測試作業準則的網頁、丹麥環保署公告了七個奈米物質的暴露及風險評估報告、歐盟 SANOWORK 計畫—安全的奈米作業人員的暴露情境、美國食品與藥品管理局已發布動物食品中奈米物質使用的指引、歐盟聯合研究中心促成了 OECD 在奈米物質安全知識的重大突破，以及 NIOSH 和 P3NANO 簽署了合作備忘錄以健全纖維素奈米技術知識。在奈米物質對環境、健康與安全的影響方面，本期報導歐洲地表水中的奈米銀和奈米氧化鋅的暴露評估、黏土複合材料之聚合物在食品模擬物中釋出的奈米黏土和介面活性劑，以金黃色葡萄球菌釋出的胞壁酸測定奈米銀微粒效力的 ISO 標準技術規範。在奈米物質的應用的部分為石墨烯在歐洲國防領域的應用、可用於清除環境污染物的奈米微粒與紫外光技術，以及應用奈米技術於食品包裝的歐盟 SVARNISH 計畫。下期電子報將專訪國立成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，介紹其優異研究成果及對奈米 EHS 議題的看法。

## 本期內容

### 1 奈米科技的法規與政策

- 歐盟奈米特性量測實驗室的啟用
- 奈米技術 EHS 研究與測試的作業準則網頁
- 丹麥環保署公告七篇奈米物質的暴露及風險評估報告
- 歐盟 SANOWORK 計畫-安全的奈米作業人員的暴露情境
- 美國食品與藥品管理局已發布動物食品中奈米物質使用的指引
- 歐盟聯合研究中心促成了 OECD 在奈米物質安全知識的重大突破
- NIOSH 和 P3NANO 簽署了合作備忘錄以建全纖維素奈米技術知識

### 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

- 黏土複合材料之聚合物在食品模擬物中釋出的奈米黏土和介面活性劑
- 歐洲地表水中的奈米銀和奈米氧化鋅-高時間與空間解析度的暴露評估
- 以金黃色葡萄球菌釋出的胞壁酸測定奈米銀微粒效力的 ISO 標準技術規範

### 3 奈米物質的應用

- 石墨烯在歐洲國防領域的應用
- 可用於清除環境污染物的奈米微粒與紫外光技術
- 應用奈米技術於食品包裝的歐盟 SVARNISH 計畫

### 4 活動訊息

- 104 年奈米物質安全衛生管理論壇 (2015/10/01~2015/10/01)
- 第 22 屆國際氣膠科技研討會暨 2015 細懸浮微粒(PM2.5)與健康研討會 (2015/10/02~2015/10/03)
- The 7th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health (2015/10/19~2015/10/22)

## 本期全文

### 1 奈米科技的法規與政策

#### ● 歐盟奈米特性量測實驗室的啟用

法國原子能署電子暨資訊技術實驗室 (Laboratoire d'electronique et de technologie de l'information, CEA-Leti) 公布歐洲奈米特性量測實驗室 (European Nano-Characterisation Laboratory, EU-NCL) 的啟用，此實驗室由歐盟展望 2020 研究創新計畫 (Horizon 2020 research and innovation program) 贊助。主要目標為：(1) 將各種病症如癌症、糖尿病、炎症或傳染性疾病的奈米醫學特性量測 (nanomedicine characterisation) 技術提升至國際水平；(2) 在奈米候選藥品的開發組織提交奈米藥物至監管機構以獲得臨床試驗和銷售的批准前之測試使用。

為了更快得到國際一致性 (international harmonization) 的分析準則 (analytical protocols)，EU-NCL 與國際參考機構—美國國家癌症研究所的奈米技術特性實驗室 (US-NCL) 合作，也與國家醫藥中心 (National Medicine Agencies, NMA) 和歐洲藥品管理局 (European Medicines Agency, EMA) 緊密聯繫，持續改善滿足法定要求的分析服務。EU-NCL 的設計、組織和運作皆依照歐盟的最高法定規範與品質標準。對歐洲而言，此計畫的執行非常重要，因為 EU-NCL 將成為第一個奈米醫學的跨國基礎研究中心 (transnational infrastructure)，並透過學術界和產業界間知識及技術的分享以促進奈米醫學技術的創新。EU-NCL 的使命如下：

- 提供一個跨領域的測試基礎設施，涵蓋全面的臨床前 (preclinical characterization) 特性試驗，包含物理、化學、體外和體內生物檢測，使研究人員能夠充分掌握醫學奈米產品的生物分布、代謝、藥物動力學、安全資料和免疫效果。

- 促進用於醫藥奈米產品的臨床前特性試驗的基準材料 (benchmark materials) 與品質管理的標準作業流程的有效使用。
- 促進跨部門與跨領域的交流，特別是在開發商和法定監管機構之間。

在 CEA-Tech (Leti and Liten, FR) 的帶領下，此計畫召集了 8 個國家的合作夥伴如下：

- Joint Research Centre - European Commission (義大利)
- European Research Services GmbH (德國)
- Leidos Biomedical Research, Inc. (美國)
- Trinity College Dublin (愛爾蘭)
- Stiftelsen SINTEF (挪威)
- University of Liverpool (英國)
- EMPA (CH) (瑞士)
- Gesellschaft für Bioanalytik Münster (喬治亞)

在 EU-NCL 內的六個分析中心將提供公共與私人發展業者跨國的分析服務，同時也研發新的或是改良的分析試驗方式，以維持 EU-NCL 在奈米醫學特性量測的最高水準。歐盟執委會提供了將近 500 萬歐元在此 EU-NCL 的四年期計畫。

資料來源：nanowerk 網頁

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40642.php>

#### ● 奈米技術 EHS 研究與測試的作業準則網頁

當含有工程奈米物質的商業產品越來越多時，”如何正確的量測奈米物質與其特性分析”會成為奈米 EHS 研究者面臨的挑戰，這些問題影響工程奈米物質的基本物理化學特性量測與毒性評估。圖 1 為聚合物中奈米碳管的掃描式電子顯微鏡影像是了解鑲嵌在聚合物中奈米碳管

的複雜物理結構的關鍵，由此影像圖可直接量測奈米碳管的尺寸與形狀。

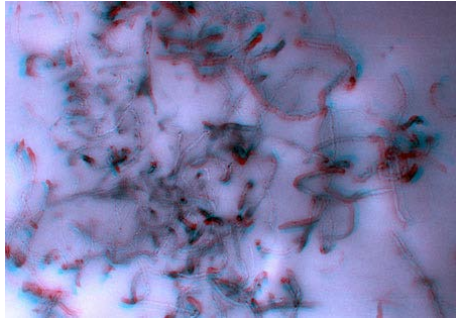


圖 1 聚合物中奈米碳管的掃描式電子顯微鏡影像。

國家技術標準局 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 為了解奈米物質特性量測常遇到的問題，建立了一個專屬的 NanoEHS 網頁，此網頁提供 NanoEHS 研究學者以及利益相關者經過驗證的實驗室作業準則 (laboratory protocols)。

作業準則是執行量測與相關作業的流程與步驟，包括所有使用到的化學品與儀器。期刊論文皆有實驗方法的章節敘述實驗與量測的流程，但是內容往往過於簡短且可能缺乏驗證。相對而言，NIST 列出的新作業準則非常仔細，每項作業準則鉅細靡遺的描述如何進行實驗量測，以及哪些部分較有可能會出錯與問題產生的原因。NIST 出版的作業準則均有各自的數位識別碼 (DOI) 且獨立出版。

Debra Kaiser (計畫主持人) 說：「對如此微小的物質進行具可靠性的量測有潛在的難度，因此仔細的準則相當重要。」舉例來說，使用不同尺寸的移液管，可能會得到不同的量測結果。NanoEHS 網頁的目標是要讓研究者能夠得到完全相同且可靠的數據，如研究人員使用溶液中散射光量測微粒粒徑的儀器，若微粒本身有顏色時應進行微粒穿透頻譜的量測，因為當微粒大量吸收與量測儀器相同頻率的光時，可能會造成實驗結果的偏差。

由於奈米微粒的尺度極小，相關的量測較困難，很少有儀器可專門用於量測奈米微粒。研究人員正努力改良現有的儀器與量測方法，但是這些儀器通常在接近它們的偵測極限下操作，且用於量測化學物質或是塊材物質，並不適用於奈米物質。例如 NIST 提供了一種可量測溶液中奈米金微粒粒徑的參考物質，且根據不同的儀器會有 6 種不同的粒徑量測數據。

NIST 團隊的作業準則考慮不同儀器量測的奈米微粒的問題。Debra Kaiser 指出 NanoEHS 網站的作業準則，可提供一個具有共識、與美國材料試驗協會 (ASTM) 和國際標準組織 (ISO) 類似的正式檢測方法。

資料來源：nanowerk 網頁

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40644.php>

<http://www.nist.gov/mml/nanoehs-protocols.cfm>

## ● 丹麥環保署公告七篇奈米物質的暴露及風險評估報告

丹麥環境保護署已公告許多關於產品中奈米物質的暴露及風險評估的評估報告，並於 2015 年 3 月 6 號再發表了七篇相關報告，以下將敘述各報告的執行內容：

1. 調查有關奈米尺寸的顏料：專注在免於丹麥奈米產品登記的產品。這項研究主要重點在油漆、木材防腐劑、膠水、填充材料及彩色紡織品。藉由丹麥環保署的調查有助於了解丹麥市場上奈米物質的產品概況，且根據歐盟委員會所建議之奈米物質的定義，討論那種顏料是否可能被認定為奈米物質。
2. 奈米物質在消費性產品的暴露評估：“丹麥市場上消費者的奈米物質暴露及風險評估”計畫的四個系列報告的第一份。此報告評估現有的方法及工具以探討消費者的奈米產品暴露及相關風險，找出代表性的奈

- 米產品並從中選擇 20 種暴露情境作更進一步的風險評估。
3. 奈米物質中消費性產品的危害評估：”丹麥市場上消費者的奈米物質暴露及風險評估”計畫的四個系列報告的第二份。此報告著重在消費者暴露之奈米物質危害。
  4. 暴露在丹麥環境當中的奈米物質：”丹麥市場上消費者的奈米物質暴露及風險評估”計畫的四個系列報告的第三份。丹麥環保署說此報告評估環境奈米微粒的人體暴露及描述其相關的暴露風險。
  5. 在丹麥市場中奈米物質的商業化氣膠產品：調查在丹麥市場上可買到、含有固體奈米物質的氣膠噴霧產品使用情況，包括清潔產品、防水產品及油漆。
  6. 消費性產品中奈米銳鈦型二氧化鈦的使用及影響：丹麥市場上一些選定的產品中奈米銳鈦型二氧化鈦的使用及影響。根據目前的知識，如果使用時可能產生風險，則會嘗試作風險評估。
  7. 丹麥環境中的奈米物質：模擬選定奈米物質於丹麥環境暴露情形。藉由模擬技術，該報告預測丹麥環境中奈米物質濃度最高的地區。丹麥環保署表示，這些發現可應用在奈米物質對丹麥環境的總體影響評估。

資料來源：SafeNano 網站

<http://www.safenano.org/news/news-articles/danish-epa-publishes-seven-reports-concerning-nanomaterials/>

### ● 歐盟 SANOWORK 計畫-安全的奈米作業人員的暴露情境

歐洲 Sanowork 計畫提出了一個解決職業上奈米物質風險管理的典範轉移(paradigm shift)。傳統的作法使用管理有害化學品風險的相似方式，來進行工程上、行政上以及個人防護裝備的測量，然而這些方法缺乏關於奈米物質製造的潛

在風險的知識，而有所限制。為了克服這些限制，Sanowork 計畫藉由物質設計管制的方法來增加安全性，使其能排除風險而不是在發生危害時才作出應對。計畫工作項目如：(1)根據不同設計方案制定風險的補救策略(risk remediation strategies, RRS)，包含危害和作業人員暴露潛勢；(2)嚴格實施暴露評估以有效地評估現有及擬議的暴露降低策略；(3)由智能、反覆的危害辨識及體外測試策略作為危害評估，旨在確保即時快速有效的健康減輕對策評估；(4)執行離線及現場風險分析，辨識物質的產品性能及操作狀態以確保一個更安全的作業人員的暴露情境；(5)根據風險分析的結果、材料性能效益，及保險公司的風險轉移，以評估擬定策略的成本效益。

SANOWORK 計畫架構主要圍繞在“消除/替代”控制策略的提升、發展、實施所構成，並嘗試填補已經延遲的控制策略擴散缺口。此計畫為了解決奈米製造業的需求，提出了可持續的風險的補救，並在”為製造而設計”和”為安全而設計”間取得平衡的方法作為策略。最終的目的是開發和說明 RRS 的功效，並在發展可有實用潛力的安全設計功能、預防奈米物質(nanomaterials, NMs)相關作業人員的傷害、減少昂貴的風險管理措施的需求、以及實施安全的生產過程的部分提出實用的工具。

Sanowork 對與其目標相關的預期影響作了評估。在發展降低作業人員在 NMs 生產、使用與處置階段的 NMs 暴露的實用且成本效益高的策略方面，Sanowork 指出：(1)膠結控制策略(aggregation control strategy)可以降低在生產與使用過程中與意外洩漏所造成的排放潛勢；(2)有機/無機塗層(inorganic/organic coating)可以降低在工作場所內外使用與處置對健康造成的影響與暴露；(3)藉由洗滌分解 NMs 的技術可以降低處理時可能造成的排放潛勢。在促進歐盟奈米安全研究群目標與議程的發展方面，Sanowork 提出：(1)提供目標 NMs 的毒理學效應，以促進歐洲內奈米毒理學的共識的形成；(2)根據物化

特性建立生命週期資料庫，此資料庫提供奈米安全研究群避免重複作業以及增進效率。

資料來源：歐盟 Sanowork 網站

<http://www.sanowork.eu>

### ● 美國食品與藥品管理局已發布動物食品中奈米物質使用的指引

奈米技術是一項新穎的技術，使科學家能創造、探索和運用奈米尺度的材料，其微粒甚小，無法以一般的顯微鏡觀測。這些奈米微粒與大類微粒有不同的化學、物理與生物特性，因此具有廣泛的潛在應用。

美國食品與藥品管理局(Food and Drug Administration, FDA)發布“動物食品中奈米物質使用”的業者最終指引，旨在協助業者與其他利益相關者辨識含有奈米物質或應用奈米技術的動物食品的安全性，與法規管制狀態的潛在議題。此指引適用於動物食品，包括(1)全為奈米物質 (2)含有奈米物質的組成 (3)或其他涉及奈米技術應用的食品。

此最終指引提出添加奈米物質於動物食品的法定架構，包括提出食品添加劑申請(Food Additive Petition, FAP)的建議。此指引建議業者在動物奈米物質食品成份發展階段，與提出 FAP 申報前應向 FDA 作諮詢。此指引表示 FDA 對目前政策與法規議題的想法。儘管產業指引文件主要適用於產業界，FDA 工作人員與其它利益相關者也可使用它來了解政府機關對法律與政策的解釋。

資料來源：nanowerk 網頁

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40975.php>

### ● 歐盟聯合研究中心促成了 OECD 在奈米物質安全知識的重大突破

歐盟聯合研究中心(Joint Research Centre, JRC)在 OECD 的代表性人造奈米物質測試計畫(testing programme)扮演了關鍵的角色。OECD

工程奈米物質工作小組(Working Party on Manufactured Nanomaterials, WPMN)使用高品質、具科學根據與國際調和性的方法，評估奈米物質的危害、暴露與風險。最近 OECD 公布了奈米物質測試計畫產出的原始、實驗數據以及其它資訊，包含 11 種人造奈米物質，以 110 種不同測試方法得到近 59 點的終點(endpoints)測試結果，此資訊對奈米物質安全知識有重大突破。

這些大量的資訊以國際標準化學品資訊資料庫(International uniform chemical information database, IUCLID)的資料檔案(dossier)呈現，對於了解世界上的奈米物質的特性與應用有重大的進展。這些評估資訊可用於了解更多奈米物質的本質特性(intrinsic properties)，OECD 委員會因而據以作出以下結論：「傳統化學物質的測試與評估方法大致上可用於奈米物質的安全評估，但可能必須要針對奈米物質的特性作些調整。」

JRC 共同主持指導小組(steering group)協調 OECD WPMN 的測試計畫，並積極協助奈米物質的測試(如二氧化矽)、以及協調評估 OECD 的奈米物質測試指引的適用性。此外 JRC 建立了奈米物質知識庫(nanomaterials repository)，內容包含 8 種以 OECD 計畫測試過的代表性人造奈米物質的資訊(以\*標記)。經 WPMN 測試計畫發展出的奈米物質的資料檔案如下：

- 富勒烯
- 單壁奈米碳管
- 多壁奈米碳管\*
- 銀\*
- 金\*
- 樹枝狀聚合物
- 二氧化矽\*
- 奈米黏土\*
- 二氧化鈦\*
- 二氧化鈷\*
- 氧化鋅\*



根據這些研究，OECD 現階段會聚焦在如何在需求面調整測試指引(Test Guidelines)，以確保法定測試(regulatory testing)所使用的測試指引可以適當的測出奈米物質的本質特性。同時 JRC 將持續協助測試指引計畫的協調和發展、並積極修訂與補充 OECD 測試指引，以確保奈米物質的適用性。

資料來源：JRC 網頁

<https://ec.europa.eu/jrc/en/news/jrc-contributes-major-oecd-breakthrough-nanomaterials-safety-knowledge?search>

## ● NIOSH 和 P3NANO 簽署瞭解備忘錄以健全纖維素奈米技術知識

美國國家職業安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 和 P3NANO (P3 即為公-私夥伴 public-private partnership)簽署了一份瞭解備忘錄(memorandum of understanding, MOU)。P3NANO 是公-私合作關係，旨在發展奈米纖維素的基礎知識，以克服產品的商業化障礙，其中特別聚焦的是 EHS 議題，因涉及工作場所的安全，產品和應用的安全性驗證，以及環境等諸多議題。NIOSH 和 P3NANO 的夥伴關係將為職業安全與健康研究、以及教育和商業開創共同的平台，進而發展新的風險管理指引及建議，並找出暴露纖維素奈米材料對人類健康的潛在影響。

NIOSH 奈米技術副主任指出：「NIOSH 很高興在奈米纖維素發展初期就能夠與 P3NANO 建立合作夥伴關係。奈米技術安全、負責任的發展是國家的優先事項，這樣的合作關係可以創造知識和增加實務經驗，有利於負責任的奈米技術發展。」自 2012 年以來，NIOSH 已經開始參與奈米纖維素的研究和作業場所的暴露評估工作。在瞭解備忘錄下，P3NANO 與 NIOSH 提供新興纖維素奈米技術的跨領域基礎知識與分享平台，包括奈米製程，進而促成有效職業安全與健康指引的共同發展。

NIOSH 和 P3NANO 的夥伴關係提供了生命週期評估的應用機會，以探討大規模生產和使用奈米纖維素材料的長期社會與環境影響。NIOSH 與 P3NANO 將會改善纖維素奈米技術的職業健康影響的基礎知識，並致力於纖維素材料的作業指引與工業最佳實務的建立，以及對利益相關者提出建議。

資料來源：CDC 網頁

<http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/news.html>

## 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

### ● 黏土複合材料之聚合物在食品模擬物中釋出的奈米黏土和介面活性劑

過去已有許多研究使用了不同的細胞模型進行奈米黏土的細胞毒性評估，結果顯示奈米黏土易滲入細胞進而影響細胞功能。粒徑小於 100 nm 的奈米二氧化矽微粒則會穿透細胞，造成老鼠的胎盤結構和功能的異常，因而導致胎兒生長限制。

含有工程奈米微粒(ENPs)的奈米複合材料的使用正迅速增加。少量添加 ENPs 可以顯著的提升高分子材料的性能，進而擴展材料的應用範圍，如在聚丙烯和低密度聚乙烯等聚合物基質添加了奈米黏土，以改善聚合物的阻氣性(如水蒸氣，氧氣及二氧化碳)，並增強其機械性能。藉由添加奈米黏土，研究者可以生產較薄的塑膠薄膜，但仍可得到未添加奈米黏土的較厚塑膠薄膜的強度和阻氣性能，且減少廢棄物量。

Xia et al. (2014)的研究藉由追蹤奈米黏土與介面活性劑，來調查此兩者從聚合物-黏土奈米複合物釋放到食品模擬物中的量，並探討此釋放量與聚合物、奈米黏土和溶劑交互作用的關係。文獻選用兩種聚合物模型為聚丙烯(PP)和聚醯胺-6 (PA6)，這二種聚合物的極性、化學組成皆不同，因此可以代表兩種不同聚合物。奈米黏土的類型分為兩種，第一種為 I.44P (以下簡稱 I44P

黏土)，其含有 65% 的主要元素(MMT)及 35 % 的介面活性劑。第二種為 Cloisite 93A (以下簡稱 Cloisite 黏土)，其含有 60% 的 MMT 及 40 % 的介面活性劑。

研究指出儘管奈米黏土初始時在 PP-黏土薄膜中的量(3%)較 PA6-黏土薄膜(5%)少，但是 PP-黏土薄膜卻釋出較多的奈米黏土微粒，此差異主要由奈米黏土和聚合物間的交互作用所造成。在 PA6 中 Cloisite 黏土的剝離結構與聚合物間有較大的表面積產生交互作用。該交互作用會進一步的由羧基及胺基調節，而在奈米黏土及聚合物間形成氫鍵。因此 Cloisite 黏土和 PA6 之間形成的強界面會顯著地降低奈米黏土微粒的流動性。相比之下 I44P 黏土與 PP 之間的交互作用較弱，因此 I44P 黏土微粒具有較高的流動性，從聚合物中釋出的機會也較高。

此研究證實了奈米複合材料會釋出奈米黏土和介面活性劑。在製造、使用和處置奈米複合材料時可能會產生釋出的過程，從而使環境及生態系統暴露於奈米複合材料成份。

#### 參考文獻：

Xia, Y., Rubino, M., Auras, R. (2014). Release of Nanoclay and Surfactant from Polymer-Clay Nanocomposites into a Food Simulant. *Environ. Sci. Technol.*, 48(23): 13617-13624.

#### ● 歐洲地表水中的奈米銀和奈米氧化鋅-高時間與空間解析度的暴露評估

Dumont et al. (2015)利用全球水可利用性評估模式(Global Water Availability Assessment Model, GWAVA)模擬兩種常見被排放至地表水的工程奈米微粒(engineered nano-particles, ENPs)的濃度：奈米銀(Ag)和奈米氧化鋅(ZnO)，也說明最壞情況下的 ENPs 模擬濃度。

為了模擬ENPs的濃度，GWAVA水質模組最重要的輸入是地表水的ENP負荷量。若要模擬奈米微粒從家庭排放到河川的負荷量，則須考慮家庭與排汗設備的連接狀況、汗水處理的效率、汗

水處理廠的空間分布以及相關的人口數。天氣變化對濃度造成的影響則是由代表性 31 年週期的月氣候資料來進行模擬。Dumont et al. (2015)計算出模擬期間內各格點的 372 個月濃度的平均值、中間值與第 90 百分位數，並將這些統計數據以地圖與累積頻率曲線表示。在前 10% 高濃度的河段中奈米銀到達  $0.3 \text{ ngL}^{-1}$ 、奈米氧化鋅到達  $300 \text{ gL}^{-1}$ ，此高濃度通常可在歐洲東部、歐洲南部、大城市附近與河川系統更下游段發現。

此研究僅考慮家庭應用的ENPs，所以可能會低估一些地方的ENPs濃度。ENPs濃度的空間變化也可能被低估，因為歐洲每人排放到汗水系統的ENPs量被假定為定值，但現實上卻會因個人收入或產品喜好而有差異。奈米銀和奈米氧化鋅皆無官方的排放數據可用，且奈米銀的產量可以差到 5 個數量級，皆會增加模擬的不確定性。另外缺乏對兩個重要參數的數據也是一個原因，其一為地表水耗損係數 $k$ 被假設為常數，其二為 $\text{STP}_{\text{rem}}$ 被假設為常數。有鑑於此，ENPs在環境中的流布與評估的數據仍尚不完善，未來應持續加強此類研究。

#### 參考文獻：

Dumont, E., Johnson, A. C., Keller, V. D. J., Williams, R. J. (2015). Nano silver and nano zinc-oxide in surface waters exposure estimation for europe at high spatial and temporal resolution. *Environ. Pollut.*, 196:341-349.

#### ● 以金黃色葡萄球菌釋出的胞壁酸測定奈米銀微粒效力的 ISO 標準技術規範

奈米銀微粒(silver nanoparticles, AgNPs)的抗菌特性大量的應用在消費產品，並且已經廣泛的用於開發多種生物與製藥程序、產品應用等，如醫療設備的塗層材料、整形外科或牙科移植材料、治療傷口的塗覆助劑、紡織產品、與洗衣機。工業界正在製造多種具有不同物理特性與低副

作用的 AgNPs 抗菌劑。此外，在不同介質的奈米微粒的增強生物可用率的風險可能會影響有益的土壤植物、動物與人類，從這個角度來看，AgNPs 的效力應根據其最終的生物活性進行評估與分類。ISO/TS 16550:2014 技術規範提供了評估奈米銀微粒對金黃色葡萄球菌細胞壁降解與胞壁酸釋出(以氣相層析質譜儀定量)的活性測試方法。

肽聚糖(peptidoglycan, PGN)為細菌細胞壁內的特定和基本成份，其主要特徵為線性的聚醣鏈與短肽鏈交互連接的網狀結構。金黃色葡萄球菌的聚醣鏈是由 N-乙醯葡萄糖胺(N-acetylglucosamine, GlcNAc)和接有 L-丙氨酸(L-alanine)、D-穀氨醯胺(D-glutamine)、L-離胺酸(L-lysine)和 D-丙氨酸(D-alanine)肽鏈的 N-乙醯胞壁酸(N-acetylmuramic acid, MurNAc)交替相連所組成。目前已有研究指出 AgNPs 會破壞細菌細胞壁與產生 PGN 的碎片，導致培養基內胞壁酸濃度上升。

不同的產品的 AgNPs 膠體的活性物質(active entity)具有不同的尺寸、表面積、形狀、界電位與濃度，其活性與這些特性息息相關，並可能會有協同(synergistic)或拮抗(antagonistic)的交叉效應。為了區分這些特性所造成的影響，研究員需要製備大量的樣品以及使用多種儀器。胞壁酸濃度的監測是一個用於決定這些特性對 AgNPs 的影響的效力指標。

此技術規範以非常敏感的單分析物—胞壁酸，間接量測細胞壁降解(cell wall degradation)的單一作用模式。此方法的敏感度高可作低於最低抑制濃度(minimum inhibitory concentration, MIC)的胞壁酸的定量，但無法用於表示細胞死亡或停止生長。同時此標準方法無法提供 AgNPs 的其他殺菌作用的相關資訊。在樣品測試方法的部分，此技術規範提供了 AgNPs 測試樣品的懸浮溶液與工作/參考銀微粒的製備方法。測試樣品與參考品釋出胞壁酸的差異，便可得知 AgNPs 測試樣品的效力。測試方法中作為陰性控制組

(negative control)的樣品，應包含奈米銀微粒測試樣品的溶劑(solvent)與載體(vehicle)。此外，在胞壁酸濃度非常低與樣品介質相當複雜的情況下，此技術規範建議可使用串聯式質譜法(tandem mass spectrometry)與選擇性離子監測法(selected ion monitoring methods)提高靈敏度。

#### 參考文獻：

ISO/TS 16550:2014. Nanotechnologies -- Determination of silver nanoparticles potency by release of muramic acid from *Staphylococcus aureus*.

### 3 奈米物質的應用

#### ● 石墨烯在歐洲國防領域的應用

石墨烯是一種具有廣泛特異性能(重量輕、高強度、導熱性及導電性等)的新材料，預期在國防領域會有新穎且改良的應用。在 2015 年 6 月 2 日，25 位來自國防部(Ministries of Defence)、歐盟機構、工業界與學術界的專家，在歐洲防衛總署(European Defense Agency, EDA)主辦的研討會中，討論當前以及未來在國防領域上的石墨烯應用。

石墨烯在國防領域具有很多的潛在應用，如先進的偽裝系統(camouflage systems)、以及更輕或更堅固的防護材料。此研討會旨在集合相關領域的專家，以討論未來可能的國防應用以及石墨烯技術的適用領域。研討會的討論主要聚焦在添加石墨烯增強複合材料與塗層，以及利用石墨烯的導熱與導電性應用偽裝系統的可能性。

研討會的成果將再進一步作分析，以找出應用石墨烯技術支持歐洲防衛署能量提昇計畫(Capability Development Plan, CDP)的可能性，並考量材料與結構技術能力策略研究議程(Materials & Structures CapTech Strategic Research Agenda)，儘可能在未來規劃出落實石墨烯於國防領域應用的技術藍圖(technology roadmap)。

資料來源：歐洲防衛總署網頁

<https://www.eda.europa.eu/info-hub/press-centre/latest-news/2015/07/09/graphene-impact-on-defence-capabilities>

### ● 可用於清除環境污染物的奈米微粒與紫外光技術

Brandl et al. (2015)發表了一種以奈米微粒和紫外光(UV)快速分離並萃取各種土壤與水的污染物的新技術。作者使用聚乙二醇(polyethylene glycol, PEG, 瀉藥、牙膏和眼藥水中常見的成份並被食品與藥品管理局核准為食品添加物)以及聚乳酸(polylactic acid, PLA, 用於製做環保杯以及玻璃器皿的生物降解性塑料)來合成奈米微粒聚合物進行研究。此研究製造出的奈米微粒具有疏水性(hydrophobic)的核心以及親水性(hydrophilic)的外殼,其於水中會保持懸浮並均勻擴散。

此奈米微粒在照射到紫外光後,外殼會脫落並露出疏水性核心,水中的疏水性污染物會因分子力作用而移向疏水性奈米微粒並吸附在其表面上,使奈米微粒能有效的捕捉污染物並逐漸形成團聚的大微粒,可進一步藉由過濾、沉澱等方法從水中去除,如圖 2 所示。Brandl et al. (2015)指出此研究所使用的聚合物具有生物降解性且反應過程為不可逆反應,可使水體中殘留的有毒二次產物的風險降到最低。

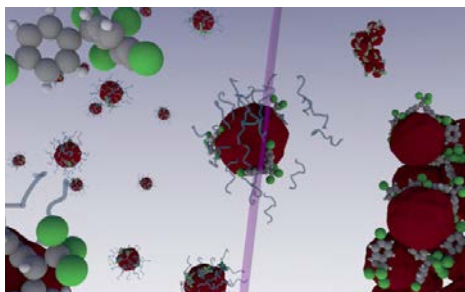


圖 2 在 UV 光照射下奈米微粒失去其穩定性,可以吸附水中及土壤的污染物,污染物與奈米微粒團聚變大易於沈降及去除。

此聚合物可在室溫下合成,且不需特別準備

即可適用於各種疏水性化學物質和分子。此外使用此聚合物製造出的奈米微粒具有高表面面積體積比,只需少量即可去除相對大量的污染物,因此本技術具有成本效益高的水體與土壤污染物處理潛能。

### 參考文獻：

Brandl, F., Bertrand, N., Lima, E. M., Langer, R. (2015). Nanoparticles with photoinduced precipitation for the extraction of pollutants from water and soil. *Nat. Commun.*, 6:7765.

### ● 應用奈米技術於食品包裝的歐盟 SVARNISH 計畫

決定食品包裝產品品質的主要因素為氧與水份的阻革與機械強度。傳統的食品包裝業以多層結構提供不同性能與功能的包裝,這些多層結構相當昂貴且不易回收。奈米技術在食品裝的新應用開始展露頭角,提供了一些改良的膜特性。

技術發展與環境議題的意識提升,促使研究人員尋求食品包裝業的創新解決方法。食品包裝業必需適應當今的發展形勢,並趕上先進技術,以滿足客戶需求與環境議題。SVARNISH計畫始於2013年10月並於2015年8月結束,由歐盟國家的八個機構,如西班牙的AIDO與ARTIBAL、英國的MATRI、挪威的NOFIMA技術中心、希臘的A.HATZOPOULOS S.A.、土耳其的SNANO、捷克斯洛伐克的AROMA PRAHA與義大利的FERRERO SPA,共同組成計畫聯盟(project consortium),研究經費來源為歐盟第七期科研架構計畫(no. 606446)。

歐盟SVARNISH計畫研發一種具抗菌力、阻隔氧與水份的食品用亮光漆(varnish)。此計畫目的為簡化多層結構克服包裝限制,以及運用奈米科技的優點發展環境友善、低成本與可回收的包裝解決方法。同時此計畫的目標為降低食品包裝價格約20%、廢料8-10%,以及製程時間、耗能與食品廢棄物50%,並且將85%的食品包裝用的膜變成可回收的資源。食品業每年在食品包裝與

加工上花費了將進840億歐元，約占消費者的食品總費用的8%。因此對於消費者與食品業而言，使用實用且高成本效益的食品包裝策略是非常有助益的。

資料來源：SVARNISH 網頁

<http://svarnish.eu/press-room/>

活動時間：2015/10/19~2015/10/22

會議地點：Limpopo Province, South Africa

E-mail：[leigh@londocor.co.za](mailto:leigh@londocor.co.za)

網址：

<http://www.nanosafetycluster.eu/calendar/318/35-7th-International-Symposium-on-Nanotechnology-Occupational-and-Environmental-Health.html>

#### 4 活動訊息

##### ● 104 年奈米物質安全衛生管理論壇

活動時間：2015/10/01~2015/10/01

會議地點：國家衛生研究院(苗栗縣竹南鎮科研路 35 號)

主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

論壇資訊連結：

<https://www.dropbox.com/s/upm5jnynhvk7me2/104%E5%A5%88%E7%B1%B3%E7%89%A9%E8%B3%AA%E5%AE%89%E5%85%A8%E8%A1%9B%E7%94%9F%E7%AE%A1%E7%90%86%E8%AB%96%E5%A3%87.pdf?dl=0>

更多活動訊息請參閱環境奈米科技知識平台：

[http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F\\_Events\\_Index](http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F_Events_Index)

##### ● 第 22 屆國際氣膠科技研討會暨 2015 細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)與健康研討會

活動時間：2015/10/02~2015/10/03

會議地點：國家衛生研究院(苗栗縣竹南鎮科研路 35 號)

主辦單位：國家衛生研究院國家環境毒物研究中心/台灣氣膠研究學會

E-mail：[2015icast@gmail.com](mailto:2015icast@gmail.com)

網

址：<http://nehrc.nhri.org.tw/ICAST/index.php>

##### ● The 7th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health

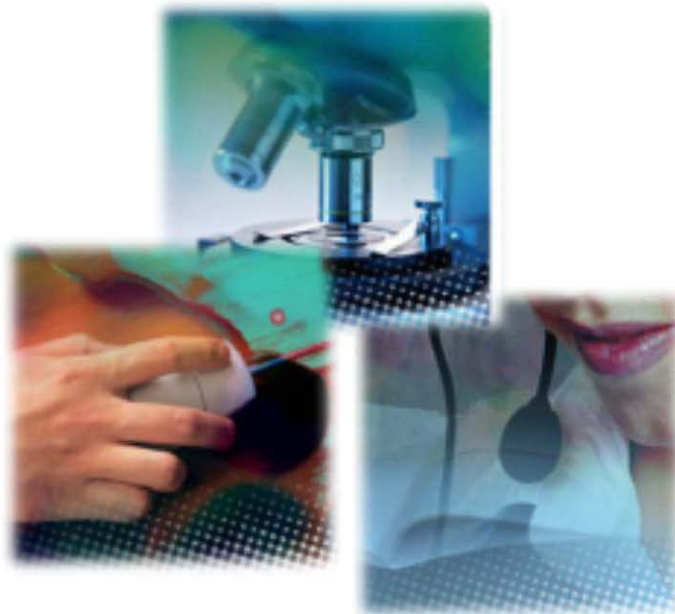


行政院環境保護署

Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

## 環境奈米科技知識平台電子報

第 20 期



(訂閱電子報)

發行日期: 2015/11/16

平台網址: <http://ehs.epa.gov.tw/>

發行單位: 行政院環境保護署

執行單位: 國立交通大學環境工程研究所

## 前言

近年來先進國家與國際組織在奈米技術環境、健康與安全(EHS)的議題上已有顯著的進展，出現了許多奈米技術相關的法規及標準，奈米物質的量測、控制及安全防護技術也已漸趨完備。為因應國際發展趨勢，我國環保署、衛福部與勞動部長期合作，持續關注奈米 EHS 的議題，發展相關的技術及制訂管理法規，以確保負責任的奈米技術之永續發展。環保署、衛福部與勞動部三個政府部門共同建置了環境奈米科技知識平台(ehs.epa.gov.tw)，並自 2011 年開始定期發行電子報，以提供產官學研各界奈米 EHS 議題的即時資訊及研究進展，並與國內外不同利益相關者進行溝通及交流。

本期為第 20 期電子報，內容包括奈米科技的法規與政策、奈米物質對環境、健康與安全的影響議題、奈米物質在環境的應用之最新進展。首先在奈米科技的法規與政策方面，本期介紹了歐盟執行委員會發布奈米物質定義的審查方案、歐盟 SUN 計畫對奈米技術的風險管理進行調查、歐盟執委會同意的食物接觸物質清單新增三種奈米材料、奈米技術產業協會認為歐盟新穎性食品的法規“無法實行”、歐盟執委會徵求添加於防曬乳與個人噴霧產品中的奈米二氧化鈦的意見、我國衛生福利部食品藥物管理署公告奈米醫療器材品質管理系統注意事項、以及經濟合作暨發展組織的工程奈米物質工作小組發布工程奈米物質暴露風險評估的新指引。在奈米物質對環境、健康與安全的影響方面，報導水中生物更容易吸收奈米銀微粒、奈米氧化鋅與奈米二氧化鈦的結合毒性研究、以及低濃度的長期體外暴露實驗提供了奈米物質毒性評估的新見解。在奈米物質的應用的部分，報導奈米銀與抗菌物質研究的未來與塑膠包裝瓶內的奈米微粒可延長鮮乳的保存期限。

本期專訪國立成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，蔡教授在 2012-2014 年協助勞動部職業安全衛生署制訂危害性化學品暴露評估與分級管理相關規範，在 2015 年與勞動部勞動及職業安全衛生研究所合作編定「奈米物質安全衛生管理技術手冊」技術指引，提供相關單位擬訂奈米物質安全衛生管理之參考，以落實奈米物質風險等級評估及分級管理，期望將奈米物質的暴露風險降至最低，藉此專訪機會了解國內外對奈米物質在安全衛生管理技術上的最新發展資訊。更多 EHS 精彩報導都在「環境奈米科技知識平台電子報」。

## 本期內容

### 1 奈米科技的法規與政策

- 歐盟執行委員會發布奈米物質定義的審查方案
- 歐盟 SUN 計畫對奈米技術的風險管理進行調查
- 歐盟執委會同意的食物接觸物質清單新增三種奈米材料
- 奈米技術產業協會認為歐盟新穎性食品的法規“無法實行”
- 歐盟執委會徵求添加於防曬乳與個人噴霧產品中的奈米二氧化鈦的意見
- 我國衛生福利部食品藥物管理署公告奈米醫療器材品質管理系統注意事項
- 經濟合作暨發展組織的工程奈米物質工作小組發布工程奈米物質暴露風險評估的新指引

### 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

- 研究指出水中生物更容易吸收奈米銀微粒
- 奈米氧化鋅與奈米二氧化鈦的結合毒性研究
- 低濃度的長期體外暴露實驗提供了奈米物質毒性評估的新見解

### 3 奈米物質的應用

- 奈米銀與抗菌物質研究的未來
- 巴西 Nanox 公司研發的奈米銀複合材料可延長鮮乳的保存期限

### 4 奈米 EHS 議題的學者專家專訪

- 成功大學環境醫學研究所-蔡朋枝教授訪問記實

### 5 活動訊息

- nano tech 2016 - The 15th International Nanotechnology Exhibition & Conference (2016/01/27-29)
- 2016 職業衛生研討會暨第七屆海峽兩岸職業衛生交流會(2016/03/02-04)



## 本期全文

### 1 奈米科技的法規與政策

#### ● 歐盟執行委員會發布奈米物質定義的審查方案

聯合研究中心(Joint Research Centre, JRC)發表了一份科學報告，以增進歐盟執委會(European Commission, EC)對奈米物質定義的建議案的明確性及應用性。EC 持續審議奈米物質定義，並評估政策上的不同選項。此報告提出奈米物質的定義應廣泛適用於不同監管部門，因而建議針對自然、偶發和工程的奈米物質的來源的定義範圍應維持不變。此外，”尺寸”為辨識奈米微粒的唯一定義，亦即奈米微粒尺寸為 1-100 nm。

奈米物質定義中的明確措詞能防止”含奈米微粒的產品”變成了奈米物質的誤解。此報告提及的許多議題可藉由發展新的或改善現有的指引加以澄清。但若僅依賴針對奈米物質定義的重點而作出的指引文件，可能會在執行與決策過程產生非預期的差異。JRC 將持續支持奈米物質定義的審議程序，以及其在歐盟立法的施行。

歐盟對於奈米物質定義的建議(2011/696/EU)於 2011 年被採納，其建議的條文包括”根據經驗和科技進展而須作持續審查，特別針對是否應增加或降低原有 50%的數目粒徑分布門檻應作審議”。EC 在 2015 年年底前諮詢利益相關者對草案的意見，預計在 2016 年完成這項審議工作。

EC 的奈米物質定義目前使用在殺菌劑和醫藥設備法規上，同時也作為化粧品及食品資訊法規中的舊奈米物質定義修訂案的參考。EC 正嘗試使用奈米物質的定義於 REACH(化學品註冊、評估、授權和限制，Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals)法規中與奈米物質有關的條文。除此之外，歐盟的機構，如歐洲化學品管理署

(European Chemicals Agency, ECHA)和歐洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)在 EC 建議下皆已開始使用 EC 奈米物質的定義。

資料來源：nanowerk 網頁

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40745.php>

#### ● 歐盟 SUN 計畫對奈米技術的風險管理進行調查

因目前奈米物質對環境與人體健康危害的知識有限，歐盟 FP7 永續奈米技術計畫(EU FP7 Sustainable Nanotechnologies, SUN)於 2013 年 10 月 1 日開始執行，其關鍵目標是建立 SUN 決策支援系統(SUN Decision Support System, SUNDS)，以促進安全與永續的奈米製造以及風險管理。SUNDS 將以永續評估架構(sustainability assessment framework)，整合生態與人類健康風險評估、生命週期評估、經濟評估以及社會影響評估的工具。SUN 計畫小組目前正開發各種技術方案與風險管理措施(Technological Alternatives and Risk Management Measures, TARM)清單，並尋找公司來填寫簡短的調查問卷。

TARM 為控制策略的具體作法，以降低奈米物質的危害、逸散與暴露，從而減低人體健康與環境的風險，而調查問卷的目的在收集奈米技術相關公司的資訊，以協助 TARM 清單之開發。此問卷具有 12 道與奈米產品風險管理相關的問題，應由公司內部最熟悉風險管理的員工進行填寫。最後 SUN 將利用問卷調查的結果評估工程奈米物質在供應鏈上的風險，並將評估結果納入永續奈米製程的工具與指引。

資料來源：nanowerk 網頁

<http://kwiksurveys.com/s/4zig422mgx9r0i0501287>

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40334.php>

## ● 歐盟執委會同意的食物接觸物質清單新增三種奈米材料

歐盟於 2015 年 1 月對“與食物接觸的塑膠材料及其製品法規(EU) No 10/2011”作了修訂，同意三種奈米物質的使用，分別為：(1)和二乙烯基苯交聯的丁二烯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯及苯乙烯的奈米共聚物；(2)非和二乙烯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯及苯乙烯交聯的奈米共聚物；(3)和 1,3-丁二醇二甲基交聯的丁二烯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯及苯乙烯的奈米共聚物。依據法規(EU) No 10/2011，若這些物質在未塑化的 PVC 的添加量低於混和最大重量比 10%，且在室溫或低於室溫的情況與食品接觸(包含長期的儲存、單獨使用或混和作為添加劑、微粒粒徑大於 20 nm 及至少 95%數目的微粒粒徑大於 40 nm)，執法單位對該物質不會有安全顧慮。

除此之外，原已核准的高嶺土材料條文已被修正成為“包含厚度小於 100 nm 之奈米微粒，且其添加在乙烯-乙烯醇(Ethylene vinyl alcohol, EVOH)共聚物的重量比應小於 12%”。若滿足上述條件，此材料不會使人體健康受到危害。此法規(EU No 2015/174)已於 2015 年 2 月 26 日生效。

資料來源：奈米技術產業協會網站

<http://www.nanotechia.org/news/news-articles/nanomaterials-added-ec-approved-list-food-contact-materials>

## ● 奈米技術產業協會認為歐盟新穎性食品的法規“無法實行”

歐盟議會於 2015 年 10 月針對“廢止第 258/97 號法案，而以第 2013/045 號新穎性食品法取代”的立法進行投票，此立法條文將改變食物中奈米物質的法定監管方式。奈米技術產業協會(Nanotechnologies Industries Association, NIA)已對即將舉行的投票發布了以下聲明：「在審查歐盟立法更新的“第 2013/045 號新穎性食品法案”草案後，NIA 與奈米技術供應鏈(nanotech

supply chain)已清楚地表示此法案期望的改變是無法實行的。此法案模糊不清、不明確、且與歐洲多年來有效使用的奈米物質法案有所矛盾，它的實行會對中小型企業(small and medium-sized enterprises, SMEs)產生新的且不必要的挑戰。」

歐盟第 2013/045 號新穎性食品法案將食品中奈米物質定義為“由具有一個或多個維度小於 100 nm 或更小的獨立功能單元(discrete functional parts)組成”之物質，NIA 認為此定義方法改變了過去工程奈米物質的定義，且由於“獨立功能單元”的科學根據不足，會增加實務上的複雜性。對可克服此不確定性並繼續使用奈米物質的研發者而言，他們也會面臨另一個問題，即為材料的安全測試“必需使用最先進的技術”，但 NIA 認為“最先進的技術”為定義不清的模糊術語。

此法案要求歐盟委員會修改消費者的食品資訊法規中“工程奈米物質”的定義。歐盟議會聲稱此法案可減少行政負擔，不過 NIA 認為它會產生更多的問題，如在法規尚未完整更新時，製造商對於新、舊奈米物質的法規定義會產生矛盾。NIA 也建議歐洲議會的議員應直接參與歐盟執委會的討論，因執委會目前正與聯合研究中心審查奈米物質定義的提案。

對業者和研發者而言，明確且具有科學基礎的法規定義、以及確定的法規實施時間非常重要，若可清楚得知上述訊息，業者便可儘早對新的法規定義作準備，並確保添加於食品中的奈米物質是安全的。

資料來源：歐盟 nanowerk 網站

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=41418.php>

## ● 歐盟執委會徵求添加於防曬乳與個人噴霧產品中的奈米二氧化鈦的意見

歐盟執委會於 2015 年 7 月從業界收到一份關於二氧化鈦作為防曬乳的抗紫外線材料與噴

霧產品(濃度小於 5.5%)的安全數據,因此在 2015 年 10 月 6 日已正式要求消費者安全科學委員會 (Scientific Committee on Consumer Safety, SCCS) 對此濃度的二氧化鈦重新進行評估並提出意見。

在 2013 年時,SCCS 已對二氧化鈦進行評估,並指出二氧化鈦作為防曬乳的抗紫外線材料且濃度在 25% 以內時,不會對人體造成風險,但 SCCS 認為二氧化鈦不適合用於噴霧產品。SCCS 目前會從奈米技術的工廠收集更多的數據,且利用這些數據重新評估二氧化鈦的安全性與有效性,最後對以下兩個問題提出意見與看法:

1. 奈米二氧化鈦(濃度小於 5.5%)作為防曬乳的抗紫外線材料與使用於噴霧產品是否安全?
2. 是否有任何關於奈米二氧化鈦作為防曬乳的抗紫外線材料與使用於噴霧產品的科學疑慮?

資料來源:SAFENANO 網頁

[http://www.safenano.org/news/news-articles/ec-scientific-committee-on-consumer-safety-to-evaluate-titanium-dioxide-\(nano\)-in-sunscreens-and-personal-care-spray-products/](http://www.safenano.org/news/news-articles/ec-scientific-committee-on-consumer-safety-to-evaluate-titanium-dioxide-(nano)-in-sunscreens-and-personal-care-spray-products/)

#### ● 台灣衛生福利部食品藥物管理署公告奈米醫療器材品質管理系統注意事項

「奈米醫療器材」的定義為含有奈米物質或應用奈米技術製造成的醫療器材。奈米物質的新穎物化特性會改變產品的化學、生物學、磁性、電性或光學等性質,這些特性與一般物質並不相同。因此目前奈米醫療器材的品質、功效、性能、與安全性乃有一些疑慮,且國際間對於奈米醫療器材的風險與效益仍沒有一致的認定標準。衛福部食藥署提供此注意事項給相關奈米製造業者作為品質管理系統的參考。

衛福部食藥署建議奈米醫療器材製造業者,在品質管理系統內應加強檢視產品整體生產流程的設計管制、製程管制、製程確效、檢驗與測試、採購管制、識別與追溯性、人員訓練、製

程與測試設備管制。此外奈米業者在研發與製造奈米醫療產品時,亦應將風險管理(加入奈米材料、使用奈米技術後,產品風險是否改變)與環境危害(如奈米材料廢棄及處置)一併考量。在此文件中,衛福部食藥署列舉了 9 項奈米醫療器材品質管理系統的相關注意事項,如基礎建設及支援、工作環境、產品實現規劃、設計和開發輸入、設計和開發輸出、採購、產品防護、監測和量測裝置之管制與顧客回饋。最後衛福部食藥署建議奈米醫療器材製造業者亦需自行建立產品上市後監管措施,分析不良品與不良事件與產品使用的奈米物質或奈米技術的關聯性,並將分析結果回饋予製造廠內之產品研發、製程管理等單位,以降低奈米醫療器材造成的危害風險。

資料來源:衛福部食品藥物署網頁

<http://www.fda.gov.tw/TC/newsContent.aspx?id=14109&chk=6a9ea207-0cde-41cf-9b7c-b7d0067ca720#.VjrWQbcrJQI>

#### ● 經濟合作暨發展組織的工程奈米物質工作小組發布工程奈米物質暴露風險評估的新指引

經濟合作暨發展組織 (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) 的工程奈米物質工作小組 (Working Party on Manufactured Nanomaterials, WPMN) 發布了三份關於工程奈米物質暴露風險評估的新指引:

1. No. 55 - ENV/JM/MONO(2015)19 — 以調和分級方法 (harmonized tiered approach) 量測與評估作業場所的工程奈米體與其聚集體和聚合體 (engineered nano-objects and their agglomerates and aggregates, NOAA) 的潛在暴露: 此指引的主要在描述一個用於量測及評估作業場所中 NOAA 的調和分級方法,此方法可用於作業場所即時的 NOAA 逸散量測、暴露評估、以及樣品離線分析。此方法可廣泛用於大、中與小型企業,作為職業健康風險管理中的一個步驟。

2. No. 56 - ENV/JM/MONO(2015)20 — 工程奈米物質暴露評估的可行方法與模式的調查結果：此指引總結了工程奈米物質暴露評估的方法與模式的調查結果。調查評估人體與環境暴露工程奈米物質的可行方法與模式的清單。

3. No. 57 - ENV/JM/MONO(2015)30 — 將風險評估整合到奈米技術應用的生命週期評估的指引手冊：本指引旨在將環境衝擊的風險分析知識整合到生命週期評估研究當中，以作為奈米產品在上游(研究與發展)與下游(工業化、使用、再利用與產品壽命終點管理：回收、再造與銷毀)階段的決策工具。而在風險評估與生命週期評估資訊的連結需要性的部分，本指引提出半導體廠的奈米碳管的案例作為說明。

資料來源：OECD 網頁

<http://www.oecd.org/env/ehs/nanosafety/publicationsintheseriesonthesafetyofmanufacturednanomaterials.htm>

## 2 奈米物質對環境、健康與安全的影響

### ● 研究指出水中生物更容易吸收奈米銀微粒

現今含奈米微粒的市售產品已逾 2000 種。在眾多奈米產品的用途當中，製造商於防曬油與紡織品中添加奈米微粒，以提升產品的防曬效果與運動服吸濕排汗的能力。由於奈米銀具有殺菌能力，其中有 462 種產品含奈米銀微粒，奈米銀產品在使用過程中，所含的銀微粒會進入河川與水體中，再被魚類攝食。對於生物體內的奈米銀微粒的生物持久性與對環境的衝擊，現今仍少有研究。

加州大學奈米科技與環境衝擊研究中心 (Center for Environmental Implications of Nanotechnology, CEIN) 的研究指出，相較於粒徑為 110 nm 的奈米銀微粒與硝酸銀溶液，粒徑為 20 nm 的奈米銀微粒更容易進入魚類生物體且具生物持久性 (Osborne et al. 2015)。計畫主持人

為 Nel 教授表示：雖然奈米微粒的危害性至今仍然未知，研究團隊利用斑馬魚驗證奈米微粒是否會被魚類吸收。由於斑馬魚的一些基因片段與人類相似，且魚的胚胎與幼蟲是透明狀態，觀察較為容易，另外斑馬魚可以吸收水中的化學物質，故研究學者常以斑馬魚做研究。

研究人員將斑馬魚置入含有硝酸銀與 2 種不同尺寸的奈米銀微粒(分別為 20 nm 與 110 nm) 的水體中，雖然 2 種奈米微粒的差異小到只有高解析度穿透式電子顯微鏡能辨別，但研究人員仍觀察到 2 種奈米微粒對魚的危害特性存在很大的差異。此研究聚焦在觀察魚鰓與腸道的問題，結果發現 2 種器官對銀的暴露敏感性最高，而魚鰓中 20 nm 的銀微粒的含量比 110 nm 銀微粒含量高，腸道中的劑量卻相差不多。即使將斑馬魚移至乾淨水體中 7 天，2 種奈米銀微粒仍然存在於魚的腸道中。有趣的是 2 種奈米物質雖僅有 90 nm 的微小尺寸差異，卻在斑馬魚的不同器官有相當大的暴露劑量差異。

研究團隊指出，含有銀奈米微粒產品的製造商必需在奈米微粒的效益與潛在汙染間取得平衡。Nel 教授建議未來應持續進行奈米微粒長期的暴露風險研究，以了解奈米銀微粒的潛在風險。

### 參考文獻：

Osborne, O. J., Lin, Sijie., Chang, C. H., Ji, Z., Yu, X., Wang, X., Lin, S., Xia, T., Nel, A. E. (2015). Organ-specific and size-dependent Ag nanoparticle toxicity in gills and intestines of adult zebrafish. *ACS. Nano*, 9:9573–9584.

### ● 奈米氧化鋅與奈米二氧化鈦的結合毒性研究

過去的研究主要以單種類工程奈米物質 (engineered nanomaterials, ENMs) 進行毒性測試，對於多重 ENMs 的交互作用與結合毒性的認知較少。Tong et al. (2015) 的研究藉由監測自然水體(密歇根湖水)中細菌的細胞膜完整度以及

三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)濃度，探討化學性質穩定的奈米二氧化鈦(nano-TiO<sub>2</sub>)與可溶性奈米氧化鋅(nano-ZnO)的單獨及混和的毒性。

nano-TiO<sub>2</sub>以及nano-ZnO在經過模擬太陽光的照射後，皆會對細菌的細胞膜造成損傷，但其光毒性不具有加乘性，如圖 1 所示。舉例來說，1 mg/L的nano-ZnO會消除 10 mg/L的nano-TiO<sub>2</sub>造成的傷害，此現象與活性氧化物(reactive oxygen species, ROS)的產生無關，而是nano-ZnO與溶解的鋅皆會減少細菌與nano-TiO<sub>2</sub>的接觸，但同時水中的Zn<sup>2+</sup>也會吸附到nano-TiO<sub>2</sub>的表面，使nano-ZnO的抑制效應受到影響而有些微的降低。

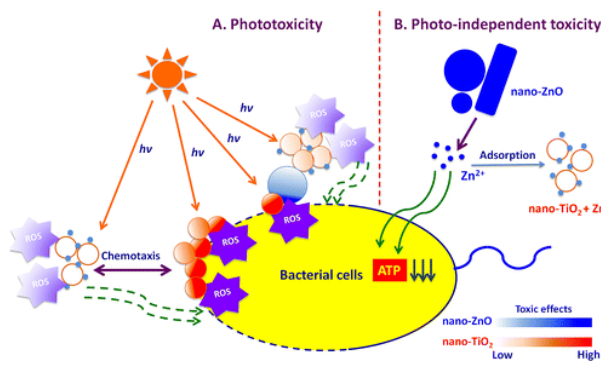


圖 1 nano-TiO<sub>2</sub>與nano-ZnO結合毒性的示意圖

此研究結果顯示奈米微粒的交互作用以及表面錯合反應會改變個別奈米物質原始的毒性，因此環境中 ENMs 的潛在毒性的全面性評估工作，需要針對不同奈米物質與各種生物效應的複雜的物化交互作用作更仔細的研究。

#### 參考文獻：

Tong, T., Wilke, C. W., Wu, J., Chu, T. T. U., Kelly, J. J., Gaillard, J. F., Gray, K. A. (2015). Combined toxicity of nano-ZnO and nano-TiO<sub>2</sub>: from single- to multinanomaterial systems. *Environ. Sci. Technol.*, 49:8113-8123.

### ● 低濃度的長期體外暴露實驗提供了奈米物質毒性評估的新見解

奈米物質(nanomaterials, NMs)具有的新穎物理化學特性，NMs 對於當前技術的多元發展有無限的潛力，但細胞暴露於 NMs 後所產生的影響已引起研究員對毒理學的關注。目前大部分進行中的研究以體外模式為主，這些研究已證實了多種 NMs 引起的生物反應，如增加細胞壓力(cellular stress)、DNA 損傷、促發炎的分分泌物、以及細胞毒性。不完整且矛盾的奈米毒性反應報告已成為無法建立法定可信的暴露限值的最大障礙。Comfort et al. (2014)指出若可將暴露時間延長，則有可能提升奈米微粒體外毒性預測模式的準確性。

為了提供一個更實際的 NMs 評估方式並強調長期 NMs 暴露的影響，此研究團隊研發並測試了一項低於法規劑量的長期體外測試模型，並根據暴露於 50nm 的銀微粒(silver nanoparticles, Ag NPs)的角質化細胞(keratinocytes)的測試結果，指出長期暴露於 Ag-NP 的細胞會較急性暴露的細胞產生更多的細胞壓力。此外長期暴露於 Ag NPs 會改變細胞對表皮生長因子刺激的感知與反應，這項實驗結果表示長期暴露於 Ag NPs 的情況下，細胞機能會有所轉化。長期暴露在 pg/mL 濃度範圍的 Ag NPs 雖然不會誘發細胞的毒性反應，但會增加使活化細胞壓力(activated sustained stress)與訊號反應(signaling responses)，顯示長期暴露在 NMs 的環境中，極有可能造成健康危害。

#### 參考文獻：

Comfort, K. K., Braydich-Stolle, L. K., Maurer, E. I., Hussain, S. M. (2014). Less is more: long-term *in vitro* exposure to low levels of silver nanoparticles provides new insights for nanomaterial evaluation. *ACS Nano*, 8:3260–3271.

## 3 奈米物質的應用

### ● 奈米銀與抗菌物質研究的未來

具生物醫學特性的貴重金屬(如銀和金)已被使用了幾百年,然而這些材料是如何有效地對抗癌症和細菌,而不污染病人和環境?戴爾豪斯大學與加拿大光源(Canadian Light Source, CLS)的研究人員正積極找出這些問題的答案。奈米金和奈米銀都是熱門材料,前者可用於檢測或殺死癌細胞,後者為一個非常有前景的抗菌劑材料。

為釐清奈米銀的原子結構和生物活性之間的關係,以及了解為何它能非常有效的抑制細菌的活性,Padmos et al. (2015)的研究團隊指出:「很難了解在原子層級上發生了什麼。當銀微粒越小,其因表面積的增加預期活性會增加。」然而這帶來了另一個問題,因為奈米銀需要塗層來保持穩定,否則銀微粒將團聚成大的銀微粒,反而不能有效地與細菌相互作用。此研究使用兩種不同的塗層,分別是一種小的氨基酸塗層(Cysteine - Ag NPs)和另一種較大的聚合物塗層(PVP (poly vinyl pyrrolidone) - Ag NPs),藉以比較銀抗菌劑的效力。在測試了奈米銀與細菌之間的相互作用,並使用加拿大光源和先進光子源(Advanced Photon Source, APS)觀察奈米銀的原子結構後,研究人員發現 Cys- Ag NPs 對黃色葡萄球菌(+),大腸桿菌(-),和銅綠假單胞菌(-)的最小抑制濃度(minimum inhibitory concentration, MIC)都顯著高於 PVP- Ag NPs,表示塗層厚且原子間隔較大的 PVP- Ag NPs 能夠為銀提供一種更好的傳遞方式。

Padmos et al. (2015)認為小的氨基酸塗層與銀表面結合太緊密,使銀原子難以與細菌相互作用,而聚合物可固定奈米銀微粒的位置,且持續釋放足夠的銀離子與細菌反應。此研究建議下一步應探討奈米銀微粒是否會攻擊活體中好的細胞,方可判斷奈米銀微粒是否可作為治療人類和動物疾病的高效抗菌劑。

#### 參考文獻:

Padmos, J. D., Boudreau, R. T. M., Weaver, D.F., Zhang, P. (2015). Impact of protecting ligands on surface structure and antibacterial activity of silver

nanoparticles. *Langmuir*, 31:3745-3752.

## ● 巴西 Nanox 公司研發的奈米銀複合材料可延長鮮乳的保存期限

一家位於巴西聖保羅州聖卡洛斯的 Agrindus 農業公司使用了具有殺菌、抑菌、自消毒(self-sterilizing)特性的含銀微米複合材的塑膠包裝瓶,結果發現消毒後的全脂鮮乳(fresh whole milk)的保存期限可從 7 天延長至 15 天。這項技術是由聖保羅州的 Nanox 所研發,並由聖保羅研究基金會(FAPESP)的小型企業創意研究計畫贊助。

此技術核心是將奈米銀微粒塗敷在二氧化矽陶瓷微粒上,奈米銀結合在二氧化矽陶瓷基質上形成具殺菌效用的微米複合材料。銀微粒與二氧化矽陶瓷基質的結合產生了協同效應(synergistic effects),其中奈米銀具有抗菌能力,而二氧化矽增強了銀的抗菌能力並幫助控制銀微粒的釋出。

Nanox 所研發的含銀微米級微粒目前已使在多種產品當中,包含塑膠餐具、包裝食品的 PVC 薄膜、馬桶、鞋墊、吹風機、塗料、樹脂和陶瓷等,以及醫療與牙醫器具的塗敷如夾具、鑽頭與手術刀。Nanox 的執行長 Luiz Pagotto Simões 表示:「我們已知在硬質或軟質的塑膠包裝中使用抑菌及殺菌材料,可改善食物的保存並延長保存期限。所以我們決定在的聚乙烯包裝瓶上進行測試。測試結果顯示,在包裝瓶加入含銀微米複合材料且不混入任何的添加劑於鮮乳時,鮮乳的保存期限即可增長兩倍之多。」摻雜在塑膠內的微米級微粒為惰性微粒,所以不會有微粒脫離包裝並與牛奶接觸的風險。

此材料可使袋裝牛奶產品的有效期限從 4 天增長到 10 天。巴西最熱銷的乳製品為經攝氏 130~150°C 超高溫滅菌(ultra-high temperature, UHT)的保久乳,其在室溫下最長可保存 4 個月。因此 Nanox 計畫將此產品銷售到鮮奶銷售量較巴西大的歐洲及美國地區。Simões 表示全脂牛奶

是在低溫條件下以巴氏殺菌法進行消毒，並需以冷藏保存。若可使全脂牛奶的保存期限增長兩倍，對其運送、儲存、品質與食安會有很大的效益。

資料來源：nanowerk 網頁

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40955.php>

## 4 奈米 EHS 議題的學者專家專訪

### ● 成功大學環境醫學研究所-蔡朋枝教授訪問記實

#### 一、訪問目的

蔡朋枝教授為美國明尼蘇達大學環境與職業衛生學博士，現服務於成功大學工業衛生學科暨環境醫學研究所，其研究領域包含暴露與健康危害風險評估、環境測定儀器之開發與設計、工業安全衛生政策法令政策之研究、以及作業環境工程控制方法之評估與設計。蔡教授曾擔任中華民國職業衛生學會理事長(2005~2008)、奈米國家型科技計畫-奈米碳球危害暴露評估與控制的計畫總主持人(2006~2009)、及任職數個國內及國際期刊之總編輯或編輯委員，對於奈米作業場所的職業安全衛生管理有豐厚的實務經驗。在2012-2014年蔡教授協助勞動部職業安全衛生署制訂危害性化學品暴露評估與分級管理相關規範，在2015年蔡教授與勞動部勞動及職業安全衛生研究所合作，透過資料蒐集、分析既有手冊執行上之困難、了解事業單位實際試行的狀況與召開專家會議等方式編定了「奈米物質安全衛生管理技術手冊」技術指引，提供相關單位擬訂奈米物質安全衛生管理之參考，以落實奈米物質風險等級評估及分級管理，將奈米物質的暴露風險降至最低。本研究團隊希望藉由此次訪問機會，針對奈米物質在安全衛生管理技術上的最新發展資訊與蔡教授進行交流。

#### 二、採訪方式

面訪

#### 三、採訪時間

2015年10月01日

#### 四、採訪問題

##### 1. 請教授與讀者分享貴團隊近年來在推動奈米物質的暴露評估、控制與分級管理制度的重要成果及其影響？

就我國職業安全衛生法制而言，在民國102年新職業安全衛生法公布前，有關奈米物質之暴露危害評估控制與分級管理方面並未有確切的法源依據。但基於預警原則(precautionary principle)，勞動部勞動及職業安全衛生研究所(以下簡稱勞安所)仍於民國98年公告「奈米技術實驗室奈米物質暴露控制手冊」建議奈米技術實驗室依其現況積極選擇降低風險之安全衛生之方案，並採取適當的預警措施，以避免不可復原的災難產生。民國100年至102年間本人與中國醫藥大學楊禮豪教授合作，協助勞安所將前述控制手冊推廣至各奈米技術實驗室中、擬訂作業場所暴露評估方法、及赴現場協助完成奈米物質暴露評估工作。期間亦舉辦至少五場論壇或說明會推廣奈米物質暴露危害控制與管理技術。

民國102年勞動部公告職業安全衛生法，因此確立了奈米物質暴露健康危害風險評估、分級管理與控制之法源。本人乃與楊禮豪教授協助勞安所完成「因應職業安全衛生法奈米物質安全衛生管理措施探討」計畫，及制訂「奈米物質安全衛生管理技術手冊」。其中有關風險評估、分級管理與控制部分，主要引用ISO/TS 12901-1:2012(E)與ISO/TS 12901-2:2014(E)兩個技術手冊，擬訂控制分級(control banding)策略，其內容包括資訊收集、危害分級、暴露分級、控制分級、效能評估及持續改進等。另亦針對新職安法內容，擬訂奈米物質之安全衛生管理規章、通識教育、暴露評估、安全衛生工作手則等規範，以供事業單位參考。前述手冊除可協助事業單位依法辦理奈米安全衛生管理相關事項外，也有助於其降低奈米物質暴露及保障作業人員之安全與健康。

**2. 請問以教授在奈米物質安全衛生管理領域的豐富經驗，您對於國際間奈米物質管理議題的發展趨勢有何看法？**

在奈米物質安全衛生管理方面，世界上已有許多組織團體或政府機構(如ISO, OECD Environmental, Health and Safety Publications, HSE, BAuA, European Agency for Safety and Health at Work, OSHA及NIOSH等)均訂出相關之指引或標準。以ISO而言，其制訂之技術規範主要區分為以下四個範疇：(1)物質特徵與毒性測試；(2)暴露與風險評估；(3)風險分級管理；(4)危害通識。以上四個範疇均以能應用(applicable)於作業環境為主要導向，極適合我國從事奈米物質安全衛生管理時參考。又縱觀我國安全衛生法制現況，亦與前述概念吻合，更顯示其內容值得引進國內事業單位。唯就科學新技術方面，有關暴露評估技術、容許環境標準制訂、個人奈米採樣技術研發、生物偵測技術與標準制訂、工程控制技術等，國內雖部分已有著墨，但仍有許多值得進一步努力的空間。

**3. 對於協助台灣奈米技術產業進行職場安全衛生管理的相關研究及政策，蔡教授有何建議？**

我國職業安全衛生法公布之奈米物質安全衛生管理相關要點均屬於最低的基本要求。唯有鑒於各先進單位、組織、或研究團體對奈米物質危害認知評估與控制等技術日新月異，如何有效引進台灣，協助業界做好安全衛生工作，亦為現今政府相關機構工作重點之一。另有關奈米物質暴露推估模式、流行病學、奈米毒理學、個人採樣技術、及工程控制技術等開發亦為政府相關主管機關及研究機關應大力推展之工作，以落實及提升本土奈米安全衛生管理技術水準。

就奈米事業單位而言，將奈米安全衛生管理措施有效融入既有安全衛生管理系統，應為其首要之工作。奈米物質危害分級管理之相關規定應落實至作業現場，以達到風險分級、分級管理、有效控制、及持續改善之目標，事業單位亦宜儘早施行。最後有關作業環境監測、長期暴露

風險評估、健康檢查及管理等方面，事業單位亦宜留意新技術之引進及採用，以確保奈米作業人員之安全與健康。

**4. 最後，是否可以請教授對於年輕學者投入奈米技術的職業安全衛生研究說幾句話？**

奈米物質安全衛生技術與管理具多元及跨領域之特質。年輕學者除就其專長(如採樣技術、暴露評估、奈米毒理、流行病學或工程控制等)尋求技術突破與領先外，亦宜加強跨領域合作，以整體解決(total solution)之概念從事完整及具體之研究，以提升研究之深度、廣度及實際應用價值。

**5 活動訊息**

● **nano tech 2016 - The 15th International Nanotechnology Exhibition & Conference**

活動時間：2016/01/27-29

會議地點：Tokyo, JAPAN

主辦單位：Secretariat of nano tech executive committee c/o ICS Convention Design, Inc.

E-mail：[nanotech@ics-inc.co.jp](mailto:nanotech@ics-inc.co.jp)

網址：

<http://www.nanotechexpo.jp/index.html>

● **2016 職業衛生研討會暨第七屆海峽兩岸職業衛生交流會**

活動時間：2016/03/02-04

會議地點：中華醫事科技大學 (71703 台南市仁德區文華一街 89 號)

主辦單位：臺灣職業衛生學會/北京大學

E-mail：[2016ohc@gmail.com](mailto:2016ohc@gmail.com)

網址：

<http://www.2016ohc.com/>

更多活動訊息請參閱環境奈米科技知識平台：

[http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F\\_Events Inde](http://ehs.epa.gov.tw/Conference/F_Events_Index)




附錄六 104年環境奈米科技論壇問卷調查

● 問卷調查(共兩頁)

104年環境奈米科技論壇

論壇調查問卷

<p>各位貴賓，您好：</p> <p>非常感謝您參與本次「104年環境奈米科技論壇」，希望此次論壇能讓您有豐富之收穫。為使未來論壇的內容規劃及服務品質更加完善，請您依本次參與的感受，提供寶貴的意見與建議。</p> <p style="text-align: right;">環保署永續發展室·交通大學環工所</p>	
項目	內容
背景資料	服務機構類別 <input type="checkbox"/> 學術單位 <input type="checkbox"/> 產業界 <input type="checkbox"/> 公務機關 <input type="checkbox"/> 一般民眾
	如何得知論壇參加資訊 <input type="checkbox"/> Email <input type="checkbox"/> 公文 <input type="checkbox"/> 環保署內部訊息 <input type="checkbox"/> 環保奈米科技知識平台網站訊息 <input type="checkbox"/> 奈米展攤位 <input type="checkbox"/> 朋友告知 <input type="checkbox"/> 其他_____
	參加論壇的動機（可複選） <input type="checkbox"/> 取得認證時數 <input type="checkbox"/> 自我學習成長 <input type="checkbox"/> 被指派參加 <input type="checkbox"/> 與業務相關 <input type="checkbox"/> 被議題或論文名稱吸引 <input type="checkbox"/> 期望與各界菁英進行交流 <input type="checkbox"/> 其他_____
	過去是否曾參加過本論壇 <input type="checkbox"/> 是(____次) <input type="checkbox"/> 否
	整體論壇議題深淺度 <input type="checkbox"/> 非常恰當 <input type="checkbox"/> 恰當 <input type="checkbox"/> 沒意見 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 艱澀難懂(如：_____)
論文內容	專家座談安排 <input type="checkbox"/> 非常滿意 <input type="checkbox"/> 滿意 <input type="checkbox"/> 沒意見 <input type="checkbox"/> 不滿意 <input type="checkbox"/> 非常不滿意
	論文進行的方式 <input type="checkbox"/> 非常滿意 <input type="checkbox"/> 滿意 <input type="checkbox"/> 沒意見 <input type="checkbox"/> 不滿意 <input type="checkbox"/> 非常不滿意
	演講時間上的安排 <input type="checkbox"/> 過長 <input type="checkbox"/> 適中 <input type="checkbox"/> 過短 <input type="checkbox"/> 沒意見 (建議_____)
	主講人演說清楚且易於了解 <input type="checkbox"/> 非常滿意 <input type="checkbox"/> 滿意 <input type="checkbox"/> 沒意見 <input type="checkbox"/> 不滿意 <input type="checkbox"/> 非常不滿意
行政服務	論壇整體的安排情況(包括：會議場地設備、午餐安排、服務人員態度...等) <input type="checkbox"/> 非常滿意 <input type="checkbox"/> 滿意 <input type="checkbox"/> 沒意見 <input type="checkbox"/> 不滿意(_____) <input type="checkbox"/> 非常不滿意(_____)
	QR Code 可連結至平台網頁是否讓您感到便利  ←QR Code <input type="checkbox"/> 非常同意 <input type="checkbox"/> 同意 <input type="checkbox"/> 沒意見 <input type="checkbox"/> 不同意 <input type="checkbox"/> 非常不同意
實際成效	您認為論壇內容對於您的學習是否有助益(包含：提昇專業能力、解決工作問題...等) <input type="checkbox"/> 很有效益 <input type="checkbox"/> 有些效益 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 沒效益
意願	<input type="checkbox"/> 我不願意 <input type="checkbox"/> 願意 收到明年論壇的相關資訊 <input type="checkbox"/> 我不願意 <input type="checkbox"/> 願意 收到電子報 E-mail：_____
<p>針對本次論壇議題內容，您的寶貴建議或意見：</p>	

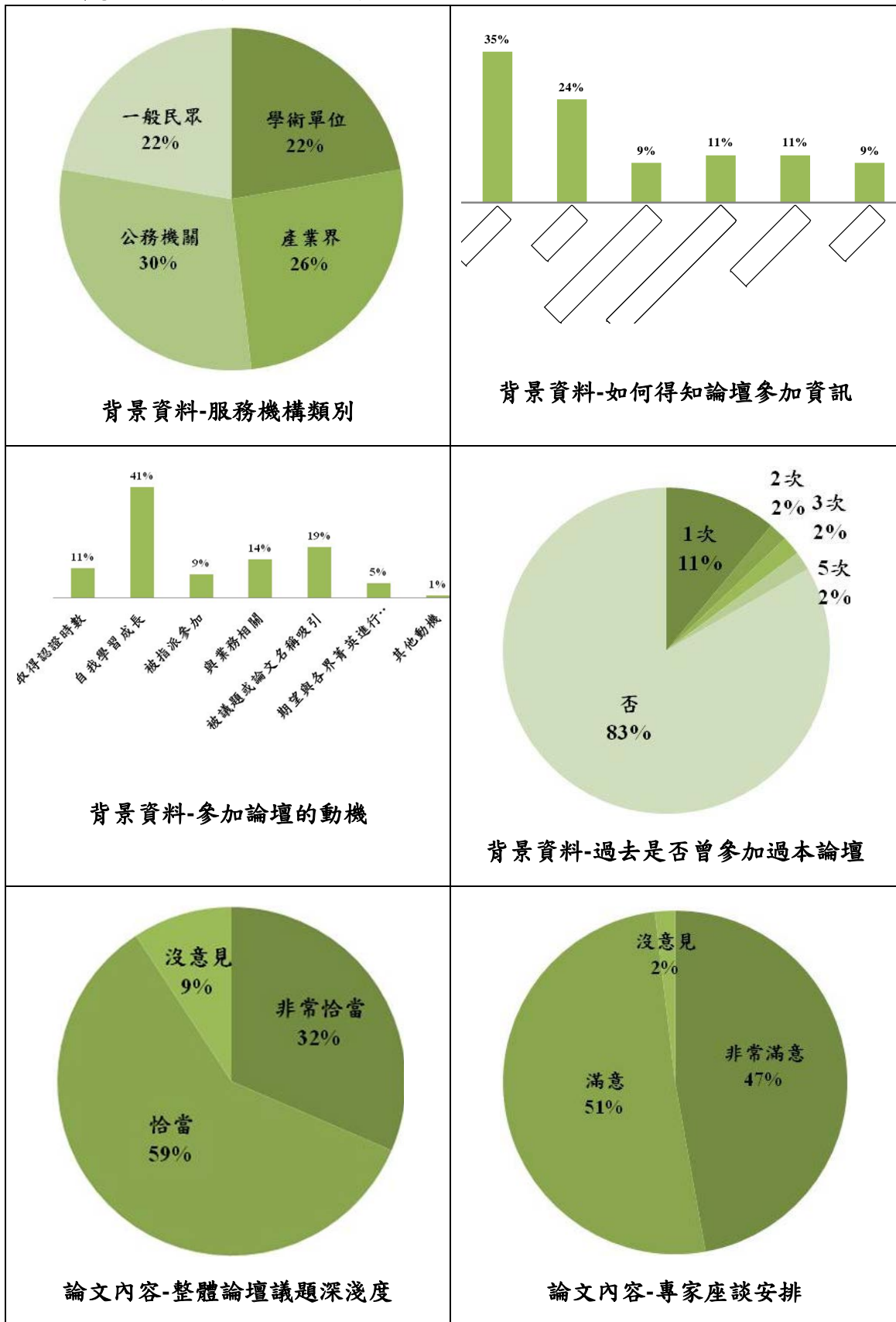
(請續填背面)

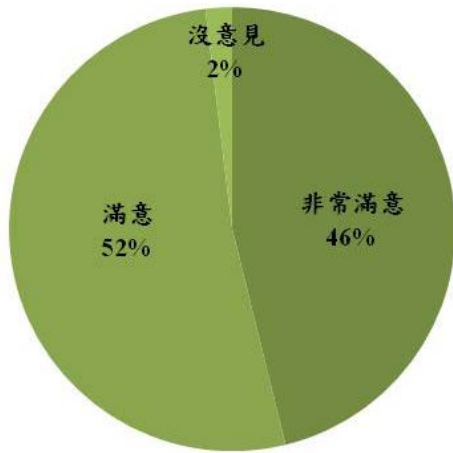
除了本次論壇的議題外，您還想瞭解哪些議題內容：

～問卷到此為止，感謝您撥冗填寫，請將填妥之問卷交還給工作人員～

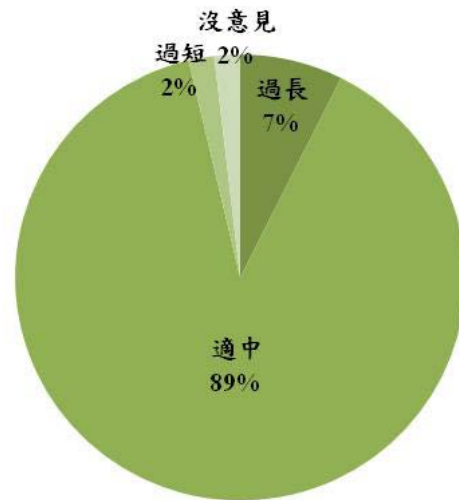
～非常感謝～

● 問卷調查結果(共回收 54 份)

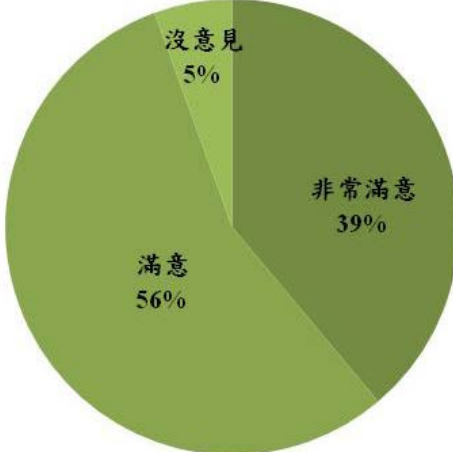




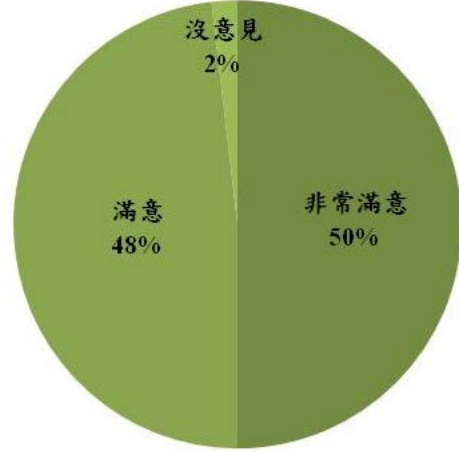
論文內容-論文進行的方式



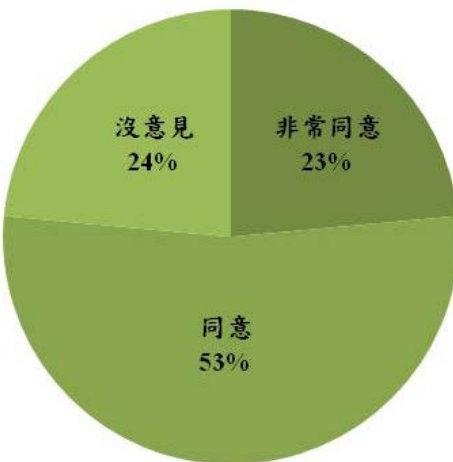
論文內容-演講時間上的安排



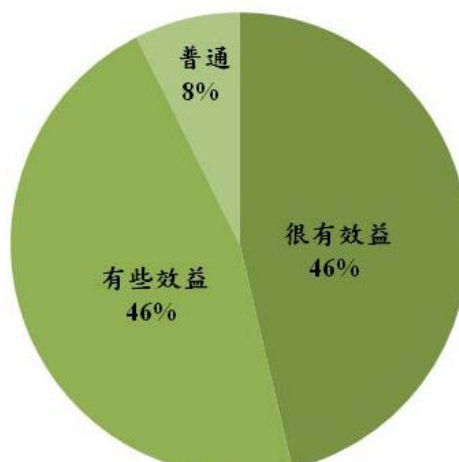
論文內容-主將人演說清楚且易於了解



行政服務-論壇整體的安排情況



行政服務-QR Code 是否讓您感到便利



實際成效-您認為論壇內容是否有助益

## 附錄七 馬振基教授與蔡朋枝教授之專訪英文稿

### ● 清華大學化學工程研究所-馬振基教授訪問稿

#### 1. Purpose of interview



Professor Ma received his Ph.D. from the Department of Chemical Engineering, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA in 1978. He worked for Monsanto Co. (1977–1979), Lord Corp. (1979–1980), and Phillips Petroleum Co. (1980–1984). Since 1984, he served in the Department of Chemical Engineering of the National Tsing Hua University (NTHU), Taiwan as well as a principal investigator of the Nanocomposite Material Laboratory at NTHU. Now he is a Distinguished Chair Professor of NTHU and National Chair Professor. In the past decades, he has conducted the basic research on the

nanomaterials and high-performance polymer composite materials as well as the modification, preparation and characterization of nanocomposite materials. In the past several years, he has also devoted his efforts to the composite bipolar plates for fuel cell, working electrode for dye-sensitized solar cell, and composite materials for wind turbine blade with several patents transferred to industry. Because of great contributions to basic research and promotion of aerospace, electronics, semiconductor, optoelectronics, energy, and environmental application of polymer, he received many awards including Distinguished Achievement in Science and Technology Award of the Executive Yuan, Distinguished Research Awards of the National Science Council, 1st National Invention Award, National Defense Research Award, Academic-Industry Cooperation Award of the Ministry of Education, Industrial Economic Contribution Award of the Ministry of Economic Affairs, TECO Award, Academy Award in Engineering of the Ministry of Education, Outstanding Achievement Award of the International Society of Plastics Engineers, Distinguished Professor of NTHU, Distinguished Chair Professor of NTHU, and 17th National Chair Professor of the Ministry of Education. He has published more than 300 international journal papers, 200 international conference papers, and 15 books. He was also granted more than 130 international and domestic patents some of which have been transferred to industry. In his career, Professor Ma has devoted all his efforts to polymer and nanomaterial technology with outstanding performance in academic research, talent cultivation, consultation service to industry and government, and international collaboration. This interview is aimed at understanding the advances of applications of nanotechnology in environment and energy, and exchanging ideas with him.

#### 2. Interview method

In-person interview.

#### 3. Interview date

May 29, 2015.

#### 4. Content of the interview

**(1) Please share with the readers the important achievements and the impacts of your research team in the applications of polymer/nanocomposite materials in**

**environment and energy.**

My research team has devoted our efforts to the development of polymer/nanocomposite materials, energy technology, and cultivation of science and technology talent. In the past several years, processing of polymer composite for carbon nanotubes (CNTs) and graphene, bipolar plates for fuel cell, thin film, solar cell, and composite materials for wind turbine blade and components were the focal research subjects. The important achievements are: (1) Preparation of graphene oxide and polyimide with high-performance mechanical properties and light weight by in situ polymerization, which can be applied in aerospace, car, and optoelectronics industries; (2) Preparation of conductive polymer composite with light weight, flexibility, and electromagnetic interference shielding by using graphene sheet (GS) as packing materials; (3) Preparation of a-MnOx-GS-CNTs electrode for supercapacitors by anodic deposition: the specific capacitance of electrode can achieve as high as 535 F/g at the low scan rate of 5 mV/s using cyclic voltammetry. The energy density can also achieve as high as 46.2 Wh/kg at the power density of 33.2 kW/kg, which shows that the electrode has an excellent performance for energy and power densities; (4) Preparation of CNT-Graphene nanocomposite (10 wt%: 90 wt%) for the catalytic application in the methanol fuel cell: the nanocomposite can effectively enhance the dispersity of catalyst and the porosity of catalyst layer as well as the catalytic activity and tolerance of methanol; (5) Preparation of graphene nanocomposite for medicine/genetic support and biosensor, which has been successfully used in some biomedical researches. These results have been published in the journals of Biomaterials and Advanced Materials. In my view, applications of nanotechnology have a great potential in material and energy studies. I hope that achievements obtained from my laboratory will contribute to domestic emerging nanotechnology.

**(2) As an experience investigator of the Nanocomposite Material Laboratory, what are your suggestions on the promotion of industry-academia interaction in nanotechnology to add values to the achievements of research and development in Taiwan?**

I have worked on research and development in the fields of plastics, rubber, and composite for a long time with more than 130 patents from Taiwan, USA, UK, Germany, Japan, etc. Some patents have been transferred to more than 10 companies. In the past several years, CNTs-based polymer composite, techniques of energy and environmental materials, and preparation of bipolar plates for fuel cell were the focal research subjects. Related patents have been transferred to several companies. I interacted with industry very frequently. Through workshops, exhibitions and invited speeches and publishing papers, we have drawn attention from industry on the applications of nanotechnology in materials and energy.

So far, more than 200 companies received my assistance through the industry-academia collaboration projects sponsored by the Ministry of Science and Technology, the Department of Industrial Technology and the Industrial Development Bureau of the Ministry of Economic Affairs (MOEA). I am still providing assistance to plastics, rubber, polymer nanocomposite, semiconductor, and optoelectronics industries. Since 1986, the number of professionals trained by the talent cultivation projects sponsored by the MOEA is more than 5,000. These projects contribute to industry-academia collaboration of nanotechnology and polymer materials. In my view, academia should provide assistance to the development of product application to

nanotechnology-related industries in Taiwan with open and optimistic attitudes. We hope that these unique techniques could be kept in Taiwan to increase the competitiveness of domestic products in the international market.

**(3) What are the recent international advances and trend in the development of nanotechnology applications based on your research experience in the area of nanomaterials? How to catch up with these advances in Taiwan?**

Nanotechnology is widely used in the world in recent years. For example, the Nano Tech 2015, the biggest international nanotechnology conference and exhibition, was held in January, 2015 in Tokyo, Japan. This conference brought together over 400 academic and research institutes, government sectors, and industries from over 30 countries to share the latest achievements in research, development, and applications in 50 platform sessions. Germany, Japan, USA, France, Italy, Korea, and China have their own pavilions for exhibition and business matching meeting. The Bridging Project for National Program on Nanotechnology in Taiwan exhibited the domestic latest development of nanotechnology and promoted policy and related products in the Taiwan pavilion.

In the Nano Tech 2015, I found that lots of resources have been invested by the developed countries around the world for the applications of nanotechnology in material, environment, energy, medical, semiconductor, optoelectronic, and household industries. For example, breakthrough achievements were made in nanocomposite films, materials and processing for enhancing the surface functionalization, applications of new era materials by incorporating the sol-gel processing with nanotechnology, and electronic materials and nanomaterials for saving and transferring energy in recent years in Germany. In addition to breakthrough achievements in dispersing techniques for nanomaterials, surface modification, nano carbon (e.g. C60, CNTs, and graphene) applications and coating of new era functionalized graphene and the development of renew energy and energy saving system, huge resources has also been invested in Life Nano Technology by Japan, such as nanomedicine, medical device, biosensor, and bacterial sensor. Theses latest nanotechnology and related achievements and products are worth to be adopted as future directions and objectives for the industry, government, and academia in Taiwan.

For the exhibition in Nano Tech 2015, there were 567 exhibitors and around 50,000 attendees in three days. The most impressive booth that I visited was the New Energy and Industrial Technology Development Origination (NEDO), Japan who exhibited breakthrough achievements on nanomaterials and polymer/nanocomposite materials, such as critical metals, nano carbon, printed electronics, transparent conductive film prepared by CNT and graphene, high-strength polymeric composite prepared by CNT and carbon fiber, electromagnetic wave absorption materials, and high electron mobility semiconductor. I recommend that people from industry, government, and academia in Taiwan take open international perspective, attend the international nanotechnology conferences and exhibitions, and pay attention to international progress and advances on the applications of nanotechnology to find out our own competitiveness and widen the vision in the future.

**(4) Prof. Ma, could you please give few words to our young researchers who are devoted to applications of nanotechnology?**

In addition to personal research work, young researchers should pay more attention to international reports on nanotechnology, advances of related industries, and the latest

trend of global research institutes, such as NEDO, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), and Micro Electronic Mechanical System (MEMS) in Japan, Fraunhofer in Germany, and National Science Foundation (NSF) in US. In my view, an engineer should not be confined to fundamental researches only. Young researchers should remain very interested in the problems emerged around the world and think how to solve them. In addition, young researchers should also understand clearly the development trend of nanotechnology and move forward to promote human welfare. Finally, considering the needs for application in various areas and the development of products and techniques, we have to find out the future research directions of nanotechnology including the applications in energy, environment, biomedicine, and materials. The existing instruments and equipments related to nanotechnology are not well-developed in Taiwan. Therefore, there is a great potential in the development of these instruments and equipments. I encourage young researchers to attend nanotechnology-related conferences actively, publish conference papers, and interact with international experts as well as attending the exhibitions for instruments, equipments, and products of nanotechnology. Young researchers could broaden their views and obtain some research ideas and opportunities. I believe that research achievement obtained by hardworking could not only improve human life but also bring self-satisfaction. Those who sow with tears will reap with songs of joy.



● 成功大學環境醫學研究所-蔡朋枝教授訪問稿

**1. Purpose of interview**



Professor Tsai received his Ph.D. in Environmental Science and Industrial Hygiene from the University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA. Now he is Distinguished Professor of the Department of Environmental and Occupational Health Medical College of the National Cheng Kung University. His fields of expertise include risk assessment on exposure and health hazards, development and design of environmental measurement instruments, industrial safety and health management policy, and evaluation and design of engineering control approaches for the workplace

environment. He served as President of Taiwan Occupational Health Association (2005–2008), the principal investigator of the project on exposure assessment and hazard control for carbon nanocapsule working environment of the National Program on Nanotechnology (2006–2009), and editor-in-chief or editor of several domestic and international journals. He also has practical experiences in the field of occupational safety and health management for the workplaces handling nanomaterials. During 2012–2014, Professor Tsai assisted the Occupational Safety and Health Administration, the Ministry of Labor (MOL) in formulating the guidelines for exposure assessment for hazardous chemical substances and control banding approaches. In 2015, he also collaborated with the Institute of Labor, Occupational Safety and Health (ILOSH), MOL to compile a technical guidance for safety and health management of nanomaterials through data collection, analysis problems of the existing manual, surveying the opinions from the industries, and holding expert meetings. The guidance can provide useful information on safety and health management of nanomaterials for nanotechnology industry to implement risk assessment and control banding of nanomaterials for reducing risks of exposure to nanomaterials to as low as possible. This interview is aimed at understanding the advances of safety and health management techniques for nanomaterials and exchanging ideas with him.

**2. Interview method**

In-person interview.

**3. Interview date**

October 1, 2015.

**4. Content of the interview**

**(1) Please share with the readers the important achievements and the impacts of your research team in the promotion of exposure assessment, control, and control banding of handling nanomaterials.**

In Taiwan, there was no regulatory scheme for exposure hazard assessment, control, and control banding for nanomaterials in the aspects of occupational safety and health, before the Occupational Safety and Health Act was promulgated in 2013. However, to implement the precautionary principle as a basis for safety and health policy, in 2009 the ILOSH published the best practice for handling nanomaterials in nanotechnology research laboratories which suggests that nanotechnology laboratories should take

precautionary measures to reduce risks and avoid irreversible disaster. During 2011–2013, I collaborated with Prof. Li-Hao Yang from the China Medical University to execute the projects sponsored by the ILOSH to promote the best practice in nanotechnology laboratories, formulate the approaches for exposure assessment in the workplaces, and conduct on-site exposure assessment of nanomaterials. During this period, we held at least 5 workshops or meetings to promote the approaches for hazard control and health management due to exposure to nanomaterials.

As the Occupational Safety and Health Act was promulgated by the MOL in 2013, the regulatory scheme for health risk assessment, control, and control banding due to exposure to nanomaterials was therefore established. Professor Yang and I executed a project entitled "Investigation on the safety and health management measures for nanomaterials in response to the Occupational Safety and Health Act" sponsored by the ILOSH, and compiled a technical guidance for safety and health management of nanomaterials. In the guidance, the chapters related to health risk assessment, control banding, and control of risk mainly cited two technical guidelines, ISO/TS 12901-1:2012(E) and ISO/TS 12901-2:2014(E), to formulate control banding strategies, including information collection, hazard banding, exposure banding, hierarchy of control, evaluation of the effectiveness of control, and continual improvement. Guidance for safety and health management, general knowledge training, exposure assessment, safety and health at work for manufacturing and handling nanomaterials was also formulated for nanotechnology industry. This guidance assists nanotechnology industry not only in conducting safety and health management measures, but also in reducing the levels of exposure to nanomaterials and protecting safety and health of workers.

**(2) What are the recent international advances and trend in safety and health management of nanomaterials based on your research experience in this field?**

Efforts are underway globally to develop standards or guidelines involving safety and health management of nanomaterials by international organizations or government bodies, including the International Organization for Standardization (ISO), the Environment, Health and Safety Publications of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Health and Safety Executive (HSE), Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA), European Agency for Safety and Health at Work, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), and National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). For example, the ISO technical guidelines are mainly divided into the following four categories: (1) material characterization and toxicity testing; (2) exposure and risk assessment; (3) risk banding; (4) hazard identification. The above four categories, which are applicable for workplace scenarios, are very suitable to be used as references for conducting safety and management of nanomaterials in Taiwan. These ISO guidelines are worth to be introduced to domestic nanotechnology industry, because the concept is consistent with the regulatory framework of domestic safety and health regulations. However, more researches are needed in Taiwan in the evaluation of exposure hazard, setting permissible exposure limits (PELs), personal nanoparticle sampling, bio-detection, setting standards, and engineering control.

**(3) What are your suggestions for future researches and policy in the management of occupational safety and health for nanotechnology industry in Taiwan?**

The articles in the safety and health management of nanomaterials in the Occupational Safety and Health Act list the minimum requirements to regulate nanomaterials. The government authorities and research institutes should understand the importance on hazard identification and evaluation of nanomaterials. The techniques of engineering control are also ever-changing. How to introduce these techniques to Taiwan and assist nanotechnology industry in conducting safety and health management work is also the focus of work for government authorities. In addition, it is suggested that prediction model for exposure to nanomaterials, epidemiology, nanotoxicology, and techniques for personal sampling and engineering control should be developed by government authorities and research institutes to enhance the domestic capability for safety and health management of nanomaterials.

Integrating safety and health management measures for nanomaterials with the existing safety and health management system effectively should be the first priority for nanotechnology industry. The rules related to hazard banding for nanomaterials should be implemented in the workplaces to attain the objectives for risk banding, control banding, effective control, and continual improvement. Nanotechnology industry should also implement hazard banding as soon as possible. Finally, it is suggested that nanotechnology industry should pay attention to the development of techniques in environmental monitoring in the workplaces, long-term exposure risk assessment, medical surveillance and management, and further introduce and adopt these new techniques to protect safety and health of workers handling nanomaterials.

**(4) Prof. Tsai, could you please give few words to our young researchers who are devoted to researches on nanotechnology occupational safety and health?**

Safety and health technique and management of nanomaterials is a comprehensive and interdisciplinary research field. I recommend that young researchers use your own expertise, such as sampling technique, exposure assessment, nanotoxicology, epidemiology, and engineering control to develop breakthrough techniques. To cooperate with interdisciplinary scholars with total solution concept is also important to the practical applications.

#### 附錄八 實驗室的奈米銀微粒參考物質的製備(ISO/TS 16550 2014)

AgNP 膠體的製備需在溫度接近沸點( $97 \pm 0.5^\circ\text{C}$ )的情況下，以逐滴方式添加檸檬酸鈉(3-sodium citrate solution)還原含 0.1% 聚乙烯醇作為界面活性劑的硝酸銀 ( $10 \times 10^{-3}$  M) 溶液，在 20 分鐘後即可獲得黃灰色的懸浮液。研究人員可以使用 UV-Vis 與 TEM 評估 AgNPs 的光學特性與形貌。AgNPs 的粒徑大小應使用 632.8 nm 的氦氖雷射光(HeNe-laser)的 DLS 進行測量。結果產生的 AgNPs 需以 16000 轉離心及超純水清洗進行純化。

AgNPs 粒徑分布介於 16-19 nm，樣品與參考品的進一步的物化資訊可參閱 ISO/TS 12805 與 ISO/TR 13014。AgNP 參考物被作為校正品的前後，都需要進行參考物的原液的 DLS 與 UV/Vis 物理量測。這些量測的統計比對結果可證實參考品原液在整個處理時間的穩定度。這些量測的數值應保存記錄並且用於設置驗證操作規範，以確保在奈米微粒參考物質符合這些規格。實驗室製備的 AgNP 參考品應在製備的 24 小時後丟棄。

註 1 實驗室製備的參考物質為球形的奈米微粒膠體。

註 2 參考奈米微粒：指參考的奈米銀微粒，將於 ISO 標準指引中介紹。

註 3 作業奈米微粒：指須要分析的奈米微粒樣品。

**附錄九 奈米銀微粒懸浮液的製備(ISO/TS 16550 2014)**

奈米銀微粒粉應懸浮於含去離子水(deionized water)的培養基(base media)(如附錄表)，以促使奈米銀微粒與細菌的交互作用。超音波清洗機(350 W)可用於提升懸浮液的均勻度。在此之後，製備出的液體應添加 25 ml 的細菌懸浮液與合成出的 AgNPs。在整個程序中，奈米銀物質的使用時限僅為其懸浮液製備的 24 小時之內。

附錄表處理條件(每個樣品各三重覆)

No. sample	1	2	3	4	5
奈米銀微粒 (mg)	0	0.005	0.025	0.05	0.125
懸浮液用去離子水 (ml)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
培養液(1X, ml)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

附錄十 知識平台系統維護需求申請單與工作紀錄

● 申請單

2015年07月14日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年7月14日 15時00分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年7月14日 時 分
申請單位： 永續發展室	承辦人分機： 2208	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
進入人員名單： 公司名稱：交大 姓名：郭啟沐 電話：0917219006	公司名稱： 姓名： 電話：	攜入設備： <input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦 <input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟 <input type="checkbox"/>	
<b>申請需求：</b> 一、主機名稱：TC-IVV7 二、系統名稱：環境奈米科技知識平台 三、作業說明： <input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表) <input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核 <input type="checkbox"/> 其他 四、臨時卡(進出機房及終端作業區) <input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡,卡號			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一-週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

表單編號:103-0001 (發印日期:102年9月4日)

2015年08月27日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年8月27日 10時00分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年8月27日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：	公司名稱：交大		機房設備：
姓名：郭啟沐	姓名：	公司名稱：	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦
電話：0917219006	電話：		<input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟
<b>申請需求：</b> 一、主機名稱：TC-IVY7 二、系統名稱：環境奈米科技知識平台 三、作業說明： <input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表) <input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核   <input type="checkbox"/> 其他 四、臨時卡(進出機房及終端作業區) <input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡, 卡號			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一-週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

表單編號:103-0001 (修訂日期:102年9月4日)

2015年09月04日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年9月4日 11時00分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年9月4日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：		攜入設備：	
公司名稱：交大	公司名稱：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦	
姓名：郭啟沐	姓名：_____	<input type="checkbox"/> 隨身碟	
電話：0917219006	電話：_____	<input type="checkbox"/> _____	
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：TC-IVY7			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他_____			
四、臨時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡,卡號_____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一~週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

版本編號:103-0001 (發印日期:102年9月4日)



2014年09月10日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	103年9月10日 9時00分	實際進入時間 (機房人員填寫)	103年9月10日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：		機入設備：	
公司名稱：交大	公司名稱：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦	
姓名：李佩如	姓名：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟	
電話：0917219006	電話：_____	<input type="checkbox"/> _____	
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：TC-IVY7			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他_____			
四、臨時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡,卡號_____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	
<p>注意事項：</p> <p>一、服務時間為週一~週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。</p> <p>二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。</p> <p>三、電腦機房全區禁止飲食。</p> <p>四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。</p> <p>五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。</p>			
表單編號:LO3-0001 (發佈日期:102年9月4日)			

2015年09月15日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年9月15日 13時30分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年9月15日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：	公司名稱：交大		機入設備：
姓名：郭啟沐	姓名：		<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦
電話：0917219006	電話：		<input type="checkbox"/> 隨身碟
<b>申請需求：</b> 一、主機名稱：share04 二、系統名稱：環境奈米科技知識平台 三、作業說明： <input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表) <input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核 <input type="checkbox"/> 其他 四、臨時卡(進出機房及終端作業區) <input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡, 卡號			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一-週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

表單編號:103-0001 (發佈日期:102年9月4日)

2015年09月17日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年9月17日 9時30分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年9月17日 時 分
申請單位:	承辦人分機:	承辦人(簽章):	單位主管(簽章):
永續發展室	2208		
進入人員名單:		攜入設備:	
公司名稱: 交大	公司名稱: _____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦	
姓名: 郭啟沐	姓名: _____	<input type="checkbox"/> 隨身碟	
電話: 0917219006	電話: _____	<input type="checkbox"/> _____	
<b>申請需求:</b>			
一、主機名稱: A0-SHARE04			
二、系統名稱: 環境奈米科技知識平台			
三、作業說明:			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他 _____			
四、臨時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡,卡號 _____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項:

- 一、服務時間為週一-週五(9:00-12:00及13:30-18:00),如須於非服務時間進入,請於一個工作天前將申請單送至監資處,俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機,請洽電腦機房值班人員,其餘主機,請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前,務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室,務請於「當日18:00」前歸還。

永年編號:103-0001 (發佈日期:102年9月4日)

2015年09月29日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年9月29日 14時30分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年9月29日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：		携入設備：	
公司名稱：交大	公司名稱：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦	
姓名：郭啟沐	姓名：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟	
電話：0917219006	電話：_____	<input type="checkbox"/> _____	
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：A0-SHARE04			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他_____			
四、臨時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡,卡號_____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一~週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

永研機統103-0001 (發印日期: 102年9月4日)

2015年10月06日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年10月06日 14時30分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年10月06日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：			攜入設備：
公司名稱：交大	公司名稱：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦 <input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟 <input type="checkbox"/> _____	
姓名：郭啟沐	姓名：_____		
電話：0917219006	電話：_____		
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：A0-SHARE04			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表) <input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核 <input type="checkbox"/> 其他 _____			
四、臨時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡, 卡號 _____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一~週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

表單編號:103-0001 (修訂日期:102年9月4日)

2015年10月12日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年10月12日 9時30分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年10月12日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：	公司名稱：交大		機入設備：
姓名：郭啟沐	姓名：	電話：0917219006	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦
			<input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟
			<input type="checkbox"/>
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：A0-SHARE04			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他			
四、臨時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡,卡號			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一-週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

版本編號:103-0001 (發佈日期:102年9月4日)

2015年10月15日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年10月15日 10時00分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年10月15日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：		携入股備：	
公司名稱：交大	公司名稱：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦	
姓名：郭啟沐	姓名：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟	
電話：0917219006	電話：_____	<input type="checkbox"/> _____	
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：A0-SHARE04			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他_____			
四、臨時卡(送出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借取時卡,卡號_____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一-週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借取時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

版本編號:103-0001 (發佈日期:102年9月4日)

2015年10月23日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年10月23日 9時30分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年10月23日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：		攜入設備：	
公司名稱：交大	公司名稱：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦	
姓名：李佩如	姓名：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟	
電話：0917219006	電話：_____	<input type="checkbox"/> _____	
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：A0-SHARE04			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他_____			
四、臨時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借臨時卡,卡號_____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一~週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借臨時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

表單編號:LOS-0001 (發布日期:102年9月4日)



2015年11月03日

行政院環境保護署 進出電腦機房終端作業室申請單			
流水號			
預計進入時間	104年11月3日 9時30分	實際進入時間 (機房人員填寫)	104年11月3日 時 分
申請單位：	承辦人分機：	承辦人(簽章)：	單位主管(簽章)：
永續發展室	2208		
進入人員名單：		攜入設備：	
公司名稱：交大	公司名稱：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 筆記型電腦	
姓名：李佩如	姓名：_____	<input checked="" type="checkbox"/> 隨身碟	
電話：0917219006	電話：_____	<input type="checkbox"/> _____	
<b>申請需求：</b>			
一、主機名稱：A0-SHARE04			
二、系統名稱：環境奈米科技知識平台			
三、作業說明：			
<input type="checkbox"/> 程式新增或異動(提交資安檢查表)			
<input checked="" type="checkbox"/> 系統檢核			
<input type="checkbox"/> 其他_____			
四、磁時卡(進出機房及終端作業區)			
<input checked="" type="checkbox"/> 無需借用 <input type="checkbox"/> 借取時卡, 卡號_____			
實際離開時間 (機房人員填寫)	年 月 日 時 分	機房人員 簽 章	

注意事項：

- 一、服務時間為週一~週五(9:00-12:00及13:30-18:00)，如須於非服務時間進入，請於一個工作天前將申請單送至監資處，俾安排人員配合。
- 二、如須登入公用主機，請洽電腦機房值班人員，其餘主機，請逕洽各主機負責人。
- 三、電腦機房全區禁止飲食。
- 四、於離開主機前，務必執行「鎖住電腦」或「登出」。
- 五、如有申請借取時卡進入終端作業室，務請於「當日18:00」前歸還。

永研研統103-0031 (發單日期: 102年9月4日)

維護紀錄

案例編號	EHS1507001		
通報日期	2015/07/14	結案日期	2015/10/05
維護原因	<p>原 IVY-7 主機下架，改由 share-04 提供服務，所以需把奈米知識網及 KM 系統移機到新主機上。</p> <p>作業如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 備份資料庫(奈米知識網及 KM 系統)</li> <li>2. 備份程式(奈米知識網及 KM 系統)</li> <li>3. 新主機環境安裝(資料庫元件安裝、.net 元件安裝)</li> <li>4. KM 系統新 KEY 設定</li> <li>5. DNS 異動申請</li> <li>6. 資料庫還原作業</li> <li>7. KM 系統目錄安全性設定</li> </ol>		
解決方式	已完成移機		
結案狀態	已結案		

### 附錄十一 期末報告審查會議紀錄

會議名稱：「104年推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫」期末報告審查會議

#### 會議紀錄

一、時間：104年12月9日（星期三）下午2時30分

二、地點：本署4樓第6會議室

三、主席：張主任研究員宣武

記錄：蘇鈺珊

四、出(列)席單位及人員：如會議簽名單

五、執行單位簡報：交通大學(略)

六、主席致詞：(略)

七、委員意見：詳如審查意見表

八、結論：

(一) 本計畫期末報告審查通過。

(二) 請執行團隊參採委員意見納入總報告修正(註明修正後頁數)，報告書撰寫格式請依契約規定辦理。

(三) 請依契約書第十一條第一項之規定，於接獲修正意見後15日內提送修正稿，俟本署核可後辦理後續結案等相關事宜。

九、散會：下午3時45分

委員意見	意見回覆
<p>(一) 朱委員興華</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫推廣環境奈米科技知識平台及知識整合，有助於促進加強宣導，環保署的環境奈米科技政策。</li> <li>2. 本計畫可彙整環保署針對奈米科技發展之研究成果，提供奈米科技產業及相關從事人員參考，減少奈米科技對環境之破壞與影響。</li> <li>3. 本計畫有助於促成奈米 EHS 的國際交流，跨單位的奈米 EHS 議題合作及奈米科技風險管理，符合環境保護之政策需要。</li> <li>4. 本計畫已針對期中審查意見，進行修正及回覆。</li> <li>5. 本計畫工作進度符合本計畫預定工作進度，同意完成期末報告審查。</li> <li>6. 建議事項：               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 本計畫之成果，應轉換成對行政院環保署之政策建議，透過對國內外相關議題之彙整收集，提出未來規劃執行之政策及措施。本計畫應列出建議環保署之相關政策事宜。</li> <li>(2) 本計畫期末報告中，應提供計畫預定執行期程之甘特圖，以利比對計畫時程與目標工作項目是否符合進度。</li> <li>(3) 本計畫執行多年，應載明計畫期程之總目標、策略藍圖、階段任務，並針對各年度之差異重點或本年度之知識主題重點發展方</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 本團隊於 103 年已彙整了第一期 6 年計畫的執行概要與第二期各個計畫產出的成果清單、政策法規面及社會民生面的執行成果等，有興趣的人士可以參閱 103 年度報告中的環保署第二期(98-103 年)奈米國家型計畫研究成果總報告。</li> <li>3. 感謝委員肯定。</li> <li>4. 感謝委員肯定。</li> <li>5. 感謝委員肯定。</li> <li>6. 感謝委員建議，請參閱下列回覆：               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 本團隊已針對環保署未來政策的施行方向提出四點建議，請參閱期末報告第 XV 頁。</li> <li>(2) 本計畫已將工作執行期程進度表與查核點說明編入期末報告中，請參閱期末報告第 149-152 頁。</li> <li>(3) 本計畫每年度的工作重點差異不大，主要目標均為追蹤國內外之奈米技術 EHS 相關議題的發展趨勢，以及維護並推廣環</li> </ol> </li> </ol>

委員意見	意見回覆
<p>向，再補強論述。另論述本計畫多年所累積的技術知識能量。</p> <p>(4) 本計畫意見回覆承諾本計畫執行完畢後，會於期末報告的結論及未來工作的章節中歸納論述，本計畫期末報告仍請補強。</p> <p>(5) 本計畫未來可強化應用端的推廣宣導，建立友善的環境奈米科技知識專區。</p> <p>(6) 因應生產力 4.0 之發展，知識庫、資料源、會員管理、資料流量及統計分析運算等相對提升重要性，本計畫未來是否可強化類似的工作項目。</p>	<p>境奈米科技知識平台。另外，每年度期末報告的結論與建議乙章均已彙整歸納知識缺口各個主題的結論，請參閱各年度的期末報告。</p> <p>(4) 本團隊已針對環保署未來政策的施行方向提出四點建議，請參閱期末報告第 XV 頁。</p> <p>(5) 感謝委員建議，本團隊未來會與環保署進行討論，並朝此方向努力。</p> <p>(6) 平台已導入 Google Analytics(分析)之解決方案使管理者可以瞭解網站流量和網頁功能的使用成效，分析統計的項目將包括網頁檢視人數、網站內容點閱、新舊訪客總覽、造訪頻率及回訪率、訪客地理位置、停留時間、網頁活動分析和資訊閱讀的載具等，以進一步了解點閱民眾的習性和頻率，相關的分析結果請參閱期末報告第 128-138 頁。另外，因應個資法的施行，本平台過去已取消會員註冊的功能，僅提供使用者訂閱電子報。</p>
<p><b>(二) 李俊毅委員</b></p> <p>1. 本計畫執行結果報告，符合計畫所定內容。</p> <p>2. 知識平台造訪人，可尋求之內容，應思考如何加入簡單化資訊。</p> <p>3. 奈米技術產品對環境健康之影響，在平台上之呈現，應小心其正確性及質疑之反証性。</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 建議環保署未來可將平台現有奈米 EHS 知識專區的內容規劃為一般民眾版的網頁，以利非專業人士瀏覽。</p> <p>3. 本團隊會持續追蹤奈米技術產品 EHS 相關議題的研究現況及最新成果。</p>

委員意見	意見回覆
<p><b>(三) 陳志恆委員</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 奈米材料製程也常涉及一些化學物質前驅物，建議未來針對這些物質的危害性進行評估。</li> <li>2. 部分功能性紡織品含有奈米無機物，未來可針對此部分的影響進行評估。</li> <li>3. 建議對於奈米物質的風險分級管理未來可根據現階段的資訊，提出建議。</li> <li>4. 訪客地理位置圖仍以國內為主，未來可強化其他地區訪客的造訪率。</li> <li>5. 資訊平台如何能提昇舊客造訪率。</li> <li>6. 建議未來可針對奈米粉塵的塵爆問題可進一步評估。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議環保署可將「奈米製程中的化學前驅物質的危害評估」之主題納入明年知識缺口的文獻回顧工作。</li> <li>2. 建議環保署可將此主題納入明年知識缺口的文獻回顧工作。</li> <li>3. 勞安所今年已制訂「奈米物質安全衛生管理技術手冊」，其內容包括資訊收集、危害分級、暴露分級、控制分級、效能評估及持續改進等，除可協助事業單位依法辦理奈米安全衛生管理相關事項外，也有助於其降低奈米物質暴露及保障作業人員之安全與健康。</li> <li>4. 平台過去已經由 ICON 及 EU SAFENANO 網頁的公佈，獲得國際人士很大的迴響及好評，本團隊未來會持續朝此方向努力。</li> <li>5. 除了分析網站流量和網頁功能的使用成效，以進一步了解點閱民眾的習性和頻率外，本團隊會持續擴充及更新知識平台的內容，確保使用者能獲得最新的資訊以提昇舊客造訪率。</li> <li>6. 勞安所過去已發表「奈米金屬粒子傳輸管道彎曲度爆炸研究」及「奈米金屬粉塵之氣體輸送速度與爆炸關係」等主題的研究報告及期刊論文，建議環保署可將「奈米粉塵火災與爆炸」之主題納入明年知識缺口的文獻回顧工作。</li> </ol>
<p><b>(四) 陳仁焜委員</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫主辦單位規劃妥當，執行單位之展現成果頗豐，應予高度正面評價。今年度更將部分內容(如環境奈米科技學者專訪)予以英文版本，更能拓展資訊傳播的廣度，提升台灣之</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> </ol>

委員意見	意見回覆
<p>國際能見度。</p> <p>2. 第六章結論及建議提及每期電子報皆以 email 方式通知訂閱者(563 人)，建請照會 EHS 跨部會溝通平台，由平台統一發函相關部、會、署，及科技會報辦公室，請各單位提出政府科技計畫之規劃科、室，及人員聯絡窗口名單(及 email)，交予(來年)之計畫執行單位核對發送名單，務必讓此計畫之優良成果有助於後續之政策轉譯，及新年度之科技計畫之規劃。</p> <p>3. 部分文字須修正寫法(及正確打字)：</p> <p>(1) p.147，奈米銀的 in vivo 試驗標準…，其中 in vivo 需斜體。</p> <p>(2) p.XI，報告大綱提到”工程奈米”物質，為第一次在本文中出現，需提示原文。</p> <p>(3) p.XV，建議第(2)項，”源頭登陸”…應為”登錄”。</p> <p>(4) p.40 提到歐盟化”妝”品法規，在我國政府主管機構之正式公文書一般以”粧”字非以”妝”字使用，請再酌情考慮。</p> <p>4. 表 4.2.4(p.104-p.105)有跨頁情形，應注意排版上避免。</p> <p>5. 1.2 節環境奈米 EHS 知識平台與文獻回顧中，提到所收錄的 SCI 論文…”研究領域是以處理或應用的研究…最多”，用詞稍嫌籠統。</p> <p>6. Page XIII，結論第 1 點提及衛福部公告相關管理指引，請在正式結案前，再關切有無新的進展(如.藥品及化粧品皆為 TFDA 所主管範圍)。</p>	<p>2. 建議環保署可透過跨部會溝通會議及發函政府相關單位詢問科技計畫承辦人的聯絡方式及電子郵件信箱，擴充電子報的寄送名單。</p> <p>3. 感謝委員建議，已修正繕打錯誤處：</p> <p>(1) 已修正，請參閱期末報告第 147 頁。</p> <p>(2) 已增加原文，請參閱期末報告第 XI 頁。</p> <p>(3) 已修正，請參閱期末報告第 XV 頁。</p> <p>(4) 已將"妝"修正"粧"，請參閱期末報告第 42 頁。</p> <p>4. 已修正，請參閱期末報告第 104 頁。</p> <p>5. 用詞已作修改，請參閱期末報告第 9 頁。</p> <p>6. 截至期末報告定稿前衛福部並無公告新的管理指引。</p>

委員意見	意見回覆
<p>7. 表 4.1.1(page 39)，內容文字有部分為斜體字，用意不明。</p> <p>8. P.45-p.50 回顧了歐盟在奈米 EHS 相關計畫發展，為非常重要之訊息，可提供計畫主辦機關及 EHS 跨部會溝通會議進行參考。</p> <p>9. Page 60 提到經濟部標準局之「CNS 14975」之奈米材料相關定義；然 page 4 第 2 段提到我國之奈米物質源頭登錄制度已有進展…"但是未規範奈米物質的定義"。這兩處似有矛盾之處，或是意旨不同部會之間的管理欠缺水平整合？執行單位應再補強說明。</p> <p>10. 整體評估，計畫執行進度，成效優良，期末報告已能具體展現，故予以正面肯定。</p> <p>11. 請計畫主辦單位考量資訊擴散之有效性及兩岸交流之必要性，於未來斟酌考量發送電子報予大陸之環境、安全、健康相關主管行政部門。</p>	<p>7. 已針對斜體字另外說明，請參閱期末報告第 39 頁。</p> <p>8. 感謝委員肯定。</p> <p>9. 已將兩處內容進行修正，請參閱期末報告第 4 與 60 頁。</p> <p>10. 感謝委員肯定。</p> <p>11. 請環保署考量是否也將大陸之環境、安全、健康相關主管行政部門納入電子報的寄送名單。</p>
<p><b>(五) 宋清潭委員</b></p> <p>1. 本計畫在於奈米環境知識平台及知識整合，所建立的知識平台對國內外奈米 EHS 的現況、資訊與分析整理非常完整，也深入收集到 EU、USA、ISO 及 OECD 等知識源，與發展現況的最新消息與知識，提供國內奈米風險的認知及平台溝通。</p> <p>2. 有關 ISO 相關資訊，建議可以與國內"奈米標準技術諮議會"的 EHS 資訊相連結，以呈現更完整的資訊。</p> <p>3. 本計畫在 nano EHS 方面亦能完整地收集「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境及健康的影響」及「作業場所暴露評估」等三個主題涵蓋</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 知識平台的相關連結專區已有「台灣奈米標準技術諮議會資訊網」的連結。</p> <p>3. 感謝委員肯定。</p>



委員意見	意見回覆
<p>主要議題。</p> <p>4. 本計畫亦有收集分析產品含奈米物質的相關法規及國際間法規與政策差異性，未來這部分更是世界各國目前關注的趨勢。</p> <p>5. 目前勞動部、衛福部已有出版一個相關奈米技術相關產業的 guideline，在環境奈米技術這方面可以收集後建議環保署做適當的規劃。</p>	<p>4. 感謝委員肯定，本團隊會持續收集與分析國際間奈米物質 EHS 法規與政策，以供國內相關單位對奈米物質法規與政策擬定之參考。</p> <p>5. 感謝委員建議，本團隊會持續追蹤勞動部與衛福部的奈米技術相關產業的指引，並彙整相關資訊以供環保署參考。</p>
<p><b>(六) 永續發展室</b></p> <p>1. 詳細版摘要 VIII 奈米平台為 100 年 4 月 1 日正式上線，敘述部分請再確認；XV 我國參考 REACH 精神已經啟動化學物質源頭登錄制度，而非奈米源頭登錄制度，文中源頭登「陸」文字誤繕，報告內容請一併修正。另本署環管處 104 年 12 月 8 日發布「我國化學物質登錄制度實施滿一週年」新聞稿，建議可審酌加入報告中使報告內容更完整。</p> <p>2. P.30 倒數第 7 行參「予」文字誤繕，請修正。</p> <p>3. 簡報中展示專家專訪的影音檔，建請於報告中補充相關連結路徑以利查詢。</p> <p>4. 請依契約書附件三、行政院環境保護署期中（末）研究報告撰寫要求及紙本印製格式規定辦理。</p>	<p>1. 已將奈米平台正式上線日期作修正，請參閱期末報告第 VIII 頁；報告中之”奈米源頭登錄”已修正為”化學物質源頭登錄”，請參閱期末報告第；已將環管處公告之新聞稿的部分內容編入期末報告第 1.1 節，請參閱期末報告第 4 頁。</p> <p>2. 已修正，請參閱期末報告第 30 頁。</p> <p>3. 兩位專家專訪影音檔皆已經過本人同意發布在平台與粉絲團，影音檔的網址也已編入報告中，請參閱期末報告第 144 與 147 頁。影音檔存放網址如下： 馬振基教授- <a href="https://www.youtube.com/watch?v=YeiMwhhWMtI&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=YeiMwhhWMtI&amp;feature=youtu.be</a> 蔡朋枝教授- <a href="https://www.youtube.com/watch?v=hxpOXuSKL9M&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=hxpOXuSKL9M&amp;feature=youtu.be</a></p> <p>4. 已依照環保署期中(末)研究報告撰寫要求進行內容的編排及印製。</p>

附錄十二 104 年度科技計畫成果效益自評表

(請由計畫主持人、執行人填寫，再由主管部會署初核)

壹、計畫基本資料

領域別：環境保護

計畫主持人 蔡春進

計畫名稱 『推廣環境奈米科技知識平台及知識整合計畫』

審議編號 EPA-104-U1U1-02-101

計畫期程 104 年 3 月至 104 年 12 月

全程經費 0 億 1,600 千元 104 年度經費 0 億 1,600 千元

執行機構 國立交通大學環境工程研究所

貳、計畫目標與執行內容是否符合(如有差異，請說明)

本計畫的目標為：(1)維護環保署「環境奈米科技知識平台」功能正常運作、網站管理、系統維護及確保資訊安全，並統計分析平台瀏覽資訊；(2)持續於平台收集國內外相關團體及部會 EHS 議題相關知識，並發行「環境奈米科技知識平台電子報」，以利資訊整合及推廣奈米知識分享；(3)舉辦「環境奈米科技論壇」1場，達成風險認知溝通、優良管理實務及法規政策架構的研擬等實質效益；(4)協助環保署奈米群組計畫管理及績效成果彙整。

本計畫已完成「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境及健康的影響」與「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」三項主題的奈米知識文件的蒐集、整理及更新工作，以了解國內外學者在奈米技術 EHS 的研究方向。本計畫並回顧二篇有關奈米科技環境、健康、安全(EHS)議題的 ISO TC 229 標準，分別為 ISO/TS 16550:2014 及 ISO/TR 16197:2014，及 OECD WPMN 的 ENV/JM/MONO(2014)34 的一篇最新報告，配合過去五年計畫已回顧的標準和指引，可追蹤及了解 ISO 和 OECD 有關奈米技術 EHS 相關議題的發展趨勢，符合計畫設定之目標。

本年度已發行知識平台的電子報四期並上傳至知識平台，電子報以 e-mail 方式通知訂閱者最新的 nano-EHS 消息、nano-EHS 知識、近期活動及下期預告，符合計畫設定之目標。電子報訂閱者可以下載及瀏覽文件，過去的歷史文件也可以在平台的 e-paper 專區找到。目前環境奈米科技知識平台的電子報訂閱人數為 563 人，2011 年 4 月開站至 2015 年 11 月的總流覽人數已增加至 192,852 (統計日期：2015 年 11 月 26 日)，2015 年 1 月至 11 月的瀏覽人次為 58,080 次，此平台加強了國內奈米技術 EHS 研究計畫成果的展現，進而促進國際交流與合作，已獲得國際人士很大的迴響及好評。

本計畫已於 104 年 6 月 15 日在台大集思會議中心舉辦「104 年環境奈米科技論壇」，邀請勞安所、環保署、衛福部、工研院及學界等產官學研專家舉行專家座談，討論了本國的 nano-EHS 的政策、法規、標準及研究進展，並將環保署今年的研究成果以論文發表介紹給國內相關人士。論壇共吸引了產、官、學、研各界 189 人報名，實際出席參與論壇為 162 人(政府單位 45 人、業界 63 人、財團法人 4 人、學術單位 45 人、環保團體 3 人、個人 3 人)，業界參與人數為歷年來最多，符合計畫設定之目標，主要原因是為了配合我國化學物質登錄制度

的實施，本年度大量發送邀請參加論壇的公文(200 餘件以上)至國內產業工會與各大企業，充分達到了 nano-EHS 知識傳播及風險溝通的目的。

本計畫已訪問清華大學化學工程系馬振基教授、以及成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，分享奈米技術在環境與能源應用、與奈米物質在安全衛生管理相關議題的最新發展，訪問稿以中、英文方式呈現，符合計畫設定之目標。本年度主持人代表我國參加與南非職業衛生研究所舉辦的國際奈米技術與職業與環境衛生研討會(7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015/10/18-22)同時舉行的亞洲奈米安全論壇(Asia Nano Safe Network, ANF)，此論壇由澳洲 RMIT 大學的 Paul Wright 教授主持，日本、韓國、澳洲及我國均發表了自己國家的奈米安全研究進展，主持人藉此機會將國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工研院等的跨部會奈米 EHS 成果作了介紹，與會的各國學者及官員均對我國在奈米 EHS 議題的努力表示贊同。

參、計畫已獲得之主要成就與成果

1. 本計畫發表的 1 篇國內研討會論文如下：

- 蔡春進、簡誌良、曾能駿、劉宗勇、張宣武、蘇鈺珊 (2015) 主要先進國家與組織的奈米技術環境、健康與安全(EHS)的法規進展，玉山永續環境論壇暨環境奈米科技學術研討會，民國 104 年 4 月。

2. 本計畫舉行「104年環境奈米科技論壇」，共發表論文 8 篇如下：

- 陳秋蓉 (2015) 危害性化學品評估及分級管理，104 年環境奈米科技論壇論文集，第 1-4 頁，民國 104 年 6 月。
- 王毓正 (2015) 我國奈米物質管理法規之進展，104 年環境奈米科技論壇論文集，第 5-11 頁，民國 104 年 6 月。
- 王櫻芳、楊禮豪、陳春萬、蔡朋枝 (2015) 奈米物質作業場所安全與衛生之分級管理策略，104 年環境奈米科技論壇論文集，第 13-24 頁，民國 104 年 6 月。
- 黃素卿、李瑞萍、李維靈、陳仁焜 (2015) 含有奈米物質化妝品的管理策略，104 年環境奈米科技論壇論文集，第 25-34 頁，民國 104 年 6 月。
- 王應然 (2015) 不同表面修飾奈米銀微粒之細胞攝入與毒性機轉探討，104 年環境奈米科技論壇論文集，第 35-45 頁，民國 104 年 6 月。
- 闕斌如、莊秀美、李怡慧、梁瑞岳 (2015) 奈米微粒細胞毒性系統之建立與驗證，104 年環境奈米科技論壇論文集，第 47-61 頁，民國 104 年 6 月。
- 簡誌良、蔡春進、曾能駿 (2015) 環境奈米科技知識平台之現況，104 年環境奈米科技論壇論文集，第 63-91 頁，民國 104 年 6 月。
- 盧柏州 (2015) 從國際觀點，看我國化學物質登錄制度上路，103 年環境奈米科技論壇論文集，第 93-112 頁，民國 104 年 6 月。

#### 肆、計畫主要成就與成果之價值與貢獻度 (output)

藉由環境奈米知識平台的電子報與利益相關者進行溝通，同時平台加強了國內奈米技術 EHS 研究計畫成果的展現，進而促進國際交流與合作，已獲得國際人士很大的迴響及好評(平台瀏覽人數 192,852 次，統計日期 2015 年 11 月)。本團隊舉辦 104 年環境奈米論壇，將環保署今年的研究成果以論文(8 篇 104 年環境奈米論壇論文集研討會論文)發表介紹給國內相關人士，論壇共吸引了產、官、學、研各界 189 人報名，實際出席參與論壇為 162 人(政府單位 45 人、業界 63 人、財團法人 4 人、學術單位 45 人、環保團體 3 人、個人 3 人)，業界參與人數為歷年來最多，充分達到了 nano-EHS 知識傳播及風險溝通的目的。

本計畫已完成「奈米科技的法規與政策」、「奈米物質對環境及健康的影響」與「奈米作業場所的奈米物質暴露評估」三項主題的奈米知識文件的蒐集、整理及更新，以了解國內外奈米 EHS 的研究最新進展。除此之外，本計畫回顧二篇有關奈米科技 EHS 議題的 ISO 標準(ISO/TS 16550:2014 及 ISO/TR 16197:2014)以及 OECD WPMN 的一篇最新報告(ENV/JM/MONO(2014)34)，配合過去四年已回顧的標準和報告，可了解 ISO 和 OECD 有關奈米 EHS 相關議題的發展趨勢。

本計畫已訪問清華大學化學工程系馬振基教授、以及成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授，分享奈米技術在環境與能源應用與奈米物質在安全衛生管理相關議題的最新發展，訪問稿以中、英文方式呈現。本年度主持人代表我國參加與南非職業衛生研究所舉辦的國際奈米技術與職業與環境衛生研討會(7th NanOEH, International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, 2015/10/18-22)同時舉行的亞洲奈米安全論壇(Asia Nano Safe Network, ANF)，此論壇由澳洲 RMIT 大學的 Paul Wright 教授主持，日本、韓國、澳洲及我國均發表了自己國家的奈米安全研究進展，主持人藉此機會將國內環保署、衛福部、勞動部、國衛院、標準局及工研院等的跨部會奈米 EHS 成果作了介紹，與會的各國學者及官員均對我國在奈米 EHS 議題的努力表示贊同。

#### 伍、與相關計畫之配合程度

無

#### 陸、計畫經費的適足性與人力運用的適善性

本計畫總經費為 1,600 千元，人事費、業務費與管理費各占總經費的 60%、30%與 10%。共有 2 位博士生、4 位碩士生及 1 位計畫研究助理投注於此計畫，在經費與人力上，均能適當運用，完成此計畫之預期目標與成果。

#### 柒、後續工作構想及重點之妥適性

未來應持續維護「環境奈米科技知識平台」的正常運作，並持續收集與彙整奈米知識缺口的文獻，及 ISO TC 229 的標準方法與指引與 OECD 的重要報告有關奈米技術 EHS 相關議題的重要報告，以強化我國的奈米科學以及奈米技術的研究領域，並從現有的文獻與數據中，找出奈米知識缺口且明確指出未來研究目

標。未來應持續在知識平台上增加我國奈米 EHS 研究論文及報告，以提高國內奈米 EHS 研究成果在國際上的曝光率；提高知識平台網站的使用率、增加讀者閱讀與加入討論的意願。

捌、檢討會與建議

我國參考 REACH 精神已經啟動化學物質源頭登錄制度，建議應持續關注化學物質之物化特性、暴露及危害評估的議題，並參考先進國家最新的法規動態與政策趨勢，以確保我國奈米物質的安全並降低環境及人體健康的風險。建議我國相關主管單位定期檢討國內奈米物質的源頭登錄的現況，以確實掌握奈米物質在生命週期內的生產、輸入、處理、使用及棄置的數量及環境流佈現況，並做好奈米作業人員的暴露評估、風險評估及風險管理措施。

計畫主持人簽名： 蔡春進

填表人： 蔡春進 聯絡電話： 03-5731880

統一編號：EPA084104001

\*本報告僅係受託單位或個人之研究意見，僅供環保署施政之參考，不代表本署立場。  
\*本報告之著作財產權屬環保署所有，非經環保署同意，任何人均不得重製、仿製或為其他之侵害。