

議題二

產業減廢與資源再利用





# 鋁污泥迴流操作對綜合性工業廢水色度去除之影響

劉新校\*<sup>1</sup> 梁村燈<sup>1</sup> 洪琮傑<sup>2</sup> 陳劉鳳<sup>2</sup> 蔡惠櫻<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 萬能科技大學環境工程系

<sup>2</sup> 經濟部中壢工業區污水廠

聯絡作者： E-mail: [ssliu@cc.vit.edu.tw](mailto:ssliu@cc.vit.edu.tw);

Tel: 03-4342379 ext .54; Fax: 03-4622232

## 摘 要

本研究以中壢工業區污水廠生物處理系統出流水為對象，利用實廠操作測試與瓶杯實驗，將廢棄之鋁系化學污泥迴流至快混單元，探討迴流污泥操作對色度去除效果之影響，並評估此一操作對 COD 及 SS 等水質項目之干擾程度。經實驗結果得知利用廢棄之化學污泥迴流至快混池，確實可提高綜合性工業廢水真色度去除率；將兩種廢棄污泥以不同量加入快混單元，實驗結果顯示：迴流化學污泥操作可提高 30%~35% 之真色色度去除率；以硫酸鋁為混凝劑之迴流去色效果，約為多元氯化鋁(PAC)之兩倍；在最佳去色效果之迴流量下，污泥迴流操作對 COD 去除率最大負面影響為 5%，對 SS 去除並無影響。另根據不同批次及不同水樣實驗結果得知，最佳迴流量在 2340mg/l~4680 mg/l 之間，在不同混凝劑及水樣下有些微差距。

**關鍵詞：**迴流污泥，瓶杯實驗，真色度

## **Sludge Recirculation with Aluminum-group Coagulants Applied in Coagulation Process of the Industrial Wastewater Treatment for Enhancement of Color Removal**

**Shin-shou Liu<sup>1</sup>, Tsun-teng Liang<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instructor, Department of Environmental Engineering,  
Van Nung Institute of Technology

<sup>2</sup>Associate processor, Department of Environmental Engineering,  
Van Nung Institute of Technology

## Abstract

In this study, the jar test experiment was applied for simulating the coagulation process of the wastewater treatment plant with sludge recirculation. The samples of wastewater and sludge were taken from the integrally industrial wastewater treatment plant of Chung-Li, Taiwan. The results showed that with sludge recirculation the enhancement of color removal was enhanced up to 35% compared with no sludge recirculation. And, the color removal enhancement of coagulant aluminum sulfate was approximately two times better than that of coagulant polyaluminum chloride (PACl). At the same moment, the COD was slightly increased about 5%, but the removal of suspended solids was rarely affected by the sludge recirculation. The optimum dosages of return sludge were found approximately between 2340 mg/L and 4680 mg/L with different water samples and different coagulants in the study.

**Key words:** Jar test, sludge recirculation, true color

## 一、前言

桃園地區是國內染料、染整工業主要區域。本區內每年約有 4000 萬噸以上含色度之綜合工業廢水排出，因此，色度廢水處理是綜合性工業本區污水廠主要工作之一。在實務應用上綜合性污水廠對於色度去除，較常使用生物單元與化學混凝單元串聯方式處理，此若乃無法使放流水達到放流標準，解決方式則常偏向於增設高級處理單元，如臭氧氧化、活性探吸附或使用化學藥劑進行脫色。在近期研究中亦有以各種不同吸附劑吸附(Karthikeyan, 2002; Pala and Tokat, 2002)、奈米濾膜(Koyuncu, 2002)、電化學氧化(Kim T., Park, Lee, Shin and Kim S., 2002)、UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 高級氧化(Espinoza and Litter, 2002)、輻射處理(Jung, Yoon, Chung and Lee, 2002)等方式去除色度，研究中也指出多種方法對於色度皆有一定去除效果，唯此等方式皆需較高之初設費及操作費或使用大量藥劑，成本不低。

污泥迴流操作常用於生物處理系統，以提高微生物量，本實驗所用之污泥為化學污泥，迴流點為快混池。化學污泥迴流在淨水處理中有用以補充膠羽量，增加濁度，提高混凝加藥效果；一般重金屬廢水處理實務上，亦有以迴流污泥減少混凝劑加藥之操作方法，其他亦有研究以迴流污泥改善電鍍污泥脫水性(曾迪華, 1989)，鋁污泥迴流提高重金屬鉛之去除(Chu, W. 1999)等，效果不錯，唯並未有利用迴流化學污泥提高色度去除之做法。中壢工業區污水廠廢水，主要來源為紡織染整業、電子業與化工業，進流水中常含較高色度與 COD，本研究以本廠廢水為對象，迴流廢棄鋁系化學污泥，增加

反應槽核子(nuclei)，提高混凝效果，希望在不增加設備費用及操作成本情況下，探討迴流操作對綜合性工業廢水色度去除效果之影響，並評估對 COD、SS 等水質項目之干擾程度，以便做為實廠操作應用之依據。

## 二、實驗方法與材料

### (一)實驗方法

污泥迴流操作係指將混凝所形成之膠羽經化學沈澱池沈澱及濃縮後，再將之迴流至快混池，以提高快混池中異質核化顆粒(heterogeneous nucleation)、增加顆粒碰撞機會、提高混凝效或藉以減低藥品用量之操作方法。本研究分兩階段，第一階段利用實廠操作，實際測定在不迴流污泥情況下，混凝劑加藥量、快混槽膠羽(MLSS)形成量與色度、COD 之去除關係。第二階段以杯瓶實驗分別針對純氧系統及活性污泥系統進行迴流去色效果實驗，過程中並分別將純氧系統之化學沉澱污泥及活性污泥系統重力濃縮池之綜合污泥迴流至快混單元。杯瓶實驗模擬程序如圖 1、流程所示。

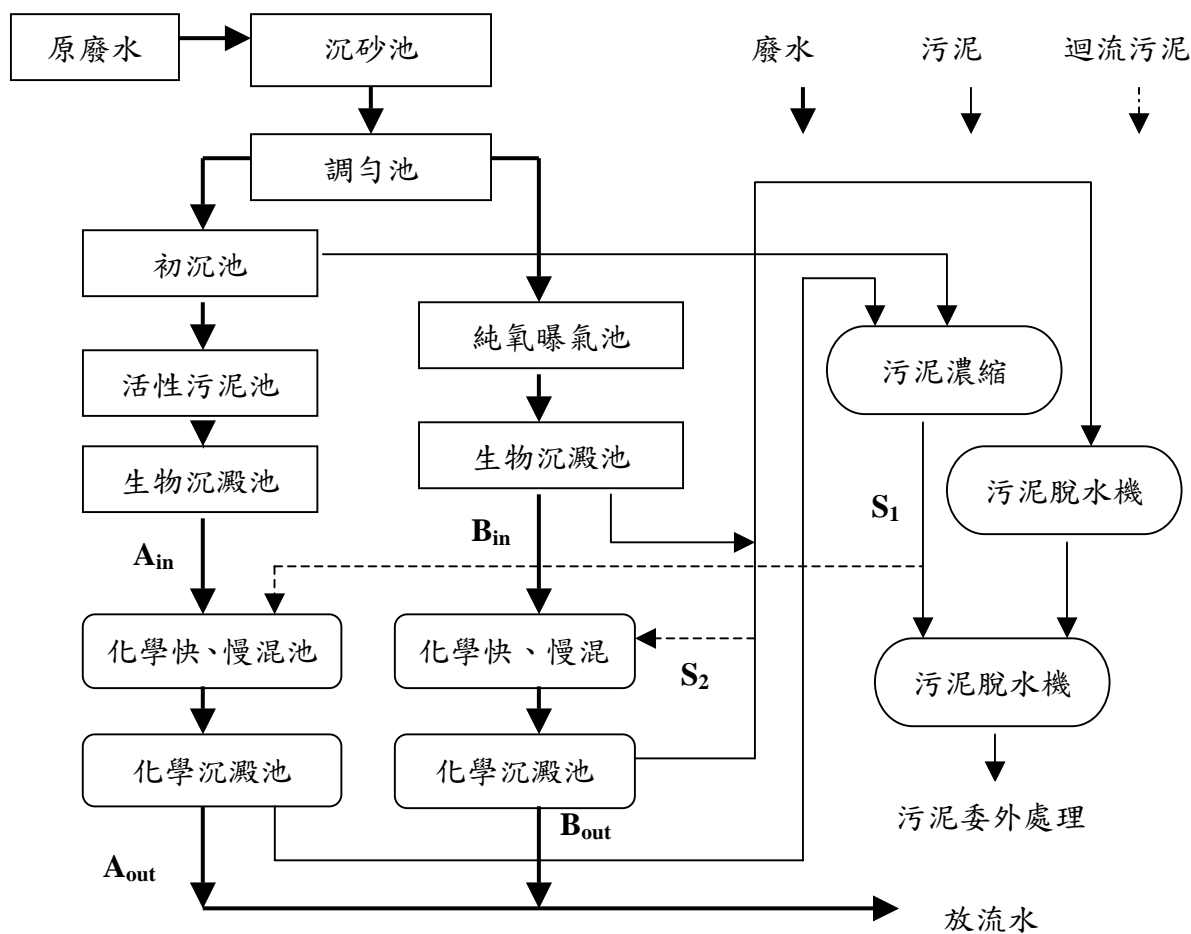


圖 1 中歷工業區污水處理流程圖

### (二)實驗材料

本實驗水樣、污泥、混凝劑皆取自現場，廢水樣本中色度較低者採自現場活性污泥曝氣池出口，如圖 1、所示之  $A_{in}$  點；所添加之迴流污泥為採自本系統之污泥重力濃縮池，如圖 1 所示之  $S_1$  點；廢水樣本色度較高者則採自純氧曝氣池出口，圖 1 所示之  $B_{in}$  點，所添加之迴流污泥則採自本系統之化學沈澱池，如圖 1 示之  $S_2$  點。實驗中所用之混凝劑與本實驗水(二)實驗材料樣、污泥、混凝劑皆取自現場，廢水樣本中色度較低者採自現場活性污泥曝氣池出口，如圖 1、所示之  $A_{in}$  點，所添加之迴流污泥為採自本系統之污泥重力濃縮池，如圖 1 所示之  $S_1$  點；廢水樣本色度較高者則採自純氧曝氣池出口，圖 1 顯示之  $B_{in}$  點；所添加之迴流污泥則採自本系統之化學沈澱池，如圖 1 示之  $S_2$  點。實驗中所用之混凝劑與現場配製濃度相同，多元氯化鋁 (PAC)，10% stock solution SG1.19；硫酸鋁 $((H_2SO_4)_3 \cdot 14.3H_2O)$ ，7.5% stock solution SG1.30。瓶杯試驗廢水及迴流污泥性質如表 1、所示。色度檢驗依 Standard Methods for the Examination of Water and Waste water, 19th Ed., Method 2120E。

表 1.廢水及迴流污泥性質

項目	原廢水( $A_{in}$ )	原廢水( $B_{in}$ )	污泥 1( $S_1$ )	污泥 1( $S_2$ )
pH	√7.0	6.8	-	-
COD (mg/l)	259	544	-	-
Color (ADMI)	536	1220	-	-
SS(mg/l)	56	71	46800	8600

### 三、結果與討論

#### (一)色度與加藥量、膠羽量

實驗操作以 50mg/l~300mg/l PAC 為混凝劑加藥，測試結果得知如圖 2 所示，當加藥量提高，反應槽內 MLSS 及色度去除率雖隨之增加，唯增加趨勢並非線性，其關係式如圖所示，PAC 加藥量與反應槽內 MLSS 之關係為  $y = 201.47\ln(x) - 449.09$ ， $R^2 = 0.98$ ；PACl 加藥量與色度去除率之關係為  $y = 15.22\ln(x) - 28.72$ ， $R^2 = 0.99$ 。此顯示單純增加加藥量對膠羽形成及色度去除有一定限制。另由圖 3 顯示，色度去除率與反應槽內膠羽量為一線性關係，兩者之關係式為  $y = 0.007X + 5.88$ ， $R^2 = 0.97$ 。此說明若能進一步將反應槽內膠羽量高，應有助於色度去除。

#### (二)沉澱池污泥迴流

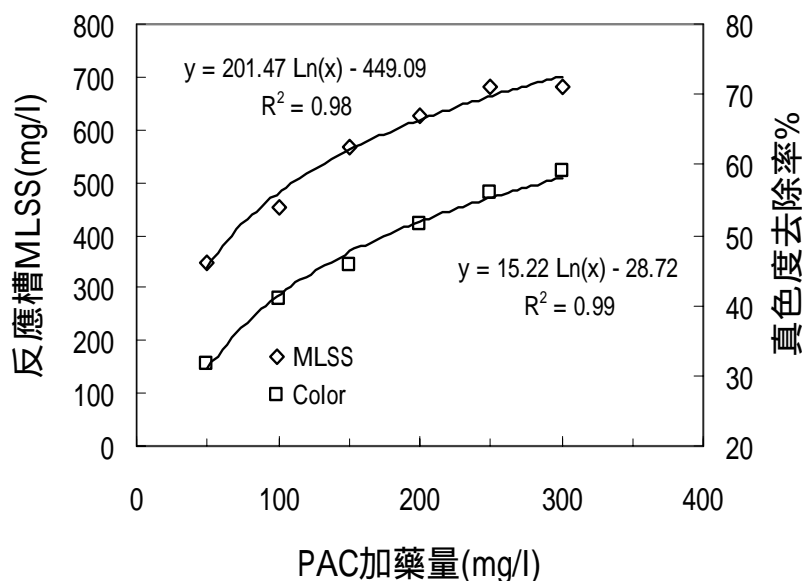


圖 2 混凝劑加量與反應槽 SS 濃度、真色度去除率之關係

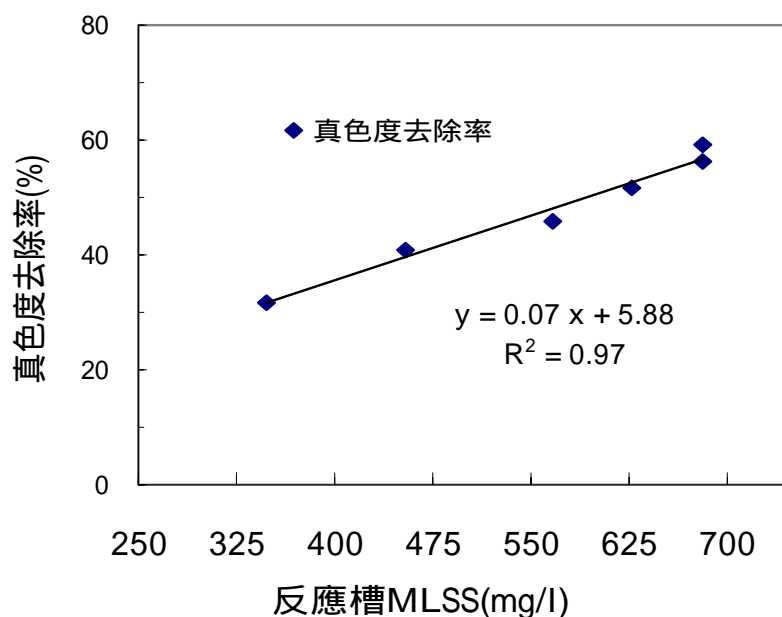


圖 3 真色度去除率與反應槽 MLSS 濃度關係

瓶杯實驗結果如圖4、顯示，在設定混凝劑為 PAC150mg/l及廢水色度為 1220TCU、COD為544mg/l條件下，將沉澱池污泥迴流，迴流污泥濃度為 8660mg/l，迴流污泥體積比由 0%~35%，若以迴流量表示則為0~3031mg/l，結果顯示，在相同加藥量下，上層液色度由不迴流污泥時之288 TCU，隨著迴流量之增加而降低，當迴流量為3031mg/l，色度降至96TCU，約增加16%色度去除率。

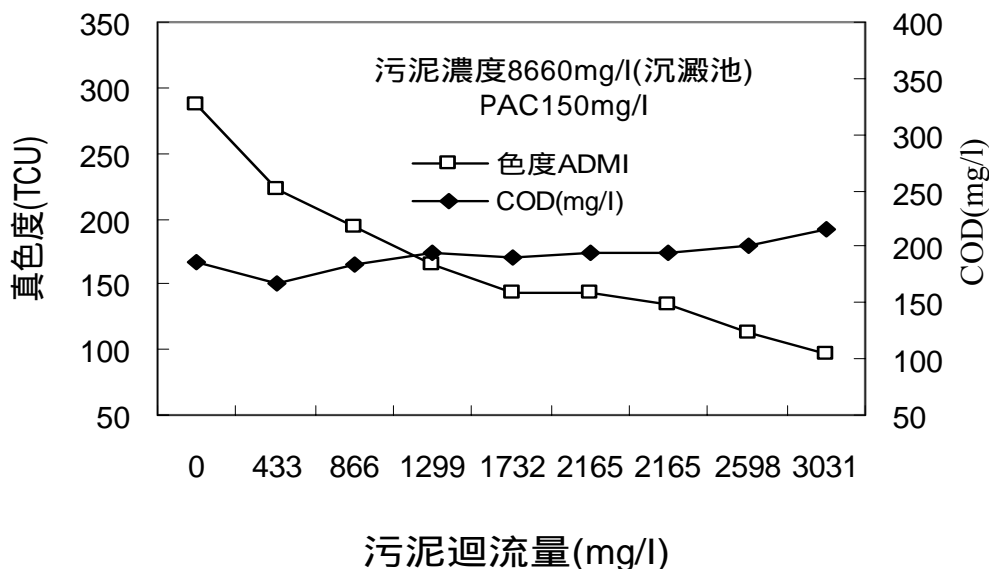


圖 4 污泥迴流量與 COD、真色度關係

### (三)濃縮池污泥迴流

本階段為瓶杯實驗，實驗結果如表 2 及圖 5、6，圖 5 所示在設定混凝劑為硫酸鋁 150mg/l，以濃縮池污泥(46800mg/l)迴流至快混單元發現，當迴流量為 2340~4680mg/l，色度去除率大幅提昇，對 COD 去除影響有限；迴流量超過 4680mg/l，COD 去除效果出現負面效應，當迴污泥流量超過 9360 mg/l 時，色度去除出現負面效應。由於濃縮池污泥濃度較高，2340mg/l 之迴流量僅相當於 5%之迴流體積比，在實廠操作上影響混凝系統之水力停留時間應較小。

圖 6 顯示在以 PAC 為混凝劑，加藥量 150mg/l 情況下，迴流濃縮池污泥，當迴流量為 2340mg/l，色度去除率大幅提昇，COD 去除明顯提高，當迴流量為 4680mg/l，色度去除率達最佳狀況，迴污泥流量超過 4680mg/l 時，COD 與色度去除效果逐漸下降。此顯示在以硫酸鋁為混凝劑時迴流量有效範圍稍大於以 PAC 為混凝劑。圖 7 顯示以硫酸鋁為混凝劑時之污泥迴流色度去除率增量也大於以 PAC 為混凝劑情況。表 2 為迴流污泥與不迴流污泥結果。



表 2 迴流污泥與不迴流污泥去色結果

原水	混凝劑種類	進流		出流(上層液)			
		Color (TCU)	COD (mg/l)	不迴流		迴流	
				Color (TCU)	COD (mg/l)	Color (TCU)	COD (mg/l)
$A_{in} \sim A_{out}$	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	539	259	243 (55%)	99 (62%)	86 (84%)	111 (57%)
	PACl			125 (76%)	70 (73%)	66 (88%)	114 (54%)
$B_{in} \sim B_{out}$	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	1220	544	562 (54%)	203 (62%)	137 (89%)	227 (58%)
	PACl			290 (76%)	187 (65%)	96 (92%)	216 (60%)

註：( )內數據為%去除率； $A_{in}$ 、 $A_{iou}$ 、 $B_{in}$ 、 $B_{ou}$ 參閱圖 1。

#### 四、結論與建議

1. 實廠操作顯示：化學混凝程序中混凝劑加量與反應槽膠羽(SS)生成量呈非線性關係，以 PAC 為混凝劑時，得  $y = 201.47\ln(x) - 449.09$ ， $R^2 = 0.98$ ；顯示膠羽(SS)生成受到限制。
2. 混凝劑(PAC)加量與色度去除率之關係為  $y = 15.22\ln(x) - 28.72$ ， $R^2 = 0.99$ ，顯示單純增加加藥量，色度去除受到限制，當加藥量達 300mg/l 色度去除率為 58%。
3. 實廠迴流操作測試顯示：在本加藥範圍內，色度去除率隨反應槽內膠羽量提高而提高，且呈一線性關係，兩者之關係式為  $y = 0.007X + 5.88$ ， $R^2 = 0.97$ 。
4. 由瓶杯實驗結果顯示，化學污泥迴流確可提高綜合性工業廢水真色去除率，由不同污泥及不同水樣實驗結果分別顯示，最高可增加 30%~35% 之色度去除。
5. 迴流廢棄污泥之最佳迴流濃度在 2340mg/l~4680 mg/l 之間，在不同混凝劑及水樣下有些微差距。
6. 在最佳去色迴流濃度下，污泥迴流操作對 COD 去除率最大負面影響為 5%，對 SS 去除則有些微正面效果。
7. 以硫酸鋁為混凝劑時之迴流去色效果，約為 PAC 之兩倍。
8. 現場實際操作測試中顯示，以澱池污泥作為迴流之用，濃度似嫌不足，

迴流操作應考慮以濃縮污泥為佳。

### 致謝

本實驗工作為經濟部工業局委託辦理，台灣大學環境工程研究所蔣本基教授主持『工業區污水廠系統操作最佳化、人員培訓及營運管理計劃』工作之一部份，期間 蒙工業局長官及蔣教授細心指導與協助，於此致誠執謝意。

### 參考文獻

1. APHA, AWWA & WPCF, "Standard methods for the examination of water and wastewater", 19th edition, Method 2120E, 2-7 to 2-8, APHA, Wahington DC, USA(1989).
2. Pala, A. and Tokat, E. , "Color removal from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives", Water Research 36, 2920-2925 (2002).
3. Koyuncu, I., "Reactive dye removal in dye/salt mixtures by nanofiltration membranes containing vinylsulphone dyes: effect of feed concentration and cross flow velocity", Desalination 143, 243-253(2002).
4. Al-Monmani, F., Touraud, E., Degorce-Dumas, J. R., Roussy J. and Thomas, O. Biodegradability of enhancement of textile dyes and textile wastewater by VUV photolysis", Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 153, 191-197(2002).
5. Jung, J., Yoon, J., Chung, H. and Lee, M. , "Radition treatment of secondary effluent from a sewage treatment plant", Radiation Physics and Chemistry 65(4-5), 533-537(2002).
6. 曾迪華, "迴流污泥改善電鍍污泥脫水特性之研究", 中央大學土木工程研究所, 國科會計劃成果報告(1988~1989)。
7. Chu, W., "Lead metal removal by recycled alum sludge", Water Research 33(13), 3019-3025(1999).

# 光電及半導體業有機廢氣高級氧化洗滌技術

林樹榮<sup>1</sup>，吳信賢<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 慧群科技股份有限公司副總經理

<sup>2</sup> 工業技術研究院環境與安全衛生技術發展中心研究員

## 摘要

半導體業由於製程所使用原物料的特性，產生了相當大量的有機廢氣。目前大部分業者是採用結合吸附濃縮與焚化的轉輪濃縮技術來解決有機廢氣問題。然而半導體廠使用的有機溶劑中，普遍含有高沸點物質，由國內業者使用轉輪濃縮技術之經驗發現，高沸點物質在吸附材中不易被脫附出來，吸附材在經過多次反覆的吸脫附之後，吸附效率會逐漸降低。

以臭氧/過氧化氫為氧化劑的氧化洗滌技術是一項可處理半導體製程廢氣，但無上述高沸點物質問題有機廢氣處理技術，由於臭氧及雙氧水在水中具有極佳之氧化能力，可分解大部分有機污染物，且反應過程或反應終結之產物單純，極有潛力成為諸如半導體製程產生之低濃度、高水溶性有機廢氣處理之另一選擇。

位於新竹科學工業園區的華邦電子股份有限公司一廠所排放有機廢氣風量約為200CMM，廢氣主要成份包括MEK、IPA、PGME、PGMEA等，其總碳氫化合物濃度（THC）約為50-300 ppm。本文將介紹該半導體廠決定採用O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>氧化洗滌技術後，從模廠實驗、放大設計到實廠建造、成功運轉的經驗。研究顯示，pH值控制在偏鹼性、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>加入之比例在0.35~0.45之間時，對THC的去除效果最佳。該實廠建造成本約1600萬台幣，運轉結果顯示，本技術可將該廠約0.4~1.7 kg/hr的THC排放量處理至0.1 kg/hr以下，符合環保署要求。

**關鍵詞：**高級氧化、半導體、廢水處理

## 一、前言

環保署的空氣品質監測資料顯示，台灣地區空氣品質雖然逐年改善之中，但空氣中臭氧濃度卻正逐年取代懸浮微粒而成為影響空氣污染指數（PSI）之主要因素。由於地表空氣中的臭氧主要是來自於VOCs及NO<sub>x</sub>等臭氧前驅物質與光反應所產生，因此加強管制有機廢氣的排放乃是改善空氣品質的當務之急。

而對大部分行業而言，過去對有機污染物之管制略嫌寬鬆，環保署因此在過去幾年陸續針對汽車製造業、石化業、PU合成皮業、乾洗衣業及半導體業等行業研訂行業別排放標準。在新標準陸續公告實施後，民眾所期望空氣品質改善的目標正逐漸達成；而業者對於低成本、高效率廢氣處理技術之需求則日益高漲。

有機廢氣的處理方法很多，屬於成熟、已商業化、大量被運用的技術例如熱焚化、觸媒焚化、蓄熱式焚化爐、轉輪濃縮焚化、活性炭吸脫附、活性炭吸附、冷凝回收等。又例如生物處理技術則是屬於近年來實廠技術逐漸成熟且商業化推廣中的技術。其他還有例如高級氧化洗滌、光觸媒氧化、電漿解離等具有相當潛力的新技術等。而上述有機廢氣技術並非皆適用於所有的廢氣成分或濃度，可以依適用範圍分類如圖 1。例如 PU 合成皮業濕式製程所排放之廢氣成分以 DMF 為主，由於 DMF 在水中的高溶解度及低蒸氣壓，因此適合利用多段式濕式洗滌技術進行回收再利用。

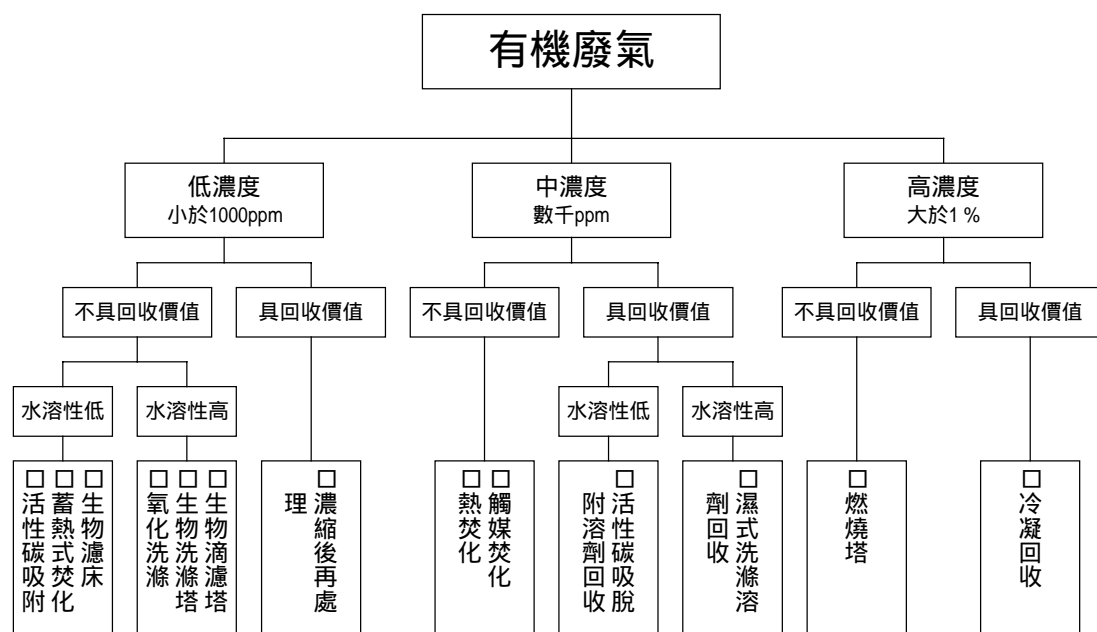


圖 1 有機廢氣處理主要技術適用範圍

半導體業排放的有機廢氣是台灣地區 VOCs 主要來源之一。而且值得注意的是大多數半導體廠集中在新竹地區，產生有機廢氣的處理是否合宜，對區域性空氣品質的影響十分重大。半導體業所排放廢氣具有低濃度、中高風量、且成分多樣之特性，從圖 1 低濃度範圍來看，適合利用的技術包括有活性炭吸附、生物處理技術、氧化洗滌技術、及濃縮後再處理技術等。而目前業者普遍利用的技術正屬於濃縮後再處理技術之一的濃縮後焚化技術。但操作成本較高、濃縮性能易受高沸點物質影響等問題，是濃縮後焚化技術在半導體業實際應用上值得深入研究之處。而隨著各國對水及廢水採用高級氧化

處理之趨勢，使得臭氧製造技術快速發展，臭氧成本因而大幅下降，有潛力實際應用在氧化洗滌技術。

對水溶性高的 VOC 而言，可借溼式洗滌技術將氣相中的 VOC 轉移至液相中，再進行廢水處理。但為維持較高的處理效率以清水洗滌用水量相當大，本研究案例早期之評估顯示，如此洗滌塔的用水量估計將達到 700-900 噸/天之多，較該廠製程每天的用水量高出約 20-50%。在半導體業普遍缺水且排放廢水質量也受約制的條件下，僅靠清水洗滌的方法有其難行之處。因此通常需如圖 2 將廢氣有機物質傳輸至水中，搭配化學氧化將污染物分解成二氧化碳、水或無害之鹽類。但一般氧化劑受限於反應速率太慢、或有產生危害性較高的物質殘留於廢水中之疑慮，仍會造成後續廢水處理的困擾。

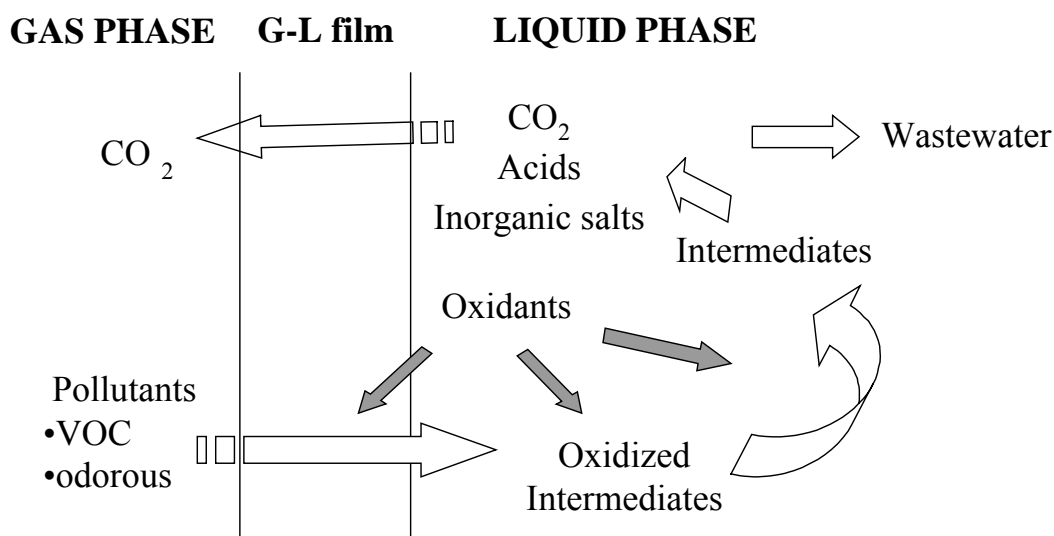


圖 2 氧化洗滌原理示意圖

臭氧氧化力極佳，在自來水及廢水處理的應用很多，常用來消毒或去除部份有機物。臭氧在水中溶解度為 0.38 g/L，只有氯氣的 1/10，但是氧氣的 20 倍，屬於水溶性較差的氣體，但在適當的反應槽設計條件下，在反應槽中的有效利用率可高達 99%。

臭氧與有機物之反應機制大約可分成下面兩部分<sup>(3)</sup>：第一部份為臭氧與水中污染物之直接反應 (direct reactions)。第二部份為臭氧與污染物之自由基反應 (radical reactions)，臭氧會與某些物質 (如 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、UV、OH<sup>-</sup> 等) 反應產生更有活性及氧化性的自由基 (free radicals)，其中以 OH· radical 最強，其氧化電位為 2.3 volts，如表 1 所示，氧化力高於與水中污染物直接反應之臭氧以及其他常用氧化劑如過氧化氫、次氯酸等。

表 2 是不同有機物與 ozone and OH· radical 之反應速率 (M<sup>-1</sup> sec<sup>-1</sup>)，從上述資料分析，以臭氧為氧化劑之氧化洗滌技術可將有機物氧化處理。但由於

臭氧與污染物直接反應之速率較慢，因此在反應槽內可加入適當比例之  $H_2O_2$ 、 $OH^-$  等與臭氧反應產生  $OH \cdot$  radical，可使反應速率加快。一般經驗之最適  $H_2O_2/O_3$ (moles/mole) 比例從 0.5 到 1.4 都有<sup>(3)</sup>，視污染物種類、濃度高低而異。但過高的  $H_2O_2$  比例可能本身就會消耗  $OH$  radical、抑制反應。

臭氧與  $H_2O_2$ 、 $UV$ 、 $OH^-$  等反應產生具有高活性及氧化性的  $OH \cdot$  radical，參予氧化反應的技術一般被稱為 AOP (Advanced Oxidation Processes，高級氧化技術)。故在本研究將以  $O_3/H_2O_2$  為氧化劑之氧化洗滌技術稱之為高級氧化洗滌技術。

表 1 各種氧化劑之氧化還原電位

Oxidant	$OH \cdot$	Ozone	$H_2O_2$	$KMnO_4$	$HOCl$	$Cl_2$	$ClO_2$
Potential (volts)	2.33	2.07	1.78	1.56	1.49	1.36	1.27

表 2 不同有機物與 ozone and  $OH$  radical 之反應速率(4)

有機污染物質	Ozone	$OH \cdot$ radical
Alcohols	1-100	$10^{9-10}$
Ketones	1-100	$10^{9-10}$
Aldehydes	1-10	$10^9$
Carboxylic Acid	$10^{-5}$ -10	$10^{7-9}$
N-containing organics	$10^{2-7}$	$10^{9-10}$
S-containing organics	$10$ - $10^5$	$10^{8-10}$

## 二、氧化洗滌技術與其他技術在半導體廠廢氣處理比較

與其他技術相比，高級氧化洗滌技術之應用尚屬於少數，而與現今半導體廠應用之各種處理技術或傳統氧化洗滌技術相較之下，皆具有可截長補短之相對優點，歸納分析如表 3 所示。

表 3 高級氧化洗滌技術與各種處理技術比較

技術名稱	技術缺點	高級氧化洗滌技術之相對優點
活性炭吸附	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 需經常性大量換碳，操作成本高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 無經常性大量更換之耗材</li> </ul>
生物濾床	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 土地面積需求較大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 土地面積需求較小</li> </ul>
濃縮後焚化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 消耗燃料，操作成本高</li> <li>■ 廢氣中高沸點物質影響吸附材壽命</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 無須消耗燃料</li> <li>■ 不受高沸點物質影響</li> </ul>
濃縮後冷凝回收(流體化床)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 須高溫及氮氣脫附，操作成本高</li> <li>■ 廢氣中高沸點物質影響吸附材壽命</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 無須高溫操作，危險性低</li> <li>■ 不受高沸點物質影響</li> </ul>
溼式洗滌	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 消耗大量的用水及排放大量的廢水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 用水及廢水大幅減少</li> </ul>
傳統氧化洗滌	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 一般皆使用次氯酸，處理效率較低</li> <li>■ 有生成含氯有機物的疑慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 使用 O<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，氧化力及效率均提升</li> <li>■ 無生成含氯有機物的疑慮</li> </ul>

### 三、實驗設備與研究方法

本研究藉由廢氣特性分析、實驗室半批次實驗、模廠實驗、實廠設計建造及啟動試車等程序，來達到協助業者成功建造氧化洗滌設備之目的。廢氣特性分析是為使後續之能順利進行，包括主要成分分析、主要污染物及總碳氫化合物濃度分析等。

氧化洗滌去除污染物的機制有二，一為吸收污染物至水中、二為氧化污染物成最終產物。吸收技術為較容易控制的技術，因此在進行模廠測試之前，實驗室以進行半批次氧化實驗、著重氧化劑與吸收至水中的 MEK、IPA 等污染物之反應速率及氧化劑消耗量之研究為主。模廠測試則組裝小型的模廠設備處理實際污染源廢氣，以其研究結果作為放大為實廠設備所需之基本設計參數。

半批次氧化實驗的方法是將適當濃度污染物水溶液配製於可容納 8L 污染物水溶液的半批次反應槽中，並調整臭氧產生機使穩定產生適當濃度、風量之臭氧，再以 diffuser 連續曝氣通入上述反應槽中與污染物反應。圖 3 為半批次氧化實驗設備。

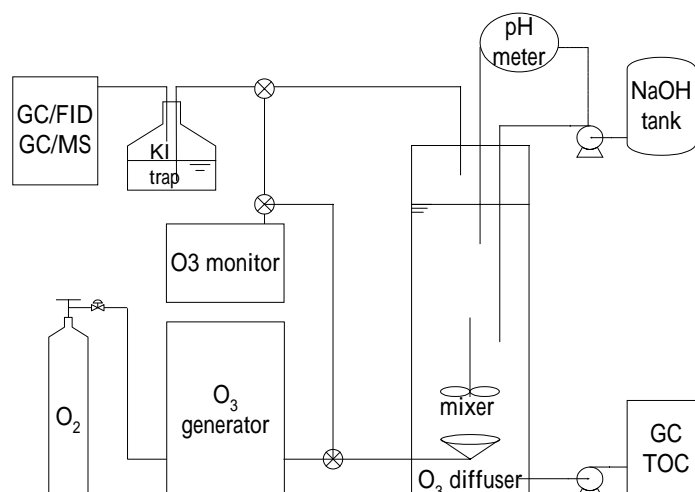


圖 3 半批次氧化實驗裝置圖

為了解污染物被去除的效率與氧化劑量的關係，實驗過程必須進行各種不同項目的監測。圖 3 除了前述的反應槽外，還需要有監測氣態臭氧供應濃度、排放濃度、水中濃度的 ozone monitor，監測氣態濃度、水中污染物濃度的 GC/FID、TOC 分析儀等，控制水中 pH 值的 pH meter，產生適當濃度臭氧的臭氧產生機及氧氣鋼瓶等。

模廠實驗裝置如圖 4 所示，主要有污染物氧化單元、廢氣洗滌單元、臭氧製造單元、加藥單元及監控單元等五部分。有機廢氣以風車送入廢氣洗滌單元、被溶入洗滌水之 VOC 再泵入污染物氧化單元，曝以臭氧處理。經氧化處理後之洗滌水循環泵入廢氣洗滌單元，繼續洗滌吸收廢氣中之 VOC。部份洗滌水排出污染物氧化單元，避免碳酸鹽濃度累積，造成  $O_3$  及 OH radical 在進行氧化反應時的抑制，影響對污染物的氧化。

污染物氧化單元為本技術之核心部份，主要由兩組串聯之臭氧曝氣反應槽構成。每個反應槽塔高 3 m，內徑 0.3 m，至多可充填 400 L 洗滌液，液位高度可由監控單元控制。反應槽內部設有兩組臭氧曝氣裝置，設置位置如圖 6 所示。廢氣洗滌單元為一組填充式洗滌塔，塔高 3 m、內徑 0.24 m，內部填充直徑 1 in 之球形填充物(基隆貿易，k7 雙星球形)，填充物比表面積  $274 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ，填充高度 2 m。臭氧製造單元包含一台臭氧產生機(OZONIA，CFS-1)，純氧由液氧儲槽供應，最多可產生每小時 80 g 臭氧。加藥單元含  $H_2O_2$  及 NaOH 加藥控制系統，藉以調整反應槽內之  $H_2O_2$  濃度及 pH 值。監控單元含有機廢氣之濃度監測、臭氧濃度監測、加藥量控制及反應槽液位控制。有機廢氣之濃度監測器為 online GC/FID(中國層析，9800)，臭氧濃度監測器為 UV detector(PCI-WEDECO，MC-400)，高濃度則以滴定法(Iodometric method)分析。



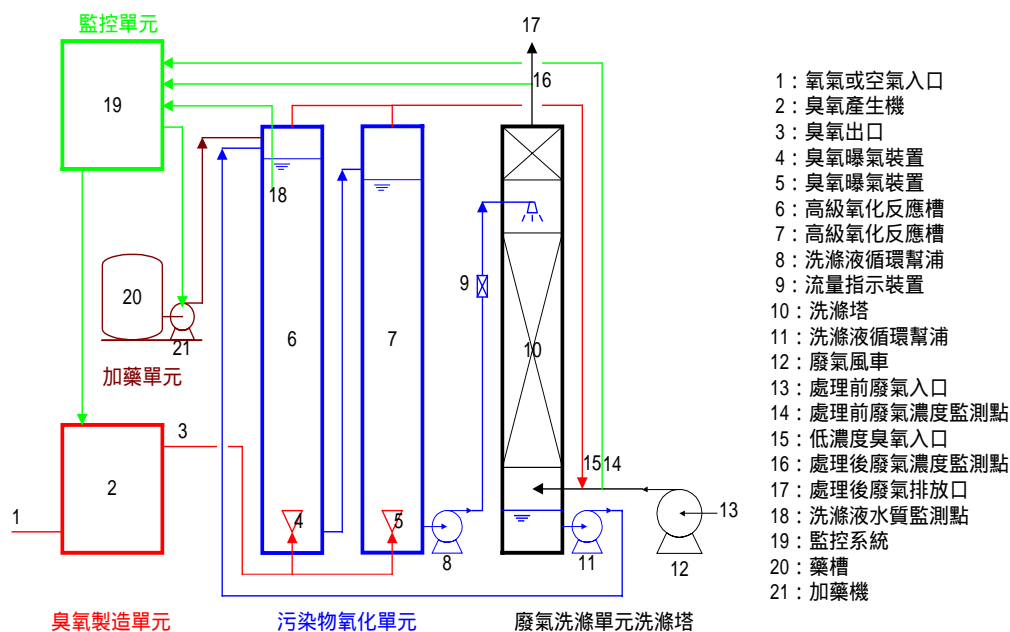


圖 4 模廠測試實驗設備

對於達到相同的污染物氧化的效果而言，反應槽型式屬於 PFR(plug flow reactor)會比 CSTR(continue stirred tank reactor)需要的反應槽體積要小很多。反應槽中的氣液流量比值 (G/L) 可用來區分反應槽類型，當  $G/L > 0.5$  時，反應槽型態較偏向完全混合的 CSTR 型式<sup>(5)</sup>。而反應槽高度與直徑比值 ( $h/d$ ) 也可用來區分反應槽中液相類型，當  $h/d \leq 10$  時，反應槽型態較偏向完全混合的 CSTR 型式<sup>(3)</sup>。

本研究進行模廠測試之反應槽屬於 Bubble-Column，且  $G/L > 0.5$ 、 $h/d \leq 10$ ，根據上述分類較偏向屬於 CSTR 之反應類型。而為能減小實廠反應槽體積，目前已著手規劃屬於 PFR 之反應類型。

#### 四、結果與討論

##### (一) 排放廢氣特性

本研究案例的有機廢氣風量約 200 CMM(詳圖 5)，總碳氫化合物濃度 (THC) 屬於低濃度範圍。由表 5 得知當時該有機廢氣之 THC 濃度大部分介於 50-200 ppm 之間。廢氣之成份包括 IPA、MEK、Acetone、2-Butanone、1-Methoxy 2-propanol、Butyl Acetate、Ethyl Lactate 等等，含量較大的主要成份為 IPA 及 MEK。

##### (二) 半批次氧化實驗

FH-ER4 及 OK73 是半導體製程常用的化學品之一，功能上來看兩種化

學品具有替代性。根據其物質安全資料，OK73 主要成分包括含量約 30% 的 PGMEA 及含量約 70% 的 PGME；FH-ER4 則包括含量約 45% 的 MEK 及含量約 55% 的 Ethyl Lactate。而從廢氣特性來看，以 PGMEA 及 MEK 為例，PGMEA 在 20°C 之蒸氣壓為 4.9 mbar，MEK 為 78 mm Hg，也就是 PGMEA 較 MEK 不容易揮發。而為了解這些混合溶劑被氧化破壞的特性，因此在相同的條件下以半批次氧化實驗進行比較。圖 6 是針對 FH-ER4 及 OK73 所進行其中 1 組實驗的 COD 值變化趨勢。

FH-ER4 及 OK73 皆配置 250 mg/L 之水中濃度，在 pH 值控制於 9、O<sub>3</sub> 供應量 132 mg/min·H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / O<sub>3</sub> 供應比值 1/10 等條件下反應 30 分鐘後，FH-ER4 在反應槽中的 COD 濃度約剩下起始濃度的 49%，而 OK73 僅剩下 42%。顯示使用 OK73 時，揮發量可能較低、也較易於氧化處理。

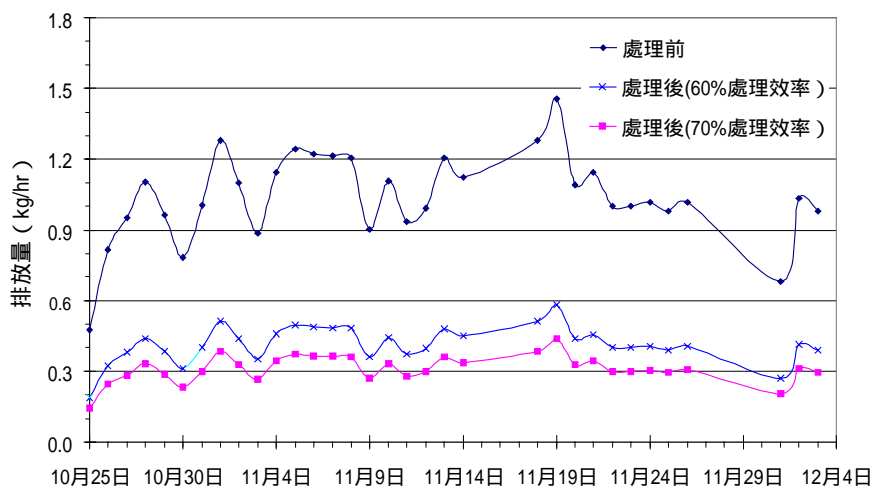


圖 5 以 200 CMM 廢氣風量估計之排放量推估

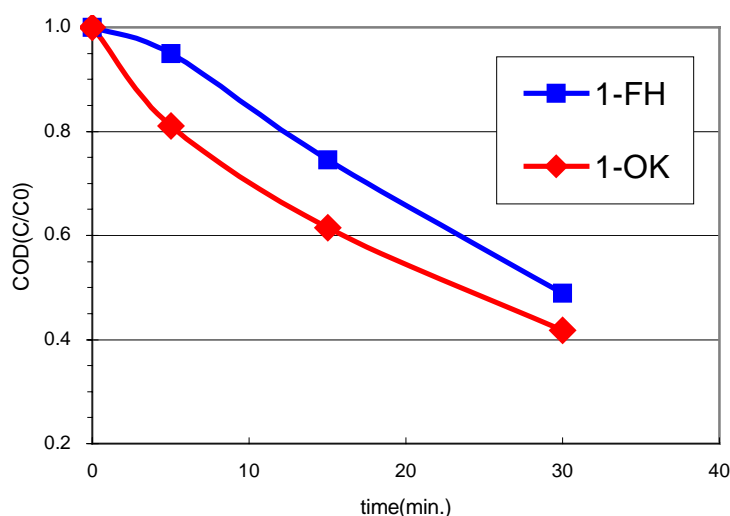


圖 6 FH-ER4 及 OK73 氧化實驗的 COD 值變化趨勢

## (二)模廠測試結果

### 1.影響 THC 去除效率之因素

模廠測試結果<sup>(6)(7)</sup>顯示，pH 值、氧化槽停留時間、洗滌循環水汰換、 $H_2O_2/O_3$  比例等為影響 THC 去除效率之因素。在未加入  $H_2O_2$  的條件下，愈高的 pH 值下對污染物反應速率愈高。但 pH 值在 10 以上時則去除效率反而有下降趨勢。洗滌循環水汰換可避免實驗過程洗滌液無機碳(inorganic carbon，包括  $HCO_3^-$ 、 $CO_3^{2-}$  等)累積，而影響系統對 THC 的去除效率。停留時間增加則有助於 THC 的處理效率。

反應槽中加入  $H_2O_2$  可增進氧化能力。 $H_2O_2$  對處理效率之影響 pH 對處理效率之影響洗滌循環水汰換對處理效率之影響氧化槽規模對處理效率之影響。為最適之  $H_2O_2/O_3$  比例因污染物種類而異，但一般經驗建議為 0.35-0.45[4, 5]。表 8 的實驗結果顯示，在加入適量  $H_2O_2$  後，即使臭氧供應量由 13 g  $O_3/g$  THC 降為 1.1 g  $O_3/g$  THC，仍維持平均去除效率在 60%~70% 之間。

### 2.實際廢氣清水洗滌效率及放大設計目標

模廠設備組裝後，以 8-10 lpm 之洗滌循環水搭配 1-2 CMM 之實際廢氣測試，發現清水洗滌效率在約有 80-90% 的吸收效率。若洗滌時完全不換水，則吸收效率約在第 4 小時開始會低於 40% 以下。由清水洗滌結果得到的模廠吸收效率與氣液比關係如圖 7 所示。圖中 Exhaust 1 排放廢氣成分以 MEK 為主，Exhaust 2 排放廢氣成分以 MEK 及 IPA 為主。

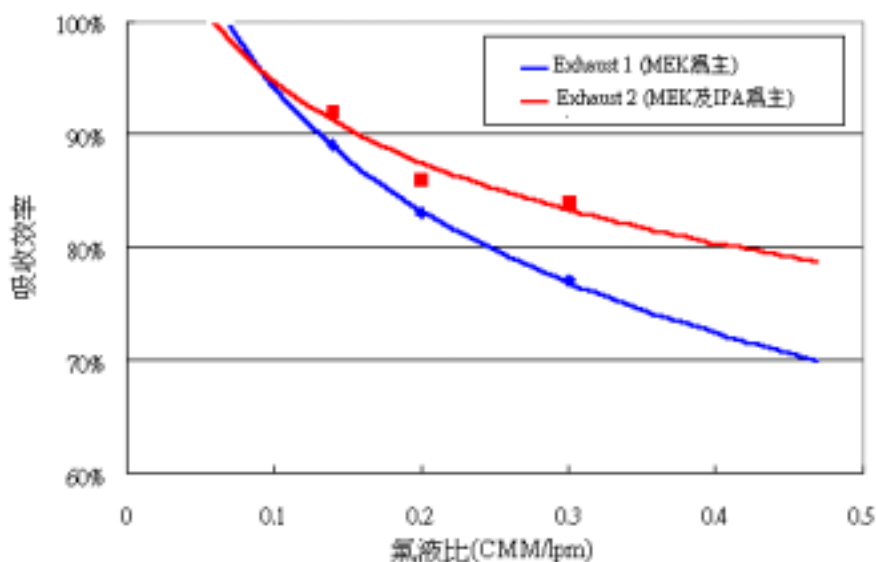


圖 7 模廠吸收效率與氣液比關係

## (三)放大之實廠規模

放大之實廠規模詳表 4，設置成本約 1600 萬，操作成本約 180 萬（包括

動力設備運轉電費，水費、製造臭氧所需之電費及氧氣費用等)。

表 4 實廠設備規模

洗滌塔	氧化反應槽	臭氧機	控制系統
塔徑2.7 m 塔高5 m 填料高度3 m 循環水量 1200 lpm 廢氣風量 250CMM	塔徑3 m 塔高6 m 停留時間 30 min 臭氧流量 120 lpm	最大製造量 3 kg/hr 設計量 1.6 -2.4 kg/hr	PLC控制

#### (四)實廠測試結果

實廠測試結果如圖 8，其顯示處理效率約 60~90%，當只有臭氧時平均處理效率約 75%，而加入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 時 THC 處理效率明顯增加 10%，因此平均約 85%。

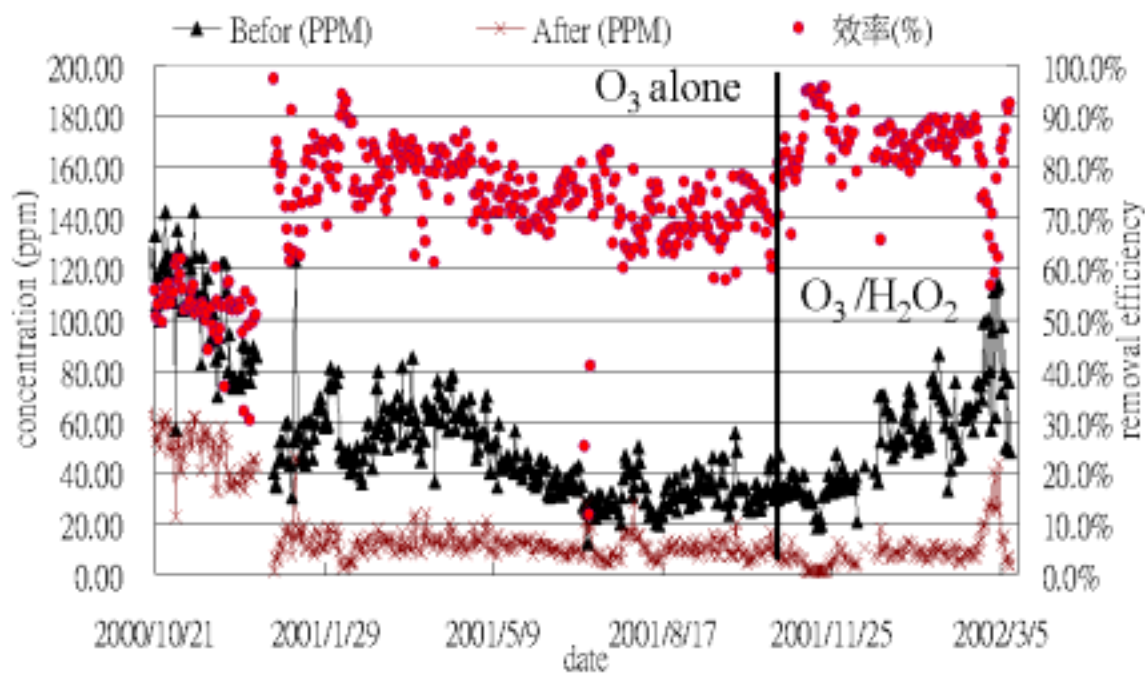


圖 8 實廠處理結果

## 五、結論與建議

1. 由操作條件測試結果顯示，規劃以臭氧去除 MEK 及 IPA 是可行的，且去除率可達 95%。而去除 1g 的 MEK 或 IPA 大約需要 1-2 g 的臭氧。

- 2.反應槽之設計及操作條件之控制為此技術之關鍵。pH 值、氧化槽停留時間、洗滌循環水汰換、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> 比例等為影響 THC 去除效率之因素。初步估計模廠設備概況為，5 CMM 風量的廢氣以 15 lpm 的洗滌液淋洗，廢氣中污染物經過洗滌塔時有 95%被吸收至洗滌液中，流出水中 MEK 濃度約 25 mg/L、IPA 濃度約 13 mg/L，所需要臭氧約 35-70 g/hr。
- 3.高級氧化洗滌可在常溫和常壓下操作，不會受高沸點物質影響，且可以設計使用無塵室所產生之廢水當作洗滌液補充水。
- 4.半導體製造業新廠規劃 VOC 廢氣處理若採用高級氧化洗滌技術可以節省設備投資約 1,800-2,450 萬元以上(VOC 設備 + 天然氣燃料供應系統)，年支出費用節省 1,000-1,300 萬元以上。舊廠若改採用高級氧化洗滌技術為主，沸石轉輪當 Back Up 可以節省設備投資約 800 - 1,000 萬元以上年支出費用節省 1,200 萬元以上。

### 參考文獻

1. 新竹科學園區環境保護監督小組年度報告 (2001)。
2. 張書豪、張木彬，”科學園區空氣污染物排放特性”，國立中央大學環境工程學刊第六期(2000)。
3. C. Gottschalk, J. A. Libra, A. , “Saupe, Ozonation of Water and Waste Water: A Practical Guide to Understanding Ozone and its Application, Wiley-VCH, Germany(2000).
4. Guy Martin and Paul Laffort, “Odors and Deodorization in the Environment, VCH Publishers, Inc.(1994) .
5. Marinas, B. J., Liang, S., Aieta, E. M., “Modeling Hydrodynamics and Ozone Residual Distribution in a Pilot- Scale Ozone Bubble-Diffuser Contactor”, Journal AWMA(1993).
6. 賴慶智，林樹崧，吳信賢，“以臭氧處理 VOC 之技術發展現況”，高雄市 VOCs 排放特性與控制技術研討會，(2000)。
7. Hsin-Hsien Wu, Shu-Sung Lin and Ching-Chih Lai, “Control of Volatile Organic Compounds (VOCs) from Semiconductor Manufacturing Industry by Wet Scrubbing and Ozonation”, The Air & Waste Management Association's 94th Annual Conference & Exhibition(2001).
8. Ernst-Martin Billing, Michael E. Mullins and D. W. Hubbard, “Behavior of a Packed Column as an Ozonation Reactor for the removal of Trichloroethylene from Water”, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium Chemical Oxidation: Technologies for the Nineties(1995).
9. Langlais, B., Reckhow, D. A., Brink, D. R. “Ozone in water treatment: application and engineering; Lewis Publisher, Inc., MA, USA(1989).

## 乾電池回收制度與經驗

陳雄文<sup>1</sup>、尤泳智<sup>2</sup>、葉明昇<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 行政院環境保護署廢棄物管理處處長

<sup>2</sup> 行政院環境保護署資源回收管理基金管理委員會執行秘書

<sup>3</sup> 行政院環境保護署資源回收管理基金管理委員會助理環境技術師

### 摘 要

依民國 77 年修正之廢棄物清理法，我國開始實施一般廢棄物由產品之製造或輸入業者負責回收清理之制度。環保署於 79 年列管含水銀電池及鉛蓄電池，凡是製造、輸入、販賣業者須達成規定的回收率。86 年 3 月新修正的廢棄物清理法則不再要求業者達成回收率目標，改為要求製造、輸入業者應繳交回收清除處理費，並標示含汞、鎘之電池，而販賣業者則應回收消費者所回收之廢乾電池。回收清除處理費所成立的基金，自 87 年起由環保署管理，用於支付回收清除處理費用、補助獎勵回收系統、再生利用、執行機關代清理費用、第三公正團體稽核認證費用、及其他與回收有關之用途。87 年環保署增列鎳鎘電池為應由業者負責回收的物品，自 88 年 11 月起更擴及所有的乾電池。90 年各類乾電池的總回收量為 586 噸，回收率為 6.2%。即使法制完備，各類乾電池的回收率皆不高，主要因為乾電池體積小，而民眾尚未養成分類習慣，常常將廢乾電池和一般垃圾一起廢棄。為加強民眾回收廢乾電池之意識，環保署自 90 年底開始推動全國學校廢乾電池回收教育宣導計畫，此外，並自 91 年 3 月起將廢乾電池之回收補貼費提高一倍。因此，91 年之廢乾電池回收量已增加為 923 公噸，回收率提高至 10.3%，而至民國 92 年 6 月，更提高至 15%。本報告將簡介國內推動廢乾電池回收工作之歷史、制度與現況，及政府各項相關措施。

**關鍵詞：**乾電池、回收

## Battery Recycling in Taiwan

Hsiung-Wen Chen

Director, Bureau of Solid Waste Management,  
Environmental Protection Administration, Taiwan, R.O.C.

## Abstract

Under the Waste Disposal Act of 1988, Taiwan implemented the first extended producer responsibility (EPR) legislation to collect and recycle various municipal wastes. In 1990, mercury-containing batteries and lead acid batteries were listed as products subject to the EPR scheme. Manufacturers, importers and sellers of listed products were required to achieve the collection and recycling rates set by the Environmental Protection Administration (EPA).

In March 1997, the new amendments to the Waste Disposal Act changed the EPR scheme to require the responsible manufacturers or importers to pay recycling fees instead of fulfilling the mandatory collection and recycling targets. Besides, labeling requirement is applied to batteries containing mercury or cadmium. The retailers, on the other hand, are required to take back the used dry batteries from consumers. The recycling fees are paid to the EPA-administered recycling funds, which are used to subsidize the costs of collection and recycling, to subsidize or award recycling systems, to reimburse municipalities for waste disposal, to pay for the costs of third-party certification, and for other uses related to recycling. In 1998, Ni-Cd batteries for general consumer uses are added to the EPR product list. From November 1999, the EPR regime was expanded to cover all kinds of dry battery chemistries. The volume collected in 2001 is 586 tons for dry batteries of various chemistries. In the mean time, the collection rate is 6.2% for dry batteries. Despite the legislation, the collection rate achieved is low for dry batteries. This can be attributed to the relatively small size of dry batteries, which are often disposed together with general garbage.

To raise public awareness of dry battery recycling, EPA initiated a nation-wide school education program in late 2001. Besides, the subsidy rate for dry battery collectors was doubled from March 2002. The volume collected in 2002 is 923 tons, and collection rate is 10.3% for dry batteries. This paper outlines the history and current situations of dry battery recycling in Taiwan, as well as EPA's efforts to promote dry battery recycling.

**Key words** : dry battery , recycling

## 一、前言

根據統計，民國 89 年國內一共用掉了約 11,049 公噸的乾電池（相當於 5 億 5 千萬個 3 號電池），而近年來廢乾電池的實際回收量卻僅約一成。可見民眾對回收乾電池的觀念仍未建立，故加強宣導廢乾電池回收之觀念，實為環境保



護工作中刻不容緩之事。

在乾電池回收制度之沿革上，環保署於 79 年公告列管含水銀電池，並規定製造及輸入業者須達成一定目標之回收率。於 86 年 3 月新修正的廢棄物清理法中，則將原要求業者須達成回收率目標之規定，改為要求製造及輸入業者應繳交回收清除處理費，並應標示含汞、鎘之乾電池；此外，亦規定販賣業者應回收消費者所交回之廢乾電池。87 年則再行增列鎳鎘電池為應回收廢棄物項目；而自 88 年 11 月起更擴大到回收所有的廢乾電池，亦即目前所有乾電池種類皆應予以回收處理。

在回收成效方面，90 年各類廢乾電池的總回收量為 586 噸，回收率僅為 6.2%，係因乾電池體積小，民眾容易將其和一般垃圾一起廢棄。為加強民眾回收乾電池之意識，環保署自 90 年底開始推動全國學校回收廢乾電池教育宣導計畫。此外，環保署並自 91 年 3 月起將廢乾電池之回收補貼費提高一倍（即由每公斤 7.5 元調為每公斤 15 元），使得廢乾電池回收率提高為 10.5%。由於廢乾電池之回收率不高，回收量尚未達設置處理廠之經濟規模，所以國內目前尚無設置廢乾電池處理廠，而係採取輸出方式處理，並依巴塞爾公約相關規定辦理。然而為因應未來設置國內廢乾電池處理廠之需要，本署已於 91 年公告其相關之設施標準與管理規範，俾能配合本國未來設置廢乾電池處理廠之需求。

廢棄乾電池之回收法源係依廢棄物清理法之相關規定實施，其主要內涵是由產品之製造及輸入業者負責回收清理之制度。而國內廢乾電池資源回收工作始於民國 79 年，由起初的列管水銀電池，並規定製造、輸入、販賣業者須達成規定的回收率，到目前擴及所有的廢乾電池回收，且要求製造、輸入業者應繳交回收清除處理費，由環保署管理並用於支付回收清除處理費用、補助獎勵回收系統、再生利用、執行機關代清理費用、第三公正團體稽核認證費用、及其他與回收有關之用途之政策，至今推動十餘年的時間裡，制度上因配合其他應回收廢棄物之回收政策，經過了多項變革，也因而獲得輿論、國際與民間環保意識之重視而日漸成熟。本報告將簡介國內廢乾電池回收之現況，及環保署未來提升廢乾電池回收之方向與措施。

## 二、回收體系及制度

廢乾電池資源回收係依「資源回收四合一計畫」之制度為主要架構，再配合其他相關措施推動執行。「資源回收四合一計畫」係自 86 年 1 月開始實施，透過經濟市場機制，結合社區民眾、地方政府清潔隊、回收商及回收基金四者，共同進行資源回收、垃圾減量工作，藉回饋方式鼓勵全民參與。茲將四方面之運作與角色分述如圖 1：



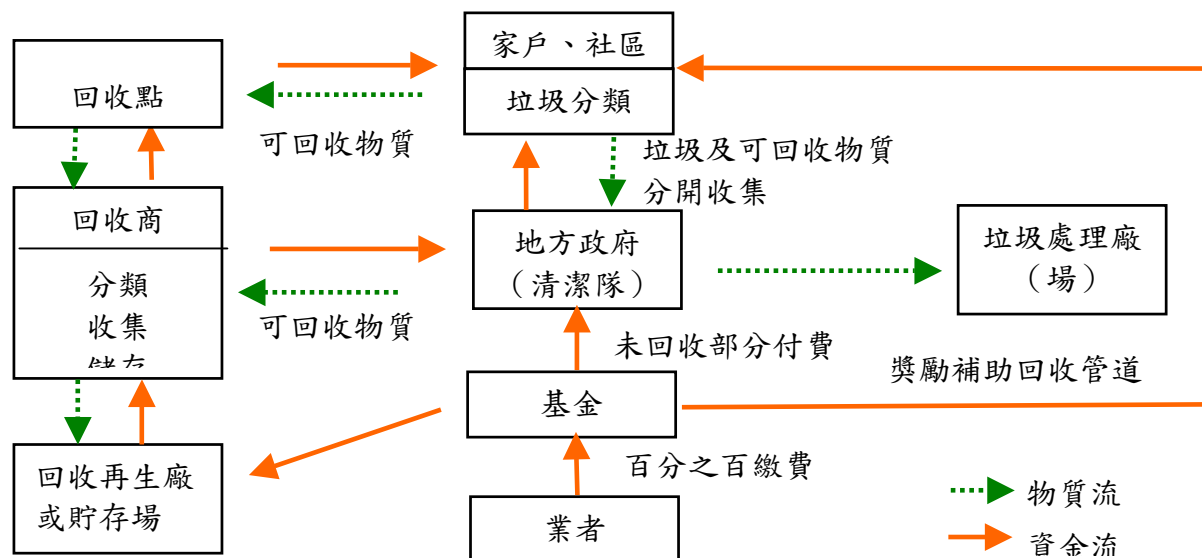


圖 1 資源回收四合一制度

- 1.社區民眾方面：透過社區民眾自發成立回收組織、推廣家戶垃圾分類資源回收。
- 2.回收商方面：鼓勵民間企業發展，向民眾、社區及清潔隊收購資源物質。
- 3.地方政府方面：將資源物品與一般垃圾分開收集清運、將變賣所得之一定比例回饋參與之民眾及工作人員、以回饋獎勵制度鼓勵民眾社區參與回收、變賣所得至少 30%回饋參與回收之社區團體。
- 4.回收基金方面：建立有效之回收制度、規範回收為製造、輸入、販賣業者之責任、挹注經費以推動前三者之執行。

#### (一)廢乾電池回收途徑：

廢乾電池回收之途徑可由圖 2 表示之。在環保署實施各類廢乾電池全面回收後，民眾回收廢乾電池時不再需要分類，不管是日常用的圓筒狀電池、手錶電池、相機電池、大哥大電池或電腦用電池等，皆可送至超商、超市、量販店、藥妝店、社區、學校、清潔隊等電池回收管道進行回收，再由廢乾電池回收業者至這些回收點清運，然後統一送至處理業者。

然而，因目前國內之回收量規模尚小，雖有相關技術，但仍無法達到損益平衡的目標，因此，在處理方面仍需尋求境外處理，而目前國內僅有一家廠商從事此項輸出處理作業，主要之境外處理國家為美國與法國。：

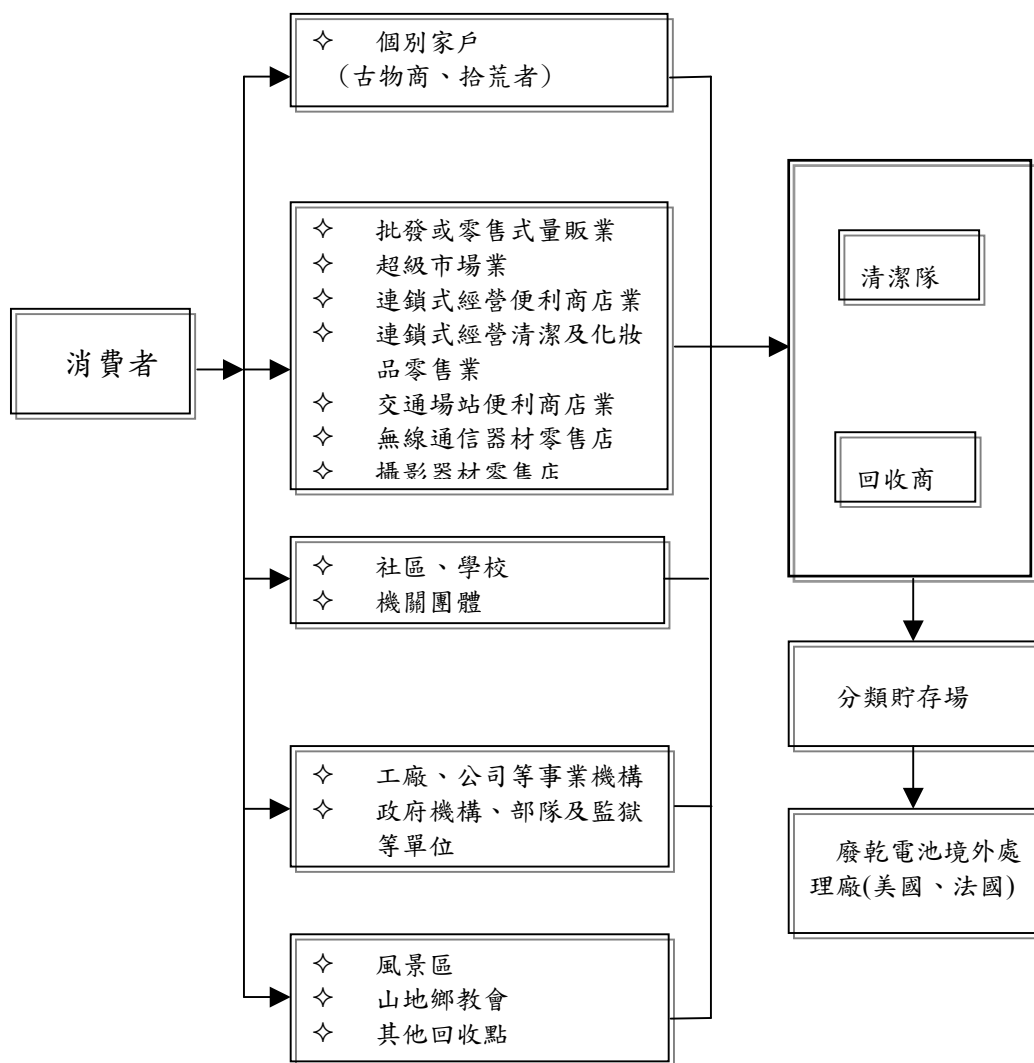


圖 2 廢乾電池回收途徑

## (二)回收清除處理費費率及補貼費費率：

回收清除處理費費率係由環保署所設之費率審議委員會依材質、容積、重量、對環境之影響、再利用價值、回收清除處理成本及其他相關因素審議，並由環保署核定公告。製造、輸入業者則依此費率繳納至資源回收管理基金。再由基金支付回收清除處理補貼、執行稽核認證費用及其他與資源回收有關用途之費用。

對於電池中之汞、鎘、鉛含量超過基準值者，則加重徵收回收清除處理費率，其費率為一般同種類電池應繳納費率之四倍費率。

回收商至回收點回收廢乾電池後再送交處理商，並向處理商請領回收清除補貼費；而處理商則將廢乾電池妥適處理完成，並經環保署委託之公證團體進行稽核認證無誤後，再依稽核認證處理數量，向基金管理委員會請領回收清除補貼費及處理補貼費。

目前之回收清除處理費費率及補貼費費率，如表 1 各類乾電池回收清除處理費費率及補貼費費率所示，其中回收清除補貼費較前一年度增加一倍之多，目的在於吸引回收之誘因，以增加回收比率。

表 1 現行各類乾電池回收清除處理費費率及補貼費費率

單位：新台幣元／公斤

乾電池種類	費 率			
	回收清除處理費 費率	補貼費費率		
		回收清除補貼	處理補貼費	補貼費總和
錳鋅電池	20	15	58.95	73.95
筒型鹼錳	20			
筒型一次	12	15	468.91	483.91
鈕鈷型鋰	12	100	343.41	443.41
鈕鈷型鹼	56			
氧化銀電	56			
氧化汞電	56			
鋅空氣電	56			
鎳鎘電池	48	50	79.87	129.87
鎳氫電池	15	15		94.87
筒型二次	12	15	422.9	437.9
註：錳鋅電池、筒型鹼錳電池 汞、鎘、鉛含量超過基準值者， 費率為 80 元/公斤，汞、鎘、鉛 含量基準值為：汞 0.0005% ，鎘 0.025% ，鉛 0.4% 。		廢乾電池處理補貼費率包含分類、貯存及輸 出處理。鈕鈷型鹼錳電池包括由鈕鈷型鹼錳 電池組成圓筒型者。		

### 三、相關法令

有關目前執行廢乾電池回收清除處理業務之相關辦法、設施標準及要點等係根據廢棄物清理法，其涉及影響範圍包括責任業者之登記申報繳費、回收貯存清除處理方法及設施標準、稽核認證、資源回收處理機構之登記申報及補貼制度等五大項目。該法於民國 90 年 10 月 24 日修正公布，其第十八條第五項規定，責任業者及回收、處理業得向資源回收管理基金申請回收清除處理補貼，經資源回收管理基金審核符合該法第十八條第一項訂定之設施標準及同條文第二項訂定之稽核認證作業辦法規定後，予以補貼。茲將相關法令分述如下：

#### (一) 歷年廢乾電池回收項目相關公告

1.79 年 5 月 21 日：公告「含水銀廢電池為不易清除、處理及含有害物質成

分之一般廢棄物」。

- 2.86 年 11 月 27 日：公告「廢乾電池為不易清除、處理及含有害物質成分之一般廢棄物」。
- 3.87 年 3 月 23 日：公告「鎳鎘電池屬應回收清除處理之一般廢棄物，並自七月一日起實施」。
- 4.88 年 5 月 4 日：公告修正「應回收清除、處理之一般廢棄物之種類、物品或其包裝、容器之業者範圍」。修正廢乾電池之範圍指經使用後廢棄之乾電池，組裝前重量低於一公斤、密閉式之小型電池，包括一次電池及二次電池。並自 88 年 11 月 1 日起開始回收清除處理，即擴大到所有種類之廢乾電池均應回收。

### (二) 為便於辨識及回收廢乾電池之相關公告

- 1.87 年 9 月 10 日：公告「第一批應設置資源回收設施供消費者投置之物品及容器商品販賣業者種類及規模」。包括批發或零售式量販業、連鎖式清潔及化妝品零售業、超級市場業、便利商店業等四大行業。
- 2.88 年 10 月 28 日：公告「乾電池上所應標示回收標誌之相關規定」，自 89 年 4 月 1 日起，對於重金屬含量高、環境危害性較大之高污染乾電池（鈕鈷型鹼錳、氧化銀、氧化汞、鋅空氣、鎳鎘電池），為讓消費者瞭解其所含重金屬種類，並提醒民眾減少使用且務必回收此類電池，故針對此類電池規定應標示「含汞（鎘）電池減少使用務必回收」之加框警語標示字樣。
- 3.91 年 6 月 13 日：函知各販賣業者，應將所回收之廢容器或廢乾電池妥善分類貯存、回收清除，不得將資源回收物併入其他一般垃圾交由清潔隊垃圾車清除、處理。如違反規定者，依廢棄物清理法第五十一條第二項規定，應處新台幣六萬元以上三十萬元以下罰鍰。
- 4.91 年 10 月 2 日：公告「應設置資源回收設施之容器或乾電池販賣業者範圍、設施設置、規格及其他應遵行事項」。包括量販店業、超級市場業、連鎖便利商店業、連鎖清潔及化妝品零售業、交通場站便利商店業、無線通信器材零售業、攝影器材零售業等容器或乾電池之販賣業者等七大行業，應接受民眾所回收之廢乾電池，並應將其妥善分類貯存、回收清除，不得併入其他一般垃圾清理。

### (三) 回收處理相關公告

- 1.91 年 7 月 31 日：訂定發布「應回收廢棄物回收處理業管理辦法」。主要為回收、處理業之申請登記、變更登記、撤銷或廢止、申報資料等權利義務之規範。
- 2.91 年 10 月 9 日：訂定發布「應回收廢棄物稽核認證作業辦法」及「應回收廢棄物回收清除處理補貼申請審核管理辦法」。「應回收廢棄物稽核認證作業辦法」為稽核認證團體執行回收處理量稽核認證之程序、流程、相關作業規範。「應回收廢棄物回收清除處理補貼申請審核管理辦法」則為處理業應依規定申請登記為受補貼機構資格、須符合相關設施標準及稽核認證規定，始得依規定程序與作業，向基金管理委員會請領回收清除處理補貼

費之相關規範。

- 3.91 年 10 月 16 日：訂定發布「廢乾電池回收貯存清除處理方法及設施標準」，以作為廢乾電池廢棄後，進行回收、貯存、清除及處理等各階段之處置方法及其設施標準之相關規範。

#### 四、回收現況

目前廢乾電池之回收情形並不彰顯，環保署也為此研擬相關的因應對策，使回收率從 89 年的 5.7% 到 90 年的 6.2% ，91 年則提昇到 10.5% ，至 92 年 6 月時再提昇到 15% 。

茲就歷年之回收率、回收所遭遇之問題與困難點及因應對策分述如下；廢乾電池最近三年之營業量、回收量與回收率數據如表 2 所示。

表 2 歷年乾電池營業量與回收量統計表

單位：公噸

年度	營業量 (噸)	回收量 (噸)	回收率
89 年	11,049	632	5.7%
90 年	9,447	586	6.2%
91 年	8,828	923	10.5%

實施全面回收廢乾電池至今三年多，由表 2 可以得知其回收比率雖有增加，但仍不顯著，其主要原因可歸納如下：

- 1.廢乾電池因體積小，撿拾不易，致影響業者及民眾回收之意願。
- 2.消費大眾對廢乾電池之回收認知不足，常將其與一般垃圾一起廢棄。

為提高廢乾電池之回收率，本署已執行下列相關措施：

- 1.調整回收補貼費費率，提高回收誘因：自 91 年 3 月 1 日起調整廢乾電池之回收清除補貼費費率，藉由調高補貼費費率方式，由 7.5 元/公斤提高為 15 元/公斤，以提高回收誘因。
- 2.加強宣導，增加民眾環保意識：自 90 年 11 月下旬起執行「廢乾電池回收學校宣導計畫」，希望透過學校老師對國民中小學學生的教育宣導，從日常生活中養成並落實廢乾電池資源回收習慣，進而影響家庭成員，以提高回收廢乾電池成效。並於 92 年將宣導計畫範圍擴大到大專院校等各級學校。
- 3.擴大回收管道，提高回收便利性：乾電池販賣業約有二萬家，要求其提供民眾回收廢乾電池之服務，將可有效提高民眾回收之便利性。
- 4.透過地方政府清潔隊，於垃圾車及資源回收車上加設廢乾電池回收筒、宣導布條及語音播放等，加強對民眾宣導，以提高其對廢乾電池回收之認知與配合。
- 5.結合國防部共同推動加強軍事單位廢乾電池回收計畫，期能透過軍事單位

- 之政策執行與貫徹，以達到廢乾電池回收成效。
- 6.自 92 年 4 月起三度協調相關部會研商，杜絕非法乾電池流通及訂定乾電池國家標準。
  - 7 輔導身心障礙者團體從事廢乾電池回收工作。
  - 8.持續檢討回收標誌標示規定，以利民眾辨識並配合回收。

## 五、結論

未來環保署仍有許多修正改善的地方，以確實邁向資源回收再利用的永續循環型社會邁進，未來有關廢乾電池回收處理之加強措施方向包含：

- 1.各縣市廢乾電池回收計畫之補助與審核計畫。
- 2.對廢乾電池回收之社區、學校、機關團體實施輔導。
- 3.評估環保署針對廢乾電池之回收獎勵金補助成效。
- 4.地方資源回收分類筒之設置及宣導之驗收與補助。
- 5.中央整體資源回收宣導。

此外，在實際執行上，環保署亦將注意下列幾個面向：

- 1.由含有毒物質之乾電池占全部乾電池之百分比，以釐清廢乾電池回收分類處理之必要性與費率之公平性。
- 2.為提昇廢乾電池之回收率，在擬定提昇回收率策略之前題，應確實掌握回收業、處理業、環保署之角色定位與分際，以避免超越權責等。
- 3.建立歷年回收之基本資料並統計分析其效果，以作為未來評估效益之依循或修正策略之參考。

今後在環保署諸多努力及相關措施實施下，相信對於廢乾電池之回收清除處理成效勢必能有更明顯提昇。

## 鑄造業廢棄物資源化方式之探討

鄭宏德<sup>1</sup>、張耀民<sup>2</sup>、呂東璇<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 晶淨科技股份有限公司總經理

<sup>2</sup> 晶淨科技股份有限公司環境工程師

<sup>3</sup> 立順興資源科技股份有限公司副總經理

### 摘要

鑄造業每年產生之廢棄物(含廢鑄砂、爐渣及集塵灰等)約為一百多萬噸，因各廠使用之設備與製程不同，產生之廢棄物性質亦各有差異，增加資源化再利用之困難與限制。廢鑄砂化學成份以 SiO<sub>2</sub> 為主(約 60%~90%)，物理性質如比重、FM 值及單位重等皆與一般土木工程用細粒料相近；爐渣化學成份以 SiO<sub>2</sub> 與殘鐵為主，物理性質則與普通碎石接近；至於集塵灰除粒徑較廢鑄砂小外，其餘性質與廢鑄砂相去不遠。目前國內鑄造業廢棄物係將廢鑄砂及爐渣再利用於土木工程材料為主要方式，而鑄造製程中以撞擊、噴砂方式所產生之集塵灰，性質等同於廢鑄砂，但受限於其過細之顆粒，再利用情形並不普遍，多以掩埋方式處理。

本文藉由現勘訪查鑄造業及再利用機構，以瞭解鑄造業廢棄物產出及再利用之現況與問題，並針對廢鑄砂、爐渣及集塵灰之資源化技術，分別探討其回收、清除、處理及資源化產品之優劣性，並據此提出廢鑄砂、爐渣及集塵灰之最適資源化建議，作為鑄造業廢棄物處理及資源回收之參考。

**關鍵詞：**鑄造業廢棄物，資源化

## A Study of Foundry Waste Reuse

H. D, Zheng<sup>1</sup> Y.M, Chang<sup>2</sup> T. H., Lu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>General Manager, Eco Technology & Consultants Co., Ltd..

<sup>2</sup>Environment Engineer, Eco Technology & Consultants Co., Ltd..

<sup>3</sup>Vice General Manager, Re-source Technology

### Abstract

The foundry produce 1.5million waste per year. These diverse foundry wastes deriving from different equipments are difficult to reuse them. The chemical composition of waste foundry sand is mainly SiO<sub>2</sub> (60%-90%). The physical character of waste foundry sand is similar to natural sand. The chemical composition of foundry slag is mainly SiO<sub>2</sub> and residual irons. The physical character of foundry slag is similar to natural sand, too. The character of foundry dust is similar to waste foundry sand except of its grain. At present, the way of reusing the waste foundry sand and foundry slag is to be the civil engineering material. Although the character of foundry dust is similar to waste foundry sand, the dust has a confined way to reusing for its fine gain.

In this study, by the way of inspecting the foundry and reusing factory is to understand the situation and questions of producing, and reusing. Analyzing the advantage and drawback of the reusing technology purpose to propose the best way to reuse the Foundry Waste.

**Key words:** foundry waste, resource reusing

## 一、前言

鑄造業為國內機械工業及製造業之根本，製程產生之廢棄物主要為廢鑄砂、爐渣及集塵灰，根據國內相關研究推估，每年產生之廢棄物總量約為150萬噸~200萬噸[1]，而91年採用再利用方式申報之鑄造業廢棄物總量卻僅約為6萬噸/年，由於產生量甚為龐大若未妥善處理將對環境造成困擾。廢鑄砂及爐渣為工業局公告之再利用事業廢棄物，經由適當加工處理（如磁選、篩分、溶解），即可予以資源化再利用，並進而呈現多方面效益。製程產生之集塵灰屬無害之一般事業廢棄物，多以掩埋方式處理，由於含有較高的氧化矽成分，且具潛在波索蘭反應功能，將其應用於混凝土材料中，取代部分細骨材，應為有價值之資源化應用方向。

## 二、鑄造廢棄物產生現況

### (一)鑄造廢棄物之產生

國內鑄造品年產量約150萬公噸，而鑄鐵熔煉主要使用化鐵爐和感應爐二種，於熔煉過程中所產生之鑄造廢棄物為爐渣和集塵灰，約佔鑄件產量之2%。廢鑄砂為造模後產生之廢棄物，依造模方式不同，可分為廢濕模砂、



廢水玻璃砂、廢樹脂砂、廢呔喃砂、廢陶瓷殼模砂等，一般皆稱為廢鑄砂，據鑄造業者估計每生產 1 公噸之鑄件平均需要丟棄 1 公噸之廢鑄砂，因此國內鑄造廠一年約有 150 萬公噸之廢鑄砂需要處理。

鑄造業廢棄物收集情況及外觀如下列照片所示。



鑄造業化鐵爐外觀



爐渣收集狀況



廢鑄砂收集狀況



集塵灰收集狀況

## (二)鑄造廢棄物之性質

各類型鑄造廢棄物之性質依製程方式而有差異，以桃園地區某鑄造廠為例，其各項廢棄物化學成份、TCLP 及粒徑分析如表 1、表 2 及表 3 所示。由檢驗結果可以發現下列現象：

1.比較噴砂製程之廢鑄砂及集塵灰，可以發現二者化學組成成份相近(如表 1)，主要差異在於集塵灰之粒徑較細(如表 3)；比較熔爐與噴砂製程之集塵灰，其化學成份(如含氮量及含泥量)差異性較大。故鑄造廢棄物性質應取決於製程項目，而非單以種類劃分，因此各類廢棄物應依製程作適當分類

表 1 鑄造業廢棄物化學成份分析

成份 廢棄物種類	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	Clay (%)	Cl <sup>-</sup> (mg/kg)
廢鑄砂(噴砂製程)	92.20	1.840	0.094	0.013	0.633	0.046	5.51	12.7
廢鑄砂(混砂製程)	95.80	0.954	0.287	0.002	1.060	0.020	42.9	87.4
爐渣	44.10	0.055	9.410	0.011	0.343	0.212	4.0	0.86
集塵灰(噴砂製程)	89.40	1.160	0.151	0.012	19.80	0.022	14.9	6.04
集塵灰(混砂製程)	19.00	0.784	0.189	0.003	17.70	0.008	84.2	234
集塵灰(熔爐)	68.40	0.228	1.930	0.021	1.510	0.101	60.9	3370

表 2 鑄造業廢棄物重金屬溶出試驗(TCLP)

成份 廢棄物種類	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr <sup>6+</sup> (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
廢鑄砂(噴砂製程)	0.011	ND	0.017	ND	0.1	ND	0.24	0.12
廢鑄砂(混砂製程)	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	0.22	0.19
爐渣	0.003	ND	ND	ND	0.02	ND	0.56	0.30
集塵灰(噴砂製程)	ND	0.030	0.114	ND	0.03	ND	0.56	0.29
集塵灰(混砂製程)	0.009	ND	0.044	ND	ND	ND	0.27	ND
集塵灰(熔爐)	ND	ND	0.034	ND	0.02	ND	0.45	4.32
偵測極限	0.003	0.025	0.014	0.01	0.02	0.0005	0.05	0.07
法規限值	5.0	1.0	5.0	2.5	15	0.2	5.0	-

表 3 鑄造業廢棄物粒徑分析

篩號 廢棄物種類	No.40 (%)	No.60 (%)	No.70 (%)	No.100 (%)	No.140 (%)	No.170 (%)	No.200 (%)	底盤 (%)
廢鑄砂(噴砂製程)	0.7	13.9	30.2	77.9	92.6	95.5	97.9	99.9
廢鑄砂(混砂製程)	16.2	42.3	59.3	85.6	91.7	93.2	95.0	99.9
集塵灰(噴砂製程)	3.0	16.7	29.6	64.4	80.4	85.0	90.9	100.0
集塵灰(混砂製程)	23.5	33.7	40.2	58.1	71.1	76.1	83.0	99.9
集塵灰(熔爐)	9.2	18.1	23.9	40.9	55.5	68.7	80.3	100.0

貯存，以利後段資源化應用。

2.由表 2 結果得知鑄造廢棄物之重金屬溶出性質都低於「有害事業廢棄物認定標準」，屬廢清法規範之一般事業廢棄物。

3.造模原料係為模砂，因此廢鑄砂之性質與原料砂相近，以 SiO<sub>2</sub> 為主要成份。

### 三、鑄造廢棄物再利用現況

根據環保署事業廢棄物管制中心 91 年申報統計資料，鑄造業廢棄物再利用情況如表 4 所示。廢鑄砂再利用量為 56,528 噸/年，再利用用途為砂石原料及路基回填材料；爐渣再利用量為 3,277 噸/年，再利用用途為砂石原料及路基回填材料；至於集塵灰並無相關再利用資料，以掩埋為最終處置方式。可見目前國內鑄造業廢棄物再利用現況仍以做為砂石原料為主要再利用用途，但其再利用量仍遠低於推估之產生量。

表 4 鑄造業廢棄物再利用現況

廢棄物種類	再利用量(噸/年)	再利用用途
廢鑄砂	56,528	砂石原料
爐渣	3,277	砂石原料
集塵灰	0	無

註：爐渣再利用量係將化鐵爐爐渣及感應爐爐渣合併計算

### 四、鑄造廢棄物資源化技術

#### (一)廢鑄砂資源化技術

廢鑄砂因製程造模方式不同，其性質亦有差異，進而影響其再利用方式，但因其性質與天然砂石相近，最終產品仍以替代砂石為主。其各項資源化途徑及再生產品如圖 1 所示。各項資源化技術說明如下：

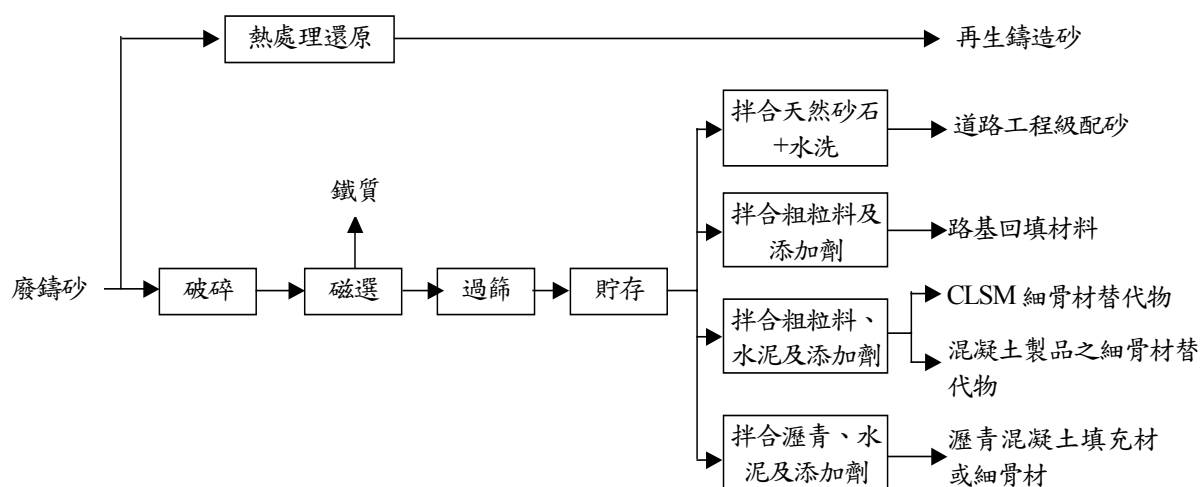


圖 1 廢鑄砂處理主要流程

### 1.再生鑄造砂

- (1)處理流程：採用熱處理還原方式將廢鑄砂性狀還原，並添加必要之添加物，成為再生鑄造砂，回售予鑄造廠使用。
- (2)技術特點：採用熱處理方法對原料之品質要求嚴格，目前國內採用熱處理方法，係以樹脂砂及部分一次性使用之廢鑄砂為主。目前國內已有再利用實廠，由於對回收砂之性質要求較高，回收處理數量受限，且設備成本昂貴，影響處理經濟效益，不易推展業務。

### 2.道路工程級配用砂

- (1)處理流程：經過破碎、磁選及篩分等前處理流程，再拌合天然級配料，經水洗後產生道路工程級配砂。
- (2)技術特點：採用水洗方式處理，無法併同處理集塵灰，含水量需加以控制，另廢棄物添加比例不宜過高，應經過測試決定最佳配比。目前國內已有實廠混合廢鑄砂及爐渣回收處理，由於廢鑄砂及爐渣回收量並不高，以該廠處理量能而言，實際添加比例約為處理量之 1/10。

### 3.路基回填料再利用

- (1)處理流程：經破碎、磁選及篩分等前處理流程，拌合粗粒料及添加劑成為路基回填料再利用。
- (2)技術特點：使用廢鑄砂於路基回填料較原有天然砂石填充料具有較佳之不透水性，同時可減少天然細粒料之使用量，並可以符合廢鑄砂資源化再利用之情形。惟路基回填料因涉及廢鑄砂回填料，需環保局檢測，經工程主管機關同意使用，過程繁複，目前國內工程單位採用意願不高。

### 4.可控制性低強度混凝土(CLSM)細骨材替代物

- (1)處理流程：經破碎、磁選及篩分等前處理流程，替代 CLSM 之細骨材拌合水泥、粗粒料及添加劑。
- (2)技術特點：使用廢鑄砂於可控制性低強度混凝土細骨材可以減少天然細骨材使用量，同時具有較高之彈性模量，可增強混凝土之穩定性及耐久性等性能。國內已有針對廢鑄砂產製 CLSM 之研究，根據實驗結果[2]，單純以廢鑄砂、水及水泥拌製 CLSM，其工作性及強度皆可達規範要求，因此以廢鑄砂取代天然骨材拌製 CLSM 為可行的方案。

### 5.混凝土製品之細骨材替代物

- (1)處理流程：經破碎、磁選及篩分等前處理流程，與混凝土中其他摻配料一起拌合使用於混凝土製品，如預鑄管、磚及鋪面用材等。
- (2)技術特點：使用在混凝土工程之廢鑄砂比平常所使用的混凝土所用的粗粒料來得較輕，但比 ASTM 中之輕量粒料的限制為重，且使用廢鑄砂的水份吸收性比在傳統的輕質粒料所觀察的吸收性來得低。混凝土產品包括混凝土管、磚、停車場用材或作為其它用途。在磚品的製造方面，廢鑄砂之化學性質與物理性質對於製造磚塊而言都是最好的材料。

### 6.瀝青混凝土填充料或細骨材

- (1)處理流程：經破碎、磁選及篩分等前處理流程，替代瀝青混凝土之細骨材拌合水泥、瀝青及添加劑。
- (2)技術特點：與傳統之瀝青混凝土填充料或細骨材比較具有高壓縮性、低透水性、可降低原天然砂石細骨材或填充料用量等等的優點，但需控制填充料比例及品質管制要求。

## (二)爐渣資源化技術

- 1.處理流程：爐渣性質與天然碎石相近，國內外資源化途徑多半做為道路工程或是混凝土骨材(如圖 2)，處理流程與前述廢鑄砂處理方式相同，在此不重複介紹。
- 2.技術特點：爐渣資源化成品品質與使用天然石料相似，甚至更為堅固，但由於造渣過程添加石灰石或生石灰之影響，爐渣中 MgO 與 CaO 等不安定物質含量較高(如表 1)，若充當填充材料時，必須先測定養生、膨脹是否完成，增加應用上之困難。

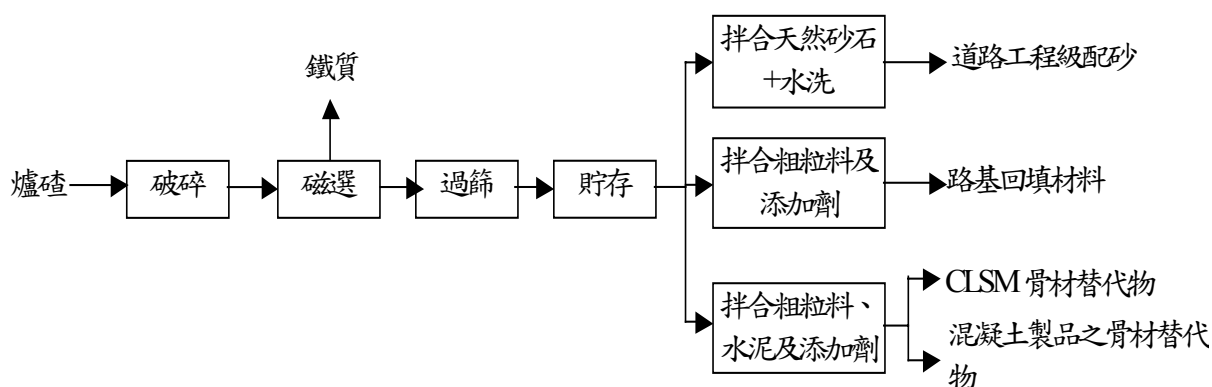


圖 2 爐渣資源化處理流程

## (三)集塵灰資源化技術

集塵灰由於其粒徑較細，且因製程不同其性質差異性頗大(如表 1)，再利用之程序較為困難，同時集塵灰之產量較小，不具經濟誘因，因此國內仍以掩埋為主要處理方式。但如表 1 所示，噴砂製程之集塵灰，其性質與廢鑄砂相近，且具波索蘭效應，應用於控制性低強度材料(CLSM)之添加料應為可行之資源化途徑。至於熔爐所收集之集塵灰，由於其含氯量較高，仍待進行進一步研究，以確實瞭解其可行性。

## (四)回收、處理及資源化產品之探討

根據前述各項鑄造業廢棄物資源化技術之介紹，除集塵灰尚無明確之再利用途徑外，廢鑄砂及爐渣因性質與天然砂石極為相近，除樹脂砂及部分一次

性使用之廢鑄砂採用熱處理還原方式作為再生廢鑄砂外，仍以經前處理後作為土木工程骨材替代物為主要再利用途徑。以目前國內砂石廠之實廠再利用經驗，針對其回收、處理及資源化產品分別探討如下：

### 1.鑄造廢棄物之回收

目前鑄造業廢棄物回收之現況，主要有以下之問題：

- (1)廢鑄砂與爐渣混合收集清運：由於爐渣之產生量較小，部分鑄造廠為避免貯存之麻煩，將廢鑄砂及爐渣混合收集清運交由資源化廠處理，增加資源化廠分類貯存之困難。
- (2)夾雜其他廢棄物共同清運：部分鑄造廠未妥善將廢棄物分類貯存，而混雜其他一般事業廢棄物(如一般垃圾)，併同鑄造廢棄物清運至資源化廠，增加前處理過程之困難。

針對上述問題，資源化廠應加強對鑄造廠宣導廢棄物分類貯存清運之觀念，並建立明確之允收標準，以降低分類前處理之困難。

### 2.鑄造廢棄物之處理

由於鑄造業廢棄物再利用量佔對資源化廠(砂石場)之處理量並不高，加上鑄造廠未做好妥善分類，業者進料(各類廢棄物)之比例多未經妥善規劃，產品品質之穩定性不容易掌控。針對此問題，資源化廠應設置廢棄物妥善分類貯存區域，並依穩定之進料比例進料，以維持產品之品質。

### 3.資源化產品之競爭力

資源化產品之市場接受度為資源化產業發展之重要關鍵，唯有確實做好品質管控，才能持續維持市場競爭力。資源化廠除依前述維持穩定之進料配比外，仍應定期進行產品品質檢驗，並追蹤下游廠商使用狀況，以確實掌控產品流向及品質。

而為維持資源化廠之競爭力，業者仍應配合國內相關研究，開發附加價值高之產品，以維繫產業之發展。

### (五)資源化用途之建議

- 1.以目前國內之再利用技術及營建材料之缺乏，廢鑄砂及爐渣作為天然砂石材料之替代物，成為道路回填材料或砂石級配料，就技術成熟度、市場接受度而言，允為目前最合適之資源化用途，但應確實做好回收、處理及產品管控，以維持產品品質。

- 2.就產業長期發展而言，建議廢鑄砂及爐渣可朝向 CLSM(可控制性低強度材料)研究，除提昇產品之附加價值外，並可評估將集塵灰併同處理之可行性，提升資源化之功效。

## 五、結果與討論

- 1.鑄造業廢棄物之性質與天然砂石相近，以國內外資源化經驗而言，廢鑄砂及爐渣再利用於土木及道路工程材料，以替代日漸衰竭之天然砂石，誠為可行之再利用途徑，唯再利用之過程應妥善做好廢棄物分類貯存、清運及穩定比例進料等品質管控，除維持資源化產品之品質，並可避免因未妥善處置而對環境產生潛在之污染可能。
- 2.集塵灰則受限於粒徑而僅能以掩埋方式處置，以國內對廢棄物資源化之需求，未來應可評估朝向更具資源化效益之 CLSM 發展，除提昇資源化產品之附加價值，更可有效應用集塵灰之可資源性。

## 參考文獻

- 1.吳文龍，廢鑄砂資源化應用技術手冊，中興工程顧問股份有限公司(2001)。
- 2.呂東璇、鄭宏德、王偉哲，"廢鑄砂再利用於控制性低強度材料 (CLSM) 之研究"，產業環保工程實務技術研討會，第 443 頁(2003\_。

# 工業區污水處理廠大氣中氨氣逸散特性之探討

陳瑞仁<sup>1</sup>、謝連德<sup>2</sup>、詹士儀<sup>3</sup>、趙昱<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學環境工程與科學系 教授

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學環境工程與科學系 助理教授

<sup>3</sup> 國立屏東科技大學環境工程與科學系碩士班研究生

<sup>4</sup> 國立屏東科技大學環境工程與科學系 二技部學生

## 摘要

工業區空氣污染中常混合一些臭味。一般而言，除了工廠與其他產業之製程外，污水處理廠常為廠區內氨氣之主要逸散源。本研究以南部地區屠宰場(A場)與橡膠廠(B廠)為探討對象，對場區周界、污泥儲存場與污水處理廠大氣中之NH<sub>3</sub>做採樣分析，以探討其NH<sub>3</sub>之逸散特性。研究結果顯示：周界上下風處其NH<sub>3</sub>之濃度A場分別為0.046及0.102 ppm，平均為0.074 ppm；B場分別為0.055及0.077 ppm，平均為0.066 ppm。A場之污水處理廠其各處理流程NH<sub>3</sub>之濃度介於0.057~0.268 ppm，平均為0.209 ppm；B場之值介於0.082~0.746 ppm，平均為0.312 ppm。A場污泥儲存場其NH<sub>3</sub>濃度為0.201 ppm；B場之值則為0.087 ppm；A場之豬隻集散地NH<sub>3</sub>濃度為0.628 ppm。由分析結果得知A、B兩產業在周界NH<sub>3</sub>平均濃度並沒有太大的區別；A場之污水處理廠NH<sub>3</sub>平均濃度低於B場，與現象與進流之pH值有關；而A場污泥儲存場NH<sub>3</sub>濃度高於B廠，其可能與儲存場之型態不同有關。

**關鍵詞：**臭味、NH<sub>3</sub>、養豬場、污水處理廠

## 一、前言

氨氣(ammonia)為一帶有刺激性味道之物質，常伴隨硫化氫、甲硫醇或其他有機臭味物質成為造成臭味污染，且在台灣地區現行之『空氣污染防制法施行細則』中規定：硫化甲基、硫醇、甲基氨等三種屬於法定惡臭物質，而氨氣、硫化氫經八十八年空氣污染防制法施行細則修法後以改為毒性汙染物質，因此氨氣在大氣中的逸散更顯出重要性[1]。



台灣地區空氣品質不良之主要原因為懸浮微粒等污染，在近年來之研究中顯示，懸浮微粒之形成來自不少二次氣膠，因人為活動所貢獻之離子包括  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  及  $\text{NH}_4^+$ ，可能生成之鹽類包括  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_3\text{H}(\text{SO}_4)_2$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  等。這些主要由人為活動所產生之  $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$  在大氣經由一連串的化學反應成為  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HNO}_3$ ，並與農業活動等所產生之  $\text{NH}_4^+$  結合生成  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$  等鹽類[2]，由此可知氨在二次氣膠扮演相當重要之地位。

$\text{NH}_3$  在大氣中為第三多之氮化合物並為唯一之鹼性氣體，且扮演了中和大氣中酸性氣體之角色；而大氣中酸鹼性氣膠之生成，主要來自氨與酸性氣體之反應，因此大氣中氣態  $\text{NH}_3$  之生命週期不超過數日，而銨鹽之壽命亦不超過數週[3]。

由文獻中可將氨氣之逸散源概略分成 1. 農業與畜牧業，其中又以畜牧業為最大之排放源[4-10]； 2. 工業、人為、寵物、垃圾及家庭廢棄物[11]； 3. 交通污染源[12]

依據張姓學者指出農業與畜牧業分別佔國內氨排放總量 83.1%、13%[4]，在英國農業佔氨排放總量 90% 以上[5]，且在歐洲農業亦佔氨排放總量 90% 以上[13] 根據研究指出養豬污水場之氨氣生成，是牽涉到許多微生物種分解有機物質過程中所產生之氣體，因此生物分解作用是氨氣產生時之重要依據[14]。而養豬廢水處理廠，為該場之豬糞尿集中地，經過處理後會生成許多污泥，且養豬污泥逸散特性又與季節有關[15]，由於國內外顯少有探討不同產業之污水處理場，因此探討不同污水處理場之相關濃度有其必要。

## 二、實驗設備與研究方法

### 2.1 採樣地點與時間之選擇

本研究於民國 92 年 4 月 24 日及 9 月 9 日兩天，選擇南部地區兩家不同類型之產業(肉品屠宰場及合成橡膠廠)，分別在該場之周界上下風與污水處理場等地進行大氣氨氣採樣及分析工作。A 廠為某肉品屠宰場，本研究於場區之內部與污水處理廠取幾個較具代表性之處理單元，以探討其氨氣逸散程度。採樣位置除廠區周界外，尚包括豬隻集散地、屠宰場、膠羽池、初沉池、污泥濃縮池、終沉池及污泥儲存池等，共計 10 個點採樣；B 廠為某合成橡膠廠，在其場內外進行大氣氨氣採樣，除在該廠周界採樣外，採樣點尚包括曝氣池上下風、污泥脫水機、污泥儲槽、進流池上下風、舊曝氣池、加壓浮上池、酸化池、浮渣槽、厭氧污泥槽、pH 監視槽及凝集槽等，共計 15 個點。

圖 1 與圖 2 分別為肉品屠宰場(A 場)與合成橡膠廠(B 廠)之兩處場區之採樣位置圖。

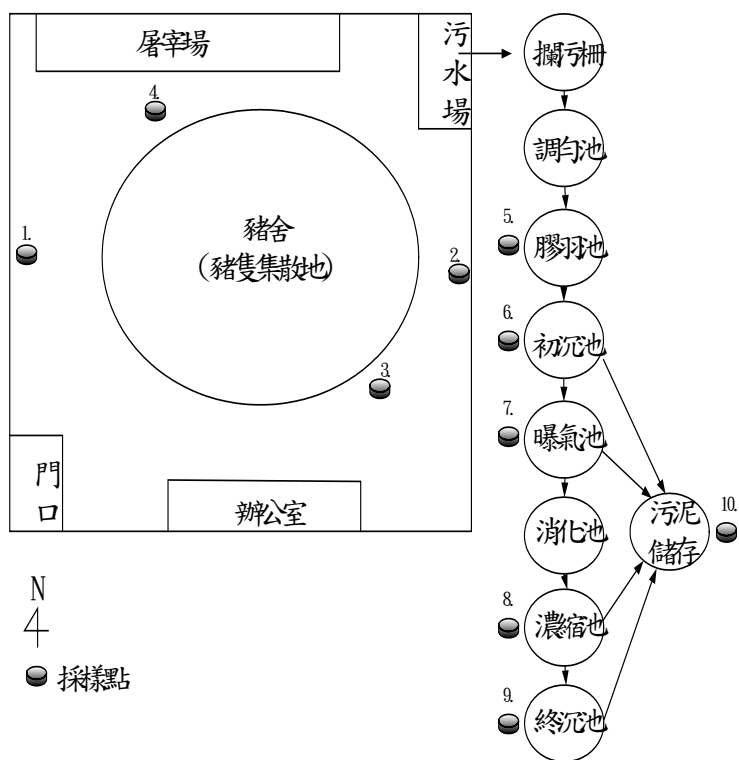


圖 1. A 場採樣位置圖

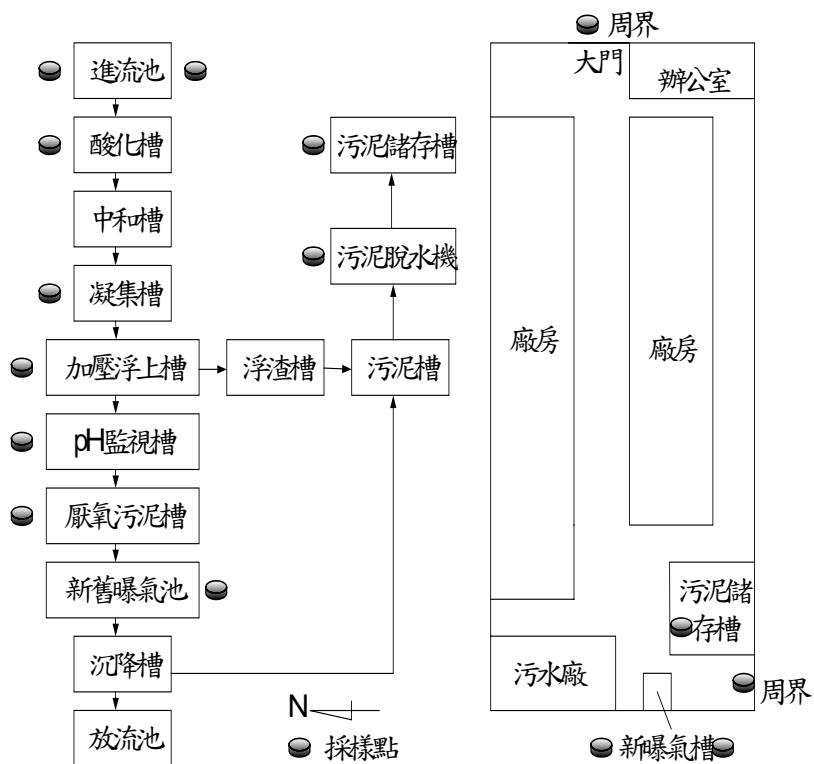


圖 2. B 廠採樣位置圖

## 2.2 實驗設備與分析方法

本採得樣品之分析利用空氣中氨氣檢驗方法—靛酚分光光度計法(NIEA A426.71B)，作為我們在農牧業所採集的周界樣本之分析方法。其原理利用大氣及周界空氣中的氨氣經稀硫酸溶液吸收後，形成硫酸銨溶液，與酚及次氯酸鈉鹼溶液（alkaline-sodium hypochlorite）反應生成靛酚（indophenol），並以亞硝醯鐵氰化鈉溶液（sodium nitroprusside）為催化劑可加速呈色。使用分光光度計於長 630nm 處進行比色分析，定量樣品中氨氣濃度。本方法偵測極限為  $14.6\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （一小時採樣體積為  $2\text{L}/\text{min} \times 60 \text{ min} = 120 \text{ L}/\text{hr}$ ）。

### 2.2.1 採樣設備

1. 氨氣採樣設備：包括下列幾種組件，如圖 3 所示。

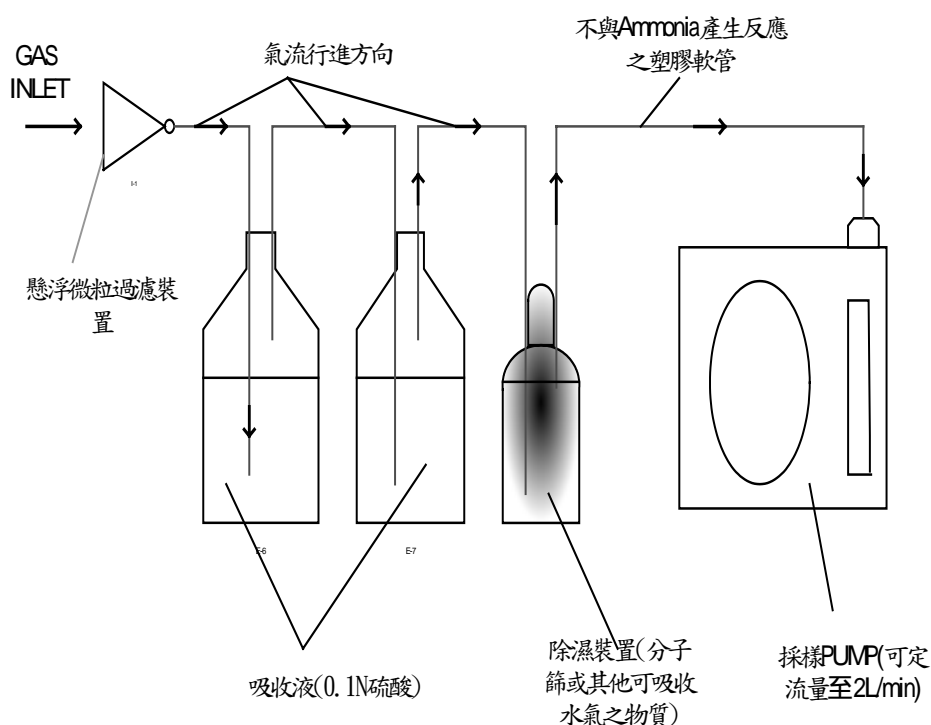


圖 3 氨氣採樣裝置圖

- 採樣幫浦：型號為 SKC Inc., Eighty, PA USA 採樣幫浦採用可以維持 60Kpa 真空壓力，且空氣流量可定於 1~2 L/min(標準方法為 2 L/min)。
- 流量校正裝置：型號為 SKC Inc., 863Valley View Road, Eighty, PA15330 USA。並將流量計或標準銳孔測定或控制介於 1 至 2L/min 間之空氣流量。
- 吸收瓶：可放置 10mL 或更多容量吸收液之玻璃瓶。
- 濾紙與固定支座：濾紙型號為 SKC Inc., Glass Filter Type A/C mm, 1.0 $\mu\text{m}$  mormal，為一玻璃 e.纖維材質濾紙。固定支座使用 SKC 附設之塑膠製固定支座，其材質不與氨氣作用。此設備之作用為過濾大氣中之懸浮微粒，避免干擾吸引樣品之濃度。

f.除溼裝置：連接在吸收瓶與採樣幫浦之間，用來保護幫浦不被水氣損壞之設備

g.連接軟管：採用不與氨氣生成反應之 PU 或 PVC 塑膠軟管皆可。

## 2.氣象儀：

採樣現場氣象監測儀器型號為 Davis Instrument 公司生產製造之 Weather Monitor II system, product #7440，可同時測定溫度、濕度、壓力，作為計算採樣體積之依據。

### 2.2.2 採樣流程

取 10 mL 吸收液加至樣品及現場空白之吸收瓶中。密封吸收瓶以利搬運，並依據預過濾器、固定支座、吸收瓶、除濕瓶及採樣泵之順序組合之，如圖所示。通常我們把流量定在 1 L/min，採樣時間為 1 小時，並於採樣完畢後立即把吸收液放置在 4°C 之保溫箱保存，且樣品必須在兩星期內分析完畢。

### 2.2.3 樣品分析步驟

#### 1.檢量線製備

分別精取 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 及 3.0 mL 氨標準溶液至 25mL 附有鐵氟龍瓶塞之量瓶中，這些標準液相當於含有 5、10、15、20、25 及 30 $\mu$ g NH<sub>3</sub>/25mL 溶液。然後再添加吸收液至 10mL 標線。同時應準備含 10mL 吸收液之試劑空白。每個量瓶內均須按分析步驟之要求加入所須之試劑，以試劑空白為基準，讀取標準液之吸光值。並繪出檢量線，其迴歸係數 R<sup>2</sup> 在 0.9996 以上。

#### 2.分析

所有溶液和樣品保持於 25℃。加 2 mL 緩衝液及 5 mL 酚操作溶液，混合之，以試劑水加到約 22 mL，接著加入 2.5mL 次氯酸鹽溶液並迅速混合，再以試劑水定容到 25 mL。混合並在 25℃ 暗處呈色 30 分鐘。以試劑空白為對照液在 630 nm 波長下測定其吸光值。並計算該樣本之濃度值。

#### 3.結果計算

由檢量線求得氨濃度，依下式計算大氣中氨之濃度：

$$C=W/Vn$$

其中：C=大氣氨之濃度， $\mu$ g /Nm<sup>3</sup>，NH<sub>3</sub>

W=由檢量線所得25mL樣品中 NH<sub>3</sub> 之重量， $\mu$ g

$$Vn=(F/1000) \times t \times (Ps/1013) \times [273/(273+Ts)]$$

其中：F = 採樣流率 (L/min)

t = 採樣時間 (min)

Ps = 採樣點之大氣壓 (Kpa)

Ts = 採樣點之氣溫 ( )

### 三、結果與討論

#### 3.1 A 場氨氣之排放特性

A 場之各採樣點相關氣相條件與氨氣計算濃度值如表 1 所示，由結果可知，氨氣濃度在上風處皆明顯較下風處為小；豬隻集散地所測得之濃度值 0.628ppm 較污水處理廠之各處理單元為高，與豬隻本身之排洩物與清洗豬隻集散地頻率有關；而污水廠以膠羽池、污泥濃縮池和污泥儲存池下風處為氨氣濃度逸散之重點部份分別為 0.268、0.247 和 0.209 ppm，皆大於 0.200 ppm；其他污水處理設施介於 0.149~0.057ppm 之間並沒有特別高濃度的逸散特性。圖 4 為 A 場氨氣逸散圖，可知除了豬隻集散地高於 0.600ppm 外，其他場區內之氨氣逸散皆未高於 0.300ppm，因此可了解到豬隻本身為一相關重要之氨氣排放因子；而污水處理廠為另一值得探討之因子，並可了解到由於場內至周界上下風有一定的距離，且有相關的屏障物，故為最低濃度的採樣點。由結果知道濃度皆未高於法規 1ppm 之標準。

表 1. A 場採樣期間之氣象資料與其氨氣濃度

採樣點	溫度 (°C)	濕度 (%)	壓力 (Kpa)	風向	NH <sub>3</sub>	
					( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	(ppm)
周界(上風)	32.1	52	102.2	西	70.6	0.046
周界(下風)	32.1	54	102.2	西	32.1	0.102
豬隻集散地	33.9	49	102.1	西	435	0.628
屠宰場	33.9	49	102.1	西	31.2	0.045
膠羽池	31.4	54	101.4	西	186	0.268
初沉池	31.4	54	101.4	西	51.7	0.075
生物池	32.2	54	101.4	南	103	0.149
污泥濃縮池	32.2	54	101.4	南	171	0.247
終沉池	31.4	54	101.4	南	39.5	0.057
污泥儲存池	31.4	54	104.4	南	145	0.209

#### 3.2 B 廠氨氣之排放特性

B 合成橡膠廠之各採樣點之相關氣相條件與氨氣濃度值如表 2 所示，由結果可知氨氣濃度下風處皆明顯較下風處為小；污水處理場本身由於進流 pH 濃度約為 3，所以氨氣在進流的部份有較高的濃度產生為 0.739ppm，並經由酸化槽與中合池調節後濃度降至 0.492ppm，至流入凝集槽時氨氣濃度只剩下 0.082ppm，其後流至加壓浮上槽可測的濃度又回覆到 0.739ppm 之水準，並於新設之曝氣池中，由於生物作用之關係使採得之樣品濃度高至 0.746ppm，為此次採樣之最高濃度。其他處理設施由於較少產生污泥之關

係，因此並沒有高於 0.300ppm 之現象。由圖 5 中我們概括可發現除了污水進流處外，污泥生成處與生物作用之流程皆可測得約高於 0.300ppm 之濃度。

表 2 B 廠採樣期間之氣象資料與其氨氣濃度

採樣點	溫度 (°C)	濕度 (%)	壓力 (Kpa)	風向	NH <sub>3</sub>	
					( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	(ppm)
曝氣池(上風)	37.4	46	101.1	南	86.0	0.124
曝氣池(下風)	37.4	46	101.1	南	517	0.746
污泥脫水機	37.4	46	101.1	南	245	0.353
污泥儲槽	36.6	48	101.0	南	61.0	0.087
進流池(上風)	36.6	48	101.0	南	83.0	0.120
進流池(下風)	36.6	48	101.0	南	513	0.739
舊曝氣池	38.0	44	101.0	南	82	0.118
加壓浮上池	38.0	44	101.0	南	513	0.739
酸化池	38.0	44	101.0	南	297	0.429
浮渣槽	37.4	46	101.0	南	93.0	0.134
厭氧污泥	37.4	46	101.0	南	206	0.297
pH 監視槽	37.4	46	101.0	南	57.0	0.082
凝集槽	36.1	50	101.1	南	57.0	0.082
周界(上風)	36.1	50	101.1	南	38.0	0.077
周界(下風)	36.1	50	101.1	南	53.0	0.055

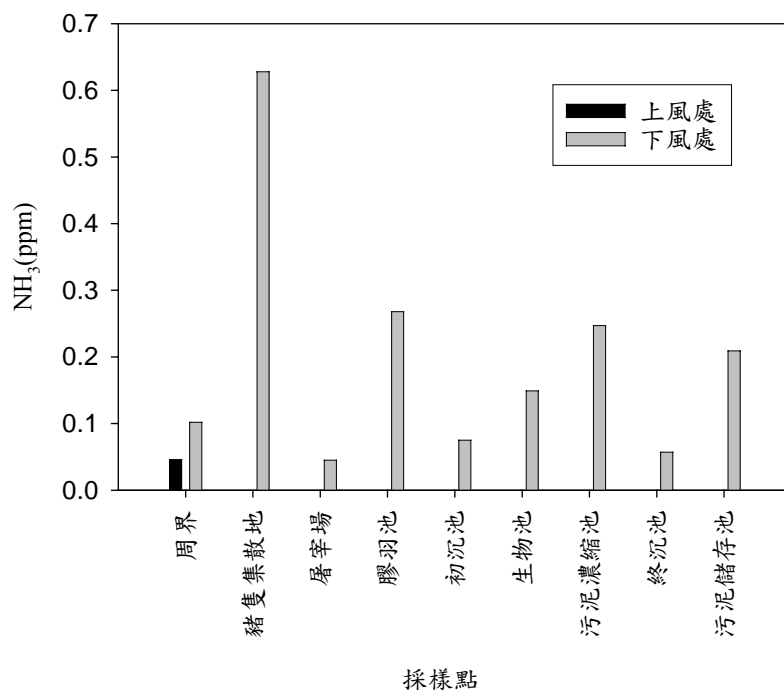


圖 4. A 場各採樣點之氨氣濃度

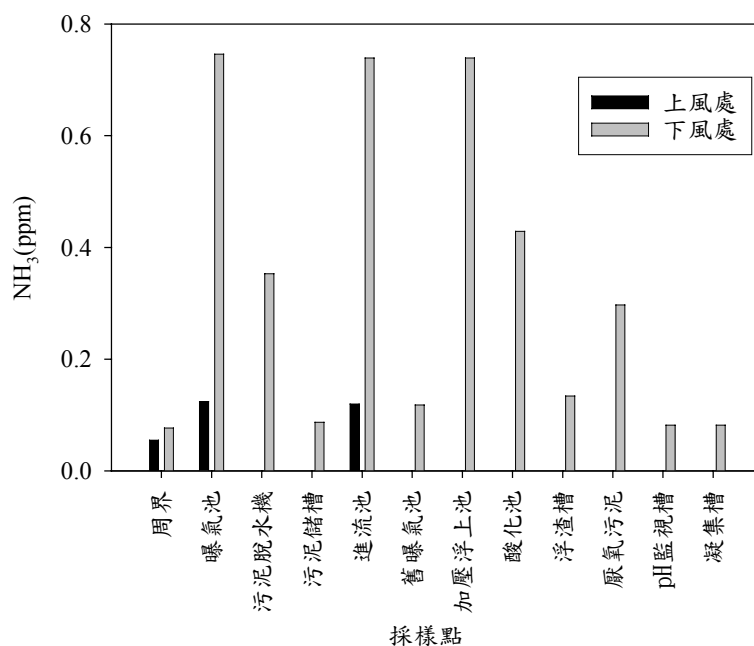


圖 5. B 廠各採樣點之氨氣濃度

### 3.3 A、B 產業之綜合比較

其結果如圖 6 所示，A、B 場區之周界濃度分別為 0.074 與 0.066ppm，並未有太大之差異；但由於 A 場區之污泥儲槽為一完全開發式之儲槽因此 A 場之 0.209ppm 高於 B 場之 0.087ppm；但在污水處理場中由於 B 場之進流 pH 呈現鹼性，因此 B 場之平均濃度 0.312ppm 高於 A 場之 0.201 ppm；但值得注意的是 A 場之豬隻集散地氨氣濃度遠高於其他採樣區，所以有效的管理豬隻活動，可以降低氨氣逸散之程度。

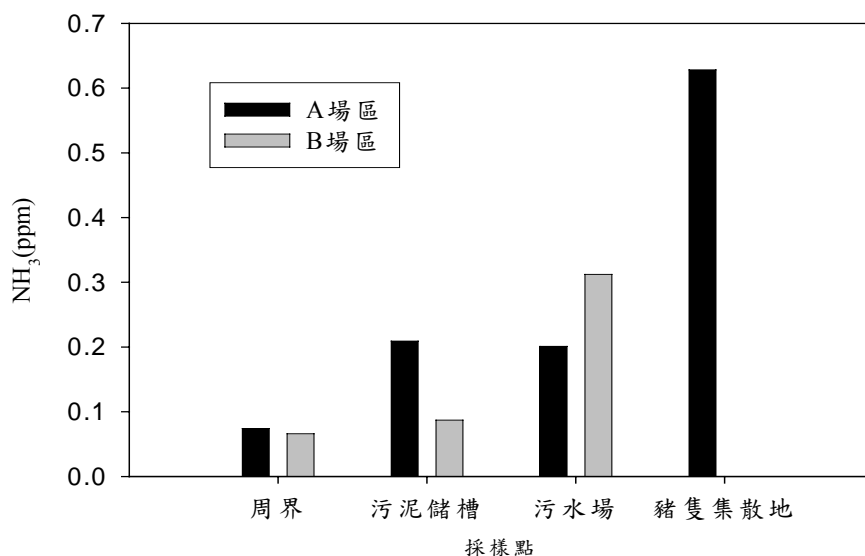


圖 6. A、B 兩場之綜合比較

由結果與相關文獻中比較，其結果如表 3 所示，雖本研究之分析濃度高於室內外與交通背景值數十倍，但與一般養殖場之污水場比較，卻遠小於相關文獻之數據。

表 3. 相關文獻與本研究之氨氣濃度比較

採樣地點	時間/說明	NH <sub>3</sub> Range	NH <sub>3</sub> Averaged	分析方法	出處
室內	Oct 2000~Jan 2001 (3 天)	21.2~4.1 (ppb)	11.4(ppb)	Automated IC	[16]
室外	Oct2000~Jan 2001 (3 天)	13.6~4.2 (ppb)	9.2(ppb)	Automated IC	[16]
交通	May 2001~Mar 2002 (4 天)	3.8~45.6 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	17.2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Automated Denuder/Filter-pack sample	[12]
交通背景 (Park)	May 2001~Mar 2002 (4 天)	2.2~7.3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	3.7 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Automated Denuder/Filter-pack sample	[12]
養豬污水 場	2000~2002 20000 頭 2900 頭	2.4~7.5 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	147 55 ( $\mu\text{g}/\text{s}\cdot\text{m}^2$ )	GC Chenilum- inesence	[17]
養牛場	May~Jul 1999 6000 頭 12000 頭 25000 頭 (8 天)	66~205 324~1488 183~1050 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	130 813 459 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NIEA A426.71B	[18]
養豬污水 場	Jul 2003 24000 頭 125000 頭 (2 天)	0.296~1.159 0.081~0.615 (ppm)	0.676 0.336	NIEA A426.71B	[19]
本研究之 污水場	Apr~Sep 2003 A 場 B 廠 (2 天)	0.057~0.268 0.082~0.746 (ppm)	0.209 0.312 (ppm)	NIEA A426.71B	

#### 四、結論

1. 污水處理場內氨氣之逸散主要來自污泥儲存點之逸散，亦可能是由場區



- 內部逸散到周界之臭味。
2. 污水處理廠之生物處理單元為場區內最大貢獻來源，其次為固液分離機與等，因此可認定微生物在氨氣之逸散扮演極重要之角色；且污水進流之 pH 亦直接影響到氨氣之逸散程度。
  3. 家畜之蓄養為氨氣逸散之重點排放因子，因此有效的管理家畜對可減低氨氣之逸散極為重要。
  4. A、B 場代表之兩種產業皆未高過法規 1ppm 之標準。

### 參考文獻

1. 空氣污染防治法施行細則，行政院環境保護署 (1999.08.11)。
2. N. F. Magelson, L. Lewis, J. M. Joseph, W. Cui, J. Machir, N. W. Williams, D. J. Eatough, L. B. Rees, T. Wilkerson and D. T. Jensen, “The Contribution of Sulfate and Nitrate to Atmospheric Fine Particle During Winter Inversion Fogs in Cache Valley, Utah”, Journal Air and Waste Management Association, Vol.47, pp.167-175(1997).
3. V.P. Anjea, J.P. Chauhan, J.T.Walker, “Characterisation of atmospheric ammonia emissions from swine waste storage and treatment lagoons”, Journal of Geophysical Research 105,11535-11545(2000).
4. 劉怡伶、魏思怡、林俊毅、黃智勇、張章堂，“蓄牧場臭味物質排放特性與控制策略之研究”，第十五屆空氣污染控制技術研討會(1999)。
5. T.H. Misselbrook, Van Der Weerden, B.F Pain, S.C. Jarvis, B.J. Chambers, K.A. Smith., V.R Phillips, T.G.M Demmers, “Ammonia emission factors for UK agriculture”, Atmospheric Environment ,Vol.34, pp.871~880(2000).
6. B. F. Pain, T. J. Van Der Weerden, B. J. Chanbers, V. R. Phillips, “A inventory for ammonia emissions from UK agriculture”, Atmospheric Environment ,Vol. 32, pp. 309–313(1998).
7. J. Webba, T. Misselbrookb, B.F. Painb,1, J. Crabbc , S. Ellisd,“An estimate of the contribution of outdoor concrete yards used by livestock to the UK inventories of ammonia, nitrous oxide and methane”, Atmospheric Environment ,Vol.35, pp.6447 – 6451 (2001).
8. V. R. Phillips, S. J. Bishop, J. S. price, S. You, “Summer emission of ammonia from a slurry-based, dairy cow house”, Bioresource Technology ,Vol.65, 213-219(1998).
9. S. C. Jarvis, S. Ledgard,“Ammonia emissions from intensive dairying: a comparison of contrasting systems in the United Kingdom and New Zealand”, Agriculture, Ecosystems and Environment ,Vol.92 , pp.83–92(2002).

10. B. P. Hyde, O. T. Carton, P. O Toole, T.H. Misselbrook, “ A new inventory of ammonia emissions from Irish agriculture ” , Atmospheric Environment, Vol.37 ,pp.55-62(2003).
11. E. Buijsman, H. F. M. Mass, W. A. H. Asman, “Anthropogenic NH<sub>3</sub> emission in Environment”, Atmospheric Environment, Vol.21, pp.1009-1022(1987).
12. C. Perrino, M. Catrambone, A. Di Menno Di Bucchianico, I. Allegrini “Gaseous ammonia in the urban area of Rome, Italy and its relationship with traffic emission”, Atmospheric Environment , Vol.36, pp.5385 – 5394(2002).
13. M. A. Sutton, C. J. Place, M. Eager, D. Fowler, R. I. Smith, “Assessment of the magnitude of ammonia emissions in the United Kingdom”, Atmospheric Environment , Vol.29, pp.1393 – 1411(1995).
14. Jun Zhu, “A review of microbiology in swine odor control”, Agriculture Ecosystem and Environment , Vol.78, pp93-10(2002).
15. M. D. Goebes, R. Strader, C. David, “An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States ” Atmospheric Environment, Vol.37, pp.2539 – 2250(2003).
16. M.L. Fischer, L. David, M.L. Melissa, J.B. Nancy, “Automated measurement of ammonia and nitric acid in indoor and outdoor air” , Environmental Science and Technology, Vol.37, pp.2114 – 2119(2003).
17. T. T. Lim, J. H. Albert, Ji-Qin Ni, A. L. Sutton, P. Shao, “Odor and gas release from anerobic treatment lagoon for swine manure” , Journal of Environmental Quality, Vol.32, pp.406 – 412(2003).
18. S. M. McGinn, H. H. Janzen, T. Coate, “Atmospheric ammonia, Volatile fatty acid, and other odorants near beef feedlots” , Journal of Environmental Quality, Vol.32, pp.1173 – 1182(2003).
19. 詹士儀、陳瑞仁、謝連德、李蕙婷、鄭雅文、陳京貝、陳瑞仁等，“養豬場大氣中氨氣逸散特性之探討”，第十屆氣膠科技研討會(2003)。

## 鹽度對微生物分解 BTX 呼吸活性之抑制研究

林景行<sup>1</sup>、劉文得<sup>1</sup>、蕭竣之<sup>2</sup>、李旻<sup>2</sup>、劉慧滢<sup>2</sup>、林思帆<sup>2</sup>、余俊賢<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東南技術學院環境與安全衛生工程系講師

<sup>2</sup> 東南技術學院環境與安全衛生工程系學生

### 摘 要

本研究探討微生物在鹽度突變的環境下進行生物分解時，鹽度對微生物呼吸活性之影響。實驗所用細菌係以苯、甲苯及鄰二甲苯（BTX）做為碳源，利用化學恆定器反應槽，在好氧條件下培養，結果發現在 5.4 日的停留時間下，BTX 之去除率可達 91.4~99.6%，反應器微生物呼吸率約為 0.121 mg/L O<sub>2</sub>/ mgVSS · hr。其次以 HBOD 為指標進行呼吸活性試驗，將培養之細菌分別植種於已知苯、甲苯及鄰二甲苯濃度（30 mg/L）與鹽度（0~50 g/L NaCl）之 BOD 瓶中，利用氣壓式呼吸儀來量測細菌之攝氧速率，進行批式反應。結果發現，細菌的呼吸活性受鹽度之影響，且鹽份濃度愈高影響愈顯著。將苯、甲苯及鄰二甲苯攝氧率批次試驗之數據，以 Monod 動力模式分析，利用非線性參數估計法求解，並轉換為比基質利用率。結果顯示最大比基質利用率苯、甲苯及鄰二甲苯分別為 0.21、0.21 及 0.15 h<sup>-1</sup>。最後，將苯環氧化菌置於不同鹽度下分解苯及甲苯所得攝氧率數據，引用 Kargi 鹽度抑制模式進行分析，求出以微生物攝氧率為基礎之鹽度抑制常數  $K_T$  值，苯、甲苯及鄰二甲苯分別為  $2.64 \times 10^3$  g/L,  $R^2=0.8603$ 、 $1.96 \times 10^3$  g/L,  $R^2=0.8373$  及  $3.19 \times 10^3$  g/L,  $R^2=0.9260$ ，結果顯甲苯受鹽度抑制情況略高於其他二者，但差異並不顯著。

**關鍵詞：**攝氧率、微生物呼吸活性、鹽度抑制模式

## Effect of Salinity on the Respiration Characteristics of BTX

### Oxidizer

Ching-Hsing Lin, Wen-Der Liu, Chun-Chih Hsiao, Wen Lee,

Hui-Ying Liu, Ssu-Fan Lin, and Chun-hsuan Yu

Department of Safety Health and Environmental Engineering, Tung Nan Institute of Technology

## Abstract

This study intends to examine the respiration characteristics of benzene, toluene, and xylene (BTX) under various salinities by microorganisms that cultivated from chemostat reactor fed with mixed substrate of benzene, toluene, and xylene as sole carbon source. Oxygen uptake rate measurements were performed on BTX oxidizer cultivated in fresh water medium and subjected to the shock load of saline water having a wide range of salinity(0~50 g/L NaCl). The results were compared with those of fresh water medium as a control and correlated to the NaCl concentrations. Results showed that the salinity had significant impact on respiration characteristics of BTX oxidizer. Measured data from batch experimentals were modeled with Monod kinetics, giving that the maximum substrate utilization rates for benzene, toluene, and xylene were 0.21, 0.21, and 0.15 h<sup>-1</sup>, respectively. Then experimental data from saline mediums was fitted with Kargi inhibition equation, yielding values of 2.64×10<sup>3</sup> g/L, R<sup>2</sup>=0.8603 for benzene, 1.96×10<sup>3</sup> g/L, R<sup>2</sup>=0.8373 for toluene, and 3.19×10<sup>3</sup> g/L, R<sup>2</sup>=0.9260 for xylene. This result suggested that K<sub>T</sub> of BTX could be the same order.

**Key words:** oxygen uptake rate, respiration characteristics, salt inhibition

## 一、前言

呼吸試驗被用來測定微生物分解之物質濃度和消耗氧氣的速率<sup>[1][2]</sup>。惟傳統 BOD 試驗受到許多限制，最嚴重的為無法在實驗結束前得知任何不利的實驗狀況。其次，BOD 試驗費時且費力，最後為廢水在試驗中被含有營養源的水所稀釋，無法反映出廢水處理時的狀況，因此無法了解和模擬實際處理效率<sup>[3][4][5]</sup>。HBOD(Headspace Biochemical Oxygen Demand)為一種快速省時的方法，實驗狀況較符合廢水處理時的水力條件與微生物生存環境。由於 HBOD 是於密閉容器的上層預留空間進行實驗，因此微生物細胞在分解有機污染物時可利用的氧氣包括氣相和液相，所以不須將原水樣稀釋。HBOD 包括三個優點：其一不需要 BOD 試驗時的水樣稀釋；其次因為細菌濃度高，反應時間短即可得知結果；第三為 HBOD 試驗時比較能符合廢水處理時條件，所以能對處理程序能有效評估、控制和應用<sup>[6]</sup>。

至於生物處理程序受鹽度影響之研究，Kinner et al.對生活廢水以生物迴轉盤(RBC)處理之鹽分影響進行研究，其結果僅達 60%的 COD 去除率<sup>[7]</sup>。

Kargi 與 Dincer 以人工合成廢水對各種不同鹽分濃度進行活性污泥批次實驗。其結果為鹽分濃度大於 1% 時，COD 去除效率受到抑制作用。當鹽分濃度為 5% 時，COD 去除率由 85% 降至 60%<sup>[8]</sup>。Dincer 與 Kargi 對硝化與脫硝反應受鹽分之影響進行研究，結果指出鹽分濃度導致硝化作用及脫硝作用速率及效率降低，硝化作用鹽分抑制常數  $K_{TN}=1.42 \times 10^3$  mg/L，脫硝作用鹽分抑制常數  $K_{TDN}=0.152 \times 10^5$  mg/L，脫硝作用對鹽分濃度比硝化作用更為敏感<sup>[9]</sup>。在鹽度抑制細菌生長方面，Dan, N. P. 以酵母菌及細菌在 20、32 及 45 g/L 鹽度下進行 COD 分解試驗，結果發現以生長速率所計算的鹽度抑制常數  $K_T$  值在酵母菌及細菌分別為 46 g/L 及 70 g/L，結果顯示細菌比酵母菌更容易受到鹽度的抑制<sup>[10]</sup>。

因此，本研究以比攝氧率為指標，利用 BTX 做為碳源，在好氧條件下培養之苯環氧化菌，並在不同鹽度 (0~5% NaCl) 條件之批次試驗下，檢測微生物分解 BTX 之呼吸活性；並將所得之實驗數據以 Kargi 鹽度抑制模式進行分析，來求出鹽度抑制常數  $K_T$  值。

## 二、研究方法

### 2.1 菌種培養及試驗

#### 1. 菌種培養

採化學恆定反應器 (chemostat)，以好氧方式連續進料培養。反應槽高 30 cm，圓形直徑 15 cm，有效體積 4.8 L 玻璃製容器製成。頂端進流水口接一定量蠕動幫浦 (Master Flex model 7553-80 型，Cole Parmer 儀器公司製)，定量打入 BTX 與營養鹽混合液。反應槽內附磁石置於攪拌機上攪拌，使溶氧與菌液能達到充分混合。BTX 與營養鹽混合液溶液之容器置於冰箱中，控制溫度於 4℃，以減少基質揮發和微生物繁殖。chemostat 反應器置於排氣櫃中以室溫狀態培養，出流水收集後集中處理，排放氣體經活性碳吸附後排放，如圖 1。

#### 2. 無機營養鹽及鹽度

無機營養鹽為： $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ ：4.25 g/L； $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ ：1.00 g/L； $NH_4Cl$ ：2.00 g/L； $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ：0.20 g/L； $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ：0.012 g/L； $MnSO_4 \cdot H_2O$ ：0.003 g/L； $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ：0.003 g/L； $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ ：0.001 g/L；鹽度以 NaCl 添加。

#### 3. 細菌量測定方法

自反應槽取出適量菌液，稀釋成不同稀釋比，用分光光度計 (美製 Spectronic Instruments 4001/4 型) 600nm 製備減量線。分析時同樣以  $OD_{600}$

測定吸光值。

#### 4.反應器攝氧率量測

如圖 1，反應器微生物攝氧率量測時以蠕動幫浦飼水進入 BOD 瓶，連接溶氧計（美製 YSI 52B 型，配合 YSI5905 型偵測頭，有溫度和鹽度測量功能）可進行線上即時量測。

#### 5.BTX 之分析儀器（GC/FID）

利用 GC/FID 分析 BTX，所使用的層析管柱為 30 m 毛細層析管(J&W 公司製，DB-5 column)。注射口溫度為 250 ，偵測器溫度為 275 ，烘箱溫度為 80 。分析時，以氣密針抽取 20 $\mu$ L 血清瓶中上層空間之氣體，注入 GC/FID 分析。BTX 波峰時間分別為 1.15、1.35 及 1.75 分鐘。

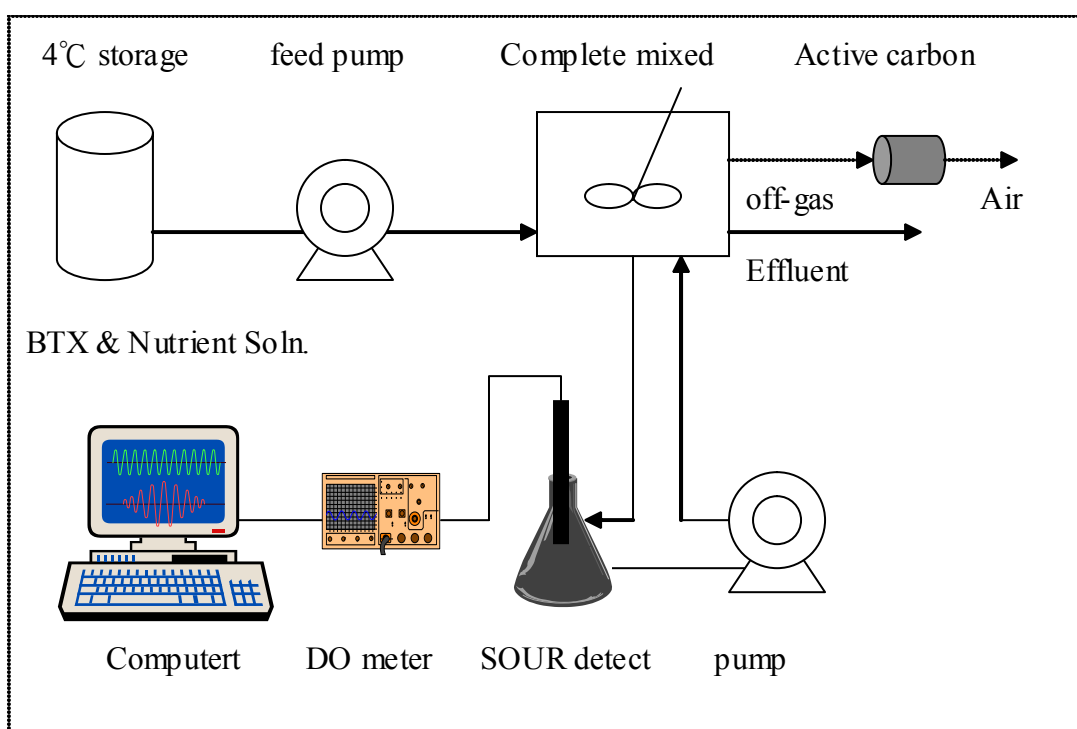


圖 1 本研究採用 chemostat 細菌培養系統示意圖

#### 2.2 微生物呼吸活性批次試驗

此部分主要係將前述所培養之微生物在不同鹽度環境下，以微生物攝氧速率來表示對各種有機物之分解速率，測試細菌在各鹽度下單一基質之攝氧率情況。採用德國 WTW 公司呼吸儀(Rspirometrische BSB<sub>5</sub> 型號 OxiTop) 進行微生物呼吸活性批次試驗，施測之鹽度範圍為 0~50 g/L。試驗時，鹽度及有機物濃度設定如下(表 1)：

表 1 微生物呼吸活性批次試驗條件

項目	條件
微生物	Chemostat 培養之 BTX 氧化菌
有機物	苯、甲苯及鄰二甲苯等單一基質
基質濃度	單一基質初始濃度為 30 mg/L
鹽度	0、10、20、30、40 及 50 mg/L NaCl 等
監測項目	比攝氧率 mg O <sub>2</sub> /mg VSS-hr

### 2.3 動力參數求解

#### 1. 有機物生物分解動力模式

在限制基質情況下微生物分解方程式以 Monod kinetics (1949) 方程式表示：

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{kXS}{K_s + S} \quad (1)$$

其中  $dS/dt$  = 比基質利用率 ( $h^{-1}$ )， $k$  = 最大比基質利用率 ( $h^{-1}$ )， $S$  = 基質濃度 (mg/L)， $X$  = 細菌濃度 (mg/L)， $K_s$  = 半速率常數 (mg/L)。

若以微生物攝氧速率代替基質消耗速率，則式 (1) 可改寫如下：<sup>[11]</sup>

$$\frac{dO/dt}{X} = -\frac{k_o S}{K_{so} + S + \frac{S^2}{K_{io}}} \quad (2)$$

其中  $O$  為溶氧量，(2) 式左邊為細菌之比攝氧率 (Specific Oxygen Uptake Rate; SOUR)，而參數  $k_o, K_{so}, K_{io}$  則分別是對應 SOUR 之  $k, K_s, K_i$ 。

欲檢定式 (2) 之  $k_o, K_{so}, K_{io}$  動力參數值，可利用非線性參數估計法，使其誤差最小。對比攝氧率而言，如式 (2)， $SOUR_{obs}$  及  $SOUR_{pre}$  分別為實測及模式預測之基質濃度。

$$\text{Minimize} \sum_i^n [SOUR_{obs} - SOUR_{pre}]^2 \quad (3)$$

#### 2. 鹽度抑制模式

將微生物攝氧率試驗經模式分析結果轉換為基質利用率，並設定無鹽度下之比基質利用率為  $k_m$ ，則分解動力模式可寫成：

$$k = k_m \cdot \frac{K_T}{K_T + T} \quad (4)$$

其中  $T$  為鹽分濃度 (mg/L);  $K_T$  為鹽度抑制常數 (mg/L),  $K_T$  值愈大表示鹽度抑制性愈低。求解方式可將式 (4) 寫成倒數形式

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_m} + \frac{1}{k_m K_T} T \quad (5)$$

接著將含鹽分 ( $T$ ) 時之最大  $k$  值, 代入 (5) 式, 直線迴歸即可求得  $K_T$  值。

### 三、結果與討論

#### 3.1 Chemostat 反應器操作結果

Chemostat 反應器在操作期間各項檢測數據如表 2 所示。水力停留時間平均為 5.4 天, 平均 BTX 進流液濃度分別為 27.2、25.4 及 22.4 mg/L, 平均 BTX 出流液濃度分別為 0.54、0.06 及 1.40 mg/L, 排放氣體 BTX 平均濃度換算為水溶液濃度則分別為 0.10、0.03 及 0.52 mg/L。由質量平衡關係可知, Chemostat 反應器在 5.4 天的水力停留時間下, 反應器中微生物濃度平均為 19.2 mg/L 的情況下, BTX 的去除率分別為 97.6、99.6 及 91.4%, 反應器微生物生長係數  $Y$  值約為 0.27 mg VSS /mg BTX。

操作期間反應器 pH 值、DO 及溫度監測之平均值則分別為 6.1、4.9 mg/L 及 24.0°C, 反應器攝氧率量測結果發現, 反應器溶液中微生物之呼吸率平均值為 0.121 mg/L O<sub>2</sub>/ mgVSS · hr, 顯示反應器操作狀況穩定。操作期間各項監測數據統計結果如表 2 所示。

#### 3.2 微生物呼吸活性批次試驗結果

苯在無鹽度下之實驗結果顯示於圖 2(a), 在給定的  $Y$  值下<sup>[12]</sup>, 將實驗數據以 Monod 動力模式迴歸分析, 並利用非線性參數最小殘差法來檢定, 求得動力參數  $k=0.21 \text{ h}^{-1}$ 、 $K_s=12.05 \text{ mg/L}$ ,  $\text{rss}=9.8414$ 。同理, 苯於鹽度為 1~5% 時之實驗結果顯示於圖 2(b)~2(f), 以相同之方法可分別求出各鹽度下之  $k$  及  $K_s$  等動力參數及其殘差值 (見圖 1)。由圖 1 中苯之實驗結果可發現, 非線性參數最小殘差法所求得之最大比基質利用率  $K_m$  由無鹽度之  $0.21 \text{ h}^{-1}$  隨鹽度之上升而下降至鹽度 5% 之  $0.05 \text{ h}^{-1}$ , 顯示高鹽度會抑制細菌對苯的利用。

甲苯在無鹽度下之實驗結果顯示於圖 3(a)~3(f), 同樣的在給定迴歸所得之  $Y$  值下<sup>[12]</sup>, 利用非線性參數最小殘差法可求得各鹽度下之  $k$  及  $K_s$  等動力參數及其殘差值。同樣的, 由圖 3 中甲苯之實驗結果亦可發現, 所求得之



最大比基質利用率  $K_m$  由無鹽度之  $0.21 \text{ h}^{-1}$  隨鹽度之上

表 2 Chemostat 反應器操作結果統計表

項目	實驗數值
pH	6.1±0.3
DO (mg/L)	4.9±1.2
Temp. (°C)	24.0±2.7
MLSS (mg/L)	56.0±28.8
MLVSS (mg/L)	19.2±8.6
Hydraulic DT (days)	5.4±0.2
Oxygen uptake rate (mg/L O <sub>2</sub> / mgVSS · hr)	0.121±0.021
Inflow B	27.2±4.1
Inflow T (mg/L)	25.4±2.4
Inflow X	22.4±3.0
Effluent B	0.54±0.36
Effluent T (mg/L)	0.06±0.09
Effluent X	1.40±1.09
Off-gas B	0.10±0.10
Off-gas T (mg/L)	0.03±0.04
Off-gas X	0.52±0.37

升而下降至鹽度 5% 之  $0.06 \text{ h}^{-1}$ ，顯示高鹽度亦會抑制細菌對甲苯的利用。二甲苯在無鹽度下之實驗結果顯示於圖 4(a)~4(f)，同樣的方法求得各鹽度下之  $k$  及  $K_s$  等動力參數及其殘差值。由圖 4 中甲苯之實驗結果亦可發現，所求得之最大比基質利用率  $K_m$  由無鹽度之  $0.15 \text{ h}^{-1}$  隨鹽度之上升而下降至鹽度 5% 之  $0.05 \text{ h}^{-1}$ ，顯示高鹽度亦會抑制細菌對二甲苯的利用。

### 3.3 鹽度抑制常數推求結果

將苯環氧化菌置於不同鹽度下分解苯、甲苯及二甲苯所得數據，引用 Kargi 鹽度抑制模式進行分析。結果發現以微生物攝氧率為基礎情況下，苯、甲苯及二甲苯之鹽度抑制常數  $K_T$  值分別  $2.64 \times 10^3 \text{ g/L}$ ,  $R^2=0.8603$ 、 $1.96 \times 10^3 \text{ g/L}$ ,  $R^2=0.8373$  及  $3.19 \times 10^3 \text{ g/L}$ ,  $R^2=0.9260$ ，顯示三者之抑制常數都在同一級數，甲苯受抑制情況略高於其他兩者，但其差異並不大。

## 四、結論

本研究結果得知，以 HBOD 為指標進行呼吸活性試驗，在單一物質情況下，可有效的得出生物分解之各項動力參數。微生物以苯、甲苯及二甲苯為生長基質之呼吸速率明顯的受到鹽度影響，且其影響程度隨鹽度的增加而增加。由回歸分析出的  $K_T$  值可知，甲苯受到鹽度抑制情況比苯及二甲苯稍大，但是在混合基質環境下，微生物受鹽度與其他基質相互干擾狀況，有必要再加以研究。

### 參考文獻

- 1.Grady, C.P.L., Jr., Daigger, G.T., and Lim, H.C. (1999) Biological wastewater treatment , 2nd Ed., Marcel Dekker, Inc., New York.
- 2.Rozich, A.F., and Gaudy , A.F., Jr. (1992) Design and Operation of Activated Sludge Processes Using Respirometry , Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Mich.
- 3.Schroeder , F., “Water and wastewater treatment, McGraw-Hill, New York(1977).
- 4.Grady , C.P.L ., Jr ., and Lim, H. C., “Biological wastewater treatment, theory and applications”, Marcel Dekker, Inc., NEW York(1980).
- 5.Metcalf and Eddy, Inc., “Wastewater Engineering-Treatment, Disposal and Reuse”, McGraw-Hill, New York(1991).
- 6.Logan, B. E ., and Wagenseller, G. A., “ (1995) The HBOD test : anew method for determining biochemical oxygen demand”, Water Environment Research,65(7),862-868.
- 7.Kinner, N. E. and Bishop, P. I., “Treatment of saline domestic wastewater using RBC's” J. Environ. Engineer., 108, 650-663 (1962).
- 8.Kargi, F. and Dincer, A., “Enhancement of biological treatment performance of saline wastewater by halophilic bacteria”, Bioprocess Engrg., 15, 51-58(1996).
- 9.Kargi, F. and Dincer, A. R., “Salt inhibition effects in biological treatment of saline wastewater in RBC”, Journal of Environmental Engineering, 125, 966-971(1999).
- 10.Dan, N. P., Visvanathan, C. and Basu Biswadeep, “ (2002) Comparative evaluation of yeast and bacterial treatment of high salinity wastewater based on biokinetic coefficients”, Bioresource Technology, 87, 51-56.
- 11.Lee, C. Y. and Cheng, S. Z., “Toxic effects on respiratory activities of phenol-oxidizing cultures grown from various conditions”, Journal of Environmental Science and Health, B33(6), 705-721(1998).
- 12.林景行、李志源, “鹽度對苯環氧化菌分解 BTPX 之影響”, 第八屆海峽兩岸環境保護研討會(2002)。

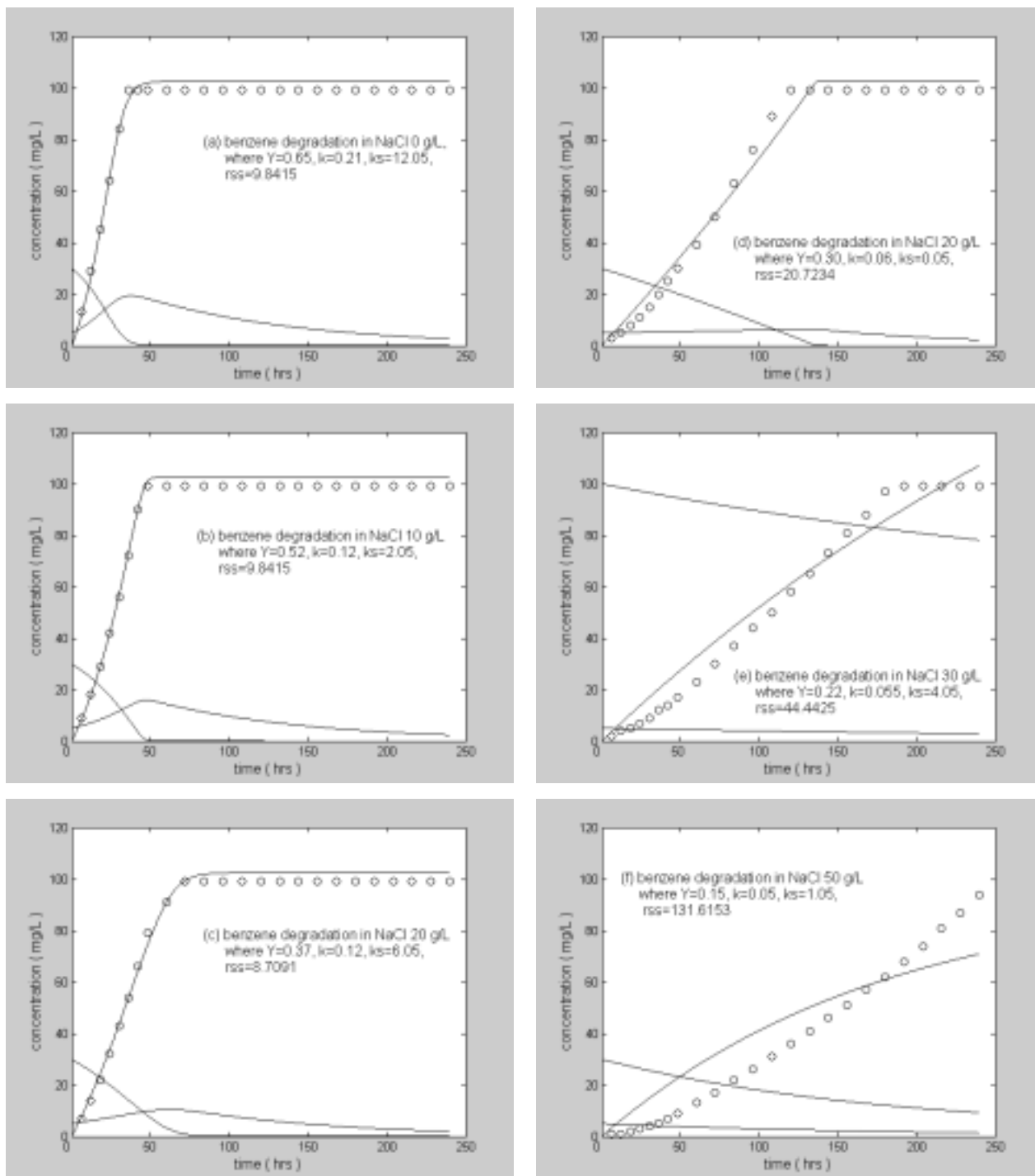


圖 2 苯在不同鹽度(NaCl 0~50 g/L)下被苯環氧化菌分解時，呼吸率實驗數據(○)與模式預測曲線(—)關係圖，預測模式採用式(2)計算並以非線性參數估計法使其殘差最小(式(3))求得。圖中基質降解曲線與細菌生長曲線係由化學計量關係與輸入不同鹽度下細菌生長係

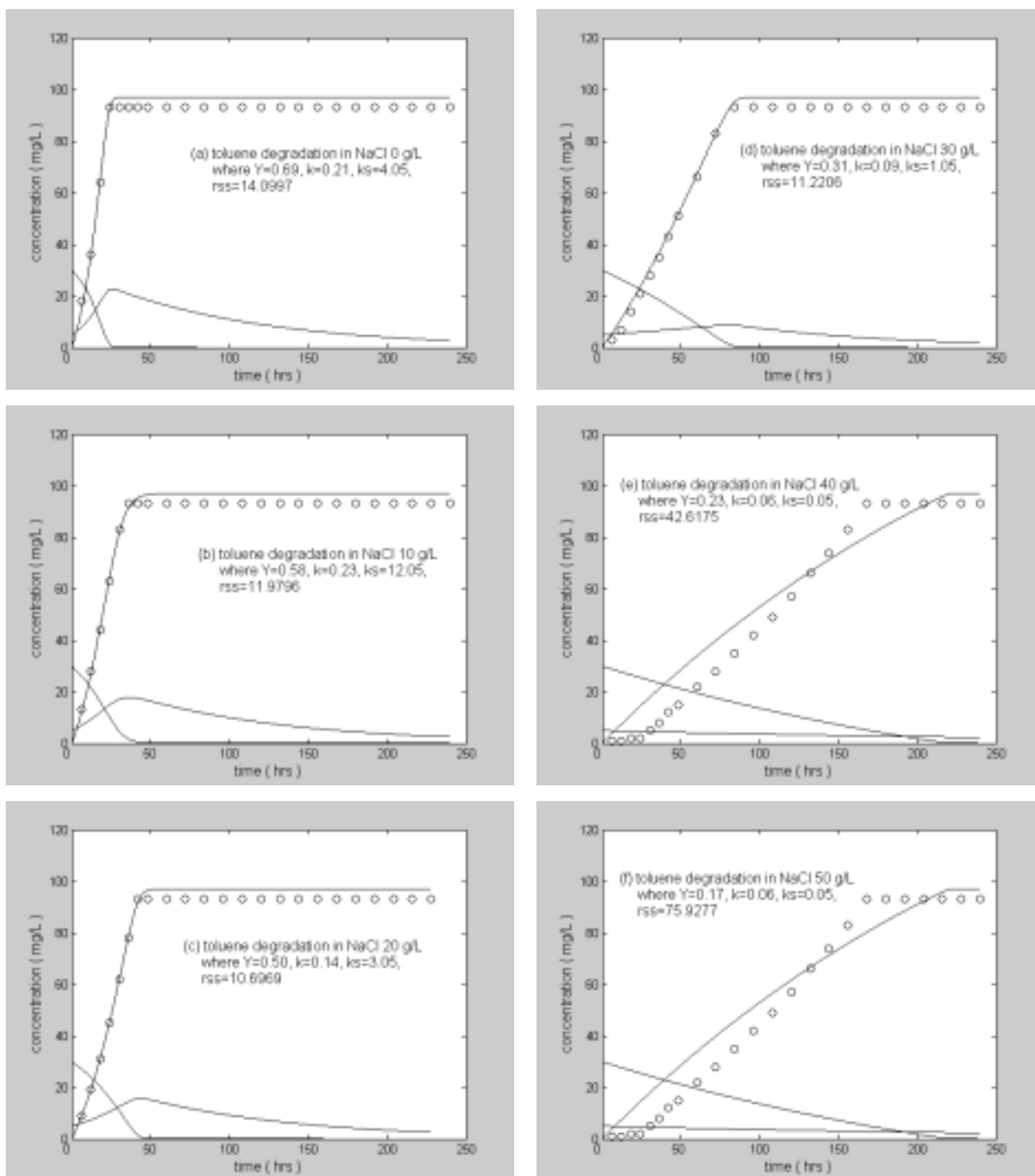


圖 3 甲苯在不同鹽度( NaCl 0~50 g/L)下被苯環氧化菌分解時，呼吸率實驗數據(○)與模式預測曲線(—)關係圖，預測模式採用式(2)計算並以非線性參數估計法使其殘差最小(式(3))求得。圖中基質降解曲線與細菌生長曲線係由化學計量關係與輸入不同鹽度下細菌生長係數 Y 值<sup>[12]</sup>而得出。

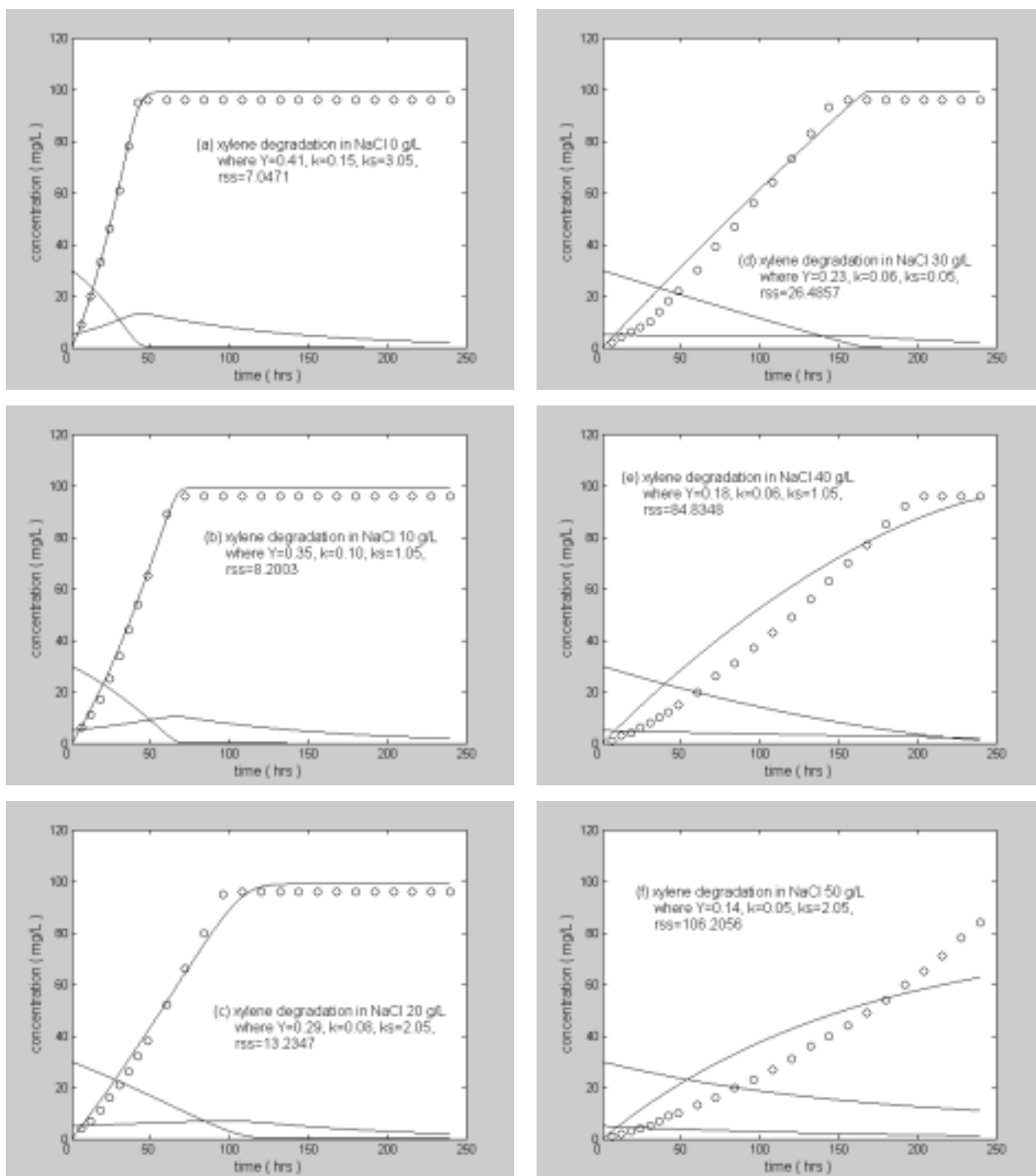


圖 4 二甲苯在不同鹽度(NaCl 0~50 g/L)下被苯環氧化菌分解時，呼吸率實驗數據(○)與模式預測曲線(—)關係圖，預測模式採用式(2)計算並以非線性參數估計法使其殘差最小(式(3))求得。圖中基質降解曲線與細菌生長曲線係由化學計量關係與輸入不同鹽度下細菌生長係數  $Y$  值<sup>[12]</sup>而得出。

# 臺灣環保性紡織品發展現況與推動策略研究

## - 以回收性紡織品為例

羅慶巍<sup>1</sup>、胡憲倫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南華大學環境管理研究所研究生 <sup>2</sup>臺北科技大學環境規劃與管理研究所副教授

### 摘要

由於全球資源耗竭的問題日益嚴重，各種環保問題層出不窮，再加上綠色浪潮的推波助瀾，目前國際間已有超過 200 個遍及各行各業的環保條約及協定—其中有多個與紡織品有關。紡織業曾締造過台灣輝煌的過去，目前雖然不像過去般的風光，它仍然是國內相當重要的民生工業。特別是目前紡織業主要是以外銷為導向，如何因應此一國際環保趨勢，乃紡織業者不得不正視的課題。而在紡織業眾多環保議題中，有一個值得注意的焦點即是環保性的紡織品的發展。早期的發展主要是以回收 PET 寶特瓶作成的聚脂棉為原料製成不織布、填充材料與織布纖維，目前已開發成可製成高級服飾的聚丙烯纖維。本研究首在了解環保性紡織品目前在台灣的發展及應用，目前初步的研究結果顯示台灣環保性紡織品的研發工作，落後世界上先進國家一大截。而為了了解台灣在回收性紡織品的發展及推動障礙，本研究也將以國內環保回收性紡織品業者世堡紡織作為研究個案，並輔以國內外文獻及各國推動與發展的經驗，從技術面、政策面，以及法規面等，深入探討其原因，最後也將會針對政府以及國內業者提出一套具體可行的建議，希望能協助國內紡織業者透過環保議題，將阻力轉換成助力，為台灣創造另一波的外銷高峰。

**關鍵詞：**紡織業、環保性紡織品、回收性紡織品、聚丙烯纖維

## A Study on the Development and Promotion Strategy for Taiwan's Environmental Textiles- Using Recycled Textile as Case Study

Ching-Wei Lo<sup>1</sup> and Allen H.Hu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate Student, Graduate Institute of Environmental Management, Nan Hua University

<sup>2</sup> Associate Professor, Institute of Environmental Planning and Management, National Taipei University of Technology

### Abstract

Textile industry used to be Taiwan's most important industry in the 60~70's. It created lots of foreign exchange for Taiwan and laid the groundwork for the island's economic booming. Currently, Taiwan's industrial focus was shifted to "high-tech", and the importance of textile industry was somehow overlooked. However, since it is still an important livelihood industry, it's sustainable or not still closely related to Taiwan's sustainability.

In this study, newly developed environmental policies and regulations related to the textile industry were first reviewed. Several environmental issues, which have impact on the textile industry were identified and studied. Among them, environmental textile or "eco-textile" was selected to studied thoroughly in this study. It is because this kind of the products was made of recycled or recovered material, such as PET bottles, and this not just meets the global "green" trend, but also boosts the trading of textile products. It is found that the market and development of eco-textile was rather week. Hence, special efforts will be devoted to understand the status and its development of "eco-textile. A case study will be studied thoroughly to identify the barriers and blockages for the development of eco-textile, whether technologically or legally. Finally, a comprehensive suggestion will be proposed for both government and industry to assist textile industry in creating another pinnacle for Taiwan's foreign trade.

**Key words:** Textile industry, eco-textile, environmental textile, green textile, recycled textile

### 一、前言

臺灣紡織業經過多年發展後，尤其橫跨縲絲、人纖、紡紗、織布、染整、

製衣、其它等七大領域，展現其整個興衰之發展過程。在臺灣，紡織業在早期的經濟發展扮演著舉足輕重的角色，佔我國工業生產值之相當重要地位，每年為我國創造 100 億美元的順差[1]。

然而，雖著時代潮流的改變，內外部因素如土地取得困難、勞工短缺與員工薪資高升、環保處理設施的費用增加等等，迫使部份廠商外移，再加上一些區域協定與針對紡織品的 200 多項環保法規和協定，使國內紡織業前景蒙上陰影。例如：歐盟的 Öko-Tex Standard 100 and M.S.T 法規[3]及北美自由貿易協定 (NAFTA)，對紡織品的作了相關的規定，及越南等新興紡織國家在成本低廉因素衝擊，此種窘境將對臺灣紡織業的經營造成衝擊，從表 1 即可看出我國紡織業的對外貿易順差從 1997 至 2002 年間呈現逐年下降的趨勢[2]。此外，在「我們只有一個地球」、「綠色產品」、「綠色消費」等環保主張，迫使各產業(包括紡織業)將綠色思維投入於新產品的生產觀念與製程中，且在國際合作暨發展組織對所有會員國所作的一項調查，顯示大部份的民眾對於較非環保性產品價格高的產品，因為消費者對於綠色消費觀念已經能夠被接受並且優先購買。

由這樣的情況看來，我們可以了解紡織業必須針對現況進行重大的改變，也就是對紡織品必須進行差異化特性的設計導向，例如開發具有省能源、成本、環保功能的創新產品與技術，著重在綠色產品的研發。因此為提昇臺灣紡織品的競爭力，除了要跟成本低廉的新興國家競爭之外，仍要克服歐洲國家對於環保性紡織品的要求，因此必須生產具有省能源、低成本、環保功能的創新產品與技術，利用綠色行銷及消費的浪潮趨勢，提高綠色產品的附加價值及企業的永續經營[1]。

表 1 我國近年紡織業外銷貿易順差值

單位:百萬美元

項目	紡織品出口值	紡織品進口值	紡織品貿易順差值	全國總貿易順差值
1997	16,616	3,639	+12,977	+7,639
1998	14,560	3,166	+11,395	+5,900
1999	14,185	2,877	+11,308	+10,939
2000	15,196	2,892	+12,304	+8,362
2001	12,635	2,359	+10,276	+15,651
2002	12,150	2,470	+9,680	+18,066

資料來源：紡拓會網站

根據上述的緣由，本研究範圍主要有以下三個部份：

1. 針對國內外環保性紡織品做探討

指紡織品製程、使用與廢棄的環保性，需深入了解目前國內外回收性紡織



的研發種類、現況與推動策略。

## 2. 進行紡織產業概況的了解

紡織產業橫跨七大領域，本研究主要的焦點是鎖定在紡織成衣製造產業方面，不包含染整等前置處理產業。

## 3. 進行個案訪談

與企業進行了解並深入訪談，了解臺灣紡織業與個案企業對於推動回收性紡織品所遭遇的困境與推行現況。

本研究的主要目的，在於：

1. 了解紡織業目前在研發與量產環保性紡織品（包含回收性紡織品）之現況。
2. 透過國內環保性紡織品業者—世堡紡織的實際案例，探討國內業者在研發及推動上的困難及瓶頸，並提供若干建議給主管單位與業者參考。

## 二、文獻探討

### (一) 環保性紡織品定義與國內現況研究

環保性紡織品的定義可經由清潔環保的生產過程、使用過程的環保性及廢棄物處理的環保性三大分類做解釋[7]：

#### 1. 清潔環保的生產過程：

係指紡織品的生產過程不使用可能危害環境、人類與動物的化學物質，以減少製程廢棄物為主要目標，例如生態紡織品(圖 1)規定製程中必須控制 pH、不褪色特性、甲醛、致癌性的染料，致癌性染料可以分解成芳香胺或者對皮膚導致過敏反應、可抽取的重金屬、化劑或和五氯酚與殺蟲劑一起的污染[3]。



圖 1 生態紡織品控制項目圖  
(資料來源：吳偉欽，2002)

## 2.使用過程的環保性：

主要是指環保設備的濾材為主，例如袋濾式集塵器所使用的濾網，用濾網來過濾工廠製程所產生的塵粒、化學物質等減少環境、人類與動物的衝擊。

## 3.廢棄物處理的環保性：

係指紡織品廢棄後的處理方法，目前臺灣處理廢棄物的方法由垃圾掩埋法、焚化法與回收再利用的方法，以垃圾掩埋法的方式處理的話，因為現今紡織品多由穩定且複雜的化學原料、技術與設備製成，如果希望以垃圾掩埋的方式來處理，會有無法分解的情形發生。採用焚化法處理，焚化時因其化學成份而轉變成融滴，覆蓋在爐壁造成焚化爐燃燒效率降低與爐體損壞，而採用回收利用的方式，是將廢棄紡織品經由回收系統回收處理再利用製成紡織原料，主要回收的廢棄紡織品有：聚氯乙烯、廢砂、破布、塑膠容器、地毯及聚脂，而聚脂乃是以寶特瓶和聚脂廢絲為材料，回收後經粉碎再製成聚脂粒，聚脂回收處理流程及產品(圖 2)[14]：

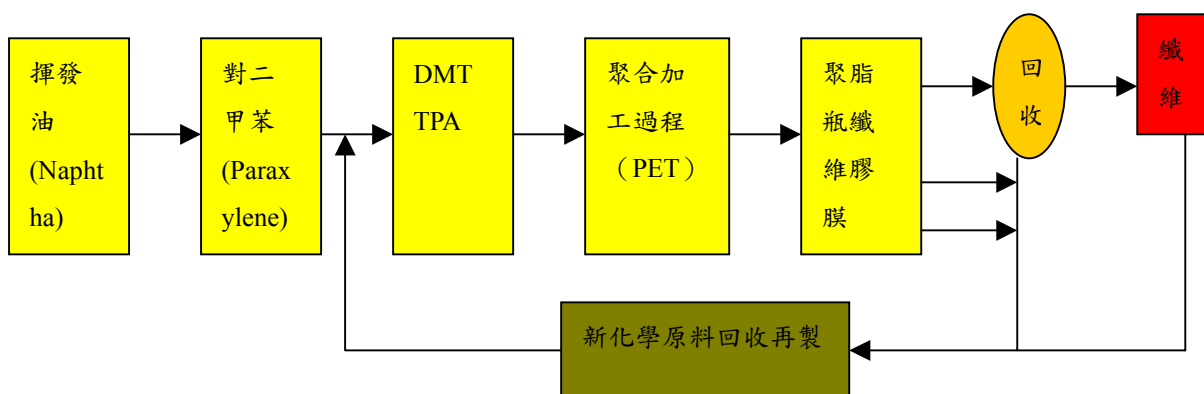


圖 2 聚脂回收流程與製品

(資料來源：吳偉欽，2002)

臺灣國內目前主要的環保性紡織品，主要是以著重在回收再生紡織品上，對於以清潔製程為技術的紡織品的發展領域則受於技術與成本的限制。舉例來說：我們在處理使用聚脂和棉花為原料的廢棄紡織品時，主要的作法是紡織品投入硫酸溶劑中，聚脂纖維則會在 190°C、35 分鐘(或更少)的時間內被分離出來[4]，像這樣的技術並不是所有的臺灣紡織中小企業可以投資的，所以目前有些文獻有提到臺灣也已可以生產環保製程標準製成的紡織品，例如本來由英國的 Courtaulds 所發展的 Tencel 環保纖維已經由強盛染整引進臺灣，為此臺化公司也研發成功國產高強力螺縲棉[5]，還有由三洋纖維所開發的超細聚丙烯長纖維，聚丙烯長纖維有質地輕柔、保暖舒適等功能，另外最重要的是環保性，主要的環保性為：成分較其它纖維簡單、簡單的分子結構不會造成回收的困難及具有充分的強拉伸強度 [6]。

在臺灣，能開發這些纖維的企業多半屬於紡織業界之龍頭企業，唯我國紡織業大部分仍然以中小企業居多，因此惟有依靠政府提供製程技術和知識的轉移及輔導，方可全面地提升我國整體紡織業的國際競爭力。所以，本研究的重點也理所當然的著重在回收再生紡織品。在臺灣，回收再生紡織品的主要發展是聚脂瓶回收處理，經過處理製成紡織品的聚脂粒。據文獻，一個完整的寶特瓶可含有 50 公克的聚脂，按照目前的技術，兩支二公升的寶特瓶可以做成一條牛仔褲，這樣使得紡織業在來源不致缺乏的情形(因為使用回收聚脂原料製成紡織品)。在國內，主要生產回收再生聚脂棉的公司只有四家，分別是祖揚、生旺、興銘、崎貿，每月的總生產量可達到 3000 公噸，這些聚脂棉應用在不織布與填充材料上[7]。由於廠商較少，目前此一行業的市場滲透性頗大，相互競爭性仍然不甚明顯。這四家公司的個別產能如表 2[7]：

表 2 臺灣回收聚脂棉廠商與產量

臺灣回收再生聚脂棉廠商與產量	
公司名稱	日產量 (公噸)
興銘公司	56.0
崎貿公司	20.0
祖揚公司	15.0
生旺公司	8.0
合計	99

(資料來源：謝昆諺，2001)

另外，在分解性紡織品方面，我國目前主要的發展方向有聚乳酸纖維、甲殼素纖維與 Lyocell 纖維，這一類環保性紡織品的主要生產廠商如表 3[7]：

表 3 臺灣分解性紡織品之主要生產廠商

廠商	產品	特性
浚統公司	甲殼素纖維	50 tons/year
台化公司	Lyocell 纖維	自行研發 360 tons/year
偉盟公司	澱粉、PCL 纖維	購物用塑膠袋與免洗餐具

(資料來源：謝昆諺，2001)

在臺灣，環保性紡織品主要遭遇到的困境有以下幾點：

#### 1. 研發技術欠缺

過去臺灣紡織產業一直以製造為主，且多為 OEM 產品，較缺乏設計與創新的能力，研發基礎薄弱[8]如下圖 3[8]，加上我國對於紡織相關人才的培育政策供需失衡，造成臺

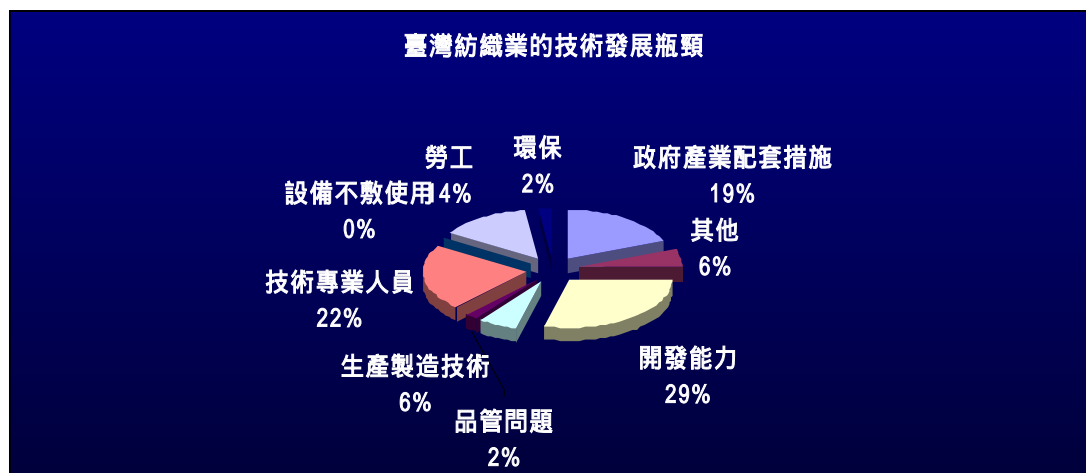


圖 3 紡織產業發展瓶頸原因比例  
(資料來源：李信宏，2002)

灣紡織專業人材欠缺，相對的我國的紡織品設計人員也不充足，所以更不能培育出關於環保紡織品的研發人員，所以當前政府應對鼓勵大專院校栽培紡織專業人材，這些專業人材畢業及進入企業之後，就能夠進行環保性紡織品之研發工作。

## 2. 政府產業政策偏差

產業政策長期偏重於半導體、光電業者，有各項的優惠經濟與輔導措施，對於紡織業卻吝於提供相關的輔導措施，政府應該積極的提供相關的優惠政策，例如：可對生產環保性紡織品的進行差別匯率，在租稅與財務上加以獎勵，這樣便可以鼓勵業者進行研發環保性紡織品的工作，以往偏重於特定產業的作法只會造成對個別產業有益，卻無益於整體產業的發展。政府不明確的產業政策，會影響業者對國內經濟環境產生憂慮及不安全[7]。目前對於這樣的情形，紡織業界的心聲政府已經有所回應，目前政府已積極的輔導產業中，例如：取消投資抵減適用年序之限制，主要是紡織業相關技術、設備與人材訓練、投資等可以抵減當年度起五年內應納營利事業所得稅額、針對科學工業之海關進口稅則修訂、促進產業研究發展貸款及傳統工業新產品開發輔導與企業營運總部。

## 3. 加強設立賣場綠色專櫃與宣導綠色消費

德國環境廳長於 1990 時曾語重心長的表示，德國今日的高環境品質實應歸功於環保標章制度的成功推動 [9]。我們發現當政府積極推動綠色標章，也帶動了民眾的綠色消費與環保觀念，進而使產業界因為市場的誘因而積極研發和生產環保性紡織品。以消基會所做的一項調查顯示，十年以來臺灣推動環保標章，雖然民眾對於綠色消費觀念有所提昇，但是賣場綠色專櫃之設置有待提昇。依據此調查，有八成二的消費者願意購買比較貴

的環保標章商品，其中有六成的人願意多花一成以內的錢來購買，為環保盡一份心力[10]，並藉由綠色消費來接受環保性紡織品。

## (二)國外現況

本節將以美國、歐盟兩大經濟體系組織加上中國大陸為主要對象，主要的原因是美國、歐盟是目前對於制定與發展環保性紡織品的標準、法規與產品最完整的國家。從以前開始，美國便是我國主要的紡織品輸出國，此外近年輸往歐盟的紡織品比例也逐年增加，而中國大陸則是新興的經濟體，加以目前臺灣與中國大陸之間的紡織品貿易與投資日益增加，所以有必要去了解美國、歐盟、中國大陸環保性紡織品的發展。

### 1.美國環保性紡織品的發展

美國積極的透過各種環保法規、計劃與政策，推動環保性紡織品的發展。例如：美國國會於1990年通過污染防治法（Pollution Prevention Act）[11]與1992年由美國紡織協會發表「促進環境卓越計劃」（E3），鼓勵業者並致力於環境保護[12]。在環保性紡織品的發展上，美國紡織業界主要以可解性紡織品、回收再生紡織品和PTT紡織品等為主要研發方向，例如Lycell和聚乳酸纖維（PLA），以及佔全球最大供應量的聚乳酸纖維CDP(其主要也是具有可分解性)，目前使用這些原料於成衣、混紡品、地毯織物、環保應用材料、室內建材及衛生保健消費品。

在回收聚脂瓶方面，回收量佔所有回收總類的50%-60%，但是它的回收壓力小，主因是它沒有包含在回收系統中；另外在地毯回收方面，處理過程中的污物乃是最大的困擾，需要再開發新的處理程序，使得回收工作順利並提高回收廠商的意願。美國主要的環保性紡織品生產廠商如下表4[7]：

表4 美國環保性紡織品之主要生產廠商

產品類別	生產廠商	產品
回收再生紡織品	Wellman	再生聚脂纖維
	Pure Tech	再生聚脂纖維
	Evergreen	再生尼龍纖維
	Synthetic	再生聚丙烯纖維
可分解性紡織品	Carigill Dow	聚乳酸纖維
	Interface	聚乳酸纖維地毯
	F.I.T	聚乳酸纖維
生物科技纖維	DuPont	PTT纖維
	DuPont	蜘蛛絲纖維

(資料來源：謝昆諺，2001)

## 2. 歐盟環保性紡織品的發展：

德國於 1978 年推動「藍天使計劃」實行環保標章的認證制度，是最早發起環保標章的國家，也帶動歐洲一連串的環保觀念與綠色消費的浪潮，促使廠商生產各式各樣的環保產品，其中也制定了針對紡織品相關的環保法規與協定，使得環保性紡織品的研發工作不間斷，其中 Lyocell 纖維是歐盟國家的主要發展方向，發展國家以奧地利和德國為主，相關資料如表 5[13]：

表 5 歐盟主要生產 Lyocell 的國家與產品名稱

Lenzing	奧地利	Lenzing Lyocell	短纖維
Akzo Nobel	德國	New-Cell	長纖維
TITK	德國	ALCERU	短纖維

資料來源：吳偉欽、謝昆諺（2002）

歐洲地區(要國家是義大利、西班牙和法國[11])之聚脂瓶回收，會快速成長(回收量超過 20 萬公噸)，主要的原因為這些歐洲地區的民眾具備很高的環保意識，另外也因為政府制定了完整的回收政策。在西歐的地毯回收方面，預計每年可回收 160 萬公噸的廢地毯，這些廢地毯原本有 70% 以掩埋的方式處理，而另外的 30% 則是送往焚化爐焚燒處理。由於歐洲地區將於 2005 年起嚴禁將地毯採取垃圾掩埋法，屆時預計將有至少 160 公噸的回收量。

## 3. 中國大陸環保性紡織品的發展：

### (1) 在回收性紡織品的發展：

目前雖受限於技術的發展與回收系統之缺陷，但武漢科技學院目前已研發出廢聚脂纖維的回收再利用技術，目前正在尋求合作的對象[11]。此環保性紡織之主要的產品為回收再生聚脂纖維，生產中心大多於江蘇、北京，使用的原料為廢料與廢棄回收容器。由於大陸人口眾多，相對的有大量的廢棄寶特瓶與地毯，因此只要有個完整的回收系統，便可取得龐大的回收效益。

### (2) 生物技術紡織品的發展：

目前，中國大陸正在發展可分解性紡織品，產品主是為牛奶纖維，其具有大量蛋白質與擁有高吸水性、透氣性。依據中國大陸的統計，這些產品產量保守估計只有 30 公噸，但是依照大陸廣大的人口而言，未來的產量應該會提高，目前是屬於萌芽的階段，可待開發的還很多。

### (3) 分解性紡織品的發展：

中國大陸發展大豆蛋白纖維、甲殼素纖維、Lyocell 纖維三種，其中甲殼素纖維與大豆蛋白纖維的產量較少，甲殼素纖維主要應用在生醫器材範圍，而 Lyocell 則因為擁有很多的優點，所以發展潛力大。2000 年大陸將大



豆蛋白纖維工業生產後，已經在浙江、江蘇與山東都設立了生產線，顯示中國大陸在其技術上已經成到成熟、可量產的階段。

### 三、研究方法

本研究初期以文獻為主要研究方向，藉由文獻了解目前全球與臺灣環保性紡織品的發展現況與困境，其中最需要去了解的是回收性紡織品，對國內回收再生紡織品生產廠商進行訪談，並經由文獻了解目前國外現行回收再生紡織品的回收處理體系與製程，另外再針對國內、外如何提昇民眾綠色消費觀念與環保議題進行深入了解，以問卷調查的方式，促進國內民眾對於回收再生紡織品的認識與了解，將國內外個案、文獻進行比對分析，找出目前國內外紡織業推動回收再生紡織品所遭遇到的困難與經驗，藉由國外的經驗具以提出具體可行的方案與推動策略，促進國內紡織業對於生產回收性紡織品的興趣，並帶動與提昇民眾綠色消費觀念。本研究流程如圖 4：

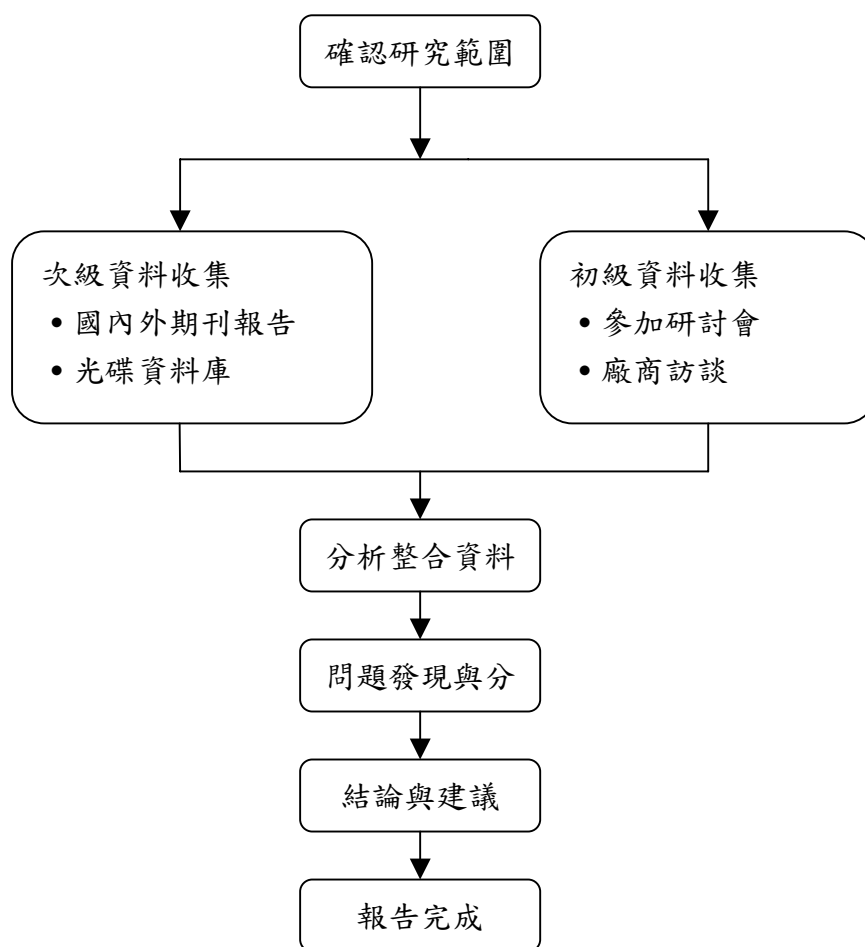


圖 4 研究流程概念

## 四、個案研究

### (一)個案公司介紹

世堡紡織股份有限公司座落在中壢幼獅工業區成立於西元 1975 年，目前擁有 8000 平方公尺之土地面積，廠房面積約 7000 平方公尺，共有員工 67 人(公司 21 人，工廠 46 人)，主要的產品可分為針織布、平織布與產業用布三大類等，其分類可見下圖 5[15]。若以產品使用範圍區分，包括聽、坐、看、穿、跑等五大生活領域產品種類(共 600 餘種)，而此五大生活領域產品如下：

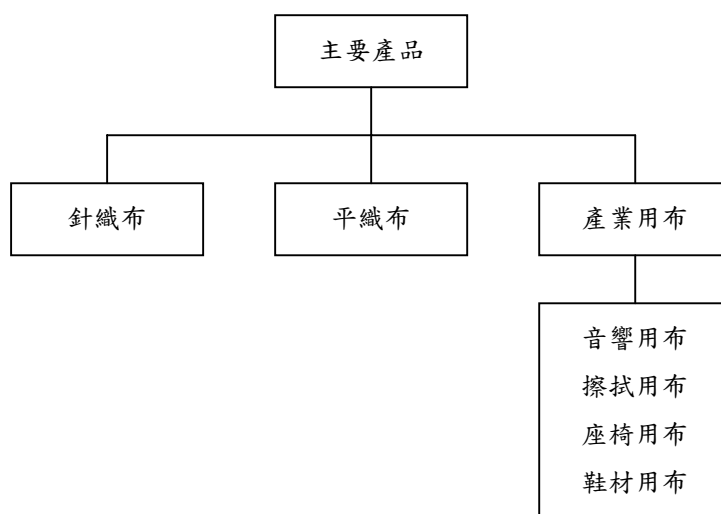


圖 5 世堡紡織主要產品分類

資料來源：世堡紡織股份有限公司企業環境安全衛生報告書（2003）；本研究整理。

世堡紡織股份有限公司是中小企業的模範生，曾獲得政府產業研發與環保績優等多項獎項，除了推動各項工安環保作為（包含推動 ISO 9000、ISO 14001 與環安衛管理系統）外，並積極參與各項社會公益，協助政府執行政策及經驗分享等，並配合經濟部工業局推動工業減廢工業安全中衛體系輔導工作，透過自身企業與協力廠商之間工作上往來、協調，使得雙方都藉此達到工業減廢的績效，成為 1999 年度工業局推動的工業減廢工業安全中衛輔導體系之中心廠。其中衛體系計有十七家廠商，遍及十一家廠商，包含亞洲化學公司的 5 個廠，紡織業、材料業、包裝業、代裁業、纖維假撚業、紡織定型業各 1 家，化學業、機械業、染整業、電子基板業各 2 家與織布業 3 家等。

#### 1.世堡紡織回收再生紡織品簡介

世堡紡織的環保性紡織品主要以回收聚脂瓶所做成的原料，去製作回收再生布、環保購物袋、彩拼布等，另外也回收聚脂瓶經處理後可以用於



製作建築材料。世堡紡織從回收聚脂瓶到製成成衣的流程，如下圖 6[7]及圖 7[16]。首先，由回收商將回收的寶特瓶去掉蓋子，標籤並且洗淨，將洗淨後之廢聚脂瓶送往粉碎機成細屑，送往塑膠加工廠將其以加熱，再以融化的方式進行溶融紡絲製成原棉，而原棉經加工處理後成撚紗，後經機器紡成布料再經裁剪與縫製製成各式紡織品。據了解，使用回收聚脂瓶的原料在實務上可得到以下的數據：

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用 1kg 紗可回收聚脂瓶支數 <math>1000g/37.8g = \text{約 } 26.5 \text{ 支}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 銷售 1 個環保袋可回收聚脂瓶支數 以平均縫製一個環保袋約需 0.5 碼來計算，那 <math>9.5 \text{ 支} * 0.5 = \text{約 } 4.8 \text{ 支}</math></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用 1 碼布可回收聚脂瓶支數 <math>350g/37g = \text{約 } 9.5 \text{ 支}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 銷售 1 個環保帽可回收聚脂瓶支數 以平均縫製一個環保袋約需 0.5 碼來計算，那 <math>9.5 \text{ 支} * 0.25 = \text{約 } 2.4 \text{ 支}</math></li> </ul>

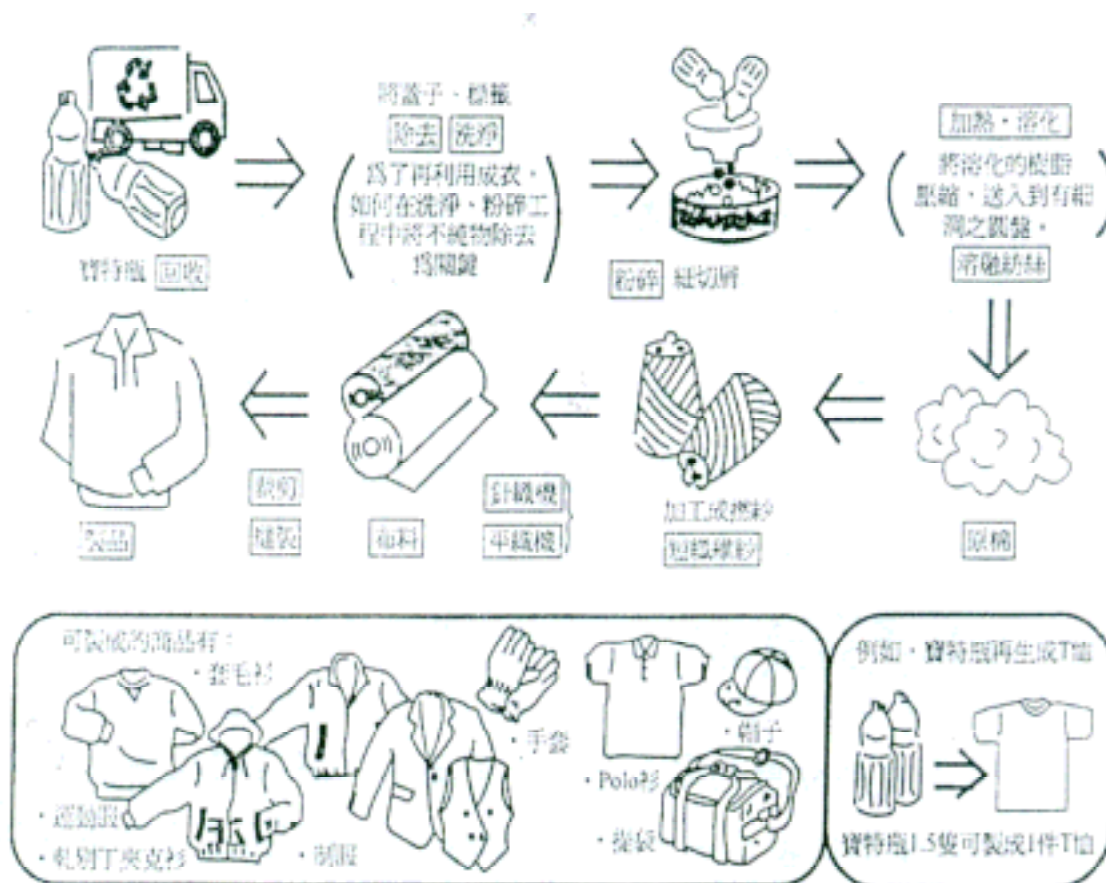


圖 6 回收聚脂瓶製成紡織品之流程圖

資料來源：環保性紡織品專題調查報告，謝昆諺（2001）

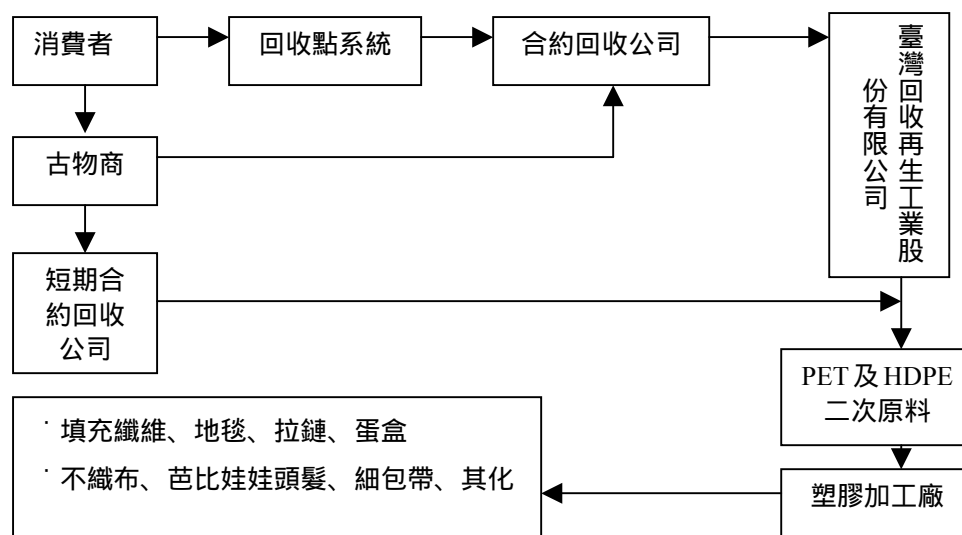


圖 7 聚脂瓶回收清理系之鍊架構圖  
(資料來源：王源泉，1996)

## (二) 世堡紡織在推動回收再生紡織品上的困難與建議

目前世堡紡織在製作回收再生紡織品上，主要是以回收聚脂瓶所製成的原料來製成紡織品，在技術上來說已不會任何的困難，其發展及推廣的主要瓶頸在於：

### 1. 民眾綠色消費意識的不足：

目前人們對於回收再生紡織品的觀念並不是非常的了解，甚至不知道它的存在，在知名度不高的情形下，造成銷路收到限制，購買單位也侷限在具有環保意識的政府組織與個別財團法人而已，銷售量不多以致於造成產品的單價過高，對於企業來說並不符合經濟學上成本效益的原則。

### 2. 公司行銷策略失當：

對於自身產品的推廣，公司本身並未提出相關的銷售與廣告計劃，主要的原因也是受限於世堡紡織是一家中小企業，在資本受限的情形下，無法支付大筆的廣告費用予各種形式的傳播媒體，造成產品知名度無法讓民眾獲知，除了對公司本身造成經濟上的損失，也使得民眾失去為環保盡一份心力的機會。

此外，由於世堡紡織在回收再生紡織品的研發及製造過程上，是透過與其長期的供應商合作分工所致，也就是不同的供應商分別從事寶特瓶的回收、粉碎、融化及抽絲、紡紗、及原棉等工作。而世堡的工作則主要是從原棉得取、紡紗、織布到成品的製成。因此其不需要自購額外機械設備。然而如果並未有如此合作供應商者，則可能會因上游之作業，而增加企業諸多的成本支出。

針對以上三點，本研究提出以下相對應的幾點策略，期望能幫助世堡

紡織解決回收再生紡織品推動上所面臨的困難：

### 1. 政府法令政策的協助

環保性紡織品技術的提升，單靠業者之力恐無法竟其功，特別是目前國內從事相關工作的企業，大多為中小型企業(例如世堡)。政府應在獎勵、融資及提供技術上，給予相關之協助，讓國內業者能更具國際競爭力。國際飲料界巨擘—可口可樂公司也曾在2001年與世堡公司接觸，洽談合作生產回收紡織製品事宜，後來並未成功。其可能原因或與世堡的技術層次有關。

### 2. 創新研發以提升回收產品的附加價值

目前世堡的回收性產品主要以附加價值較低的環保袋為主，事實上如果要讓此一企業能永續經營，應設法提高其環保性產品的附加價值。例如國外(日本)，已經研發出回收寶特瓶製的高級服飾。相信此應是國內業者在投環保性產品研發時的重要課題。

### 3. 行銷策略的改進

回收再生紡織品的推展有時受限於企業或公司本身的財力，無法透過傳播力強大的視訊媒體進行宣傳活動，這時政府應該給予強大的支持，透過政府計劃的資金，製作推動回收再生紡織品的宣導影片，經由購買電視頻道的時數或電視系統業者的配合與支持，讓組織或民眾透過觀念的提昇，競相購買回收再生紡織品。經由提昇企業的獲利，企業有了利益的支持，才会有動力及意願去生產相關的紡織品。

## 五、結論與後續研究

本研究依據一些中、英文獻的探討，發現國外在環保性紡織品的研究上比較先進，主要的原因是因為環保的觀念是由歐美國家所興起。當環保浪潮與觀念逐漸為人們所接受的同時，環保紡織品的研發自然便在歐美紡織業界不斷的展開，此時國外的紡織研究機構也同時在進行研究，並將研究的成果透過研討會與講習會的方式發表出來。由於臺灣紡織業界普遍上尚未具有環保性紡織品的概念，唯恐覺醒時總是輸歐美紡織業一大截，所以相對的國內紡織及相關學術機構、研究中心等，都必須在環保紡織品這一方面的研究繼續衍生下去，雖然臺灣在這一方面的起步較歐美晚，總比不起步要好太多了。所幸，目前臺灣已有許多紡織大廠生產許多廣受好評的環保性紡織品，但是這其中仍有需要去克服的，其中包含有：研發人員、技術人員的欠缺，這些都需要政府、產業界、學術界互相合作，促使紡織業能夠科技化，以提高國際競爭力。

本研究目前經由國內外期刊、文獻報告，概略地了解目前國內外回收再生紡織品的發展現況與種類，並且透過與研究案例的企業主管進行回收再生

紡織品的訪談，已經概略瞭解到國內外實施環保性紡織品的落差及未來需要提升的方向。本研究旨在拋磚引玉，希望藉由此一探索性的研究，能夠開創未來更多學者及專家投入相關之研究。此外，國內還有其他生產回收再生紡織品的公司，未來的研究將會涵蓋它們的做法及面臨的問題，以便徹底瞭解臺灣回收再生紡織品的產業現況。另外，本研究中也發現目前民眾對於綠色消費觀念的不足，也是導致回收紡織品銷路受阻的原因，所以後續的研究也希望藉以問卷的方式，以進行消費者對環保性紡織品的購買認知及消費行為之分析探討，希望以此「綠色產品」、「綠色製程」、及「綠色消費」三方面，全面的進行我國環保性紡織品的推展研究，並提出具體改善的措施，讓主管官署、業者以及消費者能一起努力，共同讓回收再生紡織品的蓬勃發展，創造我國紡織品產業的另一高峰。

### 參考文獻

1. 黃健富，“我國紡織染整工業”，產業調查與技術，第一四一期，第 52-65 頁(1997)。
2. 紡拓會網站，<http://ttf.textiles.org.tw>
3. Ulrich. Sewekwo, Bayer AG and Leverkusen, “How to Meet the Requirements for Eco-Textiles,” *Textile Chemist and Colorist*, 28(1), pp.21-27(1996).
4. Ioan I. Negulescu, Hyojung Kwon, Billie J. Collier, John R. Collier, and Ajit Pendse, “Recycling Cotton From Cotton/Polyester Fabrics,” *Textile Chemist and Colorist*, 30(6), pp.31-35(1998).
5. 洪輝嵩，“我國紡織業因應綠色生產之現況與展望”，紡織園地，第三十二期，第 18-25 頁（2000 年）。
6. 王文弘，“新世紀環保紡織品之發展現況—永續發展經營理念”，人纖加工絲會訊，第三十七期，第 12-27 頁（2001）。
7. 謝昆諺，環保性紡織品專題調查報告，中國紡織工業研究中心，臺北（2001）。
8. 李信宏，臺灣紡織產業現況與發展趨勢，中國紡織工業研究中心，臺北（2002）。
9. 張志鵬，“環保性紡織品之發展現況與未來展望”，紡織月刊，第十三期，第 38-43 頁（1997）
10. 新浪網，消基會調查：環保標章推動十年，成效只有勉強及格（2003）。
11. 謝昆諺 “環保性紡織品發展過程與現況分析”，中國紡織工業中心，臺北（2001）。

12. Keith Bradley, "Recycling Textiles: The Fashionable Way to Make Energy Savings," *Canadian Textile Journal*, 111(8), pp.26-27(1995).
13. 吳偉欽、謝昆諺, "臺灣紡織業發展新契機—環保性紡織品的市場概況", 紡織速報, 第一百一十九期 (2002)。
14. 紡織產業知識庫, <http://tkn.cti.org.tw/tkd/index.php>
15. 世堡紡織股份有限公司, "世堡紡織股份有限公司企業環境安全衛生報告書" (2003)
16. 王源泉, "我國寶特瓶回收清除處理體系及執行成效檢討與建議", 食品市場資訊, 第八千五百一十期, 第 2-11 頁 (1996)

## 簡易型生物晶片在金屬腐蝕診斷應用之可行性評估

張育傑<sup>1</sup>、吳緯倫<sup>2</sup>、許繼穎<sup>2</sup>、賴琬婷<sup>2</sup>、蔡佳育<sup>2</sup>、陳君浩<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東南技術學院環境與安全衛生工程系助理教授

<sup>2</sup> 東南技術學院環境與安全衛生工程系學生

### 摘要

本研究蒐集文獻上與生物腐蝕有關之探針，利用南方墨點雜化的原理，將之點在尼龍膜上，期能藉此建立生物腐蝕診斷晶片之研究平台。由文獻中選擇與生物腐蝕有關之選擇性探針包括 SRB385、EUB338、UNIV342、ACD840、THIO820 等硫還原菌、鐵細菌以及硫酸化菌探針，將之點在帶正電荷尼龍膜上，做為生物晶片原型。利用批次培養的好氧、厭氧腐蝕生物反應槽所萃取出之 DNA，以 PCR 擴增其 16Sr-DNA 片段後加上 DIG 標記，再經一連串雜化、沖洗步驟，以探討利用此生物診斷晶片鑑別生物腐蝕特性之可行性。本試驗嘗試建立可以快速評估腐蝕微生物相的生物診斷晶片原型。本實驗方式的優點為：經濟、儀器設備需求低、商業化可行性高。缺點在於：靈敏度較低、操作經驗需純熟。

**關鍵詞：**生物腐蝕，硫還原菌，生物晶片，南方雜化

## The Evaluation for a Microarray Prototype on the Diagnosis of Biocorrosion

YJ Chang<sup>1</sup>, WL Wu<sup>2</sup>, CY Tsu<sup>2</sup>, WT Lai<sup>2</sup>, CY Tsai<sup>2</sup>, and CH Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Safty Health and Environmental Engineering, Tung Nan Institute of Technology

<sup>2</sup> Department of Safty Health and Environmental Engineering, Tung Nan Institute of Technology

### Abstract

Several specify probes which corresponding to the bacteria relating to corrosion were selected for building a prototype of a corrosion-diagnosis

biochip. The probe SRB385 (for sulfate reducing bacteria), EUB338 (for domain Bacteria), ACD840 (for *Acidiphilium* sp.), and THIO820 (for *Thiobacillus thiooxidans* and *Thiobacillus ferrooxidans*) were selected to fix on the positive charged nylon membrane in this study. Then the DNA extracted from either aerobic or anaerobic bioreactor were amplified by PCR and labeled with DIG. After hybridization and washing process, the chemical colorization was performed by adding color substrate and the reaction for each probe was evaluated. The advantages of this system are low cost of equipment, economic stuff, and commercial potential. However, the low sensitivity and the operational experience will affect the accuracy of the results of this system.

**Key words:** Biocorrosion, Sulfate reducing bacteria, Microarray, Southern hybridization

## 一、前言

生物性的腐蝕，主要是由微生物生長或代謝所造成的腐蝕，或是因為微生物的生長或代謝活動，直接或間接地促進化學性的腐蝕反應，稱為『微生物影響之腐蝕』(Microbiologically Influenced Corrosion, MIC)，因此，生物腐蝕的前提是外在的環境必須適合該種類微生物之生長條件。微生物腐蝕中較重要的微生物有硫酸還原菌、硫氧化細菌、鐵氧化細菌、錳氧化菌等。若依微生物生長條件來區分，則 MIC 可區分為好氧性腐蝕及厭氧性腐蝕兩大類，好氧菌的腐蝕作用主要藉由形成粘液、將硫化物氧化、將鐵氧化及產生酸性物質。

在許多有關腐蝕的文獻中，硫酸鹽還原菌 (sulfate reducing bacteria, SRB) 往往被認為是厭氧環境下，引起金屬腐蝕的主要原因，因此，和硫還原菌活性或分佈有關的生物指標，便受到相當程度的重視。許多學者專家開始探討一些生化以及分子生物指標與硫還原菌的關係，也同時探討其與厭氧生物腐蝕之關係<sup>[1]-[3]</sup>。單就探討硫還原菌之生物活性而言，主要的表示方法有硫還原菌計數法、氫化酶(hydrogenase)活性法以及 APS (adenosin-5'-phosphosulphate)活性法。

目前在環境微生物菌群結構上，利用微生物遺傳演變時遺傳訊息 16S rDNA 的保守性，可將混合菌群中的微生物於分子生物的層次加以定性，甚至定量。較常使用的分子生物技術有螢光原位雜化法 (fluorescence in-situ hybridization, FISH)，或聚合酵素連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR) 搭配變性梯度明膠電泳法 (denature gradient gel electrophoresis, DGGE) 等<sup>[4]</sup>。雖然這些技術可以克服傳統培養的方法限制，鑑定出大多數細菌的族群分佈，但是在實際應用上，這些實驗的操作過程仍相當繁複，而且需要豐富的經驗以及熟練的操作技巧，同時相對較為耗時，成本亦較高，並不適合於大量樣品之快速檢定用。

本研究蒐集文獻上與生物腐蝕有關之 16S rDNA 探針，利用南方墨點雜化的原理，將之點在尼龍膜上，期能藉此建立生物腐蝕診斷晶片之研究平台。

## 二、研究方法

### 2.1 探針點樣

本研究由文獻中選擇與生腐蝕有關之選擇性探針包括六個 SRB 探針、八個鐵細菌以及硫氧化菌探針，以及真細菌、古細菌等參考探針，總數 21 個，將之分別稀釋到 1ng/uL，最終濃度為  $10 \times \text{SSC}$ ，先在沸騰的水浴中變性 10 min 後，迅速插到冰上。以微量移液器取  $1 \mu\text{L}$ ，各點在帶正電的尼龍膜上 (Hybond-N+, Amersham) 後，UV-crosslink 2 min(詳表 1)。

表 1 本研究所使用的探針序列及其文獻來源

探針代號	序列 (5' → 3')	GC%	bp	Tm	文獻
EUB338	gCT gCC TCC CgT Agg AgT	66.7	18	43.8	Ravenschlag et al., 2000; Bond et al., 2000
NON338	ACT CCT ACG ggA ggC AgC	66.7	18	43.8	Ravenschlag et al., 2000; Bond et al., 2000
UNIV342	CTg CTg CSY CCC gTA g	68.7	16	40.5	Frischer et al., 2000
SRB385	gCT gCC TCC CgT Agg AgT	66.7	18	43.8	Peccia et al., 2000
THIO820	ACC AAA CAT CTA gTA TTC ATC g	36.4	22	37.5	Frischer et al., 2000
ACD840	CgA CAC TgA AgT gCT AAg C	52.6	19	39.8	Bond et al., 2000
ARCH91 5	gTg CTC CCC CgC CAA TTC CT	61.9	21	43.6	Bond et al., 2000

說明：S 代表 C 或 G。

### 2.2 DNA 萃取與 DIG 標記

本研究DNA萃取係參照先前研究所建立方法<sup>[5]</sup>。DNA標記所使用的套件為Roche(羅氏大藥廠)的『DIG High Prime DNA Labeling and Detection Starter Kit I』(Cat. No. 1 745 832)，DNA標記的過程分為PCR、純化、標記等三步驟。PCR的primers分別為27F(5' gTg CTg CAg AgA gTT TgA TCC Tgg CTC Ag 3')與1392R(5' CAC ggA TCC ACg ggC ggT gTg TRC 3')，50  $\mu\text{L}$ 體積的PCR試劑濃度為template DNA 2  $\mu\text{L}$ ，10X buffer 5  $\mu\text{L}$ ，10mM dNTP 2  $\mu\text{L}$ ，10mM primer 各2.5  $\mu\text{L}$ ，Taq 的最終濃度為1u，其餘為無菌水。本試驗所使用PCR為ABI GeneAmp 2400，操作溫度為起始94°C，5分鐘，每一循環的變性溫度



94°C、40秒，接合溫度52°C、30秒，延伸溫度72°C、1分鐘，共25循環。最終為72°C、7分鐘。將PCR產物置入添加EtBr的1%Agrose中電泳，比對100 bp ladder，將1300-1400 bp中間之亮帶在UV box下以無菌手術刀切下，以Gel-M kit (Biomax, 台灣)，並參照該商用kit的使用步驟進行純化，以回收agrose中DNA。純化後的DNA取最多到3 μg混合滅菌的二次水到離心管，最終體積為16 μL，在沸騰水浴加熱變性10 min 後，立即冰浴，再添加Roche的DIG-High Prime 4 uL後，混合後離心10 sec，在 37° C下培養過夜，最後，添加 2 μL 0.2 M EDTA (pH 8.0) 後在65°C加熱10 min，以停止標記反應。

### 2.3 雜化

將適當容量的 DIG Easy Hyb 預熱到適當的雜化溫度 (37 - 42° C)，將尼龍膜在預雜化液中緩慢的震盪 30 min 以進行預雜化。同時，將 DIG-標記後的 DNA 溶液 (~25 ng/ml) 燙 5 min 後，快速置入冰浴後，加入預熱好的 DIG Easy Hyb 雜化液中，混合均勻，並避免產生氣泡。此時，將預雜化液倒掉，留下尼龍膜，改倒入準備好的 DNA、雜化液混合液。緩慢震盪到隔夜，即完成雜化步驟。

### 2.4 沖洗及化學呈色反應

用足量的 (2x SSC, 0.1% SDS) 溶液在室溫下沖洗 2 次，每次震盪 5 min 後，再用預熱好的 (0.5x SSC, 0.1% SDS) 溶液在 65-68° C 下沖洗 2 次，每次震盪 15 min，即完成沖洗步驟。清洗後的膜在 Washing buffer 下輕洗(1-5) min，在適量 Blocking solution 下反應 30 min，在 Antibody solution 下反應 30 min，以 Washing buffer 沖洗 2 次，每次 15 min，在適量 Detection buffer 下反應 2-5 min，將膜置於適量新配的 color substrate solution 中，保持黑暗，呈色的過程中應避免震盪。顯色程度可以接受時，用無菌二次水清洗 5 min 停止呈色反應。(各種 buffer 的配製方法以及用量請參照 Roche 的 Manual)。

### 2.5 正控制 (positive control) 與 DNA 標記效率

為避免試驗過程失敗無法除錯，本研究利用標記好的DNA標準品作為標記試驗之正控制組 (positive control)，其成分為20 uL、5 ug/ml、以Bam HI 酶切處理的pBR328 DNA。將該標準品直接點在尼龍膜上，與標記DNA同時進行呈色反應，可以驗證標記反應是否成功，以及藉此評估DNA標記的效率以供後續計算參考<sup>[6]</sup>。

## 三、結果與討論

通常，雜化最適溫度與雙股 DNA 的解鍊溫度  $T_m$  有關：

$$T_m = 49.82 + 0.41 (\% G + C) - (600/l)$$

其中  $l$  代表雜化的鹼基對 (base pair) 長度，表 1 列出不同探針之理論  $T_m$

值，由於 NON338 與 SRB385 之 Tm 值相同，因此其雜化條件應相當接近。

在確認適當的探針種類後，本研究由所蒐集文獻與生物腐蝕相關的 21 個探針中，選出較具代表性探針，分別是 THIO820 與 ACD840，THIO820 主要是針對 *Thiobacillus thiooxidans* 以及 *Thiobacillus ferrooxidans* 為主，ACD840 主要以 *Acidiphilium* 屬之嗜酸菌為主。此外，在尼龍膜上也點了 NON338 (negative control) 以及 UNIV342 (positive control) 作為控制試驗。

在先前的研究當中<sup>[6]</sup>，發現由於 UNIV342 與 SRB385 的 Tm 值差異過大 (表 1)，因此，在較高雜化溫度下，僅有 SRB385 呈陽性反應，而 UNIV342 卻呈陰性反應。故本研究改採 EUB338，在原來雜化條件下進行反應，發現 EUB338 與 SRB385 同樣顯示陽性反應，故在其後的試驗均以 EUB338 為主要正控制之探針。

由於先前的研究係採用厭氧培養槽之 DNA 進行試驗，因而 THIO820 與 ACD840 均合乎預期為陰性反應。本研究為確認 THIO820 探針之適宜性，特培養一好氧生物反應槽，並置放一碳鋼試片，反應槽中通以空氣與二氧化碳，分別供應其氧氣來源與碳源。圖 1 是本研究在該反應槽培養二週、開始酸化到 pH=6 後，萃取該反應槽 DNA、標記、雜化所得到的結果。由圖可以觀察得知，NON338 如預期，為陰性反應，但是，THIO820 與 ACD840 同樣是陰性反應。

根據文獻資料 *Thiobacillus thiooxidans* 以及 *Thiobacillus ferrooxidans* 的生長條件是主要生長在 pH < 3.0，在 pH 7.0 以上則無法生存。*Acidiphilium* 屬生長之 pH 範圍為 2.5-5.9，在 pH 6.1 以上則無法生存。所以，理論上在本研究所培養之好氧反應槽中，*Thiobacillus* 屬仍有存在可能。由於 THIO820 探針之解鍊溫度仍低於 EUB338、NON338 與 SRB385，因此，本研究嘗試降低雜化溫度與沖洗反應之嚴謹度，以觀察 THIO820 探針之雜化情形。由圖 2 可以觀察得知，THIO820 出現微弱的陽性訊號，ACD820 則仍呈陰性，但是，NON338 此時為陽性反應，這說明了，在降低雜化溫度以及沖洗反應嚴謹度的情形下，探針的選擇性變差，有偽陽性現象發生。

本研究另取厭氧反應槽之污泥萃取 DNA、標記，然後進行與圖 2 同樣條件的雜化反應與沖洗反應，結果如圖 3 所示。研究結果說明，在這樣的條件之下，厭氧槽中並無 THIO820 的偽陽性訊號，說明了好氧槽中確實有厭氧槽中所不存在種類的細菌，但是，該類細菌是否為 *Thiobacillus* 屬，則無法確定。預計後續研究中將嘗試進行轉殖試驗 (clone)，以進一步確認 *Thiobacillus* 屬之存在。



圖 1 好氧反應槽經過二週培養、開始酸化到 pH = 6 後，萃取該反應槽 DNA、標記、雜化所得到的結果。

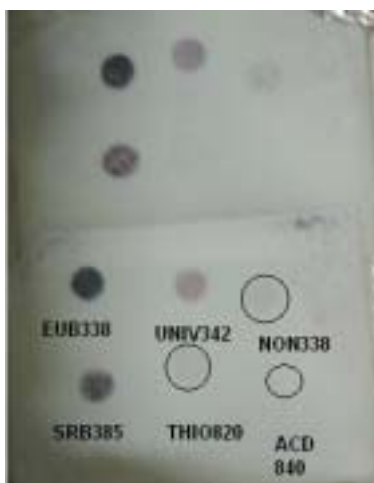


圖 2 同圖 1 樣品來源，降低雜化溫度與沖洗嚴謹度所得到的結果



圖 3 厭氧反應槽樣品，與圖 2 同樣降低雜化溫度與沖洗嚴謹度所得到的結果

#### 四、結論與建議

1. 本試驗延續先前研究，嘗試建立可以快速評估腐蝕微生物相的生物診斷晶片原型。本實驗方式的優點為：經濟、儀器設備需求低、商業化可行性高。缺點在於：靈敏度較低、操作經驗需純熟。
2. 本研究下一階段將進行菌種轉殖、雜化最適溫度以及探針設計最佳化試驗，期能藉此作為持續研發環境生物晶片的適當平台。

#### 致謝

本研究為國科會計畫 NSC 92-2211-E-236 -003 內容之一部分，蒙國科會補助經費，研究進行中，李宜潤、吳思穎、周煥傑、林柏佑同學協助反應槽培養，並協助部分 DNA 萃取工作，在此一併致謝。

#### 參考文獻

1. Booth, G. H. , “Microbiological Corrosion”, Mills and Boon Ltd, London. (1971).
2. Miller, J. D. A. , “Microbial aspects of metallurgy, Medical and Technical Publishing
3. ”, Aylesbury. (1971).
4. Hamilton, W. A. , “ Sulphate-reducing bacteria and anaerobic corrosion”, Annu. Rev. Microbiol., 39: 289-305(1985).
5. 劉文佐，蘇靜馨，呂鴻光，歐陽嶠暉, “氣膠微生物族群之分子生物技術建立”，國立中央大學環境工程學刊，第六期（1999）。
6. 曾四恭、莊竣捷、張育傑, “含鐵合金在井水中之生物腐蝕機制研究”，第二十八屆廢水處理技術研討會論文集，台中（2003）。
7. 張育傑，蔡佳育，賴琬婷，張怡塘，何俊明，林景行, “利用南方墨點法評估腐蝕生物相之多樣性—生物腐蝕診斷晶片原型建立與評估”，第二十八屆廢水處理技術研討會論文集，台中（2003）。

## 汽車製造業實施環境化設計應遵行事項之探討

張育誠<sup>1</sup>、張啟達<sup>2</sup>

<sup>1</sup>財團法人台灣綠色生產力基金會工程師

<sup>2</sup>財團法人台灣綠色生產力基金會副理

### 摘要

推動資源回收再利用工作是政府提高國民生活品質與國家形象的重要施政目標，也是我國邁入已開發國家的參考指標之一。本政策推行成功與否，應從產品設計、製造、銷售、使用及棄置等階段衡量資源回收再利用之可行性，並從產業生產價值鏈源頭加以控制，而非僅仰賴執行資源回收工作。

汽車製造業係屬產業關聯度高且具提昇週邊產業附加價值的重點產業，因此本文參酌歐盟與日本推動資源回收再利用趨勢，探討汽車製造業實施環境化設計作法，藉以塑造作為我國汽車製造業因應「資源回收再利用法」之產業標竿。

**關鍵詞：**環境化設計、資源回收再利用法、回收再利用

## The Observing Article for Implementation of Design for Environment in Automotive Manufacturer

Yu-cheng Chang、Amos Chang

Taiwan Green Productivity Foundation

### Abstract

To promote resource recycle and reuse is an important policy about enhancing gross national life quality and national image. The policy should account for the feasibility about resource recycle and reuse from product design, manufacture, sale, and use to disposal. The automotive industry is a key industry that possesses high industry relational grade and competent to promote industrial value-added. The article deliberates

about European Union and Japan measures to promote resource recycle, and to probe into automotive industry promoting design for environment. It will be establish the automotive industrial benchmarking about Resource Recycle and Reuse Act.

**Key words:** Design for Environment (DfE), resource recycle and reuse act, recycle

## 一、前言

推動資源回收再利用工作是政府提高國民生活品質與國家形象的重要施政目標，也是我國邁入已開發國家的參考指標之一。本政策推行成功與否，應從產品設計、製造、銷售、使用及棄置等階段衡量資源回收再利用之可行性，並從產業生產價值鏈源頭加以控制，而非僅仰賴執行資源回收工作。

我國今（2003）年7月實施「資源回收再利用法」（以下簡稱資再法），以節約自然資源使用、減少廢棄物產生、促進物質回收再利用、減輕環境負荷以及建立資源永續利用的社會為目標，採立法方式引導業者實施資源回收再利用、設計與生產易回收再利用產品以及使用再生資源作為產品原料。本法第12條第2項要求中央目的事業主管機關得視產業發展狀況，指定公告產品、營建工程或事業別及其規模在研發、設計、製造、生產以及銷售等階段，應遵行經指定事項，包括：使用易於分解、拆解或回收再利用之材質、規格或設計；使用一定比例或數量之再生資源或使用一定比例可重複填充之容器。

汽車製造業屬於資本與技術密集產業，能帶動國內鋼鐵、機電、塑膠、輪胎、玻璃、電子、通訊及交通運輸等相關行業發展，就產業經濟觀點而言，係屬於產業關聯度高且具提昇週邊產業附加價值的重點產業。本文從分析我國汽車製造業的營運現況，再參酌歐盟、日本及美國汽車製造業的作法，探討如何從資再法要求應遵行事項塑造我國汽車製造業的產業標竿。

## 二、國內汽車製造業營運分析

汽車製造業是一種資本與技術密集的產業，能帶動國內鋼鐵、機電、塑膠、輪胎、玻璃、電子、通訊以及交通運輸等相關行業發展，就產業經濟觀點而言，屬於一種產業關聯度高且兼具帶動週邊產業附加價值的重點產業。本節從國內汽車製造業產銷情形、研發設計能力、零組件供應商成長情形及外在經營環境壓力，綜合分析我國汽車製造業營運現況。

### (一)產銷情形

國內汽車產銷結構依台灣區車輛工業同業公會統計資料分析顯示，2002年國產汽車總生產量約333,699輛，外銷量為3,043輛，其外銷比率為0.91%，內銷量約34.1萬輛，較2001年同期成長19.7%，內銷量超過五萬輛的車廠分別為中華、國瑞、福特六和及裕隆等四家汽車製造廠，銷售市場集中度達90.2%。再比較各車種生產量表現，2002年國產小客車與小型商用車生產情形呈現成長趨勢，整體成長率約22.8%，小客車產量為23.1萬輛，佔總產量約69.4%。2002年國產汽車之產銷情形請參照圖1所示。

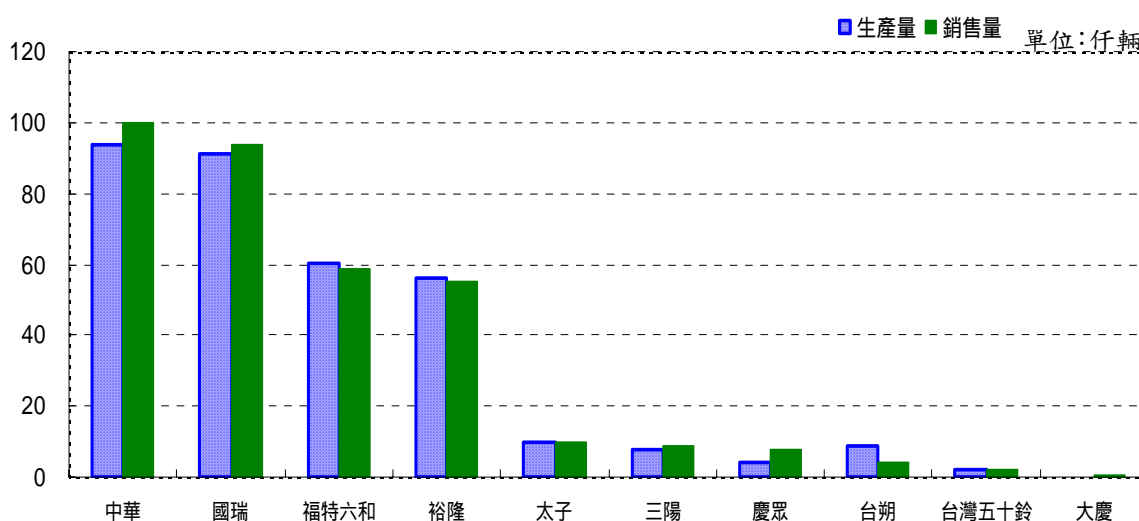


圖 1 2002年國產汽車產銷情形

### (二)研發設計能力

依莊曜燦(2001)對我國汽車製造業與零組件供應商研發概況的問卷調查，國內有94.4%汽車製造廠已開始投入汽車研發設計工作，但是研發重點較集中在生產製造能力之提升，如：製程改善、加工技術改良及新型零組件開發，其次則著重於車體外觀設計、材料改良以及機械性能提升。在技術研發來源取得方面係以自行研發為主，有時也會選擇從國外技術母廠引進新技術，至於國內業者間的技術合作關係以及尋求國內研發單位之技術合作模式較少。

另外，國內廠商對「提升汽車產品性能」之研發投入比例較低，其研發方式多選擇與國外廠商技術合作或仰賴技術母廠提供協助，後續再進行本土技術研發。屬安全性、動力操控及剎車性能等技術層級較高項目，業者選擇直接取得母廠技術支援比例較高，約略超過五成，至於材料改良方面則是大都選擇購買技術專利的方式導入國內生產。

整體而言，國內汽車製造廠的主要技術來源已傾向於自行技術研發，其

次才是仰賴國外技術母廠提供技術移轉，以及配合國外廠商技術合作，顯見國外技術母廠的影響力已逐漸由主導地位轉變為輔導性角色。另外，國內汽車零組件製造商雖已有成熟的製造技術，但是仍需要技術母廠提供圖面、設計條件及基本設計參數作為基礎，再加上國內尚缺乏完整的實驗測試單位，對零組件品質確認、材料改良以及產品開發而言會有限制。

有鑒於國內整車內銷市場漸趨飽和，國內主要汽車廠已積極開發外銷市場，前四大汽車製造廠—中華、國瑞、福特六和以及裕隆已陸續成立或擴充技術研發中心，讓台灣逐漸成為國際車廠研發亞洲車型的設計重鎮，藉由研發設計與生產製造相互結合過程，創造具產品差異化之生產製程，最後再擴大汽車銷售範圍，藉由台灣協助開發的新車型與零組件，擴大出口至東南亞國家與中國大陸等亞洲地區，以達到擴大生產經濟規模與降低生產成本的目的。

國內汽車製造廠車型設計來源大都來自於國外技術母廠的設計藍圖，雖然國產汽車製造廠已成立汽車設計研發中心，但是目前參與設計重心尚以配合開發台灣、中國大陸或東南亞地區市場接受度高的車型為主，其設計重點在於汽車外觀造型與內部裝飾組件之材質研發，整體而言，國內汽車研發設計自主性仍然偏低，變更原廠設計的範疇係以不涉及車體安全與結構性考量的項目為主。一般國內車型使用週期約 4~5 年，意即平均每 4~5 年會重新調整車型組合，將會評估淘汰或停產部分車種，另外，汽車廠平均每 18~24 個月也會對原車型進行局部改款設計。

### (三)國產汽車零組件發展現況

國產汽車製造廠主要扮演車體組裝的角色，零組件供應來源若非採國外直接進口，就是委託國內汽車零組件製造業者代為生產，因此，汽車製造廠與零組件供應商的關係相當密切。目前國產汽車零組件開發以塑膠類零組件較多，包括：汽車水箱護罩、車門飾版、汽車燈組或輪胎鋼圈等...，分工策略採同步開發設計模式。目前因受限國內汽車製造廠之產能規模不足，汽車零組件模具之開發成本較高，因此業者為增加生產利潤，以少量多樣與彈性製造優勢積極創造外銷商機。

2002 年國產汽車零組件外銷總額已達 906.35 億元左右，今（2003）年 1~8 月間的外銷總額更高達 718.68 億元，預估至本年底可望超出 1,000 億元產值。我國汽車零組件外銷區域與金額整理如圖 2 所示，銷售區域主要以北美洲為主，其次為東南亞國協以及歐盟市場，銷售國家以美國為主，其次為日本與香港。



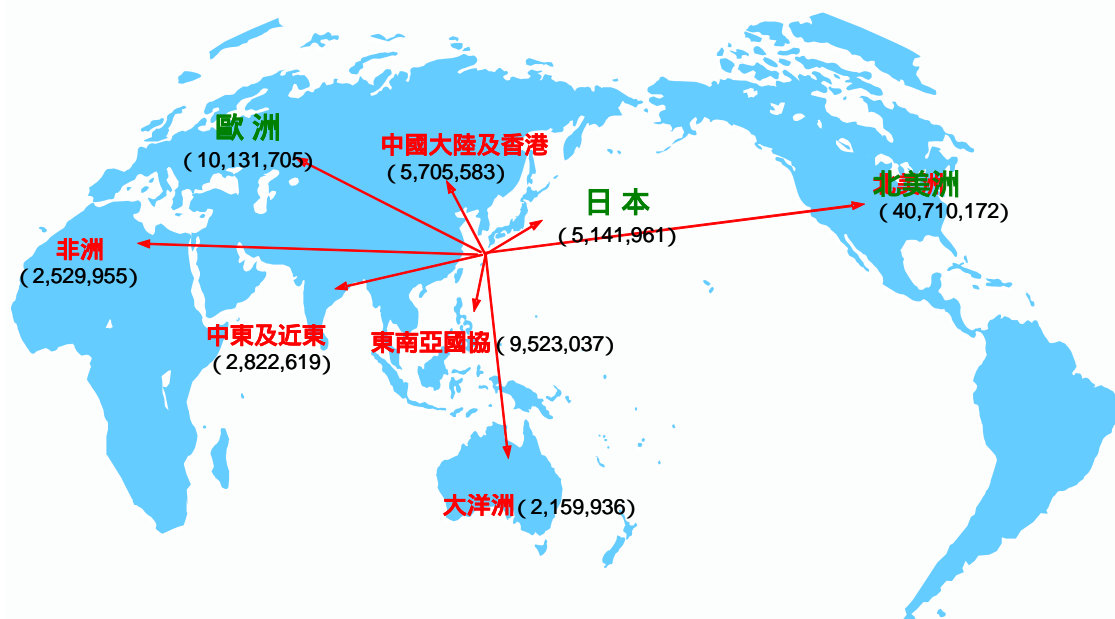


圖 2 國產汽車零組件外銷區域與金額

國內汽車零組件製造廠雖然受限於國內汽車製造廠的產能規模不足導致模具開發成本較高，但是也創造出少量多樣與彈性生產的競爭優勢，造成汽車零組件外銷領域即將突破一千億元的銷售績效。由於歐盟與日本目前正在努力研究如何改善汽車資源回收再利用率，為達成 2015 年廢車回收再利用率 95% 之目標，除了制定相關法規限制外，也已經積極開發易於分解與回收再利用的材質以及提高 ASR 的回收再利用率。美國在能源部發表「未來廢車資源回收發展藍圖」後，也會開始選用易拆解與易回收再利用的材質作為汽車零組件的組成。2002 年我國汽車零組件輸往這三個區域的銷售金額已超過 560 億元，約佔外銷總金額 65.9%，為因應將來當地汽車製造業對回收再利用的要求，實有必要積極開發易於分解與回收再利用的汽車零組件，以維持未來的競爭優勢。

### 三、國外汽車製造業實施資源回收再利用之趨勢分析

本節探討歐盟與日本對汽車製造業實施資源回收再利用之趨勢，用以規劃我國汽車製造業因應資再法第 12 條第 2 項應遵行事項之推進策略。

### (一) 歐盟環保指令規範

歐盟各會員國均同意抑制廢棄物成長量是相當重要的環境議題，認為若無經適當的前處理機制，龐大的廢棄物產生量將對掩埋場容量產生相當大的壓力，同時高毒性電子與機械零件也會產生土壤與地下水污染問題，目前歐盟部分會員國（荷蘭、丹麥、瑞典、奧地利、德國、義大利、比利時以及芬蘭）已明定專法處理廢棄物問題。

歐洲每年因廢車處理問題約產生 800 至 900 萬噸的廢棄物，歐洲議會為減輕廢車對環境產生的衝擊，在考量延伸生產者責任與外部成本內部化原則後，要求汽車製造者應致力於環境品質與能源節約之預防與改善工作。從污染預防與資源回收再利用的觀點，因此，歐盟議會在 2000 年 9 月間通過廢車指令（End of Life Vehicles Directive, ELV），要求會員國在不抵觸汽車安全規定下，應鼓勵汽車製造業者、汽車材料與零組件供應商以及相關設備製造商，促進汽車零件之回收與再利用以及限用某些有害物質（鉛、汞、鎘及六價鉻）。

ELV 指令同時也規定歐盟各會員國境內生產與流通的汽車，應自 2006 年 1 月起將廢車再使用及回收再利用率應達車體重量 85%（意即廢車進入回收處理廠時，應能回收廢車總重量 85% 的材料），同時廢車再使用及再生利用率（係指排除能源回收方式）也應達到車體重量 80%。2015 年要求廢車回收再利用的標準將會更嚴格，再使用及回收再利用率將提升至 95%，再使用及再生利用率可以達到 85%。

ELV 指令也要求汽車設計與製造新車過程應考量廢車零組件與物質回收再利用，並選用廢車回收後物質作為汽車組件材料的一部份，以發展汽車再生零組件之銷售市場。2003 年 7 月 1 日後，新車設計與製造過程應禁止販賣與使用含有鉛、汞、鎘及六價鉻等重金屬的零組料，各會員國也應對境內生產與販售的汽車明定資源回收計畫。

英國係屬歐盟會員國一部份，其每年平均報廢 200 萬輛廢車可能衍生的廢棄物處理問題，也是英國政府相當關切的環境問題。其實，英國早在 1991 年間由汽車製造商、汽車材料供應商、拆解商以及物質回收商籌組成立汽車回收與處理聯盟（Automobile Consortium on Recycling and Disposal, ACORD），專門研議有關促進廢車拆解與資源回收議題，該國汽車製造業者也在 1997 年同意簽署自願性協議（Voluntary Agreement, VA），承諾要增加汽車物質回收的數量，並設定要在 2002 年與 2015 年分別達成 85% 與 95% 的汽車回收率。ACORD 之自願性協議內容中倡議以下幾項重點：

1. 汽車設計應儘量容易拆解；
2. 要使用容易回收再利用的物質作為材料；
3. 在汽車中使用更多的再生物質；
4. 使用共通性的零件標示標準以促進後續拆解過程容易被辨識。

## (二)日本循環型社會體系

日本在 2001 年正式實施「循環型社會形成推進基本法」，宣示日本環境保護目標已由拋棄型社會轉變成為循環型社會，並以建立積極主動的資源回收再利用體系為目標，主張透過技術與經濟可行性解決環境問題。為有效促進再生資源回收再利用工作，日本 2001 年修訂「再生資源利用促進法」更名為「資源有效利用促進法」，非僅規範廢棄物如何回收再利用，也要求業者有義務於設計規劃階段從事有利於分類回收之具體措施，並督促事業產出的廢棄物應進行回收再利用。對事業而言，本法要求業者應致力於抑制廢棄物產生、鼓勵使用再生資源與再生產品以及促進產品廢棄後再使用與回收再利用。對消費者而言，強調消費者應儘量延長產品使用壽命、增加使用再生資源製品以及協助再生資源之分類回收工作。

同時，為解決汽車廢棄後衍生的廢棄物處理問題與鼓勵汽車資源回收再利用，日本也在 2002 年 7 月制定「汽車資源回收法」，提出汽車實施資源回收再利用的法令，預定 2004 年 12 月正式生效。屆時汽車製造業者將須負擔收集與處置汽車空調系統中使用的氟氯碳化物（CFCs）、安全氣囊以及汽車殘餘物（ASR）責任，也將協助建立與運作新的汽車資源回收系統。

日本「汽車資源回收法」為落實使用者付費原則，要求消費者購買新車時繳納汽車回收處理費，用於補貼回收廢車之處理費用，基於延伸生產者責任觀點，要求汽車業者應在設計製造汽車過程，儘量採用可回收再利用的材質與結構設計，最終要達成「減量（Reduce）、再使用（Reuse）以及再生利用（Recycle）」之 3R 目標。本法亦擴大汽車製造業者回收廢車責任之範圍，要求汽車製造業者（含進口業者）應有義務回收廢車與進行再利用。

另外，日本經濟產業省產業構造審議會也對未來汽車應如何促進回收再利用，提供以下建議事項：

### 1. 協助建立汽車資源回收再利用的制度

政府應協同汽車與零組件製造業者、銷售與維修業者、拆解與破碎業者等相關事業共同建立汽車資源回收再利用制度。

### 2. 提高汽車資源回收再利用比率與削減使用有害物質

汽車製造業者、零組件製造業者、車體製造業者、銷售業者、維修業者、拆解業者、破碎業者以及材料業者，必須分擔本身的任務或協助制訂提高汽車回收再利用率之具體方案。同時也需要與其他業界合作開發關鍵技術以達到下述目標：

- (1) 平成 14 年以後，新型車的回收再利用可能率要達 90% 以上目標，新型車的鉛使用量（除鉛蓄電池以外）要能在平成 17 年底以前達到平成 8 年之 1/3 為目標。
- (2) 平成 14 年後回收廢車之回收再利用率目標要達 85% 以上，平成 27 年後回

收廢車之回收再利用率目標要達 95% 以上。

(3) 要檢討削減鎘、六價鉻以汞的使用量，並設定削減目標。

### 3. 汽車設計與製造階段應考慮未來資源回收再利用事項

資源有效利用促進法指定特定省資源業種與指定再利用促進製品應考慮事項：

(1) 從產品設計階段需考量資源回收再利用觀點，選擇易回收再利用及省資源設計，並檢討各種促進回收再利用設計之可能組合。

(2) 選擇可重複使用的零組件或是經維修即可再使用的零組件，儘量使用能延長產品使用壽命的零組件。

(3) 對於有利於促進回收再利用的資訊，除在可能妨害競爭情況下，仍須對外公開。

4. 促進推行塑膠回收再利用材料產業、零組件製造業者及汽車製造業者的合作關係。

(1) 汽車維修時應對原廠產製的保險桿予以回收再利用。

(2) 促進汽車製造業對於原廠產製保險桿進行回收再利用之研究。

(3) 除繼續與保險桿回收再利用業者合作外，對其他的零組件也需要一併加以檢討。

(4) 應與材料化學業者合作促進同種材質塑膠之回收再利用。

5. 廢油、廢液、廢蓄電池等相關製造業者要與汽車製造業者、維修業者、拆解業者協力進行適當處理，並可隨時進行回收再利用。對於 CFCs 類則要遵行特定產品 CFCs 類之回收及破壞等相關的法律，也要配合宣導與推廣。

(1) 擴大資源回收促進中心所登錄回收的事業。

(2) 建立並擴充回收 CFCs 之最終處理之通路。

(3) 廢塑膠若屬於具可燃性但不易回收再利用之廢棄物，為促進物質回收再利用，可考慮以熱處理方式使廢棄物減量並回收能源。

### 6. 促進使用再生零組件

汽車製造業者、零組件製造業者應儘可能提供產品資訊，為促進使用再生零組件應採取必要的對應措施，例如：將再生零組件納入汽車保固範圍。

### 7. 回收階段的對策

(1) 業界應協力建立廢車回收處理體系。

(2) 繼續遵行利用汽車販賣通路進行廢車回收，以確保廢車妥善處理及回收再利用。

(3) 促進粉碎殘餘物 (ASR) 分選與妥善處理之對策，並促進分選與回收再利用關鍵技術之研發。

### 8. 促進防範汽車任意棄置的廣告與文宣活動

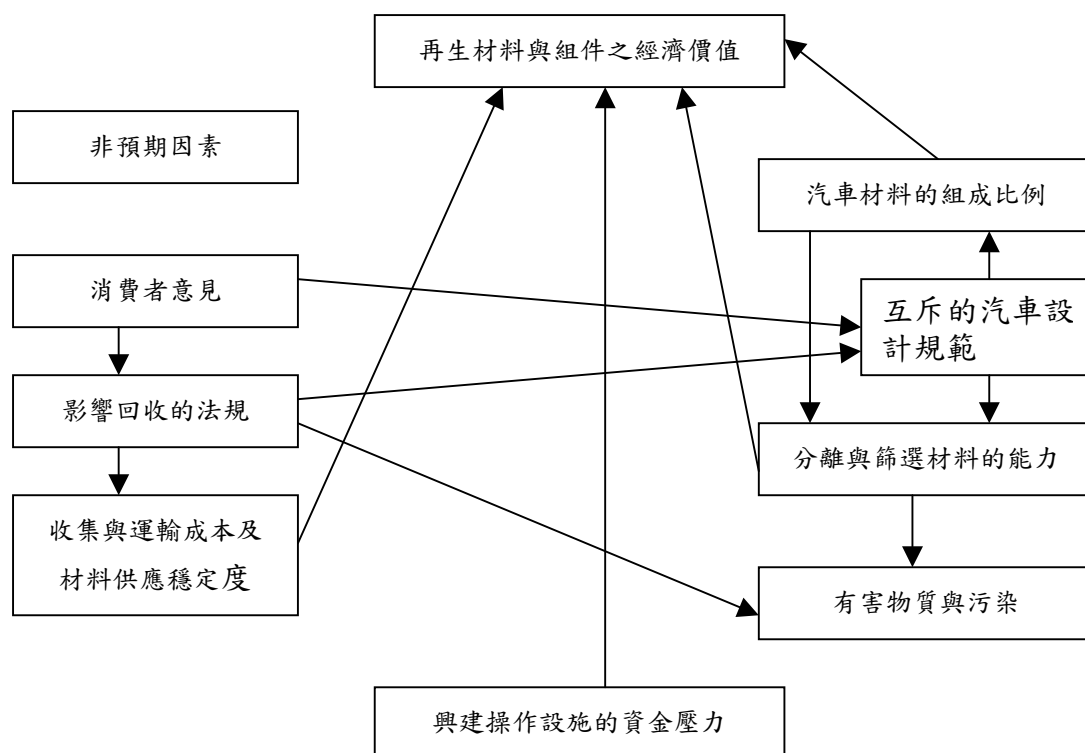
在汽車販賣店設置廢車回收處理的窗口，並分發相關宣傳手冊。

### (三) 美國污染預防法

美國長期採取掩埋方式處理廢棄物，導致許多有價資源無形中會逐漸流失，為回收廢棄物中可再利用的資源以減少自然資源耗竭，美國環保署（U.S.EPA）在 1976 年制定「資源保育暨回收法 Resource Conservation and Recycle Act, RCRA」，主張政府必須採購經回收再利用的物質，1990 年制定通過「污染預防法 Pollution Prevention Act」，更揭示往後廢棄物管理方式之優先順序，依序為產源減量、再利用（包括堆肥）、回收再利用、焚化、最後才是掩埋，美國資源回收再利用的管理制度開始漸趨完備。

美國商業主管機關對資源回收再利用的管理重點，著重在於規範二次物料規格標準（物理及化學特性）、開發市場、獎勵具可行性技術以及促進資訊交換，但並無對特定產業或產品制定專法進行管理，主張應尊重自由經濟市場之交換機制。

美國前三大汽車製造廠：福特（Ford）、通用（GM）及克萊斯勒（Daimler Chrysler）從 1992 年組成汽車回收策略聯盟（Vehicle Recycling Partnership, VRP），聯合協會組織與法人團體（如：鋁金屬協會（Aluminum Association, AA）、美國塑膠會議（American Plastics Council, APC）、廢料資源回收產業研究所（Institute of Scrap Recycling Industries, ISRI）、汽車回收商協會（Automotive Recyclers Association, ARA）、汽車組件再製商協會（Automotive Parts Rebuilders Association, APRA））以及美國聯邦政府共同處理限制廢車回收的技術、制度與經濟議題。2001 年 5 月美國能源部（Department of Energy, DOE）先進汽車技術辦公室（Office of Advanced Automotive Technologies, OAAT）與伊利諾的 Argonne 國家實驗室（Argonne National Laboratory）合作發表「未來廢車資源回收發展藍圖（A Roadmap for Recycling End-of-Life Vehicles of the Future）」，提出影響廢車實施資源回收再利用因素，包括：再生材料與組件之經濟價值、汽車材料組成的比例、互斥的汽車設計規範、分離與篩選材料的能力、有害物質與污染、興建操作設施的資金壓力、收集與運輸成本及材料供應穩定度、影響回收的法規、消費者意見以及非預期因素，其關係圖如圖 3 所示。本藍圖指出影響廢車資源回收再利用的重點，係因缺乏足夠可供商業化運作的技術能力以節省分離、鑑別及分選廢車零組件與材質之操作成本，同時，後端資源化產品市場的運作情形也尚未成熟。



資料來源：U.S. MOE (2001), “A Roadmap for Recycling End-of-Life Vehicles of the Future”

圖 3 未來 20 年影響美國汽車資源回收再利用的主要因素

#### (四)全球汽車製造業推動資源回收再利用之趨勢分析

本文從歐盟與日本推動汽車製造業實施資源回收再利用的趨勢，發現國際間已開始透過產業自願性協議與立法規範的方式約束汽車製造業促進資源回收再利用，管制重點在於如何促進廢棄物減量與鼓勵資源回收再利用兩方面，可歸納出汽車製造業推動資源回收再利用的趨勢為：

##### 1. 減少使用有害物質

為避免廢車處理後的物質進入掩埋場或焚化爐處理時，可能衍生重金屬污染，因此歐盟廢車指令已對鉛、汞、鎘及六價鉻提出限制使用的要求，強調從技術與科學可行性觀點決定管制基礎，對於現階段無法完全禁用前述重金屬的汽車材料或零組件，也要求應在汽車廢棄處理前承諾可以被拆解或移除，並要求以更適當的方式進行材質標示以作識別，同時也提出逐漸禁用的時程規範。

##### 2. 提高汽車塑膠零件標示比例

根據澳洲環境部的調查指出，廢車產生的廢棄物屬於塑膠材質之比例約 50%，預期 2002 至 2007 年間全球汽車塑膠需求量將成長 22%，未來新車使用塑膠材質比例將成長 22%。因此，歐盟廢車指令要求汽車製造者應

確認其汽車材料與零組件應使用適合促進再使用與回收再利用的材質標示方法，2003年2月補充的規範2003/138/EC進一步建議超過100克的塑膠零件應參照ISO 1043與ISO 11469標準予以標示。

### 3. 汽車製造者應提供汽車拆解資訊

由於汽車製造業者掌握汽車材質使用與結構設計之關鍵資訊，一般廢車拆解與處理業者並無能力取得或判斷，歐盟ELV指令為鼓勵資源回收再利用以及促進汽車零組件易拆解與分離，因此要求歐洲市場銷售的汽車需在上市六個月內提供新車拆解資訊，以促進汽車拆解資訊之流通。

### 4. 提高汽車回收再利用可能率

JAMA在日本汽車業自願性協議中，參考ISO 22628標準之汽車回收再利用可能率(Recyclability rate)，以汽車解體性、分離性、識別性以及再利用性作指標，由車廠估算其生產的汽車在未來報廢後可能回收再利用的比率。此一做法將可促使汽車製造業者在車型研發設計階段即需納入促進廢車回收再利用的考量，進一步改善汽車拆解結構以及減少使用難分解材質的零組件。

### 5. 提高廢車回收再利用率

當廢車經拆解粉碎廠處理後的回收再利用率只達75%時，意即表示每台廢車將產生25%的廢棄物進入掩埋場或焚化爐，歐盟預期廢車產生的數量與處理的複雜度將會逐漸增加，因此通過ELV指令要求汽車製造者應有責任抑制廢車所衍生廢棄物處理問題，明訂2006年1月1日以後的廢車之回收再利用率應達到85%，促使汽車製造業應協助拆解處理業者合作引進更新的處理技術改善廢車回收再利用率。

## 四、我國汽車業因應資源回收再利用法公告應遵行事項之建議

我國資再法強調建立一個資源永續利用的社會，本法第12條第2項的應遵行事項係要求業者應考量如何從產品生命週期觀點節約自然資源使用、減少廢棄物產生、促進物質回收再利用以及減輕環境負荷，希望引導業者在產品設計、製造、銷售、使用以及棄置等階段，都能優先考慮回收再利用之可行性，致力於回收再利用資源、設計與生產易回收再利用的產品以及使用再生資源作為原料。本法推行成功與否，則應從產業生產價值鏈源頭加以控制，而非僅仰賴執行資源回收工作。

汽車製造業屬於資本與技術密集產業，能帶動國內鋼鐵、機電、塑膠、輪胎、玻璃、電子、通訊及交通運輸等相關行業發展，就產業經濟觀點而言，係屬於產業關聯度高且具提昇週邊產業附加價值的重點產業。目前，國產汽車在國內的汽車銷售市場佔有率約佔85%，每年生產量約達34萬輛左右，外銷數量卻不及1%，顯見未來國內廢車主要來源應以國產製造車輛居多，



因此，若能藉由引導國內汽車製造業者在生產與製造過程考量未來促進汽車回收的因素，將可以有效減少未來國內廢車處理的壓力以及提高汽車資源回收再利用比例。

衡量我國汽車製造業現有的經營環境與研發設計能力，再參酌全球汽車製造業推動汽車回收再利用的管理趨勢，未來汽車製造業因應資再法第 12 條第 2 項之應遵行事項，可以朝向承諾「減少使用有害物質」、「提高汽車塑膠零件標示比例」、「汽車製造者提供汽車拆解資訊」、「提高汽車回收再利用可能率」以及「提高廢車回收再利用率」等幾項目標，建議可設定的推進目標與時程，整理如表 1 所示。

表 1 我國汽車製造業因應資再法公告應遵行事項之建議

應遵行事項	執行目標	歐盟 ELV Directive 要求	推行機關
使用 <u>易分解</u> 之材質、規格或設計	減少使用有害物質	<b>Article 4.1(a)</b> 歐盟會員國應確認其境內製造與銷售汽車自 2003 年 7 月 1 日起，限制使用鉛、汞、鎘、六價鉻等重金屬。	環保署
使用 <u>易拆解</u> 之材質、規格或設計	提高汽車塑膠零件標示比例	<b>Article 8.1</b> 會員國應採用必要方法確認汽車製造業者及其相關物料/設備供應商對其零組件使用適合促進再使用與回收的標示標準。	環保署
	業者提供汽車拆解資訊	<b>Article 8.3</b> 會員國應採用必要方法確認汽車製造業者在新車上市六個月內，提供有關各新車型的拆解資訊。	工業局
使用 <u>易回收再利用</u> 之材質、規格或設計	提高汽車回收再利用可能率	無參考資訊	工業局
	提高廢車回收再利用率	<b>Article 7.2</b> 會員國應採用必要方法確認汽車製造業者達成以下目標 2006 年 1 月後廢車回收再利用率應達 85 % 2015 年 1 月後廢車回收再利用率應達 95 %	環保署



為促成我國汽車製造業落實推動資再法第 12 條第 2 項之應遵行事項，可採取以下幾項措施：

### 1. 鼓勵汽車製造業者達成自願性協議

自願性協議係屬新興的環境政策工具，鼓勵由產業自行從其生產過程（包括：原料取得、製造、流通、銷售、使用以及廢棄等階段）逐一檢討可達成環境目標的改善手法，政府與產業共同協議一定期限內可達成之環境改善目標，由產業界制定改善承諾與決定最佳行動方式。由於產業界較政府機構具有更豐富的產業資訊，此種協議較能促使產業以最低成本的方式達成環境目標要求。

觀察各國因應歐盟 ELV 指令對汽車業擬定的環境目標，日本、英國與美國大都以業者制定自願性協議的方式進行。當業者承諾的自願性協議目標已逐步達成後，政府將著手擬定管制法規或標準強制執行，以約束未能配合與心存僥倖的投機業者，要求善盡應有的環境義務。

未來我國汽車製造業者因應資再法第 12 條第 2 項之應遵行事項，宜先由汽車產業公會與汽車製造業者及其相關團體（如：汽車材料與零組件供應商）共同達成促進汽車資源回收再利用之自願性協議，讓業者設定執行目標、削減期程及合作模式。此種方法能有效利用業者的生產技術資訊，讓業者自行在產品生命週期不同階段，選擇採用最適的方法達成環境目標，可避免因管制標準造成廠商經營成本無效率的情況或因補貼政策導致市場運作產生扭曲現象。

### 2. 妥善運用汽車製造業中衛體系

國內汽車零組件製造廠與汽車製造廠的關係相當密切，除在設計分工方面使用同步工程模式節省設計研發時間與模具開發成本外，在企業經營方面也採取中衛體系的運作模式，透過汽車製造廠（中心廠）帶領汽車零組件製造廠（衛星廠）結合成為一個中衛體系，建立資源互補與利益共享的關係。國內前四大汽車製造廠曾在工業局指導下成立工業減廢中衛體系，並且達成不錯的環境績效，未來汽車零組件製造業開發易於分解與回收再利用的汽車零組件，也可考慮運用中衛體系的觀念，由汽車製造廠與零組件供應業者一起合作研發易分解與回收再利用的汽車零組件。

### 3. 建立差別費率之誘因機制

國內現有廢車回收體系的運作模式，除向製造業者收取費回收處理費用外，也應思考如何提供誘因以鼓勵汽車業者達成資再法應遵行事項之要求。例如：對選用易分解或回收再利用的材質或發展易拆解設計結構的車型，在徵收廢車回收處理費過程可採用差別費率的方式收取，藉以鼓勵善盡環境義務的汽車製造業者。

## 五、結論

資再法之政策目標是建立一個資源永續利用社會，參酌歐盟 ELV 指令與國際推動資源回收再利用的趨勢，汽車製造業因應本法第 12 條第 2 項應遵行事項，可以從產品研發、設計、製造或銷售等階段，採用環境化設計的方法達成使用易分解、拆解或回收再利用的材質規格或設計之政策目標。

由於汽車製造業本身屬產業關聯度高且具提昇週邊產業附加價值的重點產業，鼓勵汽車製造業者在因應國際環保潮流與資再法應遵行事項之要求下，能以樹立產業標竿的角度自我期許。未來汽車製造業產業公會與業者能以達成自願性協議方式推動資源回收再利用，不僅能解決未來廢車處理衍生的問題而達成資源回收再利用的政策目標，也能因汽車製造業者與零組件供應商間緊密的互動關係，帶動我國汽車零組件製造業者開發可回收再利用的汽車零組件，提升業者在國際市場的產業競爭力，甚至能提升我國汽車製造業的環保形象，共創政府、消費者與汽車製造業者三贏的契機。

### 參考文獻

1. Center for Sustainable Systems of University of Michigan, "Management of End-of Life Vehicles in US", (2001).
2. Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA), "Laws and Regulations Concerning Automobiles", 2001 The Motor Industry of Japan, pp.25-28(2002).
3. METI, "Towards Advancement of a Recycling-Oriented Economic System", (2002).
4. U.S. Department of Energy Office of Advanced Automotive Technologies, "A Roadmap for Recycling End-of-Life Vehicles of the Future", (2003).
5. 石育賢 "2003 台灣汽車市場競爭分析", 機械與車輛產業速報, 第一一五期, 第 40-42 頁(2003)。
6. 林昱君 "台灣汽車以研發利基立足於兩岸", 經濟前瞻, 第八十四期, 第 82-86 頁(2003)。
7. 莊曜燦 "2001 年汽車產業技術研發與經營策略調查分析 (上)", 機械與車輛產業速報, 第九十八期, 第 24-28 頁(2001)。
8. 劉弘雁 "2002 年臺灣汽車產業產銷回顧", 機械與車輛產業速報, 第一一六期, 第 26-28 頁(2003)。
9. 劉祥熹 "台灣地區汽車工業競爭態勢、廠商行為與市場績效關聯性之研究", 東吳經濟商學學報, 第四十期, 第 1-36 頁(2003)。
10. 溫麗琪 "綠色矽島之環保政策省思", 經濟情勢暨評論, 第六卷第二期, 第 24-40 頁(2000)。

# Preparation and Characteristics of Titania/Gold/Polypyrrole Nanocomposites

Yu-Chuan Liu<sup>1</sup>, Chun-En Tsai<sup>1</sup>, Cheng-Cai Wang<sup>2</sup>, Lain-Chuen Juang<sup>2</sup>,  
Kuo-Lung Lan<sup>1</sup>, Shih-Ho Liao<sup>1</sup>, Chih-Lung Lin<sup>1</sup> and Ching-Chih Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering <sup>2</sup>Department of Environmental Engineering,  
<sup>1</sup>Van Nung Institute of Technology, Van Nung Road, Chung-Li City, Taiwan, R. O. C.  
Corresponding Author; E-mail:liuyc@cc.vit.edu.tw

## Abstract

We report here the pathway to prepare titania/gold/polypyrrole(PPy) trilayers nanocomposites to modify the photocatalytical characteristics of rutile titania nanoparticles. First, Au-containing nanocomplexes with the mean diameter of 2 nm in 0.1 N HCl aqueous solutions were prepared by roughening Au substrates with electrochemical oxidation-reduction cycles (ORC) in 0.1 N HCl. Then these Au-containing nanocomplexes were added into 1 mM rutile titania nanoparticles solutions at pH 1 to form titania/gold core/shell structures. Finally, PPy-coated titania/gold nanocomposites with a trilayers structure can be prepared by the formation of self-assembled monolayers and further orderly autopolymerization of pyrrole monomers on the Au-containing nanocomplexes in the core/shell structures. The characteristics of the modified nanocomposites were investigated by the analyses of X-ray diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), transmission electron microscopy (TEM) and ultraviolet-visible absorption spectra.

**Key words:** Modification; Au-containing nanocomplexes; Titania

## Introduction

Nanoscale titania is one of the most investigated oxide materials recently owing to its important applications in environmental cleanup, photocatalysts, and solar cells. To increase its photocatalytic efficiency, many methods have been developed to prepare Au-coated TiO<sub>2</sub> nanocomposites. TiO<sub>2</sub> forms three different crystalline structures: rutile, anatase, and brookite. Rutile is the

thermodynamically stable phase, while anatase and brookite are metastable polymorphs that irreversibly transform to rutile upon heating. The electronic structure and properties of single crystalline rutile have been studied quite extensively, but only little is known on nanocrystalline rutile, while most of the literature on nanophase  $\text{TiO}_2$  concerns ultra fine colloids of the anatase modification. The interest in colloidal anatase stems from its high photocatalytic activity, which is considered by many to be superior to that of rutile. However, the rutile phase is much more stable than anatase and easier to produce.

Bulk metallic gold typically exhibits a very low chemical and catalytic activity. Among the transition metals, gold is by far the least reactive and is often referred to as the “coinage metal”. The low activity of metallic Au is a consequence of combining a deep-lying valence d band and very diffuse valence s, p orbitals. Recently, gold has become the subject of a lot of attention due to its unusual catalytic properties when dispersed on some oxide supports, like  $\text{TiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . The Au/ $\text{TiO}_2$  system is particularly interesting. Gold particles supported on titania are active catalysts for the low-temperature oxidation of CO, the selective oxidation of propene, and photocatalytic oxidations used for environmental cleanup.

In the previous studies of surface-enhanced Raman scattering (SERS) spectroscopy of polypyrrole (PPy), we reported the evidence of chemical effect on SERS of PPy electrodeposited on gold roughened by electrochemical oxidation-reduction cycles (ORC) and the relationship between crystalline orientations of gold and SERS of PPy deposited on it. Encouragingly, during roughening Au substrates by the ORC treatment, stable Au-containing nanocomplexes are found existing in a 0.1 N KCl aqueous solution without any other additive. In this study, we report here the pathway to prepare titania/gold/polypyrrole(PPy) trilayers nanocomposites to modify the photocatalytic characteristics of rutile titania nanoparticles. First, Au-containing nanocomplexes with the mean diameter of 2 nm in 0.1 N HCl aqueous solutions were prepared by roughening Au substrates with electrochemical oxidation-reduction cycles in 0.1 N HCl. Then these Au-containing nanocomplexes were added into 1 mM rutile titania nanoparticles solutions at pH 1 to form titania/gold core/shell structures. Finally, PPy-coated titania/gold nanocomposites with a trilayers structure can be prepared by the formation of self-assembled monolayers and further orderly autopolymerization of pyrrole monomers on the Au-containing nanocomplexes in the core/shell structures.

## Experimental

### Chemical Reagents. Chemical Reagents

Pyrrole (Py) was triply distilled until a colorless liquid was obtained and was then stored under nitrogen before use. HCl was used as received without further purification. The reagents (p.a. grade) were purchased from Acros Organics. Rutile TiO<sub>2</sub> nanoparticles were purchased from Desunnano Co., Ltd, Taiwan. All of the solutions were prepared using deionized 18 MΩ cm water.

### Preparation of Au-Containing Colloids

All the electrochemical experiments were performed in a three-compartment cell at room temperature, 24°C, and were controlled by a potentiostat (model PGSTAT30, Eco Chemie). A sheet of polycrystalline gold foil with bare surface area of 0.238 cm<sup>2</sup>, a 2 × 2 cm<sup>2</sup> platinum sheet, and silver-silver chloride (Ag/AgCl) were employed as the working, counter, and reference electrodes, respectively. Before the oxidation-reduction cycles (ORC) treatment, the gold electrode was mechanically polished (model Minimet 1000, Buehler) successively with 1 and 0.05 μm of alumina slurry to a mirror finish. During the ORC treatment, the Au substrate was cycled in a deoxygenated aqueous solution containing 0.1 N HCl from -0.28 to +1.22 V vs Ag/AgCl at 500 mV/s with 100 scans. The durations at the cathodic and anodic vertexes are 10 and 5 s, respectively. Then the AuCl<sub>4</sub><sup>-</sup> nanocomplexes were prepared in this aqueous solution and some drops containing this Au complexes were immediately added in an aqueous solution containing 1 mM rutile TiO<sub>2</sub> nanoparticles at pH 1. Subsequently, 0.2 m mol/L pyrrole monomers were added into this AuCl<sub>4</sub><sup>-</sup>-coated TiO<sub>2</sub> aqueous solution and the mixture was stirred for 1 hr at room temperature to prepare titania/gold/PPy trilayers nanocomposites.

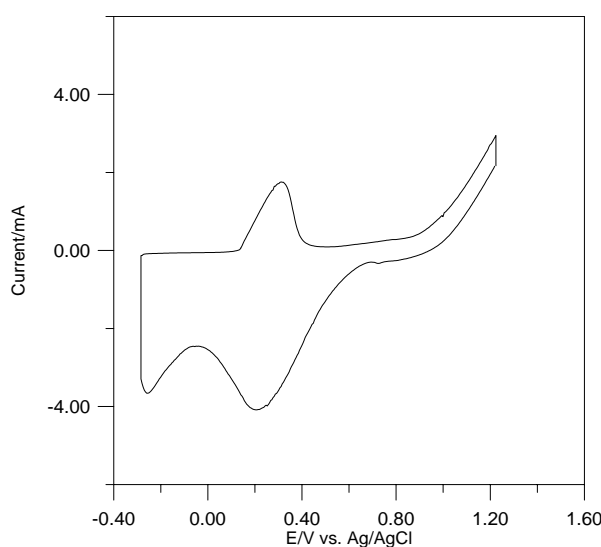
### Characteristics of prepared titania/gold/PPy trilayers nanocomposites

For the X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) measurements, a Physical Electronics PHI 1600 spectrometer with monochromatized Mg K<sub>α</sub> radiation, 15 kV and 250 W, and an energy resolution of 0.1-0.8%  $\Delta E/E$  was used. To compensate for surface charging effects, all XPS spectra are referred to the C 1s neutral carbon peak at 284.6 eV. Surface chemical compositions were determined from peak-area ratios corrected with the approximate instrument sensitivity factors. Ultraviolet-visible absorption spectroscopic measurements were carried out on a Perkin Elmer Lambda 25 spectrophotometer in 1 cm quartz cuvettes.

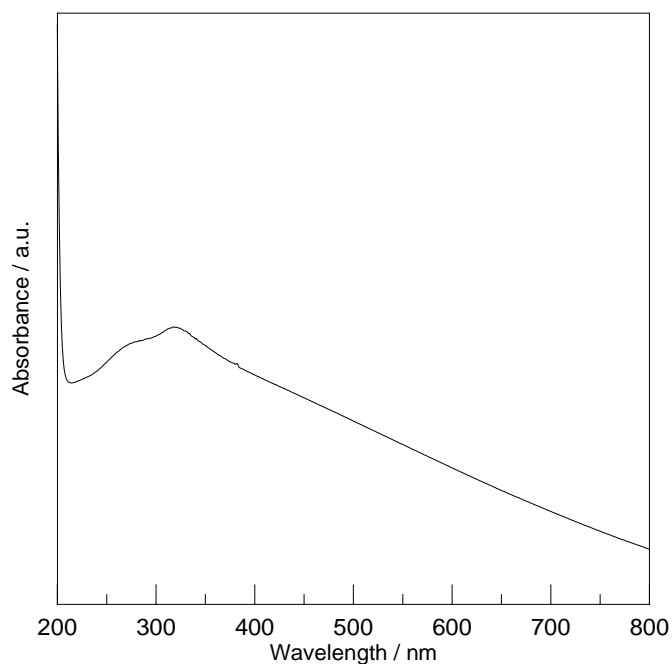
## Results and Discussions

In ORC treatment, the chloride electrolyte was selected, since as for silver, this facilitates the metal dissolution-deposition process that is known to produce SERS-active roughened surfaces.<sup>45</sup> Figure 1 shows the typical triangular voltammetry curve obtained at  $500 \text{ mV s}^{-1}$  on gold in  $0.1 \text{ N HCl}$ . The most distinguishable feature is the marked appearance of the cathodic and anodic peaks at ca.  $0.2$  and  $0.3 \text{ V vs Ag/AgCl}$ , respectively, when the Au substrate was roughened between  $-0.28$  and  $1.22 \text{ V vs Ag/AgCl}$  in ORC treatment. Actually the anodic peak begins to show at the 10th scan. It grows with the scanning. Similar reports, but without this anodic peak, were also shown in the literature.

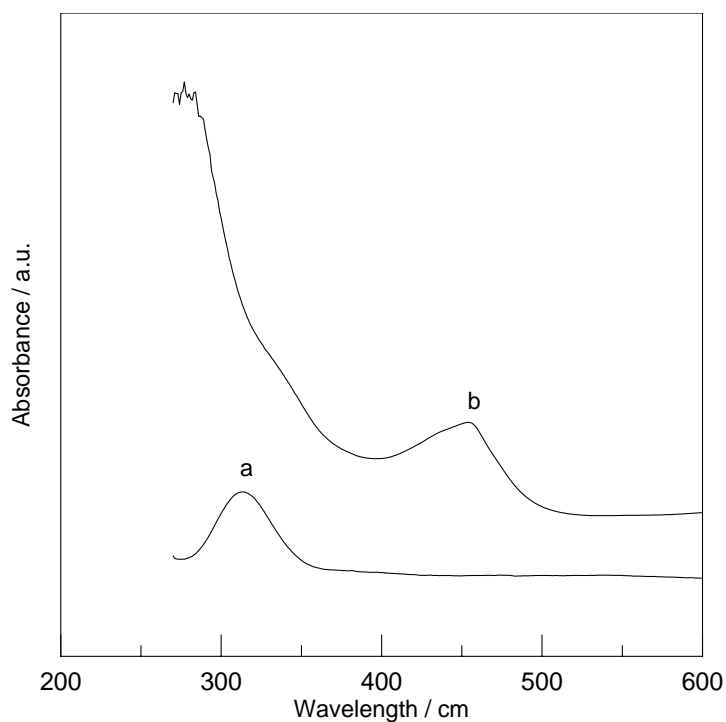
Figure 2 demonstrates the absorbance maximum of rutile  $\text{TiO}_2$  nanoparticles, used in this study, appearing approximately at  $325 \text{ nm}$ . As shown in spectrum a of Figure 3, the absorbance maximum of  $\text{AuCl}_4^-$  nanocomplexes appears approximately at  $308 \text{ nm}$ , which is markedly different from that of zero-valent Au located at ca.  $520 \text{ nm}$ . After addition of pyrrole monomers, the absorbance at  $308 \text{ nm}$  disappears and a new band of  $\pi$ - $\pi^*$  transition of PPy in the region of  $400$ – $500 \text{ nm}$  with absorbance maximum at ca.  $463 \text{ nm}$  arises instead, as shown in spectrum b of Figure 3. It indicates that the  $\text{TiO}_2/\text{Au}/\text{PPy}$  nanocomposites with a core-shell structure have been successfully prepared. Figure 4 shows the XPS survey spectrum of the prepared titania/gold/PPy trilayers nanocomposites. The Ti, Au and N signals are markedly demonstrated. Primary result shows that the modified trilayer nanocomposites can improve the decomposition reaction of methyl blue. Detailed researches are under way.



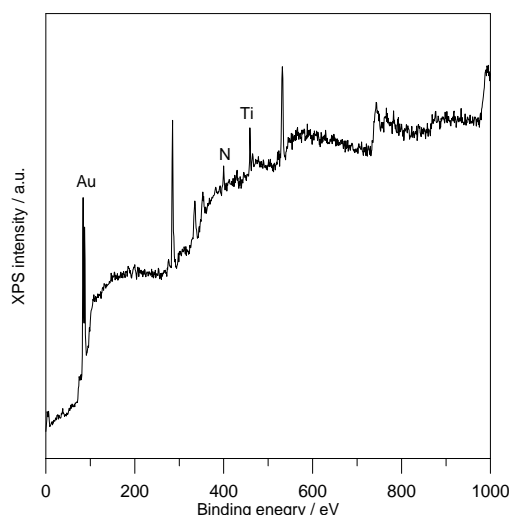
**Figure 1.** *I-E* curve for roughening Au substrate with scan rate of  $500 \text{ mV s}^{-1}$  and 25 scans in  $0.1 \text{ N HCl}$ .



**Figure 2.** UV-vis spectrum of TiO<sub>2</sub> nanoparticles-containing 0.1 N HCl aqueous solution.



**Figure 3.** UV-vis spectra of (a) Au-containing nanocomplexes-coated TiO<sub>2</sub>; (b) TiO<sub>2</sub>/Au/PPy nanocomposites.



**Figure 4.** XPS survey spectrum of the titania/gold/PPy nanocomposites.

### References

1. Andersson, M.; Osterlund, L.; Ljungstrom, S.; Palmqvist, A. *J. Phys. Chem. B* **2002**, 106, 10674(2000).
- (2) Tada, H.; Suzuki, F.; Ito, S.; Akita, T.; Tanaka, K.; Kawahara, T.; Kobayashi, H. *J. Phys. Chem. B* **2002**, 106, 8714.
- (3) Gratzel, M. *Nature* **2001**, 414, 338.
- (4) Zanella, R.; Giorgio, S.; Henry, C. R.; Louis, C. *J. Phys. Chem. B* **2002**, 106, 7634.
- (5) Guo, Y. G.; Wan, L. J.; Bai, C. L. *J. Phys. Chem. B* **2003**, 107, 5441.
- (6) Zamborini, F. P.; Gross, S. M.; Murray, R. W. *Langmuir* **2001**, 17, 481.
- (7) Schoenfish, M. H.; Pemberton, J. E. *J. Am. Chem. Soc.* **1998**, 120, 4502.
- (8) Huang, K.; Wan, M. *Chem. Mater.* **2002**, 14, 3486.
- (9) Antonietti, M.; Forster, S.; Hartmann, J.; Oestreich, S. *Macromolecules* **1996**, 29, 3800.
- (10) Liu, Y. C.; Jang, L. Y. *J. Phys. Chem. B* **2002**, 106, 6748.
- (11) Liu, Y. C. *Langmuir* **2002**, 18, 174.



# 縣市永續發展與產業永續發展-從桃園縣產業環保 技術服務計畫之推動經驗談起

林鵬翔

桃園縣環保局綜計課課長

## 一、縣市永續發展與產業永續發展之關連

自「永續發展」之觀念於國內開始萌芽以來，上自國家永續發展，下至產業永續發展，陸續成立了相關機制進行推動工作。其中，產業發展與地方縣市之永續關係，是生命共同體，產業之運作提供地方公共建設稅收來源，也為地方民眾創造就業機會，以地方縣市為區塊進行永續發展之規劃成為連結產業永續發展與國家政策之重要橋樑。有感於此，桃園縣政府於91年率先成立環保縣政委員會，將永續發展之理念落實在縣市發展之工作推動上。

## 二、桃園縣永續發展政策願景與策略

### (一)獨特性之區域發展目標

桃園縣為產值全國第三之工商重鎮，自然觀光資源豐富，又處國門之都，並有四通八達之交通網路。縣政府依據以上特色訂定出「12345」之區域發展目標：一個空運中心-國際航空城；二個都市核心-桃園與中壢；三T產業-運輸(Transportation)、觀光(Tourism)與科技(Technology)；四個藝文園區-客家文化園區、部落文化園區、文化藝術園區與漁港休閒園區；五個面項發展-北運籌、中政經、南研發、東遊憩、西港產。

### (二)重罰與輔導並重之環保政策

對於縣市內之環境保護工作，桃園縣採取「重罰與輔導」並重之環保政策，除了環保局稽查執法為環保把關，並同時委由第三者公正單位對產業提供輔導協助。自91年起委託財團法人中技社辦理『桃園縣產業環保技術服務計畫』，積極整合縣內在地學術機構與民間資源，成立『桃園縣政府環保技術服務團』，協助事業機構評估改善污染防治設備功能、診斷操作處理績效，提供技術、法規、及管理等諮詢服務，並邀請專家學者至事業單位進行免費技

術指導，以提升環保工作成效。

### 三、協助產業提昇競爭力

今(92)年度計畫中徵選兩家廠商進行深入示範輔導，以提昇產業競爭力為目標進行方案之規劃與推動。經驗摘要分享如下：

#### (一)亞洲化學公司

亞洲化學為國內膠帶之供應大廠，曾多次得到各項環保績優獎項，目前廠內持續推動 ISO14001。經過現況瞭解及溝通後，今年度在水資源的統計、量測、回收再利用及導電度的控制較迫切，因為除了生活用水外均仰賴抽取地下水，如何有效利用水資源，減少排放是重要的改善方向；另外製程中添加的各種藥劑會提高水中導電度，影響農作物生長，因此從改善製程著手，以期符合農田水利會灌溉溝渠排放標準外，也減少藥劑支出費用。

在水資源規劃的展開方案包括：全廠用水量平衡，雨水溝、廚房清洗蔬果及生活污水回收再利用，在導電度及藥劑減量方面包括：醋酸脫附技術改善、超勁磁能技術、污泥曝氣回流改善及廢水厭氧處理 pH 最佳化控制等方案。

#### (二)合晶科技楊梅廠

合晶科技為國內少數之矽晶圓製造商，生產 4~6 吋之矽晶圓拋光片。民國 87 年回國投資生產矽晶圓，次年 3 月將全球營運總部遷至桃園楊梅。楊梅廠自成立以來曾參與經濟部工業局工業減廢等多項計畫，並於民國 90 年 6 月通過 ISO14001。因廠地空間有限，在產能不斷提昇及調勻池容量之侷限下，已無法有效提供後續處理設備穩定之進流水水質。因此，如何於不擴建廢水處理設備的現況下，提昇現有之操作效能並降低活性碳過濾之操作維護費用為此廠最迫切改善之議題。本年度協助規劃方案計有：廢水特性分析(基線清查)、評估化學混凝最佳化操作條件、及提昇生物處理系統功能等三大方向。

廠商經過製程廢水特性全面清查，重新規劃廢水分流管理及製程中高 COD 貢獻度原料之取代與替換，將可有效提高廢水處理系統之穩定度，並將活性碳更換次數減少 50% 以上。另外，對於生物處理功能亦進行與現場並聯操作之繩狀濾材與流體化床濾材效能模廠比較，實驗結果可提昇 30% 以上之處理效能，將可有效改進現有之操作穩定度、節省操作成本。

### 四、結語

永續發展的工作除了考慮環保、經濟、社會與還應包括制度面的考量。因此由縣市公共行政層面進行永續發展之整體性規劃與制度建立，一方面為縣市大眾生活福祉進行監督把關之角色，另一方面以服務態度與產業建立夥伴關係，協助產業永續發展。

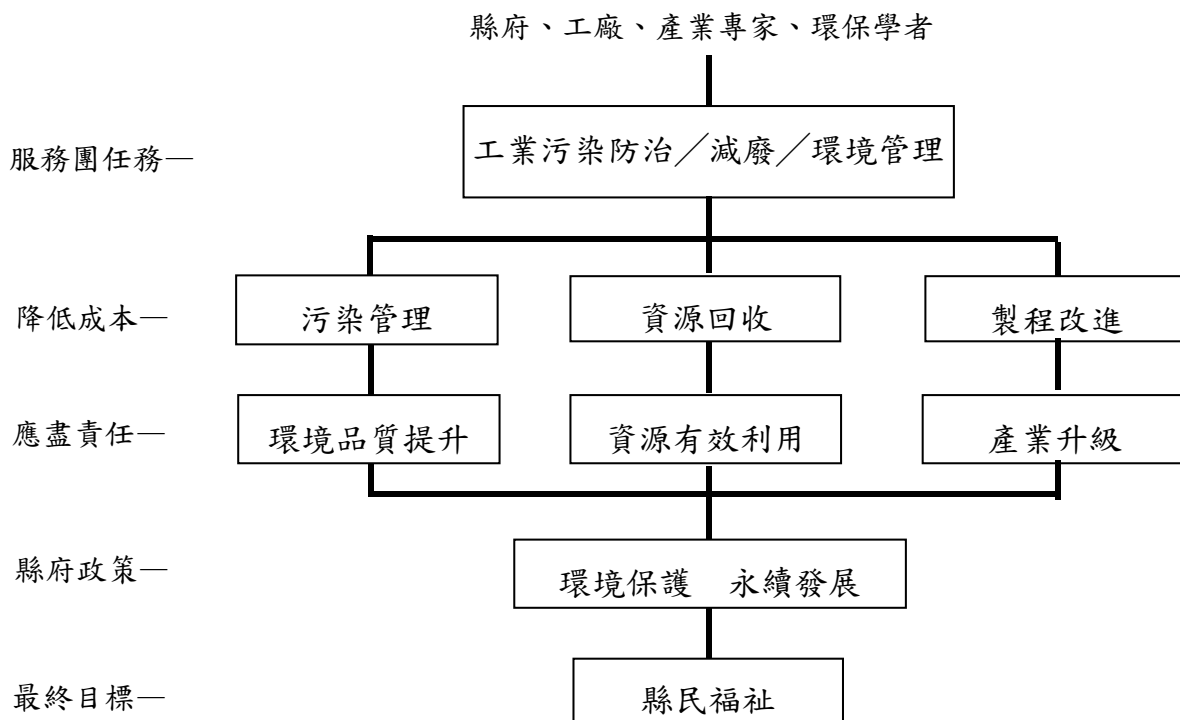


圖 1 桃園縣產業環保技術服務團任務架構