

十九、二仁溪下游之多氯聯苯污染檢測

胡安仁* 洪登南** 廖威焜*** 李強忠* 羅初英*

* 成功大學化學系

** 陸軍官校理化系

*** 逢甲大學紡織系

摘 要

多氯聯苯 (polychlorobiphenyl, 簡稱 PCBs) 的毒性及對生態的危害, 已遍為人知。臺南市南郊二仁溪下游灣裡居民燃燒廢五金, 以取得所含貴重金屬為生, 而燃燒過程產生高量之含氯有機毒物, 嚴重污染該地區之水質及土壤。而具高穩定性及累積毒性的多氯聯苯, 能以微量方式藉食物鏈進入人體而對該處居民造成生命及財產的危害。

本實驗係利用高解析氣相層析法 [Capillary Column 及電子捕捉偵測器 (ECD)] 來建立微量分析含氯有機毒物的方法。先建立檢量線及萃取方法, 再利用此分析方法分析實地採集所得之水質及土壤樣品。此法可以檢出 ppb 範圍內之 PCBs 濃度。分析結果顯示該區土壤約含濃度 50 ppb 至 2 ppm 之 PCBs 間, 而水質所含 PCBs 濃度則在 4 ppb 以內。

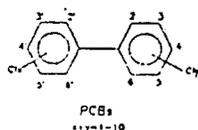
1. 前 言

1.1 引 言

多氯聯苯 (PCBs) 係於 1881 年, H. Schmidt 首先合成出來⁽¹⁾, 1929 年美國正式工業生產, 而於 45 年前才測知它是造成職業病之主兇, PCBs 經過人體長時間吸取能累積於體內, 造成嚴重病變甚至死亡⁽²⁾; 我國不久前亦曾發生 PCBs 外洩, 滲入食用油而產生病變之案例⁽³⁾。目前臺南灣裡二仁溪畔燃燒廢五金極可能產生多量 PCBs, 殘餘之 PCBs 並有可滲入土地或散佈四處, 污染水質、環境、危害百姓而不自知。故本實驗之目的, 乃建立一套完整之迅速微量分析方法, 對二仁溪下游之多氯聯苯污染加以檢測。

1.2 PCBs 種類及性質

根據 Michael D. Mullin⁽⁴⁾於 1984 年所提報告指出: PCBs 的異構物共有 209 種之多,



Polychloro Biphenyls (簡稱 PCBs) 如表(-)。

其製品是依照 PCBs 中氯含量來區分, 例如 PCB42 (含 42% 氯), PCB48 (含 48% 氯) 等。其一般性質如下:

- (1) 熱安定性佳。
- (2) 熱容量大。
- (3) 電絕緣性佳。
- (4) 常溫時, 呈液狀黏性體, 富接著性, 伸展性。

表一 PCBs 異構物

Table 1. Possible number of PCBs isomers of each category

		A環上氯原子之數目(X)					
		0	1	2	3	4	5
B環上氯原子數目(Y)	0	1	3	6	6	3	1
	1		6	18	18	9	3
	2			21	36	18	6
	3				21	18	6
	4					6	3
	5						1
總數		1	9	45	81	54	20

包括聯苯 PCBs 共有 210 種異構物

(5)具不燃性(四氯以上)。

(6)耐酸鹼性強，不具化學活性。

(7)對水難溶，但可溶於多種有機溶劑(例 CH_2Cl_2)

工業上利用 PCBs 的優良性質，而開發出各種工業產品的用途，見表二，其商品名見表三。主

表二 多氯聯苯的工業產品及用途

[註：KC (Kanechlor) 為 PCBs 商品名]

Table 2. Industrial PCBs products and their uses
(KC stands for PCBs manufactured by Kanegafuchi)

用 途	製 品 及 使 用 場 所	品 種
絕 緣 油	高樓、醫院、車輛、船舶等等的變壓器	KC-1000
	螢光燈、水銀燈、冷氣、洗衣機、乾燥機、馬達等等的電容器	KC-300
		KC-400
		KC-500
		KC-300
熱 媒 體	化學工業、食品工業、製紙工業	KC-300
	藥品工業、塑膠工業等等	KC-400
潤 滑 油	高溫用潤滑油	KC-300
	水中用潤滑油	KC-400
	真空幫浦油、切削油、極壓添加劑	KC-500
可 塑 劑	電線的被覆、絕緣膠帶	KC-400
	PE 樹脂、PVC 樹脂	KC-500
	接著劑	KC-600
塗 料	難燃性塗料、耐酸鹼塗料、	KC-500
	印刷油墨	KC-600
複 寫 紙 其 他	無碳、電子式複寫紙	KC-300
	紙及毛織物的添加劑、農藥效力	KC-500
	延長劑、防濕衣料防火	KC-600

表三 多氯聯苯在世界主要市場上的商品名稱
Table 3. Trade names of PCBs produced by different manufacturers

生 產 者	國 家	產 品 註 冊 名 稱
Mosanto	美 國 及 英 國	Aroclor
Bayer	德 國	Clophen
Prodelec	法 國	Phenoclor, Pyralene
Kanegafuchi	日 本	Kanechlor
Mitsubishi-Monsanto	日 本	Santotherm
Caffaro	義 大 利	Fenclor
Sovol	蘇 聯	
Chemko	捷 克 斯 拉 夫	

要有絕緣油，熱煤，特殊潤滑油，電線被覆層，耐腐蝕耐燃性塗料，或用於複寫紙及顏料分散劑等。由於大量使用之結果，造成長期的環境污染。

1.3 PCBs 毒性

PCBs 對老鼠的毒性（口服）：Unspecified PCB $LD_{50}=1.6$ (g/kg)

PCBs 對水中生物毒性：Aroclor 1254, 98-h $LD_{50}=1$ (ppm)⁽⁵⁾。

而臺灣的市、鄉、鎮所產生的污水，及工廠、礦場、及中央主管機關擬定之事業所排放的廢水，有關 PCBs 項目的標準是：所允許之最大限值之濃度為不得以單位為 (mg/l) 檢出⁽⁶⁾。美國環境保護局訂立之水質基準，以淡水及海水中生物為對象，其 PCBs 項目為 0.001 ($\mu\text{g/l}$)⁽⁷⁾。

1.4 二仁溪污染源⁽⁸⁾

二仁溪發源於高雄縣旗山附近，流經高雄縣、臺南縣及臺南市，全長有 65.18 公里，流域面積 350.04 平方公里，出海口在灣裡，據省環保局自民國 66 年起實施的定點不定期測試，發現二仁溪從關廟與阿蓮交界的高雄橋開始，水質已屬於中度污染，而至仁德與內湖交界的二層行橋附近，已呈嚴重污染。

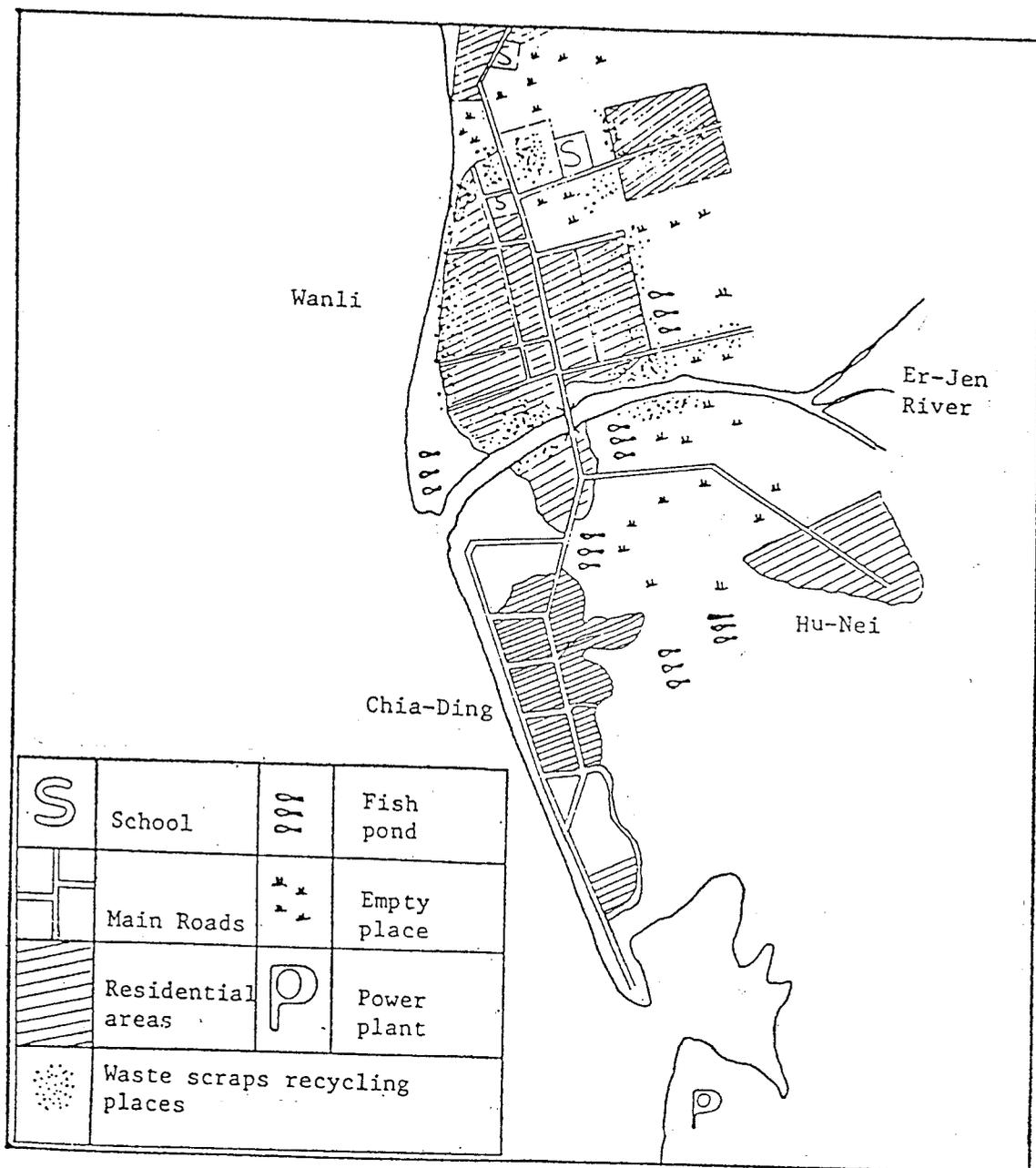
在仁德、二仁溪與支流三爺宮溪會合。三爺宮溪已呈死水狀態，其溶氧量幾近於零，因為負擔了附近 40 多家高污染工廠（包括紙廠、糖廠、皮帶工廠、電鍍工廠等）的污水，經此一會流，二仁溪更為污染了。

而本實驗所偵測地區屬於二仁溪最下游，即二仁溪流至廢五金企業大本營——灣裡。其 PCBs 主要污染源為廢電線、電纜。在灣裡、仁德、茄苳三鄉的廢五金業者，於二仁溪畔的河床地，傾倒廢五金垃圾，也同時於此河床地大量焚燒廢電線、廢電纜等，見圖一。累積了許多有機毒物，如多氯聯苯 (PCBs)，多氯呋喃 (PCDFs)，多氯戴奧辛 (PCDDs)，遇雨即流入二仁溪。同時，業者也在溪畔篩洗廢五金殘渣，更加深污染的嚴重性。到了下游，因坡度低、水流緩慢，污染沉澱而成為河床的污染。此既髒又濁的二仁溪水，流至外海，貽患無窮，更造成了海洋污染。

2. 實驗材料及設備

2.1 實驗材料

(1) Aroclor 1242 (PCB-42): clear, mobile liquid, average number of Cl/molecule: 3.10; distillation range: 325~366°C; flash point (open cup): 348~356°F



圖一 灣裡和茄疋地區之廢棄物回收場和住宅區相關位置圖
 Fig. 1. Location of residential areas and metal Scraps reclamation arers in the Wan-Li and Chia-Ding regions.

- (2) 1 M KOH 的酒精溶液：取 KOH 70 g 用少量的蒸餾水溶解後，加 95%酒精 1L，搖動混合，不要接觸到二氧化碳，放置 2~3 天後，取上澄液或過濾後供使用，保存於耐鹼之瓶子內。
- (3) n-Hexane LC 級
- (4) n-Hexane 的酒精溶液：取 50 ml n-hexane 加 50 ml 之 95%酒精，搖動混合。
- (5) 無水硫酸鈉：取 100 g 無水硫酸鈉，加 n-hexane 50 ml，搖動混合，過濾，再加 25 ml 之 n-hexane 搖動混合，過濾，取其殘留物風乾即可。
- (6) Silica gel：取 PCBs 分析用 silica gel 粉末於燒杯內，silica gel 之厚度約為 10 mm

以下，然後在 130°C 加熱乾燥 18 個小時後，於玻璃保乾器 (Desiccator) 內放置 30 分鐘，即可使用。

2.2 實驗設備

(1) 氣相層析儀：機型 HP-5890A，附 63 Ni 電子捕捉偵測器 (GC-ECD)，包含 Capillary Column, Integrator and N₂ Carrier Gas.

(2) Vacuum Distillation

2.3 採樣地點 (如圖二)

水質樣本：表四及圖二。

取樣點：(1) 水閘門前、魚筏邊。

(2) 露天工廠前。

(3) 工廠廢水排放口。

(4) 工廠廢水排入河口。

土壤樣本：圖三。

取樣點：(1) 露天工廠前，河邊淤泥表土。

(2) 陸地上以前燒廢五金之泥土表土。

(3) 南楚橋水壩頭→河口，淤泥表土。

其中，取樣點(2)為岸邊乾表土取樣點，(1)、(3)為水底濕表土。

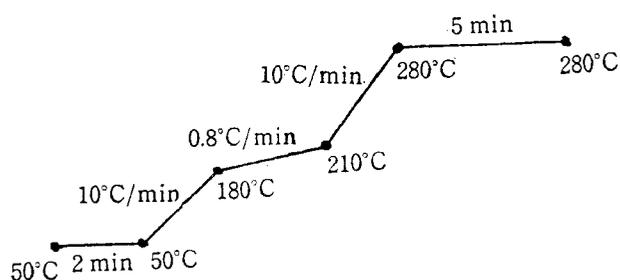
3. 實驗方法

3.1 檢量線製作

(1) 首先取 PCB-42 標準品，以 Serial dilution 方法調製標準濃度：0.1, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10, 及 15 ppm 等。

(2) 設定 GC 分析條件：

Capillary column (SPB-5, 30 m, ID 0.25 mm, 0.25 μm film) 之升溫梯度



Injector Temp.: 250°C

Detector Temp.: 300°C

Carrier gas: Pure N₂

Flow Rate: 41 ml/min

(3) 每次注射量為 0.1 μl，每個實驗點注射四次，取其平均值。

3.2 水樣模擬萃取法⁽⁹⁾

(1) 以不同已知濃度之多氯聯苯標準液，加入 500 ml 的純水中，再添加純水至 11 並以磁石攪拌

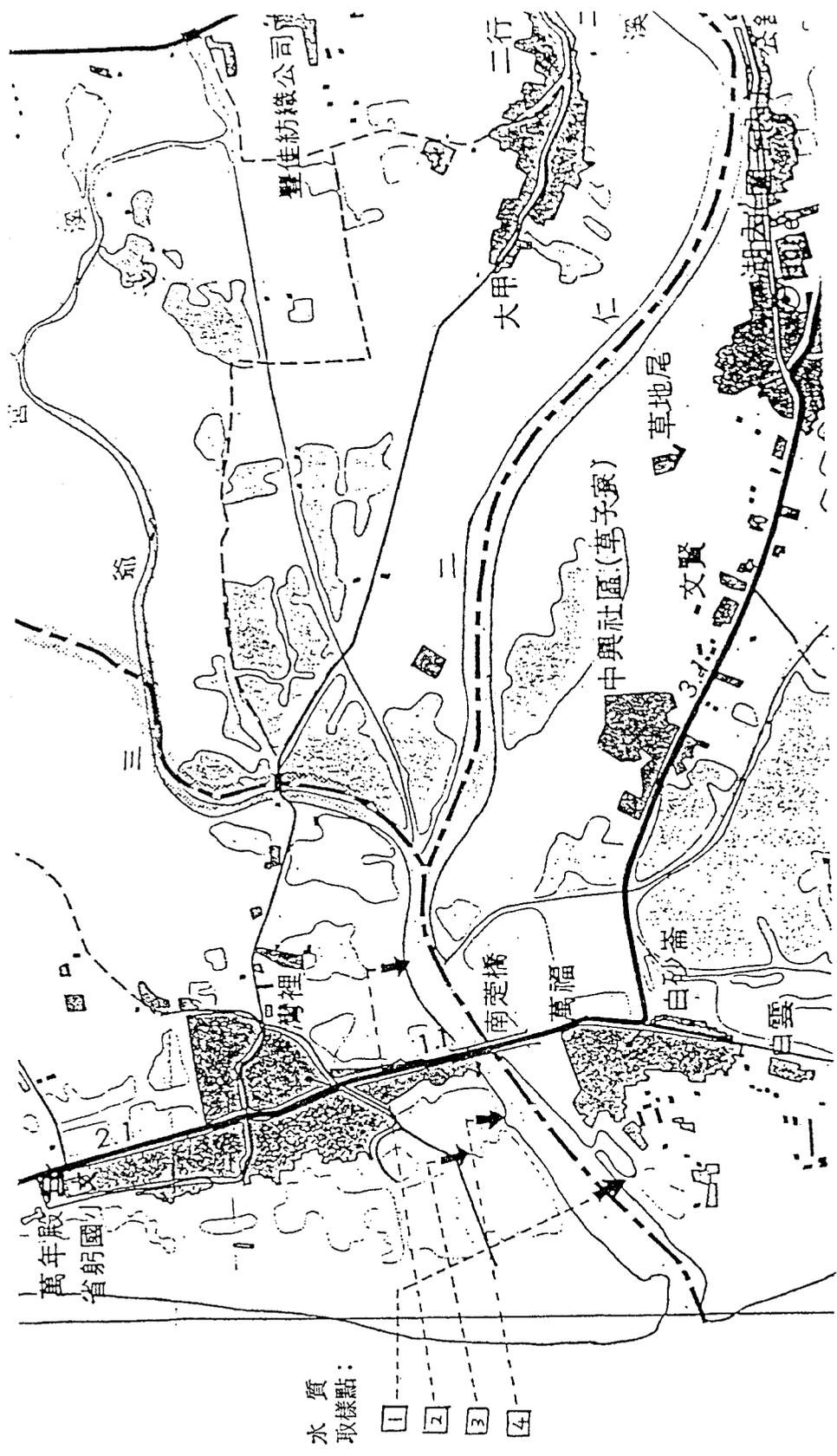
表四 河川取樣記錄表

Table 4. Sampling record of water samples

河川名稱 二仁溪取樣日期 78年10月20日

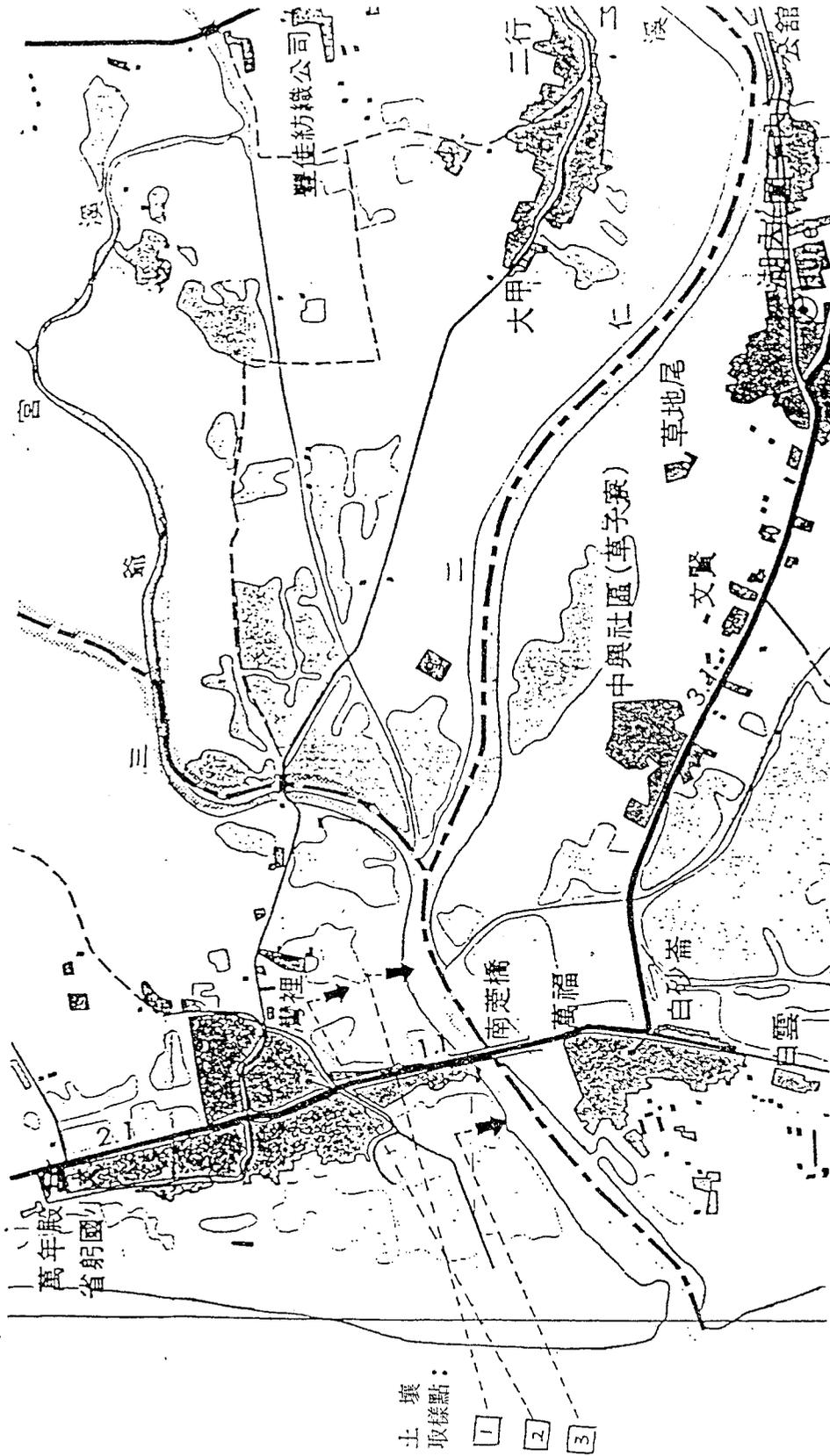
取樣點編號	(1)	(2)	(3)	(4)	
取樣點名稱	魚筏邊	露天工廠前	工廠廢水排放口	工廠廢水入河口	
取樣時間	Am 11:30	Am 11:30	Am 11:50	Am 11:50	
天氣	晴	晴	晴	晴	
氣溫 °C					
水溫 °C					
外觀	稍濁	稍濁	稍濁	稍濁	
瓶號	1	2	3	4	
請按實際情形選擇下列狀況填註於各取樣點欄下					
狀 況	取樣點編號				
	(1)	(2)	(3)	(4)	
採水地點：1 溪流中心 2 岸邊 3 取水口附近	2	2	2	2	
採水方式：1 橋上 2 竹筏上 3 岸邊 4 涉水 5 其他	3	3	3	3	
採水器具：1 採樣沉筒 2 塑膠桶 3 水樣瓶直接採取	3	3	3	3	
採水深度：1 水流表面 2 水中 3 水底	1	1	1	1	
水流狀況：1 靜水 2 緩流 3 急流 4 渦流 5 其他	2	2	2	2	
天候：1 前三天均未降雨 2 前一天 3 前二天 4 前三天降雨	1	1	1	1	
臭味：1 無 2 甜 3 魚腥 4 臭味 5 其他	4	4	4	4	
水生物：有 1 藻類 2 水草 3 昆蟲 4 魚 5 以上均無	5	5	5	5	
備註	水樣保存方式：4°C 水樣送達檢驗室時間：40 min 其他事項：				

取樣單位：成大羅初英教授檢驗室取樣人員：洪登南，胡安仁等



圖二 水質取樣點(1)水閘門前，魚筏邊。(2)露天工廠前。(3)工廠廢水排放口。(4)工廠廢水排入河口。

Fig. 2. Locations for water samples:
 (1) In front of the water-gate, by the fishing rafts.
 (2) River bank next to the open-air factory.
 (3) Outside of the industrial waste water drainage control gate.
 (4) At the confluence of the industrial waste water drainage and the river.



土壤取樣點：
 1
 2
 3

圖三 土壤取樣點(1)露天工廠前，河邊淤泥表土。
 (2)陸地上以前燃燒廢五金之乾表土。
 (3)南楚橋水壩→河口，淤泥表土。
 11. 10. 1989. PM 2:00.

Fig. 3. Locations for soil samples:
 (1) Top soil of the river bank in front of the open-air factory.
 (2) Top soil of the spot where electrical metal scraps had been burnt.
 (3) Top soil of river bank by the drainage control gate at Nan-Ding Bridge.

器攪拌 10 分鐘，充分混合之。

(2)再加入 50 ml 丙酮及 50 ml 之 n-hexane，並持續攪拌 5~10 分鐘後，移置入 2L 容積之分液漏斗中。

(3)將下層液置入 1L 三角錐瓶內，並再添加 50 ml n-hexane，持續攪拌 5~10 分鐘後，移置分液漏斗中分離，再反覆一次。

(4)將上層液放在 K-D 濃縮器內，以水浴法加熱濃縮至 10 ml。

(5)將濃縮後所得到之溶液，移至 200 ml 之三角錐瓶內。

(6)加 1M KOH 的酒精溶液 50 ml，裝在逆流冷卻器上，於水浴上慢慢加熱至沸騰。

(7)經過鹼化後，冷卻至 50°C 左右，加 n-hexane 50 ml，攪拌混合後，冷卻至室溫。

(8)用 n-hexane 的酒精溶液洗入分液漏斗內，加去離子水 25 ml，搖動數秒鐘。

(9)靜置後，將下層移到另外之分液漏斗內，再加 n-hexane 50 ml 行抽出後，將 n-hexane 層與上面之 n-hexane 層混合起來。

(10)反覆一次(9)的過程。

(11)用事先以 n-hexane 洗淨之蒸餾水 100 ml 洗，反覆三次。

(12)將 n-hexane 溶液通過含 10 g 無水硫酸鈉之分離管後，放入 K-D 濃縮器之接受器內，於水浴上加熱濃縮至液量為 10 ml。

(13)矽膠層析管柱之充填：

①取層析用之玻璃管，於其底部塞住脫脂棉或玻璃纖維，用 n-hexane 10 ml 洗層析用之玻璃管，使得 n-hexane 殘留在脫脂棉或玻璃纖維之上方。

②取 4 g 之 silica gel 及 n-hexane 10 ml 於燒杯內，稱重，用玻璃棒輕輕攪拌將氣泡去除後，充填於層析用玻璃管柱內。

③取 n-hexane 使流入管內，使得 silica gel 層安定，加 1 g 之無水硫酸鈉。

(14)於層析用之玻璃管上方放 300 ml 之分液漏斗，再將(12)濃縮液倒入層析管柱內，並加 200 ml 之 n-hexane，打開下面之開關，使得 n-hexane 以每秒 1 滴之流速流下，並收集之。

(15)於 K-D 濃縮器內將(14)之收集液濃縮至 10 ml 左右，精確記錄 ml 數。

(16)將上述操作過程得到之溶液吸取 0.1 μ l，注射入 G.C. 內，並由檢量線定量之。

3.3 實際採樣之萃取法⁽¹⁰⁻¹⁴⁾

3.3.1 採收水樣之萃取流程

水質採樣之萃取流程，係將採回之 1L 試樣水，直接加入 50 ml 丙酮及 50 ml n-hexane 攪拌之，其步驟與實驗室模擬萃取法 3.2 相同。

3.3.2 土壤採樣之萃取流程

(1)將採樣土壤烘箱內烘烤 (Drying Temp < 120°C, 1 day 以上)

(2)研磨成粉末狀，稱取 50 g 置入 1L Beaker 內。

(3)添加入 Acetone: n-hexane (1:1) 混合液 300 ml 內並攪拌之。

(4)置於超音波振盪器 (Sonicator W-385 Ultrasonic Processor, 具 heat system) 操作條件: Cycle Time 2 秒, 60% Duty Cycle 持續 30 分鐘振盪之。

(5)以瓷製 funnel 上覆蓋 Silical gel 20 g (40-140 mesh, J. T. Baker Chemical Co.) 進行 Suction 過濾，得濾液(A)。

(6)固體物，再重覆乙次，得濾液(B)。

(7)將(A)液及(B)液混合後，再加入去離子水 500 ml，並攪拌之，約 5~10 分鐘。

(8)置於分液漏斗中分離之，再以 K-D 濃縮器 (Macro Kuderna-Danish Concentrator, 6-4704, with micro connectors) 濃縮至 10 ml。

(9)餘步驟 3.2 與項(5)~(6)相同。

4. 結果與討論

4.1 GC 分析圖與 GC-MS 分析圖

多氯聯苯含有多種異構物，因此分析時較複雜。一般而言，常用之萃取法有二：皂化法 (Saponification) 及分配法 (Partition)⁽¹⁵⁾，本文係採用皂化法，至於去除干擾物質之方法則採用鹼液及矽膠管柱層析處理之，利用本實驗法所建立之檢測可得一低干擾尖峰之 GC 分析圖，如圖四所示，係為標準品濃度為 10 ppm 之 GC 分析圖，由圖示可明確的選取解析度甚高之波峰 36 根、滯留時間為 20.89~42.25 min，較一般使用 packed column (僅 7~10 根波峰) 之精密性提高甚多⁽¹⁶⁻¹⁷⁾。

由於 GC/ECD 之偵測器對每一種多氯聯苯異構物反應不一，且由於缺乏單一異構物之純標準樣品，故吾人乃進一步藉由 GC-MS 對每一波峰的多氯聯苯標定，如圖五所示可確定每一滯留時間之多氯聯苯異構物，再經由 GC/ECD 的 GC 分析圖比對，則可對多氯聯苯混合物做定量分析⁽¹⁸⁾。

圖四 PCBs 濃度 10 ppm 之 GC 分析圖。

圖五 GC-Mass 全圖。

圖六 Retention Time=24.210 min 所測得的質譜圖，由 data system 可知此峰為，分子量=256 之多氯聯苯 (含三氯)。

圖七 Retention Time=26.090 min 所測得的質譜圖，由 data system 可知，此峰為，分子量=256 之多氯聯苯 (含三氯)。

4.2 檢量線之建立

經由 7 種不同濃度之已知標準樣品的檢測，利用 4 Peak Sum Area (Peak 7, 10, 11, 12) 之波峰面積計算法，如表五所示，由實驗結果可得 15~0.1 ppm 濃度之 PCB 檢量線，圖八，以 4 Peak Sum Area (Peak 7, 10, 11, 12) 所作之檢量線。

4.3 實驗室模擬萃取檢測

由於在試樣多次萃取步驟及濃縮過程，經過這些程序可能會有所損失，故在實驗分析的同時，先以已知濃度 100 ppm, 85 ppm, 10 ppm 分別取 0.5 ml, 0.18 ml, 0.5 ml 滲入純水 11 中，經 3.2 項處理後，再由 GC 分析圖及檢量線圖形，以計算出其相對應之回收率，發現其回收率幾乎達完全之比率，因此，本實驗所採用的方法，在各步驟中所產生的損失很低，且無殘餘的干擾物質。

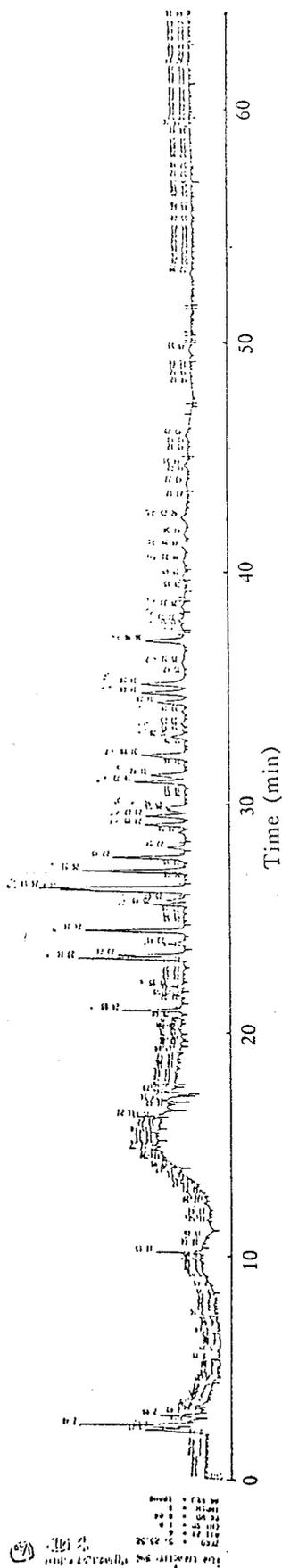
4.4 實地採樣萃取檢測

為確實印證本檢試法之可行性，吾人特至二仁溪、灣裡採集樣本，計採集試水樣四個定點，土壤樣三個定點，經 GC 檢測出 3 號、水樣 GC 分析圖，如圖九所示，以及土壤樣 1 號 GC 分析圖，如圖十所示。(採集地點可參照 2.3 項圖示)。

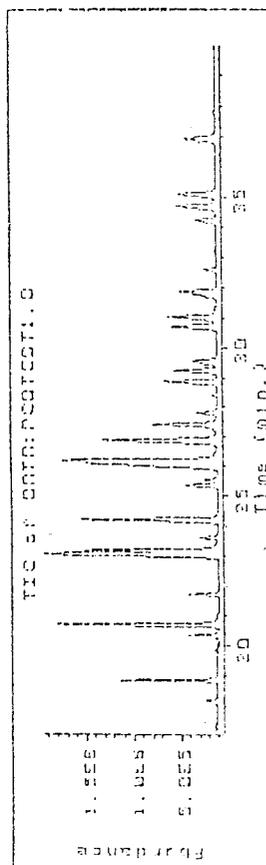
由於本實驗目前僅建立 PCB-1242 之檢量線，故對於實際採樣所得之 PCB-GC 分析圖 (圖九、十) 所示其滯留時間 35 min 以上之 PCB-peak 則無法定量分析，尚待假以時日，完成之，不過，從前人所做之標準 PCB-1254, PCB-1260 GC 分析圖做一對照⁽¹⁹⁾，比較 PCB-peak 的相對分佈及滯留時間，可明顯看出吾人所採試樣，確實含有此類 PCB 毒物，相關資料如圖十一所示。

圖九 Sample No. 3 之實地採水樣 GC 分析圖。

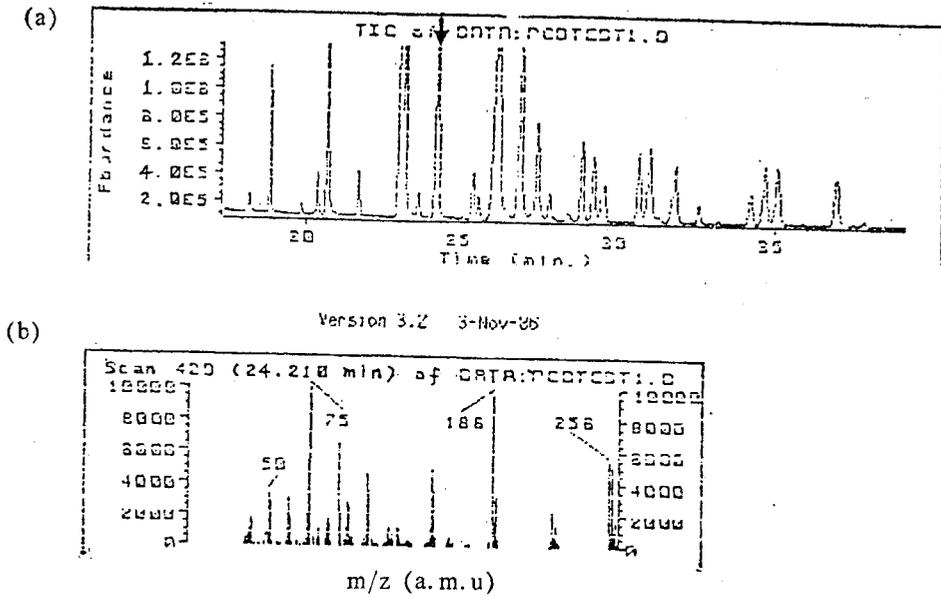
圖十 Sample No. 1 之實地土壤樣 GC 分析圖。



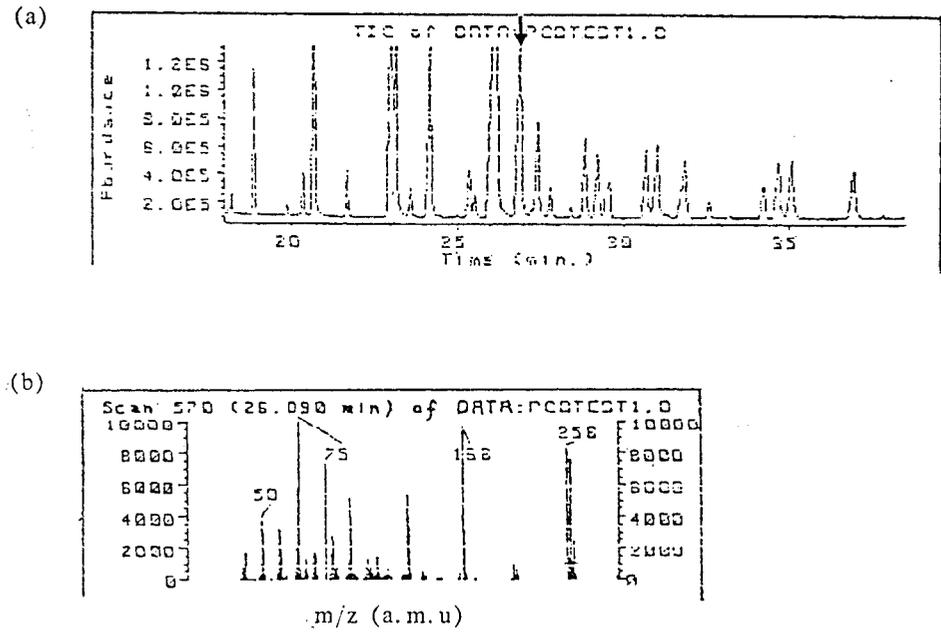
圖四 PCB 42，注入 0.1 μ l，濃度為 10 ppm 之 GC 層析圖，圖中顯示 PCB 42，由本實驗之條件，分離出 36 根峰
 Fig. 4. GC Chromatogram showing a total of at least 36 peaks due to PCB 42 (conc 10 ppm, amount injected: 0.1 μ l).



圖五 PCB 42, GC-Mass 之 Tic 圖
 Fig. 5. Tic of PCB 42.



圖六 PCB 42 standard 所測得之質譜(b)，(a)圖箭頭所指是以 RT=24.210 min 之 peak 來測質譜圖，由 data system 所找出此峰的結構為三氯聯苯
 Fig. 6. Mass spectrum (b) of the PCB isomer of retention time 24.210 min (indicated by an arrow in (a)), showing it to be a trichlorobiphenyl.



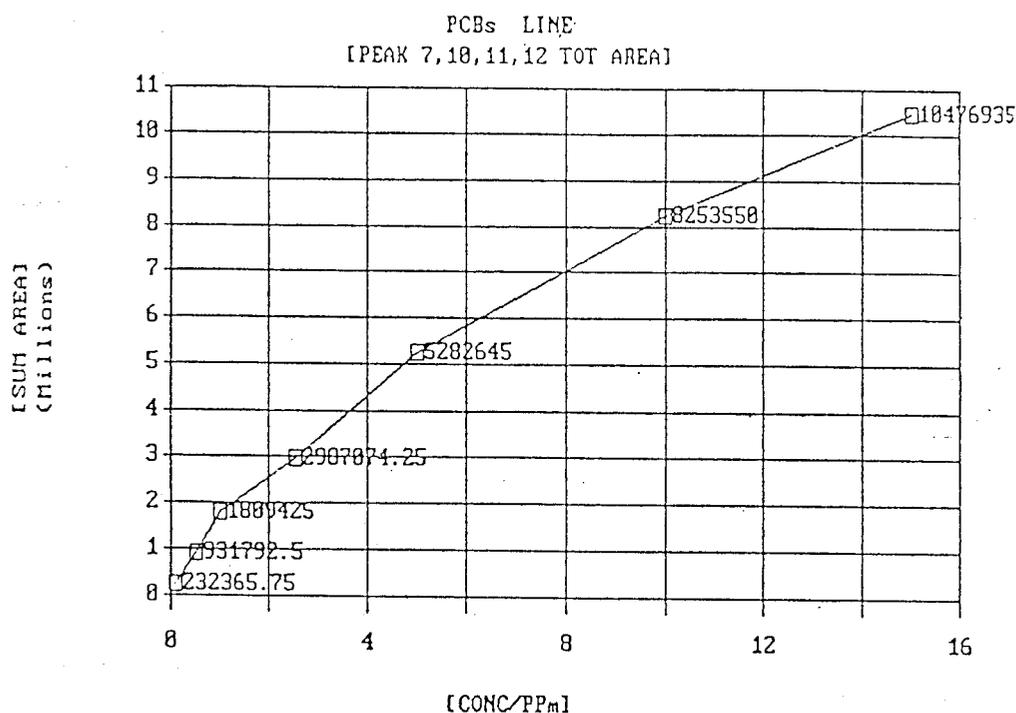
圖七 PCB 42 stanard 所測得之質譜圖(b)，圖(a)箭頭所指是以 RT=26.090 min 之 peak 來測質譜圖，由 data system 所找出此峰的結構為三氯聯苯
 Fig. 7. Mass spectrum (b) of the PCB isomer of retention time 26.090 min (indicated by an arrow in (a)), showing it to be a trichlorobiphenyl.

表五 PCBs 濃度與層析圖尖峰面積關係

Table 5. Relationship of concentrations and chromatogram peak areas of PCBs

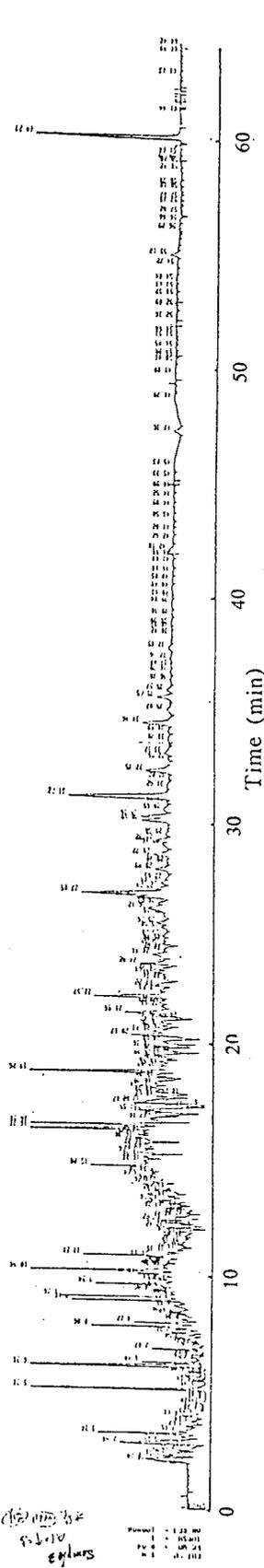
[ppm]	[TOT AR]	[SUM AR]	AR% SUM]	[PEAK 7]	[PEAK 10]	[PEAK 11]	[PEAK 12]	[4-PEAK TOT]
15	1.0E+08	35,731,661	36.0775	2,130,053	2,487,345	3,270,588	2,588,948	10,476,935
10	81,648,000	28,508,426	36.0713	1,640,125	1,984,450	2,569,600	2,059,375	8,253,550
5	1.1E+08	19,861,290	15.8275	1,053,095	1,251,350	1,706,275	1,271,925	5,282,645
2.5	72,760,500	10,710,211	14.7403	580,173	720,083	960,514	726,305	2,987,074
1	52,710,500	6,165,165	11.4620	350,600	441,555	561,418	455,853	1,809,425
0.5	49,956,725	4,414,987	8.7955	260,800	211,995	256,903	202,095	931,793
0.1	34,863,500	1,335,197	4.0808	50,809	54,319	61,329	65,909	232,366

註：[SUM AR] 表 36 根峰之 Area 總和
[AR% SUM] 表 36 根峰所佔之 Area 比率

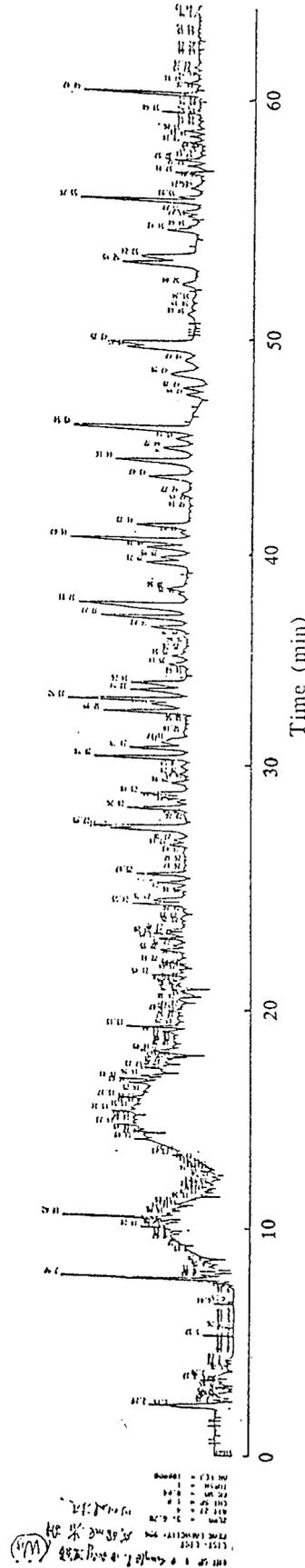


圖八 以 Peak 7, 10, 11, 12 之峰面積總和當橫座標，濃度 [ppm] 為縱座標所建立之 PCB 42 檢量線

Fig. 8. PCB 42 curve showing the relationship between the summation of total area of peaks 7, 10, 11, 12 (as vertical axis) and concentration (in ppm, as horizontal axis).



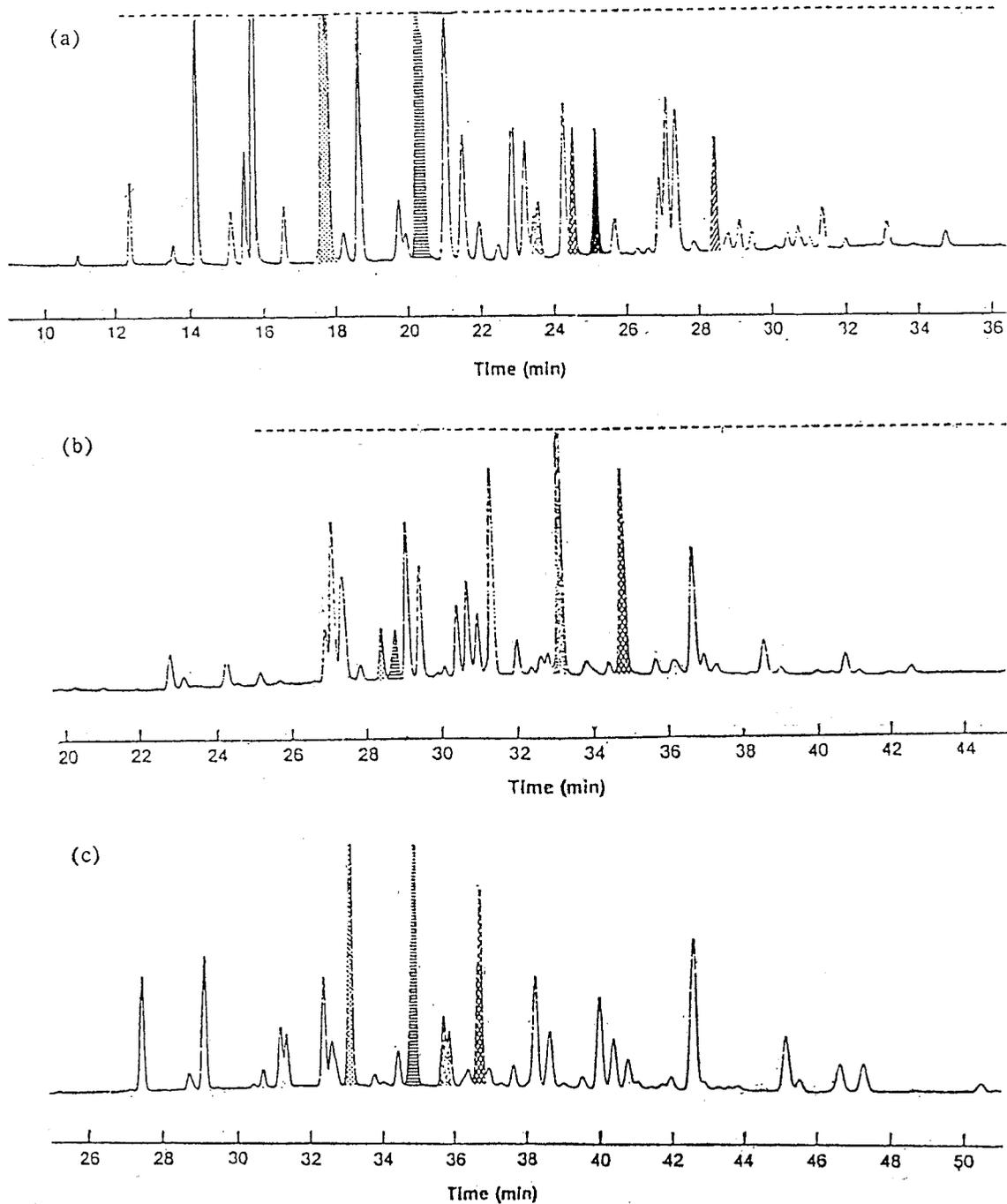
圖九 水樣 sample 3, 試水由 1L 濃縮至 2.3 ml 之 GC 圖
 Fig. 9. GC chromatogram of water sample No. 3.



圖十 土樣 sample (1) 之 GC 圖
 Fig. 10. GC chromatogram of soil sample No. 1.

圖十一：PCBs-1242
 PCBs-1254
 PCBs-1260
 之 GC 分析圖與滯留時間關係圖。

表六：二仁溪下游水質採樣結果。



圖十一 (a) PCBs-1242, (b) PCBs-1254, (c) PCBs-1260, 之 GC 層析圖, 顯示異構物成分的滯留時間移動情形

Fig. 11. GC chromatograms of (a) PCBs-1242, (b) PCBs-154, (c) PCBs-1260, showing the retention time shift of the isomers.

表六 二仁溪下游水質樣品測得 PCBs (Aroclor 1242) 含量結果

Table 6. Results of PCBs (Aroclor 1242) analysis on the water samples from the downstreams of Er-Jen Creek

	[SAMPLE]	[NO:]	[PEAK 7]	[PEAK 10]	[PEAK 11]	[PEAK 12]	[4-P TOT]	[GC-PPm]	[SAMP-PPb]
[WATER]	1	[W18]	/	/	133,090	/	133,090	*	*
[WATER]	2	[W34]	/	/	818,350	/	818,350	0.434	0.43
[WATER]	2	[W35]	/	/	823,280	/	823,280	0.437	0.44
[WATER]	3	[W41]	244,860	417,810	1,118,600	362,400	2,143,670	1.720	3.3
[WATER]	3	[W44]	208,640	530,770	1,339,200	247,360	2,325,970	1.988	3.8
[WATER]	3	[W42]	267,260	625,600	1,491,400	436,580	2,820,840	2.718	5.2
[WATER]	4	[W37]	/	/	865,130	/	865,130	0.461	0.69

註：“*”表偵測極限以下 (SAMPLE 1)

SAMPLE 3 平均濃度 4.1 PPb

SAMPLE 2 平均濃度 0.44 PPb

表七 二仁溪下游土壤樣品測得 PCBs (Aroclor 1242) 含量結果

Table 7. Results of PCBs (Aroclor 1242) analysis on the soil samples from the downstreams of Er-Jen Creek

	[POINT]	[NO:]	[PEAK 7]	[PEAK 10]	[PEAK 11]	[PEAK 12]	[4-P TOT]	[GC-PPm]	[SAMP-PPm]
[SOIL]	[1]	[W25]	432,970	523,090	587,380	507,520	2,050,960	1.583	0.17
[SOIL]	[2]	[V20]	31,956,000	6,210,200	3,315,500	1,391,300	42,873,000	61.752	1.73
[SOIL]	[2]	[V21]	35,108,000	6,531,800	3,459,600	1,467,400	46,566,800	67.196	1.80
[SOIL]	[3]	[V8]	255,930	381,390	553,210	372,480	1,563,020	0.864	0.05

表七：二仁溪下游土壤採樣結果。

5. 結 論

本研究分為兩部份，第一部份係建立一完整且可信度高的 PCBs 分析方法，藉由 HRGC/ECD /DS (High Resolution Gas Chromatography/Electron Capture Detector/Data System) 及 GC-MS (Gas Chromatography/Mass Spectrometry) 技術，可有效地進行定性及定量分析，具有相當地實用性及可信度，因此得以利用此分析方法來偵測多氯聯苯異樣物，本實驗方法略加修改亦可測試其他含氯有機氯化物在土壤及水質中的含量。

第二部份為以此技術來對二仁溪下游流域環境中 PCBs 之含量分析，由數據中可知在土壤方面：岸上燃燒廢五金工廠邊土壤 sample (2)，由於不受河水之沖洗 PCBs 含量最高 1.8 ppm，河邊淤泥係受河水沖洗含量明顯下降 0.17 ppm sample (1)，而於離海口最近之採樣點 sample (3) 由於更受潮水之稀釋、沖洗，PCBs 濃度最低 0.05 ppm。而在水質方面：由於水對 PCBs 的溶解度甚低，且 PCBs 異構物的溶解度亦不盡相同，故水的氣相層析圖與標準品的氣相層析圖，即不相似（比較圖四與圖九），且以所挑出 (peak 7, 10, 11, 12) 四根標準品的峰，由 4 根峰之相對量與由試水所得之 4 根峰相對量來比較。其所得之資訊，也可看出 PCBs 之異構物在水中溶解度各有所不同。但以土壤的氣相層析圖與標準品的氣相層析圖來比較，其峰的分佈，與量的比例，頗為類似。比較圖四與圖十。由實驗結果得知 PCBs 於土壤中的濃度 (2~0.05 ppm) 遠大於 PCBs 於水質的濃

度 (4 ppb 以下)。

參 考 文 獻

1. Schmidt, H. and G. Schultz (1881). *Ann.* **207**: 338.
2. 陳永仁, (1988)。廢電器燃燒污染與健康影響研究。各大書局。
3. 陳國誠, (1980)。饒連財; 臺灣植物保護中心毒理綜合論述第 12 號。
4. Michael D. Mullin *et al.* (1984). *Environ. Sci. Technol.* **18**: 468-476.
5. Addison, R. F. (1983). *Environ. Sci. Technol.* **17**(10): 486A-494A.
6. 行政院 76.4.11。臺七十六衛字第六七三二號函核定行政院衛生署 76.5.5 衛署環字第六五四七九八號令發布第一條, 依水污染防治法第 9 條第 2 項之規定, 訂定放流水標準。
7. Environmental Protection Agency. (1976). *Quality Criteria for Water*. Washington, D. C.
8. 郁仁貽, (1988)。環境污染防治。復文書局。
9. Jiann Chu Chen "Analysis of Water Quality" 1983.7.
10. Ann L. Alford-Stevens *et al.* (1986). *Anal. Chem.* **58**: 2022-2029.
11. Ann L. Alford-Stevens *et al.* (1985). *Anal. Chem.* **57**: 2452-2457.
12. B. L. Sawhnet *et al.* (1981). *J. Environ. Qual.* **10**(4): 444-448.
13. Richard F. Bopp *et al.* (1981). *Environmental Science & Technology* **15**: 210-216.
14. Federal Register (1984). **49**(209): 89-104.
15. 竹下隆三、武田明治、土屋悅輝, (1973)。環境污染分析法—PCB, 大日本圖書。
16. 李文台, (1985)。 「PCB, PCDD 及 PCDF 等毒性污染物分析方法之研討」 臺電工程月刊, **457**(1): 33-44。
17. 周薰修, 賀克勤, 陳漢恆, (1986)。 「多氯聯苯在臺北縣魚貝類殘留量之分析」。 *Chemistry*, **44**(2): 44-53。
18. 千葉洋三, 渡部欣愛, 服部兄雄 「PCB 分析方法解說」 日本分析化學研究所, 科學新聞社編印, pp. 28-51, 86-91, 101-113。
19. Haleem J. Issaq *et al.* (1989). *J. of Chromato. Sci.* **27**: 172-175.

Analysis of Polychlorobiphenyls in Er-Jen Creek Area

An-Jin Woo,* Den-Nan Horng,** Shen-Kun Liao,***

Chung-Jong Lee* and Chow-Eng Low*

* *Department of Chemistry, National Cheng-Kung University,
Tainan, Taiwan*

** *Department of Physics and Chemistry, Chinese Military
Academy*

*** *Textile Engineering Department, Feng Chia University,
Taichung, Taiwan*

ABSTRACT

Polychlorobiphenyls (PCBs), a group of chlorinated organic compounds, are notoriously known for their high toxicity. Their toxicological effects on human beings and to the environment have been widely cited in scientific literature. Two characteristics of PCBs, viz, high stability and cumulative toxic effects, make them so dangerous that even trace quantities of PCBs can have long lasting effects. Pollution of PCBs has been a threat to the health and well-being of the inhabitants in the surrounding areas of Wan-Li, a small township located in the southern outskirts of Tainan City, where the downstream of Er-Jen Creek passes through before entering the Taiwan Strait. For the past twenty years, inhabitants have been burning electric scrap metals (transformers, cables, chip boards, etc.) for a living, in order to reclaim the minute amount of precious metals such as gold, silver, etc., that might have been blended in those scraps. During the process of burning, tons and tons of highly toxic air pollutants are being generated and spread into the surrounding areas, polluting the soil and the water, resulting in inestimable loss of lives and properties.

We have devised and implemented a method to effectively analyze the contents of PCBs that may be present in the soil and water. The method consists of utilizing a high resolution capillary column in the gas chromatograph equipped with a electron capture detector, coupled with programmed temperature gradients. We have consistently observed that the detection limit lies in the ppb range. With this method, we have analyzed water and soil samples collected from the Er-Jen Creek area, and observed that the water samples contained PCBs in the range much lower than 4 ppb, while the soil samples had PCBs in the range of 50 ppb to 2 ppm.