

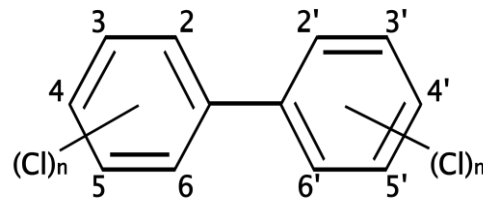
# 多氯聯苯檢測分析-氣相串聯式質譜儀

## Analysis Aroclors Polychlorinated Biphenyls (PCBs)-Triple Quadrupole GC/MS

李靜宜/正修科技大學環境毒物與新興污染物研究中心

多氯聯苯 (polychlorinated biphenyls, PCBs) 是由 209 種的氯化物所混合而成的，從 1930 年開始大量並廣泛地被使用於一般工業上，做為電容器及變壓器之絕緣油 (用量最多)，以及無碳影印紙與塑膠之添加物。經由製造、使用及丟棄的方式進入到空氣、水及土壤中，也會從有害廢棄物處理場被釋放到環境。多氯聯苯分子式為  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  ( $n=1\sim 10$ )，依聯苯結構上氯原子取代數目及位置的不同共有 209 種同源物 (congeners)，其氯化程度的不同又區分為 10 種同族，每一同族物中，依氯原子位置的不同，會有不同數目的同分異構物 (isomers)。在美國許多商業用的多氯聯苯混合物是以 Aroclor 做為商品名稱，依其含氯量多寡作為命名方式，Aroclor 系列有 1016、1221、1232、1242、1248、1254、1260、1262 及 1268。

國內目前對於土壤 PCBs 污染值法規規範基本上是以 Aroclor 系列為定量基準。



依照國內環檢所方法 NIEA M619 中，是以氣相層析電子捕獲偵測器 (GC/ECD/ECD) 檢測分析土壤中多氯聯苯，使用 GC/ECD/ECD 主要是因對鹵素化合物有極佳的感度，但因土壤會因污染來源而含有各種不同鹵素化合物，土壤樣品經由淨化後，仍不易完全去除這些共存的鹵素化合物，這些非多氯聯苯類鹵素化合物也會一起在 GC/ECD/ECD 圖譜上呈現出來，見 Fig. 1，氯苯及氯酚類化合物，以 GC/ECD/ECD 分析時會造成判讀上的困擾。

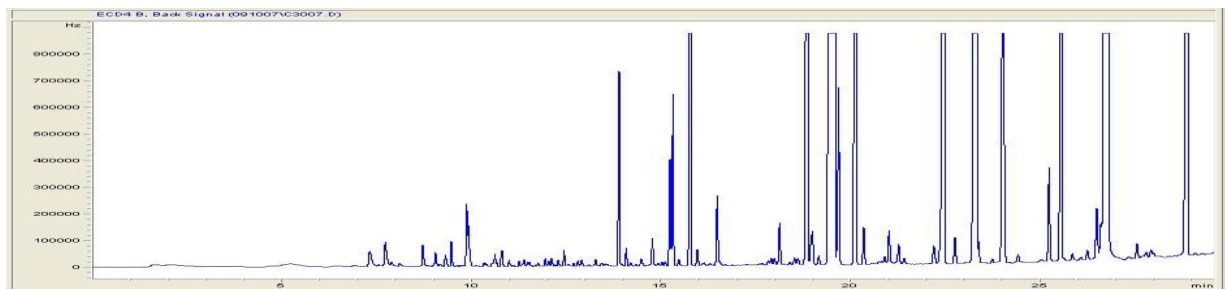


Fig.1 土壤樣品經由萃取、濃縮及淨化後於 GC/ECD/ECD 分析，非多氯聯苯鹵素化合物造成干擾影響判讀。

若改以氣相層析質譜儀(GC/MS)分析雖有較好的選擇性，但 GC/MS 對於 PCBs 的感度遠差於 GC/ECD/ECD，且土壤中較難去除的長碳鏈化合物也會造成圖譜的干擾而無法準確判讀，見 Fig. 2。

本方法以感度及解析度更好的 GC/MS/MS 來改善 GC/ECD/ECD 及 GC/MS 在分析 PCBs 上所碰到的困擾，因 GC/MS/MS 的高感度及解析度在對於去除化學背景干擾有極佳表現，見 Fig. 3。

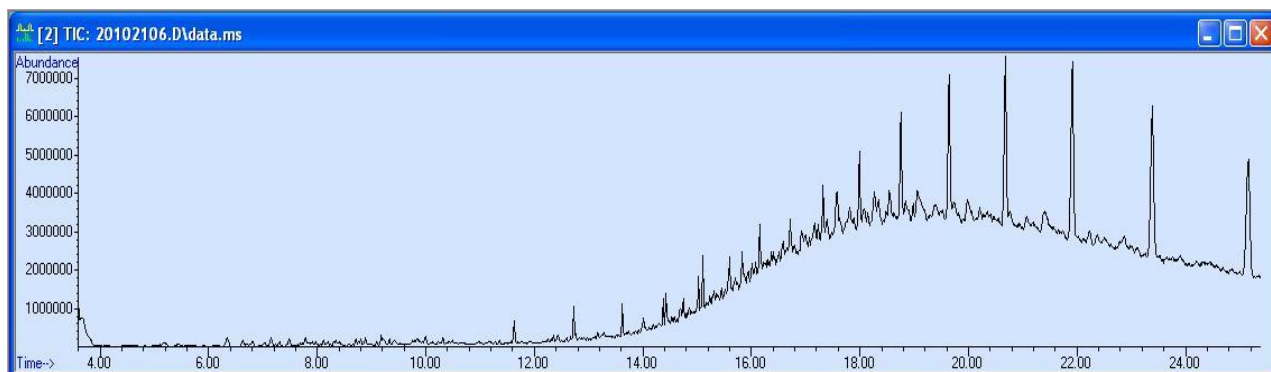


Fig.2 土壤樣品經由萃取、濃縮及淨化後於 GC/MS 分析，長碳鏈化合物造成干擾影響判讀。

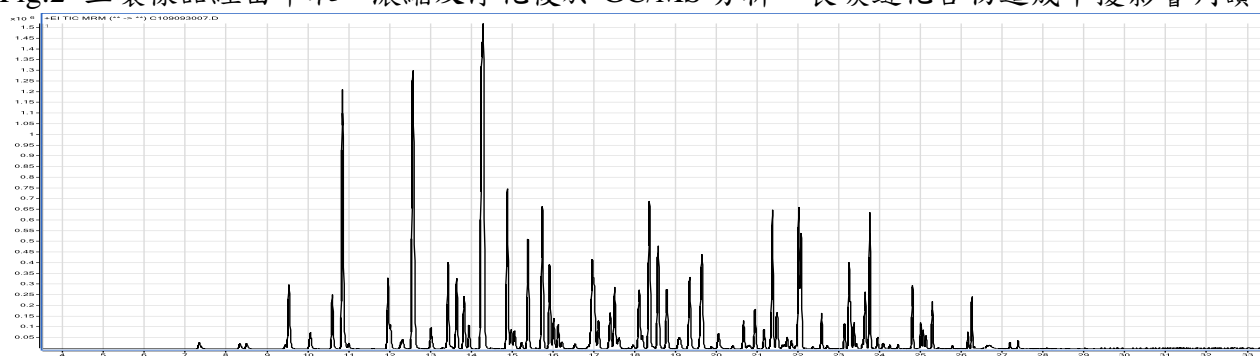


Fig.3 土壤樣品經由萃取、濃縮及淨化後於 GC/MS/MS 分析，非多氯聯苯鹵素化合物及長碳鏈干擾明顯去除。

## 1. 分析方法

土壤樣品以溶劑(正己烷:二氯甲烷 1:1),經超音波萃取後,將萃取液以淨化管柱淨化,再將沖提液濃縮上機分析。此次分析利用 GC/MS/MS 進行檢測,樣品經由離子源離子化後進入第一級四級桿質量過濾器中,所篩選出的母離子會於六級桿碰撞池內進行碎裂,碎裂後的離子會在進行第二級四級桿質量過濾器中進行第二次質量篩選,其篩選出的定量/定性之離子可藉由三軸高能倍增氣電檢檢測器(EM)來進行準確的定性及定量分析。GC/MS/MS 為安捷倫系列 GC7890A、MS7000A,以 1~10 氯原子來代表 PCBs,其母離子(Precursor ion)/子離子(Product ion)及 CE(V)值設定如 Table 1。管柱使用 ZB-PAH-EU 30m 0.25mm × 0.20 μm,樣品分析前先以 M1668A PCBs 為時窗標準品,訂出 1~10 氯 PCBs 的管柱滯留時窗如 Fig. 4 所示。

Compound Name	Precursor ion	Product ion	CE(V)
PCB 1Cl	190	152	30
PCB 1Cl	188	152	30
PCB 2Cl	224	152	26
PCB 2Cl	222	152	26
PCB 3Cl	257.9	188	26
PCB 3Cl	255.9	186	26
PCB 4Cl	291.9	221.9	28
PCB 4Cl	289.9	219.9	28
PCB 5Cl	325.9	255.9	28
PCB 5Cl	323.9	253.9	28
PCB 6Cl	361.9	291.8	28
PCB 6Cl	359.9	289.9	28
PCB 7Cl	395.8	325.9	28
PCB 7Cl	393.8	323.9	28
PCB 8Cl	429.8	359.8	30
PCB 8Cl	427.8	357.8	30
PCB 9Cl	463.7	393.8	30
PCB 9Cl	461.7	391.8	30
PCB 10Cl	499.7	429.8	30
PCB 10Cl	497.7	427.7	30

Table 1. 多氯聯苯定性及定量離子

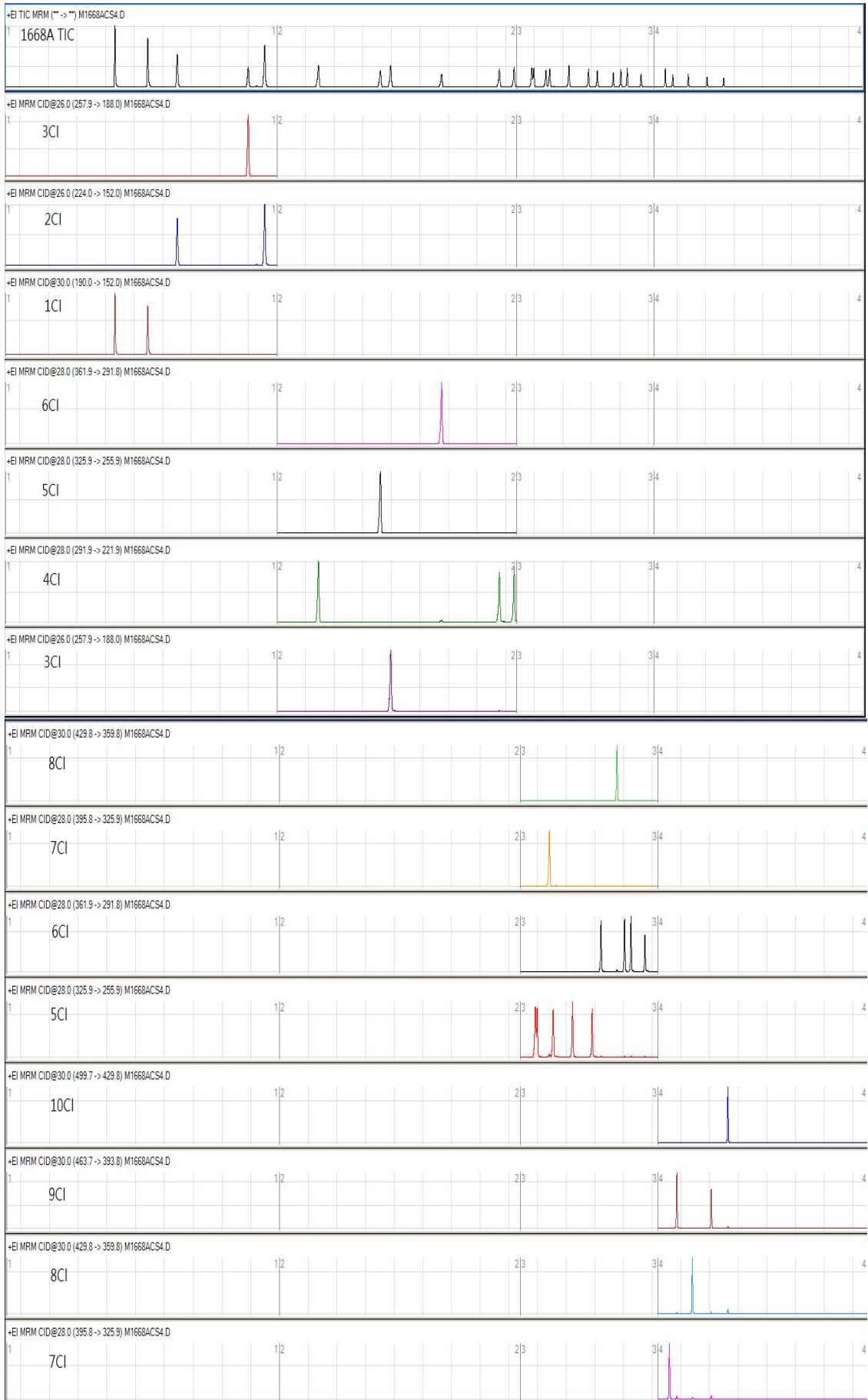


Fig. 4 M1668A PCBs 標準品管柱滯留時窗 1Cl~10Cl TIC MRM 圖。

再依 M1668A PCBs 時窗標準品來建立 Aroclor 系列 1016、1221、1232、1242、1248、1254、及 1260 標準品之 GC/MS/MS 標準圖，見 Fig. 5，在此可看出 Aroclor 系列的 TIC MRM 上不同氯數的分佈及時窗。

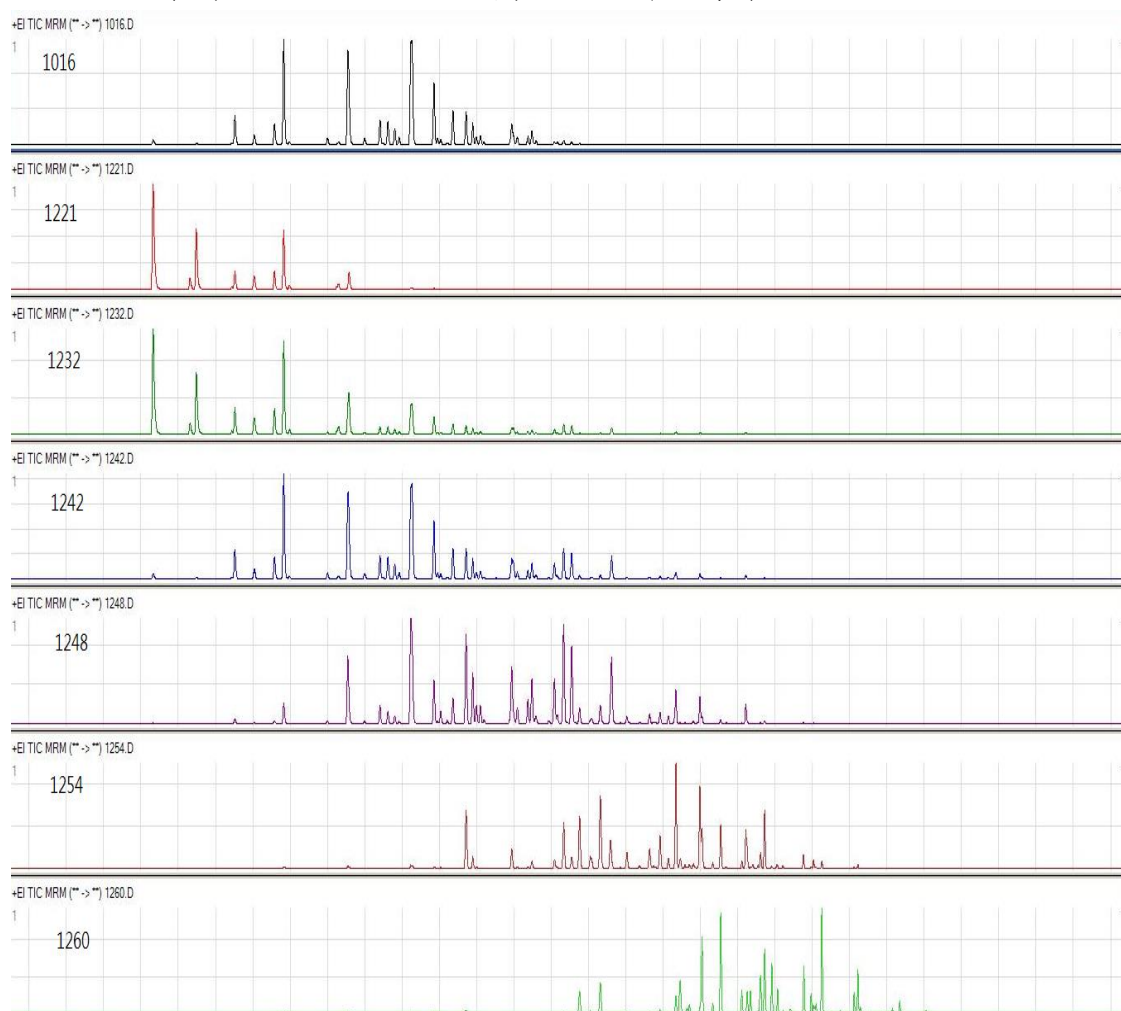


Fig. 5 Aroclor 系列 1016、1221、1232、1242、1248、1254、及 1260 GC/MS/MS 標準圖，濃度為 1 mg/L。

將先前以 GC/ECD/ECD 及 GC/MS 分析後因干擾而影響判讀的土壤樣品(見 Fig. 1, Fig. 2)，以 GC/MS/MS 分析後，可看到未受非多氯聯苯鹵素化合物及長碳鏈化合物干擾的 TIC MRM 圖，見 Fig. 6。從土壤樣品 TIC MRM 與 Aroclor TIC MRM 標準圖比對中可看出土壤樣品 7Cl 圖 A、6Cl 圖 B、5Cl 圖 C，分別與 Aroclor 1254 標準圖(Fig. 7) 7Cl 圖 A'、6Cl 圖 B'、5Cl 圖 C'極為相似；而土壤樣品 4Cl 圖 a、3Cl 圖 b、2Cl 圖 c 與 Aroclor 1242 標準圖(Fig. 8) 4Cl 圖 a'、3Cl 圖 b'、2Cl 圖 c'極為相似，可精確的判斷出土壤中含有 Aroclor 1254 及 Aroclor 1242 二種污染。

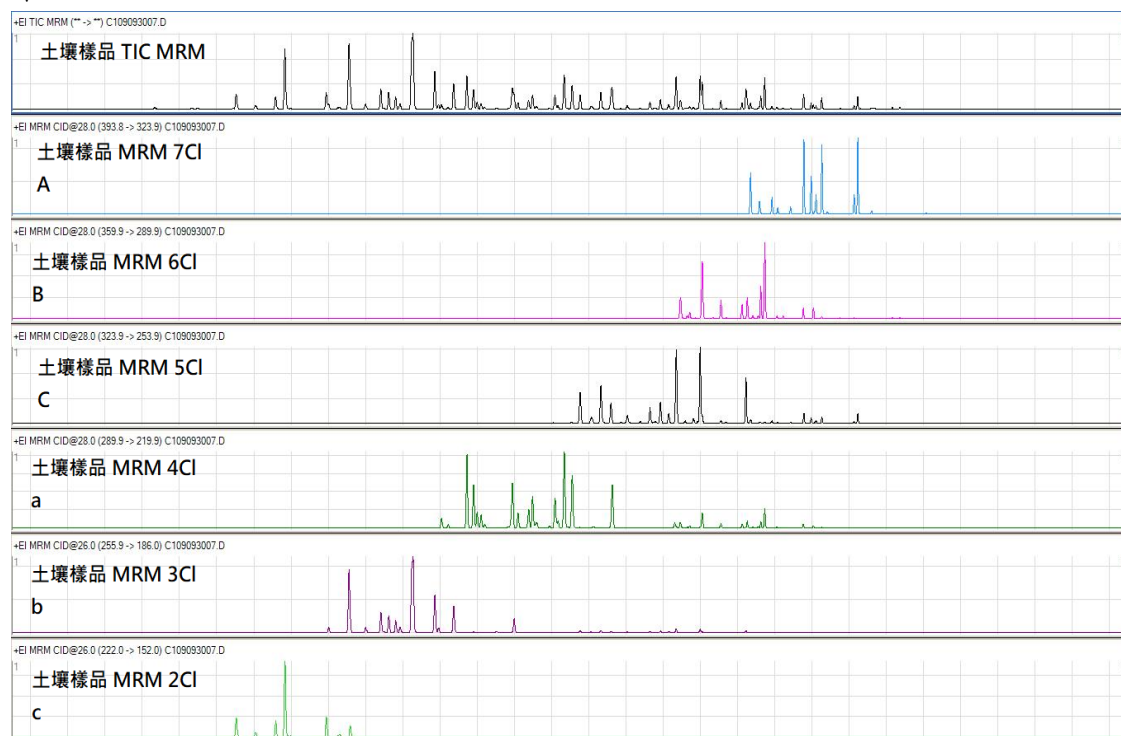


Fig. 6 土壤樣品以 GC/MS/MS 分析後其氯數的分佈範圍為 2Cl~7Cl。

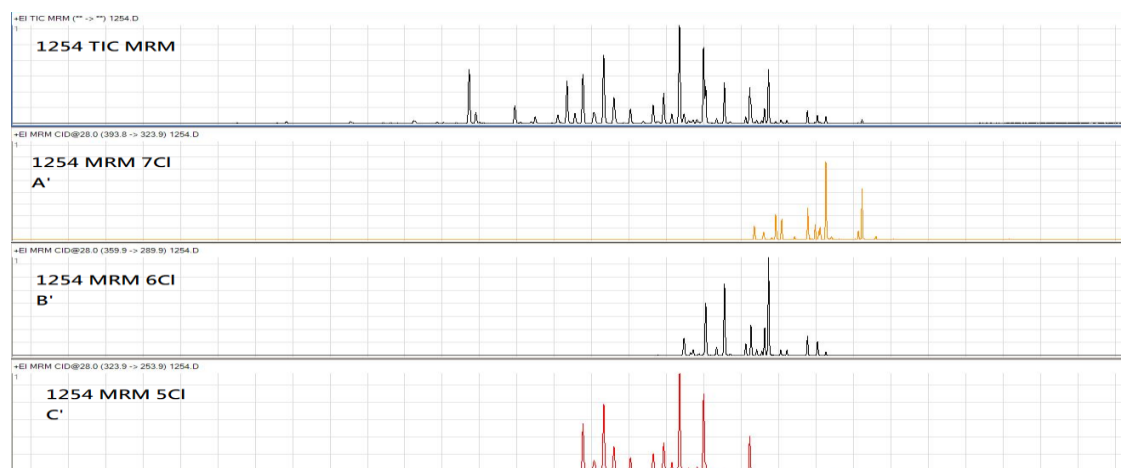


Fig. 7 Aroclor 1254 MRM 氯數範圍為 7Cl、6Cl 及 5Cl。



Fig. 8 Aroclor 1242 MRM 氯數範圍為 4Cl、3Cl 及 2Cl。

## 2. 結論

當分析土壤內 Aroclor PCBs 汙染時，相較於 NIEA M619 方法所使用的 GC/ECD/ECD，我們將 Aroclor PCBs 應用於 GC/MS/MS 上，會有更精準的解析度和鑑別度，尤其當汙染是多類型 Aroclor 時，更顯出 GC/MS/MS 的定性定量優勢。

## 參考文獻

排放管道中半揮發性有機物檢測方法—氣相層析／串聯式質譜儀 (NIEA 812)。

審稿者：余建源 組長/正修科技大學環境毒物與新興污染物研究中心