

本院環境檢測標準方法研商會 議程

一、主席致詞

二、方法草案討論

- (一) 燃料中生質碳含量檢測方法—選擇性溶解法(NIEA M504.00B)草案 (氣候變遷研究中心 游雯琪)
- (二) 燃料中生質碳含量檢測方法—加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M505.00C)草案 (氣候變遷研究中心 游雯琪)
- (三) 燃料中生質碳含量檢測方法—液態閃爍計數器測定放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M506.00B)草案 (氣候變遷研究中心 游雯琪)
- (四) 飲用水水質採樣方法(NIEA W101.58A)草案 (檢測技術中心 蔡志賢)
- (五) 水中全氟與多氟烷基物質檢測方法—液相層析串聯式質譜儀法(NIEA W542.53B)草案 (檢測技術中心 陳明君)
- (六) 土壤及底泥水分含量測定方法—重量法(NIEA S280.63C)草案 (檢測技術中心 呂銘哲)

三、主席結論

註 1：會議資料請上本院網站草案預告區及最新消息查詢

註 2：會議以 **Google Meet** 視訊召開，當日視訊連結網址

<https://meet.google.com/icz-brmw-xwj>



報名 QR 碼：

報名表：<https://forms.gle/JFaujzSP3xCHQe1L8>

燃料中生質碳比率檢測方法－選擇性溶解法 (NIEA M504.00B)草案總說明

為配合氣候變遷因應法第四十一條第三項，參考國際標準組織方法(Solid recovered fuels – Methods for the determination of biomass content. ISO 21644)，擬具「燃料中生質碳比率檢測方法－選擇性溶解法(NIEA M504.00B)」草案，其要點如下：

- 一、 本方法適用於燃料中生質碳比率介於 10%至 90%之樣品量測，燃料樣品組成須符合以下兩類之一：依據「固體再生燃料製造技術指引與品質規範」所定義之適燃物，包含(1)由廢塑膠混合物(D-0299)、固體再生燃料原料用廢塑膠(R-0221)、廢木材棧板(R-0701)、廢紙混合物(D-0699)及輪胎片來源之廢橡膠類(R-0301)等經處理後製成的固體再生燃料；(2)由輪胎片來源之廢橡膠類(R-0301)、漿紙污泥(R-0904)、紙廠申報之有機性污泥(D-0901)及回收木質燃料(170046)等組成的廢棄物再利用燃料。
- 二、 本方法係利用生物質可被濃硫酸及過氧化氫選擇性溶解之原理，分離燃料樣品中之生物質與非生物質。藉由測定處理前後樣品之重量、灰分及總碳含量，計算其生質碳比率。

燃料中生質碳比率檢測方法－選擇性溶解法 (NIEA M504.00B)草案

公 告	說 明
主旨：訂定「燃料中生質碳比率檢測方法－選擇性溶解法 (NIEA M504.00B)草案」，並自中華民國一百十五年五月三十一日生效。	方法名稱及生效日期。
依據：氣候變遷因應法第四十一條第三項。	法源依據。
公告事項：環境檢測標準方法內容詳如附件。	方法內容。

燃料中生質碳比率檢測方法－選擇性溶解法（草案）

中華民國 110 年 00 月 00 日環部授研字第 0000000 號公告

自中華民國 110 年 00 月 00 日生效

NIEA M504.00B

一、方法概要

本方法係利用生物質可溶於濃硫酸及過氧化氫，而非生物質不易被溶解之特性，使生物質與非生物質得以分離。燃料樣品與濃硫酸及過氧化氫反應後，生物質被選擇性溶解，而非生物質則保留於殘渣中，最終以總碳百分比表示，即為燃料中生質碳比率。

乾燥後之樣品於選擇性溶解前後皆須稱重，並測定其灰分及總碳含量。若樣品灰分大於 10 % (w/w)，則表示樣品中含有一定量的碳酸鹽，應另行測定灰分中碳酸鹽之碳含量，並將其從總碳含量中扣除，以修正計算生質碳比率。

二、適用範圍

- (一) 本方法適用於燃料中生質碳比率介於 10 % 至 90 % 之樣品量測，樣品組成須符合二、適用範圍 (二) 之內容。樣品先目視檢查，如屬單一來源固態生質燃料，則不須檢測，其生質碳含量為 100 %。
- (二) 本方法適用的樣品包括兩大類：
 1. 由以下適燃物經處理後製成之固體再生燃料，各類適燃物定義詳見固體再生燃料製造技術指引與品質規範：廢塑膠混合物(D-0299)、固體再生燃料原料用廢塑膠(R-0221)、廢木材棧板(R-0701)、廢紙混合物(D-0699)、廢橡膠類(R-0301)（註 1）。
 2. 由以下組成之廢棄物再利用燃料：廢橡膠類(R-0301)（註 1）、漿紙污泥(R-0904)、有機性污泥(D-0901)（註 2）及回收木質燃料(170046)等。
- (三) 非前項 (一)、(二) 所述之方法適用範圍及燃料，則須以「燃料中生質碳比率檢測方法－加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(¹⁴C)法」確認樣品適用性，其與前述方法測值差異須小於 20 %。

三、干擾

- (一) 有些生物質材料對於濃硫酸與過氧化氫有抗溶解性，如：生質塑膠等（表一），導致低估生質碳比率，影響本方法的適用性。
- (二) 有些非生物質材料會溶於濃硫酸與過氧化氫，如：聚醯胺

(Polyamide)、聚氨酯(Polyurethane)、矽橡膠(Silicone rubber)等(表一)，導致高估生質碳比率，影響本方法的適用性。

四、設備與材料

- (一) 減積設備：破碎機(Crusher)、研磨機(Mill)、切割機(Cutter)、冷凍破碎機(Freeze crusher)、冷凍切割機(Freeze cutter)或其他設備。
- (二) 標準篩：篩網孔徑為 1 mm。
- (三) 烘箱（乾燥用）：可控制溫度範圍為 103 °C 至 107 °C，且可提供腔體每小時 3 次至 5 次之換氣率，且空氣流速（註 3）不能使樣品吹離托盤或稱量瓶。
- (四) 分析天平：可精稱至 0.1 mg。
- (五) 三角錐形瓶：500 mL 至 1000 mL 之硼矽玻璃製品。
- (六) 坩鍋：耐腐蝕及耐熱材質（如：陶瓷、二氧化矽、玻璃製，深度為 10 mm 至 20 mm，尺寸應能使平鋪樣品層每平方公分不超過 0.1 g）。
- (七) 乾燥器（或乾燥箱）：材質須能耐 300 °C 以上。
- (八) 過濾裝置：如布氏漏斗(Büchner funnel)。
- (九) 玻纖濾紙：至少可用於過濾 1 μm 大小的殘渣顆粒，濾紙大小為直徑 10 公分或 12.5 公分，耐受 550 °C 之高溫。另若生質物含量大於 80 %，得使用直徑較小之濾紙。
- (十) 元素分析儀。
- (十一) pH 計（數位式）或 pH 試紙。

五、試劑

- (一) 濃硫酸：分析試藥級，78 %。假設原濃硫酸購買濃度為 98 % (w/w)，欲配製出 78 % (w/w) 硫酸，取約 433 mL 濃硫酸緩慢加入 204 mL 試劑水中，充分混合均勻。混合過程為放熱反應，請於通風櫃中操作，待其放置室溫即完成。
- (二) 過氧化氫：分析試藥級，35 %。
- (三) 試劑水：不含待測物之去離子水或蒸餾水。
- (四) 生質碳標準品：已知碳含量且生質碳比率為 100 % 的一級標準品，如：可追溯至國家標準技術研究所(National institute of standards and technology, NIST)的一級標準品硬木生物質材料(SRM 2790)或軟木生物質材料(SRM 2791)。

六、採樣與保存

- (一) 樣品採集依據「固體再生燃料採樣方法(NIEA M195.0)」(註 4) 規定執行，所採集樣品須具代表性，採集之樣品以密封袋（或桶）保存。
- (二) 目視或觸感潮濕樣品可依「燃料中水分檢測方法(NIEA M214.0)」進行預乾燥處理，乾燥或預乾燥後樣品保存於乾燥陰涼處，最長保存期限 180 天。

七、步驟

- (一) 分析前：燃料樣品中若含雜質（註 5）應先去除。
- (二) 樣品前處理：以減積設備破碎樣品，再以篩網孔徑 1 mm 的標準篩過篩，混合均勻後縮分至檢測所需樣品量（約 20 g），完成此步驟後為待分析之樣品。
- (三) 將部分前處理後的樣品置於 103 °C 至 107 °C 之烘箱中乾燥至恆重（註 6），檢測燃料的碳含量(C_{tot})及灰分含量(A_{fuel})，碳含量測定方法依「廢棄物及燃料中元素含量檢測方法—元素分析儀法(NIEA M403.0)」，灰分含量測定方法依「燃料中灰分及可燃分檢測方法(NIEA M215.0)」，並將灰分保留。
- (四) 當燃料樣品灰分含量大於 10 % (w/w) 時，則須進一步依「廢棄物及燃料中元素含量檢測方法—元素分析儀法(NIEA M403.0)」測定灰分總碳含量(C_{ash})。
- (五) 取七、(三) 至少 5 g 前處理後之樣品置於坩堝中，於 103 °C 至 107 °C 烘箱中乾燥至恆重（註 6），扣除坩堝重量後，即為選擇性溶解法中之樣品重量(m_A)。
- (六) 於抽氣櫃內，將樣品置入錐形瓶中，沿玻棒緩慢加入 78 % 硫酸 150 mL，至樣品完全浸潤於液面下。
- (七) 確認樣品完全浸潤後，反應 16 小時 $\pm$ 2 小時，再沿玻棒緩慢加入 30 mL 之 35 % 過氧化氫（註 7），使樣品完全浸潤於液面下。
- (八) 確認樣品完全浸潤後，將樣品放置於抽氣櫃內反應 5 小時 $\pm$ 1 小時後，加入 300 mL 試劑水稀釋，再以布氏漏斗裝置過濾。使用的玻纖濾紙應事先置於 103 °C 至 107 °C 之烘箱中乾燥至恆重（註 6），並紀錄玻纖濾紙重量(m_{filter})。
- (九) 過濾後，以 50 mL 試劑水沖提濾紙上的殘渣(Residue)，至少須沖提 6 次，且每次沖提間務必確認前次沖提的試劑水已完全過濾，用以去除殘渣中可能殘留的硫酸與過氧化氫，直至下方錐形瓶中的濾液 pH 值 $\geq$ 3。
- (十) 將殘渣連同玻纖濾紙置於 103 °C 至 107 °C 之烘箱中乾燥至恆重

(註 6)，並扣除玻纖濾紙重量，紀錄殘渣重量(m_{residue})。

- (十一) 依「廢棄物及燃料中元素含量檢測方法－元素分析儀法(NIEA M403.0)」，「燃料中灰分及可燃分檢測方法(NIEA M215.0)」測定殘渣中的總碳含量(C_{residue})。
- (十二) 進行重複樣品分析時，步驟不包含前處理，兩個重複分析的樣品應取自同一樣品經前處理破碎過篩後的粉料，以避免樣品取樣誤差影響檢測流程重複性的評估。

八、結果處理

生質碳比率計算公式：

若灰分含量大於 10 %(w/w)時，使用以下公式計算：

$$W_{\text{B,TC}} = 100 - \left(\frac{A_{\text{fuel}} \times C_{\text{ash}} + X_{\text{residue}} \times C_{\text{residue}}}{C_{\text{tot}}} \right)$$

$$X_{\text{residue}} = \frac{m_{\text{residue}}}{m_A}$$

若灰分含量小於 10 %(w/w)時，使用以下公式計算：

$$W_{\text{B,TC}} = 100 - \left(\frac{X_{\text{residue}} \times C_{\text{residue}}}{C_{\text{tot}}} \right)$$

$W_{\text{B,TC}}$ ：生質碳比率，以總碳百分比(%)表示

A_{fuel} ：樣品中的灰分含量(%) (w/w)

C_{ash} ：灰分中總碳含量

C_{residue} ：殘渣的總碳含量

C_{tot} ：樣品的總碳含量

X_{residue} ：選擇性溶解後殘渣的重量占比(%) (w/w)

m_{residue} ：選擇性溶解後的殘渣重量(g)

m_A ：執行選擇性溶解法的樣品重量(g)

九、品質管制

- (一) 重複樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次重複樣品分析，其相對差異百分比應在 15 %以內。
- (二) 查核樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次查核樣品分析，其差值應在 15 %以內。

十、精密度與準確度

單一實驗室於國內各種不同燃料樣品生質碳比率檢測結果如表二。

十一、參考資料

- (一) 參考國際標準化組織方法(ISO 21644:2021 Solid recovered fuels — Methods for the determination of biomass content.)
- (二) 國家環境研究院，固體再生燃料採樣方法 NIEA M195.01C，中華民國 113 年。
- (三) 國家環境研究院，廢棄物及燃料中元素含量檢測方法—元素分析儀 NIEA M403.03B，中華民國 113 年。
- (四) 國家環境研究院，燃料中灰分及可燃分檢測方法 NIEA M215.02C，中華民國 114 年。
- (五) 國家環境研究院，資源循環及減碳效益驗證技術，中華民國 112 年。
- (六) 國家環境研究院，資源循環及減碳效益驗證技術(2/4)，中華民國 113 年。
- (七) 國家環境研究院，資源循環及減碳效益驗證技術(3/4)，中華民國 114 年。
- (八) 國家環境研究院，燃料中水分檢測方法 NIEA M214.01C，中華民國 113 年。

- 註 1：橡膠類僅限輪胎片來源之廢橡膠(R-0301)。
- 註 2：有機性污泥僅限紙廠申報之有機污泥(D-0901)。
- 註 3：若樣品在乾燥溫度（103 °C至 107 °C）下易氧化，則空氣應改用氮氣，且於報告中註明。
- 註 4：本文引用之所有公告方法編碼，以環境部最新公告者為準。
- 註 5：如硬質合金、石頭、瀝青塊等，應收集此類材料稱重、拍照，並於報告備註中說明。
- 註 6：恆重之定義為：待測物於 103 °C至 107 °C下加熱 60 分鐘內，加熱前後的重量變化不超過 0.2 %。
- 註 7：若樣品之生質碳比率較高，加入過氧化氫時反應可能較為劇烈。為避免產生噴濺，建議分批少量加入 35 % 過氧化氫試劑。

表一、使用選擇性溶解法量測不同材料的生質碳比率

生物質/非生物質	材料	生質碳比率測定值
生物質	熱帶硬木(娑羅) Tropical hard wood	100 %
	松樹 Pine	100 %
	杉木 Fir	100 %
	橡木 Oak	100 %
	鴨毛 Duck feathers	100 %
	亞麻布 Linen	99 %
	中密度纖維板殘留物 MDF residues	99 %
	棉 Cotton	99 %
	BIOPAC® (澱粉基底) BIOPAC® (based on starch)	99 %
	影印紙 Copy paper	99 %
	乳木果殘渣 Shea nut residues	99 %
	破碎的可可殼殘渣 Pulverized cacao shell residues	98 %
	椰子殘渣 Coconut residues	98 %
	廢木屑顆粒 Waste wood pellets	98 %
	柳木 Willow	98 %
	橄欖核殘渣 Olive pit residues	98 %
	顆粒化可可殼殘渣 Pelletized cacao shell residues	97 %
	報紙 Newspaper	97 %
	草的種子 Seeds of grass	97 %
	橄欖殘渣 Palm pit residues	97 %
	亮面紙	97 %

生物質/非生物質	材料	生質碳比率測定值
	Glossy paper	
	櫻桃核 Cherry pits	94 %
	皮革 Leather	93 %
	天然橡膠 Natural rubber	84 %
	黏膠(以纖維素為基底) Viscose (based on cellulose)	83 %
	羊毛 Wool	82 %
	煎炸後油脂 Frying fat	41 %
	木炭 Charcoal	2 %
	ECOPLA® (玉米基底) ECOPLA® (based on corn)	0 %
非生物質	PS 聚苯乙烯泡沫 PS foam (Polystyrene)	-2 %
	PC 聚碳酸酯 PC (Polycarbonate)	- 1 %
	IIR 丁基橡膠 IIR (Butyl Rubber)	0 %
	PS 聚苯乙烯 Polystyrene	0 %
	LDPE 低密度聚乙烯 LDPE (Low density polyethylene)	0 %
	PP 聚丙烯 PP (Polypropylene)	0 %
	PET 聚對苯二甲酸乙二醇 PET (Polyethylene terephthalate)	0 %
	HDPE 高密度聚乙烯 HDPE (High density polyethylene)	1 %
	PVC 聚氯乙烯 PVC (Polyvinylchloride)	2 %
	CR 氯丁基橡膠 CR (Chloroprene rubber)	10 %
	SBR 丁苯橡膠 SBR (Styrene-butadiene rubber)	14 %
	硬煤 Hard coal	43.5 %

生物質/非生物質	材料	生質碳比率測定值
	矽橡膠 Silicon rubber	86 %
	褐煤 PUR Lignite	93 %
	非膨脹聚胺酯 PUR non-expanded (Polyurethane)	95 %
	聚醯胺 6.6 Polyamide 6.6	97 %
	PUR 聚胺酯泡沫 PUR foam (Polyurethane)	98 %

資料來源：本方法參考資料（一）

表二、單一實驗室於燃料生質碳比率的平均值及標準差

樣品名稱	量測 次數	檢測平均值(%)	標準差(%)
固體再生燃料 A (塑膠類、木材類)	3	21.92	2.86
固體再生燃料 B (塑膠類、紙類)	3	52.35	1.29
橡膠類 A	3	27.32	1.72
橡膠類 B	3	28.55	9.75
橡膠類 C	3	45.55	0.14
有機污泥 (紙廠)	3	82.73	2.88
漿紙污泥	3	89.56	1.17

燃料中生質碳比率檢測方法—加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M505.00C) 草案總說明

為配合氣候變遷因應法第四十一條第三項，參考國際標準組織方法(Solid recovered fuels – Methods for the determination of biomass content. ISO 21644)，擬具「燃料中生質碳比率檢測方法—加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M505.00C)」草案，其要點如下：

- 一、 本方法適用於燃料中生質碳比率介於 0%至 100%之樣品量測。
- 二、 燃料樣品中的碳經高溫燃燒轉化為二氧化碳，並經石墨化處理製成石墨靶材後，以加速器質譜儀 (Accelerator mass spectrometer, AMS)量測碳十四與碳十二($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)及碳十三與碳十二($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)同位素比值，並經公式換算求得燃料中生質碳比率。

燃料中生質碳比率檢測方法—加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M505.00C)
草案

公 告	說 明
主旨：訂定「燃料中生質碳比率檢測方法—加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M505.00C)」，並自中華民國一百十五年五月三十一日生效。	方法名稱及生效日期。
依據：氣候變遷因應法第四十一條第三項。	法源依據。
公告事項：環境檢測標準方法內容詳如附件。	方法內容。

燃料中生質碳比率檢測方法—加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(^{14}C)法(草案)

中華民國 110 年 00 月 00 日環部授研字第 0000000 號公告
自中華民國 110 年 00 月 00 日生效
NIEA M505.00C

一、方法概要

燃料中的生質碳比率與放射性同位素 ^{14}C 含量成正比，樣品中的碳經由高溫燃燒轉化為二氧化碳，並以石墨轉化裝置轉化成石墨後，再經由加速器質譜儀(Accelerator mass spectrometer, AMS)進行量測，最終透過自然界中 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位素比值計算現代碳百分比(Percent modern carbon, pmC)，進而定量樣品中之生質碳含量。

二、適用範圍

本方法適用於燃料中生質碳比率介於 0 % 至 100 % 之樣品量測。樣品先目視檢查，如屬單一來源固態生質燃料，則不須檢測，其生質碳含量為 100 %。

三、干擾

- (一) 實驗環境、標準品與樣品保存環境等，應避免受到放射性同位素 ^{14}C 活度(Activity)高的標準品或樣品污染。
- (二) 現代碳百分比係依據 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位素比值進行推算。於石墨轉化之前處理過程中，應確認石墨轉化反應步驟七(二) 3. 已完全進行，且系統內水分已充分去除，以避免產生 ^{12}C 、 ^{13}C 及 ^{14}C 之同位素分餾效應，致影響同位素比值之量測結果。

四、設備與材料

- (一) 減積設備：破碎機(Crusher)、研磨機(Mill)、切割機(Cutter)、冷凍破碎機(Freeze crusher)、冷凍切割機(Freeze cutter)或其他設備。
- (二) 標準篩：篩網孔徑為 1 mm。
- (三) 分析天平：可精稱至 0.1 mg。
- (四) 容量瓶：1 L，硼矽玻璃製品。
- (五) 高溫燃燒裝置：指高溫管爐、彈卡計或其它可將樣品轉化為二氧化碳的燃燒裝置。
- (六) 石墨轉化裝置(Graphite rig)：指將樣品先以高溫燃燒轉化為二氧化碳；二氧化碳再於高溫條件下碳藉由鐵催化劑逐步還原並轉化為石墨之裝置。

(七) 加速器質譜儀(Accelerator mass spectrometer, AMS)。

五、試劑

- (一) 生質碳比率 0 %的標準品：可使用煤炭(BCR 182)或大理石等不含生質碳之材料作為標準品。
- (二) 查核標準品：其他生質碳比率大於 0 %的標準品包括國家標準技術研究所(National institute of standards and technology, NIST)的一級標準品草酸(Oxalic acid II, SRM 4990C)或其他同等級標準品，如纖維素(Cellulose)與蔗糖(Sucrose)等。
- (三) 催化劑：如鐵粉（規格可參照廠商建議）。
- (四) 氫氣：純度 $\geq 99.9995\%$ (5N5)。
- (五) 5 M 鹽酸溶液：試藥級。
- (六) 乾冰。
- (七) 丙酮或乙醇：試藥級。
- (八) 液態氮。
- (九) 試劑水：不含待測物之去離子水或蒸餾水。
- (十) 4 M 氫氧化鉀或氫氧化鈉溶液。
- (十一) 氧氣：純度 $\geq 99.999\%$ 。

六、採樣與保存

- (一) 樣品採集依據「固體再生燃料採樣方法(NIEA M195.0)」(註 1)規定執行，所採集樣品須具代表性，採集之樣品以密封袋（或桶）保存。
- (二) 目視或觸感潮濕樣品可依「燃料中水分檢測方法(NIEA M214.0)」進行預乾燥處理，乾燥或預乾燥後樣品保存於乾燥陰涼處，最長保存期限 180 天。

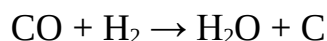
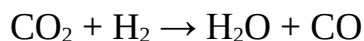
七、步驟

(一) 樣品前處理

1. 分析前：燃料樣品中若含雜質（註 2）應先去除。
2. 燃料樣品前處理：以減積設備破碎樣品，再以篩網孔徑 1 mm 的標準篩過篩，混合均勻後縮分至檢測所需樣品量（約 10 g），完成此步驟後為待分析之樣品。

(二) 上機樣品製備

1. 為使樣品中的碳燃燒轉化成二氧化碳，建議至少在 900 °C 的溫度下，使用高溫燃燒裝置進行燃燒轉化。樣品燃燒方式可參考「燃料熱值檢測方法－彈卡計法(NIEA M216.0)或「石油焦中含硫量檢測方法－高溫管爐燃燒法(NIEA M212.0)」，以下提供高溫管爐燃燒法之燃燒條件，其他高溫燃燒裝置的燃燒參考條件、操作參數等則依燃燒設備操作手冊建議。
 - (1) 燃燒梯度：起始溫度 50 °C，以每分鐘 10 °C 升溫至 950 °C，持溫 1 小時。
 - (2) 氣體與流速：純氧，流率為 50 mL/min。
 - (3) 催化劑：三氧化二鋁。
2. 以下程序擇一將燃燒生成之二氧化碳捕捉或直接導入石墨轉化裝置：
 - (1) 以氣體採樣袋收集，再以幫浦與連通管將氣體採樣袋內的氣體導入至裝有 4 M 氫氧化鉀或氫氧化鈉溶液（註 3）的瓶中。將頂空抽真空之後，加入 5 M 鹽酸（註 4），並用乾冰加丙酮方式製造低溫，讓水分凝固而與氣體分離，達到除水效果（註 5）。除水後，以液態氮冷凍二氧化碳並蒐集，於此階段分取適量樣品（註 6）進行 ^{13}C 測定。再以加熱方式將二氧化碳導入石墨轉化裝置。
 - (2) 直接在燃燒裝置後端將氣體導入石墨轉化裝置。
3. 將二氧化碳導入石墨轉化裝置，如圖一，於石英管中通入氫氣，於 600 °C 高溫下，二氧化碳氣體會經由催化劑逐步轉化為石墨，其反應式如下。為確保二氧化碳完全還原成石墨，於反應過程中應確保水分完全移除，以避免產生同位素分餾效應。



（三）儀器分析

1. 儀器調校

以生質碳比率大於 0 % 的標準品，該標準品同時具有同位素碳十三($\delta^{13}\text{C}$)值，確認加速器質譜儀分析之 $\delta^{13}\text{C}$ 值誤差符合儀器原廠建議值，其 $\delta^{13}\text{C}$ 值可追溯至國際同位素標準物質：維也納箭石(Vienna pee dee belemite, VPDB)。

2. 條件最適化

最適化操作條件會隨使用儀器的不同而異，使用者可參考儀器廠商建議，進行最適化條件探討。

3. 樣品分析

- (1) 進行重複樣品分析時，步驟不包含前處理，兩個重複分析的樣品應取自同一樣品經前處理破碎過篩後的粉料，以避免樣品取樣誤差影響檢測流程重複性的評估。
- (2) 將製備好的石墨樣品壓成靶，並依序安裝於加速器質譜儀樣品盤上。每個靶之間須保持 10 mm 距離以避免交叉污染，放置完成後始得量測。
- (3) 以加速器質譜儀量測石墨樣品中 ^{14}C 的同位素比例。其離子源利用高能量銫離子(Cs^+)濺射石墨樣品，產生負碳離子(C^-)。這些負碳離子經由離子光學聚焦系統後進入串聯加速器(Tandem accelerator)。在加速器中央的氣體剝離器(Gas stripper)中，碳離子與剝離氣體分子碰撞而失去電子，轉變為 C^{n+} 離子($n=1\sim4$)。之後離子束經高壓電場加速，並在分析磁場中依質量與電荷比不同而產生不同偏轉角度，從而分離 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C 同位素並進行偵測。

八、結果處理

- (一) 依據加速器質譜儀量測結果，可求得 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位素比值，再依此計算現代碳百分比(pmC)。

現代碳百分比計算公式：

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{SA}} = \frac{1000 \left[\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{SA}} - \frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{ST,OXII}}}{1 + \frac{\delta^{13}\text{C}_{\text{ST,OXII}}}{1000}} \right]}{\frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{ST,OXII}}}{1 + \frac{\delta^{13}\text{C}_{\text{ST,OXII}}}{1000}}}$$

$\delta^{13}\text{C}_{\text{SA}}$ ：待測樣品 ^{13}C 同位素值

$\delta^{13}\text{C}_{\text{ST,OXII}}$ ：-17.8

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{ST,OXII}}$ ：標準品草酸之 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{SA}}$ ：待測樣品之 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值

$$A_{\text{SN}} = A_s \times \left[1 - \frac{b(25 + \delta^{13}\text{C}_{\text{SA}})}{1000} \right]$$

A_s ：待測樣品 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值扣除背景 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值

b ：2

$$A_{\text{ON}} = 0.7459 \times A_{\text{ST, OXII}} \times \left[1 - \frac{b(25 + \delta^{13}\text{C}_{\text{ST, OXII}})}{1000} \right]$$

$A_{\text{ST, OXII}}$ ：標準品草酸 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值扣除背景 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值

$$\text{pmC} = \frac{A_{\text{SN}}}{A_{\text{ON}}} \times 100\%$$

A_{SN} ：樣品標準化(Normalized)活性

A_{ON} ：現代標準品標準化(Normalized)活性

(二) 樣品中生質碳比率計算公式如下：

$$\text{生質碳比率(\%)} = \frac{\text{pmC}}{\frac{\text{REF}}{100}} \times 100\%$$

pmC：現代碳百分比

REF：大氣感應校正因子(Atmospheric correction factor) (註 7)

九、品質管制

(一) 空白樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次生質碳比率 0 %的標準品分析。

- (二) 查核樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次查核樣品（生質碳比率大於 0 %）分析，差值應在 15 % 以內。
- (三) 重複樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次重複樣品分析，其差值應在 10 % 以內。

十、精密度與準確度

單一實驗室於國內各種不同燃料樣品生質碳比率檢測結果彙整詳表一。

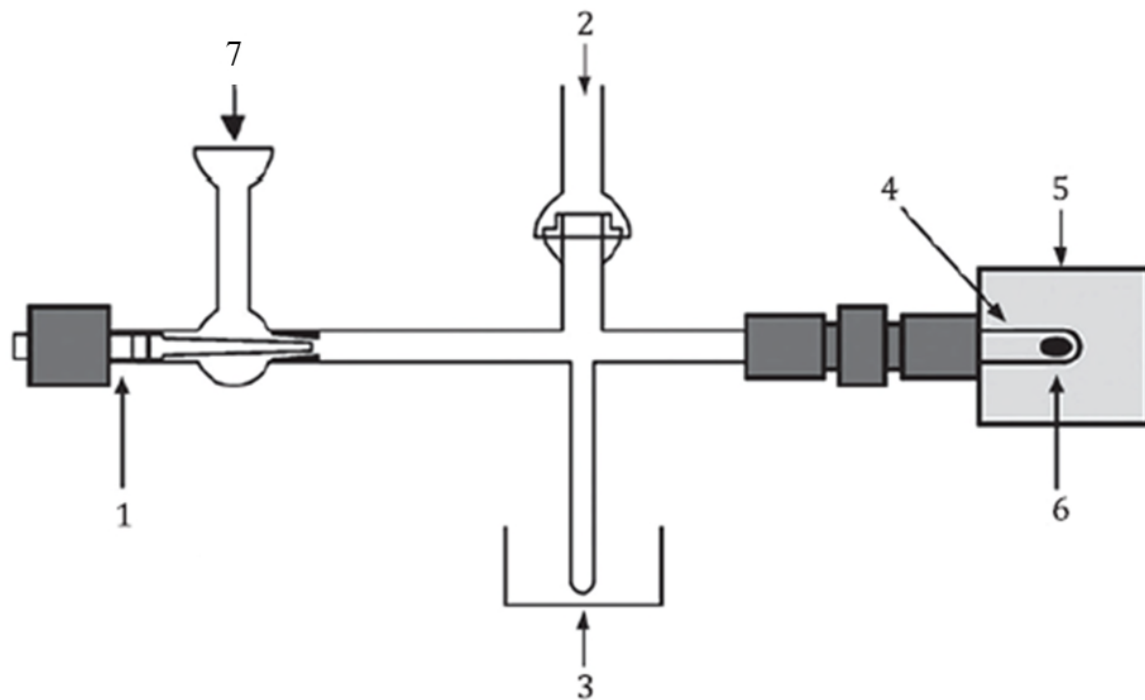
十一、參考資料

- (一) 參考國際標準化組織方法(ISO 21644:2021 Solid recovered fuels — Methods for the determination of biomass content.)
- (二) 參考德國蒂墨出版集團第三版放射性分析手冊(Harwood, L. (2012). Handbook of Radioactivity Analysis (3rd ed.))
- (三) 參考美國材料與試驗協會試驗方法(ASTM D6866-22 Standard test methods for determining the biobased content of solid, liquid, and gaseous samples using radiocarbon analysis.)
- (四) 參考美國材料與試驗協會試驗方法(ASTM D8473-22 Standard test method for determining the biobased content of liquid hydrocarbon fuels using liquid scintillation counting with spiked carbon-14.)
- (五) 參考隆德大學核子物理部放射性碳單位及計算指南(Eriksson Stenström, K., Skog, G., Georgiadou, E., Genberg, J., & Johansson, A. (2011). A guide to radiocarbon units and calculations.1.)
- (六) 參考格羅寧根大學同位素研究中心或其他國際公認之同等資料庫，基於大氣 $^{14}\text{CO}_2$ 的 100 % 生物源碳的參考放射性碳值(University of Groningen, Centre for Isotope Research (CIO). (2025). *Reference radiocarbon values for 100 % biogenic carbon based on atmospheric $^{14}\text{CO}_2$* . Retrieved from <https://www.rug.nl/research/centre-for-isotope-research/customers/tools/reference-radiocarbon-values-palstra-and-meijer?lang=en>)
- (七) 國家環境研究院，固體再生燃料採樣方法 NIEA M195.01C，中華民國 113 年。
- (八) 國家環境研究院，燃料熱值檢測方法－彈卡計法 NIEA M216.01C，中華民國 113 年。
- (九) 行政院環境保護署，石油焦中含硫量檢測方法－高溫管爐燃燒法 NIEA M212.00C，中華民國 109 年。

- 註 1：本文引用之所有公告方法編碼，以環境部最新公告者為準。
- 註 2：如硬質合金、石頭、瀝青塊等，應收集此類材料稱重、拍照，並於報告備註中說明。
- 註 3：氫氧化鉀的分子量為 56.11 g/mol，氫氧化鈉的分子量為 40 g/mol，先在燒杯中加入約 600 mL 至 700 mL 試劑水，再稱取 224.4 g 氫氧化鉀或 160 g 氫氧化鈉固體並緩慢分批加入水中，同時持續攪拌使其完全溶解。待溶液冷卻至室溫後再轉移至 1 L 容量瓶中，最後以試劑水定容至 1 L 並充分混合，即可得到 4 M 氫氧化鉀或 4 M 氫氧化鈉溶液。
- 註 4：添加鹽酸的目的是將溶液 pH 降至酸性，使溶液中的碳酸根 (CO_3^{2-}) 轉化為碳酸 (H_2CO_3)，添加量應根據原鹼液吸收的二氧化碳量及其生成的碳酸根摩爾數來確定。10 mL 的 4 M 氫氧化鈉為例，需要 8 mL 的 5 M 鹽酸來中和，故建議添加過量（大於 8 mL）的 5 M 鹽酸，以確保溶液為酸性。
- 註 5：實際取樣量依加速器質譜儀偵測極限而定。
- 註 6：為避免低溫凝固過程中液氧產生，可經由緩慢升溫至低溫捕捉裝置到達氧氣沸點、利用液氮，或以減壓進行分離。
- 註 7：大氣校正因子常以 REF 代號表示，表示該年份大氣中 ^{14}C 之活度。REF 可參考國際研究單位所提供之量測資料，如格羅寧根大學同位素研究中心所彙整並公開之大氣放射性碳參考值資料庫。若已知燃料中生物質的生長年代，則可用對應年代之 REF 平均值作為大氣校正因子；若燃料中生物質的生長年代未知，則採用近三年之 REF 平均值作為大氣校正因子。

表一、單一實驗室檢測燃料生質碳比率的平均值及標準偏差

樣品名稱	測定 次數	檢測平均值(%)	標準偏差(%)
廢棄物衍生燃料 (其他類)	3	26.43	0.29
固體再生燃料 A (塑膠類、木屑類)	3	33.55	1.51
固體再生燃料 B (其他類)	3	48.58	0.16
固體再生燃料 C (其他類)	3	49.03	0.28
固體再生燃料 D (塑膠類、紙類)	3	36.40	0.54
固體再生燃料 E (塑膠類、紡織類)	3	23.69	0.70
橡膠類 A	3	28.90	0.96
橡膠類 B	3	24.29	0.43
橡膠類 C	3	32.89	0.08
紡織污泥(R-0906)	3	14.76	0.23
有機污泥(D-0901)	3	72.20	0.39
漿紙污泥(R-0904)	3	72.89	1.37
木顆粒	3	100	0



- | | |
|-----------------|-------------|
| 1. 二氧化碳氣體通入處 | 4. 石英管 |
| 2. 壓力感測器 | 5. 石墨高溫反應溫區 |
| 3. 除水裝置(-18 °C) | 6. 催化劑 |
| 7. 氮氣通入處 | |

圖一、石墨轉化裝置示意圖

資料來源：本方法參考資料（一）

燃料中生質碳比率檢測方法—液態閃爍計數器 測定放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M506.00B)草案總說明

為配合氣候變遷因應法第四十一條第三項，參考國際標準組織方法(Solid recovered fuels – Methods for the determination of biomass content. ISO 21644)，擬具「燃料中生質碳比率檢測方法—液態閃爍計數器測定放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M506.00B)」草案，其要點如下：

- 一、本方法適用於燃料中生質碳比率介於 10%至 100%之樣品量測。燃料樣品組成須符合依據「固體再生燃料製造技術指引與品質規範」所定義之適燃物，包含固體再生燃料以及由廢橡膠類(R-0301)、漿紙污泥(R-0904)、紡織污泥(R-0906)、紙廠申報之有機性污泥(D-0901)及回收木質燃料(170046)等組成的廢棄物再利用燃料。
- 二、本方法係利用放射性同位素 ^{14}C 含量與燃料中生質碳比率成正比之原理，將樣品中的碳經高溫燃燒轉化為二氧化碳，再以捕捉液吸收後，與液態閃爍液充分混合，透過液態閃爍計數器(Liquid scintillation counting, LSC)量測其 ^{14}C 活度(Activity)，並經公式換算求得燃料中生質碳比率。

燃料中生質碳比率檢測方法－液態閃爍計數器
測定放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA
M506.00B)草案

公 告	說 明
主旨：訂定「燃料中生質碳比率檢測方法－液態閃爍計數器測定放射性同位素碳十四(^{14}C)法(NIEA M506.00B)」，並自中華民國一百十五年五月三十一日生效。	方法名稱及生效日期。
依據：氣候變遷因應法第四十一條第三項。	法源依據。
公告事項：環境檢測標準方法內容詳如附件。	方法內容。

燃料中生質碳比率檢測方法—液態閃爍計數器測定放射性同位素 碳十四(^{14}C)法 (草案)

中華民國 110 年 00 月 00 日環部授研字第 0000000 號公告

自中華民國 110 年 00 月 00 日生效

NIEA M506.00B

一、方法概要

燃料中的生質碳比率與放射性同位素 ^{14}C 含量成正比，樣品中的碳經由高溫燃燒轉化為二氧化碳，以二氧化碳捕捉液捕捉後再與液態閃爍液(Cocktail)充分混合，最後以液態閃爍計數器(Liquid scintillation counting, LSC)量測其 ^{14}C 活度(Activity)，再經由公式換算後可得樣品中生質碳比率。

二、適用範圍

- (一) 本方法適用於燃料中生質碳比率介於 10 % 至 100 % 之樣品量測，樣品組成須符合二、適用範圍 (二) 之內容。樣品先目視檢查，如屬單一來源固態生質燃料，則不須檢測，其生質碳含量為 100 %。
- (二) 本方法適用的樣品包括固體再生燃料，以及由以下組成之廢棄物再利用燃料：廢橡膠類(R-0301)、漿紙污泥(R-0904)、紡織污泥(R-0906)、有機性污泥(D-0901) (註 1) 及回收木質燃料(170046) 等。
- (三) 非前項 (一)、(二) 所述之方法適用範圍及燃料，則須以「燃料中生質碳比率檢測方法—加速器質譜儀檢測放射性同位素碳十四(^{14}C)法」確認樣品適用性，其與前述方法測值差異須小於 20 %。

三、干擾

- (一) 實驗過程中，應避免大氣中的二氧化碳溶入二氧化碳捕捉液或液態閃爍液，否則會影響測定結果。
- (二) 實驗環境、標準品與樣品保存環境等應避免受到放射性同位素 ^{14}C 活度高的標準品或樣品污染。
- (三) 液態閃爍計數器量測準確度受環境背景如：宇宙射線、靜電、冷光等及化學或光學淬息(Quench)影響，應盡量屏蔽、接地與扣除背景值，並以添加 ^{14}C 標準品方式校正淬息效應。
- (四) 顏色會對液態閃爍計數器產生干擾，以黃色所產生的干擾最為嚴重，若二氧化碳捕捉液在捕捉二氧化碳後產生顏色變化，則建議更換二氧化碳捕捉液。

- (五) 燃燒過程中，使用純氧或氧氣與氫氣的混合氣體可降低有色物質（如：二氧化氮）的形成。

四、設備與材料

- (一) 減積設備：破碎機(Crusher)、研磨機(Mill)、切割機(Cutter)、冷凍破碎機(Freeze crusher)、冷凍切割機(Freeze cutter)或其他設備。
- (二) 標準篩：篩網孔徑為 1 mm。
- (三) 分析天平：可精稱至 0.1 mg。
- (四) 高溫燃燒裝置：指高溫管爐、彈卡計或其它可將樣品轉化為二氧化碳的燃燒裝置。高溫管應以石英材質為主，另配有石英舟盛裝所需之燃燒轉化樣品。
- (五) 除水設備：去除二氧化碳氣體中的水氣，如：冷凝器(Cooling impinger)、除水吸附劑（如：過氯酸鎂）、乾燥裝置或其他設備。
- (六) 樣品瓶：用來配製標準品或樣品的容器，可依欲填裝之化學品選用適當的材質。其中，作為液態閃爍計數器量測用的樣品瓶材質可為聚四氟乙烯(PTFE)、石英、玻璃，蓋子內襯應為 PTFE(註 2)。
- (七) 液態閃爍計數器：用於間接量測放射性同位素 ^{14}C 之活度。
- (八) 磁石攪拌器，磁石為有鐵氟龍外膜(TEF-coated)的磁石
- (九) 滴定裝置：最小刻度至 0.05 mL 之滴定管、電子滴定管或自動滴定儀。

五、試劑

- (一) 二氧化碳捕捉液：捕捉高溫燃燒轉化形成的二氧化碳，可使用設備商建議之商業化產品，如：Carbo-Sorb®、Carbon Trap 或其他同級品。
- (二) 液態閃爍液(Cocktail)：使其與 ^{14}C 衰變進行相互作用產生螢光，可使用設備商建議之商業化產品，如：Permafluor E⁺、OX BioCount 或其他同級品。
- (三) 無淬息(Unquenched standard)國際標準品：已知 ^{14}C 活度的商業化液態標準品，通常液態閃爍計數器儀器會有各自建議的適用標準品，該標準品用於驗證液態閃爍計數器儀器量測效能。
- (四) 生質碳比率 0 % 的標準品：可使用 BCR 182 的煤炭或大理石等不含生質碳之材料作為標準品。

- (五) 查核標準品：其他生質碳比率大於 0 % 的標準品包括國家標準技術研究所(National institute of standards and technology, NIST)的一級標準品草酸(Oxalic acid II, SRM 4990C)或其他同等級標準品，如：纖維素(Cellulose)與蔗糖(Sucrose)等。
- (六) ^{14}C 同位素標幟標準品(^{14}C Labelled standard)：已知 ^{14}C 活度的同位素標幟標準品，如葡萄糖(Glucose)、甲苯(Toluene)或其他同級品，以添加標準品方式評估樣品於液態閃爍計數器量測時的計數效率(Counting efficiency, CE)。
- (七) 氧氣：純度 $\geq 99.999\%$ 。
- (八) 氫氣：純度 $\geq 99.999\%$ 。
- (九) 試劑水：不含待測物之去離子水或蒸餾水。

六、採樣與保存

- (一) 樣品採集依據「固體再生燃料採樣方法(NIEA M195.0)」(註 3) 規定執行，所採集樣品須具代表性，採集之樣品以密封袋(或桶)保存。
- (二) 目視或觸感潮濕樣品可依「燃料中水分檢測方法(NIEA M214.0)」進行預乾燥處理，乾燥或預乾燥後樣品保存於乾燥陰涼處，最長保存期限 180 天。

七、步驟

(一) 樣品前處理與總碳測定

1. 分析前：燃料樣品中若含雜質(註 4)應先去除。
2. 燃料樣品前處理：以減積設備破碎樣品，再以篩網孔徑 1 mm 的標準篩過篩，混合均勻後縮分至檢測所需樣品量(約 10 g)，完成此步驟後為待分析之樣品。
3. 將前處理後的燃料樣品置於 103 °C 至 107 °C 之烘箱中乾燥至恆重(註 5)。樣品依「廢棄物及燃料中元素含量檢測方法—元素分析儀(NIEA M403.0)」進行總碳測定，以決定後續高溫燃燒轉化取樣量。

(二) 標準品及樣品燃燒轉化

1. 依據步驟七、(一) 3. 總碳分析結果進行樣品燃燒轉化量的換算(註 6)，以確保最終產生的二氧化碳符合液態計數閃爍器之最低碳量需求(W_{carbon})。
2. 樣品燃燒轉化

- (1) 秤取好所需樣品量置於石英舟上，將石英舟放入石英管中，如必要可填充適量催化劑（三氧化二鋁）。
 - (2) 將石英管放於高溫爐上，並依序裝設氣體管線。燃燒裝置進氣口(Inlet)連接高純度氧氣管線與流量控制器，燃燒裝置出氣口(Outlet)則依序架設除水吸附劑或冷凝器、二氧化碳捕捉液的樣品瓶與氫氧化鈉溶液（註 7），如圖一。
 - (3) 確保裝置架設完成後，依儀器廠商建議設定高溫管爐之燃燒梯度，其梯度可參考起始溫度 50 °C，每分鐘 10 °C 升溫至 950 °C，持溫 1 小時。
 - (4) 通入高純度氧氣，設定氣體流速為 50 mL/min，啟動燃燒反應。
3. 為確保燃燒產生之二氧化碳可被完全捕捉，其回收率應控制於 100 % ± 10 %（註 8）。二氧化碳捕捉裝置包含兩段捕捉管：第一管填充二氧化碳捕捉液，用以直接捕捉燃燒產生之二氧化碳，且捕捉過程中捕捉液應維持於低溫環境，溫度小於 10 °C；第二管填充 6 M 氫氧化鈉溶液，用以檢核第一管之捕捉回收率。捕捉完成後，對第二管之鹼性溶液進行酸鹼滴定，藉由測定溶液中殘餘氫氧根離子含量之變化，以判斷二氧化碳是否貫穿至第二管，其捕捉回收率依下式計算：

$$\text{捕捉回收率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{鹼性溶液中測得的CO}_2\text{mole 數}}{\text{樣品中的理論CO}_2\text{mole 數}}\right) \times 100\%$$

4. 完成捕捉程序後，於二氧化碳捕捉液中加入等體積之液態閃爍液（或依儀器原廠建議比例），混勻後作為上機測定樣品。

（三）液態閃爍計數器量測分析

1. 樣品上機參數設定：可調整的參數包括量測時間(Counting time)、量測次數(Range repeats)及量測能量區間(Region of interest, ROI)等（註 9），最適化操作參數隨環境背景、儀器設備不同而異，應至少符合以下條件：
 - (1) 計數效率(Counting efficiency, CE)應大於 60 %。
 - (2) CE^2 / bkg 大於 1000，其中 CE 為計數效率，bkg 為儀器背景值。

以下提供一組量測樣品的操作參數供參：

量測週期：1,800 秒。

量測次數：14 次。

量測能量區間：0 keV 至 155 keV。

2. 樣品分析

- (1) 將上機樣品置入液態閃爍計數器內的量測室(Counting chamber)中，平衡至量測溫度（註 10）後得進行量測。
- (2) 進行重複樣品分析時，步驟不包含前處理，兩個重複分析的樣品應取自同一樣品經前處理破碎過篩後的粉料，以避免樣品取樣誤差影響檢測流程重複性的評估。
- (3) 液態閃爍計數器量測後可獲得樣品計數頻率，其單位為每分鐘計次數(Counts per minute, cpm)；再由樣品計數效率校正求得該樣品中實際之 ^{14}C 活度，單位為每分鐘衰變數(Disintegrations per minute, dpm)。計數效率校正方法為樣品完成量測後，於各樣品瓶中添加已知高活度之放射性同位素 ^{14}C 標幟標準品(D_{sample})（註 11），再次上機測得計數頻率(C_{sample})，藉此計算樣品之計數效率(CE)，公式如下：

$$\text{CE} (\%) = \frac{C_{\text{sample}}}{D_{\text{sample}}} \times 100\%$$

CE：計數效率(%)

C_{sample} ：樣品添加 ^{14}C 標幟標準品後之計數頻率(cpm)

D_{sample} ：樣品添加 ^{14}C 標幟標準品預計活度(dpm)

- (4) 經由各樣品的計數效率校正，求得該樣品之 ^{14}C 活度($D_{\text{sample,R}}$)。

$$D_{\text{sample,R}} = \frac{C_{\text{sample}} - C_{\text{BK}}}{\text{CE}(\%)}$$

C_{BK} ：生質碳比率 0 %樣品計數頻率(cpm)

八、結果處理

樣品中生質碳比率計算公式如下：

$$\text{生質碳比率}(\%) = \frac{D_{\text{sample,R}}}{W_{\text{carbon}} \times D_{\text{std}} \times \frac{\text{REF}}{100}} \times 100\%$$

$D_{\text{sample,R}}$ ：樣品活度(dpm)

W_{carbon} ：樣品燃燒轉化的碳重(g)

D_{std} ：標準品單位碳重量的活度(dpm/gC)

REF：大氣感應校正因子(Atmospheric correction factor)（註 12）

九、品質管制

- （一）空白樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次生質碳比率 0 % 的標準品分析。
- （二）查核樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次查核樣品（生質碳比率大於 0 %）分析，其差值應在 15 % 以內。
- （三）重複樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次重複樣品分析，其相對差異百分比應在 15 % 以內。

十、精密度與準確度

單一實驗室於國內各種不同燃料樣品生質碳比率檢測結果如表一。

十一、參考資料

- （一）參考國際標準化組織方法(ISO 21644:2021 Solid recovered fuels — Methods for the determination of biomass content.)
- （二）參考美國材料與試驗協會試驗方法(ASTM D6866-22 Standard test methods for determining the biobased content of solid, liquid, and gaseous samples using radiocarbon analysis.)
- （三）參考格羅寧根大學同位素研究中心或其他國際公認之同等資料庫，基於大氣 $^{14}\text{CO}_2$ 的 100 % 生物源碳的參考放射性碳值(University of Groningen, Centre for Isotope Research (CIO). (2025). *Reference radiocarbon values for 100 % biogenic carbon based on atmospheric $^{14}\text{CO}_2$* . Retrieved from <https://www.rug.nl/research/centre-for-isotope-research/customers/tools/reference-radiocarbon-values-palstra-and-meijer?lang=en>)
- （四）國家環境研究院，固體再生燃料採樣方法 NIEA M195.01C，中華民國 113 年。
- （五）國家環境研究院，燃料中水分檢測方法 NIEA M214.01C，中華民國 113 年。
- （六）國家環境研究院，廢棄物及燃料中元素含量檢測方法—元素分析

儀 NIEA M403.03B，中華民國 113 年。

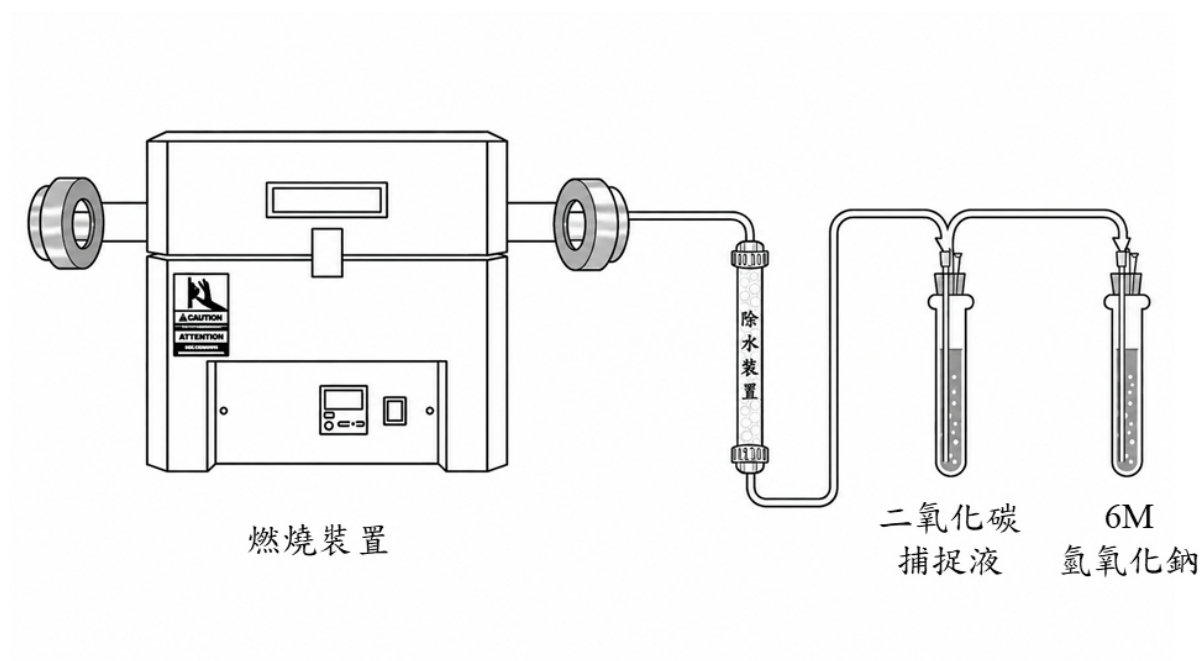
- (七) 國家環境研究院，資源循環及減碳效益驗證技術，中華民國 112 年。
- (八) 國家環境研究院，資源循環及減碳效益驗證技術(2/4)，中華民國 113 年。
- (九) 國家環境研究院，資源循環及減碳效益驗證技術(3/4)，中華民國 114 年。

- 註 1：有機性污泥僅限紙廠申報之有機污泥(D-0901)。
- 註 2：若使用玻璃容器，應選用不含鉀，因為鉀通常含有微量的放射性同位素 ^{40}K ，會放出 β 粒子，能量範圍與 ^{14}C 有交集，會影響 ^{14}C 量測。
- 註 3：本文引用之所有公告方法編碼，以環境部最新公告者為準。
- 註 4：如硬質合金、石頭、瀝青塊等，應收集此類材料稱重、拍照，並於報告備註中說明。
- 註 5：恆重之定義為：待測物於 $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $107\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下加熱 60 分鐘內，加熱前後的重量變化不超過 0.2 %。
- 註 6：燃燒轉化量計算取決於液態閃爍計數器上機所需之最小碳重，假設燃料碳含量為 50 %，上機所需之最小碳重是 500 mg，則燃料燃燒轉化所需量為 1000 mg（相當於 41.67 mmol CO_2 ）。
- 註 7：二氧化碳捕捉液的總捕捉量與體積有關，捕捉液體積不超過總捕捉量的 80 %。體積可參考液態閃爍計數器設備原廠建議值做調整。假設預計使用 10 mL 的二氧化碳捕捉液，其捕捉量為 4.8 mmol CO_2/mL ，亦即 80 %捕捉量為 38.4 mmol。若燃料樣品總碳含量為 0.6 g carbon/g 樣品，則樣品取樣量最多為 2.8 g。
- 註 8：二氧化碳回收率受燃燒系統氣體流量、捕捉系統硬體設計及捕捉液種類與體積等因素影響。上述參數如未變動，至少每年評估一次；如有變動，則須重新進行評估。
- 註 9：LSC 量測時間通常為 5 分鐘至 30 分鐘，量測次數通常為 6 次至 48 次。量測能量區間可選擇涵蓋 ^{14}C 的 β 粒子能譜全部範圍（0 keV 至 2000 keV），或僅涵蓋主要能量範圍（0 keV 至 155 keV）。為確保同一批樣品之結果可直接比較，量測時間應保持一致；若量測時間不同，需將計數結果換算為每單位時間。
- 註 10：量測溫度通常為 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或更低，一旦選定，儀器調校、空白、樣品或標準品等量測條件均須使用同樣溫度。
- 註 11：放射性同位素 ^{14}C 標幟標準品(^{14}C Labelled standard)為高劑量標準品，為能校正樣品可能因冷光、顏色、宇宙射線等因素產生的淬息效應，因此建議於原樣品添加原有計數值 100 倍以上的標幟標準品。例如：原樣品為 15 cpm，添加後建議至少為 1500 cpm 以上。
- 註 12：大氣校正因子常以 REF 代號表示，表示該年份大氣中之 ^{14}C 活

度。REF 可參考國際研究單位所提供之量測資料，如格羅寧根大學同位素研究中心所彙整並公開之大氣放射性碳參考值資料庫。若已知燃料中生物質的生長年代，則可用對應年代之 REF 平均值作為大氣校正因子；若燃料中生物質的生長年代未知，則採用近三年之 REF 平均值作為大氣校正因子。

表一 單一實驗室檢測燃料生質碳比率的平均值及標準差

樣品名稱	測定 次數	檢測平均值(%)	標準差(%)
固體再生燃料 A (塑膠類、木屑類)	3	36.23	4.79
固體再生燃料 B (其他類)	3	44.75	8.60
固體再生燃料 C (塑膠類、紙類)	3	39.00	3.46
固體再生燃料 D (塑膠類、紡織類)	3	23.67	5.51
固體再生燃料 E (其他類)	3	39.59	3.39
廢棄物衍生燃料 (其他類)	3	27.02	6.53
橡膠類 A	3	30.06	1.82
橡膠類 B	3	29.23	1.93
橡膠類 C	3	24.66	12.19
有機污泥 D-0901	3	60.64	4.37
漿紙污泥 R-0904	3	63.42	3.46
紡織污泥 R-0906	3	18.30	3.82
木顆粒	3	97.51	1.81



圖一 二氧化碳氣體捕捉裝置示意圖

飲用水水質採樣方法(NIEA W101.58A)草案總說明

為配合飲用水水質標準各檢測項目檢測執行飲用水採樣，參考美國公共衛生協會檢驗方法(APHA 24th ed. Method 1060)及美國材料與試驗協會試驗方法(ASTM D3370、ASTM D3694)，配合不同供水系統採樣實務需求，爰依飲用水管理條例第十二條之一第三項規定，整併現行採樣相關規定，擬具「飲用水水質採樣方法 (NIEA W101.58A)」草案，其要點如下：

- 一、本方法適用於於飲用水供給端及用戶端等水樣之採集。
- 二、本方法以樣品瓶或採樣器採集能代表採樣地點當時之飲用水水質之樣品。
- 三、本方法針對不同供水系統增加非使用加氯消毒（含其他消毒方式或未消毒）之供水系統，以測定 pH 值作為水質穩定條件。

飲用水水質採樣方法(NIEA W101.58A)草案

公告	說明
主旨：訂定「飲用水水質採樣方法(NIEA W101.58A)」，並自中華民國一百十六年一月十五日生效。	方法名稱及生效日期。
依據：飲用水管理條例第十二條之一第三項。	法源依據。
公告事項：環境檢測標準方法內容詳如附件。	方法內容。

飲用水水質採樣方法草案

NIEA W101.58A

一、方法概要

本方法以樣品瓶或採樣器採集能代表採樣地點當時之飲用水水質之樣品。

二、適用範圍

本方法適用於飲用水供給端及用戶端等水樣之採集。

三、干擾

新裝設水龍頭在採樣前須經適當放流，以避免污染干擾。

四、設備與材料

- (一) 溫度計：使用攝氏溫標，量測範圍 0 °C 至 100 °C（或合適範圍），刻度須可讀至 0.1 °C。
- (二) pH 計：具有自動溫度或手動溫度補償功能，可讀至 0.01 值。
- (三) 手提式分光光度計：檢測餘氯用，使用波長 515 nm（或其他特定波長），樣品槽之光徑等於或大於 1 cm。
- (四) 表層水採樣器：附有長柄之採樣容器或圓筒等伸縮式採樣器，亦可使用相當功能之採水設備，參考範例如圖一與圖二。
- (五) 裏層水採樣設備：為使用金屬支撐架支撐採樣瓶之採水設備，如圖三所示，亦可使用具有相當功能之採樣設備。
- (六) 樣品容器：依據各待測物檢測方法或「水質檢測方法總則(NIEA W102.5)」(註 1)之採樣與保存規定，並使用適當之容器。
 - 1. 聚丙烯(PP)瓶或聚乙烯(PE)瓶附蓋。
 - 2. 玻璃瓶附蓋。
 - 3. 棕色玻璃瓶：附鐵氟龍內墊之瓶蓋。
 - 4. 無菌瓶或無菌袋：用於檢測大腸桿菌群、總菌落數等微生物之水樣，容器滅菌方式請參照「環境微生物檢驗方法通則(NIEA E101.0)」，或購買市售已滅菌之無菌袋（杯、瓶）使用。

五、試劑

檢測時使用之試劑除非另有規範，否則必須為試藥級。使用之溶液可依試藥配製比例製備所需使用體積。

- (一) 試劑水：參照各待測物檢測方法或「水質檢測方法總則(NIEA W102.5)」之規定，依據檢測目的及需求使用適當等級之試劑水。
- (二) 抗壞血酸(Ascorbic acid)。
- (三) 鹽酸溶液，6 M：取 50 mL 濃鹽酸，緩緩加入約 30 mL 試劑水中，待冷卻後，以試劑水定量到 100 mL。
- (四) 硫酸溶液，3 M：緩緩加 17 mL 濃硫酸於攪拌之試劑水中，並稀釋至 100 mL（注意：配製過程中會產生大量熱）。
- (五) pH 標準緩衝溶液：參照「水之氫離子濃度指數（pH 值）測定方法—電極法(NIEA W424.5)」之規定。
- (六) 餘氯試劑：參照「水中餘氯檢測方法—分光光度計法(NIEA W408.5)」之規定。
- (七) pH 試紙：樣品保存條件確認用，pH 值測試範圍應包括 0 至 14。

六、採樣與保存

- (一) 採樣人員須對欲採集樣品之環境背景資料有所瞭解，並視需求擬定採樣計畫。
- (二) 採集樣品區域應遠離大量落塵、雨、雪或可能的污染源。
- (三) 水質樣品欲檢測揮發性有機物(VOCs)時，所有樣品皆作重複採樣。若樣品中含有餘氯，在採樣前須於 40 mL 棕色附鐵氟龍墊片之樣品瓶內添加約 25 mg 抗壞血酸，若餘氯濃度大於 5 mg/L 時，於每 5 mg/L 餘氯之樣品瓶內添加約 25 mg 抗壞血酸。採樣時須將採樣瓶內水樣略溢流(Overflow)，但要避免將溶解的抗壞血酸沖出。避免於裝填水時有氣泡通過樣品或封瓶時有氣泡滯留。每 40 mL 水樣加入足量 6 M 鹽酸溶液或 3 M 硫酸溶液，使水樣的 pH 值小於 2，以鐵氟龍內襯朝下之瓶蓋密封樣品瓶後，均勻混合，倒轉樣品瓶，輕敲瓶壁，檢查是否有氣泡。
- (四) 水質樣品欲檢測微生物時，其出水口應先以火烤或 70 % 至 75 % 酒精擦拭或噴灑並使用滅菌過的無菌採樣瓶（杯）及瓶（杯）蓋，拿瓶（杯）蓋時要注意瓶（杯）蓋內不被微生物污染。盛裝水樣時，採樣容器之上端應留下至少 2.5 公分的空間，以便檢驗時進行樣品混合。如使用無菌袋採樣時，應避免封口受污染，須縛緊袋口使水樣袋飽滿鼓脹。
- (五) 依據供水系統選擇合適的採樣方式：

1. 自來水清水池之水質採樣：

(1) 表層水採樣：以表層水採樣器進行採樣。

(2) 裏層水採樣：

A. 以裏層水採樣設備採集不同深度水樣，將裏層水採樣設備分別放入欲採樣水體內的上、中及下層之深度(各一採樣點)。

B. 採樣設備之操作方法，依其使用說明書操作。

(3) 淨水場已設有清水採樣專用設備（如水龍頭），則可依六、(五)2. 進行水質採樣。

2. 自來水供水系統或簡易自來水供水系統之水質採樣：

(1) 採樣時樣品瓶瓶口不應接觸水龍頭出水口。

(2) 使用加氯消毒之供水系統：

自來水管線採樣點，採樣前必須打開水龍頭排出管線內之自來水餘水，正式採樣前先採集水樣測定自由有效餘氯含量予以記錄後，繼續排水 20 秒以上，再採樣測定自由有效餘氯含量，連續兩次測值保持穩定，兩者相對差異百分比在 10 % 之內(註 2)，才可確認所採集樣品為直接自供水管線流出之新鮮水樣，然後調整水量使水流成柱狀而不致濺散，再以樣品瓶接取由水龍頭流出之水樣（註 3）。

(3) 非使用加氯消毒（含其他消毒方式或未消毒）之供水系統：

採樣前必須打開排水閥或水龍頭排出管線內之自來水餘水及如鐵鏽之污染物後，正式採樣前先採取水樣測定 pH 值，予以記錄後，繼續排水 20 秒以上，再採樣測定 pH 值，連續 3 次 pH 值最大絕對差值在 0.1 以內，才可確認所採取樣品為直接自供水管線流出之新鮮水樣，然後調整水量使水流成柱狀而不致濺散，再以樣品瓶接取由水龍頭流出之水樣（註 3）。

3. 連續供水固定設備(簡稱飲用水設備)之水質採樣：

(1) 調整水量使水流成柱狀而不致濺散，直接以採樣容器採樣。

(2) 採樣後，即刻封口，避免水樣遭受污染。

(3) 如執行高溫(90 °C 以下)飲用水採樣時，待水溫降至適當

溫度，再依各待測物檢測方法規定保存，須避免採樣容器破裂。

4. 用戶端水龍頭水質採樣：

(1) 採樣時樣品瓶瓶口不應接觸水龍頭出水口。

(2) 採樣時，不經放流直接進行採樣(註 4)。

(六) 樣品保存：請參照各待測物檢測方法或「水質檢測方法總則(NIEA W102.5)」之規定。

七、步驟

略

八、結果處理

略

九、品質管制

(一) 採樣現場品管樣品(Field QC samples)如下：

1. 現場空白樣品(Field blank sample)：檢測水中揮發性有機物時，每批次採樣行程應至少製備 1 件現場空白樣品。在檢驗室中將不含待測物之試劑水置入適當容器內，密封後攜至採樣地點，在現場開封並模擬採樣過程，但不實際採樣；密封後，再與待測樣品同時攜回檢驗室。由現場空白樣品之分析結果，可判知樣品在採樣過程是否遭受污染。
2. 設備空白樣品(Equipment blank sample)：檢測水中揮發性有機物或重金屬時，重複使用之採樣設備（例：採樣圓筒等，如圖一）應製備設備空白樣品；如使用一次式採樣設備（例：一次式使用採樣杓等），同一批號生產之採樣設備，經確認未受污染時，可不製備設備空白樣品；如以未使用過的樣品保存容器組合伸縮式採樣器（如圖二）進行採樣，可不製備設備空白樣品。在現場使用過之採樣設備經清洗後，以不含待測物之試劑水淋洗，收集最後一次之試劑水的淋洗液。由設備空白樣品之分析結果，可判知採樣設備是否遭受污染。
3. 運送空白樣品(Trip blank sample)：檢測水中揮發性有機物、微生物時，每批次採樣行程應至少製備 1 件運送空白樣品。在檢驗室中將不含待測物之試劑水置入與盛裝待測樣品相同之採樣容器內，將瓶蓋旋緊攜至採樣地點，但在現場不開封。由運送空白樣品之分析結果，可判知樣品在運送過程是否遭受污染。

- (二) 以上製備之空白樣品，當檢測值介於飲用水水質標準值之 100 % 至 120 % 時，應執行同批次採樣行程所製備之相關空白樣品檢測，但微生物檢測時須執行運送空白樣品檢測，若方法另有規定則依照其方法。

十、精密度與準確度

略

十一、參考資料

- (一) APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Method 1060 , 2023.
- (二) ASTM Standard Practices for Sampling Water from Flowing Process Streams. ASTM D3370-25, 2025.
- (三) ASTM International. Standard Practices for Sampling Chain-of-Custody Procedures. ASTM D4840-99, 2018.
- (四) ASTM International. Standard Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents. ASTM D3694-96, 2024.
- (五) U.S. EPA Methods. Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater. EPA-600/4-82-029, 1982.
- (六) U.S. EPA Methods. Monitoring Requirements for Lead and Copper in Tap Water. 40 CFR 141, Subpart I, 141.86, 2026.
- (七) 朱健行等，用水管理與增壓直接給水適用性之探討，中華民國自來水協會自來水會刊第 35 卷第 4 期，2016。

註 1：本文引用之所有公告方法編碼，以環境部最新公告者為準。

註 2：若兩次有效餘氯測值皆低於儀器可定量濃度時可視為穩定。

註 3：若自來水輸送管線為鉛管，且須評估管線對於水質影響，採集水中鉛含量水質樣品，則可無須先放流水樣，直接採樣即可。

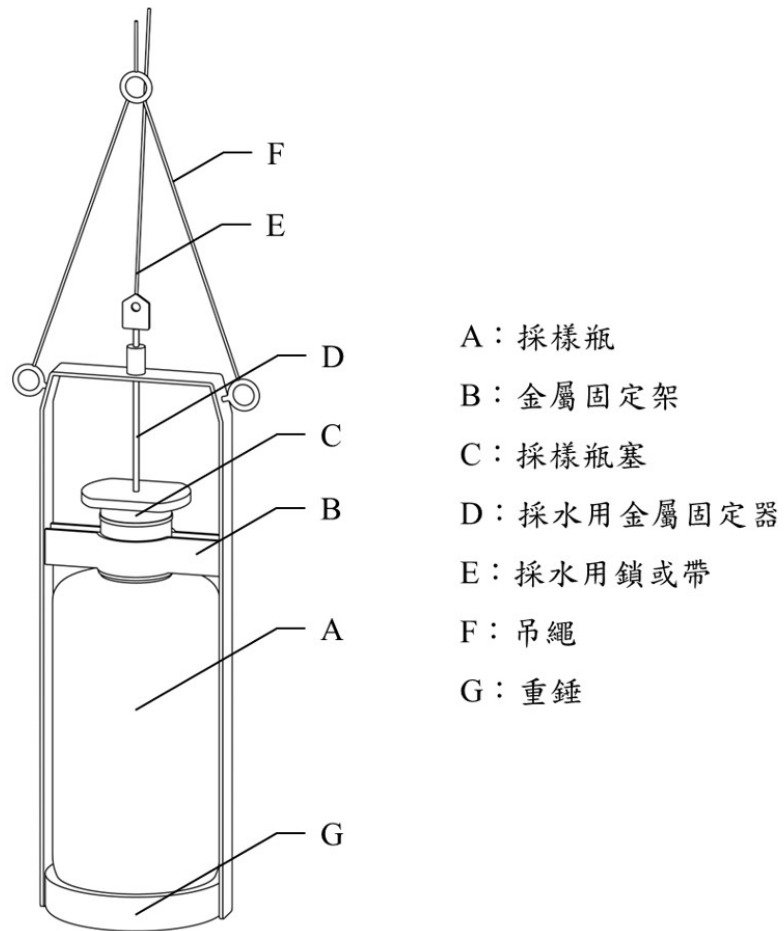
註 4：此處水樣僅代表用戶端；如採樣目的為採集自來水供水系統，須確認採樣點位為自來水直接供水點，且須依六、(五) 2.(2)程序執行採樣。



圖一 表層水採樣器



圖二 表層水採樣器



圖三 裏層水採樣設備

環境檢測標準方法修正對照表

方法名稱：飲用水水質採樣方法

編碼：NIEA W101.58A

修正內容	現行內容	說明
五、試劑 (七) pH 試紙：樣品保存條件確認用，pH 值測試範圍應包括 0 至 14，~~Merck-MColorpHast™~~或同級品。	五、試劑 (七) pH 試紙：樣品保存條件確認用，pH 值測試範圍應包括 0 至 14，Merck MColorpHast™或同級品。	刪除品牌
六、採樣與保存 (五) 2.自來水供水系統<u>或簡易自來水供水系統</u>之水質採樣： (1)採樣時樣品瓶瓶口不應接觸水龍頭出水口。 (2)<u>使用加氯消毒之供水系統：</u> 自來水管線採樣點，採樣前必須打開水龍頭排出管線內之自來水餘水，正式採樣前先採集水樣測定<u>自由</u>有效餘氯含量予以記錄後，繼續排水 20 秒以上，再採樣測定<u>自由</u>有效餘氯含量，連續兩次測值保持穩定，兩者相對差異百分比在 10 % 之內(註 2)，才可確認所採集樣品為直接自供水管線流出之新鮮水樣，然後調整水量使水流成柱狀而不致濺散，再以樣品瓶接取由水龍頭流出之水樣(註 3)。 (3)<u>非使用加氯消毒（含其他消毒方式或未消毒）之供水系統：</u> <u>採樣前必須打開排水閥或水龍頭排出管線內之自來水餘水及如鐵鏽之污染物後，正式採樣前先採取水樣測定 pH 值，予以記錄後，繼續排水 20 秒以上，再採樣測定 pH 值，連續 3 次 pH 值最大絕對差值在 0.1 以內，才可確認所採取樣品為直接自供水管線流出之新鮮水樣，然後調整水量使水流成柱狀而不致濺散，再以樣品瓶接取由水龍頭流出之水樣(註 3)。</u> 3.連續供水固定設備(簡稱飲用水設備)之水質採樣：	六、採樣與保存 (五) 2.自來水供水系統之水質採樣： (1)採樣時樣品瓶瓶口不應接觸水龍頭出水口。 (2)自來水管線採樣點，採樣前必須打開水龍頭排出管線內之自來水餘水，正式採樣前先採集水樣測定有效餘氯含量予以記錄後，繼續排水 20 秒以上，再採樣測定有效餘氯含量，連續兩次測值保持穩定，兩者相對差異百分比在 10 % 之內(註 2)，才可確認所採集樣品為直接自供水管線流出之新鮮水樣，然後調整水量使水流成柱狀而不致濺散，再以樣品瓶接取由水龍頭流出之水樣(註 3)。 3.連續供水固定設備(簡稱飲用水設備)之水質採樣： (1) 調整水量使水流成柱狀而不致濺散，不須測定有效餘氯，直接以採樣容器採樣。	依不同供水系統或消毒方式增加非使用加氯消毒（含其他消毒方式或未消毒）之供水系統採樣內容

修正內容	現行內容	說明
(1)調整水量使水流成柱狀而不致濺散， ~~不須測定有效餘氯~~ ，直接以採樣容器採樣。		
十一、參考資料 (一)APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Method 1060 , 202 <u>3</u> .	十一、參考資料 (一)APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Method 1060 , 2022.	文獻年分更新
(二) <u>ASTM Standard Practices for Sampling Water from Flowing Process Streams</u> . ASTM D3370- <u>25</u> , 20 <u>25</u> .	(二) ASTM International. Standard Practices for Sampling Water from Closed Conduits. ASTM D3370-10, 2018.	文獻更新
(四) ASTM International. Standard Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents. ASTM D3694-96, 202 <u>4</u> .	(四) ASTM International. Standard Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents. ASTM D3694-96, 2017.	文獻年分更新
(六) U.S. EPA Methods. Monitoring Requirements for Lead and Copper in Tap Water. 40 CFR 141, Subpart I, 141.86, 202 <u>6</u> .	(六) U.S. EPA Methods. Monitoring Requirements for Lead and Copper in Tap Water. 40 CFR 141, Subpart I, 141.86, 2015.	文獻年分更新
註 1：本文引用之所有公告方法 <u>名稱及</u> 編碼，以環境部最新公告者為準。	註 1：本文引用之所有公告方法名稱及編碼，以環境部最新公告者為準。	文字修正

水中全氟與多氟烷基物質檢測方法—液相層析串聯式質譜儀法(NIEA W542.53B)草案總說明

為執行水中全氟與多氟烷基物質(PFAS)檢測，參考美國環保署方法(U.S. M1633A、Method 533)，且考量檢測實務需求，爰依水污染防治法第六十八條、土壤及地下水污染整治法第十條第三項、飲用水管理條例第十二條之一第三項，整併現行檢測相關規定，擬具「水中全氟與多氟烷基物質檢測方法—液相層析串聯式質譜儀法(NIEA W542.53B)」草案，其要點如下：

- 一、本方法草案適用於飲用水、飲用水水源、放流水、地面水體、地下水、廢(污)水中全氟與多氟烷基物質檢測。
- 二、本方法草案係將樣品離心後直接注射，或經固相萃取管匣萃取、濃縮、過濾後，注入液相層析串聯式質譜儀檢測全氟與多氟烷基物質。

水中全氟與多氟烷基物質檢測方法－液相層析串聯式質譜儀法(NIEA W542.53B)草案

公 告	說 明
主旨：訂定「水中全氟與多氟烷基物質檢測方法－液相層析串聯式質譜儀法(NIEA W542.53B)」，並自中華民國一百十六年一月十五日生效。	方法名稱及生效日期。
依據：水污染防治法第六十八條、土壤及地下水污染整治法第十條第三項、飲用水管理條例第十二條之一第三項。	法源依據。
公告事項：環境檢測標準方法內容詳如附件。	方法內容。

水中全氟與多氟烷基物質檢測方法 —液相層析串聯式質譜儀法草案

NIEA W542.53B

一、方法概要

樣品離心後直接注射，或經固相萃取管匣萃取、濃縮、過濾後，注入液相層析串聯式質譜儀(Liquid chromatography – tandem mass spectrometer, LC/MS/MS)檢測全氟與多氟烷基物質(Per- and polyfluoroalkyl substances, PFAS)。

二、適用範圍

本方法適用於檢測飲用水、飲用水水源、放流水、地面水體（註 1）、地下水、廢(污)水中全氟與多氟烷基物質檢測，待測物如表一與表二所示。

三、干擾

- (一) 本方法的干擾可能來自於溶劑、試劑、玻璃器皿及樣品處理過程中所使用的設備之污染，可能導致層析圖基線之漂移，須執行方法空白樣品的測試，以確認無干擾情形。
- (二) 干擾物質亦可能是樣品中之其他物質，干擾的程度隨樣品而不同。如果有干擾發生，可用適當的前處理程序去除。
- (三) 在 LC/MS/MS 中如層析管柱材質種類、管柱的長度、內徑、層析移動相的流率、移動相及添加劑的選擇，都可能影響層析效果及偵測靈敏度。電灑法游離法效率和待測物、移動相組成及流率關係密切，需考量移動相本身的電導率及介電常數，以減少離子抑制的情況，最佳化 MS/MS 的分析效率。
- (四) 所有實驗器皿、溶劑洗瓶及管路避免使用鐵氟龍材質，建議採用聚乙烯(Polyethylene, PE)或聚丙烯(Polypropylene, PP)材質。實驗器皿先用甲醇潤洗，存放於乾淨之環境自然風乾。儀器內部含鐵氟龍材質的配件，置換成其他如不鏽鋼或聚醚醚酮(Polyetheretherketone, PEEK)材質，以降低來自儀器設備的背景值，必要時可裝遲滯管柱(Delay column)，以延遲液相層析儀系統中釋出之 PFAS 之滯留時間，分開其與上機樣品內 PFAS，降低干擾。
- (五) 避免水樣與任何玻璃材質的容器或移液管接觸，因為 PFAS 待測

物可能會吸附在玻璃表面。

四、設備與材料

- (一) 樣品瓶：聚丙烯或聚乙烯材質，250 mL 或其他適當體積，使用前先用試劑水及甲醇清洗並乾燥之。
- (二) 藥瓶：瓶身、瓶蓋為 PP 或 PE 材質，1.8 mL 以上，用於保存儲備標準品。
- (三) 離心管：瓶身、瓶蓋為 PP 或 PE 材質，15 mL 或其他體積，用於離心、收集沖提液或保存儲備標準品。
- (四) 上機用 vial 瓶：瓶身、瓶蓋為 PP 或 PE 材質，0.5 mL 以上。
- (五) 定量瓶：玻璃材質，10 mL、100 mL 或其他體積。
- (六) 分析天平：可精稱至 0.1 mg。
- (七) 丟棄式玻璃滴管：用於玻璃安瓶標準品的轉移。
- (八) 丟棄式塑膠滴管。
- (九) 微量移液管：10 μ L、25 μ L、50 μ L、100 μ L、250 μ L、1000 μ L 或其他體積，微量吸管尖(Pipette tips)建議使用 PP 或 PE 材質，或其他不易產生干擾之材質。
- (十) 液相層析串聯式質譜儀裝置。
 - 1.液相層析儀。
 - 2.自動注射系統：依不同注射體積搭配注射迴圈(Loop)與注射針。
 - 3.層析管柱：ACQUITY UPLC HSS T3 管柱，1.8 μ m (粒徑)，2.1 mm (內徑) $\times$ 100 mm (長度) 或同級品。
 - 4.遲滯管柱 (視需要)：Poroshell 120，EC-C18 管柱，2.7 μ m (粒徑)，3.0 mm (內徑) $\times$ 50 mm (長度) 或其他適當管柱，安裝於液相層析儀幫浦(Pump)與自動注射系統(Autosampler)之間。
 - 5.電灑游離串聯式質譜儀。
 - 6.數據處理系統：能顯示 PFAS 的滯留時間及尖峰面積之定性及定量系統。
- (十一) 離心機：離心力可達到 $980 \times g$ 。
- (十二) pH 試紙或 pH 測定儀：pH 量測範圍至少為 5 至 9。
- (十三) 萃取裝置：
 - 1.固相萃取管匣 (Solid phase extraction, SPE)：Oasis WAX 150

mg、Oasis WAX Plus 225 mg 或同級品。基質複雜樣品(例如含腐質之水樣)可使用添加碳的弱陰離子交換(Weak anion exchange, WAX)固相萃取管匣，例如 Oasis WAX/GCB (WAX 為上層，GCB 為下層)或同級品。

2.固相萃取槽：附閥可調整流率。

3.真空幫浦。

4.蠕動馬達：可調整流率。

5.樣品載入管：不鏽鋼或 PP 材質。

(十四) 氮氣吹乾裝置：可調整加熱溫度和氮氣吹出量。

(十五) 塑膠針筒及針頭：1 mL 或以上。

(十六) 針頭式過濾膜：0.22 μm 或更小孔徑，Nylon 材質。

(十七) 濾紙：1 μm 或 4 μm 孔徑，棉質纖維素成分或同級品。

(十八) 冷藏設施：儲放樣品，溫度可達 4 $^{\circ}\text{C}$ 。

(十九) 冷凍設施：儲放標準品，溫度可達 -20 $^{\circ}\text{C}$ 。

五、試劑

(一) 試劑水：不含 PFAS 之純水。

(二) 甲醇：LC 級或 LC/MS 級。

(三) 醋酸銨：LC 級或 LC/MS 級。(註 2)

(四) 甲酸：LC 級或 LC/MS 級。

(五) 5 mM 醋酸銨水溶液：移動相，取 0.39 g 醋酸銨加試劑水至 1 L，混合均勻。(註 3)

(六) 5 mM 醋酸銨之甲醇溶液：移動相，取 0.39 g 醋酸銨加甲醇至 1 L，混合均勻。(註 3)

(七) 2 mM 醋酸銨水溶液：移動相，取 0.156 g 醋酸銨加試劑水至 1 L，混合均勻。(註 3)

(八) 氨水：市售約 28% 至 30% 氨水溶液，美國化學學會標準試藥或同等級。

(九) 試劑：用於固相萃取法方式一

1.含 1.96% 至 2.1% 氨水之甲醇溶液：取 7 mL 約 28 % 至 30 % 氨水溶液加甲醇至 100 mL，使用前配製。

2. 0.1 % 甲酸水溶液：取 1 mL 甲酸加試劑水至 1 L。

(十) 試劑：用於固相萃取法方式二

1. 含 0.924% 至 0.99% 氨水之甲醇溶液：取 3.3 mL 約 28% 至 30 % 氨水溶液加甲醇至 100 mL，使用前配製。
2. 1.131 % (0.3 M) 甲酸水溶液：取 1.131 mL 甲酸加試劑水至 100 mL。
3. 0.377 % (0.1 M) 甲酸水溶液：取 0.377 mL 甲酸加試劑水至 100 mL。
4. 1:1 的 0.1 M 甲酸/甲醇 (v/v)：取同體積的 0.1 M 甲酸水溶液與甲醇兩者混合。

(十一) 標準溶液：

1. 儲備標準溶液：購買市售可追溯濃度證明文件之標準溶液，標準溶液可能封裝於玻璃安瓶中，開瓶後須轉移至 PP 或 PE 材質之藥瓶或離心管，於 -20 °C 以下保存。
2. 中間標準溶液配製：將儲備標準溶液以甲醇稀釋，依需求配製成適當濃度，保存於 PP 或 PE 材質之藥瓶，於 -20 °C 以下保存，用於檢量線標準溶液之配製與前處理。

(十二) 內標準品溶液：內標準品名稱如表三。

1. 儲備內標準品溶液：購買市售可追溯濃度證明文件之標準溶液，標準溶液可能封裝於玻璃安瓶中，開瓶後須轉移至 PP 或 PE 材質之藥瓶或離心管，於 -20 °C 以下保存。
2. 中間內標準品溶液配製：將儲備內標準溶液以甲醇稀釋，依需求配製成適當濃度，保存於 PP 或 PE 材質之藥瓶，於 -20 °C 以下保存。用於檢量線標準溶液之配製與前處理。

六、採樣與保存

- (一) 採樣時，應製備現場空白樣品。
- (二) 若以固相萃取法檢驗長鏈 PFAS 時(C10 以上)需全量分析，應執行重複採樣。
- (三) 樣品使用樣品瓶進行採集，若樣品含餘氯，依採樣體積加入醋酸銨，使其濃度為 1 g/L。樣品採集後，置於大於 0 °C 至 6 °C 以下冷藏並在 14 天內完成前處理。前處理後之萃取液如無法立即上機分析，應置於 -20 °C 保存，上機前充分震盪，並於 28 日內完成上機。

七、步驟

(一) 本方法係為效能基準(Performance-based)分析方法，分析人員可依使用固相萃取管匣、前處理程序、液相層析儀、層析管柱及串聯式質譜儀之不同，適當修改本方法之檢測程序，惟修改後之方法其執行檢測所有步驟及程序，應符合本方法品質管制規範。

(二) 液相層析串聯式質譜儀操作條件：

1.移動相組成與梯度：

(1) 參考條件一(適用於固相萃取法與直接注入法)

A.流率：0.4 mL/min。

B.樣品注入量：10 μ L(固相萃取法)或 300 μ L (直接注入法)。

C.移動相 A：5 mM 醋酸銨水溶液。

移動相 B：5 mM 醋酸銨之甲醇溶液。

管柱再平衡時間(Post time)：4 分鐘

時間(min)	移動相A (%)	移動相B (%)
0	70	30
6	70	30
12	0	100
18	0	100
20	70	30

(2) 參考條件二(適用於固相萃取法)

A.流率：0.3 mL/min。

B.樣品注入量：10 μ L

C.移動相 A：2 mM 醋酸銨水溶液。

移動相 B：甲醇。

管柱再平衡時間(Post time)：4 分鐘

時間(min)	移動相A (%)	移動相B (%)
0.0	98	2
0.5	98	2
1.5	50	50
11.0	2	98
14.0	2	98
15.0	98	2

2.管柱溫度：35 °C。

3.負電荷模式串聯式質譜儀條件（電噴灑法）：

(1) 乾燥氣體溫度(Drying gas temperature)：150 °C。

(2) 乾燥氣體流率(Drying gas flow rate)：18 L/min。

(3) 霧化氣體壓力(Nebulizer gas pressure)：25 psi。

(4) 鞘氣溫度(Sheath gas temperature)：390 °C。

(5) 鞘氣流率(Sheath gas flow rate)：11 L/min。

(6) 毛細管電壓(Capillary voltage)：2000 V。

4.多重反應監測前驅物/產物離子偵測離子對如表四。

（三）檢量線製備

1.檢量線製備：配製至少 5 種不同濃度之標準品，各待測物對應之內標準品如表四，可依儀器廠牌的偵測靈敏度及線性範圍適當地修正。

(1) 固相萃取法：以甲醇或適當溶劑稀釋中間標準溶液與中間內標準品溶液。

(2) 直接注入法：以甲醇或適當溶劑稀釋中間標準溶液，取前述溶液加入中間內標準品溶液與試劑水。注意檢量線標準溶液中甲醇或適當溶劑與水的比例固定。

2.檢量線確認：檢量線製備完成後，應即以不同廠牌或同廠牌不同批號標準品作為第二來源標準品，配製接近檢量線中點濃度，進行檢量線確認，所測得濃度之相對誤差在 ± 30 % 以內。

- 3.依內標法，以線性迴歸法(Linear regression)製備檢量線（註4），其線性相關係數(Correlation coefficient, r)，必須大於或等於0.995。

（四）樣品前處理

- 1.固相萃取法：可依下列二種條件

(1) 固相萃取法方式一：採用含 2 % 氨水之甲醇溶液。

- A.取適量樣品(100 mL 至 250 mL)，若採全量分析，先於樣品瓶上標示水樣之位置，以便事後測量水樣體積（註5），查核樣品與添加樣品加入適量的中間標準溶液，所有樣品添加相同體積的中間內標準品溶液。
- B.以 pH 試紙或 pH 測定儀量測樣品，若樣品 pH 值未於 6 至 7 之間，以甲酸或氨水調整 pH 值至 6 至 7 之間後，進行固相萃取（註6）（註7）。
- C.固相萃取管匣以 6 mL 含 2 % 氨水之甲醇溶液與 6 mL 甲醇分別流洗，續以 6 mL 試劑水流洗，管匣未乾之前，關閉閥門。加入 2 mL 含 0.1 % 甲酸之水溶液浸泡約 2 分鐘後進行流洗，管匣快乾之前關閉閥門，使管匣保持濕潤狀態。
- D.樣品以大約 3 mL/min 至 5 mL/min 之流率流經固相萃取管匣。
- E.續以 3 mL 之 0.1 % 甲酸水溶液清洗管匣，接著加入 2 mL 試劑水清洗管匣。抽乾固相萃取管匣約 15 分鐘，以肉眼判斷管匣是否乾燥，若還有水分，續抽至乾燥為止。
- F.取 6 mL 甲醇分多次潤洗原盛裝樣品的管壁，再將潤洗用的甲醇移入固相萃取管匣沖提，流率約每秒一滴，以離心管收集沖提液。續加入 6 mL 含 2 % 氨水之甲醇溶液潤洗管壁並沖提管匣，流率約每秒一滴，用前述離心管合併收集沖提液。若沖提液不易流出，可以針筒之活塞略施壓力壓出，惟壓出後流率維持約每秒一滴。
- G.沖提液於 50 °C 下溫和氣流吹氮濃縮但不至乾，甲醇定量至 1 mL 至 2 mL 充分震盪均勻後，以針頭式過濾膜過濾之，取濾液至上機用 vial 瓶後以液相層析串聯式質譜儀分析。

(2) 固相萃取法方式二：採用含 1 % 氨水之甲醇溶液。

- A.取適量樣品(100 mL 至 250 mL)，若採全量分析，先於樣

品瓶上標示水樣之位置，以便事後測量水樣體積（註 5），查核樣品與添加樣品加入適量的中間標準溶液，所有樣品添加相同體積的中間內標準品溶液。

- B. 以 pH 試紙或 pH 測定儀量測樣品，若樣品 pH 值未於 6 至 7 之間，以甲酸或氨水調整 pH 值至 6 至 7 之間後，進行固相萃取（註 6）（註 7）
- C. 固相萃取管匣以 15 mL 含 1 % 氨水之甲醇溶液流洗。
- D. 續以 5 mL 之 0.3 M 甲酸流洗，管匣未乾之前，關閉閥門。此步驟避免使用真空，管匣快乾之前關閉閥門，使管匣保持濕潤狀態。
- E. 樣品以大約 3 mL/min 至 5 mL/min 之流率流經固相萃取管匣。
- F. 以 5 mL 試劑水（2 次）沖洗固相萃取管匣，續以 5 mL 之 1:1 (v/v) 的 0.1 M 甲酸/甲醇 3 mL 之 0.1 % 甲酸水溶液清洗管匣。使用真空抽乾固相萃取管匣 15 秒以上，以肉眼判斷管匣是否乾燥，若還有水分，續抽至乾燥為止。
- G. 取 5 mL 含 1 % 氨水之甲醇分多次潤洗原盛裝樣品的管壁，再將潤洗用含 1 % 氨水之甲醇移入固相萃取管匣沖提，流率約每秒一滴，以離心管收集沖提液。若沖提液不易流出，可以針筒之活塞略施壓力壓出，惟壓出後流率維持約每秒一滴。
- H. 沖提液於 50 °C 下溫和氣流吹氮濃縮但不至乾，甲醇定量至 1 mL 至 2 mL 充分震盪均勻後，以針頭式過濾膜過濾之，取濾液至上機用 vial 瓶後以液相層析串聯式質譜儀分析。（註 8）（註 9）

2. 直接注入法：適用於表一 19 種 PFAS 目標待測物。

- (1) 樣品中如果含有微粒或是懸浮物時，可先取離心管加入樣品與適量甲醇（註 10），查核樣品與添加樣品加入適量中間標準溶液，每個樣品添加相同體積的中間內標準品溶液，以離心力至少 $980 \times g$ ，離心約 15 分鐘後，或以針頭式過濾膜過濾，取澄清液以液相層析串聯式質譜儀分析。樣品如果無微粒或懸浮物，可省略離心或過濾步驟。

- (2) 檢量線標準溶液中甲醇與水的比例儘量與樣品一致。

（五）定性與定量

- 1.使用液相層析串聯質譜系統之多重反應監測模式(Multiple reaction monitoring mode, MRM)，前驅物/產物離子對如表四、表五所示。原則上以感度較高的前驅物/產物離子對作為定量，第二前驅物/產物離子對作為定性的依據。多重反應監測模式下前驅物/產物離子對層析圖如附圖所示。
- 2.待測物之兩監測前驅物/產物離子對（積分面積或高度）的相對比率(Ion ratio)須落在可接受的離子比例範圍之內（如表六所示），其相對比率須以檢量線查核分析或品管樣品的前驅物/產物離子對的比率為基準計算之。
- 3.PFBA 只有一前驅物/產物離子對，其滯留時間須落在檢量線查核標準品、檢量線確認標準品或添加樣品待測物之滯留時間 $\pm 2.5\%$ 範圍之內。另樣品之峰型與滯留時間應與其同位素內標準品之峰型相似，若仍有疑慮則以標準品添加後觀察峰型是否有變化。
- 4.分析物若含支鏈同分異構物(Branched and linear isomers)，且相對面積與直鏈化合物有顯著差異時，可以直鏈化合物作為定性判定之依據，定量時須將直鏈與支鏈異構物的訊號（面積）加總(如附圖所示)。PFOA、PFOS、PFHxS、PFOSA、PFNA 在市面上已有販售同時含有直鏈與支鏈異構物的定量標準品，實驗室應使用該標準品進行定性與定量。若第一來源標準品部分待測物無支鏈異構物，則應另備含有該待測物直鏈與支鏈異構物共存標準品，每批次樣品上機前分析以供支鏈異構物滯留時間參考。
- 5.當樣品待測物濃度超過檢量線，應取較少樣品量，重新前處理後上機分析。

八、結果處理

$$C_w = \frac{C \times V \times D \times 1,000}{M}$$

其中

C_w ：樣品濃度 (ng/L)

C ：由檢量線求得之待測物濃度 ($\mu\text{g/L}$)

V ：最終定量體積 (mL)

M ：樣品取用體積 (mL)

D ：稀釋因子，無單位。若未經稀釋， $D = 1$ 。

九、品質管制

- (一) 檢量線查核：檢量線應至少每 12 小時執行檢量線查核，所測得濃度之相對誤差值在 $\pm 30\%$ 以內。
- (二) 空白樣品分析：每批次或每 10 個樣品，應執行空白樣品分析，空白樣品分析值應小於方法偵測極限值之 2 倍。
- (三) 查核樣品分析：每批次或每 10 個樣品，應執行查核樣品分析，其回收率應在 50% 至 150% 範圍內。
- (四) 添加樣品分析：每批次或每 10 個樣品，應執行添加樣品分析，其回收率應在 40% 至 160% 範圍內。
- (五) 重複樣品分析：每批次或每 10 個樣品，應執行重複樣品分析，其相對差異百分比應在 30% 以內。
- (六) 內標準品監測：實驗室應評估每個樣品的內標準品離子尖峰面積並與本身所建立的品管要求比較，觀察樣品內標回收率是否異常。

十、精密度與準確度

單一實驗室查核及添加樣品分析之精密度與準確度的結果如表七至表十。

十一、參考資料

- (一) 行政院環境保護署，水中極性有機物檢測方法—液相層析／串聯式質譜儀法，NIEA W547.51B，中華民國 111 年。
- (二) U.S. EPA. Analysis of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Aqueous, Solid, Biosolids, and Tissue Samples by LC-MS/MS. Method 1633A, 2024.
- (三) U.S. EPA. Determination of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Drinking Water by Isotope Dilution Anion Exchange Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry. Method 533, 2019.
- (四) Official Journal of the European Union. Commission Notice - Technical Guidelines Regarding Methods of Analysis for Monitoring of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Water Intended for Human Consumption (C/2024/4910).
- (五) DIN. Water Quality - Determination of Selected Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Drinking Water - Method Using Liquid Chromatography/Tandem-Mass Spectrometry (LC-MS/MS). German

version EN 17892, 2024.

(六) U.S. EPA. Determination of Selected Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS). Method 537.1, 2020.

(七) U.S. FDA. Determination of 30 Per and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Food and Feed using Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS). Method C-010.03, 2024.

註 1：本方法驗證範圍未包含海域地面水體。

註 2：醋酸銨易潮解，應依原廠建議存放，或置於 2 °C 至 8 °C 環境。

註 3：若偵測靈敏度降低或滯留時間改變，可增加更換移動相頻率。

註 4：可使用 1/x 加權進行校正，以提高低濃度數值之準確性。

註 5：於樣品瓶中加入試劑水至水樣標線，再以量筒量測試劑水之體積，此即為水樣體積。

註 6：可用 50 % 甲酸水溶液與市售 28 % 至 30 % 氨水溶液調整 pH 值，或可用 5 % 甲酸水溶液與 2.8 % 至 3.0 % 氨水水溶液調整 pH 值。

註 7：樣品如果含有微粒或是懸浮物時，造成固相萃取匣阻塞，可將水樣分成 2 份以上，分別進行固相萃取，再合併萃取液進行後續分析。

註 8：渦旋(Vortex)震盪可避免長碳鏈 PFAS 暫時吸附於瓶壁；濃縮過程中可暫停 1 次至 2 次安排震盪再繼續濃縮，渦旋範圍儘量涵蓋使用高度。

註 9：固相萃取法上機的萃取液與檢量線標準品溶液中可添加醋酸（比率建議為 0.5 % 至 1.0 % (v/v)），添加比率儘量一致，有助改善目標待測物在層析圖的峰形。

註 10：添加甲醇可以降低長碳鏈的 PFAS 因離心或過濾時所造成的損失，建議甲醇的比例至少為 30 % 至 50 %。直接注入法樣品萃取液與檢量線標準品中可添加醋酸（比率建議為 0.1 % (v/v)），有助改善目標待測物在層析的峰形。

表一 全氟與多氟烷基物質中英文名稱及簡稱(一)

英文名稱	中文名稱	CAS No.	簡寫
Perfluorobutanoic acid	全氟丁酸	375-22-4	PFBA
Perfluoropentanoic acid	全氟戊酸	2706-90-3	PFPeA
Perfluorohexanoic acid	全氟己酸	307-24-4	PFHxA
Perfluoroheptanoic acid	全氟庚酸	375-85-9	PFHpA
Perfluorooctanoic acid	全氟辛酸	335-67-1	PFOA
Perfluorononanoic acid	全氟壬酸	375-95-1	PFNA
Perfluorodecanoic acid	全氟癸酸	335-76-2	PFDA
Perfluoroundecanoic acid	全氟十一烷酸	2058-94-8	PFUnA (PFUnDA) (PFUDa)
Perfluorododecanoic acid	全氟十二烷酸	307-55-1	PFDoA (PFDoDA)
Perfluorotridecanoic acid	全氟十三烷酸	72629-94-8	PFTTrDA
Perfluorotetradecanoic acid	全氟十四烷酸	376-06-7	PFTeDA
Perfluorobutanesulfonic acid	全氟丁基磺酸	375-73-5	PFBS
Perfluorohexanesulfonic acid	全氟己烷磺酸	355-46-4	PFHxS
Perfluoroheptanesulfonic acid	全氟庚烷磺酸	375-92-8	PFHpS
Perfluorooctanesulfonic acid	全氟辛烷磺酸	1763-23-1	PFOS
Perfluorodecanesulfonic acid	全氟癸烷磺酸	335-77-3	PFDS
1H,1H,2H,2H - perfluorooctane sulfonic acid (6:2) (6:2 Fluorotelomer sulfonic acid)	全氟 1H,1H,2H,2H, 辛烷磺酸 (6:2) (6:2 氟調聚物磺酸)	27619-97-2	6:2 FTS
1H,1H,2H,2H-perfluorodecane sulfonic acid (8:2) (8:2 Fluorotelomer sulfonic acid)	全氟 1H,1H,2H,2H, 癸烷磺酸(8:2) (8:2 氟調聚物磺酸)	39108-34-4	8:2 FTS
Perfluorooctanesulfonamide	全氟辛烷磺(醯)胺	754-91-6	PFOSA (FOSA)

表二 全氟與多氟烷基物質中英文名稱及簡稱(二)

英文名稱	中文名稱	CAS No.	簡寫
Perfluoropentanesulfonic acid	全氟戊烷磺酸	2706-91-4	PFPeS
Perfluorononanesulfonic acid	全氟壬烷磺酸	68259-12-1	PFNS
Perfluorododecanesulfonic acid	全氟十二烷磺酸	79780-39-5	PFDoS
1H,1H,2H,2H-Perfluorohexane-sulphonic acid (4:2) (4:2 Fluorotelomer sulfonic acid)	全氟 1H,1H,2H,2H, 己烷磺酸(4:2) (4:2 氟調聚物磺酸)	757124-72-4	4:2 FTS
Hexafluoropropylene oxide dimer acid	六氟環氧丙烷二聚酸	13252-13-6	HFPO-DA (GenX)
4,8-dioxa-3H-perfluorononanoic acid	4,8-二氧雜-3H-全氟壬酸	919005-14-4	ADONA
Perfluoro-3-methoxypropanoic acid	全氟-3-甲氧基丙酸	377-73-1	PFMPA (PF4OPeA)
Perfluoro-4-methoxybutanoic acid	全氟-4-甲氧基丁酸	863090-89-5	PFMBA
Nonafluoro-3,6-dioxaheptanoic acid	全氟-3,6-二氧雜庚酸	151772-58-6	NFDHA
9-Chloro-perfluoro-3-oxanonanesulfonic acid	9-氯-全氟-3-氧雜壬烷磺酸	756426-58-1	9Cl-PF3ONS
11-Chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonic acid	11-氯-全氟-3-氧雜十一烷磺酸	763051-92-9	11Cl-PF3OUdS
Perfluoro(2-ethoxyethane)sulphonic acid	全氟-2-乙氧基乙烷	113507-82-7	PFEESA
Perfluoroundecanesulfonic acid	全氟十一烷磺酸	749786-16-1	PFUnS (PFUnDS) (PFUdS)
Perfluorotridecanesulfonic acid	全氟十三烷磺酸	791563-89-8	PFTTrS (PFTTrDS)

表三 內標準品英文名稱及簡稱

英文名稱	簡寫
Perfluoro-n-[$^{13}\text{C}_4$]butanoic acid	$^{13}\text{C}_4$ -PFBA
Perfluoro-n-[$^{13}\text{C}_5$]pentanoic acid	$^{13}\text{C}_5$ -PFPeA
Perfluoro-n-[1,2,3,4,6- $^{13}\text{C}_5$]hexanoic acid	$^{13}\text{C}_5$ -PFHxA
Perfluoro-n-[1,2,3,4- $^{13}\text{C}_4$]heptanoic acid	$^{13}\text{C}_4$ -PFHpA
Perfluoro-n-[$^{13}\text{C}_8$]octanoic acid	$^{13}\text{C}_8$ -PFOA
Perfluoro-n-[$^{13}\text{C}_9$]nonanoic acid	$^{13}\text{C}_9$ -PFNA
Perfluoro-n-[1,2,3,4,5,6- $^{13}\text{C}_6$]decanoic acid	$^{13}\text{C}_6$ -PFDA
Perfluoro-n-[1,2,3,4,5,6,7- $^{13}\text{C}_7$]undecanoic acid	$^{13}\text{C}_7$ -PFUnA
Perfluoro-n-[1,2- $^{13}\text{C}_2$]dodecanoic acid	$^{13}\text{C}_2$ -PFDxA
Perfluoro-n-[1,2- $^{13}\text{C}_2$]tetradecanoic acid	$^{13}\text{C}_2$ -PFTeDA
Perfluoro-1-[2,3,4- $^{13}\text{C}_3$]butanesulfonic acid	$^{13}\text{C}_3$ -PFBS
Perfluoro-1-[1,2,3- $^{13}\text{C}_3$]hexanesulfonic acid	$^{13}\text{C}_3$ -PFHxS
Perfluoro-1-[$^{13}\text{C}_8$]octanesulfonic acid	$^{13}\text{C}_8$ -PFOS
Perfluoro-1-[$^{13}\text{C}_8$]octanesulfonamide	$^{13}\text{C}_8$ -PFOSA
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-[1,2- $^{13}\text{C}_2$]hexane sulfonic acid	$^{13}\text{C}_2$ -4:2FTS
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-[1,2- $^{13}\text{C}_2$]octane sulfonic acid	$^{13}\text{C}_2$ -6:2FTS
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-[1,2- $^{13}\text{C}_2$]decane sulfonic acid	$^{13}\text{C}_2$ -8:2FTS
Tetrafluoro-2-heptafluoropropoxy- $^{13}\text{C}_3$ -propanoic acid	$^{13}\text{C}_3$ -HFPO-DA

註：隨著市場上出現更多新的同位素標記物，實驗室可將新上市的同位素標準品納入分析中。

表四 待測物前驅物/產物離子與相對應內標

待測物與內標	前驅物離子	產物離子	相對應內標
PFBA	213	169	$^{13}\text{C}_4\text{-PFBA}$
PFPeA	263	219*	$^{13}\text{C}_5\text{-PFPeA}$
	263	69	
PFHxA	313	269*	$^{13}\text{C}_5\text{-PFHxA}$
	313	119	
PFHpA	363	319	$^{13}\text{C}_4\text{-PFHpA}$
	363	169	
PFOA	413	369*	$^{13}\text{C}_8\text{-PFOA}$
	413	169	
PFNA	463	419*	$^{13}\text{C}_9\text{-PFNA}$
	463	219	
PFDA	513	469*	$^{13}\text{C}_6\text{-PFDA}$
	513	219	
PFUnA	563	519*	$^{13}\text{C}_7\text{-PFUnA}$
	563	269	
PFDoA	613	569*	$^{13}\text{C}_2\text{-PFDoA}$
	613	319	
PFTeDA	663	619*	$^{13}\text{C}_2\text{-PFTeDA}$ 或 $^{13}\text{C}_2\text{-PFTeDA}$ 與 $^{13}\text{C}_2\text{-PFDoA}$ 平均
	663	169	
PFTeDA	713	669*	$^{13}\text{C}_2\text{-PFTeDA}$
	713	169	
PFBS	299	99	$^{13}\text{C}_3\text{-PFBS}$
	299	80*	
PFPeS	349	99	$^{13}\text{C}_3\text{-PFHxS}$
	349	80*	
PFHxS	399	99	$^{13}\text{C}_3\text{-PFHxS}$
	399	80*	
PFHpS	449	99	$^{13}\text{C}_8\text{-PFOS}$
	449	80*	

表四 待測物前驅物/產物離子與相對應內標(續)

待測物與內標	前驅物離子	產物離子	相對應內標
PFOS	499	99	$^{13}\text{C}_8\text{-PFOS}$
	499	80*	
PFNS	549	99	$^{13}\text{C}_8\text{-PFOS}$
	549	80*	
PFDS	599	99	$^{13}\text{C}_8\text{-PFOS}$
	599	80*	
PFDoS	699	99	$^{13}\text{C}_8\text{-PFOS}$
	699	80*	或 $^{13}\text{C}_2\text{-PFDoA}$
4:2 FTS	327	307*	$^{13}\text{C}_2\text{-4:2FTS}$
	327	81	
6:2 FTS	427	407*	$^{13}\text{C}_2\text{-6:2FTS}$
	427	81	
8:2 FTS	527	507*	$^{13}\text{C}_2\text{-8:2FTS}$
	527	80	
PFOSA	498	478	$^{13}\text{C}_8\text{-PFOSA}$
	498	78*	
HFPO-DA	285	185	$^{13}\text{C}_3\text{-HFPO-DA}$
	285	169*	
ADONA	377	251*	$^{13}\text{C}_3\text{-HFPO-DA}$
	377	85	
PFMPA	299	85	$^{13}\text{C}_5\text{-PFPeA}$
PFMBA	279	85	$^{13}\text{C}_5\text{-PFPeA}$
NFDHA	295	201*	$^{13}\text{C}_4\text{-PFHpA}$
	295	85	
9Cl-PF3ONS	533	353	$^{13}\text{C}_3\text{-HFPO-DA}$
	531	351*	
11Cl-PF3OUdS	633	453	$^{13}\text{C}_3\text{-HFPO-DA}$
	631	451*	
PFEESA	315	135*	$^{13}\text{C}_5\text{-PFHxA}$
	315	83	

表四 待測物前驅物/產物離子與相對應內標(續)

待測物與內標	前驅物離子	產物離子	相對應內標
PFUnS	649	99	¹³ C ₇ -PFUnA
	649	80*	
PFTrS	749	99	¹³ C ₂ -PFDoA
	749	80*	

註：*號者為建議之定量用前驅物/產物離子。

表五 內標準品前驅物/產物離子

待測物與內標	前驅物離子	產物離子
$^{13}\text{C}_4\text{-PFBA}$	217	172
$^{13}\text{C}_5\text{-PFPeA}$	268	223
$^{13}\text{C}_5\text{-PFHxA}$	318	273
$^{13}\text{C}_4\text{-PFHpA}$	367	322
$^{13}\text{C}_8\text{-PFOA}$	421	376
$^{13}\text{C}_9\text{-PFNA}$	472	427
$^{13}\text{C}_6\text{-PFDA}$	519	474
$^{13}\text{C}_7\text{-PFUnA}$	570	525
$^{13}\text{C}_2\text{-PFDoA}$	615	570
$^{13}\text{C}_2\text{-PFTeDA}$	715	670
$^{13}\text{C}_3\text{-PFBS}$	302	99
	302	80*
$^{13}\text{C}_3\text{-PFHxS}$	402	99
	302	80*
$^{13}\text{C}_8\text{-PFOS}$	507	99
	507	80*
$^{13}\text{C}_2\text{-4:2FTS}$	329	309
	329	81*
$^{13}\text{C}_2\text{-6:2FTS}$	429	409
	429	81*
$^{13}\text{C}_2\text{-8:2FTS}$	529	509
	529	81*
$^{13}\text{C}_8\text{-PFOSA}$	506	78
$^{13}\text{C}_3\text{-HFPO-DA}$	287	185
	287	169*

註 1：隨著市場上出現更多新的同位素標記物，實驗室可將新上市的同位素標準品納入分析中。

註 2：可視需求增加檢測內標準品第二對前驅物/產物離子。

表六 LC/MS/MS前驅物/產物離子對之離子強度比率(Ion ratio)規範

相對強度 (% of Base peak)	兩離子對比率的最大允許誤差 (%)
> 50	± 20
> 20 至 50	± 25
> 10 至 20	± 30
≤ 10	± 50

表七 直接注入法之查核及添加樣品分析精密度與準確度

待測物	查核樣品回收率 (n=5)		添加樣品回收率 (n=5)	
	平均 (%)	標準偏差 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)
PFBA	88.3	4.4	96.6	6.6
PFPeA	100	12.6	97.0	12.5
PFBS	96.4	11.0	94.4	17.2
PFHxA	89.3	6.7	86.1	2.0
PFHxS	94.4	17.5	92.8	12.6
PFHpA	78.4	6.6	92.3	12.0
PFHpS	110	12.9	104	25.4
6:2 FTS	114	12.4	102	18.1
PFOA	90.9	16.6	85.0	19.2
PFOS	90.0	10.1	100	13.0
PFNA	104	15.5	96.5	10.5
8:2 FTS	85.5	11.1	92.0	13.9
PFDA	99.7	12.6	102	10.6
PFDS	105	14.9	122	32.3
PFOSA	94.8	19.3	97.0	18.0
PFUnA	98.0	14.0	94.6	9.5
PFDoA	89.8	15.1	92.4	19.2
PFTTrDA	89.6	16.2	74.9	25.7
PFTeDA	95.5	7.6	86.6	6.1

註：配製查核樣品與添加樣品濃度為 0.141 µg/L，樣品內標準品濃度 0.141 µg/L。

表八 固相萃取法(方式一)查核及添加樣品分析之精密度與準確度

待測物	查核樣品回收率 (n=4)		添加樣品回收率 (n=5)	
	平均 (%)	標準偏差 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)
PFBA	96.0	1.2	101	1.2
PFPeA	96.5	2.8	95.2	0.5
PFHxA	91.7	2.6	94.8	2.6
PFHpA	94.0	5.3	98.5	2.8
PFOA	90.4	3.9	91.7	7.6
PFNA	99.4	0.3	100	7.6
PFDA	103	6.2	105	4.4
PFUnA	101	4.4	98.1	5.6
PFDoA	97.3	5.0	100	2.9
PFTTrDA	64.2	10.6	92.2	4.5
PFTeDA	100	11.6	95.3	4.3
PFBS	96.9	3.4	98.1	4.3
PFPeS	97.9	4.0	97.1	3.1
PFHxS	94.7	3.0	95.6	3.5
PFHpS	96.3	2.0	98.3	4.0
PFOS	86.1	2.3	89.8	4.3
PFNS	88.6	3.1	93.2	5.7
PFDS	105	2.6	103	2.9
PFDoS	59.1	25.0	122	27.5
4:2 FTS	92.0	3.3	93.3	3.9
6:2 FTS	92.4	3.3	92.1	0.3
8:2 FTS	98.5	4.3	103	1.7
PFOSA	92.0	3.9	96.3	2.1
HFPO-DA	95.2	1.9	97.2	3.5
ADONA	117	3.0	126	4.1
PFMPA	90.9	1.7	79.1	2.0
PFMBA	94.5	2.3	101	3.3
NFDHA	89.5	5.9	58.5	3.5
9Cl-PF3ONS	98.9	7.5	111	5.3
11Cl-PF3OUdS	70.7	13.6	98.3	12.1
PFEEESA	63.6	9.4	87.1	3.3
PFUnS	97.9	9.8	100	4.9
PFTTrS	90.6	5.9	101	1.7

註：配製查核樣品與添加樣品濃度為 0.020 µg/L，取 250 mL 飲用水樣品，濃縮 250 倍。

表八 固相萃取法(方式一)查核及添加樣品分析之精密度與準確度(續)

待測物	查核樣品回收率 (n=3)		添加樣品回收率 (n=3)	
	平均 (%)	標準偏差 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)
PFBA	94.3	1.7	101	5.2
PFPeA	92.0	0.7	94.9	2.4
PFHxA	91.2	3.0	93.9	6.5
PFHpA	88.1	1.1	89.3	4.6
PFOA	88.2	2.8	95.8	5.4
PFNA	90.8	3.0	91.7	4.0
PFDA	86.0	3.6	92.9	7.5
PFUnA	101	2.8	89.6	6.7
PFDoA	97.8	2.0	100	5.1
PFTTrDA	84.6	12.6	81.6	6.4
PFTeDA	103	7.3	98.3	3.4
PFBS	89.6	4.6	95.4	8.2
PFPeS	91.7	2.0	88.4	4.0
PFHxS	90.5	3.0	87.5	9.4
PFHpS	92.3	2.1	92.9	2.8
PFOS	86.7	10.7	92.3	1.2
PFNS	86.8	2.4	89.7	2.8
PFDS	90.8	2.3	96.8	3.4
PFDoS	91.5	21.0	55.7	12.7
4:2 FTS	88.7	3.1	90.3	2.7
6:2 FTS	86.2	10.9	88.7	2.4
8:2 FTS	88.8	8.8	95.3	4.2
PFOSA	85.3	0.7	91.5	2.9
HFPO-DA	91.2	6.3	93.8	5.8
ADONA	112	2.4	112	4.8
PFMPA	85.2	0.6	65.6	1.3
PFMBA	92.9	1.7	101	2.4
NFDHA	86.9	4.4	45.8	3.0
9Cl-PF3ONS	101.2	2.5	137	4.7
11Cl-PF3OUdS	91.8	3.6	128	5.6
PFEEA	70.5	3.8	109	4.6
PFUnS	87.3	1.2	90.3	3.1
PFTTrS	87.3	6.7	95.5	11.0

註：配製查核樣品與添加樣品濃度為 0.020 µg/L，取 250 mL 湖水樣品，濃縮 250 倍。

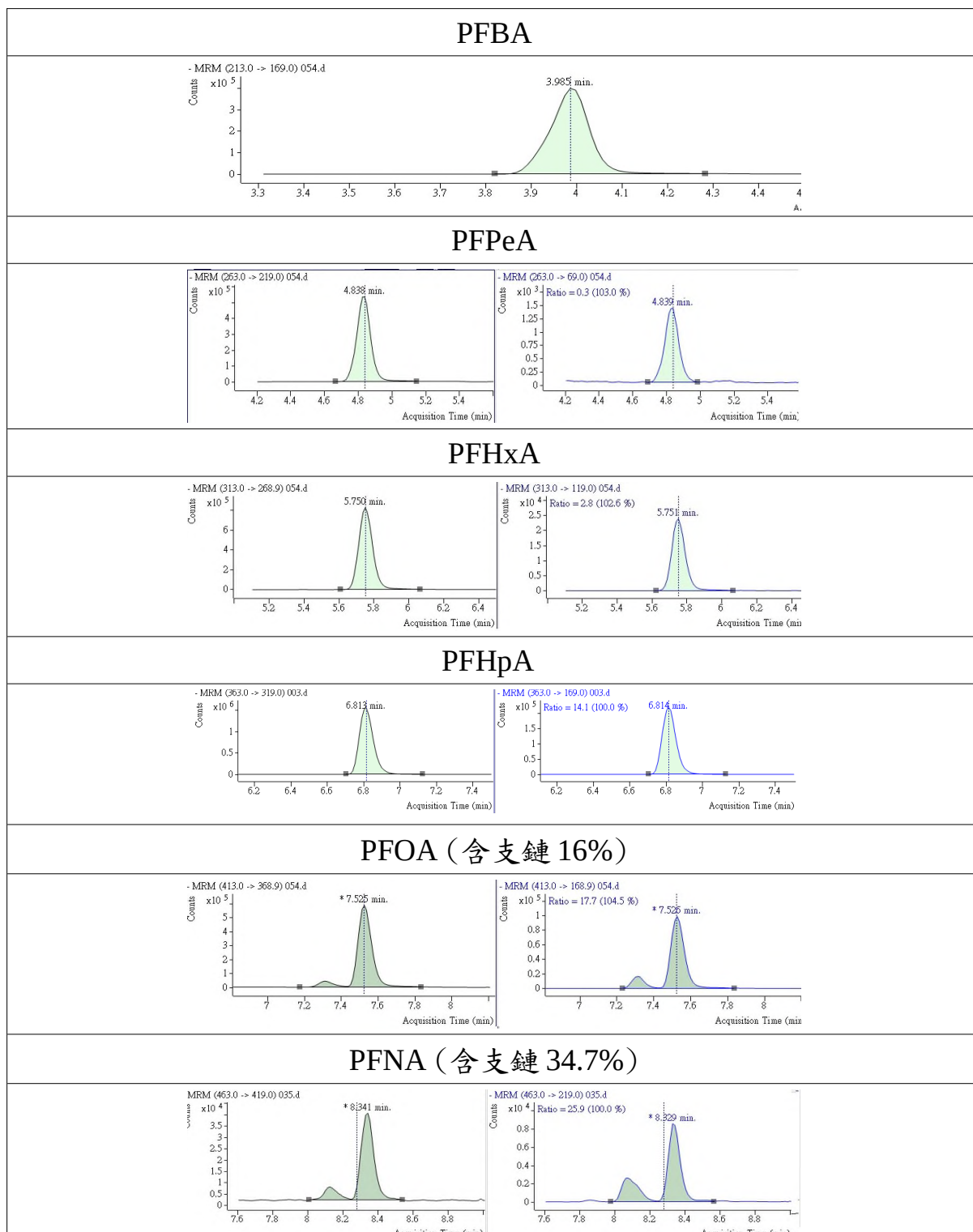
表九 參考之方法偵測極限(固相萃取法與直接注入法)

待測物	固相萃取法方式二 ^{註2} MDL (ng/L)	固相萃取法方式一 ^{註3} MDL (ng/L)	直接注入法 MDL (ng/L)
PFBA	0.329	2.48	0.466
PFPeA	0.399	1.18	0.206
PFHxA	0.229	1.06	0.103
PFHpA	0.242	1.01	0.164
PFOA	0.600	1.87	0.590
PFNA	0.203	1.04	0.193
PFDA	0.276	1.03	0.296
PFUnA	0.248	1.10	0.401
PFDoA	0.375	0.853	0.414
PFTTrDA	0.444	0.991	0.667
PFTeDA	0.570	0.982	0.586
PFBS	0.194	1.05	0.071
PFPeS	0.383	*	*
PFHxS	0.221	1.04	0.162
PFHpS	0.153	0.914	0.110
PFOS	0.255	2.10	0.127
PFNS	0.321	*	*
PFDS	0.361	0.993	0.217
PFDoS	1.45	*	*
4:2 FTS	0.195	*	*
6:2 FTS	0.277	1.05	0.237
8:2 FTS	0.228	0.962	0.351
PFOSA	0.258	0.917	0.381
HFPO-DA	0.264	*	*
ADONA	0.263	*	*
PFMPA	0.211	*	*
PFMBA	0.221	*	*
NFDHA	0.941	*	*
9Cl-PF3ONS	0.584	*	*
11Cl-PF3OUdS	0.640	*	*
PFEEA	0.157	*	*
PFUnS	0.510	*	*
PFTTrS	1.15	*	*

註 1：方法偵測極限：依據「環境檢驗方法偵測極限測定指引(NIEA-PA107)」製作。

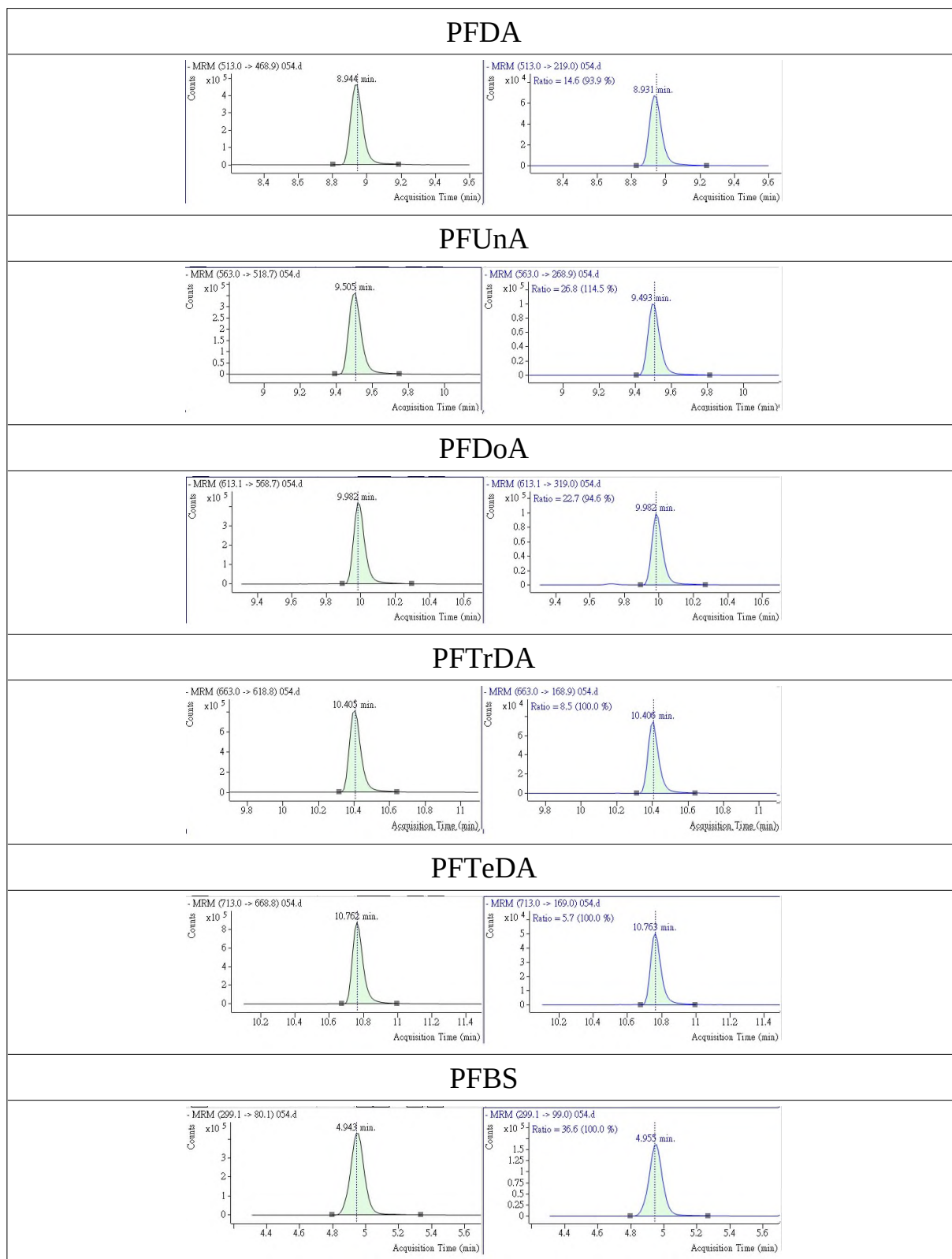
註 2：固相萃取法方式二，樣品體積 250 mL，濃縮 125 倍。

註 3：固相萃取法方式一，樣品體積 10 mL，濃縮 10 倍。

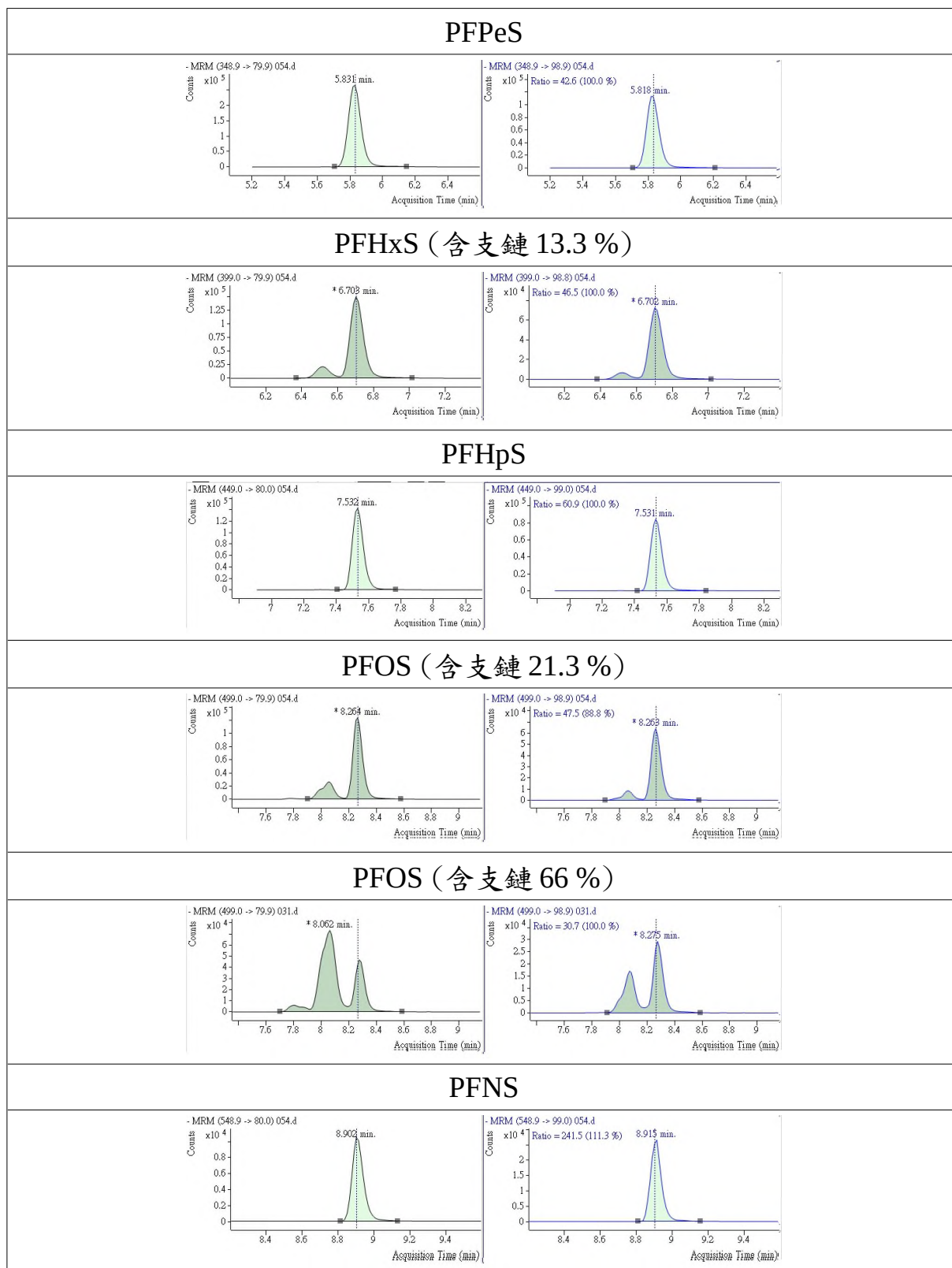


附圖 待測物及內標準品多重反應監測模式(MRM)前驅物/產物離子對之層析圖

註：不同來源的標準品或真實樣品，同分異構物的比例和附圖所列的比例可能並不相同。

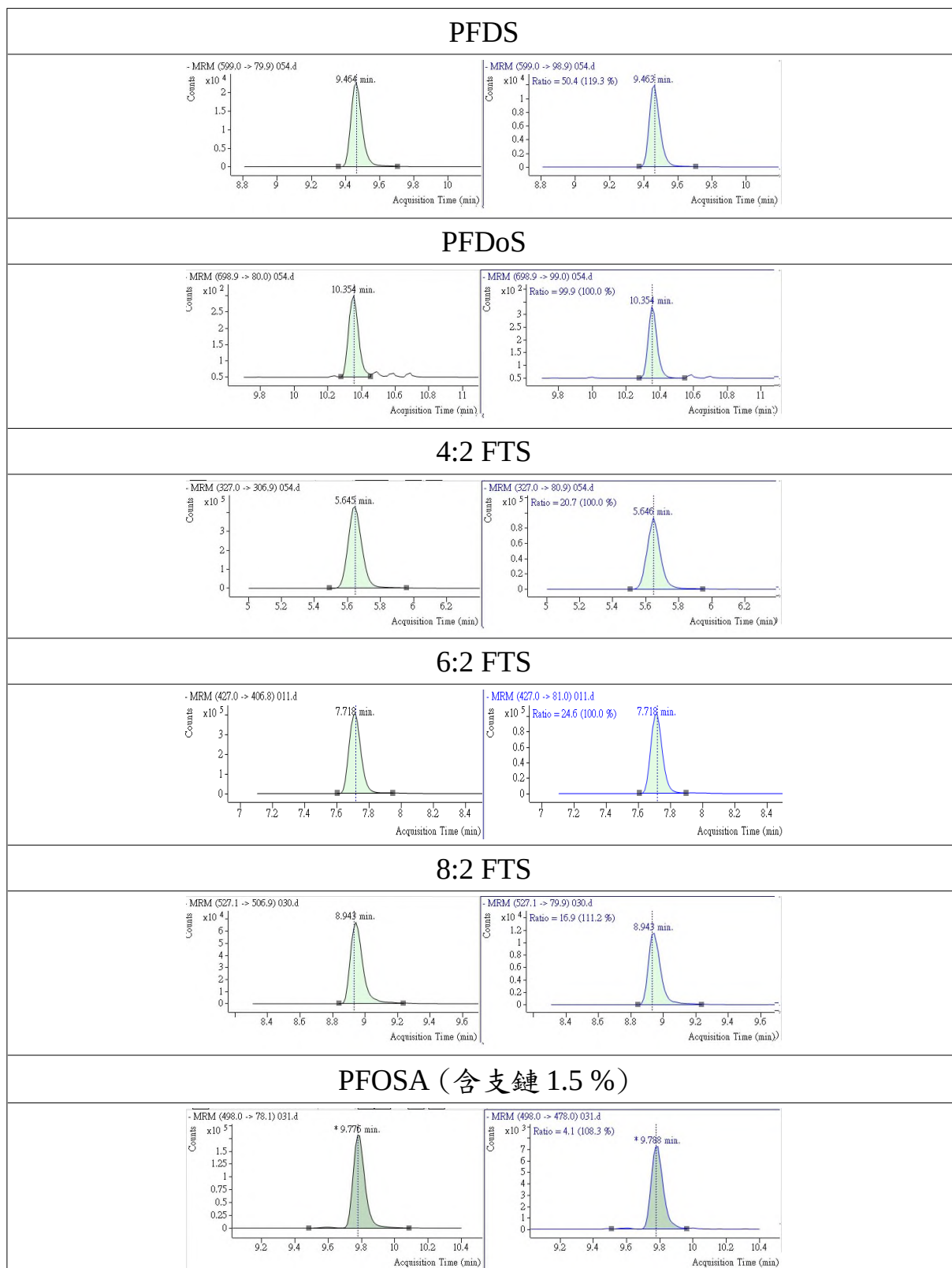


附圖 待測物及內標準品多重反應監測模式(MRM)前驅物/產物離子對之層析圖(續)



附圖 待測物及內標準品多重反應監測模式(MRM)前驅物/產物離子對之層析圖

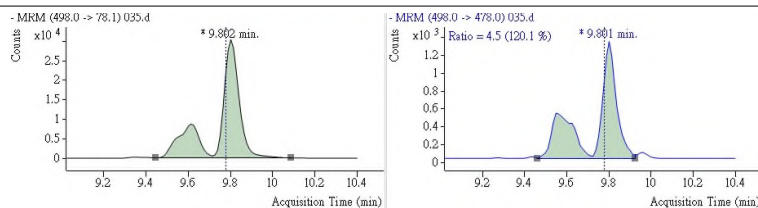
註：不同來源的標準品或真實樣品，同分異構物的比例和附圖所列的比例可能並不相同。



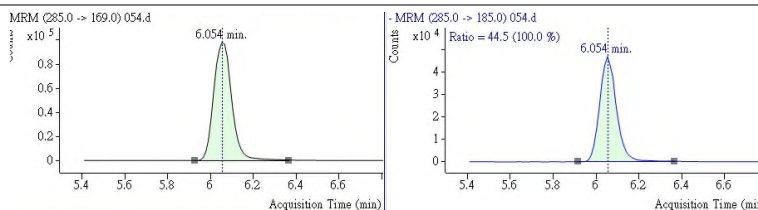
附圖 待測物及內標準品多重反應監測模式(MRM)前驅物/產物離子對之層析圖

註：不同來源的標準品或真實樣品，同分異構物的比例和附圖所列的比例可能並不相同。

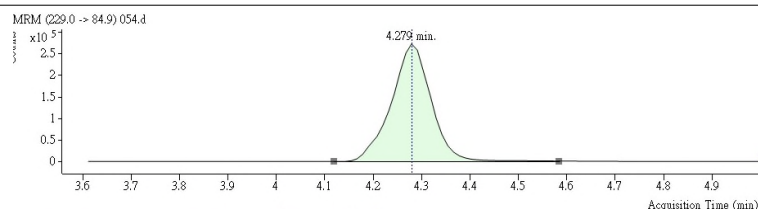
PFOSA (含支鏈 33.6 %)



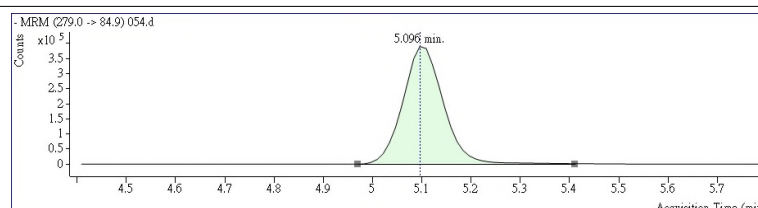
HFPO-DA



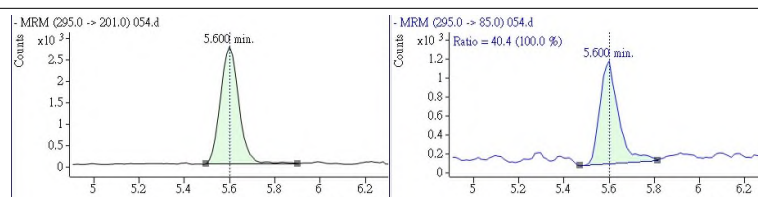
PFMPA



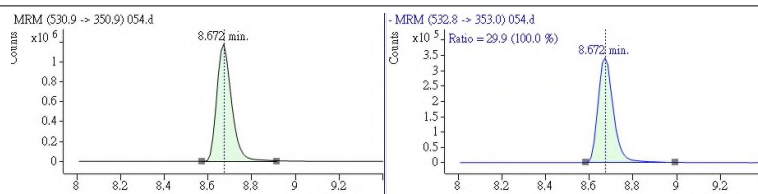
PFMBA



NFDHA

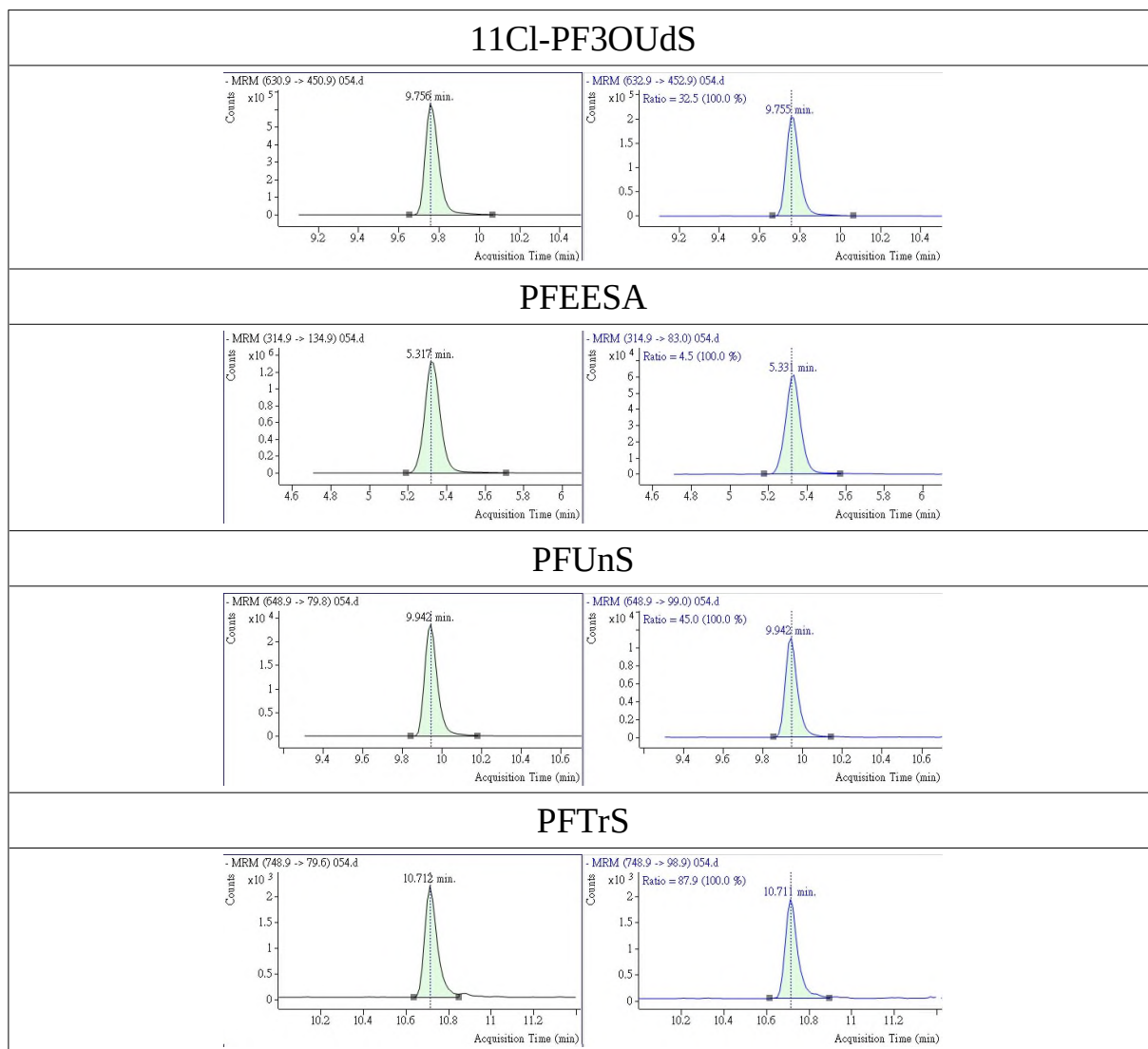


9Cl-PF3ONS



附圖 待測物及內標準品多重反應監測模式(MRM)前驅物/產物離子對之層析圖

註：不同來源的標準品或真實樣品，同分異構物的比例和附圖所列的比例可能並不相同。



附圖 待測物及內標準品多重反應監測模式(MRM)前驅物/產物離子對之層析圖(續)

(環境檢測標準方法修正對照表

方法名稱：水中全氟與多氟烷基物質檢測方法—液相層析
串聯式質譜儀法草案 (NIEA W542.53B) 草案

修正內容	現行內容	說明
一、方法概要 樣品離心後直接注射，或經固相萃取管匣萃取、濃縮、過濾後，<u>注入液相層析串聯式質譜儀 (Liquid chromatography – tandem mass spectrometer, LC/MS/MS)</u> 檢測全氟與多氟烷基物質 (Per- and polyfluoroalkyl substances, PFAS)。	一、方法概要 樣品離心後直接注<u>入液相層析串聯式質譜儀 (Liquid chromatography – tandem mass spectrometer, LC/MS/MS)</u> 檢測，或經固相萃取管匣前處理後，以甲醇及含 2 % 氨水之甲醇溶液沖提，經吹氮、<u>回溶及過濾後</u>，再以液相層析串聯式質譜儀檢測全氟與多氟烷基物質 (Per- and polyfluoroalkyl substances, PFAS)。	文字刪減與修正。
二、適用範圍 本方法適用於<u>檢測</u>飲用水、飲用水水源、放流水、地面水<u>體</u>註 1)、地下水、<u>廢(污)水</u>中全氟與多氟烷基物質檢測，待測物如表一<u>與表二</u>所示。	二、適用範圍 本方法適用於飲用水、飲用水水源、放流水、地面水（註 1）、地下水中全氟與多氟烷基物質檢測，待測物如表一所示。	文字修正與增加適用範圍。
三、干擾 (一) 本方法的干擾可能來自於溶劑、試劑、玻璃器皿及樣品處理過程中所使用的設備之污染，可能導致層析圖基線之漂移，<u>須執行方法空白樣品的測試</u>，以確認無干擾情形。	三、干擾 (一) 本方法的干擾可能來自於溶劑、試劑、玻璃器皿及樣品處理過程中所使用的硬體設備之污染，干擾物質會導致層析圖基線之漂移，<u>須執行方法空白樣品的測試</u>，以確認無干擾情形。	文字修正。

(二) 干擾物質亦可能是樣品中之其他物質，干擾的程度隨樣品而不同。如果有干擾發生，可用適當的前處理程序去除。 (三) 在 LC/MS/MS 中如層析管柱材質種類、管柱的長度、內徑、層析移動相的流率、移動相及添加劑的選擇，都可能影響層析效果及偵測靈敏度。電灑法游離法效率和待測物、移動相組成及流率關係密切，需考量移動相本身的電導率及介電常數，以減少離子抑制的情況，最佳化 MS/MS 的分析效率。 (四) 所有實驗器皿、溶劑洗瓶及管路避免使用鐵氟龍材質，建議採用聚乙炔(Polyethylene, PE)或聚丙烯(Polypropylene, PP)材質。實驗器皿先用甲醇潤洗，存放於乾淨之環境自然風乾。儀器內部含鐵氟龍材質的配件，置換成其他如不鏽鋼或聚醚醚酮(Polyetheretherketone, PEEK)材質，以降低來自儀器設備的背景值，必要時可裝遲滯管柱(Delay column)，以延遲液相層析儀系統中釋出之 PFAS 之滯留時間，分開其與上機樣品內 PFAS，降低干擾。	(二) 干擾物質亦可能是樣品中之其他物質，干擾的程度隨樣品之來源而不同。由於本方法所使用之偵測系統具選擇性，因此可降低干擾的程度，如果有干擾發生，可用適當的前處理程序去除。 (三) 在 LC/MS/MS 中如層析管柱材質種類、管柱的長度、內徑、層析的流率、移動相及添加劑的選擇，都可能影響分析效果及儀器感度。而電噴灑法游離效率又和待測物、溶劑及流率的關係密切，需考量移動相本身的電導率及介電常數，以減少離子抑制的情況，以達到 MS/MS 分析效率的最佳化。 (四) 所有實驗器皿、溶劑洗瓶及管路避免使用鐵氟龍材質，建議採用聚丙烯(Polypropylene, PP)材質。實驗器皿先用甲醇潤洗，存放於乾淨之環境自然風乾。儀器內部含鐵氟龍材質的配件，置換成其他如不鏽鋼或聚醚醚酮(Polyetheretherketone, PEEK)材質，以去除來自儀器設備的背景值，必要時可裝遲滯管柱(Delay column)，以延遲液相層析儀系統中殘留 PFAS 之滯留時間，使其與上機樣品內 PFAS 的滯留時間分開	
---	--	--

	而降低干擾。	
四、設備與材料 (十) 電灑游離串聯式質譜儀。 (十一) 離心機：<u>離心力</u>可達到 $980 \times g$。 (十二) pH 試紙或 pH 測定儀：<u>pH 量測範圍至少為 5 至 9。</u> (十三) 萃取裝置： 1. 固相萃取管匣 (Solid phase extraction, SPE)：Oasis WAX 150 mg、Oasis WAX Plus 225 mg 或同級品。<u>基質複雜樣品(例如含腐質之水樣)可使用添加碳的弱陰離子交換 (Weak anion exchange, WAX) 固相萃取管匣，例如 Oasis WAX/GCB (WAX 為上層，GCB 為下層) 或同級品。</u>	四、設備與材料 (十) 電灑游離串聯式質譜儀。 (十一) 離心機：轉速可達到 $980 \times g$。 (十二) pH 試紙或 pH 測定儀：能測量 pH 值範圍 1 至 14。 (十三) 萃取裝置 1. 固相萃取管匣：Oasis WAX 150 mg、Oasis WAX Plus 225 mg 或同級品。	1. 考量檢測實務做調整。 2. 新增文字與修正。
五、試劑 (七) <u>2 mM 醋酸銨水溶液</u>：移動相，取 0.156 g 醋酸銨加試劑水至 1 L，混合均勻。 (註 3) (九) 試劑：用於固相萃取法方式一 1. 含 1.96% 至 2.1% 氨水之甲醇溶液：取 7 mL 約 28 % 至 30 % 氨水溶液加甲醇至 100 mL，使用前配製。 2. 0.1 % 甲酸水溶液：取 1 mL 甲酸加試劑水至 1	五、試劑 (八) 含 1.96% 至 2.1% 氨水之甲醇溶液：取 7 mL 約 28 % 至 30 % 氨水溶液加甲醇至 100 mL，使用前配製。 (九) 0.1 % 甲酸水溶液：取 1 mL 甲酸加試劑水至 1 L。 (十二) 內標準品溶液：內標準品名稱如表二。	1. 考量檢測實務做調整。 2. 新增文字與修正。

(十) 試劑：用於固相萃取 <u>法方式二</u> 1. <u>含 0.924%至 0.99% 氨水之甲醇溶液</u>：取 3.3 mL 約 28% 至 30 % 氨水溶液加甲醇至 100 mL，使用前配製。 2. <u>1.131 % (0.3 M) 甲酸水溶液</u>：取 1.131 mL 甲酸加試劑水至 100 mL。 3. <u>0.377 % (0.1 M) 甲酸水溶液</u>：取 0.377 mL 甲酸加試劑水至 100 mL。 4. <u>1:1 的 0.1 M 甲酸/甲醇 (v/v)</u>：取同體積的 0.1 M 甲酸水溶液與甲醇兩者混合。 (十二)內標準品溶液：內標準品名稱如<u>表三</u>。		
六、採樣與保存 (一)採樣時，應製備現場空白樣品。 (二)若以固相萃取法檢驗<u>長鏈 PFAS 時(C10以上)</u>需全量分析，應執行重複採樣。 (三)樣品使用樣品瓶進行採集，若樣品含餘氯，依採樣體積加入醋酸銨，使其濃度為 1 g/L。樣品採集後，置於大於 0 °C 至 6 °C 以下冷藏並在 14 天內完成前處理。前處理後之萃<u>取液如無法立即上機分析</u>，應置於 - 20 °C 保存，並於 28 日內完成上機。	六、採樣與保存 採樣時，應製備現場空白樣品。樣品使用樣品瓶進行採集，若樣品含餘氯，依採樣體積加入醋酸銨，使其濃度為 1 g/L。樣品採集後，置於大於 0 °C 至 6 °C 以下冷藏並在 14 天內完成前處理。前處理後之萃液如置於 - 20 °C 保存，應於 28 日內完成上機分析。	1. 考量檢測實務做調整。 2. 新增文字與修正。
七、步驟 (二)液相層析串聯式質譜儀操作條件：	七、步驟 (二)液相層析串聯式質譜儀操作條件：	1. 考量檢測實務做調整。 2. 新增文字與

1. <u>移動相組成與梯度：</u> <u>(1)參考條件一(適用於固相萃取法與直接注入法)</u> <u>A. 流率：0.4 mL/min。</u> <u>B. 樣品注入量：10 μL(固相萃取法)或 300 μL (直接注入法)。</u> <u>C. 移動相 A：5 mM 醋酸銨水溶液。</u> <u>移動相 B：5 mM 醋酸銨之甲醇溶液。</u> <u>管柱再平衡時間(Post time)：4 分鐘</u> <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(min)</th><th>移動相A (%)</th><th>移動相B (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>70</td><td>30</td></tr> <tr><td>6</td><td>70</td><td>30</td></tr> <tr><td>12</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>18</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>20</td><td>70</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>	時間(min)	移動相A (%)	移動相B (%)	0	70	30	6	70	30	12	0	100	18	0	100	20	70	30	1. <u>層析管柱：ACQUITY UPLC HSS T3 管柱，1.8 μm(粒徑)，2.1 mm (內徑)×100 mm (長度) 或同級品。</u> 2. <u>遲滯管柱(視需要)：Poroshell 120，EC-C18 管柱，2.7 μm (粒徑)，3.0 mm(內徑)×50 mm (長度)或其他可延遲液相層析儀系統殘留 PFAS 之滯留時間，進而與上機樣品的 PFAS 滯留時間錯開的管柱。</u> 3. <u>移動相組成與梯度：</u> <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(min)</th><th>移動相A (%)</th><th>移動相B (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>70</td><td>30</td></tr> <tr><td>6</td><td>70</td><td>30</td></tr> <tr><td>12</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>18</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>20</td><td>70</td><td>30</td></tr> <tr><td><u>24</u></td><td><u>70</u></td><td><u>30</u></td></tr> </tbody> </table>	時間(min)	移動相A (%)	移動相B (%)	0	70	30	6	70	30	12	0	100	18	0	100	20	70	30	<u>24</u>	<u>70</u>	<u>30</u>	修正。
時間(min)	移動相A (%)	移動相B (%)																																							
0	70	30																																							
6	70	30																																							
12	0	100																																							
18	0	100																																							
20	70	30																																							
時間(min)	移動相A (%)	移動相B (%)																																							
0	70	30																																							
6	70	30																																							
12	0	100																																							
18	0	100																																							
20	70	30																																							
<u>24</u>	<u>70</u>	<u>30</u>																																							
<u>(2)參考條件二(適用於固相萃取法)</u> <u>A. 流率：0.3 mL/min。</u> <u>B. 樣品注入量：10 μL</u> <u>C. 移動相 A：2 mM 醋酸銨水溶液。</u> <u>移動相 B：甲醇。</u> <u>管柱再平衡時間(Post time)：4 分鐘</u> 2. <u>管柱溫度：35 $^{\circ}$C。</u> 3. <u>負電荷模式串聯式質譜儀條件(電噴灑法)：(1) 乾燥氣體溫度(Drying gas temperature)：150 $^{\circ}$C。</u>	移動相 A：5 mM 醋酸銨水溶液。 移動相 B：5 mM 醋酸銨之甲醇溶液。 4. <u>流率：0.4 mL/min。</u> 5. <u>樣品注入量：10 μL(固相萃取法)或 300 μL (直接注入法)。</u> 6. <u>管柱溫度：40 $^{\circ}$C。</u> 7. <u>負電荷模式串聯式質譜儀條件(電噴灑法)：</u> (1) <u>乾燥氣體溫度(Drying gas temperature)：290 $^{\circ}$C。</u> (2) <u>乾燥氣體流率</u>																																								

(2) 乾燥氣體流率 (Drying gas flow rate) : 18 L/min。 (3) 霧化氣體壓力 (Nebulizer gas pressure) : <u>25</u> psi。 (4) 鞘氣溫度 (Sheath gas temperature) : <u>390</u> °C。 (5) 鞘氣流率 (Sheath gas flow rate) : <u>11</u> L/min。 (6) 毛細管電壓 (Capillary voltage) : <u>2000</u> V。 4. <u>多重反應監測前驅物/產物離子偵測離子對如表四、表五。</u> (三) 檢量線製備 1. 檢量線製備：配製至少 5 種不同濃度之標準品，各待測物對應之內標準品如表四，可依儀器廠牌的<u>偵測靈敏度及線性範圍適當地修正。</u> (1) 固相萃取法：以甲醇或適當溶劑稀釋中間標準溶液與中間內標準品溶液。 (2) 直接注入法：以甲醇或適當溶劑稀釋中間標準溶液，取前述溶液加入中間內標準品溶液與試劑水。注意檢量線標準溶液中甲醇或適當溶劑與水的比例固定。 (四) 樣品前處理 1. 固相萃取法：<u>可依下列二種方式</u>	(Drying gas flow rate) : 18 L/min。 (3) 霧化氣體壓力 (Nebulizer gas pressure) : 35 psi。 (4) 鞘氣溫度 (Sheath gas temperature) : 400 °C。 (5) 鞘氣流率 (Sheath gas flow rate) : 12 L/min。 (6) 毛細管電壓 (Capillary voltage) : 4000 V。 8. <u>質譜參數如表三。</u> (三) 檢量線製備 1. 檢量線製備：配製至少 5 種不同濃度之標準品，各待測物對應之內標準品如表四，可依儀器廠牌的感度及線性範圍作適當的修正。 (1) 固相萃取法：以甲醇或適當溶劑稀釋中間標準溶液與中間內標準品溶液。<u>濃度範圍為 0.1 µg/L 至 10 µg/L，內標準品濃度為 2 µg/L。</u> (2) 直接注入法：以甲醇或適當溶劑稀釋中間標準溶液，取前述溶液加入中間內標準品溶液與試劑水，<u>配製濃度範圍為 0.001 µg/L 至</u>	
---	---	--

(1) 固相萃取法方式一： 採用含 2 % 氨水之 甲醇溶液。 A. 取適量樣品(100 mL 至 250 mL)，若採全 量分析，先於樣品瓶 上標示水樣之位置， 以便事後測量水樣 體積（註 5），查核 樣品與添加樣品加 入適量的中間標準 溶液，所有樣品添 加相同體積的中間 標準品溶液。 B. 以 pH 試紙或 pH 測定儀量測樣品， 若樣品 pH 值未於 6 至 7 之間，以甲酸 或氨水調整 pH 值 至 6 至 7 之間後， 進行固相萃取(註 6) (註 7)。 C. 固相萃接管匣以 6 mL 含 2 % 氨水之 甲醇溶液與 6 mL 甲醇分別流洗，續以 6 mL 試劑水流洗， 管匣未乾之前，關 閉閥門。加入 2 mL 含 0.1 % 甲酸之水 溶液浸泡約 2 分鐘 後進行流洗，管匣 快乾之前關閉閥門， 使管匣保持濕潤狀 態。 D. 樣品以大約 3 mL/min 至 5 mL/min 之流率流 經固相萃接管匣。	1 $\mu\text{g/L}$，內標準品濃 度為 0.1 $\mu\text{g/L}$。注意 檢量線標準溶液中 甲醇或適當溶劑與 水的比例固定。 (四)樣品前處理 1.固相萃取法： (1) 取適量樣品（放流水 建議取 10 mL）至離心 管或另一個乾淨的樣 品瓶，查核樣品與添 加樣品加入適量的中 間標準溶液，所有樣 品添加相同體積的中 間內標準品溶液，配 製之樣品內標準品濃 度建議為 0.2 $\mu\text{g/L}$。 (2) 加入甲酸調整 pH 值， 添加甲酸的量為取樣 體積之 1/1000，以 pH 試紙或 pH 測定儀量 測樣品，若樣品 pH 值 未小於 3，以甲酸或氨 水調整 pH 值至小於 3 後，進行固相萃取。 (註 5) (3) 固相萃接管匣以 6 mL 含 2 % 氨水之甲醇溶 液與 6 mL 甲醇分別 流洗，續以 6 mL 試劑 水流洗，管匣未乾之 前，關閉閥門。加入 2 mL 含 0.1 % 甲酸之 水溶液浸泡約 2 分鐘 後進行流洗，管匣快 乾之前關閉閥門，使 管匣保持濕潤狀態。 (4) 樣品以大約 3 mL/min
--	--

E. 續以 3 mL 之 0.1 % 甲酸水溶液清洗管匣，接著加入 2 mL 試劑水清洗管匣。抽乾固相萃取管匣約 15 分鐘，以肉眼判斷管匣是否乾燥，若還有水分，續抽至乾燥為止。 F. 取 6 mL 甲醇分多次潤洗原盛裝樣品的管壁，再將潤洗用的甲醇移入固相萃取管匣沖提，流率約每秒一滴，以離心管收集沖提液。續加入 6 mL 含 2 % 氨水之<u>甲醇溶液潤洗管壁並沖提管匣</u>，流率約每秒一滴，用前述離心管合併收集沖提液。若沖提液不易流出，可以針筒之活塞略施壓力壓出，惟壓出後流率維持約每秒一滴。 G. 沖提液於 50 °C 下<u>溫和氣流吹氮濃縮但不至乾，甲醇定量至 1 mL 至 2 mL 充分震盪均勻</u>後，以針頭式過濾膜過濾之，取濾液至上機用 vial 瓶後以液相層析串聯式質譜儀分析。	至 5 mL/min 之流率流經固相萃取管匣。 (5) 續以 3 mL 之 0.1 % 甲酸水溶液清洗管匣，接著加入 2 mL 試劑水清洗管匣。抽乾固相萃取管匣約 15 分鐘，以肉眼判斷管匣是否乾燥，若還有水分，續抽至乾燥為止。 (6) 取 6 mL 甲醇分多次潤洗原盛裝樣品的管壁，再將潤洗用的甲醇移入固相萃取管匣沖提，流率約每秒一滴，以離心管收集沖提液。續加入 6 mL 含 2 % 氨水之甲醇溶液沖提管匣，流率約每秒一滴，用前述離心管合併收集沖提液。若沖提液不易流出，可以針筒之活塞略施壓力壓出，惟壓出後流率維持約每秒一滴。 (7) 沖提液於 50 °C 下吹氮濃縮至乾（或近乾），加入 1 mL 的甲醇渦旋(Vortex)後，以針頭式過濾膜過濾之，取濾液至上機用 vial 瓶後以液相層析串聯式質譜儀分析。 2. 直接注入法 (1) 樣品中如果含有微粒或是懸浮物時，可先	
--	---	--

(2) <u>固相萃取法方式二：</u> <u>採用含 1 % 氨水之</u> <u>甲醇溶液。</u> A. <u>取適量樣品(100 mL</u> <u>至 250 mL)，若採全</u> <u>量分析，先於樣品瓶</u> <u>上標示水樣之位置，</u> <u>以便事後測量水樣</u> <u>體積（註 5），查核</u> <u>樣品與添加樣品加</u> <u>入適量的中間標準</u> <u>溶液，所有樣品添加</u> <u>相同體積的中間內</u> <u>標準品溶液。</u> B. <u>以 pH 試紙或 pH</u> <u>測定儀量測樣品，若</u> <u>樣品 pH 值未於 6</u> <u>至 7 之間，以甲酸</u> <u>或氨水調整 pH 值</u> <u>至 6 至 7 之間後，</u> <u>進行固相萃取(註6)</u> <u>（註 7）。</u> C. <u>固相萃取管匣以 15</u> <u>mL 含 1 % 氨水之</u> <u>甲醇溶液流洗。</u> D. <u>續以 5 mL 之 0.3 M</u> <u>甲酸流洗，管匣未乾</u> <u>之前，關閉閥門。此</u> <u>步驟避免使用真空，</u> <u>管匣快乾之前關閉</u> <u>閥門，使管匣保持濕</u> <u>潤狀態。</u> E. <u>樣品以大約 3</u> <u>mL/min 至 5</u> <u>mL/min 之流率流經</u> <u>固相萃取管匣。</u> F. <u>以 5 mL 試劑水（2</u> <u>次）沖洗固相萃取管</u>	取離心管加入樣品與適量甲醇（註 6），查核樣品與添加樣品加入適量中間標準溶液，每個樣品添加相同體積的中間內標準品溶液，以轉速至少 980×g 離心約 15 分鐘後，或以針頭式過濾膜過濾，取澄清液以液相層析串聯式質譜儀分析。樣品如果無微粒或懸浮物，可省略離心或過濾步驟。 (2) 檢量線標準溶液中甲醇與水的比例儘量與樣品一致。 (五) 定性與定量 1. 使用液相層析串聯質譜系統之多重反應監測模式 (Multiplereaction monitoring mode, MRM)，前驅物/產物離子對如表三所示。<u>每一種待測物監測其前驅物/產物離子對兩對，以其中感度較高的前驅物/產物離子對作為定量，第二前驅物/產物離子對作為定性的依據。多重反應監測模式下前驅物/產物離子對層析圖如附圖所示。</u> 2. <u>待測物之滯留時間須落在檢量線查核標準</u>	
---	---	--

<u>(匣,續以 5 mL 之 1:1 (v/v) 的 0.1 M 甲酸/甲醇 3 mL 之 0.1 % 甲酸水溶液清洗管匣。使用真空抽乾固相萃取管匣 15 秒以上,以肉眼判斷管匣是否乾燥,若還有水分,續抽至乾燥為止。</u> G. <u>取 5 mL 含 1 % 氨水之甲醇分多次潤洗原盛裝樣品的管壁,再將潤洗用含 1 % 氨水之甲醇移入固相萃取管匣沖提,流率約每秒一滴,以離心管收集沖提液。若沖提液不易流出可以針筒之活塞略施壓力壓出,惟壓出後流率維持約每秒一滴。</u> H. <u>沖提液於 50 °C 下溫和氣流吹氮濃縮但不至乾,甲醇定量至 1 mL 至 2 mL 充分震盪均勻後,以針頭式過濾膜過濾之,取濾液至上機用 vial 瓶後以液相層析串聯式質譜儀分析。</u> <u>2.直接注入法：適用於表一 19 種 PFAS 目標待測物。</u> <u>(1) 樣品中如果含有微粒或是懸浮物時,可先取離心管加入樣品與</u>	<u>品、檢量線確認標準品或添加樣品待測物之滯留時間± 2.5 % 範圍之內。</u> 3. <u>待測物之兩監測前驅物/產物離子對(積分面積或高度)的相對比率(Ion ratio)須落在可接受的離子比例範圍之內(如表五所示),其相對比率須以檢量線查核分析或品管樣品的前驅物/產物離子對的比率為基準計算之。</u> 4. <u>PFBA 只有一前驅物/產物離子對,樣品之峰型應與其同位素內標準品(MPFBA)之峰型相似,若仍有疑慮則以標準品添加後觀察峰型是否有變化。</u> 5. <u>當樣品待測物濃度超過檢量線,應取較少樣品量,重新前處理後上機分析。</u>
---	---

適量甲醇（註 10），查核樣品與添加樣品加入適量中間標準溶液，每個樣品添加相同體積的中間內標準品溶液，以離心力至少 $980 \times g$，離心約 15 分鐘後，或以針頭式過濾膜過濾，取澄清液以液相層析串聯式質譜儀分析。樣品如果無微粒或懸浮物，可省略離心或過濾步驟。 (2) 檢量線標準溶液中甲醇與水的比例儘量與樣品一致。 (五) 定性與定量 1. 使用液相層析串聯質譜系統之多重反應監測模式 (Multiple reaction monitoring mode, MRM)，前驅物/產物離子對如表四、表五所示。原則上以感度較高的前驅物/產物離子對作為定量，第二前驅物/產物離子對作為定性的依據。多重反應監測模式下前驅物/產物離子對層析圖如附圖所示。 2. 待測物之兩監測前驅物/產物離子對（積分面積或高度）的相對比率 (Ion ratio) 須落在可接受的離子比例範圍之內（如表六所示），其相對比率須以檢量線查核分析或品管樣品的前驅物/產物離子		
--	--	--

對的比率為基準計算之。 3. PFBA 只有一前驅物/產物離子對，<u>其滯留時間須落在檢量線查核標準品、檢量線確認標準品或添加樣品待測物之滯留時間 $\pm 2.5\%$ 範圍之內。另樣品之峰型與滯留時間應與其同位素內標準品之峰型相似，若仍有疑慮則以標準品添加後觀察峰型是否有變化。</u> 4. <u>分析物若含支鏈同分異構物(Branched and linear isomers)，且相對面積與直鏈化合物有顯著差異時，可以直鏈化合物作為定性判定之依據，定量時須將直鏈與支鏈異構物的訊號(面積)加總(如附圖所示)。</u>PFOA、PFOS、PFHxS、PFOSA、PFNA <u>在市面上已有販售同時含有直鏈與支鏈異構物的定量標準品，實驗室應使用該標準品進行定性與定量。若第一來源標準品部分待測物無支鏈異構物，則應另備含有該待測物直鏈與支鏈異構物共存標準品，每批次樣品上機前分析以供支鏈異構物滯留時間參考。</u> 5. 當樣品待測物濃度超過檢量線，應取較少樣品量，重新前處理後上機分析。		
八、結果處理	八、結果處理	修改公式的格

$C_w = \frac{C \times V \times D \times 1,000}{M}$	$C_w = (C \times V \times D \times 1000) / M$	式
十、精密度與準確度 單一實驗室查核及添加樣品分析之精密度與準確度的結果如表七至表十。	十、精密度與準確度 單一實驗室查核及添加樣品分析之精密度與準確度的結果如表六與表七。	修正文字
十一、參考資料 (一) 行政院環境保護署，水中極性有機物檢測方法—液相層析／串聯式質譜儀法，NIEA W547.51B，中華民國 111 年。 (二) U.S. EPA. Analysis of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Aqueous, Solid, Biosolids, and Tissue Samples by LC-MS/MS. Method 1633A, 2024. (三) U.S. EPA. Determination of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Drinking Water by Isotope Dilution Anion Exchange Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry. Method 533, 2019. (四) Official Journal of the European Union. <u>Commission Notice - Technical Guidelines Regarding Methods of Analysis for Monitoring of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Water Intended for Human Consumption (C/2024/4910).</u>	十一、參考資料 (一) 行政院環境保護署，水中極性有機物檢測方法—液相層析／串聯式質譜儀法，NIEA W547.51B，中華民國 111 年。 (二) Kari Organtini, Ken Rosnack, Douglas Stevens, Euan Ross, and Steven Lai, <u>Legacy and emerging perfluorinated alkyl substances (PFAS) in water: developing a SPE method for LC-MS/MS analysis</u> , 2019. (三) U.S. EPA. Determination of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Drinking Water by Isotope Dilution Anion Exchange Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry Method 533, 2019. (四) U.S. EPA. Determination of Selected Per-and Polyfluorinated Alkyl Substances in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry	文字格式調整及增加參考文獻。

(五) <u>DIN. Water Quality - Determination of Selected Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Drinking Water - Method Using Liquid Chromatography/Tandem-Mass Spectrometry (LC-MS/MS). German version EN 17892, 2024.</u> (六) <u>U.S. EPA. Determination of Selected Per-and Polyfluorinated Alkyl Substances in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS). Method 537.1, 2020.</u> (七) <u>U.S. FDA. Determination of 30 Per and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Food and Feed using Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS). Method C-010.03, 2024.</u>	(LC/MS/MS) Method 537.1, 2020. (五) <u>U.S. EPA Methods. Analysis of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Aqueous, Solid, Biosolids, and Tissue Samples by LCMS/ MS. Method 1633A, 2024.</u>	
註 3：若偵測靈敏度降低或滯留時間改變，可增加更換移動相頻率。 註 4：可使用 1/x 加權進行校正，以提高低濃度數值之準確性。 註 5：於樣品瓶中加入試劑水至水樣標線，再以量筒量測試劑水之體積，此即為水樣體積。 註 6：可用 50 % 甲酸水溶液與市售 28 % 至 30 % 氨水	註 3：若感度降低或滯留時間改變，可增加更換移動相頻率。 註 4：為避免低濃度之偏差，可使用 1/x 加權進行校正，以提高低濃度數值之準確性。 註 5：樣品如果含有微粒或是懸浮物時，造成固相萃取匣阻塞，可將水樣分成 2 份以上，分別進行固相萃取，再合併萃取液進	依內文新增備註與文字修正。

溶液調整 pH 值，或可用 5 % 甲酸水溶液與 2.8 % 至 3.0 % 氨水水溶液調整 pH 值。 註 7：樣品如果含有微粒或是懸浮物時，造成固相萃取匣阻塞，可將水樣分成 2 份以上，分別進行固相萃取，再合併萃取液進行後續分析。 註 8：渦旋(Vortex)震盪可避免長碳鏈 PFAS 暫時吸附於瓶壁；濃縮過程中可暫停 1 次至 2 次安排震盪再繼續濃縮，渦旋範圍儘量涵蓋使用高度。 註 9：固相萃取法上機的萃取液與檢量線標準品溶液中可添加醋酸(比率建議為 0.5 % 至 1.0 % (v/v))，添加比率儘量一致，有助改善目標待測物在層析圖的峰形。 註 10：添加甲醇可以降低長碳鏈的 PFAS 因離心或過濾時所造成的損失，建議甲醇的比例至少為 30 % 至 50 %。直接注入法樣品萃取液與檢量線標準品中可添加醋酸(比率建議為 0.1 % (v/v))，有助改善目標待測物在層析的峰形。	行後續分析。 註 6：添加甲醇可以降低長碳鏈的 PFAS 因離心或過濾時所造成的損失，建議甲醇的比例至少為 30 % 至 50 %。	
表一 全氟與多氟烷基物質中英文名稱及簡稱(一)	表一 全氟與多氟烷基物質中英文名稱及簡稱	新增簡寫名稱。
表二 全氟與多氟烷基物質中英文名稱及簡稱(二)		新增。
表三	表二	變更內容。

內標準品英文名稱及簡稱	內標準品中英文名稱及簡稱	
表四 待測物前驅物/產物離子與相對應內標	表三 前驅物/產物離子對質譜參數	重新整理並彙整。
表五 內標準品前驅物/產物離子	表四 內標準品對應表	
表六 LC/MS/MS 前驅物/產物離子對之離子強度比率(Ion ratio)規範	表五 LC/MS/MS 前驅物/產物離子對之離子強度比率(Ion ratio)規範	修正文字。
表七 直接注入法之查核及添加樣品分析精密度與準確度	表六 直接注入法之查核及添加樣品分析精密度與準確度	修正文字。
	表七方法偵測極限(固相)	改為表九。
表八 固相萃取法(方式一)查核及添加樣品分析之精密度與準確度	表八 固相萃取法查核及添加樣品分析之精密度與準確度	抽換。
表九 參考之方法偵測極限(固相萃取法與直接注入法)		原為表七。
附圖	附圖	抽換。

土壤及底泥水分含量測定方法－重量法 (NIEA S280.63C)草案總說明

為因應土壤及底泥水分含量測定方法原參考方法(ISO 11465, Soil - quality — Determination of dry matter and water content on a mass basis — Gravimetric method)修正內容更新版次為國際標準組織方法(ISO 11465:2025 Sludge and solid environmental matrices — Determination of dry residue or water content and calculation of the dry matter fraction on a mass basis)，並考量檢測實務需求，爰依土壤及地下水污染整治法第十條第三項，擬具「土壤及底泥水分含量測定方法－重量法(NIEA S280.63C)」草案，其要點如下：

- 一、本方法適用於所有型態的土壤及底泥樣品中水分含量測定。
- 二、本方法係將適量樣品於 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下乾燥至恆重，以乾燥前後重量之差值計算水分含量。

土壤及底泥水分含量測定方法－重量法
(NIEA S280.63C)草案

公 告	說 明
主旨：訂定「土壤及底泥水分含量測定方法－重量法 (NIEA S280.63C)」，並自中華民國一百十六年三月十五日生效。	方法名稱及生效日期。
依據：土壤及地下水污染整治法第十條第三項。	法源依據。
公告事項：環境檢測標準方法內容詳如附件。	方法內容。

土壤及底泥水分含量測定方法－重量法草案

NIEA S280.63C

一、方法概要

將適量樣品於 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下乾燥至恆重，以乾燥前後重量之差值計算水分含量。

二、適用範圍

本方法適用於所有型態的土壤及底泥樣品中水分含量測定。

三、干擾

- (一) 樣品中含揮發性物質時，本方法無法獲致可信的結果。如有機質含量 $>10\%$ 時，乾燥方法應修正為在 50°C 下乾燥至恆重，使用真空乾燥可加速此操作。
- (二) 與石膏類似的礦物在 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下會逸失結晶水。
- (三) 樣品在儲存和乾燥過程中可能會發生變化，如鹼性樣品會吸收空氣中二氧化碳，還原性物質會吸收空氣中氧氣。

四、設備與材料

- (一) 木槌。
- (二) 標準篩：2 mm (10 mesh)、0.250 mm (60 mesh)、0.150 mm (100 mesh)。
- (三) 研磨器：以瑪瑙、氧化鋯或其他不干擾分析的材質製成。可將乾燥土壤樣品研磨至粒徑小於 0.150 mm 且容易清理者。
- (四) 烘箱：循環送風式，附排氣設備，且可維持溫度 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 者。
- (五) 乾燥器或乾燥箱。
- (六) 分析天平：可精稱至 10 mg。
- (七) 稱量瓶：附蓋，不吸水材質（如玻璃、陶瓷或鋁）製，可承受至少 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的溫度，材質應與樣品性質相容，以避免因可能的

氧化作用而產生干擾。

五、試劑

略。

六、採樣與保存

- (一) 土壤樣品依據「土壤採樣方法 (NIEA S102.6)」採集具有代表性樣品，並經樣品預處理後貯存於塑膠或玻璃瓶中密封以備分析，除為計算待測物乾基濃度之水分測定外，檢測水分必須儘速進行，以減少逸失。土壤樣品預處理方式除依照「土壤採樣方法 (NIEA S102.6)」外，亦可參考「土壤檢測方法總則 (NIEA S103.6)」。
- (二) 底泥樣品依據「底泥採樣方法 (NIEA S104.3)」採集具有代表性樣品，並經樣品預處理後貯存於塑膠或玻璃瓶中密封以備分析。底泥樣品之預處理方式係將樣品放置於乾淨器皿中，以自然風乾（約需 7 至 10 天）、 $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之烘箱烘乾或冷凍乾燥等方式乾燥。乾燥過程視需要將團粒剝散，以免底泥因脫水而緊密膠結。

七、步驟（註 2）

（一）田間含水土壤樣品測定

1. 土壤不經預處理，將土壤置於不吸水分的乾淨表面（如玻璃板）加以混合。以篩網去除大於 2 mm 直徑的石礫、樹枝等。
2. 取乾淨稱量瓶及瓶蓋置於烘箱內，以 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 乾燥 1 小時，然後蓋上蓋子移至乾燥器內冷卻至少 45 分鐘，測定加蓋稱量瓶的重量 (m_0)，精稱至 10 mg。稱取 30 g 至 40 g 土壤置入稱量瓶中，精稱內含土壤之加蓋稱量瓶重量 (m_1)，精稱至 10 mg。
3. 將土壤、稱量瓶及瓶蓋放入烘箱中，以 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 乾燥至恆重（註 3）（註 4）。
4. 將稱量瓶加蓋後移至乾燥器中冷卻至少 45 分鐘。
5. 取出稱量瓶，旋即精稱內含乾燥後土壤之加蓋稱量瓶重量 (m_2)，精稱至 10 mg。

(二) 土壤及底泥樣品測定

- 1.預處理完成之土壤或底泥樣品，以木鎚打碎，使其全部通過 2 mm (10 mesh) 標準篩。
- 2.樣品如須併同執行「土壤、底泥及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (NIEA M317.0)」、「土壤及底泥中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法 (NIEA S310.6)」（註 5）、「土壤中重金屬檢測方法—微波輔助王水消化法 (NIEA S301.6)」及「土壤中重金屬檢測方法—王水消化法 (NIEA S321.6)」檢測時，應取通過 2 mm 樣品再研磨使通過小於 0.150 mm (100 mesh) 篩網之樣品進行水分測定。
- 3.取乾淨稱量瓶及瓶蓋置於烘箱內，以 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 乾燥 1 小時，然後蓋上蓋子移至乾燥器內冷卻至少 45 分鐘，測定加蓋稱量瓶的重量 (m_0)，精稱至 10 mg。稱取約 10 g 至 15 g 樣品置入稱量瓶中，精稱內含已預處理風乾樣品之加蓋稱量瓶重量(m_1)，精稱至 10 mg。
- 4.將樣品、稱量瓶及瓶蓋放入烘箱中，以 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 乾燥至恆重（註 3）（註 4）。
- 5.將稱量瓶加蓋後移至乾燥器中冷卻至少 45 分鐘。
- 6.取出稱量瓶，旋即精稱內含乾燥後樣品之加蓋稱量瓶重量 (m_2)，精稱至 10 mg。

八、結果處理（註 6）

以下式乾重為基礎計算水分含量（註 7），以重量百分比表示，精確至 0.1 % (m/m)（註 8）。

$$\text{水分含量 } W_{\text{H}_2\text{O}}(\%(\text{m/m})) = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100\%$$

m_0 ：含蓋稱量瓶空重 (g)

m_1 ：含蓋稱量瓶及風乾樣品或田間含水土壤重 (g)

m_2 ：含蓋稱量瓶及烘乾樣品重 (g)

九、品質管制

每 20 個樣品應執行 1 個重複樣品分析，若每批次樣品數少於 20 個，則每批次仍應執行 1 個重複樣品分析，重複分析的差異值（絕對值）應符合表一或表二規範。

十、精密度與準確度

不同基質使用重量法測定樣品乾物質含量之統計數據如表三。

十一、參考資料

ISO 11465, Sludge and Solid Environmental Matrices — Determination of dry residue or water content and calculation of the dry matter fraction on a mass basis, 2025.

註 1：本文引用之所有公告方法名稱及編碼，以環境部最新公告者為準

註 2：對受有機物污染的樣品必須採取特殊措施，避免與皮膚接觸，且在乾燥過程必須注意通風與排氣等。必要時可在不去除石礫、樹枝等，測定水分含量（報告上應加以說明，使用於特定微量有機物檢測）。

註 3：乾燥過程稱量瓶瓶蓋不可緊閉，以讓水分蒸散，惟應避免很輕的樣品顆粒受氣流或風吹流失。

註 4：恆重 (Constant mass)：在烘乾過程中，間隔 4 小時加熱時間，前後兩次之重量差須不超過最後一次稱重之 0.1 % (m/m)。如在三次循環後如果仍未達恆重，則停止乾燥過程，並記錄最後一次稱重的結果。大多數樣品乾燥時間需 16 小時至 24 小時，但一些類型土壤及大量樣品則需較長時間。

註 5：如僅併同執行「土壤、底泥及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (NIEA M317.0)」及「土壤及底泥中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法 (NIEA S310.6)」時，將樣品再研磨使通過 0.250 mm (60 mesh) 篩網即可。

註 6：本方法可供計算樣品乾物質含量，以重量百分比表示，計算公式如下：

$$\text{乾物質含量 } W_{\text{dm}} (\% (\text{m/m})) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \%$$

註 7：以烘乾樣品為基礎計算的水分含量可能會大於 100 %。

註 8：已預處理風乾樣品或田間含水土壤重量 (x)，可依下列公式轉換為烘乾樣品重量 (y)：

$$y = x \times \frac{100}{100 + w_{H_2O}}$$

表一 風乾土壤或底泥水分含量及乾物質含量重複分析容許差異

水分含量 %(m/m)	乾物質含量 %(m/m)	容許差異值 (絕對值)
≤ 4.0	> 96	0.2 %(m/m)
> 4.0	≤ 96	平均值的 5%

表二 田間含水土壤水分含量及乾物質含量重複分析容許差異

水分含量及乾物質含量 %(m/m)	容許差異值 (絕對值)
≤ 30	1.5 %(m/m)
> 30	平均值的 5%

表三 不同基質使用重量法測定樣品乾物質含量之統計數據

基質	n	l	o	x %	S _R %	CV _R %	S _r %	CV _r %
污泥 1	25	105	3	96.57	0.61	0.63	0.33	0.34
污泥 2	29	130	2	95.47	0.49	0.51	0.23	0.24
堆肥 1	29	125	4	93.72	0.47	0.51	0.14	0.15
堆肥 2	29	123	5	91.73	0.54	0.59	0.38	0.42
土壤	28	112	4	95.28	0.39	0.41	0.13	0.14
農業土壤	28	106	6	98.39	0.13	0.14	0.08	0.08
受污染的土壤	33	97	12	93.26	0.45	0.48	0.10	0.10
疏濬污泥	32	94	0	66.43	0.66	0.98	0.26	0.39
含鎳污泥	33	98	6	52.95	1.08	2.04	0.34	0.60

符號說明：

- n 去除異常值後之實驗室數量
- l 無異常分析值之數量
- o 重複分析異常值數量
- $\bar{x}$ 全部平均值
- S_R 再現性之標準偏差值
- CV_R 再現性之變異係數
- S_r 重複性之標準偏差
- CV_r 重複性之變異係數

(資料來源：參考資料)

環境檢測標準方法修正對照表

方法名稱：土壤及底泥水分含量測定方法－重量法草案(NIEA S280.63C)

修正內容	現行內容	說明
三、干擾 (三) 樣品在儲存和乾燥過程中可能會發生變化，如鹼性樣品會吸收空氣中二氧化碳，還原性物質會吸收空氣中氧氣。	無此內容	依參考資料，增加可能造成干擾條件。
四、設備及材料 (一) 木槌。 (二) 標準篩：2 mm (10 mesh)、0.250 mm (60 mesh)、0.150 mm (100 mesh)。 (三) 研磨器：以瑪瑙、氧化鋯或其他不干擾分析的材質製成。可將乾燥土壤樣品研磨至粒徑小於 0.150 mm 且容易清理者。	無此內容	參考其他土壤類檢測方法新增土壤前處理設備。
(七) 稱量瓶：附蓋，不吸水材質（如玻璃、陶瓷或鋁）製，可承受至少 105 °C 的溫度，材質應與樣品性質相容，以避免因可能的氧化作用而產生干擾。	(四) 稱量瓶：附蓋，不吸水材質（如玻璃、陶瓷或鋁）製，可容納 25 至 100 mL 預處理後樣品或至少 100 mL 未預處理樣品。	文字修正。
六、採樣與保存 (一), 亦可參考「土壤檢測方法總則 (NIEA S103.6)」。 (二)。乾燥過程視需要將團粒剝散，以免底泥因脫水而緊密膠結。	六、採樣與保存 (一), 亦可參考「土壤檢測方法總則 (NIEA S103.6)」，使樣品全部通過 2 mm (10 mesh) 標準篩。 (二)。乾燥過程視需要偶而將團粒剝散，以免底泥因脫水而緊密膠結。乾燥完成後，以木鎚打碎，使其全部通過 2 mm (10 mesh) 標準篩。	刪除贅字，並將研磨過篩程序移至步驟中。
七、步驟 (一) 預處理完成之土壤或底泥樣品，以木鎚打碎，使其全部通過 2 mm (10 mesh) 標準篩。	無此內容	將研磨過篩程序移至步驟中。
七、步驟 (二) 田間含水土壤樣品測定 (三) 已預處理風乾土壤及底泥樣品測定	七、步驟 (一) 已預處理風乾土壤及底泥樣品測定 (二) 田間含水土壤樣品測定	調整田間含水土壤樣品測定與已預處理風乾土壤及底泥樣品測定段落。

修正內容	現行內容	說明
七、步驟 (三) 1. 樣品如須併同執行「土壤、底泥及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (NIEA M317.0)」、「土壤及底泥中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法 (NIEA S310.6)」（註 5）、「土壤中重金屬檢測方法—微波輔助王水消化法 (NIEA S301.6)」及「土壤中重金屬檢測方法—王水消化法 (NIEA S321.6)」檢測時，應取通過 2 mm 樣品再研磨使通過小於 0.150 mm (100 mesh) 篩網之樣品進行水分測定。	無此內容	執行「土壤、底泥及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (NIEA M317.0)」、「土壤及底泥中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法 (NIEA S310.6)」（註 5）、「土壤中重金屬檢測方法—微波輔助王水消化法 (NIEA S301.6)」及「土壤中重金屬檢測方法—王水消化法 (NIEA S321.6)」時需併同執行水分測定。
十、精密度與準確度 不同基質使用重量法測定樣品乾物質含量之統計數據如表三。	十、精密度與準確度 略。	依參考資料，新增精密度與準確度統計數據做為參考。
十一、參考資料 ISO 11465, Sludge and solid environmental matrices — Determination of dry residue or water content and calculation of the dry matter fraction on a mass basis, 2025.	十一、參考資料 (一) ISO 11465, Soil - quality — Determination of dry matter and water content on a mass basis — Gravimetric method, 1993.	參考資料改版。
註 1：本文引用之所有公告方法名稱及編碼，以環境部最新公告者為準	無此內容	依環境檢測標準方法格式檢核表方法草案之 13 之格式新增。
註 4：恆重 (Constant mass)：在烘乾過程中，間隔 4 小時加熱時間，前後兩次之重量差須不超過最後一次稱重之 0.1 % (m/m)。如在三次循環後如果仍未達恆重，則停止乾燥過程，並記錄最後一次稱重的結果。大多數樣品乾燥時間需 16 小時至 24 小時，但一些類型土壤及大量樣品則需較長時間。	註 3：恆重 (Constant mass)：在烘乾過程中，間隔 4 小時加熱時間，前後兩次之重量差須不超過最後一次稱重之 0.1 % (m/m)。大多數樣品乾燥時間需 16 小時至 24 小時，但一些類型土壤及大量樣品則需較長時間。	依參考資料，除原先方法恆重定義條件外，增加內容。
註 5：如僅併同執行「土壤、底泥及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (NIEA M317.0)」及「土壤及底泥中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法 (NIEA S310.6)」時，將樣品再研磨使通過 0.250 mm (60 mesh) 篩網即可。	無此內容	執行「土壤、底泥及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (NIEA M317.0)」及「土壤及底泥中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法 (NIEA S310.6)」時

修正內容	現行內容	說明
		需併同執行水分測定。
表三 不同基質使用重量法測定樣品乾物質含量之統計數據	無此內容	新增精密度與準確度統計數據做為參考。