

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

依據氣候變遷因應法第四十一條第三項規定，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八月十五日生效。	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：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(^{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) 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 μ m 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±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±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≥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