

針對特定小規模清潔發展機制專案活動類別的指示性簡化基準與監測方法
AMS-III.E 藉由控制燃燒、氣化與機械/熱處理來避免生物物質腐爛而產生的甲烷

“Methane recovery through controlled anaerobic digestion”

中華經濟研究院 蘇佩伊 輔佐研究員 彭映淳 助理

中華經濟研究院 羅時芳 博士

責任編輯

類型 III - 其他專案活動

專案參與者應當考慮小規模清潔發展機制（SSC CDM）方法論的一般準則、外加性的資訊（附件 A 至附錄 B），及洩漏生質能發電專案活動的一般準則（附件 C 至附錄 B），

可登入以下網站查詢：

<<http://cdm.unfccc.int/methodologies/SSCmethodologies/approved.html>>

III.AE. 藉由控制燃燒、氣化與機械/熱處理來避免生物物質腐爛而產生的甲烷

技術/措施（Technology/measure）

1. 本專案類別包含，避免甲烷產生自生物質或其他有機物：
 - (a) 其整個計入期間，於固體廢棄物棄置場厭氧條件下降解，不進行甲烷回收，或
 - (b) 其儲存於廢棄物棄置場，不進行甲烷回收。
2. 本專案活動，避免上述 1(a) 和/或 1(b)中所描述的廢棄物降解，則是透過下述措施：
 - (a) 已控制的燃燒；
 - (b) 氣化來產生合成氣/發生爐氣；
 - (c) 機械/熱處理而產生垃圾衍生燃料(RDF)或穩定的生物質(SB)¹。其一機械/熱處理的例子，為木頭顆粒的球結作用²。
3. 所產生的垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)，應使用於在場內或在場外燃燒。
4. 廢棄物存放堆料的基線排放計算如 “Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site”中所述，則應做調

¹ 此熱處理過程(脫水)應發生在已控制的條件(高於 300 度 C)，並且應產生穩定生物質，且其穩定生物質在其他工業製造中可當作燃料或原物料使用。穩定生物質(SB)定義為生物質充分被處理，以避免在環境中進一步降解。SB 的範例有：球塊、壓塊和木屑。

² 球結作用定義為木頭顆粒壓製成固體燃料模塊。製程包含原物料的熱與機械前置處理(例如，鋸木粉塵)。球塊的含水量最高為 12%。

整。物料堆可歸類為來源特色相近的廢棄物棄置場(例如，米麩、油棕果串、鋸木廠廢料等)。針對廢棄物料堆存放的計算基線排放，段落 22 提供特定的說明指示。

5. 措施僅限於少於或等於每年相當 60 kt CO₂ 的排放減量。
6. 若在基線，有定期燃燒廢棄物或是移除廢棄物用於其他應用，而減少廢棄物量的狀況，則工具 “Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site” 的使用應做調整，納入該燃燒與移除，來正確估算基線排放。
7. 本專案活動不回收或燃燒甲烷，不像方法學 AMS-III.G。儘管如此，基線中棄置處地點與特色應為已知，如此才能估算甲烷排放。
8. 如果專案活動包含燃燒、氣化或機械/熱處理某部分，從固體廢棄物棄置場廢棄物挖出的已降解廢棄物，除了新產生的廢棄物，專案參與者應證實，有足夠容量容納燃燒、氣化或機械/熱處理的設備，來處理從棄置場移出部分已降解廢棄物之外新產生的廢棄物。或是須提供，其針對燃燒、氣化或用機械/熱處理部分已降解廢棄物，而不是處理新產生的廢棄物的證明。
9. 如果燃燒設備、所產生的合成氣、發生煤爐氣或垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)，是用於在專案邊界中產生熱或電力，則其專案活動要件應使用相對應類型 I 方法學下的專案活動。
10. 若產生垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)，專案提案者應提供證明，其因化學反應經由熱處理過程，除了生物二氧化碳，也沒有其他溫室氣體排放產生，例如限制熱處理溫度，以避免高溫分解和/或煙氣分析³。
11. 氣化作用的情況下，過程應確保所有產生的合成氣，其包含非二氧化碳的溫室氣體，將會被燃燒且不會逸散未燃燒完全至大氣中。應採用用以避免在洩漏跟燃燒之間洩漏合成天然氣的措施。
12. 在處理垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)中，已產生之垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)，不應使用儲存在會造成高濕度或是通風不良易於厭氧的方法。專案參與者應該提供文件顯示，其進一步處理和儲存已處理的垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的方法，不會造成厭氧環境，且不會更加導致吸收濕氣。
13. 在處理垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)，當地規範不會限制垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)生產工廠/熱處理工廠的建造，也不會限制使用垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)作為燃料或原物料

³ 請見註腳 2

14. 在用機械/熱處理生產垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)時，不能使用化學或其他添加劑。
15. 若來自燃燒、氣化或機械/熱處理的殘餘廢棄物是儲存在厭氧條件中，和/或運送到掩埋場，其來自殘餘廢棄物的排放應要使用 AMS-III.G.所述的一階衰減 first order decay model (FOD)。

專案邊界 (Boundary)

16. 本專案邊界為物理、地理的位置：
 - (a) 若無專案活動，本棄置固體廢棄物或已棄置且有避免甲烷排放發生的位置；
 - (b) 生物質經已控制的燃燒、氣化或機械/熱處理發生的位置；
 - (c) 將棄置經燃燒處理後最終殘餘的位置(該地僅與已控制燃燒活動有相關)
 - (d) 以及，運輸廢棄物和燃燒殘餘和/或氣化及機械/熱處理各點之間的路程。

專案活動排放 (Project Activity Emissions)

17. 專案活動排放由以下組成：
 - (a) 其二氧化碳排放與氣化和非生物質廢棄物（塑膠物、橡膠以及化石碳）燃燒相關，或和垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)以及化石燃料用於燃燒、氣化或機械/熱處理的設施相關；
 - (b) 增量的二氧化碳排放由於：
 - I. 收集點到基線棄置場之間，與收集點到專案處理地點之間，所增加的距離；
 - II. 從已控制燃燒到棄置場，運輸燃燒殘餘和最終廢棄物；
 - III. 在專案邊界中，從機械/熱處理設施到儲存位置，運輸垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)。
 - IV. 運輸垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)到終端消費者位置（如果某些位置為未知，則應使用保守方式假設針對特定距離的運輸排放，例如，預設 250 公里）。
 - (c) 與化石燃料相關的二氧化碳排放，和/或由專案活動設施消耗之電力，包含針對控制空氣污染有合乎規範的設備。當專案活動消耗電網電力，則應使用電網排放系數 (tCO₂e/MWh)，或應假設柴油發電機會提供相似的電量，其計算如類別 I.D.所描述

$$PE_y = PE_{y,comb} + PE_{y,transp} + PE_{y,power} \quad (1)$$

其中：

PE_y	於 y 年的專案活動排放量 (tCO ₂ e)
$PE_{y,comb}$	於 y 年，經由燃燒以及廢棄物非生物質碳和垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的氣化作用的排放 (tCO ₂ e)
$PE_{y,transp}$	於 y 年，經由運輸增量的排放 (tCO ₂ e)
$PE_{y,power}$	於 y 年，經由電力和柴油消耗的排放 (tCO ₂ e)

18. 預期的年排放量（噸），以及在計入期間，經由專案活動處理已燃燒、氣化或機械/熱處理的廢棄物組成，都應於描述於專案設計文件(PDD)中，包含已燃燒生物質和非生物質碳含量，或已氣化廢棄物和垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)（ $Q_{biomass}$ and $Q_{non-biomass}$ ）。

預期針對焚化、氣化、機械/熱處理的補助燃料消耗量（ Q_{fuel} ），應說明於專案設計文件中。來自燃燒廢棄物非生物質的碳含量（例，化石）和垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)，以及來自己消耗的補助燃料的二氧化碳排放，將會以假設燃燒中碳完全氧化成為二氧化碳來做預估。

其中：

$$PE_{y,comb} = Q_{y,non-biomass} * 44/12 + Q_{y,fuel} * EF_{y,fuel} \quad (2)$$

$Q_{y, non-biomass}$	於 y 年，來自燃燒/氣化廢棄物非生物質碳和垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)（噸碳）
$Q_{y, fuel}$	於 y 年，補助化石燃料量（噸）
$EF_{y, fuel}$	於 y 年，針對燃燒補助化石燃料的二氧化碳排放係數（每噸燃料含噸二樣化碳，根據最新 IPCC 指南）

19. 來自卡車因收集活動增加的專案活動排放，會被預估且考慮進專案活動排放。

$$PE_{y,transp} = (Q_y / CT_y) * DAF_w * EF_{CO_2} + (Q_{y,ash} / CT_{y,ash}) * DAF_{ash} * EF_{CO_2} + (Q_{y,RDF/SB} / CT_{y,RDF/SB}) * DAF_{RDF/SB} * EF_{CO_2} \quad (3)$$

其中：

Q_y	於 y 年，燃燒、氣化或機械/熱處理的廢棄物量（噸）
CT_y	平均卡車運輸載廢棄物量（噸/卡車）
DAF_w	平均增加運輸廢棄物的距離（公里/卡車）
EF_{CO_2}	來自使用運輸燃料的 CO ₂ 排放係數（kg CO ₂ /km, IPCC 預設值

- 或當地值)
- $Q_{y,ash}$ 於 y 年，燃燒和氣化的殘餘，以及來自機械/熱處理產生的殘餘物量 (噸)
- $CT_{y,ash}$ 平均卡車運輸殘餘廢棄物載量 (噸/卡車)
- DAF_{ash} 平均運輸殘餘廢棄物的距離 (公里/卡車)
- $Q_{y,RDF/SB}$ 於 y 年，垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)生產量 (噸)
- $CT_{y,RDF/SB}$ 平均卡車運輸垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)載量 (噸/卡車)
- $DAF_{RDF/SB}$ 針對垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)運輸到生產的儲藏地點到用戶的合併平均距離 (公里/卡車)
20. 如果專案活動包含廢水排放，其已受厭氧處理或未經處理，則其甲烷排放應納入專案排放，且使用 AMS-III.H.中的說明做預估。

基線 (Baseline)

21. 基線情境為，若無專案活動時，有機廢棄物在專案邊界中進行降解，且甲烷逸散置大氣中。每年基線排放為甲烷排放量，為迄今其經專案從棄置場轉移或移除廢棄物降解的累積排放量。使用工具 "Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site"來計算甲烷生產潛能。
22. 廢棄物料堆基線的排放計算，如 “Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site”中描述，其應做調整。生物質廢棄物棄置的最法和廢棄物料堆最終命運，都是屬高度與特定區域和廢棄物相關。因此，排放計算與甲烷修正係數 (MCF) 所輸入的廢棄物量以及 k 值則應保守選擇。

在測定防止棄置於都市固體廢棄物 SWDS 的廢棄物量 ($W_{j,x}$)，如工具中公式 1 的輸入值，在專案活動中已燃燒生物質的百分比，其在基線中本應被丟棄於物料堆，且本應被留置足夠時間到完全降解，都應測定。應執行量化分析並使用以下方法 (依照優先順序排列)：

- 1) 專案特定的廢棄物棄置數據，取自至少為專案實行前的三年；
- 2) 對照組；
- 3) 官方數據來源；

本分析中應考量以下因子：

- 1) 針對不同理由，部分生物質應取自物料堆。例如，生物質 (a) 當作燃料使用；(b) 焚燒後灰燼被當作肥料使用；(c) 直接當作肥料使用 (腐

植質)；(d) 成為堆肥；(e) 或被當作原物料（例如：面板生產）。不同的使用方法應進行分析並量化，以顯示有多少百分比的生物質仍留於物料堆中。

- 2) 留置生物質在物料堆中當然有其規範限制。例如，關於作為物料堆土地表面的規範或關於物料堆高度的規範。

此二因子應被量化，且 $W_{j,x}$ 應做相應的調整，因工具中的模型中假設，其廢棄物本應留置於棄置場有足夠的時間完全降解。

由於物料堆的甲烷排放估計有高度不確定性，針對甲烷修正係數（MCF）以及工具中的 k 值應保守的假設。因為物料堆占有很大的表面積比例，所以無法像都市固體廢棄物的案例確保厭氧的條件。此外，與混和廢棄物的正常都市固體廢棄物相比，物料堆中廢棄物的同質性，造成不同降解率。針對本方法學的目的，專案參與者應使用甲烷修正係數（MCF）值 0.28⁴。此為針對未受管理淺層的都市固體廢棄物的甲烷修正係數（MCF）減去 30%不確定性範圍，其有明確說明於 2006 IPCC 國際溫室氣體清冊指南 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories。針對相關廢棄物類型的 k 值，必須低於某範圍值，其範圍如 2006 IPCC 國際溫室氣體清冊指南第 5 冊第 3 章中表 3.3 Boreal and Temperate Climate Zones 所提供。

23. 若專案活動燃燒、氣化、或機械/熱處理只有新鮮產生的廢棄物，於計入期間任一 y 年基線排放，為從專案活動開始（year “ $x=1$ ”）算起到 y 年，使用工具 “Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site”中的一階衰減 first order decay model (FOD)，計算燃燒、氣化或機械/熱處理的廢棄物量與組成。基線排放應排除不合國家或當地安全規格，或法律規範的甲烷排放。

$$BE_y = BE_{CH_4,SWDS,y} \quad (4)$$

其中：

BE_y	計入期間於 y 年的基線排放 (tCO ₂ e)
$BE_{CH_4,SWDS,y}$	從專案開始 ($x=1$) 到 y 年，轉為棄置於掩埋場的每年甲烷生產潛能產，根據 “Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site” (tCO ₂ e)來計算。

⁴ 鼓勵專案提案者提交針對此方法學更新版本可精確評估 k 與 MCF 值的程序予以 EB 核准。

24. 若燃燒、氣化或機械/熱處理在棄置場已有部分降解的廢棄物的專案活動，從專案活動始 ($x=1$) 到 y 年，燃燒、氣化、機械/熱處理的廢棄物，每年甲烷生產潛能的計算，在專案初期時會考慮其廢棄物的年期。可擇一使用以下方法：

- (a) 在專案活動開始時估算棄置場廢棄物平均年期 (“ $\bar{a}$ ”)。可使用加權平均年期作估算，考量為從營運始年到專案前一年，每年棄置於都市固體廢棄物的廢棄物量。

$$\bar{a} = \frac{1 \cdot A_1 + 2 \cdot A_2 + 3 \cdot A_3 + \dots + a \cdot A_a}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_a} = \frac{\sum_{a=1}^{a \max} A_a \cdot a}{\sum_{a=1}^{a \max} A_a} \quad (5)$$

其中：

$\bar{a}$ 從專案開始前都市固體廢棄物中的廢棄物之加權平均值

a 專案開始前的年數，廢棄物棄置第一年 ($a=1$)，到專案開始時，在都市固體廢棄物中的廢棄物的最大年期 ($a=a_{\max}$)。

A_a 每年 a 存放在都市固體廢棄物中廢棄物總量。其應取自於廢棄物棄置場的數據紀錄，或依照產生廢棄物的活動程度做預估 (例如，考量鋸木廠每年 a 木材處理量，以及估算該年廢棄物產生量，與棄置在都市固體廢棄物量)

如果每年棄置於都市固體廢棄物的廢棄物量無法估算，則可使用算術平均年期 ($\bar{a} = 0.5 \cdot a_{\max}$)。藉由此方法，則計入期間任一年 y 的基線排放，使用如前最後一個段落所提供的相同的公式計算。儘管如此，針對一階衰減 First Order Decay Model “ $\exp [-k_j \cdot (y-x)]$ ” 的指數項，將會以平均年期修正為 “ $\exp [-k_j \cdot (y-x + \bar{a})]$ ”。

- (b) 如 “Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site” 中描述，計算每年都市固體廢棄物甲烷生產潛能，考量從始營運起棄置廢棄物的總量與組成。計入期間內到 y 年的廢棄物，從移除到燃燒、氣化、或機械/熱處理的甲烷生產潛能，以相對於初始量的質量分數比例計算：

$$BE_y = \frac{\sum_{x=1}^y A_x}{A} BE_{CH_4, SWDS, y} \quad (6)$$

其中：

A_a	於 x 年，從移除到燃燒、氣化、或機械/熱處理的廢棄物量 (噸)
A	在專案活動開始時，存在於都市固體廢棄物中的廢棄物總量 (噸)
$BE_{CH_4,SWDS,y}$	於 y 年，年度都市固體廢棄物的甲烷生產潛能，考量始營運所有儲存之廢棄物，以及不考量任何專案活動所移除的廢棄物。

- (c) 估算計入期間內⁵， x 移除的廢棄物數量以及年期分配，以及計算於 y 年此廢棄物甲烷生產潛能。例如，在專案活動年 $x=2$ ，其量 A_2 被移除以予燃燒、氣化或機械/熱處理，且可被拆分為 $A_{2,n}$ 部分，每一部分屬於年期 n 。於 y 年，從都市固體廢棄物所移除的部分之甲烷生產潛能，估算如下：

$$BE_y = \sum_{n=nmin}^{nmax} BE_{CH_4,SWDS,y,n} \quad (7)$$

其中：

$BE_{CH_4,SWDS,y,n}$ 計入期間從專案活動 “ $x=1$ ”到 y 年， 移除廢棄物的年甲烷生產潛能，在移除時根據年期 “ n ” 隔離 (tCO₂e)。使用參考自 III-G 的工具，以 “ $\exp [-k_j \cdot (y-x+n)]$ ”取代一階衰減 First Order Decay Model “ $\exp [-k_j \cdot (y-x)]$ ” 的指數項。

洩漏 (Leakage)

25. 如果已控制的燃燒、氣化或機械/熱處理技術是由另一個專案轉換來的設備，或如果現有設備轉換到另一個專案中，其洩漏影響要考慮在內。
26. 若是垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的生產，專案提案者應證實，在燃燒最終使用造成甲烷排放之前，其生產的垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)不受於厭氧條件。若生產的垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)沒有用於捕集設施但是以燃料售出給專案邊界外的消費者，則針對此潛在甲烷

⁵ 年期分佈是依廢棄物年期離散分割 (意即，年數從其生產到儲存)。每年從棄置場被移除及被燃燒、氣化或機械/熱處理廢棄物的年期的估計，可藉由建構廢棄物呈現於棄置場相關部分的地形模型實行。此方法應包含，基於歷史的或建構的數據 (棄置場的設計)，廢棄物隔離於同年期層或體積區塊。數量、組成以及年期的資訊，可能根據 (a) 每年被棄置的廢棄物被移除到燃燒、氣化或機械/熱處理的棄置場區段中，廢棄物的物質和組成的歷史紀錄；或 (b) 針對棄置場中相對同質的工業廢棄物材料的廢棄物的歷史生產數據 (例如：鋸木廠或木製成品工廠所伴隨產品產生的廢棄物)。選項(b)，其使用歷史工廠生產數據，應使用下列步驟。步驟一：預估棄置場廢棄物總質量，其基於該區段廢棄物的體積和平均密度進行移除。步驟二：分派在這區段中廢棄物質量到廢棄物的類型跟年期，其是使用在給定年間，針對每單位產品伴隨產生的平均廢棄物質量，來自工業設施和要素的歷史紀錄。

排放，基線排放應當做洩漏減去 5%預設值，除非專案提案者可以提出證明不用減去。(例如，藉由證實可避免從垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的甲烷排放潛在風險，經由措施像是合宜的包裝，藉由展示已監測垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的水分含量在 12%以下，或通過使用標準，其確保垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的特性在整個產品生命週期間，不利於甲烷產生)。

監測 (Monitoring)

27. 藉由專案活動達到排放減量，會用基線排放，以及專案排放與洩漏的合，兩者的差來做測量。

$$ER_y = BE_y - (PE_y + Leakage_y) \quad (8)$$

其中：

ER_y 於 y 年的排放減量 (tCO₂e)

28. 每年經專案活動的燃燒、氣化或機械/熱處理的廢棄物量 (Q_y)，以及代表性採樣組成，都應予以測量和記錄，提供來進行基線排放的估計。已使用輔助燃料量 (Q_{fuel})，以及燃燒廢棄物或垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的非生物質碳含量 ($Q_{non-biomass}$) 應予以測量，後者則藉由採樣測量。燃燒、氣化及機械/熱處理的殘餘總量 ($Q_{y,ash}$)，和平均卡車載量 (CT_y) 應予以測量。電力消耗和/或產生都應予以測量。在基線和專案情境的廢棄物運輸距離以及運送垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的距離 (km/truck) 也應予以記錄⁶。

若專案活動處理新產生的生物質廢棄物，專案參與者應每年證實，藉由常見的方法評估在最接近的廢棄物棄置場，在整個計入期間多少百分比的廢棄物在專案活動中經燃燒、氣化或機械/熱處理，而棄置於固體廢棄物棄置場。

專案活動的活動方案 (Project activity under a program of activities)

專案活動的活動方案，於下述條件狀況之下可運用此方法學：

29. 若專案活動涉及設備的替換，且替換的設備在其他專案活動中使用的洩漏影響是可忽視的，因為已替換的設備是報廢的，所以針對報廢已替換設備須執行獨立監測。監測應包含專案活動所分配的設備數量，以及報廢的設備數量

⁶ 若垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)銷售於開放市場，由於輔助燃料消耗和運輸屬燃燒的最後殘餘 ($Q_{y,ash}$)，則專案排放可被忽視。因為其未在專案邊界中，在同一個專案活動之下，已銷售的垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)不適合於 Type I (再生能源)的專案要件。垃圾衍生燃料(RDF)/穩定的生物質(SB)的銷售收據應留在專案位置。

是相互對應的。針對此目的，在檢查完畢之前，應存放報廢設備。並應於文件上記錄，並獨立驗證報廢的替換設備。