

## 已批准之小規模CDM方法學AMS.III.H.

### 廢水處理之甲烷氣回收專案

#### 技術/措施

1. 本專案類別包含以下列方式回收廢水中生物有機物產生之甲烷氣：
  - (a) 以具有甲烷回收和燃燒處理功能之厭氧系統取代好氧之廢水或污泥處理系統。
  - (b) 對於未進行污泥處理之既有廢水處理廠，引入厭氧之污泥處理系統，並對甲烷氣進行回收和燃燒。
  - (c) 對於既有之污泥處理系統，引入甲烷回收和燃燒處理。
  - (d) 對於既有之厭氧污水處理系統，如厭氧反應器、厭氧塘、化糞池或在工廠現場<sup>1</sup>，實行甲烷回收和燃燒處理。
  - (e) 對未經處理的污水，引入污水厭氧處理系統（含/未含污泥厭氧處理），並對甲烷進行回收和燃燒。
  - (f) 對於未進行甲烷回收之既有污水處理系統，引入連續式污水處理系統（含/未含污泥厭氧處理）。（如在未進行甲烷回收之厭氧塘後端，加裝厭氧反應器，並對甲烷進行回收和燃燒處理，以對廢水進行連續處理）。
2. 上述方式所回收之甲烷氣也可能以下列方式處理取代燃燒/燃燒塔燃燒：
  - (a) 直接用來產生熱能或電力；
  - (b) 將淨化之沼氣裝瓶後，用予產生熱能或電力。
  - (c) 淨化及配送後，用予產生熱能或電力。
    - (i) 在沒有明確的輸送限制下，將沼氣淨化並注入天然氣輸配網；
    - (ii) 將沼氣淨化並藉由專門的管線網絡傳送至用戶。
  - (d) 製氫。
3. 若回收的甲烷氣如2(a)所述，作為供熱或發電項目活動的一部分，則該部份之專案活動可採用相對應的小規模CDM方法學類型I：再生能源類型。
4. 若回收的甲烷氣用於製氫(專案活動如2(d)所述)，此該部份之專案應可使用相對應的小規模CDM方法學AMS.III.O.
5. 若專案類型如2(b)所述，且瓶裝之甲烷氣外售至專案邊界以外，提供甲烷

<sup>1</sup> 於 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006), 第五冊, 第六章, 「廢水處理與排放」中之表 6.3 所列之技術亦可涵括在內。

氣予末端用戶，在此情況下，瓶裝沼氣販售者與用戶間應藉由簽訂契約的方式，確認末端用戶不會因燃料的替換而宣稱其排放減量；然而，若是末端用戶包含在計畫邊界內，且在信用額度計入期內因燃料替換所產生之CO<sub>2</sub>排放減量是有監測數據的，則可應用類型I的小規模CDM方法學，如AMS.I.C。

6. 若專案類型如2(c)(i)所述，因甲烷氣取代天然氣使用所造成的排放減量，若可提供天然氣輸配網於計畫實施國邊界內之輸配範圍，可適用於此方法學。
7. 若專案類型如2(c)(ii)所述，因燃料使用的替換所導致的排放減量，可以應用類型I(再生能源類型)的小規模CDM方法學，如AMS.I.C。
8. 若專案類型如2(b)及2(c)所述，方法學僅適用於沼氣的淨化是由水的吸收所完成(含/未含甲烷氣的回收)，且淨化後沼氣中之甲烷含量應符合國家標準(如果有)，或者體積佔比於96%以上。此條件主要是為了確保回收的沼氣可在末端使用者燃燒下完全破壞。
9. 本措施僅限於年度排放減量不超過6萬噸CO<sub>2</sub>e的專案活動。

## 專案邊界

10. 專案邊界涵蓋進行廢水和污泥處理的物理、地理位置。
11. 若專案類型如2(b)及2(c)所示，則專案邊界應包括淨化及加壓設備、將沼氣從污水處理廠輸送至末端用戶的專門管線網絡/天然氣輸配網絡以及所有與之直接相連結的設施及設備。

## 專案活動排放

12. 專案活動的排放由以下項目所構成：
  - (a) 專案活動設施因消耗電力產生之二氧化碳排放。電網或柴油的排放係數應視情況，根據小規模CDM方法學中AMS.I.D所述的方法進行計算；
  - (b) 由於污水處理效率不佳及污水中存在可降解的有機碳(degradable organic carbon)，所產生之甲烷排放；
  - (c) 污水處理系統最終產生之污泥因腐化而引起的甲烷排放；
  - (d) 由於甲烷收集及燃燒系統效率不佳，所產生之甲烷逸散；
  - (e) 處理後的污水於排出時因含溶解的甲烷，所產生之甲烷排放；
  - (f) 與沼氣淨化及加壓有關之排放(如專案類型如2(b)及2(c)所述)；

(g) 因將淨化後之沼氣傳輸至末端用戶之專門管線網絡所產生之物理性的洩漏排放。(專案類型如2(c)(ii)所述)

$$PE_y = PE_{y,power} + PE_{y,ww,treated} + PE_{y,s,final} + PE_{y,fugitive} + PE_{y,dissolved} + PE_{y,upgrading} + PE_{y,leakage,pipeline} \quad (1)$$

式中，

|                           |   |                                                                                             |
|---------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $PE_y$                    | = | 於y年之專案活動排放量(tCO <sub>2</sub> e)                                                             |
| $PE_{y,power}$            | = | 於y年，因電力或柴油的使用所產生的排放                                                                         |
| $PE_{y,ww,treated}$       | = | 於y年，被處理的污水中可降解有機碳產生的排放                                                                      |
| $PE_{y,s,final}$          | = | 於y年，所產生之污泥因厭氧腐化產生的排放。若污泥經由控制性的燃燒，並送至有甲烷回收設備的掩埋場處理，或用於土壤應用，則此項目可被忽略，但在信用額度計入期內應對污泥的最終處置進行監測。 |
| $PE_{y,fugitive}$         | = | 於y年，甲烷收集和應用/燃燒系統中，所產生的甲烷逸散。                                                                 |
| $PE_{y,dissolved}$        | = | 於y年，處理後的污水因含溶解的甲烷，所產生的排放。                                                                   |
| $PE_{y,upgrading}$        | = | 於y年，沼氣淨化及加壓相關之排放。                                                                           |
| $PE_{y,leakage,pipeline}$ | = | 於y年，因將淨化後之沼氣傳輸至末端用戶之專門管線網絡所產生之物理性的洩漏排放。                                                     |

13. 因電力消耗產生之專案活動排放可由方法學AMS.I.D來決定。因專案活動裝設之所有設備(尤其是淨化加壓、裝瓶、輸配、沼氣末端使用者所需之設備)，其能源消耗都應納入考量。為計算專案活動內使用石化燃料產生之排放，應引用石化燃料之排放係數(tCO<sub>2</sub>/tonne)。引用係數時，本土化係數應優先引用，若本土化係數取得不易，再引用IPCC設定值。能源回收後之甲烷如用於專案內之發電輔助設備，則應納入考量，其排放係數設定為零。

14. 因廢水中的有機碳降解之專案活動排放，可依下式描述：

$$PE_{y,ww,treated} = Q_{y,ww} \times GWP_{CH_4} \times B_{o,ww} \times COD_{y,ww,treated} \times MCF_{ww,final} \quad (2)$$

式中，

|                      |   |                                                |
|----------------------|---|------------------------------------------------|
| $Q_{y,ww}$           | = | 於y年，廢水處理量(m <sup>3</sup> )                     |
| $COD_{y,ww,treated}$ | = | 於y年，經處理放流至海洋、河川或湖泊之廢水的化學需氧量(噸/m <sup>3</sup> ) |

- $B_{o,ww}$  = 於y年，廢水產生甲烷的能力（家用廢水的IPCC預設係數為0.21 kg CH<sub>4</sub>/kg）
- $MCF_{ww,final}$  = 甲烷校正因子，根據廢水處理方式和排放路徑（以比率表示）（排放到海洋、河流和湖泊的廢水採用表III.H.1中較高值，即0.2）
- $GWP_{CH_4}$  = 甲烷之全球暖化潛勢（選用21）

表III.H.1：甲烷校正因子（MCF）的IPCC預設值

| 廢水處理方式、排放路徑或排放系統 | MCF較低值 | MCF較高值 |
|------------------|--------|--------|
| 廢水排放至海洋、河流或湖泊    | 0.0    | 0.2    |
| 管理良好之好氧處理系統      | 0.0    | 0.1    |
| 管理不量或過量負載之氧化處理系統 | 0.2    | 0.4    |
| 未進行甲烷回收之厭氧污泥消化槽  | 0.8    | 1.0    |
| 未進行甲烷回收之厭氧反應堆    | 0.8    | 1.0    |
| 淺厭氧塘（深度小於2公尺）    | 0.0    | 0.3    |
| 深厭氧塘（深度大2公尺）     | 0.8    | 1.0    |
| 化糞池系統            | 0.5    | 0.5    |

15. 因最終產生之污泥腐化產生之專案活動排放，可依下式描述：

$$PE_{y,s,final} = S_{y,final} \times DOC_{y,s,final} \times MCF_{s,final} \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} \times GWP_{CH_4} \quad (3)$$

式中，

- $PE_{y,s,final}$  = 於y年，廢水處理系統最終所產生之污泥，因厭氧腐化產生之甲烷排放(tCO<sub>2</sub>e)
- $S_{y,final}$  = 於y年，廢水處理系統產生之污泥量（噸）
- $DOC_{y,s,final}$  = 於y年，廢水處理系統產生之污泥中，可降解有機物的含量（以分率表示）。家用廢水之污泥採用IPCC預設值0.05(濕基，乾燥物質含量佔10%)，工業污泥則選用0.09(濕基，假設乾燥物質含量佔35%)。通過對污泥取樣和分析來測定，並進行事先估算
- $MCF_{s,final}$  = 接收最終污泥之掩埋場的甲烷校正因子，可依據AMS.III.G所描述的方式進行估算。
- $DOC_F$  = 可降解有機物轉化為甲烷氣之比例（IPCC預設值為0.5）
- $F$  = 垃圾掩埋氣中甲烷所占的比例（IPCC預設值為0.5）。

16.因捕集及應用/燃燒系統的甲烷洩漏所產生之專案排放，可依下式描述：

$$PE_{y, fugitive} = PE_{y, fugitive, ww} + PE_{y, fugitive, s} \quad (4)$$

式中，

$PE_{y, fugitive, ww}$  = 於y年，厭氧廢水處理系統中，因捕集和燃燒效率不佳所產生之逸散性排放(tCO<sub>2</sub>e)。

$PE_{y, fugitive, s}$  = 於y年，厭氧污泥處理系統中，因捕集和燃燒效率不佳所產生之逸散性排放(tCO<sub>2</sub>e)。

$$PE_{y, fugitive, ww} = (1 - CFE_{ww}) \times MEP_{y, ww, treatment} \times GWP_{CH_4} \quad (5)$$

式中，

$CFE_{ww}$  = 廢水處理過程中甲烷回收及燃燒設備的捕集、應用/燃燒效率（如無其他合適的值，應採用預設值0.9）

$MEP_{y, ww, treatment}$  = 於y年，廢水處理系統可能產生之甲烷排放（噸）

$$MEP_{y, ww, treatment} = Q_{y, ww} \times B_{o, ww} \times \sum_j COD_{y, removed, j} \times MCF_{ww, j} \quad (6)$$

式中，

$COD_{y, ww, removed, j}$  = 於y年，專案活動(含甲烷回收)之處理系統j之化學需氧量去除量(噸/m<sup>3</sup>)

$MCF_{ww, j}$  = 廢水處理系統j（進行甲烷回收和燃燒）之甲烷校正因子（選用表III.H.1中MCF較高值）

$$PE_{y, fugitive, s} = (1 - CFE_s) \times MEP_{y, s, treatment} \times GWP_{CH_4} \quad (7)$$

式中，

$CFE_s$  = 污泥處理系統中甲烷回收及燃燒設備的捕集、應用/燃燒效率（如無其他合適值，應選用預設值0.9）

$MEP_{y, s, treatment}$  = 於y年，污泥處理系統可能產生之甲烷排放（噸）

$$MEP_{y, s, treatment} = S_{y, untreated} \times DOC_{y, s, untreated} \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} \times MCF_{s, treatment} \quad (8)$$

式中，



- $S_{y,untreated}$  = 於y年，未處理污泥產生的數量（噸）
- $DOC_{y,s,untreated}$  = 於y年，未處理污泥的可降解有機物含量（以分率表示）。可藉由對污泥的取樣和分析來測定，並對家用廢水的污泥採用預設值0.05（濕基，乾燥物質含量占10%）進行預先估算，或者對工業廢水之污泥採用預設值0.09（濕基，假設乾燥物質含量占35%）。
- $MCF_{s,treatment}$  = 污泥處理系統（含甲烷回收和燃燒設備）的甲烷校正因子（選用表III.H.1中的MCF較高值1.0）

17.廢水中因含溶解的甲烷所產生的專案活動排放，可以下式描述：

$$PE_{y,dissolved} = Q_{y,ww} \times [CH_4]_{y,ww,treated} \times GWP_{CH_4} \quad (9)$$

式中，

$[CH_4]_{y,ww,treated}$  = 被處理的廢水中溶解的甲烷含量(噸/ $m^3$ )。在好氧廢水處理時預設值為0，在厭氧處理中可藉由量測方式取得，或採用預設值 $10e^{-4}$ 噸/ $m^3$ 。

18.若專案活動屬於段落2(b)及2(c)的類型，下列與沼氣淨化及加壓之專案排放( $PE_{y,upgrading}$ )應納入考量：

- (a) 水洗淨化設備之放流水所逸散之甲烷排放( $tCO_2e$ )
- (b) 加壓設備之甲烷洩漏( $tCO_2e$ )
- (c) 水洗淨化設備排氣中之甲烷量( $tCO_2e$ )。

$$PE_{y,upgrading} = PE_{y,ww,upgrade} + PE_{y,CH_4,equip} + PE_{y,ventgas} \quad (10)$$

式中，

- $PE_{y,ww,upgrade}$  = 於y年，水洗淨化設備之廢水排放中，甲烷的排放( $tCO_2e$ )。
- $PE_{y,CH_4,equip}$  = 於y年，加壓設備之洩漏( $tCO_2e$ )。
- $PE_{y,ventgas}$  = 於y年，水洗淨化設備排氣中之甲烷量( $tCO_2e$ )。

19.水洗淨化設備之廢水排放中，甲烷的排放可依下式描述：

$$PE_{y,ww,upgrade} = Q_{y,ww,upgrade} \times [CH_4]_{y,ww,upgrade} \times GWP_{CH_4} \quad (11)$$

式中，

$Q_{y,ww,upgrade}$  = 於y年，水洗淨化設備之廢水流量。

$[CH_4]_{y,ww,upgrade}$  = 於y年，廢水中之溶解性甲烷含量。

20.加壓設備之專案活動排放，可依下式描述：

$$PE_{y,CH_4,equip} = GWP_{CH_4} \times \frac{1}{1000} \times \sum_{equipment} w_{CH_4,stream,y} \times EF_{equipment} \times T_{equipment,y} \quad (12)$$

式中，

$W_{CH_4,stream,y}$  = 於y年，氣體中之甲烷重量分率(kg-CH<sub>4</sub>/kg)。

$T_{equipment,y}$  = 於y年，設備操作時間。(若缺乏詳細資訊，可依保守性原則，假設設備為連續操作)

$EF_{equipment}$  = 由加壓設備製造商提供，不同規格加壓技術之逸散洩漏率(kg/hour/加壓設備)，如技術提供者無相關數據可引用，應可使用下述之方法。

氣體能源回收及處理過程中之甲烷逸散排放量，於某些專案中是很小的，但仍應以保守型原則予以評估。為評估排放量，可引用US EPA 於1995年出版之設備逸散評估報告(Protocol for Equipment Leak Emission Estimates)之排放係數。

為決定排放量，與沼氣淨化有關之活動及設備皆應納入考量(如閥、連接器、法蘭、開口管線(open-ended lines)等)，此外應取得下列資料：

- (a) 各種類型之元件(閥、連接器等)數量。
- (b) 氣流中之甲烷濃度。
- (c) 各元件之使用壽命週期。

EPA的推估方法是基於總有機物(Total Organic Compounds, TOC)之平均排放係數，並將其修正以推估甲烷排放。個別設備之甲烷排放為甲烷濃度乘上相對應之排放係數(如表III.H.2所示)。

表 III.H.2. 各設備之甲烷排放係數

| 設備形式            | 甲烷排放係數<br>(kg/hour/source) |
|-----------------|----------------------------|
| 閥               | 4.5E-03                    |
| Pump Seals      | 2.4E-03                    |
| 其他              | 8.8E-03                    |
| 連接器(Connectors) | 2.0E-04                    |
| 法蘭              | 3.9E-04                    |
| 開口管線            | 2.0E-03                    |

- 21.若水洗淨化設備之排氣連接至儲存袋(storage bag)，該類型之專案活動排放可不予以考慮。若排氣經由不完全或者效率不佳之燃燒處理，則此類型之專案活動排放可依照「含甲烷氣體因燃燒產生之專案排放評估工具」予以計算，如下：

$$PE_{y, ventgas} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times (1 - \eta_{flare,h}) \times \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (13)$$

式中，

$TM_{RG,h}$  = 於h小時之殘餘氣體質量流率(kg/h)

$\eta_{flare,h}$  = 於h小時之燃燒效率

若排氣並未經由燃燒處理，則在不考量燃燒效率的計算下(燃燒效率假設為0)，可使用「含甲烷氣體因燃燒產生之專案排放評估工具」。在此種情況下，排氣中之甲烷排放可依下式計算：

$$PE_{y, ventgas} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (14)$$

然而，若排氣直接排放至大氣中，則可按水洗式淨化設備中氣體之體積、壓力、溫度保守估算排氣量(質量)。此排氣量並須乘上排氣頻率，並假設排放之氣體完全是甲烷。

為了計算水洗式淨化設備因保養、維修及緊急處理時，停機狀態所發生的甲烷排放，應視情況利用上述替代方案予以計算，替代方案包含燃燒及排氣之專案排放。

- 22.若專案活動如2(c ii)所述，因輸送淨化沼氣之專用管線網絡的物理性洩漏( $PE_{y, leakage, pipeline}$ )，可依下式描述：

$$PE_{y, leakage, pipeline} = Q_{y, methane, pipeline} \times LR_{pipeline} \times GWP_{CH4} \quad (15)$$

式中，

$PE_{y, leakage, pipeline}$  = 於y年，專用管線網絡之物理性逸散排放( $tCO_2e$ )

$Q_{y, methane, pipeline}$  = 於y年，經由專用管線網絡輸送之甲烷量( $m^3$ )

$LR_{pipeline}$  = 專用管線網絡之逸散率(若專案無適用數據，可採用保守設定值 $0.0125Gg/10^6m^3$ )



## 基線情境排放

23. 基線情境為下列情況之一：

- (a) 當以附有甲烷回收及燃燒設備之厭氧處理系統取代既有的好氧廢水或污泥處理系統，既有的好氧廢水或污泥處理系統為此專案之基線。
- (b) 當以附有甲烷回收及燃燒設備之厭氧污泥處理系統至既有的污水處理廠，既有的污泥處理系統為此專案之基線。
- (c) 未設置甲烷回收和燃燒設備之既有污泥處理系統；
- (d) 未設置甲烷回收和燃燒設備之既有厭氧污水處理系統；
- (e) 當以厭氧系統來處理未經處理之廢水，未經處理之廢水直接排入海洋、河流、湖泊和不流動或流動之下水道為此專案之基線；
- (f) 當採用附有甲烷回收設備之連續式污水厭氧處理系統時，既有的污水厭氧處理系統(未含甲烷回收)為此專案之基線。

24. 基線排放可依下列方式計算：

- (a) 若基線情境如23(a)及23(b)所述，基線排放( $BE_y$ )可依下式計算：

$$BE_y = BE_{y, power} + BE_{y, ww, treated} + BE_{y, s, final} \quad (16)$$

式中，

- $BE_y$  = 於y年之基線排放( $tCO_2e$ )
- $BE_{y, power}$  = 於y年，被替代之好氧廢水或污泥處理系統，所消耗的電力或柴油所產生之溫室氣體排放。
- $BE_{y, ww, treated}$  = 於y年，處理後之廢水中含可降解有機碳產生的排放，可依專案排放( $PE_{y, ww, treated}$ )的公式進行計算。若專案類型如23 (b)所述，此項數值為0。
- $BE_{y, s, final}$  = 於y年，因污泥厭氧性腐化產生的排放，可依專案排放( $PE_{y, s, final}$ )的公式進行計算。若污泥經由控制性燃燒，被掩埋在具甲烷回收之掩埋場，或被當作土壤應用，因污泥發生厭氧腐化產生之甲烷排放則可忽略不計，但信用額度計入期內應對污泥的最終用途進行監測。

- (b) 若基線情境如23(c)和23(d)所述，基線排放則依下列公式計算，其中表III.H.1之MCF值應採用較低值：

$$BE_y = MEP_{y,ww,bl} \times GWP_{CH_4} + MEP_{y,s,treatment} \times GWP_{CH_4} \quad (17)$$

式中，

$MEP_{y,ww,bl}$  = 於y年，基線情境下厭氧廢水處理廠之甲烷排放潛勢 (tonnes)，可依下式予以計算：

$$MEP_{y,ww,bl} = Q_{y,ww} \times \sum_i (COD_{y,removed,i} \times B_{o,ww} \times MCF_{ww,treatment,i}) \quad (18)$$

式中，

$COD_{y,removed,i}$  = 於y年，基線情境下，厭氧廢水處理系統「i」之COD去除量(tonnes/m<sup>3</sup>)

$MCF_{ww,treatment,i}$  = 厭氧廢水處理系統「i」之甲烷校正因子。(應採用表III.H.1中較低之MCF值)

(c) 若基線情境如23(e)所述，廢水排放至大海、河流或湖泊的污水，因表III.H.1相對應之MCF較低值為0，但也可上升至0.2。專案參與者應藉由量測或數學模式證實廢水對水體之衝擊，包含厭氧條件及基線排放確實發生(MCF為正值)，則此MCF值可被用於決定基線情境之排放：

$$BE_y = Q_{y,ww} \times COD_{y,ww,untreated} \times B_{o,ww} \times MCF_{ww,final} \times GWP_{CH_4} \quad (19)$$

(d) 若基線情境如23(f)所述，基線排放可依下式計算：

$$BE_y = Q_{y,ww} \times \sum_i (COD_{y,removed,j} \times B_{o,ww} \times MCF_{ww,treatment,j} \times GWP_{CH_4}) \quad (20)$$

式中，

$COD_{y,removed,i}$  = 於y年，基線情境下，引入連續式厭氧廢水處理措施之既有厭氧廢水處理系統「i」的COD去除量(tonnes/m<sup>3</sup>)

$MCF_{ww,treatment}$  = 引入連續式厭氧廢水處理措施之既有廢水處理系統「i」之甲烷修正因數(表III.H.1中的MCF較低值)。

在上述24(a),(b)和(c)之情況下，廢水處理之甲烷產生量( $B_{o,ww}$ )應採用IPCC的較低值0.21 kg CH<sub>4</sub>/kg COD。

25.若專案活動如2(c i)所述，淨化沼氣注入之基線排放( $BE_{y,injection}$ )可依下式計算：

$$BE_{y,injection} = E_{ug,y} \times CED_{NG} \quad (21)$$

式中，

$BE_{y,injection}$  = 於y年，將淨化沼氣注入天然氣輸配網之基線排放( $tCO_2e$ )。

$E_{ug,y}$  = 於y年，將淨化沼氣注入天然氣輸配網之能量傳送(TJ)。

$BE_{y,ww,treated}$  = 天然氣之碳排放因子( $tCO_2e/TJ$ )。(可使用較準確且具可信度之本土性係數，若無相關係數，則採用IPCC之預設值)。

26.將淨化沼氣注入天然氣輸配網之能量傳送( $E_{ug,y}$ )，可依下式計算：

$$E_{ug,y} = Q_{ug,y} \times NCV_{ug,y} \quad (22)$$

式中，

$Q_{ug,y}$  = 於y年，天然氣輸配網中淨化沼氣置換天然氣的用量(kg or  $m^3$ )

$NCV_{ug,y}$  = 於y年，淨化沼氣之低位發熱量(TJ/kg or TJ/ $m^3$ )

27.於y年，天然氣輸配網中淨化沼氣置換天然氣的用量可依下式計算：

$$Q_{ug,y} = \min(Q_{ug,in,y}, Q_{cap,CH4,y}) \quad (23)$$

式中，

$Q_{ug,in,y}$  = 於y年，將淨化沼氣注入天然氣輸配網之用量(kg or  $m^3$ )

$Q_{cap,CH4,y}$  = 於y年，原始廢水處理設備所捕集之甲烷量(kg or  $m^3$ )

28.廢水處理設備所捕集之甲烷量可依下式計算：

$$Q_{cap,CH4,y} = w_{CH4,ww} \times Q_{cap,biogas,y} \quad (24)$$

式中，

$w_{CH4,ww}$  = 原始廢水處理設備末端所監測之甲烷分率(kg or  $m^3$   $CH_4/kg$  or  $m^3$  of biogas)

$Q_{cap,biogas,y}$  = 於y年，原始廢水處理設備所捕集之甲烷量監測值(kg or  $m^3$ )

## 洩漏

29.如果專案採用的技術為由另一專案活動轉換而來的設備，或者既有設備轉換至另一專案活動，則應考慮洩漏對另一專案活動造成的影響。

30.若專案活動如2(b)所述，且瓶裝淨化沼氣之使用者並未納入專案邊界內，則下列洩漏應納入考量：

- (a) 瓶裝沼氣於儲存、運輸至末端使用者之物理性洩漏排放(tCO<sub>2</sub>e)。
- (b) 因運輸瓶裝沼氣所消耗之化石燃料，包含瓶裝沼氣送至使用者，並載送空瓶返回裝瓶地點(tCO<sub>2</sub>e)。

$$LE_{y,bottling} = LE_{y,leakage,bb} + LE_{y,trans} \quad (25)$$

式中，

$LE_{y,bottling}$  = 於y年，沼氣裝瓶之專案洩漏排放(tCO<sub>2</sub>e)

$LE_{y,leakage,bb}$  = 於y年，沼氣瓶之物理性洩漏(tCO<sub>2</sub>e)。

$LE_{y,trans}$  = 於y年，運輸瓶裝沼氣之化石燃料使用量所造成之洩漏排放，包含瓶裝沼氣送至使用者，並載送空瓶返回裝瓶地點(tCO<sub>2</sub>e)。

31. 沼氣瓶之物理性洩漏可依下式計算：

$$LE_{y,leakage,bb} = Q_{y, methane, bb} \times LR_{bb} \times GWP_{CH4} \quad (26)$$

式中，

$Q_{y, methane, bb}$  = 於y年，甲烷之裝瓶量(m<sup>3</sup>)

$LR_{bb}$  = 於y年，沼氣瓶之物理性洩漏率(若專案無適合數值可使用，可使用預設值1.25%)。

32. 因運輸瓶裝沼氣之化石燃料使用量所造成之洩漏排放(包含瓶裝沼氣送至使用者，並載送空瓶返回裝瓶地點)，可依下式計算。若部份末端使用者之地點為未知，則可依保守原則假設運輸排放距離為250 km。

$$PE_{y,trans} = \left( \frac{Q_{y,bb}}{CT_{y,bb}} \right) \times DAF_{bb} \times EF_{CO2} \quad (27)$$

式中，

$Q_{y,bb}$  = 於y年，被運送之淨化沼氣裝瓶總體積(total freight volume, m<sup>3</sup>)

$CT_{y,bb}$  = 運輸淨化沼氣瓶的貨車之平均裝載容量。(m<sup>3</sup>/truck)

$DAF_{bb}$  = 加總運輸淨化沼氣瓶之平均距離，包含瓶裝沼氣送至使用者，並載送空瓶返回裝瓶地點(km/truck)。

$EF_{CO2}$  = 運輸使用之燃料，其二氧化碳排放係數(tCO<sub>2</sub>/km)。

## 監測方法學

33. 若專案類型如段落1(a)及1(e)所述：

- (a) 以具有甲烷回收和燃燒處理功能之厭氧系統取代好氧之廢水或污泥處理系統；或
- (e) 對未經處理的污水，引入污水厭氧處理系統（含/未含污泥厭氧處理），並對甲烷進行回收和燃燒。

專案活動所獲得之排放減量為基線排放減去專案排放與洩漏之和，如下式：

$$ER_y = BE_y - (PE_y + Leakage_y) \quad (28)$$

若專案類型如1(a)所述，應監測電力消耗、被處理廢水之COD及替換好氧單元所產生之污泥量等資料，以用來計算基線排放。

在1(a)情況下，若專案情境和基線情境之體積流量、進流水、出流水之特性(如COD)及污泥產生量為一致的(如：專案及基線之廢水處理系統具有同樣之COD去除效率)，僅基線情境之較高電力消耗與專案活動有顯著的差異。在此情形下，排放減量可簡化成被替換系統之電力消耗量與新設系統之電力消耗量之差值。在計算排放減量時，因同時考量溶解性甲烷( $PE_{y,dissolved}$ )及逸散性甲烷( $PE_{y,fugitive}$ )之專案排放，然而放流水( $PE_{y,ww,treated}$ )及污泥( $PE_{y,s,final}$ )之排放可予以忽略。

34. 若專案活動如1(b)、1(c)、1(d)及1(f)所述，則排放減量應根據甲烷之回收、供作燃料或燃燒量(於事後監測得知)進行計算。針對這些類型之專案活動，專案排放及洩漏將自排放減量中扣除(排放減量是依據甲烷捕集及燃燒量計算)，除非能證實專案活動所實施之技術與基線相比，去除單位COD之甲烷產生量不會增加(COD去除量為進流水之COD( $COD_{y,ww,untreated}$ )與放流水之COD( $COD_{y,ww,treated}$ )的差值)。若專案活動涵蓋2(b)及2(c)之活動，則因該活動產生之專案及洩漏排放不可忽略。

35. 依據段落1中專案排放計算列出之需求，應予以監測及記錄下列參數：

- (a) 專案活動設備之化石燃料及電力使用量
- (b) 廢水及 / 或污泥於處理前後之可降解碳之含量( $COD_{y,untreated}$ ,  $COD_{y,ww,treated}$ ,  $COD_{y,removed}$ ,  $DOC_{y,s,untreated}$ ,  $DOC_{y,s,treated}$ )
- (c) 廢水及污泥之處理量( $Q_{y,ww}$ ,  $S_{y,final}$ ,  $S_{y,untreated}$ )
- (d) 厭氧反應器排放廢水中之溶解性甲烷量(若未使用溶解性甲烷之預設值)



36. 針對所列出之專案類型，甲烷之回收量、供作燃料量、燃燒量或直接使用量(如注入天然氣輸配網或藉由專用輸配管道傳輸)皆應使用連續式流量計進行事後的監測。甲烷濃度則應使用連續式分析儀監測，或以週期性量測(在95%信賴區間下)替代。氣體之溫度及壓力則被用以決定被燃燒的甲烷密度。
37. 若專案活動涵蓋2(b)及2(c)所述之活動，計畫支持者應依據下述方式維持沼氣(甲烷)之平衡：
- (a) 連續量測廢水處理系統之沼氣捕集量
  - (b) 連續量測專案活動內沼氣之使用量(如應用於熱能、發電、燃燒、製氫、注入天然氣輸配網等)，物理性洩漏之損失應予以考量，並自排放減量扣除。
38. 於日常維護時應確保燃燒塔(flare)之最佳化，並監測燃燒效率。燃燒效率定義為氣體於燃燒塔燃燒殆盡所需之時間，乘上燃燒過程之效率。應採用下列兩選項之一，來決定密閉燃燒過程中之燃燒效率：
- (a) 採用90%預設值，或
  - (b) 進行效率之連續監測。
- 若採用選項(a)，應按製造規格對燃燒設備進行連續檢查(包含溫度、沼氣流速)，若在任一特定時間內，任一種參數值超過規格範圍，則此特定時間內之燃燒效率應採用預設值之50%。對於開放式燃燒，由於無法監測燃燒效率，燃燒效率應使用預設值之50%。若任一時間內之燃燒溫度低於500°C，則此段時間內之燃燒效率應採用預設值之0%。
39. 若專案活動涵蓋2(c i)之活動，按照段落33或34計算排放減量，應加上按照段落25計算之基線排放。
40. 若專案活動涵蓋2(c)之活動，沼氣量、溫度、壓力和甲烷濃度應使用通過驗證之設備進行連續量測。且淨發熱量應使用線上熱值監測設備直接進行監測(每月)。淨發熱量之監測單位應以單位重量或體積之熱能表示，專案參與者須確認沼氣注入量之單位與淨發熱量之單位一致。注入或傳輸之沼氣的甲烷含量，應確保其與國家標準一致或體積濃度佔96%以上。若注入或傳輸之沼氣的甲烷含量不符合要求，則應自排放減量計算中扣除。
41. 若是最終污泥腐化導致的甲烷排放量，因污泥的控制性燃燒、掩埋在具有甲烷回收之掩埋場或被用作土壤應用，而予以忽略不計，則在信用額度計入期內，污泥的最終使用應予以監測。

42.若專案活動涵蓋2(b)及2(c)的活動，則下列因子應予以監測記錄：

- (a) 水洗淨化設備之放流水流至脫附塘之體積流量( $Q_{y,ww,upgrade}$ )，應連續監測；
- (b) 水洗淨化設備之放流水的甲烷含量( $[CH_4]_{y,ww,upgrade}$ )，在正常操作條件下，最少每六個月取樣一次。
- (c) 壓縮機及沼氣淨化及壓縮設備元件每年之操作時間( $T_{equipment,y}$ )。若此項資料不易取得，可假設淨化設備及壓縮機為連續操作。
- (d) 瓶裝沼氣、注入天然氣輸配網或藉由專門管線傳輸的沼氣，其沼氣量、壓力和組成應使用流量計及定期校正之甲烷監測器。沼氣之壓力則應使定期使用校正後之壓力計進行監測。為確保沼氣能被當作燃料使用，沼氣之甲烷含量應在96%以上，未達標準之沼氣應自排放減量中排除。
- (e) 若排放氣體是利用「含甲烷氣體燃燒之專案排放評估工具」計算，則此工具內之監測規範應予以採用。若未使用此工具，改採用段落21所述之方法，則保留於水洗淨化設備內之氣體溫度和壓力應連續監測，而在排氣程序前之溫度及壓力，則與設備體積容量被用來評估排氣過程中之甲烷釋放量。
- (f) 當沼氣淨化設備因既定保養、儀器修護、緊急情況而停止運作時，此時專案參與者應確保捕集的甲烷於捕集現址被(緊急)燃燒塔所燃燒，並建置適當的監測方法以監測緊急燃燒塔之排放。
- (g) 若專案活動涵蓋2(b)的活動，應監測瓶裝沼氣之數量及體積、平均貨車之容量( $CT_{y,bb}$ )，以及瓶裝沼氣之運輸平均總距離( $DAF_{bb}$ )。

## 活動方案內之專案活動

於方案內的專案活動使用此方法學時，下列情況應予以注意：

43.若專案活動包含設備的更換，且被替換設備被用於其它專案活動之洩漏排放，因替換設備被銷毀而予以忽略不計，則應針對替換設備之銷毀實施一獨立監測計畫。此監測計畫應確認專案活動內所更換設備的數目是否與銷毀設備數目一致。為此，被銷毀的設備應保存至該一致性被確認為止，且被替換設備的銷毀過程應予以文件化並經由獨立單位的驗證。

## 產業應用建議

| 低碳科技項目規範                       | 產業應用之建議                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 備註 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 方法學整體描述                        | <p>廢水處理為許多工廠之基本設備，用以處理製程中產生的廢水或生活污水，然而在廢水處理過程中會產生甲烷氣的逸散，若能將之回收，加以有效利用，將可減少能源的消耗，間接降低溫室氣體的排放。</p> <p>本方法學提供此類型之專案一個有效的程序，針對不同類型之專案，可選擇不同的方式去計算其專案減量效益。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
| 項目名稱、依據之 CDM 方法學編號/版本、範疇及規模類型： | <p>名稱：廢水處理之甲烷氣回收專案<br/>           編號：AMS.III.H/Ver 9<br/>           範疇：13(廢棄物處置)<br/>           類型：小規模方法學</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
| 方法學來源及適用性                      | <p>此類專案類型包含以下列方式回收廢水中生物有機物產生之甲烷氣：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 以具有甲烷回收和燃燒處理功能之厭氧系統取代好氧之廢水或污泥處理系統。</li> <li>• 對未進行污泥處理之既有廢水處理廠，引入厭氧之污泥處理系統，並對甲烷氣進行回收和燃燒。</li> <li>• 對既有污泥處理系統，引入甲烷回收燃燒處理。</li> <li>• 對於既有之厭氧污水處理系統，如厭氧反應器、厭氧塘、化糞池或在工廠現場，實行甲烷回收和燃燒處理。</li> <li>• 對未經處理的污水，引入污水厭氧處理系統（含/未含污泥厭氧處理），並對甲烷進行回收和燃燒。</li> <li>• 對未進行甲烷回收之既有污水處理系統，引入連續式污水處理系統（含/未含污泥厭氧處理）。（如在未進行甲烷回收之厭氧塘後端，加裝厭氧反應器，並對甲烷進行回收和燃燒處理，以對廢水進行連續處理）。</li> </ul> <p>回收之甲烷氣則可能經由下列方式進行處理：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 直接用來產生熱能或電力；</li> <li>• 將淨化之沼氣裝瓶後，用予產生熱能或電力。</li> <li>• 淨化及配送後，用予產生熱能或電力。</li> <li>• 製氫。</li> </ul> <p>甲烷氣依照不同的應用方式，產業可能應用不同的方法學或者有不同的限制(詳細內容可參考段落 2-8)，然而產業必須注意，此類型專案僅適用於</p> |    |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                          | 年度排放減量不超過 6 萬噸 CO <sub>2</sub> e 的專案活動。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 專案邊界界定                   | 專案邊界包括進行廢水和污泥處理的物理、地理位置。若專案類型為將沼氣淨化裝瓶或配送，用以產生電力及熱能，則專案邊界還應包括淨化及加壓設備、將沼氣從污水處理廠輸送至末端用戶的專門管線網絡/天然氣輸配網絡以及所有與之直接相連結的設施及設備。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 基線情境及外加性評估               | <p>基線情境為下列情況之一：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 當以附有甲烷回收及燃燒設備之厭氧處理系統取代既有的好氧廢水或污泥處理系統，既有的好氧廢水或污泥處理系統為此專案之基線。</li> <li>● 當以附有甲烷回收及燃燒設備之厭氧污泥處理系統至既有的污水處理廠，既有的污泥處理系統為此專案之基線。</li> <li>● 未設置甲烷回收燃燒設備之既有污泥處理系統；</li> <li>● 未設置甲烷回收燃燒設備之既有厭氧污水處理系統；</li> <li>● 當以厭氧系統來處理未經處理之廢水，未經處理之廢水直接排入海洋、河流、湖泊和不流動或流動之下水道為此專案之基線；</li> <li>● 當採用附有甲烷回收設備之連續式污水厭氧處理系統時，既有的污水厭氧處理系統(未含甲烷回收)為此專案之基線。</li> </ul> <p>進行外加性評估時，可參考 UNFCCC 提供之外加性評估工具，由於本方法學屬於小規模方法學，因此在外加性評估上可予以簡化，在法規分析通過後，僅需通過一項障礙分析即可符合外加性。</p> |  |
| 基線、專案及洩漏(leakage)之排放計算方式 | <p>依照基線情境的不同，基線排放的計算有不同方法，舉例來說，當基線為前述所提之基線情境前兩者時，基線排放可分為三個部份：被替代之廢水污泥處理系統原有之電力及消耗產生之排放、廢水中含可降解有機碳產生的排放以及污泥厭氧腐化的排放，各種基線排放的計算方式可參考段落 24-28。</p> <p>專案活動的排放則是由以下項目所構成：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 專案活動設施因消耗電力產生之二氧化碳排放。</li> <li>● 由於污水處理效率不佳及污水中存在可降解的有機碳，所產生之甲烷排放；</li> <li>● 污水系統產生之污泥因腐化而引起的甲烷排放；</li> </ul>                                                                                                                                                                         |  |



|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 由於甲烷收集及燃燒系統效率不佳，所產生之甲烷逸散；</li> <li>• 處理後的污水於排出時因含溶解的甲烷，所產生之甲烷排放；</li> <li>• 與沼氣淨化及加壓有關之排放(視專案類型)；</li> <li>• 因將淨化後之沼氣傳輸至末端用戶之專門管線網絡所產生之物理性的洩漏排放。(視專案類型)</li> </ul> <p>若專案採用的技術為由另一專案活動轉換而來的設備，或者既有設備轉換至另一專案活動，則應考慮洩漏對另一專案活動造成的影響。</p> <p>若專案活動涉及瓶裝淨化沼氣的配送，且瓶裝淨化沼氣之使用者並未納入專案邊界內，則下列洩漏應納入考量：瓶裝沼氣於儲存、運輸至末端使用者之物理性洩漏排放，以及因運輸瓶裝沼氣所消耗之化石燃料，包含瓶裝沼氣送至使用者，並載送空瓶返回裝瓶地點。(可參考段落 29-32)</p> <p>專案活動所獲得之排放減量為基線排放減去專案排放與洩漏之和。</p> |  |
| 監測方法學   | <p>關於應監測的參數以及詳細規範，可參考段落 35-42，而在所列出應監測之參數中，甲烷之回收量、供作燃料量、燃燒量或直接使用量(如注入天然氣輸配網或藉由專用輸配管道傳輸)皆應使用連續式流量計進行事後的監測。甲烷濃度則應使用連續式分析儀監測，或以週期性量測(在 95%信賴區間下)替代。</p> <p>此外，若最終污泥腐化導致的甲烷排放量，因污泥的控制性燃燒、掩埋在具有甲烷回收之掩埋場或被用作土壤應用，而予以忽略不計，則在信用額度計入期內，污泥的最終使用應予以監測。</p>                                                                                                                                                                                                              |  |
| 方法學整體建議 | <p>產業於引用此方法學時，需特別注意專案本身之適用性及外加性，並按方法學所列之計算方法及保守性原則予以計算排放減量，使計畫設計文件(PDD)符合確證的要求。</p> <p>產業應充分了解計畫執行時所需監測的數據(此可從相關公式或監測方法學進行了解)，並將此資訊告知現場作業執行人員，以免於後續專案執行時，因缺乏相關數據而無法符合查證的要求。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |