

18. 上下水道・都市衛生/廃棄物中間処理・嫌気発酵

1. 典型的な案件の概要

有機性廃棄物を嫌気発酵し、発生する CH₄ (バイオガス) を回収・利用する事業。

2. 適用条件

- ① 埋め立て処分される予定の廃棄物に含まれる有機物を対象に嫌気発酵処理を行うこと。
- ② 嫌気発酵処理後に CH₄ (バイオガス) を回収し、発電かつ/あるいは供熱のために利用すること。
- ③ 廃棄物処理後の残さは、好気状態で保存また運搬すること。

3. 推計方法

事業実施による GHG 排出削減量は、新たな廃棄物が埋め立て処分され CH₄ が大気中へ放出されている状態の排出量 (ベースラインシナリオ下の排出量) と、廃棄物を嫌気発酵処理しその際に生じるバイオガス (CH₄) を回収・利用する場合の排出量 (プロジェクト排出量) の差分により求める¹。

以下の各計算式のデータの入手方法の詳細は「4. 推計に必要なデータ」に示す。

$$ER_y = BE_y - PE_y$$

ER_y : y 年の事業実施による GHG 排出削減量 (t-CO₂e/y)

BE_y : y 年のベースラインシナリオにおける GHG 排出量 (t-CO₂e/y)

PE_y : y 年のプロジェクトシナリオにおける GHG 排出量 (t-CO₂e/y)

(1) ベースライン排出量の算定

ベースライン排出量は、新たな廃棄物を埋め立て処分した際に発生する CH₄ による GHG 排出量と、発電および熱供給分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量の合計により算定する。

$$BE_y = (MG_{SWDS,y} - MF_{BL,y}) \times GWP_{CH_4} + BE_{EN,y}$$

MG_{SWDS,y}: ベースラインシナリオ下において埋め立て処分場から放出される CH₄ 量 (t-CH₄/y)

MF_{BL,y} : ベースラインシナリオ下において国の規制等により分解燃焼されている CH₄ 量 (t-CH₄/y)

GWP_{CH₄} : CH₄ の地球温暖化係数 (=25 t-CO₂/t-CH₄)

BE_{EN,y} : 事業実施後に得られる発電および熱供給分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量 (t-CO₂e/y)

MG_{SWDS,y}の算出:

ベースラインシナリオ下において処分場から放出される CH₄ 量は、処分場に埋め立てられている分解性有機炭素の量を把握し、分解速度を考慮した上で算定する。

$$MG_{SWDS,y} = \varphi \times (1 - OX) \times 16/12 \times F \times MCF \times \sum_{x=1}^y \sum_j \{W_{j,x} \times DOC_{f,j} \times DOC_j \times e^{-k_j(y-x)} \times (1 - e^{-k_j})\}$$

φ : 不確実性に関する調整係数

¹ 評価対象年は、プロジェクトの平均的な稼働状況下の年、または、複数年の平均値とする。

18. 上下水道・都市衛生/廃棄物中間処理・嫌気発酵

- OX : 酸化係数
F : LFG 中の CH₄ の割合
DOC_{f,j} : 廃棄物 j の分解可能な分解性有機炭素の割合
MCF : CH₄ 補正係数
W_{j,x} : 処分場において x 年に投棄された廃棄物 j の重量 (t/y)
DOC_j : 廃棄物 j の分解性有機炭素の割合
x : 廃棄物の処分場での在留年数
y : 排出量の算定年数
k_j : 廃棄物 j の分解速度 (1/y)
j : 廃棄物の分類 (木類、紙類、有機ごみ、衣類、庭ごみ等)
e : 自然対数

W_{j,x}は、以下の式により算出する。

$$W_{j,x} = W_x \times w_j$$

- W_x : 処分場において x 年に投棄された廃棄物の重量 (t/y)
w_j : 投棄された廃棄物のうちの廃棄物 j の組成割合 (重量ベース) (%)

MF_{BL,y}の算出:

ベースラインシナリオ下において、国の規制等により分解燃焼されている CH₄ 量は、処分場から発生している CH₄ 量に分解燃焼されている CH₄ の割合を乗じて求める。

$$MF_{BL,y} = MG_{SWDS,y} \times AF$$

- MG_{SWDS,y} : ベースラインシナリオ下において処分場から放出される CH₄ 量 (t-CH₄/y)
AF : ベースラインシナリオ下において国の規制等により分解燃焼されている CH₄ の割合 (%)
発展途上国では規制や基準等がない場合が多い。規制等がない場合は「0」とする。

BE_{EN,y}の算出:

事業実施後に得られる発電および熱供給分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量は、事業実施後の発電量 (MWh/y)、熱供給量 (TJ/y)およびそれぞれの CO₂ 排出係数等により算出する。

$$BE_{EN,y} = BE_{elec,y} + BE_{heat,y} = EG_{PJ,y} \times EF_{elec} + HG_{PJ,y} / \eta_{BL} \times EF_{fuel,BL} \div 10^3$$

- BE_{elec,y} : 事業実施後に得られる発電分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量 (t-CO₂e/y)
BE_{heat,y} : 事業実施後に得られる熱供給分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量 (t-CO₂e/y)
EG_{PJ,y} : 事業実施後における発電量 (MWh/y)
EF_{elec} : 電力の CO₂ 排出係数 (t-CO₂/MWh)
HG_{PJ,y} : 事業実施後における熱供給量 (TJ/y)

18. 上下水道・都市衛生/廃棄物中間処理・嫌気発酵

η_{BL} : ベースラインシナリオ下のボイラーの熱供給効率、 η_{BL} は安全側として1とする。

$EF_{fuel,BL}$: ベースラインシナリオ下のボイラー燃料のCO₂排出係数 (kg-CO₂/TJ)

(2) プロジェクト排出量の算定

プロジェクト排出量は、事業実施による電気や燃料の消費、残さの処理、廃棄物および残さの運搬によるGHG排出量を合計することにより算定する。

$$PE_y = PE_{EC,y} + PE_{FC,y} + PE_{Digest,y} + PE_{Tran,y} + PE_{Res,y}$$

PE_y : 事業実施後におけるGHG排出量 (t-CO₂e/y)

$PE_{EC,y}$: 事業実施後の電力消費によるGHG排出量 (t-CO₂e/y)

$PE_{FC,y}$: 事業実施後の燃料消費によるGHG排出量 (t-CO₂e/y)

$PE_{Digest,y}$: 事業実施後の嫌気発酵処理におけるGHG排出量 (t-CO₂e/y)

$PE_{Tran,y}$: 事業実施後の廃棄物および残さの追加的な運搬におけるGHG排出量 (t-CO₂e/y)

$PE_{Res,y}$: 事業実施後の残さの処理におけるGHG排出量 (t-CO₂e/y)

$PE_{EC,y}$ の算出:

事業実施後の電力消費によるGHG排出量は、以下の式により求める。

$$PE_{EC,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{elec}$$

$EC_{PJ,y}$: 事業実施後のCH₄回収設備等における電力消費量 (MWh/y)

EF_{elec} : 電力のCO₂排出係数 (t-CO₂/MWh)

事業による発電エネルギーを利用する場合、この項目は無視する。

$PE_{FC,y}$ の算出:

事業計画時における事業実施後の燃料消費によるGHG排出量は、以下の式により求める。

$$PE_{FC,y} = \sum_i (FC_{PJ,i,y} \times NCV_i \times EF_{fuel,i} \div 10^6)$$

$FC_{PJ,i,y}$: 事業実施後のCH₄回収設備等における燃料iの消費量 (t/y)

$NCV_{fuel,i}$: 事業実施後のCH₄回収設備等における燃料iの正味発熱量 (TJ/Gg = TJ/kt)

$EF_{fuel,i}$: 事業実施後のCH₄回収設備等における燃料iのCO₂排出係数 (kg-CO₂/TJ)

事業からの熱エネルギーを消費する場合、この項目は無視する。

$PE_{Digest,y}$ の算出:

事業実施後の嫌気発酵過程におけるGHG排出量は、以下の式により求める。

$$PE_{Diges,y} = MG_{PJ,y} \times GWP_{CH_4} \times EF_{CH_4,def}$$

$MG_{PJ,y}$: 嫌気発酵施設からのCH₄発生量 (t-CH₄/y): $MG_{SWDS,y}$ の算定式で、 MCF_y の代わりに嫌気発酵施設に対応した適切な値 (MCF_{PJ}) に設定して算定

18. 上下水道・都市衛生/廃棄物中間処理・嫌気発酵

GWP_{CH_4} : CH_4 の地球温暖化係数 (=25 t- CO_2 /t- CH_4)

$EF_{CH_4,def}$: 嫌気発酵施設からの CH_4 漏洩係数 (t- CH_4 leaked/t- CH_4 produced)

$PE_{Trans,y}$ の算出:

事業実施後の廃棄物および残さの追加的な運搬における GHG 排出量は以下の式により求める。

$$PE_{Trans,y} = W_y \times DAF_W \times EF_{CO_2,tran} + W_{Res,y} \times DAF_{Res} \times EF_{CO_2,tran}$$

W_y : 処理される廃棄物の重量 (t/y)

$W_{Res,y}$: 処理済みの残さの重量 (t/y)

DAF_W : 廃棄物の平均輸送距離 (km)

DAF_{Res} : 残さの平均輸送距離 (km)

$EF_{CO_2,tran}$: トラック輸送の CO_2 排出係数 (g- CO_2 /t-km)

$PE_{Res,y}$ の算出:

廃棄物処理後の残さによる GHG 排出量は、嫌気状態で保存、処理 (処分場) される場合は、下記のように算出される。

$$PE_{Res,y} = MG_{Pj,y} \times GWP_{CH_4} \times F_{SD,CH_4,def}$$

$MG_{Pj,y}$: 嫌気発酵施設からの CH_4 の発生量 (t- CH_4 /y): $MG_{SWS,y}$ の算定式で、MCF を代わりに嫌気発酵施設に対応した適切な値 (MCF_{Pj}) を設定して算定

GWP_{CH_4} : CH_4 の地球温暖化係数 (=25 t- CO_2 /t- CH_4)

$F_{SD,CH_4,def}$: 残さの処理からの CH_4 排出係数

ただし、残さの好気状態が保障できる場合、この分の排出量は、「0」である。

4. 推計に必要なデータ

データの 種類	データの内容	データの入手方法	
		ベースライン排出量	プロジェクト排出量
ϕ	不確実性に関する調整係数	0.80 (デフォルト値: CDM Methodological Tool: Emissions from solid waste disposal sites)	1.0 (デフォルト値: CDM Methodological Tool: Emissions from solid waste disposal sites)
F	LFG 中の CH_4 の割合	0.5 (デフォルト値 ²)	不要
OX	酸化係数	管理された処分場のうち、表面が土壌やコンポストなど酸化を促す物質で覆われている場合: 0.1 上記以外の処分場: 0 (デフォルト値 ³)	不要
DOC_{fj}	廃棄物 j の分解可能な分解性有機炭素の割合	デフォルト値を使用 (別表 8 の“ DOC_{fj} ”)	不要

² 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste, p.3.14

³ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste, Table 3.2

18. 上下水道・都市衛生/廃棄物中間処理・嫌気発酵

DOC _j	廃棄物 _j の分解性有機炭素の割合	デフォルト値を使用 (別表8の“DOC _j ”)	不要
MCF	CH ₄ 補正係数	デフォルト値を使用 (別表9: 処分場の形態等に応じた適切な値を選択)	不要
MCF _{Pj}	CH ₄ 補正係数 (嫌気発酵施設)	不要	デフォルト値を使用 (別表9: 嫌気発酵施設の形態等に応じた適切な値を選択)
W _x	処分場においてx年に投棄された廃棄物の重量 (t/y)	以下の入手可能性を検討し、可能なオプションを用いる。 i) フィージビリティ調査等の結果 ii) 処分場管理者へのインタビュー iii) トラック搬入量等による推計値 ※事業実施後の平均的な年の廃棄物投棄量 (計画値) を用いる。	不要
w _j	投棄された廃棄物のうちの廃棄物 _j の組成割合 (重量ベース) (%)	以下の入手可能性を検討し、可能なオプションを用いる。 i) フィージビリティ調査等の結果 ii) 市中での廃棄物組成調査の結果 iii) 処分場でのサンプリング調査の結果 iv) IPCC デフォルト値 (地域別廃棄物組成 ⁴) ※事業実施後の平均的な年の廃棄物組成 (計画値) を用いる。	不要
W _{Res,y}	処理済みの残さの重量 (t/y)	不要	計画値
k _j	廃棄物 _j の分解速度 (1/y)	デフォルト値を使用 (別表10: 廃棄物種類、気候区分に応じた適切な値を選択)	不要
EG _{Pj,y}	事業実施後におけるバイオガスによる発電量 (MWh/y)	計画値	不要
HG _{Pj,y}	事業実施後における熱供給量 (TJ/y)	計画値	不要
EF _{elec}	グリッド接続の場合: グリッドCO ₂ 排出係数 (t-CO ₂ /MWh)	デフォルト値を使用 (別表3の“Electricity Consumption”)。ただし対象国のデフォルト値が無い場合や、当該国の公表値がある場合等、他にふさわしい値がある場合は、その値を使用しても良い。	
	独立型、ミニグリッドの場合: ディーゼル発電によるCO ₂ 排出係数	デフォルト値を使用 (別表4: 想定される状況に応じて適切な値を選択)。ただし対象国のデフォルト値が無い場合や、当該国の公表値がある場合等、他にふさわしい値がある場合は、その値を使用しても良い。	
NCV _{fuel,i}	事業実施後のCH ₄ 回収設備等における燃料iの正味発熱量 (TJ/Gg = TJ/kt)	不要	デフォルト値を使用 (別表1の“Net calorific value”)。ただし対象国のデフォルト値が無い場合や、当該国の公表値がある場合等、他にふさわしい値がある場合は、その値を使用しても良い。
EF _{fuel,BL}	ベースラインシナリオ下のボイラー燃料iのCO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /TJ)	デフォルト値を使用 (別表2の“Effective CO ₂ emission factor”の“Default value”)。	
EF _{fuel,i}	事業実施後のCH ₄ 回収設備等における燃料iのCO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /TJ)	ただし対象国のデフォルト値が無い場合や、当該国の公表値がある場合等、他にふさわしい値がある場合は、その値を使用しても良い。	
EC _{Pj,y}	事業実施後のCH ₄ 回収設備等における電力消費量	不要	計画値

⁴ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste, Table 2.3 (Updated)

18. 上下水道・都市衛生/廃棄物中間処理・嫌気発酵

	(MWh/y)		
$FC_{PJ,i,y}$	事業実施後の CH ₄ 回収設備等における燃料 i の消費量 (t/y)	不要	計画値
$MG_{PJ,y}$	嫌気発酵施設からの CH ₄ 発生量 (t-CH ₄ /y)	不要	計画値
$EF_{CH_4,def}$	嫌気発酵施設から CH ₄ 漏洩係数 (t-CH ₄ leaked/t-CH ₄ produced)	不要	0.1 (デフォルト値: CDM Methodological Tool Project and leakage emissions from anaerobic digesters (Version 01.0.0))
DAF_w	廃棄物の平均輸送距離 (km/トラック)	不要	計画値
DAF_{res}	残さの平均輸送距離 (km/トラック)	不要	計画値
$EF_{CO_2,tran}$	トラック輸送の CO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /km)	不要	デフォルト値 (別表 7 参照)
$F_{SD,CH_4,def}$	残さの処理からの CH ₄ 排出係数	不要	0.35 (デフォルト値: CDM Methodological Tool Project and leakage emissions from anaerobic digesters (Version 01.0.0))

5. その他

(1) プロジェクトバウンダリー

GHG 推計の範囲は、嫌気発酵処理、バイオガス (CH₄) の回収・有効利用がされるプロジェクト活動のサイト内とする。

(2) リークエージ

廃棄物管理に係るライフサイクルを考慮した場合、発電施設の建設、設備更新に係る製品製造や資材輸送等に伴う GHG 排出がリークエージと考えられる。しかし、事業実施後における GHG 排出削減効果に比し軽微な影響であるため考慮していない。CDM 方法論 ACM0001 でもリークエージは考慮していない。

(3) 解説

本方法論において参考可能な CDM 方法論として AMS-III.AO. (Methane recovery through controlled anaerobic digestion, Version 01)が挙げられる。

排出削減量の算定のロジックは、AMS-III.AO.と同様であるが、デフォルト値を可能な限り用いて簡略化している。なお、CDM 方法論では、排出削減量が小規模の閾値で制限されているが、本方法論ではそのような条件は設けていない。

Guideline for National Greenhouse Inventory (IPCC, 2006)において、N₂Oは無視できるとされているため、算定方法には加えていない。

(4) 改訂履歴

Version	改訂月	改訂内容
2.0	2014年3月	<ul style="list-style-type: none"> 「23. 廃棄物の中間処理(Ver1.0)」について、概念の混乱を避けるために「廃棄物の嫌気処理」及び「コンポスト化処理」に分離 電力の CO₂ 排出係数について CM (コンバインドマージン)、OM (オペレーティング

18. 上下水道・都市衛生/廃棄物中間処理・嫌気発酵

		マージン) 等のデフォルト値の提示
3.0	2019年9月	<ul style="list-style-type: none"> デフォルト値の使用を優先することとした。 N₂O を無視することを明記した。
4.0	2023年3月	<ul style="list-style-type: none"> ベースライン排出量の算定方法や必要なデータ等の記述において、「事業実施前」を「ベースラインシナリオ下」に修正した。なお、ベースラインシナリオとは、事業実施前の状態の継続などプロジェクトがなかった場合に起こるであろうシナリオである。 「4. 推計及びモニタリングに必要なデータ」の「事業実施後」の列を削除した (Climate-FIT は、現在は GHG 排出削減量を「計画段階」に定量化することを目的としているため)。
5.0	2024年3月	<ul style="list-style-type: none"> 不確実性に関する調整係数 (φ) のデフォルト値を CDM 方法論ツールに従い修正した。 酸化係数 (OX) を IPCC2019 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) のデフォルト値とした。 IPCC2019 に従い、「分解可能な分解性有機炭素の割合 (DOC_{fj})」を廃棄物種類別に設定できるようにした。 LFG 中の CH₄ の割合 (F) の出典を IPCC2019 に修正した。 各パラメータにおいて各年のモニタリングを意味する添字 y を削除した (Climate-FIT は、現在は GHG 排出削減量を「計画段階」に定量化することを目的としているため)。 W_x、w_j の「データの入手方法」を対象国の実態を踏まえて、より入手可能性の高い方法に修正した。 W_{j,x}、W_x、w_j の「データの内容」(パラメータ名称) を修正した。