

農林水産省 令和4年度地域資源活用展開支援事業（先進事例の普及型）

# バイオマス活用に関する LCA 解析の手引き

2023年3月

一般社団法人日本有機資源協会

## 目 次

1. バイオマス活用における LCA の基本的な考え方	
1-1. ライフサイクルアセスメントとは	1
1-2. バイオマス活用におけるLCAの概念	2
1-3. バイオマス活用における全体と部分の環境負荷の概念	3
2. LCA解析の手順と方法	
2-1. LCAの実施手順	5
2-2. 目的の設定	5
2-3. インベントリ分析	6
2-4. インベントリデータ分析におけるGHG s 排出量の算出方法	14
2-5. インパクト評価	33
2-6. 結果の解釈	35
3. 評価事例	
家畜ふん尿を原料とした堆肥化システムとメタン発酵バイオガス発電システム におけるGHG s のLCA解析	47
3-1. 目的	42
3-2. 堆肥化システムにおける GHGs 排出量	42
3-3. メタン発酵バイオガス発電システムにおける GHGs 排出量	52
3-4. 堆肥化システムとメタン発酵バイオガス発電システムの比較	64
参考・引用文献	67

# 1. バイオマス活用における LCA の基本的な考え方

## 1-1. ライフサイクルアセスメントとは

製品を製造するための資源採取から原材料の調達、製造、加工、組立、流通、製品使用、さらに廃棄に至るまでの全過程（ライフサイクル）における環境負荷を総合して、科学的、定量的、客観的に評価する手法をLCA（ライフサイクルアセスメント；Life Cycle Assessment）という。

LCAの目的は、環境への負荷を低減させるという目標を達成するために、環境から採取した資源の量や環境へ排出した物質を数値化・定量化することである。具体的には、例えば図1に示すように、自動車の製造における一連の工程（原料の入手から解体自動車の一部の焼却・埋立処分まで）で、大気及び水域への環境負荷の算出を行い、地球温暖化（GHGs）、水質汚染・富栄養化、健康影響、雨水の酸性化などの環境への影響を評価する。



図1 LCAの概念

出典：サステナブル経営推進機構（SuMPO）HP<sup>1)</sup>

なお、本手引きでは、環境への影響評価について、GHGs（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O）の排出量のみを評価項目とする。CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>OはCO<sub>2</sub>に換算して算出する。

## 1-2. バイオマス活用におけるLCAの概念

### (1) バイオマス活用のライフサイクル

バイオマス活用におけるライフサイクルは、図2のように、バイオガス発電施設や木質バイオマス発電施設のようなバイオマスプラントの建設段階、運転段階、最終の廃棄段階からなる。この3つの段階の中では、運転段階におけるGHGsの排出量が相対的に大きいと考えられるが、建設段階の土地の造成やプラントの施工及びプラントの廃棄においてもGHGsが排出される。

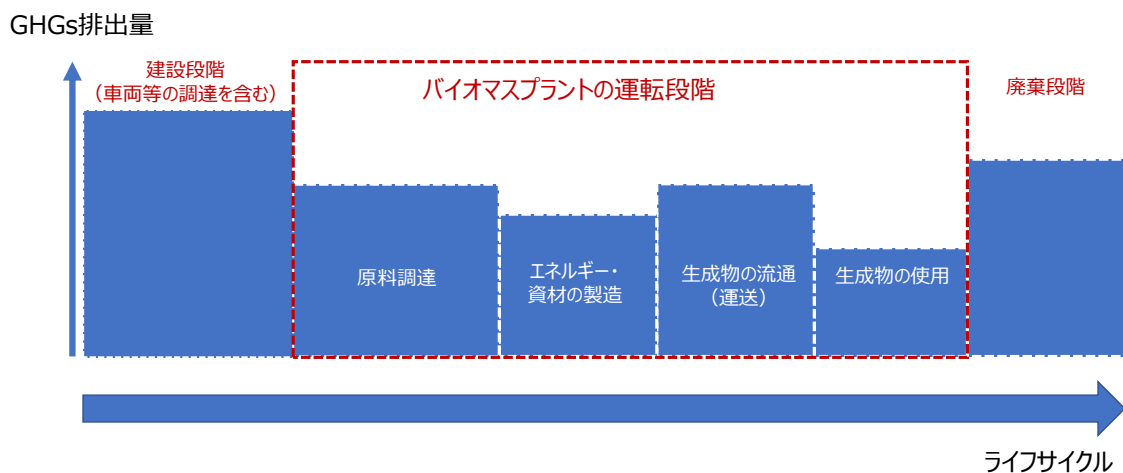


図2 バイオマス活用のライフサイクル

### (2) バイオマス活用の導入によるGHGs排出量の変化

バイオマス活用におけるLCAの概念を図3に示す。この例では、生ごみをバイオマス活用する場合と焼却処分する場合を比較している。焼却処分の場合では、生ごみをごみとして運送し、清掃工場で焼却する際に排出されるGHGsの総排出量を算出する。一方、バイオマス活用の場合では、生ごみの資源としてのバイオガスプラントへの運送、バイオガスプラントでの発電、バイオガス化の工程で生じた消化液のバイオ液肥としての農地利用におけるGHGsの総排出量を算出する。焼却処分する場合とバイオマス活用する場合のGHGsの総排出量を比較す

ることにより、バイオマス活用の効果を評価できる。なお、図3は、図2における運転段階を示したものであり、プラントの建設及び廃棄は別途計算することになる。

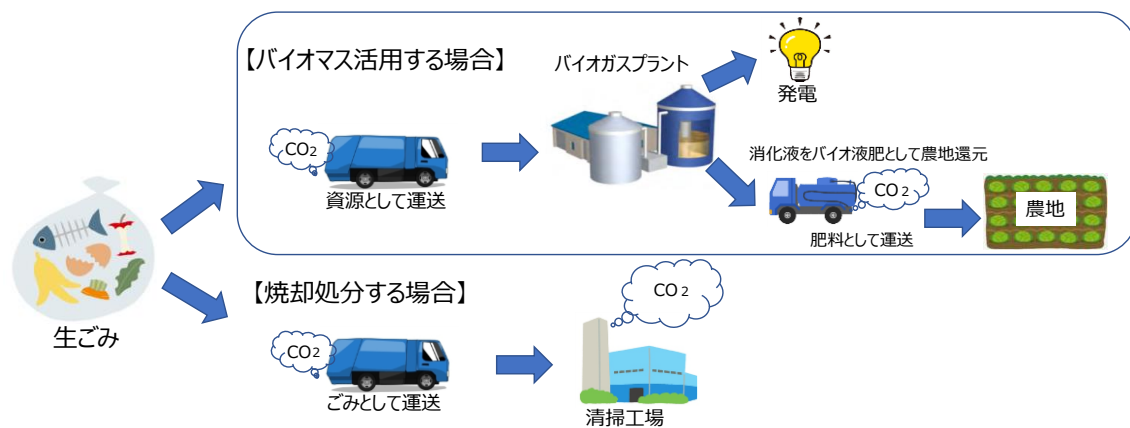


図3 バイオマス活用の導入によるGHGs排出量の変化

### 1-3. バイオマス活用における全体と部分の環境負荷の概念

バイオマス活用の「全体」(例；家畜ふん尿を原料としたメタン発酵バイオガス発電事業や間伐材等を燃料とした木質バイオマス発電事業)における環境負荷の削減は、個々の技術や工程が相互に関連しているため、「部分」(例；原料調達、エネルギーや資材への変換、生成したエネルギーや資材の利用)の効率化だけを問題とするアプローチでは検討することができない。そのため、個別の工程を組み合わせた全体の工程を対象に環境負荷について整理していく。

また、LCAでは、プラントや工場の建設、車両の調達、これらの廃棄に関わるGHGs排出量についても評価する。なお、バイオマス活用を何かと比較する場合は、バウンダリー(境界)の設定に留意するとともに、カーボンニュートラルの位置づけについても明確にする必要がある。

## トピックス1 北海道鹿追町におけるメタン発酵バイオガスプラントの構成

バイオマス産業都市の選定地域である北海道鹿追町は、2007年に、家畜ふん尿の適正処理及び生ごみ・汚泥の資源化等を図るため、既存の汚泥処理施設に国内最大規模の資源循環型バイオガスプラント・堆肥化施設を併設した鹿追町環境保全センターを設置した。バイオガスによる電力は施設内での利用の他に、余剰分はFITにより北海道電力へ売電している。消化液はバイオ液肥として牧草地などへ還元し、環境に配慮した地域資源循環型社会の形成を推進している。なお、バイオガス生成過程で生じた熱は温室栽培、魚類の養殖へ活用している。鹿追町の取組は全国のバイオガス発電施設の一つのモデルケースである。鹿追町のバイオガスプラントは、図4に示すように原料・発酵・生産物（発電・精製・熱利用・液肥）・バイオマス利用（売電等・プロパンガス代替車利用燃料等・発酵槽加温及びハウス利用・農地還元等）のそれぞれの個別工程から構成されている。

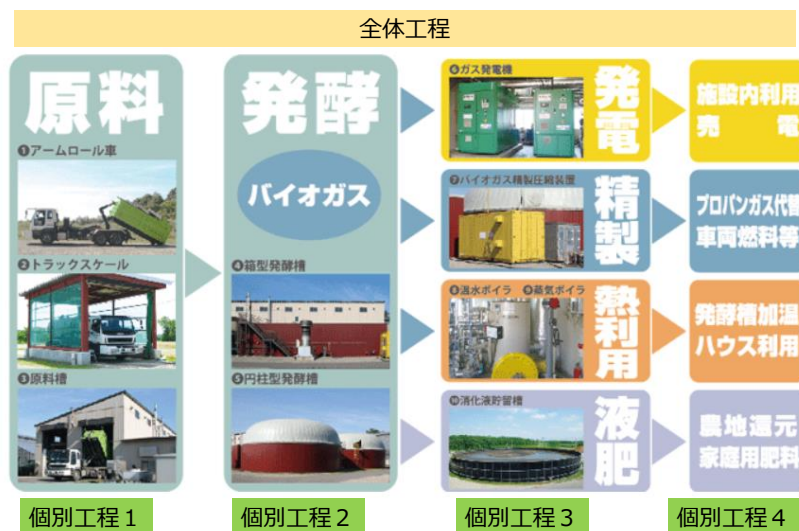


図4 鹿追町環境保全センターバイオガスプラントの構成(出典：北海道鹿追町HP<sup>2)</sup>)

## 2. LCA解析の実施手順と方法

### 2-1. LCA解析の実施手順

LCAの原則と手順を規格化しているISO14040（2010年発行）<sup>3)</sup>によると、LCA解析の実施手順は、図5に示すように「目的の設定」→「インベントリ分析」→「インパクト評価」→「結果の解釈」の4項目で構成される。但し、それぞれの項目で矛盾や齟齬が生じた場合は前段の項目にフィードバックする必要がある。

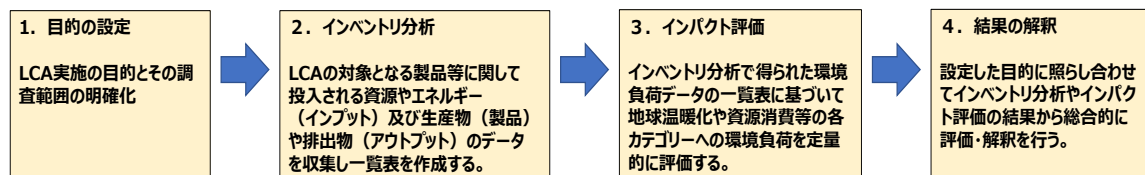


図5 LCAの実施手順（ISO14040）

ここでは、LCAの実施手順に沿って、目的の設定、インベントリ分析、インパクト評価、結果の解釈の方法について説明する。

### 2-2. 目的の設定

#### (1) LCA解析の目的と調査範囲の明確化

LCA解析における目的の設定では、表1の例に示すように①実施の背景、②報告対象者、③結果の用途を明確にする。①実施の背景では、調査の題目を示し、調査を実施する意義や目的を記載する。調査範囲を明確にすることはLCAを実施する上で重要である。②報告対象者については、報告義務の対象者を示す。③結果の用途では解析した結果を何にどのように使うのかを示す。

表1 バイオマス産業都市選定地域におけるLCA解析の目的の設定例

①実施の背景	生ゴミについて焼却処理する場合とメタン発酵等によるバイオマス利用した場合のGHGs排出量を比較し、GHGs排出量削減効果について検討する。
②報告対象者	バイオマス産業都市選定地域
③結果の用途	GHGs削減効果の数値化等

## 2-3. インベントリ分析

### (1) インベントリ分析の意義と目的

インベントリ (Inventory) とは、もともと商品や財産などの目録、あるいは商品や財産の目録を作成する在庫調査や棚卸を意味する語である。LCA解析におけるインベントリとは、設定した調査範囲のライフサイクルの各段階における、インプットデータ・アウトプットデータ (原材料、素材、エネルギー、製品、環境負荷) を把握した目録 (インベントリ表) を示す。インベントリ分析とは、インベントリ表を作成することである。

インベントリ分析により、「システムのどの工程で、どのようなものがどのくらい消費され、どの程度の環境負荷物質が排出されたのか」を定量的に把握することができ、何を改善すべきかが明らかになる。LCA実施手順の中でインベントリ分析までを主体としたLCAは、ライフサイクルインベントリ (Life Cycle Inventory ; LCI) 分析とも言われる。

図6に示すバイオマス燃料に関するLCI分析の例では、バイオマス燃料に伐採工程 (機械や土地利用)、バイオマス燃料の加工、燃料の輸送、発電というライフサイクル全体を通じての資源 (化石燃料) の使用量、大気への温室効果ガス排出量 (CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O) が集計され、それぞれのインベントリ表が作られている。

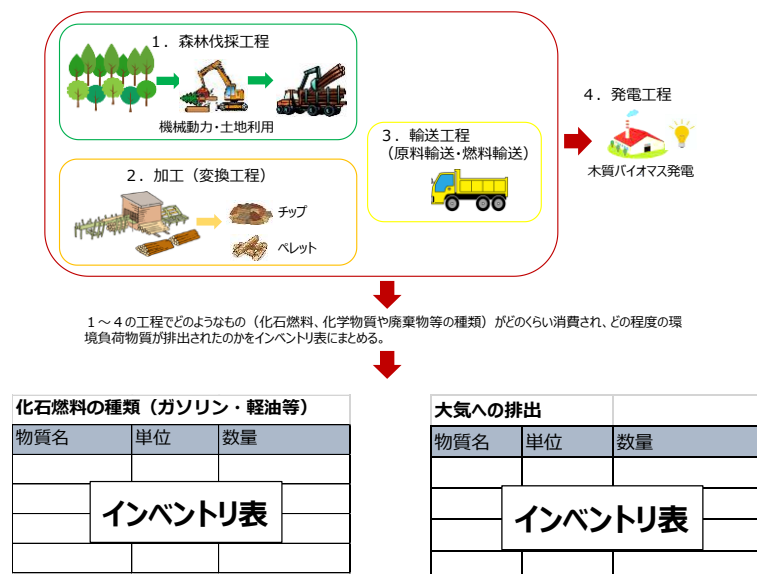


図6 バイオマス燃料の製造から消費までの工程例



## (2) インベントリ分析のシステム境界の設定

インベントリ分析では、LCA解析の対象範囲として、どの単位工程までを含るか（収集すべきデータの範囲）を示すシステム境界の設定が重要である。LCAの調査範囲を決定するには特定の機能または性能特性を明らかにする必要がある、機能単位（特定した機能を決定し定量化するための単位で、通常は評価する製品、所定の機能の物理量、時間値、品質値で構成される）は調査の目的や範囲に一致しなければならない。このような理由から、システム境界の設定は重要であり、LCA解析の結果に大きく影響する。

バイオマス活用における機能単位の例を表2に示す。

表2 バイオマス活用における機能単位（例）

	バイオガス		木質バイオマス	
	項目	単位	項目	単位
原料	家畜排せつ物	t/日	未利用材	t/年
	生ごみ	t/日	剪定枝	t/年
	下水汚泥	t/日	支障木	t/年
エネルギー	発電	MJ/日	発電	MJ/日
	熱	MJ/日	熱	MJ/日
バイオ液肥	N	kg/日	—	—
堆肥	P	kg/日	—	—
	K	kg/日	—	—

a. バイオマス事業での複数の機能を有する事業におけるシステム境界の設定

厨芥類を原料とした複数の機能を有するバイオガス発電事業のシステム境界は、図7に示すように、①原料調達段階②製造段階③流通段階④使用段階⑤処分段階の中から対象工程が設定される。①～⑤の全てを含めてシステム境界とする場合もあるし、②製造段階のみに焦点を当て、その前後を切り離れた範囲をシステム境界とする場合もある。

①原料調達段階は、厨芥等のバイオマス原料をバイオガスプラントまで輸送する範囲を示し輸送に伴う軽油等の燃料もLCA解析の対象に含まれる。②製造段階は、バイオガスプラント内における、原料の前処理から発電及び消化液等の水処理・放流までを範囲とする。また、図7では、施設の建設及び解体についても製造段階に含めている。③流通段階は、バイオガス発電施設で発電された電気を送電する範囲を示す。④使用段階は、バイオガスプラントで発生した消化液をバイオ液肥として土壌還元するまでの範囲を示す。⑤処分段階は、バイオガスプラントで発生した汚泥等を埋立処分する場合の埋立までを範囲とする。

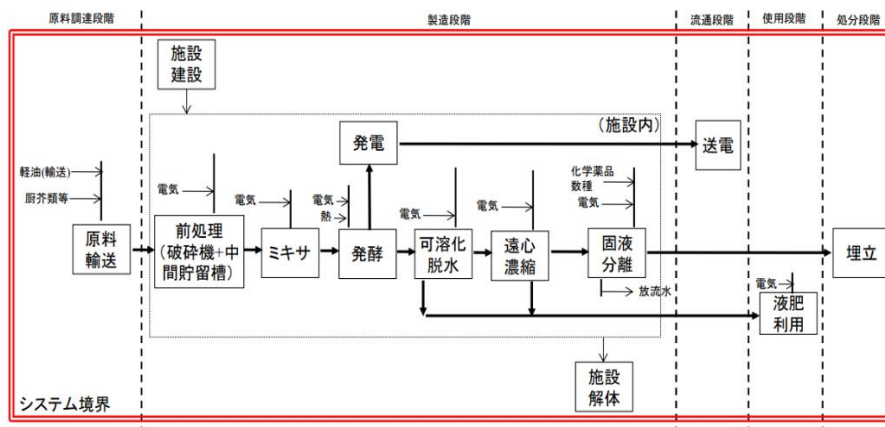


図7 厨芥類を原料とした複数の機能を有するバイオガス発電事業におけるシステムの境界  
出典：環境省バイオガス関連事業の LCA に関する 補足ガイドライン<sup>3)</sup>

植林保育から伐採・搬出後、間伐材・剪定枝・自然木・廃材に分類された材を燃料とする木質バイオマス発電事業のシステム境界は、図8のように、①原料調達段階②製造段階③流

通段階④使用段階⑤処分段階の中から対象工程が設定される。①～⑤の全てを含めてシステム境界とする場合もあるし、②製造段階のみに焦点を当て、その前後を切り離れた範囲をシステム境界とする場合もある。

①原料調達段階は、植林の保育から木質バイオマス発電所までの輸送を範囲とする。木質バイオマス発電の原料調達段階は広範囲にわたるため、木材を伐採・搬出し、素材加工所までの輸送段階と素材加工所における破碎・チップ製造段階及び素材加工所から木質バイオマス発電所までの輸送段階の3つの段階で構成される。また、伐採・搬出、破碎・チップ製造及び輸送に伴う燃料や電気なども含める。②製造段階は、木質バイオマス発電所における発電工程までを範囲とし、燃焼工程に必要なキレート剤や潤滑油及び焼却灰の輸送までも範囲に含まれる。さらに、木質バイオマス発電施設の建設及び解体も範囲に含まれる。③流通段階は、木質バイオマス発電プラントで製造された電気を送電する工程や燃料時に発生したタールを輸送する工程を範囲とする。④使用段階は、木質バイオマス発電プラントで製造された電気を使用する工程や燃料時に発生したタールを燃料として使用する工程が含まれる。図8の例では処分段階を設定していないが、⑤処分段階は、木質バイオマス発電施設の運転において生じる廃棄物の輸送及び処分等が含まれる。

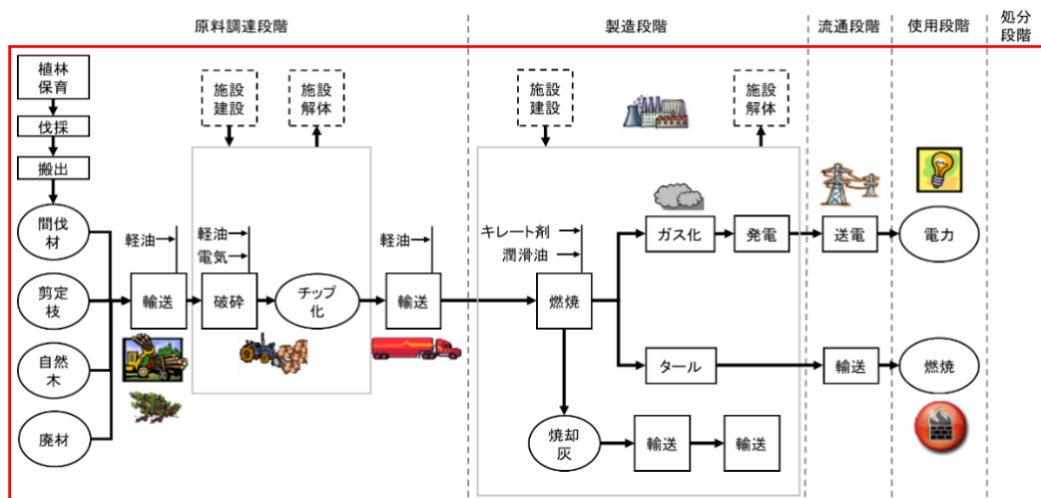


図8 間伐材・剪定枝・自然木・廃材を燃料とする木質バイオマス発電事業におけるシステム境界  
出典：環境省バイオガス関連事業の LCA に関する 補足ガイドライン<sup>3)</sup>

## b. LCA解析における配分方法

LCA解析ではシステム境界の設定とともに複数の原料使用・製品生産・廃棄物排出がある場合における物質・エネルギー消費、負荷排出の配分を示す**配分方法（アロケーション）**も環境負荷量の推計結果に大きく影響する項目として重要である。

配分方法の留意点は、例えば図9に示すように、メタン発酵工程全体の資源消費量や環境負荷量を、バイオガスとバイオ液肥の生産量にどのような割合で振り分けるかを定めることである。バイオマス活用では再生資源と天然資源が同時に利用される場合、物質とエネルギーを同時に生産する工程が、複雑に組み合わせられている場合が想定される。この場合は設定した「配分方法」の違いが、LCAの結果を大きく左右する可能性がある。「配分方法」は重量比・容積比で配分する方法が客観的であるという観点から、一般的に推奨されている。

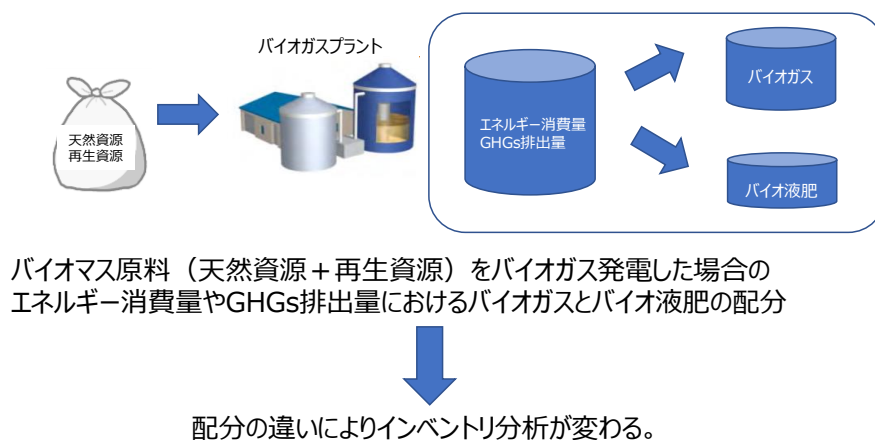


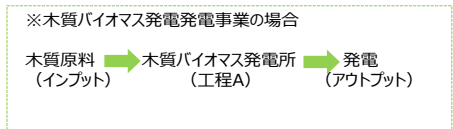
図9 バイオガスプラントにおける配分のイメージ

## c. インベントリデータの作成

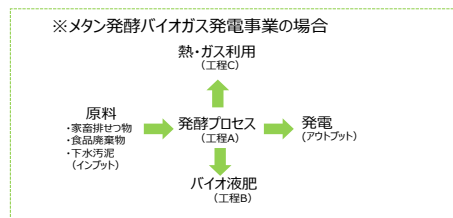
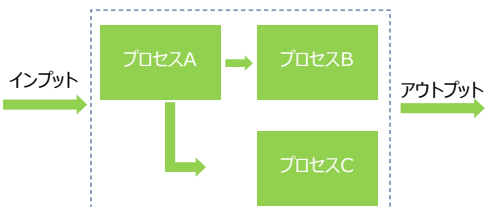
### ア) インベントリデータの項目とデータベース

インベントリデータは基本情報（工程名、工程図、データ収集方法、参考文献等）、物質・エネルギー収支、環境負荷等の項目がある。インベントリデータの形式は図10のような①単位工程型、②工程合算型、③産業関連型がある。

◎単位工程型



◎工程合算型



◎産業連関型

需要部門 (買い手)	供給部門 (売り手)	中間需要			最終需要			控除 輸出 C	国内 総生 産 額(A+B+C)
		1 農 林 水 産 業	2 鉱 業	3 製 造 業	計 A	消 費 資 本 形 成	在 庫 輸 出		
中間投資	1 農林水産業		原材料						
	2 鉱業		及び						
	3 製造業		租						
	(提供されるサービス)		付						
	計 D		加				B'	C'	
租付加価値	家計外消費支出		価						
	雇用者所得		値						
	営業余剰		の						
	資本消耗引当		費						
	間接税		用						
	(控除) 補助金		構						
	計 E		成						
国内生産額	D+E								

ある産業部門での生産 1 単位当たりの  
直接環境負荷量 = e  
ある産業部門での生産 1 単位当たりの  
誘発環境負荷量 = e · (I-A)

図 10 インベントリーデータの形式

出典：玄地裕(2010)地域環境マネジメント<sup>4)</sup>

イ) 主要なインベントリーデータベース

LCA分析で使われている主なインベントリーデータベースは、表3のとおりである。

表3 主なインベントリーデータベースの一覧

DB	LCIデータベースIDEAv2 (サプライチェーン温室効果ガス排出量算出用)	産業連関表による環境負荷原 単位データブック(3EID) <sup>5)</sup>	環境評価のためのライフアセスメ ント手法研究成果報告書 <sup>6)</sup>
機関	(一社) サステナブル経営推進機構 SuMPO	国立環境研究所	農業環境技術研究所
最新版の公開年	2022年	2020年	2003年
HP	<a href="https://sumpo.or.jp/BgpaYvh6/">https://sumpo.or.jp/BgpaYvh6/</a>	<a href="https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/index_j.htm">https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/index_j.htm</a>	<a href="https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/project/lca/index.html">https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/project/lca/index.html</a>
形式	単位工程型	産業連関型	単位工程型 工程合算型
特徴	<p>日本国内の全ての事業（一部サービスを除く）における経済活動を網羅的にカバーしている。全データセットを「日本標準産業分類」を中心とした分類コード体系で整理GHGや酸性化、オゾン層破壊、水資源、土地利用等の170以上の基本フローで主要影響領域をカバーデータセット数3800以上の解像度でLCAを強力に支援。算出者のデータ収集負荷を大幅に軽減。</p> <p>GHG protocol のThird Party Databasesとして登録されているなど国際的にも認知向上が進められている。</p>	<p>「産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）」は、わが国の『産業連関表』を用いて算出した“環境負荷原単位”を収録したデータブックである。産業連関表は生産活動の種類によって区分された約400の部門で構成されており、3EIDの環境負荷原単位には、各部門の単位生産活動（百万円相当の生産）に伴い発生する環境負荷量（エネルギー消費量やCO2などの温室効果ガス排出量など）が示されている。製品の生産過程で排出されるCO2量を計算したり、ライフサイクルアセスメント（LCA）といった環境負荷の評価などに活用することができる。</p>	<p>1998年度に農林水産省農林水産技術会議事務局による環境研究「持続的農業推進のための革新的技術開発に関する総合研究」の一部として開始されました。2001年度からは、研究機関が独立行政法人となったため、農業環境技術研究所と農業技術研究機構（現 農業・食品産業技術総合研究機構）の運営費交付金プロジェクトとして実施された。</p> <p>農業では近年に、農薬や化学肥料など石油を原料とするさまざまな資材の使用、機械化や施設栽培化による大量のエネルギー消費などが進行し、農業が環境に与える負荷（負の環境影響）が増大している。このプロジェクト研究では、さまざまな農業生産活動による正と負の環境影響を客観的に評価するため、すでに工業製品などに適用されているライフサイクルアセスメント（LCA）手法を、農業において開発することを目的とし、LCA手法による分析に基づいて、これまでの農業技術を見直し、全体としての環境への正の影響を最大化するような農業技術の開発に貢献することを目指した。</p>
備考	LCAソフトウェアJEMA-LCA Proに掲載	全産業をカバー	農業生産物全般

バイオマス活用のLCA解析では、データベースの情報量や汎用性を考慮すると、SuMPOのLCIデータベースIDEAv2（サプライチェーン温室効果ガス排出量算出用）が推奨される。

## ウ) インベントリ分析の手順

インベントリ分析の手順を、図11に示す。LCAの対象となる製品やサービスに関して、投入される資源やエネルギー(インプット)及び生産または排出される製品・排出物(アウトプット)のデータを収集する。この時に、いかに信頼できるデータを収集するかが重要なポイントである。インベントリ分析の手順では、最初に目的とインベントリ分析のシステム境界の設定を行う。木質バイオマス発電事業におけるインベントリ分析では、①調達段階(間伐材等の燃料収集やチップ製造工程)②燃料輸送段階③バイオマス発電段階④焼却灰や排熱段階におけるそれぞれのインプットデータ(投入エネルギー、資源等)、及びアウトプットデータ(二酸化炭素等の環境負荷物質の排出)などの環境負荷データを算出する。

それぞれの段階におけるインベントリ表は表4のようになり、段階項目の他、データベースで計上される項目と算出根拠となる資料の記入欄で構成される。

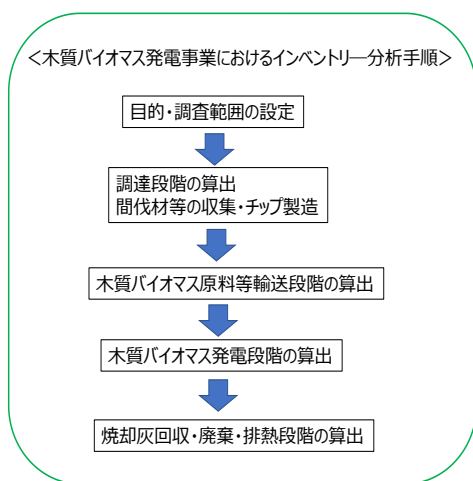


図11 インベントリ分析の手順

表4 インベントリの表(例)

段階	計上される項目		単位	量	算出根拠となる資料等	備考
調達段階	電力	電力				
	燃料	重油				
		軽油				
		石炭				
	大気排出物	CO <sub>2</sub>				
		CH <sub>4</sub>				
		N <sub>2</sub> O				
廃棄物	汚泥					

## 2-4. インベントリデータ分析におけるGHG s 排出量の算出方法

ここからは、バイオマス事業に関連する、インベントリデータ分析におけるGHG s 排出量の算出方法について、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oごとに解説する。以下では、「環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン」<sup>6)</sup>に基づいて説明しているが、「環境省(2022)温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」<sup>10)</sup>が出ていることから、常に最新の公開情報を用いる必要がある。

### (1) CO<sub>2</sub>排出量の算出方法

#### a. 燃料の使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量

バイオマス活用（原料調達、製造、流通、使用、処分）において、化石燃料を使用した際に燃料に含まれる炭素分が酸素と結び付き、CO<sub>2</sub>となって大気中へ排出された量を算出する。

但し、カーボンニュートラルという考え方（植物及び植物由来の燃料を燃焼してCO<sub>2</sub>が生成しても、植物は生長過程でCO<sub>2</sub>を吸収するため、ライフサイクルの全体で俯瞰すると大気中のCO<sub>2</sub>を増加させず、CO<sub>2</sub>排出量の収支は実質ゼロになる）により、バイオマスの燃焼に伴い生成するCO<sub>2</sub>については排出量には含めない。

燃料の種類ごとの使用量（単位：kg、L、Nm<sup>3</sup>等）に、燃料の種類ごとの単位発熱量（当該燃料の一単位当たりの発熱量）を乗じて、燃料の種類ごとの発熱量（MJ）に換算する。

燃料の種類ごとの発熱量（MJ）

＝燃料の種類ごとの使用量(kg、L、Nm<sup>3</sup>)×燃料の種類ごとの単位発熱量(MJ/kg、MJ/L、MJ/Nm<sup>3</sup>)

次に、燃料の種類ごとの発熱量に炭素排出係数を乗じて炭素の排出量を算出し、これに44/12(炭素C原子量12に対するCO<sub>2</sub>分子量44の重量比)を乗じてCO<sub>2</sub>排出量に変換し、燃料の種



類ごとの使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量を算出する。燃料の種類ごとのCO<sub>2</sub>排出係数は表5に示すとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{燃料の種類ごとの使用に伴うCO}_2\text{の排出量 (kg-CO}_2\text{)} \\ & = \text{燃料の種類ごとの発熱量 (MJ)} \times \text{燃料の種類ごとのCO}_2\text{排出係数 (kg-C/MJ)} \times (44/12)^* \\ & \hspace{15em} (\text{kg-CO}_2/\text{kg-C}) \end{aligned}$$

\*)炭素C原子量12に対するCO<sub>2</sub>分子量44の重量比

さらに、上記で得られた燃料の種類ごとの使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量を合算して、燃料の使用に伴うCO<sub>2</sub>の総排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{燃料の使用に伴うCO}_2\text{の総排出量 (kg-CO}_2/\text{kg-C)} \\ & = \text{軽油の使用に伴うCO}_2\text{の排出量} + \text{ガソリンの使用に伴うCO}_2\text{の排出量} + \text{A重油の使用に伴うCO}_2\text{の排出量等} \end{aligned}$$

表5 各種燃料の単位発熱量とCO<sub>2</sub>排出係数一覧表

燃料の種類	燃料使用量	単位発熱量	炭素排出係数 (kg-C/MJ)	単位発熱量×炭素排出係数×44/12
一般炭	kg	25.7(MJ/kg)	0.0247	2.33 (kg-CO <sub>2</sub> /kg)
ガソリン	L	34.6(MJ/L)	0.0183	2.32 (kg- CO <sub>2</sub> /L)
ジェット燃料油	L	36.7(MJ/L)	0.0183	2.46 (kg- CO <sub>2</sub> /L)
灯油	L	36.7(MJ/L)	0.0185	2.49 (kg- CO <sub>2</sub> /L)
軽油	L	37.7(MJ/L)	0.0187	2.58 (kg- CO <sub>2</sub> /L)
A 重油	L	39.1(MJ/L)	0.0189	2.71 (kg- CO <sub>2</sub> /L)
B 重油又は C 重油	L	41.9(MJ/L)	0.0195	3.00 (kg- CO <sub>2</sub> /L)
液化石油ガス(LPG)	kg	50.8(MJ/kg)	0.0161	3.00 (kg- CO <sub>2</sub> /kg)
液化天然ガス(LNG)	kg	54.6(MJ/kg)	0.0135	2.70 (kg- CO <sub>2</sub> /kg)
都市ガス	Nm <sup>3</sup>	44.8(MJ/Nm <sup>3</sup> )	0.0136	2.23 (kg- CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> )

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

#### b. 電気事業者から供給された電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量

バイオマス活用において電気事業者等から供給された電気の使用に伴って、発電所等で

排出されたCO<sub>2</sub>の排出量を算出する。但し、自らバイオマス由来の原料・燃料を用いて発電して使用した電気（自家利用）は算出の対象に含まれない。また、再生可能エネルギーを用いた発電事業による売電やクレジット化等の措置はGHGsの総排出量の算出の対象には含まない。電気供給者ごとの電気使用量（単位：kWh）に、電気供給者ごとのCO<sub>2</sub>排出係数を乗じて算出する。電気供給者（通常は、小売電気事業者が想定されるが、当該地方公共団体以外の事業者等であれば、電気事業者に限定されない。）によって、単位発電量当たりのCO<sub>2</sub>の排出量（電気の排出係数）は異なることから、CO<sub>2</sub>排出量は電気供給者ごとに供給された電気使用量を集計し、電気供給者ごとの供給された電気のCO<sub>2</sub>の排出係数をそれぞれ乗じて排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{電気の供給者ごとの供給された電気の使用に伴う二酸化炭素の排出量 (kg-CO}_2\text{)} \\ & = \text{供給者ごとの電気の使用量 (kWh)} \times \text{電気の供給者ごとの供給された電気の使用に伴う} \\ & \quad \text{CO}_2\text{の排出係数 (kg-CO}_2\text{/kWh)} \text{ 注)} \end{aligned}$$

注) 排出係数は環境省のホームページ(<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>)で毎年、公表される。

表6 主な電気事業者の排出係数（令和3年度実績）

電気事業者	排出係数(kg-CO <sub>2</sub> /kWh)
北海道電力	0.549
東北電力	0.496
東京電力エナジーパートナー	0.457
中部電力ミライズ	0.449
北陸電力	0.480
関西電力	0.299
中国電力	0.534
四国電力	0.485
九州電力	0.299
沖縄電力	0.739

さらに、上記で得られた電気の供給者ごとの電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>の排出量を合算して、電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>の総排出量を算出する。

電気の使用に伴う CO<sub>2</sub> 総排出量 (kg-CO<sub>2</sub>)

= 供給者 A から供給された電気の使用に伴う CO<sub>2</sub> の排出量 (kg-CO<sub>2</sub>) + 供給者 B から供給された電気の使用に伴う CO<sub>2</sub> の排出量 (kg-CO<sub>2</sub>) + … + 供給者 X から供給された電気の使用に伴う CO<sub>2</sub> の排出量 (kg-CO<sub>2</sub>)

### c. 一般廃棄物の焼却に伴うCO<sub>2</sub>排出量

廃棄物処理施設において生ごみ等の一般廃棄物を焼却する際に、一般廃棄物に含まれる炭素成分が酸素と結び付き、CO<sub>2</sub>となって排出された量を算出する。但し、生ごみ等のバイオマス資源の焼却に伴うCO<sub>2</sub>の排出については、カーボンニュートラルという考え方から、排出量には含めない。一般廃棄物の種類ごとの焼却量(単位:t)に、一般廃棄物の種類ごとの炭素排出係数(表7)を乗じ、これらに44/12を乗じることにより一般廃棄物の種類ごとのCO<sub>2</sub>の排出量を算出する。

一般廃棄物の種類ごとの焼却に伴うCO<sub>2</sub>の排出量 (kg-CO<sub>2</sub>)

= 一般廃棄物の種類ごとの焼却量(t) × 一般廃棄物の種類ごとの焼却に伴うCO<sub>2</sub>排出係数 (kg-C/t) × 44/12 (kg-CO<sub>2</sub>/kg-C)

さらに、上記で得られた一般廃棄物の種類ごとのCO<sub>2</sub>の排出量を合算して、一般廃棄物の焼却に伴うCO<sub>2</sub>の総排出量を算出する。

表7 一般廃棄物の焼却に伴うCO<sub>2</sub>排出係数及びCO<sub>2</sub>排出量

一般廃棄物の種類	CO <sub>2</sub> 排出係数 (kg-C/t)	CO <sub>2</sub> 排出係数×44/12 (kg-CO <sub>2</sub> / t)
廃プラスチック類 (合成繊維の廃棄物に限る。) ※ 1	624	2,290
廃プラスチック類 (合成繊維の廃棄物を除く。) ※ 2	754	2,770
廃棄物を原材料とする固形燃料(RDF) (古紙又は廃プラスチック類を主たる原材料とするもの及び動物性の廃棄物又は植物性の廃棄物のみを原材料とするものを除く。)	211	775

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

### c. 産業廃棄物の焼却に伴うCO<sub>2</sub>排出量

家畜排せつ物、下水汚泥等の産業廃棄物を焼却する場合、この焼却の際に排出されるCO<sub>2</sub>の量を算出する。但し、家畜排せつ物等のバイオマス由来の廃棄物の焼却に伴うCO<sub>2</sub>の排出は、カーボンニュートラルという考え方から、排出量には含めない。

焼却した産業廃棄物の種類（廃油、廃プラスチック類）ごとの量（単位：t）に、産業廃棄物の種類ごとのCO<sub>2</sub>排出係数（表10）を乗じ、これらに44/12を乗じることにより、産業廃棄物の種類ごとのCO<sub>2</sub>の排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{産業廃棄物の種類ごとの焼却に伴うCO}_2\text{の排出量 (kg-CO}_2\text{)} \\ & = \text{産業廃棄物の種類ごとの焼却量 (t)} \times \text{産業廃棄物の種類ごとの焼却に伴うCO}_2\text{排出係数} \\ & \quad (\text{kg-C/t}) \times 44/12 \quad (\text{kg-CO}_2/\text{kg-C}) \end{aligned}$$

さらに、上記で得られた産業廃棄物の種類ごとのCO<sub>2</sub>の排出量を合算して、産業廃棄物の焼却に伴うCO<sub>2</sub>の総排出量を算出する。

表8 産業廃棄物の焼却に伴うCO<sub>2</sub>排出係数及びCO<sub>2</sub>排出量

産業廃棄物の種類	CO <sub>2</sub> 排出係数 (kg-C/t)	CO <sub>2</sub> 排出係数×44/12 (kg-CO <sub>2</sub> /t)
廃油 (植物性のも及び動物性ものを除く。)	796	2,920
廃プラスチック類	697	2,550

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

### d. 熱供給事業者から供給された熱の使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量

バイオマス活用において、熱供給事業者等から供給された熱の使用に伴って、排出されたCO<sub>2</sub>の排出量を算出する。但し、地方公共団体等が自らバイオマスを原料とするボイラ等を用いて生産し使用した熱（自家利用）は算出の対象に含まれない。

熱供給事業者等から供給され使用した熱の量（単位：MJ）に、他人から供給された熱の

使用に伴う CO<sub>2</sub> 排出係数を乗じて、供給された熱の使用に伴う CO<sub>2</sub> 排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{供給された熱の使用に伴う CO}_2 \text{の排出量 (kg-CO}_2\text{)} \\ & = \text{供給され使用した熱量 (MJ)} \times \text{供給された熱の使用に伴う CO}_2 \text{の排出係数 (kg-CO}_2\text{/MJ)} * \\ & \hspace{15em} * \text{熱の排出係数 : 0.057kg-CO}_2\text{/MJ} \end{aligned}$$

## (2) CH<sub>4</sub>排出量の算出方法

### a. 輸送車両の使用に伴う CH<sub>4</sub> の排出量

バイオマス活用（原料調達、製造、流通、使用、処分）において、輸送車両等の化石燃料を使用した際に伴う CH<sub>4</sub> の排出量を算出する。輸送車両の種類ごとの総走行距離（単位：km）に輸送車両の種類ごとの走行に伴う CH<sub>4</sub> 排出係数（表 9）を乗じて、輸送車両の種類ごとの走行に伴う CH<sub>4</sub> 排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{輸送車両の種類ごとの走行に伴う CH}_4 \text{の排出量 (kg-CH}_4\text{)} \\ & = \text{輸送車両の種類ごとの総走行距離 (km)} \times \text{輸送車両の種類ごとの走行に伴う CH}_4 \text{の排出係数} \\ & \hspace{15em} \text{(kg- CH}_4\text{/km)} \end{aligned}$$

さらに、上記の輸送車両の種類ごとの走行に伴う CH<sub>4</sub> 排出量を合算して、輸送車両の走行に伴う CH<sub>4</sub> の総排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{輸送車両の走行に伴う CH}_4 \text{の総排出量 (kg-CH}_4\text{)} \\ & = (\text{ガソリン・LPG を燃料とする普通・小型乗用車 (定員 10 名以下) の走行に伴う CH}_4 \text{の排出量 (kg-CH}_4\text{)} + \dots + (\text{軽油を燃料とする普通・小型特種用途車の走行に伴う CH}_4 \text{の排出量 (kg-CH}_4\text{)}) \end{aligned}$$

表9 輸送車両の走行に伴うCH<sub>4</sub>の排出係数

輸送車両の種類	排出係数 (kg-CH <sub>4</sub> /km)	備考
ガソリン・LPG を燃料とする普通・小型乗用車（定員 10 名以下）	0.000010	
ガソリン・LPG を燃料とする普通・小型乗用車（定員 11 名以上）	0.000035	
ガソリンを燃料とする軽乗用車	0.000010	
ガソリンを燃料とする普通貨物車	0.000035	
ガソリンを燃料とする小型貨物車	0.000015	排気量：2,000cc以下
ガソリンを燃料とする軽貨物車	0.000011	軽貨物車とは、車検証上で用途が

		「貨物」と定められている軽自動車。 排気量：660cc以下
ガソリンを燃料とする普通・小型乗用車・軽特殊用途車	0.000035	
軽油を燃料とする普通・小型乗用車（定員 10 名以下）	0.000002	
軽油を燃料とする普通・小型乗用車（定員 11 名以上）	0.000017	
軽油を燃料とする普通貨物車	0.000015	
軽油を燃料とする小型貨物車	0.0000076	
軽油を燃料とする普通・小型特種用途車	0.000013	

※使用している堆肥運搬車や液肥散布車については使用燃料等で排出係数を決める。

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

## b. 家畜ふん尿の管理に伴うCH<sub>4</sub>の排出量

家畜が排せつするふん尿の管理に伴い排出されるCH<sub>4</sub>の量を算出する。但し、放牧された家畜が排せつするふん尿から大気中に排出されるCH<sub>4</sub>の排出量は除く。

飼養された家畜の種類ごとの平均的な頭羽数（単位：頭、羽）に、家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うCH<sub>4</sub>の排出係数（表 1 0）及び総排出量算出定期間の 1 年間に對する比率（総排出量算定期間(年)/(1 年間)）を乗じて、家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うCH<sub>4</sub>の排出量を算出する。

家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うCH <sub>4</sub> の排出量 (kg-CH <sub>4</sub> ) =飼養された家畜の種類ごとの平均頭羽数 (頭、羽) ×家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うCH <sub>4</sub> の排出係数(kg-CH <sub>4</sub> /頭・羽) ×総排出量算定期間の 1 年間に対する比率
---

さらに、家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うCH<sub>4</sub>の排出量を合算して、家畜の排せつしたふん尿の管理に伴うCH<sub>4</sub>の総排出量を算出する。

但し、バイオマス活用によって家畜ふん尿の管理方法が変わらない場合は算出対象としない場合がある。

表10 家畜の排せつしたふん尿の管理に伴うCH<sub>4</sub>の排出係数

家畜の種類	牛	豚	鶏	馬	めん羊
排出係数 (kg-CH <sub>4</sub> /頭・羽)	24	1.5	0.011	2.1	0.28

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

「環境省(2022)温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」<sup>10)</sup>では、家畜ふん尿の管理について、管理の方法別に排出量を求めることに切り替えている。後述の「3. 評価事例」においては、家畜ふん尿の管理として堆肥化とメタン発酵を取りあげるので、ここで示した排出量を用いず、個別に算出している。

### c. 水田からのCH<sub>4</sub>の排出量

水田では嫌気条件下でCH<sub>4</sub>が発生することから、大気中に放出されるCH<sub>4</sub>の量を算出する。但し、陸稲の栽培圃場や落水中の水田土壌からのCH<sub>4</sub>は算出に含まれない。

湛水中水田圃場（単位：m<sup>2</sup>）に、水田の耕作に伴うCH<sub>4</sub>の排出係数（0.016kg-CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>）を乗じることにより、水田の耕作に伴うCH<sub>4</sub>の排出量を算出する。

$$\text{水田からのメタンの排出量 (kg-CH}_4\text{)} = \text{水田の耕作面積 (m}^2\text{)} \times \text{水田の耕作に伴うメタンの排出係数 (0.016kg-CH}_4\text{/m}^2\text{)}$$

水田の耕作に伴うメタンの排出係数は1年間の排出量として定められている。実際の水田では、通年湛水状況ではないことから、湛水期間が年間に占める比率を水田の面積に乗じることで算出する。例えば、湛水期間が3か月間であった場合のCH<sub>4</sub>排出量は水田の耕作面積×3/12)×**排出係数(0.016kg-CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>)**として算出する。

但し、バイオマス活用によって水田における耕作方法が変わらない場合は算出対象としない場合がある。

## トピックス2 水田からのメタンの発生量

水田はCH<sub>4</sub>の主要な人為的発生源である。農業環境技術研究所は、水田の有機物施用や水管理によるメタン発生量の変化を推定する数理モデルである DNDC-Rice モデルを用いて、我が国地域別・排水条件別・水管理方法別に、有機物施用量を独立変数とした排出係数を決定する予測式を導き、全国の水田からのメタン排出量を算定する新たな方法を開発した<sup>1)</sup>。

農研機構は、研究で構築した世界の水田から発生するCH<sub>4</sub>の実測値を集め、データベースおよび統計モデルを用いた世界の水田CH<sub>4</sub>の排出係数のデフォルト値は、1.19kg CH<sub>4</sub>/ha/dであると<sup>2)</sup>。本排出係数と拡大係数(栽培前水管理、栽培期間中水管理、有機物管理による係数)を用いて、国別の年間発生量の算定が可能である。

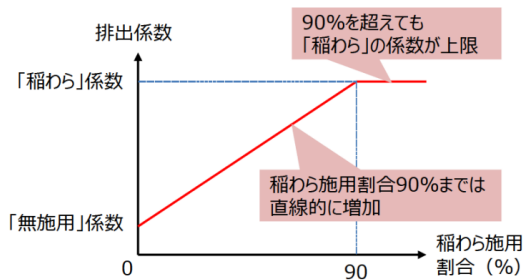
環境省が発行している「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver4.8)(令和4年1月)」によると、稲作に伴うCH<sub>4</sub>排出量の排出係数は、水田の種類ごとに算定省令により間欠灌漑水田 0.000016 tCH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/y、常時湛水田 0.000028 tCH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/y と規定されている<sup>3)</sup>。

農林水産省は、我が国全体のメタン排出量の約4割を占める水田からのメタン排出の削減を推進している。2023年3月1日に、第29回J-クレジット制度運営委員会において、「水稻栽培による中干し期間の延長」がJ-クレジット制度における新たな方法論として承認されたことをプレスリリースしている<sup>4)</sup>。

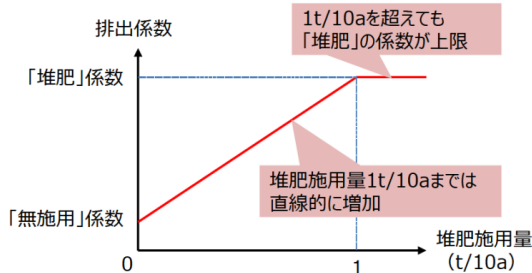
### <中干し延長方法論> 論点Ⅱ：排出量の算定について

<施用有機物による係数の算出イメージ>

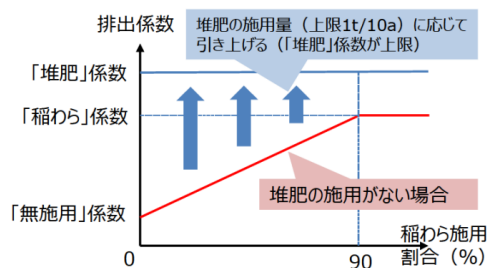
- 稲わらだけを施用している場合



- 堆肥だけを施用している場合



- 稲わらと堆肥の両方を施用している場合  
(「堆肥」係数>「稲わら」係数の場合)



- 稲わらと堆肥の両方を施用している場合  
(「稲わら」係数>「堆肥」係数の場合)

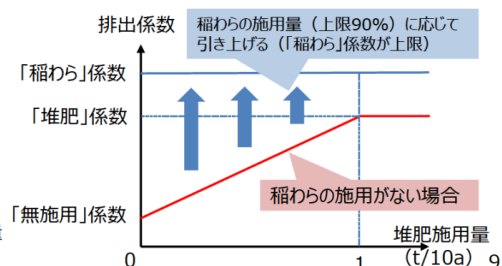


図 12 J-クレジットにおける水田からのCH<sub>4</sub>排出量の算定に関する論点



堆肥やバイオ液肥には有機物が含まれる。J-クレジットの方法論では、図12に示すように、有機物の施用による排出係数の変化を考慮している。バイオマス活用におけるLCA解析において注目しておきたい。

- 1) 農業環境技術研究所(2015)：数理モデルに基づく水田からのメタン排出量算定方法の開発，  
[https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32\\_02.html](https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32_02.html)
- 2) 農研機構(2019)：2019年版改良IPCCガイドラインに採用された農耕地から発生する温室効果ガス算定法，  
[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/niaes/2019/19\\_058.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/niaes/2019/19_058.html)
- 3) 環境省(2022)：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver4.8)(令和4年1月)，II-112，  
[https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/manual/chpt2\\_4-8.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/manual/chpt2_4-8.pdf)
- 4) 農林水産省(2023)：J-クレジットにおいて「水稻栽培による中干し期間の延長」が新たな方法論として承認されました！，  
[https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/b\\_kankyo/230301.html](https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/b_kankyo/230301.html)

#### d. わら等の農業残渣の焼却に伴うCH<sub>4</sub>の排出量の算出方法

わら等の農業残渣の焼却に伴い、大気中に放れるCH<sub>4</sub>の量を算出する。

農業残渣(わら及びもみ殻)ごとの焼却量(単位:kg)に、CH<sub>4</sub>の排出係数(わら・もみ殻ともに0.0021(kg-CH<sub>4</sub>/kg))を乗じて、農業残渣の焼却に伴うCH<sub>4</sub>の排出量を算出する。

$$\begin{aligned} \text{農業残渣の種類ごとの焼却に伴うCH}_4\text{の排出量 (kg-CH}_4\text{)} = \\ \text{農業残渣の種類ごとの焼却量(kg)} \times \text{農業残渣の焼却に伴うCH}_4\text{の排出係数(0.0021)} \\ \text{(kg-CH}_4\text{/kg)} \end{aligned}$$

さらに、わら及びもみ殻の種類ごとの焼却に伴うCH<sub>4</sub>の排出量を合算して、農業残渣の焼却に伴うCH<sub>4</sub>の総排出量を算出する。

但し、バイオマス活用によってわら等の農業残渣の焼却方法が変わらない場合は算出対象としない場合がある。

#### e. 一般廃棄物の焼却に伴うCH<sub>4</sub>の排出量の算出方法

廃棄物処理施設において、生ごみ等の一般廃棄物を焼却する際に、排出されるCH<sub>4</sub>の量を算出する。

一般廃棄物の焼却施設の種類(表1.1)ごとの一般廃棄物の焼却量(単位:t)に、施設の種類ごとの一般廃棄物の焼却に伴うCH<sub>4</sub>の排出係数を乗じて、施設の種類ごとの一般廃棄物の焼却に伴うCH<sub>4</sub>の排出量を算出する。

$$\begin{aligned} \text{施設の種類ごとの一般廃棄物の焼却に伴うCH}_4\text{の排出量 (kg-CH}_4\text{)} = \\ \text{施設の種類ごとの一般廃棄物の焼却量 (t)} \times \text{施設の種類ごとの一般廃棄物の焼却に} \\ \text{伴うCH}_4\text{メタンの排出係数 (kg-CH}_4\text{/t)} \end{aligned}$$

さらに、上記の施設の種類の一般廃棄物の焼却に伴う CH<sub>4</sub> の排出量を合算して、一般廃棄物の焼却に伴う CH<sub>4</sub> の総排出量を算出する。

表 11 一般廃棄物の焼却に伴う CH<sub>4</sub> の排出係数

焼却施設の種類	排出係数(kg-CH <sub>4</sub> /t)
連続燃焼式焼却施設	0.00095
准連続燃焼式焼却施設	0.077
バッチ式燃焼式焼却施設	0.076

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

#### f. 産業廃棄物の焼却に伴う CH<sub>4</sub> の排出量の算出方法

汚泥や廃油等の産業廃棄物を焼却する場合、この焼却の際に排出される CH<sub>4</sub> の量を算出する。

産業廃棄物の種類（表 1 2）ごとの焼却量（単位：t）に、産業廃棄物ごとの焼却に伴う CH<sub>4</sub> の排出係数を乗じて、産業廃棄物の種類ごとの焼却に伴う CH<sub>4</sub> の排出量を算出する。

$$\text{産業廃棄物の種類ごとの焼却に伴う CH}_4 \text{ の排出量 (kg-CH}_4\text{)} = \text{産業廃棄物の種類ごとの焼却量 (t)} \times \text{産業廃棄物の種類ごとの焼却に伴う CH}_4 \text{ メタンの排出係数 (kg-CH}_4\text{/t)}$$

さらに、上記の産業廃棄物の種類ごとの焼却に伴う CH<sub>4</sub> の排出量を合算して、産業廃棄物の焼却に伴う CH<sub>4</sub> の総排出量を算出する。

表 12 産業廃棄物の焼却に伴う CH<sub>4</sub> の排出係数

産業廃棄物の種類	排出係数(kg-CH <sub>4</sub> /t)
汚泥	0.0097
産油	0.00056

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

### (3) N<sub>2</sub>O排出量の算出方法

#### a. 輸送車両の使用に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量

バイオマス活用（原料調達、製造、流通、使用、処分）において、輸送車両等の燃料を使用した際に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量を算出する。輸送車両の種類ごとの総走行距離（単位：km）に、輸送車両の種類ごとの走行に伴うN<sub>2</sub>Oの排出係数（表-13）を乗じて、自動車の種類ごとの走行に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{輸送車両の種類ごとの走行に伴うN}_2\text{Oの排出量 (kg-N}_2\text{O)} \\ & = \text{輸送車両種ごとの総走行距離 (km)} \times \text{輸送車両種ごとの走行に伴うN}_2\text{Oの排出係数} \\ & \hspace{15em} \text{(kg-N}_2\text{O /km)} \end{aligned}$$

さらに、上記の輸送車両種ごとの走行に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量を合算して、輸送車両の走行に伴うN<sub>2</sub>Oの総排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{輸送車両の走行に伴うN}_2\text{Oの総排出量 (kg-N}_2\text{O)} \\ & = (\text{ガソリン・LPG を燃料とする普通・小型乗用車 (定員10名以下) の走行に伴うN}_2\text{Oの排出量 (kg-N}_2\text{O)} + \dots + (\text{軽油を燃料とする普通・小型特種用途車の走行に伴うN}_2\text{Oの排出量 (kg-N}_2\text{O)}) \end{aligned}$$

表13 輸送車両の走行に伴うN<sub>2</sub>Oの排出係数

自動車の種類	排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/km)	備考
ガソリン・LPG を燃料とする普通・小型乗用車（定員 10 名以下）	0.000029	
ガソリン・LPG を燃料とする普通・小型乗用車（定員 11 名以上）	0.000041	
ガソリンを燃料とする軽乗用車	0.000022	
ガソリンを燃料とする普通貨物車	0.000039	
ガソリンを燃料とする小型貨物車	0.000026	排気量：2,000cc以下
ガソリンを燃料とする軽貨物車	0.000022	軽貨物車とは、車検証上で用途が「貨物」と定められている軽自動車。 排気量：660cc以下
ガソリンを燃料とする普通・小型乗用車・軽特殊用途車	0.000035	
軽油を燃料とする普通・小型乗用車（定員 10 名以下）	0.000007	

軽油を燃料とする普通・小型乗用車（定員 11 名以上）	0.000025	
軽油を燃料とする普通貨物車	0.000014	
軽油を燃料とする小型貨物車	0.000009	
軽油を燃料とする普通・小型特種用途車	0.000025	

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

#### b. 家畜ふん尿の管理に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量

家畜が排せつするふん尿の管理に伴い排出されるN<sub>2</sub>Oの量を算出する。但し、放牧された家畜が排せつするふん尿から大気中に排出されるN<sub>2</sub>Oの排出量は除く。

飼養された家畜の種類ごとの平均的な頭羽数（単位：頭、羽）に、家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うN<sub>2</sub>Oの排出係数（表 1 4）及び総排出量算定期間の 1 年間に對する比率（総排出量算定期間(年)/(1 年間)）を乗じて、家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量を算出する。

家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うN <sub>2</sub> Oの排出量 (kg-N <sub>2</sub> O) = 飼養された家畜の種類ごとの平均頭羽数 (頭、羽) × 家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うN <sub>2</sub> Oの排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/頭、kg-N <sub>2</sub> O/羽) × 総排出量算定期間の 1 年間に對する比率
---

さらに、家畜の種類ごとの排せつしたふん尿の管理に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量を合算して、家畜の排せつしたふん尿の管理に伴うN<sub>2</sub>Oの総排出量を算出する。

但し、バイオマス活用によって家畜ふん尿の管理方法が変わらない場合は算出対象としない場合がある。

表 14 家畜の排せつしたふん尿の管理に伴うN<sub>2</sub>Oの排出係数

家畜の種類	牛	豚	鶏
排出係数 (kg- N <sub>2</sub> O /頭・羽)	1.61	0.56	0.0293

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

### c. 耕地の化学肥料の施用に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量

窒素を含んだ化学肥料の施用に伴い、大気中に放出される N<sub>2</sub>O の量を算出する。

畑及び水田の耕地の種類ごとに施用した化学肥料に含まれる窒素の量（単位：t）に、耕地の種類ごとの化学肥料の使用に伴う N<sub>2</sub>O の排出係数（表 15）を乗じ、耕地ごとの化学肥料の使用に伴う N<sub>2</sub>O の排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{耕地の種類ごとの化学肥料の使用に伴う N}_2\text{O の排出量 (kg-N}_2\text{O)} \\ & = \text{耕地の種類ごとに施用した化学肥料に含まれる窒素の量 (t-N)} \times \\ & \quad \text{耕地の種類ごとの化学肥料の施用に伴う N}_2\text{O の排出係数 (kg-N}_2\text{O/t-N)} \end{aligned}$$

さらに、上記で得られた耕地の種類ごとの化学肥料の施用に伴う N<sub>2</sub>O の排出量を合算して、耕地における化学肥料の施用に伴う N<sub>2</sub>O の総排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{耕地における化学肥料の施用に伴う N}_2\text{O の総排出量 (kg-N}_2\text{O)} \\ & = \text{畑における化学肥料の施用に伴う N}_2\text{O の排出量 (kg-N}_2\text{O)} + \text{水田における化学肥料の施用に伴う N}_2\text{O の排出量 (kg-N}_2\text{O)} \end{aligned}$$

表15 耕地における化学肥料の施肥に伴うN<sub>2</sub>Oの排出係数

耕地の種類	排出係数(kg-N <sub>2</sub> O/t-N)
畑地	9.74
水田	4.87

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

但し、バイオマス活用によって化学肥料の施用方法が変わらない場合は算出対象としない場合がある。

### d. 耕地の化学肥料以外の肥料の施用に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量

窒素を含んだ化学肥料以外の肥料（堆肥、バイオ液肥）の施用に伴い、大気中に放出される N<sub>2</sub>O の量を算出する。

農作物種ごとに施用した化学肥料以外の肥料に含まれる窒素の量（単位：t）に、農作物種ごとの化学肥料以外の肥料の施用に伴うN<sub>2</sub>Oの排出係数（表16）を乗じ、農作物種ごとの化学肥料以外の肥料の施用に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{農作物の種類ごとの化学肥料以外の肥料の施用に伴う N}_2\text{O の排出量 (kg-N}_2\text{O)} \\ & = \text{農作物種ごとに施用した化学肥料以外の肥料に含まれる窒素の量 (t-N)} \times \\ & \quad \text{農作物種ごとの化学肥料以外の肥料の施用に伴う N}_2\text{O の排出係数 (kg-N}_2\text{O/t-N)} \end{aligned}$$

さらに、上記で得られた農作物種ごとの化学肥料以外の肥料の施用に伴う N<sub>2</sub>O の排出量を合算して、農作物における化学肥料以外の肥料の施用に伴う N<sub>2</sub>O の総排出量を算出する。

$$\begin{aligned} & \text{農作物における化学肥料以外の肥料の施用に伴う N}_2\text{O の総排出量 (kg-N}_2\text{O)} \\ & = \text{水稲における化学肥料以外の肥料の施用に伴う N}_2\text{O の排出量 (kg-N}_2\text{O)} + \text{野菜における} \\ & \quad \text{化学肥料以外の肥料の施用に伴う N}_2\text{O の排出量 (kg-N}_2\text{O)} + \dots + \end{aligned}$$

表16 化学肥料以外の施肥に伴うN<sub>2</sub>Oの排出係数

農作物の種類	排出係数(kg-N <sub>2</sub> O/t-N)
野菜	9.74
水稲	4.87
果樹	9.74
茶樹	45.6
ばれいしょ	9.74
飼料作物	9.74

出典：環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン<sup>6)</sup>より引用

但し、バイオマス活用によって化学肥料以外の肥料の施肥方法が変わらない場合は算出対象としない場合がある。

#### d. わら等の農業残渣の焼却に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量の算出方法

わら等の農業残渣の焼却に伴い、大気中に放れる N<sub>2</sub>O の量を算出する。

農業残渣(わら及びもみ殻) ごとの焼却量 (単位 : kg) に、N<sub>2</sub>O の排出係数 (わら・もみ殻と  
もに **0.0057 (kg-N<sub>2</sub>O/kg)**) を乗じて、農業残渣の焼却に伴う N<sub>2</sub>O の排出量を算出する。

$$\begin{aligned} \text{農業残渣の種類ごとの焼却に伴う N}_2\text{O の排出量 (kg- N}_2\text{O)} = \\ \text{農業残渣の種類ごとの焼却量 (kg)} \times \text{農業残渣の焼却に伴う N}_2\text{O の排出係数 (0.0057)} \\ \text{(kg- N}_2\text{O /kg)} \end{aligned}$$

さらに、わら及びもみ殻の種類ごとの焼却に伴う N<sub>2</sub>O の排出量を合算して、農業残渣の焼却に伴う N<sub>2</sub>O の総排出量を算出する。

但し、バイオマス活用によってわら等の農業残渣の焼却方法が変わらない場合は算出対象としない場合がある。



### トピックス3 サプライチェーン排出量について

サプライチェーン排出とは事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量をいう。バイオマス活用（原料調達、製造、流通、使用、処分）等、一連の流れ全体から発生する GHGs 排出量を指す。サプライチェーン排出量は Scope1 排出量+Scope2 排出量+Scope3 排出量で算出される。



Scope1：事業者自らによる GHGs の直接排出量(燃料の燃焼、工業プロセス)

Scope2：外部から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う GHGs の間接排出量

Scope3：Scope1、Scope2 以外の GHGs 間接排出量(事業者の活動に関連する外部からの排出量)

図 1 3 サプライチェーン排出量の概要

出典：環境省([https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\\_chain/gvc/supply\\_chain.html](https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/supply_chain.html))

Scope3 は、具体的には、原料調達、製造、流通、使用、処分等の組織活動に伴う排出で 15 のカテゴリに分類されている。

表 17 Scope3 の 15 のカテゴリ

1	購入した製品・サービス
2	資本財
3	Scope1,2に含めない燃料及びエネルギー関連活動
4	輸送、配送（上流）
5	事業から出る廃棄物
6	出張
7	雇用者の通勤
8	リース資産（上流）
9	輸送、配送（下流）
10	販売した製品の加工
11	販売した製品の使用
12	販売した製品の廃棄
13	リース資産（下流）
14	フランチャイズ
15	投資

サプライチェーン排出量の全体像を把握することで、優先的に削減すべき対象を特定できる。長期的な環境負荷削減戦略や事業戦略策定のヒントを導き出すことが可能となる。

## トピックス 4 1.5Mkwの木質バイオマス発電所におけるライフサイクルインベントリ分析の事例

1.5Mkwの木質バイオマス発電所の概要を図14に示す。燃料の木材は近隣の山林からトラック輸送で木材を搬入し、施設内チップ生産を行っている。また、発電は自家消費を除いた全量を売電している。このような、木質バイオマス発電所におけるインベントリデータの収集は下記のとおりである。

### ①インプットデータ

インベントリデータ収集表は表20のとおりである。

木材(含水率15%、低発熱量15.9MJ/kg)、トラックによる木質バイオマス発電所までの輸送距離は往復80kmと想定した。トラックのエネルギー消費は1t・1kmあたり11.818mJを軽油消費量として換算した。軽油燃焼に伴うCO<sub>2</sub>排出量は軽油の精製工程で発生するCO<sub>2</sub>を加算した。搬入された木材はダブグラインダーでチップに加工され、ボイラのストーカーへ供給される。ボイラ給水・冷却水は施設内の湧水や井戸水を利用している。なお、ボイラ給水は逆浸透圧による軟水化装置で処理され、冷却水は冷却塔を経て循環利用される。

### ②アウトプットデータ

バイオマス発電電力は自家消費分を差し引き、売電される。ボイラの焼却灰は堆肥化された木材チップと混合し、土壤改良材として搬出されるため、分析から除外した。煙道ガスはバグフィルター処理後、大気へ排出される。排気ガスの生成量は測定されていないが成分分析は行われている。軟水化装置からの硬水、ボイラフロー水は排水としてpH調整後、施設外へ排出している。

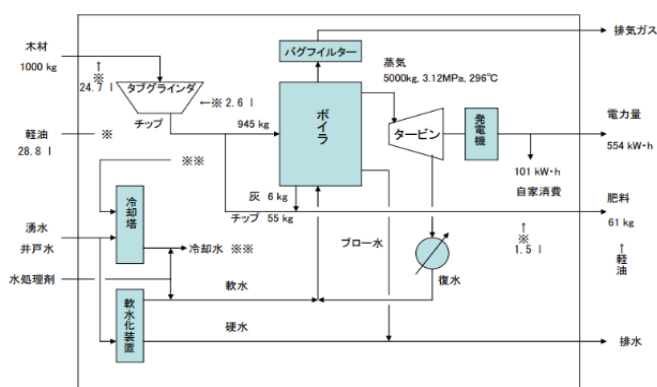


図14 1.5Mkw木質バイオマス発電所のシステム(気乾木材1,000kgを基準)  
出典:高村・平尾(2007)木質バイオマス発電のライフサイクルインベントリ分析<sup>7)</sup>

表18 インベントリデータ収集

品名	単位	量	入出力先
木材	kg	1000	発電所、入力
軽油	l	28.8	発電所、入力
湧水、井戸水		NA	発電所、入力
水処理剤		NA	発電所、入力
排気ガス		NA	大気圏、出力 (組成分析値あり)
発電電力、 中部電力へ売却	kW・h	554	発電所、出力
発電電力 自家消費	kW・h	101	発電所、 プロセス内
排水		NA	大気圏、出力

出典:高村・平尾(2007)木質バイオマス発電のライフサイクルインベントリ分析<sup>7)</sup>

## 2-5. インパクト評価

LCA解析におけるインパクト評価は、インベントリ分析で得られた結果を地球温暖化への影響に集約し、環境への影響量を評価する工程である（本手引では環境への影響評価をGHGsの排出量による地球温暖化への影響のみを評価することとしていることから、生物多様性、水生保全・健康影響等の評価は行わない）。

ライフサイクルインベントリ分析の結果を用いて潜在的な環境影響の重要性を評価することを示し、**ライフサイクル影響評価**（Life Cycle Impact Assessment : LCIA）いう。

環境へのインパクトを評価する意義は、異なる複数の物質が排出または消費された場合の影響を総合的に評価することにある。インパクト評価の手順は図15に示すように、バイオマス活動による地球温暖化への影響を調べるために、インベントリ分析を行う（図15の①及び②）。次にインベントリデータの分析結果からGHGs排出量の算出を行う（図15の③）。

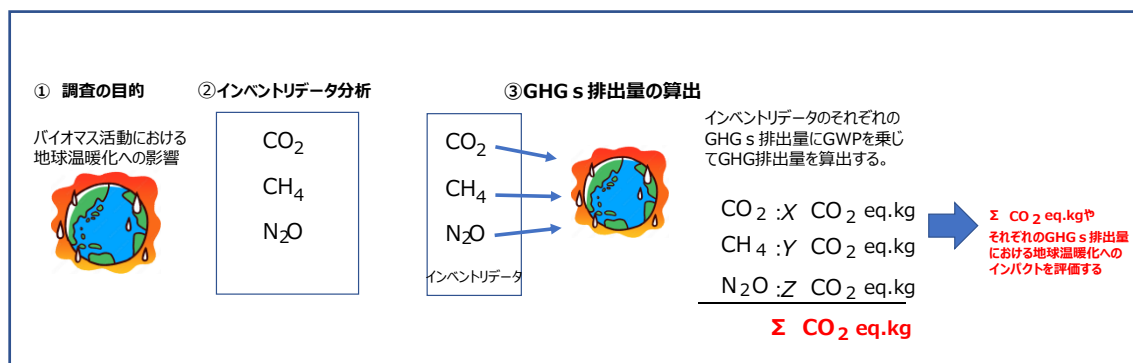


図15 インパクト評価の手順

例えば、バイオマス活用によって、地球温暖化に係るインパクト評価を行った場合、インベントリ分析の結果におけるGHGs排出量は1kg当たりCO<sub>2</sub>が1000kg、CH<sub>4</sub>が10kg、N<sub>2</sub>Oが1.0kgあったと場合、インパクト評価では、インベントリデータのGHGsの排出量に表19のような地球温暖化係数(Global Warming Potential; GWP)を乗じることによって、CO<sub>2</sub>の排出量に相当するインパクト(kgCO<sub>2</sub> eq/kg)を算出する。

CO<sub>2</sub> : 1,000kg × 1 = 1,000 (kgCO<sub>2</sub> eq/kg)

CH<sub>4</sub> : 10kg × 25 = 250 (kgCO<sub>2</sub> eq/kg)

N<sub>2</sub>O : 1kg × 298 = 298 (kgCO<sub>2</sub> eq/kg)

それぞれのGHG s 排出量におけるインパクト (kgCO<sub>2</sub> eq/kg) 量を比較する。

表19 主な地球温暖化係数

代表的な温室効果ガス	地球温暖化係数 (GWP*)	備考
二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )	1	基準となる温室効果ガス
メタン(CH <sub>4</sub> )	25	
一酸化二窒素(N <sub>2</sub> O)	298	

\* GWPは気候変動に関するIPCCや国連機構変動枠組条約(UNFCCC)において広く用いられている。

参考：全国地球温暖化防止活動推進センターHP

#### <GHG s 排出量の比較の方法>

それぞれのGHG s 排出量におけるインパクトを比較する場合は図16のように、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oを積み上げた棒グラフで比較すると分かりやすい。また、バイオマス設備の導入により、数値がマイナスとなるカーボンネガティブになる可能性もある。

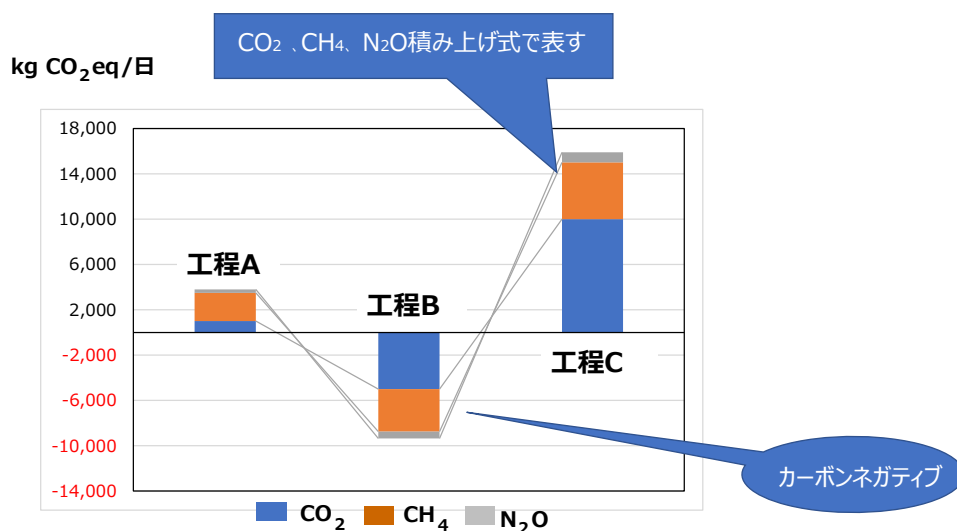


図16 GHG s 排出量におけるインパクトの比較 (イメージ)

## 2-6. 結果の解釈

### (1) LCA解析の解釈

結果の解釈では、インベントリ分析とインパクト評価の結果を、LCAの目的に照らし合わせて、何が重要な項目なのか、調査結果から何が言えるのかを考える。また、その過程で、インベントリ分析で使われたデータに漏れがないかなどの「完全性」や、用いたデータの地理的範囲が統一されているかどうかなどの「整合性」のチェックを行う。LCAの解釈から導かれた結論をもとに、ライフサイクルのどの段階で何の環境負荷改善策を講じるべきか、具体的な方法を考える。また、LCAを行うことへの理解と、製品・サービスに関わる環境負荷への理解が深まることで、製品の改善や環境負荷の削減に向けた提案が可能となる。さらに、実施したLCAの方法がISO14044の要求事項に合致しているかどうかを検証するクリティカルレビューを行う場合がある。

### (2) LCA解析の解釈における留意点

LCA解析では、原料調達から廃棄まで、全ての工程においての環境負荷データが必要となる。このため負担が大きく、一部のデータ収集が不十分になることが危惧される。影響評価・総合評価については、欧州や日本でいくつかの手法が提唱されている段階であり、いまだ確立されていない。製品の種類によって考え方も異なり、数値で表すことのできない事例もあるため、各産業に応じた評価方法の確立が必要であることが挙げられる。以下では、LCA解析の解釈における留意点を説明する。

#### a. インベントリデータが不十分

バイオマス発電事業におけるLCA解析では「原料の採取・輸送・加工・エネルギーや資材への変換・廃棄物処理の全ライフサイクル」を通じた環境負荷を評価し解釈するためには工程における全てのデータが必要になる。図17のバイオマス活用のように多くの原料を

使用している事業では、インベントリデータが不十分である。LCAの利用はデータの精度も含め、十分な配慮をしながら進める必要がある。

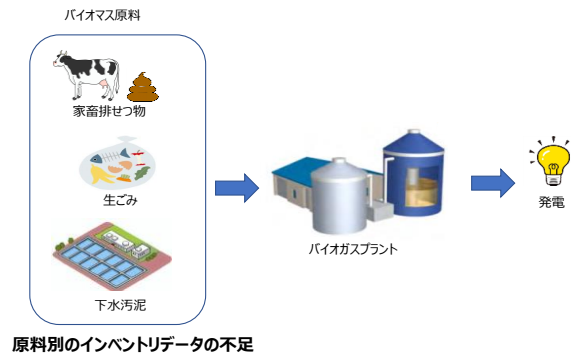


図 1 7 メタン発酵バイオガス発電におけるインベントリデータの留意点

#### b. 影響評価、総合評価の手法が未確立

インベントリデータについては、考え方も方法も確立されてきているが、影響評価・総合評価の手法については世界で複数の方法が提案されており、まだ確立はされていない。

また、ISO14044 (2010) では、重み付けを行った結果を用いてデータ品質分析をすることは望ましいと記載されている。しかし、重み付けは主観的な目線で行われることが多いことから、公表の際は留意する必要がある。影響評価についてはバイオガスや木質バイオマス等の原料・燃料や種類によって考え方も変わり、それぞれの事業に応じた評価方法の確立が必要とみられる。

#### c. GHGsの排出原単位データの収集が困難な場合

設定した工程における原単位データが収集出来ない場合、必要としている原単位に最も近似している原単位を代替することもできる。但し、感度分析の実施によりインベントリ分析の結果に及ぼす影響を評価する必要がある。なお、収集すべき活動量データの単位（重量・価格等）は入手可能な原単位データにも影響されることから、最終的な活動量データ、原単位データの選定にあたっては、双方のデータ精度を高めるように配慮する。

#### d. GHG s 排出量の評価

GHGsの排出削減効果を表す場合は以下のいずれかの方法で算出する。

① 排出削減量=

従来からの工程（バイオマス事業導入前の事業）-対象工程（バイオマス事業）

② 排出削減率=排出削減量/オリジナル工程の排出量×100(%)

環境へのインパクトを評価するためには、インベントリ分析によって得られる環境負荷量に基づいて、対象となる環境影響領域に対する影響の大きさを評価することが重要である。そのため、排出量のみによる評価では環境へのインパクトを正確に評価するには不十分となる。

#### (3) LCA解析の解釈における留意点の対応策

表20にLCA解析の解釈における留意点への対応策をまとめた。

表 20 LCA 解析の留意点の対応策

留意点	対策
インベントリデータが不十分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システム全体のうち、環境負荷に最も大きな影響を及ぼす項目を特定すること。</li> <li>・感度解析を行うことによって、各要素が環境負荷量に及ぼす影響の程度を数値の形式で表示できるため、これらの解決のために重要な役割を果たすものと考えられる。</li> <li>・今後インベントリデータは逐次改訂されていくため、使用にあたっては、常に最新版を使用する。</li> </ul>
影響評価、総合評価の手法が未確立	影響評価・総合評価については、欧州や日本でいくつかの手法が提唱されている段階であり、いまだ確立されていない。それぞれの評価方法から、最もLCA解析の目的に合う評価方法を抽出する。
GHGsの排出原単位データの収集が困難	<p>①産業連関表ベースの排出原単位</p> <p>産業連関表ベースの排出原単位」が整理しているデータは産業連関表ベースの原単位となる。産業連関表の分類に基づいて原単位を整備しているため、社会に存在する全ての財・サービスを網羅している。一方で、一つの産業連関表の分類群に複数の商品やサービスが該当している場合があり、それぞれの詳細な原単位を得ることができない問題もある。また、整備されているデータの多くは金額ベースの原単位である。</p>

	<p>②IDEAv2</p> <p>IDEAv2 が整理しているデータは、積み上げベースの原単位である。ライフサイクルの各段階で投入した資源・エネルギーと排出物を詳細に集計して算出された値であるため、精度の高い原単位データである。一方で、積み上げ法で原単位データを整備するには労力が必要であり、網羅的な整備はされていないため、必要としている原単位データを見つけることができない可能性がある。また、整備されているデータの多くが重量ベースの原単位となります。</p> <p>両データベースでは、原単位データの算出方法や財・サービスの分類が異なっており、同じ品目であっても原単位に差が生じるケースがある。いずれも、それぞれのデータベースの設計思想に基づいて整理されているものであり、どちらが正しい、間違っているというものではない。この違いを踏まえ、排出原単位 DB と IDEAv2 を状況に応じて使い分ける必要がある。</p>
GHG s 排出量の評価	<p>GHGs 排出量算出では、複数の排出源に対して複数の手段が存在し、複数の関係者が関与した後に結果が得られる場合が多い。従って、検証の全体像を確認し、検証目的に適合した検証計画を作成するために、クロスチェック等を行い、各段階毎の GHGs 排出に関する重要性及び不確実性について事前検討することが重要である。</p>



## トピックス5 日本版被害想定型影響評価手法 (LIME)

LIME (LIME : Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) は、環境影響を被害想定金額として統合化し、単一指標を作成する方法である。企業の原材料の物量データから、事業活動で消費する資源や排出物質の量を計算し、それが「人間の健康」や「社会資産」「生物多様性」及び「植物」などの一次生産に及ぼす影響を金額に換算して示す。環境負荷が社会や人体に与える被害金額は各国で異なるため、LIME3では世界193カ国の環境負荷をコストに換算する係数を開発した。統合化では、アンケートに基づく支払意思額の結果を参考にする。各国で1kWhを発電する際、燃料の採取からプラント建設、発電に至るまでの環境影響を金額換算したもの。燃料の採掘からプラント日本の環境影響は1kWh当たり0.04ドルで、CO<sub>2</sub>排出量の影響が大きい。やインドは石炭火力が多いため、PM（粒子状物質）による大気汚染の影響が大きい。

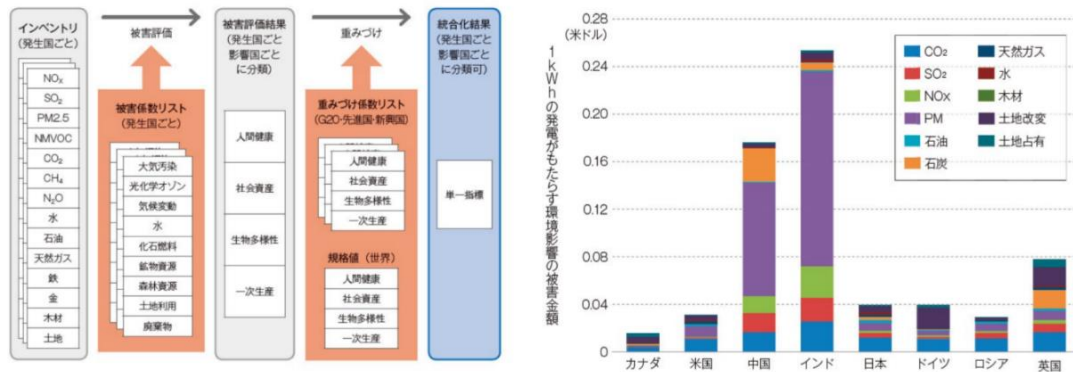


図18 LIME3による世界を対象とした環境影響評価(左)と各国の発電に伴う環境影響コストの産出(右)  
(出典：伊坪・稲葉編著(2018)LIM3グローバルスケールのLCAを実現する環境影響評価手法<sup>8)</sup>)

出典：藤田 香 自然資本の定量評価に新手法（サプライチェーン廻り、財務リスク算出へ）  
2018.9.25 日経ESG

<https://project.nikkeibp.co.jp/ESG/atcl/news/091900022/?P=2>

## トピックス6 LCA解析を役務発注する場合の留意点

バイオマス活用による環境影響評価や温室効果ガス排出量の削減効果をLCA手法により算出するに際し、その業務を役務発注により実施する場合がある。目的とする成果物を得ることができるかどうかは、役務発注仕様書の出来にかかっている。本手引きは、役務発注書を作成するためのヒントにもなるものである。ここでは、バイオマス産業都市に選定された市町村の担当者等が、バイオマス活用事業における温室効果ガス排出量を予測すること、あるいはベースライン（基準）となる取組と比べての温室効果ガス排出量の削減効果をLCA解析により算出することを目的とする業務を役務発注する場合の留意点を述べる。

例題として、図19に示すメタン発酵システムをとりあげる。この例では、乳牛ふん尿を原料として、メタン発酵により、電気、熱、消化液を生成し、消化液は液肥として農地へ散布している。上図で算出の範囲を決め、下図で実績値をとりまとめている。また、消化液の輸送・散布の方法の改善によって、温室効果ガス排出量に削減の余地があるとしている。

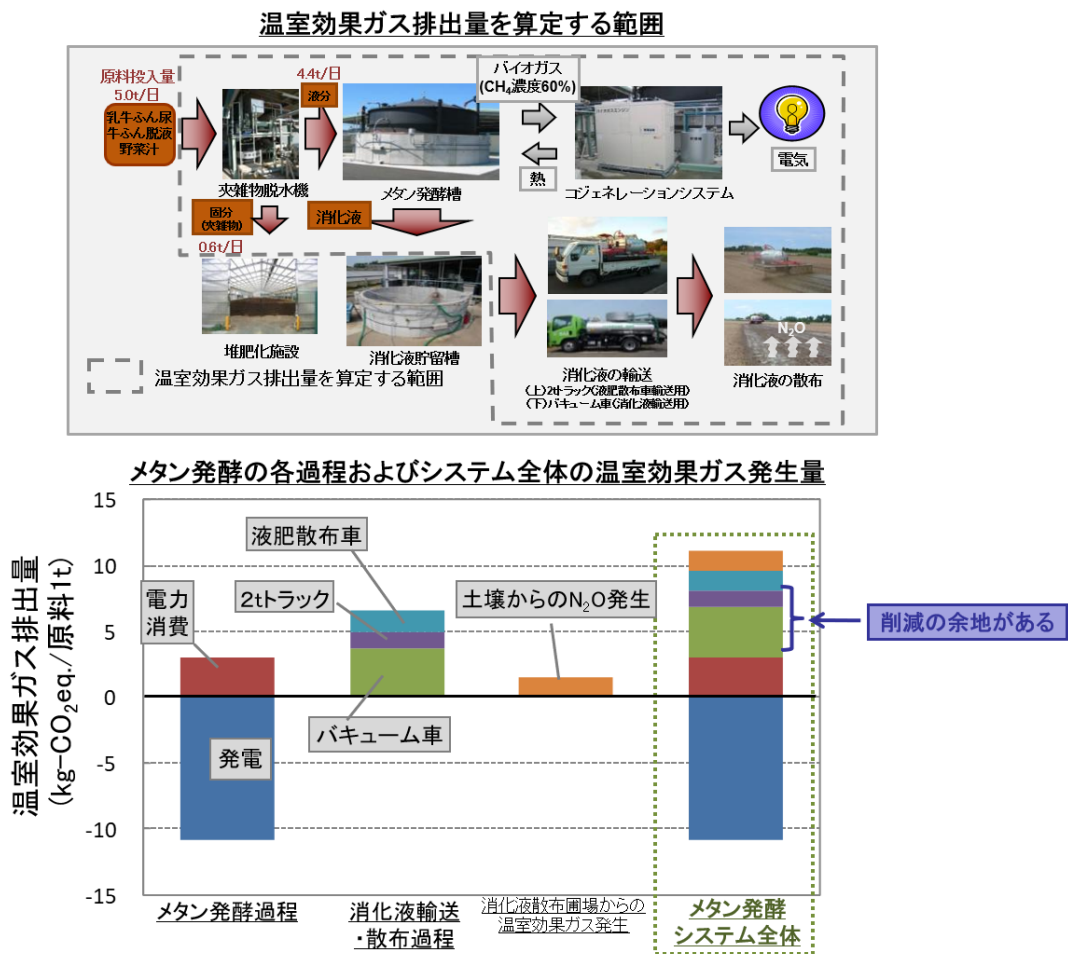


図19 Yバイオマスプラントのメタン発酵システムにおける温室効果ガス発生量  
(2008年の実績に基づいた推定値、農研機構・中村真人氏による図解)

役務発注仕様書を作成することになった担当者は、まず目的を明確にする必要がある。図18のシステムにおいて純粋に温室効果ガス発生量を積算し、内部利用で余り外部利用へ回せる電気や熱、さらには化学肥料を代替できる消化液（バイオ液肥）をCO<sub>2</sub>換算し比較することは目的の1つとなり得る。どの工程を解析の対象にするかは、評価が甘くならず説明責任を果たせるものとしなければいけない。ライフサイクルなので、プラントの建設や関係車両の調達段階、プラントが役目を終えて廃棄される段階で排出される温室効果ガス排出量も算出に組み込むのか、日常のシステム運用のみに焦点を当てて、1年当たりで換算することにするのかも判断となる。また、消化液を液肥利用する場合と水処理する場合の比較、バイオガスを直接利用する場合とコジェネレーション（電熱併給）へ利用する場合の比較も目的の1つとなり得る。さらに、従前は原料を堆肥化する方法をとっていたとすれば、堆肥化をベースライン（基準）として、想定しているメタン発酵システムと比較することも目的の1つとなり得る。事業の構想段階であれば、規模や立地を変化させて、適正規模を検討する材料にすることも目的となり得る。

目的を明確にした後は、手法をどこまで指定するか判断となる。適用する手法や使用するデータベースの指定、カーボンニュートラルの特性の考慮の有無などである。CO<sub>2</sub>の排出量はカウントせず、CH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oの排出量のみを算出する方法も考えられる。重要な項目、信頼度が低い項目は、感度分析を求めるとよい。また、LCA解析を通して、環境負荷の小さいシステムの提案を受けると将来につながる。追求するこれらの手法の指定が難しい場合は、プロポーザル方式で、複数の事業者から提案を受ける契約方式をとるのが合理的である。文献や既存のデータベースを用いた算出にするのか、現地実態調査を踏まえた算出にするのかによって経費は大きく異なる。

中間打ち合わせは複数回設定し、必要に応じ第3者に意見の照会を求めるとよい。LCA解析では、担当者が想像していない結果が出てくる可能性も高いので、初期の段階の打ち合わせで、目的や手法の微修正が可能な契約形態にしておく軌道修正が可能となる。

いずれにしても、LCA解析により、コストとのバランスの中で、より温室効果ガス排出量の少ない方法を模索することが重要である。電力の調達価格買取制度においても、持続可能性や温室効果ガス排出削減が求められてきて、地域の脱炭素化にとっても重要な要因であるので、早い段階でLCA解析による評価を実施されることをお勧めする。

#### 参考文献

- 1) 日本有機資源協会編(2023)：メタン発酵システム～基礎から実務まで知り尽くす～，環境新聞社.
- 2) 農研機構農村工学研究所（2012）：市町村のためのバイオマス活用評価ガイド.
- 3) 中村真人，柚山義人，山岡 賢，藤川智紀，清水夏樹（2008）：消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果，農業農村工学会学会誌，76（11），3-16.

### 3. 評価事例

#### 家畜ふん尿を原料とした堆肥化システムとメタン発酵バイオガス発電システムにおけるGHGsのLCA解析

#### 3-1. 目的

本評価事例の目的は、あるバイオマス産業都市選定地域で飼養している乳牛のふん尿等を原料とする堆肥化システムとメタン発酵バイオガス発電システムにおけるそれぞれのGHGsの排出量をLCA解析によって定量的に数値化し、比較検討を行うことである。

#### 3-2. 堆肥化システムにおけるGHGs排出量

##### (1) 堆肥化システムの条件

堆肥化システムは図20のように、3戸の畜産農家が乳牛総頭数494頭から排出された乳牛のふん尿等を集合型の堆肥化システムで処理を行い、生産された堆肥は農地で利用することを想定する。システム境界は、①ふん尿等の堆肥化施設への搬出、②堆肥の製造、③堆肥の堆肥化施設から農地までの搬送及び施用、④堆肥施用農地からの排出までの範囲とする。インパクト評価は地球温暖化を対象とし、環境負荷物質はGHGs (CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O) とする。

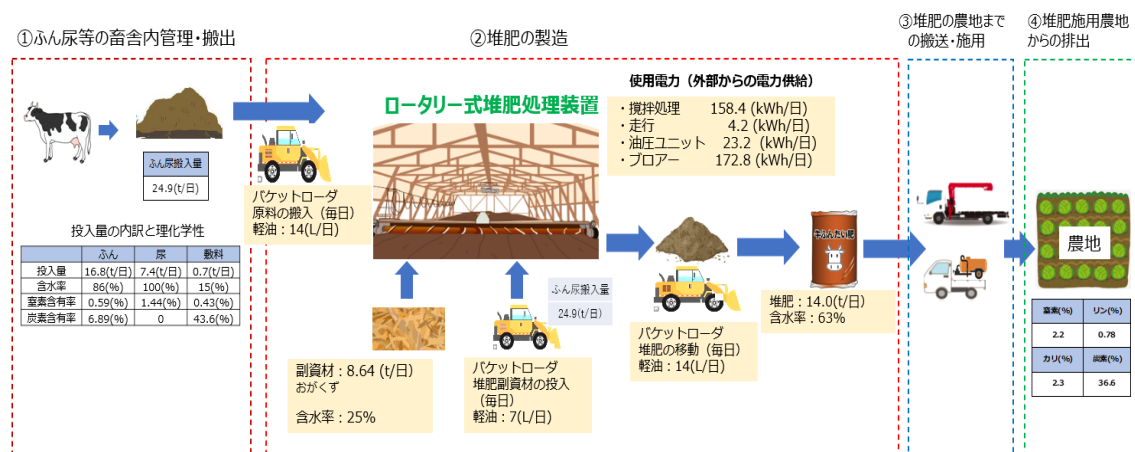


図20 堆肥化システムにおけるシステム境界と物質・エネルギーフロー

① 堆肥化施設への搬出するふん尿等の組成・理化学性

堆肥化施設へ搬出するふん尿及び敷料の組成は表 2 1 のとおりである。また、ふん尿投入時の含水率、窒素及び炭素の含有率は表 2 2 の通りである。

ふん尿及び敷料24.9(t/日)に副資材（おがくず）8.64(t/日)を加え、1次発酵及び2次発酵の工程で18.52(t/日)の堆肥が生成するまでの収支を表 2 3 に示す。堆肥化については堆肥化施設設計マニュアル<sup>9)</sup>を参考に算出し、表 2 4 に示した。製品堆肥の量は原料の生重量33.54(t)から「水分蒸発量の合計11.87(t)」と「原料の乾物分解量合計3.15(t)」を差し引くことにより、18.52(t/日)と算出した。

表21 ふん尿等の搬入量と内訳

原料搬入量	ふん	尿	敷料
24.9(t/日)	16.8(t/日)	7.4(t/日)	0.7(t/日)

表22 堆肥化施設への搬入時の含水率と窒素及び炭素の含有率

	含水率(%)	窒素含有率*(%)	炭素含有率*(%)
ふん	86	0.59	6.86
尿	100	1.44	0.00
敷料	15	0.43	43.6

\* 生重量当たりの窒素及び炭素の含有率

表23 ふん尿搬入時と堆肥化終了時の収支

	生重量(t/日)	含水率(%)	水分(t)	乾物(t)	乾物分解率(%)	発熱量(kcal)	容積重(t/m <sup>3</sup> )	容積(m <sup>3</sup> )
原料(ふん尿)	24.2	86	20.81	3.39	40	4,500	0.85	28.5
原料(敷料)	0.7	15	0.11	0.60	30	3,000	0.05	14.0
副資材(おがくず)	8.64	25	2.16	6.48	25	2,500	0.25	34.56
原料合計	33.54	69	23.1	10.46			0.6	55.90
製品堆肥	18.52	61	11.21	7.31				

表24 堆肥化算出結果

	原料乾物(t)	乾物分解率(%)	乾物分解量(t)	発熱量(kcal/kg)	発熱量(kcal)	水分蒸発量(t)
原料(ふん尿)	3.39	40	1.4	4,500	6,098	6.8
原料(敷料)	0.60	30	0.2	3,000	536	0.6
副資材(おがくず)	6.48	25	1.6	2,500	4,050	4.5
合計	10.46		3.15			11.87

※水分蒸発必要熱量 900(kcal/kg)とする。

## ② 堆肥製造における堆肥化施設の運転条件

3戸の畜産農家で発生するふん尿等の総量は24.9(t/日)で全量を集中式の堆肥化施設で処理を行うものとする。堆肥化施設はロータリー式発酵槽とする。堆肥化施設の運転条件及び堆肥化施設の構成機器の電力消費量をそれぞれ表25、表26に示す。なお、堆肥化施設内ではバケットローダにより、堆肥の切り返しを行う。バケットローダの運転条件を表27に示す。製造された堆肥の理化学性は表28に示すとおりとした。

表25 堆肥化施設の運転条件

施設の設定	発酵槽面積	全長	ロータリー幅	レーン数	労力
仕様	425 m <sup>2</sup>	106 m	4 m	1	1人/年

表26 堆肥化施設の構成機器の電力消費量

構成機器	定格電力 (kW)	稼働時間 (h/日)	負荷率	電力消費量	数量	合計電力	総電力
				(kWh/日)		(kWh/日)	(kWh/日)
攪拌モータ1	7.5	4.4	0.8	26.4	3	79.2	<b>358.7</b>
攪拌モータ2	7.5	4.4	0.8	26.4	3	79.2	
走行	0.4	4.4	0.8	1.408	3	4.2	
油圧ユニット	2.2	4.4	0.8	7.744	3	23.2	
ブロー	1.5	24	0.8	28.8	6	172.8	

表27 バケットローダの運転条件

燃料	走行距離	作業内容の内訳				
		副資材の投入	原料投入	ストックヤードへの移動	堆肥搬出	燃料消費量
軽油	1.0km	0.25h/日	0.5h/日	0.5h/日	0.5h/日	12.25L/日

表28 製造された堆肥の理化学性

製造量	含水率	窒素	リン	カリ	炭素
18.5(t/日)	61%	2.2%	0.78%	2.3%	36.6%

### ③ 堆肥化施設から農地までの搬送及び施用の条件

製造された堆肥はフレコンバックに入れて、堆肥設備から10km先の畑地へトラックで搬送する。堆肥は農地で堆肥散布機に移し替えて畑作農地へ散布施用することとした。搬送送用のトラックは堆肥輸送用車両(3tクレーン付きトラック)、堆肥散布機(1.8tクローラ式自走マニユアスプレッダ)及び堆肥散布機輸送用車両の2tトラックの3車両を1組として編成した。搬送・散布のための労力は2名とした。搬送用車両の走行距離は表29のように設定した。なお、堆肥散布機(マニユアスプレッダ)は農地まで自走しないことから、搬送に伴うGHGs排出は生じない。

表29 輸送用車両の走行距離の設定

	容量 (t)	往復距離 (km)	往復回数 (回/日)	稼働日数 (日/年)	走行距離 (km/年)	燃料	燃費 (km/L)
堆肥輸送用車両	10	20	2	365	14,600	ガソリン	5.5
堆肥散布機輸送用車両	3	20	1	365	7,300	ガソリン	4.5

### ④ 堆肥施用農地からの排出

堆肥を畑地で散布する期間は年間365日とし、1日当たり45aの畑作農地(野菜栽培圃場)へ散布し、年間の散布面積は16,425aとする。年間の堆肥投入量は1日当たりの製造量18.52tを365日で乗じて算出した。また、堆肥中の窒素含有率及び窒素含有量を表30に示す。

表30 野菜圃場への堆肥施用条件

農作物	耕地面積 (a)	年間散布面積 (a/年)	年間堆肥投入量 (t/年)	堆肥の窒素含有率 (%)	堆肥の窒素含有量 (t)
野菜	45	16,425	6,760	2.2	149

## (2) 堆肥化システムにおけるGHGsの排出量

インベントリ分析におけるGHGsの排出量算出方法に基づいて、①ふん尿等の堆肥化施設への搬出、②堆肥の製造、③堆肥の堆肥化施設から農地までの搬送及び施用、④堆肥施用農地からの排出におけるそれぞれのGHGs排出量を算出する。

### ① ふん尿等の堆肥化施設への搬出におけるGHGsの排出量

畜舎の牛から排せつされたふん尿等をパケットローダを使って堆肥施設まで搬出する際に発生するCO<sub>2</sub>の排出量は、燃料使用に伴うCO<sub>2</sub>の排出量の算出方法に基づいて、パケットローダの燃料（軽油）の消費量(L/日)に単位発熱量(MJ/L)を乗じ、発熱量にCO<sub>2</sub>排出係数を乗じて、CO<sub>2</sub>排出量を算出した（表31）。

表31 ふん尿等の搬出に伴うCO<sub>2</sub> 排出量

燃料	燃料消費量	単位発熱量	発熱量	炭素排出係数	CO <sub>2</sub> 排出量
	(L/日)	(MJ/L)	(MJ/L)	(kg-C/MJ)	(kg-CO <sub>2</sub> /日)
軽油	14	37.7	528	0.0187	9.87

畜舎の牛から排せつされたふん尿等をパケットローダを使って堆肥化施設まで搬出する際に発生するCH<sub>4</sub>の排出量は、輸送車両の燃料使用に伴うCH<sub>4</sub>の排出量の算出方法に基づいて、パケットローダの燃料（軽油）の走行距離(km/日)にCH<sub>4</sub>の排出係数を乗じて、パケットローダの運転時のCH<sub>4</sub>の排出量を算出した（表32）。

表32 ふん尿等の搬出に伴うCH<sub>4</sub> 排出量

燃料	走行距離	CH <sub>4</sub> 排出係数	CH <sub>4</sub> 排出量
	(km/日)	(kg-CH <sub>4</sub> /km)	(kg-CH <sub>4</sub> /日)
軽油	3.0	0.000013	0.000039

畜舎の牛から排せつされたふん尿等をパケットローダを使って堆肥施設まで搬出する際に発生するN<sub>2</sub>Oの排出量は、輸送車両の燃料使用に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量の算出方法に基づいて、パケ



ットローダの燃料（軽油）の走行距離(km/日)にN<sub>2</sub>Oの排出係数を乗じて、パケットローダの運転時のN<sub>2</sub>Oの排出量を算出した（表33）。

表33 ふん尿等の搬出に伴うN<sub>2</sub>O 排出量

燃料	走行距離	N <sub>2</sub> O 排出係数	N <sub>2</sub> O 排出量
	(km/日)	(kg-N <sub>2</sub> O/km)	(kg-N <sub>2</sub> O/日)
軽油	3.0	0.000025	0.000075

上記のそれぞれのCO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>Oの排出量に地球温暖化係数を乗じてΣ(CO<sub>2</sub> eq. kg)を算出した（表34）。

表34 ふん尿等の搬出におけるGHGsの排出量

GHGs	排出量(kg/日)	地球温暖化係数	インパクト(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)	Σ(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)
CO <sub>2</sub>	9.87	1	9.87	9.89
CH <sub>4</sub>	0.000039	25	0.00098	
N <sub>2</sub> O	0.000075	298	0.02235	

## (2) 堆肥の製造におけるGHGsの排出量

### a. 堆肥の製造の電力使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量

堆肥の製造の電力使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量は、堆肥化施設における使用電力に伴うCO<sub>2</sub>排出量を算出した。CO<sub>2</sub>排出量は電気事業者から供給された電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>の排出量の算出方法に基づいて、電力消費量にCO<sub>2</sub>排出係数を乗じてCO<sub>2</sub>の排出量を算出した（表35）。

表35 堆肥の製造の電力使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量

	電力消費量 (kWh/日)	CO <sub>2</sub> 排出係数 (kg-CO <sub>2</sub> /kWh)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)
堆肥処理装置	358.6	0.457	164

### b. パケットローダの運転に伴うGHGsの排出量

パケットローダの運転時のCO<sub>2</sub>の排出量は輸送車両の燃料使用に伴うCO<sub>2</sub>の排出量の算出方法

に基づいて、パケットローダの燃料（軽油）の消費量(L/日)に単位発熱量(MJ/L)を乗じ、発熱量にCO<sub>2</sub>排出係数を乗じて、CO<sub>2</sub>排出量を算出した（表36）。

表36 パケットローダの運転に伴うCO<sub>2</sub> 排出量

燃料	燃料消費量	単位発熱量	発熱量	炭素排出係数	CO <sub>2</sub> 排出量
	(L/日)	(MJ/L)	(MJ/L)	(kg-C/MJ)	(kg-CO <sub>2</sub> )/日
軽油	12.25	37.7	462	0.0187	31.7

パケットローダの運転に伴うCH<sub>4</sub>の排出量は、輸送車両の燃料使用に伴うCH<sub>4</sub>の排出量の算出方法に基づいて、パケットローダの燃料（軽油）の走行距離(km/日)にCH<sub>4</sub>の排出係数を乗じて、パケットローダの運転時のCH<sub>4</sub>の排出量を算出した（表37）。

表37 パケットローダの運転に伴うCH<sub>4</sub> 排出量

燃料	走行距離	CH <sub>4</sub> 排出係数	CH <sub>4</sub> 排出量
	(km/日)	(kg-CH <sub>4</sub> /km)	(kg-CH <sub>4</sub> /日)
軽油	1.0	0.000013	0.000013

パケットローダの運転に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量は、輸送車両の燃料使用に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量の算出方法に基づいて、パケットローダの燃料（軽油）の走行距離(km/日)にN<sub>2</sub>Oの排出係数を乗じて、パケットローダの運転時のN<sub>2</sub>Oの排出量を算出した（表38）。

表38 パケットローダの運転に伴うN<sub>2</sub>O 排出量

燃料	走行距離	N <sub>2</sub> O 排出係数	N <sub>2</sub> O 排出量
	(km/日)	(kg-N <sub>2</sub> O/km)	(kg-N <sub>2</sub> O/日)
軽油	1.0	0.000025	0.000025

上記のそれぞれのCO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>Oの排出量に地球温暖化係数を乗じてΣ(CO<sub>2</sub> eg. kg)を算出した（表39）。

表39 堆肥の製造におけるGHGsの排出量

GHGs	排出量(kg/日)	地球温暖化係数	インパクト(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)	Σ(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)
CO <sub>2</sub>	196	1	196	<b>196</b>
CH <sub>4</sub>	0.000013	25	0.00033	
N <sub>2</sub> O	0.000025	298	0.0075	

(3) 堆肥の堆肥化施設から農地までの搬送及び施用に伴うGHGsの排出量

堆肥化施設から農地までの搬送及び施用に伴うGHGsは排出量輸送車両の燃料使用に伴うCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oそれぞれの排出量の算出方法に基づいて算出した(表40、表41、表42)

表40 堆肥化施設から農地までの車両輸送に伴うCO<sub>2</sub>の排出量

	燃料	走行距離(km)	燃費(km/L)	使用燃料(L)	単位発熱量(MJ/L)	炭素排出係数(kg-C/GJ)	CO <sub>2</sub> 排出量(kg-CO <sub>2</sub> /日)
堆肥輸送用車両	ガソリン	60	5.5	11	34.6	0.0183	25.5
堆肥散布機輸送用車両	ガソリン	20	4.5	4.4	34.6	0.0183	10.2

表41 堆肥化施設から農地までの車両輸送に伴うCH<sub>4</sub>の排出量

	燃料の種類	走行距離(km/日)	CH <sub>4</sub> 排出係数(kg-CH <sub>4</sub> /km)	CH <sub>4</sub> 排出量(kg-CH <sub>4</sub> /日)
堆肥輸送用車両	ガソリン	40	0.000035	0.0014
堆肥散布機輸送用車両	ガソリン	20	0.000035	0.0007

表42 堆肥化施設から農地までの車両輸送に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量

	燃料の種類	走行距離(km/日)	N <sub>2</sub> O排出係数(kg-N <sub>2</sub> O/km)	N <sub>2</sub> O排出量(kg-N <sub>2</sub> O/日)
堆肥輸送用車両	ガソリン	40	0.000039	0.0016
堆肥散布機輸送用車両	ガソリン	20	0.000022	0.0004

輸送車両の燃料使用に伴うCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oそれぞれの排出量の算出方法に基づいて、農地の堆肥散布に伴うGHGs排出量を算出した(表43、表44、表45)。

表43 農地の堆肥散布に伴うCO<sub>2</sub>の排出量

	燃料の種類	作業時間	燃費(L/時)	使用燃料(L)	単位発熱量(MJ/L)	炭素排出係数(kg-C/MJ)	CO <sub>2</sub> 排出量(kg-CO <sub>2</sub> /日)
マニュアルスプレッダ	軽油	2.25	5.5	12.4	37.7	0.00187	3.21

表 43 農地での堆肥散布に伴う CH<sub>4</sub> の排出量

	燃料の種類	作業速度 (km/時)	作業時間 (時)	走行距離 (km)	CH <sub>4</sub> 排出係数 (kg-CH <sub>4</sub> /km)	CH <sub>4</sub> 排出量 (kg-CH <sub>4</sub> /日)
マニュアルブレッダ	軽油	5.0	2.25	11.25	0.000013	0.00015

表 44 農地での堆肥散布に伴う N<sub>2</sub>O の排出量

	燃料の種類	作業速度 (km/時)	作業時間 (時)	走行距離(km)	N <sub>2</sub> O 排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/km)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/日)
マニュアルブレッダ	軽油	5.0	2.25	11.25	0.000025	0.00281

堆肥化施設から農地までの車両輸送に伴う CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O の排出量と農地での堆肥散布に伴う CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O の排出量の合計値に地球温暖化係数を乗じて Σ (CO<sub>2</sub> eq. kg) を算出した (表 4 5)。

表 45 堆肥化施設から農地までの車両輸送及び施用における GHGs 排出量

GHGs	排出量(kg/日)	地球温暖化係数	インパクト(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)	Σ(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)
CO <sub>2</sub>	38.9	1	38.9	40.4
CH <sub>4</sub>	0.002	25	0.05	
N <sub>2</sub> O	0.005	298	1.49	

#### (4) 堆肥施用農地からの GHGs の排出量

耕地の化学肥料以外の肥料の施用に伴う N<sub>2</sub>O 排出量の算出方法に基づいて、堆肥の農地施用における N<sub>2</sub>O の排出量を算出した (表 4 6)。

表 46 堆肥の農地施用に伴う N<sub>2</sub>O の排出量

農作物	耕地面積 (a)	年間 散布面積 (a/年)	年間堆肥 投入量 (t/年)	堆肥の 窒素含有量 (%)	堆肥の 窒素含有量 (t)	N <sub>2</sub> O の排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/t-N)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/年)
野菜	45	16,425	6,760	2.2	149	9.74	1,451

さらに、N<sub>2</sub>O の排出量に地球温暖化係数を乗じて Σ (CO<sub>2</sub> eq. kg) を算出した (表 4 7)。

表 47 堆肥の農地施用に伴う GHGs 排出量

GHGs	排出量(kg/年)	地球温暖化係数	インパクト(CO <sub>2</sub> eq.kg/年)	Σ(CO <sub>2</sub> eq.kg/年)
CO <sub>2</sub>	0	1	0	<b>432,398</b>
CH <sub>4</sub>	0	25	0	
N <sub>2</sub> O	1,451	298	432,398	

但し、堆肥を農地に施用するに当たっては、適切な施肥設計により、化学肥料の窒素施用量が減じられることになる。表 17 及び 18 によると、化学肥料、化学肥料以外の肥料（堆肥）に関わらず単位窒素当たりの排出係数は同じなので、排出量の増減はないと解釈できる。

堆肥化システムの各段階におけるGHGs排出量は図 21 のように整理される。この事例では、堆肥の製造に伴うGHGs排出量の割合が大きいことが分かる。総排出量は247(CO<sub>2</sub>eq. kg/日)である。堆肥の製造量は18.52(t/日)であるので、製造堆肥1tあたりは13.3(CO<sub>2</sub>eq. kg/日)となる。

CO<sub>2</sub> eq.kg/日

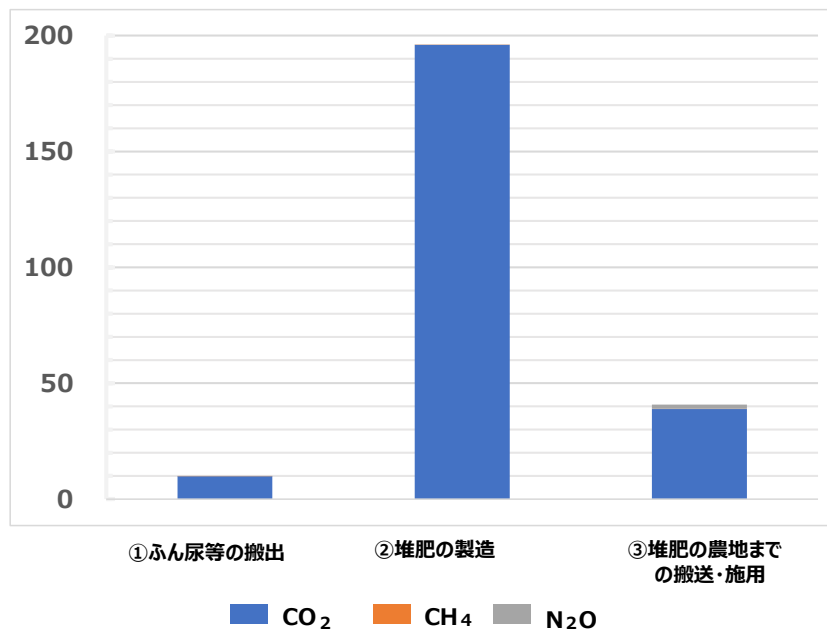


図 21 堆肥化システムの各段階におけるGHGs排出量

### 3-3. メタン発酵バイオガス発電システムにおけるGHGs排出量

メタン発酵バイオガス発電システムは図22のように、3戸の畜産農家が乳牛総頭数494頭から排出された乳牛のふん尿及び敷料を原料として、集合型のメタン発酵バイオガス発電施設で発電を行い、同時に生成される消化液（バイオ液肥）及び堆肥を農地で利用することを想定する。システム境界は、①ふん尿等のメタン発酵バイオガス発電施設への搬出、②発電とバイオ液肥及び堆肥の製造、③バイオ液肥及び堆肥の農地までの搬送及び施用、④バイオ液肥及び堆肥を施用した農地からの排出の範囲とする。インパクト評価は地球温暖化とし、環境負荷物質はGHGs (CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O) とする。

#### (1) メタン発酵バイオガス発電システムの概要

メタン発酵バイオガス発電施設の原料であるふん尿等(24.9t/日)は施設内の原料受入槽に投入され、ポンプで夾雑物脱水機に移送される。夾雑物脱水機は24時間稼働し、固液分離を行う。液体部の圧搾液は20.3(t/日)発生し、メタン発酵槽へ投入される。メタン発酵施設は37℃、滞留日数20~27日で運転し、メタン濃度65%のバイオガス635m<sup>3</sup>/日が生成されるものとする。一方、固体部の夾雑物は4.7(t/日)発生し、メタン発酵バイオガス発電システム内の堆肥化施設で堆肥化され、3.1t/日の堆肥が製造される。

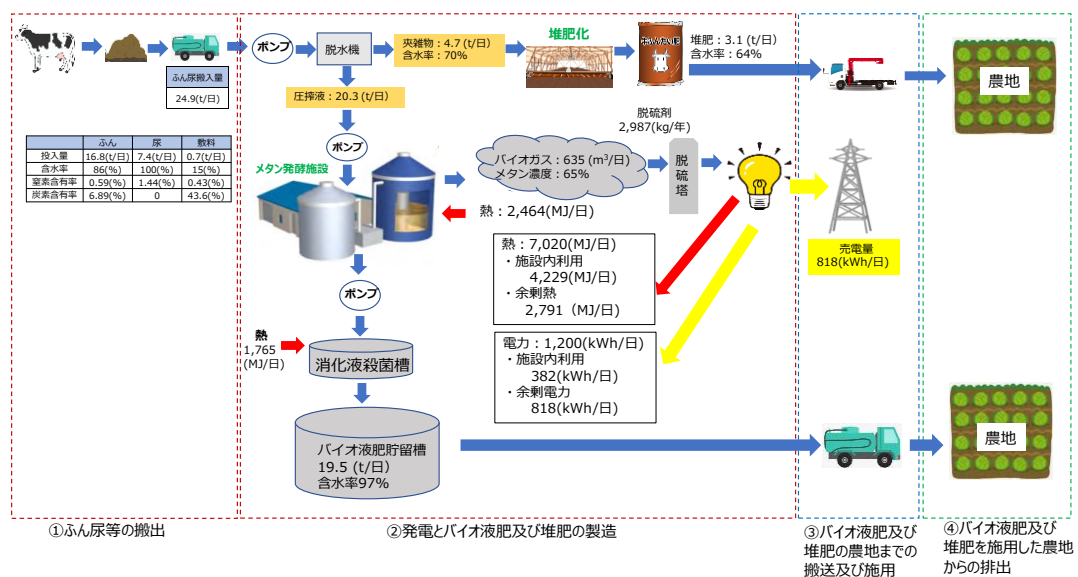


図22 メタン発酵バイオガス発電システムの各段階と物質・エネルギー収支

## (2) メタン発酵バイオガス発電施設へ搬出されるふん尿等の組成・理化学性

メタン発酵バイオガス発電施設へ搬出されるふん尿等の組成・理化学性を表48、表49に示す。なお、ふん尿等の組成・物理化学性は堆肥化システムと同じとする。表50に示すように、農家からメタン発酵バイオガス発電施設までの距離は1kmとし、バキューム車により、1日1回、24.9tのふん尿等を施設まで搬送する。

表48 ふん尿等の搬入量と内訳

原料搬入量	ふん	尿	敷料
24.9(t/日)	16.8(t/日)	7.4(t/日)	0.7(t/日)

表49 ふん尿投入時の含水率と窒素及び炭素含有率

	含水率*(%)	窒素含有率*(%)	炭素含有率*(%)
ふん	86	0.59	6.86
尿	100	1.44	0.00
敷料	15	0.43	43.6

\*生重量当たりの窒素及び炭素含有率

表50 各農家からメタン発酵バイオガス発電施設への輸送車両の条件

	容量 (t)	往復距離 (km)	往復回数 (回/日)	稼働日数 (日/年)	走行距離 (km/年)	燃料	燃費 (km/L)
バキューム車*	10	2	1	300	600	ガソリン	5.5

\*バキューム車は各農家からふん尿等の原料を回収する。

## (3) メタン発酵バイオガス発電・バイオ液肥及び堆肥の製造における設備の運転条件

ふん尿等24.9(t/日)をメタン発酵バイオガス発電施設の原料として処理を行うものとする。メタン発酵槽へ投入される圧搾液は20.3(t/日)である。メタン発酵の運転条件を表51に示す。

表51 メタン発酵の運転条件

原料投入量 (t/日)	発酵温度 (℃)	滞留日数 (日)	発酵槽容積 (m <sup>3</sup> )	メタン発酵槽 加温熱量 (MJ/日)	バイオガス 発生量 (m <sup>3</sup> /日)	メタン濃度 (%)
20.3	37	20~27	500	2,464	635	65

メタン発酵槽から生成されたバイオガスは脱硫塔を介した後、熱(7,020MJ/日)と電力(1,200kWh/日)を生成する。発電効率と電力量等の発電仕様を表52に示す。発電量1,200(kWh/日)のうち、施設内で382(kWh/日)を消費し、残りの818(kWh/日)を売電とする。

表52 発電仕様

発電効率	発電量	発電機	基	発電時間
32%	1,200kWh/日	25kW	2台	24時間

メタン発酵バイオガス発電に伴う熱量は7,020(MJ/日)となり、コージェネレーションで熱利用を行い、施設内での消費熱量は4,229(MJ/日)で、余剰熱は2,791(MJ/日)である(表53)。余剰熱が外部利用されない場合は、カーボンネガティブとして評価される。

表53 熱量の内訳

全熱量(MJ/日)	施設内消費熱量(MJ/日)		余剰熱(MJ/日)
7,020	4,229		2,791
	発酵槽加温	消化液殺菌	
	2,464	1,765	

バイオガスの生成とともに、メタン発酵消化液が19.5(t/日)生成され、消化液殺菌槽で55℃、7.5時間の殺菌処理を行った後、バイオマス液肥貯留槽で貯留される。消化液殺菌槽で使われる熱量はコージェネレーションで生成された熱を使うこととした。メタン発酵バイオガス発電施設における堆肥製造の収支を表54に示す。

なお、脱硫剤の使用に伴うGHGs排出量はあるが、この事例では省略している。

表54 メタン発酵バイオガス発電施設における堆肥製造の収支

	処理量(t/日)	含水率(%)	水分(t)	乾物(t)	乾物分解率(%)	発熱量(kcal)	容積重(t/m <sup>3</sup> )	容積(m <sup>3</sup> )
夾雑物	4.7	70	3.29	1.4	40	4,500	1	4.7
製造堆肥	3.1	64	1.98	1.1				

注) 端数処理の関係で、脱水機により固液分離したメタン発酵施設への圧搾液(液分)投入量20.3(t/日)と夾雑物(固分)の堆肥化施設への投入量4.7(t/日)の合計値が、ふん尿・敷料の合計値と一致していない。



また、堆肥製造における外部電力の消費に伴うGHGs排出量は、堆肥化システムによるからの製造堆肥重量比から次のように類推した。

$$359(\text{kWh}/\text{日}) \times 3.1(\text{t}/\text{日}) / 18.5(\text{t}/\text{日}) = 60.1(\text{kWh}/\text{日})$$

#### (4) バイオ液肥及び堆肥の農地までの搬送と施用の概要

製造されたバイオ液肥はバキューム車によって、メタン発酵バイオガス発電施設から10km先の畑地へ搬送することとした。バイオ液肥は農地でバキューム車から3tの散布機に移し替えて畑作農地で散布することとした。バキューム車(10t)、バイオ液肥散布機(1.8t)及びバイオ液肥散布機輸送用車両の2tトラックの3車両を1組として編成した。搬送・散布のための労力は2名とした。搬送用車両の走行距離は表58のように設定した。なお、バイオ液肥散布機は農地まで自走しないことから、搬送に伴うGHGs排出は生じない。

表55 輸送用車両の走行距離の設定

	容量 (t)	往復距離 (km)	往復回数 (回/日)	稼働日数 (日/年)	走行距離 (km/年)	燃料の種類	燃費 (km/L)
バキューム車	10	20	3	365	21,900	ガソリン	5.5
バイオ液肥散布機 輸送用トラック	2	20	1	365	7,300	ガソリン	4.5

メタン発酵バイオガス発電施設で製造された堆肥3.1(t/日)はフレコンバックに入れて、堆肥設備から10km先の畑地へトラックで搬送することとした。堆肥は農地で堆肥散布機に移し替えて畑作農地で散布することとした。搬送送用のトラックは堆肥輸送用車両(3tクレーン付きトラック)、堆肥散布機(1.8tクローラ式自走マニュアルスプレッダ)及び堆肥散布機輸送用車両の2tトラックの3車両を1組として編成した。搬送・散布のための労力は2名とした。搬送用車両の走行距離は表59のように設定した。メタン発酵バイオガス発電施設で製造された堆肥は堆肥化システムと比較するために、堆肥化システムの輸送条件と統一した。

表56 輸送用車両の走行距離の設定

	容量 (t)	往復距離 (km)	往復回数 (回/日)	稼働日数 (日/年)	走行距離 (km/年)	燃料	燃費 (km/L)
堆肥輸送用車両	3	20	1	365	7,300	ガソリン	5.5
堆肥散布機輸送用車両	2	20	1	365	7,300	ガソリン	4.5

(5) バイオ液肥及び堆肥の堆肥の施用農地からの排出

バイオ液肥を畑地で散布する期間は年間365日とし、1日当たりバイオ液肥を19.5(t)、43.2aの畑作農地（野菜栽培圃場）へ散布し、年間の散布面積は13,176aとする。年間の散布量、バイオ液肥中の窒素含有率及び窒素含有量を表57に示す。

表57 バイオ液肥の施用条件

農作物	散布面積 (a/年)	バイオ液肥散布量 (t/年)	バイオ液肥の窒素含有率 (%)	バイオ液肥中の窒素含有量 (t)
野菜	13,716	7,118	0.28	19.9

堆肥を畑地で散布する期間は年間365日とし、1日当たり45aの畑作農地（野菜栽培圃場）へ散布し、年間の散布面積は16,425aとする。年間の堆肥投入量、堆肥中の窒素含有率及び窒素含有量を表58に示す。

表58 堆肥の施用条件

農作物	耕地面積 (a)	年間散布面積 (a/年)	年間堆肥投入量 (t/年)	堆肥の窒素含有率 (%)	堆肥の窒素含有量 (t)
野菜	45	16,425	1,132	2.2	24.9

(6) メタン発酵バイオガス発電システムにおけるGHGsの排出量

インベントリ分析におけるGHGsの排出量算出に基づいて、①ふん尿等のメタン発酵バイオガス発電施設への搬出、②発電とバイオ液肥及び堆肥の製造、③バイオ液肥及び堆肥の農地

までの搬送及び施用、④バイオ液肥及び堆肥を施用した農地からの排出、におけるそれぞれのGHGsの排出量を算出する。

#### ①ふん尿等のメタン発酵バイオガス発電施設への搬出におけるGHGsの排出量

バキューム車により、畜舎からメタン発酵バイオガス発電施設までの輸送に伴うCO<sub>2</sub>排出量はガソリンの燃料使用量にガソリンの単位発熱量を乗じてガソリンの発熱量を算出しガソリンの発熱量にCO<sub>2</sub>排出係数と44/12(炭素C原子量に対するCO<sub>2</sub>分子量の重量比)を乗じて算出した(表59)。また、CH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>Oの排出量は走行距離にCH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>Oの排出係数を乗じてそれぞれ算出した(表60、61)。ふん尿等のメタン発酵バイオガス発電施設への搬入におけるGHGs排出量はふん尿等の搬出時と畜舎からメタン発酵バイオガス発電施設までの輸送に伴い排出されたそれぞれのCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出量を合計した後、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oごとに地球温暖化係数を乗じてΣ(CO<sub>2</sub> eq. kg)を算出した(表62)。

表59 農家からメタン発酵バイオガス発電施設までの搬出に伴うCO<sub>2</sub>排出量

	燃料の種類	走行距離(km/日)	燃費(km/L)	使用燃料(L/日)	単位発熱量(MJ/L)	発熱量(MJ)	CO <sub>2</sub> 排出係数(kg-C/MJ)	CO <sub>2</sub> 排出量(kg-CO <sub>2</sub> /日)
バキューム車	ガソリン	6.0	5.5	1.1	34.6	38.1	0.0183	2.55

表60 農家からメタン発酵バイオガス発電施設までの車両輸送に伴うCH<sub>4</sub>の排出量

	燃料の種類	走行距離(km/日)	CH <sub>4</sub> 排出係数(kg-CH <sub>4</sub> /km)	CH <sub>4</sub> 排出量(kg-CH <sub>4</sub> /日)
バキューム車	ガソリン	6.0	0.000013	0.000078

表61 農家からメタン発酵バイオガス発電施設までの車両輸送に伴うN<sub>2</sub>Oの排出量

	燃料	走行距離(km/日)	N <sub>2</sub> O排出係数(kg-N <sub>2</sub> O/km)	N <sub>2</sub> O排出量(kg-N <sub>2</sub> O/日)
バキューム車	ガソリン	6.0	0.000025	0.00015

表 62 ふん尿等のメタン発酵バイオガス発電施設への搬出における GHGs の排出量

GHGs	排出量(kg/日)	地球温暖化係数	インパクト(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)	Σ(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)
CO <sub>2</sub>	2.55	1	2.55	2.60
CH <sub>4</sub>	0.000078	25	0.00195	
N <sub>2</sub> O	0.00015	298	0.0477	

## ②発電とバイオ液肥及び堆肥の製造におけるGHGsの排出量

メタン発酵バイオガス発電施設の発電におけるCO<sub>2</sub>の排出量は外部電力の供給に伴うCO<sub>2</sub>の排出量は電気事業者から供給された電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>の排出量の算出方法に基づいて算出する(表63)。この事例では、メタン発酵バイオガス発電施設で製造された電力1,200(kWh/日)のうち、382(kWh/日)を自家利用して運転を行うので、CO<sub>2</sub>の排出量は0である。係数を乗じてCO<sub>2</sub>排出量を算出した。

表 63 メタン発酵バイオガス発電施設の発電における CO<sub>2</sub> の排出量

電力(kWh/日)		CO <sub>2</sub> 排出係数(kg-CO <sub>2</sub> /kWh)	CO <sub>2</sub> 排出量(kg-CO <sub>2</sub> /日)
1,200	施設内利用電力	東京電力エナジーパートナー	374
	382	0.457	
	余剰電力(売電)		
	818		

メタン発酵バイオガス発電施設で発電された余剰電力818(kWh/日)に対応するCO<sub>2</sub>排出量(374kg-CO<sub>2</sub>/日)はカーボンネガティブとして評価される。

堆肥製造で消費された外部電力使用60.1(kWh/日)に伴うCO<sub>2</sub>排出量は電気事業者から供給された電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>の排出量の算出方法に基づいて、電力消費量にCO<sub>2</sub>排出係数0.457(kg-CO<sub>2</sub>/kWh)を乗じてCO<sub>2</sub>の排出量27.5(kg-CO<sub>2</sub>/日)を算出した。なお、使用電力は堆肥化システムによる製造堆肥重量比から類推した。

### ③ バイオ液肥及び堆肥の農地までの搬送及び施用

バイオ液肥及び堆肥の農地までの搬送及び施用における GHGs の排出量は、i)メタン発酵バイオガス発電施設で製造されたバイオ液肥を農地まで輸送し施用した際に伴う GHGs 排出量、ii)メタン発酵バイオガス発電施設で製造された堆肥を農地まで輸送し施用した際に伴う GHGs 排出量に分けてそれぞれの GHGs 排出量を算出後、両者を合計した。

#### i)メタン発酵バイオガス発電施設で製造されたバイオ液肥を農地まで輸送し、施用した際に伴う GHGs 排出量

CO<sub>2</sub>の排出量は、燃料の使用に伴う CO<sub>2</sub>の排出量の算出方法に基づいて算出した。すなわち、バキューム車と散布車のそれぞれのガソリン使用量に単位発熱量を乗じて発熱量を算出し、それぞれの発熱量に炭素排出係数と炭素 C 原子量に対する CO<sub>2</sub>分子量の重量比を乗じて CO<sub>2</sub>排出量を算出した（表 6 4）。

表 64 バイオ液肥を農地までの搬送した際の CO<sub>2</sub> 排出量

	燃料 (L)	走行距離 (km/日)	燃費 (L/km)	燃料使用量 (L/日)	単位発熱量 (MJ/L)	発熱量 (MJ)	CO <sub>2</sub> 排出量係数 (kg-CO <sub>2</sub> /MJ)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)	総 CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)
バキューム車	ガソリン	60	5.5	11	34.6	377	0.0183	25.3	35.6
散布車	ガソリン	20	4.5	4.4	34.6	154	0.0183	10.3	

次に、メタン発酵バイオガス発電施設で製造されたバイオ液肥を農地まで搬送した際に伴う CH<sub>4</sub>及び N<sub>2</sub>O の排出量はバキューム車と散布車のそれぞれの走行距離に CH<sub>4</sub>及び N<sub>2</sub>O の排出量係数を乗じて算出した（表 6 5、6 6）。

表 65 バイオ液肥を農地までの搬送した際の CH<sub>4</sub> 排出量

	重量 (t)	燃料 (L)	走行距離 (km/日)	CH <sub>4</sub> 排出量係数 (kg-CH <sub>4</sub> /km)	CH <sub>4</sub> 排出量 (kg-CH <sub>4</sub> /日)	総 CH <sub>4</sub> 排出量 (k-CH <sub>4</sub> /日)
バキューム車	10	ガソリン	60	0.000035	0.0021	0.003
散布車	3.6	ガソリン	20	0.000035	0.0007	

表 66 バイオ液肥を農地までの搬送した際の N<sub>2</sub>O 排出量

	重量 (t)	燃料 (L)	走行距離 (km/日)	N <sub>2</sub> O 排出量係数 (kg-N <sub>2</sub> O/km)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/日)	総 N <sub>2</sub> O 排出量 (k-N <sub>2</sub> O/日)
バキューム車	10	ガソリン	60	0.000039	0.0023	0.003
散布車	3.6	ガソリン	20	0.000035	0.0007	

次に、バイオ液肥を農地で散布した際に伴う GHGs 排出量について、CO<sub>2</sub> 排出量は散布車のガソリンの使用量に単位発熱量を乗じて発熱量を算出し、発熱量に炭素排出係数と炭素 C 原子量に対する CO<sub>2</sub> 分子量の重量比を乗じて CO<sub>2</sub> 排出量を算出した（表 6 7）。

表 67 バイオ液肥の農地散布に伴う CO<sub>2</sub> 排出量

	燃料の種類	作業時間	燃費 (L/時)	使用燃料 (L)	単位発熱量 (GJ/L)	CO <sub>2</sub> 排出係数 (kg-C/MJ/日)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)
散布車	ガソリン	2.25	4.5	10	37.7	0.0007	0.97

次に、CH<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O の排出量は散布車の走行距離に CH<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O の排出量係数を乗じて算出した（表 6 8、6 9）。

表 68 バイオ液肥の農地散布に伴う CH<sub>4</sub> 排出量

	燃料の種類	作業速度 (km/時)	作業時間 (時)	走行距離 (km)	CH <sub>4</sub> 排出係数 (kg-CH <sub>4</sub> /km/日)	CH <sub>4</sub> 排出量 (kg-CH <sub>4</sub> /日)
散布車	ガソリン	5.0	2.25	11.25	0.000035	0.0004

表 69 バイオ液肥の農地散布に伴う N<sub>2</sub>O 排出量

	燃料の種類	作業速度 (km/時)	作業時間 (時)	走行距離(km)	N <sub>2</sub> O 排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/km)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/日)
散布車	ガソリン	5.0	2.25	11.25	0.000035	0.0004

ii) メタン発酵バイオガス発電施設で製造された堆肥を農地まで搬送し、施用した際に伴う GHGs 排出量

CO<sub>2</sub> の排出量は、燃料の使用に伴う CO<sub>2</sub> の排出量の算出方法に基づいて算出した。すなわち、堆肥搬送用車と堆肥散布機輸送用車のそれぞれのガソリン使用量に単位発熱量を乗じて

発熱量を算出し、それぞれの発熱量に炭素排出係数と炭素 C 原子量に対する CO<sub>2</sub> 分子量の重量比を乗じて CO<sub>2</sub> 排出量を算出した（表 7 0）。

表 70 メタン発酵バイオガス発電施設から農地までの堆肥の搬送に伴う CO<sub>2</sub> の排出量

	燃料の種類	走行距離 (km)	燃費 (km/L)	使用燃料 (L)	単位発熱量 (MJ/L)	炭素排出係数 (kg-C/MJ)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)
堆肥輸送用車	ガソリン	20	5.5	3.6	34.6	0.0183	8.44
堆肥散布機輸送用車	ガソリン	20	4.5	4.4	34.6	0.0183	10.2

次に、メタン発酵バイオガス発電施設で製造された堆肥を農地まで搬送した際に伴う CH<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O の排出量は堆肥搬送用車と堆肥散布機輸送用車のそれぞれの走行距離に CH<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O の排出量係数を乗じて算出した（表 7 1、7 2）。

表 71 堆肥化施設から農地までの車両搬送に伴う CH<sub>4</sub> の排出量

	燃料の種類	走行距離 (km/日)	CH <sub>4</sub> 排出係数 (kg-CH <sub>4</sub> /km)	CH <sub>4</sub> 排出量 (kg-CH <sub>4</sub> /日)
堆肥搬送用車両	ガソリン	20	0.000035	0.0007
堆肥散布機輸送用車両	ガソリン	20	0.000035	0.0007

表 72 堆肥化施設から農地までの車両搬送に伴う N<sub>2</sub>O の排出量

	燃料の種類	走行距離 (km/日)	N <sub>2</sub> O 排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/km)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/日)
堆肥搬送用車両	ガソリン	20	0.000039	0.0008
堆肥散布機輸送用車両	ガソリン	20	0.000022	0.0004

搬送車両の燃料使用に伴う CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O それぞれの排出量の算出方法に基づいて、堆肥散布に伴う GHG s 排出量を算出した（表 7 3、表 7 4、表 7 5）。

表 73 農地の堆肥散布に伴う CO<sub>2</sub> の排出量

	燃料の種類	作業時間	燃費 (L/時)	使用燃料 (L)	単位発熱量 (GJ/kL)	炭素排出係数 (kg-C/MJ)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)
マニユアスプレッダ	軽油	2.25	5.5	12.4	37.7	0.00187	3.21

表 74 農地での堆肥散布に伴う CH<sub>4</sub> の排出量

	燃料の種類	作業速度 (km/時)	作業時間 (時)	走行距離 (km)	CH <sub>4</sub> 排出係数 (kg-CH <sub>4</sub> /km)	CH <sub>4</sub> 排出量 (kg-CH <sub>4</sub> /日)
マニュアルスプレッダ	軽油	5.0	2.25	11.25	0.000013	0.00015

表 75 農地での堆肥散布に伴う N<sub>2</sub>O の排出量

	燃料の種類	作業速度 (km/時)	作業時間 (時)	走行距離(km)	N <sub>2</sub> O 排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/km)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/日)
マニュアルスプレッダ	軽油	5.0	2.25	11.25	0.000025	0.0003

バイオ液肥及び堆肥の農地までの輸送と施用における GHGs の排出量は上記の i) 及び ii) の CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O の排出量の合計値に地球温暖化係数を乗じて  $\Sigma$  (CO<sub>2</sub> eq. kg) を算出した (表 76)。

表 76 バイオ液肥及び堆肥の農地までの搬送及び施用における GHGs 排出

GHGs	排出量(kg/日)	地球温暖化係数	インパクト(CO <sub>2</sub> eq.kg/日)	$\Sigma$ (CO <sub>2</sub> eq.kg/日)
CO <sub>2</sub>	58.42	1	58.42	60.0
CH <sub>4</sub>	0.00495	25	0.123	
N <sub>2</sub> O	0.0049	298	1.46	

#### ④ バイオ液肥及び堆肥を施用した農地からの排出におけるそれぞれの GHGs の排出量

耕地の化学肥料以外の肥料の施用に伴う N<sub>2</sub>O 排出量の算出方法に基づいて、バイオ液肥及び堆肥を施用した農地からの排出における N<sub>2</sub>O の排出量をそれぞれ算出し、両者を合計した (表 77、78)。

表 78 バイオ液肥を施用した農地からの N<sub>2</sub>O 排出量

農作物	散布面積 (a/年)	バイオ液肥散布量 (t/年)	バイオ液肥の窒素含有率 (%)	バイオ液肥中の窒素含有量 (t)	N <sub>2</sub> O の排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/t-N)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/年)
野菜	13,716	7,118	0.28	18.4	9.74	179



表 79 堆肥を施用した農地からの N<sub>2</sub>O の排出量

農作物	散布面積 (a/年)	堆肥投入量 (t/年)	堆肥の窒素 含有量(%)	堆肥の窒素 含有量 (t)	N <sub>2</sub> O の排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O/t-N)	N <sub>2</sub> O 排出量 (kg-N <sub>2</sub> O/年)
野菜	11,250	1,132	2.2	24.9	9.74	242.6

さらに、N<sub>2</sub>O の排出量に地球温暖化係数を乗じて Σ (CO<sub>2</sub> eq. kg) を算出した (表 8 0)。

表 80 バイオ液肥及び堆肥を施用した農地からの排出における GHGs 排出

GHGs	排出量(kg/年)	地球温暖化係数	インパクト(CO <sub>2</sub> eq.kg/年)	Σ(CO <sub>2</sub> eq.kg/年)
CO <sub>2</sub>	0	1	0	<b>125,636</b>
CH <sub>4</sub>	0	25	0	
N <sub>2</sub> O	421	298	125,636	

但し、バイオ液肥及び堆肥を農地に施用するに当たっては、適切な施肥設計により、化学肥料の窒素施用量が減じられることになる。表 1 7 及び表 1 8 によると、化学肥料、化学肥料以外の肥料 (バイオ液肥・堆肥) に関わらず単位窒素当たりの排出係数は同じなので、排出量の増減はないと解釈できる。

メタン発酵バイオガス発電システムの各段階における GHGs 排出量は図 2 2 のように整理される。この事例では、メタン発酵による発電における余剰電力 (売電) が 374 CO<sub>2</sub>eq. kg/日のカーボンネガティブとして評価される。総排出量は 90.1 CO<sub>2</sub>eq. kg/日である。プラスマイナスすると GHGs 排出量は -284 CO<sub>2</sub>eq. kg/日となった。

CO<sub>2</sub> eq.t/日

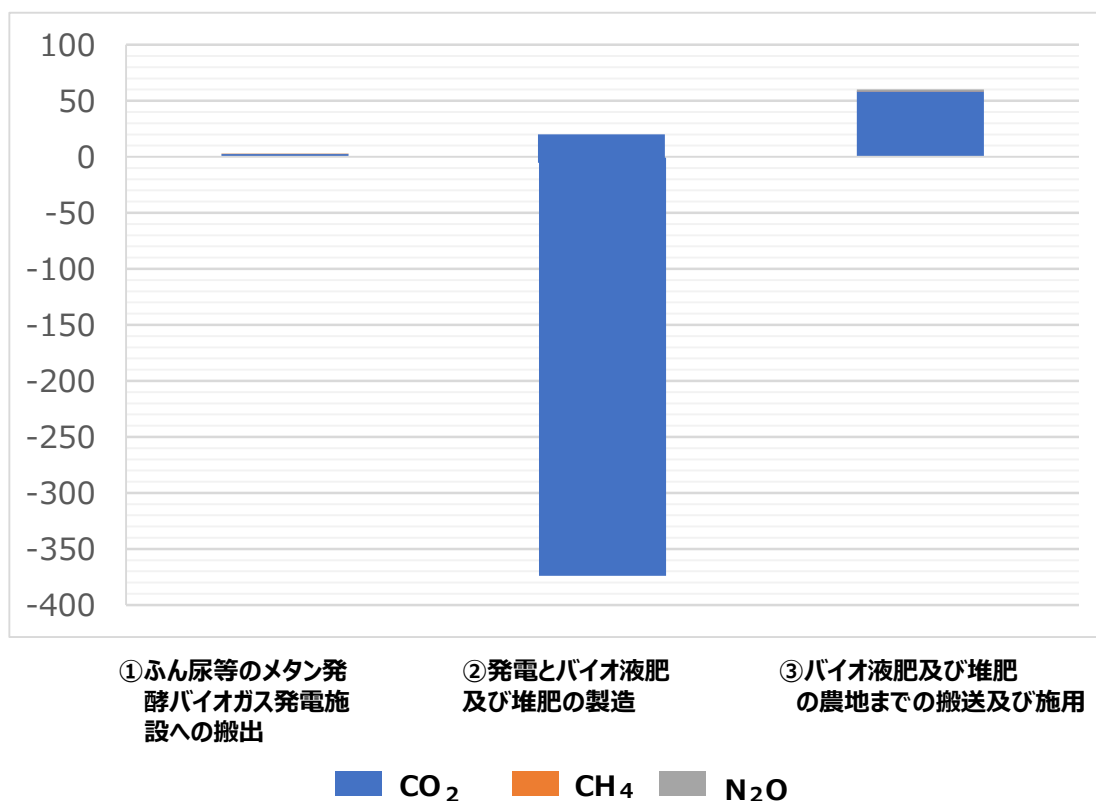


図23 メタン発酵バイオガス発電システムの各段階におけるGHGs排出量

### 3-4. 堆肥化システムとメタン発酵バイオガス発電システムの比較

本評価事例では、堆肥化システムとメタン発酵バイオガス発電システムにおける「運転段階」のLCA解析によるGHGs排出量を推計した。従って、施設の建設や廃棄、車両の調達等に関する計算は含めていない。いずれも原料の搬出、製造、製造された堆肥やバイオ液肥の農地への搬送及び施用、施用農地からの排出を解析範囲とした。製造段階では、各種の消耗品の使用に伴うGHGs排出量も計算しなければいけないが省略している。また、堆肥やバイオ液肥は資材としての価値が大きく、それを間接エネルギー評価したり、炭素分の土壌貯留効果をカーボンネガティブとして評価することもできるが、ここでは省略している。

堆肥化システムの結果をみると、堆肥化システムはGHGsを排出することになっているが、よってこの方法はよくないと判断するのは適切でない。堆肥は持続的な土づくり、農業生産には不

可欠で様々な効果がある。より省エネで高性能の堆肥を製造する努力は続けるべきであるが、正式に認められている炭素の土壌貯留効果も合わせて認識する必要がある。

メタン発酵バイオガス発電システムの解析結果を見る際には、トピックス6で示した留意事項を改めて確認いただきたい。本評価事例では消化液のバイオ液肥としての利用を想定したが、水処理する場合には、電力や資材を多く使うことになるGHGs排出量が増加する。

両システムを比較すると、図24に示すように、大きく差が出るのは堆肥製造部分とメタン発酵による売電部分で、特に余剰電力の獲得によるカーボンネガティブの効果が大きい。原料、堆肥やバイオ液肥の搬送及び農地への散布に伴うエネルギー消費にも差が出る。

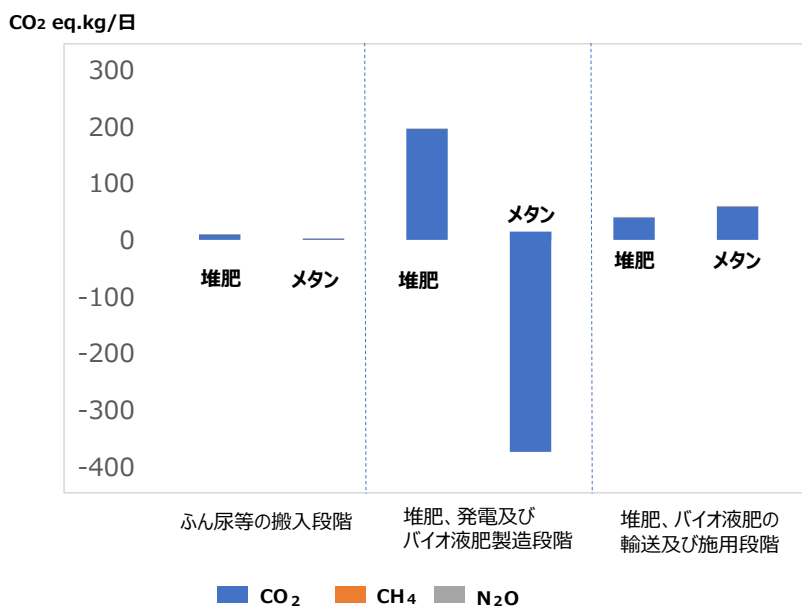


図 24 堆肥化システムとメタン発酵バイオガス発電システムの比較

バイオマス活用においては、地域と共生し、持続的でより効率的に脱炭素化に資するシステムの探求が求められる。発電に注目が集まりがちではあるが、熱利用、バイオガスの直接利用、マテリアル利用、ICT利用など、バイオマスの特性を活かした取組の進展が期待される。

## トピックス7 バイオマス持続可能性ワーキンググループにおける LCA の議論

経済産業省の新エネルギー小委員会「バイオマス持続可能性ワーキンググループ」<sup>1)</sup>では、FIT 制度が求めるライフサイクル GHG の基準と確認方法を議論している。

FIT 制度における比較対象電源を 2030 年のエネルギーミックスを想定した火力発電とした場合、電源構成比を踏まえたライフサイクル GHG は 180g-CO<sub>2</sub>/MJ 電力と算出している。また、削減率の適用は、2030 年度以降に使用する燃料については▲70%の達成を要求し、制度開始後 2030 年までの間は▲50%の達成を要求することとしている。

国内バイオマスについては、木質チップと木質ペレットに分けてライフサイクル GHG 既定値（案）が示されている。積算の構成は、栽培工程、輸送工程、加工工程、発電であり、輸送工程は、トラックの最大積載量と輸送距離に応じた既定値が示されている。メタン発酵については、2022 年度時点では、より簡便にライフサイクル GHG が排出量の基準を下回ることを確認する方法を検討するとされている。

バイオマス持続可能性ワーキンググループは、「FIT/FIP 制度におけるバイオマス燃料のライフサイクル GHG 排出量の既定値について（案）」という報告書を公表している<sup>2)</sup>。この中で、「国内木質バイオマスの既定値」を示している。

このように、FIT/FIP 制度を利用した事業を実施する場合には、本グループでの結論を踏まえた事業化の検討が必要になる。

1) 経済産業省：バイオマス持続可能性ワーキンググループ、

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/shin\\_energy/biomass\\_sus\\_wg/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/biomass_sus_wg/index.html)

2) バイオマス持続可能性ワーキンググループ（2023）：FIT/FIP 制度におけるバイオマス燃料のライフサイクル GHG 排出量の既定値について（案）：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/shin\\_energy/biomass\\_sus\\_wg/pdf/021\\_s01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/biomass_sus_wg/pdf/021_s01_00.pdf)

## 参考・引用文献

- 1) サステナブル経営推進機構 (SuMPO)  
[https://sumpo.or.jp/consulting/lca/din2eh000000018f-att/LCA\\_SuMP020210701.pdf](https://sumpo.or.jp/consulting/lca/din2eh000000018f-att/LCA_SuMP020210701.pdf)
- 2) 鹿追町環境保全センターバイオガスプラント,  
<https://www.town.shikaoi.lg.jp/work/biogasplant/>
- 3) 環境省(2012):バイオガス関連事業の LCA に関する補足ガイドライン, p6.
- 4) 玄池裕・稲葉敦・井村秀文編著(2010):地域環境マネジメント入門 LCA による解析と対策, 東京大学出版会, p. 27.
- 5) 南齋規介・森口祐一・東野達(2002):産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID). web edition. 国立環境研究所,  
[https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/index\\_j.htm](https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/index_j.htm).
- 6) 環境省(2017)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン,  
[https://www.env.go.jp/policy/local\\_keikaku/data/guideline.pdf](https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf)
- 7) 高村功・平尾雅彦(2007):木質バイオマス発電のライフサイクルインベントリ分析. 第2回 日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集. pp54-55.
- 8) 伊坪徳宏・稲葉敦編著(2018):LIME3 グローバルスケールの LCA を実現する環境影響評価手法, 丸善出版.
- 9) 一般財団法人畜産環境整備機構編(2022):堆肥化施設設計マニュアル. pp5-14.
- 10) 環境省(2022)温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver4.8)(令和4年1月), II-112,  
[https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/manual/chpt2\\_4-8.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/manual/chpt2_4-8.pdf)

[連絡先]

〒104-0033 東京都中央区新川 2-6-16 馬事畜産会館 401  
一般社団法人 日本有機資源協会 (JORA)

Tel 03-3297-5618

Fax 03-3297-5619

E-mail: [hq@jora.jp](mailto:hq@jora.jp)

<http://www.jora.jp>

発行日 : 2023 年 3 月 31 日

※手引きは改訂する場合がありますので、改訂情報に留意して下さい。