

メタン発酵によるバイオマス利用 に関する取組状況調査

令和6年4月
JWセンター 調査部

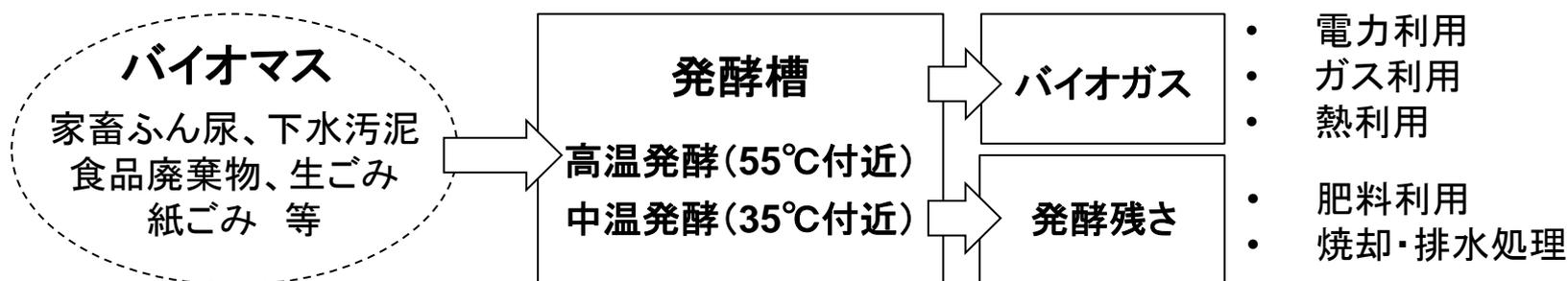
1. はじめに：調査の背景・目的

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けて、これまで焼却されていた廃棄物のうち、バイオマス等の利活用を促進することが求められる。
- メタン発酵は、幅広いバイオマスを適正処理することができ、さらに、処理副産物のエネルギー利用、マテリアル利用が期待できる。
- 廃棄物業界のカーボンニュートラルの取組みの動向を把握するために、メタン発酵によるバイオマスの処理の現状や課題等について、メタン発酵処理施設に対してヒアリング調査を実施した。

1. はじめに:メタン発酵の概要

- メタン菌により、嫌気性条件下で有機物をバイオガス・発酵残さに分解する処理方法で、廃棄物の適正処理、処理副産物の活用を目的に、自治体の一般廃棄物処理施設や下水処理場、民間の産業廃棄物処理施設等で利用されている。
- バイオガスは、ガスエンジンで発電して電力利用、発電時の廃熱を利用して温水作成、精製してガス利用が可能である。発酵残さは肥料利用が可能である。
- メタン発酵には、様々な種類の原料に適した発酵温度や発酵槽があり、家畜ふん尿や下水汚泥のような湿潤なバイオマスの処理から、厨芥類やちり紙が混合し、そのままマテリアルリサイクルが困難な家庭ごみの処理まで、国内の廃棄物処理施設で導入が進んでいる。

バイオマスのメタン発酵処理と処理副産物の活用



2. 調査方法：調査対象と調査時期

調査対象

①自治体のメタン発酵施設 6者

調査先施設	施設A	施設B	施設C	施設D	施設E	施設F
地域区分	北海道	関東	東海	関西	関西	九州

②民間のメタン発酵施設 5者

調査先施設	施設V	施設W	施設X	施設Y	施設Z
地域区分	北海道	東北	関東	東海	四国

調査時期

令和4年8月～11月

令和5年6月、8月～10月

令和6年1月、3月

2. 調査方法:ヒアリング調査項目

ヒアリング調査項目

i. 施設概要

- i -1) 処理状況(原料、メタン発酵の種類、処理能力)
- i -2) 設備設置状況
- i -3) 原料に含まれる発酵不適物への対応
- i -4) メタン発酵槽の種類
- i -5) バイオガスの利用方法
- i -6) 発酵残さの利用・処理方法

ii. 施設運営に係る課題

iii. 施設運営の工夫

iv. 国等への要望

3. 調査結果：i 施設概要

i-1) 処理状況

調査先施設の受入れ原料の種類・処理能力は以下のとおり。

施設名	原料	メタン発酵の種類	処理能力※ t/日、m ³ /日
自治体施設	A	乳用牛ふん尿、生ごみ(家庭系)	湿式／中温 94.8t
	B	可燃ごみ(家庭系)	乾式／高温 50t
	C	下水・し尿・浄化槽汚泥処理工程で発生した下水汚泥、生ごみ(家庭系)	湿式／中温 生ごみ59t 汚泥472m ³
	D	可燃ごみ(家庭系、事業系)	乾式／高温 60t
	E	下水処理工程で発生した下水汚泥	湿式／中温 1,738m ³
	F	可燃ごみ(家庭系・事業系)、し尿	乾式／高温 60t
民間施設	V	乳用牛ふん尿	湿式／中温 143t
	W	食品廃棄物(事業系)	湿式／中温 50t
	X	飼料化に向かない食品廃棄物(惣菜、牛乳、ホエー、マヨネーズ等)(事業系)を液状化したもの	湿式／中温 50t
	Y	乳用牛ふん尿	湿式／中温 17t
	Z	食品廃棄物、汚泥、紙くず(事業系) 可燃ごみ(家庭系)	乾式／高温 60t

※ 調査時の実際の処理量ではなく、処理能力や処理計画量を記載。

※ 施設Xは近隣の食品廃棄物の飼料化工場で飼料に適さないとされたものをメタン発酵の原料として受け入れている。

3. 調査結果：i 施設概要

i -2) 設備設置状況

調査先施設の設備設置状況は以下のとおり。

	施設名	原料破碎・選別設備	メタン発酵槽	バイオガス発電設備	発酵残さ排水設備 又は焼却設備	発酵残さ肥料化設備 又は燃料化設備
自治体施設	A		○	○		○
	B	○	○	○	○	
	C	○	○	○	○	○
	D	○	○	○	○	
	E		○		○	
	F	○	○		○	
民間施設	V		○	○		○
	W	○	○	○	○	
	X		○	○		○
	Y		○	○		○
	Z	○	○	○	○	

i -3) 原料に含まれる発酵不適物への対応

スライド7へ

i -4) メタン発酵槽の種類

スライド8へ

i -5) バイオガスの利用方法

スライド10～11へ

i -6) 発酵残さの利用・処理方法

スライド12～13へ

3. 調査結果：i 施設概要

i -3)原料に含まれる発酵不適物への対応

家庭ごみや事業系の食品廃棄物を受け入れている施設では、原料に適さない「発酵不適物」が混入することが多い。調査先施設における発酵不適物への対応については以下のとおり。

家庭ごみや事業系の食品廃棄物を受け入れる施設における
発酵不適物への対応状況

発酵不適物の例

自治体施設

施設名	発酵不適物への対応
A	生ごみ分別収集
B	横型発酵槽の採用、破碎設備又は選別設備の設置
C	生ごみ分別収集、破碎設備又は選別設備の設置
D	横型発酵槽の採用、破碎設備又は選別設備の設置
F	横型発酵槽の採用、破碎設備又は選別設備の設置

民間施設

W	破碎設備又は選別設備の設置
Z	破碎設備又は選別設備の設置、攪拌装置を使用しない発酵槽の採用



家庭の可燃ごみに混入していた金属くず



プラスチック袋の荷姿の食品廃棄物



発酵不適物として回収されたプラスチック片

※ 破碎・選別装置は、魚のアラ等のサイズの大きい生ごみのサイズ統一の目的でも設置。

※ 横型発酵槽や攪拌装置と発酵不適物の関係はスライド8へ。

原料に含まれる発酵不適物には、**生ごみとその他の可燃ごみの分別収集や、破碎設備又は選別装置の設置、発酵不適物の多い原料に対応した発酵槽の採用**で対応していた。

3. 調査結果：i 施設概要

i -4) メタン発酵槽の種類

本調査では、処理方式（湿式・乾式）、発酵温度（中温・高温）、発酵槽の形状（縦型・横型）、攪拌装置の有無の違いで、3種類の発酵槽を調査した。
各施設における発酵槽の種類と各発酵槽の原料は以下のとおり。

	施設の種類		発酵槽の種類の特徴
	自治体施設	民間施設	
湿式／中温／ 縦型 (攪拌装置有り)	【施設A、C、E】 ・ 乳用牛ふん尿 ・ 生ごみ ・ 下水汚泥	【施設V、W、X、Y】 ・ 乳用牛ふん尿 ・ 食品廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主に湿潤な原料を処理 ・ 発酵不適物が少ない原料に適した発酵槽
乾式／高温／ 縦型 (攪拌装置無し)	なし	【施設Z】 ・ 食品廃棄物、汚泥、紙くず、可燃ごみ	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオガスを発生しやすい紙くずを含んだ可燃ごみを処理 ・ 攪拌装置がない発酵槽は発酵不適物が絡まりにくい
乾式／高温／ 横型 (攪拌装置有り)	【施設B、D、F】 ・ 可燃ごみ ・ し尿	なし	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオガスを発生しやすい紙くずを含んだ可燃ごみを処理 ・ 横型発酵槽は発酵残さの排出口の構造が単純であるため、発酵不適物が多い原料に適した発酵槽 ・ 横型発酵槽の攪拌装置は原料の間にガスの通り道を作るために設置

受け入れる原料に含まれる発酵不適物の量やバイオガスを発生しやすい原料の割合によって、適した発酵槽の種類が異なる。

参考：調査先のメタン発酵槽の例

本調査で視察した発酵槽の種類は以下のとおり。

湿式／中温／縦型（攪拌装置有り）



乾式／高温／縦型（攪拌装置無し）



乾式／高温／横型（攪拌装置有り）



3. 調査結果：i 施設概要

i -5) バイオガスの利用方法

各施設におけるバイオガスの利用方法は以下のとおり。(1/2)

	自治体施設	民間施設
電力利用	<p>【施設A、B、C、D】</p> <ul style="list-style-type: none"> 施設内の発電設備で発電し、FIT制度を利用して電力会社に売電。 施設内の発電設備で発電し、施設内利用。 発電時の廃熱を利用(利用方法:発酵槽の加温、ハウス栽培の熱源、発酵残さの乾燥等)。 	<p>【施設V、W、X、Z】</p> <ul style="list-style-type: none"> 施設内の発電設備で発電し、FIT制度を利用して電力会社に売電。 施設内の発電設備で発電し、施設内利用。 <p>【施設Y】</p> <ul style="list-style-type: none"> 施設内の発電設備で発電し、FIT制度を利用して電力会社に全量売電。施設内利用の電力は電力会社から購入。 <p>【施設V、W、X、Y、Z】</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電時の廃熱を利用(利用方法:発酵槽の加温、発酵残さの乾燥等)。

※ 調査先の回答を記載。

- すべての施設に共通して、バイオガス発電の電力は電力会社に売電し、売電収入を得ており、発電時の廃熱を施設利用していた。
- また、非常時に公共施設に設置した発電機を稼働させるためにガス貯留タンクを設置している(施設V)、災害発生時に地域住民の電源ステーションとなる設備を設置している(施設X)という回答が得られた。
- バイオガス発電のメリットは、売電収入が確保できること、発電時の廃熱が活用できること、災害時の事業継続や地域貢献ができることである。

3. 調査結果：i 施設概要

i -5) バイオガスの利用方法

各施設におけるバイオガスの利用方法は以下のとおり。(2/2)

	自治体施設	民間施設
ガス利用	【施設E、F】 <ul style="list-style-type: none"> 施設でバイオガスを精製し、メタン濃度の高いガスとして都市ガス事業者やその他のガス利用者に販売する(ガスの利用用途: 都市ガス、車両燃料)。 	なし
その他	【施設A】 <ul style="list-style-type: none"> 施設でバイオガスを精製し、メタン濃度の高いガスとして水素製造事業者販売する。水素事業者は触媒反応でメタンガスから水素を製造する(水素の利用用途: 燃料電池自動車の燃料)。 	なし

※ 調査先の回答を記載。

- バイオガスを都市ガス利用している自治体施設(施設F)からは、**都市ガス利用は、市民の排出したごみ由来のバイオガスを市内で地産地消していることが意識しやすい**(発電利用だと各地域のあらゆる再エネ発電施設の電力が電力会社で一旦まとめられてから振り分けられるので住民が意識しにくい)ことや、ガスのまま家庭等に届けるので**電気エネルギーへの変換ロスがない**ことからガス利用を選択したとの回答があった。

3. 調査結果：i 施設概要

i -6)発酵残さの利用・処理方法

各施設における発酵残さの利用・処理方法は以下のとおり。(1/2)

	自治体施設	民間施設
肥料生産、燃料生産	<p>【施設A】</p> <ul style="list-style-type: none"> 市町村内の複数の農家に、市町村が保有する大型散布車で提供している。 <p>【施設C】</p> <ul style="list-style-type: none"> 脱水・乾燥後、炭化炉で蒸焼きにして燃料として販売している。 	<p>【施設V】</p> <ul style="list-style-type: none"> 殺菌槽での滞留後、固液分離し、固体は再生敷料、液体は液肥として乳用牛ふん尿を搬入した農家に提供。 <p>【施設W、X】</p> <ul style="list-style-type: none"> 脱水後、固体分は肥料や肥料原料として農業法人・肥料メーカー等に販売。 <p>【施設Y】</p> <ul style="list-style-type: none"> 固液分離後、液体は液肥として乳用牛ふん尿を搬入した農家や地域の茶農家、ハウス栽培農家、果樹栽培農家等に販売。 固体は堆肥工場の水分調整材として販売している。

※ 調査先の回答を記載。

- 施設が受け入れる原料の種類により、原料に含まれる発酵不適物の量が異なっていた。
- 家畜ふん尿や分別収集した生ごみ、事業系の食品廃棄物を原料とする施設(施設A、C、V、W、Y)では、発酵残さに肥料に適さないものが混入しにくいため、発酵残さを肥料利用していた。
- 発酵残さ由来の肥料は窒素が多く、リン・カリが不足しているため、不足成分を補充する必要があるという回答があった。(施設X)
- 近年は化学肥料より有機肥料の方が安価であるという理由で液肥を購入するところがあるという回答があった。(施設Y)

3. 調査結果：i 施設概要

i -6)発酵残さの利用・処理方法

各施設における発酵残さの利用・処理方法は以下のとおり。(2/2)

	自治体施設	民間施設
施設内で再利用	なし	【施設W】 ・ 一部、返送発酵液として、新たな原料と混合。 【施設Z】 ・ 乾燥後、焼却施設の補助燃料として利用。
焼却・排水処理	【施設B、C、E、F】 ・ 脱水後、液体は排水処理し、下水道放流（施設B、Fではメタン発酵処理工程で再利用することもある）。 【施設D】 ・ 脱水後、液体は排水処理し、下水道放流。固体は焼却処理。	【施設W、X】 ・ 脱水後、液体は排水処理し、下水道放流。

※ 調査先の回答を記載。

- ・ 乾式メタン発酵施設（施設B、D、F、Z）の発酵残さは、脱水後、固体は焼却処理もしくは施設内で再利用されていた。液体は排水処理後に下水道放流されていた。
- ・ 乾式メタン発酵施設は発酵不適物を含む原料の処理に適しており、発酵残さにも発酵不適物が混入しやすいため、発酵残さは肥料利用していないという回答があった。（施設Z）
- ・ **発酵残さの利用・処理方法は、発酵残さに含まれる「肥料に適さないもの」や「発酵不適物」の量、焼却施設・排水処理施設の有無、地域の肥料需要等を参考に適した方法が採用されていた。**

参考：発酵残さの利用方法の例

本調査で視察した施設の発酵残さの利用方法の例は以下のとおり。

<肥料利用>



家畜ふん尿をメタン発酵した後の発酵残さを固液分離したもの（液肥）を貯めた貯留槽

<敷料利用>



家畜ふん尿をメタン発酵した後の発酵残さを固液分離したもの

<燃料利用>



下水汚泥や家庭の生ごみをメタン発酵した発酵残さの炭化物

3. 調査結果：ii 施設運営に係る課題（1／3）

各施設におけるメタン発酵処理における課題は以下のとおり。

	自治体施設	民間施設
原料の確保	なし	<p>【施設W】</p> <ul style="list-style-type: none"> 家庭系生ごみや事業系一般廃棄物に該当する食品残さは市の焼却施設に搬入されているため、原料が足りず、施設稼働率が低い。 飲食店や食品工場の食品廃棄物の排出量には季節変動があり、冬期は回収量が少なくなる。
発酵不適物の混入	<p>【施設C】</p> <ul style="list-style-type: none"> 家庭からの生ごみの中に、フォーク等の金属が混入することがあり、前処理設備の故障につながる。 <p>【施設F】</p> <ul style="list-style-type: none"> 家庭の可燃ごみに、資源化ごみである衣類が混入していることがある。衣類は選別機に絡みついたため、毎日、手作業で選別する工程が発生している 	<p>【施設W】</p> <ul style="list-style-type: none"> 包装された食品廃棄物も受け入れており、原料にプラスチックや紙くずが8～10%程度混入する。

※ 調査先の回答を記載。

3. 調査結果：ii 施設運営に係る課題（2／3）

各施設におけるメタン発酵処理における課題は以下のとおり。

	自治体施設	民間施設
設備の維持管理	なし	【施設W】 <ul style="list-style-type: none"> 施設の設置場所が海に近く、風が強いため、屋外機器や配管の凍結対策・暴風対策に苦勞している。
バイオガスの精製	【施設D】 <ul style="list-style-type: none"> バイオガスの硫化水素やシロキサンを除去するための脱硫装置・シロキサン除去装置（活性炭）の薬剤の消耗が早く、ランニングコストの増加につながっている。 	なし
発電	【施設C】 <ul style="list-style-type: none"> 発電用エンジンの点検や故障により、発電できない期間が発生する。 	【施設V】 <ul style="list-style-type: none"> 電力会社の再生可能エネルギーに係る出力制限等の理由により、発電できない期間が発生する。

※ 調査先の回答を記載。

3. 調査結果：ii 施設運営に係る課題（3／3）

各施設におけるメタン発酵処理における課題は以下のとおり。

	自治体施設	民間施設
発酵残さの搬送、利用	<p>【施設D】</p> <ul style="list-style-type: none"> 発酵槽から発酵残さを引き抜き、焼却施設までに搬送する配管で目詰まりが発生した。原因は搬送距離が長く、配管に傾斜がついていたこと。 発酵残さのろ液に、砂、礫、金属等が混入し、搬送に苦慮している。 	<p>【施設V】</p> <ul style="list-style-type: none"> 液肥は散布時期が限られるほか、遅効性なので、散布のタイミング等、工夫が必要である。

※ 調査先の回答を記載。

- 自治体施設、民間施設に共通する課題として、**原料に発酵不適物が混入すること、発電できない時期がある**ことがあった。
- 自治体施設の課題には、バイオガス精製設備のランニングコストの増加、発酵残さの搬送時の目詰まりに関する課題があった。
- 民間施設の課題には、原料の回収量が足りない、季節変動がある、発酵残さの肥料利用では散布時期が限られるという課題があった。

3. 調査結果：iii 施設運営の工夫（1／3）

各施設における円滑な施設運営の工夫は以下のとおり。

	自治体施設	民間施設
排出側との 協力・連携	<p>【施設C】</p> <ul style="list-style-type: none"> 家庭の生ごみとその他の可燃ごみを分別回収し、極力、発酵不適物が混入しないようにしている。 	<p>【施設V】</p> <ul style="list-style-type: none"> 酪農家は家畜ふん尿の処理に苦慮しており、処理費用をかけても適正処理を行いたいと考えているところがある。家畜ふん尿をメタン発酵することにより、悪臭等の課題解決や肥料提供等で酪農経営に貢献できる。 家畜ふん尿の排出者に消化液の引取りを依頼し、消化液の貯留量が過剰にならないようにしている。 <p>【施設X】</p> <ul style="list-style-type: none"> 原料に異物が混入していた場合等には、排出場所に担当者が訪問し、分別指導、啓発（担当者による説明、ポップ・ステッカーの掲示等）を行っている。

※ 調査先の回答を記載。

3. 調査結果: iii 施設運営の工夫(2/3)

各施設における円滑な施設運営の工夫は以下のとおり。

	自治体施設	民間施設
施設の円滑な稼働	なし	<p>【施設V】</p> <ul style="list-style-type: none"> バイオガス発生のポテンシャルを最大化するため、毎日、畜産農家からフレッシュな家畜ふん尿を回収している。 毎日の原料受入量、発酵温度、ガス発生量、電力量、水分量等のデータを計測、記録、分析し、BIツールにより分析・見える化している。原料投入量に対するガス発生量が基準値よりも低下した場合にガス発生量が減少した原因を特定し、必要な対策を講じている。例えば機材トラブルによる場合は機材メンテナンスを行う。 <p>【施設X】</p> <ul style="list-style-type: none"> プラント設計会社が24時間、プラントを遠隔監視し、トラブル発生時に施設担当者にアラームで知らせる仕組みがある。 毎日、朝礼と夕礼を実施し、少しでも異常と思われる不具合は直ちに報告することで施設の異常を事前に把握し、メンテナンスを行うこととしている。

※ 調査先の回答を記載。

3. 調査結果：iii 施設運営の工夫（3／3）

各施設における円滑な施設運営の工夫は以下のとおり。

	自治体施設	民間施設
メンテナンス時の施設運営	<p>【施設B、D、E、F】</p> <ul style="list-style-type: none"> 発酵槽や配管等の処理ラインを2系統設置し、1系統がメンテナンスで稼働停止した場合も、もう1系統で処理。 	<p>【施設V】</p> <ul style="list-style-type: none"> 同左 <p>【施設X】</p> <ul style="list-style-type: none"> プラントの溶接、配管等は職員自らが行っており、メンテナンスを外注しなくても対応できる体制を構築している。土日に施設の異常が生じた場合、外注では、対応してもらえず、施設を止めざるを得ないが、施設の修繕を内製化することにより、土日や祝日でも、施設を修繕することができる。
発酵残さの活用・処理	なし	<p>【施設W】</p> <ul style="list-style-type: none"> 消化液を返送発酵液として、新たな原料と混合することで排水処理量を低減している。

※ 調査先の回答を記載。

- 自治体施設、民間施設に共通して、排出側との協力・連携体制の構築、メンテナンス時の施設稼働継続のためのプラント設計等の工夫を行っていた。
- 民間施設では、施設の円滑な稼働のための工夫、排水処理量低減のための工夫を行っていた。

3. 調査結果：Ⅳ国等への要望

<バイオマス利活用の情報発信に関する要望>

- 施設Vが立地する自治体では、家畜ふん尿の循環利用を通じたまちづくりに取り組んでいるが、酪農家等へのインセンティブがないと取組みに賛同してもらえないため、エネルギー転換が必要である根拠等について、これまで以上に発信してほしい。（施設V）

<積極的なバイオマスの再生利用に関する要望>

- 県全体で食品廃棄物の飼料化、肥料化が進んでおらず、環境問題に意識の高い排出事業者が少ない状況である。市町村の施設から排出される食品廃棄物の多くが市町村が設置する焼却施設に搬入され、施設Wへの搬入は限られており、市町村の協力が不十分であると感じている。市町村が率先してゼロカーボンを目指すための取組みを進め、食品廃棄物のリサイクルが促進されるよう、方向転換することが望まれる。（施設W）

<食品廃棄物リサイクル促進に関する要望>

- 自治体が安価で事業系一般廃棄物を受入れ焼却処理しているため、食品廃棄物がリサイクルにまわりにくい現状がある。今後、食品廃棄物リサイクルが普及していくことが望まれる。（施設X）

4. 総括

＜メタン発酵施設の運営状況＞

- メタン発酵処理は、廃棄物処理と同時に、電力利用、廃熱利用、ガス利用、肥料利用による処理副産物の活用が可能であり、2050年カーボンニュートラル実現に向けてさらなる普及が求められる。
- メタン発酵施設では、原料に含まれるバイオガスを発生しやすいものや発酵不適物の割合、焼却施設の有無等によって、適した発酵槽・発酵方式を採用していた。
- 施設で受け入れる廃棄物の種類や発酵槽の種類、発酵残さの処分方法は、各施設で異なっていたが、自治体施設、民間施設に共通する課題としては、原料に発酵不適物が混入すること、（バイオガス発電している施設では）発電できない時期が発生することであった。また、両施設に共通して、円滑な施設運営のために、排出側との協力・連携体制の構築、メンテナンス時等の施設稼働継続のためのプラント設計を実施していた。

4. 総括

＜メタン発酵施設の普及の見通し＞

- メタン発酵で発生するバイオガスの利用方法には、発電利用、都市ガス利用等があるが、前者は電力の自給自足や売電によるメリットがあり、後者には、市民がエネルギーの地産地消を意識しやすいことやメタンガスを電力に変換する際に生じるようなエネルギーのロスがないこと等のメリットがある。
- 自治体施設は焼却施設とメタン発酵を組み合わせたり、家庭系の生ごみと下水汚泥の両方を同じ施設でメタン発酵することにより、家庭系の生ごみのより一層の資源循環の取組みが進むことが期待される。
- 民間施設では、家畜ふん尿の処理に課題を抱えている酪農家が農業協同組合等と連携のもとで、メタン発酵施設を導入することにより、資源循環を推進することが期待される。

4. 総括

＜メタン発酵施設の普及のために求められること＞

- バイオマスのメタン発酵施設が普及するには、国や都道府県が、排出者がバイオマスをリサイクルするモチベーションを高めるような方策を打ち出すことや、家庭の生ごみや公共施設から排出される廃棄物がリサイクルされるよう、市町村が率先して取組みを進めること、食品廃棄物を再生利用する処理業者が排出事業者から選ばれやすい環境が整うことが求められる。