

# メタン発酵システム構築による SDGs 達成への貢献

Contribution to the Achievement of SDGs by Creating Methane Fermentation System

中村 真人\* 山岡 賢\* 折立 文子\*\* 柴田 浩彦\*\*\*  
 (NAKAMURA Masato) (YAMAOKA Masaru) (ORITATE Fumiko) (SHIBATA Hirohiko)

## I. SDGs とバイオマス利活用との関連性

持続可能な開発のための 2030 アジェンダは、先進国と開発途上国が共に取り組むべき国際社会全体の普遍的な目標として 2015 年に国連で採択され、その中に持続可能な開発目標 (SDGs) として 17 のゴール (目標) と 169 のターゲットが掲げられた。政府は、2030 アジェンダの実施にかかる重要な挑戦に取り組むための国家戦略として、2016 年 12 月に SDGs 実施指針<sup>1)</sup>を決定した。同実施指針では、SDGs のゴールとターゲットのうち、日本として特に注力すべき 8 つの優先課題が示され、その 5 番目として、「省・再生可能エネルギー、気候変動対策、循環型社会」が挙げられている。この優先課題を達成するための具体的施策には、「再生可能エネルギーの導入促進」、「食品廃棄物等リデュース・リサイクルの推進」、「低炭素化にも資する地域循環圏構築の促進」のほか、農林水産省の「農山漁村の振興のための再生可能エネルギー活用の推進」などの農村地域に関連の深い施策が含まれる。

SDGs 自体は新しい概念であるが、その中身は従来から取り組まれていたことが多く、農業農村工学分野においてこれまで取り組まれてきたことが多く含まれている。本報では、農業農村工学分野で取り組まれてきた、メタン発酵を中核とした資源循環システムが、優先課題 5「省・再生可能エネルギー、気候変動対策、循環型社会」の解決のために、どのように貢献できるかについて考察する。

## II. SDGs 達成に貢献するメタン発酵を中核とした資源循環システム

### 1. 普及のためのボトルネックは消化液の利用

メタン発酵とは、嫌気条件下において、微生物の働きにより、家畜排せつ物、食品廃棄物、汚泥などの有機物から再生可能エネルギーであるメタン (CH<sub>4</sub>) を回収する技術である。得られるメタンを化石燃料の代替として発電機やボイラーの燃料として利用すること

により、電気や熱を生み出すことができ、温室効果ガス (GHG) 排出を抑制できる。一方、発酵残さである消化液は、速効性の窒素、リン酸、カリなどの肥料成分を含むため、化成肥料の代わりに利用できる。つまり、メタン発酵システムの構築は、エネルギー生産と合わせて、地域に賦存する資源を有効利用することにより循環型社会の形成に寄与し、廃棄物発生量や温室効果ガス排出量の削減にも貢献する (図-1)。そのため、メタン発酵を活用した適正なシステムを構築すれば、地域の課題を一度に解決できる可能性がある。また同システムは、SDGs 実施指針の優先課題 5 を解決するためのツールとなりうる。

このようにメリットが多いメタン発酵システムであるが、消化液の利用が十分進まないことがボトルネックとなり、戦後何度かブームは起こるものの本格的な普及には至らなかった。消化液の利用が進まなかった要因として、消化液の肥料成分濃度が低いこと (窒素濃度は 0.2~0.3%程度)、メタン発酵施設から圃場への消化液の輸送・散布作業が煩雑であること、消化液を水田や畑で利用した実績がほとんどなく肥料効果や

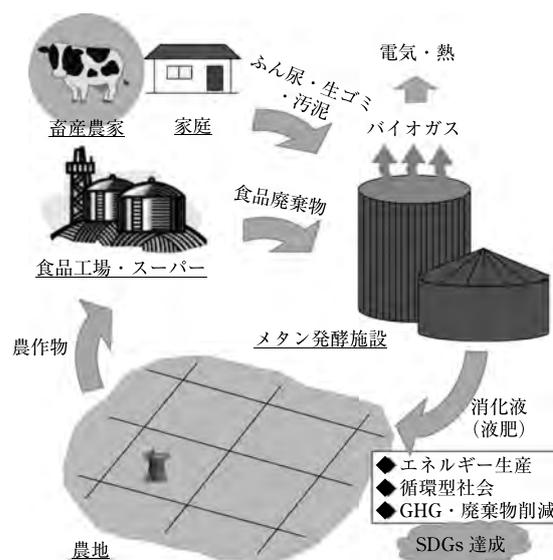


図-1 メタン発酵システム構築による SDGs 達成への貢献

循環型社会、再生可能エネルギー、消化液、液肥、農業集落排水、汚泥

\* 農研機構農村工学研究部門, \*\* 農研機構本部  
 \*\*\* (一社) 地域環境資源センター

利用に伴う環境影響が明らかでなかったこと、化成肥料価格がそれほど高くないために耕種農家としてリスクを冒してまで新たな肥料を利用する必然性がなかったことなどが考えられる。

## 2. 消化液の液肥利用の広がり、農業農村工学分野の貢献

それに対して、2000年以降、消化液を液肥として有効活用するための取組みが各地（たとえば、福岡県大木町、京都府南丹市、同京丹後市など）で行われて現場のノウハウの蓄積が進む一方、農業農村工学分野も研究の面から貢献してきた。具体的には、国内および東南アジアにおいて消化液を水田および畑地に施用した場合の肥料成分の動態観測により、消化液の肥料としての特徴が明らかにされ、環境保全的な利用方法が提案された<sup>2)~8)</sup>（成果の一例を図-2に示す）。また、消化液のメタン発酵施設から圃場までの輸送作業、圃場での散布作業（写真-1）をモデル化し、消化液利用計画策定を支援するプログラムの開発<sup>9)~10)</sup>も行われた。一方、京都府南丹市<sup>11)</sup>、北海道別海町<sup>12)</sup>、千葉県香取市<sup>13)</sup>などにおける現地実証研究など、実践的な研究も行われ、現場レベルでの課題解決も行われた。また、それらの一連の成果は手引き・マニュアルなど<sup>14)~15)</sup>にとりまとめられている。

ここ10年で、液肥利用に関する現場ノウハウと研究での成果の蓄積が進み、以前に比べて格段に取り組

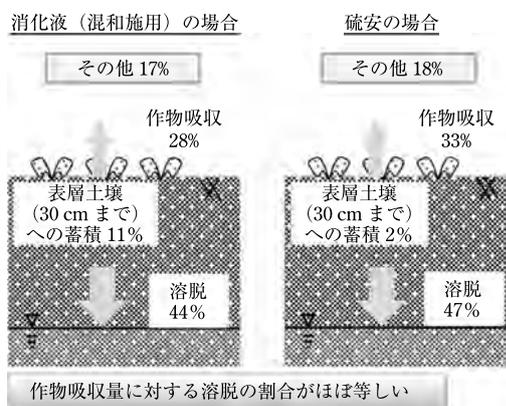


図-2 畑地に施された消化液および硫安由来窒素の動態（ライシメータ試験により観測した4年間の窒素収支）



写真-1 消化液の輸送・散布作業に用いる車両

みやすくなっている。また、先進地区では、耕種農家、メタン発酵施設、地域（自治体）などの関係者が連携し、それぞれがメリットを享受できる形で定着している。たとえば、耕種農家にとっては、肥料に要する経費の節約や肥料散布労力の節減ができる（消化液は化学肥料より安価で提供され、消化液の輸送・散布作業もメタン発酵施設側が担う事例が多いため）。メタン発酵施設側は、コスト削減効果（消化液を液肥利用する場合、浄化处理より低コスト）が期待される一方、地域にとっては、生ゴミなどの廃棄物処理コストの削減、環境対策（悪臭防止など）、資源循環型農村の実現によるイメージ向上が見込める。

地域ごとに気候、主要作物、地形、住民の気質などが異なるため、各地域に適用するためには個々の事情を踏まえた課題を克服しつつ進めていかないとけないものの、液肥利用技術のコアの部分は、システム化された一連の技術体系として確立できたと思われる。

## III. メタン発酵システムのさらなる展開と懸念

### 1. SDGsを意識したシステムの改善

このように、一定の成果が出ているメタン発酵システムであるが、あらゆる場合においても、SDGs達成に貢献できるシステムを構築できるわけではない。現時点では、比較的條件に恵まれた地域（たとえば、原料が収集しやすく、消化液を散布しやすい農地が集約している地域など）を中心に普及しているのが実情でもある。したがって、優先課題5の解決に貢献し、持続的な形で、幅広く適用可能なものにするためには、システムをより効率的なものに改善していく必要がある。

その対応策の一つとして、農業集落排水施設を活用し、そこに農業集落排水汚泥と地域バイオマス（生ゴミや農作物非食用部など）を集約してメタン発酵を行い、農村地域全体での廃棄物処理コストの低減、農家の肥料購入費削減に貢献する地域資源循環システムを実証する事業（事業実施主体：（一社）地域環境資源センター）が農林水産省により開始されている（図-3）。農業集落排水施設という既存インフラを活用することにより、低コストで農村地域でも小規模分散型システムが実現できる可能性がある。また、優先課題5の再生可能エネルギー生産や資源循環などは、地域住民の日常生活との関連性が低く、直感的に理解しづらいものであるが、地域住民の身近なところで行うことにより、自らの生活に関連して意識し、持続的な社会構築に向けた行動を促すことができる。具体的には、生ゴミがエネルギーや肥料に変換されることを知れば、生ゴミ分別を徹底しようという意識が芽生えると思われ

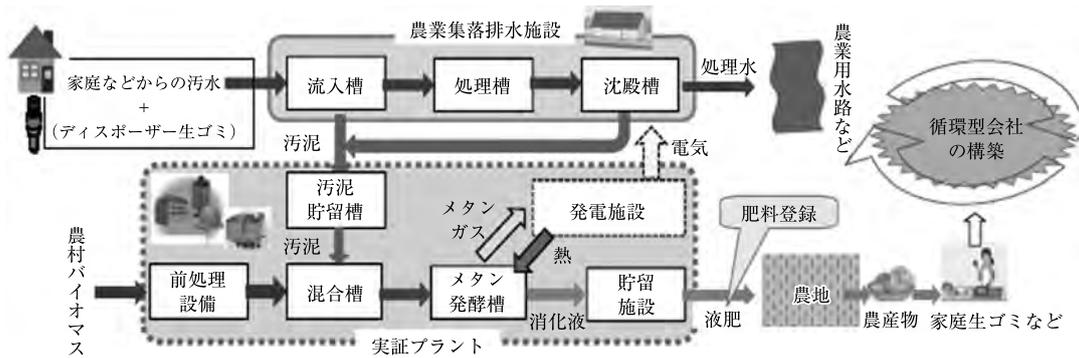


図-3 農業集落排水施設を活用したメタン発酵システム

る。

一方、消化液の利用時期が偏っているという問題がある。地域によっては、年間散布量の約半分が水稻の基肥利用のため散布が4月に集中する（水田への利用が中心の地域の月別散布イメージを図-4に示す）。その結果、散布できない時期の消化液を貯留するための貯留槽が大きくなり、散布が集中するため、消化液の輸送・散布車両が多く必要になる。このような状況では、生ゴミなどを資源化することにより廃棄物処理コストの削減に取り組んだ効果が小さくなる。

それに対しては、早稲、晩生の水稻品種の組合せ、水稻以外の作物やカバークロップ（それ自身は収穫対象とはならない作物で、土壌侵食の防止や土壌への有機物供給などを目的として、主作物の休閑期、休耕地などに栽培される作物<sup>16)</sup>）への利用など、営農サイドでの取組みが効果的である。農業側の対応により地域にとって無理のない資源循環につながることを農家に知っていただければ、消化液の利用時期の偏在問題の解消に向けた自発的な行動（たとえば、水稻以外の作物への利用を検討する、施肥時期を調整するなど）につながるのではないかと期待する。また、農家が消化液の液肥利用を通じて、メタン発酵と関係性を持つことにより、農家が資源循環やエネルギーについて関心を持つきっかけになるのではないと思われる。

## 2. SDGsの観点からのシステムの検証

2012年の固定価格買取制度（FIT）の導入により、メタン発酵への注目度が高まっており、これをきっかけにさらなる普及が進むことが望まれる。一方で、さまざまな利点があるメタン発酵システムも、進め方を間違えば、健全で持続的な資源循環システムが構築できず、優先課題5の達成にブレーキをかけかねない側面を有している。

FIT制度は発電事業に対して優遇する仕組みとなっているため、発電に注目が集まりがちである。平成28年に閣議決定されたバイオマス活用推進基本計画でも「固定価格買取制度を活用した売電の取組に偏

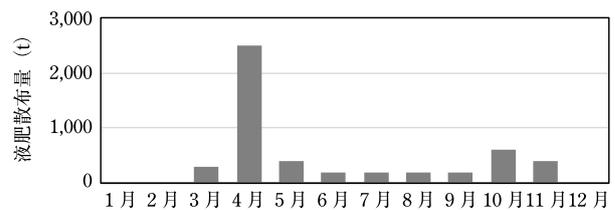


図-4 水田への利用が中心の地域の月別液肥散布イメージ

り、地域内で循環利用する取組や熱利用などが十分に進んでいるとはいいがたい」と総括されている<sup>17)</sup>。原料の収集や生成物（液肥など）の利用を考えた場合には、その地域に適したシステムの適正規模があり、基本的に大規模であるほど有利である発電の事情を優先して考えるのは危険である。その地域の農地面積に対して過大なメタン発酵施設が建設されれば、消化液を遠方の圃場まで輸送して利用したり、多量に散布して地下水汚染を引き起こしたりする懸念があり、そのような状況では適正で持続的な資源循環とは言えない。また、農地面積が十分であっても、大量に家畜排せつ物が発生し、その地域の農地にすでに家畜排せつ物由来の有機質肥料が大量に施用され、これ以上農地が受容できない地域もある。さらに、当然のことながら、消化液に含まれる重金属や塩分などの成分含有量が一定レベル以下であることは必須であり、液肥利用を前提にするのであれば、そのようなリスクのない原料を選ばなければならない。

メタン発酵を進める事業者や地方自治体の担当者は、常に、SDGsの考え方を意識し、その取組みが優先課題5の達成に貢献できるか、持続的で環境負荷が小さい計画となっているかを検証しつつ事業を進める必要がある。

## IV. SDGsを合言葉にして

SDGsは共通言語になりつつある。地方自治体レベルではSDGsの考え方を取り入れて施策を進める動きがあり、ビジネスの世界でもSDGsへの対応が求められる。投資の条件として、収益だけでなく、SDGsに

取り組んでいるかどうかについても見られる時代になっている<sup>18)</sup>。すでに述べたように、メタン発酵を中核とした資源循環システムは、SDGs 達成に貢献するためのツールとなりうる。また、メタン発酵システムを地域に適用することにより、直接関係するメタン発酵事業者、地方自治体だけでなく、地域住民や農家などのあらゆる関係者の意識が変わるきっかけとなり、持続的な社会の構築に向けた行動を促すことができる可能性を持っている。その期待に応えられるよう、これまでメタン発酵システムの開発に取り組んできた農業農村工学分野として、国内外での取組みに対して技術協力を行い、SDGs 達成に積極的に貢献する必要がある。

### 引用文献

- 1) SDGs 推進本部：SDGs 実施指針 2016 (2016), <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/sdgs/dai2/siryoul.pdf> (参照 2018 年 7 月 13 日)
- 2) 渡部慧子, 中村真人, 柳 讚錫, 飯田訓久, 川島茂人：メタン発酵消化液の水田への異なる施用方法が水田土壌中の窒素動態およびイネの生育に及ぼす影響, 農業農村工学会論文集 274, pp.17~26 (2011)
- 3) 中村真人, 日高 平, 山岡 賢, 折立文子：汚泥を原料とする低温メタン発酵消化液を施用した水田土壌におけるメタン発生および窒素無機化特性, 農業農村工学会論文集 307, I\_139~I\_146 (2018)
- 4) 藤川智紀, 中村真人, 柚山義人：メタン発酵消化液の施用による土壌から大気への温室効果ガス発生量の変化, 農業農村工学会論文集 254, pp.85~95 (2008)
- 5) 中村真人：メタン発酵消化液の液肥としての利用, 農業技術大系「土壌施肥編」7-1, pp.292の8~292の15 (2013)
- 6) 柚山義人, 中村真人, 山岡 賢：メタン発酵消化液の活用技術, 農業土木学会論文集 247, pp.119~129 (2007)
- 7) 折立文子, 中村真人, 山岡 賢, 柚山義人, Nguyen, P.D., Dang, V.B.H., Nguyen, D.K., 迫田章義：ベトナムの水田における消化液の液肥利用効果と窒素流出負荷, 環境技術 42(12), pp.727~731 (2013)
- 8) Nakamura, M., Oritate, F., Yuyama, Y., Yamaoka, M., Nguyen, P.D., Dang, V.B.H. : Ammonia Volatilization from Vietnamese Acid Sulfate Paddy Soil following Application of Digested Slurry from Biogas Digester, Paddy and Water Environment 16(1), pp.193~198 (2018)
- 9) 大土井克明, 平尾昭広, 柳 讚錫, 飯田訓久, 村主勝彦, 清水 浩, 中嶋 洋, 宮坂寿郎：メタン発酵消化液の液肥利用体系に関する研究, 農業農村工学会資源循環研究部会論文集 6, pp.89~97 (2010)
- 10) 山岡 賢, 中村真人, 相原秀基, 清水夏樹, 柚山義人：メタン発酵消化液の輸送・散布計画支援モデルの開発, 農業農村工学会論文集 273, pp.89~96 (2011)
- 11) 清水由紀夫：畜産系メタン発酵施設のビジネスとしての可能性について, 平成 30 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.100~101 (2018)
- 12) (独)北海道開発土木研究所：積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト最終成果報告書 (2005)
- 13) 農林水産技術会議事務局：バイオマス利用モデルの構築・実証・評価, プロジェクト研究成果シリーズ 500, pp.79~127 (2014)
- 14) 岩下幸司, 岩田将英：メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル, 地域資源循環技術センター (2010)
- 15) 農研機構：農村工学研究部門地域エネルギーユニット, <https://www.naro.affrc.go.jp/nire/introduction/chart/0601/index.html> (参照 2018 年 7 月 13 日)
- 16) (独)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター：環境保全型農業のためのカバークロープ導入の手引き (Ver.1.0) (2013), [https://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/narc\\_covercrop\\_man.pdf](https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/narc_covercrop_man.pdf) (参照 2018 年 7 月 13 日)
- 17) 農林水産省：バイオマス活用推進基本計画, p.3 (2016)
- 18) 環境省：持続可能な開発目標 (SDGs) 活用ガイド (2018)

[2018.9.2.受理]

#### 中村 真人 (正会員)



2002年 神戸大学大学院自然科学研究科博士前期課程修了  
(独)農業工学研究所  
2016年 農研機構農村工学研究部門地域資源工学研究領域  
現在に至る

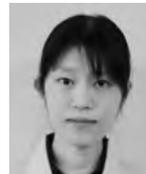
#### 略 歴

#### 山岡 賢 (正会員・CPD 個人登録者)



1984年 三重大学農学部卒業  
農林水産省入省  
2016年 農研機構農村工学部門水利工学研究領域  
水域環境ユニット長  
現在に至る

#### 折立 文子 (正会員)



2007年 京都大学大学院農学研究科修了  
2008年 農研機構農村工学研究所  
2016年 農研機構農村工学研究部門地域資源工学研究領域  
2018年 同機構本部企画調整部  
現在に至る

#### 柴田 浩彦



1986年 北海道大学工学部卒業  
(株)熊谷組入社  
2004年 (社)地域資源循環技術センター (現(一社)地域環境資源センター) 転籍  
現在に至る