

第5回 農業の持続的生産とスマート農業研究会報告

持続可能な農業生産を支えるバイオマスエネルギー

農業の担い手の確保、耕作放棄地の活用、更なる農業総産出額の増加、国際競争力の強化など、政府は持続的な農業・食料生産の実現のため、スマート農業の普及、スマートフードチェーンの導入を進めているところです。持続可能な農業の実現を図るためには、政府による規制緩和・法整備、産官によるイノベーションの創出、農業と多様な分野との連携によるスマート農業サービスの展開、事業インフラの整備など、従来の農業の枠を超えた幅広い取り組みが必要であると考えられます。当財団では、2020年度から農業の持続的生産とスマート農業研究会（座長：生源寺眞一 福島大学農学群食農学類長教授）を立ち上げて、変貌していく農業について研究をすすめています。

本レポートは、第5回研究会（2022年6月17日開催）の講師にお招きした株式会社アイシンイノベーションセンター主査の久城款氏のご講演「新興国（インド）農村地域での小型バイオガス発電システムによるスマートVillage化」、および農研機構農村工学研究部門上級研究員の中村真人氏のご講演「みどりの食料システム戦略実現のためのメタン発酵、消化液の液肥利用技術の役割・可能性」を元に講演録を作成したものです。

公益財団法人中部圏社会経済研究所 担当部長 鈴木 剛

「新興国（インド）農村地域での小型バイオガス発電システムによるスマートVillage化」

株式会社アイシン イノベーションセンター
主査 久城 款 氏



1982年 山口大学 工学部 生産機械工学科 卒業
日立造船株式会社 入社
1988年 アイシン精機株式会社 入社
2005年 エネルギー技術部 部長
2014年 イノベーションセンター 主査
2020年 定年退職
(イノベーションセンター主査として現職継続)
(アイシン精機(株)は2021年に(株)アイシンに社名変更)

はじめまして、株式会社アイシン（以下、「アイシン」）の久城です。本日は「新興国（インド）農村地域での小型バイオガス発電システムによるスマートVillage化」と題してお話いたしますが、タイトルだけではよくわからないと思います。アイシンでは、実際にインドで小型バイオガスシステムを運用しておりますが、その中で実際に起こっていること、変わっていくインドの農村の姿についてご紹介させていただきます。

本日の講演内容



1. 新興国インドの近年における社会・経済的变化
2. インド農村部における酪農業の現状
3. 小型バイオガスシステム概要
 - 3-1 我々が狙うシステムの領域
 - 3-2 システムの特徴
4. インド実証サイトの状況
5. 農村地域と小型バイオガスシステムの融合
6. まとめ

図1. 本日の講演内容

本日お話しする項目を図1に示しました。1から6までの項目がありますが、初めにインドの近年における社会的、経済的变化の状況についてご紹介します。2つめに農村部における酪農業が急速に変化している現状についてご説明します。3つめは小型バイオガスシステムについて解説します。小型と言ってもイメージがよく湧かないと思いますので、我々のシステムについて紹介します。4つめは、インドで実証を始めてもう3年になりますが、その間ずっと稼働してきた実証サイトの状況についてご紹介します。5つめ、これが本日の本題になります、農村部とこのバイオガスがどう関係するかということについてご紹介いたします。

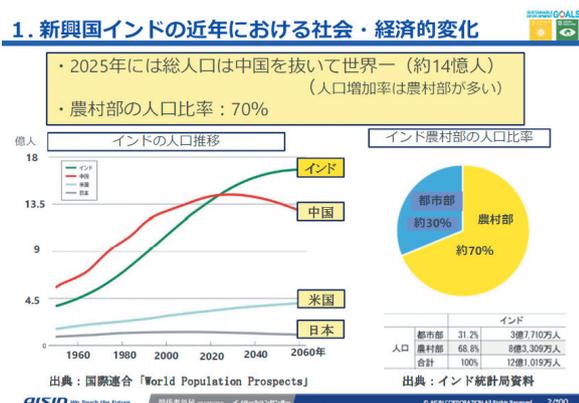


図2. インドの人口と分布

まずは、最近のインドの社会的・経済的状況についてです。皆さんご存知のように、インドの人口は、2025年には中国を抜いて世界一位になると予測されており（図2）、急速に増えています。人口構成もピラミッド型になっていて、今後も成長が期待される非常に有望な国と考えられています。人口分布における農村部の比率は、中国とは異なり、農村部に70%程の人が住んでいて、農村部でも人口が増えているといった現状です。つまり、インドは非常に人口が増加していて、これからも増えるし、経済的にも発展していくだろうということです。

図3には、インドの通信の普及状況を示しています。インドでは、人口に占める携帯電話の普及

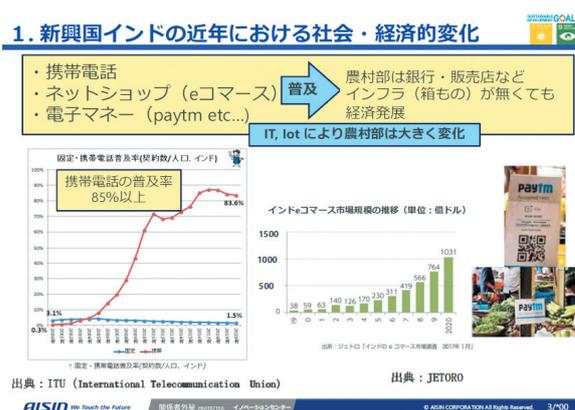


図3. インドの携帯電話等通信の普及状況

率が85%以上と、非常に普及しています。コロナ禍以前は、私も毎月のようにインドに出張し、もう何十回と現地を訪れましたが、誰もが携帯電話を所有し、利用しているといった印象でした。

ちなみに、お隣のバングラディッシュにも10年ほど前から、20数回訪問していますが、バングラディッシュも、どの人も携帯を持っているというような状況で、携帯電話はこのような地域でも生活に必要なインフラとして活用されているという状況です。

それと、ネットショップ、eコマース、インターネットによる取り引きも非常に盛んです。もともとインドはITの普及が進んでいて、都市部では当たり前のように電子取引が普及しているのですが、農村部においても普通に利用することができます。Paytmという電子マネーが農村部でも普及しています。日本などの先進国と比べると、経済発展のプロセスが違って、インフラの整備（箱もの）などを待たず、一挙に農村部にもITが広がっていったという状況です。

次にインド農村部の酪農業の現状を図4に示しました。これはインド政府の公式な統計や、実際に我々が行ったNEDO事業による調査の結果です。インドは牛の飼育頭数がおおよそ3億頭と言われ、世界一の酪農王国です。そのうちいわゆる乳牛が2億頭、バッファロー、いわゆる水牛が1億頭飼育されています。牛の飼育頭数は増加傾向で、直近は3億頭よりも増えていると思います。インドの酪農家戸数はおおよそ7,000万戸とされ、その

2. インド農村部における酪農業の現状

2-1 インドの飼育牛数と酪農家数

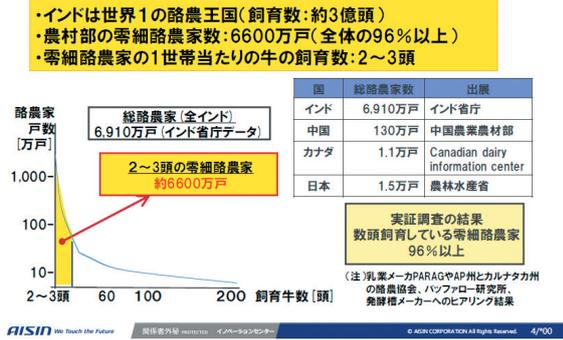


図4. インドの飼育牛数と酪農家数

うち96%に当たる6,600万戸が零細な酪農家とされています。

飼育頭数も多いが酪農家戸数も非常に多いことから想像いただける通り、飼育頭数が数頭といった零細な酪農家がほとんどです。中国、日本、カナダと比べても、インドの酪農家数は桁違いに多い。ほとんどが零細酪農家ですので、例えば日本の北海道の酪農家、広い牧場でたくさんの牛を飼育している酪農家のイメージとは、ずいぶん違っています。

実際には、数百頭の牛を飼っている大規模酪農や、Goshala (ゴシャラ) と呼ばれる、数千頭の牛を飼育している牛の養護施設なども存在します。インドではヒンドゥー教の影響で、老いた牛は殺さず、保護する団体があって、人間でいうところの老人ホームのような施設で多くの牛が飼われていたりします。このような例外を除けば、ほとんどの牛が零細の酪農家で飼育されています。

次に農村部の状況です (図5)。インドでいうVillage (村) は、日本のいわゆる「村」とはだいぶ様子が違うので、そのままVillageという言葉を使用します。インドの公式な統計ではおよそ66万から70万のVillageがあって、一つのVillageは100~250の世帯によってコミュニティを形成しています。一つの世帯には2~3頭の牛が飼われているので、200~750頭の牛が一つのVillageで飼われている計算になります。私の感覚では、1つのVillageには200~400頭の牛が居るといのが一般的なような気がします。

2. インド農村部における酪農業の現状

2-2 農村部のコミュニティ事情



図5. 農村部のコミュニティ事情

どこの酪農家も零細ですので、生産のノウハウも乏しいので生産性は低く、ミルクを売るにしてもコールドチェーンなどのサプライチェーンが脆弱ですから、業者に安く買い叩かれたり、生活水準も低いというのが一般的です。

Villageでは家畜ふんを固形燃料にして、薪などと一緒に煮炊きに利用しています。しかし、ただでさえ女性の労働時間が非常に長い、重労働である、労働環境が悪いなどと指摘されているのに、家の中で家畜ふんを煮炊きに使うと、臭いや煙がでて、健康にも良くない。このような家庭がまだ一般的です。この後でお話しますが、それがだんだんと、かつ急速に変わりつつあるという現状を紹介します。

3. 小型バイオガスシステムの概要

3-1 我々が狙うシステムの領域



図6. バイオガスシステムの規模

図6に我々の小型バイオガスシステムがターゲットとする規模を示しました。バイオガス発電システムは、日本では北海道鹿追町にある、大型の施

(1-2) システムの特長

アイシン製バイオガス発電機の特徴

磨き上げてきたガスエンジン技術により、**高性能高耐久性を実現**
 ⇒ 諸農家が安心して使えるシステムを提供

表. ガスエンジン比較(3kW以下クラス)

	アイシン製ガスエンジン	他社製ガスエンジン
冷却方式	水冷(連続運転が可能)	空冷(連続2~3時間程度)
メンテナンス間隔	8,000時間	500時間
オーバーホール間隔	32,000時間	2,000時間

アイシン We Touch the Future 関係者以外 無断複製 厳禁 © AISIN CORPORATION All Rights Reserved. 15/25

図9. アイシン製バイオガスエンジン

いといった点があります。我々が当初目指したのはメンテナンス間隔8,000時間、今は10,000時間くらいまでいけます。10,000時間の連続運転とは、車で例えるなら、時速60km/hのスピードで走っている軽トラが60万kmを連続運転する、その間エンジンオイルの交換もなしで走っているといったイメージになります。そのくらいの耐久性があるということです。空冷式のガスエンジンと比べて一桁違うということです。

このように、定置型のエンジンは連続運転という意味で車よりも過酷な使われ方をするので、これだけの耐久性があるという点を、我々もアピールしているわけです。インドで24時間運転を3年も続けていますが、問題なく3年間運転できています。

4. インド実証サイトの状況

[4-1: インド実証サイトのロケーション]

2018年4月から実証試験開始

南インド、カルナータカ州バンガロール市街地の南西に位置する SRI BhagyaLakshmi Farmsに設置
 空港から約60km (車で1時間半)
 GoogleMap India Bengaluru Aisin Biogas Demo site

実証サイトの仕様

飼育頭数	100頭
ふん量	1トン/日
発生ガス量	38m ³ /日
発電量	約60kWh/日 (発電機・1.5kW×2台)
肥料	200kg/日

アイシン We Touch the Future 関係者以外 無断複製 厳禁 © AISIN CORPORATION All Rights Reserved. 8/25

図10. インドの実証サイトのロケーション

図10はインドの実証サイトのロケーションを示しています。南インドのバンガロールというところ

ろにあり、牛はおよそ100頭ほど、ふんの量は1トン/日、バイオガス発生量は38m³です。発電量は一日あたり60kWh、肥料は200kg発生しています。

バンガロールの農村部に図11のような実証施設を新たに建設しました。バイオガス発酵槽には、1回で250kg、一日4回に分けてのふんを投入して、同じ量の水を加えます。フローティング式の発酵槽で発生したガスは、脱硫器を通った後、3kWhの発電機で発電に供されます。牛の乳搾りは搾乳機を使って自動的に行われるほか、夜間の照明にも電気が使われています。

AISIN Biogas Power Generation System



図11. インドの実証サイトの全体図

現地の方によれば、24時間明るくすると牛のアドレナリンが出て乳量が増えるのだとか、とにかく夜間も照明しています。

このシステム(図12)の特徴はふんの投入から発電まで、全く電気を使ってない、無動力であるという点です。スラリー槽の循環ポンプは発電した電力を使っていますが、それ以外はすべて動力なしで運転しています。ここが、大きな特徴であり、我々の狙いでもありました。

最後に、これが本日の本題になりますが、農村部におけるバイオガスシステムとの融合についてお話しします。Villageの資源の1つに牛ふんがあるとします。資源としての牛ふんを活用し、我々のシステムで、どのぐらいのエネルギーを生み出せるかということ、仮に100~200世帯のVillageでは、1世帯につき3頭の牛を飼育しているので、

4. インド実証サイトの状況

4-3: 実証サイト全体写真



図12. インドの実証サイト

ロスを考慮してもふんの量は2~7.5トン、平均すると3~4トンくらいになると想定します。

5. 農村地域と小型バイオガスシステムの融合

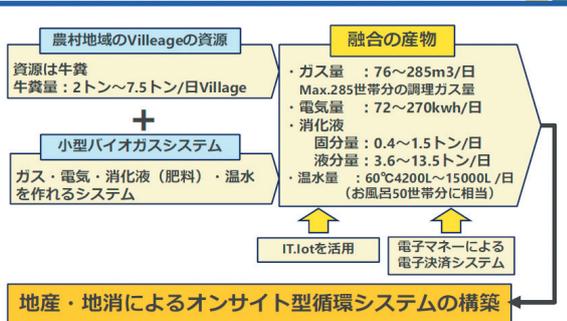


図13. 小型バイオガスシステムのエネルギー量

2~7.5トンのふんから得られるバイオガスの量は、76~285m³と試算されます。Villageでは薪で煮炊きをしています。1世帯で煮炊きに必要なバイオガス量は1m³とされているので、バイオガスをそのまま煮炊きで使用すればVillageの全ての世帯を賅える量になると計算できます(図13)。バイオガスを発電に供した場合は、72~75kW程度の発電量となり、肥料も固分として0.4

~1.5トン/日、液分つまり消化液は2.6~13.5トン/日確保できると考えます。実際インドでは、栽培農地1haあたり15トン~20トンくらいの消化液を使用していますので、60haくらい、150エーカーの農地の肥料をまかなうことができる量になります。

温水も4,200~15,000リットルが得られます。日本の家庭のお風呂に換算すると、浴槽が200~350リットルですから、50世帯分の温水が得られるということになります。バイオガス発電システムによって、これだけの副産物が得られるということです。

冒頭で、近頃はインドの農村地域でもIT・IoTの普及が進み、酪農業や農村部が変わりつつあると述べました。ここから、急速に変わるインドの農村について、どのように変わっているかということについて説明します。

5. 農村地域と小型バイオガスシステムの融合

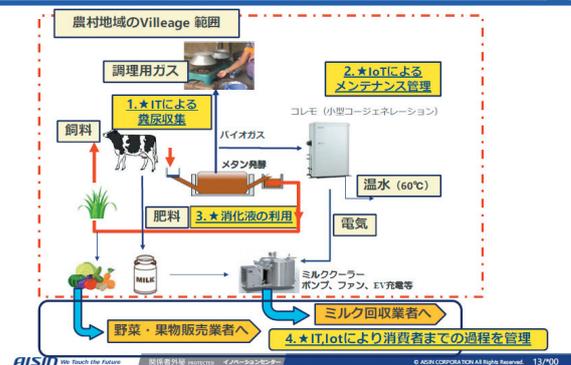


図14. 農村地域と小型バイオガスシステムの融合

図14に示した赤い点線のところがVillageの範囲になります。収穫した野菜や搾ったミルクを業者に販売していますが、現在、インドのIT企業がこうした事業に目をつけ、自社の技術を広げようとして取り組んでいます。

酪農家から消費者にミルクが届くまでの過程をITで管理しようという取り組みが始まっています(図15)。実際に乳牛にデバイスを取り付け健康管理を行い、ミルクはIT企業がその場で成分分析を行い、ミルクの価値をデータ化し、ミルクの値段を1リットルあたりの50ルピーとか、25ル

4.★IT,lotにより消費者までの過程を管理



牛乳が農家から消費者に届くまでのすべての過程をITデバイスで管理

牛乳が農家から消費者に届くまでのすべての過程
(生産→業者買取→冷却→流通販売)
ITデバイスで管理(牛乳がどんな状態で生産され、どこに保管され、どのように輸送される)

- 生乳の生産
 - 乳牛の体にデバイスを取り付けて健康状態を常に見える
 - 化粋った牛乳の栄養成分も科学的に分析
 - その品質によって販売価格が自動で算出し電子決済システムで即酪農家に入金
 - 流通過程
 - ・温度管理し、不純物が入り込まないように管理して廃棄ロスを減
 - ・「品質の良いものを生産すれば高い収入が得られるようになる」
- 農家の人々に高品質の牛乳を生産しようというインセンティブ(動機付け)



図15. IT・IoTにより消費者までの過程を管理

ピーとかその場で決めてしまう。ミルクの価格は最大で150ルピーまで幅があるのですが、ミルクの生産履歴や品質を見える化することで即時に価値決めしています。そのため酪農家にはその場で電子マネーで入金できるという仕組みです。酪農家にとって現金が一番重要ですので、ミルクの出荷と同時に現金化される、電子マネーで入金されるということで、非常にやる気が出る仕組みになっています。

暑いインドでは、流通におけるミルクの温度管理は非常に重要です。ミルクは、BMC (Bulk Milk Cooler) と呼ばれる冷却装置に電気を使用しますが、BMCが使えるというのは温度管理において非常に有効です。野菜も同様に、温度管理するためのコールドチェーンの導入が始まっています。

1.★ITによる糞尿収集



零細酪農家から糞尿を収集するためのインセンティブ



- ・Villageの各零細酪農家が糞を持ってくることによりITでポイントを加算
- ・ポイント制でガス、電気、ヒュア水、肥料、現金をITデバイス(携帯)管理

© AGRICORPORATION All Rights Reserved. 20/00

図16. VillageにおけるITによるふん尿収集

Villageにおいて、ふんの収集にはインセンティブ

が有効だろうということで、ふんと電子マネーを交換する、ポイント制を導入することを考えました。牛3頭を飼育している家庭であれば、ふんが1日あたり10~20kg発生します。そのふんを電子マネーと交換し、さらに電気やガス、水や肥料と交換できるというシステムです。

このようにして集められたふんは、Villageのバイオガス施設でバイオガスの原料として使用されます。原料投入量からバイオガスの発生量、発電量等の運転データからバイオガス発電システムの状況を把握することができます。インドではデータ収集などのシステムは安価に構築でき、遠隔からの管理も可能です。

バンガロールの周辺は土壌が主に赤土で、消化液を撒くと野菜が良く育つと聞いています。ふんをそのまま発酵させた、いわゆるたい肥と比較しても、消化液を撒いた畑の野菜の成長が10%程度良くなったということも聞いています。

地域によって土壌は異なるので、必ず10%増えるわけではありませんが、我々の実証サイトでも効果があることは確認出来ました。

5.農村地域と小型バイオガスシステムの融合



インドにおける将来のスマートVillageイメージ図



© AGRICORPORATION All Rights Reserved. 14/00

図17. スマートVillageのイメージ

図17は、実際に我々のシステムを入れたときに、村全体がどのように変化するかと言ったことを想定した将来像=スマートVillageになります。

実際に、バンガロールの北部、プネという場所で、政府も参加し、スマートVillageの構想をしているそうです。1つのVillageには零細酪農家があちこちに分布していて、バイオガス発電シス

テムが設置された場所まで、それぞれの酪農家がふんを持ってきて発酵槽にふんを投入する。投入されたふんは動力を使わずに重力で発酵槽に入っていく。

施設の中にはさまざまな共同施設があり、持ち込んだふんの量に応じてポイントが付与され、そのポイントは調理場を利用したり、野菜や肥料と交換したりということに利用できます。

さらに、インドではきれいな水が得られないので、RO膜で浄化した水もここでは得られるようにする。インドではRO膜も数万ルピーで購入できるので、浄水設備も安価に設置することができます。

バイオガス発電で得られた電力は、一部は電動バイクに充電して、みんなが利用できるようにする。電動バイクは、数十kmも走行することができれば、Villageの酪農家にとっては十分な距離です。ふんを持って行けばポイントがもらえて、電動バイクも使えるし、調理場も使える、色々なものに交換することもできる。また、ITを使って色々なものを購入することもできる。このような一つの共同体を作り上げていきたいと思っております。

小型のバイオガス発電システムを使うことによって、こういったVillageの姿を描くこともできるし、IT・IoTを融合させることによって、このような仕組みを完成させることができます。これが実現しつつあるということです。

6. まとめ



- ・農村地域のVillageは、急速なIT, IoTのデジタル化が浸透
- ・零細酪農家の収入は電子マネー化
- ・バイオガス発電システムを活用した農業・酪農育成指導を行いIT, IoTを活用して生産性向上が図れる
- ・零細酪農家はミルク収入と農作物収入が生活の糧であるため収入アップに直結する品質向上、生産性向上を見える化し高いモチベーションを維持する

最後にまとめますと（図18）、農村部では急速にIT・IoTが普及・進化しているという点が一つ。

次にデジタル化の浸透によって零細酪農家はかつては現金決済していたものを電子マネーで決済するということが浸透しつつあるということ。

3つめが我々の小型のシステムを活用することによって、酪農に対する育成指導やIT・IoTを使った生産性向上も可能になるということです。

4つめが、零細酪農家ではミルクの成分や品質によって値段が変わるので、高いミルクを作るためにどのような成分を増やすか、どのような餌を与えたら良いかと言ったことについて、専門家の指導によって酪農維持させたい。野菜等の栽培も同様で、どのような肥料をやればいいのか、どのように栽培するかといったことを指導しながら生産性を上げていくと、これがバイオガスシステムの導入によって実現できるということです。Villageの人たちの生産性向上や気が向上されていくという点が一番重要ではないかと考えています。そのために、我々はハードだけでなくソフト面でも取り組んでいかなければと考えております。

ミルク等の販売収益が彼らの生活の糧ですから、このようにミルクの良し悪しが見える化することによって、彼らのやる気を引き出すということです。66万あるVillageが変わっていくのを我々のシステムでサポートしながら後押ししたいと考えています。

そのためにはコストも非常に重要で、より安価なシステムの開発にも取り組んでおり、導入可能な、現実的なコストになっていけば、インドでも日本でも普及が進んでいくと考えております。以上、我々のインドの取り組みについてお話しさせていただきました。どうもありがとうございました。

（本講演は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成事業の成果を（一部）活用しています。）

図18. まとめ

「みどりの食料システム戦略実現のためのメタン発酵、消化液の液肥利用技術の役割・可能性」

農研機構農村工学研究部門

上級研究員 中村 真人 氏



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) 農業工学研究所入所
2006年 (独) 農研機構農村工学研究所
2016年 内閣府研究統括官(科学技術・イノベーション担当) 付
2017年 (国研) 農研機構本部
2018年 現職

農研機構の中村です。本日は、メタン発酵消化液の液肥利用、具体的には、消化液の成分、消化液の輸送・散布、消化液の肥料としての特徴、消化液の液肥利用事例についてご紹介いたします。

メタン発酵・メタン発酵消化液とは



- メタン発酵とは、嫌気性微生物の働きにより、家畜ふん尿等の有機物からメタン(CH₄)を回収する技術で、得られるメタンは再生可能エネルギー
- 実用化レベルに達しているバイオマスエネルギー化技術
- 家畜排せつ物や食品廃棄物等の水分の多い原料にも利用可能
- 生成物は、バイオガス(メタン60%+ 二酸化炭素40%)と消化液(バイオ液肥)



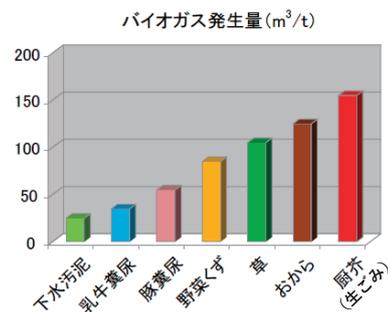
図19. メタン発酵・メタン発酵消化液とは

まずはメタン発酵についてご説明します(図19)。メタン発酵は嫌気性微生物、つまり、酸素を嫌う

微生物の働きによって有機物を分解し、メタンと液肥である消化液を取り出す技術です。

この技術は、家畜ふん尿や、生ゴミなど水分の多い原料をエネルギー利用できるというのが最大の特徴だと思います。消化液は最近ではバイオ液肥と呼ばれ、みどりの食料システム戦略にも取り上げられており、利用が進められています。

多様な原料に適用可能



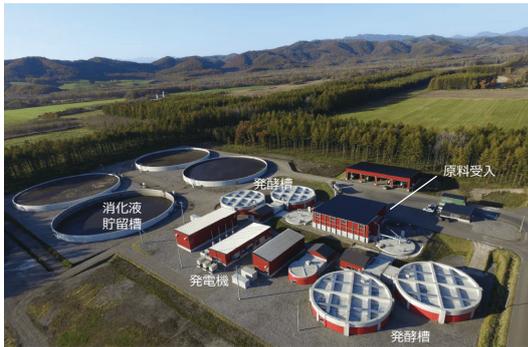
出典：バイオガス事業の菜(バイオガス事業推進協議会)

図20. 各種原料とバイオガス発生量

先程、さまざまな原料が利用できると言いましたが、図20に示した通り、下水汚泥、野菜くず、生ごみなども原料にできるのですが、それぞれの原料でバイオガスの発生量は違ってきます。下水汚泥は処理の過程で微生物分解を受けているためバイオガスの発生量は少なく、厨芥等の生ごみは人の食べ残しなどで、ほぼ食べ物なので、カロリーが残っており、バイオガスがたくさん出るといった関係になります。

実際のメタン発酵施設がどんなものかといえますと、図21は北海道鹿追町の施設ですが、中央から右側に4つある円柱形の設備が発酵槽です。発酵槽の間に発電機が設置された建屋があり、左側にある大きな丸い設備が消化液の貯留槽です。ご覧の通り、消化液貯留槽は発酵槽より大きいです。北海道では真冬に雪の上から消化液を撒くということができないので、半年分の消化液を貯めておかなければなりません。発酵槽はふん尿30日分ぐらの容量、消化液貯留槽は180日分ぐらの容量が必要になります。北海道ではこのように大き

メタン発酵施設（北海道，ふん尿）



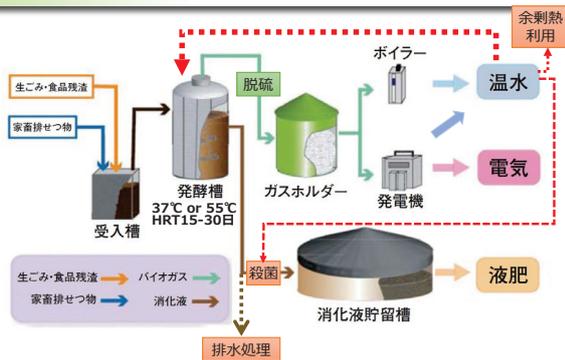
出典：農林水産省ホームページ

図21. 瓜幕バイオガスプラント（北海道鹿追町）

な消化液貯留槽を持つ必要があるのですが、本州では、例えば群馬県長野原町に最近できた施設ではもう少し小さい規模になります。

本州や九州の施設では消化液貯留槽に屋根が付いていて、雨が入らないようになっていますが、北海道では雪の重みで潰れてしまうので屋根はつけません。雪や雨が落ちてきても大した量ではなく、それほど肥料成分が薄まることもありません。首都圏にある生ゴミ等の廃棄物系を対象とした施設では消化液を液肥として利用していないので貯留槽そのものがありません。

メタン発酵の処理プロセス



出典：バイオガス事業の策（バイオガス事業推進協議会）の図を一部修正

図22. メタン発酵の処理プロセス

メタン発酵のプロセスを図22に整理してまとめました。ふん尿や生ゴミなどの原料を一旦受入槽で貯めておいて、発酵槽に少しずつ原料を入れています。メタン発酵を行う微生物は35°C付近と

55°C付近の温度域が得意ですので、発酵槽はその条件に維持されています。この発酵槽は、およそ15～30日程度で原料が入れ替わるくらいの容量です。

発生したバイオガスは脱硫したあと発電機やボイラーに供給され、電気や温水に変えられます。発酵残渣の消化液は殺菌・貯留した後で液肥として利用されます。液肥利用しない場合は通常の排水処理、活性汚泥法などの処理をした上で放流されます。

メタン発酵の特徴を活かせば



図23. メタン発酵の特徴を活かせば

このように、廃棄物を原料としてエネルギーや肥料を生産するというのがメタン発酵の特徴です。この特徴を生かすことにより、農村で循環の仕組みが構築できるのではと考えます（図23）。循環の仕組みを使って、再生可能エネルギーを生み出すだけでなく、廃棄物削減、資源循環の実現、化学肥料使用量削減等、副次的な効果も発揮するようなシステムの構築に取り組んでいるところです。

農林水産省がみどりの食料システム戦略を策定しましたが、その中にもメタン発酵に関する項目がたくさん入っております。例えば地産地消型エネルギーシステムの構築であるとか、食品残渣・汚泥等からの肥料成分回収・活用、バイオ液肥の活用による地域資源循環の取り組みの推進等が書かれています。

みどりの食料システム戦略におけるメタン発酵に関連する項目を整理します（図24）。エネルギーを生産するという点で言うと、地産地消型のバイオガス発電を導入するということが書かれていま

みどりの食料システム戦略実現への貢献

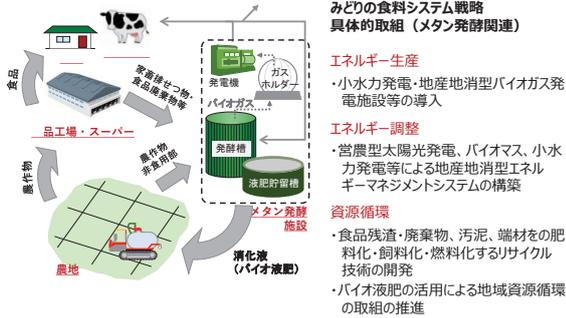


図24. みどりの食料システム戦略実現への貢献

す。

メタン発酵の特徴として、エネルギー調整機能があります。例えば太陽光発電ですと、太陽の光が当たって電気ができる、その間に何もバッファがありませんが、メタン発酵発電の場合は一旦バイオガスになってから発電を行いますので、バイオガスとして、エネルギーを一時的に貯めておくことができます。太陽光発電で昼間の電気が余っているときはバイオガスを貯めておいて、電気が足りなくなったら発電に使うということも技術的には可能です。このように発電量を調整する余地があるという点は他の再生可能エネルギー技術と違うところです。このような特徴を生かせば、最近言われている地産地消型エネルギーの利用率を高めるためのエネルギーマネジメントシステムの構築に寄与するのではないかと考えています。

あとは、資源循環という観点では、食品廃棄物のリサイクル技術の開発、バイオ液肥の活用による地域資源循環の取組の推進などといった項目に該当すると思います。

農林水産省が作成した「みどりの食料システム戦略技術カタログ」にも我々の技術が紹介されています。

図25には、北海道大学の松田従三先生がまとめられたメタン発酵の歴史を示しました。これによれば、メタン発酵には何度かブームがあり、1回目は戦後まもなく、戦後の食糧不足を解消するために、株式会社アイシンがインドで導入したよう

メタン発酵の歴史



- 1950年代 第一次メタン発酵ブーム (戦後のエネルギー不足) (プロパンガスの普及で終了)
 - 1970年代 第二次メタン発酵ブーム (オイルショック) (エネルギー危機解消で終了、消化液問題解決できず)
 - 1990年代 第三次?メタン発酵ブーム (エネルギー+環境問題への懸念)
 - 1999 家畜排せつ物法施行 (家畜排せつ物の不適切な処理の禁止)
 - 2000年代 飼料作物以外での消化液の肥料利用が徐々に進む
 - 2012 電力の固定価格買取制度開始 (メタン発酵の場合、調達価格39円+税/kWh, 期間20年)
 - 2016 バイオマス活用推進基本計画 (家畜排せつ物、下水汚泥、食品廃棄物のメタン発酵の促進、地域の実情に応じて混合メタン発酵の促進)
 - 2020 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 (地産地消型のバイオガス発電施設の導入、バイオ液肥の活用推進等の推進)
 - 2021 みどりの食料システム戦略「持続可能な資材やエネルギーの調達」(バイオ液肥の活用による地域資源循環の取組推進)
- (松田, 2002に加筆)

図25. メタン発酵の歴史

な、各集落にメタン発酵システムを導入するという取り組みがありました。プロパンガスが普及してこの取り組みはなくなったそうです。

続いてオイルショックの際にもブームがあり、研究が盛んに行われ、一部実用施設も建設されましたが、エネルギー危機が解消するとともに研究は縮小され、施設の運転もほとんどが中止されたそうです。また、当時は、消化液の肥料利用が進まなかったこともメタン発酵が普及しなかった要因だったようです。

1990年代から、第3次メタン発酵ブームが始まったと言われていまして、この段階では経済的、コスト的な話と言うよりも、エネルギー問題、環境問題の懸念が広がっていった中で、本質的に環境問題に取り組むための技術としてメタン発酵が注目されたということでした。

このように色々波がありつつも今まで続いていたというのが歴史です。その中で1つブレイクスルーになってきたのが消化液の利用技術です。2000年代までは消化液は殆ど飼料作の圃場にのみ使われていたのが、水田や畑作でも使われるようになった、水田や畑作で使うノウハウが蓄積されていったという点です。さらに、メタン発酵の導入において最も影響が大きかったのが2012年のFIT制度 (再生可能エネルギー固定価格買取制度) の開始です。

消化液の何が問題か、消化液を排水処理してしまえば良いのではとされますが、排水処理する

場合は、固液分離してから処理しますが、固液分離といっても、高分子凝集剤を使ってしっかり固形分を取り除いてから処理する必要があります。

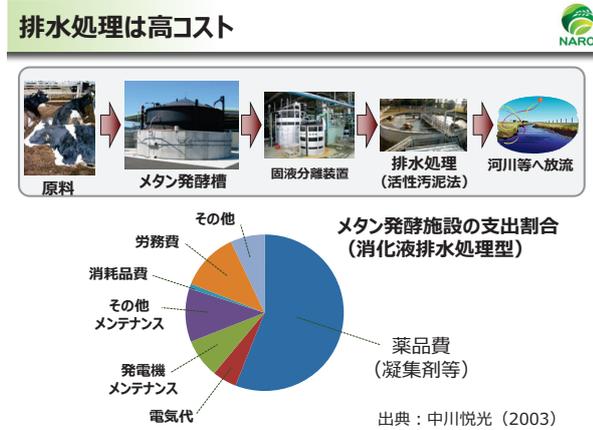


図26. メタン発酵施設 (消化液排水処理型) の支出割合

図26は、消化液の排水処理を行っているメタン発酵施設の経費の割合を示した図になります。このように薬剤費 (特に、高分子凝集剤) が占める割合が非常に高いです。それに対して液肥として利用する場合には排水処理コストはかからないので、液肥散布作業などコストがかかりますが、高分子凝集剤に比べればコストがかからないということになります。

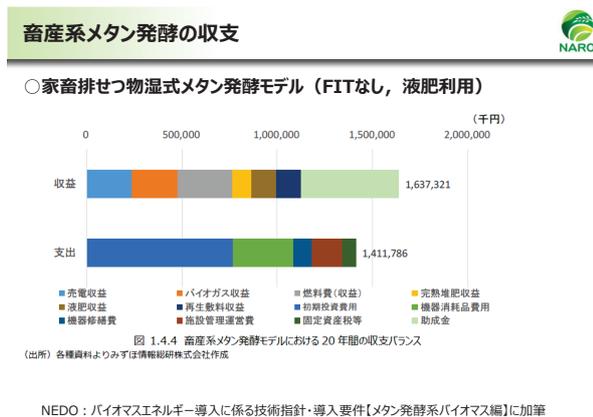


図27. 畜産系メタン発酵の収支

図27はNEDOによる試算ですが、液肥として利用する場合は、FITがなくなっても収入が支出を上回るとしています。これを仮に液肥利用せず

排水処理した場合は、収益と支出が逆転してしまって、事業性が悪くなってしまいます。



図28. メタン発酵規模別

図28は規模別のメタン発酵設備を整理したものです。先ほど久城様も規模について触れられていました。原料が効率的に集まるような状況だと大規模でも問題ないですが、原料となる廃棄物が大量に集まる場所がそれほどあるわけではありません。メタン発酵の特徴を生かすためには、大規模施設と共に、小規模施設を分散させて併存するような形が理想的だと思っています。

そこで、いかにコストを下げていくかという話ですが、大規模施設であれば、消化液を排水処理したとしてもコスト的に見合うようなのですが、それよりも小さな施設ではコストが非常に厳しくなってくるので、原料が30トン/日くらいの規模の施設では、今までは液肥利用を進めることによってコストを下げ、何とか採算を取ってきたということです。さらに小さい規模、先ほど久城様が紹介されたような原料が数トン/日といった規模になりますと、消化液を肥料利用するだけでなく、色々な工夫やシステムの改善が必要で、施設の構成を簡素化する、未利用の資源を活用する、既存の施設を活用するなどの工夫が必要になります。色々な工夫を組み合わせると小型のシステムを実現したいと考えています。

現在、肥料価格が非常に上がっています (図29)。2007、2008年ころにも肥料が高騰した時期があり

肥料価格の推移



図29. 肥料価格の推移

ました。その時にも消化液は既にあり、農家からの引き合いも多くありました。消化液を普及させるという点では、肥料価格が上昇している今の時期は、最も農家に興味を持っていただけるタイミングだと思います。

経済産業省の「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」にも取り上げられておりますし、天皇陛下即位の際の大嘗祭で使われたお米の栽培には消化液が使われているといった情報など、消化液の利用に携わる関係者にとって明るい話題もあります。

消化液の成分（共通する特徴）

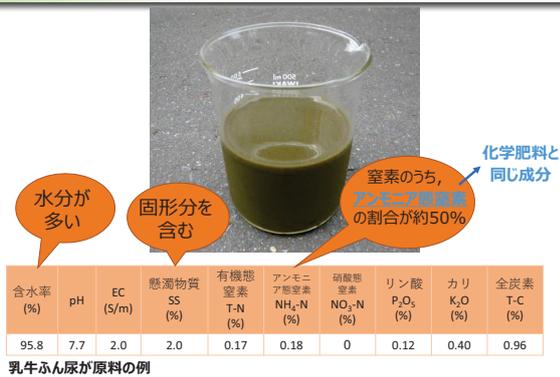


図30. 消化液の成分

次に消化液の肥料としての特徴についてご説明させていただきます。図30に消化液の成分を示しました。特徴としては水分が多く、固形分を含んでいるという点です。もう一つ、大きな特徴とし

てアンモニア態窒素と言われる化学肥料と同じ成分が含まれているという点です。

原料による消化液成分の違い（固形分・有機物）

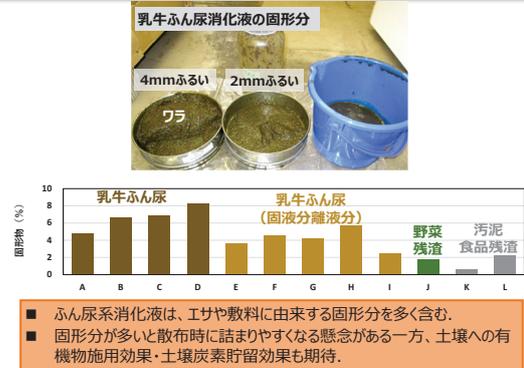


図31. 原料による消化液成分の違い

私たちは消化液を評価するために、色々な施設から消化液をもらってきて、どう違うのかという分類をしているのですが、図31に示した通り、固形分ひとつとってもこれだけバラつきがあります。グラフの左側、濃い茶色で示したものが乳牛ふん尿を固液分離せずに使っている施設の消化液、薄い茶色で示したものが乳牛ふん尿を固液分離して使っている施設の消化液です。緑色が野菜残渣、灰色が汚泥と食品残渣の消化液です。

畜産のことをよくご存じの方は想像できると思いますが、酪農では敷料のワラがたくさんふん尿に混ざって出てきます。そのため、乳牛ふん尿の消化液で、固形物が最も多いものでは固形物濃度が8%くらいになります。固形分が多いと何が問題かということ、散布時に散布機が詰まりやすくなるということがあり、それに対応した散布機が必要になります。液肥だから問題なくポンプで散布できるかといえば、そう簡単なものではないということです。

一方、有機物施用効果としては、堆肥を散布することによる土作り効果、近年ではCO2吸収の指標としても用いられる土壌炭素貯留量の増加を期待されているところですので、ワラをたくさん含んだ消化液を散布すれば、同じ効果を期待できます。

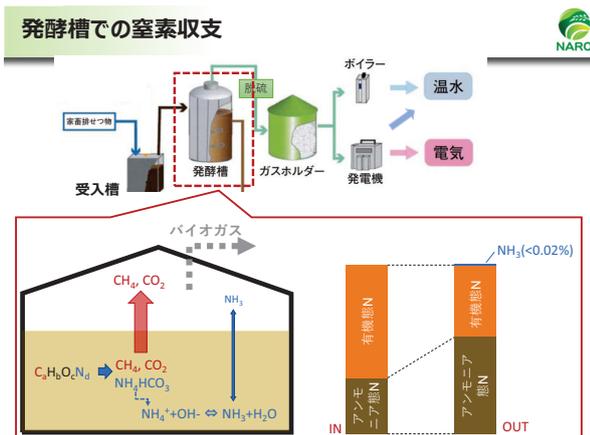


図32. 発酵槽での窒素収支（乳牛ふん尿の場合）

次に窒素ですが、図32はメタン発酵槽の中の炭素と窒素の変化を示したものです。メタン発酵原料の有機物は炭素、窒素、水素、酸素の化合物です。炭素については液中で分解されて、メタンと二酸化炭素になり、それらをバイオガスとしてして利用します。窒素はというと、有機態窒素は無機化が進みアンモニアになります。

そのインとアウトを見ると、大体入口では2割くらいがアンモニア、あとは有機態窒素ですが、発酵槽で易分解性有機態窒素は分解されて、出てくるときには半分くらいがアンモニアになり、残りは発酵槽でも分解（無機化）しなかった有機態窒素です。

消化液に含まれる窒素のおよそ半分がアンモニア、半分が分解しにくい有機態窒素ということになります。分解しやすい発酵槽でも分解（無機化）

消化液の成分（共通する特徴）



■ 消化液は化学肥料の代わりに利用できる速効性の肥料

図33. 消化液の施用効果

しなかった有機物ですから、土壌でも分解が進まない、肥料として使えない窒素ということになります。

このような消化液が本当に肥料として効果があるか、ということを確認した試験の様子を図33に示しています。それぞれ左2つが消化液を施用して栽培したもの、右が化学肥料を施用したものです。このように遜色なく育てているのわかります。消化液は窒素肥料の代わりになる、速効性の肥料ということが確認できます。

原料による消化液成分の違い（三要素）

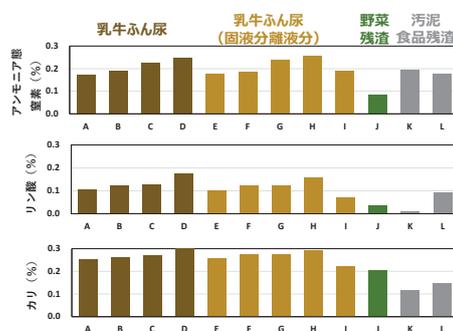


図34. 原料による消化液成分の違い（三成分）

速効性の肥料成分として、肥料の三大主要成分である、アンモニア（窒素）、リン酸、カリの成分を調べたものが図34です。ふん尿系の消化液の特徴としては窒素成分が多く、それに応じてカリも多いという特徴があります。野菜残渣の消化液は窒素が少なめでカリが多いというのが特徴で、汚泥と食品残渣の消化液はアンモニア態窒素とカリが同じくらいでバランスが良い肥料と言えます。

次に図35に示した、リン酸の肥効ですが、消化液中のリン酸全てが作物に利用されるわけではありません。坂本樹一郎氏の研究（坂本ら（2022）土壤肥料学会講演要旨集）では、消化液に含まれるリン酸の8割くらいがク溶性であるということが示されています。ク溶性とはクエン酸に溶解するという意味で、植物は根から酸を出して養分を溶かして吸収することから、ク溶性リン酸が植物にとって利用できるリン酸量ということになりま

消化液中のリン酸について



- 消化液の全リン酸含有量は原材料による差が大きく、乳牛ふん尿由来（平均0.15%）はその他由来（平均0.06%）の約2.5倍
- ク溶性リン酸および水溶性リン酸の含有割合はそれぞれ全リン酸含有量の平均80%、60%
- 消化液の全リン酸含有量に占めるク溶性リン酸の含有割合は牛ふん堆肥と遜色なかったことから、消化液は牛ふん堆肥並のリン酸肥効が期待できることが示唆された

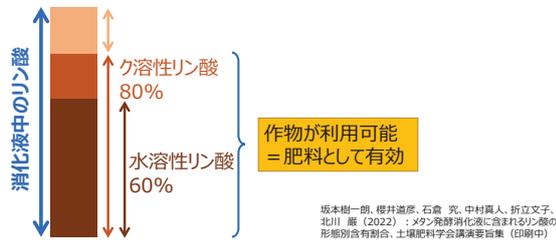


図35. 消化液中のリン酸について

す。消化液に含まれるリン酸の8割がク溶性、6割が水溶性のリン酸ということで、これは堆肥に含まれるリン酸の割合とほぼ同じでした。この情報は、近年価格が高騰しているリン酸について、消化液を用いればこの程度減肥できるというエビデンスになります。

消化液中のADLについて



ADLとは

デタージェント法による繊維の分画

ADF：セルロース、リグニンが主体
硫酸と界面活性剤を用いて煮沸した不溶解物から灰分を差し引いて算出する。

ADL：おもにリグニン
ADFを72%硫酸処理してセルロースを除き、**ろ過した残さ**重量を測定したのち、その灰分を差し引いて算出する。

農研機構

植物細胞壁の構成繊維の図解
Van den Bruch et al. 2008: Catalytic Strategies Towards Lignin-Derived Chemicals.

ヘミセルロース セルロース リグニン (リグノセルロース)
消化性（飼料、メタン発酵）
分解性（堆肥化、土壌）
が異なる。

出典：荒川祐介：堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の最前線、令和元年度畜産環境シンポジウム(2019)、https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/2019_sympo_arakawa.pdf

図36. ADLとは

聞き慣れないと思いますが、ADLという指標があって、飼料に詳しい方はよくご存じと思いますが、牧草などの評価に使われる指標で、牛が牧草をどれだけ消化できるかという評価を行う、デタージェント法という分析方法があります。デタージェントとは洗剤の意味で、ADLは72%の硫酸で煮沸しても残る成分ということで、リグニンを主体とする、ほとんど分解しない成分とされています。このADLを測定して、施用した有

機物の土壌中での残存性の指標として用いられます。

色々な堆肥で、ADLについて研究がされた結果、堆肥の評価指標で以前からよく用いられていたC/N比という指標よりも、土壌中での炭素の残存性の指標として有効だということが分かってきました（図36）。有機物の供給効果について、色々な資材を相対比較したいというときに、ADLは非常に有効だと言われています。

そこで、消化液中のADLを測定しました。ADLは乳牛ふんを原料とする消化液中に多くのADLが含まれていて、野菜や汚泥・食品残渣は少ないという結果を得ました。例えば、消化液や堆肥を1回散布したときにADLがどの程度供給されるかということと比較すると、消化液は堆肥の1/3程度のADL供給量があるということになります。十勝地方では牛ふん堆肥を散布するのは3年に一度くらいと聞いていますので、毎年消化液を播けば堆肥散布と同じくらいの有機物施用効果があるということになります。消化液には肥料成分のほかに土壌炭素の供給効果もあるということが分かります。

消化液の輸送・散布車両



消化液

消化液の貯留

流し込み施用（1種類の車両と1名の人員）

・水田限定
・時間がかかる

液肥散布車による施用（3種類の車両と2名の人員）

・畑地にも施用できる
・3種類の車両が必要

図37. 消化液の輸送・散布車両

次に消化液の輸送、散布についてですが、消化液の主な散布方法として、流し込みと液肥散布による施用の2つがあります。流し込みについてはバキューム車で水口からホースを垂らし散布するという方法で、液肥散布は専用の散布車で畑や水

田にまくという方法です（図37）。



図38. 消化液の散布車両

図38に散布車両を分類しました。北海道ですと外国製の25トンといった大型車を使って、大量に効率的に播くという方法を取っています。大木町など北海道以外では、それより小さめの1.5～3.5トンといったサイズの散布車が使われています。それより小さいものと1トンくらいのもので、中古のコンバインの上部を取り外し、タンクを載せたものものが使われたりしています。もう一つは液肥スタンドを設置して、住民の方に取りに来てもらうといった方法で利用しているところもあります。

消化液の散布車両			
	長所	短所	消化液との相性
25t	・圧力がかかっているため、吐出量が一定。 ・消化液中の固形分（ワラ等）にも対応 ・積載容量が多い	・高価格 ・小回りが利かない ・土壌を固める	ふん尿 ○ ふん尿液分 ○ その他 ○
3t	・圧力がかかっているため、吐出量が一定。 ・消化液中の固形分にもある程度対応	・やや高価格	ふん尿 × ふん尿液分 ○ その他 ○
1t	・安価（汎用品の組み合わせ）	・消化液中の固形分がつまりやすい ・作業速度遅い	ふん尿 × ふん尿液分 △ その他 ○
20～100kg ?	・自動散布 ・電動 ・汎用車両で安価		ふん尿 × ふん尿液分 △ その他 ○

図39. 消化液の散布車両の比較

図39にはこれら散布車の長所短所をまとめました。専用機械は圧力タンクが用いられ、タンク内

で圧力をかけて散布しており、多少固形分が含まれていても吹き飛ばすので詰まりにくいですが、その分価格は高いです。低価格の散布車だと通常のタンクを用いており、散布速度も遅めになります。できればもう少し小さいサイズの散布車があればとも思いますが、散布するためにはどうしても人手がかかってしまうので、割高になっています。小さくてもいいので自動散布できるような、この辺りはスマート農業で何とかできないかとも考えています。自動走行できる台車にタンクとポンプを載せて自動で走らせるなど、小規模メタン発電システムに合う散布車が開発できればと考えています。

なお、流し込みについては、ある程度の水量が必要だという課題があります。

肥料についてですが、窒素・リン酸・カリの3要素が基本ですが、消化液は、まずは窒素を上手く効かせていくということが大事です。

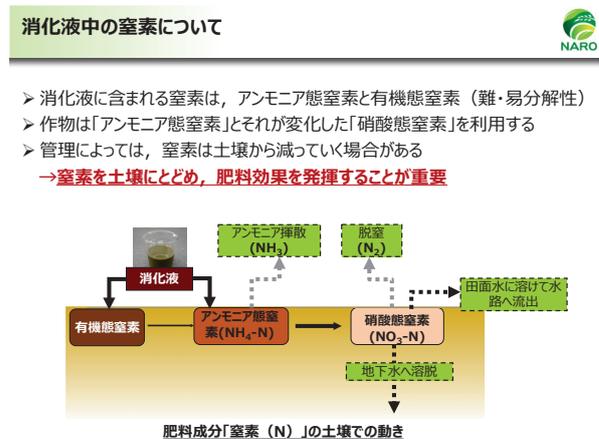


図40. 消化液中の窒素について

窒素は農地に散布するといろんな経路で土壌から出ていきます。これをいかに防いで土にしっかり吸着させるかということが課題になります（図40）。

一番ポイントになるのが、消化液を播いたあと、アンモニアが揮散対策です。アンモニアは臭いの問題だけでなく肥料成分がとんでしまうという問題もあります。その対策として施用後速やかに耕うんするという方法があります。

消化液は液体ですので、一度に大量に散布すると土壤に浸み込みきらず、土壤表面を流れ、施肥ムラにつながります。一度に散布する量としては5～6トン/10aくらいが適当かと思えます。

消化液を上手く使っていくためには、畑地の場合、施用量が5～6トン/10aを超える場合には注意が必要、耕うんによってアンモニアの揮散を防ぐ、消化液施用後に作物を植えない裸地状態が続くと、アンモニアが硝酸態窒素になって地下に浸透する量が増えるといった注意点が挙げられます。

水田でも同様に施用量や耕うん、窒素成分のロスなどへの注意が必要です。

肥料としての特徴はこれまで述べた通りですが、これを農家の方にどのように伝えるか、それを栽培暦に落とし込んで広報していくということが先進地域でおこなわれています。

栽培暦には、消化液をこの時期にこれくらい散布する、散布したら速やかに耕うんする、といったことが書かれています。また、特別栽培米に使うためにはどのくらい播いたらいいですよ、といったことが記されています。

山鹿市の栽培手引きには、注意点としてリン酸が少なめだから補給してください、散布から田植まで日数があるときは肥料成分が揮散するので少し多めに播いてください、などが記載されています。

窒素施肥量（福岡県施肥基準）



	施肥量（窒素） (kgN/10a)	消化液施用量 (t/10a) (アンモニア態N 0.12%の場合)
水稲（基肥）	4～6	2～5
小麦（基肥）	6	5
イタリアンライグラス （牧草）	7～11	5.8～9.2
コマツナ、水菜（基肥）	10	8.3
なす（基肥）	16	13.3
キャベツ（基肥）	17-19	14.2～15.8
にんじん（基肥）	20-28	16.7～23.3

■ 水稲、麦に比べて、野菜の施肥量は多い
→すべて消化液でまかなうには多量の消化液が必要（現実的には散布不可能）
→消化液+別の肥料（化学肥料など）で対応

図41. 窒素施肥量

図41は作物との相性ですが、先ほど液肥なので大量散布は難しいと説明した通り、窒素をたくさん必要とする作物に、消化液で必要な窒素全量をまかなうというのは難しいです。水稲や小麦など、消化液だけで作物が要求する量を満たすことができますが、キャベツなど施肥量の多い作物は消化液だけで栽培するのは厳しいです。

消化液の肥料特性をまとめると、速効性で化学肥料の代替になる、安価で提供される、散布に当たっては、消化液を排出する側が散布車を使用して散布するので、農家側の施肥労力が低減される、化学肥料を低減できるといったメリットがある一方、厳密な施肥管理が難しいといった注意点を踏まえて利用をする必要があるということです。

消化液の利用に適した作物があることは先に述べましたが、よく水耕栽培に使えないかという質問をいただきます。水耕栽培ではアンモニア態窒素による障害が出やすいということもあるのであまり向かないということが言えます。

堆肥と消化液の違いは、堆肥は化学肥料の代わりにならないが、消化液は代わりになる。堆肥が持つ土壤改良効果は、固液分離していない乳牛ふん消化液であればある程度効果が期待できるということが言えます。

消化液の利用促進のための取組



図42. 消化液の利用促進のための取組

消化液利用促進のための取り組みについてご紹介いたします。残念ながら、消化液はそれほど知名度がなく、農家さんにとってはなじみのない肥料で

す。メタン発酵施設側が消化液とはどういうもので、どのように使えばよいかを丁寧に農家に説明しなければなりません。そのあたりの利用促進のためのメニュー、ノウハウが蓄積されてきています（図42）。

例えば、勉強会の開催、試験栽培などですが、一番効果があるのは既に取り組んでいる先進地域に農家に行ってもらって、すでに使っている農家と直接話をしてもらおうということです。実際に使っている農家さんの声が一番安心感があって、効果があるようです。

あとは栽培暦を作るとか、家庭菜園マニュアルを作るといった取り組みもあります。

農林水産省ではそういった取り組みを支援するような事業を用意してありますので、それを活用して取り組んでいる方もいます。

消化液の液肥利用をしている地域では、メタン発酵施設建設前から入念に計画を立てて取り組んでいます。ある地区では施設建設前から液肥の利用組織を作って、さまざまな検討を始め、施設が完成するころには詳細な計画（機器の運用、利用ルール・料金）、栽培暦ができていたということです。

注意点をしては、消化液という肥料はまだそれほど浸透しているわけではありませんので、農業関係者であっても、消化液を知らないといった方も多いです。他地域の事例などをもとに丁寧に説明していくことが重要です。その際、メタン発酵ラボ試験などで出た消化液を使った栽培試験の結果などがあれば、理解してもらいやすくなると思います。

図43は都道府県の農業試験場で行った、消化液を使った栽培試験の様子です。無窒素区と、消化液を施用した区、化学肥料区を設け、生育データを取ったものです。

図44に示した結果を見ると、基肥消化液区では途中で生育が悪くなってきたのですが、追肥によって回復したとか、そういったことがわかります。栽培試験の結果から、消化液は化学肥料に比べて遜色ない、味も同等ということが言えます。このほかにもコマツナ、リーフレタス、すだちなどに



図43. 栽培試験

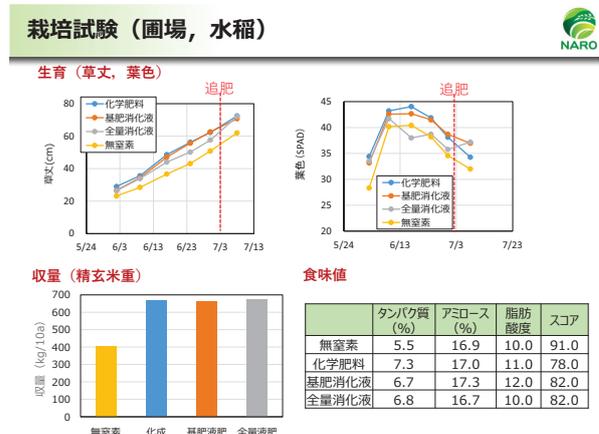


図44. 栽培試験の結果



図45. 液肥スタンド

も問題なく利用できるという結果が得られています。

液肥を利用するために、真庭市やみやま市といった先進地域では、液肥スタンド（図45）を設置す

る集落を募って、集落単位で液肥の利用促進を図っています。同時に栽培暦や栽培マニュアルなども整備しています。北海道興部町ではポリタンクに入れて販売するなどの取り組みを行っています。最近大きく変化してきたのは、これまではメタン発酵施設の周辺のみで消化液を利用していましたが、北海道の十勝地方ではこれまでにメタン発酵施設が45基導入され、この地域では当たり前の施設になっています。北海道の普及センターが中心となって使用の手引きを作成しているということで、これは一つステージが進んだということが言えます。これまでの個別施設による対応から、地域の組織による対応に変わったということです。



- 従来の生スラリーは耕種農家で使われず、畜産農家所有の牧草地に過剰施用状態
- 消化液になったことで肥料成分が安定し、耕種農家での利用が増加
- ふん尿を排出している畜産農家が消化液の利用においても責任を持つ取り決め

図46. 鹿追町による消化液利用の事例

図46は鹿追町の事例です。この地域はもともと生スラリーを利用していた地域ですが、それが消化液に代わったということで、比較的受け入れられやすかった地域ですが、やはり耕種農家に使ってもらうというのは少しハードルが高かったようです。きっかけになったのが2007、2008年の肥料高騰で、耕種農家での利用が増えたということです。この施設の特徴はしっかり農家を巻き込んでいるということです。畜産農家から徴収するふん尿処理費は安めに設定しているのですが、その分、消化液を使う責任はやはり畜産農家が負うということになっています。それによって消化液が余ることを防いでいます。こういった関係が一番大事だと考えます。

千葉では色々な農家に使ってもらって、化学肥料に遜色ないということを確認してもらったり、福岡県大木町では使い続けてもらうことで慣れてきて、においも気にならないし安価だということを実感してもらっています。消化液を利用してもらうプロセスの事例ですが、いきなり農家がすべて使ってくれるというわけではないので、初めの1年目は知り合いの農家に騙されたと思って使ってくれと使ってもらうところから始め、周りの農家に少しずつ口コミで広がっていったということもあります。

スラリーインジェクターの改良



農林水産研究推進事業 脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト
「有機性資源エネルギー利用促進を支える畜産・農地の資源循環型農技術の開発」



図47. スラリーインジェクターの改良

図47にあります、我々は今、農水省の事業でインジェクターの改良を行っております。今は水田と牧草への利用が中心ですが、土壌中へのインジェクションができればアンモニアの揮散も防げて、畑作への利用拡大も期待できます。

消化液の濃縮について



濃縮の効果

- 貯留・輸送作業の効率化
- 人手不足解消
- 減圧蒸留、膜分離などの技術により、研究開発が行われている。

留意点

- 排水処理コスト約5000円/t以下にできるか？
- 濃縮後、効率的な散布が可能か（水分70-90%は扱にくい）？
- 濃縮後のNPKバランスは？
- エネルギー投入量が増えないか（排熱の活用ができれば）？
- 副生成物の処理は問題ないか？
- 減容化や固形肥料生産が目的なら、メタン発酵より堆肥化が有利

図48. 消化液の濃縮について

消化液の濃縮は、20年前から期待されています。濃度が薄いため貯留や運搬の負担が大きく、何とか濃縮できないかということで検討されてきました（図48）。

難しいのはあまり費用がかけられないことです。排水処理であれば5,000円／トンで処理できるので、それ以下のコストにする必要があります。また、濃縮できればいいというのではなく、できた濃縮液肥の散布方法、濃縮液肥のNPKバランス、エネルギー消費量、濃縮廃液の処理などに留意して、技術を見定める必要があります。

現在取り組んでいる研究プロジェクト



農業集落排水施設における小規模メタン発酵

農業集落排水施設を中核とした地域バイオマスの効率的な利活用システムの開発（「集落排水施設効率性向上実証事業」を実施する，地域環境資源センター（JARUS）との共同研究として実施）

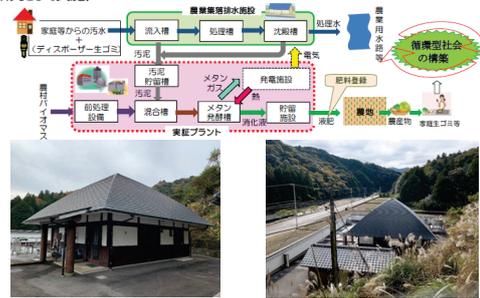


図50. 農業集落排水施設における小規模メタン発酵

農村地域のメタン発酵（畜産）

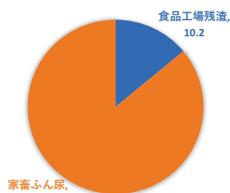
八木バイオエコロジセンター（京都府南丹市）

○受入料単価

家畜ふん尿 << 食品工場残渣



原料受入量 (t/日)



収入 (円/年)

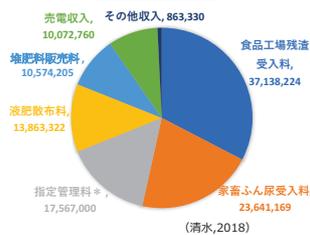


図49. 農村地域のメタン発酵

農村のメタン発酵施設の利用としては、家畜ふん尿だけではなく食品残渣なども受け入れている施設もあります。ふん尿だけでは経営が苦しいので、受け入れ単価の高い食品残渣を受け入れることで収支を改善できます。また、最近は浄化槽汚泥や生ごみをメタン発酵することで自治体が処理する廃棄物の量を減らそうという試みもなされています（図49）。

図50は、私が関わっている事業ですが、農業集落排水の汚泥を使って、その集排施設を中核としてメタン発酵システムを作るという取り組みを行っており、アイシンの小型発電システムがあればうまくいくなと期待しているところです。

以上で私の説明を終わります。