



寄稿

下水処理場のメタン発酵による地球温暖化対策 松本 明人 (元 信州大学工学部准教授)



コレラの流行と近代下水道の発展

令和6年度末における長野県内の下水道普及率は86.0%に達し、全国平均の81.8%と比べて高く、全国10位に位置します。これは長野県には信濃川、天竜川、木曾川といった大河川の源流があり、県民の水環境に対する意識が高いことも一因と考えられます。県内では下水道は広く普及していますが、現在につながる近代下水道の発展は、コレラの流行と深く関連しています。

具体的には、産業革命後、人口流入が進んだ欧米の大都市に、世界規模の交易を通じて、インド・ベンガル地方の風土病であったコレラが19世紀前半からたびたび侵入しました。その結果、大流行が起これり、多数の死者が生じました。そこで、もともと都市部に降った雨水や地下水を排除する目的で建設された下水道を、コレラ対策として19世紀半ばから、清浄な飲料水を供給する水道とともに、病原菌を含む排泄物を排除するために整備しました。

水道および下水道の整備の結果、コレラなど水系伝染病は抑制されましたが、その一方で、大量の排泄物を含む下水による著しい環境汚染

が進みました。そこで19世紀終盤から、下水道の終端に下水処理場を設け、処理してから河川へ放流するようになりました。

下水処理技術の進展とメタン発酵法

初期の下水処理では、下水を灌漑用水として利用する方法や、下水中の固形物を沈殿させる方法が広く採用されましたが、20世紀になると、空気を吹き込んで好気性微生物の働きで浄化する活性汚泥法の開発が進み、短時間に良好な下水処理が可能になりました。やがて活性汚泥法は、生活排水処理の主役となり、現在では世界中の下水処理場で広く採用されています。

一方、沈殿処理は活性汚泥法など生物処理の前処理として有効だったため、その利用は続きました。そして、沈殿処理で生じた沈殿物を、空気を吹き込まない条件下で長時間滞留させ、分解する方法も発展しました。これがメタン発酵法で、酸素が存在しない嫌気性条件下で嫌気性細菌の働きにより、廃水や廃棄物に含まれる有機物をメタンと二酸化炭素に分解する処理法です。

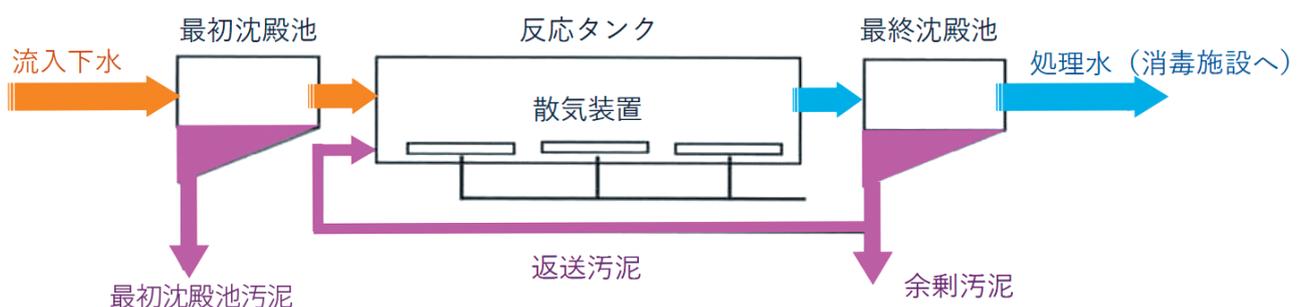


図1 活性汚泥法の基本的なプロセスフロー

[出典] 松尾友矩 編 (2023). 「大学土木 水環境工学 (改訂4版)」, オーム社より作成

その後、メタン発酵の効率化の研究から、処理にともない生成したメタンを燃料に発酵槽を加温することや、加温とともに発酵槽内を攪拌することで発酵が促進されることがわかりました。また、メタン発酵プロセスの詳細や、発酵に関わる細菌群の特性も明らかになりました。

メタン発酵法の活用例

現在、下水処理場では、活性汚泥法（図 1）の前処理工程で分離された下水中の固形物や、活性汚泥法において生じた過剰な活性汚泥を処理するために、メタン発酵法は利用されています。長野県内でも、県が管轄する流域下水道の四つの下水処理場をはじめ、松本市や上田市の下水処理場でもメタン発酵が導入されています（写真 1）。また、1980 年代になると、メタン発酵を担う細菌群は、発酵槽内の水の流れが上向きの場合、小さな塊（写真 2）を形成し、槽内底部に沈降することで、細菌群の槽外への流出を抑え、槽内に大量に保持されることがわかりました。この特性を利用し、多量の有機物を短時間で分解する廃水処理方法が開発されました。県内のいくつかの食品工場でも、この方法や類似の方法で廃水をメタン発酵処理しています。

省エネでリンも回収できるメタン発酵法

メタン発酵では、廃水や廃棄物を処理すると同時にメタンが生成します。生成メタンの一部は発酵槽加温のために消費されますが、余ったメタンは焼却炉やバイオガス発電の燃料として活用されています。また、活性汚泥法のように空気を吹き込む必要がないため、運転エネルギー

の削減も可能です。たとえば、食品工場から出る高濃度有機性廃水を活性汚泥法で処理する場合、大量の空気を吹き込む必要があり、多くの電気を消費することになるのですが、メタン発酵を前段に、活性汚泥法を後段におくことで、電力消費量が4分の1に減ったという事例もあります。このほか、メタン発酵後の残渣にはリンが多く含まれるため、脱水し肥料にする技術が安曇野市にある下水処理場と農業高校により検討され、肥料登録に至っています。こうした下水からのリン回収は、リン資源を輸入に頼る日本にとって重要な技術です。

ここまで下水処理場でのメタン発酵を中心に述べてきましたが、最後に、中国の農村で導入されている戸別のメタン発酵を紹介します。この方法では、豚や人間の排泄物を地下に設置した無加温のメタン発酵槽で処理します。生成したメタンは調理や照明の燃料として利用され、発酵液は液肥として農地還元されます。

これからのメタン発酵利用

メタン発酵は、廃水・廃棄物を処理しながらエネルギーを回収できる技術で、運転エネルギーも少なく、地球温暖化防止に寄与します。さらに、貴重なリン資源の回収も可能です。一方、メタン発酵は処理水質が不十分で、日本ではそのまま河川放流することはできません。こうしたメタン発酵の長所と短所をよく理解し、使用場所の地理的特性なども考慮し、必要に応じて他の処理技術と併用しながら、今後も活用が進むことが期待されます。



◀ 写真 1 下水処理場のメタン発酵槽（嫌気性消化槽）
（クリーンピア千曲 <長野市>）



▲ 写真 2 塊を形成したメタン発酵細菌群
[出典] 野池達也 編著（2009 年）、「メタン発酵」、技報堂出版

寄稿

ツキノワグマを知ろう！

瀧井 暁子

(けもの調査室代表・NPO 法人信州ツキノワグマ研究会)



身近なところにすむツキノワグマ

信州は、ほぼすべての地域にツキノワグマ（以下、クマと表記）が暮らす自然豊かな県です。最近ではクマの存在がとても身近になりつつあります。里近くで子育てをするクマ、ひとり立ちの過程で市街地に紛れ込んでしまうクマもいます。被害を起こさないためには、クマについて正しく知り、正しく恐れることが大事です。

夏に人里に近づく理由

クマは主に植物や虫を食べる雑食性です。1年間の行動範囲はとても広いですが、季節によって使う場所が変わります。夏は、春や秋に比べると食べ物が多く、人里に接近するクマが増える季節です。農作物目当てに山を下りてくるのではありません。里に近い林の方が、食べ物（木の実やアリ、ハチなど）があり、あまり人に見られたくないクマにとって都合の良い見通しの悪い「やぶ」が多くあるから下りてくるのです。

一度覚えた作物の味

最初から作物や生ゴミの味を知っているクマはいません。10年近くGPS首輪をつけて追跡していたメスグマの話です。山で暮らしていたこのメスは、16歳の夏、これまで一度も来たことのない畑に行き、初めてトウモロコシを食べてしまいました。8月終わりのクマが最も食べ物探しに苦労する時期でした。以後、毎年畑を荒らすクマに変わってしまいました。このようにクマも行動が変わることがあります。畑が電気柵でしっかりと守られていたら、このメスも山での暮らしを続けていたはずでした。



写真 里地の竹林で食べ物を探す親子
(5月下旬。仔は1歳4ヶ月)
著者撮影(センサーカメラによる)

人里の食べ物はしっかり管理して

人にとって脅威となるクマは、「作物、食料、生ゴミなどを食べるクマ」と「至近距離で出会うクマ」です。人と同じように、クマは生きるために食べることが重要です。自然界にほとんど存在しない高栄養な食物を一度食べてしまうと、クマは餌付いてしまいます。餌付いたクマは、人と食べ物が結びつき、人を恐れなくなります。クマは学習能力が高く、とても賢い動物です。前述したメスは、大胆かつ慎重に行動していました。人に見られないように夜中にトウモロコシ畑に現れ、捕獲檻は警戒してなかなか入りませんでした。しかし、数年後の8月初めに檻に入り、駆除されました。人が対策をしていれば、クマも被害を出さず、もう少し長生きできたかもしれません。作物や生ゴミなどをしっかりと管理してクマに取らせないようにすることは、山でも里でも極めて大事な対策です。

至近距離で出会わない対策を

たいていのクマは人を恐れ、人に会わないように暮らしています。人に会っても逃げたり隠れたりしてめったに人を襲うことはありません。ただ、至近距離で人に会おうと、クマは危険を感じ、自身や子を守るために人を襲うことがあります。バッタリ会わないために有効なのが、音を出す対策です。クマ鈴、ラジオ、話し声などで人の存在をクマに知らせてください(おしゃべりやラジオに夢中にならないように!)。ただし、クマが潜んでいるかもしれない「やぶ」は危険です。見通しの悪い場所には近づかないのが安全です。

もし、クマに出会ったら、クマを刺激する行動(大声を出す、走る、物を投げるなど)は絶対にしないでください。静かに落ち着いて、クマを見ながらゆっくりと後ずさりします。出会った時に絶対大丈夫な方法はありません。出会わない対策が一番大事ということも忘れないでください。

クマを正しく知って安全に

私は、県内各地の保育園や学校等へクマ授業に行っています(NPOでは信州環境カレッジの学校講座にも登録しています)。自然豊かな信州に暮らす子どもたちが、クマについて正しく知り、山で安全に楽しく過ごしてほしいと願っています。



星のや軽井沢
HOSHINOYA Karuizawa



宿泊施設は、365日の稼働や給湯負荷で、エネルギー消費量が多い傾向にある一方で、景観や構造上から導入できる省エネルギー技術に限られ、脱炭素化が遅れている業界とされています。

星のや軽井沢は、2005年、浅間山の麓に「谷の集落に滞在する」をコンセプトに開業しました。計画段階から一貫しているのは、「リゾートの魅力である自然を、その運営によって損なってはならない」という想いです。そこで、環境経営の指針として掲げたのが「EIMY (エイミー: Energy In My Yard)」です。「自ら使うエネルギーは、できる限り自分たちで生産する」という考えの礎は、前身の「星野温泉旅館 (1914年開業)」にまで遡ります。

まだ電気が通っていなかった当時、川の流れを自然の恵みとして水車を回し、電気を賄いました。その後、本格的な水力発電機を導入。現在もこの考えを受け継ぎ、施設で消費するエネルギーの約7割 (2016年実績: 68%) を敷地内で生産しています。その柱となるのが、4つの自然エネルギーの活用です。



星野リゾート



自然エネルギーの活用
EIMY (Energy In My Yard)

4つの自然エネルギーの活用

1. 水力発電

湯川を引き込んだ、当施設の「池」は、実は発電システムの一部です。水量調整に加え、沈砂の役割も担っています。美しい景観とエネルギー源としての機能を両立させ、敷地内2か所の水力発電所で、年間平均約81万kWhを発電しています。



2. 地中熱利用

活火山・浅間山の地中熱を利用。地下400mの「地中熱交換井」3本に水を循環させ、熱のみを採り出しヒートポンプでエネルギーへ変換します。地下水は汲み上げず、熱以外を採り出さないため、地盤沈下などの影響もありません。



3. 温泉排湯熱

星野温泉の7本の源泉からは、毎分約400ℓ、約40℃の豊富な湯が常時湧出しています。この浴槽から溢れ出る「温泉排湯」から熱回収システムを使って熱を取り出し、再利用。また、温度の下がったお湯を川へ戻すことは、河川の生態系への負荷を減らし、環境を守ることに繋がっています。

4. 自然のエアコン「風楼(ふうろう)」

客室の屋根には「風楼」と呼ばれる小屋根を設置。風楼の窓を開放すると、温まった空気が上昇し外へ排出され、代わりに涼しい外気が部屋へと流れ込みます。電気を使わず、自然の風のおかげで快適な室温を保つ天然の空調システムです。



今も昔も、軽井沢の自然と真摯に向き合い、共に生きるために、自ら使うエネルギーはできる限り自ら賄う。それこそが、私たちが守り続けるべきリゾート運営のあり方です。

(星のや軽井沢 総支配人 周藤和也)



NBS長野放送×長野市城山動物園×長野県環境保全協会 presents

うんこ先生の特別授業「海洋ごみ」 in 長野市城山動物園



SDGsの発信に力を入れている長野市城山動物園と、「海と日本プロジェクト」を主宰するNBS長野放送のご協力で、**うんこ先生の特別授業**を初めて動物園で行いました。

ようこそ牟礼小2年生

今回は、学校の乗り物遠足で動物園を訪れた飯綱町立牟礼小学校2年生36名の皆さんが授業を受けてくれました。

アシカの観察から海洋ごみの授業へ

前半 カリフォルニアアシカの生態について、動物園の飼育スタッフ山田高裕さんが解説。飼育されている2頭のアシカのうち、シュンくん(オス、20才)がプール脇の、子どもたちが待つステージに登場。大きな体ながら機敏な動き、なかなかの迫力。山田さんとシュンくんの息の合ったコンビネーションと、アシカの特徴や暮らしについてのお話、子どもたちは真剣そのもの。

後半 うんこ先生による「海洋ごみ」の授業。アシカのステージから動物園内の屋外教室に移動。うんこ先生の佇まいに関心が集中する日もあるのですが、今回は大きなアシカを間近に見てきた直ぐ後だったこともあり、海洋ごみが地球や動物に及ぼしている影響についてしっかり考え、動物園オリジナル問題も含めたクイズにも真摯に答えられました。「うむ、どのクイズもいい問題だった」という、ある児童の感想が忘れられません。

記念撮影

最後はもう1頭のアシカ、ドレミちゃん(メス、7才)、うんこ先生と一緒に記念撮影。盛りだくさんのスケジュールの中、特別授業に参加してくれた牟礼小学校の皆さんに感謝です。

※授業の様子は、TV番組「海とつながる長野県2025～海と日本プロジェクトin長野」(NBS長野放送、毎週日曜午前8:55～9:00)でも取り上げられました(1月25日放映)。



うんこドリル「海洋ごみ」
教材はこちら▶
海と日本プロジェクトin長野



スタッフの感想

動物の姿をのんびり眺めるのもとても楽しいけれど(私たちも癒されました)、今回のように、動物を間近に見ながら、動物をとりまく環境の変化や、人間社会の課題について考える機会があってもいいと思いました。

今回、動物園とのコラボに手ごたえを感じ、動物園の教育施設としての役割をあらためて考えさせられるイベントになりました。

今後もコラボイベントは続けて参りますので、ぜひご期待ください!

2050 信州ゼロカーボンチャレンジ!

2025 年度実施結果

家庭で地球温暖化防止のアクションを行うとともに、2050年のゼロカーボンに向けて今からどんなことができるか、という課題に子どもたちがチャレンジするプログラムです。全県での取り組みは今年度で5年目となります。県内の小中学校から参加を募り、子どもたちに冊子を配布して、夏休みを中心に学校や家庭で挑戦してもらっています。

「ながの海ごみゼロプロジェクト」に引き続きご協力をいただき、冊子『上流県「ながの」から海をキレイに』を併せて配布しました。



参加数

学校 14 校(小学校 11 校、中学校 3 校)、個人 10 名、計 1,380 名の児童・生徒にご参加いただきました。

チャレンジの結果

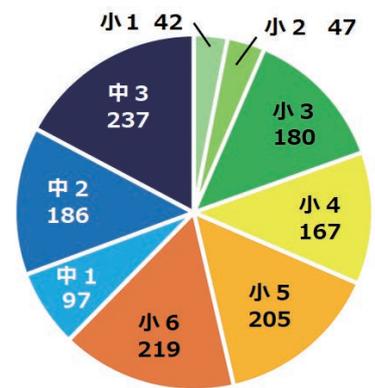
●チャレンジ 1 やってみよう! お家で地球温暖化防止

チェックリストにある「マイボトル(水とう)・マイはし・マイスプーンを持って出かける」「エレベーター・エスカレーターではなく、階段を使う」など 32 項目から 5 項目選んで 7 日間チャレンジしてもらいました。このチャレンジでは、できた数を記入してもらいますが、最大 35 点(5 項目×7 日)のところ、全参加者の平均は 29 点でした。

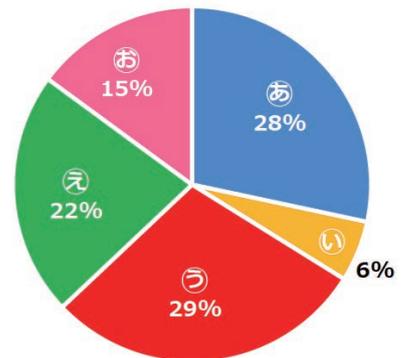
●チャレンジ 2 調べてみよう! 2050 ゼロカーボンへの道

次の㉔~㉗から 2 つ選び、「ワークシート」に記入しながらチャレンジしてもらいました。2025 年度は、㉔にごみ拾い、㉖に「屋根ソーラーの仲間たち」、㉗に料理を加えました。一番多く選ばれたのは㉗で昨年度の 18% から大幅に増え、以下、㉔、㉕、㉖、㉖の順でした。

学年別参加者数



チャレンジ 2



㉔ プラスチックごみを調査せよ

㉕ お家の屋根でソーラーシミュレーション

㉖ 「おいしい信州ふード」de ビンゴ&クッキング

㉗ かるたで遊んで「環境マーク探検」!

㉘ サステナブルファッション* を身につける

*服を作ってから捨てるまで環境に気を配った取組み。

◀◀◀㉖のワークシート

結果・冊子(ワークシート)など、くわしくは県センターHPへ▶



学校への教材費贈呈

参加いただいた学校のうち、全児童・生徒数に対する参加者数の割合が高い学校について「優秀協力校」として小学校 5 校・中学校 1 校、「準優秀協力校」として小学校 5 校・中学校 1 校を選定し、環境教育にご活用いただくための教材費を贈呈しました。

果樹の伐採木・剪定枝を燃料に



カーボンニュートラルであるバイオマス燃料の薪。気候変動対策の一環として果樹剪定枝等を薪に利用するため、提供したい農家と薪を探している方(ユーザー)とをつなぐために長野市が平成17年(2005年)から始めたのが「果樹剪定枝・薪ストーブ活用推進事業」です。令和4年(2022年)からは、登録者の居住範囲が長野市とその周辺の9市町村内に拡大されました。

<https://www.city.nagano.nagano.jp/n120500/contents/p005906.html>



仕組み 比較的近所の農家とユーザーそれぞれ数名を一つのグループとして登録し、農家ごとの果樹伐採予定木や剪定枝の量や処理希望期間、連絡先等のリストがグループのユーザーに提供されます。ユーザーは希望する農家に連絡をとって作業日程等を調整します。

利用者数 この20年間に平均で1シーズンに75名(令和4年以降101名)程のユーザーからの申し込みがあり、農家も年平均69名(令和4年以降93名)程で、初回から継続して安定した応募がある事業となっています。

利用してみて 提供側の農家としては、農作業の支障にならないように、消毒作業が始まる前に剪定枝等は全部片づけたいでしょうし、ユーザーにもそれぞれ都合があります。その調整がうまくできれば、両者にとって好都合な制度だと思いました。

(長野県環境保全協会 企画部長 陸 斉)



リンゴ畑から剪定枝等を運び出す(2024年3月)

年末恒例カレンダープレゼント会

今年も多くの企業・事業所や個人の方々からカレンダーをご提供いただきましたことに感謝申し上げます。年々カレンダー・手帳の作成部数を減らす企業が多くなり、提供できるカレンダー等が減少し、文字もの・卓上型の割合が多くなる傾向にあります。



北信支部会場(2025.12.26 長野市生涯学習センター)

また、今回は4支部での開催となりました。諏訪支部では開催会場の都合から、一部を中信支部に振り分けたほか、飯田支部では開催会場変更に伴い開催日数を延長するなど工夫しました。

カレンダー等の配布数

支部	カレンダー	手帳
北信	3,796	553
中信	4,842	618
諏訪	1,173	176
飯田	702	91
計	10,513	1,438
(前年)	(11,587)	(1,141)
累計*	313,721	52,135

*1998年(平成10年)開始以降の累計

新会員紹介

株式会社 青木固研究所

一般会員

上小支部

【発行元】〒380-0835 長野市新田町1513-2 (82 プラザ長野)

「エコシン」は「エコ信州」の略称です
2026年3月2日発行

●一般社団法人 長野県環境保全協会

TEL:(026)237-6620 FAX:(026)238-9780 E-mail:nace@janis.or.jp <https://nace.main.jp/>

●長野県地球温暖化防止活動推進センター(県センター)

TEL:(026)237-6625 FAX:(026)238-9780 E-mail:nccca@dia.janis.or.jp <https://nccca.or.jp/>

●長野市地球温暖化防止活動推進センター(市センター)

TEL:(026)237-6681 FAX:(026)237-6690 E-mail:eco-mame@dia.janis.or.jp <https://www.eco-mame.net/>

