

# 再生と利用

2014 Vol. 38

No. 144

## 主要目次

- 口絵** 名古屋市上下水道局 空見スラッジリサイクルセンターの紹介  
平成25年度 下水汚泥のリサイクル推進に関する講演会
- 巻頭言** 大規模農業地帯の再生・利用……………伊藤 修一
- 論説** インフラ設備を活用した未利用バイオマスの有効利用システムのLCA  
……………大村 健太／小野田弘士／清水 康／中嶋 崇史／永田 勝也

## 特集 平成26年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説

- 解説** 平成26年度の下水道事業予算について……………末益 大嗣  
農林水産省におけるバイオマスの総合的な活用推進について……………鈴木 和也
- 日本下水道事業団における汚泥の処理・有効利用に関する業務及び調査研究の概要……………島田 正夫
- (独) 土木研究所における下水汚泥等バイオマス利用に関する研究……………津森ジュン
- 資源循環研究部における技術開発について……………石田 貴
- 研究紹介** 水素発酵法の盲点……………大西 章博  
太陽光を利用した活性汚泥の可溶性促進及び光メタン発酵システムの開発……………楊 英男
- Q&A** 田畑輪換で生じる地力の変化と対策……………西田 瑞彦
- 現場からの声** 山形市浄化センターにおける消化ガス発電の運用について……………工藤 守
- 文献紹介** 下水灰由来のりん酸質肥料におけるクロムの化学形態……………川崎 晃  
種々の汚泥処理技術における消毒性能に与える温度の影響……………岩崎 旬
- 講座** 「エネルギー化技術の最新動向について」講座開設にあたって……………「再生と利用」編集委員会事務局
- 特別報告** 農業集落排水汚泥利活用実証事業の紹介……………福田 和吉／石田 実／五十嵐春子
- 投稿報告** 熊本市における下水処理水の農業用水利用について……………岩本 英紀
- コラム** グレート・サイクル・プラットフォーム (GCP) ……董仁杰老師
- 報告** 下水汚泥利用促進マニュアル(仮称)の発刊に向けて……………前田 明德／高橋 幸彦
- ニューススポット** バンドン市(インドネシア)の水環境・衛生改善プロジェクト……………大林 重信
- 下水汚泥由来の堆肥から花を育て、販売……………「再生と利用」編集委員会事務局
- 資料** おしらせ(投稿のご案内、広告掲載依頼)、汚泥再資源化活動、日誌・次号予告、編集委員会委員名簿、編集後記

## 空見スラッジリサイクルセンターの紹介

名古屋市では、市内15箇所の水処理センターで発生する汚泥を、山崎・柴田汚泥処理場、空見スラッジリサイクルセンターの3箇所で集約処理しています。

空見スラッジリサイクルセンターは、平成18年度に事業認可を受け、平成20年度から平成26年度にかけて建設を行い、平成25年10月から汚泥処理を開始しています。

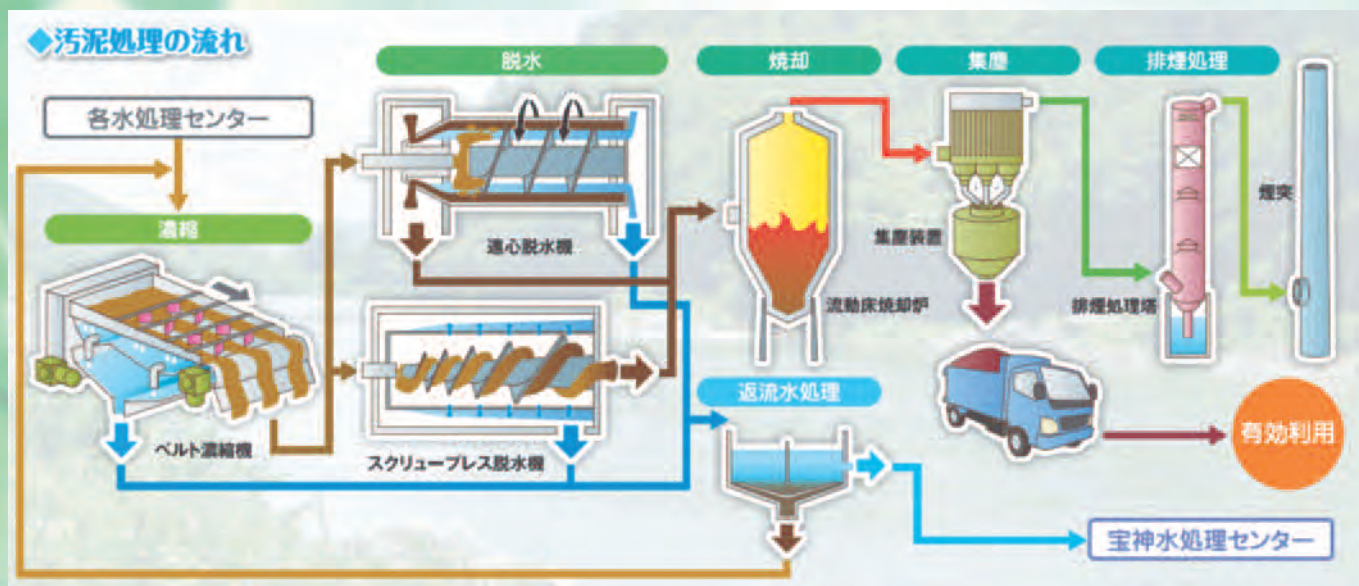
当センターの処理汚泥量は、日平均で5,000m<sup>3</sup>であり、汚泥の濃縮・脱水を経て、全量焼却し、その汚泥焼却灰の大部分をセメント原料等に有効利用しています。

また、脱水ろ液等の高濃度排水は凝集沈殿処理を行った後、宝神水処理センターに返送しています。

なお、環境への配慮の一つとして焼却により発生する熱を回収し、建物内の空調や発電に利用することで省エネルギーに努めています。

(施設諸元)

|         |                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------|
| 濃縮設備    | ベルト濃縮機 (80m <sup>3</sup> /h×6台)                                        |
| 脱水設備    | スクリーンプレス脱水機 (20m <sup>3</sup> /h×3台)<br>遠心脱水機 (20m <sup>3</sup> /h×3台) |
| 焼却設備    | 流動床焼却炉 (200t/日×2基)                                                     |
| 返流水処理設備 | 凝集沈殿池 2池                                                               |



ベルト濃縮機



スクリーンプレス脱水機



遠心脱水機



廃熱ボイラ



蒸気発電機



流動床焼却炉

平成25年度

# 下水汚泥のリサイクル推進に関する講演会

青少年総合センター センター棟 4階 417号室 平成26年1月30日

日本下水道協会では、毎年各関連団体の取組や最新技術の動向などの情報を収集し、様々な形で発信の一環として下水汚泥のリサイクル推進に関するセミナーや講演会を実施しています。

その中で、本年1月に「下水汚泥のリサイクル推進に関する講演会」を開催し、4人の講師陣により、下水汚泥資源に対するエネルギー利用や、他バイオマスとの複合利用などの取組に対して講演いただきました。



## 講師陣



高知大学教育研究部自然科学系農学部門教授  
藤原 拓 氏

テーマ「下水汚泥の利用推進に向けて  
～農業地域の面的水管理・カスケード  
型資源循環システムから考える～」



国土交通省下水道企画課資源利用係長  
安陪 達哉 氏  
テーマ「下水道資源利用の現状と推進  
に向けた取組」



熊本市上下水道局水再生課審議員  
齊田 誠治 氏  
テーマ「熊本市の下水汚泥固形燃料化  
事業について」



新潟市下水道計画課係長  
橋本 康弘 氏  
テーマ「新潟市バイオマス産業都市  
構想の取組について」

## 口絵

名古屋市上下水道局 空見スラッジリサイクルセンターの紹介  
平成25年度 下水汚泥のリサイクル推進に関する講演会

## 巻頭言

大規模農業地帯の再生・利用 ..... 伊藤 修一..... (5)

## 論説

インフラ設備を活用した未利用バイオマスの有効利用システムのLCA  
..... 大村 健太／小野田弘士／清水 康／中嶋 崇史／永田 勝也..... (6)

## 特集 平成26年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説

## 解説

平成26年度の下水道事業予算について ..... 末益 大嗣..... (10)  
農林水産省におけるバイオマスの総合的な活用推進について ..... 鈴村 和也..... (13)  
日本下水道事業団における汚泥の処理・有効利用に関する業務及び調査研究の概要  
..... 島田 正夫..... (17)  
(独)土木研究所における下水汚泥等バイオマス利用に関する研究 ..... 津森 ジュン..... (22)  
資源循環研究部における技術開発について ..... 石田 貴..... (26)

## 研究紹介

水素発酵法の盲点 ..... 大西 章博..... (31)  
太陽光を利用した活性汚泥の可溶化促進及び光メタン発酵システムの開発 ..... 楊 英男..... (38)

## Q & A

田畑輪換で生じる地力の変化と対策 ..... 西田 瑞彦..... (43)

## 現場からの声

山形市浄化センターにおける消化ガス発電の運用について ..... 工藤 守..... (45)

## 文献紹介

- 下水灰由来のりん酸質肥料におけるクロムの化学形態 ..... 川崎 晃.....(48)  
種々の汚泥処理技術における消毒性能に与える温度の影響 ..... 岩崎 旬.....(49)

## 講座

- 「エネルギー化技術の最新動向について」講座開設にあたって  
.....「再生と利用」編集委員会事務局.....(51)

## 特別報告

- 農業集落排水汚泥利活用実証事業の紹介 ..... 福田 和吉／石田 実／五十嵐春子.....(59)

## 投稿報告

- 熊本市における下水処理水の農業用水利用について ..... 岩本 英紀.....(64)

## コラム

- グレート・サイクル・プラットフォーム（GCP） ..... 董仁杰老师.....(67)

## 報告

- 下水汚泥利用促進マニュアル（仮称）の発刊に向けて  
.....前田 明德／高橋 幸彦.....(68)

## ニュース・スポット

- バンドン市（インドネシア）の水環境・衛生改善プロジェクト ..... 大林 重信.....(73)  
下水汚泥由来の堆肥から花を育て、販売 ..... 「再生と利用」編集委員会事務局.....(76)

## 資料

- お知らせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）.....(78)  
汚泥再資源化活動 .....(82)  
日誌・次号予告・編集委員会委員名簿 .....(85)  
編集後記 .....(87)

※本文中の表題で記載した執筆者の所属団体・役職は、執筆当時のものです。

## 巻 頭 言

## 大規模農業地帯の再生・利用

帯広市公営企業管理者

伊 藤 修 一



北海道・十勝は帯広市を含む19市町村で構成され、北海道の南東部に位置し、周囲を大雪山国立公園、阿寒国立公園、日高山脈襟裳国立公園に囲まれており、その中央部には十勝の母なる川「十勝川」が貫流し、流域には十勝農業の中心をなす十勝平野が広がっています。本地域の人口は約35万人、総面積は約1,083,124ヘクタールで、岐阜県とほぼ同じで北海道全面積の13%を占めています。

十勝の耕地面積は約255,000ヘクタールで、農家1戸当たり平均耕地面積は約41.7ヘクタールとなっており、カロリーベースでの食料自給率は約1,100%、約400万人分の食料を生産しているといわれています。

帯広市は、十勝の中央部に位置し、明治16年、民間開拓団である晩成社により、はじめて鉄が入れられて以来、医療、教育、文化、情報などの都市機能が集積する人口約17万人の十勝の中心都市として発展してきました。

現在、帯広市を中心に十勝では、地域が持つ「価値」を再認識し、「食」と「農林漁業」を柱とした経済活動を行うための旗印として「フードバレーとかち」を掲げ、「農林漁業の成長産業化」、「食の価値の創出」、「十勝の魅力を売り込む」をキーワードにオール十勝の取り組みを進めています。

その推進ツールとして、2011年7月に十勝定住自立圏を形成し、2011年12月には北海道フードコンプレックス国際戦略総合特区、2013年6月にはバイオマス産業都市としてそれぞれ十勝全域を対象に指定を受けています。

帯広市の下水道事業は、昭和34年3月に市街地約216haの事業認可により始まりました。その後の人口増加に対応するため昭和52年からスタートした十勝川流域下水道事業に参画し施設整備を進め、平成7年度からは郊外部を特定環境保全公共下水道として整備してきており、現在では公共下水道の帯広川処理区806ha、流域下水道の十勝川処理区3,529haの認可区域において事業を進めています。

一方、下水汚泥については、昭和49年から大規模農業地帯という地域特性を背景に緑農地利用の試行が始まり、昭和56年には下水汚泥農業利用協議会を設立し、現在では3利用組合28戸、1,220haの農地で、年間に発生する3,700トンほどの乾燥汚泥と牛ふん堆肥等を混合発酵させた堆肥を製造し、十勝を代表する小麦や馬鈴薯、甜菜、豆類など主要農産物を中心に全量利用されており、バイオマス産業都市構想の推進に寄与しています。

なお、下水汚泥の緑農地利用にあたっては、各種法令・通達等により規制されていることから施用土壌の追跡調査を継続して行っているが、基準値を下回る値で推移しており、長期間畑地に施用しても、十分に安全な水準であることが確認されています。

帯広市は、国等が進める、食と下水道の連携強化策「BISTRO下水道」に参画させていただくとともに、平成25年11月には第2回会合を本市で開催する機会をいただきました。下水道と食・農業利用の連携活動の事例報告や、収穫された食材による試食会、現地視察のほか、下水処理場に集約される地域の水や有機物、窒素、リン、熱などを資源として農業利用して循環させている他都市の方々とも意見交換でき、本市が進めてきたバイオマス資源を活用した循環型・環境保全型の地域づくりの必要性を再認識したところです。

また、帯広市は平成20年7月に環境モデル都市として選定され、低炭素社会づくりをめざし、さまざまな取り組みを進めていますが、下水道分野においても、余剰消化ガスを有効活用したコージェネレーションシステムによる発電設備を平成25年度に完成させ、環境負荷軽減に努めています。

今後、十勝全域のし尿等を流域下水道浄化センターに集約し、効率的に処理するMICS事業にも着手することになりましたので、下水汚泥のリスクとメリットの正しい知識を広め、引き続き再生・利用の取り組みを広げてまいりますので、関係機関の皆様のご支援、ご協力をお願いします。

## 論 説

# インフラ設備を活用した 未利用バイオマスの 有効利用システムのLCA

早稲田大学 環境・エネルギー研究科

大村 健太、小野田 弘士、清水 康、中嶋 崇史、永田 勝也

キーワード：焼却施設、メタン発酵、生ごみ、LCA

## 1. はじめに

未利用バイオマス（下水汚泥、食品系廃棄物、木質バイオマスなど）は地域の資源として、熱利用や発電利用、素材利用などの様々な活用が期待されているものの、有効利用技術単体では設備が過剰となり、事業継続性の観点から普及の障壁となっている。

一方、下水処理施設や焼却施設などの既存インフラに関しては技術向上や様々な研究が進められており、施設内でのエネルギーや資源の有効利用が進められているが、単独施設では未利用エネルギーを持て余し、余力を残している施設が大半である。

そこで、筆者らは技術向上としての次世代型ストーカ式焼却炉と下水汚泥消化発電システムの効果を定量的に評価するとともに、既存インフラと連携した未利用バイオマスの利用促進方法を評価した。これにより、資源循環システムの高度化に寄与することを目的とする。

## 2. LCAの前提条件の設定

資源循環システムの高度化を図るための指針のひとつとして、環境負荷・経済性の観点から客観的にシステム全体を定量評価することが可能な手法の構築が求められている。そこで、本稿では主流の手法である

LCA（Life Cycle Assessment）の考え方を採用し、気候変動の要因とされるCO<sub>2</sub>排出量による評価を実施した。

### (1) 提案技術の概要

本稿において、未利用バイオマスの有効利用システムを検討する際の対象技術の概要を以下に記載する。

#### ●次世代型ストーカ式焼却システム

次世代型ストーカ式焼却炉は、炉内において高温空気と再循環ガスを混合させた高温混合気を二回流式焼却炉の燃焼開始領域に供給する。これにより、従来のストーカ炉と比較して低空気比燃焼によって排ガス中のNO<sub>x</sub>濃度低減や発電効率向上を実現した<sup>(2)</sup>。

#### ●下水汚泥消化発電システム

汚泥消化発電システムは、下水汚泥を脱水・濃縮後に消化槽へと投入し、発生した消化ガスによる発電を行うシステムである。ガスエンジンからの排熱は消化槽の加温に利用される。一部の消化ガスは、消化汚泥とともに汚泥焼却炉において焼却を行う。消化プロセスによって、汚泥は40%削減される。

#### ●メタン発酵施設

メタン発酵施設は、下水汚泥や生ごみを投入し、発生したメタンガスによって発電を行う施設である。下

水汚泥消化発電システムと同様の効果が得られるが、異なる点がある。まず、下水処理施設の消化槽への生ごみの投入量は、下水汚泥の投入量に対して1割程度と設計的に制限されているのに対し、メタン発酵施設は新規建設が前提となるため、生ごみと下水汚泥の投入割合は発生状況に合わせて柔軟に対応することが可能である。その他に、消化槽を設置した下水処理施設が少ないため、対象地域が限られてしまうが、そのような制限も必要なくなる。

## (2) 評価範囲の決定

本稿は廃棄物やバイオマスの処理にかかるエネルギー資源と薬品等の環境負荷を対象として試算している。また、処理の副産物として生成される電力や炭化物は有効利用として環境負荷の削減効果として試算している。

しかし、可燃ごみや下水等の収集運搬にかかる環境負荷と処理施設の建設にかかる環境負荷は評価範囲の対象外としているため、純粋に処理時の優位性を評価するための比較検討となっている。

## (3) 評価指標

環境負荷評価は、先に示した評価範囲におけるエネルギー起源や薬品由来のCO<sub>2</sub>排出量を比較することによって行った。

評価に用いたCO<sub>2</sub>排出係数を表1に示す。

基本的には、「温室効果ガス算定・報告・公表制度」で定められたデータを用いた。

表1 CO<sub>2</sub>排出原単位の一覧

| 項目                  | 単位                      | 数値       |
|---------------------|-------------------------|----------|
| 消費電力                | kg-CO <sub>2</sub> /kWh | 5.61E-01 |
| 消石灰                 | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 8.80E-01 |
| 活性炭                 | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 1.15E+00 |
| アンモニア               | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 2.18E-01 |
| 埋立て                 | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 3.63E-02 |
| 重油燃焼                | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 3.75E-00 |
| 重油製造                | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 2.51E-01 |
| 凝集剤                 | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 1.41E+01 |
| 尿素水                 | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 6.68E-01 |
| 苛性ソーダ               | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 2.27E-01 |
| 汚泥由来CO <sub>2</sub> | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 1        |
| CH <sub>4</sub>     | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 21       |
| N <sub>2</sub> O    | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 310      |
| 返流水                 | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 9.40E-01 |
| 脱硫剤                 | kg-CO <sub>2</sub> /kg  | 1.25     |

## (4) シナリオ評価の設定

システム全体としてのさらなる効率化を目指し、下水汚泥消化発電システムとストーカ炉の併設を行った場合の評価を行った。評価を行う際に、消化汚泥の乾燥燃料化、炭化燃料化を行った場合の検討を行うとともに、発生した消化ガスの利用方法、消化汚泥の処理方法に関しても検討した。比較対象とした各CASEの概要を以下に示す。また、各ケースのフローを図1に示す。

### CASE1 :

下水汚泥消化発電施設と一般廃棄物用焼却施設（ストーカ炉）を非併設とした。

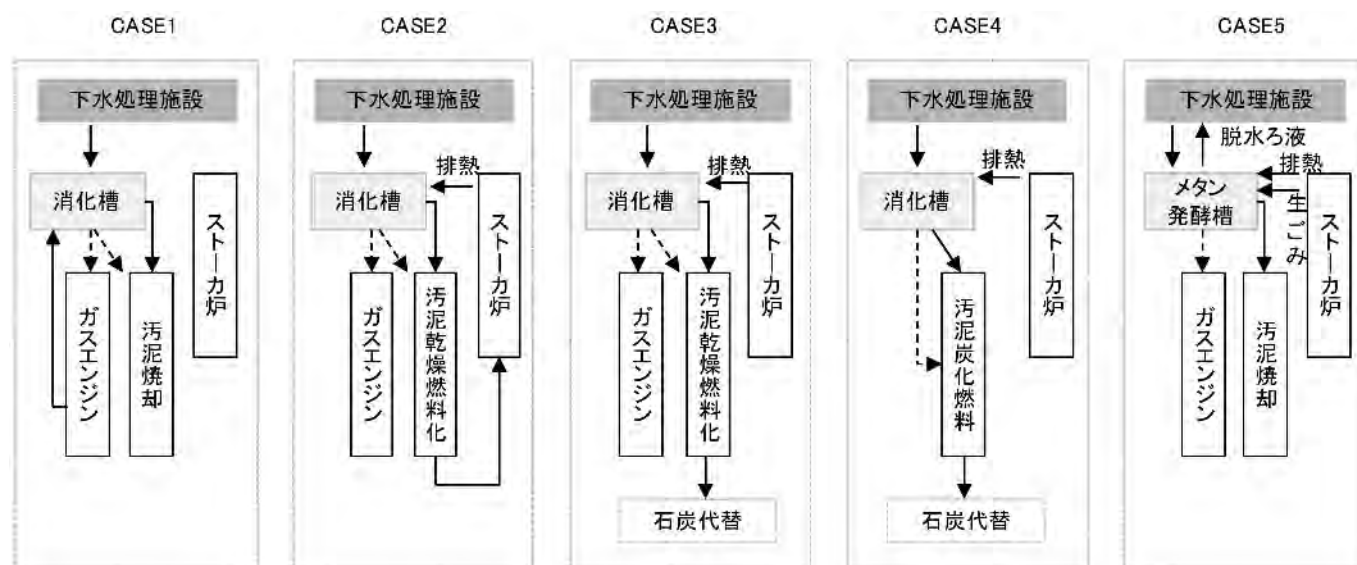


図1 シナリオ評価の簡易フロー

**CASE2 :**

下水汚泥消化発電施設と一般廃棄物用焼却施設（ストーカ炉）を併設する。ストーカ炉からの排熱を消化槽へ供給し、消化ガスを汚泥乾燥燃料化に用い、汚泥乾燥燃料はストーカ炉での焼却発電に用いる。残りの消化ガスは発電に利用する。

**CASE3 :**

CASE2で製造された汚泥乾燥燃料を石炭代替として他の施設へ供給する。

**CASE4 :**

ストーカ炉からの排熱を消化に利用し、発生した消化ガスを全量汚泥の炭化燃料化に使用し、製造された炭化燃料は石炭の代替として他の施設へ供給する。

**CASE5 :**

メタン発酵施設を新設し、下水汚泥と生ごみを処理する。ストーカ炉からの排熱をメタン発酵槽へ供給し、メタンガスはガスエンジンでの発電に用い、脱水ろ液は下水処理施設で処理し、発酵残渣は焼却処理する。

### 3. 個別技術の評価

#### (1) 次世代型ストーカ式焼却システム

施設処理規模を280t/d、年間運転日数は280D/Yとした場合の新旧のストーカ炉のCO<sub>2</sub>排出量を比較した結果を図2に示した。同図より、発電量の増加とアンモニア製造の回避によって10.5%のCO<sub>2</sub>排出量削減となっており、次世代型ストーカ式焼却炉の環境負荷削減効果を確認することができた。

#### (2) 下水汚泥消化発電システム

下水汚泥消化発電システムを導入した場合と下水汚泥を全量焼却処分した場合の評価結果を図3に示し

た。発電による環境負荷削減効果と焼却処分される汚泥の量が削減されるため、汚泥焼却過程で発生するCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O量が減少する。これより、CO<sub>2</sub>排出量が32.5%の削減が見込める結果となった。

#### (3) メタン発酵システム

下水汚泥と生ごみのメタン発酵施設に投入した場合と焼却処理した場合の評価結果を図4に示す。メタン発酵施設の規模は100t/dとし、下水汚泥の処理量が70t/d、生ごみの処理量が30t/dとする。評価結果より発電による環境負荷削減効果と焼却処分される汚泥の量が削減されるため、CO<sub>2</sub>排出量が21.8%の削減が見込める結果となった。

### 4. 併設システムの結果

各CASEのCO<sub>2</sub>排出量を比較した結果を図5に示す。CASE1に比べてCASE2では、乾燥汚泥を製造し、ストーカ炉において焼却することによって焼却時の消費電力が削減されるとともに発電量が増加する。削減効果は従来に比べ2%増加するため、全体で27.5%削減される。CASE3では汚泥乾燥燃料による石炭代替の効果が大きい。CASE4についても炭化燃料による削減効果が確認できるが、消化ガス全量を炭化燃料化に利用しているため、ガスエンジンによる発電の効果が得られていないためCASE3と比べて削減量は少なくなっている。

今回示したCASEのなかでは、CASE3の下水汚泥に対して、消化・乾燥燃料化を行い、製造された乾燥燃料は石炭の代替として利用することが最もCO<sub>2</sub>排出量が削減されるという結果となった。

しかし、CASE5のメタン発酵施設を新設することによって、ガスエンジンによる発電量が増加するとともに、焼却施設での生ごみ削減による発電量の増加の効果も得られていることがわかる。また、今回はメタ

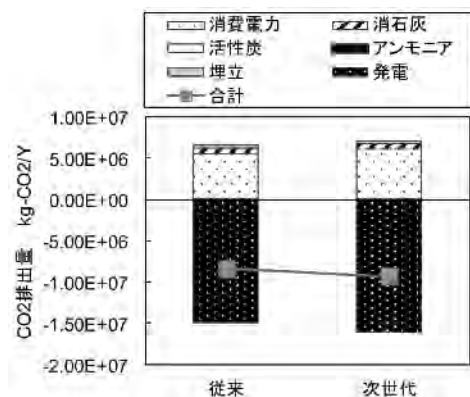


図2 次世代型ストーカ式焼却炉のLCA

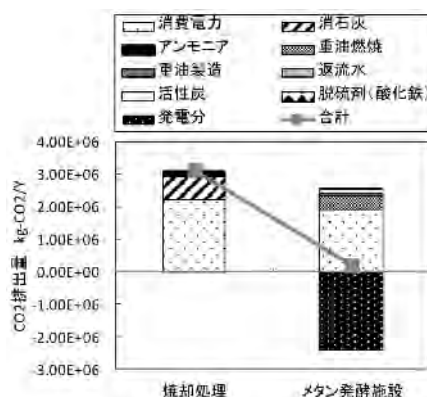


図3 下水汚泥消化発電システムのLCA

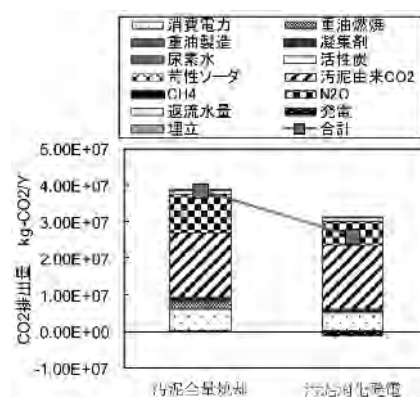
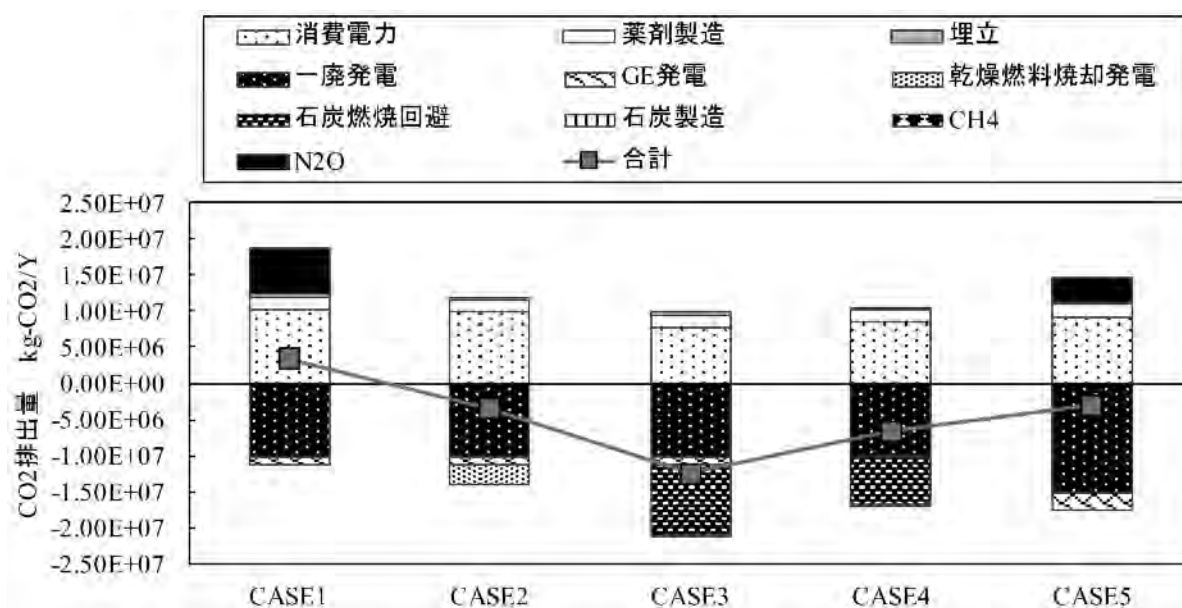


図4 メタン発酵施設のLCA

図5 各CASEのCO<sub>2</sub>排出量の比較結果

ン発酵施設からの残渣を焼却処理しているため、CASE3に劣った結果となったが、乾燥燃料化を行い、製造された乾燥燃料は石炭の代替として利用することでCASE3よりもCO<sub>2</sub>の削減効果が得られることが推測される。

## 5. まとめ

本稿においては以下の知見が得られたことを記載している。

- ・次世代型ストーカ式焼却システムは、従来型と比較して10.5%のCO<sub>2</sub>排出量削減、となった。
- ・下水汚泥消化発電システムを導入することによって、下水汚泥を全量焼却した場合と比較して、CO<sub>2</sub>排出量では32.5%となった。
- ・下水汚泥消化発電施設と一般廃棄物用焼却施設を併設することの効果を実量的に示した。
- ・相互の熱融通と消化ガス発電を行い、製造された汚泥乾燥燃料を外部供給する場合のCO<sub>2</sub>排出量が最も小さい。
- ・メタン発酵施設を新設することの効果を客観的に評

価し、下水処理施設や焼却施設に併設することの優位性を示した。

## 6. 参考文献

- (1) 小野田弘士, “焼却灰の処理及びリサイクルに係るLCA的評価”, 都市清掃, Vol.63, No.297 (2010), pp.431-436.
- (2) 中山剛, 傳田知広, 木ノ下誠二, 中川知紀, 鮎川将, “次世代型ストーカ式焼却炉の運転状況報告”, 日本機械学会第20回環境工学総合シンポジウム2010講演論文集, No.10-15 (2010), pp.133-134.
- (3) 小野田弘士, “使用済み製品からの効率的な資源回収を促進するために製品設計段階から必要な視点”, 環境研究2011 No.162 (2011), pp.75-84.
- (4) 環境省, 経済産業省, 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧, 平成19年度
- (5) 社団法人産業環境管理協会, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム, 利用可能データ

## 特集：平成26年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説

## 解 説

平成26年度の下水道事業予算  
について

国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道事業課

計画調整係長 末 益 大 嗣

キーワード：戦略的維持管理・更新、都市の新産業社会の創出

## 1. 平成26年度下水道事業関連予算

我が国は脆弱な国土であり、巨大台風や巨大地震に備えるための防災・減災対策が必要であるとともに、高度成長期以降に集中的に整備されたインフラが今後一斉に高齢化することから老朽化対策が必要となっている。またアジア諸国の成長が著しい中、激化する都市間競争に勝ち抜くための国際競争力の強化が必要である。

こうした考え方の下、国土交通省における平成26年度予算については、「東日本大震災からの復興加速」、「国民の安全・安心の確保」及び「経済・地域活性化」の3分野に重点化し、これら課題に対応した施策の効果の早期実現を図る。これに加え、インフラシステム輸出の推進等による我が国の国際競争力の強化、都市の再興等による地域の活性化と豊かな暮らしの実現を図ることとしている。

平成26年度予算においては、社会資本整備総合交付金及び防災・安全交付金を表1のとおり計上しており、下水道事業に係る費用は、それぞれの内数である。

また、資源・エネルギーの有効活用、アセットマネ

ジメント、リスクマネジメント、効率的かつ計画的な浸水対策・津波対策等の推進を図るために、必要な下水道事業における技術開発・調査研究等を実施するための経費を計上している。(表2)

その他、下水道事業に関連する予算として、内閣府に一括計上されている「地域再生基盤強化交付金」、

表1 社会資本整備総合交付金および防災・安全交付金の平成26年度予算額

| 区分            | (単位:百万円)          |                   |                |
|---------------|-------------------|-------------------|----------------|
|               | 平成26年度予算額<br>(国費) | 平成25年度予算額<br>(国費) | 対前年度倍率<br>(国費) |
| 社会資本整備総合整備    | 1,996,419         | 1,949,089         | 1.02           |
| うち社会資本整備総合交付金 | 912,362           | 903,136           | 1.01           |
| うち 防災・安全交付金   | 1,084,057         | 1,045,953         | 1.04           |

※下水道事業に係る費用は、この内数である。

表2 下水道事業関連予算の平成26年度予算額

|            |           |       |           |       | (単位:百万円)       |
|------------|-----------|-------|-----------|-------|----------------|
| 区分         | 平成26年度予算額 |       | 平成25年度予算額 |       | 対前年度倍率<br>(国費) |
|            | 事業費       | 国費    | 事業費       | 国費    |                |
| 下水道事業費補助   | 1,388     | 720   | 780       | 390   | 1.85           |
| 下水道防災事業費補助 | 0         | 0     | 856       | 428   | 削減             |
| 下水道事業調査費等  | 4,604     | 4,604 | 4,532     | 4,532 | 1.02           |
| 合計         | 5,992     | 5,324 | 6,168     | 5,350 | 1.00           |

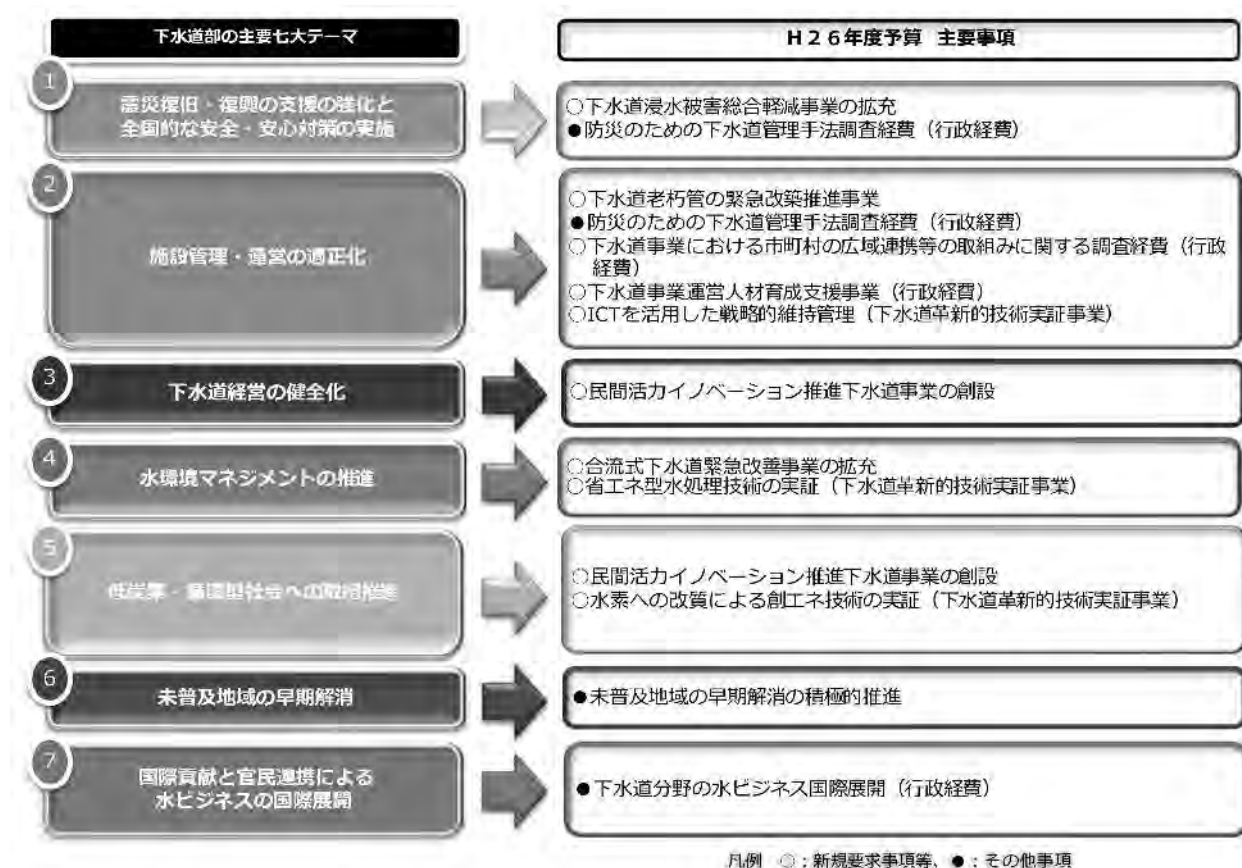


図-1 平成26年度下水道事業予算主要事項

「沖縄振興公共投資交付金」及び東日本大震災により著しい被害を受けた地域の復興を進めることを目的に復興庁に一括計上されている「東日本大震災復興交付金」があり、それぞれ451億円（対前年度比0.90）933億円（対前年度比1.15）、3,638億円である。なお、下水道事業に係る費用は、それぞれの内数である。

## 2. 平成26年度下水道事業予算に関する新規事項等

国土交通省水管理・国土保全局下水道部としては、国土交通省の基本方針である「東日本大震災からの復興加速」、「国民の安全・安心の確保」及び「経済・地域の活性化」の3分野に加え、下水道部として重点的に取り組んでいる7大テーマの各施策を効果的・効率的に推進していくために必要となる経費を計上している。（図-1）

以下に、平成26年度下水道事業予算の主要な内容について詳述する。

### (1) 下水道事業関連主要事項

- ①民間活カイノベーション推進下水道事業の創設  
地方公共団体の負担を軽減し、持続可能な下水道事

業を実現していくためには、PPP/PFIの事業手法を用いた民間活力の活用を積極的に実施することが求められている。また、エネルギー需給の逼迫といった社会背景を踏まえ、エネルギー利活用の効率化等を推進する必要がある。

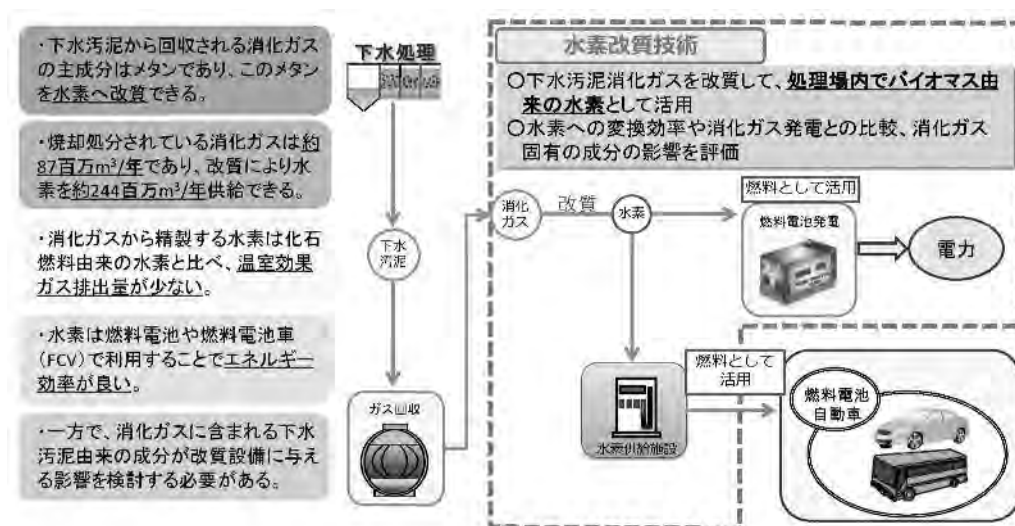
このため、PPP/PFIの事業手法を活用する下水道事業を支援する補助制度を新たに創設し、民間参入を積極的に推進するとともに、再生可能エネルギーの利用等を促進し、都市における新産業社会の創出を図る。

### ②下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）

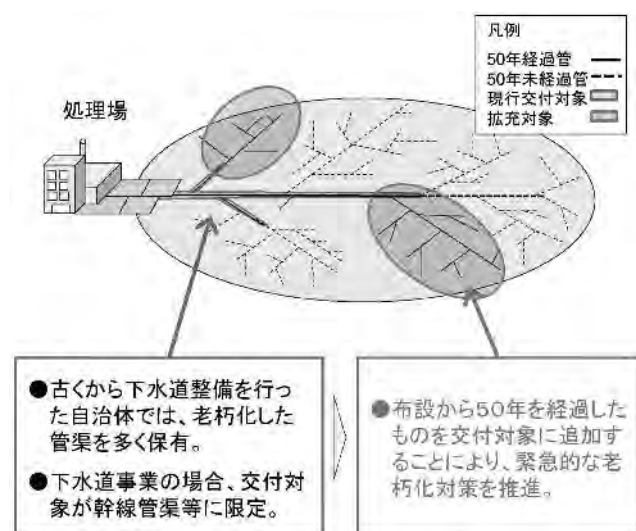
エネルギー需給の逼迫や下水道ストックの増大といった社会背景を踏まえ、「下水汚泥から水素を創出する創エネ技術」（図-2）、「省エネ・低コスト処理システム」、「ICT活用による戦略的維持管理」に係る革新的技術について、国が主体となって、実規模レベルにて技術検証を行い、全国の下水道施設への導入促進を図る。

### (2) 社会資本総合整備関連主要事項

- ①下水道老朽管の緊急改築推進事業（図-3）  
老朽化により下水道管きょが損傷すれば、道路陥没



図ー2 下水汚泥から水素を創出する創エネ技術



図ー3 50年以上経過管の老朽化対策に係る交付対象イメージ

の発生や下水道の使用停止など、国民の安全・安心や社会経済活動に重大な影響を及ぼす可能性があるため、布設から50年以上経過した下水道管きよの老朽化対策を緊急的に推進する。

## ②下水道浸水被害軽減総合事業の拡充

近年、全国各地で局地的な大雨（ゲリラ豪雨）が頻発していることを踏まえ、100mm/h 安心プランに登録された地域についての交付要件等を拡充し、事前防

災・減災の観点からの総合的な浸水対策を推進するため下水道浸水被害軽減総合事業の拡充を行う。

## ③合流式下水道緊急改善事業の拡充

平成15年度に下水道法施行令が改正され、処理区域の面積が大きい都市に対して、平成35年度までの20年間に所要の合流式下水道の改善対策を実施することを義務づけている。この目標を達成させるため合流式下水道緊急改善事業の制度期間を延伸すること等により、確実な改善対策の完了を図る。

## 3. おわりに

東日本大震災からの復旧・復興と全国的な安全・安心対策を実施するとともに、老朽化の進む膨大な下水道施設のストックマネジメントのための礎を築くこと等が、喫緊の課題となっている。こうした課題に対応するため、平成26年度予算において、PPP/PFIの事業手法を活用する下水道事業を支援する補助制度の創設と布設後50年以上経過した管きよの老朽化対策、事前防災・減災の観点を取り入れた浸水対策、合流式下水道の改善対策に係る交付対象の拡充を行っている。今後、各地方公共団体においては、それぞれの制度を十分に理解の上、積極にご活用頂き、持続可能な下水道事業運営を進めてもらいたい。

特集：平成26年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説

## 解 説

農林水産省におけるバイオマスの  
総合的な活用推進について農林水産省食料産業局バイオマス循環資源課  
バイオマス事業推進室長 鈴 村 和 也

キーワード：バイオマス、再生可能エネルギー

## 1. はじめに

バイオマスに関する政策として、バイオマスの利活用状況や京都議定書等を踏まえて平成18年3月に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、バイオマスの利活用による地球温暖化防止、循環型社会の形成、地域の活性化、競争力のある新産業の育成に向けた方針等が示された。

続いて、「バイオマス活用推進基本法」(平成21年法律第52号)に基づき「バイオマス活用推進基本計画」が平成22年12月に閣議決定され、「バイオマス・ニッポン総合戦略」の総括の上、バイオマスの活用の推進に関する基本的方針、国が達成すべき目標や講ずべき施策等が示された。

こうした中、平成23年3月の東日本大震災の経験から、自立・分散型エネルギーの確保が重要な課題となり、農山漁村に豊富に存在する家畜排せつ物、食品廃棄物、林地残材等の未利用のバイオマスの有効活用が一層必要になってきた。

このような状況を踏まえ、関係7府省（内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省）の連携の下、「バイオマス活用推進基本

計画」の目標達成に向けて、コスト低減と安定供給、持続可能性基準を踏まえつつ、技術とバイオマスの「選択と集中」によるバイオマスを活用した事業化を重点的に推進し、地域におけるグリーン産業の創出と自立・分散型エネルギー（電気、熱、燃料）供給体制の強化を実現していくための指針として、平成24年9月に「バイオマス事業化戦略」が策定された。

## 2. バイオマス産業都市の構築

この「バイオマス事業化戦略」において、総合支援戦略として地域のバイオマスを活用した産業創出と地域循環型エネルギーシステムの構築により、バイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指す「バイオマス産業都市」(図1)の構築が位置付けられたことから、平成25年度より、関係7府省連携の下、バイオマス産業都市の構築に向けた取組を開始した。

また、平成25年6月に閣議決定された「日本再興戦略」においては、2018年までに約100地域においてバイオマスを活用するなど産業化とエネルギー導入を重点的に推進することとされており、同年12月に政府が決定した「農林水産業・地域の活力創造プラン」にお

## バイオマス産業都市について

- バイオマス産業都市とは、経済性が確保された一貫システムを構築し、地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指す地域。
- 今後5年間に約100地区(各都道府県に2地区程度)のバイオマス産業都市の構築を目指し、関係府省が共同で地域を選定し連携して支援。

※関係府省：内閣府、経済省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省



図 1

## バイオマス産業都市選定の流れ

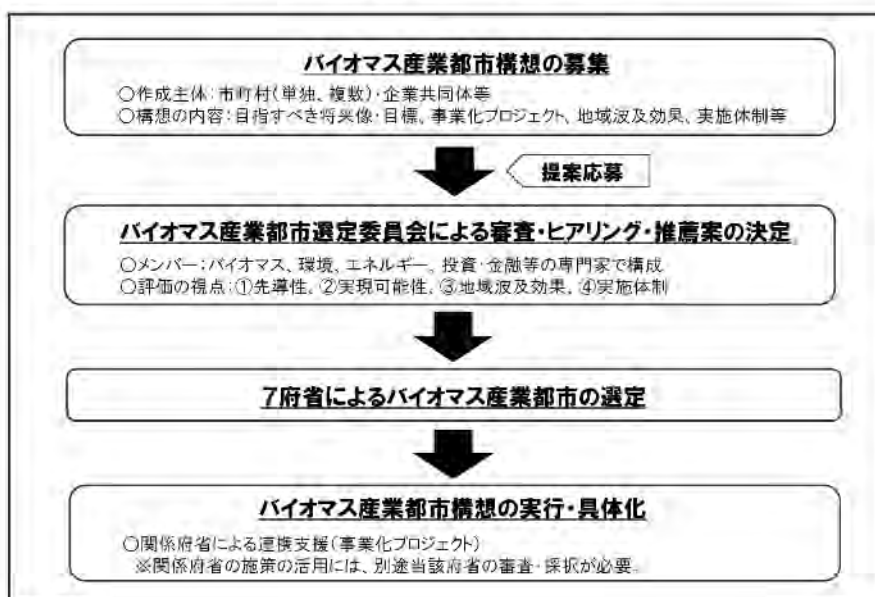


図 2

いても、2018年までに約100地域でバイオマス産業都市を構築する目標が位置付けられたところである。

バイオマス産業都市の構築には、実用化技術とそれらの技術で変換できるバイオマスをターゲットに、原料生産から収集・運搬、製造・利用までの一貫システムを構築するとともに、限られた人的・資金的資源を集中することが必要である。

具体的には、「バイオマス事業化戦略」において、「技

術ロードマップ」で示されているが、実用化技術及びバイオマスは以下のとおりである。

○技術：メタン発酵・堆肥化、直接燃焼、固形燃料化、液体燃料化

○バイオマス：木質・食品廃棄物、下水汚泥、家畜排せつ物等

これらの技術及びバイオマスの利活用を念頭に、地域に豊富に存在するバイオマスを活用した産業化を目



図 3

指す市町村等の構想に基づく地域の取組を支援するとともに、バイオマスを活用した産業化による地域活性化のモデル地域を育成するため、バイオマス産業都市構想の策定と実現を推進することとしている。

なお、地域のバイオマス活用による産業化に伴い、地域住民の所得拡大、雇用の機会確保等により、地域に利潤が還元され、地域活性化につながるものであり、市町村等の政策と密接に関連していること、原料調達等に係る許認可、調整が必要であり、民間企業単独で策定した事業計画ではその構想実現に係る担保が難しいものと考えられることから、バイオマス産業都市構想の作成主体は、市町村(複数市町村連携含む)又は市町村と民間企業等との共同体等としており、市町村の参画を必須条件としている。

### 3. バイオマス産業都市の選定

バイオマス産業都市選定の手続きは、図2に示すとおり、まずバイオマス産業都市構想の公募を行い、応募された構想について、有識者からなるバイオマス産業都市選定委員会において審査・ヒアリングが行われ、推薦案が決定される。その後関係7府省により、バイオマス産業都市が選定され、関係府省の連携支援の下、バイオマス産業都市構想の実行・具体化に向けた取組が進められることとなる。

平成25年度には、上記の選定手続きを2回にわたって実施し、16地域(34市町村)を選定(平成25年6

月、平成26年3月)したところである。

なお、バイオマス産業都市選定委員会における審査では、①先導性、②実現可能性、③地域波及効果、④実施体制の視点から総合的に評価しており、具体的な内容は次のとおりである。

- ①先導性：バイオマス産業都市が目指す将来像と目標を実現し、全国のモデルとなるような取組であるか。
- ②実現可能性：自治体・事業者等の地域の関係者の連携の下で経済性が確保された一貫システムの構築が見込まれるなど、地域のバイオマスを活用した産業創出と地域循環型のエネルギーの強化の実現可能性が高いか。
- ③地域波及効果：地域のバイオマスの利用促進、地域循環型のエネルギーの強化、地域産業振興・雇用創出、温室効果ガス削減などの地域波及効果が高いか。
- ④実施体制：自治体・事業者等の地域の関係者の連携の下でバイオマス産業都市構想の具体化、評価等を適確に実施していくための実施体制ができているか。

### 4. 平成25年度に選定されたバイオマス産業都市の特徴

平成25年度に選定された16地域のバイオマス産業都市の構想(図3)を見ると、平成24年に導入された固

定価格買取制度（FIT）が契機となり、地域に存在するバイオマスを活用した発電の取組が多い。

バイオマスの種類については、酪農地帯では大量に発生する家畜排せつ物、山村地域では林地残材等の木質バイオマス、都市地域では人口が多く集積しやすい食品廃棄物、下水汚泥等によるバイオマス発電を主体とした構想が多く見られ、また、地域の拠点となる大規模なもの、地域内に複数の施設を分散して設置するもの等、施設規模についても、地域の原料調達に係る関係者、製造する事業者等の連携体制等で異なっている。

その他の取組として、農山村地域では、家畜排せつ物等のメタン発酵により発生する消化液の液肥利用や廃熱利用によるハウス栽培、都市部では下水汚泥の堆肥化や固形燃料化、食品産業や家庭から発生する廃食用油によるBDFの生産等、地域に適合したバイオマスの多様な活用を図る構想となっている。また、これらの取組を観光業等に活かし、地域への波及効果の拡大を図る地域もいくつか見られる。

## 5. 農林水産省の支援策

バイオマス産業都市の構築を推進するため、関係府省において様々な支援策を措置している。

農林水産省では、平成24年度補正予算から「地域バ

イオマス産業化推進事業」により、バイオマス産業都市の構築を目指す地域を対象に、地域の構想取りまとめに対して定額補助により支援している。また、バイオマス産業都市に選定された地域を対象に、構想に位置付けられたプロジェクト実現のため、バイオマス活用に必要な施設整備に対して事業費の2分の1以内の補助を行っている。

ただし、関係府省の各施策の活用に当たっては、バイオマス産業都市の選定手続きとは別に、各施策それぞれの審査・採択手続きが必要である。

## 6. おわりに

再生可能エネルギーに対する関心が高まる中、地域に豊富に存在するバイオマスを活用することは重要な取組である。バイオマスは地域によって存在する種類が異なり、効果的な利活用方法も異なることから、その地域に適合した取組を進めることが必要である。そのため、バイオマス産業都市を成功事例としてバイオマス利活用のモデルケースを構築し、これらの取組を全国に波及させていけるよう支援していかなければならない。

今後とも、関係府省の連携を密にしつつ、バイオマス産業都市の構築の取組を一層支援し、地域の活性化に貢献してまいりたい。

特集：平成26年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説

## 解 説

日本下水道事業団における  
汚泥の処理・有効利用に関する  
業務及び調査研究の概要

日本下水道事業団技術戦略部

島 田 正 夫

キーワード：JS新技術導入制度、次世代型階段炉、バイナリ発電、常温乾燥、熱改質嫌気性消化

## 1. はじめに

近年、世界の資源・エネルギー需要は急速に増え続けこれらの枯渇が懸念されている。わが国はこれらの供給源を海外に依存していることから、資源・エネルギー安全保障の確立が不可欠であり、加えて、東日本大震災を契機とした福島第一原子力発電所事故によるエネルギー需給の逼迫への対応が急務となっている。また、資源・エネルギーの消費の増加により環境負荷が増大し、地球温暖化による影響が増大してきたことから温室効果ガスの発生抑制に対する国際的取り決めがなされ、地球温暖化対策の推進に関する法律（平成10年）が制定されるなど、国を挙げて、低炭素型社会の構築を目指している。

国土交通省においてもこれらの課題に対応すべく、今後の下水道の方向性を見据えた「下水道ビジョン2100」のなかで、持続可能な循環型社会を構築するために、これまでの「汚れた水をきれいにすること」中心の20世紀型下水道から、「現代社会の資源循環の要」となる21世紀型下水道への転換をめざすべきとして「循環のみち」を基本コンセプトに掲げて各種の施策を展開している。

このような背景のもと、日本下水道事業団（以下JSという）における平成26事業年度経営の基本方針においても、技術開発・新技術導入に関しては地方公共団体へのソリューション提供のための技術に重点を置き、都市の低炭素化・資源循環型都市の形成へ寄与する「下水道からの創エネルギー、資源回収」、「温室効果ガスの削減」に係る技術の実用化を積極的に推進することになっている。

ここでは、JSにおける新技術導入制度に加え、平成26年度に予定している下水汚泥の有効利用・処理技術に関する業務、および調査研究テーマの概要について報告する。

## 2. JSにおける新技術導入制度

JSでは新技術を受託建設事業に積極的に導入し、「技術の善循環」を円滑に廻すため、従来の新技術導入制度（いわゆるA技術、B技術）の制度を拡充した制度を平成23年から運用している。この制度では新技術を

- I 類【JSが固有、共同研究によって開発した技術】、
- II 類【公的な機関により開発、評価された技術】、
- III 類【民間企業が独自に開発した技術】

に分けて登録することとしている。

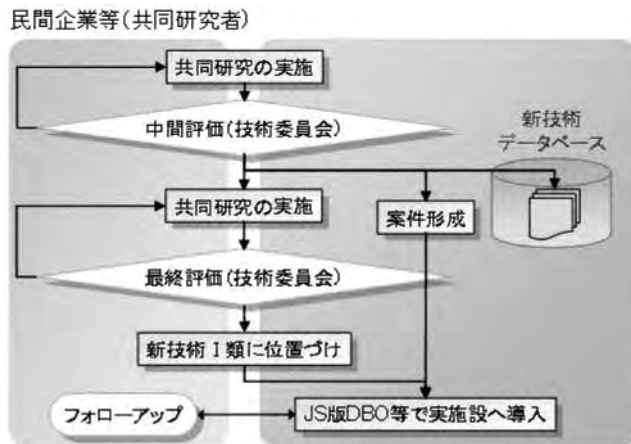


図1 JSの新技術導入（I類）の基本フロー図

民間企業との共同研究などによりJSが開発した新技術I類を導入するフローを図1に示す。迅速な導入を図るため、JSが開発した新技術のうち有望な技術については、中間評価の段階でJSの技術委員会の審議を経て、新技術に選定し総合事務所等と連携し、案件形成を進めることにしている。

JS以外の組織により開発された新技術についても積極的に導入を促進することとしているが、JS開発技術である新技術I類とはフローが異なり、「技術確認」を経て新技術に選定することとしている。「技術確認」は、開発者の申請に基づいてその技術に信頼性があることに加え、JSの受託建設事業に適応可能かどうかを確認するために実施するものである。

平成25年度末の登録技術は、汚泥処理技術以外も含めてI類が7件、II類が2件、III類が2件となっている。紙面の都合上詳細な説明は省略するが、JSのWEBで公開しているので参照されたい。

### 3. 今年度業務及び調査研究テーマ

#### 3.1 固有テーマ

JSが独自に課題を定めて実施する調査研究業務で、汚泥処理関係では従来よりエネルギー利用に関するテーマを中心に取り組んでいる。

今年度は、新技術の事後評価に関する調査として、近年導入実績が増えている下水汚泥固形燃料化プラントの実態について調査する予定にしている。

なお、研究テーマとしては終了しているが熱改質高効率嫌気性消化システムについては高い分解ガス化率と汚泥減量化が期待できることから、今後普及促進を図るべき技術としてJSI類技術に登録（平成25年3月）し、主に改築更新を計画している既存嫌気性消化プロセスへの導入を働きかけることにしている。

また、担体充填式高速嫌気性消化システムについて

て、平成23年度～24年度にかけて実施してきた下水道革新的技術実証研究（B-DASHプロジェクト）の成果として平成25年7月に国土交通省国土技術政策総合研究所から導入ガイドラインもまとめられている。コンパクトで導入コスト低減が期待できることから、主に新規でメタン発酵プロセスの導入を検討している処理場を中心に働きかけていくことにしている。本システムも平成25年7月にJSI類技術として登録されている。

#### 3.2 受託テーマ

国や地方自治体等からの委託要請等により実施する研究調査業務で、汚泥の処理・有効利用に関するテーマのみでも毎年5～10件程度実施している。本年度の受託箇所及び実施内容については現在調整中であるが、国受託の「下水道バイオマスからの電力創造システムに関する技術実証研究」について紹介する。

「平成25年度下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）」として採択された国土交通省国土技術政策総合研究所からの委託研究事業で、和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・(株)西原環境・(株)タクマの共同研究体により実施している。

本実証研究は、下水道処理施設において「機内二液調質型遠心脱水機による脱水汚泥低含水率化技術」、「廃熱ボイラー付次世代型階段炉によるエネルギー回収技術」、「スクリュ式とバイナリ式を組合わせた高効率蒸気発電によるエネルギー変換技術」の3つの技術からなる「下水汚泥焼却廃熱発電システム」を実規模プラントにおいて実証するものである。昨年（平成25年）7月、和歌山市中央終末処理場内にて実証設備の建設工事（焼却炉能力：35t-wet/日、発電能力：100kWh/h以上）に着手、今年1月に完成し各設備ごとの調整運転を経たのち、2月中旬に焼却炉に火を入れ、実際の下水汚泥を対象とする実証研究を進めてきた。

初年度の実証運転は1ヶ月に満たない短期間であっ



写真1 実証試験プラントの全景

表1 平成26年度実施予定の共同研究テーマ

| テーマ区分              | 共同研究企業         | 期間<br>(予定) | 研究内容の概要 (共研方式)                    |
|--------------------|----------------|------------|-----------------------------------|
| 汚泥燃料化技術            | メタウォーター(株)     | H23～H26    | 悪臭バリアフィルムによる下水汚泥の無臭燃料化技術の開発 (提案型) |
| エネルギー回収型<br>焼却処理技術 | (株)タクマ・(株)西原環境 | H24～H26    | 次世代型階段炉を用いた焼却廃熱発電技術の開発 (提案型)      |
| 省エネ型乾燥技術           | メタウォーター(株)     | H24～H26    | 常温低燃費で下水汚泥を乾燥する技術の開発 (提案型)        |
| 高効率脱水処理技術          | メタウォーター(株)     | H25～H26    | 後注入2液型による低含水率ベルトプレス脱水機の開発 (提案型)   |
| 省エネ型消化槽攪拌技術        | メタウォーター(株)     | H25～H26    | 担体充填式消化槽における低動力型攪拌装置の開発 (提案型)     |
| 低コスト型汚泥処理技術        | (株)石垣          | H25～H26    | 濃縮工程を省略した新しい汚泥処理システムの開発 (提案型)     |

たが、低含水率化技術で含水率平均70%以下、エネルギー回収技術で発生蒸気量1.5t/h、エネルギー変換技術で発電量約120kWh/h、温室効果ガス削減効果としてN<sub>2</sub>O排出量が従来の概ね1/6、焼却発電システムにおける消費電力の大部分を賄うことが可能など、良好な実証運転結果が得られた。

今年度は、季節的な汚泥性状の変動等に対し年間を通した長期スパンで安定した運転が可能であることを確認するとともに、他の下水処理場へ適用させるための各種データの取得を進める予定にしている。

### 3.3 共同研究テーマ

JSと民間企業が共同で実施する研究調査業務で、JSが公募した研究課題について行う公募型共同研究と、民間企業が提案してきた研究課題について行う提案型共同研究があるが、最近は提案型が多くなっている。平成26年度実施予定の共同研究テーマを表1に示した。

#### (1) 汚泥燃料化技術

下水汚泥のバイオマスエネルギー資源利用として、メタン発酵によるバイオガス化とともに固形燃料化が注目されている。固形燃料としては乾燥燃料と炭化燃料があり、汚泥の有している潜在的エネルギー価値を有効に利用するには乾燥燃料として利用の方が望ましいが、炭化燃料に比べ保管や運搬時における臭気発生の問題が指摘されている。

そこで、写真2に示すように乾燥した汚泥をフィルムで包み込むことで臭気の発生を抑制するバリアフィルム無臭化技術の実用化に取り組んでいる。今年度

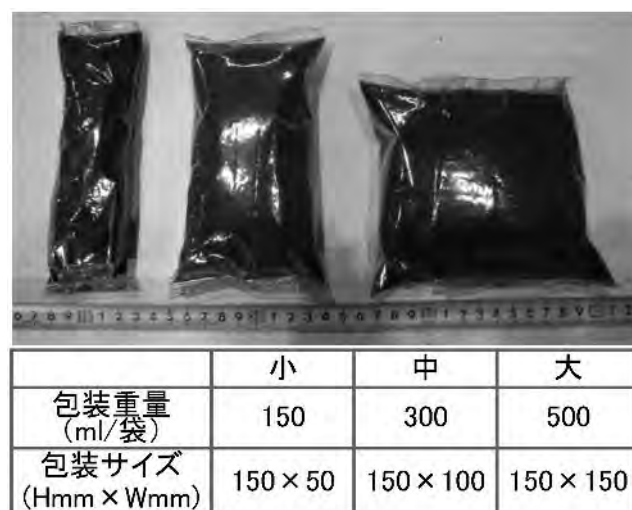


写真2 バリアフィルムによる無臭化燃料

は、昨年度に引き続いて木質バイオマスとの混焼条件の調査、燃料受入先など事業化に関する検討を行うことにしている。

#### (2) エネルギー回収型焼却処理技術

下水汚泥焼却廃熱からのエネルギー回収技術については、先述したB-DASH事業として和歌山市中央終末処理場で実施しているが、本技術(図2参照)を幅広く普及展開を図るための導入効果に係るFS調査等を中心に別途共同研究として検討を進めている。

#### (3) 省エネ型乾燥技術

従来の乾燥技術では乾燥熱源に高温高压な空気や蒸気を利用していたため燃料コストが多くかかり、ま

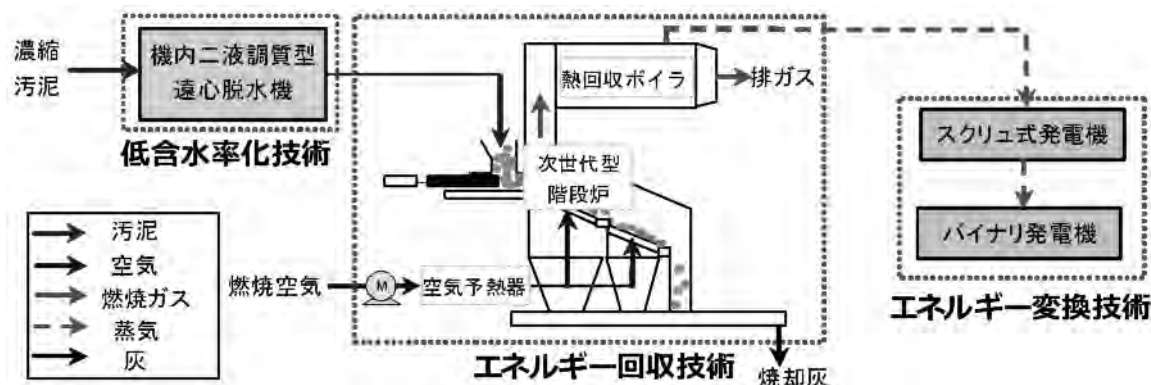


図2 エネルギー回収型焼却処理技術の基本フロー図

た、加温することにより臭気成分が蒸発水分中に溶け出すため能力の高い脱臭設備を設ける必要があるなどの課題を有していた。本研究では、過年度にJSで開発した機内二液調質型遠心脱水により脱水された汚泥の、低含水・顆粒状・低臭気という3つの特徴を活かし、常温空気を用い簡易な脱臭設備で済む低コストな乾燥技術を開発するものである。

昨年度はベンチスケールで汚泥形状と乾燥特性の研究、流動層式と回転ドラム式の小型実験装置を用いての乾燥特性について調査研究を実施し、条件を整えれば常温空気でも20%以下にまで乾燥が可能であることを確認した。

今年度は装置のスケールアップの検討と実証試験を行い、設計指針の検討に必要なデータの取得等を行う予定である。

#### (4) 高效率脱水处理技术

下水汚泥の処理処分や有効利用を図る上で、脱水汚泥の低含水率化は最も重要な課題となる。JSではこれまで機内二液調質型遠心脱水機、圧入式スクリュエ濃縮脱水機の2つのタイプの脱水機を対象に省エネ・低含水率化を目的とする技術開発を行い、その性能を確認してきた。今年度は昨年に引き続き、ベルトプレス型脱水機の低含水率化について共同研究を進めている。ベルトプレス式は性状変動に強く間欠運転にも追従し、操作性・維持管理性も良好なことからわが国では最も多く導入されている脱水機である。今回対象とする機種を図3に示す。2液法によるベルトプレス脱水で、ベルトの濃縮工程をろ布濃縮工程と一次脱水工程の2つに分け、ろ布濃縮を行った後にポリ鉄を注入し効率よく混合し、一次脱水を行うことで従来より大幅に濃縮濃度が増加し汚泥量が減少する。これにより二次脱水工程でベルト速度を低下させることが可能となり、脱水時間の増加により脱水汚泥の低含水率化を目指すものである。

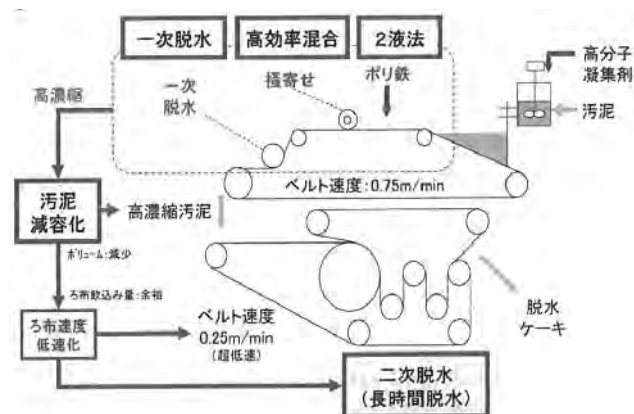


図3 後注入2液型ベルトプレス脱水機

従来の1液法と比較してケーキ含水率を7ポイント以上低下させることを目標とし、難脱水汚泥の一つである消化汚泥でもケーキ含水率75%程度が期待される。

### (5) 省工ネ型消化槽攪拌技術

消化日数わずか5日間で処理する担体充填型高速メタン発酵システムについては、平成23年度採択のB-DASH事業「超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステムに関する実証事業」(H23～H24年度：大阪市中浜下水処理場)の中で要素技術の1つとして採用され、その性能が十分に確認されている。

本システムにおいては従来、ドラフトチューブと循環ポンプによる消化槽攪拌システムをベースに実施してきたが、担体充填型消化タンクに適したより省エネ型攪拌装置の開発実用化を目標に共同研究を進めている。昨年度は新しいタイプの攪拌装置によるベンチスケールでの試験とともに、同B-DASH実証プラントの施設（消化タンク容量50m<sup>3</sup>）にての流動攪拌特性の予備試験を実施した。

今年度は、担体充填の有無による攪拌特性の把握とともに、実際の汚泥を投入してのメタン発酵特性、省



写真3 B-DASH実験施設（中浜）

エネ性について調査研究を進める予定にしている（写真3参照）。

#### (6) 濃縮槽省略の低コスト型汚泥処理技術

過年度の濃縮機能を具備する圧入式スクリュース濃縮脱水機（図4参照）の開発共同研究において、重力濃縮混合生汚泥や消化汚泥を対象とした試験で脱水性能が大幅に向上することが確認された。そこで本共同研究では、従来の汚泥濃縮プロセスを省略し、沈殿池引抜き汚泥を直接当圧入式スクリュース濃縮脱水機で脱水処理することにより、処理工程を簡素化し、汚泥処理プロセス全体のイニシャルコスト、ランニングコスト及びCO<sub>2</sub>排出量の削減を図る技術開発を目標に調査を進めている。

本研究では、コスト及びCO<sub>2</sub>排出量の削減効果を確認するとともに、汚泥性状変動に対する処理の安定性についても実証し、技術の確立を目指している。

## 4. おわりに

国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）はこの4月に、温室効果ガスの削減策について研究成果をまとめた第5次報告書（案）を公表した。これによ

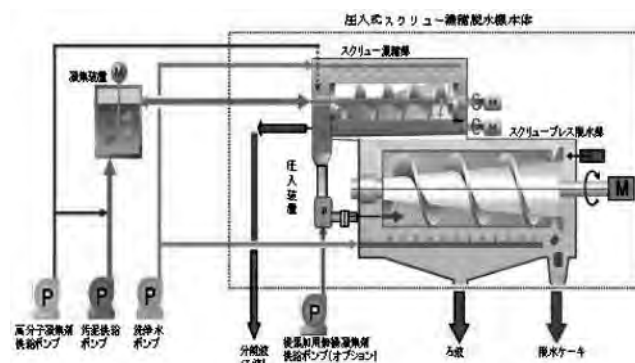


図4 濃縮機能を具備した脱水機の基本フロー

ると、世界の排出量はいまだ増加傾向にあり、本格的な削減に取り組まないと今世紀末には、気温は3.7～4.8℃上昇するとしている。産業革命前と比べた平均気温の上昇を環境の激変を避けるために必要とされる2℃以内に抑えるには、世界の排出量を50年には10年比で40～70%削減し、2100年にはほぼゼロかマイナスにする必要があると指摘している。

ドイツを始め、世界の環境先進国では再生可能エネルギーの明確な導入目標を定め、温室効果ガス削減に積極的に取り組んでいる。昨年12月、ポーランドのワルシャワで開催されたCOP19で、各国から20年の温室効果ガス削減目標が報告され、多くの先進国がマイナス15～25%（90年比又は05年比）という目標を示したのに対し、日本国は05年比でマイナス3.8%（京都議定書基準年の90年比ではプラス3.5%）と発表し、世界中から「削減目標ではなく増加目標」と大きな批判をあげた。

下水汚泥や生ごみなどは、多くの国で貴重なバイオマス資源とみなされメタン発酵によるバイオガス化や有機質肥料資源として積極的に有効利用されているのに対し、わが国では廃棄物としてその多くが焼却処分されている。下水汚泥を貴重なバイオマス資源として有効利用し地球環境保全に少しでも貢献しようと取り組む自治体に対し、ソリューションパートナーとして、JSでは今後も積極的に支援することになっている。

特集：平成26年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説

## 解 説

# (独)土木研究所における 下水汚泥等バイオマス利用 に関する研究

独立行政法人土木研究所材料資源研究グループリサイクルチーム

上席研究員 津 森 ジュン

キーワード：バイオマス、エネルギー回収、温室効果ガス、高濃度消化

## 1. はじめに

独立行政法人土木研究所は、国の研究機関であった国土交通省土木研究所が、平成13年4月に、国の機関（国土技術政策総合研究所）と独立行政法人とに再編されることにより発足した研究機関である。国土技術政策総合研究所が政策の企画立案に関する研究等を行うのに対し、独立行政法人土木研究所（以下、「土木研究所」という）は、土木技術に関する先端的・基礎的な研究開発と技術指導を行う機関として位置づけられている。

現在の中期計画（計画期間平成23～27年、平成23年3月国土交通大臣及び農林水産大臣認可）では、4つの目標のうちの一つである「グリーンイノベーションによる持続可能な社会の実現」に対応して、下水汚泥等バイオマスの有効活用に関するプロジェクト研究を実施することとなっている。本稿では、その概要、実施状況と研究成果の社会への還元に関する活動について紹介する。

## 2. 下水汚泥等バイオマスの有効活用に関するプロジェクト研究

都市や農村から発生するバイオマスを資源やエネルギー源として地域で有効活用するため、バイオマスの効率的回収、生産、利用技術、および、バイオマスの地域循環型利用システムについて検討するプロジェクト研究が、「再生可能エネルギーや廃棄物系バイオマス由来肥料の利活用技術・地域への導入技術の研究」である。

このプロジェクト研究は、バイオマスとして、下水汚泥だけではなく公共緑地から発生する刈草等も対象とし、また、都市域だけではなく、農村域も含んだ広域をバイオマス利活用システムの検討範囲として設定していることが特徴である。

このプロジェクト研究において、リサイクルチームは以下の3課題を実施している。

- ①低炭素型水処理・バイオマス利用技術の開発に関する研究
- ②下水道を核とした資源回収・生産・利用技術に関する研究
- ③地域バイオマスの資源管理と地域モデル構築に関する研究

### 3. リサイクルチームの下水汚泥等バイオマスに関する研究概要

#### 3.1 低炭素型水処理・バイオマス利用技術の開発に関する研究

本研究では、下水汚泥の濃縮、消化、焼却等のプロセスの効率化、省エネルギー化等をさらに促進するための技術開発を行うとともに、これと一体的なバイオマス利用技術を開発することを目的としている。また、これらの技術適用による水処理系への影響やGHG排出抑制効果等も評価する（図-1）。

研究内容の一つとして、高濃度の下水汚泥のメタン発酵技術について、実験的検討を行っている。これは、小規模下水処理場で発生する汚泥を、拠点となる下水処理場に効率的に輸送・集約して嫌気性消化を行い、メタンガスとしてエネルギー回収することを意図している。

これまで、TS 7.5%、10.0 %程度の下水混合汚泥を対象とした嫌気性消化の連続式実験を行っている（図

-2）。中温（35℃）条件下では安定した処理が可能であり、60%程度のメタン転換率が得られた。一方、高温（55℃）条件下での運転はやや不安定となった。この原因として、アンモニアなどの阻害物質蓄積が可能性として考えられる。

26年度は、更なる高濃度化について基礎的知見や課題の解明を検討するとともに、幅広い廃棄物系バイオマスとの混合消化についても検討を進めることにより、下水処理場におけるメタンガス回収量増加につながることを期待して研究を進めている。

#### 3.2 下水道を核とした資源回収・生産・利用技術に関する研究

本研究では、下水処理場の有する資源に着目し、バイオマスとして利用価値の高い藻類の培養などにより、高度な資源回収、生産を行うための技術開発を行うことを目的としている。また、回収、生産資源の利用可能性や安全性を検証し、最適な資源利用方法の提案を行うための研究を進めている（図-3）。

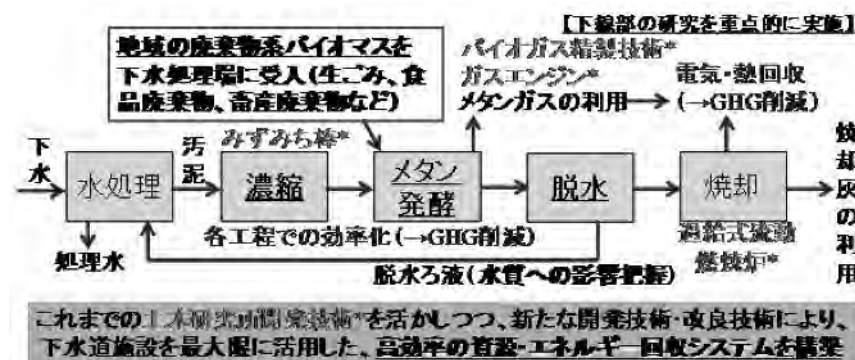


図-1 低炭素型水処理・バイオマス利用技術の開発に関する研究の概要

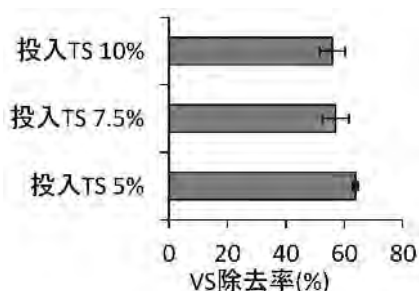


図-2 中温連続実験における有機物除去率

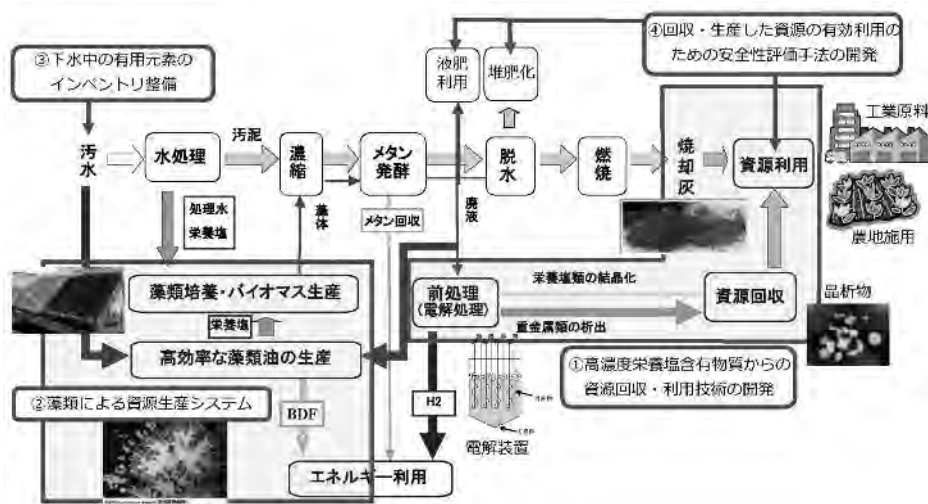


図-3 下水道を核とした資源回収・生産・利用技術に関する研究の概要

このうち、下水流入水および下水二次処理水を用い、2 Lフラスコによる室内培養や20 Lタンクによる屋外培養を行い、藻類中の脂肪酸や発熱量の定量から下水培養された藻類バイオマスのエネルギー利用の可能性を示してきた。25年度からはさらにスケールアップを図り、下水処理場実施設に380 L規模の培養水槽を設置し、下水二次処理水を用いた藻類の屋外培養実験を実施し、培養に伴う栄養塩の低減や回収した藻類の熱量等の特性について評価を行っている。

380 L規模の培養実験では、培養量や高位発熱量が低く、培養水供給速度や攪拌速度など運転条件の重要性が明らかになった(図-4)。26年度は、培養条件の最適化と回収藻類利用技術に関し、実験や検討を進める予定である。

### 3.3 地域バイオマスの資源管理と地域モデル構築に関する研究

本研究では、公共緑地管理に由来するバイオマスについて、各種利用技術のCO<sub>2</sub>排出量を評価する手法を確立するとともに、バイオマスの有効な利用方法を提案することを目的としている。また、望ましいバイオ

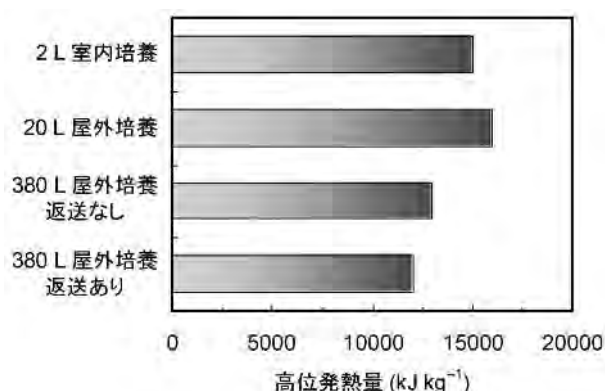


図-4 培養藻類の高位発熱量

マス利用方策を適用するための地域モデルを構築する(図-5)。

これまでに、道路や河川の管理上生じる刈草の処理方法について、温室効果ガス排出量算定モデルを開発し、モデルの改良、パラメータ定数の検討を実施している。また、刈草と下水汚泥の混合物を中温、高温での連続消化実験(図-6)を行った結果、高温消化が適切なことが明らかとなっている。また、超高温前処理(80℃、1～5日間)を行ってからの消化実験では、中温、高温とも処理効率の向上が明らかになった。

26年度は、下水処理場で発生する様々な排熱を活用した超高温前処理手法の検討に着手する予定である。

## 4. 研究開発成果の社会への還元

リサイクルチームでは、自治体や民間企業との共同研究による技術開発も行っており、これまでに下水処理場に導入された技術も少なくない。こうした土木研究所開発技術の紹介と現場技術者の方々との意見交換



図-6 刈草の下水汚泥混合メタン発酵実験

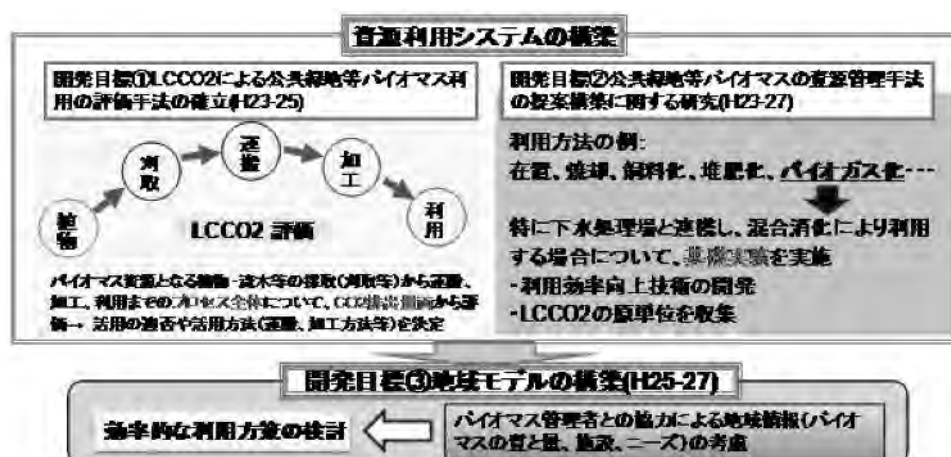


図-5 地域バイオマスの資源管理と地域モデル構築に関する研究の概要

を行うことにより、下水道の現場が抱える課題解決のヒントやアイデアを考える機会とするため、平成25年度に北海道と熊本県の2カ所で北海道、恵庭市、熊本県と熊本市のご協力のもと「下水汚泥などのバイオマス資源有効活用技術講習会」(図-7)を開催した。

リサイクルチームからは、下水汚泥焼却灰中の重金属の低減についての研究成果を紹介するとともに、開発技術である、消化ガスエンジン、過給式流動燃焼システム、バイオ天然ガス化装置およびみずみち棒を用いた下水汚泥の重力濃縮技術について紹介した。また、熊本市の下水処理場に導入されている「みずみち棒による重力濃縮槽」やその他の処理施設を見学することにより、具体の導入状況について熊本市担当者と参加者との意見交換も行われ、関係技術のみならず現場における様々な技術上の課題や工夫など幅広い情報交換も行われ、汚泥処理やバイオマス利用に関する参加者の理解を深めることに貢献できたと考えている。

技術の発展や普及には、こうした現場からの声を引き出し活かす活動が必要不可欠と考えており、平成26年度も引き続き同様の取り組みを行う予定である。

## 5. おわりに

土木研究所リサイクルチームは、下水汚泥等バイオ



図-7 土木研究所技術みずみち棒の見学状況

マスの処理・有効利用について、対象範囲を広げて研究を実施しており、これにより、地域における有効なバイオマス利用システムの構築を目指している。引き続き、研究の進展に努めていきたいと考えている。

また、土木研究所は、これまでの経験や研究資源を社会に還元していくことが重要と考えているので、技術上の相談があれば、下記宛ご連絡いただければ幸いである(リサイクルチーム メールアドレス recycle@pwri.go.jp)。

特集：平成26年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説

## 解 説

資源循環研究部における  
技術開発について公益財団法人 日本下水道新技術機構  
資源循環研究部長 石 田 貴

キーワード：自燃焼却システム、バイナリー発電、酸化剤、塩化揮発法

## 1. はじめに

資源循環研究部では平成20年4月の発足以来、主として、下水汚泥のエネルギー化技術の普及・促進、地域バイオマス of 下水処理場への受け入れによる資源基地化、下水汚泥中のリン資源の活用に取り組んできた。また、汚泥減量化技術や最近では水処理の省エネルギー化にも取り組んでいる。

下水汚泥のエネルギー化や地域バイオマスの受け入れによる利用エネルギーの増大、水処理の省エネルギー化は、東日本大震災以降の電力料金の高騰や燃料価格の高騰に対して有効な手段となっており、ますますの普及促進が望まれる。また、リン鉱石価格の高騰に伴う肥料価格の上昇は、農家経営を窮地に追い込んでおり、下水汚泥中のリンの資源化により低価格で質の良い肥料原料の提供が望まれている。

## 2. 今夏発刊の技術マニュアル及び技術資料

## ①下水汚泥自燃焼却システム技術資料

本技術資料は、管理者参加型共同研究として、岐阜市、月島機械（株）、メタウォーター（株）と実施し

た成果である。

温室効果ガス削減のため、850℃の高温焼却への移行が進められているが、補助燃料の増加が維持管理費の増加等を招いている。そこで、脱水汚泥の低含水率化による自燃焼却により、補助燃料ゼロを目指し、脱水・焼却システムを再構築した。既存設備（気泡式流動焼却炉：50t/日）を使用した基礎実験及び実証試験をとおしてシステムの検証を行うとともに、計画、設計、維持管理上の留意事項を整理し技術資料としてまとめた。

二重円筒加圧脱水機により、高分子凝集剤一液で安定した低含水率汚泥（72%±2%）の製造が可能であることが確認できた。また、このような低含水率汚泥の搬送には一軸ネジ式ポンプの電動機容量を増やすことで対応が可能なことを明らかにするとともに、電磁流量計による計測、制御が行えることを確認した。

焼却炉においては、流動空気冷却器と冷却ファンにより入熱量を制御することで、低含水率汚泥の安定的な自燃焼却ができることを、改造後の施設で確認した。図1に既設焼却設備の改造内容を示す。また、自燃運転から補燃運転への切り替えも、炉内温度の乱れなく行えることを確認した。さらに、自燃運転では補燃運転時よりも、N<sub>2</sub>O排出量が70%以上削減された。



行った結果、多くの水質項目で標準仕様の基準を超過し、熱交換器の材質を標準仕様のSUS316からチタン製に変更したことの妥当性が明らかとなった。

### ③酸化剤を用いた余剰汚泥削減技術（標準活性汚泥法）マニュアル

本マニュアルは、管理者参加型共同研究として、大分市、日鉄住金環境（株）、扶桑建設工業（株）との共同研究の成果である。

エネルギー化技術を目指せないような規模の下水処理場においても、維持管理費に占める割合の大きな汚泥処分費の削減は急務となっており、標準活性汚泥法を対象にした場合、処理水量5千m<sup>3</sup>/日でも5万m<sup>3</sup>/日でもコスト面で有効であることを示した。

余剰汚泥を酸化剤で可溶化した後、最初沈殿池に返

流することで反応タンクの負荷を軽減することができる。また、余剰汚泥が削減されることで、余剰汚泥を対象とした機械濃縮機の運転時間の大幅な削減や、初沈汚泥の割合が増加することによる脱水性の向上を図ることができる。余剰汚泥可溶化装置は建設費も安く、一時的な汚泥量の増大などへの対処が容易であり、脱水機の増設が課題となっているケースなどでは特に大きなメリットがある。

OD法へ適用した場合との比較を表1に示すが、標準活性汚泥法では反応タンク滞留時間が短いので、放流水質への影響が無い条件としては汚泥削減率12～14%にとどまる。反応タンクに余裕がある場合には、いっそうの汚泥削減を図ることが可能である。

### ④活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料

本技術資料は、(株) 石垣、川崎重工業（株）、クボタ環境サービス（株）、三機工業（株）、(株) 東京設計事務所、日本上下水道設計（株）、前澤工業（株）、メタウォーター（株）、(株) 安川電機との共同研究の成果である。

下水処理場で消費されるエネルギーを原油換算でみると、約半分を水処理施設が占めている。また、水処理方式別の消費電力量でみると、標準活性汚泥法が約7割を占める。そこで、高度処理を含む標準活性汚泥法等の水処理施設の省エネルギー化技術について、その有効性を定量的に示すとともに、特徴や留意点を整理し技術資料としてとりまとめた。

対象とした省エネ機器や運転管理手法等については表2に示すとおりである。また、処理規模1万m<sup>3</sup>/日、4万m<sup>3</sup>/日、10万m<sup>3</sup>/日の3ケースについてモデル設計を行い、水処理設備、汚泥処理設備で消費される消費電力量を算定した。これによれば、送風機設備の占める割合が約6割を占めるので、散気装置を高効率のものに変えて送風機の消費電力を削減することが重要であることがわかる。さらに、送風機の消費電力量を削減する例として、省エネ機器と運転管理手法の組み合わせ効果について試算した結果を表3に示す。流入

表1 標準活性汚泥法への適用とOD法への適用との比較

| 処理方式             | 標準活性汚泥法          | OD法<br>長時間エアレーション法                 |
|------------------|------------------|------------------------------------|
| 処理倍率             | 0.5～0.7倍         | 1.5倍                               |
| 薬剤添加率<br>薬剤添加濃度  | 20%<br>2,000mg/L | 30%<br>3,700mg/L                   |
| 薬剤反応時間           | 2時間              | 5時間                                |
| 可溶化率             | 25%程度            | 25%程度                              |
| 汚泥削減率            | 12～14%           | 60%程度                              |
| 汚泥処理設備<br>への影響   | 脱水性の向上           | —                                  |
| 放流水質             | T-P : 0.5mg/L上昇  | T-P : 1～1.7mg/L上昇<br>COD : 1mg/L上昇 |
| 送風機設備<br>曝気動力増加率 | 20%増加            | 20%増加                              |

表2 対象技術一覧

|          |                                                                              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|
| 省エネ機器    | ①低動力型ジェットポンプ式揚砂装置<br>②メンブレン式散気装置<br>③磁気浮上式単段ターボブロワ<br>④省エネ攪拌機<br>⑤水処理用循環ポンプ  |
| 運転管理手法   | ⑥アンモニアセンサを利用した風量制御システム<br>⑦反応タンクにおける攪拌機回転数低減による省エネ運転<br>⑧活性汚泥モデルを利用した省エネ運転方法 |
| 固液分離促進技術 | ⑨流入下水中の生汚泥を回収する過方式                                                           |
| 組み合わせ技術  | 機器: ②メンブレン式散気装置＋③磁気浮上式単段ターボブロワ<br>管理: ⑥アンモニアセンサを利用した風量制御システム                 |

表3 省エネ機器と運転管理手法の組み合わせ効果試算結果

| 項目        | ケース | 単位                   | 従来型①    | 従来型②    | 省エネ型    |
|-----------|-----|----------------------|---------|---------|---------|
| 処理規模(日最大) | —   | (m <sup>3</sup> /日)  | 40,000  | 40,000  | 40,000  |
| 散気装置      | —   | —                    | 散気板     | 散気板     | メンブレン式  |
| 送風機       | —   | —                    | 多段ターボ   | 多段ターボ   | 磁気浮上式   |
| 送風量制御     | —   | —                    | 風量一定    | DO一定    | アンモニア制御 |
| 必要送風量     | —   | (Nm <sup>3</sup> /日) | 356,000 | 231,000 | 105,000 |
| 送風量削減割合   | —   | (%)                  | 71      | 55      | —       |
| 消費電力量     | —   | (kWh/日)              | 7,808   | 5,886   | 2,417   |
| 電力削減割合    | —   | (%)                  | 69      | 59      | —       |

水量や水質は季節や時間によって大きく変化するため、機器の性能を最大限に発揮するためには運転管理手法との組み合わせが重要であることを示した。

### 3. 今年度の主な取り組み

#### ①下水灰中のリンの資源化

下水灰中のリンの資源化研究としては、下水灰の肥料用原料化技術の開発研究が平成23年度から3カ年にわたり、農林水産省の食品産業科学技術研究推進事業の一環として実施された。当機構は代表機関として全体統括と肥料原料化システムの検討を担当し、元素制御研究を名古屋大学及び岩手大学、プロセス研究を土木研究所、月島機械（株）、（株）神鋼環境ソリューション、影響・評価研究を東京農業大学及び農業環境技術研究所、普及支援組織を日本肥料アンモニア協会という組織体制で実施した。主な研究成果は以下のとおりである。

下水灰中に微量に含まれる重金属類の分離除去法として塩化揮発法が有効であることを明らかにした。塩化揮発法による下水灰処理のイメージ図を図3に示す。鉛などの塩化揮発しやすい金属ほど減圧化で処理の効果が得られた。また、塩化揮発処理した灰中の重金属の加給性は大きく改善された。

硫酸抽出・電気透析精製法について、耐酸性のイオン交換膜を利用した電気透析装置を試作し、下水灰の硫酸溶出液から鉄以外の重金属類、特にアルミニウムを除去し、リンと分離するシステムを開発した。本法により、硫酸溶出液を金属類の含有の少ないリン酸質肥料原料としての実用性を高めることができた。

また、早期に実用化可能な技術として、下水処理場

で発生する余剰活性汚泥のみを分別燃焼させ、高品質灰を得る方法を提案した。今年度は、これについてさらに検討を深める予定である。

この他、今年度のリン資源化の取り組みとして、性状の良い下水灰そのものを肥料として位置付ける試みを考えている。

#### ②自然エネルギーを活用した汚泥の資源化システムの開発

公共下水道以外にも農業集落排水処理施設などを含めて、小規模の生活排水系処理施設は多数ある。しかし、その処理過程で発生する汚泥は、小規模であるため、コストメリットのある資源化の有効な処理方法が無いのが現状である。

当機構では、固有研究として、このような小規模な生活排水系処理施設から排出される汚泥の資源化技術として、太陽光等の自然エネルギーを活用した汚泥乾燥技術の開発に取り組んでいる。

今までの成果としては、40～70℃の低品位熱源において乾燥可能な技術の開発に取り組んだ結果、自然エネルギー以外にも未利用廃熱の有効活用が可能となった。

#### ③省エネルギーに有効な技術及び手法

昨年度は、民間との共同研究で活性汚泥法等の省エネルギー化技術に取り組んだところである。今年度は、これらの省エネルギー化技術に取り組む必要性が高い下水処理場を保有する自治体を訪問する、水処理省エネキャンペーンを実施している。

実施にあたっては、まず、下水処理場全体としての消費エネルギーや水処理施設の消費エネルギーについ

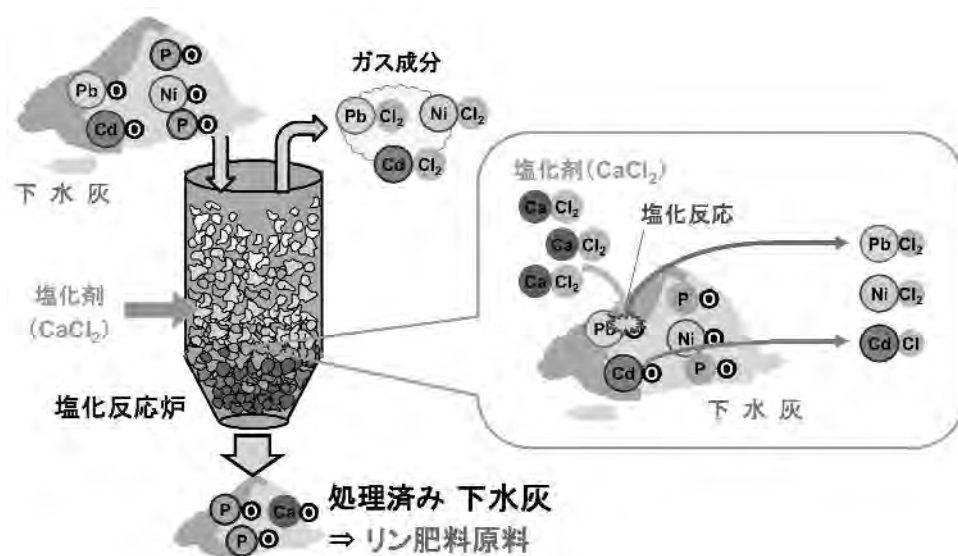


図3 塩化揮発法による下水灰処理のイメージ図

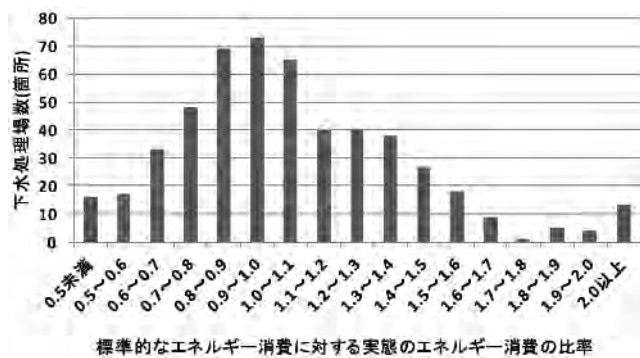


図4 標準的なエネルギー消費量との比率 分布図

て、流入水量や流入BOD濃度、施設能力に対する流入割合等のそれぞれの下水処理場を特徴づける項目を変数とした回帰式を作成することによって、標準的なエネルギー消費量を明らかにした。次に、実際の消費エネルギーが標準的な消費エネルギーに対して高い下水処理場を抽出して訪問することとした。なお、分析の対象としたのは、エネルギー消費の大きい日平均処理水量1万m<sup>3</sup>/日以上の下処理場である。分析の対象となったのは516箇所の下水処理場であり、標準的なエネルギー消費量との比率について、分布図として示したのが図4である。実際の消費エネルギーが標準値の1.5倍を超える下水処理場は50箇所ある。

現在、消費エネルギー比率の高い下水処理場を訪問し、エネルギー消費の高い理由についてヒヤリングを重ねているところである。

今年度は、水処理の消費エネルギーに特に悪影響のある項目を抽出し、自治体が改築更新に取り組む際の参考にしてもらおうと考えているところである。また、エネルギー消費の改善に有効な技術、手法の開発に引き続き取り組んでいく所存である。

#### 4. おわりに

今年度は、国土交通省の作成する「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」の改訂が行われる予定であり、前回作成時より一段とガス発電や固形燃料化に取り組んだ好事例が紹介されることになると思われる。また、FITの取り組み事例や固形燃料のJIS化を踏まえた需要者の増加なども取り上げられることが想定されるなど、下水汚泥のエネルギー化技術に取り組もうと考える自治体へのいっそうの追い風になるものと思われる。

また、当機構で取り組んでいる水処理施設の省エネルギー技術が、下水処理場の長寿命化計画の中で適切に反映され、電力料金の高騰による経営悪化に歯止めをかけ、地球温暖化防止の一助になることを期待している。

## 研究紹介

## 水素発酵法の盲点

東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科  
准教授 大西 章 博

キーワード：バイオマス、水素発酵、燃料回収、乳酸、*Megasphaera*

## 1. はじめに

嫌気性微生物の発酵能力を利用した水素発酵法は安価な水素燃料を供給する技術として注目されている。実用可能な水素発酵システムの構築には、水素の生産性だけでなく「システムの簡便性」が重要であり、これを達成するためには「雑菌に負けない強靱さ」に着目して微生物を選定し、複合微生物系を構成する必要がある。

これまで水素発酵の研究で発酵の主役を担う微生物として用いられてきた*Clostridium*属の菌種は、糖類からの水素生成能力が高く、実験室レベルでは培養や維持管理が比較的容易である。しかし、純粋培養系の維持が困難な状況では、乳酸菌などの雑菌汚染に対して脆弱である。水素発酵に関するこれまでの研究では、この問題に基づきいくつかの前提条件が『盲点』を形成しているのではないだろうか？

著者らはこのような発想から、これまでの水素発酵法の前提条件を主に微生物学的な視点で見直すための検討を行っている。本稿ではその概要について解説する。

## 2. 水素発酵法について

水素燃料 ( $H_2$ ) は二次エネルギーであり、石油・石炭・天然ガスのように

採掘により得られる燃料とは異なる。そのかわり水素は様々な化合物から回収することができる (図1)。光合成で生産されるバイオマスとしてのブドウ糖 ( $C_6H_{12}O_6$ ) や、水 ( $H_2O$ ) そして石炭なども水素を含む化合物であり、水素燃料を生産する原料になり得る。水素発酵法はバイオマスを原料として水素を生成する技術であり、微生物の発酵能力を利用するため、30～60℃程度の温和な環境下でも効率的に水素を生成できる。このようなことから、水素発酵法は災害時における緊急の電源や、地域分散型エネルギーシステムにおける小規模の独立電源へ水素を供給する技術として注目されている。

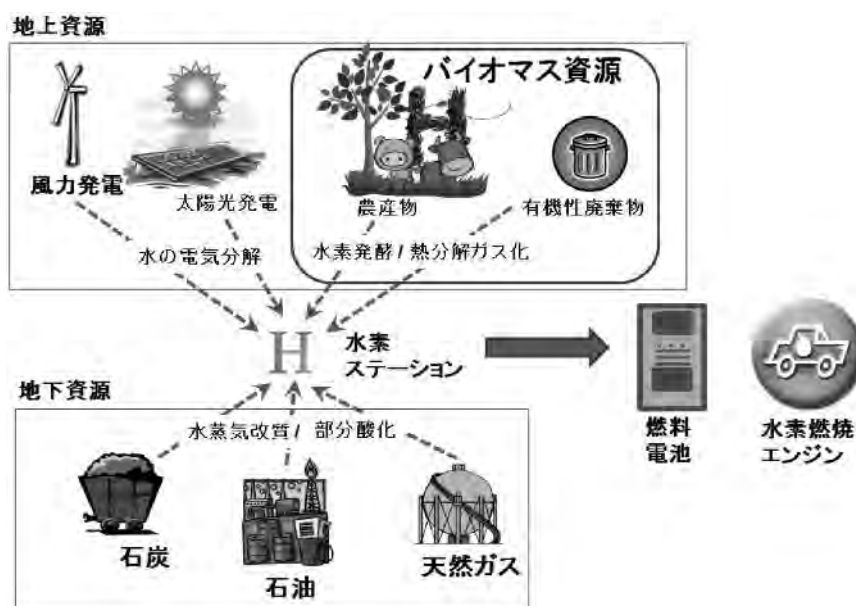


図1 水素燃料によるエネルギーシステム

これまでに様々な微生物の水素発酵能力が見いだされているが、水素発酵の実用化に向けた研究の多くが嫌気性細菌の*Clostridium*属の菌種を主な水素発酵微生物（HPB：Hydrogen Producing Bacteria）として用いている。なかでも30～40℃付近の中温領域で高い水素生成能力を発揮する*Clostridium butyricum*が最も利用されている。微生物の水素生成能力の優劣は、水素収率で比較される。水素収率は、発酵過程で消費（もしくは投入）された発酵基質（原料）あたりの水素生成量として算出される。人工的な合成培地を用いる場合は発酵基質の糖類（hexose）などの炭素源、廃棄物系バイオマスのような複雑な発酵基質の場合は強熱減量（VS：Volatile Solids）や化学的酸素要求量（COD：Chemical Oxygen Demand）がベースとして用いられる。合成培地の場合、*C. butyricum*の純粋培養系では2.4～2.7 mol H<sub>2</sub>/mol hexoseの水素収率が得られる。この時の代謝機構は以下のように理解されている。理論的には（1）式に示すように1molのグルコース（C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>）を消費して2molの酢酸（CH<sub>3</sub>COOH）を生成する過程で4 molの水素を生成することができる。酢酸生成過程の最大水素収率は4 mol H<sub>2</sub>/mol hexoseである。同様に酪酸（CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH）の生成過程では（2）式のように2 mol H<sub>2</sub>/mol hexoseである。



これは理論値であり、実際にはこれ以外の生命活動にも糖が消費されるので水素収率は最大値を下回るが、水素発酵の研究では「いかにこの理論収率に近づけるか!？」に興味と情熱が注がれている。

### 3. 失敗しない水素発酵の前提条件？

#### 3-1. 「乳酸」と「乳酸菌」

これまでの研究により*Clostridium*属による水素発酵機構はよく理解されており、実用化への期待は膨らむ一方である。しかしながら、欠点となる要因も明確になってきている。（3）式と（4）式に示すように、乳酸菌（LAB：Lactic Acid Bacteria）は糖の代謝過程では水素を生成せず、代わりに、というより乳酸発酵なので当然ではあるが乳酸（Lactic acid）を生成する。



また、乳酸は水素発酵の基質とはなり得ないとされ

ている。このようなことから、乳酸菌が水素発酵システムに混入した場合、*Clostridium*属との間で基質競合（糖の奪い合い）が起こり、水素収率は著しく低下する。さらに、乳酸菌が生産するバクテリオシンなどの抗菌物質が水素発酵を停止させる原因になるものと考えられている。これまでの研究において、これらの点については多くの研究者が同じ見解に至っている。

例えば、Noikeら<sup>1)</sup>は、廃棄物系バイオマスから単離した乳酸菌（*Lactobacillus paracasei*や*Enterococcus durans*）が*Clostridium*属の水素発酵に及ぼす影響を検討した。乳酸菌の添加により*Clostridium*属の水素生成能力が低下または停止し、*L. paracasei*、*E. durans*の懸濁液の上澄み液でも同じ阻害作用を示した。この阻害効果はバクテリオシンを不活性化するトリプシンの添加により緩和されたことから、乳酸菌が分泌するバクテリオシンが水素発酵を阻害していたものと考えられている。Joら<sup>2)</sup>は、水素発酵過程の主要な微生物が*Clostridium*属から乳酸菌の*Lactobacillus*属へと変遷した際に、乳酸が蓄積するとともに突然システムが破綻することを示している。また、Baghchehsaraeeら<sup>3)</sup>は*Clostridium*属の水素発酵に適した炭素源を検討し、糖類に対しては高い水素生成能力を示す一方で、乳酸が唯一の炭素源として使われた場合は水素生成できないことを報告している。

さて、では乳酸菌はというと、植物の表面や動物の体内、土壌、河川、そして海にも生息し、2～50℃の間で増殖するものが知られている<sup>4)</sup>。つまり、乳酸菌は何処にでもいて、食品系廃棄物のような栄養条件が良く含水率の高いバイオマスの保管や収集運搬の過程で容易に増殖するのである。

このようなことから、水素発酵では「乳酸は利用できない」し「乳酸菌は排除しなければならない」と考えられている。

#### 3-2. 植種や原料の「熱処理」

前述の理由から、乳酸菌などの雑菌を排除して水素発酵システムを安定運転するための様々な工夫が検討されたが、現在は水素発酵の前処理として「熱処理」が最も用いられている<sup>5,7)</sup>。熱処理は、植種や原料を90℃程度に加熱処理する工程であり、耐熱性の低い乳酸菌や他の雑菌群を一網打尽にできるわけである。水素発酵の主役となる*Clostridium*属の菌種は、耐熱性の芽胞を形成するため生き残ることができる<sup>4)</sup>。Noikeら<sup>1)</sup>は、50～90℃で30分間熱処理することにより、乳酸菌による水素発酵の阻害効果が低下することを報告している。現在では、熱処理は複合微生物系による水素発酵の研究において、必ず使われる前処理手法になっている。熱処理は見かけのエネルギー回収量、つまり

水素収率を改善する簡便で確実な手法である。「熱処理」を用いれば、まず水素発酵では失敗しない。

しかしながら、熱処理は水素発酵システムに新たな付帯設備を必要とするだけでなく、エネルギー投入の増大によりシステム全体でのエネルギー回収率が低下する要因でもある。水素発酵システムが実用化になかなか至れない一つの理由はこのようなところにあるのではないだろうか？

#### 4. 前提条件の見直し

このように、水素発酵では「乳酸は利用できない」、「乳酸菌は排除しなければならない」、だから「熱処理が必要である」という前提条件がある。著者らは、この前提条件としての3つの仮定を再度見直すための検討を行った。

まず、自然界の複合微生物を含む環境試料として土壌 (A、B)、生ごみ堆肥、生ごみの二相式メタン発酵過程の処理物 (酸生成槽内液、酸生成汚泥、処理水)<sup>8</sup> を採取して実験に用いた。10gの試料と90mlの滅菌水を500mlの分液漏斗に投入し、230rpmで5分間強撹拌して環境試料から微生物細胞を剥離させた。5分間静置後、得られた上澄み液を菌体剥離懸濁液として2つの滅菌チューブに回収し、一方は熱処理 (90℃、10分間) により乳酸菌を含む非耐熱性微生物の殺菌を施し (以下、熱処理植種と示す)、もう一方は熱処理を施さずに実験に用いた (以下、非熱処理植種と示す)。

水素発酵試験用の基質には、乳酸塩を炭素源として添加した合成培地 (5 g/l of tryptone, 3 g/l of yeast extract, 18 g/l of 70% sodium lactate, pH7.0) を用いた。50mlの合成培地を100mlの密閉容器に充填後、気相部をN<sub>2</sub>ガスで置換して121℃で20分間滅菌した。この合成培地の乳酸としての濃度は約15000mg/lであった。これに各環境試料から作成した熱処理植種と非熱処理植種を個別に接種し、それぞれを37℃で24時間培養した。培養後の上澄み0.5mlを新たな培地に接種してさらに48時間培養し、ガス発生量と水素濃度を分析した。

各試料の水素生成量を表1に示した。熱処理植種では、土壌と生ごみ堆肥で合成培地1Lあたり30ml程度の水素が得られただけで、他の植種からは水素生成は全く観察されなかった。これに対し、非熱処理植種では、土壌Aで401ml、生ごみ堆肥では318ml、メタン発酵過程の処理物を植種とした場合では1000ml以上の水素生成が認められた。最大値の1342mlはメタン発酵過程の酸生成槽内液を植種とした場合に得られた。このように植種に熱処理を施さないことで、6つのうちの5つの植種で明確な水素生成が認められた。

表1 各試料の水素生成量 (ml/l)

| 植種微生物               | 熱処理植種 <sup>1</sup> | 非熱処理植種 |
|---------------------|--------------------|--------|
| 土壌A                 | 24                 | 401    |
| 土壌B                 | 25                 | 18     |
| 生ごみ堆肥               | 32                 | 318    |
| 酸生成槽内液 <sup>2</sup> | 0                  | 1342   |
| 酸生成汚泥 <sup>2</sup>  | 0                  | 1291   |
| 処理水 <sup>2</sup>    | 0                  | 1095   |

<sup>1</sup>90℃、10分間、<sup>2</sup>メタン発酵過程の処理物

土壌Bでは十分な水素が得られなかったことから、どのような植種にでも当て嵌まるとは言えないが、乳酸を基質として水素を効率的に生産する微生物は、意外に近くにいるのかもしれない。

そこで次に、最も高い水素発酵能を示した非熱処理植種を回分式の水素発酵試験に繰り返し供し、その安定性と発酵性状を解析した。対照系として熱処理植種についても試験に供した。連続した4回の水素発酵試験の、水素生成量の推移を図2に示した。水素は、植種に熱処理を施した場合 (熱処理植種) では全く得られないのに対し、熱処理を施さない場合 (非熱処理植種) では高い効率で安定的に得られた。4回の回分実験の水素生成量は平均1400ml/l (最大1600ml/l)、発生したガス (H<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>) に含まれる水素濃度は常に50%以上を維持した。また、発酵過程の有機酸組成を解析した結果、熱処理植種では培地に含まれている乳酸 (約15000mg/l) は殆ど消費されなかった。これに対して、非熱処理植種では乳酸がほぼ全て消費され、主に酢酸 (約3800mg/l) やプロピオン酸 (約3700mg/l)、酪酸 (約2000mg/l)、吉草酸 (約1300mg/l) の増加が確認された。このように、乳酸を利用して水素発酵を行う微生物群を獲得した<sup>9</sup>。

熱処理植種で明確な水素生成を示すものが全く得られなかったことは、既往の研究と同様の結果といえる。しかしながら、非熱処理植種において乳酸を利用して効率的な水素発酵を行う微生物が存在することは新たな知見であった。このようなことから、水素発酵の前提条件とされていた「熱処理が必要である」と「乳酸は利用できない」は、「熱処理すると乳酸は利用できない」でもある。また、「乳酸を利用したければ熱処理をしないといけない」を加える必要がある<sup>9</sup>。

#### 5. 乳酸利用水素生産微生物 (LU-HPB) の提案

さてそれでは、微生物学的側面、つまり獲得した微生物群がどのような構成で、誰 (どの微生物) が水素発酵の主役なのかについて理解を進める。

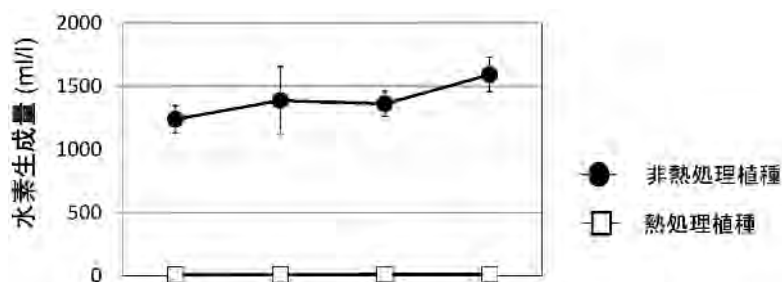


図2 乳酸を基質とした水素発酵過程における水素生成量の推移（植種：酸生成槽内液）

表2 PCR-DGGE法による回分実験後の菌相解析結果

| 構成菌種                              | 類似度(%) | 非熱処理<br>植種 | 熱処理<br>植種* |
|-----------------------------------|--------|------------|------------|
| <i>Clostridium lundense</i>       | 99     | +          |            |
| <i>Clostridium magnum</i>         | 100    |            | +          |
| <i>Clostridium sporogenes</i>     | 98     | +          |            |
| <i>Lactobacillus fermentum</i>    | 100    | +          |            |
| <i>Lactobacillus perolens</i>     | 99     | +          |            |
| <i>Megasphaera elsdenii</i>       | 98     | +          |            |
| <i>Paenibacillus azoreducens</i>  | 100    |            | +          |
| <i>Pectinatus cerevisiiphilus</i> | 97     | +          |            |

\* 90℃、10 分間

まず、得られた水素発酵微生物群の構成を分子生物的手法により解析した。PCR-DGGE (Polymerase Chain Reaction-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) 法は、生物処理の研究ではお馴染みとなった複合微生物系の菌相解析手法である<sup>10</sup>。試料中のDNAを直接抽出してrRNA (リボソームRNA) をコードする遺伝子の一部を増幅し、これを変性剤の濃度勾配を付加したアクリルアミドゲルで電気泳動することにより、塩基配列に基づいて分画して個々の遺伝子配列を決定する。この手法では3日と待たずに主な構成菌種の系統的な位置（属や種レベルの分類階級）を推定することが可能である。古典的な培養法は重要な技術であるが、構成菌種の全体像を理解するまでに長期間（数ヵ月以上）を要する点と、培養できない微生物が存在する点が泣き所であった。PCR-DGGE法はこれらの弱点を補う手法である。

この手法により回分実験過程の主要な微生物相を解析した結果、熱処理植種と非熱処理植種では水素発酵後の構成菌種に大きな違いがあった（表2）。熱処理植種を用いた場合の構成菌種はわずか2菌種であった。どちらも芽胞を形成する菌種であることから<sup>11</sup>、熱処理により耐熱性を有するグループが選択されたことが伺える。*Clostridium*属は有力な水素発酵微生物であるにも拘わらず、熱処理植種では水素が生成しなかった。

このことは、*Clostridium*属の多くの菌種で乳酸の消費能力が無い（または低い）ことがこれまでの研究で示されていることで説明できる<sup>3</sup>。

これに対して非熱処理植種では6菌種が検出された。*Clostridium*属以外の4菌種は芽胞形成能を持たないグループであった<sup>11</sup>。また、*Lactobacillus*属は典型的な乳酸菌であり、前述のように通常の水素発酵では排除しなければならない微生物として嫌われている。乳酸菌が存在する状況で安定した水素発酵が維持できることも、これまでの知見と異なっており、興味深い点であった。

このように、熱処理植種では菌相が芽胞形成菌に偏向し、多様性は著しく低かった。これに比べ、非熱処理植種では菌相はより複雑で、嫌われ者の乳酸菌まで存在し続けた。また、乳酸を消費するいくつかの微生物は過去に知られているが、乳酸単独から水素を高濃度で大量に生成することが示された記述はない。乳酸を利用するプロピオン酸菌などは（5）式のように水素を生成しない。このようなことから、この段階ではどの微生物が重要であるかは見当がつかない。



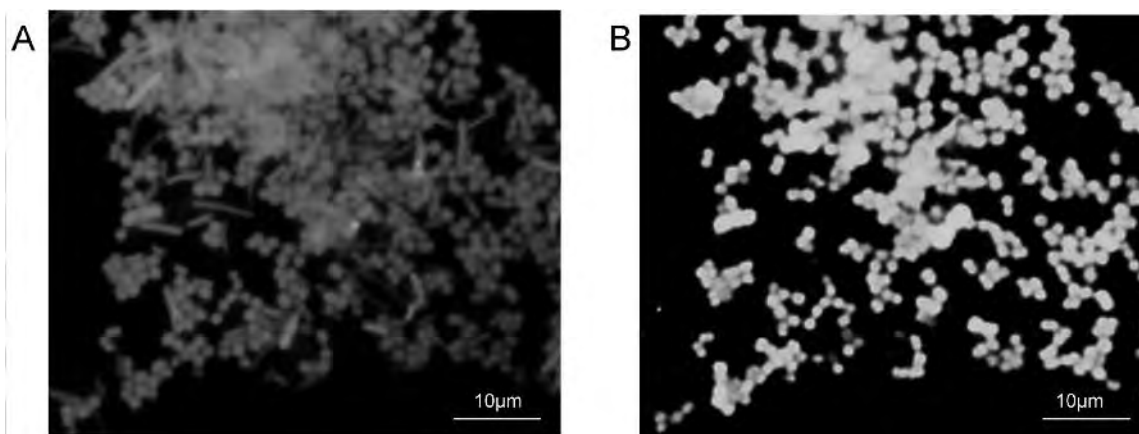


図3 FISH法による水素発酵微生物群の蛍光状態  
A：DAPI染色による全細胞の蛍光状態  
B：FISH probe Mega-X による *Megasphaera* 属の細胞の蛍光状態

なぜ乳酸菌が居続けるにも関わらず、そして、原料が乳酸であるにも拘らず、非熱処理植種では高い水素生産を維持できたのか？この疑問を解決するには、誰が水素発酵の主役なのか？を解けばよい。

まず、特定された菌相の中の個々の個体数を把握し、どの微生物の挙動が水素生産と同調するかを解析した。この作業にはFISH (Fluorescence in situ Hybridization) 法を用いた。FISH法では、蛍光標識オリゴヌクレオチドプローブ（以下、FISH probeと示す）を微生物の細胞内へ直接透過させる。FISH probeは目的とする微生物のrRNA配列を認識して結合するので、蛍光顕微鏡下で標的菌と他の微生物細胞とを単一細胞レベルで染め分けることができる。技術的な訓練と標的菌ごとに条件検討は必要であるが、特定微生物の優占率を定量して生物反応プロセスの動態を迅速にモニタリングする手法として優れている<sup>12</sup>。著者らはPCR-DGGE法で検出された微生物を識別するFISH probeを開発し、水素発酵過程における挙動をモニタリングした<sup>13</sup>。その結果の一つを図3に示した。DAPI (4',6-Diamidino-2-phenylindole) 染色は核酸に結合して蛍光するため、全ての微生物細胞を染色している（図3, A）。これに対し、FISH probe Mega-Xは *Megasphaera* 属の細胞を特異的に検出するため（図3, B）、発酵物中の *M. elsdenii* の存在量を特定することができる。

解析の結果、*M. elsdenii* の細胞の優占率は回分実験過程で  $52.7 \pm 6.8\%$  ～  $70.8 \pm 1.8\%$  の範囲で変動し、その変化の傾向が水素発生の増減と一致することを明らかにした<sup>13</sup>。優占率が高いだけでなく、優占率と水素生産量の変化が一致することは、乳酸からの水素生産の主役が *M. elsdenii* であることを強く示唆している。

残るは確証を得るだけである。条件（培地組成や温度など）を最適化した培養法により、*M. elsdenii* を分

離して水素発酵能力を検証した。狙いどおり *M. elsdenii* を分離し、乳酸を炭素源とする合成培地で評価した結果、1400ml/l以上の水素生産能を示すことが明らかになった。発生したガスの水素濃度は65%であった。この時の水素収率は  $0.43 \text{ mol H}_2/\text{mol lactate}$  で、主な代謝産物は酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸であり、分離前の水素発酵微生物群の能力と一致した。このように、乳酸を利用して水素を生産する微生物群の構成と主役が明らかになった。

著者らは、*M. elsdenii* を乳酸利用水素生産微生物 (LU-HPB: lactate utilizing-hydrogen producing bacteria) として提唱し、現在はその水素発酵機構と、水素発酵システムの実用化に寄与する可能性について検討している<sup>9</sup>。*M. elsdenii* のグルコースからの水素生産能力は *Clostridium* 属にも劣らず  $2 \text{ mol H}_2/\text{mol hexose}$  以上と高く、代謝産物からも *Clostridium* 属と同様の代謝機構で水素生成が進行するものと考えられる。しかしながら、乳酸を単独の基質として水素を生産する機構については知見が乏しく、詳細については現在解析中である。なお、乳酸を基質とした場合の *M. elsdenii* の主な代謝産物は酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸である。一般的に、グルコースからのプロピオン酸生成では (6) 式のように水素は消費されることから、通常の水素発酵の管理指標ではプロピオン酸の発生は水素生産が悪化する兆しとされている。しかし、*M. elsdenii* の乳酸からの水素発酵ではむしろ良い兆候と考えられる。



酪酸、吉草酸生成と水素生成との関係はさらに興味深い。炭素原子が6つ繋がった有機物であるグルコース (C6) からの水素生成は、(1) 式と (2) 式に示す

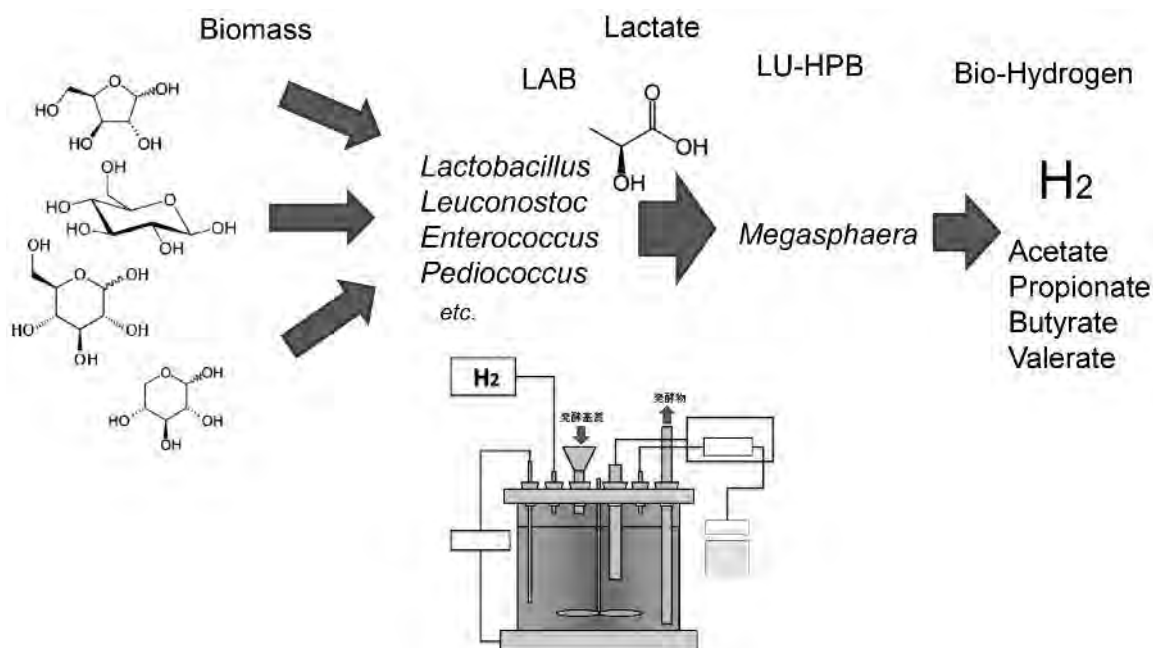


図4 乳酸発酵を軸とした水素発酵システムモデル

ように主に酢酸 (C2) と酪酸 (C4) が生成する異化作用 (化学的に複雑な構造の物質を単純な物質に分解する反応) である。しかし、乳酸は炭素が3つ繋がった有機物であることから、*M. elsdenii* が酪酸 (C4) や吉草酸 (C5) を生成する過程で水素を生成しているのであれば、異化作用ではなく同化作用 (小さな分子を組み合わせて大きな分子を合成する) が水素生産に関連していることになる。この際は通常ATPとしてエネルギーが要求されることから、エネルギー獲得系と共役した複雑な代謝機構で水素が生成されていることが考えられる。

また、*M. elsdenii* の水素生成機構とは別に、水素発酵システムへの応用技術についても検討中である。既に *M. elsdenii* を利用すれば乳酸と乳酸菌を含む生ごみを原料とした場合でも、熱処理などの前処理を施すことなく、30日以上安定した水素発酵を維持することを確認している<sup>14</sup>。また、様々な乳酸菌と *M. elsdenii* の相性や、*M. elsdenii* の水素生成能力を引き出す条件なども検討している<sup>15, 16</sup>。現在は乳酸からの水素収率は0.8 mol H<sub>2</sub>/mol lactate以上に向上している。

仮に、水素発酵システムに混入した乳酸菌が全てのグルコースを消費したならば、*Clostridium* 属では打つ手はなく、水素収率は0 mol H<sub>2</sub>/mol hexoseである。しかし、(1) 式のようにホモ型乳酸発酵であれば、*M. elsdenii* を用いることで最大1.6 mol H<sub>2</sub>/mol hexoseの水素収率を回復できる。また、近年は水素発酵に適さないような糖類を高効率で乳酸発酵する乳酸菌も報告されている<sup>17</sup>。乳酸菌で様々な糖類を一旦乳酸に換えてしまうことで、廃棄物系バイオマスのような複雑

な原料から簡便かつ安定的に水素を生産できる可能性も考えられる (図4)。

*M. elsdenii* は分類学的には *Clostridium* 属と同じく Firmicutes (発酵菌門) の嫌気性菌のグループに属するものの、球菌でグラム陰性の細胞壁構造を有することや、芽胞を形成しない点で大きく異なる。耐熱性は低く、熱処理 (90℃, 10分) により増殖能力と水素生成能力を失った。理解されている生息域は限られているものの、その存在は人畜共通の腸内細菌として古くから知られており、嫌気性消化過程からも検出された<sup>18, 19</sup>。このようなことから、これまでの水素発酵の研究で利用されてきた植種中に含まれていなかったと考えるよりは、経験的に培われてきた植種の熱処理により、乳酸菌とともに排除されていたと考えるべきである。ここに、水素発酵法の研究における『盲点』があったのではなかろうか。

## 6. まとめ

水素発酵システムの実現に思いを馳せる研究者であれば、これまで必ず避けてきた要素が乳酸と乳酸菌である。本稿の最後で紹介したような、「乳酸発酵」を「水素発酵」の回転軸 (pivot) として利用する発想は、これまでの水素発酵における微生物学的な見地からは生まれなかったのではなかろうか。今後は、この発想が水素発酵システムの実用化に貢献できるか否かについて評価するとともに、今後も微生物学的な側面についての前提条件を見直しながら、バイオマスの利活用技術への新たな提案とブレークスルーを志向し続けたい。

## 謝辞

本研究は、既に東京農業大学醸造環境科学研究室を卒業した卒業生の努力と忍耐で達成されました。板東由起子さん、阿部新子さん、長谷川裕士くん。ここに記して感謝いたします。

## 注

- Noike, T.; Takabatake, H.; Mizuno, O.; Ohba, M., Inhibition of hydrogen fermentation of organic wastes by lactic acid bacteria. *Int. J. Hydrog. Energy* 2002, 27, (11-12), 1367-1371.
- Jo, J.; Jeon, C.; Lee, D.; Park, J., Process stability and microbial community structure in anaerobic hydrogen-producing microflora from food waste containing kimchi. *J. Biotechnol.* 2007, 131, (3), 300-308.
- Baghchehsaraee, B.; Nakhla, G.; Karamanev, D.; Margaritis, A., Effect of extrinsic lactic acid on fermentative hydrogen production. *Int. J. Hydrog. Energy* 2009, 34, (6), 2573-2579.
- Vos, P.; Garrity, G.; Jones, D.; Krieg, N.; Ludwig, W.; Rainey, F.; Schleifer, K.; Whitman, W., *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2nd edn, vol. 3: The Firmicutes*. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2nd edn, vol. 3: The Firmicutes* 2009.
- Li, C.; Fang, H. H. P., Fermentative hydrogen production from wastewater and solid wastes by mixed cultures. *Critical reviews in environmental science and technology* 2007, 37, (1), 1-39.
- Mu, Y.; Yu, H. Q.; Wang, G., Evaluation of three methods for enriching H<sub>2</sub>-producing cultures from anaerobic sludge. *Enzyme Microb. Technol.* 2007, 40, (4), 947-953.
- Wang, J.; Wan, W., Comparison of different pretreatment methods for enriching hydrogen-producing bacteria from digested sludge. *Int. J. Hydrog. Energy* 2008, 33, (12), 2934-2941.
- 外ノ岡和政; 海老澤拓哉; 長野晃彦, 可溶化処理を適用した二相式メタン発酵実証装置の研究: 処理特性と微生物学的なメカニズムの解析. *環境技術* 2013, 42, (4), 235-244.
- Ohnishi, A.; Hasegawa, Y.; Abe, S.; Bando, Y.; Fujimoto, N.; Suzuki, M., Hydrogen fermentation using lactate as the sole carbon source: Solution for 'blind spots' in biofuel production. *RSC Advances* 2012, 2, (22), 8332-8340.
- Bando, Y.; Fujimoto, N.; Suzuki, M.; Ohnishi, A., A microbiological study of biohydrogen production from beer lees. *Int. J. Hydrog. Energy* 2013, 38, (6), 2709-2718.
- Vos, P.; Garrity, G.; Jones, D.; Krieg, N.; Ludwig, W.; Rainey, F.; Schleifer, K.; Whitman, W., *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2nd edn, vol. 3: The Firmicutes*. 2009.
- 鈴木昌治; 大西章博; 長野晃弘, 蛍光遺伝子プローブを利用したコンポスト好熱性細菌のモニタリング技術の開発. *再生と利用* 2001, 24, 60-66.
- Ohnishi, A.; Abe, S.; Bando, Y.; Fujimoto, N.; Suzuki, M., Rapid detection and quantification methodology for genus *Megasphaera* as a hydrogen producer in a hydrogen fermentation system. *Int. J. Hydrog. Energy* 2012, 37, (3), 2239-2247.
- Ohnishi, A.; Bando, Y.; Fujimoto, N.; Suzuki, M., Development of a simple bio-hydrogen production system through dark fermentation by using unique microflora. *Int. J. Hydrog. Energy* 2010, 35, (16), 8544-8553.
- 村山蘭; 長谷川裕士; 阿部新子; 板東由起子; 大西章博; 藤本尚志; 鈴木昌治, 乳酸菌存在下における *Megasphaera elsdenii* の水素発酵能の評価. *日本生物工学会大会講演要旨集* 2013, 65, 60.
- 長谷川裕士; 阿部新子; 板東由起子; 大西章博; 藤本尚志; 鈴木昌治, 乳酸を単一の基質として水素燃料を生産可能な微生物の獲得. *日本生物工学会大会講演要旨集* 2012, 64, 158.
- Abdel-Rahman, M. A.; Tashiro, Y.; Zendo, T.; Hanada, K.; Shibata, K.; Sonomoto, K., Efficient Homofermentative L-(+)-Lactic Acid Production from Xylose by a Novel Lactic Acid Bacterium, *Enterococcus mundtii* QU 25. *Appl. Environ. Microbiol.* 2011, 77, (5), 1892-1895.
- Haikara, A.; HELANDER, I., *Pectinatus, Megasphaera and Zymophilus*. *Prokaryotes* 2006, 4, 965-981.
- Ohnishi, A.; Abe, S.; Nashirozawa, S.; Shimada, S.; Fujimoto, N.; Suzuki, M., Development of a 16S rRNA gene primer and PCR-restriction fragment length polymorphism method for rapid detection of members of the genus *Megasphaera* and species-level identification. *Appl. Environ. Microbiol.* 2011, 77 (15), 5533-5535.

## 研究紹介

# 太陽光を利用した活性汚泥の可溶化促進 及び光メタン発酵システムの開発

筑波大学 生命環境系 生命産業科学専攻  
楊 英 男

キーワード：太陽光、可溶化、光メタン発酵、光触媒、ゼロエミッション

## 1. はじめに

バイオマスエネルギーは再生可能なエネルギーとして再認識され、下水汚泥を含む廃棄物系バイオマスの利活用が進められている。メタン発酵は、微生物を利用し、畜産廃棄物、有機性汚泥などの廃棄物系バイオマスからバイオガスを生産する技術として知られているが、分解率が低く反応が遅いために適用範囲が限られ、年間1億トン強の有機性廃棄物が有効に再資源化されないまま焼却や埋立てなどの方法で処理されている。一方、従来暗条件で行われたメタン発酵は適切な光照射により、発酵効率を高めることが可能になった<sup>1)</sup>。また、太陽光は永遠に無料で利用できるため、これまで直接的、間接的に人間の生活に利用されてきた。そこで、太陽光による廃棄物系バイオマスの分解促進と光メタン発酵によって、効率的にバイオエネルギーを得られると同時に資源循環と環境浄化の実現が可能と考えられる。

本稿では、太陽光を利用した活性汚泥の光メタン発酵システム構築のため、まず太陽光を利用した活性汚泥の好気可溶化処理とその後の光メタン発酵によるバイオガス生産促進について紹介する。次に、光触媒を用いた光照射前処理した活性汚泥の水素発酵について、これまでの研究成果に基づきまとめる。

最後に太陽光を利用した活性汚泥の水素・光メタン発酵システムの構築を提案する。

## 2. 光メタン発酵研究の沿革

メタン発酵はエネルギー回収型有機性廃棄物処理技術として近年再び注目されている。従来メタン発酵は暗条件で行われているが、Sawayamaらは中温（35℃）条件において、嫌気性粒状汚泥を含むUASBリアクターに光を照射して光合成細菌を増殖させ、その光合成細菌によりアンモニアやリン酸を除去するシステムを考案した。UASB法と光照射UASB（LUASB）リアクターを比較した結果、LUASBリアクターの方が、アンモニア及びリン酸の除去率がそれぞれ3倍、26倍高いことがわかった<sup>1)</sup>。LUASB法ではメタン発酵と同時に光合成細菌が増殖し、光合成細菌が有機物、アンモニア及びリン酸を利用した結果、従来のUASB法に比べてアンモニアやリン酸の除去能力が高くなったと考えられる。しかしながら、それに伴って、メタンへ転換する炭素源は光合成細菌の増加により減少してしまい、その結果、メタンへの転換は低くなってしまった。高いメタンガスを得られるシステムを開発するためには、炭素源の確保が必要になる。通常の光合成細菌 *Rhodobacter* 属菌、*Rhodopseudomonas* 属菌、*Rhodococcus* 属菌の生育に好適な温度は20～35℃であ

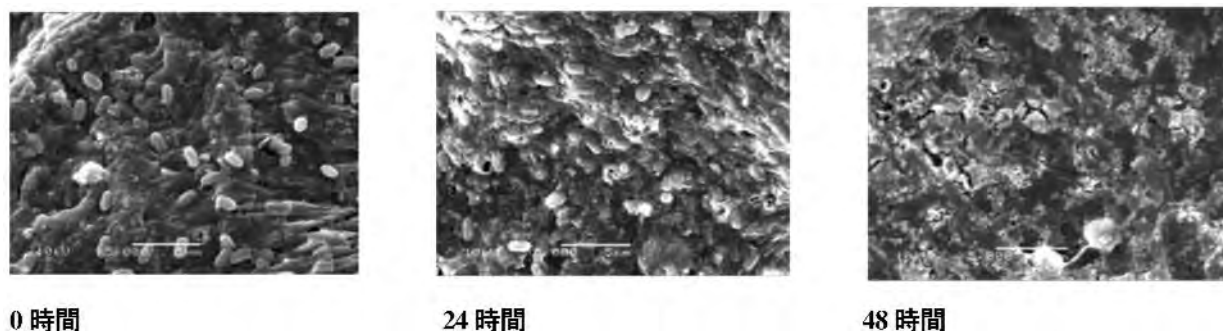


図1 太陽光照射前後の活性汚泥の電子顕微鏡像

表1 各照射条件における回分式メタン発酵リアクターのパラメータ

| ATIP time<br>(hours) | DOC*<br>(mg/L) | Methane yield.<br>(ml/g-VS) | VS reduction<br>(%) |       |             | DOC removal<br>after anaerobic<br>digestion (%) |
|----------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|-------|-------------|-------------------------------------------------|
|                      |                |                             | ATIP**              | AD*** | ATIP+AD**** |                                                 |
| 0 (control)          | 1417           | 337                         | 0.00                | 37.8  | 37.8        | 56.2                                            |
| 8                    | 1463           | 358                         | 5.67                | 40.1  | 45.8        | 58.5                                            |
| 24                   | 1540           | 378                         | 14.4                | 43.4  | 57.8        | 64.4                                            |
| 28                   | 1493           | 364                         | 15.5                | 42.1  | 57.6        | 62.2                                            |
| 32                   | 1448           | 356                         | 17.0                | 38.5  | 55.7        | 61.4                                            |
| 48                   | 1340           | 327                         | 17.1                | 37.5  | 54.6        | 53.2                                            |

\*: DOC after ATIP.

\*\*: VS reduction after ATIP.

\*\*\*: VS reduction after ten days of anaerobic digestion.

\*\*\*\*: VS reduction in ATIP and batch anaerobic digestion process.

る。そこで、Tadaらは光照射による高温メタン発酵からのメタン生成促進効果を検討した。その結果、55℃の高温メタン発酵では、光照射によってメタン生成が促進されることが確認された<sup>2)</sup>。これらの結果を踏まえ、Yangらは太陽光を利用した活性汚泥の可溶化処理及び光メタン発酵に関する研究を行い、さらに汚泥分解促進のため、光触媒技術を駆使して太陽光を利用した活性汚泥の分解促進と高い水素生成も可能になった<sup>3-7)</sup>。

### 3. 太陽光を利用した活性汚泥の可溶化処理及び回分式メタン発酵

人工太陽光を用いて、55℃の高温条件で好気性高温照射処理 (Aerobic thermophilic irradiation pretreatment ATIP) による汚泥の可溶化を検討した。処理前、24時間照射と48時間照射後の活性汚泥のSEM写真を図1に示す。未処理の活性汚泥に比べ、48時間照射後では結晶状の無機質汚泥残渣が目立ち、一方、24時間照射後の活性汚泥は適度に可溶化されたことから、メタン発酵の基質として最も適していると考えら

れる。

各照射条件における回分式メタン発酵リアクターのパラメータを表1に示す。まず、太陽光24時間照射条件では最高のDOC濃度 (1540 mg/L) が得られ、未照射より可溶性有機炭素源が8%増加した。しかし、太陽光照射を48時間に延長すると、逆に可溶性有機炭素量が減少した。太陽光照射による汚泥の可溶化前処理は適切な照射時間の確認が必要である。表1の各照射条件における回分式メタン発酵の結果、24時間太陽光照射処理の活性汚泥のメタン収率、VS、DOC除去率が最も高かった。したがって、適切に太陽光を照射することにより、活性汚泥の分解が促進され、メタン発酵に利用可能な可溶化成分が増加し、メタン収率が上がることが明らかになった。

### 4. 光照射前処理した活性汚泥の半連続式光メタン発酵

上記で述べたように、回分式メタン発酵の結果、太陽光照射による適切な前処理は汚泥の分解とメタンの生成を促進することが分かった。そこで、一段目の好

気性太陽光照射前処理に二段目の間歇太陽光照射メタン発酵システムを組み込み、太陽光を利用した活性汚泥の二段処理プロセス（図2）を検討した。図3に示すように、炭素繊維を担体とした流動床光メタン発酵槽を用いて、HRTは12日、55℃の高温条件で暗条件、1日1時間光照射条件の実験系を設計し、55日間発酵を行い、メタン濃度、バイオガス量とVS、DOCを測定した。図4は明暗メタン発酵過程のDOCとVSの分解率の比較を示している。光照射前処理した活性汚泥を基質とする光メタン発酵を行った結果、従来難分解性の活性汚泥に光照射系の方が高いDOCとVSの分解率が得られ、汚泥の減量化を可能になった。図5は明暗メタン発酵プロセスのメタン収率の比較であり、太陽光照射前処理で可溶化された汚泥を適切な消化条件でさらに光メタン発酵を行った結果、通常より12%高いバイオエネルギーの回収が確認された。

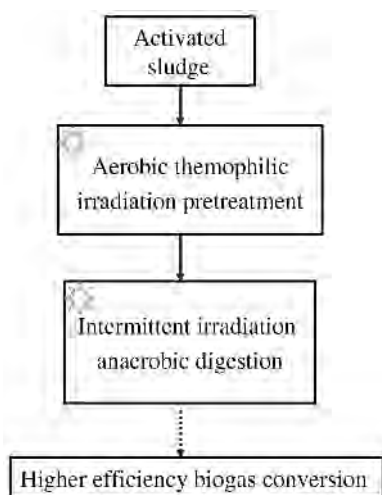


図2 太陽光を利用した活性汚泥の二段処理

## 5. 光触媒を用いた活性汚泥の前処理及び水素発酵効果

好気性太陽光照射前処理において、照射時間を適切に設定することによって一定量の活性汚泥の可溶化を促進できたが、活性汚泥は難分解性であり、汚泥の減量化と発酵の効率化に向け、更なる分解技術の開発が必要になる。一方、光触媒は、太陽光など自然光の照射により強い酸化力を生じ、環境ホルモン、細菌、バイオフィーム、有毒排気ガス、残留農薬など、環境中に存在する様々な有害物を分解・除去することが可能である（図6）。

表2は光触媒（TiO<sub>2</sub>）と紫外線を用いた10倍希釈の活性汚泥における各種処理前後の特性を示している。処理前活性汚泥のCODは74 mg/Lであったのに対し、光触媒処理後は361 mg/Lになり、可溶化濃度は5倍近

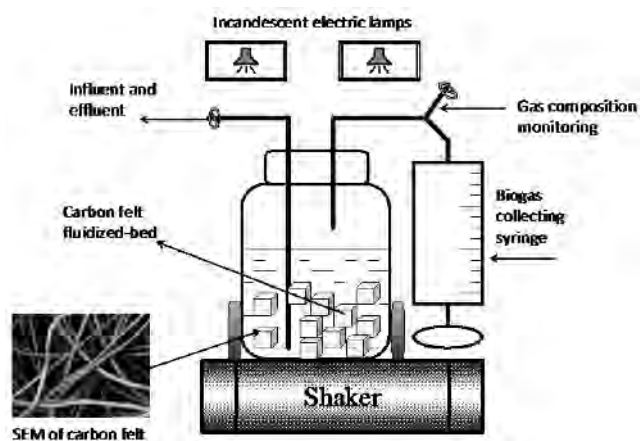


図3 炭素繊維流動床光メタン発酵槽

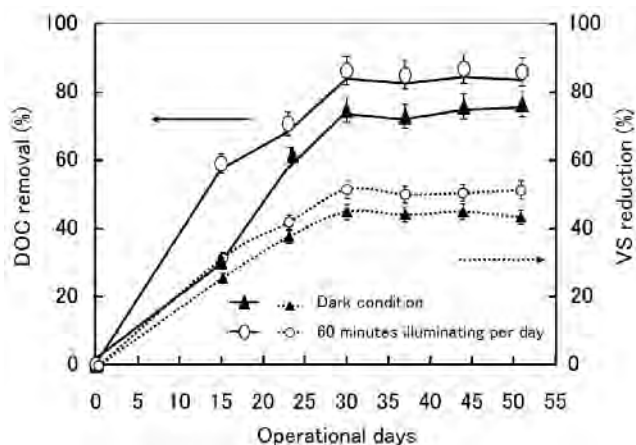


図4 明暗メタン発酵過程のDOCとVSの分解率の比較

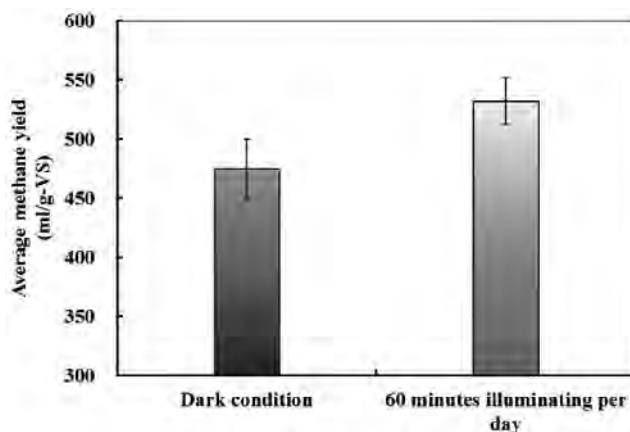


図5 明暗メタン発酵プロセスのメタン収率の比較

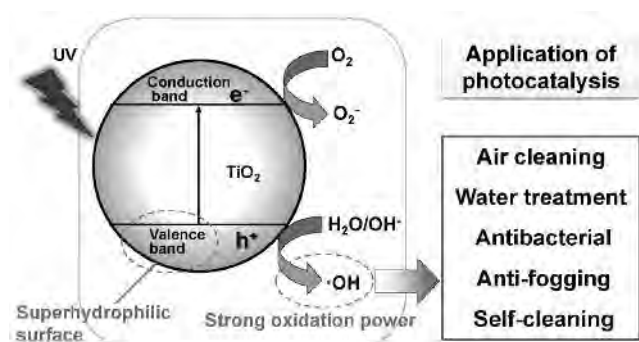


図6 光触媒反応の原理および応用

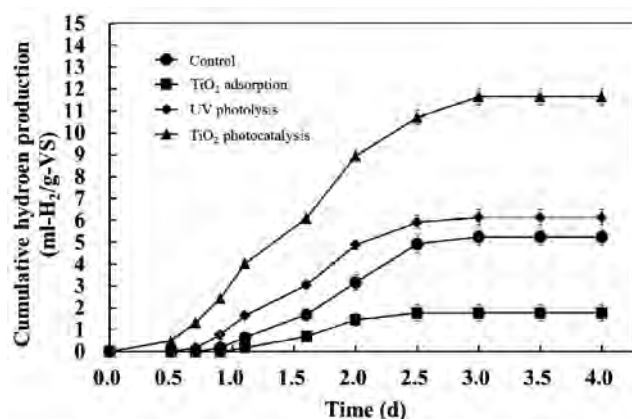


図7 活性汚泥における各種処理後の原料を基質とした水素発酵

表2 各種処理前後における10倍希釈活性汚泥の特性

| General property                                      | initial | after 12-h pretreatment |                             |               |                                 |
|-------------------------------------------------------|---------|-------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------------|
|                                                       |         | Control                 | TiO <sub>2</sub> adsorption | UV photolysis | TiO <sub>2</sub> photocatalysis |
| pH                                                    | 6.88    | 6.85                    | 6.93                        | 6.54          | 5.72                            |
| TS (mg L <sup>-1</sup> )                              | 840     | 795                     | 763                         | 615           | 320                             |
| VS (mg L <sup>-1</sup> )                              | 659     | 605                     | 590                         | 488           | 265                             |
| tCOD (mg L <sup>-1</sup> )                            | 980     | 898                     | 876                         | 722           | 389                             |
| sCOD (mg L <sup>-1</sup> )                            | 74      | 149                     | 158                         | 235           | 361                             |
| sCOD/tCOD (%)                                         | 7.5     | 16.6                    | 18.0                        | 32.5          | 92.8                            |
| Total protein (mg L <sup>-1</sup> )                   | 63.8    | 61.5                    | 58.6                        | 48.2          | 8.3                             |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> ) | 10.7    | 10.0                    | 8.5                         | 17.1          | 23.8                            |

く増加した。一方、タンパク質の濃度は処理前の63.8 mg/Lから8.3 mg/Lに減少し、タンパク質は光触媒処理によって8倍近く分解した。それに対応して、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Nは初期段階の10.7 mg/Lから23.8mg/Lまで増加した。光触媒を用いての難分解性下水汚泥の可溶化は極めて有効であることが示唆された。

図7は、各種方法による活性汚泥の処理物を発酵させたときの水素生成量を比較した結果である。未処理に比べ、光触媒処理した基質の水素生成量は11倍も増加した。現在は紫外線に光活性を持つTiO<sub>2</sub>の他、太陽光のような幅広い波長も利用できる光触媒材料の開発と汚泥処理システムの最適化により、汚泥の可溶化処理に取り組んでいる<sup>8)</sup>。光触媒前処理を導入することによって、画期的なバイオガス転換の実現が期待できる。

## 6. 太陽光を利用した活性汚泥の水素・光メタン発酵システムの構築

以上の結果を踏まえると、太陽光を利用した難分解性活性汚泥の可溶化とメタン発酵の二段光照射システムを提案することが可能である。まず、太陽光を利用

した光触媒リアクターを用いて難分解性活性汚泥を十分に可溶化し、その可溶化された汚泥を基質として一段目の水素発酵により水素を取り出す。残りの基質を二段目のメタン発酵槽に移し、再び太陽光を利用して効率的な光メタン発酵を行うことによって、メタンガスを得ることができる。メタン発酵廃液に残存する難分解性物質を光触媒リアクターによって再度分解し、その分解液を最初の可溶化槽に戻す。より低残渣と高い分解率を実現することによって、高いバイオエネルギー収率が得られ、最終的にはゼロエミッションを実現可能にする（図8）。

## 7. おわりに

難分解性有機性廃棄物の資源・エネルギー転換において、物理的・化学的処理のみ、あるいは生物的处理のみでは実用的にもコスト的にも成り立たない。本稿では、太陽光を利用した活性汚泥の光メタン発酵システム開発の可能性について述べた。太陽光を利用した活性汚泥の前処理方法を紹介し、光照射前処理した活性汚泥の水素、光メタン発酵に関する研究成果に基づき、太陽光を利用した活性汚泥の水素・光メタン発酵

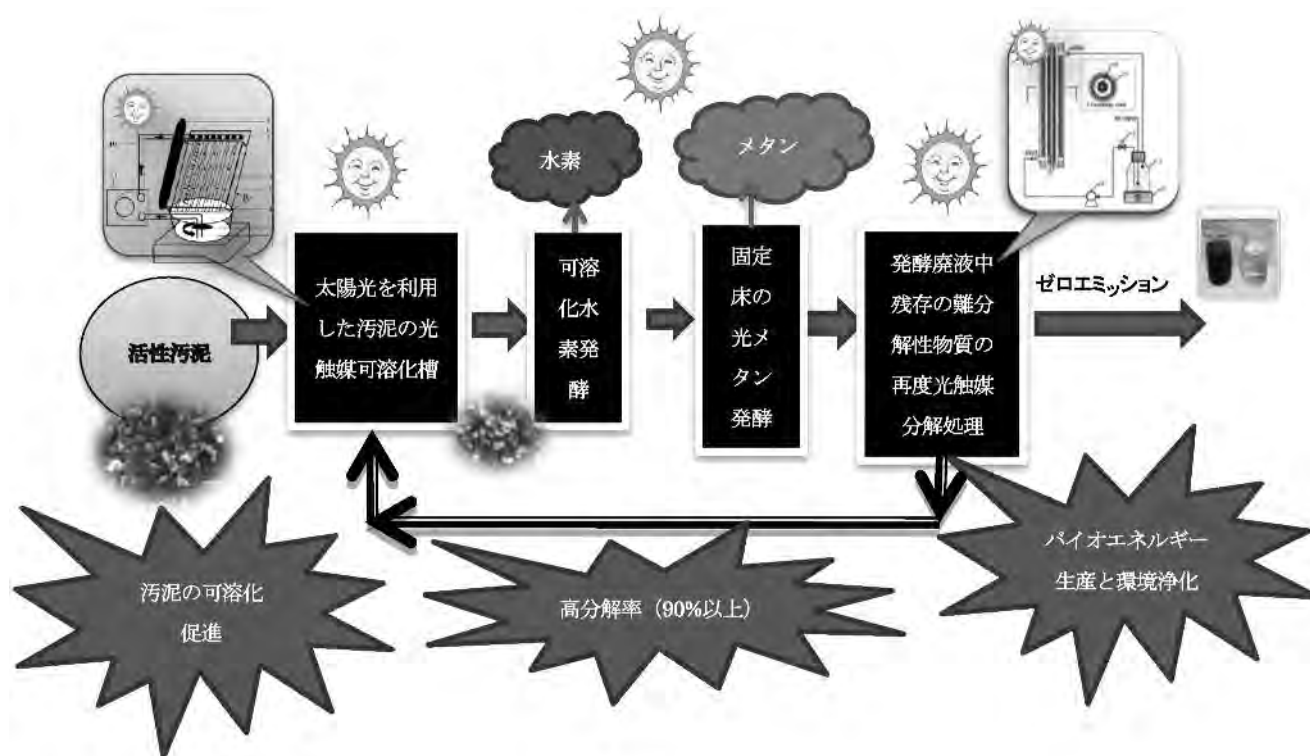


図8 太陽光を利用した活性汚泥の水素・光メタン発酵システムの構想プロセス

システムの構築を提案した。将来、本システムを日本発の技術としてぜひ実用化したいと願っている。

#### 参考文献

- 1) Sawayama, S., Tsukahara, K., Yagishita, T., "Organic acid consumption of phototrophic bacteria in a lighted upflow anaerobic sludge blanket reactor", *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol 90, No. 3 (2000), 241-246
- 2) Tada, C., Sawayama, S., "Photoenhancement of biogas production from thermophilic anaerobic digestion", *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol. 98, No. 5 (2004), 387-390
- 3) Yang, Y., Tsukahara, K., Zhang, Z., Sugiura, N., Sawayama, S., "Optimization of illumination time for the production of methane using carbon felt fluidized bed bioreactor in thermophilic anaerobic digestion", *Biochemical Engineering Journal*, Vol. 44, No. 2-3 (2009), 131-135
- 4) Yang, Y., Tsukahara, K., Yang, R., Zhang, Z., Sawayama, S., "Enhancement on biodegradation and anaerobic digestion efficiency of activated sludge using a dual irradiation process", *Bioresource Technology*, Vol. 102, (2011), 10767-10771
- 5) Liu, C., Yang, Y., Wang, Q., Kim, M., Zhu, Q., Li, D., Zhang, Z., "Photocatalytic degradation of waste activated sludge using a circulating bed photocatalytic reactor for improving biohydrogen production". *Bioresource Technology*, Vol. 125, (2012) 30-36
- 6) Li, D., Zhao, Y., Wang, Q., Yang, Y., Jiang, W. Z., Zhang, Z. Y., "Enhanced biohydrogen production by accelerating the hydrolysis of macromolecular components of waste activated sludge using  $\text{TiO}_2$  photocatalysis as a pretreatment". *Open Journal of Applied Sciences*, Vol. 3, (2013) 155-162
- 7) 楊英男, "太陽光を利用した活性汚泥の光メタン発酵システムの開発", SATテクノロジーショーケース, (2013), p.31.
- 8) Liu, C., Lei, Z., Yang, Y. N., Wang, H., Zhang, Z. Y., "Improvement in settleability and dewaterability of waste activated sludge by solar photocatalytic treatment in  $\text{Ag}/\text{TiO}_2$ -coated glass tubular reactor". *Bioresource Technology*, Vol. 137, (2013) 57-62

## Q &amp; A

# 田畑輪換で生じる地力の変化と対策

キーワード：地力、水田、畑、輪換

**Q1**

田畑輪換とは何ですか？

**A1**

これまで夏期に水をためて水稻を作付けしてきた水田を畑とし、そこで畑作物を作付けした後、再び水をためて水稻の作付けをする田と畑の輪換のことです。つまり、もとは水田であった圃場で、畑と水田を数年単位で交互に繰り返すことです。我が国では、コメの生産量は需要を上回り自給することができますが、大豆や麦、飼料の多くは輸入に頼っています。需要を上回っている水稻の作付けを減らし、そこで大豆、ムギ、飼料作物などを作付けすれば、農地を有効活用して輸入への依存度を減らすことができます。そのため田畑輪換のように、水田であった圃場で畑作物栽培が進められています。この畑と水田を交互に繰り返す田畑輪換には次のような特徴があります。

- ①水稻連作に比べて土（土壤）が酸化的となる。
- ②畑作物の連作で発生する連作障害や土壤病害が軽減される。
- ③水田と畑では雑草の種類が異なるので、どちらの場合も雑草の発生が軽減される。
- ④特に畑転換初期には、畑作物の生育が旺盛で収量が高い。
- ⑤畑から水田に戻した際の水稻の生育が旺盛で収量が高い。

**Q2**

地力とは何ですか？

**A2**

作物を生産するための土壤の総合的な能力のことで、養分を作物に供給する能力のほか、作物が育ちやすい土壤の物理的性質（排水性、通気性、保水性など）や微生物活性とその安定性など多様な能力が関係します。水田では、圃場が畦畔で囲まれているため土壤が流亡しにくいこと、空気が少なく嫌気的環境であるため有機物の分解が遅いこと、灌漑水によ

り養分が供給されること、窒素固定により空中の窒素が土壌にとりこまれることなどから、畑と比べて地力が維持されやすいのが特徴です。一方、畑土壌は好気的条件であるため、土壌有機物が分解されやすい性質があります。

作物にとって最も重要な養分は窒素ですので、土壌が有する窒素供給力の指標である「可給態窒素」は地力の中でも最も重要な形質のひとつです。

**Q3**

田畑輪換によって地力にはどのような変化が生じるのですか？

**A3**

先の回答のように、地力には多様な形質が含まれますが、その中で最も重要なのは窒素供給力の指標である可給態窒素です。秋田県の灰色低地土において、この土壌の可給態窒素が水稻と大豆の田畑輪換でどう変わるのかを示しているのが図1です。図の横軸は大豆作付け頻度で、田畑輪換を始めてから大豆を作付けした頻度を表しています。例えば、大豆作付け頻度50%の場合、10年間で大豆5回と水稻5回のように大豆と水稻を1：1の割合で作付けしたことになります。この図で右へ向かうほど大豆の作付け頻度が高くなり、右端の100%の農家圃場では30年程度大豆を連作しています。反対に左端の0%の農家圃場では、これまで水稻だけを作付けし、一度も大豆を作付けしたことがありません。

大豆作付け頻度と可給態窒素との間には明瞭な関係があり、大豆作付け頻度が高いほど可給態窒素は減少しています。すなわち、水田を畑として利用する田畑輪換によって地力は減少し、その減少程度は大豆を作付けする頻度が高いほど大きいことが示されています。しかし、牛ふん堆肥2～3t/10aを連用している農家Eにおいては、有機物を施用していない他の農家に比べて、可給態窒素は高く維持されています。

# Q4 田畑輪換で適正な地力を保つ方法を教えてください。

**A4** 農林水産省は、地力を増進していくことは農業の生産性を高め、農業経営の安定を図る上で極めて重要とし、農地の利用形態別に土壌の性質の基本的な改善目標を示しています。水田の可給態窒素の目標値は80～200mg/kgとされており、これが適正な地力としての目標となります。

この目指すべき可給態窒素80～200mg/kgを保つ方策は、図1で示されている可給態窒素と大豆作付け頻度および牛ふん堆肥施用との関係から読み取ることができます。本調査地域では、牛ふん堆肥を施用せずに稲わら等の作物残渣を圃場に戻すのが一般的であり、有機物施用の面では農家A～Dが慣行的な管理の圃場と言えます。この慣行的管理の圃場では、大豆作付け頻度を6割以上にすると、可給態窒素は80mg/kg以下となり、目標下限値を下回ってしまいます。つまり可給態窒素の目標下限値以上を維持するためには、大

豆作付け頻度を6割程度までとする必要があります。すなわち、水稻2作に対して大豆は3作以下の作付けとすることがわかります。一方、牛ふん堆肥を連用すると大豆作付け頻度100%でも80mg/kg程度となっており、大豆を連作したとしても可給態窒素の目標下限値を維持することができます。また、牛ふん堆肥を連用すると、大豆作付け頻度を5割、すなわち水稻1作に対して大豆1作の作付けとしても堆肥を施用していない慣行的管理の連年水田（大豆作付け頻度0%：大豆無作付の水田）と同程度の高い可給態窒素を維持できることが分かります。

なお、下水汚泥堆肥、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥など牛ふん堆肥以外の有機物については、田畑輪換での地力改善効果はまだよくわかっていません。地域特性に応じた有機物種や多様な気象条件、土壌条件での検討が望まれます。

（農研機構東北農業研究センター水田作研究領域  
西田瑞彦）

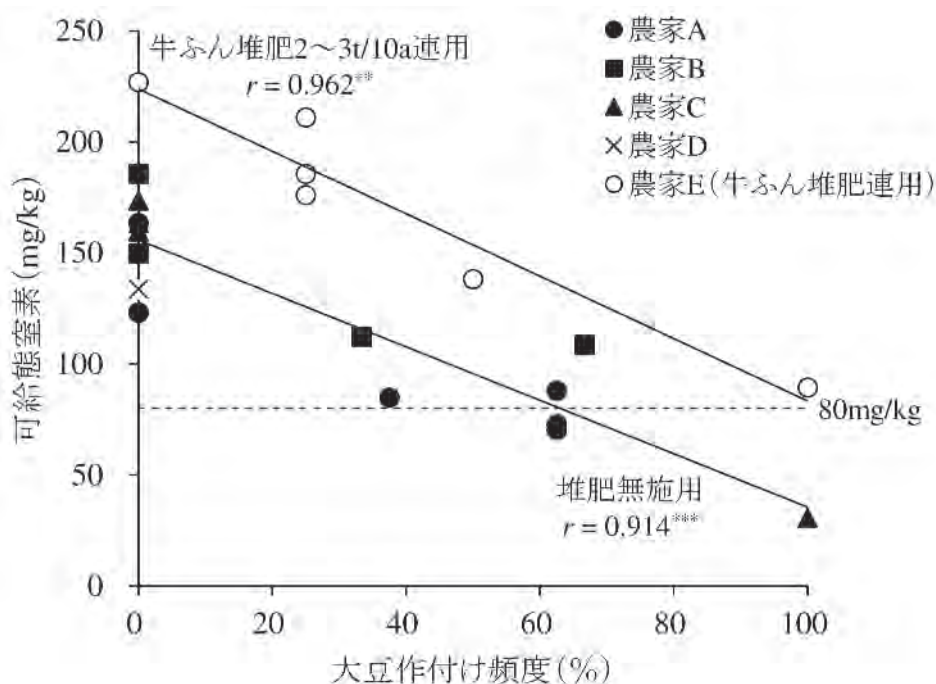


図1 田畑輪換における大豆の作付け頻度と土壌の可給態窒素との関係

注) 大豆の作付け頻度：田畑輪換開始後に大豆を作付けした頻度。例えば、大豆作付け頻度が50%の場合、大豆と水稻を1:1の割合で作付け。

現場からの

声

## 山形市浄化センターにおける 消化ガス発電の運用について

キーワード：嫌気性消化、消化ガス発電、コージェネレーション

### 1. はじめに

山形市の下水道事業は昭和36年に着手しました。本市は戦災を免れた城下町であり、市内には江戸時代に整備された農業用の堰が機能していたため、雨水はこの堰を利用することとし、下水は污水のみを排除する分流式を採用しました。これは当時としては画期的なことであり、その結果、合流改善を行う必要がなくなっています。

山形市浄化センターは昭和40年に通水（一次処理のみ）後、昭和46年から標準活性汚泥法を用いた水処理を行い、現在、処理能力は日最大52,000m<sup>3</sup>、平均処理水量は40,000m<sup>3</sup>/日、これは山形市内の約半分の汚水にあたり、残りは山形県の管理する流域下水道（山形処理区）で処理されています。当センターの処理区域の面整備率は100%となっており、近年の10年間は降雨量の増減による多少の変動はあるものの、流入水量は安定しています。

### 2. 消化ガス発電の経緯

当センターには当初から汚泥の減量化、安定化のため消化槽が設置されていました。消化の際に発生する消化ガスの有効利用を図るため、昭和63年にガスエンジン発電機（178kW×1基）を導入し、発電排熱を回収して消化槽を加温するコージェネレーションで発電を開始しました。その後、流入水の増加に伴い消化槽で発生するガスをエンジン発電機だけでは消費しきれなくなり、平成14年に燃料電池（100kW×2基）が導入されました。燃料電池はガスエンジン発電機に比

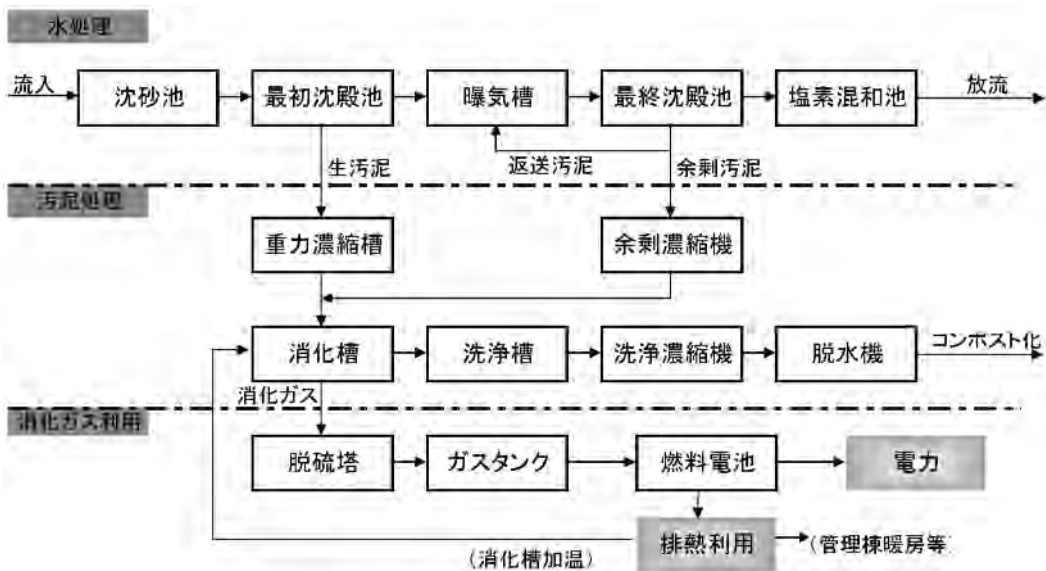
山形市上下水道部 浄化センター

水質係長 工藤 守

べ、騒音・排気ガスの排出がなく環境にやさしく、発電効率が高いとの理由により採用されました。その後、ガスエンジン発電機が老朽化したため、平成25年にはガスエンジン発電機を燃料電池（100kW×2基）に更新しました。現在は燃料電池4基で発電を行っており、処理システムは図-1のとおりです。

### 3. 消化槽の運用

当センターには4槽の消化槽が設置されていますが、1槽を非常時用の汚泥貯留槽として使用し、3槽で消化をしていました。平成19年度から平成24年度にかけて消化槽の機器更新に合わせて攪拌方法をガス攪拌から機械攪拌に順次変更したことにより、消費電力を大幅に削減することができたのに加え、汚泥処理が安定し、長期休暇へ対応も可能となったことから、平成24年7月より4槽すべてを使用した消化を試験的に開始しました。当センターの脱水ケーキはコンポスト化施設で肥料にしており、脱水時に無機凝集剤（消石灰・塩化第二鉄）を使用していることから、消化が進みすぎるとコンポスト製品で、グリーン購入法特定調達品目に規定する有機分35%以上を確保できなくなるとも心配されたため、ちょうどコンポスト化施設の改修工事が行われていたこの時期に、試験運用を実施しました。3槽使用に比べ消化日数が増加したことで



図－１ 処理フロー

表－１ ３槽消化と４槽消化の比較

|      | 消化槽投入汚泥量 |        |         | 消化汚泥量  |        |         | VTS<br>減少率 |
|------|----------|--------|---------|--------|--------|---------|------------|
|      | 汚泥量(t)   | TS量(t) | VTS量(t) | 汚泥量(t) | TS量(t) | VTS量(t) |            |
| 3槽消化 | 239.0    | 9.1    | 7.8     | 249.4  | 4.5    | 3.2     | 59.3%      |
| 4槽消化 | 238.7    | 9.2    | 8.0     | 252.3  | 4.2    | 3.0     | 62.4%      |
| 増減比  | -0.12%   | 1.12%  | 2.56%   | 1.20%  | -5.73% | -5.28%  | 3.1ポイント    |

|      | 流入水量<br>(m³) | 消化ガス<br>発生量<br>(m³) | 消化ガス発生率          |                |                |                 |
|------|--------------|---------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|
|      |              |                     | ／流入水量<br>(m³/m³) | ／汚泥量<br>(m³/t) | ／TS量<br>(m³/t) | ／VTS量<br>(m³/t) |
| 3槽消化 | 39,089       | 4,026               | 0.103            | 16.8           | 440.3          | 516.1           |
| 4槽消化 | 38,764       | 4,343               | 0.112            | 18.2           | 469.8          | 542.9           |
| 増減比  | -0.83%       | 7.88%               | 8.78%            | 8.01%          | 6.68%          | 5.19%           |

※ 3槽消化から4槽消化に切り替えた平成24年7月前後1年間の日平均値

消化が進み、消化ガスの発生量が多くなる一方、脱水ケーキのVTSはコンポスト製品時に35%以上を満たせる範囲での低下ですみましたので、4槽消化を継続することとしました。消化槽を稼働させるにもエネルギーを必要としますので、消費するエネルギー以上の効果が4槽消化に求められます。4槽消化開始前後1年間の消化ガス発生量をまとめたものが表－1です。流入負荷量の変動などの影響もあるのか一律に増加とはなりませんでした。年間を通して見てみると発生量は日平均で317m³、消化ガス発生率（流入水量1m³あたり）は8.8%増加しています。これは燃料電池1台の7時間分の消費ガス量に当たり、増加した消化ガスで発電を行えば消化槽を稼働させる分の電力収支はプラスとなります。また、消化が進むことで最終的に発生する脱水ケーキ量の減少が見込めることも大き

なメリットとなりました。当センターでは脱水ケーキをコンポスト化していますが、コンポスト化施設の能力から肥料にできるのは8割弱となっており、残りは産業廃棄物として処分委託していますので、脱水ケーキの減少は処分費の削減となります。

4. 消化ガスの消費と熱量収支

当センターにはいわゆる余剰ガス燃焼装置がありません。消化ガス発電設備は消化ガス処理装置を兼ねていますので、発電設備の消費する消化ガス量が発生する消化ガス量を上回る様になっています。そのため消化ガスが不足する分は、電力消費の少ない夜間に燃料電池の出力を落として運転しています。消化ガスの発生には変動がありますので、電力のピークカットを心

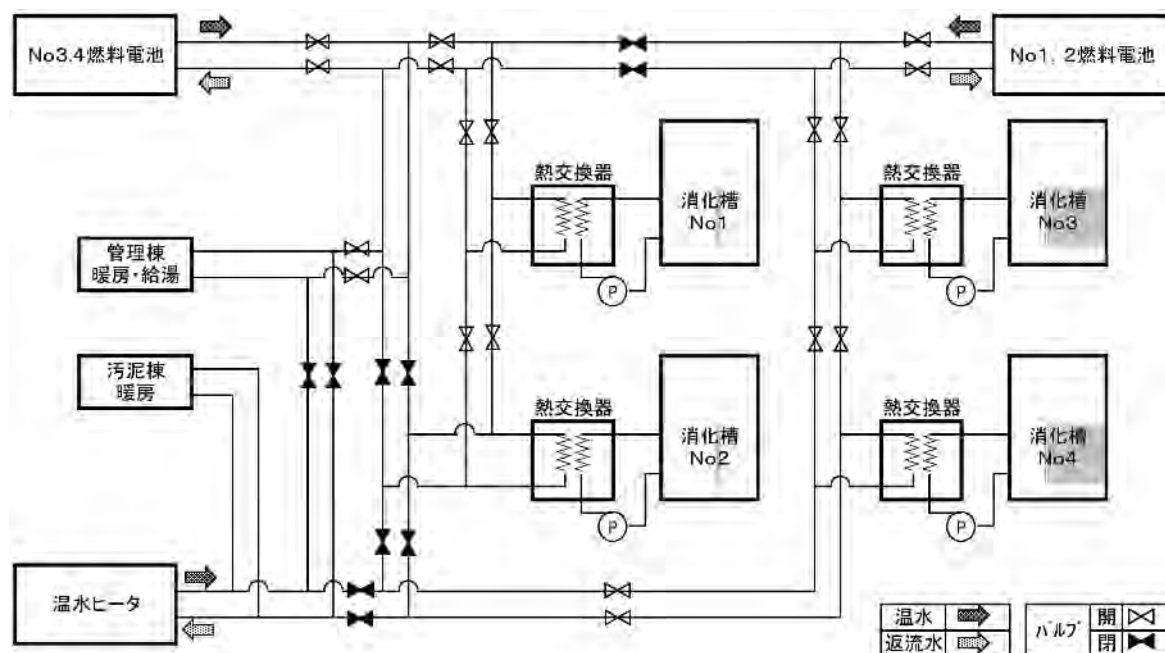


図-2 熱利用システム図

がけながらの運用です。

燃料電池4台体制になったことで心配されたのが消化槽の加温熱量の確保でした。ガスエンジンに比べ燃料電池は、発電効率は高いですが熱効率は低くなります。当センターでは、消化ガス発電の廃熱を回収して消化槽の加温を行っています。熱量が不足した場合には、燃料としてA重油と消化ガスを使用できる加温ヒータを使用します。熱利用システムは図-2のとおりです。バルブの開閉により加温ラインを切り替えることができます。4槽消化は脱水ケーキの処分費削減効果が見込めますので、A重油を消費してもコスト的には賄えるのですが、CO<sub>2</sub>の排出量増加につながります。実際に運用したところ、平成25年度の冬季では、熱交換器の清掃などに気を付けた結果、廃熱のみで消化槽加温を賄えました。気温が平年並みでしたので、例年より寒い冬にどうなるかは今後検証していきます。

## 5. おわりに

現在は消化ガス・発電量・熱量のバランスが高い位置でとれており、平成25年度の電力自給率は62.3%という非常によい結果になりました。これには安定した汚水・汚泥処理が欠かせないのはもちろんのこと、各

設備の計画的な運用が必要となります。発電した電力はすべて場内で消費しますが、電力会社との契約と当センターの電気設備の関係で逆潮はできないため、発電電力を場内の使用電力未満に維持しなければなりません。逆に場内の使用電力が発電電力を大幅に上回れば電力会社から購入する電力料金の増加になります。また、前述のとおり発電設備は消化ガスの処理装置でもありますので、ガスの発生量にあわせた発電設備の運用も求められます。発電設備が定期点検などで停止する場合には、使用電力の大きい脱水設備の運転日程の調整や事前に消化ガスを消費してガスタンクに空きを作っておくことなどがが必要です。「効率的な設備の運用」と言葉で言うのは簡単ですが、実際に行うのはなかなか大変です。しかし、そこが処理場のような施設の面白さでもあります。

最後に、当センターは昨年度、第10回エコプロダクツ大賞の節電大賞（プロダクツ大賞推進協議会特別賞）および平成25年度コージェネ大賞の優秀賞をダブル受賞することができました。消化ガス発電を柱とした、浄化センターの「省エネルギー」「創エネルギー」を評価していただいたものと考えております。これからも現有施設で何ができるのか、コスト面や環境面を考慮しながらエコな下水処理場を目指していきます。

## 文献紹介

## 下水灰由来のりん酸質肥料におけるクロムの化学形態

Chemical state of chromium in sewage sludge ash based phosphorus-fertilisers

Christian Vogel, Christian Adam, Peter Kappen, Tara Schiller, Ewelina Lipiec, Don McNaughton  
Chemosphere 103 250-255 (2014)

リンはすべての生命体の必須元素であり、作物生産において、リンは肥料として施用される。下水汚泥は有望なリン資源であるが、重金属の問題がつきまとう。ヨーロッパでは、下水灰を塩素雰囲気下で1000℃に加熱加工し、重金属を塩化物として揮散除去するとともに、リンを植物可給性のリン酸塩に変換する技術が開発された。しかし、クロム (Cr) はこの条件では揮散せず、経済的な処理プロセスでCrを揮散させるのは困難と考えられることから、毒性の高いCr (VI) (6価Cr) を毒性が低く植物可給性も低いCr (III) (3価Cr) に変換することが重要になる。そこで本論文の著者らは、加熱加工処理に伴うCrの形態変化をラマン分光法、放射光源のX線分析法などにより解析し、最適な加熱プロセスを検討した。

鉄塩で処理された廃水処理汚泥を850℃で焼却した灰を下水灰 (全Cr濃度176 mg/kg) として利用した。下水灰の加熱加工処理は950℃、30分とし、下水灰1 kgに対して、塩化カルシウム ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、塩化マグネシウム ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) または塩化ナトリウム (NaCl) を塩素として150 g添加した。また、下水灰中のリンの可給化を促進する目的で、炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) を270 g添加した加熱処理区を設けた。Crの溶解性試験は、水、5%塩酸、5%硝酸抽出 (固液比1:100) により調べた。Crの標準試料として $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を使用した。ラマン分光法によるイメージングは、試料を前処理することなく供試し、800  $\text{cm}^{-1}$ のバックグラウンドに対する主要スペクトルの相対強度で示した。加熱加工した下水灰中のCrの形態は、放射光源のX線分析 (XANES、エックス線吸収端近傍構造) で行った。下水灰とCr標準試料を供試し、5950~6200 eVの範囲をスキャンした。Crの形態の評価はスペクトルのフィッティング法によった。

Cr (VI) の $\text{CaCrO}_4$ は水にある程度溶け、希酸には100%溶解した。Cr (III) のうち、 $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ は水に

可溶であるが、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CaCr}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ は水にほとんど溶解しなかった。

下水灰は炭酸塩 ( $\text{CaCO}_3$ や $\text{MgCO}_3$ ) を含むので、炭酸塩と $\text{Cr}_2\text{O}_3$ を加熱加工してCrの形態変化をラマン分光法で調べた。 $\text{CaCO}_3$ の場合は $\text{CaCrO}_4$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ が検出され、 $\text{MgCO}_3$ の場合は $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ のみが検出された。すなわち、 $\text{MgCO}_3$ が存在すると、加熱加工でCr (VI) が生成するリスクは低くなることが示唆された。

加熱加工した下水灰のCrの形態をXANES分析した結果、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ を添加した処理区でのみ6価のCrが検出され、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$ を添加した処理区のCrはすべて3価であった。 $\text{CaCO}_3$ は6価のCrを生成するリスクが認められたが、 $\text{CaCl}_2$ を下水灰に添加して加熱加工しても6価のCrは生成しなかった。

XANES分析によると、下水灰中のCrの形態は、ほとんどが $\text{Cr}(\text{OH})_3$ であり、わずかに $\text{CaCr}_2\text{O}_4$ または $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ を含むと考えられた。 $\text{CaCl}_2$ を添加して加熱加工した下水灰は、XANES分析のS/N比が悪く、フィッティングでCrの形態別割合を求められなかったが、Cr (VI) の特徴的なピークが認められなかったことから、Cr (III) であると考えられた。 $\text{MgCl}_2$ を添加して加熱加工した下水灰は、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ と重クロム酸塩の存在が示唆された。 $\text{NaCl}$ を添加して加熱加工した下水灰は、 $\text{CaCr}_2\text{O}_4$ が約7割、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ が約3割と考えられた。ただし、下水灰には鉄が高濃度に含まれていることから、鉄の重クロム酸塩の存在も考えられた。 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ を添加して加熱加工した下水灰は、Crの10~15%が6価で存在し、その主な形態は $\text{CaCrO}_4$ であった。残りはCr (III) で存在し、主な形態は $\text{CaCr}_2\text{O}_4$ と $\text{Cr}_2\text{O}_3$ であった。

塩化物を添加して加熱加工した処理区に含まれる水溶性Crは全Crの5%程度であり、 $\text{CaCr}_2\text{O}_4$ がわずかに溶解したものと考えられた。 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ を添加して加熱加工した処理区の水溶性Crは全Crの16%であり、6価のCrが溶解したのと考えられた。

以上の結果より本論文の著者らは、下水灰を塩素雰囲気下で加熱加工すると、Crを揮散させることはできないが、その形態は3価であり、加工した下水灰のCrの溶解度も低いとしている。

(農業環境技術研究所 川崎 晃)

## 文献紹介

# 種々の汚泥処理技術における消毒性能に与える温度の影響

Katrin Bauerfeld

Water Science & Technology 69.1, 2014, P15-24

ドイツでは下水処理場から年間約百万トンの乾燥汚泥が発生する。その1/3近くが、EU下水汚泥指令(86/278/EEC1992)とドイツ下水汚泥条例(AbfKlaerV1992)による法的要求事項に則り、農業で有機肥料として直接再利用される。これら法規制は、農地への汚泥利用を促進するとともに規制する役割を担っているところであるが、ドイツ下水汚泥条例は、EU指令よりも極めて厳格な重金属及び有機汚染物質に関する基準を課している。2002年以降この国内基準をさらに厳格化する動きが見られたが、今のところ実施には至っていない。最近では、汚泥の有機成分及び無機成分の規制値の修正の他、E. coliやサルモネラ菌等の糞便起因を示す微生物に関する規制値についても議論されている。

生物分解プロセスの抑制が汚泥処理プロセスの基本的な目的であるため、ドイツにおける汚泥処理プロセスの法的要求事項に関する議論や設計では、汚泥の再利用もしくは処分における安全性の担保のための病原菌除去は、従属的に扱われてきた。さらに、二次原料の農業利用における病原媒介物の管理に関する衛生基準及び規制で、汚泥の消毒を管理すべきであるという点が、これまでは緊急な争点にならなかった。しかし、流行病の増加や2011年の腸管出血性大腸菌の感染流行に例示される最近の飲食物の安全性に関する不祥事のため、このような不祥事の原因が有機肥料にあるのではないかという疑惑が生じた。これを受け、ドイツ連邦環境自然保護原子力安全省は、下水汚泥条例の改正作業を行っており、病害防除のため汚染物質の上限値と処理水準を厳格化しようとしている。

ブラウンシュワイグ工科大学では、ドイツ及び中央ヨーロッパで一般的に用いられている汚泥処理技術について、生成汚泥の安定性、病原菌の除去、植物及び人体に対する安全性を小規模実験で評価した。評価した汚泥処理法は、好気性消化、嫌気性消化、ウッドチップを用いたコンポスト化、消石灰処理、生石灰処理、及び、自然な脱水乾燥である(表1)。これら処理法は既に1970年代以降さまざまな角度で国際的に報じられてきたが、本研究では、安定化性能及び消毒性

能に関する比較に焦点を置いた。他の個々の処理法ごとの研究に対して本研究では、汚泥発生源、コンポスト化条件、運転条件を統一することで、処理法の違いによる温度依存性と、生成汚泥の質を調べた。これにより、実験結果を総合的に論じることが出来た。なお、実験では、下水処理場の生汚泥と余剰汚泥を異なる比率で混合した3種類の汚泥を用いた。

得られた結果は、大規模な施設で再確認する必要がある、適切な汚泥管理には、温度以外にも施設ごとに考慮しなければならない他の様々な因子が存在することは明らかではあるが、研究結果によれば以下が言える。

嫌気性消化で汚泥を完全に安定化するためには、温度25℃以上が推奨されるので、特にE. coliで評価される衛生学的品質が温度条件のみで明確に確保できる場合、温暖な地域では一般的な中温運転温度の35~37℃に加温する必要は特にない。消化槽は、処理時間が長く消化槽の容積が大きい、バイオガス生成によるエネルギー効果、及び機器数と使用エネルギーの削減が、好気性濃縮汚泥処理プロセスとの費用比較における嫌気性処理の一般的な解になると思われる。一方、下水汚泥のコンポスト化は、農業分野での安全な資源再利用という面で高い優位性を示し、また、生物処理としては比較的周囲温度に影響を受けにくい。E. coliの除去率が高く、植物に対する毒性試験の結果(図1及び図2)が良好であることから、生成する汚泥の衛生学的安全性の他、農作物の収穫量を向上させる可能性がある。コンポスト化した汚泥の再利用は、安全な汚泥処分の一手段であるとともに、無機質肥料の代替など、農業での利点にもつながると思われる。ただし、濃縮汚泥の脱水が必要であり、栄養塩類及び汚染物質の濃度について考慮すべきである。

アルカリ処理は、コンポスト化と同様に良好な消毒効果を示す。特に生石灰を添加混合してこれにより汚泥温度を上昇させる処理法で良好である。しかし、分解過程が完全に阻害され、汚泥へ石灰を添加するため運搬処分すべき汚泥容積及び重量が増加するので、注意して評価しなければならない。このような留意事項はあるものの、気候条件に左右されないことから、最終処分の選択肢により選択可能な場合は常に容易に実施できる。重要な利点の一つは、運転のためのノウハウや人力が生物処理と比較するとあまり必要とされないことである。このため、アルカリ処理は世界の小規

表 1 実験装置

| 汚泥処理方法／温度                                       | 詳細                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 好気性消化、及び嫌気性消化／ 5-30℃                            | 回分槽、濃縮汚泥≦23L； 好気条件（O <sub>2</sub> 飽和状態）のための連続曝気； 嫌気消化（毎日ガス量を計測）； 汚泥採取とガス質測定（毎週）                                                                                                                                              |
| ウッドチップを用いたコンポスト化／ 5-30℃                         | 好気槽で14日間の前処理（閉鎖系、曝気強度300L/時）、全容積=脱水汚泥100L+ウッドチップ（容積比で、汚泥：ウッドチップ=30：70、水分調整でTS <sub>0</sub> =60%）、連続排出及び連続的温度管理； その後に9週間換気型コンポスト処理（open window composting）（毎週切返しと水分調整を実施）；コンポストの採取（毎週）                                        |
| 消石灰処理／ 5-30℃                                    | バッチ試験、30Lの濃縮汚泥+Ca(OH) <sub>2</sub> 、pHが12.5以上となるように石灰を投入し、3ヶ月貯蔵；毎週汚泥を採取                                                                                                                                                      |
| 生石灰処理／ 5-30℃                                    | バッチ試験、30Lの脱水汚泥+CaO、pH12.5以上かつ温度が2時間55℃以上となるように石灰を投入し、3ヶ月貯蔵；毎週汚泥を採取                                                                                                                                                           |
| 従来型汚泥乾燥床、および葦床乾燥（reed bed drying）／ 4-24℃（6月～9月） | 屋外実験、濃縮汚泥15kgTS/m <sup>2</sup> と25 kgTS/m <sup>2</sup> を16日間準連続的に砂層と砂利層（粒径8-16mmの砂 利10cmの上に、粒径0-8mmの砂層15cm）に投与； 葦床はPhragmites australisを使用（砂と砂利の構成は従来型汚泥乾燥床と同様、葦密度：19本/m <sup>2</sup> ）；1実験の面積0.3-0.5m <sup>2</sup> ；毎週汚泥を採取 |
| ソーラー汚泥乾燥／ -2～22℃（1月～5月）                         | 屋外バッチ試験、12cm厚の脱水汚泥を小規模の温室で乾燥（0.3-0.5m <sup>2</sup> 、15週間）、換気制御付きで1週間に2-3回の完全な切返し；毎週汚泥を採取                                                                                                                                     |

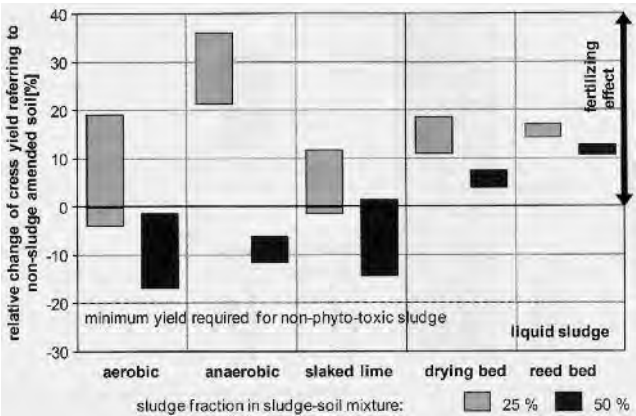


図 1 植物に対する毒性試験結果  
（濃縮汚泥を処理する汚泥処理法）

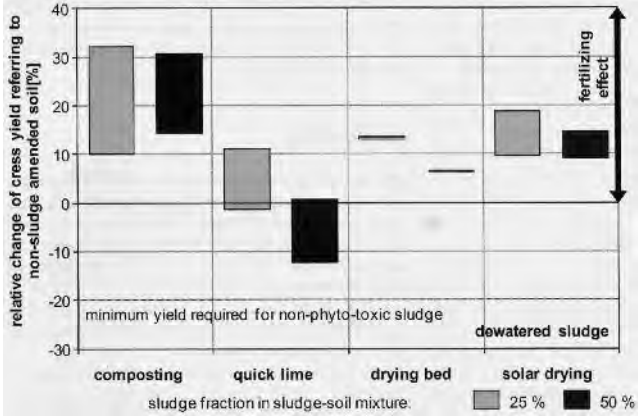


図 2 植物に対する毒性試験結果  
（脱水汚泥を処理する汚泥処理法）

模下水処理場に特に適している。  
簡易な技術で実施できる自然な脱水乾燥は、天候条件に強く影響を受けるため、温暖な地域で優位な処理法となる。特に、必要となる敷地面積にあまり制約がない場合に適している。ただし、この処理法では汚泥

はあまり分解されず安定化が進まない。さらに、E coli除去率があまり高くないため、例えばコンポストに混合して使用する形態などでの汚泥再利用にのみ推奨される。

（日本下水道事業団 岩崎 旬）

## 講座

# 「エネルギー化技術の最新動向について」講座開設にあたって

(公社) 日本下水道協会技術研究部技術指針課  
(「再生と利用」編集委員会事務局)

キーワード：エネルギー自立率、再生可能エネルギー、固定価格買取制度

## 1. はじめに

### (1) 社会的背景

我が国における下水道の普及率は約75%に達しており、国民の快適な生活環境維持、健全な水環境の保全、浸水等から街を守る安心で安全な地域社会の確立など多大な貢献を果たしています。さらに、低炭素・循環型社会の構築等、近年の社会的要請に応じた新たな役割が求められているところであり、特に、先般の東日本大震災を契機としたエネルギー制約に対応していくことは喫緊の課題となっています。

下水道は人口・エネルギー密度の高い都市内に存在し、バイオマスとして有効利用可能な下水汚泥や、未利用エネルギーとして利用可能な下水熱等、豊富な資源を有していることから、これらのポテンシャルを最大限に活用していくことが重要と考えられます。

循環型社会構築の観点からは、最終処分場の逼迫状況に鑑み、下水汚泥の減量化・リサイクルが急務となっているところであり、下水汚泥リサイクル率については、2011年度において55%に達しています。しかしながら、リサイクルの用途の大半を占める建設資材利用については、コストが高く、需要の安定的確保に懸念があるために製造休止状態に追い込まれている事例がある等、今後はリサイクルの多様化によるリスク分散や供給先の確保が重要となっています。

また、低炭素型社会構築の観点からは、下水及び下水汚泥の処理過程で排出される温室効果ガスを削減することに加え、下水汚泥のエネルギー化や下水熱利用

によって、下水道施設の省エネ・省CO<sub>2</sub>だけではなく、都市の低炭素に貢献していくことが重要であります。しかしながら、下水汚泥に含まれる有機物のうちバイオガス利用や固形燃料化等、エネルギーとして利用されている割合は2010年度においては約13%であり、下水道施設外における下水熱利用等についても事例は少ない状況であり、今後、一層の推進が求められているところであります。

### (2) 下水道施設におけるエネルギー自立の状況

下水道施設では、下水や汚泥の処理過程で大量のエネルギーを消費しているため、エネルギーの自立を促進することが重要であります。エネルギー自立を表す指標としては、エネルギー自立率があり、これには、場内利用だけに限定した概念と地域供給を含めた概念があります。定義としては、前者の場合には、下水処理場におけるエネルギー消費量に対する、下水処理場内で生産されるエネルギーの場内利用量の割合、後者の場合には、下水処理場におけるエネルギー消費量に対する、下水道ポテンシャルを活用した地域へのエネルギー供給も含めた利用量の割合として定義されています。

下水道施設におけるエネルギー消費実態について整理した場合、表1に示すとおり、全国の下水処理場（ポンプ場を除く）においては、重油換算のエネルギー消費量の約85%が電力消費によるものであり、その他は、焼却炉等に使用されるA重油等の燃料消費によるものであります。電力消費の内訳としては、揚水ポンプ、送風機、焼却炉等があり、送風機の電力消費

量が最も大きいものとなっています。エネルギー消費量及びエネルギー消費原単位の推移を見ると、両者ともに微減状況にあり、処理場における省エネルギー対策が着実に進展しているものと考えられます。

次にエネルギー自立率の状況について整理すると、全国の下水处理場におけるエネルギー自立（地域供給も含む）の状況については、創エネルギー量が微増傾向にあるため、エネルギー自立率も微増傾向にあります（表2）。エネルギー自立の内訳としては、その大半が消化ガスの有効利用によるものであります。なお、エネルギー自立率に対する消化ガスの有効利用量は、ガス発電、焼却炉の補助燃料等に有効利用されるもので、消化槽の加温用の消化ガス量は含まれてはいません。

### (3) 下水道施設における再生可能・未利用エネルギーの導入ポテンシャル

下水道においては、バイオマスとして活用可能な下水汚泥以外にも、下水道施設を活用した再生可能・未利用エネルギー導入のポテンシャルを有しています。

具体的には、小水力発電、太陽光発電、風力発電、下水熱利用等が挙げられます。2007年度に「資源のみち」でこれらの導入ポテンシャルについて推計されていますが、表3に小水力発電、太陽光発電、風力発電のポテンシャルに対する導入実績値及びポテンシャル量に対する導入割合について示します。

表3より小水力発電、太陽光発電、風力発電の実績値の合計値はポテンシャル量合計値の約0.3%程度の比率と試算されました。

下水熱については資源のみちにおけるポテンシャル

表1 全国の下水处理場におけるエネルギー消費の状況（下水道統計）

| 項目         |              | 単位                     | 2006年度     | 2007年度     | 2008年度     | 2009年度     |
|------------|--------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|
| 処理水量       | 年間処理水量       | 千m <sup>3</sup> /年     | 13,263,192 | 13,362,340 | 13,951,308 | 14,287,215 |
|            | 一次処理水量       | 千m <sup>3</sup> /年     | 604,687    | 2,414,374  | 1,952,316  | 1,666,122  |
| 電力消費量（買電分） |              | 千kWh/年                 | 6,359,168  | 6,441,009  | 6,493,292  | 6,443,562  |
|            |              | 原油換算kl/年               | 1,634,306  | 1,655,339  | 1,668,776  | 1,655,995  |
| 燃料消費量      | A重油、特A重油     | kl/年                   | 69,380     | 61,870     | 57,589     | 54,510     |
|            | 灯油           | kl/年                   | 28,228     | 24,299     | 23,246     | 22,639     |
|            | 軽油           | kl/年                   | 559        | 422        | 458        | 623        |
|            | ガソリン         | kl/年                   | 186        | 179        | 206        | 184        |
|            | LPG          | 千m <sup>3</sup> /年     | 643        | 313        | 611        | 500        |
|            | 都市ガス         | 千m <sup>3</sup> /年     | 42,683     | 46,520     | 47,392     | 48,325     |
|            | 消化ガス（場外分を除く） | 千m <sup>3</sup> /年     | 225,343    | 221,722    | 216,885    | 222,989    |
|            | コークス         | l/年                    | 19,176     | 18,953     | 16,800     | 15,200     |
|            | 天然ガス         | l/年                    | 1,918      | 477        | 0          | 0          |
| エネルギー消費量合計 |              | 原油換算kl/年               | 1,927,788  | 1,937,200  | 1,941,603  | 1,928,461  |
| エネルギー消費原単位 |              | 原油換算kl/千m <sup>3</sup> | 0.15       | 0.14       | 0.14       | 0.13       |

表2 全国のエネルギー自立の状況（国交省調査）

| 項目                    | 単位                 | 2006年度  | 2007年度  | 2008年度  | 2009年度  |
|-----------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| 有効利用消化ガス量<br>（場外分を含む） | 千m <sup>3</sup> /年 | 215,434 | 217,095 | 217,388 | 215,641 |
|                       | 原油換算kl/年           | 122,367 | 123,310 | 123,476 | 122,484 |
| 焼却排熱量                 | 原油換算kl/年           | 2,205   | 2,391   | 3,430   | 3,540   |
| 自家発電量<br>（消化ガス発電を除く）  | 千kWh/年             | 16,673  | 21,100  | 9,836   | 9,010   |
|                       | 原油換算kl/年           | 4,285   | 5,423   | 2,528   | 2,316   |
| 燃料化製品発熱量              | 千MJ/年              | 42,090  | 66,764  | 22,542  | 111,319 |
|                       | 原油換算kl/年           | 1,088   | 1,725   | 582     | 2,876   |
| 創エネルギー量合計（地域供給含む）     | 原油換算kl/年           | 129,944 | 132,849 | 130,017 | 131,216 |
| エネルギー自立率（地域供給含む）      | %                  | 6.7406  | 6.8578  | 6.6964  | 6.8042  |

表3 小水力、太陽光、風力発電導入実績について

単位：千 kwh/年

| 項目                       | 小水力発電  | 太陽光発電   | 風力発電      | 合計値       |
|--------------------------|--------|---------|-----------|-----------|
| 導入実績値<br>(2009 年度・国交省調査) | 731    | 1,469   | 4,653     | 6,852     |
| 「資源のみち」におけるポテンシャル量       | 15,706 | 451,586 | 1,827,565 | 2,294,857 |
| ポテンシャル量に対する導入割合          | 4.6%   | 0.3%    | 0.3%      | 0.3%      |

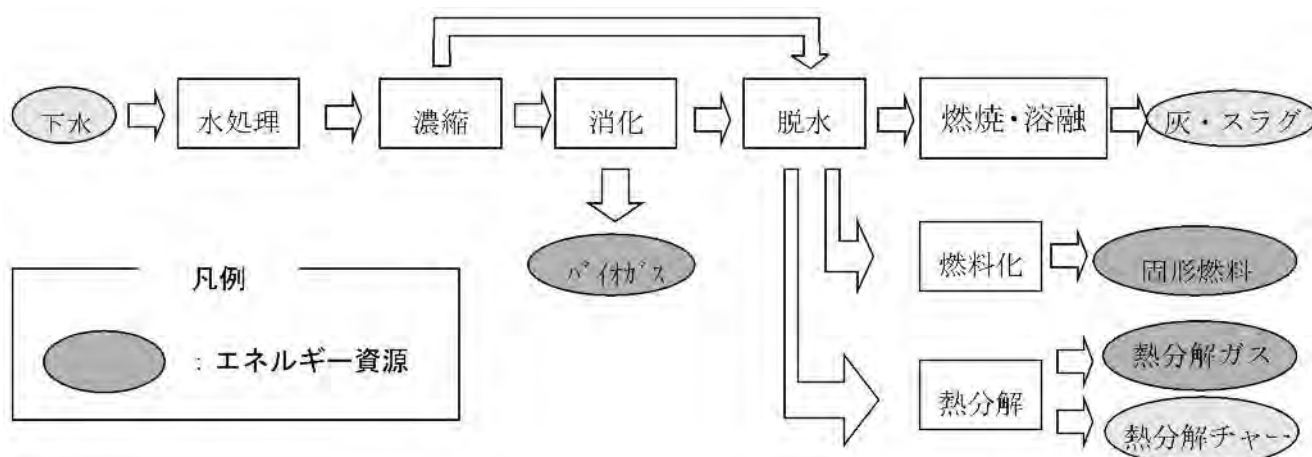


図1 下水処理フロー例とエネルギー資源

量は約7,800Gcal/hとされており、これは約72万世帯分の消費電力量に相当します。

上記より、日本の下水処理場における太陽光発電、風力発電、小水力発電等の普及率については極めて低いのが現状であります。またエネルギー原単位が既に0.5kwh/m<sup>3</sup>以下の処理場は省エネによる削減余力が相対的に小さいため、今後新エネルギー導入による原単位削減の必要性が増加してくるものとも予想されます。

そこで、当協会においては本号よりこれら資源・エネルギーにかかる技術動向等の情報発信として講座「エネルギー化技術の最新動向について」を開設することとしました。

本講座は144号～147号にかけて掲載し、本号は本講座を開設した背景について報告し、本号以降は次の内容について掲載する予定です。

145号：下水汚泥（他バイオマスも含む）等に関連した取組み事例（最新事例等）

146号：下水道施設を利用した取組み事例（小水力、

太陽光、風力、下水熱等再生可能エネルギー、焼却廃熱等未利用エネルギー）

147号：新技術開発

## 2. 各エネルギー技術

### (1) 下水汚泥エネルギー化技術

汚泥処理過程において図1のフローで示されるエネルギー資源が創出されており、主なエネルギー資源には次のものがあります。

- ①近年導入されつつあり、様々な分野から注目されている固形燃料化汚泥
- ②消化工程から発生するバイオガス（消化ガス）
- ③近年技術開発された熱分解技術による熱分解ガス

これまでエネルギー資源は処理場内で利用される場合が多く見受けられましたが、下水汚泥の持続的な利活用をより一層促進するとともに、地球温暖化の防止や循環型社会の構築の観点から、様々なバイオマスを関係機関が連携しながら地域内及び広域的に利活用す

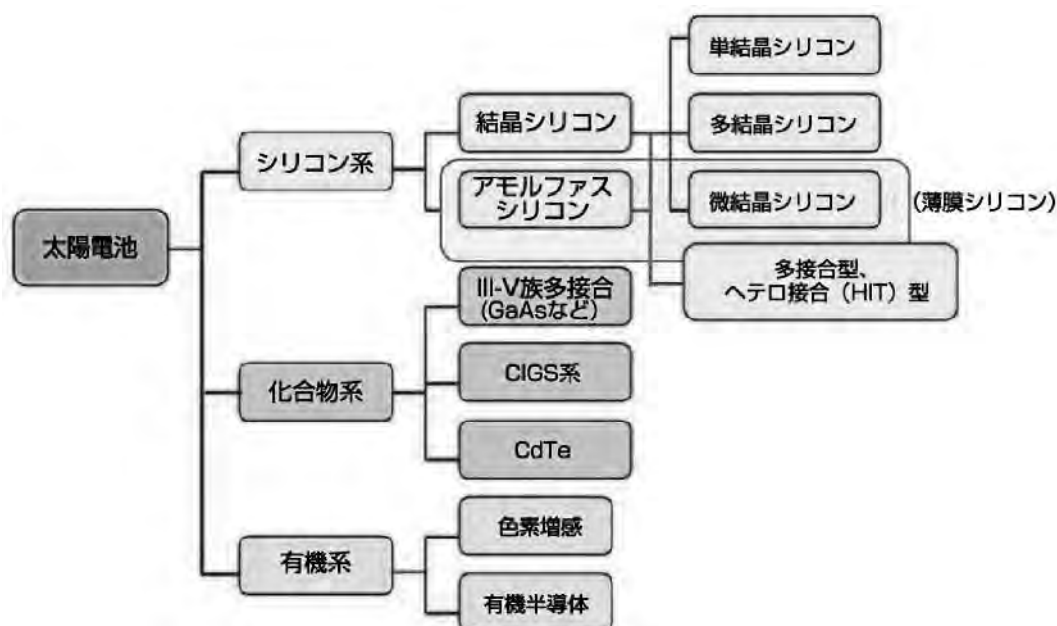


図2 太陽電池の材料による分類

出典：独立行政法人 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

ることが求められており、下水汚泥由来のエネルギー資源の処理場外への利用がさらに重要になってくると考えられます。

特に固形燃料化汚泥については、「官民連携による下水道資源有効利用促進制度検討会」により平成23年8月に取りまとめられた「下水道資源有効利用に関する提言」において、「汚泥固形燃料化事業は、低コスト処理、地球温暖化防止面で重要な事業」との考え方が示され、「下水汚泥固形燃料のJIS化による固形燃料市場の活性化」との提言がなされました。これに対し、下水汚泥固形燃料（以下、BSFという。）についての明確な品質基準や客観的判断基準がないことから、JISにより当該基準を明確化し、BSFの品位の安定化及び信頼性の確立を図り、市場の活性化を図ることが求められていました。このため、当協会にて、JIS原案作成委員会を設置し、JIS原案の作成を行いました。

JIS原案においては外観（目視確認項目）、総発熱量（BSF-15:15MJ/kg以上、BSF:8MJ/kg以上）、水分（20%以下）、その他成分（灰分、全硫黄および窒素）、原料の考え方（下水汚泥他、農業集落排水汚泥等）検査の考え方（検査頻度年2回以上）等の基準の明確化を行いました。

## (2) 下水道施設を利用した再生可能エネルギー

下水道施設においてはバイオマスとして利用可能な下水汚泥以外にも下水道空間を活用した再生可能エネルギーである太陽光、風力、小水力発電、下水熱などは大きなエネルギーポテンシャルを有しているものと

考えられ、近年さらにクローズアップされてきています。

### ①太陽光発電

太陽光発電は太陽の光エネルギーを直接電気エネルギーに変換し、発電の際には温室効果ガスの排出がありません。駐車場・建屋・沈殿池の上部空間等の通常は活用するのが難しい場所にも太陽電池パネルの設置が可能であり、空間の有効利用に寄与します。基本的に日照のある昼間に発電、電力供給を行い、夜間や曇天時には商用電源あるいは電力貯蔵装置と連携して電力の供給を行います。昼夜間や天候による発電量変動が大きいため、既存電源設備と系統連携し、増加減する電力量を売電によって補う方法が採られることが多いと考えられます。図2に太陽電池の材料による分類を示します。

今後は、これらを商用電力と接続する場合に対して留意すべき連携系統に関わる遵守事項を整理していく必要性があります。

### ②風力発電

風力発電は風の運動エネルギーを風車により回転エネルギーに変換することによって電力を得る発電方式です。発電の際に温室効果ガスの発生が無く、枯渇することのない再生可能エネルギーとして認識されています。風況によって発電量が左右される欠点がありますが、他の自然エネルギーを利用するエネルギー技術に比較して一般的に大容量の発電が可能であり、中小

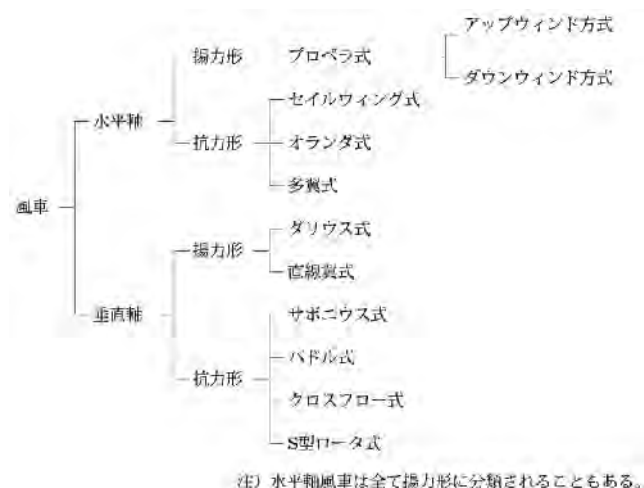


図3 風車の種類による分類

出典：独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー対策推進部『風力発電導入ガイドブック』

規模の下水処理施設に導入した場合には需要量を超える発電電力を電力貯蔵装置（Na-S電池等）に蓄え、風況の悪い時間帯の電力需要を賄い完全なエネルギー自立を達成することが可能な条件もあります。図3に風車の種類による分類を示します。

今後はこれらの設置に際し、敷地境界にかかる法的な留意事項も想定されるため、これらの制度面の整理を行う必要性があります。

### ③小水力発電

小水力発電は一般の水力発電と同様に流水の持つ位置エネルギー、運動エネルギー、圧力エネルギーを水車によって回転の運動エネルギーに変換し発電機を回転させて電力を得るものであります。一般の水力発電と異なり大規模な土木施設を必要としないことを特徴

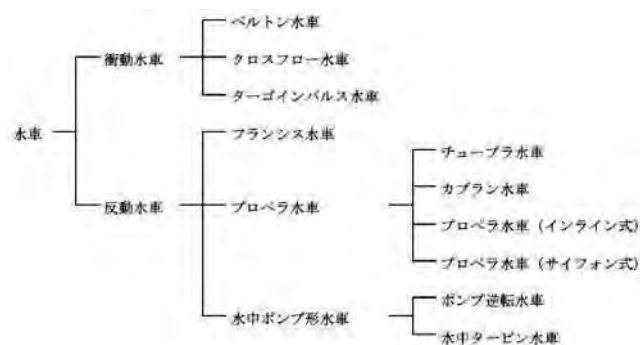


図4 水力発電に使う代表的な水車の種類  
出典：資源エネルギー庁

としています。その運用に際しては温室効果ガスの排出はありません。特に水量の安定した下水処理施設を対象とした場合は、昼夜を問わず安定した電力を得ることができます。但し、小水力発電設備の出力は落差および流量に依存するため、設置場所の条件によって決定されるため、任意の出力で計画することはできないことに留意が必要です。

図4に水力発電に使う代表的な水車の種類を示します。

今後は近年、マイクロ水力発電（有効落差1～2m）についても総合効率等にかかる技術革新が進んでおり、その普及促進が望まれるところであります。

### ④下水熱

下水の水温は大気と比べ、年間を通して安定しており、冬は暖かく、夏は冷たい特質があります。このため、下水水温和大気温度との差（温度差エネルギー）を、冷暖房や給湯等に活用することにより、省エネ・省CO<sub>2</sub>効果が発揮されます。また、「都市再生特別措置法」の改正（平成23年4月）及び「都市の低炭素化の

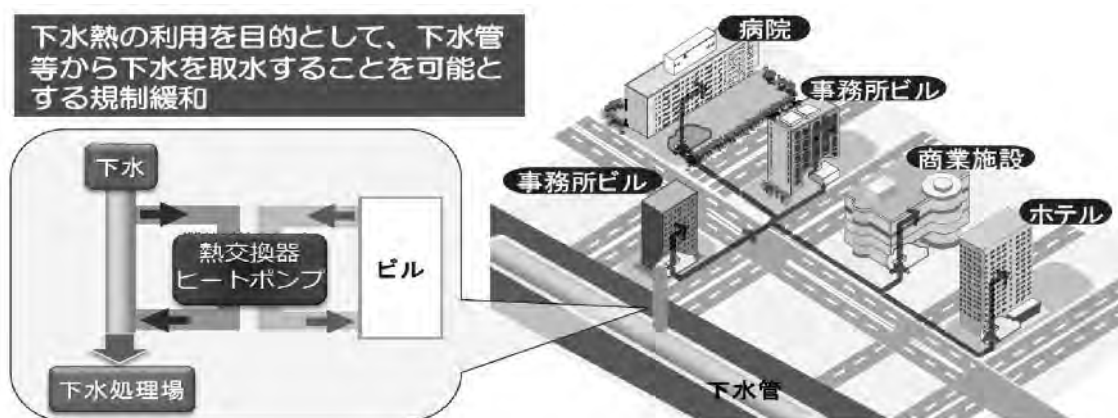


図5 下水熱の利用  
出典：国交省HP

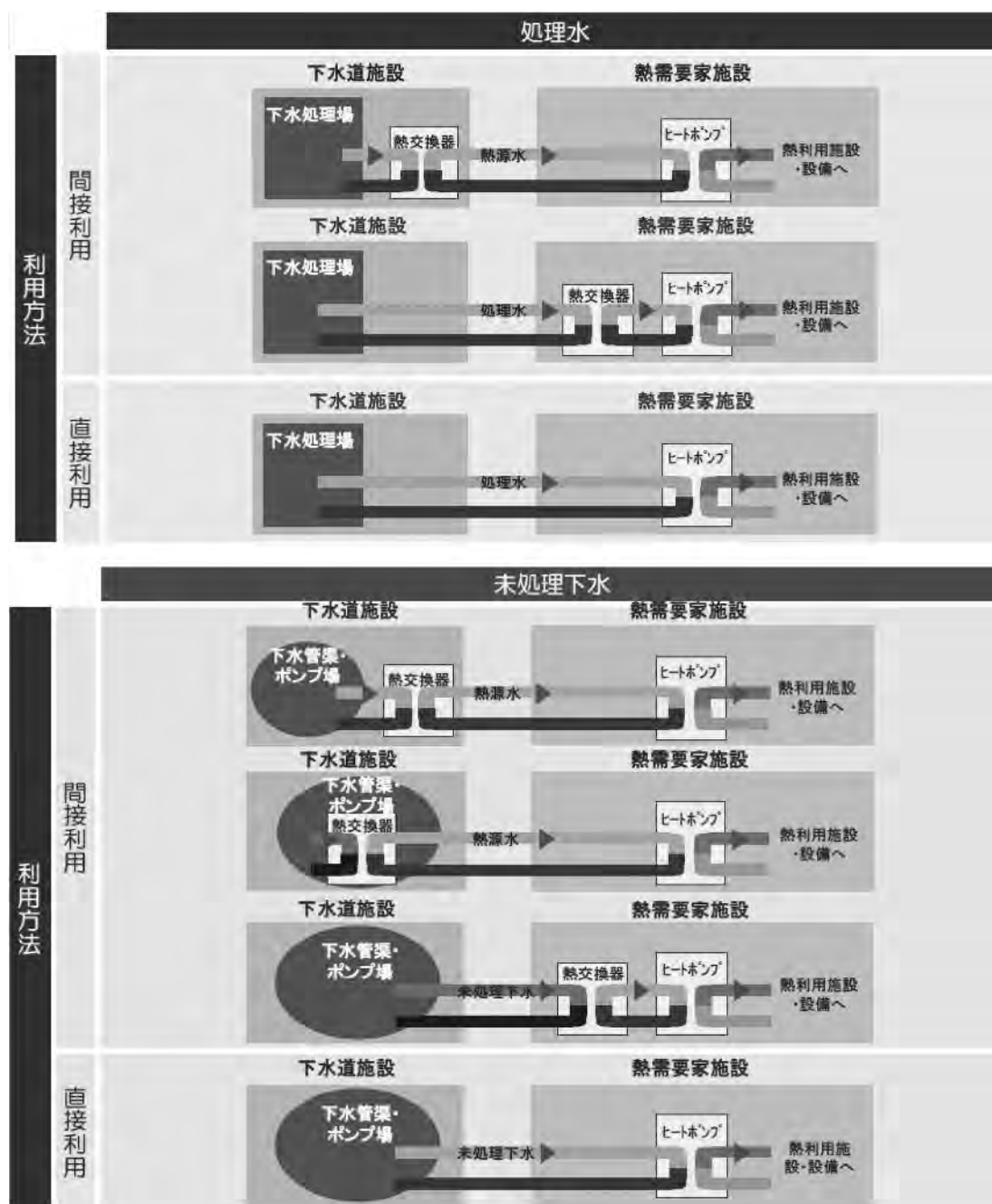


図6 下水熱利用の主なシステム形態  
出典：国交省HP

促進に関する法律」の成立（平成24年8月）により、民間事業者も未処理下水を熱利用のために利用することができるようになったことから、今後、その活用が拡大することが期待されます。

図6に下水熱利用の主なシステム形態を示します。民間企業等による場外利用のシステム形態は、利用する下水の種類（処理水、未処理下水）、利用方法（間接利用、直接利用）に応じて、上記の4タイプに大別されます。

今後は、節水効果による下水温度の上昇による冷熱源としての価値の低下や、大規模地域冷暖房からフロ

ア単位ビルマルチエアコンが主流となっている現状に対して、下水熱利用のメリットを幅広くPRしていく必要性があります。

### (3) 固定価格買取制度について

#### ①制度の概要

平成24年7月1日、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の施行により、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」が開始されました。本制度は、（エネルギー安定供給の確保、（地球温暖化問題への対応、（環境関連産業の育成を目

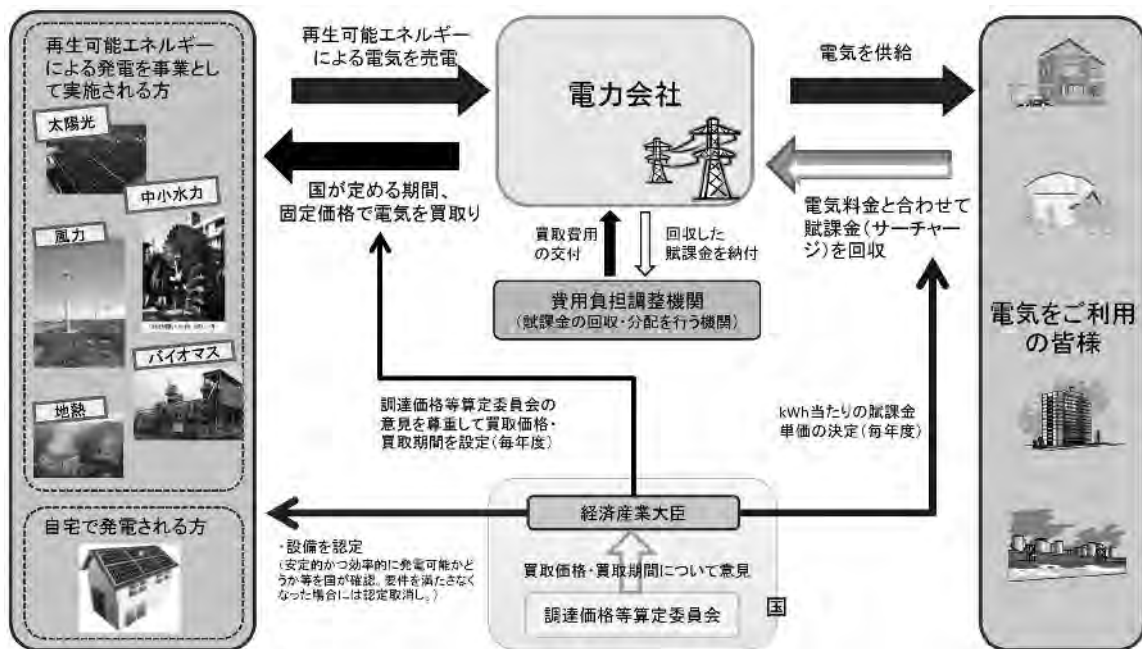


図7 固定価格買取制度の仕組み

的としたもので、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気を、電気事業者に、一定の価格・期間で買い取ることを義務付けるものであります。

また、電気事業者が買取に要した費用は、原則として使用電力に比例した賦課金によって回収することとされています。

これまで、再生可能エネルギー源による発電は、一般的に他の電源と比べてコストが高いことが課題となり、導入が進みにくかったですが、本制度によって、再生可能エネルギー発電事業者におけるコスト回収の見込みが立てやすくなり、新規導入を促進することが可能となりました。

買取価格・期間については、再生可能エネルギー源の種類や発電設備の規模等に応じて、中立的な第三者委員会（調達価格等算定委員会）の意見を受けて、経済産業大臣が毎年度定めることとされています。買取価格については、施行後3年間は、集中的導入を図るため、再生可能エネルギー発電事業者の利潤に特に配慮することとされています。

また、本制度を活用して売電するためには、当該発電設備について事前に国の認定を受けることが必要です。

## ②平成24年度の買取価格・期間

上述のとおり、買取価格・期間については、毎年度、経済産業大臣によって定められます。以下に、平成24年度の買取価格・期間について、下水道に関連が深いものに特化して紹介します。

### ア) 下水汚泥由来のバイオマス発電

下水汚泥関係としては、バイオガスにより発電された電気が[40.95円/kWh・20年間]、下水汚泥の燃焼により発電した電気が[17.85円/kWh・20年間]で買い取られることとされています。

### イ) その他

太陽光については、10kW以上が[42円/kWh・20年間]、10kW未満（ダブル発電を除く。）が[42円/kWh・10年間]、小水力発電については、規模に応じて[25.2～35.7円/kWh・20年間]、風力発電については、20kW以上が[23.1円/kWh・20年間]、20kW未満が[57.75円/kWh・20年間]とされています。

## ③下水道事業の補助金等交付の考え方

本制度を活用して発電を行う場合の補助金等交付の考え方については、平成24年9月14日付けの事務連絡「再生可能エネルギーの固定価格買取制度における下水道事業の補助金等交付の考え方等について」（以下「考え方」という。）によって、各地方公共団体の下水道部局に周知されたところであります。

この考え方においては、売電のための発電施設、送電施設等については、国庫補助金等の交付目的を逸脱するため、交付対象とはならないことが示されており、下水処理場においてバイオマス発電や太陽光発電等を導入し、全量売却する場合には、原則、単独費により下水道管理者自らが発電施設を設置、又は民間事業者等が下水処理場の敷地を借用して発電施設を設置することとなります。以下に、バイオマス発電と太陽

|  | バイオマス | メタン発酵ガス化発電 | 未利用木材燃焼発電(※1) | 一般木材等燃焼発電(※2) | 廃棄物(木質以外)燃焼発電(※3) | リサイクル木材燃焼発電(※4) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------|
|                                                                                   | 調達価格  | 40.95 円    | 33.6 円        | 25.2 円        | 17.85 円           | 13.65 円         |
|                                                                                   | 調達期間  | 20 年間      | 20 年間         | 20 年間         | 20 年間             | 20 年間           |

- (※1) 間伐材や主伐材であって、後述する設備認定において未利用であることが確認できたものに由来するバイオマスを燃焼させる発電
- (※2) 未利用木材及びリサイクル木材以外の木材（製材端材や輸入木材）並びにパーム椰子殻、稲わら・もみ殻に由来するバイオマスを燃焼させる発電
- (※3) 一般廃棄物、下水汚泥、食品廃棄物、RDF、RPF、黒液等の廃棄物由来のバイオマスを燃焼させる発電
- (※4) 建設廃材に由来するバイオマスを燃焼させる発電

図8 バイオマス発電に係る調達価格・調達期間（平成25年度）  
（出典）資源エネルギー庁HPより

光発電導入における補助金適化法（補助金等に係る予算の適正化に関する法律）の適用の考え方についてそれぞれ概略を示します。

#### ●バイオガス発電

単独費により自らバイオガス発電施設を設置する場合には、発電施設自体の財産処分は不要であるが、売電のための送電施設等については、当該施設を設置する土地、建物等が補助対象財産である場合、財産処分の承認申請が必要である。一方、民間事業者がバイオガスを売却し、民間事業者がバイオガス発電を実施する場合には、発電施設及び送電施設等を設置する土地、建物等が補助対象財産である場合、財産処分の承認申請が必要である。また、バイオガスの売却収入については、維持管理費等の範囲において国庫返納を要しないこととされている。

#### ●太陽光発電

単独費により自ら太陽光発電施設を設置する場合には、発電施設及び送電施設等を設置する土地、建物等が補助対象財産である場合、財産処分の承認申請が必要であるが、売電収入については、維持管理費等の範囲において国庫返納を要しない。一方、民間事業者等が下水処理場等において太陽光発電を行う場合には、発電施設及び送電施設等を設置する土地、建物等が補助対象財産である場合、財産処分の承認申請が必要であるとともに、土地の借用料等の収入については、維持管理費等の範囲において国庫返納を要しないこととされている。

### 3. 講座の開設について

下水道施設からのエネルギー利用率を向上させ、資源のみち実現の施策展開上の考え方を達成するためには、上述のような下水道資源の有効利用に係る課題を克服するとともに、それぞれの計画諸元、地域特性、環境条件に整合した有効利用の施策展開を実施し、国全体としてバランスの取れた下水道資源有効システムの構築が必要であると考えます。このため、今後これらの創生型社会の形成に向けては、下水道だけでなく、他分野・他事業と連携し、地域に資源・エネルギーを供給するなど、関係主体と連携・協働した取り組みが、一層求められてくるものと考えられます。

このため下水道資源の有効利用の促進を社会的要請として受け止め、その具体的な事例を紹介すべく本講座では、再生可能エネルギーとして重要な位置付けのなされている消化ガス（他バイオマス由来の消化も含む）はもとより、太陽光、風力、水力発電、下水熱等、これらを下水道施設へ導入した場合、安定性を確保しつつ、高性能、低コスト等の要素を兼ね備えた技術としての導入促進をおこなうための情報を下水道管理者、並びに各産業界に提供できればと存じます。

参考文献：下水道における新エネルギー技術の導入・評価に関する技術資料

2007年3月 （公財）日本下水道新技術機構

## 特 別 報 告

# 農業集落排水汚泥 利活用実証事業の紹介

元 一般社団法人地域環境資源センター 主任研究員 福 田 和 吉  
元 一般社団法人地域環境資源センター 研究員 石 田 実 子  
元 一般社団法人地域環境資源センター 研究員 五十嵐 春 子

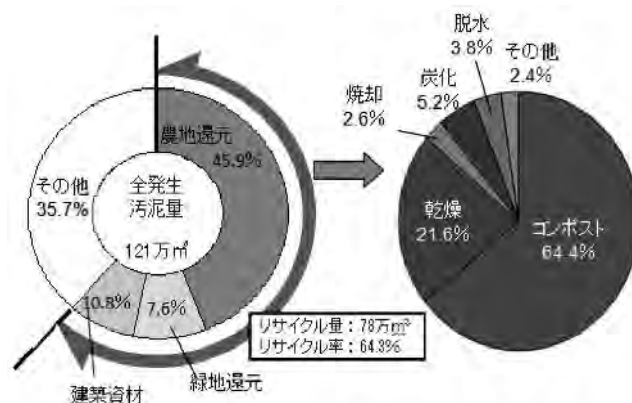
キーワード：農業集落排水事業、汚泥肥料

## 1. 農業集落排水事業について

古来、農村地域は、農地の面的な広がりの中に集落が散在し、農道が生活道路としても利用されるなど、生産と生活の場が一体不可分の関係となっており、農業用水路が生活排水の受入先となっていました。昭和40年代頃から、生活様式の変化に伴い排水の内容が大きく変わったことから、食の安全・安心を確保し、農業生産の安定を図るために、水質汚濁による農業被害の解消や農村生活環境の改善等を目的として、農林水産省では昭和48年度から農業集落におけるし尿や生活雑排水等を処理する農業集落排水施設の整備を進めてきています。これまでに5千以上の地区が完了し、平成24年度末の整備人口は約343万人となっており、農村地域で欠かすことのできない大きな役割を果たしています。

農業集落排水事業では、農業集落排水施設から発生する汚泥（以下、「集排汚泥」という。）に含まれている肥料として窒素やリン酸等を有効活用するとともに、処理水は農業用水や地域用水として再利用することにより、水資源・有機資源のリサイクルを推進しています。

農業集落排水施設は整備計画人口が平均で約1,000人と比較的小規模であり一つの農業集落排水施設から発生する汚泥量が少ないこと、施設の周辺には農地が広がっており集排汚泥を農地還元するための地理的条



平成21年度の農業集落排水汚泥のリサイクル状況と農地還元の内訳（H21年度末 農林水産省農村振興局調べ）

件が有利であること、古来農村ではたい肥等の利用実績を持っていることなど集排汚泥を肥料として利用するために有利な条件が揃っています。しかしながら、平成21年度において全国の集排汚泥121万m³のうち農地に還元されているものは約46%にとどまっています。なお、建設資材や緑地還元を含むリサイクル率は約64%となっています。

平成24年3月30日に閣議決定された土地改良長期計画では、平成28年度を計画目標年とし、人口普及率を約76%とすることと併せて、集排汚泥のリサイクル率を約70%とすることが明示されており、集排汚泥を肥料として農地還元する取り組みをさらに普及、拡大す

|                                                                     |                           |         |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------|
| 土地改良長期計画（平成24年3月閣議決定）                                               |                           | － 抜 粋 － |
| 第4 事業の種別ごとの目標、事業量                                                   |                           |         |
| 【政策目標7】 小水力発電等の自立・分散型エネルギーシステムへの移行と美しい農村環境の再生・創造                    |                           |         |
| －略－                                                                 |                           |         |
| ・ 農業集落排水汚泥のリサイクル率                                                   | 約64%（平成22年度）→約70%（平成28年度） |         |
| ・ 農業集落排水処理人口普及率                                                     | 約68%（平成21年度）→約76%（平成28年度） |         |
| <事業量>                                                               |                           |         |
| －略－                                                                 |                           |         |
| ・ 個性豊かで活力ある農村づくりに向け農村地域における資源循環の促進を図るため、農業集落排水汚泥のリサイクルを新たに約370地区で実施 |                           |         |
| ・ 農業用排水の水質汚濁を防止し、健全な水循環に資するため、農業集落排水施設の整備を約600地区で実施                 |                           |         |

ることが必要です。

2. 集排汚泥利活用実証事業の概要

集排汚泥には肥料に求められる植物の栄養分のうち、窒素、リン酸が比較的多く含まれています。植物は土壌から栄養分を吸収して生育しますが、植物を収穫することにより、土壌中の栄養分は減少することから、持続的に農業を行うために、この減少した栄養分を補給することを目的として肥料が利用されています。窒素、リン酸及びカリは、肥料の三要素と呼ばれる肥料に求められる主成分ですが、日本では、これらのほぼ全てを輸入に頼っており、肥料資源の枯渇が心配されています。集排汚泥を肥料として農地還元することは、限りある資源を有効に活用するというだけでなく、農業集落排水施設の維持管理費の軽減や農家の営農経費の節減もできものと考えられます。

しかしながら、集排汚泥を肥料として農地還元することに対して、集排汚泥肥料の肥料効果への疑問や土壌への影響といった不安を持っている人、利用への抵抗感を持っている人もおられます。利用に対する抵抗感を持っている人には、汚泥肥料の“汚泥”という言葉のイメージから抵抗感を持っている人、し尿が原料となっているとの誤解により抵抗感を持っている人がおられるようです。集排汚泥の農地還元をさらに普及拡大するためには、集排汚泥肥料について正しい情報を発信することに加え、「集排汚泥」、「集排汚泥肥料」といった言葉のネーミングについても工夫が必要と考えられます。

一般社団法人地域環境資源センターでは、平成23年度から平成25年度の3カ年間、農林水産省の補助<sup>1)</sup>を受けて、集排汚泥を肥料として農地還元する取り組み

| 項 目                                 | 生物膜法 | 浮遊生物膜法 |
|-------------------------------------|------|--------|
| p H                                 | 6.9  | 6.7    |
| 水分 (%)                              | 97.7 | 96.0   |
| T-C (DS%)                           | 34.6 | 89.1   |
| T-N (DS%)                           | 5.6  | 7.6    |
| C/N                                 | 6.6  | 5.3    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (DS%) | 5.5  | 4.7    |
| K <sub>2</sub> O (DS%)              | 0.53 | 0.85   |
| ※ 平成10年度 社団法人日本農業集落排水協会調査           |      |        |
| ※ 生物膜法は24処理場、浮遊生物法は21処理場の平均         |      |        |

集排汚泥の肥料成分



1) 平成23年度 小水力等農業水利施設利活用促進事業のうち集落排水資源利活用実証事業（集排汚泥利活用実証事業）  
平成24年度 小水力等農村地域資源利活用促進事業のうち集落排水資源利活用実証事業（集排汚泥等利活用実証事業）  
平成25年度 小水力等再生可能エネルギー導入推進事業のうち集落排水資源利活用実証事業（集排汚泥等利活用実証事業）

について、さらなる普及、拡大を図るために、これから始めようとする地区や始めたばかりの地区全国7地区を対象として、地域住民の意向調査や作物栽培実証調査、PR活動等集排汚泥肥料の利用に消極的な人が持っている誤解や不安を解消するために必要な調査、集排汚泥を肥料として利用することによる営農経費、農業集落排水施設維持管理経費及びCO<sub>2</sub>排出量の削減についての試算等を行ってきました。

なお、本調査事業では、集排汚泥を肥料として農地還元する7地区の他、集排汚泥を畜産ふん尿等と混合してメタン発酵させて、その発酵残さであるメタン発酵消化液を肥料として利用する実証調査を大分県日田地区、処理水を農業用水として直接利用する実証調査を山口県山口市地区及び愛媛県今治市地区においても、作物の栽培実証調査を実施してきました。

### 3. 作物栽培実証調査の概要

各地区とも地域内で一般的に栽培されている作物を対象として、化成肥料と集排汚泥肥料との比較ができるよう、いくつかの比較試験区を設定し作物の生育状況及び収量等を調査しました。各地区における栽培作物と利用した集排汚泥肥料の形態は、下表のとおりです。

各地区ともに、作物の栽培に必要な窒素量の全てを集排汚泥肥料で供給し、その集排汚泥肥料だけでは不

足するリン酸やカリ等の成分を化成肥料で補う汚泥肥料区、汚泥肥料を利用しない化成肥料区を設定するほか、必要な窒素量を集排汚泥肥料と化成肥料とで半分ずつ供給する併用区、あるいは集排汚泥肥料の肥料効果を1/2と見なした2倍施用区等を設定して栽培調査を実施しました。調査の結果、生育初期段階で汚泥肥料区に遅れがみられた地区もありましたが、総じて、生育状況及び収穫量における試験区間の差はなく、集排汚泥肥料は化成肥料を代替えできることを確認しました。

ここでは、北海道初山別村地区において平成25年度に実施したかぼちゃの栽培調査結果を紹介します。

## 4. 北海道初山別村地区での栽培実証調査

### (1) 初山別村の農業集落排水施設

初山別村では初山別処理区と豊岬処理区の2カ所の農業集落排水施設が供用されています。これら施設で発生した集排汚泥は、初山別処理区で乾燥肥料化して地域内の農家により利用されていますが、本事業では、肥料の取扱性の向上及び製造経費の削減についても検討することとし、刈草や麦わら等を副資材とする堆肥を試験的に製造して作物の栽培実証調査を行っています。

| 地 区 名     | 利用した集排汚泥肥料      | 栽 培 作 物         |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 北海道初山別村地区 | 刈草、麦わらを副資材とする堆肥 | ハスカップ、かぼちゃ      |
| 山形県舟形町地区  | コンポスト           | だいこん、せいさい、はくさい  |
| 千葉県山武市地区  | コンポスト、乾燥肥料      | ねぎ              |
| 岐阜県関ヶ原町地区 | コンポスト           | 水稻（食用米）、ブロッコリー  |
| 滋賀県日野町地区  | 乾燥肥料            | 日野菜             |
| 島根県浜田市地区  | 籾殻を副資材とする堆肥     | 大豆              |
|           | 乾燥肥料            | お茶              |
| 徳島県美馬市地区  | コンポスト           | 水稻（食用米）、スイートコーン |

作物栽培調査で利用した集排汚泥肥料と栽培作物

| 処理区名  | 計画人口  | 供用開始<br>時 期 | 供用率   | 発生汚泥量                |                      | 処 理 方 式     |
|-------|-------|-------------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
|       |       |             |       | 計画                   | 現況                   |             |
| 初 山 別 | 976 人 | H16年8月      | 63.0% | 377.8 m <sup>3</sup> | 222.6 m <sup>3</sup> | 連続流入間欠ばっ気方式 |
| 豊 岬   | 843 人 | H19年6月      | 77.3% | 326.3 m <sup>3</sup> | 202.8 m <sup>3</sup> | 連続流入間欠ばっ気方式 |

※ 平成25年3月31日時点。汚泥量は含水率98%ベースで、計画値は試算値。

## (2) 栽培実証調査

### ①試験区の設定

以下に示す「汚泥肥料区」と「化成肥料区」の2つの試験区を設定しました。

|       |                                                                                                                                                                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 汚泥肥料区 | <p>基肥（植物の苗等を植え付ける前に与える肥料）及び追肥（生育に応じて追加する肥料）の必要窒素量の全てを集排汚泥肥料（堆肥）で供給する、不足する成分は化成肥料で補う試験区。</p> <p>なお、本試験区では、施肥に要する労力の軽減を図るとともに、汚泥肥料は化成肥料に比べて肥料効果の発現が遅いとされることから、追肥として必要な肥料も基肥と一括して施用。</p> |
| 化成肥料区 | <p>基肥及び追肥の必要量を全て化成肥料で供給する試験区。</p>                                                                                                                                                     |

### ②pH調整

試験ほ場は、pH=4.3～4.6とかぼちゃの栽培には酸度が高いため、pH=6程度になるよう、消石灰を利用して酸度調整を行いました。

### ③施肥基準と使用した肥料

| 北海道施肥ガイド 2010 による施肥標準<br>(kg/10a) |    |     |    |    |    |
|-----------------------------------|----|-----|----|----|----|
| 窒素                                |    | リン酸 |    | カリ |    |
| 8                                 |    | 10  |    | 8  |    |
| 基肥                                | 追肥 | 基肥  | 追肥 | 基肥 | 追肥 |
| 4                                 | 4  | 10  | 0  | 5  | 3  |

施肥基準

| 肥料名        | 成分率（現物%） |     |     |
|------------|----------|-----|-----|
|            | 窒素       | リン酸 | カリ  |
| 集排汚泥肥料（堆肥） | 1.9      | 3.3 | 0.4 |
| 硫安         | 21       |     |     |
| 熔成リン肥      |          | 20  |     |
| 塩化カリ       |          |     | 60  |

使用する肥料の成分

### ④栽培調査結果

春先の低温により融雪が1～2週間程遅れたことから、定植は例年より7日程度遅い6月中旬となったため生育に遅れが生じましたが、その後、好天が続き生育は回復し、目立った病害虫も発生せず、収穫時期は平年並となり、収穫量は平年量を上回りました。

なお、生育中に摘芯・整枝、摘果は行わず、自然生育での調査を行いました。

初期生育調査（7月2日）では、化成肥料区の方が、汚泥肥料区に比べ、節間が短く弱い草勢であり、草勢調査（8月2日）では、第一果着果割合、葉数、展開葉の大きさ、つる先持ち上がりについては、試験区間での明確な差はありませんでしたが、つる長は汚泥肥料区の方が化成肥料区よりも長く、若干強い草勢でした。

収穫個数と収量、良果個数は、いずれも汚泥肥料区が化成肥料区よりも多く、汚泥肥料区の平均1果重（1.79kg/個）は、近接する有機栽培ほ場での平成24年度かぼちゃ生産実績（平均1果重1.7kg/個）と比べて遜色ない結果となっています。

なお、客観性の問題は残りますが、調査実施者が試食したところ、汚泥肥料区で収穫したかぼちゃは、果肉が詰っていて甘みやほくほく感がある、一方、化成肥料区で収穫したかぼちゃは、果肉に隙間がある感じで水分が多く甘みが若干、落ちる感じであったとの報告を受けています。

調査結果全体として、化成肥料区と比べ、集排汚泥肥料区の方が初期生育調査、草勢調査及び収量・品質調査において良好な結果であり、集排汚泥堆肥は化成肥料を代替する効果があることが確認できたものと考えています。



|      |               |                                                                                                               |
|------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 生育調査 | 初期生育調査 (7月3日) | 試験区ごとに代表的な4株を抽出し、親つるにて、「つる長」、「葉数」を測定。                                                                         |
|      | 草勢調査 (8月2日)   | 子つる2本仕立ての内、最強子つるにて、「第一果着果割合 (着果株数/全株数)」、「葉数」、「展開葉の大きさ」、「つる先持ち上がり」、「つる長」を測定。<br>※ 第一果着果割合以外は、初期生育調査で抽出した4株が対象。 |

| 調査時期  | 7月2日   |       | 8月2日                      |       |          |                 |                 |
|-------|--------|-------|---------------------------|-------|----------|-----------------|-----------------|
| 項 目   | 初期生育調査 |       | 草勢調査                      |       |          |                 |                 |
|       | つる長    | 葉数    | 第一果着果割合<br>(着果株数<br>/全株数) | 葉数    | 展開葉の大きさ  | つる先持ち上がり        | つる長             |
|       | 汚泥肥料区  | 56 cm | 9 枚                       | 29/29 | 37 枚     | 14×13 cm        | 0～30° (平均 26° ) |
| 化成肥料区 | 48 cm  | 8 枚   | 36/36                     | 18 枚  | 13×13 cm | 0～30° (平均 23° ) | 468 cm          |

| 収穫調査 (9月25日) |          |     |    |         |       |       |                     |                  |            |
|--------------|----------|-----|----|---------|-------|-------|---------------------|------------------|------------|
| 項 目          | 収穫個数 (個) |     |    | 収量 (kg) |       |       |                     | 良果収量割合 (%)       | 平均1果重 (kg) |
|              | 良果       | 不良果 | 計  | 良果計     | 不良果計  | 総収量   | 10a 当り<br>換算収量 (kg) | (良果収量/総収量) × 100 | 全収穫果の平均    |
| 汚泥肥料区        | 13       | 9   | 22 | 24.22   | 15.21 | 39.43 | 1,722               | 61.4             | 1.79       |
| 化成肥料区        | 11       | 5   | 16 | 17.57   | 7.95  | 25.52 | 1,383               | 68.8             | 1.60       |

※良果：900 g/個以上の個体、不良果：900 g/個未満、変形、病虫害その他の個体。



汚泥肥料区の対象株 (No. 1) の全量



化成肥料区の対象株 (No. 1) の全量

## 5. おわりに

集排汚泥を肥料として農地で利用するためには、農業集落排水施設に関する知識だけでなく、植物や肥

料、営農に関する法制度も含めた知識が必要となります。このため、農業集落排水施設を管理する市町村の担当部局の方には、是非、地域の営農関係機関との連携を密にして頂き、集排汚泥肥料の取り組みをさらに普及拡大させていただきますよう、お願いいたします。

## 投稿報告

# 熊本市における下水処理水の 農業用水利用について

熊本市上下水道局計画調整課長 岩本英紀

キーワード：下水処理水、農業用水、水稻

## 1. はじめに

熊本市は、九州のほぼ中央に位置し、東に世界最大のカルデラ火山・阿蘇山を、西には豊饒の海・有明海を望み、阿蘇を源とする清冽で豊富な地下水に恵まれた「森と水の都」で、慶長年間、加藤清正公が築いた日本三大名城のひとつ肥後54万石熊本城を有する城下町であります。また、水前寺公園などの優れた歴史遺産や、幾多の先人によって築かれた豊かな伝統文化を受け継ぎながら、今日では人口約73万人を擁する九州中央に位置する拠点都市として着実な発展を遂げ、近隣市町村と共に100万人規模の広域都市圏を形成するに至っています。

本市は、政令指定都市移行を契機として、熊本県のみならず九州全体の発展に「貢献できる都市」、また、全国から、そして東アジアから「選ばれる都市」、更には、行政区の設置を生かして、これまで以上のきめ細かい市民サービスの充実を図ることなどによる「日本一暮らしやすい都市」の実現を目指していきたいと考えております。

このような変革を向えている本市の下水道事業では様々な環境保全の取り組みを行っています。ここでは、熊本市における下水処理水の農業用水利用についてご紹介いたします。

## 2. 中部浄化センターから下水処理水提供に至った経緯と実証実験の概要

本市の農業用水としての処理水再利用の取り組みは古く、全国でも実用例がなかった36年前の昭和50年、慢性的な水不足に悩む中部浄化センター（当時の蓮台寺下水処理場）周辺の石塘堰樋土地改良区からの要望から始まりました。

この土地改良区は、西部地区一帯の白川と坪井川に挟まれた約410haの区域であり、その農業用水は、市北部の八景水谷の湧水を主水源とする坪井川から取水されておりましたが、地下水の汲み上げによる湧水量の減少や市中心部の下水道の普及に伴う河川流出量の減少、更には干ばつでの水不足、河川改修の河床掘り下げにより取水性が悪化したため、慢性的な水不足になりました。

昭和30年代の干ばつ時には、度々、蓮台寺し尿処理場（現在の中部浄化センター）の処理水に着目され、緊急的に使用されましたが、窒素過多による徒長倒伏（※稲が長く伸び倒れてしまう）で減収となり、実用には至りませんでした。

しかしながら、農業用水としての処理水再利用への要望は根強く、昭和45年頃、当時の土地改良区役員会で干ばつ対策として、蓮台寺下水処理場（現在の中部浄化センター）の処理水の利用が討議なされ、市に対



図－１ 処理水供給水田位置図

表－１ 農業用水再利用実施概要

|               |                        |                                                 |
|---------------|------------------------|-------------------------------------------------|
| 実 施 場 所       |                        | 石塘堰樋土地改良区（水田２２５ha、農家戸数５２９戸）                     |
| 実 施 年 度       |                        | 昭和６０年度～現在                                       |
| 処<br>理<br>水   | 処 理 場 名                | 中部浄化センター                                        |
|               | 現 有 処 理 能 力            | ８４，７００㎥／日※ 全体計画日最大汚水量 ６３，３００㎥／日                 |
|               | 利 用 水 量                | 約２７，０００㎥／日（過去５ヵ年平均：Ｈ２０～Ｈ２４）                     |
|               | 消 毒 法                  | 次亜塩素滅菌                                          |
|               | 送 水 距 離                | ０．１Km                                           |
|               | 送 水 方 法                | 隣接する農業用水路へ自然流下                                  |
|               | 放 流 水 質<br>（平成２４年度：Ｂ系） | BOD：平均１．８（１．６～５．５）mg/ℓ<br>SS：平均１．８（１．６～５．６）mg/ℓ |
| 実 施 に 伴 う 試 験 |                        | 試験田で試験：Ｓ５１～５６年度、現地試験：Ｓ５７～５９年度                   |

し実用化に向けた処理水の利用と栽培試験の強い申し入れがなされました。

このことを受け、本市農林部（現在の農林水産振興部）において、当該石塘堰の立地条件などを総合的に検討した結果、干ばつ対策には最も有効な手段であると判断しましたが、この当時は全国的に下水処理水を本格的な農業用水とした実例がなく、未知の分野であったことから、まず、放流水の水質、性質、有害物質及び全国20万以上都市の処理場の水質、再利用の有無などの調査から始め、昭和50年の予備試験、昭和51年から6ヵ年の本試験に取り組むこととしました。

本試験は、処理場の一角に設けた試験圃場を9区画に分割し、処理水の希釈割合とそれに伴う適正施肥量の把握、処理水の影響、重金属などの調査研究を行うこととし、試験の実施にあたっては、東京農大の石丸教授、九州農政局、熊本県農政部、熊本市農協、石塘

堰樋土地改良区関係者による検討会を年8回実施し、綿密な再利用についての検討を行いました。

これと並行して、当時の建設省下水道試験場、日本下水道事業団及び農政局を通じ、全国各地の農業試験場からの情報収集に努め、よりの確な試験と対策の検討を行った結果、問題点と対策及び重金属等の安全性についての確認がされております。

この結果については、水質、水稻栽培試験方法、気象、試験結果、考察などについて、当時の本市農林部が「公共下水道処理水・農業用水実用化試験調査報告書」として纏められ、その中で次のように述べられています。

- ①処理水、河川水とも窒素以外の各肥料成分については水稻生育に影響を与えないこと。
- ②処理水中の窒素形態は、その殆どが硝酸体窒素となっていることから、水稻生育に与える影響は小さ

いこと。

- ③前作の施肥の影響が強く現れること。
- ④慣行施肥の場合、河川水100%区の生育より、籾（もみ）数の増加や徒長傾向が現れるため、河川水と処理水の割合を1:1とし、慣行施肥量も半分程度で行えば安定した水稻栽培が可能であること。
- ⑤重金属等については、栽培期間を通じて処理水、河川水とも検出されていないことから、土壌や作物への蓄積はないものと考えられること。と報告されております。

この結果を受け、昭和57年から3ヵ年計画で現地経営田約225ha（農家戸数529戸）へ供給し、関係農家の理解を深めるとともに施肥などの高度な栽培技術を確立するため、現地実証実験を実施し、昭和60年から本格的供給が開始されました。

### 3. さらなる下水処理水の水質向上に向けた取り組み

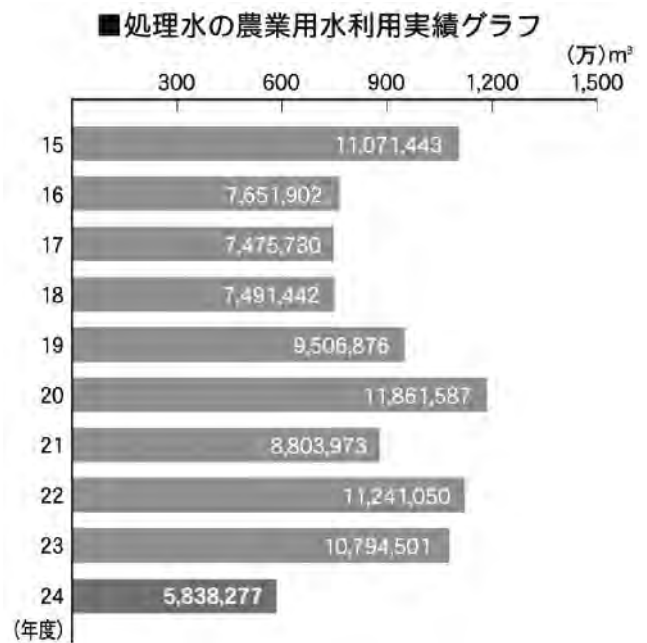
中部浄化センターでは、農業用水へ供給を始めたことをきっかけに、放流水質をいかに良好に保つかの検討・研究を行いました。

具体的には、中部浄化センターの処理系列が2系列あることから、A系列の水処理にB系列の汚泥脱離液などを負荷させ、B系列の水処理の負荷を軽減して、水質を安定させB系列の処理水を農業用水として供給することとしました。

平成24年度実績としては、年間約583万ト（日平均：約1万5千ト）の処理水を幹線水路へ流しており、土地改良区の農家の皆さんから坪井川の水よりもきれいであると喜ばれております。

### 4. 終わりに

中部浄化センター処理水を農業用水として利用可能となった背景には、中部処理区が主に住宅地と商業地区であったことにより、水質の安定と重金属などが混入する可能性が少なかったことなどが要因と考えています。また、毎年のように水不足に悩まされていた土地改良区や関係農家の積極的な姿勢と全面的な協力が、処理水再利用の実現に大きな力を発揮したものと考えております。



図ー2 処理水の農業用水利用実績グラフ



写真ー1 幹線水路を流れる処理水

処理水を本市における下水処理水の農業用水としての実用化は、処理水の再利用・処理場周辺の住民対策あるいは灌漑用水不足などに悩む全国の各市町村からの視察が多く、処理水再利用としての水循環の一助になったものと考えております。

今後も更なる社会全体の水循環における多方面にわたる構築へ向け、知恵を絞りながら努力していきたいと考えております。

# コ ラ ム

## グレート・サイクル・プラットフォーム (GCP)

2013年9月、中国農業大学（北京市）において、「汚濁“0”の有機性廃棄物からの栄養源、エネルギー及び水資源の生産」をテーマにワークショップを開催しました。ワークショップでは、世界的に著名な企業、大学、研究機関からの招待者たちが、本学のバイオマス工学センターの学生たちと活動を共にしました。ワークショップの場で、本学と欧米、日本の大学・研究機関は、協力を強化して取り組むことで合意しました。合意に参加したのは、ワーニンゲン大学及び同研究センター（オランダ）、ミラノ大学（イタリア）、ホーヘンハイム大学（ドイツ）、ノースカロライナ大学（米国）、パデュー大学（米国）、農研機構農村工学研究所（日本）などです。中国におけるバイオエネルギーの現状と将来展望についての議論を経て、ワークショップ参加者は“バイオマス資源から栄養源、化学製品、エネルギー及び水資源の大循環（グレート・サイクル）に関する国際的なプラットフォーム（GCP）”と銘打ったオープンな協力基盤を構築しました。

ご存知のとおり、中国はバイオガス技術の巨大なマーケットです。GCPは、参加者に協力のメカニズムを検討するために提案しました。第1に、わが国は、生活水準、エネルギー効率、再生可能エネルギーや生態学的環境などの分野で同様なコンセプトや戦略を実践してきました。第2に、アジアはバイオマス利用に長い歴史を持つとともに、ヨーロッパはバイオガス技術に強みを持ち、近年バイオガス技術の活用を推進しています。第3に、世界の経済圏は、バイオガスの利用に向かいはじめましたが、マーケットの要望に対応した技術などの開発には長い期間が必要です。先進的なバイオガス技術の中国への適用は、国際社会への歴史的な貢献となるでしょう。このような好機や貢献を現実のものとするため、GCPは研究機関や企業をメンバーとして中国農業大学に設立されました。

GCPは、前述のすべての種類の協力を対象としています。中国のほとんどの研究者や教授は、個人的に海外の協力者を持っています。ほとんどの国家プロジェクトは国際協力の枠組みを内包しています。そのうえ、いくつかの大学を横断する研究センターは、個人的な関係を基礎とした共同プロジェクトを支援するために設立されています。しかし、GCPは違った発展を目指しています。GCPは、ボトルネックとして共通認識されている課題の解決のため、学術機関とともに取り組む企業コンソーシアムを求めています。どんなバイオガス関係の企業も1社では、課題の解決は難しく、財政的にすら十分とは言えません。企業コンソーシアムは、数十社の規模で構成される共同体です。また、企業コンソーシアムは、学術機関にとってもプラットフォームであり、企業と学術機関との橋渡しの役割を果たします。このメカニズムは、研究ターゲットを明確にし、より迅速な研究開発を促進します。

GCPの柔軟性を維持するために、バイオエネルギーの開発と促進にかかわる学術、産業、行政、金融などの機関やNPO団体などで構成されるGCPのメンバーは、情報や技術を交換します。また、メンバーは、バイオエネルギーに関連する国際的なプロジェクトの共同実施を通じ、セミナー、ワークショップやフォーラムを開催したりします。さらに、メンバー機関から選抜された人材に対して、交換留学や奨学金などの研修機会を設けます。

すべてのGCPの個人会員は、各国の窓口で管理します。コンソーシアムの管理は、選出された役員会と各国窓口と任命された事務局の責任で行います。中国農業大学の私の下に事務局を置いて、活動を開始しました。メンバーは、各国で年会の開催費の獲得を目指しています。GCPは、各メンバーの自発的な意思に基づき設立され、新規なメンバーの参画を歓迎します。

中国農業大学 教授 董仁杰老师 (Renjiie Dong)

（※:本コラムは、Dong教授の英文の原稿を山岡賢（農研機構）が日本文に訳しました。記者から一言「いっしょにGCPで活動しましょう！」）。

## 報 告

# 下水汚泥利用促進マニュアル (仮称) の発刊に向けて

下水汚泥利用促進検討調査専門委員会 事務局

日本下水道協会 前 田 明 徳  
オリジナル設計(株) 高 橋 幸 彦

キーワード：マニュアル、ユーザーニーズ、PDCA

## 1. はじめに

日本下水道協会においては、過去に下水汚泥資源利用協議会等の活動を通じて、「肥料利用」においては「下水汚泥の農地・緑地利用マニュアル2005年度版」、  
「建設資材利用」においては「下水汚泥の建設資材利用マニュアル2001年版」、  
「エネルギー利用」においては「嫌気性消化プロセス導入支援ツール」等を刊行してきたが、これまで一部の修正および見直しに留まっていた。

そこで、近年の下水汚泥由来の資源・エネルギーの一層の有効活用に向けた時代ニーズに応え、会員等の地域ニーズに適合した総合的な活用手法を提供するため、最新情報に基づき最新の動向および技術等を盛り込んだ「下水汚泥利用促進マニュアル（仮称）」を取りまとめ、平成27年度当初に刊行を目指すこととした。

「下水汚泥利用促進マニュアル（仮称）」では、下水汚泥由来の資源・エネルギーの一層の有効活用が図れるように、過去に発刊された前述のマニュアル等を一つのマニュアルに取りまとめ、導入事例の紹介、その導入した背景や効果を解説する実務書としての編集を目指している。

このため、平成25年7月に設置した「下水汚泥有効利用専門調査委員会」では、肥料利用、建設資材利

用、エネルギー利用の3つの分野に対して特徴的な有効利用の事案を検討し、最適な方向性や手法等を示すため、平成25年度の審議内容を総括した「下水汚泥利用促進マニュアル（仮称）中間骨子案」を本年3月31日に公表した。

## 2. マニュアル作成の背景

下水汚泥は、量的・質的に安定した貴重なバイオマス資源（有機質資材）である。下水汚泥の有効利用は1990年代（平成2年以降）より増加傾向にあり、脱水汚泥がコンポスト化された肥料化等の緑農地利用が主であったが、それでも長らく脱水汚泥や焼却灰の大部分は廃棄物として埋立処分等される時代が続いていた。

しかしながら、発生汚泥量の増加と最終処分場の逼迫に伴い、下水道法が平成8年に改正され、発生汚泥の減量の努力義務規定が設けられたこと、平成14年の廃棄物の処理及び掃法に関する法律の改正により海洋投入が禁止されたことから、下水汚泥の有効利用を図るために、肥料化等の緑農地利用に加え、焼却あるいは熔融処理されて建設資材利用（セメント原料としての利用等）が行われてきた。昨今、下水汚泥は消化ガス利用や固形燃料化による再生エネルギーとしての利用が行われつつあり、地球温暖化防止対策やバイオマス利用の面で重要な役割を担っている。

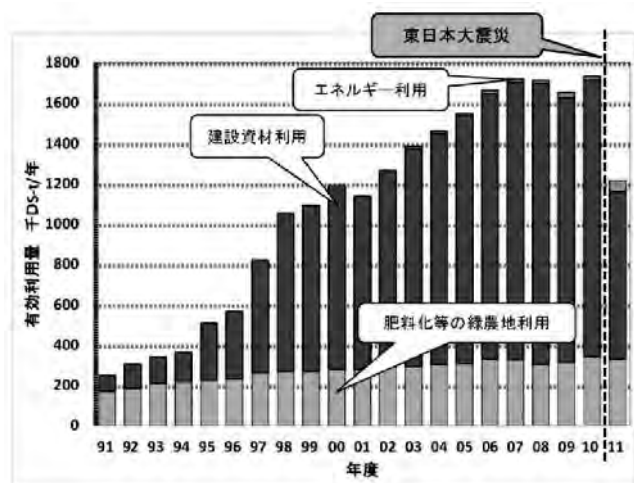


図-1 下水污泥有効利用量の経年変化  
(発生時乾燥重量ベース)

(出典) 国土交通省下水道部HP「資源・エネルギー循環の形成」より作成

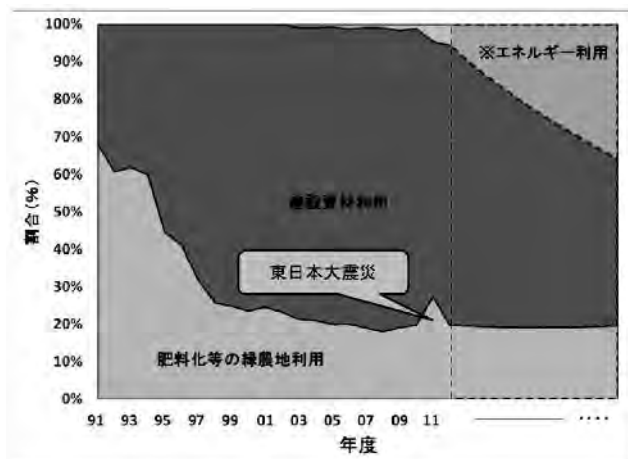


図-2 下水污泥有効利用割合のイメージ図

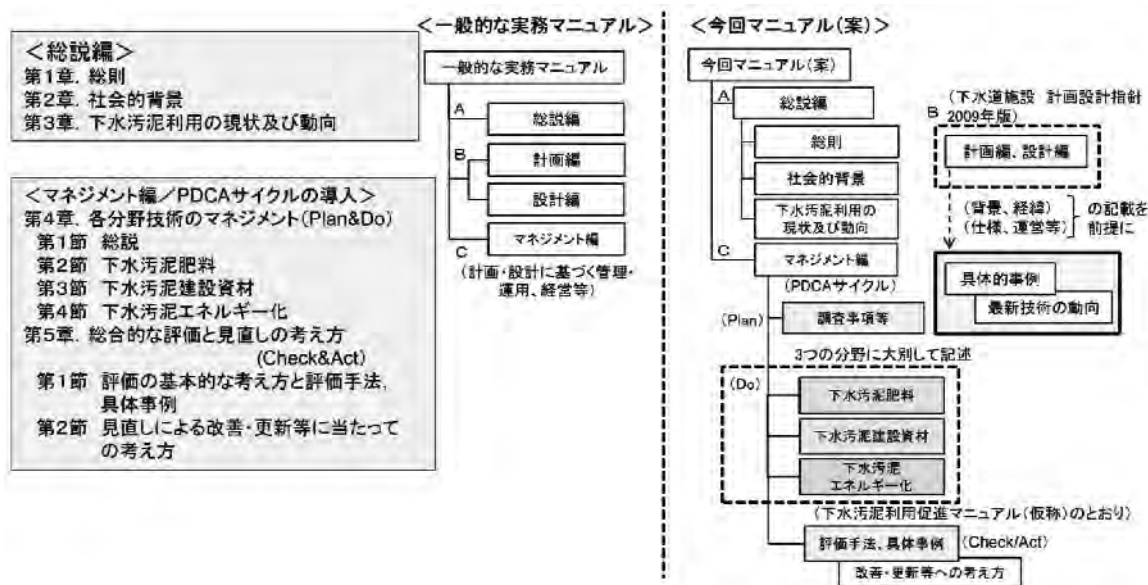


図-3 今回マニュアル（案）の構成

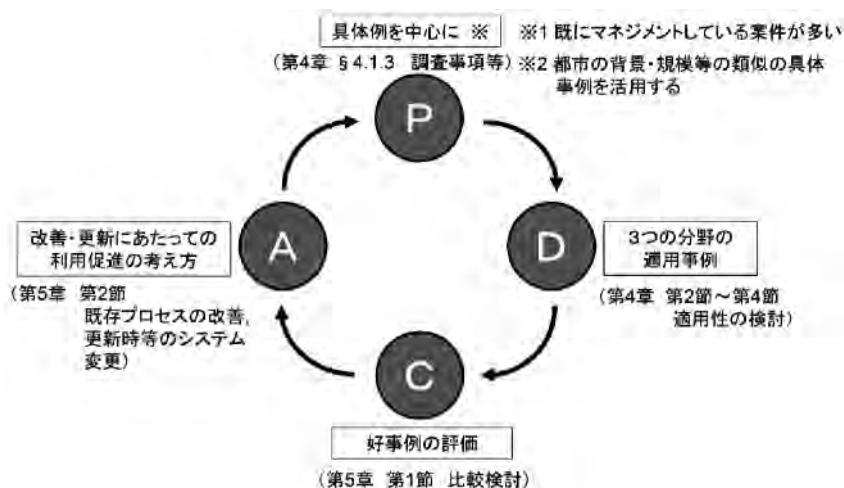


図-4 今回マニュアル（案）のPDCAサイクルの概念

PDCAサイクルでは、各段階で（Plan）→（Do）→（Check）→（Act）を実施することにより、当初検討していた下水污泥の有効利用法の妥当性があるかどうかを評価し、既存プロセスあるいは更新時等において持続可能な有効利用手法を選定できる内容とする。

20世紀後半から下水道普及率が増加し、整備から運営や維持管理への転換が求められ、恒常的に発生する下水汚泥の有効利用も大きく変化してきており、2011年東日本大震災の教訓や、セメント原料が主たる有効利用先となっている状況を踏まえ、さらなる利用先選択の幅を広げるため、固形燃料化や消化ガス等によるエネルギー化を促進し、リスク分散を図って有効利用を持続することが望まれている（図-1、図-2）。

また、地域ニーズに適合した汚泥の複合的な利用等、総合的な活用促進方策が求められており、様々な汚泥の利用形態について地域ごとの利用者ニーズを考慮したマーケティング戦略を検討すること、および適切なPDCAサイクルにより、下水汚泥の有効利用の一層の促進が期待されている。

### 3. 今回マニュアル（案）の構成

今回のマニュアル（案）は、下水汚泥利用促進を目指した内容とするため、最新技術等の動向については、本誌「再生と利用」（新たな建設や新たな利用形態等が主体）を基本資料とした。また、具体的事例を中心に、導入にあたっての調査等やその評価・見直し（PDCAサイクル）を通じてスパイラルアップを検討できるようにしている（図-3、図-4）。

なお、下水汚泥利用促進技術の計画・設計に係る部分は、当協会刊行の「下水道施設計画・設計指針と解説」を引用することとし、今回マニュアル（案）においては、直接の記載を省略するものと考えている。

下水汚泥利用促進マニュアル（仮称）目次案を表-1に示す。

### 4. 各分野技術の概要

#### ① 下水汚泥肥料

- ・下水汚泥を原料とする肥料について、その種類と特徴、肥料登録方法等について示し、特に各地で行われている施肥試験結果より、肥効性について作物別・土地別に記述する。
- ・エンドユーザーの目線から、求められている肥料の性質等を事例やアンケートから整理し、肥料のニーズについて記述する。また、地産地消の動向等についても整理する。
- ・自治体や製造者側としては、汚泥の複合的な利用等、総合的な活用促進方策を含む他の利用用途との組み合わせ事例等を紹介し、肥料利用の促進に向けた対応策について記述する。
- ・リン回収技術の開発や他のバイオマスとの共同処理による取り組み等の最新事例も記述する。

#### ② 下水汚泥建設資材

- ・下水汚泥を原料とする建設資材について、その種類と特徴、用途別の関連する規格や法令等について整理する。
- ・建設資材利用促進にあたっては、エンドユーザー目線でニーズを整理するとともに、既に実績のある各自治体における取り組みの好事例について記述する。
- ・汚泥の複合的な利用等、総合的な活用促進方策を含む他の利用用途との組み合わせ事例等を紹介し、建設資材利用の促進に向けた対応策について記述する。
- ・PFI手法を導入した建設資材利用が行われていることや、自治体独自のリサイクル促進制度の導入事例等の最新事例も記述する。

#### ③ 下水汚泥エネルギー化

- ・下水汚泥から得られる主なエネルギーについて、その種類と技術の特徴等について記述する。
- ・大規模処理場の動向とともに、中小規模処理場における消化ガス有効利用手法の適用事例について記述する。
- ・各自治体における下水汚泥エネルギー利用の推進にあたっては、主に、エネルギーの処理場内利用について記述し、場外利用についてはユーザー目線でニーズを整理するとともに、参考となる全国の好事例について記述する。
- ・汚泥の複合的な利用等、総合的な活用促進方策を含む他の利用用途との組み合わせ事例等を紹介し、下水汚泥エネルギー利用の促進に向けた対応策について記述する。
- ・エネルギー利用に関する新たな技術開発や再生可能エネルギーの固定価格買取制度等の利用促進に向けた最新事例も記述する。

### 5. 総合的な評価と改善・更新の考え方

#### 1) 評価の基本的な考え方と評価手法、具体事例

評価の基本的な考え方と評価手法、具体事例の主な内容を示す。

- ①評価の具体例及び、過去のガイドラインやマニュアル等の事例やヒアリング・アンケート調査結果を参考にした事業効果を記述する。
- ②好事例の解析・評価は、コスト面・経営面等からの評価とともに、下水汚泥の継続的利用に対する配慮すべき点や課題、創意工夫を含めて記述する。

#### 2) 見直しによる改善・更新等に当たっての考え方

見直しによる改善・更新等に当たっての考え方の主

表-1 下水汚泥利用促進マニュアル（仮称）目次案

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>&lt;総説編&gt;</p> <p>第1章. 総則</p> <p>§ 1.1 本マニュアルの目的</p> <p>§ 1.2 本マニュアルの対象</p> <p>第2章. 社会的背景</p> <p>§ 2.1 社会的背景</p> <p>第3章. 下水汚泥利用の現状及び動向</p> <p>§ 3.1 下水汚泥利用の現状及び動向</p> <p>§ 3.2 下水汚泥利用にかかる各種法令について</p> <p>&lt;マネジメント編&gt;</p> <p>第4章. 各分野技術のマネジメント (Plan&amp;Do)</p> <p>第1節 総説</p> <p>§ 4.1.1 総説</p> <p>§ 4.1.2 下水汚泥の特性</p> <p>§ 4.1.3 マネジメントを進めるにあたっての調査事項等</p> <p>第2節 下水汚泥肥料</p> <p>I. 下水汚泥を原料とする肥料の基本事項</p> <p>§ 4.2.1 肥料利用に関わる下水汚泥の特性</p> <p>§ 4.2.2 下水汚泥を原料とする肥料の種類と特徴</p> <p>§ 4.2.3 下水汚泥を原料とする肥料の施肥基準と肥効性</p> <p>§ 4.2.4 品質管理</p> <p>§ 4.2.5 肥料登録方法</p> <p>§ 4.2.6 流通</p> <p>II. 肥料化の適用事例</p> <p>§ 4.2.7 コンポスト・乾燥処理による肥料化の事例</p> <p>§ 4.2.8 焼却灰・炭化汚泥による肥料化の事例</p> <p>§ 4.2.9 りん回収の事例</p> <p>§ 4.2.10 下水汚泥肥料化技術の動向</p> <p>§ 4.2.11 下水汚泥肥料利用の課題と対応策</p> <p>III. マーケティングの充実に向けての課題と対応策</p> <p>§ 4.2.12 マーケティングの充実に向けた取り組み事例</p> <p>§ 4.2.13 他の利用用途との組み合わせ事例</p> <p>§ 4.2.14 肥料ニーズ</p> <p>§ 4.2.15 課題点の整理と対応策</p> <p>第3節 下水汚泥建設資材</p> <p>I. 下水汚泥を原料とする建設資材の基本事項</p> <p>§ 4.3.1 建設資材利用に関わる下水汚泥の特性</p> <p>§ 4.3.2 下水汚泥を原料とする建設資材の種類と特徴</p> <p>§ 4.3.3 品質管理</p> <p>§ 4.3.4 流通</p> <p>II. 建設資材化の適用事例</p> <p>§ 4.3.5 セメント原料化としての事例</p> <p>§ 4.3.6 土質改良材としての事例</p> <p>§ 4.3.7 アスファルトフィラーとしての事例</p> | <p>§ 4.3.8 コンクリート二次製品としての事例</p> <p>§ 4.3.9 路盤材としての事例</p> <p>§ 4.3.10 その他の利用事例</p> <p>§ 4.3.11 下水汚泥建設資材利用の課題と対応策</p> <p>III. マーケティングの充実に向けての課題と対応策</p> <p>§ 4.3.12 マーケティングの充実に向けた取り組み事例</p> <p>§ 4.3.13 他の利用用途との組み合わせ事例</p> <p>§ 4.3.14 建設資材ニーズ</p> <p>§ 4.3.15 課題点の整理と対応策</p> <p>第4節 下水汚泥エネルギー化</p> <p>I. 下水汚泥を原料とするエネルギー化の基本事項</p> <p>§ 4.4.1 エネルギー利用に関わる下水汚泥の特性</p> <p>§ 4.4.2 エネルギー化技術の種類と特徴</p> <p>II. エネルギー化技術の適用事例</p> <p>§ 4.4.3 固形燃料化</p> <p>§ 4.4.4 バイオガス利用</p> <p>§ 4.4.5 熱分解ガス化技術</p> <p>§ 4.4.6 その他下水汚泥エネルギー化技術</p> <p>§ 4.4.7 エネルギー化技術の動向</p> <p>§ 4.4.8 下水汚泥エネルギー利用の課題と対応策</p> <p>III. 下水汚泥有効利用技術支援事業における適用検討事例</p> <p>§ 4.4.9 中小規模処理場における消化ガス有効利用手法の適用事例</p> <p>IV. マーケティングの充実に向けての課題と対応策</p> <p>§ 4.4.10 製品受入先候補とのマッチングについて</p> <p>§ 4.4.11 他の有効利用との組み合わせ事例</p> <p>§ 4.4.12 課題点の整理と対応策</p> <p>第5章. 総合的な評価と見直しの考え方／(Check&amp;Act)</p> <p>第1節 評価の基本的な考え方と評価手法、具体事例</p> <p>§ 5.1.1 総説</p> <p>§ 5.1.2 LCC等の評価、CO<sub>2</sub>削減効果等</p> <p>§ 5.1.3 3つの分野の適用性（プロセスの評価）</p> <p>第2節 見直しによる改善・更新等に当たっての考え方</p> <p>§ 5.2.1 総説</p> <p>§ 5.2.2 スパイラルアップに向けて（リスク分散等を含む）</p> <p>§ 5.2.3 事業効果と活用促進策</p> <p>§ 5.2.4 課題と検討</p> <p>§ 5.2.5 今後の促進に向けて</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

な内容を示す。

- ①見直しの具体例及び、過去のガイドラインやマニュアル等の事例やヒアリング・アンケート調査結果を参考に改善による事業効果を記述する。
- ②更新等に当たっての更なる利用促進に向けて、スパイラルアップの検討手法を記述する。
- ③各分野技術の促進に向けた対応策の抽出、地域ニーズに適合した汚泥の複合的な利用等、総合的な活用促進方策を記述する。
- ④ヒアリング・アンケート調査等からの知見や情報から、下水道管理者やエンドユーザーに対する今後の下水汚泥利用促進のための方向性（あるべき姿）を記述する。

⑤下水汚泥有効利用促進に向けて障壁となる課題点を一覧表で表記する。

⑥下水汚泥有効利用促進に向けての課題解消のための方策を総合的に記述する。

## 6. 本年度の予定

平成26年度においては、エンドユーザーの目線から求められている事業の運営性や継続性等の事項をヒアリング・アンケート調査結果からとりまとめ、各分野技術（肥料・建設資材・エネルギー）の下水汚泥利用促進を評価し、持続可能な有効利用に向けたマニュアル本としての編集作業を行う予定である。

# ニュース・スポット

## 関係団体の動き

### バンドン市（インドネシア）の水環境・衛生改善プロジェクト

（一般財団法人）日本環境衛生センター  
国際事業部長 大林重信

**キーワード：**JSC、ナレッジハブ、バイオダイジェスター、地域通貨

日本環境衛生センターは、バンドン市の水環境・衛生状況の改善を支援するため、現在、両国の関係者が参加する協議会を設けてし尿処理汚泥の対策支援を行っている。本稿では、この支援プロジェクトについて、これまで取組内容や今後の活動予定について紹介する。

## 1. 背景

アジアの途上国の都市は、資金調達の難しさ等から下水道対象区域は必ずしも多くなく、都市内の家庭や事務所等からの汚水は、いわゆる「セプティックタンク」を利用していることが多い。

セプティックタンクは、その機能面の問題のみならず維持管理の不備から、そこから流出する汚水が周辺の水環境悪化をもたらし、更には公衆衛生上の問題も引き起こしている。

これらの点を背景として、アジア太平洋地域における衛生分野での「ナレッジハブ」の役割を果たすJSC（Japan Sanitation Consortium）の設立がAPWF（アジア太平洋

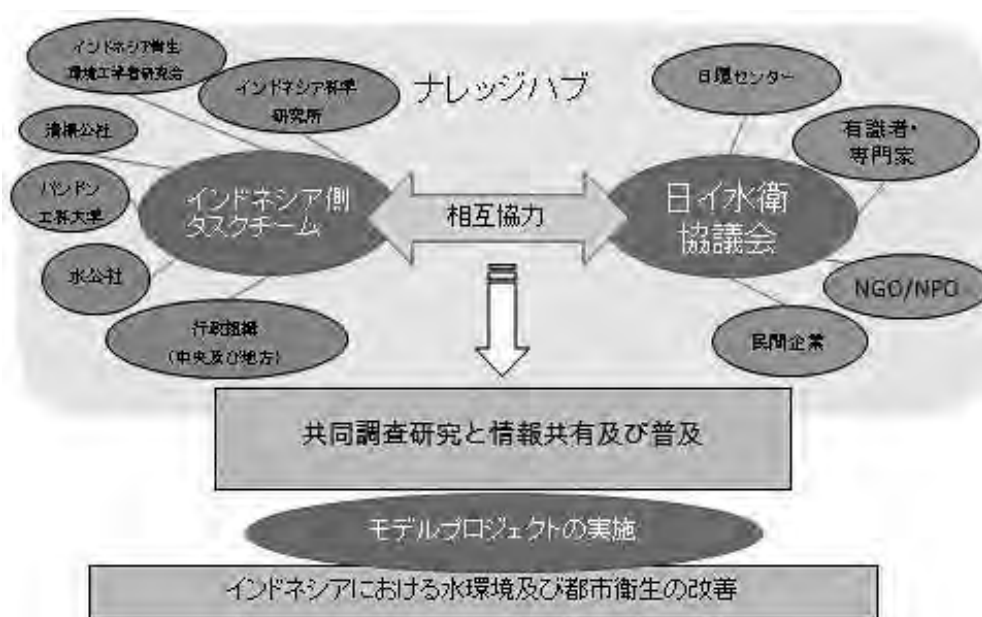
水フォーラム）により2009年12月に承認された。JSCの構成団体の一つとなった日本環境衛生センターは、水環境衛生分野で長年にわたり蓄積してきた技術や経験をアジア太平洋地域での水環境衛生の改善に一層取り組むこととなった。

そして、ナレッジハブの具体的な活動を行うべく、アジア太平洋地域の衛生問題を抱える代表的な都市としてバンドン市を選定し、当該都市における水環境・衛生問題の課題を整理するとともに、その解決方法を提示し、その事業化を行うため、本プロジェクトを2011年に立ち上げた。

## 2. これまでの活動

### （1）両国関係者の協議会の設定

バンドン市の衛生問題の解決に向け、2010年12月に日本側では「日伊水環境衛生改善協議会」を、一方インドネシア側では、「タスクチーム」をそれぞれ設け、双方で意見交換しながら具体案を提示していくことを



図ー1 日伊関係者の協議会

双方で確認した。(図-1)

なお、その活動財源については、(独)環境再生保全機構の「地球環境基金」を活用した。(2012年度から4カ年の予定)

## (2) 日伊関係者の協議会活動

2012年度、2013年度の2か年にわたり、「バンドン市のし尿処理の実態に関する現地調査」、「WS等を通じた日伊双方の関係者の意見交換」、「日本のし尿処理汚泥の関連施設の視察」等を行った。

これらの活動の成果として、「バンドン市のし尿処理汚泥の課題」、「バンドン市が優先的に取り組むべきし尿処理汚泥の管理方法の提案」「し尿処理汚泥のモデルプラントによる実証試験の提案」等を取りまとめた。

### ① バンドン市におけるし尿処理の課題

バンドン市の人口は約250万人であり、その内、約20%は下水道区域内人口、その他の80%は、セプ



バンドン市の下水道終末処理場 (Bojongsoang Sewage Treatment Plant) の嫌気性消化池

ティックタンク (サニーマスを含む) を利用している。

セプティックタンクの問題は、その構造的な問題と維持管理上の問題に大別できるが、まず優先的に取り組むべき問題は、タンクに蓄積した汚泥の維持管理を改善することにより周辺の水環境悪化を防止することである。

現在、セプティックタンク汚泥は、バンドン市内の唯一の下水道終末処理場の嫌気性消化池で処理されているものの、「消化池の処理能力が限界に達していること」「消化池までの汚泥の運搬距離が長いこと、途中で不法投棄されることが多いこと」などの問題がある。

このため、汚泥の引き抜きを定期的に行い、また、引き抜いた汚泥を確実にかつ持続的に適正処理する技術を提案することを優先課題とした。

### ② バイオダイジェスターによる処理・リサイクルを提案

引き抜いた汚泥の適正処理技術の選定については、バンドン市で過去に導入した技術、日本の都市において過去に導入した技術を参考とし、またバンドン市の自然条件、社会条件、財政条件等を踏まえて検討を



小規模のバイオダイジェスター (バンドン市内)

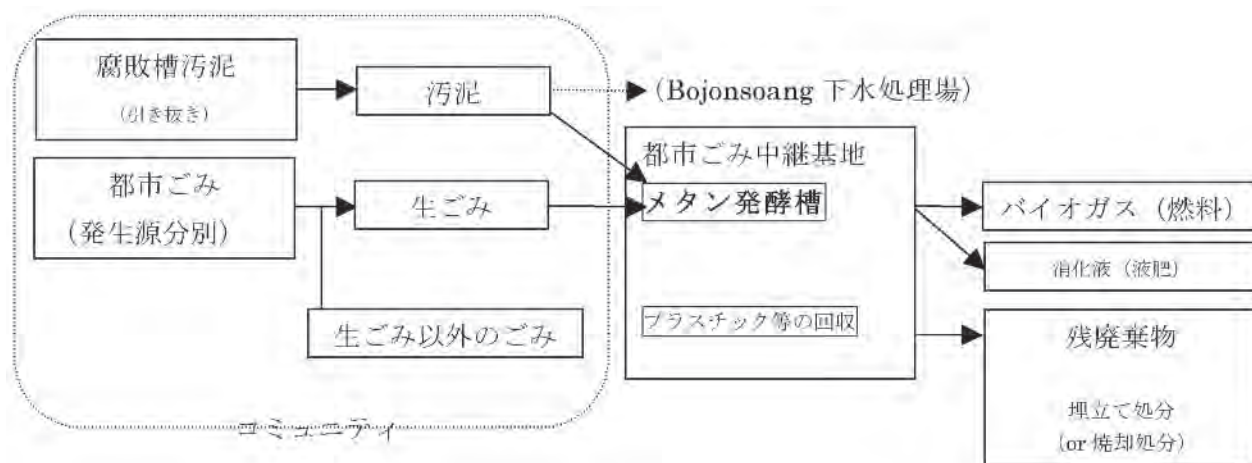
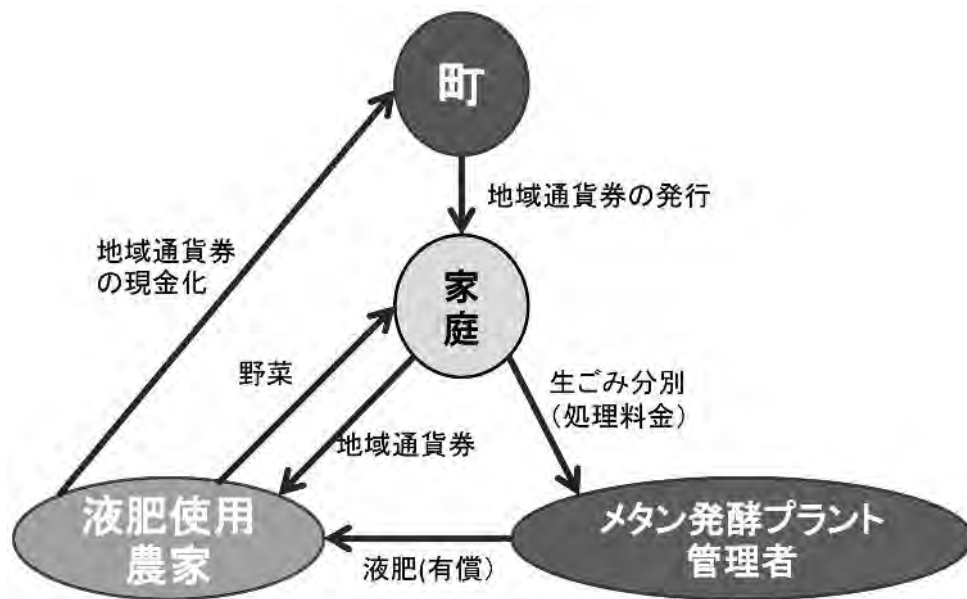


図-2 分散型水環境・衛生改善プロジェクト (システムイメージ)



図－3 地域通貨の仕組み（小川町）

行った。その結果、「生ゴミとセブティックタンク汚泥を原料とした、メタン発酵処理によるバイオガス及び液肥の製造方法（分散型水環境・衛生改善プロジェクト）」を提案した。（図－2）

### ③ モデルプラントの設置による実証試験の提案

提案されたバイオダイジェスタープラントを安定的、継続的に稼働させるためには、「廃棄物排出者」、「運転者」、「リサイクル製品利用者」の3者が相互に連携しながらそれぞれの役割を果たすことが重要である。そのためには、3者が自らの役割を果たすための「インセンティブ」の付与、特に経済面でのインセンティブ付与が鍵となることから、バイオダイジェスターに関わる活動全体を視野に入れたビジネスモデルを作成することが重要と言える。

このため、モデルプラント設置して、プラントの運営管理に関する技術面、社会面での課題を解決するとともに、関係者へ付与する具体的なインセンティブの内容を決めるため、実証試験を行うこととなった。

（参考）

日本でのバイオダイジェスターの運転に際し、関係者へインセンティブを付与した例として、埼玉県の小川町で導入された地域通貨の仕組みを挙げることが出

来る。即ち、バイオダイジェスターの原料である生ごみを分別排出した家庭等には地域通貨券が付与され、バイオダイジェスターで製造された液肥を使用した地元農家には、安価な肥料購入できることに加え、地域通貨券での野菜購入が可能となることから野菜販売額の増加につながる仕組み。なお、バイオダイジェスター運転者は、プラント建設費及び運転費を生ゴミ処理による料金収入及び液肥の農家への販売収入で賄うことで経営が成立。（図－3）

### （3）今後の活動

#### ① モデルプラントの設置準備

- ・モデルプラントの設置のための技術調査（サンプルを用いた実験室でのメタン発酵試験）
- ・家庭からの生ごみ分別のための社会実験（生ごみ分別対象区域における分別方法、収集方法等の実験）

#### ② モデルプラント設置の財源確保

環境省やJICA等から財政支援を受けるため今後申請する予定。

#### ③ モデルプラントの経営に関する「ビジネスモデル」の開発

#### ④ 関係者への教育（ごみ分別方法、プラントの運転方法、肥料の使用方法等など）

# ニュース・スポット

関係団体の動き

## 下水汚泥由来の堆肥から花を育て、販売

「再生と利用」編集委員会事務局

キーワード：ペラルゴニウム、YM菌（発酵菌）、LOHAS

東久留米市にある花農家・秋田緑花農園では、下水汚泥由来の堆肥から花を育て、販売する新たな試みが行われており、食に続く、下水道の新たな連携先として注目を集めています。

育てられているのは、ペラルゴニウム（センテッドゼラニウム）というハーブの一種。栽培時には、共和化工が販売しているYM菌が含まれた堆肥を使用しており、通常の堆肥を使用したときと比較して、葉色や根が良く育つとのことでした。

ペラルゴニウムの最大の特徴は葉に含まれる香り。指でこすることで、ミント系やローズ系のさわやかな香りが鼻の中に広がっていくといいます。農業・食品産業技術総合研究機構の花き研究所で香りの成分分析を依頼したところ、リラックス、リフレッシュ効果も認められています。なお栽培したペラルゴニウムは今年5月から販売しています。そこで秋田緑花農園の秋田茂良代表に下水汚泥の出会いや、苦労されたこと、さらには今後の意気込みなどを伺いました。

### ——農園の特徴は？

秋田緑花農園は東久留米市にあり、1.5ヘクタールの広大な土地で小麦の栽培、また約750坪の温室で鉢植えなどを生産しています。もともと東久留米は水に恵まれている土地で、農園の花は地下14メートルから汲み上げた井戸水（地下水）で育てられています。地下水はそのまま飲んでもとても美味しく、夏も冬も水温が17度と一定のため、栽培にはとても適し、一年通して元気で丈夫な花や緑を育てることができます。



秋田茂良代表に話を伺った



オリジナルの下水汚泥肥料

### ——下水汚泥との出会いは？

きっかけは、昨年開催された「下水道展'13 東京」です。パブリックコーナーの一角に「水のきれいな東久留米」という特設会場が設置され、そこで東久留米の野菜、うどん、お酒、工芸品と一緒に出店できたことになったのです。下水道展に参加してみると共和化工さんが下水汚泥を使った肥料を扱っていることを知りました。職業柄、もともと土（花の肥料など）に興味を持っていたので、早速、共和化工さんに説明



試行錯誤して栽培

を伺いました。

#### ——実際に使用してみて苦労されたことは？

共和化工さんで扱っているYM菌（発酵菌）とは、超高温で発酵する好気性菌で下水道汚泥の肥料化に使用されているものです。

下水道肥料を小口でそのまま購入すると、運賃などでコストが高くなるため、以前から土（腐葉土）を作ってもらっている（株）オカベ園芸産業に栃木県益子町にある共和化工の営業所まで取りに行ってもらい大口で購入してもらいました。指示を出してオリジナルの土を作ってもらっていますが、これをきっかけに下水道肥料を多くの花卉生産者に使ってもらえるようになれば良いと考えています。

土はデリケートで、混ぜる比率が少しでも違うと、結果も違ってきます。また冬場の低温期では結果が良くても温度が上がってくると問題が起きる場合もあります。今回も温度が上がる4月中旬位から葉に障害が出たり、根が傷んだりしました。

下水道肥料は畑や水田では良い結果が出ていると聞いていますが、鉢という隔離された特殊な環境を考慮しての使い方が必要な様です。

下水道肥料はカリが少なくリン酸が多いという花卉栽培には素晴らしい成分になっています。pH（水素イオン指数）の調整やC/N比の調整を土とのブレンド前に行い、理想の実現に向けてチャレンジし続けようと思っています。

#### ——今後の取組み、モットーは？

3年前に東日本大震災が起きました。自分も何かできないかと考えた結果、「花が被災された方に少しでも癒しになれば」と思い立ち、被災地にひまわりを持っていくという、いわばボランティア活動を行いました。

ロハス（LOHAS）とは「人の健康と自然環境の保護を優先的に考えたライフスタイル」のことで、そう



根の生え具合をチェック

いったスタイルの人たちのことをロハス層といわれています。そういう方々は増えてきていますので、そのロハス層をターゲットに、積極的に「下水汚泥が安全で良い肥料だ」とポジティブにPRできれば、今後下水汚泥由来の肥料は広がっていくと思います。下水汚泥由来の肥料を利用することで、循環型社会の構築に花の世界からも貢献していきたい。ハーブの持つ良い香りで下水道のイメージを払拭できたらと思います。

最後に秋田代表より「私の名刺には『疲れた心にLOHASなひとときを』というキャッチコピーが書いてあります。人が環境を守り、自然（花）が人の心を癒す。そして癒しは人の心を成長させていく……。そう思っております」としめくくっていただきました。

秋田緑花農園では、緑と花で人を癒す農園を目指し、ゼラニウム、アイビーゼラニウム、ポサリン（ほうき草）、キンギョソウ、葉牡丹、ハーブゼラニウムなど、文字通り色とりどりの花を取り扱っています。

#### 秋田緑花農園

〒203-0031 東京都東久留米市南町2-3-19

URL <http://blog.kaona.com/>



出荷間近のペラルゴニウム

## おしらせ

## 民間企業の投稿のご案内

「再生と利用」（公益社団法人 日本下水道協会 発行）は会員並びに関連団体に向けて、下水汚泥の有効利用に関する技術や事例等幅広い情報を発信し、一層の利用促進に寄与することを目的に発行しています。

近年、民間企業による調査研究等が積極的に行われ、先進的かつ有用な成果が多数見受けられます。そこで、これらの情報を掲載するため、投稿要領を次のとおり決めましたので、積極的な投稿をお待ちします。

## 投稿要領

## （資格）

1. 本誌への投稿対象は、下水汚泥の有効利用に携わる民間企業のうち公益社団法人 日本下水道協会の会員となります。しかしながら非会員の場合でも、当会が会員と同等の調査研究の技術力を有する団体と特に認めるものであれば投稿対象とします。

## （原稿掲載の取扱い）

2. 原稿掲載の適否は、「再生と利用」編集委員会が決定します。

## （掲載可否の判断基準）

3. 掲載適否の主な判断基準は、次の3. 1、3. 2、3. 3、3. 4によります。
  3. 1 単に汚泥処理に関する投稿文でなく、下水汚泥の有効利用の促進に資するものであること。
  3. 2 特定の団体、製品、工法、新技術等を宣伝することを目的とした投稿文（客観的、合理的な根拠を示すことなく、優秀性、優位性、有効性等について具体名を挙げて記述）でないこと。  
ただし、次の場合は除く。
    - ①特定の団体、製品、工法、新技術等の紹介が目的であっても、優秀性、優位性、有効性等の客観性かつ合理的な根拠を明確にし、下水汚泥の有効利用の促進に資すると認められるもの。
    - ②特定の団体、製品、工法、新技術等の名称を記述しているが、単に論文の主旨をわかりやすく伝えるために用いており、投稿文の趣旨とは直接関係のない場合。
  3. 3 特定の団体、製品、工法、新技術等を誹謗中傷する内容を含む投稿文でないこと。
  3. 4 その他編集委員会が適当と考える事項について適合していること。

## （原稿の作成、部数、送付先等）

4. 原稿の作成は、次のとおりとします。
  4. 1 査読用 複写原稿2部（図表、写真を含みます）
  4. 2 事務用 複写原稿1部（図表、写真を含みます）
5. 原稿の送付先は、下記の担当に送付して下さい。

## （校正）

6. 印刷時の著者校正は、1回とし、著者校正時の大幅な原稿の変更は認めません。

## （著作権等）

7. 掲載した原稿の著作権は著者が保有し、編集著作権は、本会が所有します。

## 原稿登載区分

| 登載区分 | 原稿量（刷上り頁）                               | 内容                       |
|------|-----------------------------------------|--------------------------|
| 研究紹介 | 8頁程度（原稿制限頁数はA4判により1頁2,300文字（1行24文字横2段）） | 独創性があり、かつ理論的または実証的な研究の成果 |
| 報告   | 6頁程度（原稿制限頁数は、同上）                        | 技術導入や経営等に関する検討・実施        |

担当：公益社団法人 日本下水道協会 技術研究部技術指針課

住所 〒101-0047 東京都千代田区内神田2-10-12（内神田すいすいビル6階）

電話 03-6206-0369（直） FAX 03-6206-0796（直）

お知らせ

「再生と利用」への広告掲載方依頼について

日本下水道協会では、下水汚泥発生量の増加、埋立処分地の確保、循環型社会の構築等の課題に対して、地方自治体における下水汚泥の効率的な処理、有効利用を推進する観点から、「再生と利用」を発行しており、下水汚泥の有効利用に関する専門情報誌として、各方面から高い評価を得ています。本誌は地方公共団体を始めとする多くの下水道関係者のみならず、緑農地関係者にも愛読されていることから、広告掲載は情報発信として非常に効果的であると思われます。

つきましては、本誌に広告を掲載して頂きたい、下記のとおり広告掲載の募集を行います。

記

1 発行誌の概要

|       |                                                  |
|-------|--------------------------------------------------|
| 発行誌名  | 再生と利用                                            |
| 仕 様   | A4判、本文・広告オフセット印刷                                 |
| 総 頁 数 | 本文 約100頁                                         |
| 発行形態  | 年 4 回発行（創刊 昭和53年）                                |
| 発行部数  | 1,500部                                           |
| 配布対象  | 地方自治体<br>関係官庁（国交省、農水省等）<br>研究機関<br>関連団体（下水道、農業等） |

2 広告掲載料・広告寸法等

| 掲載場所 | サイズ  | 刷色  | 広告寸法      | 紙質          | 広告掲載料<br>（1 回当り） |
|------|------|-----|-----------|-------------|------------------|
| 表 3  | 1 頁  | 4 色 | 縦255×横180 | アート紙        | 150,000円         |
| 後付   | 1 頁  | 1 色 | 縦255×横180 | 金マリ菊/46.5kg | 40,000円          |
| 後付   | 1/2頁 | 1 色 | 縦120×横180 | 金マリ菊/46.5kg | 25,000円          |

※ 表 3 は指定頁になります。原則として 2 回以上の継続掲載とします。  
※ 広告掲載料は、消費税込みの金額です。

3 広告申込方法及び留意事項

- (1) 広告掲載は、本誌の内容に沿った広告に限り行います。
- (2) 広告掲載のお申込みは、掲載月の40日前（4 月発行号に掲載希望の場合は、2 月20日）までに別紙「広告掲載申込書」に広告原稿又は流用広告原稿の写しを添付して、次の 5 に表示の申込先宛にお申し込み下さい。
- (3) 原稿をデータで提出する場合は、データ制作環境（使用OS、アプリケーション、フォント等）を明記のうえ、出力見本を必ず添付して下さい。
- (4) 広告原稿の新規作成又は流用広告原稿の一部修正を依頼する場合は、別紙「広告掲載申込書」にレイアウト案、又は修正指示（流用広告原稿の写しに修正箇所等を明記）をそれぞれ添付して下さい。その際、書体、文字の大

きを指定する等、原稿作成又は修正に必要な事項を明記して下さい。

- (5) 広告原稿の新規作成及び流用広告原稿の一部修正費（デザイン、修正料等）は、広告掲載料とは別に実費をご負担いただきます。
- (6) 本会発行の図書等に掲載した広告に限り、その原稿を流用して掲載することができます。その場合は、別紙「広告掲載申込書」に当該図書名、掲載年月、掲載号等を明記のうえ、原稿の写しを必ず添付して下さい。
- (7) 広告掲載場所は、指定頁以外は原則として申し込み順とさせていただきます。
- (8) 広告申込掲載期間終了後は、その旨通知いたしますが、それ以降の掲載についてご連絡ない場合、または広告申込掲載期間中でも広告掲載料の支払いが滞った場合には、掲載を中止させていただきます。

#### 4 お支払方法等

本誌発行後、広告掲載誌をお送りするとともに、「広告掲載料」及び「広告原稿作成費（広告原稿新規作成及び修正等の場合）」を請求させていただきますので、請求後、1箇月以内にお支払い願います。

なお、送金（振込）手数料は、貴社負担にてお願いします。

#### 5 申込み先及び問合わせ先

広告掲載のお申込み及びお問い合わせ先は、下記の広告業務委託先までお願い致します。

広告業務委託先 (株)LSプランニング（担当：「再生と利用」広告係）  
〒135-0046 東京都江東区牡丹2-2-3-105  
TEL. 03-5621-7850 (代) FAX. 03-5621-7851  
Mail : info@lsweb.co.jp

（参考）

### 「再生と利用」特集企画予定

#### ○第145号（平成26年10月発行予定）

バイオマス利用の事業スキームについて  
バイオマスを用いたカスケード利用について

#### ○第146号（平成27年1月発行予定）

バイオガス固定価格買取制度導入事例  
バイオマス産業都市構想の取組み報告

#### ○第147号（平成27年4月発行予定）

第27回下水汚泥の有効利用に関するセミナー特集

#### 〔第27回下水汚泥の有効利用に関するセミナー開催について〕

##### 期間・会場

| 開催地    | 期間             | 会場       |
|--------|----------------|----------|
| 佐賀県佐賀市 | 11月6日（木）～7日（金） | グランデはがくれ |

## 「再生と利用」広告掲載申込書

公益社団法人 日本下水道協会 御中

(該当箇所にご記入及び○印を付けて下さい。)

|           |                                                                                                                                                              |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 掲 載 希 望 号 | ( ) 号                                                                                                                                                        |
| 掲載場所・サイズ  | 表 3 ・ 後付1頁・後付1/2頁                                                                                                                                            |
| 掲 載 料 金   | 円／回 (消費税込み)                                                                                                                                                  |
| 広 告 原 稿   | 完全原稿 (データ) ・ 新規作成依頼・流用 (一部修正含む)                                                                                                                              |
|           | <p>※広告原稿を流用 (一部修正含む) できる媒体は、次の本会発行の図書等に限ります。</p> <p>「下水道協会誌」 ( 年 月号 )</p> <p>「下水道協会会員名簿」 ( 年度 )</p> <p>「下水道展ガイドブック」 ( 年度 )</p> <p>「下水道研究発表会講演集」 ( 回 年度 )</p> |
| 掲載料納入方法   | 該当月納入 ・ 一括前納                                                                                                                                                 |
| 備 考       |                                                                                                                                                              |

上記のとおり申し込みます。

平成 年 月 日

会 社 ( 団 体 ) 名 ㊞

---

住 所 〒

---

担当者所属・職・氏名 ㊞

---

TEL  
FAX

---

[広告代理店経由の場合に記入]

広 告 代 理 店 名 ㊞

---

住 所 〒

---

担当者所属・職・氏名 ㊞

---

TEL  
FAX

---

# 汚泥再資源化活動

## 144号「再生と利用」編集担当者会議

日 時：平成26年 3 月 3 日

場 所：本会第 3 会議室

出席者：濱田、北折、福田の各委員

議 題：①第143号「再生と利用」編集内容について  
②第144号「再生と利用」編集方針（案）について  
③平成26年度計画について  
④その他・情報交換について

概 要：①第143号「再生と利用」編集内容について  
事務局から資料3のとおり報告し了承された。  
②第144号「再生と利用」編集方針（案）について  
事務局から、資料4のとおり説明を行った。  
第143号については口絵は名古屋市の空見ス  
ラッジセンターを掲載予定とした。  
論説は次世代型ストーカ式焼却方式と消化  
発電システムのLCAとして早稲田大学の永  
田先生と大村助手に依頼した。特集テーマ  
は平成26年度下水汚泥資源利用に関する予  
算及び研究内容とし、国交省をはじめ関係  
団体に執筆をお願いすることとした。研究  
紹介では東京農大の大西先生に水素発酵に  
成果及び、筑波大学の楊先生に光メタン発  
酵について投稿いただくとした。特別報告  
ではJARUSより農業集落排水汚泥の利活用  
事業について投稿いただき、投稿報告では  
熊本市の再生水利用について投稿いただく  
予定である。

③平成26年度計画 について

事務局から、資料5のとおり説明を行った。  
再生水利用の掲載については場内利用、場  
外利用（農業用水利用）も視野に入れて検  
討していくとした。微生物製剤の技術につ  
いてはどこまで実効性のある技術なのか再  
度検証することとした。肥料利用を促進す  
るためには現状の背景（リスク、堆肥設備  
のコスト、流通体系）を認知させるためにも、「再生と利用」で今後も紹介していくべ  
きとした。

④その他・情報交換について

広島市より146号における現場からの声は高

効率脱水機について投稿いただけるものと  
であった。

## 145号「再生と利用」編集担当者会議

日 時：平成26年 4 月25日

場 所：本会中会議室

出席者：津森、西田、工藤、福田、崎野の各委員

議 題：①第144号「再生と利用」編集内容について  
②第145号「再生と利用」編集方針（案）に  
ついて  
③平成26年度計画について  
④その他・情報交換について

概 要：①第144号「再生と利用」編集内容について  
事務局から資料3のとおり報告し了承された。  
②第145号「再生と利用」編集方針（案）に  
ついて

事務局から、資料4のとおり説明を行った。  
口絵は長岡市の生ごみメタン発酵施設を掲  
載予定とした。

論説はバイオエネルギーの展望等について  
鳥取環境大学の横山先生手に依頼した。

特集テーマは下水汚泥利用にかかる事業ス  
キーム及びカスケード利用の予定であるが、  
取り上げる題材が他バイオマス（畜産系や  
生ごみ等）が主体となるため「下水汚泥」の  
言葉は外すことで検討する。国土技術政策  
総合研究所の投稿論文の掲載区分について  
は事務局が査読時に判断することとし、投  
稿報告では芥北町の堆肥化の取り組みにつ  
いて投稿いただく予定である。特集テーマ  
がカスケード利用であれば、思想的・一貫性  
を考慮した場合、高知大学の藤原先生にカ  
スケード型資源循環システムを「論説」に  
投稿いただくとした。

③平成26年度計画 について

事務局から、資料5のとおり説明を行った。  
今年11月に佐賀市での開催予定の下水汚泥  
有効セミナーの予告紹介を行う。福岡市の  
バイオガスからの水素製造取組みの紹介時  
期については共同研究先と検討することと  
した。

④ その他・情報交換について

下水汚泥肥料を用いたレシピブックの紹介

を検討する。また、電通総研等に「食と下水道」について投稿いただけるか検討いただくとした。

### 第3回下水汚泥由来肥料利用小委員会

日 時：平成26年 5 月22日

場 所：本会中会議室

出席者：藤原主査、渡辺副主査、端谷、山根（代理）、岡、桜井、岩崎、井上、杉山、岡本、山田、菅原、引地の各委員

議 題：①前回議事の確認

②ヒアリング・アンケート結果について

③目次構成（案）及び箱書き（案）について

④平成25年度窒素肥効試験に関する調査結果及び平成26年度調査計画について

⑤参考資料について

⑥今後のスケジュールについて

概 要：①前回議事の確認

事務局から資料1のとおり説明を行い承諾された。

②アンケート・ヒアリング結果について

事務局から資料2、資料3、資料4のとおり説明を行った。

自治体向けアンケート結果については、自治体がどこに対しアプローチをかけることが肥料利用に対して有効か示すべきとした。メーカー向けアンケート結果については、メーカーから自治体に対する協力体制のあり方を整理すべきとした。団体向けアンケート結果の重金属に対する意識については最新の情報を提供すべきとした。

③目次構成（案）及び箱書き（案）について事務局から資料5、資料6のとおり説明を行った。

下水汚泥の肥効性データと重金属推移データについては出典年度の整合とすべきとの意見があった。

④平成25年度窒素肥効試験に関する調査結果及び平成26年度調査計画について

事務局から資料7のとおり説明を行った。

調査結果が良好であった甲府コンポストはその事業を取止めているが、下水道サイドのPRは今後とも進めていくべきと考えられるため、マニュアルではそのあたりどう情報発信させていくか検討要である。

⑤参考資料について

事務局から参考資料7のとおり説明を行った。

高知県では下水汚泥をセメント会社やコン

ポスト会社へ委託処分しており、それぞれへヒアリングを行って引渡し後のトレーサビリティを行っているケースとのことでの紹介を行った。

⑥今後のスケジュール

事務局から資料8のとおり説明を行った。

下水汚泥利用促進検討調査専門委員会は7月4日、次回小委員会は9月の開催予定とする。

### 第3回下水汚泥エネルギー利用小委員会

日 時：平成26年 5 月23日

場 所：フォーラムミカサエコ

出席者：姫野主査、竹内副主査、安陪、池田、大森、村井、八嶋、村岡、中村（代理）、緒方、日高、碓井、角田、高田の各委員

議 題：①前回議事の確認

②ヒアリング・アンケート結果について

③目次構成（案）及び箱書き（案）について

④参考資料について

⑤今後のスケジュールについて

概 要：①前回議事の確認

事務局から資料1のとおり説明を行い承諾された。

②アンケート・ヒアリング結果について

事務局から資料2、資料3、資料4のとおり説明を行った。

固形燃料化アンケートについては、製紙業界が辞退したが全体のアンケート結果に対しては影響ないこととしてとりまとめることとした。その他、電気事業連合会とセメント業界の回答結果の相違については別途解析することとした。ガス発電のFIT導入にかかるアンケートについては今回行っていないが、導管注入と比較し普及が見込まれる事項であるため箱書きにはその取組み事例等を盛り込むこととした。

③目次構成（案）及び箱書き（案）について事務局から資料5、資料6のとおり説明を行った。

固形燃料化については炭化だけでなく乾燥等の他の技術も記載することとした。各図表の出典及び、処理規模ごとの発電量等についても記載することとした。また導入事例についてはその内容の統一性がとれるようまとめ直すこととした。

④参考資料について

事務局から参考資料7のとおり説明を行った。

## ⑤今後のスケジュール

事務局から資料7のとおり説明を行った。  
下水汚泥利用促進検討調査専門委員会は7月4日、次回小委員会は9月の開催予定とする。

**第3回下水汚泥建設資材利用小委員会**

日 時：平成26年5月30日

場 所：フォーラムミカサエコ

出席者：服部主査、小池副主査、端谷、石田、永井、  
稲葉、菅原、高部、島田、島、細川の各委員

議 題：①前回議事の確認

②ヒアリング結果について

③目次構成（案）及び箱書き（案）について

④参考資料について

⑤今後のスケジュールについて

概 要：①前回議事の確認

事務局から資料1のとおり説明を行い承諾された。

②アンケート・ヒアリング結果について

事務局から資料2のとおり説明を行った。

改良土の記載において、土壤環境基準遵守の明記のあり方については留意が必要であるとの意見があった。コストについてはイニシャル・ランニング及び販売コスト等を区分けして明記できるかを検討することと

した。ある都市では炉の寿命の関係で溶融スラグ利用は縮小する方向であり、このあたり全国のスラグ生産量の推移をトレンドデータ等で示すこととした。

③目次構成（案）及び箱書き（案）について

事務局から資料3、資料4のとおり説明を行った。

名古屋市では石灰系焼却灰の使用については停止しており、無収縮モルタルについても実績がないため事例紹介の記載の際はその旨明記することとする。また骨材（焼却灰）の記載は溶融スラグも追記するものとし、各有効利用技術の実績率についてはその実績年度も調査することとした。また、路盤材等有効利用率の高い自治体についてもその実態調査することとした。

④参考資料について

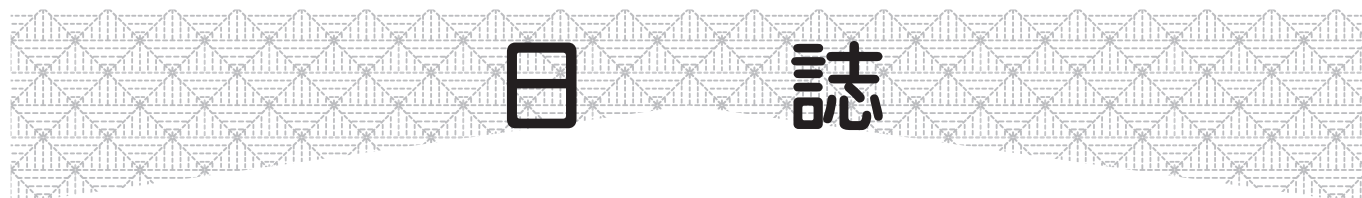
事務局から参考資料7のとおり説明を行った。

高知県の有効利用取組みについては住民参加型であることに留意することとした。

⑤今後のスケジュール

事務局から資料5のとおり説明を行った。

下水汚泥利用促進検討調査専門委員会は7月4日、次回小委員会は9月の開催予定とする。



|               |                     |            |
|---------------|---------------------|------------|
| 平成26年 3 月 3 日 | 第144号「再生と利用」編集担当者会議 | 本会第3会議室    |
| 平成26年 4 月25日  | 第145号「再生と利用」編集担当者会議 | 本会中会議室     |
| 平成26年 5 月22日  | 第3回下水汚泥由来肥料利用小委員会   | 本会中会議室     |
| 平成26年 5 月23日  | 第3回下水汚泥エネルギー利用小委員会  | フォーラムミカサエコ |
| 平成26年 5 月30日  | 第3回下水汚泥建設資材利用小委員会   | フォーラムミカサエコ |

## 次号予告

（題名は執筆依頼の標題ですので  
変更が生じることもあります）

論 説：「下水汚泥の利用促進に向けて～農業地域の面的  
水管理・カスケード型資源循環システムから考える～」

特 集：バイオマス泥利用の事業スキームについて&バイオ  
オマスを用いたカスケード利用について  
「ごみ焼却・バイオガス化複合施設のD B O事業  
について」  
「下水汚泥の炭化処理による成形炭の製造について」  
「下水汚泥堆肥化の取り組みと利用状況について」  
「山田バイオマスプラント（牛ふん、稲わら、も  
み殻のメタン発酵＋液肥利用）」  
「メタン発酵消化液に含まれる窒素形態の変化と  
作物栽培への影響」  
「日田市バイオマス資源化センターの取り組みにつ  
いて」

研究紹介：「下水汚泥焼却灰とフライアッシュの混合物の窒  
素雰囲気焼成による軽量セラミックスの作製」

講 座：エネルギー化技術の最新動向について  
「PSAによるバイオガス精製による取組事例」  
「ポリイミド系気体分離膜を用いたバイオガス精  
製技術」  
「鋼板製消化タンクの実証結果報告」

特別報告：「地域における資源・エネルギー循環拠点としての  
下水処理場の技術的ポテンシャルに関する研究」

投稿報告：「荅北町における下水汚泥堆肥化の取組みについて」  
「池の川終末処理場消化ガス発電の取組みについて」

報 告：「ホーチミン市下水汚泥処理の現状と課題」

そ の 他：会報、行事報告、次号予告、関係団体の動き

## 図書案内

## 「下水試験方法－2012年版－」（上巻・下巻）

上巻 A4版 頁数：819頁 CD-ROM付 頒価：16,500円（日本下水道協会会員頒価：11,000円）  
 下巻 A4版 頁数：562頁 CD-ROM付 頒価：11,500円（日本下水道協会会員頒価：7,500円）  
 上下巻セット 頒価：28,000円（日本下水道協会会員頒価：17,000円）

本書は「下水試験方法－1997年版－」を改定したものです。

「第1編 共通事項」には、これまで有機物の理化学試験、重金属の理化学試験に記載のあった機器分析法や生物学的試験にあった器具類をまとめて記載したほか、高速液体クロマトグラフ質量分析法、キャピラリー電気泳動法を追記するとともに、自動計測機器、簡易分析についても記載しました。「下水試験方法－1997年版－」の第2編第3章「活性汚泥試験」、第4章「一般汚泥試験」、第5章「下水ガス試験」と第5編第2章第2節「汚泥含有量試験」、第3節「汚泥溶出試験」を、各試験の特徴を踏まえて「第4編 反応タンク試験」、「第5編 汚泥・ガス試験」に再編しています。

生物学的試験は分冊の要望が多かったため、下巻第6編として独立させました。「資料」には、規制項目と検定方法の関係、関係法令、関係JISの一覧等が収めてあります。

| ＜上 巻 目 次＞                                                 | 主な改定点                                              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 第1編 共通事項                                                  | 委託時の精度管理，LC/MS，流れ分析，水質事故の対応の追加，自動分析機器，簡易分析の整理・充実等。 |
| 第2編 一般及び有機物等の水質試験                                         | 節ごとに試験法一覧表を表示，1,4-ジオキサン，ダイオキシン類の追加，内分泌攪乱化学物質の充実等。  |
| 第3編 重金属等の理化学試験                                            | 前処理手法の充実，銀，ウラン，タングステン，ビスマスの追加。                     |
| 第4編 反応タンク試験                                               | 反応タンク内混合液の溶存酸素，総括酸素移動容量係数の充実。                      |
| 第5編 汚泥・ガス試験                                               | 汚泥沈降試験，汚泥処理返流水の試験，硫化水素，シロキサン，一酸化二窒素の追加。            |
| CD-ROM<br>（フローチャート，下水試験方法（追補暫定版）<br>内分泌攪乱化学物質編 2002年版，資料） | 水質試験の代表的フローチャート，内分泌攪乱化学物質編（追補暫定版）及び下巻の「資料」を収納。     |

| ＜下 巻 目 次＞              | 主な改定点                                                |
|------------------------|------------------------------------------------------|
| 第6編 生物学的試験             | 顕微鏡観察による検索方法，大腸菌試験の詳細，同化性有機炭素(AOC)試験の追加，分子生物学的試験の充実。 |
| 資 料                    | 制定・改正された関係法令等の追加，JISとの対応の明確化。                        |
| CD-ROM（生物処理に関与する微生物図鑑） | 形態，環境条件，名前で検索できる微生物図鑑に写真，動画を収録。出現環境と対策についても記述。       |

なお、正誤表を協会ホームページ（<http://www.jswa.jp/publications/correction>）に掲載しております。併せてご参照下さい。

問合せ先 （公社）日本下水道協会 技術研究部技術指針課  
 電話 03-6206-0369  
 FAX 03-6206-0796

# 編集後記

東日本大震災等を踏まえ「下水道施設の耐震対策指針と解説－2014－版」を5月に改訂しました。改定に合わせて、説明会を全国4会場で行い、当初の募集人員の倍以上の方にご参加いただきましたが、参加をお断りするほどの状況でした。今回の改定は、東日本大震災等を踏まえ2006年版以来の改定であり、下水道施設の耐津波対策の基本的な考え方や既存施設における段階的な耐震性能の設定などを新たに位

置付けております。迫りくる災害に備え地震・津波対策が大きく進展することを願っております。

さて、本号から新たに「エネルギー技術の最新動向について」と題した講座を開設します。講座は、4回の予定で、低炭素・循環型社会の構築等近年の社会的要請などを踏まえて開設するもので、最新の技術を含む下水道施設を利用した取り組み事例を紹介していけたらと考えております。(M8)

## 「再生と利用」編集委員会委員名簿

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| 委員長 | 日本大学大学院教授・東北大学名誉教授                        |
| 委員  | 秋田県立大学生物資源科学部教授                           |
| 委員  | 長岡技術科学大学准教授                               |
| 委員  | 国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道企画課資源利用係長            |
| 委員  | 独立行政法人土木研究所材料資源研究グループ上席研究員（リサイクル）         |
| 委員  | 地方共同法人日本下水道事業団技術戦略部課長代理                   |
| 委員  | (公財)日本下水道新技術機構資源循環研究部副部長                  |
| 委員  | (独)農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター水田作研究領域主任研究員 |
| 委員  | (独)農業環境技術研究所土壌環境研究領域長                     |
| 委員  | (一財)日本土壌協会参与土壌部長兼広報部長                     |
| 委員  | 札幌市建設局下水道施設部豊平川水処理センター管理係長                |
| 委員  | 山形市上下水道部浄化センター水質係長                        |
| 委員  | 東京都下水道局計画調整部技術開発課技術開発主査                   |
| 委員  | 横浜市環境創造局下水道施設部栄水再生センター長                   |
| 委員  | 名古屋市上下水道局技術本部計画部技術管理課主査（水質系技術開発）          |
| 委員  | 大阪市建設局下水道河川部水環境課担当係長                      |
| 委員  | 広島市下水道局管理部管理課水質管理担当課長                     |
| 委員  | 福岡市道路下水道局下水道施設部施設管理課長                     |

(順不同・敬称略)

(26.6.1現在)

|       |
|-------|
| 野池達也  |
| 尾崎保夫  |
| 姫野修司  |
| 安陪達哉  |
| 津森ジュン |
| 島田正夫  |
| 落修一   |
| 西田瑞彦  |
| 川崎晃男  |
| 仲谷紀男  |
| 濱田敏裕  |
| 工藤守之  |
| 冠城敏一  |
| 広武賢一  |
| 杉江淳二  |
| 西本裕二  |
| 福田佳之  |
| 崎野寛   |

## 「再生と利用」

Vol. 38 No. 144 (2014)

平成26年7月31日 発行

(平成26年第1)

発行所 公益社団法人 日本下水道協会

〒101-0047 東京都千代田区内神田2-10-12

(内神田すいすいビル5～8階)

電話 03-6206-0260 (代)

FAX 03-6206-0265



## 再生と利用

公益社団法人 日本下水道協会

〒101-0047 東京都千代田区内神田2-10-12 (内神田すいすいビル5～8階)  
TEL03-6206-0260 (代表) FAX03-6206-0265