

再生と利用

2012 Vol. 36

No. 136

主要目次

- 口絵 ホームページ「下水汚泥のリサイクル」のご案内
- 巻頭言 下水道資源の有効利用の新たな展開……………片平 靖
- 論説 下水汚泥利用法の多角化による下水処理場のバイオマスパーク化構想……………蒲原 弘継／佐合 悠貴／熱田 洋一／大門 裕之

特集 平成24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24年度下水道事業関連予算の概要について……………西迫 里恵
農林水産省におけるバイオマスの総合利用推進の方針について……………佐藤 京子
土木研究所リサイクルチームにおける下水汚泥利用に関する研究……………日高 平／浅井 圭介／内田 勉
日本下水道事業団における汚泥の処理・有効利用に関する調査研究の概要……………島田 正夫
資源循環研究部における技術開発について……………石田 貴

- Q&A 下水汚泥肥料等の緑農地利用について……………濱田 敏裕
汚泥処理コストを削減するために……………「再生と利用」編集委員会事務局

- 現場からの声 消化ガス発電事業の運用実績について……………水上 啓
- 文献紹介 下水汚泥中の銅と亜鉛の分布、形態分画および可給性に関する複数の手法による検討……………川崎 晃
下水汚泥を用いた酢酸生成促進のための2段式水熱反応の評価……………水田健太郎

- 講座 「下水汚泥の緑農地利用」講座開設に当たって……………「再生と利用」編集委員会事務局

- 特別報告 災害廃棄物の処分・有効利用について……………山本 英生

- 投稿報告 バイオガス精製技術と先進的なバイオガス(再生可能エネルギー)有効利用の取組み……………土谷 聡
担体充填型高速メタン発酵によるバイオマスエネルギー回収・有効利用技術の開発……………清水 康次／森 豊／島田 正夫／水田健太郎

- コラム もっと元素を調べておこうよ……………木村 和彦

- 報告 嫌気性消化プロセス導入支援ツールの開発について……………「下水汚泥エネルギー利用調査委員会」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

ホームページ 「下水汚泥のリサイクル」のご案内

<http://www.jswa.jp/recycle/>

(公社)日本下水道協会のホームページに
「下水汚泥のリサイクル」のサイトを開設しています。

このサイトからは、下水汚泥の有効利用に関する情報や統計データをはじめ、本誌『再生と利用』のバックナンバーや汚泥有効利用に関する海外向けパンフレットを発信しています。

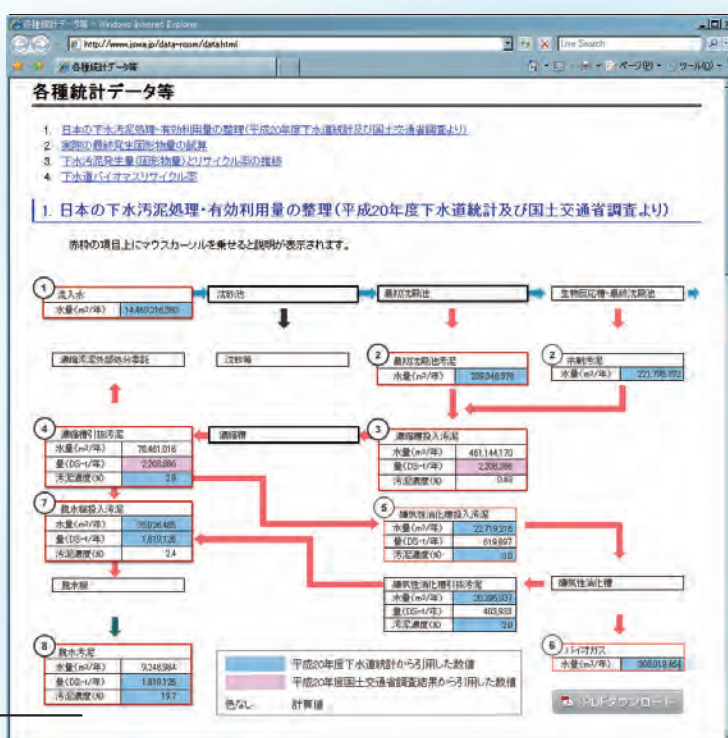
協会HP トップページ
(<http://www.jswa.jp/>)
下端左のバナー📌をクリック

下水汚泥のリサイクル

各種統計データ等

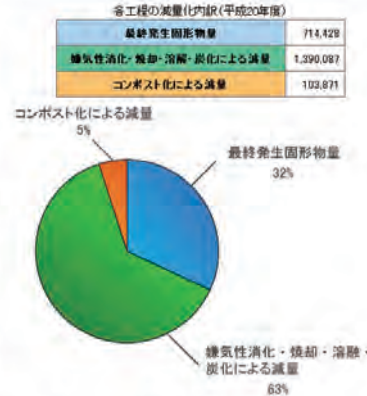
「各種統計データ等」では、全国レベルの固形物収支については、全国を一つの下水処理場に見立てた表現とし、また、下水汚泥に関する主なデータについては解説を加えて発信しています。

○日本の下水汚泥処理・有効利用量の整理



2. 実際の最終発生固形物量の試算

発生固形物量と最終形態固形物量(平成20年度)		
発生固形物量 (濃縮汚泥ベース) (DS-1/年)	最終形態固形物量 (DS-1/年)	
生活汚泥	14	14
濃縮汚泥	5	5
敷水汚泥	187,855	163,979
移動敷水汚泥	356	356
コンポスト	238,155	134,284
乾燥乾燥汚泥	53,856	53,856
天日乾燥汚泥	1,329	1,329
炭化汚泥	5,494	4,292
焼却灰	1,510,891	912,754
溶融スラグ	210,431	43,559
合計	2,208,386	714,428



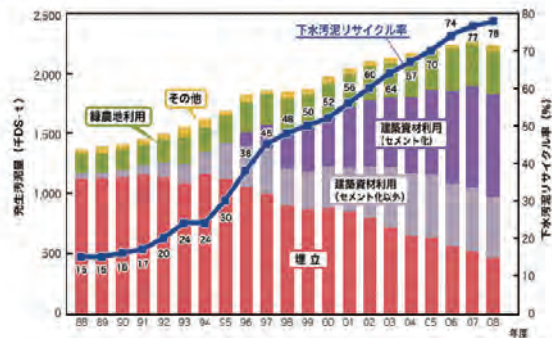
※「日本の下水汚泥処理・有効利用の整理」を参考に、脱水汚泥の約91%を嫌気性消化と脱水汚泥とする。
 ※「日本の下水汚泥処理・有効利用の整理」を参考に、嫌気性消化による固形物減少率を約41%とする。
 ※濃縮汚泥有機物含有率：79.3%(平成20年度下水道統計)
 ※コンポスト化の有機物分解率：55%(「下水汚泥のコンポスト化技術」に関する技術調査(昭和61年) 日本下水道事業団技術開発本部)
 ※未消化汚泥VDS:未消化汚泥炭化物VDS=0.724(「下水汚泥固形物処理システムの技術評価」に関する報告書 平成20年3月日本下水道事業団より試算)

下水処理工程から発生する固形物量は、約221万(DS-1/年)であるが、汚泥処理工程において、嫌気性消化、コンポスト化、焼却もしくは溶融処理を受けることにより、その固形物量は減少する。
 国土交通省調査による濃縮汚泥ベースでの発生固形物量(約221万DS-1/年)の最終形態別データより、実際の最終発生固形物量を試算した。
 脱水汚泥、コンポスト、焼却灰、溶融スラグなど、最終的に埋立処分もしくは有効利用される固形物量は、約714,000(DS-1/年)であり、発生固形物量の約32%である。

本号の「報告」で掲載している「消化プロセス導入支援ツール」は、サイト内「エネルギー利用」から利用できます。

○実際の最終発生固形物量の試算

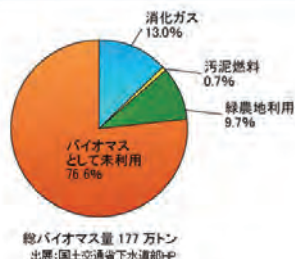
3. 下水汚泥発生量(固形物量)とリサイクル率の推移



- 昭和63年度(1988年度)の下水道処理人口普及率は、40%であったが、平成20年度(2008年度)は、72.7%まで増加した。これに呼応して下水汚泥発生量も増加し、平成20年度の下水汚泥発生量は、約221万(DS-1/年)である。
- 昭和期においては、下水汚泥は最終的に埋立処分されるのが一般的であり、リサイクルとしては、主にコンポストや乾燥汚泥としての緑地利用が主であった。
- 産業廃棄物処理場の逼迫が顕在化したことを背景に、平成8年度(1993年度)に下水道法が改正され、下水道管理者に対し発生汚泥量の減量化義務規定が盛り込まれた。以降、セメント原料化を中心としたリサイクル量が急激に増加した。
- 平成20年度の実績では、下水汚泥リサイクル率76%の内の、主なリサイクル用途は、緑地利用(13.8%)、建設資材利用(セメント化)(40.3%)、建設資材利用(セメント化以外)(22.6%)、固形燃料化(0.7%)である。

○下水汚泥発生量(固形物量)とリサイクル率の推移

4. 下水道バイオマスリサイクル率



○下水道バイオマスリサイクル率

口
絵

ホームページ「下水汚泥のリサイクル」のご案内

巻
頭
言

下水道資源の有効利用の新たな展開片平 靖.....(5)

論
説

下水汚泥利用法の多角化による下水処理場のバイオマスパーク化構想
.....蒲原 弘継／佐合 悠貴／熱田 洋一／大門 裕之.....(6)

特集 平成24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24年度下水道事業関連予算の概要について西畑 里恵.....(11)
農林水産省におけるバイオマスの総合利用推進の方針について佐藤 京子.....(15)
土木研究所リサイクルチームにおける下水汚泥利用に関する研究
.....日高 平／浅井 圭介／内田 勉.....(18)
日本下水道事業団における汚泥の処理・有効利用に関する調査研究の概要 …島田 正夫.....(22)
資源循環研究部における技術開発について石田 貴.....(26)

Q
&
A

下水汚泥肥料等の緑農地利用について濱田 敏裕.....(31)
汚泥処理コストを削減するために「再生と利用」編集委員会事務局.....(33)

現
場
か
ら
の
声

消化ガス発電事業の運用実績について水上 啓.....(35)

文
献
紹
介

下水汚泥中の銅と亜鉛の分布、形態分画および可給性に関する複数の手法による検討
.....川崎 晃.....(39)
下水汚泥を用いた酢酸生成促進のための2段階式水熱反応の評価水田健太郎.....(40)

講座

「下水汚泥の緑農地利用」講座開設に当たって……………「再生と利用」編集委員会事務局……(41)

特別報告

災害廃棄物の処分・有効利用について……………山本 英生……(45)

投稿報告

バイオガス精製技術と先進的なバイオガス（再生可能エネルギー）有効利用の取組み
……………土谷 聡……(50)

担体充填型高速メタン発酵によるバイオマスエネルギー回収・有効利用技術の開発
……………清水 康次／森 豊／島田 正夫／水田健太郎……(59)

コラム

もっと元素を調べておこうよ……………木村 和彦……(65)

報告

嫌気性消化プロセス導入支援ツールの開発について
……………「下水汚泥エネルギー利用調査委員会」事務局……(66)

資料

おしらせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）……………(72)

汚泥再資源化活動……………(76)

日誌・次号予告・編集委員会委員名簿……………(77)

編集後記……………(79)

巻 頭 言

下水道資源の有効利用の新たな展開

広島市下水道局長

片 平 靖



広島市は中国山地を背に緑豊かな山々に囲まれ、太田川をはじめ幾筋もの川が、多島美を誇る波穏やかな瀬戸内海にそそぐ自然環境に恵まれた街です。

本市の市街地には6本の美しい川が流れることから「水の都ひろしま」とも呼ばれ、16世紀末に毛利輝元が太田川の扇状地に広島城を築いて以来、城下町として整備され、干拓と埋立によって都市として発達してきました。「広島」の由来は、毛利輝元が築城時に太田川河口の扇状地が大きな島に見えたことから命名したといわれています。

しかし、「水の都」であるが故に、満潮水面以下の扇状地と埋立地の上に整備された大半の市街地は、自然排水が極めて困難で、汚水の停滞や大雨や高潮といった際には市街地の至る所で浸水するなど、昔から排水の問題に悩まされてきました。そのため、明治41年（1908年）から下水道事業を開始しましたが、昭和20年（1945年）8月6日の原子爆弾で市内中心部は廃墟と化し、下水道施設も壊滅的な被害を受けました。その後、戦災復興区画整理事業に合わせ、昭和26年（1951年）にゼロからの再スタートを切り、以後昭和44年（1969年）に本市で最初の高級処理を開始し、平成16年（2004年）に市街化区域内の污水整備を概ね完了しました。平成23年度（2011年度）末の下水道人口普及率は93.4%となり、雨水排除のためのポンプ場は51を数えます。

広島市では、水と緑の豊かな住みよい「広島」を次世代に引き継ぐため、より快適な生活環境の整備と災害に強いまちづくりを推進するとともに、持続可能な循環型社会の構築に向けて取り組んでいます。

そうした観点から、現在、下水道資源の有効利用に力を注いでいます。具体的には、処理場で汚泥の消化により発生したメタンガスを消化ガス発電と管理棟の空調に利用していますし、下水汚泥については、コンポスト化やセメントの材料としてリサイクルに取り組んできており、本年4月からは西部水資源再生センターにおいて汚泥燃料化施設を稼働しました。

この汚泥燃料化施設では、低温炭化とよばれる新しい技術により製造した燃料製品を火力発電所に供給し、石炭と混焼しています。従来の炭化技術と比較して低温域で炭化することにより炭化物の高発熱量化を図り、石炭混焼燃料としての価値を高めるものです。また、他の方法に比べ温室効果ガス発生量を大幅に減じることできます。あわせて炭化の過程で使用する燃料に消化ガスを用い、そこで発生する熱は消化槽の加温に再利用するなど、新たなエネルギーを創り出すとともに、省エネルギー化や地球温暖化対策、処理コストの削減といった多面的な効果が期待できます。

このように本市では、下水汚泥の燃料化やコンポスト化、セメント資源化の三本柱で汚泥の有効利用率100%を達成しましたが、今後は需要も見据え、確立される新技術にも注視しつつ、新たな下水汚泥の持つエネルギー利用にも取り組んでいきたいと考えております。

このような取り組みが全国的に広まるとともに、下水汚泥だけでなく下水道資源全体の幅広い有効利用が展開されることにより、下水道事業者としてエネルギー対策や地球温暖化対策に貢献できることを切に期待します。

論 説

下水汚泥利用法の多角化による 下水処理場のバイオマスパーク化構想

豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 環境・生命工学専攻

研究員 蒲原 弘 継
特任助教 熱田 洋 一

研究員 佐合 悠 貴
准教授 大門 裕 之

キーワード：嫌気性消化、肥料化、食料生産、バイオマスパーク、社会システム改革

1. はじめに

我が国において最初の下水処理場が東京の三河島に建設されて90年が経つ。その間、下水処理技術は発達を遂げ、公衆衛生の向上および公共用水域の水質保全の役割を担ってきた。現在に至っては、我が国における污水处理人口普及率は85%を超えている¹⁾。一方、下水処理の過程において下水汚泥が約220万トン（濃縮汚泥ベース、乾物量）発生しており、その大半は埋め立てや焼却処理されている状況にある²⁾。下水処理場で発生する下水汚泥はリンやカリウムなどの作物栄養素を含んでいるとともに、炭化や嫌気性消化によるエネルギーとしての利用も可能である。近年、地球温暖化対策や循環型社会の形成に向け下水汚泥の有効利用が期待されている。さらに、2011年3月11日の東日本大震災を受け、再生可能エネルギーへの期待や震災対策へのニーズは非常に高まっている。このような背景から下水処理場が担う社会的な役割も変わりつつある。

本稿では、豊橋技術科学大学において平成23年度文部科学省科学技術戦略推進費「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」として採択された「バイオマス・CO₂・熱有効利用拠点の構築」について紹介するとともに、今後の研究課題や事業実現のための規制の隘路について展望する。

2. バイオマス・熱・CO₂ 有効利用拠点の概要と研究課題

(1) プロジェクトの概略

本プロジェクトにおいて実証試験の場となる豊川浄化センターは豊橋市の北西に位置し、豊橋市をはじめ、近接する豊川市、蒲郡市、新城市の下水（日平均73,741 m³）を処理している広域下水処理場である。本プロジェクトでは、豊川浄化センターにおいて発生している下水汚泥および地域内の様々なバイオマスを利用し、図1に示すように下水処理場をバイオマスパーク化する実証試験を行う計画である。具体的には、下水処理場で発生した汚泥を水熱反応により処理し、その後、嫌気性消化槽（容積：2 m³ × 2）に可溶化した汚泥を投入する。嫌気性消化槽から発生する消化液の内、固形分は吸引式堆肥化装置を用いて肥料化し、バイオガスは気体溶解装置によりメタンと二酸化炭素（CO₂）を分離する。分離したメタンを都市ガスと混焼させ発電し、熱および電力を生成する。さらに、混焼時に発生した二酸化炭素を作物栽培施設（500 m²）において光合成促進剤として用いる。一方、CO₂が溶解した水は、海藻養殖場において海藻の光合成促進剤として用いる。このように、下水汚泥の嫌気性消化により発生する生成物を多角的に利用することにより、再生可能エネルギーであるバイオガスの生産、震災対策としての

個別電源の確保、枯渇性資源であるリンを含む肥料の生産が行え、さらに、作物栽培施設や海藻養殖場において安定した食料生産が可能になることが期待

される。次節に各要素技術の概略と今後の研究課題について示す。

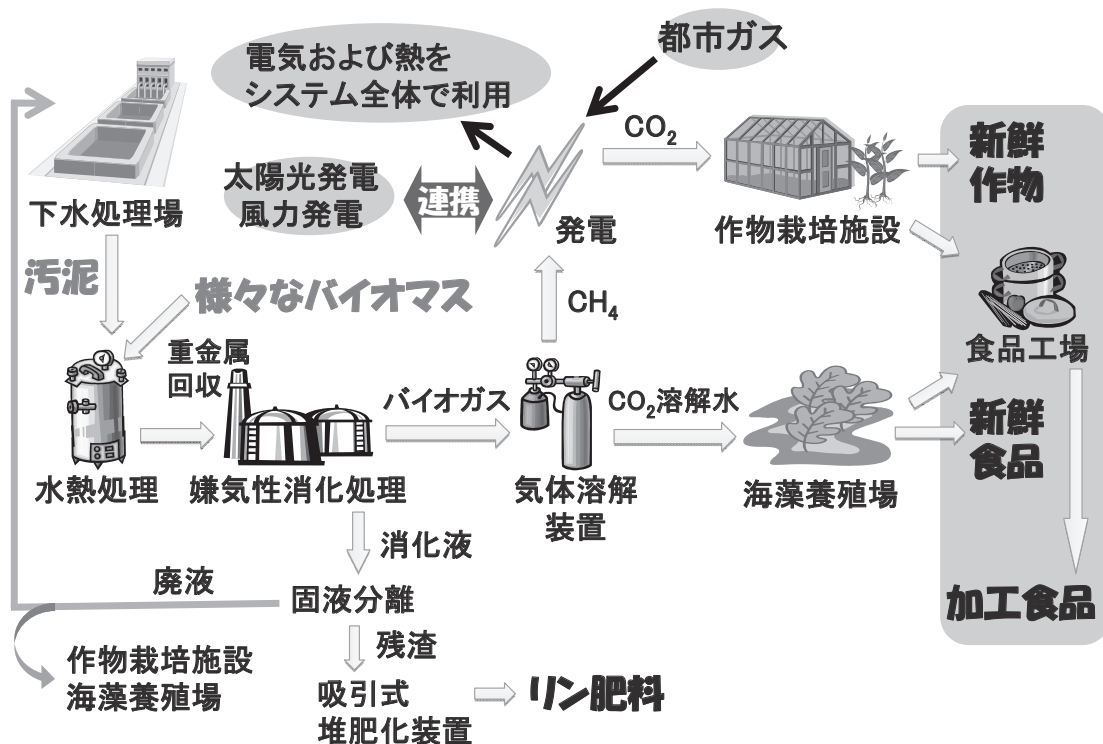


図1 本プロジェクトにおいて取り組むバイオマスパーク化の概略図
(2012年5月末日現在)

(2) 水熱処理による下水汚泥の嫌気性消化および肥料化

下水汚泥のエネルギー利用方法の一つとして、汚泥からのエネルギー回収および減量化が可能な嫌気性消化処理が注目されている。しかし、下水汚泥に対する嫌気性消化処理は有機物の分解率が低く、バイオガスの回収量が低いという課題がある。また、ガス化されなかった有機物は消化液として排出され、その処理にもエネルギーを費やすことになる。

そこで、水熱反応による下水汚泥の可溶化技術が注目されている。その特徴を図2に示す。水熱反応は高い加水分解能を有し、汚泥中の有機物を可溶化させ、嫌気性消化処理における消化効率を向上させることが可能である。また、水熱反応によって、従来は取り扱うことができなかった固形分濃度が高く高粘度の汚泥でも低粘度化させることが可能である。さらに、この低粘度化によって、通常は嫌気性消化槽で円滑な攪拌混合が困難な高濃度汚泥でも効率良く攪拌させることができる。このように効率よく嫌気性消化処理した消化液はリンや窒素などの肥効成分が濃縮され、消化液の高品位肥料化も期待できる。

一方、発生する廃液も作物栽培施設および海藻養殖場において利用できる可能性がある。

本プロジェクトでは、下水汚泥の他に生ごみなどの様々なバイオマスも取り扱う。既に、神戸市や大阪市等の下水処理場において、生ごみと下水汚泥の混合処理が行われている事例がある。しかしながら、水熱処理を施した下水汚泥と生ごみの混合処理については事例がないため、反応条件等についての検討が必要である。

(3) 省エネルギー型作物栽培施設の実証

近年、食料生産の安定化および生産性向上の観点から施設栽培が盛んに行われている。オランダの施設栽培におけるトマト栽培の収量は、高度な施設内環境の管理により $60 \text{ kg/m}^2/\text{年}$ にも達している³⁾。しかしながら、日本における施設栽培においては $20 \text{ kg/m}^2/\text{年}$ 程度である。特に、 CO_2 を施設内に施肥することは植物の光合成を促進させ、収量の増加に有効である。したがって、夏の高温多湿な気候に対応するなど、日本の気候に適した施設内環境の管理により日本においても収量を向上することは可能であると考えられる。

また、こうした施設内環境の管理は、現在、注目されている植物工場において盛んに取り入れられている。植物工場は光、温度、湿度、CO₂ 濃度、培養液条件など植物の生育に影響を与える主要な環境条件を人為的

に制御し、季節や天候に左右されることなく、安定的に野菜、花および苗などの生産を行う施設である。光源として何を利用するかによって太陽光利用型植物工場と完全制御型植物工場に大別される。しかしながら、

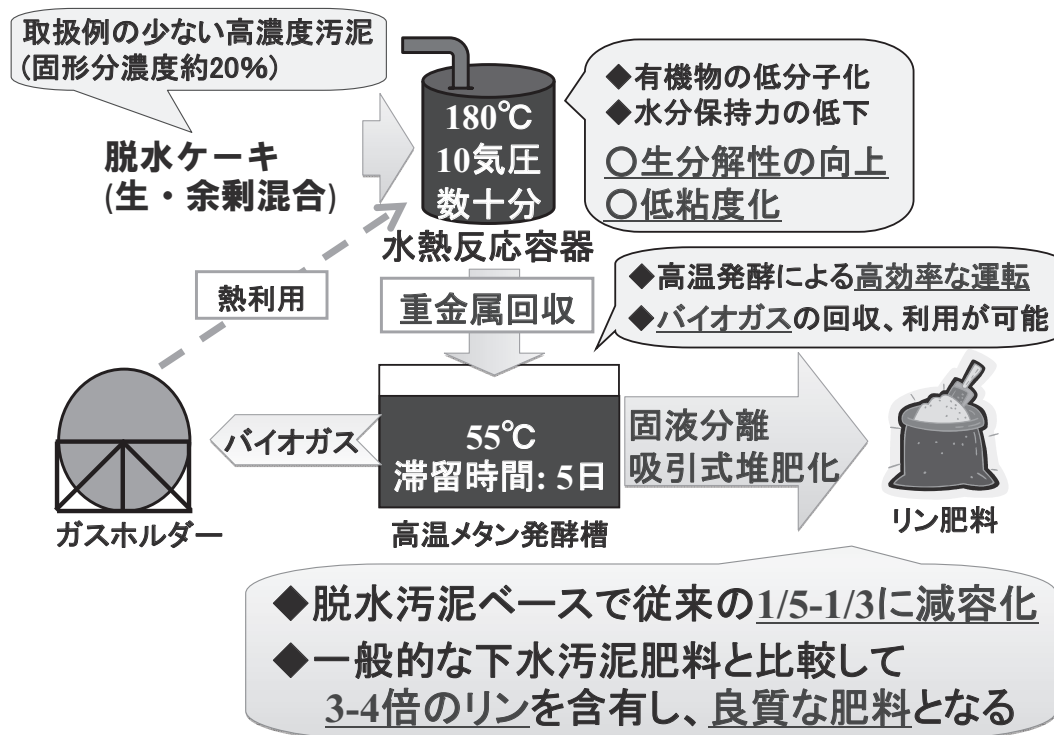


図2 水熱反応と嫌気性消化処理および肥料化プロセスの特徴

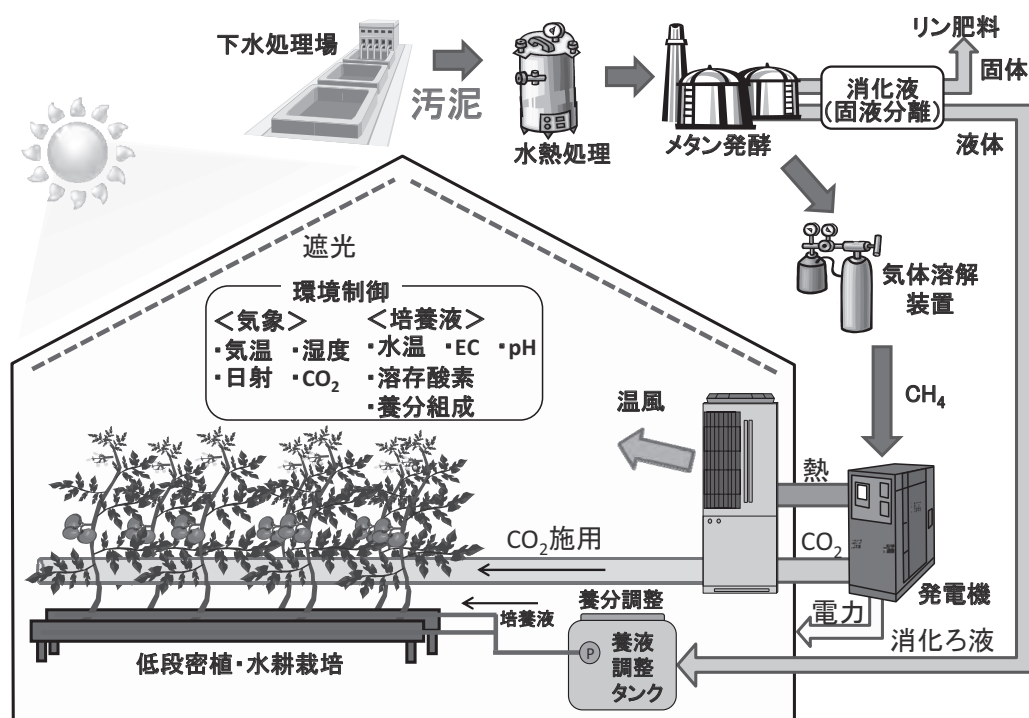


図3 省エネルギー型作物栽培施設の概要

高度な植物工場では、施設内の環境調節のための冷暖房などに多量のエネルギーを消費する必要がある。

これらの背景から、本プロジェクトで計画している作物栽培施設は従来の太陽光を利用した施設栽培に植物工場的な高度環境制御技術を導入する(図3)。さらに、下水汚泥の嫌気性消化処理から得られるメタンを発電に用いた後に発生するCO₂と熱を施設内での環境制御に利用し、省エネルギー化に努めたトマトの低段密植・養液栽培を行い、多収量化を目指す。

(4) CO₂ 利用型海藻養殖場の実証

本プロジェクトにおける実証事業では、バイオガスを気体溶解装置により精製する際に、CO₂ 溶解水が発生する。このCO₂ 溶解水の利用先としては、藻

類の生産が考えられる。近年では、食料と競合しない第三世代のバイオ燃料の一つとして微細藻類からのバイオ燃料生産が期待されている。しかしながら、現在の技術水準においては、化石燃料価格に比べ製造コストが高いため、さらなる技術開発が求められている⁴⁾。一方、海藻の生産に関しては、栄養塩を豊富に含み、雑菌の少ない海洋深層水を利用した取り組みがある。また、海藻にCO₂を供給することで、収量を増大させることが可能である⁵⁾。

このように、藻類の生産には、栄養塩の供給やCO₂の供給が高収量を可能にする。本プロジェクトでは、バイオガスを気体溶解装置により精製する際に発生するCO₂ 溶解水の利用について検討し、通常より収量の高い海藻の生産を目指す(図4)。

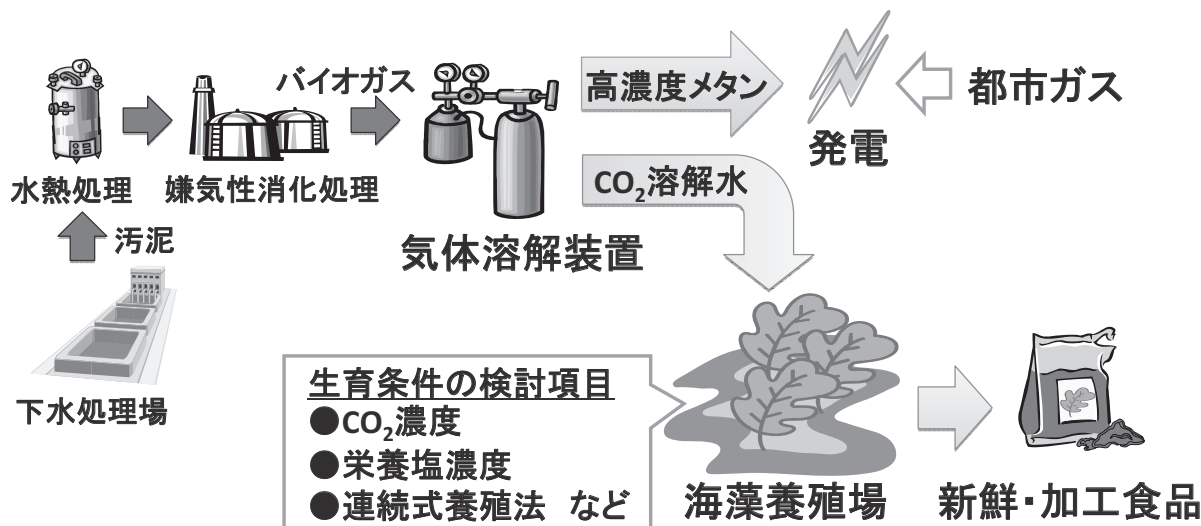


図4 CO₂ 利用型海藻養殖場の概要

3. 本プロジェクトにおける制度的隘路

本プロジェクトは、自治体間および省庁間を跨ぐ事業を推進するものである。したがって、バイオマスパークの実現には様々な制度的隘路が存在する。例えば下水処理場などの農地ではない場所に作物栽培施設を建設する場合、農業用設備として認められないことがある。このように建築物としてみなされた場合、建築基準法等の各種規制や税の負担を受ける。こうした問題は、堆肥設備や海藻養殖場に関しても同様に考えられる。

加えて、様々なバイオマスを下水処理場において処理する場合においても隘路が存在する。例えば、生ごみなどの食品廃棄物の場合、自治体担当者における特例解釈の相違はあるが、税金が投入されてい

る自治体の焼却手数料が安価であるため、リサイクルが進まないことが挙げられる。さらに、豊川浄化センターのように、行政区域を跨ぐ廃棄物処理を行う場合は、各自治体の廃棄物処理計画を含めた事前協議が重要となる。

4. まとめと今後の展望

本稿では、「バイオマス・熱・CO₂有効利用拠点の構築」の概要と研究課題および規制の隘路について解説した。本プロジェクトは、現在、焼却されている下水汚泥をエネルギーや肥料、作物等の有価物に変換するものであり、温室効果ガス削減も期待できる。このような下水汚泥利用の多角化を行うには、異なる自治体・省庁間を跨ぎ、農商工観および産学官民の連携を積極的に進める必要がある。こうした

連携を通じて、規制の隘路を克服し、社会システムの改革を進めることにより、気候変動に対応する新たな役割を担った下水処理場のバイオマスパーク化が実現することを期待したい。

謝辞

本研究は、平成 23 年度文部科学省科学技術戦略推進費 気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム「バイオマス・CO₂・熱有効利用拠点の構築」の一環として行われている。記して感謝いたします。

<引用文献>

- 1) 日本下水道協会、下水処理人口普及率、<http://www.jswa.jp/rate>
- 2) 日本下水道協会、汚泥処理の現状データページ、<http://www.jswa.jp/data-room/data.html>
- 3) Higashide T, Heuvelink E. Journal of the American Society for Horticultural Science, 134: 460-465 (2009)
- 4) 鷺見芳彦、水環境学会誌、34 : 98-102 (2011)
- 5) 小松精二、石田豊、川島之雄、徳田廣、水産増殖、42(4) : 515-520 (1994)

特集：平成 24 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 24 年度下水道事業
関連予算の概要について

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 西 迫 里 恵

キーワード：交付金、再生可能エネルギー利用、水ビジネス国際展開

1. はじめに

国土交通省では、平成 24 年度において、全国防災枠等を最大限活用し、被災地の復旧・復興や国民生活の安全・安心の確保を図ると同時に、低炭素・循環型社会の構築や地域社会の維持、日本経済の再生や地域の活性化等に向け、真に必要な社会資本整備を進めることとして、公共事業予算については、ほぼ前年並みの 4 兆 1,639 億円（地域自主戦略交付金等に移行した額を加えた場合、4 兆 3,821 億円）を確保した。

下水道事業関連については、東日本大震災からの復興、再生可能エネルギーの活用促進、水ビジネスの国際展開、戦略的な維持管理の実現に重点を置き、必要な予算の確保を行った。

2. 下水道事業関連予算

2-1 社会資本整備総合交付金等

社会資本整備総合交付金は、地方の自由度を高めるため、個別補助金を原則一本化して平成 22 年度に創設された。平成 23 年度には、同交付金の都道府県分

の一部を、後述する「地域自主戦略交付金」に移行し、社会資本整備総合交付金を政策目的実現のため計画的に実施すべき事業等に重点化した。

平成 24 年度においては、事業の更なる重点化を図るとともに、「東日本大震災からの復興の基本方針」（平成 23 年 7 月東日本大震災復興対策本部決定）等に基づき、東日本大震災を教訓として、全国的に緊急的に実施する必要性が高く、即効性のある防災・減災対策を実施するための経費として、本交付金の中で、全国防災が計上されたところである。

平成 24 年度の社会資本整備総合交付金の予算額は、国土交通省全体で 1 兆 5,858 億円計上されており、下水道事業の交付金はこの内数となる。加えて、社会資本整備総合交付金とは別に、平成 21 年度以前に設定された国庫債務負担行為の歳出化、下水道事業調査費等について、59 億円計上されている（表 1）。

また、国から地方への「ひも付き補助金」を段階的に廃止し、基本的に地方が自由に使える一括交付金にするとの方針の下、平成 23 年度に内閣府計上の地域自主戦略交付金が創設されており、平成 24 年度は、新たに政令指定都市に導入されたことに加え、対象事業が 8 府省 18 事業に拡大された（全体額：6,754

表1 下水道事業関連予算額

(単位：百万円)

区 分	平成24年度 予算額 (国 費)	うち日本再生 重点化措置	うち全国防災	平成23年度 予算額 (国費)	対前年度 倍 率
社会資本整備 総合交付金	(1,804,000) 1,585,760	92,000	146,230	1,753,870	(1.03) 0.90
下 水 道	5,903	1,164	0	11,261	0.52

※上段()書きは、対前年度との比較を容易にするため、内閣府計上の地域自主戦略交付金等に移行した額218,240百万円を加えた場合の計数。

<主な対象事業>

- 交通安全施設整備費補助金の一部(警察庁)【拡充】
- ◎消防防災施設整備費補助金(総務省)
- ◎学校施設環境改善交付金の一部(文部科学省)【拡充】
- ◎水道施設整備費補助の一部(厚生労働省)
- ◎社会福祉施設等施設整備費補助金の一部(厚生労働省)【新設】
- ◎農山漁村地域整備交付金の一部(農林水産省)【拡充】
- ◎農山漁村活性化対策整備交付金の一部(農林水産省)【新設】
- 農業・食品産業強化対策整備交付金の一部(農林水産省)【新設】
- 水産業強化対策整備交付金の一部(農林水産省)【新設】
- ◎工業用水道事業費補助(経済産業省)
- ◎社会資本整備総合交付金の一部(国土交通省)【拡充】
- 自然環境整備交付金(環境省)【拡充】
- ☆循環型社会形成推進交付金の一部(環境省)【新設】

◎：都道府県及び政令指定都市を交付対象

○：都道府県を交付対象 ☆：政令指定都市を交付対象

図1 平成24年度地域自主戦略交付金の主な対象事業

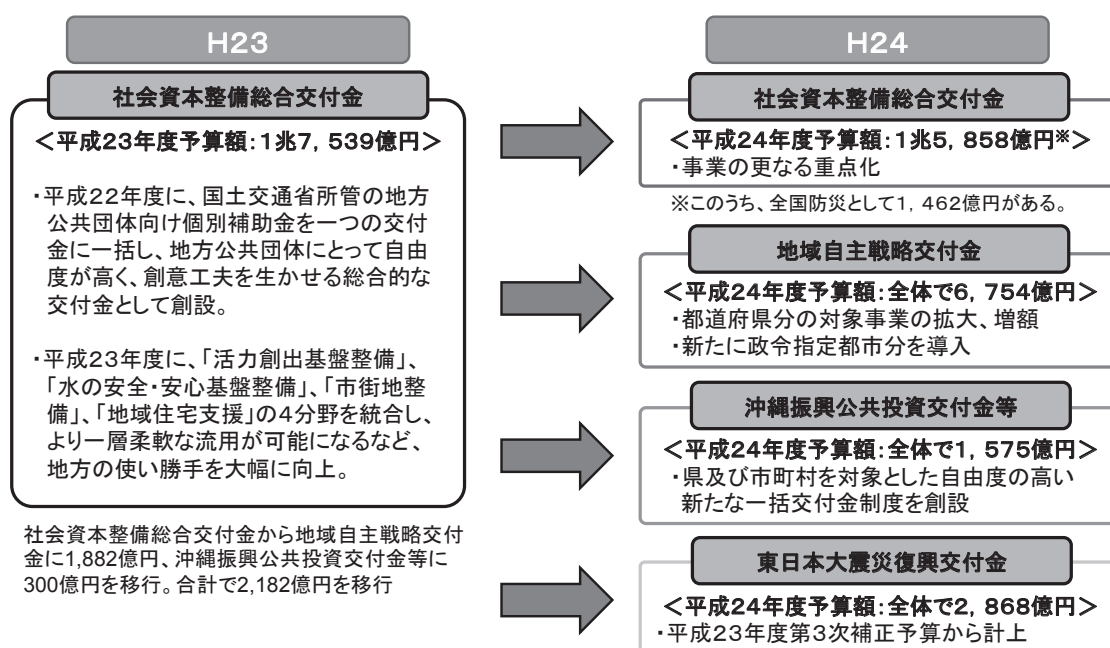


図2 一括交付金の拡充

億円) (図1)。さらに、沖縄分については、沖縄の实情に即してよりの確かつ効果的に施策を展開するため、県及び市町村事業を対象に、自由度の高い新たな一括交付金制度が創設された(全体額:1,575億円)。沖縄における一括交付金とあわせると合計8,329億円となり、平成23年度予算額5,120億円(沖縄分含む)から大幅に増加している(図2)。

このほか、東日本大震災の被災団体の復興地域づくりを支援するために復興庁予算に計上されている東日本大震災復興交付金(全体額:2,868億円)及び内閣府予算に計上されている地域再生基盤強化交付金(全体額:619億円、全国防災を含む、対前年度倍率1.00倍)がある。

2-2 平成24年度新規事項等

ア) 新世代下水道事業制度の拡充

【社会資本整備総合交付金】

本制度の「リサイクル推進事業：未利用エネルギー活用型」は、下水道資源を有効利用し、環境への負荷削減、省エネルギー等を図るための施設整備を支援するものである。

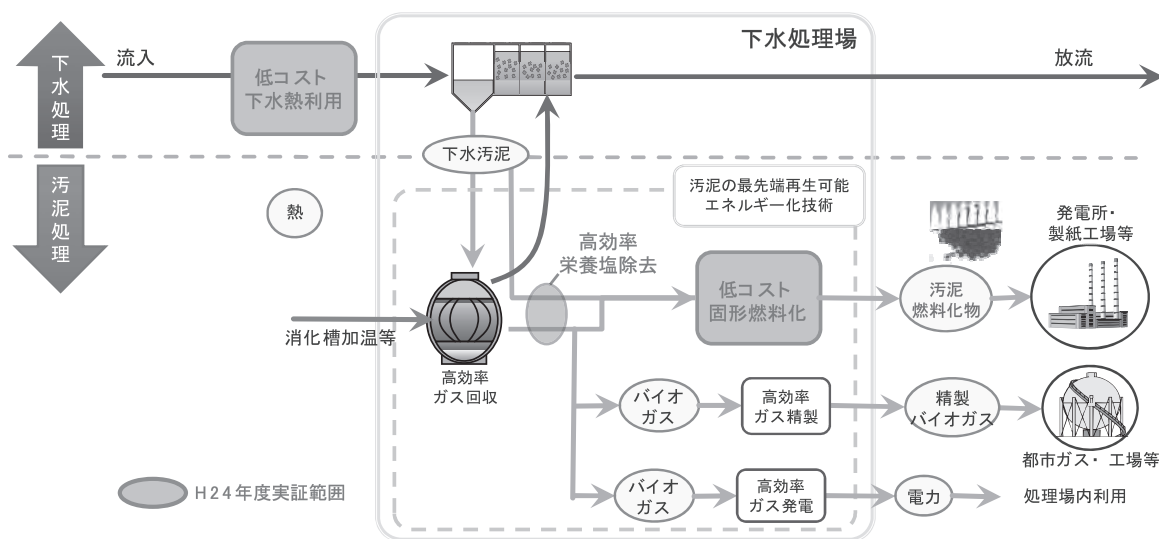


図3 下水道革新的実証事業のイメージ

ウ) 下水道分野の水ビジネス国際展開(継続)

【国費、事業費：92百万円】

我が国が培ってきた政策・技術を核とした水インフラを海外展開するため、下水道政策と日本の優先技術とのパッケージ化によるプロジェクト形成を推進する。また、我が国が有する国際的にプレゼンスの高い技術を活用した下水道システムの戦略的な国際標準化、国際展開に係る産学官の取組を総合的に発信するための日本版ハブ構想の推進等を展開する。

平成24年度においては、東日本大震災に伴う商用電力の供給停止により、処理施設の復旧に遅れが生じたことを踏まえ、下水処理水等を利用した小水力発電、水処理施設等を利用した太陽光発電の整備を本制度の対象として拡充し、被災地における新エネルギー対策を推進する。

イ) 下水道革新的技術実証事業(B-DASH)(継続)

【国費、事業費：約29億円】

【うち「日本再生重点化措置」約12億円】

下水道革新的技術実証事業は、国が主体となって実規模レベルのプラントを設置して技術的検証、ガイドラインのとりまとめを行うことによって、新技術の研究開発及び実用化を加速し、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出を実現するとともに、本邦企業による水ビジネスの国際展開を支援することを目的とし、平成23年度から実施している。

平成24年度実証事業としては、下水汚泥固形燃料化技術、未処理下水の熱利用技術、栄養塩(窒素・リン)除去技術に係る5件の事業を採択したところである。

エ) 民間活用のための下水道先端的管理手法実証事業に関する調査(新規)

【国費、事業費：20百万円】

今後急速に老朽化していく社会資本について、厳しい財政状況の中にあっては、維持管理等を効果的・効率的に進めることが必要である。このため、本事業においては、特に、膨大な延長のため状態等を十分に把握できていない下水道管路施設について、モデル地区における管路の点検調査・診断、修繕を組

政策と技術のパッケージによるプロジェクト形成

- 「プロジェクトの上流部分の下水道政策」と「政策を実現するための日本の優位技術」を組み合わせたプロジェクトを形成。



ベトナム建設省との覚書締結式
(於: ハノイ H22.12月)



サウジアラビア水・電力省との
覚書締結式(於:リヤド H23.9月)

下水道システムの戦略的な国際標準化

- 「国際標準化戦略アクションプラン（H23.3月知的財産戦略本部決定）」に基づく、下水道分野の国際標準化の推進
- 平成23年3月、政府の知的財産戦略本部が「国際標準化戦略アクションプラン」を決定。



日本版ハブ(国際展開拠点)構想の推進

- 水ビジネス海外展開に係る産学官の個々の取組みを、国と地方公共団体の連携強化のもと、総合的に発信するための拠点として、日本版ハブ構想を推進。

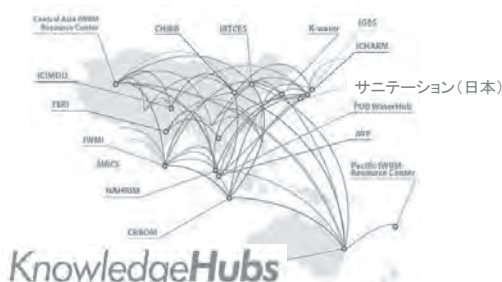


図4 下水道分野の水ビジネス国際展開のイメージ

み合わせた包括的民間委託のケーススタディ調査を実施するとともに、効率的な新技術の有効性・経済性の検証等を実施し、全国展開するためのガイドライン、規格等の作成を行う。

3. おわりに

今後は、循環のみち下水道の“成熟化”に向け、計画・整備から管理までの多様なテーマを一体的に捉えた

総合マネジメントを推進していくとともに、東日本大震災からの復興、さらには、低炭素・循環型社会の構築、経済再生、グローバル化等、時代の要請に応じた施策を展開していく。また、多様化していく社会資本整備のニーズに的確に応えるため、社会資本整備総合交付金と地域自主戦略交付金等の適切な役割分担等によって、下水道整備事業の円滑化を図っていく。

特集：平成 24 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
総合利用推進の方針について

農林水産省 食料産業局 バイオマス循環資源課

課長補佐（総務企画） 佐 藤 京 子

キーワード：事業化、未利用のバイオマス資源、検討チーム、技術ロードマップ

1. 食料産業局の設置

農林水産省は、平成 23 年 9 月に大きく組織再編され、「食」や「食を生み出す農山漁村の資源や環境」に関連する産業を幅広く振興する「食料産業局」が新たに設置された。

この新局では、これまで農林水産省の政策的視点では重きを置かれていなかった「新産業」、「事業化」がキーワードとなっており、農山漁村の資源活用及び新しい産業の創出・育成に関する取組が大きな柱となっている。バイオマスも農山漁村に存在する重要な地域資源として捉え、事業化に向けた活用について推進している。

2. バイオマス事業化戦略検討チーム

バイオマスの活用については、バイオマス活用推進基本法（平成 21 年法律第 52 号）の下、平成 22 年 12 月に閣議決定された「バイオマス活用推進基本計画」に基づき、関係府省が連携して取組を推進している。

一方、平成 23 年 3 月の東日本大震災・東京電力福

島第一原子力発電所事故を受け、再生可能エネルギー源の 1 つであるバイオマスを活用した分散型エネルギー供給体制の構築を進めることが課題となっている。

この状況を踏まえ、本年 2 月に、バイオマス政策に係る 7 府省連携により、「バイオマス事業化戦略検討チーム（検討チーム）」を設置し、夏前までに、以下の事項、特に「事業化」について提言を取りまとめるべく、精力的に議論している（6 月 27 日現在、8 回会合実施）。

- ① 主要なバイオマス利用技術の到達レベルの横断的な評価と研究開発・実証・事業化に向けた技術の選択と集中の在り方
- ② 事業化に向けた原料調達から変換・販売までの一貫体制の構築のための戦略
- ③ 新たなエネルギー政策・地球温暖化対策の展開方向を踏まえた日本型バイオマス活用のビジネスモデル構築のための戦略

3. 具体的な検討

- (1) バイオマス利用技術の現状とロードマップについて
バイオマス利用技術には、直接燃焼などの単純なも

のから糖化・発酵、ガス化・再合成などの高度なものまで様々なものがあり、その技術の到達レベルも、基礎研究段階のもの、基礎研究を終え実証段階にあるもの、既に実用化されているものなど様々である。

検討チーム第6回会合（4月27日開催）において、ガスや燃料等に変換する多種多様なバイオマス利用技術を「研究」、「実証」、「実用化」のどの段階にあるのか整理し、「バイオマス利用技術の現状とロードマップについて（技術ロードマップ）」として取りまとめた（図1参照）。

ただし、ここでいう「実用化」とは、技術的な観点からの評価であり、事業化のためには原料調達、販路等を含む事業環境を整備する必要があることに留意すべきである。

さらに、この技術ロードマップは、今後の技術開発の進展状況を勘案し、概ね2年ごとに改訂を行うこととされている。

(2) バイオマス利用技術とバイオマスの選択と集中

技術ロードマップに基づき、実用化段階にある技術は、「メタン発酵・肥料化」、「直接燃焼」、「固体燃料化」、

「液体燃料化」である。また、ターゲットとなるバイオマスとしては、「木質」、「食品廃棄物」、「下水汚泥」、「家畜排せつ物」であるが、これら資源をバイオマスとして有効活用するためには、地域（または既存施設）の実情に応じ、それぞれのバイオマスの特性を活かした利用方策の検討が必要であり、今後検討チームで議論を進めていく予定である。

(3) 事業化にあたっての課題

バイオマスの事業化にあたっては、2つの大きな課題があり、原料調達と需要の創出・拡大である。

我が国には未利用のバイオマス資源が存在するが、広く薄く存在しており、収集・運搬にコストがかかる現状がある。場合によっては、山地のようにきわめて収集・運搬が難しいケースもある。そのため、未利用の間伐材（林地残材）は現在ほとんどバイオマスとして利用されていない（図2参照）。そこで、どのような行政的な支援があるのか、また、複数の種類のバイオマス資源を組み合わせることにより、原料を安定的に確保できないかという観点からも議論を進めている。

	技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題
				現状	5年後	10年後	20年後		
物理学的変換 熱化学的変換	固体燃料化	木質系、草本系等	チップ、ペレット等	実用化				○ 木材を切断・破砕したチップ、粉砕後圧縮成型したペレット、厨芥類を原料とするRDF(Refuse Derived Fuel)、下水汚泥を乾燥成型したバイオソリッド等があり、技術的には実用化段階。	○ チップ・ペレット等の製造コストの削減 ○ 規格・標準化の推進 ○ 燃焼灰の有効利用技術の開発
	直接燃焼（専焼、混焼）	木質系、草本系、鶏ふん、下水汚泥、食品廃棄物等	熱・電気	実用化				○ 木質、下水汚泥等のバイオマスを直接燃焼して熱として利用する、又はボイラー発電を行う技術で、技術的には実用化段階。	○ エネルギー利用効率の改善 ○ バイオマス混焼率の向上のための粉砕、脱水、混合の技術開発 ○ 燃焼機器の低価格化 ○ 燃焼機器の高性能化（熱効率の向上、利用可能な燃料の含水率の向上等） ○ 燃焼灰の有効利用技術の開発
	固体燃料化（①炭化・②半炭化・③水熱炭化）	木質系、草本系、下水汚泥等	固体燃料、バイオコークス	① 実用化 ② 実証（一部実用化） ③ 実証	実用化			①炭化：木質等のバイオマスを、酸素供給を遮断又は制限して400℃～900℃程度に加熱し、熱分解により炭素含有率の高い固体生成物を得る技術で、技術的には実用化段階。 ②半炭化：木質等のバイオマスを、酸素供給を遮断して200℃～300℃程度の炭化する手前の中低温領域で加熱・脱水し、エネルギー密度や耐水性が高い固体生成物を得る技術で、技術的には実証段階（下水汚泥は実用化）。 ③水熱炭化：木質等のバイオマスを300℃程度の加圧水で脱水、脱酸素、圧密作用を行って炭化し、更にスラリー化（液体化）することにより、高密度で高カロリーな液体燃料を得る技術で、技術的には実証段階。	○ 炭素含有率の高い固体燃料化技術の開発 ○ 製造コストの削減 ○ バイオマス原料発生地での簡易・移動式製造機の開発 ○ 副産物の改質濾液（木酢液と類似組成）の利用技術の開発（水熱炭化）
	ガス化（発電・熱利用）	木質系、草本系、下水汚泥等	ガス・熱・電気	実証（一部実用化）	実用化			○ 木質等のバイオマスから高温下（650℃～1,100℃）で、水蒸気・酸素等のガス化剤を利用してガスを発生させ、発電や熱利用を行う技術で、技術的には実証段階（下水汚泥は実用化）。 ○ ガス化炉は大別して固定床、流動床、噴流床があるが、高温になるほどガス（CO、H ₂ ）発生量が多くなり、タールやチャーの発生量は少なくなる。また、水蒸気・酸素等のガス化剤の使用によりタールやチャーの発生を抑制できる。	○ エネルギー利用効率の改善 ○ タール等の抑制・除去・利用技術の開発 ○ 小型高性能ガス化炉の開発 ○ ガス化原料調整のための効率的なバイオマス粉砕技術の開発 ○ 高耐久・高効率なガス利用設備（ガスエンジン等）の開発
	水熱ガス化	木質系、草本系等	ガス・熱・電気	研究・実証	研究・実証	実証	実用化	○ 超臨界水中（374℃、220気圧）で加水分解反応が迅速に進行し、有機物が効率よく分解されることを利用して、食品廃棄物等のバイオマスをガス化する技術で含水率の高いバイオマスを有効利用することが可能。技術的には研究・実証段階。	○ エネルギー利用効率の改善 ○ 安定操業性の確立 ○ 加圧装置及び加水分解反応器等の低価格化による製造コストの削減
	ガス化・液体燃料製造（BTL）	木質系、草本系等	液体燃料（メタノール、ジェット燃料等）	研究・実証	研究・実証	実証	実用化	○ 木質等のバイオマスを水蒸気・酸素等のガス化剤によってガス化し、生成したガスから触媒を用いて液体燃料（メタノール、ジメチルエーテル、ガソリン代替燃料、ジェット燃料等）を得る技術。有機性化合物であれば、木質系、草本系、厨芥類等幅広いバイオマスに利用可能。技術的には研究・実証段階。	○ 製造コストの削減（高効率・高選択性の触媒開発、低圧合成技術開発、効率的なガス精製技術開発等） ○ 合成に適したガスの生成制御技術の開発 ○ タール、硫化物等触媒を被毒する不純物の発生抑制・除去技術の開発
	液体燃料製造（エステル化）	廃食用油、油糧作物	バイオディーゼル燃料（BDF）	実用化				○ 廃食用油や植物油にメタノールとアルカリ触媒を加えてエステル交換する等の方法で、バイオディーゼル燃料である脂肪酸メチルエステル（FAME）を得る技術で、技術的には実用化段階。	○ 製造コストの削減 ○ グリセリンの利用・除去技術の開発 ○ 貯蔵安定性の確保 ○ 新型ディーゼル車両（DPFやNOx除去装置）との適合性の確保

図1 主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ（抜粋）

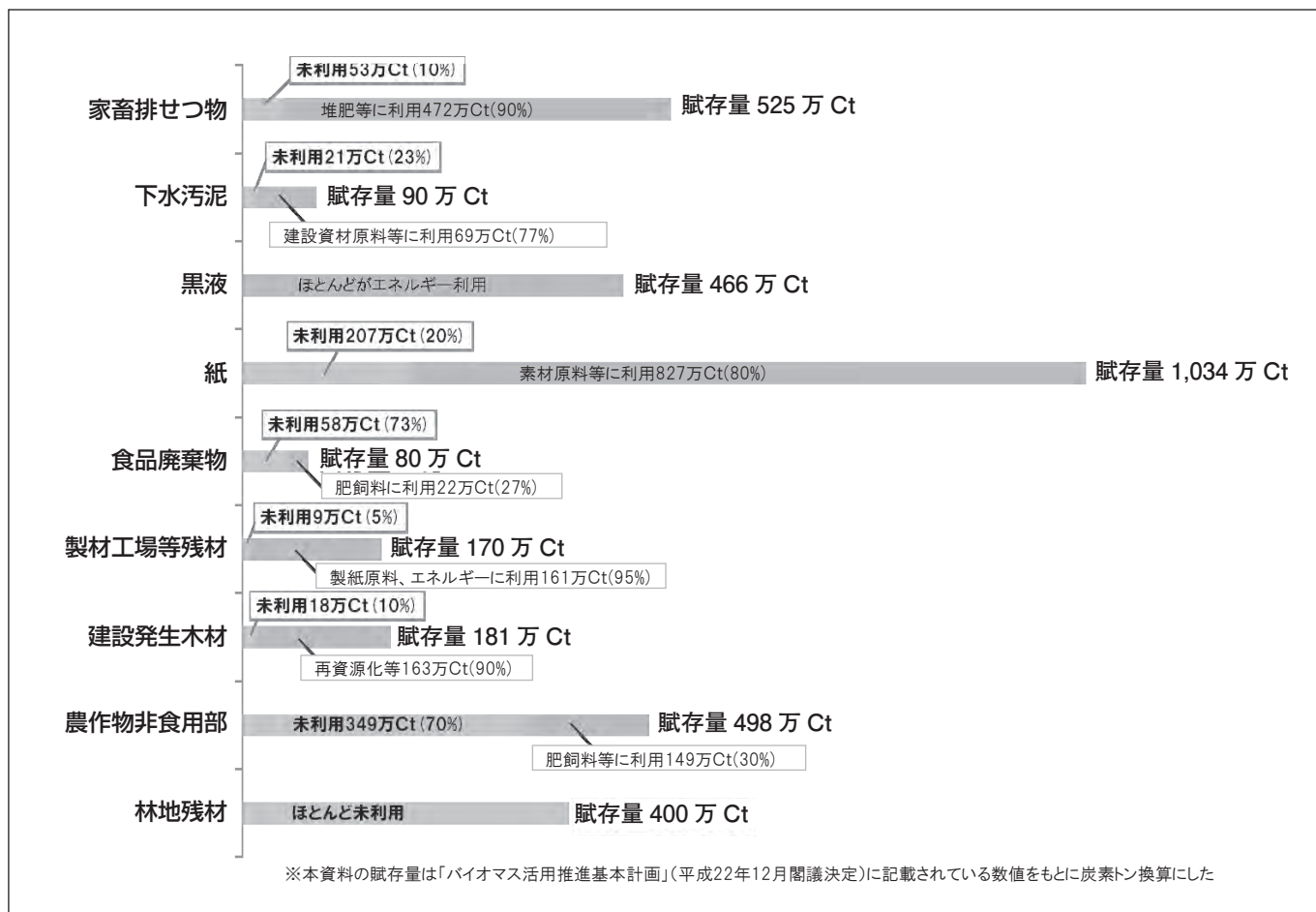


図2 バイオマスの貯存量と利用可能量

未利用の間伐材については、検討チームの中でというよりは、林業の活性化とあわせて、貴重な資源として利用できるように仕組み作りができないかどうか、今後、関係者の議論が必要となるであろう。

また、一般的に嵩張るバイオマス資源を収集・運搬しやすくするための減容化の技術開発も進める必要がある。

地域未利用資源であるバイオマスには、カーボンニュートラル、太陽光や風力に比べた安定出力、地域産業創出や地域活性化、循環型社会形成といったメリットがある。しかし、一方では、石油等の化石燃料に比べ価格面での競争力が劣るという面がある。

そのような中、本年7月に施行予定の再生可能エネルギー電気の固定買取価格制度は、それ自体で経営

が成り立つような試算の上、買取価格が設定され、バイオマスを活用した発電事業の大きな追い風となることが期待される。ただし、発電以外のエネルギーである熱や燃料については、固定買取価格制度は適用されず、この分野へ、どう支援していくのかの検討も必要である。

(4) おわりに

バイオマス事業化には、国と地方レベルの行政のみならず、バイオマス事業者、研究機関等の多くの関係者の連携が必要となる。今後とも、どのような事業タイプであればその地域のバイオマスを有効活用できるのかに焦点を絞り、検討チームの委員の先生方に議論を進めていただく予定である。

特集：平成 24 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

土木研究所リサイクルチームにおける
下水汚泥利用に関する研究

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

主任 研究員	日 高	平
元 交流研究員	浅 井	圭 介
上 席 研究員	内 田	勉

キーワード：嫌気性消化、汚泥性状、汚泥濃縮

1. はじめに

地球温暖化対策の進展や資源・エネルギー問題の対応に向けて、下水汚泥の嫌気性消化の工程で発生するメタンガスの有効利用に期待が高まっている。我が国の下水汚泥のマテリアル利用については、建設資材利用、緑農地利用などにより、下水汚泥利用率として77%にまで達しているものの、エネルギー資源としての利活用状況をみると、発生する下水汚泥中の有機分総量のうち、バイオガスや汚泥燃料としてエネルギー利用されている割合は約1割であり、低い水準にとどまっていることから、今後の利用拡大の余地がある¹⁾。下水汚泥に加えて、他の有機性廃棄物（他バイオマス）と下水汚泥を混合消化させることも提案されている。他バイオマスの受入は、既存の消化槽の活用でも可能であり、他バイオマスとして、生ごみ、食品廃棄物、刈草、剪定枝、農業系廃棄物、浄化槽汚泥など様々な可能性が考えられる。石川県珠洲市²⁾をはじめとして、現在我が国の下水処理場数ヵ所^{3,4)}で、生ごみなど他バイオマスの受入が本格的に稼働している。こうした、下水処理場を核とした様々なエネルギー利活用システ

ムについて、関連するガイドラインやマニュアルの整備も進められつつある^{5,6)}。また平成23年度には、大阪および神戸で下水道革新的技術実証事業(B-DASH)が実施されている⁷⁾。これらの実証事業では、いずれも下水汚泥の嫌気性消化技術を核として、周辺の技術開発をあわせて、新たなシステムが開発されており、他バイオマス受入も提案されている。

こうした背景をふまえ、現在土木研究所リサイクルチームでは、「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」と題したプロジェクト研究(図-1)や、その他の研究プロジェクトにより、下水汚泥利用に関する様々な研究を実施している。国土交通省からの受託研究や、地方公共団体などとの共同研究も含まれる。本稿では、現在実施している下水汚泥利用に関する研究の状況を報告する。

2. 下水汚泥と有機性廃棄物の嫌気性消化に関する基礎的検討

他バイオマスを受け入れる場合、負荷が高まるので、既設処理場を活用する場合には受入可能な余裕があるかが重要である。負荷率の増加に対応する手段として、

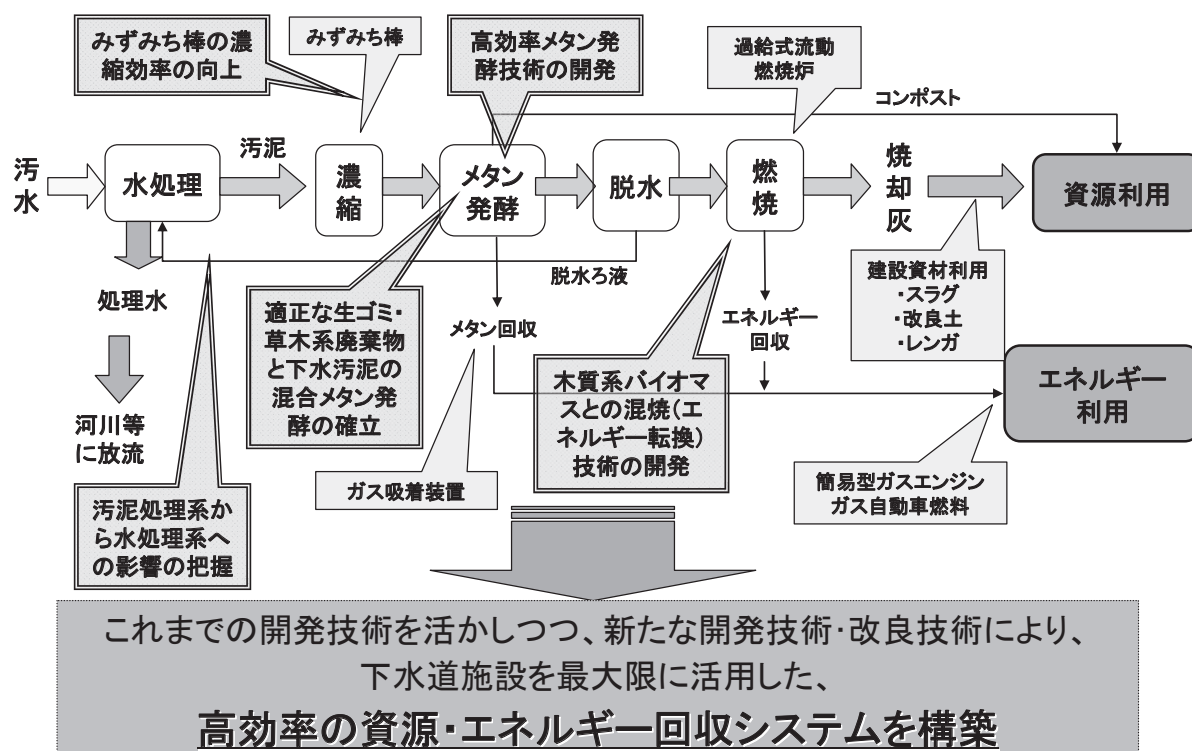


図-1 低炭素型水処理・バイオマス利用技術の開発に関する研究の概要

中温から高温条件への変更や、投入汚泥の高濃度化が考えられる。そこで、一般的な混合汚泥よりも高濃度である TS 5% 程度の混合汚泥を基質として、有効容積 3 L の反応器の連続運転を中温条件下で行い、その処理特性を調査している。

有効容積 3 L の反応器を準備し、中温 35℃ の条件下で連続運転を行った。植種汚泥として、都市下水処理場の消化槽から採取した消化汚泥を用いた。投入汚泥には、都市下水処理場の混合汚泥を用いた。混合汚泥の濃度は TS 3～4% 程度であるので、実験室での遠心分離操作により、5% 程度まで濃縮した。基質投入および消化液の引抜操作は 1 日 1 回の頻度にて手動で行った。運転開始当初数日に 1 回の頻度で、1 回あたり 150 mL の基質投入を行った。処理が安定してきたと考えられた 40 日目以降は、平日のみ 1 日 1 回の頻度で 150 mL の基質投入を行った。

投入 TS および VS の実測値が平均でそれぞれ 5.1 および 4.3% であり、消化汚泥ではそれぞれ平均 2.4 および 1.7% 程度を安定して維持していた。既設の消化槽での平均的な VS ベースでの消化率は 60% 程度であり、同程度の消化率が得られた。アンモニア性窒素濃度はおおむね 1,000 mg N/L 以下であり、メタン発酵への阻害影響はなかった。揮発性有機酸 (VFAs) として、コハク酸、乳酸、ギ酸、プロピオン酸、イソ酪酸、酪酸、イソ吉草酸、および吉草酸はほとんど検出されず、酢酸は 7～14 mg /L であり、VFAs の蓄積

は特に観察されなかった。

物質収支を把握するために、COD_{Cr} の測定も行った。累積投入基質量 (gCOD) と累積生成メタン量 (gCOD) の関係を図-2 に示す。運転開始 22 日目～96 日目の結果をまとめたものであり、全期間を通じて COD ベースで 60% 程度の安定したメタン転換が示された。混合汚泥および消化汚泥の COD/VS 比はいずれも 1.6 程度であったことから、既設消化槽と同程度のメタン転換率が得られていたことが示された。本研究での負荷率 1.8 kg VS/(m³・d) 程度で、アンモニアや VFAs の蓄積は特に見られなかったことから、負荷率のさらなる向上は可能であると考えられる。

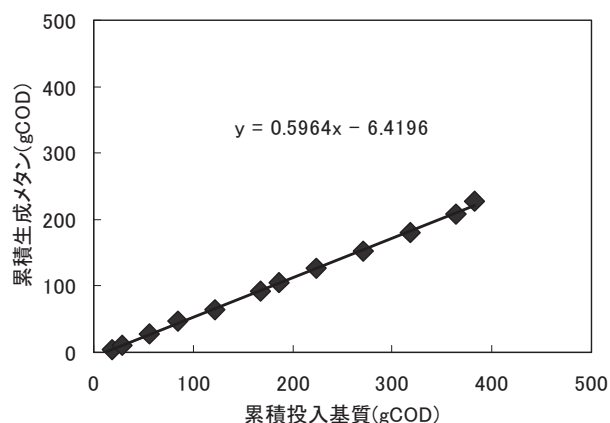


図-2 連続実験における累積投入基質量と累積生成メタン量の関係

3. 下水汚泥の性状および消化特性に関する全国調査

下水処理場における他バイオマス受入の検討を行うにあたって、汚泥性状や消化特性の基礎的知見を得ることを目的とした全国調査を行った。消化槽を有する全国の処理場8ヶ所を対象として、ヒアリング調査により現場で測定されているデータを収集するとともに、現地の混合汚泥および消化汚泥を採取し性状を分析した。

消化槽の運転状況に関するヒアリング調査結果のまとめを図-3に示す。投入有機物量と分解有機物量の関係から算出される消化率（VS ベース）はおおむね6割程度であり、消化槽の運転は安定していると考えられる。月ごとの平均データを用いると、両者の値が、滞留時間分だけずれることになり、見かけの消化率は多少変動することになるものの、年間を通した消化率に大きな差はないと考えられる。全体としての消化率はおおむね6割程度である。滞留時間は、ほとんどの処理場で設

計値である20～30日⁸⁾の範囲内に収まっており、それより長時間の処理場はあったものの、短時間の処理場はなかった。負荷率は、0.6～1.5 kg TS/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$) および0.5～1.3 kg VS/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$) の範囲であった。維持管理指針⁹⁾では、1～3 kg VS/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$) とされており、この値と比較していずれも余裕のある運転を行っている。

本研究で行った各処理場の汚泥性状分析の結果をもとに、TS および VS の比較を図-4に示す。分解率は、混合汚泥と消化汚泥での値の差（減少分）に対する混合汚泥での値の割合として算出した。混合汚泥の TS は20～35 g/L 程度の範囲であり、処理場毎に変動が見られた。消化汚泥の TS は10～16 g/L 程度の範囲であり、処理場毎に変動が見られた。消化汚泥のアンモニア性窒素濃度は最大でも1,200 mg N/L 以下であり、メタン発酵への阻害影響の濃度以下であった。混合汚泥の VS/TS 比は0.8～0.9 前後で、大きな差は見られなかった。消化汚泥の VS/TS 比は0.7 程度に減少した。これは、消化で分解されるのが TS に含まれる VS 成分であるためで、消化における減少 TS 濃度は、ほぼ減少 VS 濃度に一致していた。なお合流式区域を多く含む処理場では、消化汚泥の VS/TS 比がやや低めであった。混合汚泥中の VS/TS 比が高い、すなわち有機成分含有率が高いほど、VS 分解率がやや高くなる傾向も見られた。

4. みずみち棒による汚泥濃縮

下水汚泥の効率的な嫌気性消化処理では、その前段階で濃縮処理が必要である。すなわち、下水処理場において濃縮プロセスの効率化を図り、改善していくことが汚泥処理系全体の改善につながる。重力濃縮は構造が簡単でランニングコストも他の濃縮方式に比べ安価であるため、古くから多く採用されてきた。しかし、

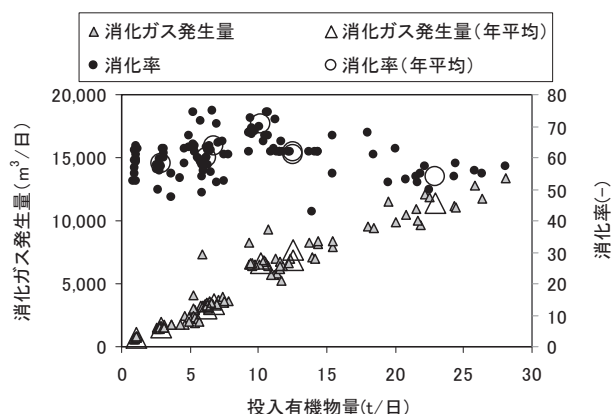


図-3 ヒアリング調査による投入有機物量と消化ガス発生量および消化率の関係

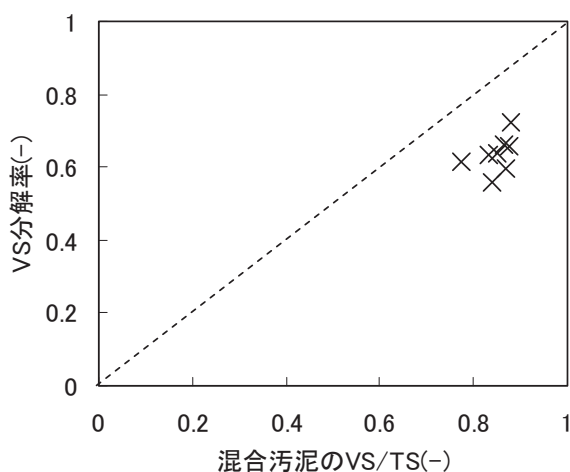
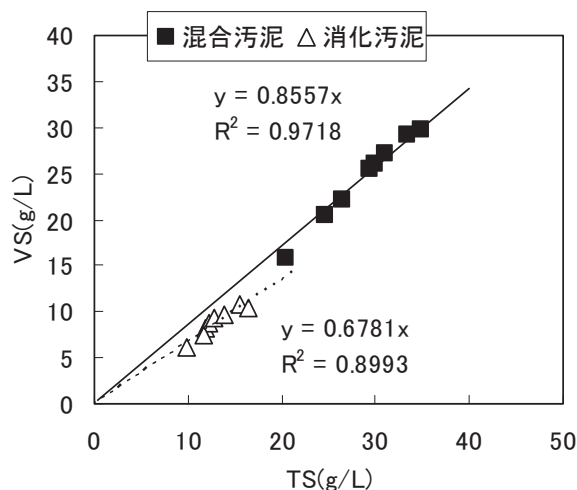


図-4 各処理場の汚泥性状分析の結果による TS および VS の比較

汚泥性状の悪化による濃縮性能の低下などから濃縮槽の更新を機に機械濃縮に移行している処理場も多い。一方、人口減少による下水道使用量の伸び悩みや改築更新費用の増大など、厳しい財政運営を余儀なくされており、設備のライフサイクルコストを抑える技術が重要になっていくと考えられる。既存の重力濃縮槽を活かし、簡易な構造で重力濃縮プロセスの効率化を図るための装置として開発されたのが「みずみち棒」である¹⁰⁾。みずみち棒は、既に日本全国10市町(11処理場)で導入されており(図-5)効果を発揮している。しかし、みずみち棒を導入した処理場で効果に差がでているのも事実である。そこで導入済みの処理場を訪問し、関係者へのヒアリング調査を行い、現場での課題などを調査した。

北海道地方は気温が低いこともあり、スカム発生などの心配もなく、みずみち棒による効果を確認することができた。ただし、みずみち棒が目詰まりを起こすという問題も一部で見られた。みずみち棒の目詰まりは濃縮槽の中心に近い最も濃度が高くなる部分で発生しており、目詰まりにより引抜き濃度は低下し、掃除し除去することでまた引抜き濃度は改善するとのことであった。目詰まりを起こすものは髪の毛など繊維状のしさが原因となっているようである。みずみち棒がない場合に比べ、みずみち棒がある場合は重力濃縮槽内の障害物が増えることにもなるので、導入する際はしさを除去を確実に行う必要があると考えられる。しが多い処理場では、重力濃縮槽の前段にしさ破砕機やスクリーンなどを設けることも有効であると考えられる。

四国および九州地区では、みずみち棒導入後、引抜き汚泥の濃度は向上したという結果が得られた例や、引抜き汚泥の濃度自体は向上しない例が見られた。温暖な地域では、引抜き汚泥の濃度を高くするために、界面高さを上げると、滞留時間が長くなり、引抜き前に汚泥が腐敗し、スカムが発生する傾向が見られた。

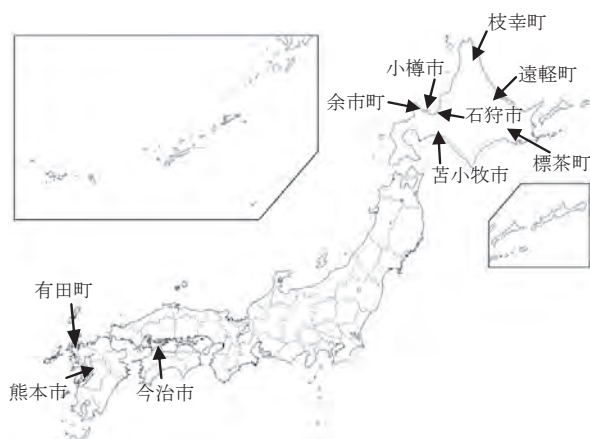


図-5 みずみち棒を導入している市町
(2012年2月現在)

腐敗によるガスが汚泥に付着し汚泥を浮上させ、スカムが発生するばかりでなく、引抜き濃度も低下するといった現象が発生するので、汚泥の腐敗時間を考慮した運転が必要である。引抜き汚泥の濃度は向上しないものの、みずみち棒導入によりスカムの発生が抑えられているということであったので、汚泥に付着したガスをみずみち棒により再び分離させるといった効果がある可能性も考えられる。

5. 最後に

2については、石川県の多大なる協力を得ている。3については、国土交通省下水道事業調査費により実施したものであり、自治体下水処理場関係者の多大なる協力を得ている。4については、導入自治体の多大なる協力を得ている。ここに記して、関係各位に謝意を表する。

土木研究所リサイクルチームでは、今後も引き続き、下水道を核として、他バイオマス資源を活用するための調査研究を行っていく予定である。今後とも、ご支援を賜りたく、よろしくお願い申し上げます。

<参考文献>

- 1) 日本下水道協会：平成23年度下水道白書 日本の下水道，2012。
- 2) 谷口智彦，高井 充：珠洲市バイオマスメタン発酵施設性能評価研究最終報告，第46回下水道研究発表会講演集，pp.242-244，2009。
- 3) 小崎敏弘：黒部市下水道バイオマスエネルギー利用施設整備運営事業の概要について，再生と利用，Vol.36，No.134，pp.31-37，2012。
- 4) 深尾壯：北広島市における下水汚泥の有効利用の取り組み，再生と利用，Vol.35，No.131，pp.43-47，2012。
- 5) 国土交通省 都市・地域整備局 下水道部：下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案），2011。
- 6) 下水道新技術推進機構：下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアル，2011。
- 7) 白崎亮：下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）の概要，再生と利用，Vol.36，No.134，pp.16-19，2012。
- 8) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説2009年版（後編），2009。
- 9) 日本下水道協会：下水道維持管理指針 - 2003年版 - （後編），2003。
- 10) 佐藤一行，宮本豊尚，桜井健介，浅井圭介，岡本誠一郎：重力濃縮槽の汚泥濃度を向上させる手法，第48回下水道研究発表会講演集，pp.830-832，2011。

特集：平成 24 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 調査研究の概要

日本下水道事業団 技術戦略部 戸田技術開発分室

島 田 正 夫

キーワード：循環型多層燃焼炉、低含水率遠心脱水機、高効率スクリー濃縮脱水機、バリアフィルム

1. はじめに

近年、地球温暖化問題がクローズアップされ、温室効果ガス削減と資源の有効利用の観点から平成 21 年 9 月には「バイオマス活用推進基本法」が制定されるなど、下水汚泥等のバイオマスは化石資源に替わる貴重な資源のひとつとしてみなされるようになってきた。国土交通省においても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事業を展開している。

特に平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災に係る原子力発電所事故に絡み、わが国の電力エネルギー調達の根本的見直し論が浮上するとともに、今年 7 月から「電力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」に基づく再生可能エネルギー電力の全量買取制度がスタートすることとなった。従来、産業廃棄物としてその多くが焼却処分されてきた下水

汚泥も、貴重なバイオマス資源として有効利用する動きが全国自治体でも急速に広まりつつある。

このような背景のもと、日本下水道事業団では、今年度からスタートする JS 第 4 次中期経営計画（H24 年度～H28 年度）において、各自治体が抱える課題解決のための「下水道ソリューションパートナー」として役割を果たすと定めており、技術開発においても地方公共団体のニーズを捉え、機動的かつ積極的に課題解決を図るように「ニーズに応える技術」、「信頼性の高い技術」、「コストパフォーマンス指向の技術」の開発、実用化、導入を行い、健全な水環境と資源循環を創出することを目指している。

ここでは、平成 24 年度に予定している下水汚泥の有効利用・処理技術に関する研究テーマの概要等について報告する。

2. 今年度調査研究テーマ

2.1 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。昨年度まで取り組んで

きた「エネルギー回収を目的とした嫌気性消化プロセスの技術評価」（技術評価専門委員会委員長：野池達也日本大学大学院教授）の評価書が3月にまとめられ、4月20日に日本下水道事業団理事長に答申された。本技術評価の中心技術である「担体充填型超高速メタン発酵システム」、「熱改質高効率嫌気性消化システム」についてはこれまでも本誌で何回も紹介しているので、詳しい内容は割愛するが次のような特徴を有している。

《担体充填型高速メタン発酵システム》

- 消化日数わずか5日でも安定した高速発酵
- 鋼板製タンク採用による工期、建設コスト削減
- 生ごみとの混合消化に適している
- 特に中小規模処理場における新設メタン発酵システムとして適している

《熱改質高効率嫌気性消化システム》

- 消化日数15日でも高い有機物分解率とガス発生量を達成
- 従来法消化タンク加温と同じエネルギー量で熱改質実施
- 脱水性の改善により脱水汚泥量の大幅な削減が可能
- 熱改質設備はコンパクトで、既設消化設備への対応が容易

前述したように、原子力発電所再稼動問題から深刻な電力供給不足が予想されている今日、下水汚泥や生ごみなどのバイオマスから効率的にエネルギー転換・回収可能なシステムであり、エネルギー自給率向上を目指す下水処理場を中心に、普及促進に向けた本格的活動を実施することになっている。

また、再生可能エネルギー電力の全量買取制度がスタートするが、メタン発酵ガス発電においては1kWh当たり買取価格が40.95円（税込み）、買取期間20年と

いう好条件案が示されている。そこで、今年度は消化ガス発電導入効果が簡単に比較検討できるシミュレーションモデルの策定を行うことにしている。

2.2 受託テーマ

国や地方自治体等からの委託要請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、概ね次の内容が予定されている。

- 下水汚泥の再生可能エネルギー化に関する革新的技術実証事業
- 溶融スラグの有効利用調査
- 下水汚泥及び焼却灰の資源化に係る基礎調査
- 嫌気性消化システム導入基本検討業務
- 特殊な排水受け入れによるメタン発酵処理への影響調査
- 放射性物質を含む下水汚泥に係る対策の技術的支援業務

2.3 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。平成24年度実施予定の共同研究テーマを表1に示した。

(1) 低環境負荷型焼却処理技術

流動焼却炉は焼却効率が高いため未燃焼分が少なく、臭気対策が不要で維持管理も容易などの特徴から近年最も多く採用されている汚泥焼却方式であるが、他の焼却方式に比べN₂O排出係数が大きくなるという課題を有している。現在N₂O対策として実施され

表1 平成24年度に予定している汚泥処理・有効利用関係の共同研究（H24年5月時点）

テーマ区分	共同研究企業	期間（予定）	研究内容の概要（共研方式）
低環境負荷型 焼却処理技術	メタウォーター(株)	H21～H24	温室効果ガス排出削減を目的とした循環型多層燃焼焼却炉の開発（提案型）
高効率脱水 処理技術	月島機械(株)	H23～H24	2液注入による低含水率遠心脱水機の開発（提案型）
	(株)石垣	H23～H24	圧入式スクリープレス濃縮脱水機による低含水率化と処理の安定化技術の開発（提案型）
低含水率脱水 汚泥移送技術	(株)西原環境 (株)神鋼環境ソリューション	H23～H24	低含水率脱水汚泥を対象とする効率的な移送ポンプの開発（提案型）
汚泥燃料化 技術	メタウォーター(株)	H23～H24	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）

ている 850℃ 以上の高温焼却方式は、従来運転（800℃ 焼却）に対し約 6 割の N_2O 削減効果があるものの、一方で補助燃料使用量増に伴い、ランニングコストが増加するという問題を有している。

そこで省エネルギー型温室効果ガス排出抑制技術として図 1 に示す抑制型循環流動部と後燃焼部からなる「循環型多層燃焼システム」の実用化に向けた共同研究を昨年に引き続いて実施する。本システムは、循環流動部では低空気比で管理することで還元雰囲気であるため汚泥中空素の酸化が抑制（ N_2O 生成抑制）、後燃焼部では燃焼用空気を複数個所から供給することで余剰空気率を抑制、発熱反応に寄与しない余剰空気による冷却効果を抑えて高温場を形成し N_2O を分解するものである。

今年度は低含水脱水ケーキへの適用性調査、並びにライフサイクルコスト（LCC）試算等を行うことになっている。

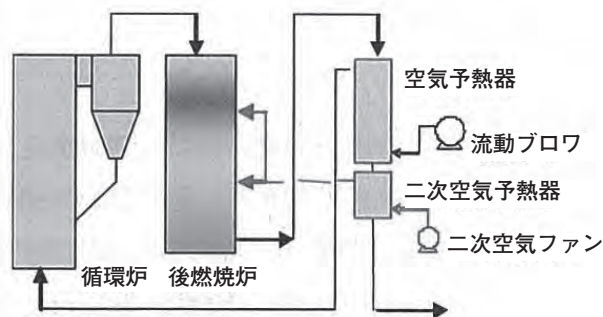


図1 循環型多層燃焼システムの概略フロー

(2) 高効率脱水処理技術

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。特に、嫌気性消化は下水汚泥からのエネルギー転換プロセスとして今後更に導入が見込まれているものの、消化汚泥は

生汚泥に比べ脱水性が劣ることが課題の一つにもなっている。

今年度は、昨年度に引き続き2液薬注低含水率遠心脱水機と圧入式スクリー濃縮脱水機の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及び性能確認の共同研究を進めることにしている。

1) 2液薬注低含水率遠心脱水機

遠心脱水機は補機が少なく操作が容易ということから、小規模から大規模処理場にまで幅広く採用されているが、消費電力が大きいという課題を有している。省エネ化、低含水率化を目的とした新しい脱水機の開発を目指している。

今回共同研究の対象とする遠心脱水機のシステム構造の一例を図2に示す。脱水機内に無機凝集剤を直接投入することで、嫌気性消化汚泥においても含水率を75%以下、投入汚泥量当り消費動力1.5 kWh/ m³以下、場外処分時のランニングコストをポリマー—液脱水に対し15%削減を目標としている。

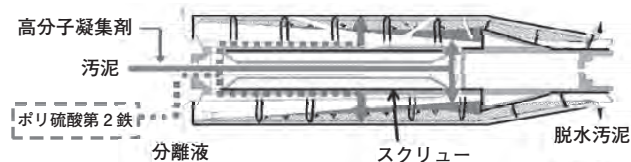


図2 低含水率遠心脱水機のシステム構造

2) 圧入式スクリー濃縮脱水機

圧入式スクリープレス脱水機は省エネ型脱水機として最近急速に導入が増えているが、汚泥性状の変動に対する処理安定性の向上が求められている。

今回開発を進めている圧入式スクリー濃縮脱水機は、図3に示すようにスクリー濃縮部で汚泥を高濃度に任意調整することができ、高い濃度へ濃縮

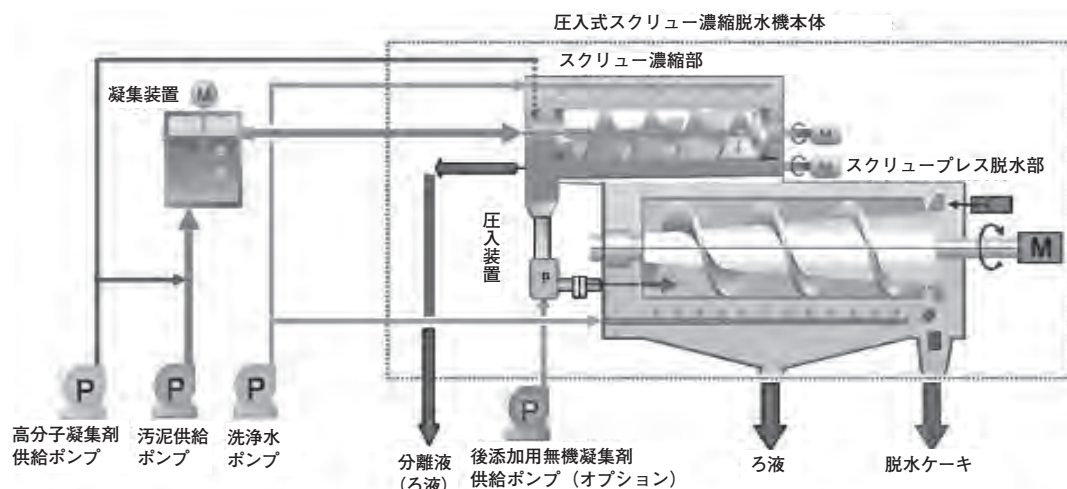


図3 圧入式スクリー濃縮脱水機の構造

した汚泥をスクリープレス脱水部へ圧入することで機内の汚泥充填率を高めて脱水性能を向上させている。さらに、スクリープレス脱水部は、標準型スクリープレスに比べ滞留時間を長くしているため、脱水ケーキ含水率の低減が図れる構造となっている。

また、オプションとして圧入装置部において濃縮汚泥に無機凝集剤を後添加できるため、凝集装置を追加することなくさらに低含水率化が期待できる。

昨年度に引き続いて、長野県飯田市松尾浄化管理センターを中心に、全国各地の処理場において性能確認試験を進めることにしている。

(3) 低含水率脱水汚泥移送技術

脱水汚泥を乾燥や焼却設備への移送手段としてポンプ圧送が広く採用されているが、低含水率過ぎると圧送抵抗が増大し各種トラブルの発生原因となることから、現場では含水率 80% 前後に加水調整しているケースもある。近年凝集剤や新しい脱水機の開発等によって含水率 70% 台前半まで脱水処理が可能となってきた。トータル的なエネルギーコスト等を考慮すれば、極力低含水率の状態で乾燥や焼却等後段のプロセスへ移送することが望まれる。

このような背景のもと、低含水率脱水汚泥を低動力で移送可能な一軸ねじ式ポンプシステムの実用化を進めている。図 4 に示すようなマルチリボンスクリーとポンプの機能を一体化しているのが特徴で、移送先がホッパ・トラックなど定量性の必要ない場合と乾燥機や焼却炉へ送泥する場合など定量供給が必要な場合の 2 種のポンプ型式について実用化研究を進めている。

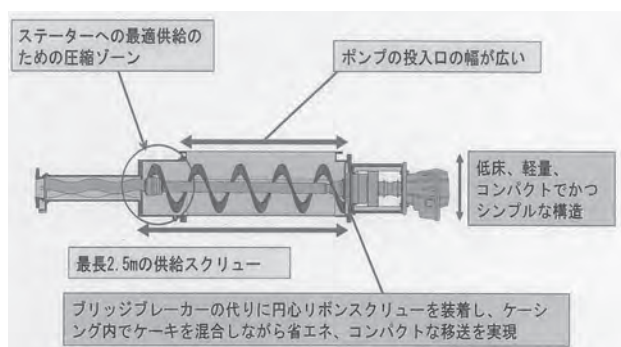


図4 低含水率脱水汚泥移送ポンプの概要

(4) 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、図 5 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。今年度は本燃料の長期保存性の評価、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。

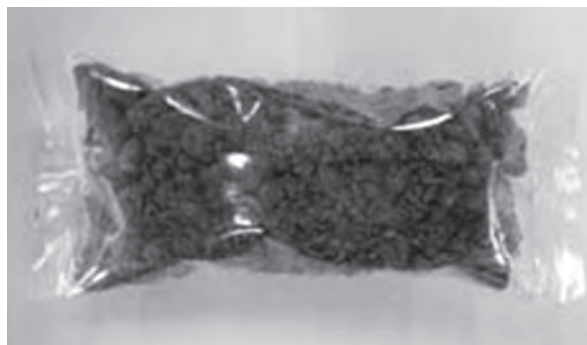


図5 バリアフィルムによる無臭化燃料

3. おわりに

自然エネルギーの中でも太陽光や風力は天候の影響を大きく受けることから代替エネルギーの中心にはなりにくいといわれているのに対し、バイオマスは固形・ガス・液体燃料として貯蔵や保管が容易であり、天候等に左右されず人為的に制御・利用できる特徴がある。ただし、バイオマスは一般に存在密度が低く有効利用する上でその収集に多大なエネルギーとコストを要するという課題が指摘されている。

そのようななか、下水汚泥は集約性に優れ、質・量ともに安定しているばかりか、エネルギー消費の大きい都市部で多く発生することから、有効利用に最も適したバイオマス資源とみなされている。欧米では下水汚泥は嫌気性消化によりエネルギー回収したあと、乾燥又はコンポスト化により緑農地利用されるのが最も一般的に行われている。家庭で発生する生ごみをデイスポージャー経由で下水処理場に受け入れている米国では、処理場における消化ガス発生量が多いため処理場電力を賄うだけでなく、外部に電力を供給している処理場も多くあると報告されている。

わが国では、これまで下水汚泥や家庭生ごみは廃棄物として大部分が焼却処分されてきたが、これを機会に貴重なバイオマス資源として積極的に有効利用を図るよう方向転換を図ることが望まれる。

JS では、これらエネルギー利用を中心とする温暖化対策や循環型社会を念頭においた汚泥の有効利用法に関する研究課題に今後も積極的に取り組んで行くことにしている。

特集：平成 24 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

財団法人 下水道新技術推進機構 資源循環研究部長

石 田 貴

キーワード：銅板製消化タンク、酸化剤、回転ドラム型濃縮機、バイナリー発電

1. はじめに

福島第一原子力発電所の被災以降、原子力発電所の信頼性が揺らぎ、全ての原子力発電所が稼働停止の事態となっている。このため、原子力発電所への依存度が高かった関西電力などでは今夏の電力不足が懸念されることとなった。また、代替となる火力発電の燃料費の増大により、電力料金の値上げが東京電力以外でも実施されようとしている。

下水処理場の人件費を除く維持管理費に占める電力費の割合は約 37% に達しており、電力料金の値上げは下水道経営にも多大な影響を及ぼすことになる。既に大規模下水処理場では、省エネ法に基づき使用エネルギーの削減に取り組んでいるところであるが、いっそうの省エネへの取り組みとバイオガス発電などの創エネへの取り組みが喫緊の課題となっている。

資源循環研究部では、下水汚泥の燃料化や消化ガスの有効利用などの下水汚泥エネルギー化技術の普及促進に取り組んでおり、平成 22 年度には生ごみやし尿・浄化槽汚泥の下水処理場への受け入れによる利用エネルギー増大について、34 の地方自治体へ説明キャラ

バンを行ったほか、国土交通省の受託研究により「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン」を作成した。平成 23 年度には東日本大震災を受けて、4 月に汚泥消化タンクを有する 21 の地方公共団体にバイオガス発電キャンペーンを行ったほか、国土交通省の「下水汚泥エネルギー化技術普及促進支援業務」を受託し、全国 12 会場で下水汚泥エネルギー化技術の説明会を実施すると同時に 3 地方公共団体の FS 調査を行った。

また、りん資源化にも取り組んでおり、国土交通省の受託研究により、需要家も参加した「りん資源化検討会」を平成 20 年度及び平成 21 年度に開催し、「りん資源化の手引き」を作成した。また、平成 23 年度より 3 ヶ年の予定で、農水省の受託研究により、「下水灰の肥料用原料化技術の開発研究」の代表機関として全体統括及び肥料原料化システムの検討を行っている。

2. 平成 24 年度の研究テーマ

①補助燃料ゼロを目指した脱水・焼却システムに関する共同研究

管理者参加型共同研究として、平成 21 年度より平

成 24 年度の予定で岐阜市、メタウォーター(株)、月島機械(株)と実施している。

本研究は既存の脱水・焼却設備を、安定した自燃域の含水率が得られる脱水設備と安定した自燃域での燃焼が可能な焼却設備までを一体のシステムとして再構築し、維持管理費の低減と温室効果ガスの削減に加え、有効な廃熱利用を図るものである。このため、既存設備を使用した基礎実験及び再構築後の実設備での運転を通して技術の検証を行い、計画、設計、維持管理にかかわる留意事項を整理し、技術資料にまとめることを目的としている。

二重円筒加圧脱水機による脱水ケーキの低含水率化と低含水率脱水ケーキの搬送実験、既存焼却炉による自燃焼却実験及びそれを踏まえた焼却炉更新工事を終了したところである。

②鋼板製消化タンクに関する共同研究

平成 22 年度より平成 24 年度までの予定で(株)神鋼環境ソリューションと実施しており、技術マニュアルの作成を目的としている。

従来、汚泥消化タンクは一般的に鉄筋コンクリートで建設されてきたが、建設費が高いことや建設工期が長いなどの課題があった。これに対し、鋼板製消化タンクは平らな底盤に鉄板を溶接して円筒形の消化タンクを製作するため、建設費が低減できると同時に建設工期が短いというメリットがある。φ 10 m×H 11 m

の実証施設の建設状況を写真－1に示す。また、タンク表面にセンサー類を容易に設置できるため、これらのセンサー類によりタンクの内部状況の可視化が可能になるという特徴を有する。さらに、インペラ式攪拌機の導入により、ドラフトチューブ式攪拌機の半分程度の動力で同程度の攪拌能力を発揮することができる。

下水処理場では、バイオガス発電の導入により使用電力の 30% 程度を賄うことができるが、鋼板製消化タンクは建設工期が従来の半分程度で済むことから、電力不足や電気料金値上げ対策としての自前電力確保に大きく貢献するものと考えられる。

③トータルエネルギーシステムとしての汚泥減量化技術に関する共同研究

平成 23 年 11 月より平成 24 年度までの予定で(株)神鋼環境ソリューションと実施しており、技術マニュアルの作成を目的としている。

本研究は、エネルギー回収率と汚泥減量化率の向上につながる熱可溶化技術とエネルギー回収施設として中温消化タンクを組み合わせた技術について、コストメリットやエネルギー削減効果をケーススタディにより明らかにする。また、下水処理場の未利用エネルギーとして、汚泥焼却炉の廃熱やガス発電の廃熱等があり、これらを熱可溶化設備のエネルギー源として活用した場合はトータルエネルギーの効率化を図ることが



施工前
(基礎築造済み)



底板配置
(施工1日目)



側板1段目
(施工3日目)



最上段6段目
(施工11日目)



屋根製作
(施工16日目)



屋根取り付け
(施工18日目)

写真－1 実証施設の建設状況

可能であり、ケーススタディでは污泥焼却炉の廃熱を有効利用したケースも想定しエネルギー削減効果を明らかにする。

本技術（レセルシステム）の処理フローを図-1に示すが、熱可溶化装置の投入污泥濃度を15%とすることで加熱エネルギーを最小化すると同時に、消化タンクの投入污泥濃度を10%とすることで消化タンク容積が従来の約3分の1となる。また、固形物の分解率の向上と脱水性の向上により、脱水ケーキベースの減量化率は約70%に達する。さらに、増加した消化ガス量の約60%はバイオガス発電等への有効利用が可能である。

④酸化剤を用いた余剰污泥削減技術（標準活性污泥法）に関する共同研究

管理者参加型共同研究として、平成24年2月より平成24年度の予定で大分市、日鉄環境エンジニアリング㈱、扶桑建設工業㈱と実施している。

酸化剤を用いた污泥減量化技術については、OD法や長時間活性污泥法を対象に平成20年度に技術マニュアルを作成したが、今回は標準活性污泥法を対象として技術マニュアルを作成する予定である。

図-2に本技術のフローを示す。余剰活性污泥の一部を污泥減量化設備で薬剤により可溶化し、可溶化した污泥は最初沈殿池に戻し、沈殿物は最初沈殿池として引き抜き、溶解成分は反応タンクに流入させ生物分解を行う。このことにより、反応タンクの負荷の軽減と余剰活性污泥量の削減により脱水性の改善を図ることができる。大分市松岡水資源再生センターにて実証試験を行っている。また、標準活性污泥法他処理場の余剰活性污泥についても薬注率と可溶化率との関係を室内試験にて調査する予定である。

⑤回転ドラム型濃縮機の性能に関する共同研究

平成24年度の新規案件として㈱タクマと実施しており、技術マニュアルの作成を目的としている。

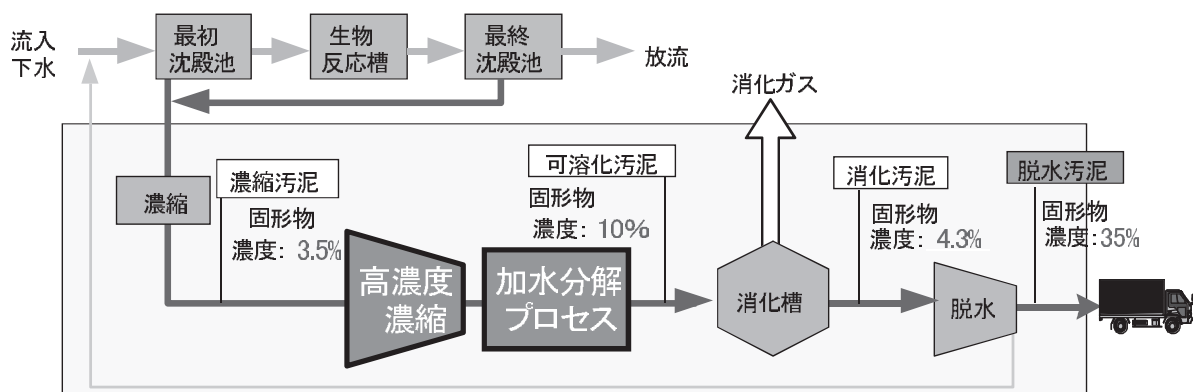


図-1 レセルシステムの処理フロー

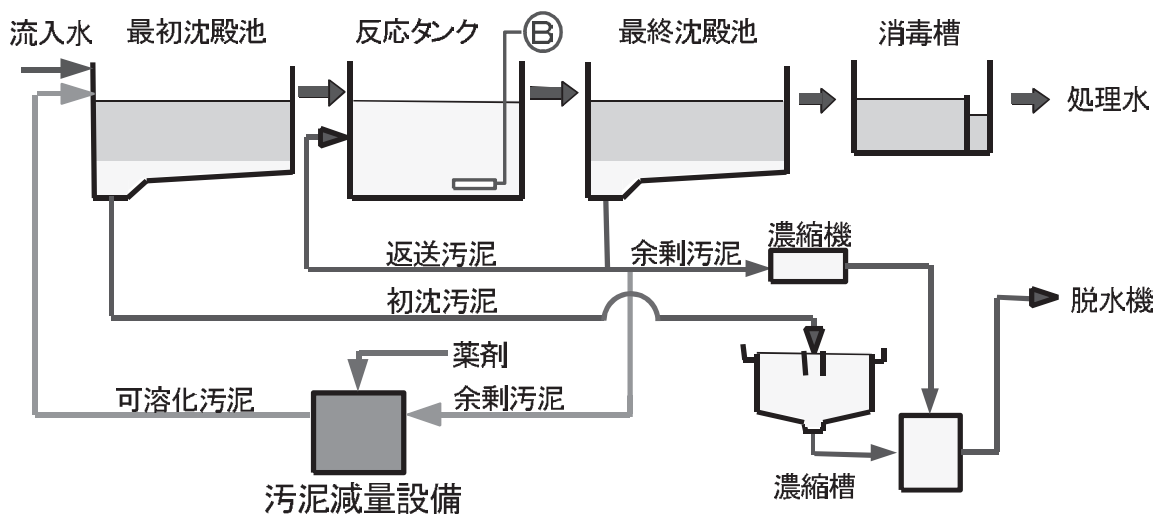


図-2 酸化剤による污泥減量化処理フロー

回転ドラム型濃縮機の概要を図-3に示す。金属製ウエッジワイヤーのドラム型スクリーンの内側に凝集剤を添加した汚泥を投入し、ドラムの回転によって固液分離を行い、分離液はウエッジワイヤーを通過して排出され、汚泥はドラム内部に設けられた送り羽根により転がりながら出口側に搬出され濃縮汚泥となる。運転中はスクリーンの目詰まりを解消するため、洗浄ノズルより噴射されるスプレー水で洗浄が行われる。

処理対象汚泥は余剰活性汚泥、混合生汚泥、最初沈殿池汚泥であるが、本研究では新庄市浄化センターの実機により、一般的に利用頻度の高い余剰活性汚泥を対象とした濃縮性能を中心に調査を実施する予定である。混合生汚泥を対象に凝集剤添加率を高めて処理能力を数倍に高めた調査データも有する。

⑥バイナリー発電に関する共同研究

平成 24 年度の新規案件として(株)神鋼環境ソリューションと実施を予定しており、技術マニュアルの作成を目的としている。

従来、バイナリー発電は地熱発電のような大規模発電に使われていたが、昨秋、(株)神戸製鋼所より小型バイナリー発電機が発売された。一方、下水污泥焼却炉から排出されるスクラバー排水は、熱量的には大きい温度が低いためエネルギーとして利用されてこなかった。バイナリー発電は下水処理場の未利用エネルギーを活用する技術として非常に有効と考えられる。下水処理場に適用した場合のバイナリー発電システムのフローを図-4に示す。スクラバー排水の熱エネルギーを入熱とし冷媒を蒸発させタービンを動かし発電を行うもので、二次処理水で冷媒を冷却して凝縮する仕

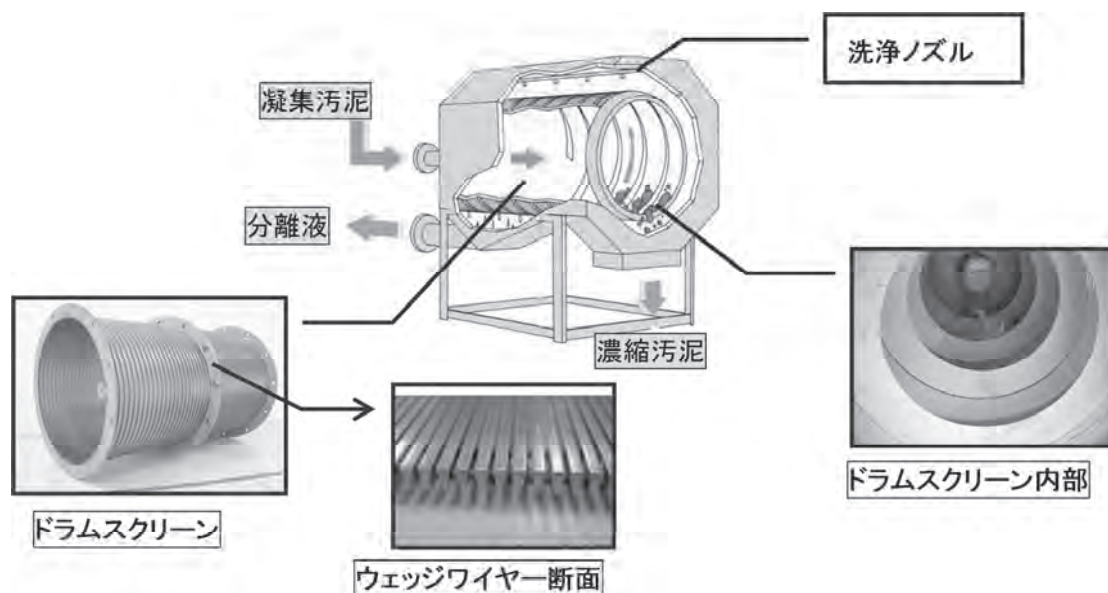


図-3 回転ドラム型濃縮機の概要

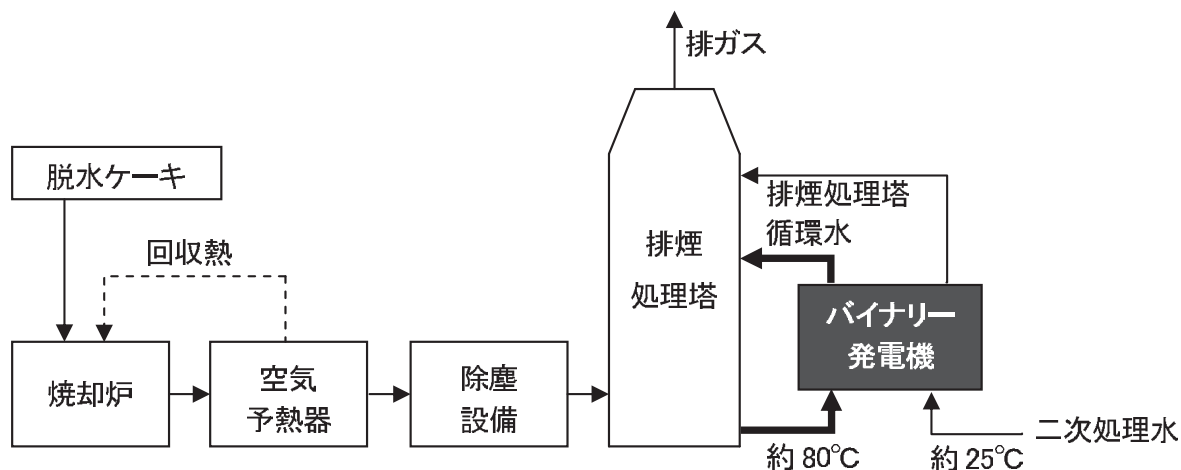


図-4 バイナリー発電システムのフロー

組みである。

市販のバイナリー発電機は上水を対象としたものであるため、スクラバー排水や二次処理水を用いた場合の材質の検討とバイナリー発電機の処理性能の確認等を行う予定である。

⑦下水灰の肥料用原料化技術の開発研究

平成 23 年度より平成 25 年度までの予定で、農水省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」として実施している。

開発研究体制は図－5 に示すとおりであり、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行っている。

今までに得られた成果の一部を紹介すると次のとおりである。主要な国内肥料メーカーの肥料工場は、下水焼却灰の発生量の多い都市部の近隣に立地しており、下水焼却灰のりん肥料としての利用に適していることがわかった。また、下水焼却灰の微量重金属の除去方法として、塩化カルシウムを物理混合させた塩化揮発により鉛、ニッケルなどが許容値を大きく下回る濃度まで低減可能であることなどが明らかとなり、実用的な処理プロセスの提案がなされた。一方、下水焼却灰が農地還元される場合を想定したライシメーター試験を実施し、長期的な金属類の流

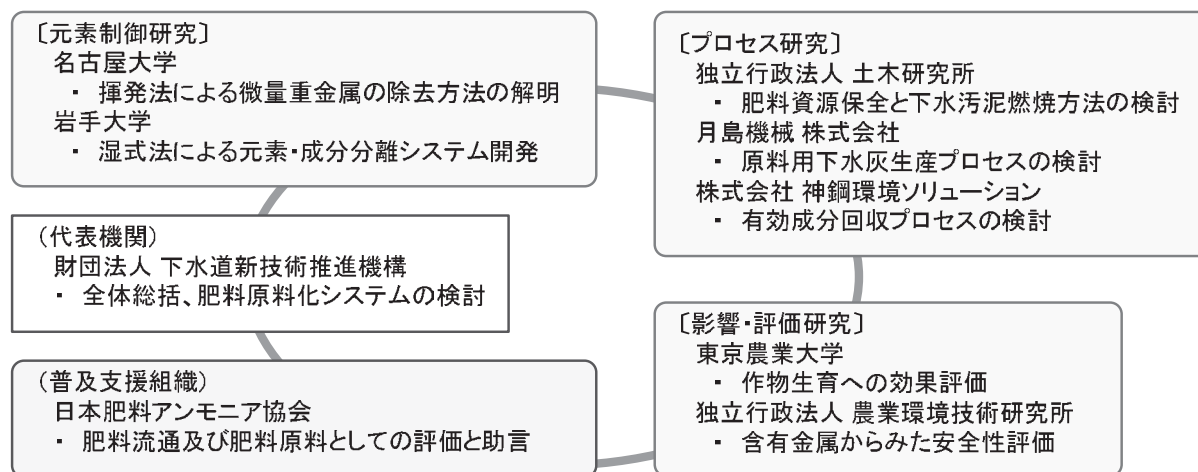
出状況の把握と灰中の各種元素の挙動に関する考察が行われた。

3. おわりに

下水処理場の運転に不可欠な電力事情は逼迫しており、一方で電気料金の値上げが下水道経営を圧迫する状況にある。しかしながら、下水汚泥の持つエネルギー価値は高く、ガス発電などを導入すれば 30% 程度の自前電力の確保につながるほか、固形燃料や都市ガス原料として外部にエネルギー供給することができる。

この 7 月からは再生可能エネルギーとして下水汚泥からの発電電力は、kWh 当たり約 41 円の委員会案が提示され、この値段で電力会社の引き取り義務が生ずる予定である。これにより、地方公共団体のみならず PPP によるエネルギー活用事業のいっそうの進展が見込まれる。また、利用エネルギーの増大を図るため、生ごみやし尿・浄化槽汚泥などの他バイオマスを受け入れることで下水処理場の資源化基地としての役割がさらに高まることになる。

資源循環研究部はエネルギー化技術の普及促進に取り組むと同時に、必要な技術開発に取り組んでいます。地方公共団体や民間のよきパートナーとしてありたいと考えていますのでお気軽にご相談ください。



図－5 下水灰の肥料用原料化技術 開発研究体制

Q & A

下水汚泥肥料等の緑農地利用について

キーワード：下水汚泥、緑農地利用、肥料取締法、品質管理

Q1 下水汚泥はどの程度緑農地利用されていますか。

A1 平成21年度の下水汚泥発生量（汚泥発生時乾燥重量ベース）は、約2,177千トンで、このうち、約315千トン（約14.5%）が緑農地利用されています（表1）。

Q2 下水汚泥の緑農地利用形態にはどのようなものがありますか。

Q2 下水汚泥の緑農地利用形態には、コンポスト、乾燥汚泥、脱水汚泥、焼却灰等があります。

平成21年度の下水汚泥の緑農地利用量の内訳は、コンポスト76.2%、乾燥汚泥9.9%、脱水汚泥8.7%、焼却灰3.8%、炭化汚泥1.2%とコンポストとしての利用形態が最も多くなっています。また、脱水汚泥の直接利用は少なくなってきました。

Q3 下水汚泥の緑農地利用でのメリットは何ですか。

A3 下水汚泥は窒素、リン等の肥効成分のほか、植物の生育に欠かせない複数の有用な無機物を含んでいるため、適切な施用管理の下で有効利用されることにより自然界に還元され、恒久的な資源循環に寄与することができます。

Q4 緑農地利用で最も多く利用されているコンポストの特徴は何ですか。

A4 下水汚泥をコンポスト化することにより、下水汚泥中の易分解性有機物が好気的条件下で、微生物によって発酵・安定化されるため、汚泥中に残存するおそれのある病原菌等が死滅・不活性化して衛生上の安全性が向上します。また、汚泥中の水分が蒸発して含水率が低くなり取り扱いが容易になります。

下水汚泥コンポストは、肥効成分、取扱性、衛生面で優れた特徴を有する有機質肥料や土壌改良材として地力を増進させ、農産物の生産力の維持に役立てることができます。

表1 下水汚泥の処理及び処分状況（平成21年度 国土交通省調べ）

単位：DS- t / 年（汚泥発生時乾燥重量ベース）

引き渡し先 処理後の 汚泥形態	最 終 安 定 化 先									合 計
	埋立処分	緑 農 地 利 用	建設資材利用		固形燃料	そ の 他 有効利用	海洋還元	場 内 ストック	そ の 他	
生 汚 泥	13	4	0	0	0	0	0	0	0	17
濃 縮 汚 泥	3	0	25	32	0	0	0	0	0	61
消 化 汚 泥	0	0	4,083	0	0	0	0	0	0	4,083
脱 水 汚 泥	22,450	27,476	101,449	14,964	508	4,164	0	99	1,553	172,665
移動脱水車汚泥	8	208	67	0	0	0	0	0	0	283
コ ン ポ ス ト	69	239,952	431	811	0	84	0	0	0	241,346
機 械 乾 燥 汚 泥	2,034	30,721	9,676	352	11,769	11,718	0	0	0	66,270
天日乾燥汚泥	453	315	0	29	0	0	0	1	0	798
炭 化 汚 泥	144	3,692	196	122	14,871	224	0	118	0	19,368
焼 却 灰	422,239	11,974	720,513	301,683	0	5,736	0	1	22,413	1,484,558
溶 融 ス ラ グ	144	668	7,829	148,443	0	5,909	0	23,957	918	187,868
合 計	447,557	315,010	844,268	466,436	27,148	27,836	0	24,177	24,884	2,177,316

Q5 下水汚泥を肥料として緑農地利用する場合にどのような法令等が適用されますか。

A5 下水汚泥を原料とする肥料を取り扱う場合、肥料取締法に基づく普通肥料の登録が必要になります。また、肥料の成分についての品質表示の義務があります。

肥料取締法に基づく普通肥料の公定規格（農林水産省告示）では、肥料の種類として、下水汚泥肥料（脱汚泥、乾燥汚泥等が該当）、混合汚泥肥料（下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料のいずれか二以上を混合したもの又はこれを乾燥したもの等が該当）、焼成汚泥肥料（下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料又は混合汚泥肥料を焼成したものが該当）、汚泥発酵肥料（コンポストが該当）等があります。

また、含有を許容される有害成分の最大量は、ヒ素：0.005%、カドミウム：0.0005%、水銀：0.0002%、ニッケル：0.03%、クロム：0.05%、鉛：0.01%、と定められています。

さらに、制限事項として「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令」の基準に適合した原料を使用することや植害試験の調査を受け、害が認められないものであることが定められています。

なお、その他管理基準の通達や各都道府県等による汚泥肥料に関する指導指針にも留意する必要があります。

Q6 汚泥肥料の生産者が自主的に品質を管理するためのわかりやすい手引書はありますか。

A6 農家等が安心して汚泥肥料を使用できるように、生産者が汚泥肥料中の重金属含有量を適正に管理し、安全な肥料を供給することは極めて重要です。

このため、汚泥肥料中の重金属含有量について適正な管理を推進する手引書として、平成22年8月に「汚泥肥料中の重金属管理手引書」（農林水産省）が作成されました。

この手引書では、サンプリング検査計画書の作成や重金属含有量の自主管理基準値の設定、不適合時の措置等、生産者が自主的に取り組むべき管理の方法がわかりやすく解説されています。それらを参考にすることにより、生産者が低コストで汚泥肥料中の重金属含有量の検査を行い、かつ、重金属含有量の低減化を図り、肥料取締法の許容値を超えないよう予防することが可能となります。

（札幌市建設局下水道施設部

豊平川水処理センター 濱田敏裕）

Q & A

汚泥処理コストを削減するために

キーワード：嫌気性消化、汚泥処理年価、消化ガス有効利用、含水率

Q1 嫌気性消化の導入が、汚泥処理年価の削減に有効であると聞きますが、もう少し具体的に説明して下さい。

A1 嫌気性消化がない場合の汚泥処理年価計算式は、以下のとおりで、下のイメージをご参照下さい。

$$a3 + b3 + e3 + f4$$

一方、嫌気性消化を導入した場合は、

$$A1 + B1 + A3 + B3 + E3 + F4$$

となり、さらに、消化ガス有効利用としてガス発電施設を導入した場合は、

$$A1 + B1 + A3 + B3 + E3 + F4 +$$

$$A2 + B2 - C2 - D2$$

となります。

濃縮工程以降の汚泥処理・処分に係る経費の分類

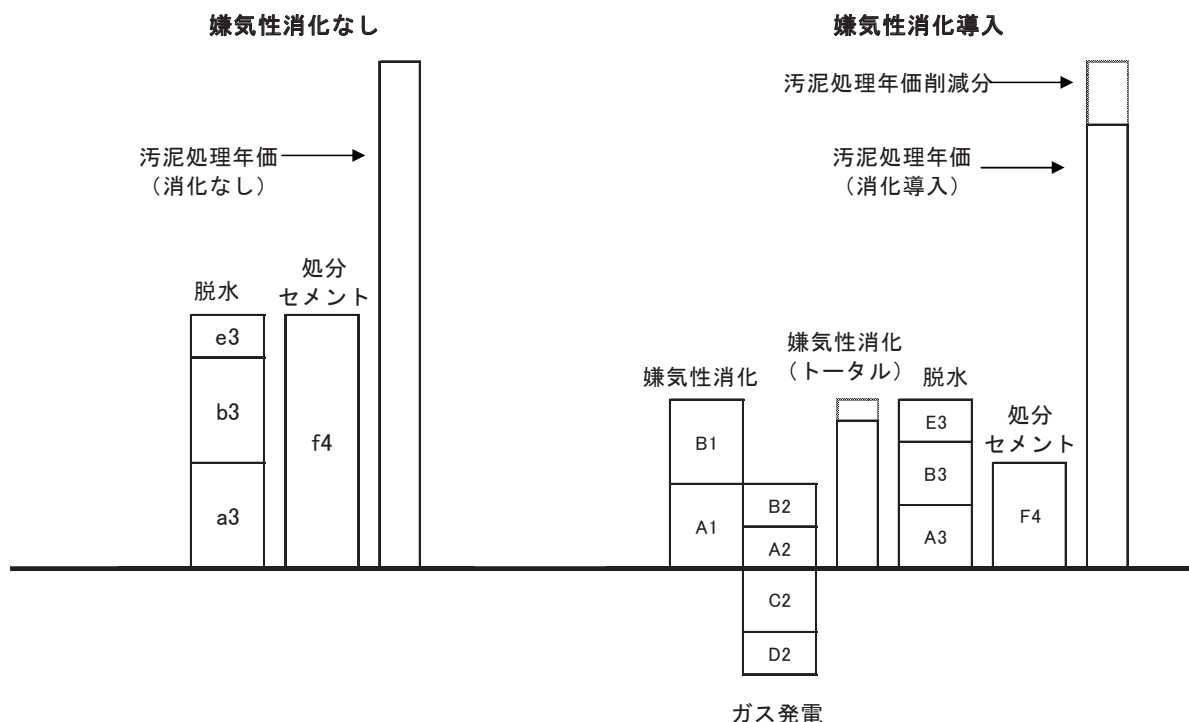
<嫌気性消化槽なし>

濃縮以降の工程	必要経費と便益
脱水機	a3 建設費年価
	b3 維持管理費
	e3 薬剤費(高分子凝集剤)
脱水汚泥のセメント原料化	f4 処分委託費(運搬費含む)

<嫌気性消化槽あり>

濃縮以降の工程	必要経費と便益
嫌気性消化槽	A1 建設費年価
	B1 維持管理費
消化ガス発電施設	A2 建設費年価
	B2 維持管理費
	C2 電力使用量削減効果
	D2 排熱回収効果
脱水機	A3 建設費年価
	B3 維持管理費
	E3 薬剤費(高分子凝集剤)
脱水汚泥のセメント原料化	F4 処分委託費(運搬費含む)

※ 脱水汚泥をセメント工場に搬出していると仮定



嫌気性消化槽に係る建設費や維持管理費が増加しますが、消化ガスが発生した分だけ脱水機に供給される固形物量が減少することにより、脱水機の建設費、維持管理費が削減できます。また、脱水汚泥量（現物）の減少により、汚泥処分費（セメント工場における処分費と運搬費）も削減されます。

したがって、脱水工程以降の経費削減分（ $a3 + b3 + e3 + f4 - A3 - B3 - E3 - F4$ ）が、嫌気性消化導入に伴う建設費、維持管理費の増加分（ $A1 + B1$ ）を上回れば、嫌気性消化導入により汚泥処理年価が減少します。消化ガス発電等の導入により、さらに汚泥処理年価を削減できると考えます。

なお、嫌気性消化の導入により、臭気の低減により脱臭コストが削減できたり、脱水汚泥を乾燥して緑農地利用を行う（肥料）ことも可能であり、総合的に評価して導入を検討していただくべきと考えます。

Q2 嫌気性消化の導入のような抜本的な対策ではなく、維持管理の工夫により汚泥処理コストを削減する方法はありませんか？

A2 脱水汚泥の低含水率化は、汚泥処分委託費や焼却炉維持管理費の削減に大きな効果があります。ただし、高分子凝集剤の添加量を増やし低含水率化を図る場合は、薬剤費（ $e3$ または $E3$ ）の増加と汚泥処分費（ $f4$ または $F4$ ）の削減額のバランスを考慮する必要があります。

（例）含水率を82%から78%に削減した場合の汚泥処分費の減少

脱水汚泥中の固形物量を A と仮定すると、含水率82%の場合の脱水汚泥現物量（トン）は、

$$A \div (100 - 82) \times 100 = 5.56A \text{ (トン)}$$

一方、含水率78%の場合の脱水汚泥現物量（トン）は、

$$A \div (100 - 78) \times 100 = 4.55A \text{ (トン)}$$

含水率を82%から78%に削減した場合、脱水汚泥現物量は、約18%削減します（汚泥処分費が、約18%削減されます）。

$$(5.56A - 4.55A) \div 5.56A \times 100 = 18 \text{ (\%)}$$

（「再生と利用」編集委員会事務局）

現場からの

声

消化ガス発電事業の 運用実績について

キーワード：消化、発電、温室効果ガス、焼却廃熱、バイオマス

1. はじめに

東日本大震災に伴う福島原子力発電所の事故以降、エネルギー事情は大きく変貌した。平成24年5月現在、国内の原子力発電所は全て停止に至り、電力会社の電源構成の大部分が火力発電で賄われ、これに伴う電力料金の値上げ等、下水道事業を含む大口需要家は、コスト面でも大きな影響をうけている。

こうした中、平成24年7月から「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」が施行され、事業者による再生可能エネルギーの買取りを義務化するなど、再生可能エネルギーが改めて注目されている。

下水道事業では、これまでも下水の持つエネルギーに着目し、「資源・エネルギー循環の形成」の取組みとして、温室効果ガス削減技術や省エネルギー技術を取り入れた汚泥の燃料化、バイオマス発電や小水力発電などの様々な取組みを推進し、循環型社会の形成に寄与してきた。

東京都下水道局では、太陽光発電、小水力発電、下水熱供給、汚泥炭化、汚泥ガス化等、様々な下水エネルギーの有効利用を実践している。今回は、平成16年度から森ヶ崎水再生センターで実施している「消化ガスによるバイオマス発電事業」について、これまでの運営状況と実績を紹介する。

2. バイオマス発電の概要

森ヶ崎水再生センターは、広範囲な処理区域（計画人口2,127千人、計画処理面積13,766ha、計画水

東京都下水道局施設管理部

施設管理課長 水上 啓

量1,540千 m^3 /日)を持つ日本で一番規模の大きい下水処理場である。処理場内には消化槽を含む汚泥処理施設が有り、処理過程で発生する消化ガスを活用して、平成16年4月より下水道で国内初となるPFI事業（BTO方式）としてバイオマス発電事業を開始した。本事業における設備は、常用発電用ガスエンジン（3,200kW×1基）、非常用発電用ガスタービン（約9,000kW分）、NaS電池（8,000kW）及び温水器等が設置されている。

下水道局は、汚泥処理で発生した消化ガスと水処理からの処理水が無償でPFI事業者を提供し、PFI事業者はガスエンジンで発電すると共にエンジン排熱、消化ガス温水器及び灯油焚き温水器で温水を製造している。製造した電力と温水は、低廉な価格で下水道局が購入する。この事業は、内部電力調達による電力コスト削減の効果、消化ガスの利用による温室効果ガス削減効果（年間約6,400t- CO_2 ）、複数電源確保による信頼性の向上の3点を事業効果として、事業契約を締結している。また、バイオマス発電によるクリーンなエネルギーとしての環境価値については、グリーン電力証書システムを通じて第三者に譲渡している。

3. 運転実績と改善点

消化ガス発電関連施設の設備フローを図1に示す。



写真1 ガスエンジン発電機



写真2 NaS 電池設備

消化槽には重力濃縮槽と機械濃縮設備から濃縮汚泥が供給され、槽の温度を 50℃ 前後で加温調整している。消化槽で発生した消化ガスは脱硫器、圧縮機、活性炭を通過した後にガスエンジン、消化ガス温水器に供給される。ガスエンジン冷却によって得られた熱と消化ガス温水器の熱で 80℃ の温水をつくり、消化槽の温度管理を行うが、熱量が不足する場合は、灯油焚き温水器を使用して熱量を補っている。平成 16 年度から運用を開始し、本年度で 9 年目を迎えるが、開始当初は計画通りの実績が得られず、下水道局と PFI 事業者とで協力して発電の効率化に向けた運転改善・設備改善を施した。これまでの経緯と実績を紹介する。

3-1 運転改善

平成 16 年度の事業開始当初は、消化槽の汚泥濃度管理、温度管理及び槽内攪拌等のバランスが取れず、消化ガスの発生が短時間で変動するため圧力が安定しなかった。ガスエンジンは、圧力変動に伴う緊急停止を回避するため低負荷で運転し、消化ガス圧力が急激に上がると余剰ガス燃焼装置を用いて処分せざるを得なかった。また、温水供給熱量が不足し、灯油焚き温水器を稼働させていたため、事業全体の温室効果ガス削減量は計画の約半分程度の効果しか得られなかった。しかし、平成 17 年度以降はこれまでの運転方法を改善し、発生ガス流量による自動運転からガスタンク圧力による手動運転に切替える等のソフト対策と、

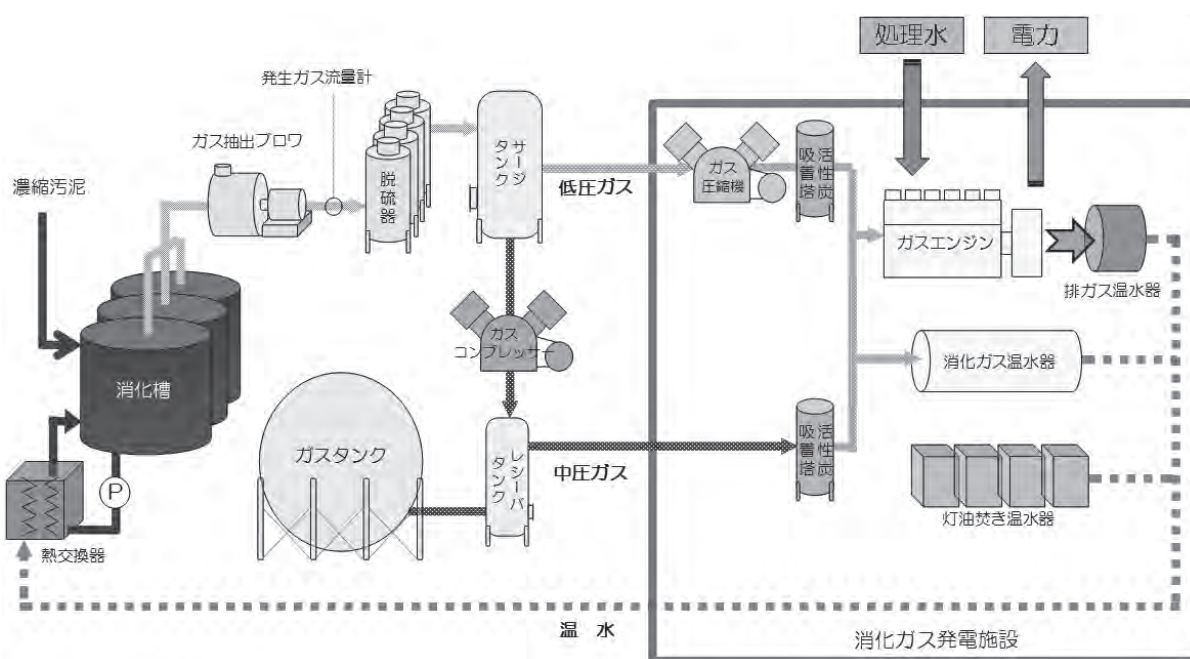


図1 設備フロー

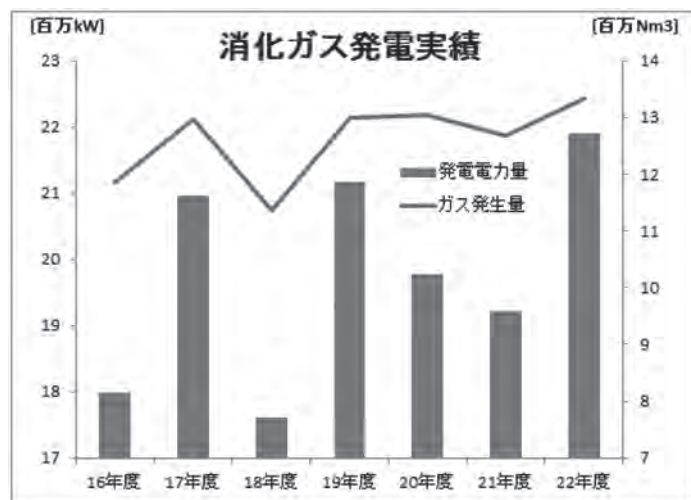
中圧のガスコンプレッサーを増設する等のハード対策を実施することで、ガスエンジンへの消化ガス供給量が安定し、17年度は前年比約15%の発電量増量に成功した。しかしながら、依然として温水器で灯油使用量が多く、温室効果ガス削減効果も計画の約75%に留まっていた。

平成18～20年度は、配管破損等のため長期間停止、消化槽フォーミング現象による消化槽停止等があり、

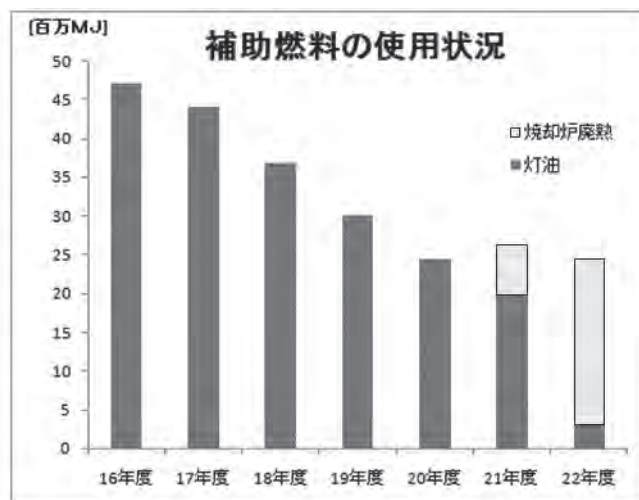
計画通りの運転が出来ていないが、コンプレッサーや余剰ガス燃焼装置の運転制御値の見直しにより、消化ガスのロスが少なくなり、灯油使用量は年々減少傾向となった（グラフ2参照）。平成20年度は、灯油使用量が事業開始当初の約半分まで削減され、温室効果ガス削減量は計画の約90%を達成した。しかし、この当時は原油価格が高騰する等の背景もあり、更なる灯油使用量の抑制が必須であった。

表1 PFI事業の実績

年 度	発電電力量	消化ガス発生量	焼却排熱供給量	灯油	温室効果ガス削減量
	千 kWh	千 N m ³	GJ	kL	t -CO ₂
平成16年度	17,982	11,860		1,286	3,531
平成17年度	20,966	12,961		1,205	4,884
平成18年度	17,617	11,377		1,003	4,105
平成19年度	21,180	12,985		821	5,900
平成20年度	19,768	13,035		665	5,759
平成21年度	19,206	12,674	6,585	541	5,845
平成22年度	21,890	13,323	21,462	80	7,947



グラフ1 ガス発生量と発電量実績



グラフ2 補助燃料の使用実績

3-2 焼却廃熱の供給

森ヶ崎水再生センターと芝浦水再生センターの汚泥は、森ヶ崎水再生センターから約4km離れた南部スラッジプラントに送られ、焼却処分されている。

平成21年度に南部スラッジプラントにおいて汚泥焼却新2号炉（300 t / 日）を建設するにあたり、温室効果ガス削減を目的として、南部スラッジプラントには排煙処理塔と白煙防止器で発生する廃熱を回収する設備を設置し、森ヶ崎水再生センターには消化槽を

加温する温水供給設備を設置した（図2）。

この設備は、南部スラッジプラント新2号炉にて発生する焼却炉廃熱を森ヶ崎水再生センターにて灯油の代替熱源として利用する設備で、廃熱熱交換器（4,200 MJ/h）から消化槽に熱供給することで、灯油温水器の使用を抑制し、計画では、平成19年度実績約821 kLに対して、約660 kL（約8割）の灯油削減効果が得られる。温室効果ガスに換算すると年間で約1,600 t -CO₂の削減となる。

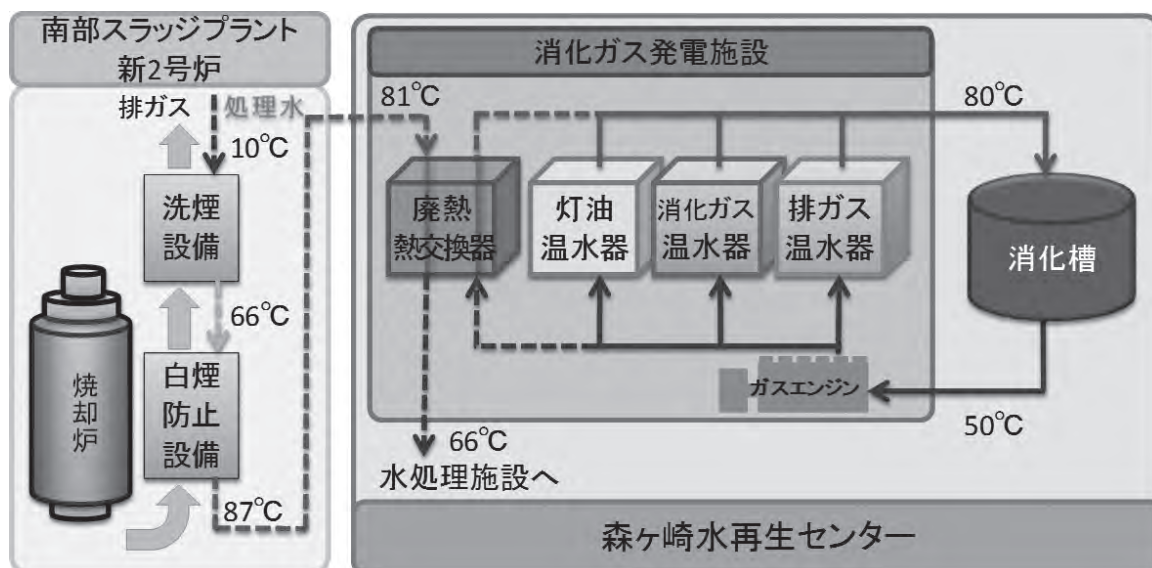


図2 焼却炉廃熱の熱供給設備

本設備は、平成 21 年 11 月より稼働を開始し、平成 22 年度の灯油使用量実績は 80 kL で平成 19 年度実績より 740 kL（計画比 112%）の削減に成功した。グラフ 2 に示す通り、灯油焚き温水器で賄われていた熱量の大半を焼却炉廃熱から供給しており、平成 22 年度は、焼却炉側の点検や修繕時以外は、ほとんど灯油を使用していない。これにより、本事業の温室効果ガス削減量は 7,947 t- CO_2 で過去最高となり、事業開始時の温室効果ガス削減目標を上回る結果が得られた。また、焼却炉廃熱が消化ガス温水器分の熱量をカバーする時間帯もあり、消化ガス発電量も過去最高の実績となった。

4. おわりに

事業開始から 9 年目を迎え、現在は、設備故障も少なく、事業運営状況は安定している。しかし、下

水汚泥は、森ヶ崎水再生センターを取巻く状況（水処理施設運転状況、ポンプ所運転状況、下水幹線工事等）や天候、気温等により性状が変動するため、年間を通じて消化槽の温度や圧力を一定に管理し、消化ガスを安定的に供給することは容易なことではない。

しかし、事業開始後に、都条例で温室効果ガス削減量の売却が可能となり、更に平成 24 年 4 月から東京電力の電力料金が約 2.6 円 /kW の値上げとなった事等から、事業計画当初よりも消化ガス発電はコスト面で有利となり、更なる事業性・発展性を有している。また、23 年度の下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）においても汚泥消化の効率化に関する項目が選定される等、技術面でのフォローも期待される。今後ともこういった取組みを注視し、発電量増量の一助にしていきたい。

文献紹介

下水汚泥中の銅と亜鉛の分布、形態分画および可給性に関する複数の手法による検討

A multi-technique investigation of copper and zinc distribution, speciation and potential bioavailability in biosolids

E. Donner, C.G. Ryan, D.L. Howard, B. Zarcinas, K.G. Scheckel, S.P. McGrath, M.D. de Jonge, D. Paterson, R. Naidu, E. Lombi
Environmental Pollution, **166**, 57–64 (2012)

下水汚泥の農地還元は、肥料成分および有機物の利用の観点から有用であるが、銅や亜鉛のような重金属を同時にもたらす。銅と亜鉛は植物必須元素であるが、汚泥を長期間連用すると潜在的な環境汚染物質になる。これまでに汚泥長期連用試験などが実施されてきたが、下水汚泥の組成の複雑さ、下水汚泥施用土壌の多様性などのため、銅や亜鉛の可給性は未だに十分に解明されていない。そこで本論文の著者らは、これまでに圃場試験等に供試した下水汚泥を用い、銅と亜鉛の形態分画を行って可給性を評価した。評価方法として、同位体希釈法 (E 値)、逐次抽出法、密度分別、広域 X 線吸収微細構造分析 (EXAFS)、マイクロビームを用いた蛍光 X 線分析 (m-XRF) を適用した。

下水汚泥試料として発生国の異なる 3 種類 (Bolivar, Nu-Earth, Woburn) を使用した。Bolivar 汚泥は最近の汚泥、Nu-Earth は 1970 年代の汚泥、Woburn は 1961 年の汚泥であり、これまでに様々な研究に利用されてきた。汚泥の化学的性質として、全炭素、pH (0.01 M-CaCl₂、固液比 1 : 5)、アルミニウム、リン、鉄、マンガン、銅、亜鉛濃度を調べた。また、逐次抽出法は BCR 法を適用した。銅と亜鉛の E 値は、1.2 g の汚泥を 12 ml の 0.01 M-CaCl₂ に分散させた後、亜鉛については放射性同位体 (⁶⁵Zn)、銅については安定同位体 (⁶⁵Cu) をスパイクし、72 時間後の γ 線強度あるいは同位体比から算出した。汚泥中の銅と亜鉛の EXAFS 分析は、つくばの Photon Factory で行った。密度分別は、比重 1.6 g ml⁻¹ のポリタングステン酸ナトリウムを用い、軽い画分 (LF) と重い画分 (HF) に区分した。m-XRF では、次亜塩素酸による汚泥中の有機物の分解除去前後における銅と亜鉛の分布状況を調べた。

Nu-Earth と Woburn 汚泥の銅濃度は 913 ~ 1121 mg kg⁻¹、亜鉛濃度は 2238 ~ 2945 mg kg⁻¹ であった

が、Bolivar 汚泥の銅と亜鉛濃度は、それぞれ 438 mg kg⁻¹、429 mg kg⁻¹ であり、他の汚泥より低かった。これは、最近の汚泥の重金属濃度が過去のものより低い傾向にあることを反映している。銅の E 値は全銅濃度の 37 ~ 74%、亜鉛の E 値は全亜鉛濃度の 31 ~ 48% であり、Bolivar 汚泥の E 値の割合は、過去のものと比較して必ずしも低くなかった。逐次抽出では、銅の第 1 画分 (比較的溶解しやすい画分) の割合は 4 ~ 11% であったが、亜鉛の第 1 画分の割合は 18 ~ 44% であった。Nu-Earth と Woburn 汚泥の銅は第 2 画分と第 3 画分に全量の 70 ~ 80% 程度、亜鉛は第 1 画分に 40% 程度存在したが、Bolivar 汚泥の銅と亜鉛は、最も安定な第 4 画分に多く存在した。

銅の EXAFS スペクトルは、供試した 3 種の汚泥で比較的類似しており、亜鉛の EXAFS スペクトルについても試料間の違いはほとんど認められなかった。Linear combination fitting 解析により、汚泥中の銅の 9 割程度は有機物 (腐植) と結合しており、鉄酸化物やリン酸が銅の形態に及ぼす影響は限定的であることが示された。BCR 法による銅の分画と異なる結果を示したのは、逐次抽出が操作法に基づく分画であるため、形態を完全に反映していないためと考えられた。一方、有機物と関係している亜鉛は 0 ~ 29% でしかなく、フェリハイドライトと結合している亜鉛が 58 ~ 73% であった。また、Bolivar 汚泥の亜鉛の 25% はリン酸と結合していたが、Nu-Earth と Woburn 汚泥では、リン酸との結合は認められなかった。

密度による分別では、軽い画分が有機物主体、重い画分が無機物主体と考えると、亜鉛については 54 ~ 91% が重い画分に存在し、無機物との結合が強く示唆されるのに対し、銅は有機物と結合している割合が高かった。m-XRF 画像においても有機物除去後の銅の分布が顕著に少なくなっており、有機物の多くは銅と結合していることが示唆された。

以上の結果より本論文の著者らは、汚泥中の銅は主に有機物と、亜鉛は主に鉄酸化物などの鉱物と結合していることが複数の手法で確認され、汚泥施用後の長期変化を調べる場合は、汚泥由来の有機物の分解に伴う銅の挙動に注目すべきであると提言している。また、時代の異なる汚泥であっても銅と亜鉛の存在形態は比較的似ていたことから、これまでに実施された汚泥試験のデータは今日においても通用すると結論している。

(農業環境技術研究所 川崎 晃)

文献紹介

下水汚泥を用いた酢酸生成促進のための
2 段式水熱反応の評価

Evaluation of a two-stage hydrothermal process for enhancing acetic acid production using municipal biosolids

Anderson Aggrey, Peter Dare, Robert Lei and Daniel Gapes

Water Science & Technology, Volume 65 Number 1, 2012, 149-155

熱加水分解と湿式酸化は、有機性固形廃棄物の分解に係る水熱技術として分類される。熱加水分解では水分の存在下で加温することにより、細胞および高分子を分解させる。通常、熱加水分解は、酸化剤無添加の条件で、140-180℃、0.6-2.5 MPa の範囲で扱われる。一方で、湿式酸化は、空気、過酸化水素、純酸素のような酸素源を使用し、温度 (125-350℃)、圧力 (0.5-20 MPa) を高めることにより、有機物または被酸化性無機成分の液相酸化反応をさせる。両技術とも、圧力は沸騰を抑制するために蒸気圧以上に保つ。これは湿式酸化において、酸素の溶解効率を高める効果もある。熱加水分解技術は、実プラントとして数多く開発・導入されている。例えば、CAMBI™ や Thelys™ は、消化タンクのコンパクト化、バイオガス発生量の増加促進、汚泥性状安定化、脱水性の向上を目的として、生物分解性有機物の改質するための嫌気性消化の前処理技術として開発された。一方、湿式酸化技術は、有用な副産物を生成できる代替反応経路に着目して汚泥減量化する技術である。湿式酸化技術の一つである Athos™ プロセスは 98% の汚泥減量化、85% の COD 除去率を達成した実績がある。

近年の研究で、熱加水分解後の液相には、高濃度の VFA が含まれていることが明らかとなった。熱加水分解後の液相に含まれる VFA は酢酸を主体とした易分解性の有機酸であり、微生物への炭素源になり得るため、生物学的窒素除去やりん除去を促進させることができる可能性がある。

酢酸生成を促進させるため、熱加水分解と湿式酸化を組み合わせた 2 段式水熱反応の研究が行われている。それによると、2 段式水熱反応は、下水汚泥を基質とした場合に、ある特殊な運転条件で、酢酸のような低分子有機酸の生成を促進させると位置付けている。

筆者らは、下水汚泥 (汚泥濃度 2.5-3.0%) を対象として、(1) 熱加水分解単独 (2) 湿式酸化単独 (3) 両技術を組み合わせた 2 段式水熱反応、の 3 ケースについて実験を行い、それぞれの効果を確認するとともに、炭素源としての再利用の可能性について検証した。

実験は、600 ml のチタン合金製容器を用い、回分試験により行った。熱加水分解では、140℃、1 MPa、湿式酸化では 220℃、1 MPa の実験条件により、120 分

間の実験を行った。各ケースとも 3 回実験を行い、平均値として結果を算出し、COD 成分、溶存態有機成分の挙動について検証した。

実験の結果、投入汚泥中の全 COD (TCOD) の 88% を占める懸濁態 COD (PCOD) は、熱加水分解において 50%、湿式酸化において 80%、2 段式消化において 81% それぞれ加水分解され、可溶性 COD (SCOD) となり、分解・除去された。その結果、TCOD としては、熱加水分解、湿式酸化、2 段式水熱反応において、それぞれ 44%、69%、61% が除去された。この結果より、SCOD の蓄積と TCOD の除去率には密接な関係があり、酸素添加量と有機物の分解量に相関性があることが明らかとなった。溶存有機炭素 (DOC) に対する SCOD の割合は、熱加水分解、湿式酸化に比べて 2 段式水熱反応が高くなっていった。このことから、2 段式水熱反応の残留物には熱加水分解、湿式酸化に比べて酸化されやすい有機物が含まれるといえる。DOC 成分を分析した結果、熱加水分解では炭水化物が、湿式酸化および 2 段式水熱反応では VFA が主要成分であった。溶解性炭水化物の成分を調査した結果、熱加水分解ではグルコースが主成分となっていたものが、湿式酸化、2 段式水熱反応においては、そのほとんどが分解され、他の炭素関連成分に分解されていた。他の研究でも同様に湿式酸化、2 段式水熱反応においてグルコースが分解され、フラン、乳酸に変換された後、酢酸に変換されたという報告がある。一方で、酢酸生成については未だ明らかになっていない反応経路がある可能性があることも指摘されており、今後更なる検証が必要である。VFA の成分についても調査した結果、各ケースで酢酸が主要成分となっており、特に湿式酸化と 2 段式水熱反応においてその値が高くなっていった。酢酸生成については、その収率と純度が重要な指標となる。酢酸の収率、純度は、熱加水分解で 0.4%、1%、湿式酸化で 12%、38%、2 段式水熱反応で 8%、25%、それぞれ増加した。

本研究では、下水汚泥を基質とした 2 段式水熱反応による酢酸生成量の増加促進は確認されなかった。これは、炭水化物と植物性廃棄物を基質とした同様の研究で示された、「湿式酸化による酢酸の収率 (9-11%) と純度 (26-33%) が、2 段式水熱反応により増加 (収率: 16-20%、純度 68-75%) した」という結果と異なる。この原因としては、実験における基質、温度、反応時間、添加した酸化体の違いが考えられるが、今後更なる検証が必要である。しかしながら、液相の酢酸純度は、酢酸が重臨界酸化条件において難分解性有機物の一つであることから、本実験条件で用いた温度 (220℃) を同様の実験で用いられている温度に上昇 (280-330℃) させることにより、向上させることが可能であると考えられる。
(日本下水道事業団 水田 健太郎)

講座

「下水汚泥の緑農地利用」 講座開設に当たって

「再生と利用」編集委員会事務局

キーワード：緑農地利用、循環型社会、重金属濃度

1. はじめに

下水道は、「公共用水域の保全」、「生活環境の向上」、「浸水防除」といった市民生活に直結するインフラ施設として、普及の拡大が進められました。下水処理の過程で必然的に発生する下水汚泥は、下水道普及率の更なる高まり、高度処理の導入、合流式下水道改善などにより今後も増加することが想定されますが、下水汚泥は産業廃棄物であるため、発生事業者が適切に処分を行うことが廃棄物処理法で定められています。しかし、最終処分場の確保等最終処分の困難性が増してきたことから、平成8年には下水道法が一部改正され、下水道管理者は下水汚泥の減量化に努めることとされました。

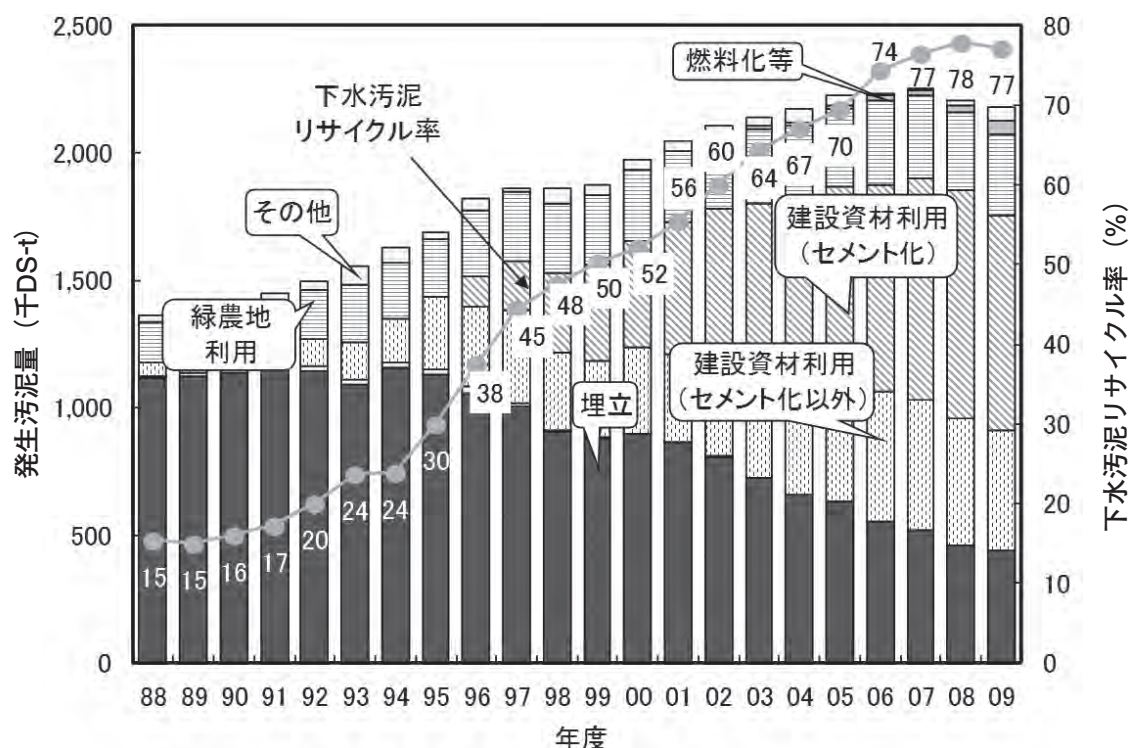
産業廃棄物の最終処分場の残余年数は、環境省の調査では平成22年4月1日現在で全国13.2年、首都圏4.4年となっており、今後も厳しい状況が続く見込みです。下水汚泥については各下水道管理者により有効

利用が図られてきましたが、今後も継続した取り組みが求められています。

下水汚泥については1990年頃までは約85%が埋立処分され、その他の大半は緑農地利用されていましたが、平成8年の下水道法の改正にともない、セメント原料への利用を中心とした建設資材利用が関東地方を中心に広がりました。一方、その間の緑農地利用については横ばい状態で、現在では利用率は約15%となっています。この利用率は、60%以上の下水汚泥を緑農地に利用している米国や英国と比較して低く¹⁾、未だ利用量が増える余地があると考えています。そこで、我が国での下水汚泥の緑農地利用促進のための情報発信として講座「下水汚泥の緑農地利用」を開設することとしました(図-1)。

本講座は136号～139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、次号以降は次の内容について掲載いたします。

○137号 講座「下水汚泥由来肥料の最近の事例」(予定)



図－１ 下水汚泥有効利用の推移（平成 22 年度国土交通省調査）

- 138 号 講座「土壌・作物における重金属の挙動」
(予定)
- 139 号 講座「これからの下水汚泥の緑農地利用」
(予定)

2. 下水汚泥の有効利用について

下水汚泥の有効利用の手法は、大きく建設資材利用、エネルギー利用、緑農地利用の３種類に分類されます。

建設資材利用については平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故による下水汚泥の放射能汚染の影響が解消されていませんが、その事故までは焼却灰や脱水ケーキについてアスファルトやセメントの原料、及び、土質改良材などへの用途としての有効利用が進んでいました。

エネルギー利用に関しては、汚泥の減量化、安定化のために導入されている消化工程で発生する消化ガスについて、消化槽の加温熱源、下水処理場で消費する電力の一部を賄うガス発電の燃料としての有効利用が進められ、天然ガス自動車や一般ガス事業者に精製ガスを供給する事業の原料としても活用が始められています（図－2）。

さらに、老朽化した汚泥焼却炉の改築時に、更新施設として汚泥炭化炉を整備し、最終生成物である炭化物を石炭火力発電所などで石炭代替燃料として利用する事業の実施例や検討事例がこの数年の間に急速な広

図－2 天然ガス自動車への精製ガス供給
(神戸市ホームページより)

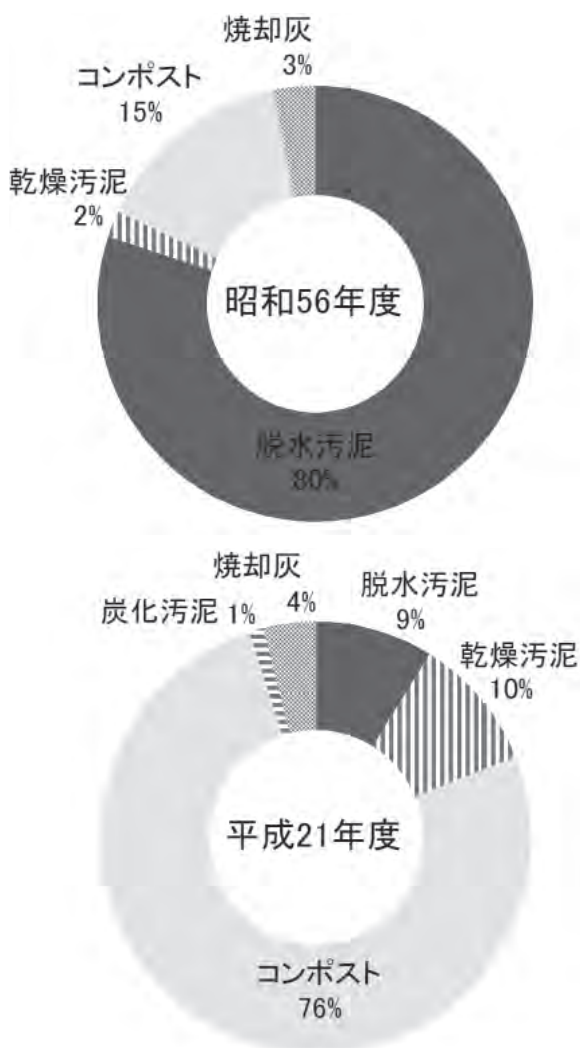
がりをみせています。また、消化ガスや炭化物のエネルギー利用は、植物由来である下水汚泥のカーボンニュートラルの特性から地球温暖化防止にも貢献することになります。

3. 下水汚泥の緑農地利用について

下水汚泥の緑農地利用の状況は、過去 20 年においてほぼ横ばいとなっています。その利用形態は昭和 50 年代までは脱水汚泥での利用が大半を占めていました

が、最近ではコンポストの利用が80%近くを占めており、また、乾燥汚泥や焼却灰での利用も行われています（図－3）。

下水汚泥は、窒素・りん、ミネラルなどの植物の生



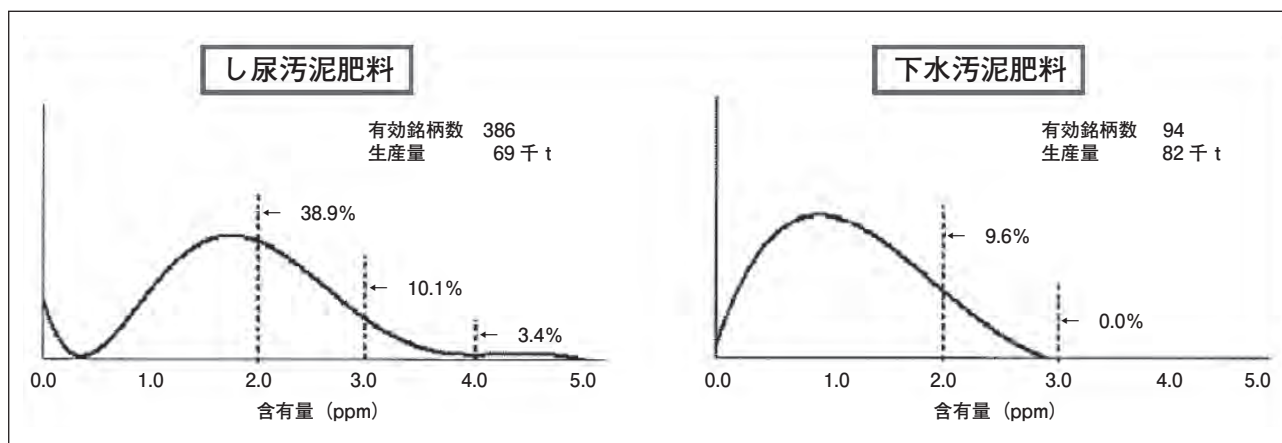
図－3 緑農地利用の利用形態
(昭和58年度「日本の下水道」・平成22年度国土交通省調査より)

育に必要な養分がバランス良く含まれています。りんについては、世界的に埋蔵地域が偏っており、アメリカと中国で約50%を産出しています²⁾。また、世界の人口増加による肥料需要増大やバイオエタノールの需要増加の中、主要りん産出国の輸出への規制により、りんの市場価格は乱高下します。これは、りん鉱石を全量輸入にしている我が国へ大きく影響を与えることとなります。また、我が国のりん輸入量に対する下水汚泥に含まれるりんの量は約10%となっており¹⁾、世界的なりん事情を考慮すると、下水汚泥に含まれているりんを肥料として緑農地利用することは、今後も欠かせない利用形態となります。

下水汚泥の緑農地利用は、りん鉱石などの有限な資源に替わって再生可能な資源としての役割を果たすこととなります。下水中の有機物は食物が消化され、栄養分が吸収された残り滓であり、そこに含まれている肥料成分は作物が農耕地から吸収した栄養分となっています。下水汚泥を緑農地に利用することは一度作物に吸収された肥料成分を下水汚泥の形にして再び緑農地に戻すこととなります。すなわち、緑農地の土壌が保有している有機物を分解する能力を活用して、下水汚泥の利用と作物栄養分の循環が実現することになります。このため、平成20年3月に閣議決定された「循環型社会形成推進基本計画」による循環型社会に向けた取り組みを進める手法として、下水汚泥の緑農地利用は適していると考えます。

4. 講座の開設について

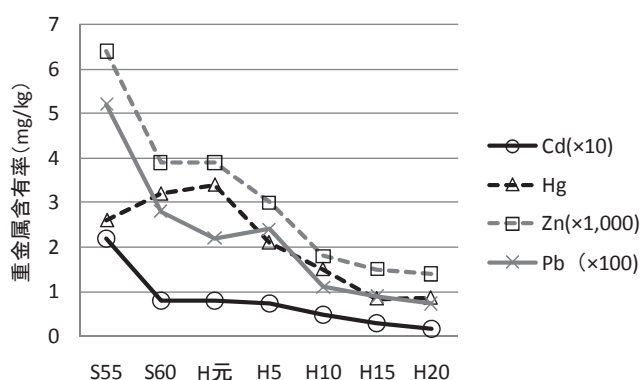
下水汚泥の緑農地利用は有限な資源であるりんの世界的事情、循環型社会の実現などの観点から優れた有効利用手法といえます。しかし、セメント原料を中心とした建設資材利用の広まりに比較して、緑農地利用は横ばいで最近の有効利用率も約15%に止まってい



図－4 汚泥肥料中のカドミウム濃度分布³⁾

ます。

緑農地利用を広めるための課題の一つは、下水汚泥＝工場排水＝重金属＝有害といった一般的なイメージがあります。しかし、これは誤ったイメージであり実態ではありません。下水汚泥には有害な重金属が含有している可能性があり、過去には工場排水に重金属が多く含まれることで、その成分が下水汚泥に多く含まれた時期もありました。しかし、下水道施設へ流入する工場排水の規制を適正に進めてきた成果として下水汚泥に含まれる重金属濃度は減少し、現状では工場排水が流入しないし尿処理場から発生する汚泥の方が下水汚泥よりも重金属濃度は高いデータもありますが、



図－5 大阪市N下水処理場汚泥重金属濃度
(大阪市提供)

残念ながら一般的には誤ったイメージが持たれていると考えます（図－4、図－5）。

また、近年コンポスト設備の老朽化に伴う改築の際に、下水処理場の周辺の市街地化による臭気対策や焼却施設とのコスト比較の面からコンポスト事業からの撤退を検討されている自治体もあります。

一方、北海道を中心にコンポスト設備を新たに整備した自治体もあり、これらの取り組み事例については講座に取り上げ、緑農地利用を採用した経緯、課題やその克服、市民・利用者への啓発活動などを紹介したいと考えています。

必ずしも下水汚泥の緑農地利用に関して、有利な状況ではないと考えておりますが、撤退を検討されている自治体がある中で新たに稼働したコンポスト設備もあり、なんとか横ばいを保っている現状で、今回の講座の開設が緑農地利用の広まりの一助にしたいと考えています。

<参考文献>

- 1) No.127 再生と利用「下水汚泥有効利用の課題とJS技術開発部における取り組みについて」
- 2) No.125 再生と利用「下水汚泥焼却灰の利活用ーリン資源の循環に向けて」
- 3) No.125 再生と利用「汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会について」

特 別 報 告

災害廃棄物の
処分・有効利用について

公益社団法人 日本下水道協会 技術研究部 資源利用研究課長

山 本 英 生

キーワード：災害廃棄物、放射性物質、被ばく評価、シナリオ、再利用

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震及びその津波被害により発生した災害廃棄物は、宮城県で約1,154万トン（通常の約14年分）、岩手県で約525万トン（同約11年分）という膨大な量であり、全国規模での災害廃棄物の広域処理が求められています¹⁾、新聞報道等によれば広域処理が遅々として進んでいないと指摘されています。その原因としては、費用負担の問題に加え、放射性物質の拡散に対する懸念が大きいと考えられます。

また、福島第一原子力発電所事故から一年が経過したにも係わらず、放射性物質を含んだ下水汚泥等の処分や再利用にも大きな進展がありません。特に、環境省から「8,000Bq/kg以下の廃棄物は、従来と同様の方法により安全に焼却したり埋立処分したりすることができます²⁾」と説明されていますが、現在でも8,000Bq/kg以下の下水汚泥等が、東日本の下水処理場で大量に保管されています。このような状況で、原子力あるいは放射性物質に関する専門知識をほとんど有していない下水道関係者は、利害関係者への説明や説得にご苦労されていると推察します。

ここでは、環境省災害廃棄物安全評価検討会資料を参考に解説し、今後の下水汚泥有効利用の再開に向け

て何が必要かを考える際の参考になればと考えます。

2. 下水汚泥等に含まれた放射性物質の影響評価について

(1) 被ばく評価式

ある放射性物質が存在し、その放射性物質が発する放射線が、人体に悪影響を及ぼすレベルかどうか判断するために、放射能濃度（ベクレル：Bq）を放射線量（シーベルト：Sv）に換算する必要があります。これは、一般的に被ばく評価式と表現されています。

多くの下水道関係者が、最初に「被ばく評価式」という言葉を目にしたのは、平成23年5月11日に原子力災害対策本部から出された「福島県内の下水処理の副次産物の取扱いに関する当面の考え方について」の別紙である「福島県内の下水処理により発生する脱水汚泥を再利用して生産されたセメントによる放射線の影響評価について」の中です。

平成23年4月末に、福島県内の下水処理場の脱水ケーキで、放射性セシウム放射能濃度26,400Bq/kgが確認されました。脱水汚泥の一部が、既にセメント原料として利用されていたことから、当該セメントを利用した建築物の居住者への被ばく線量を評価するため、式(1)に示す「被ばく評価式」が利用されました。この式は、放射線核種 i （この場合は、セシウム-134

とセシウム-137) を含んだ住居の壁材からの外部被ばく線量を計算するもので、放射能濃度と被ばく時間に比例して被ばく線量が増加することが示されています。

す。また、外部被ばく線量換算係数により、Bq (放射能濃度) がSv (放射線量) に換算されます。

$$\text{被ばく線量} = \text{濃度} \times \text{影響時間} \times \text{Bq} \rightarrow \text{Sv 換算係数} \times \text{1年間の線量減衰率}$$

$$\text{Dext},i = \text{Cs},i \cdot t_r \cdot \text{DCFext},i \cdot \frac{(1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_2))}{(\lambda_i \cdot t_2)} \quad \cdots \text{式(1)}$$

Dext,i : 放射線核種 i による外部被ばく線量 ($\mu\text{Sv}/\text{年}$)

Cs,i : 線源中の放射線核種 i の濃度 (Bq/g)

t_r : 年間居住時間 (被ばく時間) ($\text{h}/\text{年}$)

DCFext,i : 放射線核種 i の外部被ばく線量換算係数 ($\mu\text{Sv}/\text{h per Bq}/\text{g}$)

λ_i : 放射性核種 i の崩壊定数 ($1/\text{年}$)

t_2 : 被ばく中の減衰期間 (年) (=1.0)

- ※ 1年間の線量減衰率: 通常は、1年間に受ける被ばく線量を計算するため、1年間で放射線核種 i の自然崩壊による放射能濃度の減少を勘案する必要があり、その補正を行っています。半減期約2年のCs-134の場合は、約0.85、半減期約30年のCs-137の場合は、約0.99となります。

上記が、外部被ばく線量評価の典型例ですが、場合によっては、コンクリートや鉄板等による遮へい効果、希釈効果などを見込む場合もあります。

なお、焼却炉等の廃棄物の中間処理施設から粉じん等により周辺に排出される放射性物質を吸引または経口摂取した場合を想定した内部被ばくに関する線量評価式もありますが、放射性セシウムの場合は、外部被ばくによる影響の方が圧倒的に大きいと考えられることから、本報告では詳細な説明は割愛します。

(2) 評価シナリオとパラメータ設定

外部被ばくによる放射線量を算出する基本式は、上述した式ですが、様々な条件により式中の各数値が変化します。例えば、放射性物質を含んだ下水汚泥焼却灰を取り扱う場合には、焼却灰をトラック等に積み込む作業を行う作業員、トラックの運転手、焼却灰の埋立処分場の作業員、焼却炉の補修作業員、また、焼却灰の埋立処分場跡地に居住する一般住民など、様々な評価対象が想定されます。様々な作業工程と評価対象の組み合わせを評価シナリオと呼びます。また、それぞれの評価対象において、放射線を受ける時間、土壌やコンクリート等による放射線の遮へい率等を設定する必要があります (パラメータ設定)。

平成23年6月19日に開催された第3回災害廃棄物安

全評価検討会で示された「福島県の浜通り及び中通り地方 (避難区域及び計画的避難区域を除く) の災害廃棄物の処理・処分における放射性物質による影響の評価について」では、廃棄物の解体・分別作業から、焼却処理、焼却灰の埋立処分、金属やコンクリートの再利用に至るまで、163通りの評価経路が想定され、それぞれの評価経路に対して必要なパラメータ設定が行われ、被ばく評価式により1年間の被ばく線量が計算されました。

評価シナリオのイメージをつかんでいただくため、図1をご参照下さい。災害廃棄物を分別、解体して一般廃棄物と27:73の割合で混焼し、焼却灰を管理型処分場での埋立処分する場合のシナリオ設定を簡素化して示したものです。

(3) 焼却処理シナリオの評価結果³⁾

シナリオ分析結果の例として、災害廃棄物と一般廃棄物を27:73の割合で混合し処理能力390トン/日規模の焼却炉 (130トン×3基) で焼却し、焼却灰を埋め立てるケースにおける評価結果の一部を下に示します。

放射性セシウム (セシウム-134+セシウム-137) による作業員への被ばく線量が、1mSv/年になる、あるいは周辺住民への被ばく線量が10 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ になる災害廃棄物の放射性セシウム放射能濃度を表1に整

理しました。なお、表中の番号は、図1の番号と対応しています。

これを見ると、放射性セシウムの場合は、内部被ばくリスクより外部被ばくリスクの方が格段に高い傾向があること、特に焼却灰埋立処分場跡地に居住する場合の外部被ばくリスクが高いことが分かります。平成

23年6月17日に原子力災害対策本部が通知した「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方」において、「8,000Bq/kg以下の脱水汚泥等については、跡地を居住等の用途に供しないこととした上で、土壌層の設置、防水対策等の適切な対策を講じた埋立処分を可能とする」とされたの

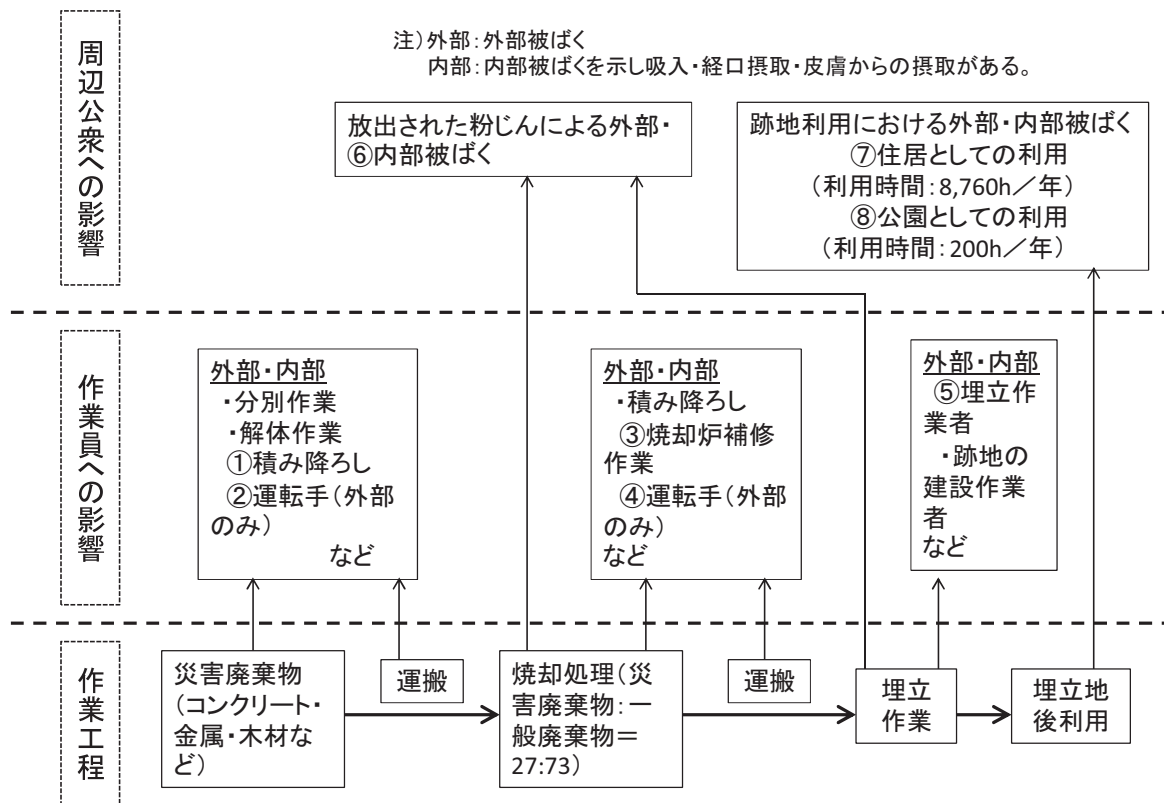


図1 シナリオ設定のイメージ

表1 焼却処理シナリオにおける各被ばく経路の1mSv/年相当濃度比較

被ばく経路(作業員)	1mSv/年相当濃度 Bq/kg
①可燃物積み下ろし作業員の外部被ばく	120,000
①可燃物積み下ろし作業員の吸入による内部被ばく	210,000,000
①可燃物積み下ろし作業員の経口摂取による内部被ばく	13,000,000
②可燃物運搬作業員の外部被ばく	55,000
③焼却炉補修作業員の外部被ばく	14,000
④焼却灰運搬作業員の外部被ばく	15,000
⑤焼却灰埋立作業員の外部被ばく	3,800
被ばく経路(周辺住民)	10 μ Sv/年相当濃度 Bq/kg
⑥焼却炉周辺居住者(子ども)の粉じん吸入による内部被ばく	1,900,000
⑦埋立跡地居住者(子ども)の外部被ばく	32
⑧埋立跡地を公園として利用した場合の利用者(子ども)の外部被ばく	62,000

は、跡地居住者の高い被ばくリスクを考慮したからであると推察します。なお、上記の各放射能濃度は、災害廃棄物の放射能濃度であり、焼却等の中間処理を行った後の焼却灰等の放射能濃度ではないのでご注意ください。

一方、焼却炉からの粉じんに対する懸念を示される住民が多いと思いますが、表1から判断して作業員への被ばく線量が1 mSv/年以下になる放射能濃度ならば、周辺住民への影響は問題ないと考えられます。したがって、作業員の被ばくリスクを適正に管理・抑制することが、そのまま周辺住民への被ばくリスク対策となります。

3. 再利用に関する評価と基準について

(1) 再利用に関する一律の基準

「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方」において、脱水汚泥等を再利用する場合は、市場に流通する前にクリアランスレベル以下になることが合理的に確保される物は、利用して差し支えないとされています。放射性セシウムの場合、クリアランスレベルの放射能濃度は、セシウム-137、セシウム-134とも0.1Bq/g (100Bq/kg) であり、両方が存在する場合は、それぞれの放射能濃度を0.1Bq/gで除した場合の和が1を超えないこととされています。したがって、下水汚泥等を主に建設資材として利用する場合は、製品段階で放射能濃度が100Bq/kg以下になるなら、上述したような個別のシナリオ評価を行わずとも再利用して差し支えありません。

一方、緑農地利用を行う場合は、農水省からコンポスト等の製品段階で400Bq/kg以下という許容値が示されています⁴⁾。これらが、放射性セシウムを含んだ下水汚泥等を再利用する場合の一律的な基準となります。

(2) 個別シナリオによる再利用リスク評価

上述したように、基本的には、放射能濃度を含んだ物を取り扱う場合の被ばくリスク評価は、想定されるすべてのケースのシナリオ分析により評価する必要があります。クリアランスレベルや農水省の示した許容値は、予めシナリオ分析等の評価を行った結果、示されているものです。しかしながら、一般的なシナリオを想定しているため、特殊な再利用方法には適用していない場合が多いと考えます。

例えば、シールド管のセグメントを製造する際に下水汚泥焼却灰を一部混合する場合、放射線源が、地下になりますので、コンクリートそのものや土壌（土被り等）の減衰効果を期待することができ、式(1)に遮へい効果のパラメータを加えることになります。し

たがって、周辺公衆への被ばく線量を10 μ Sv/年以下に抑えることができる下水汚泥焼却灰中の放射性セシウム放射能濃度は、一定程度高く設定できると考えます。

(3) コンクリートがれき再利用におけるシミュレーションについて⁵⁾

また、平成23年12月25日に開催された第11回災害廃棄物安全評価検討会では、「コンクリートがれき再利用におけるシミュレーションについて」が示されました。シナリオ評価の対象として、資源化施設への運搬、資源化施設の運転、資源化施設周辺居住者への影響、道路建設作業及び周辺居住者への影響、道路完成後の道路利用者や周辺居住者への影響、地下水への放射性物質溶出の影響などが挙げられています。

その中で、道路周辺居住者への影響評価について簡単に説明します。図2に示すように、道路端の高さ1 m地点を評価点とし、不透水性アスファルトまたは下層路盤材に放射性セシウムを含んだコンクリートがれきを利用した場合の居住者（子ども）の外部被ばく線量を10 μ Sv/年以下に抑制できる、コンクリートがれき中の放射性セシウム放射能濃度を計算した結果、不透水性アスファルトに利用した場合は、43Bq/kg、下層路盤材に利用した場合は、2,700Bq/kgとなりました。この違いは、上層路盤材等の遮へい効果によるものです。したがって、技術的には、クリアランスレベルを超過するものでも、効果的な遮へい等を考慮すれば再利用が可能であることが示されました。

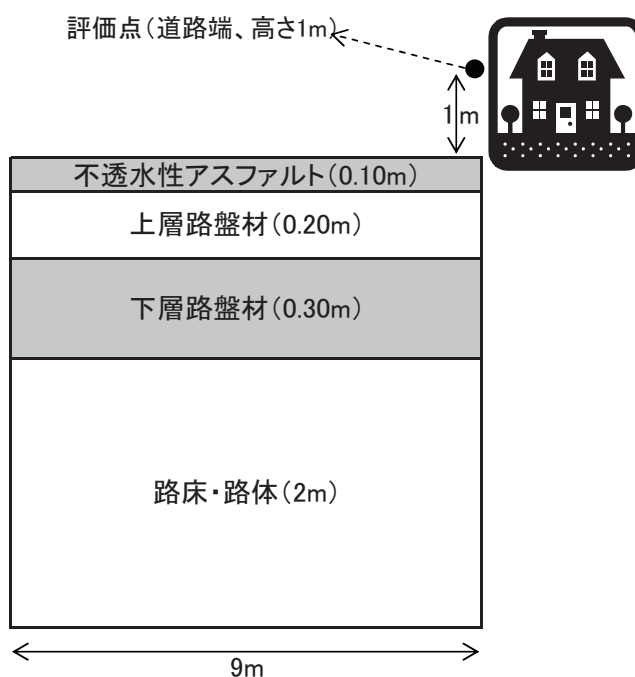


図2 完成道路周辺居住者のイメージ

4. まとめ

放射性セシウムは、 β 線と γ 線の両方を放出するため、内部被ばくと外部被ばくの両方のリスクがありますが、被ばく線量評価の傾向からは、主に外部被ばくの影響を評価すべきと考えられます。外部被ばくの評価は、式(1)に例示されるように、放射能濃度と影響時間(被ばく時間)に比例します。また、遮へい効果が見込める場合は、それが線量換算係数に反映されます。したがって、計算方法は、非常に単純化されます。

東日本において、下水汚泥等を下水処理場内に仮置きせざるを得ない状況は、処分または再利用についてのシナリオ評価による科学的な判断ではなく、住民感情等の非科学的な側面によるものも一部あるのではと捉えることができます。しかしながら、保管している下水汚泥等による被ばく線量評価や腐敗等により適正な保管ができなくなることを考慮した場合、むしろ下水処理場における保管を継続する方が、住民へのリスクが高い場合も想定できます。

多くの住民には、原発事故の被害者であるという意識が強く、下水道管理者も被害者の一員であり、当初は、科学的な説明や判断が受け入れがたい場合もあっ

たと考えますが、今後は、科学的な判断により物事が進むことを期待したいと考えます。近年、廃棄物処分場の逼迫から、廃棄物再利用が発展したように、放射性物質を含んだ廃棄物についても、その放射能濃度レベルに応じた処分や再利用を受け入れなければ、被災地の災害廃棄物処理や下水汚泥等の仮置きの問題は解決しないと考えます。本報告が、少しでも科学的に物事を考え進めていく一助となれば幸いです。

<参考文献>

- 1) 環境省ホームページ「広域処理情報サイト」
- 2) 環境省ホームページ「100Bq/kgと8,000Bq/kgの2つの基準の違いについて」
- 3) 第3回災害廃棄物安全評価検討会資料「福島県の浜通り及び中通り地方(避難区域及び計画的避難区域を除く)の災害廃棄物の処理・処分における放射性物質による影響の評価について」(日本原子力研究開発機構安全研究センター 平成23年6月19日)
- 4) 「再生と利用」No.133「下水汚泥系肥料等の製造に対する放射性物質問題の影響について」
- 5) 第11回災害廃棄物安全評価検討会資料「コンクリートがれき再利用におけるシミュレーションについて」

投稿報告

バイオガス精製技術と先進的な バイオガス(再生可能エネルギー) 有効利用の取組み

株式会社 神鋼環境ソリューション 水処理事業部
計画部 第一計画室 課長 土谷 聡

キーワード：バイオガス精製、自動車燃料、都市ガス導管注入、銅板製消化タンク、B-DASH プロジェクト

1. はじめに

下水処理場では汚水中の有機物を微生物の働きにより分解することで浄化している。浄化過程で発生する汚泥は、処理場によって異なるが、減量化を目的として濃縮→消化（メタン発酵）→脱水といった工程を経て処理されている。この汚泥中には、エネルギーとなる有機物が多く含まれており、近年、その利用が注目されている。

バイオガス（消化ガス）とは、下水汚泥や食品残渣などのバイオマス（生物起源の有機物）を消化することで発生するメタンを主成分とする可燃性ガスであり、我々が使用している都市ガスと比べて約5割程度の発熱量を保有している。バイオガスを利用する意義としては以下の3点が挙げられる。

- ①バイオマスから生まれるカーボンニュートラルなエネルギーであり、その利用により排出される二酸化炭素は温室効果ガス発生量にカウントされない。
- ②下水道を通じて処理場に常時、豊富なバイオマスが流入してくるため、人類が存続する限り枯渇しない安定供給可能なエネルギーである。
- ③化石燃料への過度な依存を見直し、純国産の地域還元が可能なエネルギーである。

本稿では、下水道から生まれる再生可能エネルギーであるバイオガスの利用用途拡大に寄与するバイオガス精製技術と、循環型社会を構築する先進的なバイオガス有効利用の取組みについて紹介する。

2. バイオガス精製技術

下水汚泥の消化工程で発生するバイオガスは都市ガスと比べて発熱量が低く、その性状はメタンが約60%、二酸化炭素が約40%、その他、硫化水素、シロキサン、水分といった微量な不純物が含まれているために、利用用途はボイラー燃料等による処理場内での利用に限られ、余剰ガスは焼却処分されているケースが多い。

そこで、バイオガスを天然ガスと同等の高品質ガスへと精製することによって利用用途を拡大し、発生バイオガスの100%有効利用を目標として、平成16年度より神戸市と「消化ガスの天然ガス化に関する共同研究」を開始。同市東灘処理場に実証設備を設置して、技術確立に取り組んだ。

バイオガスの精製技術としては、①高圧水による物理吸収法、②常圧水による物理吸収法、③薬液洗浄による化学吸収法、④活性炭などによる物理吸着法、⑤高分子膜などによる膜分離法などがある。この中で、精製後ガスにおいてメタン濃度・回収率共に優れてお

り、且つ、下水処理場の豊富な処理水を活用できる高圧水による物理吸収法（以下、高圧水吸収法）が最適と考えた。

また、精製したガスの利用用途としては、高品質なガスが得られることを前提に、処理場内に止まらず地域還元が可能と考えられる方法を模索し、東灘処理場の水処理設備の上部空間が市バスの車庫として利用されていたこと、神戸市は一部公用車（市バスや塵芥車）で天然ガス自動車（以下、CNG車）を採用していたこともあり、CNG車燃料としての利用に向けた検討を開始した。

3. バイオ天然ガス化設備

高圧水吸収法によるバイオガス精製設備（バイオ天然ガス化設備）は、バイオガス中の二酸化炭素等を分離してメタン濃度を97%以上にまで安定的に精製することが可能であり、さらに硫化水素、シロキサン、水分といった微量な不純物の同時除去も行える設備である。精製の原理は図1のように、圧力を上昇させると二酸化炭素と硫化水素は水への溶解度が上昇するという特性を利用し、加圧下（0.9MPaゲージ圧、以下同様）でバイオガスと水を効率的に接触させることにより、水へ溶解しやすい二酸化炭素等をバイオガス中から分離し、水に溶解しにくいメタンガスのみを選択的に取り出すことで高品質ガスに精製する非常にシンプルな原理である。

バイオ天然ガス化設備のフローを図2に示す。消化タンクで発生した消化ガスは、ミストセパレーターを

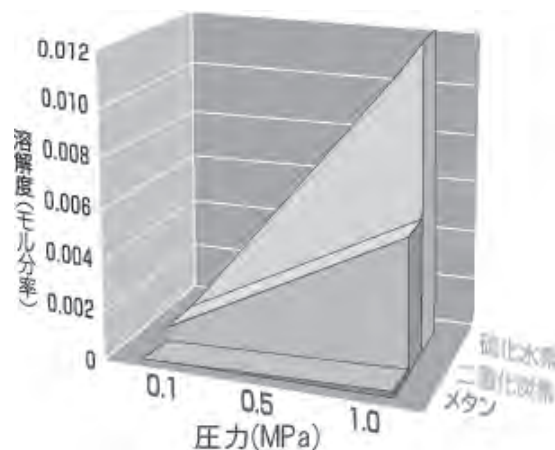


図1 精製の原理

通過した後、2段の消化ガス圧縮機によって0.9MPaまで圧縮される。昇圧された消化ガスは、冷却器で圧縮熱が除去された後、吸収塔に下部から供給される。一方、吸収塔の上部からは、給水ポンプで昇圧された吸収水（処理水）が注入される。吸収塔内部には高い気液接触効率を確保するために充填材が詰められており、消化ガスが吸収塔内を上昇する間に、水への溶解度の差により二酸化炭素および硫化水素等が優先的に水に吸収され、吸収塔頂部からメタン濃度97%以上に濃縮されたガスが取出される。この精製ガスは、除湿器で水分が除去された後、中圧ガスタンクを經由して、ガスの有効利用を行う各種設備へ送られる。また吸収塔底部から排出された二酸化炭素等を吸収した水は、減圧タンクにて0.3MPa程度まで減圧し、水にわずかに溶けているメタンを回収して消化ガス圧縮機の

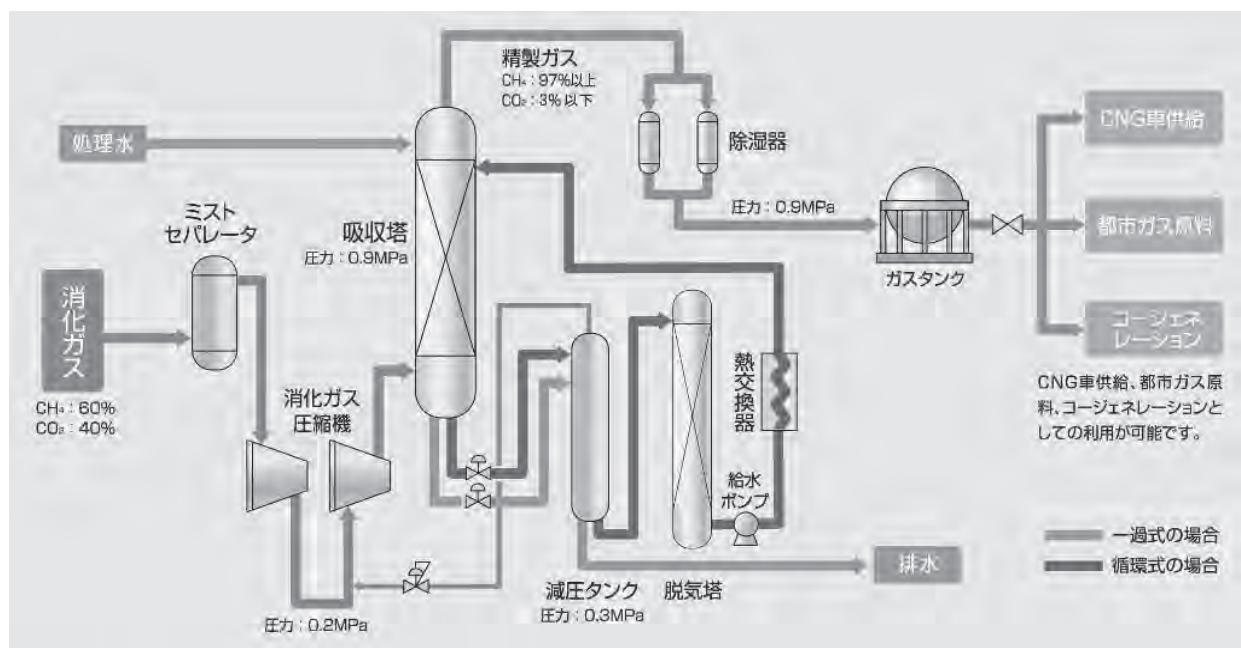


図2 バイオ天然ガス化設備フロー

中間段に戻すことで、97%以上の高いメタン回収率とすることが可能である。減圧タンクを出た水は、排水として水処理設備へ返流する吸収水の一過運転と、脱気塔に頂部から導入し、空気との向流接触によって水中に残存している二酸化炭素等を脱気させ、冷却後に再度吸収塔へ供給する吸収水の循環運転とが選択可能な構造となっている。

表 1 精製前後のガス性状

性状	単位	消化ガス(製造前)	バイオ天然ガス	都市ガス12A(例)	都市ガス13A(例)
メタン	%	59.7	98.2	89.5	88.9
エタン	%	0.0	0.0	1.6	6.8
プロパン	%	0.0	0.0	1.8	3.1
ブタン	%	0.0	0.0	5.4	1.2
二酸化炭素	%	37.0	0.8	0.9	—
酸素	%	0.4	0.2	0.0	—
窒素	%	0.8	1.0	0.2	—
その他	%	2.1	0.0	0.6	0.0
硫化水素	ppm	330.0	<0.1	<13.0	<13.0
シロキサン	mg/Nm ³	14.53	0.005以下	—	—
水分 (露点管理)	℃	0以上	月間最低気温 -5.6以下(20Mpa)	月間最低気温 -5.6以下(20Mpa)	月間最低気温 -5.6以下(20Mpa)
高位発熱量 (総発熱量)	MJ/Nm ³ (Kcal/Nm ³)	23.8 (5,700)	39.3 (9,400)	43.5 (10,400)	44.7 (10,700)
ウォベ指数	MJ/Nm ³	—	50.4	49.2~53.8	52.7~57.8
燃焼速度	cm/s	—	34.7	34~47	35~47

共同研究で得られた精製前後のバイオガス性状の一例を表1に示す。バイオガス（精製前）はメタン約60%、二酸化炭素約40%を占め、その他不純物として硫化水素やシロキサンを含有している。一方、バイオ天然ガス（精製後）はメタンが約98%、硫化水素、シロキサンは検出下限以下となった非常にクリーンなガス性状であることが確認された。さらに、このバイオ天然ガスは化石燃料由来の天然ガスの性状に類似しており、都市ガス12A相当の燃焼性があることも確認された。

このバイオ天然ガスをCNG車燃料として利用するためには、表1に示すようなガス性状に長期的に安定精製することが重要である。そのため、共同研究において長時間の連続運転を行った結果、メタン濃度が97%以上の高濃度ガスを安定的に精製できることを確認した。

4. バイオ天然ガスのCNG車燃料利用

バイオ天然ガスをCNG車燃料とする場合、流通している既存のCNG車のエンジン改造、あるいは調整を行うことなく都市ガスと併用できるガス性状とすることが重要である。そこで、既存のCNG車へバイオ天然ガスを供給した場合の走行性能を確認するため、自動車試験機関や自動車メーカーの技術研究所においてシャーシダイナモメータによる動力・排ガス試験等の確認を行った。

4.1 自動車性能試験

普通車と大型バスについて、排出ガス性状、走行性能の測定を行った。供試したガスは、バイオ天然ガス、バイオ天然ガス50%+都市ガス50%の混合ガス、および都市ガスであり、都市ガスは13Aを使用した。これら3種類のガスを燃料として、排気ガスの測定、燃料消費率の調査を実施した。

試験状況を写真1に、出力試験結果の一例を図3にそれぞれ示す。いずれの試験においても、排気ガスおよび燃料発熱量あたりで比較した場合の燃料消費率において、燃料の違いによる有意差はみられなかった。



写真 1 試験状況

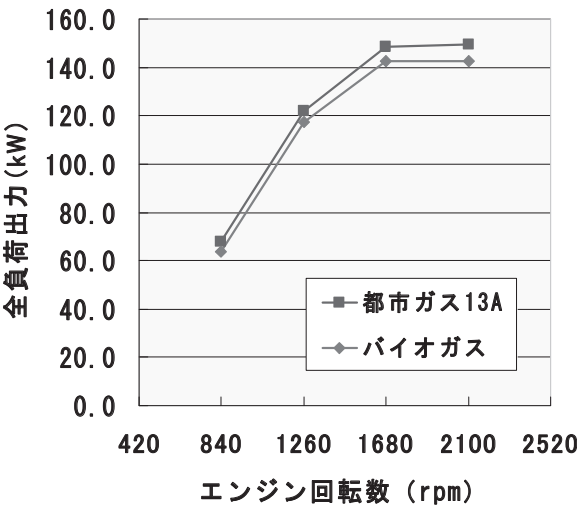


図 3 出力試験結果

4.2 品質管理基準の策定

バイオガスをCNG車燃料として利用する場合の条件として、技術確立の他、燃料としての安全性を確保するためガスの品質管理指針を策定することが挙げられ、平成17年度から独立行政法人土木研究所を加えた3者により、事業化に向けたバイオ天然ガスの品質管理基準（表2）の策定に取り組んだ。

策定にあたっては、これまでの自動車走行試験結果に基づいて、市販の CNG 車で改造あるいは再調整を行うことなく活用できる数値として定めた。これにより、一般の天然ガス充填スタンドで供給される都市ガスと併用でき、利便性を高めることができる。

表2 CNG 車燃料としての品質管理基準

項 目	単 位	管理基準
メタン	vol%	97 以上
酸素	vol%	4 未満
硫化水素	ppm	0.1 以下
露点	℃	-51 以下
シロキサン	mg/N ^m	1 以下
臭気濃度	—	2,000 以上

4.3 こうべバイオガス活用設備の整備

共同研究の成果を踏まえ、平成 20 年 3 月「こうべバイオガス活用事業」として同市東灘処理場に、バイオ天然ガス化設備（写真 2）、中圧ガスタンク、自動車燃料充填所（写真 3 こうべバイオガスステーション

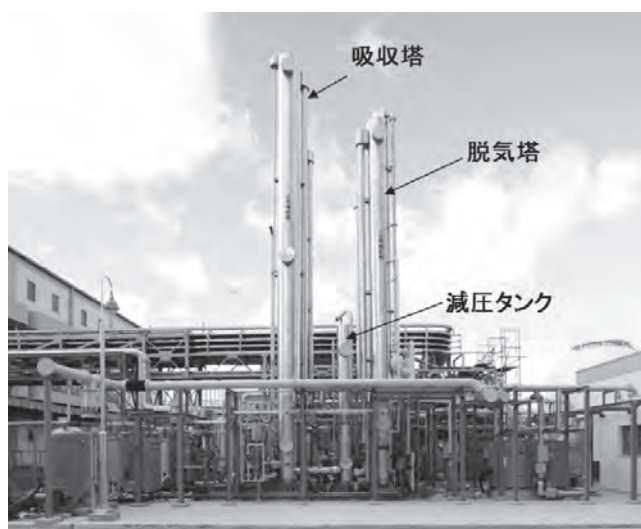


写真2 バイオ天然ガス化設備



写真3 こうべバイオガスステーション

ン）の実設備が竣工した。

実設備は供用開始後、現在に至るまで約 4 年間、設備、ガス性状とも非常に安定した運転を継続している（図 4）。主な利用者としては市バス、ごみ収集車、下水汚泥運搬車、民間の運送トラック等で活用されており、平成 20 年度は累計 10,650 台に対して約 33 万 N^m、平成 21 年度は累計 12,552 台に対して約 40 万 N^m、平成 22 年度は累計で 13,500 台に対し約 43 万 N^mを供給し、バイオガスの処理場外での有効利用が着実に普及している。

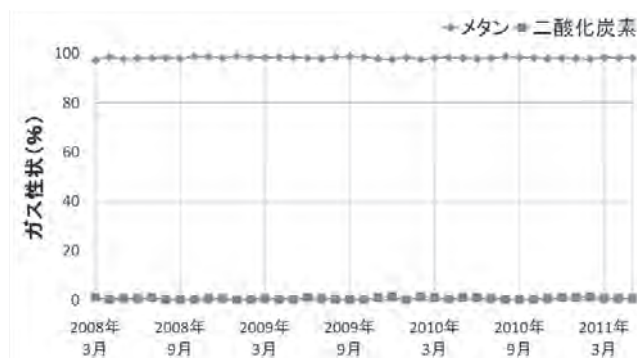


図4 バイオ天然ガス化設備の運転状況

本事業は、二酸化炭素排出量の削減に寄与すると同時に、市バス等の CNG 車燃料として利用することで、下水道から生まれた再生可能エネルギーを一般市民が利用する、地産地消型の下水道バイオガス活用事業であると考ええる。なお精製したバイオガスは、市民公募により決まった「こうべバイオガス」の愛称で親しまれている。

5. バイオ天然ガスの都市ガス導管注入利用

東灘処理場において、CNG 車燃料としてバイオガス活用事業を開始した一方で、バイオガスの発生量増加等により活用しきれない余剰ガスが発生していた。そのため、こうべバイオガスのさらなる利用拡大を検討していたところ、平成 20 年 4 月に、大阪ガス(株)を含む大手ガス事業者がバイオガスを導管において購入する条件・基準を定めたバイオガス購入要領を発表した。

平成 21 年 7 月には、エネルギー供給構造高度化法が成立。エネルギー供給事業者に対して非化石エネルギーの導入促進努力を義務付けることで、地球温暖化防止を図ることが制度化された。

同時に、経済産業省よりバイオガスの都市ガス導管注入実証事業を行う者に対して「平成 21 年度バイオマス等未活用エネルギー実証試験費補助金」（運用主体：一般社団法人都市ガス振興センター）の交付が公募される運びとなり、神戸市、大阪ガス(株)、当社の 3

者共同で事業を推進する体制で、当社が交付申請し、同年10月に交付決定を受けた。本事業では、大阪ガス(株)のバイオガス購入要領で定めるガス性状にまでこうべバイオガスを精製する「都市ガス化設備」を建設し、平成22年9月より、神戸市東灘処理場において、日本初となる下水道バイオガスの都市ガス導管への注入を開始した。

5.1 都市ガス導管注入実証事業の概要

本実証事業の概略フローを図5に示す。本事業での3者の役割は、神戸市が「こうべバイオガス」の供給、当社が「こうべバイオガス」を高度精製する設備の建設・運営、大阪ガス(株)が高度精製されたガスの買い取りと都市ガスとしての供給を所管し、各々がガスの供給・買取責任や保有設備の運営責任を負っている。本事業は、各家庭から排出された下水が本事業を通じて都市ガスとして各家庭へ還り、炊事やお風呂に使用されるという、産官民連携による循環型社会の形成に向けたモデル事業であると考えられる。

また本実証事業は日本初の試みであることに加えて、下水処理場という国土交通省所管の施設において経済産業省の補助を受けて設備を設置するという点でも注目され、国土交通省と経済産業省が進める温室効果ガス削減対策に向けた連携の中で、両省が本事業の実証状況について情報共有を図るほか、中期的には本事業の全国的な普及を促進すると位置付けられた。

本事業により、都市ガスの製造所との距離に制約を受けず、また、バイオガスの発生量や他用途の使用量の変動に左右されず、バイオガスを余すことなく有効利用することができる。さらには、ガス事業者の製造する都市ガスとともに供給することで多くの再生可能エネルギーが抱える供給安定性という課題をクリアすることができる。

5.2 ガス事業者におけるバイオガス受入基準

表3に大阪ガス(株)のバイオガス購入要領に示されたガス組成等の基準（一部抜粋）を示す。

なお、表中の基準とは、受入地点においてガスが原則として常時満たすべき性状等の上下限值であり、ガ

表3 受入ガス組成等の基準（一部抜粋）

性 状	単 位	こうべバイオガス	大阪ガス バイオガス 購入要領の成分基準
メタン	vol%	98.2	—
エタン	vol%	0.0	—
プロパン	vol%	0.0	—
ブタン	vol%	0.0	—
二酸化炭素	vol%	0.6	≤0.5
酸素	vol%	0.2	≤0.01
窒素	vol%	1.0	≤1.0
硫化水素	ppm・mg/Nm ³	<0.1ppm	≤1.0mg/Nm ³ ※1
シロキサン	mg/Nm ³	0.005以下	個別協議
高位発熱量	MJ/Nm ³	39.3	45.0(標準)
露点	℃	月間最低気温 →5.6以下(20MPa)	個別協議
付臭	mg/Nm ³	※2	12~16

※1 標準状態(0℃, 1気圧下)でppmに換算すると約0.7ppm ※2 臭気濃度2,000倍以上を目安に追加

バイオガス有効利用事業概要

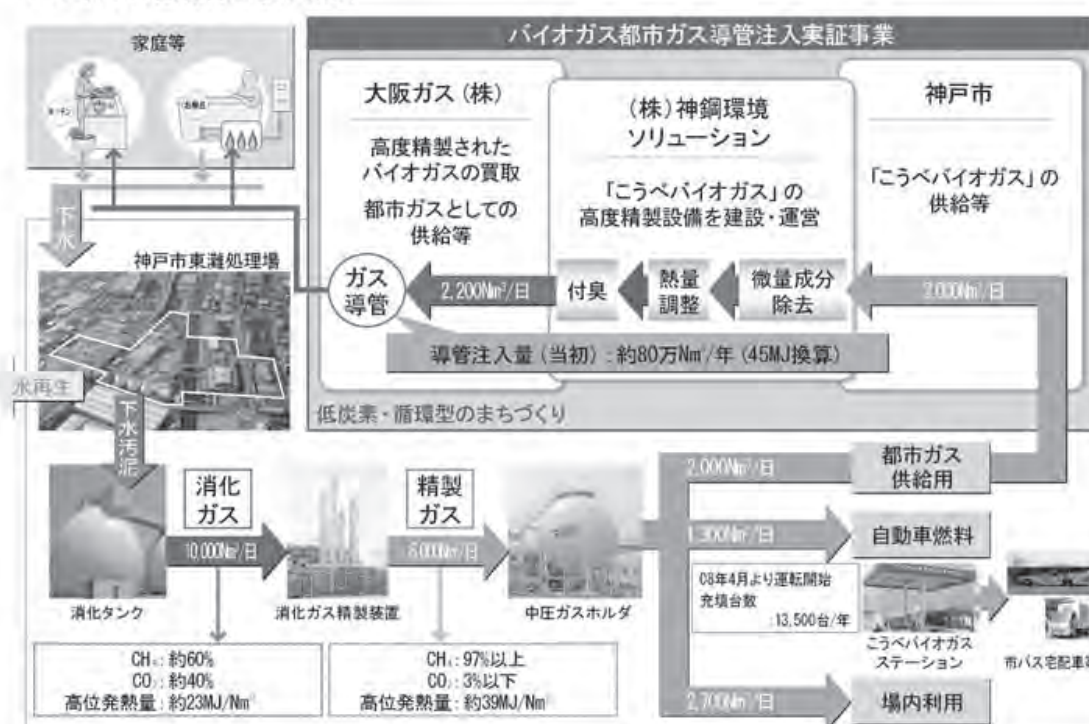


図5 導管注入実証事業の概略フロー

ス製造設備の設計、運転の基準となる数値をいう。

5.3 都市ガス化設備

こうべバイオガスを都市ガスとして利用するには、大阪ガス(株)がバイオガス購入要領で定める上述の基準値を遵守する必要がある、酸素や二酸化炭素等の微量成分除去、発熱量の増量、ガス漏れ検知用の付臭剤添加等の処理が必要となる。この役割を担うのが写真4に示す都市ガス化設備である。

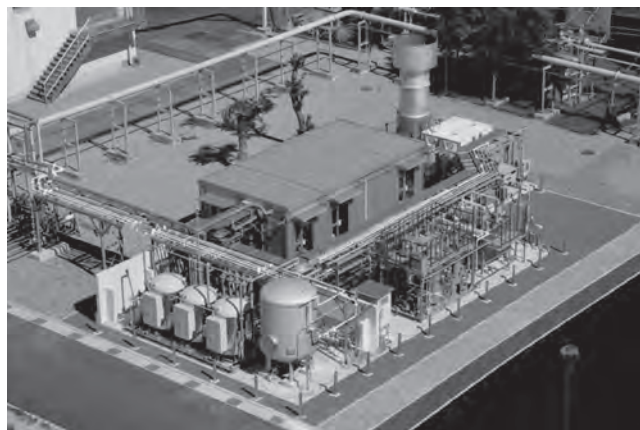


写真4 都市ガス化設備

都市ガス化設備の構成および役割は以下の通りである。

【酸素除去設備】

こうべバイオガスに水素を添加し、酸素と水素の燃焼反応によってガス中に含まれる微量の酸素を0.01vol%以下まで除去する設備である。なお添加する水素は、当社製品の水電解式水素発生装置を採用し、現地で水道水から製造している。本装置は約100件の納入実績を有し、緊急時の自動停止等、多数の水素ポンペを設置する場合に比べ高い安全性を確保している。

【二酸化炭素除去設備】

こうべバイオガス中の二酸化炭素を0.5vol%以下まで吸着により除去する設備である。

【熱量調整設備】

微量成分を除去後、バイオガス購入要領に定める総発熱量に合わせるため、液化石油ガスを添加して熱量を調整する設備である。

【付臭設備】

ガス漏れを検知するために大阪ガス(株)が都市ガス製造所で使用しているものと同種類の付臭剤を添加する設備である。

【分析設備】

高度精製したガスがバイオガス購入要領に定めるガス性状基準値に合致しているかを連続測定する設

備である。基準を逸脱した場合は、当社が管理する緊急遮断弁が作動する。また、測定したガスデータはリアルタイムで大阪ガス(株)にも転送され、同社の管理する別の緊急遮断弁を遠隔操作で遮断することができることとし、ガスの品質確保に対して二重化を図っている。また、本設備の前段となるバイオ天然ガス化設備にも都市ガス化設備とは別にメタンと二酸化炭素の連続分析装置を設置しており、メタン濃度が97%を下回った場合は、自動的にガスが装置入口に戻る再処理機能を具備していることから、全体として非常に安全性の高いシステムとなっている。

平成22年10月の本格注入開始以降の運転状況の一例として、都市ガス化設備出口における製品ガス中の酸素濃度、二酸化炭素濃度、総発熱量の実測値を図6～8に示す。都市ガス化設備入口ガス量の変動に対しても安定して要求ガス性状を満足した運転を継続している。導管注入実績としては、図9に示すように、平成22年度は約30万N^mを注入し、平成23年度は一般家庭約2,000世帯のガス使用量に相当する約80万N^mを導管注入し、各需要家にて利用いただく予定である。

6. エネルギー回収設備の普及促進に向けた取組み

再生可能エネルギーであるバイオガスはバイオマスの消化工程で発生することから、消化タンク設備はエネルギー回収設備と位置付けることができ、その普及促進を図ることは、バイオガス有効利用用途の拡大と同様に、循環型社会を構築する上での重要な取組みの一つと考えている。

このような観点から、当社では下水処理場における消化タンク設備の建設工期の短縮や初期投資の低減を念頭に、平成22年10月より財団法人下水道新技術推進機構と「鋼板製消化タンクに関する共同研究」を実施している。

6.1 鋼板製消化タンクに関する共同研究

従来、下水処理場における消化タンクは一般的にRC（鉄筋コンクリート）で建設されてきたが、卵形や算盤形など掘り込み基礎を含む複雑な形状のため、建設工期が長い、初期投資が高額であるなどの課題があった。これに対し、鋼板製消化タンクは建設工期の短縮により、比較的安価で建設でき、初期投資の低減を図ることが期待できる。加えて、鋼板製消化タンクの特長としては以下の点が挙げられる。

①鋼板製であるため、槽内状況を確認するためのセ

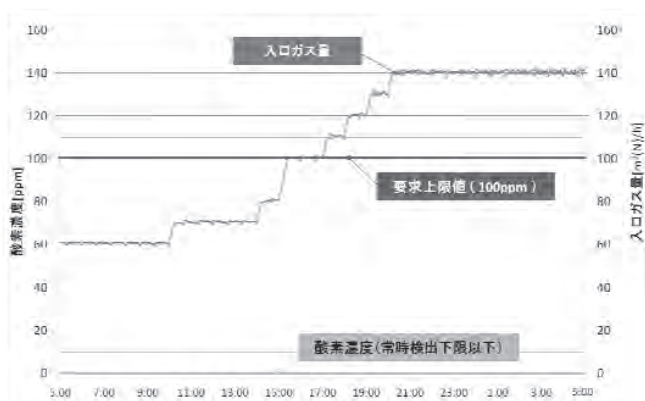


図6 製品ガス中の酸素濃度推移

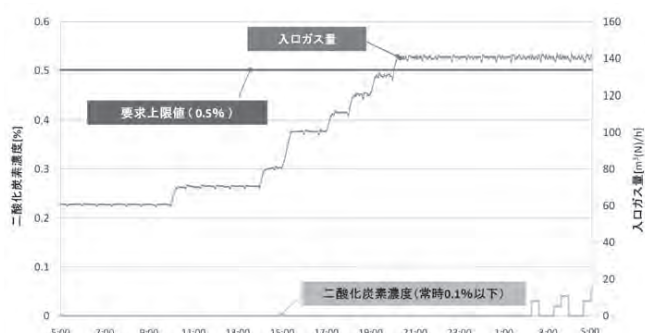


図7 製品ガス中の二酸化炭素濃度推移

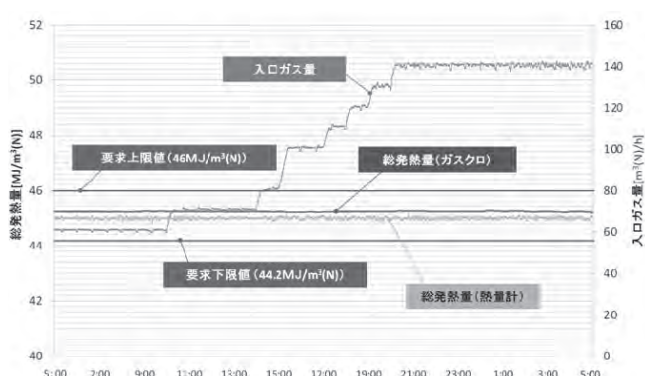


図8 製品ガス中の総発熱量推移

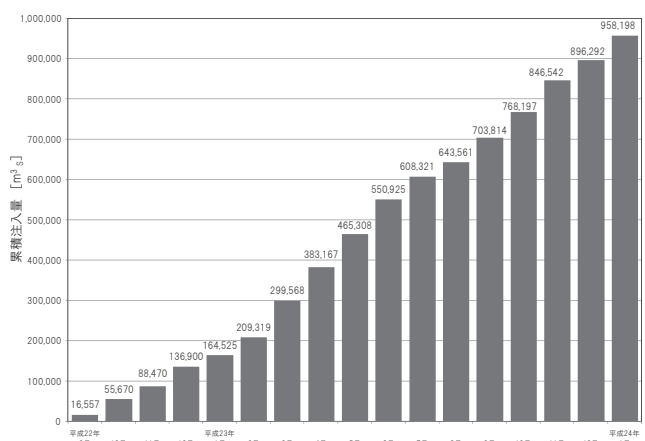


図9 都市ガス導管注入実績 (累積)

ンサー類の設置が容易であり、近年、普及が期待される下水処理場での地域バイオマスの受入時にも、汚泥中のアンモニア濃度測定等により、発酵阻害を未然に防止することが期待できる。

- ②堆積物センサーを設置することで、設備運転中でも外部から内部の堆積物状況の確認が可能となり、維持管理性の向上が図れる。
- ③底部がフラットなことから、エネルギー損失が小さく、低動力の新型インペラ式攪拌機との組み合わせにより安定的に流速を保持した攪拌が可能である。
- ④ JIS 規格に基づき、耐震性能を考慮した構造計算を行っている。

現在、当社は鋼板製消化タンクの下処理場への導入に向けて財団法人下水道新技術推進機構と共同研究を実施中で、千葉市南部浄化センターをフィールドとして実証施設(写真5)を建設し、経済性、運転・維持管理性、消化性能などの項目を評価している。得られた技術的知見は自治体で導入検討する際の「技術マニュアル」としてまとめていく予定である。本技術は老朽化した消化タンクの更新や増設時の適用に加え、再生可能エネルギーの回収・利用に向けて新たに下水汚泥消化設備の導入を検討する処理場においても有望な技術であると考えている。



写真5 鋼板製消化タンク (750 m³)

7. 下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) での取組み

7.1 国土交通省成長戦略

平成22年5月、国土交通省は成長戦略を発表し、人口減少や公共投資の圧縮によって国内市場の縮小が余儀なくされる我が国のインフラ関連産業にとって、大きな成長が見込まれるアジアを中心とした海外インフラ整備市場が今後の主戦場となることから、他国企

業に対して競争できる体制の整備等が課題として挙げられ、日本企業の優位技術やシステム、ノウハウの戦略的育成が提言された。これに基づき同省は平成 23 年度に、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を開始。下水処理や下水汚泥のエネルギー利用の高効率化を図り、温室効果ガス排出量及び建設コストを大幅に削減する革新的技術について、実規模レベルのプラントを設置して実証を行い、ガイドライン化による全国の下水処理場への導入を促進する。

7.2 神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業

実証事業への応募に向けて神戸市と当社は、東灘処理場における地産地消型のエネルギー供給をより一層推進すべく、バイオガス発生量の増加に向けた地域バイオマスの受入について検討を開始。市内のバイオマス賦存量を調査し、その内、賦存量が多く、下水汚泥との混合処理に適していると推測される食品系バイオマスと、六甲山の森林保全への寄与が期待される木質系バイオマスを実証事業で受け入れる地域バイオマスとして選定した。

平成 23 年 3 月、当該実証事業の委託研究実施が公募され、神戸市と当社で構成する共同研究体は、協力者である大阪ガス㈱と連携して、「神戸市東灘処理場

再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業－KOBEGREEN・スイーツプロジェクト」を提案し、審査の結果、平成 23 年 5 月に採択通知を受けた。

本実証事業では、図 10 に示す、7 項目の革新的技術をテーマアップした。

- ① こうベスイーツバイオと称する食品製造系バイオマスを下水道への好適性を判断した上で処理場へ受け入れ、下水汚泥と混合して消化することでバイオガスの発生量を増加させる。
- ② 従来焼却処分されていた神戸市六甲山の間伐材等の木質系バイオマス（こうベグリーンバイオ）を膨潤化技術等の前処理を行うことで生物反応性の高いバイオマスに改質し、下水汚泥との混合消化でバイオガスを発生させる。
- ③ RC 製消化タンクに替わる鋼板製消化タンクの採用による建設費低減、建設工期の短縮を検証する。また、消化タンクの運転状況を把握するのにこれまで難しかった消化阻害物質の検知や槽内貯留物の堆積状況等に対して、専用センサー等による槽内部の“見える化”で維持管理性の向上を図る。
- ④ 新型バイオガス精製・貯留・圧送システムでは、実績のある高圧水吸収法によるバイオガス精製・貯留の性能、安定性を確保した上で、コンテナへのパッケージング化や簡素なバイオガス圧縮機の採用、そして現地での溶接接合が不要な円筒形ガスタンクの採用等により、建設費・維持管理費を低減する。
- ⑤ 消化タンク内の汚泥を加温する温水ボイラの代替として高効率ヒートポンプを採用する。これ

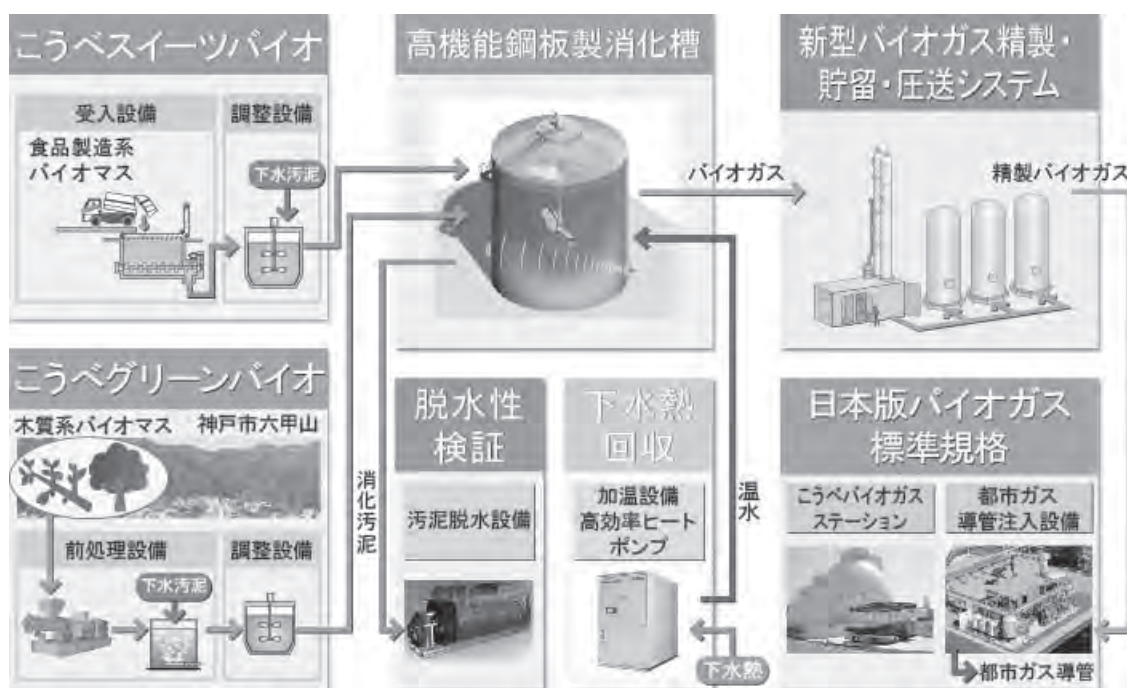


図 10 KOBE グリーン・スイーツプロジェクトの概要

により下水処理水が有するこれまで未利用の熱エネルギーをヒートポンプで回収し、消化タンクの加温に利用することでエネルギー利用の高効率化を図る。

- ⑥外部バイオマスを下水汚泥に混入することの副次効果として、脱水汚泥の含水率の改善効果を検証する。
- ⑦バイオガス利活用として実績のある CNG 車燃料、都市ガス化等の用途毎に、バイオガスの性状や、分析等の確認方法、品質管理のためのシステム構成等の標準化案を提示する。

平成 23 年度は実証設備を建設して実証運転データを取得し、上述の効果を検証する。平成 24 年度以降は継続して実証運転を行い、そこでの知見をもとに地域バイオマスやバイオガス活用のガイドライン策定に取り組むこととしている。

8. おわりに

平成 7 年の阪神・淡路大震災、平成 23 年 3 月の東日本大震災と東北地方を襲った大津波、さらには福島第一原子力発電所事故という、国を揺るがす不測の事態に見舞われた我が国は、エネルギー供給停止という非常事態を身を持って経験してきた。我々はこの経験に学び、エネルギーの供給安定化に向けて、再生可能エネルギーの利用を着実に進めていかなければならない。

今回紹介したバイオガスの自動車燃料利用や都市ガス導管注入利用等、バイオガス有効利用技術の普及展開が進むことで、下水処理場が「地産地消型の再生可能エネルギー供給拠点」となることが大いに期待される。また B-DASH プロジェクトで目指しているように、下水道分野での再生可能エネルギー利用拡大、生産拡大に寄与する各技術の普及により、化石燃料使用量を大幅に削減でき温室効果ガス削減の一助となると同時に、一層のエネルギー供給安定化が図れた循環型社会の構築につながると考える。

今後、さらに多くの下水処理場で再生可能エネルギーの回収・利用が普及することを期待し、バイオマス利活用設備の提案・建設・運営を行うことにより、継続して地球温暖化防止に向け、環境保全に貢献するために取り組んでいく所存である。

<参考文献>

- 1) 神戸市：消化ガスの「バイオ天然ガス」化と天然ガス自動車燃料としての活用、平成 17 年 1 月
- 2) 神戸市、(独) 土木研究所、(株) 神鋼環境ソリューション：消化ガスのバイオ天然ガス化共同研究報告書、平成 18 年 12 月
- 3) (財) 神戸都市問題研究所：都市政策 144、p18-29、神戸市における再生可能エネルギー利用に向けた取り組み ～下水道バイオガス 100% 有効利用の達成に向けて～、平成 23 年 7 月

投稿報告

担体充填型高速メタン発酵による バイオマスエネルギー 回収・有効利用技術の開発

メタウォーター株式会社

地方共同法人 日本下水道事業団

清水 康次、森 豊

島田 正夫、水田 健太郎

キーワード：高温消化、生ごみ混合、担体充填型消化タンク、高負荷消化

1. はじめに

地球温暖化防止義務の遂行、持続可能な循環型社会の形成を実現するため、バイオマスの利活用は国策として総合的に推進されており、下水道事業においても、下水や汚泥からのエネルギー回収が求められている。

嫌気性消化（メタン発酵）プロセスは従来、汚泥の減容化、性状安定を目的として比較的大規模な処理場で導入されてきたが、近年ではこれらに加えてエネルギー回収プロセスとしても注目されている。しかし、従来の嫌気性プロセスは、消化日数が20～30日程度必要であることから消化タンクの建設コストが割高になるという課題があった。

このような背景の下、筆者らは、担体を充填した高

温メタン発酵槽を用いて、汚泥の高速処理と高分解率の両立を目指したシステムの開発を進めてきた。^{1), 2)}

本稿では、開発した担体充填型高速メタン発酵システムの概要と、熊本県内の下水処理施設でパイロットスケールの実証試験設備を用いて実施した汚泥と生ごみの混合消化実証試験結果について報告する。

2. 担体充填型高速メタン発酵システムの概要³⁾

メタン発酵は、下水汚泥や生ごみなどの有機物を数多くの嫌気性微生物の分解作用によって、最終的にメタンガスと二酸化炭素に分解する反応の総称で、その分解過程は図1に示す通りである。最初にメタン発酵槽に投入された有機物は、加水分解作用で分解され、糖やアミノ酸などの低分子化合物に変換される（液化

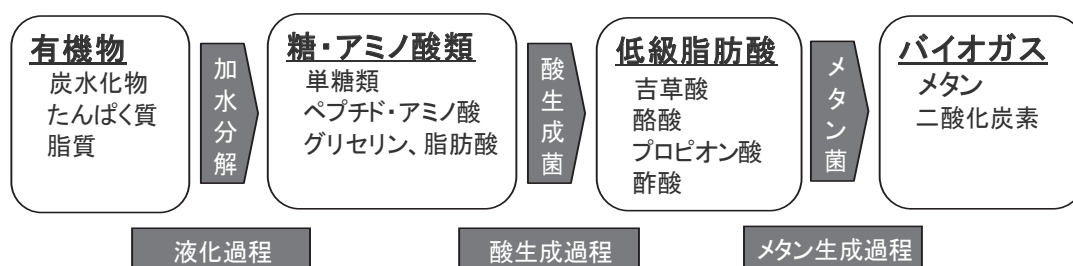


図1 消化ガス生成メカニズム

過程)。低分子化した有機物は、さらに酸生成菌の働きで酢酸、プロピオン酸などの低級脂肪酸となり（酸生成過程）、さらにこの低級脂肪酸をメタン菌がメタンと二酸化炭素に変換する（メタン生成過程）一連の反応である。

また、メタン発酵には、30～38℃が最適な中温菌による中温発酵と、50～57℃が最適な高温菌による高温発酵があり、発酵槽での平均滞留日数は、中温発酵が一般に20～40日程度、高温発酵が10～16日程度である。

メタン発酵技術の開発にあたって、システムの設置スペースをできる限り小さくすることを狙いとして、

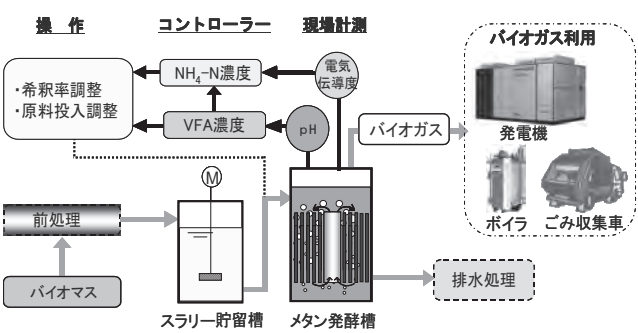


図2 自動発酵制御

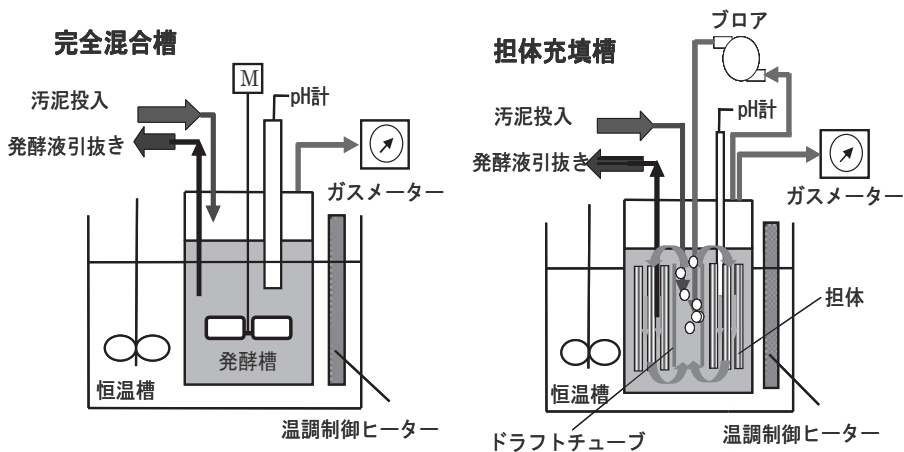


図3 ラボ実験装置模式図

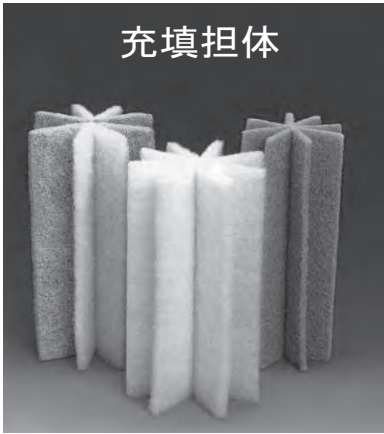


写真1 充填担体

中温発酵に比べて運転は難しいが、メタン発酵の高速化が期待できる湿式高温発酵プロセスを採用した。また、発酵槽には担体を充填し、これに嫌気性微生物を付着させることで、発酵槽内の嫌気性微生物の密度を高め、発酵の安定と高分解率を実現した。

また、従来のメタン発酵システムは、発酵槽内の温度制御を除いて、発酵プロセスの特別な制御を行わない方式が主流であるが、筆者らは、微生物の増殖速度を解析した結果をもとに発酵制御方式を確立し、対象とする廃棄物の量や種類の変化に対応して最適な発酵状態に自動的に維持するシステムを開発した。図2に自動発酵制御の概念を示す。これらの技術を活かすことにより、従来、高温発酵プロセスで10日以上かかっていた発酵日数を半分以下に短縮し、プラント設備の大幅なコンパクト化と低コスト化を実現した。

3. ラボスケール実験

開発にあたって、担体充填型メタン発酵処理における下水汚泥及び生ごみ混合時の発酵特性を把握する目的で、小型のラボ実験装置を用いて基礎調査実験を行った。

表1 実験条件

実験No.	目的	担体 充填率	投入基質			滞留日数（HRT）		
			初沈汚泥	初沈汚泥＋生ごみ (TS比1：0.3)	初沈汚泥＋生ごみ (TS比1：1)	10日	7日	4日
実験1	リファレンス HRT影響	0%	初沈汚泥			10日	7日	4日
実験2	リファレンス 生ごみ混合効果	0%	初沈汚泥	初沈汚泥＋生ごみ (TS比1：0.3)	初沈汚泥＋生ごみ (TS比1：1)	4日		
実験3	担体充填効果 HRT影響	15%	初沈汚泥			10日	7日	4日
実験4	担体充填効果 生ごみ混合効果	30%	初沈汚泥	初沈汚泥＋生ごみ (TS比1：0.3)	初沈汚泥＋生ごみ (TS比1：1)	4日		

(1) 実験装置と実験方法

図3にラボ実験装置の模式図を示す。完全混合槽、不織布担体を充填した発酵槽の2種類の槽を用いて実験を行った。槽容積はどれも5Lで、発酵槽の温度は恒温槽を用いて $55 \pm 2^\circ\text{C}$ に制御した。槽の攪拌は、完全混合槽は機械攪拌、担体充填槽はガス攪拌とした。汚泥は1日12分割で所定量、発酵液を引き抜いた後に投入した。ガス発生量は湿式流量計で測定し、圧力と温度補正をしてNL換算した。担体充填槽には、写真1に示すようなポリオレフィン製の菊型状不織布担体を所定の充填率になるように設置した。実験には千葉県印旛沼流域下水道花見川終末処理場の濃縮後の初沈汚泥を、生ごみは千葉縣市原市から提供頂いた学校

給食残渣を使用した。

表1に実験条件を示す。

(2) 実験結果

図4にHRTとVS分解率の関係、図5に担体充填率とVS分解率の関係を示す。HRTを長くすることにより、VS分解率は増加した。また、担体充填率0から30%の範囲において、担体を充填することにより、VS分解率が増加した。HRT 4日、担体充填率30%の条件での処理では、担体なしの処理と比較してVS分解率は7ポイント程度の増加効果が得られた。担体充填率を上げることで担体の表面積が増加し、VS分解率が向上すると考えられる。

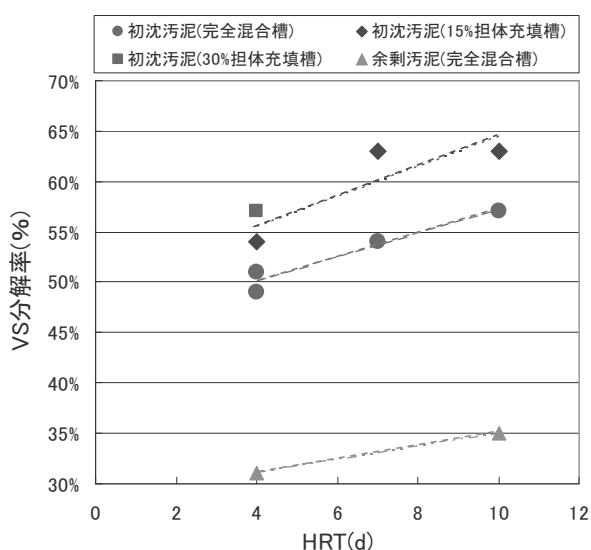


図4 HRTとVS分解率の関係

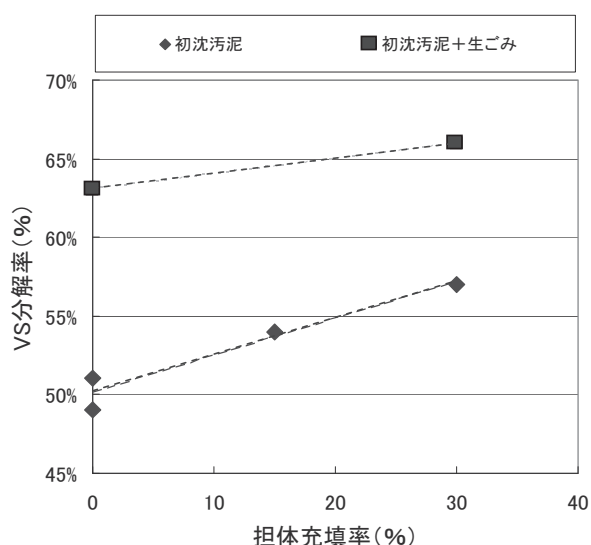


図5 担体充填率とVS分解率の関係 (HRT 4日)

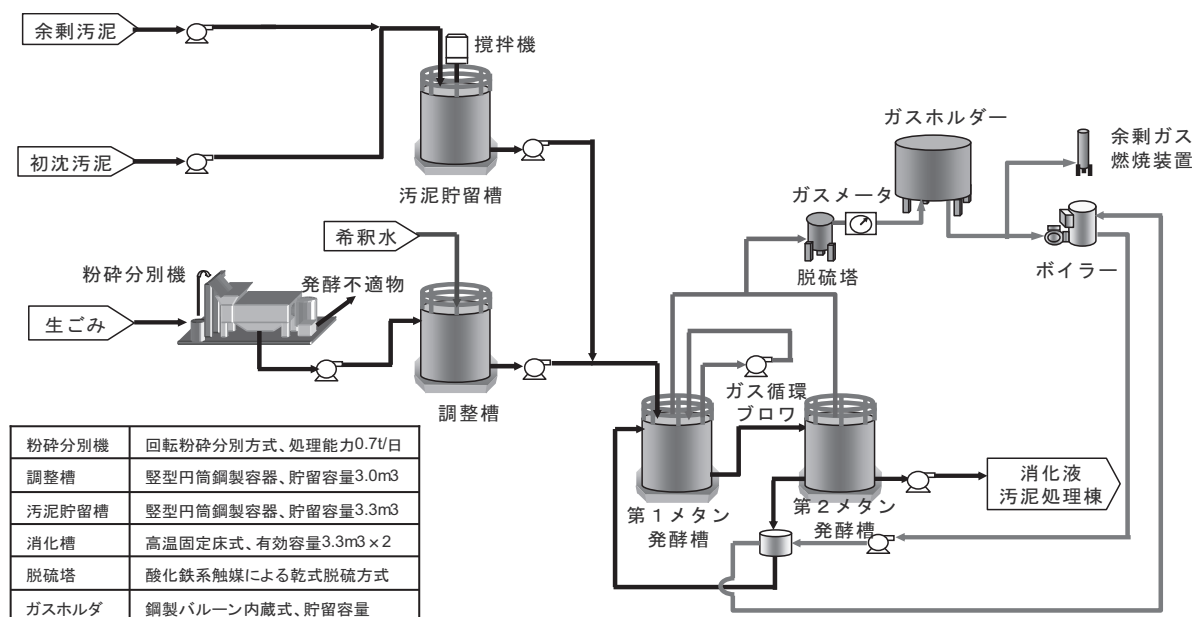


図6 実証試験設備のプラントフローと主要設備仕様

4. パイロットプラント実験

(1) 実証試験設備

図6にパイロットプラントのフローと試験装置の主な仕様を示す。不織布担体を充填した発酵槽の有効容積は6.5 m³、担体充填率（容積比率）は15%である。発生した消化ガスは、発酵槽加温（55℃）のためのボイラー燃料として利用し、余剰の消化ガスは本試験では燃焼して大気放出した。

(2) 実験条件

表2に実験条件を示す。初沈汚泥と生ごみ、混合汚泥と生ごみの混合基質を対象とし、HRT 5日（合計投入量：1300L/日）の条件でメタン発酵試験を実施した。

下水汚泥は、処理場の濃縮汚泥貯留槽から引抜き、

ポンプで汚泥貯留槽に移送・貯留した。混合汚泥は初沈汚泥と余剰汚泥のTS比を6：4に調整した。また、下水汚泥に混合する生ごみは、八代市の学校給食センターから提供いただいた調理残渣と飲食残渣で、ポリ袋に入れた状態で受入れ、粉碎分別機でφ10mm以下に粉碎して発酵不適物を除去し、回収した生ごみと同量の水を加えてスラリー状とした後、調整槽に一時貯留し、表2に示す混合割合で発酵槽へ供給した。表3に本実験で使用した汚泥と生ごみスラリーの平均性状を示す。

初沈汚泥のTS濃度は44,700 mg/L（変動幅：38,800～47,300 mg/L）、混合汚泥は38,300 mg/L（27,300～40,400 mg/L）、生ごみスラリーは87,200 mg/L（66,000～104,800 mg/L）であった。

(3) 実験結果

図7に各実験条件におけるVS分解率、消化ガス発

表2 パイロットスケール実証実験条件

項 目	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	RUN6
投入基質	混合汚泥 + 生ごみ	初沈汚泥 + 生ごみ	初沈汚泥 + 生ごみ	混合汚泥 + 生ごみ	初沈汚泥 + 生ごみ	混合汚泥 + 生ごみ
混合比(TS比)	1:0.6	1:1.5	1:1.1	1:0.9	1:0.5	1:1.5
汚泥投入量(L/日)	1050	760	830	930	1000	800
生ごみスラリー投入量(L/日)	250	540	470	370	300	500
HRT(日)	5	5	5	5	5	5
VS負荷(kg/m ³ /d)	6.2	9.0	9.3	9.0	8.9	9.4

表3 供試汚泥、生ごみスラリーの平均性状

項 目		単位	初沈汚泥	混合汚泥	生ごみスラリー
pH		—	4.9	5.2	3.5
TS		mg/L	44,700	38,300	87,200
VS		mg/L	39,700	34,100	81,800
CODcr		mg/L	48,000	47,000	103,000
BOD		mg/L	26,000	19,000	65,000
Kj-N		mg/L	1,700	2,000	3,000
T-P		mg/L	350	530	310
n-Hex抽出物質		mg/L	3,000	1,600	11,700
元 素 組 成	C	wt%	43.5	43.8	49.1
	H	wt%	6.4	6.4	7.1
	N	wt%	2.9	4.1	4.0
	O	wt%	36.1	34.7	34.0

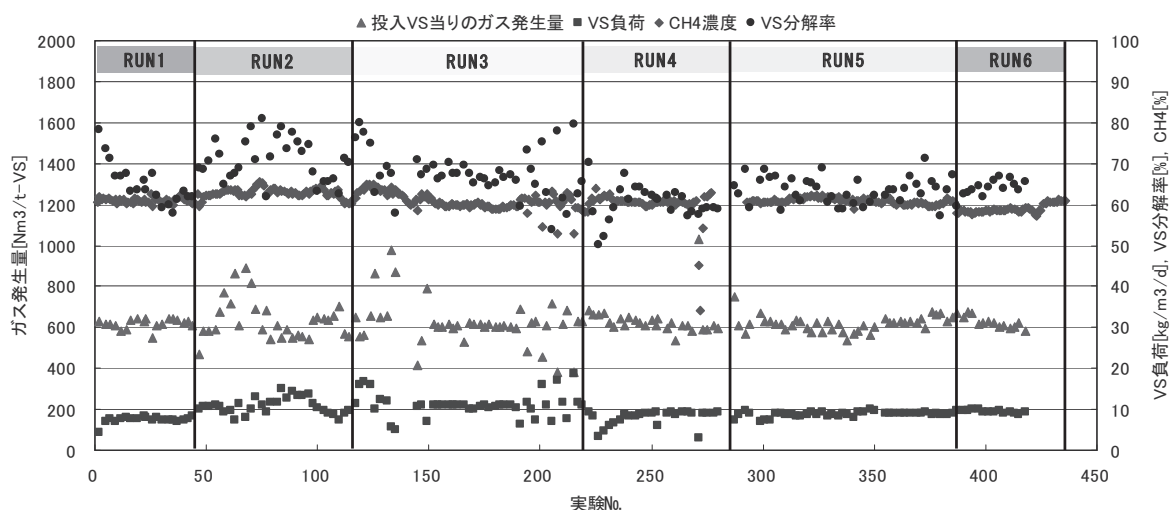
図7 各実験条件におけるVS分解率、ガス発生量、CH₄濃度、VS負荷の推移

表4 パイロットスケール実証実験結果（まとめ）

実験No.	投入基質	生ごみ 混合比率	HRT(日)	VS負荷 (kg/m ³ /d)	VS分解率 (%)	ガス発生量(Nm ³ /t-VS)		メタン濃度 (%)
						投入VS当り	分解VS当り	
—	初沈汚泥	—	5	7.4	57	500	880	62
—	混合汚泥	—	10	3.6	55	540	980	62
RUN5	初沈汚泥+生ごみ	1:0.5	5	8.8	64	620	970	61
RUN3		1:1.1	5	11.1	68	620	910	61
RUN2		1:1.5	5	10.8	71	650	920	63
RUN1	混合汚泥+生ごみ	1:0.6	5	7.5	60	590	980	61
RUN4		1:0.9	5	8.0	61	610	1,000	60
RUN6		1:1.5	5	9.4	64	630	980	59

生量、CH₄濃度、VS負荷の推移を示す。

RUN 1～6の実験における平均VS負荷、VS分解率、消化ガス発生量、消化ガスのメタン濃度を表4に示した。また、生ごみを混合しない場合の実験結果についても表4に示した。

表4に示すように、下水汚泥に易分解性の生ごみを混合して消化することで、VS分解率は向上し投入VS当りのガス発生量も増加することが判った。また、下水汚泥に対して生ごみを最大1.5倍（TS比）まで混合した実験を行ったが、生ごみの混合割合の増加に比例してVS分解率と投入VS当りのガス発生量も増加することが判った。一方、消化ガス中のメタン濃度は、基質投入時には低下するが平均では59～63%とほぼ一定であった。

なお、生ごみを混合したRUN 1～6の実験において、消化液中のNH₄-N濃度、VFA濃度およびアルカリ度は、それぞれ460～1,220 mg/L、0～1,720 mg/L、2,750～4,600 mg/Lであり、いずれの実験条件においても阻害等

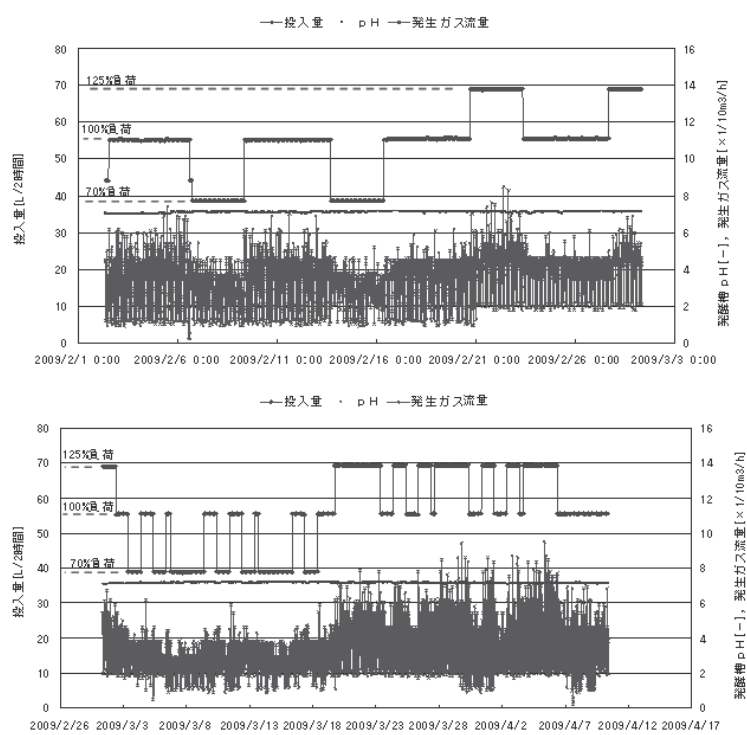


図8 負荷変動実験結果

は生ぜず安定した消化が可能であった。

(4) 負荷変動試験

通常は一定負荷で運転されるが、負荷変動があったときに、有機酸の蓄積などで pH が低下して安定した発酵ができないことも考えられる。そこで、週単位あるいは日単位で負荷が 70 ～ 125% 変動した場合と、生ごみの搬入が土曜日になく、月曜日に生ごみが平日の 2 倍量搬入される場合を想定して負荷変動試験を行った。供試基質として、混合汚泥（初沈汚泥：余剰汚泥＝6：4）を用いて週単位あるいは日単位で変動させた場合の消化液 pH と発生ガス量の推移を図 8 に示した。負荷の増減に伴い、ガス発生も増減しており、実験期間中の平均 VS 分解率は 56%、ガス発生量は 550N m³/t-VS と定格運転条件で行った場合と比較して、分解性能は同等であった。

初沈汚泥と生ごみを TS 比 1：1 で混合したものを供試基質として、生ごみの搬入条件を考慮した場合の負荷変動条件と消化液 pH、ガス発生量の推移を図 9 に示した。

生ごみを通常 2 倍処理する条件に変更した直後は、有機酸の蓄積により pH は 6.6 程度まで低下したが、通常負荷になった火曜日以降、pH は徐々に上昇し、定常状態の pH に戻った。また、ガス発生量は、負荷の増減によって増減したが、発酵は破綻せずに運転可能であった。

5. まとめ

担体を充填した高温メタン発酵槽を用い、HRT 5 日の条件で汚泥と生ごみの混合メタン発酵試験を行った。この結果、従来の中温消化から担体充填型高温メタン発酵とすることで、短い消化日数でもこれまでと同等の処理性能が得られることが確認できた。また、生ごみを混合して消化することで、汚泥単独の場合と比べ VS 分解率とガス発生量が増加し、この増加割合は生ごみの混合比率に比例することも判った。約 4 年

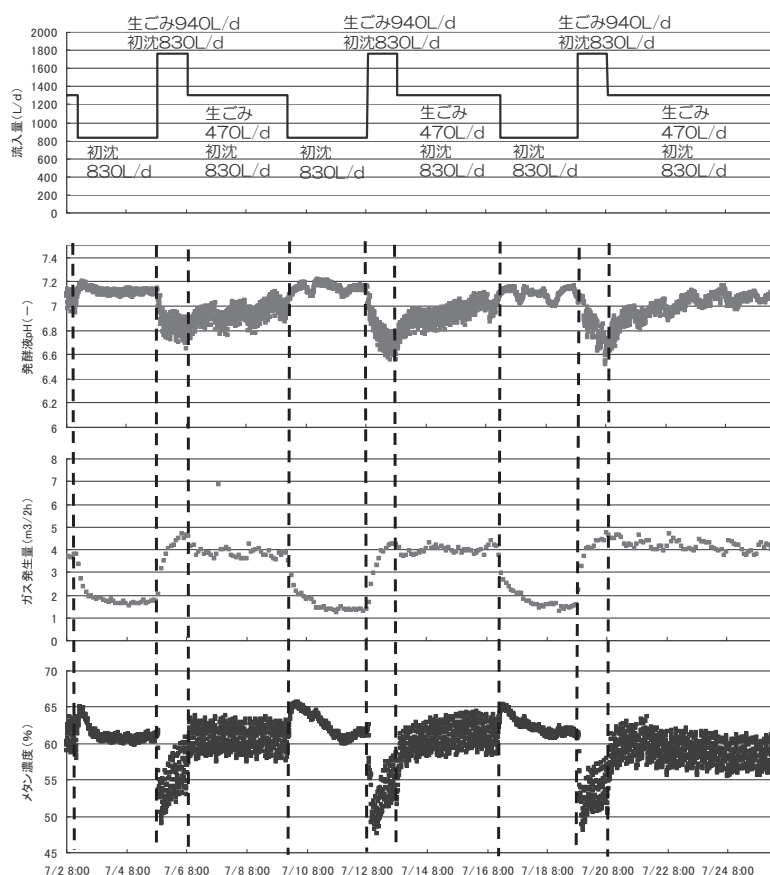


図9 生ごみの負荷変動実験結果

間に渡って様々な実験条件で実証試験を行ったが、大きなトラブルもなく連続運転が可能であった。

実証試験は 2012 年 3 月末で終了し設備の撤去も終わったが、これまで実証試験の用地、汚泥、生ごみの提供を頂いた熊本県、八代市の関係者の皆様に感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 森ら, 第 47 回下水道研究発表会講演集 (2010), p.239-241
- 2) 森ら, 第 48 回下水道研究発表会講演集 (2011), p.205-207
- 3) 清水ら, 環境浄化技術, Vol.8, No.11 (2009), p.35-38

コ ラ ム

もっと元素を調べておこうよ

読者の多くは日本食品標準成分表というのを聞いたことがあると思う。この成分表は食品成分に関する公的なデータベースとして利用されているもので、5年毎に改訂されている。最新の日本食品標準成分表2010では、1878食品、50成分が収載され、この版から、ヨウ素、セレン、クロム及びモリブデンが追加された。これらの元素は、厚生労働省の日本人の食事摂取基準に基準値があるものの、以前の成分表に収載がなかったものである。

これらは微量必須元素であり、栄養としての重要性は理解されていた。しかし、分析が大変なこともあってか、食品や土壌あるいは肥料などでの研究は少ない元素である。日本では過剰や不足がほとんど問題にならないためであろう。それには、ヨウ素とセレンは日本人の摂取源として海産物が多く、作物からの摂取が少ないという事情もある。

土壌、肥料、植物、食品などを対象とした我々の分野では、これらのなじみのない元素を対象にした研究がもっと増えるべきだと思う。基礎的知見の蓄積の必要性は言うまでもない。さらに、今後、私たちの周りに新たな経路を通じて元素の移動が起こることが予想されることを考えると、その重要性はなおさらである。

福島第一原子力発電所の事故による放射性セシウム汚染は、セシウムの挙動の研究をもっとしっかりしておくべきだったことを強く認識させられた。私は安定セシウムなど多くの元素をICP-MSで測定しており、その関係で放射性物質の農地での挙動を研究するあるプロジェクトの評価委員をしていた。その時は、まさかこんな事故が起こることは予想しておらず、しっかりセシウムの研究をするべきだったと深く反省している。安定セシウムを使ってもある程度の研究はできたはずである。

特に、現実的な対策を求められた場合何ができるか考えておくべきであった。セシウムは2:1型粘土鉱物であるバーミキュライトの層間に固定されることが知られており、この粘土を含む土壌ではよく耕耘しておけば問題がないことは以前からわかっていた。今回も、水田や畑の多くでは耕耘や代掻きもあり土壌経由の放射性セシウムはあまり問題になっていない。しかし、この粘土が少ない土壌ではどうするのかという課題設定がされていなかった。

私のいる宮城県では、永年牧草地が問題である。ここでは耕耘を数年に一度の草地更新の時にしかない。そのため、通常は放射性セシウムは表面のルートマット層に大部分が留まっており、これが草に移行するのは明らかである。現状では、宮城県ではほとんどの地域で永年性牧草の利用ができない。簡単な対策として、プラウによる反転が試みられているが、十分な効果があるかどうかは今後の検討が必要である。

放射性セシウムは思ったより広がっており、宮城県ではイナワラや堆肥中の放射性セシウムも問題になる。食品の基準値が引き下げられ、本来は農地での十分な対策をしなければならない。しかし、対策を立てようにも放射性セシウムの挙動を予想するのに十分な研究がなく、よくて手探り状況、見方によっては手をこまねいている現状と言ってよい。

放射性セシウムの話が長くなってしまった。想定範囲外の事態は十分起こりえる。下水道関係、浄水場で問題になったホルムアルデヒドのような問題が起きないとも限らない。そのような事態を視野に入れた、各種の元素に関する研究が必要ではないかという提案としたい。

公立大学法人 宮城大学 食産業学部 ファームビジネス学科
教授 木村 和彦

報 告

嫌気性消化プロセス 導入支援ツールの開発について

「下水汚泥エネルギー利用調査委員会」事務局

キーワード：エネルギー利用、創エネルギー、嫌気性消化、コスト試算

1. はじめに

(公社)日本下水道協会では、平成 19 年 2 月から下水汚泥エネルギー利用調査委員会を設置し、同分野における調査研究を行っており、その成果として平成 19 年度に「下水汚泥エネルギー利用調査報告書」を公開しています。同委員会では、引き続き、下水汚泥エネルギー利用、特に嫌気性消化の促進を目的とした活動を行っており、一連の活動成果を公開するため、平成 24 年 3 月に、(公社)日本下水道協会ホームページ上に「下水汚泥のエネルギー利用」サイト (<http://www.jswa.jp/odei-energy>) を構築しました。本報告では、新たに嫌気性消化プロセスの導入を検討する際の参考資料として作成した「嫌気性消化プロセス導入支援ツール」について簡単に紹介いたします。

2. 下水汚泥エネルギー利用における課題と同分野の関連活動

(1) 創エネルギーの必要性

下水道事業は、大量のエネルギーを消費し、温室効果ガスを排出していることから、下水道事業で使用するエネルギー、特に電力の削減が求められています。電力使用量削減のためには、曝気に使用する

電力量の削減に代表される省エネルギーと、嫌気性消化ガス等の未利用エネルギーを利用した発電等の創エネルギーに分けることができ、下水汚泥エネルギー利用調査委員会では、創エネルギーをテーマとして活動しています。

平成 21 年度において、下水汚泥のリサイクル率は、約 77% と高いレベルにありますが、下水道バイオマスリサイクル率は、約 24% に止まっており、下水汚泥のバイオマスとしての一層の利活用が求められており、国を挙げて創エネルギーの促進が求められており¹⁾、国土交通省下水道部は、B-DASH プロジェクト等の数々の関連施策を進めておられます。

(2) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン (案)

国土交通省下水道部は、平成 22 年度に「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン (案)」を公表し、地方公共団体や民間企業が、下水汚泥エネルギー化技術を導入する際に必要となる知見や情報を提供されており、また、平成 23 年度後半には、同ガイドラインの普及をはじめ、下水道における資源・エネルギー利用の更なる推進を目指して、全国キャラバンも展開しておられます。

同ガイドラインは、主に固形燃料化技術、バイオガス利用技術について、ケーススタディも含めた形で詳細に説明しているもので、バイオガス利用技術では、

ガス発電や都市ガスとしての利用などの嫌気性消化ガス（特に余剰ガス）有効利用技術の貴重な参考資料となっています。

(3) B-DASH プロジェクト（平成 24 年度）

同じく国土交通省下水道部は、平成 23 年度に引き続き、平成 24 年度の下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）の実施事業を決定されました。これは、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出を実現し、併せて、本邦企業による海外展開を支援するためのものです。

決定された事業の中には、消化ガスを利用した消化汚泥の固形燃料化に関するものも含まれており、今後の実証実験により得られた知見を水平展開することにより、嫌気性消化槽の建設・維持管理費の削減やバイオガス有効利用手法の広がりが期待されます。

3. 「嫌気性消化プロセス導入支援ツール」の概要

(1) 目的と概要

「嫌気性消化プロセス導入支援ツール」（以下、試算ツールとする）を作成した目的は、嫌気性消化プロセス導入によるメリットやコスト試算結果を示すこと

です。試算ツールの算定条件シートに流入水量を入力するだけで、Case1-1、1-2、2-1、2-2 の 4 つのケースについて、以下に示した情報が、算定結果シートに表示されます。

- 濃縮・消化・脱水・焼却の各工程における固形物量、汚泥量（処分対象汚泥量）
- Case1-2、2-2 における消化ガス発生量と余剰ガス量
- 消化・脱水・焼却に係る建設費・維持管理費と汚泥や焼却灰の最終処分費
- 消化ガス利用に伴う化石燃料の削減効果

なお、各ケースの汚泥処理工程は、図 1 と図 2 に示すとおりで、焼却工程が無い場合（Case1）とある場合（Case2）における嫌気性消化プロセス導入効果を確認いただくことを目的としています。

(2) 試算ツールのセールスポイント

試算ツールの処理水量適用範囲は、5,000 ～ 400,000 m³/日となっていますが、その範囲なら任意の下水処理場における嫌気性消化プロセス導入効果を確認いただくことができる汎用性の高いツールであり、今のところ、このように汎用性の高いツールは、公開されていないと考えます。また、各建設・維持管理費の計算には、「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル

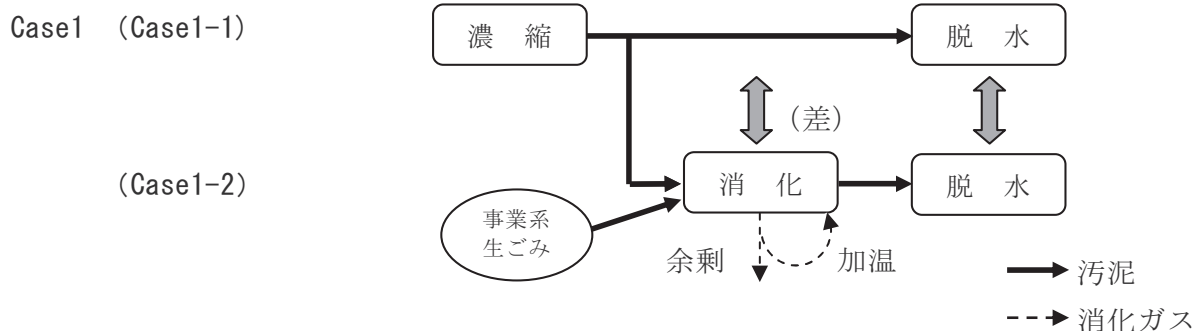


図 1 Case 1の汚泥処理フロー

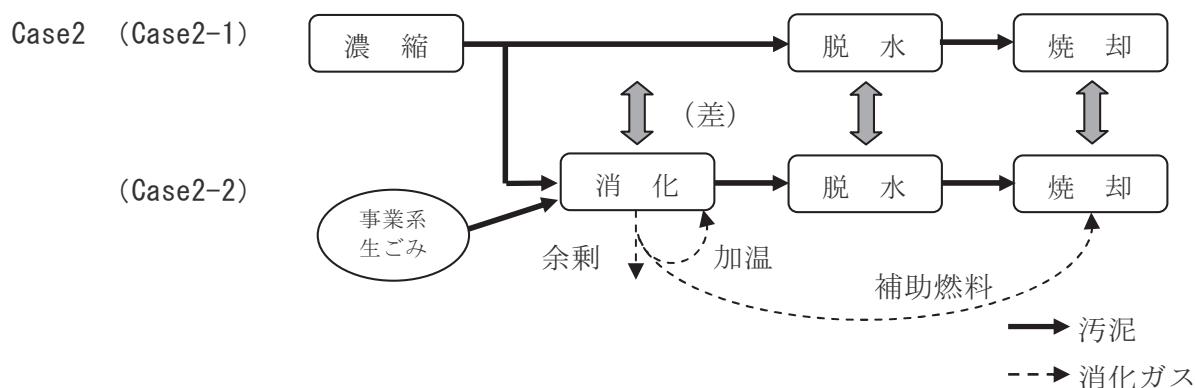


図 2 Case 2の汚泥処理フロー

ル（H16.3 国交省下水道部・（社）日本下水道協会）」の費用関数を用いており、既存資料との整合性が確保されています。

さらに、条件シートでは、流入SS濃度やSS回収率等は、予め初期設定値を入力していますが、既存データがある場合には、初期設定値の代わりに実測値を入力することにより、より正確な試算が可能です。

(3) 試算ツールの留意事項

汎用性の高いツールを目指したことにより、ソフトが複雑になり過ぎることを防ぐため、細かい条件設定を排除せざるを得なくなりました。

① 試算ルールの適用範囲

本試算ツールにおける消化ガス有効利用は、消化槽加温と焼却炉における補助燃料としての利用に限定されています（図3参照）。消化槽、脱水機及び焼却炉の建設費・維持管理費の費用関数は、バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアルで示されていますが、ガス発電施設等の費用関数がないためです。したがって、試算ツールにおいて、Case1-1と1-2、または、Case2-1と2-2を比較して、嫌気性消化プロセス導入により汚泥処理年価が増

加すると判定された場合でも、より効率的なバイオガス有効利用を行うことにより嫌気性消化プロセス導入メリットが出てくる場合もあることをご留意下さい。

② 建設費算出における留意事項（耐用年数）

上述したように、各施設や設備の建設費は、バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアルで提示された費用関数により算出しています。建設費に大きな影響を与える要素として、耐用年数があります。例えば、本試算ツールにおいては、嫌気性消化槽設備の耐用年数は、10年としています。現在、多くの地方公共団体においては、長寿命化計画の策定作業を進めておられる中、10年という耐用年数は比較的短いと思います。

本ツールの算定条件シートには、主な施設・設備耐用年数の初期設定値とその根拠を示しています。利用者自らが判断し、適切な耐用年数を設定することにより、各利用者の状況に合った建設費を算出できるよう工夫しています。

また、通常は、嫌気性消化プロセスを導入する場合、国庫補助を利用すると想定されることから、補助率の初期設定値として0.55を採用しています。

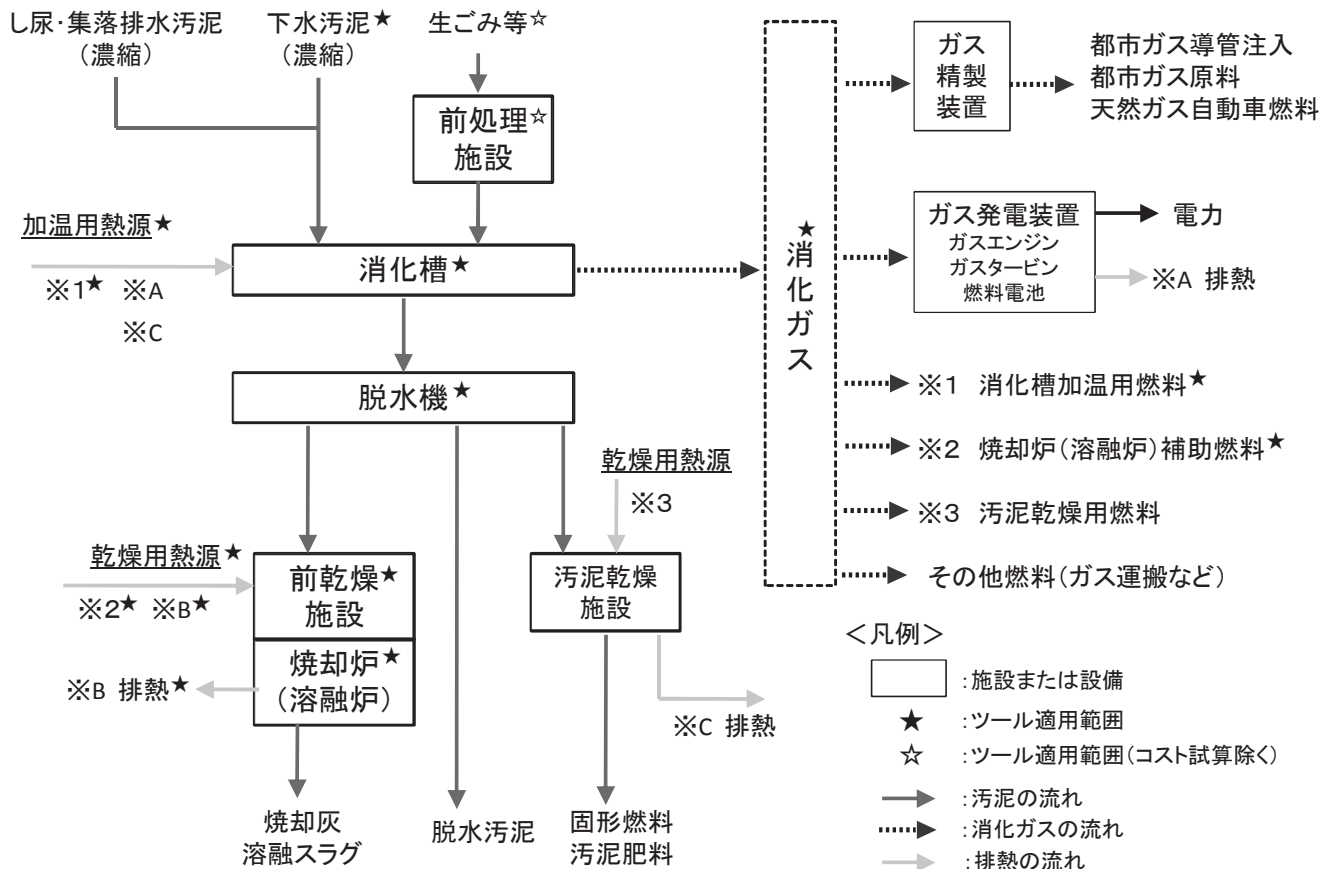


図3 消化ガス有効利用の用途と排熱利用について（嫌気性消化プロセス導入の適用範囲）

(4) 試算ツールの計算事例

実際に、日最大処理水量 50,000 m³/日（日平均処理水量 40,000 m³/日）と日最大処理水量 100,000 m³/日（日平均処理水量 80,000 m³/日）の2つの下水処理場を想定し、算定条件を入力した結果を別添1、別添2に示します。

① 固形物量、処分汚泥量の減少（事例1の Case1-1 と Case1-2 の比較）

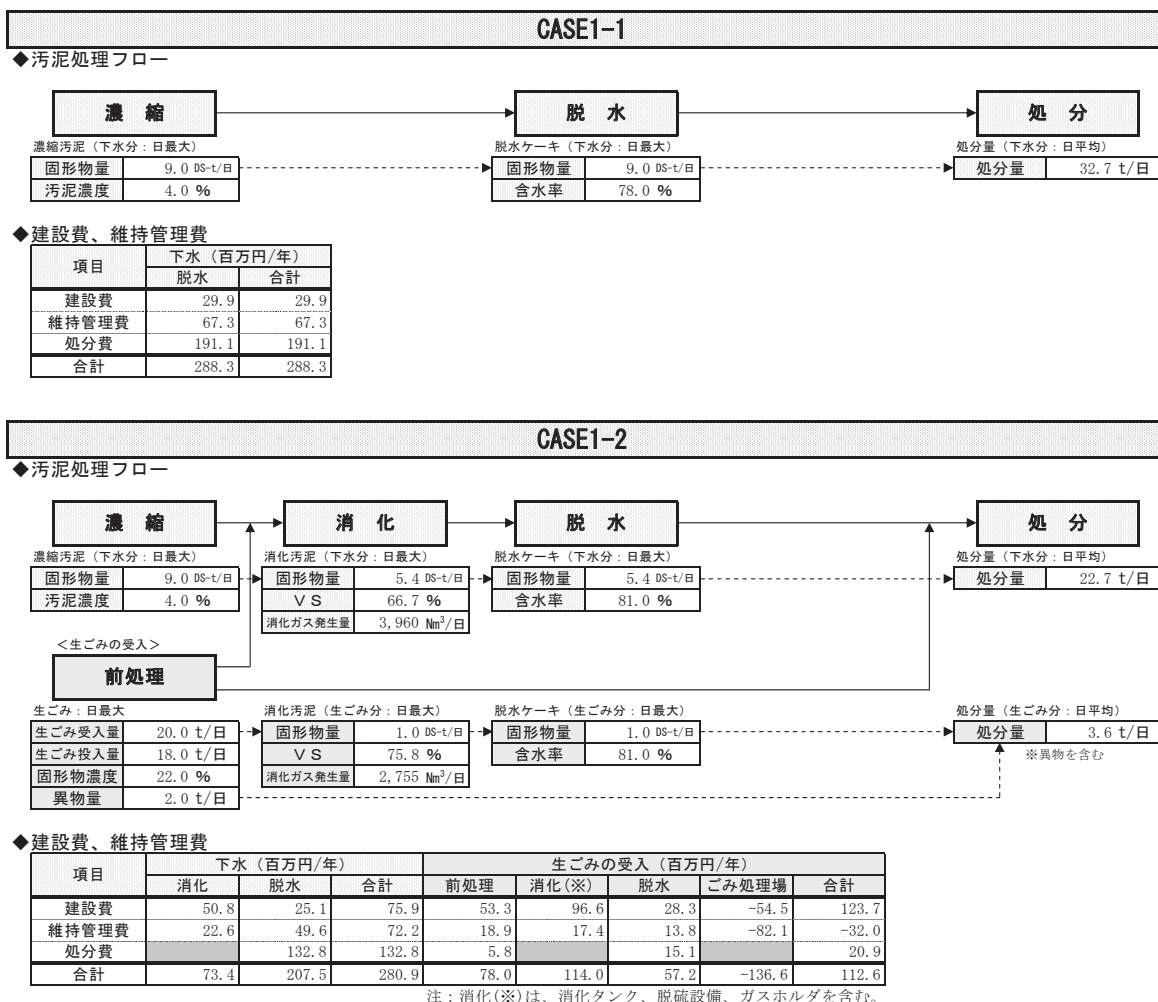
事例1の日最大処理水量 50,000 m³/日（日平均処理水量 40,000 m³/日）の下水処理場において、嫌気性消化プロセスの導入により、日最大発生固形物量が 40% 減少し、9.0 DS-t/日から 5.4 DS-t/日

になります。

一方、処分汚泥量は、32.7 t/日（含水率 78%）から、22.7 t/日（含水率 81%）に減少しますが、嫌気性消化により多少含水率が悪化することを見込んでおり、処分汚泥量の減少率は、30%程度と試算されます。

② 消化ガス発生量と有効利用量（事例2の Case1-2 と Case2-2 の比較）

事例2の日最大処理水量 100,000 m³/日（日平均処理水量 80,000 m³/日）の下水処理場において、日平均消化ガス発生量は、6,336 N m³/日となります。消化槽加温用燃料として使用される消化ガス量は、Case1-2 と Case2-2 とともに変わらず 1,800 N m³/日と

別添1 日最大処理水量 50,000 m³/日の下水処理場を想定した算定結果

◆ 消化ガス利用に伴う削減効果（日平均）

消化ガス量（下水分）	
消化ガス量・日平均 (Nm ³ /日)	
発生量	3,168.0
必要量	消化タンク加温 900.0
利用量	消化タンク加温 900.0
余剰量	2,268.0

※生ごみ分は含まない。

消化ガス量（生ごみ分）	
消化ガス量・日平均 (Nm ³ /日)	
発生量	1,377.3

消化ガス利用に伴う化石燃料の削減効果

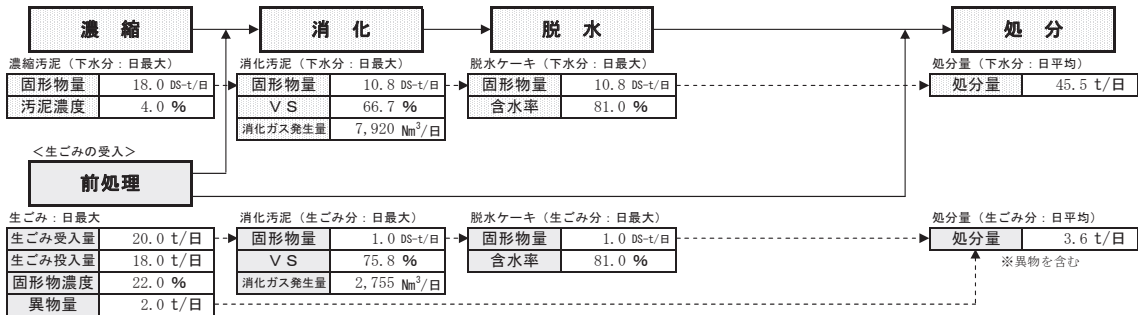
消化ガス 利用量・日平均 Nm ³ /日	削減効果 (△重油換算)			
	削減量 kL/年	削減費 百万円/年	CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /年	CO ₂ 貨幣換算 百万円/年
消化タンク加温	900.0	184.8	11.1	500.8

※生ごみ分は含まない。

別添 2 日最大処理水量 100,000 m³ / 日の下水処理場を想定した算定結果

CASE1-2

◆汚泥処理フロー



◆建設費、維持管理費

項目	下水 (百万円/年)			生ごみの受入 (百万円/年)				
	消化	脱水	合計	前処理	消化(※)	脱水	ごみ処理場	合計
建設費	68.2	33.1	101.3	53.3	96.6	28.3	-54.5	123.7
維持管理費	29.6	75.0	104.6	18.9	17.4	13.8	-82.1	-32.0
処分費		265.6	265.6	5.8		15.1		20.9
合計	97.8	373.7	471.5	78.0	114.0	57.2	-136.6	112.6

注: 消化(※)は、消化タンク、脱硫設備、ガスホルダを含む。

◆消化ガス利用に伴う削減効果 (日平均)

消化ガス量 (下水分)	
消化ガス量・日平均 (Nm ³ /日)	
発生量	6,336.0
必要量	消化タンク加温 1,800.0
利用量	消化タンク加温 1,800.0
余剰量	4,536.0

※生ごみ分は含まない。

消化ガス量 (生ごみ分)	
消化ガス量・日平均 (Nm ³ /日)	
発生量	1,377.3

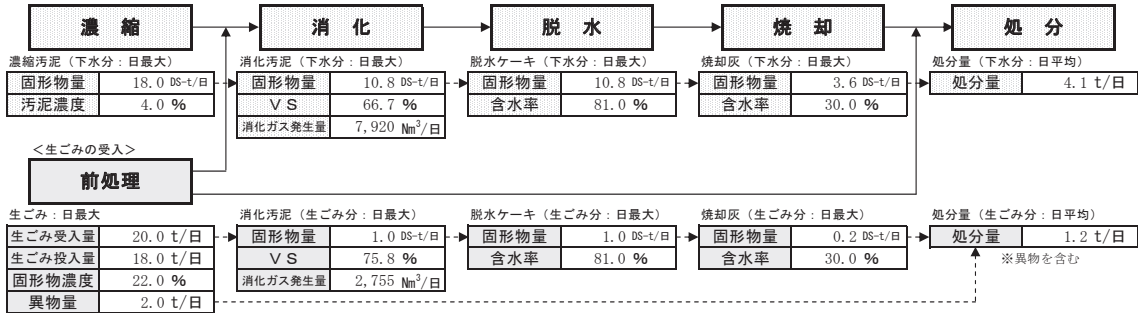
消化ガス利用に伴う化石燃料の削減効果

消化ガス 利用量・日平均 Nm ³ /日	削減効果 (A 重油換算)			
	削減量 kL/年	削減費 百万円/年	CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /年	CO ₂ 貨幣換算 百万円/年
消化タンク加温	1,800.0	369.7	22.2	1,001.9
				2.9

※生ごみ分は含まない。

CASE2-2

◆汚泥処理フロー



◆建設費、維持管理費

項目	下水 (百万円/年)				生ごみの受入 (百万円/年)				
	消化	脱水	焼却	合計	前処理	消化(※)	脱水	焼却	ごみ処理場
建設費	68.2	33.1	139.8	241.1	53.3	96.6	28.3	79.5	-54.5
維持管理費	29.6	75.0	170.9	275.5	18.9	17.4	13.8	24.8	-82.1
処分費			24.0	24.0	5.8			1.0	
合計	97.8	108.1	334.7	540.6	78.0	114.0	42.1	105.3	-136.6

注: 消化(※)は、消化タンク、脱硫設備、ガスホルダを含む。

◆消化ガス利用に伴う削減効果 (日平均)

消化ガス量 (下水分)	
消化ガス量・日平均 (Nm ³ /日)	
発生量	6,336.0
必要量	消化タンク加温 1,800.0 焼却炉補助燃料 4,239.0
利用量	消化タンク加温 1,800.0 焼却炉補助燃料 4,239.0
余剰量	297.0

※生ごみ分は含まない。

消化ガス量 (生ごみ分)	
消化ガス量・日平均 (Nm ³ /日)	
発生量	1,377.3

消化ガス利用に伴う化石燃料の削減効果

消化ガス 利用量・日平均 Nm ³ /日	削減効果 (A 重油換算)			
	削減量 kL/年	削減費 百万円/年	CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /年	CO ₂ 貨幣換算 百万円/年
消化タンク加温	1,800.0	369.7	22.2	1,001.9
焼却炉補助燃料	4,239.0	870.6	52.2	2,359.3
				6.8

※生ごみ分は含まない。

なり、Case2-2 では焼却炉補助燃料として消化ガス 4,239 N m³/日 が使用されます。したがって、余剰ガスは、Case1-2 では、4,536 N m³/日、Case2-2 では、297 N m³/日となりました。特に Case1-2 では、大量の余剰ガスが発生しますので、消化ガス発電等を検討する余地があります。

③事例1と事例2の比較（汚泥処理年価）

事例1、2の消化槽、脱水機及び焼却炉の建設費、消化槽より後の工程の維持管理費、最終の脱水汚泥または焼却灰の処分委託費等を表1に整理しました。

日最大処理水量が、50,000 m³/日程度なら、Case 1-1 と 1-2 の比較により、嫌気性消化プロセスを導入することにより、汚泥処理年価が減少するという試算になります。これは、建設費や維持管理費の増加分を処分費の減少分で賄えたからです。さらに、消化ガス発電などの導入により両者の差がより広がると考えられます（下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）p.128 より、日平均水量が 50,000 m³/日であれば、消化ガス発電の導入により、さらに約 1,640 万円の汚泥処理年価削減が期待できます）。

また、Case2-1 と 2-2 の比較により、焼却炉がある場合は、嫌気性消化プロセス導入の有無にかかわらず、汚泥処理年価は同等程度となります。

次に、日最大処理水量が、100,000 m³/日程度になれば、建設費の増加分に比較して処分費の減少分が大きく、より Case1-2 の方が有利になり、また、Case2-1 と 2-2 の比較により、焼却炉がある場合においても、嫌気性消化プロセス導入により汚泥処理年価が減少することが分かります。

上記の比較は、あくまでも本ツールにおける建設・維持管理コスト試算結果比較の一例です。

4. まとめ

（公社）日本下水道協会では、下水汚泥エネルギー利用調査委員会の平成 20 ～ 23 年度の活動成果として、ホームページで下水汚泥のエネルギー利用サイトを構築しました。下水汚泥のエネルギー利用に関する総合サイトであり、ほとんどの情報が、整理されていると考えております。その中の中心的な成果が、「嫌

表 1 各 Case の汚泥処理年価の比較

		単位：百万円／年	
		事例1（日最大処理水量 50,000m ³ /日）	事例2（日最大処理水量 100,000m ³ /日）
Case1-1	建設費	29.9	39.4
	維持管理費	67.3	101.6
	処分費	191.1	382.3
	合計	288.3	523.3
Case1-2	建設費	75.9	101.3
	維持管理費	72.2	104.6
	処分費	132.8	265.6
	合計	280.9	471.5
Case2-1	建設費	145.7	211.6
	維持管理費	204.3	320.0
	処分費	12.0	24.0
	合計	362.0	555.6
Case2-2	建設費	170.0	241.1
	維持管理費	179.4	275.5
	処分費	12.0	24.0
	合計	361.4	540.6

気性消化プロセス導入支援ツール」です。

「嫌気性消化プロセス導入支援ツール」をご利用される方に一つお願いしたいと思います。スケールメリットが働かなくなることから、流入水量が減少すると嫌気性消化プロセスを導入する方が、汚泥処理年価が高くなる場合が出てくると思います。しかしながら、その時点で、嫌気性消化プロセス導入の検討をストップされないようお願いいたします。ガス発電等のより高度なバイオガス利用を行うことにより汚泥処理年価が下がる可能性があります。また、施設・設備の耐用年数を変更することによっても、汚泥処理年価が変更されます。「嫌気性消化プロセスの導入効果が出るためには、嫌気性消化槽の耐用年数を何年に設定する必要があるのか？」という観点から、様々な形で試算ツールをご利用いただければ幸いです。

最後に、（公社）日本下水道協会では、平成 24 年度から下水汚泥有効利用技術支援事業をスタートする予定です。下水汚泥の有効利用、特にエネルギー利用については、中小下水処理場が、主役になると思います。したがって、中小下水処理場における下水汚泥有効利用の改善策等を（公社）日本下水道協会も各下水道管理者と一緒に考えさせていただければと思っています。今後とも、下水汚泥有効利用に関する情報発信の強化に努めていきたいと思っています。

<参考文献>

- 1) 平成 23 年度下水汚泥リサイクル推進に関する講演会資料「下水汚泥有効利用の動向と今後の課題について」

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. 本誌への投稿は、原則として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に限ります。ただし、共同執筆（4企業以内）の場合は、同上会員以外の団体を含むことができますが、主たる執筆者は会員団体でなければなりません。

（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 技術研究部資源利用研究課

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 03-6206-0679（直） FAX 03-6206-0796（直）

おしらせ

「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 関係官庁（国交省、農水省等） 研究機関 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 (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（10月発行号に掲載希望の場合は、8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、文字の大きさを指定する等、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137号（平成24年10月発行予定）
下水汚泥等の建設資材としての有効利用の取り組み
- 第138号（平成25年1月発行予定）
次世代型のエネルギー利用
- 第139号（平成25年4月発行予定）
第25回下水汚泥の有効利用に関するセミナー特集
- 第140号（平成25年7月発行予定）
平成25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

「再生と利用」（137号～140号）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	137号・138号・139号・140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、版下、フィルム） ・ 新規作成依頼・流用（一部修正含む）
	※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。 「下水道協会誌」（ 年 月号） 「下水道協会会員名簿」（ 年度） 「下水道展ガイドブック」（ 年度） 「下水道研究発表会講演集」（ 回 年度）
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	⑩
住 所 〒	
担当者所属・職・氏名	⑩
TEL	
FAX	

[広告代理店経由の場合に記入]

広 告 代 理 店 名	⑩
住 所 〒	
担当者所属・職・氏名	⑩
TEL	
FAX	

汚泥再資源化活動

第136号「再生と利用」編集担当者会議

日 時：平成24年3月9日（金）

場 所：本会第1会議室

出席者：奥出委員、粕谷委員、仲谷委員、川崎委員

議 題：①第135号編集内容について

②第136号編集方針（案）について

③平成24年度講座（案）について

概 要：①事務局から、資料3により第135号「再生と利用」の編集内容の説明を行った。口絵については、神戸市とJSに依頼すると共に、第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナーに出展した企業から投稿をいただく予定である。

②の第136号編集方針（案）について事務局から説明を行い、Q&Aに事務局も執筆することとした。資料5の「再生と利用」研究紹介・報告等のストックとして40件弱の候補をリストアップした。第136号にこの中から数件の執筆を予定している。また、粕谷委員から東京都のガス化炉の技術評価が完了した段階で報告をいただくこととした。

③の平成24年度講座（案）について、資料7により事務局から説明を行い、「下水汚泥由来肥料の最近の利用例」について、地方公共団体等に報告として執筆していただき、編集委員または事務局が解説を加える形で「講座」としての体裁を整えることとした。主な意見では、「土壌・作物中における重金属の挙動」において、亜鉛の管理基準（Zn 120mg/kg）の問題を取り上げると、専門的になり過ぎ、「緑農地利用に関する知識の底上げ」の目的からずれる可能性があること。亜鉛の管理基準（Zn 120mg/kg）の問題は、別途、事務局等から説明のための報告を用意するか、編集後記で簡単に触れる方向で検討することとし、「下水汚泥有効利用における重金属等安全性評価基準の課題について「再生と利用」第129号を参考にすることとした。

第137号「再生と利用」編集担当者会議

日 時：平成24年4月18日（水）

場 所：本会第3会議室

出席者：奥出委員、粕谷委員、内田委員

議 題：①第136号編集内容について

②第137号編集方針（案）について

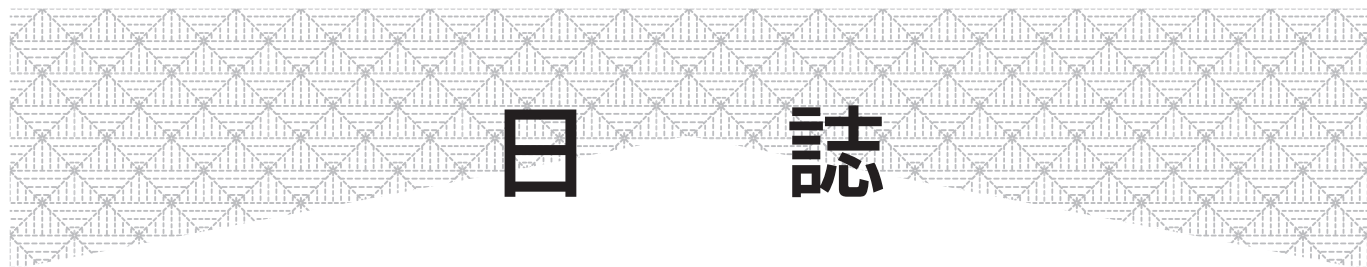
③「再生と利用」の原稿ストックについて

概 要：①事務局から、資料4により第136号の編集内容の説明を行った。特集テーマの土壤環境関連は環境省から辞退があった。また、報告のグリーン購入の調達は国土交通省から今年度は対象がないので、辞退があった。

②の第137号「再生と利用」編集方針（案）について、資料5により事務局から説明を行い、巻頭言は平成24年度のB-DASH事業に固形燃料化関連で採択された長崎市を提案し、論説は大阪市立大学の貫上教授に依頼することとした。研究紹介は、脱水ろ液からのりん回収について研究を行った広島県に依頼することとし、特別報告では、前回の担当者会議で提案のあった東京都のガス化炉と神立資源リサイクルセンターの生ゴミバイオガス化施設を掲載することとした。また、報告では、日本下水道協会のホームページにアップした建設資材サイトを掲載し、口絵は下水道展'12神戸を掲載するとともに残りの1ページ分については委員から提案をしていただくこととした。

③「再生と利用」の原稿ストックについて、事務局より現状の原稿ストックについて説明を行った。

また、7月に再生可能電力の全量買取制度が始まるので、経済産業省から制度全般について、国土交通省から下水道事業に関する内容について執筆してもらえないか事務局で検討することとした。



平成24年 3 月 9 日

第136号「再生と利用」編集担当者会議

本会第1会議室

平成24年 4 月18日

第137号「再生と利用」編集担当者会議

本会第3会議室

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)

特 集：下水汚泥の建設資材としての有効利用の取り組み

研究紹介：廃石膏を用いた消化脱水ろ液からのリン回収に関する研究

講 座：下水汚泥由来肥料の最近の利用例

文献紹介：2 編

特別報告：清瀬水再生センターガス化炉

生ゴミバイオガス化施設（神立資源リサイクルセンター）

報 告：再生可能エネルギーによる発電電力の固定価格買取制度について

建設資材利用サイトの開設について

そ の 他：会報、行事報告、次号予告、関係団体の動き

「再生と利用」編集委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

(24.6.1現在)

委 員 長 日本大学大学院教授・東北大学名誉教授

野 池 達 也

委 員 秋田県立大学生物資源科学部教授

尾 崎 保 夫

委 員 長岡技術科学大学准教授

姫 野 修 司

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

西 迫 里 恵

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（リサイクルチーム）

内 田 勉

委 員 地方共同法人日本下水道事業団技術戦略部戸田技術開発分室長代理

島 田 正 夫

委 員 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター畑作園芸研究領域長

田 村 有希博

委 員 独立行政法人農業環境技術研究所土壌環境研究領域主任研究員

川 崎 晃

委 員 一般財団法人日本土壌協会参与土壌部長兼広報部長

仲 谷 紀 男

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（課長補佐）

粕 谷 誠

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

濱 田 敏 裕

委 員 山形市上下水道部浄化センター所長

奥 出 晃 一

委 員 横浜市環境創造局下水道施設部北部第一水再生センター長

長谷川 輝 彦

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（技術開発）

北 折 康 徳

委 員 大阪市建設局下水道河川部水環境課担当係長

西 本 裕 二

委 員 広島市下水道局管理部管理課水質管理担当課長

福 田 佳 之

委 員 福岡市道路下水道局下水道施設部施設管理課長

崎 野 寛

図書案内

下水汚泥分析方法 —2007年版—

—下水汚泥の緑農地利用における良質な製品の提供・円滑な流通を図るため—

2008.1発行 A4版(270頁) 価格5,500円 会員価格4,500円

本書は、下水汚泥を緑農地利用するに際し、品質管理のための分析方法をまとめた1996年版を改訂したものです。関連する肥料取締法、廃棄物の処理および清掃に関する法律および下水道法等の法改正や分析装置を含む分析方法の進歩等をふまえ、分析項目および分析方法の見直しや充実を図っています。

主な改訂を目次（追加項目を下線）にて示すと、以下のとおりです。

目 次

1. 通則	8.1 バックグラウンド	9.25.2 水素化合物発生
1.1 適用範囲	8.2 干渉	ICP 発光分光分析法
1.2 原子量	8.3 ICP 発光分光分析法準備操作	9.26 セレン
1.3 質量及び体積	8.4 ICP 発光分光分析法測定操作	9.26.3 水素化合物発生ICP 発
1.4 温度	付 ICP 質量分析法	光分光分析法
1.5 試薬	9. 各成分定量法	9.27 ケイ素
1.6 機器分析法	9.1 アルミニウム	9.28 スズ
1.7 試料	9.2 ヒ素	9.28.1 原子吸光法
1.8 結果の表示	9.2.3 水素化合物発生	9.28.2 ICP 発光分光分析法
1.9 用語	ICP 発光分光分析法	9.29 バナジウム
2. 試料の採取と調製	9.3 ホウ素	9.30 亜鉛
2.1 試料の採取	9.4 炭素	10. 人為起源物質
2.2 調製法	9.5 カルシウム	10.1 PCB
3. 水分	9.6 カドミウム	10.1.1 ガスクロマトグラフ法
3.1 加熱減量法	9.7 塩素(塩化物)	10.2 アルキル水銀化合物
4. 灰分	9.8 コバルト	10.2.1 ガスクロマトグラフ法
4.1 強熱灰化法	9.9 クロム	10.3 揮発性有機化合物
5. 強熱減量	9.10 六価クロム	10.3.1 ガスクロマトグラフ質
5.1 強熱灰化法	9.10.1 原子吸光法	量分析法
6. 原子吸光法及びICP(誘導結合	9.10.2 ICP 発光分光分析法	10.4 農薬類
プラズマ) 発光分光分析法による	9.11 銅	10.4.1 有機リン農薬(EPN,
定量方法通則	9.12 フッ素	パラチオン, メチルパラチオン)
6.1 要旨	9.13 鉄	ガスクロマトグラフ法
6.2 金属等の測定	9.14 水銀	10.4.2 農薬類 ガスクロマト
6.3 試薬の調製	9.15 カリウム	グラフ質量分析法
6.4 前処理操作	9.16 マグネシウム	11. その他の試験
7. 原子吸光法による測定時の干渉	9.17 マンガン	11.1 pH
7.1 要旨	9.18 モリブデン	11.2 酸素消費量
7.2 物理的干渉	9.19 窒素	11.3 炭素・窒素比
7.3 分光学的干渉	9.20 ナトリウム	11.4 電気伝導率
7.4 イオン化干渉	9.21 ニッケル	11.5 植物に対する害に関する栽
7.5 化学的干渉	9.22 リン	培試験の方法
7.6 バックグラウンド吸収	9.23 鉛	【参考資料】
7.7 準備操作	9.24 硫黄	1. 幼植物試験とは
7.8 測定操作	9.25 アンチモン	2. 融合コンポスト
8. ICP 発光分光分析法による測定	9.25.1 水素化合物発生	付録. 原子量表
時の干渉	原子吸光法	巻末資料

編 集 後 記

今回から、前任者から引き継ぐ形で「再生と利用」の編集委員会の事務局に加わることとなりました。私が事務局に加わり先ず行いましたことは、過去数年間の「再生と利用」の精査でした。全ての記事を読み込めたわけではなく、今回から講座を開始した緑農地利用関係と昨年の東日本大震災による原子力発電所事故の発生により課題となっています放射能についての記事を中心としました。

「再生と利用」では、「緑農地利用」、「建設資材利用」及び「エネルギー利用」などの様々な分野の方々の下水汚泥の有効利用に携わって、蓄積された有益なノウハウが情報発信されていると改めて感じました。同時に、各下水道管理者の直面している課題の違いや、有効利用手法の多様性やコスト面から、100%正しい下水汚泥の有効利用のありかたが決まっているわけではないとも感じました。

最近では、東日本大震災による原子力発電所事故の影響から、各電力会社の原子力発電所について定期点検による停止からの再稼働に際し、原子力発電所の安全性に対する立地地域の慎重な対応や、主な電力消費地域での議論・理解を求められるなど再稼働が難しい状況で、本年5月には42年ぶりに国内の原子力発電所の稼働がゼロとなりました。これまで国内の供給電力のベース部分を賄ってきた原子力発電所が全て、一

時的にせよ停止した影響は大きく、電力消費時期の夏場に向け、企業活動や市民生活の節電や電力需要のピークカットやピークシフトだけではなく、新たな電源、とりわけ再生可能エネルギーを用いた電源開発が求められると考えています。また、消化ガス発電については、これまでコスト回収の面から、消化ガス発生量の多い比較的大規模な下水処理場での導入事例が多いと感じていますが、小型の消化ガス発電機を数多く配置することで、消化ガスの発生量の増減に対応できる消化ガス発電システムの中規模下水処理場への導入事例も見られ、大規模以外の下水処理場での導入が広まる期待が持たれます。また、本年7月に開始予定の再生可能エネルギーによる発電電力の買取制度では、消化ガス発電による一般電気事業者への買取期間と買取価格が固定に設定され、これまで主に下水処理場の内部で利用されていた消化ガス発電の利用形態が広がることが想定されます。

消化ガスや炭化物を発電に活用することについて、関係者から理解を得られやすい状況となっていると考えますが、「緑農地利用」、「建設資材利用」も含めた下水汚泥の有効利用が広がるよう「再生と利用」の事務局として取り組んで参ります。

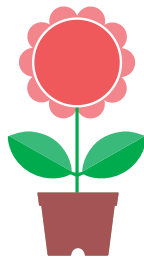
(HY)

「再生と利用」 Vol.36 No.136 (2012)

平成 24 年 7 月 1 日 発行
(平成 24 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