

再生と利用

2015 Vol. 39

No. 146

主要目次

- 口絵** 池野山環境衛生センター（リン回収設備を備えた汚泥再生処理センター）について
BISTRO 下水道推進戦略チーム・第5回会合 in 岩見沢市
- 巻頭言** 下水道資源の新時代 塩路 勝久
- 論説** バイオマスエネルギーの現状と課題について 横山 伸也
- 特別寄稿** 国際貿易を介したリンのマテリアルフローとアジアにおけるリン需要 松八重一代／中島 謙一／長坂 徹也
- 特集** バイogas固定価格買取制度導入事例&バイオマス産業都市構想の取組み報告
- 解説** 久留米市南部浄化センターにおける消化ガス発電事業（固定価格買取制度活用）&太陽光・小水力ハイブリッド発電について 空閑 敏晃
「民設民営」方式による消化ガス発電事業 丸田 和博／石井 浩二／森田 剛司／日置 恵介
横浜市の下水道事業における再生可能エネルギーの導入事例 熊谷 治彦
浜松市のバイオマス産業都市構想について 安井 理裕
津市バイオマス産業都市構想について 今井 博之
バイオマス産業都市の構築促進に向けた取り組み 大森 直樹
- 研究紹介** 微生物燃料電池による有機性廃棄物の処理と発電 井上 謙吾
JMS 汚泥の農地還元の検討 劉 明星／三村 和久／出口 浩
- Q&A** 地方公共団体と民間活力との連携について 濱田 敏裕
- 現場からの声** 広島市旭町水資源再生センターの脱水ケーキ含水率について 中田 勝三
- 文献紹介** スウェーデンの4つの長期連用圃場試験から土壌微生物と作物の金属吸収に対する下水汚泥施用の限定的効果を明らかにする 杉山 恵
10L 規模の上向流式微生物燃料電池による有機物と窒素の除去実験 岩崎 旬
- 講座** 堺市下水再生水複合利用事業について 池田 聡志
仙台市における下水道管路からの熱利用実用化の取組みについて 仲道 雅大
下水道施設における太陽光発電及び定置型蓄電池設備の活用技術 大石 将之
入善浄化センター風力発電設備について 入善町建設下水道課
中小規模下水道処理施設における小水力発電の可能性について 小山 樹快
- 特別報告** 下水汚泥固形燃料混焼発電の取組みについて 渡辺 喜久
高成分堆肥の製造と利用 村上 圭一
- 投稿報告** 米国の下水処理場における塩素消毒から紫外線消毒への更新事例 岡本真由子
新潟県における“バイオガス発電”の取組～産官学連携による小型消化ガス発電機の開発～ 久須美恵二
- コラム** 循環で迷惑施設から福利厚生施設へ 中村 修
- 報告** 超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム 宮田 篤
- ニュースレポート** 下水資源を有効利用した循環型農園施設「きなり村」 編集委員会事務局
地域で集い憩う場、「渋谷区ふれあい植物センター」 編集委員会事務局
BISTRO 下水道推進戦略チーム第5回会合
WATER & FOOD NEXUS 編集委員会事務局
- 資料** おしらせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）汚泥再資源化活動、日誌・次号予告、編集委員会委員名簿、編集後記

BISTRO 下水道推進戦略チーム

第5回会合 in 岩見沢市



会合では事例報告などが行われた



堆肥盤作りの農場を視察

参加団体＝▽国土交通省▽神戸市▽佐賀市
▽岩見沢市▽帯広市▽北見市▽士別市▽網走
市▽石狩川流域下水道組合▽北広島市▽愛知
県▽高知県▽データベース▽日本下水道施設
管理業協会▽日本下水道新技術機構▽北海道
開発局▽北海道庁▽岩見沢地区汚泥利用組合
▽豊橋技術科学大学

下水道資源の食・農業利用を推進し地域振興、海外展開へとつなげる活動を展開している BISTRO 下水道推進戦略チーム（事務局＝国土交通省、日本下水道協会）は10月2日、第5回会合を岩見沢市内で開き、下水汚泥の有効利用の知見を共有しました。翌3日には施設見学も行われ、堆肥盤作りの農場や岩見沢市の肥料を利用している公園を視察しました。会合には、道内の地方公共団体を中心に19団体が参加しました。



下水道資源で栽培した作物の料理も

串本町古座川町衛生施設事務組合

池野山環境衛生センター（リン回収設備を備えた汚泥再生処理センター）について

串本町古座川町衛生施設事務組合は、和歌山県南部の串本町と古座川町から構成される一部事務組合で、この2町から発生する可燃ごみ及びし尿・浄化槽汚泥等を処理しています。本組合では、し尿処理施設の老朽化に伴い汚泥再生処理センターの建設を進めておりましたが、このたび、最新の高度処理技術を備えた処理能力日量45kl/日の「池野山環境衛生センター」が平成26年3月に完成しました。

本センターは、し尿等を衛生的に処理できる環境に配慮した施設であることに加え、汚泥再生処理施設としてリン回収の機能を有しています。

リン回収はHAP方式となっており、生物処理を経た処理水にカルシウムを添加し、ヒドロキシアパタイト（HAP）としてリンを回収します。製造されるHAPは、臭気が少なく衛生的なものとなっており、肥料原料として有効利用されます。

また、本センターには太陽光発電設備を設置するとともに、飲料水や非常食を備蓄しており、災害時には近隣住民の方々の非常避難場所としての備えもしています。

このように、池野山環境衛生センターは、地球環境保全に加え、地元住民の方々の安全にも配慮した施設となっています。

（設計諸言）

■処理方式：膜分離高負荷脱窒素処理方式＋高度処理

■資源化方式：リン回収方式

■処理能力：45kl/日

●し尿 18kl/日

●浄化槽汚泥 24kl/日

●コミプラ汚泥 1kl/日

●下水道汚泥 2kl/日



施設外観

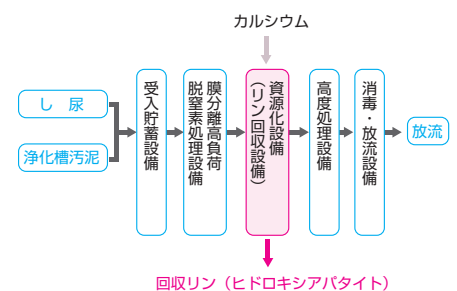
HAPシステムとは

HAPシステムは、生物処理水中のリンにカルシウムを加えヒドロキシアパタイト〔HAP（リン化合物）〕として回収する技術です。

HAPシステムの特徴

- 回収HAPはリン含有率が高く、副産りん酸肥料の規格に適合します。
- 生物処理水から直接リン回収を行うことができプロセスが簡略です。
- HAPはリン以外の肥料元素を含んでいないため成分調整が容易です。
- 生成したHAPは水切れが良く、衛生的で取り扱いが容易です。

HAPシステム（リン回収）フロー



汚泥減容化設備



汚泥脱水設備



リン回収設備

口
絵

池野山環境衛生センター（リン回収設備を備えた汚泥再生処理センター）について
BISTRO 下水道推進戦略チーム・第5回会合 in 岩見沢市

巻
頭
言

下水道資源の新時代……………塩路 勝久 …… (5)

論
説

バイオマスエネルギーの現状と課題について……………横山 伸也 …… (6)

特
別
寄
稿

国際貿易を介したリンのマテリアルフローとアジアにおけるリン需要
……………松八重 一代、中島 謙一、長坂 徹也 …… (10)

特集 バイオガス固定価格買取制度導入事例&バイオマス産業都市構想の取組み報告

解
説

久留米市南部浄化センターにおける消化ガス発電事業（固定価格買取制度活用）
&太陽光・小水力ハイブリッド発電について……………空閑 敏晃 …… (14)
「民設民営」方式による消化ガス発電事業……………丸田 和博、石井 浩二、森田 剛司、日置 恵介 …… (18)
横浜市の下水道事業における再生可能エネルギーの導入事例……………熊谷 治彦 …… (22)
浜松市のバイオマス産業都市構想について……………安井 理裕 …… (27)
津市バイオマス産業都市構想について……………今井 博之 …… (29)
バイオマス産業都市の構築促進に向けた取組み……………大森 直樹 …… (34)

研
究
紹
介

微生物燃料電池による有機性廃棄物の処理と発電……………井上 謙吾 …… (38)
JMS 汚泥の農地還元を検討……………劉 明星、三村 和久、出口 浩 …… (43)

Q
&
A

地方公共団体と民間活力との連携について……………濱田 敏裕 …… (47)

現場からの声

広島市旭町水資源再生センターの脱水ケーキ含水率について	中田 勝三	(49)
-----------------------------------	-------------	------

文献紹介

スウェーデンの4つの長期連用圃場試験から土壌微生物と 作物の金属吸収に対する下水汚泥施用の限定的効果を明らかにする	杉山 恵	(53)
10L 規模の上向流式微生物燃料電池による有機物と窒素の除去実験	岩崎 旬	(54)

講座

堺市下水再生水複合利用事業について	池田 聡志	(56)
仙台市における下水道管路からの熱利用実用化の取組みについて	仲道 雅大	(60)
下水道施設における太陽光発電及び定置型蓄電池設備の活用技術	大石 将之	(64)
入善浄化センター風力発電設備について	入善町建設下水道課	(68)
中小規模下水道処理施設における小水力発電の可能性について	小山 樹快	(71)

特別報告

下水汚泥固形燃料混焼発電の取組みについて	渡辺 喜久	(76)
高成分堆肥の製造と利用	村上 圭一	(80)

投稿報告

米国の下水処理場における塩素消毒から紫外線消毒への更新事例	岡本真由子	(84)
新潟県における“バイオガス発電”の取組 ～産官学連携による小型消化ガス発電機の開発～	久須美憲二	(87)

コラム

循環で迷惑施設から福利厚生施設へ	中村 修	(91)
------------------------	------------	------

報告

超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム	宮田 篤	(92)
-------------------------------------	------------	------

ニュース・スポット

下水資源を有効利用した循環型農園施設「きなり村」	編集委員会事務局	(98)
地域で集い憩う場、「渋谷区ふれあい植物センター」	編集委員会事務局	(101)
BISTRO 下水道推進戦略チーム第5回会合 WATER & FOOD NEXUS	編集委員会事務局	(103)

資料

お知らせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）		(105)
汚泥再資源化活動		(109)
日誌・次号予告		(113)
編集後記・編集委員会委員名簿		(115)

※本文中の表題で掲載した執筆者の所属団体・役職、執筆当時のものです。

巻 頭 言

下水道資源の新時代

国土交通省水管理・国土保全局下水道部長

塩 路 勝 久



下水道資源の有効利用は新たなステージに向かいつつある。

下水処理過程で発生する下水汚泥は、厄介者の処分すべき廃棄物から、平成8年の下水道法改正による減量化努力義務化を経て、平成17年の「下水道ビジョン2100」において、下水汚泥を資源として捉える「循環のみち」という発想の転換がなされた。さらに、平成26年7月の「新下水道ビジョン」では、下水道が地産地消の地域づくりに積極的に貢献する姿が描かれ、また社会資本整備審議会では、下水汚泥の処理にあたって、減量化のみならず、再生利用・エネルギー利用を行う下水道管理者の責務をもっと明確にすべきという議論がなされている。

我が国の状況を翻れば、東日本大震災を契機としたエネルギー需給の逼迫から、平成26年4月に閣議決定された第4次エネルギー基本計画において「再生可能エネルギーについては、2013年から3年程度、導入を最大限加速していき、その後も積極的に推進していく。」とされている。量・質ともに安定し集約された都市型バイオマスである下水汚泥は、再生可能エネルギー源のなかでもとりわけ優位な存在である。また、今後の“水素社会”の到来に向けて、下水汚泥から水素を製造すれば、バイオマス由来であるため、化石燃料由来で製造する改質水素よりも二酸化炭素排出量が少ない、需要地に近接していれば輸送コストを低減できるといった特徴を有し、貴重な水素源となる。

下水汚泥の肥料利用についても改めて光が当たっている。「BISTRO 下水道」の取組は定期的な会合を農産地で開き、情報の共有化を図っている。最近では、下水汚泥肥料を用いることが農産物のうまみの向上につながるという結果も得られている。肥料利用に先駆的に取り組む佐賀市は、地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指すバイオマス産業都市にも選定された。下水汚泥の肥料利用はまさに地域循環の要と言えよう。

さらに、平成26年3月には「水循環基本法」が公布され、水循環の過程において、地球上の生命を育み、国民生活及び産業活動に重要な役割を果たしていることに鑑み、健全な水循環の維持又は回復のための取組が積極的に推進されなければならないとされた。生活用水量の約97%に相当する量になる処理水の再生水利用は、ますます重要性を増している。また、再生可能エネルギー熱である下水熱は、下水処理場やポンプ場などの大きな施設から下水熱を利用するほか、近年は下水管路から熱を採熱する技術が実現し、下水処理場外の地域における利用も進んでいる。

下水道をはじめとしたこれからのインフラは、従来の機能を維持するだけでなく、幅広い分野と連携して新たな成長分野を開拓し、ビジネスチャンスを創出するなど、地域産業や我が国の経済を成長させる社会へと転換していくことが求められる。このような貢献を実現していくためには、下水道は、ほかのインフラ分野、農業、水産業、総合商社等、多種多様な分野の主体と連携・協働を深め、技術開発によるイノベーションを起こし、新たな価値を創造していく必要がある。新しい時代における地域社会への一層の貢献を実現するため、下水道に関わる産官学すべての主体が協働して、下水道が有する資源のポテンシャルを最大限に発揮できるよう、改めて身を引き締めてまい進していきたい。

論 説

バイオマスエネルギーの
現状と課題について

鳥取環境大学

環境学部教授 横山 伸也

キーワード：木質バイオマス、発電、バイオエタノール、FIT 制度

1. はじめに

わが国では 2011 年の東日本大震災以降、原子力発電所がほぼ停止状態であり、電力の不足分は天然ガスと石油に依存せざるをえず、円安と相俟って貿易赤字が拡大しつつある。再生可能エネルギーへの期待も大きいが電力需要への貢献はまだ限定的である。2 年前から FIT (再生可能エネルギー固定価格買取制度) が実施されているが、最近、太陽光発電では電力会社が買い取りを制限する動きが生じ、バイオマスエネルギーではバイオマス原料の供給が需要に追いつかないのではないかという懸念も出ている。他方、世界のエネルギー需給状態にドラスチックな変化が起きているので、このような状況の中でわが国としてはどのような指針でバイオマスエネルギーの導入・普及を図るべきかについて私見を述べたい。

2. わが国を巡るエネルギー状況

つい最近まで、オイルピークがいつくるのかが話題になっていたが、最近この種の問題を耳にすることが少なくなったように思える。この原因は、シェールガスとかシェールオイルと呼ばれる非在来型のエネルギー資源の商業的な採掘が可能になったことによるものと思われる。石油の可採年数はこれまで 40 数年と

されてきたが、シェールオイルのような非在来型のオイルの可採年数はこれをはるかに上回るとも推定されている。もっとも、シェールガスについては、生産エネルギーに比べて投入エネルギーが大きく経済性が悪いとか環境面でも問題が多いと指摘されてはいるが¹⁾、これらはそう遠くない将来に解決されるであろう。いずれにせよ、新たな資源が長期的に有効に利用できる可能性が生じたことは、グローバルなレベルでは喜ばしいことである。

わが国が輸入している天然ガスの価格は国際相場より相当高いといわれているが、米国からのシェールガスを輸入するというオプションが増えることで、この相場を下げる効果が生じることになる。シェールオイルに関しては、米国では生産量が輸入量を上回り、報道によれば石油の解禁が近々行われると期待されている²⁾。このように米国はエネルギーに関しては極めて楽観的な状況にあるといえるが、このためバイオエタノール生産をドラスチックに減産しているようには思われない。米国海軍は 2020 年までに海軍が使うエネルギーの 50% をグリーン燃料で賄うという Great Green Fleet 戦略を推し進めている^{3, 4)}。一方、米国は海外における石炭火力発電プラントの建設に関して、石炭火力発電が温室効果ガスの排出が大きいという理由により、世界銀行をはじめとした国際金融機関による融資を禁止する動きを見せている⁵⁾。京都議定書を批准しなかった米国ではあるが、豊富なシェール

ガスやシェールオイルを背景にして、地球温暖化をはじめとして環境分野でもイニシアティブを獲ろうとする戦略に舵を切ろうとする現れなのであろうか。

このような状況の中で、資源小国のわが国はできるだけエネルギーに関しては、多くのオプションを持つべきであると思う。ある特定のエネルギー資源や技術だけに依存したり、あるいは合理的な理由なしに排斥したりすることは避けるべきである。エネルギー資源の輸入にしても、特定の地域に過度に依存することは、選択の幅を狭くして結果として国益を損なうことになりかねない。できるだけ多様な原料を多様な技術で利活用し、多様な地域から入手することが売買の交渉能力を高めることに繋がる。もとより再生可能エネルギーは、低炭素社会実現への大きな貢献を期待されており、そのこと自体は疑うことはできないが、バイオマスエネルギーをどう考えるべきかについて以下論じたい。

3. バイオマスエネルギーの役割

3.1 バイオマス資源量

農水省の調査によれば、わが国の家畜排泄物、下水汚泥、黒液、紙、食品廃棄物、製材工場等廃材、建設発生木材、農作物非食用部、林地残材、資源作物などを含むバイオマス賦存量は炭素換算で3,484万トンである。2020年の目標値となる利用可能量は同じく炭素換算で1,111万トンと推定されているので、これは原油換算で1,180万キロリットル相当になる⁶⁾。2013年度のわが国の一次エネルギー供給量は石油換算で5億5055万キロリットルなので、この値は約2.1%となる⁷⁾。また、最大利用可能量は炭素換算で1,728万トンと推定されているので、これは約3.1%となる。表1にこれらの関係を示す。したがって、バイオマス資源はわが国では最大に利用しても、一次エネルギーの5%程度と判断してよさそうである。当然ながら、これは国内のバイオマス資源に限定したものであり、グ

ローバルな観点からのポテンシャルとは異なる。ちなみに、現在の世界のエネルギー需要量は約500エクサジュールであるのに対して、持続可能なバイオマスポテンシャルは200から500エクサジュール程度と推定され幅はあるものの、この中で特にエネルギー作物のポテンシャルは大きな割合を占めている⁸⁾。

国内の未利用資源としては林地残材が最も期待できるので、そもそもわが国では木質系バイオマス資源量はどの程度なのか究極的な想定してみよう。わが国の森林面積は2,500万ヘクタールであり、国土の約67%に相当する。わが国の森林の総生産量は年間7,400万m³であるのでヘクタール当たり約3m³になる⁹⁾。ここでは3m³が乾燥重量で2トンと少し多めに想定した。バイオマスは乾燥重量の約50%が炭素なので、2トンのうち1トンが炭素重量となるので、2,500万ヘクタールでは2,500万トンとなる。炭素換算の量から石油換算は農水省資料に準じて案分で求めると、結果は表1に示したように、一次エネルギー供給量比で4.8%となった。わが国の森林は国土保全のための保護林として必要である他、建材や紙・パルプの原料にも使われ、さらには急峻な土地や奥山にある木材は搬出そのものが技術的にも困難であり、当然ながら全量をエネルギーのために利用することはできない。したがって、現実利用できるのは、この値を相当下回ることになる。

3.2 地産地消的なエネルギー源

バイオマス資源は地域に密着した資源であり、この観点から利活用を推進するのが妥当である。従来から、バイオマスの収集範囲はエネルギー的観点からも経済的な観点からも最長でも半径数十キロ程度といわれている。後述するFITにおいても、木質系バイオマス発電は大型化すると広域化せざるを得なくなり、原料調達が大きな足かせとなりかねない。小型の分散型の発電あるいはコジェネシステムの導入が期待され、このニーズに応じた技術革新が必要となる。

バイオマスを原料として輸送用燃料のエタノールを製造する場合はどうなのであろうか。わが国のガソリン消費量は5600万キロリットルであるが、農水省の資料によれば、国内のすべてのバイオマスの熱量を石油量に換算すると最大可能量が1,850万キロリットルである⁶⁾。この中には、家畜排泄物、下水汚泥、黒液、食品廃棄物が含まれており、これらからエタノール生産は技術的に困難である。また、製材工場残材、建設発生木材、農作物非食用部、林地残材、資源作物はいわゆるセルロース系バイオマスであり、糖化技術が完成し経済性が担保されなければ実用化は困難である。仮に第二世代バイオエタノール技術が完成したとして

表1 バイオマス資源のポテンシャルと利用可能量

	バイオマス賦存量	2020年の最大利用量	利用率100%の利用量	究極の森林バイオマス利用量
総量 (万Cトン)	3,484	1,111	1,728	2,500
一次エネルギー供給量に対する割合(%)	6.7	2.1	3.1	4.8

も、木質系バイオマスに含まれるホロセルロース分のみが糖化されエタノールに変換されるので、収率は重量当たりで最大 30% 程度であることも指摘したい。したがって、国内のバイオマス資源だけでは、国内の輸送用燃料の需要とは大きく乖離した量しか供給できないことは明らかである。以上の理由で、エタノール生産を当面は小規模分散型のエネルギー源として生産を位置づけ、原料としては糖質やデンプン原料に限定すべきである。例えば、余剰米や飼料米あるいは東日本大震災の風評被害のせいで売れない米などを原料として、地域限定のエネルギー源として消費するような仕組みを作ってはいかがであろうか^{10, 11)}。いずれにせよ、国内でのエタノール生産は、その規模やロジスティックを考慮すれば、地産地消用の分散型で小型のシステムが最も適していると考え次第である。

より広域での導入を想定する場合は、澤一誠氏が提案しているように、国内製造での不足分をアジアで製造して開発輸入を行うような仕組みが必要である¹²⁾。同氏は Asia-Pacific Biomass Community の形成を官民連携の下で構築すべきとしており、筆者も同感である。国際エネルギー機関 (IEA) の World Energy Outlook 2012 のバイオマスエネルギーの需要予測によれば、輸送用燃料として 2010 年実績では石油換算で 18.5 億トンであったが、2035 年には 24.5 億トンと予測されている¹³⁾。食料との競合や土地利用変化による環境負荷を考慮すれば、第二世代バイオエタノール製造技術は今後益々重要になると思われる。研究開発そのものについては、合理的な研究方針に基づいてこれからも推進していくべきと考える。

4. FIT による木質バイオマス発電について

本誌 142 号には主に汚泥からの消化ガス発電の導入事例と FIT について既に紹介されているので、ここでは冒頭でも記したようにポテンシャルの高い木質系バイオマスの FIT について取り上げ、その問題点を指摘したい。

木質エネルギー利用推進協議会の会長である熊崎実氏によれば、木質バイオマス発電は構想中の設備も含めると 93 基で総出力は 130 万 kW になり、これに必要なバイオマス量は年間で 1,000 万トンになる¹⁴⁾。木質バイオマスを少なくとも買取期間である 20 年間、持続的に供給することが果たして可能であろうか。ここで、現状の木質系バイオマスの利用状況を見てみよう。林野庁の統計によれば、平成 23 年度の間伐材利用量は 711 万 m³ であり、これには製材、丸太、原材料が含まれている。したがって、前述した年間 1,000 万トンの供給が容易ではないことが容易に推定できる。

当然ながら、間伐材は燃料用以外に、用材にも製紙用チップにも利用されるので、これらとの競合も生じてくる。木質系バイオマスの発生量は未利用間伐材などが年間 2,000 万 m³、製材工場などの残材が 850 万 m³、建設発生材が 1,000 万 m³ になると試算されている。製材工場などの残材は 95%、建設発生木材が 90% は既に利用されている¹⁵⁾。未利用間伐材の 2,000 万 m³ は重量規準でおおよそ 1,000 万トン相当といえようが、この量が全国均等に存在するわけではない。さらに、路網整備がなされておらず、収集や搬出がそもそも困難な場所に放置されているケースも多い。木質発電プラントの乱立がこのまま続けば、原料の調達が困難になることが予想される。

事業採算性の観点から原料価格と発電コストの関係については、みずほ情報総研の大谷智一氏の図 1 に示すような分析が紹介されている¹⁶⁾。図では発電プラント規模を示す斜線上で、原料コストを示す横軸と直交する縦軸の発電コストが損益分岐点になる。当然ながら、発電規模が小さくなるにつれて、発電コストに見合う原料価格が低くならざるを得なくなっている。ここでは未利用材の 32 円の場合を考えよう (図 1 の破線)。原料コスト 1 トン当たり 9,500 円が損益分岐点となるが、原料コストは含水率が 50% の生木であるので 1 m³ 当たり 19,000 円となる。同氏の調査によれば、発電コストの 64% が原料コストで占められ、安価な原料を調達することがなによりも事業採算性を考慮する上で重要になってくる。このためには、より効率的に伐採、収集、運搬を行うことができるように、路網整備の充実、林業機械の導入、架線収集方式の採用などが求められる。

通常は蒸気タービンでの発電方式の場合は、ある程

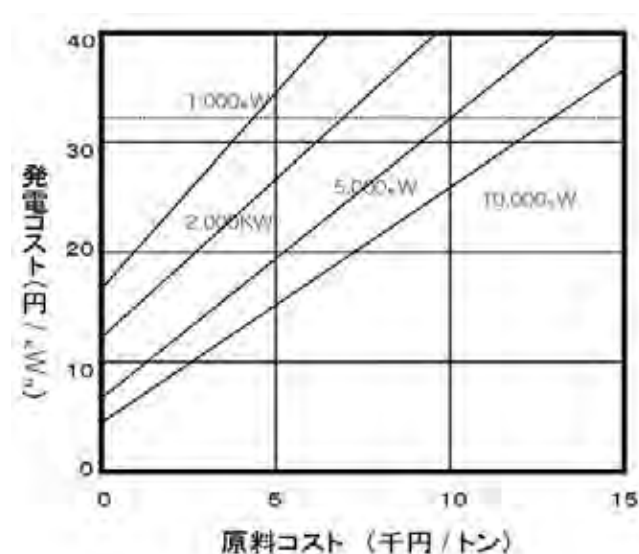


図 1 木材コストと発電コストの関係

度の規模が必要になり 3,000kW 以下では効率の点で事業性が困難になる。小規模の場合はガス化方式が適しているが、高効率でタール発生が少なく、同時に適正なプラント建設コストなどいくつかの要件を満足するガス化炉はまだ市場に出回っていないのが実情である。これからは、年間で 5 万トンから 6 万トンの木材供給を要求する 5,000kW 規模のプラントではなく、より地産地消に適した小型高性能のガス化炉が必要になる。小型のガス化炉による発電が事業採算性を持つためには、現在は規模にかかわらず一定の買取価格になっているが、ドイツで採用していたように規模によって買取価格を変動させるような仕組み、すなわち小型の発電プラントにはインセンティブを与えるような仕組みを考えるべきではないか。ただ、小型システムは大型のもの比べて効率が低いので、熱利用を前提とすべきである。発電効率が 10% 程度のようなシステムではエネルギーの 90% を排熱として捨てていることになるからである。熱は輸送や貯蔵がしにくいという短所があるが、地域で小規模に使うには適しているともいえる。

木質バイオマスの発電は石炭との混焼も一つの有力なオプションである。石炭と混焼すれば、専用の発電システムを建設する設備費の負担も軽くなる。100 万 kW 級の石炭火力発電所は日量約 6,000 トンの石炭を必要なので、年間では 200 万トンにもなる。一方、木質バイオマスは年間で 50,000 トンから 60,000 トン程度であり、重量で 3% ではあるが、温室効果ガス削減の点では混合しただけの効果は期待できる。その意味では有利ではあるが、地域での小型・分散型電源としての役割を担うことにはなっていない。筆者は木質バイオマスが地産地消のエネルギー源であるという立場から後者の選択が望ましいと考える。

4. おわりに

バイオマス資源の中でも、特に木質バイオマスは林業と密接に関連している。間伐材がエネルギー源として使えるとしても、利用できる部位はより付加価値の高い用途に使われ、残った部位がエネルギー源として使われる。わが国の木材自給率はかつてはほぼ 100% であったが、現在は少し持ちなおしたものの木材自給率は 30% を下回っている。また、木材価格も低迷し、林業そのものが衰退していることが指摘されてから久しい。FIT 制度が導入された結果、木質バイオマス発電では原料調達の競合が懸念されてはいるものの、従前は未利用だった資源が、一定の価格で一定期間にわたって電力として買い取りされることは、林業を経営する側にとっても喜ばしいことである。林野庁は

2012 年に「森林・林業再生プラン」を打ち出し、2020 までに木材自給率を 50% まで向上させ、木材生産量を 1,800 万トンから 4,000 万トンから 5,000 万トンに増産しようとしている¹⁷⁾。FIT 制度により未利用木質資源を有効利用することで、林業本来のビジネスが活性化することを願うものである。

他方、バイオマスを巡る世界の情勢を見ると、特に欧米とわが国とは相当異なった様相を呈している。欧米はバイオマスエネルギーを、安全保障の観点から重要視した政策を推進している。わが国はバイオマスの資源制約から国内資源に依存している限り、限定的な役割しか期待できない。資源制約のくびきを解き放つには、資源が豊富なアジア諸国との連携が必須である。このためには前述した、Asia-Pacific Biomass Community のような組織を急いで立ち上げる時期にきていると考える次第である。

参考文献

- 1) Art Berman 氏の Houston Geological Society での講演：2013/10/04
<http://www.youtube.com/watch?v=8FyoiTH2z0o>
- 2) 「米の原油輸出解禁期待」：読売新聞、2014 年 10 月 1 日（朝刊）
- 3) greenfleet.dodlive.mil/energy/great-green-fleet/
- 4) 調査報告「米国の石油業界関連動向」JPEC News、pp8-17、2014 年 9 月
- 5) 岩間剛一：「シェールガス革命、シェールオイル革命の 2014 年における動向」季報エネルギー総合工学 pp24-32、37 巻（2 号）、2014 年
- 6) 農林水産省バイオマス活用推進会議資料、平成 25 年 6 月 11 日
- 7) 経済産業省資源エネルギー庁、平成 25 年度エネルギー需給実績（速報）
- 8) Bioenergy-a Sustainable and Reliable Energy Source-MAIN EPORT, pp17-26, IEA Bioenergy: EXCO:2009:06
- 9) 森林・林業白書 平成 25 年版、p86、財団法人農林統計協会、2013
- 10) 「食べてもらえぬ米の山」読売新聞：平成 26 年 8 月 27 日（朝刊）
- 11) 横山伸也、和泉敏太郎、沖一雄：「稲作の復興に向けた放射性セシウム汚染土壌におけるエタノール生産」、用水と廃水、pp51-57、54 巻（7 号）、2012 年
- 12) 澤一誠：「バイオマスエネルギー産業の現状と将来展望」、季刊エネルギー総合工学、pp 11-25、37 巻（1 号）、2014 年
- 13) International Energy Agency: World Energy Outlook 2012
- 14) 熊崎実：「木質バイオマスの利活用はどうあるべきか：第 1 回 発電コストは燃料で決まる」、地球温暖化、pp22-23、No.32、2014 年
- 15) 「木質チップの安定供給が課題」、地球温暖化、pp16-17、No.32、2014 年
- 16) 大谷智一：「木質バイオマスを活用した再生可能エネルギー導入の新展開」、山林、pp23-28、No 1533、2012 年
- 17) 林野庁 ホーム ページ：<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/>

● 特 別 寄 稿

国際貿易を介したリンの
マテリアルフローと
アジアにおけるリン需要

東北大学大学院工学研究科 松八重一代

独立行政法人国立環境研究所 中島 謙一

東北大学大学院工学研究科 長坂 徹也

キーワード：リン、アジア、マテリアルフロー、国際貿易、資源ガバナンス

1. はじめに

リンは農業生産に欠かすことのできない農業用栄養塩である。社会に流入するリンのフローはリン鉱石を出発点として、大別して湿式リン酸と乾式リン酸の二つの形態で流入する。前者は農業における肥料、後者は高純度リン酸が必要とされるめっきや表面処理、食品添加物等が主な用途である。それ以外にも鉱物資源等に微量に含有されるリンの流入フローがあるが、その多くは一方通行の流れの中で拡散・散逸している。唯一の例外である濃縮プロセスは鉄鋼生産における脱リンプロセスであり、鉄鋼資源に含有されるリンの総量は我が国のリン鉱石輸入量に匹敵する [1]。現状では、スラグ中のリン分は一部、土壤改良材として用いられている以外は拡散・散逸している。ただし最も大きな拡散は肥料利用の後の土壤圏に向かうフローであり、リン資源の利用効率向上の鍵は、土壤科学の知見蓄積と利用技術の向上にある。下水汚泥や畜産糞等是一部肥料原料として循環しており、MAP 法や HAP 法が主に適用されている。

我が国はリン鉱山を有していないことから、リン鉱石をはじめとするリン資源の多くをほぼ全量輸入に依存している。リン鉱石の供給は中国、アメリカ、モロッコ、ロシア、チュニジアの上位5カ国で75%を占めており、埋蔵量ベースでみるとモロッコが世界全体のリン鉱石の約7割を有していると報告されている [2]。

リン鉱石は、採掘時に様々な環境負荷をもたらすことが知られており、とりわけ周辺水域の富栄養化と随伴放射線性物質はリン資源採掘において無視することのできない環境負荷であろう。一部のリン鉱石が含有するウラン、トリウム等の天然放射性物質 (Naturally Occurring Radioactive Materials : NORMs) については、副産物である石膏への混入を避けるために、我が国では NORM 含有量が低く価格の高いリン鉱石の選択や、加工済み製品であるリン酸としての輸入量を増加させるなどの対策が進められている。また、リン鉱石はカドミウムを始めとした有害重金属を多く含むものもあり、リン鉱石製錬時の重金属の排出ならびに安価な鉱石を直接農地に肥料として用いる国・地域においては土壤汚染が危惧されている。このような背景から、持続的なリン資源管理は、戦略資源としてのリン鉱石消費抑制ならびに、鉱石採掘・精製の際の環境負荷低減という観点からも極めて重要である。本稿ではマテリアルフローの視点から国際貿易を通じたリンのフローとアジアにおけるリン需要を概観し、今後のリン資源管理について考察をする。

2. 世界におけるリンのフロー

まず世界におけるリン資源の流れを概観するために、国際貿易統計をもとに世界のリンフローを示す。対象国は、国際貿易統計 BACI の部門分類に準拠した 231 개국とし、対象年は 2005 年とする。対象商品

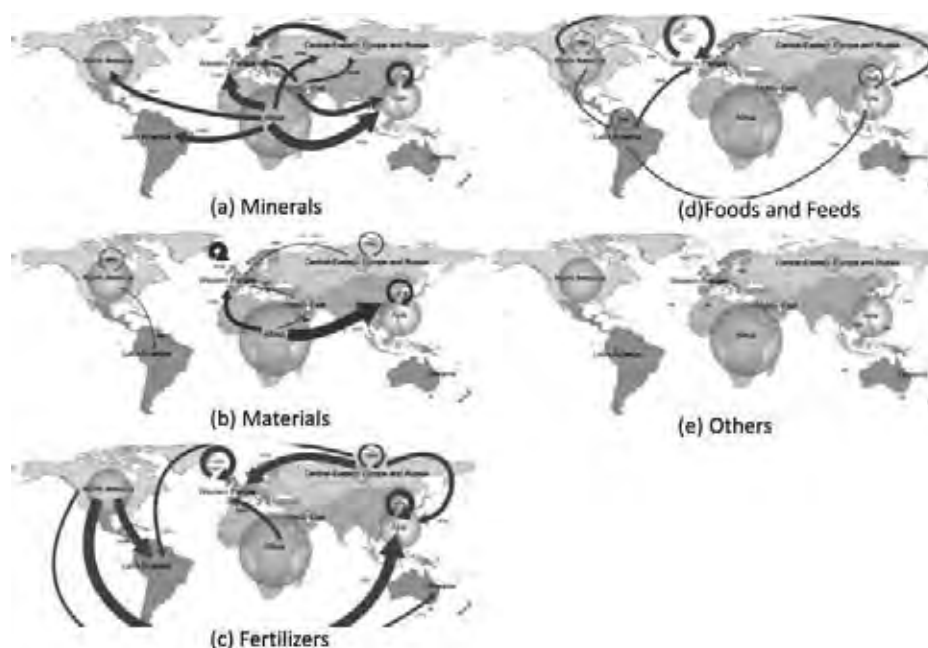


Fig.1 2005 年における国際貿易を通じたリンのフロー

については、HS コードの分類から、バイオマス系 256 部門、非バイオマス系 51 部門の計 307 部門について推計を行った。Fig.1 は、世界 231 カ国間のリンの移動量を 8 地域（アジア、中東、中東欧・ロシア・西欧、北米、中南米、アフリカ、オセアニア）・5 品目分類（鉱物資源、素材、肥料、飼料・食料、その他）に集計した国際サプライチェーンの概略図である。上位 10 個のフローを図示すると共に、上位 5 個の移動量に関する情報を示した。また、Fig.2 には、各品目分類のリンの移動量について上位 10 個のフローを図示した。2005 年のリン鉱石採掘量は、リン換算で 20.5×10^6 t-P であり、国際貿易に伴う総リン移動量は、 18.9×10^6 t-P であったと得られた。リン鉱石の産出は、アフリカ、北米、アジアが大部分を占めており、なかでも上位 3 か国（アメリカ合衆国、モロッコ、中国）の産出量が約 61% を占める。一方、リンの輸入地域としては、アジア、ヨーロッパ、中南米が大きな割合を占めており、特に、アジア地域が鉱石のみならず、肥料等の大きな需要地域である事が示されている。図中の (a) は鉱石の流れ、(b) はリン酸や黄リン等の素材、(c) は肥料、(d) は食料・飼料、(e) はそれ以外のリンの流れをリンベースで示している。図より鉱石やリン酸はアフリカを起点として世界に供給され、北米や欧州を起点として肥料が供給されていることがわかる。アジアが大きな肥料の需要家であり、北米、欧州で生産された肥料をアジアが消費していることが図から読み取れる。食料に随伴するリンのフローの合計値は、約 210 万トン -P であり、全商品の取引に随

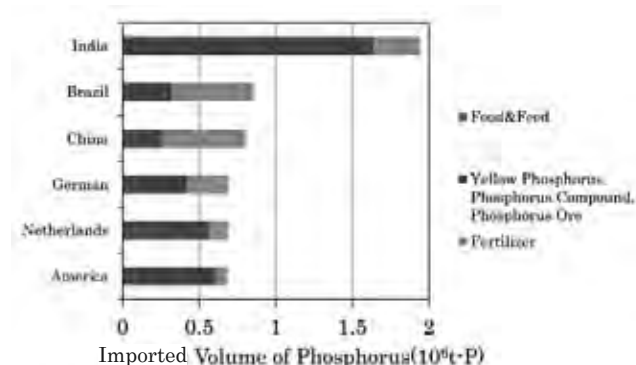


Fig.2 リンの輸入量上位 6 ヶ国とその内訳

伴するリンのフロー（約 1900 万トン -P）の約 12% を占めており、南北アメリカ、オセアニアおよびヨーロッパから食料の貿易に随伴して輸出されるリン量が大きいことがわかる。またモロッコ、チュニジアや南アフリカなどのリン鉱石産出国がアフリカ大陸外へリン鉱石を輸出している一方で、他のアフリカ諸国はこれを購入する経済力に乏しく、大陸内での消費が少ないことが読み取れる。

著者らの先行研究 [3, 4] では、市場の集中度の指標として、Herfindahl - Hirschman Index (HHI) を適用してリン鉱石の採掘国の集中度および輸出国の集中度を解析した結果、リン鉱石の採掘の HHI (n=231) は 0.14、リンの輸出市場の HHI は、リン総量では 0.09 であると得られた。この結果は、他の汎用金属等と同様に、鉱石のみならず多種多様な取引形態が市場の集中度の緩和をもたらししている結果であると考えられる。一方、個別製品について解析を進めると、市場の

集中度が高い品目がある事が明らかとなった。特に、黄リンとして知られるリン (HS 280470) については、HHI は 0.27 と高い集中傾向にある事が得られた。

さらにリンの輸入国の上位 5 か国 (ドイツ、日本、ポーランド、インド、アメリカ) においては、各国ともに約 9 割を中国あるいはカザフスタンからの輸入に頼っている傾向にあると得られた。総取引量に占めるリンの取引量は微量ながらも、めっき工程の脱脂処理等において必要不可欠な原料であり、素材製造の観点からもリン資源の安定的な確保のための資源戦略の必要性があると考えられる。

3. アジアにおけるリン資源のフローとリン需要

Fig.2 は国際貿易を通じたリンの輸入量の多い上位 6 ケ国を示したものである。主に人口の多い国、先進国が上位を占める結果となっており、中国やアメリカ、ブラジルはリン鉱石産出国であるにもかかわらず、リン資源を多く輸入していることがわかる。Fig.3 は輸出品の多い上位 6 ケ国を示している。この 6 ケ国は全てリン鉱石産出国である。ヨルダンやモロッコではリン鉱石をそのまま輸出しているが、アメリカや中国、ロシアなど経済力のある国では、リン鉱石は肥料に加工してから輸出されている。このことから、リン鉱石産出国の経済状況によってリン資源の資源戦略に差が生じていることがわかる。

Fig.4 に FAOSTAT 統計に基づく日本、インド、中国における一人あたりの肉供給量の推移を示す。一人あたりの肉の消費量について、インドはその食習慣の点から肉の消費量の増大傾向は見られないが、中国は 1997 年以降日本を上回り、さらにその消費量は増大傾向にある。とりわけ中国における食肉消費の内訳を見ると、豚肉の消費量の増大が顕著であり、日本の食肉消費の内訳を見ると鶏肉が主であるのと比べると、生産時によりリン資源消費の大きな食肉需要傾向が見られる。肉の生産に関わるリン資源需要は、同量

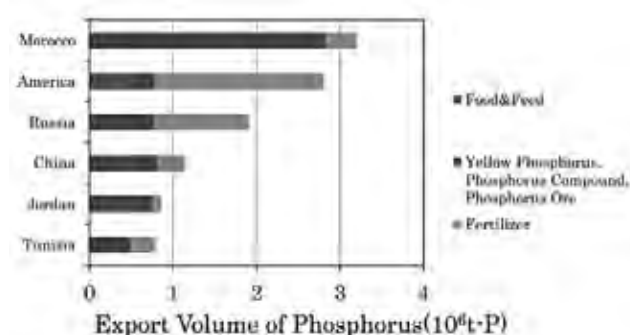


Fig.3 リンの輸出品上位 6 ケ国とその内訳

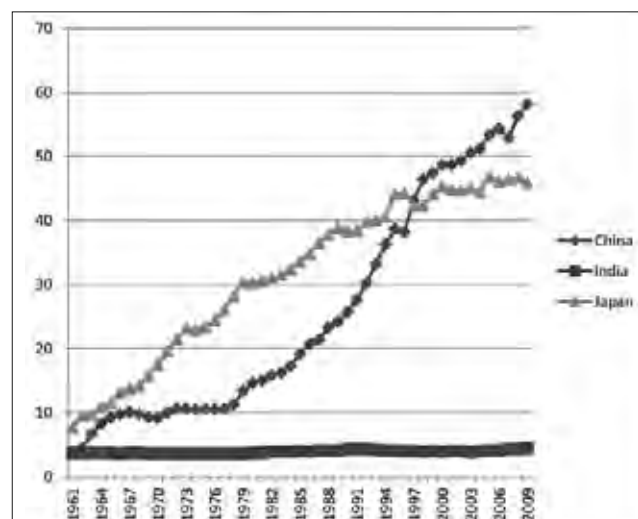


Fig.4 日本、中国、インドにおける一人当たりの肉供給量の推移

のタンパク質を植物性タンパク質で供給する場合よりもはるかに多い。例えば著者らの先行研究で推計したバーチャルリンで比較をすると、同量の大豆生産に比べて牛肉生産に関わるリンの需要は 10 倍以上である [5]。

中国は我が国にとってリン資源の供給源として最も大きな存在であり、中国は、我が国のみならずアジア近隣諸国へもリン鉱石ならびにリン酸製品の供給役を担っている。中国、インドは経済成長著しく、食料需要の増大、人口増を受けてリン資源の需要が大きく伸びることが予想される。今後はアジアにおける経済発展と生活水準の向上により、アジアにおける一人あたりのリン消費量が増大することが予想される。今後、中国をはじめとする新興国の人口一人あたりのリン消費量が西欧諸国並みに増大する場合、世界におけるリン資源の需給逼迫はますます深刻なものになる恐れがある。

4. 我が国ならびに世界におけるリン資源循環促進に向けた動き

人口増大、肥料需要増大を背景に、将来にわたった高品質安価なリン資源の安定的供給懸念から欧州、米国で様々な産官学共同でリン資源ガバナンスを議論する場がつけられてきた。欧州は圏内にリン資源の供給源を持たないことから、この問題に対してここ数年で積極的に議論を進めている。2014 年 7 月に EU は 20 の供給懸念資源 (Critical Raw Materials) の一つにリン鉱石を加えた [6]。欧州における拠点としては Global TraPs (Project leader: Prof. R. Scholtz, ETH, スイス) [7]、European Sustainable Phosphorus Platform (EU) [6] が挙げられる。また米国では

National Science Foundation の Research Coordination Network に よる Sustainable Phosphorus Initiative (Project leader: Prof. J. Elser, ASU, 米国) [8] があり、アリゾナ州立大が中心となって研究シーズと産業ニーズのマッチングが行われている。また Peak Phosphorus の提言を行った Dr. D. Cordell が Global Phosphorus Research Initiative (Dr. D. Cordell, UTS, 豪州) [9] を運営しており、積極的な情報発信を行っている。これらのコミュニティからの参加者が集う会合として 2014 年 9 月に 4th Sustainable Phosphorus Summit (Montpellier, 仏) [10] が開催された。

国内外における産官学共同でリン資源ガバナンスを議論する場としてはリン資源リサイクル推進協議会 (会長 大竹久夫教授、大阪大) [11] があり、定期的にシンポジウム・ワークショップ開催を行っている。

5. おわりに

人口の増加は、食糧需要を増大させ、食糧生産に必要なリン資源の消費を増加させる。また、経済成長、都市化が進むことによりアジアにおける食生活が欧米化し、より生産時のリン消費が大きい食品に嗜好が移ることも予想される。これらを背景とし、今後、アジアを中心に、世界的にリン需要は指数的に増加する可能性がある。

リン資源は肥料を介した利用が大きな需要を占めているが、その利用効率向上に向けた土壌診断、適正な農業用栄養塩類の利用管理が求められる [12]。土壌科学の発展これを実現するためのデータ蓄積、農業従事者への情報周知、適正管理に向けたインセンティブ付与等が必要であろう。これらを実現するための現状の課題として以下が挙げられる。

- ①適正な管理と規制に基づく循環資源マーケットの整備不足
- ②循環資源利用に関わるインセンティブの欠落
- ③経済的に受容される技術導入のコストと価格のミスマッチ

社会におけるリン資源利用効率向上の鍵として、拡散しているリンを回収再資源化することが挙げられる。リン資源回収ターゲットになりうる濃縮プロセスを有する工程は社会においてそう多くはなく、下水汚泥はそのうちの重要なターゲットである。下水処理設備は社会に薄く広がっているリンを濃化する機能を有する重要なインフラ設備であり、我が国においてはこれが十分に整備されていることはリン回収を考える上で諸外国と比較して大きく秀でている点である。ただし、現状の設備は必ずしもリン資源回収を行う上で最適化をされたものではない。インフラ設備の寿命は長

く、立て替え・更新のタイミングで無ければ新たなリン資源回収・再資源化技術を導入することは難しく、そのため現状ではリン資源回収の重要性が認識されつつも、即座に資源効率を高める技術の実装がかなわない状況にしばしば陥る。リン資源回収を行う上で効率の良い技術・設備の導入を行うことは将来にわたった安定的・持続的なリン資源管理を志向する上で重要である。廃棄物処理・排水処理設備管理を計画する上で長期的な視野で、我が国における資源効率を向上させる技術を組み込むことが望まれる。

またもう一つの回収ターゲットとして、量的にも大きな回収ポテンシャルを有する鉄鋼スラグ中のリンを分離回収する方法としては、固体として濃縮相を単体分離する機械的分離と化学的分離とが考えられる。化学的分離は原理的には [13] で示されるように還元回収であるが、現状、経済合理的な手法は確立していない。そのためこれについても効率的な資源回収・再資源化技術開発と、産業化のための経済的・効率的な条件確立が期待される。

謝辞

本研究は環境省研究総合推進費補助金 [課題番号: K2404]、科研費 24651035、ならびに JST-RISTEX 科学技術イノベーション政策のための科学プログラムをサポートの下で行われたものである。ここに付記して謝意を示したい。

文献

1. Matsubae-Yokoyama, K., et al., A Material Flow Analysis of Phosphorus in Japan. *Journal of Industrial Ecology*, 2009, 13 (5) : p. 687-705.
2. USGS, U.S. Geological Survey.
3. 松八重一代, 平成 24 年度 環境研究総合推進費補助金 研究事業総合研究報告書「未利用リン資源の有効活用に向けたリン資源循環モデル開発」2013.
4. Webeck, E., K. Matsubae, K. Nakajima, K. Nansai, T. Nagasaka, Analysis of Phosphorus Dependency in Asia. *SOCIOTECHNICA*, 2014a, 11: p. 119-126.
5. Matsubae, K., et al., Virtual phosphorus ore requirement of Japanese economy. *Chemosphere*, 2011, 84 (6) : p. 767-772.
6. ESPP, European Sustainable Phosphorus Platform. Available from: <http://www.phosphorusplatform.eu/>.
7. GT, Global TraPs Available from: <http://www.globaltraps.ch/>.
8. PRCN, The Phosphorus Sustainability Research Coordination Network. Available from: <http://sustainablep.asu.edu/>.
9. GPRI, Global Phosphorus Research Initiative.
10. SPS2014, Sustainable Phosphorus Summit 2014.
11. リン資源リサイクル推進協議会, リン資源リサイクル推進協議会. Available from: <http://jora.jp/rinji/rinsigen/>.
12. Socolow, R.H., Nitrogen management and the future of food: Lessons from the management of energy and carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1999, 96 (11) : p. 8.
13. 塩見ら, 佐野 信雄, 松下幸雄, 転炉スラグの脱燐, 鉄と鋼, 1977, 63 (9) : p. 9.

特集：バイオガス固定価格買取制度導入事例＆バイオマス産業都市構想の取組み報告

解 説

久留米市南部浄化センターにおける消化ガス発電事業 (固定価格買取制度活用) & 太陽光・小水力ハイブリッド発電について

久留米市企業局上下水道部下水道施設課
南部浄化センター 所長 空閑 敏晃

キーワード：再生可能エネルギー、消化ガス発電、固定価格買取制度、小水力発電

1. はじめに

久留米市は、九州一の大河筑後川の恵を受けた広大で肥沃な筑紫平野の中央に位置し、福岡県南部における政治・経済・文化の中心として、また、九州北部の交通の要衝として発展してきました。

本市の下水道は、水清き緑豊かな人間都市づくりを目指し、昭和 42 年度に市街地中心部 240ha の下水道事業認可を得て、昭和 47 年から供用開始しています。下水道事業は、これまでの数次にわたる基本計画の見直しを行ない、単独公共下水道及び特定環境保全公共下水道を実施し、計画面積 6,430ha、計画人口 283,700 人、計画汚水量 197,720 m^3 /日として着実にその整備面積を拡大しています。市街地中心部の整備はほぼ完了し、現在は周辺市街地の整備を行っています。平成 25 年度末の整備面積は 4,549ha、人口普及率は 74.4% となっています。

南部浄化センターは、市内に 3 ヶ所ある浄化センターのひとつで処理能力は 41,200 m^3 /日、平均処理水量は約 26,400 m^3 /日（平成 25 年度）であり、主に本市の周辺市街地の汚水を処理しています。本浄化センターにおいて平成 26 年 4 月より 3 種類の再生可能エネルギー（消化ガス、太陽光、小水力）を利用した発電を開始しましたので、その概要について報告いたします。

2. 消化ガス発電事業

2.1 消化ガス有効利用の課題と消化ガス発電設備導入の経緯

下水消化ガスは、汚泥処理過程で発生する再生可能エネルギーであり、貴重な下水道資源であるが、低熱量で多くの不純物を含んでいることや設備の経済性などの課題のため、その有効利用は、中小規模処理場においてはボイラー燃料用途以外あまり進んでいませんでした。

本市下水道施設課においても 10 年以上前から消化ガスの効果的な有効利用方法を模索していましたが、平成 16 年度にメーカーから南部浄化センターにおいて発電と熱利用のマイクロガスタービン（以降 MGT）消化ガス発電設備の協同実証試験の提案があったためこれを受け入れ、翌平成 17 年 2 月から実証試験が開始されました。この設備は様々な改良を行いながら設備としての完成度を上げ、平成 26 年 1 月まで実証試験が行われました。

一方、本市で最も処理量が多い中央浄化センターにおいても、平成 18 年度に汚泥処理運転方法が全量消化へと変更され、この結果消化ガス発生量が大幅に増加し（表 -1）、早急な有効利用が求められていました。このため、南部浄化センターにおける実証試験運転の検証結果や環境性能、熱利用における既存消化槽（蒸

表-1 年度別消化ガス発生量、有効利用率

(単位：発生量 = 1,000m³、有効利用率 = %)

平成年度		1 6	1 7	1 8	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5
発生量	中央	572	687	1,417	1,415	1,418	1,384	1,380	1,375	1,471	1,434
	南部	600	672	713	718	733	771	804	881	887	928
	合計	1,172	1,259	2,130	2,133	2,151	2,155	2,184	2,256	2,358	2,362
有効利用率	中央	50.4	42.8	25.9	23.9	23.5	24.9	27.9	30.8	96.4	96.7
	南部	34.5	76.8	71.3	74.4	69.5	63.8	63.5	59.8	63.6	52.7
	平均	42.3	59.6	41.2	40.9	39.2	38.9	41.0	42.1	84.0	79.4
	備考		※ 1							※ 2	

※ 1 …南部実証試験開始 ※ 2 …中央発電開始

気加温) との適合性等の検討を踏まえ、MGT 消化ガス発電設備 95kW × 3 台が平成 23 年度に建設され、翌平成 24 年度から本格運転を行っています。

2.2 南部浄化センターへの消化ガス発電設備導入

下水道整備が概ね完了している中央処理区に対し、南部処理区は現在整備中のため、汚水処理量の増加に伴い消化ガス発生量も年々増加しています。南部浄化センターに設置された MGT 消化ガス発電実証運転設備は、1 台の単独運転のため平成 24 年度では消化ガス有効利用率は約 64% であり、有効利用率向上が課題でありました。余剰ガスを全量有効利用すると MGT 消化ガス発電設備 95kW × 2 台の運転が出来るため、平成 25 年度に 1 台増設（実証機含め 2 台）を行い、平成 26 年度から本格運転を行っています（写真-1、図-1）。



写真-1 南部浄化センターにおける MGT 消化ガス発電設備

2.3 再生可能エネルギー固定価格買取制度の活用

平成 24 年 7 月にスタートした再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）は、太陽光、風力、水力（3 万 kW 未満）、地熱、バイオマスにより発電した電気を国が定める固定価格および期間で電気事業者が買い取ることを義務付け、社会全体で再生可能エネルギーを普及・拡大させる目的で始まりました。

南部浄化センターで消化ガス発電事業を行うにあたり、発電電力を場内消費とし従来の補助金により実施する場合と、全量売電とし本制度の活用により実施する場合の検討を行いました。その結果、本制度の活用により実施を行った場合、国の補助金（55%）の交付対象とはなりません、買取単価が購入単価の約 3 倍に設定されていることにより、本制度の活用による経済的メリットが大きくなるため、本制度の活用を決定

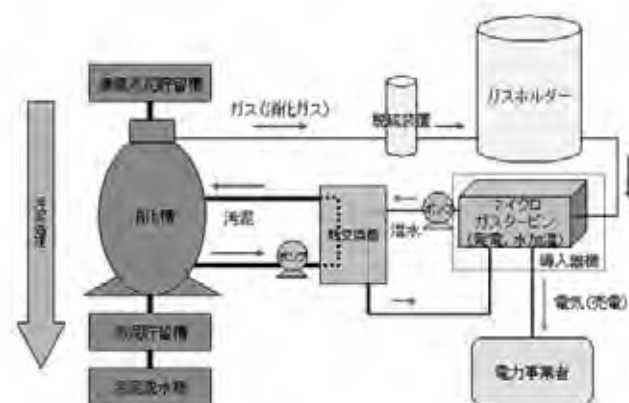


図-1 消化ガスによる MGT コジェネレーションシステム※コジェネレーション：電気と熱を発生

しました。

平成 24 年末に経済産業省へ認定申請を行い、平成 25 年 6 月 28 日付けで 95 k W MGT 消化ガス発電設備 2 台による発電能力 190kW の設備認定を受けました。この認定は下水道事業体による消化ガスを利用した発電では西日本初となるものです。

2.4 売電価格の決定

売電価格については、国が定める買取価格 42.12 円 /kWh (税込み) (メタン発酵ガス化バイオマス発電の場合) を最低価格として、平成 26 年 2 月末に一般電気事業者と特定規模電気事業者 18 社による入札の結果、サミットエナジー(株)と 45.306 円 /kWh (税込み) で 1 年間の電力売電契約を締結しました。

2.5 売電事業効果

FIT 制度活用による売電事業効果を試算すると、年間約 5,750 万円の事業収入が見込まれます。また CO₂ 削減効果年間約 780 トンも見込まれます (表 -2)。

3. 太陽光・小水力ハイブリッド発電

3.1 現状と課題

浄化センターで処理された処理水は、滅菌後、河川

へ放流されますが、処理水が持つ落水エネルギーが無駄に捨てられています。この落水エネルギーは、低揚程のため比較的小さいものの、年間を通し高い稼働率が得られ、ゴミや砂が含まれないため維持管理が容易などの特徴をもつ安定的な再生可能エネルギーであると考えられます。しかし、出力の割に大きな機械装置であることや、高コストの水力発電専用の電力変換器が必要であるため、導入費用に対する経済効果が得にくい点が課題となっています。

また、太陽光発電については、浄化センターの空き地を利用でき水力発電とともにエネルギーの地産地消の見地からも合理的であり、除草面積削減のメリットも期待できます。

3.2 太陽光・小水力ハイブリッド発電

太陽光および処理水利用の水力発電については、費用対効果、処理場のイメージアップ、環境施策の PR などの観点から、低落差でも高効率である水車や汎用の電気機器を使った経済的な設備について検討を行い、下記特徴を持つ太陽光・小水力ハイブリッド発電設備を平成 24 年度末と平成 25 年度末に中央浄化センター、南部浄化センター (写真 -2、3) へそれぞれ導入しました。

表 -2 FIT 制度活用による売電事業効果試算

項 目	試算 (H26 年度)	備 考
送電端電力量	約 160 万 kWh	95kW × 2 台 × 24h × 365 日 × 96.5% (稼働率)
設備消費電力量	約 33 万 kWh	ガス圧縮機、消化槽攪拌機、変圧器損失など
売電電力量	約 127 万 kWh	送電端電力量 - 設備消費電力量
売電収入	約 5,750 万円	単価 45.306 円 /kWh × 127 万 kWh
CO ₂ 削減効果	約 780 トン	九州電力の CO ₂ 排出係数 (平成 24 年度実績) 0.000612t-CO ₂ /kWh

【南部浄化センターにおける発電設備設置状況】



写真 -2 小水力発電



写真 -3 太陽光発電

表-3 年間発電電力量（H26 年度見込み）

年間発電電力量	太陽光	4,180kWh	3.8kW × 1,100h
	小水力	38,800kWh	5.4kW × 24h × 365 日 × 82.0%（稼働率）
	計	42,980kWh	一般家庭 12 戸分 ※電気代削減約 645,000 円 / 年（15 円 / kWh で計算） ※ CO ₂ 削減効果 約 26.3 トン / 年

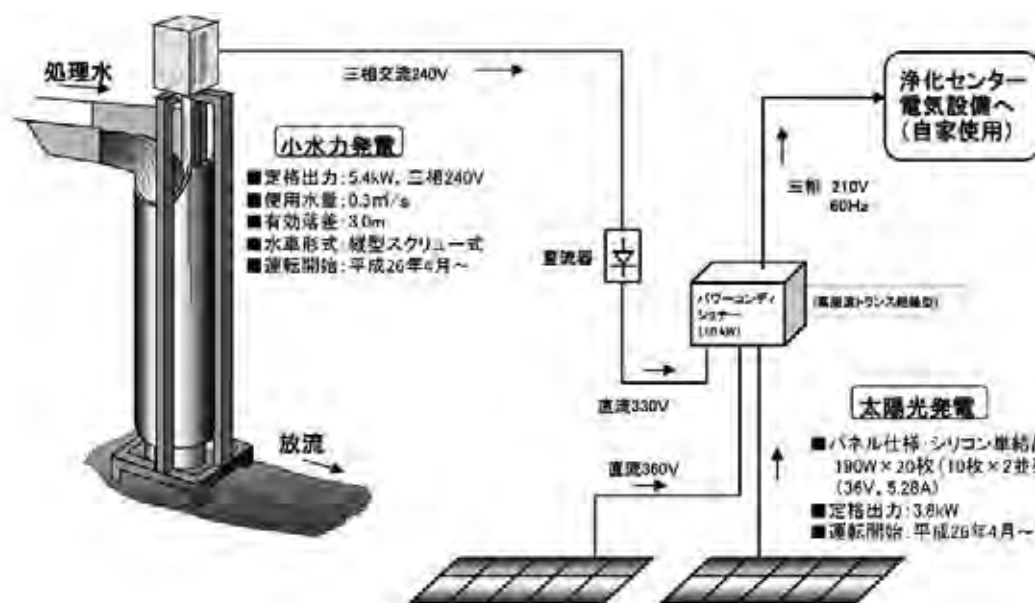


図-2 設備システム

3.3 特徴

- ① 低揚程に適しシンプル・高効率な縦型スクリーン式水車を使い、高い発電効果（表-3）とメンテナンス性の向上を図りました。
- ② 太陽光と水力発電を併用し、電力変換に1台の汎用太陽光発電用パワーコンディショナーを活用すること（図-2）で経済的な電気設備としました。
- ③ OJT研修を兼ねた職員主体による電気設備の設計、施工（太陽光パネル設置含む）をすることで導入経費削減を目指しました。

導入経費：約 1,000 万円（福岡県再生可能エネルギー発電設備導入促進事業補助金約 500 万円含む）

4. おわりに

当市では環境基本計画に基づく行動計画のひとつとして、「低炭素社会の構築」を目指しており、市民・事業者・行政の各主体が再生可能エネルギーの利用促進に努めることとしています。

浄化センターは、汚水を浄化することを主目的としていますが、バイオマスである消化ガス、処理水の落水エネルギーを利用した小水力、建物上部や未利用地のスペースを利用した太陽光・風力発電など再生可能エネルギーの取り組みが可能な施設でもあります。今後も引き続き省エネルギーとともに再生可能エネルギーへの取り組みを積極的に進めたいと考えております。

特集：バイオガス固定価格買取制度導入事例＆バイオマス産業都市構想の取組み報告

解 説

「民設民営」方式による消化ガス発電事業

大村市 上下水道局 下水道施設課

課長 丸田 和博

係長（水質担当） 石井 浩二

電気担当 森田 剛司

機械担当 日置 恵介

キーワード：民設民営、官民連携、事業リスク、固定価格買取制度、設備認定、再生可能エネルギー、消化ガス発電

1. はじめに

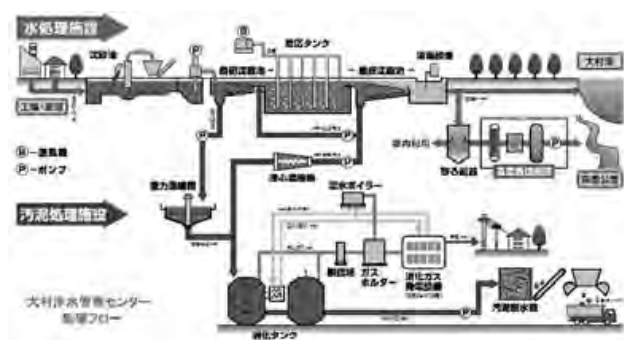
大村市は、長崎県のほぼ中央に位置し、琴の海と言われる大村湾に面し、水源である多良山系の裾野に広がる温暖な土地柄であり、世界初の本格的な海上空港を有する「花と歴史と技術のまち」である。少子高齢化の急速な進展を背景に、全国的に多くの自治体の人口は減少傾向にあるが、本市においては、年間約 600 人程度人口が増加しており、現在、約 94,000 人となっている。

本市の単独公共下水道事業は、昭和 48 年に基本計画を策定した後、市内中心部から汚水雨水分流式にて

整備を開始し、昭和 56 年から大村浄水管理センターにおいて標準活性汚泥法による水処理を開始した。平成 25 年度末現在、日平均処理水量は約 33,000m³であり、処理区域内人口は、約 82,000 人で約 87% の下水道人口普及率である。残りについては、長崎県の流域下水道（大村湾南部処理区）、農業集落排水、合併処理浄化槽で処理されており、市全域の汚水処理人口普及率は約 99% になっている。

現在、下水道施設として、終末処理場 1 か所、汚水中継ポンプ場 5 か所、雨水排除ポンプ場 2 か所、農業集落排水処理施設 7 か所、マンホールポンプ 86 か所を有し、これらの管理を上下水道局下水道施設課で行っている。





2. 発電事業の背景

大村浄水管理センターにある汚泥処理施設から発生する消化ガスは、3割を消化タンクの加温用温水ボイラーの燃料として利用し、残り7割を余剰ガスとして余剰燃焼装置で焼却処分していた。

平成23年3月の東日本大震災以降のエネルギー問題を受けて、大村浄水管理センターにおいても消化ガスを活用した電力創出に着目した。当初、以前から検討していた電力の場内利用を考え、平成24年度から補助事業による実施設計から建設までを計画していた。しかし、平成24年7月に「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（平成23年法律第108号）」が施行され、これに基づく固定価格買取制度（FIT）を活用した発電事業を行うことが可能となった。そこで、消化ガス発電を実施するに当たり、主に電力の「場内利用」、「公設公営」方式及び「民設民営」方式によるFITを適用した売電の3つの事業方式について、リスク管理や費用対効果などの比較検討を行うとともに、発電機種や発電能力などの技術面についても検討した。



3. 事業方式の検討

消化ガス発電の「場内利用」については、国庫補助

を受けて発電設備を建設し、発電によって購入電力量の削減ができるが、設備のインシヤルコストやランニングコストが大きく、総合的な費用対効果が少ないという検討結果になった。しかし、売電については、1kwhあたり39円（税抜）というバイオマス発電のFITによる電力買取価格によって、収益性の高い事業が可能になり、発電による費用対効果が大きく生じることとなった。

「公設公営」方式では、自治体が自らFIT関連の申請手続を行い、資金を調達して、設備の設計、建設、維持管理を実施して、電力売却による収益を得て事業を運営する。一方、「民設民営」方式では、発電を実施する事業者は、ガスを売却して収益を得る事業となり、発電設備に関する事業費負担は全くなく、FIT関連の手続も自治体側では不要となる。「民設民営」方式は、「公設公営」方式よりも収益性は低い、他の2つと比べ事業リスクがほとんどない。

また、発電に関する設備認定範囲について、「公設公営」方式では、汚泥消化関連施設まで範囲となり、その電気設備について多額の費用をかけて改造する必要がある、売電可能量が少なくなる。この改造によって電気系統を分離した場合、処理場停電などの際に水処理や汚泥処理全体に障害が発生する懸念も生じてくる。「民設民営」方式では、設備認定範囲が発電設備内だけとなり、発電機の自己消費分以外のすべての電力が売電可能となる。

事業の計画から開始まで、最も短期間で実施でき、民間の資金と優れた技術、ノウハウを取り入れることによって事業性を高められることなどから、事業方式を「民設民営」方式とした。

発電事業方式の比較			
	場内利用	公設公営	民設民営
初期投資	○	△	◎
維持管理	△	△	◎
収益性	△	◎	○
事業性	△	○	◎

FITにおける発電設備の設備認定範囲や適用についての問題、公募の進め方などで検討に時間を要したが、事業方式についての内部方針決定後は、公募開始に至るまで短期間で進めることができた。公募による事業者の決定から基本協定締結を経て、事業に関する諸手続も終わり、平成25年度のFITの調達単価が適用されることとなり、工事開始を前にして、ガスの供給契約を締結した。今年度に入り建設工事が始まり、ガス、温水、ガスタンクレベルなどの既設部分との取



り合いに注意を払う必要があったが、当初予定よりも数か月早く発電を開始することができた。

4. 事業概要と導入効果

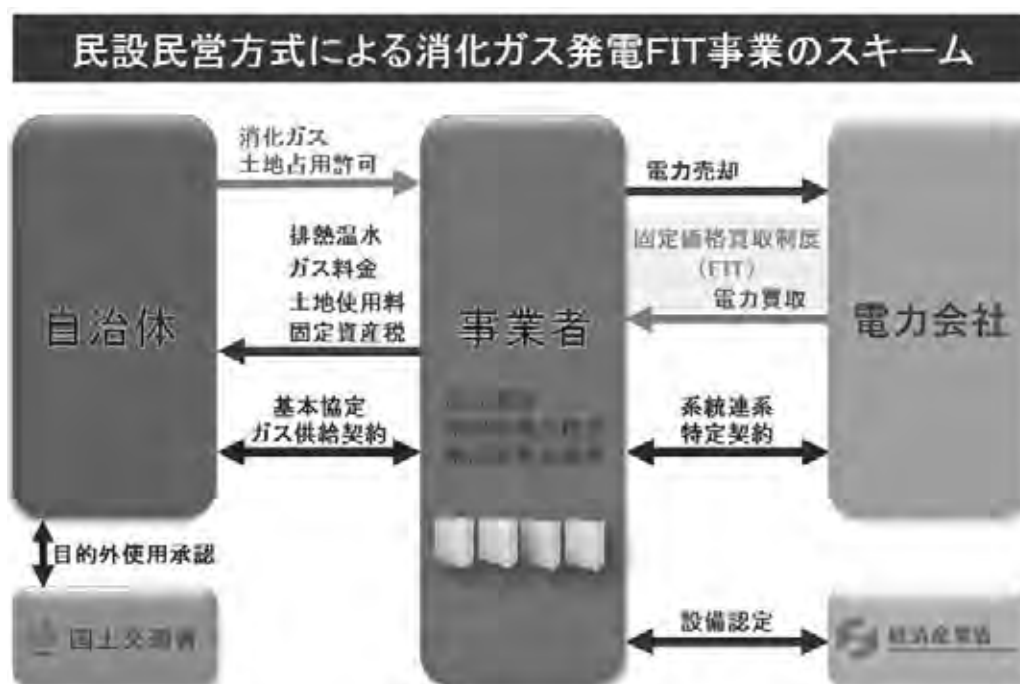
事業のスキームは、図に示したとおりである。自治体側は、消化ガスをセンター内に発電機を設置する事業者へ売却し、ガス売却料、土地使用料、固定資産税

等で収益を得る。自治体側の収益は、新たな財源として下水道施設の維持管理費などに充当され、行政コストの削減に寄与することとなる。事業者は、自ら調達した資金で発電設備を建設し、設備を所有し、ガスを購入して発電し、設備の運転管理もすべて行う。FITを利用し、発電した電力を電気事業者に売却することで収入を得て、20年間にわたり事業を運営する。

発電事業における「民設民営」方式の大きな特徴としては、自治体側は、発電事業に関する設計・建設から維持管理運営までの経費・労力を全く必要としないという点である。さらに、自治体側が行う手続は、発電用地についての国土交通省への目的外使用承認申請のみであり、送電についての系統連系承認や特定契約、経済産業省への設備認定申請などは、すべて事業者側が行う。

施設の概要は、表のとおりである。発電機種をマイクロガスエンジン10基としたのは、複数台の発電機を設置することによって、一年間のガス発生量の日変動に対応できるようにしたことと、発電機の点検時も設備全体を停止することなく発電出力が続けられ、消化ガスの供給が継続的にできるようにしたことによるものである。また、発電設備から無償で供給される排

大村浄水管理センター消化ガス発電事業 施設の概要	
発電機の機種	マイクロガスエンジン
定格規格と台数	250kw(25kw×10基)
年間発電量	約 1,900,000kwh/年
発電量相当世帯数	約 500世帯分
CO ₂ 削減量	約 1,000トン-CO ₂ /年
消化ガス量	約 1,000,000m ³ /年



熱温水も途絶えることなく可能となり、安定した消化槽加温管理ができる上に、消化槽加温に関する一部設備の改築更新の見直しができた。

本市の施設担当スタッフは、数少なく限られており、市内全域の下水道施設の管理監督、処理場等の改築更新工事、新たな事業の検討などの多くの業務に時間を要している。このような状況の中、「民設民営」方式を選択したことによって、自治体側の財政負担や労力を最小限にして、事業リスクを限りなくゼロにできたことは、下水道事業全体にとって大きなメリットになった。大村市においても数少ない官民連携事業として、非常に有意義な取組になったものと考えている。

本事業は、民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律（PFI 法）に基づく事業とは言えないが、広い意味で「民間収益施設併設型 PPP」または「BOO 方式（建設 Build・保有 Own・運営 Operate）」とも言える事業形態である。提供する消化ガスと空間を公的資産として有効活用し、収益性のあるインフラの運営を民間に任せる新たな形態の官民連携事業となった。

＜民設民営方式による F I T 事業実施経過＞	
事業の公募開始	平成25年9月20日
事業者の特定	平成25年10月31日
事業協定の締結	平成25年11月22日
目的外使用承諾	平成25年12月27日（国土交通省）
系統連系承諾	平成26年1月14日（九州電力）
設備認定通知	平成26年2月4日（経済産業省）
ガス供給契約の締結	平成26年3月14日
施設建設着工	平成26年4月14日
特定契約（売電）	平成26年6月20日
発電事業開始	平成26年7月18日
発電事業期間	平成26年7月～平成46年7月

5. 今後の展開

これまで事業開始から約6か月が経過したが、順調に発電が行われている。本事業は、今後20年の長期にわたる事業であり、事業の実績を積み重ね有効性を検証していくとともに、この間に老朽化するガスタンクや消化タンクなどの汚泥処理設備の改築更新も必要となってくる。発電事業の安定性のために消化ガス供給が滞ることやガスの品質が劣化することがないようにしていきたい。

また、将来的に人口減少などにより下水量が減少し、ガス量が不足する事態も想定されるので、新たなバイオマスの追加についても先進事例を参考に検討していきたい。ガスの売却による新たな財源を確保することで、下水道施設の適正な更新を行い、下水道事業の持

続的發展に向けて、更なる努力を図っていきたい。

現在、処理水の有効利用の一つとして、隣接する公園や市環境センター（ゴミ焼却施設）へ再生水の提供を行っているが、より一層の有効利用が様々な形によってできないか模索している。平成34年に完成予定の九州新幹線の新大村駅地区への再生水供給や下水熱の利用など、時代のニーズに合った積極的な資源やエネルギーの活用を推進し、循環型社会の構築に貢献していきたい。

6. おわりに

「民設民営」方式による消化ガス発電事業が先例の少ないものであったため、本事業について、市民はもちろんのこと、多くの自治体や企業、マスコミ等からの問合せや、北は北海道や青森から南は沖縄まで全国各地から視察訪問があるなどの反響があった。また、多くの新聞等の報道によって「GKP 広報大賞」の一つを受賞したこともエピソードとなった。

昨今、電力会社の FIT の受付中断や制度見直し、電力料金の上昇などの発電事業に関する状況が変化しつつある。様々な形の事業を官民が連携することによって、再生可能エネルギーの有効利用が進み、温室効果ガスの削減による地球温暖化防止並びにエネルギー自給が拡充していくことを期待するものである。



特集：バイオガス固定価格買取制度導入事例＆バイオマス産業都市構想の取組み報告

解 説

横浜市の下水道事業における 再生可能エネルギーの導入事例

横浜市環境創造局下水道施設部下水道設備課

電気担当係長 熊谷 治彦

キーワード：消化ガス、太陽光、再生可能エネルギー、発電、再生可能エネルギーの固定価格買取制度

1. はじめに

横浜市は、平成 23 年 12 月、環境問題や超高齢化社会への対応など、様々な社会的課題を解決する成功事例の創出・普及展開を目指す「環境未来都市」に国から選定されるとともに、再生可能エネルギーの導入を積極的に進め温室効果ガス排出量の削減に取り組んでいる（図-1）。下水道事業における再生可能エネルギーの導入の取組みとしては、下水汚泥の中にあるエネルギーを消化ガスとして回収し、消化ガス発電設備の燃

料や下水汚泥焼却設備の補助燃料として利用し、25 年以上の運転を行っている。

北部汚泥資源化センターにある消化ガス発電設備は、PFI の手法を用いて整備を行い、平成 21 年 8 月から発電を開始した。発電された電力は、センター内で使用する電源として用いているが、余剰の電力については「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下 FIT）」の認定を受け、平成 25 年 3 月から電力会社に売却をはじめた。

近年においては、いつ起こるかわからない災害の備えとしてエネルギー確保も課題である。その対策として、温室効果ガス排出量の削減に寄与するばかりではなく、災害時における電源として利用することもできる太陽光発電設備の整備を行った。北部第二水再生センターの設備は直営の整備とし、神奈川水再生センターの設備は民間事業者との共同事業方式の手法を用いた整備として行った。どちらの発電設備も FIT の認定を受けていて、平常時に発電された電力は電力会社に売却している。災害が発生し電力が必要となった場合には、水再生センターの応急対策事務等の電源の一部として使用する計画である。

これらの FIT の認定を受けた消化ガス発電設備と太陽光発電設備について、横浜市の下水道事業の概要を含めながら再生可能エネルギーの導入事例として紹介する。



図-1 環境未来都市 横浜

2. 横浜市の下水道事業

横浜市ではじめて整備された終末処理場は、昭和37年4月に運転を開始した中部水再生センターである。この水再生センターが運転を開始してから50年以上が経過する歴史のなかで、この水再生センターを含む水再生センターが11か所、ポンプ場が26か所、汚泥資源化センターが2か所、下水道管については約11,700kmの整備が進み、24時間安定した下水道のサービスを提供している（図-2）。平成25年度末現在の下水道普及率は99.8%である。

11か所の水再生センターで発生した下水汚泥は、横浜市の南北方面のそれぞれに整備された汚泥資源化センターにパイプラインで送られ（図-3）、「濃縮」「消化」「脱水」「焼却」の4つの工程からなる処理を行っている。消化においては卵形消化タンクを採用している（写真-1）。



図-2 横浜市の下水道施設



写真-1 北部汚泥資源化センターの卵形消化タンク



図-3 横浜市の下水汚泥集約処理システム

下水汚泥を集約して処理するシステムは、昭和62年に全国に先駆け構築し25年以上の安定した運転を行っている。スケールメリットによるコストの削減と、下水汚泥の中にあるエネルギーを処理する過程で発生させた「消化ガス」を回収し、消化ガス発電設備の燃料、汚泥焼却設備の補助燃料等として利用している。

3. 北部汚泥資源化センター消化ガス発電設備の導入事例

消化ガスはメタンを約60%含んでおり都市ガスの半分程度である21MJ/Nm³の発熱量を持っている。平成25年度の消化ガス発生量は、南北の汚泥資源化センターを合わせて約2,700万Nm³/年であった。そのうち約1,900万Nm³/年を消化ガス発電設備の燃料として使用し、その他は下水汚泥焼却炉の補助燃料等として使用した。平成25年度の消化ガス発電量は、南北の汚泥資源化センターを合わせて約4,200万kWh/年であった。一世帯当たりの電気使用量を300kWh/月とすると約11,700世帯分の年間消費電力に相当する。

3.1 電気エネルギーの相互利用

北部汚泥資源化センターは、北部第二水再生センターと平成7年に運転を開始した当市のごみ焼却工場の資源循環局鶴見工場と隣接（写真-2）して建設されている。これら3つの施設の電力系統は一体となったシステムとして構築しており、電気エネルギーの相



写真 -2 北部汚泥資源化センターと横浜市資源循環局鶴見工場

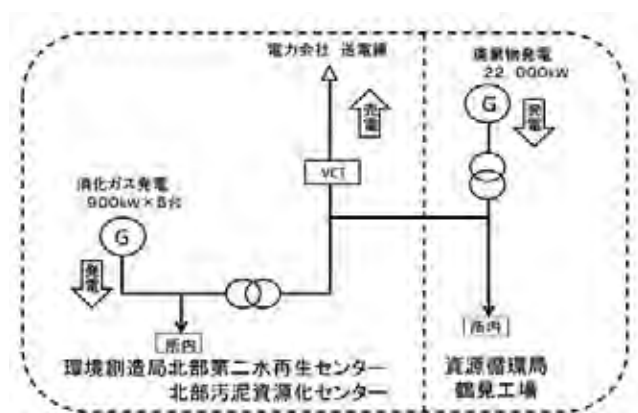


図 -4 北部汚泥資源化センター電気エネルギーの相互利用

相互利用を可能とした。鶴見工場には 22,000kW の廃棄物発電設備が整備されている（図 -4）。

3.2 PFI の手法を用いた北部汚泥資源化センター消化ガス発電設備整備事業

北部汚泥資源化センター消化ガス発電設備（写真 -3）は、民間事業者と連携した PFI の手法（BTO）



写真 -3 北部汚泥資源化センター消化ガス発電設備

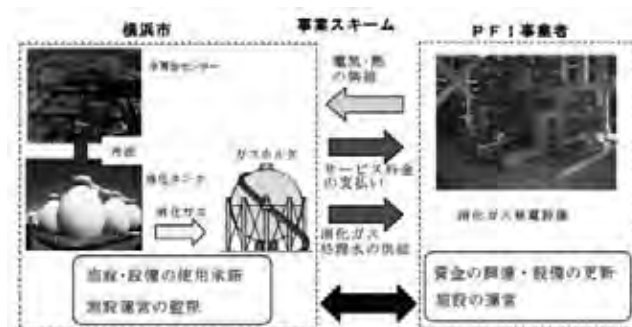


図 -5 北部汚泥資源化センター消化ガス発電設備整備事業

を用いて 900kW の発電機 5 台の整備を行い、平成 21 年 8 月から発電を開始した。事業のスキームは、PFI 事業者は横浜市が提供する消化ガスを用いて発電設備を運用し、発電した電力と温水を 20 年間横浜市へ供給することとなっている（図 -5）。

3.3 RPS 制度から FIT 制度へ認定の変更

北部汚泥資源化センター消化ガス発電設備は、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（以下 RPS）」の認定を受けていたが、平成 24 年 7 月の FIT のスタートにより RPS から FIT へ認定の変更を行った。

FIT による余剰電力の売却を平成 25 年 3 月から始め、既に運転している期間を除く 17 年間の認定期間とされた。余剰電力の割合は、消化ガス発電電力量の約 34% であり、約 1,000 万 kWh/ 年の電力を売却している。

4. 太陽光発電設備の導入事例

横浜市の下水道事業としては初めての導入となる太陽光発電設備は、北部第二水再生センターと神奈川水再生センターの 2 か所に整備され、平成 26 年 4 月と同年 10 月にそれぞれ発電を開始した。これらの発電設備の特徴として、自立運転機能を有したパワーコンディショナーを設けることにより、送電系統が停電した場合には発電設備を単独で運転することができる。もしも災害が発生し大規模な停電が発生した場合には、水再生センターの応急対策事務等に使用する非常用電源の一部として使用する計画である（図 -6）。

太陽光電池モジュールの配置については、反応タンクなどの水処理施設の上部ではなく、太陽光を遮る高い建造物がない建物の上部に配置した。このため、日照時間を長くとることが可能になり発電量のアップにつながった。

平常時に発電した電力は FIT の認定の受け、専用

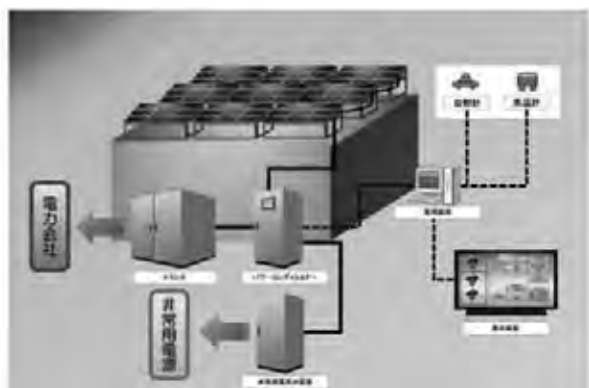


図-6 太陽光発電システムの概略図

に設けられた高圧送電設備から電力会社に売却を行っている。

4.1 北部第二水再生センター太陽光発電設備

北部第二水再生センターの沈砂池と揚水設備がある沈砂池棟の上部（約 500㎡）と送風機と水処理設備がある二次処理棟の上部（約 1,000㎡）の 2 か所（図-7）に、合わせて 250kW の太陽光発電設備の整備を行った（写真-4）。

発電設備等の設置や維持管理は横浜市が直接行う方式で行い、平常時の発電した電力は認定された FIT

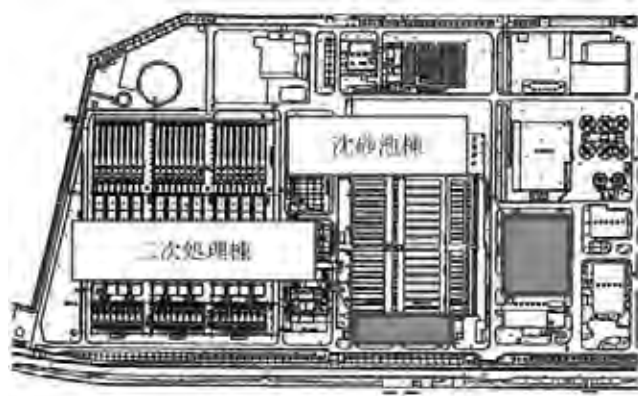


図-7 北部第二水再生センター太陽光発電設備の設置位置



写真-4 北部第二水再生センター太陽光発電設備

により電力会社に売却を行っている。

太陽光の発電量は約 26 万 kWh/ 年を想定していて、一世帯当たりの電気使用量を 300kWh/ 月とすると約 72 世帯分の年間消費電力に相当する。

4.2 神奈川水再生センター太陽光発電設備

神奈川水再生センターの第 6 系列水処理施設の上部（約 6,300㎡）と雨水滞水池の上部（約 3,500㎡）の 2 か所（図-8）に、横浜市と民間事業者との共同事業方式の手法を用いて 750kW の太陽光発電設備の整備を行った（写真-5）。

この事業のスキームとしては、横浜市が発電設備の設置場所と、維持管理に必要な電気・清掃用水等を提供する。民間事業者は発電設備等の設置や維持管理に必要な資金調達・運転・維持管理を行うとともに、平常時の発電した電力は認定された FIT により電力会社に売却する。売却して得られた収入のうちの一部と施設の占用料を横浜市に納付していただくものである。

太陽光発電量は約 97 万 kWh/ 年を想定していて、一世帯当たりの電気使用量を 300kWh/ 月とすると約 270 世帯分の年間消費電力に相当する。

5. おわりに

今回事例として紹介したもの以外の取組みとして、焼却炉の老朽化に伴う更新にあわせて PFI の手法を

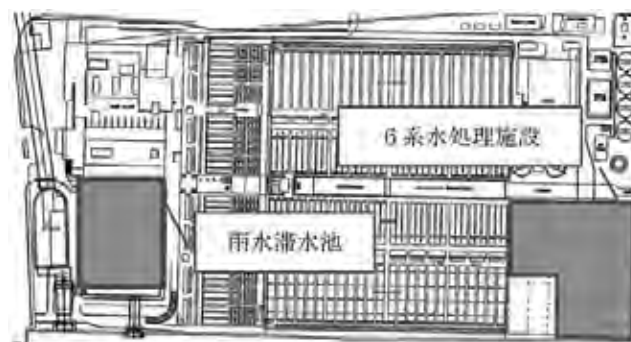


図-8 神奈川水再生センター太陽光発電設備の設置位置



写真-5 神奈川水再生センター太陽光発電設備

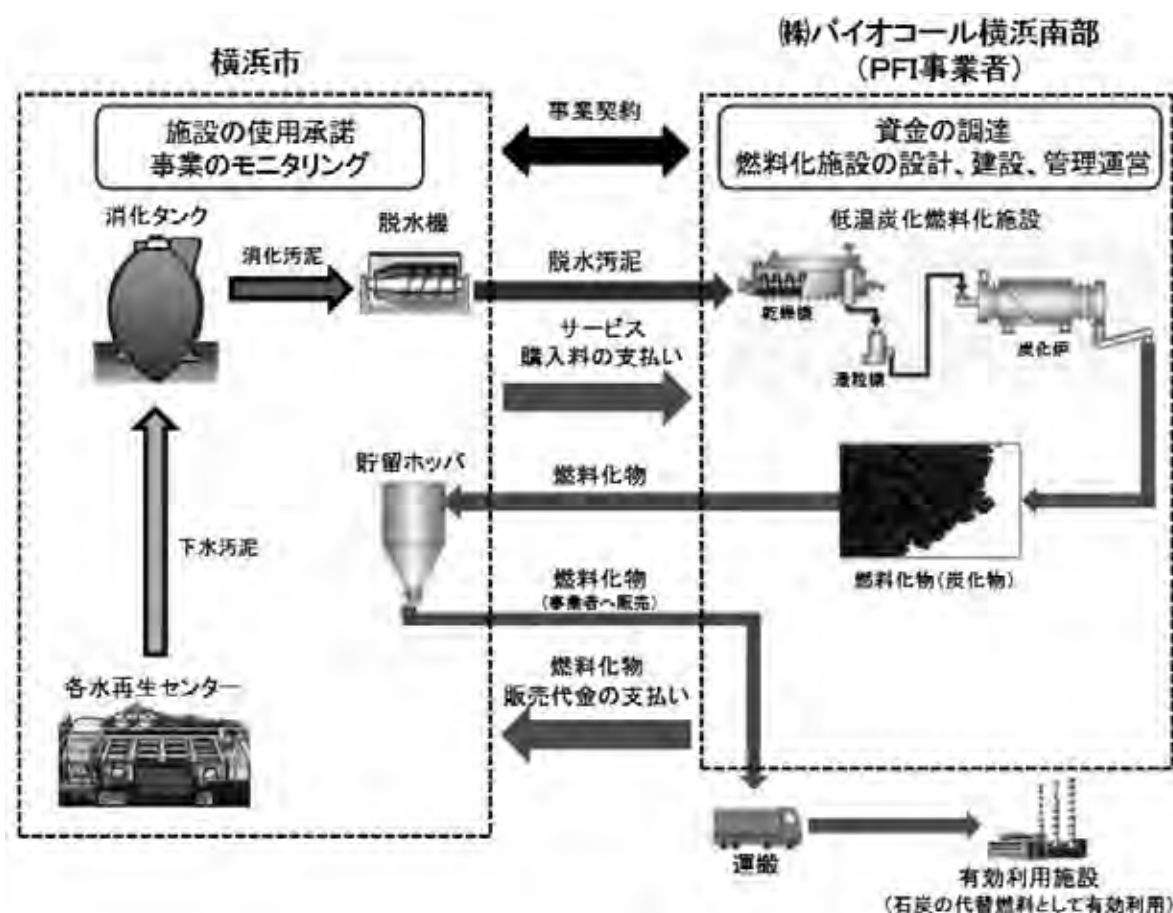


図-9 南部汚泥資源化センター下水污泥燃料化事業

用いた汚泥燃料化炉の整備を南部汚泥資源化センターで進めており、平成28年4月から運転を開始する予定である。製造された燃料化物は有効利用施設において石炭の代替燃料として利用され、既設の焼却炉に比べて約43%（約5,900t-CO₂/年）の温室効果ガスが削減される（図-9）。

再生可能エネルギーの創出は、低炭素社会の構築、地球温暖化対策へ貢献が期待されている。横浜市の下水道事業では、再生可能エネルギーの利用促進や新技術の導入に積極的に取り組み、特に汚泥の有効利用については「資源化」と「エネルギー化」を図ってきた。

今後も低炭素社会実現に向けた下水道事業の取り組みを推進して行くが、とくに汚泥の新たな有効利用法、危機管理面での多様化を図ることで、汚泥の安定的な処理と再利用を進めた再生可能エネルギーの導入を図って行く。

横浜市は昭和40年以降の市内人口の急激な増加に対応するために、短期間に集中して下水道施設の整備を推進してきた。そのため、今後老朽化する施設の急増が予測されている。再生可能エネルギーの導入を推

進に連携して行くには、この老朽化した施設の再構築を無視するわけには行かず、密接に取り組んで行く必要がある。

計画段階から十分に議論を重ね、新しい事業手法や新しい技術をうまく取入れながら、事業を進めて行かなければならないと考えている。

特集：バイオガス固定価格買取制度導入事例 & バイオマス産業都市構想の取組み報告

解 説

浜松市のバイオマス産業都市構想
について

浜松市新エネルギー推進事業本部

安井 理裕

キーワード：強靱化、エネルギー自給率向上、民間主導、経済性確保

浜松市は、平成20年のバイオマスタウン構想認定以来、主にバイオマスのマテリアル利用に重点を置き、バイオマス資源全体の約67%の活用を図ってきた。

今後、より積極的なバイオマスの利用拡大を図るためには、従来のマテリアル利用だけでなく、バイオマスのエネルギー利用や、それに伴う産業化を推進する必要がある。

バイオマスのエネルギー利用は、大量のバイオマス資源を年間を通して安定的に活用できるが、材の調達コストなど、採算性の課題から事業化は困難であるとされていた。

しかし、平成24年7月に施行された「再生可能エネルギー固定価格買取制度」により、長期の採算性が確保できる見込みが立ったことから、本市においてもバイオマス発電事業を計画する民間事業者が複数出てきている。

また、バイオマスのエネルギー利用が実施されれば、今まで活用されていなかった資源に新たな価値が生まれることから、エネルギー事業以外の産業にも経済的な波及効果が見込まれる。

こうしたことから、本市では、主に次の4つの計画の中でバイオマスのエネルギー利用と産業化を取り上げ様々な政策を推進している。

1つ目の計画は、浜松市独自の電源確保とその利用方法などのエネルギー政策を市民や事業者なども含めたオール浜松で進めていくための全体構想として策定

した「浜松市エネルギービジョン」である。同ビジョンでは、エネルギー政策を通じた都市の将来ビジョンとして「スマートシティ・浜松」を掲げ、再生可能エネルギー等の導入や環境・エネルギー産業の創出などの観点から、安心・安全で安定的なエネルギーを賢く利用し、持続的に成長発展する都市の実現を目指している。

ビジョンにおけるバイオマスの位置づけは、未利用資源を中心とした発電であり、未利用木材などによる木質バイオマス発電や一般廃棄物系生ごみなどによるバイオガス発電など、市域に多く賦存する未利用バイオマス資源を有効活用した発電事業を実施し、2030年度に年間11万4,100MWhの発電量、電力自給率2.4%を達成することを目標に掲げている。

2つ目の計画は、バイオマスタウン構想を発展させ、マテリアル利用だけでなくエネルギー利用の視点からも利活用を推進していくことを目指した「浜松市バイオマス活用推進計画」である。

同計画では、地球温暖化の防止とエネルギー自給率の向上、廃棄物の活用と減量の推進、新たな産業都市域の活性化を政策の柱に、間伐材と生ごみを重点活用バイオマスとして新たなバイオマス活用モデルを創出することとしている。

3つ目の計画は、世界的企業やオンリーワン企業が生まれ育つ都市、新たな事業に果敢に挑戦する企業が集積する都市を目指す「はままつ産業イノベーション

構想」である。

この構想は、今後成長が見込まれる「次世代輸送機器産業」、「健康・医療産業」、「新農業」、「光・電子産業」、「環境・エネルギー産業」、「デジタルネットワークコンテンツ産業」の6つの産業を新たなリーディング産業に位置づけ、産学官のオール浜松体制で重点的に支援し、新しい産業を育てることとしており、バイオマスについては「環境・エネルギー産業」の分野で、バイオマス燃料製造技術やバイオマス熱電併給システム技術など、バイオマスエネルギーを活用した新事業の創出を目指している。

そして、これら3つの計画に掲げる目標やビジョンを具体的な実行に移し、バイオマスのエネルギー・産業利用を推進するため、4つ目の計画として平成26年に「バイオマス産業都市構想」を策定した。

本市のバイオマス産業都市構想では、本市の地理的特徴を生かし、バイオマス資源を地域内で循環させるモデルを構築するため、市域の約7割を占める森林から発生する「未利用木材」や、人口が集中する市街地・郊外で発生する「生ごみ」と「下水汚泥」の3つのバイオマスを柱とし、民間主導による発電プロジェクトを行政が支援する形で推進する。

バイオマス資源を発電に利用することで、地域のエネルギー自給率向上やCO2排出量の削減に繋げ、また地域独自の電源を確保することで、市が抱える大きな課題である防災機能の強化、地域の強靱化にも繋げることができる。

また、発電プロジェクトの主体を民間事業者とすることで、経済性を重視した持続可能な発電所運営と、地域の雇用創出に繋げていく。

さらに、原料となるバイオマス資源も、官民が一体となって調達の仕組みを構築することで、効率的かつ経済的な収集・運搬が期待でき、発電事業だけでなく関連産業の活性化を図ることができる。

現在、それぞれのプロジェクトで、民間事業者が発電事業の計画策定や調査を行っており、本市はその取り組みを積極的に後押ししているところである。

本市では、これらの事業を通じて、本市が有する多様なバイオマス資源を活用した、先進的・経済的な循環利活用モデルを構築し、バイオマスのエネルギー利用と関連産業の活性化を両輪とした、「エネルギーに対する不安のない強靱で低炭素な社会」の実現を目指す。

特集：バイオガス固定価格買取制度導入事例 & バイオマス産業都市構想の取組み報告

解 説

津市バイオマス産業都市構想について

三重県津市 農林水産部林業振興室

担当副主幹 今井 博之

キーワード：バイオマス、産業都市構想

1 はじめに

平成 26 年 3 月 28 日にバイオマス産業都市の第二次選定地域として決定を受けた本市のバイオマス産業都市構想を紹介します。

2 目指すべき将来像と目標

(1) 背景と趣旨

本市は、将来像として『環境と共生し、心豊かで元気あふれる美しい県都』を基本構想に掲げる「総合計画」に基づいて、その実現に向けて各種施策を展開しています。

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災は、甚大な被害をもたらすとともに国民の生活や経済に深刻な影

響を与え、これまで進めてきたエネルギー政策が根本的な見直しを迫られるなど、防災・エネルギー・資源等に対する国民の意識を大きく変えました。また、リーマン・ショックや欧州政府の債務危機の顕在化による世界経済の減速の影響も加わり、国内経済についても先行きの不透明な状況が続いていましたが、各種政策の効果が発現するなかで景気が緩やかに回復しつつあるなど、社会経済情勢は刻々と変化しています。

このような状況のもと、本市は自治能力の高い自立したまちとして、さらに、魅力ある県都として持続的に成長が求められていることから、平成 25 年度から 29 年度を計画期間とする「津市総合計画後期基本計画」においては、基本構想に掲げる 5 つのまちづくりを着実に進めるため、その目標別に基本施策、重点施策を設定しています。

本構想は、同計画の基本施策のうち、

まちづくり	項 目	基 本 施 策
1 美しい環境と共生するまちづくり	1-1 循環型社会の形成	・ 資源の循環的利用の推進 ・ 廃棄物等の適正な処理 ・ 環境への負荷の少ない社会の形成 ・ 環境共生社会の実現に向けた活動推進
2 安全で安心して暮らせるまちづくり	2-1 安全なまちづくりの推進	・ 災害に強いまちづくりの推進
4 活力のあるまちづくり	4-1 自立的な地域経済の振興	・ 総合的な産業振興の推進 ・ 林業の振興

の実現を目指すことを目的として、同計画における重点プログラムのうち、

重点プログラム	項 目	重 点 施 策
1 まちづくり戦略プログラム	1-②自然の恵みの価値創造プログラム	・ 森林の保全と整備 ・ 森林施業の推進
	1-④持続可能な地域形成プログラム	・ 再生可能エネルギーの創出推進

等の具体的な事業展開を示すものとして策定します。

特に、重点プログラム「1-④持続可能な地域形成プログラム」では、「再生可能エネルギーの創出推進」を重点施策として、「地域の自然環境や社会経済特性を活かした小水力やバイオマス発電など再生可能エネルギーの導入を引き続き支援」することとしており、本構想の推進によりこれらの施策を実現するものとします。

また、「総合計画」を踏まえて、本市の産業分野の部門別計画として位置付けられる「津市産業振興ビジョン」（平成21年4月）における目標『多様な資源を活かし、産業連携による活力あるまちをつくる』の達成も目的としています。

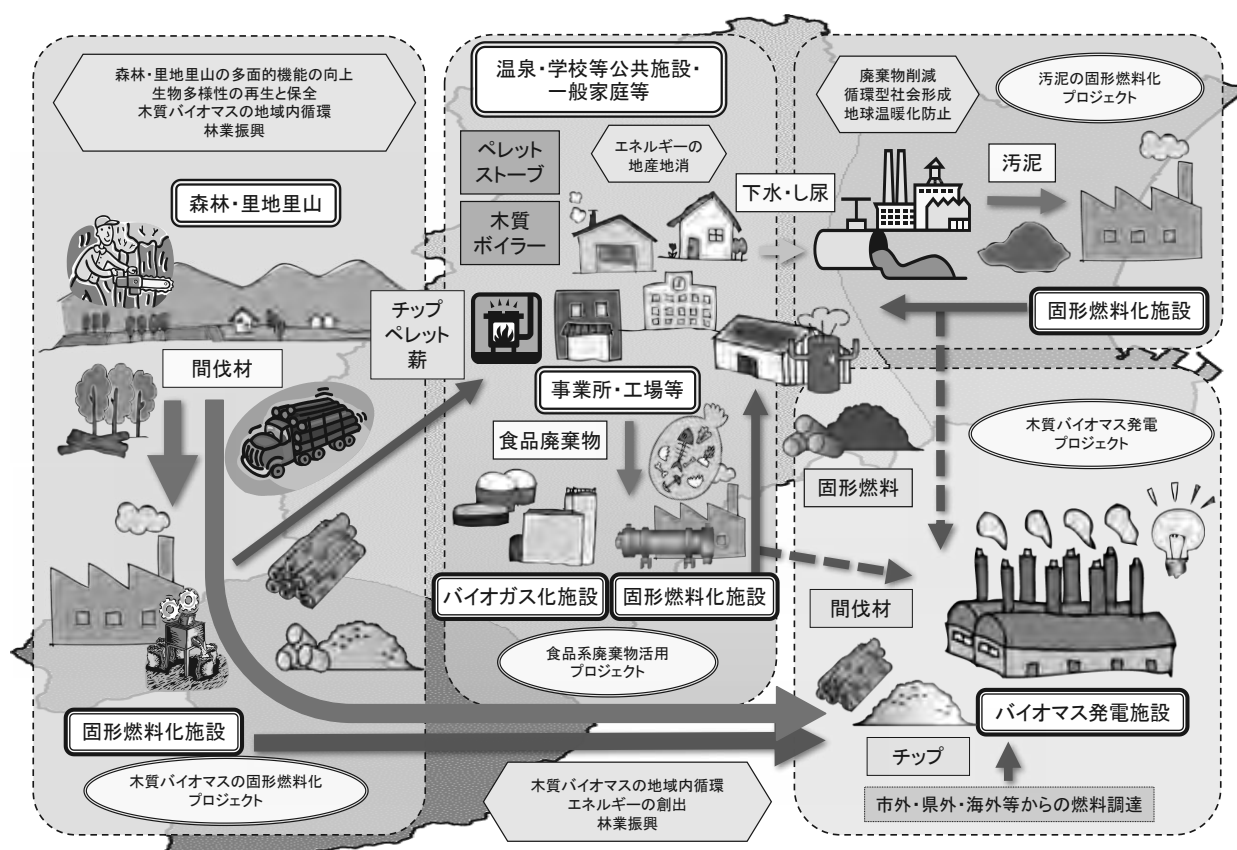
(2) 目指すべき将来像

本市は、前項の背景や趣旨を受けて、本構想により本市に存在する種々のバイオマスの現状と課題を明ら

かにし、これを活用した発電等エネルギー化や燃料化を行う事業化プロジェクトを策定し実現することにより、次の4つの将来像を目指します。



本市におけるバイオマス活用の将来像のイメージを次図に示します。



3 達成すべき目標

(1) 計画期間

本構想の計画期間は、「津市総合計画」等、他の関連計画（詳細は、「第8章他の地域計画との有機的連携」参照）とも整合・連携を図りながら、平成25年度から平成34年度までの10年間とします。

なお、本構想は、今後の社会情勢の変化等を踏まえ、中間評価結果に基づき概ね5年後（平成30年度）に見直すこととします。

(2) バイオマス利用目標

本構想の計画期間終了時（平成34年度）に達成を図るべき利用量についての目標及び数値を次表のとおり設定します。なお、林地残材以外の賦存量は計画期間終了時も変わらないものとして記載しています。

種 類	バイオマス	利 用 目 標
廃棄物系 バイオマス	全般	・既存の取組を継続するとともに、再生可能エネルギーの創出を含めた利用の多様化を図り、廃棄物系バイオマス全体では利用率約85%を目指します。
	家畜排せつ物	・耕畜連携による堆肥化、特別栽培への利用や堆肥利用作物のブランド化など、既存の取組の拡大も検討しながら推進します。
	食品系廃棄物	・既に取組が進んでいる産業廃棄物系の食品製造残さは、食品リサイクル法遵守の観点からも継続して利用を推進し、県による発生抑制・再資源化の取組とも連携しながら、再生可能エネルギーとしての利用も含めた事業者による取組により利用率約85%を目指します。 ・利用が進んでいない一般家庭や事業系の生ごみについては、給食残さの堆肥化事業（くるりんフード事業）や市の補助によるコンポスト容器や生ごみ処理機によるリサイクルの推進とともに、堆肥化により地域内での利用を行い、一般廃棄物処理基本計画の改訂を行う中で、廃棄物としての処理量の減量化や固形燃料等、再生可能エネルギーとしての利用も含めた処理・利用方法の検討を行います。
	廃食用油	・既に取組が進んでいる産業廃棄物系の廃食用油は、食品リサイクル法遵守の観点からも継続して利用を推進し、利用率100%を維持します。 ・一部回収し、市内の民間事業者によりBDF化して車両燃料に利用している給食センター等の廃食用油については、分別収集における安全性、BDFの品質及び車両への適応性等を考慮しながら、一般家庭からの廃食用油の分別回収を推進してBDFとして利用することを検討します。
	紙ごみ	・既に取組が進んでいる産業廃棄物系の紙ごみは、市の施策との連携も促しながら継続して利用を推進し、利用率85%を目指します。 ・一部、資源ごみとしての回収や集団回収により再生紙として利用されている一般家庭等の一般廃棄物系の紙ごみについては、分別回収を推進して再生紙原料等としての利用を行い、利用率約70%を目指します。 ・一般廃棄物処理基本計画の改訂を行う中で、廃棄物としての処理量の減量化や固形燃料等、再生可能エネルギーとしての利用も含めた処理・利用方法の検討を行います。
	建設発生木材、製材残材等	・既に取組が進んでいる産業廃棄物である建設発生木材、製材残材等は、建設リサイクル法遵守の観点からも継続して利用を推進し、利用率95%を目指します。 ・他の木質バイオマスと合わせた発電・コジェネレーションの可能性についても検討します。
	剪定枝・刈草・流木等	・ほとんどが焼却処分されている一般廃棄物系の剪定枝・刈草・流木等は、他の木質バイオマスと合わせた発電・コジェネレーションの可能性について検討を行います。
	汚泥	・既存の堆肥やセメント原料としての利用を継続するとともに、生活排水処理基本計画の実行に伴う汚泥発生量の増減動向も踏まえて、固形燃料化等、再生可能エネルギーの原料等、利用方法の多様化についても検討します。
	全般	・堆肥化、素材・チップ等への利用など既存の利用を継続するとともに、再生可能エネルギーの創出を推進し、未利用バイオマス全体では利用率約25%（稲わら・もみがらのすき込みを含めた場合は約30%）を目指します。
	圃場残さ・出荷残さ	・土壌中での分解によるメタン発生の抑制や炭素貯留効果も考慮して、地力維持や土壌改良も目的とした堆肥としての利用を推進し、稲わら、もみがらについては利用率20%（すき込みを含めた場合は30%）、その他の圃場残さ、出荷残さについては利用率10%を目指します。 ・稲わら、もみがらについては固形燃料化、その他の圃場残さ、出荷残さについては食品系廃棄物（生ごみ）、家畜排せつ物、紙ごみとの混合処理等、メタン発酵によるエネルギー化と液肥利用の可能性についても検討します。

種 類	バイオマス	利 用 目 標
	果樹剪定枝	・ 一部、チップ化や堆肥化等により利用されている果樹剪定枝については、他の木質バイオマスと合わせた発電・コジェネレーションの可能性についても検討し、利用率 50% を目指します。
	林地残材	・ 現在多くが切り捨てられて林地に残置されている間伐材については、土砂災害の防止等による防災・減災など、森林が持つ多面的機能発揮の観点からも林地からの搬出を推進して、木質バイオマスと合わせた発電・コジェネレーションの燃料としての利用を行い、利用率 35% を目指します。 ・ 竹については、森林整備に伴う伐採や放置竹林対策を進め、利用可能性について検討します。

4 事業化プロジェクト

(1) 基本方針

津市のバイオマス賦存量及び利用状況を調査した結果、市域の約 6 割を占める森林に賦存する木質バイオマスと市民生活や産業活動から発生する廃棄物系バイオマスが豊富にあり、既にいくつかのバイオマス活用の取組が行われています。

本市では、これらの未利用・廃棄物系バイオマスの有効活用を進めることにより、目指すべき将来像を実現するために、次表に示す 4 つの事業化プロジェクト

を設定しました。

各プロジェクトの取組、期待される効果、課題等を次項以降に示します。

なお、個別の事業化プロジェクトについては、その内容に応じて、近隣市町、三重県、県外の自治体や事業者等と連携して実施します。

(2) 木質バイオマス発電プロジェクト

本市は、森林の面積が 6 割近くを占めるように、木質バイオマスが豊富に存在しており、森林整備計画や特定間伐等促進計画等に基づいて、森林が有する多面的機能を総合的かつ高度に発揮させるための施業が行われています。

津市バイオマス産業都市構想における事業化プロジェクト

プロジェクト		木質バイオマス発電	食品系廃棄物活用	木質バイオマスの固形燃料化	汚泥の固形燃料化
バイオマス		木質バイオマス (間伐材、剪定枝等)	有機性汚泥 食品系廃棄物	木質バイオマス (間伐材、剪定枝等)	下水汚泥
発 生		森林、里山、 剪定枝等	産業廃棄物	森林、里山、 剪定枝等	下水処理施設 し尿処理施設
変 換		直接燃焼	固形燃料化 メタン発酵	チップ化 固形燃料化	固形燃料化
利 用		発電、熱 (コジェネ)	発電、熱 (コジェネ)	発電、熱 (コジェネ) ボイラー、 ストーブ等	発電、熱 (コジェネ)
目的	地球温暖化防止	●	●	●	●
	低炭素社会の構築	●	●	●	●
	リサイクル システムの確立		●		●
	廃棄物の減量		●		●
	エネルギーの創出	●	●	●	●
	防災・減災の対策	●		●	
	森林の保全	●		●	
	里地里山の再生	●		●	
	生物多様性の確保	●		●	
	雇用の創出	●	●	●	●
	各主体の協働	●	●	●	●

近年、未曾有の被害をもたらした東日本大震災及び原子力発電所の事故に伴って、低炭素社会や資源循環型社会の実現はもちろんのこと、震災からの復旧・復興を起点とした農林漁業の再生や地域分散型の資源やエネルギーの供給・調達等の観点からも、再生可能エネルギーに大きな期待が持たれています。

本市においても、太陽光発電や小水力発電等の導入を検討・推進していますが、自然気象の影響を受けにくく安定したエネルギー源となりうる豊富な木質バイオマスを活用したエネルギー製造を目的として、木質バイオマス発電プロジェクトを推進します。

また、県都としての使命である三重県全域の活性化・発展に資するよう、広域的かつ多様なバイオマス資源の活用を視野に検討を進めます。

(3) 食品系廃棄物活用プロジェクト

事業所や工場から排出される有機性汚泥や食品系廃棄物は、分別の徹底と収集に対する事業者の理解・協力の醸成と、参画促進に取り組むとともに、事業性ある仕組みの構築を進めます。

回収した食品系廃棄物は、固形燃料化等によるエネルギー利用の検討を進めます。

(4) 木質バイオマスの固形燃料化プロジェクト

地域内で産出される間伐材等の木質バイオマスについては、引き続き効率的な搬出・運搬体制の構築につとめ、生産量（搬出量）の増大を図るとともに、一定の搬出量を確保した上で事業性の検証を行います。

また、最終的には、搬出から運搬、固形燃料化までを地域内で完結するシステムの構築を促進します。

(5) 汚泥の固形燃料化プロジェクト

県の排水処理計画と連携しながら、生活排水由来汚泥の利用方法や体制の整備を進めます。

汚泥は、現在取り組んでいる堆肥化やセメント原料化の利用方法の動向も加味しながら、固形燃料化の可能性を検討します。

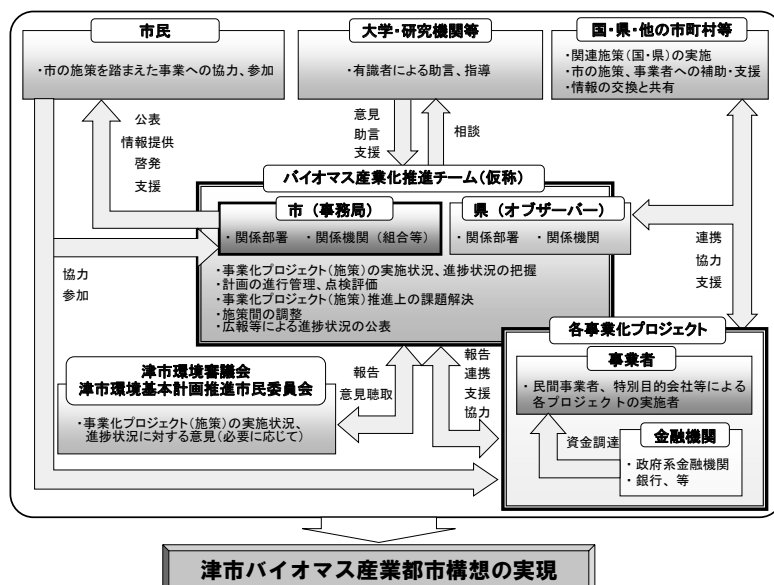
5 構想の推進体制

本構想が有効に機能し、具体的かつ効率的に推進するためには、例えば、バイオマスの収集・運搬やエネルギー・マテリアル等のバイオマス製品の利用においては市民や事業者等との協働・連携が不可欠であり、大学や研究機関等との連携や国や県による財政を含む支援もプロジェクトを実現し継続するためには必要であるなど、事業者・市民・行政がお互いの役割を理解し、関係機関を含む各主体が協働して取り組む体制の構築が必要です。

そのため本構想では、本市が主体となって組織横断的な「バイオマス産業化推進チーム（仮称）」を設置し、本構想の全体進捗管理、各種調整、広報やホームページ等を通じた情報発信等を行います。各プロジェクト実施の検討や進捗管理は、民間事業者等の事業化プロジェクト実施主体が中心となっており、検討状況、進捗状況等について本チームに報告を行い、情報の共有、連携の強化を図ります。

なお、本市では、「津市環境基本条例」に基づいて津市環境審議会が設置されているほか、市民や事業者からなる津市環境基本計画推進市民委員会が「津市環境基本計画」の進行管理を行っていることから、必要に応じて各事業化プロジェクトの進捗状況や点検評価結果を津市環境審議会や津市環境基本計画推進市民委員会に報告し、助言を得ることとします。

構想の推進体制



特集：バイオガス固定価格買取制度導入事例 & バイオマス産業都市構想の取組み報告

解 説

バイオマス産業都市の構築促進に向けた取り組み

バイオマス産業都市連絡協議会事務局

((一社) 地域環境資源センター) 大森 直樹

キーワード：バイオマス、バイオマス産業都市、資源循環

1. はじめに

平成 23 年度に関係 7 府省（内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省）で構成されるバイオマス活用推進会議で「バイオマス事業化戦略」が策定されました。この事業化戦略で、地域バイオマスの原料生産から収集・運搬、製造・利用までの経済性が確保された一貫システムを構築し、バイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまちづくり・むらづくりを目指すバイオマス産業都市の構築を推進することとされました。

バイオマス産業都市については、平成 25 年度より、関係 7 府省が共同で推進しており、これまで、平成 25 年度第一次選定地域として、十勝地域（北海道十勝管内 19 市町村）、北海道下川町、北海道別海町、宮城県東松島市、茨城県牛久市、新潟県新潟市、愛知県大府市、香川県三豊市の 8 地域、同年第二次選定地域として、北海道釧路市、北海道興部町、宮城県南三陸町、静岡県浜松市、三重県津市、島根県奥出雲町、岡山県真庭市、岡山県西栗倉村の 8 地域が選定されています。さらに、平成 26 年 11 月に平成 26 年度選定地域として、富山県射水市、兵庫県洲本市、島根県隠岐の島町、福岡県みやま市、佐賀県佐賀市、大分県佐伯市の 6 地域が新たに選定され、全部で 22 地域となっています。

これらのバイオマス産業都市の構築を進めることにより、平成 32 年度にはバイオマス関連産業規模を約 5,000 億円とすることなどがバイオマス事業化戦略に掲げられており、今後、バイオマス産業都市構築の更なる推進に取り組む必要があると思われます。

2. 連絡協議会の発足

バイオマス産業都市の選定等により、バイオマス活用地域の裾野を広げる一方で、選定されたバイオマス産業都市を産業として軌道に乗せていく必要があります。

バイオマス産業都市として選定された地域は、それぞれの構想に基づき取り組みを進めていますが、地域内の発想だけでは行き詰まってしまうケースもあると思われます。そこで、他の地域で参考となる取り組みや共通する課題について、関係者が連携して情報を共有する場として、「バイオマス産業都市連絡協議会」が平成 26 年 7 月に設置され、バイオマス産業都市選定地域間のネットワーク化を図る取り組みが開始されました。

3. 第 1 回連絡協議会

第 1 回バイオマス産業都市連絡協議会は、平成 26 年 7 月 23 日に法曹会館において開催され、バイオマス産業都市選定地域の首長等が出席し、連絡協議会の



図-1 バイオマス産業都市選定地域

設置及びテーマ別討論を主な議題として意見交換等が行われました。

(1) 連絡協議会の設置

連絡協議会の設置趣旨及び規約が説明され、北海道興部町碓一寿町長を会長、岡山県真庭市太田昇市長を副会長とし、バイオマス産業都市選定地域を構成員、関係府省をオブザーバーとすること、連絡協議会での検討事項として、バイオマス産業都市の構築実現に向けた課題及び対応策等の情報を共有することなどが確認されました。

(2) テーマ別討論

テーマ別討論では、3つのテーマ（①バイオマス活用システムの構築について、②バイオマス産業都市の構築の推進について、③バイオマス産業都市連絡協議

会の運営について）を設定し、各地域の産業都市構想の実現に向けた計画・実施や、各地域が抱えている課題について自由討議を行いました。

①バイオマス活用システムの構築について

バイオマス活用システムの構築に関して、参加者からの現状、課題、意見等の討議内容をまとめると以下のとおりです。

- ・構想の基軸と実現に向けた方策
- ・産業都市圏（市町村単位又は広域化）の選択理由
- ・原料調達先の安定的な確保と原料単価
- ・国産材利活用のために必要な方策
- ・製品の安定供給の方策
- ・付加価値の向上と販路を確保する方策
- ・臭気低減効果と周辺住民の理解醸成
- ・売電もしくは自家消費による電力利用と経営計画について

②バイオマス産業都市の構築の推進について

また、①での議論に引き続き、バイオマス産業都市の構築の推進について、同様に討論が行われました。その内容をまとめると以下のとおりです。

- ・中長期的な木材の利用計画と間伐等森林施策計画
- ・支援制度の利活用、制度拡充



写真-1 第1回連絡協議会

- ・災害時における独立型エネルギーの確保及び利用方法
- ・低コストな間伐機械や加工技術の開発
- ・技術情報の共有やアドバイスの体制構築
- ・施設建設に支障となる法規制

③バイオマス産業都市連絡協議会の運営について

3 番目のテーマとして、設置されたばかりの連絡協議会の今後の運営方法等について意見交換がなされました。市町村により様々な課題があるなかで、それぞれの地域の状況、背景は異なるが、共通して解決しなければならない制度や仕組みがあり、それらについてより深い議論をするためには、実務担当者の検討の場も必要との意見が出されました。また、バイオマスには様々な種類があり、全ての地域が同じテーブルで議論をしてもなかなか深まらないため、分科会という形で、幾つかのグループに分けた検討の場を設けることが必要等の意見が出されました。

最後に会長より、「それぞれの地域によってバイオマス事業の最適スケール等が異なるなかで、利用の問題、技術の問題、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下、「FIT」という）の価格の動向も含めて、地域ごとの最適解をいかに突き詰めていくかがこの協議会の目標であるので、会員からの意見を踏まえた形で進めていきたい」との発言によりテーマ別討論は終了となりました。

4. 第2回連絡協議会

第2回バイオマス産業都市連絡協議会は、平成26年11月18日に平成26年度バイオマス産業都市が選定されたタイミングに合わせて、航空会館にて開催しました。当日は、平成25年度に選定された16地域の代表の方と新たに選定された6地域の代表の方が参加され、協議会としてもひとまわり大きな組織となりました。

(1) 分科会方式のテーマ別討論

第2回連絡協議会では、新産業都市の紹介の他、前



写真-2 第2回連絡協議会

回（第1回）協議会での議論を踏まえて、分科会方式でのテーマ別討論を企画しました。テーマを①湿潤バイオマスの利活用（メタン発酵グループ）と②乾燥バイオマスの利活用（木質利用グループ）に設定し、それぞれ部屋を分けて、関係する地域の担当者により、技術面や制度面でより踏み込んだ議論を行うことを期待し、討論が行われました。

①湿潤バイオマスの利活用（メタン発酵グループ）

湿潤バイオマスの利活用については、北海道興部町をはじめとして、家畜排せつ物、食品廃棄物等を利活用ないし計画している15の地域が参加しました。討論は連絡協議会会長である北海道興部町長が議長となり、前回（第1回）連絡協議会での議論の内容について事務局が説明した後、参加者による自由討論がなされました。討論の内容をまとめると以下のとおりです。

- ・自家消費を対象とした“みなしFITの制度設計”について
- ・FIT適用を申請しない産業都市について
- ・生ごみ、下水汚泥等処理施設の維持管理費節減への貢献とそれら資源の地域づくりへの活用
- ・メンテナンス、原料の安定供給（質・量）等における技術に関する課題
- ・電力以外の熱源利用の可能性と消費先の確保



写真-3 グループ討論

②乾燥バイオマスの利活用（木質利用グループ）

乾燥バイオマスの利活用については、木質バイオマスを利活用ないし計画している9の地域が参加しました。討論は連絡協議会副会長である岡山県真庭市長が議長となり、湿潤バイオマスグループと同様の形で討論がなされました。討論の内容をまとめると以下のとおりです。

- ・木質バイオマスの利活用方法（熱供給、発電、有機物合成）の事例
- ・事業主体として民間、行政の連携の事例
- ・入口から出口まで一体的かつ中長期的な国の支援の必要性
- ・地域循環を図り、環境保全や福祉にも利益を還元

- ・ するなど、地域経済としての貢献の事例
- ・ 地域の特性に合わせた計画規模（規模の大小）について
- ・ 原材料の安定供給、技術開発、需要創出、それらの採算性の確保について

最後に、メイン会場に全員が会し、それぞれのグループでの討議の結果を報告した後、会長より「バイオマス産業都市には地域性があり、多種多様な産業が構築されようとしている一方、将来 100 地区を目指すとの国の目標もあり、連絡協議会の中で意見を集約しながら、関係府省とも議論を進めていければと考えている」との発言により分科会方式のテーマ別討論は終了しました。

(2) 特別議題

第 2 回連絡協議会では、特別議題として、今後の活動に関連する事項を提言として取りまとめることとなりました。バイオマス産業都市の構築を推進していくために、産業都市に認定されることによるメリット措置等についての提言をとりまとめ、関係府省への提言活動を行っていかうとするものです。提言案は連絡協議会後、各々の地域に持ち帰り検討し、各地域の意見等を踏まえ提言として取りまとめ、裕会長より関係府省へ提出しました。

5. シンポジウムの開催

連絡協議会の活動の他に、バイオマス産業都市のよように、農村に存在する多様なバイオマスを活用した事業の創出と、それを軸とした地域づくりの取り組みを推進するため、平成 26 年 11 月 18 日に日比谷コンベンションホールにおいて「バイオマス産業都市シンポジウム」を開催しました。開催に当たって、自治体、関係団体、民間企業等幅広い業種・分野から定員を大幅に上回る多数の方々にお申し込みいただき、当日は定員 200 名の会場が満員となる盛況でした。

シンポジウムでは、基調講演、事例報告及びパネルディスカッションが行われ、基調講演では、東京工業大学ソリューション研究機構金谷年展(としのり)特任教授より「地方創生に向けて～バイオマスを活用したまち・むらづくりの現状と展望～」と題して、バイオマス産業都市に関係する政府の取り組み、各省庁の取り組みをまとめたうえで、バイオマス産業都市の重要ポイントについて説明いただきました。事例報告では、北海道鹿追町吉田弘志町長（吉は土に口）から、「鹿追町におけるバイオガスプラントの現状」と題して、バイオガスプラントの運営状況、整備構想等について報

告いただきました。また、岡山県真庭市太田昇市長から、「資源を無駄なく使い切る地域戦略～「木質バイオマス」を中心に～」と題して、真庭市の地域戦略、木材の新たな利用技術等について報告いただきました。

パネルディスカッションでは、講演者に北海道下川町安斎保町長、宮城県南三陸町遠藤健治副町長、農林水産省バイオマス循環資源課谷村栄二課長を加えて、「バイオマスを活用した産業づくりー成功へのヒントは？」というテーマに沿って、それぞれの取り組み、考えなどについて議論いただきました。パネラーの方々には、大きく 3 つのテーマ（①バイオマス産業都市化のきっかけ（背景・趣旨）、②産業都市をどのように地域づくりに活かしていくのか、③事業の考え方や実施に当たって生じた課題や対応策）に関するご意見等をいただきました。限られた時間ではありましたが、産業づくり、地域づくりに関する示唆に富んだ発言があり、参加された方々にとって有益な内容となったのではないかと思います。



写真-4 パネルディスカッション

6. さいごに

バイオマス産業都市連絡協議会は、本年度発足したばかりであり、協議会での議論の内容、方法について、事務局として試行錯誤を重ねているところです。また、国は今後、バイオマス産業都市について 100 地区の選定を目指すこととしており、新たなバイオマス産業都市の選定がなされれば、連絡協議会の構成員も更に増加することとなります。そのため、様々な取り組みを行っているそれぞれの地域が、有益な情報交換、意見交換をできる場として、連絡協議会の更なる発展が期待されています。本協議会が積極的に活用され、地域のバイオマス産業が着実に構築され、安定して運営されることにより、まちづくり、むらづくりが推進されるよう、事務局としても協議会内容の充実に努めて参りたいと思います。

最後に、連絡協議会及びシンポジウムの開催に当たりまして、ご支援・ご協力をいただきました関係自治体・府省、関係者のみなさまにこの紙面をお借りして御礼申し上げます。

研究紹介

微生物燃料電池による 有機性廃棄物の処理と発電

宮崎大学農学部応用生物科学科

准教授 博士（農学） 井上 謙 吾

キーワード：微生物燃料電池、嫌気処理、未利用バイオマス、*Geobacter*

1. はじめに

微生物燃料電池は微生物を用いて有機化合物の化学エネルギーを直接電気エネルギーへ変換できる装置で、微生物が有機化合物を分解代謝する過程で生じた電子を電極へ伝えることで発電する。微生物が電極へ電子を伝えることで電流が発生することは古くから知られていたものの、発電技術として実用化できると考えられ、本格的な研究がなされるようになったのは今世紀に入ってからである。本稿では、微生物燃料電池の原理と特徴について概説する。また、著者らが取り

組んでいる畜産廃棄物を用いた発電についての研究例も紹介する。

2. 微生物燃料電池について

2-1. 微生物燃料電池のしくみ

一般的な微生物燃料電池では、アノード（負極）側は有機物とそれを電子供与体として利用する電流生成微生物（あるいは、発電微生物、発電菌などの名称で呼ばれる）が密閉された反応槽に入れられ嫌氣的に保たれている（図1）。カソード（正極）側は、アノードからの電子とプロトン、空気中の酸素で電子が消費

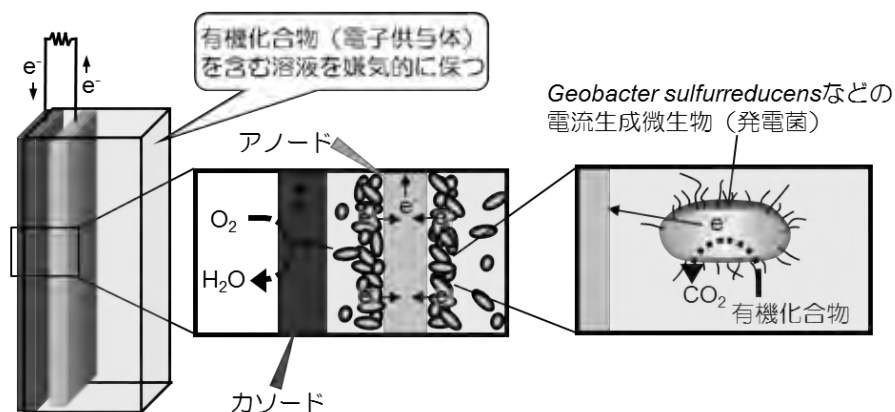


図1 微生物燃料電池の例

されるようになっている。実験室では二槽型の微生物燃料電池（一般にアノード電極槽とカソード電極槽をイオン交換膜で隔てた構造をとる）が広く採用されているが、出力が高く、かつ、より実用的なエアカソードを搭載した微生物燃料電池を用いた研究例も増えている。エアカソードは一般的にカソード電極にプラチナが担持されており、酸素、電子、プロトンから水を生成する反応を促進する触媒として用いられる。高価なプラチナを使わない触媒の開発も微生物燃料電池の現在の課題と言える。反応槽内を密閉するのは、もしも酸素が反応槽内に混入すると微生物が電子受容体として電極よりも酸素を優先的に利用して電子を酸素に伝えることで出力が低下するためである。そのため、高い出力を実現するためには、アノード電極付近は高い嫌気度を保つ必要がある。

2-2. 発電菌

微生物を含め、全ての生物は呼吸によりエネルギーを獲得している。「呼吸」が起こるとそこには必ず電子供与体と電子受容体が存在することになる。我々ヒトは食物をエネルギー源として利用し、消化してエネルギーを得る際に生じる電子を酸素に渡すことで生活している。したがって、食物中の有機化合物は電子供与体、酸素が電子受容体となる。微生物においても我々と同様にエネルギー源として有機化合物を分解し、エネルギーを得る際に、細胞内に電子を生じる。好気性の微生物はやはり同様に酸素に電子を渡して呼吸を行うが、自然界においては、酸素のない嫌気的な環境が多く存在し、そこにも微生物が生息している。そのような嫌気性微生物は、呼吸の電子受容体として酸素以外の物質を利用できる。ヒトは酸素しか利用できないのに対し、嫌気性微生物の中には、硫黄、硫酸、硝酸、鉄など様々な物質を利用できるものが存在する。金属を電子受容体とした呼吸を行う微生物の中には、不溶性の酸化鉄（Ⅲ）へ電子を伝達することができる微生物があり、それらは鉄還元菌と称され、古くから研究がなされてきた¹⁾。代表的な微生物種として、*Geobacter* 属、*Shewanella* 属細菌が挙げられ、その細胞外電子伝達メカニズムについては多くの知見が蓄積している。特に *Geobacter* 属細菌は複数の微生物種が混在する微生物燃料電池においても電極表面での優占種となることが多く、その電極への電子伝達能力が微生物燃料電池において極めて重要な役割を果たしている。

2-3. 技術的特徴

微生物燃料電池は、多様な有機化合物を発電に用いることができる点で有利である。そのため、有機性廃

水、有機廃棄物などを燃料として発電が可能である。メタン発酵などのバイオガスを用いたエネルギー生産技術は、嫌気性処理と同時にエネルギーを生産するという点において微生物燃料電池と類似の先行技術と言える。既に実用化されているメタン醗酵と比較すると、現段階では、微生物燃料電池の実用化後の社会への普及・定着可能性は未知であるが、微生物燃料電池では、有機化合物の化学エネルギーが電気エネルギーへ直接変換されるため、バイオガスを燃焼して発電する設備が必要なく、そこで損なわれるエネルギー損失を考慮しなくてよい。また、微生物燃料電池における発電菌となり得る微生物は土壌や海、河川など地球環境中に広く存在するため、発電のための大型施設の設置が困難な場所でも発電が可能である。また、水処理などへ応用した場合、余剰汚泥の発生を抑えることができることも知られている²⁾。

微生物燃料電池の最大出力は 2.15kW/m^2 （反応槽体積あたりの電力密度）³⁾、あるいは、 3.9W/m^2 （アノード表面積あたりの電力密度）⁴⁾ との報告があるものの、それらの例では *G. sulfurreducens* の純粋培養系を用い、また、カソード側も ferricyanide を用いるなどのカソードでの反応を促進した工夫を施してある系での結果である。より実用化に近い条件での研究として、実際の有機性廃棄物を用いた複合微生物系の場合では、下水を用いた例で 0.832W/m^2 である⁵⁾。また、実際の有機性廃液を用いた場合の COD 除去率としては、80% 以上という例が多数報告されている⁶⁾。しかし、微生物燃料電池は、これら高いとされる出力を持っても、他の発電技術と比較すると出力が低いという課題がある。また、発電に寄与する微生物種の制御についても発展途上である。大規模化しても高い出力を維持でき、かつ、高い発電能力を持つ微生物の力を十分に発揮させることができる構造を持つ微生物燃料電池の開発が精力的に行われている。

3. 畜産廃棄物の処理と発電

日本では、年間約 8,300 万トンの家畜排せつ物が発生している。畜産県である宮崎県では約 380 万トンもの家畜排泄物が発生しており、県内で発生する産業廃棄物量の半分以上を畜産廃棄物が占める。著者の研究グループは、畜産廃棄物の処理とエネルギー利用について有効な技術として微生物燃料電池を応用できないかと考え、畜産廃棄物を燃料とした微生物燃料電池の開発を行っている。

著者らの研究グループが微生物燃料電池に利用する畜産廃棄物として着目したのは牛糞尿である⁷⁾。牛糞尿中に含有量の多いセルロース、ヘミセルロース、リグ

ニンはいずれも地球上の存在量が多いにも関わらず、エネルギー利用されないまま廃棄物として取り扱われているため、エネルギー生産への利用価値が高く、バイオ燃料の原料としての注目度も高い物質である。微生物燃料電池研究においては、他の有機性排水や有機性廃棄物の研究例と比較すると研究例は極めて少ないのが現状である。その理由として、下水などの液体を燃料とする微生物燃料電池と比較すると、固形物を含むために扱いにくく、実験系が不均一になることが考えられる。また、既往の研究において、下水などの液体の有機性廃液を用いた例と比較すると出力、エネルギー変換効率ともに低い傾向にある。しかし、固形物を含む有機性廃棄物は体積あたりに含まれるエネルギー密度も高いため、エネルギー生産への利用価値は高いと考えられる。

牛糞尿からの発電に使用した微生物燃料電池は、反応槽の体積は0.55L容量で、空気中の酸素を電子受容

体として利用するエアカソードを搭載しており、アノード電極はグラファイトフェルトを用いた（図2A）。より実用化に近い条件を想定し、牛糞尿は超純水で懸濁しただけのものを用い、緩衝液や電子メディエーター（微生物から電極への電子伝達を促進する）などの添加は一切行わなかった。微生物電池内部に酸素が混入しないよう、一連の操作（サンプリング、回分処理など）は嫌気チャンバー内で行い、運転は、30℃下で49日間行った。使用する牛糞尿は、学内の圃場より採取し、牛糞：水=1：50（重量比）で混合して用いた。

運転開始直後から徐々に出力が上昇し、運転から8日で出力密度は約6W/m²に達したが（図2B、2C、2D）、この結果は、本研究での出力が既往の牛糞を用いた微生物燃料電池の研究例と比較して最も高い出力で発電した例の一つであった。10日後に微生物燃料電池内の電解液（牛糞懸濁液）の半分を新しく調製し

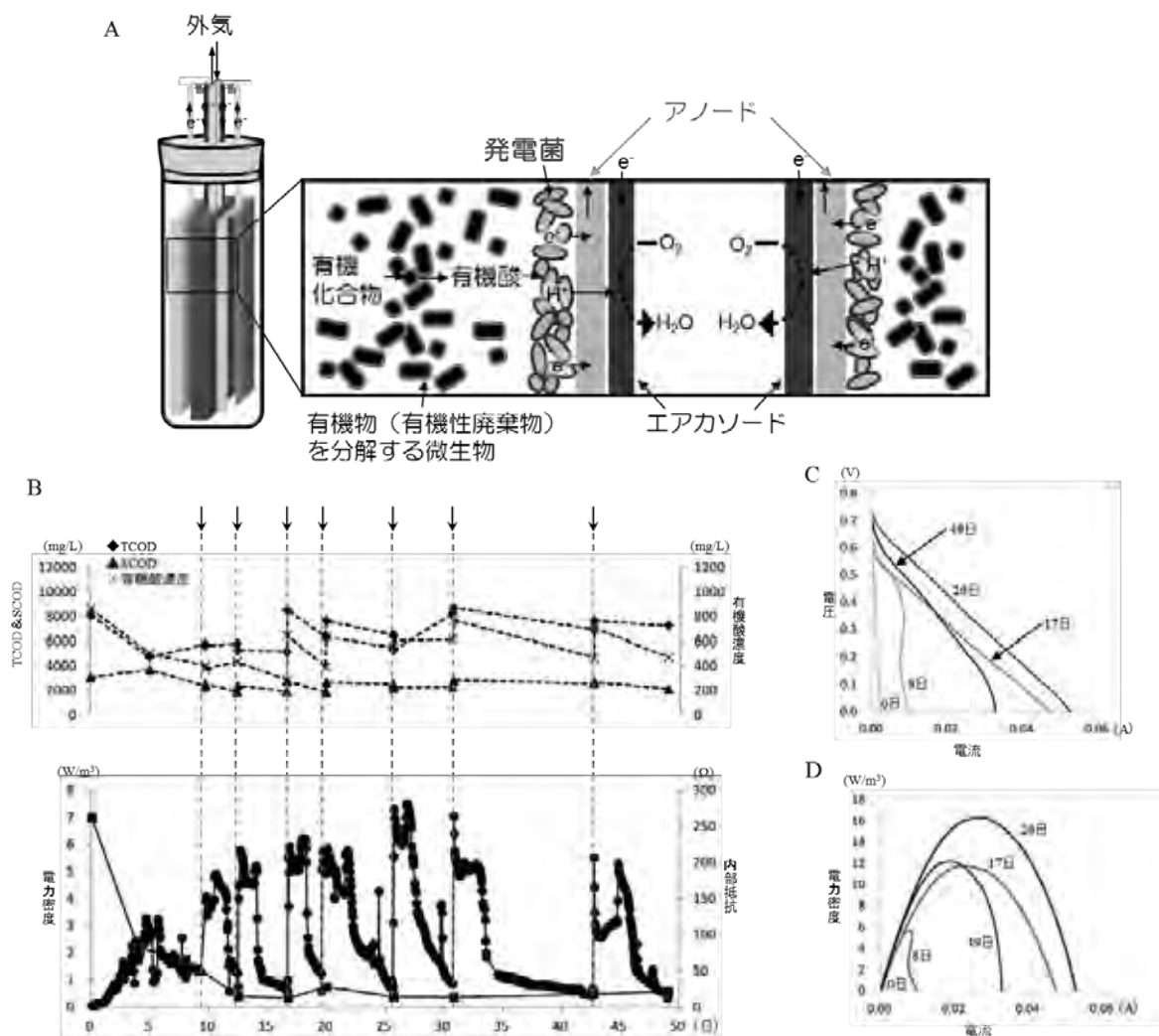


図2 牛糞尿を燃料とした微生物燃料電池について、用いたシステムの概略図 (A)、出力と各種測定値 (B)、I-V 曲線 (C)、及び、I-P 曲線 (D)。(B における矢印は回分処理を行った時点を示した)

た牛糞懸濁液に置換した（半回分処理）ところ、直後に出力が上昇し、その3日後には、 $11\text{W}/\text{m}^2$ にまで出力が上昇した。さらにその後、3～5日間の運転と半回分処理を繰り返した（49日間の運転で7回）ところ、26日目には $16.3\text{W}/\text{m}^2$ の最大出力を記録した。有機物処理効率については、運転開始時と半回分処理の前後に採取したサンプルについて化学的酸素要求量（COD）を調べることで算出した。但し、電解液には固形物が多く含まれているため、全COD（TCOD）と沈殿物を取り除いた上清のCOD（SCOD）のそれぞれについて測定を行った。最初の10日間で41.9%（TCODによる値）であった。またクーロン効率（全CODと流れた電流値から算出）は28.8%であった。この値は、下水を用いて同様の微生物燃料電池のシステムで行われた既往の研究と比較しても遜色のない値であったが⁸⁾、牛糞懸濁液のように固形状の有機物を含む場合、固形物が分解されて生じる可溶性の有機物が液相へ供給されるため、液相のSCODが高く維持される可能性が考えられた。運転開始から30～42日では、12日間半回分処理を行わずに運転を行った。下水や牛糞懸濁液上清のみを用いた場合では、長時間新たに基質を供給しなかった場合、出力はほぼ皆無になるまで低下するが、牛糞懸濁液の場合、出力は $1\text{W}/\text{m}^2$ まで低下した後、低い値とはいえ、発電が持続されることが明らかになった。COD測定の結果、SCODや有機酸濃度の値が30日目から42日目に渡り低い値を示すことなく、全体として比較的高く維持されていた。牛糞尿懸濁液をブレンダー破碎し、遠心分離した上清を用いた場合との比較から、牛糞懸濁液においては、長期間新たに基質の投入がない条件下においても、固形物の分解による液相への有機物の供給が持続的に起こっていたことが考えられた。

牛糞中には、多種多様な微生物が混在し、上記のリグニン、セルロース、ヘミセルロースなどを分解できる微生物が存在する⁹⁾。それらと協調的に発電へ寄与した微生物種を同定するため、牛糞懸濁液を用いた微生物燃料電池内のアノード電極に付着していたバイオフィルムの微生物群集構造を解析した。牛糞尿とアノードバイオフィルム、それぞれから抽出したDNAを用いてPCRで増幅させた16S rRNA遺伝子の塩基配列を決定し、データベースとの比較を行った。牛糞中（微生物燃料電池に投入する前のサンプル）には既往の研究同様、Bacteroidetes門やFirmicutes門に分類される微生物が多く検出され、今回検出されたFirmicutes門の細菌の80%以上は*Clostridium*属細菌であった。*Clostridium*属に分類される微生物が嫌氣的なセルロース分解を行うことが知られており、本研究で検出された*Clostridium*属細菌も牛糞中の常在

菌としてセルロース分解を行っている可能性が考えられた。また、Bacteroidetes、Firmicutes門の細菌においても、嫌氣的なリグニン分解を行うことが示唆されており、牛糞中の嫌氣的な有機化合物分解にこれらの門に分類される菌種が重要な役割を果たしている可能性が示された。一方、牛糞を用いた微生物燃料電池の発電中のアノード表面に形成されたバイオフィルムの微生物群集構造を調べたところ、Bacteroidetes、Firmicutes門の細菌以外に、*Geobacter*属細菌が多く検出された。上記の通り、*Geobacter*属細菌は細胞外の電子伝達能力に長けており、微生物燃料電池内で生成される有機酸などを電子供与体として電極への電子伝達を行っている可能性が示唆された。

4. おわりに

微生物燃料電池を用いれば極めて多様な有機物から電気エネルギーを回収することができる。しかし、その技術的未熟さや電池の製造コストなどの面で汎用な実用化には至っていない。現在、下水処理には確実に迅速な処理能力を持つ曝気処理が広く採用されているが、曝気処理には多大な電力を必要とするため、先進国で生産される電気エネルギー全体の約3%が水処理に費やされていると言われる⁶⁾。現在までに開発されてきた微生物燃料電池は発電性能だけに着目すると他の実用化されている発電技術と比べてまだ十分高いとはいえないが、有機廃棄物処理と併せれば、その省エネ効果と余剰汚泥の発生抑制効果など、有機物処理全体のコスト削減として魅力的な特徴を有する技術である。今後、実用化に足る高い性能を持った微生物燃料電池が開発され、産業化が実現し、汎用な実用化が進めば、さらに高性能な微生物燃料電池が開発されていくものと考えられる。微生物と電極との相互作用、微生物分解などに関する基礎的知見の蓄積や他の技術との併用・融合などにより、さらなる技術的進化を遂げて、エネルギー問題解決に向けた有用な技術の一つになることを期待したい。

参考文献

- 1) Lovley, D. R., Stolz, J. F., Nord, Jr., G.L., Phillips, E. J. P.: Anaerobic production of magnetite by a dissimilatory iron-reducing microorganism. *Nature*, 330, 252-254 (1987)
- 2) Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schroder, U., Keller, J., Freguia, S., Aelterman, P., Verstraete, W., Rabaey, K: Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environ. Sci. Technol.*, 40, 5181-5192 (2006)

- 3) Nevin, K. P., Richter, H., Covalla, S. F., Johnson, J. P., Woodard, T. L., Orloff, A. L., Jia, H., Zhang, M., Lovley, D. R.: Power output and columbic efficiencies from biofilms of *Geobacter sulfurreducens* comparable to mixed community microbial fuel cells, *Environ. Microbiol.*, 10, 2505-2514 (2008)
- 4) Yi, H., Nevin, K. P., Kim, B. C., Franks, A. E., Klimes, A., Tender, L. M., Lovley, D. R.: Selection of a variant of *Geobacter sulfurreducens* with enhanced capacity for current production in microbial fuel cells, *Biosens. Bioelectron.*, 24, 3498-3503 (2009)
- 5) Min, B., Cheng, S., Logan, B. E.: Electricity generation using membrane and salt bridge microbial fuel cells, *Wat. Res.*, 39, 1675-1686 (2005)
- 6) Janicek, A., Fan, Y., Liu, H.: Design of microbial fuel cells for practical application: a review and analysis of scale-up studies, *Biofuels*, 5, 79-92 (2014)
- 7) Inoue, K., Ito, T., Kawano, Y., Iguchi, A., Miyahara, M., Suzuki, Y., Watanabe, K.: Electricity generation from cattle manure slurry by cassette-electrode microbial fuel cells, *J. Biosci. Bioeng.*, 116, 610-615 (2013)
- 8) Watanabe, K., Miyahara, M., Shimoyama, T., Hashimoto, K.: Population dynamics and current-generation mechanisms in cassette-electrode microbial fuel cells, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 92, 1307-1314 (2011)
- 9) Maeda, K., Hanajima, D., Morioka, R., Osada, T.: Characterization and spatial distribution of bacterial communities within passively aerated cattle manure composting piles, *Bioresour. Technol.*, 101, 9631-9637 (2010)

研究紹介

JMS 汚泥の農地還元の検討

東京理科大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻

劉 明星

東京理科大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻

三村 和久 (三機工業(株))

東京理科大学 理工学部 土木工学科

出口 浩

キーワード：JMS-MBB 装置、小規模、省エネ、コンポスト

1. はじめに

下水道は、健康で文化的な生活を営む上で基盤となる施設である。下水道の役割は、水系伝染病の予防、浸水の防止、公共用水域の水質の保全、生活様式の改善、および都市の水資源などがある。

平成 25 年度の日本全体の污水处理人口普及率は 88.9%である。人口 100 万人の都市部の污水处理人口普及率が 99.5%に対して、人口 5 万人の地方部は 75.6%である¹⁾。人口 5 万人の地方部に対し污水普及の遅れを解消する必要がある。しかし、下水道の普及にともなって、処理する汚泥量は増加する。現在、汚泥は主に焼却し、焼却灰を産業廃棄物として処分している。通常、下水処理場は水処理施設と汚泥処理施設を併せ持つ。しかし、地方の財政などの面から、大規模の下水処理場を建設することはできない。そこで小規模で、汚泥の発生量が少ない下水処理装置が必要である。

本研究では小規模下水道の処理施設への適用を視野に入れ、処理に必要なエネルギーが少ない下水処理装置の一つである噴流搅拌固液分離槽 (Jet Mixed Separator; JMS) と「移動式好気性生物ろ過槽 (Aerobic Moving Bed Biofilter; MBB) を組み合わせた下水処理法の研究を行っている。図-1 は JMS-MBB 装置概要図である。図-2 に示すように流入下水に対し、急速



図-1 JMS-MBB 装置

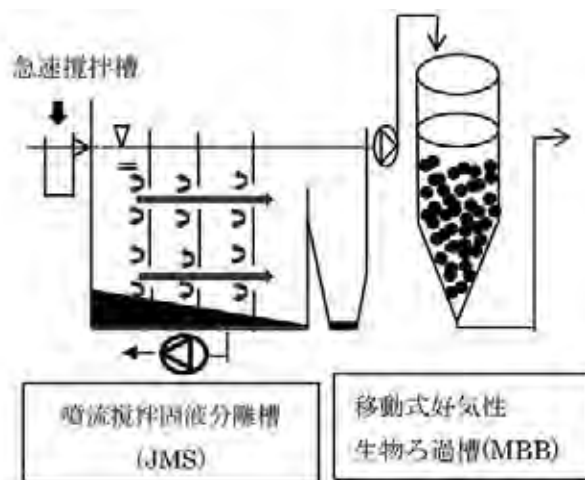


図-2 JMS-MBB 装置の概要

攪拌槽において凝集剤を注入し、攪拌混和後、JMSに流入させる。JMSでは、多孔板を通過する際に噴流により攪拌が生じ、それによりフロックの形成と成長が行われ、無動力で凝集沈殿される。JMSで沈殿した汚泥は、引き抜きポンプより系外に排出される²⁾。MBB装置ではアンスラサイト（無煙炭を破碎し粒状平均経約5mmにした）に付着している生物膜によって生物処理が行われる。

JMS-MBB装置の省エネ、小規模という利点に加え、廃棄物を出さないことに着目している。よって、JMS装置の汚泥をどうするのかを確立できれば、廃棄物を出さない装置とすることができる。そこで、JMS装置で生じた沈殿汚泥のコンポスト化を考えた。研究目的を以下の2つとした。第1に、JMS装置で生じた汚泥（以下：JMS汚泥）のコンポスト化の検討である。第2に、JMS汚泥のコンポスト（以下：コンポスト）が農地に還元できるか否かの検討である。

2. 実験方法

1) JMS-MBB装置の概要

JMSの容積は1.6m³であり、滞留時間は2.5時間である。使用した凝集剤は鉄凝集剤（Fe：6%）である。MBB装置は1m³であり、滞留時間は0.5時間である。MBB処理水量は12.5m³/日である。このプラントに実下水を供給した。

2) コンポストの作成

JMS装置から沈殿又はスカムとして浮上した汚泥を採取し、これと大鋸屑を副資材として混ぜた。60Lのポリバケツを用いて、その中で汚泥と大鋸屑を混和した。混和後の容積は約60Lとした。それをバケツごと地面に伏せ、バケツを取り除いて、小山を形成した。コンポスト混和後の含水率は、適切な値とされる50～60%を目指した³⁾。コンポスト化の進行を検知するため、形成した小山中心部の温度を自動的に計測した。コンポストに空気を注入するために、1週間に1度コンポストを切り返した。この切り返しは5回行い、42日程度時点で止めた。コンポスト温度の計測には、大起理化工業（株）のダイバー水位計DIK-610Aに付属している温度計を用いた。

3) 腐熟度の判定

コンポストを切り返してもコンポストの温度が上昇しない状況に至った場合に腐熟だと判断した。また、腐熟度に関して、円形汙紙クロマトグラフィによって検定した⁴⁾。方法は以下に示す。①No.5Cのろ紙をビーカーに入れる。②0.5%硝酸銀水溶液を加え、過剰の溶液を傾斜法により除く。③105℃の乾燥器に約2時

間放置し、乾燥させる。④乾燥ろ紙の最初の1枚目と最後の1枚は着色しているため棄却し、残りの物を実験に用いる。⑤供試試料を60℃で通風乾燥し、十分混和し、これを実験に用いる。⑥試料100mgに10mlの0.1N水酸化ナトリウム水溶液10mlを加え、ときどき振動しながら室温で16時間放置する。⑦その後、1000G、30分の遠心沈殿処理をし、上澄液を得る。⑧上澄液2mlを、ろ紙の一端を浸したのち、ビーカーを逆にかぶせ、蒸発を防止する。⑨20～30分程度でクロマトグラムを得る。展開の終了したろ紙は室内で乾燥させ、一定時間放置後、カラーフィルムで撮影し記録保存する。濾紙の外周部のリング状部位の内部に鋸歯状部位の発生によって腐熟度の進行が示唆された⁴⁾。

4) 小松菜の栽培

実験には、JMSコンポスト、川砂（市販）、バケツ、ポット、化学肥料、小松菜の種（市販）、を用いた。1ポットあたり3株栽培とし、表-1に示す肥料の条件を設定した。用いた肥料の効果を調査するために、肥料成分を含まないと考えられるよく洗浄した砂に小松菜を植えた。栽培して育った小松菜の体重、葉数で肥料効果を評価した。

表-1 小松菜栽培条件

条件	肥料の種類	肥料の量 [g]	砂の量 [g]	肥料の 含有率
I	コンポスト	30	600	5%
II	コンポスト	60	600	10%
III	コンポスト	80	400	20%
IV	コンポスト	150	300	50%
V	化学肥料（市販）	1.5	600	2.5%
VI	無し	0	600	0%

3. 実験結果と考察

1) 腐熟度の判定

図-3にコンポストの発酵に伴う温度の変化を示す。発酵最高温度は60℃に達した。1回目の切り返しによって、コンポストは発酵し続けた。最高温度は43.6℃に達した。2回目の切り返しと1回目の切り返しと同じように、温度は上昇し、最高温度は35℃に達した。3回目の切り返しで温度が上昇せず、外温とほぼ一致した。温度変化の結果により、汚泥は発酵し、3週間で発酵完了と示唆された⁵⁾。図-4に円形汙紙クロマトグラフィに示す。作成した直後のサンプルは

鋸歯状部位が確認できなかった。発酵2週間後のサンプルは鋸歯状部位が確認できたが、明瞭ではなかった。3週間、5週間後のサンプルははっきり鋸歯状部位が確認できた。以上の結果により、コンポストは発酵し、3週間で発酵完了と考えられる。

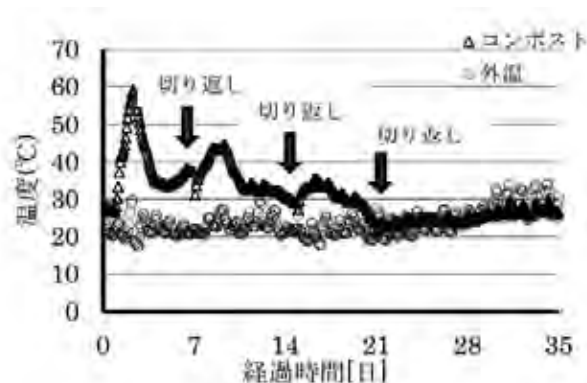


図-3 コンポストの温度変化



図-4 円形濾紙クロマトグラフィ

2) 小松菜の栽培結果

今回使うコンポストは発酵4週後の物を使用した。図-5に栽培から60日後の小松菜の地上部体重の平均値を肥料の使用量別に示す。コンポストの使用量が0%の時、平均体重は一株あたり0.26gで、標準偏差は0.06gである。コンポストの使用量が50%の時、平均体重は3.29gで、標準偏差は2.01gである。コンポストの使用量が10%の時、平均体重は6.13gで、標準偏差は5.9gである。コンポストの使用量が20%の時、平均体重は6.66gで、標準偏差は3.73gである。コンポストの使用量が50%の時、平均体重は8.01gで、標準偏差は5.08gである。また、化学肥料の結果は平均体重が6.61gで、標準偏差が0.52gである。図-6に栽培から60日後の小松菜の葉数の平均値を肥料使用量別に示す。コンポストの使用量が0%の時、3株の

平均葉数は3.3枚で、標準偏差は0.58枚である。コンポストの使用量が5%の時、平均葉数は6.7枚で、標準偏差は0.58枚である。コンポストの使用量が10%の時、平均葉数は7.5枚で、標準偏差は0.71枚である。コンポストの使用量が20%の時、平均葉数は8.0枚で、標準偏差は0枚である。コンポストの使用量が50%の時、平均葉数は7.3枚で、標準偏差は1.1枚である。また、化学肥料の結果は平均葉数が7.0枚で、標準偏差が0枚である。小松菜の体重と葉数の結果から、JMS汚泥のコンポスト化は小松菜に対して、効果があると示唆された。

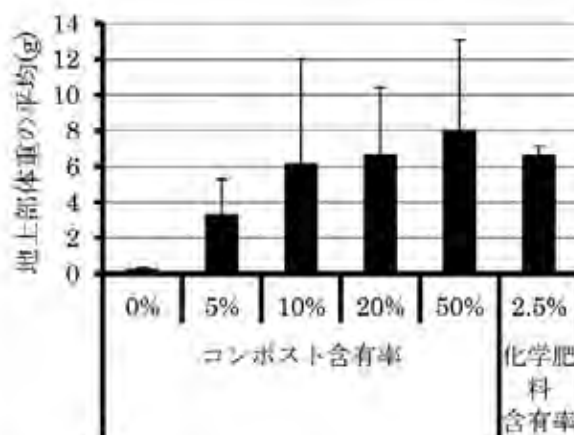


図-5 体重の結果

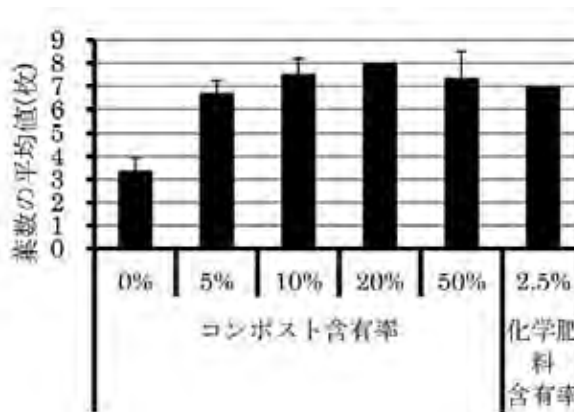


図-6 葉数の結果

4. まとめ

省エネ、小規模の下水処理装置（JMS-MBB装置）より生じた汚泥からコンポストを作成した。コンポストは約3週間で発酵が終了したと考えられる。作製したコンポストを用いて、肥料としての利用を検討したところ、小松菜に対して、その有効性が示唆された。これらのことから、JMS-MBBは処理を必要とする汚

泥が生じないプラントとなる可能性が高いと考える。

本研究において、コンポストの体積は 60 L である。発酵最高温度は 60℃ に達成した。しかし、病原菌や寄生虫、雑草の種子を死滅させるために 60℃ 以上の温度を数日間続けることが必要である⁶⁾。実用化される場合を考えると、堆肥の体積を増加すること、さらにそれを保温方法について考える必要がある。

謝辞

本研究にあたり、当時東京理科大学土木工学科の卒業研究生の米原秀将くんにご協力いただいた、ここに記して深甚の謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 国土交通省 平成 25 年度末の污水处理人口普及状況について
- 2) 相田、出口浩、矢澤賢一郎 渡辺義公：噴流攪拌固液分離槽による前凝集沈殿処理と好気性ろ床を組み合わせた下水処理法、第 47 回下水道研究発表会講演集、平成 22 年度 p.798
- 3)、5) シーエムシー出版 コンポスト化技術による資源循環の実現 監修：木村俊範
- 4) 井ノ子昭夫：円形ろ紙クロマトグラフィによる都市ごみコンポストの腐熟度の簡易検定法、日本土壤肥料料雑誌 第 50 巻 第 2 号 (1979)
- 6) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所 研究管理監 羽賀清典 良質たい肥の生産と利用の促進について

Q & A

地方公共団体と民間活力との連携について

キーワード：民間活力、PFI 事業、コンセッション

Q1 下水道事業における地方公共団体と民間活力との連携とは、具体的にどのようなことなのでしょう。

A1 下水処理施設の設計・建設や運転管理、下水道資源の有効利用事業等を行う際に、地方公共団体が、民間の人的・技術的・経済的資源を幅広く取り入れて事業を実施し、効率的で持続可能な下水道サービスを提供することです。

下水道に関する専門的技術やマネジメント能力を有する人員の確保が難しくなっている等の理由から、地方公共団体と民間活力との連携が進められており、事業の効率化、業務品質の維持・向上に資することが期待されています。

Q2 民間活力との連携にはどのような手法がありますか。

A2 連携の手法としては、PPP（Public Private Partnership）といわれる複数の手法があります。

PPP とは、民間の経営資源を取り入れ、官と民間とのパートナーシップにより公共サービスを提供する手法で、仕様発注方式、包括的民間委託、指定管理者制度及び PFI（Private Finance Initiative）方式といわれる手法を含むものです。

Q3 仕様発注方式と包括的民間委託の大きな違いは何ですか。

A3 仕様発注と性能発注という点で大きく異なります。

仕様発注方式による民間委託とは、施設の維持管理業務のうち、処理施設の運転操作や保守点検、管路施設の清掃や調査業務等について、業務仕様書に記載された内容を満たす役務の提供を行うことです。施設の維持管理は、下水道管理者の指導・監督のもとに民間事業者が実施します。

一方、包括的民間委託とは、下水道事業のサービスの質を確保しつつ、民間の創意工夫を活かした効率的な維持管理を行うための方式です。原則として、「性能発注であること」、「複数年契約であること」とされ

ています。民間事業者が施設を適切に管理し、一定の性能を発揮することができれば、運転方法の詳細等については、自由裁量に任せるという考え方で、処理施設の運転操作等のほか、物品管理（電気、燃料、処理薬品、消耗品等の調達・使用）の業務等を包括的に提供するものです。

包括的民間委託を導入する際には、含める委託範囲を定める必要がありますが、委託業務の効率化によるコスト縮減効果のみではなく、管理の合理化や高度化、災害時の迅速な対応など、委託する業務や施設、地域の特性を踏まえた様々な視点からの検討が必要です。

地方公共団体のマネジメント能力やこれまでの蓄積された知識・技術と、民間事業者の実務能力やノウハウをバランスのとれた形で融合することによって、官民のより良いパートナーシップを構築し、住民サービスの向上を図ることが重要です。

Q4 PFI とは、どのような仕組のことでしょうか。

A4 PFI とは、民間の資金や経営能力及び技術的能力を活用して、公共施設等の建設、維持管理、運営等を行う手法です。

「民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律（PFI 法）」に基づき実施するもので、民間による資金調達が特徴です。

PFI 事業により、①同一水準のサービスをより安く、又は同一価格でより良質なサービスを提供すること、②官民の適切な役割分担に基づくパートナーシップの形成、③新たな事業機会の創出による経済の活性化などが期待できます。

従来から実施されている手法では、施設の設計・建設・維持管理・運営を個別に民間に委託、又は地方公共団体が直接実施していましたが、それらを PFI 事業者が一体的に長期にわたって実施します。

地方公共団体は、事業計画を検討する際に、提供するサービス内容や水準を決定し、条件を設定して事業の執行を管理します。

Q5 PFI 手法にはどのような分類方法がありますか。また、導入の際の留意点はありますか。

A5 PFI 手法は、建設から維持管理までの一体的な運営方法であり、事業費の回収方法による分類と施設の所有形態による分類に区分されます。

事業費の回収方法による分類としては、①民間事業者が料金を設定し、利用者から徴収する独立採算型、②民間事業者に必要なサービス対価を公共部門が支払うサービス購入型、③独立採算型をベースに公共部門が事業費等の一部を負担する混合型等があります。

また、施設の所有形態としては、① BTO (Build・Transfer・Operate) 方式、② BOT (Build・Operate・Transfer) 方式等があり、移管と維持管理・運営の順序、所有権を移転（移管）する、しない等の違いによって分類されます。

PFI 導入の際は、事前の十分な事業評価、公平性・透明性の確保、事業の収益性の評価、長期にわたる公共の債務負担、補助金等の適用といった点に留意する必要があります。

Q6 コンセッション方式とは、どのような方式のことですか。

A6 コンセッション方式（公共施設等運営権を設定した方式）とは、公共施設の所有権を民間に移転せず、民間事業者に対して、インフラの事業運営に関する権利を長期にわたって付与する方式です。平成 23 年 6 月の PFI 法の改正により、コンセッション方式の導入が可能となり、利用料金収入をもとに事業を実施している公共施設への PFI 事業の導入拡大が期待されています。

Q7 DBO とは、どのような方式のことですか。

A7 DBO (Design・Build・Operate) とは、公共が資金調達を行い、施設の設計や建設、維持管理や運営を民間事業者に一括して委託する事業方式のことです。

PFI との違いは、資金調達を公共が担う点にあります。

また、設計・建設までを委託する DB 方式、設計・建設を委託し、別途、維持管理・運営業務を委託する「DB + O」方式等の事業形態もあります。

事業方式を選定する際は、地方公共団体と民間事業者の強みを最大限発揮できるように、双方の役割・リスク分担を明確にし、総合的な判断により最も望ましい方式を採用することが大切です。

(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)

現場からの

声

広島市旭町水資源再生センターの 脱水ケーキ含水率について

キーワード：脱水ケーキ含水率、処理区の特徴、脱水処理の維持管理、凝集剤

1 はじめに

昨年大河ドラマの主人公黒田官兵衛は、豊臣秀吉に仕え大坂城や聚楽第の建設に携わったとされる。

天正17年、毛利輝元はその大坂城、聚楽第を模範とし、広島城の縄張り、普請を開始した。

以来、広島は、毛利藩、福島藩、浅野藩の城下町として、山陽道の中核都市^{りじょう}として発展してきた。

広島城は、別名「鯉城」と呼ばれ、東・南小天守を



写真-1 広島城

広島市下水道局管理部 旭町水資源再生センター

水質検査員 中田 勝三
技術士（下水道）

従えた五層五階の連結式天守を持ち、88とも136とも言われる櫓数を誇る名城であった。

しかし、昭和20年8月6日の原爆投下により、一瞬にして倒壊し、現在の天守は、昭和33年に外観復元されたものである。（写真1）

広島市の下水道は、明治41年に事業着手したものの原爆により施設が全壊し、戦後はゼロからのスタートとなった。

そして昭和26年に改めて公共下水道事業に着手した。

平成25年度末現在、下水普及率は94%で、東から



（注：和田水資源再生センターは特定環境保全公共下水道）

図-1 広島市公共下水道計画図

流域下水道である東部浄化センター（以下「東部」、公共下水道の旭町水資源再生センター（以下「旭町」、他のセンターも同じ）、千田水資源再生センター、江波水資源再生センター、西部水資源再生センターの5か所で下水処理している。（図1）

東部、西部は分流式で濃縮（重力・遠心）・消化・洗浄の後脱水処理、旭町、江波、千田は、合流式で濃縮（重力）後脱水処理を行っている。

2 脱水ケーキ含水率、濃縮汚泥の濃度及び有機分

（1）脱水ケーキ含水率

脱水ケーキ含水率（以下「含水率」）は過去5年常に旭町、江波、千田の順に高くなっている。（表1、図2）

旭町の平成25年度の含水率が、最も低く71.1%であった。

表1 含水率 (%)

センター\年度	21	22	23	24	25
旭町	71.5	71.5	72.0	73.0	71.1
江波	74.2	75.2	74.3	74.2	74.5
千田	77.0	76.9	75.8	76.8	77.4

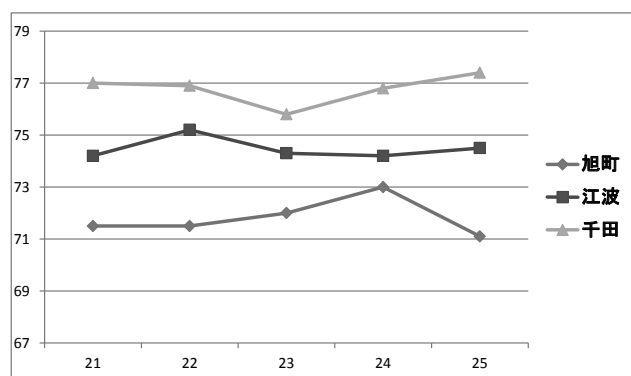


図-2 含水率

表2 濃縮汚泥の濃度及び有機分 (%)

センター\年度		21	22	23	24	25
旭町	濃度	3.3	3.0	3.0	2.7	3.1
	有機分	75.8	78.3	79.2	75.2	66.7
江波	濃度	2.9	3.3	2.8	3.1	2.7
	有機分	74.8	75.3	77.5	75.2	76.8
千田	濃度	2.8	2.9	2.8	2.8	2.7
	有機分	80.4	86.2	86.4	88.1	86.0

（2）濃縮汚泥の濃度及び有機分

旭町の濃縮汚泥濃度は、江波と同程度で3%前後、千田の汚泥濃度は5か年平均で2.8%だった。

千田の濃縮汚泥有機分は、5か年平均で85.4%であった。一方、旭町、江波の濃縮汚泥有機分は過去5年常に80%を下回り、旭町の平成25年度は、66.7%だった。（表2）

3 旭町の含水率が低い要因

（1）処理区の特徴

千田処理区は、広島城を要とした菱形の三角州にあり、市役所、区役所、県庁、合同庁舎などの官庁街、ビジネス街、流川などの繁華街、市内最高の複合ビル（166 m）などから成り、広島市の中核部であり、市内で最も都市化が進んだ処理区である。

一方、旭町、江波処理区は、商業、住居地域が中心で、旭町には黄金山（標高222 m）、比治山（70 m）が、江波には皿山（52 m）、江波山（38 m）が含まれる。

これらはかつて広島湾に浮かぶ小島であった。

旭町、江波はこれらの山地から雨天時に土砂などの無機分が流入していると考えられる。

濃縮汚泥濃度が3%程度あり、有機分がつねに80%を下回することは、そのまま含水率の向上に繋がっていると考ええる。

（2）脱水処理の維持管理

旭町の脱水機は、高効率のベルトプレス型で、平成12年10月から使用している。（表3）

濃縮汚泥濃度3%は確保しており、含水率が74%以下であれば脱水機の性能を満足していると評価できる。

脱水機は設置後10年以上経過し、老朽化が進んでいるにもかかわらず、含水率はつねに74%以下であり、性能以上の能力を発揮しつつあると言える。

これは、日頃の点検、異常の早期発見、迅速な対応など脱水処理の維持管理が適切に行われているためである。

表3 脱水機仕様

型式	高効率形ベルトプレス脱水機
ろ布幅	2.5 m
ろ過速度	150kg・DS / m・Hr
汚泥性状	重力濃縮汚泥 3 %
薬注率	1 液調質 高分子凝集材 0.8%
ケーキ含水率	74%以下
電動機	5.2kW

脱水機運転中は、通常 10 分おきに脱水機の運転状況、供給汚泥や脱水ケーキの性状などをチェックしている。

汚泥処理系全体の巡視、点検は 2 時間おきに実施している。

(3) 凝集剤

- a アミジン系高分子凝集剤
- 脱水機の更新に伴い、凝集剤を消石灰・塩化第二鉄から高分子凝集剤へ変更した。
- 凝集剤を変えたことにより、含水率は高くなった。
- 脱水機更新前の平成 11 年度の含水率は、平均 60.5%であった。
- 高分子凝集剤は、アミジン系を使用しているが、他の高分子凝集剤を用いて実機による脱水試験を行ったが、含水率に大きな差はなかった。
- しかし、アミジン系は他の高分子凝集剤に比べ供給汚泥の性状変化に対応し易いことがわかっていてる。
- b ポリ硫酸第二鉄
- 脱水機の更新にともない凝集剤を変更し塩化第二鉄を使用しなくなったため、硫化水素が発生し、作業環境が悪化した。
- このため、ポリ硫酸第二鉄（以下「ポリ鉄」）

を注入し、作業環境の改善に努めた。

注入率は、1.1 ～ 1.3%（ポリ鉄固形物／濃縮汚泥固形物）で初沈汚泥分配槽（以下、「分配槽」）に注入した。

平成 25 年 5 月から 9 月まで試験的にポリ鉄を濃縮槽に直接注入した。

この間、分配槽に注入していた時より、濃縮汚泥濃度は高く、含水率は低かった。（表 4）

しかし、作業環境の改善には繋がらなかった。

現在は、より作業環境改善効果の高い分配槽への注入に戻している。

ポリ鉄の注入は、1 液調合に比べれば含水率の向上に寄与していると考ええる。

- c セメント
- 旭町の合流式下水道の改善として、平成 25 年 8 月から雨水滞水管の建設工事が開始された。
- 旭町内でシールド発進立坑の掘削を開始し、掘削汚泥は、沈殿槽でセメントにより固液分離した後搬出されている。
- 上澄水は、旭町で処理している。
- 今のところ含水率への影響は見られないが、水処理の活性汚泥に影響が現れ始めた。（図 3）
- 今後、汚泥処理にも影響が現れ含水率が低下すると思われる。

表 4 濃縮汚泥濃度および含水率（平成 25 年度）

月	濃度	含水率	注入箇所
4	2.9	71.4	分配槽
5	3.2	70.7	分配槽→濃縮槽
6	3.2	70.8	濃縮槽
7	3.8	69.1	
8	3.5	70.3	
9	2.6	72.3	濃縮槽→分配槽
10	3.2	70.4	分配槽
11	3.2	71.9	
12	2.7	72.6	
1	2.9	72.5	
2	3.4	71.9	
3	3.5	71.1	
平均	3.5	70.1	濃縮槽
	3.1	71.7	分配槽

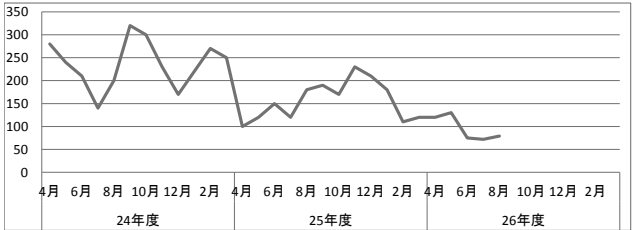


図 -3 SVI の経年変化

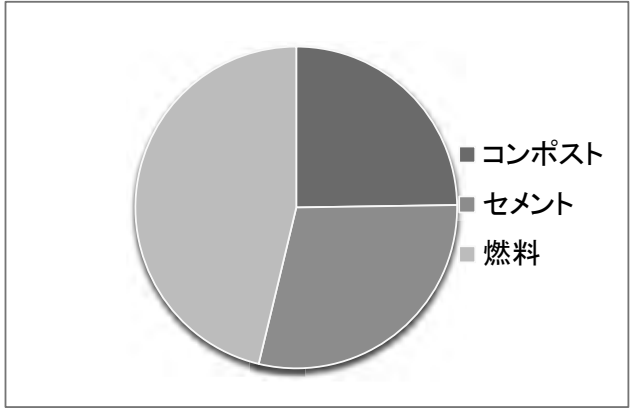


図 -4 再利用状況

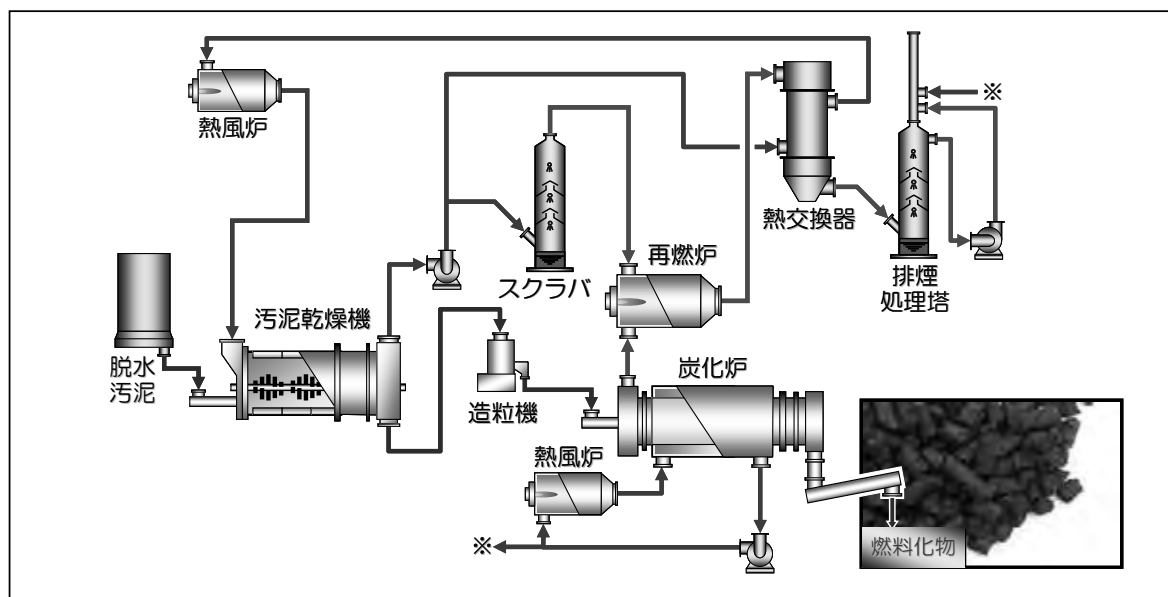


図-5 燃料化施設システムフロー

4 おわりに

広島市下水道局は、平成 19 年 4 月下水処理場を水資源再生センターへと名称変更した。

名称のとおり、脱水ケーキは 100%再生利用している。(図 4)

最も再生利用率が高いのは、46%を占める燃料化で平成 24 年 4 月から西部において汚泥燃料化施設（処理能力：50 t/日、2 基）が稼働している。(図 5)

今や全国区となった「カープ女子」人気で優勝を争

うチームとなった広島カープ、名前の由来は鯉城にあるが、本拠地はマツダスタジアムである。(写真 2)

マツダスタジアムの地下には、雨水貯留施設（容量：14,000m³）があり、雨水の排除とともに、一部をスタジアム正面ゲート前の「あまおとのこみち」の流水として利用している。

各センターの処理水は、ブローア冷却水、消泡水、ポンプシール水などに使用されているが、下水工事の管洗浄水や公園緑地への散水にも使用されている。

また、イベントとして納涼のため、打ち水にも利用している。



写真-2 マツダスタジアム

文献紹介

スウェーデンの4つの長期連用圃場試験から土壤微生物と作物の金属吸収に対する下水汚泥施用の限定的効果を明らかにする

Four Swedish long-term field experiments with sewage sludge reveal a limited effect on soil microbes and on metal uptake by crops
Gunnar Börjesson & Holger Kirchmann & Thomas Kätterer
The Journal of Soils and Sediments 14 164-177 (2014)

スウェーデンでは政治的な目標として、排水中のリン化合物を2015年までに60%以上回収し農地に還元することを掲げており、2010年には下水汚泥の25%が農業に利用された。これは同じ北欧圏のノルウェー57%とデンマーク54%よりも低いが、フィンランドの3%より高い利用率である。廃水中の重金属や他の汚染物質の低減を目的とするReVAQプロジェクトは、スウェーデンの水と廃水協会が運営する汚泥の認証システムと連携している。今日では、汚泥の50%以上がReVAQによる認証を受けているが、未だにカドミウム(Cd)等の重金属が農地に蓄積する懸念が取りざたされている。そこで本論文の著者らは、下水汚泥施用が作物の収量と土壤微生物のバイオマスおよび群集構造におよぼす影響を調査し分析した。

1956年から下水汚泥の連用試験を行っているUltuna、1997年からのLanna、1981年からのPetersborgとIgelösaの異なる地域に位置する4圃場から表層土(0~0.20m深)を採取し、土壤の有機物含量の指標として全炭素と全窒素を、pHおよび土壤微生物バイオマスや群集構造の指標となるリン脂質脂肪酸(PLFAs)を分析した。土壤と作物体はCd等の重金属を含む無機成分を分析し、収量を測定した。

4圃場全てで下水汚泥施用は土壤の有機物含量を増加させ、土壤pHを低下させた。Ultunaは他の圃場よりも土壤中の重金属濃度が高かった。これは長期連用試験の開始時に重金属濃度が高い下水汚泥を施用したためである。例えば下水汚泥中のCdは、1972年には 9.1mg kg^{-1} に達した後急激に低下し、2009年には 0.65mg kg^{-1} であった。Ultunaでは1970年代以降重金属濃度の上昇は観察されていない。しかし銅(Cu)は例外で、汚泥中の濃度が高いままで、土壤のCu濃度は徐々に上昇し、全圃場で汚泥施用区の土壤Cu濃度は高かった。著者らは、原因として水道管から飲料

水へCuが溶け出し最終的に下水汚泥にCuが濃縮したことを指摘するとともに、2008年以降は処理技術の発達によって金属の除去が徹底されていることについても言及している。収量は4圃場全てで、下水汚泥施用によって増加した。元々土壤の金属濃度が高いUltunaでサイレージ用トウモロコシのニッケル(Ni)と亜鉛(Zn)濃度が高くなった以外、下水汚泥施用による作物の金属濃度上昇はなかった。

全ての試験圃場で、土壤中の全PLFAs濃度は下水汚泥施用区で最も高かった。Lannaでは、下水汚泥とともに金属を水溶性の塩で施用した試験区で全PLFAs濃度が最も高く、添加された金属は微生物に全く影響を与えないことが示された。PLFAsから推定される微生物群集構造は、下水汚泥施用の有無よりも圃場間でより大きな違いを示した。よって、各地域の理化学的および物理的な土壤特性についてより詳細な情報を把握することは、微生物群集構造を理解するのに重要であると考えられる。

以上の結果より本論文の著者らは、下水汚泥の施用は土壤有機物の見地から土壤肥沃度を上げ微生物バイオマスと収量を増加させること、下水汚泥とともに土壤に添加された金属は土壤微生物に対して毒性を示さなかったと判断した。Ultunaの下水汚泥施用土壤の重金属濃度は、Chaperon and Sauvé (2007) 算出の脱水素酵素やウレアーゼの酵素活性が50%になる重金属濃度よりも高かったにもかかわらず、本研究では土壤微生物活性や群集構造に負の影響は現れなかった。これについて著者らは、土壤有機物の影響を考慮するべきであり、最も強い阻害性を持つ金属元素の特定とその閾値、正確なメカニズムを知るためにさらなる調査が必要だとしている。また、下水汚泥施用によってZnが全ての圃場で有意に増加したこと、50年以上連用を続け土壤pHが4.88まで低下したUltunaのみ下水汚泥施用による作物のNiとZn濃度上昇が認められたことについて、チオバチルス属によるNiとZnの可溶化はpH 6~6.5ですでに開始されることを述べ、これらが関与した可能性を指摘している。

(農業環境技術研究所 主任研究員 杉山 恵)

文献紹介

10L 規模の上向流式微生物燃料電池による有機物と窒素の除去実験

Ling-ling Zhao and Tian-shun Song
Water Science & Technology, 69.2, 2014, P293-297

1. 研究概要

本研究では、有機物と窒素の同時除去を目的として 10 リットル規模の反応槽容積を持つ上向流式微生物燃料電池 (UMFC) が作成され、運転実験が行われた。

人工下水を基質に用いた 6 か月の運転の間、有機物及び窒素の除去と電気の発生が確認された。カソード槽の溶存酸素濃度 5mg/L、外部抵抗 100 Ω 、pH6.5 の条件で最大の電力密度 ($P_{\max}$) 19.5mW/ m^2 と硝化速度 17.9mg/(L・日) が得られた。

鶏糞肥料排水を基質とした運転では、リン酸緩衝生理食塩水 (PBS) を 50mM 加えることで $P_{\max}$ 16.2mW/ m^2 、COD 除去率 94.1% が得られ、アンモニアのほとんどが UMFC のカソードにおける生物学的脱窒で除去されることが確認された。

2. 背景と目的

微生物燃料電池 (MFC) は、微生物を用いて様々な有機物に蓄えられた科学的エネルギーを直接電気エネルギーに変換するもので、世界的に注目を集めている。

MFC は上向流式嫌気性汚泥ブランケット法 (UASB) と組み合わせて、上向流式微生物燃料電池 (UMFC) を形成することができる。本研究では、10L 規模の UMFC を作成して人工下水と鶏糞肥料排水を基質に用いて有機物と窒素の除去に関して処理性能を調査した。

2. 実験装置

UMFC はアノード電極を設置したアノード槽 (有効容量 5,000ml) とカソード電極を設置したカソード槽 (有効容量 5,000ml)、及びこれらを仕切るプロトン交換膜 (面積 113 cm^2) と両電極を接続する導線及び外部抵抗 1000 Ω で構成された。電極には 20cm × 40cm のカーボンフェルトが用いられた。アノード槽とカソード槽はどちらも上向流式で、汚水はアノード

槽の底部から流量 4.6mL/min で流入させて上部から越流させ、これをカソード槽の底部に流入させて得た上部越流水が処理水とされた。アノード槽の上部にはガス分離器を設置し、槽内で発生したガスを捕捉して槽外に取り出された。アノード槽は上端から下端に 1000% 返流が行われた。

アノード槽に嫌気性汚泥、カソード槽に好気性汚泥を植種して、人工下水を用いて行われた 6 か月間の馴養後、人工下水 (グルコース) を処理する実験が行われ、さらに実際の鶏糞肥料排水 (COD 1,152.3mg/l、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 18.6mg/l、pH7.4) を対象とする処理実験が行われた。

4. 実験結果

(1) 人工下水を基質に用いた実験

1) 溶存酸素濃度の影響

従来から MFC では酸素を電子受容体として用いることが多く、さらに硝化反応にも酸素が用いられることから、カソード槽での溶存酸素濃度 (DO) が発電と硝化に与える影響が調べられた。

DO が 0.5mg/l のとき平均出力電圧は 35mV だったが、DO を増加させると出力電圧は大幅に上昇し、5.0mg/l で出力電圧は 590mV となった。5.0mg/l を超過後は出力電圧の上昇が鈍化した。

硝化速度は表 -1 の通りであった。DO が 5.0mg/l で最大の硝化速度を得て、それ以上の DO では硝化速度は上昇しなかった。

これらから、このシステムでの最適な DO は 5.0mg/l と考えられた。

2) 外部抵抗の影響

表 -1 DO と硝化速度

DO mg/l	硝化速度 mg/(l・日)
0.5	0.5
1.5	0.65
3.5	4.85
5.0	6.7
6.5	6.7

DO を 5.0mg/l に固定して、外部抵抗が UMFC に与える影響が調査された。外部抵抗を 10 Ω から 1,000 Ω までいくつかの値で実験し、それぞれ実験で得られた最大電力をアノード電極の面積で除した最大電力密度 ($P_{\max}$) を調べた結果、 $P_{\max}$ は外部抵抗が小さいほど大きくなり、外部抵抗 10 Ω で最大の $P_{\max}$ 19.5mW/㎡ が得られた。一方、硝化速度は 100 Ω で最大の 14.3mg/ (l・日) が得られた。外部抵抗が小さければ電流値は増大するが、過大な電流はカソードでの微生物反応に悪影響を及ぼすことが推察された。

3) pH の影響

カソード槽の DO を 5.0mg/L、外部抵抗を 100 Ω とし、pH を 6.0 から 7.5 まで 0.5 間隔で変化させてその影響が調査された。

$P_{\max}$ の最大は pH6.5 で得られた 19.5mW/㎡ で、pH7.0 の $P_{\max}$ が次に大きな値となった。pH6.0、pH7.5 ではこれらよりも低い発電性能となった。緩衝液を用いなかった場合に $P_{\max}$ は最小の 11.5mW/㎡ になったことから、緩衝液が微生物環境を安定化させ発電効率向上に寄与することが示された。

硝化速度は pH6.5 で最大の 17.9mg/l、pH6.0 で最小の 12.4mg/l となった。従来の MFC を連続運転するとカソード槽で pH が上昇し出力電圧が低下するが、硝化反応は pH を低下させる方向に働くため、pH の上昇を抑える働きがある。

(2) 鶏糞肥料排水を基質に用いた実験

鶏糞肥料排水にリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) を加えて伝導率を増加させ、PBS が UMFC の性能に与える効果について調査された。PBS 濃度を 50mM、25mM、0mM に段階的に変化させたところ、50mM で UMFC の内部抵抗値が最小となり、最大の出力電圧及び電力 (それぞれ 500mV 及び 16.2mW/㎡) が得られた。

COD 除去率では PBS が 50mM で最大の除去率 94.1% が得られた。

アノード槽出口でのアンモニア性窒素濃度は、槽内の嫌気性反応によって流入濃度の概ね倍に上昇するが、カソード槽内の硝化反応により、どの PBS 濃度でもカソード槽流出部ではほとんど検出されなかった。

5. まとめ

本研究では、10L 規模の UMFC によって人工下水から 19.5mW/㎡、鶏糞肥料排水から 16mW/㎡ の電力密度が得られた。また COD 除去と $\text{NH}_3\text{-N}$ 除去についても良好な結果が得られた。研究で得られたいくつかの操作因子に関する UMFC の振る舞いは、今後の UMFC 最適化に資するである。

(日本下水道事業団技術戦略部

資源技術開発課課長代理 岩崎 旬)

講座：エネルギー化技術の最新動向について

堺市下水再生水複合利用事業 について

堺市上下水道局下水道部下水道計画課

主査 池田 聡志

キーワード：下水再生水、下水熱、カスケード利用、複合利用

1. はじめに

堺市は大阪平野の中南部、大和川を挟んで大阪市の南に位置（図1）し、歴史と文化を有する都市である。

古く4～5世紀には、世界三大墳墓の一つである仁徳陵古墳をはじめ、100数基から成る百舌鳥古墳群が

造られた。その後中世には、世界各国の人・物・情報が盛んに行き交う国際貿易都市として繁栄し、巨大な財力と豊かな市民文化を誇る日本有数の「自由・自治都市」となり、「ものの始まりなんでも堺」の進取の気風により、常に新たな時代を切り拓き、線香、包丁、自転車など多くの新しい技術を導入・発信しながら発展してきた。

その様な進取の気風を活かし、堺市北西部にある三宝下水処理場では、臨海部の堺浜地区約300haの工業用水の需要拡大に伴う安定的な水量確保を目的に、日本最大規模の日量約34千 m^3 を送水する、「堺浜再生水送水事業」を平成21年度より実施している。

また、同処理場では、阪神高速大和川線の建設に伴う機能移転時に仮設のMBR施設を導入し、MBR施設としては日本最大規模の日量60千 m^3 の水処理を行っていた。

現在は機能移転工事が完了し、同処理場におけるMBR施設としての役目は終了したが、MBR施設の一部を泉北下水処理場へ移設する事業に着手している。

本稿では、次の新たな取組みとして三宝下水処理場と同処理場東側の鉄砲町地区で計画している「下水再生水複合利用事業」（以下、「本事業」という。）について紹介する。

2. 下水道と未利用エネルギー

下水道事業は水処理工程等で多くの電力を消費しており、堺市の事務及び事業活動に伴って排出される温



（図1）堺市位置図

室効果ガスの約1割を排出している。また、発生源別内訳では、水処理タンク内での生物反応に起因して発生する N_2O や CH_4 と、処理に必要な送風機等の機器の電力消費で下水道事業全体の温室効果ガスの99%を占めている。

一方、下水道は処理水の再利用、熱・バイオマスエネルギー利用と処理場敷地空間の活用等、多くのポテンシャルを有しているが、そのポテンシャルを有効利用するための財源措置等が確立されていないため、全国的にみても処理水の有効利用は約1.3%、下水汚泥のエネルギー利用は約13%である。

この様な中、堺市において下水再生水を活用した、「熱利用」と「せせらぎ用水利用」を同時に行う「複合利用」を全国で初めて取り組む事となった。

3. 事業実施の背景と地域特性

堺市建設局では、三宝下水処理場から南東約2kmにある内川水系の水環境の改善のため、平成10年に「仁徳陵・内川水環境再生プラン」を策定し、水量・水質・水辺環境を一体のものとして捉え、良好な水環境の実現に向けた総合的対策を推進している。

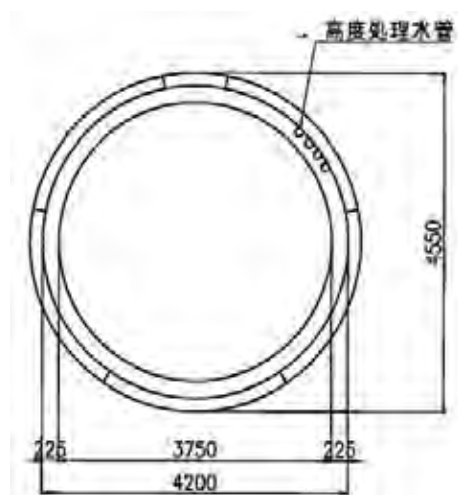
また、「仁徳陵・内川水環境再生プラン」では、長期計画として下水再生水を活用した施策がある。

堺市上下水道局では、三宝下水処理場から東約1.0kmまでのシールド管の整備時に「堺浜再生水送水事業」の実績及び「仁徳陵・内川水環境再生プラン」等の再生水需要拡大に備え、シールド管の二次覆工内に再生水送水管 $\phi 75\text{mm}$ を4本布設(図2及び図3)した。

一方、鉄砲町地区では、阪神高速大和川線事業のため株式会社ダイセル(以下、「ダイセル」という。)の堺工場北部の大和川隣接土地が収用されることに伴



(図2) 鉄砲町付近図



(図3) シールド管断面図



(図4) イオンモールイメージ(イオンより)

い、イオンモール株式会社(以下、「イオン」という。)は残存地(以下、「計画地」という。)の周辺環境及び敷地面積に着目し、大型商業施設(図4)の開発計画を検討していた。

しかし、計画地の用途は「工業地域」であったことから、平成24年5月28日にイオンから堺市に都市計画法第21条の2の規定に基づく地区計画(開発整備促進区)の都市計画提案がなされ、平成25年8月19日に堺市が都市計画決定を行った。

この都市計画決定を受け再生水事業の協議が本格化することとなり、既設の再生水送水管を利用して、計画地付近を経由し、内川へ放流するという事業の全体構想が固まった。

4. 省エネルギー商業施設計画

イオンでは「イオンのecoプロジェクト」並びに地域貢献を目指した「スマートイオン」の具現化を推進

するとしており、都市計画提案と並行して、平成 23 年度環境省サステナブル都市再開発促進事業及び平成 24 年度経済産業省スマートコミュニティ構想普及支援事業の両事業の採択を受け、計画地に潜在する未利用エネルギー利用モデルについて、学識経験者等で構成する検討会（以下、「検討会」という。）を設置し、検討を行っていた。

検討会では、下水再生水、河川水、未処理下水、地下水、地中熱、高速道路排熱を対象に、実施例、コスト、技術、規制、まちづくりの項目で評価を行うこととしており、検討会からの依頼に基づき、堺市上下水道局から三宝下水処理場の下水再生水に関する情報提供を行った。

検討会にて総合的に評価を行った結果、計画地に存在する未利用エネルギーの中で省エネ・環境性・経済性の面で最も高い効果を得られるものは下水再生水の熱利用であると結論（表 1）付けられた。

イオンでは、検討会の結論に基づき、具体的に下水再生水の熱利用についての設備機器の選定に入ると共に、堺市上下水道局に対し下水再生水の供給依頼を行った。

（表 1）未利用エネルギー比較（イオンより）

	実施例	導入コスト	技術	施設	まちづくり	総評
下水再生水	○	○	△	○	◎	◎
河川水	○	△	△	△	△	△
未処理下水	○	△	○	△	△	○
地下水	○	△	△	○	△	△
地中熱	△	△	○	○	△	△
高速道路排熱	△	△	△	△	△	△

5. 送水ルートの検討

5-1 放流先の検討

「仁徳陵・内川水環境再生プラン」の対象となっている内川は、海の干満により水が交換される感潮河川であり、計画地から内川上流までは約 1km 離れている。

内川の上流には堺市建設局が「内川せせらぎ」（図 5）を整備しており、内川せせらぎと計画地との距離は約 300m と近い距離にある。

現在の内川せせらぎは、雨水及び雨水蒸発分の補給水である上水道を水源としており、下流部に設置され

た返送用ポンプにより、水の循環を行っている。

また、循環に必要な水量以上の降雨があった場合は、内川せせらぎと内川の境界部にある排水ポンプを利用して内川へ排水を行っている。

本事業では、堺市上下水道局が下水再生水を内川せせらぎの最上流部に送水、排水ポンプで内川へ放流することにより、内川せせらぎ及び内川に安定した水質、水量を供給し、さらなる水環境改善を図ることとした。

なお、三宝下水処理場から送水する下水再生水の水量は内川せせらぎの水深及び熱利用を勘案して、日量最大 1,500m³とした。



（図 5）内川せせらぎ

5-2 計画地周辺の送水ルートの検討

計画地は西側に国道 26 号線、東側に法定外公共物及び南海電鉄用地、南側に市道三宝高須線、北側に阪神高速大和川線（建設中）に囲まれた土地である。

また、イオンが実際に熱利用を行うための熱交換器の設置場所が計画地の北寄りを予定している。

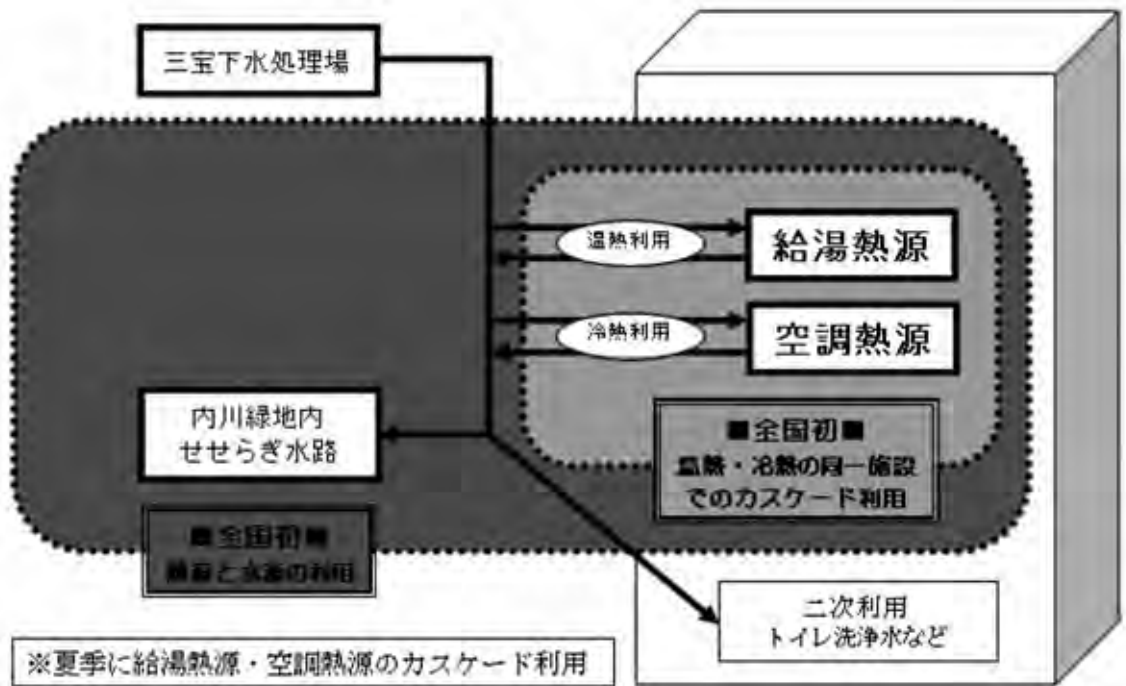
計画地の周辺道路には多くの占用物件が存在し、また、広域緊急輸送路の国道 26 号線の占用は最小限にする必要があったため、計画地の北寄りを東西に横断するルート（図 2）を採用することとした。

しかし、計画地内に送水管を占用することになるため、土地所有者であるダイセルを含めた 3 者による土地使用貸借契約を締結することとした。

6. 水質と熱利用の検討

「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」（平成 17 年 4 月、国土交通省）では、水洗用水、散水用水、修景用水、親水用水の水質基準が定められているが、熱利用における水質基準が定められていない。そこで、親水用水として内川せせらぎに送水することから、親水用水の水質基準を適用することとした。

熱利用を行う際、重要なのは供給する下水再生水の



(図 6) カスケード利用イメージ

水温である。イオンは当初、下水再生水の熱を空調利用のみと考えていた。しかし、三宝下水処理場の下水再生水の水温は17.6℃（冬季）～30.0℃（夏季）（平成24年度実績）と年間を通して比較的高い水温であった。このため、給湯（温熱）利用後に空調（冷熱）利用を行う、「カスケード利用方式」（図6）を採用することとした。

今回の利用施設は大型商業施設であり、1年を通して温熱需要及び冷熱需要が見込めるため、利用目的の違う熱交換器をひとつの敷地内に設置し、より効率のいい熱交換を行うことができる。

ひとつの敷地内でカスケード利用方式を採用するのは全国初の試みである。

7. 供用開始を見据えた施工手法

イオンの大型商業施設の開業予定は平成28年3月であるため、下水再生水の供用開始も同時期を予定しているが、熱交換器の試運転期間は開業前の2か月間必要である。また、堺市としても三宝下水処理場内に新たに送水ポンプを設置し、試運転期間が必要となる。このため、送水ポンプや送水管の工事は平成27年12月末までに行う必要がある。

しかし、新たに布設する再生水送水管の延長はバイパス管を含めると約2kmであり、また、イオンの大型商業施設工事との調整も必要であるため、約1年間の工期で行うのは厳しいスケジュールである。そこで、

再生送水管の管種をPE管とすることで、施工性及び柔軟性の確保を行い、約1年間の工期内で布設が完了する見込みとなった。

また、PE管は堺市のマンホールポンプの圧送管として維持管理の実績があるため、他の管種に比べても維持管理における優位性がある。

8. おわりに

本事業は、国土交通省の「下水熱利用プロジェクト構想構築支援事業」に応募し、国土交通省及び下水熱利用推進協議会のご協力を頂き、約1年半という短期間で具体化、工事着手をすることができた。

今後は、着実に工事を進め、供給開始後は、イオンと協力して下水再生水の熱利用における情報発信に広く取り組んでいきたい。

講座：エネルギー化技術の最新動向について

仙台市における下水道管路からの熱利用実用化の取組みについて

仙台市建設局下水道経営部下水道計画課

計画係長 仲道 雅大

キーワード：下水熱、管更生

1. はじめに

下水は外気温に比較し一年を通して温度が安定しており、また熱需要の多い都市部に大量に存在する熱源である。このため、下水熱はヒートポンプの熱源として利用することで、低炭素まちづくりに貢献する未利用エネルギーとして期待されている。

これまで国内では、処理場の処理水やポンプ場での未処理下水から熱を回収し、大規模な地域冷暖房や再開発ビルでの利用事例はあるが、都市に張り巡らされた下水道管から熱を回収する事例や、面的普及に不可欠な小規模な利用事例はない。

本稿では、仙台市で平成25年11月から実用化に至った下水管渠熱利用の取組みについて紹介する。

2. 下水道管渠熱利用検討の契機

東日本大震災から1ヶ月後、国土交通省により「下水道地震・津波対策技術検討委員会」が設置され、第3次提言（平成23年8月15日）の中で、下水道施設の本復旧にあたっては「地域の復興のシンボルとして、将来に希望を描けるような拠点として、また地域の活性化に寄与する施設として次世代の技術を取り込む」との基本方針が打ち出された。また7月には、委員会の中に「復興支援スキーム検討分科会」が立ち上げられ、この分科会の中で積水化学工業㈱より「管路の下水熱利用システム」が仙台市に提案され、平成24年3月までフィージビリティスタディ（事業化に向けた

調査：以下FS）が行われた。

平成24年度より、FS内容の事業化に向けてステークホルダーとの調整を進めたが、熱料金による採算性を確保するには至らず、最終的には国交省の交付金と資源エネルギー庁の補助金を活用し、熱利用に係るイニシャルコストを積水化学工業㈱が負担して、仙台市との共同研究とすることで、実用化が実現した。

3. 管路更生に合わせた熱回収技術

今回採用した技術は、熱回収管を埋め込んだ更生プロファイルを使用し、下水道管の耐震化を行う管路更生工事と同時に熱回収機能を下水道管内に設置するものである（図1）。この技術は、平成24年度から国土交通省の下水道革新的技術実証事業（B-DASH事業）として大阪市の海老江下水処理場で実証が進められたものであり、本事例の現場条件に合わせて修正・改良を行っている。



図1 更生工法に合わせた熱回収

4. 実証事業の概要

実証事業は、仙台駅から車で10分程の、広瀬川沿いにある工場跡地開発区域（ゼライスタウン）内に建設された、スーパーマーケット（ヨークベニマル若林店）を熱需要家として給湯利用を行うものである（図2）。下水道管渠からの下水熱利用の実用化は本件が本邦初となる。

開発区域の北側には、既存合流式下水道管の南小泉幹線（φ1,200mm）が埋設されており、そのうち約45mの1スパンに対して管路更生および熱回収管を設置した。また、下水から取り出した熱をヒートポンプまで運ぶ熱媒体（不凍液）を循環させるための配管を、民間敷地内に約95m埋設し、店舗脇にヒートポンプを設置している。（図3）

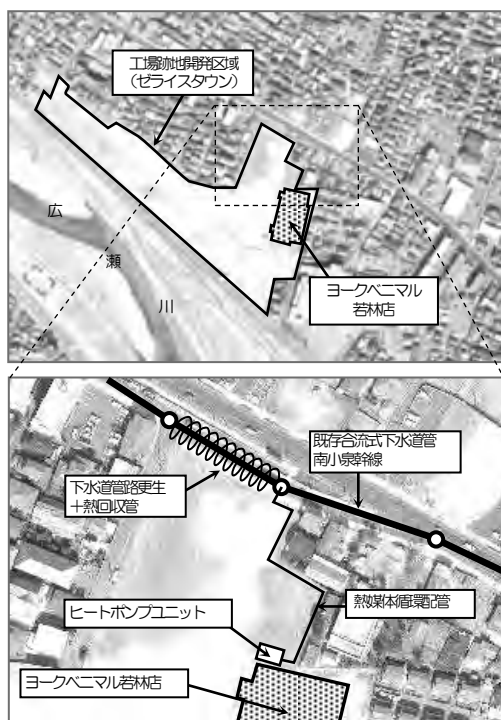


図2 実証事業位置図（上）、拡大図（下）

5. 施設施工時における実証

施設の区分は、公道下を下水道事業、民間敷地内を民間熱利用事業として実施した。

下水道管内の施工では、大阪市のB-DASH事業での経験を踏まえ、更生プロファイルにはじめから熱回収管をセットした状態で製管を行ったり、下水道管内の接合部をオール樹脂化にしたりといった改良を加えている（写真1、2）。

一方、B-DASH事業では浮き彫りにならなかった課題についても確認することができた。下水道管に取



写真1 製管状況



写真2 熱回収管融着状況

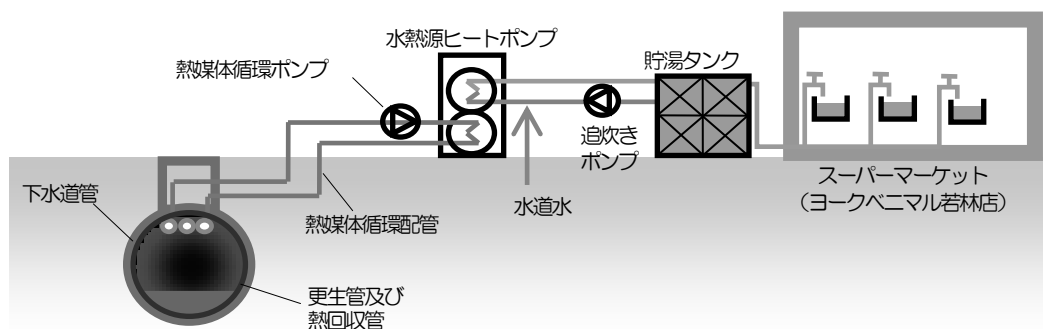


図3 下水熱利用システムの概要



写真3 管内施工完了

付管が接続している場所では熱回収できないこと、また、下水道管が屈曲しているところでは熱回収管が潰れて熱媒体が循環しにくいことから、これらの影響を考慮した設計をする必要がある（写真3）。

6. 供用後における検証

共同研究は平成27年3月までとしており、その中で実使用下での環境性能評価、維持管理上の課題整理、季節や天候の影響評価などを実施していくこととしている。

平成25年12月の下水温度・外気温度・降水量の月間データを図4に、同じく12月のエネルギー効率月間データを図5に示す。

図4を見ると、外気温が下がるにつれ下水温度も下がる傾向があるが、外気温に比べて下水温度は安定しており、5℃以上の温度差が確保できている。図5では本システムで消費する電力と給湯の出力、そしてそれらの比をエネルギー効率として表している。これを見ると、下水温度の降下とともに若干エネルギー効率（COP）が下がっているものの、安定して3.5～4.0という成績を残している。また、12月20日には降雨の影響で下水温度が低下しているが、同日のエネルギー効率に顕著な影響は見られていない。

また、平成25年11月から平成26年8月までの月平均温度年間データを図6に、エネルギー年間データを図7に示す。

これを見ると、下水温度の低下に伴い夏場よりも冬場のCOPが低い傾向が見られるが、冬場でもエネルギー効率は3.4程度となっており、年間を通して良好な結果が得られている。

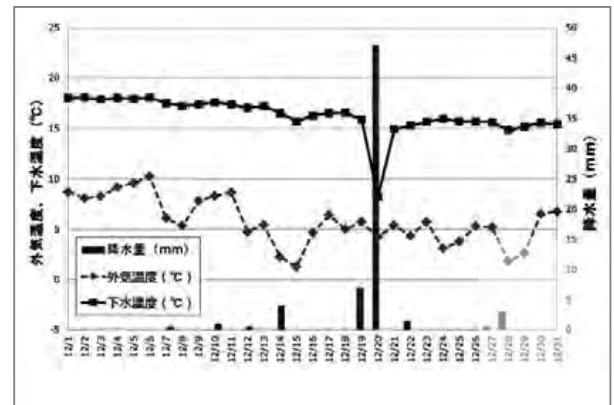


図4 12月温度月間データ

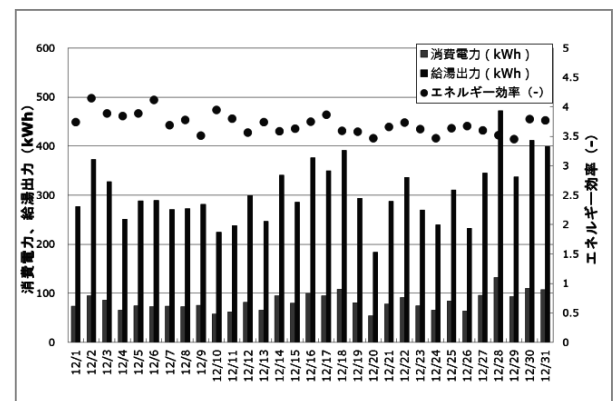


図5 12月エネルギー月間データ

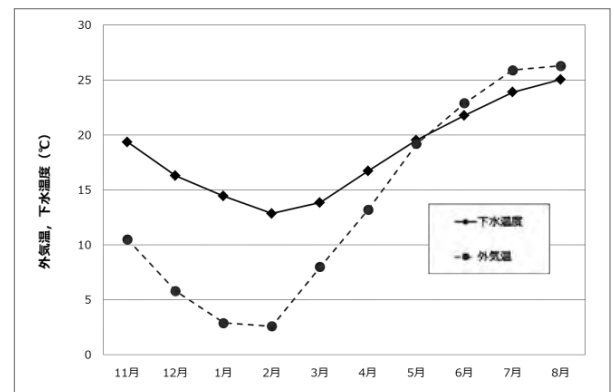


図6 月平均温度年間データ

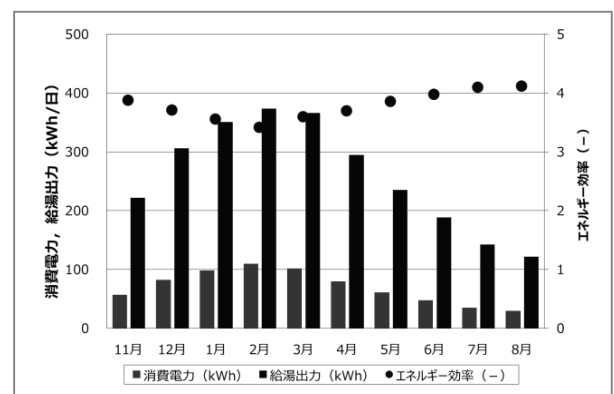


図7 月平均エネルギー年間データ

7. 今後の普及に向けて

今回の検討の中で最も苦労したのは、場所の選定であった。熱需要家のニーズがわからない中、下水道サイドだけで検討を進めたため、“下水熱を使っていた”というスタンスであった。今回のケースは、FS時に50数カ所の候補地を挙げ、その中から実験に至ったが、下水道管の口径が800mm以上、新築、復興支援、補助金の活用、ステークホルダーの協力…といった様々なハードルをうまくクリアしたこの場所だからこそ実現できたものだと思う。

もし、熱需要家である民間主導で下水熱利用の検討が進められた場合には、場所の選定作業は生じず、「この土地で下水熱を使いたい」ということになる。しかし、現時点でそのような話を下水道管理者に持って来られても、その場所で下水熱が利用可能かもわからず、また、下水道事業にメリットがない限り、積極的な下水熱の推進には至らない。

下水熱をスーパーの給湯に利用するという、非常に些細で、しかも実証事業というスタンスではあったが、今回とにかく事例を生み出したということが大きな一歩であり、これに取り組んだからこそ様々な課題を見つけることができた。今後の下水熱の普及には、次のような課題をクリアしていく必要があると思われる。

1) 熱需給のマッチング

下水熱には“どこでどの位使えるか”という「平面的な問題」と、“いつ施設の新築・更新があるか”といった「時間的な問題」がある。時間的な問題を下水道管理者が解決するのは不可能であるため、平面的な問題を可視化して公表し、民間に検討の判断を委ねる必要がある。

2) 目的・目標、役割の明確化

下水道法の目的は、第1条に「下水道の整備を図り、もって都市の健全な発達及び公衆衛生の向上に寄与し、あわせて公共用水域の水質保全に資すること」とあるように、下水道管理者が積極的に下水熱利用を推進する法的根拠はない。下水熱を使うことが目的ではなく、地球温暖化抑制、化石燃料依存からの脱却、持続可能な都市の実現といった次世代のために課せられた喫緊の課題を、国民全員が国策として進めるという

再確認が必要である。地方自治体の下水道管理者がこの重い課題を牽引していくことには無理がある。

3) 仕掛け作り

しかし、実際のプレーヤーは下水道管理者と民間である。このプレーヤーを動かすためには様々な仕掛け作りが必要だと思われる。

個人的な意見だが、都市計画法などで謳われている「都市の健全な発達」という言葉は万能であるものの、いささか時代遅れの感もあり、「持続可能な都市の実現」を謳う法改正など、国の本気度が地方に伝わる仕掛けが必要ではないだろうか。

更に、エネルギーへの課税や排出権取引など、再生可能エネルギーへのインセンティブ付与の仕組みや、下水道管内への熱回収設備の占用に向けた法改正など、新たな仕組みも必要である。

また、民間が独自に下水熱を検討するにはハードルが高く、民間側での特殊な設備設計も必要なため、民間と下水道管理者の間に入り、検討を進めるコーディネーターのような存在が必要である。コーディネーターがそのまま熱供給事業を行うことが可能であれば理想的である。

4) 下水熱分野の確立

下水熱は身近な都市に大量に存在しているが、熱の質としては低いものである。全ての都市の熱を下水熱で賄う必要はなく、さまざまな熱源のベストミックスの選択肢の一つとして、得意分野を確立する必要がある。例えば、寒冷地の仙台では、夏の冷房よりも給湯や冬のベース暖房などの方が効率的である。

5) 技術開発

そして、様々な現場条件に対応し、コストダウンを実現する技術開発が不可欠である。環境に優しいだけでは民間への訴求力はない。究極的には既存のエネルギーよりも安いということが理想である。

8. おわりに

平成25年11月に本事例を記者発表して以降、多くの反響をいただき、世間の関心の高さを実感している。本実証事業で得られた経験が今後の日本のエネルギー政策の礎となれば幸いである。

講座：エネルギー化技術の最新動向について

下水道施設における太陽光発電及び 定置型蓄電池設備の活用技術

株式会社 東芝
大石 将之

キーワード：太陽光発電、定置型蓄電池、自立運転、下水道施設縮退運転

1 はじめに

下水道施設では、広い敷地を活用した太陽光発電設備、汚泥処理の過程で発生するメタンガスを活用した消化ガス発電設備、施設内の高低差を活用した小水力発電設備、海沿いに施設がある場合は強い風が吹くことも多く、これを活用した風力発電設備など、様々な再生可能エネルギー発電設備の導入が可能である。

この様な状況を生かして、多くの下水道施設では、省エネルギーの促進や、災害時に備えたエネルギー確保のために、再生可能エネルギー発電設備の活用が検討されている。

再生可能エネルギー発電設備のなかで、太陽光発電設備は導入のしやすさやから急速に普及が進んでいる。しかしながら、気象条件により発電電力が大きく変化してしまうため、電力を安定供給するためには課題も多く、現在においても様々な技術開発が進められている。

一方で、蓄電技術もエネルギーを有効に活用する上で注目されており、様々な蓄電技術が開発されている。この蓄電技術と太陽光発電設備を組み合わせることで、エネルギーを有効に活用することができる。

本稿では太陽光発電設備と定置型蓄電池設備それぞれ個別の活用技術、及びこれらの組み合わせによる活用技術を紹介する。

2 太陽光発電設備と定置型蓄電池設備の活用例

現在、下水道施設で最も普及が進んでいる再生可能エネルギー発電設備は太陽光発電設備である。また、定置型蓄電池設備も非常用電源としての活用に加えて、エネルギーの有効活用を目的として導入が進められている。これら2つの設備について一般的な活用例を示す。

2.1 太陽光発電設備の活用例

太陽光発電設備は、以下の様な活用例が挙げられる。

①発電電力の売電

固定価格買取制度を活用して発電電力を電力会社へ売電し、その収入により下水道施設の運用コスト削減を図る。

②買電電力の削減

発電した全電力を下水道施設内で活用し、買電電力の削減による電気料金の削減を行う。

③非常用電源

電力会社の電力系統が停電した際に自立運転させて、バックアップ電源として活用する。

現在では、固定価格買取制度による売電の制限を設ける電力会社が増えてきており、今後は下水道施設内の活用を主に考えていく必要がある。

また、太陽光発電設備の自立運転は発電電力が安定しないため、非常用電源として十分に役割を果たしているとは言い難い状況にある。

2.2 定置型蓄電池設備の活用例

定置型蓄電池設備は、以下の様な活用例が挙げられる。

①非常用電源

電力会社の電力系統が停電した際のバックアップ電源として活用する。

②買電電力のピークシフト

電気料金の安い夜間に電力を蓄えて、昼間に放電することで、電気料金の削減を行う。

現在、一般的に行われている買電電力のピークシフト方法は、決められた時間帯に定置型蓄電池設備の充放電を行う、スケジュール運転により実現している。

下水道施設内における電力需給を事前に予測しておき、更に実際の使用電力の状況を見ながら、最適なタイミングで定置型蓄電池設備を充放電させることで、より効率的な使用電力のピークシフトが可能になる。

3 再生可能エネルギー自立運転システム

3.1 再生可能エネルギー自立運転システムの概要

下水道施設では、環境負荷低減及び施設の運用コスト削減を目的として再生可能エネルギー発電設備の導入が検討されている。また、下水道施設は震災などの災害発生時においても、持続的な運用が求められているため、再生可能エネルギー発電設備が電力を安定供給する手段として活用されることも期待されている。

そこで東芝は、再生可能エネルギー発電設備を有効活用するためのシステムとして、上下水道監視制御システム TOSWACS™-V に実装する再生可能エネルギー自立運転システムを開発した。

本システムは、再生可能エネルギー発電設備を下水道施設内の受変電設備に接続して有効活用するために、供給電力を自由に変化させることが可能な定置型蓄電池設備と組み合わせて制御を行う。

3.2 システム構成

再生可能エネルギー自立運転システムのシステム構成例を図1に示す。

再生可能エネルギー自立運転システムは、電力需給設備と監視制御設備で構成される。

電力需給設備は、受変電設備、非常用発電設備、及び太陽光発電設備などの再生可能エネルギー発電設備と定置型蓄電池設備で構成される。定置型蓄電池設備には東芝が開発したリチウムイオン電池 SCiB™を使用する。SCiB™は以下の特徴を備えており、本システムにおいて特に重要な役割を果たしている。

①長寿命

10,000 回の充放電を繰り返した後も、初期容量に



図1 再生可能エネルギー自立運転システム構成例

対して 80% 以上の性能維持が可能である。

②大実効容量

蓄電池の全容量に対して実際に利用可能な容量が大きいため、定置型蓄電池設備をコンパクト化することが可能である。

③高入出力

大電流を瞬時に入出力することが可能であるため、急激でかつ大きな需要電力の変動に追従した充放電制御が可能である。

④急速充放電

最短 6 分で充放電が可能であるため、太陽光発電などの短周期で頻繁に発電量が変動する場合でも変動に追従した充放電制御が可能である。

⑤低温性能

マイナス 30℃ の環境下においても約 80% の容量維持が可能であるため、寒冷地でも加温する必要がない。

⑥高い安全性

負極材料に採用しているチタン酸リチウムは、それ自体が燃えることが無いため、電池内部で短絡した場合でも、熱暴走を起こさない高い安全性を保持している。

監視制御設備は、受電点、所内負荷、再生可能エネルギー発電設備、定置型蓄電池設備などの有効電力、無効電力、電圧、周波数などを監視し記録する。また、再生可能エネルギー発電設備と定置型蓄電池設備に対して、制御指令を与えて運転を制御する。

3.3 再生可能エネルギー自立運転システムが実現する機能

(1) 買電電力のピークカット、ピークシフト機能

下水道施設内の受変電設備と再生可能エネルギー発電設備、及び定置型蓄電池設備を連系して、買電電力が最大値となる時間帯に合わせて電力供給を行うピークカット機能や、電気料金の安い夜間電力や再生可能エネルギー発電設備からの余剰電力を定置型蓄電池設

備が蓄え昼間に放電するピークシフト機能により、電気料金の削減を行う。

ピークカット、ピークシフト機能を活用した際の買電電力、及び太陽光発電設備と定置型蓄電池設備の出力変動イメージを図2に示す。

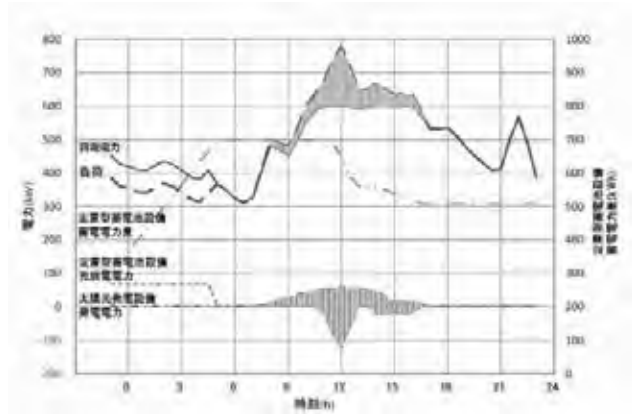


図2 ピークカット、ピークシフト機能における、買電電力、及び太陽光発電設備と定置型蓄電池設備の出力変動イメージ

(2) 力率改善機能

定置型蓄電池設備から無効電力を供給し、電力系統の力率が目標値となるように改善を行う。これにより電気料金の削減を図る。

通常、力率の改善は進相コンデンサで行っているが、定置型蓄電池設備を活用することで無効電力の供給量を連続的に変化させることが可能になるため、目標値に一致させることが容易になるメリットがある。

(3) 出力変動抑制機能

再生可能エネルギー発電設備のうち、特に太陽光発電設備は気象条件により発電電力が急激に変動しやすいため、この変動を常時監視する。太陽光発電設備での発電電力が急激に変動した際には、即座に定置型蓄電池設備に対して充放電指令を与えて変動を吸収する。これにより、電力を安定供給することが可能になる。

尚、本機能を活用すると、定置型蓄電池設備は頻繁に充放電を繰り返すことになる。定置型蓄電池設備に組み込まれている二次電池は充放電を繰り返すことで劣化する特性があり、従来から使用してきた鉛蓄電池を使用すると、すぐに劣化して使えなくなってしまう問題があった。この問題を解決するために、二次電池にリチウムイオン電池 SCiB™を採用する。これにより定置型蓄電池設備は、約 10,000 回の充放電が可能になり、充放電の繰り返しによる電池の劣化が起こりにくく、長期間に渡って使用できる。

(4) 逆潮流防止機能

下水道施設内で使用される電力に対して、再生可能エネルギー発電設備の発電電力が大きいと、余剰電力が発生する。この余剰電力を定置型蓄電池設備に充電することで、電力会社の電力系統への逆潮流を防ぐことができる。

また、定置型蓄電池設備が完全に充電されている場合は、逆潮流が発生しない範囲で各再生可能エネルギー発電設備の発電電力が最大になるように、複数の発電設備に対して最適な台数制御を行う。

これにより、再生可能エネルギー発電設備での発電電力を下水道施設内で最大限活用できる。

(5) 自立運転機能

自立運転機能とは、電力会社の電力系統から電力供給が停止しても、下水道施設内に設置している電源設備のみで、負荷に対して給電を行うための機能である。

具体的には、前述の出力変動抑制機能と逆潮流防止機能を同時に活用できるように、定置型蓄電池設備の蓄電電力量を適切に管理することで実現する。

下水道施設では、電力会社の電力系統が停電した際には、施設内に設置されている非常用発電設備から電力を供給している。これに加えて再生可能エネルギー発電設備を活用するためには、非常用発電設備と同時に運転させて、安定した電力供給が行える必要がある。

しかしながら、非常用発電設備に加えて、再生可能エネルギー発電設備から電力を供給する場合、再生可能エネルギー発電設備における発電電力の変動が原因となり、施設内の電圧変動や周波数変動が発生する可能性がある。そこで、前述の出力変動抑制機能を活用し、再生可能エネルギー発電設備からの発電電力の変動を吸収することにより、電圧変動や周波数変動の幅を、負荷の運転に影響を与えない範囲に抑えながら、電力の供給を行う。

また、施設内で使用される電力に対して、再生可能エネルギー発電設備の発電電力が大きくなる場合は、前述の逆潮流防止機能を活用し、非常用発電設備への潮流を防止する。

これにより、非常用発電設備と再生可能エネルギー発電設備が同時に運転した状態で、電力の安定供給が可能になる。また、非常用発電設備のみで電力を供給する場合に比べて、下水道施設を長時間運用することが可能になる。更には、非常用発電設備が燃料切れや、故障で運転停止した場合においても、緊急電源として再生可能エネルギー発電設備の活用が可能になる。

4 下水道施設縮退運転支援システム

3章で説明した、再生可能エネルギー自立運転を更に有効に活用するシステムとして、下水道施設縮退運転支援システムを開発した。このシステムを活用することで、平常時より少ない電力しか供給できない場合でも、稼働施設を限定して下水道施設の水処理機能を最低限維持することができる。その機能について以下に述べる。

4.1 入出力画面と活用例

入出力画面例を図3に示す。電力会社の電力系統が停電した際には、再生可能エネルギー自立運転システムの機能を活用して、非常用発電設備と再生可能エネルギー発電設備から電力供給を行う。この際、平常時に比べて供給可能な電力が少ない場合は、稼働させる設備を限定して縮退運転を行う。入出力画面で、自立運転システムの見込み発電電力を入力すると、その電力で稼働可能な運転系列数や反応槽への送風量を演算する。この演算結果を条件に水処理を行うと、処理水の生物化学的酸素要求量(BOD: Biochemical Oxygen Demand)や発生汚泥量がどのようになるかシミュレーションを行い、その結果を表示する。また、逆に、処理水のBODの上限値を入力すると、運転系列数や反応槽への送風量、及びそれに必要な電力を算出できる。これにより、再生可能エネルギー自立運転システムから電力を供給できる時間が算出され、施設運用の目安にできる。

シミュレーションに使用する各条件は、状況に合わせて適宜変更できるため、このシステムは非定常時だけではなく、平常時にも水処理プロセスの状態把握や省エネを目的とした、施設運用の見直しや改善の検討にも応用することができると考えられる。

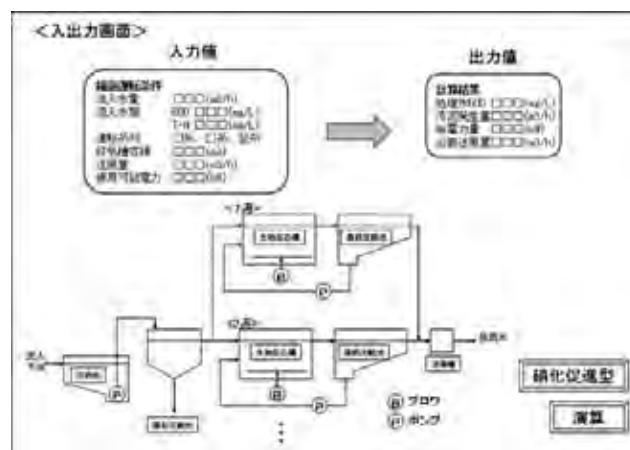


図3 下水道施設縮退運転支援システムの入出力画面例

5 おわりに

下水道施設において、更なる効率的なエネルギー運用を実現するためには、再生可能エネルギー発電設備と定置型蓄電池設備を各々制御するのではなく、今回紹介した再生可能エネルギー自立運転システムのように、組み合わせて活用することが不可欠と考えている。

東芝は、再生可能エネルギーの有効活用を目指して今後も技術開発を継続してゆきたいと考えている。

〈文 献〉

- 1 大石 将之 他. 再生可能エネルギーを活用した上下水道スマートエネルギーソリューション. 東芝レビュー. 67, 5, 2012, p-12 - 15.
- 2 大石 将之 他. 上下水道施設の再生可能エネルギー自立運転システムと発電事業への取り組み. 東芝レビュー. 69, 5, 2014, p-12 - 15.

講座：エネルギー化技術の最新動向について

入善浄化センター 風力発電設備について

入善町建設下水道課

キーワード：クリーンエネルギー、FIT、温室効果ガス削減

1. 入善町の新エネルギーに対する取組みについて

近年、地球を取り巻く環境問題は深刻な状況にあります。特に二酸化炭素などの温室効果ガスによる地球温暖化の防止は世界的な共通の課題となっています。

我が国においては、エネルギーの石油依存度が極めて高く、二酸化炭素排出量も主要国において高くなっています。こうした問題に対処するために、省エネルギー活動に加え、これまでの化石燃料に頼らない新しいエネルギーとして、私達の身の回りにある自然の力を有効に活用したクリーンなエネルギーである「新エネルギー」が注目されています。

このような背景のもと、入善町では地域特性を活かした環境への負荷が少ない新エネルギーの導入を推進し、地球温暖化防止を推進するための指針として平成21年度に入善町新地域エネルギービジョンを策定しております。

2. 入善町と入善浄化センター

入善町は富山県の北東部に位置し、一級河川黒部川が形成した我が国の代表的な黒部川扇状地に展開する地域です。東に朝日町、南西に黒部市との境をもち、北は日本海に面しています。地形は、東西約12.2km、南北約16.5kmで、周囲約42.5km、面積は71.29km²です。日本海に面した北側の海岸線は11.5km、それを底辺として南に尖った三角形をしています。

黒部川は、その力強い流れによって山々を削り取り、多くの土砂を富山湾まで運んでいきます。運ばれた土砂は堆積し、およそ1万年という長い年月をかけて黒部川扇状地を作り出しました。扇状地の多くは陸地に土砂が堆積して作られますが、黒部川扇状地は、海に直接土砂が堆積して海に張り出している臨界性扇状地です。空から見ると、相本を要にして約60度を開く「扇」の様子がよくわかります。その姿かたちの美しさは、世界でも珍しいものです。(図1 入善町の位置参照)

黒部川の水は扇状地の中を伏流水として流れ、湧水



図1 入善町の位置

となって扇端部で自噴します。扇状地上を流れる豊富な水は、農業用水として利用されています。

このような環境のもと、入善町では公共用水域の水質保全、生活環境の改善を目的に平成8年度より下水道事業に着手しており、平成13年9月に入善浄化センターの供用開始を行いました。

入善浄化センターは平成23年3月末で処理能力10,000 m^3 /日最大、流入汚水量の増加に伴い現在増設工事を行っています。

入善浄化センターは日本海に面し1年を通しての年平均風速4 m/s （地上風速）で、町北東の海岸線では地上高30 m で年間風速が5～6 m/s 、地上高70 m で6 m/s 以上で、風の強い地域特性であることから風力発電に適した自然環境であります。

このため省資源・省エネルギー、温室効果ガス削減による地球温暖化防止及び維持費の低減を目的に、風力発電による省エネルギー型下水道システムを導入しました。（表1 発電事業の経緯、表2 発電設備の概要を参照）

本システムは風車が回転することで発電する仕組みのため、一般の方々に理解しやすくかつ、大型風車のため平地が広がる本町では遠くからも確認できることから、環境に関する普及啓発の効果も期待できるエネルギーであります。（写真 風力発電設備の外観、図2 風力発電設備の概要図参照）

表1 発電事業の経緯

平成12～13年度	NEDOの「風力開発フィールドテスト事業」により風況観測調査を実施
平成15年度	風力発電設備導入検討調査を実施
平成17年度	詳細設計
平成18年度	工事着手(6月)
平成19年度	工事完成(11月2日)



写真 風力発電設備の外観

3. 風力発電の運転について

本風力発電システムは浄化センター内で一元管理されており、リアルタイムでその発電量を把握することができ、台風などでの強風の際（25 m/s 以上）は自動的に停止する仕組みになっております。

表3に平成21年から平成23年度までの風力発電施設の運転実績を示します。いずれの年も計画発電量の252万 kwh /年を上回る発電を行っています。これにより年間約854 t の CO_2 排出の削減達成が可能であり、これは原油約672,000 ℓ /年に換算され、47.5 ha （東京ドーム10個分）の植林効果に相当します。

さらに浄化センター使用電力量と風力発電量が同じ場合、電力使用に係る CO_2 排出量は風力発電機導入により96%削減できる試算となっております。

平成25年度からは「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」（FIT）を活用し、総発電量の約75%の売電を行っており、年間約3,370万円の収益を得ております。

4. 今後に向けて

現状の本風力発電システムの課題としては冬場に発生する雷への対応があります。過去に風車のブレードに落ちた雷により浄化センターの電気系統に支障をき

表2 発電設備の概要

定格出力	1500 kW
地上高	103.5 m （ハブ中心高65.0 m ）
ローター径	77 m
概算重量	タワー80 t 、ナセル50 t 、ブレード1枚6 t ）
計画発電量	約252万 kwh （浄化センターの年間使用電力量相当） （一般家庭約700世帯使用電力量相当）
年平均風速	約5.2 m/s （30 m 高）

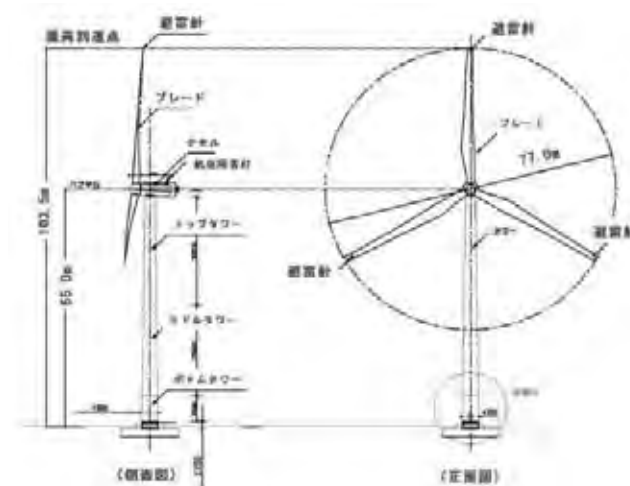


図2 風力発電設備の概要図

たしたこともあり、雷雲接近時に自動で風車を停止させる装置や、電気設備の接地の取り方の工夫などで対応しております。

今後に向けては、深刻化していく地球温暖化問題やエネルギー問題に対処していくためには省エネルギーの推進だけでなく、新エネルギーの利用を計画的に進めていく必要があります。このため入善町では地域レ

ベルから地球温暖化問題やエネルギー問題に対する取り組みに貢献するため、本町の地域特性を活かした新エネルギーの利用可能性について今後も検討し、風力エネルギーのみならず、太陽エネルギー、バイオマスエネルギー、中小水力発電、海洋深層水温度差エネルギー、雪氷冷熱エネルギー等についても推進の検討を行っていく所存であります。

表3 風力発電施設の運転実績

入善浄化センター風力発電施設

平成23年度 風力発電所 稼働状況
(平成23年4月1日～平成24年3月31日)

年 月		風力発電量					備 考	
		総発電量	うち浄化センターへ供給		うち電力会社への発電量			
			① kWh	② kWh		②÷①×100 (%)		
23	4	5.3	277,930	65,026	23.4%	212,904		
	5	5.3	276,940	60,724	21.9%	216,216		
	6	4.3	151,030	51,550	34.1%	99,480		
	7	3.7	116,560	48,438	41.6%	68,112		
	8	3.9	151,340	56,252	37.2%	95,088		
	9	4.3	196,950	46,494	23.6%	150,456		
	10	4.5	199,690	55,378	27.7%	144,312		
	11	4.8	190,160	47,624	25.0%	142,536		
	12	6.6	374,380	71,764	19.2%	302,616		
	24	1	5.8	331,800	69,408	20.9%	262,392	
		2	5.5	278,780	59,080	21.2%	219,700	
		3	6.8	429,330	80,322	18.7%	349,008	
計			2,974,880	712,040	23.9%	2,262,840		

平成22年度 風力発電所 稼働状況
(平成22年4月1日～平成23年3月31日)

年 月		風力発電量					備 考	
		月平均風速	総発電量	うち浄化センターへ供給		うち電力会社への発電量 ③=①-②		
				② (kwh)	所内消費率 (%)			
22	4	5.5	311,090	61,634	19.8%	249,456		
	5	4.6	204,530	61,250	29.9%	143,280		
	6	3.2	69,730	33,562	48.1%	36,168		
	7	3.2	82,590	40,566	49.1%	42,024		
	8	3.4	99,280	44,176	44.5%	55,104		
	9	5.2	266,220	61,884	23.2%	204,336		
	10	4.1	152,140	39,876	26.1%	112,264		
	11	5.8	230,230	46,726	20.3%	183,504		
	12	6.9	323,868	57,972	17.9%	265,896		
	23	1	6.8	349,000	68,776	19.7%	280,224	
		2	4.9	260,800	57,088	21.9%	203,712	
		3	5.7	318,700	70,516	22.1%	248,184	
計			2,668,178	643,826	24.1%	2,024,352		

平成21年度 風力発電所 稼働状況
(平成21年4月1日～平成22年3月31日)

年 月	月平均 風速	風力発電量				備 考		
		総発電量 ① (kWh)	うち浄化センターへ供給		うち電力会社への発電量 ③=①-② (kWh)			
			② (kWh)	所内消費率 (%)				
21	4	4.7	204,460	43,876	21.5%	160,584		
	5	4.1	163,450	41,722	25.5%	121,728		
	6	4.1	128,000	38,672	30.2%	89,328		
	7	5.1	219,510	50,190	22.9%	169,320		
	8	4.3	177,620	48,668	27.4%	128,952		
	9	4.4	187,910	48,230	25.7%	139,680		
	10	5.0	210,620	48,188	22.9%	162,432		
	11	5.8	325,910	53,726	16.5%	272,184		
	12	5.9	320,310	50,574	15.8%	269,736		
	22	1	3.4	131,520	24,936	19.0%	106,584	
		2	5.1	257,160	43,130	16.8%	214,030	
		3	7.0	449,770	87,378	19.4%	362,392	
計		2,776,240	559,290	20.1%	2,216,950			

講座：エネルギー化技術の最新動向について

中小規模下水道処理施設における 小水力発電の可能性について

岡山県赤磐市市民生活部 環境課

主査 小山 樹快

キーワード：中規模下水道処理施設、下水処理水、小水力発電、低落差

はじめに

地球温暖化防止のため、代替エネルギーとして太陽光発電や小水力発電など再生可能エネルギーはいろいろな角度から研究や取り組みが実施されており、国も再生可能エネルギーを活用した発電に対する固定買取制度の導入により、太陽光発電においてはメガソーラーや個人住宅への導入など一定の成果が表れています。しかし、太陽光発電は発電量が日照時間の影響を大きく受け、夜間は発電できないなどの制限があります。これに比べて小水力発電は24時間連続発電が可能です。

赤磐市では自立分散型で効率的なエネルギーの活用を行う社会システムの構築を目指した「あかいわスマートコミュニティビジョン」を策定し、同ビジョンに基づいて小水力発電の適地を検討したところ、下水処理水における発電の可能性を調査・実証することで下水道処理場の新たな役割とエネルギーの自給・有効活用策の確立に取り組むこととなりました。

また、この実証実験は中小規模下水道処理場施設における小水力発電の可能性を検証し、全国に情報発信していくことも考えています。

小水力発電の長所と短所

小水力発電は昼夜、年間を通じて安定した発電ができ設備利用率が50～90%と高く、太陽光発電と比較しても多くの電力量を発電できるといわれています。

その反面、今までの小水力発電の設置場所は、落差と流量がある場所に限定され、水の使用については関係者（水利権等）との調整や法的な規制など多くの問題を抱え、設置までの事務手続きが煩雑で困難なものとなっています。

また、設置後も導水路のごみ除去など管理作業が必要となるなど太陽光発電に比べ手間のかかる施設となっています。そのため、再生可能エネルギーとして有効であるものの普及が低迷しているのが現状です。

適地の選定

小水力発電の適地を市内で調査したところ、下水処理水は全ての水処理工程後に塩素混和などを行い河川に放流するだけのもので、年間を通して放流量が見込めるため、下水処理水を利用できないかとの考えに至りました。

しかし、下水道処理場は再生可能エネルギー創出を想定して建設された施設ではないので、大規模な改修が必要な設備となると高コストとなり費用対効果が期待できません。このため、今回の実験は、県内企業のナカシマプロペラ株式会社、株式会社川本の協力により、必要最少限の設置工事での設置が可能であり、低落差で発電できる発電機を設置して中小規模処理場での小水力発電の可能性、処理場の運転管理方法の模索及び低落差小水力発電システムの開発により当下水処理場での可能性が見込まれると判断し、決定いたしました。

実験の概要

実験の場となる山陽浄化センターは、日平均処理量が全体計画で12,500m³、平成25年度実績で日平均4,843m³。1日を通して放流量が不安定な中小規模下水道処理施設です。そういった施設で処理水の放流時間や流量の変動にどのように対応することができるのかを模索し、事業化の可能性を検証しました。実験は平成25年9月1日から平成26年2月28日までの半年間で開始しましたが、長期間にわたる実験データの取得が必要と判断し、平成27年3月31日までの期間延長を行いました。

発電機は下水道処理施設の放流ピット内（**図-1、写真-1**のとおり。）に設置しました。設置にあたっては、放流ピット改造は必要なく、発電機設置と放流水を効率よく取り込むための整流板設置工事のみで、設置コストを安価に抑えることができました。



写真-1 小水力発電設置状況

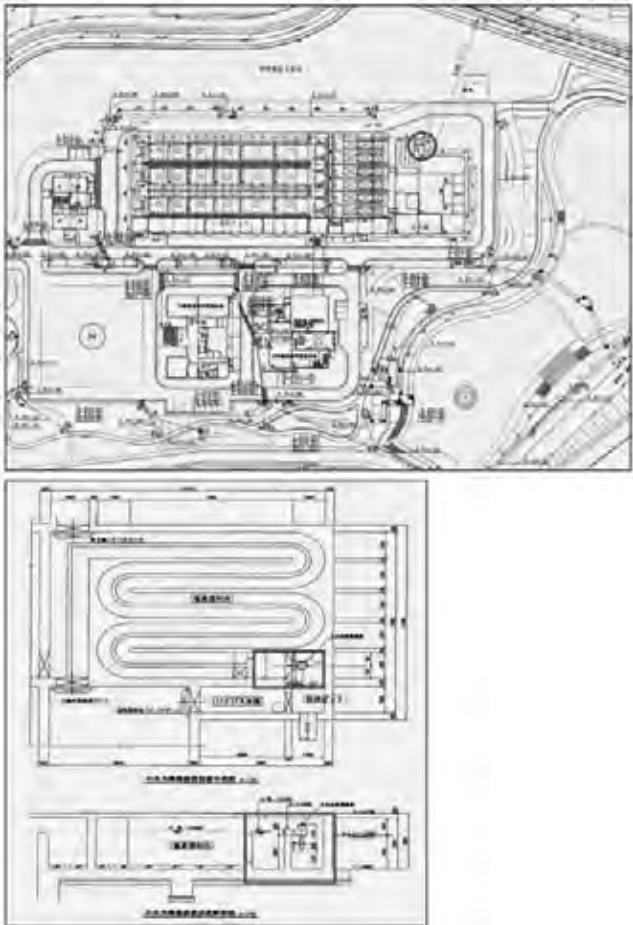
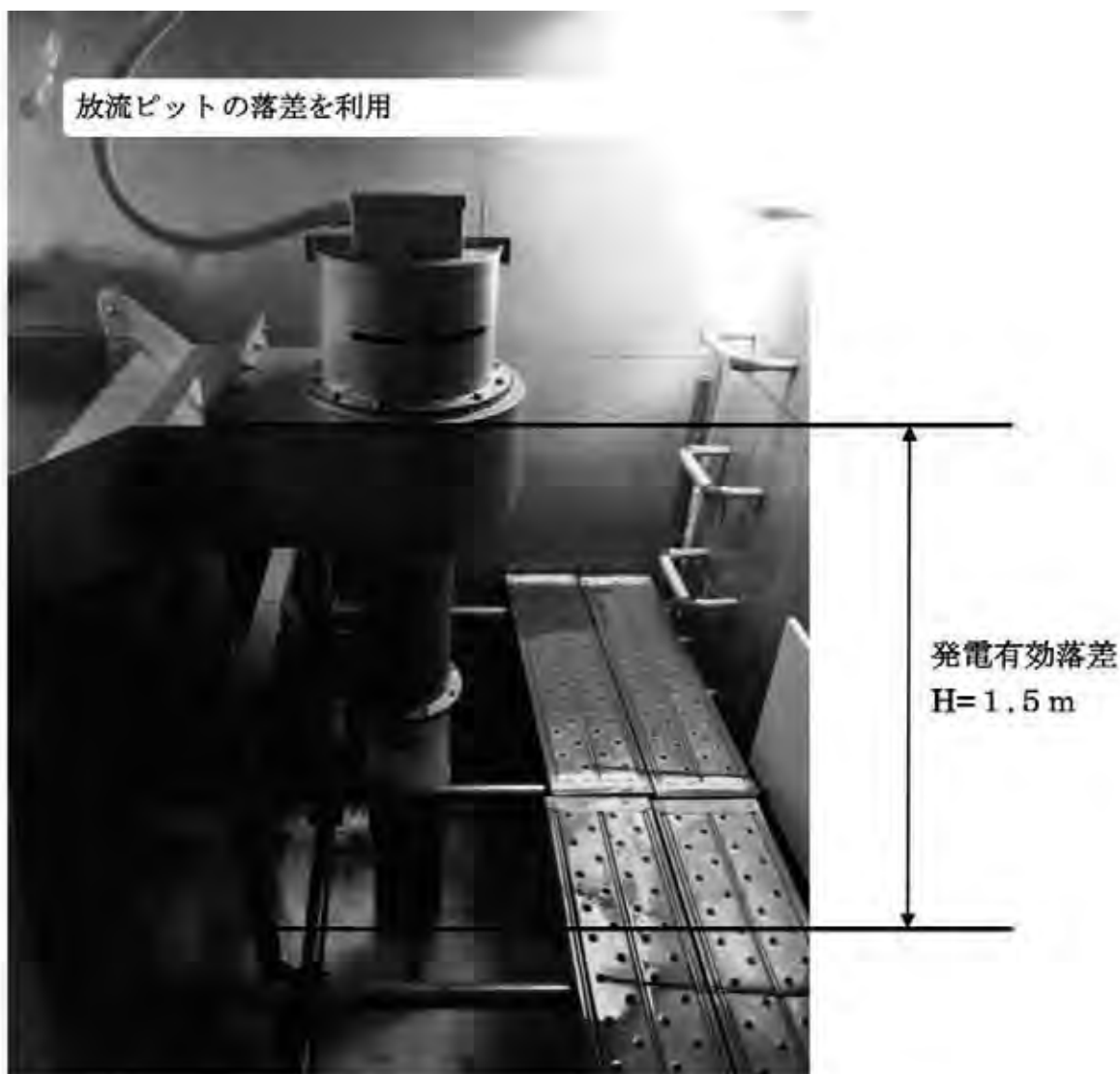


図-1 小水力発電設置平面図

表-1 山陽浄化センター実験の概要

項 目	内 容
一日平均処理水量	全体計画 12,500m ³ 平成25年度実績 4,843m ³ （全体計画の約38%）
実施者と分担金	赤磐市：山陽浄化センター施設の無償貸与 企業2社：実験機器の設置・実験
実験期間	平成25年9月1日から平成27年3月31日まで
発電機設置場所	放流ピット内の塩素混和池と放流ピットを仕切るコンクリート壁に発電機を設置。コンクリート壁を越流する処理水（最終放流水）を発電用として使用。
発電機能力	発電能力 1000W 発電方式 縦軸落差発電 最少落差 1.5 m
実験内容	通常の処理運転時における発電量の測定・推計及び電力の有効利用の検討。 低落差縦軸発電機の研究開発。



実験のデータ

赤磐市公共下水道は現在処理区域を拡大中であり、山陽浄化センターへの流入水量も計画の約4割程度にとどまっています。そのため、放流量が不安定であり、運転方法を見直すなどして放流停止時間の短縮に取り組みましたが、下水道流入水が各家庭の使用量に左右されるため深夜時間帯に流入が発生しないなどの影響で、図-2に示すように1日当たり合計で3～4時間程度の放流停止が発生し、必ずしも安定した発電が行える状況にはありませんでした。実験開始から直近までの発電量は表-2のとおりです。

実験期間を通じての1日当たりの発電量 8.2kW

実験データの検証

使用した発電機は発電能力1kWで、実験期間中のデータを精査したところ図-3のとおり放流量とプロペラ回転数の相関関係、図-4のとおり放流量と発電量の相関関係がそれぞれ正の相関関係にあることが確認できました。

小水力発電における発電量の推計は次の式で得られます。

重力加速度 9.8m/s^2 × 水車を通過する水量 m^3/sec × 有効落差 H × 水車と発電機の総合効率 0.7

平成25年10月3日11:00～12:00までの場合、1時間の放流量は $237\text{m}^3/\text{h}$ で、これを1秒あたりに換算すると $0.065\text{m}^3/\text{sec}$ となり上記の式にあてはめて

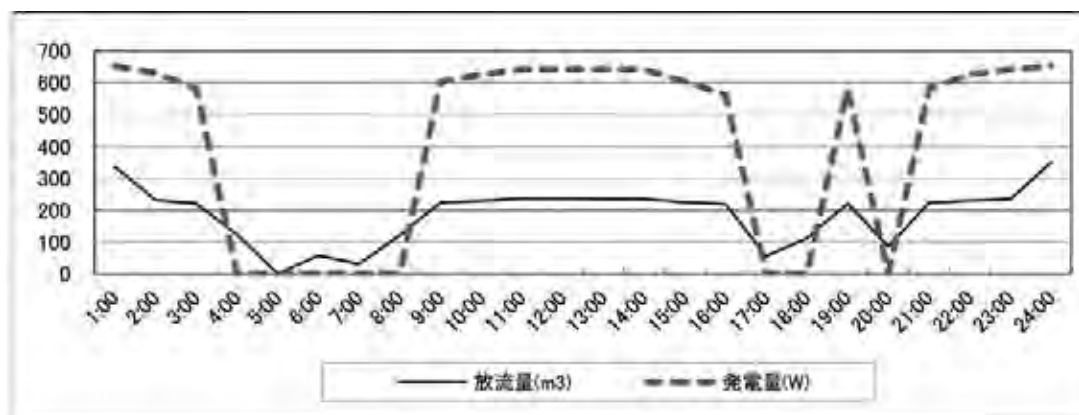


図-2 平成 25 年 10 月 3 日 発電量の推移

発電量を計算すると $9.8 \times 0.065 \times 1.5 \times 0.7 = 0.668 \text{ kW}$ となり、同時時間帯の発電量が 0.641 kW であったことから計算式の近似値でありました。これにより、本実験において順調に発電できていることと放流水による発電が有効であることの確認ができました。

現在は、効率的な発電のための処理場運転管理方法などに取り組んでいます。また、放流水は公共用水域に放流するため法律により水質基準が定められています。そのため、塩素処理を行い、その直後に放流となるので塩素濃度が高めになります。実験期間を長期化することで塩素による影響やベアリングなどの付属設備の耐久性についての検討も加えました。

発電機本体については、雨天時に不明水が多量発生することで放流量が増加して、発電機や付属する放流パイプが水没し、発電の停滞が起きました。放流パイプを加工して通水を円滑に保つなどの課題が判明し改善が必要であることが分かりました。また、プロペラ点検を簡便化するため、管理用止水ゲートを設けることも検討するなど保守点検等の整備性の向上にも取り組むこととなりました。この他にも、塩素濃度が高

いため、発電機内部のベアリングなどが予想よりも早く腐食するなど公共用水域とは違った問題が発生し、水密性を上げるなどの対策ができました。

制御盤については、盤内部品、インバータ及び充電器などが想定以上に電力を消費することが判明したため、部品選定にあたり省電力型を考慮する必要があります。

実験の結果による考察

本実験では、発電した電力量が少なく、下水道処理施設では利用しませんでした。また、放流量の変動が大きく、安定した電力を作り出すことも容易ではありません。この問題は、今後、下水道管路整備が進み、流入量が増加することで解消できると考えられます。

今回の実験では施設の放流量から発電能力が 1 kW と小さい発電機を設置していますが、施設規模に応じて発電能力の大きな発電機を設置することで多くの発電量が見込まれ、電力の使用方法も選択肢が広がると考えられます。

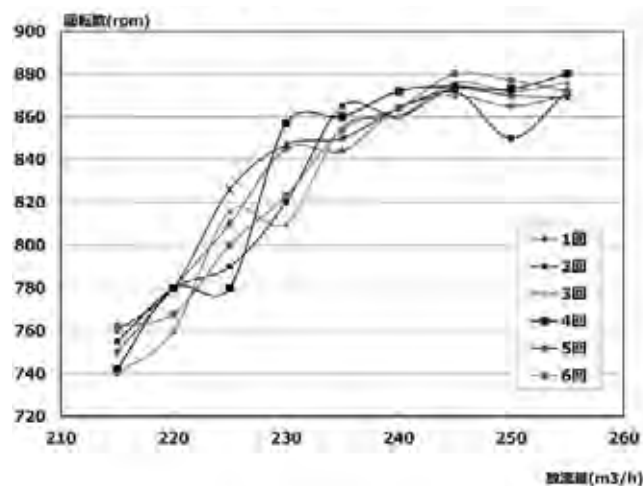


図-3 放流量と発電機回転数の相関関係

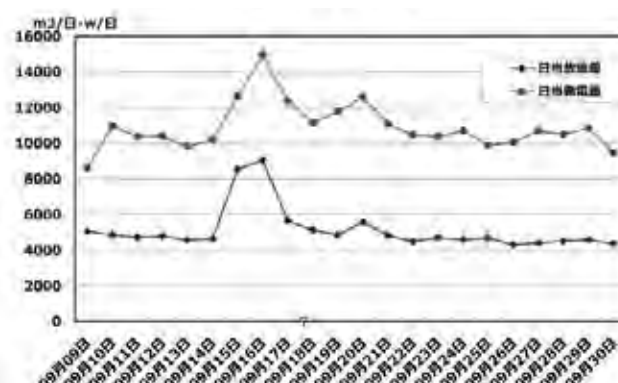


図-4 放流水と推定発電量

表-2 月間放流量と発電量

年月	放流量(m ³ /日)	発電量 (W)	発電量 (kW)	発電日数
平成 25 年 9 月	112,803	239,764	238.4	22 日間
平成 25 年 10 月	165,367	339,637	338.1	31 日間
平成 25 年 11 月	139,835	316,611	315.0	30 日間
平成 25 年 12 月	148,483	341,716	340.5	31 日間
平成 26 年 1 月	141,919	265,882	264.2	31 日間
平成 26 年 2 月	130,325	175,702	174.3	28 日間
平成 26 年 3 月	149,586	261,808	260.3	31 日間
平成 26 年 4 月	138,639	265,484	264.1	30 日間
平成 26 年 5 月	143,595	255,022	244.3	31 日間
平成 26 年 6 月	125,548	199,412	198.2	30 日間
平成 26 年 7 月	114,716	180,999	179.7	31 日間
平成 26 年 8 月	132,283	191,464	189.9	31 日間
平成 26 年 9 月	111,455	183,914	182.2	30 日間
計	1,754,554	3,217,415	3,189.2	387 日間

また、安定的に電気を使用するためには、放流水が安定しているときは制御盤を経由して必要箇所へ送電、それ以外の電気は蓄電池に充電させる、また、放流が減少、停止した場合は蓄電池から送電させることで放流量の変化に対応できます。

この他に下水道処理水利用のメリットとして、小水力発電は小河川や農業用水路などでの取り組みが一般的に考えられ、実際の取り組みも行われています。しかし、ごみなどの除去問題や水利権問題など設置及び利用のためには解決しなければならない課題が多くあります。その点、下水道処理水は、利用しやすい環境にあります。

一方、下水道処理水利用のデメリットとして、高効率に発電するためには、有効水量が確保でき、放流時間も長時間であることが求められます。中小規模下水道処理施設ではこのことが問題となり、各処理施設によって運転状況などを検証し、効率的な運転管理方法を確立することが重要となります。

まとめ

中小規模下水道処理施設の実験であるため、一定の放流量を確保することが難しく安定した発電量とはなっていません。しかし、この実験を通じて処理水量の少ない中小規模下水道処理施設でも小水力発電は可能であり、問題点についても認識できました。今後は、問題点の解決に取り組みながら、広く全国に実験成果をPRすることで小水力発電の発展と普及の一端を担うとともに中小規模下水道処理施設での有効利用に取り組んでいきます。

特 別 報 告

下水汚泥固形燃料混焼発電の 取組みについて

電源開発(株)

渡辺 喜久

キーワード：石炭火力、バイオマス燃料、混焼

1. はじめに

東日本大震災を契機にエネルギー政策の基本は、安全性 (Safety) を前提とした、安定供給 (Energy Security)、経済効率性の向上 (Economic Efficiency)、環境への適合性 (Environment) の S + 3E であるとされている。石炭火力は、エネルギー基本計画におい

て『安定供給性や経済性に優れたベースロード電源である。』と位置づけられているが、単位発電量当たりの CO₂ 排出量が他の発電方式に比べ大きいことから低炭素化が課題となっている。

石炭火力の低炭素化に向けた取組みの一つとしてバイオマス燃料の混焼が実施されているが、ここでは JPOWER の石炭火力での下水汚泥固形燃料の混焼利用を中心に紹介する。



図1 J-POWER の石炭火力発電所

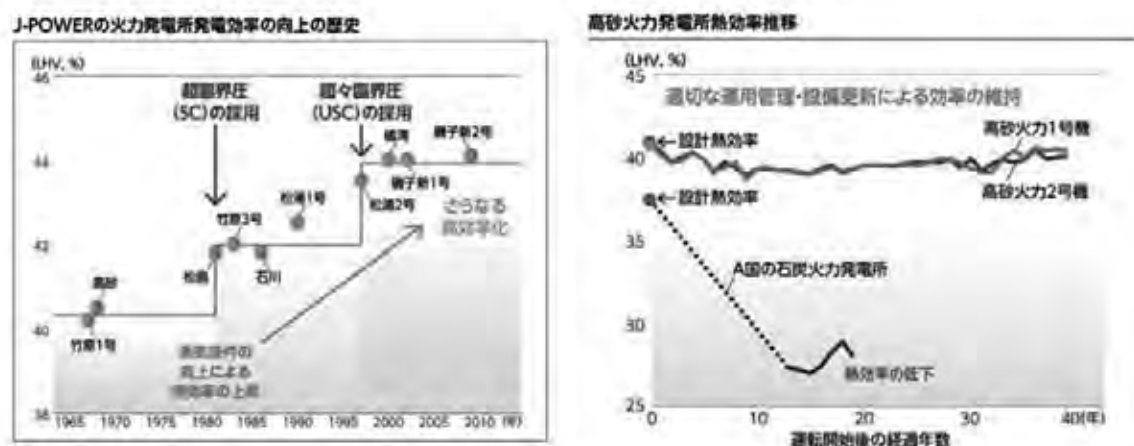


図2 熱効率の向上と効率維持の状況

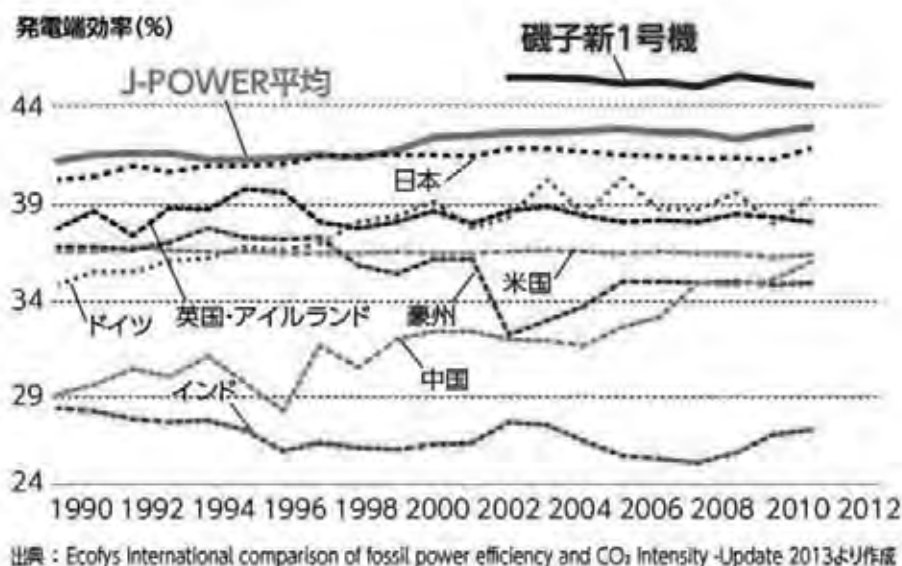


図3 各国の石炭火力の発電端効率の推移

2. 石炭火力の低炭素化の取組

JPOWERは、国内に7カ所の石炭火力を有しており、年間2,122万tの石炭を使用し、594億kWhの発電を行い、4,784万tのCO₂を排出している。2012年度の日本の温室効果ガス総排出量は13億4,100万t-CO₂であり、JPOWERの石炭火力からのCO₂排出量は日本全体の約3.5%に相当している。

石炭火力の低炭素化の取組として発電効率の高効率化がある。新規プラントにおいては世界最高水準の熱効率を達成する超々臨界圧技術(USC)の採用、既設プラントにおいては適切な設備保守による高い熱効率の維持に努めることで石炭火力の低炭素化を図っており、その結果、JPOWERの石炭火力の平均発電効率

は世界最高水準を達成している。

発電効率の高効率化の実現と維持に加え、バイオマス燃料の混焼利用を積極的に進めることで更なる低炭素化を図っている。

バイオマスのエネルギー利用にあたっては、一般的に賦存量が多いが広範囲に分布しており、集約化(輸送)、エネルギー密度(単位重量当たりの発熱量)が小さいこと等が課題とされている。しかし、バイオマス資源の中でも下水汚泥固形燃料は、原料となる下水汚泥が既存社会インフラである下水道処理システムで下水処理場に集約化されていること、炭化燃料化により発熱量の向上が図られていること、加えて炭化することで石炭に近いハンドリング性を得ることで、バイオマス燃料の受入・払出設備を追設するだけで既設の発電所の主要設備はそのまま混焼利用が可能であ

り、石炭火力での混焼利用に適していると言える。また、下水汚泥は未利用バイオマス資源であることから今後の固形燃料化によるエネルギー利用拡大も期待できる。

JPOWER での下水汚泥低温炭化燃料の混焼利用は、2013 年度の実績として混焼量が約 6,500t、CO₂ 削減量が約 8,200t-CO₂ と事業が開始されたばかりであり効果としてはまだ僅かであるが、今後混焼利用量を増加させることで確実に石炭火力の低炭素化に繋げていく計画である。

3. 下水汚泥固形燃料化事業

JPOWER は、石炭火力でバイオマス燃料を安定的に利用するためには燃料製造から混焼利用まで一貫して行うことが必要であると考え、燃料化物の燃料性状・ハンドリング性に優れ、石炭火力での混焼利用に適した下水汚泥固形燃料化方式として月島機械(株)、メタウォーター(株)と三者共同で低温炭化方式を開発した。

この低温炭化方式を採用した下水汚泥固形燃料化事業として広島市西部水資源再生センター、熊本市南部浄化センター、大阪市平野下水処理場の 3 か所において既に下水汚泥燃料化施設が稼働し、横浜市南部汚泥資源化センターと京都府桂川右岸流域下水道洛西浄化センターの 2 か所が設計・建設中である。

下水汚泥固形燃料の利用にあたっては、燃料性状の安定性について懸念があったが、これまでの下水汚泥固形燃料の製造及び石炭火力での混焼実績から、低温炭化方式で製造された下水汚泥固形燃料は、石炭火力で利用する燃料として性状安定性が確保できていることが確認できた。一例として A 市の脱水汚泥及び燃料化物の性状分布を図 6、7 に示す。原料となる脱水汚泥の性状がほぼ計画通りの変動範囲内で安定していることもあり燃料化物の性状も安定している。発熱量に関しては、汚泥の変動幅に比し燃料化物の変動幅が小さくなっており、燃料化することでより安定化が図られている。

表 1 J-POWER のバイオマス燃料混焼

バイオマス燃料種	木質		下水汚泥	
	チップ	ペレット	低温炭化	油乾燥
混焼発電所	松浦火力発電所	松浦火力発電所	松浦火力発電所 竹原火力発電所 高砂火力発電所	松浦火力発電所

表 2 下水汚泥低温炭化燃料混焼実績（2013 年度）

	低温炭化燃料混焼量	CO ₂ 削減量
単 位	t / 年	t - CO ₂ / 年
竹原火力発電所	5,238	6,280
松浦火力発電所	1,283	1,963



図 4 下水汚泥低温炭化燃料

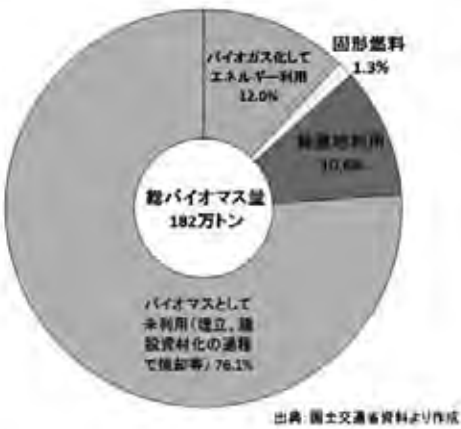


図 5 下水汚泥のエネルギー利用（2012 年度）

4. おわりに

原子力発電の運転が不透明な中、ベースロード電源としての石炭火力の重要性が今後さらに高まるとともに、石炭ガス化複合発電（IGCC）やCO₂分離・回収（CCS）技術開発といった石炭火力の低炭素化に向けた取組みも強化されていく状況にあり、その中でも即効性があるバイオマス燃料混焼利用は、温室効果ガス

の排出抑制の観点から国内各地で利用されていくものと予想される。

下水汚泥固形燃料はCO₂フリーのバイオマス燃料であることに加えて、エネルギーの大半を海外に依存する我が国にとっては貴重な国産エネルギー資源であること、下水汚泥という廃棄物を燃料に転換してエネルギー利用する循環型社会システムの構築に寄与するという重要な役割を担っており、下水汚泥燃料の利用は今後も拡大していくものと期待される。

表3 JPが関与する下水汚泥固形燃料化事業

事業名称	施設規模（脱水汚泥処理量）	運転開始年月
広島市西部水資源再生センター 下水汚泥燃料化事業	50 t／日×2系列	H24年4月
熊本市下水汚泥固形燃料化事業	50 t／日×1系列	H25年4月
大阪市平野下水処理場 汚泥固形燃料化事業	150 t／日×1系列	H26年4月
横浜市南部汚泥資源化センター 下水汚泥燃料化事業	150 t／日×1系列	H28年4月（予定）
京都府桂川右岸流域下水道洛西浄化 センター下水汚泥固形燃料化事業	50 t／日×1系列	H29年4月（予定）

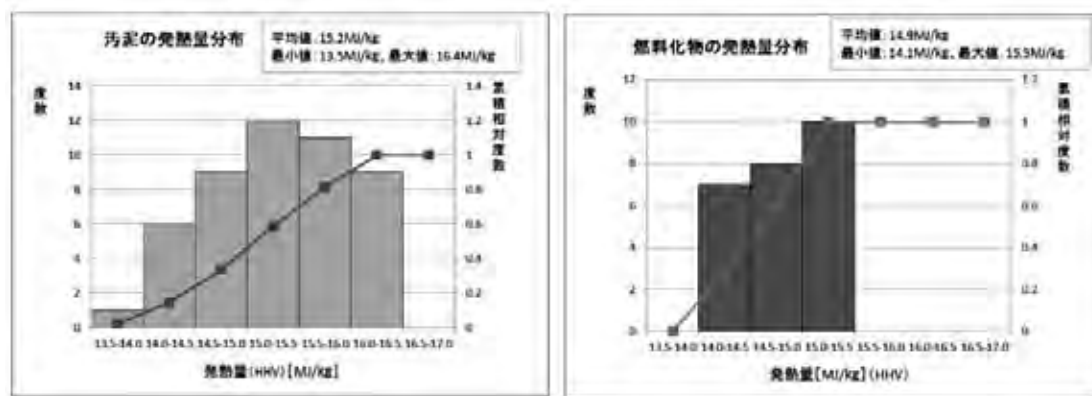


図6 脱水汚泥及び下水汚泥燃料化物の発熱量分布

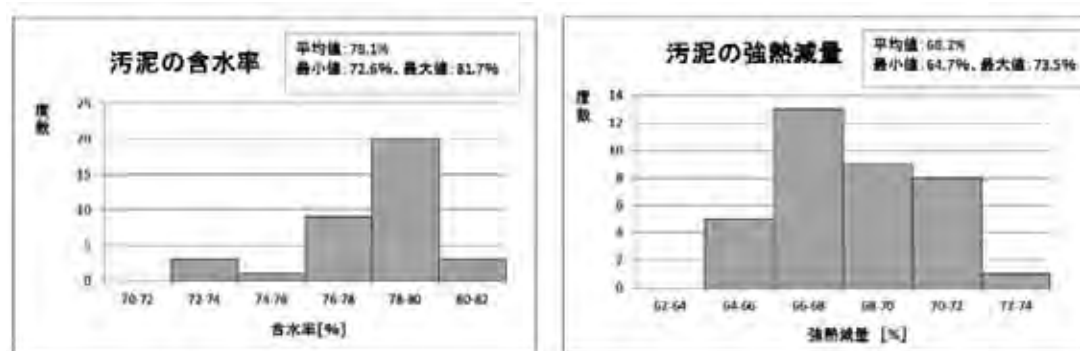


図7 下水汚泥性状（含水率・強熱減量）の分布

特 別 報 告

高成分堆肥の製造と利用

三重県戦略企画部東京事務所

主査 村上 圭一

キーワード：堆肥、肥料化、価値向上

1. はじめに

家畜ふん堆肥は、肥料成分やその効果が不明確であったり、運搬や機械散布が困難などさまざまな問題があるため、未だに積極的な利用促進が難しい現状にある。

一方、畜産経営の規模拡大に伴い、畜舎構造や堆肥化方式が変化し、従来の土壌改良資材的なきゅう肥に代わって、肥料成分が高く、発酵期間の短い有機質肥料的な堆肥が多く生産されるようになってきている。また、家畜ふん堆肥の中でも鶏ふん堆肥は、有機質肥料としての利用価値が高いものの、窒素成分が4%程度であり、化学肥料と同等程度の成分や肥料効果が確保されなければ、さらなる耕種農家における利用は期待できない。

2. 堆肥化方式と窒素肥効の特徴

三重県内で生産されている鶏ふん堆肥について、採卵鶏農家50戸から年4回堆肥を採取し、窒素含有量の変動と堆肥化方式との関係について調査を行ったところ、窒素含有量およびその有効化率は堆肥化方式により大きく異なり、堆肥化日数の短い密閉縦型発酵方式の堆肥では開放撹拌発酵方式に比べてその値が高く、農家戸別の季節変動が大きい傾向にあった。また、

開放撹拌発酵方式（2週間以上）で堆肥化された堆肥の有効化率は25%程度と低く、各都道府県の施肥基準に数多く採用されている窒素の有効化率70%は、密閉縦型発酵方式で堆肥化された一部の堆肥で認められたにすぎなかった。

鶏ふん堆肥の全窒素量と可給態窒素量との間には正の相関関係が認められ、全窒素量が30mg/g未満の堆肥では可給態窒素量が5mg/g程度と一定の傾向があった（図1）。

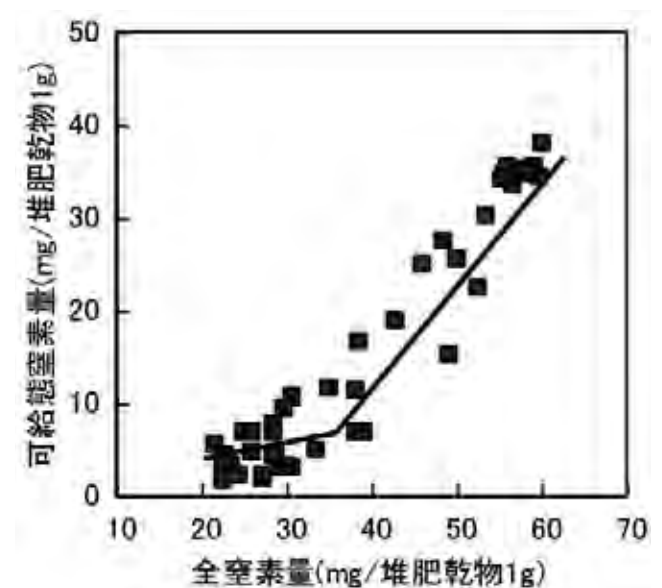


図1 鶏ふん堆肥の全窒素量と可給態窒素量の関係

鶏は尿（尿酸）をふんと同時に排せつするため、新鮮鶏ふん（生ふん）中には全窒素量の40～70%に相当する尿酸態窒素が含まれることが報告されている。鶏ふん中の尿酸は、堆肥化過程で尿酸分解菌から生じるウリカーゼ分解酵素の働きにより急速に分解され、アンモニアとなる。生成したアンモニアは、高pHの影響でアンモニアガスとして揮散するため、鶏ふん堆肥では堆肥化における全窒素量の減少が大きい。こうした全窒素量と可給態窒素量との関係および尿酸の分解特性から、鶏ふん堆肥の窒素肥効は尿酸態窒素の残存量に依存すると考えられる。

3. 鶏ふん堆肥の高窒素成分化の可能性

調査地域の採卵鶏養鶏農家は他の畜種と異なり、各農家ともほぼ同一成分の市販配合飼料を用いているため、排せつ直後ふんの全窒素は5.5～6.0%と安定している。飼料にはさまざまな種類が存在するが、三重県における使用例としては、穀類50%（とうもろこし、マイロ）、植物性油かす類32%（大豆油かす、コーングルテンミール、コーンジャムミール、なたね油かす）、そうこう類3%（コーングルテンフィード、米ぬか油かす）、その他15%（炭酸カルシウム、動物性油脂、食塩、リン酸カルシウム、ペントナイト）である。さらに、含有する飼料添加物としては、ビタミンA、ビタミンD3、ビタミンE、ビタミンB12、メチオニン、硫酸鉄、硫酸亜鉛、フィターゼ、硫酸鉄、ヨウ素酸カルシウムなどが挙げられる。このため、堆肥生産工程を一定にすることで安定的に高い窒素肥効を有する鶏ふんの堆肥が可能であると考えられる。

(1) 鶏舎内におけるふんの滞留期間

鶏舎からの搬出ふん中の全窒素量および尿酸態窒素量は、鶏舎構造の違いや滞留期間および貯留条件によっても大きく影響を受ける（表1）。

滞留期間が短いウインドウレス鶏舎から搬出される新鮮鶏ふんは、滞留期間が長い低床鶏舎の鶏ふんに比べると尿酸態窒素残存量、全窒素含有量ともに高く、ふん搬出までの滞留期間も同一農家においてはほぼ一

表1 異なる堆肥化方式で生産される鶏ふん堆肥の窒素成分の特徴

	開放攪拌発酵式	密閉縦型発酵式
全 窒 素	低い(2～3%)	高い(3～5%)
無 機 化 率	低い(25%)	高い(30～50%)
全窒素農家間変動	小さい(0.21)	大きい(1.02)
全窒素戸別季節変動	小さい(0.08)	小さい(0.13)

定であることから安定した生ふんが排出されていた。また、尿酸態窒素の分解は、滞留期間中の鶏ふんの水分が高いほど分解速度が大きくなる（図2）。すなわち、ふん乾燥装置を付帯するウインドウレス鶏舎では、低床鶏舎に比べ鶏ふん中の水分含量が低くなることで滞留期間中の尿酸分解速度が1～3mg/g/dayに抑制される。

(2) 高成分化のための堆肥化方式

堆肥化期間中の尿酸態窒素の減少速度は、堆肥化方式により大きな差異が認められる。密閉縦型発酵方式における尿酸態窒素の分解速度は、開放攪拌発酵方式の約1/10の0.2～0.3mg/g/dayであった（図3）。

堆肥中に含まれる尿酸の分解は、蛍光性シュードモ

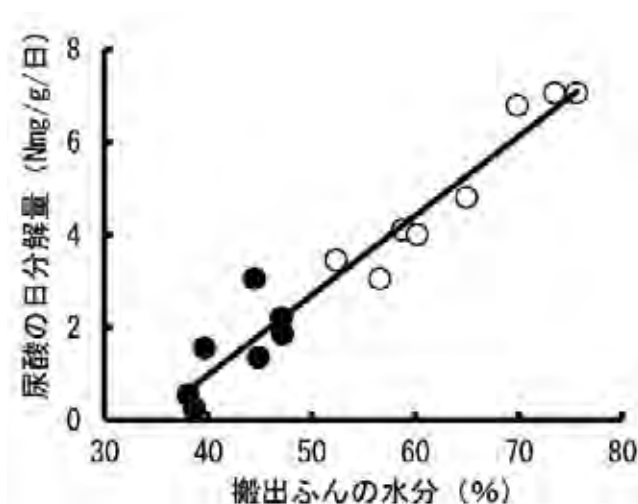


図2 鶏舎排出ふん中水分と尿酸日分解量の関係
●ウインドウレス鶏舎、○低床鶏舎

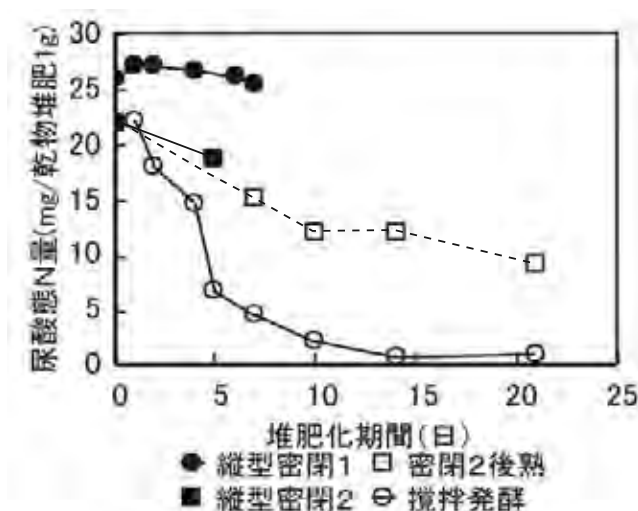


図3 堆肥化方式と尿酸態窒素の減少速度との関係
注) 後熟試験：密閉縦型発酵方式から出た堆肥を水分30%で堆積し、週1回切り返しを行った。

ナス属細菌が産出する酵素による反応であり、細菌の尿酸分解活性は、60℃以上の高温条件では著しく低下することが知られている。密閉縦型発酵方式では、堆肥化開始直後から堆肥品温そのものが60℃以上の高温条件を装置内で均等に維持できる特性があり、尿酸の分解を起さず堆肥化を進めることができる(図4)。

(3) 保管中の製品含水率制御

製品堆肥を、含水率30%程度に乾燥して堆積保管した場合、約2週間で鶏ふん中の尿酸態窒素量はなくなる。一方、15%以下まで乾燥した製品では、1ヶ月常温で保管しても尿酸態窒素量に変化は認められない。これは、密閉縦型発酵装置から堆肥を取り出してから水分管理が、後の高成分鶏ふん堆肥中の窒素変動の大きな要因であることを示しており、乾燥処理後に袋詰めなどの保管管理を行うことで長期間その品質を保つことができると考えられる。

(4) 高成分鶏ふん堆肥の製造システム

各生産工程における尿酸態窒素量の減少率を勘案した場合、以下の製造システムが高成分鶏ふん堆肥を可能にする生産工程である。

ウインドウレス鶏舎(回収4日以内)→密閉縦型発酵方式(堆肥化7日以内)→水分15%以下に乾燥(ペ

レット化)で処理された鶏ふんは、窒素含有率5%以上、肥効率50%が確保できる堆肥となる。また、比較的その成分が安定することから、市場流通を行う場合には、従来の肥料取締法の特殊肥料登録ではなく、加工家きんふん肥料である普通肥料登録も可能となり、販売の視野も広がる。

4. 高成分鶏ふん堆肥の理化学性

高成分鶏ふん堆肥の成分含有量の季節変動は各成分とも少なく、窒素含有量は平均4.9%、無機化率は52%程度である。また、リン酸の有効化率を一般に用いられている70%、カリウムを90%とした場合、有効化成分バランスは窒素、リン酸、カリウムでそれぞれ約3%とバランスが良く、露地野菜類への施肥を考慮した場合、成分に過不足が生じない。

物理性は、直径5mm、平均長8.3mmの仮比重0.69であり、市販の有機質ペレット肥料に比べて仮比重がやや低いものの、機械散布上の目詰まりなどの問題は少ない。

5. 高成分鶏ふん堆肥の利用例

(1) 水稻への利用法

基肥として高成分鶏ふん堆肥を10a当たり150kg(窒素として6kg)、100kg(窒素として4kg)を施用した場合の幼すい形成期までの草丈および㎡当たり茎数の推移は、150kg施用区では市販有機肥料に比べてやや上回ったが、100kg施用区では低く推移した(表2)。

収量は、精玄米重で施用区は市販有機肥料区に比べ5~12%少ない結果となったが、実収では9俵/10a程度と差異は認められなかった。収量構成要素は、穂数で元肥多(150kg)・追肥2回区が多く、その他の有機質肥料区とはほぼ同等であった。登熟歩合、千粒重は区間に明確な差は認められなかった。

表2 水稻栽培における高成分鶏ふん堆肥の使用時の収量構成要素

施肥形態	桿長 (cm)	精玄米重 (kg/10a)	穂数 (本)	千粒重 (×100)
元肥多・追肥2	5.09	552	384	23.8
元肥多・追肥1	4.87	518	342	24
元肥少・追肥2	4.77	532	333	24.5
元肥少・追肥1	4.91	552	344	23.9
対照有機	4.91	579	341	24

*施肥形態では、元肥の多い(150kg)、少ない(100kg)。追肥の回数を示す。



図4 密閉縦型発酵方式による高成分鶏ふん堆肥の製造

高成分鶏ふん堆肥の水稲へ元肥量としては150kg/10a、穂肥70kg および30kg/10aの2回を施用することで慣行栽培と同等程度の収量が確保できる。

(2) 野菜への利用法

野菜への施用例は、県内のブロッコリー（品種：しき緑）栽培への適用事例である。

試験は、元肥として高成分鶏ふん堆肥を10a当たり450kg（窒素として14kg）施用し、対照には化成肥料100kg、苦土石灰100kg、リン酸質肥料40kgを用いた。なお、投入される元肥肥料成分としては、両区ともに同等である。このように、慣行施肥体系とほぼ同等量の成分値を高成分鶏ふん堆肥一資材で補給し、農家圃場においてブロッコリーを栽培した。

その結果、収量は高成分鶏ふん堆肥区と慣行区ではほぼ同等程度であり、ブロッコリーの生育に悪影響は認められなかった。しかし、鶏ふん堆肥の施用量が多いため散布については、ブロードキャスター等の機械を利用するあるいは、畝内同時施肥機に対応できる新しい形状のペレット鶏ふん堆肥の開発を進めていく必要がある。

肥料コストは、慣行23,000円/10aに対して、高成分鶏ふん堆肥では13,500円と約10,000円程度の節約となる。

6. 今後の展望

高成分鶏ふん堆肥の生産技術は、堆肥というよりは肥料生産の技術であり、本当の意味で「畜産農家がつくる耕種農家のための有機質肥料」が生産され、さらに利用の促進も進むと考えられる。普通肥料には加工家さんふん肥料の規定があり、このような生産技術が適用可能な畜産農家では、従来の鶏ふん堆肥を普通肥料として登録することができる。特殊肥料である鶏ふん堆肥には、他の普通肥料を混合することができないが、普通肥料登録された鶏ふん堆肥であれば、硫安あるいはマグネシウム資材などのいわゆる化学肥料を法律に準拠し、指定配合肥料などとしての販売も可能となる。

三重県内では、既に鶏ふん堆肥のペレット成型時にあらかじめ普通肥料を混合し、成分調整した肥料を製造している畜産農家があり、通常の3倍程度の価格で販売されている。

本技術を導入すれば、少なくとも畜産経営上、比較的マイナス点が多いふん尿処理問題から脱却できる可能性がある。

[参考資料]

村上圭一・小阪幸子・原正之：鶏ふん堆肥の尿酸測定による可給態窒素量の評価、土肥誌

唐澤 豊：ニワトリの尿酸生成の機構と調節、

投稿報告

米国の下水処理場における 塩素消毒から紫外線消毒への 更新事例

株式会社西原環境

岡本 真由子

キーワード：紫外線消毒、下水処理場、更新、環境負荷低減

1. はじめに

日本の下水処理場では1980年代後半から紫外線消毒（以下、UV）が適用されるようになり¹⁾、平成23年度版下水道統計によると、約140箇所にUVが導入されている。しかし、これは全下水処理場数の6%程度に過ぎず、約9割は塩素消毒が適用されている²⁾。

UV導入理由の約7割は放流域の生物保護であり¹⁾、これは残留性がなく、消毒副生成物が発生しないといったUVの特長が生かされている。また、UVを導入した下水処理場規模は、晴天時1日最大処理量10,000 m³/日未満が約8割と²⁾、小・中規模下水処理場でのUV適用が多い。

しかし近年では、高出力・高効率・長寿命ランプの開発や下水処理水の効率的な消毒に適した装置の改良により、UV装置の小型化・省エネルギー化・低コスト化が進んだ。このため、UVは小規模下水処理場から大規模下水処理場まで幅広く適用可能で、維持管理も容易で安価な消毒技術となってきた。

本稿では、当社が導入・開発しているUV装置の概要、構成、特徴と米国の大規模下水処理場における塩素消毒からUVへの更新事例について述べる。

2. UV技術の進歩

日本の下水処理場でUVが適用されるようになった1990年代には、消毒（病原性微生物の不活化）に最も効果的と言われる波長253.7nmの光を効率良く発する低圧水銀ランプ（出力65W）を使用した装置（装置名：UV3000、図-1参照）を主に小規模下水処理場に適用してきた。

2000年代には、ランプ1本あたりの出力を向上させ、点灯時間の経過に伴う出力低下を極限まで抑えた低圧高出力ランプ（出力250W）を開発し、省エネルギー



図-1 紫外線消毒装置 UV3000 イメージ図

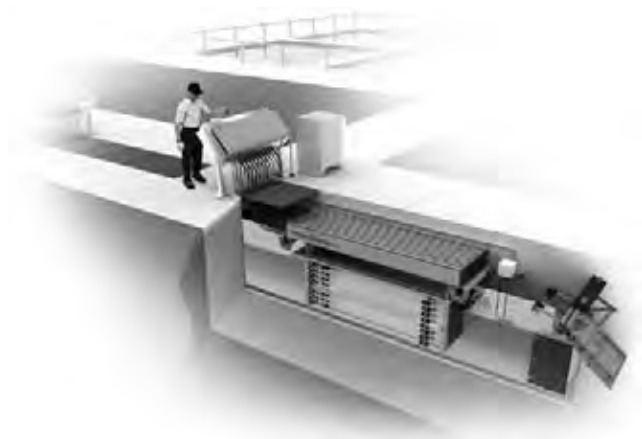


図-2 紫外線消毒装置 UV3000Plus-R 設置イメージ図

型の装置（装置名：UV3000Plus-R、図-2 参照）を小～中規模下水処理場に適用してきた。UV3000Plus-R には、ランプ保護管に付着した汚れを除去する自動洗浄機能を付属している。ワイパーには薬液が充填されており（薬液／機械式自動洗浄機能）、SS と無機スケールを同時に除去できる。定期的な清掃作業が不要で、常にランプ保護管をきれいな状態に保てるため、安定した消毒性能が得られる。これらの高性能化により、UV3000Plus-R は従来機 UV3000 と比較し、ランプ本数が約 5 分の 1 となり、維持管理が容易になっただけでなく、消費電力量も約 4 割削減可能となった。

そして 2014 年には、さらにランプ 1 本当当たりの出力を向上させた、低圧高出力ランプ（出力 1kW）を使用した装置（装置名：UV シグナ、図-3 参照）を導入・開発した。UV シグナはそれまで水流に対し水平に設置してきたランプを斜めに設置する構造とし、高出力のランプに最適な効率の良い紫外線照射を実現した。ランプユニット全体を水路から引き上げること



図-3 紫外線消毒装置 UV シグナ 設置イメージ図

なく、ランプ交換等のメンテナンスを 1 本毎に行うことが可能で、より一層維持管理を容易にしている。また、従来機 UV3000Plus-R の特長である薬液／機械式自動洗浄機能やランプの自動出力調整機能等は継続採用している。

新開発の UV シグナは、従来機 UV3000Plus-R と比較しランプ本数が約 4 分の 1 となり、ランプ本数がさらに少なく、省スペースとなったことから、大規模下水処理場や様々な形状の既設塩素混和池などへの UV 適用も容易となっている。

3. UV 適用事例

UV 適用の一例として、米国の大規模下水処理場における塩素消毒から UV への更新事例を紹介する。

3-1 UV 採用経緯

米国アラバマ州オーバーン市は、人口約 56,900 人のオーバーン大学のある街である。オーバーン市には、ノースサイド下水処理場（水量：約 7,570 m³/日）と H.C. モーガン下水処理場（水量：約 42,580 m³/日）の 2 つの下水処理場があった。ノースサイド下水処理場への流入を止め、H.C. モーガン下水処理場に統合処理することとなり、その場合の消毒設備の最適化について検討を行った。その結果、既存設備で採用していた塩素ガス消毒および二酸化硫黄による脱塩素処理と比較して、環境にやさしく、維持管理者に安全で、コストの低減が図れる UV を採用した。表-1 に米国オーバーン市下水処理場での UV 採用理由と各消毒方法の特徴を示す。

表-1 米国オーバーン市下水処理場での UV 採用理由と各消毒方法の特徴

UV 採用理由	塩素消毒	UV
環境にやさしい	・トリハロメタン等消毒副生成物の発生	・消毒副生成物なし ・残留性なし ・CO ₂ 排出量削減
維持管理者に安全	・維持管理時に薬品に触れる可能性が高い ・安全のため、取扱の訓練や法令遵守のための手続き等が必要	・装置側で安全対策が取られており、維持管理が安全で容易
維持管理費の低減が図れる	・主に薬品費と人件費	・主に電力費と交換部品費 ・塩素消毒より安価
既存の塩素消毒水路を利用	—	・UV 装置は既存の塩素消毒水路より設置スペースが小さく、少しの水路改造で設置可能



写真-1 米国オーバーン市下水処理場の紫外線消毒装置（1ユニットのみ水路から引き上げた状態）

3-2 UV 装置仕様

米国オーバーン市下水処理場には、新開発の UV シグナ（図-3 参照）を導入した。UV 装置の仕様を下記に示す。

- 設計最大処理水量：129,460 m³/日
- 消毒基準：
消毒後大腸菌 126 cfu/100 mL（30 日幾何平均）
- 水処理方式：長時間ばっ気法
- 紫外線透過率：65%以上
- 平均 SS：30 mg/L
- UV 装置：
22 本 / ユニット × 2 ユニット / 水路 × 2 水路
- UV 水路寸法：
長さ約 15.4m × 幅約 3.3m × 深さ約 3.1m

また、米国オーバーン市下水処理場での UV 装置設置状況を写真-1 に示す。

3-3 UV 装置消毒性能

米国オーバーン市下水処理場での UV 後の大腸菌の 30 日幾何平均は、7 ヶ月間で 20 - 48 cfu/100 mL であった。消毒基準である 126 cfu/100 mL を下回り、消毒に必要な照射量が十分に確保されていることが確認できた。

本事例では、塩素消毒による環境への影響や負荷のみならず、維持管理の安全性やコストなどでの優位性から UV が採用された。

4. おわりに

UV は、下水道を經由し放流先の水利用・水生生物・水辺環境に何らかの影響を及ぼす恐れのある病原性微生物（ウイルス、クリプトスポリジウム等）の不活化や化学物質（医薬品、農薬、内分泌攪乱物質等）の除去（過酸化水素添加等と組み合わせた促進酸化法）も可能であることがわかっている。下水処理水を再利用する場合にも UV を適用すれば、さらに安全で安心な水環境の構築が実現可能となるだろう。

平成 25 年 5 月 16 日付の事務連絡「平成 25 年度事業執行にあたっての交付対象範囲の確認事項について」では、UV について「個別協議のうえ交付対象となる。なお、地域状況によっては学識経験者、漁協等を含めた委員会で検討することが望ましい。」と示されていた³⁾。しかし、平成 26 年 4 月 1 日付同事務連絡では上記の内容が削除され⁴⁾、これまで UV 整備に当たって必要であった個別協議や委員会での検討は不要となった。UV 適用の条件がより簡素化され、下水処理場への UV 適用が加速する要因の一つと考えている。

国内の下水処理場においても、放流域の生物保護という理由からだけでなく、コストや安全面、維持管理面での優位性を生かした大規模下水処理場への UV 適用や塩素消毒から UV への更新が広まることを期待している。

〈参考文献〉

- 1) 松井大悟：紫外線消毒設備技術マニュアルー 2006 年 3 月ー，財団法人下水道新技術推進機構，2006.
- 2) 石川清：平成 23 年度版下水道統計第 68 号，公益社団法人日本下水道協会，2013.
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道事業課監修：下水道事業の手引平成 25 年版，株式会社日本水道新聞社，2013.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道事業課監修：下水道事業の手引平成 26 年版，株式会社日本水道新聞社，2014.

投稿報告

新潟県における “バイオガス発電”の取組 ～産官学連携による小型消化ガス発電機の開発～

新潟県土木部都市局下水道課

課長 久須美 憲二

キーワード：小型消化ガス発電、稲わら・刈草、二酸化炭素

1. はじめに

下水の処理過程で発生する余剰汚泥の処理は、活性汚泥法の宿命であり、昭和初期から研究・検討されてきた。最大の課題は“減量化”であり、脱水・乾燥とともに消化の技術が開発されてきた。

汚泥を嫌気性消化すると発酵ガスが発生するが、この消化ガスはメタンを6割程度含んでいる有益な燃料である。このため、汚泥消化技術開発当初から消化ガスの有効利用が図られてはいたものの、汚泥の消化促進のための加温として使用するなど、下水処理場構内での直接的で限定的な使用が主体であり、余ったガスは焼却という手段により焼却されていた。

近年、地球温暖化対策やエネルギー対策としてバイオマスの利活用が求められているなかで、下水処理場で焼却処分していた消化ガスによる発電が徐々に普及しつつあり、平成23年度末現在、全国41箇所を導入されている。

消化ガス発電自体はそれほど珍しいものではなくなりつつあるが、新潟県における小型消化ガス発電機開発に対する産官学連携の取組を紹介する。

2. 新潟県の下水道概要

(1) 新潟県の下水道概要

本県の下水道は、新潟市が昭和27年に管きょと処

理場（船見処理場）の整備を開始したのが始まりである。この船見処理場は昭和39年に処理を開始した。

下水道整備が始まったのは早いとはいえないが、これは、本県の特質として農業立地県であったがゆえに、し尿の農地還元が容易であったことがあげられる。

現在、本県には30市町村が存在するが、このうち28市町村で下水道整備を行っており、全ての市町村が供用開始している。なお、残りの2村は農業・漁業集落排水や合併浄化槽のみで汚水処理している。

この28市町村の下水道の管理状況であるが、全部で87処理場が存在し、その内訳は、流域下水道が7処理場、公共下水道が80処理場である。

下水道整備開始が遅かったということもあり、本県の汚水処理人口普及率は84.7%（全国88.9%）、下水道処理人口普及率は71.5%（同77.0%）であり、全国平均よりも若干低く、都道府県のなかでは中位程度である（平成25年度末）。

(2) 新潟県の流域下水道における汚泥消化状況

本県の処理場で汚泥の消化を行っているのは、流域下水道の全ての処理場と公共下水道の7処理場である。

平成25年度に流域下水道7処理場で発生した消化ガスは年間約729万 Nm^3 であった。このうち汚泥消化タンクを加温するための燃料や汚泥乾燥設備の燃料として有効活用するのは412万 Nm^3 であり、残りの317万 Nm^3 は焼却処分されていた（表-1）。

後述するが、本県では長岡を除く全ての流域下水道の処理場で消化ガス発電を導入する予定である。

長岡処理場では、汚泥の減量化、安定処理及び有効利用を目的として、県・長岡市・三条市・加茂市が共同で「中越地域流域下水汚泥処理事業」（以下「中越流泥」という。）を平成 16 年に立ち上げた。

このため、長岡処理場で発生する消化ガスについては、中越流泥処理センターの乾燥設備に利用することとしており、長岡処理場における消化ガス発電の導入は予定していない。

表-1 流域下水道の処理場における消化ガス量(H 25)

処理場	流入水量 千Nm ³	汚泥量 千Nm ³	消化ガス量			
			発生 千Nm ³	加温 千Nm ³	他※ 千Nm ³	余剰 千Nm ³
新潟	23,658	103	2,337	385	1,250	702
新津	10,080	57	1,027	284	207	536
新井郷川	10,882	60	1,075	255		820
西川	6,642	26	396	111		285
長岡	15,123	89	1,740	455	864	421
六日町	3,473	15	358	48		310
堀之内	3,821	14	361	56	204	101
計	73,679	364	7,294	1,594	2,525	3,175

※消化ガス量の「他」について

- 1 新潟は、汚泥乾燥設備で利用
- 2 新津は、消化ガス発電（実証実験）で使用
- 3 長岡は、中越流泥処理センターで利用
- 4 堀之内は、消化ガス発電（一部実証実験）で使用

3. 開発の経緯と成果

(1) 開発の経緯

下水道統計によると、全国には平成 18 年現在で 291 箇所の下水処理場で嫌気性消化が行われているが、そこから得られる消化ガスが完全に利用されている訳ではなく、年間発生量の約 3 割相当の 87 百万 m³ が焼却されている。

下水処理場は水処理・汚泥処理の過程で多くの電力を必要としており、消化ガスによる発電を行えば下水処理場のエネルギー自給向上・経営健全化に大きく貢献するものであるが、現有のガスエンジン発電やマイクロガスタービン発電は、出力からみて相当に高価であり必ずしも普及が進んでいない。本研究は、これを解決するために、消化ガス発電機を始めとする汎用性の高い動力システムを開発するとともに、その効果的な運用システム構築を目的とするものである。

「消化ガスエンジン動力システムの開発に関する共同研究報告書」より引用

独立行政法人土木研究所材料基盤研究グループリサイクルチーム（以下「(独) 土木研究所」という。）は、下水道バイオガスの約 7 割は利用されているが、残り約 3 割は焼却処分されている実態を鑑み、中小規模の処理場でも安価で容易に導入可能な「下水道バイオガス発電システム」の開発を目指すこととし、ライト工業(株)、(株)井上政商店と平成 17～20 年の間、共同研究を実施した。

報告書では、

本共同研究により、下水処理場で発生している消化ガスを燃料として使った実用に耐え得る廉価な消化ガスエンジンシステムの開発の目処が立った。

としながらも、今後に残している課題として、

- 実用化に向けた一年程度の連続運転の実施
- ガス供給ラインに関する検討課題
- エンジンの運転方法の高度化
- エンジン本体の低価格化
- エネルギー効率

をあげている。

そこで平成 21 年になり、国立大学法人長岡技術科学大学（以下「長岡技科大」という。）、(独) 土木研究所、財団法人下水道新技術推進機構、株式会社大原鉄工所（以下「(株)大原鉄工所」という。）の 4 者（代表は長岡技科大姫野准教授）が共同で消化ガス発電機の研究開発をすることとし、本県の堀之内処理場での実証実験が打診されたものである。

堀之内処理場が選ばれた理由としては、「処理場の規模」「余剰ガスが多く発生していること」としている。

(2) 実証実験の概要

堀之内処理場での実証実験の概要は次のとおりである。

○平成 21 年度

- ・ 小型ガスエンジン発電機を放電装置及び 2.2kW 程度の負荷と接続し基礎データの収集
- ・ 消化ガス用バッファタンクを設置し合計最大 25kW を目標として長期発電実験
⇒ 23.85kW の各接続負荷機器を 120 時間連続で安定運転
⇒ 発電設備構成機器であるシロキサン※除去装置が持続的な除去が可能であることを確認

※シロキサン：ケイ素の化合物であり、下水汚泥消化ガス中にはシャンプーや化粧品を由来とする微量のシロキサンが混入している。これがガスエンジン内部に混入した場合、燃焼により結晶化（酸化ケイ素）しエンジン内部に堆積することでトラブルを引き起こす。



写真-1 シロキサン除去装置

○平成 22 年度

- ・ 小型ガスエンジン発電機（新規開発出力 25kW）の最大発電能力・始動性等の確認
 - ・ シロキサン除去装置のデータ収集及び排気ガス分析
- ⇒新規開発機が 25kW の発電出力を達成
⇒1,000 h の系統連携連続運転を達成



写真-2 (株)大原鉄工所 消化ガス発電機 BG30A

○平成 23 年度

- ・ 年間を通じた連続運転によるメンテナンス項目の検証
 - ・ エンジン排熱を温水として取り出す熱回収システムを構築
- ⇒稼働率 99.88%、平均出力 24.12kW、熱回収量 36.1kW を達成

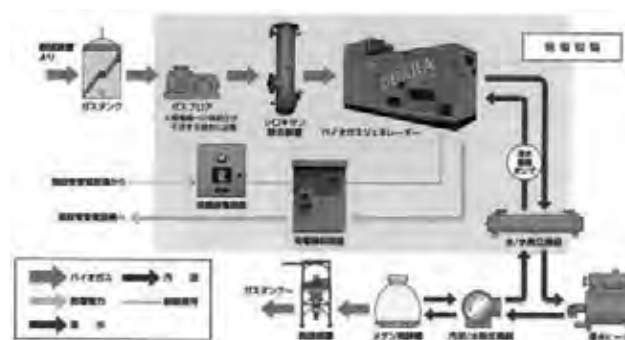


図-1 消化ガス発電機システムフロー

○平成 24 年度

- ・ 出力 25kW の発電機を 1 台追加しガス量に応じた台数制御及び運転時間平準化制御運転
 - ・ 新規開発出力 50kW の小型ガスエンジン発電機の実証実験を追加（場所是新津処理場）
- ⇒25kW 発電機 2 台による台数制御、不具合発生状況等の確認
⇒50kW 発電機で総運転時間 5,052 時間、平均発電効率 34.5%、平均熱回収率 49.1%、平均総合効率 83.6% を達成



写真-3 (株)大原鉄工所 消化ガス発電機 BG60A

(3) 開発の成果

平成 22 年 10 月に（独）土木研究所と（株）大原鉄工所は『25kW 出力機』を共同開発し製品化したと公表した。

前述のとおり、平成 22 年時点では連続運転 1,000 h を達成していたものの、自治体等からの問い合わせの多くが「連続運転 10,000 h の達成」が条件となっているため、堀之内処理場での実証実験も引き続き行ったものである。

また、複数の発電機による制御運転や新たに開発した 50kW 級発電機等、実証実験は継続していくことになる。

いずれにしても、小型ガスエンジン発電機を利用した消化ガス発電に目途が立ったため、本県では本格導入することとした。

実証実験を開始した堀之内処理場において最初に導入することとし、平成 23 年度に設計、平成 24～25 年度で設備工事を行い、平成 26 年 2 月 14 日に供用開始した。

供用開始後 9 ヶ月しか経過していないため年間発電量や消費電力縮減率は推定であるが、設計時に想定していたとおり、処理場内の 4 割の電力を賄えるものとなっている。

十分な効果が得られているため、本県としては、長岡を除く他の流域下水道の処理場においても順次導入していくこととしている。

表-2 新潟県流域下水道の消化ガス発電導入予定

処理場	設計	設備工事	供用開始	発電機出力
堀之内	H 23	H 24～25	H 26.2.14	25kW × 2 基
新津	H 24	H 25～26	H 26	50kW × 4 基
新潟	H 25	H 25～26	H 26	50kW × 4 基
新井郷川	H 25	H 26～27	H 27	合計 250kW 以上
六日町	H 26	H 27～28	H 28	合計 50kW 以上
西川	H 26	H 27～28	H 28	合計 100kW 以上

新井郷川、六日町、西川は予定

(4) Made in 新潟への登録

新潟県では、県内の企業が開発した新技術の活用・普及を促進することで新潟県内の建設関連産業の活性化に資することを目的として「Made in 新潟 新技術普及・活用制度」を平成 18 年から運用している。

平成 25 年度末現在の登録技術は 165 技術、活用件数約 28,000 件、売上約 530 億円であり、最近では県外売上が県内売上を大きく上回っており、本県発祥の技術が全国で活躍している。

この(株)大原鉄工所が開発した「小型消化ガス発電システム」については、市販のパッケージ型ディーゼルエンジン発電機をベースに改良し、下水汚泥の処理過程で発生する消化ガスや、生ごみメタン発酵施設からのバイオガスを燃料とした小型・低価格・低メンテナンスコストが評価され、めでたく Made in 新潟に登録された（登録 No：23D1013）。

4. 新たな取組

「小型消化ガス発電システム」の完成により、小型消化ガス発電開発は第 1 フェーズを終えたことになる。

この開発は焼却処分されている消化ガスを有効活用

しようというものであり、消化ガスの需要を開発するものであった。

長岡技科大では、今度は消化ガス発電の供給側であるメタンガスに着目した。

新潟県は「米どころ」を自負しているが、当然ながら稲わらが大量発生する。稲わらは、冬期は水田にすき込まれメタンガスを放出している。この未利用の稲わらを下水汚泥と混合して発酵させればより有効なエネルギー源となるのではないかという研究である。

平成 22～24 年の 3 ヶ年の研究で、下水汚泥に稲わらを T S 混合比 1：0.5 までは消化特性に大きな影響を与えることなく発生ガス量を増大できることが実証されたとのことである。

一方で、稲わら混合により消化汚泥量が増大するため、消化汚泥の脱水性やエネルギー利用の検討も進めていく予定と聞いている。

また、稲わら混合嫌気性消化の実用性が実証されたため、現在では河川敷の刈草を混合する研究も行っている。

5. おわりに

本稿執筆中の 11 月中旬、姫野准教授が突然来庁された。

バイオガスからメタンガス（CH₄）を分離したのちの二酸化炭素（CO₂）の活用について考えているとのことであった。バイオガスは CH₄：CO₂ = 6：4 で構成されており、CO₂ 膜による高純度 CO₂ 製造・利用について研究していきたいとのことであった。

小型消化ガス発電機開発に漕ぎつけた飽くなき探究心をお持ちである姫野先生に対し敬意を表するとともに、下水道のポテンシャルの高さを改めて認識したところである。

おわりに、新潟県流域下水道で発生する消化ガスの有効利用に道筋を付けることになった、(独) 土木研究所、長岡技科大、(株)大原鉄工所の関係者の方々に感謝を申し上げて本稿の結びとする。

参考文献

- 1) (社)日本下水道協会：日本下水道史、1988 年 5 月
- 2) 新潟市都市整備部下水道部：にいがた下水道物語、2002 年 9 月
- 3) (公財)新潟県下水道公社、新潟県流域下水道維持管理年報（平成 25 年度）、2014 年 7 月
- 4) (独)土木研究所、ライト工業（株）、(株)井上政商店：消化ガスエンジン動力システムの開発に関する共同研究報告書、2009 年 3 月
- 5) (株)大原鉄工所：バイオガス発電機技術説明書

※市町村名、組織名は当時のもので記載しています。

コ ラ ム

循環で迷惑施設から福利厚生施設へ

福岡県大木町の循環施設くるるんには、一般家庭の生ごみ、し尿、浄化槽汚泥が運び込まれメタン処理されている。メタン発酵後の消化液は液肥として農地で利用されていて、稲作では ha あたり 10 万円ほどの肥料代の節約になるので、農家から喜ばれている。消化液で栽培された農産物は地元の学校給食で利用され、直売所でも販売されている。くるるんの横には、地産地消レストランと直売所があり、連日、客で賑わっている。

大木町に隣接するみやま市でも平成 30 年の稼働を目指して、同様の循環施設の準備をはじめていく。驚くことに、みやま市でこの循環事業を検討する委員会では、この施設は「迷惑施設」ではなく「福利厚生施設」として議論されていることである。「わが家の近くにあるとうれしいね」という会話が委員の間で交わされている。筆者は焼却施設やし尿処理施設などの委員も経験しているが、けっしてでない話題である。

みやま市が注目しているのが、循環施設の建設費、維持費の安さである。どちらも処理施設の 7 割以下である。消化液の農地利用、地産地消による農業への貢献も大きい。さらに、大木町では循環施設および関連施設で 60 人程度の地元雇用を作り出したという点も強い関心が示された。

現在、みやま市の委員会の女性委員からは「センスのいいカフェレストラン」、市民委員からは「液肥を使った市民農園」などを併設する要望が出ている。委員長である筆者は「100 人の雇用」を掲げて、循環施設および関連施設・事業のありかたを提案していこうと準備中である。地元の高齢者、障害者、引きこもりなど、経済社会から落ちこぼれた人々の仕事づくりである。

さらに収益事業として、近隣の大型スーパーやレストランなどにも循環事業を提案する予定である。事業系の生ごみを液肥の原料として引き受けて、液肥で栽培した農産物を買ってもらう計画である。

「処理」ではなく「循環」施設ゆえに、こんな楽しい地域作りの議論がはじまっている。

過疎地域に指定された人口 4 万ほどのみやま市は、他の自治体同様に、これから 20 年で人口が 3 割減る予定である。しかも減るのは勤労者人口で、高齢者人口はむしろ増加する。きっと税収は大幅に落ち込み、地域作りに使える予算は減るだろう。

税収が落ち込んでも、自治体にとってごみ処理、し尿処理は必須の事業である。この必須の事業が迷惑事業ではなく、地域作りにつながる福利厚生事業として展開可能なところに循環事業のおもしろさがある。

あまりにも楽しいので、みやま市のプラントが稼働を始めたなら無給の社長として循環の地域作りに関わっていこうと考えている。大木町のくるるんよりも楽しいプラントを目指すので、きっと視察者も多く来ていただけたらと考えている。なにしろケチな社長なので、視察者からは高額な視察費用をいただこうと皮算用しているところである。

長崎大学環境科学部 中村 修

報 告

超高効率固液分離技術を用いた エネルギーマネジメントシステム

メタウォーター(株)プラントエンジニアリング事業本部

新事業技術部 宮田 篤

キーワード：固液分離，生汚泥，高温消化，エネルギー自給率

1 はじめに

今日の下水道事業における電力使用量は約 70 億 kWh といわれており、日本全体の電力使用量の約 0.7% を占めている。下水道普及率の向上にともない、年々増加傾向にある。今後、原子力発電所の事故の影響で、エネルギー需給が逼迫してきており、代替自然エネルギーとしてのバイオマスからの創エネルギーの取り組みは非常に注目が高く、また喫緊の課題となっている。

このような状況の中、「最新のエネルギー自給型下水処理場（以下、革新的下水処理場という）」の実証を目的にメタウォーター・日本下水道事業団共同研究体が、国土交通省国土技術政策総合研究所から下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）の委託研究（平成 23、24 年度）を受け、「超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステムに関する実証事業」を実施してきた。また平成 25 年度からは、日本下水道事業団との共同研究として、さらなる機能アップや処理性能データの取得を行い研究を継続している。

場所は大阪市の中浜下水処理場であり、写真 1 に示すように超高効率固液分離設備、生ごみ粉碎処理設備、高効率高温消化設備、スマート発電システム等が敷地内にコンパクトに納められている。ここでは本 3

要素技術を革新的技術と称している。

本実証事業の特徴は、下水処理場において実規模施設として革新的技術の実証を行う点にあり、流入下水量の規模で 6,000m³/日の処理が可能である。実用的な研究成果が得られるとともに、国交省国土技術政策総合研究所による計画・設計のためのガイドライン「超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム導入ガイドライン（案）」（国土交通省国土技術政策総合研究所）の発刊がなされ、広く迅速に、日本中に普及促進させる目的がある。

本事業は、地球温暖化対策、建設費縮減等の様々な効果をあわせ持つが、本論文では本事業において最も



写真 1 大阪市にある B-DASH 実証施設

期待される電力消費量削減の効果について着目し、エネルギー自給型下水処理場構築の観点から説明する。

2 エネルギー自給型下水処理場の理念

従来の下水処理場は、多くの曝気動力をかけて水処理を行い、汚泥は脱水、焼却等の減容化処理を行うという集約型処理がなされてきた。

今回は図1に示すように流入下水を徹底的に固液分離処理し、水処理は「省エネルギー化」、汚泥処理は「創エネルギー化」を積極的に行う新しい下水処理場の提案を行うものである。

従来は下水で処理対象とされていなかった生ごみもエネルギー源として積極的に取り込むシステムである。

このように下水処理場には、生ごみやデイスパー粉砕物を積極的に受け入れることで、都市生活における利便性を向上させるとともに、「エネルギー源」として積極的に活用し、再生可能エネルギーであるバイオガス発生をより多くすることにより、より高いエネルギー自給率の下水処理場の構築を目指すことができる。

3 革新的技術の特徴

3.1 超高効率固液分離技術

流入下水中の生汚泥を徹底的に回収するろ過方式の固液分離技術であり、流入下水の汚濁成分の除去性能は、表1に示すように、従前の最初沈殿池よりも大幅に向上する。このため、エネルギー価値の高い生汚泥の回収量が大きく増加する。

概略構造およびろ過・洗浄イメージを図2に示す。流入原水は各ろ過槽のろ材下部に流入後、上向流にてろ過処理が行われる。一方、ろ過閉そく後の洗浄は、処理水（ろ過水）を用いて、ろ材に下向流を起こさせ逆洗する。これにより発生した洗浄排水は、汚泥濃縮槽に送水され、高濃度の生汚泥として回収される。



図1 新しい下水処理場の理念

表1 今回提案技術と従来技術との比較

	(提案技術) 超高効率固液分離	(従来技術) 最初沈殿池
SS 除去率 (%)	66 (注1)	47
処理速度 (m/日)	ろ過速度 250 ~ 500	水面積負荷 50

※(注1)「超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム導入ガイドライン(案)」(国土交通省国土技術政策総合研究所)ガイドライン153頁より代表値として掲載。

3.2 高効率高温消化

本技術は、日本下水道事業団とメタウォーター(株)の共同研究「中小規模処理場に適した下水汚泥等からのエネルギー回収利用技術の開発」により、H20年度からパイロットプラント実証(消化タンク 6.5m³)を行ってきたものである。下水汚泥および生ごみの混合運転(混合比 1:1 ~ 1.5)を行い、生ごみの投入が下水処理場のエネルギー自立を高めるために非常に有効であることが確認されている。今回の B-DASH プロジェクトにおいては実規模施設(消化タンク 50m³)による初の実証となる。

本技術では、消化の高速化が期待できる高温消化プロセスを採用している。また、図3に示すように、不織布担体を消化タンク内に充填し、嫌気性微生物を高密度に保持できる方式とした。分解率は一般的な消化槽では、HRTの減少に伴い低下するが、担体を充填することでSRTをより長く確保できるため、HRTが短い高負荷条件においても完全混合槽に比べて高い分解率を維持可能である。

これにより、生汚泥や生ごみを対象とする場合には従来の1/4の5日の消化日数、余剰汚泥が入っても1/2の10日の消化日数と短縮することができ、銅板製の簡易な消化槽とすることができる。



図2 超高効率固液分離槽のろ過・洗浄イメージ

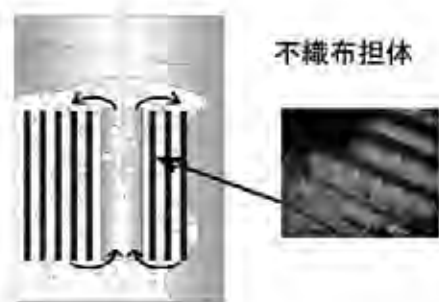


図3 消化タンク槽模式図

3.3 スマート発電システム

本技術は、「プラント運転最適化技術」と「ハイブリッド型燃料電池」を組み合わせ、下水処理場全体のエネルギーマネジメントを可能にする技術である。

(1) プラント運転最適化技術

処理場全体の機器を対象に、負荷遮断・再投入などの条件に、該当設備の運転・停止とプラント運用に与える影響（水位や濁度などの計測情報）およびプライオリティの設定を行うことにより、使用電力を平準化する。最大電力使用量の12%ピークカットにより、契約電力の低減も目指す。

(2) ハイブリッド燃料電池

燃料電池は、図4に示すように、水の電気分解の逆反応を利用した発電システムで、原燃料（消化ガス、都市ガス等）中のメタンから改質反応により水素を発生させ、酸素と反応させることで発電させる装置である。ガスエンジンやガスタービンなどの内燃機関を使った発電装置と異なり、高い発電効率と排気ガスがクリーンであること、騒音、振動などがほとんどないことなど高い環境性能に特徴がある。

本燃料電池はさらに、消化ガス及び都市ガスの二つの原燃料に対応し、消化ガスが不足するときは都市ガ

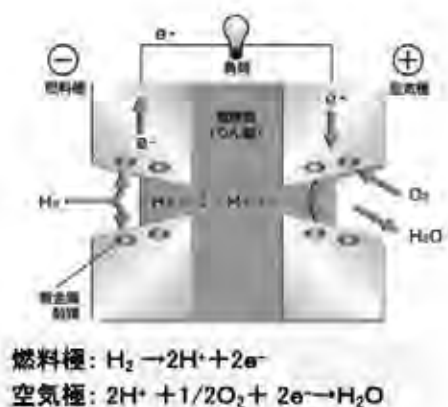


図4 燃料電池の原理

表2 ハイブリッド燃料電池の5メリット

- ① 静かである。近隣に住宅がある場合に有効。
- ② 災害時の電源確保。地震時には都市ガスで発電。
- ③ 設置期間は1ヶ月（キュービクル一体化構造）。
- ④ 発電効率が低い（40%）
- ⑤ 発電制御が容易（発電が30～100kW可変）

スで必要な電力量を補うよう燃料制御機構を改良した国内初のハイブリッド型燃料電池である。これにより、消化ガスの100%活用が可能となるとともに、リスク分散を図った電源設備としての利用が可能となる。

ハイブリッド燃料電池の特徴を以下の表2にまとめるが、再生エネルギーを都市施設としての下水処理場で発電していく場合の多くの利点がある。

また本発電機は、一体型構造となっており、建屋などは不要で基礎ベースに設置するだけでのものであり、非常に短期間で省スペースで設置が可能である。

4 VS 分解率，消化ガス発生量（実証結果）

エネルギー自給率に最も影響を与える設計因子が消化ガス発生量であり、また脱水や処分費等のトータルシステムの費用に影響を与えるのがVS分解率である。

表3には、基質ごとの消化ガス特性を示す。なお、2ヶ年の国総研委託後の平成25年4月から7月までの3ヶ月半にわたり、生汚泥のみを基質とする連続消化実験を行った。その結果から生汚泥単独のVS分解率は62.6%，投入VS当たりの消化ガス発生量は、550Nm³/t-VSという結果が得られている。

表3 基質毎の消化特性

基 質	VS 分解率 (%)	消化ガス発生量 (Nm ³ /t-VS)		出典
		投入 VS 当り	分解 VS 当り	
生汚泥	62	550	870	(注1)
余剰汚泥	34	280	800	(注2)
生ごみ	83	860	1,040	

(注1) 9th-IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Proceedings Volume I 364頁

(注2) 「超高効率固液分離技術を用いたエネルギーアマネジメントシステム導入ガイドライン（案）」（国土交通省国土技術政策総合研究所）ガイドライン 112 頁より抜粋。

5 生まれ変わる下水処理場の将来像（ケーススタディー）

「超高効率固液分離技術を用いたエネルギーアマネジメントシステム導入ガイドライン（案）」（国土交通省国土技術政策総合研究所）ガイドラインを活用して、下水処理場に適用した場合の効果を評価した。

5.1 下水汚泥（生汚泥＋余剰汚泥）を消化・発電（A市試算）

5.1.1 物質収支

ある分流式のA市下水処理場（日最大水量5万 m^3 /日、人口10万人規模）において、一次処理を最初沈殿池から「超高効率固液分離」に、また消化を「高効率高温消化」に置換え、発電として「ハイブリッド燃料電池（リン酸型）」を導入することを考える。その際の下処理場全体の現在と導入後の物質収支等を比較したのが図6である。

まず大きく変わるのが、生汚泥と余剰汚泥の発生比率である。現在、日量で生汚泥4.4ton、余剰汚泥3.7tonが発生している。これが超高効率固液分離技術の導入後は生汚泥5.6ton、余剰汚泥2.7tonとなり、生汚泥の発生比率が大きく、余剰汚泥が減少する。

一般に生汚泥は、余剰汚泥と比較して分解・消化されやすく、消化ガスも多く発生するため、汚泥処理の

創エネルギー化に寄与するものである。

また一次処理での除去率が高くなることにより、生物反応槽へのBOD負荷は小さくなり、また余剰汚泥発生量の減少をもたらすことになる。これらにより、下水処理場で使用電力が大きかった曝気動力や、余剰汚泥の機械濃縮動力の縮減が図れることになる。

本処理場では現在、消化ガスの一部を消化槽の加温に用いるとともに余剰ガスについては、燃焼処分を行っているため、電力にかかるエネルギー自給率は0の状態である。

5.1.2 省エネルギー

前段の超高効率固液分離により、有機分が「こし取られる」ため生汚泥が増加し、発生する余剰汚泥が減少する。ろ過水はSS、BOD（特にSS由来のBOD）が濃度として「薄く」なるため、標準活性汚泥法において最も電力を要すると言われてきた曝気動力等が大きく削減され、その程度は178kWから147kWと18%程度も減少する（硝化を考慮しない場合）。余剰汚泥の機械濃縮についても動力が大であったが、余剰汚泥発生量の減少により、遠心濃縮の使用電力も65kWから47kWに削減される。

5.1.3 エネルギー自給率

一方、本処理場においては現在3,500 m^3 /日（発電はしていないが換算341kW（効率40%））程度の消

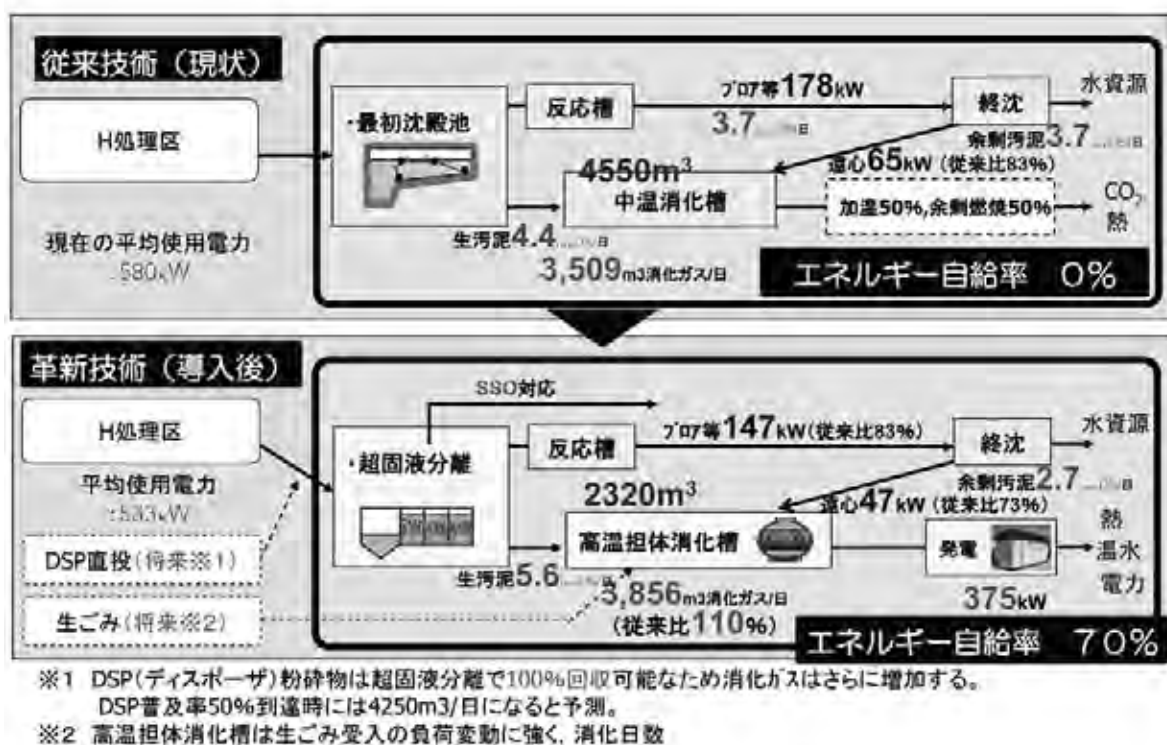


図6 生汚泥と余剰汚泥を消化

化ガスが発生しているが、生汚泥増加と余剰汚泥減少により、 $3,850\text{m}^3/\text{日}$ （発電換算 375kW （効率 40%））にまで増産される。これは生汚泥と余剰汚泥の投入 VS あたりメタン生成量の原単位の違いによるものであり、生汚泥割合が多いほどメタン生成量が多くなることを示す。

ここにさらに DSP（ディスポーザー）粉砕物の下水道直接投入の場合について推定する。1 人 1 日に 5L で 10gBOD 、 10g SS の有機物を下水道投入すると仮定し、DSP 人口普及率が 50% とすると消化ガスは $4,250\text{m}^3/\text{日}$ （発電換算 414kW （効率 40%））まで増加する。超高効率固液分離は、 $100\mu\text{m}$ 以上の固形物が 100% 除去できるため、一般に $1\sim 2\text{mm}$ と言われる DSP 粉砕物は全て除去される。DSP 粉砕物の下水道投入が困難な一理由として、反応槽等の負荷増大が挙げられることもあったがその心配がなくなり、逆にエネルギー源として 100% 活用される。

ここで電力にかかるエネルギー自給率は、処理場全体の発電 kW / 使用 kW と定義する。上記省エネルギーは分母の削減、創エネルギーは分子の増加となるため、本技術導入によりエネルギー自給率は大きく改善される。現在の使用電力が平均 580kW で、現在のエネル

ギー自給率は発電をしていないため 0% であるが、導入後は 70%、さらに DSP 直投方式が進むとディスポーザーの普及率が 50% とした場合、78% まで上昇すると予想される。

5.2 生汚泥に生ごみを混合して消化・発電（B 市試算）

5.2.1 物質収支

ある分流式の想定 B 市下水処理場（日最大水量 $5\text{万}\text{m}^3/\text{日}$ 、人口 10 万人規模）において、図 7 に示すように革新技術導入後の処理場（図 7 の右）は、高効率高温消化については生汚泥、生ごみという消化性能の高い基質を投入、一次処理は最初沈殿池から超高効率固液分離に置換え、発電は燃料電池と想定した。原水水質は全国的に一般的な水質とされる $\text{BOD}170\text{mg/L}$ 、 $\text{SS}145\text{mg/L}$ と仮定し、従来技術からなる処理場を現状（図 7 の左）として比較した。

B 市においては従来、生ごみはゴミ処理として行われていたものを下水処理場に投入するという想定である。従来は生ごみを含むゴミ処理を行っていたものが、生ごみのないゴミ処理になるため、ゴミ処理としての建設費、ランニング費を低減させる効果もある。

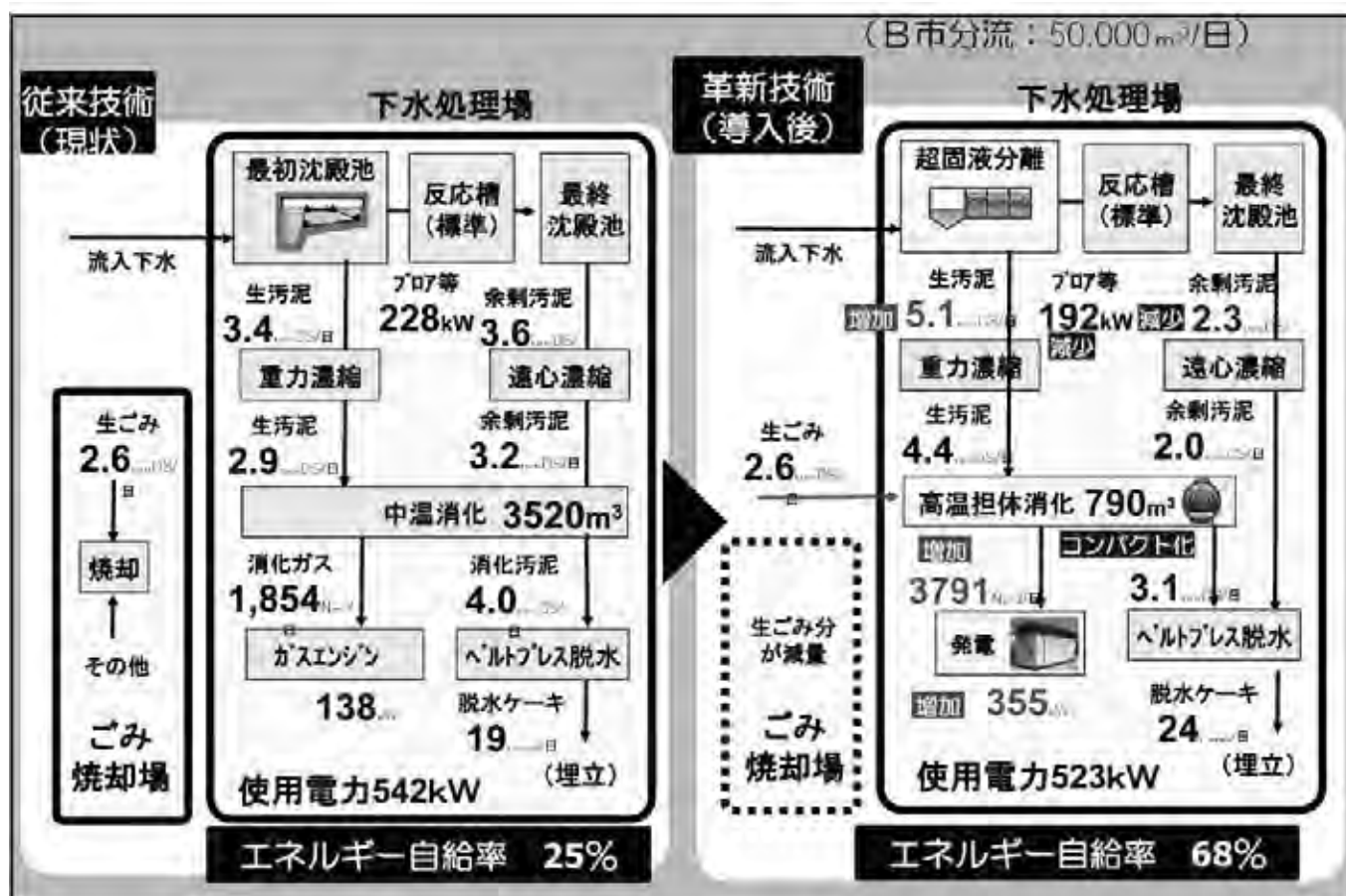


図 7 生汚泥と生ごみを消化

本図に示すように超高効率固液分離の導入により、生污泥が増え、消化困難な余剰污泥が減るため、主体となる生污泥だけでも消化ガスを比較的多く発生させることができる。さらに、分解しやすい生ごみも投入することで、消化日数5日間のコンパクトな消化槽で多く消化ガスを回収できるメリットがある。対象基質は異なるが従来ならば、生污泥と余剰污泥で3500 m^3 規模の消化槽が必要であったのに対し、革新技術の導入後には、生污泥と生ごみを対象とする消化槽容量は1/4以下の800 m^3 規模にでき、消化ガスは従来に比して2倍以上得ることができる。脱水ケーキについては余剰污泥の消化減容効果がなく、また生ごみ由来の消化污泥が加わるため増加するが、それでも増加の程度は2割程度に留まる。

5.2.2 省エネルギー

B市においても導入後のろ過水はSSやBODに関し、従来の沈後水よりも低減されるため、曝気動力等が大きく削減される。その程度は228kWから192kWと16%程度減少する。余剰污泥の機械濃縮についても余剰污泥発生量の減少により、使用電力が削減され、余剰污泥の発生比率から約2/3になると期待される。

一方、使用電力の増加要因として、新たに加わる生ごみ破碎と污泥量増加による脱水の関連についての使用電力は増加する。

これらの結果から揚水ポンプを除く下水処理場全体の使用電力（平均）は、生ごみ処理分の付加にも関わらず、現状の542kWから革新技術導入後は523kWと微減（▲3.5%）となる。

なお参考として生ごみのごみ焼却にかかる使用電力量は一般的な関数式から74kWと推察されるため、従来の下水処理場分542kWとごみ焼却場生ごみ分74kWの和は616kWと考えられる。

この電力が革新技術の導入後では、52kWになるため、従来の生ごみ処理と合わせたトータルでは15%の省エネルギー効果があると考えられる。

5.2.3 エネルギー自給率

一方、現状処理場においては1,854 m^3 /日（発電は153kW（発電効率33%））程度の消化ガス発生が試算されるが、生污泥増加と生ごみ付加効果により3,791

m^3 /日（発電換算377kW（発電効率40%））にまで増産される。これは「生污泥+余剰污泥」と「生污泥+生ごみ」の投入VSあたり消化ガス生成量の原単位の違いによるものであり、生污泥や生ごみ割合が多いほど消化ガス生成量が多くなる。

電力にかかるエネルギー自給率は、現状の処理場は、 $\text{発電kW} / \text{使用kW} = 138\text{kW} / 542\text{kW} = 25\%$ である。一方、革新技術導入後の処理場では $375\text{kW} / 523\text{kW} = 72\%$ と大幅に向上する。

このように生ごみを資源として活用するとともに革新技術を用いることでエネルギー自給率は大きく向上すると予想される。

6. おわりに

日本の下水処理システムには、污泥の消化が採用されていない場合が多く、また消化の目的も污泥減容化が主となっていた。

今後は、安定した再生可能エネルギーとして活用していくことも使命として考えられるべきと考えている。

また、その際に下水処理場のシステムも水処理系前段においても超高効率固液分離技術等の生污泥が多く回収される技術に転換していくことが望ましく、また人口減少というこれからの社会動向を勘案して污泥消化についても従前の耐用年数の長い土木躯体によるものから機動的に対応できるコンパクトな鋼板製消化槽も考慮していく必要があるものと考えている。

これにより、生污泥と余剰污泥を消化する場合や、生污泥と生ごみを消化する場合において革新技術を用いると70%に近いエネルギー自給率が期待できる。

このように日本の社会動向に合わせつつ、エネルギー自給型の下水処理システムに構造転換していくことを提唱したいと考える。

今後は、超高効率固液分離による生物反応槽での処理効果の実証、高効率高温消化の消費動力の削減等を行う実証を継続していきたいと考えている。

最後になりましたが、本実証に対しまして、ご理解、ご協力を頂いております大阪市殿に心より感謝申し上げます。

ニュース・スポット

関係団体の動き

下水資源を有効利用した循環型農園施設「きなり村」

編集委員会事務局

キーワード：循環型農業、有機栽培、無駄のないサイクル、メタン発酵プラント

1. 無駄のないサイクル

広島県廿日市市内から車で1時間ほど進んだ山間部にある「きなり村」は、循環型の農業を展開している民間の施設です。

きなり村では都市で発生する下水汚泥を回収し、自社で肥料を生産しています。そのため農作物は、農薬を一切使っていない有機栽培です。きなり村には鶏舎があり、そこで集めた鶏糞も肥料となり、その肥料で育った野菜は鳥の餌になるという、無駄のないサイクルが作り上げられています。なお、鶏は比内鶏とインギー鶏をかけあわせた純国産で「きなり鶏」といわれています。約2000羽のきなり鶏は農薬・化学肥料を一切使わずに育てたハーブを主としたエサとしてすく



循環型農園施設「きなり村」

すくと育てられています。

2. 様々な研究・開発も

村の奥に設置されている「メタン発酵プラント」では、下水汚泥の有機物からメタンガスをバイオマスエネルギーとして回収し、ボイラー熱源として活用しています。もちろん、プラントから発生した残渣も肥料として有効利用されています。



敷地内にある鶏舎



鶏舎内には2000羽の「きなり鶏」が



メタン発酵プラント

バイオテクノロジー研究所では、DNA シーケンサや電子顕微鏡などが導入されています。様々な研究・開発が行われ、定期検査やその検査結果などを情報発信しています。

3. 採れたて新鮮な作物で

村の上の方では約1万4000本のアーティチョーク



アーティチョーク（この時期は枯れていた）



バイオテクノロジー研究所内

畑が広がっています。アーティチョークとはヨーロッパでは「高貴なアザミ」と呼ばれ、古代ギリシャ・ローマ時代より食材として利用された有名なハーブ。苦味質のシナリオとフラボノイドは血中脂肪の代謝を促進し、肝臓にも有効な働きがあるといわれています。これらの野菜やきなり鶏のほとんどが、きなり村直営のレストランで提供されており、採れたて新鮮な作物を使った料理を味わうことができるとのことでした。



アーティチョークのハーブティー



村の中心にあるシンボルタワー



多目的ホールではコンサートなども



タワーの周りには水稲が

また、村の中心にあるシンボルタワーである多目的ホールでは、年2回ほど、イベントやコンサートなどが開催され、タワーの周りには、井戸水を使って水稲が育てられていました。

4. `時間と空間、を楽しむ場に

きなり村の親会社は産業廃棄物処理事業を中心に、衛生施設の工事なども手掛ける環境ビジネス企業の(株)カンサイ。広島県下の3市の下水汚泥を引き受けてコンポスト肥料を製造している。「村長」の川本義勝氏は、カンサイの元社長でもあります。

川本村長は「開村して約10年経ちましたが、やっと農用地として認められました。まだまだ時間はかかりますが、農作物は一つひとつ愛情と手間をかけてこだわりの持ちで作りたいです。`きなり、とは『ゆったり』とか『マイペース』といった意味です。`時間



川村村長

と空間、を楽しむスローライフの場としてこの循環型社会を育てていきたい」と今後の意気込みを語っていただきました。

ニュース・スポット

関係団体の動き

地域で集い憩う場、「渋谷区ふれあい植物センター」
－都会のオアシス・癒しの空間に‘寄せ植え’を加えて－

編集委員会事務局

キーワード：寄せ植え、循環型肥料、バルコニーゼラニウム

10月8日から秋田緑花農園さん(代表秋田茂良)*が、渋谷駅近くの渋谷区ふれあい植物センターの協力により側道沿いに‘寄せ植え’を飾っています。土には、



写真-3 ふれあい植物センターの外観



写真-1 寄せ植え（中央：化学肥料、その他：下水汚泥肥料2%）



写真-2 バルコニーゼラニウムの展示

下水道から生まれた循環型肥料（下水汚泥由来肥料）を使い、丈夫でさわやかなバルコニーゼラニウムの花が植えられています。

化学肥料に比べて、目には見えない大切なことが沢山詰まっている寄せ植えですから、この地域で綺麗に育まれることが楽しみです。

このセンターでは、東京都の清掃工場から排熱をリサイクルして発電した電力の供給を受けて館内電力の約8割を賄い、バナナ、オガサワラタコノキ、バオハブ等熱帯植物を中心に、せせらぎが流れる温室で植物を観察しながらのんびりできます。地域の子供やお年寄りが立ち寄り、昼にはごはんを食べてのお茶飲み話。

せせらぎは、唱歌「春の小川」の舞台となった小川をイメージしており、小川に生息する生き物たちも紹介しています。中でも、毎年6月下旬には、せせらぎでゲンジホタルが光る様子を鑑賞できます。都会でホタルを繁殖させるには餌となるカワニナとの相性等目には見えない苦勞をなされています。

※日本下水道協会刊行「再生と利用」第144号（平成26年7月号）で紹介しています。

センターの近くには、オープンチャネルの「渋谷川」がコンクリートの三面張りですが、繁華街の駅の近くにある、その風景はとてもいいことではありませんか。なお、駅再開発事業により、稲荷橋下流で、下水の高度処理水を流すせせらぎが復活する予定です。

将来ですが、皆様方は、借景を愉しめる豊かな想像力をお持ちですから、このセンターにお越しになれば、花を愛でてホタルの飛ぶ様子も見られて水音が聞こえ

る循環型社会の賜物を楽しむことができると思うのです。

代表の秋田さんが、「鉢の中の小さなエコ」を大切に、下水汚泥由来肥料に興味を持たれ、使っていただいている、ほんの些細な、ご縁のおかげで、楽しくセンター内を拝見し、将来を想像することができました。今から、ホタルの夕べが待ち遠しいです。



写真-4 セせらぎと植物



写真-5 ゲンジボタルの幼虫とカワニナ



写真-6 センター近くの渋谷川の現状

ニュース・スポット

関係団体の動き

－ BISTRO 下水道推進戦略チーム第5回会合－ WATER & FOOD NEXUS

編集委員会事務局

キーワード：NEXUS（連鎖）、循環型農業

平成26年10月2日～3日、BISTRO 下水道推進戦略チーム第5回会合が、10月に公開された映画「ぶどうのなみだ」の舞台となっている岩見沢市で開催されました。岩見沢市と岩見沢地区汚泥利用組合の取組みをはじめ、北広島市、士別市、網走市、石狩川流域下水道、北見市、豊橋技術科学大学、高知県から事例紹介がありました。それぞれの都市の下水汚泥の有効利用には特徴があり、北海道の開拓の歴史が下水汚泥をも育ててきたことを感じました。（他の参加団体：

神戸市、佐賀市、帯広市、愛知県、㈱データベース、日本下水道施設管理業協会、日本下水道新技術機構、北海道開発局、北海道）

会合の締めめに、国土交通省下水道部加藤裕之・流域管理官が、「ビストロ下水道の活動を通じて、好事例のステップ・アップ、①種（発見）⇒②芽（プロトタイプ）⇒③花（地域活性）⇒④収穫（地域ブランド）⇒⑤流通（地産地消）、というNEXUS（連鎖）が見えてきた」と、その成果を称えました。

中でも、峯淳一・岩見沢地区汚泥利用組合副組合長から、「下水汚泥肥料との出会い、下水汚泥と稲わらの混合による堆肥盤での堆肥作り、この堆肥の効果により化学肥料を減少できること、大型機械導入による農作業の高スピード化と品質向上、下水道展へ作物（ゆめびりか）の提供」など、環境にやさしい循環型農業のあり方を教えていただくとともに、堆肥作りや肥料散布機（マニアスプレッター）による散布方法を拝見



写真 -1 肥料散布機による汚泥肥料の散布作業

しました（写真-1、写真-2参照）。後継者（息子さんが散布機を運転）がおられ、下水汚泥由来肥料が地域に合ったブレンド（配合）により一層価値を高めることで、循環型農業が継続される期待が生まれています。また、岩見沢市では、約4ヘクタールの「いわみざわ公園バラ園」内の緑豊かな芝に、下水汚泥肥料を散布しています（写真-3参照）。

ボランティアによる駅舎づくり（写真-4参照）、見上げる空とワイナリー、循環する土（循環型農業）、ハマナスとバラの丘等を巡る「グリーンツーリズム」が楽しみです。



写真-2 堆肥盤作り（下水汚泥と稲わら 1:1）



写真-3 いわみざわ公園バラ園周囲の豊かな芝



写真-4 JR 岩見沢駅舎（寄付金によるレンガ張り）

お知らせ

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、それらの情報を掲載するため、投稿要領を次のとおり決めましたので、積極的な投稿をお待ちします。

投稿要領

（資格）

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

（原稿掲載の取扱い）

2. 原稿掲載の適否は、「再生と利用」編集委員会が決定します。

（掲載可否の判断基準）

3. 掲載適否の主な判断基準は、次の3. 1、3. 2、3. 3、3. 4によります。

3. 1 単に汚泥処理に関する投稿文でなく、下水汚泥の有効利用の促進に資するものであること。

3. 2 特定の団体、製品、工法、新技術等を宣伝することを目的とした投稿文（客観的、合理的な根拠を示すことなく、優秀性、優位性、有効性等について具体名を挙げて記述）でないこと。

ただし、次の場合は除く。

①特定の団体、製品、工法、新技術等の紹介が目的であっても、優秀性、優位性、有効性等の客観性かつ合理的な根拠を明確にし、下水汚泥の有効利用の促進に資すると認められるもの。

②特定の団体、製品、工法、新技術等の名称を記述しているが、単に論文の主旨をわかりやすく伝えるために用いており、投稿文の趣旨とは直接関係のない場合。

3. 3 特定の団体、製品、工法、新技術等を誹謗中傷する内容を含む投稿文でないこと。

3. 4 その他編集委員会が適当と考える事項について適合していること。

（原稿の作成、部数、送付先等）

4. 原稿の作成は、次のとおりとします。

4. 1 査読用 複写原稿 2 部（図表、写真を含みます）

4. 2 事務用 複写原稿 1 部（図表、写真を含みます）

5. 原稿の送付先は、下記の担当に送付して下さい。

（校正）

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

（著作権等）

7. 掲載した原稿の著作権は著者が保有し、編集著作権は、本会が所有します。

原稿登載区分

登載区分	原稿量（刷上り頁）	内容
研究紹介	8 頁程度（原稿制限頁数はA 4 判により 1 頁2,300文字（1 行24文字横 2 段））	独創性があり、かつ理論的または実証的な研究の成果
報 告	6 頁程度（原稿制限頁数は、同上）	技術導入や経営等に関する検討・実施

担当：公益社団法人 日本下水道協会 技術研究部技術指針課

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

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

おしらせ

「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	154,000円
後付	1 頁	1 色	縦255×横180	金マリ菊/46.5kg	41,000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（1 月発行号に掲載希望の場合は、12月20日）までに別紙「広告掲載申込書」に広告原稿又は流用広告原稿の写しを添付して、次の 5 に表示の申込先宛にお申し込み下さい。
- (3) 原稿をデータで提出する場合は、データ制作環境（使用OS、アプリケーション、フォント等）を明記のうえ、出力見本を必ず添付して下さい。
- (4) 広告原稿の新規作成又は流用広告原稿の一部修正を依頼する場合は、別紙「広告掲載申込書」にレイアウト案、又は修正指示（流用広告原稿の写しに修正箇所等を明記）をそれぞれ添付して下さい。その際、書体、文字の大

きを指定する等、原稿作成又は修正に必要な事項を明記して下さい。

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

4 お支払方法等

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

なお、送金（振込）手数料は、貴社負担にてお願いします。

5 申込み先及び問合わせ先

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

広告業務委託先 ㈱LSプランニング（担当：「再生と利用」広告係）
〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201
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147号（平成27年4月発行予定）

第27回下水汚泥の有効利用に関するセミナー特集

「再生と利用」 広告掲載申込書

公益社団法人 日本下水道協会 御中

(該当箇所にご記入及び○印を付けて下さい。)

掲 載 希 望 号	() 号
掲載場所・サイズ	表 3 ・ 後付1頁・後付1/2頁
掲 載 料 金	円／回 (消費税込み)
広 告 原 稿	完全原稿 (データ) ・ 新規作成依頼・流用 (一部修正含む)
	※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	印
住 所 〒	
担当者所属・職・氏名	印
TEL FAX	

[広告代理店経由の場合に記入]

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

汚泥再資源化活動

第1回下水汚泥固形燃料利用幹事会

日 時：26年9月10日

場 所：本会中会議室

出席者：姫野主査、山口、大森、寺尾、村岡、松尾、
斎藤、岩岡、渡辺の各幹事

- 議 題：(1) 幹事会設置経緯について
(2) 下水汚泥固形燃料利用に関する現状分析について
(3) 金融機関からの情報提供
(4) 課題と対応策・論点整理について
(5) 今後のスケジュールについて
(6) その他・意見交換

概 要：

- ① 幹事会設置経緯について
事務局から資料1、資料2のとおり報告し了承された。
- ② 下水汚泥固形燃料利用に関する現状分析について
事務局から、資料3のとおり説明を行った。
固形燃料をセメント事業者に引取らせている事例として、大阪市の平野下水処理場が一部行っているとのことであった。またPFI事業等に係る契約期間が20年とした理由を明記することとし、燃料化施設の煤煙等の基準にかかる法規制があるのか確認することとした。
- ③ 金融機関からの情報提供
三井住友銀行から、資料4のとおり説明を行った。
固形燃料の製造者側と利用者側のリスクの考え方については、受入量が全体の2～3%と小さいが継続的に含水率等の問題により供給されないと設備投資上のリスクがあるとのことであった。またそのようなリスクがあるのであれば、SPCの範囲を脱水工程にまでできないのかの意見があったが、SPCにはそこまでのノウハウがなく難しいのでは、との意見があった。
- ④ 課題と対応策・論点整理について
汚泥の有効利用の選択肢として固形燃料化はの一つであり、コンポストや建設資材利用に対しての優先度を上げているわけではない。また今後のエネルギー化率の成長戦略として中小規模も含めた処理場に対しても普及が進むよう、その正当性

を自治体等に示すべきとした。

- ⑤ 今後のスケジュールについて
先進的に固形燃料を行っている自治体に対し追加ヒアリングを行うこととした。
- ⑥ その他・意見交換
想定外の災害協定等については他分野のPFI事業を参考にしながら今後検討進めていくべきである。

135回「再生と利用」編集委員会

日 時：26年9月11日

場 所：本会中会議室

出席者：野池委員長、尾崎、姫野、安陪、島田、
仲谷、川崎、工藤、広武、杉江、西本、
福田、吉村（代理）の各委員

- 議 題：(1) 第145号「再生と利用」編集内容について
(2) 第146号「再生と利用」編集方針（案）について
(3) 平成27年度計画について
(4) その他・情報交換について

概 要：

- ① 第145号「再生と利用」編集内容について
事務局から資料4のとおり報告し了承された。
- ② 第146号「再生と利用」編集方針（案）について
事務局から、資料5のとおり説明を行った。
下水汚泥の肥料利用として、耕作地を買上げ大規模農園として営農している事例がある。これについては事例紹介で取り上げる予定である。鶴岡市の堆肥化の事例については、民間委託のスキームも含めて調査すべきとの意見があった。
- ③ 平成27年度計画について
事務局から、資料9のとおり説明を行った。
特集テーマについては、被災地のバイオマス利用を取り上げることとし、この中で復興予算の取組みでの事例も検討してもよいのではとの意見があった。また、高効率脱水技術とバイオマス有効利用との組み合わせ事例がないか模索することとし、下水汚泥と生ごみ、し尿などを受け入れた混合集約処理については、新下水道ビジョンにも取り上げられているので、トピックスとして今後検

討することとした。また福岡市や弘前市などの下水汚泥からの水素利用については取り上げていくべきテーマとの意見があった。

④ その他・情報交換について

来年度以降、編集委員が興味あるテーマについては、取材等に赴きニューススポット等に投稿するスキームも取り入れることとした。

第4回下水汚泥エネルギー利用小委員会

日 時：26年9月24日

場 所：本会第一・二会議室

出席者：姫野主査、竹内、池田、大森、村井、八嶋、村岡、野上、緒方、碓井、角田、安陪、高田の各委員

議 題：(1) 前回議事の確認
(2) 第4章第4節査読結果について
(3) 下水汚泥固形燃料利用幹事会について
(4) 今後のスケジュールについて
(5) その他・意見交換

概 要：

- ① 前回議事の確認
事務局から参考資料3のとおり説明を行い了承された。
- ② 第4章第4節査読結果について
事務局から資料1～3のとおり説明を行った。
グリーン電力認証制度についての説明を記載するのは検討することとし、回分式実験結果からの中温消化と高温消化のメタン転換率に差がないことについては明確に考察することとした。セメント業界に対しては固形燃料利用において塩素やリンなどの問題点があるのか確認することとした。大村市の事例紹介における事業形態は従来のPFIとは違うものと考えられるため、新たな事業形態を確認することとした。追加事例として、ごみ混合焼却について金沢市の事例を掲載することとした。今回掲載紹介した事例については再度各自治体に内容確認してもらうこととし、今回掲載されない事例については一覧表にまとめることとした。
- ③ 下水汚泥固形燃料利用幹事会について
事務局から資料4のとおり説明を行った。
本幹事会では固形燃料のマーケティング拡大手法について検討を行うこととした
- ④ 今後のスケジュールについて
事務局から資料6のとおり説明を行った。
次回開催予定については10月末の主査会からの進捗次第で検討することとする。

- ⑤ その他・意見交換
特に意見はなし。

第4回下水汚泥建設資材利用小委員会

日 時：26年9月25日

場 所：本会中会議室

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

議 題：(1) 前回議事の確認
(2) 第4章第4節査読結果について
(3) 今後のスケジュールについて
(4) その他・意見交換

概 要：

- ① 前回議事の確認
事務局から参考資料2のとおり説明を行い了承された。
- ② 第4章第4節査読結果について
事務局から資料1～3のとおり説明を行った。
汚泥形態別の利用状況の内訳が有価物と廃棄物とに分けているが、これらの項目はなくして総量のみを表記することとした。都道府県別の有効利用量については引抜き汚泥ベースか、処理場搬出ベースかを明確にすることとした。また「比重」と「密度」の使い分けについては再度調べることとした。品質管理手法として「長期に渡り試験する」の「長期に」は普及促進の妨げとなるため省くこととした。セメント原料としては焼却灰だけでなく脱水汚泥も使用するケースも多いため留意することとし、セメント製造者サイドでの下水汚泥の受け入れ拒否は契約上ありえないとのことであった。また、セメント需要は2020年度のオリンピックまでは現状のまま推移するものとの意見がでた。
- ③ 今後のスケジュールについて
次回開催予定については10月末の主査会の進捗次第で検討することとする。
事務局から資料4のとおり説明を行った。
- ④ その他・意見交換
バイオマスの燃えカスを建設資材で利用できるのか？との意見があり、塩素やリンの問題事項もふまえて今後の検討課題であるとした。

第4回下水汚泥由来肥料利用小委員会

日 時：26年10月1日

場 所：本会中会議室

出席者：藤原主査、渡辺、山根（代理）、岡、堀切、

岩崎、井上、杉山、岡本、山田、菅原、引地、
端谷の各委員

議 題：(1) 前回議事の確認

(2) 第4章第4節査読結果について

(3) 今後のスケジュールについて

(4) その他・意見交換

概 要：

① 前回議事の確認

事務局から参考資料2のとおり説明を行い了承された。

② 第4章第4節査読結果について

事務局から資料1～3のとおり説明を行った。
公定規格上、炭化物については焼成汚泥肥料ではなく下水汚泥肥料としての分類となることで留意するものとした。栽培する野菜と肥料の望ましい窒素形態(C/N比)については本マニュアルでとりまとめることとした。土壌改良材の説明文において「政令指定土壌改良資材」の表記について見直すこととした。また「堆肥」と「コンポスト」の言葉の使い分けについては留意していくこととし、特に下水汚泥由来であってもリン回収物等については有機物や重金属の含有がないものであれば化成肥料としての位置付けでもよいこととの情報提供があった。

③ 今後のスケジュールについて

次回開催予定については10月末の主査会の進捗次第で検討することとする。

事務局から資料4のとおり説明を行った。

本幹事会では固形燃料のマーケティング拡大手法について検討を行うこととした

④ その他・意見交換

りんとかリウムの表記方法については肥料表示、肥料成分ごとに規定があるため留意した方がいいとの意見があった。本マニュアルで示している肥料の流通ルートについては再度カテゴリーに整理した方がいいとの意見及び、瀬波バイオマスプラントの環境教育例は載せるべきとの意見もあった。またFAMICからは「汚泥肥料中の重金属管理手引書」についてはQ & A集を作成したので何か意見あればいただきたいとのことであった。

第1回下水汚泥利用促進検討調査専門委員会・主査会

日 時：26年10月27日

場 所：本会第三会議室

出席者：藤原主査、服部主査、姫野主査、渡辺の各委員

議 題：(1) 各小委員会の経過報告について

(2) 目次構成（案）及び箱書き（案）について

(3) 今後のスケジュールについて

(4) その他・意見交換

概 要：

① 各小委員会の経過報告について

事務局から資料1～2のとおり説明を行った。

肥料登録方法は建設資材やエネルギーにない項目であるが、肥料利用する上で重要項目であるため記載することとした。マニュアルに掲載した内容がいつの情報であるのかを明確にし、事例紹介の部分は該当自治体にマニュアル掲載許可をとることとした。

② 目次構成（案）及び箱書き（案）について

事務局から資料2のとおり説明を行った。

エネルギー利用において下水汚泥利用支援事業についてはエネルギー化技術の適用事例の中で記載することとした。建設資材利用については事例が少ないため他の技術と比べて掲載ボリュームが少ないが、追加項目について情報がないか検討することとした。建設資材の品質として、リサイクル製品の安全性と肥料の品質管理に重複がないのか、また、リンなどセメント品質に影響を及ぼす成分はJIS規定がないが、このあたり建設資材利用の品質向上に有益な情報がないか、それぞれ確認することとした。肥料利用で神戸市のリン回収技術についてはエネルギー部分と重複部分があるため参考ページを記載することとした。今回のマニュアルでは東京都の事例が示されていないため追記することとした。5章の評価の視点においては各地域ごとに評価の重み付けが違うことを述べ、その方法はチェックシートで示す旨を記載することとした。事業実施の流れについては「事前評価」は「事業前評価」に訂正することとした。また4章の総説にはPlan & Doの記述を追記することとした。これまでの既存の指標に対し、新しい概念を加えた指標を定めることは本マニュアルでは難しいと考えるため、本マニュアルにおいての総合的な指標には既存の下水汚泥リサイクル率を示すこととし、都道府県別の下水汚泥リサイクル率の日本地図を追加することとした。

③ 今後のスケジュールについて

事務局から資料3のとおり説明を行った。

来年度の1～2月にかけて下水汚泥専門委員会にて最終の審議を諮る予定であるため、それまでに必要に応じ、適宜小委員会等を開催することとした。

第 147 号「再生と利用」担当会議

日 時：26 年 11 月 11 日

場 所：本会中会議室

出席者：津森、西田、仲谷、工藤、福田、佐々木（代理）の各委員

- 議 題：（１）第 146 号「再生と利用」編集内容について
 （２）第 147 号「再生と利用」編集方針（案）について
 （３）平成 27 年度計画について
 （４）その他・情報交換について

概 要：

- ① 第 146 号「再生と利用」編集内容について
事務局から資料 3 のとおり報告し了承された。
- ② 第 147 号「再生と利用」編集方針（案）について
事務局から、資料 4 のとおり説明を行った。
福岡市に対し再生水事業について執筆いただける
とのことで了承いただいた。
- ③ 平成 27 年度計画 について
149 号特集テーマ予定の固定価格買取制度については設備認定範囲の部分は既に認知されているので、掲載にあたっては熱利用、残渣利用あるいは CO₂ 利用等複合的に利用している事例を検討すべきとの意見があった。また 150 号では記念特集を組む予定であり、年表の作成や歴代編集委員長の言葉をいただく予定で、またトピックスとして「現状と課題」については編集委員に執筆いただくこととし、これに関連して来年度内に特別セミナーの開催を予定することとした。
- ④ その他・情報交換について
ISO/TC282（農業利用）や ISO/TC275（汚泥利用）等については、その規格内容について掲載検討することとした。国際土壌年の取組みについては関係する編集委員に掲載の検討をお願いすることとした。
また肥料利用等については、自治体サイド、ユーザサイドの視点から求められている情報を今後、編集委員会で再議論することとした。

第 2 回下水汚泥固形燃料利用幹事会

日 時：26 年 11 月 12 日

場 所：本会第三会議室

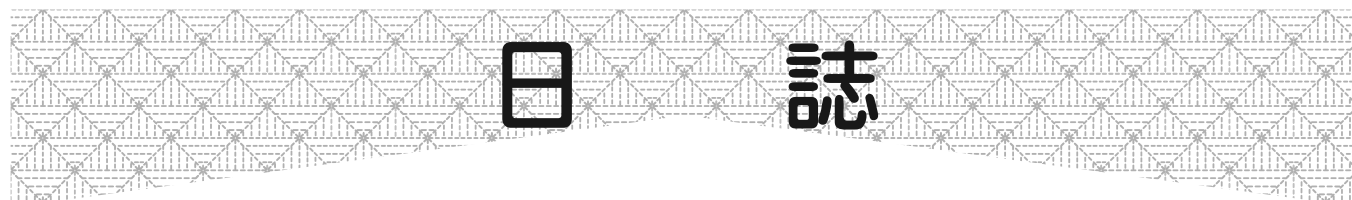
出席者：姫野主査、山口、大森、寺尾、村岡、松尾、斎藤、渡辺、津森（特別）の各幹事

- 議 題：（１）前回議事の確認
 （２）マーケットの拡大について

- （３）課題への対応策（案）について
- （４）とりまとめ骨子（案）について
- （５）今後のスケジュールについて
- （６）その他・意見交換

概 要：

- ① 前回議事の確認について
事務局から、資料 1 のとおり報告し了承された。
ただし、脱水汚泥について含水率が高いのは冬季に固液分離がうまくいかないからであり、降雨時は有機分率が高くなる傾向にあるとのことであった。また会社名等の固有名詞は避けた表現とすることとした。
- ② マーケットの拡大について
事務局から、資料 2 のとおり説明を行った。
特定規模電気事業者の売電において、クリーンな電力であれば付加価値があるので高い価格で電気が売れるではとの意見があった。
- ③ 課題への対応策（案）について
事務局から資料 3 のとおり説明を行った。
記載方針についてはイニシャルコストだけでなくランニングコストも含めた LCA の低減という表現とすることとした。資料 3 の内容が DBO と PFI が混同しているため視点を分けて表記することとし、PFI の中には BTO やコンセッション方式もあるのでこれらのことに留意するが、下水汚泥利用促進マニュアル掲載時においては両者（DBO、PFI）のバランスを考えて記載することとした。品質データにおいては「参考値」なのか「保証値」なのか明確にすべきとの意見があった。
リスク分担表を記載するのであれば自治体や事業者間で協議すべきとの意見があり、併せてリスクモニタリングも行うべきとの意見があった。また論点として「自治体と製造事業者のリスク分担」とすべきで、製造者と利用者を切り分けるという論点でコンソーシアムに利用者は入れるべきではないとの意見もあった。価格については輸送費も考慮した上で石炭価格に近い価格で売却している旨を載せるべきとし、輸送費、売却費、石炭価格等を積み上げグラフで示すこととした。また品質等の PR については RDF との違いも記載してほしい旨の要望があった。
- ④ とりまとめ骨子（案）について
事務局から、資料 4 のとおり報告し了承された。
- ⑤ 今後のスケジュールについて
事務局から、資料 5 のとおり報告し了承された。
- ⑥ その他・意見交換
1 週間以内に意見があれば事務局に連絡することとした。



平成 26 年 9 月 10 日	第 1 回下水汚泥固形燃料利用幹事会	本会中会議室
平成 26 年 9 月 11 日	第 135 回「再生と利用」編集委員会	本会中会議室
平成 26 年 9 月 24 日	第 4 回下水汚泥エネルギー利用小委員会	本会第一・二会議室
平成 26 年 9 月 25 日	第 4 回下水汚泥建設資材利用小委員会	本会中会議室
平成 26 年 10 月 1 日	第 4 回下水汚泥由来肥料利用小委員会	本会中会議室
平成 26 年 10 月 27 日	第 1 回下水汚泥有効利用専門調査委員会主査会	本会第三会議室
平成 26 年 11 月 11 日	第 147 号「再生と利用」編集担当者会議	本会中会議室
平成 26 年 11 月 12 日	第 2 回下水汚泥固形燃料利用幹事会	本会第三会議室

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)

論 説：「下水汚泥の有効利用の促進策について」
 特別寄稿：「下水汚泥等からの水素製造に関する研究」
 特 集：「佐賀市における下水汚泥有効利用促進の
 取組み」
 「下水汚泥資源利用の動向と今後の施策に
 ついて」
 「下水道施設を利用した下水汚泥および有
 機性廃棄物の有効利用に関する土木研究
 所の最前線」
 「下水汚泥有効利用の課題と日本下水道事
 業団における取り組み」
 「下水道汚泥利用促進に関する下水道新技
 術機構の取り組み」
 「平成 26 年度下水汚泥由来肥料の窒素肥効
 効果試験について」
 研究紹介：「先進的循環システムを目指した「泥の電池」」
 「電解結晶法によるリン回収技術」

講 座：エネルギー化技術の最新動向について
 「活性汚泥の有効利用に関する新技術」
 「粉碎と加熱による廃棄物からの新しい水
 素製造法」
 特別報告：「食と下水道の連携に向けた今後のあり方
 について」
 投稿報告：「コンクリートスラッジの再資源化に関す
 る技術開発について」
 「下水処理水を用いた幕張新都心への下水
 熱利用について」
 「福岡市の再生水事業の取り組み」
 報 告：「第 27 回下水汚泥の有効利用に関するセミ
 ナー総合討議概要」
 ニューススポット：「朝霧牧場・有機コンポスト施設
 の取組み」
 「AGRO 2014 参加報告」
 「BISTRO 下水道 in 甘日市市」
 そ の 他：会報、行事報告、次号予告、関係団体の動
 き

図書案内

「下水試験方法－2012年版－」（上巻・下巻）

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

本書は「下水試験方法－1997年版－」を改定したものです。

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

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

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

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

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

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

編集後記

本号の巻頭言では、7月に就任した国交省塩路下水道部長に執筆頂きましたが、その中でも紹介され、本号口絵にもあります BISTRO 下水道推進戦略チームの第5回会合が、10月2日～3日に北海道岩見沢市で開催されました。岩見沢市はじめ参加自治体からの事例紹介があり活発な意見交換がなされました。

翌月11月6日～7日には、バイオマス産業都市構想の実現に向けた取組をされている佐賀市において、第27回下水汚泥の有効利用に関するセミナーを開催し、100名を超える方に参加いただきました。詳細は、次号で紹介させていただきますが、開催都市佐賀市の具体的な取組、有識者による講演、国による将来の方

向性、研究機関における最新の調査研究などを発表いただいたほか、自治体、メーカーによるポスター展示、現地施設の視察がされました。

また、11月24日～26日の3日間、第9回IWA国際シンポジウム：農産業における廃棄物管理問題-AGRO'2014-が高知県高知市で開催されました。当会も国土交通省とともに-AGRO'2014-を後援し、BISTRO 下水道のポスター展示をしました。

10月、11月は、これらの下水汚泥の有効利用を推進するための企画がありましたが、これらが今後の下水汚泥の有効利用の促進に向けて有益な場になったことを期待しています。(MH)

「再生と利用」編集委員会委員名簿

(順不同・敬称略)
(26.12.1 現在)

委員長	日本大学大学院教授・東北大学名誉教授
委員	秋田県立大学生物資源科学部教授
〃	長岡技術科学大学准教授
〃	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
〃	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)
〃	地方共同法人日本下水道事業団技術戦略部 課長代理
〃	(公財)日本下水道新技術機構資源循環研究部副部長
〃	(独)農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター水田作研究領域主任研究員
〃	(独)農業環境技術研究所土壌環境研究領域長
〃	(一財)日本土壌協会参与土壌部長兼広報部長
〃	東京都下水道局計画調整部 技術開発課技術開発主査
〃	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
〃	山形市上下水道部浄化センター水質係長
〃	横浜市環境創造局下水道施設部 栄水再生センター長
〃	名古屋市上下水道局技術本部計画部 技術管理課主査(水質系技術開発)
〃	大阪市建設局下水道河川部水環境課担当係長
〃	広島市下水道局管理部管理課水質管理担当課長
〃	福岡市道路下水道局下水道施設部施設管理課長

津森 ジュン

島田 正夫

落修 一彦

西田 瑞彦

川崎 晃男

仲谷 紀之

冠城 敏之

濱田 敏裕

工藤 守一

広武 賢一

杉江 淳

西本 裕二

福岡 佳之

崎野 寛

「再生と利用」

Vol. 39 No. 146 (2015)

平成27年1月31日 発行
(平成26年第3)

発行所 公益社団法人 日本下水道協会

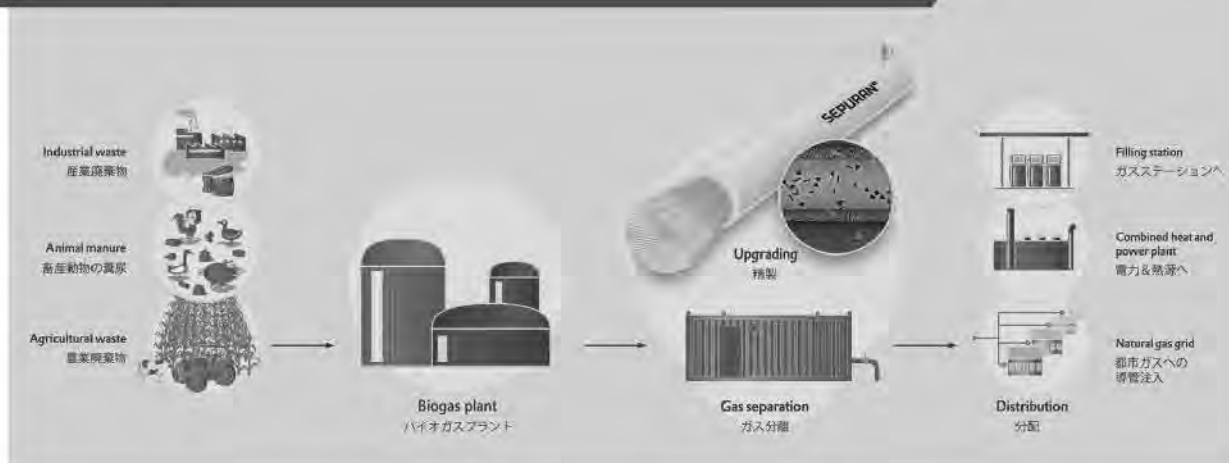
〒101-0047 東京都千代田区内神田2-10-12
(内神田すいすいビル5～8階)
電話 03-6206-0260(代)
FAX 03-6206-0265

Turn organic waste into energy

Efficient biogas upgrading with SEPURAN® Green

有機性廃棄物からエネルギーへ

SEPURAN® Green 膜を用いて 効率良いバイオガス精製を



Biogas is one of the most underestimated energy sources.

With our energy efficient membrane technology SEPURAN® Green, you can turn organic waste into valuable energy.

- Easy to handle
- Low maintenance costs
- No auxiliaries needed

バイオガスは最も過小評価されているエネルギー源の一つである。
エネルギー効率の高い SEPURAN® Green 膜を用いて、
有機性廃棄物を有益なエネルギーに変える事が可能である。

- 操作が簡単で即効性
- メンテナンスコストの抑制
- 付帯品が不要

SEPURAN® Green

www.sepuran.com

Evonik. Power to create.



日本土壌協会は、土壌の健全な維持と 環境保全型農業の推進に貢献します。

- ・ 堆肥等資材の特性評価試験、施用効果試験
- ・ 農作物の生育、収量、品質を対象とした土壌調査
- ・ 土壌医検定・資格と研修事業の実施
- ・ 土づくり推進フォーラム開催等の情報提供活動
- ・ 「土づくりとエコ農業(年6回発行隔月)」等、刊行物の出版
- ・ エコファーマーネットワーク化への推進



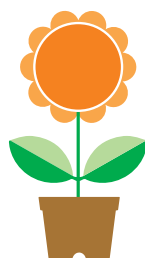
年6回発行隔月

一般財団法人 **日本土壌協会**
<http://www.japan-soil.net>

〒101-0051

東京都千代田区神田神保町1-58 パピロスビル6階

TEL.03-3292-7281 FAX.03-3219-1646



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