

再生と利用

2012 Vol. 36

No. 134

主要目次

- 口絵 第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー（神戸市）
- 巻頭言 「スマート下水道」を目指して 谷戸 善彦
- 論説 次世代エネルギーとしてのバイオガス利用の意義 南條 宏肇
- 特別寄稿 高等植物における亜鉛の吸収について 板井 玲子 / 西澤 直子

特集 次世代型のエネルギー利用

- 解説 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）の概要 白崎 亮
 （国土交通省 B-DASHプロジェクト）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の概要 島田 正夫
 神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業－KOBE グリーン・スイーツプロジェクト 瀧村 豪 / 長岡 務
- 報告 黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業の概要について 小崎 敏弘
 「下水道資源有効利用に関する提言」の概要について 西迫 里恵
 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)の概要 石田 貴
- 研究紹介 銀のリスク評価実施のための基礎研究 澁谷 里美
- Q&A 下水道のエネルギー利用技術について 粕谷 誠
- 現場からの声 消化汚泥系配管のMAPIによる閉塞対策 松尾 和正
- 文献紹介 下水汚泥の堆肥化中におけるCuとZnの可給性に対する腐植物質の影響 川崎 晃
 特定メタン生成微生物活性向上のための多段式嫌気性消化 水田健太郎
- 講座 下水汚泥燃料化技術の概要 浦部 幹夫
- コラム 次世代エネルギーの源としての「下水汚泥」への期待 中村 進一
- 報告 海外からの技術者に対する日本の下水汚泥有効利用に関する講義を実施して 大谷 佳史
 中国・北京市における下水処理水と汚泥の再利用に関する政策について－ADBI-JSWA-JSCアジア・太平洋地域サニテーション（汚水と汚泥マネジメント）ワークショップ 佐藤 勇 / 大谷 佳史
- 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

第24回 下水汚泥の有効利用に関するセミナー



野池先生の特別講義



開会挨拶をする神戸市建設局の
畑下水道河川部長



特別講義 東北大学 野池名誉教授



パネルディスカッション

7名の講師による講義の後、「嫌気性消化プロセス導入の促進」と「建設資材利用量確保のための方策」をテーマとして、パネルディスカッションを実施しました。会場からも質問やコメントをいただき活発な討議が実施されました。

パネルディスカッションの詳細については、次号をお待ち下さい。



東灘下水処理場視察



東部スラッジプラント視察



企業ポスター展示

神戸市建設局のご協力により、2日目の午後は、東灘下水処理場と東部スラッジセンターの視察を行いました。

東灘下水処理場では、参加者は、巨大な卵形消化槽に驚いていました。また、下水処理場に隣接しているバイオガスステーションを視察しました。トラックやバスが、頻繁に利用していました。さらに、バイオガス精製設備などを視察することができました。B-DASHプロジェクト関係の工事が進行中で、神戸市の下水道において最もホットな施設を視察する貴重な機会を得ました。

東部スラッジセンターでは、現在、焼却設備の更新工事を行っており、更新前の旧型炉と更新直後の最新炉を同時に視察することができました。

脱水污泥の投入場所から、アスファルトフィルター等に有効利用される灰サイロまで通して視察することができました。

参加団体によるポスター展示

企業名	発表・展示内容
(株)金沢舗道	下水污泥焼却灰の安定化処理とアスファルトフィルター化等の発表
三菱化工機(株)	污泥熱可溶化による高効率嫌気性消化設備
メタウォーター(株)	日本下水道事業団共研「担体充填型高速メタン発酵によるエネルギー回収技術」における污泥生ごみ混合消化実証試験結果、及び今後の展開
水ing(株)	下水道からのリン除去・回収に関する ・「污泥MAP型」：消化液からMAP形態で回収 ・「返流水MAP型」：消化液を含む返流水からMAP形態で回収 ・「返流水HAP型」：消化液を含まない返流水からHAP形態で回収
(株)神鋼環境ソリューション	・バイオ天然ガス化設備 ・日本初「都市ガス導管注入事業」 ・KOBEGREEN・スイーツプロジェクト

今回は、上に示す5社にポスター発表・展示に参加していただきました。緑農地利用（リン回収）、建設資材利用及びエネルギー利用のそれぞれの分野で情報提供いただきました。下水污泥有効利用分野における民間企業の技術開発等が、ますます盛んになっていると感じました。B-DASHプロジェクトをはじめ、官民が連携して技術開発を行う機会が増えていると思います。「再生と利用」事務局も官民連携強化を意識して参りたいと思います。

口
絵

第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー（神戸市）

巻
頭
言

「スマート下水道」を目指して …………… 谷戸 善彦……（5）

論
説

次世代エネルギーとしてのバイオガス利用の意義 …………… 南條 宏肇……（6）

特
別
寄
稿

高等植物における亜鉛の吸収について …………… 板井 玲子／西澤 直子……（13）

特集 次世代型のエネルギー利用

解
説

下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）の概要…………… 白崎 亮……（16）
（国土交通省 B-DASH プロジェクト）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の概要 …………… 島田 正夫……（20）
神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業
－KOBE グリーン・スイーツプロジェクト－ …………… 瀧村 豪／長岡 務……（25）

報
告

黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業の概要について ……小崎 敏弘……（31）
「下水道資源有効利用に関する提言」の概要について…………… 西畑 里恵……（38）
下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）の概要 …………… 石田 貴……（41）

研
究
紹
介

銀のリスク評価実施のための基礎研究 …………… 澁谷 里美……（47）

Q
&
A

下水道のエネルギー利用技術について …………… 粕谷 誠……（48）

現場からの声

消化汚泥系配管のMAPによる閉塞対策……………松尾 和正…… (50)

文献紹介

下水汚泥の堆肥化中におけるCuとZnの可給性に対する腐植物質の影響 ……川崎 晃…… (54)

特定メタン生成微生物活性向上のための多段式嫌気性消化 ……水田健太郎…… (55)

講座

下水汚泥燃料化技術の概要 ……浦部 幹夫…… (56)

コラム

次世代エネルギーの源としての「下水汚泥」への期待 ……中村 進一…… (61)

報告

海外からの技術者に対する日本の下水汚泥有効利用に関する講義を実施して
……………大谷 佳史…… (62)

中国・北京市における下水処理水と汚泥の再利用に関する政策について
－ADBI-JSWA-JSCアジア・太平洋地域サニテーション（汚水と汚泥マネジメント）
ワークショップー ……佐藤 勇／大谷 佳史…… (65)

資料

おしらせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）…………… (71)

汚泥再資源化活動 …… (75)

日誌・次号予告・編集委員会委員名簿 …… (76)

編集後記 …… (78)

巻	頭	言
---	---	---

「スマート下水道」を目指して

日本下水道事業団理事長

谷戸善彦



私は、昨年、「21世紀の水インフラ戦略（理工図書発行）」という本を上梓しました。その中で、柱として主張していますが、「『スマート下水道』へ向けての施策展開推進のすすめ」です。「スマート下水道」という言葉は、私が作った言葉ですので、あまり耳にされたことはないかと思います。「スマート」とは、「かしこい」という意味です。「スマート下水道」とは、次のような特徴を持った下水道システムを指しています。

①賢い、インテリジェンシーに満ちている。②全体最適のシステムである。③サステイナブル（持続可能）なシステムである。④省資源・省エネルギーまた創資源・創エネルギーのシステムである。⑤システムの信頼性・効率性が高い。⑥ライフサイクルや環境への影響を総合的に考慮して、経済的である。⑦地球環境に優しい。⑧安全・安心の確保に繋がる。⑨経営・マネジメントの面でも、効率的・経済的なシステムである。

著書の中で、「スマート下水道」に関して、7つのジャンルにわたり、20の提言（小項目では、120の提言）をしています。その中で、最も重要視しているジャンルが、ジャンルAとして一番目に掲げた「資源・エネルギー循環スマート下水道」です。水循環・資源エネルギー循環や、下水道インフラからの資源・エネルギー創出に関するジャンルにおける「スマート下水道化」です。20の提言のうち、6つを占める重要部分です。このジャンルAでは、具体的には、次の6つの提言を行っています。

- 提言1 計画一日最大下水処理水量5万m³/日以上全国333下水処理プラントを「下水道スマートプラント（工場）」にリニューアルせよ。また、全国2,120下水処理プラントで、「下水道スマートプラント化計画」を策定せよ。
- 提言2 下水処理プラントを「地域のバイオマスエネルギー基地」にせよ。
- 提言3 日本中の下水と下水汚泥から、徹底的にリンを回収せよ。
- 提言4 下水道インフラシステムの持つ熱を徹底的に活用せよ。
- 提言5 下水管路空間と下水道マンホールの最大限の活用を図れ。光ファイバーの他、電線地中化への活用も。
- 提言6 下水管路の途中やポンプ施設から水を引き出す「Sewer Mining・サテライト下水道」を制度化し、技術的にも進化させよ。

以上の提言の中で、より具体的・定量的な内容に、踏み込んでいるものもあります。例えば、提言2関連では、「計画一日最大下水処理水量1万m³/日以上規模の下水処理プラントでは、バイオガス発生装置（汚泥消化タンク）の設置を、原則、義務付けよ。将来は下水処理プラントを、地域の『水素発生供給ステーション』にすることを目指せ」と提案しています。また、提言3関連では、「リンの備蓄、下水汚泥の備蓄も考慮せよ。レアアース回収も検討せよ。」と問題提起しています。

いずれの提言にも、「すぐに実行できるもの」、「少し時間のかかるもの」、「今後議論を重ねて検討すべきもの」が入っています。私が、この書の中で、数々の提言を提示したのは、議論のたたき台を示し、「スマート下水道化」に向け、下水道界全体で活発な議論を展開してほしいと考えたからであります。こうした活発な議論やその中で多くの方々の提案により、下水道界が活性化し、内需・外需が喚起され、技術革新が進行し、下水道界が発展することを心から祈念しています。

論 説

次世代エネルギーとしての バイオガス利用の意義

国立大学法人弘前大学 学長特別補佐 南 條 宏 肇

キーワード：次世代エネルギー、地域再生、自立型エネルギー需給システム、グリーンニューディール

1. 進む化石エネルギーによる地球温暖化と東日本大震災による原発事故

2011年3月11日発生した東日本大震災は、日本におけるエネルギー需給体制・エネルギー戦略に対して大幅見直しを迫ることになりました。

現代の大量消費文明を支えている一次エネルギー源としては、資源エネルギー庁2008年統計によれば

日本では化石燃料83.3% 原子力10.4%、水力3.1%、再生可能エネルギー3.1%

世界では化石燃料88.1% 原子力5.5%、水力6.4% (再生可能エネルギーの世界統計なし)

となっており、その多くを化石燃料に頼っている状況です。しかし化石燃料が出す炭酸ガスは、今までに、氷河の減少や多くの種の絶滅をもたらしてきました。また最近では異常気象として人間への直接被害ともなっており、ここ数年日本では猛暑となる日が急激に増加し、それに伴って熱中症患者の数も増大しています。すでに地球温暖化の影響は、人の健康への直接の影響として顕在化してきており、迅速な対策が望まれている状況にあります。

「もしこのまま何も対策を講じなければ、今世紀末には最大6.4℃上昇する可能性がある」と IPCC は警告しています。今まで人類はすでに30%の種を絶滅に迫

いやってしまっていますが、際限のない化石燃料の消費増加は、やがては人類をも絶滅種にしてしまうと言っても過言ではないでしょう。

地球温暖化対策の切り札として登場してきたのが原子力エネルギーです。原子力は、炭酸ガスを出さないし、発電コストも低いとされ、地球温暖化対策に向けた今後のエネルギー政策の要として大いに期待されていました。しかし、今回の東日本大震災で起きた福島原子力発電所の事故は、このエネルギー政策に大きな見直しを迫ることになりました。原子力は放射線の影響が最大の問題です。火力ならば事故が起きても燃料が燃え尽きれば収まりますが、原子力はコントロールが利かなくなると、収束ではなく拡散する方向に進みます。しかも広がった放射性物質は放射線を長い間放出します。したがって安全性の確保が非常に重要なのですが、今回の事故はその安全性に根本的な問題を突きつけたことになりました。自然災害では何が起きるか分からない。また人間はミスをするものであり、安全対策に万全はない、ということを考えれば、人類は本来原子力に手を付けるべきでなかったということになります。開けてはいけないパンドラの箱を開けてしまったということでしょうか。とはいえ、今すぐ原子力をやめるといふわけにはいきませんから、少なくとも原子力の安全対策については、事故が起きるという前提に立った根本からの見直しが必要になるでしょう。

2. 化石エネルギーの限界と進む地域疲弊・日本の産業空洞化

一方最近日本における産業の空洞化が大きな問題となって表れてきています。2011年11月のタイにおける大洪水での日本企業への大きな被害が報道されていますが、この報道は、日本企業の生産部門がいかにも多く海外へ出て行っているかを改めて認識させることになりました。これは労働力の低賃金を求めてのことによるものですが、最近の円高がさらに拍車をかけています。私の住んでいる弘前の工業団地では、今日は「ここ」、明日は「あすこ」と工場の海外移転が日常茶飯事となってきております。さらに今回の大震災による電子力発電所の事故は、今後の電力供給能力の低下および電力料金の値上げをもたすことが予想され、生産コストの観点から、モノ作り産業の海外移転がさらに拍車がかかることとなります。さらにTPPなどの関税撤廃・自由化などの動きも、日本における産業の空洞化をますます促進させることが予想されます。

この空洞化の問題は、“地域”においてはすでに顕著なものとなって現われています、図1に示した平成20年都道府県別人口動態（社会増）に見られるように、東京圏と中京圏以外の地域では人口の流出が続いており、特に東北・北海道では人口流出が激しくなってい

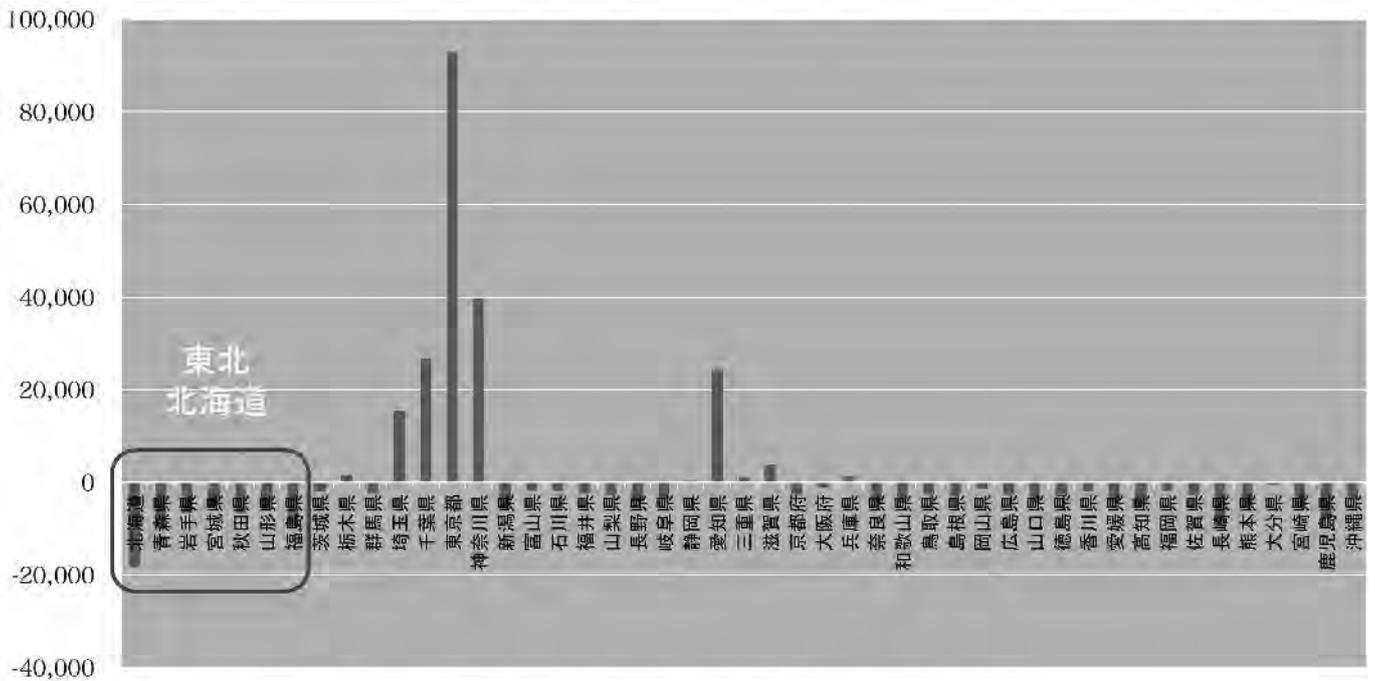
ます。また図2に示すように、総務省の国勢調査の統計によれば、青森県では20歳以下の人口は毎年9000人づつ一定の数（一定の割合でなく）で減り続けており、このままでいくと2035年には20歳以下の人口はゼロになってしまいます。図3に示したように、日本において食料自給率100%を超えている地域は、北海道および東北の青森、秋田、岩手、山形の4県だけなのですが、この1道4県はいずれも人口流出ワースト8の中に入っています。すなわち人口流出は、高齢化、空洞化の問題だけでなく、日本の食糧安全保障上の重要な問題でもあるといえます。

これらのことから、日本の産業の空洞化は地域から進み、

- 国内における食糧基地（第一次産業）は消滅し、
- ものづくり産業（第二次産業）は海外に移転し
- 国内には物の生産という実態のない経済、第3次産業のみ残り、
- 地域は年寄りばかり残り、
- 若者は海外へ出稼ぎに行かなければ生計が立てられない。

ということになりかねません。

この日本の産業の空洞化は、日本での高度経済成長の終焉後、バブル崩壊 アメリカでのリーマンショックとサブプライム破綻、ヨーロッパのギリシャからスタートした経済危機・・・を経過してますます拍車が



総務省 住民基本台帳に基づく人口・人口動態及び世帯数(平成20年3月31日現在)

図1 平成20年都道府県別人口動態 社会増

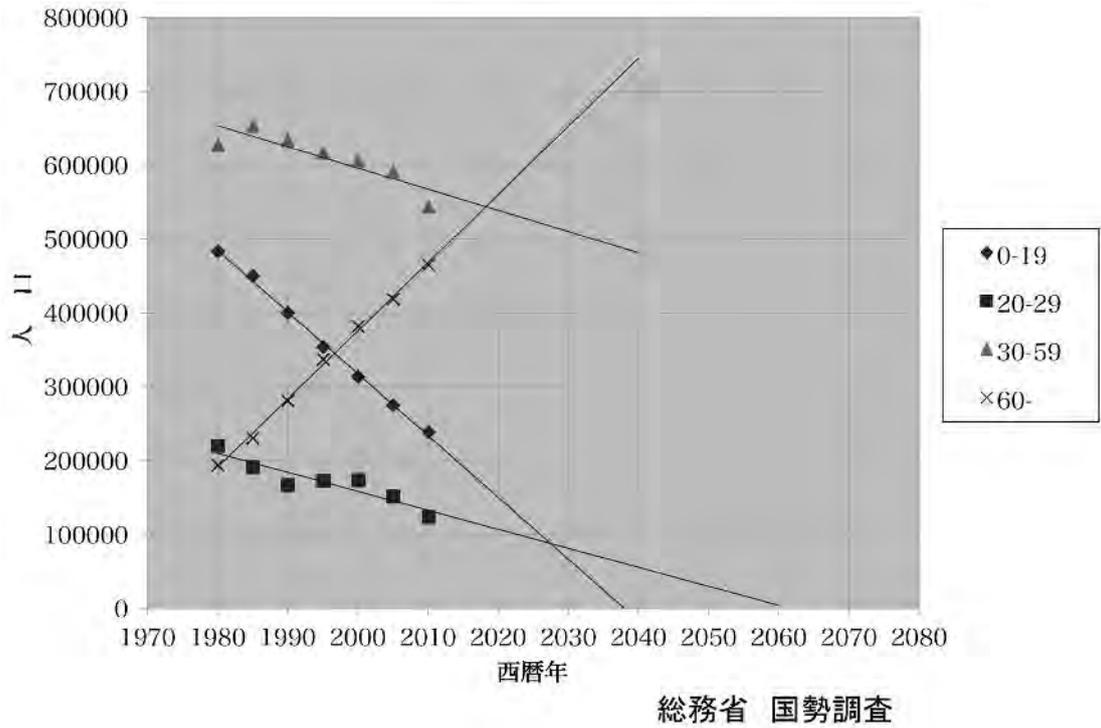


図2 青森県年齢構成別人口推移

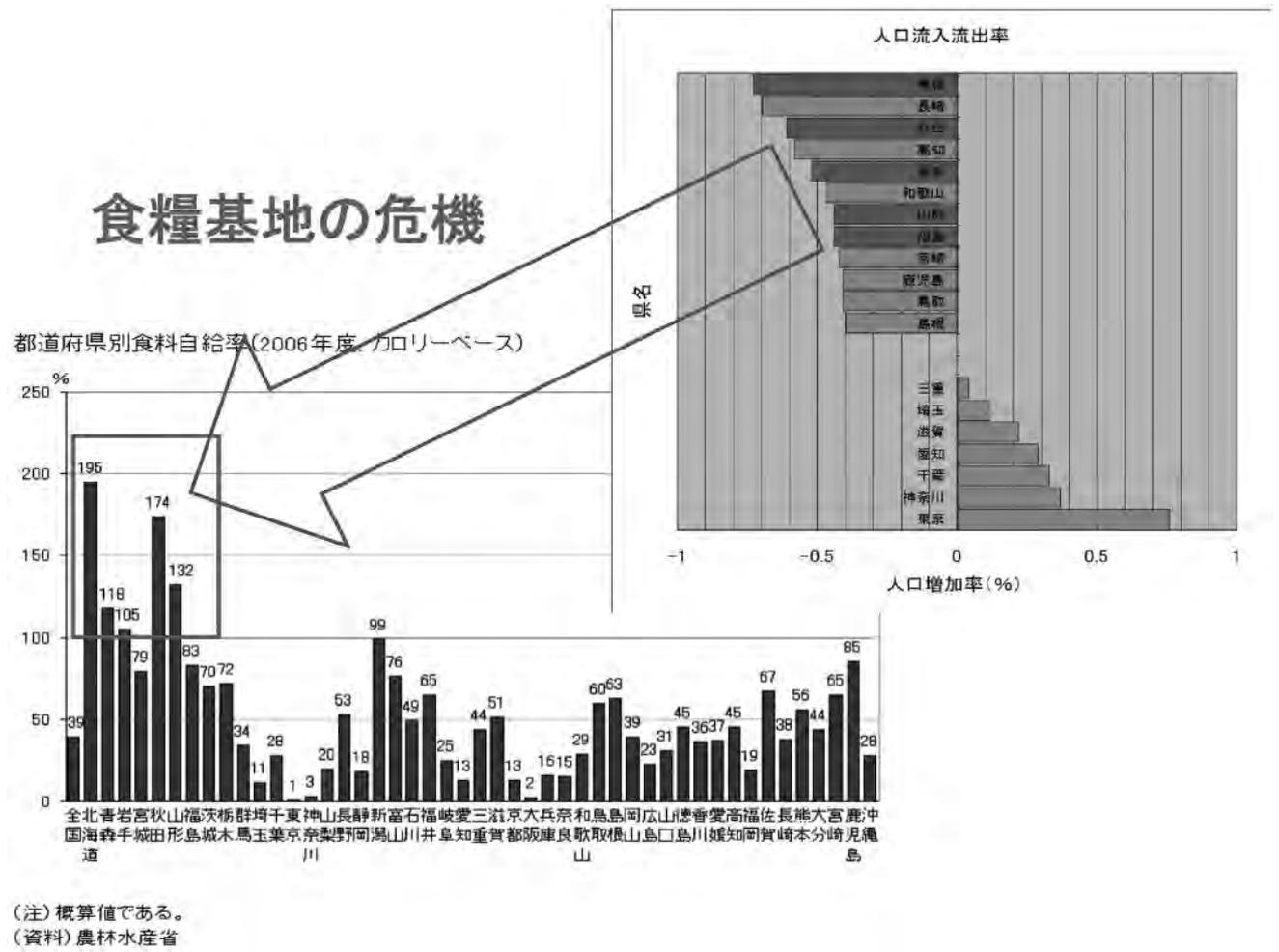


図3 食糧基地と人口流出

かかってきたような気がします。これらは、今まで人類の富の増大すなわち経済成長を支えてきた化石燃料のもつ膨大な生産力がだんだん限界に近付いてきたことを意味しています。市場原理主義による投機対象がなくなり、食糧やエネルギーという本来なら投機対象にしてはならない、人類の生存基盤と言えものまでに及んできていることが、その証左といえましょう。

すなわち市場原理主義の競争原理を支える新たな富の獲得が不可能になり、有限な富の中での奪い合いになり、格差が拡大し、その結果がニューヨークでの格差是正のデモなどに顕在化してきているのだと思います。すでに市場原理主義を支えてきた化石エネルギー依存体制が破たんしつつあると断言していいでしょう。

3. 再生可能エネルギーは化石エネルギー・原子力エネルギーの代わりが務まるか。

いま化石燃料と原子力に代わって次世代のエネルギーとして期待されているのが、再生可能エネルギーです。再生可能エネルギーは、炭酸ガスは出さないし、放射線による身体への影響もない。また枯渇することもない。しかしこの再生可能エネルギーは、化石燃料や原子力の代わりの役割を果たすことができるのでしょうか。

石炭・石油は数億年の長期間の太陽エネルギーによる光合成を凝縮・蓄積したものです。また原子力の燃料となる放射性ウランは半減期の長い地球誕生以来の遺物です。すなわち化石燃料も、原子力エネルギーも億年という単位の時間をかけて集約あるいは残されたエネルギーです。それを人類が数百年という単位で使用すれば、修復能力を超えて使うことになり、その結果として環境破壊を起こすのは当然のことです。また化石燃料も原子力も空間的に極めて高密度に集約されたエネルギーであるので、その利用や輸送において扱いが容易であり、コスト的にも非常に安く使うことができます。したがって一時的に、大量にエネルギーを取り出すことができ、その結果として、人類は産業革命以前の再生可能エネルギーを使っていた時代と比べて、人口で500倍の増大、また一人当たりの消費エネルギーで100倍、全体にして5万倍のエネルギー消費の増大を可能にしたのです。

一方再生可能エネルギー（たとえば木質バイオマス）は、再生する（光合成で木になる）まで待たないと使えないので、再生期間を超えて使用することができません。すなわち急速使用にならないから、一時的に環境に影響を与えても、自然の力がそれを修復してくれます（炭酸ガスの森林吸収）。その代わり大量にエネルギーを取り出せないで生産力は低くなります。こ

れは再生可能エネルギーと化石燃料などの再生不可能なエネルギーとの本質的な違いといえます。

産業革命以来、化石燃料はその生産性の高さにより、急速な産業と人口の増大、人口の都市集中をもたらしました。そして、地球温暖化や都市と地方の分離（日本の産業空洞化もその一端）、持てるものと持てないものの格差拡大という問題をもたらしました。

コロラド大学のPielke^{*)}教授によると、「オバマ大統領が手本としているグリーンジョブ（再生可能エネルギーによるジョブ）については、スペインの経験を踏まえると、4ジョブを作り出すごとに9つのジョブを失う。」とあります。このことは再生可能エネルギーの持つ側面として見落としてはならない点を指摘しています。すなわち「地球温暖化対策として化石燃料の使用を抑えると9のジョブを失うことになる。その代替エネルギーとして再生可能エネルギーを使用すれば、同じ資金では4のジョブしか生み出さない。」ということでジョブ（雇用）は減りますよ、ということの意味しています。上に述べたように化石燃料は密度が高くまた低価格でもあり、エネルギー源・原材料として生産性も高い。その化石燃料の代替エネルギーとしての再生可能エネルギーが高くつくのはやむを得ない。「この4のジョブをより多くのジョブにすることが今後の課題である」と解釈すべきであるというのが、再生可能エネルギー研究の基本であると思います。

*) コロラド大学の科学政策に関するPrometheusというブログに投書されたPielke教授からの記事（2009年4月21日）

4. 再生可能エネルギーは化石エネルギーの延長線上にはない、新しい次世代エネルギー

グリーンジョブの最も重要な観点は、化石エネルギーの代替ではなく、new deal=富の再配分という点にあります。供給源が地域に分散している再生可能エネルギーは密度が薄いので、コストの面から輸送によって都市などに集中できない。たとえば風力発電はコスト的に火力発電や原子力発電に代わるものとして期待されていますが、大型風力発電機一基による発電量は原子力発電一基の発電量の1,500分の1にしかすぎません。風力エネルギーの密度は小さいので、1,500基の風力発電機を離して広く展開しなければなりません。その分送電線も多く設置しなければなりません。この設置コストがばかになりませんし、また送電ロスも大きくなり「割に合わない」ということになります。実際日本で最大の発電量を誇る青森県での風力発電は、原子力発電所が立地している六ヶ所村周辺での、原発建設のための送電線を利用して成り立っ

ています。風は強いが大送電線のない西海岸では建設は非常に少ないのが実情です。

この事情はバイオマスエネルギーにおいても同じです。牧畜業からの家畜の糞尿、稲藁等の農業廃棄物、下水汚泥等、いずれも資源は広く薄く分散しており、また臭い等の問題もあり、これをまとめて都市へ輸送するという事は「割に合わない」ですし、広く分散した各地点で発電した電力を都市へ送るのも「割に合わない」のは風力と同じです。

すなわち再生可能エネルギーは密度が薄いので、現地で生産、現地で消費、すなわち地産地消型の利用方式の方が圧倒的に有利ということになります。このエネルギーの分散需給体制は、都市から地域へ、グローバル化からローカル化へ、富の集中から分散への動きとなり、ここに地域再生の道があります。すなわち生産性は低くなくても、富の集中から富の平準化へと変わり、これが地域再生ひいては持続可能な社会の創出に導くということになります。

たぶんこのグリーンジョブによる富の平準化が、「有限な」地球の上で人類が生き延びていくためのカギであり、これからの新しい産業骨格となるべきものであろうと考えています。

5. 次世代エネルギーとしてのバイオマス

再生可能エネルギーの中で最も使い勝手のいいものは、バイオマスエネルギーと言っていいでしょう。もともと化石燃料もバイオマスエネルギーであり、光合成により太陽エネルギーを集積したものです。したがって化石燃料と同じく、太陽エネルギーとか風力エネルギーとか違って必要な時に使えるし、またコストの問題はありますが、輸送も可能です。さらに森林国である日本ではかなりの資源量があります。また都市ごみ、下水汚泥などの廃棄物の有効利用というマイナスをプラスにするという面だけでなく、自立循環型エネルギー利用としても期待されるものであります。ただし化石燃料と違うところはその密度であり、広く分散している燃料資源を収集するのにコストがかかります。

コストの問題を解決するには、今までの、密度の高い石油の利用技術から脱皮した新しい考えに基づく、以下のような新技術への転換が必要となります。

1. 新変換技術・高効率変換技術
再生可能エネルギーのもつエネルギー変換多様性への対応
2. 総合化技術
入口から出口までの評価
熱等含めた多角・カスケード利用

3. 分散化技術
地域の特性に応じた低密度対応
重厚長大から軽薄短小型へのシンプル化技術
4. 最適化技術
各要素間の相互関連に基づく最適化
時間・空間・地域など多様性への対応
5. パッシブ技術
自然に逆らわない順応対応
6. 循環利用技術
ゼロエミッション 自然の摂理への対応

これらのことを強く意識した開発が必要だと思えます。

バイオマスのエネルギー利用としては次の3つが挙げられますが、

- 直接燃焼
- 生物化学変換
- 熱化学変換

この3つの中で一番簡単なのは直接燃焼で、インシヤルコストも安くできるので、多く使われています。燃焼の原料のうち、廃材、間伐材、リンゴの選定枝等はペレットあるいはチップにして利用されています。石油高騰のときには、ランニングコストの面で灯油より低く、普及しそうになりましたが、灯油価格が安定してからは、あまり伸びていません。ペレットは成形するのにコストがかかるので、最近丸太のまま燃焼させ、空気（酸素）の送る量で燃焼を制御する方式の方が普及し始めています。これも技術開発の進歩によるものと思われます。さらに最近農業への利用が増えてきて、筆者も、もみ殻燃焼による花卉のハウス暖房に取り組んでいます。もみ殻は精米のときにできますので収集コストがかからない、また濡れることもないので乾燥の必要がないというメリットがありますが、大量に出る灰の処分が問題でした。しかしこの灰を融雪剤、土壌改良剤として購入する業者が出てきて、採算が取れるめどが立ちました。これらは上記技術の多角利用の重要性を示しています。

熱化学変換はまだ採算性という観点からは、技術が確立していません。

生物化学変換には、メタン発酵、エタノール発酵、乳酸発酵などがありますが、このうちメタン発酵は大正時代の農家で広く利用されていたという実績があり、技術的にも採算性からも十分利用可能なものです。しかし残念ながら戦後は多くは利用されていません。その理由は、メタンガスが気体であり、単に圧縮しても液化しないというデメリットがあるからです。

現代の主流となっているエネルギー利用の方式は、燃料なら液体（密度が高く輸送容易、コック一つで流量調整可能）と、あとは電気（スイッチ一つでオンオ

フ可能)です。液体と比べて、気体は運ぶのに巨大タンクが必要となり、また爆発の危険性も高くなります。最近バイオエタノールがもてはやされていますが、セルロースからエタノールに変換するには作ったエタノールの持つエネルギーの2倍ほどのエネルギーを使っています(お酒のアルコール濃度を自動車燃料として99.5%にするための蒸留に必要な多大の熱エネルギーを使う)。それにも関わらず、またトウモロコシなどの利用は食糧問題を引き起こすにも関わらず、エタノール発酵を推進しようとしているのは、エタノールが液体だからこそです。これは自動車のガソリンの代替燃料としてのモータリゼーション社会からの要求によるものであります。

6. メタンガスを中心とした自立・持続型エネルギー需給システム

しかしこのメタンガスの気体ゆえのデメリットは、上に述べた地域再生という観点に基づいた次世代エネルギーという観点からは、逆に大きなメリットになります。すなわち大量に遠距離輸送ができないので、地

産地消に利用したほうが有利になるということです。再生可能エネルギーは地域に広く浅く分布しており、化石燃料のように一か所に大規模に集中して利用するという形態は成り立ちません。さらにバイオマスは、農業、漁業、林業、畜産業等第一次産業の廃棄物が原料となります。またメタン発酵に伴う過程でできる残渣は、農産物の肥料に、排熱は温室栽培等多角利用が可能なので、再生可能エネルギーは単なる温暖化防止のための代替エネルギーあるいは売電としてではなく、第一次産業と結び付いた形での地域の再生に使うべきというのが私の考えです。

すなわち、再生可能エネルギーの中では比較的

- ポテンシャルが高く、
- 使い勝手が良く
- 貯蔵が効き
- 熱を含めた多角利用が可能

なので、メタンガスを中心とした自立・持続型エネルギー需給システムの構築が可能となります。

図4に「郊外・都市共生型バイオガス供給システム」の構想を示しました。

メタン発酵によってできる残渣は、都市で処理しよ

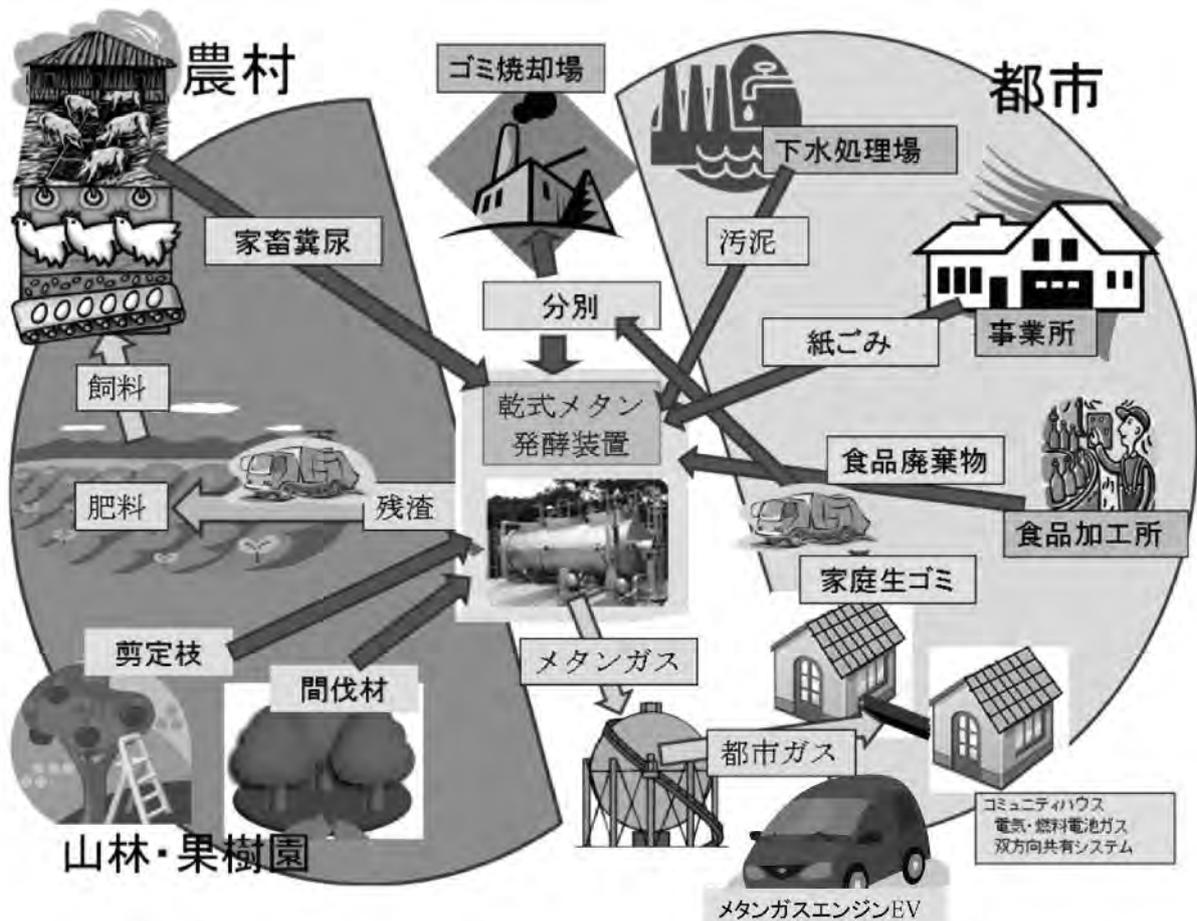


図4 農村・都市一体型バイオガス供給システム

うとすると、熱を与えて乾燥させて処理する必要がありますが、反面農村では、残渣は牧草の肥料や植物栽培の液肥になりますので、有効に活用できます。しかしメタン発酵でできたメタンガスによる発電電力は、農村の需要のみでは多すぎて余ってしまいます。さらにまたメタン発酵に必要なバイオマス原料のうち、家畜の糞尿のみの使用では窒素成分が過多となりますが、都市から出る紙ごみは炭素成分多いので、合わせれば発酵に最適な窒素・炭素比（CN比）となります。このように都市と農村が一体化したシステムは、その生成物の多角利用・有効利用において極めて利用効率が良いだけでなく、循環型として自然に対して優しいという利点を持ちます。またそれほどのハイテク、大規模のシステムではないので、発展途上国への展開が期待され、地球温暖化対策には効果があると思います。

下水汚泥については、筆者は素人ですので詳しいことは知りませんが、「バイオマス・ニッポン総合戦略を基に国交省が試算した2003年度の発生汚泥量は固形物量にして214万トン、原油換算で約94万klのエネルギーに相当となっている。」とあります。

バイオマスエネルギーポテンシャルの全体の中では、3.5%とさほど多くはありませんが、バイオマスは収集のコストがかかるという観点からみれば、下水処理場に集積したものを使えるという点では、有利で

あると思います。

また、稲藁、もみ殻、リング選定枝などのバイオマスは、1年のうち決められた季節にしか得られないし、また気候変動による影響から毎年安定した資源量を確保することが難しいですが、下水汚泥は生活に伴って必ず発生するので、安定して得ることが可能です。その意味ではエネルギーとしての安定供給の価値は非常に高いものがあると思われます。今後、本格的な下水汚泥のエネルギー利用が期待されます。

現在のところ下水汚泥のエネルギーとしての利用は、下水汚泥中の固形分の約8割を占める有機分のうち、エネルギー利用の割合は約13%にとどまっており、さほど進んでいないようです。その理由として、下水道バイオガスとしてのエネルギー利用が、処理場規模の大きいところでのみ行われ、小規模の処理場ではまだ進んでいないということにあるとされています。

これは再生可能エネルギー一般に言えることではありますが、再生可能エネルギーは密度が薄く小規模分散利用が基本となりますので、その方向に向けた技術開発が必要とされると思います。その意味で最近、小型で済む乾式メタン発酵の開発が進んできています。下水汚泥処理にも小型システムの開発・導入が望まれます。

特 別 寄 稿

高等植物における亜鉛の吸収について

東京大学大学院農学生命科学研究科 板井 玲子
石川県立大学生物資源工学研究所 西澤 直子

キーワード：重金属、亜鉛イオン、トランスポーター、ムギネ酸類

1. はじめに

重金属と聞くと環境汚染や公害を連想する日本人は多いだろう。その悪者イメージとは裏腹に、重金属の中には生命活動の維持に必須な元素が複数あり、鉄、マンガン、亜鉛、銅などが含まれる。高等植物では、亜鉛は細胞分裂の激しい組織に特に必要で、亜鉛不足は生育不良を招く。農作物の亜鉛欠乏による減産や食品としての質の低下は、日本を含め世界の国々で起きている。

2. 高等植物における亜鉛の役割

高等植物の必須重金属のうち、含量の多い順に並べると、鉄・マンガン>亜鉛・銅>モリブデンとなる。亜鉛は安定的に二価の状態が存在するため酸化還元反応は行わないが、強いルイス酸として加水分解反応を触媒すると考えられている。亜鉛を必要とする酵素には、種々の脱水素酵素のほか、気体の二酸化炭素を炭酸水素イオンに変換するカーボニックアンヒドラーゼ (carbonic anhydrase) や活性酸素を除去するスーパーオキシドジスムターゼ (superoxide dismutase) がある。さらに亜鉛は、核酸合成酵素やジンクフィンガー (zinc finger) 転写因子の補因子として、遺伝子の複製や遺伝子発現の制御にも関与する。

3. 亜鉛の吸収・移行とトランスポーター

生体では、生体膜間の物質の輸送に、トランスポーターと呼ばれる膜タンパク質の働きが重要だ。トランスポーターは複数の膜貫通領域と基質の認識領域を持ち、細胞膜や細胞内小器官の膜上で基質を能動的に輸送している。土壌溶液中の亜鉛はまず、根の表層細胞の亜鉛トランスポーターにより根内に吸収され、その後も様々な組織・細胞に存在する亜鉛トランスポーターを通して必要とされる部位へと輸送される。これらのトランスポーターの量や活性が制御されることで体内の亜鉛の総量や各器官への分配量が調節されると考えられる。

土壌からの亜鉛吸収に関与するトランスポーターとしては、 Zn^{2+} を輸送するZIPファミリーと、イネ科植物では重金属-ムギネ酸類の複合体を輸送するYSLファミリーがある。ムギネ酸類 (図1) はイネ科植物が体内で合成する生体キレート物質であり、土壌に不溶化した鉄を溶解するために根から分泌されることが日本人研究者により発見された。ムギネ酸類は、鉄だけでなく、マンガン、亜鉛、銅もキレートでき、高pHのために重金属イオンが沈殿するアルカリ土壌においても、不溶化した重金属を効率的に溶解できる。YSLファミリーには、Fe(III)-ムギネ酸類のみを基質にするものからZn(II)-ムギネ酸類やMn(II)-ム

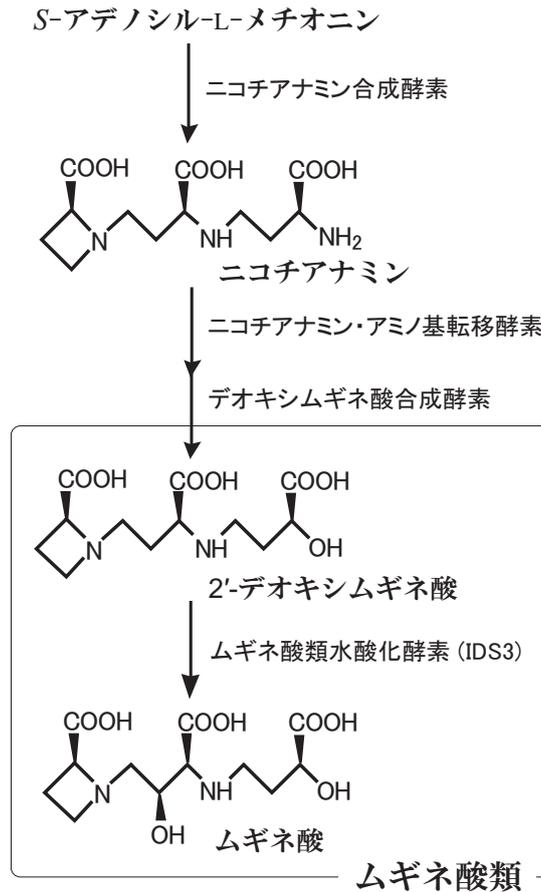


図1 ムギネ酸類の生合成経路

ムギネ酸類はイネ科植物に特有な生体キレート物質で、ここに示す他にも7種が同定されている。酵素の遺伝子は既にすべて単離している。イネ科以外の植物もニコチアナミンまでは合成でき、ニコチアナミンも金属キレート物質として生体内の重金属移行に重要だ。

ギネ酸類を基質にするものなどがある。亜鉛欠乏のオオムギではZn(II)-ムギネ酸類の形で根での亜鉛吸収が増加することが示されている¹⁾。ムギネ酸類の前駆体でもあるニコチアナミン(図1)は、すべての植物が合成する生体キレート物質だ。そのため、イネ科以外にもYSLファミリーは存在し、Fe(II)-ニコチアナミン、Zn(II)-ニコチアナミンなどの体内移行の際に働いている。亜鉛が体内を移動して分配される際のトランスポーターとしては、ZIPファミリーに加えて、ニコチアナミン複合体を運ぶYSLファミリーやZn²⁺を輸送するHMAファミリーがある。

4. 土壌での亜鉛の形態と施肥

作物の亜鉛欠乏症状は、一般に節間の伸長抑制、葉の黄化・小葉化・褐変などに現れる。亜鉛は他の重金属元素と比べて体内を移行・転流しやすいので、比較

的、最新葉には症状が出にくい。高等植物にとって亜鉛の利用しやすさは、土壌溶液中の可給態亜鉛の量と関係する。土壌中に存在しうる亜鉛の形態を表1にまとめた²⁾。すぐに吸収できるのは①の水溶態だが、どの形態であっても溶解して可給態亜鉛となれば植物は吸収できる。溶解しやすさは①から⑤の形態の順に下がり、土壌中の存在割合では③の吸蔵態および②の吸着態が多い。通常の作物を栽培するような土壌pH(pH5-7)では、pHの低下により②と③の亜鉛の溶解性は急激に増加し、作物への亜鉛の可給性が増す。しかしpH7以上だとこれらはほとんど溶解しない。

植物に亜鉛欠乏の起こる土壌には、亜鉛の絶対量が少ない土壌と亜鉛が十分存在する土壌との両方がある。前者においては亜鉛の施肥が必須だ。後者においては、生成論的にアルカリ性であって亜鉛が不溶態化してしまう場合(例えば石灰質土壌)と、ミネラルのアンバランスな施肥による場合などがある。農地では、

表1 土壤中の亜鉛の存在形態

① 水溶態・交換態	土壤溶液中にすでに溶解したイオン、または土壤に弱く吸着されているもの。
② 吸着態	土壤を構成する粘土鉱物の表面に、化学的な結合力で吸着（特異吸着）されているもの。
③ 鉄・マンガン酸化物吸蔵態	鉄やマンガンの酸化物の内部に取り込まれたもの。
④ 有機結合態	腐植などの土壤有機物と強く結合しているもの。
⑤ 鉱物態	土壤鉱物の結晶格子の中に取り込まれて外部とは接触しないため、容易には溶解しないもの。

石灰の過剰施肥やリン酸の過剰集積により可給態亜鉛が極端に少なくなった結果として、作物に亜鉛欠乏が起きうる。この場合、葉面散布による亜鉛施肥が有効だが、長い目で見ると適正な土壤改良が求められる。

5. おわりに

亜鉛は哺乳類にも必須の元素で、農作物の亜鉛欠乏はそれを食べる人間や家畜の健康にも影響を与える重大な問題だ。前述のムギネ酸類は、土壤中の③の形態の亜鉛（表1）を溶解することができる物質だ。イネ科作物の中でもイネは石灰質アルカリ土壤での鉄欠乏に非常に弱い。筆者らは、遺伝子導入技術を用いてイネのムギネ酸類の合成量やFe(III)-ムギネ酸類の吸収を高めることにより、石灰質土壤での生育を改善させることに成功している³⁾。また一般に、ニコチアミン合成酵素遺伝子を導入すると種子中の鉄含量を増やせ、同時に亜鉛含量も高まることを見いだしている^{4,5)}。これらは、遺伝子導入法によって、亜鉛欠乏耐性品種の創製や高亜鉛含有穀物の創製が可能であることを示している。

参考文献

- 板井玲子、西澤直子：植物の鉄欠乏ストレス応答－鉄の吸収と体内輸送機構「蛋白質 核酸 酵素」Vol.52, No.6 (2007)
- 鈴木基史、西澤直子：植物の亜鉛トランスポーター「化学と生物」Vol. 44, No. 4 (2006)
- 西村和雄：亜鉛の吸収と生理作用「農業技術大系 土壤施肥 第2巻 作物栄養III」p137-139、農文協
- 森敏、前忠彦、米山忠克編 植物栄養学、文永堂出版
- 森 敏：II 植物根によるムギネ酸分泌の意義とその生合成経路「日本土壤肥料学会編 植物の根圏環境制御機能」p45-83、博友社

引用文献

- 1) Suzuki M, et al. The Plant Journal, 48: 85–97 (2006)
- 2) 岡本保：亜鉛「農業技術大系 土壤施肥 第1巻 土壤と根圏V」p211-214、農文協
- 3) Ogo Y, et al. Plant Molecular Biology, 75: 593–605 (2011)
- 4) Masuda H, et al. Rice, 2:155–166 (2009)
- 5) Kim S, et al. Plant Cell Physiology, 46: 1809–1818 (2005)

特集：次世代型のエネルギー利用

解 説

下水道革新的技術実証事業 (B-DASHプロジェクト) の概要

国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道企画課

下水道国際・技術調整官 白 崎 亮

キーワード：エネルギー、高効率固液分離、高効率ガス回収、高効率ガス精製、高効率ガス発電

1. はじめに

平成21年度の下水道事業における電力使用量は約72億kWhであり、日本全体の電力使用量の約0.7%を占めていますが、下水道普及率の向上等にとともに、年々増加傾向にあります。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することが想定されており、特に、省エネルギー・創エネルギーの取り組みは喫緊の課題となっています。

平成22年6月に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、太陽光やバイオマス等の再生可能エネルギーが一次エネルギー供給に占める割合について2020年の目標を10%に設定し、平成22年11月に策定されたエネルギー供給高度化法の基本方針及び判断基準では、一般ガス事業者等のバイオガスの利用目標が定められ、平成23年8月には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立し、バイオマスを用いて発電された電気が買取対象になっています。

また、平成21年3月に閣議決定された社会資本整備重点計画では、下水汚泥中の有機物が、エネルギー利用や緑農地利用等に有効利用された割合を示す下水道

バイオマスリサイクル率が指標とされ、2012年の目標は39%とされています。平成22年12月には「バイオマス活用推進基本計画」が閣議決定され、下水汚泥について、バイオガス化や固形燃料化等のエネルギー利用を推進することにより、2020年には約85%が利用されることを目指すとされています。

国土交通省でも、下水汚泥のエネルギー利用を推進するため、「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン検討委員会」（委員長：津野洋京都大学大学院工学系研究科教授）における検討を踏まえて、「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」を、平成23年3月に策定しました。本ガイドラインは、地方公共団体等が下水汚泥エネルギー化技術の導入を検討する際に必要となる現時点での情報を集約したもので、下水汚泥エネルギー化技術の導入事例等の基礎的情報、導入検討の考え方や導入のケーススタディ等を取りまとめています。

2. B-DASHプロジェクト選定技術の概要など

B-DASHプロジェクトでは、上記の背景をふまえ、下水や下水汚泥等の資源・エネルギー利用の高効率化を図り、省エネ・創エネや建設コストの削減を実現す

<p>■第1章 ガイドラインの位置づけ</p> <p>1-1. 背景</p> <p>1-2. 目的</p> <p>1-3. ガイドラインの構成</p> <p>1-4. 用語の定義</p> <p>■第2章 総論</p> <p>2-1. エネルギー化技術導入の意義</p> <p>2-2. 対象技術とその概要</p> <p>■第3章 エネルギー化技術の導入事例</p> <p>3-1. 国内導入事例</p> <p>3-2. 海外導入事例</p> <p>3-3. 我が国のエネルギー化技術レベルの現状</p> <p>3-4. エネルギー化技術導入にあたっての留意点</p>	<p>■第4章 エネルギー化技術の導入検討</p> <p>4-1. 導入検討の手順</p> <p>4-2. 基礎調査</p> <p>4-3. 検討対象とするエネルギー化技術の抽出</p> <p>4-4. 事業形態の検討</p> <p>4-5. 温室効果ガス削減効果の算定</p> <p>4-6. 事業性の検討及び評価</p> <p>■第5章 ケーススタディ</p> <p>5-1. ケース設定、条件設定</p> <p>5-2. 固形燃料化技術ケーススタディ</p> <p>5-3. バイオガス利用ケーススタディ</p> <p>■資料 編</p>
---	--

図-1 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）の目次

革新的技術について、国が主体となって実規模レベルのプラントを設置して技術的な検証を行い、ガイドラインとしてとりまとめ、全国の下水処理場等への導入を促進することを主な目的としています。

また、2025年には100兆円規模に成長するとの予測もある世界の水ビジネス市場に対する民間企業の展開

を支援するために、実証された技術は国際的な基準づくりに反映させるとともに、実証プラントは海外からの視察団に対するトップセールスにも活用したいと考えています。

平成23年度のB-DASHプロジェクトの対象となる技術は、水処理技術（高度処理を除く）、バイオガス回

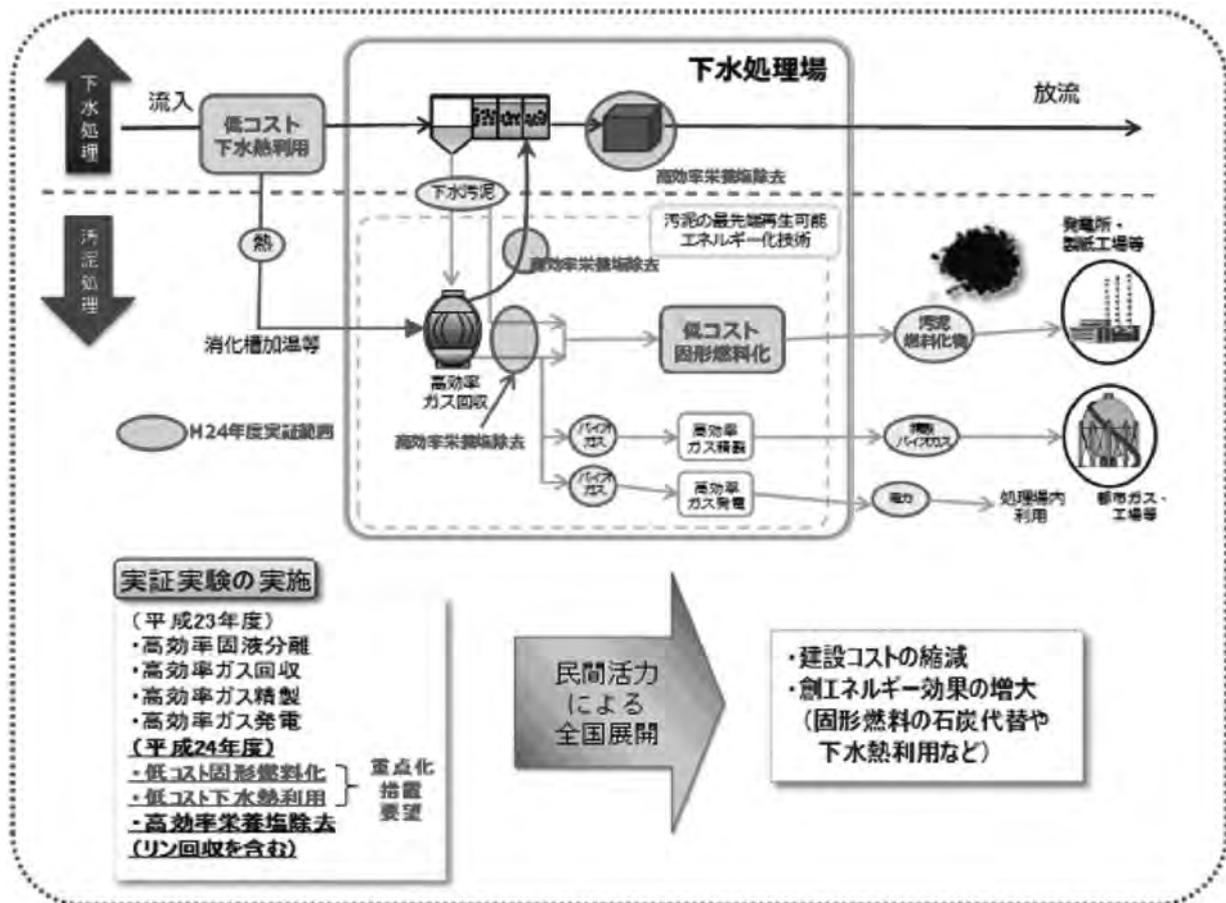


図-2 B-DASHプロジェクトの概要

収技術、バイオガス精製技術、バイオガス発電技術ですが、海外展開を視野にいたした場合、システムとしての優位性が求められるため、(水処理技術) + (バイオガス回収技術) + (バイオガス精製技術) といったシステムで募集を行いました。

その結果、8者から提案があり、有識者から構成される下水道革新的技術実証事業評価委員会で審査を行い、実施事業を下記の2研究体に決定しました。

(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に関する実証事業

実施者：メタウォーター（株）・地方共同法人日本下水道事業団 共同研究体

実証フィールド：大阪市中浜下水処理場

技術概要：

① 超高効率固液分離

特殊高分子製で風車型のろ材（縦7.5mm×横7.5mm×厚み4mm）を用い、上向流ろ過により、流入下水中の生汚泥を徹底的に回収し、エネルギー価値の高い生汚泥の回収量を増加させます。また、後段の生物反応槽に流入するBOD負荷量が減少するため、曝気空気量の削減及び余剰汚泥の削減が期待できます。

② 高効率高温消化

不織布担体を消化タンク内に充填することにより嫌気性微生物を高密度化し、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可能にします。また、消化の阻害要因となるアンモニア性窒素を適切な範囲に制御するために、希釈水を自動投入する制御を組み込んだり、過負荷投入を防止するために、バイオガス量を計測して槽内菌数を推定、さらに菌の増殖速度を考慮して投入負荷量を制御します。この担体充填型消化槽と制御技術により消化日数を大幅に短縮し、プラント設備の大幅なコ

ンパクト化を可能にします。

③ スマート発電

消化ガスおよ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スで必要な電力量を補うよう燃料制御機構を改良したハイブリッド型燃料電池を使用し、消化ガスの100%活用を可能にするとともに、リスク分散を図った電源設備としての利用が可能となります。

(2) 神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業

実施者：（株）神鋼環境ソリューション・神戸市共同研究体

実証フィールド：神戸市東灘処理場

事業概要：

① 下水道に好適な地域バイオマスの受け入れ

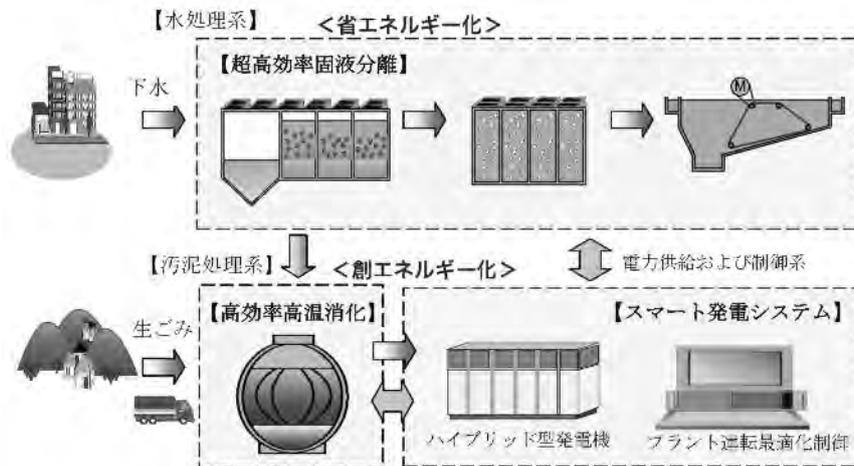
下水道に好適な地域バイオマスとして確認された食品系バイオマスや木質系バイオマスを受け入れ、下水汚泥に加えて消化を行うことにより消化ガス量を増加させます。木質系バイオマスについては、独自の膨潤化処理を施すことにより生物反応性を向上させるとともに、木質繊維分による汚泥脱水性の改善を検証します。

② 普及促進のための高性能鋼板製消化槽

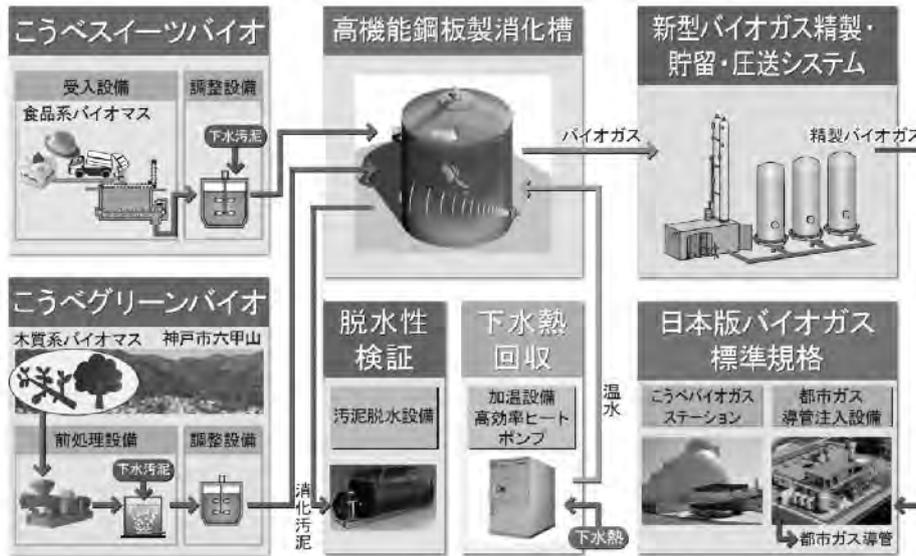
消化槽を鋼板製にすることで、建設費を大幅に低減するとともに、センサー類やサイトグラスの設置が容易となり、アンモニア性窒素や、流速、堆積物のレベル等の適時測定を可能にすることで、消化槽の見える化、安定運転を実現します。また、攪拌機にはインペラ型の低動力攪拌機を採用し、維持管理費の低減も目指します。

③ 下水熱の高効率回収による消化槽加温

高効率ヒートポンプにより、下水処理水が有する未利用の熱を回収し、消化槽の加温に活用すること



図－3 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



図－4 神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業

で、バイオガス有効利用量の増大を図ります。

④ 新型バイオガス精製・貯留・圧送システム及びバイオガス標準規格化

バイオガス精製装置の本体・付帯機器・電気盤をコンテナ内に納めたものを標準パッケージとし、工期の短縮・設置面積の縮小を図るとともに、バイオガスコンプレッサの低動力化、減圧塔・脱気塔の一体化を図ることにより建設費・維持管理費の削減を目指します。また、天然ガス自動車、都市ガス導管注入等の用途別にシステム構成や品質管理基準の規格化を目指します。

選定された2研究体には、システムとして、エネルギー利用の高効率化、省エネルギー化及び建設費の削減、さらには、海外展開を期待しています。

現在は、実証施設の建設中ですが、実証施設完成後に運転データの収集を行い、今年度末には、成果をとりまとめ、下水道革新的技術実証事業評価委員

会において評価を行う予定です。

また、平成24年度予算概算要求では、低コスト固形燃料化、低コスト下水熱利用、高効率栄養塩除去（リン回収含む）に関する実証事業について、国費約50億円を要求しているところです。

3. おわりに

今後も、原子力発電所の事故に起因したエネルギー需給の逼迫、資源ナショナリズムの動き、人口増加・新興国の経済発展による食糧・エネルギー需給の逼迫、地球温暖化対策の強化等は避けられないことから、バイオマス活用による創エネルギー、省エネルギー、リン・レアメタル等有用資源の回収等は持続的な技術開発のテーマになることが予想されます。

関係各位には、引き続き、B-DASHプロジェクトに対してお支援とご協力をお願いします。

特集：次世代型のエネルギー利用

解説

(国土交通省 B-DASHプロジェクト)
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の概要

日本下水道事業団 技術戦略部

戸田技術開発分室長代理 島田正夫

キーワード：超高効率固液分離技術、高効率高温消化技術、スマート発電システム

1. はじめに

わが国における部門別温室効果ガス排出量は、産業部門や運輸部門においては90年比6～20%の削減がなされているのに対し、下水処理場やオフィスビル等の業務部門における排出量は逆に30%以上の大幅な増加となっている。2020年までに90年比25%削減することが目標とされている現在、下水処理場での使用電力の削減や下水汚泥等からの効率的な創エネルギー技術を開発、普及させることが喫緊の課題となっている。

このような背景のもと、下水汚泥の再生可能エネル

ギー化技術のシステム化・実用化を加速し、国内外への普及を促進するため、2011年度に国土交通省により下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）が創設された。本プロジェクトの対象技術の1つとして、メタウォーター株式会社と日本下水道事業団が共同提案した「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」が採用されたので、本システム及び実証事業の概要について紹介する。

2. 技術の概要

今回目指す革新的下水処理場のコンセプトは、図1

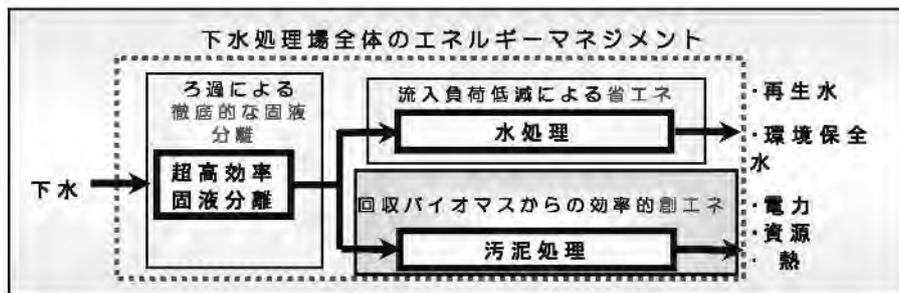


図1 革新的な下水処理場の概念

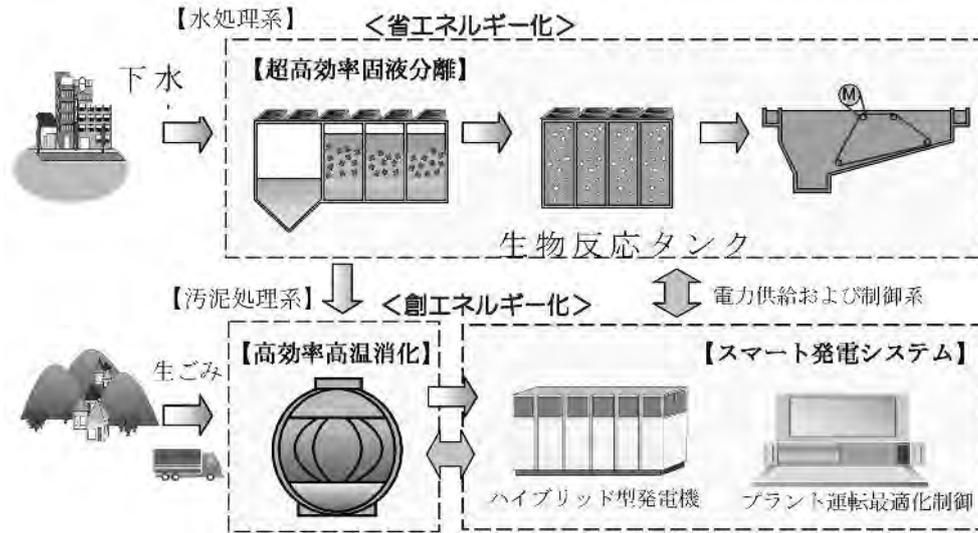


図2 革新的技術の全体像

に示すように徹底的な超高効率固液分離により、低負荷型水処理による「省エネ」と、回収バイオマスを最大限効率的にエネルギー転換可能な汚泥処理技術による「創エネ」を同時に実現する下水処理場全体のエネルギーマネジメントシステムである。

この理念に基づき、本事業で提案する革新的技術は、図2に示される次の3つの要素技術から構成される。

- ① 超高効率固液分離
- ② 高効率高温消化
- ③ スマート発電システム

各技術は個々においてもCO₂削減、コスト削減を図れるが、全体システムとして機能させることで、さらに一層の削減効果を発揮するものである。

2.1 超高効率固液分離技術

(1) 超高効率固液分離技術の概要

本技術は、国土交通省合流改善プロジェクトSPIRIT21にて雨天時の合流改善用に開発された高速ろ過技術であり、これを晴天時にも活用できるように技術的工夫を加えたものである。

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。また、生物反応タンクに流入するBOD負荷量が減少するため、曝気空気量の削減および余剰汚泥の削減が期待できる。

(2) 原理、構造、特徴

概略構造及びろ過・洗浄イメージを図3に示す。流入原水は上部流入水路から越流し、各調圧水路を通じて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。ろ過後の処理水は、各ろ過槽上部にある共通処理水槽にて洗浄時用として所定量貯めた後、処理水(ろ過水)として越流する。ろ過は、原水揚水以降全て自然流下方式で行われる。一方、ろ過閉そく後の洗浄は、ろ材層上方に貯めた処理水(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、2段の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。

本装置に使用するろ材を写真1に示す。ろ材は特殊高分子製で、寸法は縦7.5mm×横7.5mm×厚み4mmの風車型をしており、比重は1未満で浮上性を有して

表1 今回提案技術と従前技術との比較

	超高効率固液分離技術	最初沈殿池
SS除去率 (%)	66 (40ポイント向上)	47
処理速度 (m/日)	ろ過速度 200~250 (雨天時: ~1000)	水面積 負荷 50

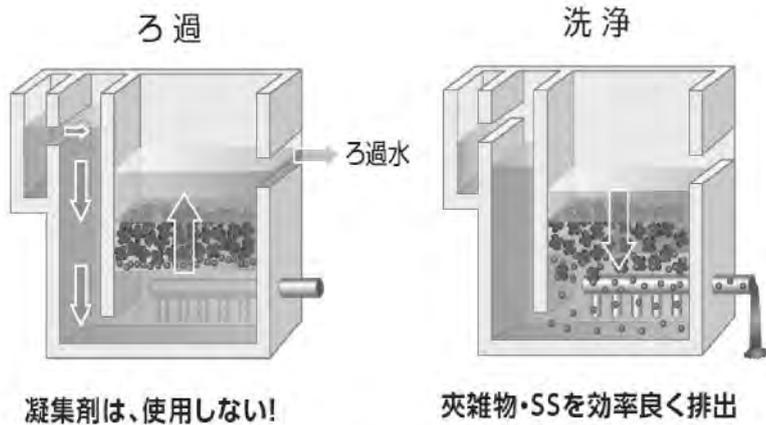


図3 概略構造及びろ過・洗浄イメージ



写真1 特殊高分子製ろ材

いる。

(3) 機能の発現、効果等

本技術は、晴天時には、以下の効果がある。

- ①BOD負荷低減による曝気動力の削減 (▲20%)
および生物反応タンク躯体、ブローアの小型化などによる建設コストの削減。
- ②生汚泥量の増大による回収エネルギー量の最大化 (生汚泥の回収量40%増 (対最初沈殿池比))。なお、余剰汚泥は、生汚泥の1/2程度と少ない。
一方、水量変動に応じた運転が可能であり、雨天時には以下の効果がある。
- ③ (合流式の場合)
越流水のBOD負荷を分流式並みに削減。滞水池の建設が不要または縮小が可能となり、コスト削減に寄与。
- ④ (分流式の場合)
雨天時における流入水量増加に伴う汚濁負荷流出対策、いわゆるSSO対策として有効。

2.2 高効率高温消化技術

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 (消化タンク容量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給率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、B-DASHプロジェクトにおいては実規模施設 (消化タンク容量50m³) による初の実証となる。

本消化方式は、消化タンクの滞留時間 (HRT) を短縮し、消化タンクをコンパクト化してなおかつ安定した消化を実現させるため、以下に示す特長のある消

化タンク構造、自動制御技術を組み込んでいる。

(1) 担体充填型消化タンク

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4に示すように、不織布担体をタンク内に充填し、嫌気性微生物を高密度化する方式とした。分解率は、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。

(2) アンモニア濃度制御

生ごみ等の混合消化において安定した消化を続けるには、消化の阻害要因となるアンモニア性窒素 (NH₄-N) 濃度を常に適切な範囲に制御することが重要である。図5にアンモニア性窒素濃度と電気伝導率の関係を示す。消化タンク内のアンモニア性窒素濃度と電気伝導率には相関性が見られた。本システムでは、電気伝導率の計測値からタンク内のアンモニア濃度を推定

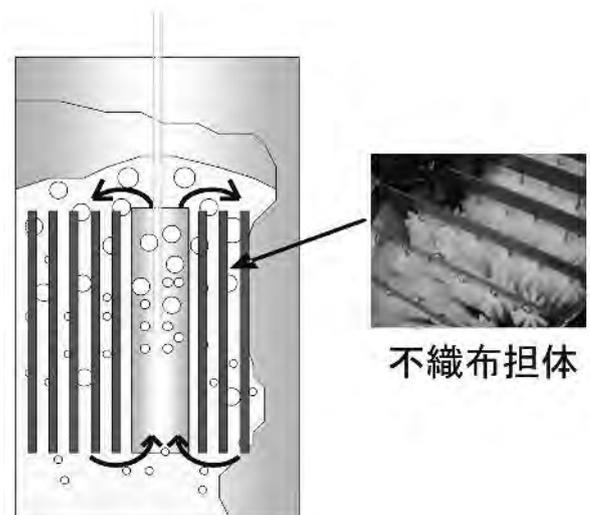


図4 消化タンク構造模式図

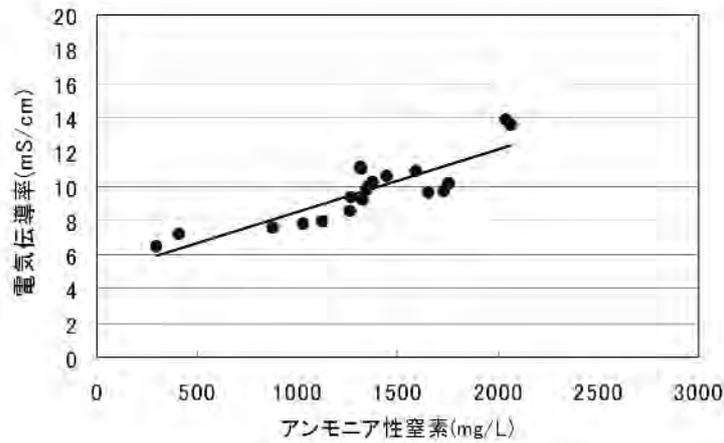


図5 消化タンク内アンモニア性窒素濃度と電気伝導率の関係

し、阻害値である2,500mg/Lを越えないように、希釈水を自動投入する制御を組み込んでいる。

(3) 投入負荷量制御

消化タンク内の菌数に応じた処理能力以上に原料の投入を行うと、酢酸などの有機酸がタンク内に蓄積し発酵不良となる。過負荷投入を防止するために、本システムでは、菌数と相関のある発生バイオガス量を計測してタンク内菌数を推定、さらに菌の増殖速度を考慮して、発酵原料投入可能量を自動計算する。この制御方法により、運転開始時や長期停止後に負荷を迅速に増加させ、速やかに定格処理量での運転を実現することができる。

図6に、これらの自動制御の概念を示す。前述した担体充填型消化タンクと、これらの制御技術により、従来の消化プロセスで20日以上かかっていた消化日数を1/2~1/4に短縮し、プラント設備の大幅なコンパクト化を実現した。また消化タンクの小型化により鋼板

製でのタンク製作も可能となり、建設費の大幅な削減が期待できる。

2.3 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」を組み合わせて、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、使用電力を平準化し、契約電力を削減することが可能となる。

(2) ハイブリッド燃料電池

燃料電池は、図7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

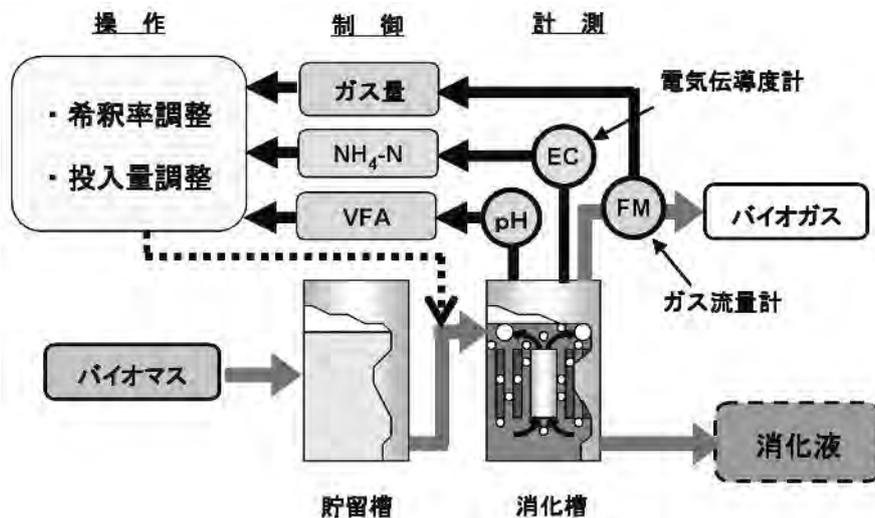


図6 メタン発酵自動制御概念図

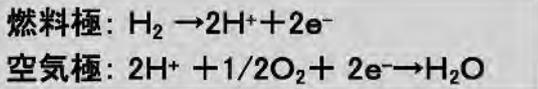
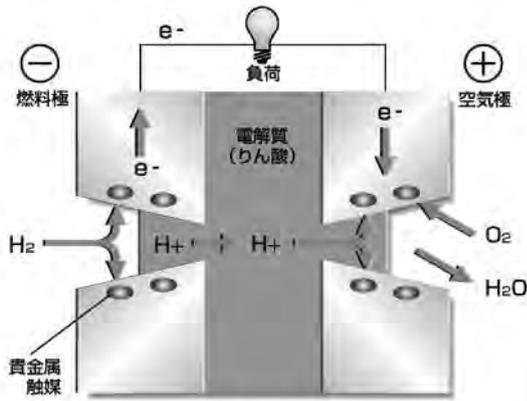


図7 燃料電池の原理



写真2 ハイブリッド型燃料電池

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(写真2)。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。

3. 技術の効果

「超高効率固液分離技術」「高効率高温消化技術」「スマート発電システム」の3つの要素技術を組み合わせ、システムとして機能させることによる電力節減、温室効果ガス排出量削減および建設費・維持管理削減効果が期待される。システム全体(水処理5万m³/日、汚泥処理12tonDS/日、焼却は除く)の効果は、以下のとおり試算されている。

- ① CO₂削減：
▲90% (-1,074→-2,088 (t-CO₂/年))
- ② 建設コスト：
▲11% (239→212 (百万円/年))
- ③ 維持管理コスト：
▲40% (171→102 (百万円/年))

4. おわりに

原子力発電所事故の影響でわが国の電力需給が逼迫する中、省エネルギー・創エネルギーの取り組みの重要性が一段と高まっている。本実証事業は下水処理場における徹底的な固液分離と資源回収を基本コンセプトに省エネ・創エネ両面から新たな下水処理フローの構築を目指すものであり、下水処理場における『エネルギー自給率100%』も決して夢ではない。本システムの早急な実用化が望まれている。

今後のスケジュールとしては、大阪市殿のご協力により、今年度中に5,700m³/日規模の実証プラントを大阪市中浜下水処理場に設置して実証試験に入る予定である。

特集：次世代型のエネルギー利用

解 説

神戸市東灘処理場再生可能エネルギー 生産・革新的技術実証事業 —KOBЕ グリーン・スイーツプロジェクト—

神戸市建設局下水道河川部

保全課長 瀧 村 豪

処理場係長 長 岡 務

キーワード：バイオガス、地域バイオガス、革新的技術実証事業

1. はじめに

神戸市は、面積55,283ha、人口約154万人で、南は瀬戸内海に面し市街地の背後には六甲連山が迫る自然豊かな都市である。下水道人口普及率は98.7%で市内の7箇所の処理場において、1日平均約51万 m^3 の下水を処理している。(昭和33年に供用開始した神戸市で一番古い中部処理場を平成22年度末に閉鎖し、6箇所となった。)

下水処理の過程で発生する汚泥は、全て消化槽で消化(嫌気性微生物による有機物の分解処理)しており、減量化・安定化を図っている。この過程でメタンを約60%含んだ消化ガスが、日平均約37,000 m^3 N発生している。消化ガスは都市ガスと比べ発熱量が約半分と低く、硫化水素やシロキサン等の不純物を含んでいる。それらは機器を損傷・劣化させる原因となり、稼働率や維持管理性が低下するため、消化ガスの用途は消化槽の加温や空調設備の燃料等で処理場内に限られていた。

下水道の持つ代表的な資源である消化ガスを地産地消のエネルギーとして外部へ有効活用し、地球温暖化防止に貢献することを目標に消化ガスの高品質化に取

り組んだ。東灘処理場において平成16年度に神鋼環境ソリューションと大阪ガスの協力で共同研究を行い、天然ガスと同等の品質の「こうべバイオガス」の精製に成功し天然ガス自動車燃料への活用を実証した。

東灘処理場ではガス関連設備を改築し、平成20年4月より「こうべバイオガス」を天然ガス自動車燃料として本格的に供用している。また、さらなる活用を図るため、都市ガス化設備を設置し、平成22年10月からは都市ガス導管への直接注入を開始した。

需要の大きな都市ガス導管注入による有効利用が実現したことで、さらなる再生可能エネルギー供給拡大、拠点化を目指し、食品製造系、木質系等の下水道に好適な地域バイオマスを下汚泥と混合してバイオガス量の増加と汚泥処理の効率化を目指した取組みを開始した。

2. 「こうべバイオガス」の活用

消化ガス中のメタン濃度を高めると共に不純物を除去する方法として、処理水を活用でき、高濃度メタンが得られ高回収率、高効率の「高圧水吸収法」を採用した。

「高圧水吸収法」は、約0.9MPaに加圧した水中に

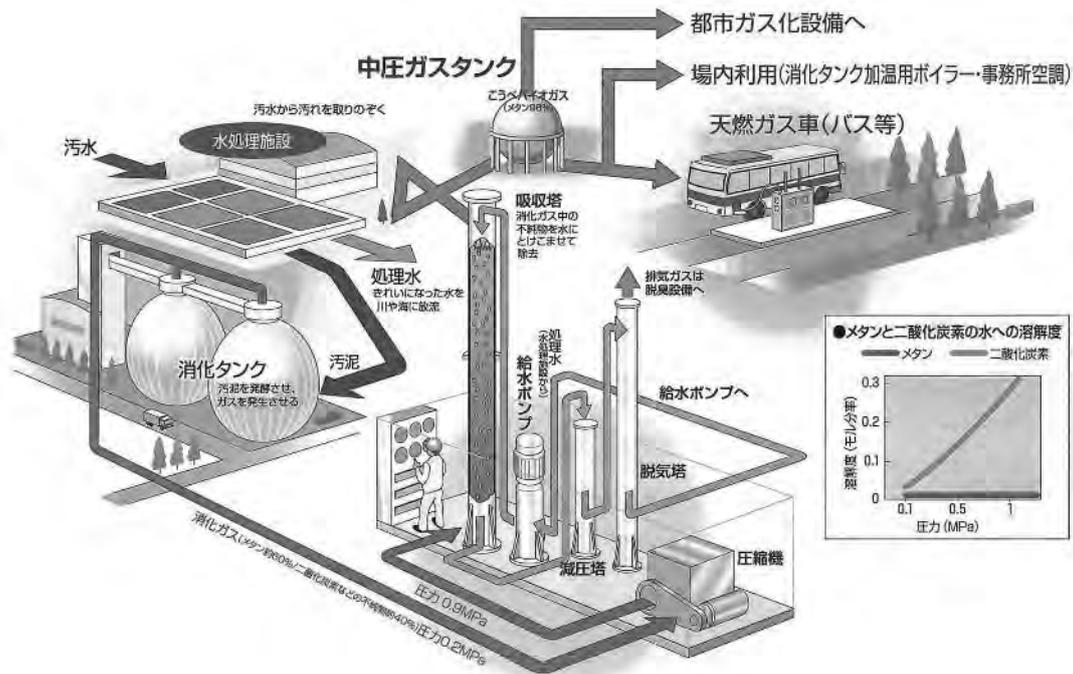


第1図 神戸市東灘処理場

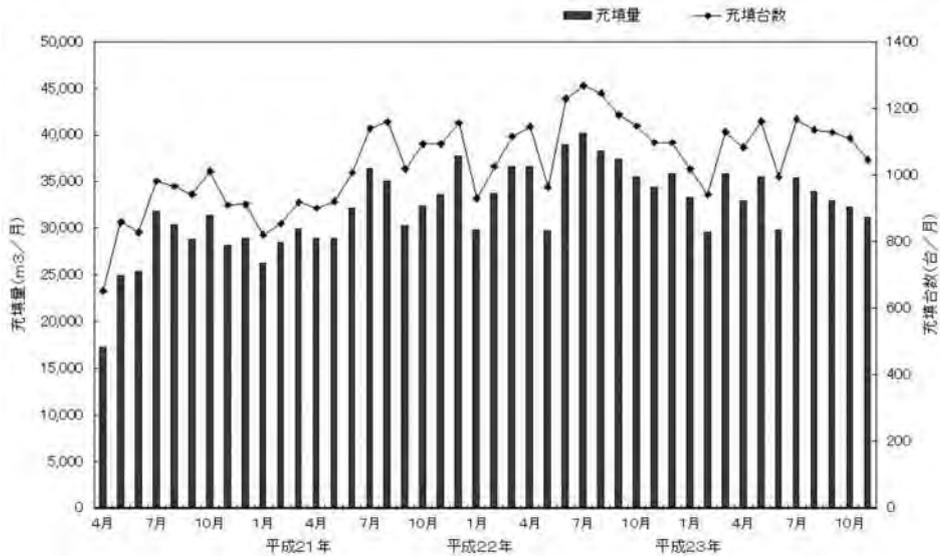
消化ガスを通すことにより、二酸化炭素や硫化水素がほとんど水中に溶解するのに比べ、メタンはほとんど溶解しないことを利用して、消化ガス中のメタンのみを取り出す方法であり、メタン濃度を97%以上に高めると共にシロキサン等の不純物も除去できる。(第2図) 既設の脱硫設備や低圧ガスタンクの老朽化による改

築に合わせ、同程度の費用で「こうべバイオガス」の高度精製設備と中圧ガスタンクを導入し設備の機能向上を図った。

「こうべバイオガスステーション」を利用している登録車両も、市バスや下水道脱水汚泥運搬車、ごみ収集車の他、民間事業者の運送用車両・宅配車等にも広



第2図 バイオガス精製設備のフローと原理



第3図 こうべバイオガス充填量

く利用され、充填量及び充填台数とも順調に推移している。(第3図、写真1)

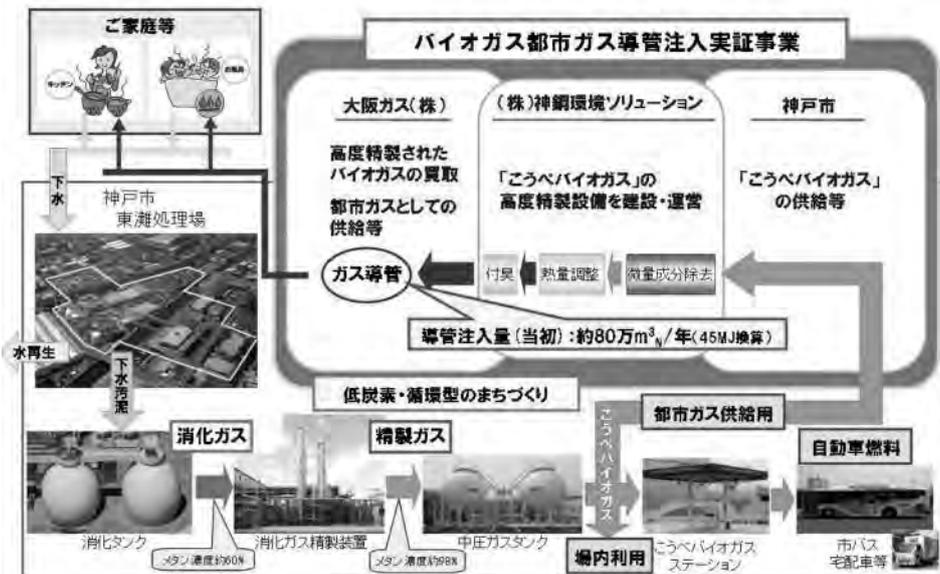
消化ガスの100%活用を目指し、経済産業省の「バイオマス等未活用エネルギー実証試験補助金」の採択を受けて、平成22年10月、神戸市、大阪ガス、神鋼環境ソリューションの3者共同の実証事業として、「バイオガス都市ガス導管注入実証事業」を開始した。

神戸市は、高品質な「こうべバイオガス」を供給、神鋼環境ソリューションが、都市ガス仕様に調整すると共にガス導管に注入し、大阪ガスが買い取り都市ガスとして供給する。(第4図、写真2)

「こうべバイオガス」を都市ガス導管に直接注入するためには、大阪ガスが平成20年に定めた「バイオガ



写真1 エコステーション



第4図 都市ガス導管注入スキーム



写真2 都市ガス導管注入設備

ス購入要領」に適合する品質に調整する必要がある。酸素及び二酸化炭素の微量成分をさらに除去すると共にプロパンガスによる熱量調整及び都市ガスと同じ付臭を実施している。

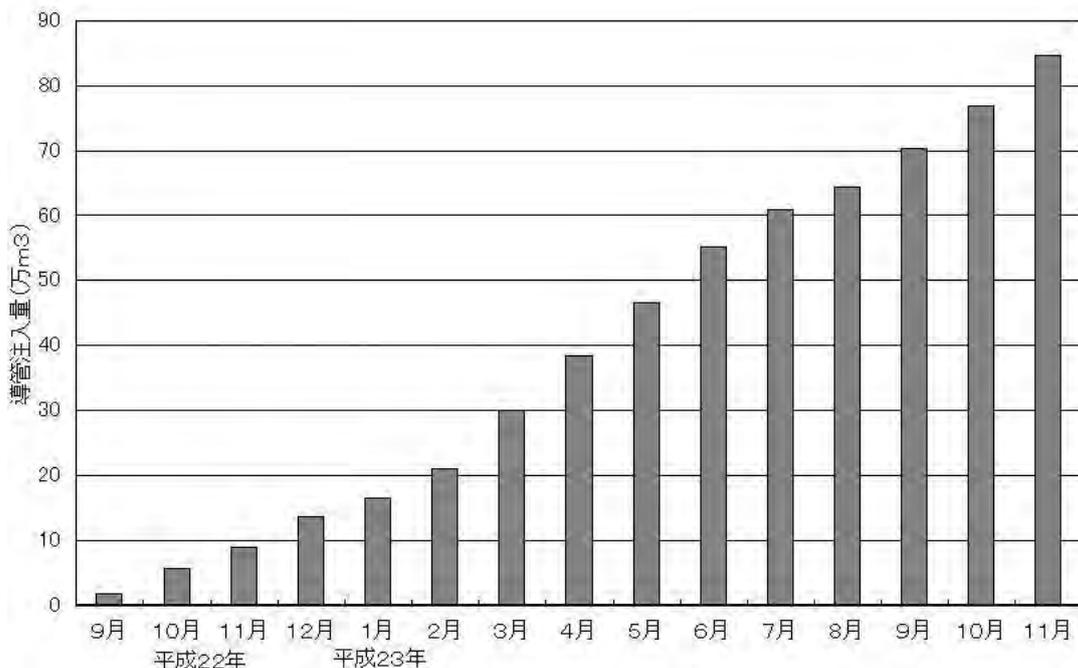
東灘処理場で発生する消化ガスは約10,000m³_N/日で、すべてを精製すれば6,000m³_N/日の「こうべバイオガス」になり、そのうち1,300m³_N/日を自動車燃料、2,700m³_N/日を場内利用し、2,000m³_N/日を都市ガス導管用に使用する。

本事業により、予定している都市ガス導管注入量は

約80万m³/年で、約2,000戸の家庭が1年間に使用するガス量に相当し、これによるCO₂削減量は約1,200t-CO₂/年になる。

昨年度の都市ガス導管注入量は、年度途中から約30万m³で安定した注入を実施できた。今年度は約55万m³を注入している。(11月末現在) (第5図)

都市ガス導管に直接注入する事業は、日本初の試みであり、消化ガスの発生量と使用量のアンバランスを吸収し、100%近い有効利用が可能となると共に多くのバイオガスの活用が可能となった。



第5図 都市ガス導管注入量 (積算値)

3. KOBEグリーン・スイーツプロジェクト

国土交通省は、平成21年度に募集した日本版次世代MBR技術展開プロジェクト（A-JAMP）に続き、下水道事業における温室効果ガス排出量及び建設コストの大幅削減を実現し、併せて本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH事業）を実施した。（第6図）

神戸市と神鋼環境ソリューションで構成する共同研究体が、協力者である大阪ガスと連携して「神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業－KOBEグリーン・スイーツプロジェクト－」を提案し、平成23年5月に採択された。

この事業では、天然ガス自動車燃料・都市ガス導管注入に「こうべバイオガス」を活用してきた東灘処理場に実証設備に建設する。食品製造系、木質系等の下水道に好適な地域バイオマスを下水汚泥と混合しバイオガス発生量を増加させ、同処理場を「地産地消型の再生可能エネルギー供給拠点化」とすることを旨とする。また、森林・街の緑の保全と連携した木質系バイオマスを下水汚泥と混合してバイオガスとしてエネルギー活用すると共に汚泥処理の脱水性・焼却効率の改善による汚泥処理の効率化を図る。（第7図）また、技術の革新性・安定性と共に建設コストや維持管理コスト

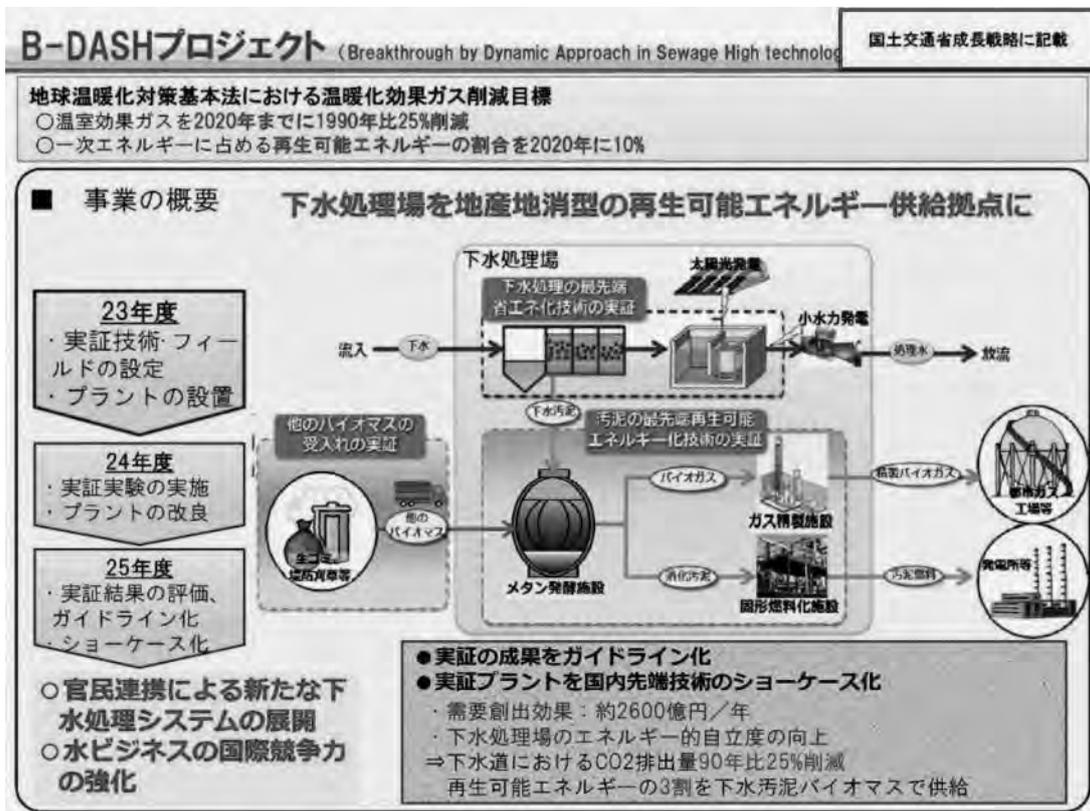
の削減を実証し、国内外への普及展開に貢献する。

実証設備は、食品製造系・木質系バイオマスの受入設備、汚泥と混合しガスが発生し易くする調整設備、下水道への好適性を判断すると共に普及展開を目指すための鋼板製消化槽及び新型のガス精製設備・貯留設備、処理水熱回収設備で構成される。鋼板製消化槽で下水道への好適性が確認できた地域バイオマスは、既設消化槽（10,000m³）で実証を行う。また、木質系バイオマスの繊維質による脱水性の向上、脱水ケーキの熱量の向上について確認を行うと共に、処理水からの熱回収によるCO₂削減効果についても検証する。（第8図）

今年度は国の委託研究として実証設備を建設し、データを取得、その結果を検証する。次年度以降も器用同研究として引き続き実証運転を行い、バイオマスの質・量及び四季の変化による消化ガスの発生状況等の検証を行う。その知見をもとに地域バイオマスや消化ガス活用のガイドライン策定にも取り組んでいく。

4. おわりに

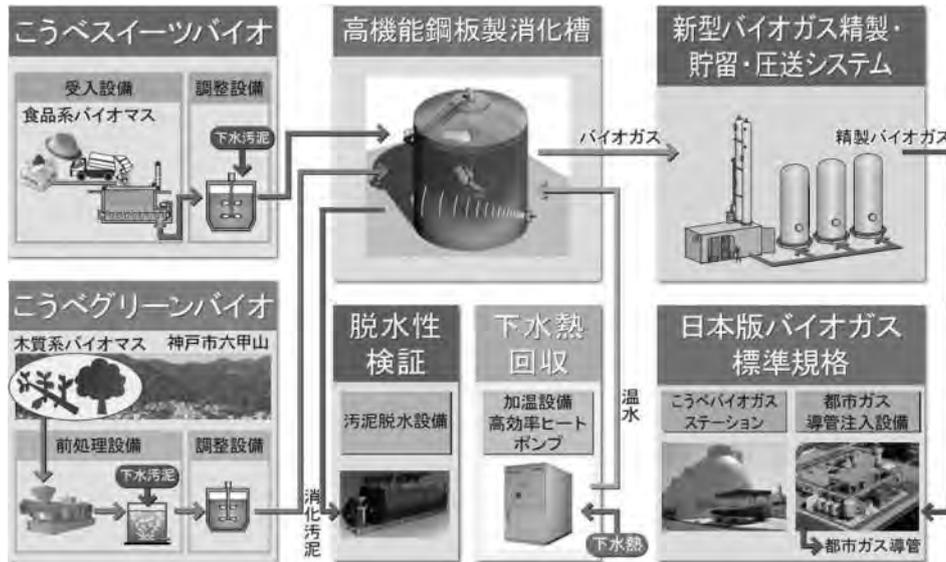
東灘処理場のほか、平成22年度垂水処理場に消化ガスの高度精製装置を導入し、熱負荷に合わせた660kWの消化ガス発電を行ない、場内の電力の一部をまかなうと共に、排熱を消化槽の加温に活用している。



第6図 B-DASHプロジェクト（国土交通省）



第7図 KOBE グリーン・スイーツプロジェクト



第8図 KOBE グリーン・スイーツプロジェクト

引き続き、各処理場において、それぞれのエネルギー使用の状況を踏まえ、改築更新に合わせ「空調等場内利用」、「天然ガス自動車燃料」、「コージェネ」、「都市ガス導管注入」等を組み合わせて最適なガス利用により、消化ガスの100%活用を目指していく。また、東灘処理場では、水再生や再生可能エネルギーの

取組みに対し国内外からの視察者も多く、ショーケースとしての機能を発揮している。

下水道は水再生と共に、今後ますます重要性が高まる再生可能エネルギーの供給拠点として循環型社会の形成を目指し、さらなる大きな役割を果たすことが出来る。

特集：次世代型のエネルギー利用

報 告

黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業の概要について

黒部市上下水道部

部長 小 崎 敏 弘

キーワード：PFI、事業系残渣、混合消化、ガス発電、代替燃料、足湯、ディスプレイ

1. はじめに

黒部市は、富山県東部に位置する中核都市である。水深1,000mの富山湾から標高3,000mの北アルプスまで高低差4,000m、面積428km²、人口43,000人、日本の秘境として知られる黒部峡谷や、「名水の里黒部」の

象徴である黒部川、名水百選に選定されている黒部川扇状地湧水群など、国内外に誇れる自然環境と観光資源を有する。また、ファスナー生産量で世界一のシェアを誇るYKK株の本社工場や研究所、その関連企業により、工業都市・国際都市としても発展してきている。

本市の汚水処理整備事業は、公共下水道及び農業集落排水事業、合併浄化槽事業により順調に推移してお

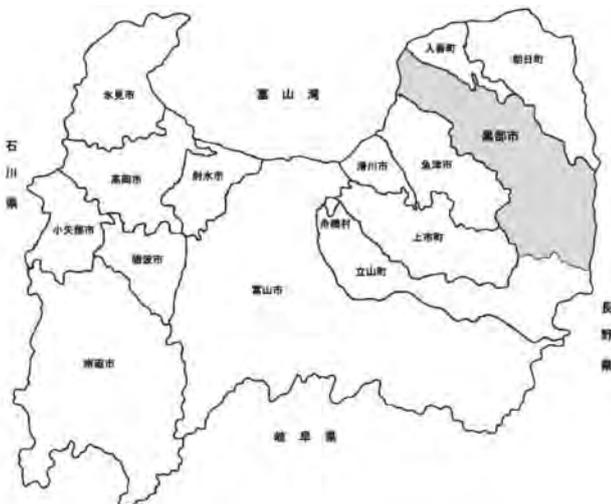


図-1 黒部市位置図



写真-1 黒部市全景

り、その整備率は92%を越え概成に近づきつつある。

そのなかで、2011年5月、「黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業」をPFI事業により開始した。これは、下水道汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥の集約処理に加えて、直投型ディスクポーター由来の家庭生ゴミや、事業系食品残渣を黒部浄化センターに集約し、バイオマス利活用施設にてバイオガスを取り出し、化石燃料を用いずに熱エネルギー回収と発電を行うものだが、ここにその経緯と概要を報告する。

2. 事業に至る背景と経緯

平成14年、公共下水道及び浄化槽の普及が進み、し尿処理量が激減する中で、黒部市を含む2市2町で広域圏運営するし尿処理施設の老朽化に伴い、その存続について更新か廃止かの議論が始まった。

一方、黒部浄化センターにて発生する下水道汚泥の処理は、これまでその全量をセメント会社、埋立処分会社などに外部委託していたが、委託先の休止や閉鎖・処分費の値上げなど、恒常的に市況変動へのリスクを抱えており、これに対応できる新たな処理方法の確立がかねてより課題となっていた。

さらに、近年の地球温暖化問題の顕在化や、資源・

エネルギー需給の逼迫が懸念される中、都市の持続的発展を維持する観点から、自治体にも循環型社会に適応した廃棄物処理方法の確立が求められていた。

こうした背景を受けて、黒部市では平成15年、「黒部市下水道汚泥処理事業基本構想」を策定、下水道汚泥をバイオマス資源として位置付け、マテリアル利用からエネルギー利用への転換を施策方針に掲げた。その後、し尿処理施設の廃止が正式決定、浄化槽汚泥・農業集落排水汚泥は各市町で個別に処理することになり、平成18年、黒部浄化センター内に浄化槽汚泥・農業集落排水汚泥を受入れる汚泥濃縮槽を増設、公共下水道汚泥との一括処理を図ることとした。

その間、平成18年の旧黒部市と旧宇奈月町との市町合併で一時的に中断したが、合併後に基本構想ロードマップに基づき「黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業」を進めることを決定した。平成20年1月にPFI実施方針を公表、同年12月に優先交渉権者となるSPC【黒部Eサービス(株)】(※出資会社：水ing(株)・(株)荏原製作所)を選定した。平成21年4月には、施設建設に2年1ヶ月、維持管理運営期間は15年間、総事業費を36億円とする事業権契約を締結した。その後、平成21年8月に建設工事に着手、平成23年5月には完成をみており、現在、施設は順調に稼働しているところである。



写真-2 バイオマスエネルギー利活用施設全景

3. 事業の概要

本事業では、市内各施設より収集されてきた農業集落排水汚泥と浄化槽（合併・単独共）汚泥を黒部浄化センター内の汚泥濃縮設備に受け入れ、センター内にて発生する下水道汚泥と併せて濃縮し、PFI事業者が建設した施設に送泥している。

しかしながら、各種汚泥からの回収エネルギーのみでは、施設内で使用する熱源に対して不足することから、一定のガス量を確保するため、定量かつ安定して調達可能な事業系食品残渣（本事業では主にコーヒー滓）を近隣企業から受け入れ、同じくPFI施設に供給している。

また、各家庭から排出される生ゴミについては、直投型ディスポーザーを使って浄化センターに効率的に集約し、下水道汚泥として回収している。

PFI事業者は、これら黒部浄化センターにおいて集約された下水道汚泥・食品残渣等のバイオマスを、自

らが設計・建設した利活用施設において消化・発酵させバイオガスを取り出し、汚泥の乾燥・消化タンクの加温用熱エネルギーとして、またガスの一部は、やはりPFI事業者が設置するマイクロガスタービンの発電燃料として活用している。

さらに、消化により減量化した乾燥汚泥は、現在はセメント会社の原燃料として再利用しているが、乾燥汚泥の性状が安定すれば、民間発電施設に化石燃料の代替燃料として売却する予定である。また少量ではあるが、一部は県内の花卉生産農場に、培養土原料として売却している。

4. 施設の特徴

①メタン発酵設備（下水道汚泥と他バイオマスとの混合消化）

原料である濃縮汚泥と事業系食品残渣を、混合、粉碎、スラリー化して、生分解しやすい状態に調整した上で、メタン発酵槽に供給する。メタン発酵槽では、

未来を担うエコエネルギー・バイオガス

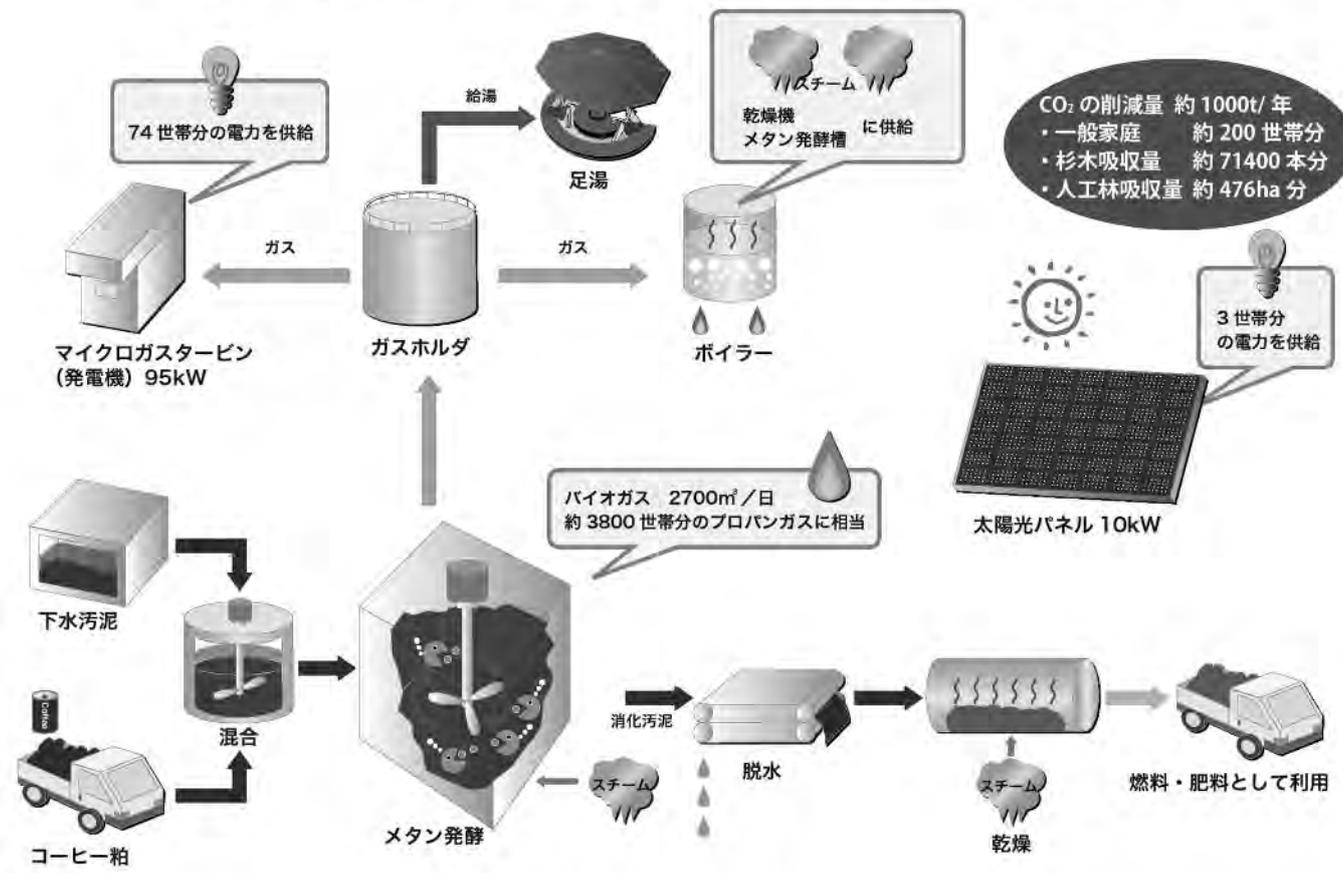


図-2 事業フロー



写真-3 原料混合設備

予め馴致した消化汚泥を一定温度で滞留させておき、ここに原料を投入することで、消化汚泥に含まれるメタン発酵菌の作用により、原料中の有機成分がバイオガスに転換される。

今回、事業系食品残渣として使用するコーヒー滓は、バイオガス発生のポテンシャルが高く、施設のエネルギー収支を安定させるために有効である。また、定量確保ができることから平準化運転が可能となる。更に消化汚泥だけに比べて、バイオガスの増量が見込まれ、施設内で使用する熱を賄える上、余剰エネルギーを発電に回す事ができる。現在のガス発生量は、約2,000m³/日と計画ガス発生量2,880m³/日の70%程度まできており、23年内には計画値に達する予定である。

②マイクロガスタービン：TA100型（バイオガスの効率的利用）

バイオガスの一部は、マイクロガスタービンに供給して、発電燃料として使用する。マイクロガスタービンは低NO_x、低振動、低騒音の特長を持った環境性能に優れた発電機である。発電出力は95kWhであり、排熱から蒸気の回収も行っている。回収した蒸気は、メタン発酵槽の加温に利用している。

TA100は24時間遠隔監視する体制が整っているため、予防保全や早期の故障対応が可能であり、高い稼働率を維持することができる。現在、バイオマス施設

全体の電気を賄いながら、水処理施設にも一部供給しており、土日も含めてフル稼働している。

※平成23年10月発電量 30,000kWh/月（日最大2,200kWh/日）

③足湯（バイオマス事業体感施設）

本事業では、余剰バイオガスを利用してお湯を沸かし、施設内に整備した足湯に供給している。黒部浄化センターは「開かれた下水処理場」として、センター内の親水公園（アクアパーク）と共に一般に開放されているが、本施設もその一角に整備している。市民の憩いの場として利用者の好評を得ており、多い時は月に1,000人を超える盛況ぶりである。猛暑であった夏場が過ぎてからは更に利用者が増加中であり、毎日、老若男女で賑わっている。地域活性化の一環として整備した足湯、愛称は「ばいお〜ゆ」一般公募で選定した。今後も、循環型社会の構築に貢献する下水道事業、とりわけバイオマスエネルギー利活用事業のPRにも大いに役立ってくれるものと期待している。

5. PFI事業の導入

近年、メタン発酵の技術開発が進み、バイオガスを電力・熱源などに利用する技術も多様化し、燃料・肥料など乾燥汚泥のマテリアル利用方法も確立されつつ



写真-4 マイクロガスタービン



写真-5 足湯（ばいお〜ゆ）

ある。さらに、下水道汚泥からのリン回収技術やBTX化、水素化などの高度な新技術の開発も進められており、これら下水道汚泥のリサイクル技術の進歩は目覚ましく日進月歩の感がある。

このような状況の中、本市のような小さな行政体が、バイオマス利活用に関して得られるごく限られた情報により実施する従来型公共事業では、新技術に適応した事業を円滑に施行するのは極めて困難である。

また、これまでは本市で下水道汚泥の最終処分先を開拓してきたが、これからは民間事業者に汚泥処理から処分までの一連の事業権を委ねた方が、新たな処分先や処分方法を安定して確保できるのではないかと考えた。

そこで、民間事業者が持つ経営ノウハウや最新のバイオマス利用技術の活用、副生成物の流通先の確保やコスト縮減といった観点から、本市ではPFI事業を導入し、民間事業者に下水道汚泥バイオマスエネルギー利活用施設の設計・建設・維持管理・運営の事業全般を委ねることにした。

6. PFI事業の利点と特徴

PFI事業導入による利点としては、事業の透明性の向上、事業コストの縮減、財政支出の平準化と計画的支出、質の高い公共サービスの提供、地域経済の活性化等がある。また、特徴としては、契約期間が長期間に渡ること、自治体・SPC・融資銀行・アドバイザー等、様々な複数の契約当事者による契約行為が必要であること等が挙げられる。特に、インセンティブを付与すればするほど、各プレイヤーのリスク負担が増大するので、従来の建設請負契約や外部委託契約とは異なり、契約当事者間の役割、義務、リスクの取り扱い、事業遂行上の重要事項等を契約時に明確化することが必要となる。

このため、契約書は細部に亘って事業遂行上の取り決め事項が明文化されており、SPCとの契約書では100頁程度と相当なボリュームとなる。それでも、実

際に事業が進捗するなかで、契約内容では解決し得ない事項が発生する。この為、現在、SPCと本市による運営協議会を定例的に開催し、双方が誠意を持って解決にあたることで、PFI事業の円滑な運営を図っているところである。

7. 直投型デイスポージャーの導入

前項「3. 事業の概要」でも触れたが、本バイオマス利活用事業では、本市の地域内資源循環システムを構築する上で、重要なポジションを占める直投型デイスポージャーを導入している。

導入の目的は、消化促進に加えて、ポイントとなるのが、①収集場所が不用・天候に左右されない。②分別作業を省くことができる。③下水道管の有効利用が図れる等の利点を考慮したことである。

雪の多い本市にあってゴミ出し労力の軽減は、高齢者や主婦にとって朗報となる。近年、増えつつあるカラスや野良犬等の鳥獣被害対策としても有効である。生ゴミ焼却処理に係る経費節減とCO₂削減にも繋がる。若干ではあるが、上下水道料金の増収も見込める。

導入にあたっては、「分別回収し資源化利用を図るべきだ。」あるいは「道徳的概念が欠如する。」等の反対意見もあったが、行政コストや市民サービス等を総合的に判断し導入を決定している。

なお、平成17年に国においてまとめられた「デイスポージャー導入時の影響判定の考え方」に基づき平成19年度に第一次影響判定を、翌平成20年度に社会実験を実施している。

表-1 PFI事業の概要

バイオマス受入量 (平成 38 年度計画値)	① 下水道汚泥 (濃縮汚泥)	24,346 m ³ /年
	② 農業集落排水汚泥 (濃縮汚泥)	1,080 m ³ /年
	③ 浄化槽汚泥 (濃縮汚泥)	134 m ³ /年
	④ デイスポージャー由来生ゴミ (濃縮汚泥)	688 m ³ /年
	⑤ 事業系食品残渣 (コーヒー滓)	2,884 m ³ /年
	合計	29,132 m ³ /年
バイオガス利用法	① マイクロガスタービンで発電して場内利用 (出力 95kW)	
	② ボイラーにより、発酵槽加温熱源および汚泥乾燥熱源として利用	
乾燥汚泥有効利用方法	① 肥料原料として花卉生産農場に販売	
	② 石炭火力発電の代替燃料として販売	
温暖化ガス削減量	CO ₂ 削減量 約 1,000t/年	
年間発電量	3.8 万 k w h /年	

その後、平成22年4月より、1基あたり30,000円の補助金支出や、使用料を無料にする等して普及拡大を図っているが、他の家電製品に比べて高額なこともあり設置数は逡増状態である。

8. 結びに

黒部市が自前の汚泥処理施設を持ち、下水道汚泥、生ゴミなどを再利用する資源循環システムを構築したことで、処理委託先の休止や閉鎖・処分費の変動等、恒常的なリスクから解放された。さらに、バイオガスや乾燥汚泥の有効利用によって、二酸化炭素排出量を約1,000t-CO₂/年削減できることが見込まれるため、地球温暖化防止対策にも貢献することになる。とりわけ、再生エネルギーが注目された今日、マイクロガスタービン発電を導入できたことは事業効果を上げる意味で良かった。

平成15年に、現状の処分方法では増えつつある下水道汚泥に対応できなくなるという危機感から始まった新たなリサイクルルートの創出計画は、最終的にPFI

事業によるバイオマスエネルギー利活用事業となって結実した。実効性・持続性・安定性・廉価性・脱化石燃料といった計画条件はかなり厳しいものがあり、時間をかなり費やしはしたが、結果的には下水道事業による再生エネルギーの創出と温室効果ガス削減の魁になったと自負している。

昨年、10月には平成23年度国土交通大臣賞「循環のみち下水道賞・サステイナブル活動部門」において栄えある表彰を受けたが、事業効果を高く評価いただき深く感謝している。

しかしながら、黒部市にとって初めてのPFI事業であり、施設も本稼働したばかりである。15年間の長きに渡る運営期間も油断することなく、黒部Eサービス(株)と綿密に連携を図りながら、さらに効率的な事業運営・展開を図って行かねばならないと考えている。

終わりに、この事業実施に際しては、多方面から多くの方々よりご指導とご協力を賜ったが、改めて本誌面を借りて感謝と御礼を申し上げます。本当にありがとうございました。



写真-6 大臣賞授賞式

特集：次世代型のエネルギー利用

報 告

「下水道資源有効利用に関する提言」の概要について

国土交通省 水管理・国土保全局
下水道部 下水道企画課

資源利用係長 西 迫 里 恵

キーワード：官民連携、下水汚泥固形燃料、下水バイオガス、下水熱

1. はじめに

下水汚泥や下水などは、都市内における貴重な資源であり、これらの資源を有効活用することにより、省エネルギー・温室効果ガス削減に大きく貢献できる。また、地方公共団体の財政状況が厳しい状況下にあっては、官民連携による事業の推進が期待されている。このような背景の下、国土交通省は、平成22年9月に「官民連携による下水道資源有効利用促進制度検討委員会」（委員長：津野洋京都大学大学院教授）を設置し、有識者、自治体、民間事業者等により議論を行い、その成果を平成23年8月に「下水道資源有効利用に関する提言」として取りまとめたところである。本稿では、その概要について紹介する。

2. 「下水道資源有効利用に関する提言」の概要

本提言では、省エネルギー・温室効果ガス削減面で重要な下水汚泥固形燃料、下水バイオガス、下水熱の3分野に着目し、各分野において有効と考えられるPPP（Public Private Partnership）による資源有効利用推進に向けた環境整備について、9つの提言をまと

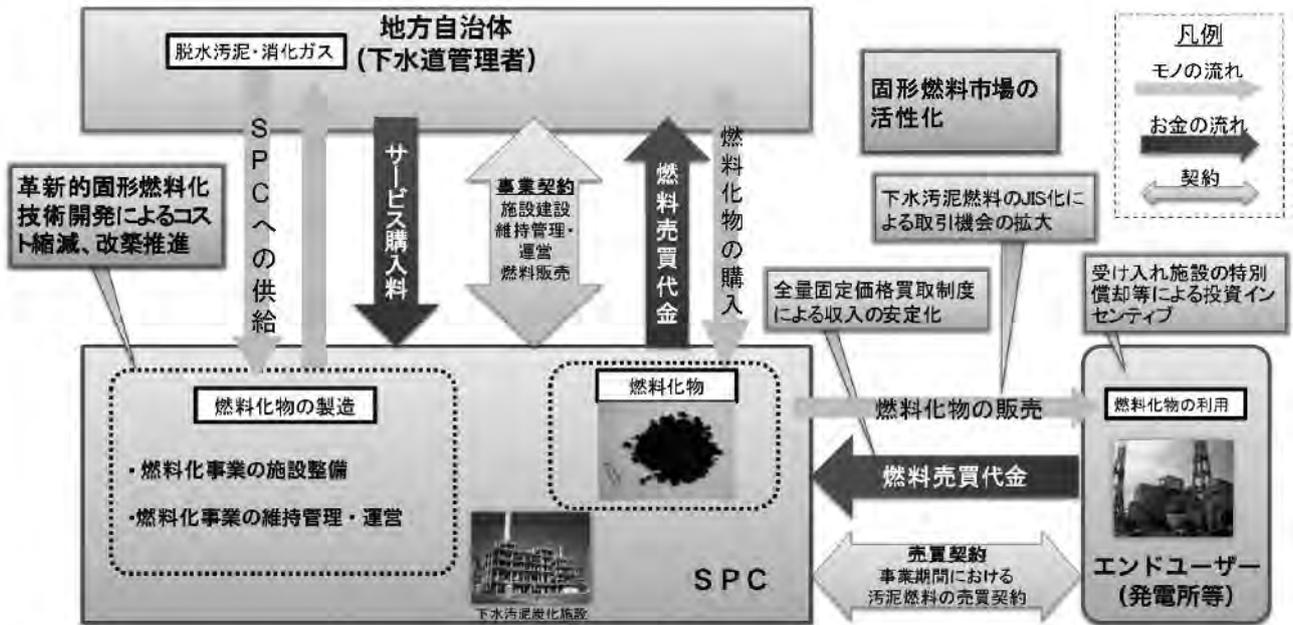
めた。

2-1 下水汚泥固形燃料

下水汚泥の固形燃料化事業は、火力発電所における石炭代替燃料利用等によって温室効果ガス削減に寄与する取組みであるが、全国を取組事例は少数である。固形燃料市場の活性化のためには、固形燃料を商品（非廃棄物）として取り扱えることが必要であるとともに、焼却炉更新と比較した場合のコスト面・環境面での有利性が求められる。これらを踏まえ、本分野では、下水汚泥固形燃料のJIS化によって固形燃料市場の活性化を図ること、及び革新的固形燃料化技術の実証事業によるコスト低減を図り、焼却炉からの改築を推進することの2つの提言がなされた。

2-2 下水バイオガス

現在、下水バイオガスの約3割は未利用である。下水バイオガスの利用推進に向けては、バイオガス発生量の増加や都市ガスとの混焼による発電効率の向上を通じた事業採算性の向上、下水処理場の地産地消エネルギー供給拠点化の推進等が必要である。このため、本分野では次に掲げる4つの提言がなされた。まず、革新的バイオガス増量技術の実証事業等によって、混合消化の推進を図ることである。加えて、都市ガスとバイオガスの混合焼却によって、バイオガスの利用率



を高め、省エネ発電を推進する。さらに、低コスト技術等を盛り込んだガイドライン策定や準工業地域における事業実現に向けた対応方策の検討により、バイオガス利用事業の実施地域を拡充し、下水処理場の地産地消エネルギー供給拠点化を推進する。また、バイオガス等による地域エネルギー施策への貢献を推進することが提言された。

2-3 下水熱

下水熱等未利用エネルギーについては、これまでも、民生部門のエネルギー対策の観点から、その活用

の必要性が指摘されており、平成23年8月には、経済産業省の「まちづくりと一体となった熱エネルギーの有効利用に関する研究会」において、まちづくりと一体となった下水熱等の未利用エネルギーの有効活用に向けた施策提言等がなされた。こうした背景を踏まえ、本分野においては3つの提言がなされた。1つ目は、サテライト処理等による再生水利用、浸水対策及び災害時水源機能の付加等の下水道事業と、熱利用事業とのパッケージ化を図ることである。こうした下水の複合的な利用により、低炭素で災害に強いまちづく

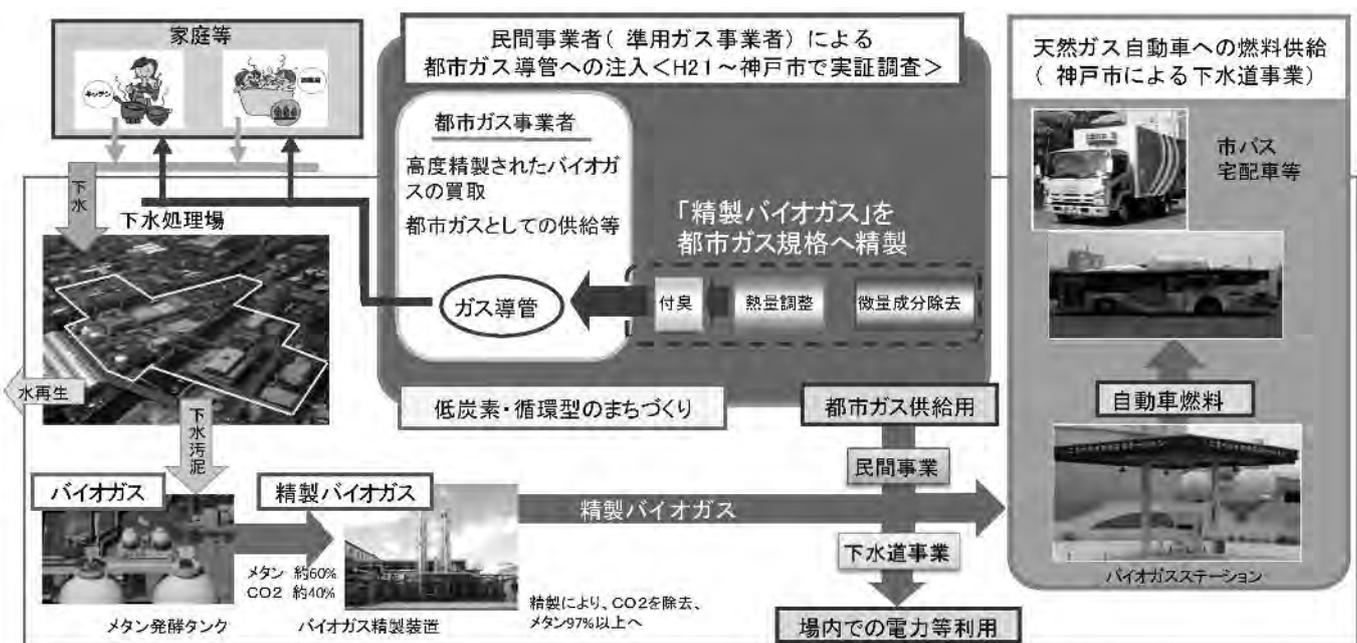


図 神戸市におけるバイオガス利活用事例

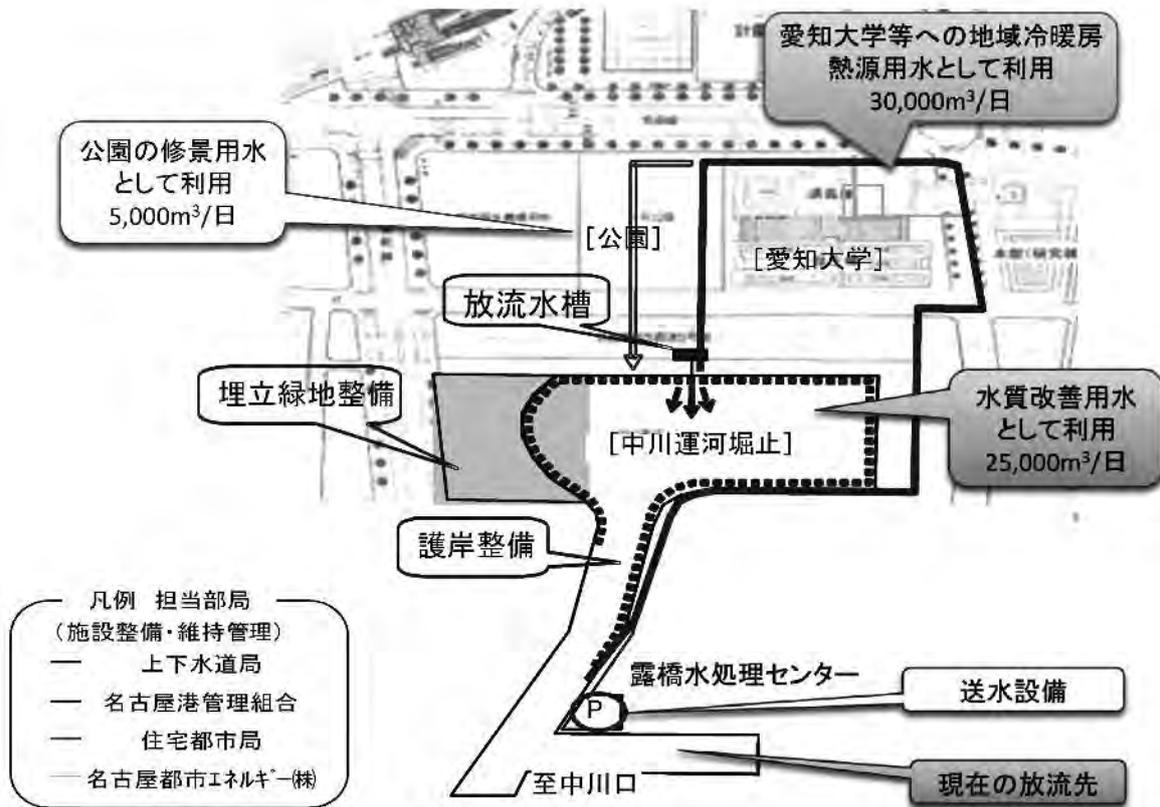


図 名古屋「ささしまライブ24地区」のパッケージ化事例

りが可能となる。2つ目としては、民間事業者の投資意欲を高めるため、低コストの管路内外における熱交換技術や下水管の改築事業とのパッケージ化等の検証を進めることにより、民間事業者における下水管ネットワークの低コスト有効利用を推進するとの提言がなされた。3つ目は、「規制・制度改革に係る方針」(平成23年4月8日閣議決定)を踏まえ、運用ガイドラインによる下水処理水熱の利用手続きの明確化・簡素化が掲げられている。

3. おわりに

東日本大震災の経験から、再生可能エネルギー等に

よる自立型電源の導入や、災害への対応力の重要性が見直されているところである。また、平成23年6月にはPFI法が改正され、今後、官民連携が一層進むものと考えられる。このような状況において、下水道が、官民連携によって豊富な資源を有効に活用し、地域のエネルギー供給拠点としての役割を担うようになることを期待している。

国土交通省としては、現在、下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)や、各種ガイドラインの検討を行っているところである。本提言を真摯に受け止め、実効性の高い施策を実現できるよう、引き続き、各種施策の検討に取り組んでいきたい。

特集：次世代型のエネルギー利用

報 告

下水汚泥エネルギー化技術 ガイドライン（案）の概要

（財）下水道新技術推進機構

資源循環研究部長 石 田 貴

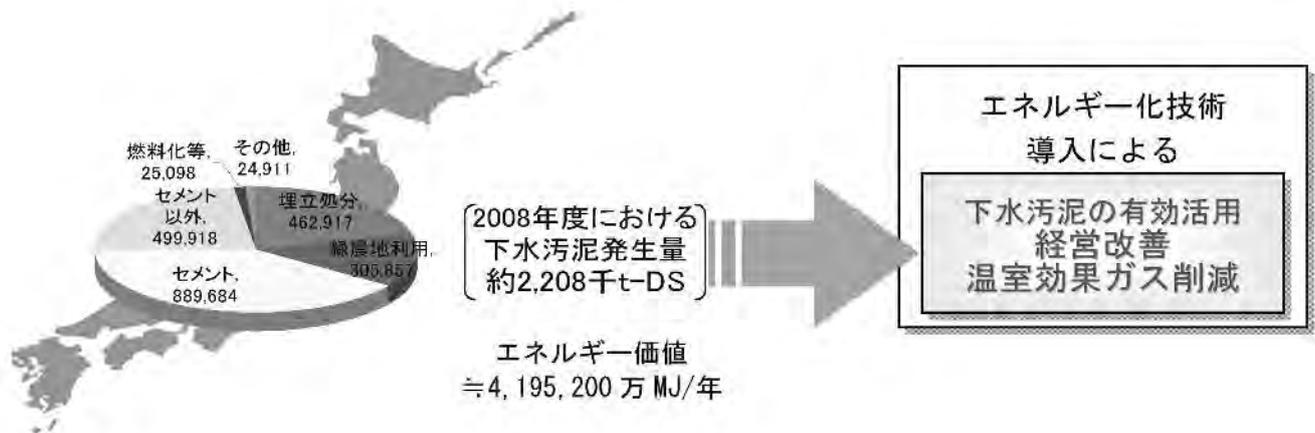
キーワード：エネルギー化技術、ガイドライン、燃料化、バイオガス、ガス化、全量買取制度

1. はじめに

全国的な下水道整備の進捗に伴い、2008年には乾燥重量で年間約220万トン相当の有機性汚泥が回収されている。従来、この汚泥は処理・処分の対象とされてきたものであるが、昨今はそれが有するエネルギー的価値が見直され、下水処理場におけるエネルギー対策や地球温暖化対策に大きく貢献することが期待されて

いる。下水道管理者は下水汚泥をエネルギー資源として捉え、さらに自らのインフラを最大限に生かす意味からも下水処理場を核としたエネルギー対策と地球温暖化対策に積極的に取り組んでいく必要がある（図－1参照）。

本ガイドラインは、固形燃料化技術、バイオガス利用技術及びガス化技術を対象として、経済性や温室効果ガス削減効果、エネルギー需要者とのマッチングについて詳述している。また、事業化の検討に資する定



図－1 発生汚泥量及びエネルギー化技術導入の意義

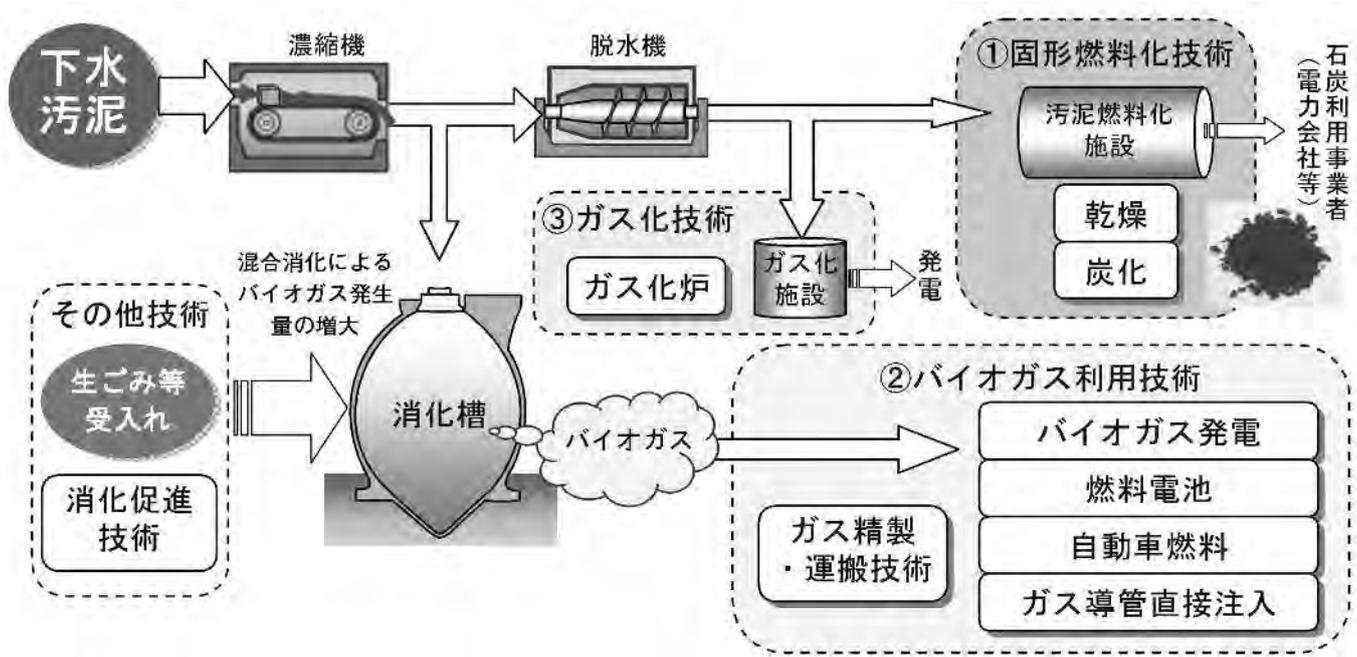


図-2 本ガイドラインで対象とするエネルギー化技術 (①~③)

量的なデータを提供することを目的とし、地方公共団体等が下水汚泥エネルギー化技術の導入検討の際に必要な知見や情報を示すものである。なお、本ガイドラインの策定は国土交通省からの委託業務により行った。

2. ガイドライン (案) の概要

(1) 対象とする技術

本ガイドラインでは以下の下水汚泥エネルギー化技術を検討対象とした (図-2 参照)。

①固形燃料化技術

固形燃料化技術では、炭化技術として低温炭化、

中温炭化、高温炭化を、汚泥乾燥技術として造粒乾燥、油温減圧乾燥、改質乾燥を対象とした。

②バイオガス利用技術

嫌気性消化により発生したバイオガスを利用した発電技術、バイオガスを精製し自動車燃料及び都市ガス原料として利用する技術、利用先まで運搬する技術等を対象とした。

③ガス化技術

下水汚泥のガス化反応等により生成した可燃性ガスを汚泥の乾燥、ガス化に利用し、残りを発電に利用するガス化技術を対象とした。

(2) ガイドラインの構成及び内容

ガイドラインの構成と主な内容は、表-1 のとおり

表-1 ガイドライン (案) の目次

<ul style="list-style-type: none"> ■第1章 ガイドラインの位置づけ <ul style="list-style-type: none"> 1-1. 背景 1-2. 目的 1-3. ガイドラインの構成 1-4. 用語の定義 ■第2章 総論 <ul style="list-style-type: none"> 2-1. エネルギー化技術導入の意義 2-2. 対象技術とその概要 ■第3章 エネルギー化技術の導入事例 <ul style="list-style-type: none"> 3-1. 国内導入事例 3-2. 海外導入事例 3-3. 我が国のエネルギー化技術レベルの現状 3-4. エネルギー化技術導入にあたっての留意点 	<ul style="list-style-type: none"> ■第4章 エネルギー化技術の導入検討 <ul style="list-style-type: none"> 4-1. 導入検討の手順 4-2. 基礎調査 4-3. 検討対象とするエネルギー化技術の抽出 4-4. 事業形態の検討 4-5. 温室効果ガス削減効果の算定 4-6. 事業性の検討及び評価 ■第5章 ケーススタディ <ul style="list-style-type: none"> 5-1. ケース設定、条件設定 5-2. 固形燃料化技術ケーススタディ 5-3. バイオガス利用ケーススタディ ■資料 編
--	---

である。

- 1) 第1章 ガイドラインの位置づけ
背景、目的、ガイドラインの構成、用語の定義について記述した。
- 2) 第2章 総論
下水汚泥エネルギー化技術の導入意義及び技術の概要について整理した。
- 3) 第3章 エネルギー化技術の導入事例
国内及び海外での導入事例を紹介し、我が国の技術レベルの現状について考察を加えた。
- 4) 第4章 エネルギー化技術の導入検討

①導入検討の考え方

導入検討に際しては「自治体の課題や下水処理場の特性」、「製品受け入れ側のニーズ」、「エネルギー化技術の特性」のマッチングが重要であり、それぞれの視点におけるポイントを整理した。また、検討の手順についてフローを示した。

②事業形態の検討

事業実施に伴う契約方式や法制度、補助制度等について整理した。

③事業評価手法の整理

エネルギー化技術のコスト情報、温室効果ガス排出係数及び評価方法等を提示した。

5) 第5章 ケーススタディ

第4章で示した手順や知見に基づいて、条件設定を行ない、ケーススタディを行った。

6) 参考資料

エネルギー化技術の導入事例や概要、下水汚泥エネルギー製品に対する受け入れ基準の例、事業方式や助成制度、及び燃料製品の安全性に関する資料等を添付した。

(3) ガイドライン（案）のポイント

<エネルギー化技術の導入検討事例の提示>

固形燃料化技術、バイオガス利用技術、ガス導管注入及びガス運搬技術についてケーススタディを行った。主な設定条件を表-2及び表-3に示す。

表-2 ケース設定（固形燃料化技術）

ケース（脱水汚泥量）		消化工程	脱水汚泥の処理
CASE1 比較的中規模 (施設能力 30t/日※1)	現況	なし	委託処分 (脱水汚泥の直接埋立)
	CASE1-0	なし	焼却 (焼却灰は委託処分)
	CASE1-1	なし	固形燃料化
	CASE1-2	消化槽新設	
CASE2 比較的大規模 (施設能力 90 t/日※2)	現況	なし	焼却 (焼却灰は委託処分)
	CASE2-1	なし	固形燃料化
	CASE2-2	消化槽新設	
CASE3（上記のCASE1-2に） ほかのバイオマスを受け入れる ケース（生ごみ量=3.3t/日）		消化槽新設	固形燃料化

※1 処理水量（日平均）で約 30,000m³/日相当

※2 // 約 90,000m³/日相当

表-3 ケース設定（バイオガス発電）

ケース設定	消化工程	想定規模		備考
		処理水量(日平均)	バイオガス発生量	
CASE4-1	既設	20,000m ³ /日	1,700Nm ³ /日	発電機を新設し、 発電電力を場内で利用
CASE4-2		50,000m ³ /日	4,500Nm ³ /日	
CASE4-3		100,000m ³ /日	9,000Nm ³ /日	

(固形燃料化技術を導入した場合の試算結果)

- ・ 90 t /日規模を想定したCASE2では、焼却処分するケースに対し約20~30%のコスト削減となった(図-3参照)。
- ・ 30 t /日規模を想定したCASE1では、現況(脱水汚

泥を16,000円/tで委託し埋立処分するケース)に比べ、事業費が10~20%程度割高となった。しかし、下水汚泥以外のバイオマス受け入れを想定したCASE3では下水道部局及び環境部局のトータル費用が約76百万円/年削減され(表-4参照)、事業採

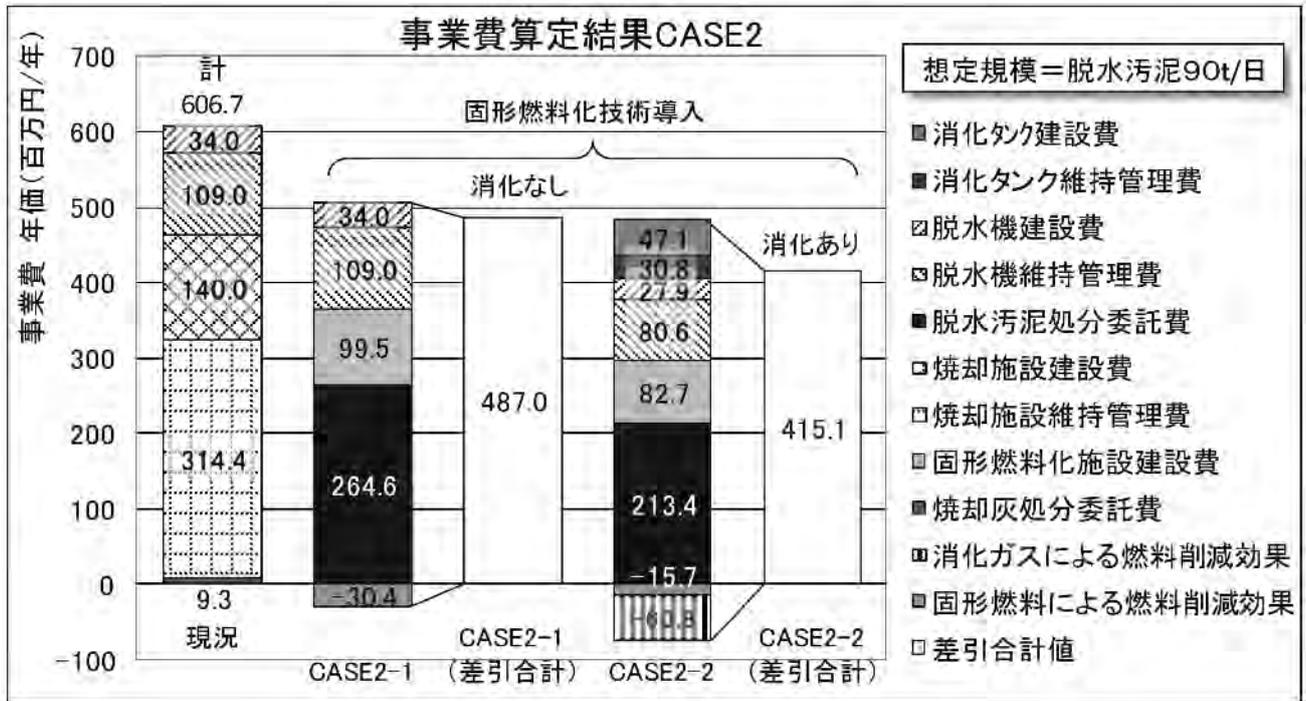


図-3 固形燃料化施設の試算結果 (CASE2)

表-4 バイオマス受け入れによる費用削減効果 (CASE3)

		事業費年価 (百万円/年)		
		増加費用	減少費用	
下水道	建設費	生ごみ前処理	25.1	
		し尿等前処理	17.1	
		混合設備1	2.8	
		混合設備2	1.8	
		混合設備3	3.2	
	維持管理費	ガスホルダ	4.1	
		生ごみ前処理	15.4	
		し尿等前処理	5.7	
		混合設備1	1.5	
		混合設備2	0.9	
脱水汚泥処分費		11.6		
環境	建設費	ごみ		28.3
		し尿		57.0
	維持管理費	ごみ		31.8
		し尿		59.1
合計		100.4	176.1	
差し引き			-75.8	

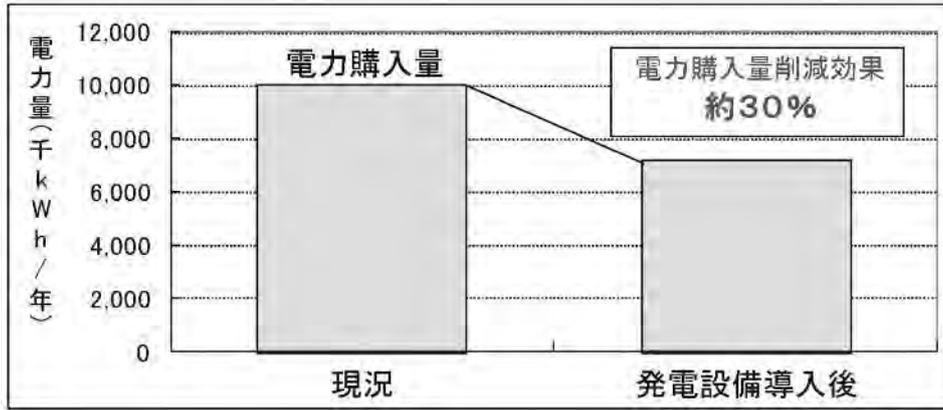


図-4 バイオガス発電による電力購入量削減効果 (CASE4-2の例)

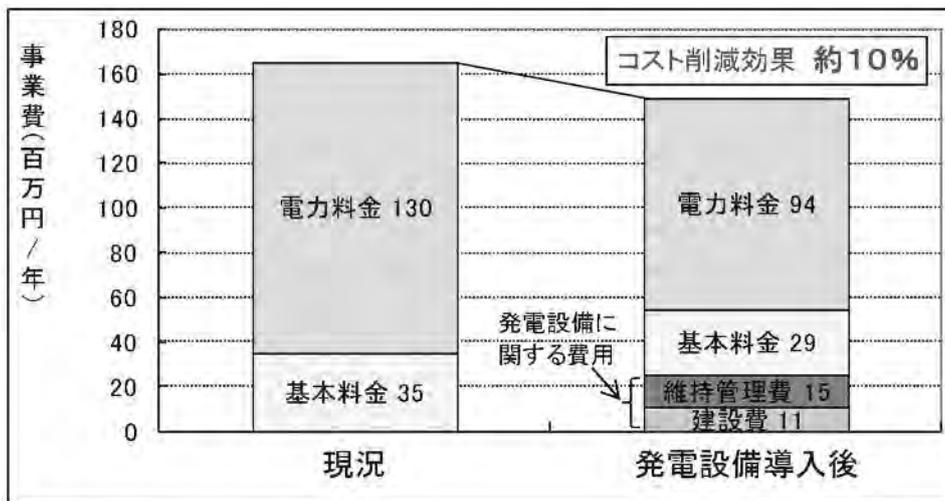


図-5 バイオガス発電による事業費削減効果 (CASE4-2の例)

表-5 事業費算出結果 (ガス導管注入の例)

		単純更新	バイオガス精製+都市ガス利用
設定条件、 検討の範囲 ^{※1}		[脱硫・ガス貯留設備の更新] 既存の脱硫装置、ガスホルダと同じ設備を更新する。処理場外におけるガス有効利用は行わないため、事業収入は計上しない。	[バイオマス精製・導管注入] 脱硫装置、ガスホルダ (中圧)、導管接続設備に更新し、都市ガスとしての有効利用による事業収入を計上する。
コスト	建設費 ^{※2}	14,715 千円/年	27,288 千円/年
	維持管理費	15,994 千円/年	40,393 千円/年
	計①	30,709 千円/年	67,681 千円/年
ガス有効利用による 事業収入②		0 千円/年	68,820 千円/年
実質年間費用 (②-①)		▲30,709 千円/年	1,139 千円/年

※1 設定条件及び検討の範囲の詳細についてはガイドライン（案）参照

※2 建設年価 (利率*i*=2.3%、耐用年数*n*=15年として算出)

表-6 温室効果ガス排出量削減効果の算定結果の例（バイオガス発電）

	発電電力量 (kWh/年)	CO ₂ 排出係数 (t-CO ₂ /kWh)	地球温暖化 係数	温室効果ガス 排出削減量 (t-CO ₂ /年)
CASE4-1	865,123	0.000561	1	485
CASE4-2	2,761,718	0.000561	1	1,549
CASE4-3	4,660,320	0.000561	1	2,614

算性が得られた。

- ・いずれのケースにおいても消化槽を設けた場合の方が消化ガスによる燃料削減効果等により、経済的に有利となった。

（バイオガス発電技術を導入した場合の試算結果）

- ・既設消化槽を有する処理場では、処理場規模2万m³/日、5万m³/日、10万m³/日のいずれのケースにおいても購入電力費が削減され、バイオガス発電導入による効果があると試算された。なお、小型発電機を複数台設置することを想定した2万m³/日、5万m³/日では、常時稼働している発電設備分の契約電力を削減できるため、基本料金の削減効果も考慮できた（図-4、図-5にCASE4-2における結果の例を提示）。
- ・再生可能エネルギーの全量買取制度の導入を想定したケースでは、発電した電力を20円/kWhで売電できると仮定した結果、2万m³/日規模で消化槽を新設する場合のみ事業採算性が得られなかったが、下水汚泥以外のバイオマス受け入れを想定した結果、収支がプラスとなった（ガイドライン（案）のCASE5-3-1参照）。

（ガス導管注入及びガス運搬技術を導入した場合の試算結果）

- ・ガス導管注入及びガス運搬技術については、バイオガスを消化槽の加温に利用した残りを脱硫、精製し、都市ガス導管に注入、あるいは利用先までトレーラーで運搬し、燃料代替として利用した場合についての試算を行った結果、いずれも経済的に有利となることを確認した（表-5にガス導管注入における結果の例を提示）。

3. おわりに

本検討により、中規模の下水処理場においても固形燃料技術及びバイオガス発電技術の事業採算性が確認できた。また、今回は詳述していないが、温室効果ガス削減効果についても有効性が確認できている（表-6にバイオガス発電の例を提示）。これらの検討内容の詳細については「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」として国土交通省ホームページに公開されているので参照されたい。本ガイドラインが活用されることによって、下水道事業者における経営改善と地球温暖化対策が大きく進展することを期待する。

研究紹介

銀のリスク評価実施のための
基礎研究

元スウェーデン農業科学大学 土壌学部在籍

澁谷里美

キーワード：銀イオン、フルボ酸、XAFS

スウェーデンでは環境保全に対する意識が高く、先進的かつ多様な取り組みが行われている。その例として、スウェーデン国内の複数の大学や研究機関等によって、様々な合同プロジェクトが立ち上げられ、環境に対する種々のリスク評価のための研究が行われている。このようなプロジェクトでは、化学物質の人体へのリスクや環境中での挙動、微生物や水性生物への毒性、各物質の化学形態の違いによるリスクの差異等について研究が行われている。

そうした中で、私は銀ナノ粒子のリスク評価のためのプロジェクトに参加し、土壌中における銀イオンの挙動に関する基礎研究を行った。銀（イオン）は、写真の展開液やピグメント、包装材料として早くから利用され、近年では銀ナノ粒子の殺菌効果を活用し、抗菌プラスチック、抗菌シャツ等の製品の加工に使用され、非常に身近な物質であると言える。こうした特殊性や利便性から、銀ナノ粒子を用いた製品の市場は今後も世界的に拡大成長することが予想される。一方で、その使用量の増加にともなう環境中への負荷増大および自然環境への悪影響が懸念されている。これまでも環境保全の見地から、銀（イオン）に関する研究が行われ、水性生物に対する毒性が確認されている。しかし、銀は植物への必須元素ではないため、植物栄養学、土壌学的見地に立った研究は少なく、環境中の挙動について不明の点が多い。特に産業的に汎く用いられる銀ナノ粒子は、環境中でその化学形態を変化させる可能性があるかもしれないので、そのリスク評価するためには土壌中における化学形態及び結合メカニズムを明らかにすることが一つの重要な課題であると言

える。

そこで、私は土壌有機物に着目し、銀イオンとの反応性を調べるための研究を行った。以下は研究の方法であるが、土壌有機物試料として、分離された純度の高いフルボ酸、スウェーデン中部の土地より採取したピートとモールの3種類を用い、結合のジオメトリーを明らかにするため、XAFSのスペクトラの一種であるXANSEを用い、銀の酸化状態や配位環境の分析を含めて行った。さらに、フルボ酸と銀イオンの反応性を調べるため、銀電極を用いて測定した電位を活量に変換して吸着曲線を作成するとともにpH依存性を見た。ピート・モールについては、吸着のpH依存性を調べるとともに、鉄イオン (Fe^{3+})、アルミニウムイオン (Al^{3+}) との競合性をバッチ試験によって調べた。

まずXANSEのスペクトル解析の結果、銀は価数0で、窒素元素と酸素元素に挟まれた形で直線的に結合していた。次に吸着曲線の作成により、銀イオンはフルボ酸、ピート・モールに対し、pH依存性があることが認められた。また、バッチ試験により、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} とは競合しなかったことにより、銀イオンは窒素や硫黄元素を含んだ反応グループと結合することが推測された。

以上の実験と解析により、土壌と銀イオンの結合メカニズムについて基礎的な知見を提示することができた。なお現在では、これまでの分析データを用い、Visual MINTEQによる化学モデリングも行っている。また今回の知見は、例えば有機物を含んでいる汚泥中での銀の挙動の解明や銀の回収等を行う際に参考になるのではと考えている。

Q & A

下水道のエネルギー利用技術について

キーワード：発電、熱、燃料、温室効果ガス

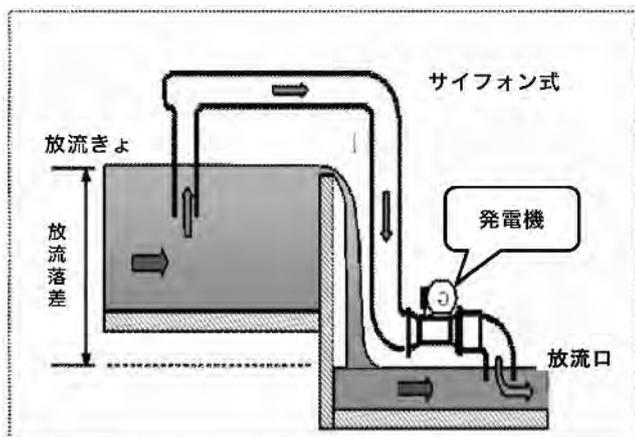
Q1 下水道の未利用・再生可能エネルギーとはどのようなものですか

A1 下水道からの未利用・再生可能エネルギーは、主に下水と汚泥の活用のことを指します。下水は水力発電やヒートポンプ用の熱源等に活用します。汚泥は、火力発電用の燃料やガス化して燃料ガス等を作ります

また、下水道施設の空間を利用した太陽光等の自然エネルギーがあります

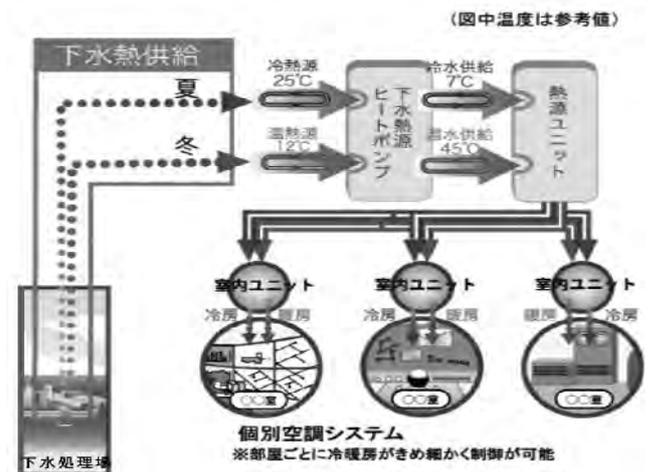
Q2 下水（水）エネルギーを活用する技術を教えてください

A2 ・小水力発電
下水処理場内の放流落差を利用し、小水力発電設備を導入することで、温室効果ガスを排出しないクリーンな電力を発電し、化石燃料への依存が高い電力の使用量を削減します



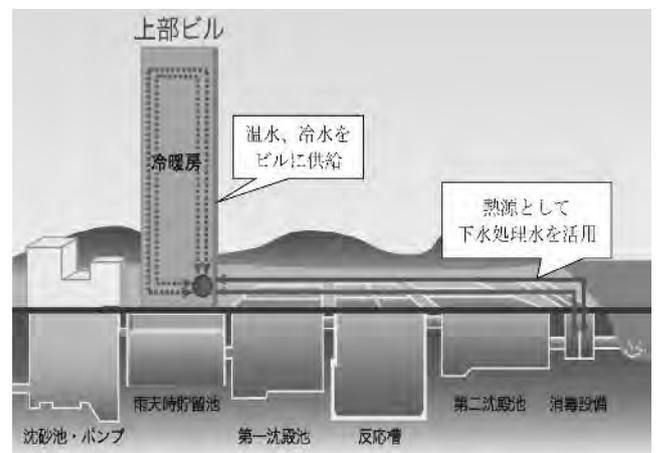
・下水熱の利用

気温と比べ、「夏は冷たく、冬は暖かい」という下水の温度特性を、冷暖房用の熱源とする空調設備に活用し、電力使用量を削減します



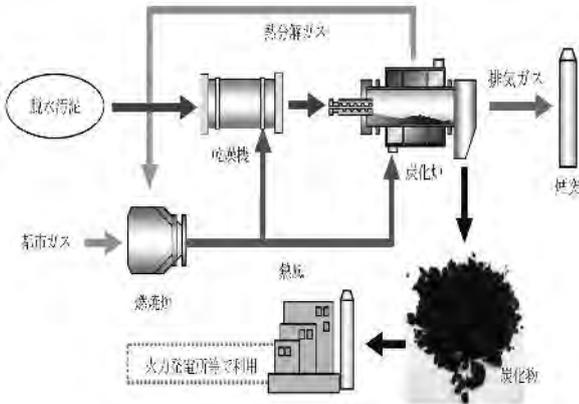
・下水熱を利用した熱供給事業

さらに、下水熱エネルギーを利用した熱供給事業を下水処理場周辺で行います

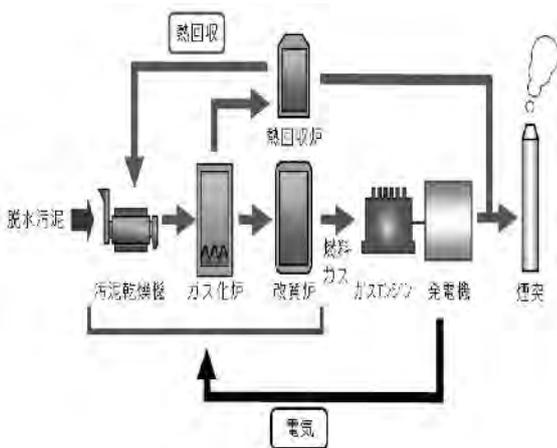


Q3 下水汚泥エネルギーを活用する技術を教えてください

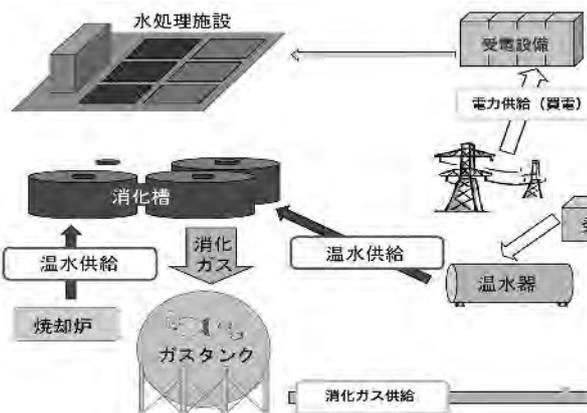
A3 ・下水汚泥の炭化
下水汚泥から火力発電所等で燃料として活用できる炭化物を製造する炭化炉を導入して、汚泥焼却時に発生する温室効果ガスを削減します



・汚泥のガス化
汚泥の有機分を熱分解し燃料ガスを製造するガス化炉を導入して、汚泥焼却時に発生する温室効果ガスを削減します



・消化ガス発電
下水汚泥を嫌気性消化することで得られる消化ガスを化石燃料の代替として発電することで、温室効果ガスを削減します



Q4 下水施設で自然エネルギーを活用する技術を教えてください

A4 ・太陽光発電
下水道施設の広大な空間を活用し、化石燃料への依存が高い電力の使用量を削減します



・木質系バイオマスと下水汚泥の混合焼却
木質系バイオマスを汚泥焼却炉の補助燃料として活用し、汚泥を焼却する際の都市ガス使用量を削減することで、温室効果ガスを削減します



(東京都下水道局計画調整部技術開発課技術開発主査 粕谷 誠)

現場からの

声

消化汚泥系配管の MAPによる閉塞対策

キーワード：MAP結晶、配管の閉塞、クエン酸、浸漬式溶解洗浄法、循環式溶解洗浄法

1. はじめに

現在、福岡市中部水処理センターでは、水処理系において嫌気好気法（AO法）を導入し、放流水からのリン除去を行っている。また、汚泥処理系においては、下水汚泥の減量化のため、嫌気性消化槽による二段消化方式（消化槽容量：2,830m³×2基×3系列）を採用し、運転管理に努めている。この水処理におけるリン除去によって、余剰汚泥中のリン濃度が高くなり、消化槽以後の処理工程の中で、MAP（リン酸マグネシウムアンモニウム）の結晶が析出することによる管の閉塞等が発生し、そのトラブルを防止するのに苦慮している。

そうしたなか、消化槽の1系列において、一次槽か

福岡市道路下水道局中部水処理センター

松尾 和正

ら二次槽へ汚泥を送る移送管（φ200mm×30m）が、MAP結晶により閉塞し、汚泥の移送ができなくなるという問題が発生した。（写真-1）

そこで、移送管の閉塞を解消する方法として、次の2点を考案した。

- (1) 移送管の総延長の約1/2を占める部分が、汚泥中に埋没しているため、二次槽側の汚泥を浚渫し、移送管内部に付着しているMAP結晶を剥離する。…以下「浚渫清掃法」とする。

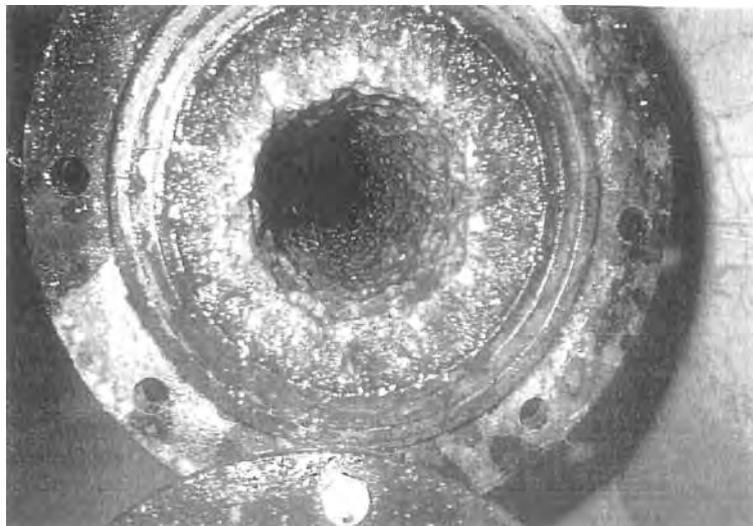


写真-1 MAP結晶が付着した配管内部

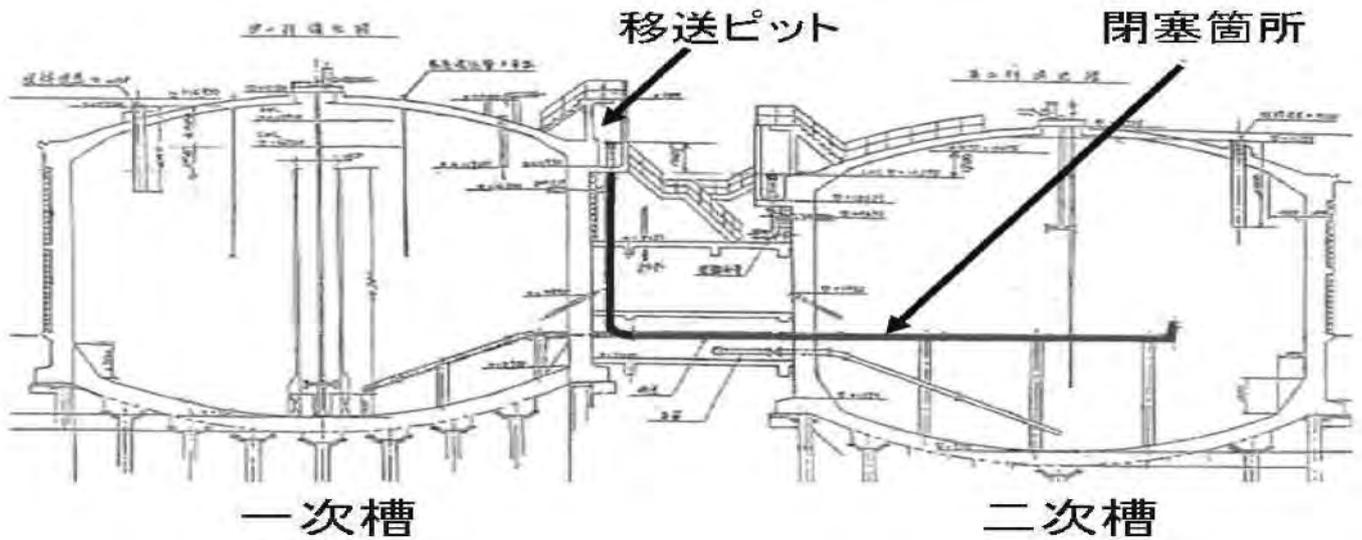


図-1 消化槽の構造と発生箇所

(2) 移送管に薬品を投入してMAP結晶を溶解し、移送管からの洗浄排出を行う。…以下「溶解洗浄法」とする。

前者はかなりの人手、日数及び費用を要することから、後者の方法を選択した。薬品による溶解洗浄に当っては、あらかじめ、薬品の種類、濃度を決定するための予備調査を行い、その知見を基に消化槽の実機に応用したところ、納得のいく実績を取めたので、その結果を報告する。

2. 予備調査

MAPが酸に可溶なため、MAP粒子 ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ として純度99%) を使った硫酸、塩酸、酢酸、クエン酸及び蔞酸に対する溶解度調査の結果を表-1に示す。

MAP粒子の溶解度をまとめた結果を次に示す。

高い ← 溶解度 → 低い
 硫酸 > 蔞酸 ≒ クエン酸 > 塩酸 > 酢酸
 100 92 88 78 46

…1N硫酸溶液を100とした場合
 また、鑄鉄管を想定した鉄板による同酸の腐食対比結果を下記に示す。

弱い ← 腐食性 → 強い
 蔞酸 < クエン酸 ≒ 酢酸 < 塩酸 < 硫酸

3. 確認調査

予備調査の結果から、鑄鉄管をできるだけ腐食させないで、MAP結晶を溶解するためには、蔞酸またはクエン酸が適当であると判断されたので、この両者の酸を使って、浸漬液としての濃度等の確認調査を行った。

(1) 調査方法

蔞酸及びクエン酸について0.1、1及び10%の溶液を作成し、この溶液を2つのビーカーに分取した。

表-1 MAP粒子溶解度調査結果

区分	MAP溶解度	溶解後pH	備考
1N 硫酸 (0.5mol/L)	13.4g	4.4	
1N 塩酸 (1.0mol/L)	10.4g	4.1	
1N 酢酸 (1.0mol/L)	6.2g	4.8	
1N クエン酸 (0.33mol/L)	11.8g	4.9	
1N 蔞酸 (0.5mol/L)	12.3g	5.1	白色沈殿物の生成

注) MAP溶解度とは、上記溶液100mL中に溶解したMAP粒子の重量である。

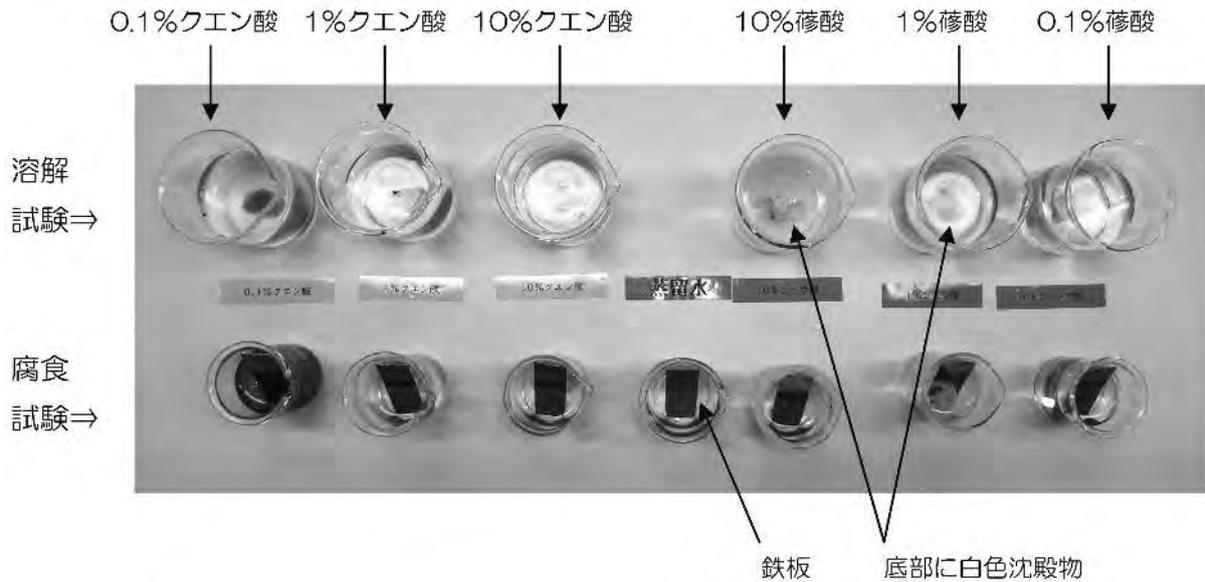


写真-2 調査終了直後

表-2 有機酸の濃度変化に伴う調査結果 (62hr後)

区分	濃度 (%)	投入 MAP 中の成分量(A)		溶液中の溶解性物質重量(B)			溶出率 (B/A×100)		溶解状態
		Mg(mg)	P(mg)	Mg(mg)	P(mg)	Fe(mg)	Mg	P	
リン酸	10	167.0	212.8	39.3	193.6	12.6	24	91	全溶
	1	136.7	174.1	31.9	98.4	32.3	23	57	半溶
	0.1	121.7	155.1	12.0	14.3	4.0	10	9	少溶
クエン酸	10	152.0	193.6	152.0	179.0	132.8	100	93	全溶
	1	135.7	172.9	55.3	66.8	128.4	41	39	半溶
	0.1	116.3	148.2	9.0	10.8	41.3	8	7	少溶

1つにはMAP結晶約1.5gを、残りのビーカーについては腐食実験用鉄板(15×45mm)を投入して静置し、経時変化を追った。(写真-2)

(2) 結果

調査結果を表-2に示す。各酸とも10%溶液では全溶、1%でほぼ半溶、0.1%では少溶となった。また、腐食試験においては溶液中の鉄の濃度から、リン酸よりはクエン酸の方が腐食性が強く、更に同溶液については10%も1%も同等の結果となり、この範囲では濃度差による相違はなかった。

なお、リン酸溶液の10%と1%については、MgとPの溶出率に違いがあり、Mgの方が低くなっている。これはMAP結晶が溶解したときに、溶液中のリン酸と化学反応を起こし、リン酸マグネシウムの沈殿物が生じたものと推測される。この沈殿物は時間をおくと、かなり強固な沈殿物となり、第2のスケールを引き起こす原因となる可能性があることが推察された。

以上の結果からMAP結晶を溶解するには、10%濃度のクエン酸溶液を使用することが適切であると判断した。

4. 実機による調査

前述の調査結果から、10%クエン酸溶液を使用し、配管閉塞を起こした消化槽に対してトラブル解消を試みた。まず、溶解タンクに水を張り、粉末クエン酸150kgを投入し、攪拌機を使って溶解させ、水を追加して全量が1.5m³となる10%クエン酸溶液を作った。次に、あらかじめ逆洗し汚泥の一部を洗い流しておいた汚泥移送管の上部にある移送ピットから、水中ポンプでこの溶液を注入した。その状態で1晩浸漬し、再度逆洗を行ったところ写真-11に掲示したように、配管内にMAP結晶の付着はなく、移送管内にある弁まではっきりと確認できるようになった。

【クエン酸による溶解洗浄工程】



写真-3 溶解タンク



写真-4 粉末クエン酸(1体 25kg)



写真-5 粉末クエン酸投入



写真-8 移送ピットに薬液注入



写真-7 水中ポンプによる注入



写真-6 攪拌機による溶解



写真-9 汚泥移送ピット



写真-10 移送ピットの内部



写真-11 溶解後の移送管内部

表-3 それぞれの工法の比較

区分	浚渫清掃法	溶解洗浄法(クエン酸)
工期	70日間	2日間
費用	1,800万円	6.3万円
繁雑性	多い	容易
その他	汚泥の処分場が必要	管の腐食が余り発生しない

その後、汚泥の投入・移送を開始した。閉塞時には汚泥の移送が14時間掛かっていたが、トラブル解消後は25分に短縮できた。

なお、溶解洗浄後の消化槽運転に際し、消化反応に支障が生じるようなことはなかった。

5. まとめ

MAP結晶による配管閉塞の解消は、腐食試験の結果からは蔞酸が適当であったが、再結晶化の可能性があるため、若干の腐食性はあるもののMAP結晶の溶解性が良好なクエン酸が最適であった。また、鉄板の

腐食性について1%と10%では、ほとんど差がないことから、MAPを溶解させる能力が高くて速い、10%程度の濃度を使用の方が得策である。表-3に閉塞した移送管の解消方法である2つの施工法の比較を掲げる。

なお、今回の対処は、消化槽内部の配管であったため、浸漬式溶解洗浄法で行ったが、溶解液を溶解タンクに戻すことが可能な洗浄ラインを組めれば、水中ポンプで溶解液を循環して使用する循環式溶解洗浄法を採用した方が効果的であり、かつ薬品の使用量も少なくて済む。そのときの循環液の溶解能力の限界は、pH5前後が目安となる。

文献紹介

下水汚泥の堆肥化中におけるCuとZnの可給性に対する腐植物質の影響

Influence of humic substances on bioavailability of Cu and Zn during sewage sludge composting

Jun Kang, Zengqiang Zhang, Jim J. Wang
Bioresource Technology, 102, 8022–8026 (2011)

下水汚泥は窒素、リンを含み、有機物に富むことから、リサイクル利用が望まれるが、CuやZnなどの重金属の環境影響、食物連鎖を通じての人への影響が懸念される。下水汚泥中の重金属の可給性は、全含量よりもその形態に依存することから、可給性の低減が重要になる。酸処理や電気浸透法などによる汚泥中重金属の除去法は、費用がかかること、副産物の処理が必要であるなど欠点も多い。堆肥化は好気処理による安定化であり、重金属の可給性低減も期待できる。腐植物質(HS)、特に腐植酸(HA)とフルボ酸(FA)は土壌中の重金属の可給性、移動性に影響し、HAとの錯体はFAとの錯体よりも可給性が低い。そこで本論文の著者らは、CuとZnの可給性に及ぼすHSの影響を堆肥化過程で評価した。

堆肥原料として下水汚泥とトウモロコシ茎(5mm未満に切断)を用いた。混合後の水分含量は57%、C/N比は25であった。堆肥化は底面積が0.8×0.5 mの堆肥舎を使用した。通気は堆積物の温度に応じて増減し、35℃未満では0.05 m³/(m³ min)、35~60℃では0.1 m³/(m³ min)、60℃以上では0.2 m³/(m³ min)とした。切り返しは週に一度とした。堆肥化後、0、21、35、63、および120日に8か所から試料を採取した。試料中のCu、Zn濃度と腐植物質の分析は、抽出法により行った。水溶性CuとZn、腐植物質の抽出は、それぞれ水、0.1Mピロリン酸ナトリウム(0.1M水酸化ナトリウム溶液、pH13)で行った。抽出された腐植物質のうちHAは5M塩酸で沈殿させた後、酸分解してHAと結合したCuとZnの測定に供した。一方、上澄液にはFAおよびFAと結合したCuとZn、ならびに遊離のCuイオンとZnイオンが含まれているとした。HA量とFA量は酸化法により求めた。CuとZnの全量は、試料を酸分解して求めた。

堆肥化0日のFA含量とHA含量は、それぞれ80、70 g/kgであったが、堆肥化63日目までに、FA含量は60 g/kgまで減少したのに対し、HA含量は110 g/kgまで

上昇した。その結果、HA/FA比(H/F)が増大した。その後のFA含量、HA含量の変化はわずかであった。H/F比の増大は、FAが重合したか、FA画分の有機物が重合してHAのような構造になったためと考えられた。

水溶性Cu濃度は、堆肥化0日の18 mg/kgから21日目には23 mg/kgまで増加し、63日目には18 mg/kgの水準まで戻った。これは、堆肥化初期に易分解性有機物が分解してCuを放出し、放出されたCuはHAと結合したと考えられた。堆肥化63日以降は、水溶性Cu濃度、FA含量ともにほとんど変化しなくなり、堆肥が安定したことを示した。HAと結合したCu濃度(HA-Cu)は、堆肥化0日の20 mg/kgから63日目には50 mg/kgまで増加し、HA含量と正の相関を示した。このことは、Cuが有機物と結合しやすいことを示しており、有機物と結合することにより、Cuの可給性が減少するというこれまでの知見と一致する結果であった。

Znは可動性の高い重金属であり、堆肥化過程で溶脱して可給性画分が減少することもあるが、今回の試験では、堆肥化過程でのZnの溶脱は認められなかった。水溶性Zn濃度は、堆肥化0日の135 mg/kgから35日目には180 mg/kgまで増加した。また、水溶性Zn濃度はFA含量と負の相関関係が認められ、有機物から放出されたZnはイオンとして存在していると考えられた。一方、HAと結合したZn濃度(HA-Zn)は、堆肥化0日の15 mg/kgから63日目の20 mg/kgまで微増し、HA含量およびH/Fと正の相関を示した。水溶性ZnはHA-Znより多いことから、ZnのHAに対する親和性は弱く、堆肥化後も高い可給性を保持していると考えられた。

全Cu濃度に対するHA-Cuの割合は、堆肥化開始時から35日間で14%から25%まで急上昇し、その後はほぼ一定となった。一方、全Zn濃度に対するHA-Znの割合は、堆肥化によりごくわずかに増加したものの、3.3%に留まった。この結果も、CuはZnよりHAに対する親和性が高いことを示している。

以上の結果より本論文の著者らは、下水汚泥の堆肥化により、Cuの可給性は低くなるが、Znの可給性は変化しないと結論している。

(農業環境技術研究所 川崎 晃)

文献紹介

特定メタン生成微生物活性向上のための多段式嫌気性消化

Staged Anaerobic Digestion as a Means to Increase Specific Methanogenic Activity

B. Bocher and D. Zitomer

12th World congress on anaerobic digestion, Proceedings, IWA, 2010

嫌気性消化は再生可能エネルギーの生成と汚泥性状安定化を目的とした実用的な技術である。嫌気性消化効率の向上はバイオガス発生量の増加、VS分解量の増加につながるものの、プロセス構成の改良と消化効率向上の因果関係が明らかにされていない。そのため長年の間、メタン生成過程をブラックボックスとし、完全混合型消化を前提とした消化プロセスを構築してきた。

しかしながら、近年では2槽以上の消化タンクにより構成される多段式嫌気性消化プロセスが研究・開発されつつある。各槽では酸性発酵とアルカリ性発酵、高温消化と中温消化など、消化反応の状況に応じて運転管理の最適化を行い、消化効率の向上を図るものである。実際に多段式嫌気性消化プロセスが完全混合型嫌気性消化プロセスに比べて、バイオガス発生量の増加、病原菌不活性化率の向上、VS分解量の増加を図ることができた事例が報告されている。しかしながら、多段消化によりバイオガス発生量の増加を図ることができるメカニズムについては全て明らかにされていない。

本研究では酸生成過程、メタン生成過程に分けられた多段式嫌気性消化 (A/M staging) がメタン生成活性、VS分解率、VFA濃度に与える影響について調査した。A/M stagingはメタンガス発生量の増加、有機物分解率の向上、負荷量増加への耐性向上に寄与する微生物群数を増加させる効果が期待できる。

実験は、有効容量2Lの完全混合型嫌気性消化 (消化温度35℃、消化日数15日) により300日以上運転させた後、完全混合型嫌気性消化 (消化日数15日)、1段目を酸生成段階、2段目をメタン生成段階に設定した2段式嫌気性消化 (A/M 消化、消化日数: 1段目1.2日、2段目13.8日)、1段目、2段目ともメタン生成段階に設定した2段式消化プロセス (M/M 消化、消化日数: 1段目5.0日、2段目10日) に3ケースに分けて行った。基質 (TS 3% に調整したドッグフード) の投入と消化汚泥の排出は1日1回 (133mL) とした。また、2段式嫌気性消化については2段目から排出された汚泥を1段目の汚泥と同量置き換えた。さらに1段目、2段

目において均質な微生物群集とするために、1段目容量の25%相当の汚泥を1日1回2段目の汚泥と循環させた。

次に消化特性、微生物活性を把握するために酢酸、プロピオン酸、水素に対する比メタン生成活性試験 (SMA試験) を行った。1回目のSMA試験が完了した後、TSは2.1 g/L-dから6.7 g/L-d (有機分率84%) となり、有機物負荷が増加した。これを利用して負荷量増加前後の微生物活性を比較するため、消化機能回復状況について検証・比較した。

実験の結果、A/M消化の場合、完全混合型消化と比べるとプロピオン酸、酢酸、水素に対する比メタン生成活性が、41%、26%、57%それぞれ増加した。一方で、M/M消化の場合、1段目の消化日数が長く、酸性発酵状態を形成することができず、1槽目の出口でpHが7を超えていることから、アルカリ性発酵期に移行している。そのため、2槽目の消化槽において有機物負荷が小さく、微生物の活性が低くなっている。その結果、完全混合型嫌気性消化に比べても比メタン生成活性は低くなった。嫌気性消化プロセスにおけるメタン生成量のうち、約30%はプロピオン酸を経由して生成されるため、プロピオン酸に対する比メタン活性の増加はバイオガス発生量の増加につながる。

VS分解率、バイオガス発生量に関しては、完全混合型嫌気性消化の場合、それぞれ66.7%、0.84 L CH₄/d、A/M消化の場合、それぞれ73.2%、0.92 L CH₄/dであり、VS分解率、バイオガス発生量ともにA/M消化にすることで約10%向上した。また、A/M消化における1段目、2段目のバイオガス中のメタン濃度はそれぞれ4.6%、61.9%であり、1段目で良好な酸性発酵状態を形成されていたことが明らかとなった。

負荷量が増加した際、AM消化の場合は完全混合型嫌気性消化に比べてVFAの上昇は確認されなかった。一方でM/M消化の場合、プロピオン酸が急激に上昇した。

これらのことから、1段目に消化日数が短い槽を設けることにより、各槽で酸発酵状態とアルカリ性発酵状態を形成することが可能であることが明らかとなった。これにより、VS分解率、バイオガス発生量ともに完全混合型嫌気性消化と比べて10%上昇した。また、有機物負荷量が高くなり、VFAが上昇したとしてもA/M消化は比較的耐性が強いことが明らかとなった。今後は完全混合型と多段式嫌気性消化における微生物群集構造の違いについて検証する必要がある。

(日本下水道事業団 水田 健太郎)

講座

下水汚泥燃料化技術の概要

(財) 下水道新技術推進機構
資源循環研究部

主任研究員 浦部 幹夫

キーワード：固形燃料化、炭化、乾燥、ガス化

1. はじめに

前号の「バイオガス有効利用技術の概要」に引き続き、本稿では下水汚泥の持つ熱量を直接的に利用する技術として、固形燃料化技術及びガス化技術の概要をご紹介します。

2. 汚泥燃料化技術の概要

(1) 固形燃料化技術

下水汚泥から固形燃料製品を製造する技術としては、乾燥技術と炭化技術があり、いずれも製品を石炭火力発電所や石炭ボイラーにおいて石炭代替燃料として利用する技術です。

1) 乾燥技術

乾燥技術には造粒乾燥、油温減圧乾燥、改質乾燥があります。

(造粒乾燥)

造粒乾燥方式は、汚泥の粘着性を利用し、乾燥粒子(核粒子)に汚泥を薄膜状に塗布し、転動造粒した汚泥を熱風で乾燥させる方法です。基本的に脱水汚泥中の有機物は分解されません。システムは、脱水汚泥と循環乾燥汚泥を混錬する「造粒プロセス」と、乾燥ドラム内の「乾燥プロセス」で構成されます。一連のプロセスで成形された造粒乾燥汚泥は、分級機により、所定の粒径だけが製品ペレットとして排出され、その他の造粒乾燥汚泥は循環し再成形されます。

(油温減圧乾燥)

油温減圧乾燥は、脱水汚泥と廃食用油を混合し、減圧化で加熱することにより下水汚泥中の水分を蒸発させる方法です。システムは、脱水汚泥と廃食用油を混合する予備加熱タンクと油温減圧式乾燥機、乾燥汚泥から油分を分離する油分離機で構成されています。乾燥過程で発生する蒸発水分は、ミストキャッチャーで捕捉され、乾燥機の加温に再利用されます。

(改質乾燥)

改質乾燥は、下水汚泥を炭化と乾燥の中間的な条件

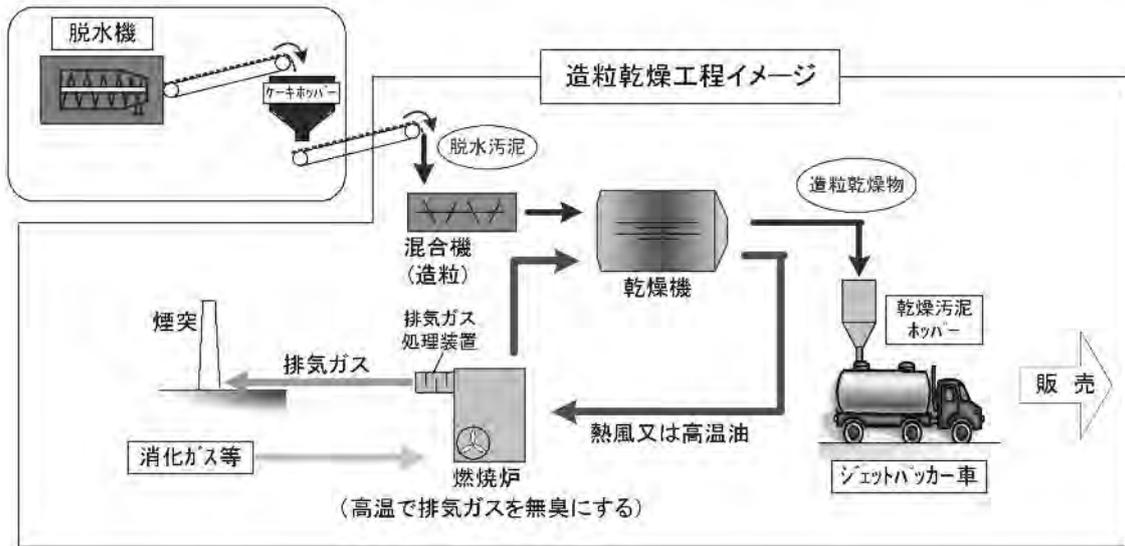


図-1 造粒乾燥技術の例¹⁾

下で脱水性の高い状態に改質した後、乾燥させる技術です。システムは主に改質器、脱水・乾燥機等で構成されており、脱水汚泥は、改質器で水熱反応により改質された後、脱水機で含水率50%程度まで脱水され、乾燥機で含水率10%以下の粒状の燃料製品となります。また、脱水ろ液を嫌気性処理槽 (UASB 法) で処理してメタンガスを回収し、改質用ボイラの補助燃料に利用します。

2) 炭化技術

炭化技術は、低酸素状態で下水汚泥を加熱すること

により、汚泥中の乾溜ガスを放出させ、汚泥を熱分解させて燃料製品を製造する技術です。一般に、炭化温度により区分され、低温炭化(例：250～350℃)、中温炭化(例：400～600℃)、高温炭化(例：700℃以上)と呼ぶ場合があります。

システム構成は、乾燥工程及び炭化工程に大別され、脱水汚泥は乾燥工程で水分除去され、続く炭化工程において低酸素状態で熱分解され、乾溜、炭化されます。

(2) ガス化技術

ガス化は下水汚泥のガス化反応、改質反応により発

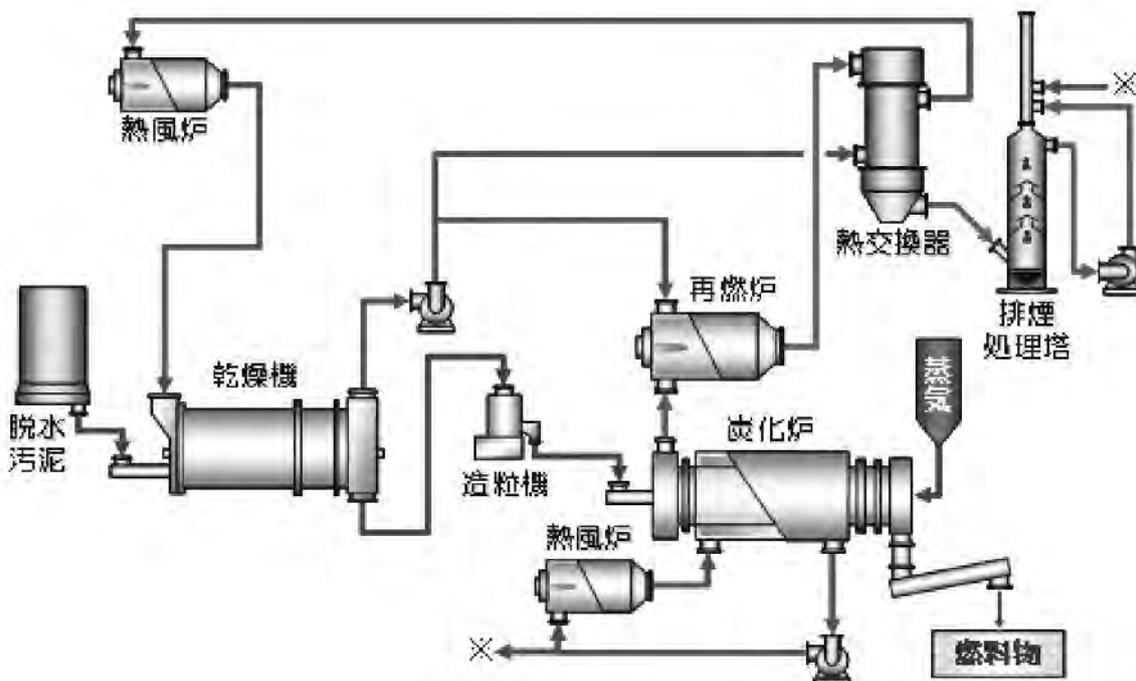


図-2 炭化技術の例¹⁾

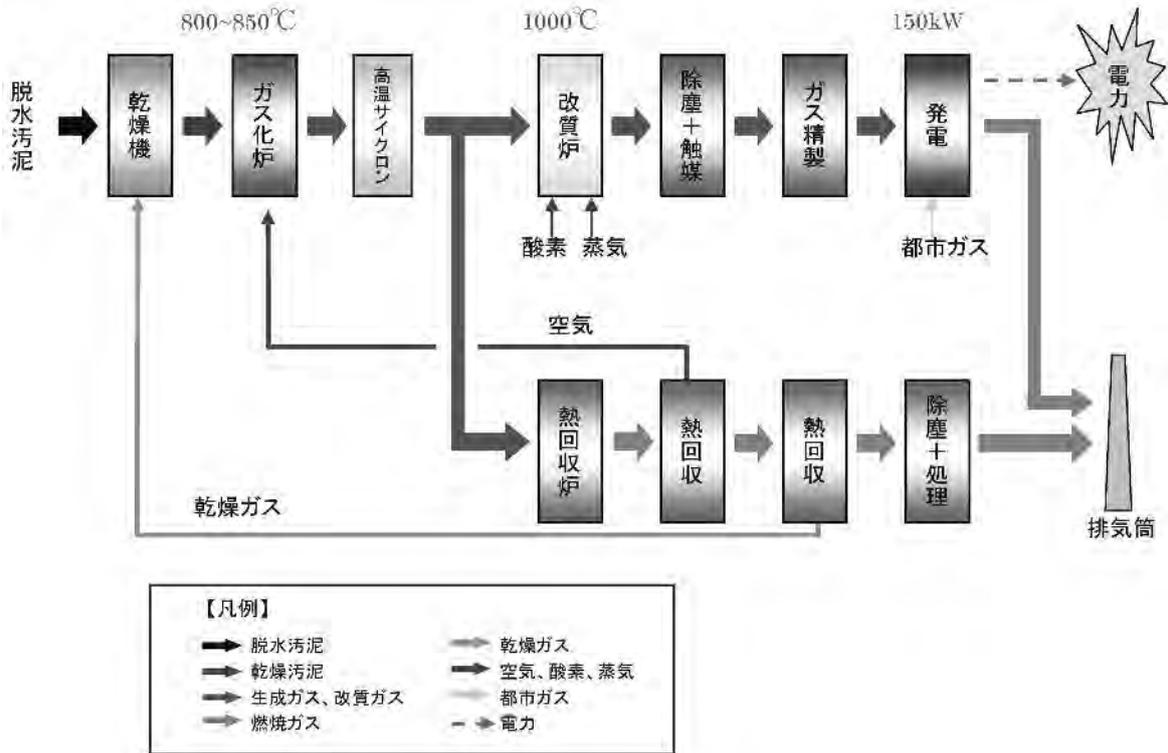


図-3 ガス化技術の例¹⁾

生じた可燃性ガスを汚泥の乾燥と発電に用いる技術です。本システムでは、脱水汚泥を含水率20%程度まで乾燥させ、乾燥汚泥をガス化炉にて高温かつ低酸素状態で熱分解し、水素や一酸化炭素等の熱分解ガスを発生させます。その後、改質炉で、高温状態で酸素と蒸気を加え、熱分解ガス中の高分子ガス及びタール等を低分子化し、良質な可燃性ガスに改質し、発電設備の燃料とします。

3. 汚泥燃料化技術の導入事例

固形燃料化のうち、乾燥技術については、福岡県で油温減圧乾燥技術が導入されており、燃料製品は長崎県の松浦火力発電所で利用されています。また、宮城県及び新庄市では造粒乾燥技術が採用され、燃料製品は近隣の製紙工場において石炭と混焼しています（現在、宮城県の施設は被災により稼働停止中）。北九州市においても造粒乾燥技術が導入されており、市内のごみ焼却工場でごみと混焼しています。

炭化技術については、東京都の東部スラッジプラントにおいて製造した燃料製品を福島県いわき市の石炭火力発電所へ運び、石炭と混焼している事例があります。また、新潟県胎内市ではLOTUS技術を導入しているほか、愛知県、広島市、大阪市、埼玉県等において炭化技術の導入が予定されており、大阪市では燃料

化事業として日本初となるPFI事業（BTO方式）を採用しています。

ガス化技術については東京都の清瀬水再生センターに導入され、2010年度より稼働しています。

4. 温室効果ガス削減効果

下水道からの温室効果ガスの発生状況を踏まえれば、すべての下水処理場において、より着実な温室効果ガス排出抑制対策を早急に講じていく必要があります。N₂O発生対策については、高温焼却の導入のほか、エネルギー化技術の導入が有効です。例えば、通常焼却における脱水汚泥1t当りのN₂O排出量1.51 kg-N₂Oに対し、固形燃料化技術のひとつである中温炭化では0.0092 kg-N₂Oという調査結果¹⁾もあり、温室効果ガス削減効果の有効性が実証されています。また、ガス化炉技術においても、高温で燃焼させて熱回収を行うためにN₂Oの発生が大幅に抑えられるシステムとなっており、従来の汚泥焼却と比べてN₂Oの大幅な削減が見込まれています。さらに、固形燃料化技術では燃料製品を化石燃料代替として利用することにより、化石燃料由来の温室効果ガス排出量を削減することが可能となります。

固形燃料化技術及びガス化技術の国内における導入事例（2011年11月末現在）

【固形燃料化技術】（表-1及び表-2参照）

炭化技術・・・・・・・・東京都、胎内市、（埼玉県）、（横浜市）、（愛知県）、（広島市）、（大阪市）、（前橋市）、（熊本市）

乾燥技術・・・・・・・・福岡県、宮城県、新庄市

※（ ）は、事業の実施方針が公表されている自治体

※宮城県は震災により施設が被災し、現在稼働停止中

【ガス化技術】

ガス化炉・・・・・・・・東京都

表-1 炭化技術の導入事例と概要¹⁾

項目	中温炭化		低温炭化		高温炭化
	導入実績 又は 評価機関	東京都： 100t/日 ×3系列	下水道新技術 推進機構	日本下水道 事業団	広島市：50t/ 日×2系列
炭化 温度 ^{※1}	500℃	400～600℃	350～400℃	250～350℃	800～950℃
乾燥機 形式	攪拌翼付 熱風式	間接加熱方式 （水蒸気）	A:攪拌翼付 直接熱風式 B:気流乾燥方式	攪拌翼付 直接熱風式	気流乾燥方式
造粒 方式	—	—	—	押出成型式 （炭化前造粒）	—
脱臭 方式	燃焼脱臭	燃焼脱臭	燃焼脱臭 又は 非燃焼脱臭 （触媒、湿式）	燃焼脱臭	燃焼脱臭
排ガス 処理 ^{※2}	排煙処理塔－ 湿式電気集塵 装置	再燃焼炉＋集 塵装置＋排煙 処理装置	集塵装置	再燃焼 ＋排煙処理塔	集塵装置

※1 炭化温度についてはプラントメーカーにより温度の測定位置等が異なるため、目安として示した。
 ※2 排ガス処理の装置については排出先の規制等により必要施設が異なるため、参考として示した。

表-2 乾燥技術の導入事例と概要¹⁾

項目	造粒乾燥		油温減圧乾燥	改質乾燥
導入実績 又は評価機関	バイオソリッドエ ナジー(株)（新庄市） ：30t/日	【LOTUS】 宮城県：50t/日	福岡県：30t/日	下水道新技術 推進機構
乾燥機 形式	乾燥ドラム方式 造粒乾燥機	多段円盤式 乾燥造粒機	油温減圧式 汚泥乾燥機	ディスク羽根式 連続乾燥機
造粒方式	二軸ミキサー式 造粒機	一軸ショベル ミキサー式	—	—
脱臭方式	燃焼脱臭	燃焼脱臭	直接燃焼脱臭	畜熱脱臭
排ガス 処理 [*]	集塵機	スクラバ	—	集塵機

※排ガス処理の装置については排出先の規制等により必要施設が異なるため、参考として示した。

表－3 下水汚泥固形燃料の性状例¹⁾

下水汚泥固形燃料化技術		対象汚泥	発熱量	灰分	臭気
汚泥炭化	低温炭化	未消化炭化	17～22MJ/kg-DS	22～30%	タール臭
		消化炭化	13～16MJ/kg-DS	43～45%	
	中温炭化	未消化汚泥	16～17MJ/kg-DS	42～45%	ほぼ無臭
		消化汚泥	約 13MJ/kg-DS	約 58%	
	高温炭化	未消化汚泥	15～20MJ/kg-DS	30～50%	無臭
		消化汚泥	10～15MJ/kg-DS	50～60%	
汚泥乾燥	造粒乾燥	未消化汚泥	16～19MJ/kg-DS	13%	汚泥臭 [*]
		消化汚泥	12～16MJ/kg-DS	28%	
	油温減圧乾燥	未消化汚泥	21MJ/kg-DS	約 20%	汚泥・油臭 [*]
		消化汚泥	18～20MJ/kg-DS	22～24%	
	改質乾燥	未消化汚泥	14～16MJ/kg-DS	39%	汚泥・焦げ臭 [*]
		消化汚泥	14～16MJ/kg-DS	39%	
(参考) 石炭		—	25～30MJ/kg-DS	約 7～16%	無臭

※「汚泥臭」としているが生汚泥の臭気と比較し臭気濃度は低い

5. 固形燃料製品の品質及び安全性

固形燃料化技術の場合、技術の違いによりどのような性状の製品が得られるかを事前に把握することが重要です。また、燃料製品の保存及び運搬の際の安全性についても、各種基準や試験方法に基づき、製造者や取扱者が製品の特性を把握し、安全な取り扱いに留意が必要です。

(1) 固形燃料化製品の品質

各技術によって、生成される下水汚泥固形燃料製品の性状例を表－3に示します。原料となる汚泥の成分や燃料化技術の種類によって製品の性状は異なったものとなります。

(2) 製品の安全性

下水汚泥固形燃料は、消防法の「再生資源燃料」として位置づけられ、安全対策等は市町村条例で定めることとされています。また、再生資源燃料のうち、廃棄物固形化燃料その他水分によって発熱又は可燃性ガスの発生のおそれがあるものについては①貯蔵及び取扱いの技術上の基準、②位置、構造及び設備の技術上の基準の対策が定められています。なお、再生資源燃料を1,000kg以上貯蔵し又は取り扱おうとする者は、管轄の消防署長への届出が課せられています。

下水汚泥固形燃料の運搬、貯蔵時における安全性及び試験方法は「下水汚泥固形燃料発熱特性評価試験マニュアル」²⁾に詳細が示されており、安全対策につい

ては「再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書」³⁾に詳述されています。

6. おわりに

以上の内容については下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）に概ね記載しておりますが、ガイドラインの公開以前から、全国各地において下水汚泥の燃料化に向けた取り組みが着実に進められています。炭化やガス化による汚泥燃料化は世界的にも先駆的な取り組みであり、コスト削減や温室効果ガス排出量の削減に大きく貢献できる技術として、世界への情報発信や国際標準化等の知財戦略についても積極的に取り組んでいく必要があるといえます。地方公共団体等におかれましては、下水道事業における経営改善や地球温暖化対策の観点はもちろん、民間先端技術の競争力強化等の観点からも汚泥燃料化技術の導入検討が行われることを期待したいと思います。

<出典>

- 1) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）（平成23年3月 国土交通省 都市・地域整備局 下水道部）
- 2) 「下水汚泥固形燃料発熱特性評価試験マニュアル」（平成20年3月 日本下水道事業団）
- 3) 「再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書」（平成19年4月27日 総務省消防庁）

コ ラ ム

次世代エネルギーの源としての「下水汚泥」への期待

平成23年は3月11日に起こった東日本大震災がきっかけで、我々が日々の生活で当たり前のように利用しているエネルギーについていつになく考えさせられる年であった。計画停電の実施、刻々と変化する電力使用量の表示、節電に向けた生活の知恵の開示など、電力の安定供給に向けた様々な取り組みに関する情報が連日のように新聞・テレビ等で取り上げられていた。夏休みに家族で野球観戦にでかけた時も、球場内の通路等はもちろんのこと、グラウンドにおいても照明の一部分が消され、野球の試合を観戦していてちょっとした違和感があった。また、球場内には自転車をこぐことによって人力発電を行う施設が開設されていたり、来場者に団扇の配布を行ったりと、例年の夏休みに開催されるナイトゲームとは球場内外の様子が明らかに異なっていた。このような体験をすると、我々の日常生活はかなりの部分が電気に依存して営まれているのだということを改めて実感した。

震災後は、電力の安全かつ安定な供給の観点から、今後の電力の供給の形についての多くの議論が交わされている。その中でも最も巷間の注目を浴びているのが、現在のようなエネルギー供給の状況からの脱却を目指すべく行われている次世代エネルギーの実用化に向けた議論ではないだろうか。この次世代エネルギーの主な候補としては、これまでも利用されてきた太陽光発電、水力発電、風力発電などや、比較的近年に開発が行われて将来的にその本格的な実用化が期待される地熱、波力、バイオマス利用などが挙げられる。そして、これらの次世代エネルギーはいずれも再生利用が可能で資源の枯渇を心配する必要がなく、環境にやさしいという特徴を持っている。

このような次世代エネルギーの中でも下水汚泥の利用が、注目を浴びつつある。下水汚泥はメタンガスや火力発電のための石炭代替燃料（炭化燃料）の原料としてなど、様々な形でエネルギーを取り出すことができるため、次世代エネルギーの源としての利用が大いに期待されている。これまでも下水汚泥はコンポスト（有機肥料）として、農作物の栽培に用いられたり、建材の原料に用いられたり様々な形で我々にかかわってきた。しかし、次世代エネルギーの原料として用いられることによって、下水汚泥利用が新たな展開を迎えることは間違いない。このような有用な資源で、将来的に我々の日常生活を豊かにしてくれるポテンシャルのある下水汚泥に関して、私としてはひとつ気になっていることがある。それはこの「下水汚泥」という名称である。下水汚泥は排水処理や下水処理の工程において回収されるものであることからその名称がつけられたと推察される。しかし、その字面が少し気になる。この字面は世間一般から見ると少しマイナスのイメージを喚起することになっているのではないだろうか。現在は、資源の宝庫として様々な利用方法が検討されている下水汚泥である。このチャンスに、響きの良い、世間に受け入れられやすいような名称を考えてみることもその有効な利用方法を考えるのと同様に重要なことではないだろうか。

秋田県立大学生物資源科学部生物生産科学科植物栄養分野 准教授 中村進一

報 告

海外からの技術者に対する 日本の下水汚泥有効利用に関する 講義を実施して

(社) 日本下水道協会技術研究部

資源利用研究課長 大谷佳史

1. はじめに

筆者は、平成14～15年度に現在の独立行政法人国際協力機構（JICA）の下水道計画専門家としてケニア共和国に派遣された経験があることから、海外からの研修員に対し下水道に関する講義を行う機会に恵まれています。今年度も、大阪市が実施している「平成23年度下水道維持管理・都市排水コース」と（社）日本下水道協会の韓国実務者研修において、日本の下水汚泥有効利用に関して講義を行いましたので、研修員からの情報を基にした海外における下水汚泥処分や有効利用の状況について報告させていただきます。

2. 平成23年度下水道維持管理・都市排水コース（9/22）の報告

(1) 講義構成

大阪市では、平成3年度から下水道関係のJICA研修を継続して受け入れており、大阪市建設局と（財）都市技術センターが協力して運営しています。本コースでは、今年度は、マレーシア、パプアニューギニア、イラク、モルディブ、モーリシャス及びジンバブエから、11人の研修員を受け入れました。筆者に割り当てられた講義時間は、150分であり、①ブレインストーミング、②日本の下水汚泥処分・有効利用の現状、③下水汚泥処分方法の変遷、④様々な下水汚泥有効利用

技術、⑤下水汚泥有効利用による地球温暖化対策、⑥まとめ から構成しました。

講義時間が長いため、冒頭のブレインストーミングにおいて、「下水汚泥は、廃棄物か資源か？」という観点で研修員とディスカッションしました。当然のことながら、「下水汚泥は、廃棄物である」という意見が圧倒的であり、中には「下水汚泥は、廃棄物でもあり資源でもある」という模範解答のような意見もありました。

講義の中で特に強調した部分は、③下水汚泥処分方法の変遷でした。現在は、日本においては、「下水汚泥は、資源でもある」という考え方は定着していると言えますが、それは、産業廃棄物処分場の逼迫を背景とし、廃棄物発生量を減らすための手法の1つとして、様々な下水汚泥有効利用技術が開発されたという点です。緑農地利用や建設資材利用などの取り組みの中には、産業廃棄物として処分するより必要経費が割高になっている場合があることも伝えました。

(2) 各国の下水汚泥処分・有効利用の現状

① マレーシア

マレーシアでは、一部を除いて国営の下水道運営会社が、下水道施設の維持管理を行っています。下水汚泥発生量は、600万m³（おそらく濃縮汚泥ベースの数値で、日本の約8%の発生量）であり、25箇所のトレンチ埋設式汚泥処分場にそのまま埋立処分されていました。また、最近では、機械脱水後に埋立



写真1 下水汚泥コンポスト施設の視察風景 ((財) 都市技術センター提供)

処分する方式が増えてきており、18箇所に機械脱水設備が設置されています。したがって、マレーシアでは、下水汚泥有効利用は、実施されていません。

② モルディブ

モルディブでは、管路網のみ整備されており、集めた汚水は、そのまま海中に放流されています。

③ モーリシャス

下水処理場で発生した汚泥は、天日乾燥され、国内に1箇所ある埋立処分場で処分されます。ただし、現在、汚泥のコンポスト原料としての再利用が検討されています。島礁国では、埋立処分場の残余年数が少ない傾向にあると思われ、日本のように、下水汚泥等のリサイクルの必要性が高いと思います。

また、最大規模のサン・マルタン下水処理場（流入水量：40,000m³/日）においては、嫌気性消化ガスを利用した発電を実施しており、処理場電力需要の30%を賄っています。

3. 韓国実務者研修（10/17）の報告

韓国実務者研修は、韓国上下水道協会から（社）日本下水道協会に委託されているもので、毎年実施しています。講義内容は、ほぼ平成23年度下水道維持管理・都市排水コースと同じです。

(1) 韓国における下水汚泥処分の現状

韓国は、1993年に「1972年の廃棄物その他の物の投

棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約1972）」に加盟し、現在、締約国の中で下水汚泥等の海洋投棄処分を実施している唯一の国です。韓国政府は、2006年に2012年から下水汚泥の海洋投棄処分を全面禁止することを表明しましたが、下水汚泥の埋立処分場不足等から、5年間の猶予期間を設けたと聞きました。

講義の中では、近い将来に主要な下水汚泥処分方法（海洋投棄処分）が実施できなくなることを背景として、日本における主要な下水汚泥有効利用手法であるセメント原料としての利用などについて、活発に質問があり、有意義な意見交換ができました。

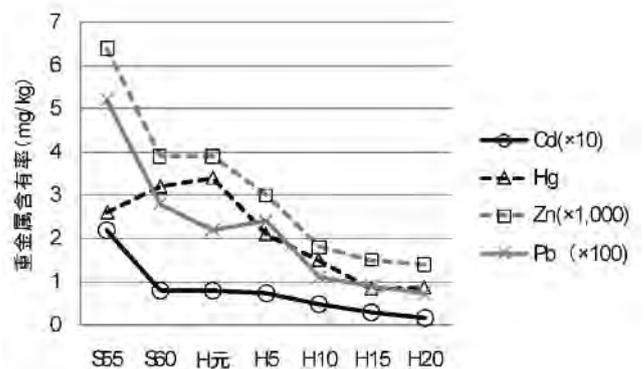


図 N下水処理場における脱水汚泥中重金属含有量の経年変化 (大阪市提供)

(2) 下水汚泥緑農地利用について

韓国では、食用植物の栽培には、下水汚泥を原料とした肥料を使用してはならないことになっています。一方、日本では、下水汚泥の緑農地利用の歴史は古く、現在でも発生汚泥量の14%程度が肥料や土壌改良材として利用されています。したがって、韓国からの研修員は、必ず下水汚泥由来肥料の安全性について質問します。回答としては、汚泥肥料の公定規格における重金属許容最大値を超過することが、ほとんどないことや、**前頁の図**のように下水道事業者による工場排水規制強化により、下水に流入する重金属量が大きく減少していることを説明しています。

4. 研修を終えて（雑感）

筆者が、海外からの技術者への研修に係わったのは、平成8年前後であり、当時は、下水道技術の先進国である日本が、開発途上国に技術支援を行うという感覚を持っていました。今でも同様な感覚を全く持っていないわけではないですが、状況が大きく変わってきています。研修員の中には、ワイヤレスインターネット接続対応のパソコンを講義に持ち込み、講義で聴いた内容をその場でインターネット検索したりします。

ITの分野では、東南アジア諸国でも日本より進んだ面がありますし、彼らの中では、日本で見たい下水処理技術は、標準活性汚泥法ではなく、膜分離活性汚泥法なのかも知れません。

したがって、研修員のスタンスは、「とにかく日本の優れた技術を取り入れたい」というものから、「場合によっては、日本の技術を否定する」ものへと変わってきています。現在、日本の下水汚泥処理の根幹技術は、焼却等による減容化ですが、焼却処理については、ほとんどの国で否定的です。例えば、マレーシアでは、産廃処分場の増設が急ピッチで進んでおり、減容化技術がそれほど重要視されないとのことでした。

このように、最近では「教える」というより「情報交換する」つもりで海外からの技術者への研修を行っています。

最後に、(社)日本下水道協会では、2011年の6月に下水汚泥有効利用に関する海外向けパンフレット(日英、日中、日韓、日越版)を作成しました。今回の韓国研修でも、日本語とハングルが併記されたパンフレットが大いに活躍しました。(社)日本下水道協会の正会員(地方公共団体等)や賛助会員で、海外からの関係者を受け入れられる際、ご活用いただけるなら、当方から送付させていただきます。

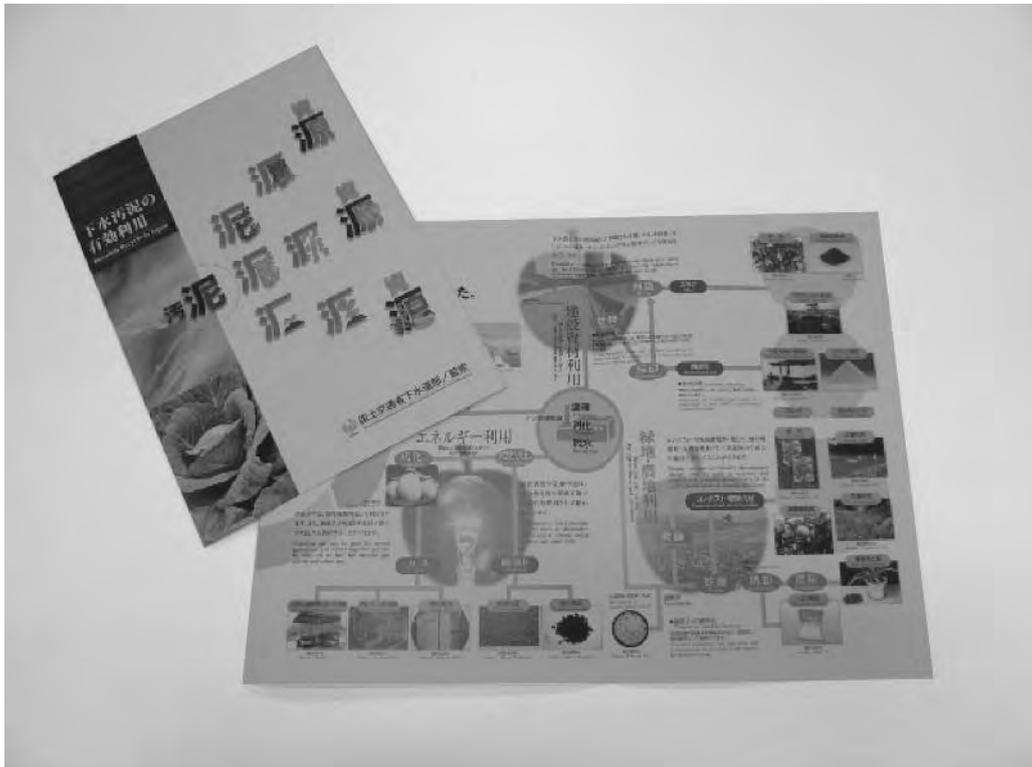


写真2 海外向けの下水汚泥有効利用のパンフレット

報 告

中国・北京市における下水処理水と汚泥の再利用に関する政策について —ADBI-JSWA-JSCアジア・太平洋地域サニテーション（汚水と汚泥マネジメント）ワークショップ—

(社)日本下水道協会技術研究部国際課 佐藤 勇
同資源利用研究課 大谷 佳史

1. はじめに

(社)日本下水道協会は2011年10月4日～6日に、アジア開発銀行研究所 (ADBI) 及び日本サニテーションコンソーシアム (JSC) との共催で、「ADBI-JSWA-JSCアジア・太平洋地域サニテーション（汚水と汚泥マネジメント）ワークショップ」を開催した。ADBIは1997年に設立されたアジア太平洋地域の開発途上国において能力向上等を支援している国際機関である。JSCは同じくアジア太平洋地域において、各国における基礎的な衛生施設の普及、都市の下水道整備を支援し、政策・能力等の発展を促進するとともに、国際機関と連携し、ネットワーク構築を行っている団体である。

世界には安全な飲料水のない地域、衛生施設のない地域が数多くあり、アジア・太平洋地域でも衛生（サニテーション）問題は早急に解決すべき課題となっている。今回のワークショップはサニテーション政策および汚水・汚泥処理の有効利用に焦点を絞り、これらの問題に積極的に関わってきた国との情報交換を行うことを目的に行われた。なお、ワークショップの第1日目を10月2～6日に行われた、第4回IWAアジア太平洋地域会議 (IWA-ASPIRE) のサイドイベントとして東京国際フォーラムで開催し、第2日目は日本下水道協会会議室にて開催した。ワークショップの参加

者は招待参加者及び聴講者を合わせ、10月4日は約100名、10月5日は約70名であった。

本稿では、日本を除く参加国の中で汚泥処理に関しての発表があった中国からの講演の概要を紹介する。なお、講演者のファンオウ氏の発表言語及び資料は英語だったため、著者はできるだけわかりやすい文章にするよう努めたが、重要と思われる部分に関してはオリジナルの英文スライドを挿入しているのでこちらを確認して頂きたい。



写真1 ファンオウ氏の発表風景

2. 講演概要

「北京における処理水と汚泥の再利用に関する政策」
 北京市市政工程設計研究總院 上席副技師長
 ファンオウ

ファンオウ氏(写真1)の講演内容は大きく、(1)背景、(2)処理水再利用の政策、(3)汚泥処理の現状、(4)汚泥の特性、(5)汚泥利用計画、の5項目であった。本稿では主に汚泥処理の発表内容を抽出し概要を述べる。

(1) 背景

北京市の水資源量は220m³/人・年で、中国全体で

は10分の1、世界全体では40分の1で水源の確保が政府の施策目標となっている。水源の割合は、表流水が約3割、地下水が約7割で、北京市の使用水量の内訳は、生活用水33%、農業用水42%、工業用水25%である(図1)。

一方、東京都では、上水道の水源は、表流水であり全国平均でも表流水が約80%、地下水が約20%である¹⁾。北京市において表流水源がいかにも不足しているか想像がつく。

表1に示されているとおり、北京市には現在9つの下水処理場があり、全体の処理能力は254万m³/日で、今後、5つの下水処理場の建設を計画しており、2012年までに350万m³/日に拡張する予定である。一方、現在の再生水製造施設の能力は約100万m³/日で、処理法には、凝沈+砂ろ過、UF膜、MBR、MBR+RO

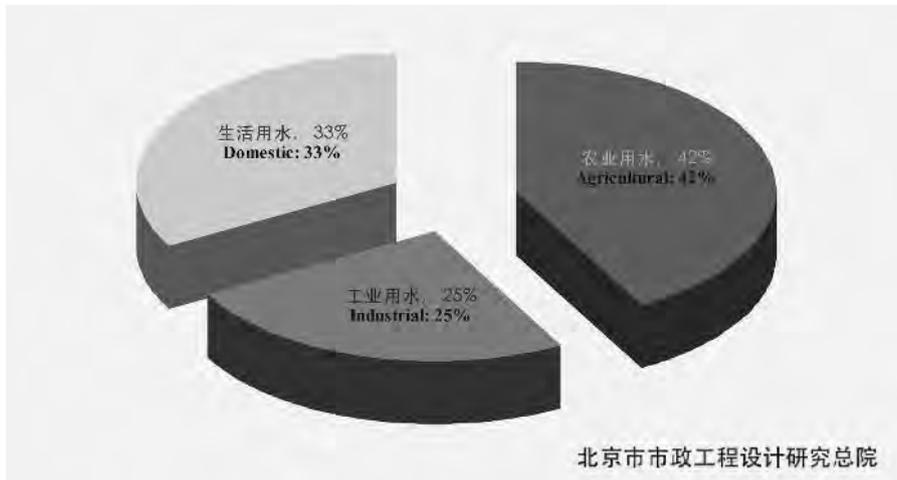


図1 北京市の用水比率

表1 北京市下水処理場の処理能力及び再生水製造能力

No.	Name of W.W.T.P	Capacity of W.W.T.P	Capacity of water reuse facilities	Purposes
1	QingHe	400	80	Olympic Lake, River (Qinghe river)
2	BeiXiaoHe	100	60	Olympic Lake, Power Station
3	JiuXianQiao	200	60	Power Station, Greening
4	GaoBeiDian	1000	470	Power Station
5	FangZhuang	40	10	Wash Car, Greening
6	WuJiaCun	80	40	Greening
7	LuGouQiao	100	/	/
8	XiaoHongMen	600	300	Irrigation
9	XiaoJiaHe	20	20	River (Qinghe river)
10	Total	2540	1040	

Unit: 1,000m³/d

北京市市政工程設計研究總院

膜などを適用している。再生水は発電、散水、かんがい等に利用されている。

一方、日本では、全国平均で下水処理水量の約1.4%のみが再利用されているに過ぎず²⁾、この点からも、日本が水資源に恵まれていることが分かる。

(2) 処理水再利用の政策

上述したように、水資源が逼迫している中国では、2007年に政府が6つの政策を打ち出した。

- ① 北京市のすべての既存下水処理場の処理水を再利用すること
- ② すべての下水処理場を高機能に改良すること
- ③ 下水処理場の改良にあたっては、中国の河川水質レベルクラス4に対応すること（注：クラス1～5まであり、クラス1は最も水質がよく、

クラス5は最も悪い。現状の河川水質はクラス5が5割を占めている）

- ④ 再生水の適用可能性（利用用途）を改善し、都市のあらゆる水需要に対応すること
- ⑤ 水質基準を満たし、河川・湖沼の水環境を改善すること
- ⑥ 既存の7つの下水処理場の改良を行った後、郊外の下水処理場の改良を行っていくこと

(3) 汚泥処理の現状

北京市の下水汚泥発生量（脱水汚泥現物ベースと推定）の推移は図2のとおりであり、2001年の約30万m³/年に比べ、2008年は100万m³/年まで増加し、年平均で10万m³ずつ増加している。2008年の1日当たり発生汚泥量は、2,880m³（都市部：2,440m³、郊外：



図2 北京市の下水汚泥発生量の推移

表2 北京市における各下水処理場の汚泥発生量と最終処分・有効利用の形態について

Name	Capacity (10,000t/d)	Sludge Produced (t/d)	Qinghe Thermal Drying Plant (Capacity: 400t/d)	Beijing Cement Plant Sludge Drying & Incineration Plant (Capacity: 500t/d)	Fangzhuang Sludge Line Drying Plant (Capacity: 30t/d)	DaXing Compost Plant (Capacity: 300t/d)	Simple Disposal (t/d)
清河污水厂 QingHe WWTP	40	500	400	100			
北小河污水厂 BeiXiaoHe WWTP	10	100		100			
酒仙桥污水厂 JiuXianQiao WWTP	17	300		300			
卢沟桥污水厂 LuGouQiao WWTP	10	100					100
奥家桥污水厂 WuJiaChao WWTP	8	100					100
方正污水厂 FangZhuang WWTP	4	30			30		
高碑店污水厂 GaoBeiDian WWTP	100	700				300	400
小红门污水厂 XiaoHongMen WWTP	60	570					570
肖家河污水厂 XiaoJiaHe WWTP	5	40					40
合计 Total	254	2440	400	500	30	300	1210

北京市市政工程设计研究总院



写真2 Qinghe 汚泥乾燥施設



写真3 Fangzhuang 石灰系汚泥乾燥施設

400m³)であるが、2015年には4,005m³(都市部：3,205m³、郊外：800m³)になる予測である。北京市内の各下水処理場の汚泥処理概要を表2に示す。例えば、QingHe下水処理場は、発生汚泥量500m³/日のうち、400m³/日は下水処理場内の汚泥乾燥施設で処理され(写真2)、残りの100m³/日は郊外にある汚泥乾燥・焼却施設へ輸送されている。その他、北京市の下水汚泥は2箇所の汚泥乾燥施設(写真3)とコンポスト施設(写真4)で処理されている。



写真4 DaXing コンポスト施設

現在の北京市における汚泥に関する課題は次のとおりである。

- ① 発生汚泥量が多く、汚泥処理・処分施設能力が十分でない
- ② 大量の汚泥がトラックにより簡易な処理状態で郊外へ長距離輸送されている
- ③ 図3のとおり、発生汚泥の約5割は簡易な処理状態で埋め立てられている
- ④ 臭気・ハエの発生による環境汚染が生じている
- ⑤ 汚泥処理施設の維持管理費が十分でない

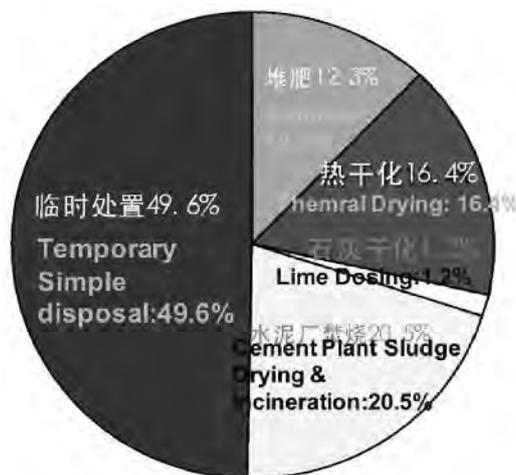


図3 北京市の汚泥処理・処分状況の割合

(4) 汚泥利用計画

北京市における汚泥処理・処分方法の検討内容を図4にまとめている。

処理・処分方法・有効利用として、①埋め立て、②コンポスト、③焼却、④乾燥、⑤セメント工場への輸送の5つが検討された。①の埋め立てについては、十分な用地がなく環境汚染の可能性があること、②のコンポストについては用地を広く必要とすること、③の焼却についてはダイオキシンの問題があること、などがあり、実行可能性が低い見込みとなった。一方、④

の乾燥、⑤のセメント工場への輸送については、北京市で実現可能性があるとの結果であった。

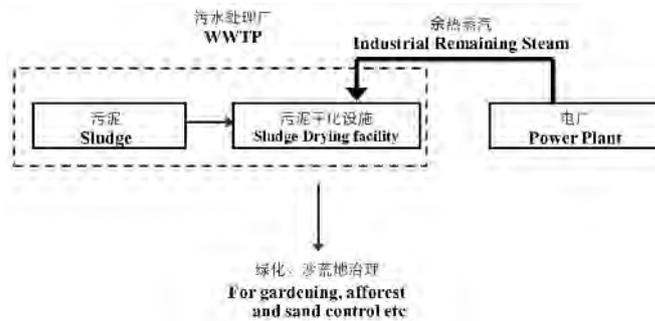
現在北京市で考えられている汚泥処理・処分方法の具体的なモデルを3つ紹介する。

- ① セメント施設あるいは発電所の余熱を使用して下水処理場内施設で汚泥を乾燥させ、緑農地利用する(図5)。
- ② 下水処理場の汚泥をセメント工場あるいは発電所へ送り、セメント工場あるいは発電所内での余熱を利用し汚泥を乾燥させ、セメント原料とする(図6)。



北京市市政工程设计研究总院

图4 北京市的污泥处理・処分方法の検討内容



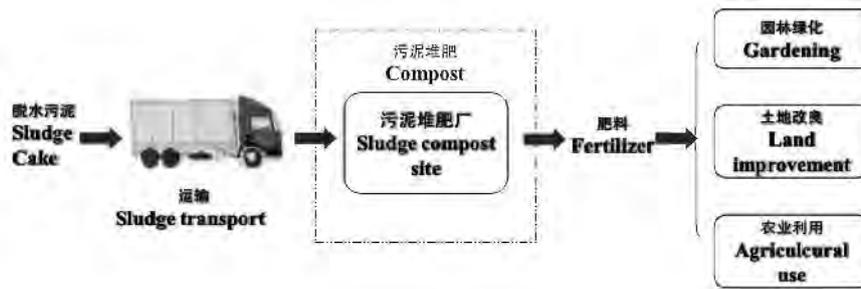
北京市市政工程设计研究总院

图5 発電所の排熱利用による下水汚泥の乾燥



北京市市政工程设计研究总院

图6 セメント工場内での排熱を利用した乾燥



北京市市政工程设计研究总院

図7 コンポスト施設へ輸送してのコンポスト化

③ 汚泥をコンポスト施設に輸送しコンポスト化したのち、緑農地及び土地改良で利用する(図7) 北京市では2012年までに汚泥処理・処分施設を7つ新設する計画であり、完成後には汚泥の処理・処分状況が改善されると考えられる。

3. おわりに

ファンオウ氏の発表資料から、北京市における下水汚泥処理計画についての情報を収集することができた。情報内容については、今後、確認する必要があると考えるが、以下の点が非常に興味深かった。

- ・北京市では、ダイオキシン生成の懸念から汚泥焼却ではなく、汚泥乾燥を選択したように感じられた。一方、下水汚泥の一部をセメント原料としている。つまり一部の汚泥は焼却されている。
- ・北京という大都市において下水汚泥の緑農地利用(コンポスト化)を有望な下水汚泥処理・有効利用方法と認識している。

中国における経済の発展は、水問題をクリアすることが重要なポイントと考えられている。北京市では水供給量の逼迫から処理水再利用を促進し、急ピッチでその計画の実現に向かって動いている。汚泥処理・処分についても中国では環境汚染に配慮し、再生水製造施設と同様、既存の4つの施設を計11の施設まで増強する計画であり、日本の再生水技術もさることながら、日本の優れた汚泥処理技術を中国で適用する可能性は大いにあると思われる。

日本では最近、海外への水ビジネス展開が国をはじめ、地方公共団体及び民間企業等で積極的に進められており、当会が事務局を行っている下水道グローバルセンター(GCUS)では今まで以上に世界各国の情報を発信していき、関係機関に貢献していきたい次第である。今後とも皆様のご支援をよろしくお願いします。

- 1) (社)日本水道協会ホームページより
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部ホームページより

おしらせ

民間企業の投稿のご案内

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

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

投稿要領

(資格)

1. 本誌への投稿は、原則として下水汚泥の有効利用に携わる民間企業のうち社団法人 日本下水道協会の会員に限ります。ただし、共同執筆（4企業以内）の場合は、同上会員以外の団体を含むことができますが、主たる執筆者は会員団体でなければなりません。

(原稿掲載の取扱い)

2. 原稿掲載の適否は、「再生と利用」編集委員会が決定します。

(掲載可否の判断基準)

3. 掲載適否の主な判断基準は、次の3.1、3.2、3.3、3.4によります。
 - 3.1 単に汚泥処理に関する投稿文でなく、下水汚泥の有効利用の促進に資するものであること。
 - 3.2 特定の団体、製品、工法、新技術等を宣伝することを目的とした投稿文（客観的、合理的な根拠を示すことなく、優秀性、優位性、有効性等について具体名を挙げて記述）でないこと。
ただし、次の場合は除く。
 - ①特定の団体、製品、工法、新技術等の紹介が目的であっても、優秀性、優位性、有効性等の客観性かつ合理的な根拠を明確にし、下水汚泥の有効利用の促進に資すると認められるもの。
 - ②特定の団体、製品、工法、新技術等の名称を記述しているが、単に論文の主旨をわかりやすく伝えるために用いており、投稿文の趣旨とは直接関係のない場合。
 - 3.3 特定の団体、製品、工法、新技術等を誹謗中傷する内容を含む投稿文でないこと。
 - 3.4 その他編集委員会が適切と考える事項について適合していること。

(原稿の作成、部数、送付先等)

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

(校正)

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

(著作権等)

7. 掲載した原稿の著作権は著者が保有し、編集著作権は、本会が所有します。

原稿登載区分

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

担当：社団法人 日本下水道協会 技術研究部資源利用研究課

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

電話 03-6206-0679（直） FAX 03-6206-0796（直）

おしらせ

「再生と利用」への広告掲載方依頼について

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

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

記

1 発行誌の概要

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

2 広告掲載料・広告寸法等

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

※ 表3は指定頁になります。原則として2回以上の継続掲載とします。

※ 広告掲載料は、消費税込みの金額です。

3 広告申込方法及び留意事項

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

きを指定する等、原稿作成又は修正に必要な事項を明記して下さい。

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

4 お支払方法等

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

なお、送金（振込）手数料は、貴社負担にてお願いします。

5 申込み先及び問合わせ先

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

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

(参考)

「再生と利用」特集企画予定

- 第135号（平成24年4月発行予定）
第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー特集（神戸市）
- 第136号（平成24年7月発行予定）
平成24年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説
- 第137号（平成24年10月発行予定）
下水汚泥等の建設資材としての有効利用取り組み
- 第138号（平成25年1月発行予定）
次世代型のエネルギー利用

「再生と利用」 (135号) 広告掲載申込書

社団法人 日本下水道協会 御中

(該当箇所に御記入及び○印を付けて下さい。)

掲 載 希 望 号	135号
掲載場所・サイズ	表3・後付1頁・後付1/2頁
掲 載 料 金	円/回 (消費税込み)
広 告 原 稿	完全原稿 (データ、版下、フィルム) ・ 新規作成依頼・流用 (一部修正含む)
	※広告原稿を流用 (一部修正含む) できる媒体は、次の本会発行の図書等に限ります。 「下水道協会誌」 (年 月号) 「下水道協会会員名簿」 (年度) 「下水道展ガイドブック」 (年度) 「下水道研究発表会講演集」 (回 年度)
掲載料納入方法	該当月納入 ・ 一括前納
備 考	

上記のとおり申し込みます。

平成 年 月 日

会 社 (団 体) 名 Ⓜ

住 所 〒

担当者所属・職・氏名 Ⓜ

TEL
FAX

[広告代理店経由の場合に記入]

広 告 代 理 店 名 Ⓜ

住 所 〒

担当者所属・職・氏名 Ⓜ

TEL
FAX

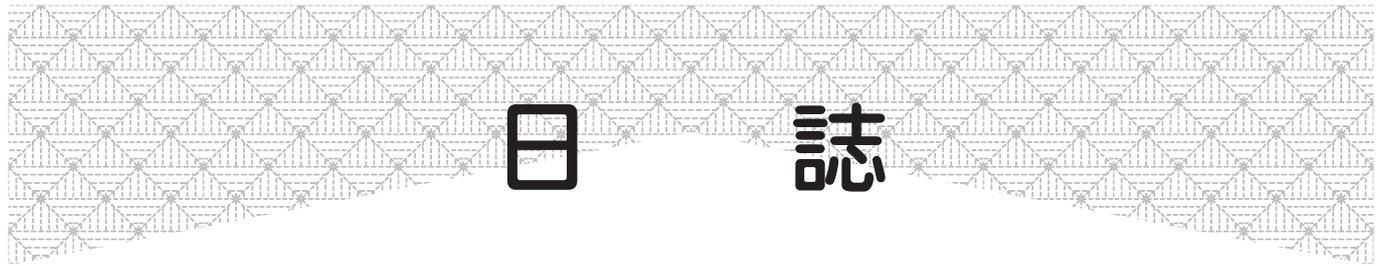
汚泥再資源化活動

第126回「再生と利用」編集委員会

日 時：平成23年9月14日（水）
 場 所：本会第1会議室
 出席者：野池編集委員長（日本大学教授・東北大学名誉教授）他13名
 議 題：①第133号編集内容について
 ②第134号編集方針（案）について
 概 要：①事務局から、資料4のとおり報告するとともに、解説の執筆内容について概要を説明した。主な意見として、解説の①～④の執筆が事務局となっているが、意見等を記述した内容であれば個人名とした方が良い。「放射性物質」のクリアランスレベル（汚泥肥料基準値）を確認していただきたい。汚泥の処分単価等も含めたアンケート調査は行っていないのか。嫌気性消化汚泥のコンポスト化を強調してもらいたい。
 ②については、特集テーマ「下水汚泥等のエネルギー利用における創意工夫」について、テーマ名の代替案を検討し、「次世代型のエネルギー利用」とする。口絵は事務局案のとおり、「第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー（神戸市）の報告」とし、第135号の口絵には、「B-DASHプロジェクト」の施設写真等を中心にした内容を掲載する予定とする。巻頭言は国交省下水道部長または、日本下水道事業団理事長にお願いすることとする。論説は各委員に検討をお願いした。なお、田村委員から弘前大学北日本新エネルギー研究所の南條宏肇先生を紹介いただいたが、次回以降の候補の意味も含め、引き続き検討いただくこととした。特集は「次世代型のエネルギー利用」B-DASH関係の報告と黒部市の報告を「次世代型のエネルギー利用」で括ると、黒部市の事業もB-DASHプロジェクトと誤解される可能性があり、黒部市の報告については、「報告」等の別枠で取扱うこととした。研究紹介は事務局案のとおりとする。ただし、石川県立大学西澤教授については、内容によって特別寄稿として取り扱う可能性がある。報告は事務局案のとおりとするが、10月に日本でIWA ASPIREという大きな国際会議があり、下水汚泥有効利用に関する発表のあるようなので、報告に取り入れることを検討することとした。また、長岡市における生ごみメタン発酵事業についても、将来的には取り上げる方向で考えることとした。

第135号「再生と利用」編集担当者会議

日 時：平成23年11月30日（水）
 場 所：本会中会議室
 出席者：島田委員、中村委員、山本委員
 議 題：①第134号編集内容について
 ②第135号編集方針（案）について
 ③平成24年度計画について（特集、講座、その他）
 概 要：①事務局から資料3により第134号「再生と利用」の編集内容の説明を行った。事務局が執筆を担当している「報告」の「エネルギー利用調査委員会報告（嫌気性消化プロセス導入支援ツール等）」については翌年2月の委員会後に掲載する予定であることを報告した。
 ②事務局から資料4により第135号「再生と利用」編集方針(案)の説明を行った。第135号の口絵は、「B-DASHプロジェクト（施設写真を中心にした内容）」を紹介し、巻頭言は国土交通省の岡久部長にお願いし、論説は野池教授の「第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー」特別講義を掲載するとともに、特集では同セミナーの各講師の講演概要を紹介して、パネル展示した企業には、企業投稿の依頼をすることとした。また、「報告」では同セミナーのパネルディスカッションの概要を掲載することとした。
 ③事務局から資料6により平成24年度「再生と利用」計画（案）について、特集テーマ、講座内容及びホームページの充実について説明をおこない参加委員からは、事務局案について特に異論はなかったが、各編集委員からの提案を引き続き求めることとした。また、ホームページ充実作業の効果を把握する意味で、ホームページの「下水汚泥リサイクル」サイトと、「再生と利用」サイトのアクセス数を把握する必要があるとの意見があり、事務局で検討することとした。
 ④その他・情報交換では、読み手を引きつけるためには、年度計画に基づく編集に加え、タイムリーな話題の充実が必要であり、例に、平成23年度三次補正で、下水道における放射性物質対策に係わる調査が実施される予定であり、下水汚泥有効利用との関連性も深いことから、調査結果が公表できる段階で、国交省に執筆を依頼してみる。また、エンジニアリング協会が実施しているバイオガス有効利用関係の研究会の報告書が出る段階で取り上げてはどうかと言う意見があった。



平成23年 9月14日
 平成23年11月30日

第126回「再生と利用」編集委員会
 第135号「再生と利用」編集担当者会議

本会第1会議室
 本会中会議室

次号予告

(題名は執筆依頼の標題ですので
 変更が生じることもあります)

特集：第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー
 特集
 講座：エネルギー利用を促進する法令・制度について
 文献紹介：2編

報告：第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー
 総合討議概要
 エネルギー利用調査委員会報告(嫌気性消化
 プロセス導入支援ツール等)
 その他：会報、行事報告、次号予告、関係団体の動き

「再生と利用」編集委員会委員名簿

(順不同・敬称略)
 (23.11.30現在)

委員長	日本大学大学院教授・東北大学名誉教授	野池達也
委員	秋田県立大学生物資源学部教授	尾崎保夫
委員	長岡技術科学大学准教授	姫野修司
委員	国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道企画課資源利用係長	西迫里恵
委員	独立行政法人土木研究所材料資源研究グループ上席研究員(リサイクルチーム)	内田勉
委員	日本下水道事業団技術戦略部戸田技術開発分室長代理	島田正夫
委員	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター畑作園芸研究領域長	田村有希博
委員	独立行政法人農業環境技術研究所土壌環境研究領域主任研究員	川崎晃
委員	財団法人日本土壌協会参与土壌部長兼広報部長	仲谷紀男
委員	東京都下水道局計画調整部技術開発課技術開発主査(課長補佐)	粕谷誠
委員	札幌市建設局下水道施設部豊平川水処理センター管理係長	横山博司
委員	山形市上下水道部浄化センター所長	奥出晃一
委員	横浜市環境創造局下水道計画調整部下水道事業推進課長	中村永秀
委員	名古屋市上下水道局技術本部計画部技術管理課主査(技術開発)	北折康德
委員	大阪市建設局下水道河川部水環境課担当係長	山本英生
委員	広島市下水道局管理部管理課水質管理担当課長	福田佳之
委員	福岡市道路下水道局下水道施設部施設管理課長	鈴木幸夫

図書案内

下水汚泥分析方法—2007年版—

—下水汚泥の緑農地利用における良質な製品の提供・円滑な流通を図るため—

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

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

主な改訂を目次（追加項目を下線）にて示すと、以下のとおりです。

目 次

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

編集後記

本号の特集は、「次世代型のエネルギー利用」であり、編集内容も特集を意識したものとなっています。巻頭言で日本下水道事業団谷戸理事長が挙げておられる「資源・エネルギー循環スマート下水道」は、これからの下水道計画における最優先のコンセプトであると思います。また、論説では、弘前大学の南條先生にバイオガス利用の意義について解説いただいております。その中の「地産地消」という言葉も、バイオマス利活用においては、非常に重要であります。

下水道事業において、「資源のみち」という言葉が使われ出してから数年が経過しており、ようやくその理念が、関係者の間で定着してきたと思います。今後は、「資源のみち」の実践をいかに効率的に増やして行くかにあると思います。特集では、国土交通省の平成23年度B-DASHプロジェクトを中心に採択された2つの事業や、他の取り組みについて解説しています。国、下水道事業者及び民間企業が協力して、「資源のみち」の実践に向けて努力しており、その成果が、これから水平展開されていくことを期待したいと思います。

「資源のみち」の実践において、その主役は、比較的規模の小さな下水道事業者であると思います。以前に本誌で紹介させていただいた、珠洲市や北広島市に加え、今回紹介させていただいている黒部市の下水道バイオマスエネルギー利活用施設は、その典型的な例と言えます。規模の小さな下水処理場で、新たに嫌気性消化槽やバイオガス発電施設を建設・維持管理する場合、スケールメリットが働かず採算が取れない可能性が高いと考えます。また、し尿汚泥、浄化槽汚泥、農業集落排水汚泥、生ごみなどを受け入れ、これら他のバイオマスの処理費用を削減することにより、当該地域におけるバイオマス処理のトータルコストを削減できる可能性が高く、脱水

汚泥を固形燃料や肥料として利用できれば、さらに採算性が上がると思います。地域における下水汚泥をはじめとした複数のバイオマスを嫌気性消化槽に集約する、混合バイオマスメタン発酵と、嫌気性消化汚泥の緑農地利用または燃料としての利用は、「資源・エネルギー循環スマート下水道」としての成功例として、今後も本誌で情報発信していきたいと思っています。

その中で特に強調したいのは、嫌気性消化後の緑農地利用の促進です。長期的に安定した下水汚泥等の有効利用用途として、当該地域における農業利用は理想的です。未だに下水汚泥中の重金属のマイナス面ばかりが取り上げられ、下水汚泥等の緑農地利用に理解が得られないケースがあります。東京大学の西澤名誉教授にご寄稿いただきました、亜鉛（重金属）の重要な役割についてもアピールを継続したいと思います。

先日、ある町の町長や下水道担当者と意見交換する機会がありました。下水道課の職員数が少ない中、施設の改築更新等にも対応していかなくてはならず、非常にご苦労されているとのことでした。また、人口の減少傾向もあり、下水道への新規投資には、常に逆風が吹いています。今後の下水道は、やはり、「資源・エネルギー循環スマート下水道」に向かい、下水道以外の分野における裨益効果が必要とされてくるでしょう。この点について、様々な機会を通じて、説明していきたいと思っています。「再生と利用」は、下水汚泥等の有効利用に関する技術誌ですが、「資源のみち」の実現に向けて、その主役である中小下水道事業者への情報発信ツールとして役割を特に意識していきたいと思っています。

(YO)

「再生と利用」

Vol. 36 No. 134 (2012)

平成24年1月31日 発行
(平成23年第3)

発行所 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

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



本誌「土づくりとエコ農業」
(年6回発行隔月)

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

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 (内神田すすいビル5～8階)
TEL03-6206-0260 (代表) FAX03-6206-0265