

再生と利用



下水汚泥資源利用協議会誌

2011 Vol. 35

No. 130

主要目次

- 口絵 下水道から生まれた「こうべバイオガス」をご家庭等に
 巻頭言 炭素社会の形成に貢献するメタン発酵 野池 達也
 論説 下水道を核としたエネルギー回収システム 津野 洋 / 楠田 育成

特集 地球温暖化対策としての有効利用

- 解説 東京都下水道局におけるアースプラン2010への取組について 水上 啓
 大阪市津守下水処理場における消化ガス有効利用について 山本 英生
 石炭火力発電所におけるバイオマス資源活用取組み状況について 椎屋 光昭
 都市ガス事業者による下水道資源のエネルギー利用に向けた取り組み 藤田 昭幸
 バイオマスタウン構想と関係施設の現状 岡庭 良安
 研究紹介 高効率縦型乾式メタン発酵システムの実用化
 — 廃棄物系バイオマス利活用推進に向けて — 二條 久男
 Q&A 植物の必須元素と有害元素 仲谷 紀男
 現場からの声 名古屋市における下水汚泥の有効利用と改良土センターの概要
 について 安田健一郎
 文献紹介 アレップマツ生産の育苗資材としての廃棄物利用 後藤 茂子
 アレップマツ苗木の定着を促進するための下水汚泥施用の微調整 後藤 茂子
 下水汚泥を施用した地中海沿岸の綿花栽培土壌における微量元素の可給性 川崎 晃
 余剰汚泥の電気化学的前処理による好気性消化の高効率化 水田健太郎
 特別報告 下水道バイオガス活用の導入に関する海外事例 中埜堅太郎
 コラム 様変わりする中国社会とインフラ整備 日高 伸
 報告 下水汚泥ガス化炉の導入について 中坪 雄二
 資料 リサイクルスポット
 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、会員消息・編集委員会委員名簿、編集後記

下水道から生まれた「こうべバイオガス」をご家庭等に

神戸市建設局下水道河川部

神戸市では、東灘処理場で発生するバイオガス（消化ガス）を高度精製し、天然ガス自動車燃料として、平成20年度より「こうべバイオガスステーション」から市バスや宅配車等に（延べ12,552台、平成21年度）、本格供給してきました。

さらなる利活用として、神戸市、(株)神鋼環境ソリューション、大阪ガス(株)の3社で、平成22年10月より都市ガス相当に成分調整し、大阪ガスのガス導管に注入することにより当初約80万 m^3 （2000世帯相当）をご家庭等で利用頂く取り組みを開始しました。



東灘処理場

東灘処理場は、分流式の処理場（一部合流式）で、日平均16万 m^3 余りを処理しています。

下水を処理する過程で発生する汚泥を消化（嫌気性微生物による有機分の分解処理）することで汚泥の減量化と安定化を図っており、その過程で、メタンを約60%含む消化ガスが日平均1万 m^3 余り発生しています。

地産地消の低炭素循環型社会に貢献するため、下水道から生まれる循環エネルギーである消化ガスの、100%利活用を目指して取り組みます。



バイオガス都市ガス導管注入実証事業

■ 事業概要

1. 事業の目的

東灘処理場で発生するバイオガス（消化ガス）を都市ガスと同等の品質に精製し、都市ガス事業者の導管網へ直接注入して都市ガスとして供給すること。

本事業を通じて、安定した運営や経済性を検証し、「再生可能エネルギーであるバイオガス活用の神戸モデル」を発信する。

再生可能エネルギーであるバイオガスを利用することにより、化石燃料の消費とCO₂の排出を削減し、循環型社会の形成や地球温暖化防止に大きく貢献する。

2. 期間

平成33年3月31日まで10年間。

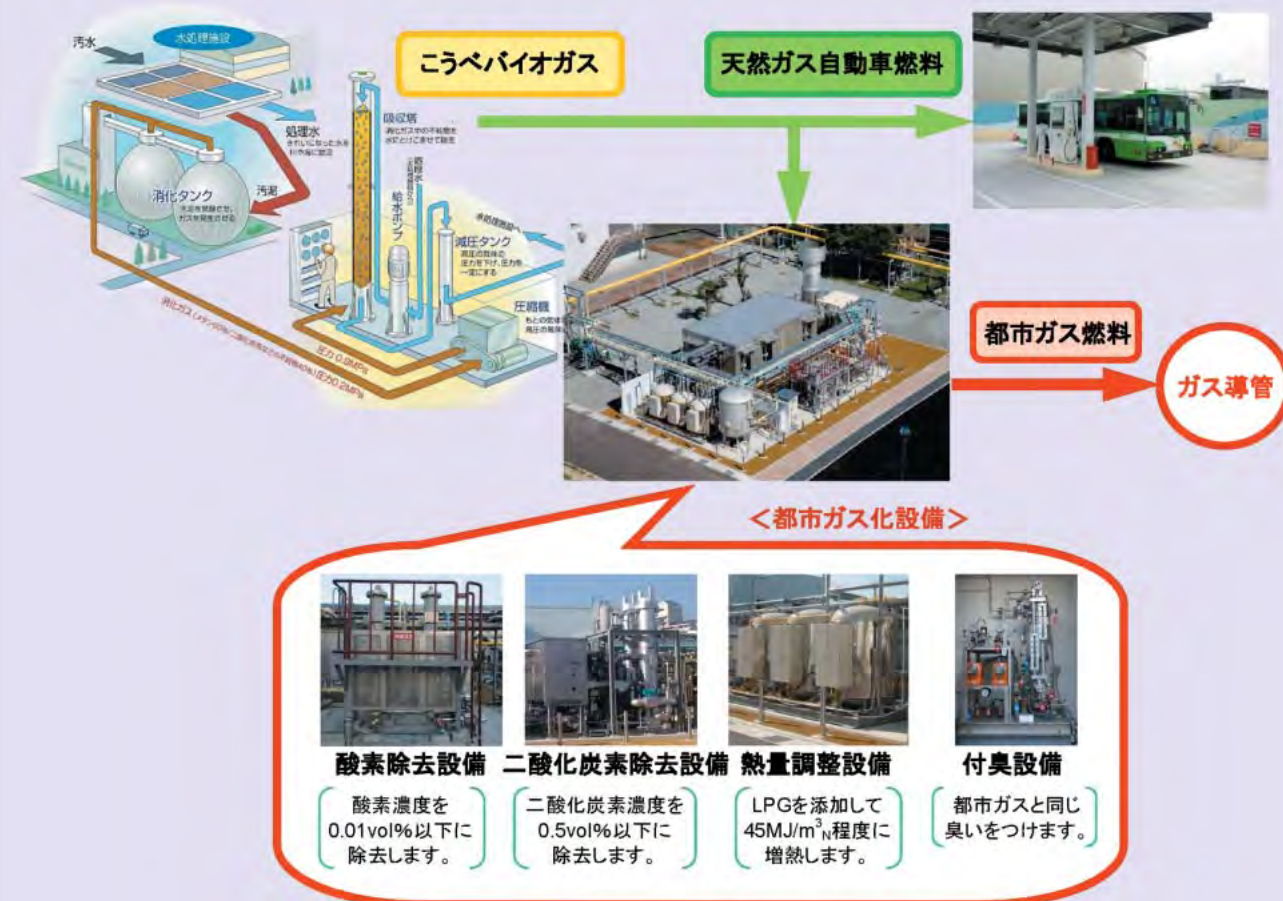
3. 本事業によるCO₂削減効果

本事業で導入されるバイオガス量は当初約80万m³_N（45MJ/m³）、約2,000戸の家庭が1年間に使うガス量に相当し、これによるCO₂削減量は約1,200 t-CO₂/年。



下水道から生まれる再生可能エネルギー

バイオガス都市ガス導管注入設備フロー



口
絵

下水道から生まれた「こうべバイオガス」をご家庭等に

巻
頭
言

低炭素社会の形成に貢献するメタン発酵 野池 達也 (5)

論
説

下水道を核としたエネルギー回収システム 津野 洋 / 楠田 育成 (6)

特集 地球温暖化対策としての有効利用

解
説

東京都下水道局におけるアースプラン2010への取組について 水上 啓 (14)
大阪市津守下水処理場における消化ガス有効利用について 山本 英生 (19)
石炭火力発電所におけるバイオマス資源活用取組み状況について 椎屋 光昭 (22)
都市ガス事業者による下水道資源のエネルギー利用に向けた取組み 藤田 昭幸 (27)
バイオマスタウン構想と関係施設の現状 岡庭 良安 (32)

研
究
紹
介

高効率縦型乾式メタン発酵システムの実用化
ー廃棄物系バイオマス利活用推進に向けてー 二條 久男 (37)

Q
&
A

植物の必須元素と有害元素 仲谷 紀男 (42)

現
場
か
ら
の
声

名古屋市における下水汚泥の有効利用と改良土センターの概要について 安田健一郎 (44)

文献紹介

- アレップマツ生産の育苗資材としての廃棄物利用 後藤 茂子 (48)
- アレップマツ苗木の定着を促進するための下水汚泥施用の微調整 後藤 茂子 (49)
- 下水汚泥を施用した地中海沿岸の綿花栽培土壌における微量元素の可給性 ... 川崎 晃 (50)
- 余剰汚泥の電気化学的前処理による好気性消化の高効率化 水田健太郎 (51)

特別報告

- 下水道バイオガス活用の導入に関する海外事例 中埜堅太郎 (52)

コラム

- 様変わりする中国社会とインフラ整備 日高 伸 (58)

報告

- 下水汚泥ガス化炉の導入について 中坪 雄二 (59)

- リサイクルスポット (64)
- おしらせ（投稿のご案内、広告掲載依頼） (65)
- 汚泥再資源化活動 (69)
- 日誌・次号予告 (70)
- 会員消息・編集委員会委員名簿 (71)
- 編集後記 (73)

- シンボルマーク (43)

巻 頭 言

低炭素社会の形成に貢献する
メタン発酵

東北大学名誉教授・日本大学大学院教授

野 池 達 也



地球温暖化の防止は、21世紀における世界各国共通の使命であります。

昨年は、夏の暑さが全国的にきびしく、集中豪雨が突如として山口市周辺や奄美大島を襲い痛ましい自然災害をもたらされ、地球温暖化現象の顕れである気候変動をこれほど実感した年はありませんでした。2007年2月、IPCCの第四次報告書により、経済成長重視の社会では今世紀末の平均気温は、約4℃（最小1.1～最大6.4℃）上昇するという深刻な予測の公表を思い出します。地球温暖化現象の顕在化が如実に感じられる今日、私達は世界の民として、可能な限りの手段を通じて、低炭素社会に向けてCO₂の削減に務める義務に立たされております。

有限の化石資源を、次世代においても末永く利用してゆくためには、化石資源への依存をできる限り低減してゆかねばなりません。日本のエネルギー自給率は、先進国の中で最も低く約4％であります。再生可能エネルギーの中で、カーボンニュートラルの特性を有し、枯渇することのないバイオマスによって生産されるバイオエネルギーを、化石資源由来のエネルギーに代替することによって、CO₂発生量を削減できますので、低炭素社会の形成に貢献し、わが国並びに世界の持続的発展の基盤となり得ます。ことに、メタン発酵は、バイオガスエネルギーと液肥を生産できる点において、他の如何なる処理プロセスの追従も許さない卓越した方法であり、低炭素社会の形成のための役割を確実に果たす機能を備えております。

筆者は昨年、韓国における2箇所のメタン発酵施設を見学する機会が与えられました。一箇所はソウルの東大門環境資源化センターで、市役所前の公園の地下22mの大空間に、一般廃棄物集積・分別施設および生ごみ98t/日（下水汚泥を加えて110t/日）の乾式メタン発酵（DRANCO）施設を建設し、電力およびコンポストの生産を行うものであり、2009年8月に完成しました。資金は国庫補助65％およびPFIによっております。もう一箇所は、釜山市の環境資源公園の生ごみ200t/日（100t/日×2基、総発電量2000kwh）の施設容量の乾式メタン発酵施設で2004年12月に完成され、一企業の資金による韓国内最大規模のものです。さらにもう一箇所の大規模メタン発酵施設が、近い将来、他市での建設が計画されております。環境資源公園は、そのほかランドフィルガス発電所、浸出水処理場、下水汚泥の燃料化、缶・ビン類のリサイクル、可燃ごみのRDF製造、廃ビニルからの油製造施設（未完成）の7種類の廃棄物処理処分施設から構成されており、強い感銘を受けました。韓国の環境保全施設に関するパンフレットには、WASTE, BUT ENERGYの標語が目に残ります。韓国では、ことにメタン発酵によるエネルギー生産に、大きな期待が注がれている印象を受けました。

国土交通省では、下水処理場のメタン発酵槽に下水汚泥以外に生ごみや他のバイオマスを投入して混合メタン発酵を行い、より多くのバイオガスを生産する事業を開始され、さらに、余剰バイオガスを精製し都市ガス管に注入する実証事業が神戸市で始められました。新たにB-DASHプロジェクトが提案されるなど、低炭素社会形成のためにメタン発酵を重視される政策を、次々に推進され真に意を強くさせられます。農林水産省によるバイオマスタウン構想は286地域が公表され、その中で、メタン発酵を基幹施設とするものは125地域あり、すでにバイオマスタウンが実現している地域もあります。近い将来、バイオガス電力の全量買取と買取価格の改善も期待されております。

メタン発酵によるバイオマスからのエネルギー生産は、今日、世界的な動向であります。わが国においてもメタン発酵施設があまねく普及することによって、低炭素社会並びに循環型社会の形成は、確実に進展するに違いありません。

論 説

下水道を核とした エネルギー回収システム

京都大学 大学院工学研究科 津野 洋・楠田 育成

キーワード：資源、バイオマス、エネルギー、回収

1. 資源の人工循環系の構築

我々人類が生存するためには、「環境」から生存のために必要な「環境資源」と環境異変に即座に対応するための「環境情報」を得ることが不可欠であり、またそのためには人類社会やその周辺、さらにはその影響のない地域の環境を保護・保全しなければならない。しかしながら、近年は、地球温暖化、酸性雨、海洋汚染など地球規模の環境問題が生じ、一方では化石燃料や磷資源等の更新不可能な資源や、更新可能な資源であっても質の低下による資源の枯渇問題が生じている。これら二つの問題は根は同じであり、人類が地球上のいかなる場所からも大量の物質を輸送する能力を獲得しそれを実践しているがために、従来は地域問題で地域での限界で制御していたものが、地球規模に拡大し、問題を複雑にし、かつ制御を困難にしているものである。この二つの問題の解決は、資源循環型社会の構築によるほかは無い。

環境資源を論ずるには、資源の更新可能性とその利用による環境負荷を考えなければならない。その観点での例を表1に示す。更新可能性は、単純化して考えると生態系で循環しうることと、地球規模で循環しうることである。生物の生存にとって不可欠な水は、その物性からして、更新可能な資源の典型であり、生態系でも地球規模でも循環することは容易に考えられるが、一方で環境が保護・保全されなければ、循環する量や質の劣化が起こることに注意が必要である。窒素および磷は生態系の中では循環し、窒素は窒素ガスとなりうるので、海から山へ循環することができ、地球規模の循環もしうるが、磷は常温・常圧の下で気体状のものが知られていないので地球規模の循環が無いと判断される。両者とも環境に負荷されると富栄養化などの環境問題を起こすので適切に管理されなければならない。石油、石炭、天然ガス等の化石燃料は、かつて地中に固定され現在の大気組成ができて、生物が生存していることを考えると、その使用により放出される二酸化炭素は既に現在の植物等が固定しうる容量を

表1 資源の更新可能性と環境負荷

資源		化石燃料	バイオガス	窒素	磷	水
更新可能性	生態学的循環	×	○	○	○	○
	地球規模循環	×	○	○	×	○
環境負荷		地球温暖化	無影響	富栄養化など		無影響

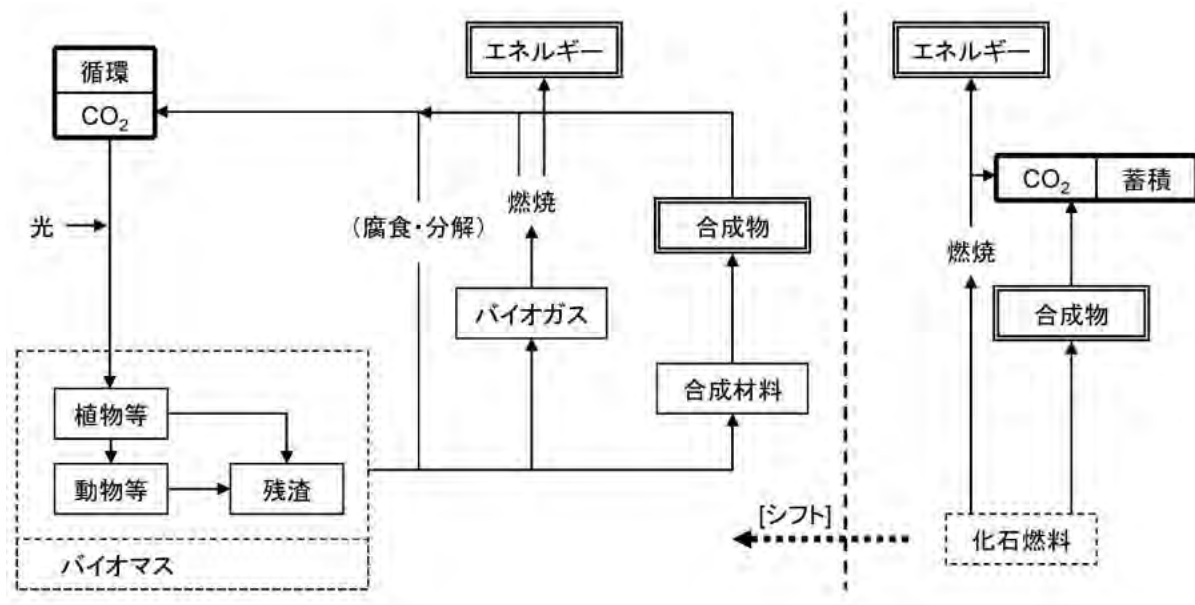


図1 バイオマスと化石燃料

超えたものであり、その中に含まれる炭素は生態系でも地球上でも循環し得ず、環境負荷により大気組成の変化をもたらす地球温暖化問題を生ずる。バイオガスは、元は植物等の独立栄養性の生物に由来する有機物資源（化石資源を除く）であるバイオマスから得られたガスであり、その燃焼等で生ずる二酸化炭素は、環境が保全されておれば植物等に再び固定しうるものであり、それらの中に含まれる炭素は、生態系でも地球規模でも循環しうる資源であり、環境影響も無い。バイオマス利用と化石燃料利用の概念を図1に示すが、この図で、エネルギー生成や製品の生産において、化石燃料からバイオマス利用にシフトする概念が理解されよう。

したがって、人類が生存し、持続的発展をするためには、環境を保護・保全し、そして更新不可能な資源はもとより、更新可能な資源も含めて我々社会の中で適切な人工循環系を確立し、それを適切に管理していくことが不可欠である。わが国は20世紀型の資源の観点からは資源の乏しい国であるが、循環型を基調とする社会では、すなわち21世紀型の資源の観点からは、山紫水明で海に囲まれており資源豊富な国となりうる可能性を有しており、世界の魁となりうる社会システムとそれを支える技術を構築すべきである。

2. 下水道の役割と特性

下水道は、水系伝染病の予防、水質保全、生活環境の保全、洪水の防除などの役割のために建設され、現在は人口普及率で70%を超える状況となっており、健

康で文化的な生活のための不可欠な社会基盤である。一方、下水道の有する特性を資源循環の観点でみると、分散している資源を収集するシステムで、その中にはカーボンニュートラルの有機物資源、窒素やリン等の資源が含まれているとともに、都市の安定した水資源や廃熱の媒体ともなりうる。また、下水道は、水処理とともに汚泥処理の施設を有しており完結型の総合システムであるとともに、資源となりうるものを安定して収集しており、そして施設の財産を有し、適切に運転・維持管理されている。さらに重要なことは、下水道システムの運転において、情報やデータが定期的・集中的に取られ保管され、直ぐに如何様な新たな試みに対しても検討・対応しうるし、また新たなデータも取りうる。このようなことから、下水道は都市での資源の人工循環系の核となりうる施設であり、また他のシステムでの検討・試みの魁とすべき施設である。

下水道を核とした人工循環系で、対象となりうる資源は、水、汚泥由来エネルギー、リン、窒素、微量元素、下水熱などが期待されるが、地球温暖化対策としては、一義的には汚泥由来エネルギーである。

3. 下水汚泥からのエネルギーの回収

下水処理場で下水処理に伴い発生する汚泥は、カーボンニュートラルで、質・量ともに安定した集約型バイオマスである。そして、年間217万4千トン（乾燥重量、平成16年度）発生し、原油換算量で95万kLのポテンシャルを有している¹⁾。下水汚泥の発熱量等は、ガス化すると都市ガス並みの発熱量を、また固形燃料

表2 下水汚泥等の発熱量^{1,5)}

バイオガス	下水道バイオガス（精製後）	9,200 kcal/m ³
	*都市ガス	9,800
固形燃料	低温炭化汚泥	3,000 kcal/kg
	造粒乾燥	4,500
	油温減圧乾燥	5,700
	*輸入一般炭	6,300

*: 比較のため記入

化すると低品位の石炭並みの発熱量を有し、十分に化石燃料代替として利用しうる（表2^{1,5)} 参照）。このため、下水汚泥中の有機物をエネルギー化する技術が開発され、実用化されている。

それらの技術の採用でのエネルギーバランスの概念を図2に示す。下水汚泥は適切に処理・処分されるべきものであり、図のA技術は剰余エネルギー（生成エネルギーから必要エネルギーを差し引いたもの）がプラスで十分に適用の検討に値する技術である。B技術は、剰余エネルギーはマイナスであるが、そのマイナス量は従来の汚泥の処理・処分に必要なエネルギーより少なく、これも検討してもよい技術となる。技術Cはマイナス量が従来の汚泥の処理・処分に必要なエネ

ルギーよりも大きく、一般には検討に値しない技術であるが、近くに廃熱等のエネルギーがあり使えるならば検討に値する技術となりうることもある。

汚泥からのエネルギー生成で、現在最も多く使用されている技術がメタン発酵技術である。この技術は、汚泥の減量化、安定化、バイオガスの利用等の観点から開発・利用されてきたが、現在はバイオガスの利用と汚泥の減量化による省エネルギー（あるいは温室効果ガス排出量削減）の観点で注目されより効率的な技術開発がなされている。しかしながらメタン発酵を行っている下水処理場は、わが国で約2000箇所の下水処理場のうち約300箇所で、さらに消化ガス発電は27箇所（2007年度）のみである²⁾。発電を行うと、図3³⁾

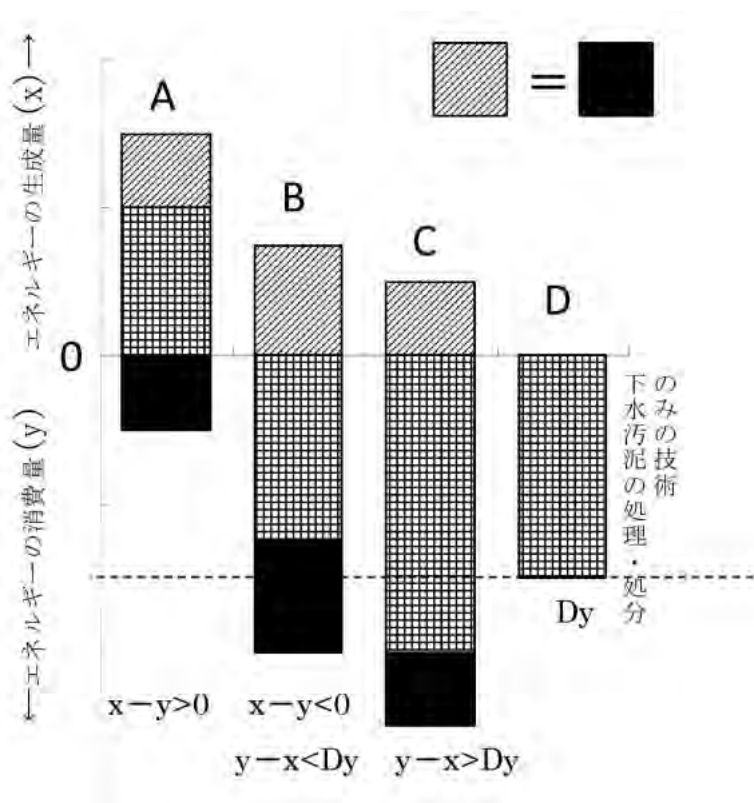


図2 下水汚泥からのエネルギー回収の際のエネルギーバランス

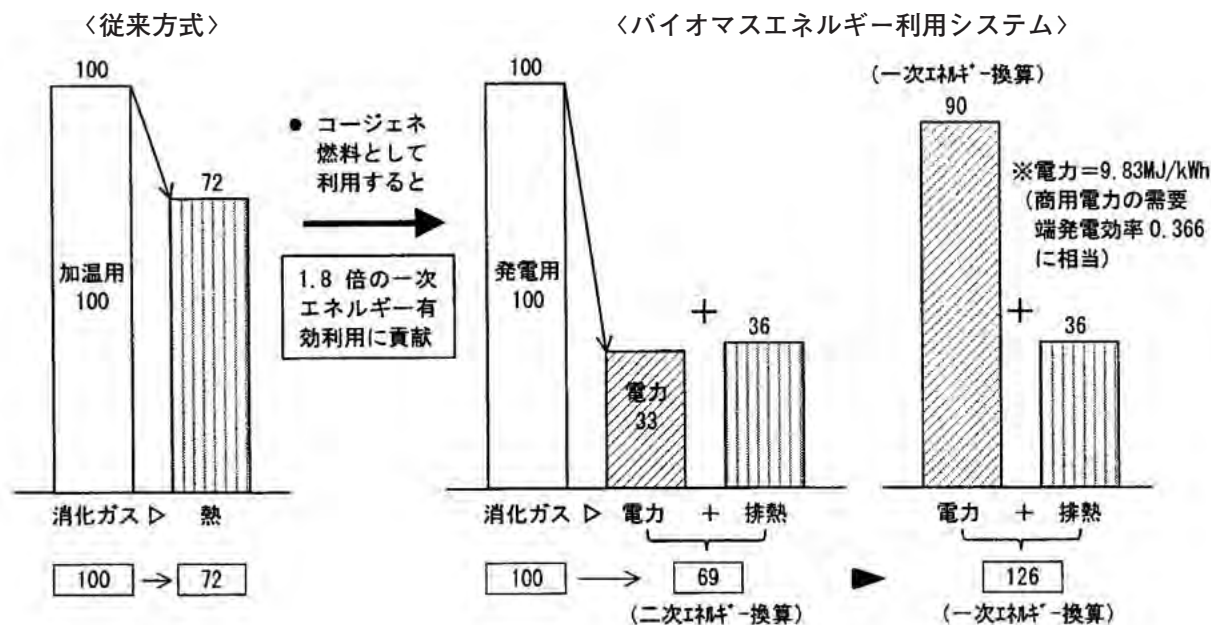


図3 消化エネルギー有効利用の仕組み（大阪科学技術センター、2005）

（電力については火力発電所の化石燃料を削減でき、商用電力の需要端効率0.366を用いて電力に換算すると90（=33/0.366）となる。）

に例示されるように、一次エネルギー換算では単に熱にするのに比べて、1.8倍のエネルギー有効利用に貢献し、さらにはそのうちの廃熱で消化槽の加温は十分に行える。また、得られたバイオガスのうち約3割が無効焼却されており¹⁾、これの理由のひとつにメタン発酵の時間的・季節的変動がある。変動分の安定化を都市ガスの混焼により100%使うことができる。図4⁴⁾は、マイクロタービンを用いた事例であるが、燃料送りのバルブの開度の自動調節でスムーズに連続して発電が可能であることがわかる。発電方法も、ガスタービン発電機、ガスエンジン発電機（東京都、横浜市など27箇所）および燃料電池（山形市、横浜市）があり、

それぞれ特性を有する（図5参照）ので特性を有効に生かして組み合わせる使うことが重要である。

発生ガスの利用方法では熱変換や発電以外にも、精製後の発熱量は都市ガスに匹敵することから、ガス精製技術の発展により、バスや自動車の燃料（神戸市）、さらには都市ガス導管注入ガスとしての利用（神戸市、大阪市（検討中）、長岡市）、ガス精製・運搬（金沢市）の技術開発や実用化がなされている（図6⁵⁾参照）。熱効率からすると、下水処理場での利用が最も効率的であるが、バスの燃料としての利用では市民の認識を高めるのに大いに貢献している。下水汚泥中の有機物のメタン転換率は現在50%程度であるが、この効率

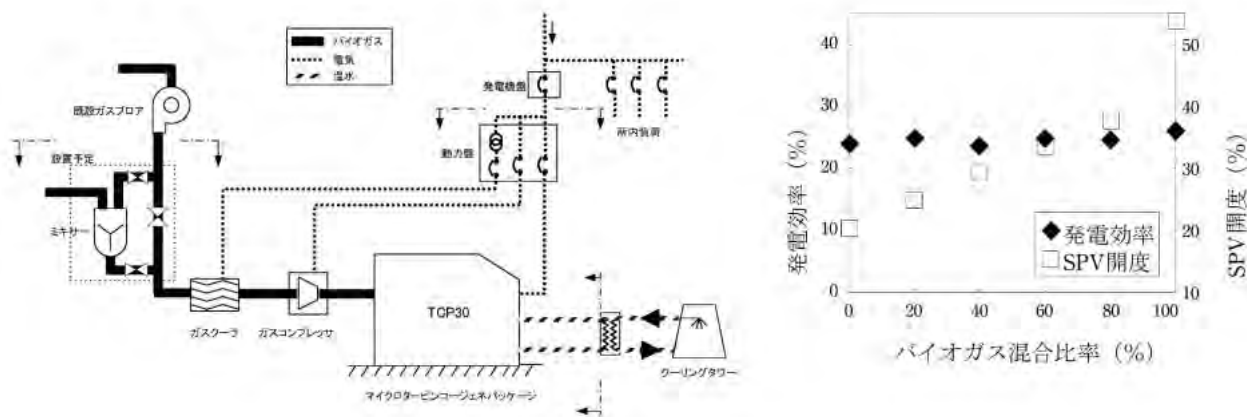


図4 マイクロタービン発電システムとバイオガス・都市ガス混焼実験結果（津野 洋、JST-CREST, 2006）

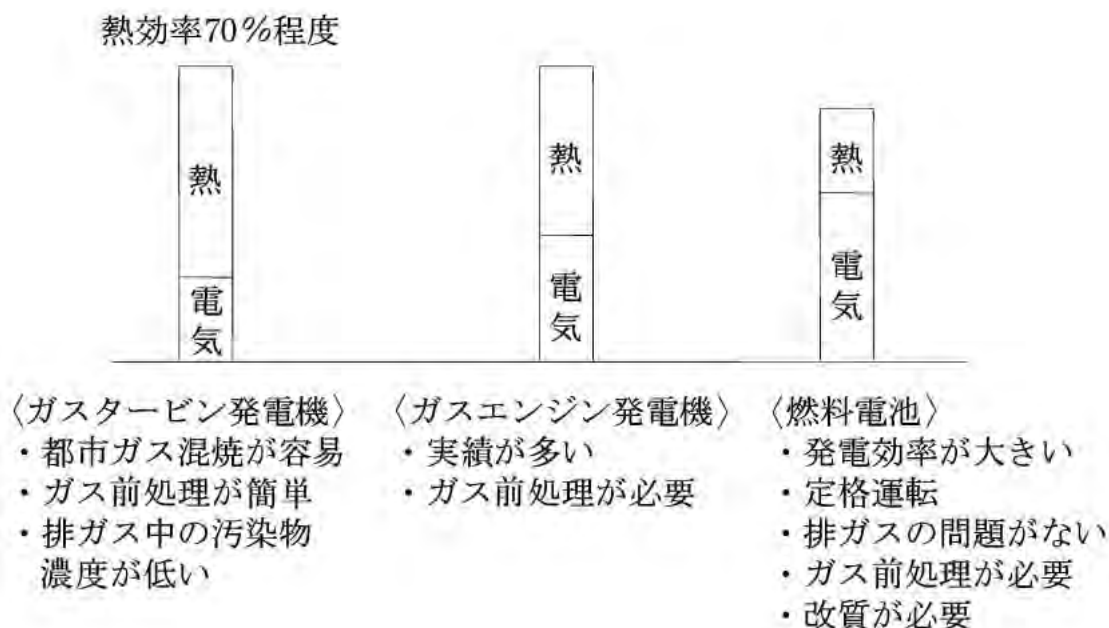


図5 ガスタービン発電機、ガスエンジン発電機、燃料電池の特徴の概要



図6 バイオガスのオンサイト・外部供給利用の推進 (国土交通省資料)

化の技術開発(高温発酵、超高温可溶化・酸発酵、熱処理、オゾン処理、高温・高圧処理など)や、生ごみ等の他の有機廃棄物との混合メタン発酵技術の開発がなされ実用化もなされている。

バイオガス化以外にも固形燃料としての利用技術が開発・実用化され、それらには低温炭化(東京都、愛

知県、大阪市、広島市)、油温減圧乾燥(福岡県)および造粒乾燥(宮城県)があり、いずれも製品は低品位の石炭に匹敵する発熱量があり、石炭火力発電所や製紙会社などで石炭に3%程度混入して石炭代替燃料として用いられている。また、高温で燃料ガス化するガス化溶融技術(東京都)も開発・実用化されている。

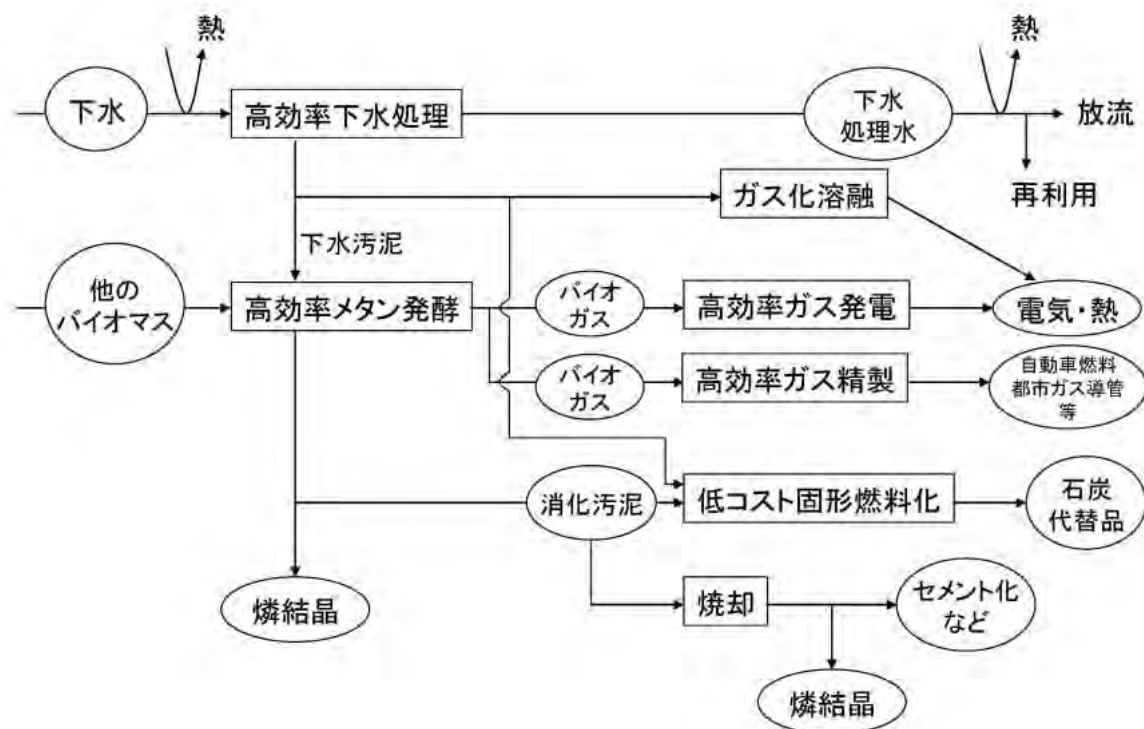


図7 下水等からのエネルギー、燐などの回収

下水汚泥は、現在78%が利活用されている⁵⁾が、その大半はセメント化や路盤材料等で汚泥成分の80%を占める有機物の利用はほとんどされていない。今後は上記技術を活用し、エネルギー回収・利用を中心とした方法に転換すべきである。ガス化後に残渣をセメント化などにも用いることができるし、固形燃料化も可能である。固形燃料化すると下水処理場での残渣処分は不要になる（図7参照）。

4. 社会的動き

国連気候変動枠組条約第3回締結国会議（COP3）でまとめられた京都議定書が2005年に発効し、我が国はCO₂換算の温室効果ガス排出量を2010年度までに基準年（1990年）の6%削減目標が課せられ、さらに2025年や2050年を目標年度として25や50%の削減目標が政府や地方自治体で掲げられている。政策としても、2002年に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、2006年には「新しいバイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定された。それには2010年度までに有機性廃棄物の利用率を80%以上に向上させ、廃棄物系バイオマスを炭素換算で90%以上あるいは未利用バイオマスを炭素換算で40%以上利活用するバイオマスタウンの構築を300カ所で行うことがあげられている。2004年には「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（RPS法）」が制定され、電気事

業者は商用電力の一定以上の割合をバイオガスを含む自然エネルギー由来のものにすることが義務づけられている。またグリーン電力認証制度も始まっている。

2010年には「エネルギー基本計画」が定められ、その中では2020年度までに、ヒートポンプによる温度差エネルギーの利用促進も含み、一次エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合を10%とすることやバイオガスの利用拡大を図ることが組み込まれている。これには「エネルギー供給構造高度化法」に基づくガス事業者へのバイオガス利用目標設定も含まれている。そして同法に基づくガス事業者の非化石エネルギー源の利用に関する判断基準（案）として、2015年度までに合理的な利用のために必要な条件を満たすバイオガスの80%以上の利用を目標とすることが提案されている。現時点では利用可能な非化石エネルギー源はバイオガスのみであり、下水汚泥からのバイオガスは期待されている。

「バイオマス活用推進基本法」が制定され、これに基づくバイオマス活用推進基本計画が現在策定中であり、その中で、下水汚泥は2020年には85%利用が目標案としてあげられており、官民連携でのバイオガス化・固形燃料化等の推進や他のバイオマスとの混合利用が期待される。2010年には「新成長戦略」が閣議決定され、グリーン・イノベーションや、再生可能エネルギー等を組み合わせた都市エネルギーマネジメントシステムの構築を図ることとされている。

一元化下水道

資源回収・循環型の都市廃水・廃棄物処理システム技術の開発

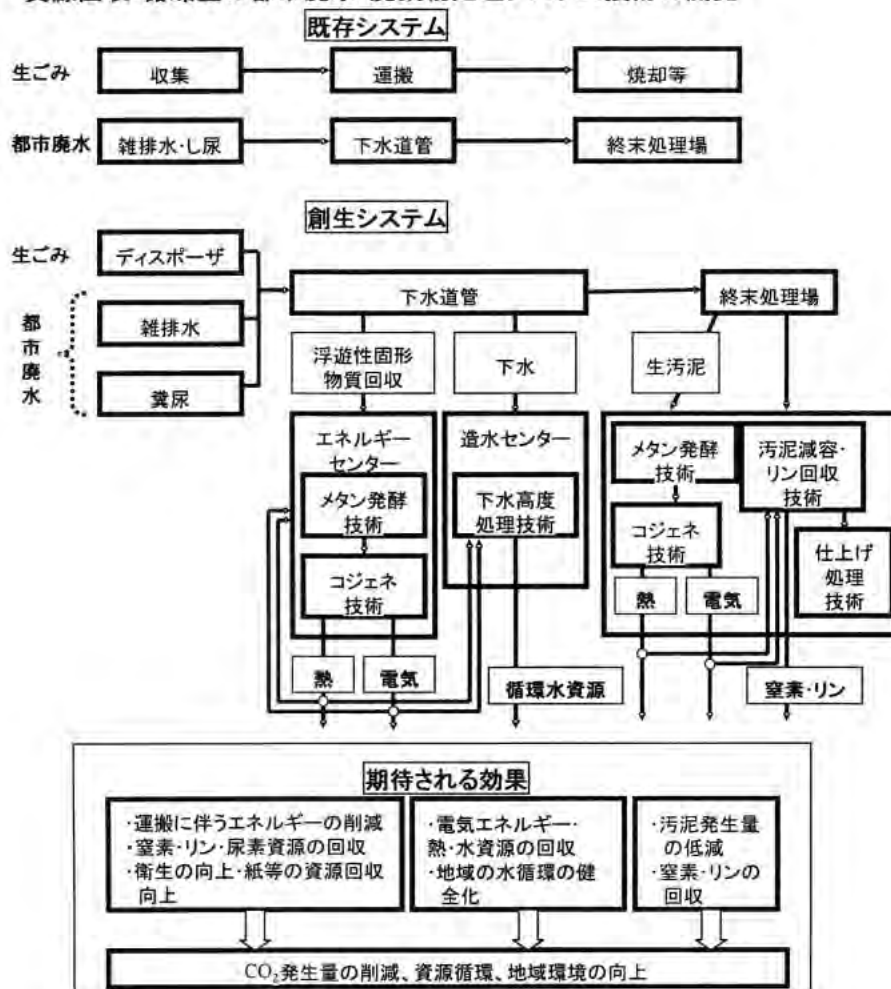


図8 資源回収型の都市廃水・廃棄物処理システムと要素技術
(津野 洋, JST-CREST, 2006)

5. 都市基盤施設の新たな展開

資源とエネルギーの回収利用を促進する発想で、現状の下水道システム自体を、大きく変えることなく改良することは重要である。新設も含め、更新の時期となっている下水道では好時期である。またこれは福祉に富む下水道でなければならない。筆者らは、このような発想の下で、生ごみと汚水を同時に処理する一元化下水道を提案し、それを支える技術（ディスポーザ、下水管の途中での固形物回収とその効率的メタン発酵ならびに生物膜ろ床高度処理反応器、余剰汚泥減量化・燐回収型高度処理など）の開発を行った（図8⁴¹⁾）。現在は、さらにごみ処理施設と下水処理施設の統合化の研究を展開している（図9）。このように、個々の技術開発とともに都市基盤システムの開発も効果的で

あり、また新たな技術展開につながる。ごみ処理施設や下水処理施設の改修・更新の時期となっており、いま正に新たな技術とシステムの展開を発想し実現することが重要である。このことは、世界の先端をいき、地球規模の環境問題の解決に貢献し、またわが国経済の発展にも寄与する。

6. おわりに

資源やエネルギーの回収・循環系の確立には、その重要性を国民に理解していただくことが重要である。その土台の上で技術開発者、製品製造・使用者、技術採用者（下水道担当部局）が協働し、さらにそれを強固にするような社会システムを作ることが重要である（図10）。

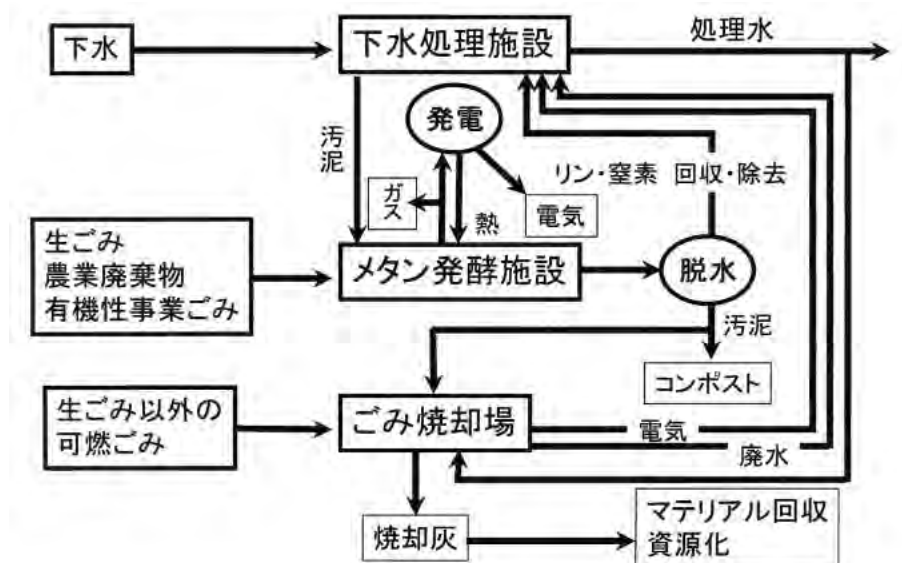


図9 新たな都市基盤環境施設

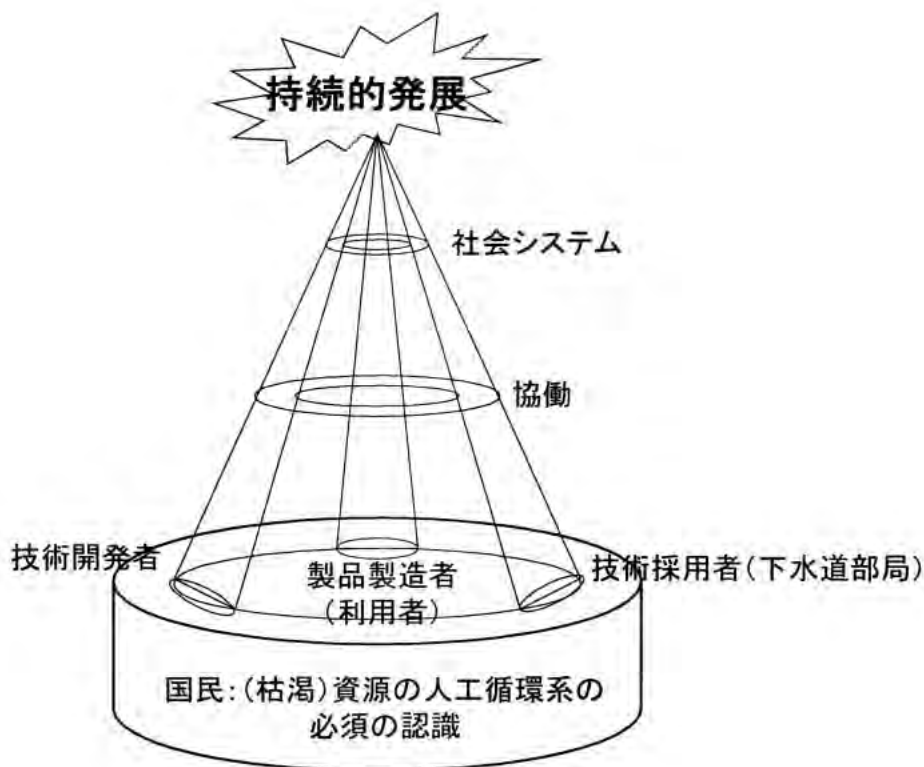


図10 資源循環系確立のための協働と社会システム

参考文献

- 1) 国土交通省 資源のみち委員会 資源のみちの実現に向けて報告書（平成19年）
- 2) 下水道協会 下水道統計（平成20年度）
- 3) 大阪科学技術センター 下水処理施設におけるバイオマスエネルギー活用に関する研究報告書（平成17年）
- 4) 津野洋 JST-CREST 資源回収型の都市廃水・廃棄物処理システム技術の開発報告書（平成18年）
- 5) 白崎亮 下水道からのエネルギーの回収と政策 土木学会環境工学委員会研究ワークショップ「下水道資源の有効利用」（平成22年）

特集：地球温暖化対策としての有効利用

解 説

東京都下水道局における
アースプラン2010への取組について

東京都下水道局施設管理部 施設管理課長

水 上 啓

キーワード：温室効果ガス、アースプラン2010、アースプラン2004、多層型流動焼却炉

1. はじめに

温室効果ガスの削減は、地球環境対策として世界的な重要課題となっている。国は、2009年度に国連総会の一環として開かれた気候変動首脳会合で、中期目標として温室効果ガス排出量を2020年までに1990年比で25%削減することを表明した。

一方、東京都では、2007年度に「カーボンマイナス東京10年プロジェクト」を策定し、東京の温室効果ガス排出量を2020年までに2000年比で25%削減することを目標としている。また、都民の健康と安全を確保する環境に関する条例（以下「環境確保条例」という。）を改正し、2010年度に国内で初めてのキャップ・アンド・トレード制度として大規模事業所を対象とした温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度を導入した。

これに先んじて、東京都下水道局では、2004年度に「アースプラン2004」を策定し、当局の事務事業活動から発生する温室効果ガス排出量の削減に取り組んできた。

しかし、今後も下水処理水質の向上や浸水被害の軽減など下水道機能の向上を推進することによるエネル

ギー使用量の増加は避けられず、さらなる温室効果ガスの削減が喫緊の課題となっている。そのため、2010年2月、アースプラン2004を継承し、下水道事業における地球温暖化防止の新たな道筋を示す「アースプラン2010」を策定し、都の温室効果ガス削減対策の先導的役割を担うこととした。

2. アースプラン2004などによるこれまでの取組

アースプラン2004などによる取組で、局の温室効果ガス排出量は年々減少傾向にある（図1）。以下では、局内の温室効果ガス排出量の削減に大きく寄与してきた主な取組を紹介する。

(1) 下水汚泥の焼却における温室効果ガス削減

ア 高温焼却による一酸化二窒素（ N_2O ）削減

当局では、汚泥の焼却温度を800℃から850℃へ高温化する実証試験により、二酸化炭素（ CO_2 ）の310倍の温室効果をもつ N_2O を約7割削減できることを確認している。汚泥を焼却する際に発生する N_2O は、2004年度時点では当局の温室効果ガス排出量の約4割を占めていたが、アースプラン2004で高温焼却を推進することにより、プランの最終年度である2009年度には3

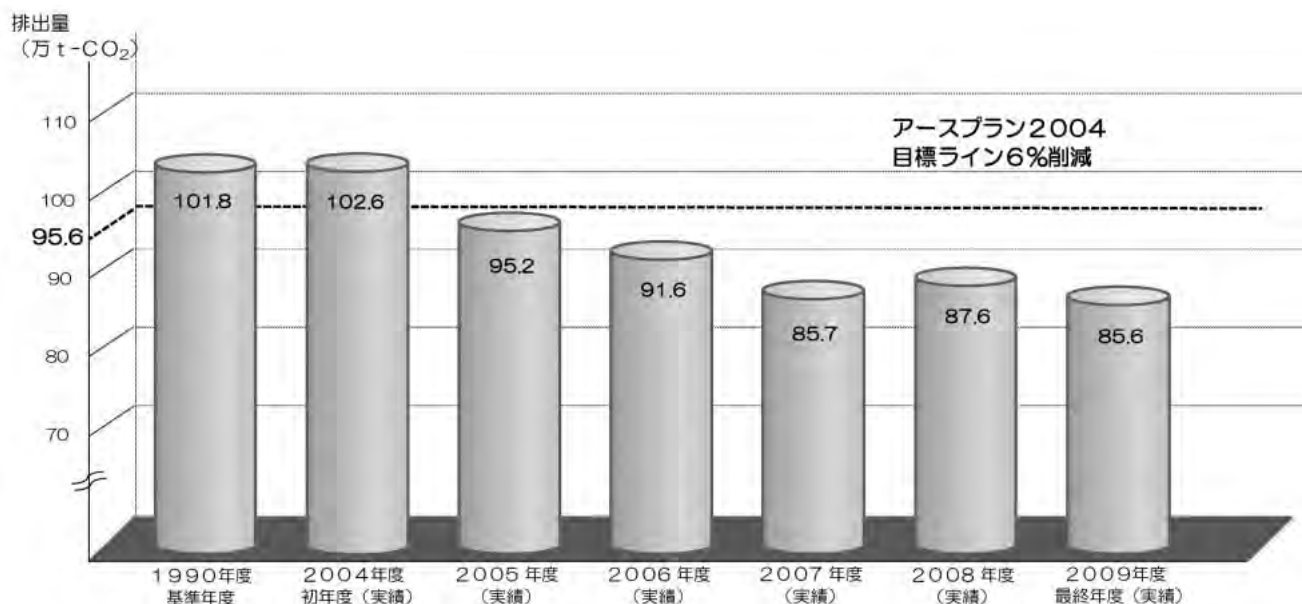


図1 東京都下水道局の温室効果ガス排出量推移

割弱まで減少した。

しかし、ほとんどの焼却炉で高温焼却を行ったにもかかわらず、未だに汚泥焼却に伴うN₂Oの排出量は当局全体の温室効果ガス排出量に対してかなりの割合を占めている。また、高温焼却を実施することにより、焼却炉の補助燃料である都市ガスの使用量が増えて、燃料の使用に伴い排出されるCO₂が増加した。このため、高温焼却に続く新たな技術の開発などに力を入れていく必要がある。

イ 新たな焼却方式の研究開発

当課では、高温焼却に代わる新たな焼却方式の一つとして、多層型流動焼却炉を民間企業との共同研究で開発した。多層型流動焼却炉は、共同研究終了後の2009年6月に南部スラッジプラントの300t炉1基に対して改良を行い、運用を開始した。

図2のとおり、当局で一般的な流動焼却炉では、燃焼用空気を砂層部の位置にだけ吹き込むが、多層型流動焼却炉では、燃焼用空気の吹き込む位置を一次～三次の3箇所に分けている(図3)。N₂Oが削減されるのは、砂層部へ送る一次の燃焼用空気を絞ることで汚泥焼却に伴うN₂Oの生成が抑制される効果と、フリーボード部に二次、三次空気を分けて送り込み、広い高温領域を形成することでN₂Oの熱分解を促進する効果によるものである。結果として、炉内の燃焼は効率化され、補助燃料も削減される。

南部スラッジプラントの多層型流動焼却炉では、当初は想定していたN₂Oや補助燃料の削減効果を得ることができなかったが、空気の供給位置や供給量の調整などの改良を行うことで、現在は高温焼却炉に比べてN₂Oを5割、補助燃料を2割以上削減する目標を概ね



図2 当局で一般的な流動焼却炉の模式図

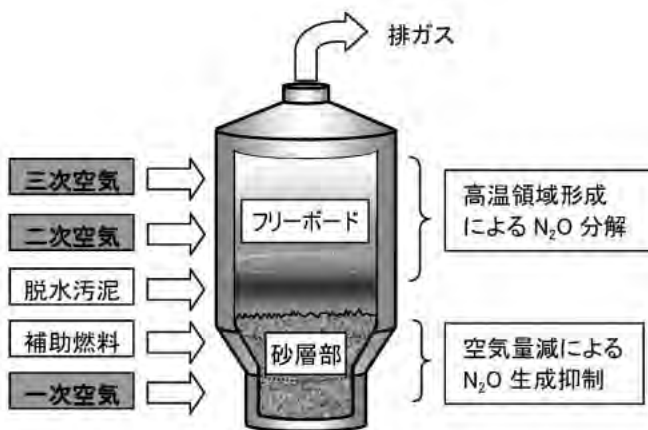


図3 多層型流動焼却炉の模式図

達成できている。

ウ 脱水汚泥の低含水率化による焼却補助燃料削減

燃料の使用に伴い排出されるCO₂は、アースプラン2004の最終年度である2009年度には当局全体の温室効果ガス排出量の1割弱まで減少したが、依然として割合は小さくない。その中でも、多くの排出量を占めているのは、焼却炉の補助燃料である。

補助燃料は、焼却炉に投入する脱水汚泥の含水率が低いほど使用量が少なく済む。そこで、当局は、維持管理の工夫として、効率的に汚泥の含水率が下げられるよう汚泥に注入する薬剤の種類や注入量の見直しなどを行っている。また、当局の多くの事業所では臭気対策のために圧送配管による汚泥の移送を行っているが、配管の閉塞などのトラブルを防ぐために配管内に滑剤として注入する水の量についても最適な注入量を模索し、含水率ができるだけ上がらないような調整を行っている。さらには、滑剤をできるだけ注入しないようにするために、配管の閉塞などを起こす要因となる圧送配管の極端な曲りや口径の小さい箇所を改善を行っている。

しかし、先に述べた維持管理の工夫だけでは限界があり、含水率の低い汚泥でも閉塞せずに移送できるよう、汚泥圧送ポンプの能力向上や搬送設備のレイアウトの見直しなど根本的な改良が必要となっている。

(2) 下水汚泥の炭化による温室効果ガス削減

当局では、2007年11月に東部スラッジプラントにおいて汚泥炭化事業を開始した（図4）。本事業は、下水汚泥から炭化物を製造し、石炭の代替燃料として火力発電所で利用する国内初の取組であり、汚泥の資源化率向上だけでなく温室効果ガス排出量の削減に大きく貢献するものである。

初号機ということで、稼働当初は含水率の変動などの問題で想定外のトラブルが発生したが、様々な改善



図4 東部スラッジプラント汚泥炭化施設

を行った結果、現在では安定した運転ができている。

この汚泥炭化事業では、補助燃料として使用する都市ガスの使用量が既存の流動焼却炉よりも多くなるが、それ以上にN₂Oを大幅に削減できるため、非常に有効な温暖化対策の一つとなっている。

(3) 水処理施設の電力削減

当局では、水処理に伴う電力の使用により排出されるCO₂の中で、送風機の電力の使用により排出されるものが大きな割合を占めている。このため、各水再生センターでは、この送風機電力を削減する施策として、微細気泡散気装置の導入を進めている。散気装置は、水処理施設の反応槽に設置されており、水をきれいにする反応槽中の微生物が酸素を消費しやすくするために、送風機から送られてきた空気を細かい気泡にするものである。微細気泡散気装置は、従来の散気装置よりも細かい気泡を出すことで微生物が酸素を効率的に消費できるため、少ない送風量で従来と同程度の散気効果を得ることができる（図5）。

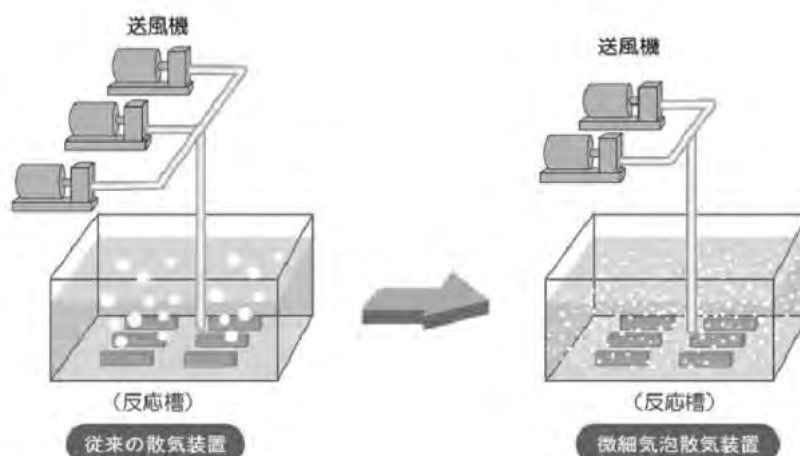


図5 散気装置の改善による削減のイメージ

しかし、微細気泡散気装置で必要な送風量を削減しても、送風機電力の大きな削減にはなかなか結び付かないのが実情である。これは、送風量を減らせても、送風機単体や送風機システム全体の効率が下がったり、既存の送風機が大型であるために送風機の運転台数を減らせないことが大きな要因となっている。

3. アースプラン2010について

2009年度の当局における温室効果ガス排出量の内訳を図6に示す。

これによると、水処理に伴う電力使用による温室効果ガスの排出割合が最も大きく、次いで、汚泥焼却に伴う N_2O の排出、水処理に伴う N_2O の排出の順となっている。

(1) アースプラン2010の目標

国や都の目標の達成に貢献するため、アースプラン2010では、局の事務事業活動から発生する温室効果ガス排出量を2020年度までに2000年度比で25%以上削減することを目指している。また、着実に計画を実施するため、中間年度の2014年度までに2000年度比で18%以上削減することを目指している（図7）。

(2) 新たな施策

ア 第二世代型焼却炉の導入拡大

温室効果ガスを着実に削減していくためには、高温焼却に続く新たな焼却方式として、前述の多層型流動焼却炉やターボ型流動焼却炉などの第二世代型焼却炉を導入拡大することが不可欠である。そのためにも、当局では、現在運用している焼却炉の改良や、老朽化した焼却炉を更新する際に第二世代型焼却炉の導入を拡大する。

前述のとおり、多層型流動焼却炉は、 N_2O と補助燃料の削減で大きな効果がある。

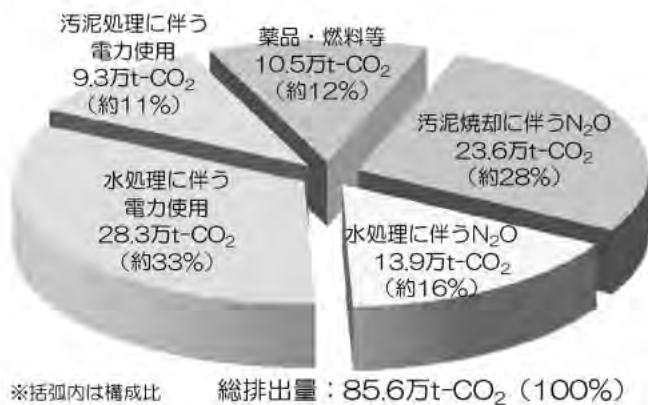


図6 2009年度 下水道局温室効果ガス排出内訳

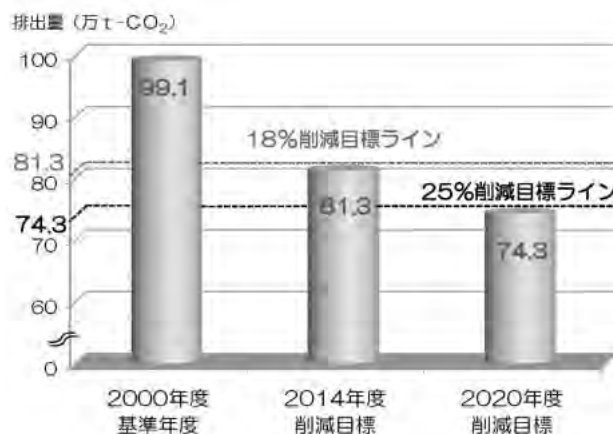


図7 アースプラン2010温室効果ガス排出量の目標

一方、ターボ型流動焼却炉は、焼却炉内を加圧状態にすることで、従来の焼却炉に比べて高温領域で燃焼し N_2O の熱分解が促進されるため、 N_2O の排出を抑制できる。また、加圧状態にすることで燃焼速度も上がり、炉本体が小さくなる。これにより、放熱量が減少し、補助燃料使用量の削減にも大きな期待ができる。さらに、この炉は、排ガス圧力で過給機（ターボチャージャー）を駆動して圧縮空気を得ることができるため、燃焼用空気を送るための流動ブロワなど一部の送風機が不要となり、送風機の運転に必要な電力の削減も可能となる（図8）。

イ 汚泥の低含水率化

低含水率の汚泥を焼却炉へ投入し易くする方法として、汚泥脱水機を焼却炉の近くに設置する汚泥処理設備のユニット化がある。このユニット化により、搬送設備における配管内の閉塞や汚泥圧送ポンプの過負荷などの問題は解消され、さらなる低含水率化により焼却炉の補助燃料削減を進めることができる。

また、既存設備のままでは低含水率化が難しい事業所でも、引き続き、圧送配管の閉塞しやすい箇所の改善など可能な限り問題となる箇所を改良することで、低含水率化を推進していく。

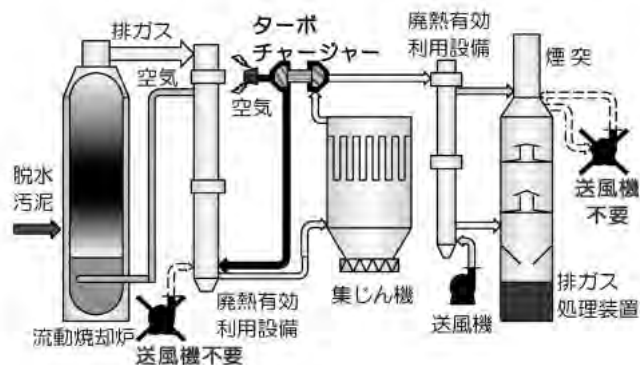


図8 ターボ型流動焼却炉イメージ

ウ 送風機（ばっき）システムの最適化

前章で述べたとおり、送風量を減らせても送風機電力はなかなか減らないのが実情である。

このため、アースプラン2010では、微細気泡散気装置の導入だけでなく、送風機や反応槽の更新時に合わせて、各反応槽の必要風量に合わせた小型の送風機を反応槽付近に設置することで、送風圧力、送風量の最適化を図っていく。

エ 太陽光発電設備導入

太陽光発電は、下水道施設の空間を有効利用しながら化石燃料を使用しないクリーンな電力を発電することを目的に、2010年4月に葛西水再生センターへ導入した（図9）。葛西水再生センターでは、新技術として、従来の多結晶型に比べシリコンが100分の1に削減できる「薄膜太陽電池」と太陽の向きに合わせてパネルが動く「一軸追尾」の架台を採用している。水処理施設上部には「一軸追尾」タイプ（発電容量290kW）を、その周辺には「固定」タイプ（発電容量200kW）を設置しており、発電電力は合計で490kWとなる。発電した電力は下水処理に使用して



図9 太陽光発電設備（一軸追尾タイプ）

おり、年間約59万kWhを発電し、約220 t-CO₂の温室効果ガス削減を想定している。

今後は、ポンプ所や事務所など多くの箇所で汎用機器を用いた安価で小規模な太陽光発電装置も併せて設置し、事業所を訪れるお客様に対して当局のCO₂削減の取組を広くPRする。

オ 水処理におけるN₂O連続測定計導入

水処理に伴うN₂Oは、先に示した図6のとおり、局の温室効果ガス排出量の多くを占め、局全体の排出量の2割弱に及んでいる。

水処理から発生するN₂Oは、従来は長時間、安定して連続測定できる計器がなかったため、削減効果などを十分に把握することができず、排出量の削減が困難だった。そのため、当局では水処理から発生するN₂Oの連続測定計の開発を進め、今年度に実用化した。今後は、この測定計を使用し、水処理に伴うN₂Oの削減対策を確立するための検討を進める。

4. まとめ

2010年4月から施行された環境確保条例に基づく総量削減義務と排出量取引制度では、電力や燃料などの使用に伴うエネルギー起源のCO₂を削減することが義務化された。

当局は、これまでに高温焼却によるN₂Oの削減を中心に地球温暖化対策を進め、温室効果ガスの大幅な削減を図ってきたが、環境確保条例の削減義務を果たすためには、エネルギー起源のCO₂削減に今まで以上に力を注ぐ必要がある。

そのためにも、このアースプラン2010を着実に実施することでエネルギー起源のCO₂と非エネルギー起源のN₂Oの削減を両立するとともに、新たな施策の展開などで温室効果ガスをより一層削減し、快適な地球環境を次世代に継承していく。

特集：地球温暖化対策としての有効利用

解 説

大阪市津守下水処理場における
消化ガス有効利用について

大阪市建設局下水道河川部 アメニティ対策担当係長

山 本 英 生

キーワード：消化ガス有効利用、温室効果ガスの排出量削減

1. はじめに

平成9年12月に開催された「地球温暖化防止京都会議」において京都議定書が採択され、日本は平成20年から平成24年の間に平成2年比で温室効果ガスの排出量を6%削減することとなった。また、平成11年4月に施行された「地球温暖化対策の推進に関する法律」により地方自治体は、自らの事業に関する温室効果ガスの排出量削減の措置を構ることとされた。

大阪市（以下、本市）は「大阪市環境審議会」へ今後の地球温暖化対策のあり方などについて諮問していたが、平成22年3月1日に答申を受けている。答申の内容は、本市域から発生する温室効果ガスの排出量を、平成32年度までに平成2年度比で25%削減することとなっている（注1）。本市では、この答申を元に平成32年度を目標年次とした「大阪市地球温暖化対策実行計画（仮称）」を今年度に策定する予定である。

一方、本市の下水道事業による温室効果ガスの発生量は、本市の事務事業の中で廃棄物処理等事業、公共交通事業について3番目に大きく、平成21年度には17%を占めており、下水道事業による温室効果ガスの排出量削減についての取り組みが求められている。

また本市の下水処理では、汚泥の減量化と性状の安定化を図るため、嫌気性消化を導入している。この嫌気性消化の過程で消化ガスが発生するが、消化ガスはメタンを6割程度含み、都市ガスの半分程度の熱量を保有している。また消化ガスは生物由来のバイオガスであるため、燃焼する際に発生する二酸化炭素は、温室効果ガスの発生量に算入されないため、化石燃料の代替燃料として利用することで温室効果ガスの排出量削減に貢献できる。

本市では、温室効果ガスの排出量削減の取り組みの一環として、津守下水処理場（以下、本処理場）にて消化ガスの有効利用を実施しており、その現状と今後の展望について報告する。

2. 消化ガス有効利用の事業経過

平成15年度末まで本処理場では、近隣の市岡下水処理場及び千島下水処理場からパイプ輸送される下水汚泥を含めて、濃縮、嫌気性消化、脱水、焼却といった汚泥処理を行っていた。嫌気性消化については高温高濃度消化を導入しており、中温消化と比較して消化ガスは発生量が多く、消化槽加温の燃料や焼却炉の補助燃料として有効利用を図っていた。

一方、本処理場の焼却炉は老朽化していたため、汚泥集中処理施設である舞洲スラッジセンターが平成16年度の当初に稼動することに伴い、廃止されることになった。このため、焼却炉の補助燃料として有効利用していた消化ガスが余剰となった。そこで、新たな消化ガス有効利用手法を検討した結果、実績があり安定した運営が可能である消化ガスエンジン発電設備と温水器から構成されるコージェネレーション施設の整備を、民間の資金や技術等を活用するPFI事業として実施した。

この消化ガス有効利用は、本市初のPFI事業として、平成18年4月に特別目的会社である大阪バイオエナジー(株)(以下、OBE)と事業契約を交わしており、その設備概要及び事業概念図を示す(図-1、図-2、表-1参照)。事業の概要は、本処理場からOBEへ消化ガスを供給し、OBEは消化ガスを燃料として発電した電力と発電の廃熱等を利用して生成した温水(熱)を本処理場に供給するものである。この供給電力量は本処理場で使用する電力量の約35%、温水(熱)は消化槽加温に必要な全熱量を賄うものである。

設備面での特徴は、消化ガスエンジン発電設備と温水器に加え、電力貯蔵システム(NAS電池)を設置していることである。この電力貯蔵システムは、本処理場が電気事業者から購入する電力の契約電力の低減や消化ガス

エンジン発電設備の点検時等のバックアップとして貢献している。

本事業は、平成19年9月に施設運営が開始されて以来、大きなトラブルもなく順調に運営されており、消化ガスの利用量、供給電力量及び温室効果ガスの排出量削減とも計画値を満足している(表-2参照)。

3. 消化ガス有効利用量の増加に向けた新たな取組

これまでの事業の運営状況はSPCの事業計画値を満足しているものの、消化ガスはその計画値より若干多く発生しており、未利用である余剰ガスが存在している(表-2参照)。この余剰ガスを活用しOBEからの供給電力量を増加させることで、本市にとって温室効果ガスの排出量をさらに削減できる利点がある。しかし、供給電力量の増量は、消化ガス発電設備の運転時間の延長による維持管理費用の増加につながるため、OBEにとってもその費用の補償や利点が必要である。

事業契約では、年間の供給電力量と温室効果ガスの削減量について計画値を満足するよう義務付けがされているが、消化ガスの利用量についての取り決めは特でない。余剰ガスを有効利用することにより事業効果



図-1 津守下水処理場消化ガス有効利用の施設全景

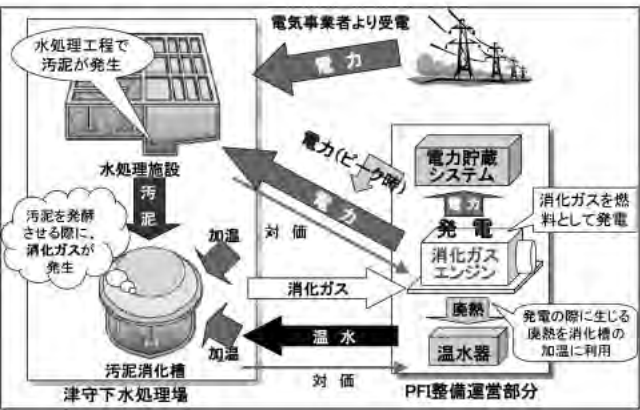


図-2 津守下水処理場消化ガス有効利用の事業概念図

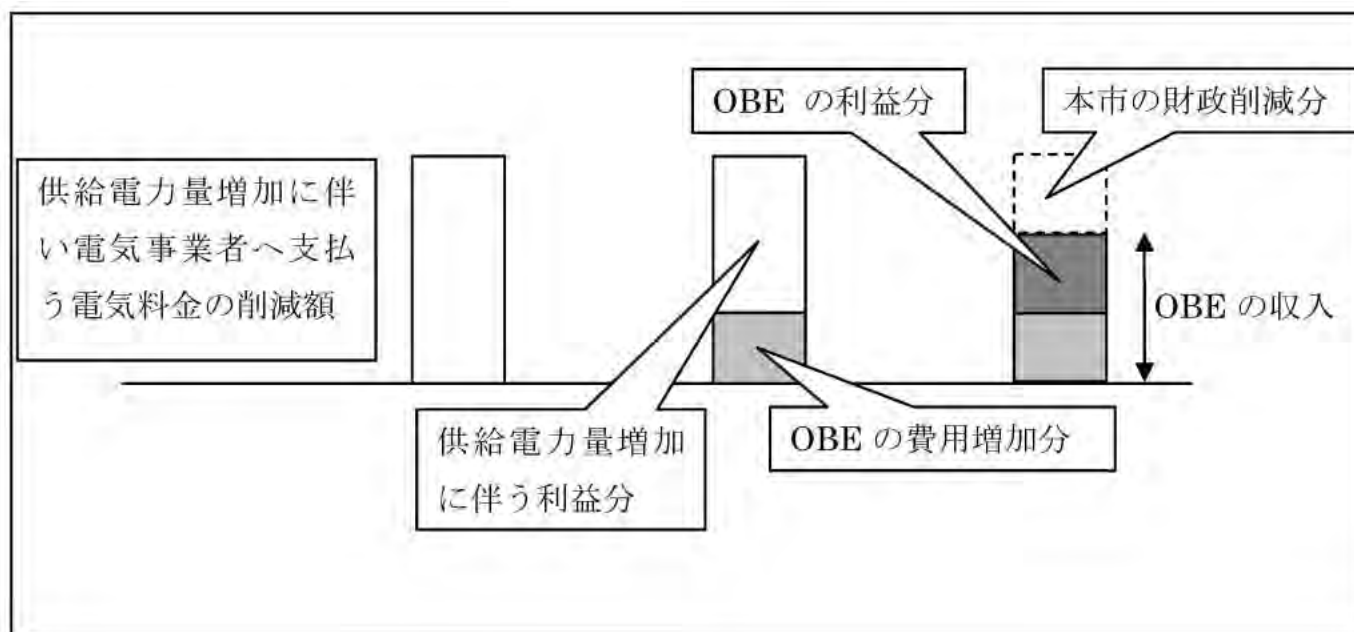
表-1 津守下水処理場消化ガス有効利用の設備概要

名称	能力	数量	備考
消化ガス発電設備	793kW	3 台	常用
消化ガス発電設備	440kW	1 台	予備
温 水 器	6,299MJ/h	2 台	
電力貯蔵システム	1,500kW	1 式	

表－２ 津守下水処理場消化ガス有効利用の運営状況

	消化ガス利用量 (万 Nm3)	供給電力量 (万 kWh)	温室効果ガス削減量 (t-CO2)	余剰ガス量 (万 Nm3)
SPC の事業計画値	681	1,290	4,210	30
平成 19 年度	394	713	2,491	296
平成 20 年度	697	1,329	4,713	59
平成 21 年度	704	1,369	4,865	47

(注) 平成 19 年度は 9 月以降の実績値



図－３ インセンティブ料金制度 概念図

をさらに高めることが期待できる状況であったため、本市とOBEは協議を行い、インセンティブ料金制度を導入することとした。

これは、OBEの供給電力量を増加することで電気事業者から購入する電力料金を削減し、その「電気事業者から購入する電気料金の削減額」から「OBEの費用増加分」を差し引いた「供給電力量増加による利益分」を本市とOBEが配分する制度で、OBEも経済的利点を持ったものである（図－３参照）。本事業ではこの制度を平成22年度から導入しており、現状から年間最大で約200t-CO₂の温室効果ガスの排出量削減が見込まれ、今年度の運営実績への効果について注目している。

４．おわりに

本処理場の消化ガス有効利用事業は、本市初のPFI

事業として平成19年9月の施設運営の開始以来、順調な運転状況で温室効果ガスの排出量削減とコスト縮減に貢献している。現状ではSPCの事業計画値以上の消化ガスが発生しているため、未利用の余剰ガスが存在しており、事業効果向上の余地は残されている。このため、インセンティブ料金制度を今年度から導入し、消化ガスの有効利用量の増加に努めているところである。

今後はインセンティブ料金制度の効果を検証し、また、本処理場以外でも消化ガス有効利用を推進することで一層の温室効果ガスの排出量削減に取り組んでいきたいと考えている。

注１．削減目標については、国や国際的な動きなど流動的な要素が多いため、「大阪市地球温暖化対策実行計画（仮称）」の策定まで引き続き検討することとされている。

特集：地球温暖化対策としての有効利用

解 説

石炭火力発電所における
バイオマス資源活用
取組み状況について

電源開発株式会社環境エネルギー事業部リサイクル・バイオマスグループ 課長

椎 屋 光 昭

キーワード：石炭火力、地球温暖化、CO₂、低温炭化、バイオマス

1. はじめに

近年、化石エネルギー資源の逼迫や枯渇、地球温暖化問題が懸念されるなか、2009年6月にバイオマス活用推進基本法が制定されるなど、カーボンニュートラルで再生可能なバイオマス資源が新しいエネルギー源として注目されている。

また、2010年6月我が国のエネルギー政策の基本的な方針「エネルギー政策基本法」に基づき、「エネルギー基本計画」が全面的に見直され、地球温暖化対策、エネルギー自給率向上、エネルギー源多様化、環境関連産業育成等の観点から、2020年度までに一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合を10%にすることが謳われている。その目標達成のための具体的な施策のひとつとして、再生可能エネルギーの固定価格買取制度の創設に向けた検討が行われており、太陽光発電、風力発電、中小水力発電、地熱発電に並んでバイオマス発電が対象となっている。

バイオマスの燃焼によって発生するCO₂は、生物の生長過程で光合成により大気中のCO₂を吸収した有機物であることから、私たちのライフサイクルの中では大気中のCO₂を増加させない「カーボンニュートラル」

と呼ばれる特性を有している。このため、化石資源由来のエネルギーや製品をバイオマスで代替することにより、地球温暖化を引き起こす温室効果ガスの排出削減に大きく貢献することができると共に、廃棄物の発生を抑制し、循環型社会の構築に向けて、バイオマスは非常に重要な役割を担っている。

さらに、2009年7月に成立した「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」に基づき電気事業者に太陽光、原子力等の非化石電源を2020年までに50%以上とする等、非化石電源の利用を拡大することが義務付けられており、バイオマスエネルギーの活用は益々重要な位置付けとなっている。

なかでも、バイオマス資源を粉碎や乾燥、炭化、改質などそれぞれの性状に応じた処理を行い、バイオマス燃料として既設石炭火力発電所で混焼利用することは、新たに付加する設備を最小限に抑え、量や質の変動に柔軟に対応でき、長期安定的な有効活用が可能であり、小規模のバイオマス専焼発電に比べて高い発電効率が維持できるため、その普及拡大に向けた取組みが積極的に行われている。図1に石炭火力発電所におけるバイオマスエネルギーの活用イメージを示す。

2. バイオマス資源の活用状況

我が国における主なバイオマス資源の賦存量と活用状況を図2に示す。バイオマスは一般的に広く・薄く賦存し、水分含有量が多いことから収集・運搬・加工にコストを要し、経済性の問題等から十分に活用されていない。

現在、電気事業者によって取り組まれているバイオマス資源としては、製材工場等残材、建設発生木材、林地残材、下水汚泥など、一般廃棄物などとなっており、今後バイオマスの種類や混焼地点及び量の拡大が図られるものと思われる。

〔公共系〕

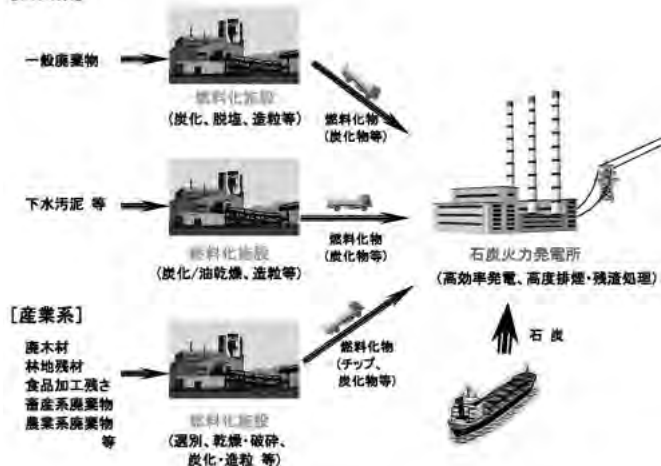


図1 石炭火力発電所におけるバイオマスエネルギーの活用イメージ

対象バイオマス	年間発生量	バイオマスの利用状況
畜舎排せつ物	約8,900万トン	未利用 約100%
食品廃棄物	約2,200万トン	一部燃料利用 20% 未利用 80%
廃紙	約1,600万トン	資源として回収されず、その大半が焼却
パルプ廃液（乾燥残渣）	約1,400万トン	エネルギー回収（乾燥残渣）
製材工場等残材	約500万トン	一部燃料利用 約10%
建設発生木材	約480万トン	一部燃料利用 約10%
林地残材	約370万トン	一部燃料利用 約10%
下水汚泥（濃縮汚泥ベース）	約7,500万トン	一部燃料利用 約10%
農作物非食用部（稲わら、もみ殻等）	約1,300万トン	一部燃料利用 約10%

出展：バイオマス・ニッポンパンフレット

図2 バイオマス資源の賦存量と活用状況

3. 石炭火力発電所での混焼活用

既設石炭火力発電所においてバイオマス燃料を混焼活用する場合、一般的に図3に示す通り受入ホッパ、

受入コンベア、バイオマス燃料貯蔵槽、バイオマス燃料計量コンベア等で構成される新たにバイオマス燃料受払設備を設置し、貯炭場から石炭をボイラに搬送する運炭コンベア部で石炭と混合させ、石炭とバイオマス燃料を同時に既設微粉炭機で粉碎してバーナに供給して燃焼する方法が採られている。

バイオマス燃料の混焼率としては、下水汚泥系や一般廃棄物系の場合、スラッキング性やファウリング性及び腐食性の問題などから混焼率は3～5%程度が限度であると考えられる。

木質系チップの場合、微粉炭機での粉碎性低下による燃焼性の悪化などから混焼率は1%程度が限度であると考えられるが、ペレットの場合、燃料製造時に粉碎することから、5%程度の混焼も可能となる。

実際の混焼利用にあたっては、バイオマス燃料の性状及び既設石炭火力発電所のボイラや微粉炭機の型式、燃焼特性、環境特性等を踏まえ、最適な混焼方式や混焼率を検討する必要がある。

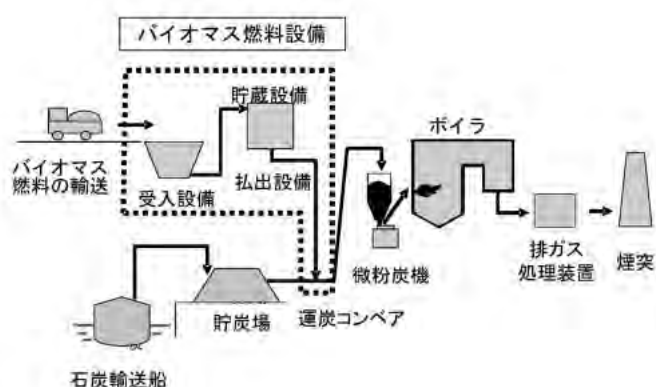


図3 石炭火力でのバイオマス燃料混焼利用方法

4. 下水汚泥バイオマスの燃料化技術

石炭火力発電所で下水汚泥バイオマスを混焼活用するためには、含水率を低減させる等の加工を加えて燃料としての価値を高め、有価物として取扱う必要がある。下水汚泥燃料化技術に求められる要素として「高発熱量」、「低自然発火性」、「低臭気」が挙げられる。

燃料化技術としては「乾燥」と「炭化」に大別されるが、乾燥方式による燃料化は発熱量が高く、技術的にシンプルであるが、汚泥臭や湿潤すると汚泥に戻るなど、取扱いに十分な注意が必要である。一方、高温炭化方式は炭化温度が600～800℃と高温のため臭気は低減されているが、炭化物の発熱量が低く石炭混焼燃料としてはあまり適さない。

そのため電源開発（Jパワー）では、下水汚泥燃料製造から燃料物の混焼利用まで一貫して行うことによ

り、下水汚泥燃料化リサイクルシステムの普及促進を図るため、石炭混焼燃料に適した低温炭化燃料化技術を2004年より月島機械(株)及びメタウォーター(株)と共同で開発、高温炭化及び中温炭化(炭化温度約500℃)と比較して低温域(炭化温度250～350℃)で炭化を行うことで、炭化物の高発熱量化を図り、炭化装置内への蒸気添加や炭化前造粒により、自然発火性の抑制及び臭気の低減を実現し、石炭混焼用燃料としての適用性が飛躍的に高められている。本技術は、2006年度から日本下水道事業団と共同研究を実施し、2007年度技術評価委員会による評価が完了している。

(1) 低温炭化燃料化システムの概要

図4に低温炭化燃料化システムのプロセスフロー例を示す。脱水汚泥を熱風乾燥機により水分20～30%程度まで乾燥後、造粒機でφ5～10mm～15mmL程度のペレット状に成型し、250～350℃で外熱キルン型炭化炉により約60分間低酸素状態で蒸し焼きにして炭化する。炭化炉からの熱分解ガス及び乾燥機排ガスは、再燃炉にて高温処理し無害化する。

システムを構成する乾燥機や炭化装置等の各機器は、下水処理場や産業界で広く一般的に使われている機器の組合せであり、信頼性が高く運転・維持管理なども容易である。

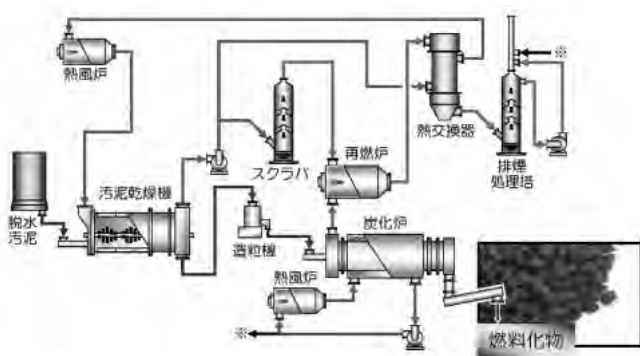


図4 低温炭化燃料化システムのプロセスフロー例

(2) 低温炭化燃料化物の性状

炭化温度と乾燥汚泥に対する燃料物組成変化及び発熱量の関係を図5に示す。炭化温度の上昇に伴い可燃分は減少するが、炭化温度350℃程度までは燃料物1kg当たりの発熱量はほとんど減少せず、燃料価値の高い燃料物が得られる。これは、350℃程度までの温度域では、可燃分中の酸素の減少率が大きく、発熱量の高い炭素の比率が相対的に高まるためである。

低温炭化燃料性状例を表1に示す。燃焼性は、石炭に比べて燃料比が小さいことから石炭より良好である。また、窒素分、硫黄分、灰分が石炭に比べて若干多いものの、混焼率を考慮すれば環境特性に影響を及ぼさない。

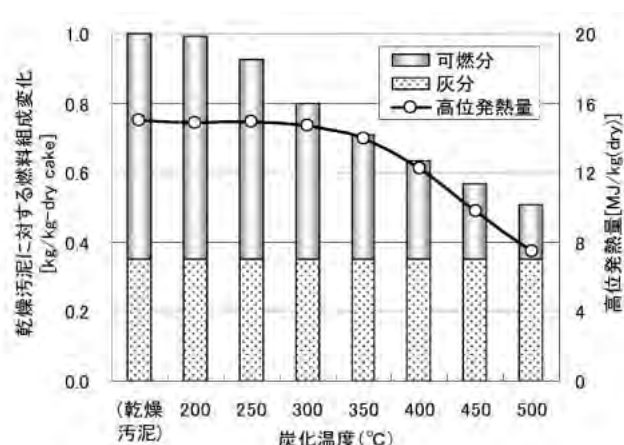


図5 炭化温度と燃料組成変化及び発熱量の関係

表1 燃料物性状測定例

項目	単位	未消化汚泥		消化汚泥		石炭 (豪州炭)
		脱水汚泥	炭化物	脱水汚泥	炭化物	
水分	% (wet)	80～83	< 4	78～79	< 2	8
総発熱量	MJ/kg (dry)	18.9～19.5	19.3～20.4	14.6～15.0	14.6～16.2	28
炭素(C)	% (dry)	41～44	44～46	32～33	33～35	71
窒素(N)	% (dry)	3.9～4.7	4.6～5.7	4.4～4.5	4.5～4.8	1.6
硫黄(S)	% (dry)	0.67～0.87	0.59～1.1	1.3～1.5	1.2～1.3	0.7
灰分	% (dry)	13～17	18～22	36～38	40～44	15
燃料比	—	0.18～0.19	0.33～0.38	0.17～0.19	0.25～0.27	1.9

(3) 低温炭化技術による温室効果ガス削減効果

下水汚泥はカーボンニュートラルなバイオマス資源であり、燃焼に伴って発生するCO₂は温室効果ガスの発生量としてカウントされない。しかし、下水汚泥は窒素分を多く含んでいることから、燃焼時に発生するN₂Oは他の廃棄物と比較して多く、温室効果がCO₂の310倍であることを考慮すると、地球温暖化に与える影響は大きい。

図6に下水道施設における温室効果ガス排出の内訳を示すが、処理場内の電力消費に伴うCO₂排出量が約半分を占めているものの、汚泥焼却に伴うN₂Oが約1/4を占めていることが分かる。

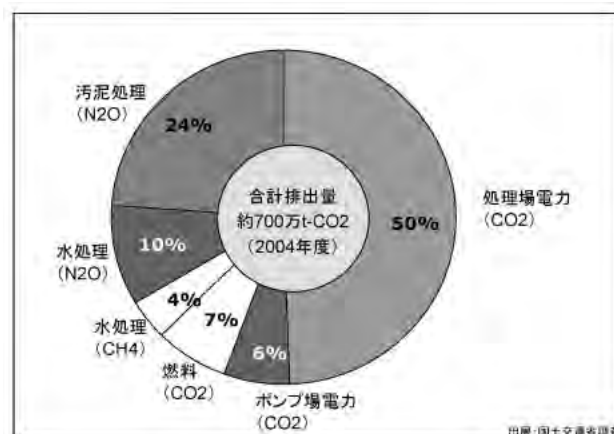


図6 下水道施設における温室効果ガス排出の内訳

表 2 に、炭化と焼却の各処理方式における脱水汚泥 1t 当たりから排出される N₂O 排出量を示す。低温炭化における N₂O 排出量は他の処理方式と比較して大幅に低減されており、CO₂換算の排出量では低温炭化の温室効果ガス削減効果が極めて大きいことが分かる。これは、炭化温度と N₂O 排出量及び窒素分の排ガス移行率には相関関係が認められ、炭化温度が低いほど下水汚泥に含まれる窒素分が排ガスへ移行する比率が低いいためと考えられる。

汚泥処理を焼却方式から低温炭化燃料化方式に転換した場合の温室効果ガス削減効果について、表 3 に示す前提条件に基づく実機規模における低温炭化、中温炭化及び流動焼却（高温燃焼）の試算結果を図 7 に示す。低温炭化では N₂O 排出量が流動焼却の 1/20 程度と低減効果が極めて大きく、排出量全体として流動焼却を下回る。また、温室効果ガス削減量は低温炭化が圧倒的に多い。これは、低温炭化では燃料として回収できる熱量が多く、燃料利用先で削減できる温室効果ガス量が多いことを示している。

このように、地球温暖化対策から見た下水汚泥のバイオマスエネルギー利用は、石炭混焼利用に伴う温室効果ガス削減のみならず、下水処理場における温室効果ガス削減にも寄与することから、地球温暖化対策にとって非常に有効な手段である。

表 2 汚泥処理方式による N₂O 排出量

方式	N ₂ O 排出量	地球温暖化係数	CO ₂ 換算排出量	出典
	[kg-N ₂ O/t-cake]		[kg-CO ₂ /t-cake]	
低温炭化 (250～350℃)	0.03	310	9.3	予測値
中温炭化 (500℃程度)	0.13	310	40	文献値 ²⁾
高温炭化 (600～800℃)	0.146	310	45	文献値 ³⁾
流動焼却 (高温焼却)	0.645	310	200	文献値 ⁴⁾
流動焼却 (通常焼却)	1.51	310	468	文献値 ⁴⁾

表 3 温室効果ガス排出量の試算条件

項目		単位	設定値	備考
処理規模		t/日	100	想定値
汚泥性状	水分	%	78	想定値
	可燃分	%	85	想定値
使用燃料		—	都市ガス	想定
N ₂ O 排出係数		kg-N ₂ O/t	表2より	—

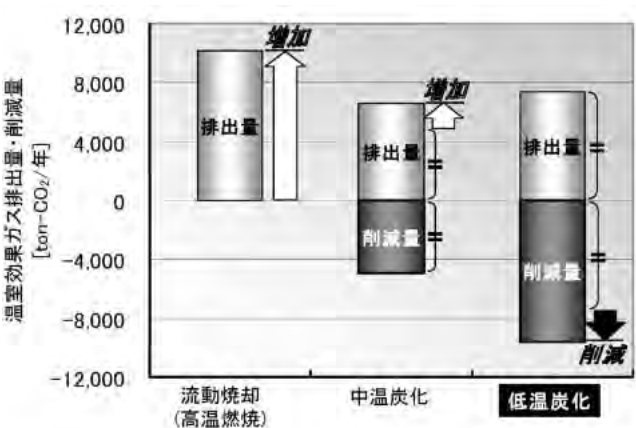


図 7 温室効果ガス排出量および削減量試算結果

5. Jパワーの取組み事例

(1) 油温減圧乾燥方式

油温減圧乾燥方式で製造された油乾燥燃料を対象に 2003 年 8 月から長崎県松浦市に位置する松浦火力発電所（100 万 kW × 2 基）において実機混焼試験を実施し、その成果を踏まえ 2006 年 4 月より国内で初めて本格混焼運用を開始し、現在も順調に混焼を継続している。

年間約 1,800 t（含水率 80% の脱水汚泥として約 6,400 t）の油乾燥燃料混焼により、発電所の石炭使用量が約 1,700 t / 年削減され、温室効果ガスが約 3,900 t - CO₂ / 年削減される。

(2) 低温炭化方式

J パワーは、月島機械・メタウォーター・月島テクノメンテサービスと共同で「広島市西部水資源再生センター下水汚泥燃料化事業」の事業契約を広島市と 2009 年 3 月締結し、2012 年 4 月運営開始に向けて設計・建設を進めている。図 8 に事業スキーム、図 9 に施設外観図を示す。

本事業は、日本初となる下水汚泥の低温炭化燃料製造技術を用い、施設の設計・施工・維持管理・運営・燃料化物販売・石炭火力での混焼利用まで一貫体制で実施する、下水汚泥燃料化リサイクル事業である。これにより、民間のノウハウを活用したより効率的で長期安定的な事業運営を展開し、下水汚泥の資源化を促進すると共に、温室効果ガスの削減による地球温暖化防止に貢献するものである。

① 温室効果ガス削減効果

本事業実施に伴う温室効果ガス削減効果は、燃料化施設の廃熱を温水として最大限回収し、下水処理場内の消化槽加温に供給することで廃熱の有効利用を図

り、温水供給により得られた消化ガスを燃料化施設で利用することで化石燃料使用量“ゼロ”を達成し、温室効果ガスの大幅な削減が図られている。下水処理場では、従来の汚泥焼却処理（多段式焼却炉）方式によって温室効果ガスがCO₂換算で約13,300 t-CO₂/年（2006年度実績）排出されていたが、燃料化方式では約4,600 t-CO₂/年に削減されることから、約8,700 t-CO₂/年の削減となる。この削減量は、広島市下水道事業における温室効果ガス排出量の約13%に相当する。

一方、本事業で製造される炭化燃料化物を広島県竹原市に位置するJパワー竹原火力発電所で混焼利用することにより、発電所の石炭使用量が約2,700 t/年削減され、温室効果ガスが約6,400 t-CO₂/年削減される。これは一般家庭約3,000世帯/年のCO₂排出量に相当する削減効果である。

②エネルギー収支

本事業実施に伴うエネルギー収支は図10に示す通り、脱水汚泥から炭化燃料化物を製造するのに消費した電気及び消化ガスのエネルギーから燃料化施設より温水として返還されるエネルギーを差し引くと+53,490GJ/年、生み出された炭化燃料化物のエネルギーから利用先まで輸送するのに消費した軽油エネルギーを差し引くと-70,180GJ/年となり、全体のエネルギー収支は-16,690GJ/年の創エネとなっている。これは脱水汚泥1tから約600MJの純国産バイオマスエネルギーを創出していることとなり、事業の意義は大きい。

また、消化ガスは元々汚泥中の有機分から生産されていることから、消化ガスに関連するエネルギー（消化ガス及び返還エネルギー）を除外すると、エネルギー収支は-59,350GJ/年となり、脱水汚泥1 tから約2,100MJの純国産バイオマスエネルギーを創出していることとなる。

6. おわりに

全国の石炭火力発電所で消費している石炭の使用量は約7,850万 t/年（2006年度）であり、石炭にバイオマス燃料を3%混焼する場合約235万 t/年ものバイオマス燃料が必用であり、Jパワーだけでも56万 t/年のバイオマス燃料が必用なことから、利用先として見た場合石炭火力発電所は非常に大きなポテンシャルを有していることが分かる。

バイオマス資源のひとつである下水汚泥燃料の石炭火力発電所での混焼利用は、下水処理場および石炭火力発電所の地球温暖化防止対策と循環型社会構築に大きく寄与することから、既に多くの自治体において下水汚泥燃料化リサイクルシステム導入検討が進められ

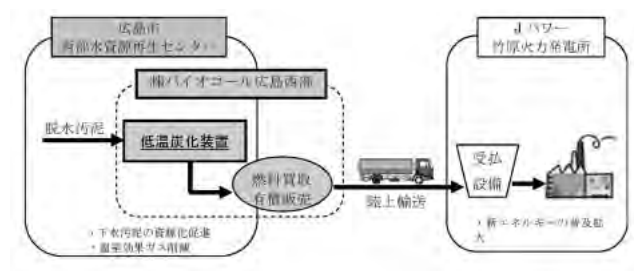


図8 広島市下水汚泥燃料化事業スキーム



図9 低温炭化燃料化施設外観図

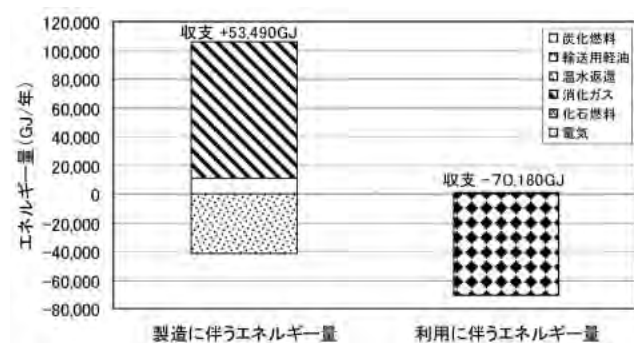


図10 下水汚泥燃料化に伴うエネルギー収支

ており、今後益々拡大して行くものと思われる。

しかし、事業化に当たっては廃掃法やコスト、燃料化物利用先などの課題もあり、温室効果ガス削減効果を踏まえた更なる促進対策が望まれる。

7. 参考文献

- 1) 国土交通省：資源のみの実現に向けて報告書；資源のみの委員会
- 2) 上野知威：下水汚泥炭化燃料の実用化，バイオ燃料㈱、環境と地球No.17（2006）
- 3) 下水道新技術推進機構：炭化システム技術資料
- 4) 環境省：温室効果ガス排出量算定・マニュアル
- 5) 椎屋光昭：下水汚泥を活用した石炭火力発電所のCO₂削減の取組み事例と今後の展望，新都市第64巻第5号
- 6) 小川健一：広島市における下水汚泥燃料化設備の現状，環境浄化技術Vol 9, No.12（2010）。

特集：地球温暖化対策としての有効利用

解 説

都市ガス事業者による下水道資源の
エネルギー利用に向けた取り組み

社団法人 日本ガス協会 バイオガス利用促進センター所長

藤 田 昭 幸

キーワード：バイオガス、コージェネレーション、都市ガス、オンサイト

1. はじめに

わが国では、昨年7月、いわゆる「エネルギー二法」の成立により、それまでの「脱石油」政策から、「非化石エネルギー源の利用」政策に大きく転換し、都市ガス事業者にはバイオガス利用目標が設定されることになりました。また、本年6月には、エネルギー基本計画が改定（閣議決定）され、下水処理場や地方自治体との連携による都市ガス導管注入実証事業、精製設備の高効率化の技術開発などを行い、官民連携のもとバイオガスを利用拡大していく方針が明記されました。

こうした新たな潮流の中、都市ガス事業者は、バイオガス利用を促進するため、「バイオガス利用促進センター」を日本ガス協会内に設置するとともに、都市ガスの精製・利用で培った技術などを活用して様々な取り組みを進めています。以下、下水汚泥等の未利用エネルギーの有効利用という視点に着目し、都市ガス事業者の最近の取り組みについて説明します。

2. 下水汚泥のエネルギー利用

(1) 資源としての特性

バイオマス資源は、家畜排せつ物、製材工場、下水汚泥、食品廃棄物等多岐にわたりますが、建築資材・飼料・肥料等でのマテリアル利用が多く、エネルギー利用という観点では必ずしも十分に利用されているわけではありません。

その中で、下水汚泥は、比較的、資源として纏まって賦存しており、都市ガス供給エリア内で未利用となっている事例もあることから、都市ガス事業者によるバイオマス資源のエネルギー利用促進の取り組みの中で重要な位置づけを占めています。

(2) 下水汚泥のエネルギー利用の状況

わが国における下水汚泥のエネルギー利用ポテンシャルは、原油換算で約100万k l程度と見込まれますが、その内、エネルギー利用されているのは約1割程度です。

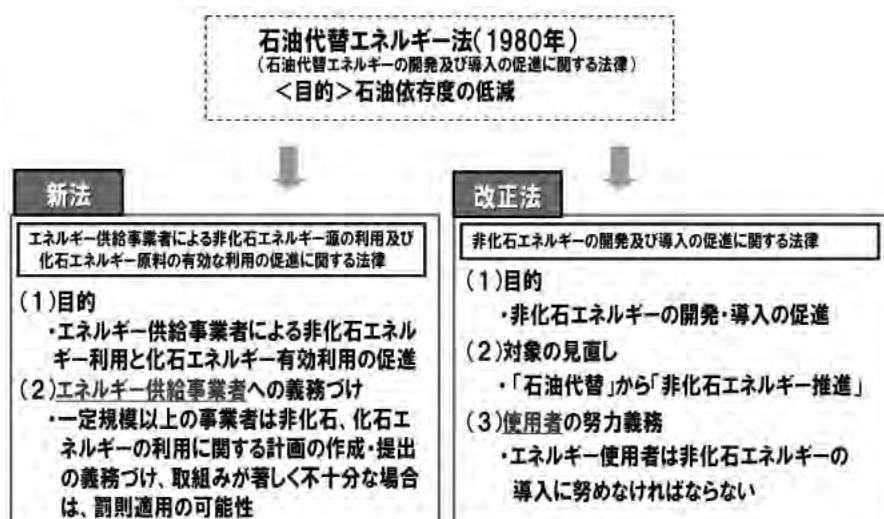


図-1 「新法」及び「改正法」の概要

これは、

- ① 建築資材・たい肥利用が多いこと、
- ② 下水処理では汚泥の減量化が最大の目的で、消化槽設置によるガス化は二次的な性格のものであったこと、
- ③ 消化槽等の設置には一定以上のスペースが必要で、その維持にもコストがかかること、などを反映していると考えられます。

3. 都市ガス事業者の取り組み

都市ガス事業者は、2006年1月に開催された第14回新エネ部会において、関係者のご理解・ご協力を得つ

つ、下水処理場等のバイオガス発生場所(オンサイト)でのバイオガス利用を中心に取組んでいくことを表明しました。以降、具体的な取り組みとして、バイオガス利用促進のための技術開発、技術供与、コンサルティング、活用検討・情報提供等を進めています。

こうした中、昨年7月、「エネルギー二法」、すなわち、エネルギー供給構造高度化法と呼ばれる「新法」と、非化石エネルギー法と呼ばれる「改正法」が成立しました。これらは、いずれも非化石エネルギーの開発・導入促進を目的としています。「新法」は、“エネルギー供給事業者”に対して、また、「改正法」は、“エネルギー使用者”に対して、非化石エネルギーの利用を求めるものです。(図-1)

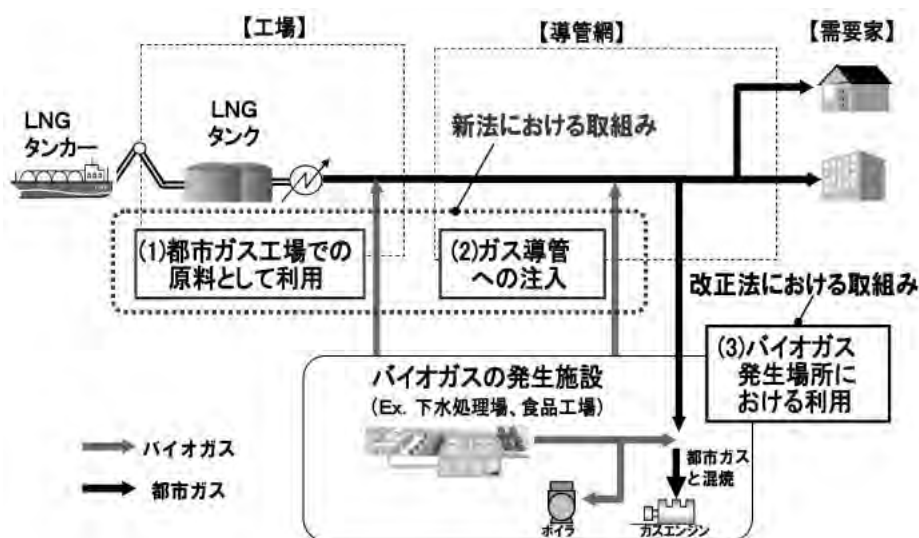


図-2 都市ガス製造・供給・利用におけるバイオガス利用のイメージ

都市ガス事業におけるバイオガス利用促進に向けた取り組みは、大別して、

- ① 都市ガス工場での原料としての利用
 - ② ガス導管への注入
 - ③ オンサイトにおける利用
- の3つに分かれます。

①の「都市ガス工場での原料としての利用」、②の「ガス導管への注入」については、「新法」の枠内において都市ガス事業者の義務対象となる取り組みです。③の「オンサイトにおける利用」は、「改正法」の枠内において下水処理場等のエネルギー使用者側が実施するものです。都市ガス事業者としては、引き続き、オンサイトを中心として技術提供等により利用促進に貢献したいと考えています。(図-2)

以降で、上記①、②、③の取り組みを中心に都市ガス事業者の取り組みについて具体的に説明します。

(1) 都市ガス工場での原料としての利用

この利用形態を実現するには、成立条件として

- ①「バイオガス発生施設と都市ガス工場が隣接し、一定の投資採算性が見込めること」、及び
 - ②「バイオガスの品質、圧力、量、価格等が受け渡し条件を満たすこと」
- という2つを満たす必要があります。

金沢市と長岡市の先行事例は、下水処理場と都市ガス工場が隣接しているため、こうした要件をクリアーし、下水処理場で発生したバイオガスを都市ガス工場

で原料として活用するスキームが実現したものです。(図-3)

(2) ガス導管への注入

2008年、大手都市ガス4社(東京、大阪、東邦、西部)は、ガス導管でバイオガスを受け入れるための条件を示したバイオガス購入要領を策定しました。前記①の「都市ガス工場での原料としての利用」と同様、このスキームを実現するには、「バイオガスの品質」や「立地場所」等の成立条件を満たすとともに、以下に示す課題をクリアーする必要があります。

- 精製等に多額の設備投資を要するため、一定量以上のバイオガス発生量が必要なこと
- 初期投資、増熱用LPG、運営維持管理等のランニングコストを見込んだ上で、都市ガス事業者のバイオガス購入要領に規定された価格で事業の経済性確保が可能なこと
- 投資回収や補助金条件(財産処分の制限等)の観点から長期の事業期間が必要なこと
- バイオガス供給量の変動やLPG代金の変動等への対応が必要なこと

そのため、まずオンサイトでの利用を行うことが合理的ですが、その上で一定以上の余剰が発生した場合には本スキームを活用し、バイオガスの有効利用を図ることができると考えています。ガス事業者としては、2009年度補正予算で創設されたバイオガス都市ガス導管注入実証事業の成果を踏まえ、関係者と協力し、更なるバイオガス利用促進に結び付けたいと考えてい

成立条件

- (1) バイオガス発生施設と都市ガス工場が隣接し、一定の投資採算性が見込めること
- (2) バイオガスの品質、圧力、量、価格等の受け渡し条件を満たすこと

実施事例

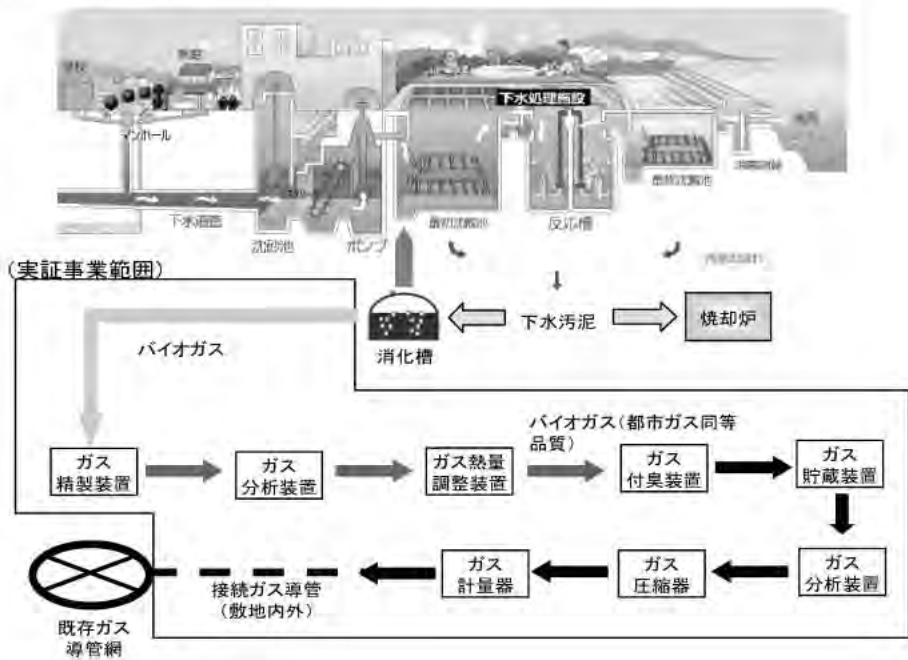
- 金沢 (臨海水質管理センター ⇒ 金沢市企業局 港エネルギーセンター)【2005年導入】
長岡 (長岡中央浄化センター ⇒ 北陸ガス(株) 蔵王工場)【1999年導入】

<金沢市事例>



図-3 都市ガス工場での原料としての利用

①事業範囲(イメージ図)



②事業概要

事業者名	株式会社神鋼環境ソリューション
設備の所在地	神戸市東灘区魚崎南町 2-1-23 神戸市建設局東水環境センター
ガス供給先	大阪ガス株式会社
バイオガスの種類	下水消化ガス
供給予定量	約 7 6 万 m ³ -45MJ/年

図ー4 2009年度バイオガス都市ガス導管注入実証事業の概要（下水道バイオガス利用の場合）

ます。(図ー4)

(3) オンサイトにおける利用

下水処理場でのバイオガス利用技術には、バイオガスコージェネレーション、バイオガスボイラ、バイオガス自動車、熱分解ガス化等があります。

以下、バイオガスコージェネレーションについて説明します。これは、下水処理場で発生する消化ガスをバイオガスコージェネレーションで高効率にエネ

ギー変換を行い、得られた電気、蒸気は処理場内で使用し、温水も消化槽の加温等に利用できる高効率なシステムです。都市ガス利用技術を活用し、混焼システムとし、発生量・熱量が季節、時間変動するバイオガスと、安定している都市ガス（13Aガス）を混合・燃焼（混焼）することにより、コージェネレーションの連続運転が可能となります。これにより、供給エネルギーを安定させ、利用しやすいエネルギー形態に変換するとともに、製造したバイオガスを100%利用する



図ー5 都市ガスによるバイオガス利用の安定化（イメージ）



図-6 バイオガス利用拡大に向けた技術開発事例

ことで、更なる省エネルギー、経済性が実現できます。
(図-5)

(4) 技術開発

次に、これまで都市ガス事業者が取り組んできた下水道資源のエネルギー利用の促進に向けた技術開発について説明します。

①バイオガスの利用促進

ガス事業者としては、未利用バイオガスの利用のため、バイオガス化、精製、貯蔵、バイオガスの高効率利用などの各分野において技術開発に取り組んできました。こうした取り組みにより、未活用バイオガスの利用や、既に利用しているバイオマスからのガス化効率の向上、既存システムの高効率利用などに貢献していきたいと考えています。(図-6)

②下水熱等の未利用エネルギーの利用促進

本年5月に策定された「国土交通省成長戦略」において、下水熱等の未利用エネルギーの有効利用が取り上げられています。都市ガス事業者も、下水処理水をはじめとした低温未利用エネルギーを冷暖房に有効利用するシステムの開発を進めています。具体的な成果として、近時、駆動熱源として蒸気に加えてコージェネレーションシステムの廃熱や太陽熱を一部活用する大型空調機「蒸気焚(だ)き高効率二重効用吸収ヒートポンプジェネリンク」をメーカーと共同で開発しています。この空調機は、低温未利用エネルギーを夏は冷却水として冷房に、冬は熱源水として暖房に活用

することにより、従来システムと比べ大きな省エネ・CO₂削減を実現するものと期待されています。

4. 最後に

熱エネルギーは、オンサイトでの利用が最も合理的であり、まずオンサイトで活用すべきと考えます。バイオガスを始めとした下水道資源についても、オンサイトで利用した上で、なおも余剰が発生する場合には、その余剰分をガス導管への注入等により活用していくことを検討すべきと考えます。都市ガス事業者としては、中長期的にも下水道資源の利用が拡大するように、オンサイトでの利用促進、工場及びガス導管での受入れ、技術開発などを積極的に進めていきたいと考えています。

しかし、下水道資源の中でバイオガスとしてすぐにエネルギー利用できる量は限られています。また、他の新エネルギーと同様、バイオガス利用にあたっては、高コストのため経済性がなかなか成立しないのが実態です。従って、今後、民間活力を活用し下水道資源のエネルギー利用を促進するには、そのための支援制度・政策の拡充、規制緩和の措置などが必要と考えます。こうした課題を解決するためには、下水処理場でのバイオガス発生施設を所轄する国土交通省、自治体を始めとした皆様のご理解・ご協力が必要不可欠です。是非ともバイオガスの発生やエネルギー利用の促進に対するご支援とご協力をお願いしたいと考えます。

特集：地球温暖化対策としての有効利用

解 説

バイオマスタウン構想と
関係施設の現状

社団法人地域資源循環技術センター

岡 庭 良 安

キーワード：バイオマスタウン、バイオマス変換、堆肥化施設、メタン発酵施設

1. バイオマスタウンとは

バイオマスタウンとは、地域に賦存するバイオマスが、広く地域の関係者の連携の下、収集・運搬から利用までのプロセスが効率的に結ばれた総合的利活用システムが構築され、安定的かつ適正なバイオマス利活用が行われているか、あるいは今後行われることが見込まれる地域をいう。政府においては、平成14年12月に「バイオマス・ニッポン総合戦略」を閣議決定し、平成18年3月に同戦略の見直しを行った。また、平成16年からは、市町村が中心となって地域の廃棄物系バイオマスを炭素量換算で90%以上又は未利用バイオマスを炭素量換算で40%以上利活用するシステムを有することを旨とする利活用の構想を作成し、その実現に向けて取り組む「バイオマスタウン」の構築を推進してきた。平成22年7月現在、ホームページ上に公表され、地域や関係府省（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）で共有されているバイオマスタウン構想（以下「タウン構想」という。）は283件ある。バイオマスの賦存状況や需要の条件等は、地域によって異なることから、生産、収集、変換、利用のシステムも地域ごとの特性を活かし

て創意工夫あふれる取組を推進することが記載されている。タウン構想を公表する市町村の役割は、バイオマスタウン形成の目標に向かう道筋を関係者に示し地域全体をまとめることであり、地域の活性化と環境意識を高める観点から構想が策定されている。

本稿では、地域資源循環技術センター（以下「JARUS」という。）のバイオマス技術情報データベースの情報や、日本有機資源協会（以下「JORA」という。）のバイオマスタウン構想分析DB、及び最近の関連情報を元に、バイオマスタウン形成の取組を推進している市町村、及びバイオマス利活用事業を具体化している市町村を紹介する。

2. タウン構想の事例と内容

2-1 タウン構想の概要

タウン構想の主な取組み事例を図-1に示す。佐渡市におけるトキとの共生など、タウン構想がテーマとする地域の特徴を反映した様々な取組みが紹介されている。

2-2 タウン構想の中の技術要素

現在公表されている283地区のタウン構想はバイオマス情報ヘッドクォーター¹⁾に掲載されている。また、その要約や利用対象バイオマス等の概要は、

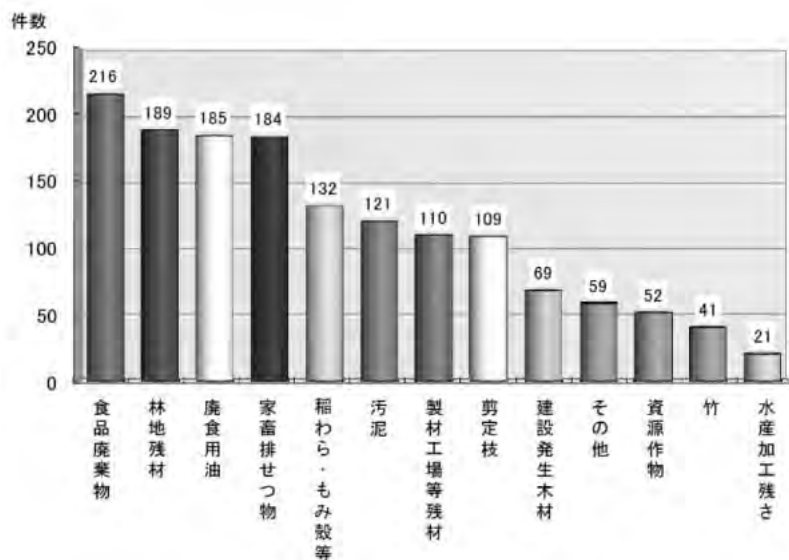


図ー1 バイオマスタウン構想における主な取組み例（農林水産省資料）

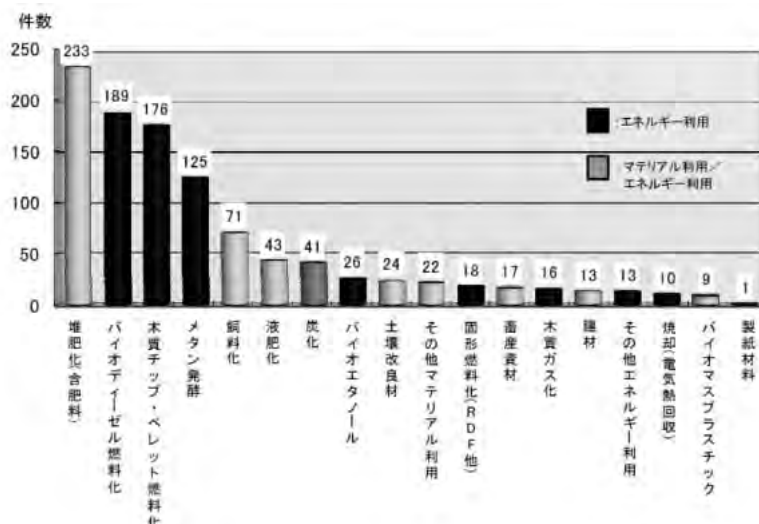
JORAのホームページにある「バイオマスタウン構想DB」に掲載されている。タウン構想で取り上げられているバイオマスの種類、及び変換技術は図ー2、図ー3に示される。利活用するバイオマスの種類は、記載件数の多い順に、食品廃棄物、林地残材、廃食用油、家畜排せつ物、稲わら・もみ殻、汚泥、製材工場等残材、剪定枝ほかとなっている。バイオマス・ニッポン総合戦略では、バイオマスを図ー4に示すように廃棄物系、未利用、資源作物に分類し、将来的に逐次

利活用を図ることとしているが、現在公表されているタウン構想では、食品廃棄物等の廃棄物系バイオマス、林地残材等の未利用バイオマスを対象とした利活用構想が多いことが分かる。

また、これらのバイオマスを利活用するための変換技術として、堆肥化、バイオディーゼル燃料化、木質チップ・ペレット燃料化、メタン発酵、飼料化、液肥化、炭化ほかが検討されており、主として実用レベルにある技術が取り上げられている。



図ー2 バイオマスタウン構想（283地区）に取り上げられているバイオマスの種類（社団法人日本有機資源協会資料）



図ー3 バイオマスタウン構想（283地区）に取り上げられているバイオマスの変換手法
（社団法人日本有機資源協会資料）



図ー4 バイオマスの分類（農林水産省資料）

3. 実用化されているバイオマス利活用技術

3.1 実用施設の情報

市町村等が利活用施設を検討する場合、検討の足がかりになる情報が必要である。JARUSではその要望に応えられるべく、「バイオマス利活用施設技術情報データベース」（以下「技術情報データベース」という。）の作成を進めている。技術内容としては、堆肥化技術、メタン発酵技術、バイオディーゼル燃料製造技術、飼料化技術、ペレット化、炭化、ガス化のような木質利用技術等、実用施設のデータを収集し、データベース化している。この技術情報データベースは、ウェブ上で公開することにより、利用者が、技術内容、原料の種類、地域等の検索条件を入力することで該当する施設情報を取得できる。条件検索した施設情報は一覧表の形で示され、その情報をもとにその後の詳細な施設検討が行いやすくなる。

データベースの登録件数は、バイオマス関連補助事業実施リストを中心に市町村等事業主体、メーカー等施設整備関係者を抽出し、調査票作成についての協力

を得ながら作業を進めた。2010年11月時点で、たい肥化施設72件、メタン発酵施設59件、バイオディーゼル燃料製造施設59件、飼料化施設46件、木質ペレット製造39件、木質直接燃焼34件、炭化施設13件であり、合計すれば、バイオマス利活用の実用設備は322件となっており、少なくともこれ以上の数のバイオマス利用施設が実用化されていることとなる。

表ー1は、農林水産省農村振興局関連の交付金等の支援を受けた施設数である。この交付金の支援条件はバイオマスタウン構想ないしそれと同等の計画を持つこととされていることから、バイオマスタウン構想等を持つ131地区において、堆肥化、メタン発酵等の157施設が建設され利用されていることが伺える。

3.2 バイオマス利活用の具体例

市町村等が関係府省の様々な支援制度を用いて具体化したバイオマス利活用施設に関し、経済的な実績が明らかにされている例は少ないと思われる。ここでは、関係報文、各市町のホームページの資料・タウン構想、及びJORAのバイオマスタウン構想分析DB等を参考としてバイオマス利活用がもたらす効果について考察する。

表一 農林水産省関連の交付金等の支援を受けたバイオマス利活用施設
(農林水産省資料)

年度	地区数	堆肥化施設	メタン発酵施設	飼料化施設	バイオディーゼル燃料化施設	木質ペレット製造施設	炭化施設	木質ボイラー施設	エタノール製造等施設	固形燃料化施設	木質ガス化施設	その他	施設数
H15	5	4	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	9
H16	7	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11
H17	15	6	6	1	3	0	3	0	1	0	0	2	22
H18	25	11	6	8	1	1	0	0	2	1	1	0	31
H19	25	5	2	2	6	7	0	4	0	1	0	0	27
H20	22	4	1	6	4	4	0	2	0	0	0	2	23
H21	32	9	5	3	6	3	0	3	0	0	0	5	34
計	131	45	26	20	21	15	5	9	3	2	1	10	157

*) 変換施設数と地区数との違いは、1地区で複数施設を整備しているため。(H22.3月時点)

(1) 栃木県茂木町²⁾

- ・人口・面積；15,019人（H.22年11月1日現在）、172.7km²
- ・タウン構想の概要；「有機リサイクルセンター美土里館」を核として、環境保全型農業を推進するとともに、豊富な森林資源の利用、廃食用油のエネルギー化を進め循環型社会を構築していく。
- ・実用化されている施設³⁾；有機リサイクルセンター美土里館（堆肥化施設）；処理量5,200t/年（一般家庭・事業系生ごみ；540t/年、枯葉；340t/年、もみ殻；400t/年、おがくず（間伐材・選定枝・竹を含む）；600t/年、家畜ふん尿；3,320t/年）
- ・事業主体；茂木町
- ・事業費³⁾、採算性等；事業費は総額638,000千円。町は生ごみ処理施設として一般会計で運営し、20年度決算は年間運営費4,440万円、歳入は生産物売上げおよび手数料などによる約1,870万円で2,570万円の赤字。しかし、費用対効果と環境貢献について、美土里堆肥の販売、焼却費用の削減、農家支援、米の学校給食提供による健康促進効果などで約5,000万円/年分の効果を生み出しているといわれる。茂木町の矢野環境課長は、「行政が投資した施設の運営費は赤字でも、施設が存在していることで生み出される事業効果によって農家や住民が利益を享受でき、農業振興を呼び起こし、環境保全にも貢献する。そのような事業効果評価が必要。」と指摘し、また地域循環システムを維持していく方策としてCO₂排出権取引にも着目している。

(2) 石川県珠洲市⁴⁾

- ・人口・面積；17,414人（H.22年11月1日現在）、247.2km²
- ・タウン構想の概要；既存のメタン発酵施設を活かした家庭生ごみの肥料化、廃食用油の燃料化によるごみの減量、水産加工残渣や木質バイオマス、畜産バイオマスの循環利用による産業振興、市民への普及啓発活動による環境意識向上を基本方針に、「環境共生型まちづくり」を目指し、地域のバイオマス利

活用を推進する。

- ・実用化されている施設；珠洲市浄化センター（メタン発酵施設）
- ・処理量32.9 t/日（下水汚泥；15.3 t/日、し尿・浄化槽汚泥；15.7 t/日、農業集落排水汚泥；0.5t/日、生ごみ；1.4 t/日）
- ・事業主体；珠洲市
- ・事業費、採算性等；施設建設費は1,247,000千円。維持管理費（バイオ分）は53,027千円/年（H.20年度実績、人件費を除く。）である。施設の導入効果として、以下を挙げている。
 - 1) コスト削減効果；し尿・浄化槽汚泥を個別の施設で処理していた従来の処理・処分費に比べて5,700万円/年程度の削減が図られた。処理量当りの建設費は約24,100千円であり、同規模の汚泥再生処理センターの建設費56,500千円/tに比較し、大幅に削減されている。
 - 2) 環境負荷削減効果；温室効果ガス排出量はメタン発酵処理を行うことにより、従来の処理に比べて約2,370 t/年程度の削減が図られた。

処理の過程で発生するバイオガスはエネルギーとして場内で全量有効活用し、メタン発酵汚泥を乾燥・肥料化して緑農地還元している。製造される乾燥汚泥肥料「為五郎」は地域住民から好評を得、生産が追いつかず予約制としている状況であるという。肥料成分・有害成分等の含有量及び溶出量の試験を毎月実施し、品質管理を徹底するとともに、利用者への説明責任を果たすべく情報の管理・整理に努めている。

(3) 福岡県大木町⁵⁾

- ・人口・面積；14,558人（H.22年11月末現在）、18.34km²
- ・タウン構想の概要；生ごみ、し尿、浄化槽汚泥を活用してバイオガス発電を行い、発生する液肥は地域の農業に利用する。これにより、大きかった廃棄物処理費の削減を図る。また、町内の廃食用油を回収し、公用車、農機での利用を目指す。将来には木屑や町の随所にある堀から発生する水草の利用などの

検討を進める。

- ・実用化されている施設；大木循環施設「くるるん」（メタン発酵施設）
- ・メタン発酵施設；処理量41.4 t/日（生ごみ3.8t/日、し尿；7 t/日、浄化槽汚泥；30.6t/日）
- ・事業主体；大木町
- ・事業費、採算性等；総事業費約1,100,000千円（メタン発酵施設、管理学習施設、液肥散布関連費、農産物直販所等の整備費）。

し尿・浄化槽汚泥の同規模の処理施設に比べてメタン発酵プラント等の建設費用は1/3から1/4に抑えられ（メタン発酵や前処理などの建設費用は約520,000千円）、処理施設に比べて建設費用が大幅に軽減された。維持費も同規模の処理施設に比べて負担が少なく、メタン発酵施設建設以前のごみ処理費用に比べ年間3,000万円程度軽減された。バイオマスの資源化という選択は、施設建設コストや維持費用の削減につながり、町の財政負担の軽減に貢献している。また、生ごみの収集量・分別状況も大変良好で、住民にも概ね受け入れられており、生ごみ分別が当たり前のこととして住民生活の中に浸透している。生ごみ分別により、住民の事業への参加意識が芽生え、住民協働をベースにしたまちづくりの土台が築かれた。また、燃やすごみが予想以上に減少し、平成21年度の燃やすごみの量が平成17年度に比べ44%以上削減されるという効果も生まれている。メタン発酵液は液肥「くるっ肥」として水稻や麦の元肥に使用し、10 a 当たり5～7 tを田んぼに散布している。平成18年作付けの水稻の元肥から「くるっ肥」の農業利用が始まったが、農家の協力を得ることが出来、当初から液肥の余剰はない。近年では化学肥料の価格の上昇もあり液肥が不足し、散布農家の調整に苦慮する状況になっており、農家の評判もよく家庭菜園の利用も好評で利用者が増え続けている。「くるっ肥」を使って栽培した農産物を、学校給食や地域の家庭へ届けるための取組みも進めており、「くるっ肥」を使い減農薬・減化学肥料で栽培した米は「環のめぐみ」という名称で、特別栽培米として学校給食や住民への優先販売を行っている。平成21年には年間152 tを生産し食味もよく好評である。

以上、例示した3市町のバイオマス利活用施設ではいずれの市町においても廃棄物処理されていたバイオマスを利活用することの意義と効果が強調されている。廃棄物処理には大きなコストがかかっていることから、廃棄物処理を利用システムに切り替えることでその経費削減が可能であり、その削減効果を評価することが必要である。地域の循環システムを作る中で、堆肥や液肥というバイオマス変換した製品の農業利用システムを実現させている。住民の廃棄物を見る目は

厳しいものの、循環利用を行うためには分ければ資源の観点で住民との協働の場が必要であることが示唆されている。

4. 今後の展望

効果的な収集・運搬を通じ、原料となるバイオマスの安定確保、地域性を鑑みた適切なバイオマス変換、地域の特徴を活かした製品循環システムの構築が重要である。

JARUSではバイオマス利用システム全体の費用対効果を貨幣価値化して評価できる「バイオマス利活用施設費用便益分析マニュアル（案）」を農林水産省の委託事業としてとりまとめたとともに、メタン発酵技術利活用施設技術指針（案）、メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル等を編集してきており、これからもバイオマスの地域循環に寄与するべく様々な知見を整理していきたい。

平成19年9月にバイオマス活用推進基本法が施行され、都道府県や市町村は、国のバイオマス活用推進基本計画を勘案して都道府県バイオマス活用推進基本計画や市町村バイオマス活用推進計画を策定するように努めることになっている。

今後、バイオマス活用推進基本計画に基づきタウン構想で策定された地域の創意工夫が、最近検討されている電力の全量買取制度や温室効果ガス削減への取組み制度と相まって法制上、財政上の支援措置も伴って推進されることを期待している。

<参考文献>

- 1) 株式会社東大総研：バイオマス情報ヘッドクォーター、<http://www.biomass-hq.jp/>（2010年11月26日参照）
- 2) 公共施設ジャーナル社：（特集企画）バイオマス&廃棄物の利活用・リサイクル、農業振興・環境保全、管理運営費の赤字補う効果、環境施設No.121、2-10（2010.9）
- 3) 茂木町ホームページ：美土里館の概要、<http://www.town.motegi.tochigi.jp/motegi/nextpage.php?cd=000000389&syurui=2&lev=2&hid-changemoji=2>、（2010年11月26日参照）
- 4) 美谷喜久雄：複合バイオマスメタン発行施設の導入、第23回下水道の有効利用に関するセミナー講演概要集、社団法人下水道協会、62-70（2010.10）
- 5) 境公雄：大木町における浄化槽汚泥等有機資源の資源化の取り組み、財団法人日本環境整備教育センター、月刊浄化槽No.392、27-31（2008.12）

研究紹介

高効率縦型乾式メタン発酵システムの実用化

－廃棄物系バイオマス利活用推進に向けて－

穂高広域施設組合 事務局次長

二條 久男

キーワード：バイオマス、乾式メタン発酵、バイオガス、発電

1. はじめに

穂高広域施設組合は、NEDO技術開発機構（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）からの委託研究開発業務として、平成17年度に「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」の採択を受け「先進型高効率乾式メタン発酵システム実験事業」として、メタン発酵の新技术である縦型乾式メタン発酵（KURITA DRANCO PROCESS[®]）により、生ごみ・紙ごみなどの廃棄物系バイオマスをメタン発酵処

理する実証実験を平成22年3月まで実施した。平成22年度は、環境省の廃棄物系バイオマス次世代利活用推進事業の対象モデル施設として、実用化に向けての運転実証をしている。

乾式メタン発酵施設は、平成19年3月より原料の収集およびメタン発酵処理施設の立ち上げ運転を開始し、平成22年10月現在、3年間に渡るデータを取得すると共に、現在も安定した実証運転を継続している。本稿では、縦型乾式メタン発酵技術（KURITA DRANCO PROCESS[®]）の特徴と「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（以下、「NEDO実験



図－1 施設全景



図ー2 組合の位置

事業」という)」の成果を報告するとともに、国内で廃棄物系バイオマス処理の新方式として実用化するために必要な国の支援策を含む課題や地球温暖化対策として廃棄物の有効利活用の推進について考察する。

2. 穂高広域施設組合の紹介

穂高広域施設組合は、長野県の中央部、北アルプスの麓、安曇野市に位置し（図ー2）、安曇野市他1町4村の一般廃棄物を処理している一部事務組合である。

る。ごみ処理人口は、約13万人で、ごみ焼却施設（150 t / 日）、し尿処理施設、焼却余熱利用施設（温水プール）を管理運営している。

3. 縦型乾式メタン発酵（KURITA DRANCO PROCESS®）の特徴

メタン発酵技術の種類は（表ー1）、発酵槽内の汚泥性状が粘土状の固形状で運転する乾式メタン発酵と、液状で運転する湿式メタン発酵方式とに区分する

表ー1 乾式および湿式メタン発酵

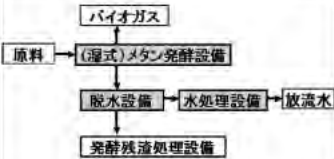
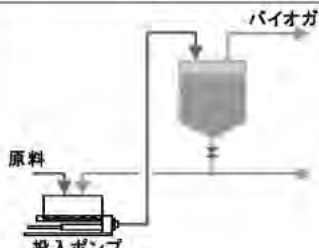
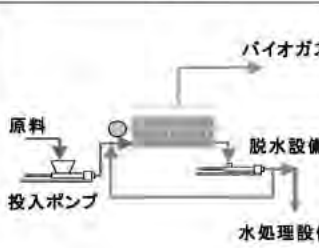
方式	（縦型）乾式メタン発酵	湿式メタン発酵
発酵槽内の汚泥状態	 固形状	 液状
汚泥濃度	15～40％程度 （含水率：60～85％）	～10％程度 （含水率：90％以上）
原料例	厨芥（生ごみ）、廃棄紙類、脱水汚泥、選定枝等	汚水、濃縮汚泥、厨芥（生ごみ）等
設備構成	 （脱水、水処理設備不要）	 （脱水、水処理設備必要）

表-2 縦型および横型乾式メタン発酵

	縦型	横型
設備の概要		
汚泥濃度	15~40%	15%以下
水処理設備	不要	必要

ことができる。湿式メタン発酵は、汚泥再生処理センターにおける生ごみ処理や下水汚泥等の処理施設として、多くの実績がある。

乾式メタン発酵では、廃棄紙類も処理可能である。汚泥、生ごみに比較して、廃棄紙類はより多くのバイオガスを発生し、より多くのエネルギーを回収することができる。

また、湿式メタン発酵では必須となる脱水・水処理

設備が小規模化・不要化できる。生ごみに混入してくるビニールなどの夾雑物除去も、湿式のように厳格に行う必要はない。

乾式メタン発酵は、メタン発酵槽の形状と構造によって、縦型と横型に区分(表-2)することができる。縦型乾式メタン発酵は、発酵槽の形状が縦型であり、槽内には汚泥の攪拌装置等が一切ないため、槽内汚泥は、重力によって槽下部から簡単に排出できる。

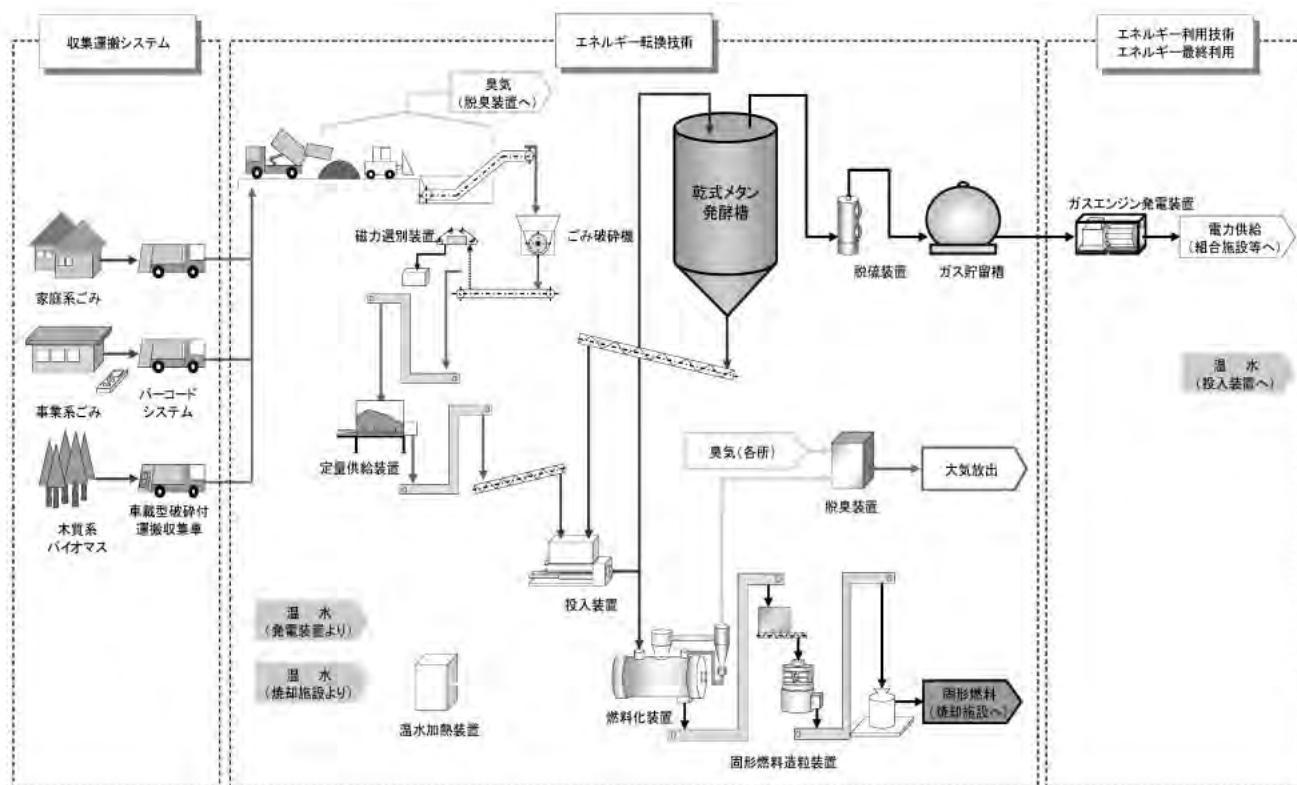


図-3 システムのフロー図

一方横型では、槽内汚泥は、機械的な構造と動力によって排出される。

4. NEDO実験事業の概要

NEDO実験事業では、乾式メタン発酵の原料となる生ごみ、廃棄紙類等を一般家庭及び事業所から分別収集している。収集にあたっては、当組合内において最も人口の多い安曇野市の協力を得て、安曇野市穂高地域、豊科地域の2地域の住民の方々に、専用ごみ袋を配布し、適時説明会や施設見学会などを開催してご協力をいただいている。対象バイオマスが一般廃棄物であるため、分別収集には市民協力体制の構築が不可欠である。事業所から出るごみは、バーコードを利用して管理し、ごみ質や重量を把握して収集している。

乾式メタン発酵システムの処理規模は7t/日である。

収集した原料ごみは受入室に搬入し、コンベヤで隣接の機械棟へ搬送し、破砕機で約4cm以下に粗破砕する。破砕処理した原料は、定量供給装置で一時ストックし、メタン発酵槽へ投入時に、投入装置へ定量供給する。

投入装置は特殊構造の高圧ピストンポンプであり、原料を発酵槽下部から引抜いた汚泥と均一に混合し、蒸気加温によって55℃にし、メタン発酵槽に圧送する。乾式メタン発酵槽は、直径7.2m、高さ18.7m、容量455m³である。メタン発酵によってメタンガス濃度55%程度のバイオガスが発生し、発生したバイオガスは、脱硫装置により硫化水素を除去した後、ガス貯留槽に一時貯留し、ガスエンジン発電装置（150kW）により発電する。

メタン発酵槽から引抜いた発酵残渣は、乾燥装置で乾燥処理し、助燃材にしている。

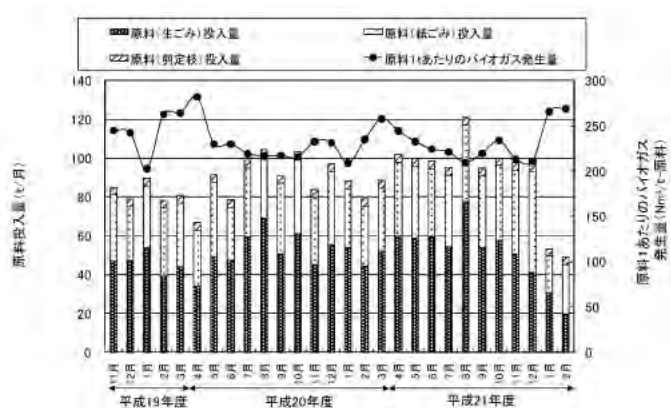


図-4 原料投入量とバイオガス発生量

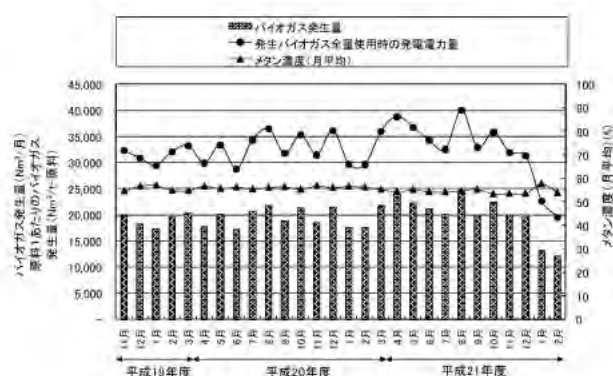


図-5 発生バイオガス全量発電使用時の発電量

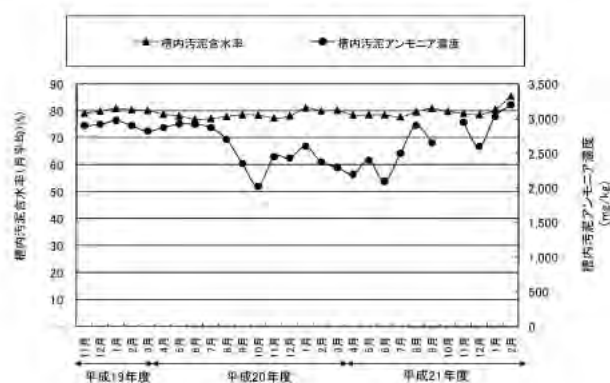


図-6 槽内汚泥の含水率とアンモニア濃度

表-3 投入原料、発生バイオガス、槽内汚泥性状、発電量のまとめ

集計年度*	投入原料		発生バイオガス			槽内汚泥性状		ガス利用
	原料投入量 (t/集計期間)	原料中 紙ごみ比率 (%)	バイオガス発生量 (Nm ³ -H ² -バイオガス/集計 期間)	原料1tあたり バイオガス発生量 (Nm ³ -H ² -バイオガス/ t-原料)	平均メタン濃度 (%)	水分 (%)	NH ₄ -N (mg/kg)	発電量*2 (kWh/集計期間)
平成19年度	403	25	91,500	227	56	80	2,905	157,900
平成20年度	1,022	28	236,100	231	56	78	2,552	392,800
平成21年度	970	28	240,600	248	55	79	2,680	356,300
合計	2,395	-	568,200	237	-	-	-	907,000

注)*1)各年度のデータ集計期間

平成19年度:平成19年11月～平成20年3月、平成20年度:平成20年4月～平成21年3月、平成21年度:平成21年4月～平成22年2月

*2)発生バイオガス全量を発電に利用した場合

5. NEDO実験事業実績と成果

定常運転は平成19年11月から開始し、平成22年10月現在、約3年間に渡り安定した運転を継続できている。

本稿では、平成22年2月末までの月毎および年度毎の運転データを紹介する。

原料投入量とバイオガス発生量を図-4に示す。発生バイオガスの全量を発電に使用した場合の発電電力量を図-5に示す。また槽内汚泥の含水率とアンモニア濃度を図-6に示す。これらのまとめを表-3に示す。

集計期間中の原料投入量は総計2,395 t（廃棄紙類比率27%程度）であり、バイオガス発生量は総計568,200Nm³、発生バイオガス全量を発電に利用した場合の総発電電力量は907,000kWhであった。原料1 tあたりのバイオガス発生量は平均237Nm³となり、乾式メタン発酵によって生ごみだけでなく紙ごみ（廃棄紙類）も処理することにより、高いバイオガス発生効率が得られることが実証できている。このバイオガス発生効率は年度毎でみても227～249Nm³/t-原料であり、長期間の安定維持も実証できている。

バイオガス発電については、発電装置の始動可能なメタン濃度は47～68%程度であったが、発生バイオガスの平均メタン濃度は56%程度であり、日変動幅も概ねこの範囲内であり、発電装置運転への発生バイオガスのメタン濃度の変動は問題なかった。

また槽内汚泥の含水率は概ね80%程度を維持して、安定した縦型乾式メタン発酵の運転ができており、水処理設備が不要なことを実証できている。また従来乾式メタン発酵では、槽内汚泥のアンモニア濃度が2,000mg/kg以上では阻害があるとみなされていたが、3,000mg/kg程度でも安定運転を維持できることが実証できている。

なお、平成20年12月末から平成21年1月初めは9日間、原料の搬入、投入は行わず、システムの運転も停止したが、運転停止後の再立ち上げで、原料1tあたりのバイオガス発生量等、速やかに停止前の定常状態に復帰できることを実証した。

以上のように高効率なバイオガス発生性能、長期安定運転などを実証し、運転を継続中である。

6. 実用化に向けて(廃棄物系バイオマス利活用による地球温暖化対策)

平成22年3月までのNEDO実験事業により、バイオマスとなる一般廃棄物の分別収集からのシステム化は問題なく構築できたが、より高効率で稼動するために

は、紙ごみの比率を高める必要がある。そのため、一般家庭へ分別用に配布している収集袋を大型化し、紙ごみを入れやすい形での分別収集実験を平成22年度下半期に実施する。投入方法についても、短期的な投入停止運転実証や異物混入運転実証等も実用化に向けて必要である。また、発生する残渣汚泥処理方式の確立、ごみ焼却施設との併設する場合のLCC比較等も検討していかなければならない。

現在、国際的な課題とされる地球温暖化対策の一つとして、化石燃料の代替としてバイオマス利活用によるエネルギー回収が国内外で求められ、実用化されつつある。しかしながら、我が国における導入状況は、これからと言わざるを得ない状況であり、バイオマス利活用によるエネルギー回収を実用化していくには、国家システムとしての支援策等の創設が必要となっている。我が国の技術水準は、太陽光発電を含め新エネルギー分野でも欧米を凌ぐものがあると考えられるが、廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収技術についても新技術の導入・実用化に向けて、インセンティブの付与（排出量取引、回収エネルギーの固定価格買取制度等）やバイオガス・BDF・バイオエタノール等の実用化における規制緩和策など必要な制度設計が急務と言える。

7. おわりに

NEDO実験事業の縦型乾式メタン発酵技術は、本年から本格稼動している韓国ソウル東大門環境資源センターでも採用されたように、一般ごみ処理の新技術として有望と考える。縦型乾式メタン発酵方式が、有機性廃棄物からのエネルギー回収、再生利用の新たな道を開く一助となり、国内でも一般廃棄物処理の新方式で実用化され、さらには下水汚泥処理などに応用できれば幸いである。

謝辞

実験事業を実施するにあたり、NEDO技術開発機構の方々、北海道大学名誉教授 松田従三先生、東北大学名誉教授 野池達也先生、関係各位に多大なるご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

Q & A

植物の必須元素と有害元素

キーワード：必須元素、特定有害物質

Q1 植物の必須元素とは何ですか？

A1 植物が生育する上で、なくてはならない元素を「必須元素」と呼びます。植物体内には40～100種類以上の元素が含まれています。そのうち、炭素、水素、酸素以外は土壌や水から吸収されます。窒素については一部空中からも吸収します。

Q2 100種類もの元素が植物生育に必須なのですか？

A2 いいえ。生育に必須の元素は十数種にすぎません。換言すれば、植物体内に含まれているから、全部必須元素と言う訳ではありません。

Q3 それでは植物の必須元素とは何ですか？

A3 表をご覧ください。植物生育に必要かくべからざる元素を必須元素と言います。その数は、表でも紹介したように十数種にすぎません。植物体内中の含量の多少によって、便宜上多量必須元素と微量必須元素とに分類しています。

Q4 動物の必須元素と植物の必須元素が異なる例があると聞いたことがあるのですが。

A4 例えば、コバルトは植物には必須ではありませんが、動物には必須です。他に、ヨウ素は植物に普遍的に存在しますが、必須性はありません。

表 植物の必須元素

		植物必須 多量元素	植物必須 微量元素	特殊成分 (有益元素)	備 考
炭素	C	○			
水素	H	○			
酸素	O	○			
窒素	N	○			
カリウム	K	○			
カルシウム	Ca	○			
マグネシウム	Mg	○			
リン	P	○			
イオウ	S	○			
塩素	Cl		○		
ホウ素	B		○		
鉄	Fe		○		
マンガン	Mn		○		
亜鉛	Zn		○		多量では有害
銅	Cu		○		多量では有害
モリブデン	Mo		○		
ニッケル	Ni			○	
ケイ素	Si			○	
ナトリウム	Na			○	
チタン	Ti			○	
アルミニウム	Al			○	

しかし、人間にとっては必須ですから人間が食する植物に適量含まれる必要があります。

逆の例があります。それはセレンです。セレンは植物に被害はありませんが、飼料中に多い場合は家畜に被害を及ぼします。

Q5 亜鉛と銅は必須元素ですか？

A5 必須元素ですが、他とは異なる元素で、注意が必要です。微量なら必須ですが、多量なら有害元素で、亜鉛と銅が含まれる資材の土壌への施用の際は注意が必要です。

Q6 特殊成分とは何ですか？

A6 有益成分とも言い、植物の生育には必須ではないが、存在する場合は生育上好影響を与える元素です。中にはナトリウムのように多量施用は避けねばならない元素もあります。

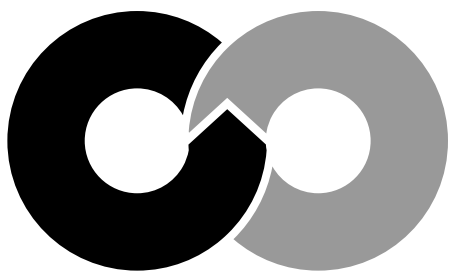
Q7 カドミウム等特定有害物質と言う言葉を聞きますが、何ですか？

A7 カドミウム、ヒ素、銅とその化合物が農用地土壌汚染防止法で特定有害物質として指定され、これらを含む資材の農用地への施用が厳しく制限されていますので、注意が必要です。従って、銅の施用については、少量は必要であるが、多量施用は有害となって避けねばなりません。

(財団法人 日本土壌協会 仲谷紀男)

「シンボルマーク」

～広くご利用ください～



本協議会では、下水汚泥の資源利用をより一層促進するため左図のマークを「シンボルマーク」としています。会員各位でも広くご利用ください。

この「シンボルマーク」は、下水汚泥の資源利用における物質環境のサイクルをデザイン化したもので、左側の輪(青色)は水から下水・汚泥の流れを示し、右側の輪(緑色)は汚泥が緑農地等へ還元されることを意図しています。色彩は本誌・表紙および裏表紙をご参照ください。

下水汚泥資源利用協議会

現場からの

声

名古屋市における下水汚泥の有効利用と改良土センターの概要について

キーワード：改良土センター、汚泥焼却灰、改良土、破碎機

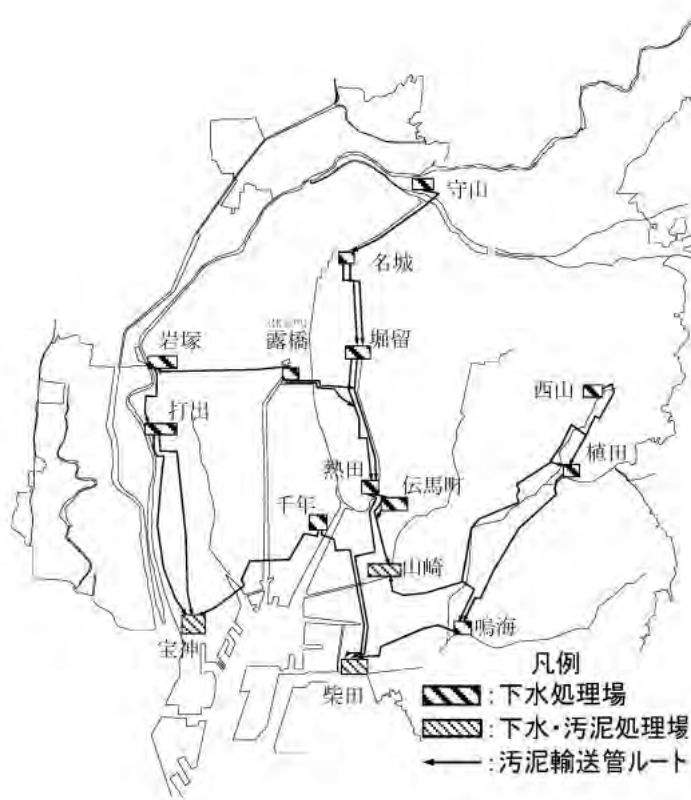
1. はじめに

名古屋市の下水道は、昭和5年に日本で最初の散気式活性汚泥法にて供用開始し、平成21年度末では下水道人口普及率として98.5%に達している。15箇所（内1箇所は全面改築更新で休止中）の水処理センターにて水処理を行うとともに、水処理センターから発生す

名古屋市上下水道局 施設部施設管理課

主査（汚泥処理処分） 安田 健一郎

る汚泥は、専用の汚泥輸送管にて3箇所の汚泥処理場へ送泥し全量焼却処理している。また、下水道管路は



図ー1 汚泥輸送管ネットワーク



写真－１ 天日乾燥処理

約7,600kmを有し、その改築更新工事も計画的に実施するとともに、市域周辺部等において拡張工事も実施している。

一方、平成21年度、3箇所の汚泥処理場からの汚泥焼却灰発生量は、約15,000トンとなり、その約95%を有効利用している。下水汚泥の有効利用については、下水道供用開始以来、様々な有効利用先を模索しながら実施してきた。

地球温暖化防止対策や循環型社会形成への貢献において、汚泥処理はとても重要な役割を担っている。さらに、最近の下水汚泥に対する時代の潮流や急速な技術開発において、今後の下水汚泥は、単なる「廃棄物」としての迷惑物質から「バイオマス」としての活用が期待されている貴重な資源として認識することが求められている。

2. 名古屋市の汚泥処理の概要

15箇所の水処理センターから発生する汚泥は、 ϕ 200mmから ϕ 400mmの専用の汚泥輸送管で圧送され、水処理センターに併設された3箇所の汚泥処理場へ集約し濃縮・脱水・焼却処理されている。汚泥輸送管は、焼却炉の定期修理時や故障時に備えて汚泥処理場への輸送量を変更できるようにネットワーク化されている。(図－1)

3. 名古屋市における下水汚泥の有効利用

(1) 下水汚泥有効利用の歴史

名古屋の下水汚泥は、昭和5年下水処理を開始した

当初、汚泥は真空ろ過機で容量を減らし舟運にて海中に投棄あるいは埋め立て処分していた。しかし、昭和7年、汚泥の集約処理のため、天白汚泥処理場（現：柴田汚泥処理場）を建設し、天日による乾燥処理を行い、その汚泥を「名古屋活性汚泥肥料」として近郊農家に販売したものが本市の有効利用の始まりである。(写真－1)

その後昭和30年代、下水道のめざましい普及拡大に伴って汚泥発生量が急増し、従来の天白汚泥処理場の能力では対応できなくなり、機械脱水、多段焼却炉の採用により、汚泥の性状が石灰分を含む焼却灰となり、特殊肥料の原料としての新たに有効利用を行った。昭和50年代に入ると、脱水ケーキとしてのコンポスト製造、農業利用、固形燃料への調査を行い、製造技術及び使用方法に関する技術見地を得るが、環境対策、採算、流通等の問題から実用化は見送った。また、ベルトプレス脱水機の導入により、高分子系凝集剤使用に伴う汚泥焼却灰の性状変化に伴い、需要の多い建設資材への有効利用に注目し、陶管の原料としての実用化した。その後、透水性ブロックの原料化としても実用化している。

(2) 最近の下水汚泥の有効利用

①セメント原料

昭和60年度から、セメント原料として汚泥焼却灰を有効利用する方法を検討し、平成8年頃から本格的運用を開始しており、平成21年度では約5,900トンの実績を有している。

②汚泥タイル

民間企業が開発して技術により数%の高分子系汚泥焼却灰を添加した汚泥タイルを平成元年から実用



写真－２ 汚泥焼却灰入りマグネット

化しており、平成21年度では、約40トンを有効利用している。また、本年10月に開催されたCOP10のプレイベント用に、汚泥焼却灰入りマグネットも特別に製造・配布し、汚泥焼却灰の有効利用に対しPR広告を行った。(写真－２)

③無収縮モルタル

民間企業との共同研究により、廃止ガス管等の管内充填のために、長時間流動性が保持され、硬化後の体積も変化しない無収縮発泡グラウト材を高分子系汚泥焼却灰を用いて開発し、平成13年度より実用化している。

4. 鳴海改良土センターの概要

(1) 施設概要

鳴海改良土センターは、下水道工事で発生する掘削

残土を埋戻し材として再生させるため、汚泥焼却灰(石灰系・高分子系)を土質改良材として添加し改良土を製造する施設である。汚泥焼却灰を添加することにより、掘削残土の水分を低下させるとともに、土粒子間の結合力を高めることができ、埋戻しに適した強度を持ち、地震時にも液状化しにくい埋戻し材に改良することができる。この改良土センターが供用開始されるまでは、埋戻し材として山砂を使用してきたが、掘削残土の再利用を行なうことで汚泥焼却灰の埋立処分場が不要となるばかりでなく、埋戻し材としての山砂の採取がなくなり、自然環境の保全にも大きく貢献している。

(2) 生産過程の概要(図－２)

①振動スクリーン掘削土投入ホッパ

投入ホッパに投入された掘削土は、目開150mmのスクリーンにて粒径150mm以下を最初の工程としてふるい分けし、粒径150mm以上は「がら」として粒径150mm以下に破碎し再度ホッパへ投入する。粒径150mm以下にふるい分けされた掘削土は、含水比調整材として「高分子系汚泥焼却灰」を混合し、初級振動ふるいへ搬送する。

②初級振動ふるい

初級振動ふるいでは、粒径60mm以下の製品となるようふるい分けを行い、粒径60mmを超えるものについては、初級破碎機により粒径60mm以下に破碎し、不純物を手選別した後、「石灰系汚泥焼却灰」を添加し改良材混合機で攪拌し上級振動ふるいへ搬送する。

施 設 概 要

名 称	鳴海改良土センター
敷地面積	約17,400m ²
運用開始	平成8年度
製造能力	100,000ton/年
改良材添加率	5%程度(石灰系汚泥焼却灰の場合)
土質改良材	石灰系汚泥焼却灰(土質改良) 高分子系汚泥焼却灰(含水比調整等) 生石灰(予備)
改良土の品質	標準 CBR : 10%以上 最大粒径 25 mm

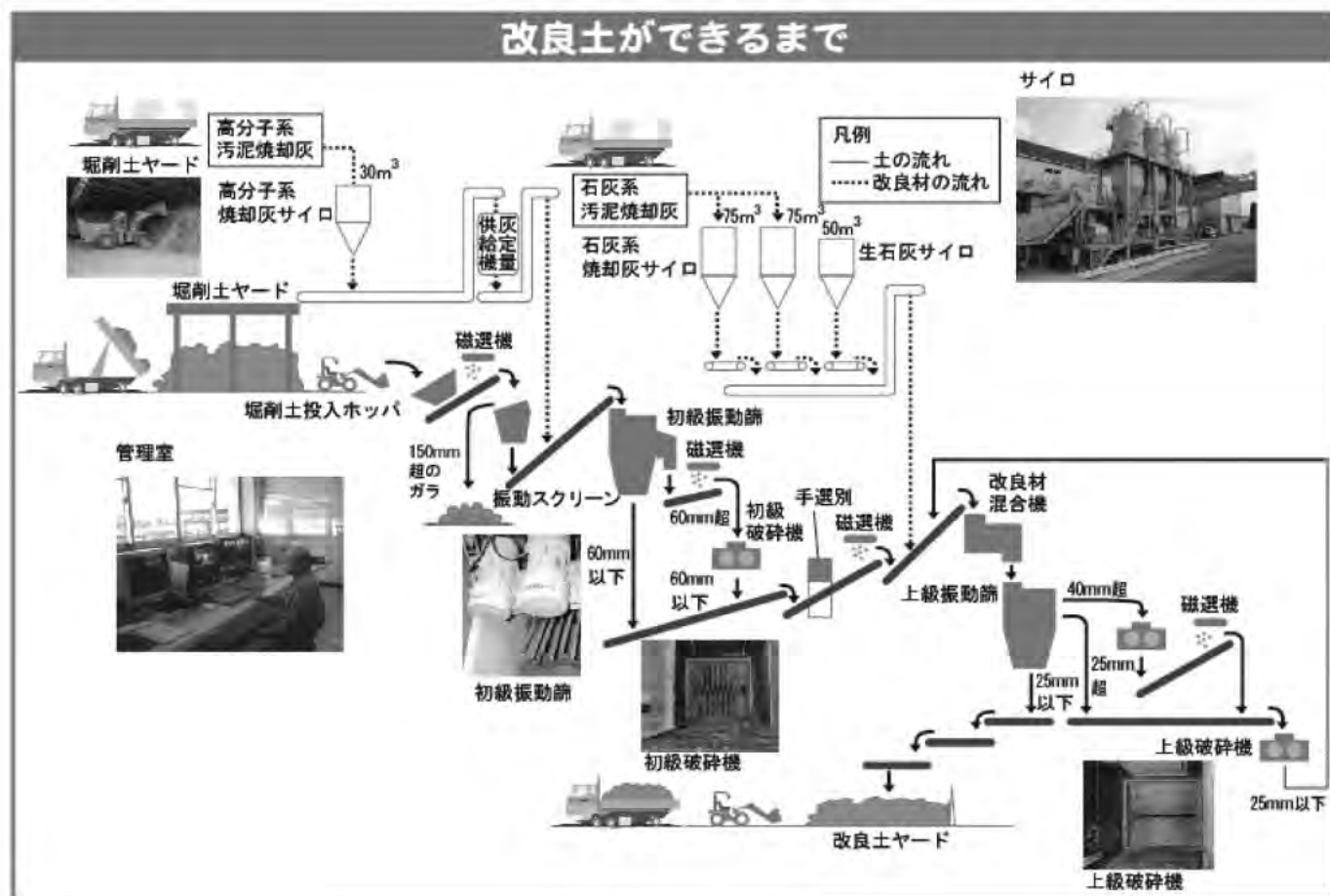


図-2 鳴海改良土センターの製造フロー

③上級振動ふるい

上級振動ふるいでは、上段で目開40mmのスクリーンと下段で目開25mmのスクリーンを設置し、粒径40mmを超えるものについては、中級破砕機により粒径25mm以下へ破砕し、最終的には粒径25mm以下になるよう粒度調整を行っている。

(3) 改良土の生産管理

①製造量管理

改良土の製造量としては、過去3年間の平均で約140,000トン／年となっており、ここ最近増産体制で取り組んでいる。年間100件以上の下水道工事は、極力年間を通じて平準化し発注しているものの、依然として下半期に集中する傾向にある。しかし、1日の製造量は限界があり、ストックヤードも狭く、あらかじめ製造しておく改良土の量も限られている。そのため、搬入・搬出量の調整が重要な課題となっており、現在この最適な調整方法を検討している。

②品質管理上の留意点

改良土の品質管理として、土壤環境基準を遵守す

るため定期的に溶出試験（土壤の汚染に係る環境基準（環境庁告示46号））で確認するとともに、標準CBR試験も行い、品質確保には充分留意しながら生産を実施している。

5. おわりに

本市の下水汚泥の有効利用は、陶管・透水性ブロックにおいて供給先企業の廃業等により供給停止を余儀なくされた。また、セメント原料においても昨今の社会経済状況より需要減少が心配される。このような中、改良土としての有効利用は、平成21年度約5,800トンであり、本市の有効利用率の約4割を占め、今後も安定した有効利用先の一つとして認識している。しかしながら、本市における新たな汚泥処理場の建設と昨今の下水汚泥からの「りん」回収技術、さらには「バイオマス」としての利活用など今後の下水汚泥のあり方について喫緊の課題として検討していかなければならないと考えている。

文献紹介

アレップマツ生産の育苗資材としての廃棄物利用

Use of waste materials as nursery growing media for *Pinus halepensis* production
Manas, P., Castro, E., Vila, P., and de las Heras J.
European Journal of Forest Research, 129 (4), 521-530 (2010)

これまで、木の育苗資材として利用してきたピートモスは、経済上および環境上の制約により徐々に下水汚泥や製紙工場汚泥等の有機性廃棄物に替わりつつあるが、木育苗へのこれら廃棄物の利用についての研究はほとんどない。本研究は、スペインで実施され、地中海の森林で最も重要な木種の1つであるアレップマツを供試し、マツの苗木の育成の3つの要点、即ち1) 基礎資材であるピート（以下P）あるいはマツバーク（以下B）、2) 追加資材である3つの汚泥、消化下水汚泥（以下S）、活性下水汚泥（以下A）および製紙工場汚泥（以下M）、3) PまたはBとS、AまたはMの異なる混合割合の設定について、それらを検討・評価することを目的とした。

プラスチック容器（220 cm³）に6つの混合物を3つの混合割合で充填して温室内に置いた。試験区は、① P-S混合10%：P-10S、25%：P-25S、50%：P-50S ② B-S混合10%：B-10S、25%：B-25S、50%：B-50S、③ P-A混合10%：P-10A、25%：P-25A、50%：P-50A、④ B-A混合10%：B-10A、25%：B-25A、50%：B-50A、⑤ P-M混合10%：P-10M、25%：P-25M、50%：P-50M、⑥ B-M混合10%：B-10M、25%：B-25M、50%：B-50Mとコントロール区（PおよびB）の20区（9容器/区）である。各区315粒のアレップマツ種子を播種した。発芽（子葉出現）は、播種後24～61日であった。播種後1年に、苗木の高さと直径を調べた。また、葉組織中のN、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cuの分析試料として各区から、任意に5つの苗木を3グループ（計15本）集め、乾燥した。また、播種後348日にすべての区から15本の苗木（計300本）を、圃場に移植し、2か月後（播種後414日）に生存割合を調べた。

PおよびBと3つの汚泥との混合による明らかな発芽の改善は認められなかった。P-10Aが最も高い発芽率（86%）であった。またP-A、B-Aの発芽率は、混合割合の増加に伴い減少したがP-S、B-Sでは減少は認められなかった。P-Mでは高い混合割合で高い発芽率であった。

葉のN含有量はP-A、P-Sでより高く（P-25A：20.1 mg g⁻¹およびP-50S：21.4 mg g⁻¹）、P-Mではコント

ロールと同程度かそれ以下であった。P含有量はコントロールに比べP-AおよびP-S、B-A、B-S、B-Mで増加した。汚泥の高い栄養分が、葉のNおよびP含有量の増加に寄与したことを示した。アレップマツの正常なN含有量は10-20 mg g⁻¹、P含有量は1-2 mg g⁻¹（成熟木の場合）といわれている。P-M、B-M、P、BのP含有量は正常範囲以下であった。K含有量はほとんどの区で正常範囲（3.57-6.88 mg g⁻¹）より低く、最も高い値でもB-10Mの3.36 mg g⁻¹であった。Ca含有量は常に正常範囲（3.28-7.22 mg g⁻¹）かそれ以上であった。これは灌漑用水および汚泥のCa含有量が高かったことによると思われる。MgもNaも最も高い含有量はB-Mを除いて25%割合区で認められた。

下水汚泥施用の問題のひとつに、葉組織の微量元素含有量の増加の可能性がある。本試験ではAおよびSを混合した区の葉中Fe、Cu、MnおよびZnは、マツ類の正常範囲にあった（B-10S：61.47 mg kg⁻¹のZnを除く）。コントロールの微量元素含有量が最も高かったことは注目に値する。Mを混合した区の微量元素含有量は、コントロールに比べ著しく低く、Mそのもののレベルが低いことが反映した。

苗木の高さは、最も高い値はP-25Aの25 cm、最も低い値はP-50Mの4.7 cmであった。Aを混合した区の値はSおよびMより高く、Sを混合した場合は、高い割合区で高かった。Mを混合した区はコントロール区（PおよびB）より成長しなかった。直径の結果も高さに似て、最低値は、P、B、P-MおよびB-M、最高値は、P-AおよびB-Aであった。移植後2か月目の苗木の生存割合はP（87%）がBより高かった。またAおよびSを混合した区は高かったが（75-100%）、Mを混合した区はコントロールよりも低く最低であった。これは、下水汚泥中の栄養素が温室内での生育の初期に使われたことを示唆する。

一般に、Pは、Bよりもよりよい資材であった。多くの場合、25%の汚泥混合割合で良好な結果を生んだ。苗木の成長、葉の栄養分および発芽率については、P-Aが最も良くB-A、P-S、B-S、P-MおよびB-Mと続いた。AはSあるいはMと比較してよい結果を示した。本研究ではAの混合は、アレップマツの苗木の高さおよび直径成長を促進し、含有するN、Pおよび有機物が肥料源になりうることを示唆した。Mは苗木の高さおよび直径成長を改善しなかった。

（東京大学大学院農学生命科学研究科 後藤茂子）

文献紹介

アレッポマツ苗木の定着を促進するための
下水汚泥施用の微調整

Fine-tuning of sewage sludge application to promote the establishment of *Pinus halepensis* seedlings.

Fuentes, D., Valdecantos, A., Llovet, J., Cortina, J. and Vallejo V. R.

Ecological Engineering, 36 (10), 1213-1221 (2010)

木本植物を植えることは荒れた乾燥地を回復させる第一歩であり、苗木にとって下水汚泥のような有機性土壌改良材の施用は好ましいかもしれない。しかし一方で、施用の結果は土壌改良材およびその施用量に強く依存し、多量の施用は植物の生育や林地の成り立ちにとって有害かもしれない。

本研究は、半乾燥地中海気候の森林で最も重要な木種のひとつであるアレッポマツの苗木の定着のために、2つの下水汚泥（コンポストおよび乾燥汚泥）の最適な施用量を明らかにし、それらの苗木に対する影響要因を調べることを目的としている。

試験地は、スペインの炭酸塩を多く含むアルカリの砂壤土である。2003年2月にコンポストおよび乾燥汚泥を40 cm立方の移植穴の土壌と5段階（0、15、30、45および60 Mg ha⁻¹）で混合し、一週間後に1年生のアレッポマツ苗木を植えた。苗木の生存、成長（高さおよび直径）およびマツ基底面積は、移植2、5、7、10、20、45ヶ月後に測定した。

苗木の生存は汚泥タイプではなく施用量が大きく影響した。2003年9月（7ヶ月後）のコンポストおよび乾燥汚泥45および60 Mg ha⁻¹施用の生存率は、より高い生存率を維持した30 Mg ha⁻¹施用と比べ、30%および50%低下した。3年後の生存率も施用量の影響が大きかった。2003年の苗木の高さは、両下水汚泥タイプのいずれの施用量でも対照（0 Mg ha⁻¹）より高かった。2004年以降少量施用はプラス効果を維持したが、多量施用の効果は続かなかった。基底面積は、2005年と2006年に強い干ばつがあったため、特にコンポスト15および30 Mg ha⁻¹施用では2年間で1.21および1.41 m² ha⁻¹まで減少した。しかし、乾燥汚泥の同じ施用量では、それぞれ3.75および2.72 m² ha⁻¹に達した。多量施用の基底面積は、両下水汚泥タイプとも対照より低くなった。

2006年11月（45ヶ月後）に採取した当年針葉のN、P、K、CuおよびZn含有量を測定した。針葉中のN、PあるいはK含有量には汚泥タイプの影響は認められ

なかったが、対照と比べ、乾燥汚泥の30 Mg ha⁻¹の施用で針葉中のN含有量が明らかに増加した。P含有量は、両汚泥タイプのいずれの施用量でも対照と比べて明らかに高かった。K、CuおよびZn含有量には対照との違いはなかった。

2003年7月（5ヶ月後）および2006年11月（45ヶ月後）に土壌有機物（OM）、電気伝導率（EC）、pHおよび生理的無機化窒素を測定するために、土壌（0-25 cm）を採取した。2003年には多量施用のみ土壌OMを増加させたが、この影響は3年後にはなくなった。2003年のECは乾燥汚泥施用でコンポスト施用と比べ著しく高く、またいずれの施用量でも対照に比べ高かったが、2006年にはその差はなくなった。一方、コンポスト施用では2003年には60 Mg ha⁻¹施用が、2006年には30および60 Mg ha⁻¹施用が対照より高かった。土壌pHには両下水汚泥とも施用による影響はなかった。2003年に測定した土壌の生理的無機化窒素は、両施用とも60 Mg ha⁻¹で明らかに増加し、乾燥汚泥がコンポストに比べ高かった。しかし、少量施用では影響はなかった。2006年のコンポスト60 Mg ha⁻¹施用土壌のN含有量は少量施用より高く、またPの有効性もコンポストの施用量に伴って増加した。乾燥汚泥施用ではコンポストでみられた効果はなかった。

2004年および2006年に移植穴の土壌（0-20 cm）を採集して植物根密度を調べた。根密度は施用量に伴って増加し、乾燥汚泥はすべての施用量で、コンポストは60 Mg ha⁻¹施用で対照より高かったが、2006年には乾燥汚泥60 Mg ha⁻¹施用と対照の間にわずかな差がみられたのみである。

以上の結果、土壌OM、ECおよび栄養素の有効性は下水汚泥の施用量の増加に伴い増加したが、この増加は下水汚泥タイプ（コンポストと乾燥汚泥施用の間のOM無機化の違いによる）および時間に関係した。また下水汚泥施用は土壌のNおよびPを改善し、苗木の成長を促進したが、より多量の施用は1から3年後の苗木の生存に負の結果をもたらした。すなわち、30 Mg ha⁻¹より多い施用によって、移植穴の有効水の減少および現存する植物生長による根の競合で干ばつが強められたことが、高い死亡率の主要因と考えられた。下水汚泥の少量から通常量の施用は、苗木の生存および成長には最良で、地中海地域のアレッポマツの定着を促進するために推奨できると述べている。

（東京大学大学院農学生命科学研究科 後藤茂子）

文献紹介

下水汚泥を施用した地中海沿岸の
綿花栽培土壌における微量元素の可給性

Trace element availability in a sewage
sludge-amended cotton grown Mediterranean
soil

V. Antoniadis, C.D. Tsadilas, V. Samaras
Chemosphere, 80, 1308–1313 (2010)

繊維の原料になるワタ（綿花）は地中海沿岸地域における主要な換金作物である。しかしワタは、水分と養分の要求量が多く、地力の低い地中海沿岸では養分や有機物の施用が重要になる。下水汚泥は養分供給と有機物供給に適しているが、連用による重金属の蓄積や作物への影響が懸念される。非食用作物の場合、作物が吸収した重金属が食物連鎖に入り込む危険性はほとんどないが、ワタを対象とした汚泥施用試験はまだ不十分である。そこで本論文の著者らは、地中海沿岸地域のワタ栽培において、下水汚泥の連用が微量元素の可給性に及ぼす影響について、土壌中の微量元素の蓄積と作物吸収の観点から検討するため、4年間の圃場試験を行った。

試験圃場はギリシャ東部のボロス近郊に位置し、土壌は石灰質の埴壤土（pH 7.89、 CaCO_3 2.6%、粘土 31%、シルト 40%、砂分 29%、陽イオン交換容量 33 cmolc/kg 、有機炭素 1.37%）であった。下水汚泥（有機物含量 43%、Cd 4.8 mg/kg 、Cu 255 mg/kg 、Mn 197 mg/kg 、Ni 57 mg/kg 、Pb 315 mg/kg 、Zn 1712 mg/kg ）の施用はヘクタールあたり 0 t（対照区）、10 t、30 t、50 t とし、播種の2週間前に実施した。1区あたりの面積は25 m^2 、各処理4連とした。ワタの播種は4月、収穫は8月末に行った。ワタの葉と栽培土壌の採取は開花盛期（6月末）に行った。土壌中の微量元素は、王水分解による全量とDTPA可溶性濃度を求めた。葉は500℃で乾式灰化後、1 M塩酸に溶解して分解液とした。土壌と葉の微量元素の定量は原子吸光法によった。

汚泥施用前の土壌の微量元素濃度（ mg/kg ）は、Cd 0.10、Cu 58.4、Mn 844、Ni 202、Pb 32.2、Zn 76.3であり、MnとNiは汚泥よりも高濃度であった。汚泥施用土壌の微量元素濃度は、汚泥中濃度が比較的低いこともあり、1年目には増加は認められなかった。有機物含量も1年目は増加しなかった。汚泥連用4年

目では、30 t区と50 t区においてCdとZn濃度の有意な上昇と有機物含量の増加が認められた。他の元素については有意な上昇は認められなかった。DTPA可溶性濃度も1年目には増加しておらず、4年目の50 t区のPbとZnのみ有意な上昇が認められた。全含量に対するDTPA可溶性濃度の割合（50 t区）は、Cdが11%、他の元素が6%未満であることから、Cdの可給性割合が高いことが示された。

ワタの葉の微量元素濃度は、汚泥施用量の違いによる差は認められず、CdとMnにおいて年次間差が認められた。葉のCd濃度は1年目と4年目が高く、2～3年目は低かった。土壌のDTPA可溶性Cd濃度の変化とは一致せず、むしろ収量との関係が示唆された。葉のMn濃度は1年目が高く、2～4年目が低かった。ワタの収量と葉の微量元素濃度の関係をみると、Cd、Mn、Ni、Znにおいて有意な相関が認められた。

汚泥中の重金属の移行性を評価するため、移行係数（＝汚泥施用により増加した葉中の微量元素量／汚泥施用により増加した土壌中の微量元素量）を算出した。Cdの移行係数が最も大きく、Cu、Mn、Zn、Pb、Niの順に小さくなった。Cdの場合、汚泥施用量が少ないほど移行係数が大きく、汚泥施用量が増えるとCdの移行の効率が低下することを示唆していた。どの元素においても1年目の移行係数が最も高く、経年的に移行係数は減少傾向にあった。その要因として、土壌の陽イオン交換容量が比較的高く、陽イオンの保持能力に優れていること、pHが弱アルカリ性であり、金属の可給性が低く保たれていることが考えられた。

移行係数と有機物含量の関係をみると、どの元素においても有機物含量の増加に伴い、移行係数が有意に減少した。本研究で使用した汚泥の重金属濃度は比較的低かったので、汚泥施用に伴って増加した有機物が微量元素の移行係数を効果的に抑制したものと考えられた。

以上の結果より本論文の著者らは、汚泥を連用しても土壌の微量元素保持能力は十分に機能すると結論しており、中でも汚泥に由来する有機物は、金属の可給性に最も影響する要因であると指摘している。

（農業環境技術研究所 川崎 晃）

文献紹介

余剰汚泥の電気化学的前処理による
好気性消化の高効率化

Enhancement of waste activated sludge aerobic digestion by electrochemical pre-treatment

Li-Jie Song, Nan-Wen Zhu, Hai-Ping Yuan, Ying Hong, Jin Ding

Water Research, Volume 44 Issue 15, August 2010, 4371-4378

下水処理で発生する余剰汚泥は、最終処分の前に汚泥の減量化、病原菌の死滅、そして臭気を減少させるために十分に安定化させなければならない。汚泥安定化の最も一般的な方法として嫌気性消化と好気性消化があるが、プロセスの容易さ、低コストという利点から、好気性消化が小・中規模の下水処理施設で導入されている。しかしながら、従来の好気性消化は滞留時間が15-30日と比較的長いため、比較的大容量の消化タンクを必要とするというデメリットがあった。

消化タンク投入汚泥の前処理技術としては種々の方法があるが、電気化学な汚泥前処理技術は汚泥フロックや汚泥中の微生物細胞壁を分解して好気性消化を促進する方法として有望視されている。そこで筆者らは好気性消化タンクへ投入される余剰汚泥の前処理として、RuO₂/Ti mesh 平板電極対を用いた電気化学な前処理技術を使用し、電解時間、電力、電流密度、汚泥初期pH、汚泥密度など、さまざまな運転条件の影響を調査した。

余剰汚泥はA₂O法を採用している最終沈殿池の汚泥貯留槽（余剰汚泥）をサンプリングし、電気化学的前処理には陽極・陰極の両方とも7.0* 10.0cm²サイズのRuO₂/Ti mesh 平板電極対を用いた。好気性消化実験装置には5 Lのプレキシグラスシリンダーを二つ使い、一つは対照サンプルとして未処理余剰汚泥を、もう一つは電気化学的に前処理された余剰汚泥を使用した。

実験の結果、汚泥減少率は、電解時間、電力または電流密度とともに高まるが、汚泥濃度が高くなると汚泥減少率は低くなった。しかしながら、電解時間を長くし、電力、電流密度を大きくすることは、電気化学

的前処理に係る電力消費量の増加原因となるため、最も汚泥減少率の増加が見込める条件を設定した。そこで、本実験結果より、電気化学的前処理の設定条件は、汚泥濃度2.9g/L、電解時間30分、電力5 W、投入汚泥のpHを10とした。本条件により実施した電気化学的前処理の結果、VSとVSSはそれぞれ2.75%、7.87%除去された。その後の好気性消化では、SRT 17.5日の条件においてVS減少率、VSS減少率はそれぞれ34.25%、39.59%であった。同様の結果を電気化学的な前処理なしで得るためにはSRT 23.5日が必要となる。このことから電気化学的な前処理技術は好気性消化を促進する効果があるということが言える。

また、SEM画像及び赤外線スペクトルによる汚泥分析では、電気化学的前処理は汚泥中の微生物細胞を破壊し、細胞内基質、特にタンパク質や多糖類を除去、可溶化し、結果的に好気性消化を促進することが示唆された。さらに、対照汚泥サンプルの赤外線スペクトルと比べてみると、電気化学的な前処理によりカルボキシル基、カルボン酸アニオン、ホスホン酸塩基やアミン基中のヒドロキシル基の吸収バンドの特性が弱められている。しかしながら本実験ではその原因が明らかにされていないため、今後、生化学分析などの追加研究が必要とされる。

電気化学的前処理技術を好気性消化プロセスに適用することによる電力消費量原単位は12-16 kWh/m³（電気化学的前処理：5 kWh/m³、好気性消化：7-11 kWh/m³）となり、従来の好気性消化プロセスにおける電力消費量原単位（10-15 kWh/m³）とほぼ同程度であった。一方で、電気化学的前処理によりSRTを大幅に短縮（23.5日→17.5日）することが可能であるため、好気性消化タンクの容量を従来に比べて約26%削減することが可能となる。このことから、電気化学的な汚泥前処理技術を適用することは、好気性消化プロセスに係るコストを削減することが可能となることが示唆された。

（日本下水道事業団 技術開発部 水田 健太郎）

特 別 報 告

下水道バイオガス活用の
導入に関する海外事例

地方共同法人 日本下水道事業団 事業統括部 新プロジェクト推進課

中 埜 堅太郎

キーワード：下水道バイオガス、地球温暖化対策、混合消化

1. はじめに

年々深刻化する地球温暖化の問題は、世界が一致して取り組まなければならない問題である。2005年「京都議定書」が発効し、2008年から2012年の第1期約束期間におけるわが国の温室効果ガス削減目標は、基準年度1990年の排出量に対して6%となっている。しかし、2008年度の温室効果ガス排出量は12億8,200万トンCO₂換算で、基準年度に対して1.6%の増加となるなど、日本のCO₂削減目標を達成するためには、下水道分野でも下水処理過程で必要とする多量の電力量の削減や、処理過程で発生するメタンガスの削減などの取組が必要となっている。

本稿では、温室効果ガス削減に係る下水道も含めた全体的な取組として、EUの取組事例を紹介する。また、下水道分野における温室効果ガスの削減の取組について、バイオガスの活用が進んでいるドイツ連邦共和国（以下、「ドイツ」という）での先進的取組の事例やバイオガス活用に係る制度について紹介する。

2. 温室効果ガス削減に関するEUの取組事例

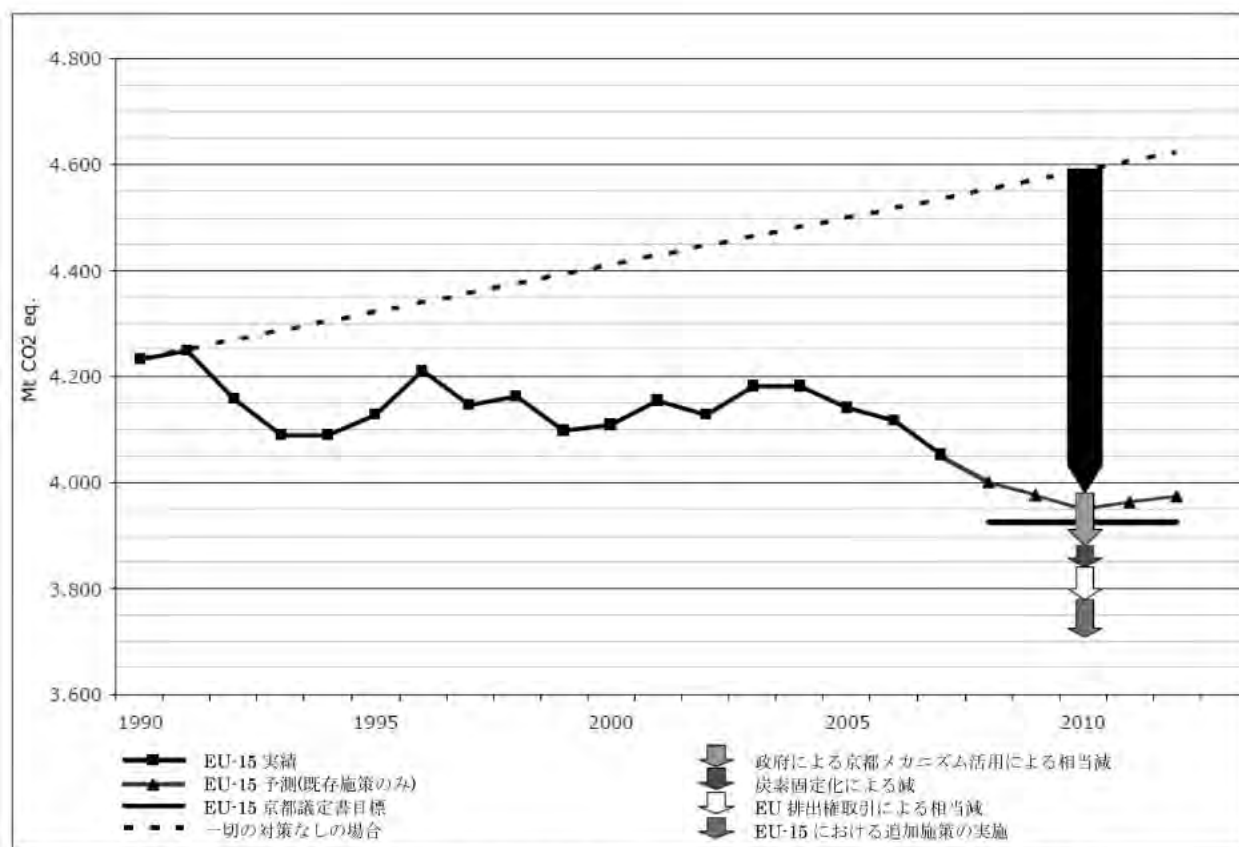
温室効果ガス削減に関する海外事例として、その取組が積極的に進められているEUの取組事例を以下に紹介する。

2008年12月の欧州議会において、今後のEUの低炭素化社会への移行とエネルギー保障に対する結論として、「EU気候変動・エネルギーパッケージ」が採択された。これは2020年までに、①温室効果ガスを20%削減する（1990年基準）、②再生可能エネルギーの比率を20%まで高める、③エネルギー効率を20%高めることを骨子としている。

また、この「EU気候変動・エネルギーパッケージ」の採択を受けて、2009年4月に「再生可能エネルギーの利用促進に関するEU指令」が公布された。同EU指令では、加盟各国の国民一人当たりのGDPに応じて、2020年度を目標年度として、法的拘束力を有する再生可能エネルギーの普及目標が設定されている。

さらに2009年12月に開催されたCOP15会合の中で検討・整理されたコペンハーゲン合意における温室効果ガス削減目標について、EUは「2020年における温室効果ガス削減目標を20%、または、他の主要国が同等、かつ発展途上国が各国の能力に応じて応分の温室効果ガス削減目標を設定することを前提に、30%の温室効果ガス削減の意志がある」旨の口上書を2010年1月28日に国連気候変動枠組条約事務局に提出し、EU内の統一政策を示している。

一方、EUにおける温室効果ガスの排出・削減状況は、2007年の温室効果ガス排出量データによれば、EU-15（京都議定書議決時、EU加盟は15カ国）の温室効果ガス排出量は3年連続して減少し、基準年に比



注 図中の矢印は、2008-2012 年の平均を示し、2010 年の推計値を示すものではない

図-1 EU-15における温室効果ガス削減実績と予測

較し 5 %の減少となっている。EU-15における温室効果ガス排出量の実績と予測を図-1に示す。

京都議定書において、EU-15は、2008-2012年の第1期約束期間における温室効果ガス放出量を、基準年に対し 8 %削減することで同意しているが、図に示した予測によれば、EU-15の温室効果ガス排出量削減は、京都議定書の目標を達成する見込みである。

EU新規加盟の12カ国では、2007年から2010年に掛けて温室効果ガス排出量が増加すると予測されているが、そのうち京都議定書の削減目標値が定められている9カ国については、既存の政策及び方法論により、目標値を達成またはより以上の達成が見込まれている。

3. 下水道バイオガス活用に関するドイツの事例

3. 1 ドイツにおけるバイオガス活用の概況

近年海外では、下水処理場から発生する消化ガス(バイオガス)を積極的に熱・電気エネルギーとしての活用やガス管網への直接供給などの取組が行われている。また、このようなバイオガスの有効活用は、地球

温暖化対策として国レベルによる支援も行われている。

平成21年度の調査では、EU加盟国の中でバイオガス事業規模の最も大きいドイツ(図-2参照)の取組について現地調査を行った。調査を行った4つの事業体では消化によるバイオガスの有効利用を行っており、さらにバイオガスの発生量を増大させるために、下水汚泥以外のバイオマス(消化タンクに投入した混合消化を実施している。

以下に調査を行った処理場のバイオガスの有効活用に係る取組について紹介する。

3. 1. 1 Bottrop・Welheim下水処理場 (Emscher Genossenschaft Lippe Verband : Emscher共同組合及びLippe流域管理組合)

Bottrop・Welheim下水処理場では、ヨーロッパ最大規模である15,000m³×4基の消化タンクを有しており、積極的に消化に取り組んでいる。理想的な消化条件は、消化日数:20日、消化温度:37℃であるが、組合の管理する全消化槽の運転条件を確認したところ、消化日数:29日となっていたことから、消化能力に余裕が残されていると考えられた。

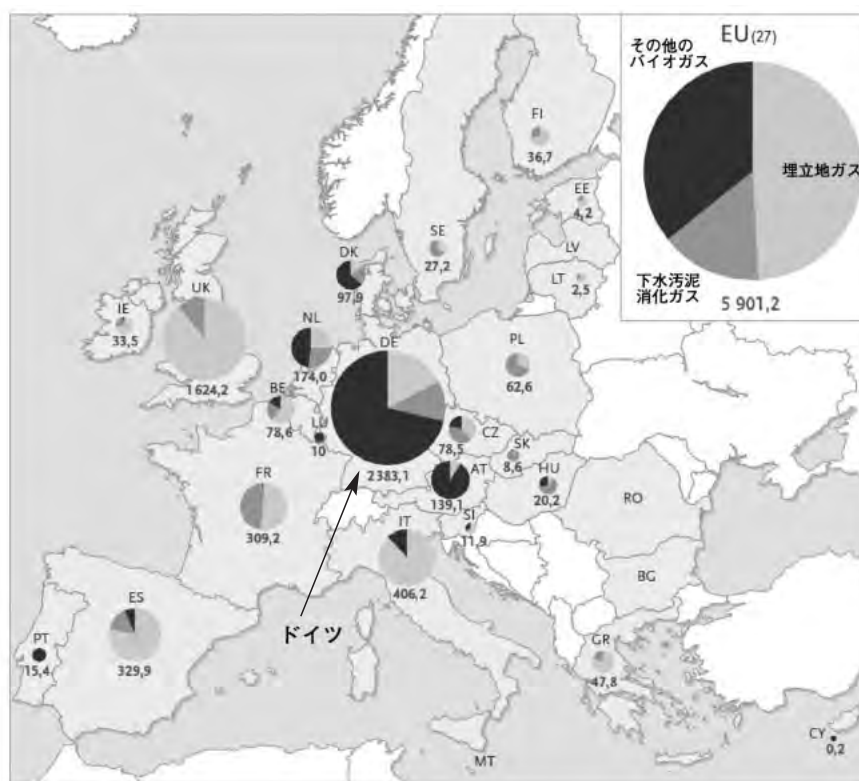


図-2 EU-27における国別バイオガス事業規模の比較
(2007年における1次エネルギー生産量として)

このことから、下水汚泥の他に、外部より有機廃棄物を取り入れ、混合消化を行っている。投入する有機廃棄物は、食物カス、揚げ油、油脂分（食肉残渣）としているが、粉碎が可能である、ポンプで圧送可能である、消化が可能である、有害物を含まないなどの条件を満たしている必要がある。

新規に投入する有機廃棄物については、本来の処理系等とは別に並列に検査システムを設置して事前検査を行い、徐々に投入割合を増加させ、最終的に実際の消化タンクに投入し、問題の確認を行っている。この新規投入物の適合検査は約1年かけて行うこととしている（図-3参照）。

また、Bottrop・Welheim下水処理場では、消化により得られるバイオガスから水素の利用を中心としたプロジェクトに取り組んでいる。水素ガスの生成は、まずバイオガスを天然ガス品質まで精製し、その後水素ガスを生成するという2段階で実施している。生成した水素は、隣接する小学校までガス配管で供給し、発電に利用している。小学校に発電機を設置し、そこで発電することで、電気だけでなく発電に伴い発生する熱エネルギーも有効活用できるメリットがある。

水素化プロジェクトの背景には、水素ガスを中心とした将来のエネルギー供給構造を想定したシナリオを挙げることができる。再生可能エネルギーの開発・普

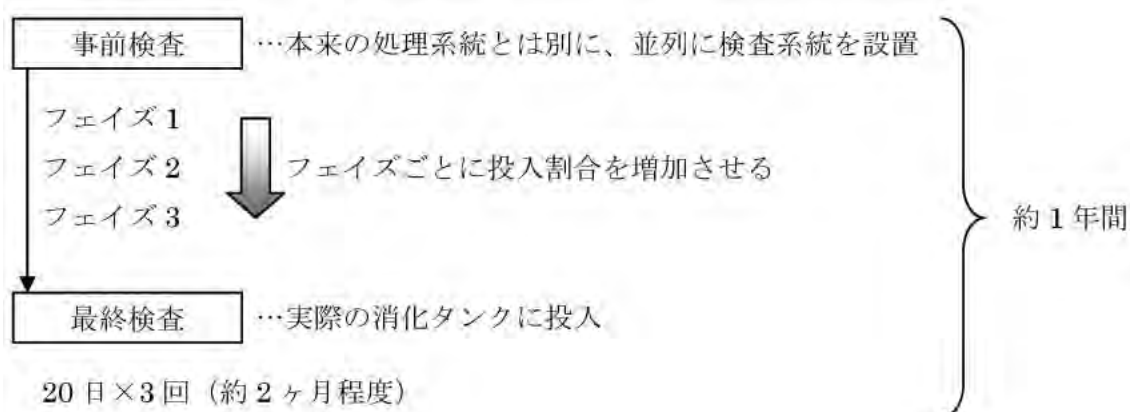


図-3 新規投入有機廃棄物の検討フロー

及促進は、地球温暖化対策としてのみではなく、欧州におけるエネルギー安全保障や将来の化石エネルギー枯渇対策の一環としても位置付けられている。

3. 1. 2 Mochengladbach Neuwerk下水処理場 (Niers流域管理組合)

Monchengladbach Neuwerk下水処理場では、流域管理組合が管理する小規模処理場の汚泥を、大型タンクローリー車で運搬・収集し、当処理場で集約処理を行っている。近年の電気料金の値上がりに対応するため、バイオガス発電を導入し、処理場の全消費電力の30%をカバーしている。

Monchengladbach Neuwerk下水処理場でも、地元企業からの要望があれば食品系工場から廃棄される廃棄物のジュースや油脂分の受け入れを行い、混合消化を実施している。ただし、下水汚泥の安定処理を優先させるため、混合割合は汚泥4：混合物1としている。

3. 1. 3 Wiesbaden Biebrich下水処理場 (Entsorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden : Wiesbadenごみ処理公社)

Wiesbaden Biebrich下水処理場では、 $4,500\text{m}^3 \times 3$ 基の消化タンクを有しており、上記処理場と同様に混

合消化の取組を行っている（図-4参照）。混合消化の導入により、バイオガス発生量が $250\text{万m}^3/\text{年}$ から $300\text{万m}^3/\text{年}$ と増加し、さらに下水汚泥のみの消化と比べて、メタン濃度が3～4%上昇し、約70%となっている。

冬季はエネルギー需要が多く、生成したバイオガス以外に天然ガスを購入している一方、夏場は熱エネルギーが余っているため、近傍の醸造所に購入してもらえるように交渉中である。また、バイオガス発生量を増加させるために、ビール醸造所、乳製品加工所などからの液体廃棄物の供給元を探している。

3. 1. 4 Duisburg Kaslerfeld処理場 (Ruhrverband: Ruhr流域管理組合)

Duisburg Kaslerfeld処理場においても有機廃棄物を投入する混合消化が行われている。受け入れている有意廃棄物は食品系廃棄物と油脂分であり、受け入れにあたり処理料金を徴収している。また、受け入れにあたり、持ち込み業者に粗いごみの除去、粉碎、加熱殺菌の前処理を義務付けしている。

バイオガスによる発電も行っているが、発電機の効率向上を目的として、マイクロガスタービン発電機の効率向上（改良）プロジェクトに投資をしている。

また、発電時に生じる熱エネルギーの有効活用につ

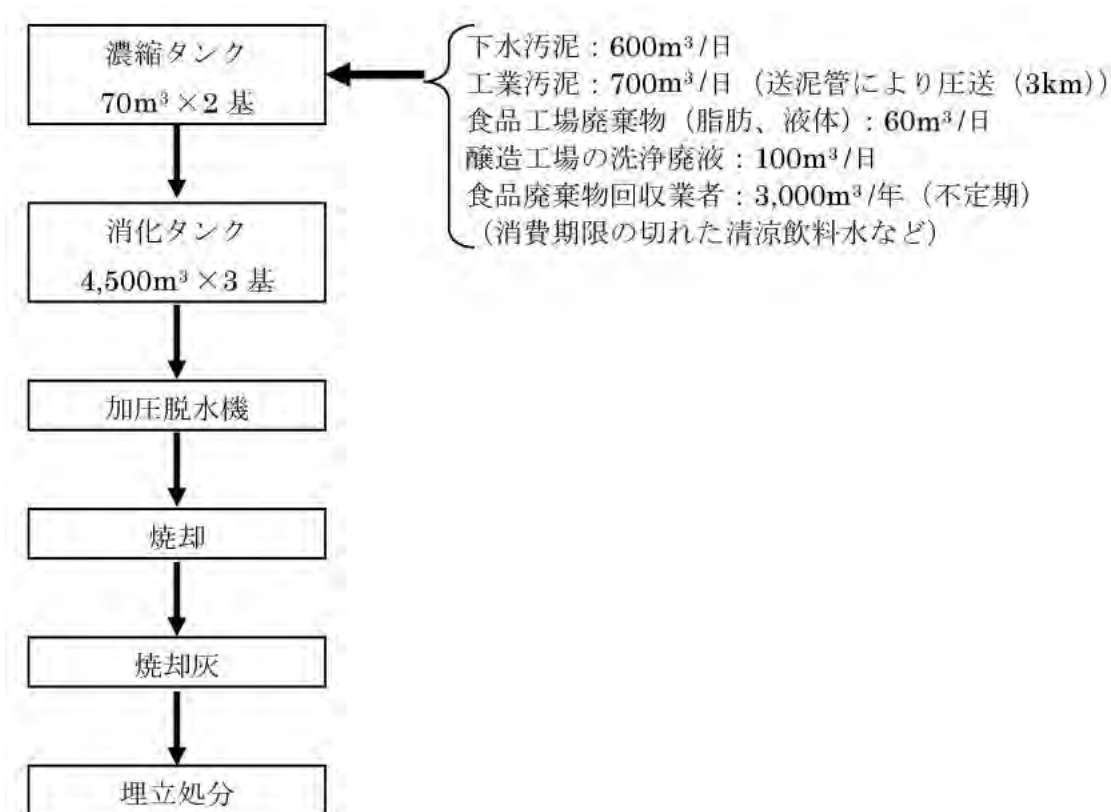


図-4 Wiesbaden Biebrich下水処理場における汚泥処理フロー

いても検討しており、熱の保管に関するパイロット事業を推進中である。

3. 2 ドイツにおける下水道施設でのバイオガス活用の課題

ドイツでは「再生可能エネルギー法」が2004年に改正されて以降、バイオガスによる発電量が飛躍的に増加した。「再生可能エネルギー法」は2008年にも改正され、バイオガス発電に対する支援が大幅に引き上げられたことにより、更にバイオガス発電を推進することとなっている。

しかしながら、農業系バイオガス発電施設に対する支援が大きいものに対して、下水道系施設に対する支援が低く設定されている。このため、ドイツにおいては下水道系バイオガス施設よりも農業系バイオガス施設を中心に混合消化の取組が進められてきた。

また、関連する法律や基準についてまだ十分な整備がなされていない。例えば、農業系施設に比べて下水道施設では厳しい安全基準を求められていることや、固形廃棄物の下水道施設への受け入れにあたっては、別途の許認可が必要で、実際には液状の廃棄物のみの受け入れしかできないなどの制約が発生している。そのため、導入コストや維持管理コストの増加、導入までの手続きが困難などの問題が生じている。

さらに、下水道施設で生成したバイオガスは、主として発電に用いられ電力として利用されているが、発電時に発生する熱エネルギーの活用が課題となっている。特に夏場は、余剰の熱エネルギーを廃棄せざるを得ない状況にあることから、これを効率的に活用することが求められている。

3. 3 ドイツにおけるバイオガス促進に係る制度

欧州議会における「EU気候変動・エネルギーパッケージ」の採択、同バイオマス利活用の関連では「再生可能エネルギーの利用促進に関するEU指令」が公布され、ドイツ国内においてもこれらに呼応した「バイオマス・アクションプラン」の制定や、欧州委員会への報告、余剰バイオマスエネルギー量の報告など、多くの新たな動きが見られる。ここでは、ドイツにおけるバイオガス活用に関する各種制度を紹介する。

3. 3. 1 再生可能エネルギー法

2000年にドイツで施行された「再生可能エネルギー法」は、前身の電力供給法では電力買取価格が固定であったのに対して、エネルギー源や発電過程の効率化などに対して、市場価格に対して上乗せ買取額を設定している。この上乗せ買取額は4年毎に改定することとなっており、2004年、2009年に上乗せ買取額の見直

しと改定が行われている。バイオガス発電に対する上乗せ買取額は表-1に示す。

下水処理場の場合、消化タンクなどの必要な設備を設置して汚泥処理を行うことが必要であることから、上乗せ買取額の適用範囲は限定的となっている。ただし、2009年1月に施行された改正熱電併給法において、バイオガスにより発電した電力を売電しない場合でも、売電したのと同等の優遇措置が講じられるようになっている。

3. 3. 2 再生可能エネルギー熱供給法

2009年に施行された「再生可能エネルギー熱供給法」では、発電と共にその際発生する熱を併せて利用する施設に対して、初期投資費（設備費）及び運営費に補助金が適用されることとなった。熱利用においては供給側と需要側において地理的に近傍でなければ十分な効果が得られないことから、熱需要の多い都市近郊に位置する下水道施設は下水道分野におけるバイオガスの有効利用が促進されるものと考えられる。

3. 3. 3 ガスグリッド接続法

「ガスグリッド接続法」は、バイオガス生成施設からのガス受け入れをガス供給会社に課している。この法律において、ガス供給会社は特殊な場合を除いてバイオガス精製施設からの接続を拒むことはできないとされており、バイオガスは天然ガスに優先して供給する必要があることが示されている。

また費用について、バイオガス精製施設からガスネットワークまでの接続施設設備に要する費用はガス生産者とガス供給会社で50%ずつ負担することとされており、ガス供給会社はバイオガスの買取に際して、ガスのエネルギー量1kWhあたり0.1セントを価格に上乗せして支払う必要がある。

3. 3. 4 ガスネットワーク接続料金法

「ガスネットワーク接続料金法」は、ガスネットワークへのバイオガス供給を促進することを目的として制定されている。具体的には、バイオガスがガスネットワークに直接接続されない場合、ガス供給会社はバイオガスの輸送者に対して、ガスのエネルギー量の1kWhあたり0.7セントの費用の負担が示されている。

3. 4 ドイツにおける下水道施設のバイオガス活用の今後の展望

3. 2のようにバイオガスの活用が比較的進んでいるドイツにおいても課題は様々残っている状況であるが、国の政策や周辺状況の変化が下水道施設でのバイ

表ー1 バイオガス発電に対する上乗せ買取額 (C/kWh)

ボーナスの条件	施設規模					備考
	～150kW	～500kW	～1MW	～5MW	～20MW	
バイオマスのみでガス生成	11.67	9.18		8.25	7.79	毎年 1%減少
下水汚泥よりガス生成	7.11	7.11	6.16		-	毎年 1.5%減少
炭鉱から出るガスを利用	7.16			5.16	4.16	毎年 1.5%減少
埋立地から出るガスを利用	9.00		6.16		-	毎年 1.5%減少
ガス発生時の排気を基準以下にする	1.00					ガス供給網から取り出されないこと
再生可能原料(バイオ作物)よりガス生成	7.00	7.00	4.00		-	1 番目の「バイオマスのみでガス生成」に上乗せされる
自然ごみよりガス生成	4.00	1.00	-			公園の樹木剪定、芝刈りなどから発生する自然ごみ
堆肥よりガス生成	2.00	2.00	-			原料の 30%以上を占めることが必要
新技術を用いた効率化	2.00					天然ガス品質までの精製も含む
発電時に発生する熱を併せて利用	3.00					熱利用比率を現在の倍以上とする

※ 網掛け部が、下水道施設に適用可能な部分

オガス活用の追い風になってきている。

現在ドイツでは農業系バイオガス施設に対する支援が下水道系施設と比べて優遇されているが、農業系バイオガス施設では、その原料をガス発生効率の高いエネルギー作物にシフトしつつある。そのため、これまで農業系バイオガス施設で受け入れていたバイオマス系廃棄物の受け入れ量が減少していることから、下水道施設がバイオマス系廃棄物の新たな受け入れ先としてその重要性が高まることが考えられる。

また、熱電併給（コージェネレーション）施設からの電力が電力生産に占める割合を2007年の約12%から2020年までに25%まで引き上げる改正熱電供給法が2009年1月1日に施行された。これにより、バイオガスにより発電した電力を売電しない場合でも、売電したのと同等の優遇措置が講じられるようになったことから、バイオガス発電電力のほとんどを自己消費する下水道施設においても採算性が改善され、バイオガスの有効利用が促進されるものと考えられる。

さらに、2009年の「再生可能エネルギー熱供給法」によって、同時に発生する熱エネルギーの効率的な利用が求められるようになった。農村部に立地する農業系バイオガス施設に対して、下水道施設は熱需要の多い都市近郊に位置することから、下水道分野におけるバイオガスの有効利用が促進されるものと考えられる。

このように下水道施設におけるバイオガス活用を見据えた様々な取組が行われており、バイオガス活用が今後ますます活発になるものと考えられる。

4. おわりに

平成20年3月に京都議定書目標達成計画が改定されており、この改定された目標達成計画の中で、下水道における取組についても2点言及されている。

1つは下水汚泥焼却施設における燃焼の高度化であり、地方公共団体が下水汚泥の燃焼の高度化を実施するとともに、国において下水汚泥の燃焼の高度化について基準化を推進するものである。

もう1つは下水道における省エネ・新エネ対策の推進であり、下水道における省エネルギー対策、下水汚泥・下水熱の利活用によるエネルギー化の実施である。

今回紹介したドイツのバイオガス活用の取組は、後者の下水汚泥の利活用に該当するものであり、今後日本においてもバイオガス活用の積極的な導入が促進されるような技術開発、法律・制度の整備が必要になると考えられる。日本下水道事業団においても新技術の開発を進めていくとともに、バイオガス活用に係る法律・制度設定に応じて、地球温暖化対策を視野に入れた地方公共団体の下水道事業の支援を積極的に進めていくことを考えている。

コ ラ ム

様変わりする中国社会とインフラ整備

私は研究拠点としている中国山西省にしばしば出かける。最近では西部地域にも足を運ぶことが多くなった。中国政府は地域間格差の解消として2000年3月から西部大開発と呼ばれる大規模国家プロジェクトを展開している。この間、西部地域は急速な都市再開発が進んだ。1990年代後半の山西省は日本の昭和30年代を彷彿させる経済社会状況にあった。町中には何でもありの朝市が立ち、都市も農村も若者が目立ち活気に満ちあふれていた。その中、凄まじいほどの階級闘争が随所にみられた。学園内も例外ではなく過酷な競争社会を勝ち抜くため、切磋琢磨する学生の姿を垣間見ることができた。あれから早や10年、あらためて中国の経済成長の底力には驚嘆する。それをけん引する原動力は当時に見られた中国人の内面的闘争心にあると感じている。中国社会はこの10年で大きく様変わった。急激に進む再開発は有無をいわず道路の拡張、取り壊し、建築が同時に進んでいる。乱立するデパート、オフィス、高層マンション等の建造物、哀愁あふれる自由市場はいつしか大通りから姿を消した。通勤ラッシュの主役、自転車は姿を消し、スクーター、自家用車に変わった。車の騒音と渋滞、変わらぬ歩行者の危険な道路横断、交通事故も多発している。主要な都市間は瞬く間に高速道でつながり、新幹線の整備もこれにつづいている。急速に進む広域空路網、農村には電話回線よりも先に光ファイバーのケーブルが整備された。環境インフラとして風力発電が目立つようになり、ここ数年は毎年倍増し、2010年には設備容量が世界3位に躍進した。内モンゴルの美しく変化に富む草原は風力発電が丘陵を埋め尽くすようになった。しかし、稼働率は低く、その原因は黄砂による設備の故障もさることながら中継システムが未整備のためである。

確かに2000年以降、社会産業インフラ、特に地上インフラの整備は急激に進んだ。この数年で市民生活も様変わりしてきた。中流家庭ではシャワー室と洗面台がリフォームされ、近代的なキッチンが目につくようになった。家庭の排水整備となると少し事情が違う。排水管それにつづく下水本管が旧態依然であるため、折角のシャワー設備も排水が追いつかない。市街地の道路脇には花壇や街路灯が整備されたが、降雨時の道路冠水は解消されていない。大都市も例外ではなく都市の急激な拡大と生活の近代化は大量の排水や汚泥発生量を急激に増大させ郊外に溢れている。家庭排水の38%しか処理されていない現状を水資源開発に携わる北京師範大学の教授は都市の河川水質は污水並みで再利用できないと嘆く。中国の主要な都市は污水处理施設、廃棄物処理施設など都市の環境インフラ整備は強化されてはいるが、下水道インフラの改善と整備が重要かつ緊急の課題となっている。水関連事業への投資規模は莫大であり、第11次5カ年計画（2006年～2010年）では1兆元（約13兆円）、このうち污水处理関連は3,300億元（約4兆3000億円）を占め、2020年には下水道関連事業が約8割を占めると予想される。天津で建設中の国家プロジェクト大規模環境都市開発（エコシティ）を皮切りに、内陸の主要都市でも環境配慮型の社会インフラ整備が計画され、今後、中国の都市環境は大きく様変わりすると思われる。一方、家庭や社会生活の変化に対応した地域社会での環境教育の取り組みは一向に改善されていない。人々の公共心のインフラ整備も整える必要がある。

公立大学法人 秋田県立大学 生物資源科学部 生物環境科学科 自然生態管理学研究室
教授 日高 伸

報 告

下水汚泥ガス化炉の導入について

東京都下水道局流域下水道本部 技術部計画課長

中坪 雄二

キーワード：温室効果ガス削減、再生可能エネルギー、ガス化システム

1. はじめに

東京都流域下水道本部で平成20年度より建設を進めてきた清瀬水再生センター下水汚泥ガス化炉が完成し、平成22年7月より事業を開始した。

この施設は、下水汚泥の持つ潜在的なエネルギーを活用することにより温室効果ガス排出量を大幅に削減できる、下水汚泥のガス化施設としては日本初の実用化施設である。

そこで、下水汚泥ガス化炉導入の経緯、技術の紹介及び事業の概要について以下に紹介する。

2. 下水道局における温室効果ガス排出削減計画

東京都では、2006年に「10年後の東京」を策定し、



東京都の事務事業活動で排出される温室効果ガス

2000年を基準として2020年までに東京都全域で25%の温室効果ガスの削減を目標とした「カーボンマイナス東京10年プロジェクト」を実施している。

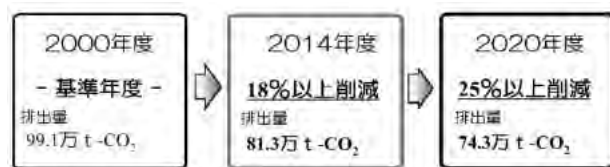
下水道事業は、東京都の事務事業活動で排出される温室効果ガスの約42%を占めており、下水道局（以下、当局という）は、温室効果ガスの削減に向けた大きな責務を担っている。

当局では、下水道機能の高度化等に伴い温室効果ガス排出量の増加が見込まれる中、環境確保条例を遵守し、都の温室効果ガス削減対策の先導的な役割を担うため、「アースプラン2010」を策定した。

アースプラン2010は、2020年度の目標達成に向けた道筋を示し、N₂Oの削減対策とより効果的なCO₂の削減対策の実施により、温室効果ガス排出量を25%削減することで下水道事業における地球温暖化対策を加速させていくこととしている。

2014年度までの具体的な取組としては、水処理施設における微細気泡散気装置や省電力型かくはん機の導入、汚泥処理施設における省エネルギー型濃縮機や脱

アースプラン2010の目標



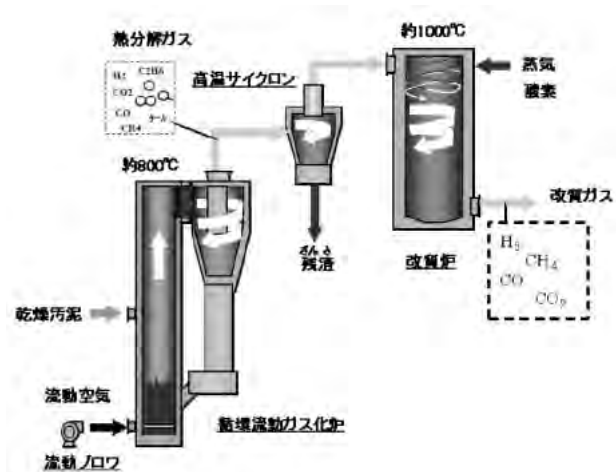
水機の導入拡大を図ることで電力使用量の削減を図っていく。また、汚泥脱水機と焼却炉を近接設置するなど機器配置の工夫による電力削減にも取り組み、温室効果ガス排出の削減を考慮した下水処理工程全体の最適化に努めていく。

また、未利用・再生可能エネルギーの活用については、下水汚泥から炭化物を製造する炭化炉の導入や発電効率の向上を狙った太陽光発電設備の設置を図っていく。さらに、水処理からの N_2O 排出抑制技術の開発など、温室効果ガス削減のための新たな技術開発の促進も進めていくこととしている。

なお、今回紹介する下水汚泥ガス化炉事業についても、アースプラン2010の重要施策の一つに位置付けられたものである。

3. 下水汚泥のガス化技術とは

下水汚泥のガス化反応とは、高温かつ低酸素状態（蒸焼き）で下水汚泥の可燃分を熱分解し、水素（ H_2 ）や一酸化炭素（ CO ）、メタン（ CH_4 ）等の熱分解ガスを得る技術である。また、改質反応とは高温状態で酸素と蒸気を加えることで、熱分解ガス中の高分子ガス及びタール等を低分子化し、 H_2 や CO を主体とする良質な可燃性ガス（改質ガス）に改質する技術である。いずれも、炉内温度を高温に維持するために可燃分を部分燃焼している。

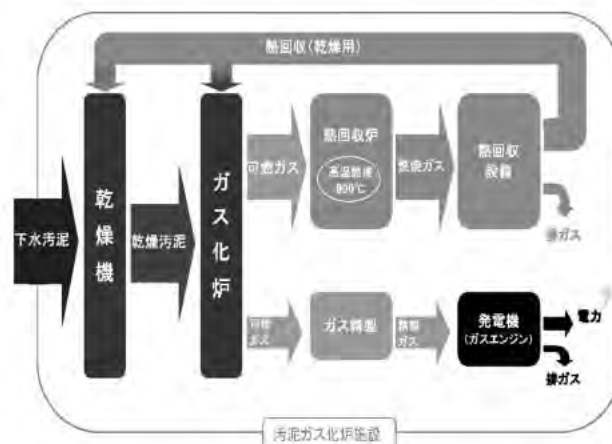


ガス化反応・改質反応イメージ

水再生センターからは、下水を処理することで大量の汚泥が発生する。従来は、この汚泥を効率的に処理・処分するために、流域下水道本部では全量を焼却しているが、この焼却の際に多量の温室効果ガスを発生させてきた。

下水汚泥ガス化炉は、これまでのように汚泥を焼却

するのではなく、下水汚泥のガス化反応・改質反応により発生した可燃性ガス等を汚泥の乾燥と発電に用いることで、従来の焼却に比べ大幅な温室効果ガスの削減を図ることのできる技術である。



下水汚泥ガス化炉における熱の流れ

4. 施設の概要

下水汚泥ガス化炉施設は、受入・乾燥設備、ガス化・改質設備、ガス精製設備、発電設備、熱回収設備に分けられる。

(1) 受入・乾燥設備

センターから送られてきた含水率70%～80%の下水汚泥を含水率20%程度まで乾燥する。熱源には、ガス化炉にて発生する熱分解ガスをもとに熱回収炉の燃焼熱を用いている。

【主な機器】

名 称	形 式	仕 様
乾燥機	ロータリー キリン式	処理能力 4,167kg/h φ 2,320mm×9,535mmL

(2) ガス化・改質設備

受入・乾燥設備より送られた乾燥汚泥をガス化炉で低酸素状態で蒸し焼きし、熱分解ガスを発生させる。このガスを改質炉で改質することにより、 H_2 や CO を主体とする良質なタール分の少ない可燃性ガスを生成する。

【主な機器】

名 称	形 式	仕 様
ガス化炉	循環流動 床炉	炉内径 φ 960mm 炉内温度約 800℃
改質炉	円筒式	炉内径 φ 770mm 炉内温度約 1000℃

(3) ガス精製設備

ガス化・改質設備より送られた改質ガス中の灰分、窒素、硫黄等の不純物を取り除き、ガスエンジンに適したガスに調質する。

【主な機器】

名 称	形 式	仕 様
改質ガス集じん機	バグフィルタ	処理ガス量 720m ³ /h 入口温度 200℃
触媒反応塔	ハニカム充填塔	処理ガス量 670 m ³ N/h 反応温度 400℃

(4) 発電設備

ガスエンジン用に調質したガスと発電出力の安定のための都市ガスを混焼し150kWの発電を行なう。これにより、下水汚泥ガス化炉施設で使用する電力量の約30%を賄うことができる。

【主な機器】

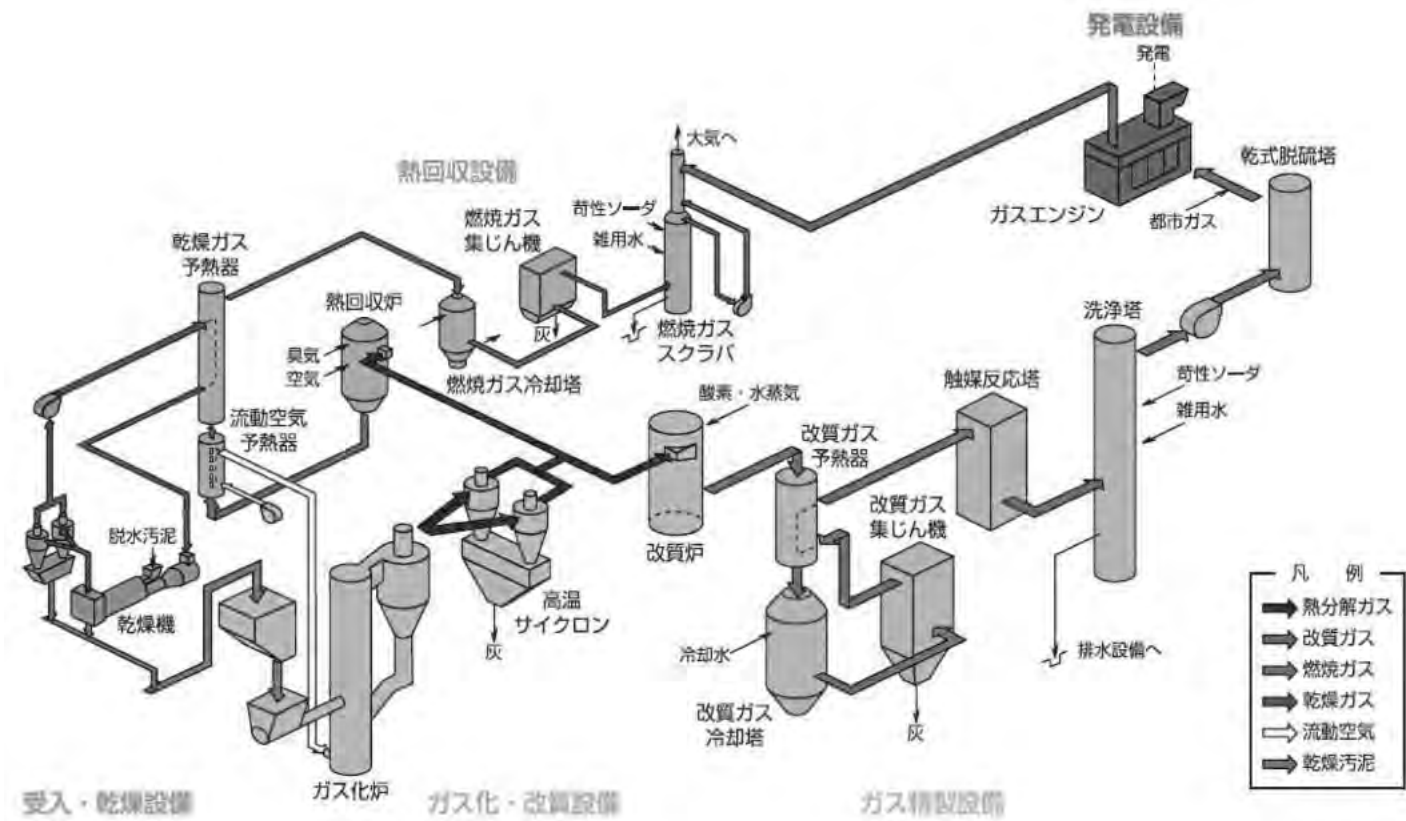
名 称	形 式	仕 様
ガスエンジン	レシプロエンジン	改質ガス混焼 150kW (都市ガス専焼 200kW)

(5) 熱回収設備

熱回収炉では、ガス化炉で発生した熱分解ガスを一酸化二窒素（N₂O）の発生を大幅に抑えるよう約900℃で燃焼する。予熱器では燃焼ガスと熱交換し、ガス化炉流動空気及び乾燥ガスをそれぞれ650℃、600℃まで予熱する。

【主な機器】

名 称	形 式	仕 様
熱回収炉	縦型円筒式	炉内径φ3,500mm 炉内温度約900℃



下水汚泥ガス化炉の処理フロー

5. 下水汚泥ガス化炉事業

下水汚泥ガス化炉の導入に際しては、当局として初めての技術であることから、民間企業の技術・ノウハウを最大限活用し、事業リスクの最適な配分を図るため、事業者が設計、建設、運営及び維持管理を一体で行うDBO方式を採用した。事業者の選定にあたっては、公募型プロポーザル方式を採用し、事業予定者を公募、事業提案を受け、外部有識者を含む審査委員会による審査を行い決定した。

また、優先交渉権者の決定にあたっては、透明性・公平性を確保するため、本事業の目的である温室効果ガスの削減効果を定量的に評価することも含めた、価格評価方式とした。

(参考)

本審査では算定式 $((1) - ((1) + (2) - (3)))$ により算出した最低価格の提案者を優先交渉権者とした。

なお、(1)、①、②、③は以下のとおりである。

- (1)：提案価格（施設整備、維持管理費等）
- ①：温室効果ガス削減効果の価値
- ②：脱水汚泥から取り出された再生可能エネルギーの価値
- ③：残渣の処分及び排水処理に必要な費用

【事業概要】

(1) 事業場所

東京都清瀬市下宿 3 - 1375

(東京都下水道局清瀬水再生センター内)

(2) 事業経過

①実施方針の公表

平成19年 8 月

②募集要項等の公表

平成19年10月

③事業者選定及び基本協定の締結

平成20年 4 月

④設計及び建設

平成20年 7 月～平成22年 6 月末

⑤維持管理及び運営

平成22年 7 月～平成42年 3 月末

(3) 事業費

①建設費

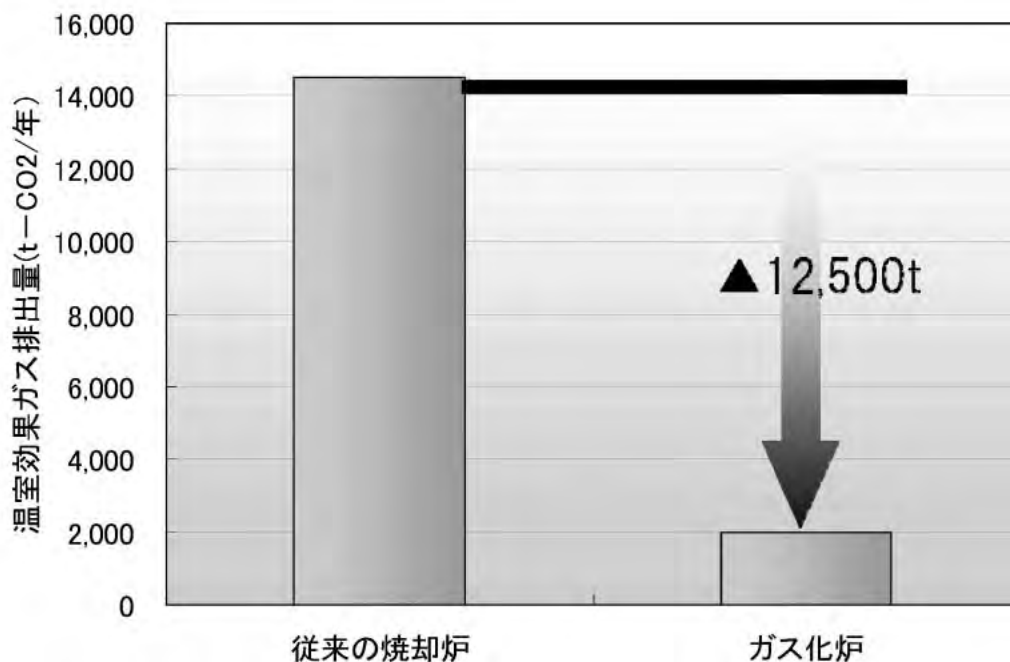
38億円

②維持管理費

50億円 (20年間)

【事業効果】

今回稼働した100 t 規模のガス化炉と従来の焼却炉を比較した場合、温室効果ガス削減量は約12,500t - CO₂/年 (H17実績排出量：14,400 t - CO₂/年、提案排出量：1,868 t - CO₂/年) 削減できる予定である。こ



清瀬水再生センター焼却炉 1 炉分の温室効果ガス排出量と比較

れは、山手線内側の約半分の森林が吸収できる効果がある。

また、このガス化炉で生み出される生成ガスの熱量は、一般家庭が1年間で使用する都市ガス8500世帯分に相当し、再生可能エネルギーの創出という面からも大いに期待できる技術である。

6. 今後の展開

下水汚泥ガス化炉は、平成22年7月より運転を開始し、これまでほぼ定格の能力性能を発揮してきている。また、温室効果ガス排出量の削減についても、既設の焼却炉と比較し、特に二酸化炭素の310倍の温室効果を有するN₂Oについては大幅な削減が見込まれる。

今後は、継続した性能評価を実施し、供給汚泥の変動に対する提案性能（温室効果ガス排出量、汚泥由来の発電量）の安定性や運転条件の妥当性について、システム全体での検証を23年度までかけて行っていく予定である。

下水汚泥は、バイオマスエネルギーの宝庫である。流域下水道は、21世紀の都市モデルの創出に貢献すべく、水再生センターを創エネルギーの拠点と捉え、新技術の導入を図りながら、地球温暖化をはじめとする環境問題への対応に今後も積極的に取り組んでいく。



稼働を開始した清瀬水再生センター下水汚泥ガス化炉

性能評価研究

分類	評価項目
(1) 温室効果 ガス発生量	①提案性能
	②算定方式の検証
(2) 生成ガスの 量と用途	①生成ガスの発生量
	②生成ガスの熱量
(3) ガス発電量	①汚泥由来のガス発電量
	②提案性能
(4) 運転管理性 維持管理性	①タール・チャーの発生量と性状
	②保守・点検及び補修の周期
(5) 環境性	①排ガス中の大気汚染物質濃度
	②悪臭
	③残渣の発生量及び性状
	④排水水質

リサイクルスポット

領土問題を機に、日本人の中国に対する感情が急激に悪化しており、某新聞によれば、80数%の日本国民は、中国は信用できないいわゆる「嫌中派」であるらしい。我が女房殿も家中から中国製品を排除すると息巻いている。

しかし、「変人」と自他共に認める筆者は、漁船体当り事件が発生して十数日後、飛行機に乗り北から大連、青島、天津、上海、蘇州、深圳など中国沿海部を約3週間の急ぎ旅で見て回った。

その印象は驚愕の一言で、各都市とも東京の中心部と同じかそれ以上に高層ビルが立ち並び、郊外には広大な工場地帯が広がっており、どの街も、朝早くから夜遅くまで喧騒と雑踏に包まれている。

現在、中国のGNPは日本と同程度らしいが、日本の産業構造は3次産業が中心であるのに対し、中国は「世界の工場」といわれるように2次産業（製造産業）が大きな部分を占めており、その国力は、日本の数倍以上ではないかと思われる。

特に、蘇州の変化はあらゆる面で驚きを超えている。二十数年前訪れたとき、「東洋のベニス」といわれるように街中水路が縦横に巡り、堀河の水辺は水質汚濁による悪臭は凄まじかったが、静かな古都の雰囲気あった。しかし、現在、堀川の多くは埋め立てられ、地上に道路、地下は下水道が布設されており、広い道路には車は溢れ、クラクションによる騒音は夜遅くまで鳴り止まない。一方、観光資源として保存された堀川は下水道普及のためか、その水質は大幅に改善されていた。

蘇州郊外十数km西に、琵琶湖の4倍以上もある太湖があるが、蘇州と太湖の間に広がる平野部はかつて桑畑が多く見られたが、いまや織物、衣類や機械などの工場と、高層のビジネスビル群と高速道路網からなる副都心が形成されており、現代的な体育館やスタジアムなどスポーツ施設も完備している。ほんの二十数年で、「桑田変じてビル街（蒼海）になる」である。

しかし、太湖の水質汚濁は進んでおり、アオコなど藻類の発生し、それを水源とした蘇州の水道水は、透視度は高いが非常にかび臭かった。

山東半島の根元にある青島から西に三百数十kmの孔子の故郷曲阜まで車で移動したが、青島郊外から数時間、見渡す限り畑が続いており、トウモロコシやほうれん草など葉物が多く植えられ、風上を土手にした中国独特の温室（ビニールハウス）栽培も盛んである。

この地方は黄河の下流地域であるが、晴天時は黄河の水が上流でほとんど汲み上げられるため、断流状態で、わずかな河川水も非常に汚濁しており、良質の農業用水とは行かないようである。

土壌も、日本の山土のように鉄分を多量に含んだ粘土質の赤土のところが多く、有機分が少ないためゴロゴロと硬く、お世辞にも「肥えた土」とはいえない。この原因のひとつには、化学肥料と農薬の多量散布が考えられる。特に、農薬は仕様の数倍以上の濃度の高いものを使用するのが一般的で、野菜に農薬は残留する可能性が高いうえに土壌の汚染に寄与している。

偶然にも下水汚泥を田圃に散布している農業者に出会った。彼の話では、この地方の大都市である済南市の下水処理場の脱水ケーキであるとのこと。朝早くから多くの農業者が列をなして貰いに行くが、多量の工場排水が十分除害されずに下水道に流入するため、農地の重金属汚染が問題になっているらしい。そのため、この地方では、良質で安価な有機肥料の大量の需要があり、外国からの輸入も考えているとのことである。

中国の人口は日本の10倍以上の13億人、面積は二十数倍と頭では分かっているが、実際、中国を旅行すると、国土の大きさだけでなく、人の多さとその活力の凄さ、数千年の歴史の重みがひしひしと伝わってくる。中国は、古代ローマやサラセン帝国、また、スペイン、イギリスやアメリカのような覇権国家になるであろう。

しかし、わが国も覇権国家中国から卑屈な属国扱いを受けず、大英帝国に対するオランダや、オスマントルコに対するベネチアのように、相手国から一目置かれるような国になりたいものである。

【玉葱子】

おしらせ

民間企業の投稿のご案内

下水汚泥資源利用協議会誌「再生と利用」（社団法人 日本下水道協会 発行）は協議会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当と考える事項について適合していること。

（原稿の作成、部数、送付先等）

4. 原稿の作成は、次のとおりとします。

4.1 査読用 複写原稿2部（図表、写真を含みます）

4.2 事務用 複写原稿1部（図表、写真を含みます）

5. 原稿の送付先は、下記の担当に送付して下さい。

（校正）

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

（著作権等）

7. 掲載した原稿の著作権は著者が保有し、編集著作権は、本会が所有します。

原稿登載区分

登載区分	原稿量（刷上り頁）	内容
研究紹介	8頁程度（原稿制限頁数はA4版により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：下水汚泥資源利用協議会事務局（社団法人 日本下水道協会 技術部資源利用促進課）

住所 100-0004 東京都千代田区大手町2-6-2（日本ビル1階 私書箱74号）

電話 03-5200-0918（直） FAX 03-5200-0847

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	1,450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（3 月末発行号に掲載希望の場合は、2 月20日）までに別紙「広告掲載申込書」に広告原稿又は流用広告原稿の写しを添付して、次の 5 に表示の申込先宛にお申し込み下さい。
- (3) 原稿をデータで提出する場合は、データ制作環境（使用OS、アプリケーション、フォント等）を明記のうえ、出力見本を必ず添付して下さい。
- (4) 広告原稿の新規作成又は流用広告原稿の一部修正を依頼する場合は、別紙「広告掲載申込書」にレイアウト案、又は修正指示（流用広告原稿の写しに修正箇所等を明記）をそれぞれ添付して下さい。その際、書体、文字の大

きを指定する等、原稿作成又は修正に必要な事項を明記して下さい。

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

4 お支払方法等

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

なお、送金（振込）手数料は、貴社負担にてお願いします。

5 申込み先及び問合わせ先

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

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

（参考）

「再生と利用」特集企画予定

○131号（平成23年3月末発行）

「第23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」（平成22年度）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	131号
掲載場所・サイズ	表3・後付1頁・後付1/2頁
掲 載 料 金	円／回（消費税込み）
広 告 原 稿	完全原稿（データ、版下、フィルム） ・ 新規作成依頼・流用（一部修正含む）
	※広告原稿を流用（一部修正含む）できる媒体は、次の本会発行の図書等に限ります。 「下水道協会誌」（ 年 月号） 「下水道協会会員名簿」（ 年度） 「下水道展ガイドブック」（ 年度） 「下水道研究発表会講演集」（ 回 年度）
掲載料納入方法	該当月納入 ・ 一括前納
備 考	

上記のとおり申し込みます。

平成 年 月 日

会 社 （ 団 体 ） 名	⑩
住 所 〒	
担当者所属・職・氏名	⑩
TEL FAX	

[広告代理店経由の場合に記入]

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

汚泥再資源化活動

(社)日本下水道協会

下水汚泥資源利用協議会
(汚泥協)

第123回「再生と利用」編集委員会

日 時：平成22年 9 月14日（火）
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）外12名
議 題：平成23年度からの「再生と利用」のホームページでの公開について
「講座」の取り扱いについて
第129号「再生と利用」の掲載項目確認
第130号「再生と利用」の編集方針審議

概 要：

平成22年度末の下水汚泥資源利用協議会の解散に合わせ、平成23年度から「再生と利用」を日本下水道協会会員並びに下水汚泥有効利用にご協力いただいている緑農地関係者向けの会報とし、ホームページ公開も行う。

第129号「再生と利用」の掲載内容について報告し、了承された。

第130号「再生と利用」の特集テーマを「地球温暖化対策としての有効利用」とし、自治体の下水道からの温室効果ガス削減計画、電気・ガス事業者の立場からの下水汚泥有効利用と地球温暖化対策、海外における下水道バイオガス活用事例等についての掲載を編集委員会に提案することとした。

第1回下水汚泥由来肥料の利用促進連絡会

日 時：平成22年 9 月28日（火）
場 所：本会第1会議室
出席者：古畑委員長（日本土壌協会参与）外13名
議 題：下水汚泥有効利用に関する委員会等の概要
下水汚泥有効利用の現状について
下水汚泥の緑農地有効利用に関する活動成果
平成22年度下水汚泥由来肥料の窒素肥効試験に関する調査について
下水汚泥由来肥料の利用促進に関する今後の活動方針について（意見交換）

概 要：

過年度までの施用試験結果から、下水汚泥コンポストが徐々に分解し、土壤中に窒素分を供給する特徴は、降雨等による硝酸の表流水や地下水への溶脱が少なく環境に優しい側面が明らかになった。亜鉛濃度が120mg/kg以下という、西欧諸国と比較して厳しい土壌管理基準が、下水汚泥肥料の利用促進を大きく妨げており、同管理基準の修正を求めている必要がある。

下水汚泥コンポスト製造の8割を民間事業者が担っており、本連絡会の中で民間事業者とも連絡調整すべきである。

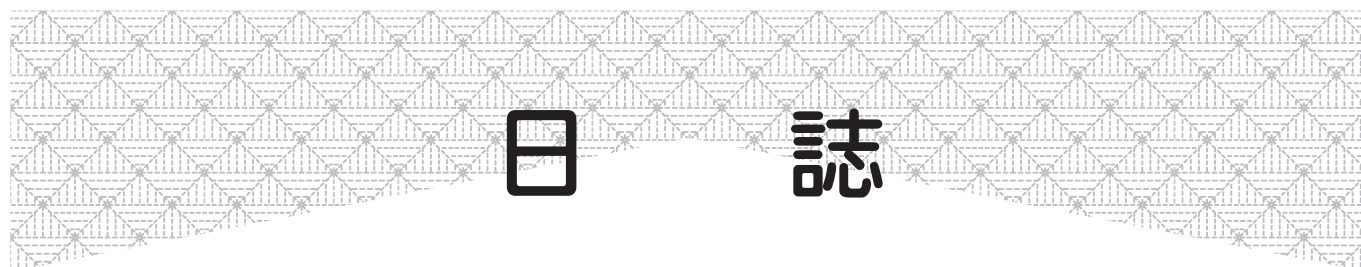
第131号「再生と利用」編集担当学会議

日 時：平成22年11月17日（水）
場 所：本会第3第4会議室
出席者：島田委員、川崎委員、高橋委員、安田委員
議 題：平成23年度からの「再生と利用」の取り扱いについて
平成22年12月からのホームページ掲載
無料送付と有料購読制度について
「講座」の企画案について
第131号編集案について
特集：下水汚泥の有効利用に関するセミナー
特集

概 要：

下水汚泥有効利用に関する「交流の場・情報バンク」機能を強化するためホームページへの掲載を行う（平成22年12月から先行実施）

読者層増加に対応すべく、「講座」内容を下水汚泥有効利用等の基本的事項をレクチャーするものとする。平成23年度は、下水汚泥のエネルギー利用をテーマとする。



平成22年 9 月14日	第123回「再生と利用」編集員会	本会第 1 会議室
平成22年 9 月28日	第 1 回下水汚泥由来肥料の利用促進連絡会	本会第 1 会議室
平成22年11月17日	第131号「再生と利用」編集担当者会議	本会第 3 第 4 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）

特別寄稿：埼玉県の下水汚泥等地域有機資源の土壌の多
面的機能を活用した循環利用と課題(仮題)

特 集：第23回下水汚泥の有効利用に関するセミナー
文献紹介：3 編

報 告：第23回下水汚泥の有効利用に関するセミナー
総合討議概要

そ の 他：会報、行事報告、次号予告、関係団体の動き

会員消息

会員数

(平成22年11月30日現在)

会 員	264
都 道 府 県	47
市 町 村	194
法 人	20
学 識 経 験 者	3
計	264

「再生と利用」編集委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

(22.11.30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	三重大学名誉教授	小 畑 仁
委 員	国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道企画課資源利用係長	山 口 裕 司
委 員	独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ上席研究員 (リサイクルチーム)	岡 本 誠一郎
委 員	日本下水道事業団技術開発部主任研究員	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研究管理監	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新川水処理センター管理係長	相 澤 邦 洋
委 員	山形市上下水道部浄化センター所長	奥 出 晃 一
委 員	横浜市環境創造局施設管理部南部下水道センター長	高 橋 義 吉
委 員	名古屋市上下水道局計画部技術管理課主査 (技術支援)	伊 藤 亜 子
委 員	大阪市建設局下水道河川部担当係長	安 田 冬 時
委 員	広島市下水道局管理部旭町水資源再生センター所長	下 久 英 二
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（誘導結合プラズマ）発光分光分析法による定量方法通則 | 9.10.2 ICP発光分光分析法 | 10.4 農薬類 |
| 6.1 要旨 | 9.11 銅 | 10.4.1 有機リン農薬（EPN, パラチオン, メチルパラチオン） |
| 6.2 金属等の測定 | 9.12 フッ素 | ガスクロマトグラフ法 |
| 6.3 試薬の調製 | 9.13 鉄 | 10.4.2 農薬類 ガスクロマト |
| 6.4 前処理操作 | 9.14 水銀 | グラフ質量分析法 |
| 7. 原子吸光法による測定時の干渉 | 9.15 カリウム | 11. その他の試験 |
| 7.1 要旨 | 9.16 マグネシウム | 11.1 pH |
| 7.2 物理的干渉 | 9.17 マンガン | 11.2 酸素消費量 |
| 7.3 分光学的干渉 | 9.18 モリブデン | 11.3 炭素・窒素比 |
| 7.4 イオン化干渉 | 9.19 窒素 | 11.4 電気伝導率 |
| 7.5 化学的干渉 | 9.20 ナトリウム | 11.5 植物に対する害に関する栽 |
| 7.6 バックグラウンド吸収 | 9.21 ニッケル | 培試験の方法 |
| 7.7 準備操作 | 9.22 リン | 【参考資料】 |
| 7.8 測定操作 | 9.23 鉛 | 1. 幼植物試験とは |
| 8. ICP発光分光分析法による測定時の干渉 | 9.24 硫黄 | 2. 融合コンポスト |
| | 9.25 アンチモン | 付録. 原子量表 |
| | 9.25.1 水素化合物発生 | 巻末資料 |
| | 原子吸光法 | |

編集後記

本号の特集テーマは、「地球温暖化対策としての有効利用」です。現在、様々な分野においてバイオマス利活用の必要性が唱えられており、「地球温暖化対策」は、その共通するスローガンとなっています。したがって、今回、実に多様な分野の活動を取り上げることができました。

野池編集委員長は、長年、我が国のメタン発酵に関する研究を先導してこられましたが、昨今の地球温暖化対策に配慮した技術開発や下水道事業等の実施、とりわけ、メタン発酵への期待の高まりを喜ばしいと語っておられます。ただ、巻頭言にも書いていただきましたとおり、韓国における同種の取り組みには、その規模や実施のスピードに驚かされるものがあり、我々も負けていられないと思います。そのためには、下水道施設は、浸水の防除、公衆衛生の確保及び水質保全のための施設であるのに加え、資源を回収し循環できる施設であることを認識し、それを技術開発や事業に反映して行かなければなりません。この点について、「下水道を核とした資源やエネルギーの回収・循環の確立」という観点から、「資源のみち」委員会の座長を務められた津野教授に、ご解説いただいております。

特集では、下水道事業者、電気事業者、都市ガス事業者の立場から、地球温暖化対策の考え方や技術について説明していただいております。また、バイオマスタウン構想の現状についての報告もいただいております。また、ごみ処理への乾式メタン発酵の導入についてもご紹介いただいております。本当に幅広い内容となり、編集担当としてはうれしく思っています。

メタン発酵や下水汚泥の固形燃料化などに代表される「下水汚泥のエネルギー利用」というキーワー

ドで、下水道と様々な分野が連携することができ、お互いに利用し利用されるWIN-WINの関係を構築することができます。また、特別報告にありますように、下水道バイオガス活用に関するドイツでの事例に学び、韓国や中国に関しては、我々が貢献できることと勉強すべきことの両方があると思います。「再生と利用」では、下水道以外の他分野における取り組みや海外における事例紹介なども積極的に取り上げていきたいと思っています。

全国で約2,100施設ある下水処理場の内、メタン発酵施設を稼働させているのは、約280施設のみで、この数値は、かなり長い間、横ばい状態にあります。また、約280施設におけるバイオガス発生量は、年間約3億m³になりますが、その内の約8,500万m³は、余剰ガスとして焼却処分されているのが現状です。

したがって、余剰ガスの有効利用とメタン発酵を導入する下水処理場数を増やすことが重要になります。最近では、ガス発電施設や燃料電池等のバイオガス有効利用技術の開発が盛んに行われており、数年前まで採算が取れなかった取り組みも十分採算が取れるレベルに達したものがあると思います。また、農業集落排水、浄化槽、ごみ処理、及び家畜糞尿処理などと連携し、それぞれ分散して実施している廃棄物の最終処分を下水道施設に集約することができれば、メタン発酵施設を新設するメリットが十分出てくると思います。この取り組みは、珠洲市で既に実施されており、北広島市や黒部市において、近々、導入される予定です。このような先進事例を紹介し、混合バイオマスメタン発酵の導入につながればと期待しています。

(YO)

下水汚泥資源利用協議会誌

「再生と利用」

Vol. 35 No. 130 (2011)

平成23年1月15日 発行

発行所 社団法人 日本下水道協会

〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目6番2号
日本ビル（私書箱74号）
電話 (03) 5200-0810
FAX (03) 5200-0839

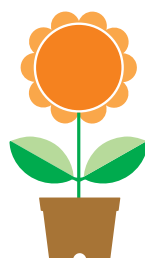
日本土壌協会は、土壌の健全な維持と 環境保全型農業の推進に貢献します。

- ・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
- ・月刊誌「圃場と土壌」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



月刊誌「圃場と土壌」

財団法人**日本土壌協会** 〒101-0051
東京都千代田区神田神保町1-58 パピロスビル6階
<http://www.japan-soil.net> TEL.03-3292-7281 FAX.03-3219-1646



再生と利用

下水汚泥資源利用協議会誌



社団法人 日本下水道協会

〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-2 (日本ビル1階)
TEL03-5200-0810 (代表) FAX03-5200-0839 (代表)