

資源のみちの実現に向けて

報告書

(案)

平成 19年 3月

資源のみち委員会

「資源のみちの実現に向けて」～資源のみち委員会報告書(素案)

[目 次]

はじめに
委員名簿
審議経過

1. 下水道事業におけるエネルギー消費・環境負荷の現状	1
1 - 1. 下水道におけるエネルギー消費	1
1 - 2. 下水道における省エネルギー対策	4
1 - 3. 下水道からの環境負荷(下水汚泥の発生)	7
1 - 4. 下水道からの環境負荷(温室効果ガスの排出)	11
2. エネルギー・環境をめぐる社会状況の変化	14
2 - 1. 資源・エネルギー問題の深刻化	14
2 - 2. 地球環境問題の深刻化	22
3. 下水道の有する資源・エネルギーポテンシャル	23
3 - 1. 下水・下水処理水の有する未利用エネルギー等	24
3 - 2. 下水汚泥等バイオマスの資源・エネルギー利用	26
3 - 3. 施設空間を活用した自然エネルギーの導入	33
4. 資源のみち実現に向けた取組	35
4 - 1. 基本的考え方	35
4 - 2. エネルギー自立の推進	37
4 - 3. 地域における資源・エネルギー循環の推進	42
4 - 4. 下水道ポテンシャルの利用方法と資源・エネルギー循環の事業イメージ	47
参考資料1. 評価指標について	65
参考資料2. LOTUS プロジェクト	69

はじめに

平成 17 年 9 月に、下水道政策研究委員会中長期ビジョン小委員会が、「これまでの「普及拡大」中心の 20 世紀型下水道から、「健全な水循環と資源循環」を創出する 21 世紀型下水道への転換を目指すべき」として、長期的視点から見た今後の下水道の方向性を「下水道ビジョン 2100」として取りまとめたところであるが、その施策方針の 1 つとして、水環境の保全等下水道の有する機能に加え、下水道の有する資源回収・供給機能を積極的に活かして、下水処理場のエネルギー自立や地球温暖化防止等に貢献する「資源のみち」の創出が盛り込まれた。

また、平成 17 年 4 月に京都議定書目標達成計画が閣議決定され、さらに、平成 18 年 3 月にはバイオマス・ニッポン総合戦略が改定される等、政府全体として地球温暖化対策の推進、中でもカーボンニュートラルであるバイオマスを積極的に利活用していくことが喫緊の課題として位置付けられている。

これまで、下水汚泥については、埋立処分量を減量化することを最優先に緑農地利用や建設資材利用を推進してきており、下水汚泥リサイクル率は平成 17 年度末で 70%に達する等、一定の進捗をみている。バイオマスの視点からみると、下水汚泥は、量・質ともに安定しており、しかも下水処理場で集中的に発生していることから利活用に適したエネルギー資源であるが、下水汚泥中の有機分の多くはエネルギー利用されていない状況にある。

こうした中、「下水道ビジョン 2100」で示された「資源のみち」の将来像の実現に向けて、下水道分野におけるエネルギー利用、資源利用、地球温暖化対策の中期的な施策のあり方等を審議するため、平成 18 年 3 月に「資源のみち委員会」が設置された。

「資源のみち委員会」では、下水道ビジョン 2100 で示された将来像を踏まえて、下水道施設のエネルギー的な自立と、都市・地域における望ましい資源・エネルギー循環と下水道の関わり方及びその具体的な姿(対象とする場、関係する主体、実現する内容、実現に必要な施策・技術等)について検討を行ってきた。その結果、「省エネルギー・創エネルギーの推進によるエネルギー自立を目指す」「下水道ポテンシャルを活用した地域における資源・エネルギー循環を目指す」に係る施策展開上の基本的な考え方を定めた。

本書は、下水道事業におけるエネルギー消費・環境負荷の現状、エネルギー・環境をめぐる社会状況の変化、及び下水道の有する資源・エネルギーポテンシャルといった「資源のみち」の施策展開を検討する上での基本情報を整理するとともに、上記の基本的な考え方に沿った「資源のみち」実現に向けての取り組みについて、「資源のみち委員会」としての見解を総括したものである。

今後、本書が「資源のみち」実現に向けての一助となることを期待する。

委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	津野 洋	京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻教授
委員	貫上 佳則	大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻教授
"	高橋 正宏	北海道大学大学院工学研究科環境フィールド工学専攻教授
"	堀尾 正靱	東京農工大学大学院共生科学技術研究部教授
"	横山 伸也	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻教授
"	大谷 繁	バイオマス・ニッポン総合戦略検証ワーキンググループ委員
"	増田 隆司	国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道事業調整官
"	清水 俊昭	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究官
"	堀江 信之	日本下水道事業団技術開発部長
"	尾関 正吉	愛知県建設部下水道課長
"	小菅 博明	横浜市環境創造局環境活動推進部次長兼環境科学研究所担当課長
"	竹中 恭三	神戸市建設局下水道河川部工務課長

(所属は 2007 年 3 月時点)

前委員	岡久 宏史	国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道事業調整官
"	森田 弘昭	日本下水道事業団技術開発部先端研究役

(所属は委員当時のもの)

審議経過

「資源のみち」委員会 審議経過

回	開催日時・場所	審議事項
第1回	平成18年3月14日(火) 10時30分～12時30分 (財)下水道新技術推進機構 6F大会議室	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設立主旨 ・ 下水道ビジョン 2100 について ・ 下水汚泥資源利用をめぐる社会的背景について ・ 下水汚泥資源利用の現状と課題について ・ 論点(案)について
第2回	平成18年5月16日(火) 13時30分～15時30分 (財)下水道新技術推進機構 6F大会議室	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今後の進め方について ・ 下水汚泥の有効利用の推進方策の論点整理について
第3回	平成18年6月16日(金) 13時30分～15時30分 (財)下水道新技術推進機構 6F大会議室	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中間報告(案)について
第4回	平成18年10月24日(火) 13時30分～15時30分 (財)下水道新技術推進機構 6F大会議室	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第3回委員会までの総括及び今後の進め方 ・ 下水道の有するポテンシャルとその活用状況 ・ 資源のみちを推進するための推進方策のイメージについて
第5回	平成18年12月12日(金) 13時30分～15時30分 (財)下水道新技術推進機構 6F大会議室	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資源のみち実現に向けた取り組みの体系化について ・ 下水道における省エネルギー対策について ・ 地域と連携した資源・エネルギー循環について ・ 評価指標の設定について
第6回	平成19年2月9日(金) 10時00分～12時00分 (財)下水道新技術推進機構 6F大会議室	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資源のみちの推進施策について ・ 最終報告書(素案)について
第7回	平成19年3月14日(水) 10時00分～12時00分 (財)下水道新技術推進機構 6F大会議室	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最終報告書案について

1. 下水道事業におけるエネルギー消費・環境負荷の現状

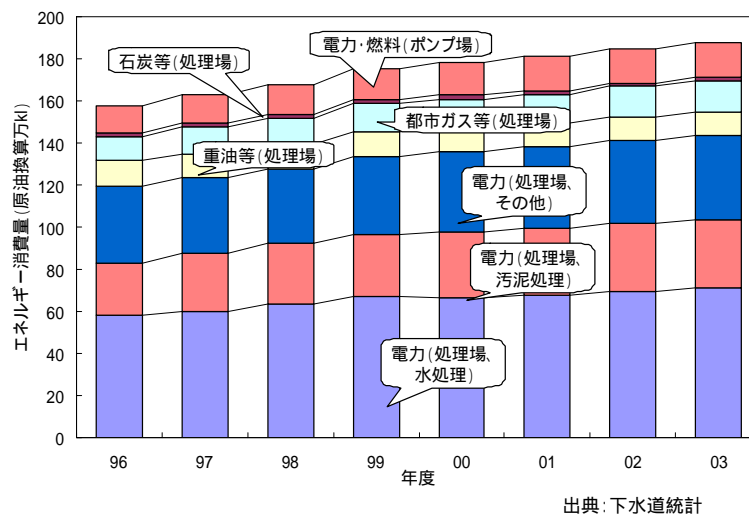
下水道は下水の収集・処理の過程で大量のエネルギーを消費し、その結果多くの温室効果ガスを排出しているほか、産業廃棄物の約 2 割を占める下水汚泥を排出しており、これらの環境に対する負荷を低減することが必要である。

1 - 1. 下水道におけるエネルギー消費

下水道は下水の収集・処理の過程で大量のエネルギーを消費しており、2003 年度の下水道施設におけるエネルギー消費量は、我が国の一次エネルギー総供給量のうち約 0.3% (約 190 万原油換算 kl) を占めるに至っている。特に電力消費量は我が国の電力総消費量のうち約 0.7% (約 68 億 kWh) に達している。

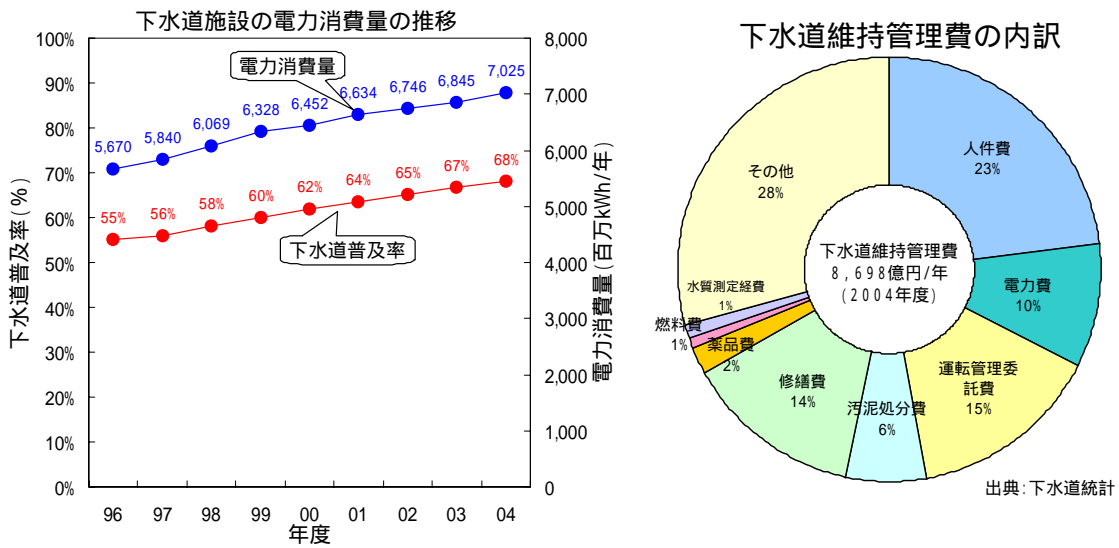
エネルギー消費の内訳を見ると、電力消費が全体の約 9 割と大半を占めており、処理プロセスごとでは、送風機を有する水処理プロセスが最もウエイトが高くなっている。

下水道施設のエネルギー消費量（一次エネルギー換算）



【下水道施設における電力消費量】

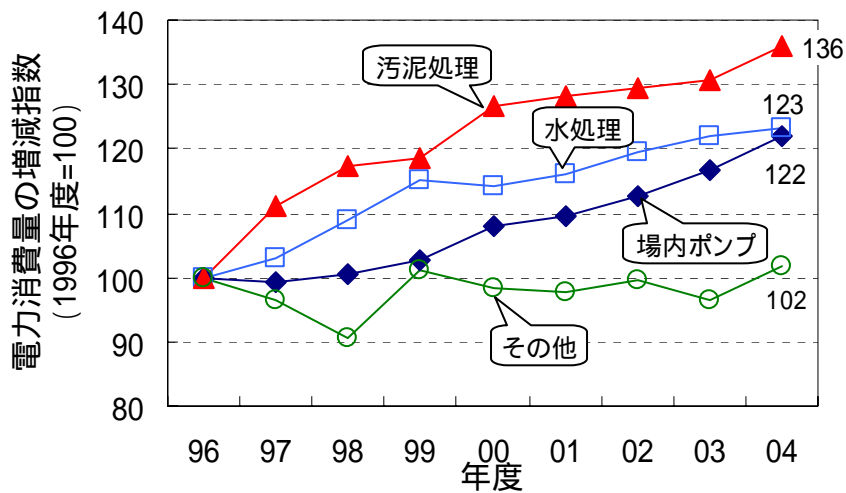
下水道施設の電力消費量は、下水道普及率の上昇に伴い増加しており、2004 年度の電力消費量は約 70 億 kWh (全国の電力消費量の約 0.7% に相当) となっている。また、下水道維持管理費のうち約 10% を電力費が占めている。



【電力消費量のプロセスごとの推移】

電力消費量をプロセスごとにみると、汚泥処理に要する電力消費量が下水道普及率の増加傾向を上回るペースで伸びている。これは、下水汚泥の減量化を推進するため、汚泥処理プロセスにおいて電力消費量の大きい高効率濃縮方式等が導入されたことにより、単位汚泥処理量当たりの電力消費量が増加してきたことに起因すると考えられる。

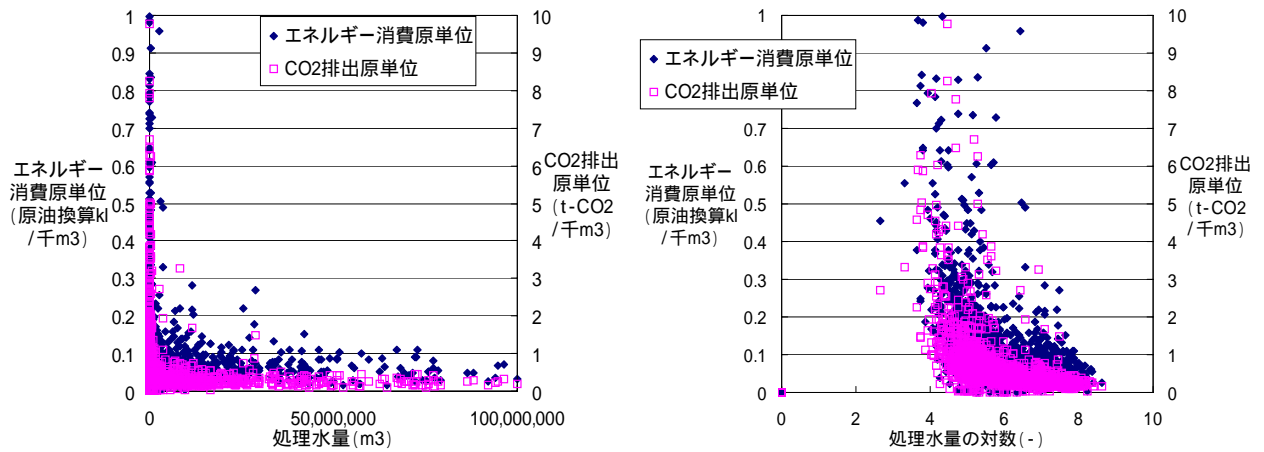
下水処理における電力消費量の増減指数
(1996年度を基準とした場合)



【下水処理場におけるエネルギー消費原単位、CO2 排出原単位】

下水処理場ごとに、下水処理場の年間電力・燃料消費量を年間処理水量で除したエネルギー消費原単位及び年間 CO2 排出量(化石燃料由来に限る、以下同様)を年間処理水量で除した CO2 排出原単位をみると、処理規模が小さいほど原単位の値は大きく、かつばらつきも大きい。

水処理を伴う下水処理場におけるエネルギー消費原単位、CO2排出原単位

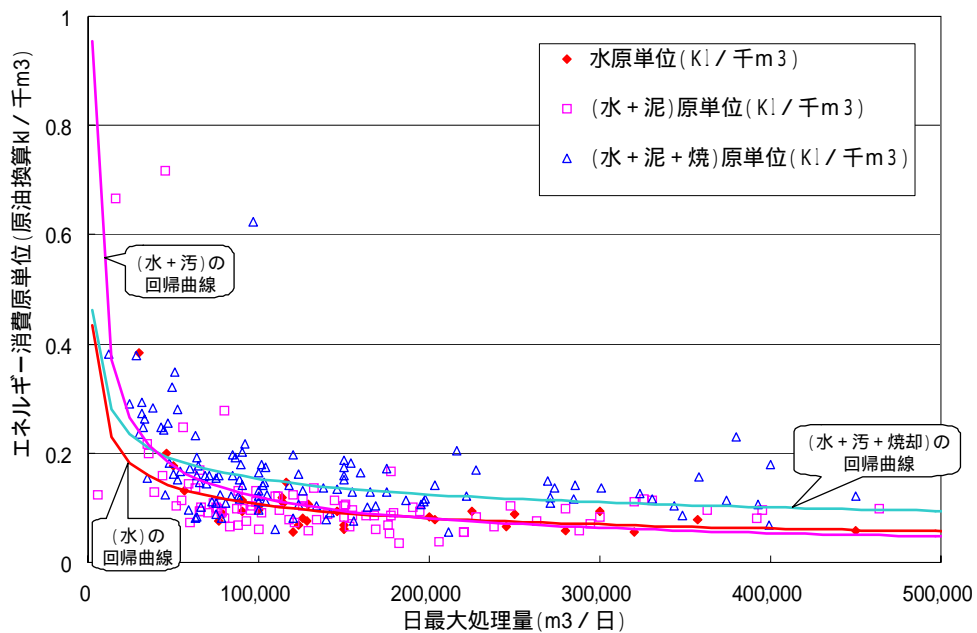


出典：国土交通省調査

【処理プロセス別のエネルギー消費特性】

汚泥処理のうち、焼却・溶融を行っている場合は、原単位がその分大きくなるが、他の汚泥処理工程（濃縮・脱水等）が原単位に与える影響は軽微である。

下水処理場における処理プロセス別のエネルギー消費原単位



処理場を「水処理のみ」、「水処理 + 汚泥処理(焼却・溶融なし)」、「水処理 + 汚泥処理(焼却・溶融あり)」に分類

出典：下水道統計

1 - 2 . 下水道における省エネルギー対策

下水道分野における省エネ対策については、平成 16 年 5 月に、エネルギーの使用の合理化に関する法律に基づく中長期的な計画を作成する際の参考とするため、「第一種指定事業者のうち下水道業を営む者による中長期的な計画の作成のための指針解説」が取りまとめられている(平成 17 年 6 月に改訂)。これを基に、中長期計画の提出義務の有無に関わらず、すべての下水道管理者に対して省エネ対策の推進を図ってきたところである。

現在、下水道に導入されている主な省エネルギー対策は次のとおりである。機器の更新を伴う省エネルギー対策については、インバータ制御やインレットベーンの導入等が主に実施されている。また、運転管理に関する省エネルギー対策については、間欠運転や運転設定値の最適化等が主に実施されている。

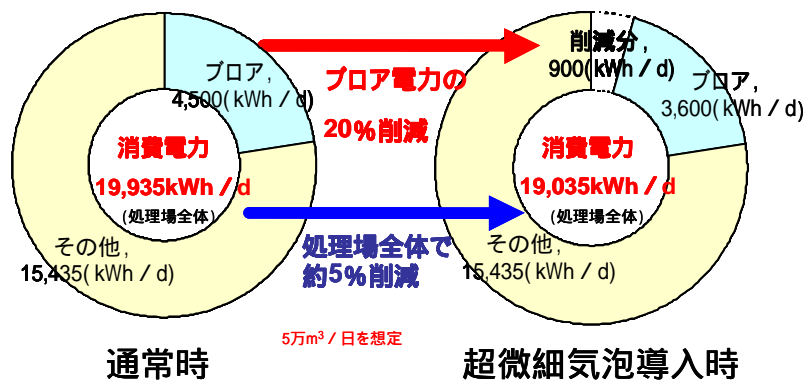
下水処理場で導入されている主な省エネルギー対策の例

処理工程	設備	省エネ対策
前処理	沈砂池設備	沈砂機械スクリーン設備のタイマー運転
	主ポンプ	ポンプのインバータ制御
水処理	初沈、終沈設備	初沈の池数の制御
		返送汚泥率の設定の最適化
		返送汚泥ポンプのインバータ制御
	ろ過設備	ろ過逆洗プロワの間欠運転
	反応タンク	超微細気泡装置の導入
		曝気風量の設定の最適化
反応タンクへの風量調節弁の導入		
インレットベーンの導入		
汚泥処理	焼却炉	下水汚泥の燃焼の最適化
		待機運転時間の削減、炉停止時の関連機器の停止
		誘引ファン等のインバータ制御
		断熱の強化
共通設備	電気設備	進相コンデンサの導入による力率改善
	空調設備	給排気ファンの間欠運転
		冷暖房温度の設定変更
	照明設備	消灯の励行
		常夜灯の削減

今後の徹底的な省エネの推進に当たっては、下水道管理者の自主的取組に加え、将来的な省エネの目標を明確化することが重要である。また、具体的な省エネ対策のメニューや関連技術の整理等を通じて、技術者の少ない下水道管理者を含めて、省エネ対策の導入を支援する仕組みが必要である。

<トピックス: 超微細気泡装置の導入による省エネ効果の試算>

水処理時の電力消費の大半は、フロアの動力用であり、超微細気泡を導入することにより、フロアの電力消費量を約 20% (処理場全体の電力消費量の 5% に相当) 削減可能と試算される。



<省エネ効果の試算例>

約5万m³/日規模の処理場で超微細気泡を導入し、処理場全体の電力消費量を5%削減した場合、電気代に換算して年間約1,800万円のコスト削減効果が期待される

<トピックス: 下水汚泥の燃焼の最適化による省エネ効果の試算>

省エネのソフト対策として、燃料消費量の多くを占めると考えられる下水汚泥の焼却工程における焼却条件の最適化等が挙げられる。

大阪府大和川下流今池処理場の事例

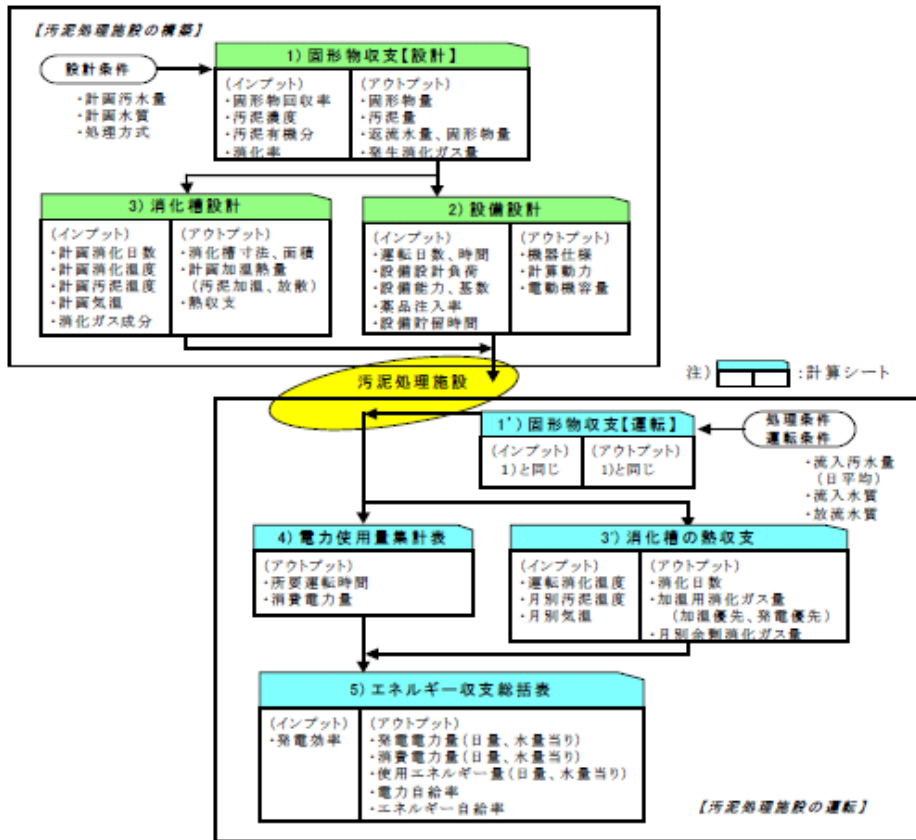
- ・処理水量: 8.6万m³ / 日
- ・流動空気圧損を24 ~ 25kPaに管理すること等による流動床焼却炉の燃焼の最適化をはじめ、汚泥濃度の改善、ケーキ貯留時間の短縮化等により、処理場全体の燃料消費量を約16%削減
- ・燃料代に換算して年間約600万のコスト削減に相当すると試算される

<トピックス: 下水処理場における電力消費量、電力自給率のシミュレータの開発>

省エネ対策を計画的に推進するにあたっては、処理フローや運転条件等によるエネルギー消費量を把握することが必要である。

日本下水道事業団では、水量、水質、その他条件を入れ込むことにより消費電力量を試算し、電力自給率を算出するシミュレータを開発中。

シミュレータの構成



1 - 3 . 下水道からの環境負荷(下水汚泥の発生)

下水汚泥は産業廃棄物排出量の約 2 割を占めており、廃棄物の減量化の観点から、焼却、溶融等の減量化プロセスの導入とあわせて建設資材としての利用を進めているところである。

しかしながら、レンガやコンクリート骨材などの製品化は、コストが高いこと、需要の安定的確保に懸念があることから製造休止状態に追い込まれている事例がある。また、セメント等の原材料としての供給は、購入者が見つからなければ廃棄物として処分することとなるため、買い手市場が形成されているなど、恒久的なりサイクルについての懸念がある。

循環型社会の推進の観点から、下水汚泥の恒久的かつ効果的なりサイクルの枠組みを構築する必要がある。

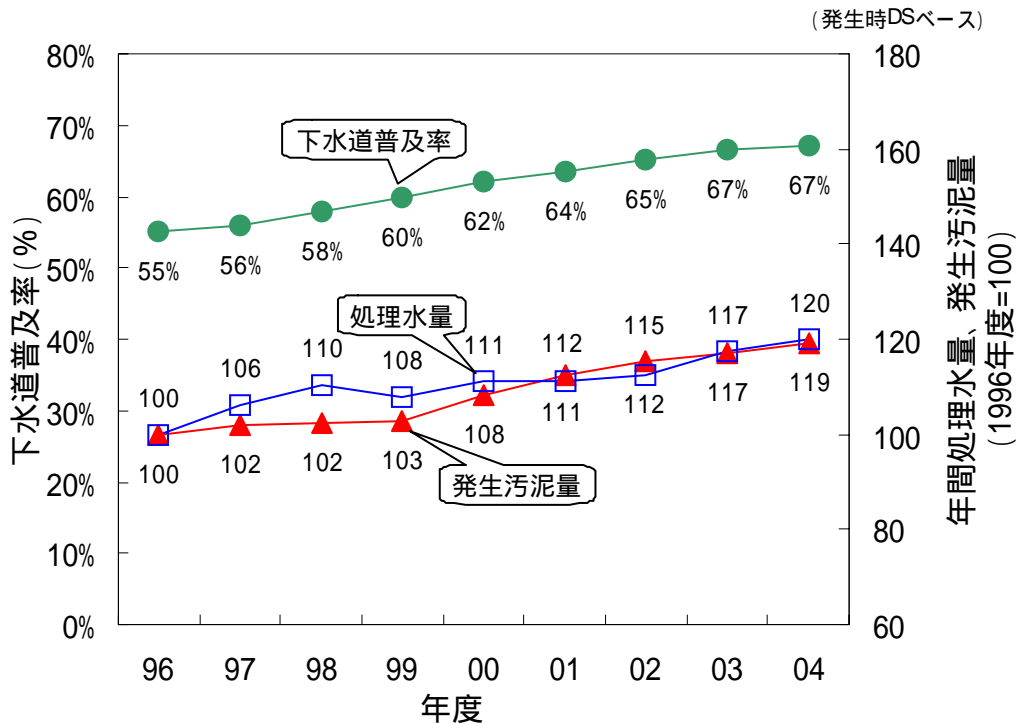
【下水汚泥の発生量の推移】

我が国の下水汚泥発生量は、下水道普及率の向上等に伴い年々増加しており、2004 年には 1996 年度比で 19%増加(2,174 千 DS-t(発生時 DS ベース))している。

今後も、下水道普及率の向上及び高度処理の実施等により下水汚泥発生量はさらに増加するものと想定されるが、これに伴い下水道バイオガス等として回収できるエネルギー量のポテンシャルも増加すると見込まれる。

発生時 DS ベース: 汚泥の濃縮後の形態における、汚泥中の固形分(dry solid)の重量

下水道普及率と発生汚泥量の推移



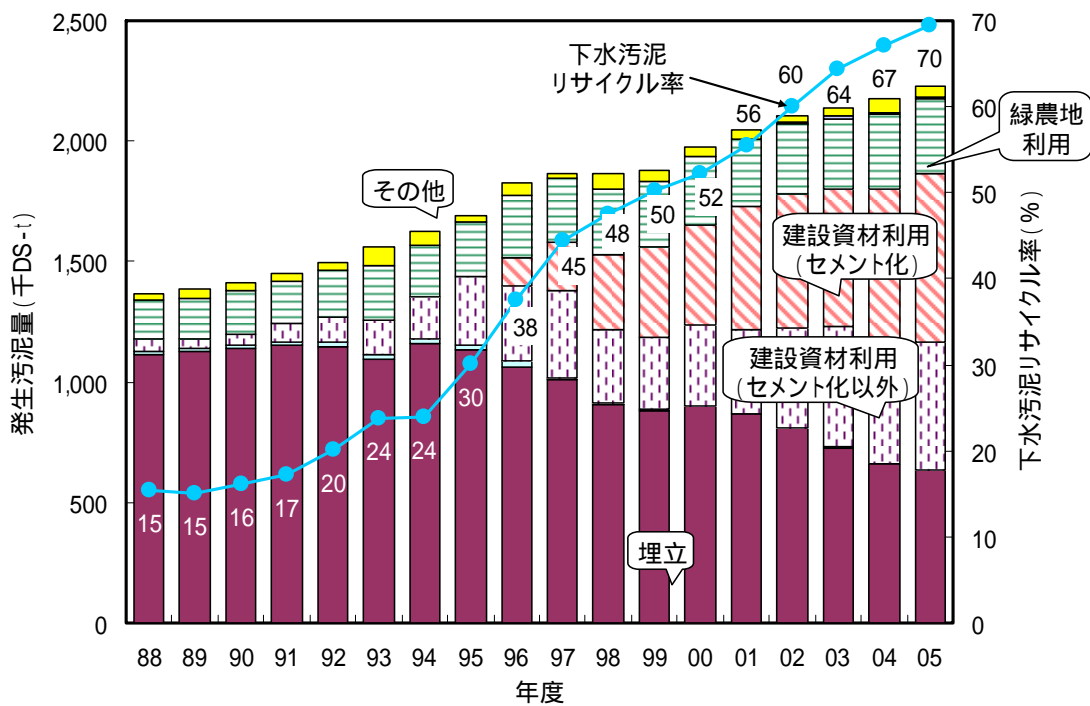
出典: 下水道統計

【下水汚泥の有効利用の推移】

下水汚泥の最終処分に着目すると、下水汚泥の発生量は増加しているものの、下水汚泥の有効利用の進展に伴い、埋立量は減少傾向にある。また、下水汚泥の有効利用の中では、下水汚泥等を大量かつ安定的に受け入れることのできるセメント工場と連携したセメント化の割合が大きくなっている。

この結果、2005年度の「下水汚泥リサイクル率」は70%となっている。「下水汚泥リサイクル率」は、下水汚泥の総発生量に対するリサイクルされている下水汚泥量の割合(発生時DSベース)を示す指標であり、現在、社会資本整備重点計画の目標として、2007年度に68%とすることが定められている。

下水汚泥の発生量及び処理・有効利用状況の推移

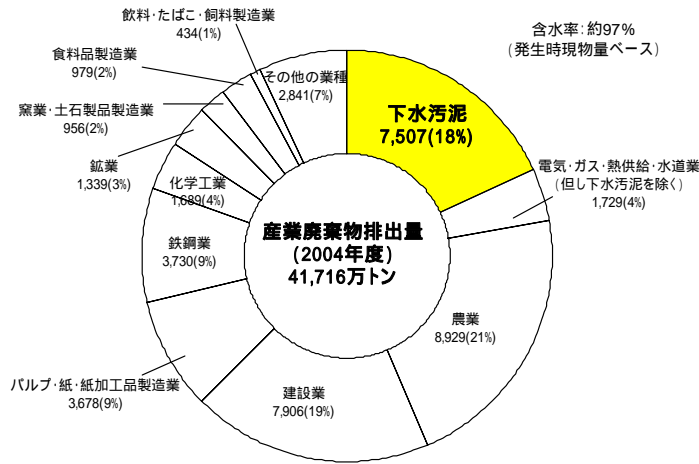


出典：国土交通省調査

【産業廃棄物の発生量に占める下水汚泥の割合】

産業廃棄物としての下水汚泥に着目すると、2004年度の産業廃棄物の発生量に占める下水汚泥の割合は18%に相当する。

産業廃棄物排出量に占める下水汚泥の割合

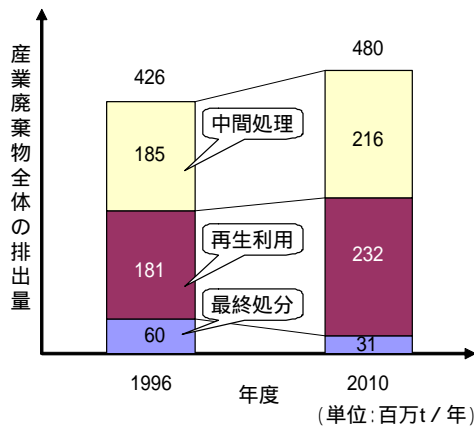


出典: 環境省「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書」より

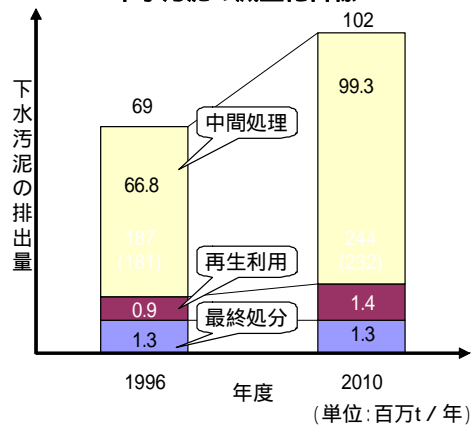
【下水汚泥の減量化の目標】

産業廃棄物の減量化については、ダイオキシン対策推進基本指針(平成11年3月ダイオキシン対策関係閣僚会議決定)に基づき、1999年9月に「廃棄物の減量化の目標量」が設定された。下水汚泥については、下水道普及率の向上に伴い今後とも発生量が増加する傾向にあることを踏まえて、2010年度の最終処分量を1996年度と同量で維持させることが定められている。これに基づき、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(廃掃法)第5条の2の規定に基づき「廃掃法基本方針」(平成13年環境省告示第34号)における廃棄物の減量化の目標として、1996年度に対し2010年度の最終処分量を半減することが定められている。

「廃棄物の減量化の目標量」における減量化目標



下水汚泥の減量化目標

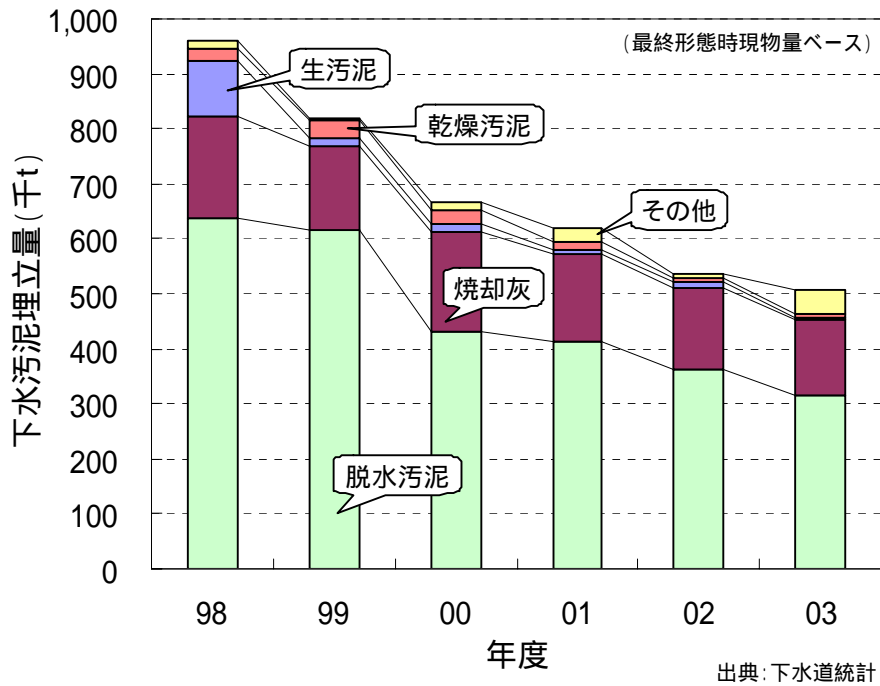


出典: ダイオキシン対策推進基本指針に基づく「廃棄物の減量化の目標量」より

【下水汚泥の埋立量の推移】

これまでの下水汚泥の処理・処分については、発生汚泥量が増加していく中、処理フロー後段の汚泥処理プロセスの施設規模の抑制や最終処分場の負荷軽減を基本として推進されてきた。この結果、下水汚泥の最終処分量は減少傾向にある。

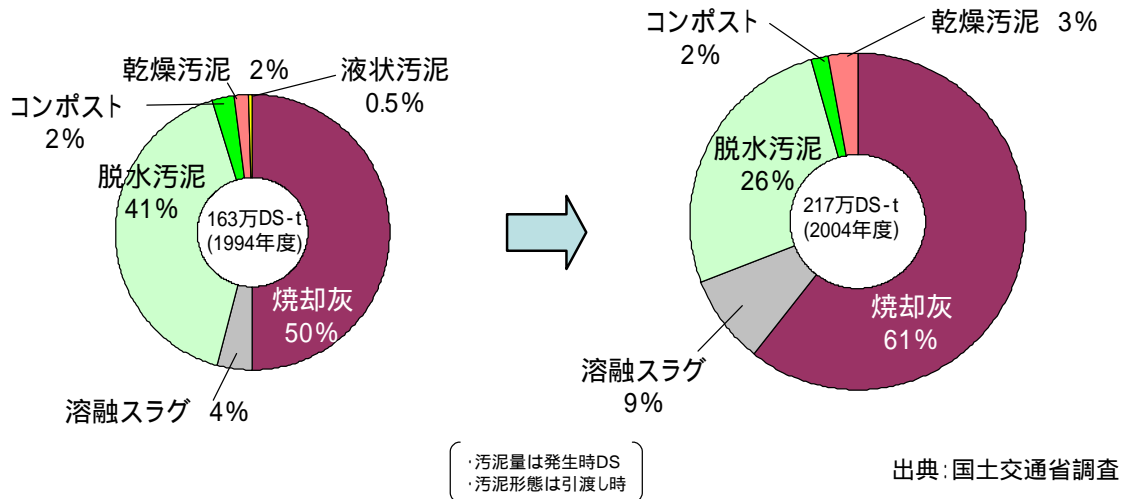
下水汚泥の埋立処分量の推移



【下水道管理者による減量化の取組】

下水汚泥の処分形態の状況は、近年の焼却施設の導入等により大きく変化している。1994年度と、10年後の2004年度で比較すると、焼却灰の割合が50%から61%、熔融スラグが4%から9%に増加する一方、脱水汚泥は41%から26%まで減少している。

下水汚泥の処分形態

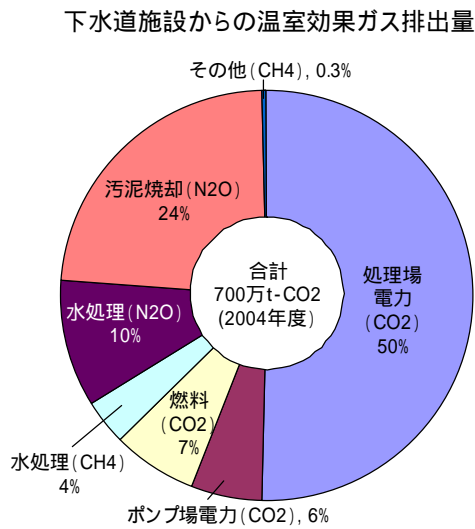


1 - 4 . 下水道からの環境負荷 (温室効果ガスの排出)

地球温暖化防止のため、温室効果ガスの削減が求められているが、下水道は処理過程において多くの温室効果ガスを排出しており、我が国全体の温室効果ガス排出量のうち約0.5% (2004年度) を占めている。

下水道からの温室効果ガス排出量は、1990年から2004年の間に約54%増加しており、処理水量の伸び(同比約36%増加)を上回っている。特に、汚泥焼却工程で発生する一酸化二窒素(N₂O)排出量が1990年比で約94%増加している。2004年の排出量の内訳をみると、処理場の電力消費に伴うCO₂排出量が約50%と最も多く、次いで、汚泥焼却による一酸化二窒素排出量が約24%を占めている。

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全般的かつ着実な温室効果ガス排出抑制に対する取組が必要である。



< 一酸化二窒素(N₂O)とは >

> 代表的な温室効果ガスの一つ

> N₂Oは、燃焼工程や微生物の働き等により発生

> N₂Oの地球温暖化係数は310

N₂Oを1削減することは、CO₂を310削減することと同等の効果

< 下水道でN₂O対策が必要な理由 >

> 燃焼過程でのN₂Oの発生は被燃焼物中の窒素に由来

> 下水汚泥の窒素含有率は他の廃棄物に比べて大きい

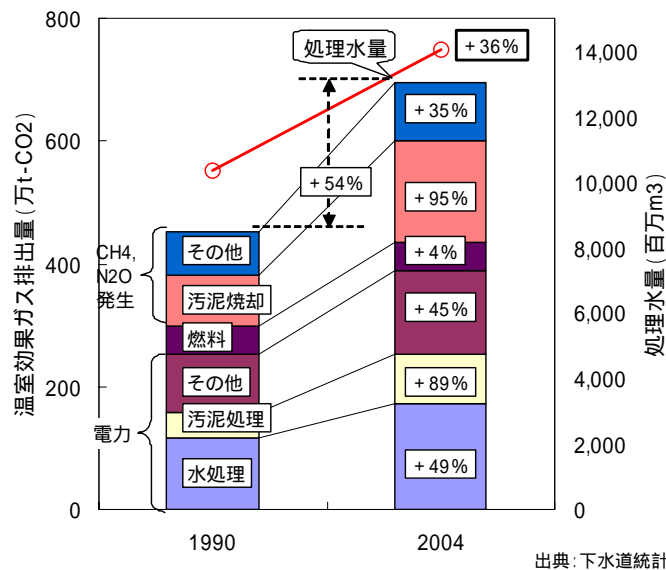
> 今後とも下水汚泥発生量・焼却量は増加する見込み

> 特に、主流の流動床炉におけるN₂O排出係数が大きい

被燃焼物	N含有率(%)
下水汚泥	5
一般ゴミ	1

排出係数	g-N ₂ O / t
下水汚泥	294 ~ 1,508
一般ゴミ	21 ~ 180

下水道からの温室効果ガス排出量の推移



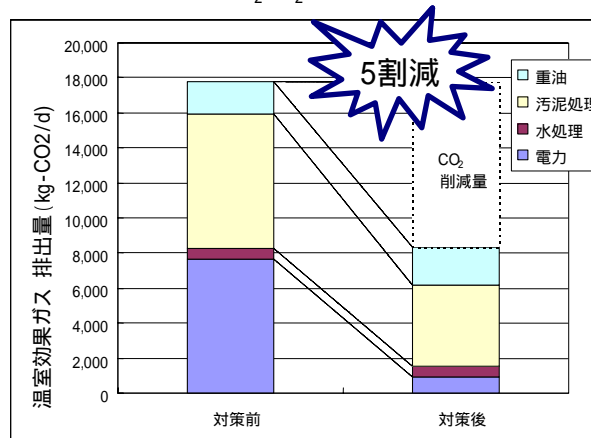
2004年度の下水道からの温室効果ガス排出量は、1990年度と比べて約54%増加

【下水汚泥の高温焼却による N₂O 排出削減】

平成 17 年 4 月に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」において、N₂O 排出量削減対策として、下水汚泥焼却施設における燃焼の高度化が盛り込まれた。

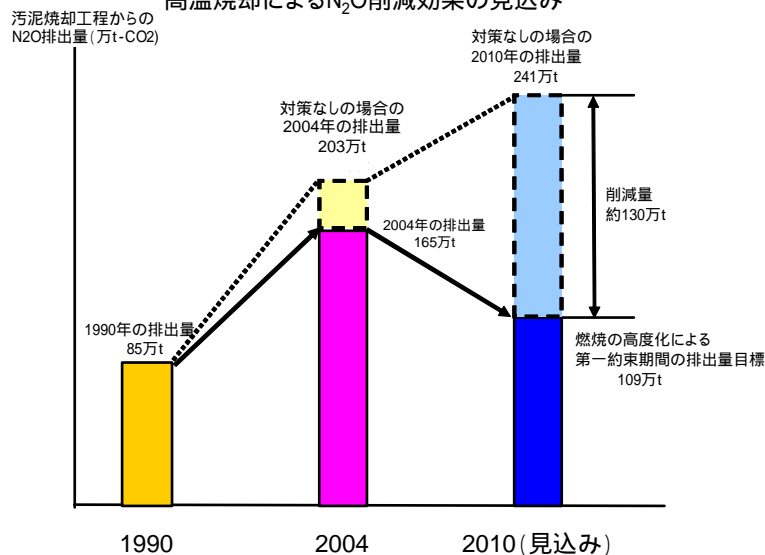
高分子凝集剤を用いて脱水した下水汚泥を、流動床炉において焼却する場合、燃焼温度を通常の焼却(800)から高温焼却(850)に転換することにより、汚泥焼却量当たりの N₂O 排出量を約 6 割減少させることが可能である。なお高温焼却に転換する際に、補助燃料の追加投入に伴って CO₂ 排出量が若干増加するが、N₂O 削減効果はその増加分を上回っている。

高温焼却による CO₂、N₂O の排出量の変化の事例



2004年度において、高分子流動床炉131基のうち62基で高温焼却実施

高温焼却による N₂O 削減効果の見込み



汚泥焼却量の増加等に伴い、焼却工程からの N₂O 排出量は増加傾向にあり、高温焼却の導入による N₂O 削減が不可欠

出典：国土交通省調査

【下水汚泥の高温焼却の推進方策】

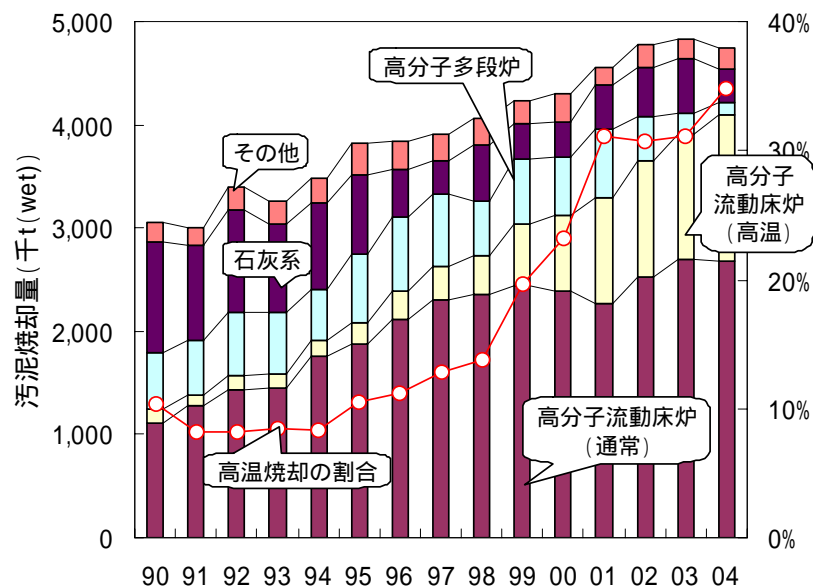
すでに下水道施設の設計指針において、流動床炉の燃焼温度を平均 850 とすることが位置付けられている。現在の高分子流動床炉の基数は 131 基であり、このうち高温焼却を実施しているものは 64 基(約 49%)、汚泥焼却量ベースで約 35%に止まっている。

このため、高温焼却の更なる推進方策として、2010 年度までに下水汚泥の燃焼の高温化を義務付けること等を検討しているところである。

下水汚泥の焼却炉の内訳(平成16年度)

	炉数	汚泥焼却量 (千トン) (湿重量)	排出係数 (g-N ₂ O / t)
高分子 流動床炉 (通常)	67	2,669	1,508
高分子 流動床炉 (高温)	64	1,444	645
高分子 多段炉	8	118	882
石灰系	12	333	294
その他	12	181	882

下水汚泥の焼却量の経年変化



出典: 温室効果ガス排出・吸収目録

2. エネルギー・環境をめぐる社会状況の変化

世界的な社会状況として、資源・エネルギー供給の不安定要因の拡大や、地球環境問題の深刻化が進んでおり、これらの諸問題に対応するための政府全体としての対策が打ち出されているところである。

2 - 1. 資源・エネルギー問題の深刻化

世界のエネルギー需要は今後も大幅に増加すると推測され、今後も原油価格高騰等エネルギー供給の不安定要因は拡大すると考えられる。

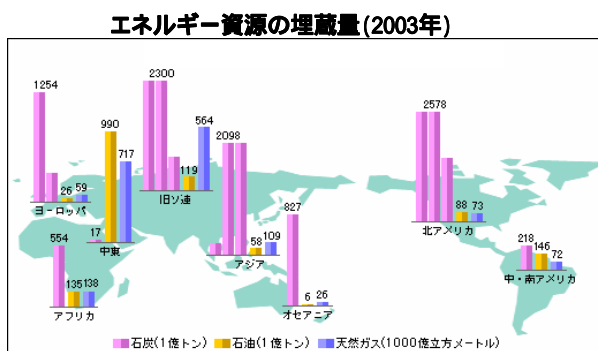
我が国では、「新・国家エネルギー戦略」(平成 18 年 5 月)を策定し、エネルギー安全保障の確保を推進している。そして我が国の国際競争力の強化の観点からも、省エネルギー・バイオマス利活用等のイノベーションを実現し、世界へ発信することが重要である。

このような状況を踏まえれば、下水道においても、より一層の省エネルギー・バイオマス利活用の徹底を図ることが喫緊の課題となっている。

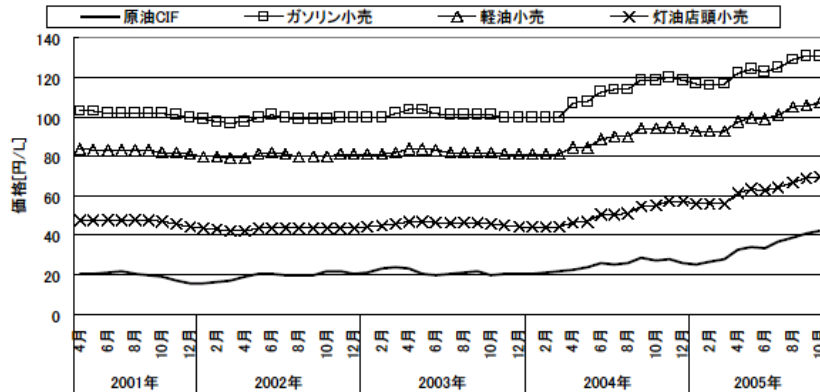
また、資源については、金、銀等の稀少資源やリン鉱石等の有用資源の枯渇も懸念されており、特に下水汚泥中に多く含まれるリンは、肥料など農業分野において欠くことの出来ない資源であり、米国では、1997 年以降、実質的にリン鉱石の輸出を禁止しており、我が国においても長期的視点に立った資源確保策の検討が必要である。

【エネルギー資源の埋蔵量と原油価格】

重要なエネルギー資源の一つである石油の世界全体での可採年数は 39.9 年となっており、埋蔵量の 65% が政情的に不安定な中東地域に集中している。また、中東情勢等の不安定化を受け、昨今の原油価格は高水準で推移している状況にある。



原油輸入価格及び石油燃料小売価格の推移



出典：貿易統計、石油情報センター資料

【我が国のエネルギー自給】

我が国は国産のエネルギー資源をほとんど有しておらず、原子力を除いたエネルギー自給率は主要先進国の中でも最低レベルの 4%となっている。また、我が国はエネルギー供給の約 5 割を石油に頼っており、石油輸入に占める中東依存度も約 9 割近くに達している。このため、昨今の原油価格の高騰等に対応するためにもエネルギー自給率の向上が求められている。

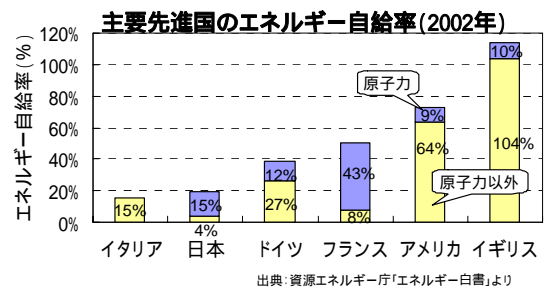
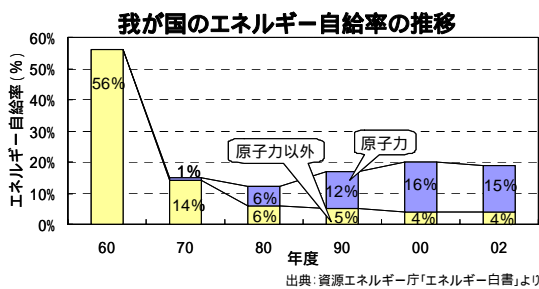
石油依存度、輸入依存度、中東依存度の各国比較 (2001 年度)

(単位：%)

	日	米	英	独	仏	伊
石油依存度	49	40	35	38	35	50
輸入依存度	100	60	▲49	97	98	95
中東依存度	86	23	6	11	29	30

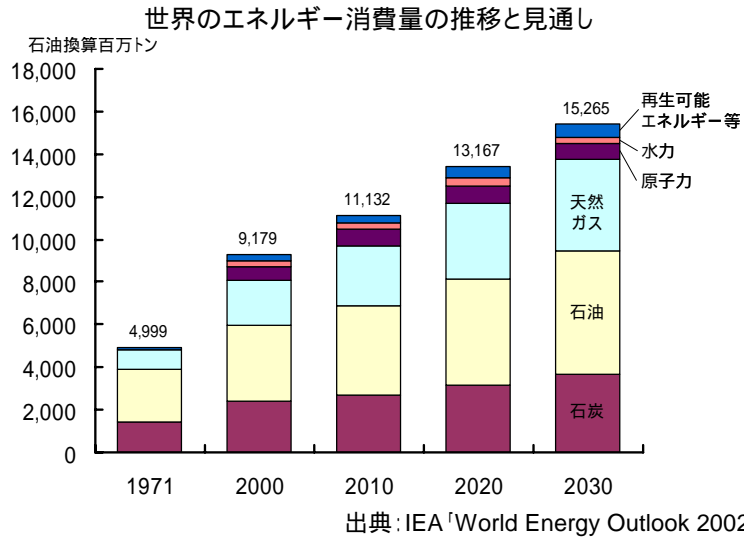
資料：IEA「Energy Balance of OECD Countries」
(2000-2001)

▲は輸出を意味する



【世界のエネルギー消費見通し】

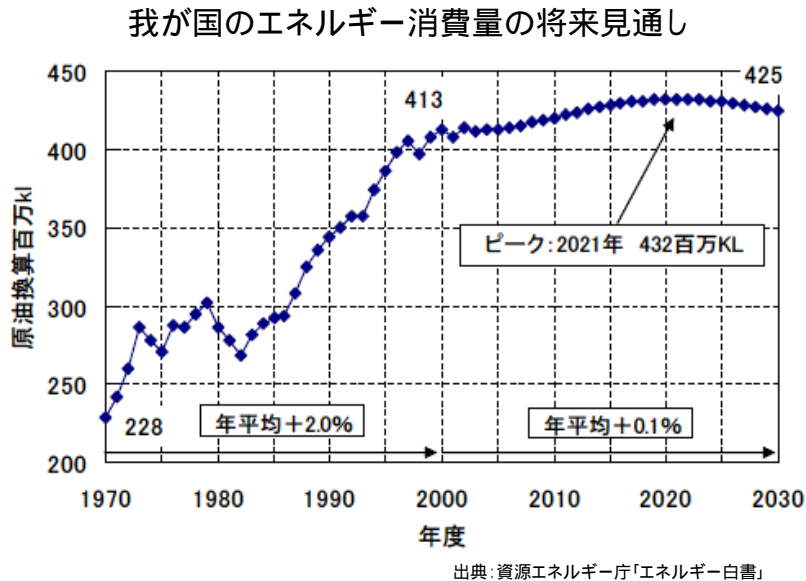
世界全体のエネルギー消費量は、途上国の経済成長に牽引されて増加傾向にあり、2030年には2000年比で約66%まで増加する見通しである。これより、我が国のエネルギー供給源を確保する観点から、省エネを一層推進するとともに、化石燃料への依存度を低減させていくことが必要とされている。



世界のエネルギー需要は、2000年に比べ
2020年に43%増加、2030年に66%増加

【我が国のエネルギー消費見通し】

我が国においては、現行の技術体系と既に実施済みの施策を前提とした上で、経済社会や人口構造、マーケットや需要家の嗜好、民間ベースの取組がこれまでの趨勢的变化で推移する場合、エネルギー消費量の増加傾向は鈍化し、2021年度には頭打ちとなり減少に転じるものと見込まれている。



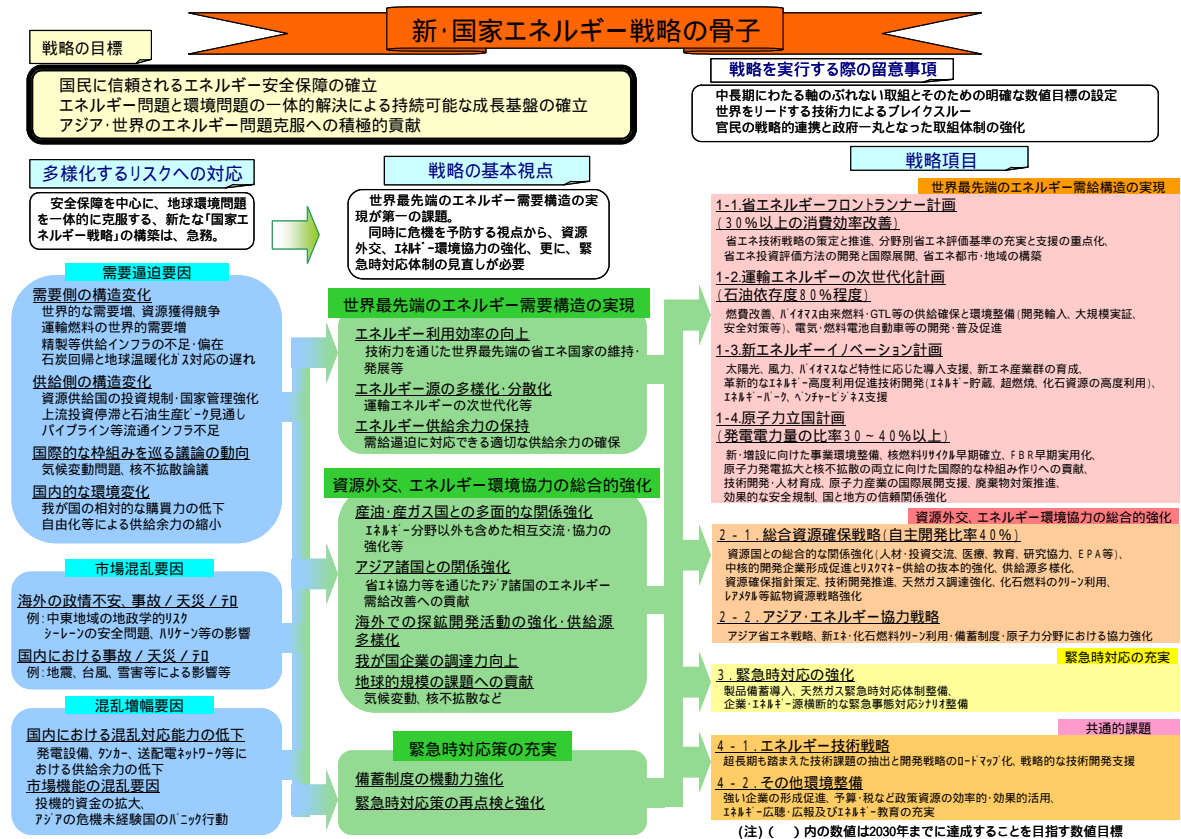
【新・国家エネルギー戦略】

平成 18 年 5 月、原油価格の高騰をはじめとする昨今の厳しいエネルギー情勢に鑑み、エネルギー安全保障を核とした「新・国家エネルギー戦略」が総合資源エネルギー調査会総合部会で取りまとめられた。

同戦略では、将来的に実現を目指すべき目標として、国民に信頼されるエネルギー安全保障の確立、エネルギー問題と環境問題の一体的解決による持続可能な成長基盤の確立、アジア・世界のエネルギー問題克服への積極的貢献が示されている。

また、2030 年までに達成することを目指す数値目標として、 国全体のエネルギー効率を 30%改善、 運輸部門の石油依存度を現在の 98%から 80%に低減、 総発電量のうち原子力発電が占める割合を現在の 29%から 30%～40%以上に向上、 原油輸入量に占める自主開発石油の割合を現在の 15%から 40%に向上、 国内で消費する全エネルギーに占める石油の占める比率を現在の 50%から 40%に低減することが設けられている。

これらの数値目標の達成に向け、下水汚泥のバイオマス利用や省エネルギーの一層の推進を図ることが求められている。



【我が国の新エネルギーの導入目標】

新エネルギーの一つとしてバイオマスエネルギーが注目されている。「2030年のエネルギー需給展望」(2005年総合資源エネルギー調査会需給部会)において、2010年度の廃棄物発電及びバイオマス発電とバイオマス熱利用の導入目標としてそれぞれ586万kl、308万klが定められている等、バイオマスエネルギーの利活用に対する期待が大きい。

新エネルギーの導入目標

(原油換算万kl)

		2002年度 (実績)	2010年度 (目標)
発電分野	太陽光発電	16	118
	風力発電	20	134
	廃棄物発電 + バイオマス発電	175	586
熱利用分野	太陽熱利用	74	90
	廃棄物熱利用	164	186
	バイオマス熱利用	68	308
	未利用エネルギー	4.6	5
	黒液・廃材等	471	483
合計		992	1,910

出典：総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会資料

【バイオマス・ニッポン総合戦略】

バイオマスとは、再生可能な生物由来の有機性資源で化石資源を除いたものであり、燃焼等により発生する二酸化炭素が地球温暖化に影響を与えない、いわゆるカーボンニュートラルの性質を有している。地球温暖化の防止や循環型社会の形成等の観点から、関係省庁が連携してバイオマス資源をエネルギーや製品として総合的に最大限利活用し、持続的に発展可能な社会を早期に実現することを目的に、「バイオマス・ニッポン総合戦略」が平成14年12月に閣議決定された。そして平成18年3月には、バイオマスの利活用の現状と課題の整理を通じて戦略の見直しが行われ、新たな「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定された。

同戦略では、我が国全体の有機性廃棄物として発生するバイオマス(廃棄物系バイオマス)の利用率を2010年度までに80%に向上することが目標として定められている。また、2004年度から、域内の廃棄物系バイオマスを炭素換算で90%以上、又は未利用バイオマスを炭素換算で40%以上利活用するシステムを有する市町村をバイオマスタウンとして認定しており、2010年度までにバイオマスタウンを300箇所程度構築することとされている。

廃棄物系バイオマスの賦存量と利活用状況

バイオマスの種類	年間発生量 (湿重量)	年間発生量試算値 (乾燥重量)	利活用の状況
家畜排せつ物	約8,900万トン	約1,500万トン	たい肥利用等:約90%
廃棄紙	約1,600万トン	約1,400万トン	大半が焼却
パルプ黒液	約1,400万トン	約1,200万トン	ほぼ全量直接焼却による利用
農作物非食用部	約1,300万トン	約910万トン	たい肥、飼料、家畜敷料利用等:約30%
製材工場等残材	約500万トン	約430万トン	エネルギーやたい肥利用:約90%
建設発生木材	約460万トン	約390万トン	製紙原料、家畜敷料利用等:約60%
林地残材	約370万トン	約320万トン	ほぼ未利用
下水汚泥	約7,500万トン	約230万トン	建設資材、たい肥利用:64% 埋立:36%
食品廃棄物	約2,200万トン	約210万トン	肥飼料利用:20%

出典: バイオマス・ニッポン総合戦略(平成17年度閣議決定)を基に国交省試算

【省エネルギー・新エネルギーに関する施策】

このようなエネルギー情勢の中、我が国では各種の省エネ・新エネの取組が進められている。

- エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)

省エネ法は、エネルギーの有効利用の確保に資することを目的として第2次石油危機後の昭和54年6月に制定され、一定量以上の電力ないし燃料を消費している電気・熱管理指定工場に対し、エネルギーの使用の合理化に関する中長期的な計画の提出やエネルギー消費量の定期報告等を義務付けている。また、エネルギー消費原単位の年平均1%以上の改善を努力目標として定めている。

下水道施設も省エネ法の対象施設であり、第一種電気・熱管理指定工場(年間1,200万kWh以上の電力ないし年間3,000kl以上の燃料を消費する大規模な事業場)の対象となる下水道施設は、平成17年度末において130箇所である。

- 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)

RPS法は、発電分野における新エネルギー等の更なる導入拡大を図ることを目的に平成14年6月に制定され、電気事業者に対し、新エネルギー等から発電される電気(以下、「新エネルギー等電気」)を一定量以上利用することを義務付けている。

下水道分野では、新エネルギー等電気として、メタン発酵させた下水汚泥から生じる下水道バイオガスによる発電や、火力発電所の石炭代替燃料として、炭化等固形燃料化させた下水汚泥を活用した発電が位置付けられており、バイオガス発電や固形燃料化の動きが加速されることが期待される。

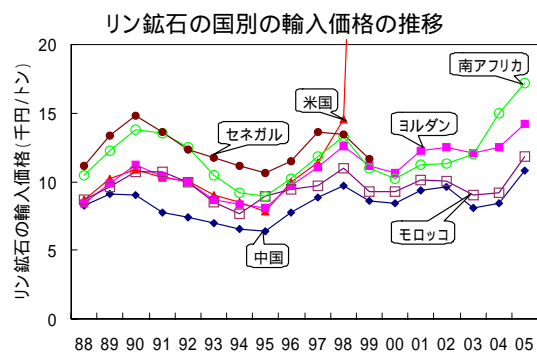
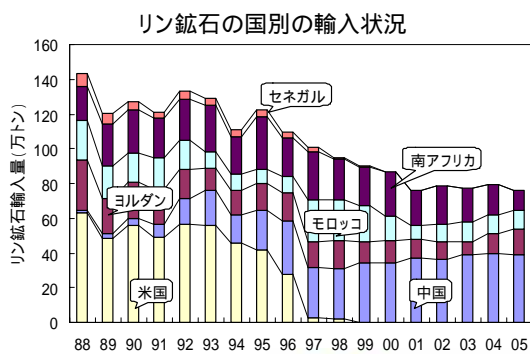
- グリーン電力認証制度

グリーン電力(風力、太陽光、小規模水力、下水道バイオガス発電等の自然エネルギーによる発電)の導入を促進することを目的として、グリーン電力の購入を希望する企業・自治体等に対し、購入する電力がグリーン電力であるとみなせることや、購入料金が電気事業者に届くことを保障する枠組みとしてグリーン電力認証制度が導入されている。下水道分野における実績では、下水道バイオガス等の再生可能エネルギーによる発電分がグリーン電力として認証されている。

【リン資源の状況】

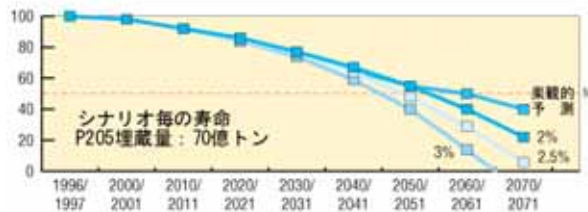
我が国はリン資源をほとんど輸入に頼っており、主要な輸入品目であるリン鉱石の国別の輸入状況を見ると、1990年代前半までは米国からの輸入が最も大きかったが、1997年以降に輸出が実質的に禁止され、現在は中国等から輸入している。

リン鉱石の輸入価格は概ね横ばいで推移しているが、世界の肥料の消費量増加率ごとのリン鉱石の寿命は、増加率3%において2060年、2%において2085年頃、最も楽観的な予測で22世紀中頃と予測されており、今後、リン製品や食料が高騰する懸念がある。



出典: 輸入統計

リン鉱石の寿命予測



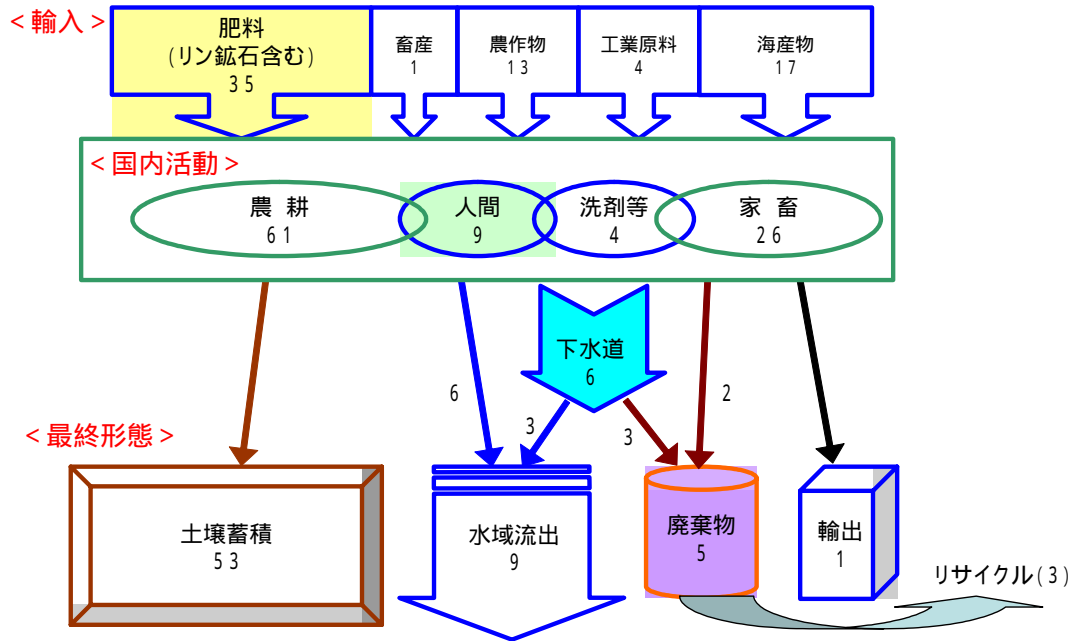
出典: ヨーロッパ化学工業会 (CEFC)

【我が国のリンのマテリアルフロー】

我が国では、リン鉱石、リン酸肥料、農作物等の形態でリンを年間約 70 万 t-P 輸入しており、国内で利用（一部は循環利用）された後、最終的に 78%は土壌に蓄積、13%は水域に流出、7%は廃棄物（うち 6 割はリサイクル）に取り込まれている。

下水道を通して水域や廃棄物に取り込まれるリンは、水域流出のうち約 3 割、廃棄物のうち約 6 割を占めている。

我が国のリンのマテリアルフロー（1993年、数値は万t-P）

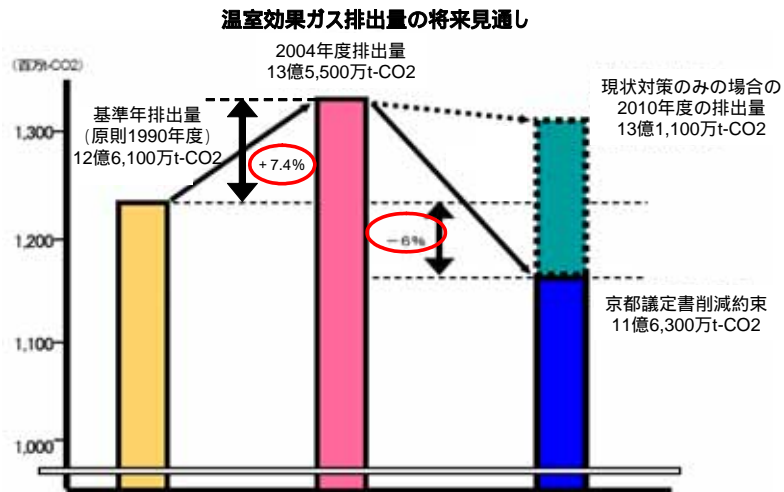


出典：リン資源化研究会報告書より

2 - 2 . 地球環境問題の深刻化

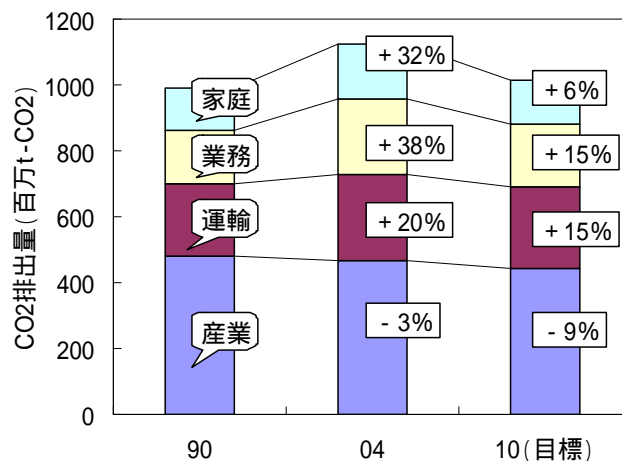
1997年12月に気候変動に関する国際連合枠組条約第3回締結国会議(COP3)において採択された「京都議定書」では、2008年から2012年までの附属書I国(先進国及び市場経済移行国)の温室効果ガス排出量の削減約束が規定されており、我が国は基準年(原則1990年)総排出量と比べて6%の削減が求められている。一方、2004年度における我が国の温室効果ガスの総排出量は13億5,500万t-CO₂で、基準年総排出量を7.4%上回っており、京都議定書の削減約束を達成するためには14%の削減が必要となっている。

京都議定書の目標達成に向けて各種対策・施策を推進するため、2005年4月、「京都議定書目標達成計画」が閣議決定された。同計画では、京都議定書の削減約束を達成するための追加対策を含む対策・施策が位置付けられており、これに基づき、省エネ・新エネ対策や革新的技術の開発等の温室効果ガスの排出削減を目指した施策が推進されている。



出典: 京都議定書目標達成計画、環境省ホームページより

部門別のCO₂排出量の推移と目標値



出典: 環境省ホームページ

下水道を含む業務部門からのCO₂排出量は、1990年比で+38%と大幅に増加しており、2010年における目標(同比+15%)の達成に向けて更なる取り組みが必要

3. 下水道の有する資源・エネルギーポテンシャル

下水道は、処理水、下水汚泥、施設空間等、豊富な資源・エネルギーポテンシャルを有しており、資源・エネルギー問題や地球環境問題の解決に貢献することが可能である。

下水・下水処理水は、気温に比べて夏は冷たく冬は温かいという特性を持ち、熱エネルギーの抽出が可能である。また、放流の際の一定の落差を位置エネルギーとして活用することも可能である。

下水汚泥は、カーボンニュートラルであり、質・量ともに安定した集約型バイオマス資源であり、リン等の有用資源も含まれている。

施設空間は、都市におけるまとまった空間であり、自然エネルギー施設用地等として利用可能である。また、下水道の管きょ網や処理施設は、バイオマスや熱等の新たな収集・運搬・処理・再生システムとして利用可能である。

これらの資源・エネルギーポテンシャルの活用にあたっては、ポテンシャルの形態や資源・エネルギー需要者における利用用途を踏まえ、需要者がより使いやすい資源・エネルギー形態に転換することや、バイオガスによる消化槽の加温からコージェネレーションの導入に改善する等、より質の高い効率的な利用方法を検討することが望ましい。

下水道の有する資源・エネルギーポテンシャル

1. 下水・下水処理水のポテンシャル				主な利用用途	潜在利用可能量	現在の利用状況
下水・ 下水処理水	下水処理水: 140億m ³ /年	下水熱	融雪用途、ヒートポンプの熱源	—	3箇所で地域熱供給が実施	
		小水力	小水力発電	—	4箇所の処理場で導入	
2. 下水汚泥のポテンシャル				主な利用用途	潜在利用可能量	現在の利用状況
下水 汚泥	発生量: 223万 DS-t/年	エネルギー 利用	消化ガス	ガス発電、天然ガス自動車の燃料、都市ガスの原料	・下水汚泥をすべてエネルギー利用した場合、約104万klに相当 ・中・低温排熱の発生量は、約8万klに相当	・エネルギーとしての利用状況は約7%にとどまっている ・中・低温排熱は大半が利用されていない
			汚泥燃料	石炭代替燃料		
			焼却排熱	排熱発電、地域への熱供給		
		マテリアル 利用	建設資材	レンガ、コンクリート資材等	—	下水汚泥発生量のうち約55%
肥料等	リン等有用成分、コンポスト		下水汚泥中のリン含有量は、リン鉱石輸入量の約1～2割に相当	下水汚泥発生量のうち約14%		
3. 施設空間のポテンシャル				主な利用用途	潜在利用可能量	現在の利用状況
施設 空間	処理場 面積: 8,200ha	太陽光	太陽光発電	・標準的な下水処理場の電力消費量の約5%程度を賅うことが可能 ・すべての処理場に導入した場合、原油換算で約4万klに相当	建設コストが高いことから導入量は限られている 2箇所の処理場で導入	
		風力	風力発電	・規模・風況等によっては、処理場の電力をほぼ全量賅うことが可能		

3 - 1 . 下水・下水処理水の有する未利用エネルギー等

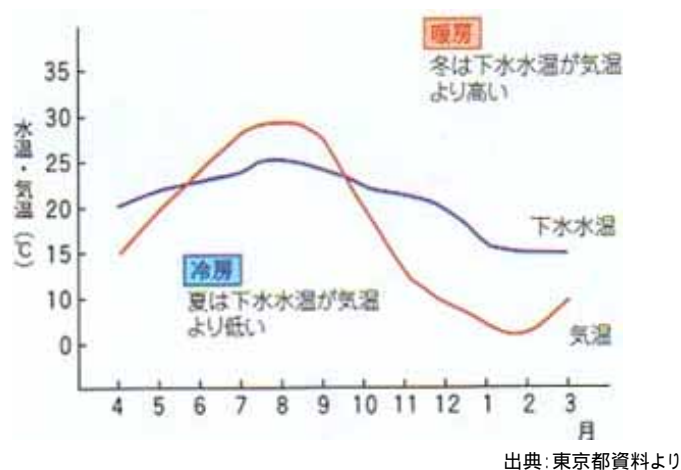
(1) 下水・下水処理水の有する下水熱のポテンシャル

下水は季節によらず安定した量・温度を保持しており、特に都市部において、夏季は冷熱源、冬季は温熱源として、ヒートポンプ等を活用して排熱を受け入れることが可能である。また、夏季においては、都市からの排熱を下水道が受け入れることで地表面の排熱が減少するため、ヒートアイランド対策の観点からも注目されている。下水処理水量は年間約 140 億 m³ であり、また、管きょ網は都市内に張り巡らされており、都市内の熱源として活用のポテンシャルは広範囲にわたっている。

一方で、下水熱は気温との温度差が小さく、有効利用できるエネルギーの占める割合は小さいことから、熱源として直接利用する方法は効率性の観点で課題がある。

下水熱は管理棟の冷暖房への利用のほか、地域熱供給としての利活用が全国 3 箇所で行われている。

下水の水温と気温の関係



(2) 小水力発電の導入ポテンシャル

下水処理水の放流渠等における落差を利用し小水力発電(100kW 程度以下)を導入することで、下水処理水の安定した水量を活用した定常的な発電が可能となる。この小水力発電で得られるエネルギー量は流量と有効落差に比例するため、処理水を公共用水域に放流する際の落差が大きい地域での導入が可能となる。

小水力発電は現在、4 箇所の下水処理場において導入されている。

放流落差が 2m 以上の下水処理場において小水力発電を導入した場合の発電ポテンシャルは、下水道施設のエネルギー消費量のうち約 0.2%をまかなうことが可能である。

小水力発電の導入実績

処理場名	東京都 葛西処理場	東京都森ヶ崎 水再生センター		神戸市鈴蘭台 下水処理場	京都市石田 水環境保全センター
定格出力(kW)	24	95	4	56	9.4
平均流量(m ³ /s)	0.67	5	0.3	0.185	1.1
有効落差(m)	5.05	2.5	2	65	2.13
年間発電量(万kWh)	14	80		49	8
電力消費に占める割合	0.2%	0.7%		13.6%	0.5%

H18年度設置予定

小水力発電の導入ポテンシャル

【前提条件】

- ・放流落差が 2m 以上の下水処理場において、放流落差を利用した小水力発電を導入することを想定
- ・小水力発電の出力: 0.05 W/m/(m³/日)
- ・稼働率: 95%

【ポテンシャルの試算結果】

利用可能発電量: 0.15 万 kl(原油換算)

下水処理場のエネルギー消費量のうち約 0.2% に相当

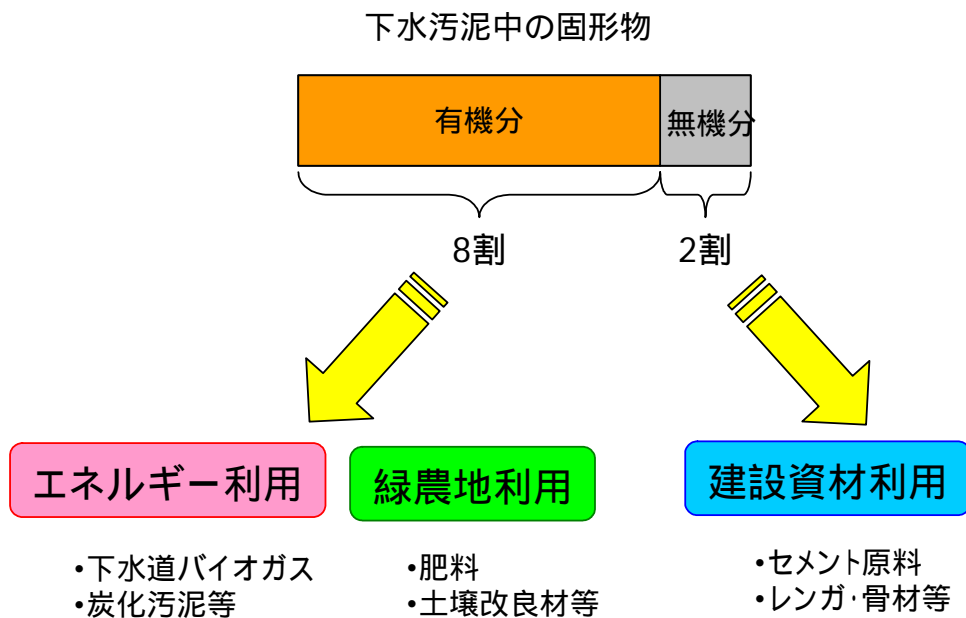
3 - 2 . 下水汚泥等バイオマスの資源・エネルギー利用

(1) バイオマス利活用における下水道の特徴

【下水汚泥のバイオマス資源としての特徴】

下水汚泥は人間生活に伴い必ず発生し、量・質ともに安定したバイオマスである。また、下水処理場で発生しているため、新たな収集エネルギーを必要としない集約型バイオマスである。さらに、主にエネルギーの需要地である都市部において発生する都市型バイオマスといった特徴を有しており、利活用に適したバイオマスであるといえる。

下水汚泥に含まれる有機分はエネルギー利用や緑農地利用として、無機分は建設資材利用として、それぞれ利活用が可能である。仮に、発生する下水汚泥の有機物全量からエネルギー回収した場合、そのエネルギー量は原油換算で 104 万 kl(2005 年度)に相当するものと試算されている。また、固形燃料化された下水汚泥は低品位の石炭並の発熱量を有する等、エネルギー資源としての利活用が期待されている。

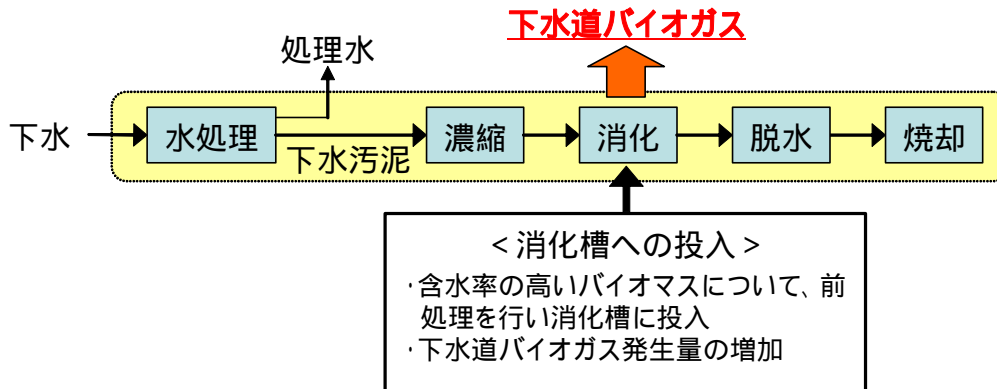


下水汚泥等の発熱量

炭化汚泥:	13MJ/kg (3,000kcal/kg)
油温減圧乾燥:	24MJ/kg (5,700kcal/kg)
造粒乾燥汚泥:	19MJ/kg (4,500kcal/kg)
(輸入一般炭:	27MJ/kg (6,300kcal/kg))
下水道バイオガス(精製後):	38MJ/m ³ (9,200kcal/m ³)
(都市ガス:	41MJ/m ³ (9,800kcal/m ³))

【下水道のバイオマス利活用施設としての特徴】

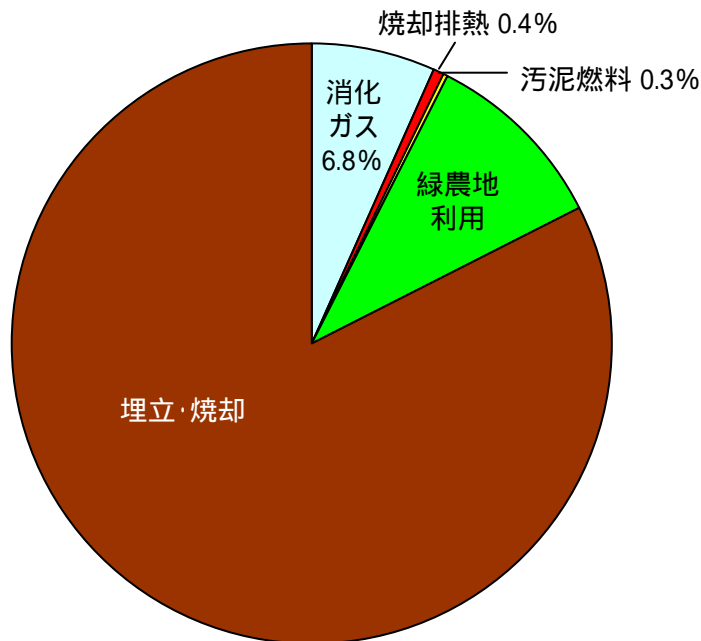
一般的に、下水処理場には消化設備等バイオマスをエネルギー転換できる汚泥処理プロセスの導入が可能であり、また、水処理プロセスと連結させることによってバイオマスの処理に伴って発生する廃水の処理も容易である。従って、地域全体のバイオマスの効率的な利活用を進める上で、このような下水処理場の特徴を活かしていくことが可能であると考えられる。これまでに、石川県珠洲市において、消化槽に含水率の高いバイオマスを投入し、下水道バイオガスとしてエネルギー資源に転換する事業が実施されている。



(2) 下水汚泥の利活用

下水汚泥のエネルギー資源としての利活用状況を全国ベースで見ると、発生する下水汚泥中の有機分総量のうち、下水道バイオガス又は汚泥燃料としてエネルギー利用された割合は約7%であり、低い水準にとどまっている。

下水汚泥中の有機分の処理・有効利用状況(平成17年度)

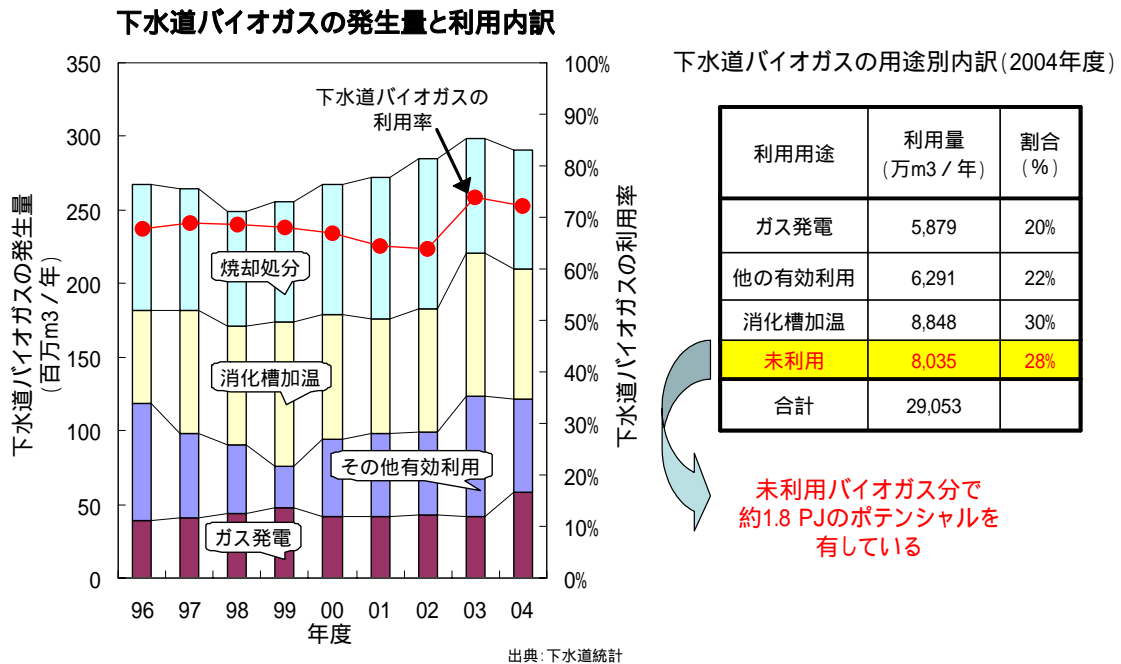


バイオガス化

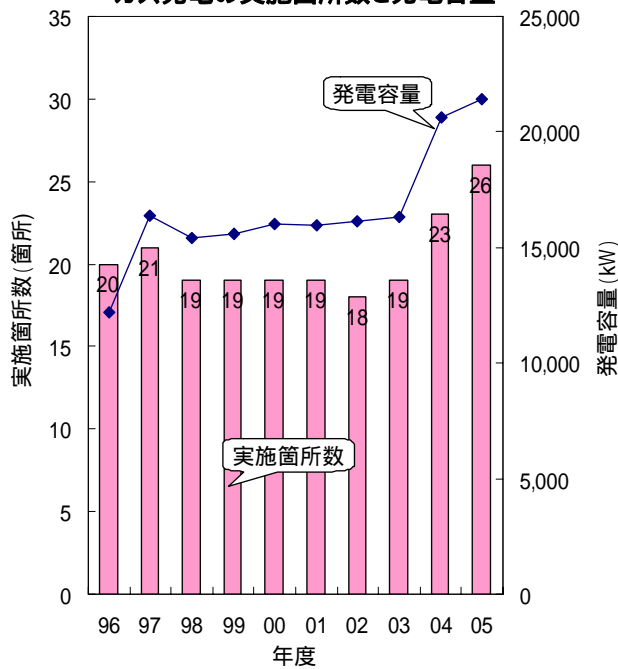
嫌気性消化工程では、嫌気性状態に保たれた消化槽内に汚泥を 30 日程度滞留させることにより、有機物を嫌気性微生物の働きで分解・減量化させる。この際に発生する下水道バイオガスは、メタンを主成分とする気体であり、都市ガス等の代替燃料として利活用が可能である。

2004 年度の下水道バイオガス発生量の内訳をみると、約 7 割(210 百万 m³)が利活用されており、残り約 3 割(80 百万 m³)は焼却処分されている。また、下水道バイオガス発生量の約 2 割(59 百万 m³)はガス発電に利活用されているが、約 3 割(88 百万 m³)は消化槽の加温用としての用途にとどまっている。

下水道バイオガスを用いた発電は、1984 年より導入され始め、現在 26 処理場で実施されている状況にあり、2004 年度時点で、総発電容量約 21,000kW、下水道施設の総電力消費量の約 1%分を発電している。



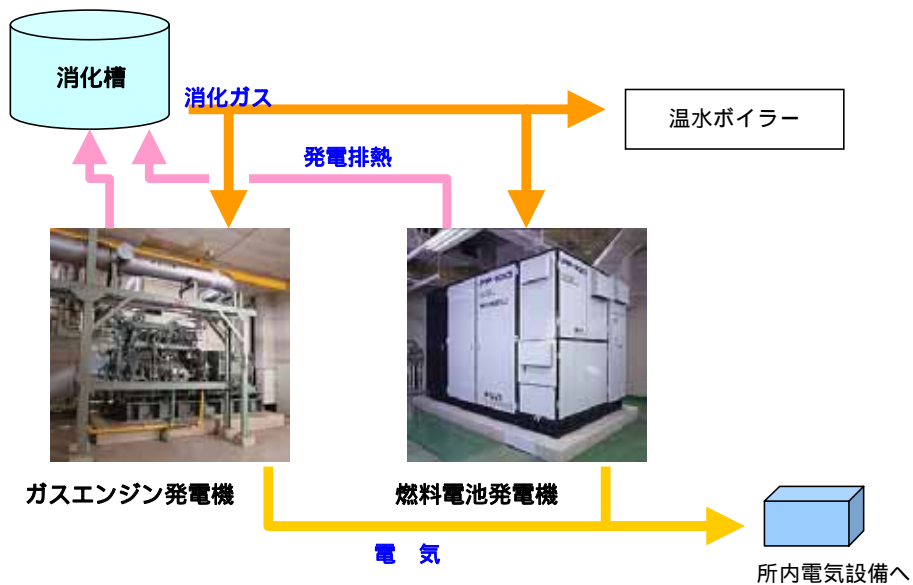
ガス発電の実施箇所数と発電容量



<トピックス: 山形市における消化ガスの利用事例>

- ・山形市では、消化ガスを用い、ガスエンジン発電機(1998年稼動:178kW×1基)と燃料電池発電機(2002年稼動:100kW×2基)の2方式で発電を実施している
- ・発電により得られる電気は、年間264万kWh(2003年度実績)であり、場内消費電力の40%をまかなっているほか、発電排熱は消化槽の加温や施設の冷房等にコージェネ等にも利用している(消化ガスエネルギーの総合利用効率75~89%)。

山形市浄化センターにおける消化ガスのコージェネレーション利用



炭化

下水汚泥の炭化とは、脱水汚泥を乾燥した後、低酸素もしくは無酸素状態で蒸し焼きする工程を指し、ほとんど臭いがないという特徴を有している。東京都では、2007年度から勿来火力発電所へ炭化汚泥を供給する事業を開始する予定となっている。また、愛知県においても、2008年度からの炭化汚泥の製造及び石炭火力発電所への供給を目標として試験を開始する予定である。

油温減圧乾燥

油温減圧乾燥とは、脱水汚泥を廃食用油等に投入し、減圧・加熱の条件下で水分を蒸発させて固形燃料化する工程である。油温減圧乾燥汚泥には油分が約30%含まれているほか、炭化汚泥と同様に臭いがほとんどないという特徴を有している。油温乾燥汚泥を製造・供給している事例として、福岡県御笠川浄化センターにおいて2001年1月より松浦火力発電所に供給を行っている。

造粒乾燥

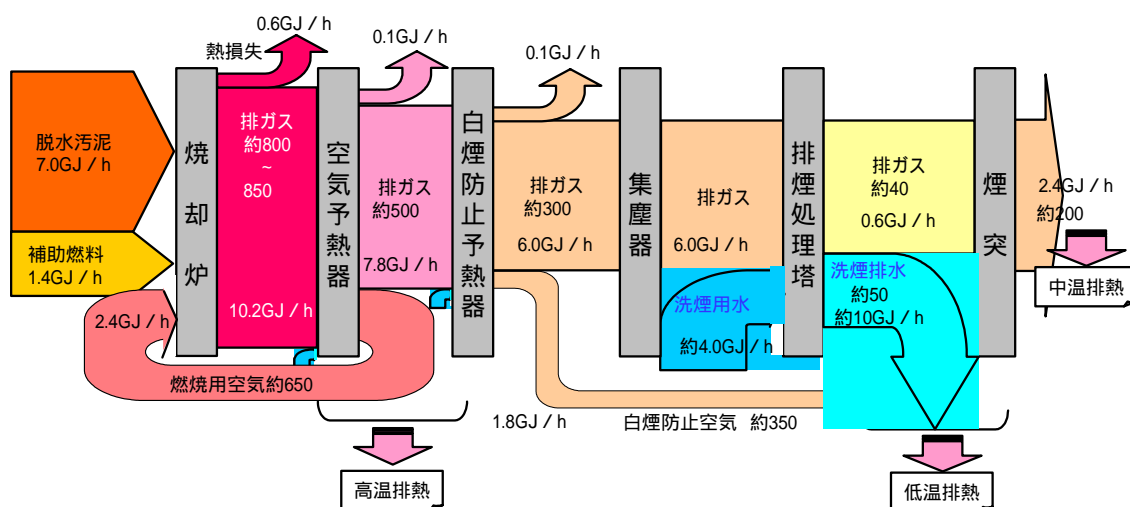
造粒乾燥とは、脱水汚泥を造粒装置で5mm程度の粒状に整形し、熱を加えて乾燥させて燃料化する工程である。北九州市北湊下水処理場において、八幡製鉄所の卸電力事業（IPP）への活用について調査を実施している。

(3) 下水汚泥の焼却排熱の利用

通常、脱水汚泥の焼却には補助燃料の投入が必要であり、投入量を削減するため、高温排熱を用いた燃焼用空気の前熱や脱水汚泥の乾燥等によりすべて有効利用されている。

一方、中・低温排熱は年間約3PJ程度発生しており、大半の焼却設備から回収が可能であるが、排熱温度が低く用途が限られること等から大半が利用されずにいる。

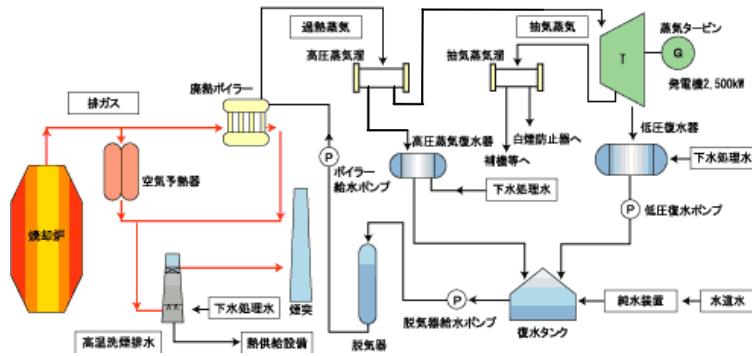
流動床式焼却設備の熱収支フローの例(50t-脱水汚泥/日)



<トピックス:高温排熱の利用事例>

高温排熱(約 650)については、焼却炉の補助燃料の削減のほか、排熱発電を行って処理場内で有効利用している事例がある。

高温排熱による発電(東京都東部スラッジプラント)

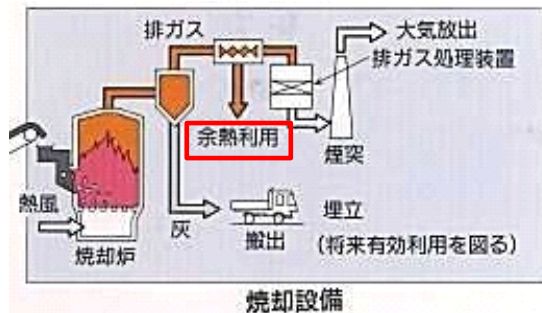


蒸気式熱交換器に排熱ボイラーの蒸気を送り、発電(最大2,500kW)や東部スラッジプラント庁舎(約1,400m²)の冷暖房の熱源として利用

<トピックス:中温排熱や低温排熱の利用事例>

中温排熱(約 200)や低温排熱(約 50)については、処理場内の暖房や、暖房・給湯等の地域の熱需要に対して供給する取組が行われている。

低温排熱のプール加温等への利用
(川崎市入江崎スラッジセンター)



汚泥焼却炉からの中温排熱を給湯とプールの加温用熱源として、洗煙排水からの低温排熱を温水プールの加温用ヒートポンプの熱源として利用

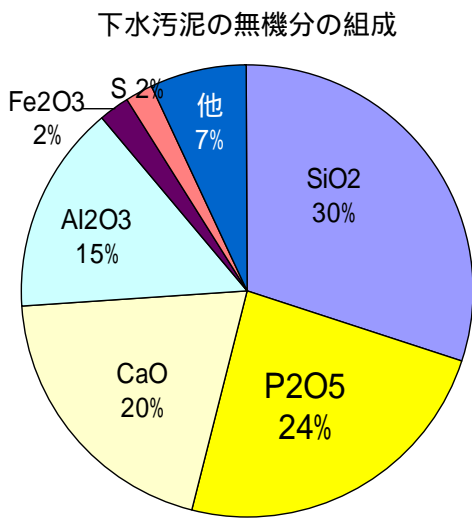
(4) 下水汚泥のマテリアル利用

【下水・下水汚泥に含まれるリンの賦存量及び回収技術】

下水道には我が国に輸入されるリン鉱石のうち約 1～2 割に相当するリンが流入している。下水汚泥の固形分のうち約 2 割を占める無機分の組成をみると、リンは P_2O_5 の形態で約 24% 含まれており、高度処理に伴って発生する下水汚泥では 30% を超える場合もある。

水域に流出するリンを抑制するため、下水中のリンの高度処理を推進することにより、汚泥に取り込まれるリンが増加するので、汚泥からのリン回収・備蓄が重要になる。リンの回収・備蓄技術については、低コスト化に向けた開発が進められているところである。

下水汚泥からのリン回収技術



【LOTUS開発技術】

下水汚泥焼却灰にアルカリ性溶液を加えてリン酸を溶出させ、液肥又はリン酸カルシウムとして回収

【MAP法】

弱アルカリ性の条件下で、アンモニウムイオン、リン酸イオン、マグネシウムイオンが難溶性の結晶(MAP)を形成する反応を利用

【晶析脱リン法】

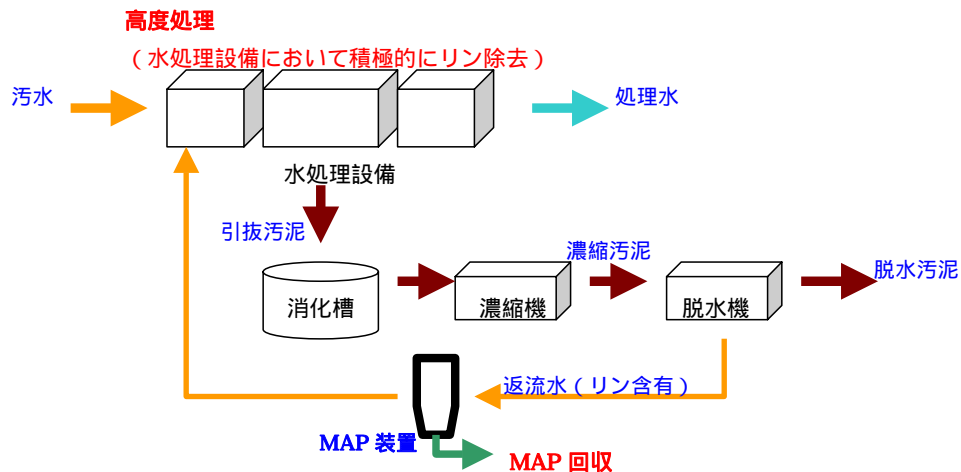
正リン酸イオンがカルシウムイオンと難溶性の塩(ヒドロキシアパタイト)を形成する反応を利用

【吸着脱リン法】

リン吸着能力を有する吸着剤を充填した吸着塔に下水処理水を通水させることでリンを分離

<トピックス:MAP法の概要>

水処理設備において、積極的にリンを微生物(汚泥)側に吸収し、脱水機ろ液(返流水)からリンを回収する。リンはマグネシウムと苛性ソーダを添加することで、リン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)を造粒物として回収



3 - 3 . 施設空間を活用した自然エネルギーの導入

(1) 太陽光発電の導入ポテンシャル

太陽光発電は、管理棟等の屋根や覆蓋といった下水道施設に導入することが可能である。一部の下水処理場において、下水道事業費等の補助金を活用し、10 - 300kW 級の太陽光発電が導入されているところである。

下水処理場の敷地のうち、管理棟等の屋根に太陽光発電を敷設した場合の発電ポテンシャルは、下水道施設のエネルギー消費量のうち約 5%をまかなうことが可能である。

太陽光発電の導入ポテンシャル

【前提条件】

- ・下水処理場の敷地のうち、管理棟等の建物の屋根に太陽電池を導入することを想定
- ・屋根の面積: 674 万 m²
- ・傾斜配置の場合の占有率: 67%
- ・太陽電池パネル(発電効率: 10%、システム利用率: 12%程度) 1m² 当たりの年間発電量: 100kWh/年/m²

【ポテンシャルの試算結果】

利用可能発電量: 4.2 万 kl(原油換算)

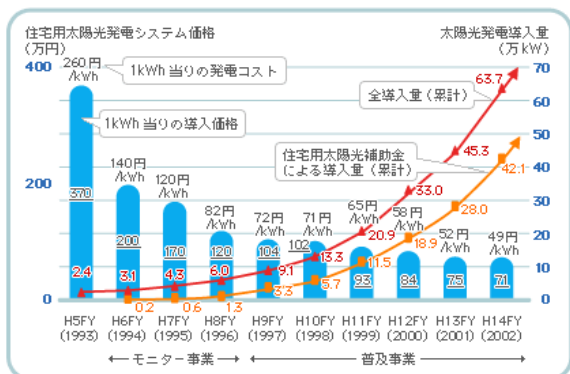
下水処理場のエネルギー消費量のうち約 5%に相当

【太陽光発電の導入にあたっての課題】

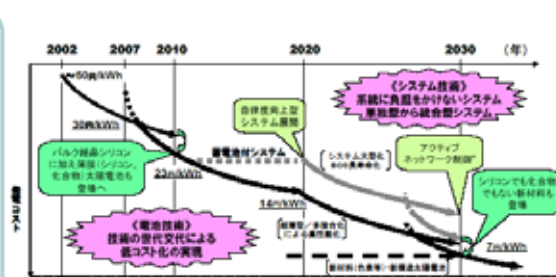
太陽光発電の導入の阻害要因として、投資回収年数が長期間にわたることが挙げられる。LCCO₂ の観点から、太陽光電池の製造・運搬等の過程で排出される CO₂ は、化石燃料を用いて発電する場合と比べて 1 / 10 以下に抑えられている。また、一般的に、太陽光発電の耐用年数及び投資回収年数はいずれも約 20 年程度とされている

太陽電池の低コスト化の技術開発が進められており、導入時の重点的な支援とあわせて太陽光発電の普及のコストダウンを図ることが重要となる。

受託要太陽電池の発電コストの推移



2030年に向けた太陽光発電の技術開発目標



< 技術開発目標 >

- 2010年: 23円 / kWh
- 2020年: 14円 / kWh
- 2030年: 7円 / kWh (商用電力並み)

出典: NEDOより

(2) 風力発電の導入ポテンシャル

風力エネルギーは、風を受ける面積、空気の密度、風速の 3 乗に比例するため、大きい風速が安定的に得られる地域においての導入が期待されている。現在、2 箇所の下水処理場において風力発電が利用されており、投資回収年数は 9～15 年間程度が想定されている。

平均風速が 5m/s 以上の下水処理場に風力発電を導入した場合の発電ポテンシャルは、下水道施設のエネルギー消費量のうち約 20%をまかなうことが可能である。

なお、風力発電の導入の可能性及び発電見込み量は、個別の処理場における風況(風速の大きさ、分布)等に左右されることに留意する必要がある。

風力発電の導入実績

処理場名	静岡県掛川市 大須賀浄化センター	静岡市 中島浄化センター
定格出力(kW)	660	1,500
定格出力風速(m/s)	15	13
最小出力風速(m/s)	4	3.5
年間発電量(万kWh)	115	256
電力消費に占める割合	ほぼ100%	2割程度

風力発電の導入ポテンシャル

【前提条件】

- ・風況マップにおいて、地上高 50m における平均風速が 5m/s 以上の下水処理場において風力発電を導入することを想定
- ・空気の密度: 1.225 kg/m³
- ・風車直径: 70m
- ・総合発電効率: 25%

【ポテンシャルの試算結果】

利用可能発電量: 17 万 kl(原油換算)

下水処理場のエネルギー消費量のうち約 20%に相当

4. 資源のみち実現に向けた取組

下水道事業におけるエネルギー消費や環境負荷排出の現状、エネルギー・環境をめぐる昨今の社会状況の変化及び下水道が各種の資源・エネルギーポテンシャルを有していることを踏まえ、省エネルギー・創エネルギーの推進によるエネルギー自立や、下水道ポテンシャルを活用した地域における資源・エネルギー循環を目指すべきである。

4 - 1. 基本的考え方

資源のみちの実現に当たり、まず基本認識として、収集した下水が有する、水、物質、エネルギーは貴重な資源であり、その活用・再生を図ることで、持続的発展が可能な循環型社会の構築に寄与することが可能であることを踏まえる必要がある。また、下水道は従来は排除・処理の機能に加え、エネルギー再利用や資源の供給による動脈機能を活用し、他の事業者や地域住民等の多様な主体と連携・協働し、それぞれの地域における最適な資源・エネルギー循環に貢献することを十分に認識する必要がある。

これらの認識の下で、計画、建設、維持管理等すべての段階における省エネルギー対策に積極的に取り組むとともに、エネルギー的に自立するという意識を持って、水、汚泥、空間等のすべてのポテンシャルを最大限活用し、環境負荷の低減に努力すべきである。

また、下水道の有するポテンシャルを地域全体の資源・エネルギー循環の中で活用することが効果的な場合は、住民、民間事業者及び関係部局と連携し、適切な役割分担のもと、環境共生型の都市・地域の整備や地球温暖化対策の着実な推進に向けて、地域における持続的な資源・エネルギー循環システムを構築すべきである。

これらの取組を推進するため、国は、エネルギー自立に向けた資源・エネルギーの収集・処理プロセスの改善及び地域のバイオマスを一体的に集約・活用する「バイオマス循環型の地域づくり」や、都市におけるエネルギー需給構造の効率化による「エネルギー効率の良い都市づくり」等の地域の目標像の実現にあたって、取組全体を支援する枠組みを構築すべきである。

省エネルギー・創エネルギーの推進による <u>エネルギー自立</u> を目指す 下水道ポテンシャルを活用した地域における資源・エネルギー循環を目指す

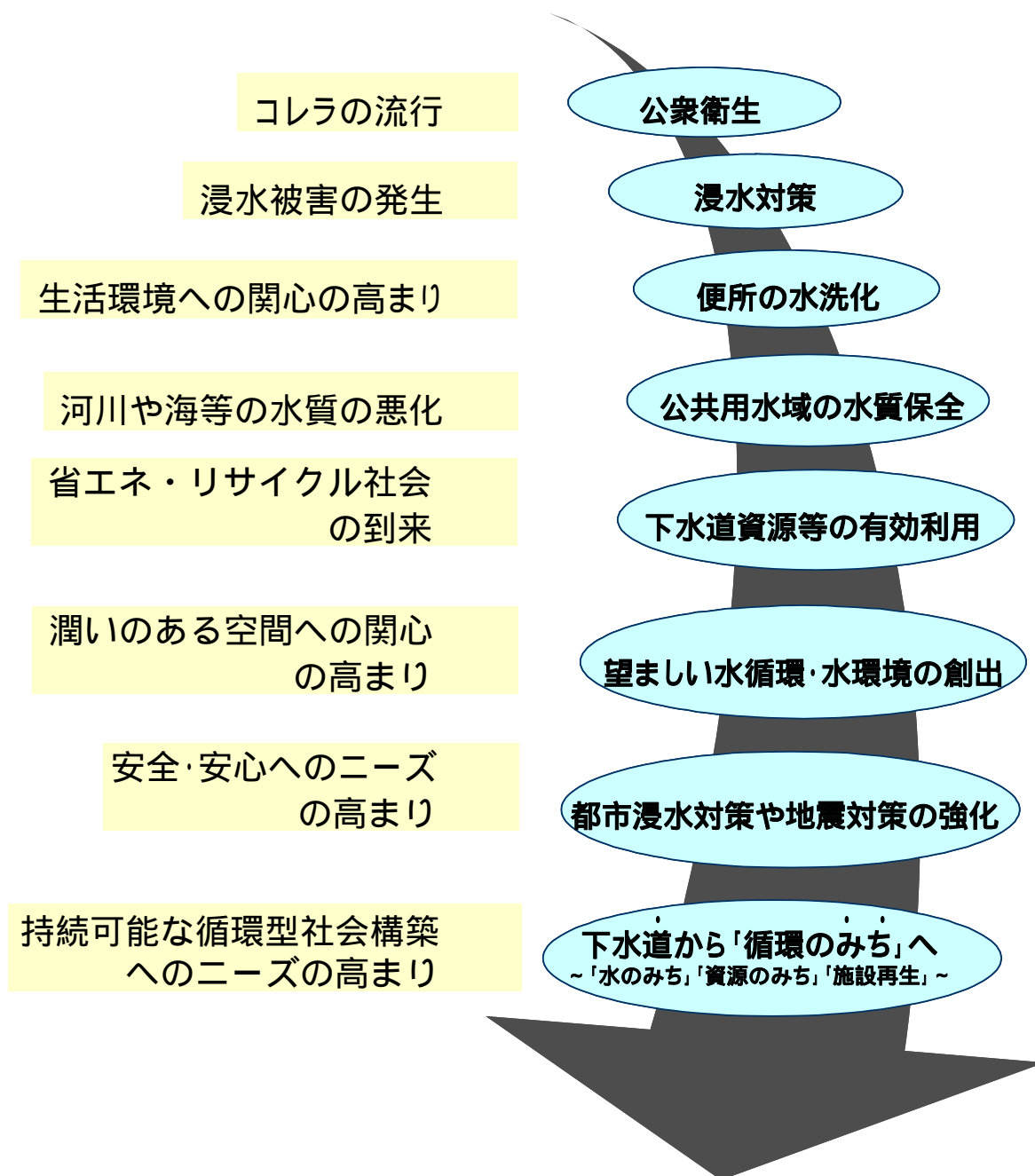
取組の推進における役割分担として、国は、地球環境保全等、国家的見地から取り組むべき課題について、取組の方向性、目標及びその計画的推進のための施策を示すとともに、財政支援、技術支援及び指導・助言等を行うとの基本的考え方に基づき、エネルギー自立及び地域における資源・エネルギー循環の実現に向けた地域の取組を支援すべきである。

この際、省エネルギー・創エネルギーの分野については、民間事業者が多くのノウハウを有しており、その技術や事業運営手法等が効果的に活用されるよう留意する必要がある。

また、下水道管理者は、自らの有するポテンシャルを明確化した上で、エネルギー自立に

向けて積極的に取り組むとともに、地域における資源・エネルギー循環に向けて、地域のニーズや特性を踏まえ、関係者と連携のもと地域の創意工夫を活かした取組を推進すべきである。

時代のニーズとともに多様化してきた下水道の役割



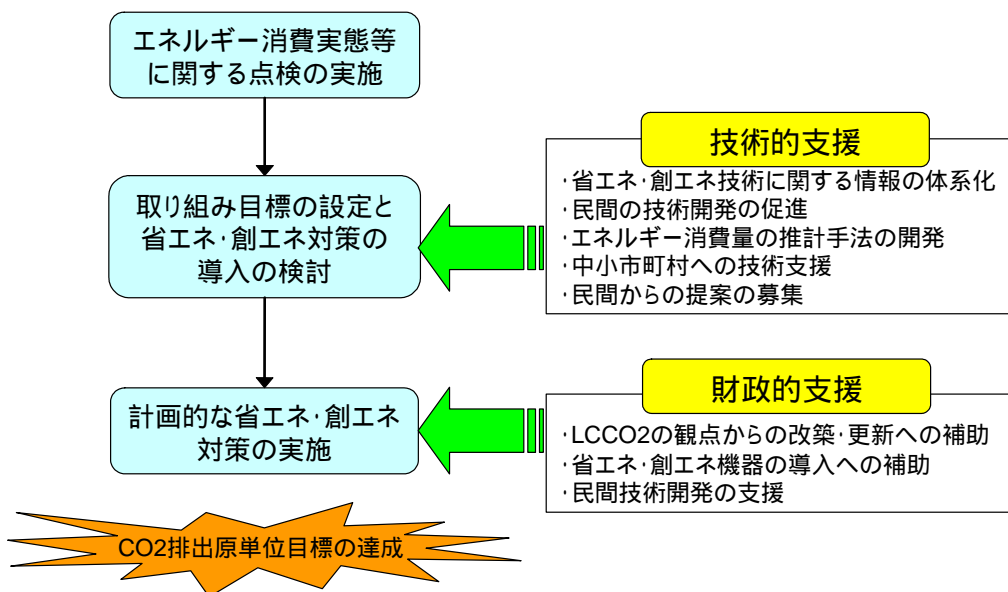
4 - 2 . エネルギー自立の推進

(1) 取組の方向性及び全体像

下水処理場のエネルギー自立率は、2005年度において約7%にとどまっており、下水道が大量の温室効果ガスを排出していることから、エネルギー自立によるCO₂排出量の削減に向けた取組を推進すべきである。このため、国はCO₂排出量の削減目標を中長期計画のアウトカム目標として位置付け、その実現に向けて、地方公共団体及び民間事業者の取組が円滑に進むよう具体的施策を実施する。また、全国的なCO₂排出状況及び地方公共団体ごとの状況を公表するとともに、取組の遅れている地方公共団体に対する指導・助言を行う等、PDCAサイクルに基づき確実な目標を実現する。これらの過程においては、排出者である地域住民と目標を共有し、連携・協働することが重要である。

具体的な推進施策として、国は、技術情報の体系化や中小市町村への技術支援等の技術支援及びLCCO₂の観点からの財政支援により、地方公共団体における省エネルギーによる維持管理コストの削減を支援する必要がある。また、省エネラベリング制度等による省エネ技術の導入促進により、省エネルギーに資する新技術の開発を進める民間事業者等を支援する必要がある。さらに、エネルギー消費シミュレーションを構築し、プロセス全体の最適化を支援する必要がある。

これらの推進施策を踏まえ、地方公共団体においては、まず、自らのエネルギー消費量やCO₂排出量を点検し、全国的なCO₂排出原単位の平均値と比較することにより、自らのエネルギー消費等の実態を把握する必要がある。また、すでに導入されている省エネ対策や下水道ポテンシャルの活用状況を踏まえ、計画的な省エネ・創エネ対策の実施を図るべきである。

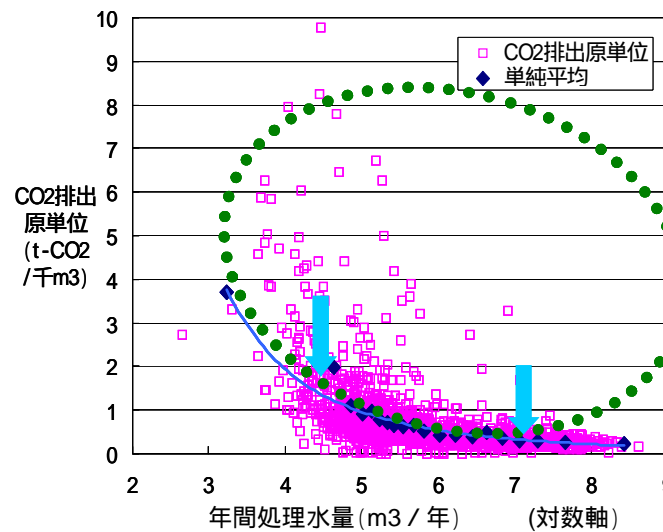


(2) 具体的な推進施策

【CO₂ 排出量削減目標の設定】

各下水道管理者が下水処理場における CO₂ 排出原単位を少なくとも現状の平均的なレベルまで下げる取組を実施することを基本的な考え方とし、全国的な削減目標量を設定すべきである。この取組により、処理場全体で CO₂ 排出量を約 180 万 t-CO₂ 削減することが可能となり、これは下水処理場からの CO₂ 排出量(約 400 万 t-CO₂)の概ね半減に相当すると試算される。なお、取組の目標期間については、機器の改築更新等の期間を考慮し、10年と設定することが適当である。

処理規模別の下水処理場の CO₂ 排出原単位の平均値

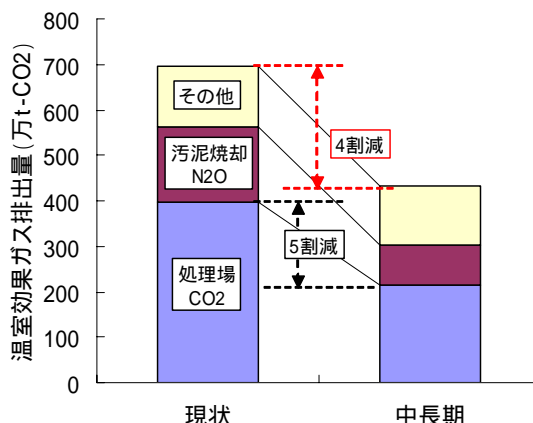


カテゴリーごとの平均値を上回っている処理場が平均まで改善すると約180万t-CO₂の削減効果

なお、下水道からは他にもポンプ場の電力消費に伴う CO₂ や下水汚泥の焼却に伴う N₂O の排出等があり、合計で約 700 万 t-CO₂ の温室効果ガスが排出されている。このうち、焼却に伴う N₂O については京都議定書目標達成計画において高温焼却対策が位置付けられており(削減効果:約 80 万 t-CO₂(2004 年ベース))、上述の処理場での CO₂ 排出量約 180 万 t-CO₂ 削減とあわせると、温室効果ガス総排出量のうち約 4 割の削減効果に相当する。

下水汚泥の高温焼却を実施する際には、焼却施設において燃料を追加的に投入する必要があるため、下水処理場からの CO₂ 排出量の増加要因となることに留意する必要がある。

下水道からの温室効果ガス排出量の削減効果



省エネ・創エネ対策によりCO2排出量を約50%削減、
N2O対策とあわせることで下水道からの
温室効果ガス総排出量を約4割削減

【地方公共団体による CO2 排出原単位・維持管理コストの削減】

< 技術情報の体系化 >

地方公共団体による効果的な省エネ対策の検討を推進するため、個別の省エネ対策の概要、期待される効果、導入に当たっての留意点等の技術情報を整理・体系化すべきである。技術の体系化にあたっては、大分類(各処理プロセス等)、中分類(施設計画段階、機器選定段階、運転管理段階)、小分類(配置・機器構成、省エネ型機器、運転管理手法)として整理し、下水道管理者において取り組むことが可能な対策を提示するデータベースを構築すべきである。また、技術情報データベースは、下水道管理者等が情報を取りやすいような形で公表するとともに、その内容を継続的に更新することが重要である。

また、政令市等によって構成される技術開発連絡会議や大学・研究機関等と連携し、最新の技術開発の動向や科学的知見を集約し、技術情報データベースに反映すべきである。

< 中小市町村への技術支援 >

技術者の少ない中小規模の地方公共団体に対し、処理場のエネルギー消費特性やポテンシャルを踏まえて優先的に導入すべき省エネ・創エネ対策を具体的に提示するプロセスマネージャー制度を創設すべきである。プロセスマネージャー制度においては、下水処理場の運転状況、エネルギー使用状況を調査し、実態把握を行い、効率的な運転方法、管理方法を提言する省エネ診断の実施や、エネルギー使用の合理化を実践するために定める管理上、計測・記録上、保守・点検上、処理場ごとの規定書(管理標準)の設定等を推進することが重要である。

< LCCO2 の観点からの財政支援 >

処分制限期間を経過した施設について、ライフサイクル全体での CO2 排出量を評価し、より LCCO2 の小さい機器への改築・更新に対して、財政支援を積極的に実施すべきである。また、消化ガス常用発電設備や、太陽光発電等の創エネ設備の導入について、LCC の観点に

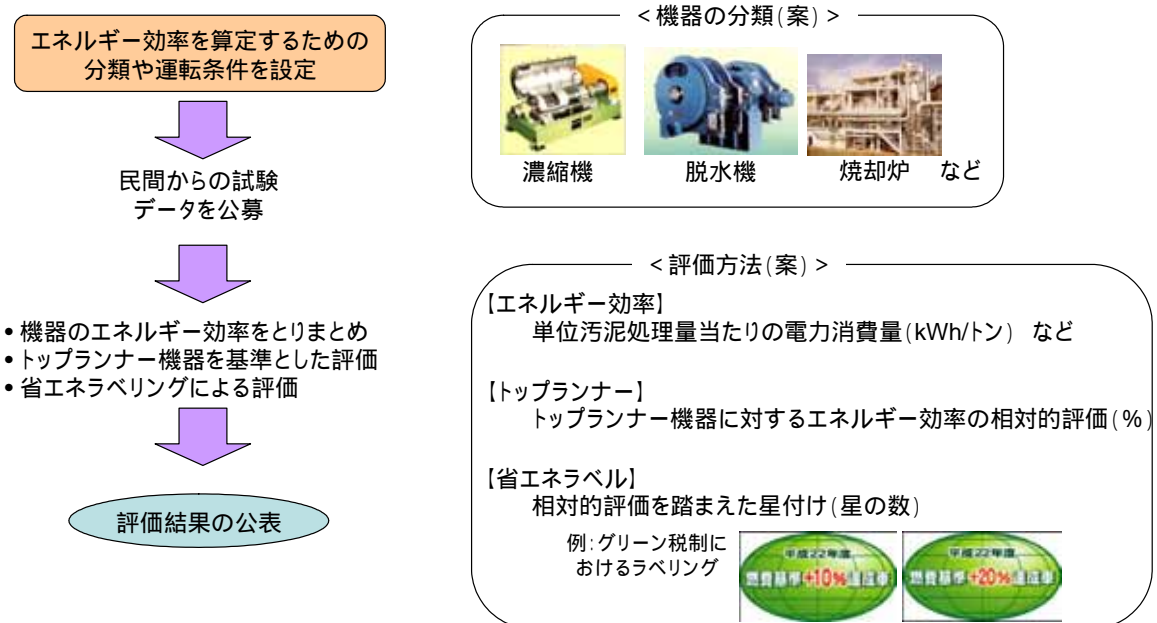
加え、LCCO₂ の観点から有利になる場合は積極的に支援すべきである。

さらに、機器ごとのエネルギー消費量を把握し、運転方法の改善等にフィードバックするため、エネルギー効率改善に資するエネルギー消費量の計測機器等についても財政支援を実施すべきである。他に、計画的な対策実施に向けて、施設の配置計画の見直しや IT 化等による効率的な運転手法の導入等を盛り込んだ省エネ・創エネ計画を策定する際に、必要な費用を補助すべきである。

【民間等の新技術の導入促進】

民間が開発した技術の省エネ効果をわかりやすく評価するため、機器のエネルギー効率や省エネラベリング制度等による技術評価・情報提供を実施し、省エネ型機器の導入を促進すべきである。

技術評価・情報提供の仕組みのイメージ



また、技術開発連絡会議の活用等を通じて、国及び下水道管理者等が連携して、優先的に効率化を推進すべき分野及び目標を設定するとともに、官民が連携して技術の開発・導入を図る仕組みを構築することで、民間の技術開発を促進すべきである。加えて、民間事業者からのエネルギー自立に向けた提案を募集する民間ノウハウの活用スキームの構築や、民間の技術開発についての支援を検討すべきである。

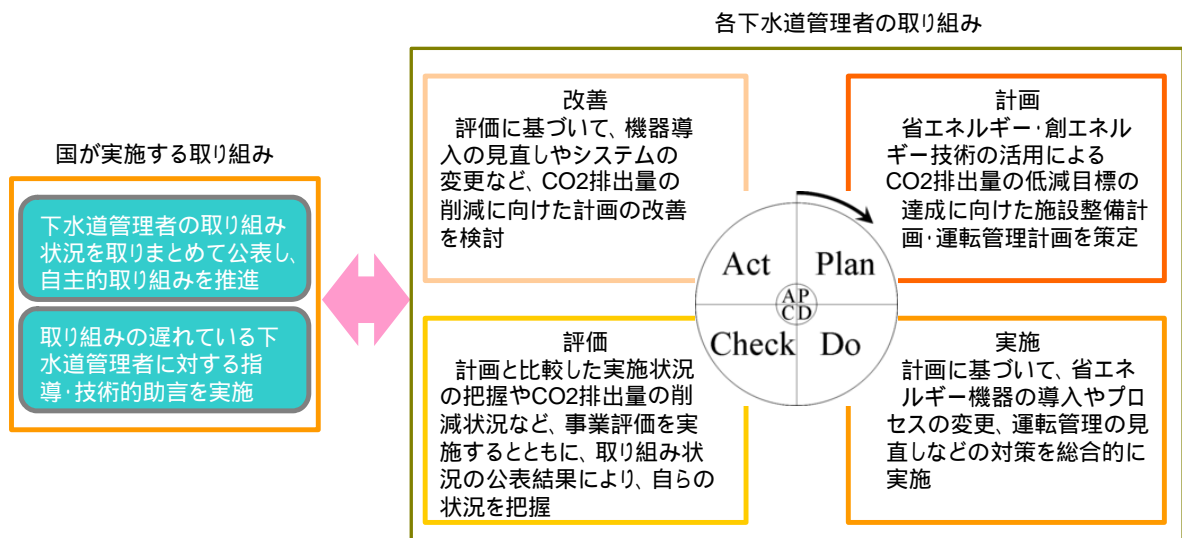
【プロセス全体の最適化の支援】

水処理、汚泥処理の各プロセス単位の省エネ対策の導入に加え、システム全体を俯瞰した対策を計画的に実施することが重要である。この際、最も効率的な処理プロセスを検討するため、個々の対策による環境負荷削減効果の相乗効果を定量的に評価し、処理フロー及び関

連技術を組み合わせた場合のプロセス全体のエネルギー消費量等を推計し、処理場再構築時等の計画に反映するシステム(エネルギー消費シミュレータ)を、民間、学識経験者、下水道管理者と連携して開発すべきである。

【PDCA サイクルによる取組の推進】

各下水道管理者は、目標達成に向けて計画的な省エネ・創エネ対策を推進するとともに、自らの取組状況について評価・改善を継続的に行い、必要に応じて計画を見直す PDCA サイクルに沿った取組を展開すべきである。この際、国は、各下水道管理者の取組状況を公表し、自主的な取組を促すとともに、取組の遅れている下水道管理者に対し、効果的な対策のアドバイスを行う等指導・技術的助言を実施することにより、下水道全体の CO2 排出量の削減目標の達成を目指すべきである。



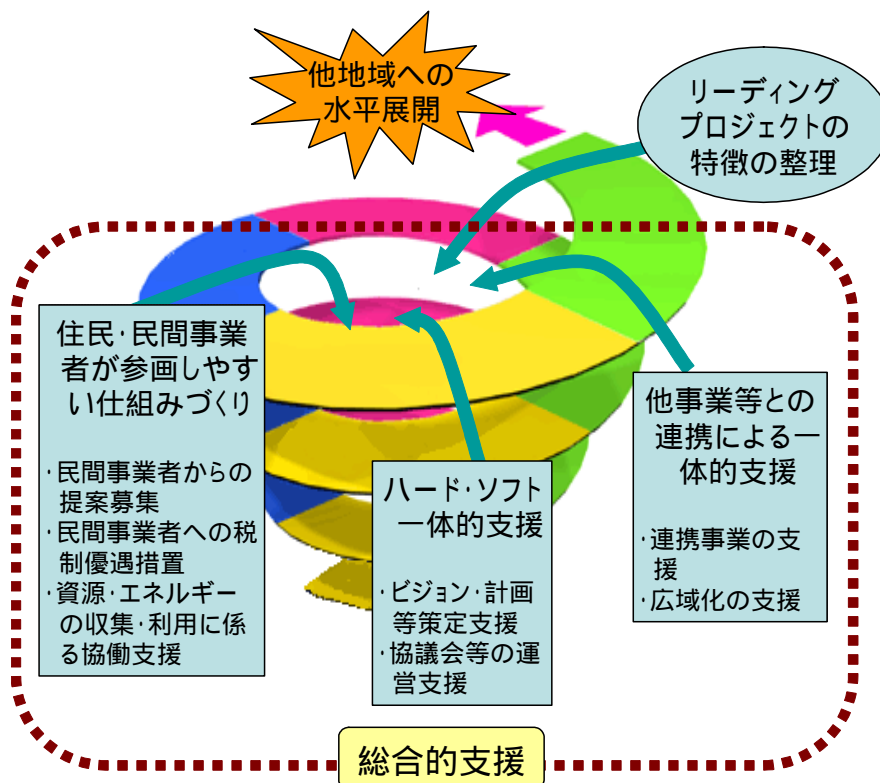
4 - 3 . 地域における資源・エネルギー循環の推進

(1) 取組の方向性及び全体像

地域における資源・エネルギー循環の推進にあたっては、民間ノウハウを最大限に活用して、下水道の有するポテンシャル等について、既存のエネルギー関連インフラ設備や流通網等を通じて利活用を図り、地域における最適解の実現を目指すべきである。特に、下水汚泥のバイオマスとしての活用や下水熱の熱源としての活用等、資源・エネルギー利用に関する技術や事業運営手法は民間事業者が多くのノウハウを有しており、民間ノウハウを積極的に活用することで、地域の資源・エネルギー循環の形成の推進を図るべきである。

具体的には、国は、先行的に資源・エネルギー循環に向けた取組が可能な事例をリーディングプロジェクトとして推進するとともに、リーディングプロジェクトにおける成功事例を蓄積し、環境負荷削減効果や事業推進に当たってのポイントを整理し、他の地域における資源・エネルギー循環の展開を推進すべきである。その際、地域の最適解の実現に向けて、課題解決に向けた技術支援、財政支援、手続きの改善等の制度上の支援等、地域の取組全体を総合的に支援する必要がある。特に、資源・エネルギー循環に向けた事業のあらゆる段階での民間事業者の参画を支援するため、民間が地域全体の取組の枠組みに参入しやすい制度を設計すべきである。

また、地方公共団体においては、下水道の有するポテンシャルを明らかにしつつ、地域の各主体と連携を図りながら、地域全体の最適化に向けて多角的な可能性を検討する必要がある。

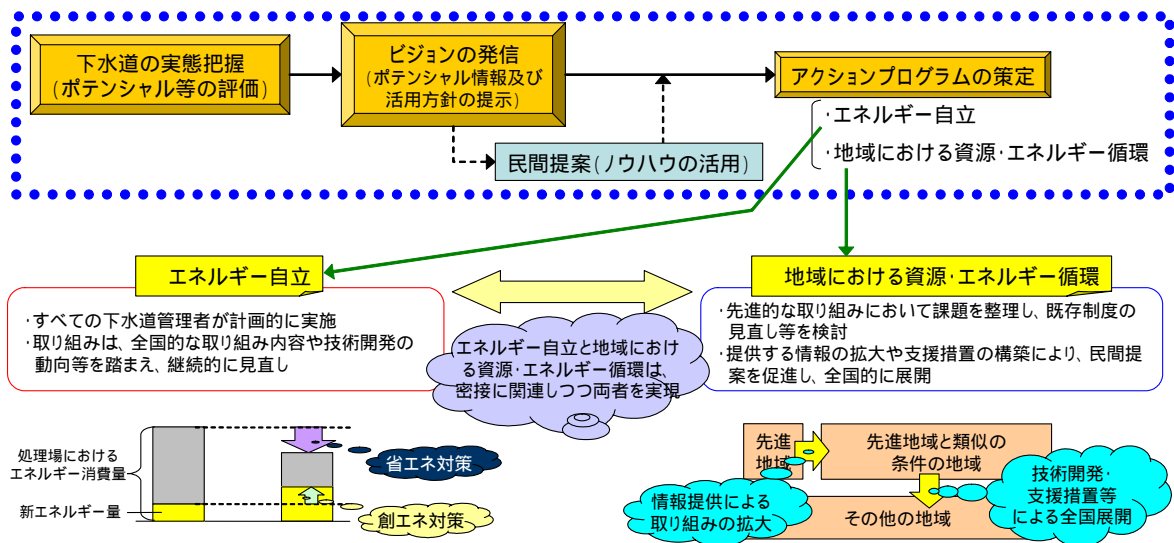


(2) 具体的な推進施策

【民間ノウハウの活用スキーム】

省エネルギー・創エネルギーの推進において民間のノウハウを活用することが効率的である場合、下水道管理者は自らの有するポテンシャル等を把握し、取組方針をビジョンとして発信し、ノウハウを提案した民間事業者と連携のもとでアクションプログラムを策定し、取組を計画的に推進すべきである。また、取組の実施状況等を踏まえ、継続的な取組の見直しを実施すべきである。

民間ノウハウの活用スキームの概要



【民間が参加しやすい枠組みの構築】

< 参加の阻害要因の緩和 >

地方公共団体が PFI 事業を実施する際の手続きやリスク分担、施設整備に当たっての耐用年数の取扱いの弾力化の考え方等を整理したガイドラインを策定し、PFI 制度の円滑な活用を図るとともに、民間事業者が下水熱を活用するための施設整備を可能とすること等、民間事業者の参加に関する制約を緩和すべきである。

< 手続きの簡素化・迅速化 >

民間事業者の提案から、評価、事業化までの一連の手続きの明確化・迅速化や、下水汚泥と他のバイオマスとの一体的利用のための手続きの簡素化等による民間事業者の参加意欲を拡大すべきである。

< 安心して提案できる仕組みの構築 >

新技術の提案や実用化に向けて、新技術導入の手続きや公的機関が実施する評価の扱いを明確にする等、新技術の提案に当たっての提案者の位置付けを明確化し、民間が新技術を安心して提案できる仕組みを構築すべきである。

< 民間事業者に対する財政支援 >

民間が下水道管理者と連携して新技術の開発を行う場合、下水道ポテンシャルを活用した資源・エネルギー循環に必要な実験施設の整備や研究調査費に対する財政支援を検討すべきである。また、民間事業者が地域の資源・エネルギー循環の実現に資する施設を取得する際に、特別償却の適用や課税標準の特例措置等の税制優遇措置の創設を検討すべきである。

[リーディングプロジェクトに対する総合的な支援]

< ハード・ソフト面の財政支援 >

都市再生緊急整備地域や中核市以上の市、又は大規模処理場等、下水道の資源・エネルギーポテンシャルの活用が期待される下水道施設に関して、資源・エネルギーマップの策定、下水汚泥の性状把握やポテンシャル及び活用方針を整理・公表するために必要な調査、取組を進めるための関係者間の協議会等の運営、具体的な事業計画の策定及び取組結果のフォローアップに対し、ハード・ソフト面の財政支援を実施すべきである。

また、他のバイオマスを下汚泥とあわせて集約・処理・再資源化する事業に対して、「バイオマス利活用事業制度」の積極的活用等により一体的に支援するほか、汚水処理施設間の連携のための施設(し尿受入施設、農集排汚泥と下水道との接続管等)に対する支援、資源化に向けた汚泥の集約等の広域的取組に対する支援等、他事業等との連携による一体的な財政支援を実施すべきである。

< 手続きの簡素化・迅速化 >

資源・エネルギー供給に伴う敷地の目的外使用、下水道計画の変更及び補助金の申請等について、法制度上における運用を簡素化するとともに、手続きの一本化を検討すべきである。

< ディスポーザの導入基準の明確化 >

バイオマス利用の推進の観点から、下水道事業へのディスポーザの位置付けを明確化するため、事業計画におけるディスポーザの導入の判断基準を明確化することや、下水道法におけるディスポーザの位置付けを定めること、下水の収集・処理に影響を与えないために必要な構造基準を検討し、必要に応じて標準下水道条例等を改正すること、下水道料金についての考え方等、下水道条例における位置付けを明確化すること等について検討すべきである。

< 住民参画の促進 >

地域住民との関係では、地域住民に対してわかりやすい指標として CO₂ 削減効果等を定量的に評価・提示することや、下水道施設を活用した生ごみ等バイオマス資源の収集・再資源化、下水処理場に負荷を与えない取組等、住民参画を促進すべきである。

[リーディングプロジェクトの整理・体系化及び情報発信]

< 期待される効果の定量的評価 >

リーディングプロジェクトに対し、エネルギー消費量や CO₂ 排出量の削減効果のうち、下水

道における効果については CO2 排出原単位及びエネルギー自立率で、地域全体の効果については CO2 削減量を用いて評価するほか、下水道の維持管理コストや地域全体の行政コストの低減効果を評価すべきである。

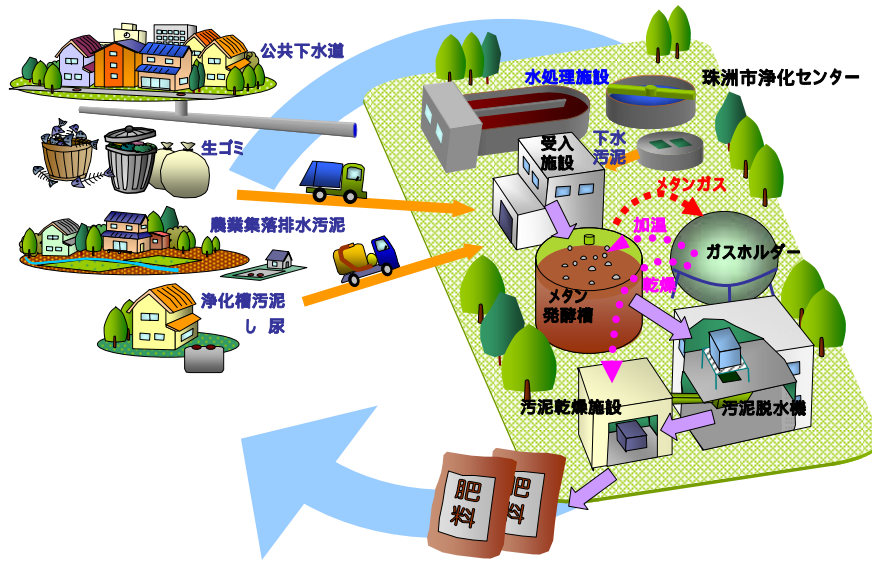
< 実験に適した地域条件の提示 >

資源・エネルギー循環システムの構築に適した地域条件を提示するため、利活用が期待された下水道ポテンシャルの種類・量、地域における需要者・供給者の配置や規模、特に課題となった事項について整理するほか、プロジェクトに関する提案や助言に対し、提案者や提案内容等を整理すべきである。また、プロジェクトの実施に当たり、特に工夫した取組について紹介すべきである。さらに、地域住民に対する情報提供の内容、特にきめ細かく説明することが望ましい事項及びそれに対する説明内容、地域住民の役割について整理すべきである。

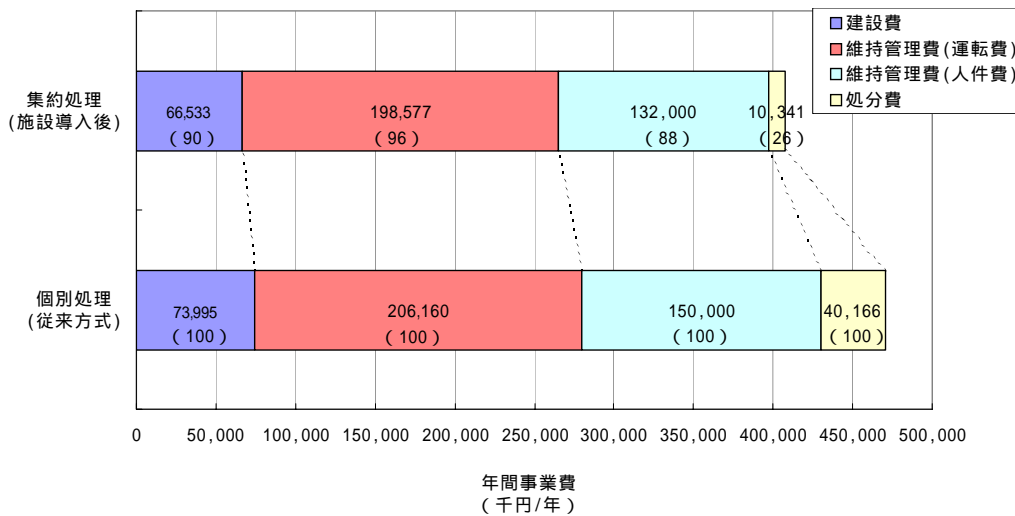
<トピックス:地域における資源・エネルギー循環の事例>

- ・石川県珠洲市では、下水処理場において下水汚泥とあわせて、生ごみ、し尿、浄化槽・農業集落排水汚泥等を共同処理し、回収したエネルギーで下水汚泥を乾燥し、肥料として地域に還元する取り組みを実施中(2007年度供用予定)。
- ・肥料の利用に当たっては、学校、JA等と連携し、安定供給を検討。
- ・事業実施に当たっては、行政全体のコストを比較し、妥当性を検討。

珠洲市「バイオマスエネルギー推進プラン」の事業イメージ



行政全体の事業費の試算結果の比較



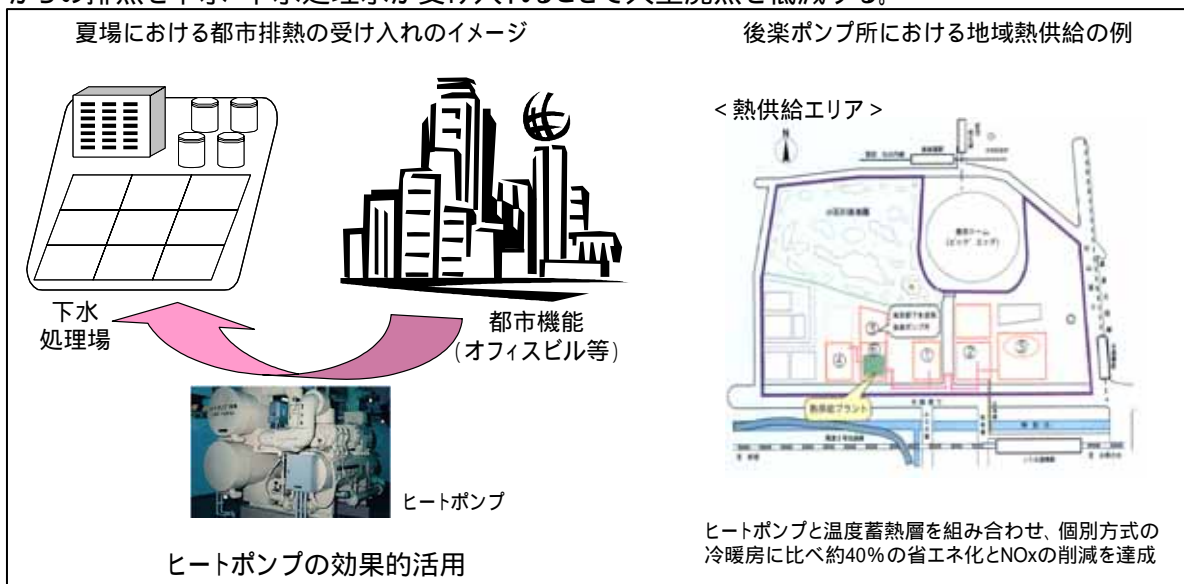
集約処理の導入により、個別処理と比較して行政全体の支出の削減が見込まれる

4 - 4 . 下水道ポテンシャルの利用方法と資源・エネルギー循環の事業イメージ

4 - 4 - 1 . 下水道ポテンシャルの利用方法

【下水・下水処理水】 (1) 排熱の受け入れによる省 CO2 型地域熱供給システム

下水・下水処理水は季節によらず安定した量・温度を保持しており、ヒートポンプ等の技術を活用することで、特に都市部において、夏季は冷熱源、冬季は温熱源として、未利用エネルギーを活用した省 CO2 型の地域熱供給システムの構築を達成する。この際、ヒートアイランド対策の観点から、都市内に張り巡らされている管きょ網を通じて、夏場における都市のビル等からの排熱を下水・下水処理水が受け入れることで人工廃熱を低減する。



【下水・下水処理水】 (2) 自然エネルギーの生産拠点(小水力)

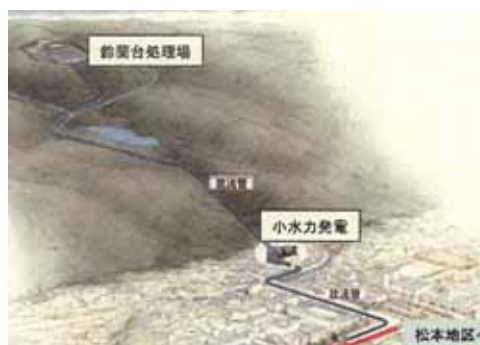
処理水の放流渠等における落差と安定した水量を活用することで、定常的な発電を実現する。小水力発電で得られるエネルギー量は流量と有効落差に比例するため、処理水を公共用水域に放流する際の水量又は落差が大きい地域ほどポテンシャルが大きい。

小水力発電の導入実績	処理場名	東京都葛西処理場	東京都森ヶ崎水再生センター	神戸市鈴蘭台下水処理場	京都市石田水環境保全センター
定格出力(kW)		24	95 4	56	9.4
平均流量(m ³ /s)		0.67	5 0.3	0.185	1.1
有効落差(m)		5.05	2.5 2	65	2.13
年間発電量(万kWh)		14	80	49	8
電力消費に占める割合		0.2%	0.7%	13.6%	0.5%

H18年度設置予定


鈴蘭台処理場における小水力発電

約60mの高低差を利用して、鈴蘭台処理場からの処理水を受け入れる麓のポンプ場で小水力発電を行い、主にポンプ場の電力として利用



【下水汚泥】 (1) マイクロガスタービンを活用した未利用消化ガスの徹底利用

消化ガス発生量が比較的少ない場合でも、マイクロガスタービン等の発電技術を用いることで、徹底した創エネを実現(約 500m³/日のガス量から発電可能)。消化ガスの発生量を増加させる対策として、高効率な濃縮機の導入による投入汚泥の高濃度化、消化槽の大規模化による加温用熱量の低減等が挙げられる。



<マイクロガスタービン>
 発電出力が小さく(概ね200kW以下)、回転数が毎分10万回程度の高速発電機を備えた超小型ガスタービンであり、分散型電源等として期待されている(発電効率: 約25-30%、排ガス温度: 約200-300)
 石川県大聖寺川浄化センター(60kW)や群馬県伊勢崎浄化センター(30kW)に導入実績あり

<未利用消化ガスによるガス発電のポテンシャル>

【前提条件】

- ・未利用消化ガスをマイクロガスタービンで発電することを想定
- ・未利用消化ガスの発生量が500m³/日以上以上の処理場(108箇所、7,017万m³)に導入されると仮定
- ・発電効率: 25%

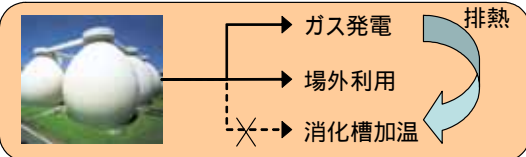
【ポテンシャルの試算結果】

ガス発電量: 107百万kWh/年(下水道施設の消費電力の1.7%に相当)

【下水汚泥】 (2) 加温用消化ガスのコージェネ利用への転換

消化ガス発生量のうち約 3 割は消化槽の加温のみに用いられているが、消化ガスは通常に燃焼すれば数千度の熱を発生することが可能であり、消化槽を 50 程度に加温するために用いることで、有効利用できるエネルギーの損失が生じている。このため、ガス発電コージェネの導入により、発電しつつ消化槽を加温することで、消化ガスを質的にも最大限に利用する。

<消化ガスの利用の規範>



<消化ガスを加温に用いる理由>

- ・特に規模の小さい下水処理場において、消化槽の加温に必要な熱量が比較的多く必要となっており、ガス発電の排熱だけでは供給できない
- ・下水汚泥の集約化等により、消化槽の規模を大きくすることで、必要な熱量を相対的に減少させることが可能

<消化槽の加温によるエネルギー損失(エクセルギー損失)>

消化ガスに含まれるメタンの有するエネルギーのうち、有効利用できるエネルギーの占める割合(エクセルギー率)は約93%

全量加温に用いる場合

→

消化槽加温(50) : 約4%

電力: 100% (25%相当)

ガス発電排熱(300) : 約29% (75%相当)

あわせて約47%

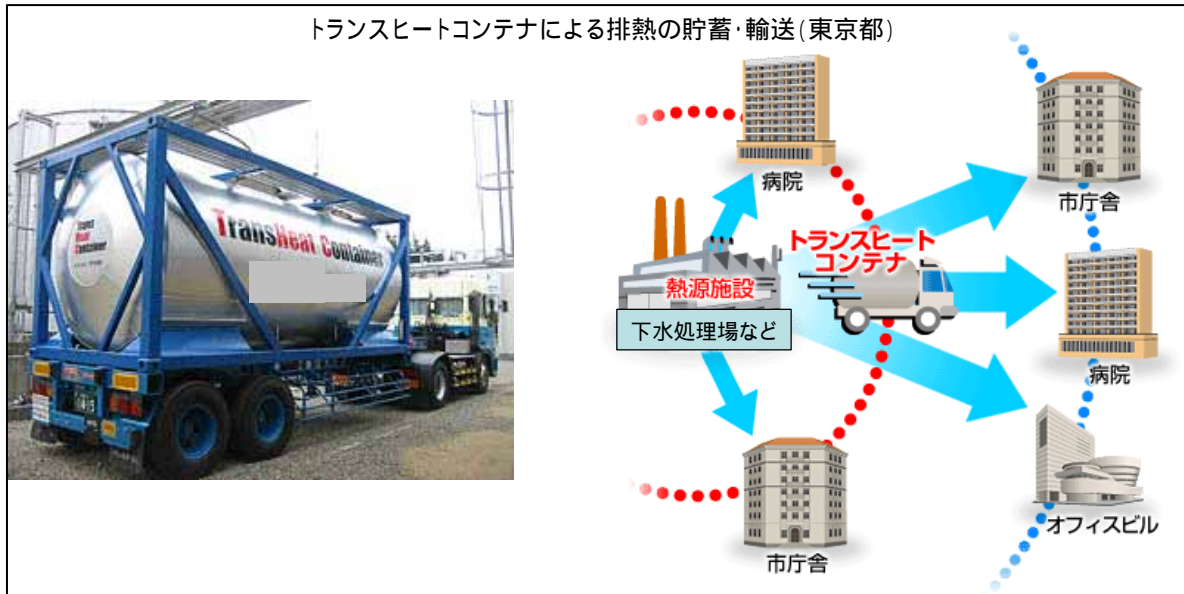
エクセルギー損失が
43%大きい!

ガス発電 + コージェネとして活用する場合

→

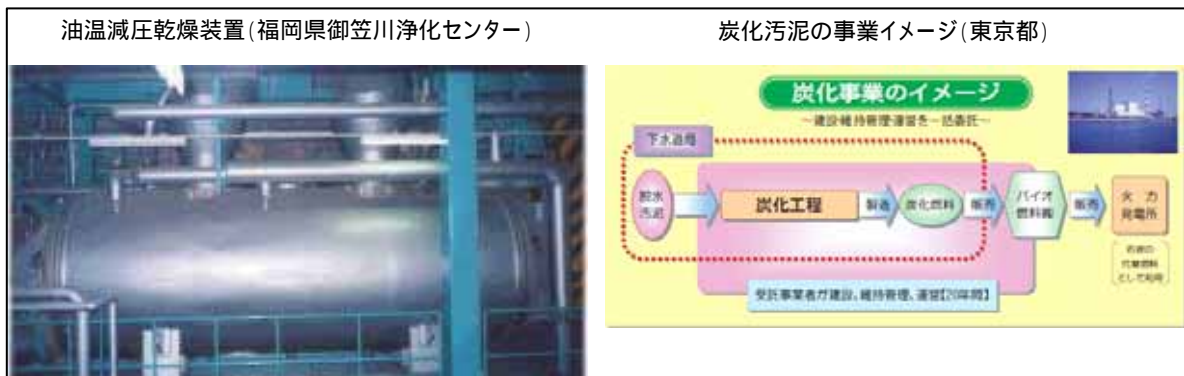
【下水汚泥】（5）地域と一体となった排熱循環利用のさらなる発展（貯蓄・輸送技術）

汚泥焼却時の中温排熱（約 200℃）や低温排熱（約 50℃）については、地域内の暖房・給湯等の熱需要に対して供給することで、グリーンエネルギーの地域供給を達成する。トランスヒートコンテナとは、潜熱蓄熱材をタンクに貯蔵し、コンテナ車等の陸上輸送により、広範囲に熱を供給するシステムであり、これを活用することにより、下水処理場等で再利用が困難なため捨てられていた排熱を効率よく回収し、離れた需要先まで供給し、地域全体の熱需給の効率化を達成する。



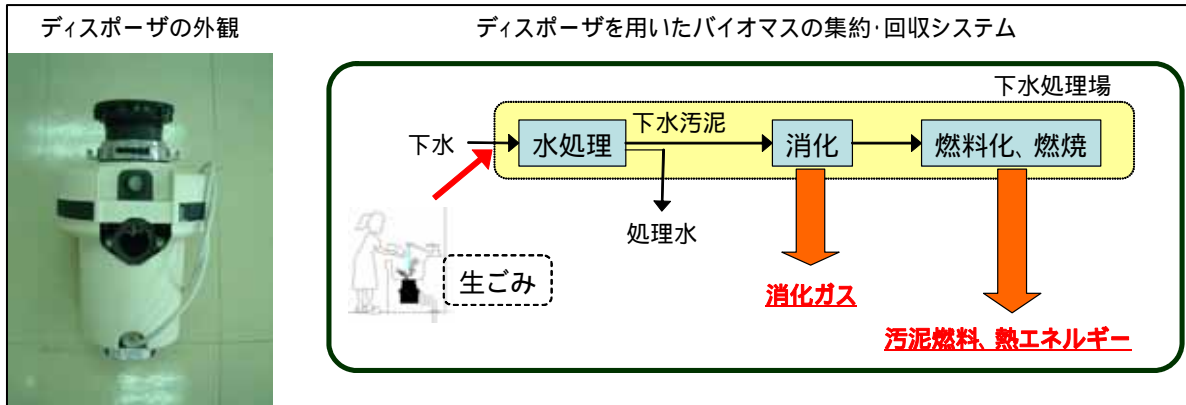
【下水汚泥】（6）石炭代替製品としての固形燃料化

汚泥中の有機分に着目し、汚泥燃料として再資源化し、火力発電所等におけるカーボンニュートラルな石炭代替燃料として利用することで、地域全体の省 CO₂ を達成する。例えば、福岡県御笠川浄化センターで脱水汚泥を廃食用油等に投入し、減圧・加熱の条件下で水分を蒸発させ、火力発電所に燃料として供給している。また、脱水汚泥を乾燥した後、低酸素もしくは無酸素状態で蒸し焼きすることで炭化させ、燃料として電力会社等に供給することが可能である。



【施設空間】 (1) 下水道管きょを活用したバイオマス回収システム

地域のバイオマスを下水処理場で一体的に回収・エネルギー化することで、資源・エネルギー循環を形成することが可能である。この際、都市内に張り巡らされた管きょ網を活用し、ディスプレイによる生ゴミ回収を行い、都市域におけるバイオマス回収システムを構築する。



【施設空間】 (2) 自然エネルギーの生産拠点(太陽光、風力)

下水処理場の敷地面積は全国の都市公園面積の約1割に相当する貴重なスペースであり、太陽光発電や風力発電等の導入により、自然エネルギーの生産拠点を確保する。太陽光発電は、管理棟等の屋根やカバーを利用し、10 - 300kW 級の太陽光発電が導入されているところ。また、風力エネルギーは、大きい風速が安定的に得られる地域においての導入が期待されており、現在、2箇所の下水処理場において風力発電が導入されている。

< 太陽光発電の導入ポテンシャル >

【前提条件】

- ・下水処理場の敷地のうち、管理棟等の建物の屋根に多結晶型太陽電池を導入することを想定
- ・敷地面積に対する屋根の面積の比率：一部の実績値より5%
- ・傾斜配置の場合の占有率：67%
- ・太陽電池パネル1m²当たりの年間発電量：100kWh / 年(発電効率：10%、システム利用率：12%程度)

< 風力発電の導入ポテンシャル >

【前提条件】

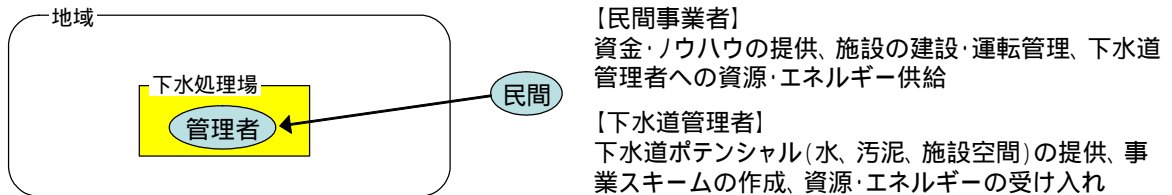
- ・下水処理場のうち、処理場が立地する市町村において風力発電が導入されている場合、当該処理場に風力発電を導入することを想定
- ・風力発電によって当該処理場の電力消費量をすべて賄えると仮定

4 - 4 - 2 . 資源・エネルギー循環の事業イメージ

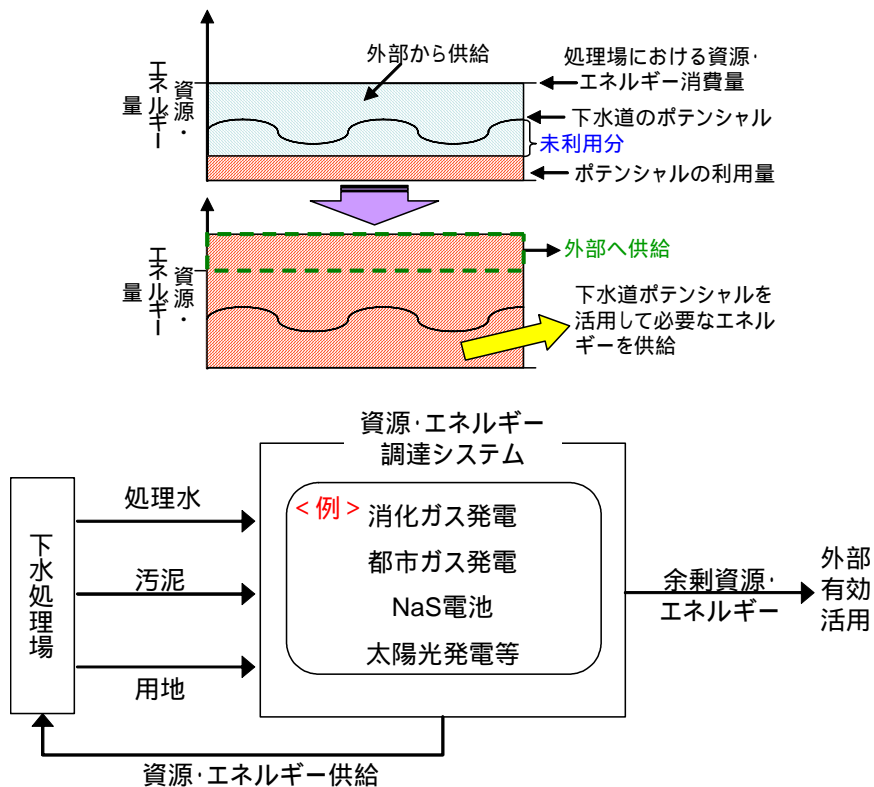
(1) 下水処理場における民間活力の活用

下水処理水、下水汚泥等の下水道が有する資源・エネルギーや処理場空間等の下水道ポテンシャルを民間の有するノウハウでより効果的に活用することで、処理場に必要な資源・エネルギーの供給を図るとともに、余剰分を外部で有効活用する。

【関係主体と役割分担】

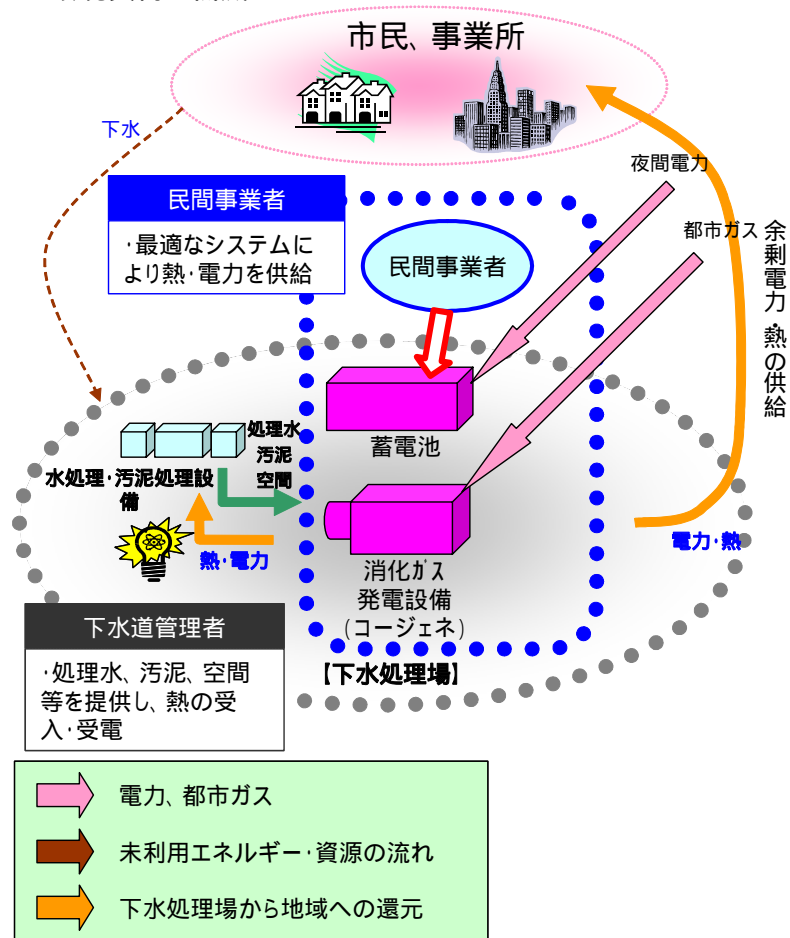


【事業のイメージ】



【検討事例】 下水汚泥と処理場空間の活用による環境負荷の低減

消化ガスを電力・ガス等と組み合わせて高効率にエネルギーを回収・供給する等、エネルギー調達を工夫して環境負荷を低減



推進施策

- ・消化ガス発電設備などの施設整備に対して、LCCO₂の観点から評価し補助
- ・都市ガスを活用した効率的なシステムの検討に対して、計画策定に係る費用等を補助
- ・民間事業者が参入してPFIで実施する場合の施設の耐用年数の弾力化
- ・CO₂削減量など環境負荷削減効果の定量的評価プロセスの開発

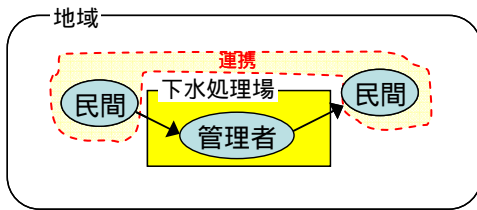
効果

- ・下水処理場内のエネルギー需要と下水道の有するポテンシャルのマッチングの改善により、環境負荷の低減が可能

(2) 地域における民間活力の活用

下水処理水、下水汚泥等の下水道が有する資源・エネルギーや処理場空間等の下水道ポテンシャルと、民間事業者の有するバイオマス等の資源・エネルギーや発電施設等の資源・エネルギー転換施設等のポテンシャルを一体的に活用することで、地域における効果的な資源・エネルギー循環システムを構築する。

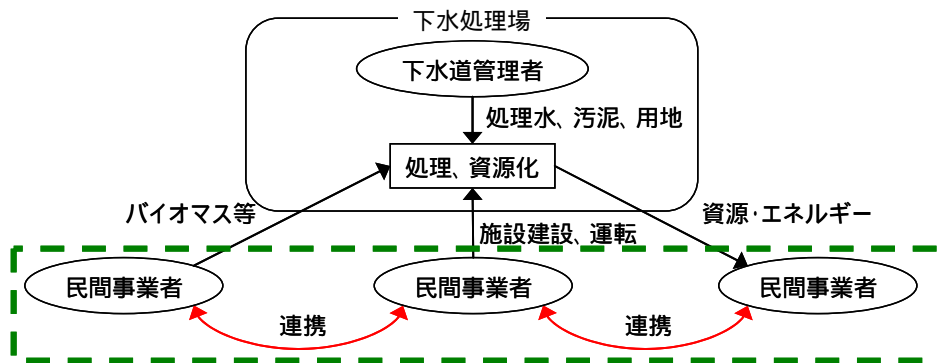
【関係主体と役割分担】



【民間事業者】
資源・エネルギーの提供、資金・ノウハウの提供、施設の建設・運転管理、下水道製品の利用

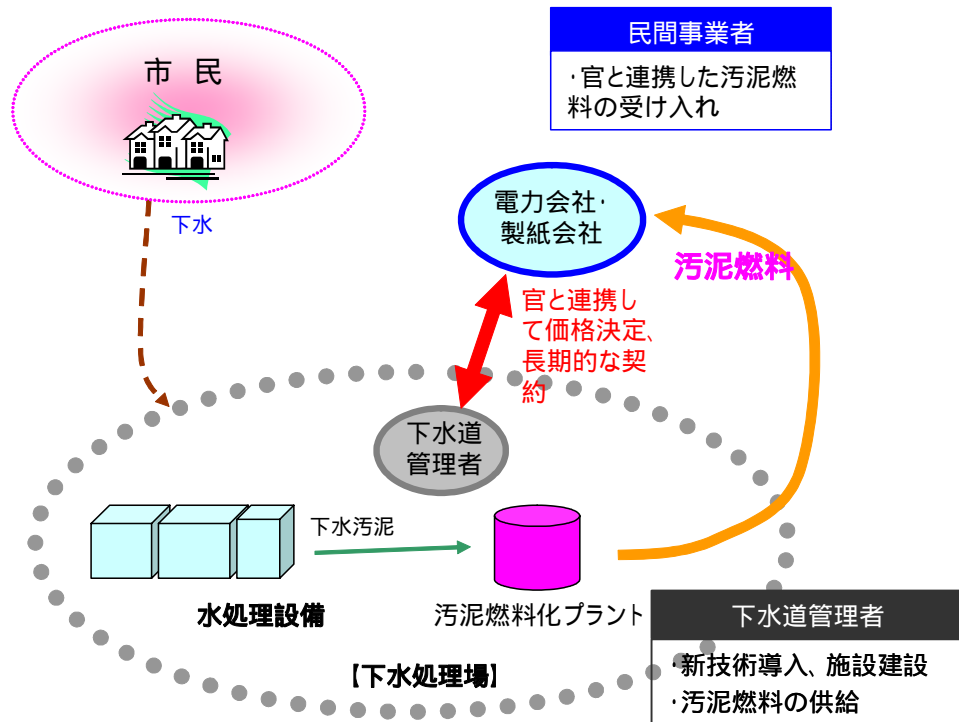
【下水道管理者】
下水道ポテンシャル(水、汚泥、施設空間)の提供、事業スキーム(PFI等による技術提案・評価・調達制度等)の作成

【事業のイメージ】



【検討事例】 民間活力の活用によるグリーンエネルギーの創出

民間事業者の有するバイオマス(生ごみ、食品残渣等)と下水汚泥の共同処理による燃料化により、効率的に燃料を製造するとともに、民間のエネルギー転換施設等のポテンシャルを活用し、グリーンエネルギーを創出



推進施策

- ・民間事業者が参入してPFIで実施する場合の施設の耐用年数の弾力化
- ・CO₂削減量など環境負荷削減効果の定量的評価プロセスの開発
- ・新技術の提案や実用化に向けての共同研究と調達方法の関係を明確化(民間事業者が安心して参入できる枠組み)
- ・地域住民に対して分かりやすい指標として、CO₂削減効果等を定量的に評価する手法を提示

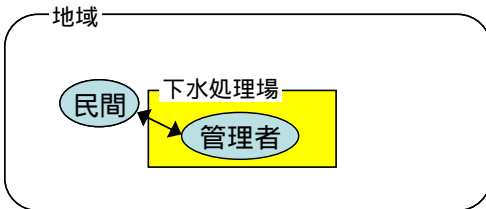
効果

- ・民間事業者のポテンシャル(ノウハウ、資源・施設等)を活用することで、効果的なバイオマス回収・処理、資源化の実現と、安定的な資源・エネルギー循環システムの創出が可能

(3) 地域における民間事業者との連携

地域において下水処理水、下水汚泥等の有する資源・エネルギーポテンシャルを活用した製品や原材料を利用する民間事業者と下水道管理者が新技術の開発・導入等を含めて協力・連携して、資源・エネルギー循環システムを構築する。

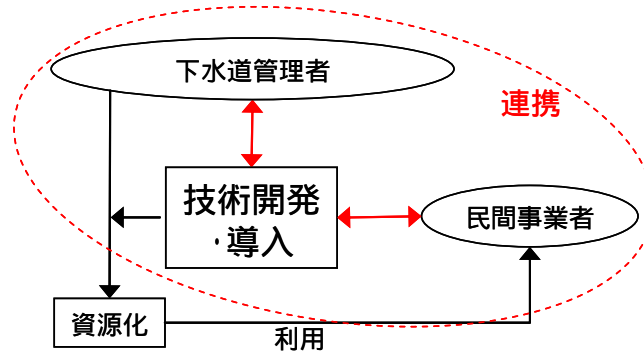
【関係主体と役割分担】



【民間事業者】
新技術の開発・導入(下水道管理者と協働)、下水道製品・原材料の利用

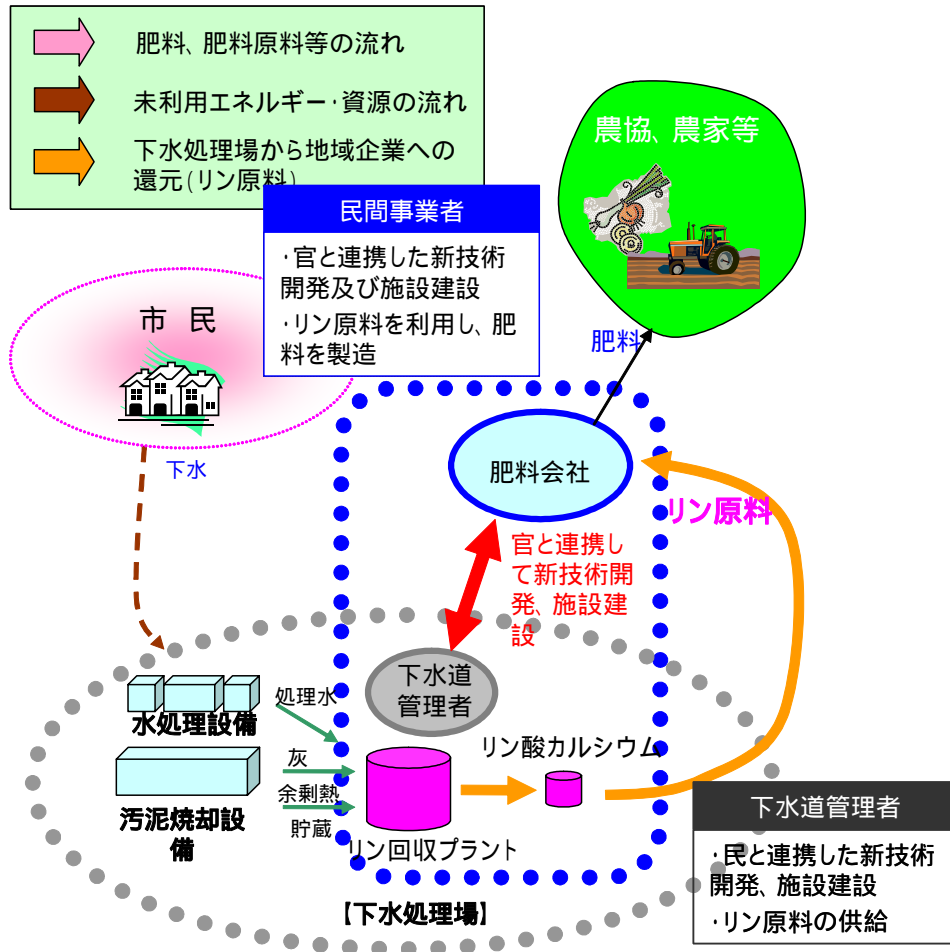
【下水道管理者】
新技術の開発・導入(民間事業者と協働)、下水道製品・原材料の製造

【事業のイメージ】



【検討事例】 下水道の価値ある資源の循環利用

民間事業者と連携し、下水污泥焼却灰からのリンの回収・利用に係る新技術の開発・導入を共同で行うことにより、資源の循環利用を実現



推進施策

- ・官民の関係主体が連携して新技術開発を行う仕組みの構築
- ・新技術の提案や実用化に向けての共同研究と調達方法の関係を明確化 (民間事業者が安心して参入できる仕組み)
- ・民間事業者が連携して新技術の開発を行う場合、当該技術の導入に必要な検討に要する費用に対する支援

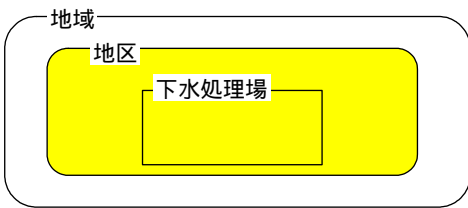
効果

- ・民間事業者との適切な役割分担に基づく共同事業により、安定的な資源循環利用を実現

(4) 地区内の各主体との連携

再開発や地区計画内の地区等において、資源・エネルギーの需要と供給に関わる各主体が互いに連携し、各主体が使用するあるいは有する資源・エネルギーに関する情報をもとに、資源・エネルギーマップを作成する等、共通認識を持った上で、各主体間における効率的な資源・エネルギー循環システムを構築する。

【関係主体と役割分担】

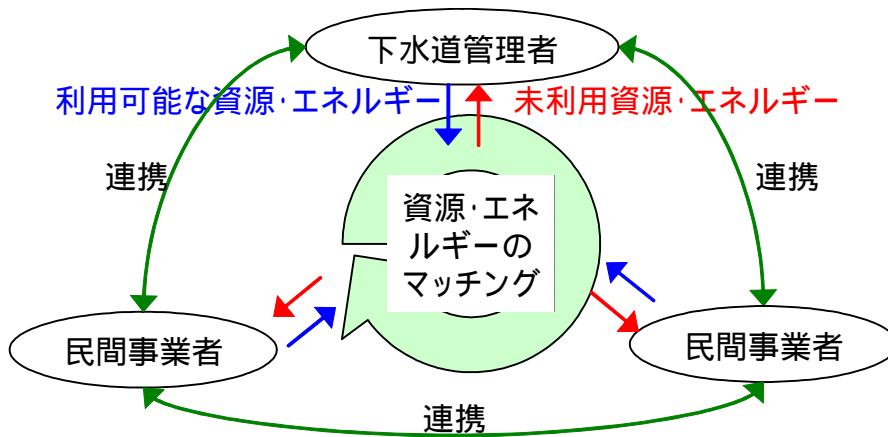


【各主体(下水道管理者を含む)】
資源・エネルギーの需要・供給に関する情報の開示、需給システムの構築、必要な費用の負担

特に、下水道管理者は以下の下水道の特性に留意し、枠組みづくりや基盤整備に積極的に貢献する

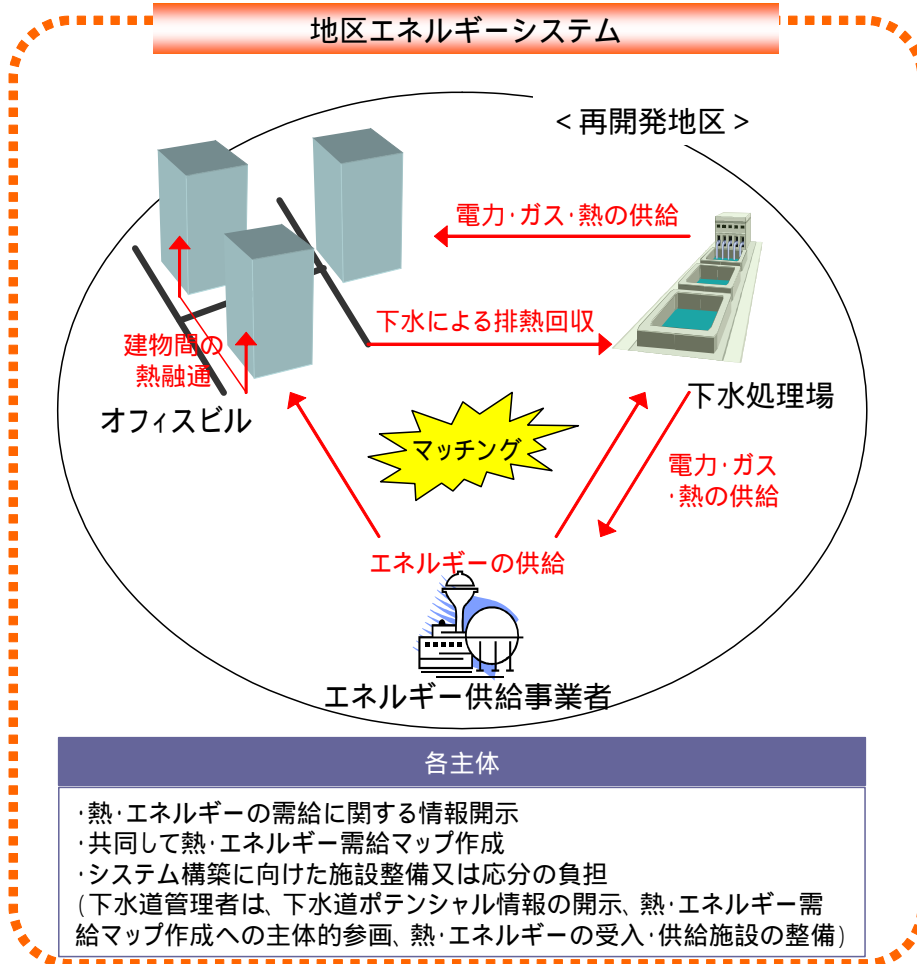
- ・都市内に張り巡らされた管渠や処理場等の施設空間を有している
- ・下水処理水や汚泥等の資源・エネルギー供給源を有している
- ・下水・下水処理水など、都市排熱の受入ポテンシャルを有している

【事業のイメージ】



【検討事例】 都市における熱・エネルギー需給のマッチング

再開発地区において、下水道管理者が関係する民間事業者等と連携して、下水熱等の下水道のポテンシャルも含めた熱・エネルギー需給の最適化を図り、効率的な熱・エネルギー循環システムを構築。新規開発地域においては、サテライト処理場も含めたより効率的なシステムの構築も検討。



推進施策

- ・地区における資源・エネルギーマップの策定支援
- ・地区内における資源・エネルギーマネジメントの検討(産学官の役割、エネルギー源と需要のマッチング、相互融通の考え方の整理)
- ・資源・エネルギー循環に必要な施設を民間事業者が取得する際の税制優遇措置の創設を検討
- ・処理場空間における資源・エネルギー活用施設の整備に対する関係部局の連携支援

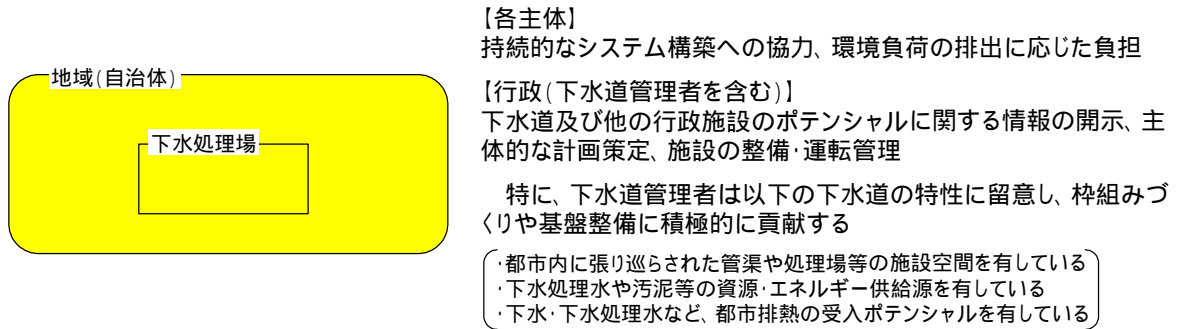
効果

- ・主体間の情報共有と連携により、地域内での熱・エネルギーシステムの最適化が図れ、サステイナブルな都市づくりの実現が可能

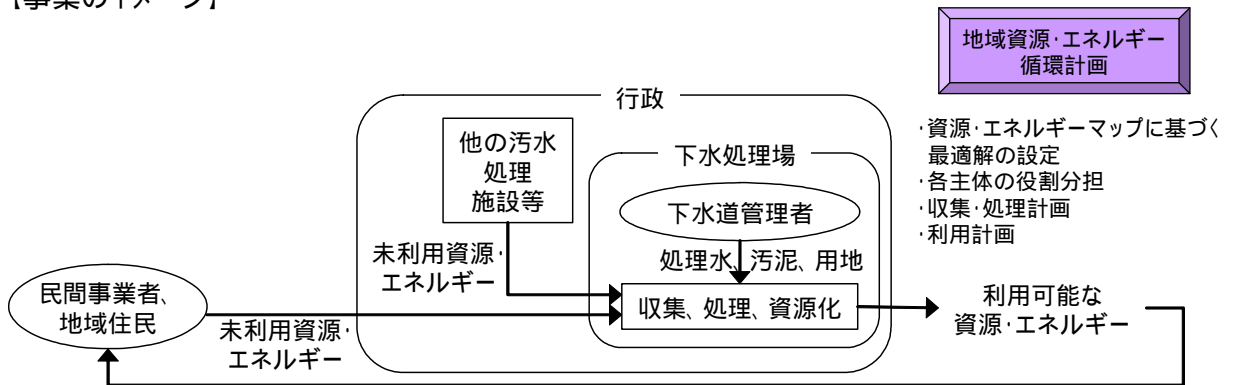
(5) 住民・事業者が一体となった取り組み

住民、事業者及び行政が一体となって、市全域全体等における資源・エネルギーマップを作成する等、資源・エネルギーの状況に関する共通認識を持った上で、下水処理場を核とした地域の資源・エネルギー循環計画を作成し、地域の最適解となる資源・エネルギー循環システムを構築する。

【関係主体と役割分担】

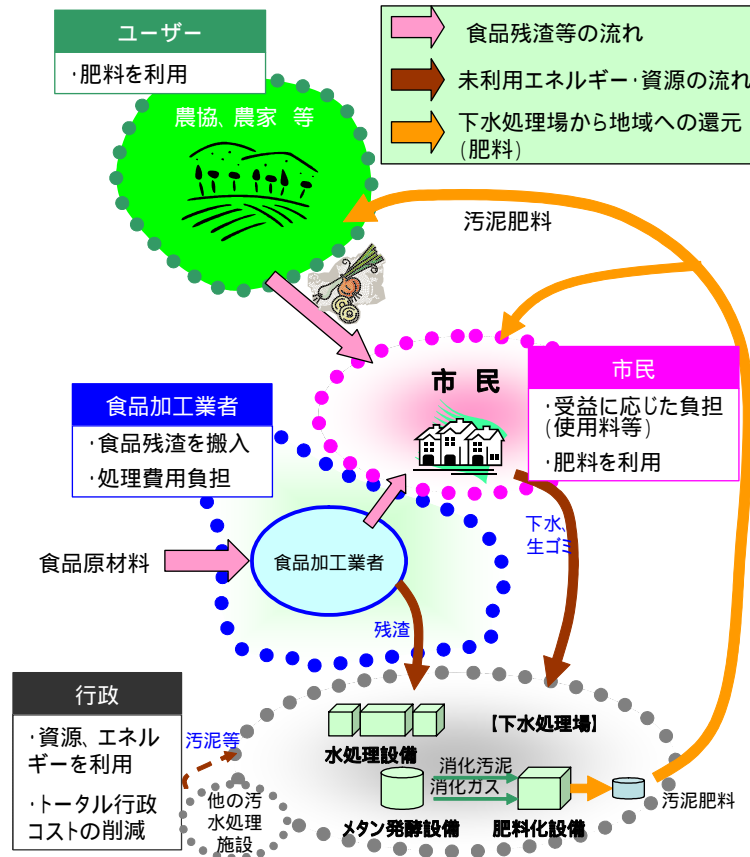


【事業のイメージ】



【検討事例】 地域が一体となったバイオマス循環の推進

行政単位で住民、事業者と行政が一体となってバイオマス循環計画を策定し、下水処理場で、浄化槽汚泥、食品加工品廃棄物、生ごみ等を受け入れ、下水汚泥とあわせて地域で利用可能な資源を再生し、地域に還元



推進施策

- ・地域における資源・エネルギーマップの策定支援
- ・ディスポージャー導入にかかる社会実験の推進などディスポージャーの導入に関する支援
- ・他のバイオマスを合わせて集約・処理・資源化する事業に対して関係省庁の連携支援
- ・施設の有効利用など、必要となる諸手続の簡素化
- ・資源・エネルギー循環に必要な施設を民間事業者が取得する際の税制優遇措置の創設を検討

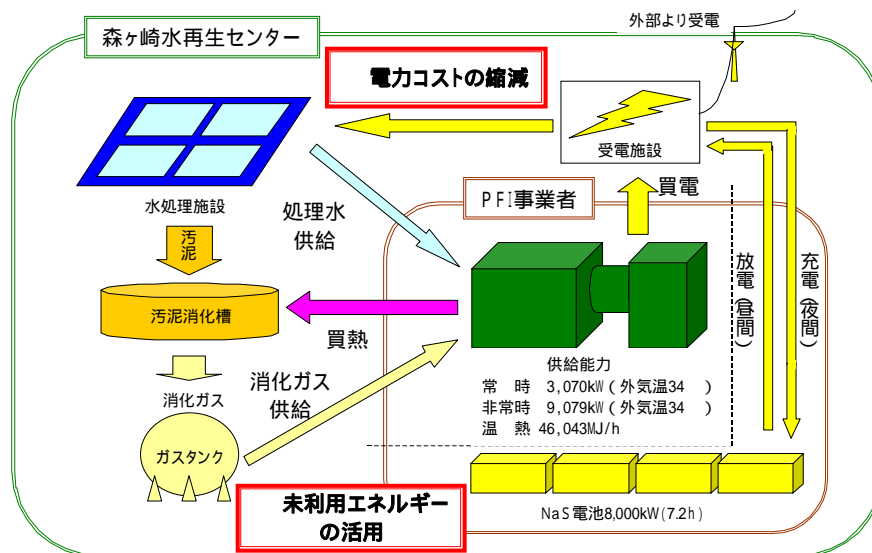
効果

- ・住民・事業者と行政が一体となることで、地域におけるバイオマス循環における適切な役割分担が図られ、持続可能な資源循環システムの実現が可能

<トピックス:PFI方式を活用した下水道バイオガスによる発電(東京都)>

国内初の下水処理場におけるPFI事業として、森ヶ崎水再生センターにおいて、下水道バイオガスを用いて発電を行い、電力及び温水を処理場内に供給

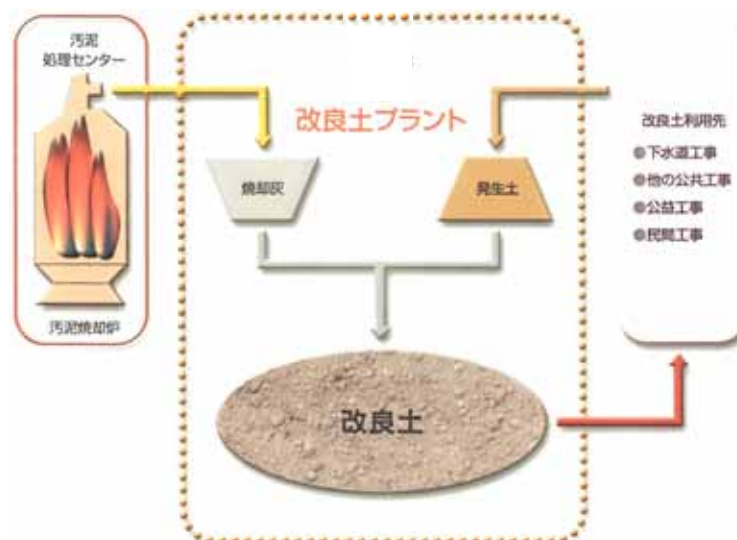
PFI事業者は発電設備を建設して東京都に引き渡した後、2004年度より施設の運営及び維持管理を20年間実施



<トピックス:PFI方式を活用した下水汚泥の改良土としての利活用(横浜市)>

横浜市北部第二水再生センター内に、下水汚泥の焼却灰と建設発生土から改良土を製造・供給する改良土センターを設置

PFI事業者は改良土プラントを建設して横浜市に引き渡した後、2004年度より施設の運営及び維持管理を20年間実施

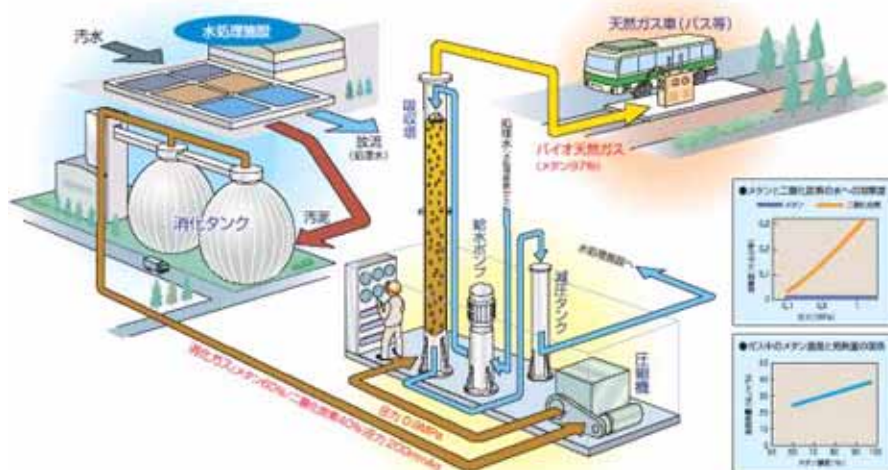


<トピックス:下水道バイオガスを天然ガス自動車の燃料に利用(神戸市)>

下水道バイオガスを精製することにより(CH_4 :98%)、天然ガス自動車の燃料としてそのまま使用することが可能

東灘処理場において、精製後で年間約70万 m^3 (乗用車700台分)の燃料を供給(年間約1,400t- CO_2 を削減する見込み)

平成18年度より実機を導入する予定



<トピックス:炭化汚泥を火力発電所に供給(愛知県)>

愛知県では、中部電力と共同で、下水汚泥を炭化しバイオマス燃料として石炭火力発電所に供給するための調査を開始

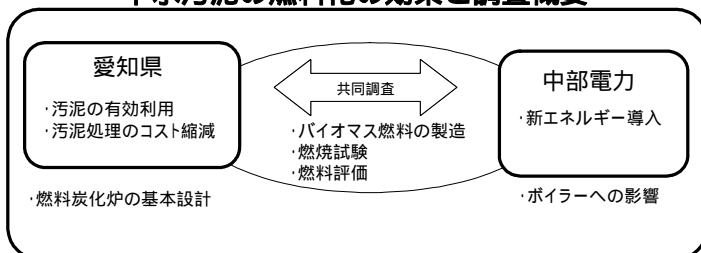
従来の焼却炉に代わり、燃料炭化炉を導入し炭化汚泥を石炭代替燃料として利用することで、温室効果ガスの排出量を削減

調査は平成18~19年度の2ヵ年で実施し、燃料炭化炉の基本性能、炭化汚泥の性能等を調査し、燃料炭化炉の設計諸元を検討

碧南火力発電所



下水汚泥の燃料化の効果と調査概要

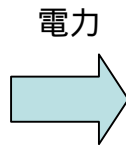


<トピックス:ごみ焼却施設からの焼却排熱による発電電力の供給(神戸市)>

平成12年度より、隣接するごみ焼却施設(東クリーンセンター)においてごみ発電で得られる電力を東灘処理場に供給(東灘処理場の電力消費量の約9割に相当)

発電施設は、ごみ発電とガスタービンを組み合わせた国内初の複合発電システム(発電容量20,000kW、焼却能力900トン/日)

東クリーンセンター



東灘処理場



<トピックス:脱水ろ液からのMAP回収(島根県・福岡市)>

島根県宍道湖東部浄化センターや、福岡市西部・東部・和白水処理センターでは、脱水ろ液からリン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)を造粒物として回収し、肥料原料として肥料会社等に有償で引き渡している。



島根県宍道湖東部浄化センター

1998 年度に1号機を設置し、現在150 m³/日×1基、500m³/日×2基を保有。年間約170tonのMAPを回収し、肥料会社に有償売却。



福岡市西部・東部・和白水処理センター

1993年度より実証試験開始。年間49tonのMAPを回収し、肥料会社に有償売却。

参考資料1. 評価指標について

エネルギー自立や地域における資源・エネルギー循環に向けた取組を地域住民にわかりやすく説明するための指標を設定し、適切な評価を行う。

(1) エネルギー自立

- 下水道におけるエネルギー消費・排出負荷を単位処理水量当たり等で表示し、相対的なエネルギー消費・排出負荷レベルを評価する。

【エネルギー消費原単位】

目的: 下水処理場ごとの相対的なエネルギー消費レベルを明らかにすることで、効率的な下水処理場におけ取組みを評価・普及し、すべての処理場における効果的な省エネルギー対策の導入を推進する。

定義: 単位処理水量又は単位汚泥処理量当たりの下水処理場のエネルギー消費量。

< 水処理を行っている下水処理場 >

下水処理場におけるエネルギー消費原単位 = (下水処理場の年間電力・燃料消費量 [MJ]) / (年間処理水量 [m3])

< 汚泥処理のみを行う汚泥処理施設 >

汚泥処理施設におけるエネルギー消費原単位 = (汚泥処理施設の年間電力・燃料消費量 [MJ]) / (年間処理汚泥量 [湿重量トン])

【温室効果ガス排出原単位】

目的: 下水処理場ごとの相対的な温室効果ガス排出レベルを明らかにすることで、効率的な下水処理場における取組を評価・普及し、すべての処理場における効果的な地球温暖化対策の導入を推進する。

定義: 単位処理水量又は単位汚泥処理量当たりの下水処理場からの温室効果ガス排出量。

< 水処理を行っている下水処理場 >

下水処理場における温室効果ガス排出原単位 = (下水処理場からの年間の温室効果ガス排出量 [t-CO2]) / (年間処理水量 [m3])

< 汚泥処理のみを行う汚泥処理施設 >

汚泥処理施設における温室効果ガス排出原単位 = (汚泥処理施設からの年間の温室効果ガス排出量 [t-CO2]) / (年間処理汚泥量 [湿重量トン])

【下水汚泥エネルギー利用率】

目的: 下水汚泥の有するエネルギーポテンシャルの利用状況を評価し、エネルギー利用の推進に資する。

定義: 下水汚泥中の有機分のうち、下水道バイオガス又は汚泥燃料としてエネルギー利用されたものの割合。

$$\text{下水汚泥エネルギー利用率} = (\text{下水道バイオガス又は汚泥燃料としてエネルギー利用された有機分の年間重量[発生時 DS-t]}) / (\text{下水汚泥に含まれる有機分の年間総重量[発生時 DS-t]})$$

➤ 下水処理場単位及び下水道管理者単位でエネルギー自立の達成状況を評価する。

【エネルギー自立率（下水処理場単位、下水道管理者単位）】

目的: 下水処理場単位及び下水道管理者単位でエネルギー自立の達成状況を評価し、エネルギー自立に向けた下水道管理者の意識を徹底する。

定義: 個別の下水処理場もしくは下水道管理者単位において、下水処理場におけるエネルギー消費量に対する、下水処理場内で生産されるエネルギーの場内利用量の割合。

$$\text{エネルギー自立率} = (\text{下水処理場内で生産されるエネルギーの場内年間利用量[MJ]}) / (\text{下水処理場における年間エネルギー消費量[MJ]})$$

(2) 地域における資源・エネルギー循環

- 地域における取組の効果を関係する主体間で共有し、目標の達成状況を評価する。

【地域供給を含めたエネルギー自立率】

目的: 地域へのエネルギー供給を自ら利用と同様に扱い、エネルギー自立の程度を評価することで、地域の最適解実現に向けた下水道ポテンシャルの活用を推進する。

定義: 下水処理場におけるエネルギー消費量に対する、下水道ポテンシャルを活用した地域へのエネルギー供給も含めた利用料量の割合。

$$\text{地域供給を含めたエネルギー自立率} = ((\text{下水処理場内で生産されるエネルギーの場内年間利用量[MJ]}) + (\text{下水処理場内で生産されるエネルギーの地域への年間供給量[MJ]})) / (\text{下水処理場における年間エネルギー消費量[MJ]})$$

- 地域供給を含めたエネルギー自立の程度を評価し、地域の最適解実現に向けた下水道ポテンシャルの活用を評価する。

【地域における温室効果ガス削減量】

目的: 地域における取組の効果を関係する主体間で共有し、目標の達成状況を確認するとともに、より一層の取組の推進に資する。

定義: 地域における取組を実施する前と実施後における温室効果ガスの削減量。

$$\text{地域における温室効果ガス削減量} = (\text{地域における取組を実施する前の年間温室効果ガス排出量[t-CO2]}) - (\text{地域における取組後の年間温室効果ガス排出量[t-CO2]})$$

(3) その他の評価指標

【下水汚泥リサイクル率】

目的: 下水汚泥の材料利用の状況の評価し、材料利用の推進に資するとともに、廃棄物としての最終処分量の減量化に向けた取組状況の評価する。

定義: 下水汚泥の総発生量に対する材料リサイクル(建設資材利用、緑農地利用等)されている下水汚泥量の割合。

$$\text{下水汚泥リサイクル率} = (\text{材料リサイクルされた下水汚泥の年間重量[発生時 DS-t]}) / (\text{下水汚泥の年間総重量[発生時 DS-t]})$$

【機器のエネルギー効率】

目的: 各プロセスの標準的な同一条件における機器の相対的なエネルギー消費レベルを明らかにすることで、エネルギー効率の良い機器を評価し、普及を促進することで、プロセスごとの効果的な省エネルギー機器の導入を推進する。

定義: 機器の種類ごとに入口・出口の条件を設定した場合の、標準的な運転条件における単位処理量当たりのエネルギー消費量

$$\text{機器のエネルギー効率} = (\text{当該機器の標準的な運転条件におけるエネルギー消費量[MJ]}) / (\text{年間処理量[m3、トン]})$$

参考資料2 . LOTUS プロジェクト

下水汚泥の利活用の推進に向けて、高効率化やコストダウンに向けた技術開発が進められており、これらの取組を支援する代表的な枠組みとして「下水道技術開発プロジェクト (SPIRIT21)」が挙げられる。同プロジェクトは、下水道事業における種々の課題の中で特に重点的に技術開発を推進すべき分野について、民間主導による技術開発を誘導・推進するとともに、開発された技術の早期かつ幅広い実用化を目的とした産学官の強力な連携による技術開発プロジェクトである。

そして下水道技術開発プロジェクトのテーマとして、平成17～20年度において、「下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト (LOTUS プロジェクト)」が推進されている。LOTUS プロジェクトでは、バイオマスの利活用や地球温暖化対策を下水道事業において推進していくため、下水汚泥を安価に利活用できる新技術の早期かつ幅広い実用化を図り、有効利用の推進に寄与することを目指している。具体的な目標として、下水汚泥を処分するコストよりも安いコストでリサイクルできる技術 (スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術) と、買電価格と同等以下の安いコストでの発電を目指した下水汚泥等のバイオマスの利用技術 (グリーン・スラッジ・エネルギー技術) を開発することを設定している。

次頁に各技術の概要を示すが、現在、平成19年3月末に技術評価の完了を目指している技術は、以下の5技術である。

下水汚泥のバイオソリッド燃料化

下水汚泥焼却灰からのりん回収技術

下水汚泥の活性炭化と有効利用による汚泥処理費の低減

下水汚泥とバイオマスの同時処理方式によるエネルギー回収技術

低ランニングコスト型混合消化ガス発電システムの開発

今後、この5技術については「技術評価書案」をスラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術開発研究委員会及びグリーン・スラッジ・エネルギー技術開発研究委員会でまとめあげ、SPIRIT21 委員会で審議し、技術評価書として発刊する予定である。

LOTUS 開発技術の一覧

	技術提案者	開発技術名称	開発技術の概要	実証実験場所	
ZD	日立造船株式会社	下水汚泥のバイオソリッド燃料化	熱エネルギーの利用・回収技術と下水汚泥の乾燥造粒技術とを組み合わせるバイオソリッド燃料を製造する技術。	舞鶴市西浄化センター	
	日本ガイシ株式会社 岐阜市 上下水道事業部	下水汚泥焼却灰からのりん回収技術	下水汚泥焼却灰にアルカリ性溶液を加えてりん酸を溶出させ液肥又はりん酸カルシウム塩として、高付加価値の肥料原料とする技術。	岐阜市北部プラント	
	カワサキ環境 エンジニアリング 株式会社 株式会社 木村製作所	下水汚泥の活性炭化と有効利用による汚泥処理費の低減	脱水汚泥から活性炭化物を製造し、汚泥脱水助剤、汚泥改質剤又はゴミ焼却炉のダイオキシン吸着剤等とする技術。	製造 実証	七尾市西部水質管理センター 木村製作所兵庫工場
			用途 実証	松山市北条浄化センター 綾部市西八田浄化センター（農集排）	
GE	月島機械株式会社	下水汚泥とバイオマスの同時処理方式によるエネルギー回収技術	下水汚泥を超音波可溶化するとともに、その他バイオマスを受け入れて下水汚泥と合わせて消化し、消化ガス発生量を増加させ発電する技術。	横浜市南部汚泥資源化センター 猪名川流域下水道原田処理場	
	JFE エンジニアリング 株式会社 アタカ大機株式会社 鹿島建設株式会社 ダイネン株式会社	低ランニングコスト型混合消化ガス発電システム	その他バイオマスを受け入れて下水汚泥と合わせて消化し、消化ガス発生量を増加させ発電する技術。生物脱硫設備の導入によるコスト低減等も検討。	横浜市南部汚泥資源化センター	
	株式会社日立プラント テクノロジー 栗田工業株式会社	消化促進による汚泥減量と消化ガス発電	下水消化汚泥をオゾン処理することにより消化を促進し、汚泥の減量化を図るとともに消化ガス発生量を増加させ発電する技術。	十日町市下水処理センター	
両	カワサキ環境 エンジニアリング 株式会社	湿潤バイオマスのメタン発酵・発電・活性炭化システム	その他バイオマスを受け入れて下水汚泥と合わせてメタン発酵・発電する技術及び発酵残渣から活性炭化物を製造し、環境浄化剤とする技術。	ゼロディス 実証	熊本市南部浄化センター 木村製作所兵庫工場
				グリーン実 証	熊本市南部浄化センター

ZD:スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術

GE:グリーン・スラッジ・エネルギー技術

両:ZD、GE 両方に係る技術