第 27 回廃棄物資源循環学会研究発表会
企画セッション資料

都市ごみ処理施設と下水処理施設の連携

2016 年 9 月 27 日

一般社団法人廃棄物資源循環学会　廃棄物焼却研究部会

目　　次

Ⅰ　都市ごみ処理施設における下水汚泥混焼の実績調査……1

川崎重工業(株)　三好　裕司

Ⅱ　下水汚泥混焼の可能性の検討……13

京都大学　○大下　和徹、松尾　遼、高岡　昌輝、藤森　崇

Ⅲ　都市の連携システムの事例と可能性……31

(株)IHI 環境エンジニアリング　岸田　耕一

日時:平成 28 年 9 月 27 日(火)　15:00～16:30
場所:和歌山大学　第 1 会場、1F　A101

Ⅰ　都市ごみ処理施設における
下水汚泥混焼の実績調査

川崎重工業(株)　　三好　裕司

廃棄物資源循環学会　廃棄物焼却研究部会　企画セッション

平成28年9月27日

都市ごみ処理施設における下水汚泥混焼の実績調査

川崎重工業株式会社
三好　裕司

企画セッション構成

1. 都市ごみ処理施設における下水汚泥混焼の実績調査
2. 下水汚泥混焼の可能性の検討
3. 都市の連携システムの事例と可能性

2

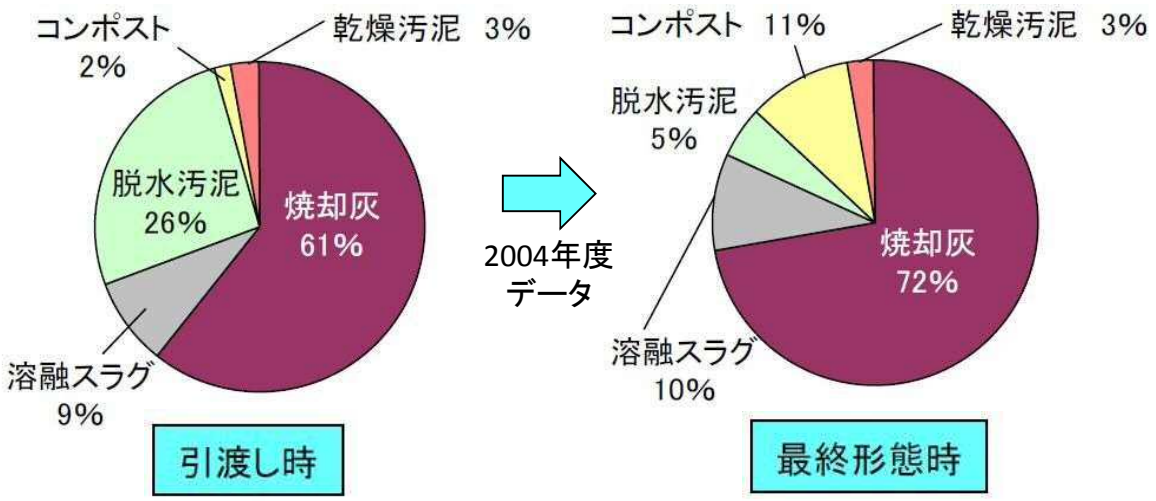
はじめに

- 下水汚泥の年間発生量は約2,200千DS-tである（2012年度）
- 建設資材利用、緑農地利用、燃料化等のリサイクルが行われている。

出典：国土交通省HP「資源・エネルギー循環の形成」

はじめに

- 下水汚泥の処理・処分は減量化のために焼却、溶融を行っている。
- 下水道管理者の手を離れた後に焼却される場合もある。



出典：国土交通省HP「下水汚泥資源利用の現状と課題」

アンケートの調査目的

下水汚泥と都市ごみの混焼に関する統計データはほぼ皆無
→どのぐらいの混焼率か？　施設間の距離は？
　その他、技術的な情報も必要

都市ごみ処理施設にアンケート調査を行い、
下水汚泥の受け入れとその混焼に関する基礎情報を取得

具体的には、
- ✓ 種々の統計データ及びプラントメーカへのヒアリングから、混焼可能性の高い都市ごみ処理施設をピックアップ
  ←全施設に対するアンケートはデータ量が莫大になり労力も大きいため。
- ✓ アンケートを送付し、その結果をとりまとめ、考察

5

混焼可能性の高い都市ごみ処理施設のピックアップ

出典、およびデータベース名		信頼性	データ数	備考
廃棄物3R研究財団：ごみ焼却施設台帳	ごみ混焼物種別（焼却） 溶融対象物（ガス化溶融）	中	多い	平成21年度版（現時点で最新）。し尿汚泥と下水汚泥、浄化槽汚泥の区別があいまい。単に“汚泥”と記載されている場合もある。
各施設を管轄する地方自治体のウェブサイト		高	少ない	
日本産業機械工業会エコスラグ利用普及委員会	溶融施設データベース	中	多い	し尿汚泥と下水汚泥、浄化槽汚泥の区別があいまい。単に“汚泥”と記載されている場合もある。
日本下水道協会、下水道統計		高	多い	平成23年度版。搬出先が不明の場合が多い。
その他の文献（技術情報）		高	少ない	限定的であるが、確実な混焼のデータを取得可能

以上の作業で、77施設をピックアップ

6

アンケートの実施時期及び実施者

＜第１回アンケート調査＞
- 調査期間　　２０１５年６月～８月
- 実施者　　京都大学、三機工業㈱

＜第２回アンケート調査＞
- 調査期間　　２０１６年５月～６月
- 実施者　　廃棄物焼却研究部会

7

アンケートの項目

調査内容	詳細項目
受入汚泥について	下水汚泥/し尿汚泥/その他
	・受入量(t/年)
	・含水率（%）
	・強熱減量
	・高位・低位発熱量
	・受入頻度
	・搬送方法（車両、配管輸送）
	・廃棄種別
	・排出元
焼却炉の運転への影響	焼却炉の形態
	汚泥、ごみ、その他の混合比率
	ごみ単独焼却と汚泥との混合焼却の違い（投入方法、運転方法）
	汚泥受入や運転のための専用装置、機器の有無
	混焼時の排ガス、主灰・飛灰性状、発生量の違い
	ストーカ炉の場合、落じん灰の発生量の違い
汚泥受入の経緯	受入開始年、月
	受入を始めた理由
今後の計画	今後の計画受入量の増減の有無
その他	混焼のメリット・デメリット
	連絡先

8

アンケートの回収結果

対象数	77		
回答結果	回答	実績あり	30
		実績なし	39 （内14施設はし尿汚泥）
		休止	2
	回答不可		3
	未回答		3
	合計		77

回答率： 71/77 = 92%

- 混焼実績がある都市ごみ処理施設は30施設（汚泥の発生元の下水処理施設は57施設）。
- 14施設は、し尿汚泥の混焼であったため、実績なしにカウント。
- 汚泥混焼を行っている施設は、中部地方に多かった。

9

受入汚泥の組成や受入状況

◆汚泥の受入形態
脱水汚泥：25施設、乾燥汚泥：1施設、不明：4施設

◆脱水汚泥の性状

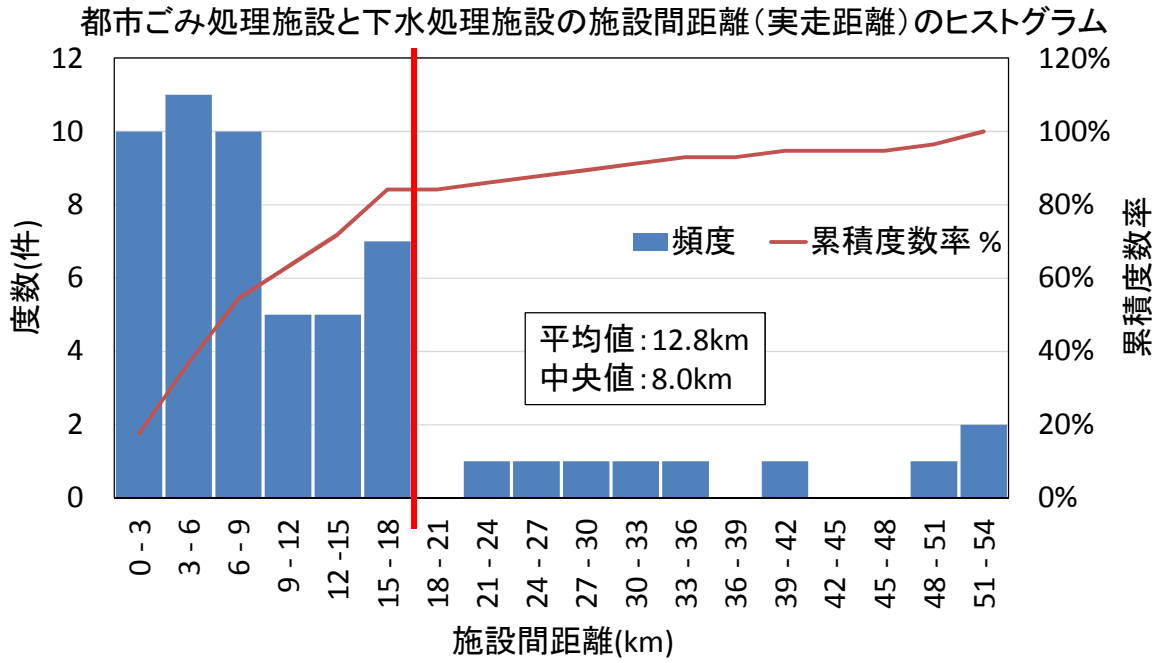
	N数	単位	平均値	中央値	最大値	最小値
含水率	25	%	79	80	85	53
強熱減量	11	%DS	83	85	97	65
低位発熱量	12	MJ/kg-wet	1.57	1.48	2.53	0.68

◆乾燥汚泥の性状（N=1）
含水率:40%、低位発熱量：10.4MJ/kg-wet

◆運搬方法
車両運搬：26施設、コンベア：1施設（乾燥汚泥）、不明：3施設

10

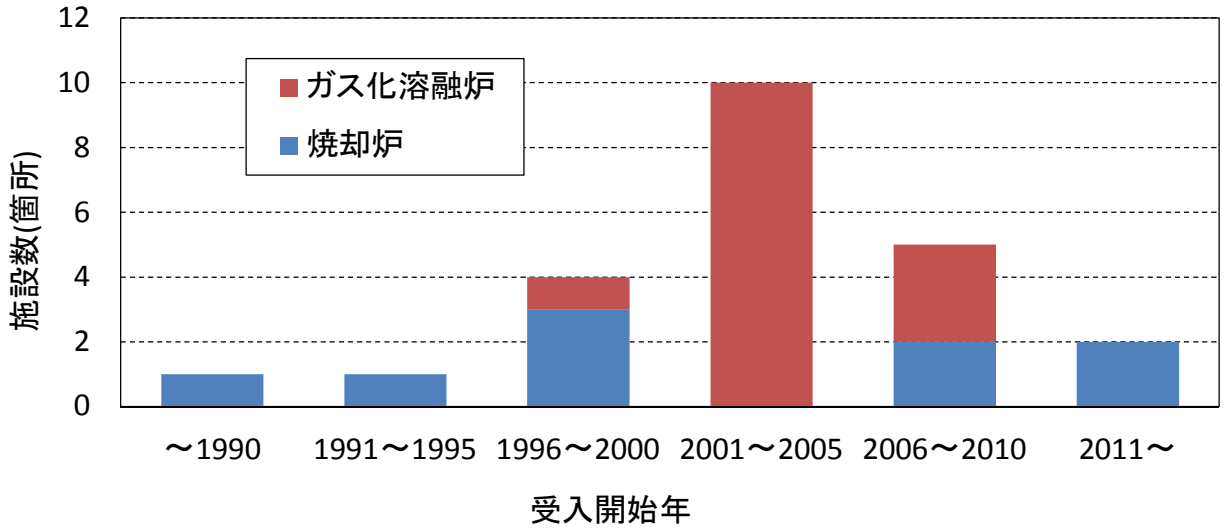
施設間距離



- 距離が短いほど、連携例は多く、18km以下に全体の84%が含まれている。

受入開始年

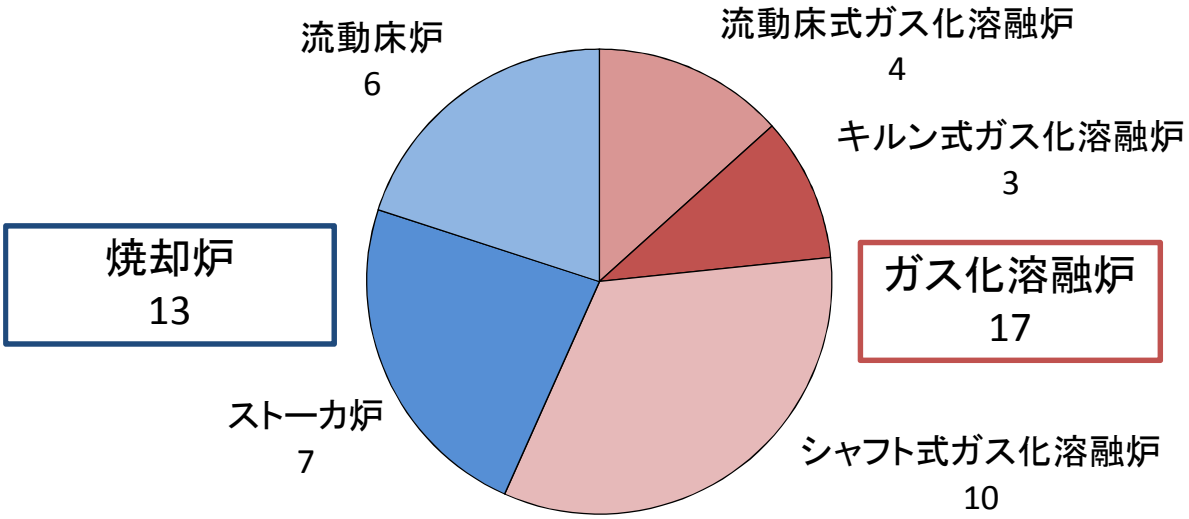
回答のあった 23施設について記載



- 2001年から2005年がピーク：ガス化溶融炉の影響
- 焼却炉の場合は、ほぼ一定の割合で、推移。

受入焼却炉の種類

30施設の都市ごみ焼却施設を対象



- ガス化溶融炉が半数以上（主にシャフト式ガス化溶融炉）
- 焼却炉も4割強を占める。ストーカ炉と流動床炉が 概ね半数ずつ。

13

施設規模

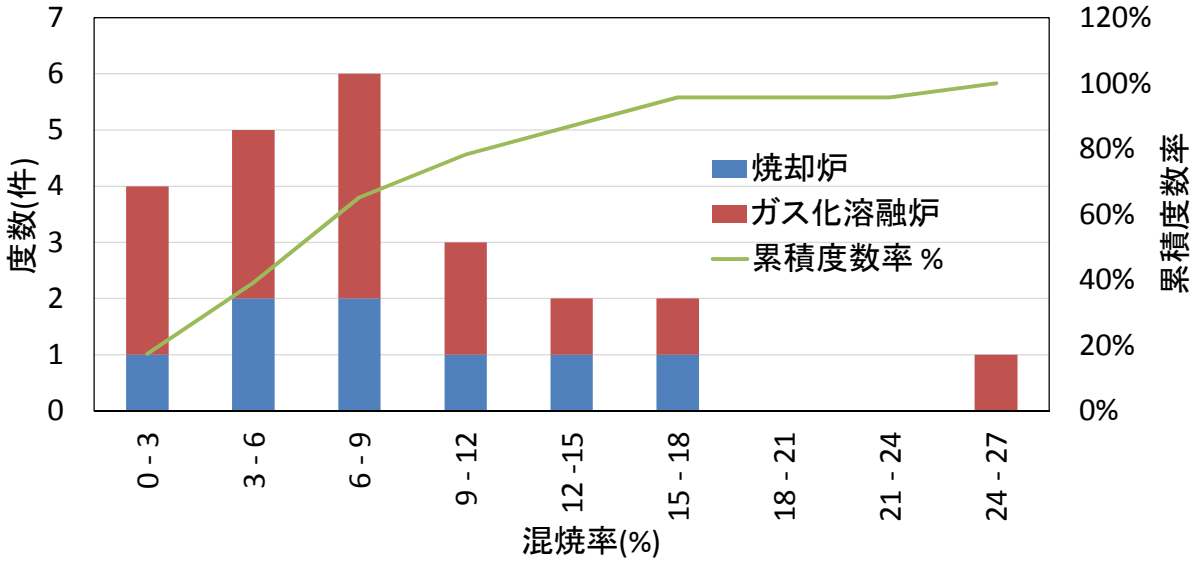
形式		全国		アンケート結果
		施設数	平均施設規模 (t/day)	平均施設規模 (t/day)
焼却炉	ストーカ式	891	165.8	381.0
	流動床式	176	136.6	226.5
ガス化溶融炉	シャフト式	53	184.4	174.1
	流動床式	35	172.8	97.4
	キルン式	11	221.5	283.3

- 焼却炉は、比較的大規模の施設での汚泥混焼がなされている。
- ガス化溶融炉はほとんど平均的な規模で実施されている。（流動床式ガス化溶融炉は少し特異）

14

混焼率

混焼率のヒストグラム（回答数：23施設）



- 焼却とガス化溶融で混焼率の分布は大きく変わらない。焼却炉の種類毎の混焼率の中央値は、焼却8.35%、ガス化溶融7.35%である。
- 混焼率の全体の平均値は8.36%、中央値は7.7%である。

15

混焼のための運転方法の違い

都市ごみ単独との投入方法の違い
回答数：21件

内容	件数
従来どおり ピット内混合	12
ピット内混合 均一化に工夫	2
別々に投入 専用貯留槽→ポンプ	5
施設内の乾燥機で乾燥させ、 コンベア経由でホッパへ	1
乾燥汚泥を受入 コンベア経由でホッパへ	1

都市ごみ単独との運転方法の違い
回答数：17件

内容	件数
特に配慮していない	11
助燃バーナー、コークス増量等	2
ストーカ速度低下等	2
流動砂の増量	1
汚泥の予備乾燥	1

16

混焼のための専用設備

全回答数：17施設

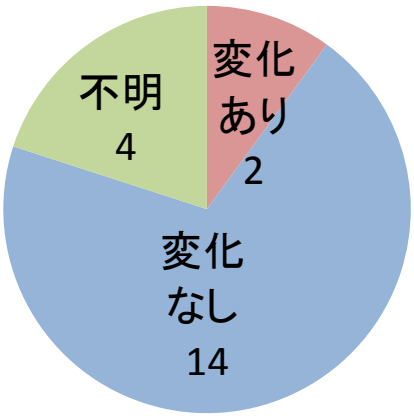
特になし：6施設
供給系：9施設　（専用ピット、専用ポンプ、
スクリュー コンベア、クレーンバケット）
前処理系：2施設（乾燥）

- 主に供給系で、専用設備が必要になるケースがある。
- 専用設備の要否と焼却炉の種類には相関は見られなかった。

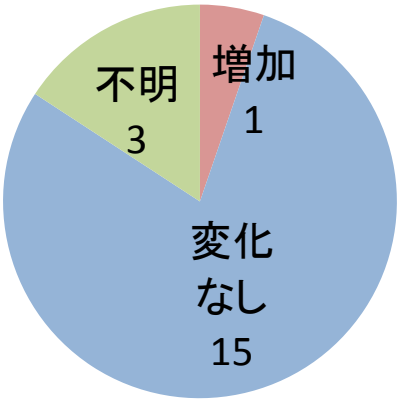
17

排ガス、灰組成への影響

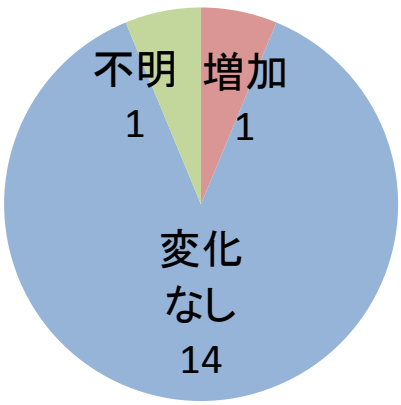
排ガス性状の変化
（20件）



主灰発生量の変化
（19件）



飛灰発生量の変化
（16件）



- 排ガスの変化あり：SOx増加、水分量増加、NOx増加
- 主灰発生量、飛灰発生量の増加：混焼率が高い施設

18

受入をはじめた理由と今後の計画

受入をはじめた理由
回答数：33件：重複有り（23施設）

内容	件数
当初計画に含まれていた	16
汚泥処理費用の削減	8
汚泥処分先の不足、不具合	3
汚泥排出元の容量不足	1
市町村合併に伴う汚泥処理方針変更	3
モデル事業として開始	1
下水道部局からの依頼	1

今後の計画
回答数：22件

内容	件数
現状維持	10
人口増加や下水道の普及により、受入量の増加が見込まれる。	9
都市ごみ焼却設備の老朽化に伴い、閉鎖予定	2
都市ごみ量の増加が予想され受入量は減少せざるを得ない	1

19

混焼のメリット・デメリット

メリット
回答数：18件

内容	件数
特になし	4
連携処理することによる汚泥処理費用の削減	6
高質ごみに偏る傾向の緩和（温度調整など）	4
リサイクルの効率化や最終処分場への負荷削減（溶融）	4

デメリット
回答数：27件重複有り（18施設）

内容	件数
特になし	3
排ガス量の増加	1
燃料費の増加	9
温度コントロールが難しい	4
メンテナンスの作業量の増加	5
供給側の作業量の増加	4
悪臭	1

20

まとめ

- 現状、下水汚泥と都市ごみの混焼を行っているごみ処理施設は少ない （本調査では1247施設に対して30施設（約2.4%））。
- 下水汚泥を混焼する場合でも、大きな改造を加えることなく対応可能である。（供給側に専用設備を追加した事例は有り）
- 排ガス、灰組成への大きな影響も見られない。
- デメリットで挙げられている項目は、下水汚泥単独で処理する場合においても必要となることで、下水とごみを合わせて全体で考えると、デメリットでないと考えられる。
- 下水汚泥の処理方法として、都市ごみとの混焼は1つの大きな選択肢になるのではないかと考える。

21

Ⅱ　下水汚泥混焼の可能性の検討

京都大学　○大下 和徹、松尾 遼、高岡 昌輝、藤森 崇

廃棄物資源循環学会　廃棄物焼却研究部会　企画セッション

平成28年9月27日

下水汚泥混焼の可能性の検討

京都大学　〇大下和徹、松尾遼、
高岡昌輝、藤森崇

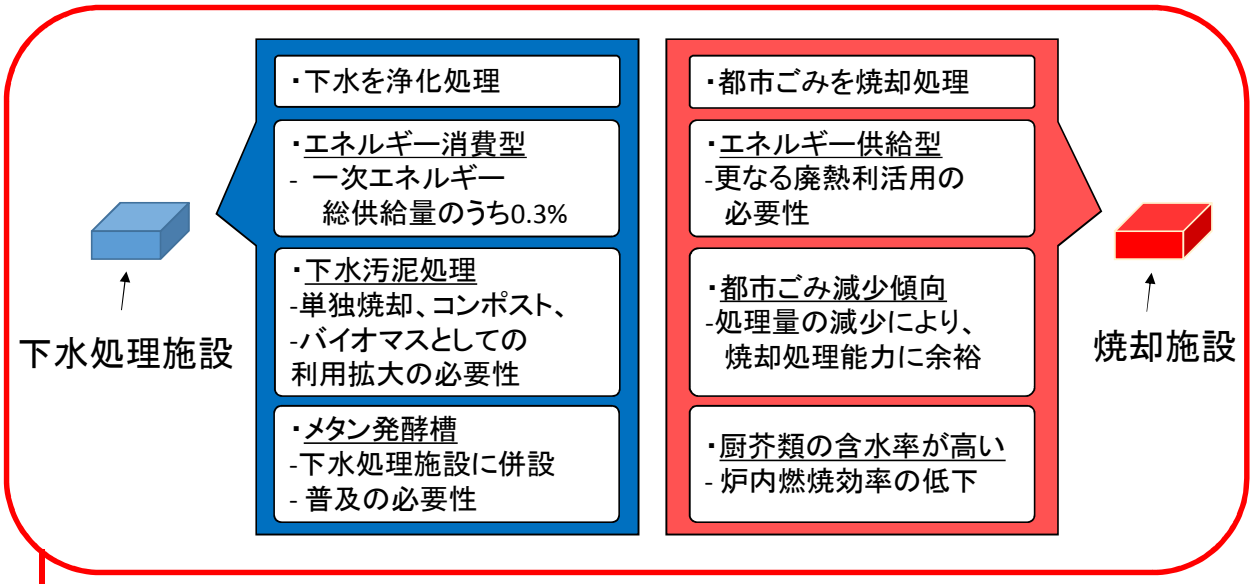
構成内容

1. 都市ごみ処理施設における下水汚泥混焼の実績調査
2. 下水汚泥混焼の可能性の検討
3. 都市の連携システムの事例と可能性

2

研究背景

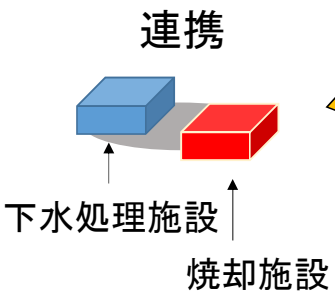
・下水処理施設および都市ごみ焼却施設は、別々に稼動



双方の連携による、総合的な廃棄物処理が有効である可能性。

3

研究背景



・下水及び都市ごみの連携処理

・焼却処理施設の熱エネルギーを利用
-余熱による汚泥乾燥やメタン発酵槽の加温

・焼却処理施設での汚泥の混合焼却（混焼）
-既存施設での焼却処理により、建設費や最終処分費、人件費の低減に繋がる　－ 一部の自治体で実績あり

・下水汚泥と厨芥類の混合消化
-メタン発酵の効率改善により、ランニングコストと温室効果ガス排出量が低減される － 高岡ら(2014) 中久保ら(2012)

国内人口→2030年には現在の1割、2040年には2割が減少・・・ -総務省(2014)
処理施設→老朽化、処理量減少による施設の改修、処理システム再検討

全国的に、一層の連携を行い、低炭素社会・循環型社会を見据えた効率的な下水、廃棄物の処理を目指していくべき

しかしながら、連携の実績は、一部の自治体のみ
連携に関する研究も1地域や施設を対象としたもので、限定的！！

4

研究目的

日本全国について、
連携可能な①施設数や②廃棄物量
③ランニングコスト及び④温室効果ガス（GHG)の削減量
を明らかにする。

1. 日本全国における基礎データの収集

下水処理施設 2,193ヵ所 ／ 都市ごみ焼却施設 1,247ヵ所 → ・各施設の位置情報や、施設規模、廃棄物処理量などの統計情報の収集
・連携の実績がある施設へのアンケート調査

2. 連携可能な組み合わせの抽出（スクリーニング）→（①、②）

下水処理施設 2,193ヵ所 × 都市ごみ焼却施設 1,247ヵ所
2,734,671 組み合わせ → いくつかの連携可能とする条件を設定し、すべてを満たす組み合わせをスクリーニング

3. ランニングコスト、GHG排出量の計算→（③、④）

最も標準的な連携 → 下水汚泥の処分方式（埋立、焼却、セメント原料化、混焼について）
ランニングコスト及びGHG排出量の計算

5

シナリオ設定

汚泥混焼

・既存の施設を最大限活用し、新たな施設・設備の増設は極力しない
・施設間の物質移動は車両輸送を想定
・1つの焼却施設と、複数の下水処理施設とが連携することも考慮。逆はアンケート結果からも皆無

6

基礎データの収集

基礎データの収集

●既存施設のデータ収集
・国土交通省　国土数値情報
・廃棄物・3R研究財団　ごみ焼却施設台帳
・日本下水道協会　下水道統計
・環境省 廃棄物処理技術情報

→ ●エクセルデータに統合

●連携を行っている施設（焼却施設）へのアンケート調査

対象数	77		
回答結果	回答	実績あり	30
		実績なし	39 （内14施設はし尿汚泥）
		休止	2
	回答不可		3
	未回答		3
	合計		77

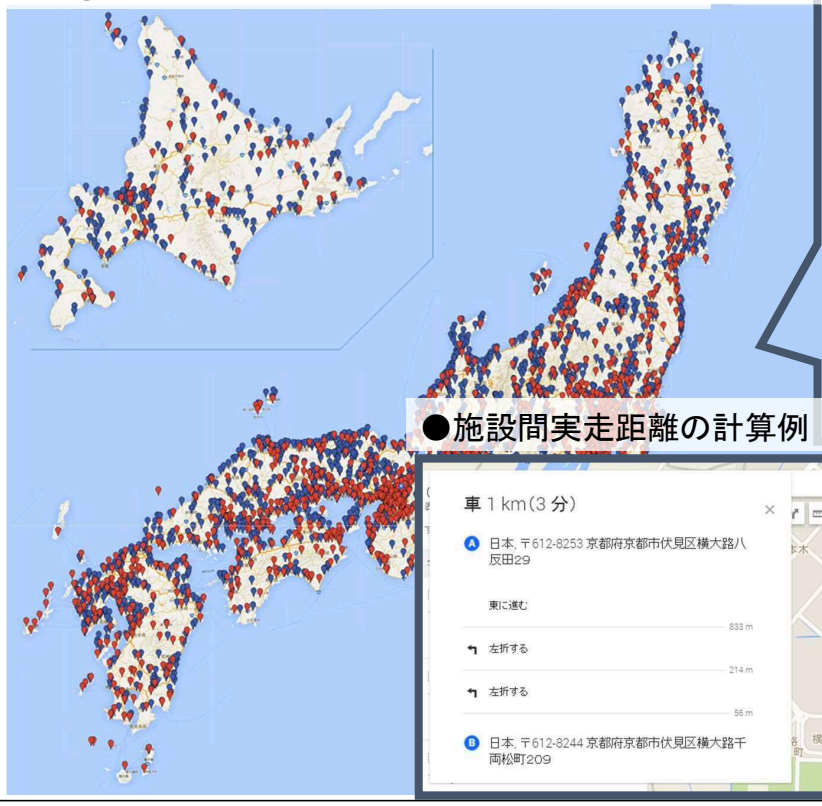
実績が確認できたものは現時点で30箇所、57連携

回答率：71/77 = 92%

7

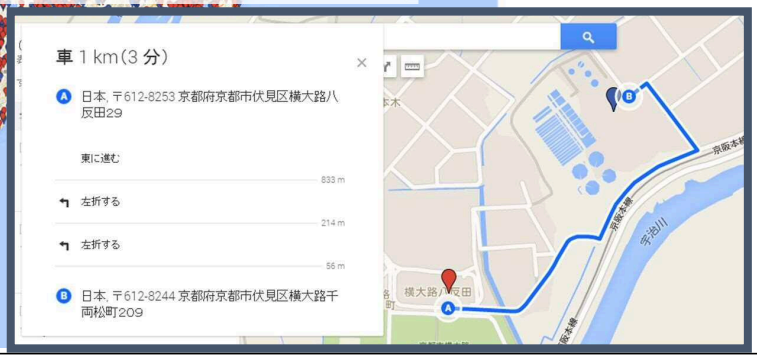
インターフェースの作成

●Googleマイマップへ統合したデータをアップロード



●基礎データの表示例

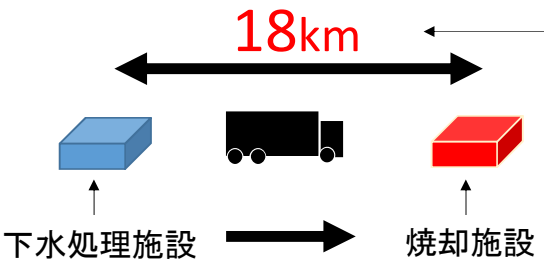
●施設間実走距離の計算例



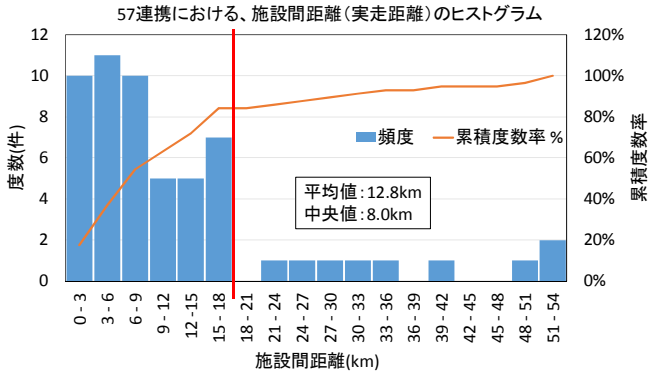
8

スクリーニング基準

①施設間実走距離



アンケート結果

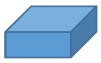


→18km以下の施設が約84%

②既存設備の条件

・全連続燃焼式であること
・発電機付であること

汚泥の貯留場所の問題から常時運転している施設が望ましい



・脱水機つきであること

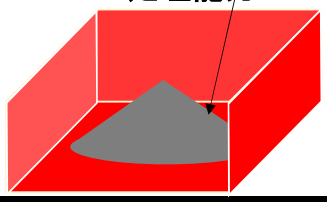
連携では、脱水汚泥のみを受入れ

9

スクリーニング基準

③稼働率

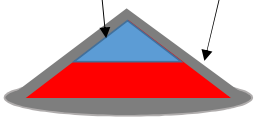
$$83\% \geqq \frac{\text{都市ごみ}+\text{脱水汚泥}}{\text{処理能力}} \times 100$$



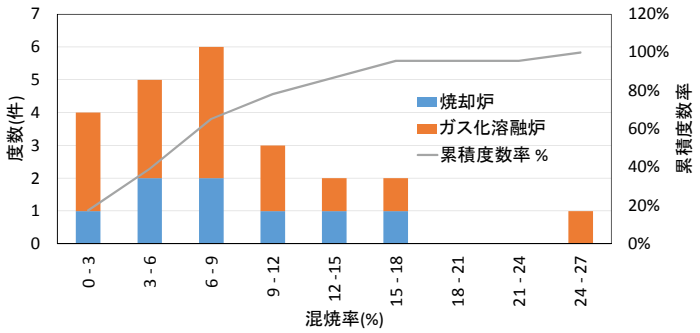
月変動率を考慮した、都市ごみ焼却量と投入する脱水汚泥量の合計が、施設の処理能力以下でなければならない

④混焼率

$$18\% \geqq \frac{\text{脱水汚泥}}{\text{都市ごみ}+\text{脱水汚泥}} \times 100$$



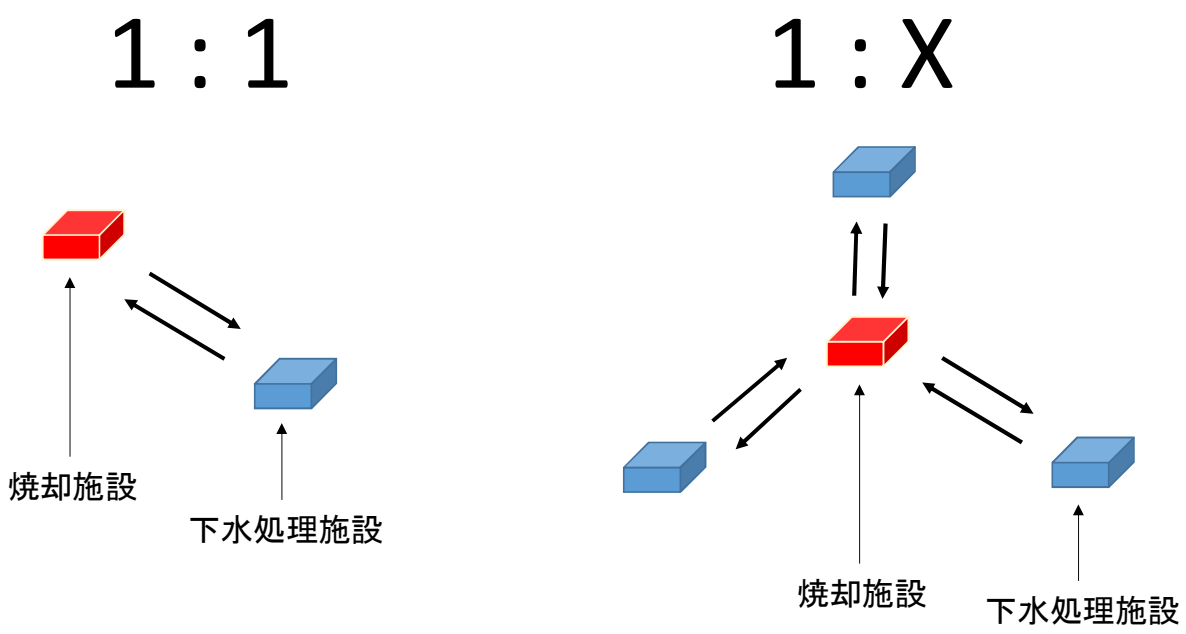
アンケート結果



→18%以下の施設が約96%

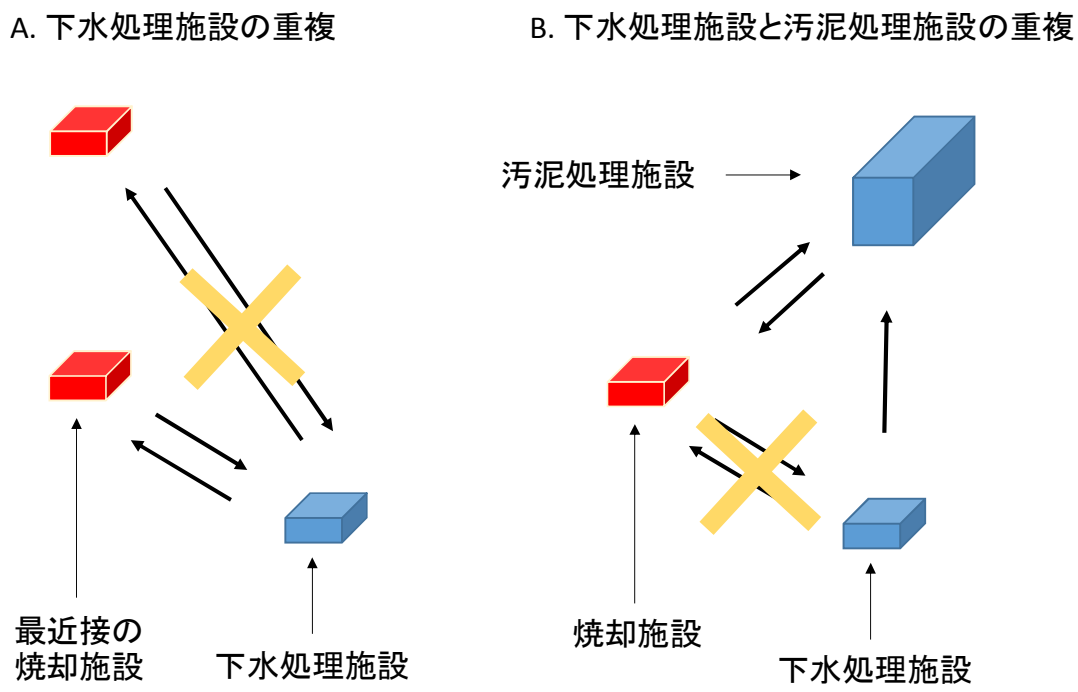
10

1：1の連携、1:X(複数)の連携



11

重複結果の除外



12

スクリーニング方法

下水処理施設 2,193ヵ所 × 都市ごみ焼却施設 1,247ヵ所
2,734,671 組み合わせ

スクリーニング基準決定方法

- 施設間距離 ← 実績アンケート
- 全連続燃焼式焼却施設 発電機・脱水機の有無 ← 統計情報
- 都市ごみ焼却施設稼働率 ← 文献情報
- 都市ごみ・下水汚泥混焼率 ← 実績アンケート
- 重複施設の除外
- 1施設：複数施設の連携

↓

スクリーニングされた連携可能サイト

●distance_retrieverの作成
プログラミング言語Pythonと Google Maps Distance Matrix APIを用いた実走距離計算及び抽出を行うプログラム

焼却基礎 / 下水基礎 → distance_retriever → 組み合わせデータ

スクリーニング結果

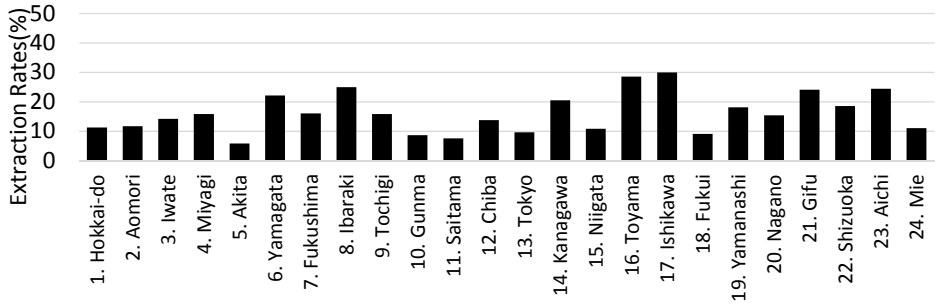
スクリーニング基準	スクリーニング後組み合わせ数
	2,734,671
施設間距離：18km	5,542
全連続燃焼式、発電機・脱水機あり	1,439
稼働率：83%	933
混焼率：18%	720
1：xの連携を想定した場合	184箇所367連携

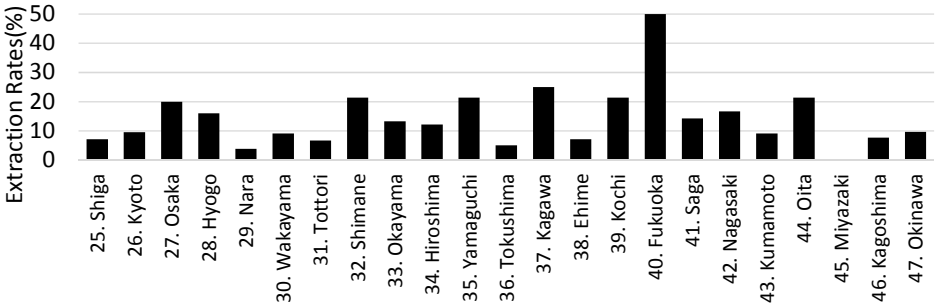
組み合わせ	連携数（焼却処理側）
1：1	99
1：2	34
1：3	25
1：4	15
1：5	1
1：6	6
1：7	2
1：9	1
1：13	1
合計	184

混焼処理可能汚泥量
938.8(t-DS/day)×365(day/year)
=342,662(t/year)
→総汚泥量の15.3%に相当。
下水汚泥の建設資材利用（セメント以外）：13.4%

地域特性（焼却施設ベース）

Extraction rates
＝
混焼可能焼却施設数
／全焼却施設数





●**地域的特性**

・特に**福岡県**、**愛知県**、**富山県**、**香川県**、**山形県**、**石川県**、**茨城県**、**岐阜県**での抽出率が高い

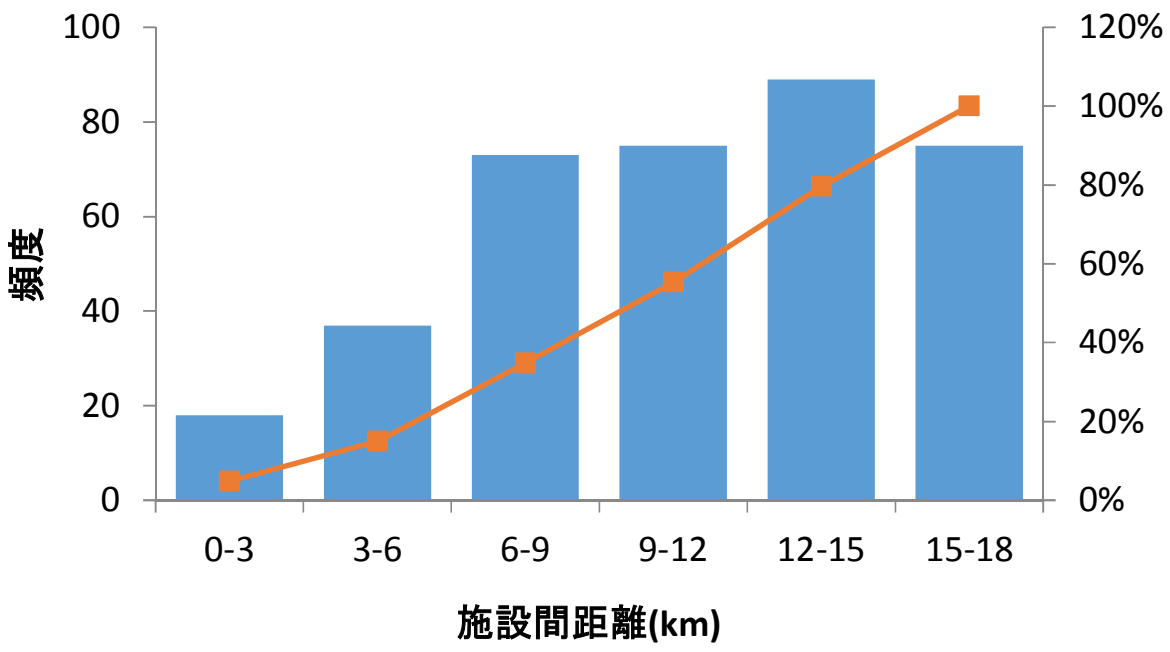
・東京や大阪といった**大都市**では，既に下水汚泥を送泥管等により輸送し，**広域処理**しているため**各下水処理施設が脱水機を有していない**場合や，下水処理施設の規模が大きく，**供給過多になってしまう**場合などの点で連携不可となっている。

・奥深い山間部を含むような地方では2施設が離れていることで連携が難しい

15

抽出された施設（施設間距離）

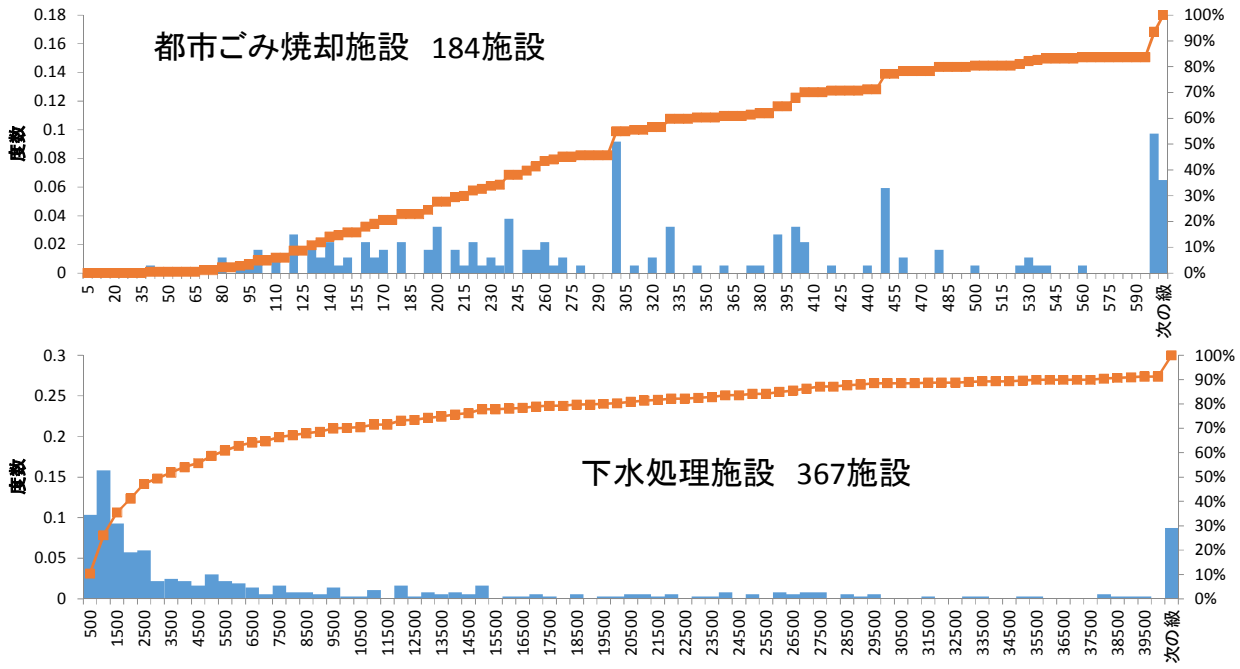
N=367，平均：10.8km、中央値：11.3km



16

抽出された施設（規模）

都市ごみ焼却施設：平均：357t/day、中央値：300t/day
下水処理施設：平均：14,500m³/day、中央値：3,700m³/day



17

抽出された施設（焼却炉形式）

炉形式

焼/溶融	抽出結果	割合(%)	炉形式	組み合わせ	割合(%)
焼却炉	126	68.5	ストーカー式	106	57.6
			流動床式	20	10.9
			その他	0	0.0
溶融炉	58	31.5	シャフト式	30	16.3
			キルン式	11	6.0
			流動床式	15	8.2
			改質	2	1.1
合計	184	100.0	合計	184	100.0

焼却炉ではストーカー式、
溶融炉ではシャフト式が最も多く抽出された。

18

抽出された施設（排ガス処理形式）

集塵機

種類	組み合わせ	割合(%)
BF	167	90.8
EP	14	7.6
N/A	3	1.6
合計	184	100.0

HCl

種類	組み合わせ	割合(%)
乾式	151	82.1
湿式	30	16.3
N/A	3	1.6
合計	184	100.0

NOX

種類	組み合わせ	割合(%)
触媒	94	51.1
無触媒	47	25.5
燃焼制御のみ	30	16.3
その他	10	5.4
N/A	3	1.6
合計	184	100.0

集じん機：バグフィルター
脱塩方式：乾式、
脱硝方式：触媒方式
が最も多い

19

抽出された施設（下水処理方式）

処理方法	組み合わせ	割合(%)
標準活性汚泥法	151	41.1
オキシディションディッチ法	115	31.3
長時間エアレーション法	10	2.7
ステップ流入式多段硝化脱窒法	14	3.8
回分式活性汚泥法	15	4.1
嫌気無酸素好気法	9	2.5
高度処理オキシディションディッチ法	14	3.8
その他	36	9.8
スラッジセンター	3	0.8
合計	367	100.0

焼却炉	組み合わせ	割合
焼却炉あり	29	7.9
焼却炉なし	338	92.1
合計	367	100.0

生物処理：　標準活性汚泥法が半数近く
汚泥の最終処分としては、汚泥単独焼却処理がないケース（脱水まで行って、埋立、セメント、コンポスト）が多い。

20

抽出された施設（汚泥処理方式）

濃縮方法	組み合わせ	割合(%)
重力式	188	51.23
造粒式	12	3.27
浮上式	7	1.91
ベルト式	6	1.63
遠心式	2	0.54
重力式+浮上式	26	7.08
重力式+遠心式	33	8.99
重力式+ベルト式	10	2.72
その他	17	4.63
なし	66	17.98
合計	367	100

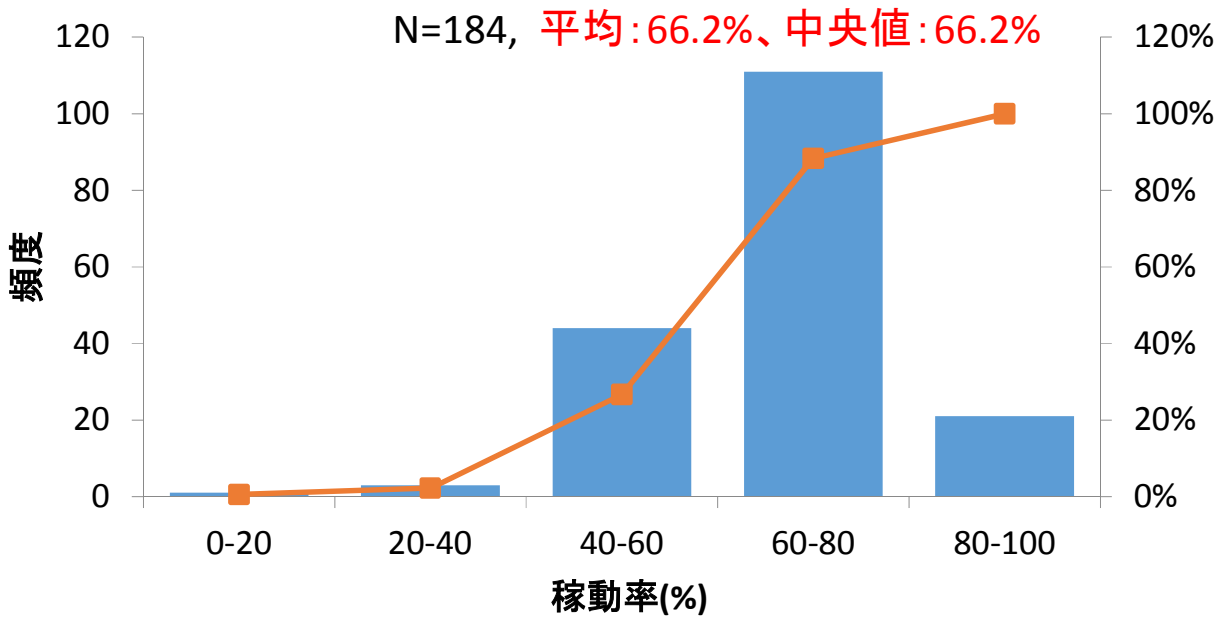
脱水方法	組み合わせ	割合(%)
ベルトプレス	151	41.03
遠心分離	91	24.73
スクリュープレス	72	19.57
多重板型スクリュープレス	30	8.15
ロータリープレス	24	6.52
合計	368	100

汚泥処理方式では、濃縮は、重力式が過半数、
脱水はベルトプレスが多くを占める。

21

稼働率

$$83\% \geqq \frac{\text{都市ごみ}+\text{脱水汚泥}}{\text{処理能力}} \times 100$$

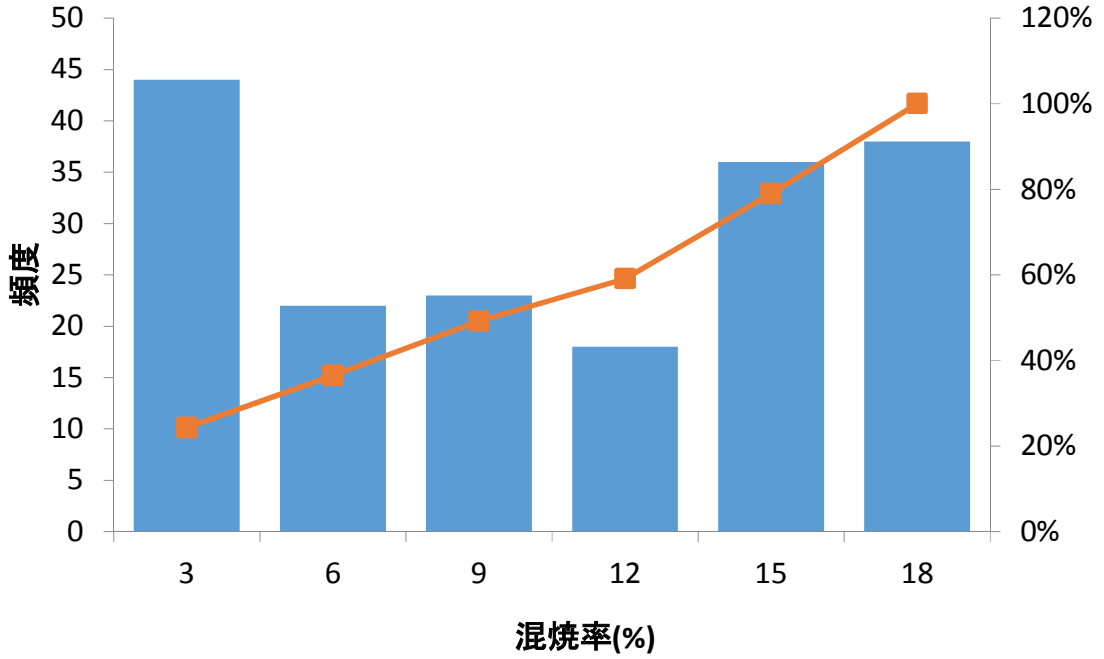


22

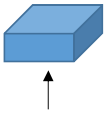
混焼率

$$18\% \geqq \frac{\text{脱水汚泥}}{\text{都市ごみ}+\text{脱水汚泥}} \times 100$$

N=184, 平均:9.11%、中央値:9.42%



想定する基本ケース(1:1)



下水処理施設

規模:22,400 m^3/day

下水処理

最初沈殿池

生物処理:標準活性汚泥法

最終沈澱池

汚泥処理

濃縮:重力濃縮

脱水:ベルトプレス脱水

脱水汚泥最終処分

埋立(外部委託)

焼却(場内)

セメント化(外部委託)

混焼

実走距離:11km

脱水汚泥

含水率:80%

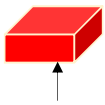
強熱減量、CHNOS組成

(マスバランスから計算)

低位発熱量

(予測式+計算式)

実績値と比較する。



焼却施設

規模:300t/day

ストーカー方式

全連続式、発電有り

バグフィルター

消石灰吹き込み

脱硝触媒

稼働率:67%:200t/day

(ごみ+汚泥)

汚泥混焼率 9%

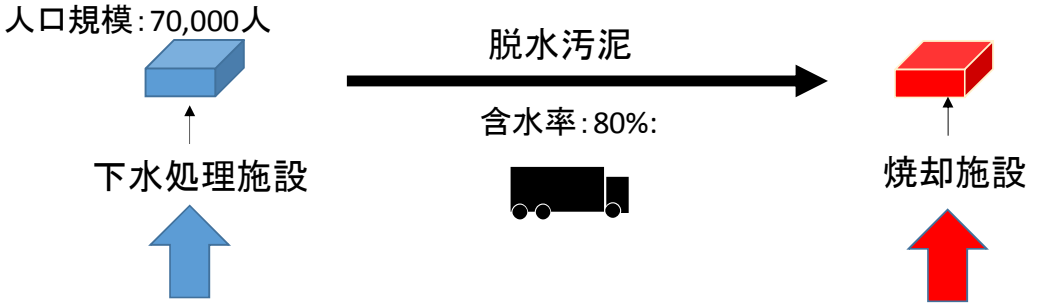
ごみ:182 wet-t/day

汚泥:18 wet-t/day

想定人口とインプットとなる水質、ごみ質

排出原単位：0.32m³/日/人
（日本下水道協会,2010)
人口規模：70,000人

排出原単位：0.958kg/日/人（環境省,2013)
人口規模：191,000人



項目	濃度(mg/L)
TS	540
SS	150
VTS	315
TOC	100
TN	30
TP	4

項目	割合（%）
厨芥類	15.0
紙類	43.4
繊維類	4.8
木竹わら類	9.16
プラ類	20.8
ゴム皮革類	0.28
ビンガラス類	2.62
金属類	2.62
陶磁器類	1.31

25

評価シナリオ

ケーススタディ

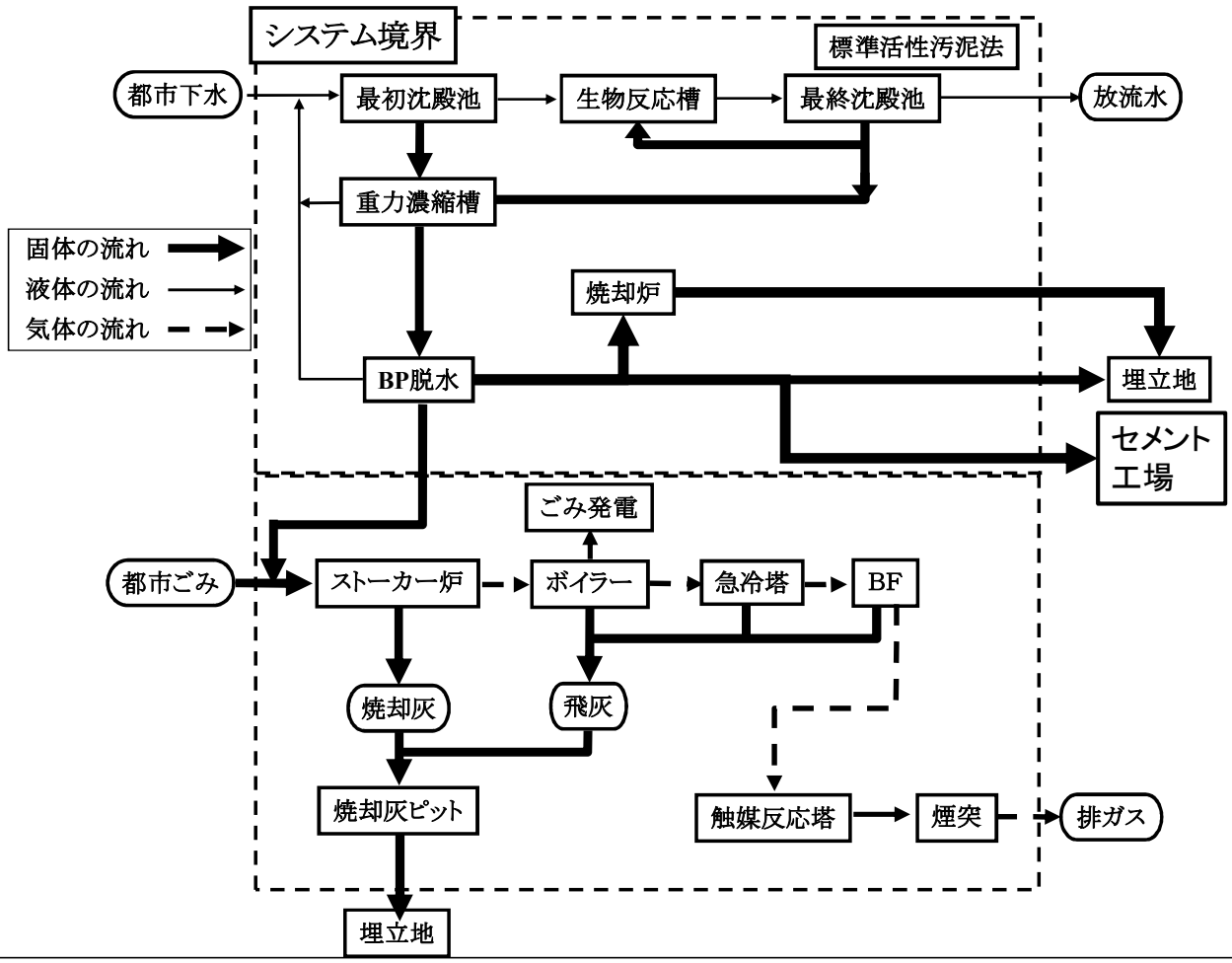
◆Case0：単独処理（脱水汚泥を埋立）＋都市ごみ通常の焼却

◆Case1：単独処理（汚泥単独焼却）＋ 都市ごみ通常の焼却

◆Case2：汚泥をセメント原料化 ＋ 都市ごみ通常の焼却

◆Case3：汚泥を都市ごみ焼却施設にて混焼

26



27

評価指標、計算方法

下水処理場

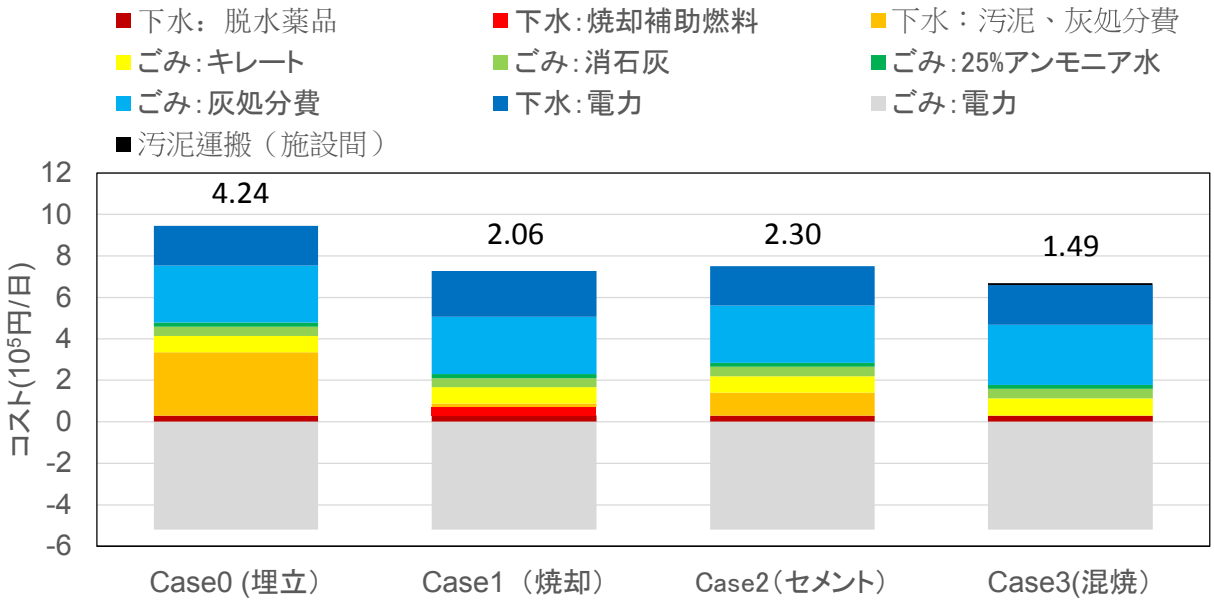
- 流入水をインプットとし、流量、汚泥中固形分、CHNOS等の元素、無機元素（P）を中心とした物質収支モデル→脱水汚泥量、放流水質等を算出
- 原単位を用いたランニングコスト計算（電力、燃料、薬品、汚泥処分費、施設間輸送費等）

都市ごみ焼却施設

- 都市ごみ、および脱水汚泥をインプットとし、燃焼計算、熱・蒸気収支計算を中心としたモデル→排ガス量・質、灰量・質、発電量等を算出
- 原単位を用いたランニングコスト計算（電力、燃料、薬品、灰処理費、施設間輸送費等）

28

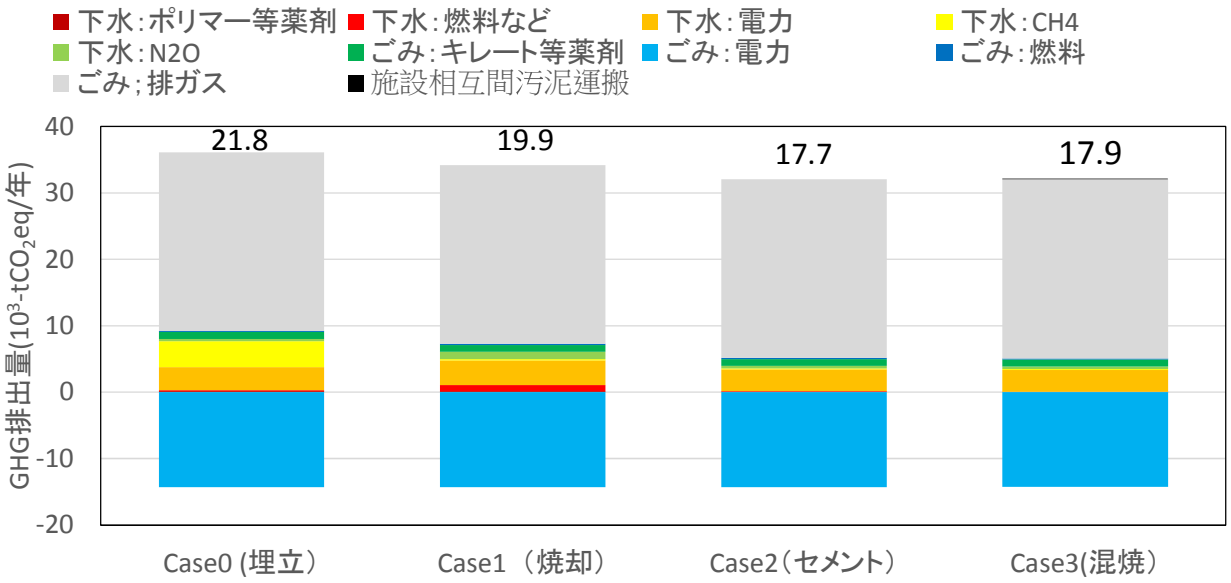
計算結果（ランニングコスト）



コスト構造として、埋立：脱水汚泥の処分費、焼却：補助燃料や電力消費量の増加、セメント：脱水汚泥の受入費用が特徴的、混焼ではこれらが不要となり、施設間の汚泥運搬の影響や、都市ごみ焼却炉への負荷増大の影響も軽微である→
ランニングコストは埋立に比較し65％程度、焼却・セメントに比較し、28－35％低減できる可能性がある。

29

計算結果（温室効果ガス排出量）



GHG排出量として、埋立：脱水汚泥からのCH_4、焼却：補助燃料や電力消費由来CO_2、N_2O排出の増加が特徴的、セメント、混焼ではこれらが不要となり、施設間の汚泥運搬の影響や、都市ごみ焼却炉への負荷増大の影響も軽微→
GHG排出量は埋立に比較し18％程度、焼却に比較し、10％低減できる可能性があるが、削減効果は限定的である。

30

まとめ

- 都市ごみ焼却施設と、下水処理施設の相互間の連携を検討するため、全国の処理施設をデータベース化するとともに、それらの位置情報について、GoogleMAP上にマッピングをおこなった。
- 連携の例として、下水汚泥と都市ごみとの混焼に着目し、アンケートの結果等から、施設間の相互距離や、稼働率、混焼率等の条件を設定し、これらの条件を満たす、混焼可能な施設の抽出（スクリーニング）をおこなった結果、184箇所の都市ごみ焼却施設で、混焼が可能であり、総汚泥量の15.3%が処理できることが示された。
- 混焼を含む、下水汚泥の最終処分について、標準的な規模、プロセスを前提とし、いくつかのシナリオと比較した結果、ランニングコストは埋立に比較し６５％程度、焼却・セメントに比較し、２８－３５％低減できる可能性が示唆された。温室効果ガスについても、脱水汚泥埋立や焼却に比較し低減できる可能性は示されたが、コストに比較するとその効果は限定的であった。

31

Ⅲ　都市の連携システムの事例と可能性

（株）IHI 環境エンジニアリング　　岸田　耕一

都市の連携システムの事例と可能性

株式会社 IHI環境エンジニアリング
岸田　耕一

企画セッション構成

1. 都市ごみ処理施設における下水汚泥混焼の実績調査

2. 下水汚泥混焼の可能性の検討

3. 都市の連携システムの事例と可能性

2

背景と目的

人口減少社会を迎え、都市ごみ処理施設は今後能力に余裕が出てくることが予想される。下水処理施設と連携することで、都市ごみ処理施設を最大限活用できる可能性がある。

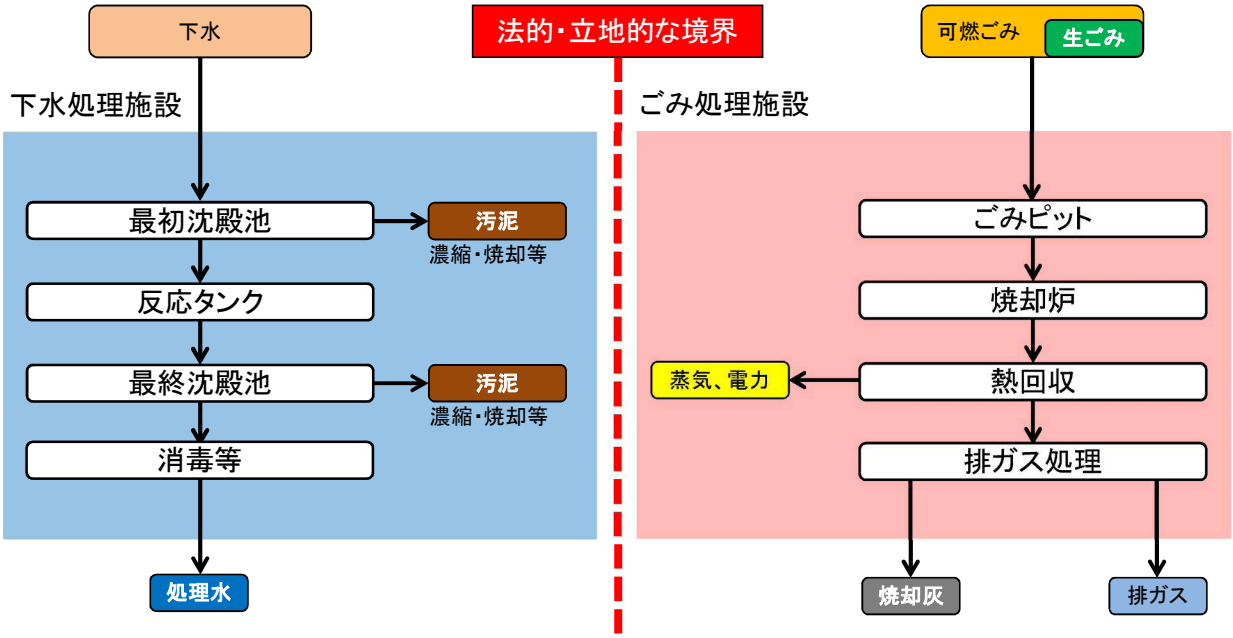
▼

汚泥混焼については前パートにて検討済である

- ✓ 他にもマテリアル、電力、熱、水などの共通のユーティリティや生成物がある。
- ✓ 連携することで互いにメリットが生み出せる。
- ✓ 連携デザインを紹介するとともに、その実績例を紹介し、連携の可能性を探す。

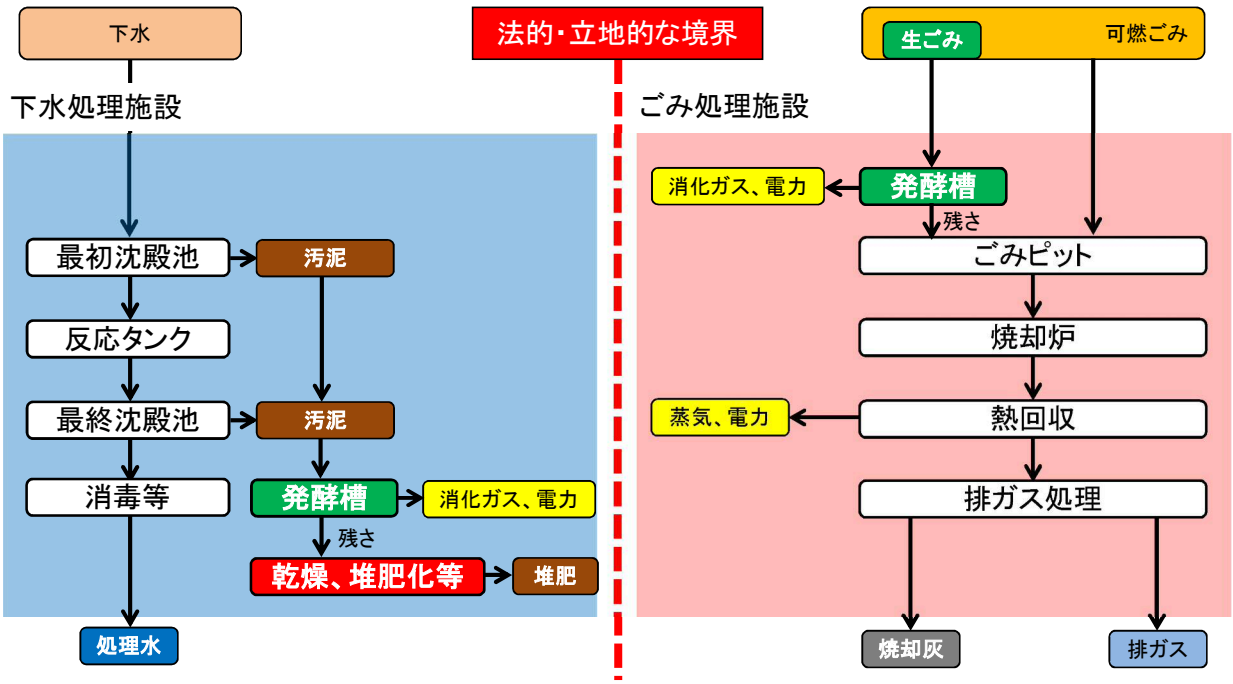
3

下水処理とごみ処理のシステム



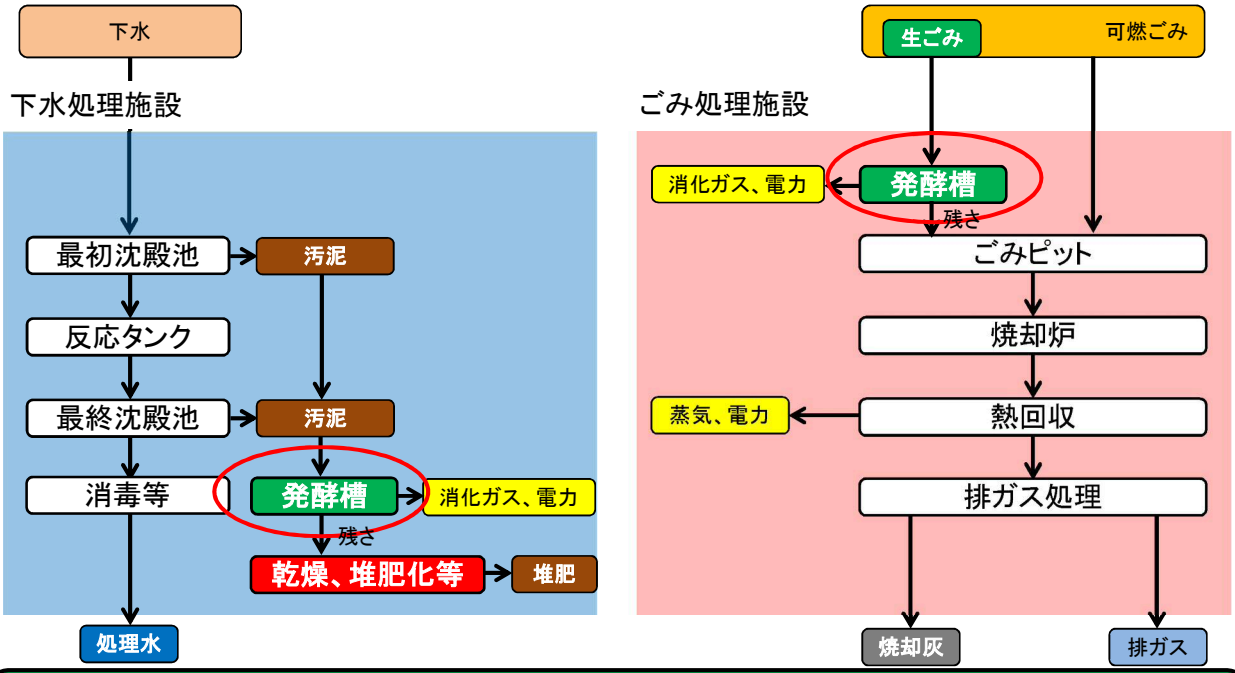
4

下水処理とごみ処理のシステム（＋発酵槽）



双方の連携による、総合的・効率的な廃棄物処理が期待できる

連携例（1） 発酵槽の統合



共有化により、効率的に処理・発電が可能
バイオガス発生量の最大化

山口県防府市

下水処理施設（規模）	防府浄化センター（40,798m^3/日　※認可計画、日最大）
都市ごみ処理施設（規模）	○防府市クリーンセンター　（150t/日+発酵51.5t/日）
連携対象	マテリアル（下水汚泥）、電力（し尿処理へ）
その他	機械選別を行う

○：発酵槽を持つ施設

- 搬入ごみから生ごみを自動選別する。
- 発酵槽を併設した先進的都市ごみ処理施設。
- 消化ガスは独立過熱器にて使用。

選別ごみおよび受入汚泥の発酵槽

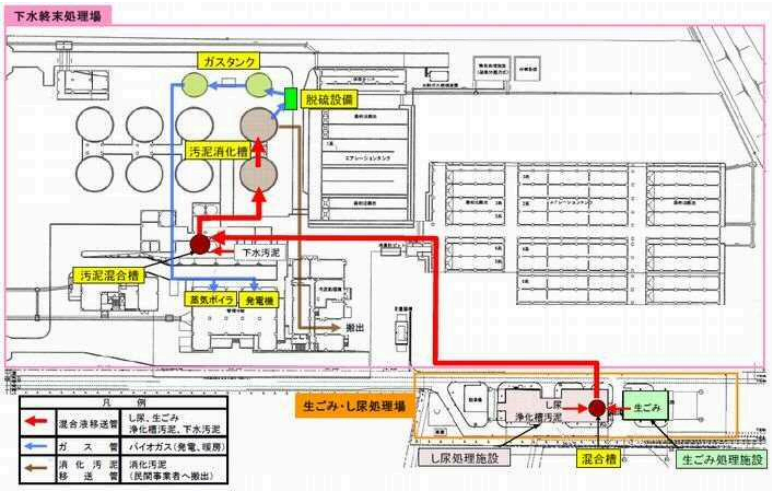
1) 防府市クリーンセンターカタログ

7

北海道恵庭市

下水処理施設（規模）	恵庭下水終末処理場（38,630m^3/日　※事業認可処理水量）
都市ごみ処理施設（規模）	○恵庭市生ごみ・し尿処理場　（生ごみ18t/日、汚泥15t/日）
連携対象	マテリアル（生ごみ、下水汚泥）、電力（下水処理へ）
その他	分別方法を変更し、破砕分別機を設置

○：発酵槽を持つ施設



- 従来、埋立処理していた生ごみを分別収集し、下水汚泥、し尿汚泥と共にバイオガス化した。
- マイクロガスタービンによる発電（1,380千kWh/年）は下水処理施設へ供給している。
- 電力供給により、下水処理施設の必要受電量は約42%削減された。

1) 恵庭市HP http://www.city.eniwa.hokkaido.jp/www/contents/1367989680736/index.html
2) 北海道HP http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/jss/biomass/biomass_keikaku_siryou3.pdf

8

兵庫県神戸市

下水処理施設（規模）	○神戸市東灘処理場（241,500m^3/日）
都市ごみ処理施設（規模）	神戸市東クリーンセンター（900t/日）
連携対象	マテリアル（食品製造系）、電力（都市ごみ処理→下水処理）
その他	発生した消化ガスの自動車燃料化、都市ガス導管（日本初） など 東部スラッジセンターへの電力、処理水の供給

○：発酵槽を持つ施設

東灘処理場における天然ガス自動車へのバイオガス充填

- 都市ごみ処理施設の余剰電力を購入。
- 消化ガスを高度精製し、日本初の都市ガス導管を行うことで100%の利用率を達成。
- 消化ガス利用によるCO_2削減は約1,200t/年。

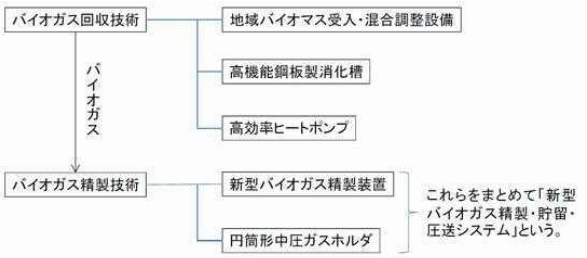


図2－1　システム構成図

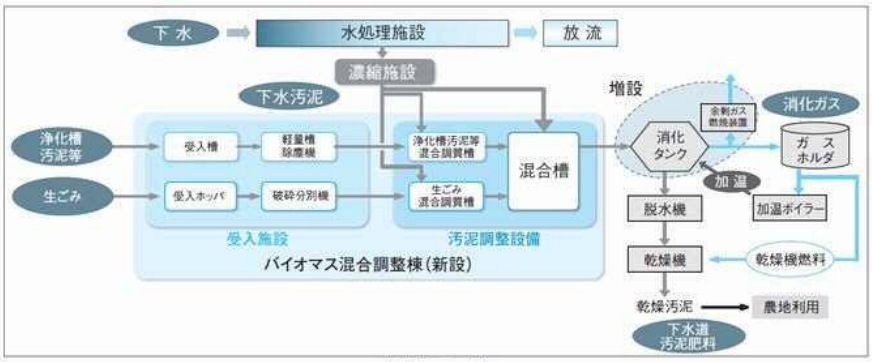
1) 神戸市建設局 HP　http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/waterworks/sewage/higashinada-gaiyo.html
2) 経済産業省 HP　Higashttp://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/dounyu/201109kobe.html
3) 国土交通省 HP http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.htm

北海道北広島市

下水処理施設（規模）	○北広島下水処理センター「あしる」（34,500m^3/日）
都市ごみ処理施設（規模）	（従来埋立て処分していた生ごみを搬入）
連携対象	マテリアル（生ごみ）
その他	国交省＋環境省補助事業 発生したバイオガスを汚泥乾燥に利用 破砕分別機を設置

○：発酵槽を持つ施設

集約・混合処理により維持管理費が85,000千円/年（19%削減・単独処理と比較）、CO_2排出量が年間730t削減（約18%）



処理フロー図

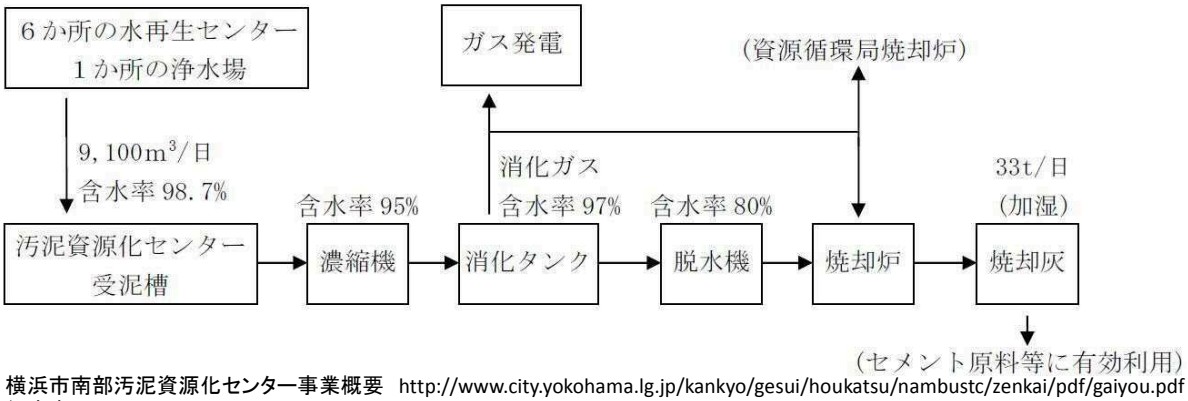
1) 全国上下水道コンサルタント協会HP　http://www.suikon.or.jp/suikon/vol.42/42_08.pdfhttp://www.suikon.or.jp/suikon/vol.42/42_08.pdf
2) 国土交通大臣賞紹介資料 http://www.mlit.go.jp/common/000170739.pdf

神奈川県横浜市

下水処理施設（規模）	○横浜市南部汚泥資源化センター（14,700m^3/日・含水率99%換算）
都市ごみ処理施設（規模）	横浜市金沢工場（1,200t/日）
連携対象	消化ガス、下水処理水、電力（ごみ処理→下水処理へ）
その他	

○：発酵槽を持つ施設

- 消化ガス38,000m^{3}N/日のうち13%を都市ごみ処理施設へ供給）
- 消化ガスは助燃バーナ燃料（都市ガスとのデュアル化）、または直接吹込に利用。
- 下水処理水を再生水として利用。
- 発電電力は12%を市内下水処理施設へ供給。



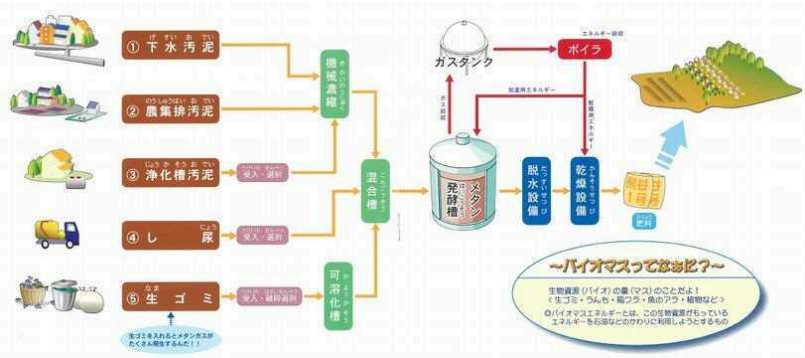
1) 横浜市南部汚泥資源化センター事業概要　http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/gesui/houkatsu/nambustc/zenkai/pdf/gaiyou.pdf
2) 経産省HP http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/nestu_energy/005_05_01.pdf

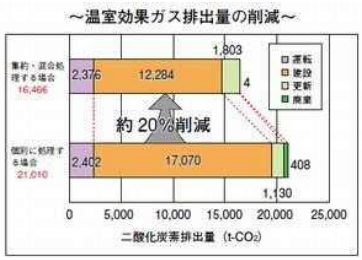
石川県珠洲市

下水処理施設（規模）	宝立浄化センター（2,484m^3/日）
都市ごみ処理施設（規模）	○バイオマスメタン発酵施設（合計51.5t/日）
連携対象	マテリアル（生ごみ、下水汚泥）
その他	破砕分別機を設置

○：発酵槽を持つ施設

- 5つのバイオマス（下水汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥、し尿、生ごみ）を一元的に集約混合処理。
- 消化ガスはボイラを介して発酵槽の加温・乾燥設備に利用。





1) 施設カタログ
2) 国土交通大臣賞資料　http://www.mlit.go.jp/common/000050625.pdf

北海道稚内市

下水処理施設（規模）	稚内市終末処理場
都市ごみ処理施設（規模）	○稚内市バイオエネルギーセンター（34t/日）
連携対象	マテリアル（生ごみ、下水汚泥）
その他	選別破砕装置を設置

○：発酵槽を持つ施設

- 生ごみ（従来埋立て）、下水汚泥他をメタン発酵させる。
- 消化ガスは発電機、ごみ収集車燃料、ボイラ燃料として利用。
- ボイラ蒸気は発酵槽の残さ乾燥に利用する。
- 余剰電力は電力会社、最終処分場へ売電する。

メタン発酵槽（奥）と
ガスホルダー（手前）

1) 施設概要
2) 北海道HP http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/toukei/chousa/h24keikaku/h24_003.pdf

13

長崎県西海市

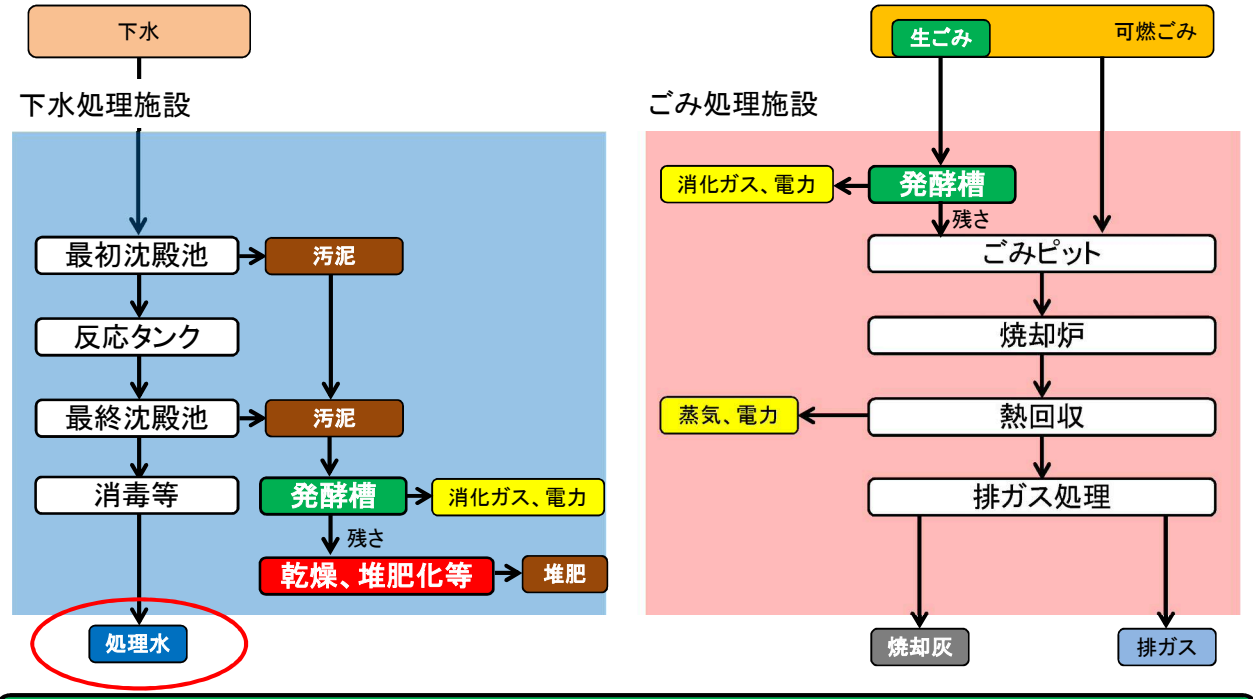
下水処理施設（規模）	西海市大串浄化センター 、西海市瀬戸浄化センター
都市ごみ処理施設（規模）	西海市エネルギー回収推進施設（30t/日）
連携対象	マテリアル（下水汚泥）
その他	ごみから炭化燃料を製造する、先進的な施設

- ごみから炭化燃料を製造する先進的な施設。
- 0.8t/日の下水汚泥を受入予定（H33）。

1) 西海市エネルギー回収推進施設　カタログ

14

連携（2） 処理水の利用



双方の連携による上水使用量の削減

新潟県長岡市

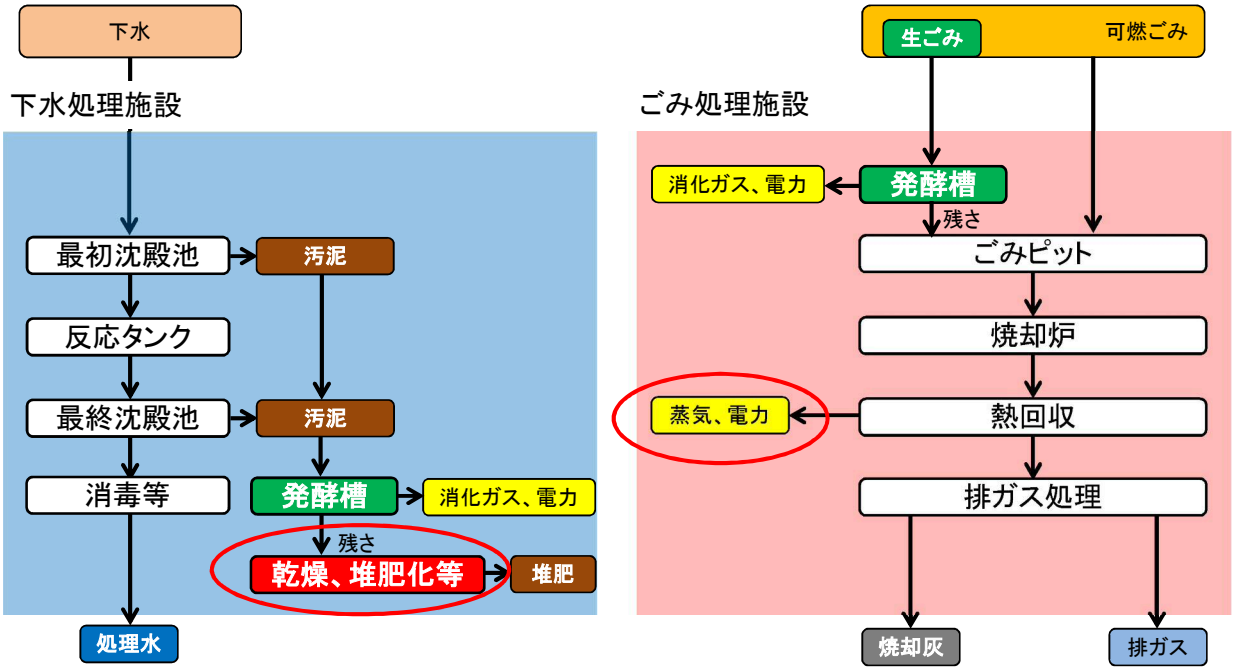
下水処理施設（規模）	中央浄化センター（68,450m^3/日）
都市ごみ処理施設（規模）	○生ごみバイオガス発電センター(65t/日) 寿クリーンセンター(160t/日)
連携対象	マテリアル（生ごみ）、下水処理水、電力(バイオガス発電→ごみ処理へ)
その他	既存インフラと連携した合理的なシステム

○：発酵槽を持つ施設

- 混合・調整用に隣接する下水処理施設の処理水を利用。
- 消化ガスは発電（560kW）し、余剰電力は隣接する都市ごみ処理施設へ供給する。
- 生ごみを発酵させることにより、燃やすごみ量が約2割減少。
- 発酵残さは燃料として売却するため、最終処分場の延命化に貢献（15年間で35億円）。

1) 長岡市HP http://www.city.nagaoka.niigata.jp/kurashi/cate08/biogas/

連携（3） 熱の利用



乾燥等に蒸気の熱を利用し、助燃料を削減。

石川県金沢市

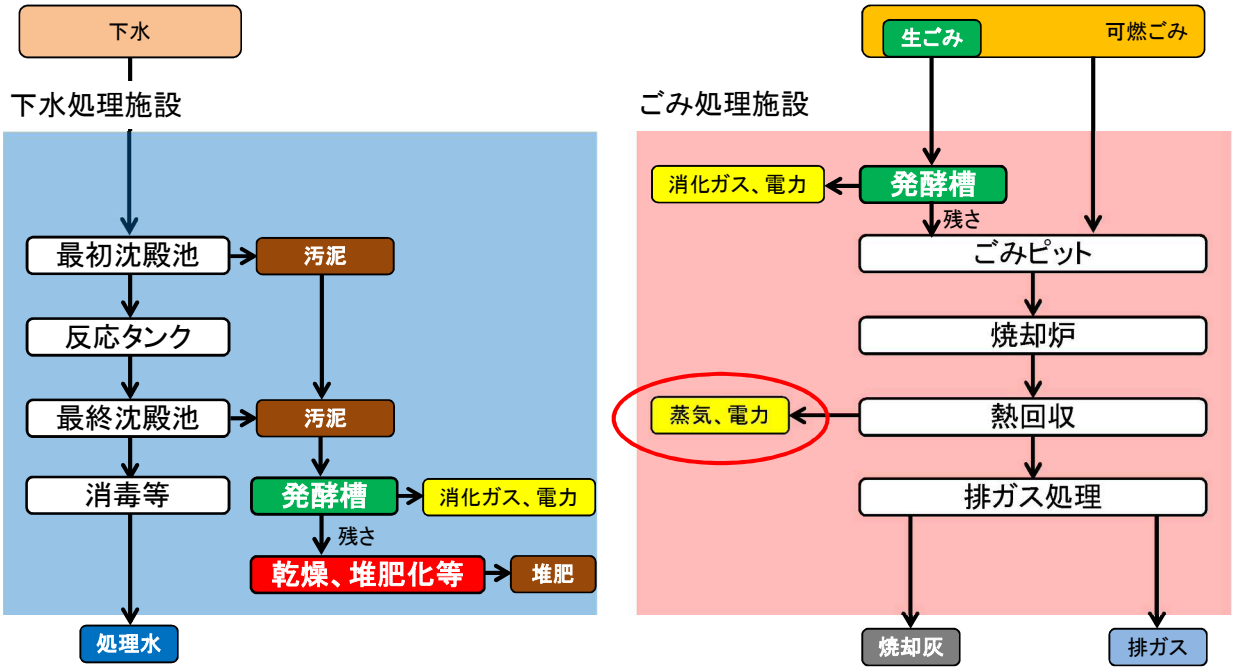
下水処理施設（規模）	西部水質管理センター
都市ごみ処理施設（規模）	金沢市西部環境エネルギーセンター（340t/日）
連携対象	下水処理水、低圧蒸気（熱）、※電力（し尿処理へ）
その他	都市ごみ処理、下水処理、し尿処理施設が連携して協力。

- 旧施設を含め、1982年からの混焼の経験を生かし、様々な連携を行う。
- 下水処理水の場内/植栽散水。
- 都市ごみ処理施設の蒸気による汚泥乾燥（7,645t/年）。
- 下水処理ではないが、し尿処理施設への送電を行う。

参考：
ごみ投入ホッパーへの
下水汚泥供給システム。

1) 金沢市西部環境エネルギーセンター カタログ
2) 金沢市西部環境エネルギーセンター運転報告、タクマ技報、Vol.20, No.2, 2012

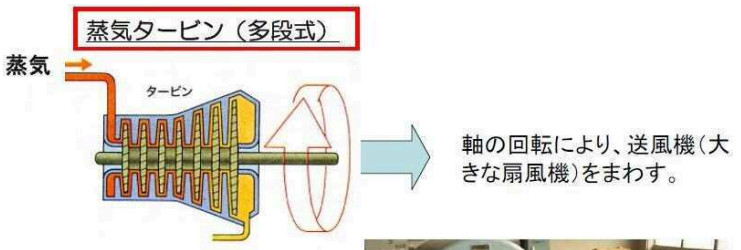
連携（4） 蒸気の利用



エネルギーとして蒸気を活用することができる。

大阪府大阪市

下水処理施設（規模）	中浜下水処理場（290,000m^3/日）
都市ごみ処理施設（規模）	森之宮工場（廃止）
連携対象	蒸気（動力として送風機を運転）
その他	



※中浜（西）の蒸気タービンは単段式である。

YAHOO! Japan 百科事典

「蒸気タービンの原理」参照

- 森之宮工場から送られてきた蒸気により、蒸気タービンを回し、軸に直結された送風機を回転させる。
- 送風機から反応槽へ空気を送る。

中浜（西）蒸気タービンと送風機

1) 大阪市HP http://www.city.osaka.lg.jp/toshikeikaku/cmsfiles/contents/0000093/93882/5-2.pdf

メリットとデメリット

連携を行うことによるメリット

- 埋立て・焼却されていた生ごみから消化ガスや有機肥料が得られる。
- 汚泥・生ごみを統括処理することで効率的な運営が行える（恵庭：下水汚泥施設の必要電力の42%は消化ガス由来）。
- 生ごみを選別・利用することで、最終処分場の節約になる（北広島では維持管理費が19%削減）。
- CO_2削減への効果。

連携を行うことによるデメリット（課題）

- 現行プロセスを変更する手続きと工夫が必要になる。
- 連携に適した立地条件。

21

まとめ

- 混焼以外にも、下水処理とごみ処理の連携には大きな可能性と期待がある。
- これらの連携は次々と実証されており、今後、さらなる統合化・効率化が期待できる。
- 現行プロセス変更への工夫を考える必要がある。

22

廃棄物焼却研究部会　委員名簿		
	武田 信生	京都大学名誉教授
◎	高岡 昌輝	京都大学大学院
	大下 和徹	京都大学大学院
	若松 秀樹	株式会社 IHI 環境エンジニアリング
	岸田 耕一	株式会社 IHI 環境エンジニアリング
	浅田 信二	エスエヌ環境テクノロジー株式会社
	青野 肇	株式会社エックス都市研究所
	前田 洋	大阪ガス株式会社
	尾藤 俊文	川崎重工業株式会社
	三好 裕司	川崎重工業株式会社
	中村 一夫	公益財団法人　京都高度技術研究所
	上林 史朗	株式会社クボタ
	木村 哲雄	クボタ環境サービス株式会社
	永山 貴志	クボタ環境サービス株式会社
	守岡 修一	KEE 環境サービス株式会社
	長野 晃弘	三機工業株式会社
	鈴木 厚志	三機工業株式会社
	澁谷 榮一	JFE エンジニアリング株式会社
	西野 雅明	JFE エンジニアリング株式会社
	横山 唯史	JFE エンジニアリング株式会社
	山形 成生	株式会社神鋼環境ソリューション
	青木 勇	株式会社神鋼環境ソリューション
	小野 義広	新日鉄住金エンジニアリング株式会社
	河端 博昭	ダイネン株式会社
	山内 淳行	中日本建設コンサルタント株式会社
	藤原 周史	一般財団法人　日本環境衛生センター
	谷川 昇	公益財団法人　日本産業廃棄物処理振興センター
	枝澤 圭祐	パシフィックコンサルタンツ株式会社
	三野 禎男	日立造船株式会社
	近藤 守	日立造船株式会社
	古林 通孝	日立造船株式会社
	山田 裕史	株式会社プランテック
	掃部 宏文	株式会社プランテック
	山田 明弘	三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社
	澤本 嘉正	三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社
	手島 肇	株式会社タクマ
	藤田 泰行	株式会社タクマ
○	増田 孝弘	株式会社タクマ
	小北 浩司	株式会社タクマ
	戸﨑 正裕	株式会社タクマ
◎ 代 表 , ○ 連絡担当		