

日本の下水汚泥の資源化の 現状と課題

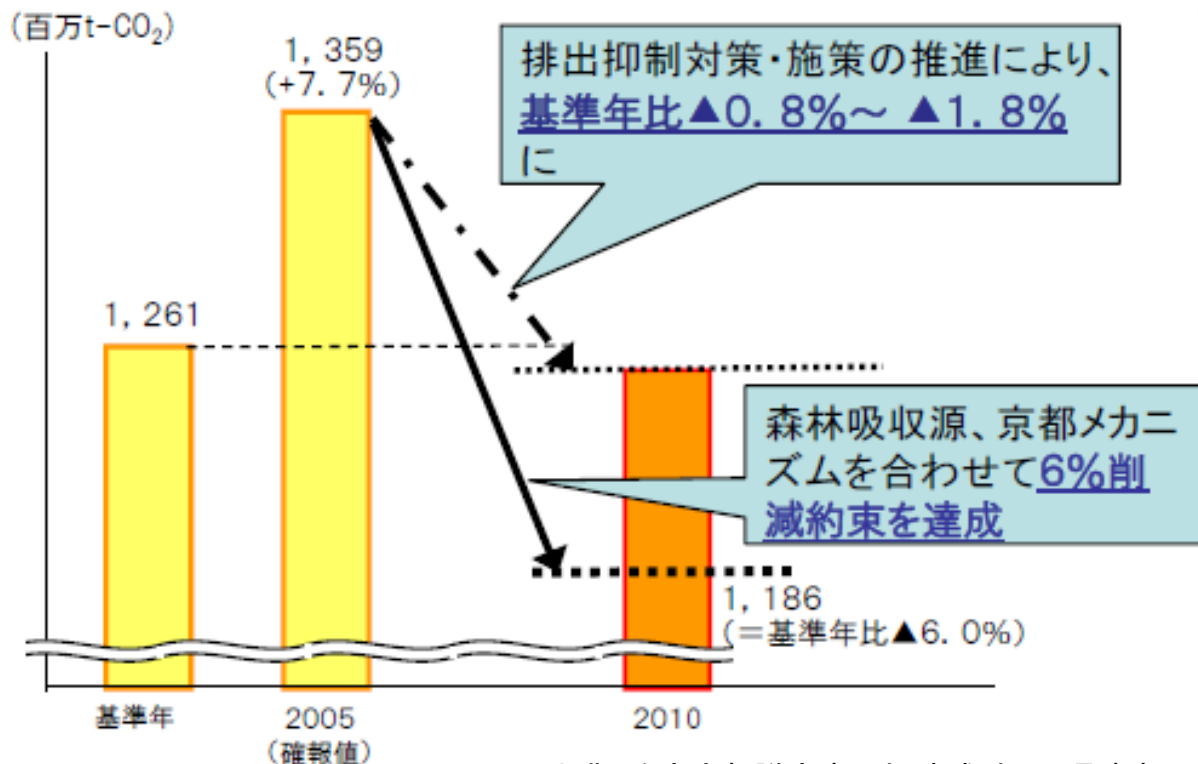
京都大学 大学院工学研究科
津野 洋

1. はじめに
2. 日本におけるバイオマスの利活用施策
3. 緑農地利用
4. 下水汚泥エネルギー化
5. 下水汚泥エネルギー化技術
6. 日本における国レベルの開発プロジェクト例
7. おわりに

1. はじめに

地球温暖化効果ガスの削減
CO₂、CH₄、N₂Oなど

国連気候変動枠組条約第3回締結国会議 (COP3)
京都議定書発効 京都議定書目標達成計画 (平成17年)
新対策が必要 → 省エネ+創エネ



※本年2月の産業構造審議会・中央環境審議会合同会合の最終報告では、現行対策のみでは2,200～3,600万t-CO₂の不足が見込まれるものの、今後、各部門において、各主体が、現行対策に加え、追加された対策・施策に全力で取り組むことにより、約3,700万t-CO₂以上の排出削減効果が見込まれ、京都議定書の6%目標は達成し得るとされた。

出典:改定京都議定書目標達成計画、環境省Websiteより

図 2010年度の温室効果ガス排出量の見通し

日本におけるエネルギーの自給率

新・国家エネルギー戦略とエネルギーの不安定化

新エネルギー：太陽光、風力、バイオマス、（地熱??）

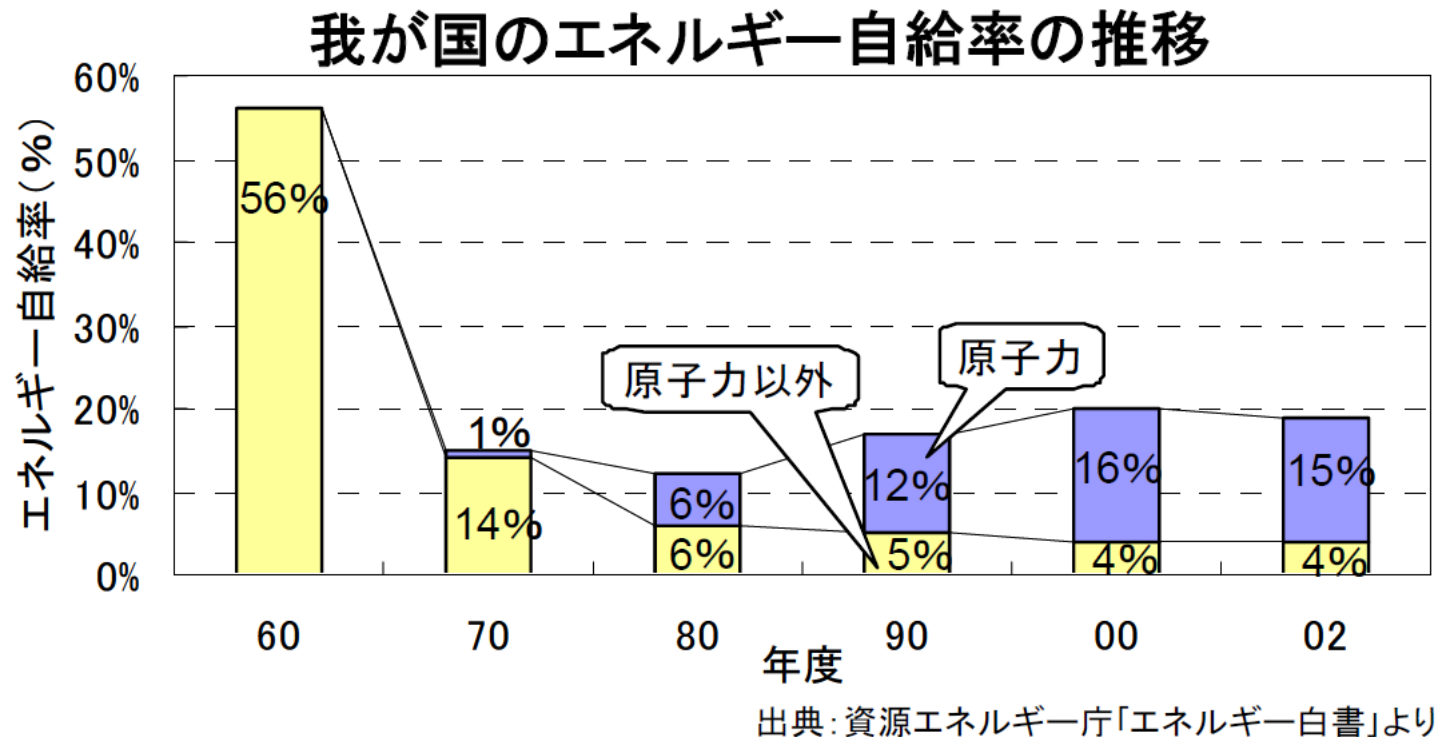
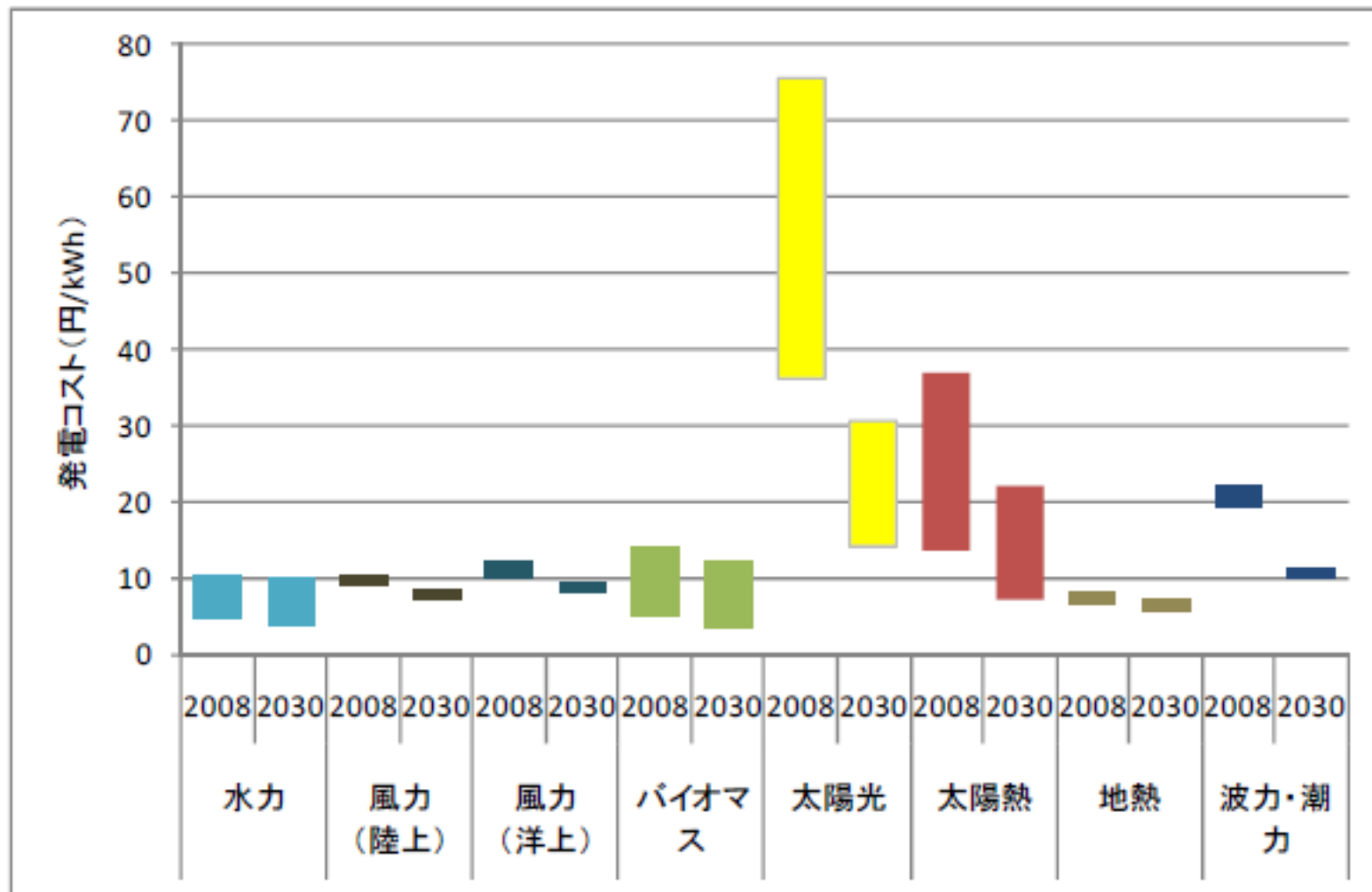


図 我が国のエネルギー自給率

再生可能エネルギーの発電コスト

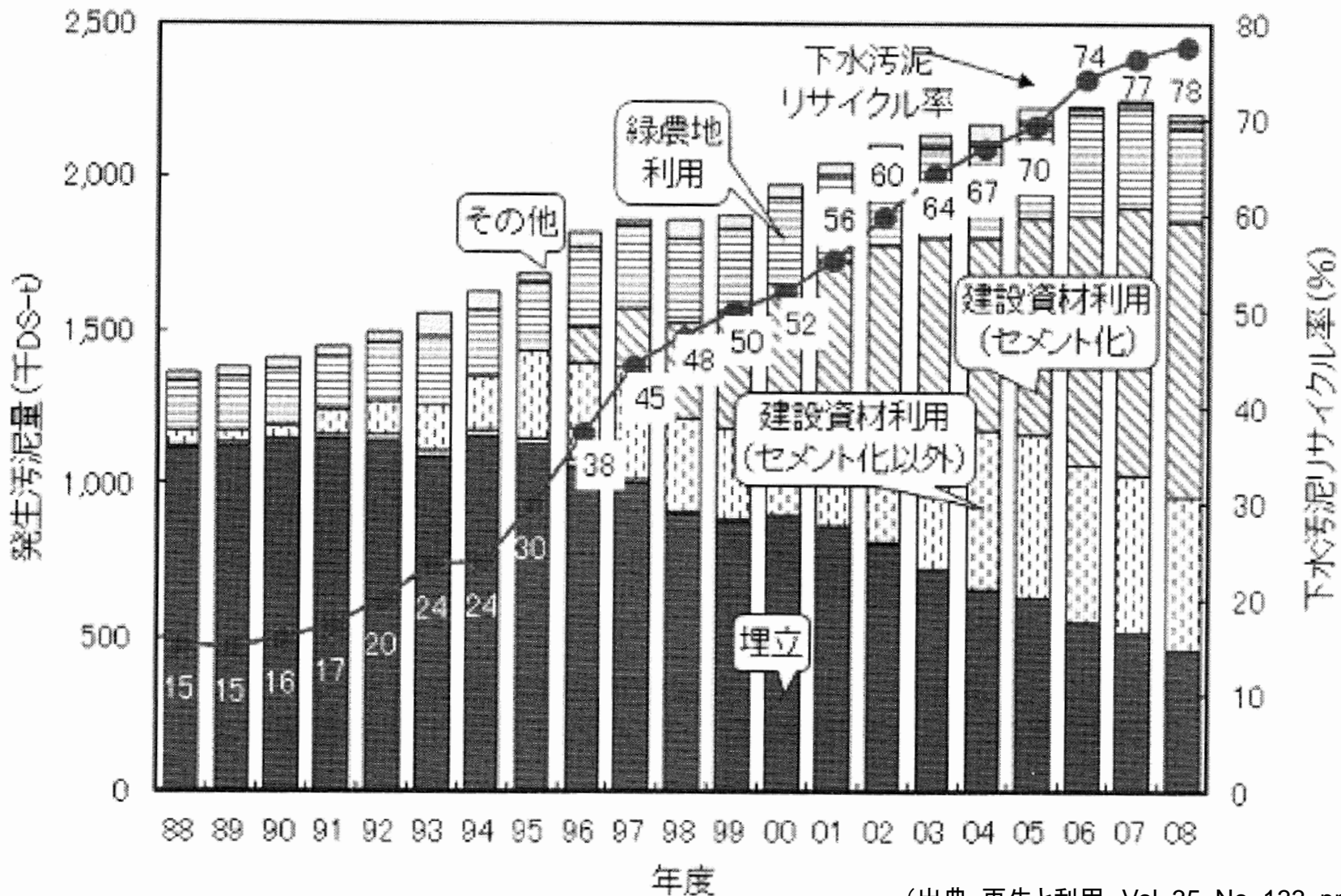


出典：“World Energy Outlook 2009” (IEA)より作成

NEDO 再生可能エネルギー技術白書より

図 風力と他の再生可能エネルギーの発電コスト

日本における汚泥有効利用の推移



(出典:再生と利用、Vol. 35, No. 133, pp. 14-19)

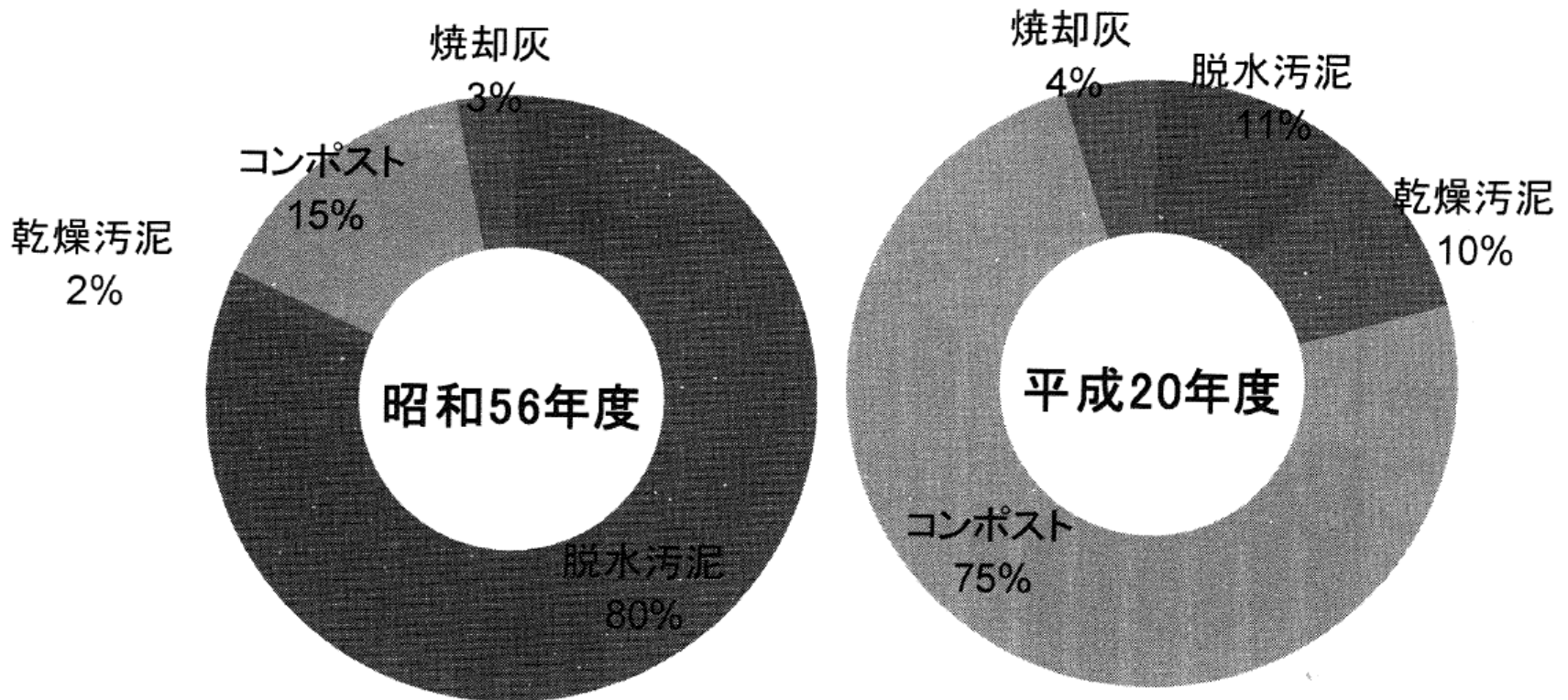
図 下水汚泥有効利用の推移(平成20年度国土交通省調査)

2. 日本におけるバイオマスの利活用施策

- 1) バイオマス・ニッポン総合戦略
有機性廃棄物利用率の向上（80%）、バイオマスタウンの構築
- 2) 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
- 3) グリーン認証制度
- 4) エネルギー基本計画
再生可能エネルギー利用の割合10%、ガス事業者等のバイオガスの利用拡大
- 5) エネルギー供給構造高度化法
ガス事業者の非化石エネルギー源の利用、下水汚泥のバイオガス利用の課題
- 6) バイオマス活用推進基本法
下水汚泥の活用85%（2020年）
- 7) 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法

3. 緑農地利用

下水汚泥緑農地利用形態の推移



(出典:再生と利用、Vol. 35, No. 133, pp. 14-19)

図 下水汚泥緑農地利用形態の推移
(昭和58年度「日本の下水道」・平成20年度国土交通省調査より)

日本の下水汚泥対象コンポスト施設

表 日本のコンポスト施設を有する下水処理場とコンポスト施設受入汚泥量の推移
(下水道統計より)

年度	コンポスト施設を有する下水処理場数	受入汚泥量(DS-t/年)
H12	54	35,903
H13	55	37,444
H14	59	35,995
H15	57	34,777
H16	59	35,708
H17	60	37,260
H18	61	37,612
H19	59	37,530
H20	57	35,200

コンポスト施設と機械乾燥施設

表 コンポスト施設と機械乾燥施設の消化汚泥受入状況

		生汚泥受入	消化汚泥受入	合計
下水汚泥コンポスト施設	処理場数	44	13	57
	受入汚泥量(DS-t/年)	30,029	5,171	35,200
機械乾燥施設(乾燥汚泥肥料製造)	処理場数	15	8	23
	受入汚泥量(DS-t/年)	7,700	11,178	18,878

平成20年度下水道統計及び国土交通省調査参照

(出典:再生と利用、Vol. 35, No. 133, pp. 14-19)

4. 下水汚泥エネルギー化

1) 下水汚泥発生量

- 221万 乾燥重量トン（平成20年度）
- 産業廃棄物の発生量の約20%
- 湿重では7,500万トンで日本のバイオマス発生量の約3割
- 汚泥成分の約80%を占める有機物の利用はほとんどされていない。

2) 下水汚泥の特性

- カーボンニュートラル
- 質・量とも安定したバイオマス
- 集約型バイオマス
- 都市型バイオマス
- 原油換算で95万kL（平成16年度）のポテンシャル（資源のみち委員会資料）
- 固形燃料化された下水汚泥は低品位の石炭並みの発熱量

表 下水汚泥等の発熱量

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
固形化燃料	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

「資源のみち」の実現に向けて（仮）－中間報告（案）より

3) 下水汚泥は適切に処理処分されるべきものである。

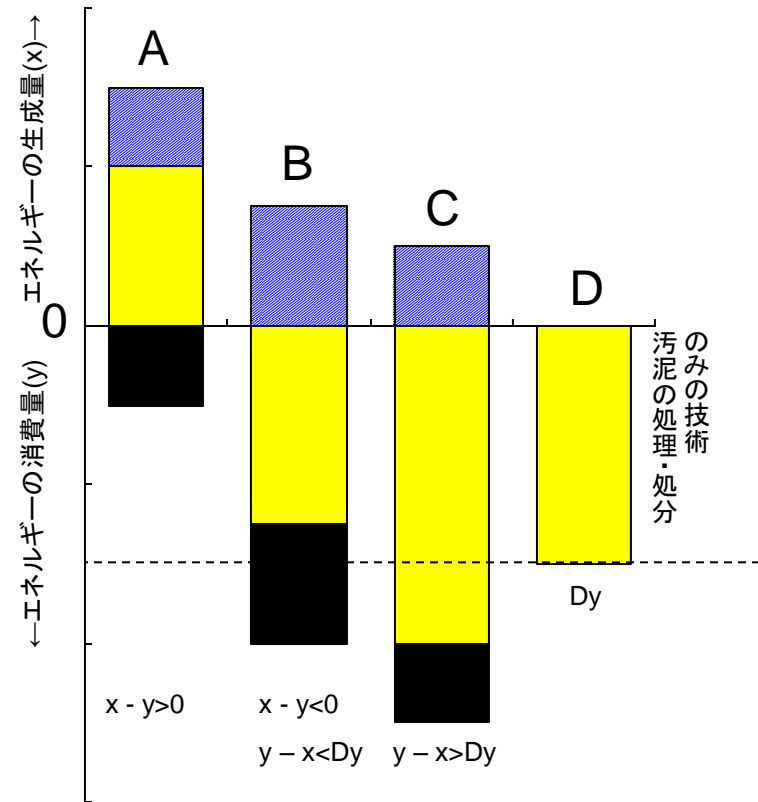
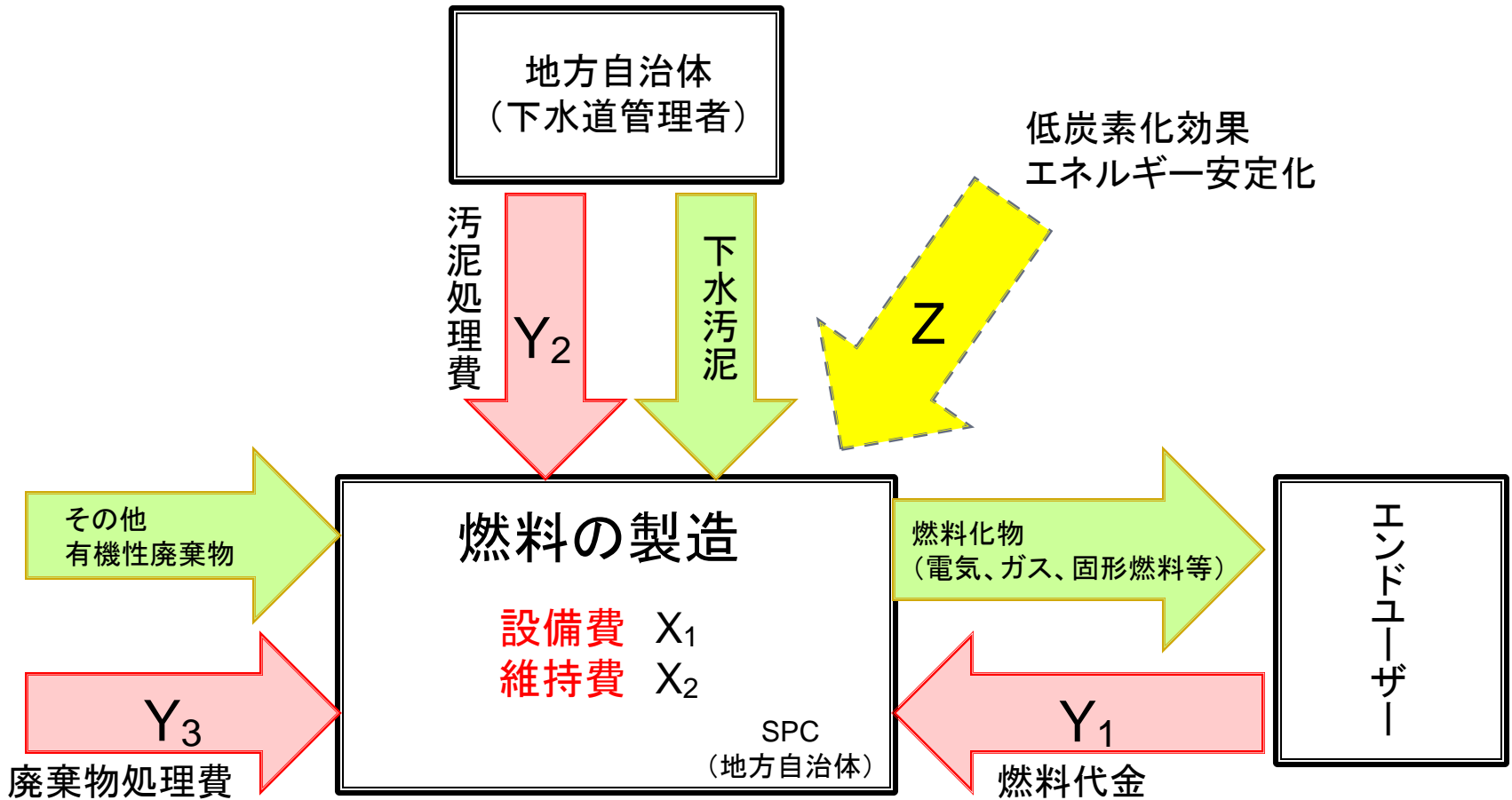


図 下水汚泥からのエネルギー回収の際のエネルギーバランス



$$[X_1 + X_2 < Y_1 (+Y_2) + Y_3 (+Z)]$$

4) 下水汚泥からのバイオガス利用の現状と課題

- 1600カ所の下水処理場のうち約300カ所でメタン発酵
- 約2億5千万m³の消化ガスが発生

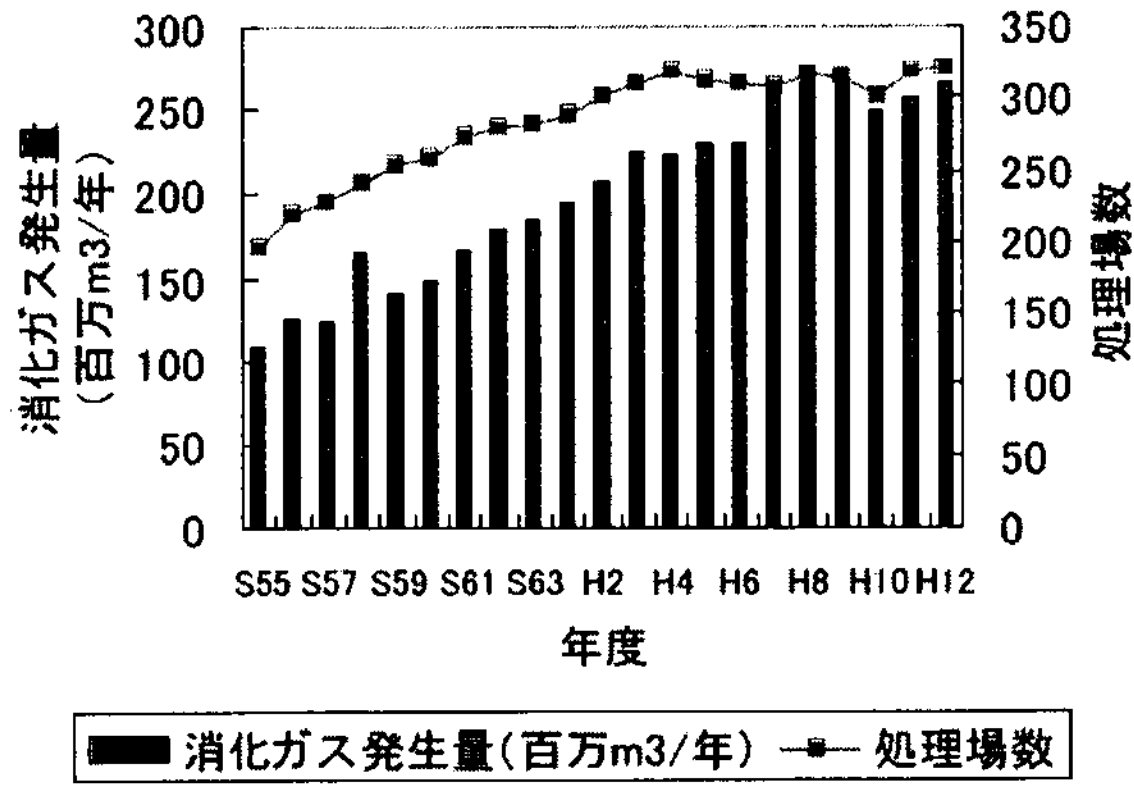


図 全国の下水処理場における消化設備の推移
 出典: バイオソリッド利活用基本計画に関する委員会 参考資料

■ 26カ所で消化ガス発電 22,000kW

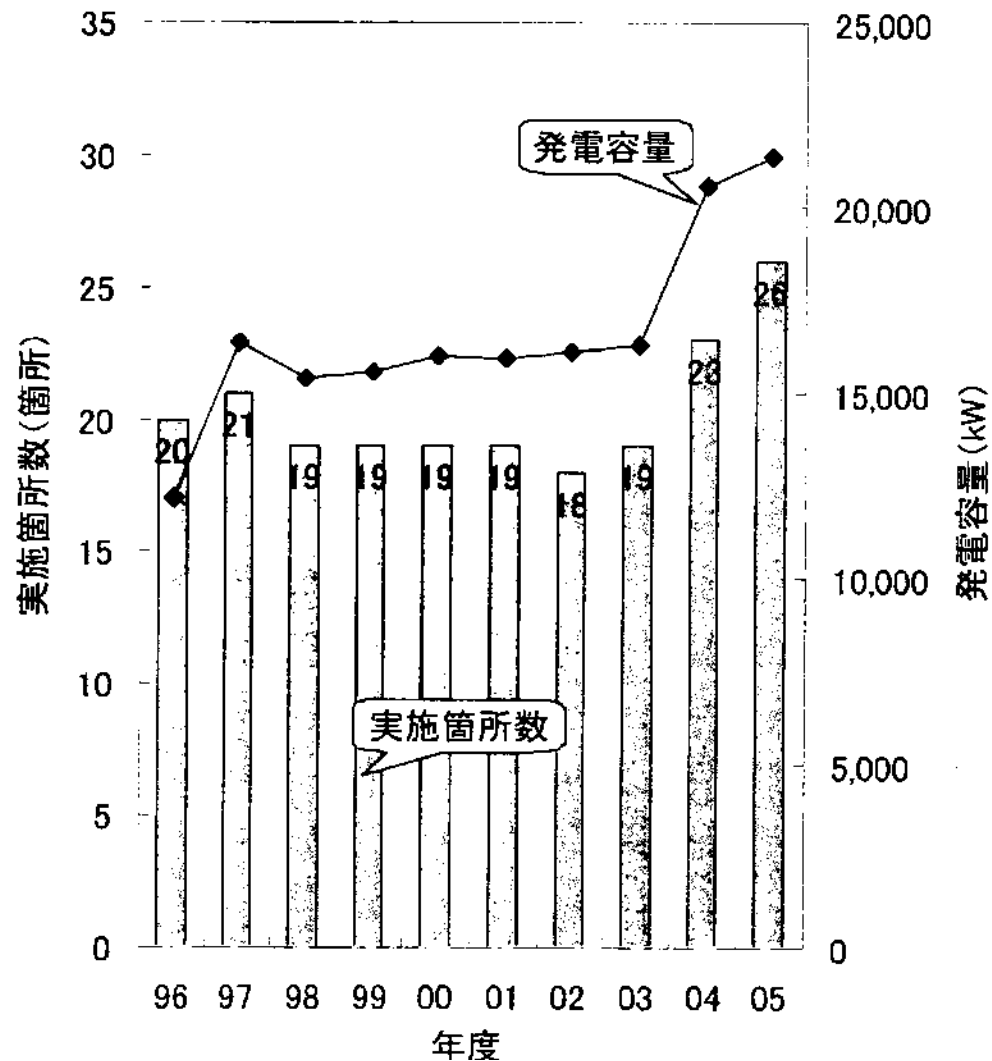


図 ガス発電の実施箇所と発電容量

出典:下水道統計

■ 下水汚泥の有効利用-----カスケード利用

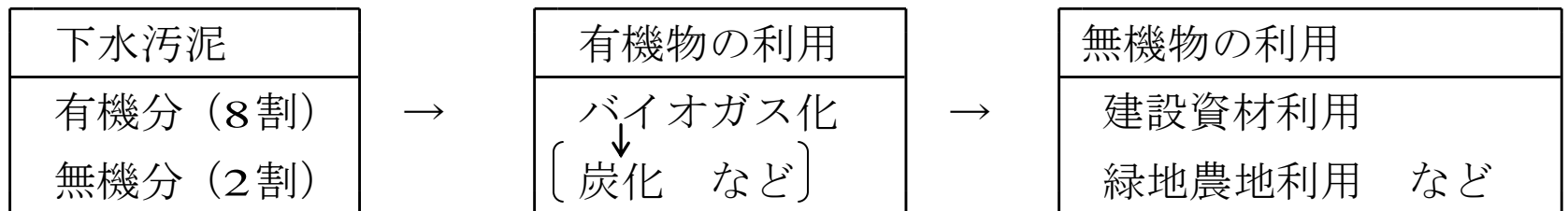


図 下水汚泥中に含まれる資源の有効カスケード利用

■ 消化ガスの有効利用
 発電と廃熱をカスケード利用

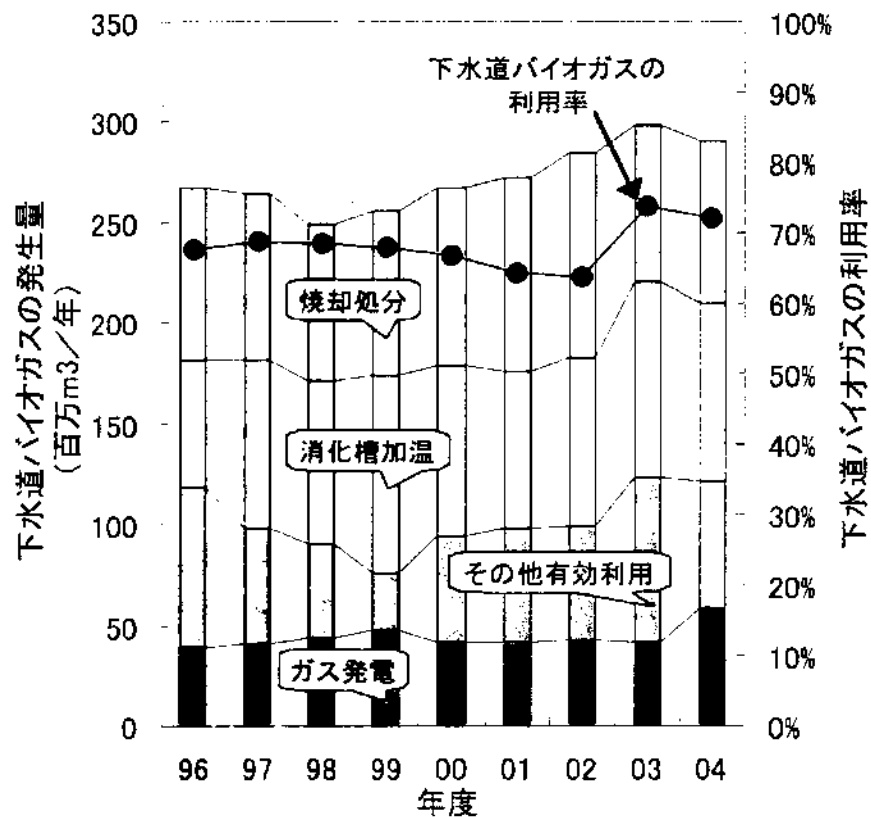


図 下水道バイオガスの発生量と利用内訳

出典：下水道統計

5. 下水汚泥エネルギー化技術

1) エネルギー化技術

(1) 嫌気性消化

燃焼、発電、燃料電池*、自動車燃料**、都市ガス導管注入**、
ガス精製・運搬**

(シロキサン、 H_2S 、酸素*、窒素*、二酸化炭素**の除去)

(2) 固形燃料化

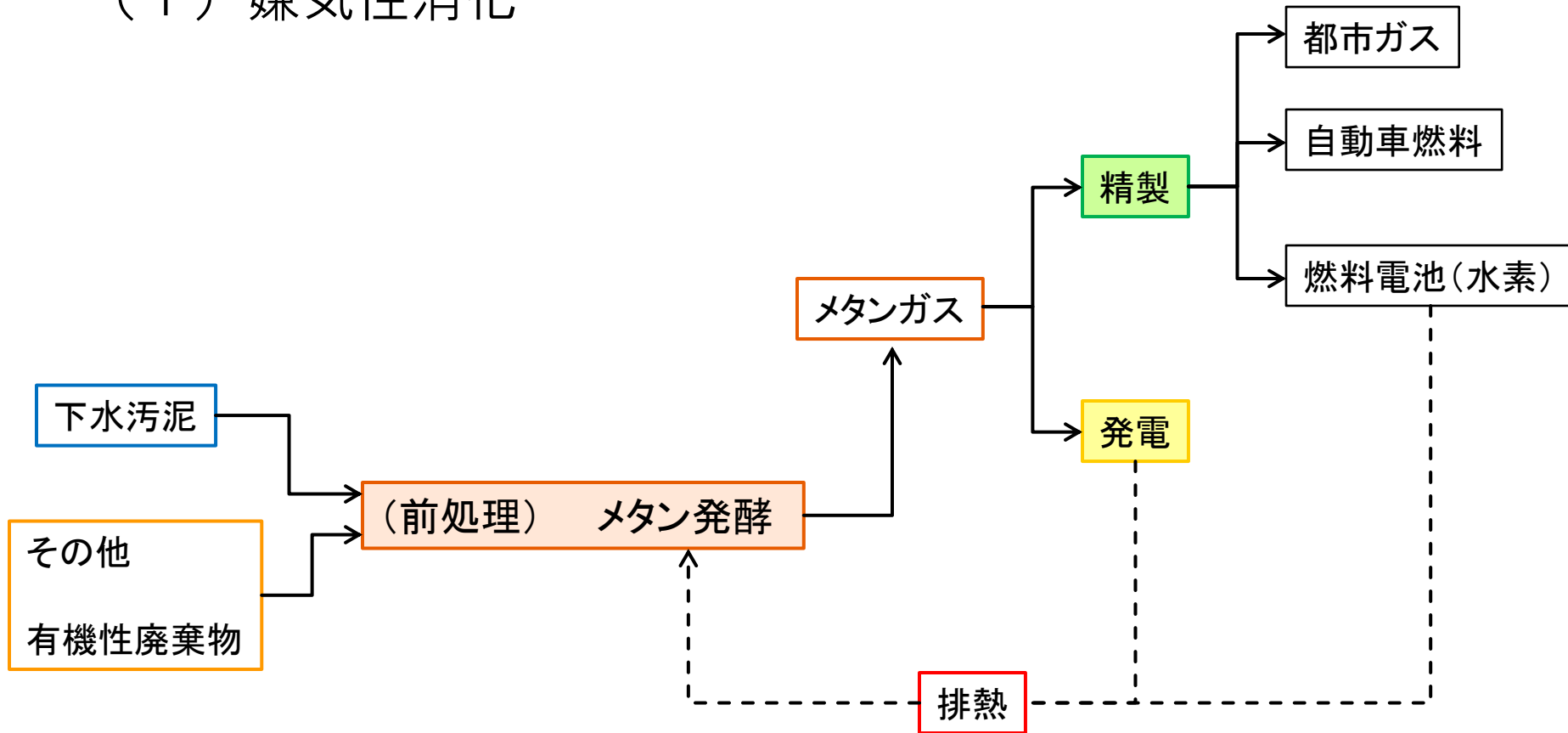
汚泥炭化 (中温炭化 (400-600°C)、低温炭化 (250-400°C))
汚泥乾燥 (乾燥造粒、油温減圧乾燥)

(3) ガス化炉

脱水汚泥 --- 乾燥 --- ガス化 --- 改質 --- 精製 --- 発電
850°C 1000°C

2) エネルギー化と利用フロー

(1) 嫌気性消化



メタン発酵技術（消化効率化）

1) 前処理（分解・可溶化）

亜臨界水処理
高温・加圧処理
高温アルカリ処理
超高温（80℃）酸発酵
超音波処理
オゾン処理

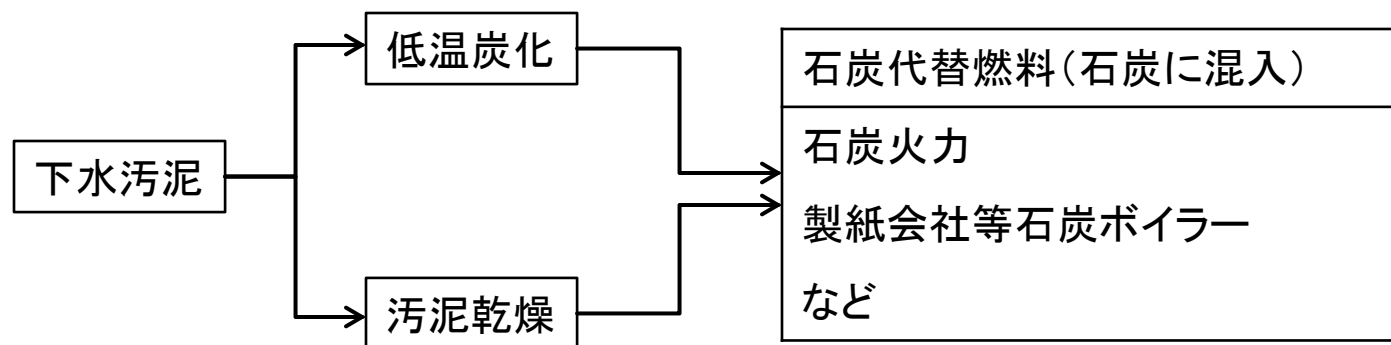
2) メタン発酵効率化

高温（55℃）発酵
可溶化液のUASB発酵
付着担体発酵
膜分離発酵槽

3) 他の有機廃棄物との混合発酵

生ごみとの混合発酵（消化槽投入型）
生ごみとの混合発酵（ディスポーザ利用型）
産業廃棄物等との混合発酵
木質バイオマスとの混合発酵

(2) 固形燃料化



3) 技術導入事例

(1) 嫌気性消化

ガスエンジン発電 : 東京都、横浜市など27か所
燃料電池 : 山形市、横浜市
自動車燃料 : 神戸市
都市ガス原料 : 神戸市、大阪市（検討中）、長岡市、金沢市

(2) 固形燃料化

汚泥炭化 : 東京都、愛知県、大阪市、広島市
汚泥乾燥 乾燥造粒 : 宮城県
油温減圧乾燥 : 福岡県

(3) ガス化炉 : 東京都

6. 日本における国レベルの開発プロジェクト例

1) ロータスプロジェクト（下水道新技術推進機構）

- (1) スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術の開発
捨てるより安く下水汚泥を全量リサイクルできる技術
- (2) グリーン・スラッジ・エネルギー技術の開発
下水汚泥等のバイオマスを使って買電よりも安く発電できる技術
- (3) 両技術の一括開発

2) バイオガス導管注入モデル事業（経済産業省）

- (Type 1) 下水処理場等大規模施設発生バイオガスの都市ガス注入実証事業
神戸市・（株）神鋼環境ソリューション・大阪ガス（株）
- (Type 2) 中小規模施設発生バイオガスの都市ガス注入実証事業
バイオエナジー（株）

3) B-DASHプロジェクト（国土交通省）

バイオガスの有効利用技術の開発と実証事業

- (1) 超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム
メタウォーター（株）・日本下水道事業団（大阪市で実施）
- (2) 再生可能エネルギー生産・革新的技術-KOBEグリーン・スイーツプロジェクト
神戸市・（株）神鋼環境ソリューション

7. おわりに

地球温暖化を防止し持続的発展が可能な循環型社会の構築には下水道からの資源の回収循環は不可欠となっている。

そのためのビジョンが示され、それに向けての行動指針が必要な時期になっている。

経済活性を維持し、安全で安心な社会であり、福祉に富み幸福感が満足されることも不可欠である。

これらに向けての技術開発は正しく重要である。熱意を持って取り組める課題でもある。