



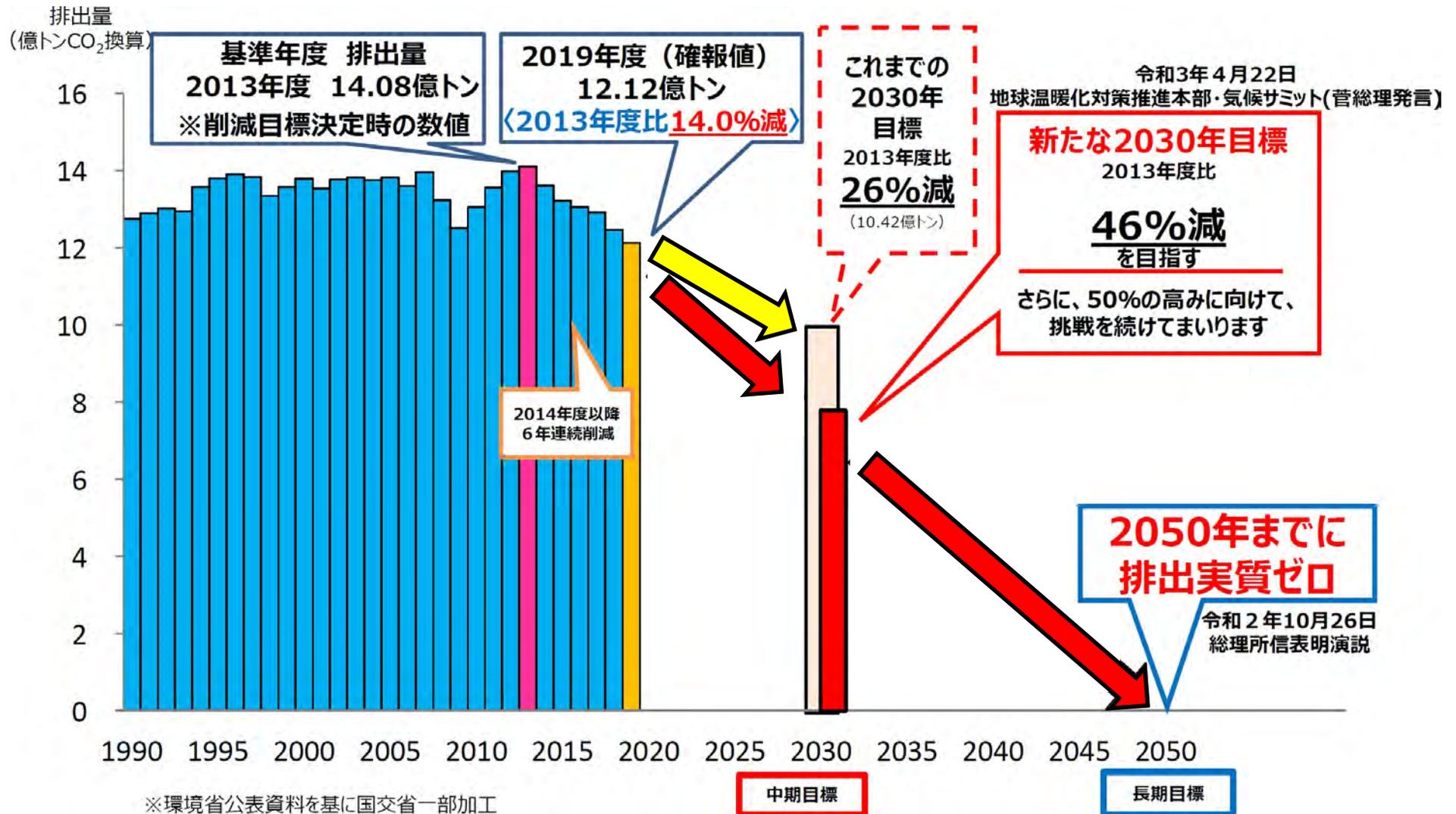
環境研究機関連絡会  
研究交流セミナー

# 下水処理場における資源有効利用 ・環境負荷低減の推進に関する研究

国立研究開発法人土木研究所 先端材料資源研究センター  
材料資源研究グループ 上席研究員

岡安 祐司

# 温室効果ガス排出削減の政府目標



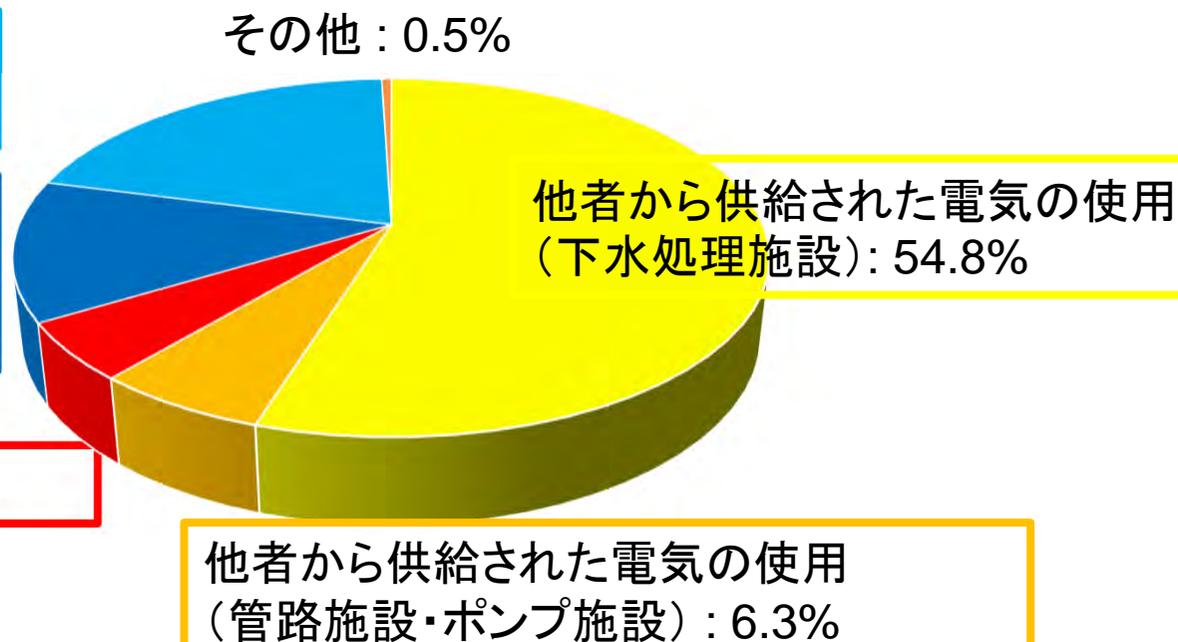
## 下水道事業における温室効果ガス排出の現状

- 下水道事業は我が国の年間消費電力量の約0.8%を占める。(約76億kWh)(H29)
- また、電力や補助燃料(化石燃料)の使用に伴い、CO<sub>2</sub>を年間596万トン排出。我が国全体の排出量の約0.4%を占める。(H30年度 地球温暖化対策の推進に関する法律(温対法)に基づく算定・報告)
- 2021年4月に、政府は、温室効果ガスを2030年度に2013年度比で46%削減、2050年度に実質排出ゼロを目指すを発表

焼却由来のN<sub>2</sub>O  
: 20.4%

下水処理、汚泥処理工  
程由来の N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> :  
12.7%

化石燃料の利用 : 5.2%



【 我が国の下水道事業における温室効果ガス排出量 】

596万t-CO<sub>2</sub> (平成30年度)

# 下水汚泥処理方式ごとの処理場数

汚泥処理方式					行先	下水処理場数
濃縮	消化	脱水	焼却	燃料化		
○	○	○		○	・石炭火力発電所	5
○		○		○	・セメント工場 ・製紙工場	10
○	○	○	○		・セメント工場	33
○		○	○		・建設工事現場 ・埋立地	93
○	○	○			・セメント工場	228
○		○			・緑農地	1375
○					・肥料工場 ・焼却炉 (下水処理場外) ・埋立地	134
						1878

## 「消化」を採用：266処理場

- ・消化ガスの焼却廃熱利用による、消化槽の加温は一般的に実施されている。
- ・消化ガスによる発電はR元年度末現在で全国118カ所の処理場で実施。
- ・全ての下水汚泥を消化し、消化ガス発電を行うと約10億kWhの発電が可能  
一方、消化ガス発電の実績は約3.6億kWh(2018年度)にとどまっており、地域バイオマスの利用も合わせての推進が課題である。

## 汚泥利活用の現況

### 汚泥処理の広域化・集約化の状況

- 他のバイオマスの受入れ事例は、し尿・浄化槽汚泥の受け入れが126事例、農集排の接続が209事例あるが、その他のバイオマスの受入れは少ない。

### 地域バイオマスの受け入れ事例数

受入れバイオマスの種類など	箇所数	受入れバイオマス量 (t-DS/年)
し尿・浄化槽、農集排等汚泥の 流域下水道への受入れ	5	3,568
し尿・浄化槽、農集排等汚泥の 公共下水道への受入れ	121	7,607
生ごみ、刈草等の受入れ	6	1,946
農業集落排水の接続	209	-

### 研究の目的

本研究では、下水処理場でのバイオマス資源の集約・拠点化、エネルギーの供給拠点化・自立化を達成するための技術的支援を目的とする。具体的には、

➤ 下水処理場で発生するバイオマスのエネルギー化促進の技術的支援

(1) 下水資源を用いた培養藻類のエネルギー化

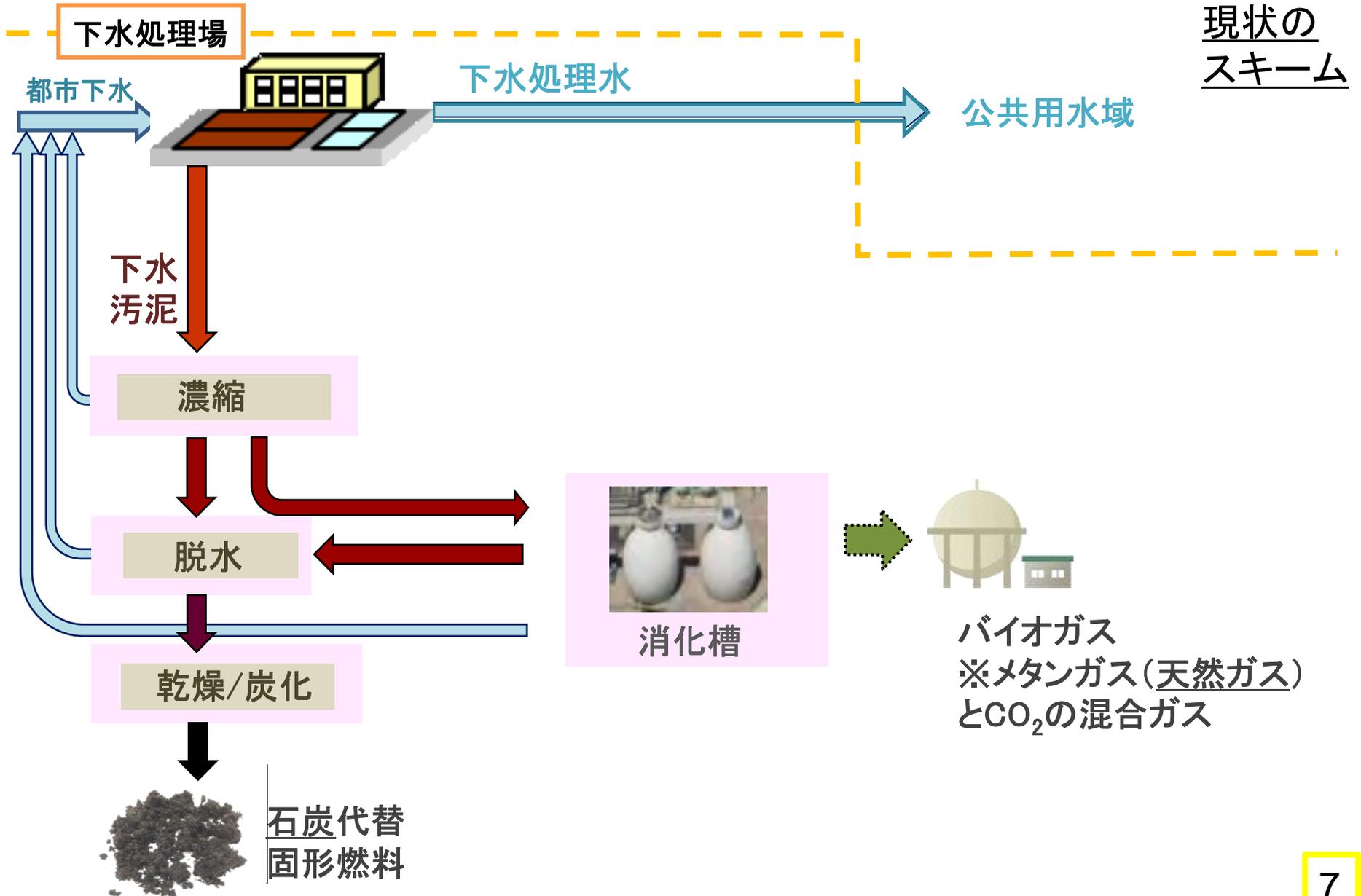
➤ 公共事業等に由来するバイオマスの下水処理場内利用促進の技術的支援

(2) 公共事業等に由来するバイオマスの下水処理場内利用に関する研究

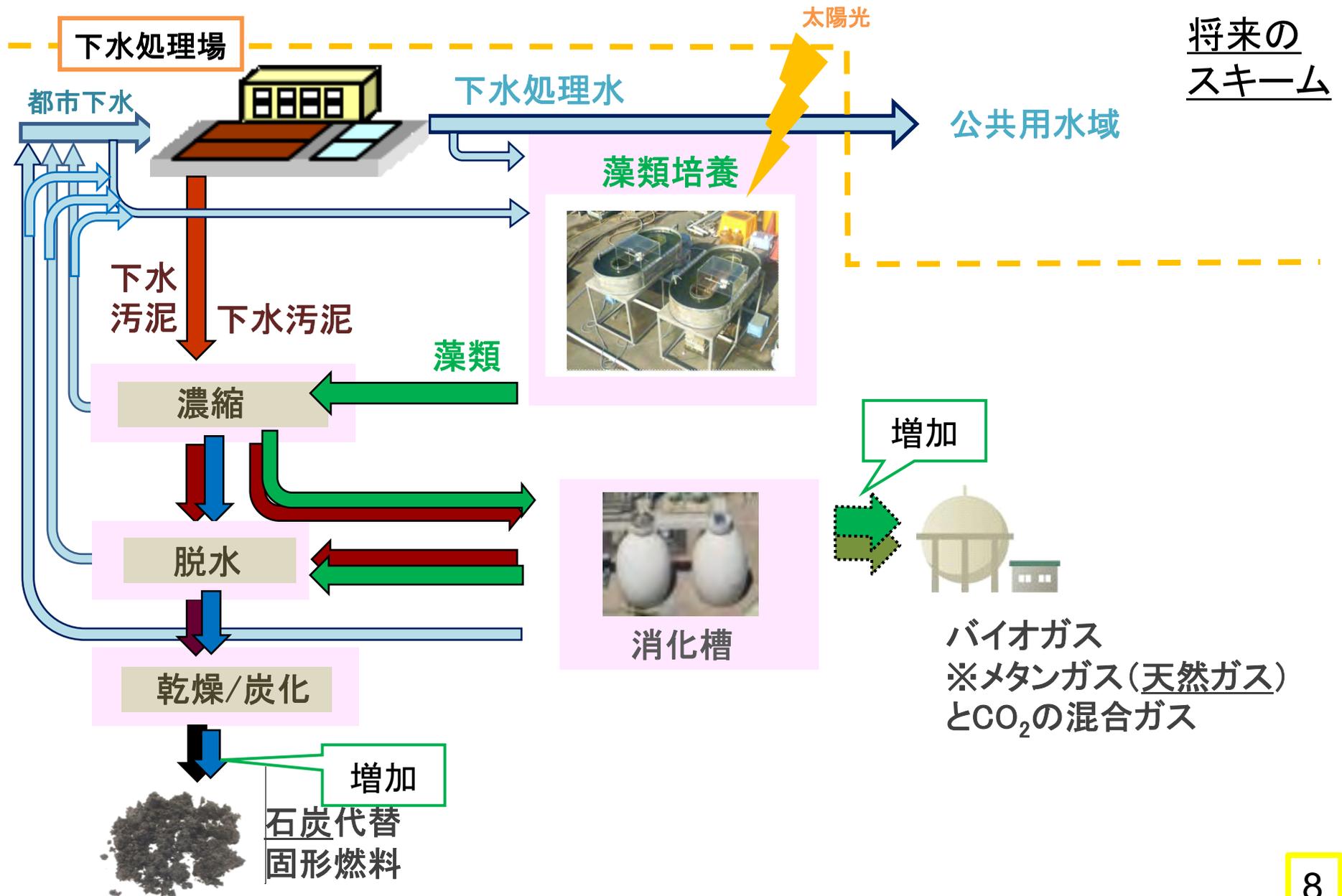


下水道事業における資源有効利用によってCO2排出量(H30年度:596万トンCO2)を減らすことで、CO2排出削減のみならず、下水道の運営コスト削減にも貢献

(1) 下水資源を用いた培養藻類のエネルギー化



(1) 下水資源を用いた培養藻類のエネルギー化



## (1) 下水資源を用いた培養藻類のエネルギー化

### (1)① 下水を利用した藻類培養、回収、濃縮、脱水技術の開発

○下水処理工程の各工程水を藻類培養液としたときの培養濃度、培養時間、メタンガス発生量等の諸元を以下の通りとりまとめた。

表 培養藻類のエネルギー化に係る諸元のとりのまとめ

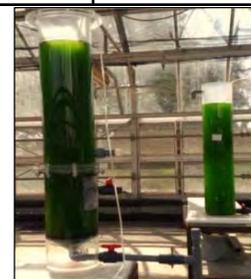
藻類培養液の種類	培養槽形状	培養濃度(最大)(mg/L)	培養時間(日)	培養方法	メタン転換率(%)	高位発熱量(MJ/kg-VS)	光条件	CO2添加	備考
最初沈殿池流出水 (一次処理水)	レースウェイ型	200~300程度 (360)	2~4	連続式	0.52-0.54	19.3~19.6	太陽光	あり	H29、30年度成果
最初沈殿池流出水+余剰汚泥	レースウェイ型	350~500程度 (675)	2~4	連続式	0.43-0.56	16.4-16.6	太陽光	あり	H30年度成果
下水処理水	レースウェイ型	120~170程度 (259)	4	連続式	0.41	16.1-15.7	太陽光	あり	第3中長期成果
下水処理水	密閉縦型	110~270程度 (490)	1~2	連続式	0.46-0.57	17.4-20.8	太陽光	あり	H29~R1年度成果
汚泥分離液(20倍希釈)	カラム型	240~370程度	16.8	回分式	0.38-0.39	15.6-22.4	太陽光	なし	H29、30年度成果
汚泥分離液(希釈なし)	カラム型	580~610程度	18~22	回分式	0.54	17.6-23.0	太陽光	なし	R1年度成果



レースウェイ型培養槽



縦型培養槽



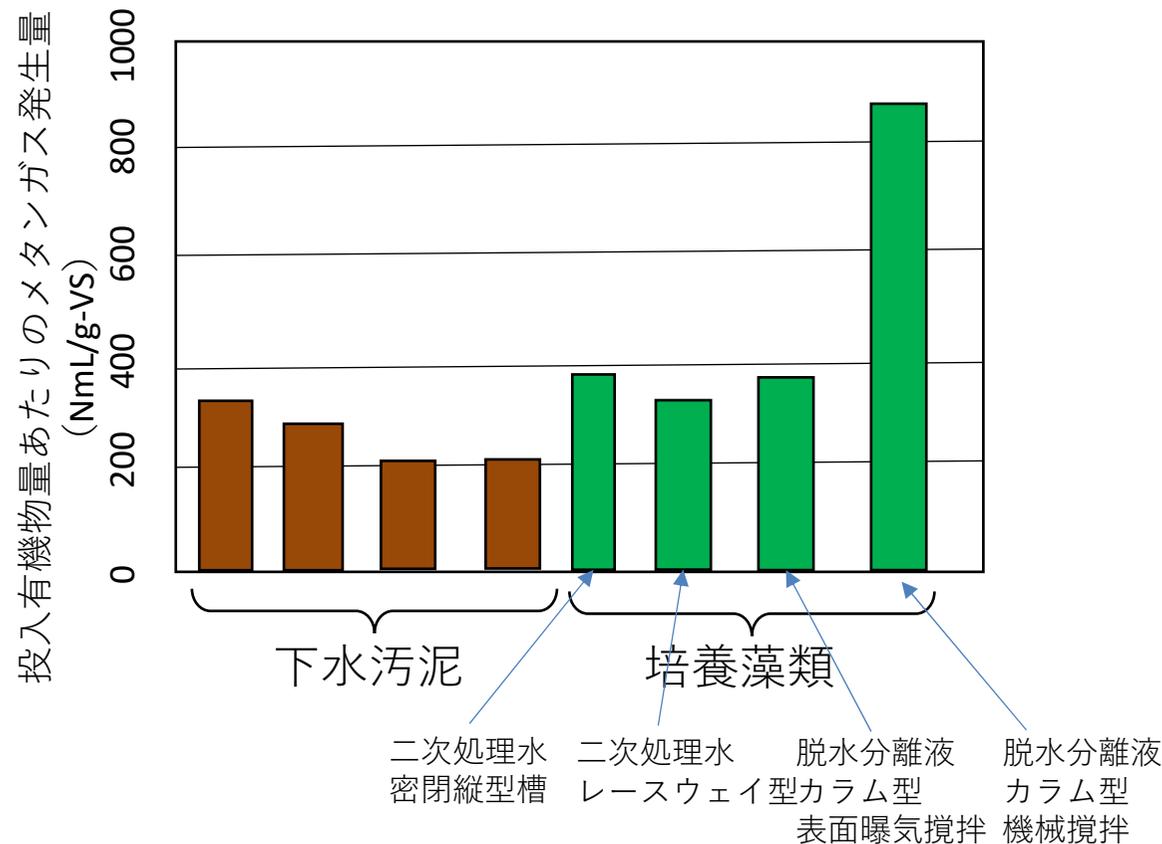
上部開放カラム型培養槽

## (1) 下水資源を用いた培養藻類のエネルギー化

### (1)② 下水汚泥と培養藻類の混合物のメタン発酵(嫌気性消化)特性の解明

○培養藻類・水草のメタン発酵(嫌気性消化)への適用性評価のために、下水汚泥との混合物について回分式試験により、メタンガス発生ポテンシャルを評価(差分法)した結果、培養藻類に関しては、いずれの培養方法においても、下水汚泥と同程度以上であった。

→培養藻類については、メタン発酵槽(嫌気性消化槽)への投入により、メタンガス発生量の増加が期待できることが明らかとなり、燃料としての有用性が示唆された。



(1) 下水資源を用いた培養藻類のエネルギー化

(1)③ 新規開発技術導入後のエネルギー効率やGHG排出抑制効果の評価

○下水処理場に新たに藻類培養槽を設置し、培養藻類を回収してエネルギー化するのに、追加で消費される電力等に係るCO2を排出量、藻類由来で新たに生み出されるエネルギー量をCO2削減量として試算した。

→今後のエネルギー収支とCO2排出量の評価への活用が期待される結果となった。

【主な試算条件】

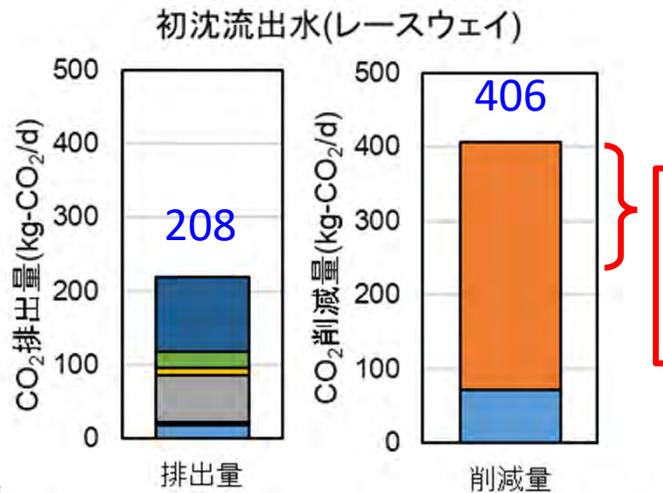
- ・レースウェイ型培養槽。
- ・1,000m<sup>3</sup>/日の最初沈殿池流出水
- ・藻類回収は凝集剤を添加した重力濃縮

【排出量】

- 電力値から算定
  - ・藻類培養槽への流入ポンプの電力
  - ・藻類培養槽の攪拌に係る電力
  - ・沈殿槽の攪拌に係る電力
  - ・沈殿槽から消化槽へのポンプに係る電力
  - ・消化槽の運転に係る電力
- 薬品に係る排出係数より算定
  - ・沈殿槽における凝集剤利用

【削減量】

- 電力値から算定
  - ・メタンガス発電機より得られる電力
- CO2量を直接算定
  - ・大気中からのCO2吸収量



結果

- 排出増加：208(kg-CO<sub>2</sub>/日)
- 排出削減：406(kg-CO<sub>2</sub>/日)

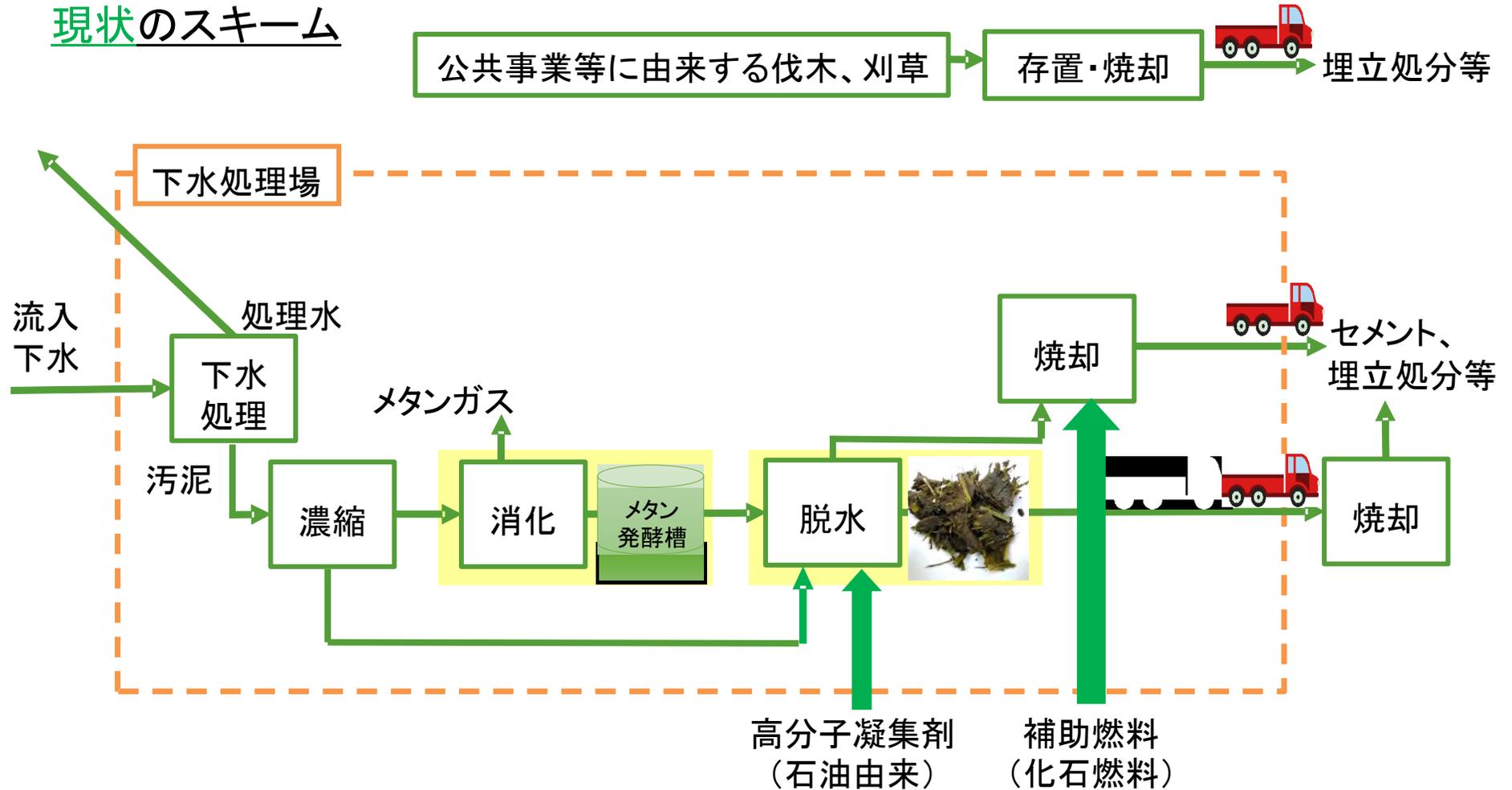
正味のCO2排出削減量  
406-208  
= 198(kg-CO<sub>2</sub>/日)

- 消化 エネルギー化
- 濃縮 凝集剤
- 濃縮 沈殿槽電力(ポンプ)
- 濃縮 沈殿槽電力(攪拌)
- 培養 CO2分離装置諸費電力
- 培養 流入ポンプ電力
- 培養 混合電力(水中プロペラOD法)
- メタンガス発電機により得られるエネルギーによるCO2削減量
- 大気中からのCO2吸収量(20%)

図 LCCO2試算結果

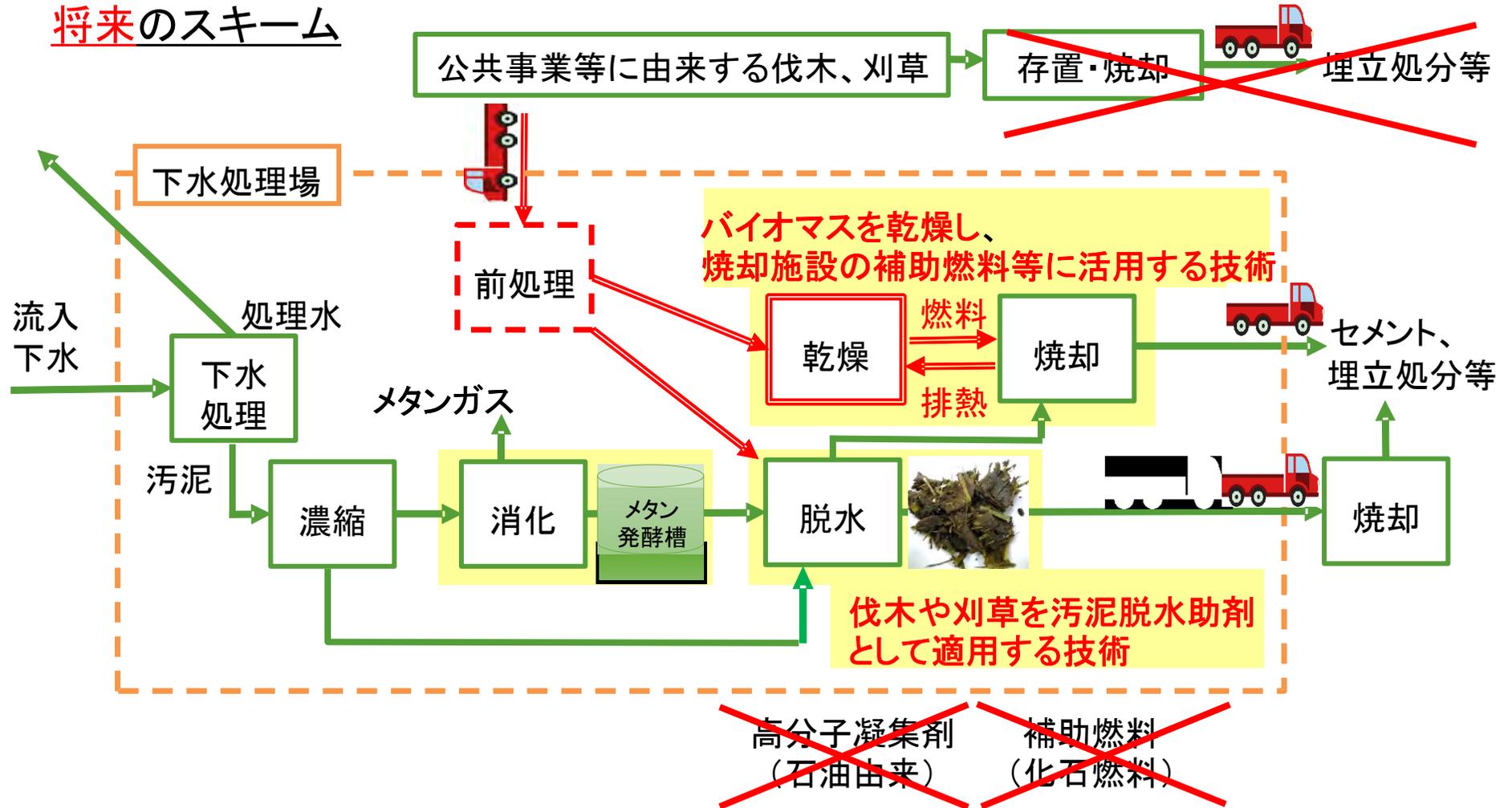
(2) 公共事業等に由来するバイオマス下水処理場内利用に関する研究

現状のスキーム



(2) 公共事業等に由来するバイオマスが下水処理場内利用に関する研究

将来のスキーム



# 研究開発の取組、成果

## (2) 公共事業等に由来するバイオマス下水処理場内利用に関する研究

### (2)① 伐木や刈草を汚泥脱水助剤として適用する技術

#### ○スクリープレス脱水機の試験機(実機)による脱水実験

脱水前の濃縮汚泥の固形物量(固形物率2~3%)に対して、固形比約10%の刈草等混合による脱水試験。脱水汚泥(脱水後の汚泥)量の減少を確認し、刈草等の脱水助剤としての有効性を確認

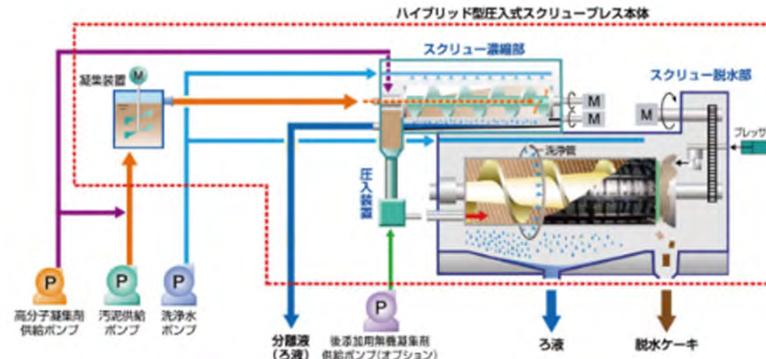


図1:スクリープレス脱水機の図

約5%の汚泥量低下

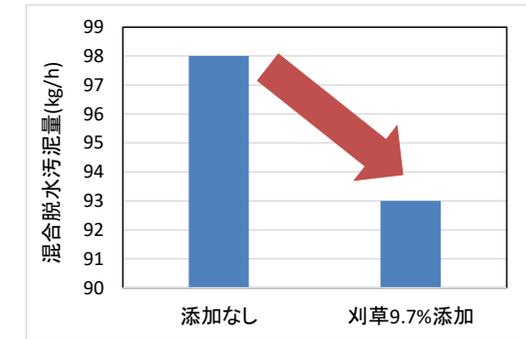


図2:スクリープレス脱水機試験による汚泥量減少効果

#### ○ベルトプレス脱水機(実機)による実証実験

刈草、水草等のバイオマスの混合で、脱水汚泥の含水率が低下し(図参照)、脱水汚泥量が10~13%減少することを確認(表参照)。また、凝集剤添加量を13%下げられることを確認。

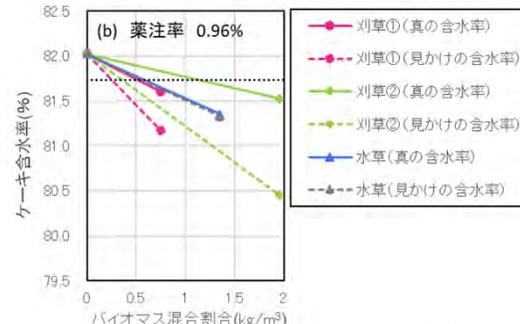
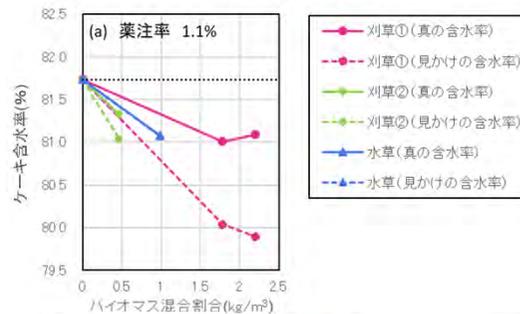


図 実証実験によるケーキ(脱水汚泥)含水率低下状況



バイオマスを混合した脱水汚泥

表 バイオマスを添加しない通常脱水時と、バイオマス混合時におけるケーキ発生量の比較

薬注率	バイオマス混合脱水	通常脱水
1.1%	0.75 t/h	0.85 t/h
0.96%	0.74 t/h	0.85 t/h

13%減少

13%減少

(2) 公共事業等に由来するバイオマスが下水処理場内利用に関する研究

(2)② 伐木や剪定枝を乾燥し、下水汚泥焼却施設の補助燃料等に活用する技術

草木系バイオマスを焼却の補助燃料に使うにあたり、技術的な有効性が不明

・エネルギー収支を検討し、化石燃料を使用するケースよりも消費エネルギーを削減可能であることを把握

○下水汚泥焼却炉における剪定枝利用時のA重油使用削減量を試算  
(100t炉に対して剪定枝5t/日の利用でA重油を36~72%削減)

表. 地方自治体の面積当たりの剪定枝発生量 (文献調査)

地域	発生量 (kg/(km <sup>2</sup> ・日))
八王子市	53.7
町田市	65.9
浜松市	59.7
堺市	63.4
東京都区部	60.1

※平均として60kg/(km<sup>2</sup>・日)程度の発生が見込まれた。収集範囲を5km圏内として、開発目標を剪定枝5トン/日規模と設定した。

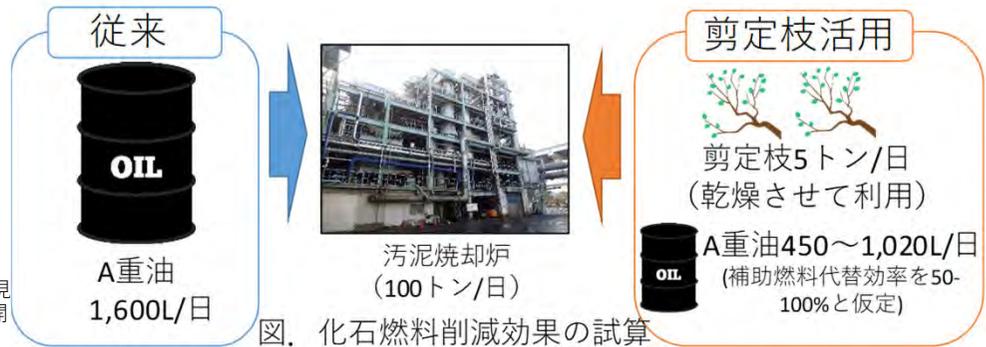
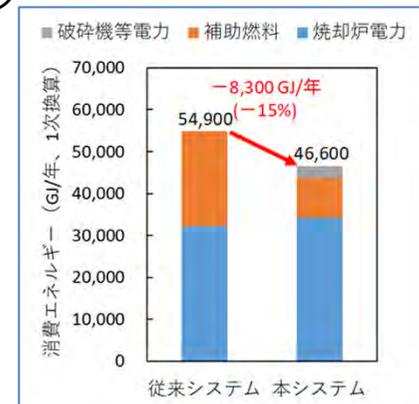


図. 化石燃料削減効果の試算

○剪定枝廃材の燃料利用システム導入により消費エネルギーを15%削減できる試算

図 従来システム(汚泥※のみ)と本システム(汚泥※+剪定枝5.0トン/日)の年間消費エネルギー量  
※嫌気性消化後に脱水した汚泥を燃焼した場合



実処理場への適用可能性検討に着手

○政令指定都市の浄化センターを対象に、一般家庭や公共事業から発生する剪定枝等を下水汚泥焼却施設の補助燃料利用に関する可能性検討を開始

(2) 公共事業等に由来するバイオマスが下水処理場内利用に関する研究

(2)② 伐木や剪定枝を乾燥し、下水汚泥焼却施設の補助燃料等に活用する技術

政令指定都市び浄化センターをモデルに、既存し渣混焼ラインを用いたバイオマスの搬送可能性について検討するため、**デモ機での破碎試験**及び**実機での搬送試験**を実施

【破碎試験】

- 20mm以下にあらかじめ破碎された剪定枝等をし渣破碎機に通じた場合、閉塞することなく通過。
- 破碎機を通過したし渣と剪定枝等破碎物について安息角がほぼ同等(40-45°)であることを確認。  
→ シュート部における閉塞の可能性は低い。



安息角

破碎後のし渣



安息角

破碎後の剪定枝等

【搬送試験】

- 下水処理場で供用されているスクリーンコンベア及びフライトコンベアを用いて破碎物を搬送。搬送に支障をきたす問題は生じなかった。

搬送破碎物	投入量	回収量	回収/投入
し渣単独	16.7kg	15.5kg	93%
剪定枝等	8.35kg	8.9kg	107%

し渣ホッパ  
(剪定枝投入口と想定)



ケーキ投入機



図 想定するバイオマス搬送フローとR2年度の検討範囲(破線部)

搬送システムの単位時間当たり輸送可能体積から単位時間当たりの輸送可能低位発熱量は約700MJ/h  
消化ガス削減量は31m<sup>3</sup>/h (60kWの発電相当)と試算

既存施設の転用は可能であることが示唆された。

### 成果の実用化と早期普及に向けた取組

#### 【第5中長期計画期間における取組】

- 成果の社会実装に向けた取組

- (1) 下水資源を用いた培養藻類のエネルギー化

第4中長期計画期間において開発した技術を活用し、実証実験等を通じ、下水資源を活用したエネルギー増産実装技術の確立に向けて取り組む。

- (2)① 伐木や刈草を汚泥脱水助剤として適用する技術

第4中長期計画期間においては、刈草混合による汚泥の減量化を実証したが、第5期では、刈草混合脱水汚泥の燃料化や肥料化等による有効利用方法の開発に取り組む。

- (2)② 伐木や剪定枝を乾燥し、下水汚泥焼却施設の補助燃料等に活用する技術

第4中長期計画期間において開発した技術を活用し、実証実験等を通じ、実装技術の確立に向けて取り組む。

- 基準・マニュアル等への反映

上記研究による成果については、国交省の「下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル」や、国交省が今後作成予定の「下水処理場における地域バイオマス利活用検討ツール」に、研究成果が反映されるように取り組む。



ご清聴ありがとうございました。