

脱炭素社会への貢献のあり方 検討委員会資料

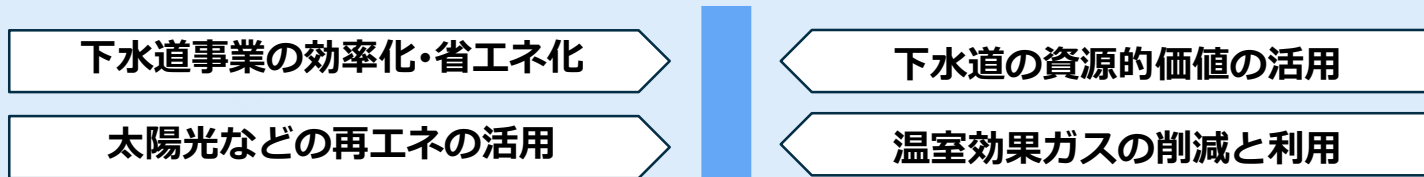
令和3年10月27日

公益社団法人
全国上下水道コンサルタント協会

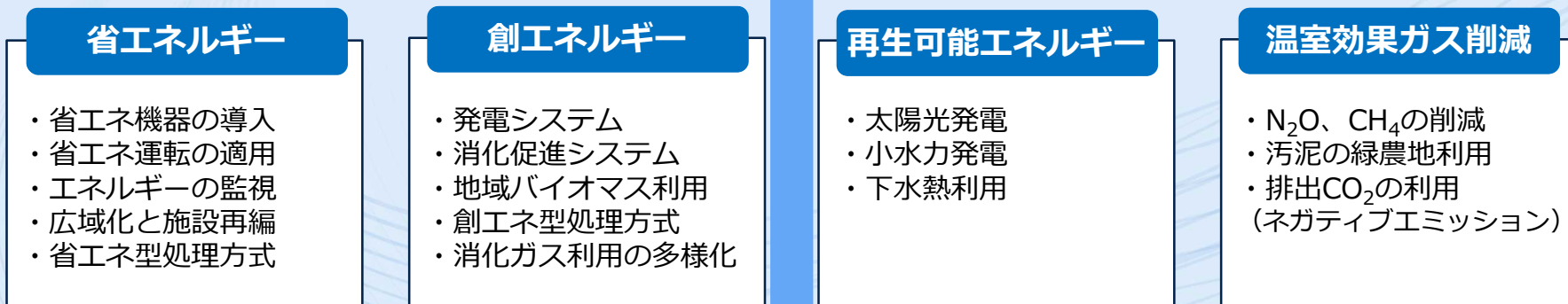
ゼロカーボン下水道の推進



サステナブル社会実現の課題



ゼロカーボン下水道



持続可能な地域づくりに貢献

- ・地域におけるエネルギー自給率の向上
- ・災害時におけるエネルギー供給に貢献
- ・下水道事業のサステナビリティの向上

ゼロカーボン下水道の国際展開

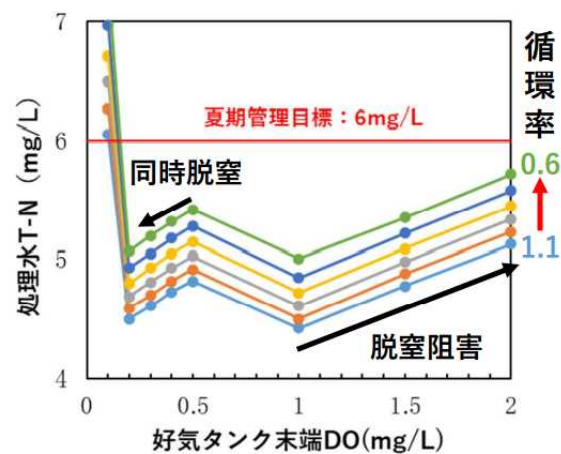
- ・エネルギー事情の厳しい途上国での貢献
- ・現地におけるGHG・環境負荷削減に貢献
- ・下水道技術の国際競争力向上に寄与

省エネルギー シミュレーションソフトによる省エネ運転検討例

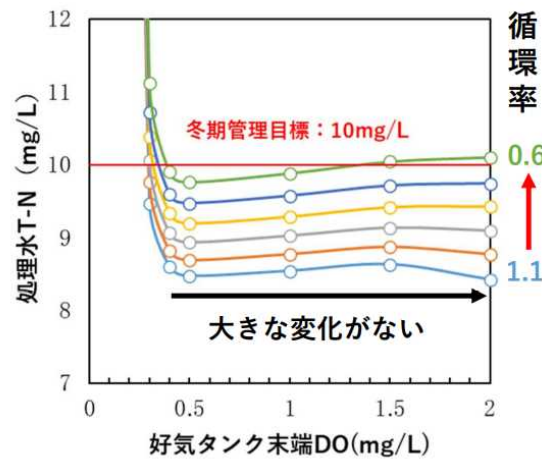


- ・季節別に設定された放流水質（T-N）を順守しつつ、運転エネルギーの削減を目指す
- ・反応タンクのDO（ばっ気風量）と硝化液循環量を調整する
- ・シミュレーションソフトは実績の多い「BioWin」を使用

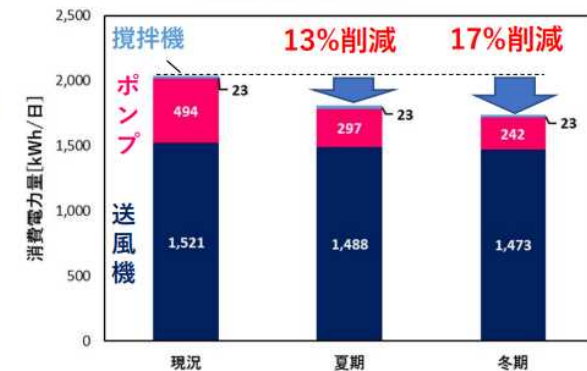
＜循環法一夏期＞



＜循環法一冬期＞



＜循環法＞



消費電力量の削減見込み

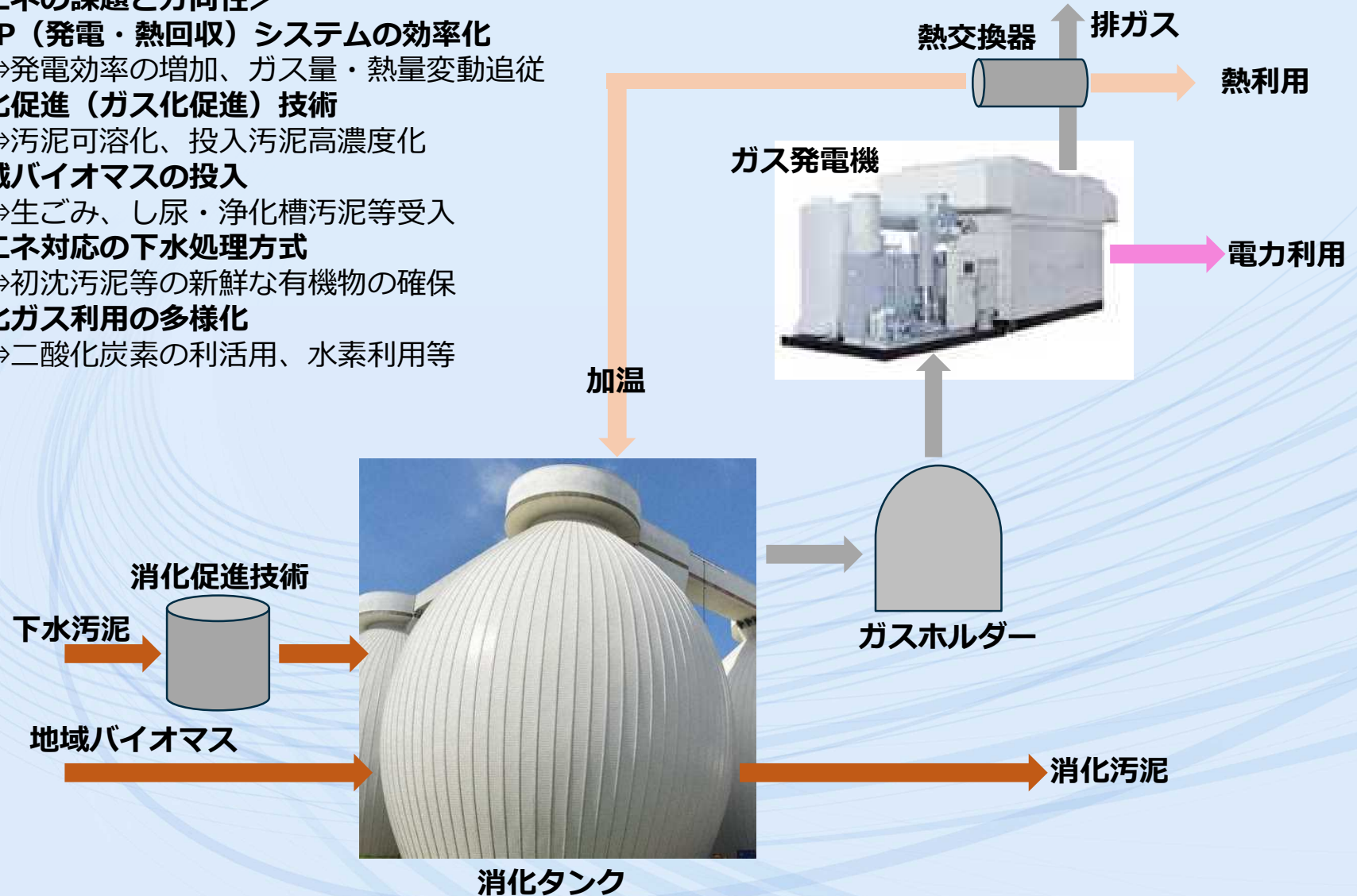
- ・全国で稼働している高度処理施設では十分なHRTを確保されているため、DOを低くしても硝化促進が可能であり、省エネ運転を実施できる可能性が高い。

創エネルギー 創エネルギーの取組み課題



＜創エネの課題と方向性＞

- ① **CHP（発電・熱回収）システムの効率化**
⇒発電効率の増加、ガス量・熱量変動追従
- ② **消化促進（ガス化促進）技術**
⇒汚泥可溶化、投入汚泥高濃度化
- ③ **地域バイオマスの投入**
⇒生ごみ、し尿・浄化槽汚泥等受入
- ④ **創エネ対応の下水処理方式**
⇒初沈汚泥等の新鮮な有機物の確保
- ⑤ **消化ガス利用の多様化**
⇒二酸化炭素の利活用、水素利用等



再生可能エネルギー 太陽光発電導入による発電ポテンシャル



- ・ 処理場の太陽光発電設置による発電効果は、処理場消費電力の13~25%程度
金額ベースでは、650万円~1300万円/年程度となる (Q=18,000m³/日)

<処理場の条件設定>

- ・ 処理水量：147億m³/2200ヶ所/365日 = 18,000m³/日
- ・ 用地面積：8600ha/2200ヶ所 = 3.9ha/ヶ所
- ・ 消費電力：75億kWh/2200ヶ所 = 340万kWh/ヶ所・年

<太陽光発電の条件設定>

- ・ 年間予想発電量 (Ep) : $Ep = H \times K \times P \times 365 \div 1$ …NEDOガイドブック
H : 年平均日射量 (kWh/m²/日)、K : 損失係数…約73%、P : システム容量 (kW)
 $Ep = 3.88 \times 0.73 \times P \times 365 = 1033.8 \times P \text{ kWh/年}$
- ・ 太陽光パネル条件：T社製を想定、1枚の容量250W、寸法1559mm×798mm
ユニットをヨコ10列×タテ4列の40枚構成 (10kW) として15.59m×3.19m=49.7m²
- ・ 単位面積あたり発電量：1033.8kWh×10/49.2m²=210kWh/年・m²
ユニットの周囲に点検スペースを考慮してヤード面積あたりは、110kWh/年・m²

<処理場の太陽光発電ポテンシャル>

- ・ 用地面積の10%使用：0.39×10000×110 = 43万kWh/年 (消費電力の13%)
- ・ 用地面積の20%使用：0.78×10000×110 = 86万kWh/年 (消費電力の25%)

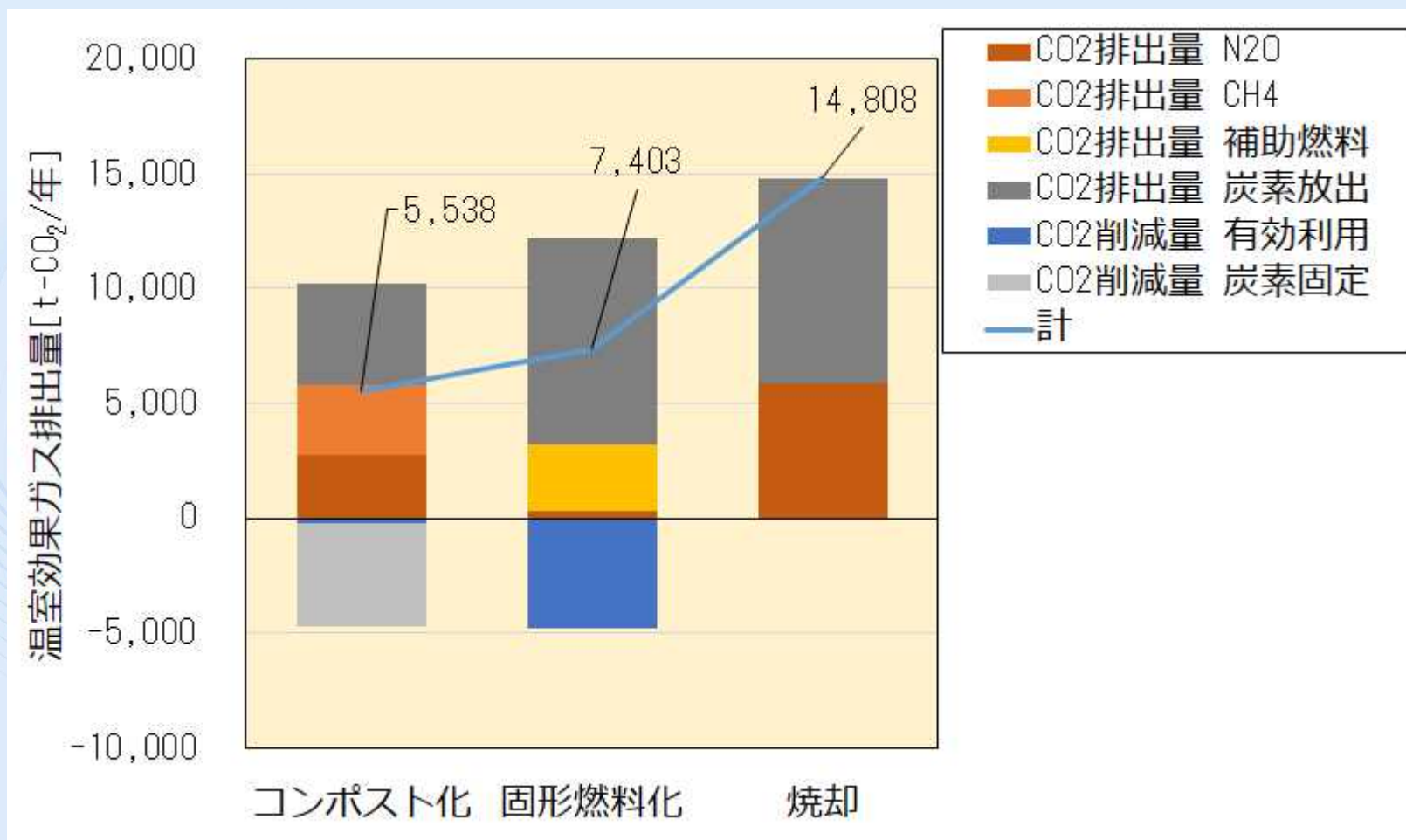


温室効果ガス削減 下水汚泥を緑農地利用した場合の効果試算



◆ 100,000m³/日規模の処理場でのモデル計算

- ・コンポスト化による緑農地利用は、汚泥中の炭素を固定し利用できることから固形燃料化や焼却処理と比較して温室効果ガス排出量を低く抑えられる。



【調査】 海外のゼロカーボン下水道



海外におけるエネルギー自立型下水処理場の例

	国	下水処理場名	処理能力 (m ³ /日)	取り組みの内容					エネルギー 自給率 (%)
				CHP	バイオマス等 の導入	太陽光	風力	その他*	
1	オーストリア	Strass	23,000	○	○				109
2		Vienna (ebswien kläranlage)	520,000	○		○	○	○	>100
3		Wolfgangsee-Ischl	19,000	○	○				>100
4	デンマーク	Avedøre, Damhusåen & Lynetten	315,000	○		○			173
5		Egaa	※20,000	○					>100
6		Ejby Mølle	51,000	○				○	180
7		Marselisborg	30,000	○					153
8	フランス	Aquaviva	86,000	○		○		○	100
9	ドイツ	Köhlbrandhöft/Dradenau	410,000	○	○	○	○		>100
10		Grevesmuhlen	15,000	○	○				>100
11		Steinhof	60,000	○	○				>100
12	オランダ	Tiel	※18,000	○					100
13	スイス	Engelberg	12,000	○		○		○	>100
14		Morgental	7,000	○	○	○	○	○	>100
15		Zürich Werdhölzli	※254,000	○	○	○			>100
16	イギリス	Esholt	280,000	○				○	>100
17	米国	EBMUD	265,000	○	○				>100
18		Gloversville-Johnstown	42,000	○	○				100
19		Gresham	49,000	○		○	○		100
20		Point Loma	662,000	○	○			○	>100
21		Sheboygan Regional	42,000	○	○				100

海外文献調査を行い、電力自給率100%以上の事例を抽出
 ※：「処理能力 = P E (人) × 0.2 (m³/日)」として算出
 *：水力発電、ヒートポンプ等

ゼロカーボン下水道の事例（海外）

Granada, ciclo integral del agua 100% libre de carbono (1/2)



スペイン・グラナダ市

- 南グラナダバイオファクトリー
- 施設規模：62.8万人(グラナダ市広域圏)
- 処理水：100%灌漑利用、汚泥：農業用肥料として利用
- バイオガスコジェネレーションを導入し、余剰電力を地域グリッドに売電
- EUのサーキュラーエコノミー先進事例として紹介された。



◇電力需給の推移

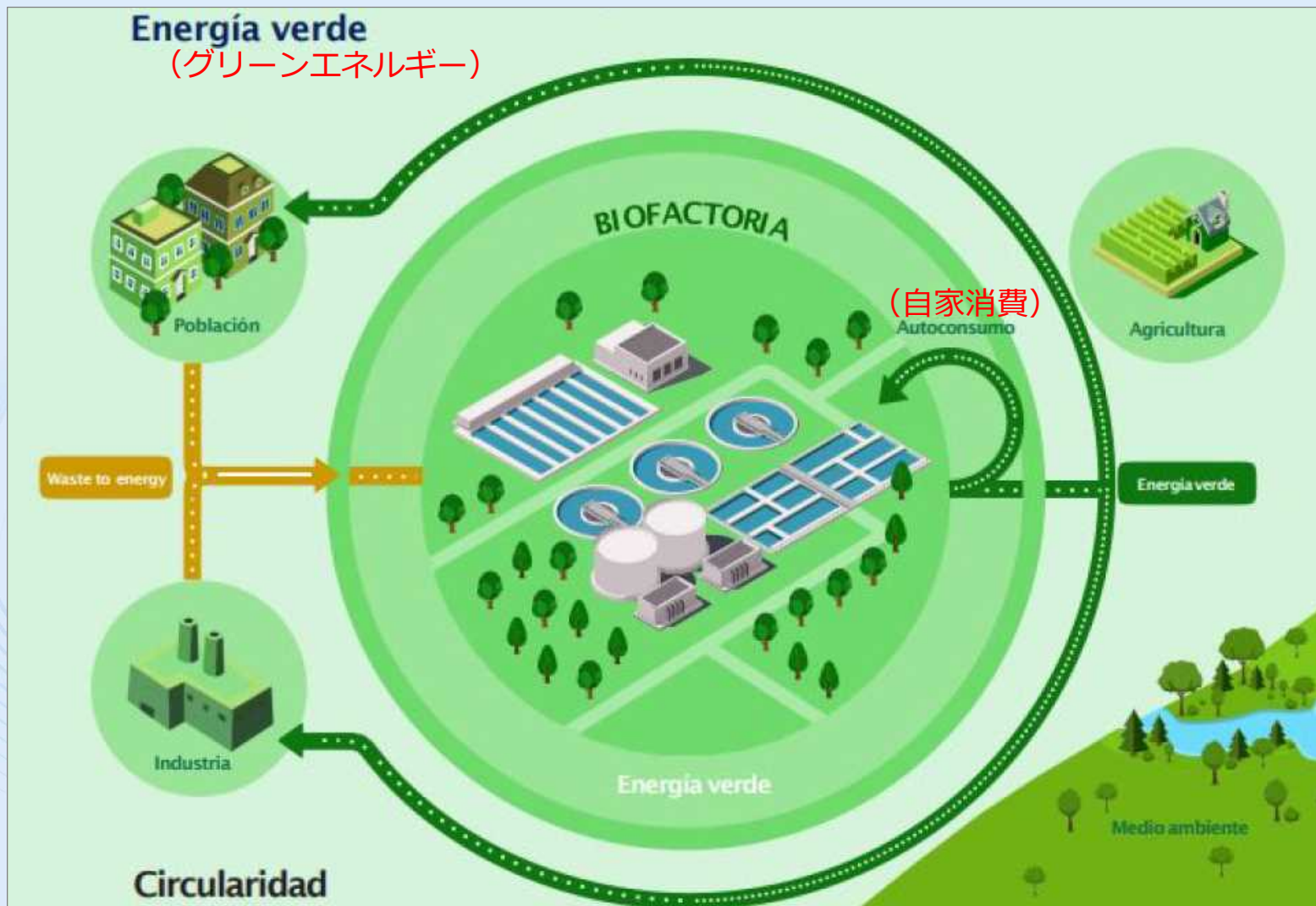
kWh/年

Año	Consumida	Cogenerada	Comprada	% Autoabastecimiento
2010	6.186.047	2.110.890	4.075.157	34%
2011	5.564.048	1.992.980	3.571.068	36%
2012	5.135.041	2.376.330	2.758.711	46%
2013	4.755.552	2.786.980	1.968.572	59%
2014	4.628.879	3.058.010	1.570.869	66%
2015	4.142.659	3.301.310	841.349	80%
2016	4.233.681	3.105.040	1.128.641	73%
2017	4.254.015	3.512.174	741.841	83%
2018 estimación	4.023.390	4.058.545	-35.155	100,87%

<消費電力> <コジェネ電力> <需給差> <電力自給率>

ゼロカーボン下水道の事例（海外）

Granada, ciclo integral del agua 100% libre de carbono (2/2)



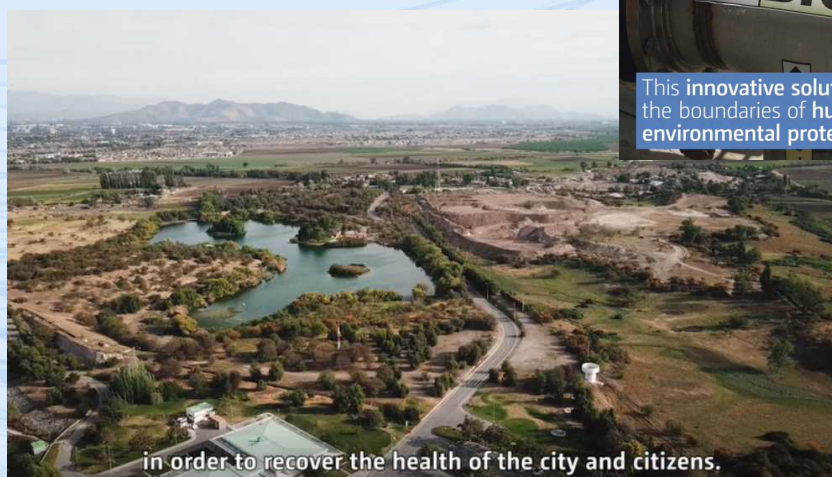
ゼロカーボン下水道の事例（海外）

Santiago Biofactory



チリ・サンチアゴ首都州

- グラン・サンチアゴ・バイオファクトリー
- 施設規模：700万人
- サンチアゴ首都圏にある3つの下水処理プラントでは総計134 GWhのエネルギーを消費
- 処理水：灌漑利用、汚泥：農業用肥料として利用
- 下水汚泥からのエネルギー回収により、49 GWhの電力、177 GWhのバイオガス、84 GWhの熱エネルギーを生産
- UNFCCC（国連気候変動枠組条約）の先進事例として紹介された。



<https://unfccc.int/climate-action/momentum-for-change/planetary-health/santiago-biofactory-chile>

【参考資料】試算条件

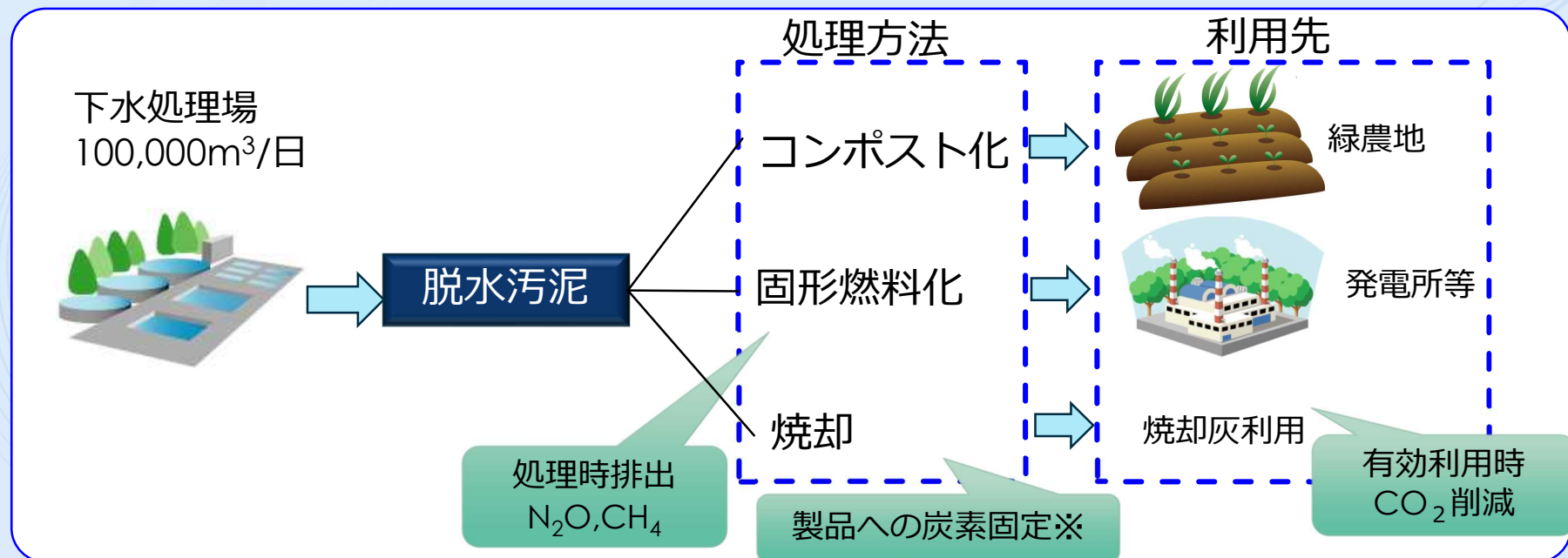
下水汚泥を緑農地利用した場合の温室効果ガス排出量削減効果（1/3）

◆ 試算の概要

- ・国内の脱水ケーキをコンポスト化・緑農地利用した場合に得られる温室効果ガス削減量のポテンシャルを算出

◆ 試算方法（モデル）

- ・モデル処理場として100,000m³/日（日平均流入水量）を想定
- ・発生する脱水汚泥に対しコンポスト化→緑農地利用した場合の温室効果ガス発生量を算出し、他の処理（焼却処理、固形燃料化処理）を行った場合と比較



※下水汚泥はバイオマスであるため、燃焼させても発生するCO₂はノーカウントとなる。そのため燃焼時に発生するCO₂を用いた場合、グリーンCO₂として価値がある。よって、製品内に炭素を固定している分、CO₂削減につながる。

【参考資料】 試算条件

下水汚泥を緑農地利用した場合の温室効果ガス排出量削減効果 (2/3)



◆ 試算条件

□ 処理に伴うCO₂排出量=処理汚泥量×CO₂排出量原単位

項目		単位	数値	CO2換算	備考
				t-CO2/wet-t	
焼却・炭化	CH ₄	t-CH ₄ /wet-t	0.0000097	0.0002425	
コンポスト化		t-CH ₄ /wet-t	0.004	0.1	
乾燥		t-CH ₄ /wet-t	0	0	
焼却	N ₂ O	通常流動・800℃	t-N ₂ O/wet-t	0.00151	0.44998
		高温流動・850℃	t-N ₂ O/wet-t	0.000645	0.19221
		多段炉	t-N ₂ O/wet-t	0.000882	0.262836
		多段吹込、ストーカ炉、過給炉等	t-N ₂ O/wet-t	0.000263	0.078374
炭化	CO ₂	t-N ₂ O/wet-t	0.0000312	0.0092976	
コンポスト化		t-N ₂ O/wet-t	0.0003	0.0894	
乾燥		t-N ₂ O/wet-t	0.0000312	0.0092976	炭化と同様と仮定
コンポスト利用		t-CO ₂ /wet-t	0.06279	0.06279	

※電力利用に伴うCO₂は、ここでは考慮しない

□ 補助燃料利用CO₂排出量 (固形燃料化)

- ・ 固形燃料化としては乾燥処理を想定。脱水汚泥から乾燥汚泥の含水率 (20%) まで水分を蒸発させるための熱量分として補助燃料を利用する。補助燃料は都市ガスを想定 (2.23t-CO₂/Nm³)
- ・ 汚泥温度を20℃と想定、水の潜熱2,257kJ/kg、顕熱4.184kJ/(kg・K)

【参考資料】試算条件

下水汚泥を緑農地利用した場合の温室効果ガス排出量削減効果 (3/3)

◆ 試算条件

□ 炭素固定量

脱水汚泥中の炭素量:有機物中の約50%

- **コンポスト利用** : コンポスト化時の有機物分解率50%より、残り50%が固定される
- **固形燃料利用** : 燃料利用時に燃焼し、大気放出されるため固定ゼロ
- **焼却** : 焼却時に大気放出されるため固定ゼロ

□ 有効利用に伴うCO₂削減量

● **コンポスト利用** :

農水省は施肥量による計算をするため、バイオマス肥料を化学肥料代替としてカウントしない。

↓

総務省「バイオマスの利活用に関する政策評価」(H23.2)により、化学肥料代替分として2.093t-CO₂/t-Nを堆肥の窒素含有量(3%程度)に乗じた量を堆肥利用に伴う削減されるCO₂量とカウント

● **固形燃料利用** :

石炭代替利用を想定し、以下の式により算出

CO₂削減量=乾燥汚泥による発電量×電力利用に伴うCO₂排出量原単位

乾燥汚泥による発電量 = 乾燥汚泥低位発熱量 / 石炭発熱量 / 3.6 × 石炭火力発電効率

● **焼却** : 無し