

資料4-1

（2）将来的な全体最適化に向けた検討

目次

- 1) 複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
- 2) 下水汚泥の焼却等における脱炭素化に向けた検討
- 3) 上下水道事業における温室効果ガスの排出実態把握（R6実施報告）

目次

- 1) 複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
- 2) 下水汚泥の焼却等における脱炭素化に向けた検討
- 3) 上下水道事業における温室効果ガスの排出実態把握（R6実施報告）

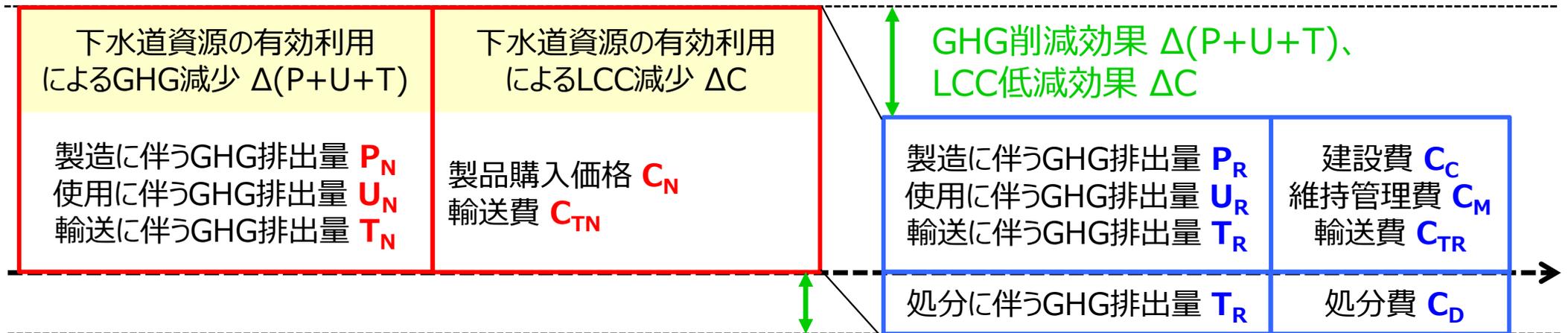
複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

研究背景・目的

- 下水汚泥：エネルギー・肥料利用で高い資源利用ポテンシャルを発揮
 - GHG：バイオマスとしての特性を活かして有効利用することによる削減効果
 - コスト：海外からの輸入に頼っている原料を下水道資源に代替することによる低減効果
- 下水道事業の外部貢献
 - 化石燃料、化学肥料等のこれまで利用していた製品（従来製品）を下水道資源に置き換え
 - 海外輸入も含めて従来側の産業（エネルギー、農業等）分野で脱炭素、コスト削減に貢献
 - 下水道事業の範囲内での検討にとどまり、外部貢献も含めた効果は明らかにされていない

従来製品 (N)

下水道資源 (R)



目的

既存の下水道資源の有効利用事例より、GHG排出量およびLCCの下水道事業の外部貢献も含めた効果を定量化し、双方の観点から総合的評価を行う手法を検討すること

従来製品、下水道資源の比較による下水道事業の外部貢献の定量的評価を実施

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

第1回エネルギー分科会における主なご意見

No.	意見	回答・対応案
1	今回の結果を踏まえて、既存の下水道温暖化対策計画推進マニュアルのファクトリスト見直しを行うのか。	マニュアルのWGの議論は別途行われており、直結するものではない。国インベントリの分科会も含め、それぞれの目的で議論されるため、各内容が完全一致する必要はないが、基本的な考え方、特に科学的な考え方はできるだけ整合させる形で進めたい。
2	外部貢献の考え方について、LCCのコストに建設費が入っているが、施設は下水処理のためであり、LCCが悪い方向に寄っている要因として維持管理費等の内訳がどう影響しているのか確認したい。	LCCは資源化に伴い追加的に整備する施設の費用を計上している。大規模・中小規模処理場のフローを有効利用に置き換える前提条件で試算し、建設費、維持管理費も影響している。焼却を燃料化に変える等の 事業ベースの評価 を入れることで結果がどう入れ替わるか今後しっかり検討したい。
3	回収リン乾燥工程負荷は、GHGやLCCに大きく響くのではないか。関連してリン回収では、MAPやHAPの発生に伴い配管が閉塞する事象もあり、リン回収により得られる維持管理上の便益（清掃回数、MAP等の処分費、配管閉塞対応に伴う人件費の削減）も想定される。	回収リン乾燥工程の有無は自治体によって異なる。 維持管理上の便益 も含めるとGHG、LCCが良くなる方向になる可能性があるため、様々な想定の設定条件により検討を進めたい。
4	スコープ3のGHG削減分について、現状は環境価値の売却権がない。自治体側がGHG削減を達成できたとしても売却権がない状況ではメリットがなく、投資する価値がない。新たな評価軸を今後検討していくべき。	その他の評価軸の定量化 に加えて、 電力・ガスの制度やクレジット 等、事業者としての取り組みの観点と国全体として見た時の観点も含めて整理・検討をしていく。

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
全体フロー

R7年度第1回エネルギー分科会
資料より

将来的な全体最適化に向けた検討 フロー

下水道の他分野への貢献評価手法の提示

① 定量的な試算・評価

GHG削減効果

LCC低減効果

複数の評価軸（GHG・LCC等）を設定
両面からの定量的評価

成果の反映

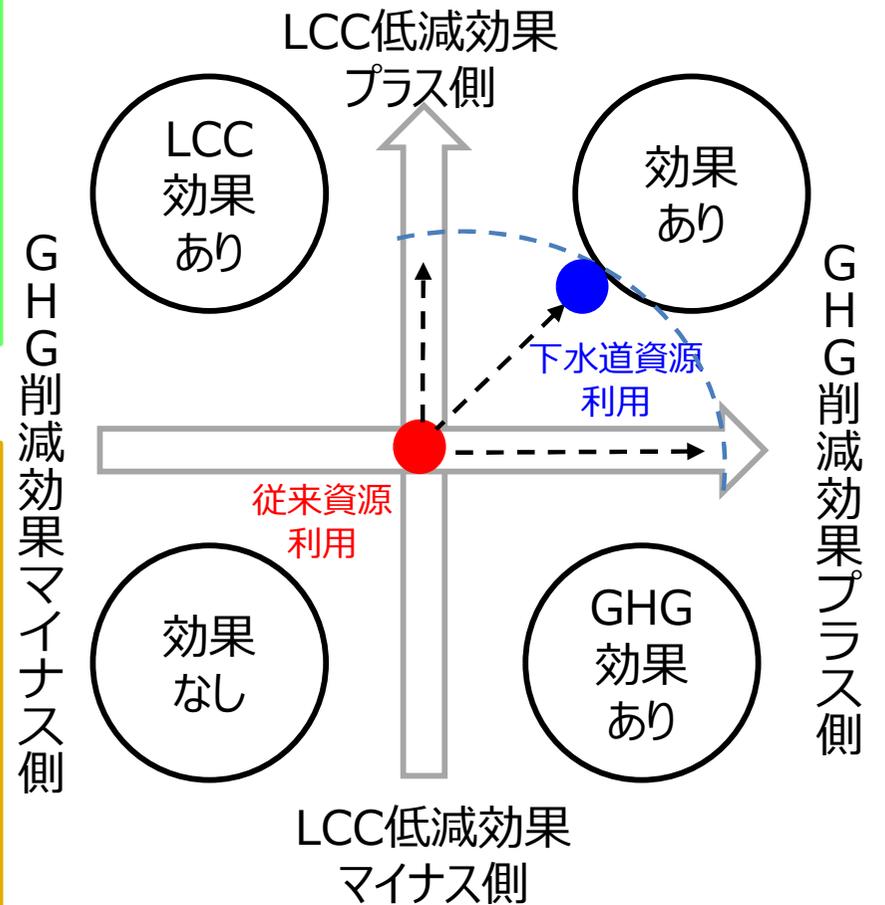
② 外部貢献の検討範囲（制度面）

制度・計画の見直し等に合わせた
外部貢献の積極的な位置づけの検討

- ・下水道温暖化対策推進計画、対策マニュアル
- ・環境省 算定・報告・公表（SHK）制度
- ・地方公共団体実行計画 等

サプライチェーン排出量の適用可能性の検討
（Scope1～3の分類による）

両面からの定量的評価 概念図
（一例）



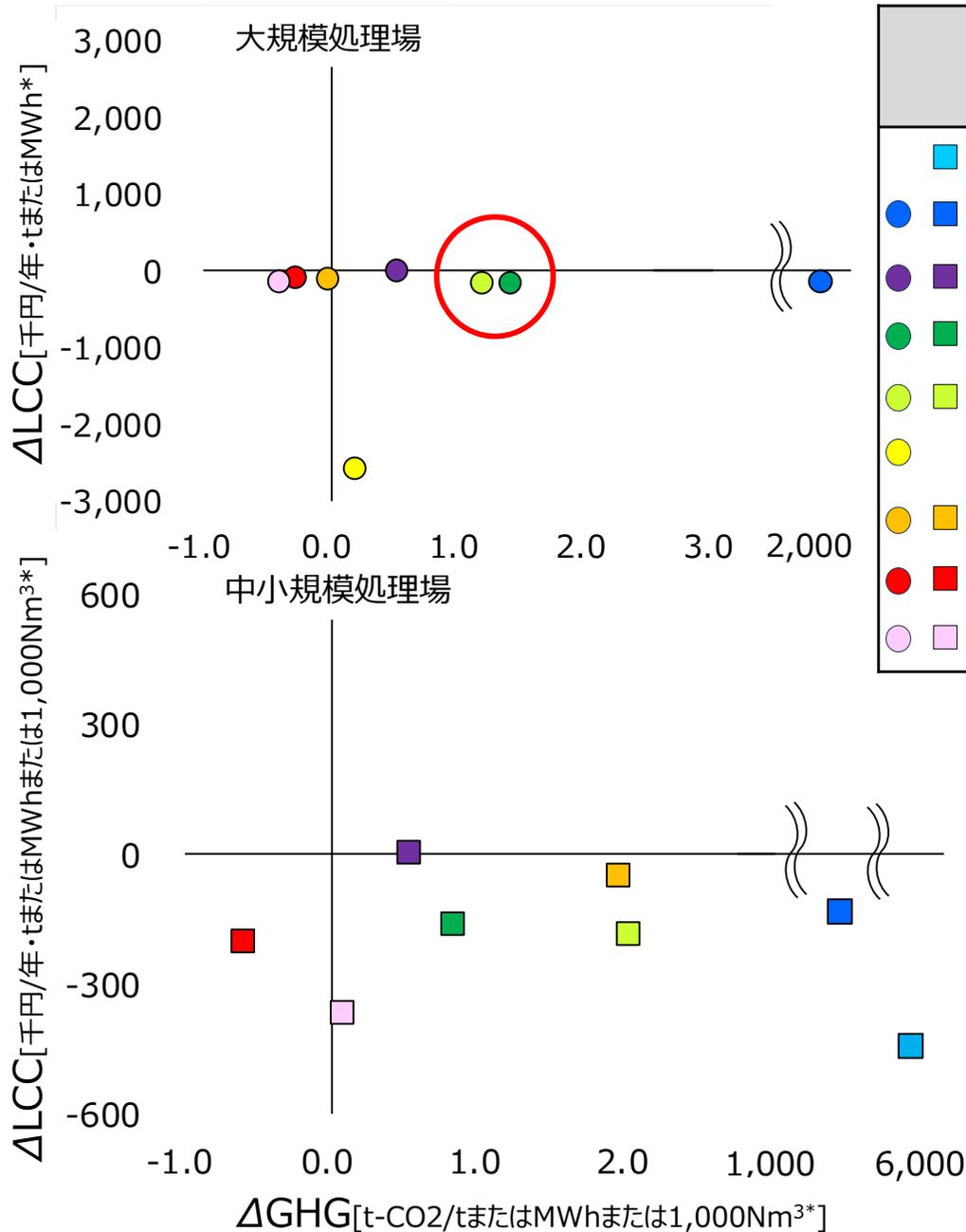
-
- ① 定量的な試算・評価 新たな評価軸に関する検討 等
 - 施設更新を考慮した事業ベースの評価
 - 食料安全保障の観点での効果定量化
 - カーボン・オフセットの下水道事業への適用性
 - 建設時・更新時を含めた温室効果ガス排出量の試算

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

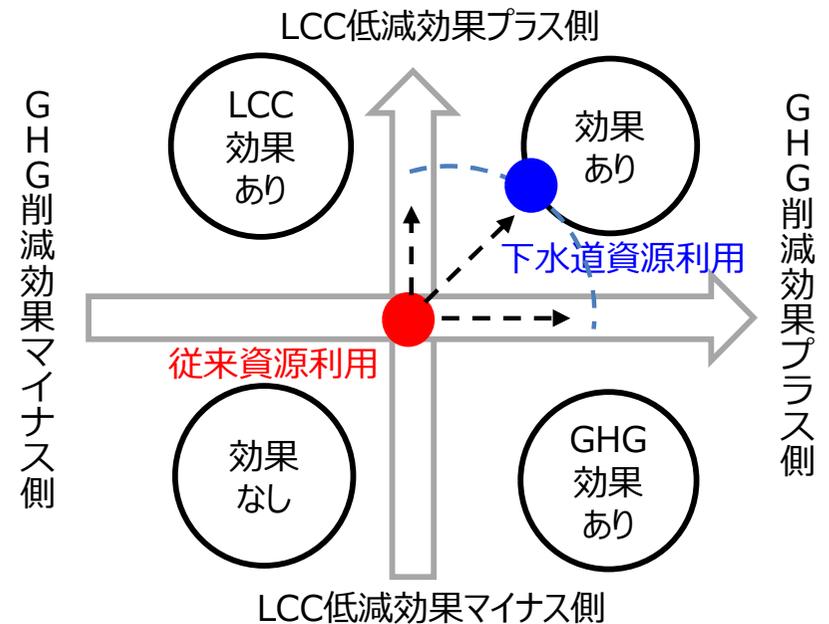
EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

GHG削減・LCC低減効果

R7年度第1回エネルギー分科会資料より



ΔGHG[t-CO ₂] ΔLCC[千円]	大規模処理場		中小規模処理場	
	ΔGHG	ΔLCC	ΔGHG	ΔLCC
■ 消化ガス利用	-	-	6,171	-444
● 消化ガス発電	1,764	-105	1,680	-149
● 建設資材利用	0.517	5.47	0.517	5.47
● 固形燃料利用 乾燥	1.4	-156	0.819	-162
● 固形燃料利用 炭化	1.18	-169	2	-185
● リン資源利用	0.183	-2,580	-	-
● 肥料利用 コンポスト	-0.024	-112	1.94	-47
● 肥料利用 乾燥	-0.277	-91	-0.603	-200
● 肥料利用 炭化	-0.405	-136	0.0712	-366



* 消化ガス利用は1,000Nm³, 消化ガス発電はMWh, それ以外はt

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
施設更新を考慮した事業ベースの評価

- 一例：燃料化施設の導入（大規模処理場）

	大規模処理場
下水道初期フロー	濃縮→脱水→焼却→焼却灰処分
下水道資源有効利用フロー	● 固形燃料利用（乾燥／炭化） 濃縮→脱水→乾燥／炭化→利用
施設更新を考慮した事業ベースフロー	● 固形燃料利用（乾燥／炭化） 濃縮→脱水→焼却→焼却灰処分 ↳乾燥／炭化→利用

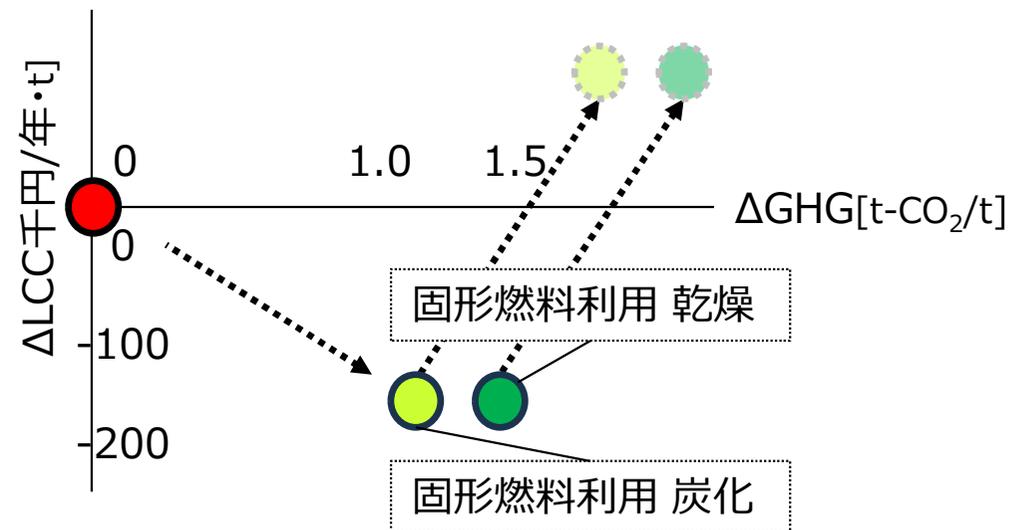
➤ ΔGHG

汚泥焼却時に発生していたN₂O等の削減効果

➤ ΔLCC

汚泥焼却施設の建設（更新）および維持管理に要するLCCの削減効果

→ 第1象限へ移動？

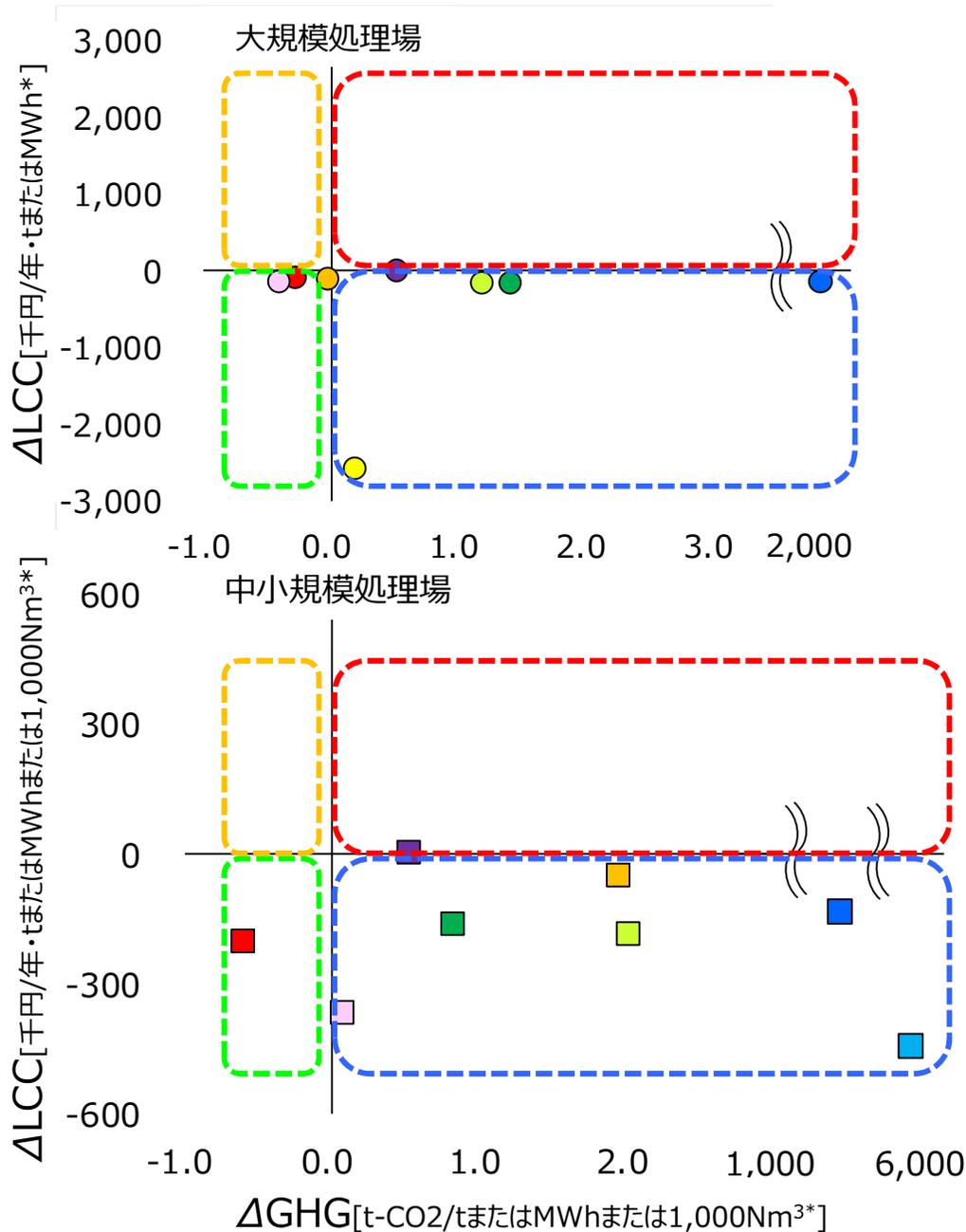


複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

GHG・LCCの効果の状況と特徴

R7年度第1回エネルギー分科会資料より



● 第1象限

- 建設資材利用
- 外部貢献あり、今後も導入が促進される技術

● 第2象限

- 該当なし
- コスト効果を維持したままGHG排出量を抑制するための技術開発

● 第3象限

- 肥料利用（大規模、中小規模うち乾燥）
- 外部貢献効果なし、革新的技術の活用

● 第4象限

- リン資源利用、消化ガス利用／発電
- 肥料利用（中小規模うちコンポスト、炭化）
- 資源便益の計上、既存の補助・支援・優遇制度の活用（FIT、みどり投資促進税制）
- ΔGHGを**クレジットで認証（J-クレジット）**

● その他の評価軸

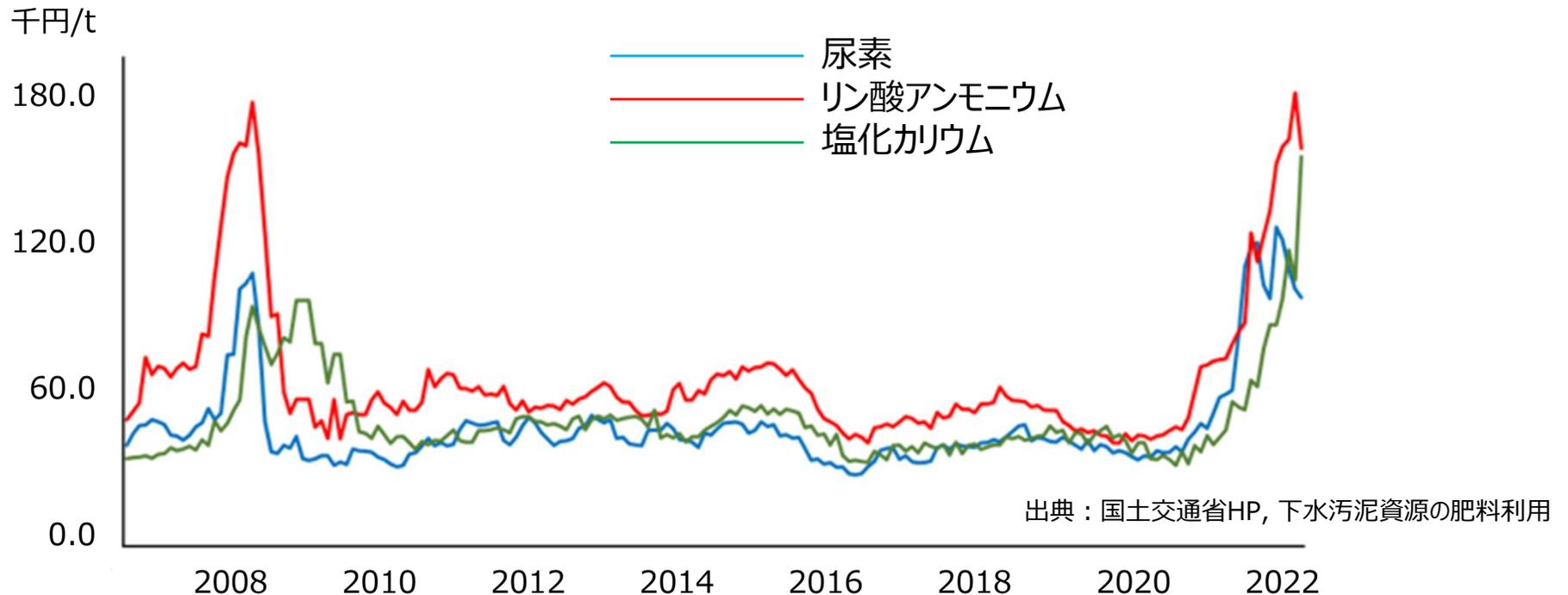
- 地域農業貢献（**食料安全保障の観点**）
- 環境負荷（返流水負荷低減）
- 処分先の安定確保、用地制限等

* 消化ガス利用は1,000Nm3, 消化ガス発電はMWh, それ以外は

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
食料安全保障の観点での効果定量化 検討の背景

背景

- 化学肥料原料（尿素・リン酸アンモニウム・塩化カリウム）は、ほぼ全量輸入
- 輸入通関価格は上昇、かつ原料の安定調達が必要



食料安全保障強化政策大綱（令和4年12月27日）

2030年度までに堆肥・下水汚泥資源の使用量を**倍増**し、肥料の使用量（リンベース）に占める国内資源の利用割合を40%へ

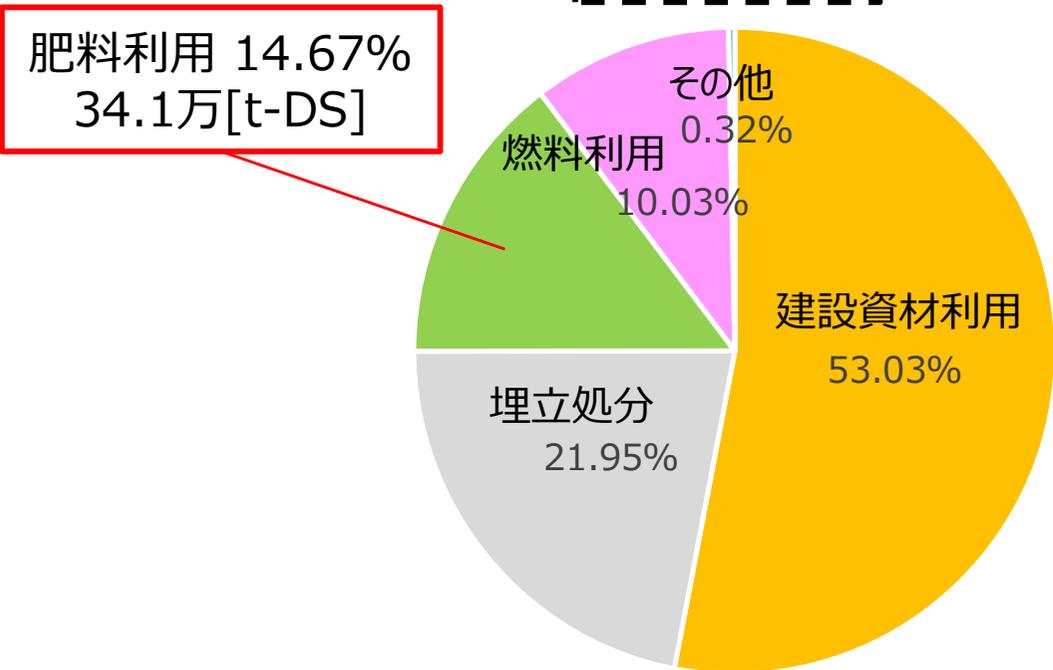
複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
食料安全保障の観点での効果定量化 検討の背景と目的

下水汚泥の状況

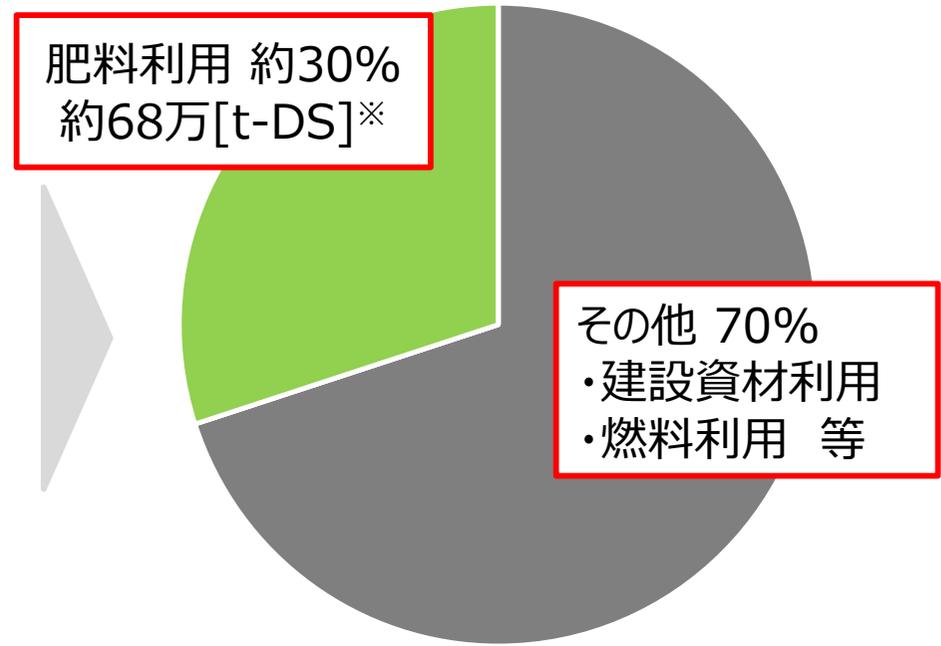
- 下水汚泥肥料利用率：約15%（2023年度）
→ 2030年度までに下水汚泥肥料利用率を約30%へ

食料安全保障強化政策大綱
「倍增」より想定

2023年度



2030年度



出典：国土交通省HP, 脱炭素化／資源・エネルギー より作成

※2023年度の汚泥発生量が2030年度も維持されるものとした値。
実際は人口減少等の影響を踏まえた汚泥発生量を考慮する。

目的

下水道資源の肥料利用について、食料安全保障の観点の評価軸に取り入れた外部貢献効果の評価を行い、あわせて肥料利用倍增の目標達成に向けたシナリオを構築する。

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

食料安全保障の観点での効果定量化 シナリオ設定

肥料利用シナリオ（個別）

既存汚泥処理フロー

肥料利用シナリオ
（個別）



複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

食料安全保障の観点での効果定量化 シナリオ設定と今後の予定

肥料利用シナリオ（個別）を組み合わせた汚泥有効利用全体シナリオ

肥料利用シナリオ（個別）を複数組み合わせることにより下水汚泥肥料利用率の目標値30%を達成（15%以上増）となる汚泥有効利用全体のシナリオを構築

※留意事項

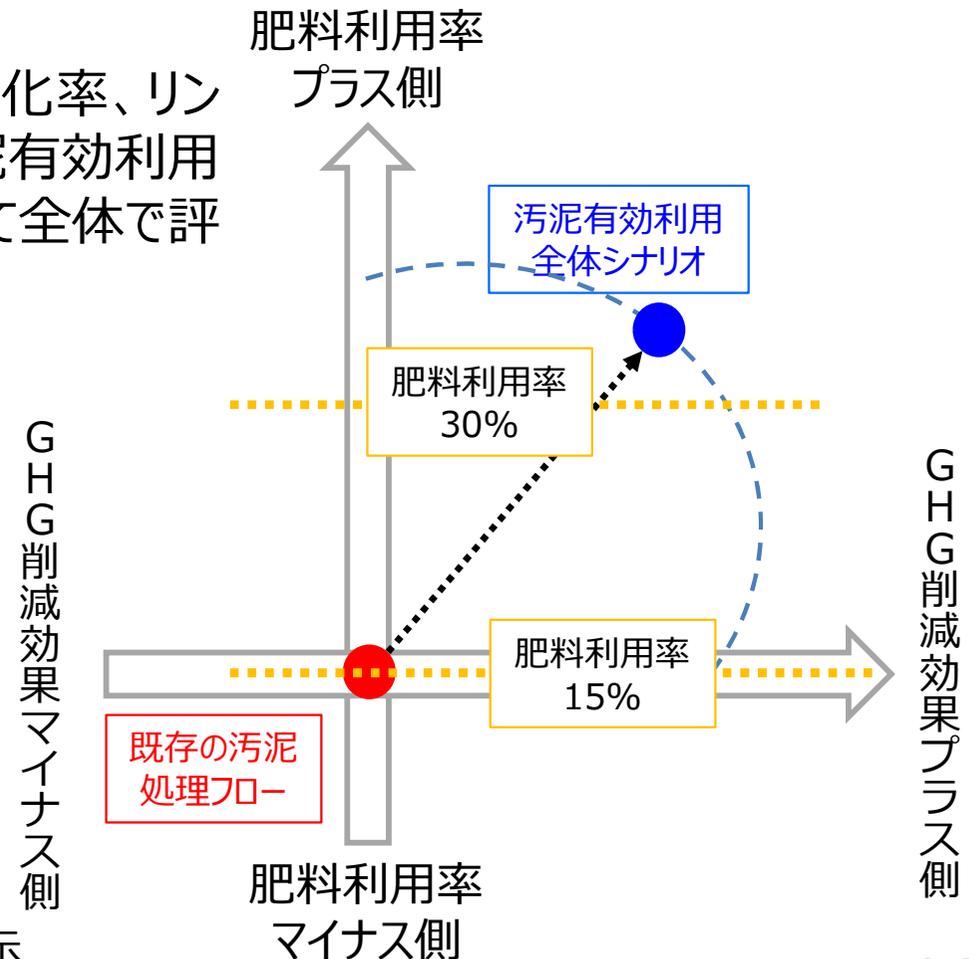
- ✓ バイオマスリサイクル率、下水汚泥エネルギー化率、リン利用率等、肥料利用の増大が他の下水汚泥有効利用用途からの変更を伴う場合、その影響も含めて全体で評価することが必要

今後の予定

汚泥有効利用全体シナリオの導入に伴うGHG排出量等を試算

GHG削減効果等と肥料利用率の目標達成効果※を定量化

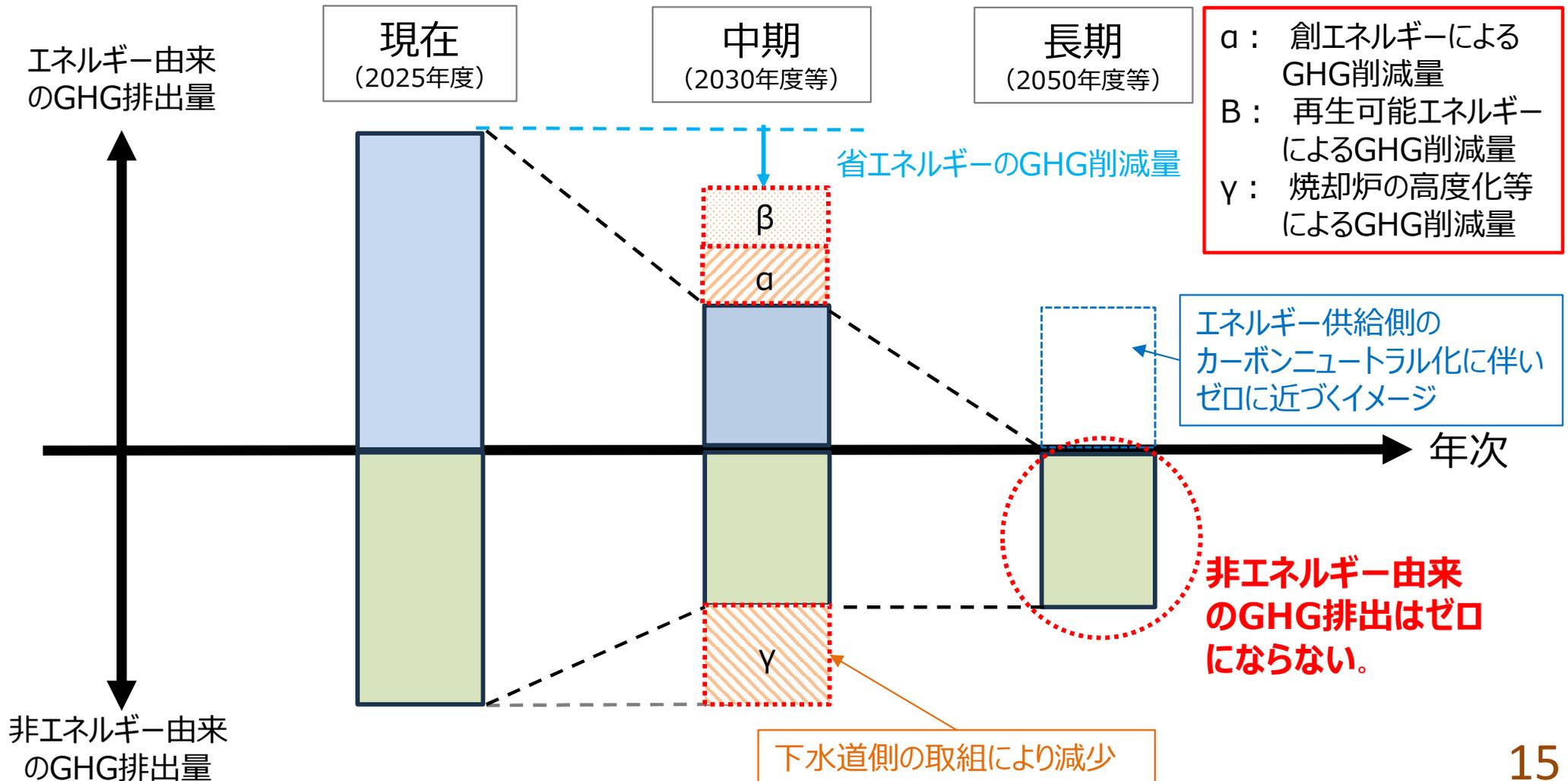
※：原点を既存の汚泥処理フロー（肥料利用率15%）として汚泥有効利用全体シナリオの導入における肥料利用率を提示



複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

カーボン・オフセットの下水道事業への適用性の整理①

- ・創エネルギー・省エネルギー・焼却の高度化等の取組により、下水道のGHG排出量削減が進められている。
- ・このうちエネルギー由来（電力、燃料等）のGHGについては、エネルギー供給者側の取組（電力非化石化等）により、GHG排出量が将来ゼロに近づく見込みである。
- ・一方、非エネルギー由来（ N_2O 、 CH_4 ）は水・汚泥処理過程で発生し、ゼロとするのは困難と想定される。
⇒ 非エネルギー由来のGHGについては、排出量削減以外の別途の対応も必要となる。

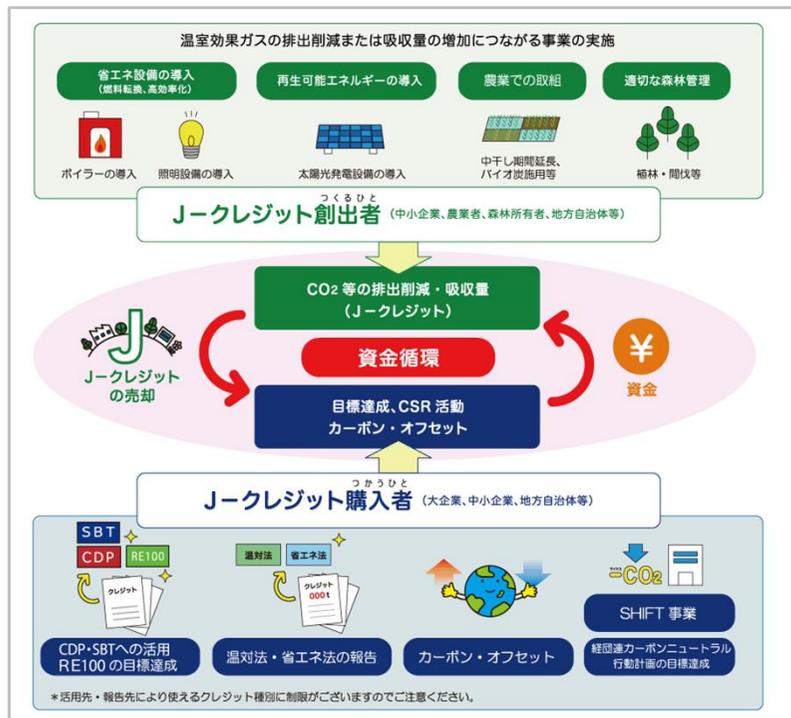


複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 カーボン・オフセットの下水道事業への適用性の整理②

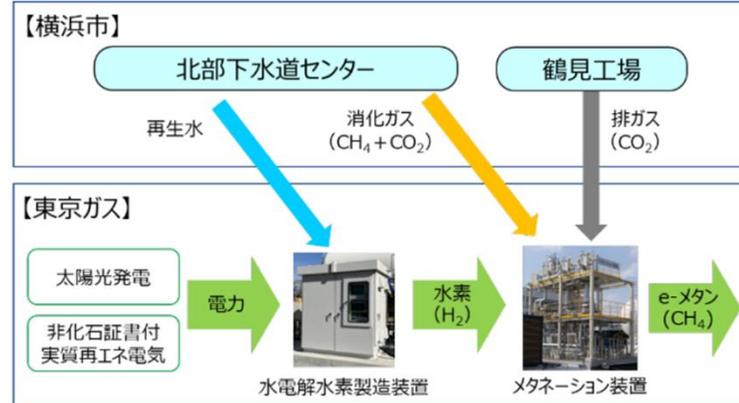
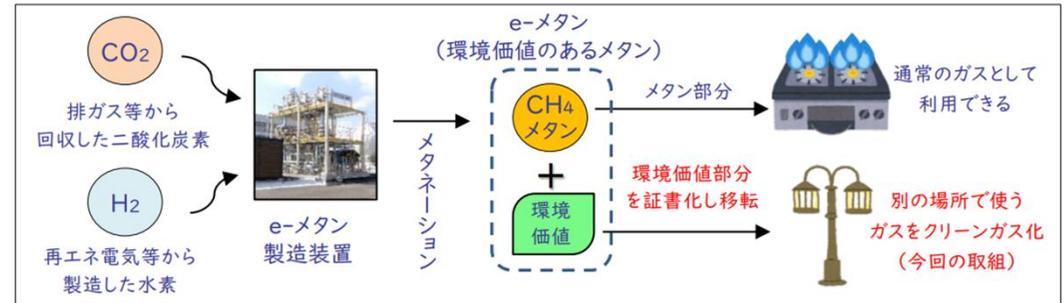
『カーボン・オフセット』…温室効果ガスを主体的に削減する努力を行ったとしても削減困難な部分について、排出量の全部又は一部を埋め合わせる。J-クレジット、グリーンガス証書等、複数の制度がある。

- ・ 創エネ等の取組によりカーボン・ニュートラル達成が可能な処理場 ⇒ クレジット売却で対策費用低減等の効果も
- ・ 様々な取組を行ってもカーボン・ニュートラル達成が困難な処理場 ⇒ クレジット購入が対策の一つとなりうる可能性

- ➔ クレジットの購入側・売却側のどちらにも下水道事業はなりうる。
- ➔ カーボン・オフセットに関する種々の制度（J-クレジット、非化石証書、グリーン電力証書、グリーンガス証書等）が下水道事業のどの範囲に適用が可能か、また、適用した場合にどのような影響を与えるのかを今後検討する。



【メタネーション実証におけるグリーンガス証書制度の活用概要】



下水道資源（消化ガス等）活用、グリーンガス証書による環境価値の移転事例（横浜市の例）
横浜市HP
https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/koho-kocho/press/green/2024/cleangascertificate.files/0004_20241025.pdf

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 建設時・更新時を含めた温室効果ガス排出量の試算①

技術導入の際には、施設の改築・更新が見込まれる。
⇒ 改築・更新時の温室効果ガス排出量の把握に取り組む。

『下水道における地球温暖化マニュアル』（環境省・国交省H28.3）より抜粋

- ・下水道温暖化対策推進計画の対象 … 施設運転時
- ・ただし、削減対策には、運転方法・管理の工夫だけでなく、設備等の設置・改築・更新時も含む

⇒ 今後、施設の設置や改築更新において検討や取組が必要な分野である。

処理能力：50,250m³/日
処理水量：22,330m³/日（H16年度実績）
水処理方式：標準活性汚泥法
汚泥処理方式：重力濃縮、遠心濃縮、ベルトプレス脱水

維持管理時のGHG排出量が減
⇒ 建設時のGHG排出量が相対的に高まる。

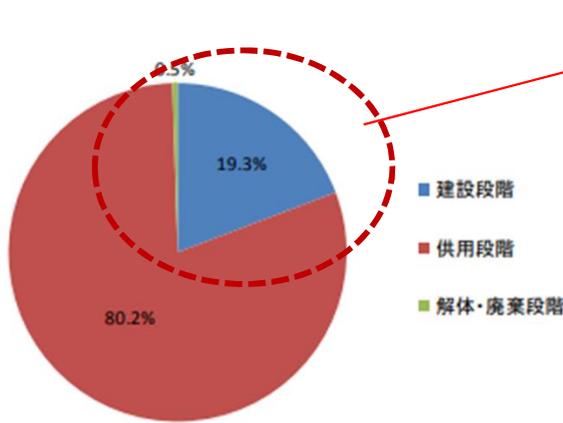


図 4.1-2 終末処理場における環境負荷量 (LC-CO₂) の算定事例
(本「考え方」参考資料—4<ケース2>より)

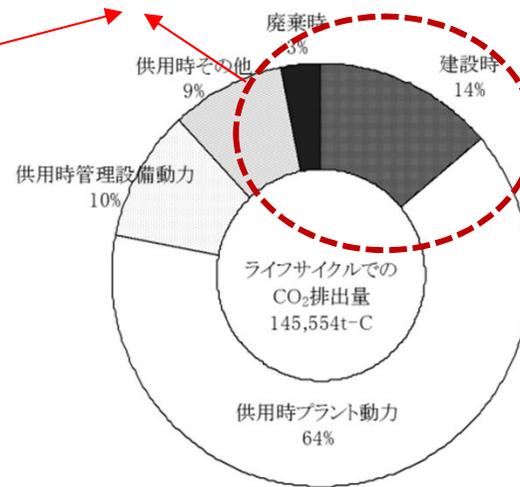


図 1-1 下水処理場における LCCO₂ の例

算定のモデル
計画下水量 日平均：78,000m³/日
日最大：104,000m³/日
流入水質 BOD：220mg/L
SS：180mg/L
水処理方式 標準活性汚泥法
汚泥処理方式 重力濃縮
嫌気性消化
脱水（ベルトプレス）
焼却

出典：鶴巻，藤岡，内藤「下水道終末処理施設のライフサイクルでの環境負荷の定量化について」，土木学会第4回環境シンポジウム講演集，pp57～62，1996.7

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 建設時・更新時を含めた温室効果ガス排出量の試算②

- （設備関連） 規模・処理方式に応じて採用されやすい省エネ・創エネ技術の整理
[カーボンニュートラル地域モデル処理場計画等の先進的な事例に対してアンケート調査・整理]
 - （土木・建築） 主たる材料であるコンクリートの近年の動向を整理
[下水道分野で環境配慮型コンクリート・低炭素コンクリート等使用に関する情報整理]
- ➡ 技術の水平展開等による効果を考慮した温室効果ガス排出量を試算。

■ 環境配慮型コンクリート (CO₂を削減・吸収・固定したコンクリート)

・コンクリートのCO₂固定量実測方法については、コンクリート工学会が規格化を検討中

・下水処理場の適用性に関する情報（躯体等構造物への適用性、耐硫酸性の有無等）を整理する。

分類	製品名	開発元
製造時CO ₂ 固定型	CO ₂ -SUICOM	中国電力、鹿島建設、デンカ、ランデス
	カーボフィクスメント	太平洋セメント
	カーボキャッチ	太平洋セメント
CO ₂ 由来材料使用型	T-eConcrete/Carbon-Recycle	大成建設株式会社
	クリーンクリートN	株式会社大林組
その他	バイオ炭コンクリート	清水建設株式会社
	チップクリート	株式会社大林組

■ 公共工事での試行が拡大中

国土交通省
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Press Release

令和7年3月14日
大臣官房技術調査課

低炭素型コンクリートの活用が全国的に拡大中！
～公共工事でのカーボンニュートラルに資する製品の積極的な活用～

一旦整備されると長期間にわたって供用されるインフラ分野においては、ライフサイクル全体の観点から、供用・管理段階でのインフラサービスにおける省エネ化のみならず、建設施工段階において省CO₂に資する材料活用等の脱炭素化に向けた取組を強化する必要があります。このため、国土交通省発注工事において、全国的に低炭素型コンクリートの活用を進めています。

【低炭素型コンクリートとは】
ポルトランドセメントの置換率が55%以上のもの又はこれと同等以上のCO₂排出削減効果のあるものを低炭素型コンクリートと呼称しています。セメントの55%を置換したコンクリートは、製造時のCO₂の排出量が約50%削減されます。

■ 施工例（下水シールドセグメント）

環境配慮セグメントの適用

セメントを使わない環境配慮コンクリート「T-eConcrete®/セメント・ゼロ型®」にCO₂吸収炭酸カルシウムを混入することでCO₂のさらなる削減を実現したコンクリートを一部のセグメントに適用しました。

※環境配慮コンクリート「T-eConcrete®/セメント・ゼロ型®」は、ポルトランドセメントの代わりに、産業副産物である高炉スラグ（製鋼副産物）と、硬化を促進する刺激剤を混合し、CO₂排出量を大幅に抑制したコンクリートです。

今回のセグメントに求められる品質	
強度発現性、製作性、耐摩耗性、耐硫酸性が通常のコンクリートと同等であること。	設計基準強度：42N/mm ² 脱型強度：10N/mm ²

CO ₂ 排出量		今回のセグメントに求められる品質	
通常のコンクリート	362.0kg/m ³	1.87m ³ /リング×10リング=18.7m ³ （セグメント延長12m）	CO ₂ 削減効果 5.7t
今回適用したコンクリート	57.4kg/m ³ （△84%）		

スランプフロー：600×600mm 製作完了 適用範囲

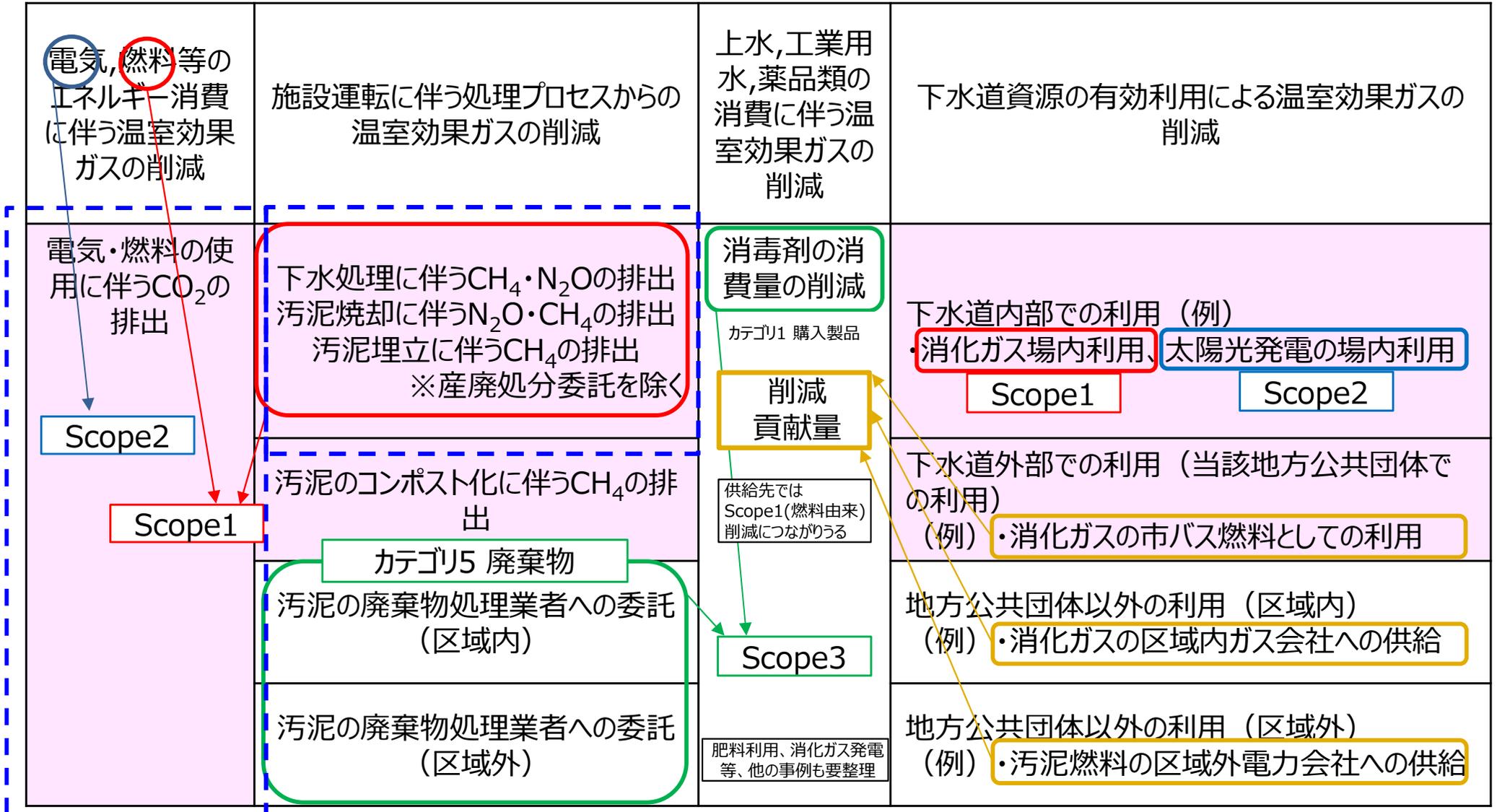
直轄工事（一般土木）での試行が拡大
➡ 今後、下水道でも活用が進む可能性

② 成果の反映

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 下水道マニュアルに関連する新規知見の蓄積等

R6年度第2回エネルギー分科会
資料より

現行の下水道における地球温暖化対策マニュアル(H28.3)へのGHGプロトコル分類の当てはめイメージ

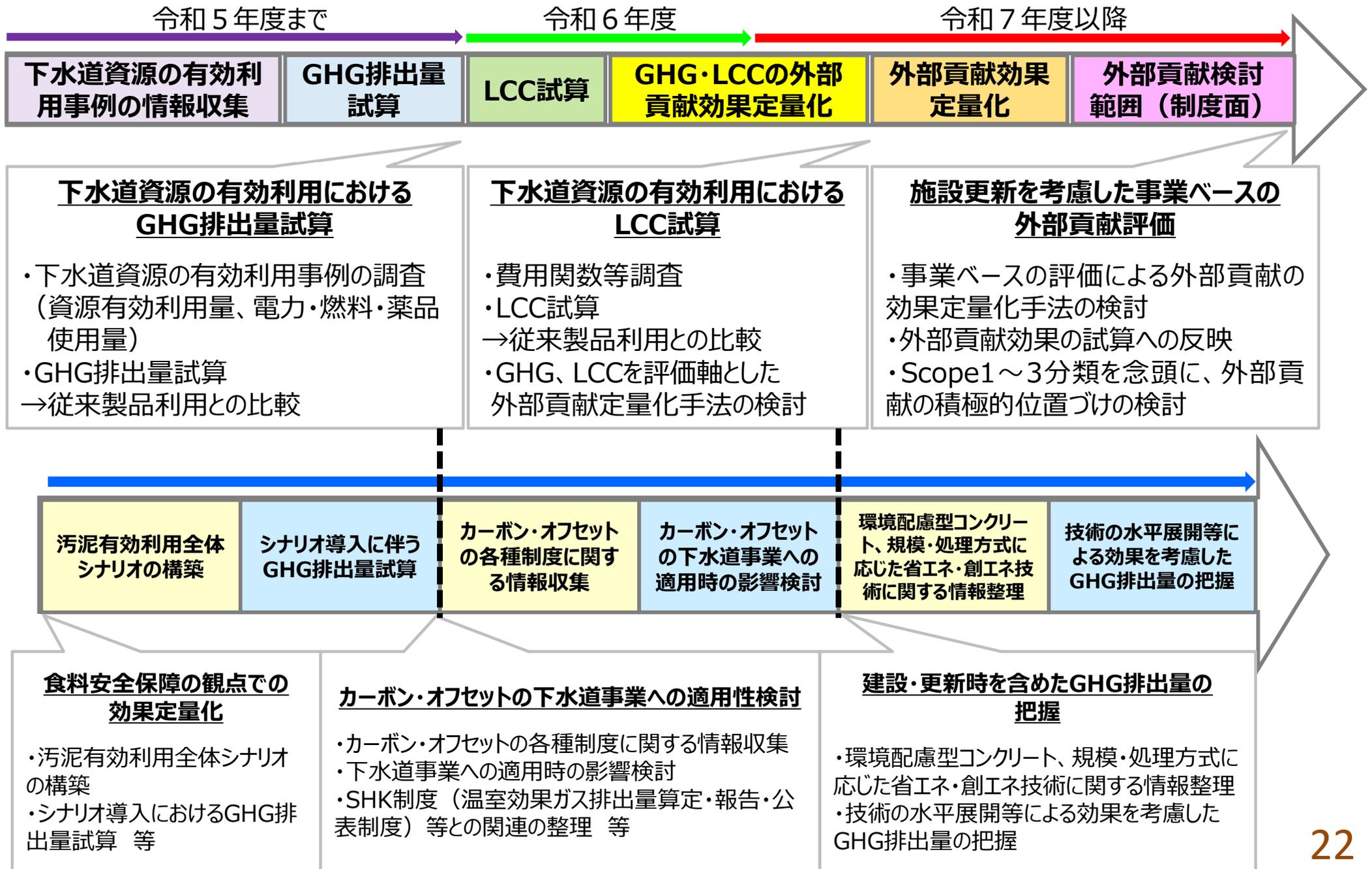


環境省・国土交通省, 下水道における地球温暖化対策マニュアル, p.17 (2016) より一部加筆

地方公共団体実行計画において想定されるGHG排出事業
SHK制度において想定されるGHG排出事業

今後の予定

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
過年度の検討と今後の検討フロー



複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 全体枠組みや制度面の見直し等への対応

R7年度第1回エネルギー分科会
資料より

- 日本版サステナビリティ開示基準案公表（2025.3、サプライチェーン全体の排出量開示、企業活動における気候変動関連の情報開示の一環）
 - ISSB国際サステナビリティ基準審議会2023と整合
 - 事実上の国際標準GHGプロトコルに基づき、任意扱いのScope 3(他者排出)も開示
 - ISO規格（1406Xシリーズ）とGHGプロトコルの統一基準の開発合意（2025.9）
 - 下水道資源の外部有効利用も、サプライチェーン上で位置づけが進む可能性あり
- SHK制度の見直し議論（温室効果ガス算定・報告・公表制度検討会）
 - 直接排出（Scope 1）と間接排出（Scope 2）区分した報告への見直し
 - 下水道事業者の報告時に、外部貢献含め、脱炭素化の取り組み明確化の可能性あり

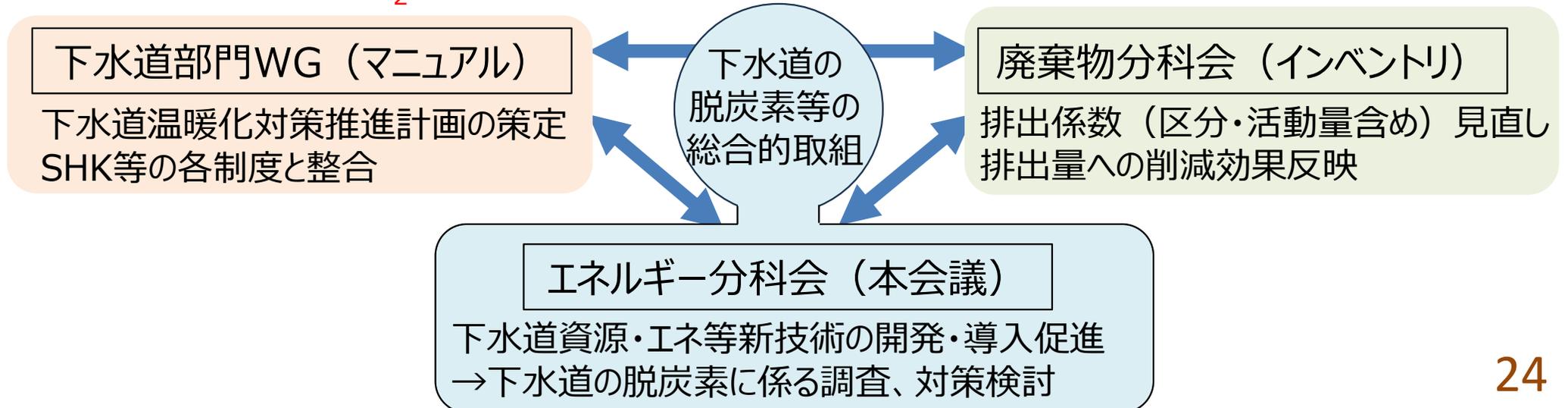


Scope1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出（燃料の燃焼、工業プロセス）
 Scope2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出
 Scope3：Scope1、Scope2以外の間接排出（事業者の活動に関連する他社の排出）

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
下水道に関連する対策動向を踏まえた総合的取組

R7年度第1回エネルギー分科会
資料より

- 下水道における地球温暖化対策マニュアル ～ 下水道部門における温室効果ガス排出抑制等指針の解説～（H28.3、環境省・国土交通省）の改訂
 - 温室効果ガス排出削減等指針検討委員会に下水道部門WGを設置（R7.9～）
 - 現行マニュアル発行後10年経過による見直し（R3.5温対法改正、「2050年までの脱炭素社会の実現」が基本理念に位置付け、「排出抑制等指針」→「排出削減等指針」と改称）
 - マニュアル改訂はR8.1頃とりまとめ予定
 - 次年度以降のファクトリスト（具体的な対策技術リスト）上の削減対策の見直しに向けた検討
- 国際条約等に基づく国の温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリ）の作成・提出における下水道分野の削減効果の反映、算定方法の改善・精緻化等の検討
 - 温室効果ガス排出量算定方法検討会の廃棄物分科会で下水道（水・汚泥処理）の検討継続
 - 下水汚泥の焼却に伴うN₂O排出係数及び排出量算定ベースの改訂→2025提出にて改訂済み
 - 下水処理に伴うN₂O排出係数の改訂→検討継続



補足資料

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

試算方法 | 試算フロー

従来製品に代替する下水道資源（下水道資源の有効利用方法）の決定

従来製品（海外からの輸入も含む）の設定

GHG排出量試算

LCC試算

- 従来製品
 - ・ 製造／使用／輸送に伴うもの
- 下水道資源
 - ・ 製造：電気／燃料／薬品使用に伴うもの
 - ・ 使用※カーボンフリー資源として0／輸送／処分
- GHG排出量削減効果 ΔGHG
 - ・ 従来製品GHG - 下水道資源GHG

- 従来製品
 - ・ 製造／使用／輸送に伴うもの
- 下水道資源
 - ・ 製造：建設費・維持管理費（人件費除）
 - ・ 使用／輸送／処分
- LCC削減効果 ΔLCC
 - ・ 従来製品LCC - 下水道資源LCC

下水道事業の外部貢献も含めたGHG排出量およびLCCの評価

下水道事業の外部貢献も含めたGHG排出量およびLCCの全国での削減効果

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
試算方法 | 試算条件（有効利用有無の各フロー設定）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
 「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

	大規模処理場	中小規模処理場
日最大処理水量	50,000m ³ /day以上	50,000m ³ /day未満
下水道初期フロー	濃縮→消化*→脱水→焼却→焼却灰処分 *リン資源利用のみ	濃縮→脱水→脱水汚泥処分 →焼却→焼却灰処分* *建設資材利用のみ
下水道資源有効利用フロー	<ul style="list-style-type: none"> ● 消化ガス発電 濃縮→消化→脱水→脱水汚泥処分 ● 建設資材利用 濃縮→脱水→焼却→利用 ● 固形燃料利用（乾燥／炭化） 濃縮→脱水→乾燥／炭化→利用 ● 肥料利用（コンポスト） 濃縮→脱水→堆肥化→利用 ● 肥料利用（乾燥／炭化） 濃縮→脱水→乾燥／炭化→利用 ● リン資源利用 濃縮→消化→脱水→焼却→焼却灰処分 	<ul style="list-style-type: none"> ● 消化ガス利用 濃縮→消化→脱水→脱水汚泥処分 ● 消化ガス発電 濃縮→消化→脱水→脱水汚泥処分 ● 建設資材利用 濃縮→脱水→焼却→利用 ● 固形燃料利用（乾燥／炭化） 濃縮→脱水→乾燥／炭化→利用 ● 肥料利用（コンポスト） 濃縮→脱水→堆肥化→利用 ● 肥料利用（乾燥／炭化） 濃縮→脱水→乾燥／炭化→利用

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
試算方法 | 試算条件（有効利用のための追加設備）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

有効利用用途	資源化に伴い追加的に整備する設備
消化ガス利用	消化槽・ガスタンク
消化ガス発電	消化槽・ガスタンク・消化ガス発電設備
建設資材利用	なし
固形燃料利用（乾燥／炭化）	汚泥乾燥／炭化設備
リン資源利用（リン回収）	リン回収設備（MAP）
肥料利用（コンポスト）	汚泥コンポスト化設備
肥料利用（乾燥／炭化）	汚泥乾燥／炭化設備

留意事項

- 試算対象は、下水道資源の有効利用を目的として導入されたと想定される設備に限定。
- 消化設備導入による発生脱水汚泥量の減少量は考慮するが、**脱水設備、焼却設備のスケールダウンによる効果は考慮しない。**
- 消化ガス利用を行う場合、場外利用の場合にのみ下水道事業の外部貢献効果として評価。
- リン回収における回収MAPの後処理（乾燥等）は考慮しない。
- 大規模処理場では、焼却設備を更新して乾燥設備／炭化設備等を導入することが想定されるが、**設備更新によるGHG排出量、LCCへの影響は考慮しない。**

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
試算方法 | 試算条件（従来製品の輸送距離・価格）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

下水道資源 (R)	従来製品 (N)	従来製品 原料生産地	原料の 平均輸送距離[km]	製品価格
消化ガス利用	都市ガス	オーストラリア ノースウェストシエルフ	7,000	都市ガス料金
消化ガス発電	電気 (原料：原油)	サウジアラビア ラスタヌラ基地	13,000	電気料金
建設資材利用	セメントクリンカ	国内	30	セメントクリンカ 販売単価
リン資源利用	リン酸	中国 廈門	2,500	リン酸市場 販売単価
固形燃料利用	石炭	オーストラリア ニューカッスル	8,000	石炭輸入単価
肥料利用	化学肥料	中国 廈門	2,500	全国平均 市場価格

留意事項

- 都市ガス、石炭は従来製品と下水道資源の保有熱量が同等となるよう補正。
- 化学肥料は、従来製品と汚泥肥料の含有成分量¹⁾が同等となるよう補正。実証値であるため、副資材および製造方法により肥料成分に差異があることに留意。

1) 佐賀市上下水道局：肥料の有料販売について（2024）

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 試算方法 | 試算条件（下水道資源）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

● 下水道資源 = $P_R + U_R + T_R - P_D$

従来製品に代替する単位汚泥量あたりGHG

- 製造 P_R
- エネルギー由来：排出原単位（文献値）
+ アンケート調査により電気／燃料／薬品
使用量を集約
- 非エネルギー由来：文献値
- 使用 U_R ※カーボンフリー資源として0
- 輸送 T_R ：トラック輸送
- 処分 P_D ：処分、委託処分時輸送の削減

※消化に伴う汚泥減量：脱水汚泥処分時埋立におけるGHG削減分を考慮

	項目 (一部抜粋)	GHG 排出原単位
製造	電気	0.000429 t-CO ₂ /kWh
	堆肥化	0.96 kg-CH ₄ /t-wet
	固形燃料化（油温乾燥）	0.0184 kg-N ₂ O/t-wet
	固形燃料化（炭化）	0.0312 kg-N ₂ O/t-wet
	埋立	0.133 t-CH ₄ /t-dry
輸送	貨物車	14 mg-CH ₄ /km

留意事項

※GHG排出係数：CO₂=1, CH₄=28, N₂O=265

● 下水道資源 = $C_C + C_M + C_{TR} - C_D$

従来製品に代替する単位汚泥量あたりLCC

- 製造・使用 C_C, C_M ：建設費・維持管理費*
- 輸送 C_{TR} ：トラック輸送 距離制運賃表
- 処分 C_D ：処分、委託処分時輸送の削減

* 償却を考慮した年価換算 + デフレータを考慮、解体撤去費を含めない

項目 (一部抜粋)	費用関数（建設費のみ抜粋）
消化ガスタンク	$Y=10.4Q_v^{0.437}$ Q _v ：貯留容量
リン回収設備 (MAP)	$Y=1.9888V+107.98$ V：日最大平均処理水量
汚泥コンポスト化設備	$Y=13.943X_d^{0.650}$ X _d ：施設規模
汚泥乾燥設備	$Y=228.55X_d^{0.4794}$ $+64.741X_d^{0.391}$ X _d ：年間処理脱水汚泥量
汚泥炭化設備	$Y=228.55X_d^{0.4794}$ $+64.741X_d^{0.391}$ X _d ：年間処理脱水汚泥量
処分費	脱水汚泥：16,000 円/t-wet 焼却灰：8,000 円/t-dry

- 施設処理能力、実稼働率に応じて資源利用量・LCCが異なるが、計画規模での運転を想定した場合の生産ポテンシャルとしての試算結果であることに留意。

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 試算方法 | 試算条件（従来製品）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

- 従来製品GHG = $P_N + U_N + T_N$
 - 製造/使用 P_N, U_N : 文献値
 - 輸送 T_N : コンテナ船、トラック輸送

	項目 (一部抜粋)	GHG 排出原単位
製造	都市ガス製造 (坑井戸通気弁)	0.00013 t-CO ₂ /m ³
	セメントクリンカ	0.515 t-CO ₂ /t
	リン酸・化学肥料 (りん安採掘、製造)	採掘 : 4.22 MJ/kg-P ₂ O ₅ 製造 : 19.669 MJ/kg-P ₂ O ₅
	一般炭 (採掘)	0.000037 t-CO ₂ /t
使用	電気使用	0.000429 t-CO ₂ /kWh
	一般炭使用	2.33 t-CO ₂ /t
輸送	コンテナ船 (アジア)	26 g-CO ₂ /t・km
	貨物車	14 mg-CH ₄ /km

- GHG排出量削減効果 ΔGHG
 - 従来製品GHG - 下水道資源GHG

※GHG排出係数 : CO₂=1, CH₄=28, N₂O=265

- 従来製品LCC = $C_N + C_{TN}$
 - 製造/使用 C_N : 文献値 製品購入価格
 - 輸送 C_{TN} 海外から輸入 : 購入価格に内包
 - 輸送 C_{TN} 国内 : トラック輸送 距離制運賃表

項目	製品購入価格
都市ガス料金	211.54 円/m ³
電気料金	35.8~36.4 円/kWh
セメントクリンカ 販売単価	5.47 円/kg
リン酸市場販売単価	273 円/kg
一般炭輸入単価	43,310 円/t
化学肥料 全国平均市場価格*1	26.96 円/kg

*1 汚泥肥料成分と同等となる単肥の組み合わせにより購入価格を設定

- LCC削減効果 ΔLCC
 - 従来製品LCC - 下水道資源LCC

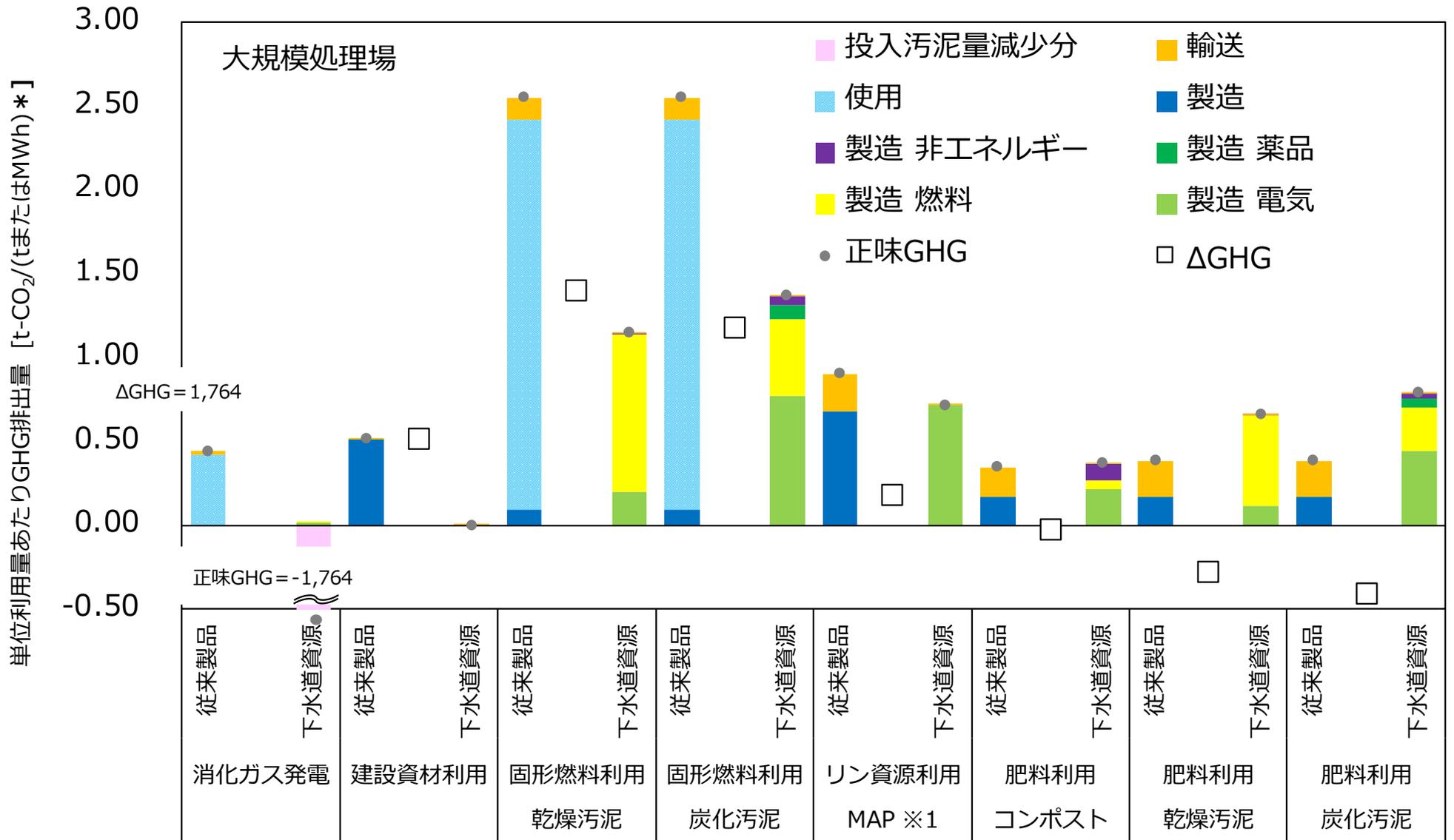
下水道事業の外部貢献も含めたGHG排出量およびLCCの評価

得られた ΔGHG 、 ΔLCC を平面図上にプロットし、双方の評価軸より評価

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
結果と考察（GHG排出量・大規模処理場）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

GHG排出量試算結果



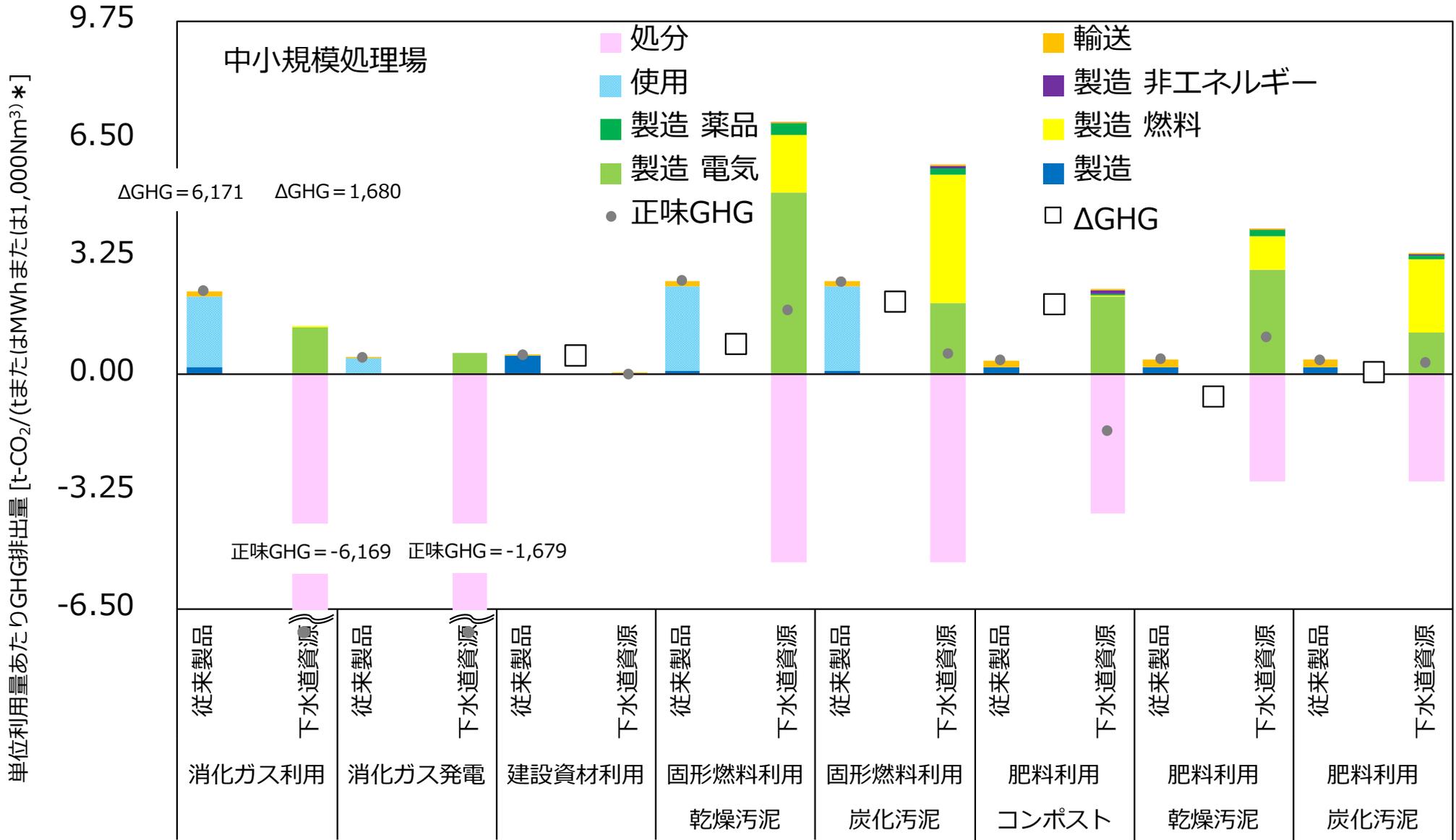
* 消化ガス発電はMWh, それ以外はt

※1 リン回収後の乾燥処理は含まない

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討
結果と考察（GHG排出量・中小規模処理場）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

GHG排出量試算結果

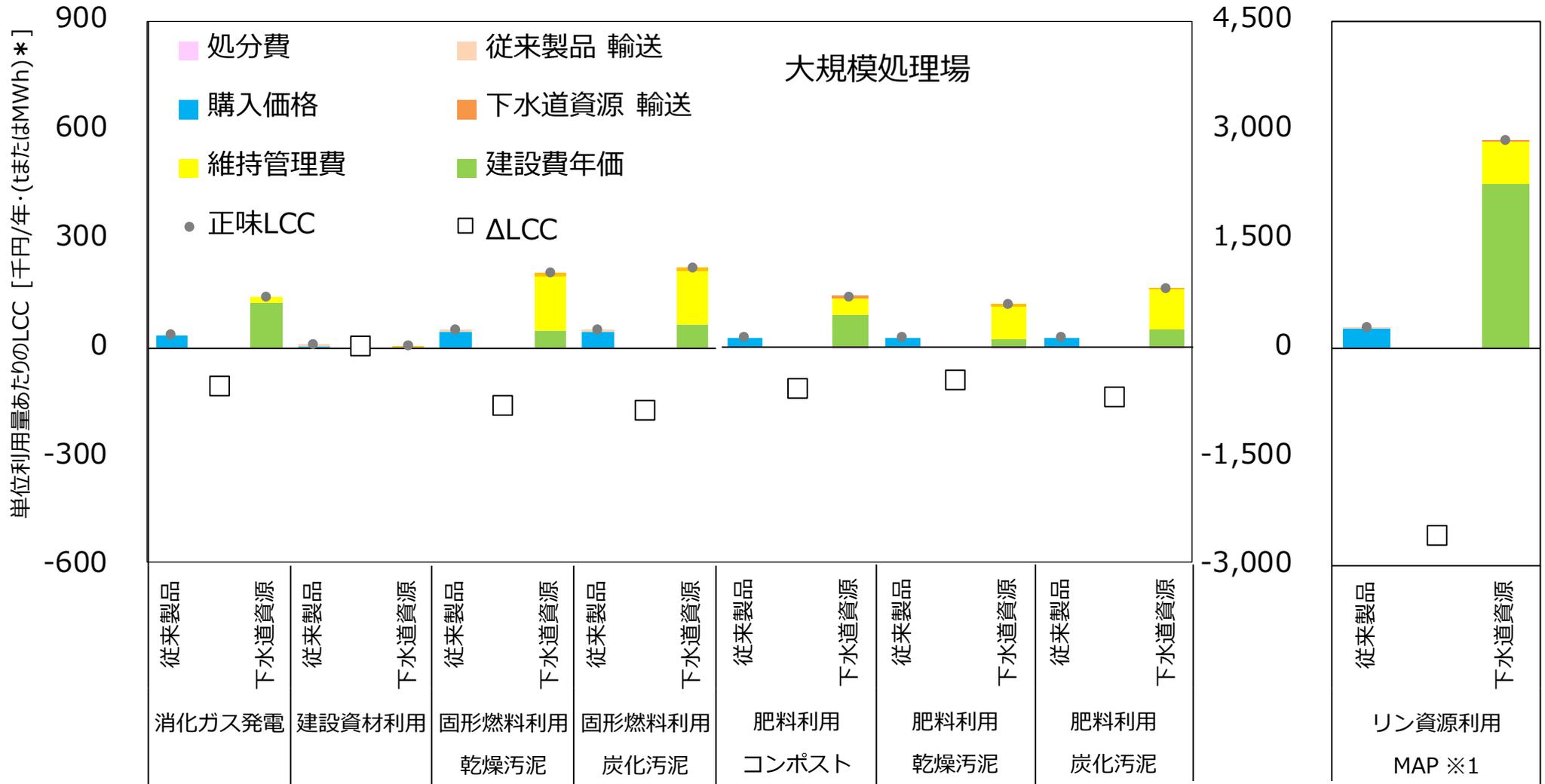


* 消化ガス利用は1,000Nm³，消化ガス発電はMWh，それ以外は

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 結果と考察（LCC・大規模処理場）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

LCC試算結果



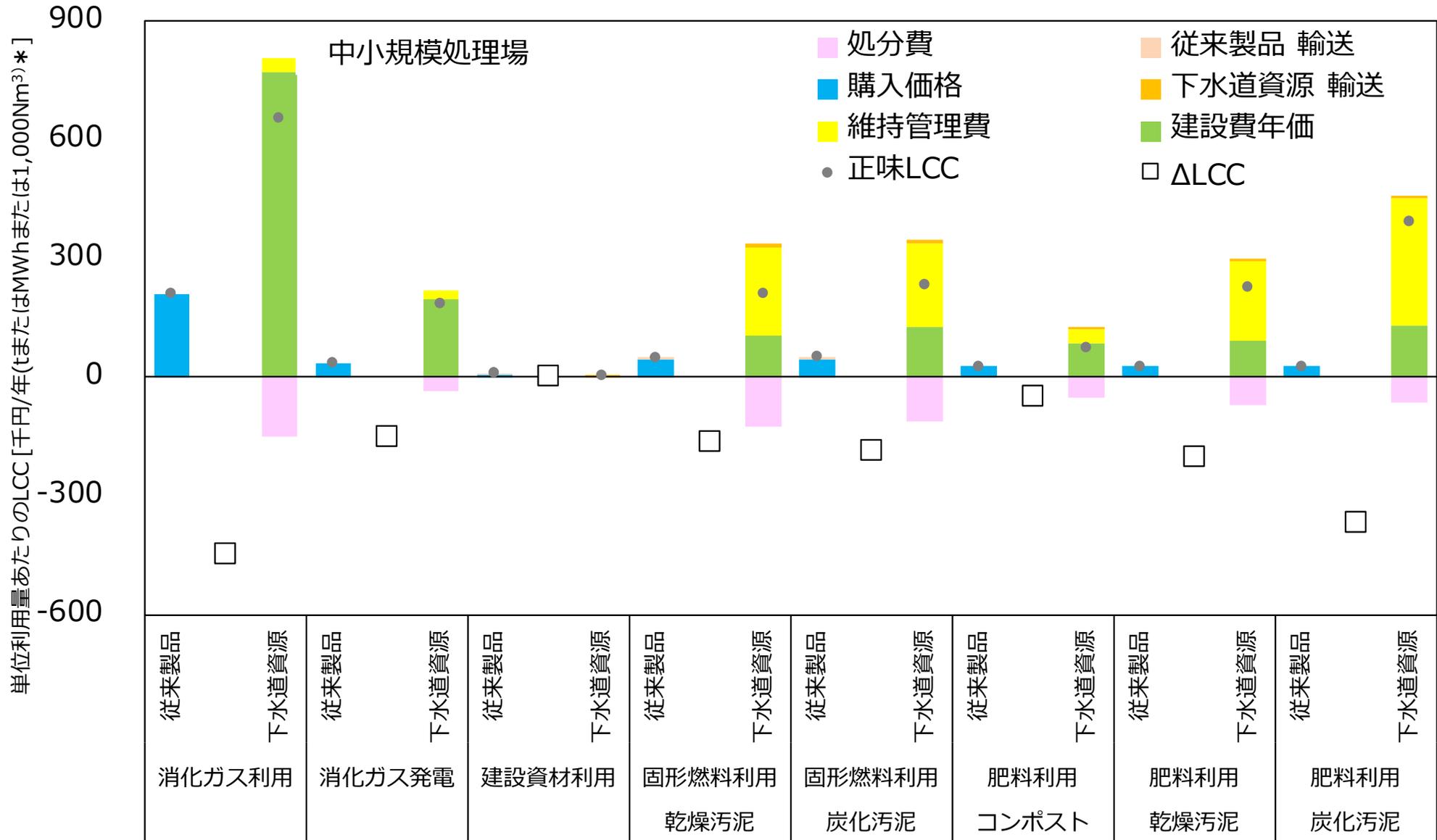
* 消化ガス発電はMWh, それ以外はt

※1 リン回収後の乾燥処理は含まない

複数の評価軸を考慮した下水道事業の外部貢献効果の定量化手法の検討 結果と考察（LCC・中小規模処理場）

EICA Vol.30, No.2-3, pp.44-57
「温室効果ガス排出量およびライフサイクルコストを評価軸とする下水汚泥の有効利用の外部貢献も含めた効果定量化手法の検討」に基づき作成

LCC試算結果



* 消化ガス利用は1,000Nm³ , 消化ガス発電はMWh, それ以外はt