

資料 5

(3) 将来的な全体最適化に向けた検討

目次

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示

これまでの取組内容・今後の取り組み

2) 全体最適化に内在する複数の評価軸に関する議論の整理

今後の取り組み

3) 上下水道事業における温室効果ガスの排出実態把握

今後の取り組み

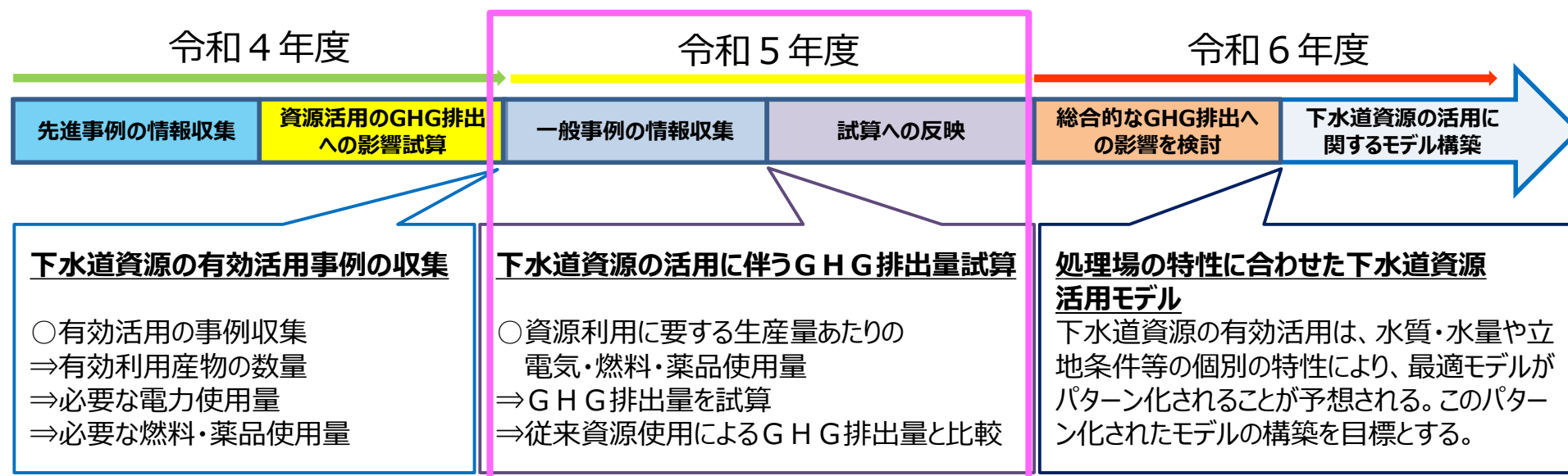
1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示

資源の有効活用を他分野へのGHG排出削減貢献として再評価

R4エネルギー分科会
資料より

「脱炭素社会貢献への取り組みロードマップ」を始め、2050年の脱炭素社会実現のため下水道においても進めるべき取り組みが求められている。

下水道は都市の有機物、窒素、微量元素等の資源が集積する場であり、これら資源の活用が創エネや省エネに貢献し、ひいては下水道分野の外においても温室効果ガス（以下、GHG）排出減少に貢献できる可能性がある。本テーマにおいては、下水道資源（有機物、窒素、微量元素、水、熱等）の有効活用が生み出すGHG排出量低減効果について調査と効果の試算を行った。



1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示

R4エネルギー分科会
資料より（一部改変）

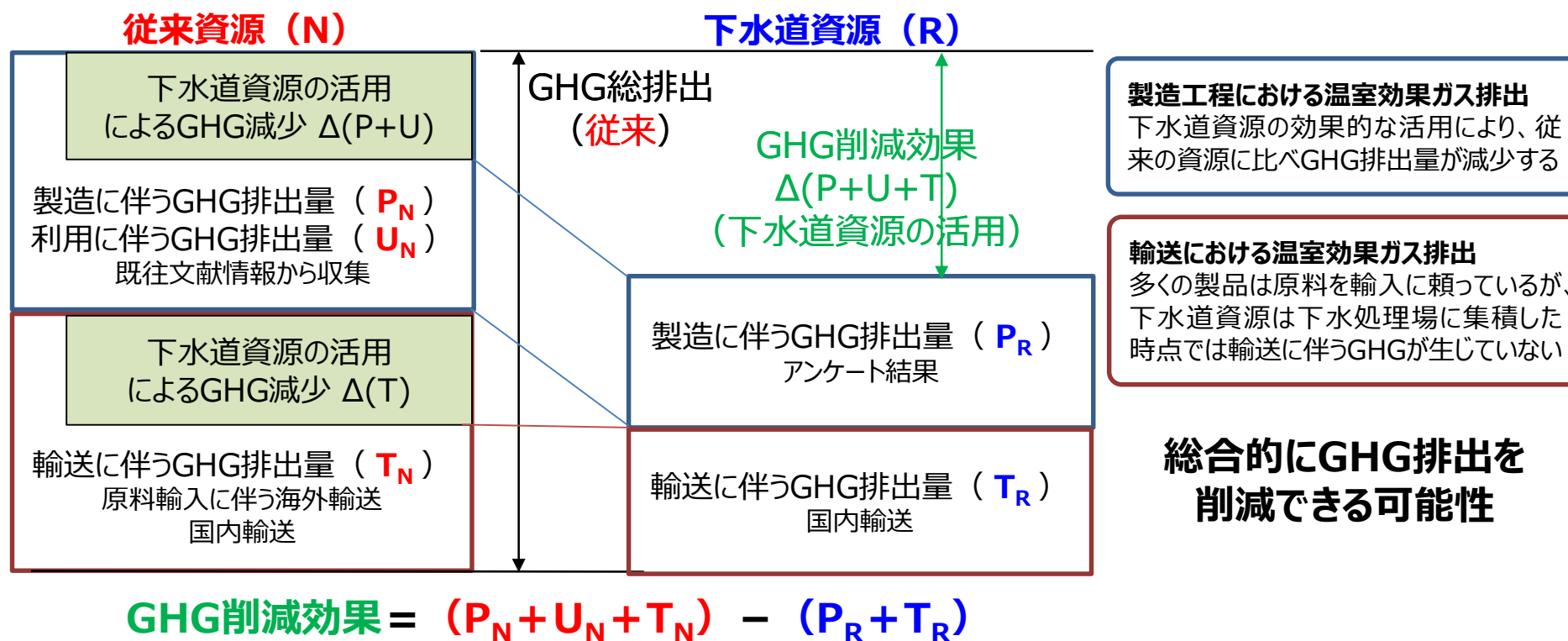
GHG排出削減に関する外部貢献を検証

下水道資源は、輸入に頼る資源（従来資源）の代替として活用できる可能性あり。

下水道資源の活用により、次の特徴が予想・期待される。

- ・従来品と異なる加工工程を経ることで製造に伴うGHG排出（P）が削減（或いは増加）。
- ・海外からの輸送に頼らないことから輸送に伴うGHG排出（T）を大きく削減。
- ・発生・収集時点でGHG排出済みのカーボンフリー資源であり、利用に伴うGHG排出（U）を削減。

これらのGHG削減効果を統合し、下水道資源の活用による効果の外部貢献として調査・試算を行う。



1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | これまでの取組内容

調査方法 | 従来資源・下水道資源の設定

従来資源 (N)	下水道資源 (R)
天然ガス	消化ガス利用
電力会社からの購入電気	消化ガス発電
セメントクリンカ	建設資材利用
石炭	固形燃料利用
リン鉱石	リン資源利用 (リン回収)
リン鉱石	肥料利用 (コンポスト)
電力会社からの購入電気	下水熱利用
工業用水	再生水利用

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | これまでの取組内容

調査方法 | 製造 / 使用 (従来資源)

従来資源 (N)

従来資源	製造に伴うGHG排出量 (P_N)	使用にかかるGHG排出量 (U_N)
天然ガス ¹⁾	$1.62 \times 10^{-4} \text{ t-CO}_2/\text{m}^3$	$1.96 \times 10^{-3} \text{ t-CO}_2/\text{m}^3$
電力会社からの購入電気 ²⁾	0 (排出係数に内包)	$4.29 \times 10^{-4} \text{ t-CO}_2/\text{kWh}$
セメントクリンカ ¹⁾	$0.515 \text{ t-CO}_2/\text{t}$	0
石炭 ¹⁾	$0.0897 \text{ t-CO}_2/\text{t}$	$2.33 \text{ t-CO}_2/\text{t}$
リン鉱石 ¹⁾	$0.760 \text{ t-CO}_2/\text{t}$	0
工業用水 ³⁾	$1.10 \times 10^{-4} \text{ t-CO}_2/\text{m}^3$	0

出典 1) : 環境省, 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧 (2023)

2) : 環境省, 令和4年度電気事業者別排出係数一覧 (2023)

3) : 環境省, 下水道における地球温暖化対策マニュアル (2016)

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | これまでの取組内容

調査方法 | 製造（下水道資源：エネルギー由来）

下水道資源（R）

下水道資源の製造に用いる燃料等		排出原単位（燃料等あたり）
電気 1)	電気	$4.29 \times 10^{-4} \text{ t-CO}_2/\text{kWh}$
燃料 2)	A 重油	$2.75 \text{ t-CO}_2/\text{kL}$
	天然ガス	$1.96 \times 10^{-3} \text{ t-CO}_2/\text{m}^3$
	消化ガス利用	0
薬品 3)	高分子凝集剤	$6.50 \text{ t-CO}_2/\text{t}$
	塩化第二鉄	$0.320 \text{ t-CO}_2/\text{t}$
	活性炭	$0.260 \text{ t-CO}_2/\text{t}$
	次亜塩素酸ナトリウム	$0.320 \text{ t-CO}_2/\text{t}$

出典 1)：環境省, 令和4年度電気事業者別排出係数一覧(2023)

2)：環境省, 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(2023)

3)：環境省, 下水道における地球温暖化対策マニュアル(2016)

下水道資源量あたりの排出原単位： P_{R1} **$= \Sigma \text{ 排出原単位} \times \text{電気} \cdot \text{燃料} \cdot \text{薬品使用量 (アンケート結果)} / \text{下水道資源生産量}$**

自治体（47箇所）へのアンケート調査を実施。

※アンケート調査により回答が得られなかったものは反映なし

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | これまでの取組内容

調査方法 | 製造（下水道資源：非エネルギー由来） 下水道資源（R）

非エネルギー由来		排出原単位 (P_{R2})
固形燃料 ¹⁾	乾燥燃料（造粒）	0
	乾燥燃料（油温乾燥）	0.0184 kg-N ₂ O/wet-t
	乾燥汚泥（混合焼却）	0.0095 kg-N ₂ O/wet-t
	炭化	0.0312 kg-N ₂ O/wet-t
堆肥 ²⁾		0.96 kg-CH ₄ /wet-t
		0.27 kg-N ₂ O/wet-t

出典 1) : 国土交通省, 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン (2017)

2) : 環境省, 下水道における地球温暖化対策マニュアル (2016)

3) : 環境省, 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧 (2023)

温室効果ガス排出係数 ³⁾
CO₂=1, CH₄=28, N₂O=265

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | これまでの取組内容

調査方法 | 輸送

	従来資源 (T_N)	下水道資源 (T_R)
輸送手段	コンテナ船 + 貨物車	貨物車
輸送経路	原料生産地～国内主要港湾	下水処理場～加工工場～消費地
	国内主要港湾～各県庁所在地	

資源生産量あたりの**従来資源**の輸送にかかるGHG排出量 (T_N)
 = (排出原単位 (コンテナ船) × 輸送距離 (原料輸入))
 + (排出原単位 (貨物車) × 輸送距離 (国内輸送) × 従来資源輸送量 / 5.0※)

資源生産量あたりの**下水道資源**の輸送にかかるGHG排出量 (T_R)
 = 排出原単位 (貨物車) × 輸送距離 (国内輸送) × 下水道資源輸送量 / 5.0※

※ : 貨物車5.0tトラックでの輸送を想定

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | これまでの取組内容

調査方法 | 輸送（輸送手段）

従来資源 (N)

輸送手段 (コンテナ船)	排出原単位 [g-CO ₂ /t・km]
コンテナ船 (アジア)	26.0 ¹⁾
コンテナ船 (北米)	15.7 ¹⁾

従来資源 (N) ・下水道資源 (R)

輸送手段 (貨物車)	値	備考
貨物車燃費	7.24 km/L ²⁾	—
ガソリンGHG排出係数	2.32 kg-CO ₂ /L ³⁾	—
輸送にかかるGHG 排出原単位	0.320 kg-CO ₂ /km	14.0 mg-CH ₄ /km ⁴⁾ 25.0 mg-N ₂ O/km ⁴⁾

温室効果ガス排出係数 ⁵⁾
CH₄=28, N₂O=265

出典 1): 国土交通政策研究所, 物流から生じるCO₂排出量のデスクロージャーに関する手引き (2012)
2): 経済産業省・国土交通省, 貨物自動車のエネルギー消費性能の向上に関するエネルギー消費機器等製造事業者等の判断の基準等 (2015)
3): 環境省, 特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令 (2023)
4): 国立環境研究所, 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (2022)
5): 環境省, 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧 (2023)

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | これまでの取組内容

調査方法 | 輸送 (輸送経路・距離)

従来資源 (N)

従来資源	原料生産地 ※最大輸入国	輸送距離 原料輸入	主要港湾	輸送先	輸送距離 国内輸送
天然ガス	オーストラリア ノースウエスト シェルフ	6,300~7,900km 平均 約7,000km	釧路・苫小牧	北海道内	68km
			仙台	東北+新潟	15~357km 平均 約170km
原油	サウジアラビア ラスタヌラ基地	12,000~13,800km 平均 約13,000km	千葉	関東甲信	2~280km 平均 約104km
			名古屋	北陸・東海	15~251km 平均 約140km
セメントクリンカ (消石灰)	国内	30km (下水道資源と同様)	大阪	近畿・徳島	10~142km 平均 約60km
石炭	オーストラリア ニューカッスル	7,800~8,600km 平均 約8,000km	岡山	中四国 徳島・山口除く	9~182km 平均 約130km
			福岡	山口・九州北部	74~207km 平均 約132km
リン鉱石	中国・厦門	1,600~3,700km 平均 約2,500km	鹿児島	九州南部	2~130km 平均 約66km

下水道資源 (R)

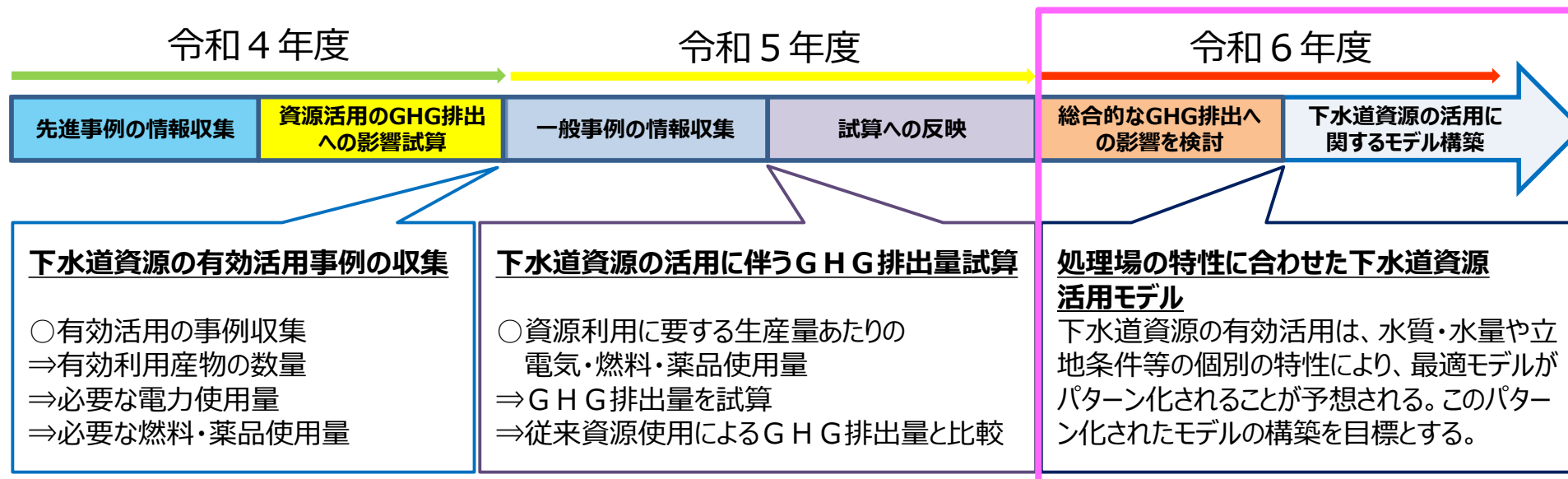
全国市町村平均面積 : 200km² ⇒ 直径相当:30kmとして統一

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示 | 今後の取り組み

課題・今後の取り組み

R5年度の課題	R6年度以降の取り組み
処理工程の違いに応じて評価する GHG削減効果が変化	脱水汚泥の取り扱い （乾燥・炭化・焼却） に応じたGHG削減効果の試算を実施
アンケート結果により、 考慮できていない箇所 （薬品由来GHG排出量）が残っている	アンケート回答数の確保 その他技術資料を活用した補完
使用する燃料の種類に応じて GHG削減効果が変化	消化ガス利用・廃熱利用など、 下水道資源の有効利用との組み合わせ 検討

2) 全体最適化に内在する複数の評価軸に関する議論の整理 | 今後の取り組み



✓ 他分野への貢献評価手法の提示

⇒炭化汚泥の有効利用を含む、過年度に未検討の有効利用事例について、GHG排出量および従来資源との比較によるGHG削減効果を整理
将来的に他分野への貢献評価手法の組み合わせの検討も実施

✓ 全体最適化に内在する複数の評価軸に関する議論の整理

⇒ライフサイクルコスト（LCC）を評価軸に設定し、下水汚泥の有効活用に伴うLCC試算を実施
B-DASHガイドラインを含む費用関数および地域性を考慮できる統計資料を活用

➡ 処理場の特性に合わせた下水道資源活用モデルの構築に取り組む

2) 全体最適化に内在する複数の評価軸に関する議論の整理 | 今後の取り組み

全体最適化に内在する複数の評価軸：ライフサイクルコスト試算

□ R6年度の取り組み

- ・ R5年度にGHG削減効果を算出したケースを対象としたライフサイクルコスト試算

従来資源

- ・ 地域性を考慮し、統計情報を活用

下水道資源

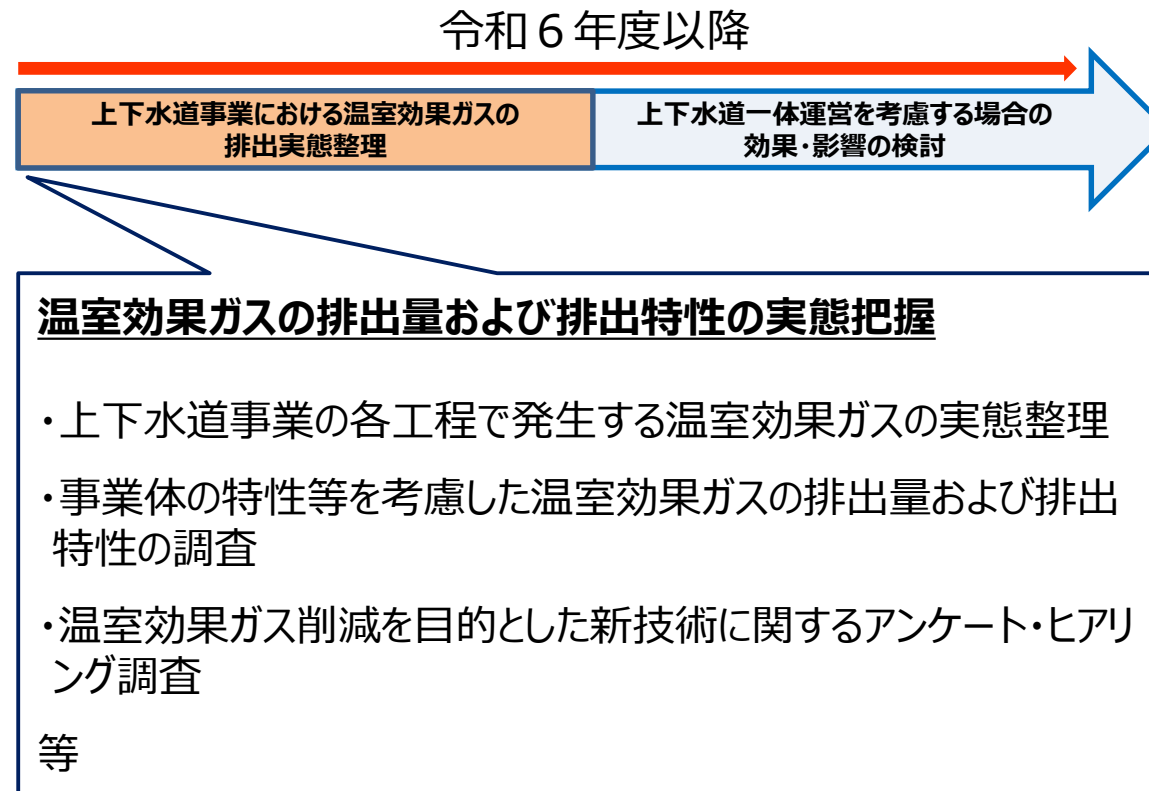
- ・ 既存の公表マニュアル・ガイドラインを活用

例) B-DASHガイドライン

下水汚泥エネルギー化技術導入GL

下水汚泥広域利活用マニュアル

3) 上下水道事業における温室効果ガスの排出実態把握 | 今後の取り組み



上下水道事業における温室効果ガスの排出量および排出特性に関する文献調査、アンケート・ヒアリング調査により、全体像を把握する

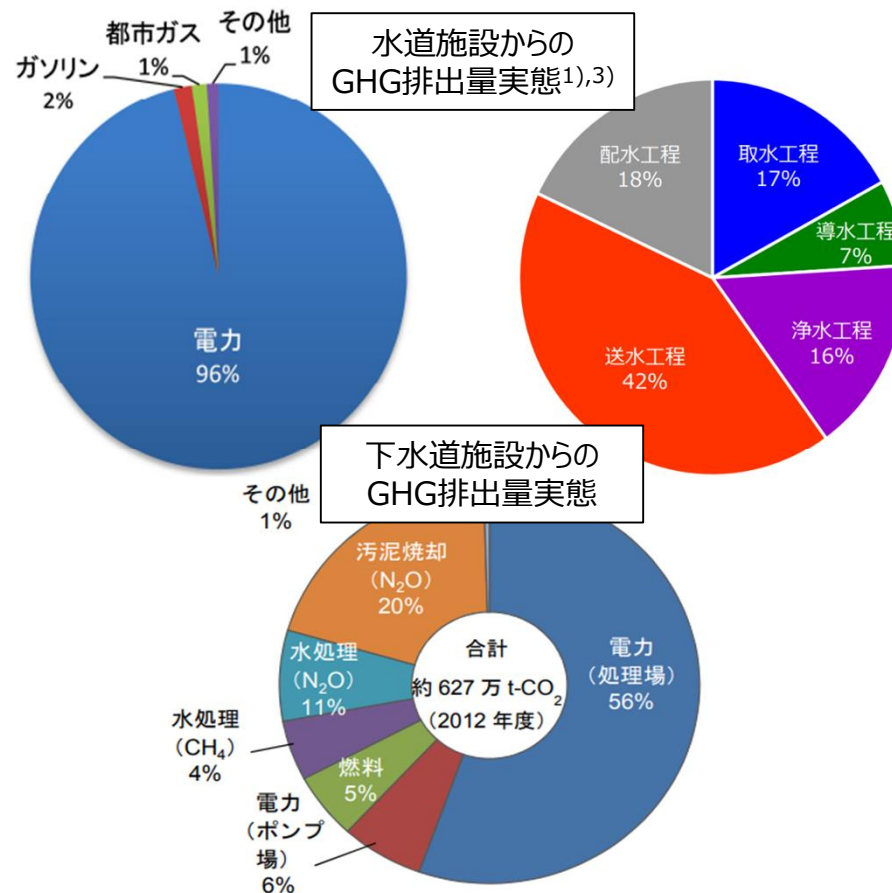
3) 上下水道事業における温室効果ガスの排出実態把握 | 今後の取り組み

- ✓ 上水道施設からのGHG排出量は424万tCO₂、下水道施設からのGHG排出量は627万tCO₂¹⁾ (いずれも2012年度)
- ✓ 上水道、下水道のGHG排出原単位²⁾の比率は都道府県に応じて異なり、GHG排出量も同様と想定される
- ✓ 水道施設からのGHG排出量の96%は電力由来²⁾であり、下水道は多岐にわたる
- ✓ 文献調査、アンケート・ヒアリング調査により、全体像を把握する

上水道・下水道施設からのGHG排出原単位

(単位: kg-CO₂/m³) (2017 年版)

	上水	下水	合計		上水	下水	合計
北海道	0.260	0.440	0.700	滋賀	0.332	0.509	0.841
青森	0.274	0.357	0.631	京都	0.332	0.367	0.699
岩手	1.149	1.611	2.760	大阪	0.332	0.373	0.705
宮城	0.220	0.446	0.666	兵庫	0.332	0.525	0.857
秋田	0.629	0.758	1.387	奈良	0.332	0.190	0.522
山形	0.290	0.305	0.595	和歌山	0.332	0.604	0.936
福島	0.403	0.481	0.885	鳥取	0.332	0.491	0.823
茨城	0.240	0.365	0.605	島根	0.332	0.684	1.016
栃木	0.336	0.404	0.740	岡山	0.332	0.426	0.758
群馬	0.415	0.489	0.904	広島	0.332	0.366	0.698
埼玉	0.203	0.358	0.561	山口	0.332	0.347	0.679
千葉	0.215	0.354	0.569	徳島	0.332	0.675	1.007
東京	0.256	0.403	0.660	香川	0.332	0.207	0.539
神奈川	0.266	0.413	0.679	愛媛	0.332	0.317	0.649
新潟	0.281	0.320	0.602	高知	0.332	0.595	0.927
富山	0.177	0.231	0.408	福岡	0.332	0.235	0.567
石川	0.369	0.447	0.816	佐賀	0.332	1.929	2.261
福井	0.244	0.300	0.545	長崎	0.332	0.843	1.175
山梨	0.311	0.409	0.720	熊本	0.332	0.276	0.608
長野	0.283	0.408	0.691	大分	0.332	0.300	0.632
岐阜	0.316	0.429	0.745	宮崎	0.332	0.382	0.714
静岡	0.276	0.377	0.653	鹿児島	0.332	0.358	0.690
愛知	0.218	0.338	0.556	沖縄	0.332	0.248	0.580
三重	0.466	0.543	1.009				



出典 1): 環境省, 上水道・工業用水道、下水道部門における温室効果ガス排出等の状況 (2012) 2): 今井ら, 上水道・下水道における温室効果ガス排出量の実態 (2020)

3): 小坂, 水道システムにおけるCO₂削減ポテンシャルの推計 (2023)

まとめ

1) 下水道の他分野への貢献評価手法の提示

これまでの取り組み：従来資源、下水道資源の製造、輸送、利用（従来資源のみ）にかかるGHG削減効果の試算条件を整理

今後の取り組み：脱水汚泥の取り扱い（乾燥・炭化・焼却）に応じたGHG削減効果の試算に取り組む予定

2) 全体最適化に内在する複数の評価軸に関する議論の整理

今後の取り組み：ライフサイクルコストに着目し、試算に取り組む予定

3) 上下水道事業における温室効果ガスの排出実態把握

今後の取り組み：文献調査・アンケート調査により、全体像の把握に取り組む予定

4) 地域バイオマスを活用した小規模下水処理場における 下水汚泥の脱水の効率化に関する検討 （第2回エネルギー分科会にて報告）