

資料8-2

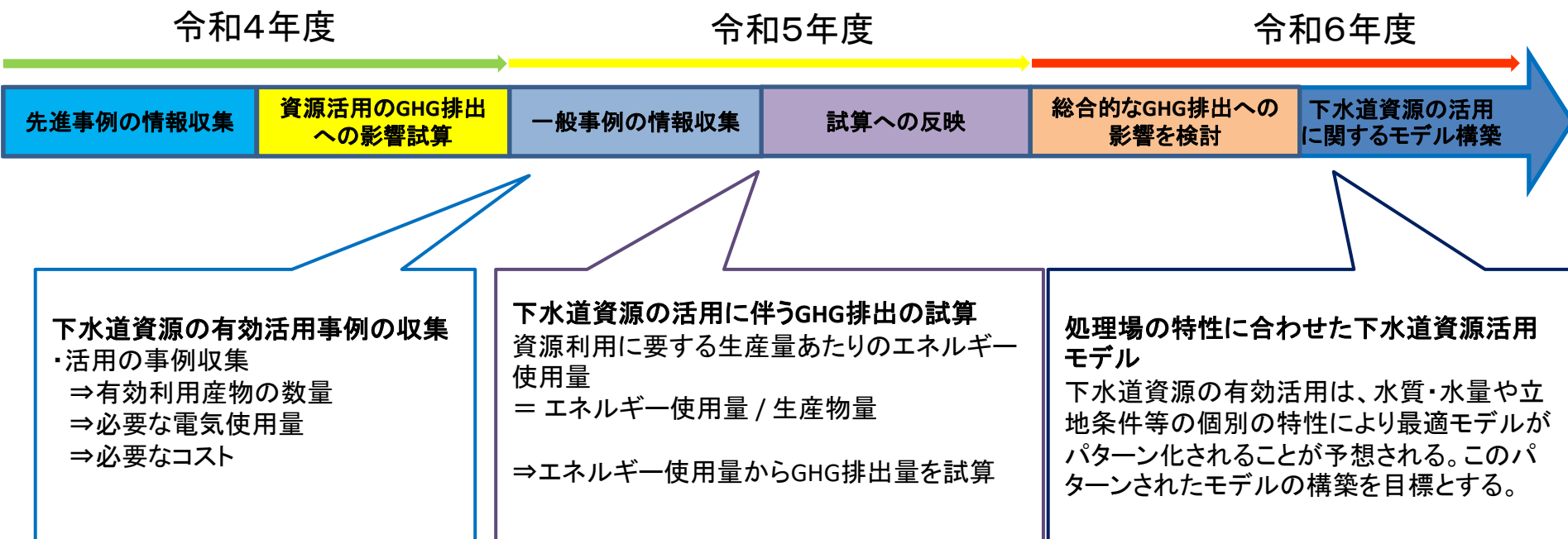
下水道の他分野への貢献評価手法

下水道の他分野への貢献評価手法

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

「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い、最終的には下水道資源の有効活用に関するモデル構築を目標とする。



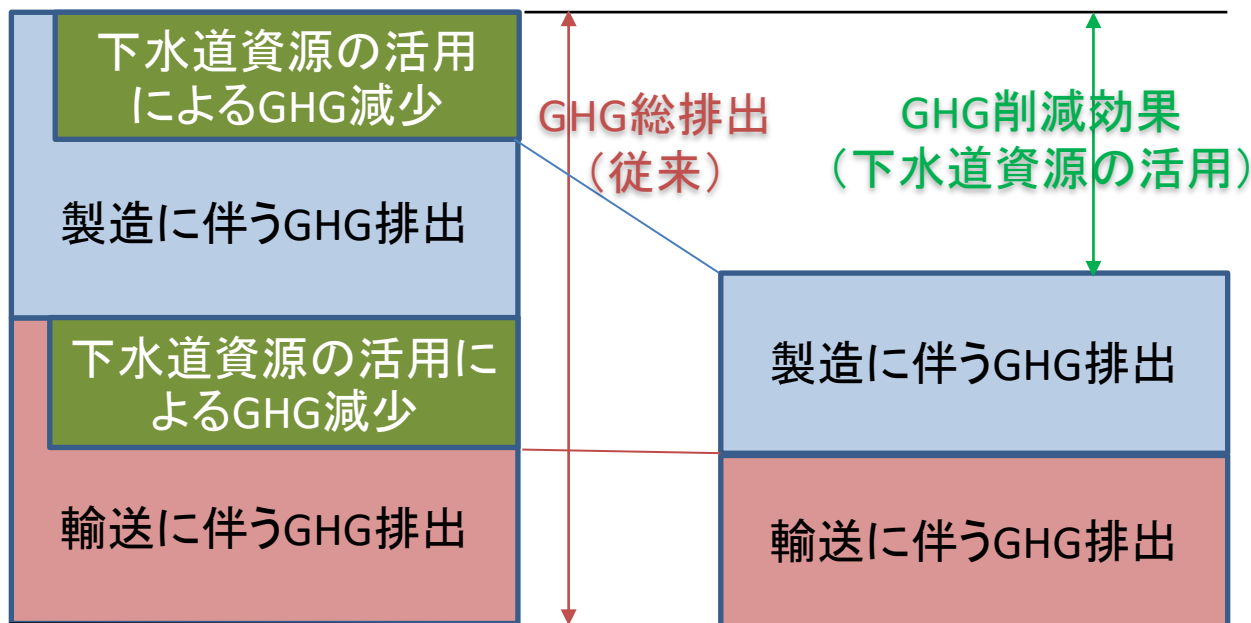
下水道の他分野への貢献評価手法

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製品（従来品）の代替として活用できる可能性がある（下水道資源の活用）。その際、従来品と異なる加工工程を経ることで製造に伴うGHG排出が削減（或いは増加）することが予想される。また、海外からの輸送に頼らないことから輸送に伴うGHG排出を大きく削減することが期待できる。

また、下水道資源は発生・収集時点でGHG排出済みのカーボンフリー資源と見做せる。その点でも従来品と比べGHG排出削減効果を期待することができる。

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



製造工程における温室効果ガス排出
下水道資源の効果的な活用により、従来の資源に比べGHG排出量が減少する

輸送における温室効果ガス排出
多くの製品は原料を輸入に頼っているが、下水道資源は下水処理場に集積した時点では輸送に伴うGHGが生じていない

総合的にGHG排出を削減できる可能性

下水道の他分野への貢献評価手法

昨年度の調査結果をブラッシュアップ

- ・本年度は調査対象の拡大により、昨年度の調査結果の精度向上を目標とする。

試算結果と調査中に判明した課題

R4計算例

固形燃料と一般炭の比較

固形燃料と一般炭には総発熱量に差があり、同じ総発熱量に準拠した比較とする。

固形燃料の総発熱量: 15 MJ/kg

(JIS7312 BSF-15規格に準拠)

一般炭の総発熱量: 29.7 MJ/kg

(資源エネルギー庁資料に準拠)

重量当たりの総発熱量の差は1.98倍

総発熱量基準のGHG排出量

固形燃料: 0.29 t-CO₂/t

一般炭: 2.47 t-CO₂/t

固形燃料化においては以下のGHG削減効果が見込まれる

△2.18 t-CO₂/t-一般炭

処理場のスケールメリット

- ・調査対象の多くが大規模処理場であり、国内の平均的な規模の処理場よりも効率的に下水道資源を活用できる。
- ・国内向けのモデル構築のためにはより平均に近い処理場を対象とした調査が必要

産業面の調査

- ・既往調査は処理場のみを対象としたため、搬出された先のメーカーにおける加工工程が不明である。
- ・調査対象を拡大して産業面のGHG排出を調査

国内の処理場における下水道資源の活用による、実現可能なモデルを提示する

令和4年度エネルギー分科会でのご意見

参考資料

| ご意見 | 回答 |
|---|--|
| <p>土地によってはリンを必要としないようなケース等もあり、その場合は有効利用としての効果が薄くなってしまいます。全国一律で下水道資源を活用するならニーズについて検討する必要がある。</p> | <p>有効利用においては需要家の存在も必須であるので、周囲の産業や立地条件についても併せて調査を行っていく。</p> |
| <p>GHG排出にかかる検討については、使用エネルギー以外に薬品仕様や建設時のCO2排出等もある。バウンダリーの設定が重要だと考える。</p> | <p>排出量全体に与える影響量の問題もあり、検討範囲や比較対象の設定等、引き続き調査に対してご意見いただきたい。</p> |

資料8-2参考

下水道の他分野への貢献評価手法

下水道の他分野への貢献評価手法

資源の有効活用を他分野への貢献として再評価

「2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ」を始め、カーボンニュートラル実現のために下水道においても技術開発が求められている。

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指標化の試算を行い、最終的には下水道資源の有効活用に関するモデル構築を目標とする。

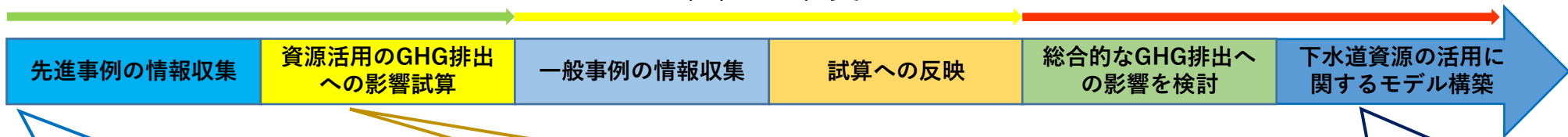
下水道資源を活用した場合の温室効果ガス削減効果の評価

国内における下水道資源の利用をしている処理場について、生産物の利用方法や数量を調査するとともに生産に要した電力量や費用の聞き取り調査を行った。有効利用で得られた生産物が従来の遠方から輸送された製品（従来品）を代替した場合に温室効果ガス削減にどの程度影響するのか試算する。この試算を条件を変えて試行することで、国内で広く活用できるモデル構築を行う。初年度は試算方法の検討を、国内の先進事例を基に行う。

令和4年度

令和5年度

令和6年度



先進事例の情報収集

資源活用のGHG排出への影響試算

一般事例の情報収集

試算への反映

総合的なGHG排出への影響を検討

下水道資源の活用に関するモデル構築

下水道資源の有効活用事例の収集

- ・活用の事例収集
- ⇒ 有効利用産物の数量
- ⇒ 必要な電気使用量
- ⇒ 必要なコスト

下水道資源の活用に伴うGHG排出の試算

資源利用に要する生産量あたりの電気使用量

$$= \text{電気使用量} / \text{生産物量}$$

 ⇒ 電気使用量からGHG排出量を試算

処理場の特性に合わせた下水道資源活用モデル

下水道資源の有効活用は、水質・水量や立地条件等の個別の特性により最適モデルがパターン化されることが予想される。このパターンされたモデルの構築を目標とする。

下水道の他分野への貢献評価手法

今回の試算における考え方

今回の試算においては処理場への調査と、その他資料を活用したGHG排出量の想定を活用する。それぞれで得られた結果を合算して下水道の外部貢献への評価手法としてとりまとめる。

本資料の構成は以下の考えで行う。

処理場へのアンケート調査

下水道資源活用の実態調査のため、複数の処理場に下水道資源の活用方法と要する電力量、費用等をアンケート調査した。調査に基づき、資源の有効活用に伴い排出されるGHG量を試算した。

諸条件の検討

輸送に伴うGHG排出量は下水処理場へのアンケートでは把握できないため、資料調査を基に条件を仮定し試算した。

下水道資源活用の調査対象用途

| | |
|--------|------|
| 消化ガス提供 | リン回収 |
| 消化ガス発電 | 肥料 |
| 固形燃料化 | 下水熱 |
| 建築資材 | 処理水 |

処理場外への供給が調査対象

1. 下水道資源を活用することのGHG削減における意義

処理場へのアンケート調査

活用方法の調査

実態調査

⇒ 有効活用の産物

⇒ 電気使用量

⇒ コスト

活用の効果

2. 製造に伴うGHG排出

⇒ GHG削減の試算

(下水道資源活用の効果)

諸条件の検討

立地の調査

⇒ 周辺産業の調査

輸送ルート of 想定

⇒ 輸送距離算定

地産地消の効果

3. 輸送に伴うGHG排出

⇒ GHG削減の試算

(下水道資源活用の効果)

4. 下水道資源の活用によるGHG排出抑制効果の試算 (下水道の他分野への外部貢献)

下水道の他分野への貢献評価手法

1. 下水道資源を活用することのGHG削減における意義

資源の有効活用を他分野への貢献として再評価

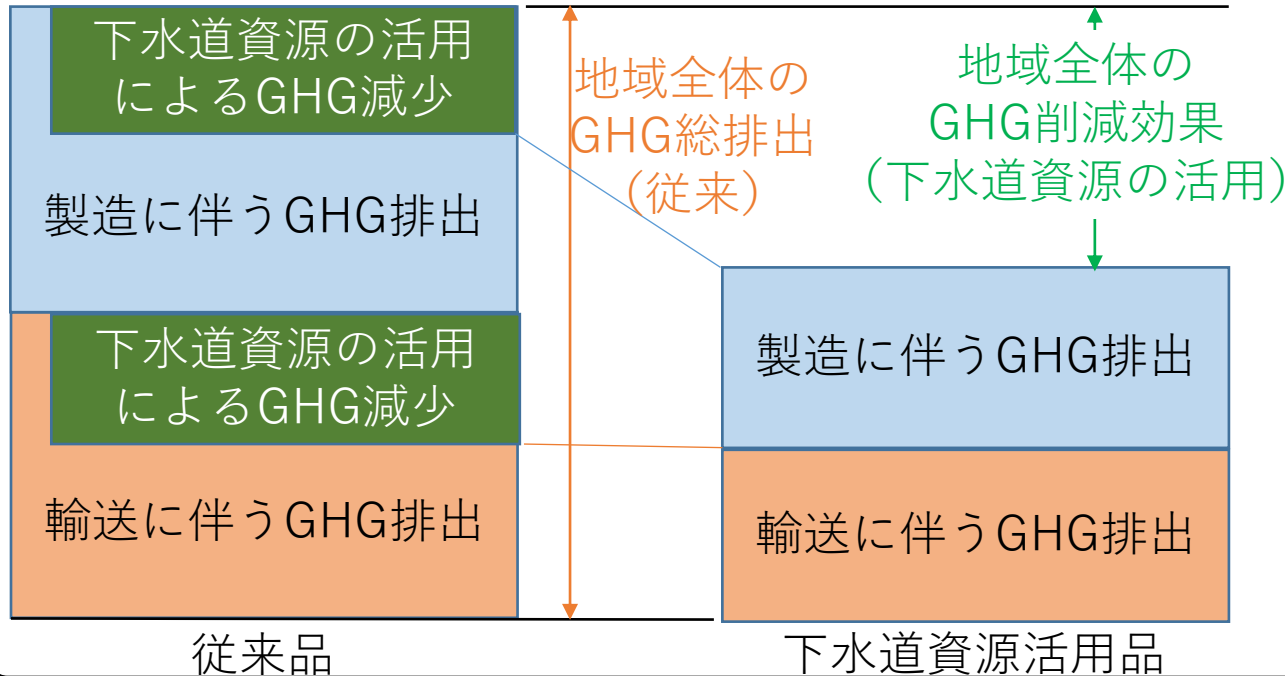
国内の下水道資源の活用事例の情報収集を行い、温室効果ガス削減効果を検討する。温室効果ガス削減効果を地域社会を包含して検討し、社会における全体最適化の議論における判断材料に資する情報収集を行う。

下水道資源を活用した場合の温室効果ガス削減効果の評価

国内における下水道資源の利用について特に先進的な取り組みがされている処理場について、生産物の利用方法や数量を調査するとともに生産に要した電力量や費用の聞き取り調査を行った。有効利用で得られた生産物が従来の遠方から輸送された製品を代替した場合に温室効果ガス削減にどの程度影響するのか試算を行った。

評価方法における前提

下水道資源を有効活用するにあたり、温室効果ガスの排出に影響する要素を以下のように整理した。



製造工程における温室効果ガス排出

製品の製造工程におけるガス排出は、環境省より公示されている『温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度』を始め公官庁・研究機関より発表されている排出係数を基に試算を行う。

輸送における温室効果ガス排出

製品の輸送工程におけるガス排出は、製品の輸送経路を仮定して温室効果ガスの排出を試算する。製品の製造場所から消費地までの輸送を想定している。また、輸送方法は貨物により多岐にわたるが、今回は画一的に自動車での輸送を想定する。

下水道の他分野への貢献評価手法

2. 製造に伴うGHG排出

製造に伴うGHG排出の検討

下水道資源の有効活用について、製造（加工）工程におけるGHG排出削減効果を検討する。
下水道資源を活用した場合のGHG排出量を試算し、従来品のGHG排出係数と比較することでGHG排出削減効果を検証する。

下水道資源の利用による製造工程のGHGの排出量

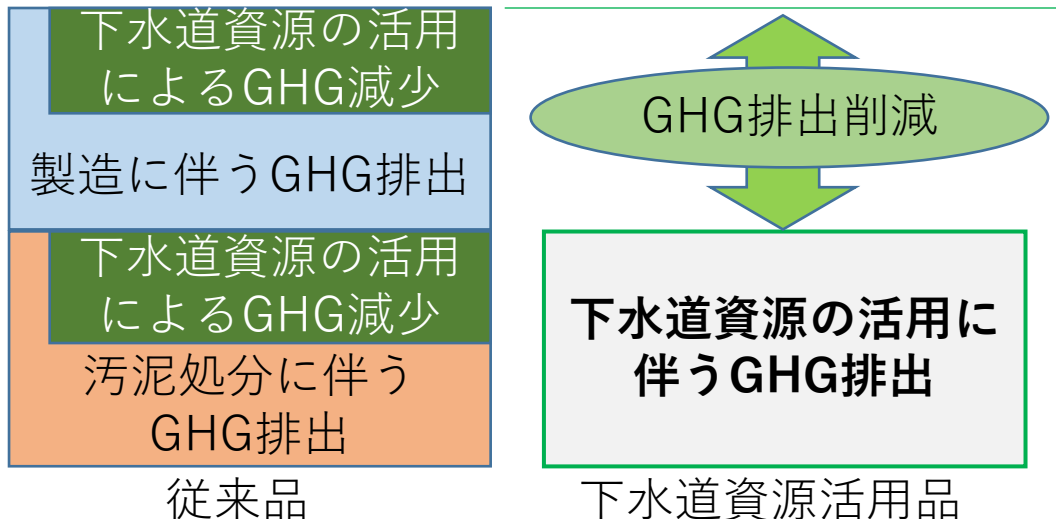
下水道資源の活用に伴うGHG排出量は、活用に必要な電力量から算出した。各処理場より得られた消費電力量のデータを基に電力の排出係数からGHG排出量を推計した。

処理水量の影響

下水道資源の活用では生産効率において**規模のメリット**が作用することが想像された。そのため、流入量の日平均50,000 m³を基準に大規模と中小規模として区分した。

下水道資源の利用方法

今回調査においては発電、ガス供給、固形燃料、建築資材、汚泥肥料、リン回収、処理水、下水熱、外部供給による利用を調査対象とした。



GHG排出の削減効果イメージ

消費電力量から推計したGHG排出量の例

| | | | |
|--------|------|-------|---------|
| 固形燃料利用 | 大規模 | 0.150 | t-CO2/t |
| | 中小規模 | 0.388 | t-CO2/t |

GHG排出係数について、**固形燃料**を例に試算を行う。

今回調査においては、下水道資源の利用方法と生産物の数量、関係設備の消費電力量の実績を収集し、このデータより有効利用に対する排出係数を試算した。

生産効率に**規模のメリット**が作用することを想定し、**流入量の日平均50,000m³を基準**に、大規模施設と中小規模を区別し、排出係数を区分した。

今回調査においては、調査票の回答結果に大きなばらつきがあるため今後の調査においてサンプル数とケーススタディを深め、より実態に近い排出係数の試算を目標とする。

下水道の他分野への貢献評価手法

3. 輸送に伴うGHG排出

輸送に伴うGHG排出の検討

下水道資源の有効活用について、輸送工程におけるGHG排出削減効果を検討する。

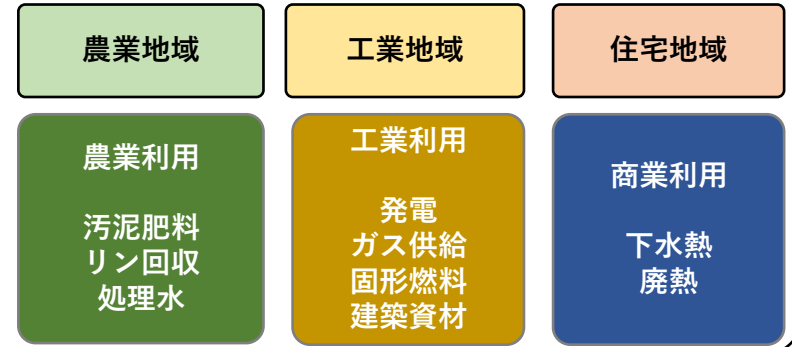
下水道資源を活用した場合の移動距離を仮定し、従来品の移動距離と比較することでGHG排出削減効果を検証する。併せて輸送距離に影響する下水処理場と周辺環境の関係についても調査を行う。

下水道資源の利用方法の分類

下水道資源の活用においては地域性と利用方法の関係を確認した。

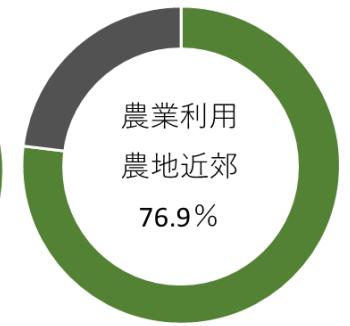
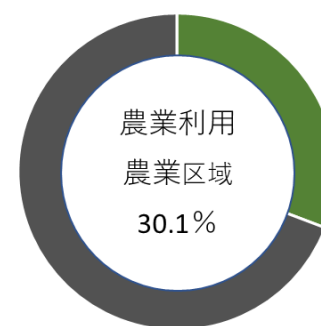
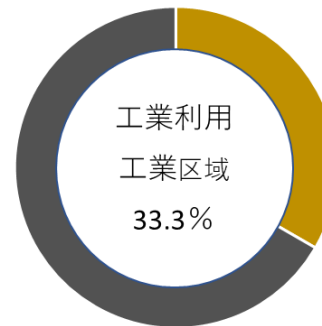
地域性と利用方法にはある程度の関連性があると仮定し、処理場の立地について**農業地域**、**工業地域**、**住宅地域**について分類した。これは土地利用の実情に左右されるため処理場にアンケートをとり、実際に現地の職員の捉え方として回答を得た。

また下水道資源の活用についても同様に**農業利用**、**工業利用**とに分け、それ以外のもの（商業施設への空調としての利用）は**商業利用**として区分した。区分については生産物の消費地で大別し、農業地域で利用されることが予想されるものを農業利用、工業地域で利用されることが予想されるものを工業利用とした。下水熱のみ商業施設で空調利用されると明示されていたため、熱を空調に利用するものは商業利用とした。



下水道資源の活用と周辺立地の関係

下水道資源の有効活用は地域社会の産業構造と密接な関係があり、農業地域の近傍では肥料利用や再生水の農業利用、工業地域においては固形燃料化・建築資材利用が主であった。下水道資源の有効活用には継続して利用が見込める需要家の存在が必要であることが示された。



■工業地域 ■それ以外

■農業地域 ■それ以外

■農地近郊 (2km以内) ■それ以外

下水道の他分野への貢献評価手法

製造と輸送の考え方

今回報告においては、製品別に製造拠点と個別の輸送距離を設定することが困難であったため、標準化した一律の移動距離を仮定して試算を行う。

ルート仮定のプロセス

試算のために石炭の流通拠点を調査したところ、港湾部に多数のヤードが集中していることが判明した。石炭の場合、国際港で荷揚げ、国内の工場に再輸送し製品としての石炭を加工・選別していることが判明した。

同様に他の製品も海路にて輸入された後に数段階の加工を経て流通することが強く推測されるが、今回は調査対象がガスから肥料まで多岐に及び、製品毎の詳細な加工と輸送の条件を確定させることが困難なため、今回の輸送に関しては石炭の簡略化したルートの仮定を立てる。

日本とオーストラリアの距離を示す地図

従来製品の輸送

従来製品の輸送工程は海路で運ばれた原料が港湾部に隣接した工業地域で加工され、消費地へ輸送されると仮定する。

港湾は大規模な荷揚げ設備が存在し工業地域が隣接したものを地域毎に選定し、その港湾から消費地までの距離を輸送に伴うGHG排出の基準として仮定した。消費地は都市部で消費されるものとして各都道府県庁とした。

(出発地点)

国際港間の海運と大規模な荷揚げ設備と工業地域を備えた港湾
釧路、苫小牧、仙台、名古屋、大阪、岡山、北九州、鹿児島

(到着地点)

各都道府県の都会で消費されると仮定する
都道府県庁舎

下水道資源利用製品の輸送

下水道資源を利用した産物は処理場から途中で工場を經由し、消費地へ向かうと仮定する。概ね30kmの移動でこのプロセスを完了すると見込み、移動距離は**30km**と仮定する。(平均的な市町村の直径に相当)

(出発地点)

各下水処理場

(到着地点)

各都道府県の都会で消費されると仮定する
都道府県庁舎

石炭の輸送ルートの例。石炭においては拠点となる港湾から、国内の消費地へ輸送される(オーストラリアが日本への石炭輸出シェア1位)

下水道の他分野への貢献評価手法

4. 下水道資源の活用によるGHG排出抑制効果の試算

下水道資源の活用によるGHG削減効果

下水道資源の活用によるGHG削減効果は製造工程と輸送工程において表れる。調査票より得られた結果から製造工程におけるGHG削減効果、仮定の輸送ルートより輸送におけるGHG削減効果を試算した。下水道資源の活用は多岐にわたるため、今回は固形燃料をとりあげ暫定的に試算を行った事例を提示する。

今回調査の精度向上のためには個別処理場のケーススタディの深掘りや工業的な工程の詳細調査等が必要となる。来年度以降のサンプル数増加と共にこれら調査の深化についても並行して行う。

固形燃料化に伴うGHG排出量

従来品（一般炭）に伴うGHG排出量

固形燃料と一般炭の比較

固形燃料と一般炭には総発熱量に差があり、同じ総発熱量に準拠した比較とする。

固形燃料の総発熱量：15 MJ/kg
(JIS7312 BSF-15規格に準拠)

一般炭の総発熱量：29.7 MJ/kg
(資源エネルギー庁資料に準拠)

重量当たりの総発熱量の差は**1.98倍**

総発熱量基準のGHG排出量

固形燃料： 0.29 t-CO₂/t

一般炭： 2.47 t-CO₂/t

固形燃料化においては以下のGHG削減効果が見込まれる

△2.18 t-CO₂/t-一般炭

製造（一般炭1tと同等の総発熱量）

製造量： 1.98 t
GHG排出： 0.29 t-CO₂
(大規模処理場を想定)

燃料利用に伴うGHG排出

燃焼する固形燃料： 1.98 t
GHG排出： 0 t-CO₂
(バイオマス資源を活用)

輸送

輸送距離： 30 km
GHG排出： 0.000234 t-CO₂ /1.98 t

GHG排出合計

0.29 t-CO₂ / 1.98 t

製造

製造量： 1 t
GHG排出： 0.03 t-CO₂ / t
(インベントリの石炭採掘と加工)

燃料利用に伴うGHG排出

燃焼する一般炭： 1 t
GHG排出： 2.32 t-CO₂
(化石燃料の燃焼)

輸送

輸送距離： 8,000 km
GHG排出： 0.12 t-CO₂ / t
(オーストラリア ニューカッスル港から鹿島港までの海路)

GHG排出合計

2.47 t-CO₂ / t

参考資料

下水道の他分野への貢献評価手法

参考資料 1. 調査票の質問事項

| | | | |
|--|------------|--|---------------------|
| Q1 | 処理場の施設構成 | 回答を返信される際に、処理場の施設構成の概要が分かる資料(パンフレット、施設処理フロー等)の電子ファイルの添付(または郵送)をお願いします | メール添付又は郵送(系列) |
| Q2 | 反応タンク | 反応タンクの系列数を記入してください | (系列) |
| Q3 | 最終沈殿池 | 最終沈殿池の系列数を記入してください | (系列) |
| Q4 | 処理場全体 | 維持管理費 | (万円/年) ※税抜き |
| Q5 | 水処理設備 | 電力消費量 | (千kWh/年) |
| Q6 | 流入水量 | 電力消費量 | (千kWh/年) |
| Q7 | 流入水質 | 日最大(令和3年度実績値、以下同) | (m ³ /日) |
| | | 日平均 | (m ³ /日) |
| | | BOD(年平均) | (mg/L) |
| | | SS(年平均) | (mg/L) |
| | | T-N(年平均) | (mg/L) |
| | | T-P(年平均) | (mg/L) |
| | | T-N(年平均) | (mg/L) |
| Q8 | 放流水質 | T-N(年平均) | (mg/L) |
| | | T-P(年平均) | (mg/L) |
| 次のQ9は、下水道資源を有効利用し、場外に供給・販売等している用途全てについて回答ください。 | | | |
| | | 下水道資源の有効利用用途を選択してください | |
| | 下水道資源の有効利用 | 場外に供給・販売等している下水道資源(熱・電力等含む)の内容をご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | ① | 場外に供給・販売等している供給量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産総量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る導入費用(初期費用)をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る維持管理費用をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る電力消費量をご記入ください | (単位も記載、千kWh/年など) |
| | | 下水道資源の有効利用用途を選択してください | |
| | 下水道資源の有効利用 | 場外に供給・販売等している下水道資源(熱・電力等含む)の内容をご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | ② | 場外に供給・販売等している供給量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産総量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る導入費用(初期費用)をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る維持管理費用をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る電力消費量をご記入ください | (単位も記載、千kWh/年など) |
| | | 下水道資源の有効利用用途を選択してください | |
| | 下水道資源の有効利用 | 場外に供給・販売等している下水道資源(熱・電力等含む)の内容をご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | ③ | 場外に供給・販売等している供給量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産総量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る導入費用(初期費用)をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る維持管理費用をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る電力消費量をご記入ください | (単位も記載、千kWh/年など) |
| | | 下水道資源の有効利用用途を選択してください | |
| | 下水道資源の有効利用 | 場外に供給・販売等している下水道資源(熱・電力等含む)の内容をご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | ④ | 場外に供給・販売等している供給量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産総量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る導入費用(初期費用)をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る維持管理費用をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る電力消費量をご記入ください | (単位も記載、千kWh/年など) |
| | | 下水道資源の有効利用用途を選択してください | |
| | 下水道資源の有効利用 | 場外に供給・販売等している下水道資源(熱・電力等含む)の内容をご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | ⑤ | 場外に供給・販売等している供給量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、t/年など) |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産総量を、単位を含めてご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る導入費用(初期費用)をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る維持管理費用をご記入ください | (単位も記載、万円/年) ※税抜き |
| | | 場外に供給・販売等している下水道資源の生産に係る電力消費量をご記入ください | (単位も記載、千kWh/年など) |
| | | 処理場周辺の土地利用状況をご記入ください | (農業地域、工業地域、居住地域等) |
| | 立地条件 | 処理場周辺の主要産業、大規模工場等あればご記入ください | (〇〇の工場が多い等) |
| | | 処理場周辺の地形特性をご記入ください | (海岸部、平野部、中山間地等) |
| | | 処理水質とエネルギー消費量のバランスを最適化する「二軸管理」を実施、または検討したことはありますか | |
| | | 地域のニーズに応じ季節毎に水質を管理する季節運転を実施、または検討したことはありますか | |
| | | 焼却熱以外の場内排熱の利用を実施、または検討したことはありますか | |
| | その他 | 隣接施設等(例えば廃棄物処理場等)の排熱の利用または供給を実施、または検討したことはありますか | |
| | | 硝化抑制運転を実施、または検討したことはありますか | |
| | | 下水道資源の有効利用による、下水道事業あるいは資源供給先における温室効果ガス削減量を検討した資料があれば、支障ない範囲で、電子ファイルの添付(または郵送)をお願いします | |