

資料 8 - 1

廃棄物分野との一体処理促進について

～下水処理と廃棄物処理を連携させた
資源循環システムの構築を目指して～

～進捗報告～

報告内容

- ① 国総研の取組概要(廃棄物分野との一体処理促進)
- ② 令和4年度の成果
- ③ 令和5年度の実施方針

①国総研の取組概要(廃棄物分野との一体処理促進)

■ 背景

近年、地方都市では既に人口減少が顕在化しており、下水道施設の既存ストック活用によるスケールメリットを活かした省エネ・創エネや、集約による効率的な事業運営を推進しているところであるが、更なる持続的な資源循環型社会を目指し、地域全体でより一層の省エネ・創エネ及びリン等のマテリアル回収を推進していく必要がある。

■ 目的

廃棄物分野との連携にあたり、自治体の職員が手軽に利用できる「検討手順書(虎の巻)」の整備



複数の連携パターンの中から、自分の自治体にあったものを簡単に選定でき
スムーズに設計検討段階への移行が可能となる

■ 令和4年度に実施した内容

- 令和3年度に作成した連携パターンの精査
- 経済性、環境性に関して、定量的な評価手法の作成

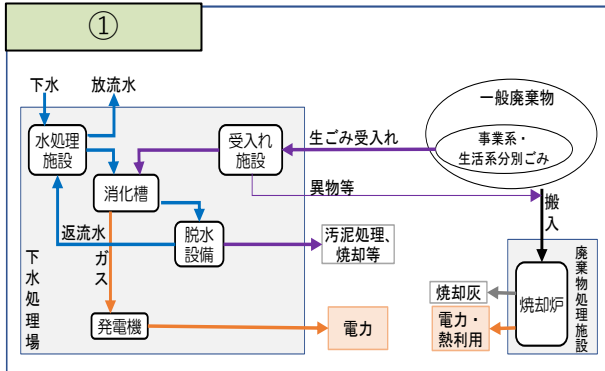
■ 令和5年度に実施する内容

- 令和4年度に作成した評価手法の妥当性の確認
- 簡易検討ツールの作成
- 技術資料(検討手順書)のとりまとめ

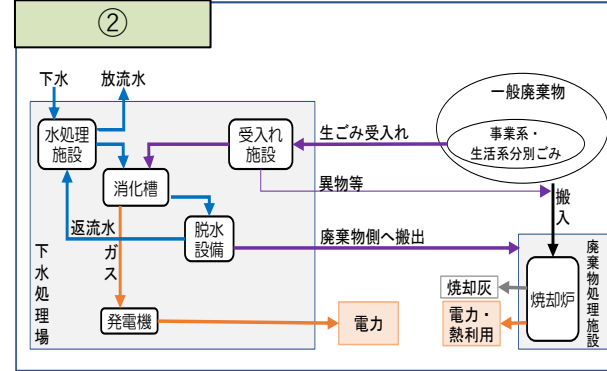
②令和4年度成果(連携パターン一覽)

連携パターン一覽

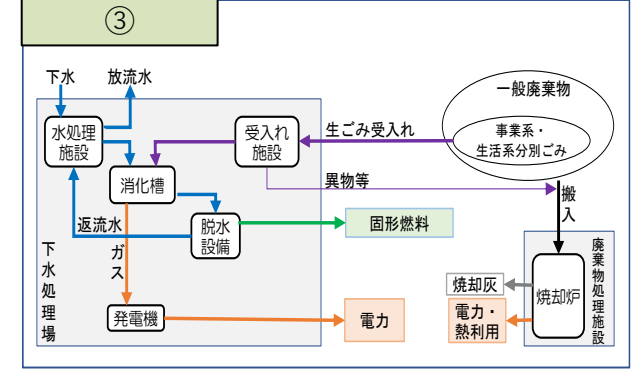
① 消化ガス発電→汚泥は下水側で処分



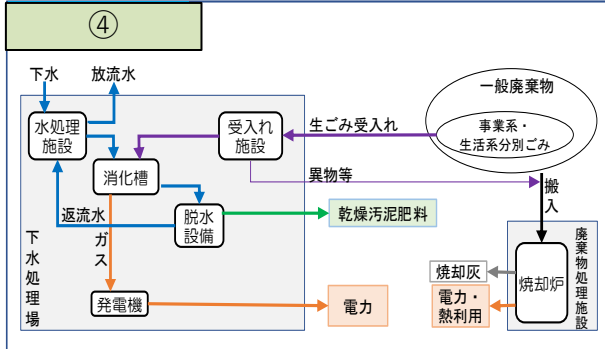
② 消化ガス発電→汚泥は廃棄物側で処分



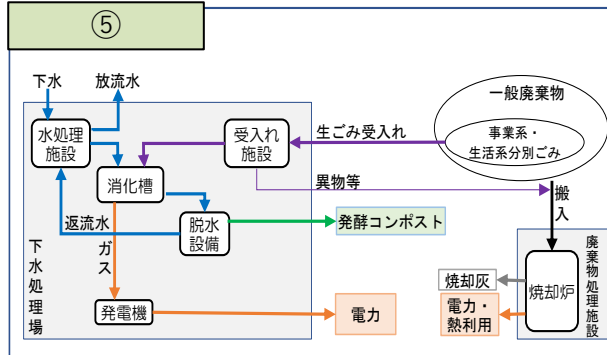
③ 消化ガス発電→汚泥は固形燃料化



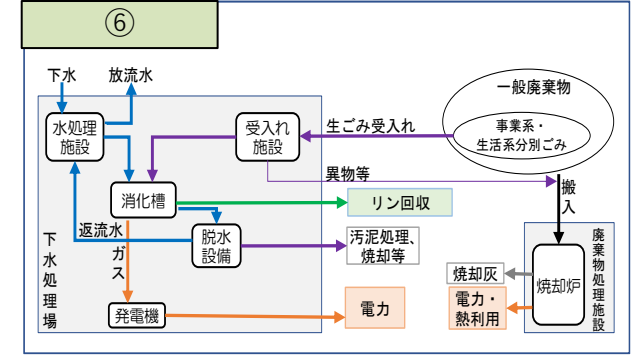
④ 消化ガス発電→汚泥は乾燥汚泥肥料化



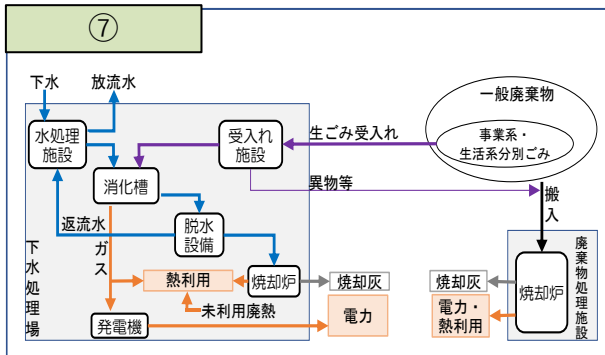
⑤ 消化ガス発電→汚泥は発酵コンポスト化



⑥ 消化ガス発電→汚泥からリンを回収



⑦ 消化ガス発電→場内廃熱から熱回収利用



②令和4年度成果(定量的な評価手法)

経済性・環境性評価の全体の流れ

下水道事業と廃棄物処理事業のそれぞれにおいて、「経済性評価」と「環境性評価」を行ったうえで総合的に評価する。

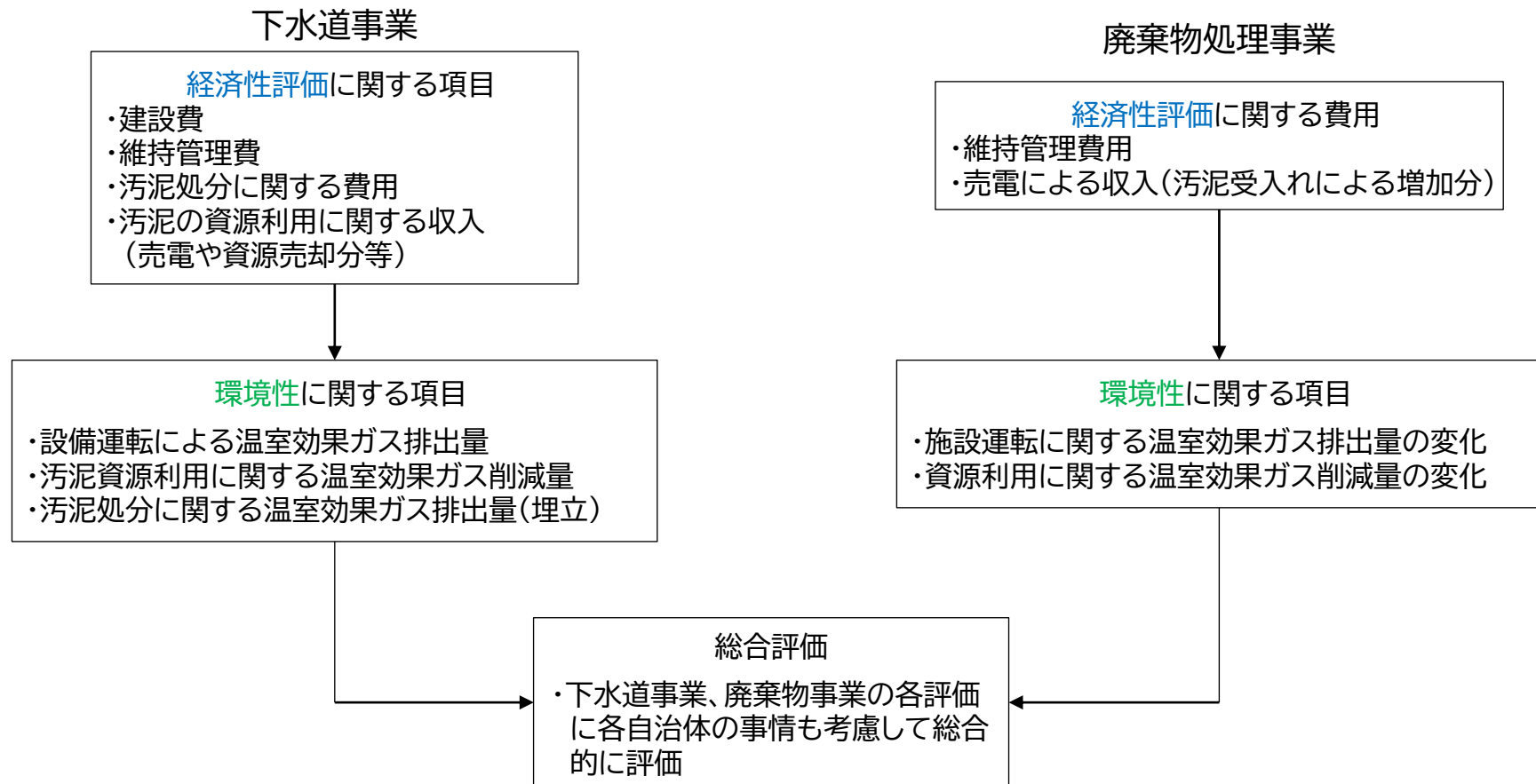


図 経済性・環境性評価の流れ

②令和4年度成果(定量的な評価手法(経済性))

費用関数(経済性)一覧

生ごみ受入れにおいて経済性評価で用いる費用関数の一覧を示す。

表 設備の費用関数一覧1

No	項目	費用関数	単位	補正值 ^{*1}	出典 ^{*2}	備考
①	前処理設備(建設費)	$Y=56.054 \times Q_w \wedge 0.4491$	百万円	-		
	前処理設備(維持管理費)	$Y=11.96646 Q_w \wedge 0.7 \times b \times 365 \times C \div 10 \wedge 6$	百万円/年	1.04	1	b:人件費
②	混合槽(機械)	$Y=8.26 \times Q_v \wedge 0.400$	百万円	1.18	2	C:電気使用量単価
	混合槽(電気)	$Y=0.836 \times Q_v \wedge 0.535$	百万円			
	混合槽(土建)	$Y=2.01 \times Q_v \wedge 0.583$	百万円			
	混合槽(維持管理費)	$Y=9.45 \times Q_v \wedge 0.493 \times C$	百万円/年			
	混合槽(補修費)	$Y=0.184 \times Q_v \wedge 0.400$	百万円/年			
③	消化槽(機械)	$Y=0.07359 \times Q_v + 18.54433$	百万円	1.04	1	y:機械設備費
	消化槽(土建)	$Y=0.05367 \times Q_v + 20.30994$	百万円			
	消化槽(維持管理)	$Y=0.05y + 0.0030474 Q_v + 0.4839338$	百万円/年			
	ガスタンク	$Y=10.4 \times Q_v \wedge 0.437$	百万円			
④	ガスタンク(維持管理費)	$Y=0.283 \times Q_v \wedge 0.302$	百万円	1.18	2	
	脱水機(機械)	$Y=0.434 \times Q_{s1} \wedge 0.373$	百万円	1.27	3	
脱水機(土木)	$Y=0.227 \times Q_{s1} \wedge 0.444$	百万円				
脱水機(維持管理)	$Y=0.039 \times Q_{s1} \wedge 0.595$	百万円/年				
⑥	消化ガス発電機(機器費)	$Y=0.039538 \times Q_g + 9.073315$	百万円	1.04	1	T:年間稼働時間
	消化ガス発電機(維持管理費)	$Y=0.0988 Q_a T$	百万円/年			
⑦	炭化炉(機械)	$Y=206.94 Q_s \wedge 0.6123$	百万円	1.06	4	
	炭化炉(土建)	$Y=64.741 Q_s \wedge 0.391$	百万円			
	炭化炉(維持管理)	$Y=1.8778 Q_s + 105.9$	百万円/年			

表 設備の費用関数一覧2

No	項目	費用関数	単位	補正值 ^{*1}	出典 ^{*2}	備考
⑧	堆肥化施設	$Y=1.233 \times Q_f \wedge 0.650$	億円	1.30	3	人件費なし
	堆肥化施設(維持管理)	$Y=1.925 \times Q_f \wedge 0.932$	百万円/年			
⑨	乾燥施設(機械)	$Y=0.319 \times Q_f \wedge 0.971$	億円	1.27	3	
	乾燥施設(電気)	$Y=0.0659 \times Q_f \wedge 0.809$	億円			
	乾燥施設(土木)	$Y=0.123 \times Q_f \wedge 0.941$	億円			
	乾燥施設(維持管理)	$Y=0.362 \times Q_s \wedge 0.585$	百万円/年			
	リン資源化施設(MAP法脱水ろ液、建設)	$Y=2.2591 Q_t + 244.00$	百万円			
⑩	リン資源化施設(MAP法脱水ろ液、維持管理)	$Y=0.0684 Q_t + 0.7022$	百万円/年	1.20	6	
	リン資源化施設(MAP法、消化液、建設)	$Y=1.9888 Q_t + 107.98$	百万円			
	リン資源化施設(MAP法、消化液、維持管理)	$Y=0.1334 Q_t + 0.6595$	百万円/年			
	焼却設備(機械)	$Y=1.888 \times Q_f \wedge 0.597$	億円			
⑪	焼却設備(電気)	$Y=0.726 \times Q_f \wedge 0.539$	億円	1.27	3	
	焼却設備(土建、焼却炉)	$Y=1.361 \times Q_f \wedge 0.380$	億円			
	焼却設備(土建、電気室)	$Y=2.426 \times Q_f \wedge 0.0094$	億円			
	焼却設備(維持管理)	$Y=0.287 \times Q_s \wedge 0.673$	百万円/年			

表 その他の費用関数一覧

No	項目	費用関数	単位	出典 ^{*2}	備考
⑫	資源売却収入(固形燃料、電気等)	$Y=Q_r \times M$	円/年	4	M:資源売却単価
⑬	廃棄物焼却炉(電気、重油量変化分)	$Y=Q_s \times E \times C$	円/年	5	C:エネルギー使用単価
⑭	売電収入(廃棄物)	$Y=Q_p \times M$	円/年	5	M:資源売却単価
⑮	污泥処分費	$Y=Q_s \times B$	円/年		B:処分費炭化

Y:費用、 Q_w :生ごみ受け入れ量、 Q_v :容量、 Q_{s1} :汚泥量(固形物1%換算)、 Q_g :消化ガス量、 Q_s :汚泥処理量、 Q_f :施設規模、 Q_w :下水処理量、 Q_a :ガス発電容量、 Q_r :資源生産量、 Q_p :発電量、C:電力単価、E:処理量当たりのエネルギー使用量、G:温室効果ガス排出(削減)量 a:温室効果ガス排出量原単位

*1 出典資料の発刊年度を基準とした2021年値(R4, 12月時点最新値)へのデフレーター補正值

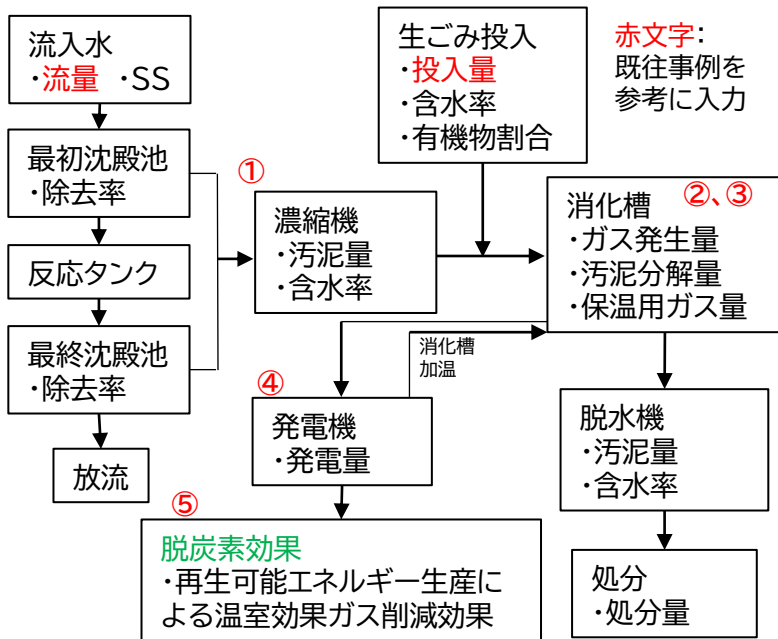
*2 1:下水処理場におけるエネルギー自立化の可能性調査研究技術資料, 下水道新技術機構, 2019 2:下水処理場へのバイオマス(生ごみ等受入れマニュアル)受入れ, 下水道新技術機構, 2011 3:バイオソリッド利活用基本計画(下水汚泥処理総合計画)策定マニュアル, 下水道協会, 2004 4:下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版-, 国土交通省, H30 5:廃棄物系バイオマス利活用 導入マニュアル, 環境省, H29 6:下水道におけるリン資源化の手引き, 国土交通省, 2010

②令和4年度成果(定量的な評価手法(環境性))

簡易な算定方法(環境性)の検討

一つの式で簡単に表せないものに関しては、物質収支から電力量を算出し、排出係数を掛けて脱炭素効果量(排出削減量)を算定する等の評価手法を検討した。簡易ツールの中では自動計算で簡単に答えがでるような仕組み。

【下水側】(例)消化ガス発電による温室効果ガス排出量削減効果を簡易に算定する流れ



① 汚泥発生量

No	項目	値	単位	算定方法
①	流入水量	19,127	m ³ /日	与条件「A市の入力値」
②	流入水SS	180	mg/L	「参考資料*1を基に仮設定」
③	最初沈殿池SS除去率	50	%	「参考資料*1を基に仮設定」
④	第二沈殿池除去率	86	%	「参考資料*1を基に仮設定」
⑤	最初沈殿池発生固形物量	1721	kg-DS/日	$((① \times ②) \times 1000) \times ③ / 100$
⑥	第二沈殿池発生固形物量	1480	kg-DS/日	$((① \times ②) \times 1000 - ⑤) \times ④ / 100$
⑦	発生汚泥固形物量	3202	kg-DS/日	⑤+⑥

② 消化運転(下水汚泥)

No	項目	値	単位	算定方法
⑧	有機物含有比	0.8	VS/DS	「参考資料*2を基に設定」
⑨	有機物量	2561	kg-VS/日	⑦×⑧
⑩	ガス転換率	0.55	Nm ³ /kgVS	「参考資料*2を基に設定」
⑪	ガス発生量	1409	Nm ³ /日	⑨×⑩

③ 消化運転(生ごみ)

No	項目	値	単位	算定方法
⑫	生ごみ投入量	5700	kg/日	与条件「A市の入力値」
⑬	含水率	80	%	「参考資料*2を基に設定」
⑭	生ごみ固形物量	1140	kg-DS/日	⑫×(1-⑬)/100
⑮	有機物含有比	0.95	VS/DS	「参考資料*2を基に設定」
⑯	有機物量	1083	kg-VS/日	⑭×⑮
⑰	ガス転換率	0.95	Nm ³ /kgVS	「参考資料*2を基に設定」
⑱	ガス発生量	1029	Nm ³ /日	⑯×⑰

④ 消化ガス発電

No	項目	値	単位	算定方法
⑲	投入ガス量	2438	Nm ³ /日	⑪+⑱
⑳	加温ガス割合	32	%	「参考資料*3を基に設定」
㉑	消化ガス加温に使用するガス量	780	Nm ³ /日	⑲×㉑
㉒	発電に利用するガス量	1658	Nm ³ /日	⑲-㉑
㉓	消化ガスの発熱量	21	MJ/Nm ³	「参考資料*3を基に設定」
㉔	発電に使用する熱量	34810	MJ/日	㉒×㉓
㉕	発電効率	35	%	「参考資料*3を基に設定」
㉖	稼働率	99	%	「参考資料*3を基に設定」
㉗	発電量	3350	kWh/日	㉔×(㉖/100)×(㉕/100)×(1/3.6)

⑤ 脱炭素効果(化石燃料由来電源の代替として使用した場合の効果)

No	項目	値	単位	算定方法
㉘	温室効果ガス排出係数	0.000453	t-CO ₂ /kWh	「参考資料*4を基に設定」
㉙	脱炭素効果	1.5	t-CO ₂ /日	㉗×㉘

参考資料

- *1 下水道計画・設計指針と解説2019(下水道協会)
- *2 下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル(H29,国土省)
- *3 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(H30,国土省)
- *4 電気事業者別排出係数関連ページ(環境省HP)
- *5 廃棄物系バイオマス利活用 導入マニュアル,環境省,H29

図 処理水量から発電量を算定する流れの例

【廃棄物側】(例)生ごみの量が減ることによる温室効果ガス排出量削減効果算定の流れ

$$\text{CO}_2\text{削減量} = \text{下水処理施設への生ごみ投入量} \times \text{ごみ処理量当たりのエネルギー(電気・重油)使用量}^*5 \times \text{温室効果ガス排出係数}^*4$$

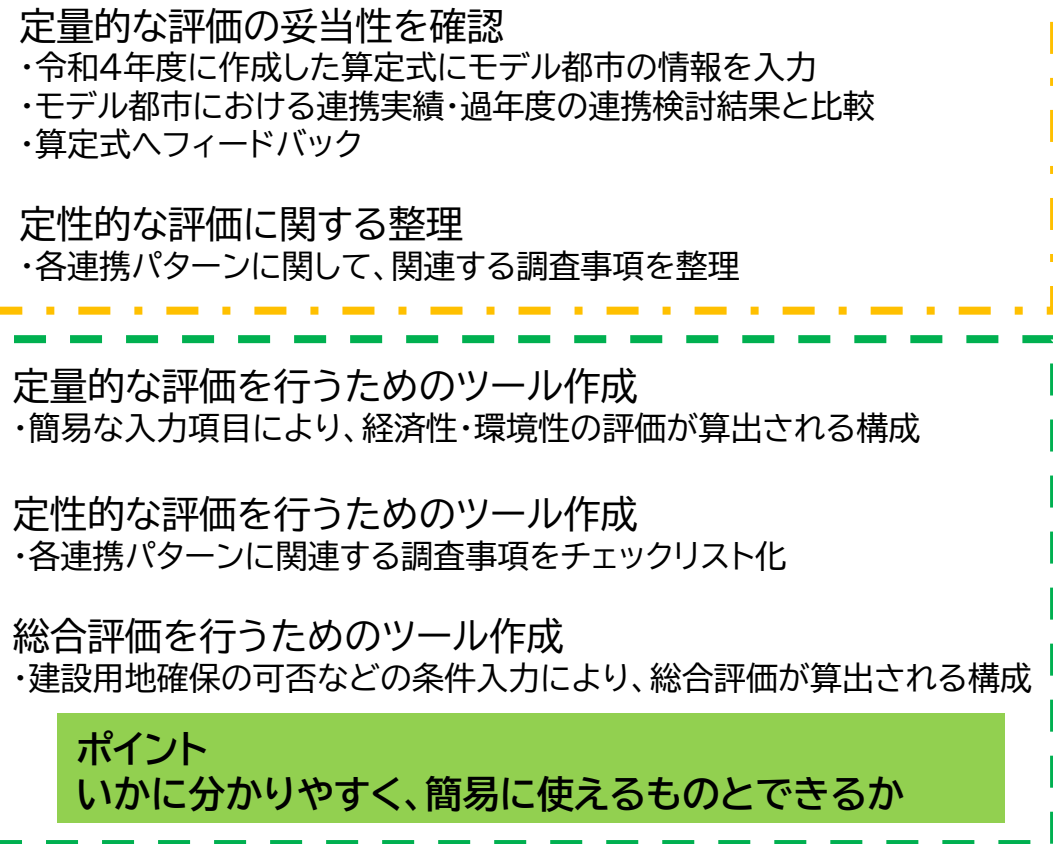
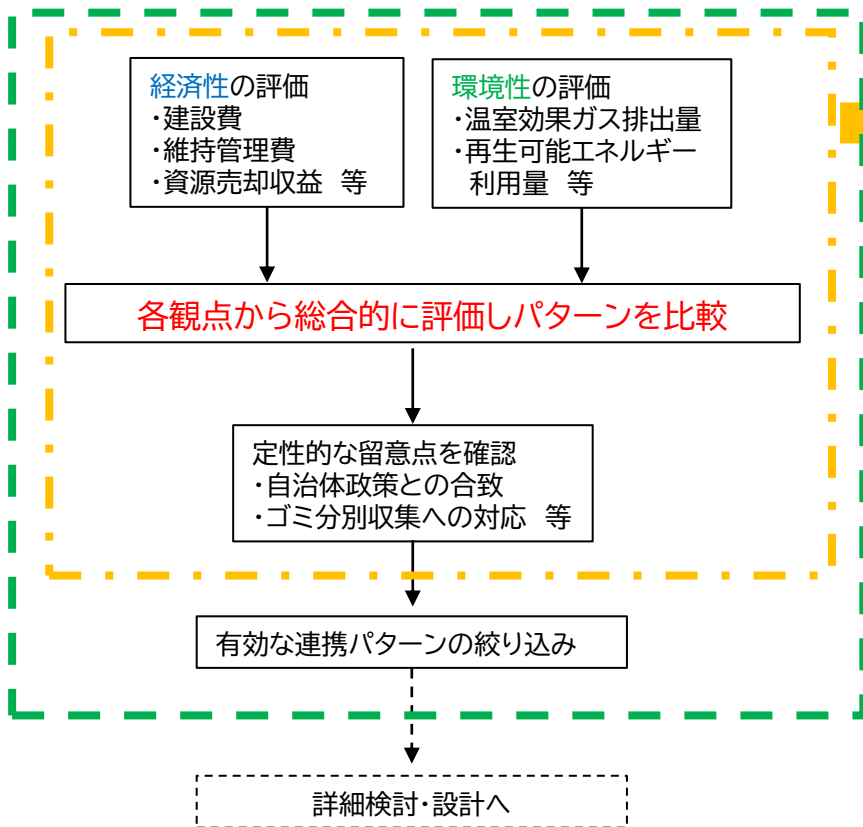
③令和5年度実施方針

1. 評価手法の妥当性を確認

モデル都市(5都市)を選定し、令和4年度に作成した評価手法により経済性及び環境性の試算を行い、連携パターン選定の過程について妥当性を確認する。
 ※選定する5都市のうち、2都市は連携実績のある都市を選定する。
 ※試行途中で、評価手法に変更の必要があれば都度修正する。

2. 簡易検討ツールの作成

簡易な入力項目により、定量的な評価、定性的な評価を行った結果として有効な連携パターンが示されるツールを作成する。
 ※扱いやすいようにエクセルファイル形式にて整理する。



3. 技術資料(検討手順書)のとりまとめ

作成した簡易検討ツールを、適用範囲等を記載した技術資料(検討手順書)としてとりまとめる。
 ※評価手法の目的、適用範囲、検討の手順、簡易検討ツールの使用方法、検討シナリオ例、モデル都市を対象とした検討例などをまとめる。

参考資料

令和4年度 技術開発会議及びエネルギー分科会における主なご意見について

No.	意見	対応
1	ごみを消化槽に受け入れる1つのハードルとして財源構成の違いが挙げられると考える。先行事例でどのように工夫されているのか教えてほしい。	一都市の事例にはなるが、作成する費用関数の妥当性を確認するためにも、費用構成の内訳を調べる等、深掘りして情報収集に取り組む。
2	乾燥汚泥肥料を作る場合と発酵コンポストを作る場合では評価が異なると考える。可能であれば場合分けをして評価できればと思う。	乾燥汚泥肥料と発酵コンポストで場合分けをして評価できるように検討する。
3	消化ガスの有効利用について導管注入等は考えないのか。	類型パターンへの反映検討に向けて、まずは導管注入の事例収集に取り組む。
4	導管注入は、ガス会社からの要求水準も高く、施設の老朽化に伴いあまり導管注入ができていないという事例も聞いている。先方が求めるレベルと既存施設の経年劣化についても含めて考慮できたらと考える。	先進事例へのヒアリングの結果、現時点簡易ツールには反映しないが、将来の可能性も考慮して技術資料には別途参考事例として紹介し、今後の対応を検討する。
5	生ごみの受け入れに伴い、水処理や汚泥処理について工夫されている事例があると聞いている。その辺りも含めて実態を把握されるのが良いと考える。	生ごみ受入れを実施している自治体にヒアリングを実施。工夫点は別途参考事例として紹介する。
6	下水道の専門家（行政・学識経験者）と廃棄物の専門家が連携して議論しているのか。	ヒアリングについては、下水道部局の担当者に対し行っている。実施に当たっては廃棄物部局との連携は必要。手順書の整理においては廃棄物部局と連携し、取り組む。