

最適な下水汚泥有効利用の導入方法

最適な下水汚泥有効利用の導入方法

目的

- 下水処理で発生する汚泥は、水処理方式(標準法、OD等)によりその性状が異なるため、どのような利用方法が適しているか、水処理方式との関係を考慮した上で汚泥利用方法を検討する必要がある。
- また、最初沈殿池の代替としての固液分離施設の導入等、水処理方法を改変する際に汚泥性状が変化し、既往の汚泥利用へ影響が生じる可能性が考えられる。
- 改築等に合わせ、どのようなエネルギー収支にするのが最も適切か、既存施設の活用も考慮して処理場の特性ごとに判断する必要がある。

論点

<エネルギー収支の最適化について>

- B-DASHプロジェクト等により、様々な水処理・汚泥処理法が開発され、多様な汚泥エネルギーの利用方法が存在する中、施設の改築更新や広域化の推進も考慮して今後どのような方法を採用するのが適しているのか、処理場ごとに選定する方法や考え方のフローの構築が必要。

<省エネも含めたエネルギー最適化の評価方法について>

- 下水汚泥からの創エネと、水処理過程も含めた省エネの両者を勘案し、下水処理場全体で適切なエネルギー収支となっているかを評価する方法の構築が必要。

改築時等のエネルギー収支最適化の考え方(案)

水処理における消費エネルギーの削減

本検討の論点

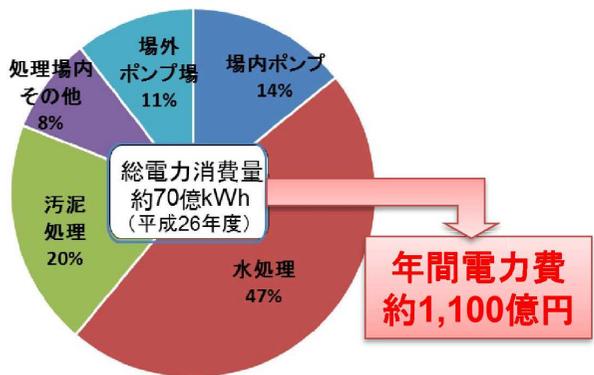
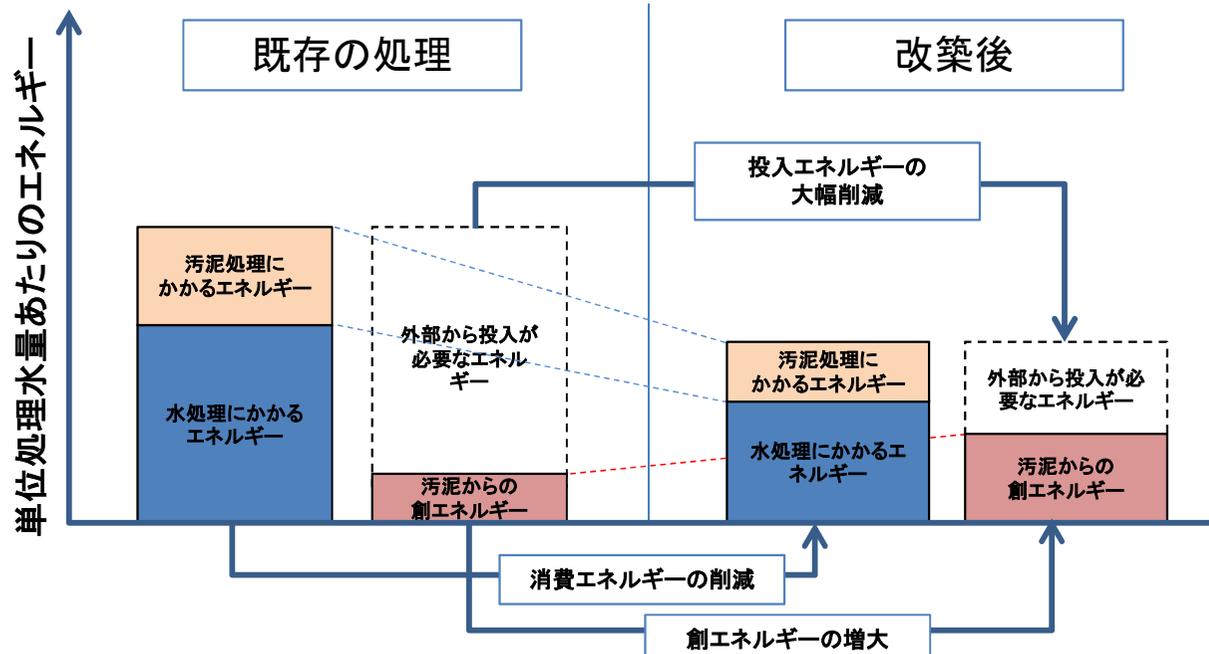
汚泥処理における消費エネルギーの削減

汚泥利用により創出されるエネルギーの増大



外部からの投入エネルギーの削減

副次的な効果も期待される



下水道における電力消費の内訳(国土交通省調査)

従来の評価：下水汚泥エネルギー化率

- これまで評価に用いられていた下水汚泥エネルギー化率においては、エネルギーとして利用された汚泥中の有機物量が算定対象であり、算定方法は下図のとおり。
- 一方で、エネルギー化の高効率化や水処理・汚泥処理における省エネの取組による、処理場全体さらには地域全体でのエネルギー消費削減の効果を反映することも考慮することが必要。

$$\begin{array}{c} \text{下水汚泥} \\ \text{エネルギー化率} \\ \text{(\%)} \end{array} = \frac{\begin{array}{c} \text{バイオガスとして} \\ \text{有効利用された} \\ \text{有機物量} \end{array} + \begin{array}{c} \text{固形燃料として} \\ \text{有効利用された} \\ \text{有機物量} \end{array} + \begin{array}{c} \text{焼却廃熱として} \\ \text{有効利用された} \\ \text{有機物量} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{下水汚泥有機物量} \end{array}} \times 100$$

エネルギー最適化の評価の考え方(案)

- エネルギー最適化の検討を行うため、単体量あたりの下水を処理するために消費したエネルギー(水処理及び汚泥処理)から、消化ガス発電や固形燃料化、焼却発電等により回収した創エネルギー量を差し引いたものを、「単位水量あたり実質エネルギー消費量(REC)(仮称)」として各条件について試算。
- ⇒ 省エネ・創エネの取組を総合的に比較することが可能。
- ⇒ 創エネの取組については、特に発電等のエネルギー化の効率も評価することが可能。

<算定方法のイメージ>

$$\text{単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)} [kWh/m^3] = \frac{\text{(A)消費エネルギー量}[kWh/\text{年}] - \text{(B)創エネルギー量} [kWh/\text{年}]}{\text{(C)処理水量}[m^3/\text{年}]}$$

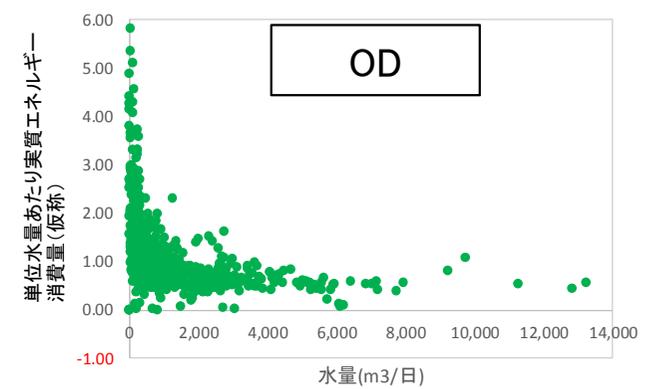
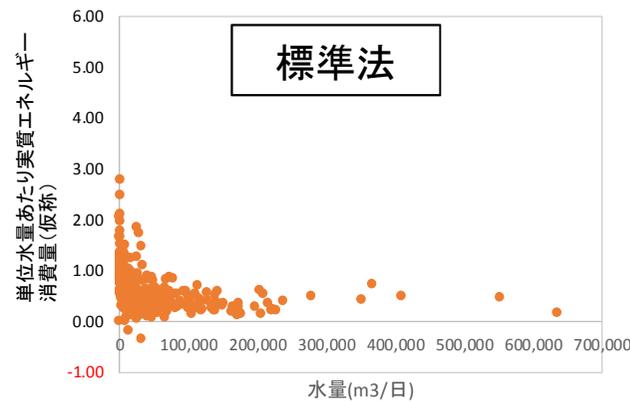
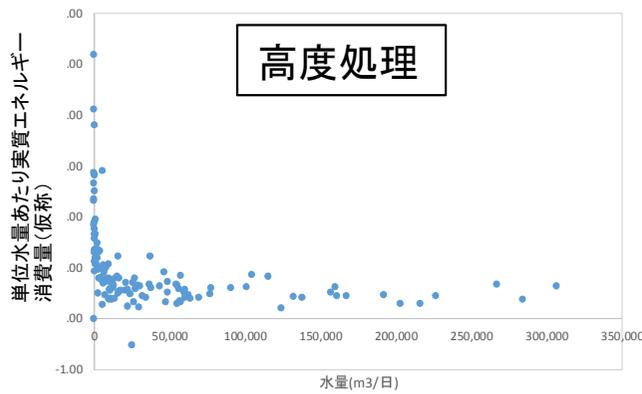
(Real Energy Consumption :REC)

- (A) 水処理から汚泥処理までにかかった電力消費量及び外部燃料消費量を電力換算して計上する。
 - ・水処理にかかる消費エネルギーについては、処理する汚泥の発生源となった下水(汚泥を集約処理する場合、集約元の下水)の処理にかかったエネルギーを計上。
 - ・委託先で汚泥をエネルギー化する場合も、同様に含めて算出することが望ましい。
- (B) 汚泥から回収したエネルギー量を電力換算する。
 - ・場内利用する回収エネルギーは、(A)から差し引くこととし、(B)として算出しない。
 - ・エネルギー回収の例: バイオガスとしての利用(発電、都市ガス注入等の処理プロセス以外に活用するもの)、固形燃料化、焼却廃熱利用(発電、給湯・空調利用等の処理プロセス以外に活用するもの)
 - ・場外利用や委託先でエネルギー化する場合も同様に含めて算出することが望ましい。
- (C) 処理する汚泥の発生源となった下水の水量

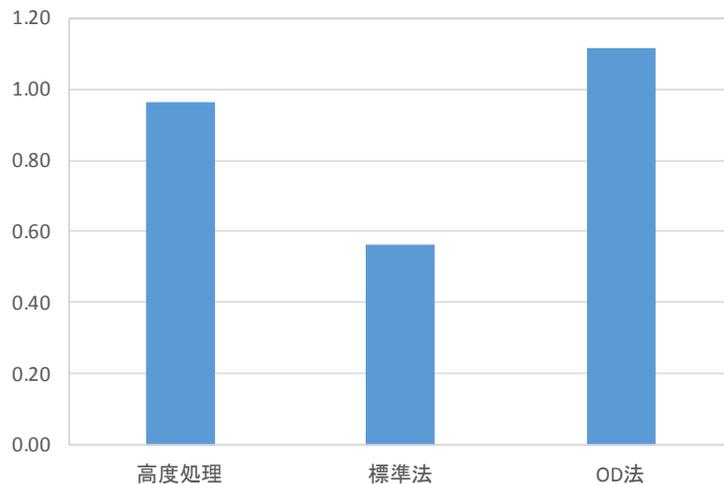
単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)の試算結果(水処理方式別)

- 全国の下水処理場における単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)を処理方法別に整理すると、以下のとおりとなった。

全国の処理場の単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)の分布(処理方法別)



各処理法の平均



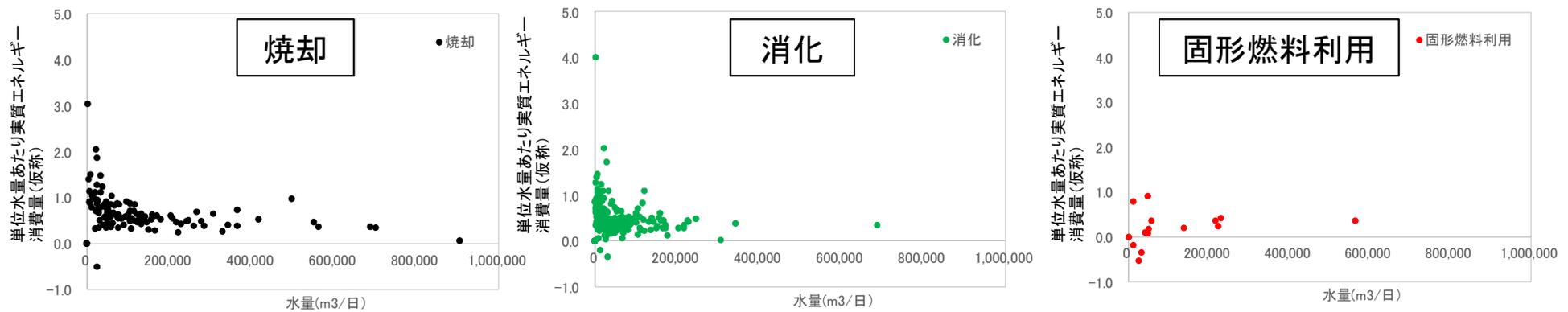
- 各処理方法において、処理水量が大きいほど値が小さくなり、処理水量が大きいほどエネルギー効率が良いことがわかる。
- 処理方式別の値は、OD法 > 高度処理 > 標準法の順で値が高くなっている。

※下水道統計(H27)の処理場別年間処理水量データおよび、処理場別消費エネルギー量データを基に算出

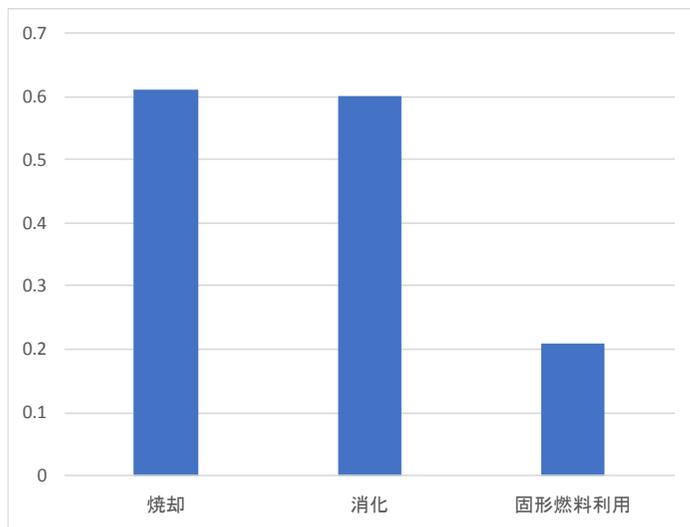
単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)の試算結果(汚泥処分方法別)

- 焼却、消化、固形燃料利用を行っているそれぞれの下水処理場における単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)を整理すると、以下のとおりとなった。

全国の処理場の単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)の分布(処理方法別)



各処理法の平均



考察

- 固形燃料利用は固形燃料化物のエネルギー量を全量有効利用エネルギーとして見ていることから、他の方法に比べて単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)が大幅に削減されている。
- 処理方式別の値は、焼却≒消化>固形燃料化の順で値が高くなっている。

※下水道統計(H27)の処理場別年間処理水量データおよび、処理場別消費エネルギー量データを基に算出

単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)の試算結果の例:政令市等

政令市等

ケースNo		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
下水汚泥の有効利用の考え方 (エネルギー利用・他の処理場からの集約の有無)		焼却廃熱発電、 固形燃料化 (汚泥集約有)	消化ガス発電、 焼却 (汚泥集約有)	消化ガス発電	—	消化、焼却 (汚泥集約有)	消化ガス発電、固 形燃料化	消化ガス発電、 固形燃料化 (汚泥集約有)	消化、焼却、 リン回収
水処理	規模(日平均、m3/日)	3,220,000	1,920,000	177,000	29,000	509,000	216,000	447,000	116,000
	水処理方式	標準法、AO法、 A2O法等	標準法、AO法、 A2O法等	標準法	標準法	標準法、AO法、 A2O法等	標準法	標準法	AO法
	備考								
汚泥処理	汚泥発生量(t-DS/日)	436	187	21	2.8	94.9	57.9	63	25.9
	地域バイオマス受入れ・広域処理 (t-DS/日)	—	—	—	—	○	—	—	—
	消化	—	○	○	—	○	○	○	○
	ガス有効利用率	—	87.8	85.8	—	100	93	81	66.2
	消化液からのリン回収	—	—	—	—	○	—	—	○
	焼却	○	○	—	—	○	—	—	○
	焼却廃熱利用	○(発電)	○(消化槽加温)	—	—	—	—	—	—
	廃熱利用率(%)	1.4	3.3	—	—	—	—	—	—
	焼却灰からのリン回収	—	—	—	—	—	—	—	—
	炭化・乾燥化	○	—	—	—	—	○	○	—
	コンポスト化	—	—	—	—	—	—	—	—
	備考								
処分割合(%)	肥料			5	21.4	0.8			
	固形燃料	0.3					98	8.5	
	セメント等建設資材	17.8	62.4	95		19.7	2	66.8	100
	埋立て処分	81.9	37.6		78.6	79.5		24.7	
指標	単位水量あたり実質エネ ルギー消費量(仮称)(kwh/m3)	0.50	0.46	0.13	0.45	0.54	0.35	0.21	0.83
	バイオマスリサイクル率 (%)	1.7	45.7	50.4	21.4	50.4	95.5	44.8	33.1
	リサイクル率(%)	18.1	62.4	100	21.4	20.5	100	75.3	100

・水処理方式が標準法(高度処理していない)
 ・消化ガス発電の実施
 ・焼却せず、脱水汚泥のまま処分
 ⇒エネルギー消費量が小さい。

・水処理方式が標準法(高度処理していない)
 ・消化ガス発電、固形燃料化を実施
 ⇒エネルギー消費量が小さい。

・消化ガス発電を実施しているが、高
 度処理・リン回収・焼却を実施してい
 るため、エネルギー消費量が大い
 と考えられる。

単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)の試算結果の例:小規模処理場

処理場の規模や汚泥処理・利活用の考え方によって採用可能な汚泥処理・利用方法について、水処理、汚泥処理、最終処分の内容により、各指標の数値を示すもの。選択肢を示した上で、複数ある選択肢の中でどの技術の適用や組合せが適切か、技術種類ごとの特性を比較して選定できるよう一覧整理を行った。

小規模処理場の場合		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
項目		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
下水汚泥の有効利用の考え方		従来OD	従来標準法	バイオマス集約、消化ガス発電、固形燃料化	消化ガス発電、コンポスト
水処理	規模(日平均、m3/日)	5,000	10,000	12,400	22,000
	水処理方式	OD法	標準法	標準法	標準法
	備考				
汚泥処理	汚泥発生量(t-DS/日)	0.98	2.0	1.8	6.2
	地域バイオマス受入れ・広域処理(t-DS/日)			4.7	
	消化	—	—	○	○
	ガス有効利用率	—	—	100	100
	炭化・乾燥化	—	—	○	—
	コンポスト化	—	—	—	○
汚泥最終処分の内訳(%)	肥料	30	0	45	100
	固形燃料			55	
	セメント等建設資材	50	50	0	0
	埋立て処分	20	50	0	0
指標	単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称)(kwh/m3)※	0.57	0.53	-0.19	0.32
	バイオマスリサイクル率(%)	30	0	100	100
	リサイクル率(%)	80	50	100	100

・標準法
 ・地域バイオマス受入れ
 ・消化ガス発電・固形燃料化
 ⇒エネルギー消費量が極めて小さい

・標準法
 ・消化ガス発電
 ・コンポスト化
 ⇒コンポスト化は消費量増加の方向に働くが、消化ガス発電を実施しているため、ケース1、2よりは小さい。

※ケース1、ケース2は類似の規模・処理法の処理場の平均値

新指標を含む各指標の特性は以下のとおり。

指標ごとの特性の比較

指標	評価対象	評価できないもの	備考
単位水量あたり実質エネルギー消費量(仮称) (kwh/m3)	省エネルギー、創エネルギー	肥料利用、無機分利用	エネルギー消費量半減目標に対応
下水道バイオマスリサイクル率(%)	創エネルギー、肥料利用	省エネルギー、無機分利用	下水道法における下水汚泥の燃料化・肥料化の努力義務に対応
下水汚泥リサイクル率(%)	汚泥の最終処分量 建設資材化等の無機分の利用	省エネルギー、消化ガス利用	



- 上記の3つの指標により、下水汚泥有効利用及び創エネ・省エネの効果を総合的に評価していくことを想定。
- 新指標については、水処理方式(高度処理を含む)や汚泥処理方式等による指標への影響の評価について、今後分析を進める。