

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§ 14 導入検討の手順

本技術の導入検討は、以下の手順で実施する。

- (1) 基礎調査
- (2) 導入効果の検討
- (3) 導入判断

【解説】

本技術の導入検討は図 3-1 に示すように基礎調査、導入効果の検討及び導入判断の手順で行う。

(1) 基礎調査

対象施設の下水道計画の調査を行い、計画されている設備更新、新設及び補修の計画を整理する。この調査において、現状の課題を抽出し、本技術を導入する意義、目的を明確にする。

(2) 導入効果の検討

本技術を導入する場合の有効性について定量的な効果を検討する。ここでは、本技術の総費用（年価換算値）及び温室効果ガス排出量、エネルギー消費量の算定を行い、従来の脱水機だけの更新や従来の乾燥設備を更新・導入する場合と比較して、その効果を定量的に評価する。

(3) 導入判断

導入効果の検討において導入効果が見込まれると判断された場合には、本技術の導入に関わる意思決定を行い、第4章 計画・設計に移行する。

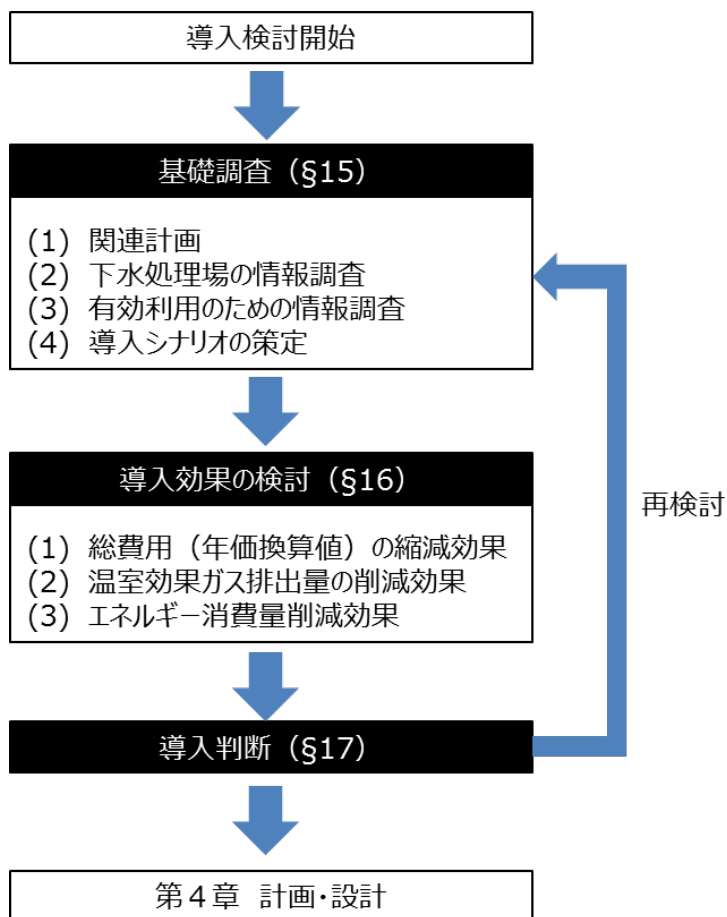


図 3-1 導入検討手順

§ 15 基礎調査

基礎調査では以下の事項について情報を整理し、導入シナリオを策定することを目的とする。

- (1) 関連計画
- (2) 下水処理場の情報調査
- (3) 有効利用のための情報調査
- (4) 導入シナリオの策定

【解説】

(1) 関連計画

下水道事業における関連計画を整理する。

- ① 下水道全体計画
- ② 事業計画
- ③ 流域別下水道整備総合計画
- ④ 下水処理施設の耐震計画
- ⑤ 下水処理場の統廃合、広域化計画
- ⑥ 下水道施設のストックマネジメント計画
- ⑦ 汚泥有効利用計画（構想）

(2) 下水処理場の情報調査

下水処理場における設備及び運転管理情報の整理を行う。

- ① 下水道及び下水処理場の特性（排除方式、規模など）
- ② 既存の施設の整備状況
- ③ 流入水量（日平均）、水質及びその変動
- ④ 下水処理場から発生する脱水（乾燥）処理の対象となる汚泥の種類、量及び性状
- ⑤ 施設の運転管理状況
- ⑥ 脱水乾燥設備の設置場所の確認

(3) 有効利用のための情報調査

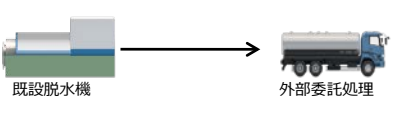


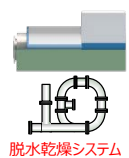
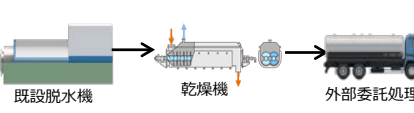
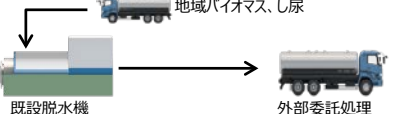
有効利用先検討のための情報調査として以下のような項目について調査・検討を行う。

- ① 利用用途に応じて必要となる汚泥性状の分析
(水分、肥料成分、重金属、発熱量、植害試験など)
- ② 近隣の燃料ユーザーの調査 (処理規模、炉の形式、現在の燃料源など)
- ③ 近隣の肥料ユーザーの調査 (肥料・堆肥の販売会社の有無、栽培作物など)
- ④ ユーザーのニーズ (汚泥の量、性状や含水率) の調査
- ⑤ 有効利用を開始する時期の検討 (導入直後から有効利用開始、導入後段階的に有効利用率を増加など)

(4) 導入シナリオの策定

(1) 関連計画～(3) 有効利用のための情報調査までに調査した情報をもとに導入するためのシナリオの策定を行う。表 3-1 に主な導入シナリオをまとめて示す。

表 3-1 導入シナリオ例

CASE	既設	導入後		
		既設	新設	備考
1				
2				既設脱水機の更新に合わせて、脱水乾燥システムを導入する。
3				
4				

§16 導入効果の検討

本技術の導入効果は、総費用（年価換算値）の縮減効果、温室効果ガス排出量削減効果、エネルギー消費量削減効果について従来技術との比較により評価する。

【解説】

（1）導入効果検討の考え方

本技術の導入による総費用（年価換算値）の縮減効果、温室効果ガス排出量削減効果、エネルギー消費量削減効果を算出し、従来技術と比較することで、本技術の導入効果を検討する。

なお、導入効果の検討を容易にするために、実証研究結果から得られたデータを基に、建設費、維持管理費などを簡易的に算定できる算定式を導出した。

ただし、本技術を導入後の乾燥汚泥の有効利用用途および引き取り条件などにより、従来技術に比した縮減効果は大きく異なるため留意が必要である。ここでは引き取り条件を設定して評価を行った。

（2）導入効果の検討項目

本技術の導入効果検討項目は、1）総費用（年価換算値）の縮減効果、2）温室効果ガス排出量削減効果、3）エネルギー消費量削減効果とする。なお、算出例は第3章 第2節 導入効果の検討例に記載する。

1) 総費用（年価換算値）の縮減効果

本技術の導入コストは①建設費および②維持管理費（③汚泥処分費を含む）から構成される。

① 建設費

本技術の建設費は表 3-2 に示す算定式により算出する。また表 3-3 に建設費算定式に含まれている項目を整理した。なお、本設備の 1 系列の規模は 6.4t-ds/日（日最大）を最大規模とし、6.4～12.9t-ds/日は 2 系列、12.9～19.3t-ds/日は 3 系列といったように処理規模が大きくなれば系列数の増加により対応する。（資料編 2. ケーススタディ 2. 2 費用関数についてを参照）

また、既設脱水機棟に建設することを前提とするため、機械設備、電気設備とその工事費を対象とし、土木建築工事は含まないこととした。電気設備については機械設備の動力制御盤および動力制御盤からの二次側配線を対象とした。また解体・廃棄費は含まない。

以上より、処理汚泥量に応じて系列数を設定し、それに応じた算定式を設定した。

表 3-2 脱水乾燥システム 建設費算定式

(y : 建設費 (百万円)、x : 汚泥処理量 t-ds/日 (日最大))

対象汚泥	消化汚泥	混合生汚泥	x の範囲
1 系列	$y = -3.8x^2 + 95.8x + 250.8$	$y = -4.8x^2 + 112.7x + 250.1$	$x < 6.4$
2 系列	$y = -0.54x^2 + 69.8x + 543.5$	$y = -0.54x^2 + 76.3x + 590.5$	$6.4 \leq x < 12.9$
3 系列	$y = 59.1x + 850$	$y = -0.48x^2 + 82.5x + 780$	$12.9 \leq x < 19.3$

なお、建設費については、各設備の償却期間による建設費年価換算を行う。建設費の年あたりの費用は、『バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル』の計算例に基づき、以下の式により各係数を乗じて算出する。

$$\text{建設費年価 (百万円/年)} = \text{建設費 (億円)} \times i \times \left\{ \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right\} \times 100$$

ここで、i : 利子率 (2.3%とする)、n : 耐用年数 (15年とする)

表 3-3 建設費に含まれている項目

機器	脱水乾燥設備	熱風炉、円環式気流乾燥機、サイクロン、循環ブロワ、燃焼空気ブロワ	
	汚泥供給設備	既設貯留槽を流用し、汚泥供給ポンプのみ計上	
	高分子凝集剤注入設備	既設溶解設備を流用し、高分子凝集剤供給ポンプのみ計上	
	無機凝集剤注入設備	無機凝集剤供給ポンプ、無機凝集剤貯留槽	
	処理水供給設備	既設を流用し、処理水供給配管のみ配管工事に考慮	
	排ガス処理設備	スクラバ、スクラバ循環ポンプ、排ガスブロワ、プラズマ脱臭機（混合生汚泥時のみ計上）	
	燃料供給設備	外部燃料	既設燃料貯留槽を流用し、燃料供給ポンプのみ計上
		消化ガス	消化ガス昇圧ブロワ
	乾燥汚泥搬送・貯留設備	冷却コンベヤ、汚泥貯留槽	
工事	据付工事	上記機器の機械基礎及び据付工事	
	配管工事	上記機器の配管工事	
	電気工事	上記機器の動力制御盤及び動力制御盤からの二次側配線工事	
	土木建築工事	既設汚泥棟に設置することを前提とし、別途土木工事は見込まない。	

② 維持管理費

表 3-4 に維持管理費の算定式を示す。

高分子凝集剤、無機凝集剤の注入率は既設脱水設備での運用データがある場合、その数値を採用することもできるが、無い場合は表 3-4 中に記載した実証データを用いる。燃料使用量については実証で確認された原単位を用いて算定する。ただし、消化ガスが使用できる場合は、消化ガス使用量原単位で試算し、不足する分については、熱量換算で重油を使用する前提とする。

表 3-4 脱水乾燥システム 維持管理費 算定式

(Y : 計算対象値 (百万円/年) 、 X : 汚泥処理量 t-ds/年)

対象項目		算定式
高分子凝集剤費		$Y = D_P / 100 \cdot X \cdot A_P / 10^3$ D _P : 注入率 (%)、実証では消化 1.9%、混合生 0.8% である。 A _P : 高分子凝集剤単価 (円/kg)
無機凝集剤費		$Y = D_I / 100 \cdot X \cdot A_I / 10^3$ D _I : 注入率 (%)、実証では消化 10%、混合生 5% である。 A _I : 無機凝集剤単価 (円/kg)
燃料費	消化ガスが使用できない場合	$Y = J \cdot X \cdot A_0 / 10^6$ $J = (91.347 - M) / 0.2619$ A ₀ : A 重油単価 (円/L) J: A 重油原単位 (L/t-ds) M: 乾燥汚泥含水率 (%)
	消化ガスが使用できる場合 (不足分を重油で補填)	消化ガス使用可能量 Q・D と消化ガス使用量 S・X を比較し、 Q・D > S・X の場合は Y=0 Q・D < S・X の場合は $Y = (S \cdot X - Q \cdot D) \cdot C_D / C_0 \cdot A_0 / 10^6$ $S = (101.15 - M) / 0.1324$ Q: 消化ガス使用可能量 (m ³ /日) S: 消化ガス原単位 (m ³ /t-ds) M: 目標乾燥汚泥含水率 (%) D: 稼働日数 (日/年) A ₀ : A 重油単価 (円/L) C _D : 消化ガス発熱量 (MJ/Nm ³) (一般的には 23 とする) C ₀ : A 重油発熱量 (MJ/L) (一般的には 38.9 とする)
	混合生汚泥	A 重油を使用する場合 $Y = J \cdot X \cdot A_0 / 10^6$ $J = (89.506 - M) / 0.2394$ A ₀ : A 重油単価 (円/L) J: A 重油原単位 (L/t-ds) M: 乾燥汚泥含水率 (%)
電力		$Y = 635 \cdot X \cdot A_E / 10^6$ A _E : 電力単価 (円/kWh)
人件費		日中 1 名、夜間中央監視室兼任とする。 Y = 7 百万円/年/人
補修費		機器費の 3% を想定する。 $Y = C \cdot I \cdot R / 100$ C: 建設費 (百万円)、I: 機器比率 0.5、R: 補修比率 3 (%)

③ 汚泥処分費

汚泥処分費の試算を行うための算定式については表 3-5 に示す。本技術では乾燥汚泥含水率を 10～50%の範囲で任意に調整可能である。このため、汚泥種によらず汚泥処理量と含水率によって排出量が決定でき、それに処分単価を乗じて算定することが可能である。

表 3-5 脱水乾燥システム 汚泥処分費 算定式

対象汚泥	算定式
汚泥処分費	$Y = A_s \cdot X \cdot 100 / (100 - M) / 10^3$ Y：汚泥処分費（百万円/年）、 A_s ：汚泥処分単価（千円/t） ¹⁾ X：汚泥処理量 t-ds/年、M：乾燥汚泥含水率（%）

- 1) 乾燥汚泥の処分費は含水率によらず、一律と仮定しているが、詳細検討が必要である場合は、別途外部委託業者に見積もりなどを行う必要がある。

2) 温室効果ガス排出量削減効果

温室効果ガス排出量は、①高分子凝集剤、②無機凝集剤、③燃料（化石燃料）及び④電力の合計値より算定する。表 3-6 にその算定式を示す。なお、従来脱水の場合、脱水汚泥を場外にて焼却などの処分を行っているが、処理方法によって試算条件が変わってくるため、本ガイドラインでは検討をしていない。本技術は今回の実証研究にて得られた代表的な運転条件を基に設定した。

表 3-6 温室効果ガス排出量算定式

(Y : 各温室効果ガス排出量 (t-CO₂/年)、X : 汚泥処理量 (t-ds/年))

		算定式	
①	高分子凝集剤	$Y = D_p \cdot X / 100 \times 6.5^{1)}$ D _p : 注入率 (%)、実証では消化 1.9%、混合生 0.8% である。	
②	無機凝集剤	$Y = D_I \cdot X / 100 \times 0.0308^{2)}$ D _I : 注入率 (%)、実証では消化 10%、混合生 5% である。	
③	燃料 ³⁾	消化ガスが使用できない場合	$Y = J \cdot X \cdot 2.71^{1)} / 10^3$ $J = (91.347 - M) / 0.2619$ J : A 重油原単位 (L/t-ds) M : 目標乾燥汚泥含水率 (%)
		消化ガスが使用できる場合	消化ガス使用可能量 Q・D と消化ガス使用量 S・X を比較し、 Q・D > S・X の場合は Y=0 Q・D < S・X の場合は $Y = (S \cdot X - Q \cdot D) \cdot C_D / C_0 \cdot 2.71^{1)} / 10^3$ $S = (101.15 - M) / 0.1324$ Q : 消化ガス使用可能量 (m ³ /日) S : 消化ガス原単位 (m ³ /t-ds) M : 目標乾燥汚泥含水率 (%) D : 稼働日数 (日/年) C _D : 消化ガス発熱量 (MJ/Nm ³) (一般的には 23 とする) C ₀ : A 重油発熱量 (MJ/L) (一般的には 38.9 とする)
	混合生汚泥	A 重油を使用する場合 $Y = J \cdot X \cdot 2.71^{1)} / 10^3$ $J = (89.506 - M) / 0.2394$ J : A 重油原単位 (L/t-ds) M : 目標乾燥汚泥含水率 (%)	
④	電力	$y = 635 \cdot X \cdot 0.000518^{4)}$	

- 1) 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指針の解説～平成 28 年 3 月、環境省・国土交通省
- 2) 『廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル』環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課
- 3) 消化ガスが使用できる場合は、消化ガス使用量を熱量換算で試算し、不足する分について、重油を使用する前提とする。消化ガスは化石燃料ではないため、エネルギー使用量及び CO₂排出量は考慮しないものとする。
- 4) 電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）- H29.12.21環境省・経済産業省公表のうち、沖縄電力以外の一般送配電事業の排出係数を参照

3) エネルギー消費量削減効果

エネルギー消費量は、(a)電力、(b)燃料使用の合計値より算定する。表3-7にその算定式を示す。

表3-7 エネルギー消費量 算定式

(Y:各エネルギー消費量 (GJ/年)、X:汚泥処理量 (t-ds/年))

		算定式	
(a) 電力		$Y=635X \times 9.484^{1)} / 10^3$	
(b) 燃料使用 ¹⁾	消化汚泥	消化ガスが使用できない場合	$Y=J \cdot X \cdot 38.9^{1)} / 10^3$ $J= (91.347-M) / 0.2619$ J: A 重油原単位 (L/t-ds) M: 目標乾燥汚泥含水率 (%)
		消化ガスが使用できる場合	消化ガス使用可能量 $Q \cdot D$ と消化ガス使用量 $S \cdot X$ を比較し、 $Q \cdot D > S \cdot X$ の場合は $Y=0$ $Q \cdot D < S \cdot X$ の場合は $Y=(S \cdot X - Q \cdot D) \cdot C_D / C_0 \cdot 38.9^{1)} / 10^3$ Q: 消化ガス使用可能量 (m ³ /日) $S= (101.15-M) / 0.1324$ Q: 消化ガス使用可能量 (m ³ /日) S: 消化ガス原単位 (m ³ /t-ds) M: 目標乾燥汚泥含水率 (%) D: 稼働日数 (日/年) C_D : 消化ガス発熱量 (MJ/Nm ³) (一般的には 23 とする) C_0 : A 重油発熱量 (MJ/L) (一般的には 38.9 とする)
	混合生汚泥	A 重油を使用する場合	$Y=J \cdot X \cdot 38.9^{1)} / 10^3$ $J= (89.506-M) / 0.2394$ J: A 重油原単位 (L/t-ds) M: 目標乾燥汚泥含水率 (%)

1) エネルギー源別標準発熱量一覧表 (平成 27 年 4 月 14 日資源エネルギー庁総合政策課)

§ 17 導入判断

本技術の導入可否は、前述の評価結果を踏まえて、総合的に判断する。また、検討条件によって効果が小さい、又は得られない場合には、その原因を分析し、再度条件を設定しなおすことが望ましい。

【解説】

§ 16において導入効果が見込まれると判断した場合には、本技術の導入に関する意思決定を行い、処理施設の計画・設計に移る。

また、導入効果が見込まれない場合には、原因分析を実施しその要因を明らかにする。本技術の導入効果を小さくする要因としては、表 3-8 に示す要因が上げられる。これらの要因を解決でき、かつコスト優位性が得られるなど、総合的な判断ができる場合には再度条件を設定し直して検討を行うことが望ましいが、見込めない場合は導入を中止する。

表 3-8 導入検討結果と導入シナリオの見直し

検討結果	原因	検討例
建設費の占める割合が高く、コストメリットが少ない。	発生汚泥量が少ない	汚泥の集約などによる汚泥量の確保などを検討する。
従来脱水技術における汚泥処分費が十分小さく、コストメリットが少ない。	現状の汚泥処分単価が小さく、乾燥処理による減容化の効果が少ない。	将来的に現状の処分単価が維持できるかどうか調査を行い、高騰する可能性がある場合は単価に反映する。
本技術の燃料費が高く、コストメリットが少ない。	燃料費が大きく、コストメリットが失われている。	既設に消化槽がある場合は消化ガスを燃料として利用することを検討する。 化石燃料を使用する場合は、脱水工程において更に含水率の低減が可能か検討する。 また、有効利用においては乾燥汚泥含水率が過度に低く設定されていないか確認を行う。
本技術の汚泥処分費が高く、コストメリットが少ない。	汚泥の有効利用先がなく、汚泥処分単価が高い。	有効利用先の再調査を行い、売却単価や汚泥処分単価の再検討を行う。
本技術の薬品費が高く、コストメリットが少ない。	本技術の薬品注入率設定が高く、薬品費が高い。	既設脱水設備がある場合はそこでの高分子凝集剤の注入率などを参考に再設定する。

第2節 導入効果の検討例

第2章 §13 技術の評価結果で示した総費用（年価換算値）、温室効果ガス排出量及びエネルギー消費量について、検討した事例を解説する。

（1）対象処理場条件

表 3-9 に対象となる処理場の条件を示す。

表 3-9 対象処理場条件

比較ケース		消化汚泥
処理水量	日最大	20,000 m ³ /日
	日平均	16,000 m ³ /日
水処理方式		標準活性汚泥法
汚泥濃縮方式		分離機械濃縮
汚泥処理方式		消化→脱水
処理汚泥量	日最大	2.16t-ds/日
	日平均	1.73t-ds/日
消化ガス量	日平均	1471m ³ /日
	用途	消化槽加温：452 m ³ /日、余剰：1,019 m ³ /日

（2）比較対象機種

従来脱水及び従来脱水＋乾燥と本技術の比較を行った。

（3）各種設定条件

① 単価設定条件

表 3-10 に単価設定を示す。

表 3-10 単価設定

汚泥 処分費 ¹⁾	外部委託	脱水汚泥；19,000 円/t、乾燥汚泥；14,000 円/t、
	有効利用	乾燥汚泥；0 円
	運搬費	脱水汚泥；4,000 円/t、乾燥汚泥；5,000 円/t
薬品費	高分子	1,000 円/kg
	無機	88 円/kg
	電力	15 円/kWh
	A 重油	71 円/L

1) 汚泥処分費は処分費と運搬費の合算とした。有効利用時は有効利用先まで汚泥を運搬する費用のみを計上する。

② エネルギー係数

表 3-11 にエネルギー係数とその設定根拠を示す。なお、従来脱水については、脱水汚泥を場外にて焼却などの処分を行っているが、処理方法によって試算条件が変わってくるため、今回の検討からは除外した。

表 3-11 エネルギー係数

種類	単位	係数	設定根拠
電力	9.484	MJ/kWh	エネルギー源別標準発熱量一覧表（平成27年4月14日資源エネルギー庁総合政策課）
A 重油	38.9	MJ/L	エネルギー源別標準発熱量一覧表（平成27年4月14日資源エネルギー庁総合政策課）

③ CO₂排出係数

表 3-12 に CO₂排出係数とその設定根拠を示す。

表 3-12 CO₂排出係数

種類	単位	CO ₂ 排出係数	設定根拠
電力	t-CO ₂ /kWh	0.000518	電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）-H29.12.21環境省・経済産業省公表のうち、沖縄電力以外の一般送配電事業の排出係数を参照
高分子凝集剤	t-CO ₂ /t	6.5	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指針の解説～平成28年3月、環境省・国土交通省
無機凝集剤	t-CO ₂ /t	0.0308	『廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル』、平成27年3月環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課
A 重油	t-CO ₂ /kL	2.71	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指針の解説～平成28年3月、環境省・国土交通省

(4) 試算条件

試算条件を表 3-13 に示す。

表 3-13 試算条件

項 目		従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術 (脱水乾燥システム)
建設条件				
稼働条件		(脱水) 261 日 8h/日	(脱水) 261 日 8h/日 (乾燥) 335 日 24h/日	(脱水乾燥) 335 日 24h/日
設備規模	脱水	日最大汚泥量 2.16t-ds/日×365 日 /稼働日数 261 日/稼働時間 8h = <u>377.6kg-ds/h</u>	日最大汚泥量 2.16t-ds/日×365 日 /稼働日数 261 日/稼働時間 8h = <u>377.6kg-ds/h</u>	日最大汚泥量 2.16t-ds/日×365 日 /稼働日数 335 日 = <u>2.35t-ds/d</u>
	乾燥	—	日最大汚泥量 2.16t-ds/日×365 日 /稼働日数 335 日/稼働時間 24h = <u>98.1kg-ds/h</u> 日最大汚泥量 2.16t-ds/日×100 / (100-含水率 83%) = <u>12.7t-wet/日</u>	
設置台数	規定無し	規定無し	汚泥処理量 2.35<6.0t-ds/d であるため 1 系列	
維持管理条件				
運転条件	汚泥処理量	日平均汚泥量 1.73t-ds/日×365 日 = <u>631.5t-ds/年</u>	日平均汚泥量 1.73t-ds/日×365 日 = <u>631.5t-ds/年</u>	日平均汚泥量 1.73t-ds/日×365 日 = <u>631.5t-ds/年</u>
	薬品注入率	高分子:1.9%	高分子:1.9%	高分子:1.9% 無機:10%
	脱水汚泥含水率	83%	83%	79%
	乾燥汚泥含水率	—	30%	30%
汚泥処分	処分方法	外部委託処分	外部委託処分	有効利用
	単価	23,000 円/t	19,000 円/t	5,000 円/t

(5) 計算例

① 建設費

建設費の対象とその試算方法を表 3-14 に示す。

表 3-14 建設費 (Y: 各種建設費 (百万円))

		従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術
脱水	機械	算定式 ¹⁾ $Y=7.6817 \cdot x'^{0.6233}$ ただし、 x' : 汚泥処理量 kg-ds/h (日最大) $x'=377.6$ kg-ds/h を代入し、 $Y=7.6817 \times 377.6^{0.6233}$ $=310.3$ 百万円 建設費年価 $=310.3 \times 0.023 \times$ $(1+0.023)^{15} / ((1+0.023)^{15}-1) = \underline{24.7}$ 百万円/年	算定式 ¹⁾ $Y=7.6817 \cdot x'^{0.6233}$ ただし、 x' : 汚泥処理量 kg-ds/h (日最大) $x'=377.6$ kg-ds/h を代入し、 $Y=7.6817 \times 377.6^{0.6233}=310.3$ 百万円 建設費年価 $=310.3 \times 0.023 \times (1+0.023)^{15} / ((1+0.023)^{15}-1)$ $= \underline{24.7}$ 百万円/年	消化汚泥の1系列の算定式を採用 $Y=-3.8X^2 + 95.8X + 250.8$ ただし、 X : 汚泥処理量 t-ds/d (日最大) $x=2.35$ t-ds/d を代入し、 $Y=-3.8 \times 2.35^2 + 95.8 \times 2.35 + 250.8=454.9$ 百万円 建設費年価 $=454.9 \times 0.023 \times (1+0.023)^{15} / ((1+0.023)^{15}-1)$ $= \underline{36.2}$ 百万円/年
	機械	不要	算定式 ¹⁾ $Y=46.944 \cdot x'^{0.4681}$ ただし、 x' : 汚泥処理量 kg-ds/h (日最大) $x'=98.1$ kg-ds/h を代入し、 $Y=46.944 \times 98.1^{0.4681}=401.7$ 百万円 建設費年価 $=401.7 \times 0.023 \times (1+0.023)^{10} / ((1+0.023)^{10}-1)$ $= \underline{45.4}$ 百万円/年	不要
乾燥	土木	不要	算定式 ²⁾ $Y=0.123 \cdot x^{0.941} \times (109.9/98.3) \times 100$ ただし、 x : 汚泥処理量 t-wet/d (日最大) $x=12.7$ t-wet/d を代入し、 $Y=0.123 \times 12.7^{0.941} \times (109.9/98.3) \times 100 = 150.3$ 百万円 建設費年価 $=150.3 \times 0.023 \times (1+0.023)^{50} / ((1+0.023)^{50}-1) = \underline{5.1}$ 百万円/年	不要
	電気	不要	算定式 ¹⁾ $Y=12.053 \cdot x'^{0.5158}$ ただし、 x' : 汚泥処理量 kg-ds/h (日最大) $x'=98.1$ kg-ds/h を代入し、 $Y=12.053 \times 98.1^{0.5158}=128.4$ 百万円 建設費年価 $=128.4 \times 0.023 \times (1+0.023)^{15} / ((1+0.023)^{15}-1)$ $= \underline{10.2}$ 百万円/年	不要
合計		$= \underline{24.7}$ 百万円/年	脱水 (機械) 24.7 百万円 + 乾燥 (機械) 45.4 百万円 + 乾燥 (土木) 5.1 百万円 + 乾燥 (電気) 10.2 百万円 $= \underline{85.4}$ 百万円/年	$= \underline{36.2}$ 百万円/年

1) 全国の脱水・乾燥設備を保有する施設・処理場を対象に実施したアンケートを元に算出した算定式 (国土交通省国土技術政策総合研究所 平成 29 年度 下水道革新的技術の評価のための基礎資料作成業務 報告書)

2) 『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』 (公益社団法人日本下水道協会) の算定式

② 維持管理費

表 3-15 に維持管理費の試算方法を示す。

表 3-15 維持管理条件 (1/3) (X:汚泥処理量 (t-ds/年)、Y:各種維持管理費 (百万円/年))

	従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術
脱水	算定式 $^1) Y = 99.699X^{0.8313} / 10^3$ X=631.5t-ds/年を代入し、 $Y = 99.699 \times 631.5^{0.8313} / 10^3$ = 21.2 百万円/年	算定式 $^1) Y = 99.699X^{0.8313} / 10^3$ X=631.5t-ds/年を代入し、 $Y = 99.699 \times 631.5^{0.8313} / 10^3$ = 21.2 百万円/年	高分子凝集剤費 算定式 $Y = D_p / 100 \cdot X \cdot A_p / 10^3$ ただし、 D_p : 注入率 (%) A_p : 高分子凝集剤単価 (円/kg) $D_p = 1.9\%$ 、 $A_p = 1000$ 円/kg を代入し、 $Y = 1.9 / 100 \times 631.5 \times 1000 / 10^3$ = 12.0 百万円/年 <hr/> 無機凝集剤費 算定式 $Y = D_I / 100 \cdot X \cdot A_I / 10^3$ ただし、 D_I : 注入率 (%) A_I : 無機凝集剤単価 (円/kg) $D_I = 10\%$ 、 $A_I = 88$ 円/t を代入し、 $Y = 10 / 100 \times 631.5 \times 88 / 10^3$ = 5.6 百万円/年

1) 全国の脱水・乾燥設備を保有する施設・処理場を対象に実施したアンケートを元に算出した算定式 (国土交通省国土技術政策総合研究所 平成 29 年度 下水道革新的技術の評価のための基礎資料作成業務 報告書)

表 3-15 維持管理条件 (2/3) (X: 汚泥処理量 (t-ds/年)、Y: 各種維持管理費 (百万円/年))

		従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術
維持管理	燃料使用費	—	<p>以下の過程で乾燥熱量 E と消化ガス使用可能熱量 $Q \cdot D \cdot C_D$ を比較し、消化ガスでは熱量的に不足する場合は、補助燃料使用量を算出する。</p> <p>乾燥熱量 E の算出 $E = (41 \cdot X^{1}) / A_0 \times C_0$ ただし、E: 乾燥熱源熱量 (GJ/年)、A_0: A 重油単価 (円/L)、C_0: A 重油発熱量 (MJ/L)</p> <p>X: 631.5t-ds/年を代入し、 $E = 41 \times 631.5 / 71 \times 38.9 = 14,185.6 \text{ GJ/年}$</p> <p>消化ガス使用可能熱量 $Q \cdot D \cdot C_D$ の算出 使用可能量 $Q \cdot D \cdot C_D / 10^3 = 1,019 \times 335 \times 23 / 10^3 = 7,851.4 \text{ GJ/年}$ ただし、Q: 消化ガス使用可能量 (m³/日) D: 稼働日数 (日/年)、C_D: 消化ガス発熱量 (MJ/m³)</p> <p>補助燃料使用費を算出 よって、乾燥熱量 E > 消化ガス使用可能熱量 $Q \cdot D \cdot C_D$ となるため、補助燃料は必要となる。 消化ガス使用可能熱量で不足する熱量を A 重油の使用量 H_A から燃料使用費 Y を算出する。</p> <p>$Y = H_A \cdot A_0 / 10^3$ $H_A = (E - Q \cdot D \cdot C_D) / C_0$ ただし、H_A: A 重油使用量 (KL/年)</p> <p>$H_A = (14,185.6 - 7,851.4) / 38.9 = 162.8 \text{ KL/年}$ $Y = 162.8 \times 71 / 10^3 = \mathbf{11.6 \text{ 百万円/年}}$</p>	<p>以下の過程で消化ガス使用可能量 $Q \cdot D$ と消化ガス使用量 $S \cdot X$ を比較し、消化ガスでは熱量的に不足する場合は、補助燃料使用量を算出する。</p> <p>消化ガス使用可能量 $Q \cdot D$ の算出 使用可能量 $Q \cdot D = 1,019 \times 335 = 341,365 \text{ m}^3/\text{年}$ ただし、Q: 消化ガス使用可能量 (m³/日) D: 稼働日数 (日/年)</p> <p>消化ガス使用量 $S \cdot X$ の算出 $S = (101.15 - M) / 0.1324$ ただし、S: 消化ガス原単位 (m³/t-ds) M: 目標乾燥汚泥含水率 (%)</p> <p>M: 30%を代入し、 $S = (101.15 - 30) / 0.1324 = 537 \text{ m}^3/\text{t-ds}$ 使用量 $S \cdot X = 537 \times 631.5 = 339,115 \text{ m}^3/\text{年}$</p> <p>補助燃料使用費を算出 よって、使用可能量 $Q \cdot D >$ 使用量 $S \cdot X$ となるため、補助燃料は不要となる。</p> <p>Y=0 百万円/年</p>

1) 全国の脱水・乾燥設備を保有する施設・処理場を対象に実施したアンケートを元に算出した算定式 (国土交通省国土技術政策総合研究所 平成 29 年度 下水道革新的技術の評価のための基礎資料作成業務 報告書)

表 3-15 維持管理条件 (3/3) (X: 汚泥処理量 (t-ds/年)、M: 乾燥 (脱水) 汚泥含水率 (%)、Y: 各種維持管理費 (百万円/年))

		従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術
維持管理	電力費		算定式 ${}^1)Y=202.32X^{0.4541}/10^3$ $Y=202.32 \times 631.5^{0.4541}/10^3 = \underline{\underline{3.8 \text{ 百万円/年}}}$	算定式 $Y=635X \times A_E/10^6$ ただし、 A_E : 電力単価 (円/kWh) $A_E=15 \text{ 円/kWh}$ を代入し、 $Y=635 \times 631.5 \times 15/10^6$ $= \underline{\underline{6.0 \text{ 百万円/年}}}$
	補修費		算定式 ${}^1)Y=17.144X^{0.8866}/10^3$ $Y=17.144 \times 631.5^{0.8866}/10^3 = \underline{\underline{5.2 \text{ 百万円/年}}}$	算定式 $Y=C \times I \times R/100$ ただし、C: 建設費 (百万円)、I: 機器比 0.5、R: 補修比率 3 (%) $C=454.9 \text{ 百万円}$ を代入し、 $Y=454.9 \times 0.5 \times 3/100$ $= \underline{\underline{6.8 \text{ 百万円/年}}}$
	人件費		算定式 ${}^1)Y=66.755X^{0.8298}/10^3$ $Y=66.755 \times 631.5^{0.8298}/10^3 = \underline{\underline{14.1 \text{ 百万円/年}}}$	設備規模によらず、1名を考慮 $Y = \underline{\underline{7.0 \text{ 百万円/年}}}$
小計		$= \underline{\underline{21.2 \text{ 百万円/年}}}$	脱水 21.2 百万円 + 燃料 11.6 百万円 + 電力 3.8 百万円 + 補修 5.2 百万円 + 人件 14.1 百万円 $= \underline{\underline{55.9 \text{ 百万円/年}}}$	高分子 12.0 百万円 + 無機 5.6 百万円 + 燃料 0 百万円 + 電力 6.0 百万円 + 補修 6.8 百万円 + 人件 7.0 百万円 $= \underline{\underline{37.4 \text{ 百万円/年}}}$
汚泥処分		$Y=A_S \cdot X \cdot 100 / (100-M) / 10^3$ ただし、 A_S : 汚泥処分単価 ${}^2)$ (千円/t) $A_S: 23 \text{ 千円/t}$ 、 $M: 83\%$ を代入し、 $Y=23 \times 631.5 \times 100 / (100-83) / 10^3$ $= \underline{\underline{85.4 \text{ 百万円/年}}}$	$Y=A_S \cdot X \cdot 100 / (100-M) / 10^3$ ただし、 A_S : 汚泥処分単価 ${}^2)$ (千円/t) $A_S: 19 \text{ 千円/t}$ 、 $M: 30\%$ を代入し、 $Y=19 \times 631.5 \times 100 / (100-30) / 10^3$ $= \underline{\underline{17.1 \text{ 百万円/年}}}$	$Y=A_S \cdot X \cdot 100 / (100-M) / 10^3$ ただし、 A_S : 汚泥処分単価 ${}^2)$ (千円/t) $A_S: 5 \text{ 千円/t}$ 、 $M: 30\%$ を代入し、 $Y=5 \times 631.5 \times 100 / (100-30) / 10^3$ $= \underline{\underline{4.5 \text{ 百万円/年}}}$

1) 全国の脱水・乾燥設備を保有する施設・処理場を対象に実施したアンケートを元に算出した算定式 (国土交通省国土技術政策総合研究所 平成 29 年度 下水道革新的技術の評価のための基礎資料作成業務 報告書)

2) 運搬費を含む

③ エネルギー使用量

表 3-16 にエネルギー使用量の試算方法を示す。

表 3-16 エネルギー使用量 試算方法 (Y : エネルギー使用量 (GJ/年)、X : 汚泥処理量 (t-ds/年))

		従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術
電力	脱水	算定式 ${}^1)Y=62.631 \cdot X^{1.2091} \times 9.484^2) / 10^3$ ただし、9.484 : 電力エネルギー原単位 (MJ/kWh) X : 631.5t-ds/年を代入し、 $Y=62.631 \times 631.5^{1.2091} \times 9.484 / 10^3$ = <u>1,444GJ/年</u>	算定式 ${}^1)Y=62.631 \cdot X^{1.2091} \times 9.484^2) / 10^3$ ただし、9.484 : 電力エネルギー原単位 (MJ/kWh) X : 631.5t-ds/年を代入し、 $Y=62.631 \times 631.5^{1.2091} \times 9.484 / 10^3$ = <u>1,444GJ/年</u>	算定式 $Y=635 \cdot X \times 9.484^2) / 10^3$ ただし、9.484 : 電力エネルギー原単位 (MJ/kWh) X : 631.5t-ds/年を代入し、 $Y=635 \times 631.5 \times 9.484 / 10^3$ = <u>3,803GJ/年</u>
	乾燥	—	算定式 ${}^1)Y=202.32/15 \cdot X^{0.4541} \times 9.484^1)$ X : 631.5t-ds/年を代入し、 $Y=202.32/15 \times 631.5^{0.4541} \times 9.484^1)$ = <u>2,391GJ/年</u>	
燃料		—	表 3-15 で示したように補助燃料使用量 H_A からエネルギー使用量 Y を算出する。 $Y=H_A \cdot C_0$ ただし、 H_A : 重油使用量 (KL/年)、 C_0 : A 重油発熱量 (MJ/L) $Y=162.8 \times 38.9 = 6,333GJ/年$	表 3-15 より燃料使用量は 0 であるため、 = <u>0GJ/年</u>

1) 全国の脱水・乾燥設備を保有する施設・処理場を対象に実施したアンケートを元に算出した算定式 (国土交通省国土技術政策総合研究所 平成 29 年度 下水道革新的技術の評価のための基礎資料作成業務 報告書)

④ 温室効果ガス排出量

表 3-17 に温室効果ガス排出量の試算方法を示す。

表 3-17 温室効果ガス排出量 試算方法 (1/2) (Y : 温室効果ガス排出量 (t-CO₂/年)、X : 汚泥処理量 (t-ds/年))

		従来脱水+乾燥	本技術
電力	脱 水	算定式 $Y = (62.631 \cdot X^{1.2091})^{1/2} \times 0.000518$ ただし、0.000518 : 電力による温室効果ガス排出 係数 (t-CO ₂ /kWh) X : 631.5t-ds/年を代入し、 $Y = 62.631 \times 631.5^{1.2091} \times 0.000518$ = 79t-CO₂/年	算定式 $Y = 635 \cdot X \times 0.000518$ ただし、0.000518 : 電力による温室効果ガス排出 係数 (t-CO ₂ /kWh)
	乾 燥	算定式 $Y = (202.32 \cdot X^{0.4541})^{1/2} / A_E \times 0.000518 \times 10^3$ ただし、A _E : 電力単価 (円/kWh) X : 631.5t-ds/年、A _E : 15 円/kWh を代入し、 $Y = 202.32 \times 1000 \times 631.5^{0.4541} / 15 \times 0.000518$ = 131t-CO₂/年	X : 631.5t-ds/年を代入し、 $Y = 635 \times 631.5 \times 0.000518$ = 208t-CO₂/年
燃料		表 3-15 で示したように補助燃料使用量 H _A から エネルギー使用量 Y を算出する。 $Y = H_A \cdot 2.71$ ただし、H _A : 重油使用量 (KL/年)、 2.71 : A 重油による温室効果ガス排出係数 (t-CO ₂ /KL) $Y = 162.8 \times 2.71 = 441t-CO_2/年$	表 3-15 より燃料使用量は 0 であるため、 = 0t-CO₂/年

- 1) 全国の脱水・乾燥設備を保有する施設・処理場を対象に実施したアンケートを元に算出した算定式 (国土交通省国土技術政策総合研究所
平成 29 年度 下水道革新的技術の評価のための基礎資料作成業務 報告書)

表 3-17 温室効果ガス排出量 試算方法 (2/2) (Y: 温室効果ガス排出量 (t-CO₂/年)、X: 汚泥処理量 (t-ds/年))

		従来脱水+乾燥	本技術
凝集剤	高分子	算定式 ${}^1Y = D_p / 100 \cdot X \cdot 6.5$ ただし、 D_p : 注入率 (%)、6.5: 高分子凝集剤温室効果ガス排出係数 (t-CO ₂ /t) $D_p = 1.9\%$ を代入し、 $Y = 1.9 / 100 \times 631.5 \times 6.5 = \underline{78t-CO_2/年}$	算定式 ${}^1Y = D_p / 100 \cdot X \cdot 6.5$ ただし、 D_p : 注入率 (%)、6.5: 高分子凝集剤温室効果ガス排出係数 (t-CO ₂ /t) $D_p = 1.9\%$ を代入し、 $Y = 1.9 / 100 \times 631.5 \times 6.5 = \underline{78t-CO_2/年}$
	無機	使用無し	算定式 ${}^1Y = D_I / 100 \cdot X \cdot 0.0308$ ただし、 D_I : 注入率 (%)、0.0308: 無機凝集剤温室効果ガス排出係数 (t-CO ₂ /t) $D_I = 10\%$ を代入し、 $Y = 10 / 100 \times 631.5 \times 0.0308 = \underline{2t-CO_2/年}$
合計		電力 (脱水) 79t-CO ₂ /年 + 電力 (乾燥) 131t-CO ₂ /年 + 燃料 441t-CO ₂ /年 + 高分子 78t-CO ₂ /年 = <u>729t-CO₂/年</u>	電力 208t-CO ₂ /年 + 燃料 0t-CO ₂ /年 + 高分子 78t-CO ₂ /年 + 無機 2t-CO ₂ /年 = <u>288t-CO₂/年</u>

- 1) 全国の脱水・乾燥設備を保有する施設・処理場を対象に実施したアンケートを元に算出した算定式 (国土交通省国土技術政策総合研究所 平成 29 年度 下水道革新的技術の評価のための基礎資料作成業務 報告書)

(6) 試算結果

① 総費用（年価換算値）

表 3-18 及び図 3-2 に総費用（年価換算値）の試算結果を示す。本技術は従来脱水に対しては約 41%低減、従来脱水+乾燥に対しては約 51%低減となった。

$$\text{従来脱水に対する低減率 (\%)} = 100 - \frac{78.1 \text{ 百万円/年}}{131.3 \text{ 百万円/年}} \times 100 = 40.5 \rightarrow 41\%$$

$$\text{従来乾燥に対する低減率 (\%)} = 100 - \frac{78.1 \text{ 百万円/年}}{158.4 \text{ 百万円/年}} \times 100 = 50.7 \rightarrow 51\%$$

表 3-18 総費用（年価換算値）

項目		従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術
建設費	脱水	24.7 百万円/年	24.7 百万円/年	36.2 百万円/年
	乾燥	—	60.7 百万円/年	
	小計	24.7 百万円/年	85.4 百万円/年	
維持管理費	維持管理	21.2 百万円/年	55.9 百万円/年	37.4 百万円/年
	汚泥処分	85.4 百万円/年	17.1 百万円/年	4.5 百万円/年
合計		131.3 百万円/年	158.4 百万円/年	78.1 百万円/年

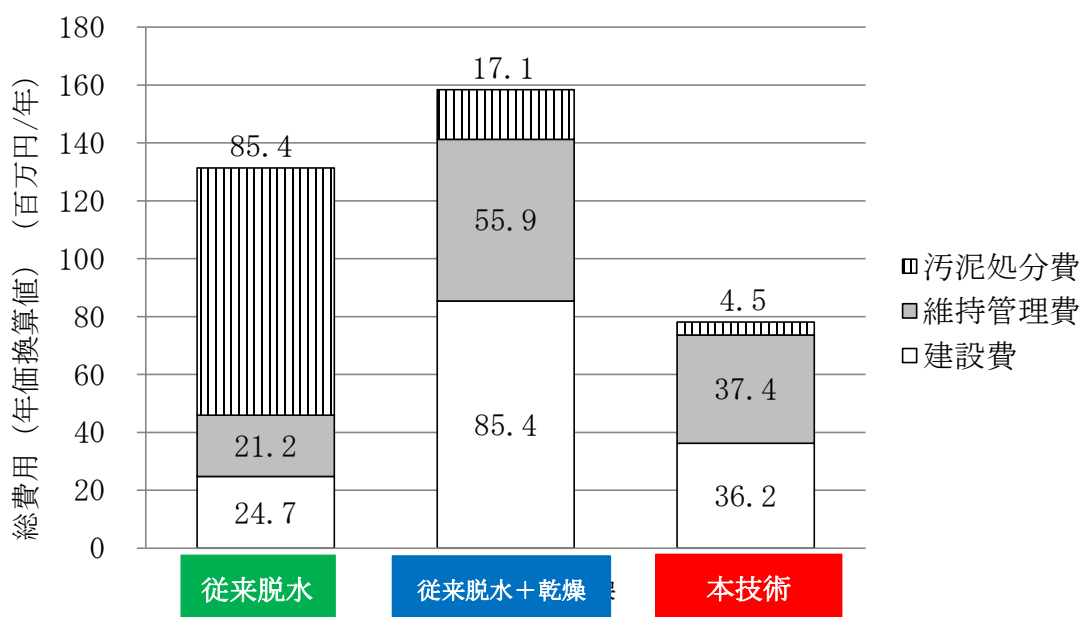


図 3-2 総費用（年価換算値）の比較（汚泥処理量 1.73t-ds/日、消化汚泥）

② エネルギー消費量

表 3-19 及び図 3-3 に 1 年間のエネルギー消費量の試算結果を示す。本技術は従来脱水+乾燥に対しては約 63%低減となった。なお、従来乾燥では消化ガスだけでは燃料が足りないため、不足分を重油使用とし、本技術では消化ガスのみで足りるため重油は不使用となった。

$$\text{従来乾燥に対しての低減率 (\%)} = 100 - \frac{3,803\text{GJ/年}}{10,168\text{GJ/年}} \times 100 = 62.6 \rightarrow 63\%$$

表 3-19 エネルギー消費量

項目	従来脱水	従来脱水+乾燥	本技術
電力	1,444GJ/年	3,835GJ/年	3,803GJ/年
A 重油	—	6,333GJ/年	0GJ/年
1 年間 合計	1,444GJ/年	10,168GJ/年	3,803GJ/年

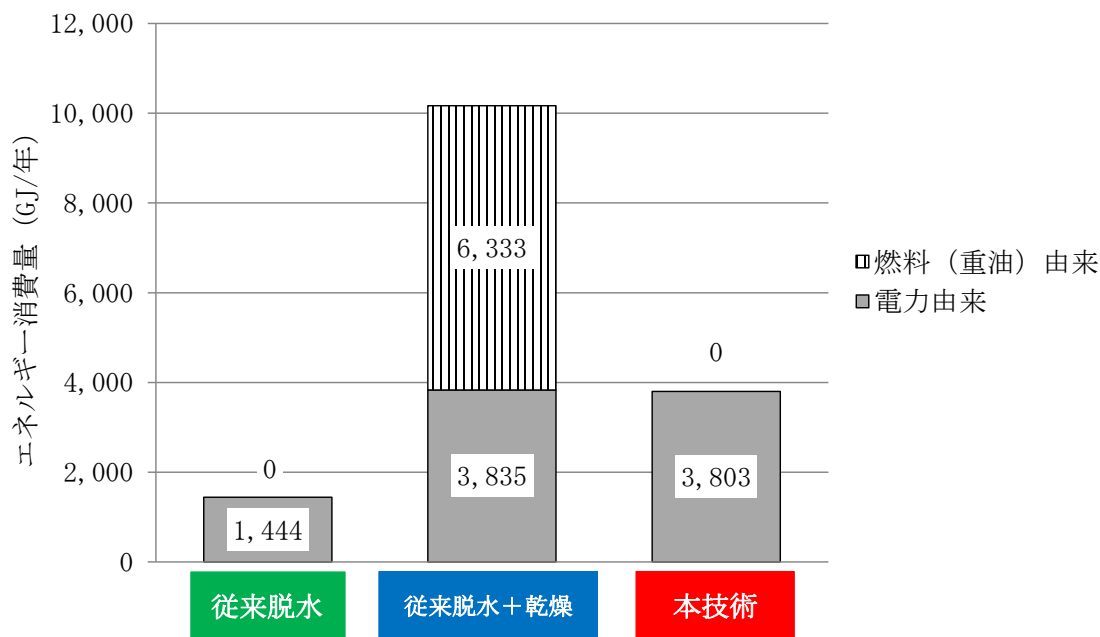


図 3-3 1年間のエネルギー消費量比較 (消化汚泥、汚泥処理量 1.73t-ds/日)

③ 温室効果ガス排出量

表 3-20 及び図 3-4 に 1 年間の温室効果ガス排出量の試算結果を示す。なお、表記は t-CO₂/年ベースとした。本技術は従来脱水+乾燥に対しては約 61%低減となった。なお、従来乾燥では消化ガスだけでは燃料が足りないため重油を使用するが、本技術では消化ガスのみで足りるため、重油は不使用であった。

$$\text{従来乾燥に対する低減率 (\%)} = 100 - \frac{288 \text{ t-CO}_2/\text{年}}{729 \text{ t-CO}_2/\text{年}} \times 100 = 60.5 \rightarrow \underline{\underline{61\%}}$$

表 3-20 温室効果ガス排出量

項目	従来脱水+乾燥	本技術
電力由来	210 t-CO ₂ /年	208 t-CO ₂ /年
高分子凝集剤由来	78 t-CO ₂ /年	78 t-CO ₂ /年
無機凝集剤由来	0 t-CO ₂ /年	2 t-CO ₂ /年
燃料（重油）	441 t-CO ₂ /年	0 t-CO ₂ /年
1年間 合計	729 t-CO ₂ /年	288 t-CO ₂ /年

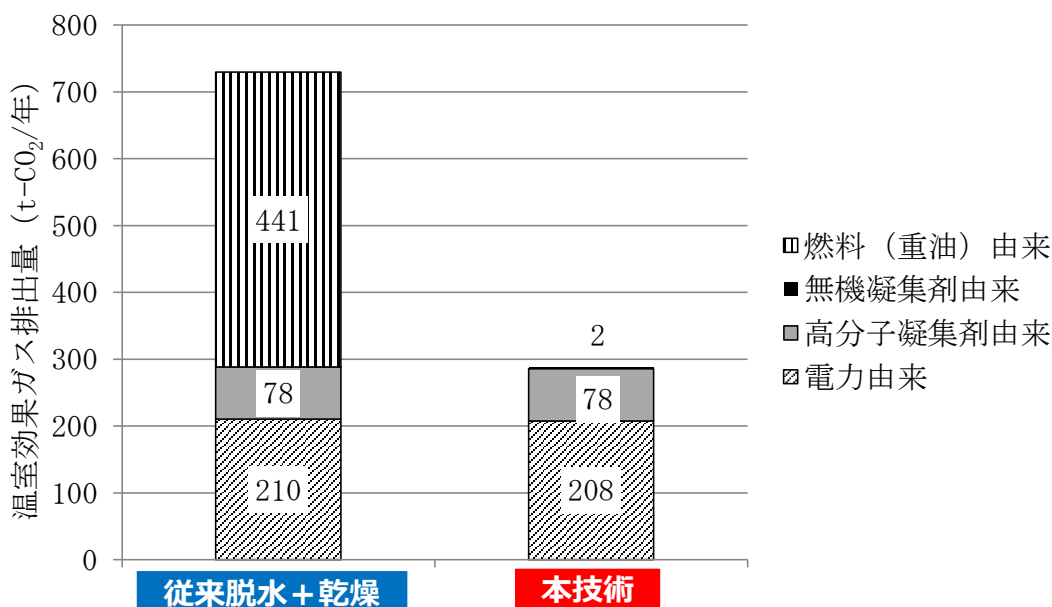


図 3-4 1 年間の温室効果ガス排出量比較（消化污泥、污泥処理量 1.73t-ds/日）