

## 第3章 導入検討

### 第1節 導入検討手法

#### §14 導入検討手順

本技術の導入検討にあたっては、対象とする下水道施設について現況及び課題などを把握し、導入効果の評価を行い判断する。

#### 【解説】

本技術の導入の検討にあたっては、図 3-1 に示す検討フローに従って必要な情報を収集・整理し、導入効果の概略試算を行い、導入効果の有効性について検討する。

#### (1) 基礎調査

対象施設の計画年次における流域別整備総合計画（流総計画）や全体計画、最新の事業計画など関連下水道計画（人口減少下の下水道計画）、放流先の環境基準等の確認を行い、当該下水処理場の情報（流入下水量、流入水質、処理能力の現状、施設・設備の現状、運転条件の現状等）を収集・整理する。基礎調査により適用条件に当てはまるかを確認し、導入効果の検討に移る。

#### (2) 導入効果の検討

本技術を当該下水処理場に導入する有効性について、本技術を導入した場合の効果を検討する。

本検討では当該下水処理場の新設、更新、増設時を想定し、配置や建設費を検討し、本技術を導入した場合の効果について、脱水汚泥の外部委託処分費及び従来技術との比較により検討し、本技術については熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討も行なう。ここでの導入効果とは総費用（年価換算値）、維持管理でのエネルギー使用量、維持管理での温室効果ガス排出量の削減効果を示す。

#### (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、本技術に係る意思決定を行い、計画・設計（第4章参照）に移る。

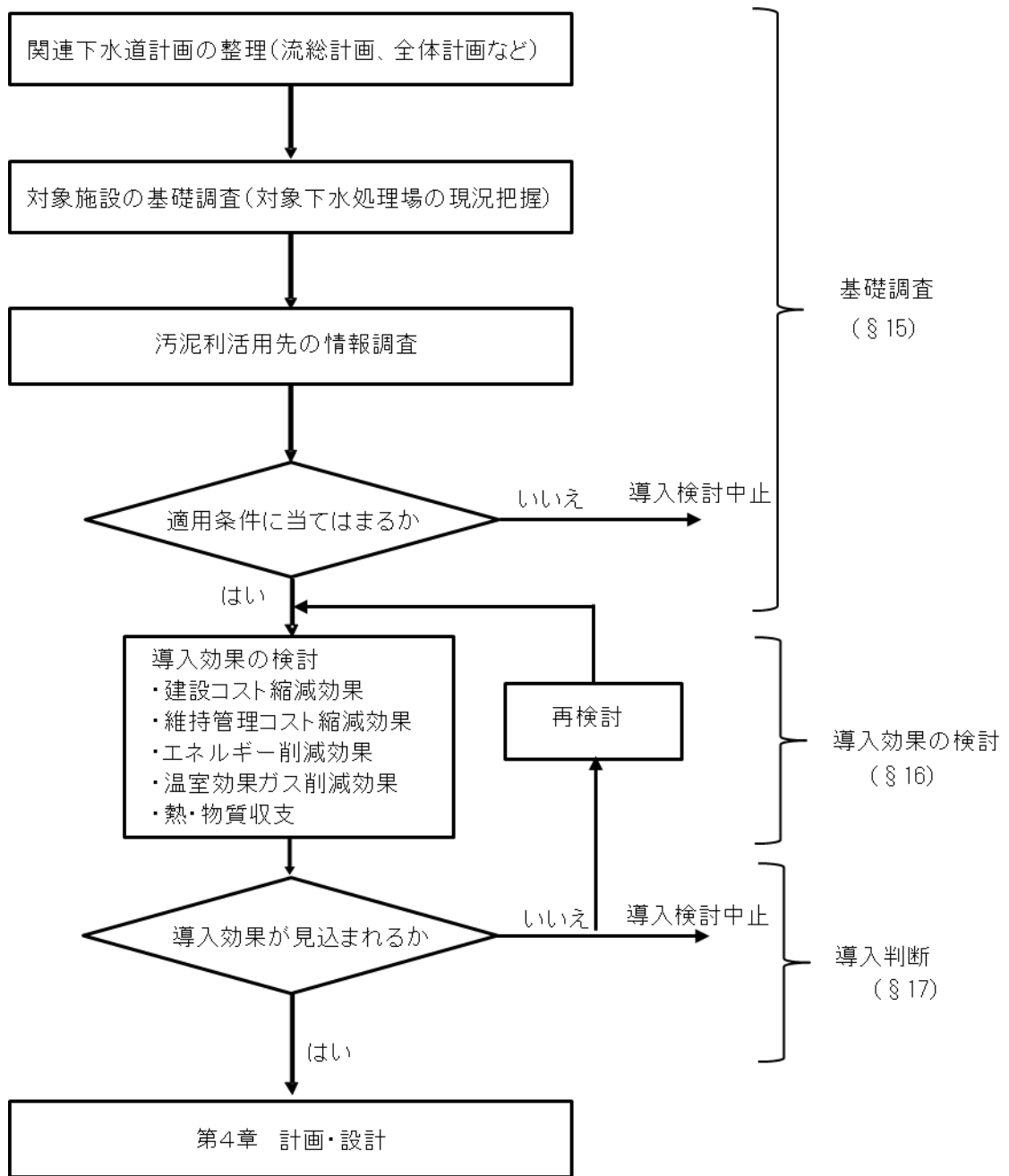


図 3-1 導入検討フロー

**§ 15 基礎調査**

基礎調査では、下水処理施設について関連計画並びに計画年次に想定される状況などを把握する。本技術の適用条件及び導入効果の検討に必要な既存施設のデータを収集・整理し、運転状況を確認する。

対象施設の実態調査の結果、本技術の適用条件（§ 10 参照）を外れる場合には、導入検討を中止する。

**【解説】**

本技術の導入効果の検討に先立ち、下水処理施設について関連計画並びに計画年次、また、脱水汚泥及び乾燥汚泥の利用の現状並びに関連計画などを把握する。また、本技術の導入効果の検討に必要な既存施設のデータを収集・整理し、本技術導入に関する課題抽出や判断を行う。

**（１）関連下水道計画の整理**

対象とする下水処理場に係る下水道計画などについて把握する。ここでは、当該下水処理場に係る上位計画、各種基本計画及びその他関連計画について確認する。

- ・ 上位計画：流総計画、都道府県構想など
- ・ 基本計画：基本構想、全体計画、事業計画、放流先環境基準など
- ・ その他関連計画：長寿命化計画、耐震計画など

**（２）対象施設の実態調査**

当該下水処理場を実態調査し、対象施設の各種情報を収集・整理する。

- ・ 下水処理場の基本諸元、条件（処理規模、周辺環境など）
- ・ 発生脱水汚泥量及び性状（含水率）
- ・ 流入下水量、流入下水の水質（BOD）
- ・ 水処理及び臭気処理設備の運転状況
- ・ 既存の土木、建築施設及び機械、電気、給水設備の設置状況や容量については別途調査する。

**（３）汚泥利用先の情報調査**

脱水汚泥並びに乾燥汚泥を肥料や燃料、又はこれらを建築資材の原料として場外で利用する場合には利用事業者の需要状況（量、単価、運賃、利用日数）や関連法規を調査・把握する。また、利用事業所への搬入方法や荷姿についても最適な方法を選定する。

対象施設の実態調査により既設状況が本技術の適用条件を外れる場合は、導入検討を中止する。

## § 16 導入効果の検討

導入効果は、総費用（年価換算値）縮減効果、維持管理でのエネルギー使用量削減効果、維持管理での温室効果ガス排出量削減効果などを脱水汚泥処分費（全量外部委託処分）及び従来技術と比較して算定する。

### 【解説】

#### （1）導入効果検討の考え方

本技術の導入効果の有効性を確認するために建設及び維持管理にかかるコスト、脱水汚泥処分及び乾燥汚泥処分・処理費、解体・廃棄費、維持管理でのエネルギー使用量、維持管理での温室効果ガス排出量を算定し、脱水汚泥の外部委託処分費及び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。

#### （2）導入効果の検討項目

本技術の検討項目は総費用（年価換算値）縮減効果、維持管理でのエネルギー使用量削減効果、維持管理での温室効果ガス排出量削減効果、熱・物質収支と乾燥機熱効率とする。

算定例は第3章 第2節 導入効果の検討例に示し、詳細を資料編3 ケーススタディに示す。

#### （3）検討手順

汚泥処理施設の年間脱水汚泥処理量、固形物収支、並びに脱水汚泥含水率の平均値から、検討対象とする乾燥設備の処理量及び含水率を決定する。対象とする脱水汚泥性状は基礎調査を基に年間変動を考慮し、設計値を設定する。本技術を適用できる脱水汚泥処理量や含水率については第2章 第2節 技術の適用条件に示す。

##### 1) 総費用（年価換算値）

導入による総費用（年価換算値）縮減効果は本技術を導入した場合に想定される総費用（年価換算値）と、積み上げ計算で算定した全量外部委託処分及び従来技術の総費用（年価換算値）との比較で示す。建設費、維持管理費の各項目を検討し、総費用（年価換算値）縮減効果は、全量外部委託処分及び従来乾燥機との比較で求める。なお、本ガイドラインにおいて全量外部委託処分及び従来乾燥機の総費用（年価換算値）などについては一般費用関数などを用いて数値を記載しているが、これらはいくまでも参考となるため、以下を参照の上、各処理場に応じて設定することが望ましい。

総費用（年価換算値） = 建設費年価 + 維持管理費

・建設費年価 = 建設費 × α

$$\alpha = i + \frac{i}{(i+1)^n - 1} \begin{cases} i: \text{ 利率} = 0.023 \text{ (2.3\%)} \\ n: \text{ 耐用年数} = 45 \text{ 年 (土木)、20 年 (機械・電気)} \\ \alpha: \text{ 係数} = 0.03590 \text{ (土木)、0.06294 (機械・電気)} \end{cases}$$

・維持管理費 = 汚泥処理費 + 電力費 + 燃料費 + 補修費 + 薬品費 + 人件費

$$\text{総費用（年価換算値）縮減効果} = \left( 1 - \frac{\text{総費用（年価換算値）}_{\text{本技術}}}{\text{総費用（年価換算値）}_{\text{従来技術}}} \right) \times 100$$

表 3-1～4 に費用の算定式を示す。本技術の建設費は 2 機種から選択するが、維持管理費については各処理場の年間水分蒸発量、年間乾燥汚泥量の実績値又は計画値データを代入することで簡易に求めることができる。

年間水分蒸発量と年間乾燥汚泥量

$$W_y: \text{ 年間水分蒸発量 [t/年]} = X_y \times \left( 1 - \frac{100 - w_1}{100 - w_2} \right)$$

$$\begin{cases} X_y: \text{ 年間脱水汚泥処理量 [t-wet/年]} \\ w_1: \text{ 脱水汚泥含水率 [\%W.B.]} \\ w_2: \text{ 乾燥汚泥含水率 [\%W.B.]} \end{cases}$$

$$F_{2y}: \text{ 年間乾燥汚泥量 [t-wet/年]} = X_y - W_y$$

### ① 建設費の算定

建設費は土木建築費、機械設備費、電気設備費から成る。

本技術の土木建築費、電気設備費には従来技術と同じ算定式を用いている。

機械設備費は、実証設備の機械設備費を基に直接燃焼式脱臭炉を追加して求めた（資料編 1 表資 1-34[p. 201]、表資 1-38[p. 205]参照）。

なお、本技術は小型乾燥機、中型乾燥機の 2 通りだけであるため表 3-1 及び表 3-2 に示す簡単な数値、数式となる。

「バイオソリッド利活用基本計画（平成 16 年 3 月）」<sup>6)</sup> の費用関数を用いる項目については、建設工事費デフレーターを用いて最新年度の価格に補正する。

建設工事費デフレーター

工事種別；下水道

2004 年（平成 16 年） 92.9 、2017 年 7 月（平成 29 年） 106.0

換算係数  $\beta = 106.0 \div 92.9$   $\beta = 1.14$

表 3-1 建設費算定式 小型乾燥機

(8,280 t-wet/年、27.6t-wet/日 含水率 78% 脱水汚泥処理 6,000~9,200 t-wet/年)

項目		本技術	全量外部委託	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)	
建設費 内訳 [百万円]	土木建築 (建屋)	$Y_{c1} = 344.3 \times \beta$ ※1	乾燥設備 導入なし	$Y_{c1} = 12.3 \times X_d^{0.941} \times \beta$ ※1	
		年価 = $344.3 \times \beta \times \alpha_1$ ※4		年価 = $Y_{c1} \times \alpha_1$ ※4	
	機械設備	(実証設備費用+燃焼脱臭新設) ※3		乾燥設備 導入なし	$Y_{c2} = 46.944 \times X_1^{0.4681}$ ※2
		$Y_{c2} = 493$			
	電気設備	$Y_{c3} = 209.2$ ※2		乾燥設備 導入なし	$Y_{c3} = 12.053 \times X_1^{0.5158}$ ※2
		年価 = $209.2 \times \alpha_3$ ※4			

※1 国土交通省、日本下水道協会 バイオソリッド利活用基本計画 p-90~91(H16年3月)の算出式より土木建設費にデフレータの係数 $\beta$  を乗じて求める。 $X_y$ :脱水汚泥処理量[t-wet/年],  $X_{rd}$ :脱水汚泥処理量[t-wet/日],  $X_d$ :施設規模[t-wet/日]  $X_d = X_{rd} \div 0.8$ [t-wet/日], 本技術の小型乾燥機は一型式のみのため、本技術の建設費算定では $X_{rd}=27.6$ ,  $X_d=34.5$ とする

※2 全国の乾燥設備を保有する施設・処理場において、実施したアンケートを元に算出した一般費用係数、汚泥処理費(国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。 $X_1$ :投入汚泥固形物量[kg-ds/h], 本技術の小型乾燥機は一型式のみのため、本技術の建設費算定では $X_1=253$ とする

※3 最適運転条件より乾燥機サイズアップ、直燃式脱臭炉を新規追加するとして計算

※4  $\alpha$ :建設費を年価に換算する係数 土木、機械、電気の耐用年数をそれぞれ45年、20年、20年とし、 $\alpha_1=0.03590$ ,  $\alpha_2=\alpha_3=0.06294$ を採用する

表 3-2 建設費算定式 中型乾燥機

(16,296 t-wet/年、54.3t-wet/日 含水率 79% 脱水汚泥処理量 10,000~16,300 t-wet/年)

項目		本技術	全量外部委託	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)	
建設費 内訳 [百万円]	土木建築 (建屋)	$Y_{c1} = 651.2 \times \beta$ ※1	乾燥設備 導入なし	$Y_{c1} = 12.3 \times X_d^{0.941} \times \beta$ ※1	
		年価 = $651.2 \times \beta \times \alpha_1$ ※3		年価 = $Y_{c1} \times \alpha_1$ ※3	
	機械設備	(実証設備費用+燃焼脱臭新設) ※2		乾燥設備 導入なし	$Y_{c2} = 31.9 \times X_d^{0.971} \times \beta$ ※1
		$Y_{c2} = 881$			
	電気設備	$Y_{c3} = 199.9 \times \beta$ ※1		乾燥設備 導入なし	$Y_{c3} = 6.59 \times X_d^{0.809} \times \beta$ ※1
		年価 = $199.9 \times \beta \times \alpha_3$ ※3			

※1 国土交通省、日本下水道協会 バイオソリッド利活用基本計画 p-90~91(H16年3月)の算出式より土木建設費にデフレータの係数 $\beta$  を乗じて求める。 $X_y$ :脱水汚泥処理量[t-wet/年],  $X_{rd}$ :脱水汚泥処理量[t-wet/日],  $X_d$ :施設規模[t-wet/日]  $X_d = X_{rd} \div 0.8$ [t-wet/日], 本技術の中型乾燥機は一型式のみのため、本技術の建設費算定では $X_{rd}=54.3$ ,  $X_d=67.9$ とする

※2 最適運転条件より乾燥機サイズアップ、直燃式脱臭炉を新規追加するとして計算

※3  $\alpha$ :建設費を年価に換算する係数 土木、機械、電気の耐用年数をそれぞれ45年、20年、20年とし、 $\alpha_1=0.03590$ ,  $\alpha_2=\alpha_3=0.06294$ を採用する

② 維持管理費の算定

表 3-3(p. 47), 表 3-4 (p. 48)に維持管理費算定式を示す。

本技術の維持管理費は乾燥汚泥処理・処分費、脱水汚泥処分費、運転経費から成る。

ア. 運転経費

運転経費は実証結果から想定した数値を基に総費用（年価換算値）、維持管理でのエネルギー使用量、維持管理での温室効果ガス排出量算出条件計算書により算定した（資料編 1 表資 1-29[p. 192~199]参照）。

本技術の維持管理費算定に用いる年間水分蒸発量  $W_y$ 、年間乾燥汚泥量  $F_{2y}$  については p. 46 に示しているが脱水汚泥量や含水率が異なる場合については年間水分蒸発量による換算 (p. 49) を参照する。

表 3-3 維持管理費及び解体・廃棄費算定式  
(小型乾燥機 8, 280 t-wet/年、27. 6t-wet/日 含水率 78%)

項目		本技術 (含水率78%W.B.→20%W.B.)	全量外部委託	従来の乾燥機(一般費用関数によるFS) (含水率78%W.B.→25%W.B.)
維持 管理費 年価 [百万円/年]	汚泥 処理費	乾燥汚泥処理費用:有効利用 $Cc_{ds}=Uc_{ds}\times F_{2y}\times 10^{-6}$ ※1	外部委託処理費:脱水汚泥 $Cc_{ws}=Uc_{ws}\times X_y\times 10^{-6}$ ※1	外部委託処理費:乾燥汚泥 $Cc_{ds}=Uc_{ds}\times F_{2y}\times 10^{-6}$ ※1
	運転経費 (乾燥設備+ 燃焼脱臭設備)	電力費 $Y_{c3-2}=29.9\times W_y/6003$ ※4	乾燥設備維持管理費なし	電力費 $Y_{c3-2}=202.32\times X_2^{0.4541}\times 10^{-3}$ ※6
		燃料費 $Y_{c3-4}=9.2\times W_y/6003$ ※4		燃料費 $Y_{c3-4}=41.0\times X_2\times 10^{-3}$ ※6
		補修費 $Y_{c3-1}=Y_{c2}\times 3.3\%$ ※3		補修費 $Y_{c3-1}=17.144\times X_2^{0.8866}\times 10^{-3}$ ※6
		薬品費 $Y_{c3-5}=1.3\times W_y/6003$ ※4		薬品費 $Y_{c3-5}$ =革新技術と同額積み上げ
	人件費 $Y_{c3-3}=5.6$ ※5	人件費 $Y_{c3-3}=66.755\times X_2^{0.8298}\times 10^{-3}$ ※6		
解体・廃棄費(参考値)※2 [百万円]	70	解体・廃棄費なし		
ユーティリティ単価 ※7		外部委託処理費		
・電力: 15 [円/kWh]		○本技術 乾燥汚泥:有効利用調査結果による		
・LPG: 89 [円/kg]		・肥料化:無償配布+運賃 5,000 [円/t-wet] 8ヶ月間		
・A重油: 71 [円/L]		・燃料化:処理費用(運賃込) 22,000 [円/t-wet] 4ヶ月間		
・上水: 200 [円/m3]		○全量外部委託 脱水汚泥 23,000 [円/t-wet](全国平均) ※6		
		○従来の乾燥機 乾燥汚泥 19,000 [円/t-wet](全国平均) ※6		
※1 $Cc_{ds}$ :乾燥汚泥処理費[百万円/年], $F_{2y}$ :乾燥汚泥生産量[t-wet/年], $X_y$ :脱水汚泥処理量[t-wet/年], $Uc_{ds}$ :乾燥汚泥外部委託処理単価[円/t-wet], $Cc_{ws}$ :脱水汚泥処理費[百万円/年], $Uc_{ws}$ :脱水汚泥外部委託処理単価[円/t-wet] ※2 $Cw$ :解体・廃棄費[百万円]は機械、電気建設費合計値の10%とした。 ※3 補修費は機械設備工事費の3.3%とした。 ※4 $W_y$ :水分蒸発量[t/年], 電力、燃料、上水費など運転時間に比例する項目は、実証結果を基に年間水分蒸発量[t/年]に基づき求めた。 (小型乾燥機基準値は6,003t/年) ※5 人件費はオペレーション内容から実証設備と同じとした。 ※6 全国の乾燥設備を保有する施設・処理場において、実施したアンケートを元に算出した一般費用係数, 汚泥処理費 (国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。 $X_2$ :年間投入固形物汚泥量[t-ds/年] ※7 ユーティリティ、薬品の単価詳細は表資2-11参照				

表 3-4 維持管理費及び解体・廃棄費算定式  
(中型乾燥機 16,300 t-wet/年、54.3t-wet/日 含水率 79%)

項目		本技術 (含水率79%W.B.→20%W.B.)	全量外部委託	従来の乾燥機(一般費用関数によるFS) (含水率79%W.B.→20%W.B.)
維持 管理費 年価 [百万円/年]	汚泥処理費	乾燥汚泥処理費用:有効利用 $Cc ds = Uc ds \times F_{2y} \times 10^{-6} \text{ ※1}$	外部委託処理費:脱水汚泥 $Cc ws = Uc ws \times X_y \times 10^{-6} \text{ ※1}$	外部委託処理費:乾燥汚泥 $Cc ds = Uc ds \times F_{2y} \times 10^{-6} \text{ ※1}$
	運転経費 (乾燥設備+ 燃焼脱臭設備)	電力費 $Y_{c3-2} = 55.8 \times W_y / 12018 \text{ ※4}$	乾燥設備維持管理費なし	$Y_3 = 0.362 \times X_y^{0.585} \times \beta \text{ ※8}$
		燃料費 $Y_{c3-4} = 21.0 \times W_y / 12018 \text{ ※4}$		
		補修費 $Y_{c3-1} = Y_{c2} \times 3.3\% \text{ ※3}$		
		薬品費 $Y_{c3-5} = 2.3 \times W_y / 12018 \text{ ※4}$		
	人件費 $Y_{c3-3} = 5.6 \text{ ※5}$			
解体・廃棄費(参考値)※2 [百万円]		111	解体・廃棄費なし	
ユーティリティ単価 ※7 ・電力: 15 [円/kWh] ・LPG: 89 [円/kg] ・A重油: 71 [円/L] ・上水: 200 [円/m3]			外部委託処理費 ○本技術 乾燥汚泥:有効利用調査結果による ・肥料化:無償配布+運賃 5,000 [円/t-wet] 8ヶ月間 ・燃料化:処理費用(運賃込) 22,000 [円/t-wet] 4ヶ月間 ○全量外部委託 脱水汚泥 23,000 [円/t-wet](全国平均) ※6 ○従来の乾燥機 乾燥汚泥 19,000 [円/t-wet](全国平均) ※6	
※1 $Cc ds$ :乾燥汚泥処理費[百万円/年], $F_{2y}$ :乾燥汚泥生産量[t-wet/年], $X_y$ :脱水汚泥処理量[t-wet/年], $Uc ds$ :乾燥汚泥外部委託処理単価[円/t-wet], $Cc ws$ :脱水汚泥処理費[百万円/年], $Uc ws$ :脱水汚泥外部委託処理単価[円/t-wet] ※2 $Cw$ :解体・廃棄費[百万円]は機械、電気建設費合計の10%とした。 ※3 補修費は機械設備工事費の3.3%とした。 ※4 $W_y$ :水分蒸発量[t/年], 電力、燃料、上水費など運転時間に比例する項目は、実証結果を基に年間水分蒸発量[t/年]に基づき求めた。 (中型乾燥機基準値は12,018t/年) ※5 人件費はオペレーション内容から実証設備と同じとした。 ※6 全国の乾燥設備を保有する施設・処理場において、実施したアンケートを元に算出した一般費用係数, 汚泥処理費 (国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。 ※7 ユーティリティ、薬品の単価詳細は表資2-11参照 ※8 国土交通省、日本下水道協会:バイオソリッド利活用基本計画、p-90~91(H16年3月)の算出式より土木建設費にデフレータの係数 $\beta$ を 乗じて求める。 $X_d$ :施設規模[t-wet/日], $X_y$ :年間処理脱水汚泥量[t-wet/年]				

$W_y$ : 年間水分蒸発量

表 3-3, 3-4 において本技術の運転経費算定に用いる  $W_y$ : 年間水分蒸発量[t/年]は以下のようにして求める。年間水分蒸発量換算により、脱水汚泥処理量、含水率などが試算条件(例: 小型乾燥機 8,280t/年、脱水汚泥含水率 78%W.B.、乾燥汚泥含水率 20%W.B.)と異なる場合も維持管理費の算定ができる。

a) 本技術汚泥処理費用の算定

$$Cc ds = Uc ds \times F_{2y} \times 10^{-6}$$

- ・  $Uc ds$  : 運賃を含む乾燥汚泥外部委託単価 [円/t-wet]
- ・  $F_{2y}$  : 年間乾燥汚泥量 [t-wet/年] =  $X_y \times (100 - w_1) \div (100 - w_2)$
- ・  $X_y$  : 年間脱水汚泥処理量 [t-wet/年],  $w_1$  : 脱水汚泥含水率 [%W.B.],  $w_2$  : 乾燥汚泥含水率 [%W.B.]

b) 従来の乾燥機の汚泥処分費用算定

乾燥汚泥含水率  $w_2$  が本技術と異なり乾燥汚泥量  $F_{2y}$  がそれぞれ異なる。

c) 本技術電力費、燃料費、薬品費の算定

年間脱水汚泥処理量や含水率の設定に対し、実証から求めた最適運転条件のまま運転時間で対応するものとして、運転時間に比例する電力費、燃料費、薬品費などについて水分蒸発量比例で求める。

$$W_y : \text{年間水分蒸発量 [t /年]} = X_y - F_{2y}$$

d) 従来の乾燥機維持管理費

$$X_2 : \text{年間投入汚泥固形物量 [t-ds/年]} = X_y \times (100 - w_1) \div 100$$



イ. 汚泥処理・処分費（脱水汚泥、乾燥汚泥）

汚泥処分費及び運搬費については、各種調査の結果から表 3-5 のとおり設定した。

本技術の汚泥処分費については、肥料化自治体調査結果及び燃料化自治体調査結果から、肥料の需要がある 8 ヶ月間を肥料化、肥料の需要がない 4 ヶ月間を燃料化として按分算出し、汚泥処分費 10,667 円/t-wet（運賃を含む）と設定した。

表 3-5 汚泥処理・処分費、運搬費

技術	汚泥処理・処分及び運搬単価[円/t-wet]				
	項目	肥料化	燃料化	脱水処分	乾燥処分
本技術	処理	無償 <sup>※3</sup>	22,000 <sup>※4</sup>		
	運搬	5,000 <sup>※2</sup>	上欄に含む <sup>※4</sup>		
全量外部委託	処理			16,000 <sup>※1</sup>	
	運搬			7,000 <sup>※2</sup>	
従来の乾燥機	処理				14,000 <sup>※2</sup>
	運搬				5,000 <sup>※2</sup>

※1 全国の乾燥設備を保有する施設・処理場において、実施したアンケートを元に算定した一般費用係数、汚泥処分費(国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。  
 ※2 「下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査」及び乾燥汚泥を排出している処理場を有する自治体30ヶ所へのアンケートの結果から算定した汚泥運搬費(国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。  
 ※3 肥料化自治体調査結果(資料編1 表資1-18 G市の例)  
 ※4 燃料化自治体調査結果(資料編1 表資1-24 A市の例)

③ 解体・廃棄費

本経費については建設費の 10%とした。<sup>※</sup>

※ 公益社団法人日本下水道協会；下水道設計標準掛表平成 24 年一第 2 巻 ポンプ場・処理場、p-102 より 撤去費は建設費の 6%とした。また、スクラップコストは建設費の 4%とし、解体・撤去費の合計は建設費の 10%とする。なお、解体・廃棄費については、総費用（年価換算値）に含むものでないため、参考値である。

④ 総費用（年価換算値）

総費用（年価換算値）は ①建設費年価+②維持管理費で求める（表 3-1～表 3-4 参照）。

小型乾燥機及び中型乾燥機について、適用条件上下限の脱水汚泥含水率における検討も加えて、上記算定式で求めた脱水汚泥処理量と 8 ヶ月間肥料化、4 ヶ月間燃料化の総費用（年価換算値）との関係の算定例を図 3-2 及び図 3-3 (p. 51) に示す。また、総費用（年価換算値）の全量外部委託処分及び従来技術との計算結果例を表 3-14 (p. 61) 及び表 3-20 (p. 68) に示す（ユーティリティ単価は資料編 1 表資 1-28[p. 191]を参照）。

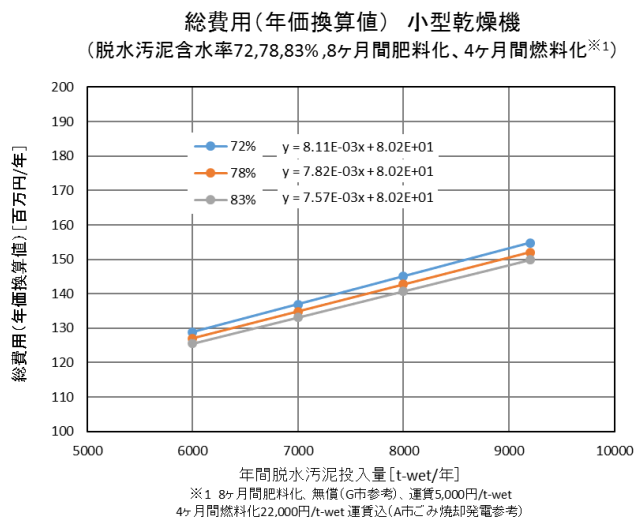


図 3-2 小型乾燥機総費用(年価換算値)算定例

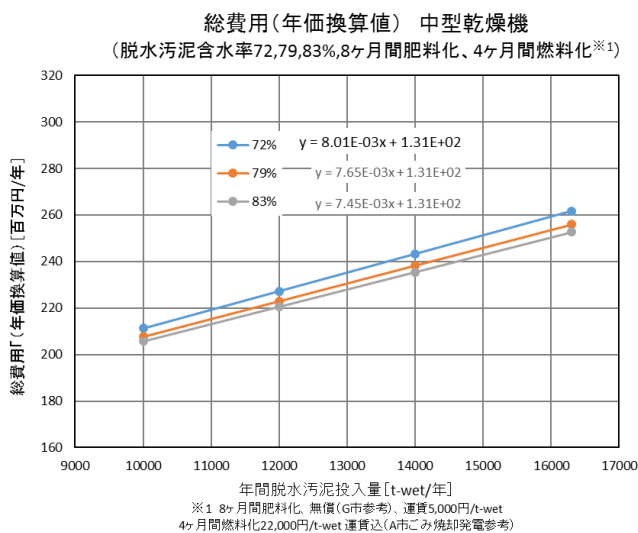


図 3-3 中型乾燥機総費用(年価換算値)算定例

## 2) 維持管理でのエネルギー使用量

維持管理でのエネルギー使用量について、乾燥及び燃焼脱臭の電力、燃料、上水について検討し、本技術を導入した場合と従来技術との差を示す。

小型乾燥機及び中型乾燥機の維持管理でのエネルギー使用量算定式を表 3-6 及び表 3-7 に示し、試算結果例を表 3-15 (p. 62) 及び表 3-21 (p. 69) に示す(エネルギー原単位は資料編 1 表資 1-32 [p. 200] を参照)。

表 3-6 乾燥及び脱臭設備の維持管理でのエネルギー使用量（小型乾燥機）

項目	小型乾燥機 維持管理でのエネルギー使用量 [GJ/年]	
	本技術	従来の乾燥機
電力	$E_1 = Y_{C3-2} \div Ce \times Ee$	$E_1 = Y_{C3-2} \div Ce \times Ee$ ※1
燃料	$E_2 = Y_{C3-4} \div Cl \times El$ (LPG)	$E_2 = Y_{C3-4} \div Ca \times El$ (A重油) ※1
薬品(上水)	$E_3 = Y_{C3-5} \div Cj \times Ej$ ※4	$E_3 = Y_{C3-5} \div Cj \times Ej$ ※4
合計	$E = E1 + E2 + E3$ [GJ/年]	$E = E1 + E2 + E3$ [GJ/年]

$Y_{C3-2}$ :電力費[百万円/年]、 $Y_{C3-4}$ :燃料費[百万円/年]、 $Y_{C3-5}$ :上水費[百万円/年]、 $Ce$ :電力単価 15[円/kWh]、  
 $Cl$ :LPG単価 89円/kg]、 $Ca$ :A重油単価71[円/L]、 $Cj$ :上水単価200[円/m<sup>3</sup>]  
 ・発熱量原単位※3  
 $Ee$ :電力原単位※2:9.484[MJ/kWh]、 $El$ :LPG原単位:50.06[GJ/t]、 $Ea$ :A重油原単位:38.90[GJ/kL]、 $Ej$ :上水原単位:30.7[MJ/m<sup>3</sup>]  
 原油換算係数:0.0258[kL/GJ]

※1 全国の乾燥設備を保有する施設・処理場において、実施したアンケートを元に算出した一般費用係数(国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。  
 ※2 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 環境庁:温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度ホームページ、平成28年度報告用算定方法・排出係数一覧、報告書作成支援ツールより  
 ※4 ユーティリティ、薬品の発熱量原単位は、表資2-12参照

表 3-7 乾燥及び脱臭設備の維持管理でのエネルギー使用量（中型乾燥機）

項目	中型乾燥機 維持管理でのエネルギー使用量 [GJ/年]	
	本技術	従来の乾燥機
電力	$E_1 = Y_{C3-2} \div Ce \times Ee$	$E = 22,195 \times X_2 + 7 \times 10^6$ ※1
燃料	$E_2 = Y_{C3-4} \div Cl \times El$ (LPG)	
薬品(上水)	$E_3 = Y_{C3-5} \div Cj \times Ej$ ※4	
合計	$E = E1 + E2 + E3$ [GJ/年]	$E = 22,195 \times X_2 + 7 \times 10^6$ [GJ/年]

$Y_{C3-2}$ :電力費[百万円/年]、 $Y_{C3-4}$ :燃料費[百万円/年]、 $Y_{C3-5}$ :上水費[百万円/年]、 $Ce$ :電力単価 15[円/kWh]、  
 $Cl$ :LPG単価 89円/kg]、 $Cj$ :上水単価200[円/m<sup>3</sup>]、 $X_2$ :固形物処理量[t-ds/年]  
 ・発熱量原単位※3  
 $Ee$ :電力原単位※2:9.484[MJ/kWh]、 $El$ :LPG原単位:50.06[GJ/t]、 $Ej$ :上水原単位:30.7[MJ/m<sup>3</sup>]、原油換算係数:0.0258[kL/GJ]

※1 全国の乾燥設備を保有する施設・処理場において、実施したアンケートを元に算出した一般費用係数(国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。 $X_1$ :投入汚泥固形物量[kg-ds/h]、 $X_2$ :年間投入固形物汚泥量[t-ds/年]  
 ※2 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 環境庁:温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度ホームページ、平成28年度報告用算定方法・排出係数一覧、報告書作成支援ツールより  
 ※4 ユーティリティ、薬品の発熱量原単位は、表資2-12参照

3) 維持管理での温室効果ガス排出量

導入による維持管理での温室効果ガス排出量削減効果は、本技術を導入した場合に想定される温室効果ガス排出量と従来技術との差で示す。

小型乾燥機及び中型乾燥機の維持管理での温室効果ガス排出量算定式を表3-8及び表3-9に示し、試算結果例を表3-16(p.63)及び表3-22(p.70)に示す(排出量原単位などについては資料編1表資1-30及び表資1-31[p.200]を参照)。

表3-8 乾燥及び脱臭設備からの維持管理での温室効果ガス排出量(小型乾燥機)

項目	小型乾燥機 維持管理での温室効果ガス排出量 [t-CO <sub>2</sub> /年]	
	本技術	従来の乾燥機
電力	$G_1 = Y_{C3-2} \div Ce \times Ge$	$G_1 = Y_{C3-2} \div Ce \times Ge$ ※1
燃料	$G_2 = Y_{C3-4} \div Cl \times Gl$ (LPG)	$G_2 = Y_{C3-4} \div Ca \times Gl$ (A重油) ※1
薬品(上水)	$G_3 = Y_{C3-5} \div Cj \times Gj$ ※4	$G_3 = Y_{C3-5} \div Cj \times Gj$ ※4
汚泥乾燥	$G_4 = 0.0095 \div 1,000 \times Xy \times Gn$	$G_4 = 0.0095 \div 1,000 \times Xy \times Gn$
	燃烧脱臭炉由来N <sub>2</sub> O:0.0095kg-N <sub>2</sub> O/t-wet ※4	燃烧脱臭炉由来N <sub>2</sub> O:0.0095kg-N <sub>2</sub> O/t-wet ※4
合計	$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5$ [t-CO <sub>2</sub> /年]	$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5$ [t-CO <sub>2</sub> /年]

Y<sub>C3-2</sub>:電力費[百万円/年]、Y<sub>C3-4</sub>:燃料費[百万円/年]、Y<sub>C3-5</sub>:上水費[百万円/年]、Ce:電力単価 15[円/kwh]、Cl:LPG単価 89円/kg、Ca:A重油単価71[円/L]、Cj:上水単価200[円/m<sup>3</sup>]、Xy:年間処理脱水汚泥量[t-wet/年]・CO<sub>2</sub>排出量原単位  
Ge:電力CO<sub>2</sub>排出量原単位:0.587[kg-CO<sub>2</sub>/kWh]※2、Gl:LPG CO<sub>2</sub>排出量原単位:3.00[t-CO<sub>2</sub>/t]※3、Ga:A重油CO<sub>2</sub>排出量原単位:2.71[t-CO<sub>2</sub>/kL]※3、Gj:上水CO<sub>2</sub>排出量原単位:0.002[t-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>]※3、Gn:N<sub>2</sub>O CO<sub>2</sub>排出量原単位:298[t-CO<sub>2</sub>/t]※3

※1 全国の乾燥設備を保有する施設・処理場において、実施したアンケートを元に算出した一般費用係数(国土交通省国土技術政策総合研究所調べ)を用いる。  
 ※2 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)-平成27年度実績-H28.12.27公表  
 ※3 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量抑制指針の解説~平成28年3月 環境省・国土交通省  
 ※4 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部:下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版、p-82(平成27年3月)

表3-9 乾燥及び脱臭設備からの維持管理での温室効果ガス排出量(中型乾燥機)

項目	中型乾燥機 維持管理での温室効果ガス排出量 [t-CO <sub>2</sub> /年]	
	本技術	従来の乾燥機
電力	$G_1 = Y_{C3-2} \div Ce \times Ge$ ※3	$G = 1.5175 \times X2 + 463.89$ ※1
燃料	$G_2 = Y_{C3-4} \div Cl \times Gl$ (LPG) ※3	
薬品(上水)	$G_3 = Y_{C3-5} \div Cj \times Gj$ ※4	
汚泥乾燥	$G_4 = 0.0095 \div 1,000 \times Xy \times Gn$	
	燃烧脱臭炉由来N <sub>2</sub> O:0.0095kg-N <sub>2</sub> O/wet-t ※4	
合計	$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5$ [t-CO <sub>2</sub> /年]	$G = 1.5175 \times X2 + 463.89$ [t-CO <sub>2</sub> /年]

Y<sub>C3-2</sub>:電力費[百万円/年]、Y<sub>C3-4</sub>:燃料費[百万円/年]、Y<sub>C3-5</sub>:上水費[百万円/年]、Ce:電力単価 15[円/kwh]、Cl:LPG単価 89円/kg、Ca:A重油単価71[円/L]、Cj:上水単価200[円/m<sup>3</sup>]、Xy:年間処理脱水汚泥量[t-wet/年]・CO<sub>2</sub>排出量原単位  
Ge:電力CO<sub>2</sub>排出量原単位:0.587[kg-CO<sub>2</sub>/kWh]※2、Gl:LPG CO<sub>2</sub>排出量原単位:3.00[t-CO<sub>2</sub>/t]※3、Ga:A重油CO<sub>2</sub>排出量原単位:2.71[t-CO<sub>2</sub>/kL]※3、Gj:上水CO<sub>2</sub>排出量原単位:0.002[t-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>]※3、Gn:N<sub>2</sub>O CO<sub>2</sub>排出量原単位:298[t-CO<sub>2</sub>/t]※3

※1 国土交通省国土技術政策総合研究所:従来設備における電力消費量、燃料消費量に関するアンケートを元に算出したCO<sub>2</sub>排出量の関数(H30年)、X2:年間投入量[t-ds/年]  
 ※2 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)-平成27年度実績-H28.12.27公表  
 ※3 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量抑制指針の解説~平成28年3月 環境省・国土交通省  
 ※4 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部:下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版、p-82(平成27年3月)

4) 熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討方法

本技術の乾燥設備は小型乾燥機及び中型乾燥機の2通りであり、それぞれ時間当たりの水分蒸発量や乾燥機の加熱温度等の運転条件を定めている。このため、2段圧縮システムの発生蒸気量と所要動力は既定値となり、脱水汚泥や乾燥汚泥の含水率設計値が異なっても運転バランスは概ね一定で以下に示す熱収支や乾燥機熱効率となる。

小型乾燥機と中型乾燥機の設計条件、熱収支、乾燥機熱効率を表3-10、表3-11及び図3-4、図3-5に示し、設定条件を変えた場合の計算方法については§19 導入効果検討事例の結果に示す。

表3-10 小型乾燥機 乾燥設備熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討（含水率78%W.B.）

・乾燥設備設計条件				・燃焼脱臭設備設計条件			
脱水汚泥	投入量	1150	kg/h	脱臭温度	700	°C	
	含水率	78	%W.B.	熱交による予熱	500	°C	
乾燥汚泥	含水率	20	%W.B.	風量※1	637	kgda/h	
乾燥機水分蒸発量		834	kg/h	※1 コンデンス排気を外気希釈して燃焼脱臭する 希釈倍率が高く含水率の違いによる影響は無視できるので 上記既定値を用いる			
熱源蒸気圧	0.47	MPaG					
(加熱温度)	156.9	°C					
・乾燥設備熱収支				・燃焼脱臭設備熱収支			
入熱	kW		出熱	kW			
脱水汚泥	11.7		乾燥汚泥	20.0			
リーク空気	0.1		コンデンス排気	0.5			
給水	2.4		混合凝縮水	87.7			
補助ボイラLPG	76.5		VRC余剰水	17.8			
蒸気ブロウ動力	112.0		コンデンス冷却	105.3			
蒸気圧縮機動力	123.0		圧縮機熱損失	83.5			
電気ヒータ電力	1.9		ボイラ熱損失	3.8			
			蓄熱損失	9.1			
			調整	-0.1			
計	327.6		計	327.6			
収支			収支	0			
・乾燥機熱効率							
乾燥に必要な熱量	628	kW					
熱源熱量	313	kW					
熱効率=乾燥に必要な熱量÷熱源熱量×100(%)							
				200 %			

表3-11 中型乾燥機 乾燥設備熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討方法（含水率79%W.B.）

・乾燥設備設計条件				・燃焼脱臭設備設計条件			
脱水汚泥	投入量	2263	kg/h	脱臭温度	700	°C	
	含水率	79	%W.B.	熱交による予熱	500	°C	
乾燥汚泥	含水率	20	%W.B.	風量※1	1160	kgda/h	
乾燥機水分蒸発量		1,669	kg/h	※1 コンデンス排気を外気希釈して燃焼脱臭する 希釈倍率が高く含水率の違いによる影響は無視できるので 上記既定値を用いる			
熱源蒸気圧	0.52	MPaG					
(加熱温度)	160.0	°C					
・乾燥設備熱収支				・燃焼脱臭設備熱収支			
入熱	kW		出熱	kW			
脱水汚泥	23.2		乾燥汚泥	37.6			
リーク空気	0.4		コンデンス排気	1.4			
給水	5.5		混合凝縮水	173.5			
補助ボイラLPG	285.2		VRC余剰水	41.5			
蒸気ブロウ動力	229.0		コンデンス冷却	218.4			
蒸気圧縮機動力	240.0		圧縮機熱損失	289.3			
電気ヒータ	4.0		ボイラ熱損失	14.3			
			蓄熱損失	18.1			
			調整	-6.8			
計	787.3		計	787.3			
収支			収支	0			
・乾燥機熱効率							
乾燥に必要な熱量	1,255	kW					
熱源熱量	758	kW					
熱効率=乾燥に必要な熱量÷熱源熱量×100(%)							
				166 %			

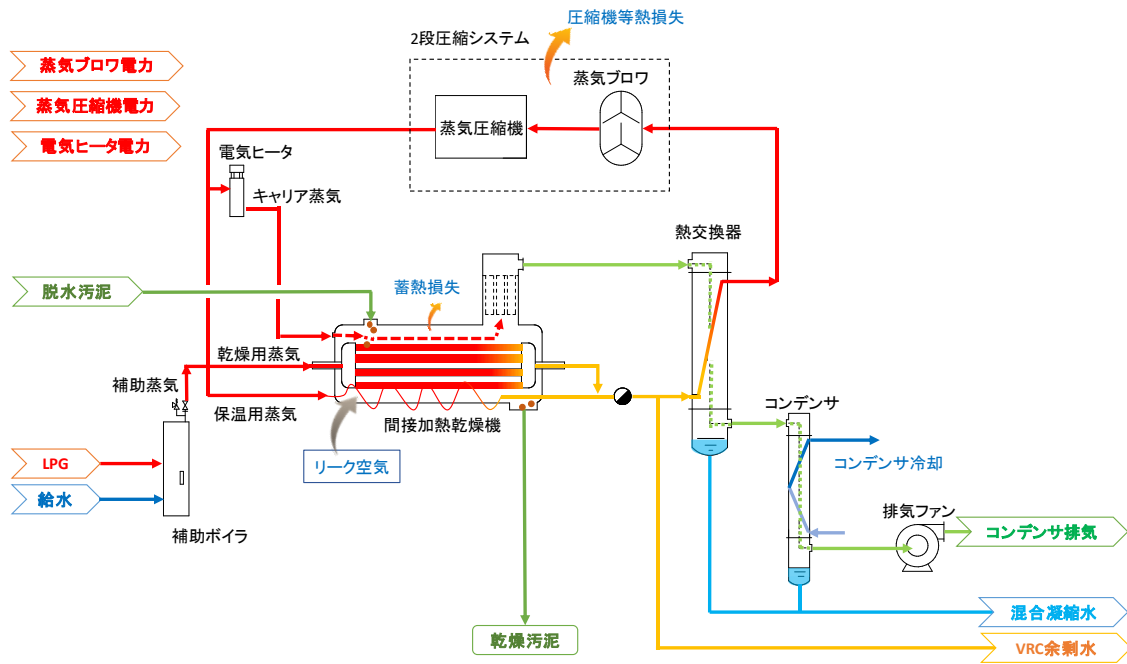


図 3-4 乾燥設備熱収支説明図

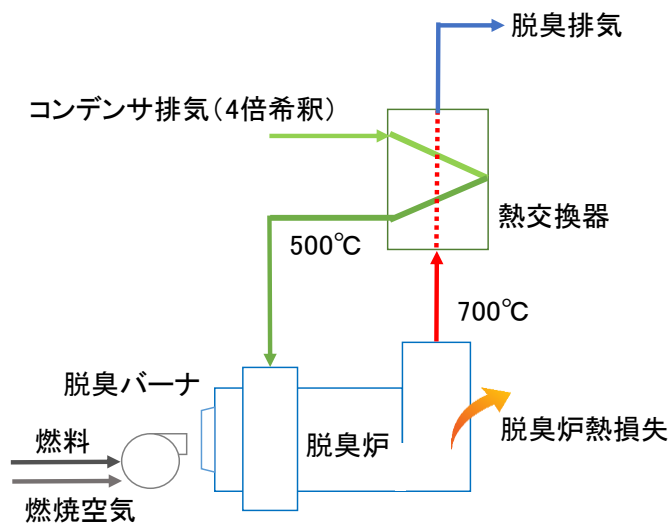


図 3-5 燃焼脱臭設備熱収支説明図

§ 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、脱水汚泥発生量<sup>※1</sup>が少なめ（小型乾燥機で 6,000t-wet/年）で稼働率が低い、建設費が高い、乾燥汚泥を有価物として利活用できないか利活用外部委託処理単価が高い、輸送距離が長く運賃が高い、などが上げられる。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。

※1 本技術の脱水汚泥発生量適用範囲は、小型乾燥機で 6,000～9,200 t-wet/年、中型乾燥機で 10,000～16,300 t-wet/年の 2 通りである。

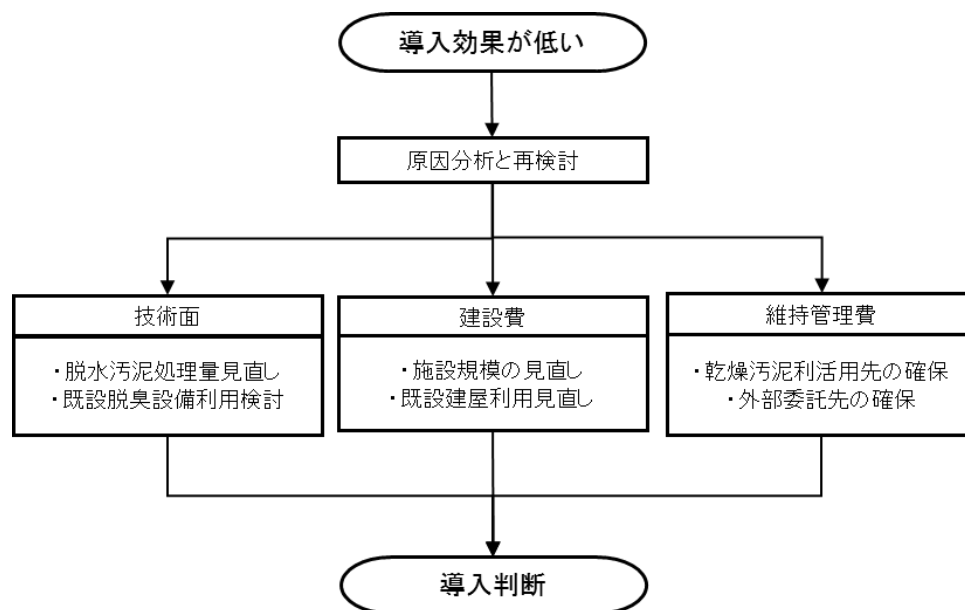


図 3-6 導入判断フロー

## 第2節 導入効果の検討例

### § 18 検討事例

本技術の導入効果は、2通りの処理規模（脱水汚泥発生量）に対応する小型乾燥機又は中型乾燥機を、脱水汚泥の全量外部委託処分及び従来技術と比較して検討する。

#### 【解説】

本技術において有効性が高いと思われる検討事例について解説する。

#### (1) 試算条件

本技術は脱水汚泥を乾燥するもので、脱水機設備の後段に設置する(図3-7参照)。検討対象は、

- ①脱水汚泥を外部委託処分している処理場
- ②脱水汚泥を乾燥処分している処理場

が該当する。また、本技術は脱水汚泥処理量別に2機種となっている。計算方法は§16 導入効果の検討に示す。

脱水汚泥の処理・処分・利用の方法（肥料化・燃料化有効利用、委託処分）やその単価により導入効果が異なるため、そのケーススタディの結果も示す。

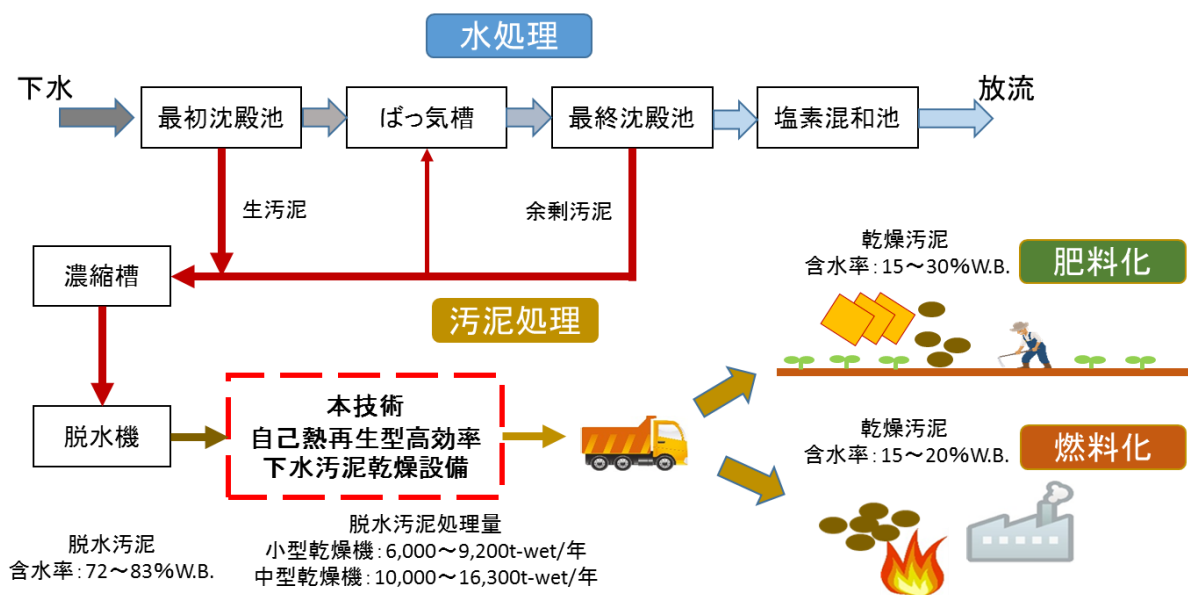


図3-7 本技術の設備設置位置（フロー）



## 1) 下水処理場の基本諸元

嫌気性消化を導入していない脱水汚泥を対象として表 3-12 に示す条件に該当する汚泥処理施設において、本技術導入の検討を行った。

表 3-12 下水処理場の諸元

項目	小型乾燥機	中型乾燥機
流入下水水量目安	50,000 [m <sup>3</sup> /日]	100,000 [m <sup>3</sup> /日]
流入水水質	BOD (参考：実証フィールド平均 200 [mg/L])	
水処理施設	最初沈殿池+反応タンク+最終沈殿池	
汚泥種類	未消化	
汚泥処理設備運転時間	24 [h/日]	

## 2) 乾燥設備の設計条件の設定

下水処理場から発生する脱水汚泥を乾燥する設備については表 3-13 のように設計条件を設定した。

表 3-13 乾燥設備の設計条件

項目	小型乾燥機	中型乾燥機
処理汚泥中固形物	6.072 [t-dry/日]	11.41 [t-dry/日]
脱水汚泥含水率	78 [%W.B.]	79 [%W.B.]
脱水汚泥処理量	27.6 [t-wet/日]	54.3 [t-wet/日]
	1.15 [t-wet/h]	2.263 [t-wet/h]
	8,280 [t-wet/年]	16,296 [t-wet/年]
乾燥汚泥含水率	20 [%W.B.] ※1	20 [%W.B.]
乾燥汚泥発生量	7.59 [t-wet/日]	14.49 [t-wet/日]
	0.32 [t-wet/h]	0.604 [t-wet/h]
	2.260 [t-wet/年]	4,347 [t-wet/年]
水分蒸発量	833.8 [kg/h]	1,669 [kg/h]
汚泥処理設備運転時間	7,200 [h/年]	
稼働率	82.2 [%] (300 [日/年])	

※1：本技術の乾燥汚泥含水率は 20%W.B.、従来技術は小型乾燥機 25%W.B.、中型乾燥機 20%W.B. とする。

設計条件では実証フィールドと同様に毎週立上げと停止を1回行なう連続運転を想定している。処理量が少なく立上げと停止が週2回になる場合などは別途検討する。

実証結果から再立上げの影響を下記に示す（資料編1 表資 1-51 及び図資 1-57 [p. 234] 参照）。

① 起動時間

起動には約2時間かかるが、起動開始後1時間程度で所定脱水汚泥処理量となる。前週停止後の余熱が有効に利用されて乾燥機内滞留物の乾燥が進んでいるので所定脱水汚泥処理量に達するまでの時間も短い。

② 1回の起動に必要な燃料、電力

1回の起動には主に装置を定常運転時の温度に昇温するために約90kgのLPGを使用するが、蓄熱損失の影響があるのは起動工程のみでその後はほぼ熱平衡となる。本技術は焼却や熱風乾燥と比べ運転温度が低く蓄熱損失が小さい。起動前半の約1時間は圧縮機が運転されないため起動所要時間中（平均2.2時間）に消費する電力は連続運転時の1時間分程度となる。また、起動停止の温度変化も小さく装置劣化に対する影響も小さい。

③ 起動に必要な燃料、電力の取り扱い

起動に使用するLPG量は一週間連続運転で使用する量の約10%に相当し、殆どが装置昇温に用いられる。また、起動に使用する電力は上記の通りで、さらにこれは一週間連続運転で使用する量の約1%と小さい。このため、起動にかかる電力と短時間の停止を伴う再起動の燃料や電力使用量への影響は無視するものとし、冷機状態からの起動が一回増すごとにLPG使用量90kgを加えて燃料、電力使用量を推定する。

また、中型乾燥機では起動にかかる時間は小型乾燥機と同様だが、冷機状態からの起動が一回増すごとにLPG使用量180kgを加えて燃料、電力使用量を推定する。

## § 19 導入効果検討事例の結果

導入効果検討事例の条件に基づいた検討結果を以下のようにまとめる。

- (1) 総費用（年価換算値）
- (2) 維持管理でのエネルギー使用量
- (3) 維持管理での温室効果ガス排出量
- (4) 感度分析（本技術導入を推奨する現状の汚泥処理単価）
- (5) 脱水汚泥投入量と総費用（年価換算値）との相関
- (6) 熱・物質収支と乾燥機熱効率

### 【解説】

導入効果検討事例の条件に基づき、検討結果を総費用（年価換算値）、維持管理でのエネルギー使用量、維持管理での温室効果ガス排出量の項目について小型乾燥機、中型乾燥機の順でまとめた。また、各々結果について感度分析を行い、脱水汚泥投入量と総費用（年価換算値）との相関として補足した。なお、検討結果の端数については四捨五入としている。

乾燥汚泥利活用条件により乾燥汚泥処理・処分費用が異なる。表 3-14 及び表 3-20 に示す本技術の総費用（年価換算値）の試算は 8 ヶ月間肥料化、4 ヶ月間燃料化の場合の乾燥汚泥処理単価を用いている。汚泥の利活用条件が試算条件と異なる場合は、実際の乾燥汚泥処理・処分単価を用いて総費用（年価換算値）を求める。

また、本技術の導入目安となる現状脱水汚泥処分費の感度分析及び脱水汚泥処理量別の試算結果を表 3-17、図 3-11 及び図 3-12 に示す。

脱水及び乾燥汚泥処理・処分費用は表 3-5 に示すとおりで、実証結果より、1 年のうち 8 ヶ月間は肥料化、処理費は無償とし、運搬費は乾燥汚泥の全国平均 5,000 円/t-wet とした（表資 1-50[p. 226]、表資 2-6[p. 237]参照）。また、肥料需要が低減する時季 4 ヶ月間は、燃料化するとして、ごみ焼却発電の例を参考に、乾燥汚泥処分費を 22,000 円/t-wet（運搬費込）とした。

なお、実証フィールドの総費用（年価換算値）は硫化水素抑制消臭剤減量の効果もあり従来の全量外部委託処理より 38%縮減の見込み（表 2-22[p. 41]及び資料編 1 表資 1-46[p. 218]参照）となったが、試算条件では硫化水素抑制剤減量の効果を特殊なケースとして除外し、脱臭設備での薬液増量分を加算した。

### 1. 小型乾燥機

#### (1) 総費用（年価換算値）

総費用（年価換算値）について、全量外部委託処分（脱水汚泥のまま外部委託）と従来技術（従来の乾燥機による乾燥処分：一般費用関数）を本技術と比較した。

小型乾燥機の建設費は表 3-1 に示す算定式で求める。維持管理費は脱水汚泥処理量や含水率により異なる項目を含むので表 3-3 の算定式を用いる。

試算結果と比較を表 3-14 及び図 3-8 に示す。本技術は全量外部委託処分に対し 24%縮減、従来技術に対し 40%縮減する試算となる（資料編 1 図資 1-37[p. 210]参照）。

表 3-14 総費用（年価換算値）の比較（小型乾燥機）

項目		本技術	全量外部委託	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)	
建設費 年価 [百万円/年]	土木建築	14.1		14.1	
	機械設備	31.0		39.4	
	電気設備	13.2		13.2	
維持 管理費 [百万円/年]	汚泥処理費	24.3	190.4	46.1	
	運 転 経 費	電力費		29.9	6.1
		燃料費		9.2	74.7
		補修費		16.3	13.3
		薬品費		1.3	1.3
		人件費		5.6	33.9
解体・廃棄費[百万円](参考値)		70			
総費用(年価換算値) [百万円/年]	建設費年価+維持管理費	144.9	190.4	242.2	
総費用(年価換算値) 縮減効果[%]	全量外部委託と比較	24			
	従来の乾燥機と比較	40			

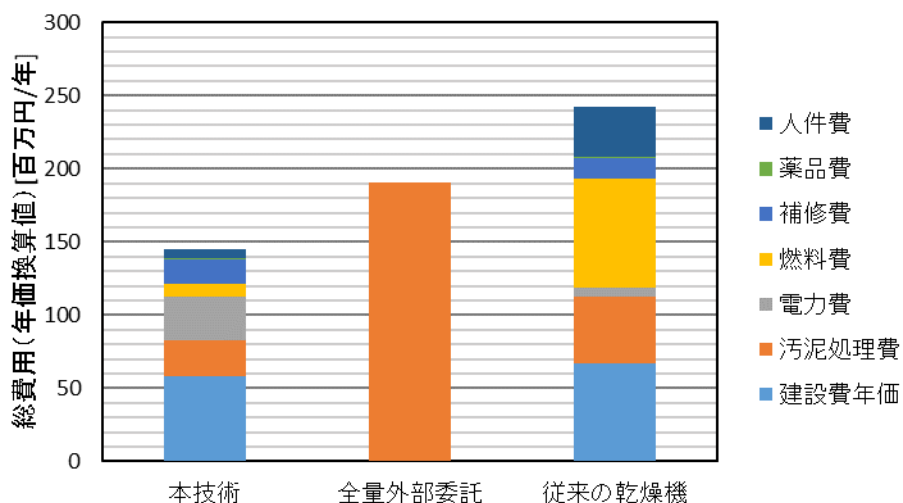


図 3-8 総費用（年価換算値）の比較（小型乾燥機）

(2) 維持管理でのエネルギー使用量

乾燥設備及び脱臭設備にかかる維持管理でのエネルギー使用量について本技術と従来の乾燥機（一般費用関数）を比較した。燃料の種類は本技術が実証と同じくLPGで従来の乾燥機はA重油として算定している。この結果を表3-15及び図3-9に示す。本技術は従来の乾燥機に対し、維持管理でのエネルギー使用量を46%削減する試算となる（資料編1[p.214]参照）。

表3-15 維持管理でのエネルギー使用量の比較（小型乾燥機）

項目	本技術	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)
電力[GJ/年]	18,922	3,868
燃料[GJ/年]	5,154	40,919
薬品(上水) [GJ/年]	204	204
合計[GJ/年]	24,280	44,992
削減効果[%]	46	

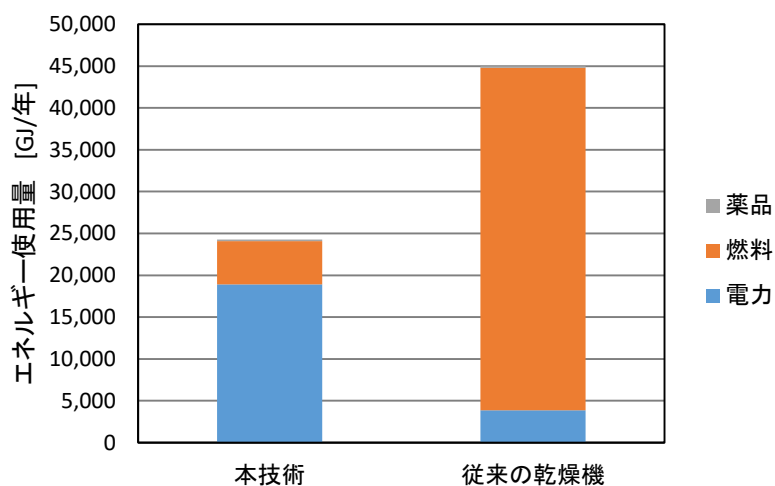


図3-9 維持管理でのエネルギー使用量の比較（小型乾燥機）

(3) 維持管理での温室効果ガス排出量

維持管理での温室効果ガス排出量について本技術と従来の乾燥機(一般費用関数)を比較した。燃料の種類は本技術が実証と同じくLPGで従来の乾燥機はA重油として算定している。この結果を表3-16及び図3-10に示す。本技術は従来の乾燥機に対し維持管理での温室効果ガス排出量を51%削減する試算となる(資料編1[p.216]参照)。

表3-16 維持管理での温室効果ガス排出量の比較(小型乾燥機)

項目	本技術	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)
電力由来[t-CO <sub>2</sub> /年]	1,171	239
燃料由来[t-CO <sub>2</sub> /年]	309	2,851
薬品由来(上水) [t-CO <sub>2</sub> /年]	13	13
汚泥乾燥N <sub>2</sub> O由来 [t-CO <sub>2</sub> /年]	23	23
合計[t-CO <sub>2</sub> /年]	1,517	3,127
削減効果[%]	51	

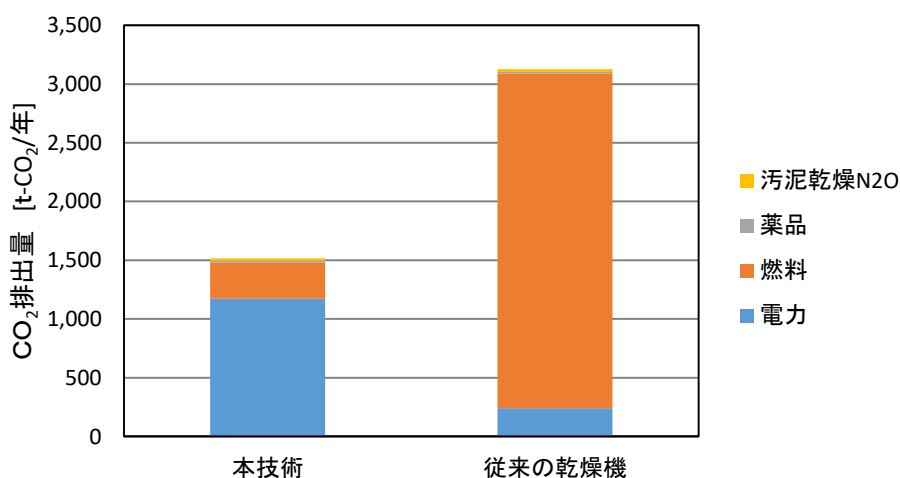


図3-10 維持管理での温室効果ガス排出量の比較(小型乾燥機)

(4) 感度分析 (本技術導入を推奨する現状の汚泥処理単価)

導入前の脱水汚泥処分単価が高額なほど、本技術設備の導入効果は高くなる。年間脱水汚泥投入量に対する脱水汚泥 1 t 当りの総費用 (年価換算値) を試算した結果を図 3-11 及び図 3-12 に示す。現在の年間外部委託処分費が図中の曲線より高額の処理場に本技術を導入すると総費用 (年価換算値) の縮減効果が見込まれる。

小型乾燥機の規模において、現在の外部委託処分単価が「導入効果が得られる外部委託処分費下限値」を上回っている場合、本技術を導入すると総費用 (年価換算値) の縮減効果が見込まれる結果となる (表 3-17 及び資料編 1 p. 210, 211 参照)。各々のケースで約 17,500 円/t-wet 及び 20,600 円/t-wet である。

表 3-17 乾燥汚泥利活用方法別感度分析の結果 (小型乾燥機)

処理規模	乾燥汚泥利活用方法	導入効果が得られる外部委託処分費下限値
27.6 [t-wet/日]	8ヶ月間肥料化、4ヶ月間燃料化	17,500 [円/t-wet]
	燃料化処分	20,600 [円/t-wet]

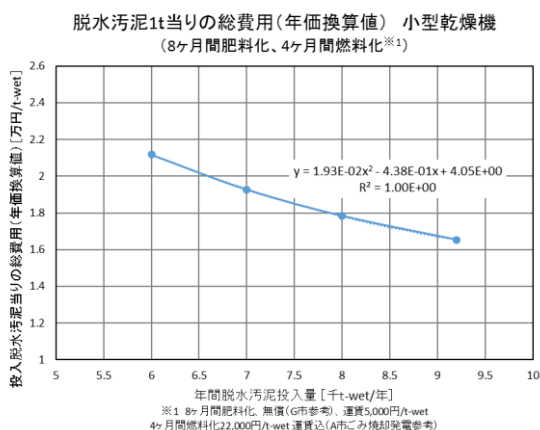


図 3-11 感度分析結果 (肥料化・燃料化 小型乾燥機 27.6t-wet/日)

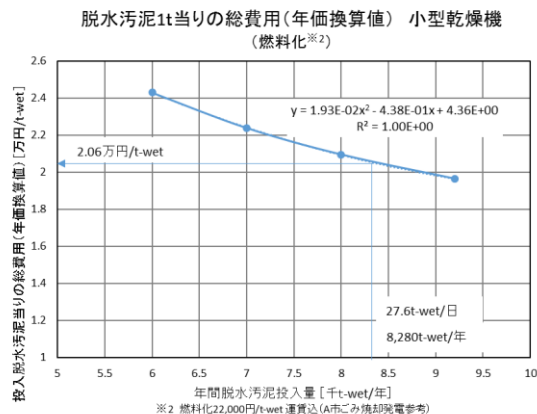


図 3-12 感度分析結果 (燃料化 小型乾燥機 27.6t-wet/日)

(5) 脱水汚泥投入量と総費用（年価換算値）との相関

小型乾燥機における脱水汚泥処理量を年間脱水汚泥投入量とし、総費用（年価換算値）との相関したものを乾燥汚泥活用（処理費）ケース別に下記に示す。

図 3-13 は乾燥汚泥を 8 ヶ月肥料、4 ヶ月燃料（産廃）として委託処理した場合、図 3-14 は通年、燃料（産廃）として委託処理したケースである。

小型型乾燥機の規模において、現在の年間外部委託処分費が図 3-13 または図 3-14 の曲線より高額の場合に本技術を導入すると総費用（年価換算値）の縮減効果が見込まれる結果となる。

図中の脱水汚泥処理量設計値は（小型乾燥機）脱水汚泥処理量 8,280 [t-wet/年] (27.6 t-wet/日 [1,150 kg-wet/h]) の場合を示している。各々のケースで約 145 百万円/年及び 170 百万円/年である。

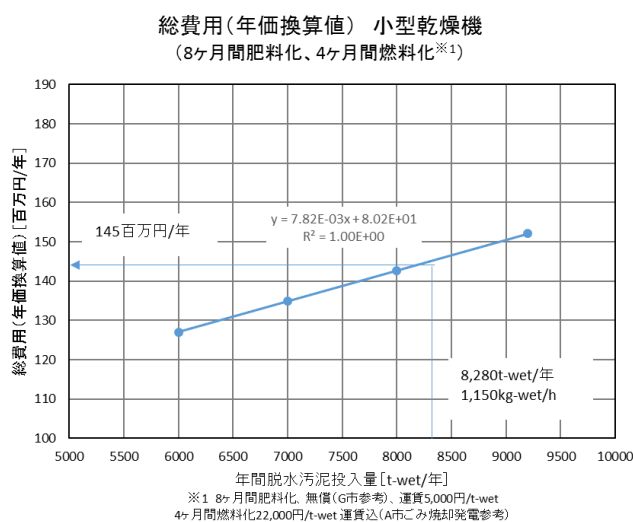


図 3-13 8 ヶ月肥料、4 ヶ月燃料（産廃）として委託処理した場合の総費用（年価換算値）

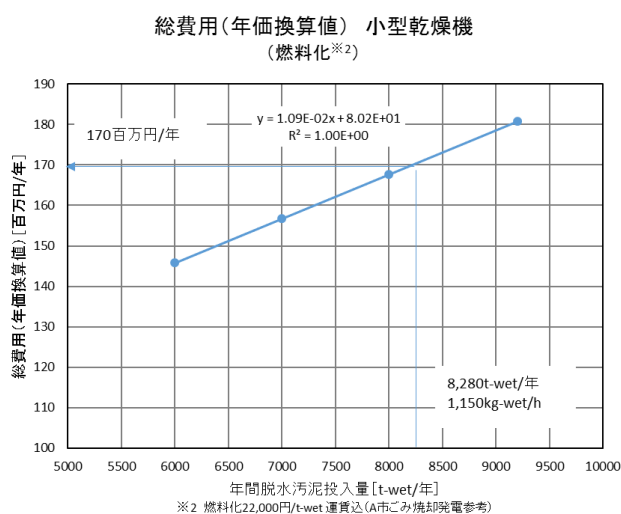


図 3-14 12 ヶ月燃料（産廃）として委託処理した場合の総費用（年価換算値）



(6) 熱・物質収支と乾燥機熱効率

小型乾燥機について汚泥の含水率条件を変更した場合の熱・物質収支と乾燥機熱効率検討結果を以下に示す。乾燥設備に関しては水分蒸発量を一定として計算しても含水率条件を変更すると乾物処理量が増えるので乾燥に必要な熱量が僅かに変わる。乾燥に必要な熱量から求めた必要熱源蒸気量の僅かな変化に対し補助蒸気量を調整して収支を合わせるため、補助ボイラ燃料などが僅かに変わる。なお、脱臭設備に関しては上記変更で変わる項目は無い。

以下に小型乾燥機の設定含水率を変更した場合の脱水汚泥投入量算定式及び計算例を示し、脱水汚泥設定含水率 72%W.B. 及び 83%W.B. における小型乾燥機及の熱・物質収支と乾燥機熱効率検討結果を表 3-18 及び表 3-19 に示す。また、熱・物質収支詳細を資料編 1 表資 1-35[p. 202~203]、表資 1-39[p. 206~207] に示す。

導入を検討する条件において熱・物質収支を確認し、熱効率が本技術の導入効果が見込まれる 155%以上である事を確認する。

1. 小型乾燥機

(1) 適用条件の設定値

F1	脱水汚泥処理量	1150	[kg-wet/h]	F2	乾燥汚泥発生量	316.25	[kg-wet/h]
w1w	含水率	78	[%W.B.]	w2w	含水率	20	[%W.B.]
w1d	含水比	354.5	[%D.B.]	w2d	含水比	25.0	[%D.B.]
ds	乾物処理量	253	[kg-ds/h]	W	乾燥機蒸発量	833.75	[kg/h]

(2) 含水率設定値変更時の脱水汚泥処理量計算例

含水率設定値が変更になった場合に乾燥機蒸発量が同じとなる脱水汚泥処理量F1'は下記で求める。

w1'w	含水率	83	[%W.B.]	w2'w	含水率	20	[%W.B.]
w1'd	含水比	488.2	[%D.B.]	w1'd	含水比	25.0	[%D.B.]

$$\begin{aligned}
 F1' &= W \div (w1'd - w2'd) \times 100 \times (1 + w1'd \div 100) \\
 &= 833.75 \div (488.2 - 25) \times 100 \times (1 + 488.2 \div 100) \\
 &= 1,058.7 \quad [\text{kg-wet/h}]
 \end{aligned}$$

表 3-18 小型乾燥機 乾燥設備熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討（含水率 72%W. B.）

・乾燥設備設計条件			
脱水汚泥	投入量	1282.7	kg/h
	含水率	72	%W.B.
乾燥汚泥	含水率	20	%W.B.
乾燥機水分蒸発量		834	kg/h
熱源蒸気圧	0.47	MPaG	
(加熱温度)	156.9	°C	
・乾燥設備熱収支			
入熱	kW	出熱	kW
脱水汚泥	12.5	乾燥汚泥	28.4
リーク空気	0.1	コンデンサ排気	0.5
給水	2.5	混合凝縮水	87.6
補助ボイラLPG	87.0	VRC余剰水	19.3
蒸気ブロワ動力	112.0	コンデンサ冷却	106.4
蒸気圧縮機動力	123.0	圧縮機熱損失	83.5
電気ヒータ電力	1.9	ボイラ熱損失	4.3
		蓄熱損失	9.1
		調整	0.1
計	339.1		339.1
収支			0
・乾燥機熱効率			
乾燥に必要な熱量	636	kW	
熱源熱量	324	kW	
熱効率＝乾燥に必要な熱量÷熱源熱量×100(%)			
	196	%	

表 3-19 小型乾燥機 乾燥設備熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討（含水率 83%W. B.）

・乾燥設備設計条件			
脱水汚泥	投入量	1,058.7	kg/h
	含水率	83	%W.B.
乾燥汚泥	含水率	20	%W.B.
乾燥機水分蒸発量		833.8	kg/h
熱源蒸気圧	0.47	MPaG	
(加熱温度)	156.9	°C	
・乾燥設備熱収支			
入熱	kW	出熱	kW
脱水汚泥	11.1	乾燥汚泥	14.2
リーク空気	0.1	コンデンサ排気	0.5
給水	2.3	混合凝縮水	87.8
補助ボイラLPG	69.3	VRC余剰水	16.9
蒸気ブロワ動力	112.0	コンデンサ冷却	104.5
蒸気圧縮機動力	123.0	圧縮機熱損失	83.5
電気ヒータ電力	1.9	ボイラ熱損失	3.5
		蓄熱損失	9.1
		調整	-0.2
計	319.7		319.7
収支			0
・乾燥機熱効率			
乾燥に必要な熱量	623	kW	
熱源熱量	306	kW	
熱効率＝乾燥に必要な熱量÷熱源熱量×100(%)			
	203	%	

2. 中型乾燥機

(1) 総費用（年価換算値）

総費用（年価換算値）について、全量外部委託処分（脱水汚泥のまま外部委託）と従来技術（従来の乾燥機による乾燥処分：一般費用関数）を本技術と比較した。

中型乾燥機の建設費は表 3-2 に示す算定式で求める。維持管理費は脱水汚泥処理量や含水率により異なる項目を含むので表 3-4 の算定式を用いる。

計算結果と比較を表 3-20 及び図 3-15 に示す。本技術は全量外部委託処分に対し 32%縮減、従来技術に対し 33%縮減する試算となる（資料編 1[p. 212]参照）。

表 3-20 総費用（年価換算値）の比較（中型乾燥機）

項目		本技術	全量外部委託	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)	
建設費 年価 [百万円/年]	土木建築	26.7	/	26.7	
	機械設備	55.5		137.6	
	電気設備	14.4		14.4	
維持 管理費 [百万円/年]	汚泥処理費		374.8	81.3	
	運 転 経 費	電力費	55.8	/	120.2
		燃料費	21.0		
		補修費	29.1		
		薬品費	2.3		
人件費	5.6				
解体・廃棄費 [百万円] (参考値)		111	/	/	
総費用(年価換算値) [百万円/年]	建設費年価+維持管理費	255.9	374.8	380.2	
総費用(年価換算値) 縮減効果[%]	全量外部委託と比較	32	/	/	
	従来の乾燥機と比較	33	/	/	

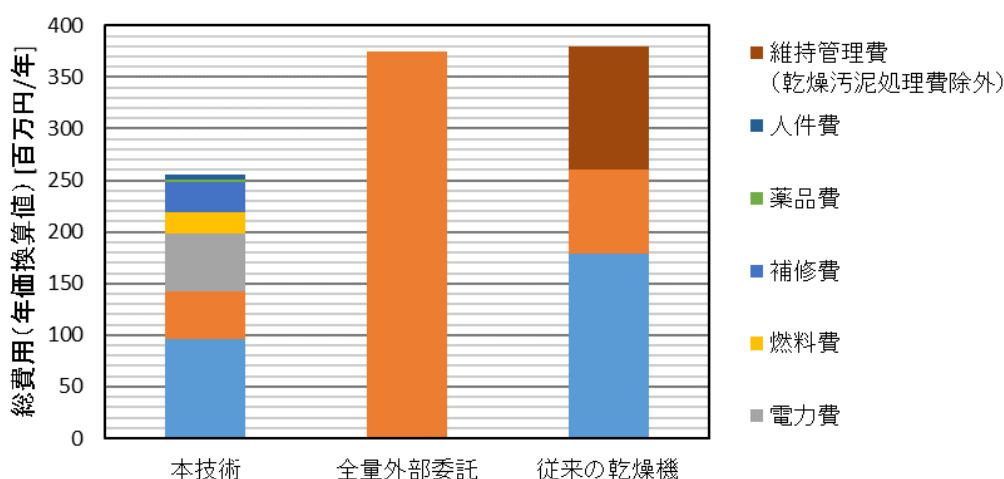


図 3-15 総費用（年価換算値）の比較（中型乾燥機）

(2) 維持管理でのエネルギー使用量

乾燥設備及び脱臭設備にかかる維持管理でのエネルギー使用量について本技術と従来の乾燥機（一般費用関数）を比較した。燃料の種類は本技術が実証と同じくLPGで従来の乾燥機はA重油として算定している。

この結果を表3-21及び図3-16に示す。本技術は従来の乾燥機に対し維持管理でのエネルギー使用量を43%削減する試算となる（資料編1[p.215]参照）。

表3-21 維持管理でのエネルギー使用量の比較（中型乾燥機）

項目	本技術	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)
電力[GJ/年]	35,311	82,955
燃料[GJ/年]	11,786	
薬品(上水) [GJ/年]	352	
合計[GJ/年]	47,449	82,955
削減効果[%]	43	

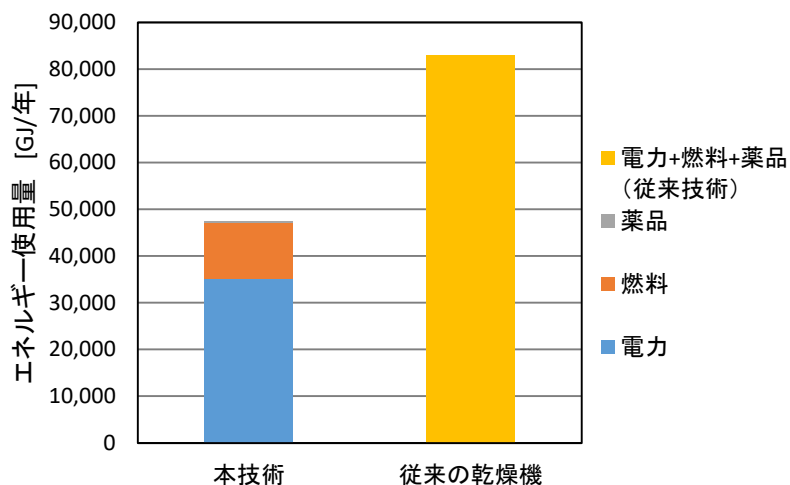


図3-16 維持管理でのエネルギー使用量の比較（中型乾燥機）

(3) 維持管理での温室効果ガス排出量

維持管理での温室効果ガス排出量について本技術と従来の乾燥機（一般費用関数）を比較した。燃料の種類は本技術が実証と同じく LPG で従来の乾燥機は A 重油として算定している。この結果を表 3-22 及び図 3-17 に示す。本技術は従来の乾燥機に対し維持管理での温室効果ガス排出量を 48%削減する試算となる（資料編 1[p. 217]参照）。

表 3-22 維持管理での温室効果ガス排出量の比較（中型乾燥機）

項目	本技術	従来の乾燥機 (一般費用関数によるFS)
電力由来[t-CO <sub>2</sub> /年]	2,186	5,657
燃料由来[t-CO <sub>2</sub> /年]	706	
薬品由来(上水) [t-CO <sub>2</sub> /年]	23	
汚泥乾燥N <sub>2</sub> O由来 [t-CO <sub>2</sub> /年]	46	
合計[t-CO <sub>2</sub> /年]	2,961	5,657
削減効果[%]	48	

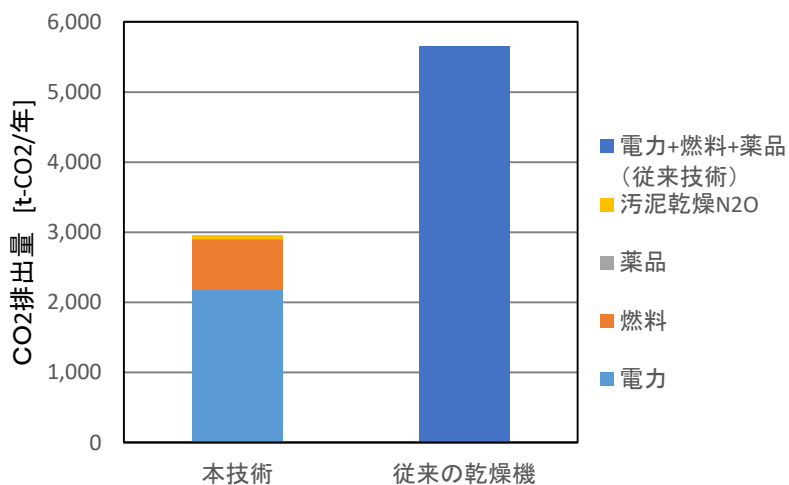


図 3-17 維持管理での温室効果ガス排出量の比較（中型乾燥機）

(4) 感度分析（本技術導入を推奨する現状の汚泥処理単価）

導入前の汚泥処分費が高額なほど、本技術設備の導入効果は高くなる。年間脱水汚泥投入量に対する脱水汚泥 1 t 当りの総費用（年価換算値）を試算した結果を図 3-18 及び図 3-19 に示す。現在の年間外部委託処分費が図中の曲線より高額な処理場に本技術を導入すると総費用（年価換算値）の縮減効果が見込まれる。

中型乾燥機の規模において、現在の外部委託処分単価が「導入効果が得られる外部委託処分費下限値」を上回っている場合に本技術を導入すると総費用（年価換算値）の縮減効果が見込まれる結果となる（表 3-23 及び資料編 1[p. 213]参照）。各々のケースで約 15,700 円/t-wet 及び 18,700 円/t-wet である。

表 3-23 処理規模別感度分析の結果（中型乾燥機）

処理規模	乾燥汚泥利活用方法	導入効果が得られる外部委託処分費下限値
54.3 [t-wet/日]	8ヶ月間肥料化、4ヶ月間燃料化	15,700 [円/t-wet]
	燃料化処分	18,700 [円/t-wet]

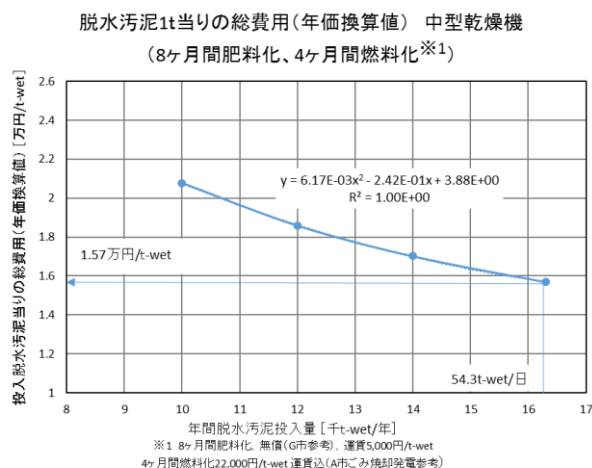


図 3-18 感度分析結果（肥料化・燃料化 中型乾燥機 54.3t-wet/日）

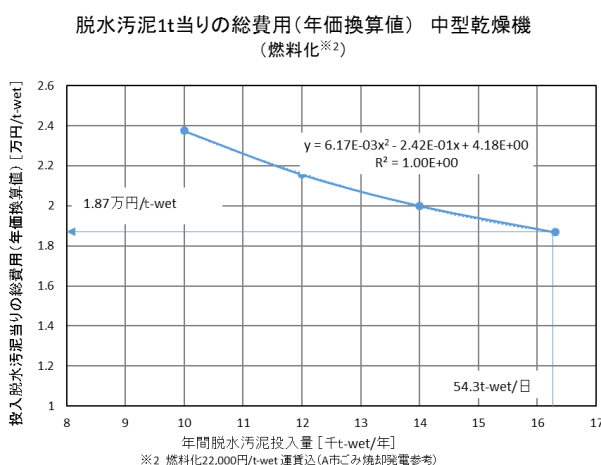


図 3-19 感度分析結果（燃料化 中型乾燥機 54.3t-wet/日）

(5) 脱水汚泥投入量と総費用（年価換算値）との相関

中型乾燥機における脱水汚泥処理量を年間脱水汚泥投入量として総費用（年価換算値）との相関を乾燥汚泥活用（処理費）ケース別に示す。

図 3-20 は乾燥汚泥を 8 ヶ月肥料、4 ヶ月燃料（産廃）として委託処理した場合で、図 3-21 は通年、燃料（産廃）として委託処理したケースである。

中型乾燥機の規模において、現在の年間外部委託処分費が図 3-20 または図 3-21 の曲線より高額な処理場に本技術を導入すると総費用（年価換算値）の縮減効果が見込まれる結果となる。

図中の（中型乾燥機）脱水汚泥処理量は 16,269 t-wet/年（54.3 t-wet/日、2,262.5 kg-wet/h）の場合を示している。各々のケースで約 256 百万円/年及び 304 百万円/年である。

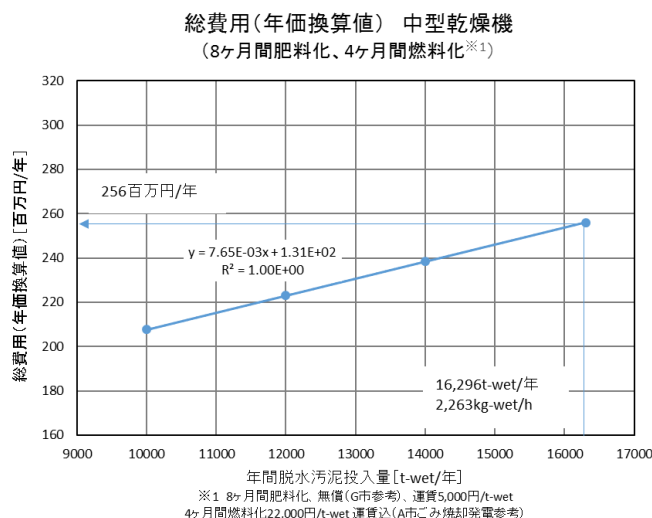


図 3-20 8 ヶ月肥料、4 ヶ月燃料（産廃）として委託処理した場合の総費用（年価換算値）

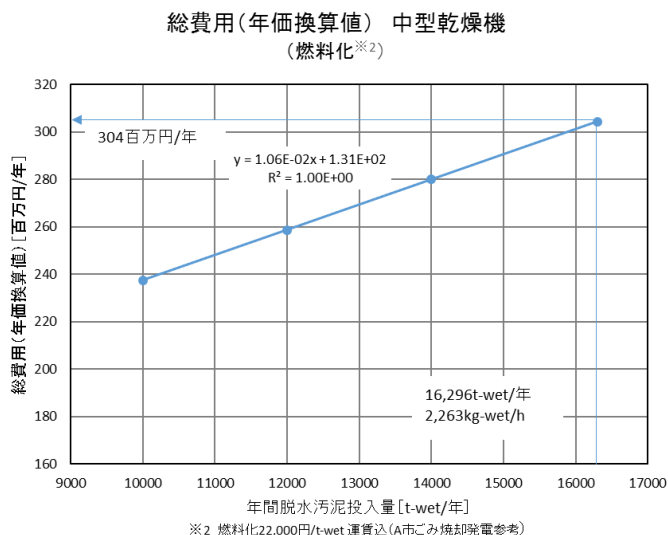


図 3-21 12 ヶ月燃料（産廃）として委託処理した場合の総費用（年価換算値）

(6) 熱・物質収支と乾燥機熱効率

中型乾燥機について汚泥の含水率条件を変更した場合の熱・物質収支と乾燥機熱効率検討結果を以下に示す。小型乾燥機の場合と同様に乾燥設備については含水率条件を変更すると、補助ボイラ燃料などが僅かに変わる。なお、脱臭設備に関しては上記変更で変わる項目は無い。

以下に中型乾燥機の設定含水率を変更した場合の脱水汚泥投入量算定式及び計算例を示し、脱水汚泥設定含水率 72%W.B. 及び 83%W.B. における中型乾燥機の熱・物質収支と乾燥機熱効率検討結果を表 3-24 及び表 3-25 に示す。

導入を検討する条件において熱・物質収支を確認し、熱効率が本技術の導入効果が見込まれる 155%以上である事を確認する。

2.中型乾燥機

(1)適用条件の設定値

F1	脱水汚泥処理量	2263	[kg-wet/h]	F2	乾燥汚泥発生量	594.04	[kg-wet/h]
w1w	含水率	79	[%W.B.]	w2w	含水率	20	[%W.B.]
w1d	含水比	376.2	[%D.B.]	w2d	含水比	25.0	[%D.B.]
ds	乾物処理量	475.23	[kg-ds/h]	W	乾燥機蒸発量	1669	[kg/h]

(2)含水率設定値変更時の脱水汚泥処理量計算例  
含水率設定値が変更になった場合に乾燥機蒸発量が同じとなる脱水汚泥処理量F1'は下記で求める。

w1'w	含水率	72	[%W.B.]	w2'w	含水率	20	[%W.B.]
w1'd	含水比	257.1	[%D.B.]	w1'd	含水比	25.0	[%D.B.]

$$F1' = W \div (w1'd - w2'd) \times 100 \times (1 + w1'd \div 100)$$

$$= 2,567.6 \quad [\text{kg-wet/h}]$$



表 3-24 中型乾燥機 乾燥設備熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討（含水率 72%W. B.）

・乾燥設備設計条件			
脱水汚泥	投入量	2567.6	kg/h
	含水率	72	%W.B.
乾燥汚泥	含水率	20	%W.B.
乾燥機水分蒸発量		1,669	kg/h
熱源蒸気圧	0.52	MPaG	
(加熱温度)	160.0	°C	
・乾燥設備熱収支			
入熱	kW	出熱	kW
脱水汚泥	25.1	乾燥汚泥	56.8
リーク空気	0.4	コンデンサ排気	1.4
給水	5.9	混合凝縮水	173.2
補助ボイラLPG	309.4	VRC余剰水	44.8
蒸気プロワ動力	229.0	コンデンサ冷却	221.0
蒸気圧縮機動力	240.0	圧縮機熱損失	289.3
電気ヒータ	4.0	ボイラ熱損失	15.5
		蓄熱損失	18.1
		調整	-6.4
計	813.7		813.7
収支			0
・乾燥機熱効率			
乾燥に必要な熱量		1,272	kW
熱源熱量		782	kW
熱効率 = 乾燥に必要な熱量 ÷ 熱源熱量 × 100(%)			
		163	%

表 3-25 中型乾燥機 乾燥設備熱・物質収支と乾燥機熱効率の検討（含水率 83%W. B.）

・乾燥設備設計条件			
脱水汚泥	投入量	2119.3	kg/h
	含水率	83	%W.B.
乾燥汚泥	含水率	20	%W.B.
乾燥機水分蒸発量		1,669	kg/h
熱源蒸気圧	0.52	MPaG	
(加熱温度)	160.0	°C	
・乾燥設備熱収支			
入熱	kW	出熱	kW
脱水汚泥	22.3	乾燥汚泥	28.5
リーク空気	0.4	コンデンサ排気	1.4
給水	5.4	混合凝縮水	173.6
補助ボイラLPG	273.8	VRC余剰水	40.0
蒸気プロワ動力	229.0	コンデンサ冷却	217.2
蒸気圧縮機動力	240.0	圧縮機熱損失	289.3
電気ヒータ	4.0	ボイラ熱損失	13.7
		蓄熱損失	18.1
		調整	-6.9
計	774.8		774.8
収支			0
・乾燥機熱効率			
乾燥に必要な熱量		1,247	kW
熱源熱量		747	kW
熱効率 = 乾燥に必要な熱量 ÷ 熱源熱量 × 100(%)			
		167	%