

2. 導入効果試算条件及びその他シナリオのケーススタディ

ガイドライン本編（§26）に示した導入効果について、従来技術・類似技術の試算条件、費用関数、算定条件を示す。また、本技術について、費用関数の作成に用いた DS7 t/日規模の施設における試算条件を示す。次に実証試験における DS 2.8t/日規模の実績、DS7 t/日規模の試算を用いて作成した費用関数について、設備や条件毎に整理した。

本技術の導入により脱水機に投入する汚泥固形物量が減少することから汚泥脱水に係るコストを削減できる可能性がある。脱水工程における建設費、維持管理費、エネルギー使用量および温室効果ガス排出量に関する費用関数、原単位を整理した。

ガイドライン本編（§15）に示した導入シナリオ例のうち、本編で導入効果の検討を行わなかったシナリオについてケーススタディを行った。

2.1 従来技術・類似技術の試算条件及び算出方法

従来技術・類似技術の試算条件及び算出方法について記載する。

2.1.1 建設費

建設工事費は表資料 2-1 に示す費用関数を用いて算出した。なお、流動焼却施設の費用関数に関しては、建設工事費デフレーターを用いて最新年度価格に補正した。

表資料 2-1 従来技術・類似技術の建設コスト算定式

設備	費用関数	備考	引用	
流動焼却施設	土木・建築	$Y(\text{億円}) = 1.361X_d^{0.380}$	Xd:施設規模 (t-wet/日) ($15 \leq X_d \leq 1000$)	※1
	機械設備	$Y(\text{億円}) = 1.888X_d^{0.597}$		
	電気設備	$Y(\text{億円}) = 0.726X_d^{0.539}$		
汚泥燃料化設備	土木・建築 機械・電気	$Y(\text{百万円}) = 277.74X_d^{0.5122}$	Xd:処理能力 (脱水汚泥 t-wet/日)	※2

※1 「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」国土交通省、社団法人日本下水道協会（平成 16 年 3 月）

※2 「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年 3 月）

表資料 2-2 建設工事費デフレーター

工事種別	平成 22 年度	平成 15 年度
下水道	104.4	97.6

出典：国土交通省 HP ⇒統計情報・白書⇒統計情報⇒建設工事関係統計データ

建設コスト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」（平成 16 年 3 月 国土交通省都市・地域整備局（社）日本下水道協会）の計算例に基づき以下の係数を乗じて算出した。

$$\text{建設費年価} = \text{建設費} \times i(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\} \dots \dots (2.1)$$

i : 利率 2.3%

n : 耐用年数 個別に設定（表資料 2-3 参照）

表資料 2-3 設備の耐用年数

設備		耐用年数
革新的技術	土木・建築	45 年
	機械設備	20 年
	電気設備	20 年
流動焼却設備	土木・建築	45 年
	機械設備	20 年
	電気設備	20 年
固形燃料化設備	一式	20 年

2.1.2 維持管理費

維持管理費は表資料 2-4 に示す費用関数を用いて算出した。維持管理費は電力、燃料、薬品費、補修費、人件費から構成されている。それ以外の固形燃料の販売、焼却灰の処分等に係る維持管理費を以下に示す。

表資料 2-4 従来技術・類似技術の維持管理費

設備		費用関数	出典
流動焼却施設	維持管理費（電力、燃料、薬品費、補修費、人件費）	$Y(\text{百万円/年}) = 0.287Q_y^{0.673}$ Q_y :年間処理脱水汚泥量 (t-wet/年)	※1
汚泥燃料化施設	維持管理費（電力、燃料、薬品費、補修費、人件費）	$Y(\text{百万円/年}) = 1.8697X + 96.31$ X :処理能力(脱水汚泥 t-wet/日)	※2

※1 「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」国土交通省、社団法人日本下水道協会（平成 16 年 3 月）

※2 「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年 3 月）

(1) 燃料生成率

汚泥燃料化施設における固形燃料生成率を表資料 2-5 に示す。

表資料 2-5 固形燃料生成率原単位

項目	単位	汚泥種類	原単位	出典
汚泥燃料化施設	% / t-wet	未消化汚泥	19.3	※
		消化汚泥	17.4	※

※1 「下水汚泥エネルギー化ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年）

(2) 燃料運搬・販売コスト

汚泥燃料化施設で製造した固形燃料の運搬費・販売コストを表資料 2-6 に示す。

表資料 2-6 固形燃料の運搬・販売単価

項目	単位	原単位	出典
運搬	円 / t	2,000	ガイドライン設定値
販売	円 / t	105	ガイドライン設定値

(3) 焼却灰発生率

流動焼却施設における焼却灰発生率を表資料 2-7 に示す。脱水汚泥の設定有機分率に加湿分を考慮して設定した。

表資料 2-7 焼却灰発生率原単位

項目	単位	汚泥種類	原単位	備考
流動焼却施設	%/t-DS	未消化汚泥	23	ガイドライン設定値
		消化汚泥	43	ガイドライン設定値

(4) 灰処分コスト

焼却灰の処分コストを表資料 2-8 に示す。

表資料 2-8 燃料運搬・販売単価

項目	単位	原単位	備考
灰処分	円/ t	8,000	ガイドライン設定値

2.1.3 従来技術・類似技術の温室効果ガス排出量

従来技術・類似技術の温室効果ガス排出量の試算に必要な原単位を以下に示す。

(1) 処理場内における温室効果ガス排出量

設備稼働時に排出される温室効果ガス量を算出する。算出項目は以下の通りである。また、それぞれの消費及び発生原単位を以下に示す。排出係数について、本編 § 23「温室効果ガス排出量」表 3-13 を参照する。

① 電力

電力原単位を表資料 2-9 に示す。

表資料 2-9 従来技術・類似技術の電力原単位

項目	単位	原単位	出典
流動焼却施設	kwh/t-wet	100	※1
汚泥燃料化施設	kwh/t-wet	117	※2

※1 「下水汚泥エネルギー化ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年）

※2 「汚泥熱分解燃料化マニュアル」財団法人下水道新技術推進機構（平成 22 年）

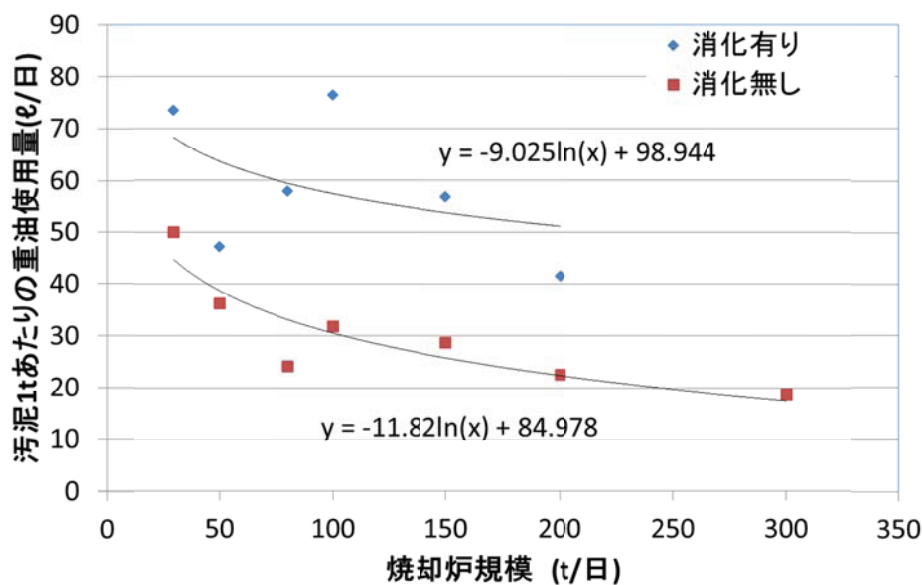
② 燃料使用量 (A 重油)

燃料使用量を表資料 2-10 に示す。汚泥燃料化施設に関しては稼働施設にアンケート調査を実施し、平均値を採用した。焼却施設の燃料使用量に関しては、下水道年報より抽出した規模別 A 重油使用量から作成した関数を用いて算出した (図資料 2-1)。

表資料 2-10 従来技術・類似技術の燃料使用量 (A 重油) 原単位

項目	単位	汚泥種類	原単位	備考
流動焼却施設	L/t-wet	未消化汚泥	$-11.82\ln(Qd) + 84.978$	ガイドライン設定値
		消化汚泥	$-9.025\ln(Qd) + 98.944$	ガイドライン設定値
汚泥燃料化施設	L/t-wet	未消化汚泥	77	ガイドライン設定値
		消化汚泥	77	ガイドライン設定値

Qd: 焼却炉規模 (t/日)



図資料 2-1 流動焼却炉施設の A 重油使用量原単位

③ N₂O 及び CH₄ 排出量

N₂O 及び CH₄ 排出量を表資料 2-11 に示す。

表資料 2-11 N₂O 及び CH₄ 排出量

項目	種類	単位	原単位	出典
流動焼却施設	N ₂ O	Kg-N ₂ O/t-wet	0.645	※
	CH ₄	Kg-CH ₄ /t-wet	0.0097	
汚泥燃料化施設	N ₂ O	Kg-N ₂ O/t-wet	0.02	

※ 「下水汚泥エネルギー化ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年）

(2) 焼却灰・製造固形燃料の運搬に伴う排出量

製造した汚泥固形燃料の運搬により温室効果ガスが排出される。走行時の N₂O, CH₄ 発生原単位、軽油の温室効果ガス発生源単位は、本編 § 23 「温室効果ガス排出量」表 3-15, 表 3-16 を参照する。

焼却灰発生量は脱水汚泥処理量に表資料 2-7 焼却灰発生率原単位 を乗じて設定する。

固形燃料製造量は脱水汚泥処理量に表資料 2-5 固形燃料生成率原単位 を乗じて設定する。

走行距離 94.5km/回 (63km/日×1.5 (往復))

走行回数(回) = 固形燃料製造量・焼却灰発生量(t-wet/年)/10t (10t 車で運搬)

年間走行距離(km) = 94.5km/回×走行回数(回)

軽油使用量(L/年) = 年間走行距離(km)/5km/L

$$\begin{aligned} \text{走行時 N}_2\text{O 由来の排出量 (t-CO}_2\text{/年)} &= \text{走行時 N}_2\text{O 発生原単位 (kg-N}_2\text{O/km)} \\ &\quad \times \text{年間走行距離} \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/kg-N}_2\text{O)} \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{走行時 CH}_4\text{ 由来の排出量 (t-CO}_2\text{/年)} &= \text{走行時 CH}_4\text{ 発生原単位 (kg-CH}_4\text{/km)} \\ &\quad \times \text{年間走行距離} \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/kg-CH}_4\text{)} \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\text{軽油燃料由来の排出量 (t-CO}_2\text{/年)} = \text{軽油使用量 (L/年)} \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/L)} \times 10^{-3}$$

(3) 固形燃料利用による排出量の縮減（場外利用）

汚泥燃料化施設で固形燃料を石炭代替等で使用した場合、利用先における温室効果ガスの排出量の縮減効果が見込める。

① 汚泥燃料利用時のエネルギー算出方法

汚泥燃料の発熱量を表資料 2-12 に示す。発熱量原単位に表資料 2-5 固形燃料生成率原単位 を乗じて汚泥燃料利用時のエネルギー代替効果を試算する。

表資料 2-12 汚泥燃料と石炭の発熱量

項目	単位	汚泥種類	原単位	出典
汚泥燃料	MJ/kg-wet	未消化汚泥	16.7	※
		消化汚泥	13.8	
石炭	GJ/t	-	28	

※ 「下水汚泥エネルギー化ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年）

② 石炭代替効果の試算方法

石炭代替効果の試算方法を以下に示す。また、石炭の排出係数を表資料 2-13 に示す。

温室効果ガスの縮減量 (t-CO₂/年)

$$= \text{燃料製造量(t/年)} \times \text{燃料のエネルギー(GJ/t-wet)}$$

$$/ \text{石炭のエネルギー(GJ/t)} \times \text{排出係数(kg-CO}_2\text{/kg)}$$

表資料 2-13 石炭の排出係数

項目	単位	排出係数	出典
石炭	t-CO ₂ /t	2.41	※

※ 「下水汚泥エネルギー化ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年）

(4) 処理設備の建設・解体・廃棄に伴う温室効果ガス排出量

建設段階、解体・廃棄段階の温室効果ガス排出量については、「下水道における LCA 適用の考え方（平成 22 年 2 月 国土交通省国土技術政策総合研究所）」の終末処理場における環境負荷量 (LC-CO₂) の算定事例から、建設段階 19.3%、供用段階 80.2%、解体・廃棄 0.5%の比率で換算し算出した。

2.1.4 従来技術・類似技術のエネルギー消費量

(1) 処理場内におけるエネルギー消費量

設備稼働時に排出されるエネルギー消費量を算出する。電力のエネルギー原単位については、本編 § 22「エネルギー消費量の算定」表 3-11 を参照する。A 重油の原単位を表資料 2-14 に示す。

① 電力由来のエネルギー消費量

電力由来のエネルギー消費量(GJ/年)

$$= \text{電力使用量(kWh/年)} \times \text{エネルギー原単位(MJ/kWh)} / 1000$$

② A重油由来のエネルギー消費量

A重油由来のエネルギー消費量(GJ/年)

$$= \text{A重油使用量(kL/年)} \times \text{エネルギー原単位(MJ/L)}$$

(2) 焼却灰・製造固形燃料の運搬に伴うエネルギー消費量

焼却灰の処分や汚泥固形燃料を燃料利用施設に運搬する際に要する軽油使用量に伴うエネルギー消費量を算出する。軽油のエネルギー原単位を表資料 2-14 に示す。

$$\text{エネルギー消費量 (GJ/年)} = \text{軽油使用量 (L/年)} \times \text{軽油原単位 (MJ/L)} / 1000$$

表資料 2-14 A 重油・軽油のエネルギー原単位

項目	単位	エネルギー原単位	出典
A 重油	MJ/L	39.1	※
軽油	MJ/L	37.7	※

※「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」環境省地球環境局地球温暖化対策課のウェブサイト

(3) 固形燃料利用による排出量の縮減（場外利用）

汚泥燃料化施設で固形燃料を石炭代替等で使用した場合、利用先におけるエネルギー縮減効果が見込める。固形燃料のエネルギー原単位は表資料 2-12 に示すとおり。

$$\text{エネルギー消費量の縮減 (GJ/年)} = - \text{燃料製造量(t/年)} \times \text{固形燃料のエネルギー(GJ/t-wet)}$$

2.2 革新的技術の試算条件及び算出方法

本技術の費用関数の根拠として DS 7 t/日規模の試算を行った。DS 7 t/日进行处理する革新的技術の試算条件を表資料 2-15 に示す。VS 分解率等の各試算条件については実証結果を基に設定した。以下に積上方法を記載する。

表資料 2-15 DS 7 t/日処理規模条件

	単位	条件設定
① 投入汚泥条件		
汚泥種		混合濃縮汚泥
日最大流入下水量	m ³ /日	31,250
日平均流入下水量	m ³ /日	25,000
濃縮汚泥発生量	m ³ /日	200
濃縮汚泥濃度	%	3.5
汚泥固形物発生量	t-DS/日	7
有機分率 (VS/DS)	%	84
有機 SS 分率 (VSS/VS)	%	90.6
全有機物量	t-VS/日	5.88
有機 SS 物量	t-VSS/日	5.33
無機物量	t/日	1.12
② 試算条件		
VS 分解率	%	59.2
VSS 分解率	%	66.4
バイオガス発生量	m ³ /kg-VS	0.48
メタンガス濃度	%	62.7
脱水汚泥含水率	%	66.2
固形燃料含水率	%	40
③ 試算結果		
消化汚泥中 VS 量	t-VS/日	2.4
消化汚泥中 VSS 量	t-VSS/日	1.79
消化汚泥中固形物量	t-DS/日	3.52
消化汚泥中 SS 量	t-SS/日	2.91
バイオガス発生量	Nm ³ /日	2,805 ※1
脱水汚泥量	t-wet/日	8.2
乾燥汚泥量	t-wet/日	4.6

※1 消化ガス温度 15 °C, 圧力 500 mmH₂O として換算

2.1.2 建設コスト算定の方法

実証施設における実績をもとに DS 7 t/日処理設備における機器の仕様を決定し、積上げにより算出した。主要機器および仕様について表資料 2-16 に示す。また、主要機器の仕様より算出したコストについて表資料 2-17 に示す。

表資料 2-16 革新的技術の主要機器一覧

機 器 名 称	型式	仕様 (1台あたり)	動力	数量	備考
			kW/台	台	
熱回収ヒータ	シェル&チューブ式	伝熱面積 51 m ²	-	2	1台稼働
プレ脱水機	ロータリスクリーン	処理能力 10 m ³ /h	3.7	1	
プレ脱水スラリポンプ	一軸偏心ねじポンプ	1.2 m ³ /h, 揚程 168 m	5.5	4	3台稼働
水熱反応器	循環型連続式水熱反応器	伝熱面積 17.9 m ²	-	4	3台稼働
反応器循環ポンプ	遠心ポンプ	340 m ³ /h, 揚程 27 m	45	4	3台稼働
消化槽	鋼板製固定床担体充填型	容量 550 m ³	-	3	
消化液循環ポンプ	遠心ポンプ	170 m ³ /h, 揚程 20 m	11	3	
消化液旋回ポンプ	遠心ポンプ	170 m ³ /h, 揚程 20 m	11	3	
ドライヤ	パドル式ドライヤ	250 kg-wet/h	5.5	1	
特圧蒸気ボイラ	貫流ボイラ	換算蒸発量 750 kg/h	17.7	3	
燃焼脱臭炉	直接燃焼式	処理風量 34 m ³ /min	7.5	1	
特圧排熱ボイラ	排熱ボイラ	換算蒸発量 290 kg/h	15.5	1	

表資料 2-17 主要設備建設費算出

項 目	建設費 (千円)	耐用年数	年価 (千円)
<機械設備合計>	1,116,193	20	70,255
汚泥受入設備	110,817	20	6,975
水熱反応設備	105,362	20	6,632
高速消化設備	481,135	20	30,283
乾燥設備	87,073	20	5,480
ボイラ設備	157,683	20	9,925
脱臭設備	59,774	20	3,762
薬注・UT 設備	29,178	20	1,837
附帯設備 (バルブ他)	85,172	20	5,361
<電気計装設備合計>	174,070	20	10,956
<土木建築設備合計>	255,137	45	9,161
革新的技術建設費合計	1,545,400	-	90,372

2.1.3 維持管理コスト算定の方法

本技術を導入した場合の想定される維持管理コスト算定にあたっては、各維持管理項目の費用関数を用いて積上げることによってコスト総額を算出する。維持管理項目は人件費、電力、薬品、燃料、補修・点検、販売・運搬であり、これらを積み上げて維持管理費全体の費用関数を算定した。

維持管理コスト算定に当たってのユーティリティー単価一覧表を**表資料 2-18**に示す。これら単価については、導入を検討している下水処理場の実態に合わせることを望ましい。

表資料 2-18 ユーティリティー単価

項目	単価	単位
電力	12	円/kWh
LPG 熱量 50.8 GJ/t	108,000	円/t
高分子凝集剤	500,000	円/t
ポリ硫酸第二鉄 (11%)	53,000	円/t
苛性ソーダ (20%)	42,000	円/t
硫酸 (70%)	45,000	円/t
次亜塩素酸ソーダ (12%)	45,000	円/t
脱硫剤	150,000	円/ t

(1) 人件費

人件費の内訳を表資料 2-19 に示す。運転人員は3名/班3交替勤務，日勤1名の増員とし，従来技術・類似技術と同等の人員を想定した。

表資料 2-19 革新的技術の運転操作監視業務人件費

	基準 人数	基準 日数	基準 勤務 数	年間 延べ 業務 人数	職種	比率 (%)	計算値 (人)	計上値 (人)	単価 (千円)	金額 (千円)
中央監視 24 h 連続業務 3班3交替	3	365	1,095	3,285	総括責任者	5	164.3	164	26.3	4,313
					副総括	5	164.3	164	23.2	3,805
					主任	10	328.5	328	20.3	6,658
					技術員	60	1971.0	1971	18.1	35,675
					技能員	20	657.0	657	15.2	9,986
					その他	-				
					人数計	-		3,284		60,438
汚泥監視 昼間勤務	1	241	-	241	総括責任者	5	12.05	12	24.9	298.8
					副総括	5	12.05	12	22.0	264.0
					主任	10	24.1	24	19.2	460.8
					技術員	60	144.6	145	17.2	2,494.0
					技能員	20	48.2	48	14.4	691.2
					その他	-				
					人数計	-		241		4,209
合 計									64,647	

出典：「下水道施設維持管理積算要領 2011 年版」（社団法人 日本下水道協会）

(2) 電力コスト

積上げ方式により DS=7 t/日規模施設の電力使用量を試算した。試算結果を表資料 2-20 に示す。個別機器に必要な能力・仕様に応じた機種を選定し、電動機出力を算定した。

負荷率については、実証施設における運転データをもとに、個別機器の負荷率を設定した（資料編、表資料 1-20）。電力消費量の算出については、「下水道における LCA 適用の考え方」（国総研資料 579 号）に従って、式 (2.2) により算出した。

圧力容器の法定点検が必要であるため水熱反応器の稼働日数は 360 日であるが、予備の水熱反応器を設置していることから、複数台ある水熱反応器の法定点検時期をずらすことで連続稼働が可能であるため 365 日として試算した。

$$E = N_d \times N_t \times R_l \times P_m \times N_m \dots \dots (2.2)$$

E : 電力消費量 (kWh/年)

N_d : 年間稼働日数 (365 日)

N_t : 稼働時間 (h/日)

R_l : 負荷率 (実証データより個別機器ごとに設定)

P_m : 電動機容量 (kW/台)

N_m : 機器台数 (台)

出典:「下水道における LCA 適用の考え方」(平成 22 年 2 月 国土交通省国土技術政策総合研究所)

表資料 2-20 革新的技術の電力使用量積算(抜粋)

機 器 名 称	型式	稼働率	負荷率	動力	電力
		%	%	kW	kWh/日
プレ脱水機	ロータリスクリーン	100	50	3.7	44.4
プレ脱水スラリポンプA	一軸偏心ねじポンプ	100	75	5.5	99.0
反応器循環ポンプA	遠心ポンプ	100	70	45	756.0
消化液循環ポンプA	遠心ポンプ	100	70	11	184.8
消化液旋回ポンプA	遠心ポンプ	100	70	11	184.8
ドライヤ	パドル式ドライヤ	100	50	5.5	66.0
造粒機	加圧成型	70	80	22	295.7
特圧蒸気ボイラA	貫流ボイラ	100	55	17.7	233.6
燃焼脱臭炉	直接燃焼式	100	55	7.5	99.0
特圧排熱ボイラ	排熱ボイラ	20	55	15.5	40.9
以下省略					
電力使用量試算合計				607	6,453

(3) 薬品コスト

薬品コストの算出に用いた薬品使用量を表資料 2-21 に示す。プレ脱水機で使用する高分子凝集剤添加率について、実証データ平均値で 0.6%程度であったが、当該処理場の有機分率が 88.4%と高いことから一般的な脱水機の高分子凝集剤と同等と判断し、0.47%と設定した。

脱水機で使用する高分子凝集剤及びポリ硫酸第二鉄添加率は、実証データ平均値から 1.56%, 19.2%と設定した。

脱臭設備の薬品使用量については、燃焼脱臭炉を設置した冬季データをもとに DS=7 t/日規模施設の建屋容積の比率で試算を行った。

表資料 2-21 実証施設における薬品使用量

項 目		単 位	夏季	秋季	冬季	試算条件
F S の 考 え 方 (薬 品 類)	プレ脱水高分子	対 TS%	0.59	0.57	0.65	0.47
	最終脱水高分子	対 TS%	1.3	1.6	1.7	平均データ : 1.56
	ポリ硫酸第二鉄	対 TS%	19.4	22.6	15.9	平均データ : 19.2
	硫酸	kg/日	2.6	2.6	4.3	実証施設に対する DS7 t の 建屋容積比を乗じて算出 6174 m ³ /4264 m ³ =1.4 倍 使用量=冬季×1.4 とする。
	苛性ソーダ	kg/日	11.6	14.8	3.1	
	次亜塩素酸ソーダ	kg/日	135.6	116.6	17.1	

(4) 燃料コスト

実証施設における電力を除く消費エネルギーを算出し、試算対象規模でのエネルギー使用量を算出する。プロセスにおいて使用するエネルギーおよび回収する消化ガスのエネルギーにより LPG 使用量を試算した。算出根拠については、表資料 1-19 を参照する。

(5) 補修・点検コスト

機械設備・電気設備については建設費の1.5%、土木・建築設備については建設費の0.5%として算出した。また、点検費・補修費には、法令点検費：労働安全衛生法「ボイラ及び圧力容器安全規則」第5節 性能検査の項に準ずる検査費用を見込んだ。

(6) 販売・運搬コスト

DS 7 t/日規模施設の試算については販売側の収入は見込まず、固形燃料の運搬費のみを計上した。試算条件を表資料 2-22 に示す。固形燃料の輸送単価は、「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」（国土交通省都市・地域整備局下水道部）実績をもとに算出した。固形燃料の利用施設の設置費用および灰処理費用等、利用側において発生する費用については考慮しない。

表資料 2-22 固形燃料の販売収益および運搬費試算

項目	試算数値	単位	備考
1) 固形燃料製造			
固形燃料製造量	4.6	t/日	
	1,682	t/年	
含水率	40	%	
固形物量(Dry)	2.76	t/日	
	1,009	t/年	
2) 固形燃料販売収益			
固形燃料単価	0	円/t	燃料単価は、0円とする。
販売収益	0	円/年	固形燃料製造量×単価
3) 固形燃料 燃料運搬費			
固形燃料運搬単価	2,000	円/t	表資料 2-6
燃料運搬費	3,363,436	円/年	固形燃料製造量×運搬単価
距離	94	km	62.9 km/日×1.5 (往復)
10 t 車走行回数	168.2	回/年	10 t /回の輸送として算出
10 t 車走行距離	15,811	km/年	距離×10 t 走行回数
軽油使用量	3,162	L/年	5 km/L × 10 t 走行距離

2.3 費用関数・原単位の整理

2.3.1 建設費の費用関数

実証施設における実績および DS 7 t/日処理規模における試算から求めた建設費の費用関数を表資料 2-23 に示す。乾燥設備を導入せずに脱水汚泥のまま外部搬出するケースを想定し、乾燥設備抜きの費用関数も作成した。なお、建設年価換算に当たり、「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」（平成 16 年 3 月国土交通省都市・地域整備局（社）日本下水道協会）の計算例に基づき以下の係数を乗じて算出した。耐用年数は表資料 2-3 を用いた。

$$\text{建設費年価} = \text{建設費} \times i(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\}$$

i : 利子率 2.3%, n : 耐用年数

表資料 2-23 建設費の費用関数

		建設費（百万円）	建設年価（百万円）
革新技術	機械設備	353.2 Dd ^{0.591}	22.2 Dd ^{0.591}
	電気設備	108.3 Dd ^{0.244}	6.82 Dd ^{0.244}
	土木設備	95.15 Dd ^{0.507}	3.42 Dd ^{0.507}
	合計	548.4 Dd ^{0.532}	31.6 Dd ^{0.542}
革新技術 (乾燥設備を除く)	機械設備	323.8 Dd ^{0.598}	20.4 Dd ^{0.598}
	電気設備	99.3 Dd ^{0.250}	6.25 Dd ^{0.250}
	土木設備	90.9 Dd ^{0.515}	3.27 Dd ^{0.515}
	合計	506.5 Dd ^{0.539}	29.3 Dd ^{0.543}

2.3.2 維持管理費の費用関数

実証施設における実績および DS 7 t/日処理規模における試算から求めた維持管理費に関連する費用関数を本編 § 21 「導入コストの算定」に記載している。維持管理費の費用関数を表資料 2-24 に示す。製造する固形燃料の引渡場所、乾燥設備を設置しない場合、脱水汚泥のままの流通も考慮した。

表資料 2-24 維持管理費の費用関数

	維持管理費（百万円/年）
燃料運搬込み	43.20 Dd ^{0.576}
燃料運搬を除く	43.05 Dd ^{0.563}
乾燥設備を除く	39.03 Dd ^{0.592}
脱水汚泥運搬、乾燥設備を除く	38.41 Dd ^{0.575}

2.3.3 撤去（解体・廃棄）費用

撤去（解体・廃棄費用）については建設費の10%とし、耐用年数で除して年価換算する。

2.3.4 ライフサイクルコストの算出方法及び費用関数

建設コストおよび維持管理コストに撤去（解体・廃棄）コストを足し合わせることによって、LCCを算出する。

2.3.5 温室効果ガス排出量の算定

本編 § 23 「温室効果ガス排出量の算定」を参照する。

2.3.6 エネルギー消費量の算定

本編 § 22 「エネルギー消費量の算定」を参照する。

2.4 脱水工程における費用関数及び原単位

本技術の導入により脱水機に投入する汚泥固形物量が減少することから汚泥脱水に係るコストが削減できる可能性がある。スクリーンプレス脱水機を用いた脱水試験にて、コスト削減が示唆される結果となった。そこで、脱水に係る建設費、維持管理費、エネルギー使用量および温室効果ガス排出量に関する試算に必要な費用関数、原単位を整理した。

2.4.1 脱水工程における費用関数

脱水工程の費用関数を表資料 2-25 に示す。

表資料 2-25 脱水工程の費用関数

		費用関数	出典
建設費	機械設備	$Y(\text{百万円/年}) = 3.454 Qd^{0.373} \times (104.4/97.6)$ Qd : 計画汚泥処理量 (1%換算) m ³ /日	※
	土木設備	$Y(\text{百万円/年}) = 0.769 Qd^{0.444} \times (104.4/97.6)$ Qd : 計画汚泥処理量 (1%換算) m ³ /日	
維持管理費 (電力, 燃料, 薬品費, 補修費, 人件費)		$Y(\text{百万円/年}) = 0.039 Qy^{0.596} \times (104.4/97.6)$ Qy : 年間汚泥処理量 (1%換算) m ³ /年	

※「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」国土交通省，社団法人日本下水道協会（平成16年3月）

2.4.2 脱水工程における原単位

脱水工程の電力使用量原単位を表資料 2-26 に示す。従来技術・類似技術の混合濃縮汚泥の脱水機試算は，高分子凝集剤添加率 0.47%-TS とした。本技術の凝集剤添加率は表資料 2-20 に示す通りである。

表資料 2-26 脱水工程の電力消費量原単位

項目	単位	原単位	備考
電力	kWh/t-wet	15	ガイドライン設定値

2.5 その他シナリオのケーススタディ

ガイドライン本編に示した導入シナリオ例（§15）のうち、本編で導入効果の検討を行わなかったシナリオ（2）～（4）についてケーススタディを行った。

まず、導入検討事例Ⅰとして（2）、（4）の検討を行った。これらのシナリオは脱水または乾燥処理した汚泥を外部搬出するものである。

次に、導入検討事例Ⅱとして（3）、（4）についての検討を行った。実証研究にて汚泥減量効果、脱水機運転時間の短縮が見込まれたため、これらの更新時期に併せて革新技術を導入し、更新に係る建設コストの低減効果を見込むものである。また、脱水汚泥の含水率を低くできるため、補助燃料使用量の削減効果が見込める。

2.5.1 導入検討事例Ⅰ（本編シナリオ（2）、（4））

比較的小規模の処理場で発生する下水汚泥を産業廃棄物として排出している処理場に対し、本技術を導入した際の汚泥処分費削減効果を試算した。このような小規模処理場では石炭火力発電所のような大口の需要家への燃料供給を保障する既存の汚泥固形燃料化事業スキームが見込めないため、製造した固形燃料を地域で流通させる重要な取組となる。

（1）設定条件

脱水汚泥 50t/日の処理場を対象に汚泥処分費を試算した。設定ケースを表資料 2-27 に示す。稼働率は 365 日/年の条件で比較を行った。また、電力費や凝集剤使用量・費用については本資料で記載した値を用いた

ケース 1 およびケース 2 は本技術で処理した汚泥を地域で消費するスキーム（地産地消）を想定している。ケース 1 は本技術を導入して固形燃料を固形燃料・肥料として、処理場にて有価販売するスキームを想定する。ケース 2 は本技術をのち水熱処理工程、消化工程までを導入し、脱水汚泥を肥料として無償配付することを想定した。

ケース 3 地産地消を目的に本技術を導入したが、事業初期の需要喚起・創造が十分でない場合や農閑期の需要がない期間などを想定して、脱水汚泥若しくは固形燃料を産業廃棄物処分することを想定した。

表資料 2-27 導入検討事例Ⅰ 設定条件

	濃縮汚泥 処理量	汚泥処理構成		設定含水率		汚泥の最終利用	
		革新技術 (水熱・消化)	革新 技術 (乾燥)	脱水汚泥	乾燥汚泥	最終処分状 況	価格 (円/t)
ケース1	289m ³ /日 含水率96.5% 10.1 t-ds/日	○	○	66%	40%	燃料、肥料とし て販売	100
ケース2			—	66%	—		0
ケース3-1			○	66%	40%	産廃処分	-16,000
ケース3-2			—	66%	—		-16,000

(2) 建設費・維持管理費の試算方法

本試算に用いた建設費・維持管理費の費用関数を表資料 2-28 に示す。ケース 1、ケース 3-1 は乾燥を含む革新技術の費用関数を、ケース 2、ケース 3-2 は乾燥を含まない革新技術の費用関数を用いた。本試算では脱水設備の建設費についても計上した。

表資料 2-28 建設費・維持管理費の試算に用いた費用関数 (百万/年)

		設備内訳	費用関数	引用文献
建設費	革新技術 (水熱・消化・乾燥)	機械設備	$22.2 Dd^{0.591}$	表資料 2-23
		電気設備	$6.82 Dd^{0.244}$	
		土木建築設備	$3.42 Dd^{0.507}$	
	革新技術 (水熱・消化)	機械設備	$20.4 Dd^{0.598}$	表資料 2-23
		電気設備	$6.25 Dd^{0.250}$	
		土木建築設備	$3.27 Dd^{0.515}$	
脱水設備	機械設備	$3.454 Qd^{0.373}$	バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル 平成16年3月	
	土木建築設備	$0.769 Qd^{0.444}$		
維持管理費	革新技術 (水熱・消化・乾燥)		$43.05 Dd^{0.563}$	表資料 2-24
	革新技術 (水熱・消化)		$38.41 Dd^{0.575}$	
	脱水設備		$0.039 Qy^{0.596}$	バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル 平成16年3月

Dd: 日発生濃縮汚泥固形分

Qd: 日投入汚泥量 濃度1%換算値

Qy: 年投入汚泥量 濃度1%換算値

(3) 汚泥処理コストの試算結果

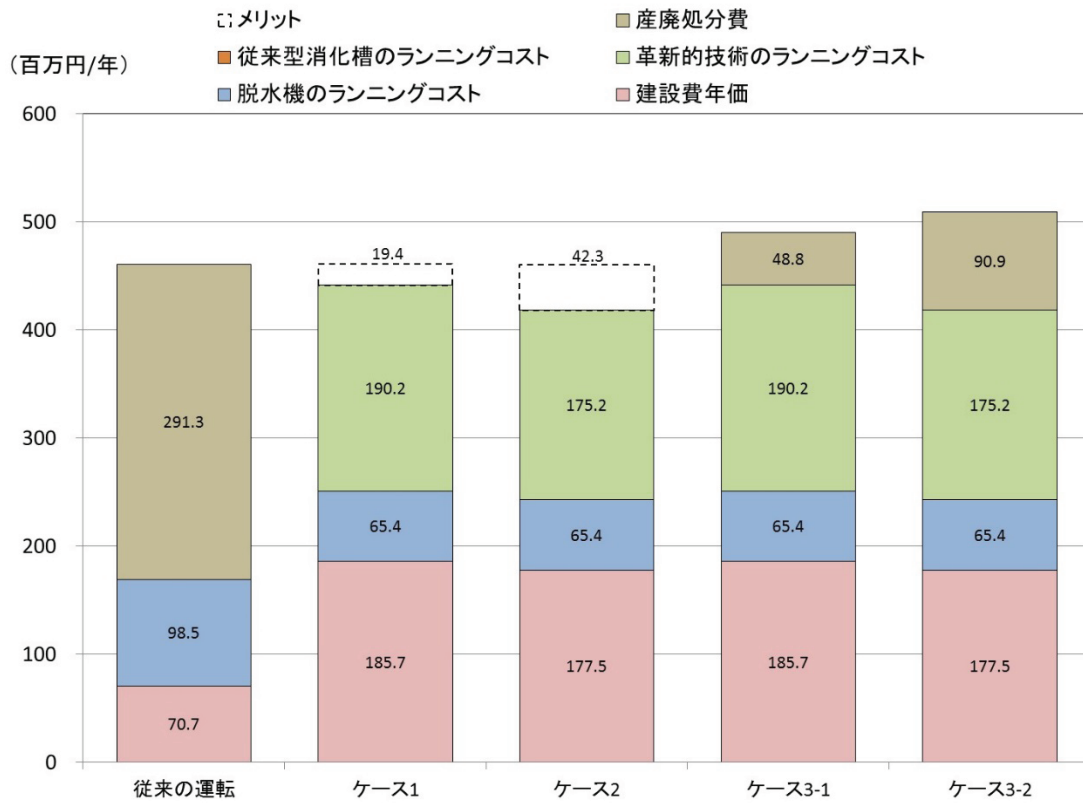
導入検討事例 I の汚泥処理コスト試算結果を表資料 2-29、図資料 2-2 に示す。各ケースで最終的に発生する乾燥汚泥または脱水汚泥量は、通常の脱水設備で脱水する従来処理で 50t-wet/日であるのに対し、革新技術の乾燥まで行うケース 1、ケース 3-1 では 10.7-wet/日、乾燥を行わないケース 2、ケース 3-2 では 16.2-wet/日となった。

建設年価および維持管理費の合計の年間コストを比較すると、革新技術を導入するケースではケース 1、ケース 2 のように汚泥を固形燃料や肥料として流通させるケースで従来よりも汚泥処理コストが低くなった。一方で、ケース 3 のように革新技術を導入して産業廃棄物として処分する場合は汚泥処理コストが高くなった。

このように製造した固形燃料（乾燥汚泥）、脱水汚泥の地域における流通が見込める場合、本試算では汚泥処理コストの低減が見込まれた。なお、特に脱水設備の効果については、機種により建設費低減効果や維持管理費低減効果が異なることが予想されるため、検討が必要となる。

表資料 2-29 導入検討事例 I 汚泥処理コストの試算結果

			単位	従来	ケース1	ケース2	ケース3-1	ケース3-2	
濃縮汚泥量			t-ds/日	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	
			t-ss/日	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	
水熱消化汚泥量			t-ds/日	—	6.4	6.4	6.4	6.4	
			t-ss/日		5.8	5.8	5.8	5.8	
脱水汚泥量			t-wet/日	49.9	16.2	16.2	16.2	16.2	
乾燥汚泥量			t-wet/日	—	10.7	—	10.7	—	
建設 年価	革新技術	機械設備	百万円/年	—	105.8	98.8	105.8	98.8	
		電気設備		—	13.0	12.1	13.0	12.1	
		土木建築設備		—	13.0	12.7	13.0	12.7	
		合計		—	131.8	123.6	131.8	123.6	
	脱水機	機械設備		51.5	39.8	39.8	39.8	39.8	
		土木建築設備		19.2	14.1	14.1	14.1	14.1	
		合計		70.7	54.0	54.0	54.0	54.0	
	合計			70.7	185.7	177.5	185.7	177.5	
	維持 管理 費	革新的技術維持管理		—	190.2	175.1733	190.2	175.1733	
		脱水維持管理		98.5	65.4	65.4	65.4	65.4	
燃料販売(収入)		—	▲ 0.3	—	—	—			
廃棄物処分		291.3	—	—	62.7	94.6			
合計		389.7	255.3	240.5	318.2	335.1			
年間コスト			百万円/年	460.4	441.0	418.1	504.0	512.6	



図資料 2-2 導入検討事例 I の試算結果

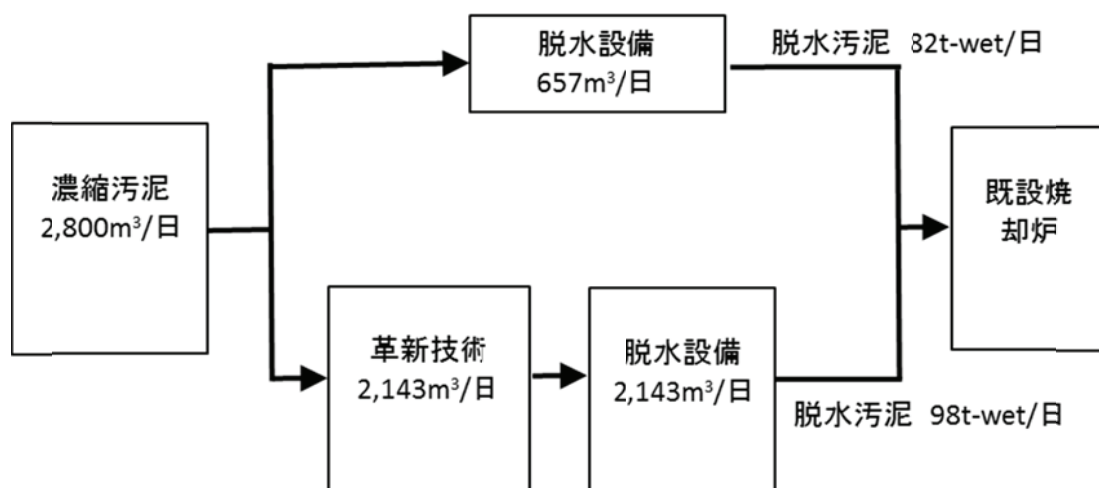
2.5.2 導入検討事例Ⅱ（本編シナリオ（3），（4））

流動焼却施設を複数基所有する大規模処理場において、流動焼却炉の更新時に代替技術として本技術を導入して発生濃縮汚泥の一部を処理することで脱水汚泥発生量の削減を図るものである。また、脱水機投入固形物量の削減による脱水コスト、脱水汚泥含水率の低下による補助燃料使用量の削減が見込まれる。

（1）設定条件

濃縮汚泥量 2,800m³/日を脱水し、焼却処理している下水処理場を対象に汚泥処理コストの検討を行った。対象下水処理場では流動焼却施設 3 基保有しており、流動焼却炉の処理能力は 180t-wet/日である。3 基のうち 1 基の更新に際して、そのまま「従来：流動焼却施設を更新する場合」と「本技術導入：本技術（乾燥機なし）により脱水汚泥発生量の削減する場合」の汚泥処理コストを比較した。

本検討事例における設定条件を表資料 2-30 に示す。本技術を導入するケースでは発生濃縮汚泥 2,800m³/日のうち 2,143m³/日を本技術で処理し、残りは従来通り脱水する。従来ケースでは脱水汚泥量が 349t-wet/日となるのに対し、本技術は 180t-wet/日となった。両ケースとも焼却炉 1 台停止させる運転となる。



図資料 2-3 導入検討事例Ⅱの処理フロー

表資料 2-30 設定条件

		単位	従来	革新的技術 導入
共通条件	1) 濃縮汚泥量	m ³ /日	2,800	
	2) 濃縮汚泥有機物比率	%	84.0	
	3) 濃縮汚泥固形分率	%	3.5	
	4) 濃縮汚泥の固形分量	t-DS	98.0	
	5) 濃縮汚泥のSS(DSの90%)	t-SS	88.2	
革新的技術	1) 処理濃縮汚泥量	m ³ /日	-	2,143
	2) 処理固形分量	t-DS		75
	3) 水熱消化後のVS分解率	%		59.0
	4) 水熱消化後のVSS分解率			64.3
	5) 水熱消化後のDS量	t-DS		37.8
	5) 水熱消化後のSS	t-SS		34.9
脱水設備	1) 濃縮汚泥 固形分1% 換算流量	m ³ /日	9,800	2,300
	2) 水熱消化汚泥 固形分1% 換算流量	m ³ /日	-	3,783
	3) 混合汚泥 脱水汚泥含水率	%	76.0	76.0
	4) 水熱消化汚泥 脱水汚泥含水率		-	66.0
	5) 脱水時の固形分回収率	%	95	
	6) 脱水汚泥量	t-wet/日	349	179
焼却	焼却炉稼働基数	基	2	1
	焼却炉停止基数	基	1	1
焼却炉投入汚泥含水率 %			76	69.8
焼却炉投入汚泥有機分 %			84	71.1

(2) 建設費・維持管理費の試算方法

本試算に用いた建設費・維持管理費の試算方法を表資料 2-31 に示す。本試算では更新設備は流動焼却炉 1 基として、脱水機や既設の流動焼却炉 2 基の建設費は計上しなかった。一方、維持管理費については、脱水機及び既設の流動焼却炉のものも計上した。また、本技術を導入することで脱水汚泥の含水率が低下し自燃領域になるため、流動焼却炉における補助燃料削減が想定される。本試算では脱水汚泥が自燃するものと考え、維持管理費から A 重油使用量削減効果を見込んだ。なお、本技術の稼働日数は 360 日/年であるため、稼働率を考慮した規模の建設費を計上した。

表資料 2-31 建設費・維持管理費の試算方法

		設備内訳	費用関数	引用文献
建設費	革新技術 (水熱・消化)	機械設備	$20.4 Dd^{0.598}$	表資料2-23
		電気設備	$6.25 Dd^{0.250}$	
		土木建築設備	$3.27 Dd^{0.515}$	
	流動焼却設備	機械設備	$11.88 Xd^{0.380}$	バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」平成16年3月 表資料2-1から算出
		電気設備	$4.57Xd^{0.597}$	
		土木建築設備	$4.89Xd^{0.539}$	
維持管理費	革新技術(水熱・消化)		$38.41 Dd^{0.575}$	表資料2-24
	流動焼却設備		$0.287 Qy^{0.673}$	バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」平成16年3月
	脱水設備		$0.039 Qy^{0.596}$	
	A重油使用量削減		$25L \times A \text{重油} 91\text{円/L} \times \text{脱水汚泥処理量}$	

Xd: 日発生脱水汚泥量

Dd: 日発生濃縮汚泥固形分

Qy: 年投入汚泥量 濃度1%換算値

(3) 汚泥処理コストの試算結果

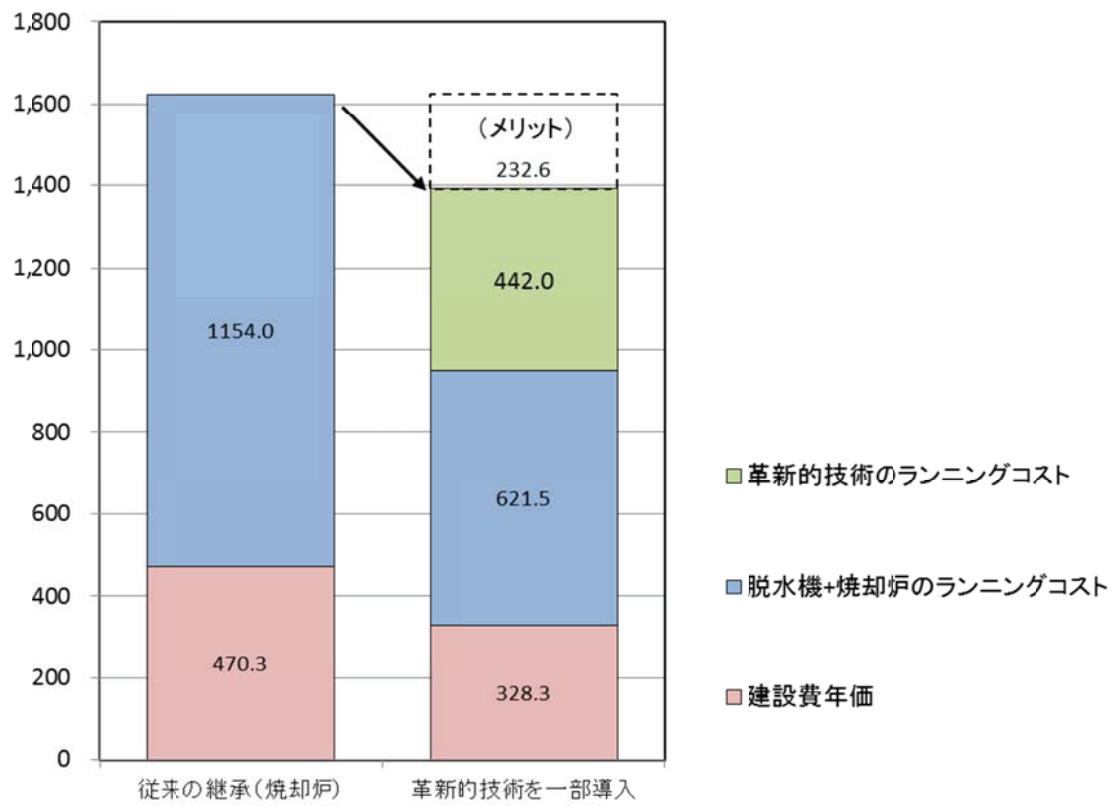
汚泥処理コストの試算結果を表資料 2-32 に示す。この試算例では、従来のとおり流動焼却施設を更新する場合の年価が 1,624 (百万円/年) であるのに対し、本技術は 1391.7 (百万円/年) まで圧縮できる試算となった。このシナリオは規模やエネルギー単価等によって結果が異なってくるため、実際には処理場毎に検討が必要である。また、本試算では汚泥乾燥をしていないため、余剰消化ガスがある。余剰消化ガスによる資源回収効果も期待できる。

表資料 2-32 検討結果例

		項目	金額	単位
焼却炉方式の継続 (1基更新)	建設費	1) 機械設備	41.92	億円
		2) 電気設備	11.93	億円
		3) 土木建築設備	9.79	億円
		合計	63.64	億円
	年価	1) 機械設備	263.8	百万円/年
		2) 電気設備	126.2	百万円/年
		3) 土木建築設備	80.3	百万円/年
		合計	470.3	百万円/年
	維持管理	1) 焼却炉維持管理費	840.0	百万円/年
		2) 脱水維持管理費	314.0	百万円/年
		合計	1154.0	百万円/年
年価＋維持管理			1624.3	百万円/年

		項目	金額	単位
革新的技術の導入	建設費	1) 機械設備	37.72	億円
		2) 電気設備	2.64	億円
		3) 土木建築設備	7.95	億円
		合計	48.31	億円
	年価	1) 機械設備	260.7	百万円/年
		2) 電気設備	18.1	百万円/年
		3) 土木建築設備	49.4	百万円/年
		合計	328.3	百万円/年
	維持管理	1) 本技術維持管理	442.0	百万円/年
		2) 焼却炉維持管理費	533.8	百万円/年
		3) 脱水維持管理	236.3	百万円/年
4) 焼却炉燃料		-148.6	百万円/年	
合計		1063.4	百万円/年	
年価＋維持管理			1391.7	百万円/年

(百万円/年)



図資料 2-4 検討事例Ⅱ試算結果