

「温室効果ガスを排出しない 次世代型下水汚泥固形燃料化技術」

(長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工株式会社 共同研究体)

2015.7.30 ガイドライン説明会

2章 技術の概要と評価

技術の目的(§ 5)

- ①低コスト, 省エネルギーで固形燃料を製造
- ②下水汚泥が保有するエネルギーの利用拡大と
- ③温室効果ガス排出量の削減



水熱反応処理

メタンガスの利用



高速消化処理

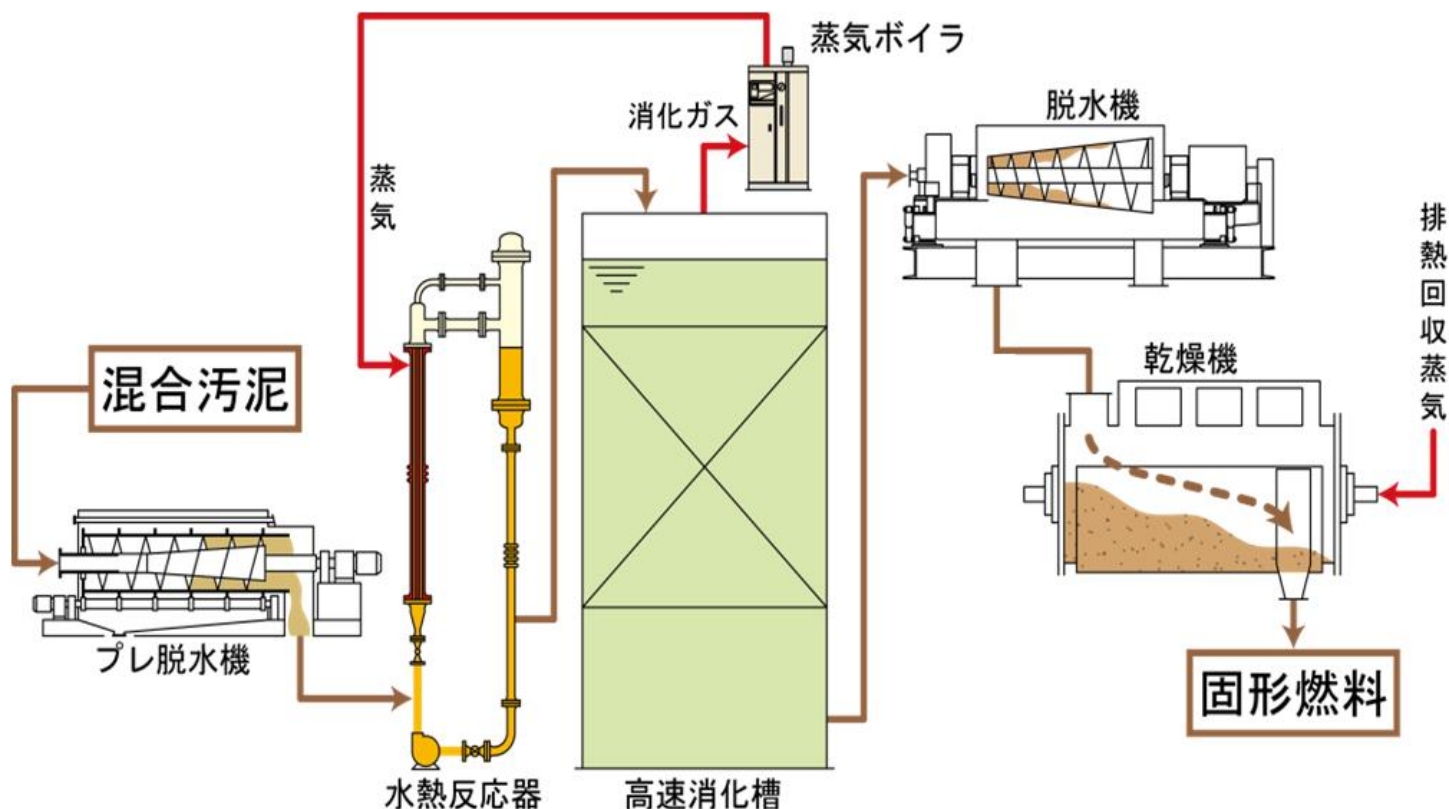


汚泥固形燃料

2章 技術の概要と評価

技術の概要（§ 6）

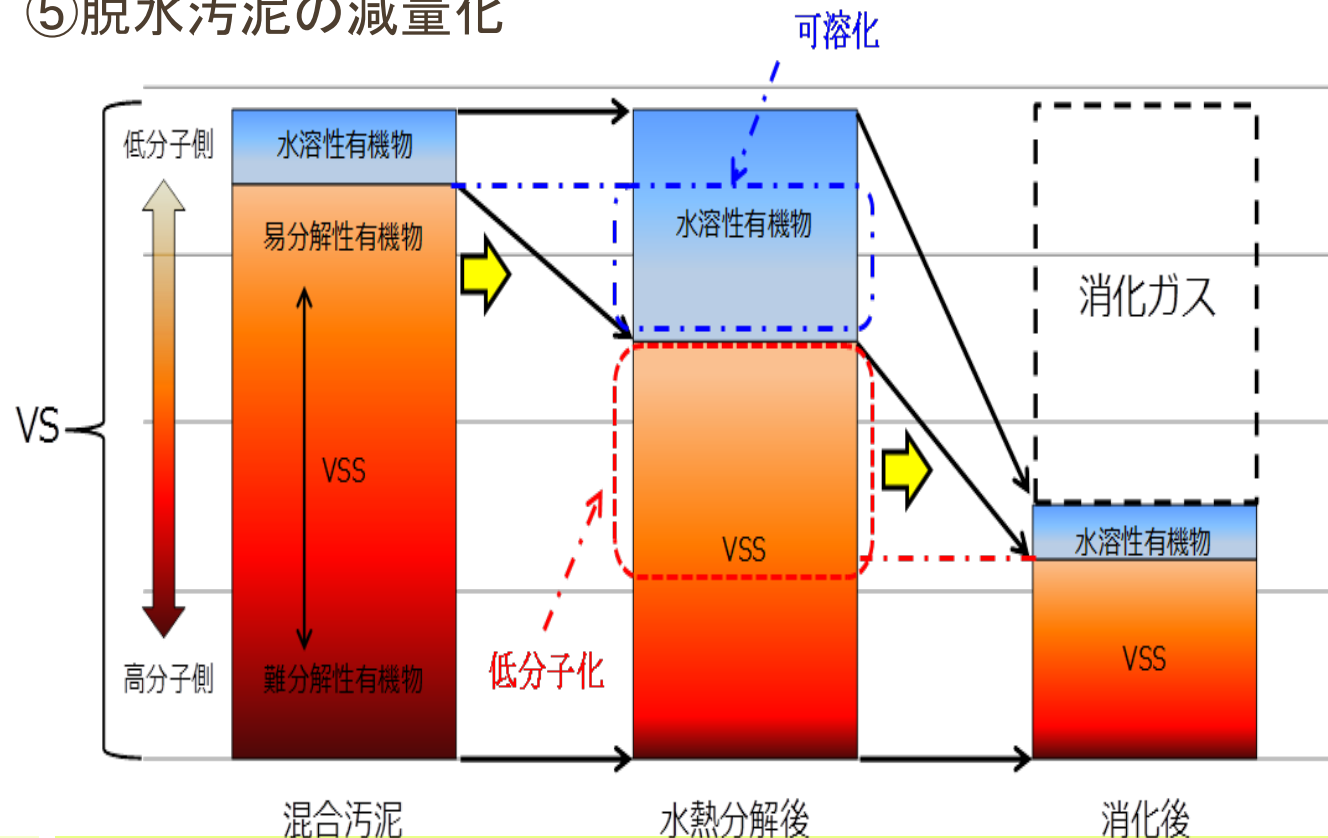
水熱処理と高速消化処理からなる第一段のエネルギー創出プロセスにて本施設を稼働させるエネルギーを創出し、
脱水・乾燥からなる第二段のエネルギー創出プロセスで固形燃料を創出する。



2章 技術の概要と評価

技術の特徴(§ 7)

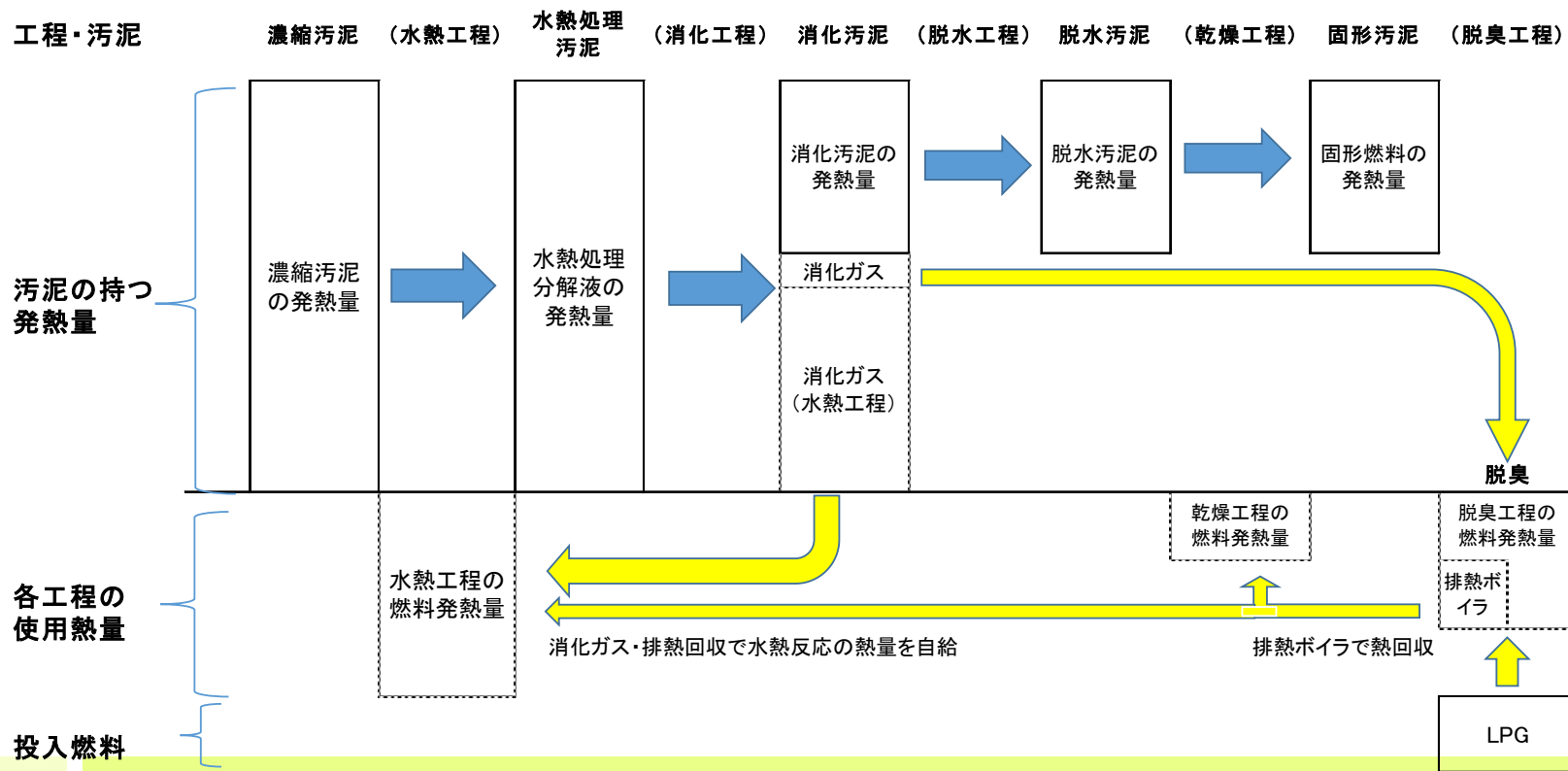
- ①水熱処理による消化促進
- ②水熱処理工程および消化工程の燃料自給
- ③脱水汚泥の脱水性改善
- ④固形燃料製造時(乾燥工程)の燃料削減
- ⑤脱水汚泥の減量化



2章 技術の概要と評価

技術の特徴(§ 7)

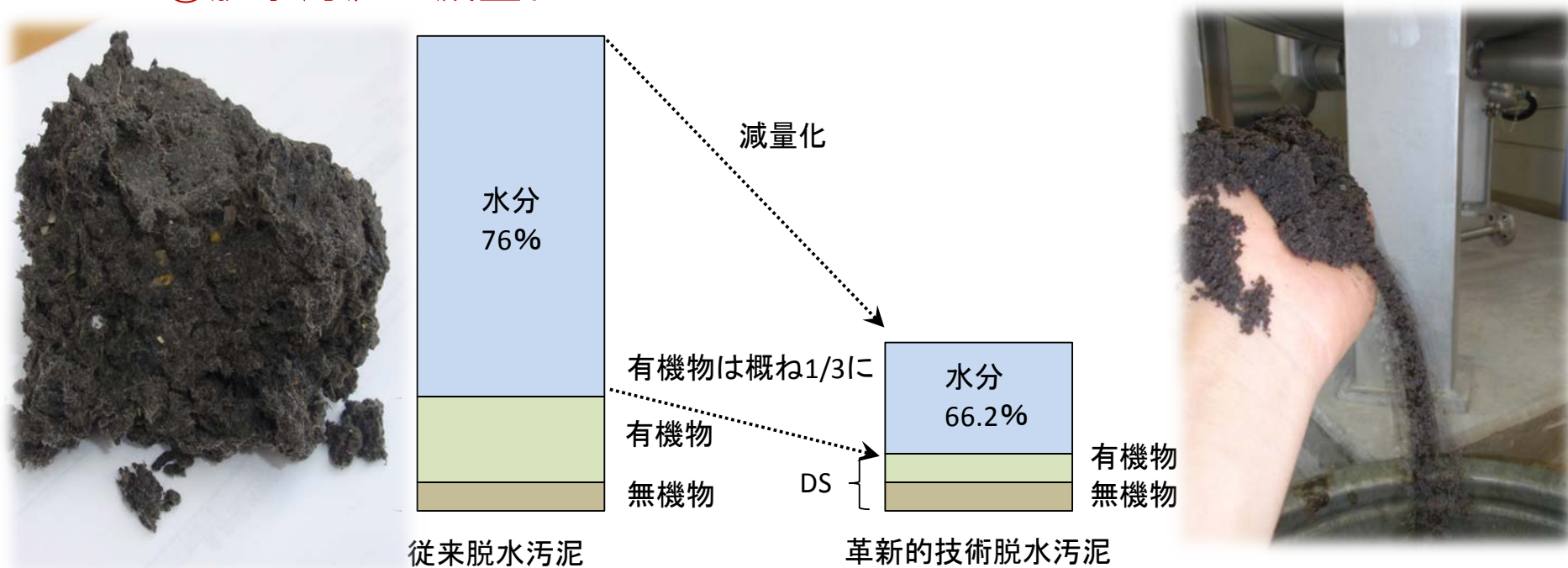
- ①水熱処理による消化促進
- ②水熱処理工程および消化工程の燃料自給
- ③脱水污泥の脱水性改善
- ④固形燃料製造時(乾燥工程)の燃料削減
- ⑤脱水污泥の減量化



2章 技術の概要と評価

技術の特徴(§ 7)

- ①水熱処理による消化促進
- ②水熱処理工程および消化工程の燃料自給
- ③脱水污泥の脱水性改善
- ④固形燃料製造時(乾燥工程)の燃料削減
- ⑤脱水污泥の減量化

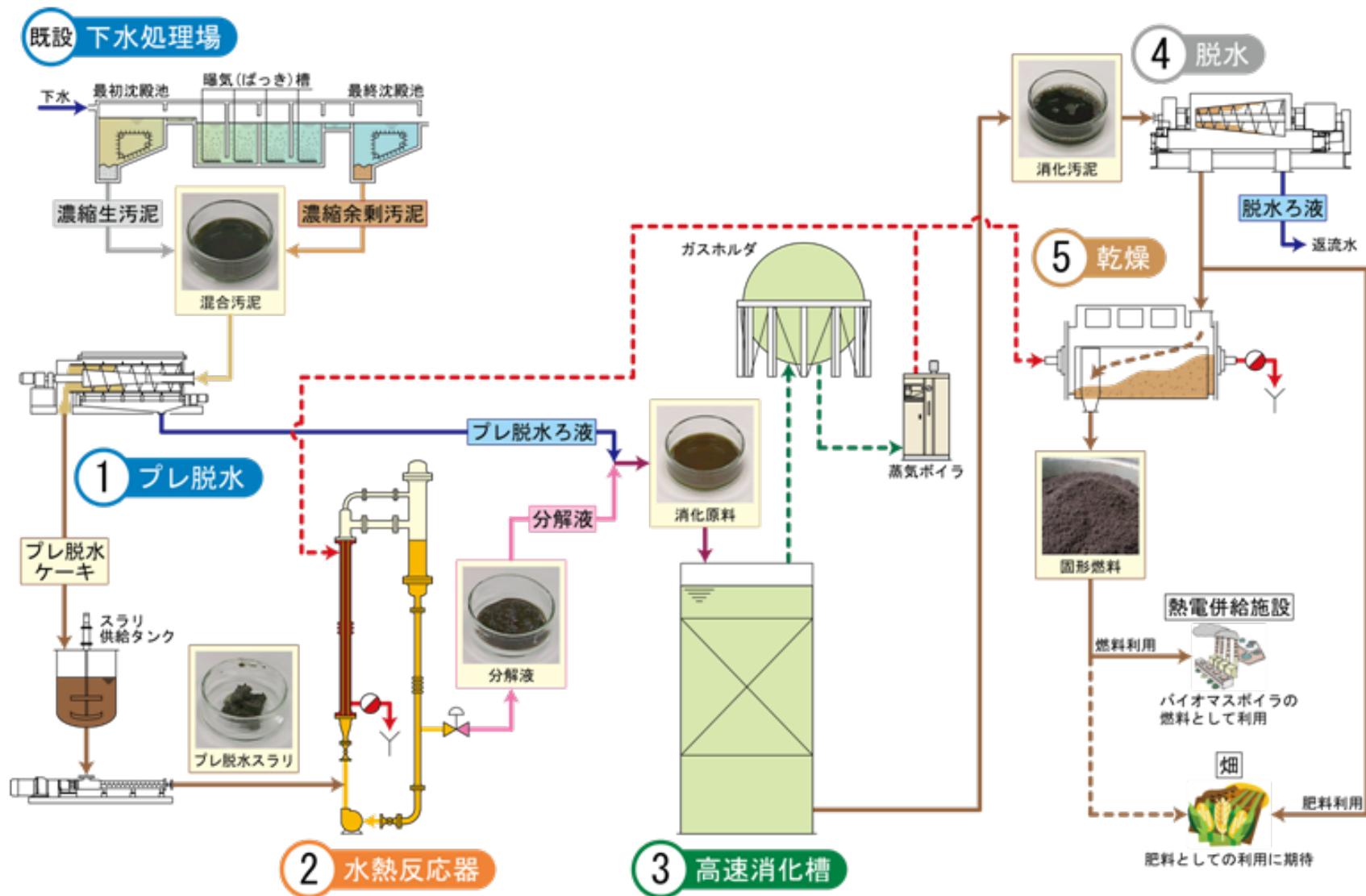


2章 技術の概要と評価

汚泥固形燃料化施設外観 長崎市東部下水処理場内



2章 技術の概要と評価



汚泥固形燃料化施設 システムの全体フロー

2章 技術の概要と評価



①プレ脱水工程(§8)

熱回収ヒータ(熱交換器)とプレ脱水機から構成。混合濃縮汚泥の含水率, 温度等を最適条件へ調整。



②水熱処理工程(§9)

混合汚泥を高温高圧(180°C, 0.9MPa)で加水分解し、可溶化・低分子化。
フラッシュ蒸気および分解液の熱回収によってプレ脱水工程の熱源として供給。

2章 技術の概要と評価



③消化工程 (§ 10)

高温消化方式の固定床担体を有する高速消化槽。

従来型消化槽と比べコンパクトになり, 設置面積の省スペース化が可能。

設計温度は55℃,設計上の滞留日数は5日間。

2章 技術の概要と評価



④脱水工程 (§ 11)

処理場内に既設の脱水機を利用。

(本実証試験は遠心脱水機を使用)



⑤乾燥工程 (§ 12)

含水率の調整を行い,

固形燃料として製品化。

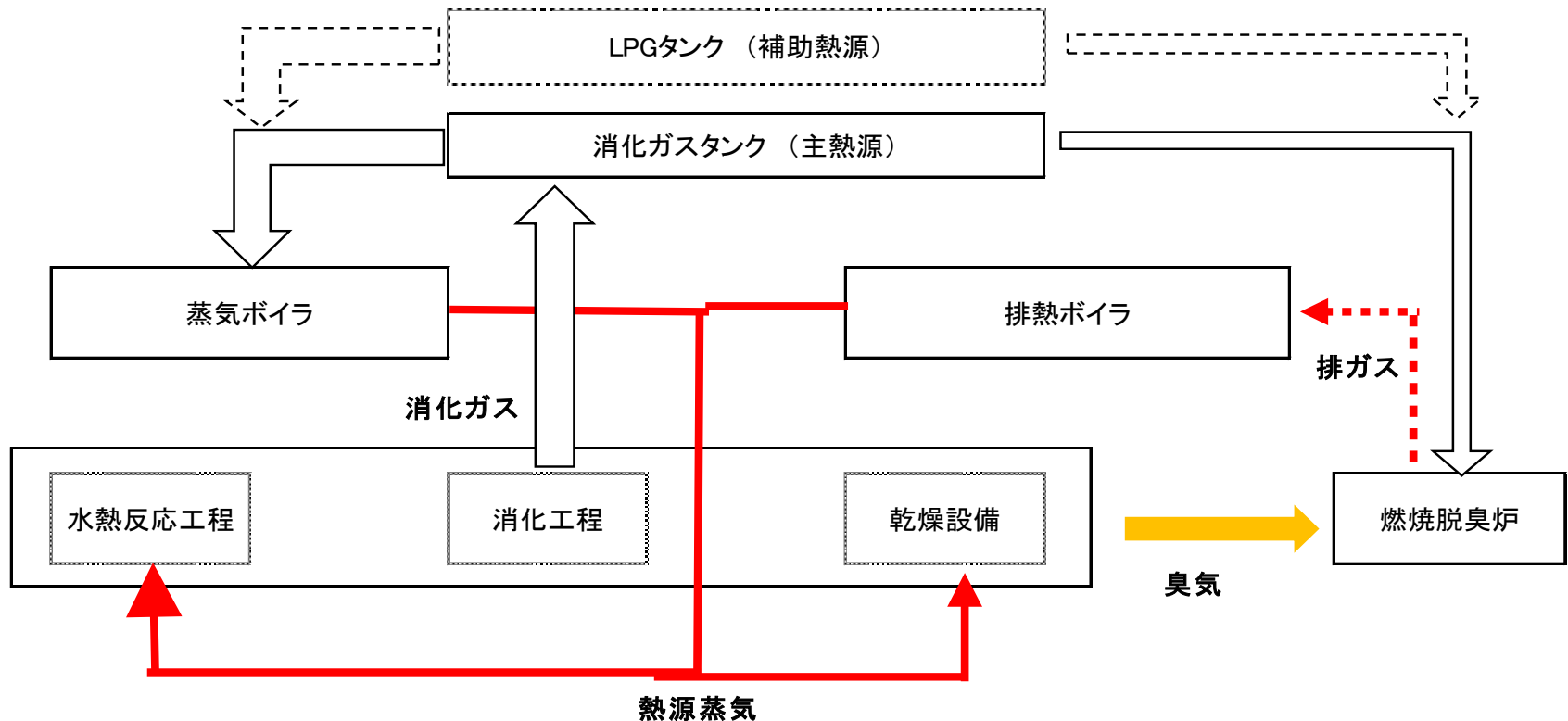
造粒機については必要であれば設置。

乾燥機の熱源は蒸気を利用し,

間接加熱方式を採用

2章 技術の概要と評価

熱源設備（§ 13）



2章 技術の概要と評価

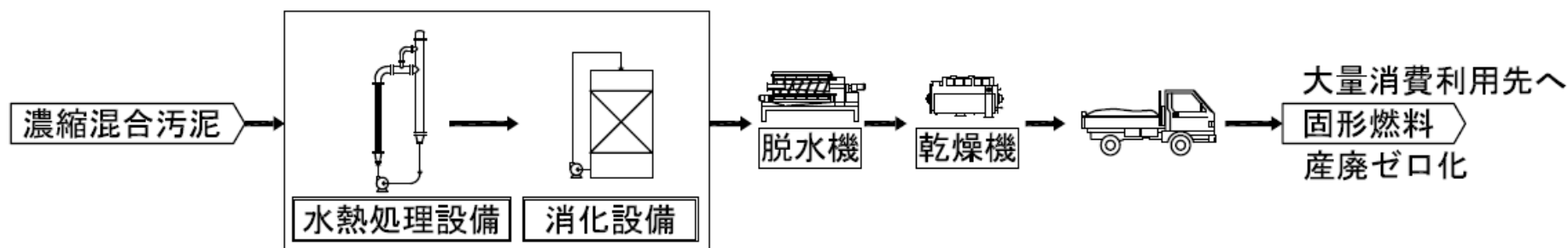
技術の適応条件(§ 14)

対 象	条 件	説 明
下水処理方式	制限無し	一般的な処理場(活性汚泥法等)
対象汚泥	濃縮混合汚泥 濃縮余剰汚泥	本技術は消化促進技術であるため消化汚泥は対象外。 その場合は、消化の前段に水熱処理のみを導入。
規模	個別試算	対象処理場の現状の汚泥処理、従来技術と比べて、 コスト・エネルギー等効果がある場合に導入。
目的	固形燃料利用 (肥料利用)	固形燃料利用や肥料利用として利用先の確保が条件となる。
返流水	放流水質への 影響	下水処理場側へ返流する。返流水の性質によっては放流水の 排水基準値を超過する可能性があるが、その場合は対策を講ず る必要がある。

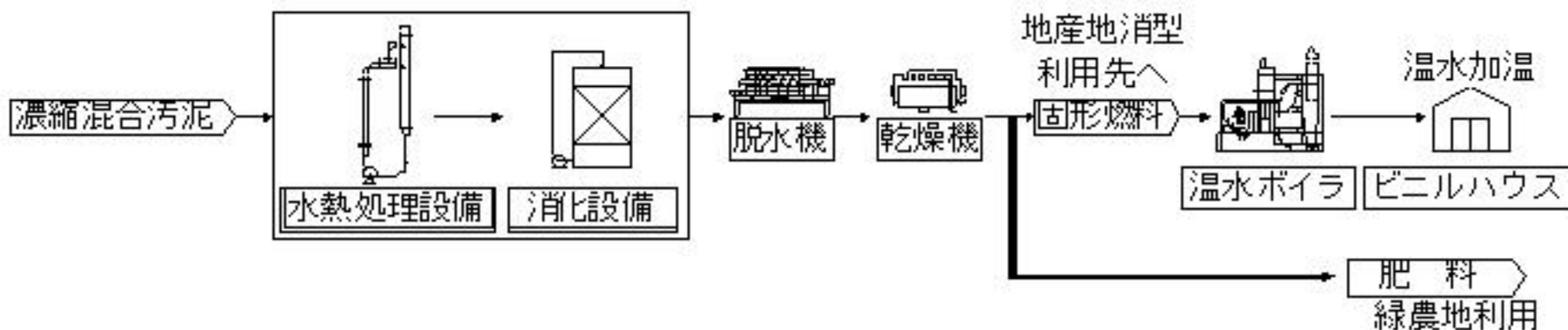
2章 技術の概要と評価

導入シナリオ例(§ 14)

(1) 固形燃料の大規模利用事業所における利用 (実証試験モデル)



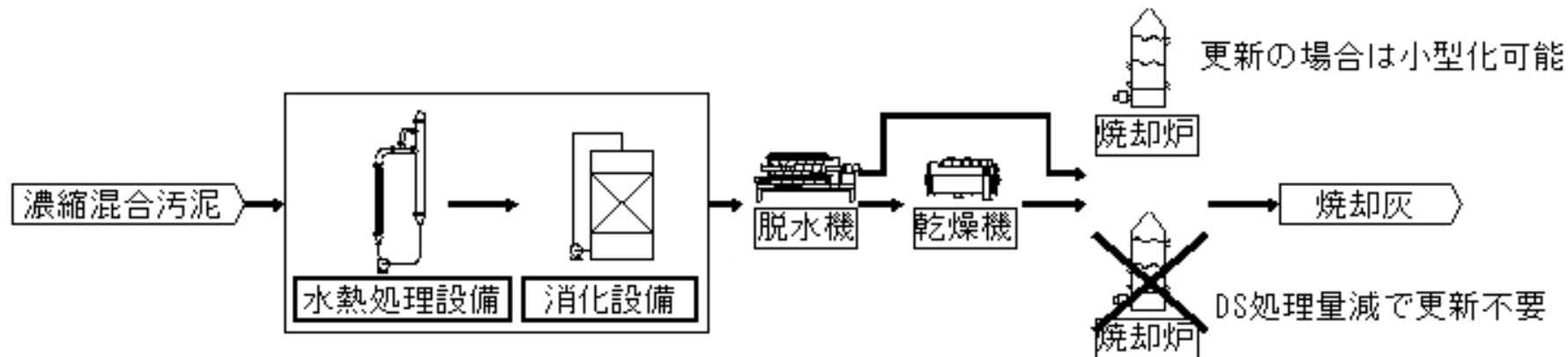
(2) 固形燃料の緑農地等地域における利用 (農業ハウス熱源, 肥料としての活用)



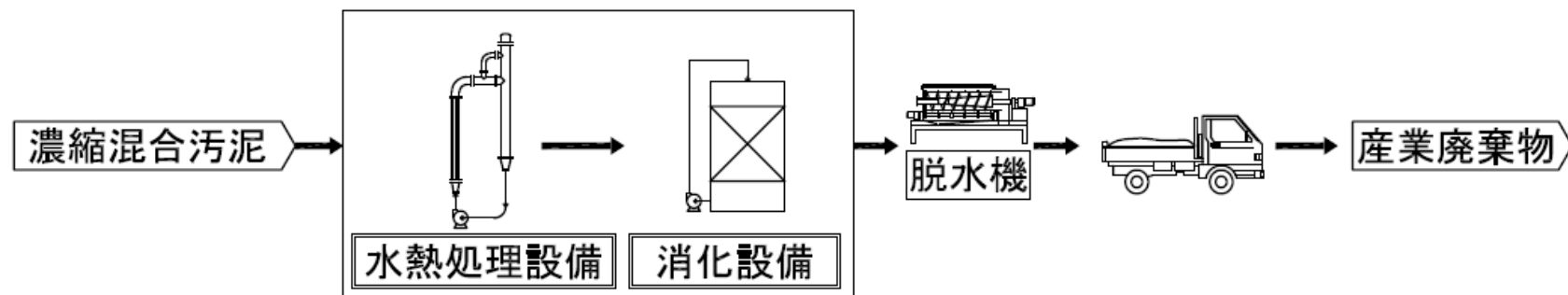
2章 技術の概要と評価

導入シナリオ例(§ 14)

(3) 場内焼却炉にて焼却(固形燃料と脱水汚泥の混合焼却)



(4) 脱水汚泥の減量化による汚泥処理コストの削減



2章 技術の概要と評価

技術の評価項目（§ 16）

(1)コスト(建設コスト, 維持管理コスト, ライフサイクルコスト(LCC))

(2)温室効果ガス排出量(GHG)

(3)エネルギー消費量

(4)その他(個別項目)

1)エネルギー回収量

2)固形分の分解率

3)脱水性の評価

4)固形燃料の燃焼性

5)固形燃料の安全性評価(爆発度, 発火性)

6)固形燃料の臭気評価

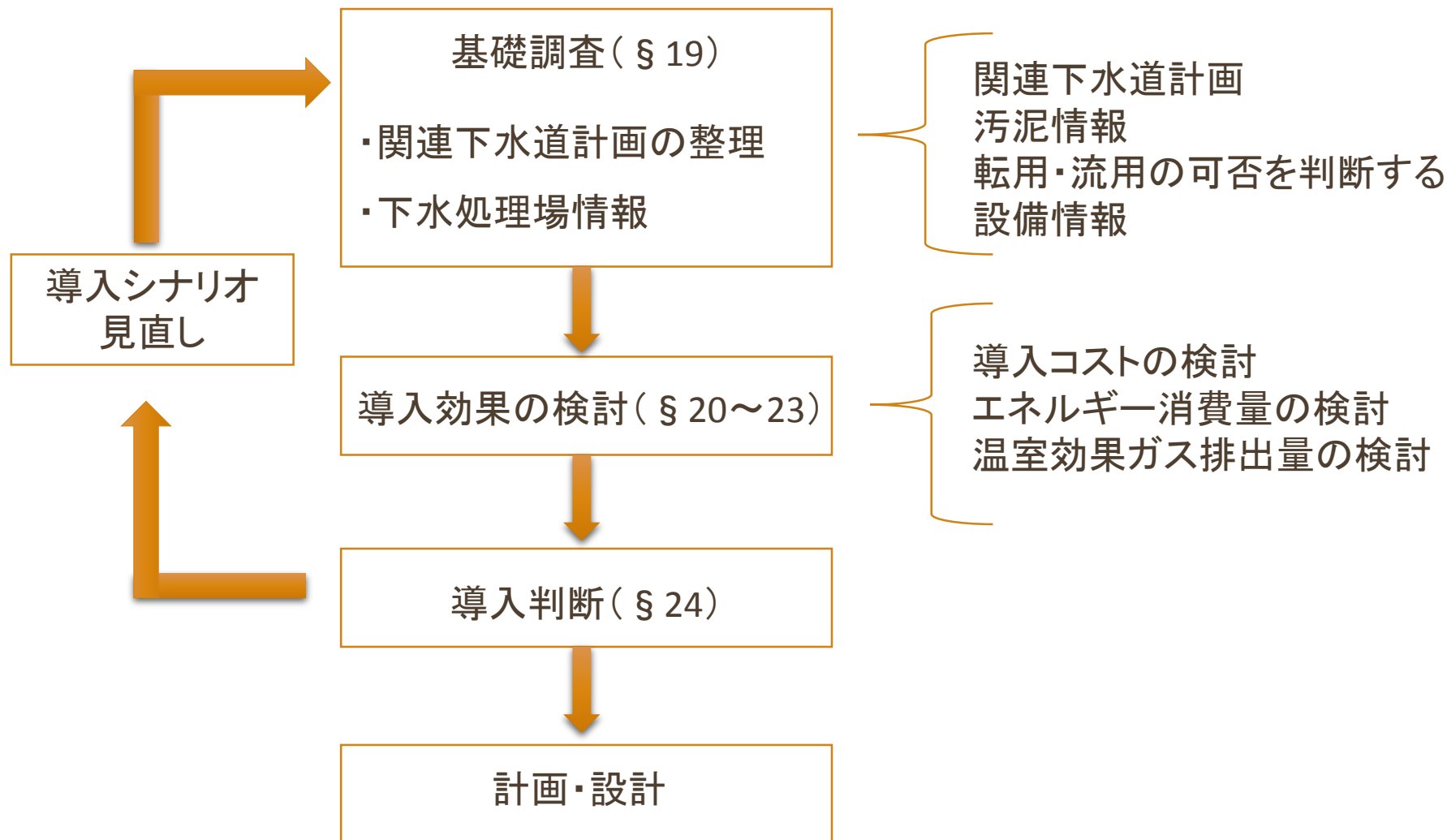
2章 技術の概要と評価

その他(個別項目)

	実証試験結果	備考
エネルギー回収量	11.8MJ/Kg-VS	投入VS当たりのガス発生量 0.48m ³ /kg-VS 平均メタン濃度 62.1%
固形分(VSS)の分解率	24.2～32.9%(水熱後) 64.9～67.2%(消化後)	
脱水性の評価	脱水汚泥平均含水率 66.2%	※スクリーブレス脱水機 別途試験有
固形燃料の燃焼性	9.8MJ/kg-wet	40%含水時の有効発熱量
固形燃料の安全性評価 (爆発度, 発火性)	他の再生資源燃料と同等	自然発火性試験(SIT) 発生ガス分析など
固形燃料の臭気評価	臭気指数34	特に問題なし

3章 導入検討

導入検討手順(§ 18)



3章 導入検討

導入効果の検討例(§ 25)

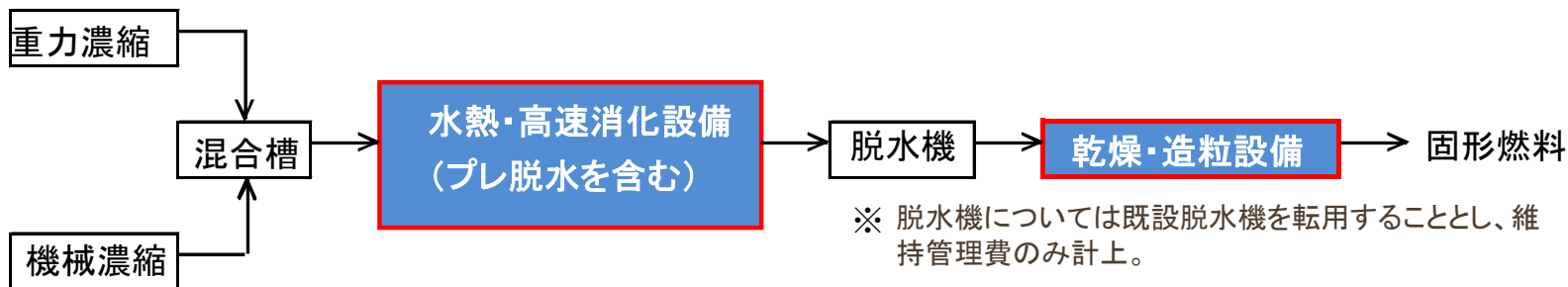
本技術の導入の試算を行うにあたり, 試算に必要な条件を設定し, 同条件で従来技術と比較を行う。

- ・導入コストの算定方法(§ 21)
- ・エネルギー消費量の算定方法(§ 22)
- ・温室効果ガスの算定方法(§ 23)

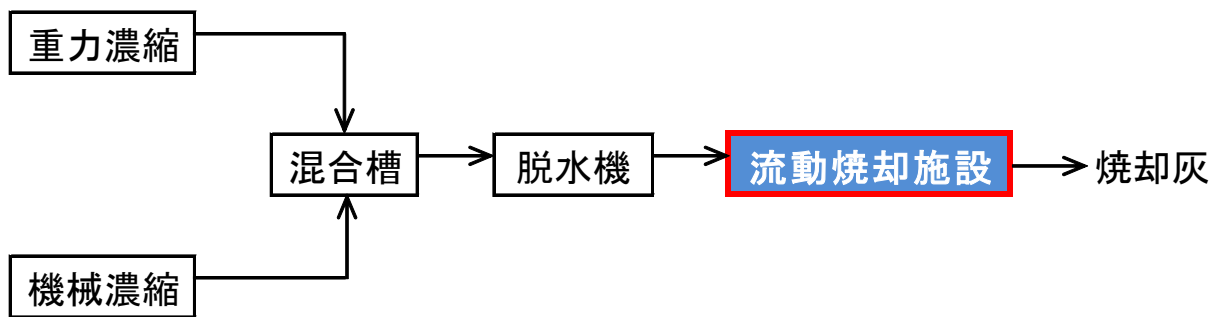
評価規模	単位	条件設定 試算規模	
①投入汚泥条件			
汚泥種		濃縮汚泥 (生汚泥, 余剰汚泥)	
濃縮汚泥発生量	m³/日	200	690
濃縮汚泥濃度	%	3.5	3.5
汚泥固形物発生量	t-DS/日	7	24

3章 導入検討

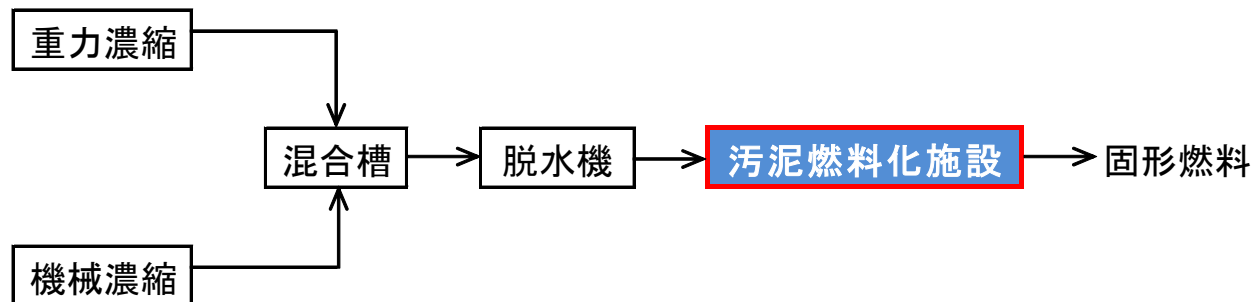
革新的技術



比較技術：流動焼却設備



比較技術：污泥燃料化設備



3章 導入検討

導入効果の検討結果(§ 26)

(1)コスト縮減効果(建設コスト, 維持管理コスト)

※ 従来技術から革新的技術
に変更した場合のコスト縮減率

	7t－DS/日		24t－DS/日	
	建設コスト(百万円)	縮減率	建設コスト(百万円)	縮減率
革新的技術	1,545	-	3,025	-
流動焼却施設	2,601	41%	5,093	41%
汚泥燃料化施設	1,613	4%	3,032	0%

	7t－DS/日				24t－DS/日			
	項目	維持管理 コスト (百万/年)	合計	縮減 率	項目	維持管理 コスト (百万/年)	合計	縮減 率
革新的技術	主施設	144	185	—	主施設	302	398	—
	既設脱水	41			既設脱水	96		
流動焼却施設	主施設	144	214	14%	主施設	330	475	16%
	既設脱水	70			既設脱水	145		
汚泥燃料化施設	主施設	154	224	17%	主施設	295	440	10%
	既設脱水	70			既設脱水	145		

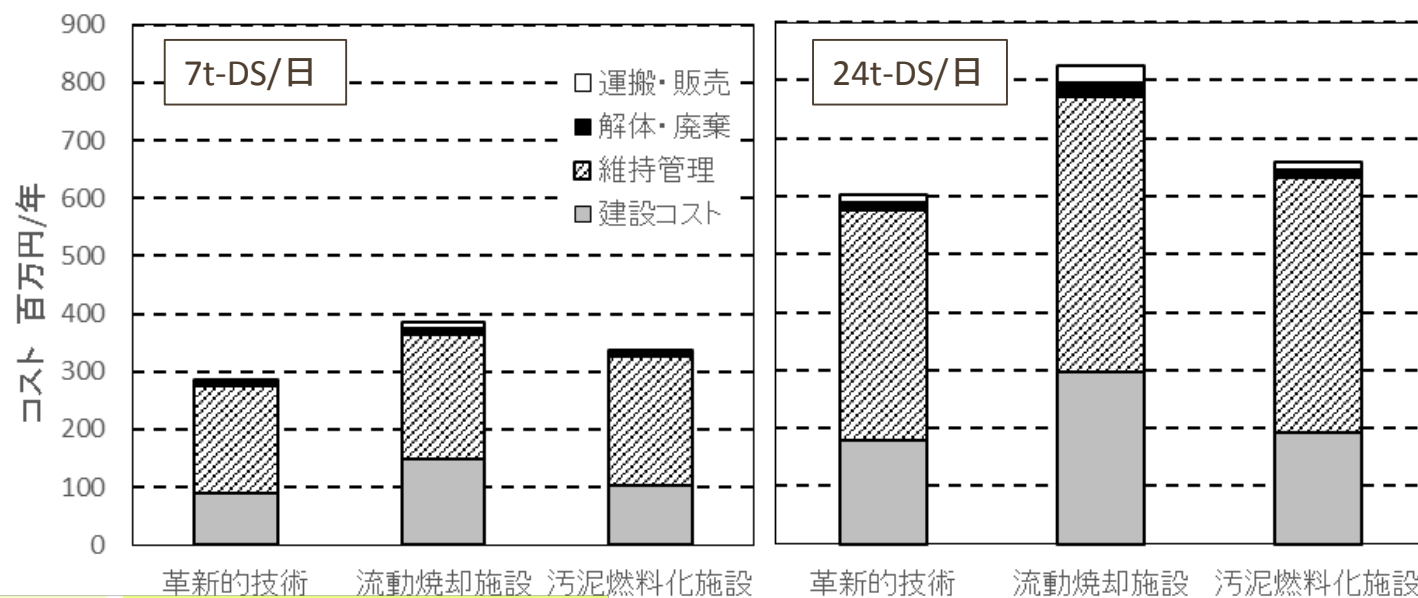
3章 導入検討

導入効果の検討結果(§ 26)

(1)コスト削減効果(ライフサイクルコスト)

	7t-DS/日			24t-DS/日				
	コスト（百万円/年）		縮減率 ※	コスト（百万円/年）		縮減率 ※		
	内訳	合計		内訳	合計			
革新的技術	建設コスト	90	286	—	建設コスト	178	601	—
	維持管理	185			維持管理	398		
	解体・廃棄	7			解体・廃棄	14		
	運搬	3			運搬	12		
流動焼却施設	建設コスト	149	384	25%	建設コスト	297	825	27%
	維持管理	214			維持管理	475		
	解体・廃棄	12			解体・廃棄	23		
	灰処分輸送	9			灰処分輸送	30		
汚泥燃料化施設	建設コスト	102	337	15%	建設コスト	191	658	9%
	維持管理	224			維持管理	440		
	解体・廃棄	8			解体・廃棄	15		
	運搬・販売	3			販売運搬	12		

※ 従来技術から革新的技術に変更した場合のLCC縮減率



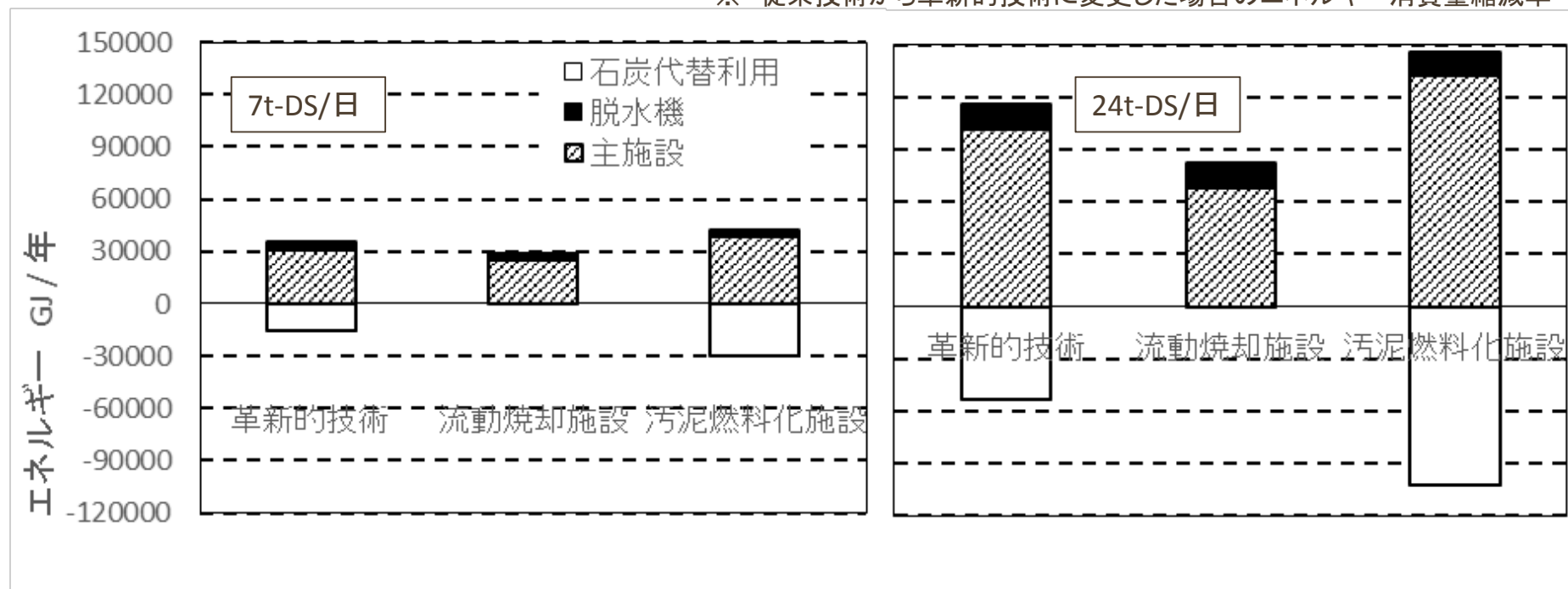
3章 導入検討

導入効果の検討結果(§ 26)

(2) エネルギー消費量の試算結果

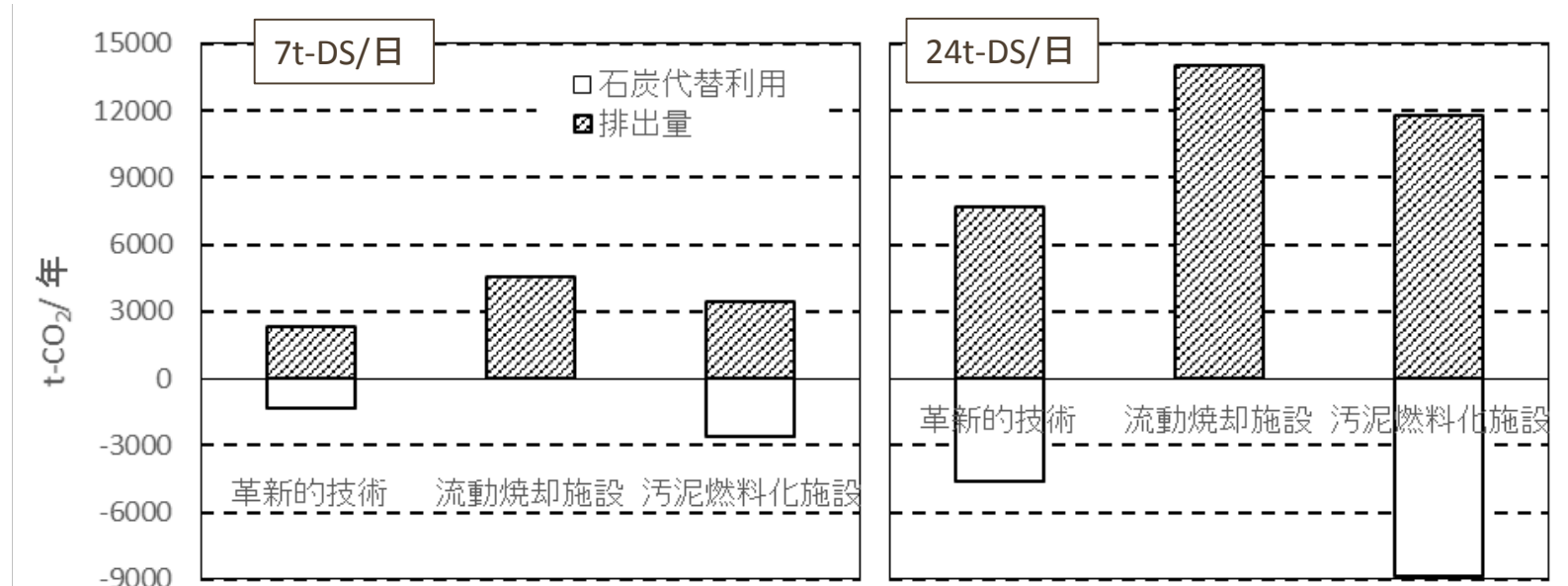
	7t-DS/日							24t-DS/日						
	エネルギー消費量 GJ/年		場内 縮減率	石炭代替 利用GJ/年	事業合計 GJ/年	事業全体 縮減率		エネルギー消費量 GJ/年		場内 縮減率	石炭代替 利用GJ/年	事業合計 GJ/年	事業全体 縮減率	
	内訳	場内合計						内訳	場内合計					
革新的技術	革新的技術	30,324	—	—	19,547	—	革新的技術	101,245	116,434	—	—	62,811	—	—
	既設脱水機	4,863					既設脱水機	15,189						
流動焼却施設	流動焼却	25,201	-21%	—	29,195	33%	流動焼却	68,237	81,932	-42%	—	81,932	23%	23%
	既設脱水機	3,994					既設脱水機	13,695						
汚泥燃料化施設	汚泥燃料化	38,551	18%	-29,989	12,684	-54%	汚泥燃料化	132,174	146,242	20%	-102,820	43,422	-45%	-45%
	既設脱水機	3,994					既設脱水機	13,695						

※ 従来技術から革新的技術に変更した場合のエネルギー消費量縮減率



(3)ライフサイクルCO₂(LC-CO₂)排出量の試算結果

	7t-DS/日			24t-DS/日		
	温室効果ガス排出量 t-CO ₂ /年		縮減率	温室効果ガス排出量 t-CO ₂ /年		縮減率
	内訳	合計		内訳	合計	
革新的技術	場内排出量	2,306	-	場内排出量	7,715	-
	石炭代替利用	-1,346		石炭代替利用	-4,615	
流動焼却施設	排出量	4,552	79%	排出量	14,037	78%
	石炭代替利用	-		石炭代替利用	-	
汚泥燃料化施設	排出量	3,441	-12%	排出量	11,799	-5%
	石炭代替利用	-2,581		石炭代替利用	-8,850	



4章 設備の設計

導入計画(§ 27～36)

基本条件の抽出

§ 28 基本条件の抽出

- ・処理量(濃縮生汚泥, 濃縮余剰汚泥)の設定
- ・汚泥症状の設定(TS,SS,VS,VSS)
- ・設計気象条件の設定(気温, 降雪量)
- ・公害防止条約の設定

基本設計

§ 29 基本フローの策定

§ 30 物質収支・熱収支の算出

§ 31 化工設計

§ 32 機器仕様の策定

§ 33 配置の検討

§ 34 処理場全体プロセスへの影響検討

§ 35 適用法令の確認

導入効果の評価

建設コスト縮減率評価

維持管理コスト縮減率評価

ライフサイクルコスト縮減率評価

温室効果ガス排出量縮減率評価

判断

NO

YES

導入計画の取りまとめ

5章 維持管理

水熱反応設備の運転管理(§ 37)

(1) プレ脱水工程

1) 運転方法

混合汚泥量および、汚泥性状に応じたポンプ、投入薬品量を調整。混合汚泥の温度管理を行う。

2) 運転管理項目

基本的に自動管理によって流量などの設定値を維持するよう制御。管理員は制御画面を確認し、流量、圧力、温度等、異常値が発生していないかを管理。

5章 維持管理

水熱反応設備の運転管理(§ 37)

(1) 水熱処理工程

1) 運転方法

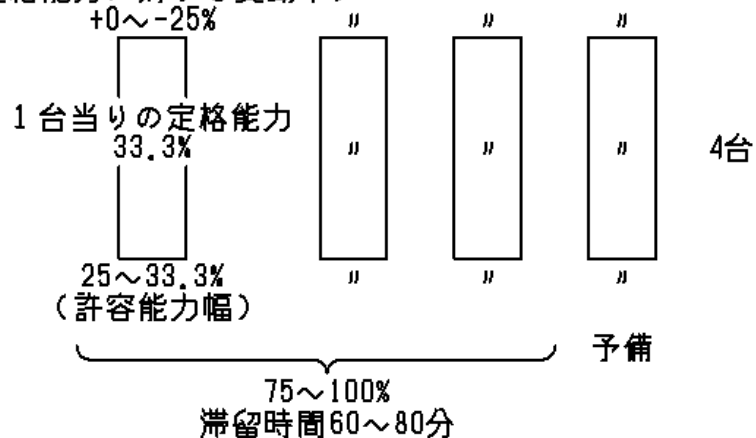
- ① 処理量変動に対する対応
- ② 水運転とローテーション管理
- ③ 水熱反応器メンテナンス, 性能検査時の対応

2) 運転管理項目

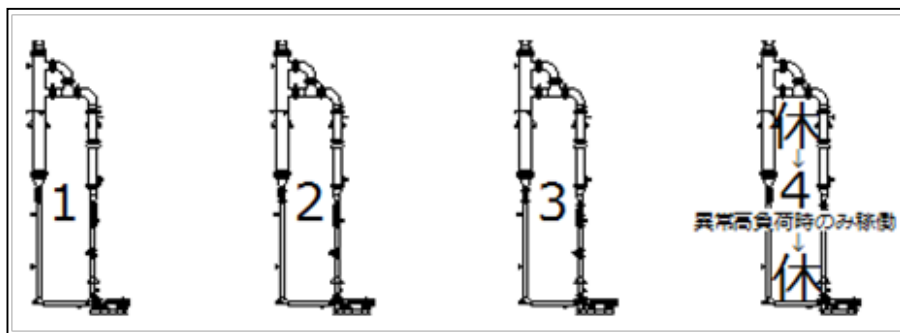
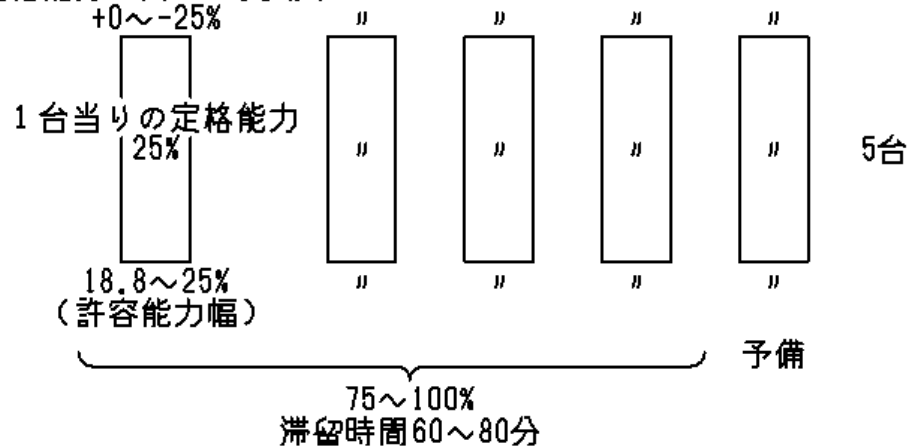
基本的に自動管理によって流量などの設定値を維持するよう制御。管理員は制御画面を確認し, 流量, 圧力, 温度等, 異常値が発生していないかを管理。

5章 維持管理

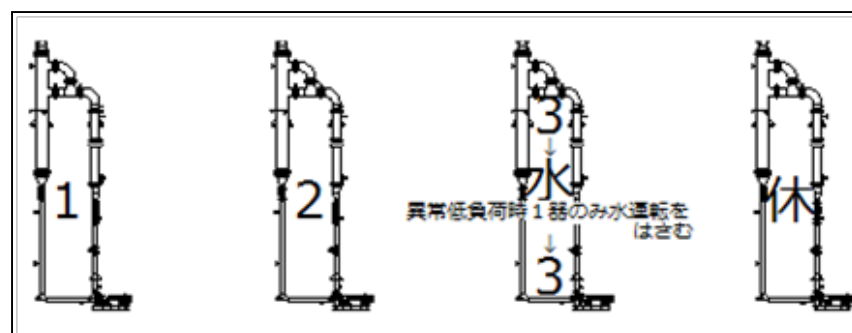
(定格能力に対する変動率)



(定格能力に対する変動率)

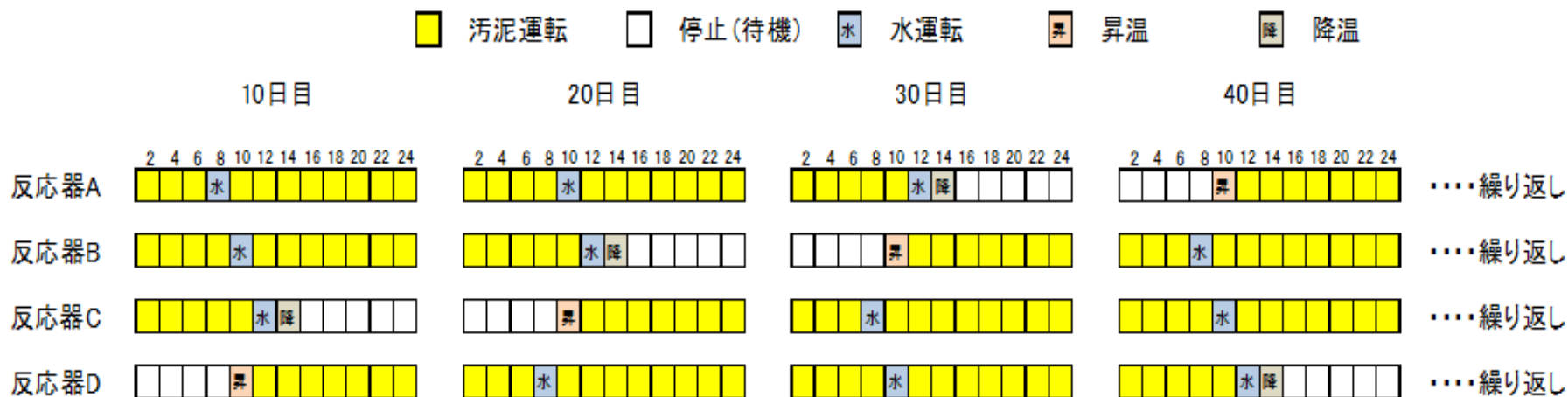


左図：100%を超える高負荷時



右図：75%を下回る低負荷時

5章 維持管理



水熱反応器は性能を維持するために、稼働する反応器は7～10日間毎にローテーションを行い、30日間程度稼働の度に7～10日間運転停止する

5章 維持管理

消化設備の運転管理(§ 39)

(1) 高速消化槽の運転管理

1) 運転管理項目

- ① 消化原料投入量
- ② 温度
- ③ 消化液pH

2) 非定常管理

- ① 有機酸濃度(VFA)
- ② Mアルカリ度(TAK)
- ③ 消化槽状態指標

(2) 消化ガス系統の運転管理

消化ガス発生量
正常値であるか確認管理

二酸化炭素, 硫化水素の濃度
の適時測定(本実証試験では週1
回程度)。

5章 維持管理

固形燃料化設備の運転管理(§ 41)

(1) 脱水工程

1) 運転管理項目

- ① 消化汚泥供給量
- ② TS濃度
- ③ 薬品添加量(高分子、ポリ鉄)
- ④ 脱水後含水率

(1) 乾燥工程

1) 運転管理項目

- ① 脱水汚泥切出し装置
電動機インバータ周波数
- ② 加熱蒸気圧力
- ③ 乾燥機内部温度
- ④ 乾燥機出口固形燃料含水率

5章 維持管理

設備全体の保守点検(§ 38、§ 40、§ 42)

- (1) 法対応・・・「ボイラー及び圧力容器安全規則」の適用機器は毎年性能検査を受検する。
- (2) 定期計画保全・・・個別機器毎に保全項目を抽出し、劣化・消耗による交換周期や清掃整備周期を定める。
- (3) 日常点検・・・潤滑油やグリスの給油・給脂、異常兆候(微少漏れ, 異音, 振動)の有無確認

5章 維持管理

災害時の対応・対策(§ 43)

(1) 固形燃料保管時の発火防止

運搬・貯蔵する際の水分管理, 温度管理, 可燃性ガス濃度管理等の対策を施す。

(2) 火災・爆発

可燃性検知器の設置(LPG用, メタン用), 常時強制換気, 火気使用を厳禁する等

(3) 熱傷

水熱反応系の高温高圧部フランジはトルク管理を行い高温蒸気の漏洩を防ぐ

(4) 薬傷

取り扱いの際には指定保護具の着用

(5) ガス中毒, 酸素欠乏

労働安全衛生法や「化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン(厚生労働省発行)」に準拠。

資料編 実証試験結果

実証試験の概要

研究名称：「温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証研究」

実施者：三菱長崎機工株式会社・長崎市・長崎総合科学大学

実施場所：長崎県長崎市東部下水処理場

実施期間：平成24年6月～平成26年3月

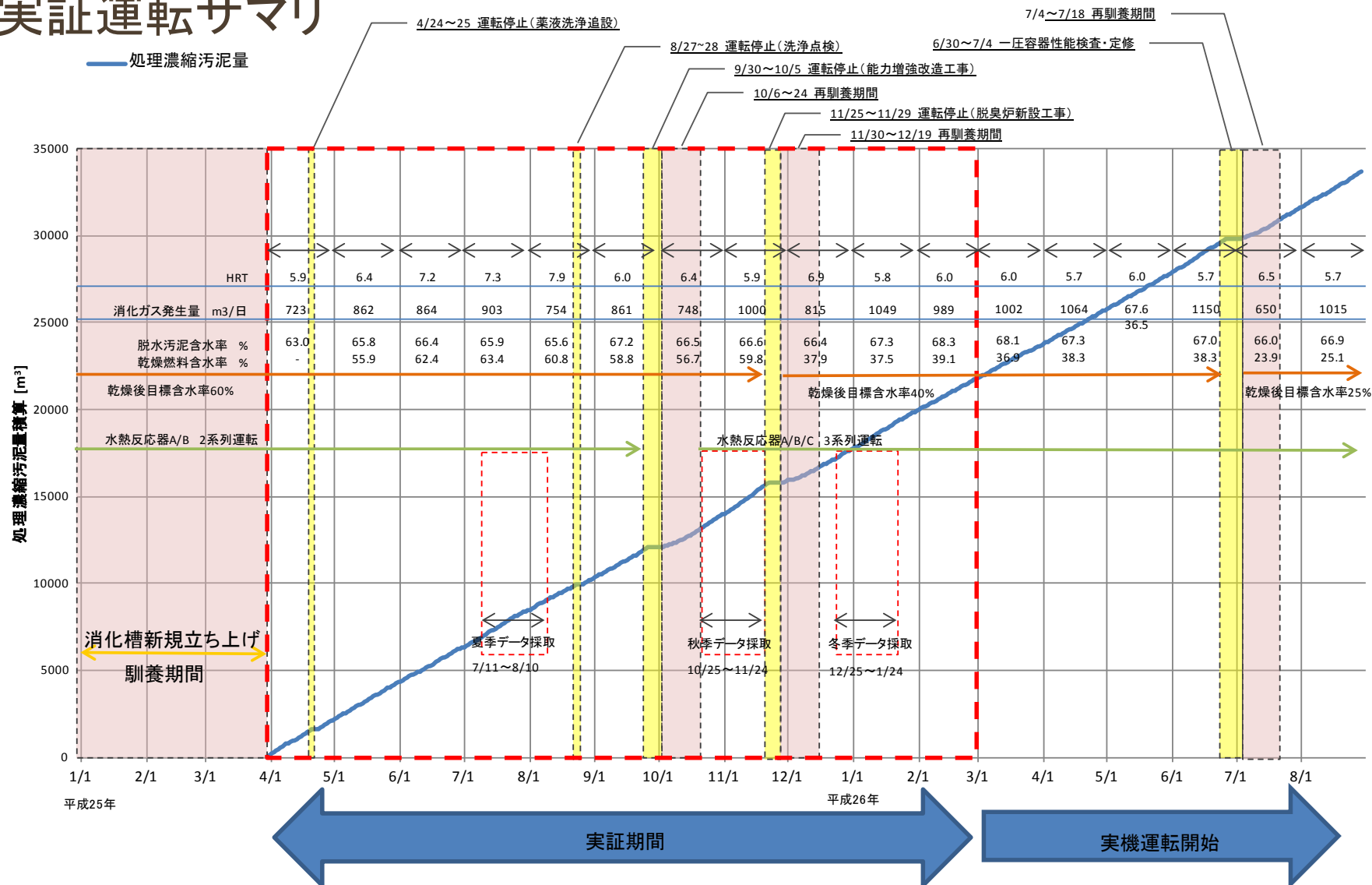
実証規模：発生する濃縮汚泥79 m³/日(2370 m³/月)を全量処理できる規模

実施目的：水熱反応技術および高速消化槽を用いて固形燃料を製造し、
大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果等に関する
実証研究を実施



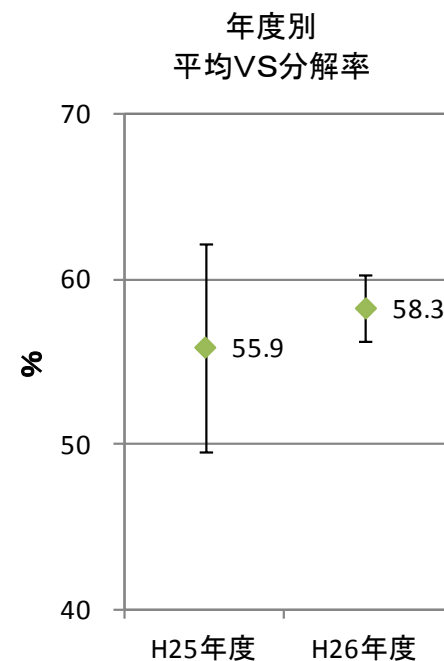
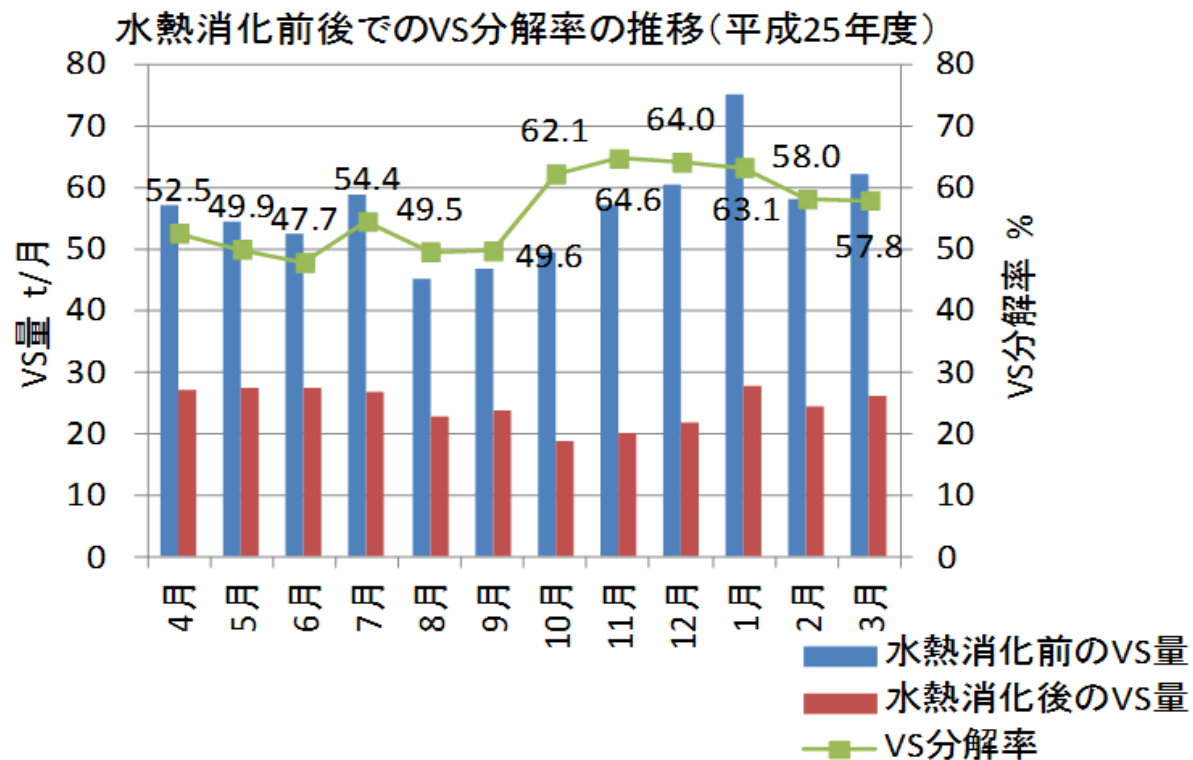
資料編 実証試験結果

実証運転サマリ



資料編 実証試験結果

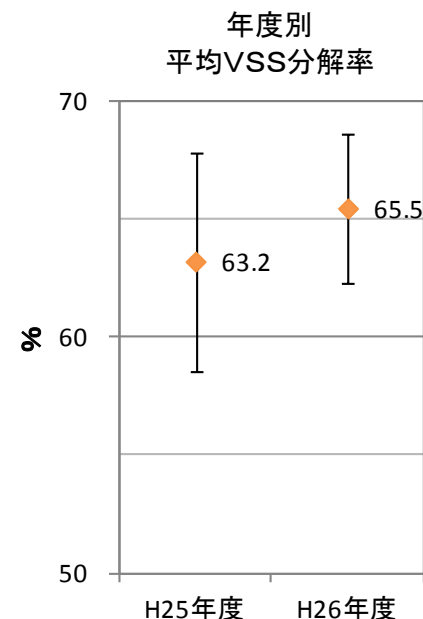
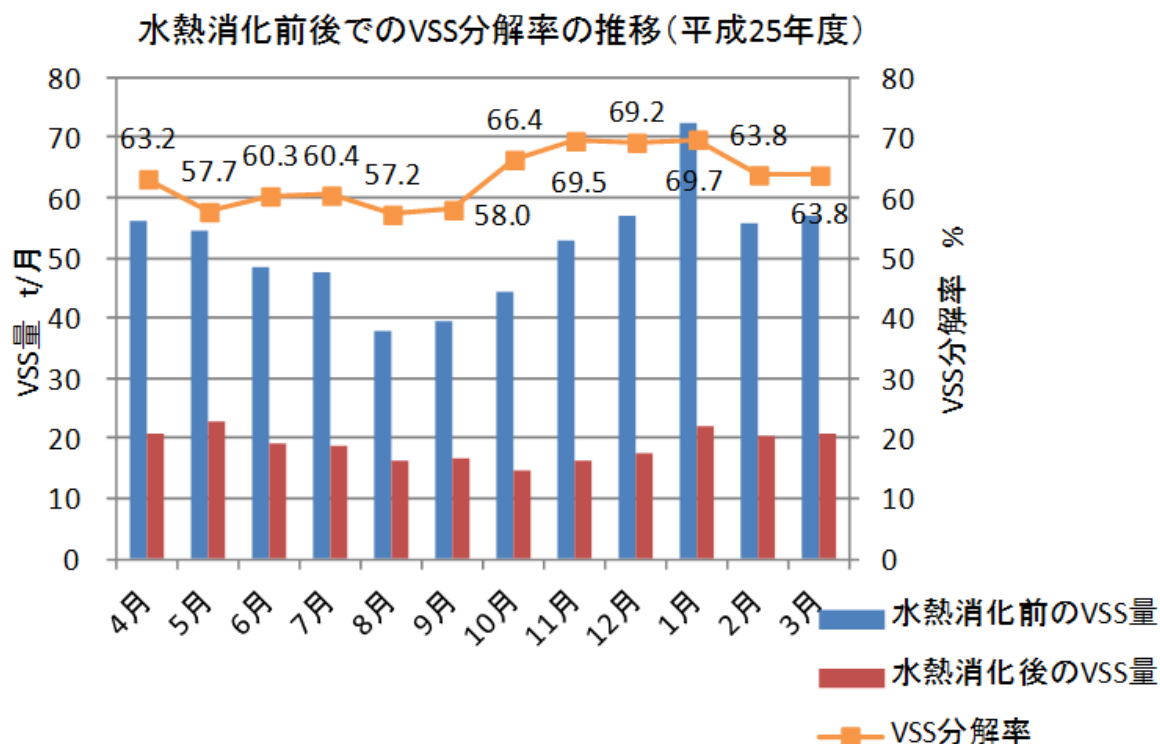
水熱・消化工程(VS分解率)



水熱消化後のVS分解率は平均して55.9%であった。

資料編 実証試験結果

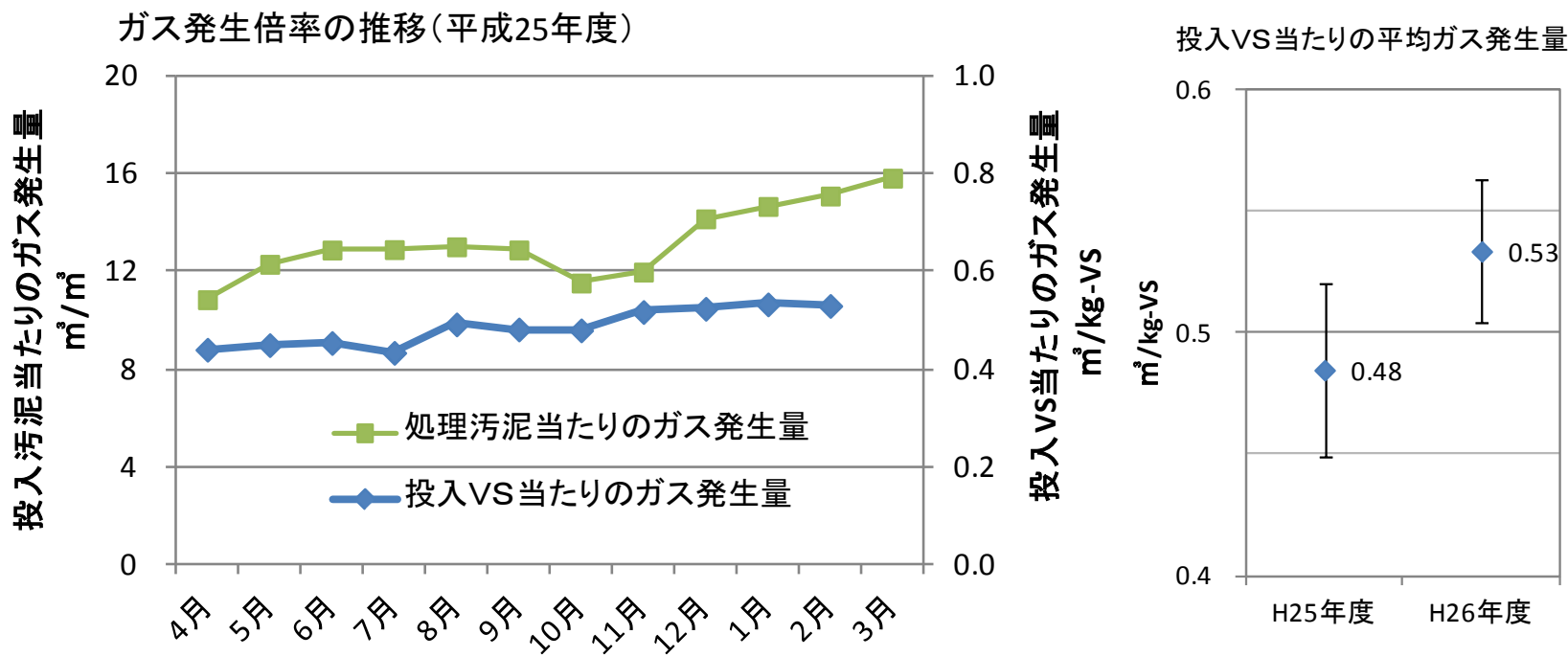
水熱・消化工程(VSS分解率)



水熱消化後のVSS分解率は平均して63.5%であった

資料編 実証試験結果

消化ガス発生量

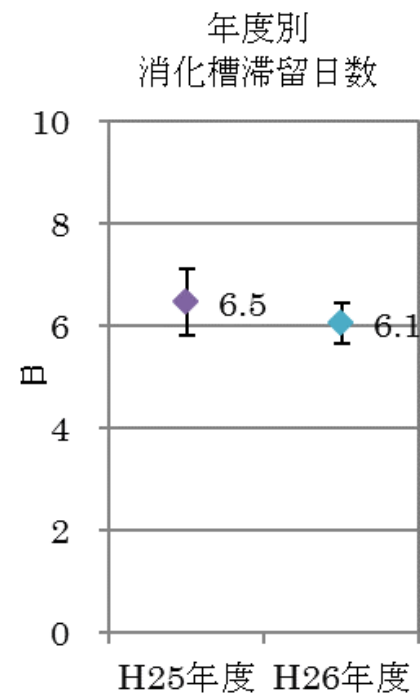
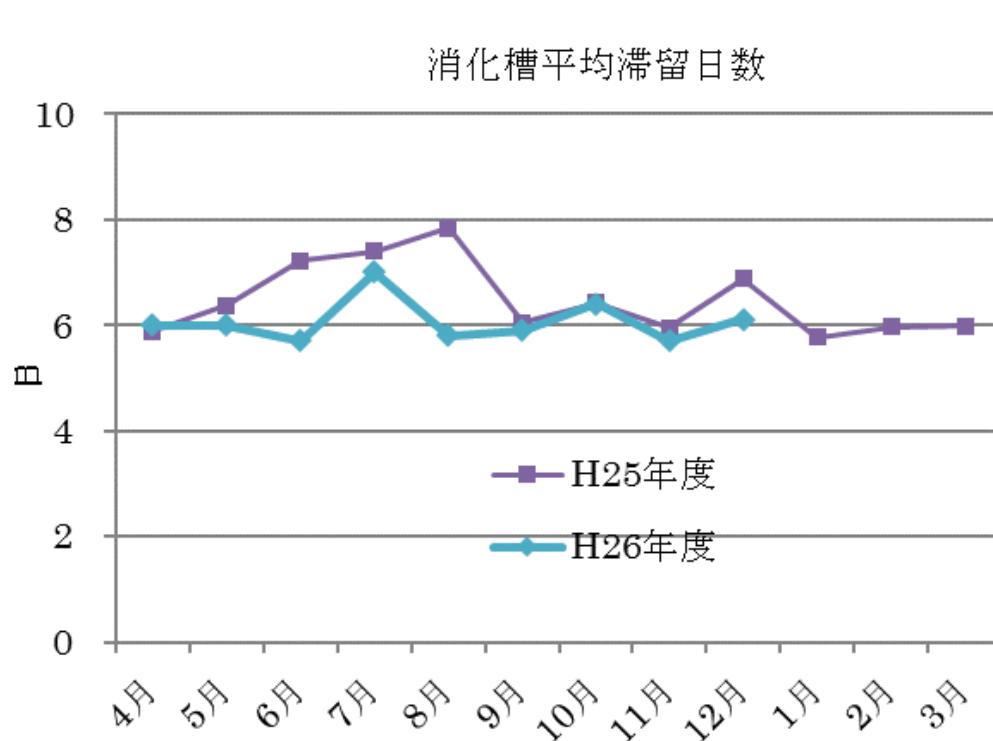


	夏季	秋季	冬季	平均
高速消化槽投入VS当りの 消化ガス発生量 m^3/kg	0.47	0.47	0.50	0.48

消化ガスの発生倍率は $0.48 \text{ m}^3/\text{kg-VS}$ であった。
試算には、3季平均を用いた。

資料編 実証試験結果

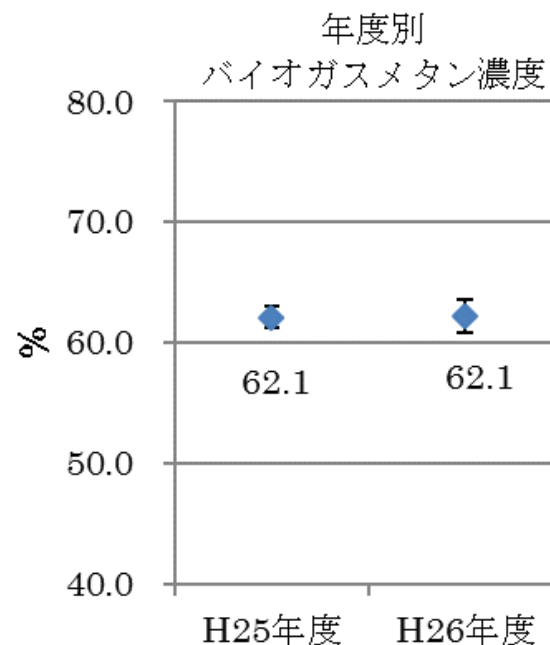
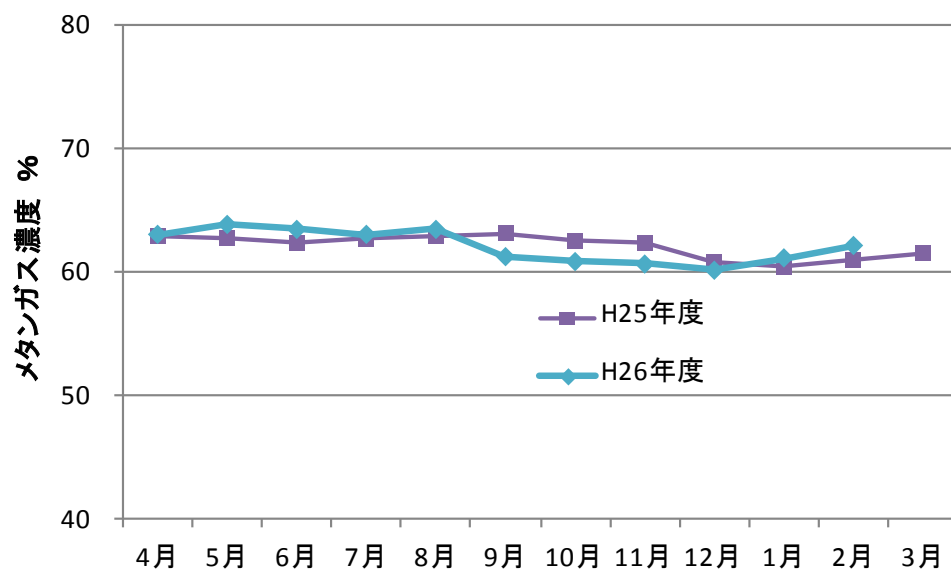
高速消化槽滞留日数



設計滞留日数5日に対して、流入汚泥量が少なかったため
年間平均滞留日数は6日であった。

資料編 実証試験結果

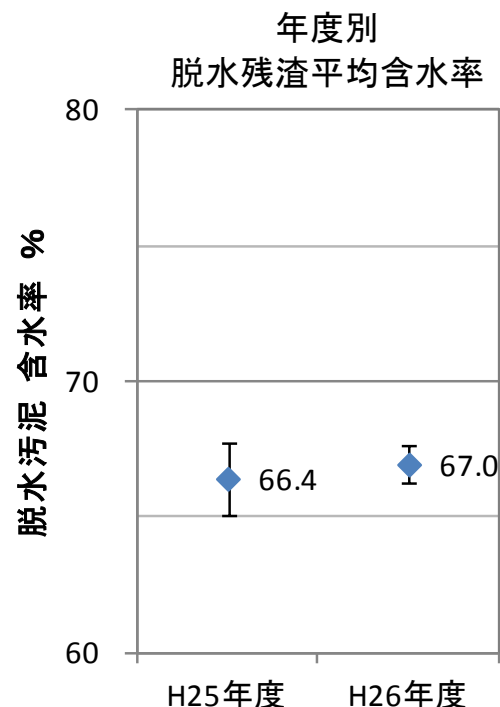
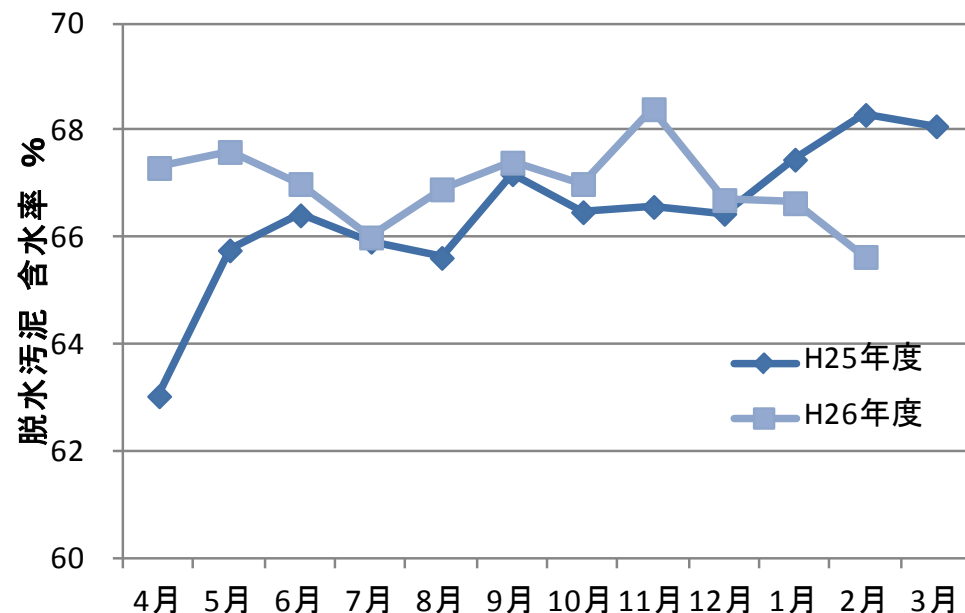
バイオガスメタン濃度



年間平均メタンガス濃度は62.1%であり、安定していた。

資料編 実証試験結果

脱水汚泥の含水率

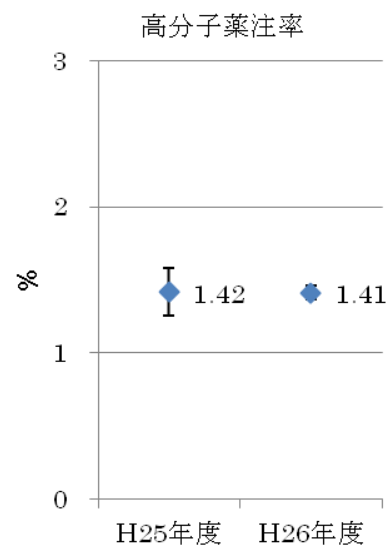
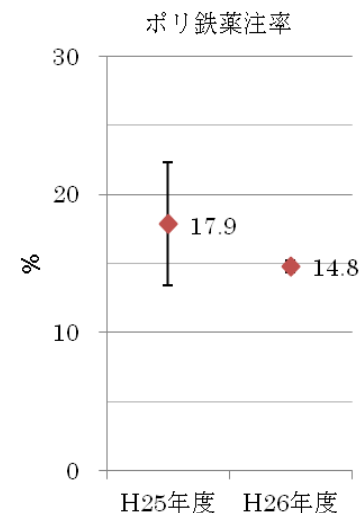
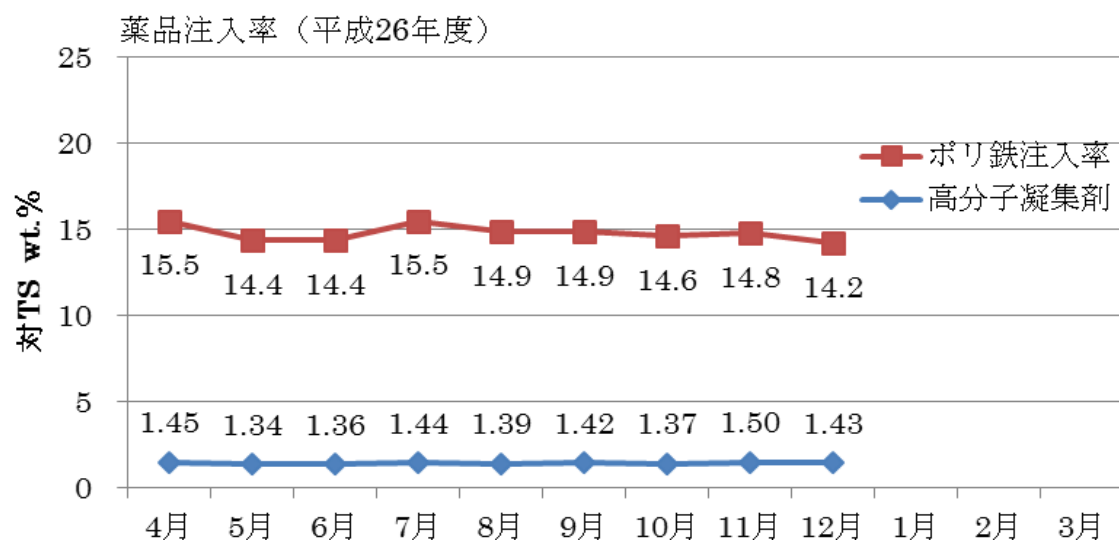
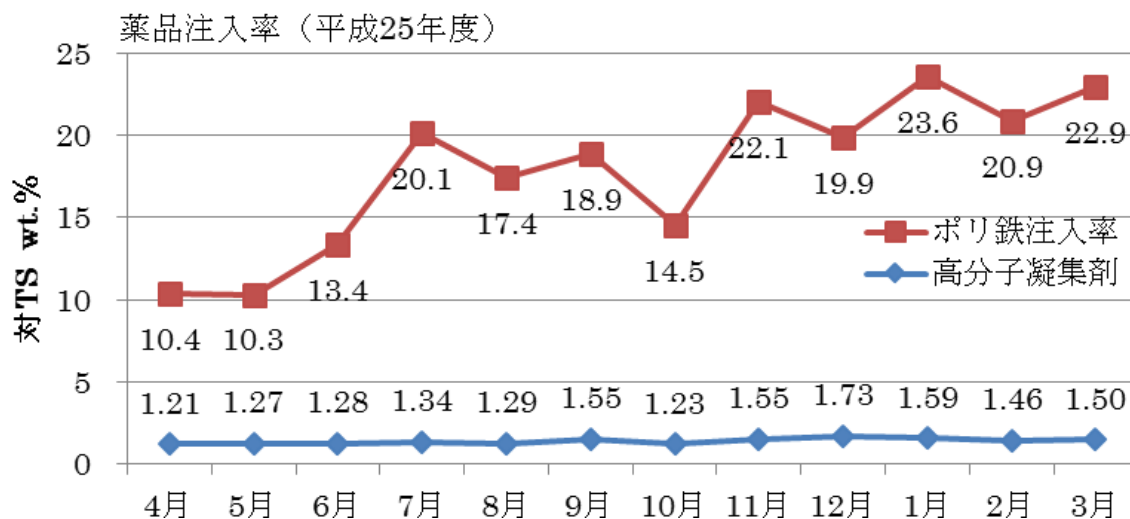


		夏季	秋季	冬季	平均
脱水汚泥含水率	%	65.7	66.2	66.8	66.2

脱水汚泥の含水率は平均66.4%であった。
試算には3季節平均66.2%を使用した。

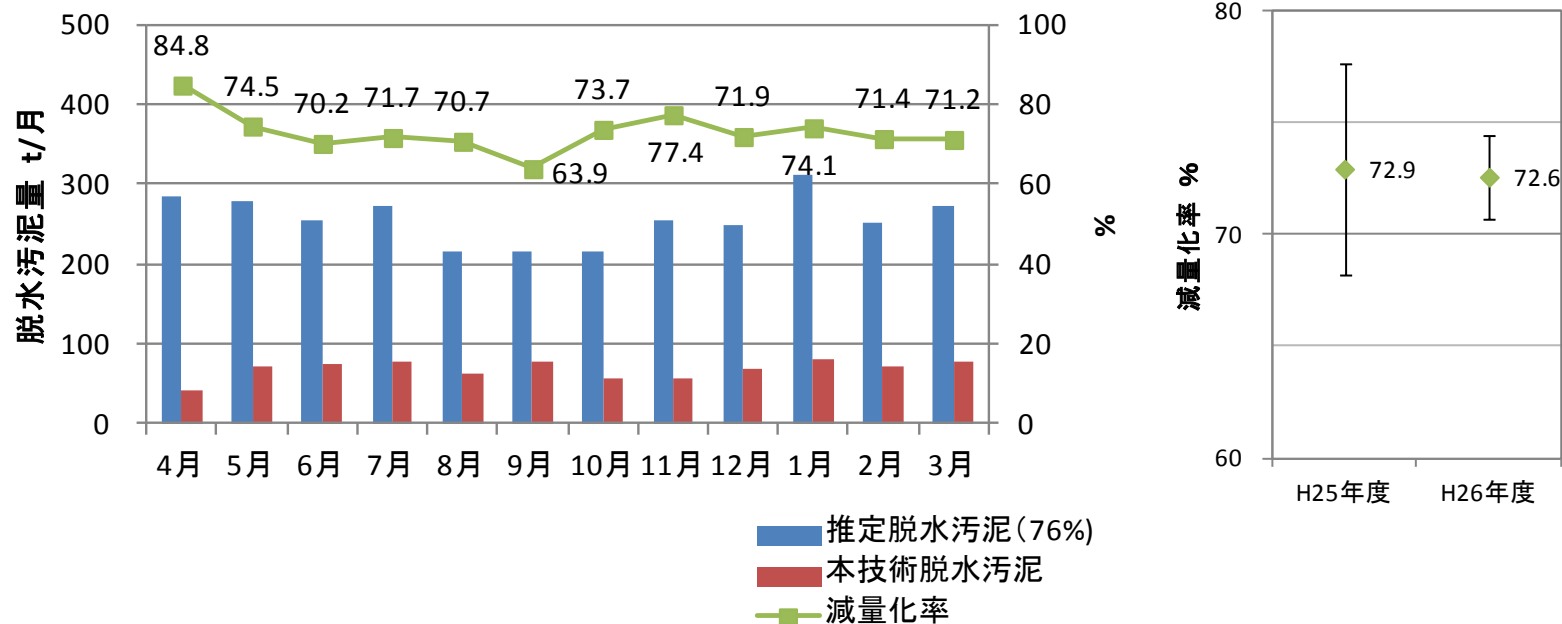
資料編 実証試験結果

薬品注入率



資料編 実証試験結果

脱水汚泥量の比較



従来脱水汚泥量(処理DS量から含水率76%で試算)と比較して平均減量化率は72.9%であり、発生汚泥量は1/3～1/4となった。

資料編 実証試験結果

実証遠心脱水機を使用した脱水試験

水熱消化汚泥の脱水試験結果

	処理量 m ³ /h	濃度 TS%	濃度 SS%	高分子添加 対TS%	ポリ鉄添加 対TS%	脱水ケーキ 含水率%	固形物 回収率%
条件1	2.4	1.8	1.3	1.32	17.3	64.2	96.1
条件2	3.0	1.5	1.0	1.67	17.4	66.2	98.6
条件3	4.0	1.4	1.0	1.63	22.4	64.1	97.3

混合汚泥の脱水試験結果

	処理量 m ³ /h	濃度 TS%	濃度 SS%	高分子添加 対TS%	ポリ鉄添加 対TS%	脱水ケーキ 含水率%	固形物 回収率%
条件1	2.4	2.85	2.73	0.44	4.3	79.2	97.1
条件2	3.0	2.83	2.31	0.61	4.4	80.1	97.5
条件3	4.0	2.83	2.31	0.61	4.4	80.8	96.7

資料編 実証試験結果

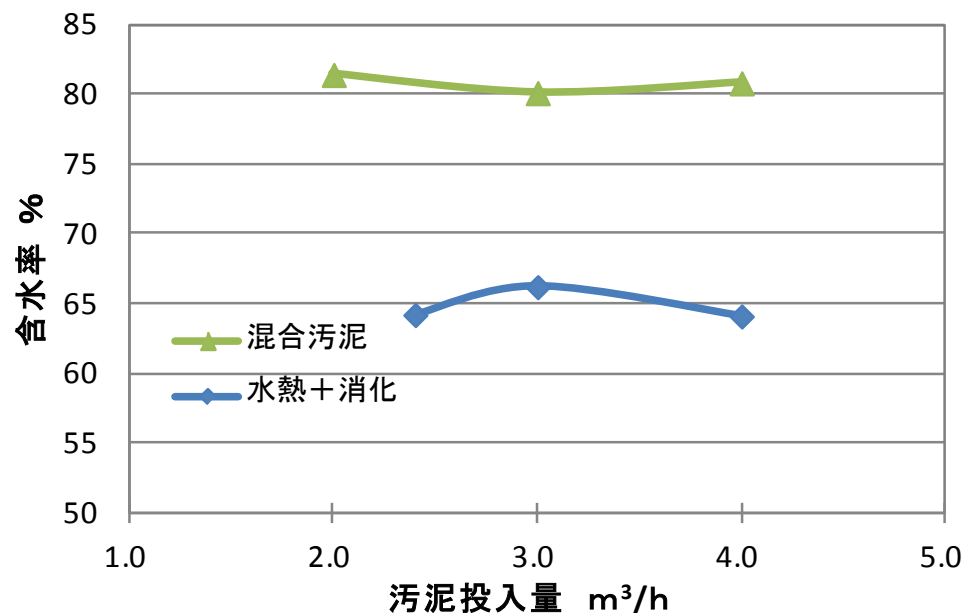
実証遠心脱水機を使用した脱水試験



直接脱水汚泥



本技術脱水汚泥



直接脱水した混合汚泥の80%程度に比べ含水率が12～16%程度低い結果となった。

資料編 実証試験結果

スクリープレス脱水機を使用した脱水試験

水熱消化汚泥の脱水試験結果

		2013.5			2014.1				
汚泥濃度	%	1.68～1.70			1.25～1.43				
強熱減量(VTS)	%/TS	77.5～78.5			75.9～77.3				
繊維状物100メッシュ	%/TS	12.7～14.9			10.8～13.6				
ホリ鉄注入率	%/TS	27.8	28.4	30.2	26.3	22.7	23.6	36.3	23.6
高分子注入率	%/TS	1.3	1.3	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	2.2
スクリー回転数	min ⁻¹	0.5	0.75	1.0	0.25	0.5	1.0	1.0	1.0
処理流量	m ³ /h	2.9	4.1	5.4	2.4	4.1	5.5	5.1	6.5
処理量(TS)	kg-ds/h	49.1	69.1	91.3	28.8	54.5	72.7	69.3	78.5
ケーキ含水率	%	53.5	56.0	58.2	58.0	61.6	66.8	66.0	61.3
固形物回収率(SS)	%	97.3	97.3	99.2	90.1	90.1	90.3	95.7	90.7

資料編 実証試験結果

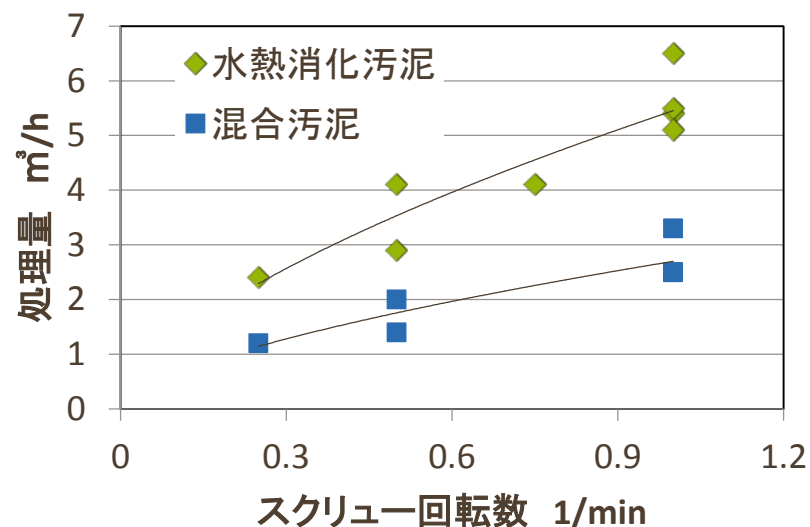
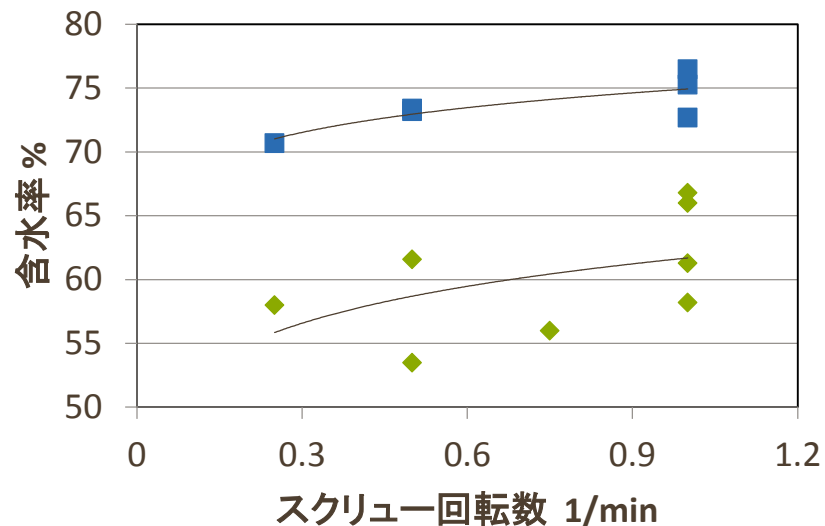
スクリープレス脱水機を使用した脱水試験

混合汚泥の脱水試験結果

		2013.5			2014.1		
汚泥濃度	%	2.61			3.07～3.11		
強熱減量(VTS)	%/TS	86.3			87.4～87.9		
繊維状物100メッシュ	%/TS	25.9			27.8～29.4		
ホリ鉄注入率	%/TS	0.0			0.0	0.0	10
高分子注入率	%/TS	1.0			1.0	1.0	1.0
スクリー回転数	min ⁻¹	0.25	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0
処理流量	m ³ /h	1.2	2.0	3.3	1.4	2.5	2.5
処理量(TS)	kg-ds/h	31.1	51.3	85.5	40.4	72.7	76.6
ケーキ含水率	%	70.7	73.2	76.5	73.4	75.3	72.7
固形物回収率(SS)	%	99.2	99.2	99.2	94.4	94.2	94.5

資料編 実証試験結果

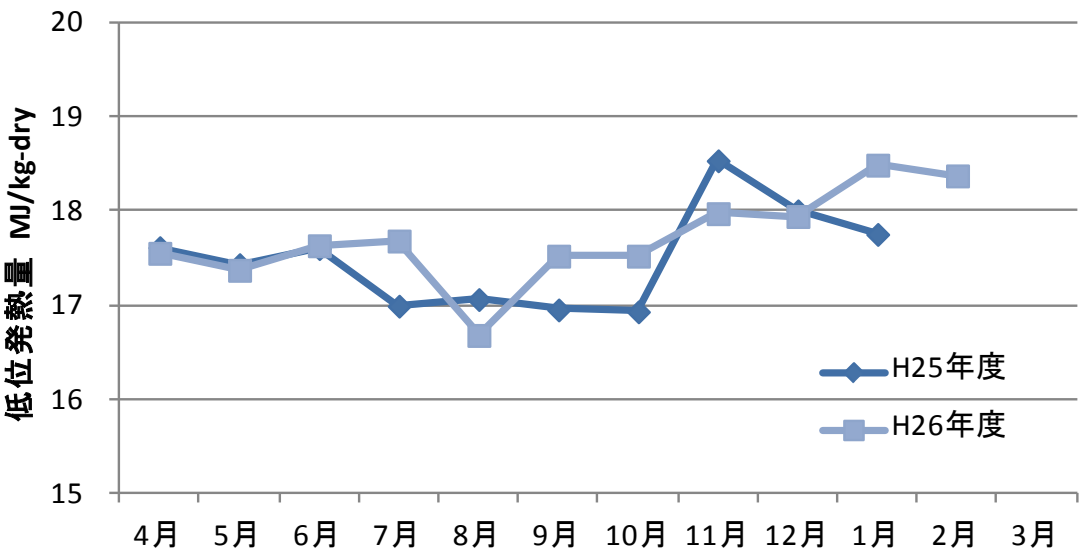
スクリープレス脱水機を使用した脱水試験



スクリー回転数を固定して比較した。
含水率は15%程度低い結果となり、
処理汚泥量は増加させることが可能であった。

資料編 実証試験結果

固形燃料の発熱量



試料種別		固形燃料		
試料名		夏季	秋季	冬季
高位発熱量 (MJ/kg)	無水ベース	18.3	19.9	19.3
低位発熱量 (MJ/kg-dry)	無水ベース	17.0	18.5	18.0
有効発熱量 (MJ/kg-wet)	湿潤ベース※1	9.3	10.2	9.9

平均有効発熱量
9.8MJ/kg-wetを保有。
試算には、本処理場の
混合汚泥の有機分率が高
い事を考慮し
9.3 MJ/kg-wetを用いた。

※1 40%含水ベース

資料編 実証試験結果

固形燃料の肥料利用



肥料なし 肥料として利用

チンゲンサイ肥育試験

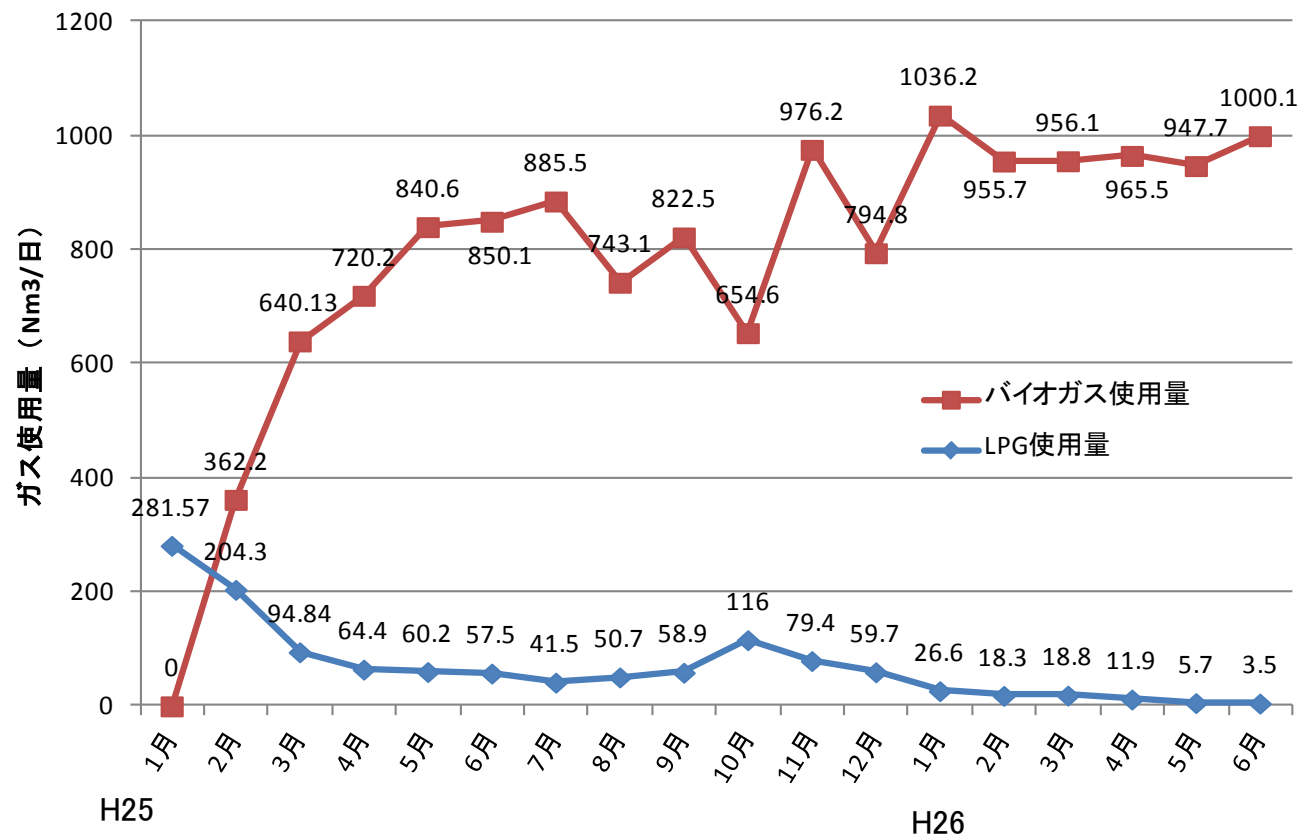
肥料種別	試験区	9日目 発芽率 (%)	21日目 生体重 (g)	生体重 指数 (%)
固形燃料	基準量区	98	8.5	159.0
	2倍量区	98	8.2	153.0
	3倍量区	100	8.7	163.0
	4倍量区	100	9.3	175.0
無機基礎量区		100	5.3	100.0

※日本肥料検定協会による

固形燃料には肥料効果があることを確認した。

資料編 実証試験結果

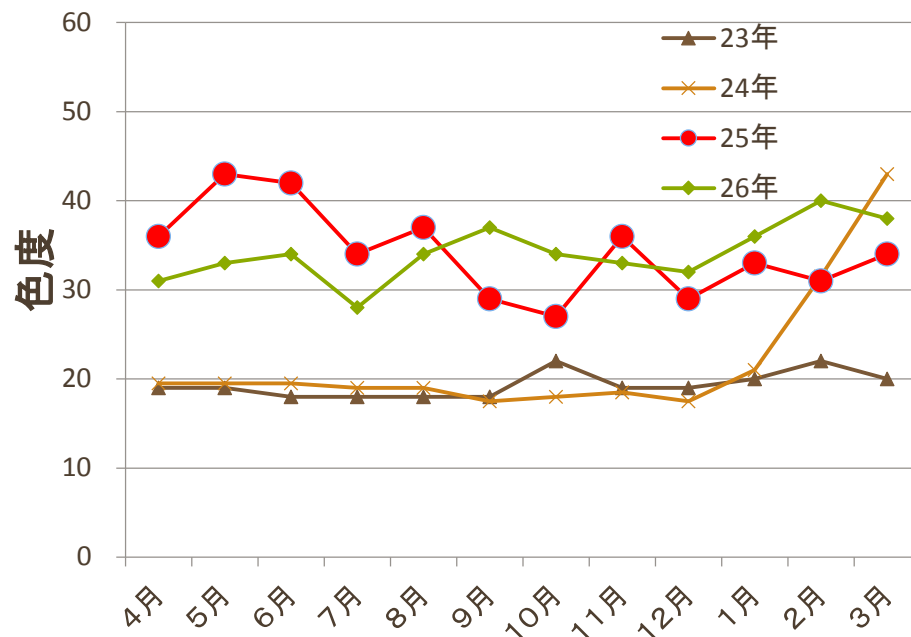
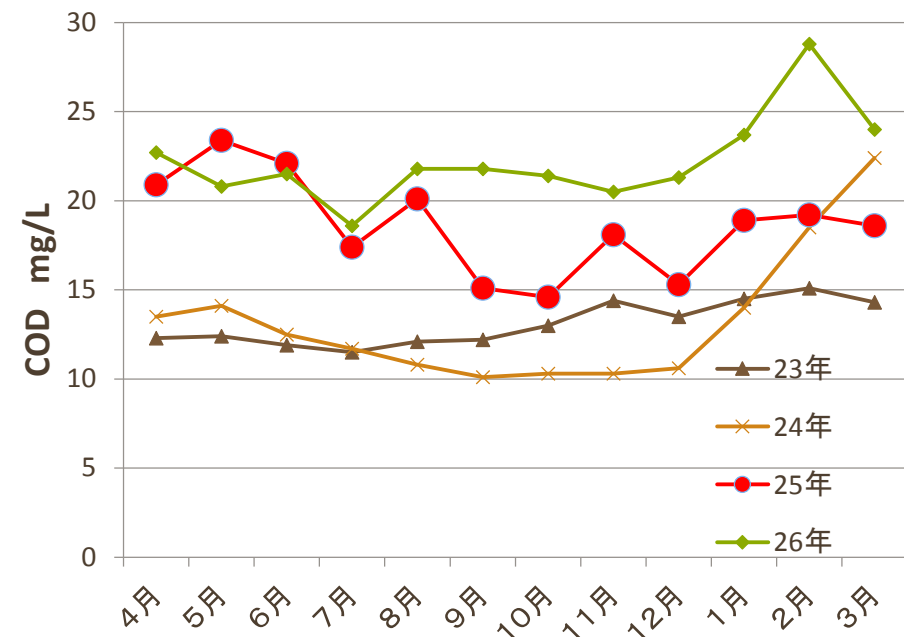
水熱反応器における燃料使用量実績値



定格での汚泥投入を開始した12月以降、LPGをほとんど使用していない。

資料編 実証試験結果

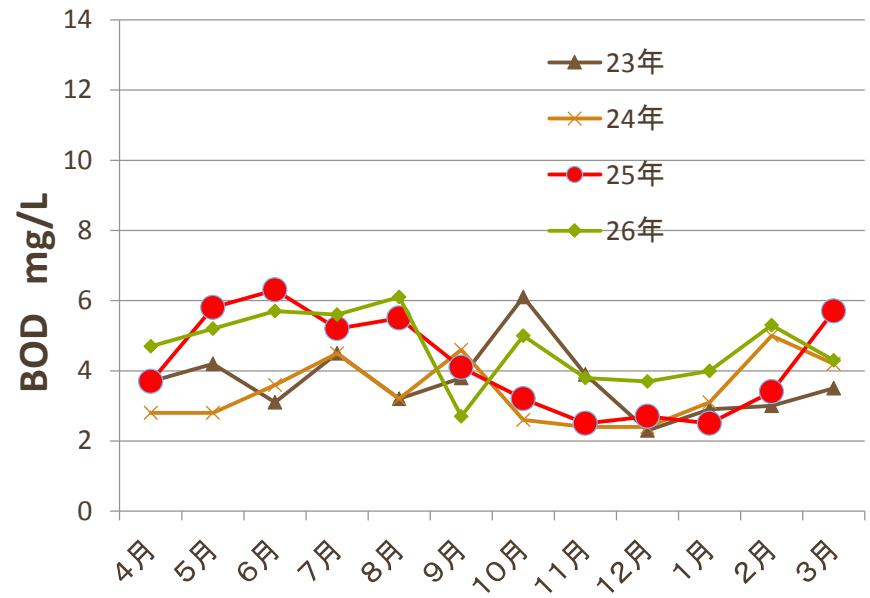
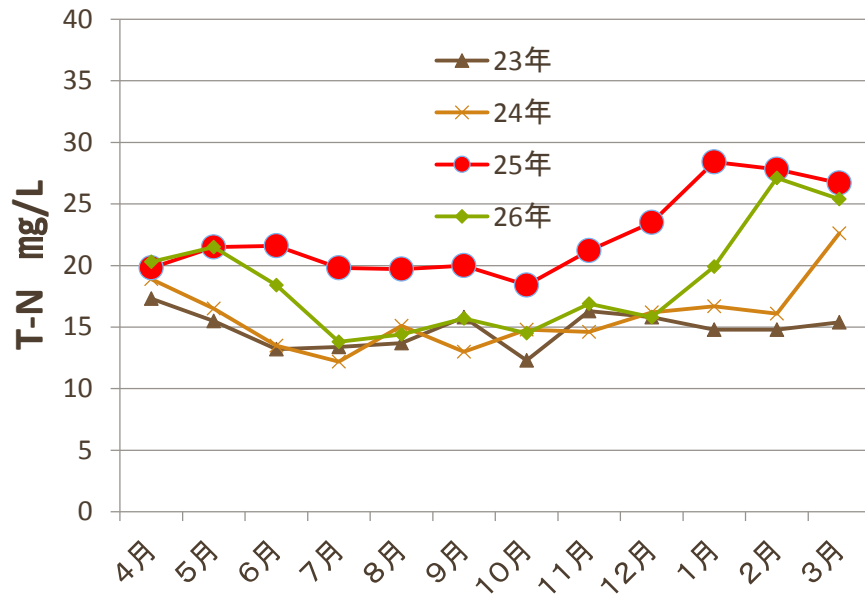
返流水による水処理系への影響(放流水水質)



実証施設を導入することで、窒素, COD, 色度が若干上昇した。それ以外の水質項目(全リン, BOD,)については例年通りの値で, 本実証施設導入によって処理水質に顕著に影響はなかった。

資料編 実証試験結果

返流水による水処理系への影響(放流水水質)



実証施設を導入することで、窒素, COD, 色度が若干上昇した。それ以外の水質項目(全リン, BOD,)については例年通りの値で、本実証施設導入によって処理水質に顕著に影響はなかった。

ご清聴ありがとうございました