資　料　編

Ⅰ．実証試験 87
Ⅰ－１．実証研究の概要 87
（１）実証研究概要 87
（２）実証試験概要 88
Ⅰ－２．実証研究結果 93
（１）無動力撹拌式消化槽 93
（２）高効率加温設備 100
（３）SOFC 設備 114
Ⅱ．簡易算定式 119
Ⅲ．参考資料 133
Ⅳ．日平均水量 30,000㎥の処理場検討例 143
Ⅴ．加温設備更新に関する総費用(年価換算値)の縮減効果 155
Ⅵ．消化設備新設に関する総費用(年価換算値)の縮減効果 160
Ⅶ．機器仕様書 166
（１）無動力撹拌式消化槽 166
（２）可溶化装置 169
（３）バイオガス燃料 SOFC 174
Ⅷ．問い合わせ先 176

Ⅰ．実証試験

Ⅰ－１．実証研究の概要

（１）実証研究概要

１）研究名称

高効率消化システムによる地産地消エネルギー活用技術の実用化に関する実証研究

２）実施者

三菱化工機株式会社、九州大学、日本下水道事業団、唐津市　共同研究体

３）実証期間

平成 29 年 7 月 10 日～平成 31 年 3 月 29 日

４）実施場所

ⅰ）自治体名：佐賀県唐津市

ⅱ）処理場名：唐津市浄水センター

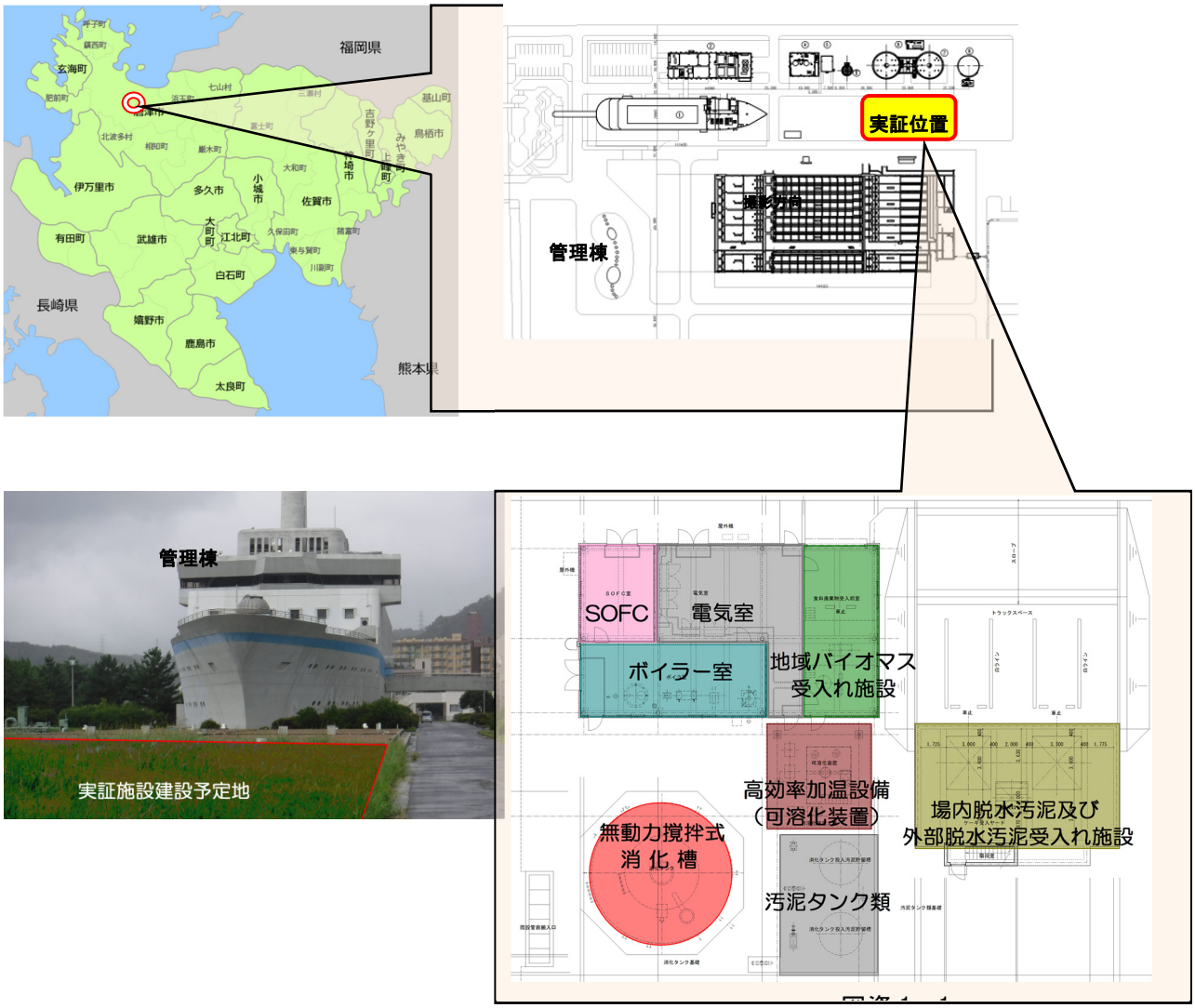
ⅲ）現在の稼働状況

・水処理方式：標準活性汚泥法

・汚泥処理法：機械濃縮→中温消化→脱水→堆肥化

・現有水処理能力：日最大 33,000m^3/日　（4 系列）

実証試験設備の設置場所を**図資 1.1　実証施設設置場所**に示す。



図資 1.1　実証施設設置場所

（２）実証試験概要

１）処理対象

唐津市浄化センターの水処理から排出される濃縮汚泥を対象とした。

２）処理能力

実証試験設備の設計条件を**表資 1.1** に示した。実証施設規模として、濃縮汚泥 25m³/日以上とした。

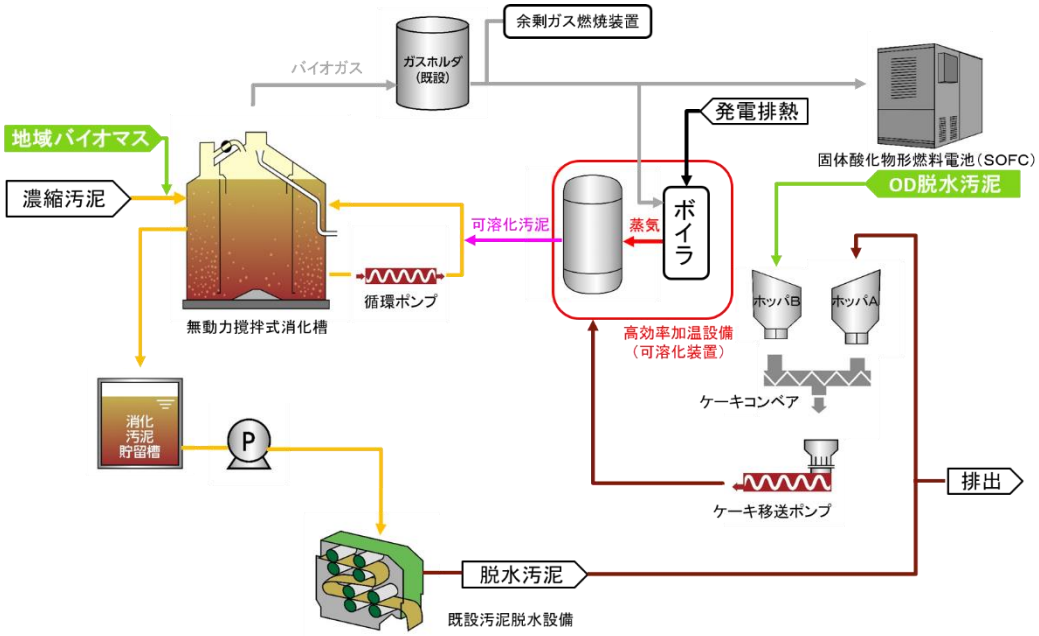
消化槽の処理能力が 25m³/日（下水汚泥+地域バイオマス）、可溶化装置の処理能力 2.5t/日（脱水汚泥）及び固体酸化物形燃料電池の発電量が 9.9kW の設備である。

表資 1.1　設備設計条件

設備・機器名	設計条件	
消化タンク	汚泥処理量	25m³/日　固形物量 0.88t/日
	投入汚泥性状	TS　3.5%　VS　80%
	消化日数	20 日
	温度	35～40℃（中温消化）
高効率加温設備	処理量	3.4t/日　（消化脱水汚泥　2.5t/日、外部 OD 汚泥 1.0t/日）
	汚泥性状	固形分濃度 23%　　VS 63%
	可溶化投入率	0.4～0.6
	可溶化時間	30 分
	可溶化温度	160～170℃
	運転時間	6 時間/日
固体酸化物形燃料電池	バイオガス量	75Nm³/日
	メタン濃度	60%
	発電量	9.9kW
	発電効率	48～50%
脱水設備	汚泥量	27.2m³/日　　固形物量 0.74t/日
	汚泥性状	固形物濃度 2.72%　VS 70%
	含水率	78.5%
蒸気ボイラ	バイオガス量	126Nm³/日
	加温熱量	2,300MJ/日
	ボイラ効率	85%

３）実証試験設備フロー

実証試験設備のフローは**図資 1.2** に示すとおりである。濃縮汚泥、地域バイオマスを無動力撹拌式消化槽に受け入れて消化を行う。消化槽で消化された消化汚泥は消化汚泥貯留槽に貯め、既設のベルトプレス型汚泥脱水設備に送る。脱水された汚泥は、一部を系外に排出し、他はホッパに貯留した後、OD 脱水汚泥とともに高効率加温設備に投入する。ここで改質された可溶化汚泥は無動力撹拌式消化槽に投入し、加温を行うとともに再度消化を行う。一方、無動力撹拌式消化槽で発生したバイオガスは、既設のガスホルダに貯留した後、固体酸化物形燃料電池（SOFC） に燃料として供給し、発電を行う。



図資 1.2　実証施設フローシート

4）実証設備仕様

実証設備の仕様を**表資 1.2　実証設備仕様**に示す。

表資 1.2　実証設備仕様

機器名称	形　式	仕　様	数量	備考
消化槽	無動力撹拌式	500m^3	1	鋼板製
消化槽補助ブロワ	ルーツブロワ	3.7kW	1	
消化タンク投入汚泥貯留槽	円筒縦型	20m^3　撹拌機 2.2kW	1	
消化汚泥投入ポンプ	一軸ネジポンプ	5.5kW	1	
消化汚泥引抜ポンプ	無閉塞汚泥ポンプ	5.5kW	1	
消化汚泥貯留槽	円筒縦型	20m^3　撹拌機 1.5kW	1	
汚泥供給ポンプ	一軸ネジポンプ	5.5+0.1kW	1	既設流用
汚泥脱水機	ベルトプレス脱水機	ろ布3m幅　2.4kW	1	既設流用
ケーキホッパ	スクリュー切出式	場内汚泥用15m^3	1	
ケーキホッパ	スクリュー切出式	外部汚泥受入れ用6m^3	1	
ケーキ移送ポンプ	一軸ネジポンプ	5.5+1.5kW	1	
可溶化装置	円筒縦型圧力容器	0.7m^3/hr	1	一圧機器
加温用ボイラ	貫流式蒸気ボイラ	0.5t/hr　1.6kW	1	
高効率燃料電池	固体酸化物形燃料電池	発電量9.9kW	1	

５）実施工程

実証研究の全体工程を**表資 1.3** に示す。

表資 1.3　実証研究工程

◆H29年度スケジュール

実績

区分		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
無動力撹拌式消化槽	設計・製造												
	現地工事												
	実証試験												
高効率加温設備(可溶化装置)	設計・製造												
	現地工事												
	実証試験												
固体酸化物形燃料電池（ＳＯＦＣ）	設計・製造												
	現地工事												
	実証試験												
FSおよび報告書取りまとめ													
検討会・委員会									検討会	現地説明会		検討会	評価委員会

◆H30年度スケジュール（投入汚泥）

実績

実証計画	H30年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H31年1月	2月	3月
①濃縮汚泥のみ															
②濃縮汚泥＋地域バイオマス															
③濃縮汚泥＋外部OD汚泥															
④濃縮汚泥＋外部OD汚泥＋地域バイオマス															
FSおよび報告書取りまとめ															
検討会・委員会										検討会	現地説明会	検討会	検討会	評価委員会	

６）実証試験条件

本実証設備における下水汚泥のみを処理するときの実証試験条件を**表資 1.4** に示す。消化槽の処理能力が 25m³/日、可溶化装置の処理能力 2.5t/日（脱水汚泥）及び固体酸化物形燃料電池の発電量が 9.9kW の設備である。

表資 1.4　実証試験条件

設備・機器名	実証試験条件（計画値）	
無動力撹拌式消化槽	消化槽容量	500m³×1槽
	消化日数	20日
	温度	35～40℃（中温消化）
高効率加温設備（可溶化装置）	処理量	脱水汚泥：3.4t/日 （消化脱水汚泥：2.5t/日・外部OD汚泥：0.9t/日）
	汚泥性状	・消化脱水汚泥　TS：23%　VTS：63% ・外部OD汚泥　TS：15%　VTS：80%
	可溶化投入率	0.5（消化脱水汚泥分のみ）
	可溶化時間	30分
	可溶化温度	160～170℃
	運転時間	6時間/日
固体酸化物形燃料電池（SOFC）	バイオガス量	75Nm³/日
	メタン濃度	58～60%
	発電能力	9.9kW
	発電効率	48～50%
蒸気ボイラ	バイオガス量	126Nm³/日
	加温熱量	2,300MJ/日
脱水設備（既設BP脱水機）	汚泥処理量	27.2m³/日　固形物量：0.74t/日
	汚泥性状	TS：2.72%　VTS：70%

投入汚泥他	汚泥性状他	
濃縮汚泥	TS：	3.5%
	VTS：	80%
消化脱水汚泥（可溶化）	TS：	23%
	VTS：	63%
外部OD汚泥	TS：	15%
	VTS：	80%
地域バイオマス（食品残渣）	TS：	15%
	VTS：	90%

Ⅰ－2. 実証研究結果

（１）無動力撹拌式消化槽

１）消化槽消費電力量

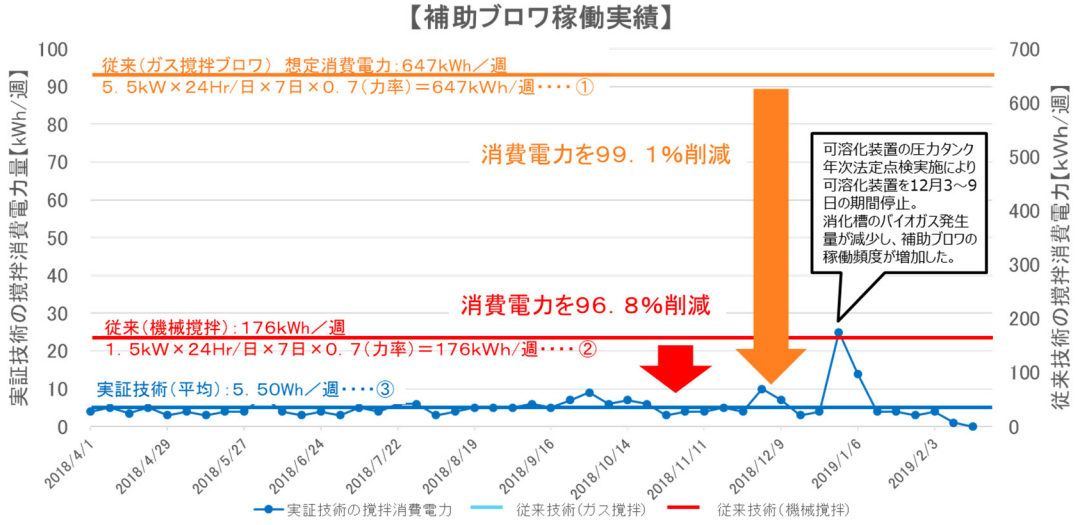
無動力撹拌式消化槽における撹拌動力は、従来の機械撹拌やガス撹拌によるものでなく発生ガスによる水位差を利用した無動力撹拌のためスタートアップ時とガス量が不足する場合の補助ブロワの動力だけである。

補助ブロワの稼働実績を**図資 1.3** に示す。H30.4～H30.11 の補助ブロワの週平均消費動力は、5.5kWh である。一方、同じ消化槽容量のガス撹拌と機械撹拌動力は次のように想定される。

ガス撹拌ブロワ：5.5kW×24hr/日×7 日×0.7(力率) = 647kWh/週

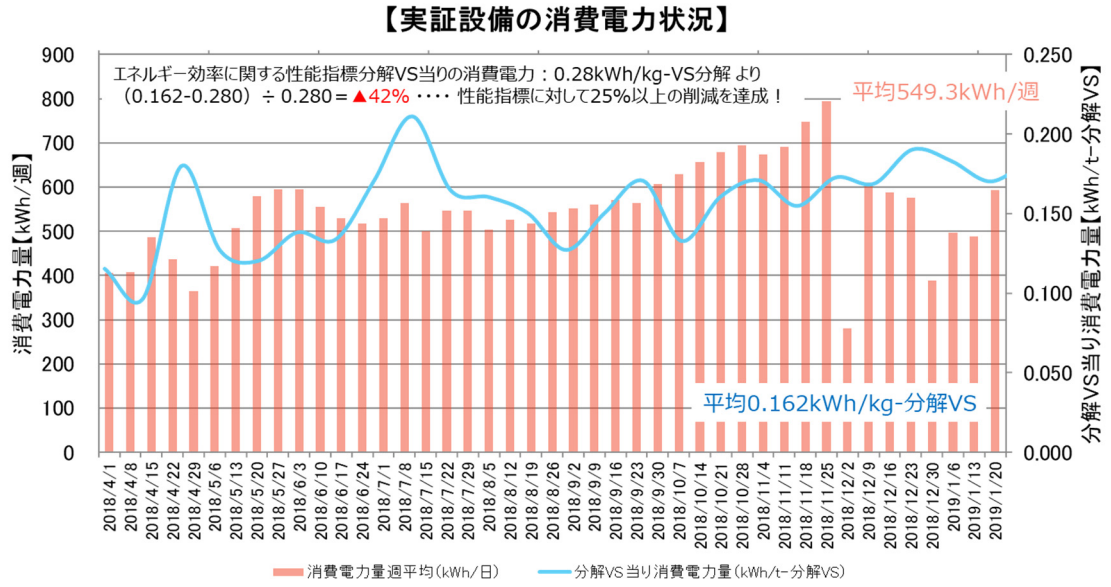
機械撹拌：1.5kW×24hr/日×7 日×0.7(力率) = 176kWh/週

以上より消費動力削減率は対ガス撹拌に対し 99.1%、機械撹拌に対し 96.8%である。いずれも目標削減率 90%以上を達成した。

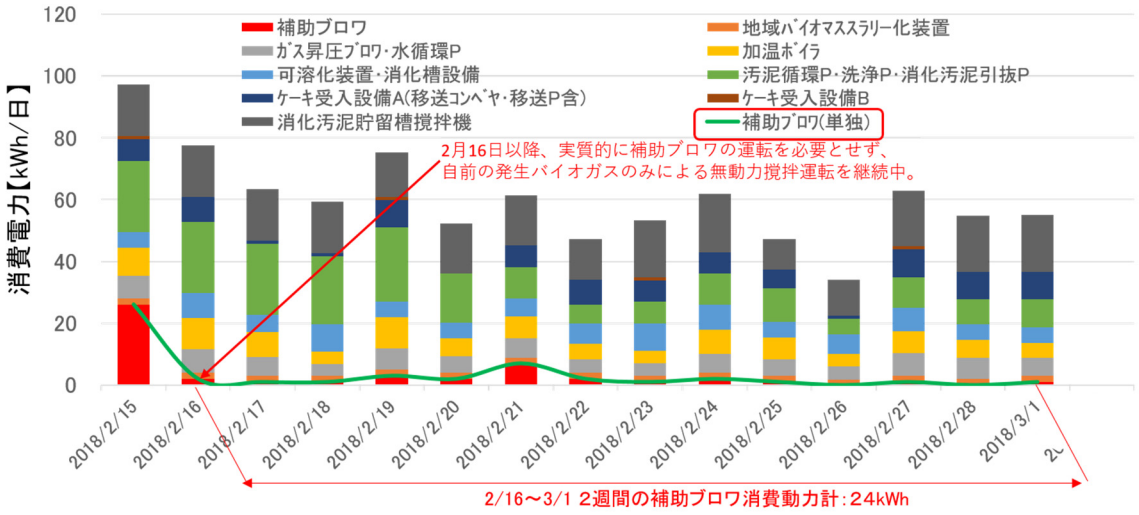


図資 1.3　補助ブロワ稼働実績

消化設備の消費電力量および分解 VS 当り消費電力量を**図資 1.4** に示す。消化設備の消費電力量の内訳および推移を**図資 1.5** に示す。2018 年 4 月から 2019 年 1 月における平均の分解 VS 当り消費電力量は 0.162kWh/kg-分解 VS であり、エネルギー効率に関する性能指標値の 0.28kWh/kg-分解 VS に対して 25%以上の削減を達した。



図資 1.4　実証設備の消費電力状況

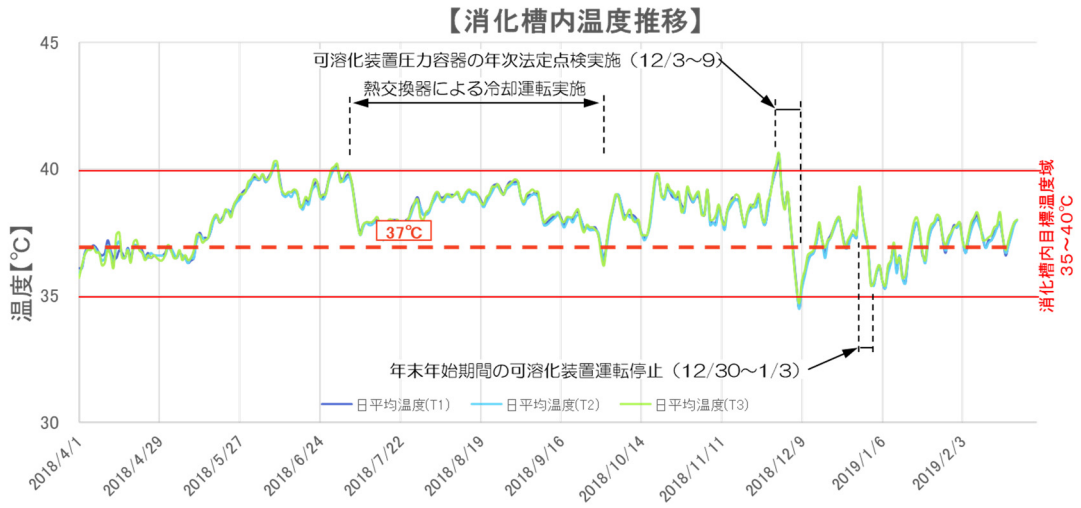


図資 1.5　消費電力の内訳と推移

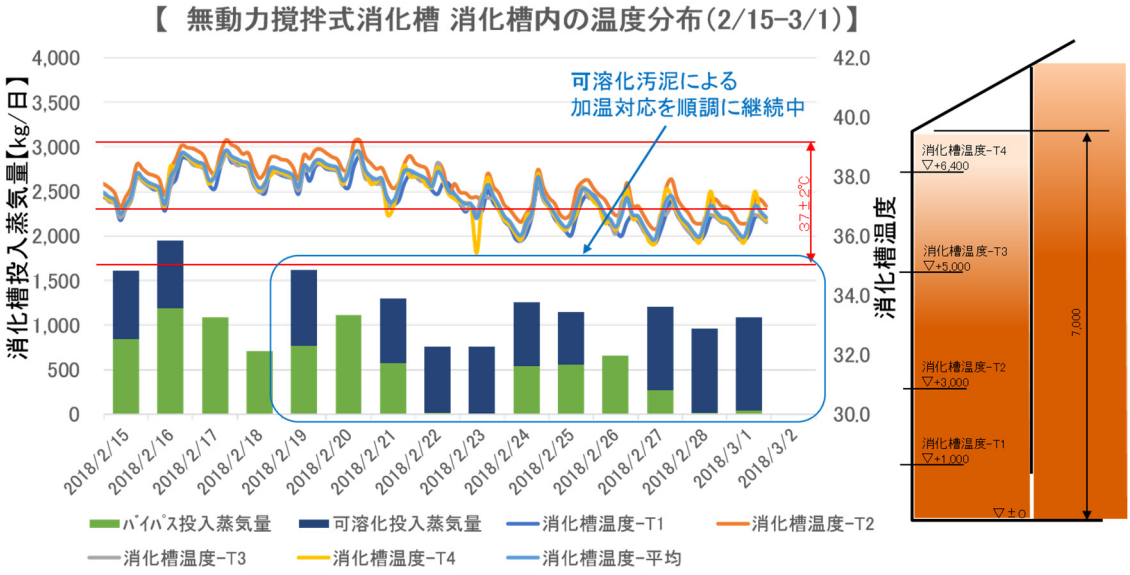
2）消化槽内温度推移

平成 30 年 4 月以降の消化槽内の温度推移を**図資 1.6** に示す。夏場に槽内温度：40℃以上を確認し、汚泥循環ラインでの冷却運転を実施したが、運転期間において無動力撹拌による運転で槽内の各温度が概ね 35～40℃を維持した。消化槽内温度実測データから、底部・中部・上部の槽内温度がほぼ近似して推移していることより、槽内汚泥の撹拌は安定的に実施されていることを確認した。

また、消化槽内の各レベルの温度 T1(底部)、T2（中部)、T3（上部)に温度計を設置して、運転初期における消化槽内での温度分布を測定し、その推移を**図資 1.7** に示す。各レベルの温度差はほとんどなく消化槽内の撹拌が十分に行われていることを示す。



図資 1.6　消化槽内温度推移

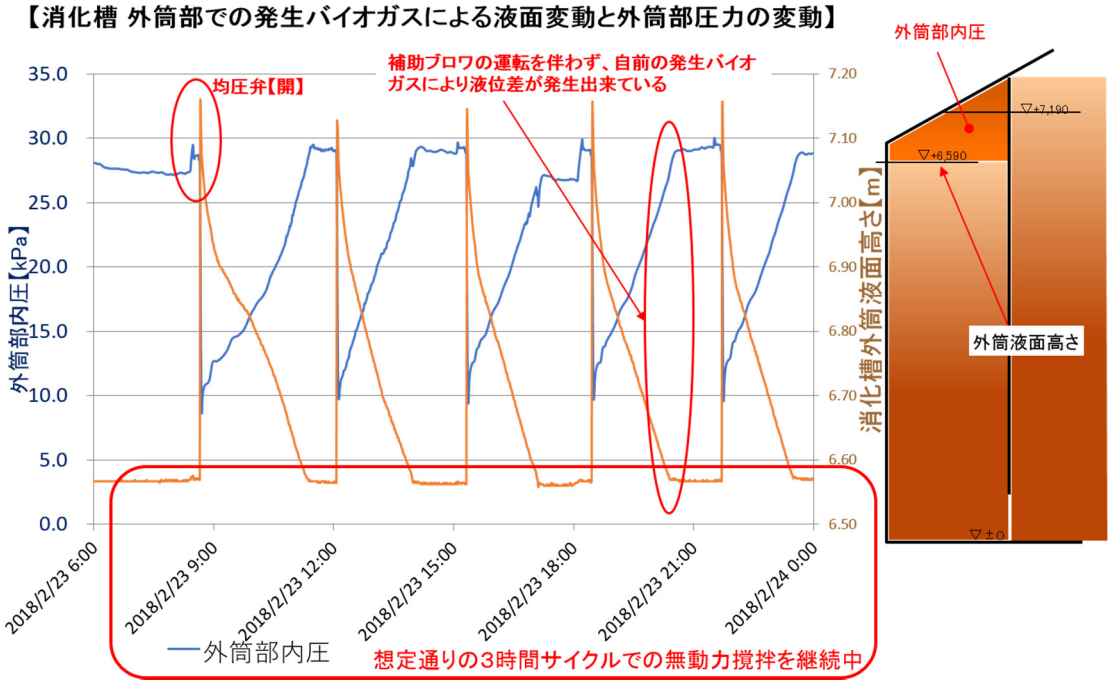


図資 1.7　消化槽内温度分布

３）外筒部での発生バイオガスによる液面変動と外筒部の圧力変化

3 時間サイクルで水位差による槽内撹拌を実施しているが、この時の外筒部での発生バイオガスによる液面変動と外筒部の圧力変化の状況例を**図資 1.8** に示す。想定通りの３時間サイクルでの無動力撹拌を実施し、補助ブロワの運転を伴わず、自前の発生バイオガスにより液位差が発生出来ているのを確認した。

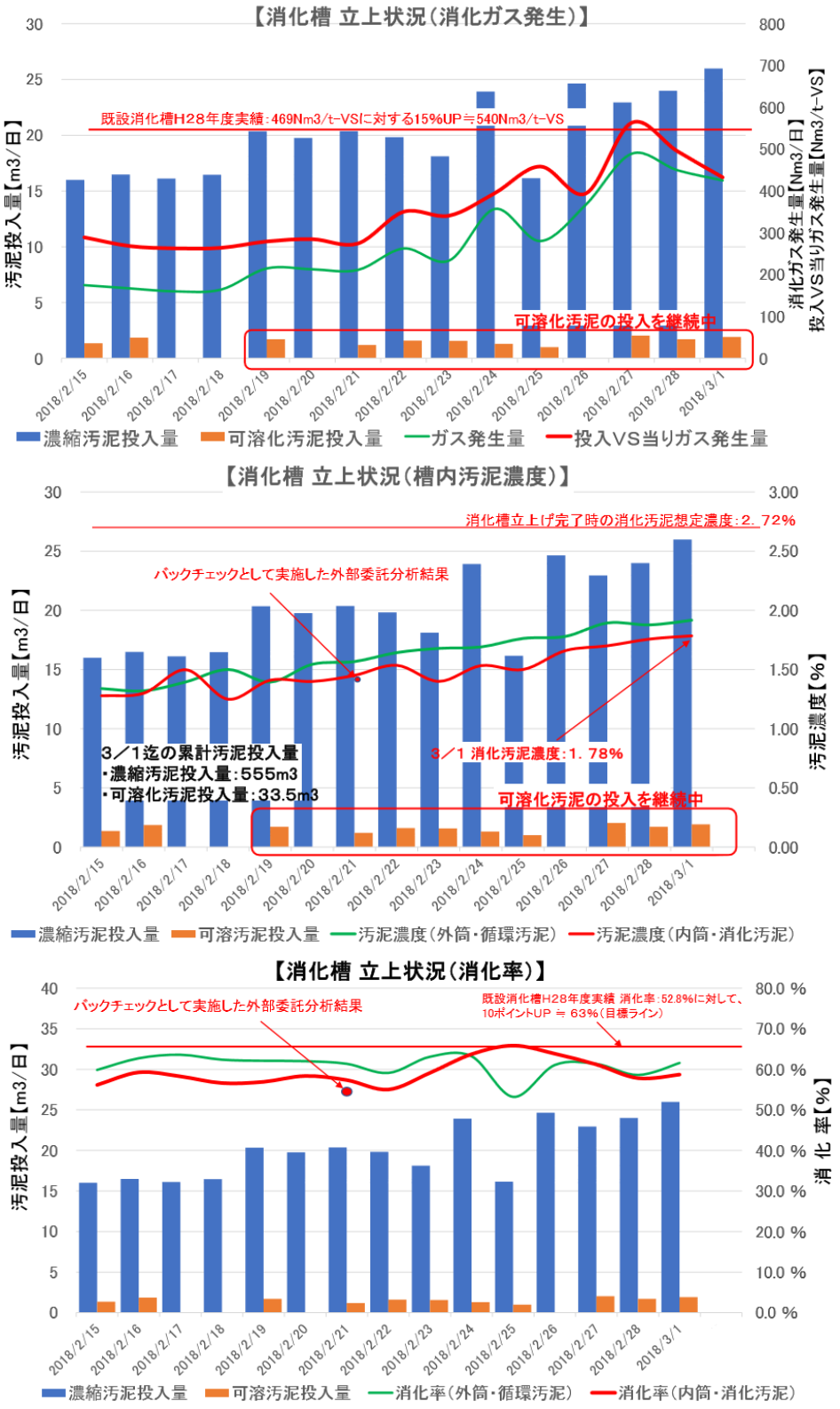
【消化槽 外筒部での発生バイオガスによる液面変動と外筒部圧力の変動】



図資 1.8　消化槽の液面変動と外筒部圧力変化

４）消化槽運転立ち上げ状況

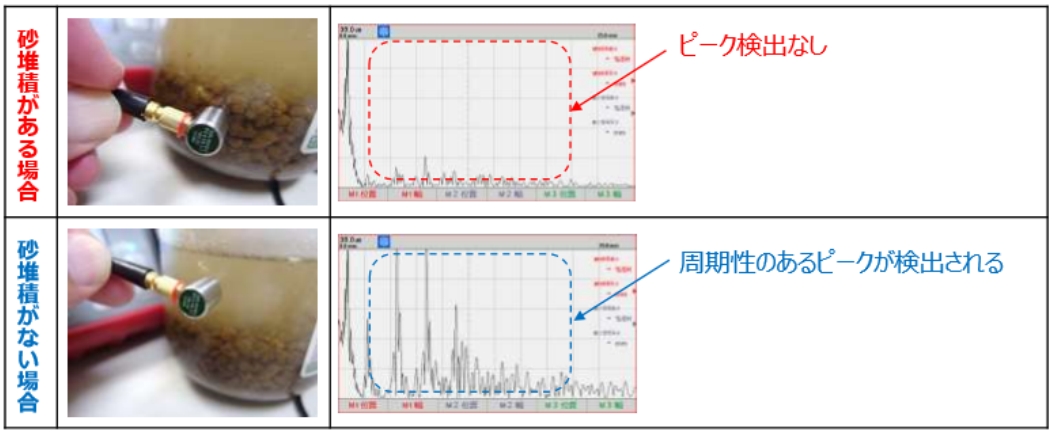
消化槽運転立ち上げ時の槽内汚泥濃度、バイオガス発生量、消化率の変化を**図資 1.9** に示す。



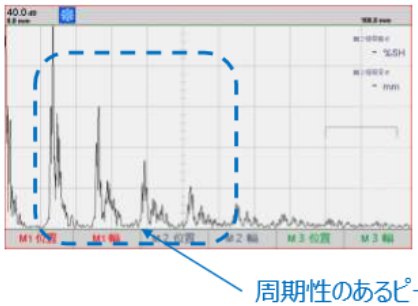
図資 1.9　消化槽運転立ち上げ状況

５）消化槽内土砂堆積状況

超音波探傷器にて、消化槽外面から消化槽底部の土砂堆積の有無を確認した結果を**図資 1.10** に示す。結果から底部に土砂の堆積が認められなかった。



・無動力撹拌式消化槽底部の実測



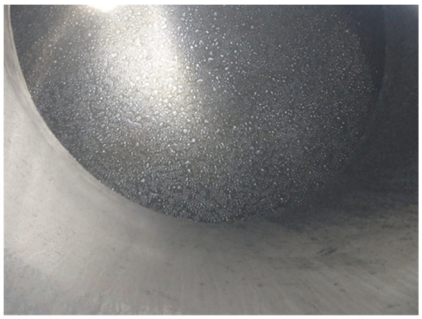
消化槽外周５箇所について検査を行ったが、いずれも砂等の堆積がない場合のピークが検出され、消化槽底部に砂の堆積がないことが確認された。

図資 1.10　消化槽底部土砂堆積状況

６）消化槽内発泡状況

消化槽の外筒および内筒表面の写真を**図資 1.11** に示す。いずれもスカム堆積、発泡現象が認められなかった。

内筒部槽内状況
（中央が消化汚泥排出管呑み口）

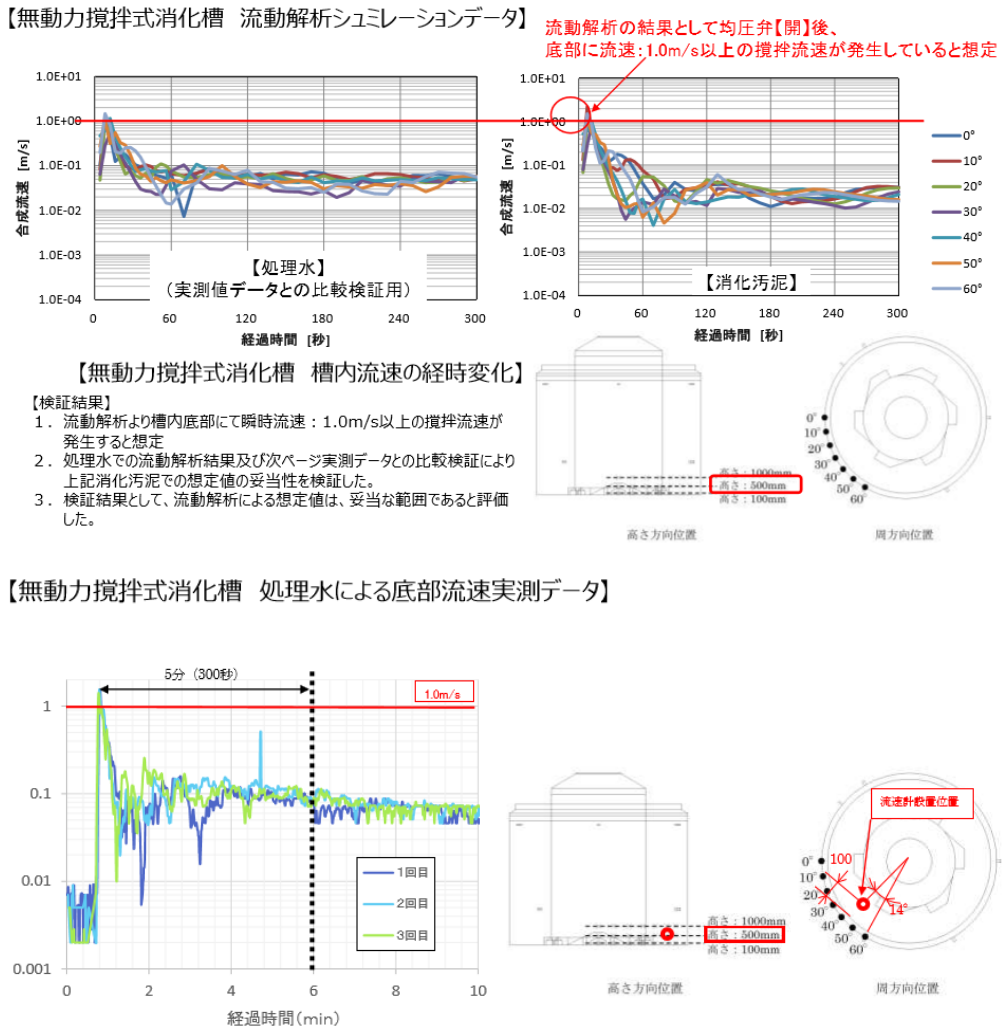


外筒部槽内状況

図資 1.11　消化槽発泡状況

7）消化槽流動解析

流動解析より均圧弁【開】後、槽内底部にて瞬時流速：1.0m/s 以上の撹拌流速が発生すると想定し、処理水での流動解析結果及び処理水実測データとの比較検証により消化汚泥での想定値の妥当性を検証した。流動解析の結果を**図資 1.12** に示す。



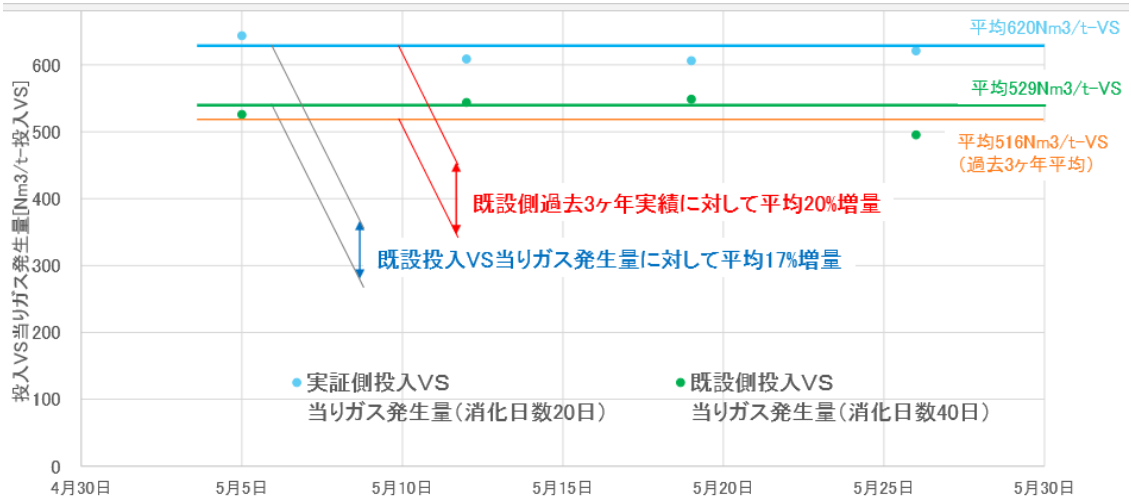
図資 1.12　消化槽流動解析

（２）高効率加温設備

１）可溶化によるバイオガス発生増量効果

①可溶化汚泥のみ投入時によるガス発生量増加効果

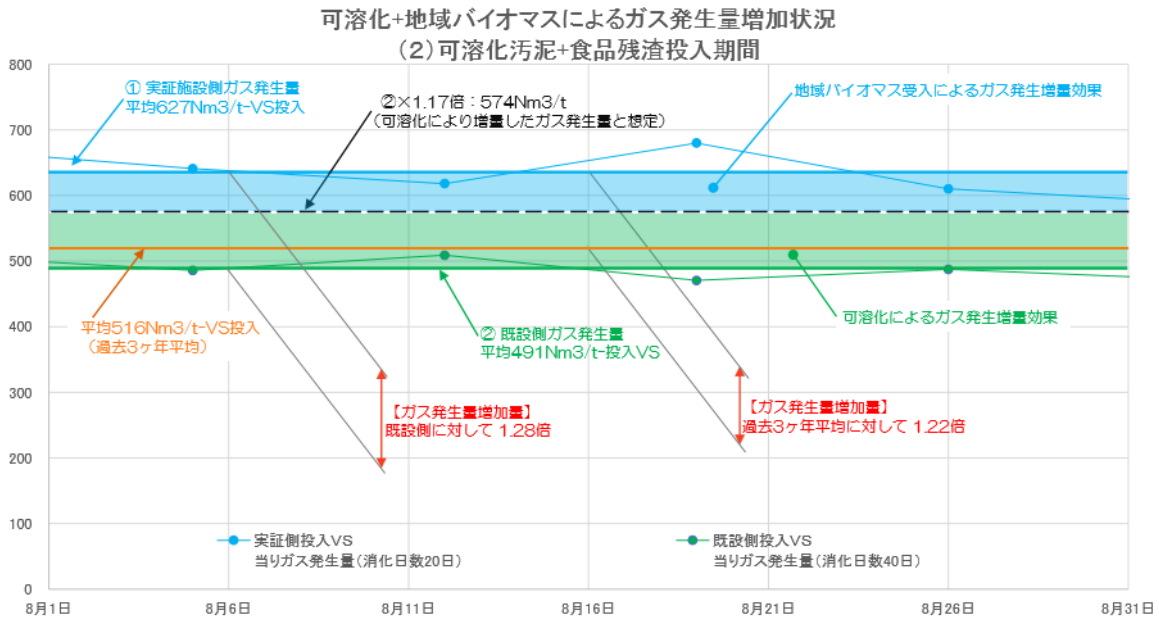
地域バイオマス、外部汚泥を投入しない可溶化汚泥のみ投入時の H30 年 5 月の約 1 か月における可溶化によるバイオガス発生量を**図資 1.13** に示す。この間の平均の投入 VS 当りガス発生量は 620Nm^3/t-投入 VS であった。一方、同一時期の既設の投入 VS 当りガス発生量は 529Nm^3/t-投入 VS(消化日数：約 40 日)で 17%、既設の過去 3 ヵ年(H27～H29 年度)の実績は、516Nm^3/t-投入 VS(消化日数：約 40 日)で 20%の増量であった。



図資 1.13　可溶化によるバイオガス発生増量効果

②地域バイオマス受け入れによるガス発生量増加効果

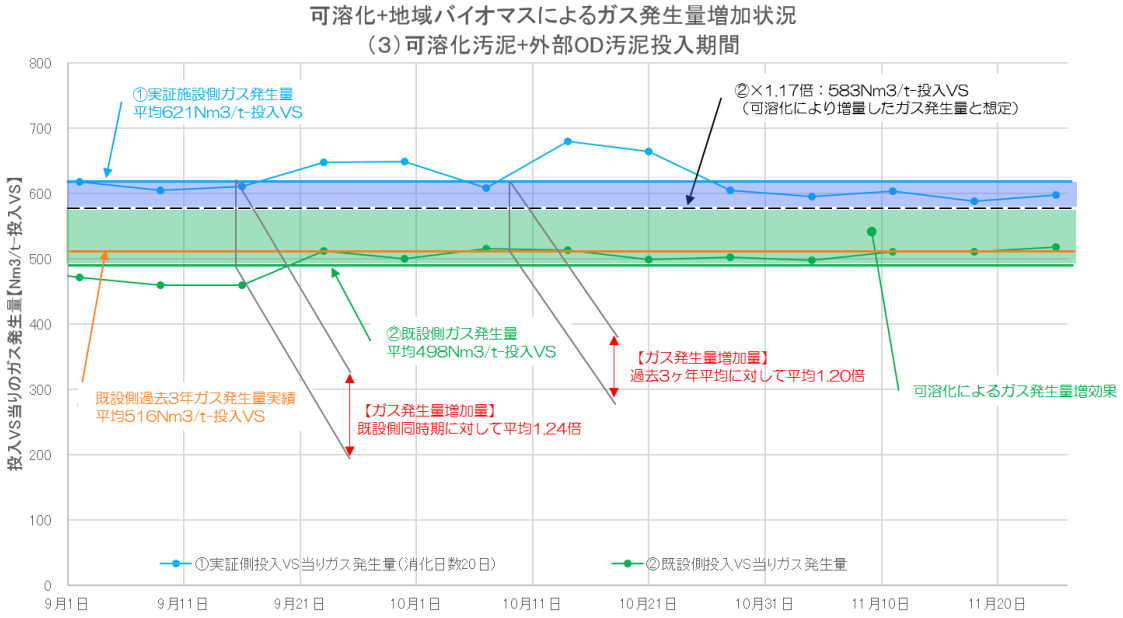
地域バイオマス(食品残渣)を受け入れた H30 年 8 月の約 1 か月における可溶化によるバイオガス発生量を**図資 1.14** に示す。この間の平均の投入 VS 当りガス発生量は 627Nm^3/t-投入 VS であった。一方、同一時期の既設の投入 VS 当りガス発生量は 491Nm^3/t-投入 VS(消化日数:約 40 日)で同一時期の既設に対し 28%、既設の過去 3 ヵ年(H27～H29 年度)の実績は、516Nm^3/t-投入 VS(消化日数：約 40 日)で既設の過去 3 ヵ年に対し 22%の増量であった。



図資 1.14　地域バイオマス受け入れガス発生増量効果

③外部汚泥（OD 汚泥）受け入れによるガス発生増量効果

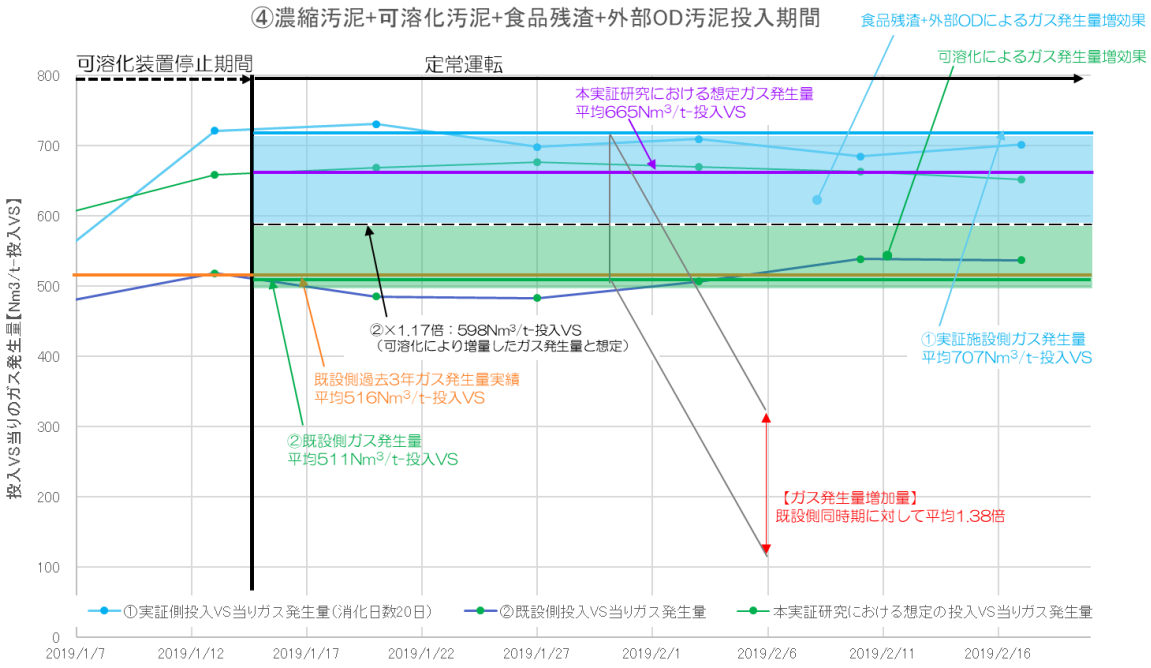
外部ＯＤ汚泥を受け入れた H30 年 9～11 月の約 3 か月における可溶化によるバイオガス発生量を**図資 1.15** に示す。この間の平均の投入 VS 当りガス発生量は 621Nm^3/t-投入 VS であった。一方、同一時期の既設の投入 VS 当りガス発生量は 498Nm^3/t-投入 VS（消化日数：約 40 日）で、既設の過去３ヵ年（H27～H29 年度）の実績は、516Nm^3/t-投入 VS（消化日数：約 40 日）であった。同一時期の既設に対し 24%、既設の過去３ヵ年に対し 20%の増量であった。



図資 1.15　外部汚泥（OD 汚泥）受入れガス発生増量効果

④地域バイオマス＋外部汚泥受入れ時のバイオガス発生量

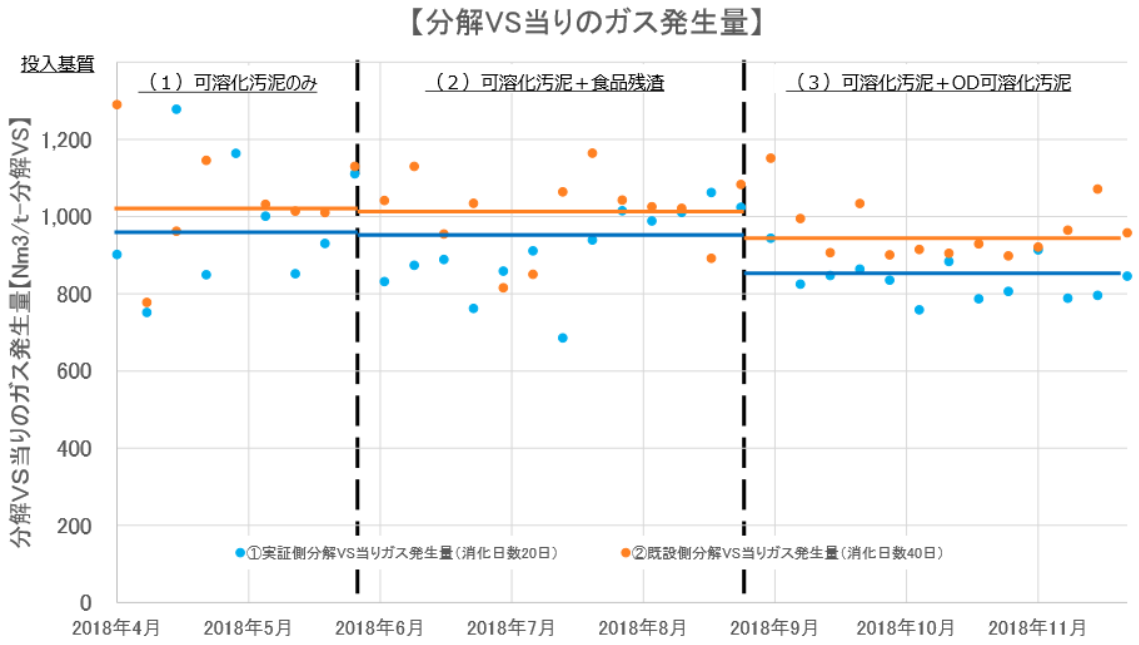
地域バイオマス(食品残渣)＋外部汚泥(OD 汚泥)受入れ後、H30.12～H31.1 のバイオガス発生量を**図資 1.16** に示す。この期間における平均の投入 VS 当りガス発生量は 707Nm^3/t-VS であった。同一時期の既設側ガス発生量は 511Nm^3/t-VS に対し、1.38 倍量であった。既設側過去 3 ヵ年平均値に対しては 1.37 倍のガス発生量増量効果を確認した。また、従来技術(ガス発生量 500Nm^3/t-VS)に対しては 1.41 倍である。



図資 1.16　地域バイオマス＋外部汚泥受入れ時のバイオガス発生増量効果

⑤分解 VS 当りガス発生量

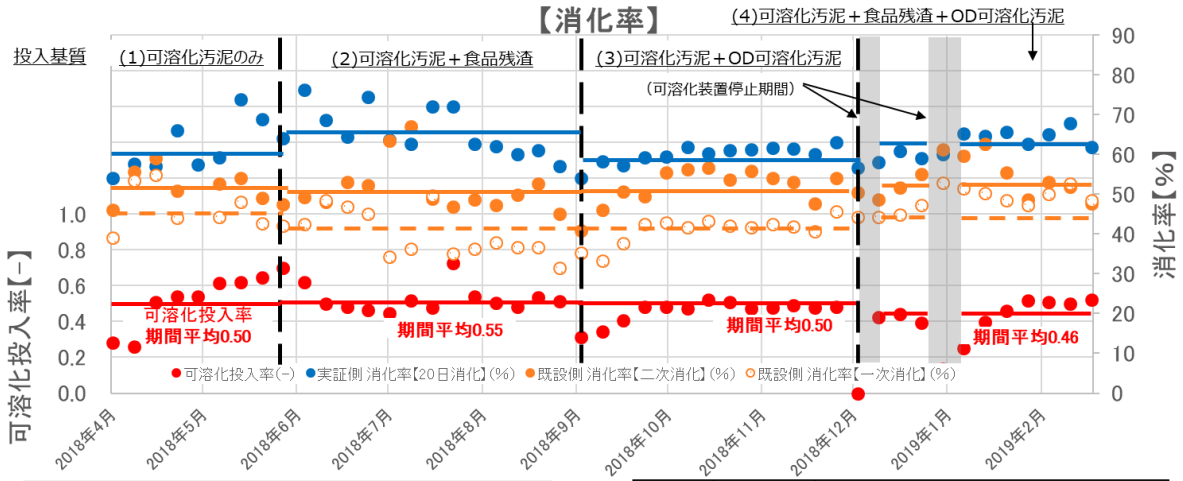
H30 年 4 月以降の分解 VS 当りガス発生量を**図資 1.17** に示す。分解 VS 当りガス発生量は実証、既設とも 800～1,000Nm^3/t-分解 VS であるが実証は既設に比べ低い値となっている。可溶化によって分解された VS の内ガスに転換しなかった部分があると想定される。



図資 1.17 分解 VS 量当たりガス発生量推移

2）消化率

消化率の推移を**図資 1.18** に示す。運転期間中の消化率の平均値は、既設消化施設消化日数 20 日の 43.4%、40 日の 52.3%に対し、実証施設は 62.9%であった。それぞれ 19.5 ポイント、10.6 ポイントの上昇が得られた。また、従来技術消化率の 50%に対して 12.9 ポイントの上昇結果となった。



		消化日数	投入基質パターン				
			（1）	（2）	（3）	（4）	全期間平均
消化率	実証	20	61.8	65.8	59.9	64.1	**62.9**
	既設	1次消化	46.7	40.0	40.8	49.5	**43.4**
		2次消化	52.5	51.4	51.9	53.2	**52.3**

	比較対象	投入基質パターン				
		（1）	（2）	（3）	（4）	全区間平均
消化率向上効果	既設1次消化汚泥	15.1	25.8	19.1	15.6	**19.5**
	既設2次消化汚泥	9.3	14.4	8.0	10.0	**10.6**

図資 1.18　消化率推移

３）CODcr 収支および VS 収支

消化槽への投入 CODcr 量および排出 CODcr 量を算出し、収支を確認した結果を**表資 1.5** に示す。排出 CODcr 量を投入 CODcr 量で割った CODcr 回収率はほぼ 100%に近い値が得られ、物質収支がほぼ取れていることが確認できた。また、CODcr 量のバイオガスのメタンへの転換割合を示すメタン転換率は 61.5～76.7%であり、可溶化を行わない通常の消化の 40～50%を大きく上回った結果が得られた。

表資 1.5　消化槽における CODcr 収支

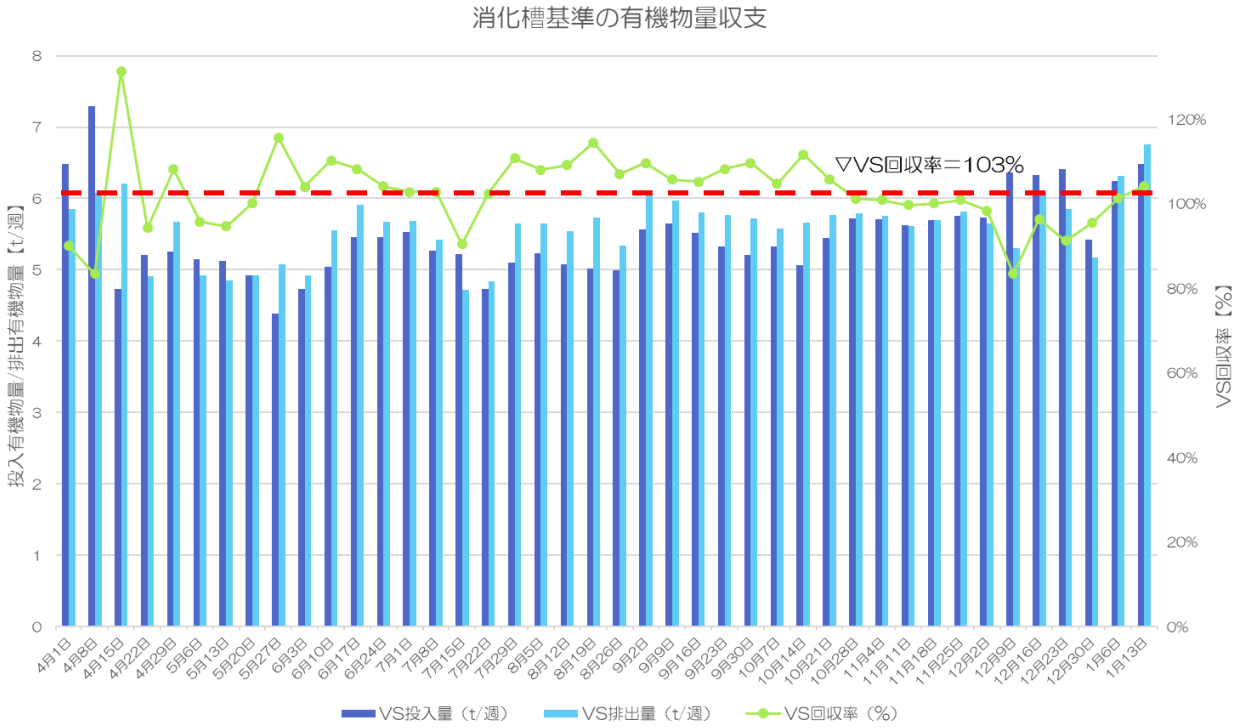
測定日	種別		CODcr [mg/L]	日平均投入/排出量 [t/日]	投入/排出CODcr [kg/日]		CODcr回収率 [%]	メタン転換率 [%]
10月31日	投入CODcr	①濃縮汚泥	38,000	26.2	995	1,079	104%	69.0%
		②食品残渣	—	—	—			
		③外部OD脱水汚泥	140,000	0.6	84			
	排出CODcr	④消化汚泥	28,000	30.2	847	1,126		
		⑤バイオガス	—	450m³/日	744※1			
		⑥場内脱水汚泥	220,000	2.1	-465			
11月21日	投入CODcr	①濃縮汚泥	33,000	25.8	851	946	113%	76.7%
		②食品残渣	—	—	—			
		③外部OD脱水汚泥	170,000	0.56	95			
	排出CODcr	④消化汚泥	27,000	30	810	1,065		
		⑤バイオガス	—	439m³/日	726※1			
		⑥場内脱水汚泥	220000	2.1	-471			
12月19日	投入CODcr	①濃縮汚泥	45,000	24.9	1119	1,321	94.8%	61.5%
		②食品残渣	—	1.4	89			
		③外部OD脱水汚泥	150,000	0.76	113			
	排出CODcr	④消化汚泥	24,000	30.1	722	1,252		
		⑤バイオガス	—	492m³/日	813※1			
		⑥場内脱水汚泥	150,000	1.9	-283			
1月9日	投入CODcr	①濃縮汚泥	38,000	26.4	1003	1,121	103%	64.1%
		②食品残渣	—	1.0	65			
		③外部OD脱水汚泥	170,000	0.31	53			
	排出CODcr	④消化汚泥	23,000	27.7	704	1,155		
		⑤バイオガス	—	435m³/日	719※1			
		⑥場内脱水汚泥	210,000	3.471	-268			

消化槽への投入 VS 量および排出 VS 量を算出し、収支を確認した結果を**表資 1.6** に示す。排出 VS 量を投入 VS 量で割った VS 回収率はほぼ 100%に近い値が得られた。また、VS 量のバイオガスのメタンへの転換割合を示すメタン転換率は 59.5～67.4%であった。

表資 1.6 消化槽における VS 収支

測定期間	種別		投入/排出VS[t/週]		VS回収率[%]	メタン転換率
10/28~11/3	投入VS量	①投入汚泥（食残含）	5.21	5.71	101%	67.4%
		②外部OD脱水汚泥	0.50			
	排出VS量	③消化汚泥	4.04	5.79		
		④バイオガス	3.85※2			
		⑤場内脱水汚泥	2.10			
11/18~11/24	投入VS量	①投入汚泥（食残含）	5.22	5.69	100%	65.9%
		②外部OD脱水汚泥	0.47			
	排出VS量	③消化汚泥	4.1	5.7		
		④バイオガス	3.75※2			
		⑤場内脱水汚泥	2.15			
12/16~12/22	投入VS量	①投入汚泥（食残含）	5.66	6.33	96.4%	66.4%
		②外部OD脱水汚泥	0.66			
	排出VS量	③消化汚泥	3.87	6.10		
		④バイオガス	4.20※2			
		⑤場内脱水汚泥	1.97			
1/6~1/12	投入VS量	①投入汚泥（食残含）	5.97	6.24	101%	59.5%
		②外部OD脱水汚泥	0.27			
	排出VS量	③消化汚泥	3.82	6.32		
		④バイオガス	3.71※2			
		⑤場内脱水汚泥	1.21			

実証期間中の VS 回収率の推移を**図資 1.19** に示した。期間中の VS 回収率の平均値は 103%で有機物収支が取れていることを確認した。

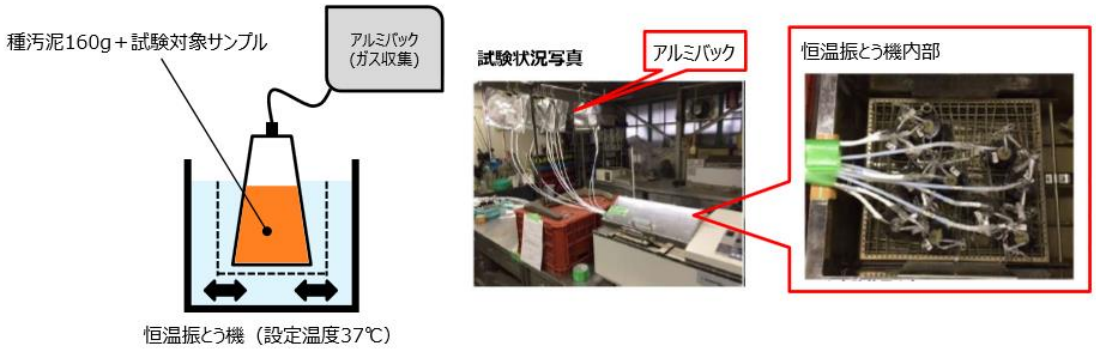


図資 1.19　VS 回収率の推移

４）回分試験

各基質のバイオガス発生ポテンシャルを確認するために回分試験を実施した。回分試験方法を**図資 1.20** に示す。37℃に設定した高温振とう機に種汚泥（実証設備消化汚泥）と試験対象サンプルを入れた 200mL バイアル瓶をセットし、14 日間振とう発酵を行った。発生したガスはテフロン管からアルミパックに捕集し、ガスシリンジを用いて発生したバイオガス量を測定した。

回分試験は合計 3 回おこなった。各回分試験の結果を**表資 1.7～1.9**、回分試験から得られたバイオガス発生ポテンシャルの結果を**図資 1.21** に示す。この設計単位バイオガス量における投入 VS 当りバイオガス発生量の増加量が**図資 1.22** の実証設備マテリアルバランスに示すように、30%以上となることを確認した。



図資 1.20　回分試験装置

表資 1.7　第 1 回　回分試験結果

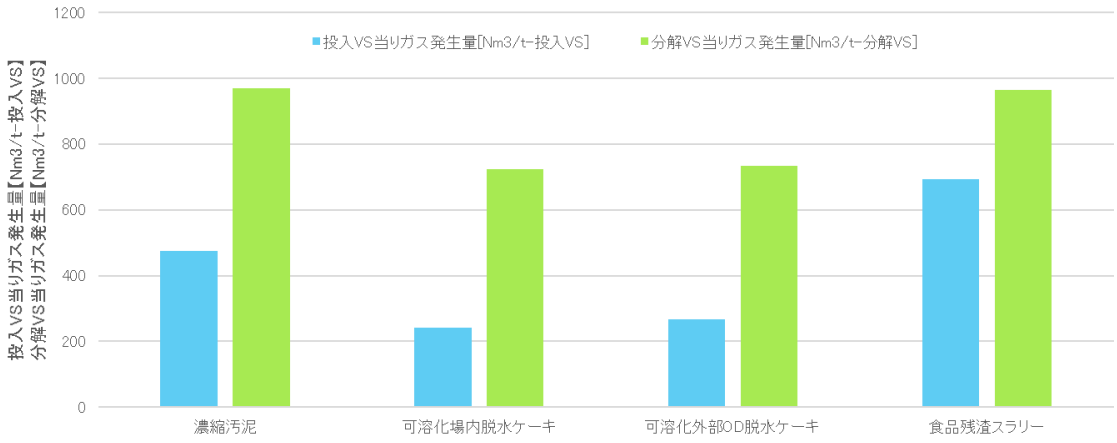
No.		消化前		消化後		TS分解率	VS分解率	投入VS当りガス発生量(Nm3/t-投入VS)	分解VS当りガス発生量(Nm3/t-分解VS)
		TS(%)	VTS(%)	TS(%)	VTS(%)				
1	消化汚泥のみ	2.85	68.6	2.79	67.4	-	-	-	-
2	濃縮汚泥	3.01	71.3	2.66	68.1	39.9%	47.5%	479	1009
3	可溶化場内脱水ケーキ	3.47	69.4	3.23	67.1	21.0%	29.2%	150	515
4	可溶化外部OD脱水ケーキ	3.30	71.7	2.92	69.0	38.0%	52.7%	345	654
5	外部OD脱水ケーキ	-	-	-	-	-	-	-	-
6	食品残渣スラリー	5.34	85.8	5.00	84.4	16.9%	19.1%	-	-

表資 1.8　第 2 回　回分試験結果

No.		消化前		消化後		TS分解率	VS分解率	投入VS当りガス発生量(Nm3/t-投入VS)	分解VS当りガス発生量(Nm3/t-分解VS)
		TS(%)	VTS(%)	TS(%)	VTS(%)				
1	消化汚泥のみ	2.82	67.8	2.73	66.6	-	-	-	-
2	濃縮汚泥	2.89	82.3	2.55	67.8	36.9%	42.0%	494	1164
3	可溶化場内脱水ケーキ	3.06	68.8	3.11	67.0	25.1%	33.1%	336	1017
4	可溶化外部OD脱水ケーキ	3.10	68.7	3.22	70.5	17.3%	11.7%	214	1765
5	外部OD脱水ケーキ	3.10	70.0	3.27	67.5	16.7%	32.6%	266	817
6	食品残渣スラリー	-	-	-	-	-	-	-	-

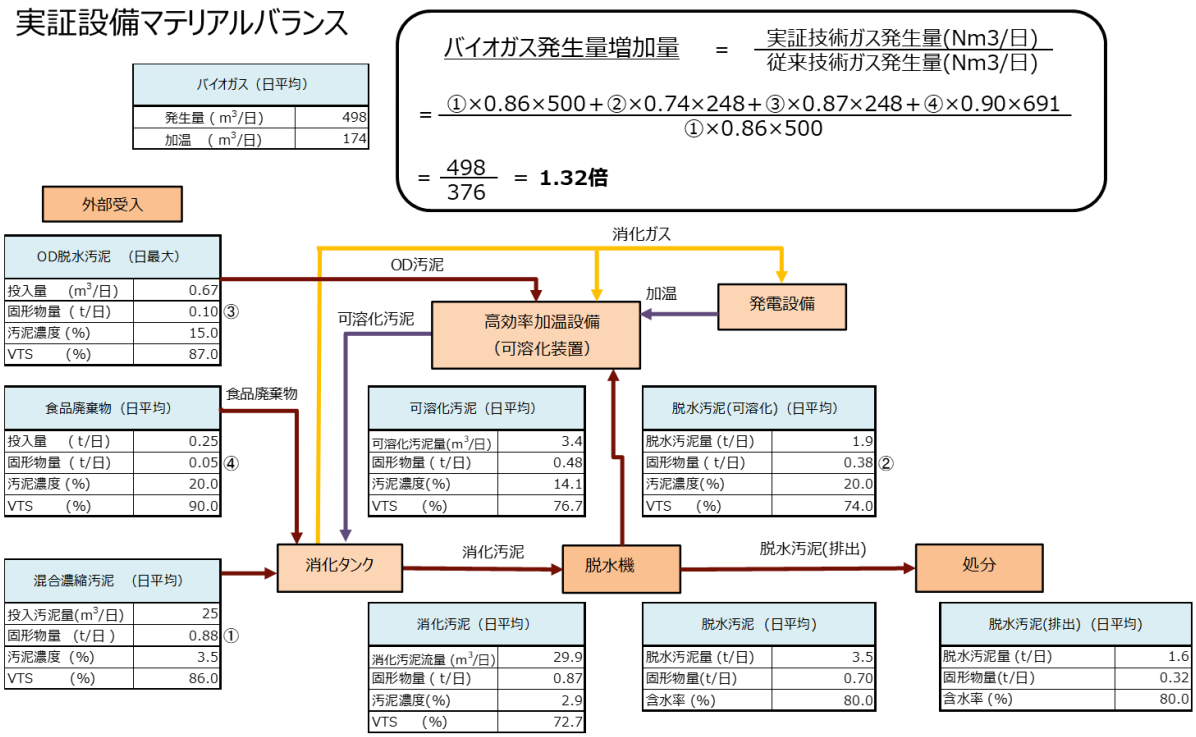
表資 1.9　第 3 回　回分試験結果

No.		消化前		消化後		TS分解率	VS分解率	投入VS当りガス発生量(Nm3/t-投入VS)	分解VS当りガス発生量(Nm3/t-分解VS)
		TS(%)	VTS(%)	TS(%)	VTS(%)				
1	消化汚泥のみ	2.87	69.0	2.88	68.7	-	-	-	-
2	濃縮汚泥	2.91	71.9	2.55	68.7	58.8%	62.6%	453	723
3	可溶化場内脱水ケーキ	3.52	69.8	3.25	67.9	32.9%	37.8%	242	641
4	可溶化外部OD脱水ケーキ	3.53	70.0	3.29	67.6	29.0%	36.6%	268	769
5	外部OD脱水ケーキ	3.61	73.4	3.29	71.8	36.0%	34.1%	180	537
6	食品残渣スラリー	2.96	71.5	2.33	66.9	69.3%	72.0%	694	964



設定値	濃縮汚泥	可溶化場内脱水ケーキ	可溶化外部OD脱水ケーキ	食品残渣スラリー
投入VS当りガス発生量 [Nm3/t-投入VS]	500	248	248	691
分解VS当りガス発生量 [Nm3/t-分解VS]	1000	750	750	960
分解率[%]	50	33	33	72

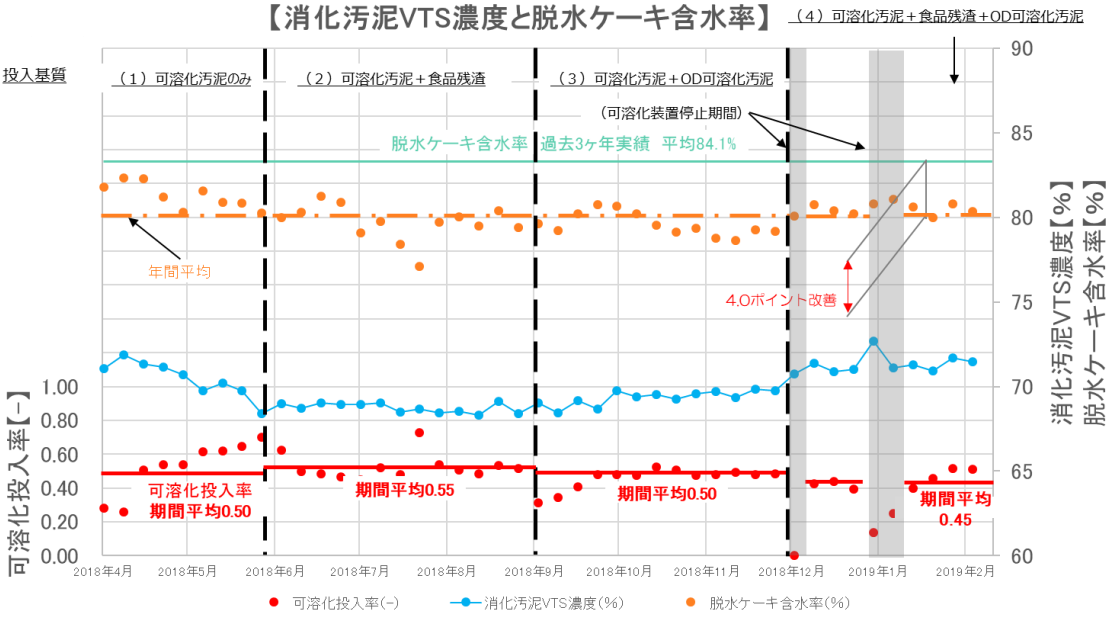
図資 1.21　回分試験結果



図資 1.22　実証設備マテリアルバランス試算

5）消化汚泥 VTS 濃度と脱水ケーキ含水率の経日変化

消化汚泥 VTS 濃度と脱水ケーキ含水率の経日変化を**図資 1.23** に示す。既設 BP 脱水機での H27～H28 年度の平均含水率：84.1%に対して、年間平均値として 4.0 ポイント含水率が改善した。



図資 1.23　VTS と含水率の経日変化

６）遠心脱水機による含水率低減効果確認

移動脱水車(実機ベース)の遠心脱水機による脱水試験結果を**表資 1.10** に示す。春期実施期間では、既設消化汚泥に比較して①固形物負荷量が等しい場合に 6.7 ポイント、②汚泥供給量が等しい場合に 6.5 ポイントの含水率低減効果を確認した。冬期実施期間では、既設消化汚泥に比較して①固形物負荷量が等しい場合に 6.7 ポイント、②汚泥供給量が等しい場合に 5.4 ポイントの含水率低減効果を確認した。

表資 1.10　遠心脱水機による含水率低減効果

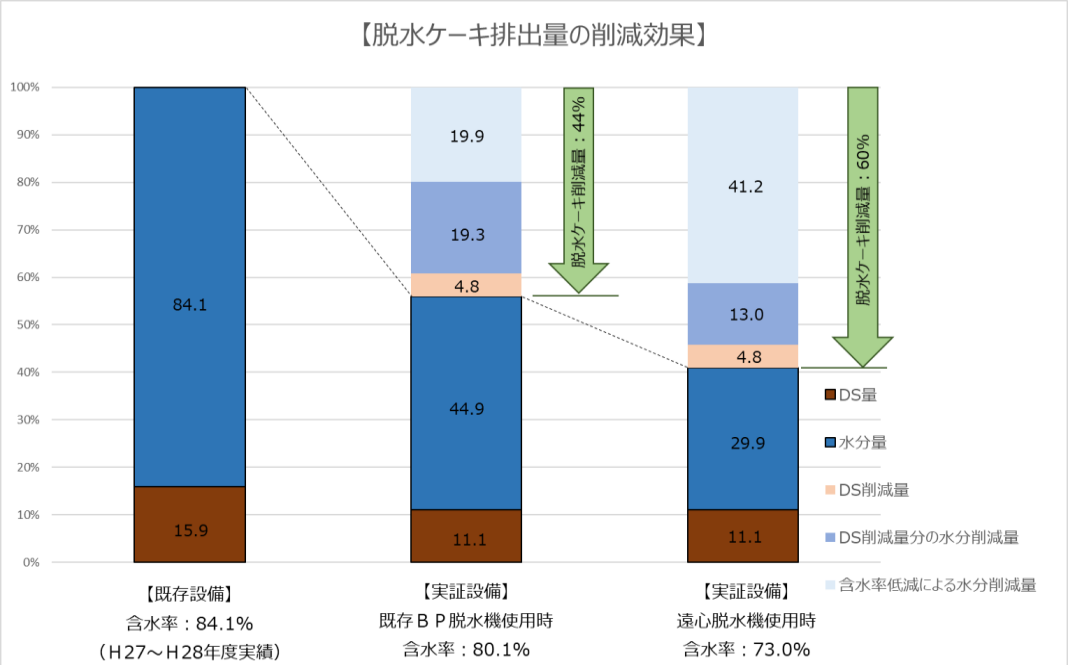
使用脱水機：巴工業（株）HED50型

実証設備の投入基質		可溶化汚泥のみ				可溶化汚泥＋外部OD汚泥			
運転方法		低含水率①（固形物負荷量が等しい）		低含水率②（汚泥供給量が等しい）		低含水率①（固形物負荷量が等しい）		低含水率②（汚泥供給量が等しい）	
汚泥種類		実証側消化汚泥	既設側消化汚泥	実証側消化汚泥	既設側消化汚泥	実証側消化汚泥	既設側消化汚泥	実証側消化汚泥	既設側消化汚泥
実証試験期間		5/7~21	5/22~30	5/7~21	5/22~30	12/4~14	12/17~20	12/4~14	12/17~20
遠心力	G	2,400	2,400	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100
TS	%	2.71	1.75	2.83	1.78	2.84	1.75	2.83	1.75
汚泥供給量	m^3/h	3.0	4.5	5.0	5.0	3	5.0	5.0	5.0
固形物処理量	kgDS/h	81	79	142	89	85	88	142	88
差速	min^{-1}	1.0	1.1	1.8	1.2	1.1	1.2	1.8	1.2
高分子薬注率	%	2.7	2.8	2.4	2.5	2.6	2.7	2.4	2.4
ケーキ含水率	%	73.0	79.7	73.8	80.3	72.1	78.8	73.5	78.9
含水率減効果	ポイント	6.7		6.5		6.7		5.4	
SS回収率	%	99.5	95.9	99.3	96.9	99.5	99.3	99.1	99.3

７）脱水ケーキ排出量の削減効果

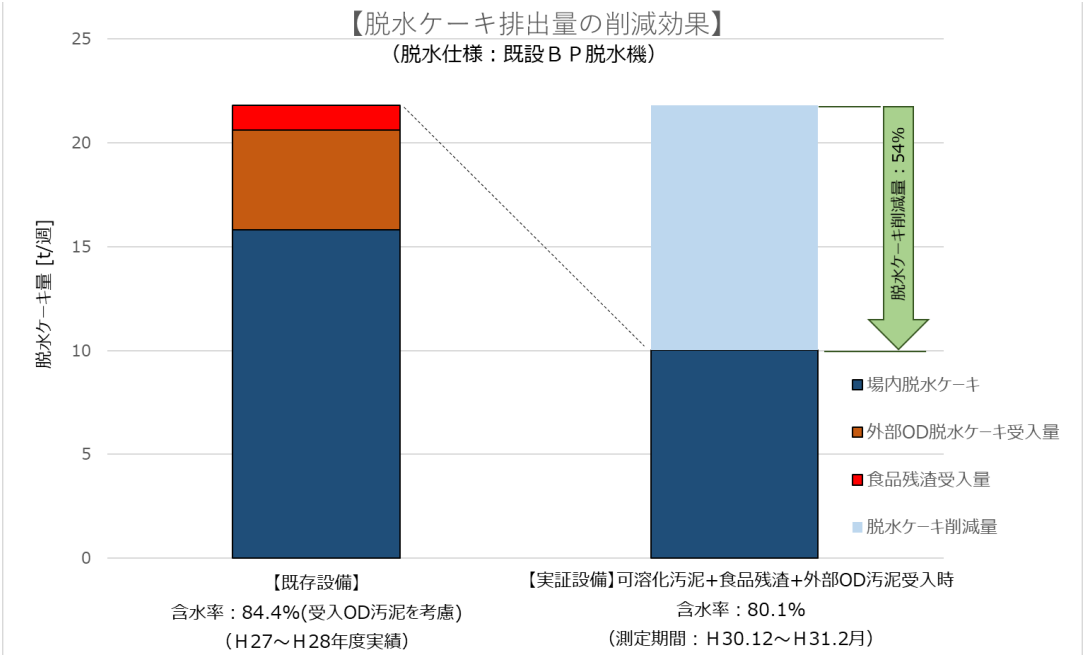
可溶化汚泥のみの脱水ケーキ排出量の削減効果を**図資 1.24** に示す。既設 BP 脱水機での含水率低減効果：4.0 ポイントを適用した場合の汚泥削減効果：44% を確認した。遠心脱水機による含水率低減効果を適用した場合、汚泥削減効果は 60%である。

汚泥削減効果：44%の内訳は、DS 削減量:4.8%、DS 削減量分の水分削減量:19.3%、含水率低減による水分削減量：19.9%である。



図資 1.24　脱水ケーキ量の削減効果（可溶化のみ）

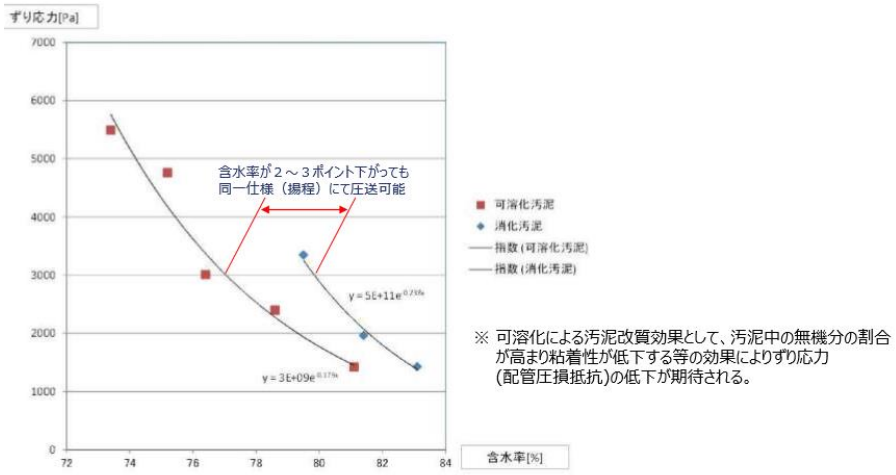
可溶化汚泥＋食品残渣＋外部 OD 汚泥投入時の脱水ケーキ量削減効果を**図資 1.25** に示す。既設 BP 脱水機での脱水ケーキ削減効果は、含水率低減効果：4.0 ポイントを適用した場合、削減率 54%となった。汚泥削減効果：54%の内訳は、可溶化による消化率向上による削減：14%、含水率低減による削減 40%である。



図資 1.25　脱水ケーキ排出量削減効果（可溶化+外部汚泥受入+食品残渣受入）

８）脱水ケーキずり応力の測定結果

可溶化による低含水率運転を実施した時に懸念される脱水ケーキ圧送時のずり応力(配管圧送による圧力損失抵抗）に関して、従来汚泥(中温消化)の脱水ケーキに比較して、実証汚泥の脱水ケーキの比較検証を実施した。結果を**図資 1.26** に示す。 実証汚泥は、遠心脱水機(移動脱水車)による低含水率（含水率：70%台）運転時に実施した。検証結果として、含水率を 2～3 ポイント下げられる結果を脱水ケーキ移送ポンプメーカーと確認した。



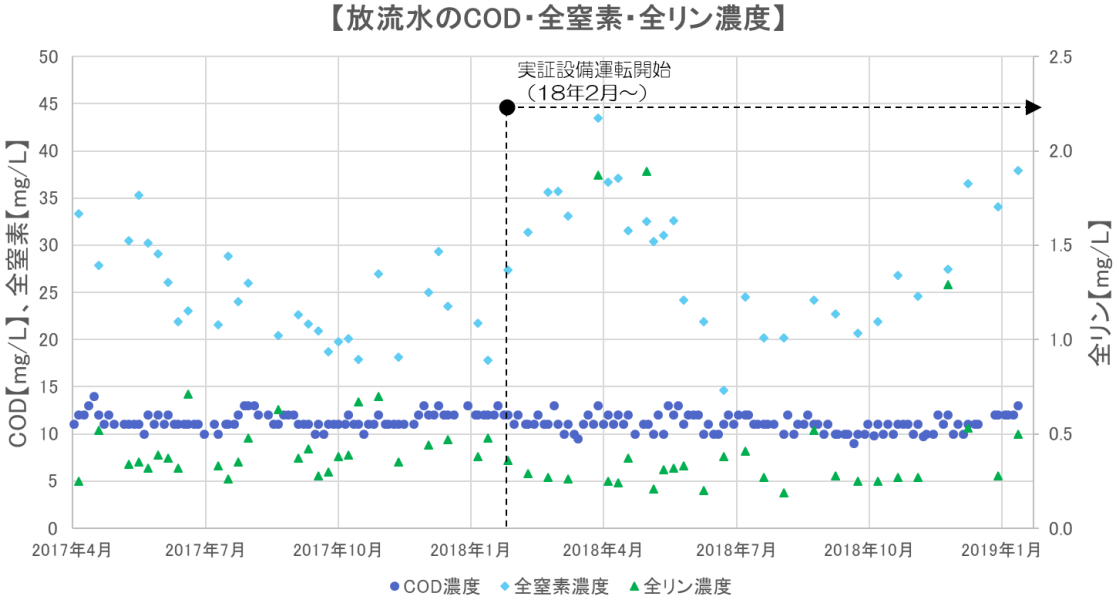
図資 1.26　脱水ケーキずり応力測定結果

９）返流水質への影響について

実証設備運転の H29 年 4 月～H31 年 1 月までの唐津市浄水センターの放流水中の COD・全窒素濃度（T-N)・全リン濃度(T-P)の推移を**図資 1.27** に示す。実証設備（日発生濃縮汚泥量：120m^3 中、約 25m^3 を処理）運転開始前後でも顕著な水質の悪化はみられていない。既設および実証設備の消化汚泥をろ紙でろ過した分離液の COD、T-N、T-P の分析値を**表資 1.11** に示す。消化汚泥の熱改質によって、COD、T-N の増加が認められた。T-P について上昇はわずかであった。また、脱水ろ液へのポリテツ添加による、COD 値減少効果を検証したが、効果は確認できなかった。

既設側二次消化汚泥/脱水ろ液の COD 値が低い理由として、消化槽滞留日数が長いことが要因に考えられる。

放流水への影響については、全体水量に対する実証設備放流水量の割合が小さいため、顕著な変化は認められなかった。外部 OD 汚泥を含む可溶化汚泥投入率：0.5 相当にて、水処理施設への返流水 COD 値：400～500mg/L が想定される。



図資 1.27　放流水の全窒素、全リン濃度の推移

表資 1.11　消化汚泥の COD.T-N、T-P 濃度

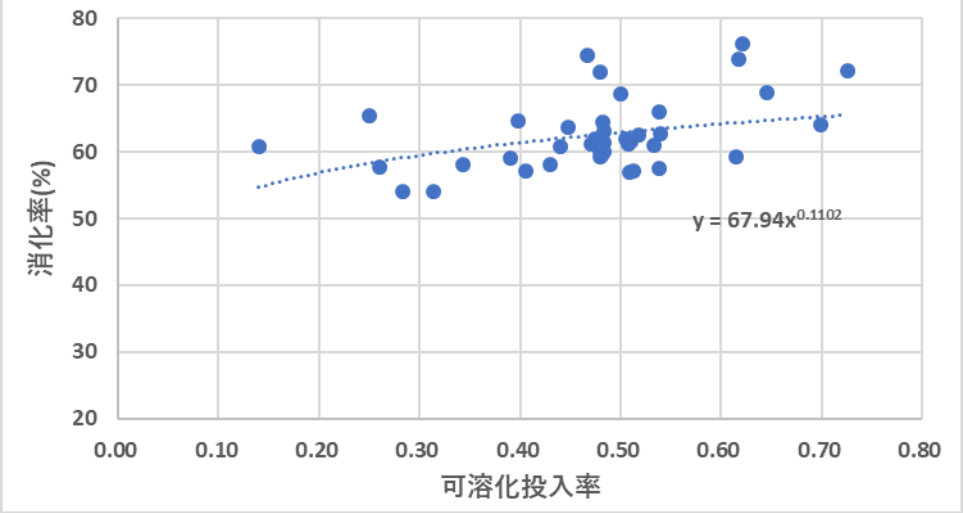
【単位：mg/L】

試料採取日	①濃縮汚泥			②1次消化	③2次消化汚泥（既設側）			④消化汚泥（実証側）			ポリテツ添加 40%	ポリテツ添加 60%
	COD	T-N	T-P	COD	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P	COD	COD
8月29日	480	180	75		95	411	74	350	521	72		
9月12日	460	–	–		95	–	–	380	–	–		
9月26日	440	230	550		100	735	529	380	1198	476		
10月10日	370	–	–		110	–	–	470	–	–		
10月24日	430	199	508		92	761	451	470	1178	420		
11月7日	460	–	–		110	–	–	500	–	–		
11月28日	470	181	507		97	727	450	530	1220	420		
12月12日	320	–	–		110	–	–	–	–	–		
12月27日	350	187	558		120	855	511	500	1308	558		
1月16日	410	–	–	170	110	–	–	430	–	–	420	370
1月22日				130							480	380
平 均	419.0	195.4	439.6	150.0	103.9	697.8	403.0	445.6	1,085	389.2	450.0	375.0

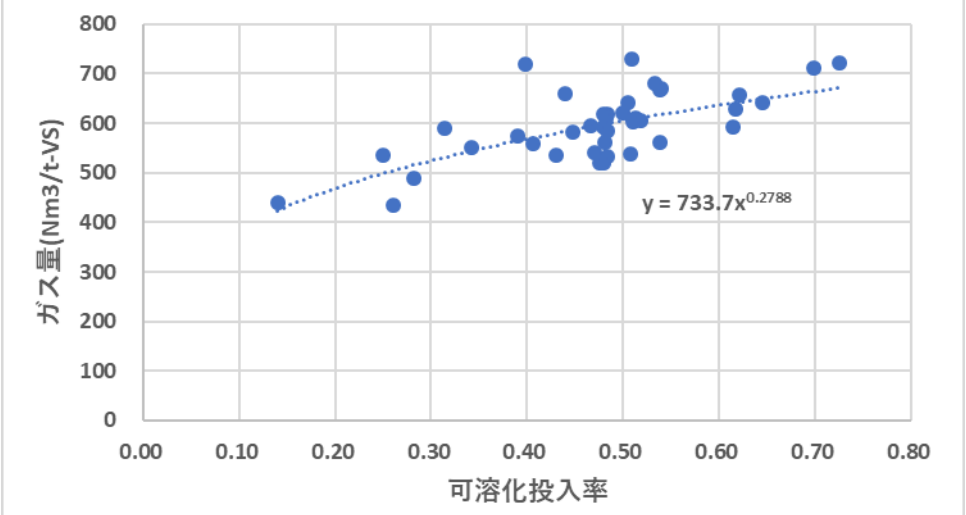
(1)可溶化＋食品残渣
(2)可溶化＋OD可溶化
(3)可溶化＋食品残渣＋OD可溶化

１０）性能影響因子の効果

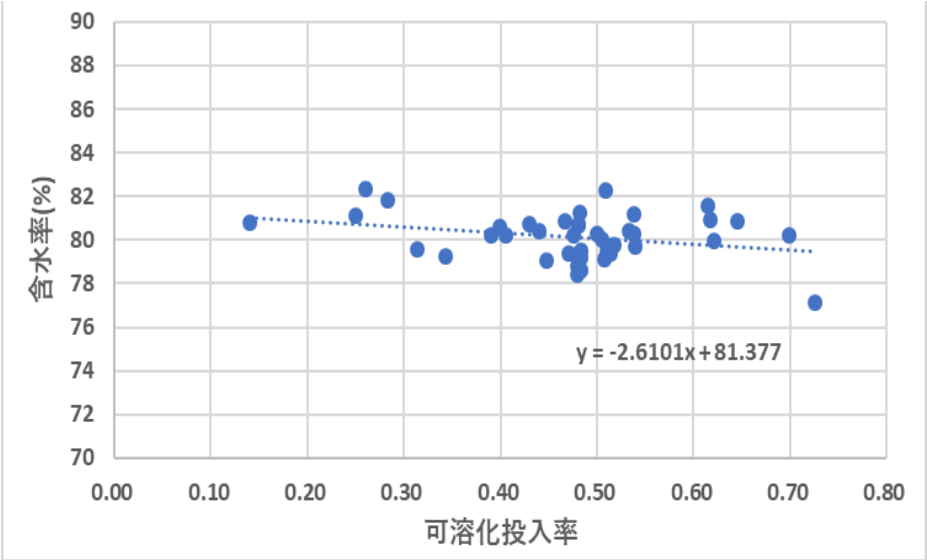
本技術において性能影響因子である可溶化投入率について消化率、投入 VS 量当たりのガス発生量、脱水ケーキ含水率への影響についてそれぞれ**図資 1.28、図資 1.29、図資 1.30** に示す。消化率に対しては可溶化投入率が大きくなるほど消化率が上がる。投入 VS 量当たりのガス発生量については、可溶化投入率が大きくなるほど投入 VS 量当たりのガス発生量は増加する。脱水ケーキ含水率に対しては、可溶化投入率が大きくなるほど脱水ケーキ含水率は低下する結果が得られた。



図資 1.28　可溶化投入率と消化率の関係



図資 1.29　可溶化投入率と投入 VS 量当たりのガス発生量の関係

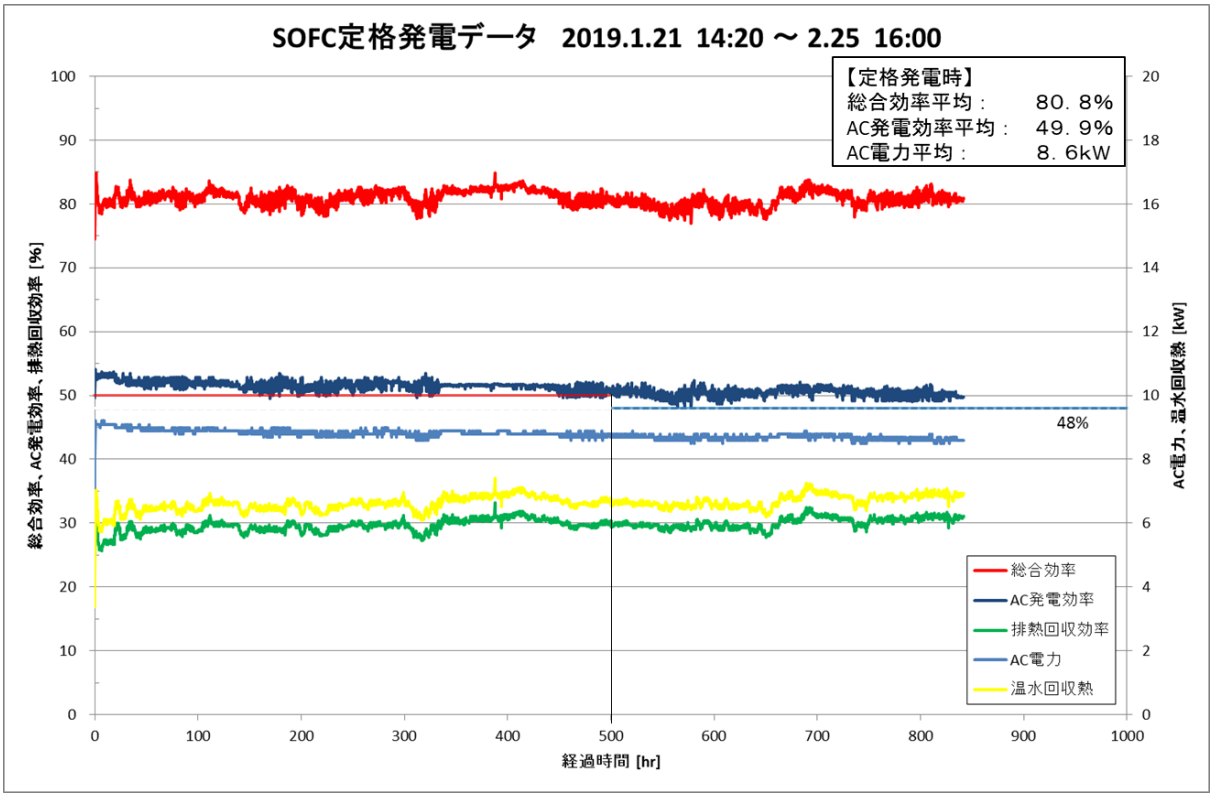


図資 1.30　可溶化投入率と脱水ケーキ含水率の関係

（３）ＳＯＦＣ設備

１）発電効率

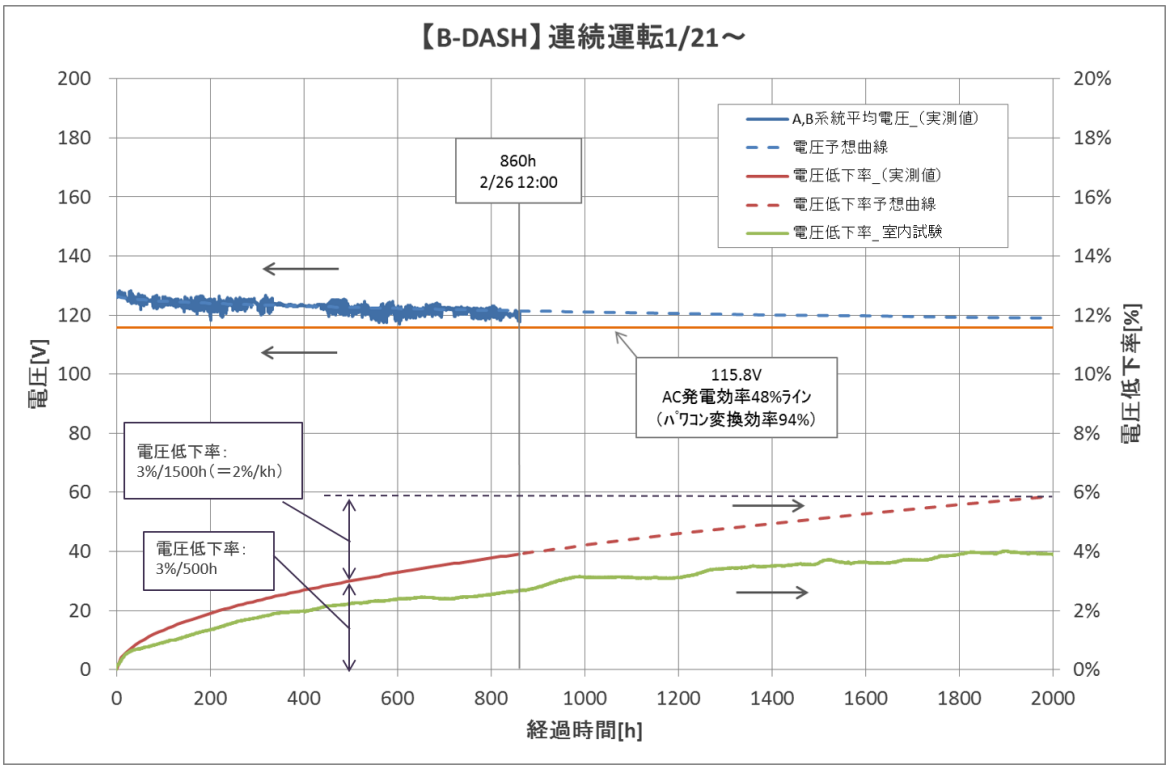
SOFC の現地据付後、実バイオガス通ガスによる実施結果として、2019 年 1 月からの連続試験の発電状況を**図資 1.31** に示す。発電初期段階（～680 時間）として、発電効率 48%以上を確認した。



図資 1.31　SOFC 運転状況

２）連続運転による劣化

2019 年 1 月からの連続運転による電圧低下状況と、メーカー工場での室内試験結果とを比較したデータを**図資 1.32** に示す。発電初期段階（約 500 時間）で 3%程度の電圧低下（初期劣化）が見られた。室内試験のデータから、以降の電圧低下を 2%／1000 時間と推定され、電圧降下の推定値から 2000 時間経過時点では、発電効率として 48%程度が維持されると推定される。なお、SOFC の長期安定運転に関しては、引き続き検討が必要である。



図資 1.32　SOFC 電圧低下状況

３）被毒物質の触媒への影響

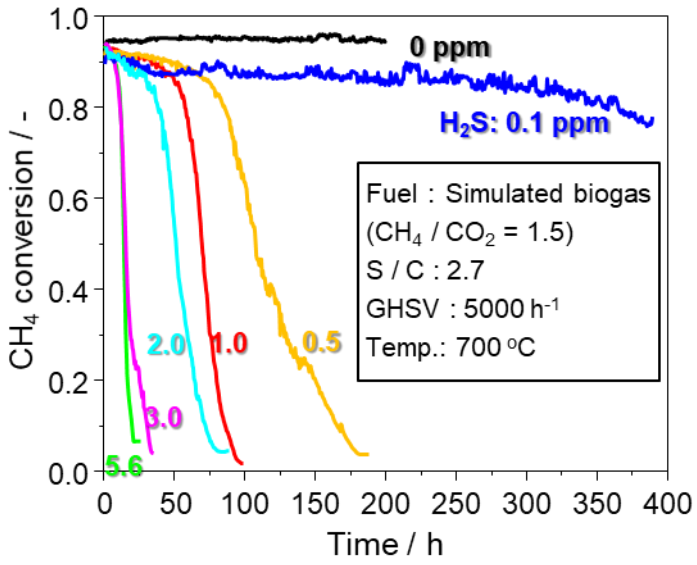
被毒物質として、硫化水素及びシロキサンによる改質器への影響調査をラボレベルにて実施した。硫化水素被毒試験及びシロキサンによる被毒試験の結果を**図資 1.33**、**図資 1.34** に示す。また、セル電圧、メタン転化率が 10%低下するまでの時間と不純物濃度の関係を**図資 1.35** に示す。

SOFC システムに内蔵の改質触媒（運転温度 700℃）に対して、ppm オーダーの濃度で不純物が連続的かつ長時間に渡って混入した場合は （H_2S：0.1 ppm 以上、シロキサン：1.0 ppm 以上)、改質器性能の劣化が急速に進むとの結論を得た。

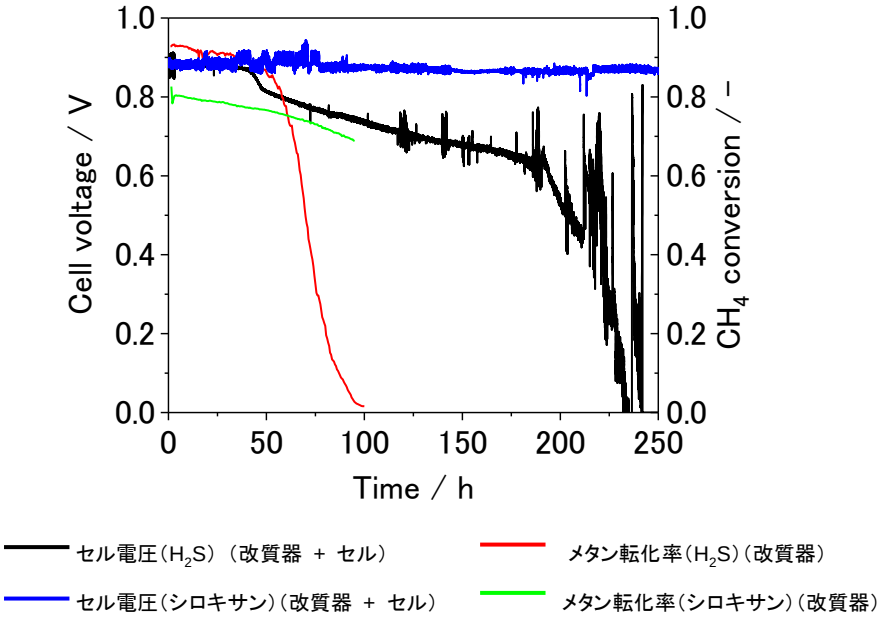
また、「改質器 + セル」の組み合わせ試験においては、不純物被毒時のセル電圧の劣化率は、改質器におけるメタン転化率の低下率に比較して低くなった。

但し、改質器のみの場合と同様、ppm オーダーの濃度が連続的かつ長時間にわたって供給されると　劣化が急速に進むとの結論を得た。

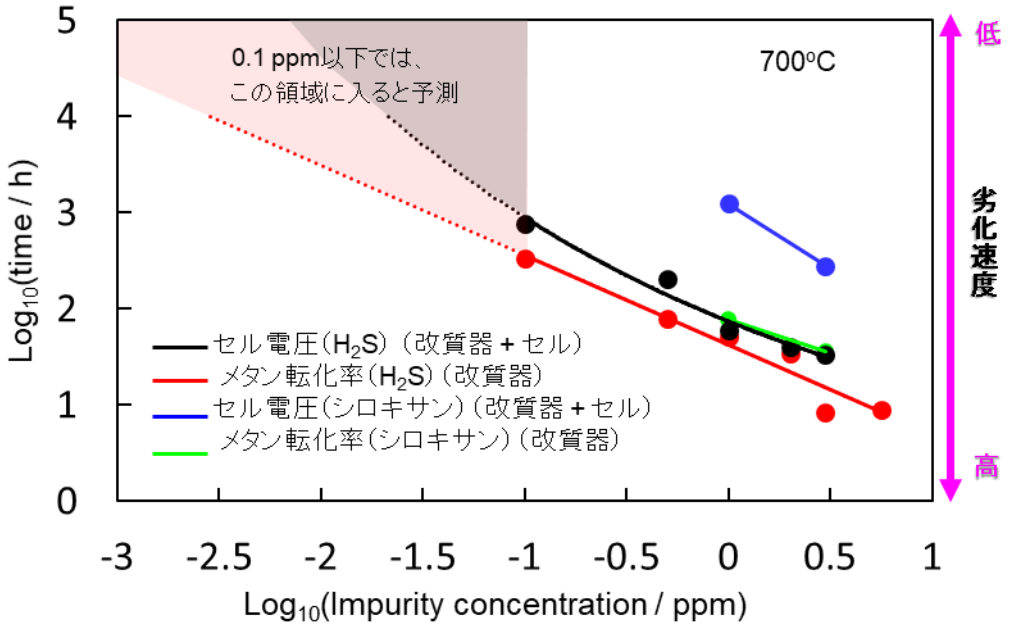
SOFC システムとしては、SOFC 本体に精密脱硫装置を具備することから、前段での前処理設備にて十分な被毒物質除去対応を実施の上、供給ガス中の硫化水素濃度を継続監視することでバイオガスによる SOFC 運転対応は、十分対応可能であることを確認した。（**図資 1.36**）



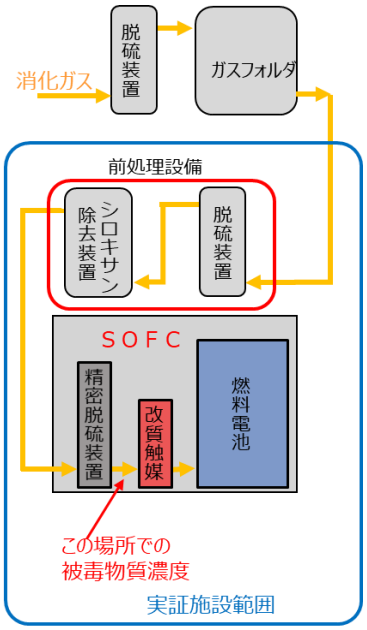
図資 1.33　硫化水素被毒試験結果



図資 1.34　シロキサン被毒試験結果



図資 1.35　セル電圧、メタン転化率が 10%低下するまでの時間と不純物濃度の関係



図資 1.36　供給ガス中の硫化水素濃度監視位置

4）シロキサン吸着活性炭の劣化分析結果

使用開始から約 1 年運転したシロキサン除去装置中の活性炭の分析を実施した。

①使用活性炭：粒状白鷺 G2x7/12

②一般分析結果

一般分析結果を**表資 1.12** に示す。この結果、A 塔の下部と中部にて充填密度、揮発度、強熱残物の増加とアセトン吸着性能の低下が認められた。

表資 1.12　活性炭劣化一般分析結果

		A塔			B塔			未使用炭
		上部	中部	下部	上部	中部	下部	
乾燥減量	質量分率%	28.4	24.3	9.5	28.0	27.8	27.7	0.9
充填密度	g/mL	0.505	0.532	0.626	0.507	0.510	0.509	0.495
ｱｾﾄﾝ吸着性能	質量分率%	28.9	23.6	7.4	28.1	28.2	28.6	30.0
pH	－	7.4	7.5	6.9	7.5	7.7	7.7	9.4
強熱残分	質量分率%	0.6	0.6	6.1	0.6	0.6	0.6	0.5
揮発分	%	3.6	5.5	15.9	3.4	3.2	3.3	1.4
Total-S	%	0.13	0.40	0.91	0.13	0.07	0.07	<0.01

③表面元素分析による Si 含量

表面元素(ケイ素 Si)の質量濃度の分析結果を**表資 1.13** に示す。A 塔下部と中部を除いて Si はごくわずかしか検出されなかった。

表資 1.13　活性炭劣化 Si 質量濃度分析結果

		A塔			B塔			未使用炭
		上部	中部	下部	上部	中部	下部	
Si 質量濃度	%	0.2	0.5	4.5	0.2	0.3	0.2	0.3
Si 増量	%	0.0	0.3	5.5	-0.1	0.0	0.0	-
D4 換算値	%	-0.1	0.7	12.5	-0.2	0.0	-0.1	-

※Si 増量＝ (SiO×BDO/BDN) －SiN　未使用炭基準

※D4 換算値＝Si 増量×D4 分子量/ (Si 分子量×4)

Si：Si 質量濃度　LD：乾燥減量　BD：充填密度

N,O：吸着材の状態(未使用炭(N)or 使用炭(O)の値)

Ⅱ．簡易算定式

Ⅱ-1 建設費（費用関数）

10,000m³/日、30,000m³/日、50,000m³/日の試算結果をもとに、近似式で示したものを建設費の算定式とした。**表資 2.1**、**図資 2.1-1～8** に各設備の建設費の算定式を示す。

表資 2.1　実証技術導入時の建設費簡易算定式

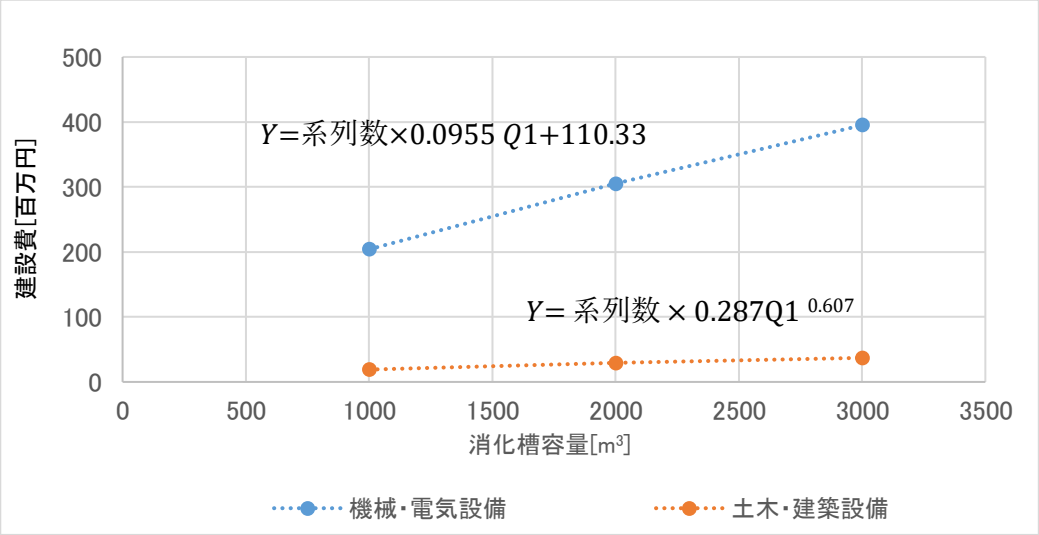
項目	単位	算出式
消化槽設備(鋼板製)	機械・電気設備	$Y =$ 系列数 $\times 0.0955\ Q1 + 110.33$
	土木・建築設備	$Y =$ 系列数 $\times 0.287\ Q1^{0.607}$
消化槽設備 (RC製)	機械・電気設備	$Y =$ 系列数 $\times 0.006\ Q1 + 33.333$
	土木・建築設備	$Y =$ 系列数 $\times 1.454\ Q1^{0.6805}$
バイオガス設備	機械・電気設備	$Y = 9.4186\ Q2^{0.4122}$
	土木・建築設備	$Y = 2.2341\ Q2^{0.375}$
高効率加温設備	機械・電気設備	$Y =$ 系列数 $\times (0.1338\ Qd/$系列数$+262)$
	土木・建築設備	$Y = 0.0452\ Qd + 46.4$
ガス発電設備(SOFC)*	機械・電気設備	$Y = 0.9\ E$
	土木・建築設備	$Y = 0.0263\ E + 5.828$
脱水設備	機械設備	$Y = 43.4\ Qd^{0.373}$
	電気設備	$Y = 0.6 \times 17.8\ Qd^{0.464}$
	土木・建築設備	$Y = 22.7\ Qd^{0.444}$
地域バイオマス (OD)	機械・電気設備	$Y = 50.808\ Qd2^{0.3717}$
	土木・建築設備	$Y = 26.386\ Qd2^{0.3118}$
地域バイオマス (食品残渣)	機械・電気設備	$Y = 50.713\ Qd2^{0.2152}$
	土木・建築設備	$Y = 25.538\ Qd2^{0.1733}$

※ Y：建設費(百万円)　Q1 ： 消化槽容量(m³/日)　Q2: 日平均ガス発生量(Nm³/日)

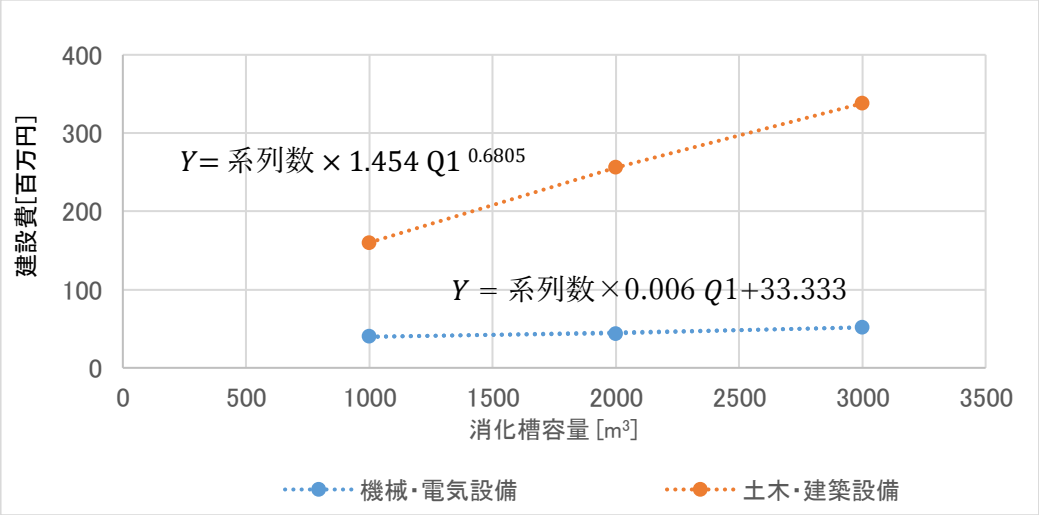
Qd ： 計画投入汚泥量[1%換算](m³/日)　　Qd2 ： 計画投入地域バイオマス(t-ds/日)

E　： 発電機総出力 (kW)

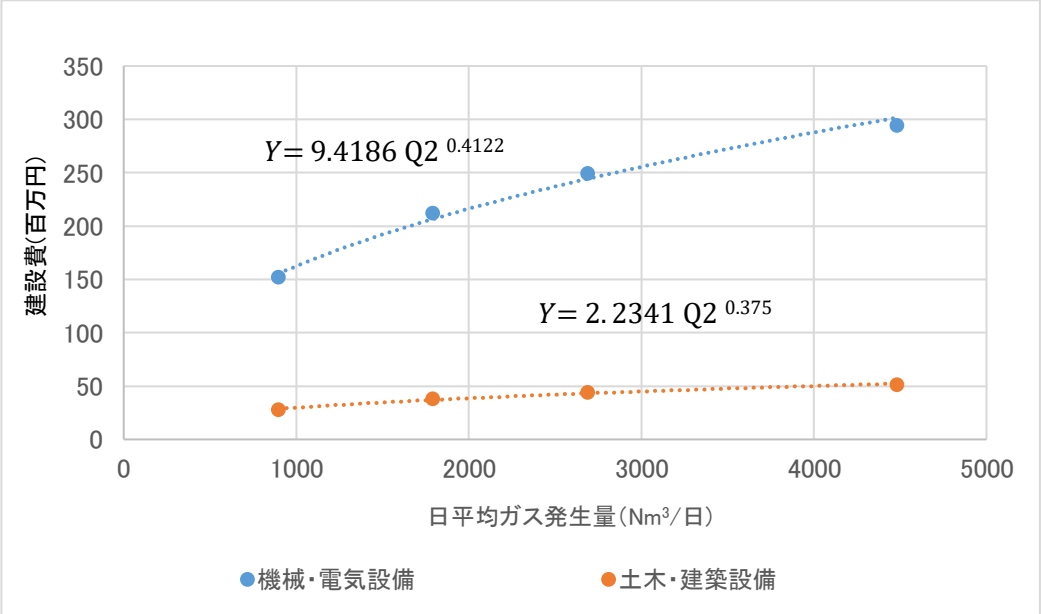
＊：SOFC については、**「SOFC ロードマップ」（経済産業省）** に準拠する。



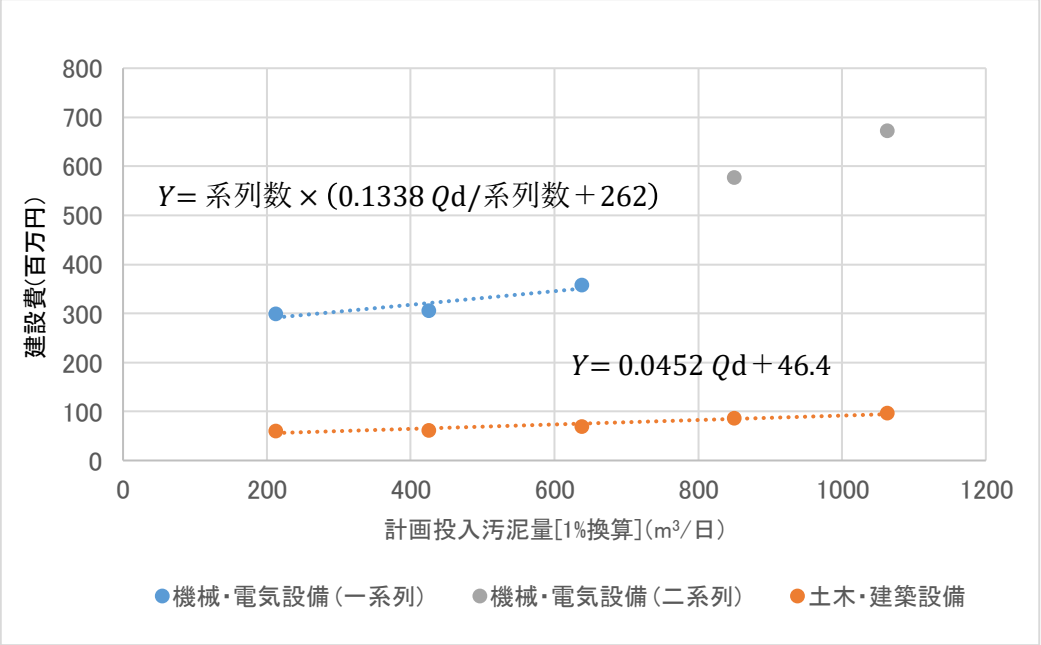
図資 2.1-1　消化槽設備（鋼板製）建設費の簡易算定式



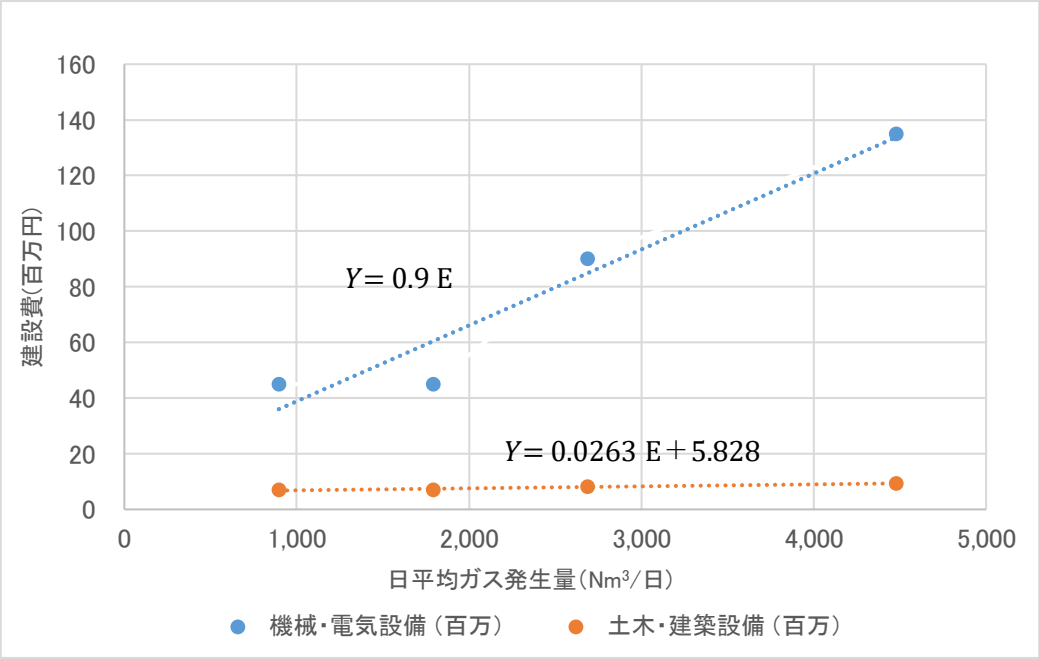
図資 2.1-2　消化槽設備（RC 製）建設費の簡易算定式



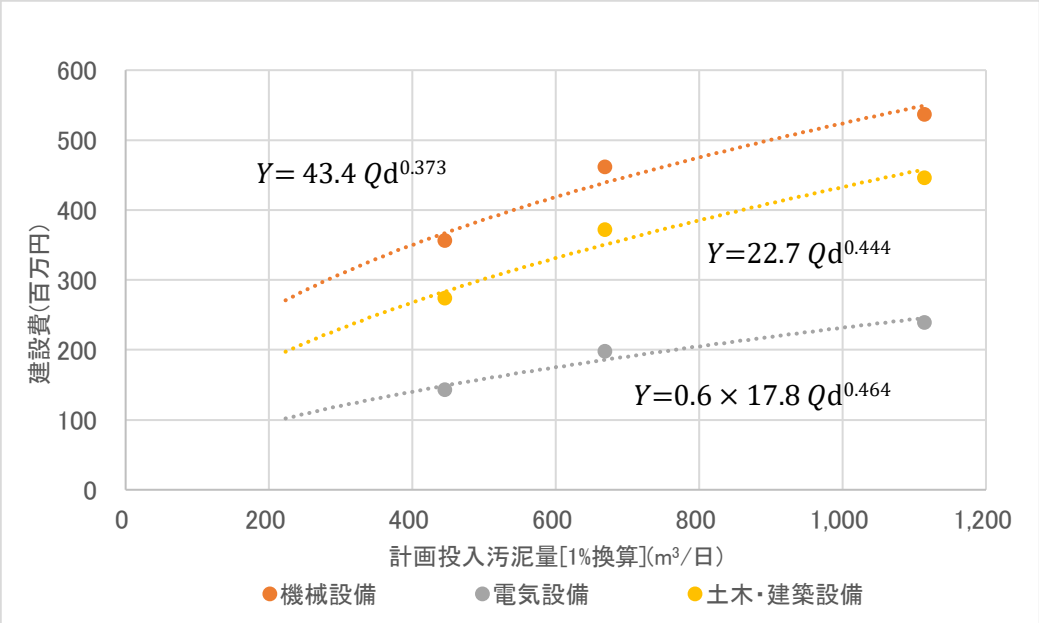
図資 2.1-3　バイオガス設備 建設費の簡易算定式



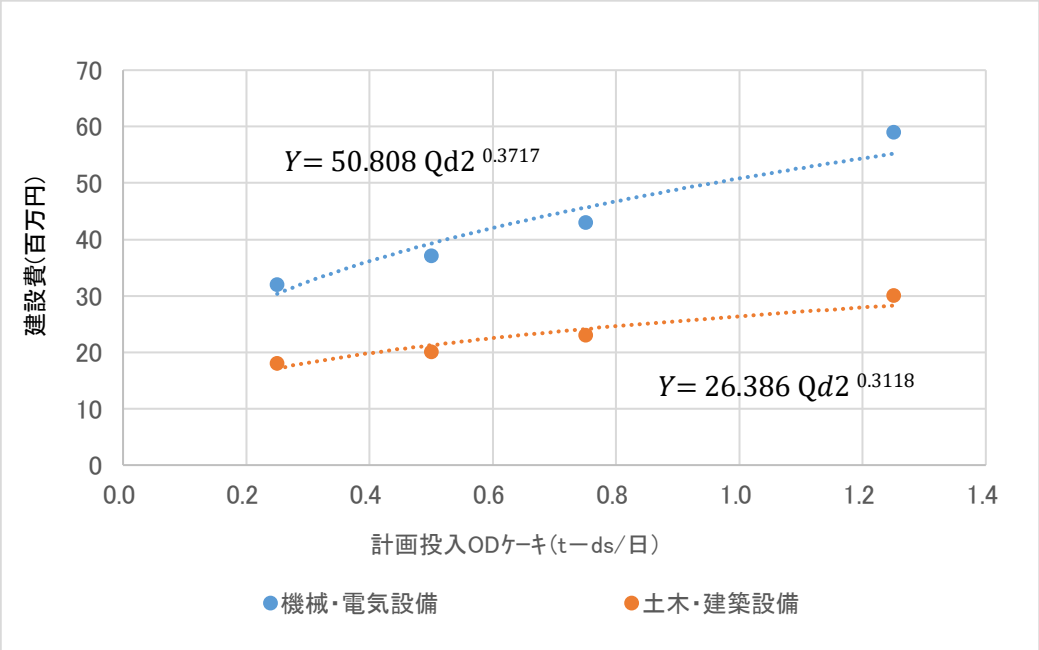
図資 2.1-4　高効率加温設備（可溶化装置）建設費の簡易算定式



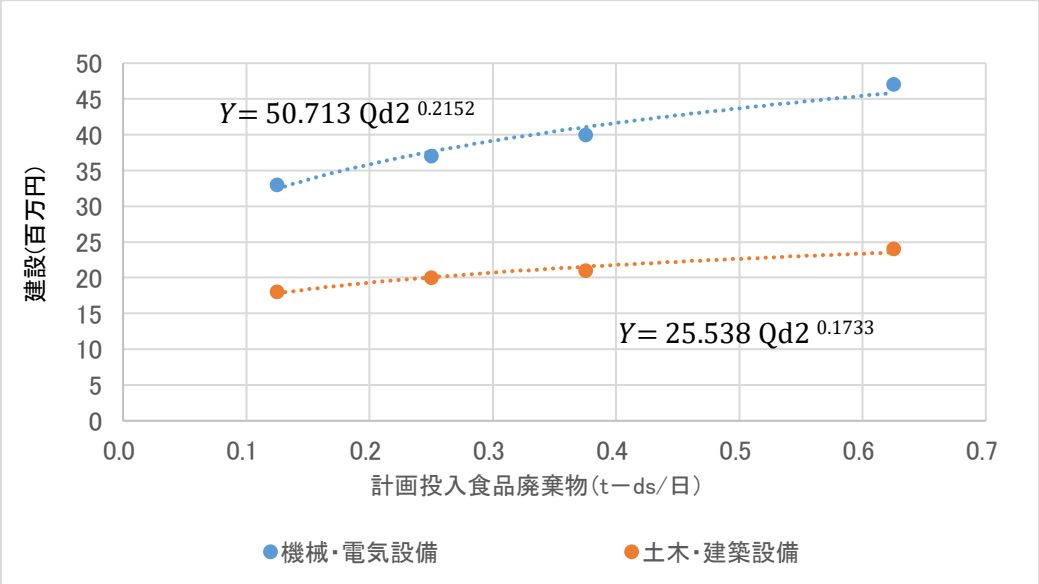
図資 2.1-5　ガス発電設備（SOFC）建設費の簡易算定式



図資 2.1-6　脱水設備 建設費の簡易算定式



図資 2.1-7　地域バイオマス（OD）設備 建設費の簡易算定式



図資 2.1-8　地域バイオマス（食品残渣）設備 建設費の簡易算定式

Ⅱ-2　維持管理費（費用関数）

維持管理費として、各設備の費用関数で総額を算出する。

表資 2.2、図資 2.2-1～8 において、各設備の建設費の算定式を示す。

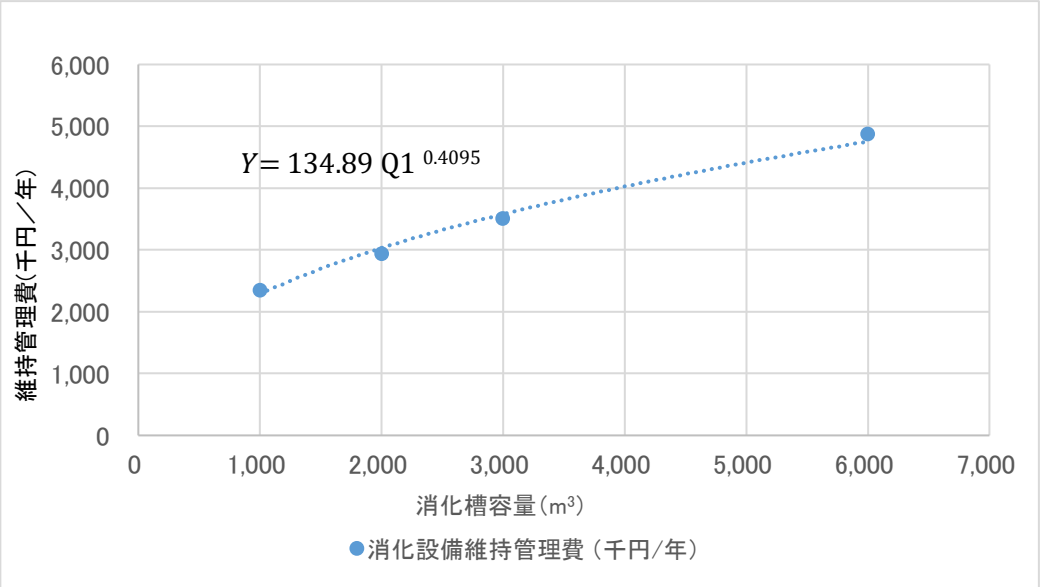
表資 2.2 各設備の維持管理費の簡易算定式

項目	算出式
消化槽設備	$Y = 134.89\,Q1^{0.4095}$
バイオガス設備	$Y = 11.209\,Q2^{0.699}$
高効率加温設備	$Y = 153.07\,Qy^{0.3828}$
ガス発電設備(SOFC)*	$Y = 50\,E$
ガス発電設備(小型ガスエンジン)	$Y = 57.9\,E$
脱水設備	$Y = 39\,Qy^{0.596}$
地域バイオマス（OD）	$Y = 1862.1\,Q3^{0.5707}$
地域バイオマス（食品残渣）	$Y = 14102\,Q3^{0.6412}$

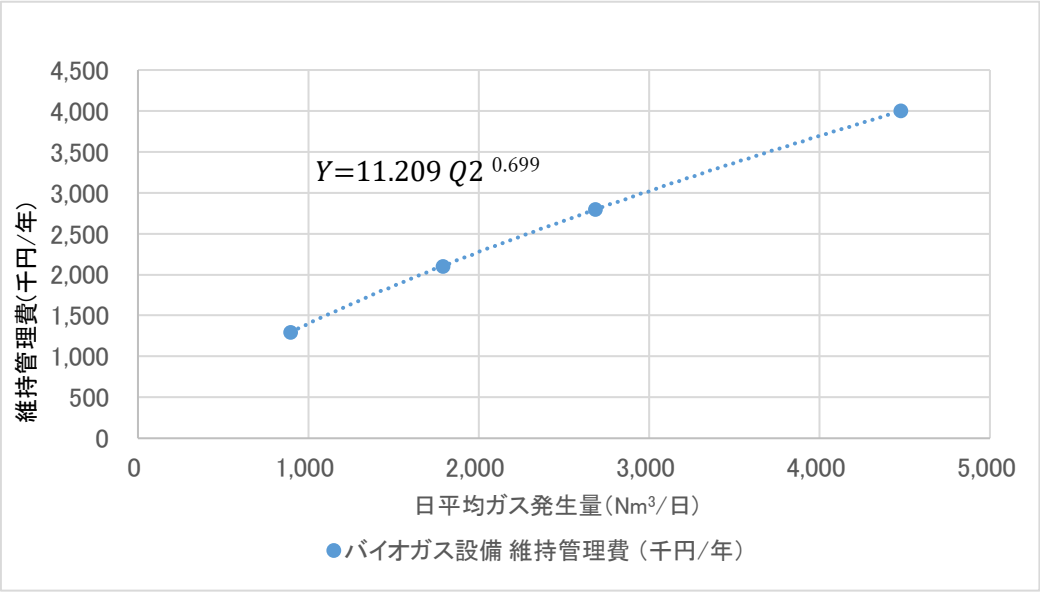
※Y：維持管理費(千円/年)　Q1:消化槽容量(m^3)　Q2:日平均ガス発生量(Nm^3/日)

Qy:年間処理汚泥量[1%換算](m3/年)　Q3:日平均投入地域バイオマス(t-ds/日)

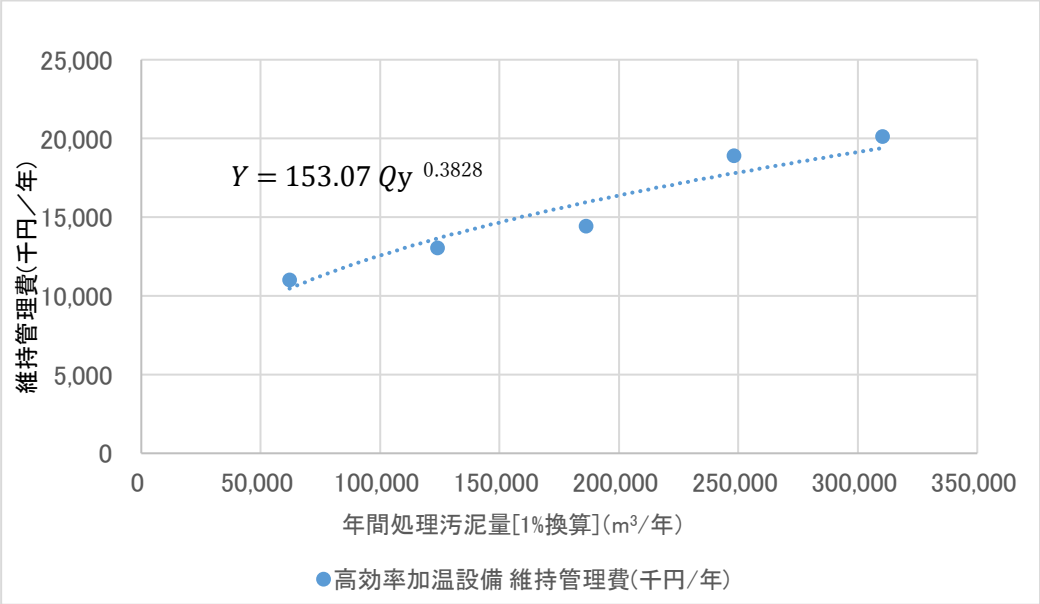
E ： 発電機総出力（kW）　＊：SOFC については、**「SOFC ロードマップ」（経済産業省）** に準拠する。



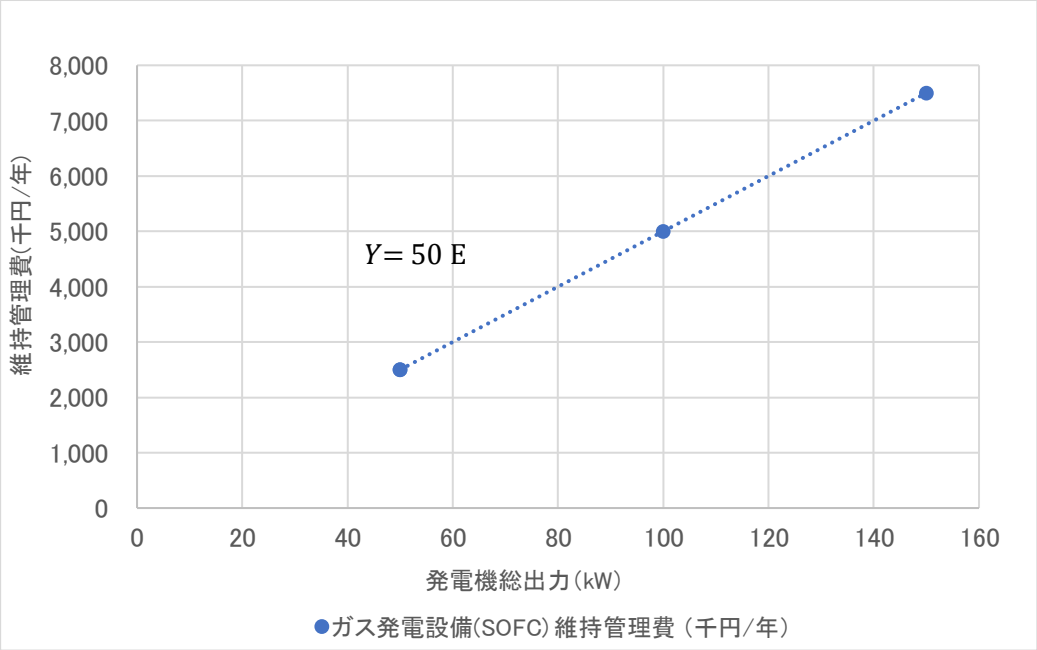
図資 2.2-1　消化設備 維持管理費の簡易算定式



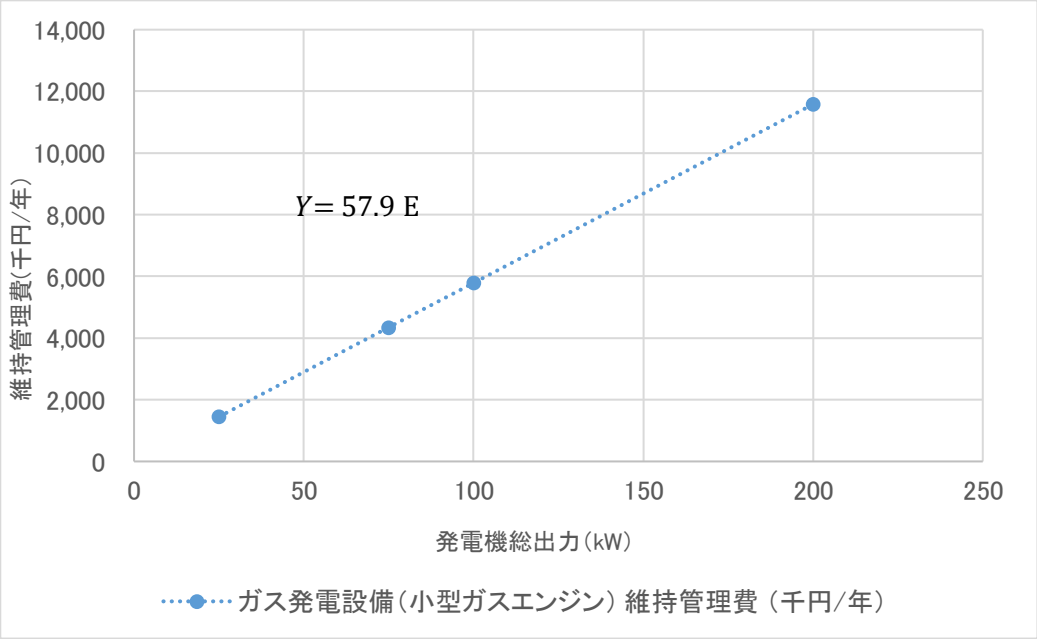
図資 2.2-2　バイオガス設備 維持管理費の簡易算定式



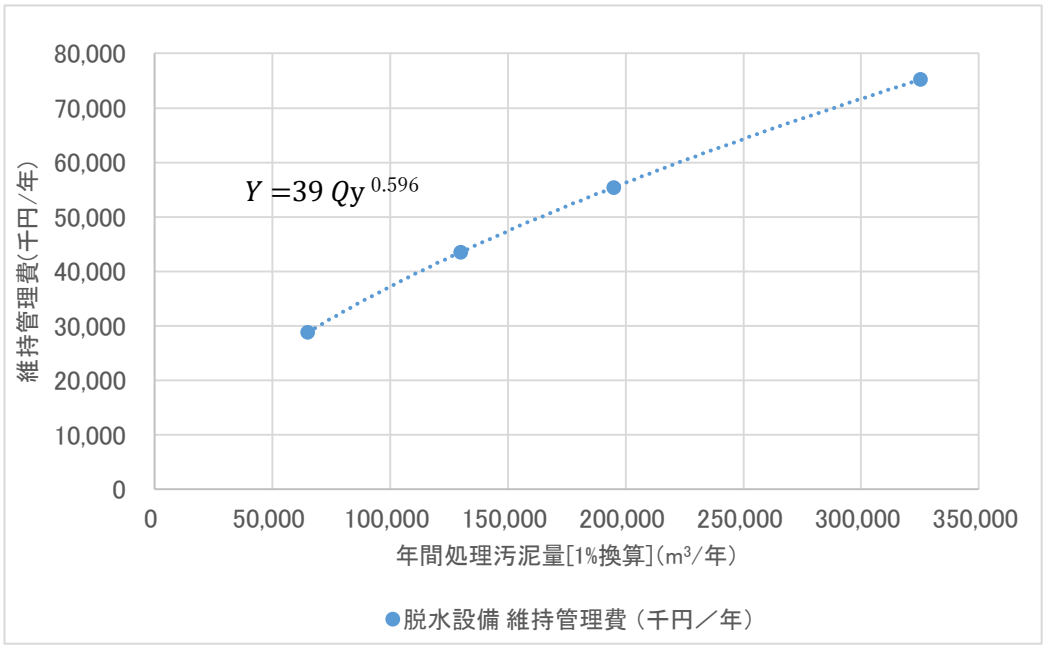
図資 2.2-3　高効率加温設備 維持管理費の簡易算定式



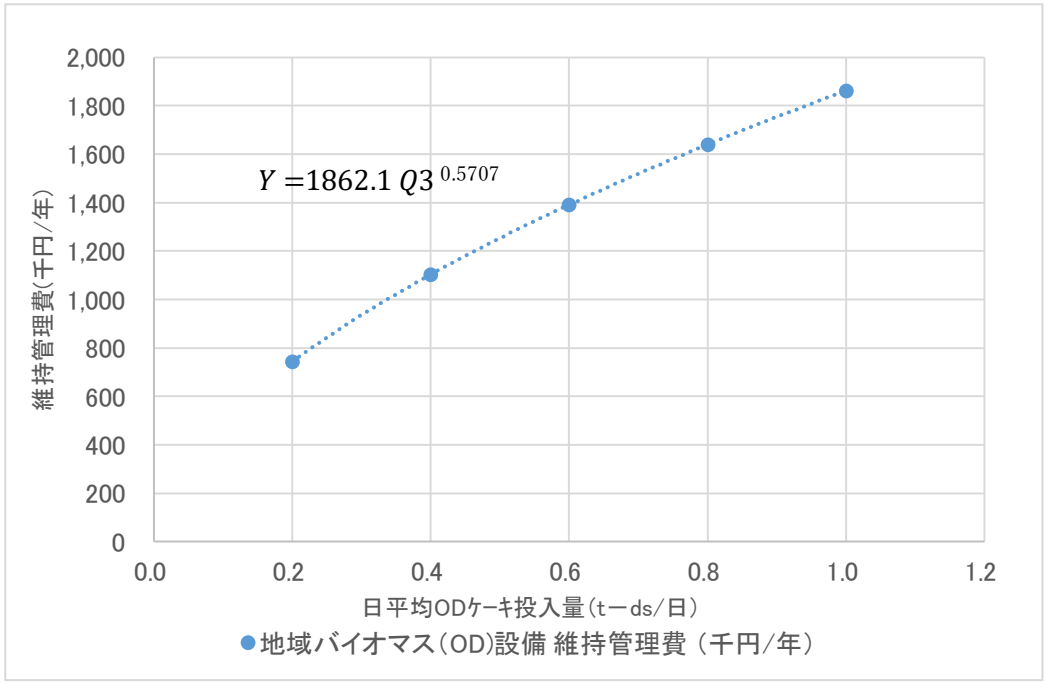
図資 2.2-4　ガス発電設備(SOFC) 維持管理費の簡易算定式



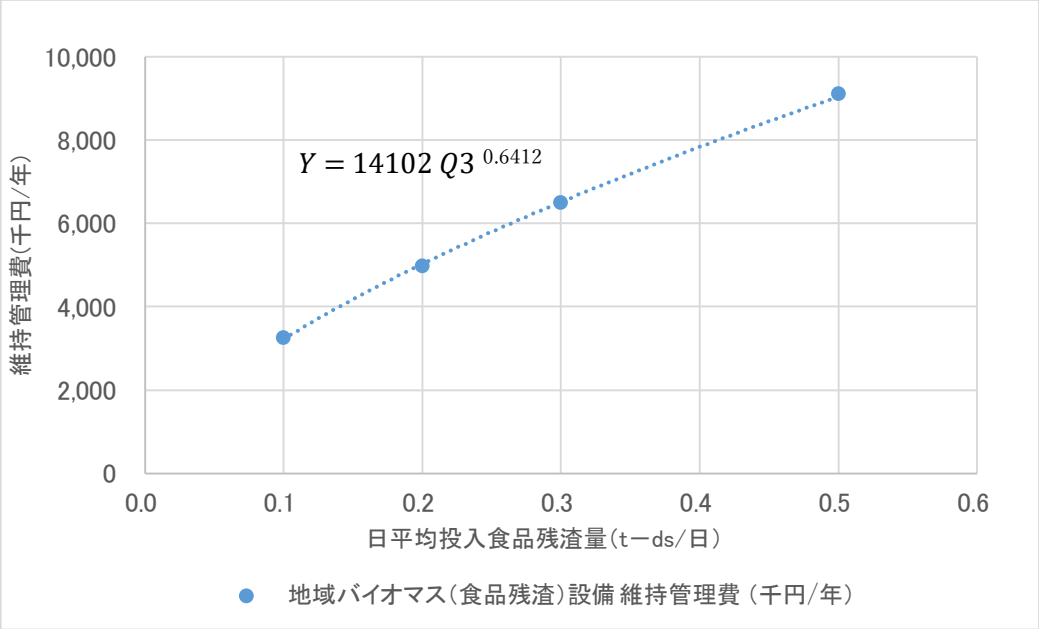
図資 2.2-5　ガス発電設備(小型ガスエンジン) 維持管理費の簡易算定式



図資 2.2-6　脱水設備 維持管理費の簡易算定式



図資 2.2-7　地域バイオマス受入設備(OD) 維持管理費の簡易算定式



図資 2.2-8　地域バイオマス受入設備(食品残渣) 維持管理費の簡易算定式

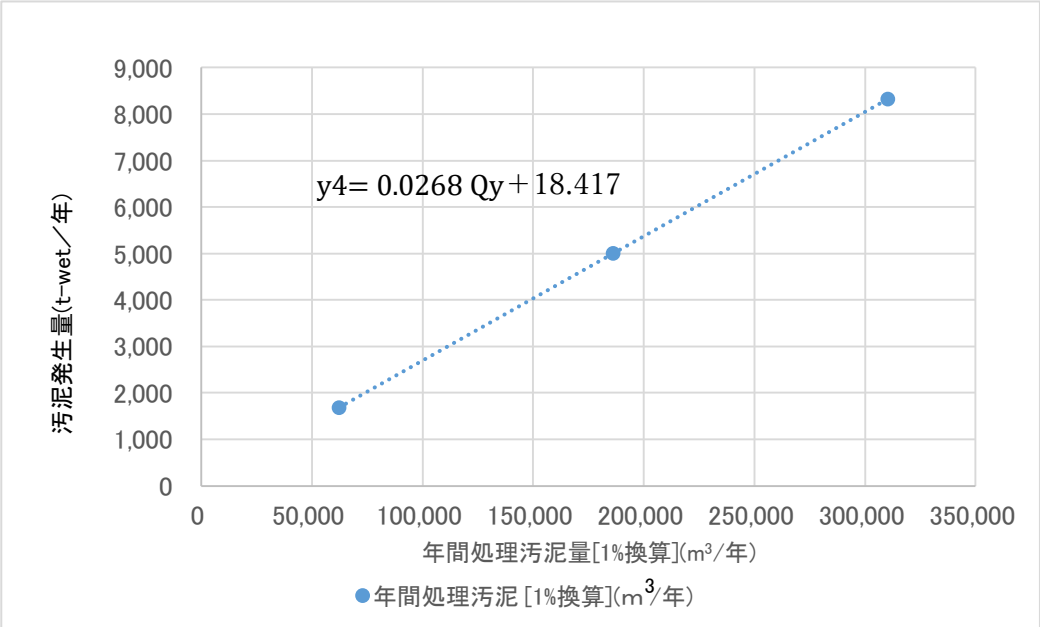
Ⅱ-3 汚泥処分費

汚泥処分費として、**表資 2.3、図資 2.3** に示した簡易算定式で算出される汚泥排出量に設定した処分単価をかけて算出する。
処分単価については地域等により変わるため、実態に合せて補正を行う。

表資 2.3 汚泥排出量の簡易算定式

項目	算出式
汚泥排出量	$y4 = 0.0268\ Qy + 18.417$

※ y4:年間汚泥排出量(t-wet/年)
Qy:年間処理汚泥量[1%換算](m³/年)



図資 2.3　汚泥排出量の簡易算定式

Ⅱ-4 分解 VS 当たり消化設備電力量

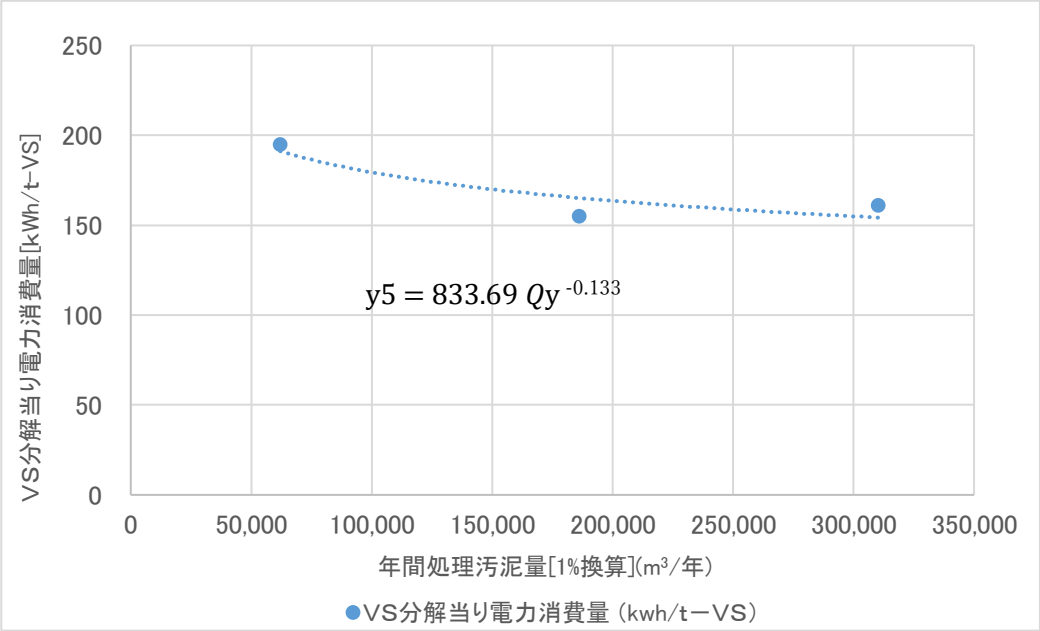
分解 VS 当り消化設備消費電力量の試算においては、分解 VS 当り消化設備消費電力量の簡易算定式を用いて試算する。**表資 2.4** と**図資 2.4** に簡易算定式を示す。

表資 2.4　分解 VS 当り消化設備消費電力量の簡易算定式

項目	算出式
分解VS当り消化設備消費電力量	$y5 = 833.69\ Qy^{-0.133}$

※ y5 ： 分解 VS 当り消化設備消費電力量[kWh/t-VS]

Qy ： 年間処理汚泥量[1%換算]（m^3/年）



図資 2.4　分解 VS 当り消化設備消費電力量 簡易算定式

Ⅱ-5　エネルギー創出量

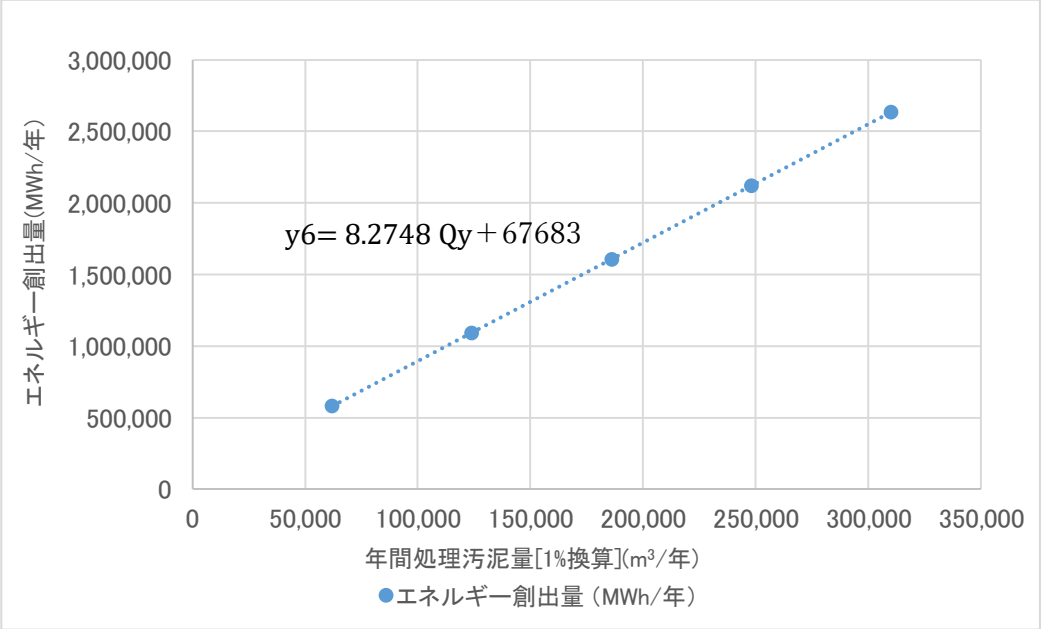
エネルギー創出量の試算においては、本システムにおいては SOFC による発電によるエネルギー創出量の簡易算定式を**表資 2.5、図資 2.5** に示す。

表資 2.5　エネルギー創出量の簡易算定式

項目	算出式
エネルギー創出量	$y6 = 8.2748\ Qy + 67683$

※ y6 ： エネルギー創出量[MWh/年]

Qy： 年間処理汚泥量[1%換算]（m^3/年）



図資 2.5　エネルギー創出量 簡易算定式

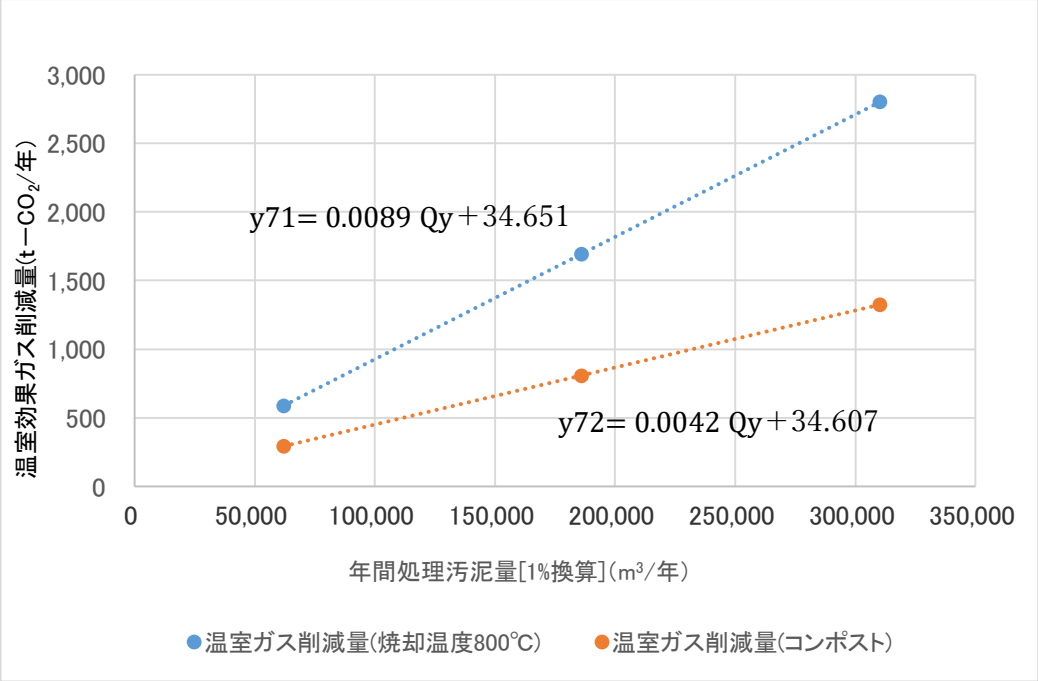
Ⅱ-6　温室効果ガス削減量

従来技術（中温消化）と比較した温室効果ガス削減量の試算においては、**表資 2.6** と**図資 2.6** に簡易算定式を示す。

表資 2.6　温室効果ガス削減量の簡易算定式

項目	算出式
温室効果ガス削減量[t-CO_2/年]焼却温度800℃	$y71 = 0.0089\,Qy + 34.651$
温室効果ガス削減量[t-CO_2/年]コンポスト	$y72 = 0.0042\,Qy + 34.607$

※ y71 ： 温室効果ガス削減量[t-CO_2/年]　（焼却温度８００℃）
　 y72 ： 温室効果ガス削減量[t-CO_2/年]　（コンポスト）
　 Qy ： 年間処理汚泥量[1%換算]（m^3/年）



図資 2.6　温室効果ガス削減量の簡易算定式

Ⅲ．参考資料

Ⅲ-1　トラブル時の対応例

本システムの各設備において検知された異常例に対して想定される故障・不具合例とその対応方針例を**表資 3.1** に示す。

表資 3.1　検知された異常例に対して想定される故障・不具合例とその対応方針例

	検知された異常例	想定される故障・不具合例	対応方針例
消化設備	無動力撹拌式消化槽圧力上昇	消化ガス排出ライン閉塞 消化ガス排出ライン調節弁故障	消化ガス排出ライン点検 消化ガス排出ライン調節弁点検
	汚泥循環ポンプ圧力高	消化汚泥循環ライン閉塞	消化汚泥循環ライン点検
	投入汚泥ポンプ圧力高	投入汚泥ライン閉塞	投入汚泥ライン点検
	濃縮汚泥ポンプ圧力高	濃縮汚泥ライン閉塞・凍結	濃縮汚泥ライン点検
	補助ブロワ運転時出口流量異常	補助ブロワ出口消化ガス遮断弁故障	補助ブロワ出口消化ガス遮断弁点検
高効率加温設備（可溶化装置）	可溶化タンク圧力高	可溶化タンク圧力調節弁故障	可溶化タンク圧力調節弁点検
	可溶化タンク液位高	可溶化タンク液位調節弁故障	可溶化タンク液位調節弁点検
	可溶化装置運転時間異常（同じ条件で運転時間が長くなる）	ケーキ移送ポンプステーター摩耗（一軸ねじ式の場合）	ケーキ移送ポンプ点検
	ケーキ移送ポンプ圧力高	ケーキ移送ライン閉塞 ケーキ遮断弁故障	ケーキ移送ライン点検 ケーキ遮断弁点検
	洗浄水ポンプ流量低	洗浄ポンプ故障 給水配管異常	洗浄ポンプ点検 給水配管点検
	蒸気ボイラー故障	蒸気ボイラ本体故障 軟水装置故障 ガスブースター故障	蒸気ボイラ点検 軟水装置点検 ガスブースター点検

表資 3.1　検知された異常例に対して想定される故障・不具合例とその対応方針例（続き）

	検知された異常例	想定される故障・不具合例	対応方針例
固体酸化物型燃料電池（SOFC）	燃料電池電圧低	燃料電池スタック破損又は性能劣化	燃料電池スタック点検
		消化ガス含有メタン濃度低下	消化ガスメタン濃度点検
		消化ガス燃料流量不足	消化ガス元圧点検
			消化ガス燃料流量制御機器点検
			消化ガス燃料用昇圧ポンプ点検
		燃料電池 空気流量不足	燃料電池 空気流量制御機器点検
			空気ブロア点検
		改質水流量過多	改質水ポンプ点検
		硫黄被毒による脱硫触媒劣化	触媒点検
		シロキサンによる改質触媒劣化	触媒点検
	燃料電池温度高	消化ガス燃料流量過多	消化ガス燃料用昇圧ポンプ点検
			消化ガス用流量制御機器点検
		消化ガス含有メタン濃度上昇	消化ガスメタン濃度点検
		燃料電池 冷却空気流量不足	燃料電池 冷却空気流量制御機器点検
	燃料電池温度低	燃料電池 空気流量過多	燃料電池 空気流量制御機器点検
		燃料電池 冷却空気流量過多	燃料電池 冷却空気流量制御機器点検
	燃料電池システムAC出力低	パワーコンディショナ環境温度不良	パワーコンディショナ点検
			冷却ファン点検
			冷却空気通路 フィルタ点検
	燃料改質器温度高	消化ガス含有メタン濃度上昇	消化ガスメタン濃度点検
		消化ガス燃料流量過多	消化ガス燃料用昇圧ポンプ点検
			消化ガス用流量制御機器点検
		消化ガス中の水分結露による流量制御機器故障	消化ガス水分濃度点検
		改質水流量不足	改質水ポンプ点検
		脱硫不良	触媒点検
		シロキサン除去不良	触媒点検
	燃料改質器温度低	消化ガス含有メタン濃度低下	消化ガスメタン濃度点検
		消化ガス燃料流量不足	消化ガス元圧点検
			消化ガス燃料用流量制御機器点検
			消化ガス燃料用昇圧ポンプ点検
		燃料電池 空気流量過多	燃料電池 空気流量制御機器点検
		燃料電池 冷却空気流量過多	燃料電池 冷却空気流量制御機器点検
		改質水流量過多	改質水ポンプ点検

表資 3.1　検知された異常例に対して想定される故障・不具合例とその対応方針例(続き)

	検知された異常例	想定される故障・不具合例	対応方針例
固体酸化物型燃料電池（ＳＯＦＣ）	POx改質器（保護ｶﾞｽ発生器）温度高	消化ガス含有メタン濃度上昇	消化ガスメタン濃度点検
		POx空気流量過多	消化ガス元圧点検
	昇温用バーナ着火不良	バーナ燃料流量異常	バーナー燃料流量制御機器点検
			消化ガス元圧点検
			消化ガス用昇圧ポンプ点検
		バーナ空気流量異常	空気ブロア点検
			バーナ空気流量制御機器点検
		点火制御機器故障	点火制御機器点検
	消化ガス中の水分結露	冷却水温度異常	冷却水温度点検
		冷却水流量異常	冷却水用ポンプ点検
			流量計点検
			冷却水ラインの点検
	循環水流量異常	循環水ライン閉塞	循環水ラインの点検
			ストレーナー点検
		循環水ポンプ故障	循環水ポンプ点検
	消化ガス燃料流量不足	発電電圧低下・セルスタック破損	消化ガス元圧点検
地域バイオマス受入設備 外部汚泥・	ケーキ移送ポンプ運転停止（ケーキ移送ポンプフィーダ重量低下）	ケーキ移送コンベア故障 受入ホッパ故障	ケーキ移送コンベア点検 受入ホッパ点検
	受入ホッパ計測重量異常	受入ホッパ（ロードセル故障）	受入ホッパ点検
	食品廃棄物受入装置異常	回転機器（ポンプ・破砕機等）故障 食品廃棄物スラリー配管閉塞	回転機器（ポンプ・破砕機等）点検 配管点検・フラッシング
ユーティリティ設備	計装空気圧力低下	計装空気圧縮機故障 レシーバータンク・計装空気配管 空気漏洩	計装空気圧縮機点検 レシーバータンク点検 計装空気配管・各計装機器接続部点検

Ⅲ-2　定期点検項目

本システムの各設備の定期点検・検査における検査項目を**表資 3.2** に示す。

表資 3.2　各設備の定期点検・検査における検査項目

設備・機器名称		点検・整備項目	点検頻度			備考
			3カ月	1年	2年	
消化設備	ブロワ類	安全弁作動確認		●		
		絶縁抵抗測定		●		
		給脂		●		
		潤滑油交換		●		
		ベルト点検	●			
		消耗品交換	メーカー規定による			
	ポンプ類	絶縁抵抗測定		●		
		潤滑油交換		●		
		消耗品交換	メーカー規定による			
		給脂		●		
	弁類	絶縁抵抗測定		●		
		部品交換	必要に応じて			
	計装品	部品交換	必要に応じて			
		計測機器補正		●		
高効率加温設備（可溶化設備）	熱可溶化タンク	性能検査		●		ボイラー協会にて検査
		自主検査（溶接線の非破壊検査）		●		
		自主検査（外観検査）	●			1カ月に1回検査し、記録を保存
		安全弁点検（メーカーにて検査）		●		ボイラー性能検査と同時
	ホッパ類	ロードセル調整		●		
		絶縁抵抗測定		●		
		給脂		●		
	コンベア類	絶縁抵抗測定		●		
		潤滑油交換		●		
		消耗品交換	メーカー規定による			
		給脂		●		
	ポンプ類	絶縁抵抗測定		●		
		潤滑油交換		●		
		消耗品交換	メーカー規定による			
		給脂		●		

表資 3.2　各設備の定期点検・検査における検査項目（続き）

設備・機器名称		点検・整備項目	点検頻度			備考
			3カ月	1年	2年	
高効率加温設備（可溶化設備）	加温ボイラー	ボイラー本体自主点検（メーカ点検）		●		3年間記録を残す
		消耗品交換	メーカー規定による			
		給脂		●		
	弁類	絶縁抵抗測定		●		
		部品交換	必要に応じて			
	計装品	部品交換		●		
		計測機器類校正		●		
			メーカー規定による			
固体酸化物型燃料電池（ＳＯＦＣ）	パージ用ガスボンベ	ボンベ交換	必要に応じて			
	スタック	スタック交換	必要に応じて			
	純水製造装置	イオン交換樹脂交換			●	
		純水用フィルタ交換			●	
	空気ブロワ	フィルタ交換			●	
	脱硫装置	脱硫剤透明タンク			●	
		脱硫剤			●	
	消化ガス前処理装置	脱硫剤交換		●		
		シロキサン除去用活性炭交換		●		
外部汚泥・地域バイオマス受入設備	ポンプ類	絶縁抵抗測定		●		
		潤滑油交換		●		
		消耗品交換	メーカー規定による			
		給脂		●		
	弁類	絶縁抵抗測定		●		
		部品交換	必要に応じて			
	計装品	部品交換	必要に応じて			
		計測機器類校正		●		
ユーティリティ設備	計装空気圧縮機	絶縁抵抗測定		●		
		弁類点検		●		
		電動機点検		●		
		計器類点検		●		
	ポンプ類	絶縁抵抗測定		●		
		潤滑油交換		●		
		消耗品交換	メーカー規定による			
		給脂		●		

Ⅲ-3　実証研究を通じて得られた課題と工夫に関して

実証研究中には様々な課題が発生したが、発生した課題に対して対策を検討し、いろいろと工夫することで課題を克服するに至っている。本項ではその一部を掲載する。
表資 3.3-1 に無動力撹拌式消化槽、**表資 3.3-2** に高効率加温設備（可溶化装置）、**表資 3.3-3** に固体酸化物型燃料電池（SOFC）について述べる。

表資 3.3-1　無動力撹拌式消化槽における課題と工夫

設備名	No.	課題内容	実施した工夫内容	参照資料
無動力撹拌式消化槽	1	既設消化槽設備／ガス収集ラインとの接続要領に関して、実証技術/無動力消化槽は、急激な圧力変動を伴ったガス供給方法となるため、既設側消化槽設備に圧力変動の影響を及ぼさない対策が必要となる。	対策として、既設消化設備ガス収集ラインに低圧損タイプのバタフライチャッキ弁等の取付を実施した。(補足資料①-1)	補足資料①-1
	2	無動力消化槽からの発生バイオガスの排出は、通常の消化槽とは異なり排出ガス量及び圧力が大きく変動する。そのため、圧力変動に対応可能なガス流量計を選定する必要がある。	無動力撹拌動作時に瞬間的に消化槽内の一定ボリュームの発生バイオガスの排出が想定されるため、無動力撹拌時【高圧側】と定常時【低圧側】を分けて流量測定出来るように流量計を２系統設置の上、一定の圧力変動に追従対応可能な『カルマン渦流量計』を採用した。	補足資料②
	3	定常時の発生バイオガス量を測定する低圧側バイオガスラインにも『カルマン渦流量計』を採用したが、想定流量以下の場合流量計内部の計測部に渦流が発生せず測定値【０】となることが確認された。	流量計測定下限値に近づいた段階で流量計２次側制御弁の開閉制御を実施。一次側に一定量のバイオガスを一時貯留することで発生バイオガスの測定対応を実施した。	補足資料③
	4	消化槽からのバイオガス収集ラインに関して、配管中のバイオガスから生じる凝結水を通常はUシール等にて配管系外に排出するが、無動力消化槽からの発生バイオガスは、配管内圧力が大きく変動するため、通常のUシール等では対応出来ない。（Uシールが維持出来ない。）	バイオガス収集ライン中に取り付ける凝結水排出配管に関して、末端部にエアー作動式制御弁を取付、配管内圧力が低圧状態時（無動力撹拌後一定時間経過後）にのみバルブ【開】操作を行う制御を行うことで対応した。(補足資料①-2)	補足資料①-2

表資 3.3-2　高効率加温設備（可溶化装置）における課題と工夫

設備名	No.	課題内容	実施した工夫内容	参照資料
高効率加温設備（可溶化装置）	1	夏季期間中の消化槽内温度上昇に関して、当初は可溶化装置2次側の高温部での2重配管熱交での冷却対応を検討していたが、２重配管熱交部での接触滞留時間が確保されず供給熱量に対する冷却効果が十分に発揮されなかった。	消化槽循環汚泥ライン中にスパイラル熱交を設置することで、夏季期間における消化槽内温度の冷却対応を実施した。	補足資料④
	2	ケーキ移送ポンプに関して、当初想定していたよりも早くに送泥量の低下が発生した。ステータ取替対応後、ステータ内面の状況を確認したところＭＡＰによる損耗が原因で吐出量低下の可能性が確認された。	ＭＡＰ対策を考慮したステータを予備品納入した。次回ステータ取替時にＭＡＰ対策のステータに取替の上、ステータ取替頻度の延命化に効果有か確認予定。（自主研究期間中に報告予定）	補足資料⑤
	3	実証施設における可溶化装置の運転は維持管理性の検証の意味も兼ねて月～土の運転対応とし、日曜日は稼働を原則停止しております。また可溶化装置運転時は温度が高いため流動性に問題は有りませんが、可溶化汚泥の濃度は、ＴＳ：14%程度と非常に濃度が高いため毎週末の可溶化装置運転終了後、可溶化タンク及び出口配管部での固形物濃度が高い汚泥が残存し、固化して閉塞する懸念が有りました。	設計段階より左記問題を認識の上、可溶終了後、反応器内部及び出口配管を蒸気及び処理水で自動洗浄する工程を組み込み、運転終了後に固形物濃度が高い汚泥が残存システムとしておりました。立上げ試運転期間以降の実証運転を通じて、最適運転を検証することで安定した可溶化運転方案を確立しております。	-

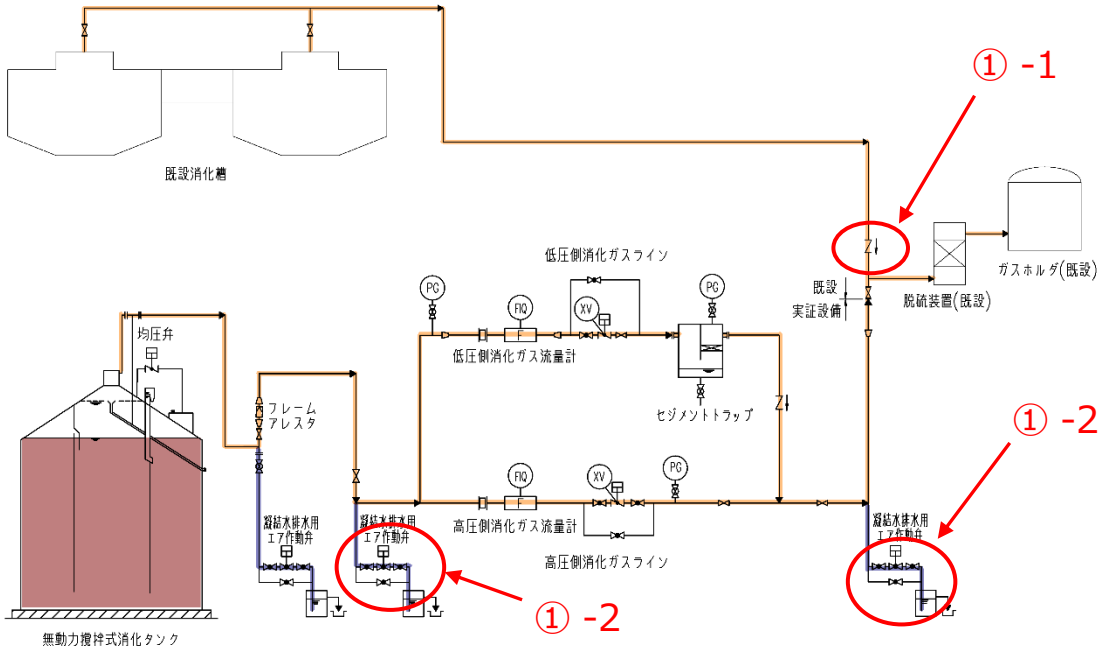
表資 3.3-3　固体酸化物型燃料電池（ＳＯＦＣ）における課題と工夫

設備名	No.	課題内容	実施した工夫内容	参照資料
固体酸化物形燃料電池（ＳＯＦＣ）	1	ＳＯＦＣへのバイオガス供給ラインの元配管にて、無動力消化槽向け補助ブロワ吸込み配管が接続されている。そのため、補助ブロワ稼働時にＳＯＦＣへの供給ガス圧に圧力変動（供給ガス量の変動）が生じた。	ＳＯＦＣへの圧力供給ラインを蒸気ボイラー用ガスブロワーの２次側から供給することで、ＳＯＦＣへの圧力供給を常に一定圧力以上とした。	-
	2	今回ＳＯＦＣを屋内設置としたが、夏季期間中の外気温上昇時に屋外と屋内にて著しい温度差が発生した。そのため供給ガスラインの室内配管部にて想定以上の凝結水が発生して、ＳＯＦＣに多量な水分を含んだガスを供給してしまった。	ＳＯＦＣへの供給ガスライン／室内配管中に水分除去用コンデンサを設置。２次側にて昇温することで、供給ガスの除湿対策を実施した。	-
	3	ＳＯＦＣ本体に組み込まれた改質器にて、メタン（CH4）から水素（H2）への水蒸気改質を実施しております。そのため改質水ポンプよりの改質水の安定供給が非常に重要となりますが、改質水ポンプにてエラーが発生した時のエラー検出にトラブルが続きました。	改質水ポンプでのエラー検出方法として、パルス発信機による制御に加えて、改質水ポンプの回転検出センサの設定及び検出センサの２重化対策を実施することで、エラー発生時の検出精度を高めました。	-

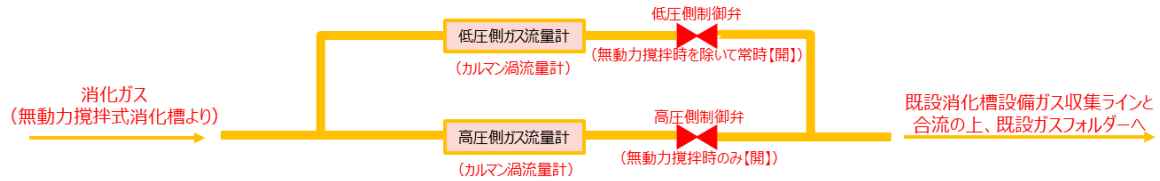
補足資料①

① -1 バイオガスの既設への影響対策

① -2 バイオガスライン凝結水対策



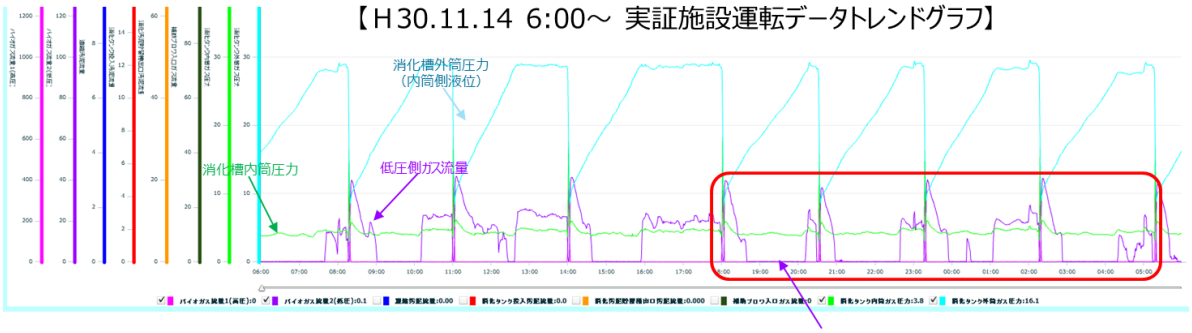
補足資料②



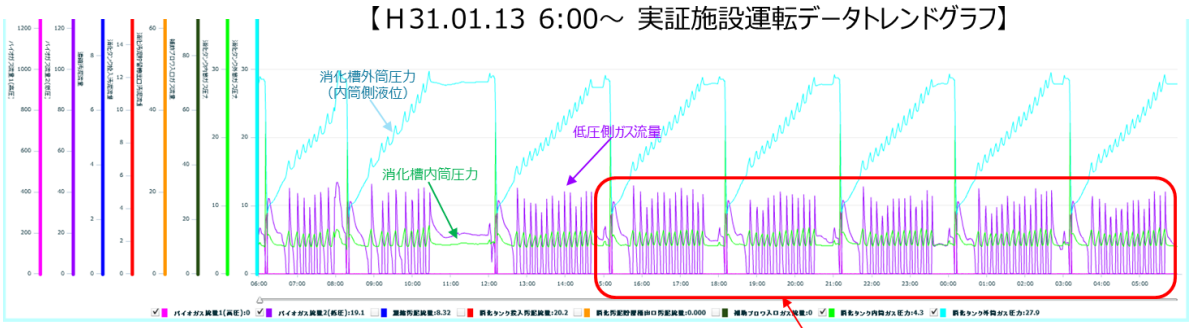
実証設備消化ガス流量計周り概略図

補足資料③

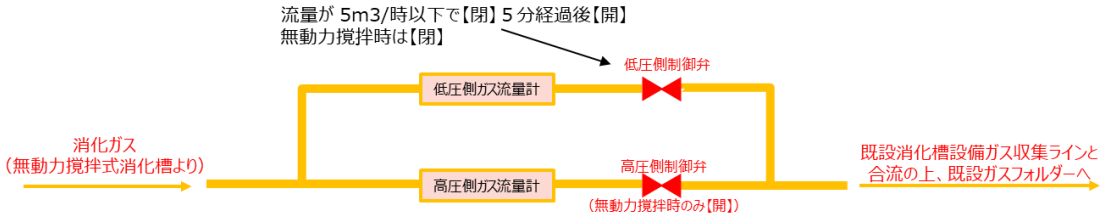
対策前と対策後のバイオガス（低圧側）ガス量トレンドデータ



内筒側液面上昇時の微量ガス排出の時間帯において
排出ガス量が計測出来ていなかった。

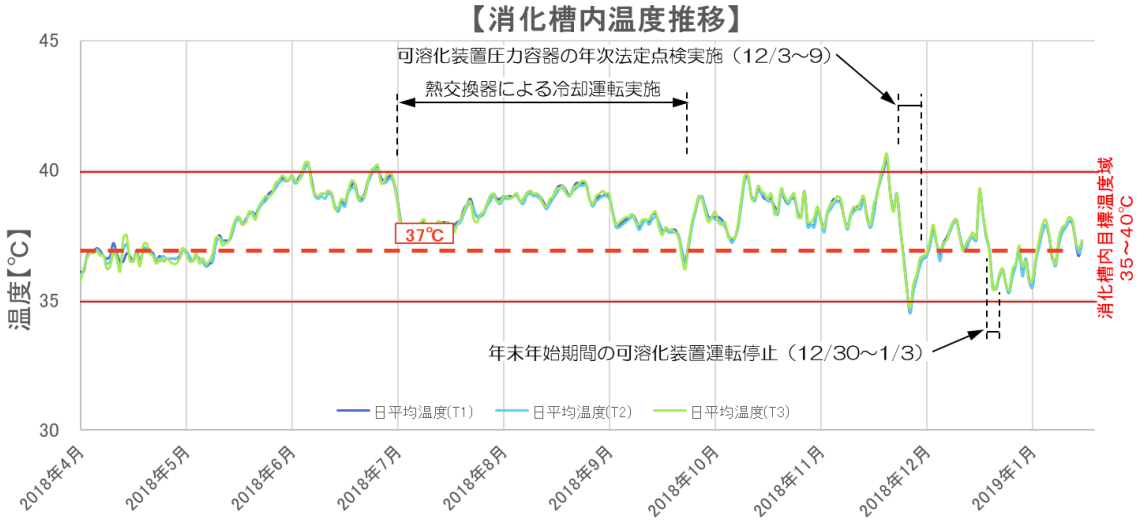


流量計特性の足切り状態で測定出来ていなかった
内筒側液面上昇時の発生ガス量が測定出来ている。



実証設備消化ガス流量計周り概略図

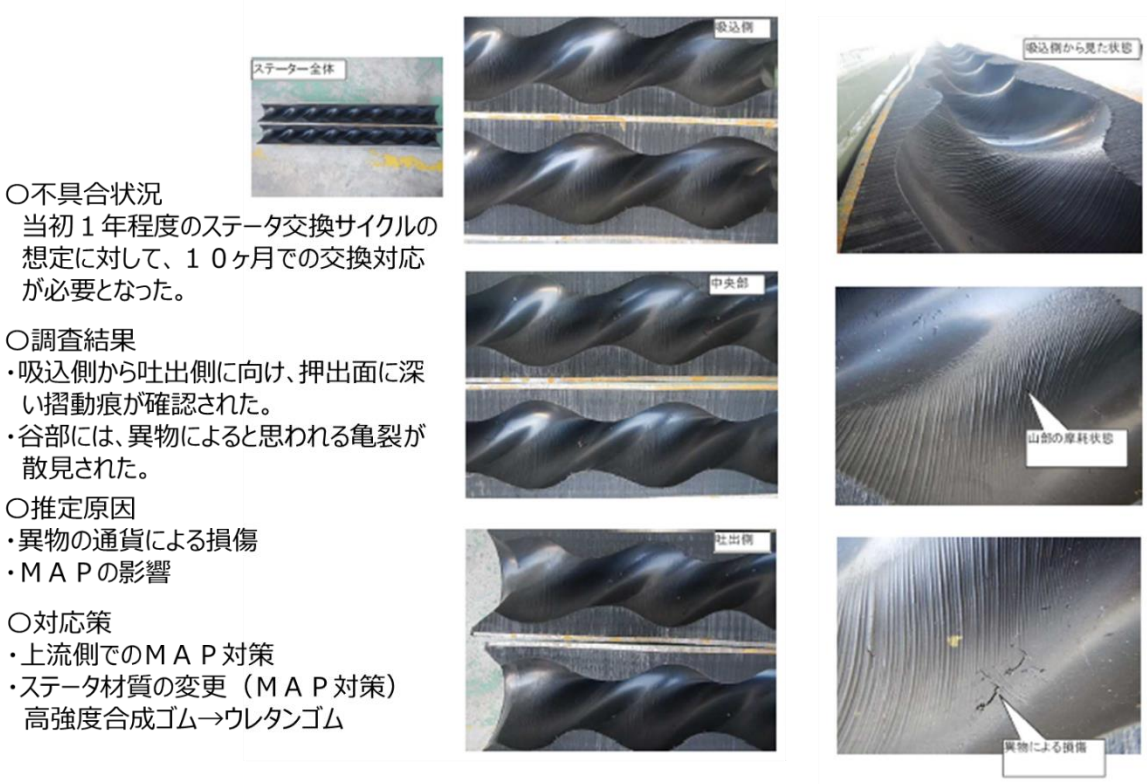
補足資料④



2018 年 4 月～2019 年 1 月までの消化槽内の温度推移。7 月～9 月まではスパイラル熱交換器による冷却運転を行い、夏季の消化槽内の過上昇を抑えている。

補足資料⑤

ケーキ移送ポンプ　ステータ内部の損耗状態



Ⅳ. 日平均水量 30,000m³の処理場検討例

Ⅳ-1 検討条件

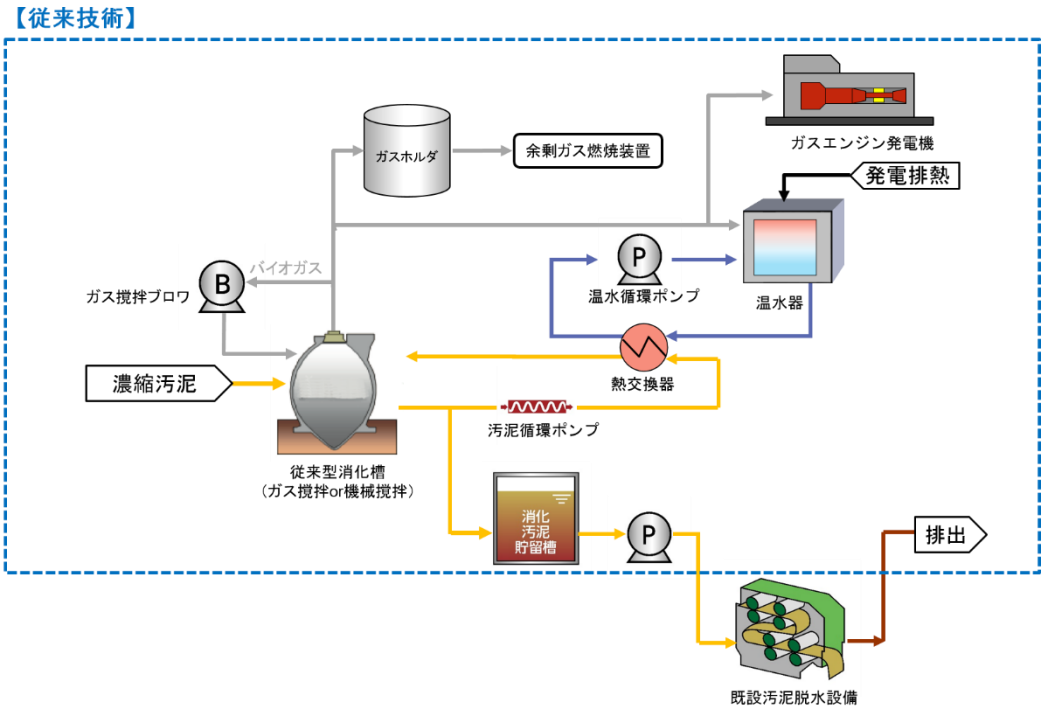
日平均流入下水量 30,000m³の処理場について、**表資 4.1** に示す条件で検討を行った。

従来技術の検討範囲を**図資 4.1**、実証技術に係る検討範囲について、**図資 4.2** に示す。

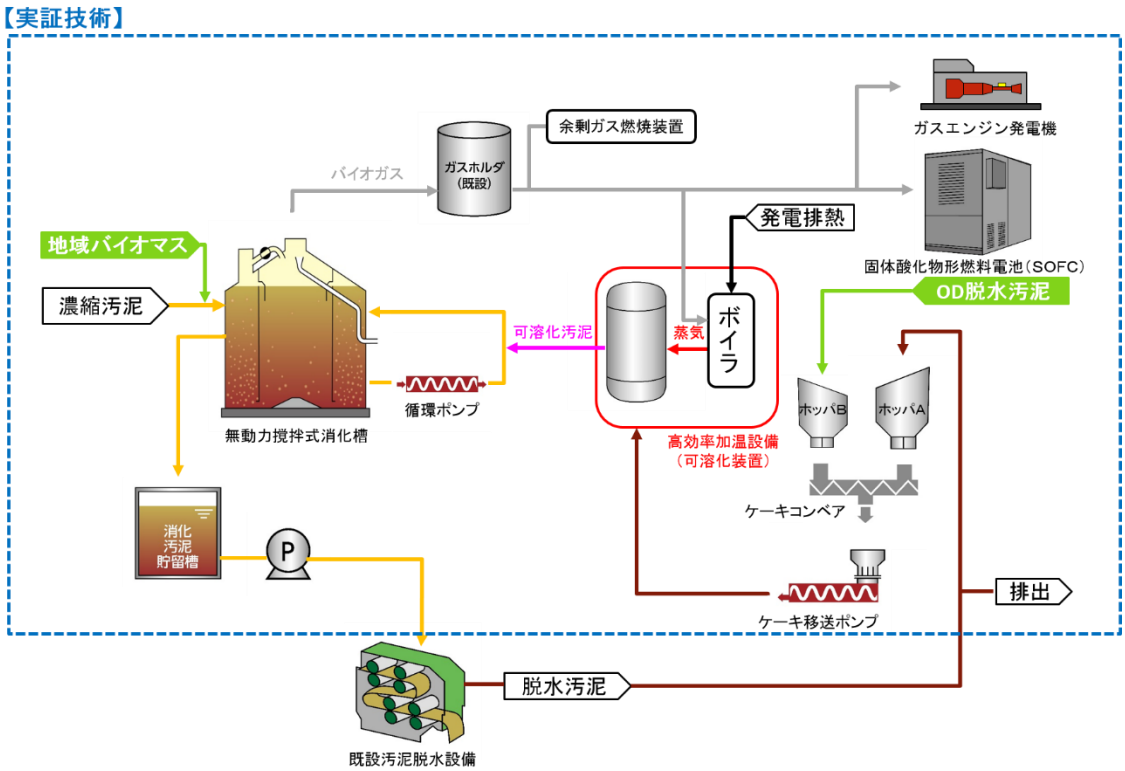
表資 4.1 に示す検討条件から、算出した従来技術のマテリアルバランスを**図資 4.3** に、**第 4 章第 1 節**の手法に基づく実証技術のマテリアルバランスを**図資 4.4** に示す。従来技術と実証技術の熱バランスをそれぞれ**図資 4.5**、**図資 4.6** に示す。

表資 4.1 検討条件

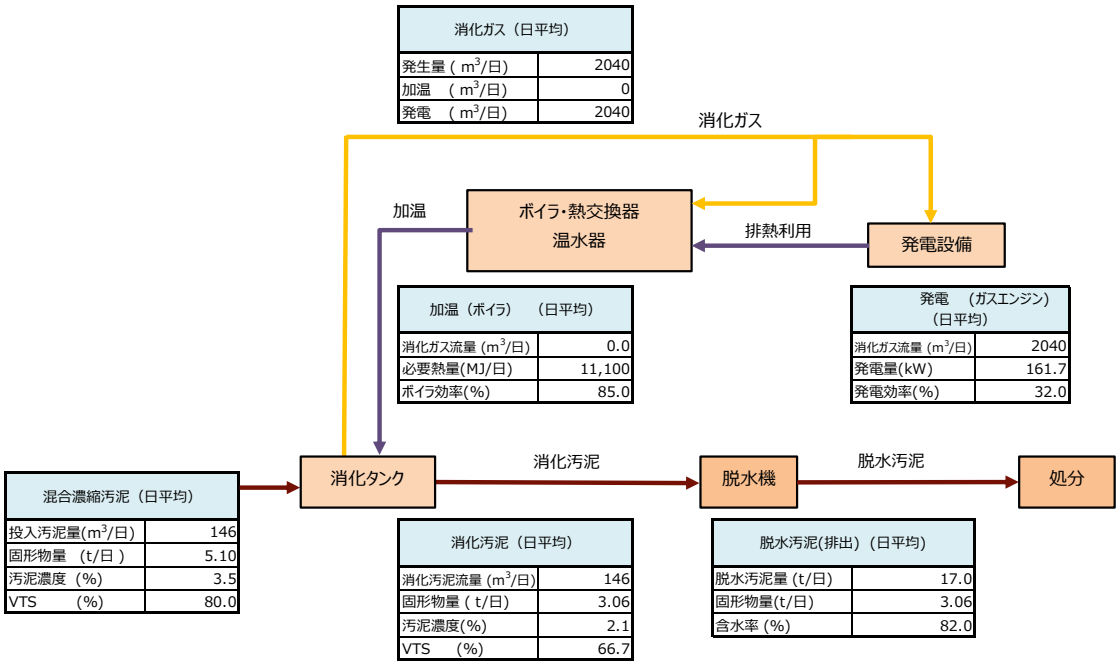
	単位	条件設定
(1)評価規模		
日最大流入下水量	m³/日	37,500
日平均流入下水量	m³/日	30,000
(2)投入汚泥条件		
濃縮混合汚泥量	t-TS/日	5.1
濃縮混合汚泥 TS	%	3.5
濃縮混合汚泥 VS	%	80
(3)外部受入投入条件(日平均)		
OD 汚泥量	t-TS/日	0.6
OD 汚泥 TS	%	15
OD 汚泥 VS	%	80
食品残渣量	t-TS/日	0.3
食品残渣 TS	%	15
食品残渣 VS	%	90
(4)設備条件		
設備構成	・消化槽設備(消化槽、汚泥引抜ポンプ) ・加温設備(高効率加温設備) ・消化ガス設備(ガスタンク、脱硫、余剰ガス燃焼) ・発電設備(SOFC、小型ガスエンジン) ・外部汚泥・地域バイオマス受入設備 (OD 脱水汚泥、食廃残渣)	
バイオガス利用	加温+発電 (SOFC+ガス発電機)	
消化槽容量	20 日 (濃縮混合汚泥基準)	
脱水汚泥含水率	実証技術 :77% 従来技術(中温消化) :82% (参考)消化なし :79%	



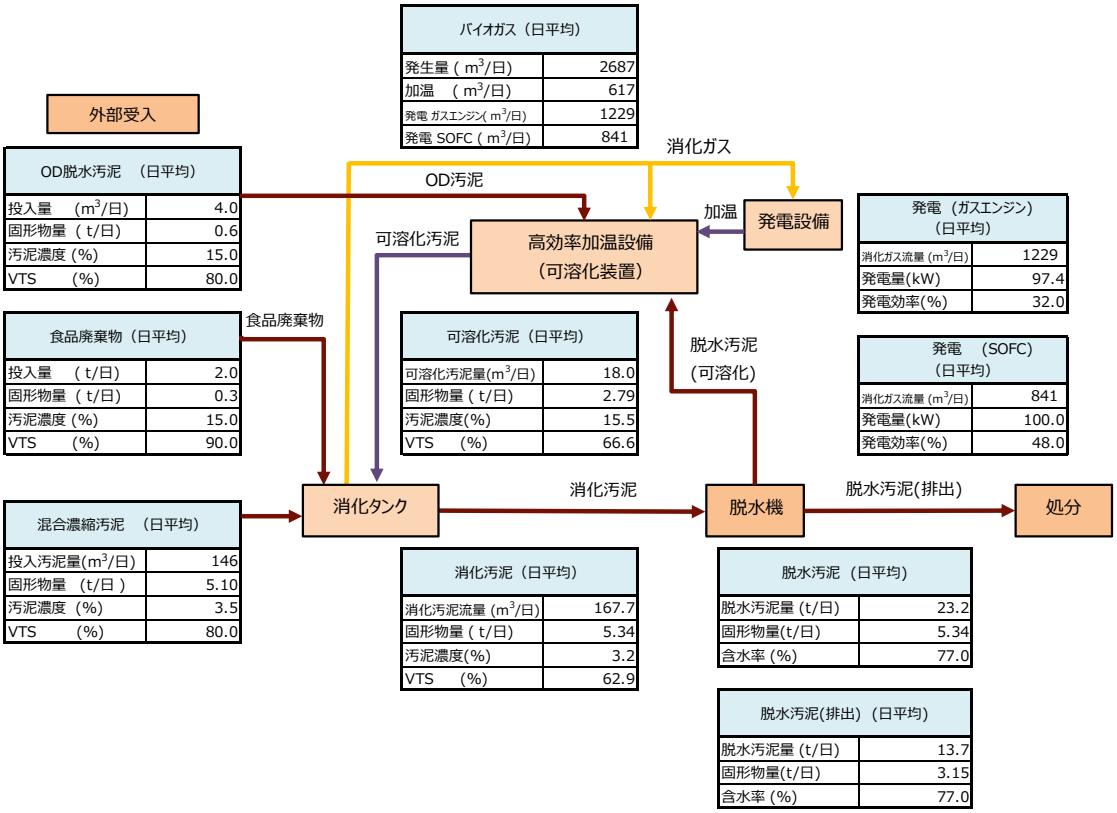
図資 4.1　従来技術の検討範囲



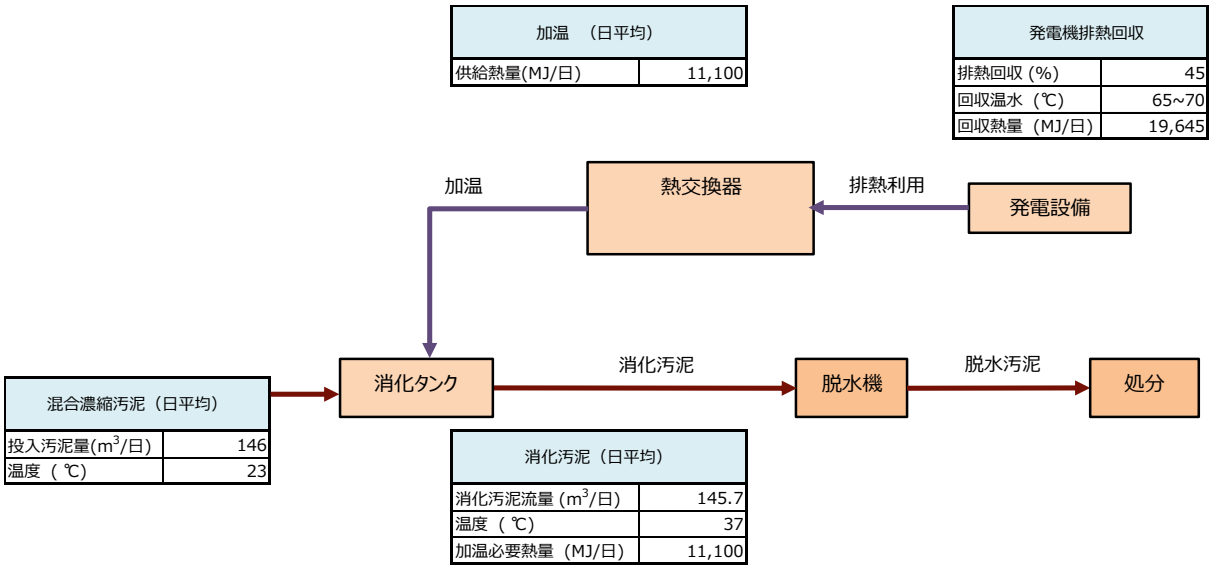
図資 4.2　実証技術の検討範囲



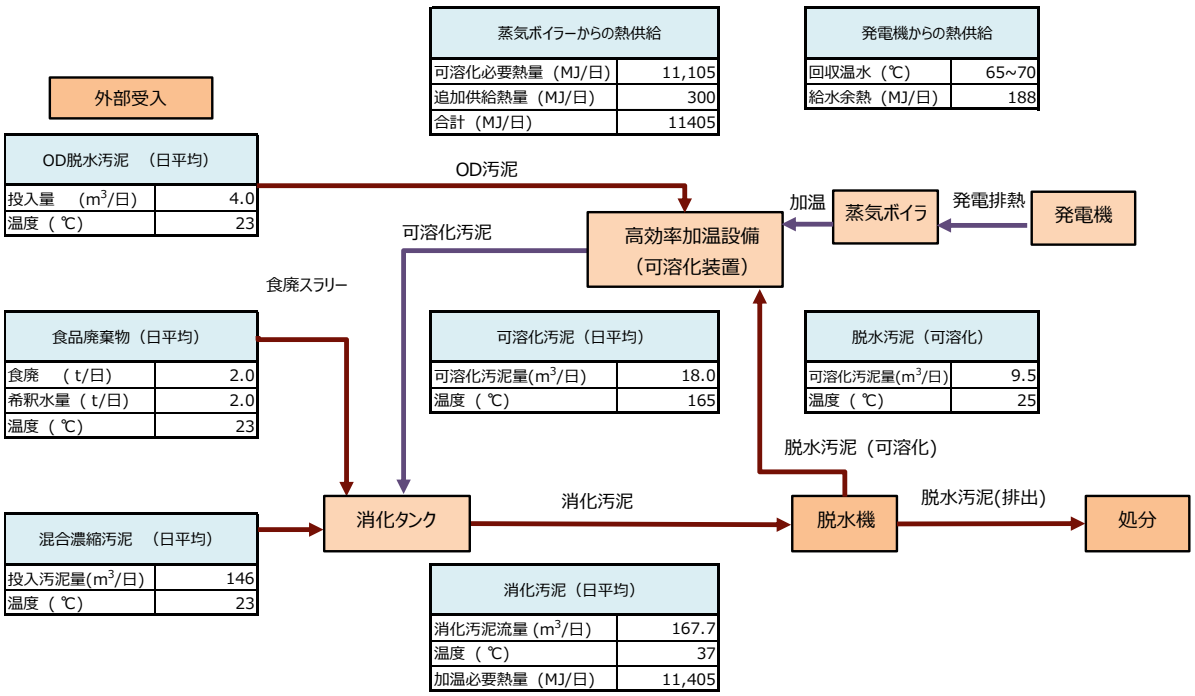
図資 4.3　従来技術のマテリアルバランス



図資 4.4　実証技術のマテリアルバランス



図資 4.5　従来技術の熱バランス



図資 4.6　実証技術の熱バランス

Ⅳ-2　総費用（年価換算値）縮減効果

従来技術と比較した総費用（年価換算値）縮減効果について算出する。総費用（年価換算値）の算

出範囲として、建設費（年価）、維持管理費（汚泥処分費、発電便益、地域バイオマス処分費及び移送費を含む）とする。また、参考比較のため、消化なしとの比較についても検討する。

従来式技術の総費用(年価換算値)の算出範囲と実証技術に係る総費用(年価換算値)の算出範囲については、それぞれ**図資 4.1** 及び**図資 4.2** の破線の範囲内とする。

（１）建設費（年価）

消化設備については、従来技術においては**「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(案)」(公益社団法人日本下水道協会)**に沿って算出し、実証技術については、**参考資料Ⅱ**で提示した費用関数により算出した。

発電設備については、従来技術においては、**「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン」(国土交通省水処理・国土保全局　下水道部)**に沿って算出し、実証技術については、**参考資料Ⅱで**作成した費用関数により算出した。**表資 4.2** に建設費の算出結果を示す。

表資 4.2　建設費

［単位：千円］

				消化なし	従来技術	実証技術
建設費（国庫補助は考慮しない）	従来消化設備		機械		678,300	
			電気		77,900	
			土木		600,500	
	計				1,356,700	
	無動力撹拌消化タンク		機械・電気			54,900
			土木			382,500
	計					437,400
	消化ガス		機械・電気			244,100
			土木			43,200
	計					287,300
	可溶化設備		機械・電気			350,500
			土木			75,200
	計					425,700
	発電設備	ガスエンジン	機械・電気		198,000	113,100
			土木		10,000	8,200
		SOFC	機械・電気			90,000
			土木			8,200
	計				208,000	219,500
	外部汚泥・地域バイオマス受入設備		機械・電気			76,400
			土木			61,600
	計					138,000

建設年価の算出に当たっては、「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(案)」(公益社団法人日本下水道協会)より利子率 2.3%とし、**表資 4.3** に示す各設備の耐用年数により、次式を用いて年価換算を行った。**表資 4.4** に建設費の算出結果を示す。

$$建設年価 = 建設費 \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} \qquad i：利子率 \quad n：耐用年数$$

表資 4.3 各設備の耐用年数

設備	耐用年数
機械・電気設備(SOFC を除く)	15 年
機械・電気設備(SOFC)	10 年
土木構造物	45 年

注）SOFC の長期安定運転に関しては、今後の検討が必要である。

表資 4.4 建設年価 ［単位：千円／年］

				消化なし	従来技術	実証技術
建設年価（国庫補助は考慮しない）	従来消化設備		機械		53,981	
			電気		6,200	
			土木		21,561	
	計				81,742	
	無動力撹拌消化タンク		機械・電気			4,369
			土木			13,734
	計					18,103
	消化ガス		機械・電気			19,426
			土木			1,551
	計					20,977
	可溶化設備		機械・電気			27,894
			土木			2,700
	計					30,594
	発電設備	ガスエンジン	機械・電気		15,757	9,001
			土木		359	294
		SOFC	機械・電気			10,177
			土木			294
	計				16,116	19,766
	外部汚泥・地域バイオマス受入設備		機械・電気			6,080
			土木			2,212
	計					8,292
	合計				97,858	97,732

（２）維持管理費

維持管理費は、汚泥処分費、発電便益、地域バイオマス処分費及び移送費を含むものとする。尚、脱水設備については、従来技術である中温消化に比較して投入固形物が増えるため、その維持管理費用の増分も範囲として含める。従来式消化設備の維持管理費及び脱水設備の運転時間

増加に伴う維持管理費の増加分(電力費、薬品費、上水費、消耗品費、点検・修繕費)は、「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(案) 公益社団法人日本下水道協会(平成 16 年 3 月)」に基づき、算出した。また、従来式発電設備の維持管理費については、「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン」(国土交通省水処理・国土保全局 下水道部)に沿って算出した。実証技術の維持管理費については、**参考資料Ⅱ**に基づいて算出する。発電については、場内利用を想定し、ユーティリティとしての電気単価と同等の単価の便益とする。**表資 4.5** にユーティリティ単価、**表資 4.6** に汚泥処分単価の設定、**表資 4.7** に算出した維持管理費を示す。

表資 4.5 ユーティリティ単価

項目	単位	単価
電気	円/kWh	15
上水	円/m^3	200

表資 4.6 汚泥処分単価

項目	単位	単価	備考
汚泥処分費	円/ton	23,000	内輸送費 7,000 円/ton
食品廃棄物処分費	円/ton	27,000	内輸送費 7,000 円/ton

表資 4.7 維持管理費

[単位：千円／年]

			消化なし	従来技術	実証技術
維持管理費	消化(従来技術)	維持管理		19,420	
	消化(実証技術)	維持管理			22,583
	消化ガス発電	維持管理		10,133	10,790
		場内利用		-19,758	-24,125
		FIT 売電			
	バイオマス受入	維持管理			7,907
		バイオマス処分	53,290	53,290	15,330
	脱水	維持管理増分	14,158	0	15,657
	汚泥処分費		203,780	142,715	115,023
	合計		271,228	205,800	163,165

（3）総費用（年価換算値）の算出結果

日平均流入下水量 30,000m^3 の処理場について、総費用(年価換算値)縮減効果について試算した結果を**表資 4.8** に示す。

表資 4.8 総費用(年価換算値)試算結果

［単位：千円］

	消化なし	従来技術	実証技術
建設費-1（下記を含まず）	0	81,741	69,674
建設費-2（発電設備）	0	16,116	19,767
建設費-3（外部受入）	0	0	8,292
維持管理費	14,158	29,553	56,937
汚泥処分費(ﾊﾞｲｵﾏｽ含)	257,070	196,005	130,353
電力場内利用(15 円/kWh)	0	−19,758	−24,125
総費用(年価換算値)	271,228	303,657	260,898
従来技術を 100 とした総費用(年価換算値)比較	89.3	100.0	85.9

Ⅳ-3 電力消費量及び発電による創エネルギー量

（1）撹拌設備における電力消費量

日平均水量 30,000m³ の処理場について撹拌設備における電力消費量を試算した結果を**表資 4.9** に示す。

表資 4.9 撹拌設備の電力消費量

技術	基数	動力(kW)	稼働(h/日)	力率	電力(kWh/日)
従来技術(ガス撹拌)	1	30	24	0.8	576
従来技術(機械撹拌)	1	3.7	24	0.7	88.8
革新的技術(補助ブロワ)	1	7.5	1	0.7	5.25

革新的技術による電力量削減はガス撹拌、機械撹拌のそれぞれに対し、(１－5.25/576) ×100＝99%、(１－5.25/88.8) ×100＝94%となり、革新的技術の導入により、90%以上の動力削減が見込まれる。

（2）実証設備全体での電力消費量

日平均 30,000m³ の処理場について撹拌設備を含む設備全体における電力消費量について、試算範囲を**表資 4.10** に、試算した結果を**表資 4.11** に示す。

表資 4.10 消費電力量試算範囲

従来技術(中温消化)	革新的技術
消化タンク撹拌機	補助ブロワ
消化汚泥循環ポンプ	消化汚泥循環ポンプ
温水ポンプ	可溶化装置
温水器	ケーキ移送ポンプ
消化汚泥移送ポンプ	洗浄水ポンプ
消化汚泥貯留槽撹拌機	空気圧縮機
	蒸気ボイラ
	給水ポンプ
	軟水装置
	消化汚泥移送ポンプ
	消化汚泥貯留槽撹拌機

表資 4.11 設備全体の消費電力量試算結果

技術	電力(kWh/日)	電力(千kWh/年)
従来技術(機械撹拌)	462.2	168.7
革新的技術	441.9	161.3

（3）発電による創エネルギー量

日平均水量 30,000m^3の処理場における発電による創エネルギー量（発電量）を試算した結果を**表資 4.12** に示す。

表資 4.12 発電による創エネルギー量

項目	創エネルギー量(kWh/年)	
	従来技術	実証技術
エネルギー創出量	1,317,200	1,608,300

※ 処理場規模：日平均汚水量 30,000m^3/日

Ⅳ-4 省エネ性評価

（１）分解 VS 量当りの消費電力量

実証運転結果より日平均 30,000m³ の処理場における、分解 VS 量当りの消費電力量の試算結果を**表資 4.13** に示す。

表資 4.13 分解 VS 量当たりの消費電力量

項　　目	実証設備	FS （日平均水量:30,000m³）
分解VS量当り消費電力量 （kWh/kg-VS分解）	0.162	0.155

日平均水量 30,000m³ の処理場について分解 VS 量当たりの消費電力量の削減率は、下水道施設のエネルギー効率に関する性能指標：分解 VS 当りの消費電力量(0.28kWh/kg-VS 分解)に対し、（1-0.155/0.28）×100＝▲44.6%と試算され、革新的技術の導入によりに対し、実証研究目標とした 25%以上の消費電力量の削減が見込まれる。

（２）エネルギー自給率の向上

日平均流入水量30,000m³の条件における革新的技術導入に伴う設備全体の消費電力の削減量の試算を**表資 4.14** に示す。（消費電力量の算定は国交省『下水道施設のエネルギー効率に関する性能指標及び算定方法について』による）。

従来技術と革新的技術のエネルギー自給率を算出した結果を**表資 4.15** に示す。革新的技術導入により、エネルギー自給率は、40%以上の確保が見込まれる。

表資 4.14 設備全体の消費電力の削減量

【単位:千kWh/年】

項目	消化設備消費電力量	消費電力量削減量 ①	備　考
従来技術	168.7	―	
革新的技術	161.3	7.4	以下の増分電力消費量を含む ・地域バイオマス受入による電力消費量:18.48 ・脱水機運転時間増による電力消費量:21.77

表資 4.15 エネルギー自給率

項目	発電量② [千kWh／年]	エネルギー自給率 [%](①+②)÷③	備考
従来技術	1,317.2	33.7	発電効率32%
実証技術			
SOFC	814.7		発電効率48%
ガスエンジン	793.6		発電効率32%
実証技術合計	1,608.3	41.4	

※従来技術における日平均30,000m^3/日処理場全体での消費電力量:3,905 千kWh/年・・・・③
（『下水道における地球温暖化対策マニュアル』より）

Ⅳ-5 温室効果ガス排出量削減の評価

（１）温室効果ガス排出量

従来技術における日平均 30,000m^3 の処理場全体からの温室効果ガス排出量は以下の式によって算出するものとする。

【エネルギー起源 CO_2 分】

Log（処理水量当り温室効果ガス排出量[t-CO2/千 m3]
＝-0.208×log（日平均汚水量[m3/日]）＋0.059×log（流入 BOD）
－0.368×log(流入量比率)+0.092

（出典：『下水道における地球温暖化マニュアル』H28.3 環境省・国土交通省）

以下の条件にて算出する。

- 日平均汚水量 ：30,000m^3/日
- 流入 BOD ：200mg/L
- 流入量比率 ： 1.0
- CO_2 排出係数 ：0.55 t-CO_2/千 kWh

以上より、温室効果ガス排出量は、2,167 t-CO_2/年 となる。

（２）温室効果ガス排出量削減効果

温室効果ガス排出量の削減効果に関して、以下の効果の総和によって算出するものとする。

①バイオガス発電量増加 ：発電効率改善による削減効果
②エネルギー消費量削減 ：省エネ効果による削減効果
③汚泥排出量削減に伴う CO_2 排出減 ：汚泥排出量削減効果に伴う効果

上記「③汚泥排出量削減に伴う CO_2 排出減」による効果の試算は、**「下水道における地球温暖化マニュアル」（平成 28 年 3 月 環境省・国土交通省）**に記載の算定式を用いて試算とする。

算定式を**表資 4.16** に示す。

表資 4.16 温室効果ガス削減量の算定式

項 目	算定式
温室効果ガス削減量[t-CO_2/年] 焼却温度800℃	y71＝0.0089･Qy＋34.651
温室効果ガス削減量[t-CO_2/年] コンポスト	y72＝0.0042･Qy＋34.607

※ Qy:年間処理汚泥量[1%換算](m3/年)

日平均水量 30,000m^3 の処理場において従来技術（中温消化）の処理場に対し、革新的技術を導入した場合の温室効果ガス CO_2 排出量削減の試算(外部汚泥・地域バイオマス受入有)結果を**表資 4.16** に示す。CO_2 排出削減量の試算結果として、排出脱水ケーキを焼却処理の場合は 76.6%、コンポスト処理の場合は 36.6%の削減効果結果が得られた。

表資 4.16 温室効果ガス削減量

項 目	温室効果ガス排出削減量 [t－CO2/年]	温室効果ガス排出削減効果 [%] ④÷2,167※2
① バイオガス発電量増加	161.6	
② エネルギー消費量削減	4.1	
③ 汚泥排出削減に伴う排出減※1		
【1】焼却の場合	1,494.7	
【2】コンポスト化の場合	627.8	
④ 温室効果ガス排出削減量 合計 (①+②+③)		
【1】焼却の場合	1,660.4	76.6
【2】コンポスト化の場合	793.5	36.6

※1:地域バイオマス(OD脱水汚泥4.0t/日、食品廃棄物2.0t/日)の排出削減も含めて算出
※2:従来技術における処理場全体での温室効果ガス排出量:2,167t-CO_2/年(5.4.1参照)

Ⅴ．加温設備更新に関する総費用(年価換算値)の縮減効果

Ⅴ-1　加温設備更新に伴う総費用(年価換算値)の縮減効果について

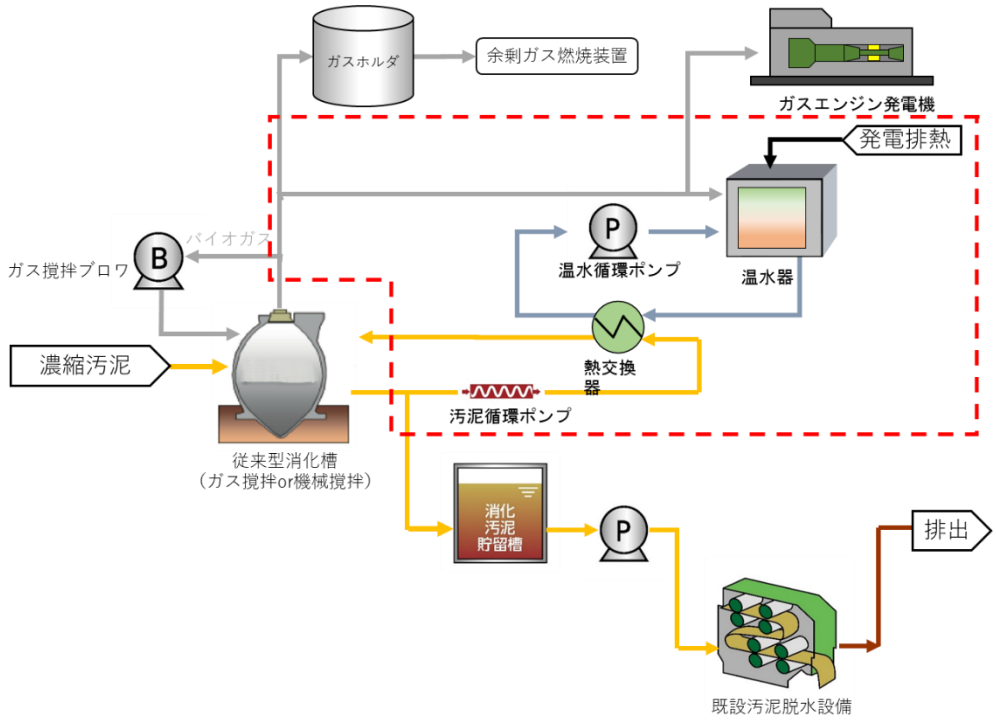
既に消化設備を保有している処理場について、加温設備更新の際に、実証技術である高効率加温設備を導入し、消化槽容量に余裕がある場合に外部汚泥・地域バイオマス受入を行う場合と、行わない場合の総費用(年価換算値)について、従来技術による加温設備の更新をおこなった場合との比較を行う。検討条件を**表資 5.1** に示す。

表資 5.1　検討条件

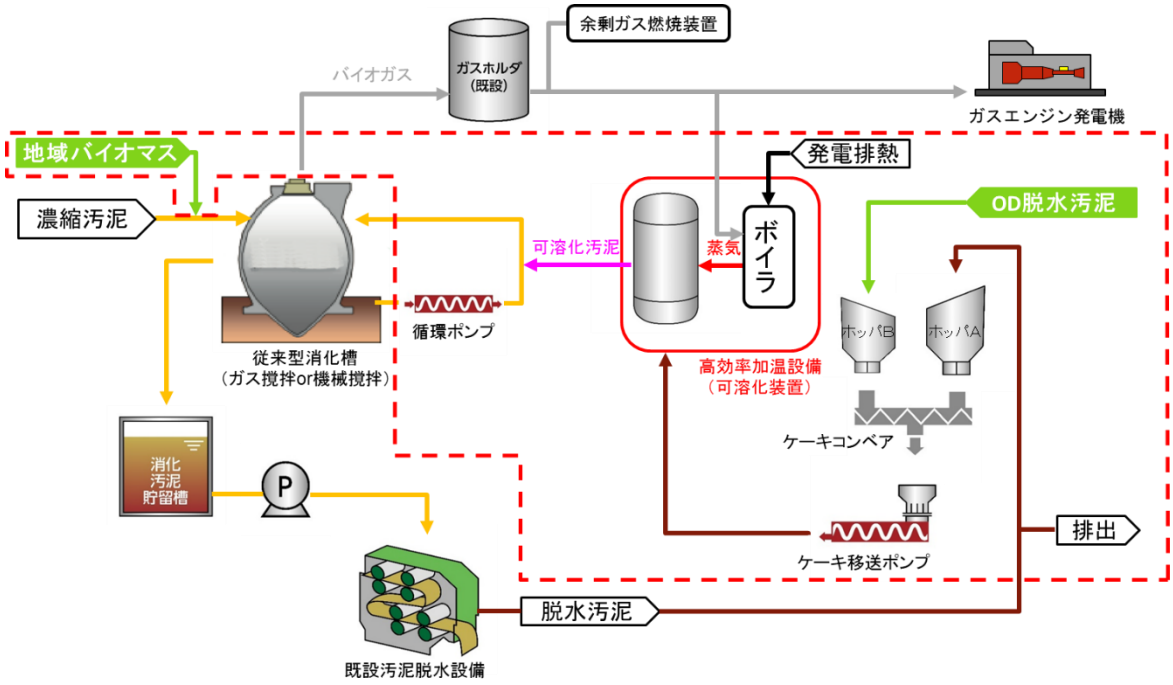
	単位	条件設定		
(1)評価規模				
日最大流入下水量	m^3/日	12,500	37,500	62,500
日平均流入下水量	m^3/日	10,000	30,000	50,000
(2)投入汚泥条件				
濃縮混合汚泥量	t-TS/日	1.7	5.1	8.5
濃縮混合汚泥 TS	%	3.5		
濃縮混合汚泥 VS	%	80		
(3) 外部受入投入条件(日平均)				
OD 汚泥量	t-TS/日	0.2	0.6	1.0
OD 汚泥 TS	%	15		
OD 汚泥 VS	%	80		
食品残渣量	t-TS/日	0.1	0.3	0.5
食品残渣 TS	%	15		
食品残渣 VS	%	90		
(4)設備条件				
比較対象設備	・加温設備(実証技術：高効率加温設備) ・外部汚泥・地域バイオマス受入設備 (OD 脱水汚泥、食品残渣)			
バイオガス利用	既設発電機（ガス発電機)			
脱水汚泥含水率	実証技術　　：77% 従来技術(中温消化)　：82%			

Ⅴ-2　総費用(年価換算値)の算出範囲

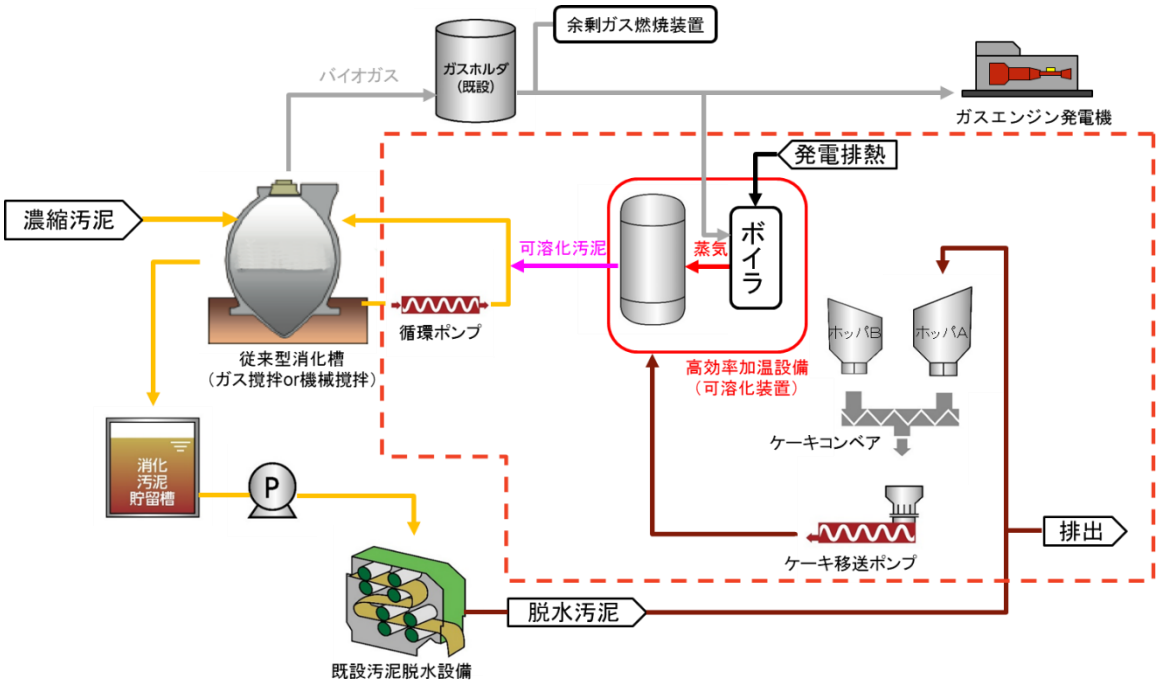
従来式技術の加温設備の範囲を**図資 5.1** に示す。実証技術に係る総費用(年価換算値)の算出範囲について、外部汚泥・地域バイオマス受入ありの場合の範囲を**図資 5.2**、受入なしの場合の範囲を**図資 5.3** に示す。



図資 5.1　従来技術の算定範囲



図資 5.2　実証技術の算定範囲（外部受入あり）



図資 5.3　実証技術の算定範囲（外部受入なし）

建設年価

建設費の算出範囲を加温設備及び外部汚泥・地域バイオマス受入装置(外部受入れを行う場合)とする。

実証技術の場合、高効率加温設備設置の効果によってバイオガス発生量は増加するが、高効率加温設備の加温にバイオガスを消費する。従来技術において、消化タンク発電機に供するガスの量は微増であるため、発電機は増設せず、発電便益もカウントしない。

建設年価の算出に当たっては、「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(案)」(公益社団法人日本下水道協会)より利子率 2.3%とし、**表資 5.2** に示す各設備の耐用年数により、次式を用いて年価換算を行った。

$$\text{建設年価} = \text{建設費} \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \qquad i：\text{利子率} \quad n：\text{耐用年数}$$

表資 5.2　各設備の耐用年数

設備	耐用年数
機械・電気設備	15 年
土木構造物	45 年

維持管理費増分

高効率加温設備、外部汚泥・地域バイオマス受入装置(外部受入れを行う場合)に加えて、脱水機への投入汚泥が増加することから、脱水機の維持管理費の増分も範囲とする。

維持管理費の算出に際しての各ユーティリティの単価を**表資 5.3** に示す。

表資 5.3　ユーティリティ単価

項目	単位	単価
電気	円/kWh	15
上水	円/m^3	200

汚泥処分費削減による便益

脱水汚泥の処分費について、従来技術と比較した場合からの削減分を便益としてカウントする。外部汚泥受入れの場合は、外部汚泥を本設備で処理しているので外部汚泥処分費についても便益とした。設定した処分費の単価を**表資 5.4** に示す。

表資 5.4　汚泥処分単価

項目	単位	単価	備考
汚泥処分費	円/ton	23,000	内輸送費 7,000 円/ton
食品廃棄物処分費	円/ton	27,000	内輸送費 7,000 円/ton

V-3　総費用(年価換算値)の縮減効果の試算結果

日平均水量 10,000m^3、30,000m^3、50,000m^3 の既設消化設備がある各処理場で、導入した場合の総費用(年価換算値)の縮減効果の試算結果について、**表資 5.5～5.7** に示す。

表資 5.5　総費用(年価換算値)の縮減効果（日平均汚水量　10,000m^3/日）

	従来技術	実証技術 (外部有)	実証技術 (外部無)
建設年価-１（加温設備）	16,826	25,855	25,855
建設年価-２(バイオマス受入)	0	6,140	0
建設年価-３（合計）　①	16,826	31,995	25,855
維持管理費　②	7,591	22,559	18,594
汚泥処分費（バイオマス含）③	65,625	43,727	48,824
総費用（①＋②＋③）	90,042	98,281	93,273
従来技術を 100 とした総費用(年価換算値)比較	100.0	109.2	103.6
汚泥処分量(バイオマス含)（t/年）	2,811	1,679	2,081

［単位：千円］

表資 5.6　総費用(年価換算値)の縮減効果（日平均汚水量　30,000㎥/日）

	従来技術	実証技術 (外部有)	実証技術 (外部無)
建設年価-１（加温設備）	23,219	30,594	30,594
建設年価-２(バイオマス受入)	0	8,292	0
建設年価-３（合計）　①	23,219	38,886	30,594
維持管理費　②	11,264	39,493	31,586
汚泥処分費（バイオマス含）③	196,005	130,353	146,475
総費用（①＋②＋③）	230,488	208,732	208,655
従来技術を 100 とした総費用(年価換算値)比較	100.0	90.6	90.5
汚泥処分量(バイオマス含)（t/年）	8,395	5,001	6,242

［単位：千円］

表資 5.7　総費用(年価換算値)の縮減効果（日平均汚水量　50,000㎥/日）

	従来技術	実証技術 (外部有)	実証技術 (外部無)
建設年価-１（加温設備）	35,411	56,829	56,829
建設年価-２(バイオマス受入)	0	9,553	0
建設年価-３（合計）　①	35,411	66,382	56,829
維持管理費　②	13,747	51,551	40,647
汚泥処分費（バイオマス含）③	326,408	216,956	244,126
総費用（①＋②＋③）	375,566	334,889	341,602
従来技術を 100 とした総費用(年価換算値)比較	100.0	89.2	91.0
汚泥処分量(バイオマス含)（t/年）	13,980	8,322	10,403

［単位：千円］

Ⅵ. 消化設備新設に関する総費用(年価換算値)の縮減効果

Ⅵ-1　消化設備新設に伴う総費用(年価換算値)の縮減効果について

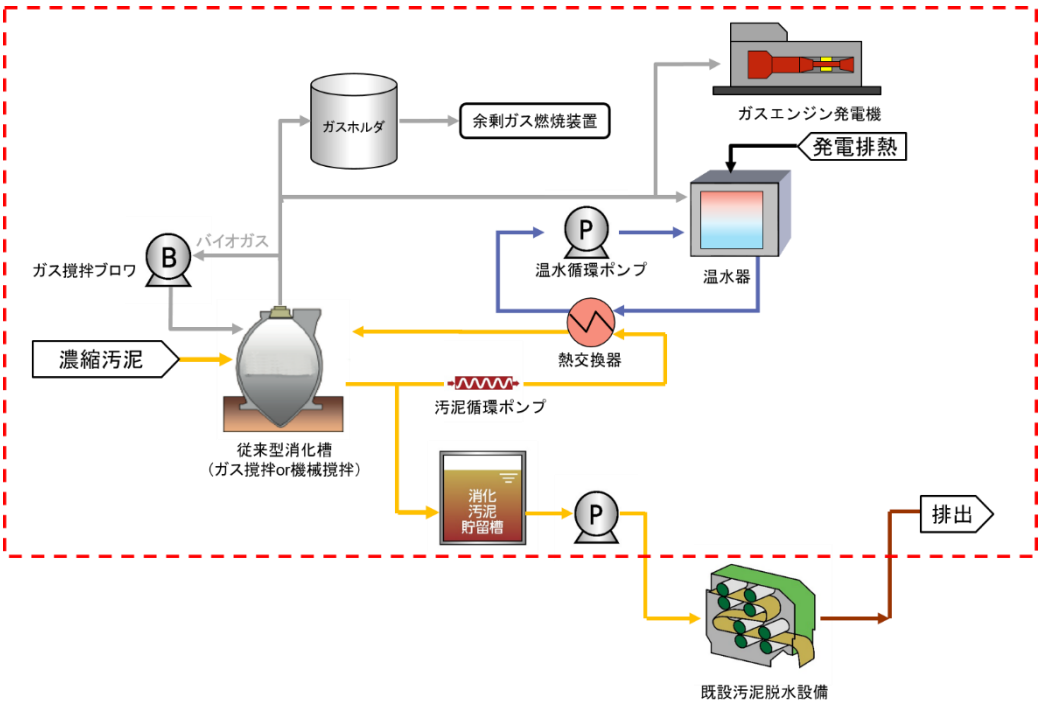
消化設備を保有していない処理場について、消化設備新設の際に、実証技術である無動力撹拌式消化槽及び高効率加温設備を導入し、外部汚泥・地域バイオマス受入を行う場合と、行わない場合の総費用(年価換算値)について、消化なしの比較を行う。検討条件を**表資 6.1** に示す。消化ガス有効利用については、従来技術での小型ガスエンジンによる発電とする。

表資 6.1　検討条件

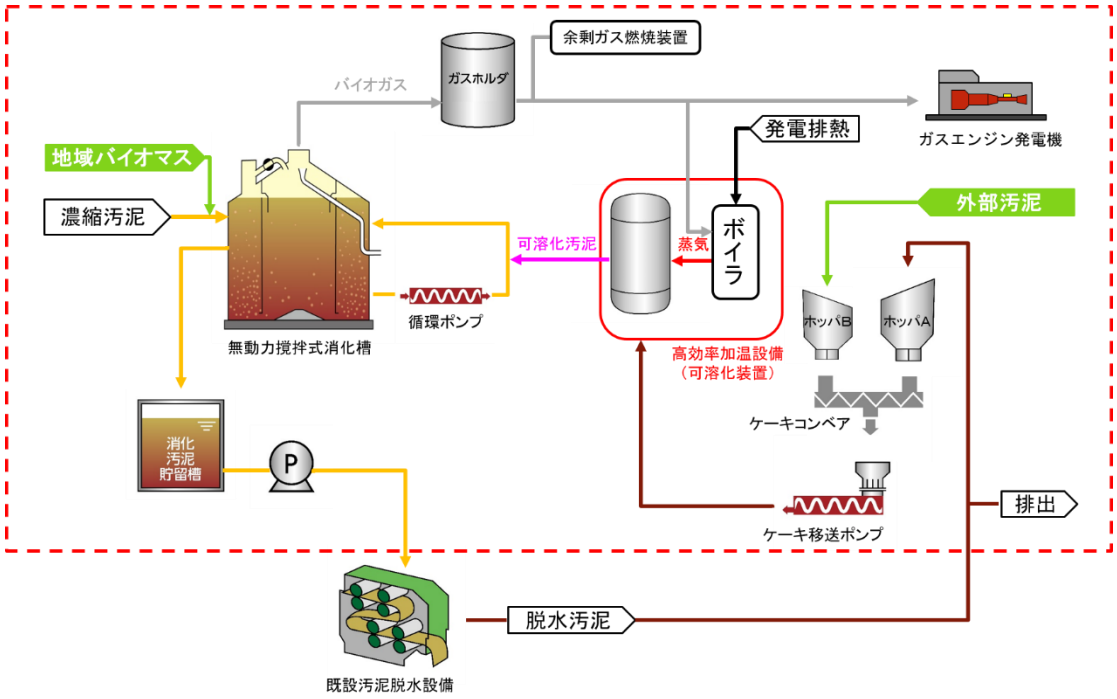
	単位	条件設定		
(1)評価規模				
日最大流入下水量	m^3/日	12,500	37,500	62,500
日平均流入下水量	m^3/日	10,000	30,000	50,000
(2)投入汚泥条件				
濃縮混合汚泥量	t-TS/日	1.7	5.1	8.5
濃縮混合汚泥 TS	%	3.5		
濃縮混合汚泥 VS	%	80		
(3)外部受入投入条件(日平均)				
OD 汚泥量	t-TS/日	0.2	0.6	1.0
OD 汚泥 TS	%	15		
OD 汚泥 VS	%	80		
食品残渣量	t-TS/日	0.1	0.3	0.5
食品残渣 TS	%	15		
食品残渣 VS	%	90		
(4)設備条件				
消化槽容量(外部受入有)	m^3	1,200	3,600	3,000×2
消化槽容量(外部受入無)	m^3	1,000	3,000	2,500×2
比較対象設備	・消化槽設備(実証技術：高効率加温設備) ・加温設備　(実証技術：高効率加温設備) ・消化ガス設備（ガスタンク、余剰ガス燃焼) ・消化ガス発電設備(小型ガスエンジン) 発電効率　32%、稼働率 93% ・外部汚泥・地域バイオマス受入設備 (OD 脱水汚泥、食品残渣)			
脱水汚泥含水率	実証技術　：77% 従来技術(中温消化)　：82% 消化なし　：79%			

VI-2　総費用(年価換算値)の算出範囲

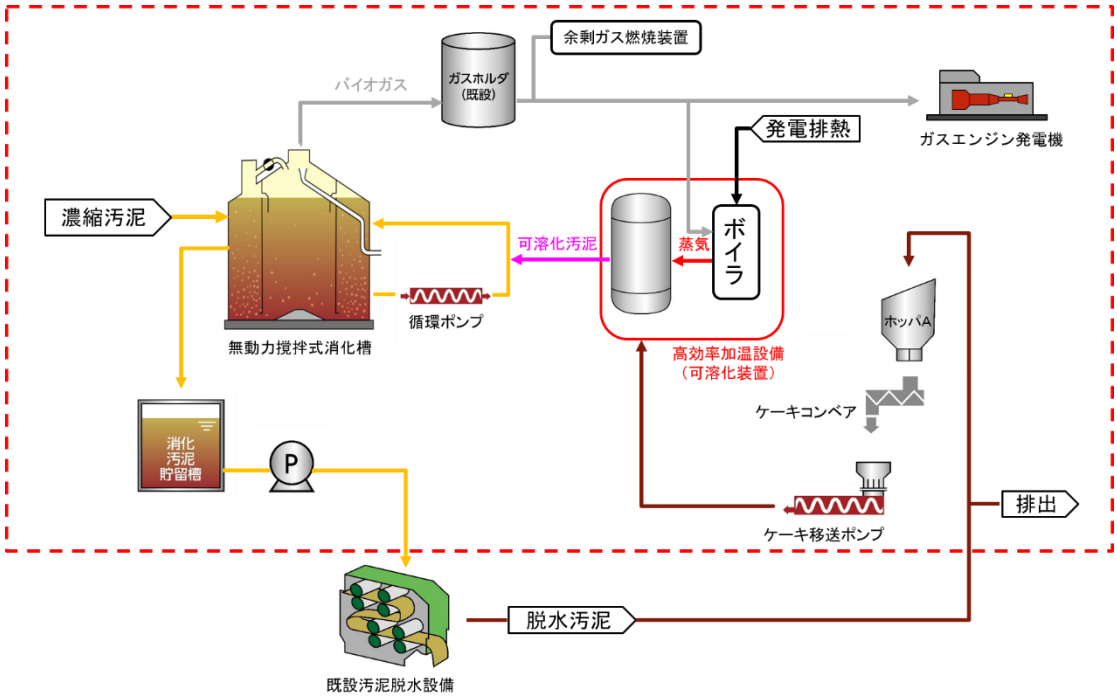
従来式技術のフロー及び算出範囲を**図資 6.1** に示す。実証技術のフロー及び算出範囲について、外部汚泥・地域バイオマス受入ありの場合の範囲を**図資 6.2**、受入なしの場合の範囲を**図資 6.3** に示す。



図資 6.1　従来技術の算定範囲



図資 6.2　実証技術の算定範囲（外部受入あり）



図資 6.3　実証技術の算定範囲（外部受入なし）

建設年価

建設費の算出は、「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(案)」(公益社団法人日本下水道協会)及び資料編Ⅱの簡易算定式 、発電設備については、「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン」(国土交通省水処理・国土保全局　下水道部)に沿って算出する。発電機の総出力は、日平均汚水量を基準にして算出される発電量を基準とし、機械・電気設備と土木費を算出した。

建設年価の算出に当たっては、利子率 2.3%とし、**表資 6.2** に示す各設備の耐用年数により、次式を用いて年価換算を行った。

$$\text{建設年価} = \text{建設費} \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \qquad i：\text{利子率} \quad n：\text{耐用年数}$$

表資 6.2　各設備の耐用年数

設備	耐用年数
機械・電気設備	15 年
土木構造物	45 年

維持管理費増分

高効率加温設備、外部汚泥・地域バイオマス受入装置(外部受入れを行う場合)に加えて、脱水機への投入汚泥が増加することから、脱水機の維持管理費の増分も範囲とする。

維持管理費の算出に際しての各ユーティリティの単価を**表資 6.3** に示す。

表資 6.3　ユーティリティ単価

項目	単位	単価
電気	円/kWh	15
上水	円/m^3	200

汚泥処分費削減による便益

脱水汚泥の処分費について、従来技術と比較した場合からの削減分を便益としてカウントする。外部汚泥受入れの場合は、外部汚泥を本設備で処理しているので外部汚泥処分費についても便益とした。設定した処分費の単価を**表資 6.4** に示す。

表資 6.4　汚泥処分単価

項目	単位	単価	備考
汚泥処分費	円/ton	23,000	内輸送費 7,000 円/ton
食品廃棄物処分費	円/ton	27,000	内輸送費 7,000 円/ton

発電電力による便益

発電電力は、場内利用とするものとし、その便益はユーティリティ単価と同様 15 円/kWh とした。

VI-3　総費用(年価換算値)の縮減効果の試算結果

日平均水量 10,000m^3、30,000m^3、50,000m^3 の各処理場で消化設備を導入した場合の総費用(年価換算値)の縮減効果の試算結果について、**表資 6.5～7** に示す。

表資 6.5　総費用(年価換算値)の縮減効果（日平均汚水量　10,000m^3/日）

	消化なし	従来技術	実証技術 (外部有)	実証技術 (外部無)
建設年価-１(消化設備)	0	51,011	48,959	47,541
建設年価-２(発電設備)	0	7,022	7,022	4,756
建設年価-３(バイオマス受入)	0	0	6,140	0
維持管理費	7,356	16,995	30,660	24,977
汚泥処分費（バイオマス含)	85,612	65,625	43,727	48,824
電力場内利用 (¥15/kWh)	0	-6,587	-6,683	-5,870
総費用(年価換算値)	92,968	134,066	129,825	120,228
従来技術を 100 とした総費用 (年価換算値)比較	69.3	100.0	96.8	89.7
汚泥処分量(バイオマス含) (t/年)	3,680	2,811	1,679	2,081

［単位：千円］

注：設備で使用する電力については維持管理費に含まれる。

表資 6.6　総費用(年価換算値)の縮減効果（日平均汚水量　30,000m³/日）

	消化なし	従来技術	実証技術 (外部有)	実証技術 (外部無)
建設年価-１(消化設備)	0	81,741	69,674	66,897
建設年価-２(発電設備)	0	16,116	16,116	13,843
建設年価-３(バイオマス受入)	0	0	8,292	0
維持管理費	14,158	29,553	56,280	46,449
汚泥処分費（バイオマス含）	257,070	196,005	130,353	146,475
電力場内利用（¥15/kWh）	0	-19,758	-20,499	-17,618
総費用(年価換算値)	271,228	303,657	260,216	256,046
従来技術を 100 とした総費用 (年価換算値)比較	89.3	100.0	85.7	84.3
汚泥処分量(バイオマス含) (t/年)	11,050	8,395	5,001	6,242

［単位：千円］

注：設備で使用する電力については維持管理費に含まれる。

表資 6.7　総費用(年価換算値)の縮減効果（日平均汚水量　50,000m³/日）

	消化なし	従来技術	実証技術 (外部有)	実証技術 (外部無)
建設年価-１(消化設備)	0	109,826	115,119	110,722
建設年価-２(発電設備)	0	25,200	25,200	22,926
建設年価-３(バイオマス受入)	0	0	9,553	0
維持管理費	19,196	39,624	76,225	63,249
汚泥処分費（バイオマス含）	428,528	326,408	216,956	244,126
電力場内利用（¥15/kWh）	0	-32,931	-33,416	-29,367
総費用(年価換算値)	447,724	468,127	409,637	411,656
従来技術を 100 とした総費用 (年価換算値)比較	95.6	100.0	87.5	87.9
汚泥処分量(バイオマス含) (t/年)	18,420	13,980	8,322	10,403

［単位：千円］

注：設備で使用する電力については維持管理費に含まれる。

Ⅶ.　機器仕様書

（1）無動力撹拌式消化槽

1．使用目的

本装置は、下水汚泥を消化するためのものである。

2．仕　様

項　　目	仕　　様	備　　考
(1) 型　　式	無動力撹拌式消化槽	
(2) 材　　質	鋼板製　又は　RC 製	何れかを選択
(3) 投入汚泥性状	汚泥種類：混合汚泥及びバイオマススラリー TS　　%、VTS　　%	適用:TS:3～6%
(4) 有　効　容　量	m^3	
(5) 台　　数	基	

3．構造概要

本装置は、汚泥を消化させるためのものなので、外筒と内筒を備えた円筒立形タンクとし、タンク本体、各種取り付け座、歩廊、階段等より構成される。

4．製作条件

無動力撹拌式消化槽は、容量に応じた撹拌に必要な液位差を確保できるよう、寸法を十分に考慮して製作すること。

5．各部の構造

1) 鋼板製無動力撹拌式消化槽においては、側板、天板については鋼板を用いた溶接構造とすること。
2) スロッシングにより転倒の恐れがないことを確認すること。
3) 天板に点検口、側板にマンホールを設けること。
4) タンクの保温は、槽内汚泥の温度変化を極力抑えるよう、外気や投入汚泥の温度条件、槽形状、放熱を考慮して使用（保温材質、厚さ、仕上げ等）を決定す

ること。

5) タンクの塗装は、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル(平成 24 年 4 月)」に従い、耐用年数に見合う塗装をおこなうこと。

６．使用材料

1）鋼板性の場合

本体（側板、天板）　SS400

2）ＲＣ性の場合

本体（側板、天板）　ＲＣ

７．付属品

1）均圧弁	1 基
2）温度計	1 式
3）圧力センサー（内筒側、外筒側）	1 式
4）液位計（外筒側）	1 式
5）サイトグラス	1 式
6）消泡ノズル	1 式
7）補助ブロワ	１台

８．試験・検査

1) 鋼板製の場合においては各部位溶接部の非破壊検査及び気密・水張り試験をおこなうこと。

2) 槽内の塗装は「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル(平成 24 年 4 月)」に従い、検査を実施すること。

９．据　付

一般事項については機械設備工事一般仕様書による。

１０．他工事との区分

1）土木建築工事

一般事項については機械設備工事一般仕様書による。

2）電気設備工事

一般事項については、機械設備工事一般仕様書による。

１１．特記事項

（２）可溶化装置

１．使用目的

本装置は、脱水汚泥を蒸気により高温高圧下で熱可溶化するためのものである。

２．仕　様　（(3) 処理量については 0.7ｔ/h、1.5ｔ/h、3.0ｔ/h から選択）

項　　目	仕　　様	備　　考
(1) 型　　式	圧力容器型熱可溶化装置	蒸気吹込式
(2) 汚 泥 性 状	汚泥種類：嫌気性消化脱水汚泥 TS　　%、VTS　　%	
(3) 処 理 量	ｔ／h	脱水ケーキ換算 含水率　　%
(4) 運 転 圧 力	0.5～0.7　MPaG	
(5) 運 転 温 度	160～170　℃	
(6) 電 動 機 出 力	総合　　kW	制御電源のみ
(7) 電　　源	100Ｖ×　60　Hz	制御電源のみ
(8) 数　　量	基	

３．構造概要

本装置は、嫌気性消化脱水汚泥と蒸気を熱可溶化タンクに供給して過熱し、設定した温度、圧力に一定時間保持して連続的に可溶化するもので、可溶化された汚泥はタンクの保持圧力を利用して消化タンクに返送される。本装置は、熱可溶化タンク、自動弁、計装機器、制御盤から構成される。

４．製作条件

(1) 熱可溶化タンクは必要可溶化量から算出された脱水汚泥と蒸気量から、必要十分な滞留時間となるように有効容量を決定する。

(2) 熱可溶化タンクは第 1 種圧力容器となるものは関連法規に適合したものであること。

５．各部の構造

(1) 熱可溶化タンク

1) 本体は十分な強度と耐食性に富む材料で製作される円筒縦型圧力タンクとし、脱水汚泥と蒸気を速やかに混合・可溶化できる形状とするとともに、タンク内に汚泥の詰まりを生じにくい構造とする。

2) タンクは脱水汚泥入口と水蒸気入口、可溶化汚泥流出口、圧抜口、ドレン管取付座、安全弁取付座、圧力計取付座、温度計取付座、レベル計取付座、洗浄水投入口を有するものとする。また、可溶化汚泥流出口、ドレン管取付座、安全弁取付座、圧力計取付座、温度計取付座、レベル計取付座は、手動操作で蒸気洗浄できる構造を有することとする。

3) 高温となる本体および付帯配管はグラスウールまたはロックウールによる耐熱保温を施すものとする。

(2) 可溶化装置現場操作盤

盤の型式は原則として設置場所により屋内又は屋外自立型とし、現場手動、自動および遠隔監視に必要な制御回路を内蔵し、計器、ランプ表示、スイッチ類を具備する。

a) 本制御盤の制御範囲は下記とし、必要付帯装置と連動させる。

・可溶化装置付属の自動弁、計装機器

・脱水ケーキ可溶化ポンプ（運転制御のみ含む、現場操作盤及び動力は別途工事）

・洗浄水ポンプ（運転制御のみ含む、現場操作盤及び動力は別途工事）

また、本制御盤には、自動運転において蒸気の吹込み量を自動制御して、可溶化タンク内の温度、圧力を自動的に調節する制御装置を組込むものとする。

b） 盤仕様は電気設備工事一般仕様書によるものとし、室内腐食環境対策を考慮した密閉構造とし、必要に応じて盤内冷却器等を設け盤内温度の上昇を防止するものとする。

６．使用材料

(1) 熱可溶化タンク	ＳＵＳ316	
(2) 配管	ＳＴＰＧ	（脱水ケーキ移送配管）
	ＳＵＳ316	（可溶化汚泥配管）

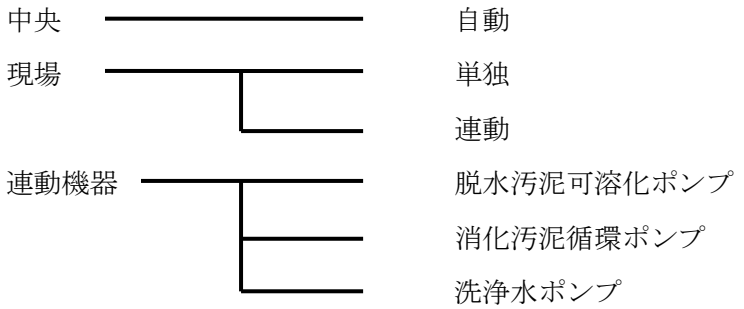
	ＳＧＰＷ	（洗浄水管）
	ＳＧＰ	（蒸気配管）
(3) ドレンポット	ＳＵＳ304	

7．保護装置

可溶化タンクには第1種圧力容器構造規格に従い安全弁を設けるものとする。

また、可溶化タンクに圧力スイッチを設け、保護回路を設ける。

8．運転・操作概要



9．試験、検査

(1) 熱可溶化タンクについては、第 1 種圧力容器構造規格に従い、耐圧試験、機械試験、放射線検査、浸透探傷試験をそれぞれの工場において行う。

(2) 関係官公庁の立会検査については成績書、合格証等必要な書類を整理の上、必要部数提出するものとする。

１０．塗装

製作者標準の耐熱塗装とする。

１１．据　付

一般事項については機械設備工事一般仕様書による。

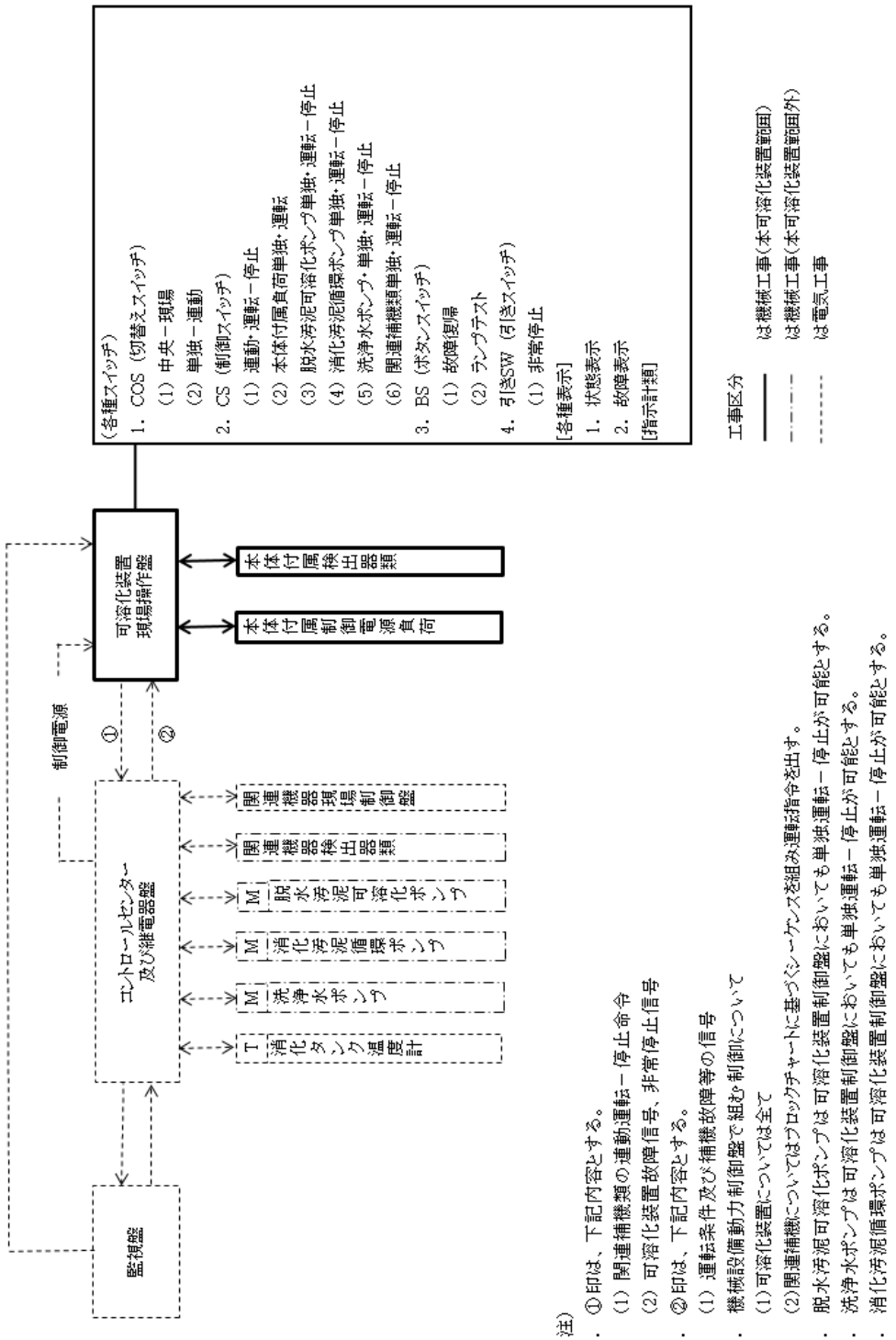
１２．他工事との区分

(1) 土木建築工事

一般事項については機械設備工事一般仕様書による。

(2) 電気設備工事

機械電気の工事区分(**図資 7.1**)による。



図資 7.1　機械・電気の工事区分

１３．標準付属品

(1) 可溶化装置入口、出口自動弁（空気作動弁）	各１　個
(2) 可溶化装置圧力調節器、液位調節器	各１　個
(3) 可溶化装置温度計,調節器	各１　個
(4) スチーム流量計	１　式
(5) スチーム調節弁、遮断弁　（空気作動弁）	１　式
(6) 自動洗浄弁（空気作動弁）	２　個
(7) 安全弁	１　個
(8) 圧力スイッチ	２　個
(9) スチームトラップ	２　個
(10) ドレンポット	１　個
(11) 減圧弁	１　個
(12) 圧力計	１　式
(13) 逆止弁	１　式
(14) 手動弁	１　式
(15) 架台	１　式
(16) アンカーボルトナット	１　式
(17) 現場制御盤	１　面
(18) 可溶化装置混合管（必要な場合）	１　個

１４．その他付属品（1 台に付き）

(1) 可溶化タンクガスケット	１　式
(2) ランプ・ヒューズ類	100％

１５．選択項目

(1) ドレン排水返送ポンプ

a）有　　b）無

１６．特記事項

（3）バイオガス燃料ＳＯＦＣ

1．使用目的

本装置は、メタンを含むバイオガスを燃料とした発電装置である。

2．仕　様

項　　目	仕　　様	備　　考
(1) 型　　式	固体酸化物形燃料電池	
(2) 運　転　温　度	650～1,000℃	左記範囲で運転
(3) 入口バイオガス	ガス供給圧：0～10kPq メタン濃度：57～65% 硫化水素濃度：3ppm 以下 シロキサン濃度：0.1ppm 以下 水分：使用温度にて結露しない	メタン濃度の変動幅 ±2%
(4) 発電出力	kW	
(5) 入力電源	100　V	
(6) 台　　数	基	

3．構造概要、

本装置は、メタン-水素の改質器及びセルスタック及び精密脱硫器を内蔵した一体型の発電装置である。

4．製作条件

本装置は、出力値として、入口バイオガスの低位発熱量に対し、48%程度の発電出力を有するものとする。

5．使用材料

メーカー標準とする。

6．付属品

1) パワーコンディショナー　　1 基

2）遠隔監視制御システム（必要な場合）　1式
3）純水回収システム（必要な場合）　1式
4）排熱温水回収システム（必要な場合）　1式
5）純水製造装置（SOFC 供給用）　1式
6）給排気用ダクト　1式
7）アンカーボルト・ナット　1式

８．試験・検査

1）試験・検査については、メーカー基準による検査とする。

９．据　付

一般事項については機械設備工事一般仕様書による。

１０．他工事との区分

1）土木建築工事

一般事項については機械設備工事一般仕様書による。

2）電気設備工事

一般事項については機械設備工事一般仕様書による。

１１．特記事項