

資 料 編

1. 実証研究結果	125
2. ケーススタディー	136
3. 従来技術との比較例	148
4. 参考文献	161
5. 問い合わせ先	162

1. 実証研究結果

(1) 実証施設概要

1) 実証施設設置場所

神戸市東灘処理場（所在地：神戸市東灘区魚崎南町他）

2) 実証規模

下水汚泥および地域バイオマスの合計で、固形物を 0.7 t-ds/日処理できる規模とした。

3) 実証期間

平成 23 年 8 月～平成 24 年 3 月（平成 23 年度委託研究期間）

平成 24 年 6 月～平成 25 年 3 月（平成 24 年度委託研究期間）

4) 実証施設フロー

実証施設のフローを図資 1-1 に示す。また、各設備の基本設計条件を表資 1-1 に示す。

表資 1-1 実証施設の基本設計条件

1. バイオガス回収技術		
①地域バイオマス受入調整設備		
食品製造系バイオマス 受入能力	新規（鋼板製消化槽への投入）	0.7 t-wet/日
	好適（既設消化槽への投入）	11 t-wet/日
木質系バイオマス 受入能力	新規（鋼板製消化槽への投入）	0.25 t-wet/日
	好適（既設消化槽への投入）	4 t-wet/日
②高機能鋼板製消化槽設備		鋼板製円筒形，有効容量 220 m ³ ，1基
③高効率ヒートポンプ設備		電動ヒートポンプ，加温能力 266.4 kW，1基
2. バイオガス精製技術		
①バイオガス精製設備		高圧水吸収法，処理能力 100～300 m ³ N/h，一式
②中圧ガスホルダ設備		円筒形，貯蔵能力 約500 m ³ N/基，3基

(2) 実証運転条件

実証期間中の設備運転条件を表資 1-2 に示す。

表資 1-2 実証施設の設備運転条件

	単位	2012年 (H24)											2013年 (H25)		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
食品製造系バイオマス受入量	t-wet/月	4.2	2.3	0.6	4.0	41.6	67.8	38.9	35.2	52.6	47.5	39.1	38.4	40.2	118.4
木質系バイオマス受入量	t-wet/月	3.0	2.2	0	0	2.2	0.6	0.1	10.7	24.4	9.5	0.9	0	23.6	29.8
鋼板製消化槽滞留日数	日	21.9	22.0	22.0	26.5	25.8	22.8	19.4	20.0	20.1	21.2	25.0	25.1	19.7	16.6
鋼板製消化槽への投入量															
下水汚泥	m ³ /日	10.1	10.0	10.0	8.3	8.5	9.7	11.3	11.0	11.0	10.4	8.8	8.8	11.2	13.2
食品製造系バイオマス	t-wet/日	0.09	0.12	0.04	0.03	0.11	0.83	0.47	0.32	0.27	0	0.25	0.18	0.49	1.02
木質系バイオマス	t-wet/日	0.08	0.07	0.03	0	0	0	0	0	0.08	0	0.04	0.07	0.09	0.07
バイオガス発生量	m ³ N/日	166	224	168	87	83	168	188	189	190	114	174	169	257	272
高効率ヒートポンプ加温熱量	kWh/h	157	129	137	0	161	222	186	199	213	114	100	76	116	81
既設消化槽への投入量															
下水汚泥	m ³ /日	375	330	329	311	318	310	306	312	294	311	303	294	329	301
食品製造系バイオマス	t-wet/日	0	0	0	0	0.07	1.93	1.37	0.95	1.46	1.35	1.34	0.95	1.21	1.54
木質系バイオマス	t-wet/日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07
バイオガス発生量	m ³ N/日	4,422	4,456	4,547	4,194	3,988	4,090	3,652	3,646	3,548	3,950	4,306	4,176	4,780	4,597

(3) 実証研究結果

1) 実証研究の成果

実証研究の目標達成度および評価のまとめを表資 1-3 に示す。

表資 1-3 実証研究の評価

項目	目標	達成度	評価
下水道への受け入れに好適な地域バイオマスの受け入れによるバイオガス発生量の増加	バイオガス発生量の約 10%増加	○	・ 鋼板製消化槽で、下水汚泥に対して 1 : 0.68 の固形分比率で地域バイオマスを受け入れ、安定的に消化できた ・ 投入下水汚泥量当たりのバイオガス発生量は最大 60%増加した
木質系バイオマスの受け入れによる汚泥脱水性向上	含水率 2 %程度改善	○	・ 試験用脱水機で 3 ポイント程度改善を確認
鋼板製消化槽の槽内可視化	可視化が可能であること	○	・ 堆積物測定、流速測定、アンモニア自動測定が可能であることを確認
高効率ヒートポンプを用いた未利用熱回収による投入エネルギー削減	70%削減（電力を 1 次エネルギー換算した場合、20%削減）	○	・ 高効率ヒートポンプを用いて 20℃以上の未利用熱源からの回収熱を消化槽加温に活用した場合、エネルギー使用量を 20%以上削減できることを実証
新型バイオガス精製・貯留・圧送システムの性能検証および維持管理費削減	メタン濃度 97%以上 メタン回収率約 97% 維持管理費 20%削減	○	・ メタン濃度 97%以上を安定達成 ・ メタン回収率 98.1% ・ 新システムで維持管理費 50%削減，うち、新型バイオガス精製装置で電力費 18%削減を実証

2) バイオガス発生量推定方法の実証運転結果による検証

ラボ実験結果から求めたバイオマスごとの投入 VS 当たりのガス発生量を, 実規模の消化槽でのガス発生量の推定に使用可能か否かを, 鋼板製消化槽 (220 m³) および既設消化タンク (10, 000 m³) での実証実験データを用いて検証した。

鋼板製消化槽への投入バイオマス量の推移を図資 1-2 に, バイオガス発生量を図資 1-3 に, 積算バイオガス発生量を図資 1-4 に示す。また, 既設消化タンク (PC 製卵形) への投入バイオマス量の推移を図資 1-6 に, バイオガス発生量を図資 1-7 に, 積算バイオガス発生量を図資 1-8 に示す。

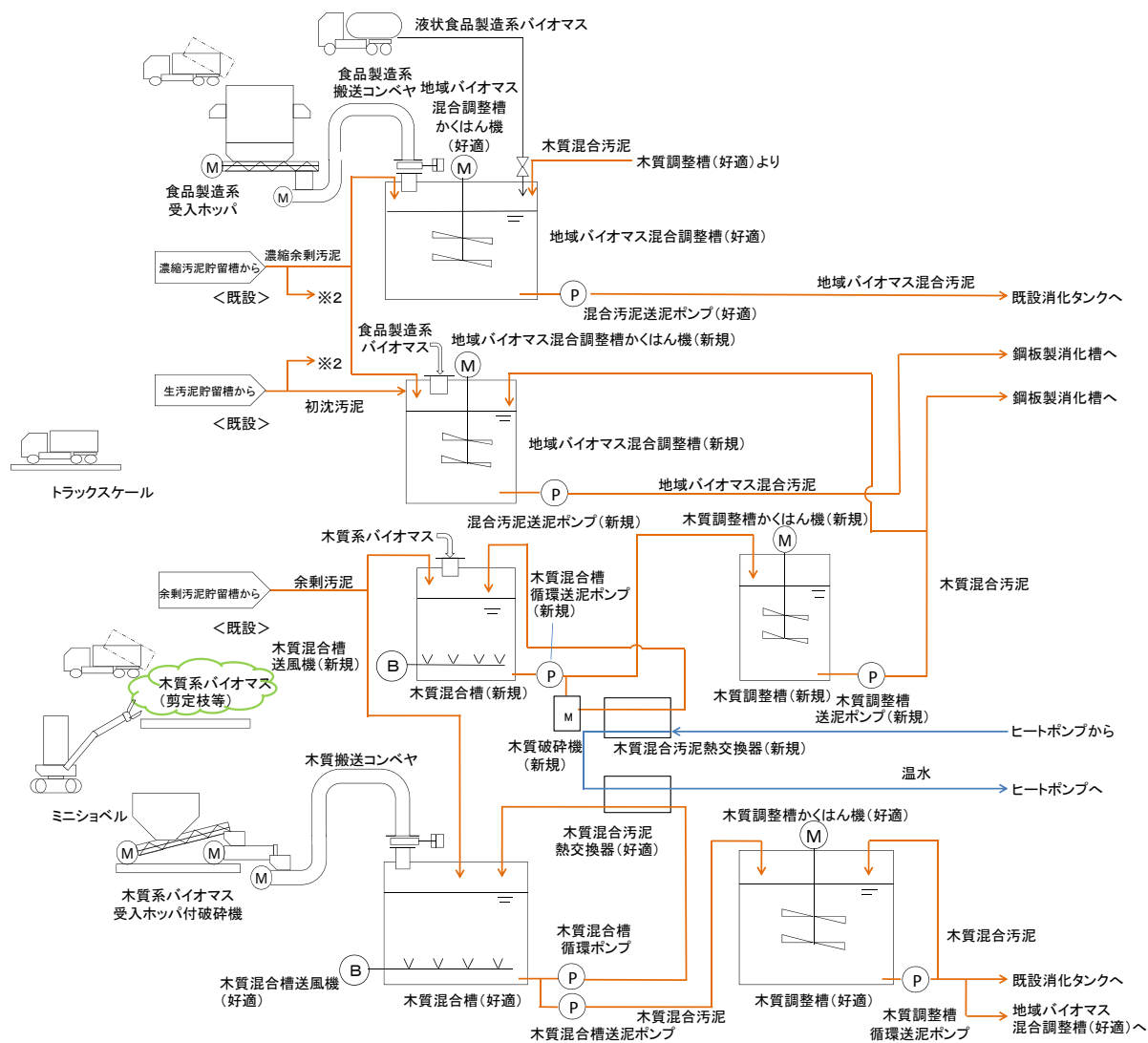
投入原料の条件の変化によって期間を分け (それぞれの期間のバイオマスごとの固形物投入量は鋼板製消化槽が図資 1-5, 既設消化タンクが図資 1-9 のとおり), 各バイオマスの VS 混合比率をもとに, それぞれの期間の投入 VS 当たりガス発生量を推定した。実際の測定値は, このラボ実験結果から推定したガス発生量の±15%以内に収まった。

以上より, 施設設計時に, 対象とする地域バイオマスを用いてラボ実験でガス発生量を測定することにより, バイオガス発生量を適切に推定し, 設計に反映できることが確認できた。

なお, 下水汚泥からのガス発生量の一般値 500~600 m³N/t-投入 VS に対し, 鋼板製消化槽における下水汚泥単独消化時のガス発生量実績が 510 m³N/t-VS であったことから, 鋼板製消化槽の運転状況は良好であったといえる。

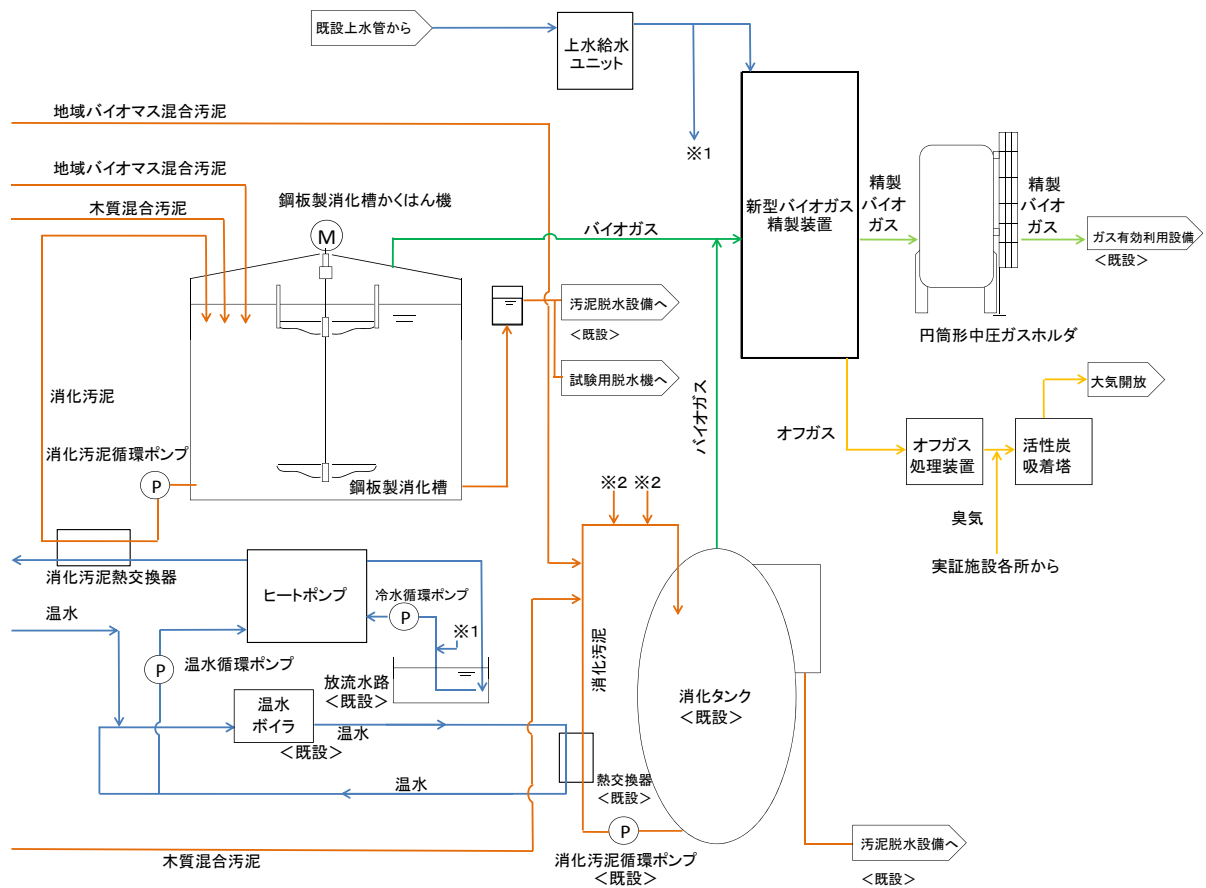
また, 既設消化タンクに対して, 鋼板製消化槽で下水道への受け入れの好適性が確認できた地域バイオマスの投入を開始した。投入開始時期は, 食品製造系バイオマス (排水汚泥, 廃酸 A) が平成 24 年 6 月下旬で, 木質系バイオマス (広葉樹間伐材, 高木剪定枝) が平成 25 年 3 月中旬である。平成 25 年 3 月までの実証期間内の投入量は, 最終計画値 (食品製造系 11 t-wet/日, 木質系 4 t-wet/日) に対して食品製造系バイオマスで 12%程度, 木質系バイオマスで 5%程度であったが, 下水汚泥のみを投入している既設消化タンクの他号機と比較して, ガス発生量は 8%程度の増量 (最終計画値は 10%の増量) が確認できた。また, 既設の下水処理に支障を与えないことも確認できた。

地域バイオマス受入量については, 排出事業者が既に別途リサイクルに取り組んでいる, あるいは既存処分先との関係で処分先を変えられない, 排出事業者によっては排出されるバイオマスのうち良質なものは有価で取引されており, 有価物としての受け入れを想定していない本プロジェクトへの協力を得られなかったこと, 木質系バイオマスの一部の樹種はガスがほとんど発生せず好適性が低かった等の理由により, 実証期間内に最終計画値に届かなかった。地域バイオマス受け入れに当たってはこうした点が課題となることから, 本技術の導入にあたり地域バイオマス受入量を検討する際には, 上記課題についてあらかじめ十分に調査する必要がある。なお, 現在は新たに廃酸 B と動植物性残さについて既設消化タンクへの投入を開始したほか, 鋼板製消化槽で好適性を評価中または評価予定の廃油, 食品残さについて受け入れの協議を進めるなど, 既設消化タンクへの投入量の拡大を図っている。

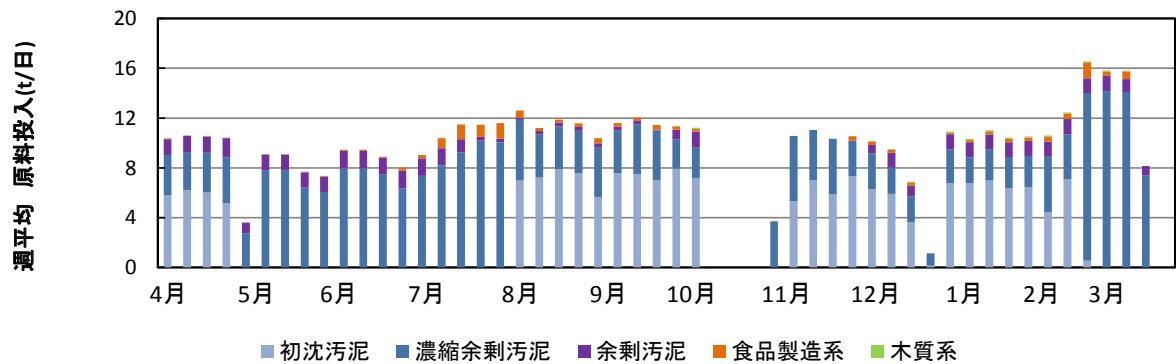


図資 1-1 実証施設のフロー (1)

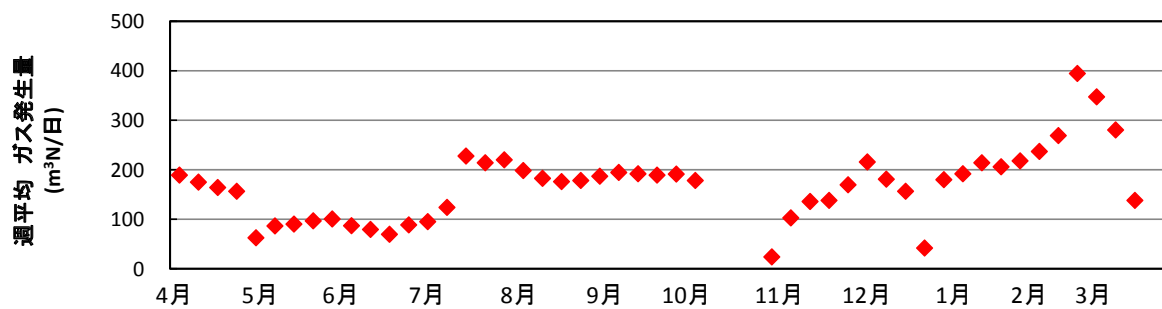
1. 実証研究結果



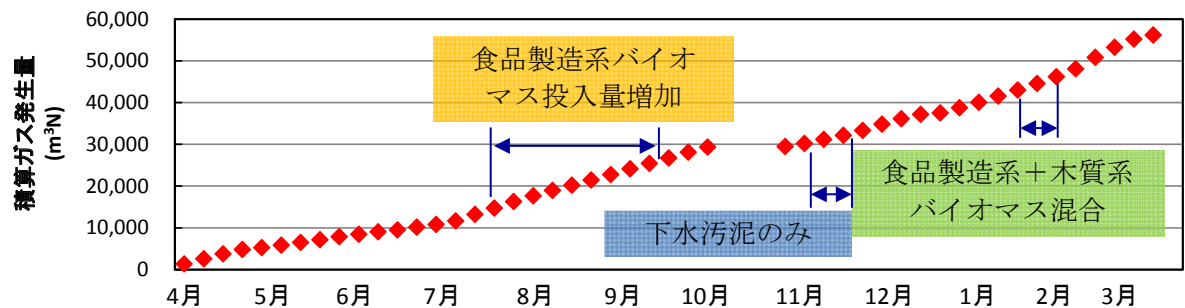
図資 1-1 実証施設のフロー（2）



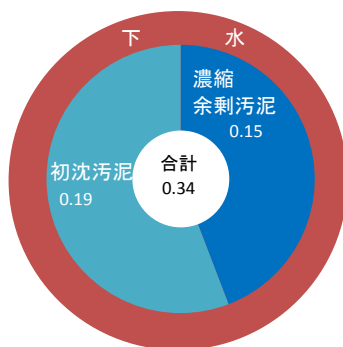
図資 1-2 鋼板製消化槽への原料別投入量 (平成 24 年度)



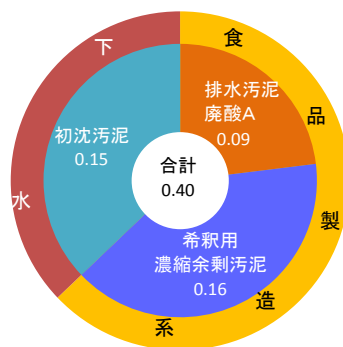
図資 1-3 鋼板製消化槽のバイオガス発生量 (平成 24 年度)



図資 1-4 鋼板製消化槽のバイオガス発生量積算値 (平成 24 年度)



下水汚泥のみ(11/21～11/28)



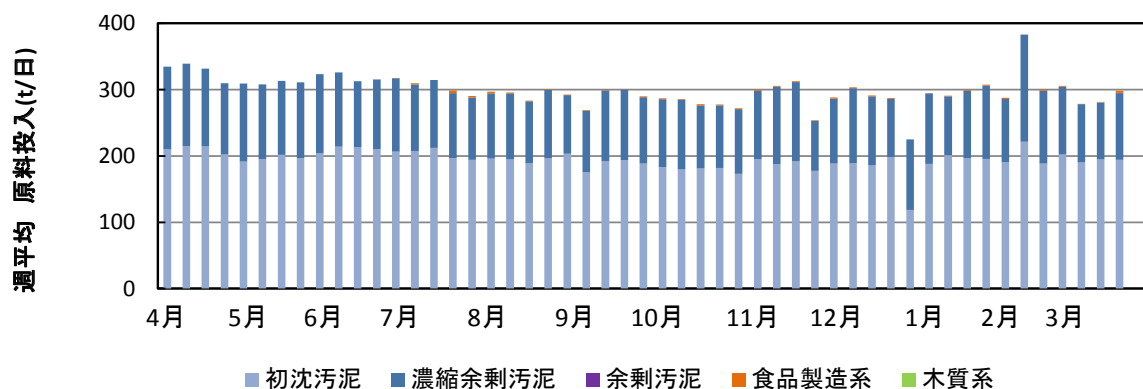
食品製造系混合(7/23～10/1)



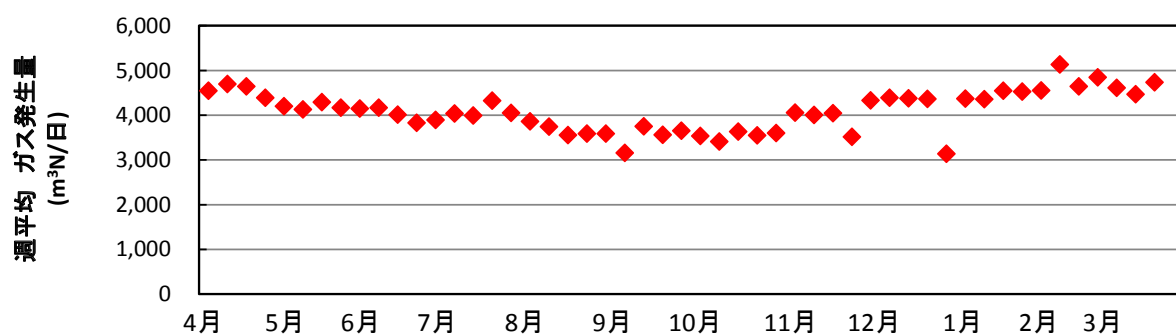
食品製造系+木質系混合(1/28～2/10)

図資 1-5 鋼板製消化槽への固形物投入量内訳 (t-ds/日)

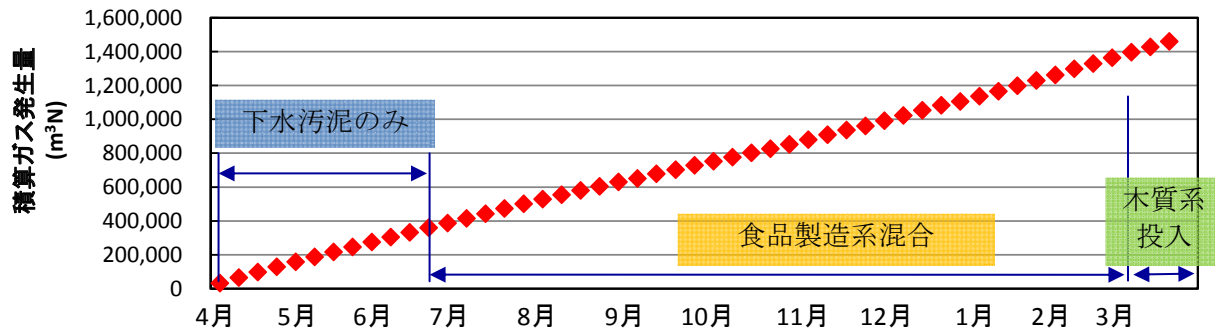
1. 実証研究結果



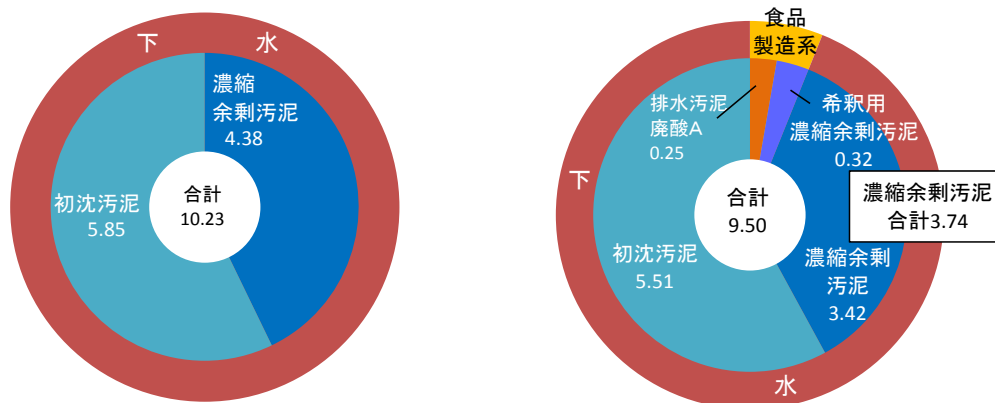
図資 1-6 既設消化タンクへの原料別投入量（平成 24 年度）



図資 1-7 既設消化タンクのバイオガス発生量（平成 24 年度）



図資 1-8 既設消化タンクのバイオガス発生量積算値（平成 24 年度）



下水汚泥のみ(4/2~6/24)

食品製造系混合(6/25~9/16の平均)

図資 1-9 既設消化槽へのバイオマスごとの固形物投入量（t-ds/日）

3) 高効率ヒートポンプの未利用熱回収性能

本実証研究で取得したヒートポンプ COP のデータを図資 1-10, 図資 1-11 に示す。横軸の「加温熱量」は消化槽等の加温のために必要とする熱量で、ヒートポンプ入／出の温水温度差に比例するものである。COP は、この加温熱量や未利用熱源の温度等により大きく変化する。

図資 1-10, 図資 1-11 によると、加温熱量が同じ場合、より高温の温水を生成させるほど、COP は低下する。例えば、加温熱量が 250 kW で、未利用熱源（本実証研究では放流水）の温度が約 30℃の場合、ヒートポンプで 60℃程度の温水を生成させると COP は約 3.5（図資 1-11 参照）であるが、80℃程度の温水を生成させると COP は約 2.9（図資 1-10 参照）まで低下する。

また、未利用熱源の温度は季節により変動することが多いが、これも COP に影響を与える。例えば、加温熱量が 150 kW で、ヒートポンプで 80℃程度の温水を生成させる場合、未利用熱源温度が約 20℃では COP は約 2.7 であるが、夏季等で約 30℃まで上昇すると COP は約 3.1 まで向上する（図資 1-10 参照）。

以上のデータから、高効率ヒートポンプを用いることによるエネルギー使用量の削減率を計算する。

同じ熱量の温水を供給する際の、ヒートポンプでの消費電力と従来技術である温水ボイラのエネルギー使用量を比較すると、以下の関係式が成立する。

$$\text{ヒートポンプ消費電力量} \times \text{COP} = \text{温水ボイラエネルギー使用量} \times \text{ボイラ効率}$$

また、ヒートポンプでの消費電力量から 1 次エネルギーに換算してエネルギー使用量を算出すると、以下の式で表される。

$$\text{ヒートポンプでのエネルギー使用量} = \text{ヒートポンプ消費電力量} \div \text{発電効率}$$

したがって、高効率ヒートポンプを用いることによるエネルギー使用量削減率は、以下の式で求められる。

$$\begin{aligned} \text{エネルギー使用量削減率 (\%)} \\ &= (1 - \text{ヒートポンプでのエネルギー使用量} \div \text{温水ボイラ消費熱量}) \times 100 \\ &= (1 - \text{ボイラ効率} \div \text{COP} \div \text{発電効率}) \times 100 \end{aligned}$$

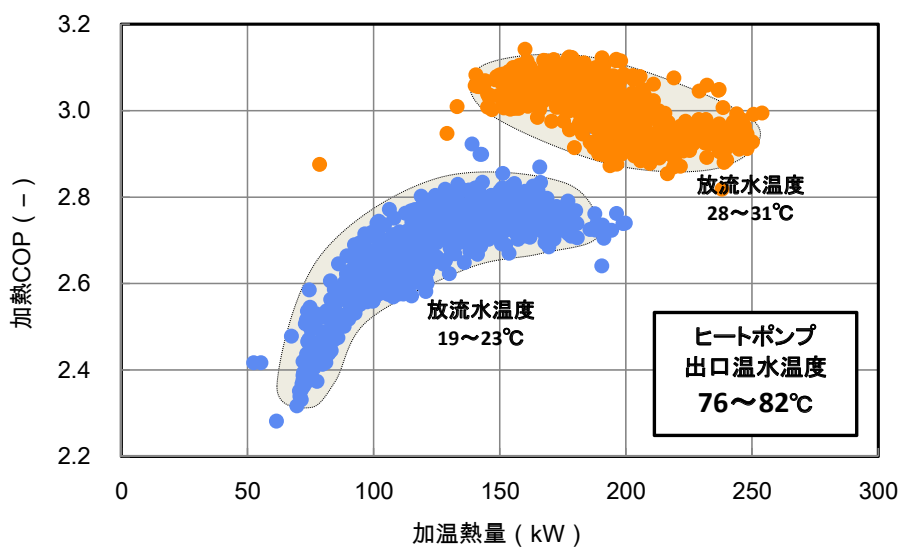
例えば、加温熱量が 150 kW で、約 30℃の未利用熱源からヒートポンプで 80℃の温水を生成するケースでは、図資 1-10 より COP は約 3.1 である。温水ボイラのボイラ効率を 86%，1 次エネルギー換算時の発電効率を 40%として、前述の計算式を用いてエネルギー使用量削減率を算出すると、以下のとおり 31%である。

$$\text{エネルギー使用量削減率} = (1 - 0.86 \div 3.1 \div 0.4) \times 100 = 31\%$$

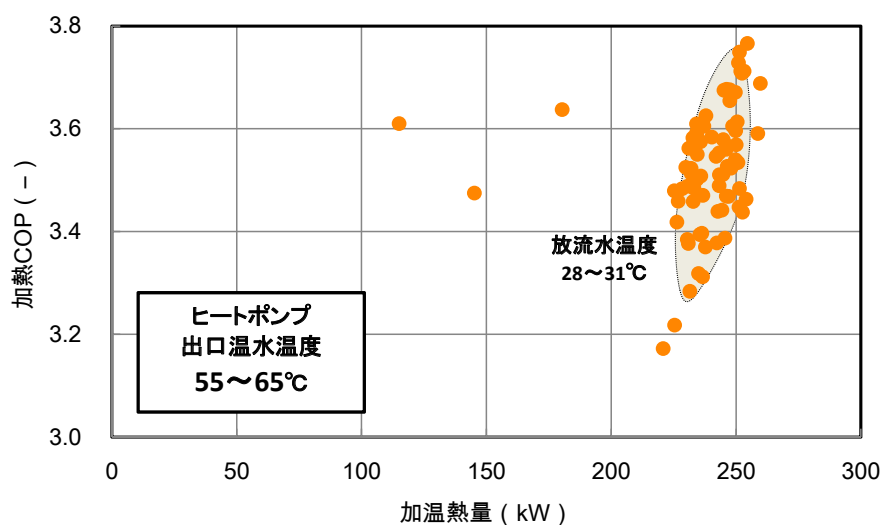
また、他の条件が同じで、未利用熱源の温度が約 20℃に下がった場合は、図資 1-10 より COP は約 2.7 となるので、同様の計算よりエネルギー使用量削減率は 20%となる。

以上より、高効率ヒートポンプを用いて 20℃以上の未利用熱源からの回収熱を消化槽加温に活用した場合、バイオガスを燃料とするボイラを用いる従来技術と比較して、20%以上のエネルギー使用量削減が可能である。

1. 実証研究結果



図資 1-10 加熱熱量と加熱 COP の関係（ヒートポンプ出口温水温度 76～82℃）



図資 1-11 加熱熱量と加熱 COP の関係（ヒートポンプ出口温水温度 55～65℃）

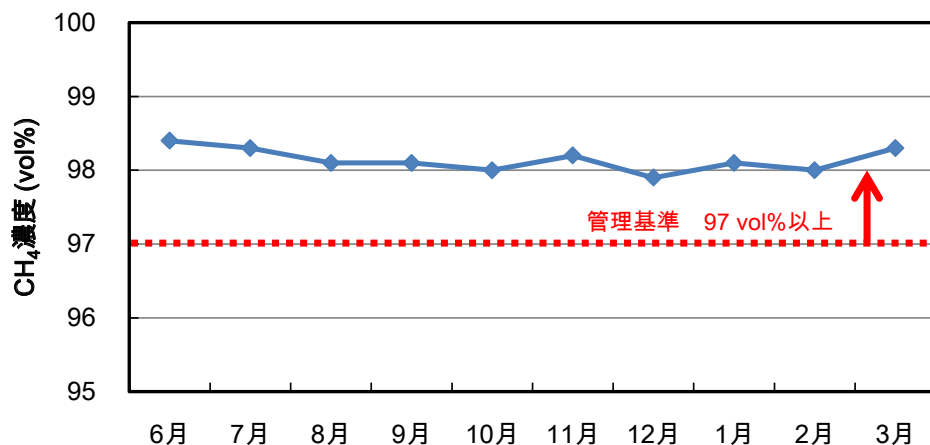
4) 新型バイオガス精製装置の運転状況

①バイオガス精製性能

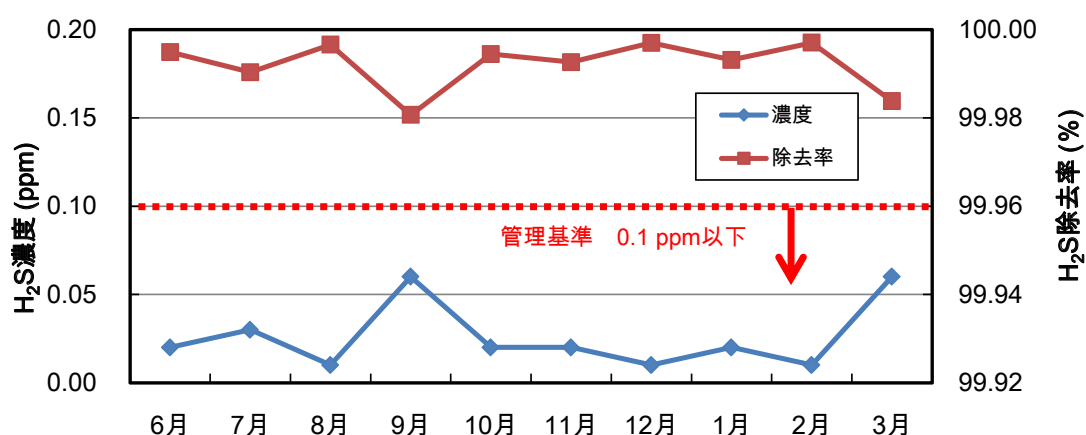
新型バイオガス精製装置の年間を通じた運転による精製バイオガスの性状を図資 1-12 および図資 1-13 に示す。図中の管理基準は「消化ガスのバイオ天然ガス化共同研究報告書」（平成 18 年 12 月，神戸市・独立行政法人土木研究所・株式会社神鋼環境ソリューション）において策定した，天然ガス自動車燃料として利用する際の値である。

メタン濃度は，97.9～98.4 vol%まで精製されており，全てのデータで管理基準の 97 vol%以

上を満足した。硫化水素濃度も、最高 0.06 ppm で、管理基準の 0.1 ppm 以下をいずれも安定して満足している。



図資 1-12 精製バイオガス中のメタン濃度



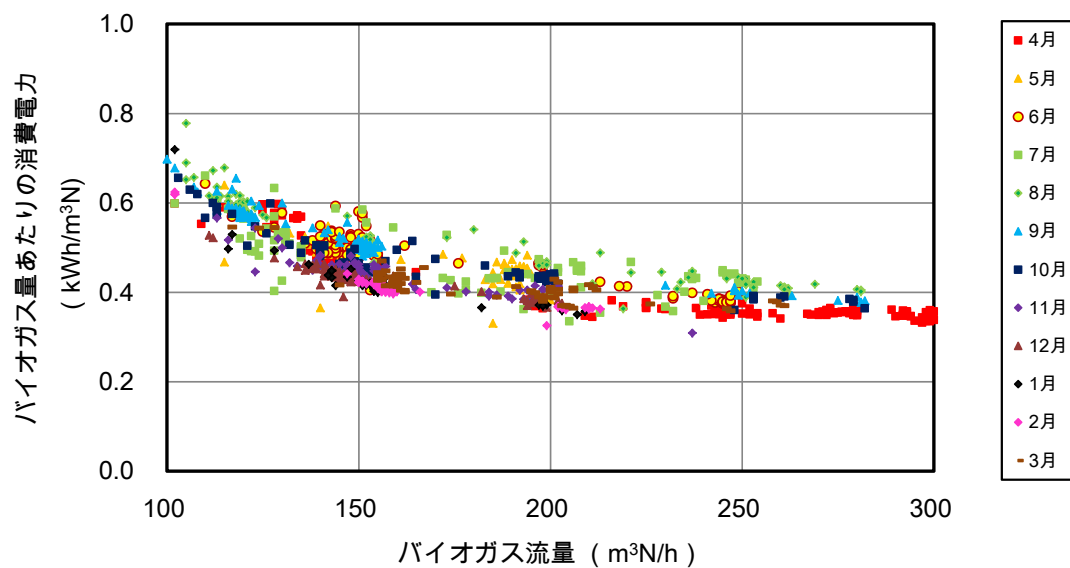
図資 1-13 精製バイオガス中の硫化水素濃度および除去率

②消費電力

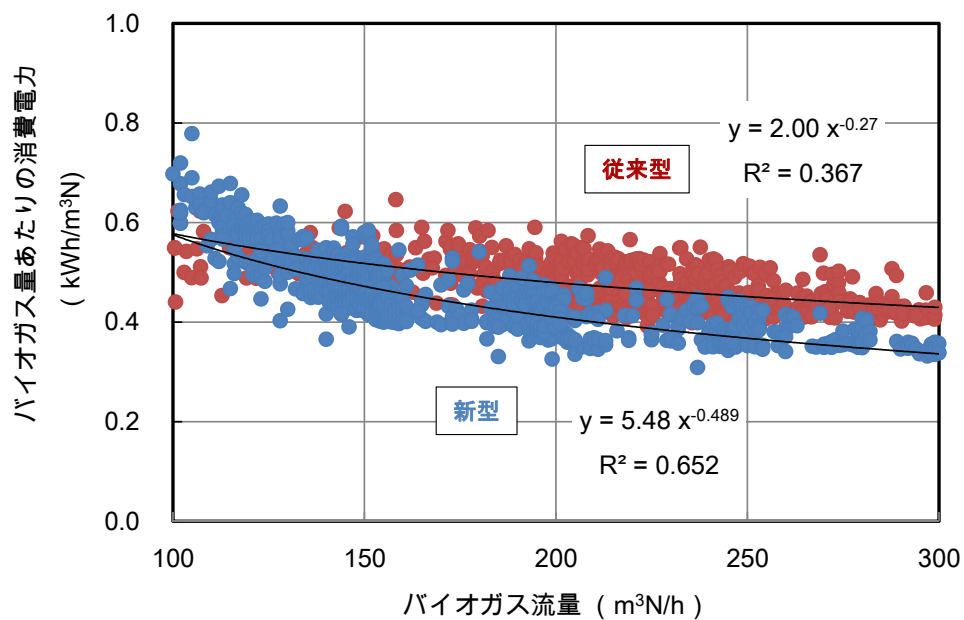
四季を通じた運転実績に基づく、新型バイオガス精製装置の精製前バイオガス処理量当たりの消費電力（冷却装置等の付帯設備分を含む。）を図資 1-14 に示す。バイオガス処理量が増えるとバイオガス量当たりの消費電力が低減されており、定格負荷に近い条件ほど、消費電力の原単位が小さい傾向が確認できる。また、夏季に消費電力がやや上昇しているが、これは、循環水を再生させるため、脱気塔に外気を取り入れて循環水と接触させており、循環水を吸収塔への供給水温（7℃）まで冷却する冷却装置の負荷が増加することが影響している。従来型バイオガス精製装置の消費電力（冷却装置等の付帯設備分を含む。）と比較した図資 1-15 から、バイオガス処理量が同じであれば、新型のほうが従来型に比べ消費電力が低くなっていることがわかる。例えば、バイオガス処理量 250 m³N/h で運転する場合、バイオガス処理量当たりの消費電力は、新型で約

1. 実証研究結果

0.37 kWh/m³N, 従来型で約 0.45 kWh/m³N であり, 新型バイオガス精製装置は, 従来型に比べて約 18%省電力となっている。



図資 1-14 バイオガス処理量当たりの消費電力 (新型バイオガス精製装置)



図資 1-15 バイオガス処理量当たりの消費電力比較

2. ケーススタディー

3種類の規模の下水処理場について、本技術のシステム全体を導入する場合の建設コスト、維持管理コスト、ライフサイクルコストおよび温室効果ガス排出量を試算した。各ケースとも下水処理場への地域バイオマスの受け入れによって、ごみ処理施設の施設規模を縮小できるものとした。評価範囲は図3-7を、フローシートは図資3-1、図資3-4、図資3-7を、配置配管図は図資3-2、図資3-5、図資3-8を、それぞれ参照されたい。なお、図面では、食品製造系バイオマスを「スイーツ」と、木質系バイオマスを「グリーン」と、それぞれ表記している。

2.1 ケーススタディー 1

2.1.1 検討の概要

下水処理場規模

流入下水量	m ³ /日	25,000	日最大
	m ³ /日	20,000	日平均
下水汚泥発生量	t-ds/日	3.5	
人口	人	47,600	日平均流入下水量÷処理水量 0.42 m ³ /（人・日）
ごみ排出量	t-wet/日	46.5	ごみ排出量 976 g/（人・日）×人口

地域バイオマス受け入れ量・ごみ処理施設規模

地域バイオマス 受け入れ量	食品製造系	t-wet/日	4.4	
	木質系	t-wet/日	0.6	
ごみ焼却量	本技術導入前	t-wet/日	34.6	ごみ排出量×処理比率 94.3%× 直接焼却率 79.0%
	本技術導入後	t-wet/日	29.6	
ごみ焼却 施設規模	本技術導入前	t-wet/日	47.0 →50 とした	焼却量÷実稼働率 0.767÷調整 稼働率 0.96
	本技術導入後	t-wet/日	40.2 →42 とした	

2. ケーススタディー

物質収支

		単位	下水汚泥		地域バイオマス		合計
			濃縮汚泥	余剰汚泥（木質希釈用）	食品製造系	木質系	
消化槽への投入量	湿重量	t-wet/日	86.0	10.4	4.4	0.6	101.4
	固形物量	t-ds/日	3.4	0.1	1.1	0.6	5.2
	水分量	t/日	82.6	10.3	3.3	0.0	96.2
	有機物量	t-VS/日	2.8	0.0	1.0	0.6	4.4
	固形物濃度	%	4.0	0.6	25	95	5.1
計算条件	VS 分解率	%	50		85	30	55.3
	バイオガス発生量（メタン 60%換算）	m ³ N/t-VS	500		556	526	516
	脱水汚泥含水率	%	79.6				79.6
計算結果	分解有機物量	t-VS/日	1.40		0.84	0.17	2.41
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	1.40		0.15	0.40	1.95
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	2.10		0.26	0.43	2.79
	バイオガス発生量	m ³ N/日	1,401		550	300	2,251
	精製バイオガス量	m ³ N/日	841		330	180	1,351
	脱水汚泥量	t-wet/日	10.3		1.3	2.1	13.7

2.1.2 主要機器仕様

機器名称	型式	仕様	電動機 kW	数量
トラックスケール	ロードセル式	1～15 t	—	1
食品製造系受け入れホッパ	切出装置・防臭蓋付	8 m ³	総合 20.2	1
食品製造系搬送コンベヤ	パイプコンベヤ	8 m ³ /h	5.5	1
地域バイオマス混合調整槽かくはん機	立形ミキサ	かくはん容量 35 m ³	5.5	1
地域バイオマス混合汚泥移送ポンプ	一軸ねじ式，破砕機付	0.05 m ³ /min	総合 3.7	1
濃縮汚泥移送ポンプ※	一軸ねじ式	0.05 m ³ /min	2.2	1
受け入れホッパ付破砕機	すりつぶし膨潤機	0.5 t/h	総合約 66	1
木質搬送コンベヤ	パイプコンベヤ	4 m ³ /h	2.2	1
木質混合槽送風機	ルーツブロワ	0.5 m ³ /min	2.2	1
木質混合槽循環ポンプ	破砕ポンプ	0.2 m ³ /min	18.5	1
木質混合汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 10 m ²	—	1

木質混合汚泥移送ポンプ	無閉塞型	0.4 m ³ /min	3.7	1
木質調整槽かくはん機	立形ミキサ	かくはん容量 30 m ³	2.2	1
木質調整槽循環送泥ポンプ	破砕ポンプ	0.1 m ³ /min	22	1
ヒートポンプ	高効率スクルーチラー	加温能力 187 kW	113	1
冷水循環ポンプ	ラインポンプ	0.9 m ³ /min	3.7	1
温水循環ポンプ	ラインポンプ	0.7 m ³ /min	3.7	1
鋼板製消化槽	全溶接鋼板製	有効容量 2,000 m ³	—	1
鋼板製消化槽かくはん機	インペラ式	かくはん容量 2,000 m ³	1.5	1
消化汚泥循環ポンプ	吸込スクルー	0.75 m ³ /min	11	2(1)
消化汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 15 m ²	—	1
バイオガス精製装置	高圧水吸収法	130 m ³ N/h	総合 75	1
上水給水ユニット	圧力式給水ユニット	0.05 m ³ /min	1.1	1
中圧ガスタンク	円筒形	幾何容量 40 m ³	—	2

※従来技術に対する増加分である 1 台分（地域バイオマス混合調整槽への移送分）のみを計上している。

2. 1. 3 経済性評価

建設コスト

	建設コスト 百万円	年価 百万円/年
土木・建築		
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽	250.1	
汚泥脱水設備（増分）	34.7	
小計	284.8	10.2
機械		
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽, 精製・貯留	970.7	
汚泥脱水設備（増分）	37.7	
汚泥焼却設備（増分）	58.9	
小計	1,067.3	67.2
電気		
小計	124.2	7.8
合計	1,476.3	85.2

2. ケーススタディー

維持管理コスト

	維持管理コスト 百万円/年
地域バイオマス受入・混合調整，消化槽，精製・貯留	
電力	12.2
点検補修	30.2
精製バイオガス売却	-34.0
小計	8.4
汚泥脱水設備維持管理（増分）	5.8
汚泥焼却設備	
維持管理（増分）	6.1
補助燃料（削減分）	-6.3
小計	-0.7
合計	14.0

ライフサイクルコスト（百万円/年）

建設・撤去コスト	建設	撤去
土木・建築	10.2	0.8
機械	67.2	5.4
電気	7.8	0.6
小計	85.2	6.9
維持管理コスト	14.0	
合計（ライフサイクルコスト）	106.1	

2.1.4 温室効果ガス排出量

(t-CO₂/年)

建設時	運転時			撤去時	LCCO ₂
	電気	ガス供給	小計		
41	672	-953	-281	1	-239

2.2 ケーススタディー2

2.2.1 検討の概要

下水処理場規模

流入下水量	m ³ /日	50,000	日最大
	m ³ /日	40,000	日平均
下水汚泥発生量	t-ds/日	7.0	
人口	人	95,200	日平均流入下水量÷処理水量 0.42 m ³ / (人・日)
ごみ排出量	t-wet/日	92.9	ごみ排出量 976 g/ (人・日) ×人口

地域バイオマス受け入れ量・ごみ処理施設規模

地域バイオマス 受け入れ量	食品製造系	t-wet/日	8.8	
	木質系	t-wet/日	1.3	
ごみ焼却量	本技術導入前	t-wet/日	69.2	ごみ排出量×処理比率 94.3%× 直接焼却率 79.0%
	本技術導入後	t-wet/日	59.1	
ごみ焼却 施設規模	本技術導入前	t-wet/日	94.0 →99 とした	焼却量÷実稼働率 0.767÷調整 稼働率 0.96
	本技術導入後	t-wet/日	80.4 →84 とした	

物質収支

		単位	下水汚泥		地域バイオマス		合計
			濃縮汚泥	余剰汚泥 (木 質希釈用)	食品製造 系	木質系	
消化槽 への投 入量	湿重量	t-wet/日	172.0	20.8	8.8	1.3	202.9
	固形物量	t-ds/日	6.9	0.1	2.2	1.2	10.4
	水分量	t/日	165.1	20.7	6.6	0.1	192.5
	有機物量	t-VS/日	5.5	0.1	2.0	1.1	8.7
	固形物濃度	%	4.0	0.6	25	95	5.1
計 算 条 件	VS 分解率	%	50		85	30	55.3
	バイオガス発生量 (メタン 60%換算)	m ³ N/t-VS	500		556	526	516
	脱水汚泥含水率	%	79.6				79.6

2. ケーススタディー

計 算 結 果	分解有機物量	t-VS/日	2.80	1.68	0.34	4.83
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	2.80	0.30	0.80	3.90
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	4.20	0.52	0.86	5.58
	バイオガス発生量	m ³ N/日	2,802	1,100	600	4,502
	精製バイオガス量	m ³ N/日	1,681	660	360	2,701
	脱水汚泥量	t-wet/日	20.6	2.5	4.2	27.3

2.2.2 主要機器仕様

機器名称	型式	仕様	電動機 kW	数量
トラックスケール	ロードセル式	1～15 t	—	1
食品製造系受け入れホッパ	切出装置・防臭蓋付	15 m ³	総合 28	1
食品製造系搬送コンベヤ	パイプコンベヤ	15 m ³ /h	7.5	1
地域バイオマス混合調整槽かくはん機	立形ミキサ	かくはん容量 70 m ³	7.5	1
地域バイオマス混合汚泥送泥ポンプ	一軸ねじ式，破砕機付	0.1 m ³ /min	総合 5.9	1
濃縮汚泥移送ポンプ※	一軸ねじ式	0.1 m ³ /min	3.7	1
受け入れホッパ付破砕機	すりつぶし膨潤機	0.5 t/h	総合約 66	1
木質搬送コンベヤ	パイプコンベヤ	4 m ³ /h	2.2	1
木質混合槽送風機	ルーツブロワ	1.0 m ³ /min	3.7	1
木質混合槽循環ポンプ	破砕ポンプ	0.3 m ³ /min	18.5	1
木質混合汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 20 m ²	—	1
木質混合汚泥移送ポンプ	無閉塞型	0.8 m ³ /min	3.7	1
木質調整槽かくはん機	立形ミキサ	かくはん容量 50 m ³	3.7	1
木質調整槽循環送泥ポンプ	破砕ポンプ	0.2 m ³ /min	22	1
ヒートポンプ	高効率スクルーチラー	加温能力 373 kW	113	1
冷水循環ポンプ	ラインポンプ	0.9 m ³ /min	3.7	1
温水循環ポンプ	ラインポンプ	0.7 m ³ /min	3.7	1
鋼板製消化槽	全溶接鋼板製	有効容量 4,000 m ³	—	1
鋼板製消化槽かくはん機	インペラ式	かくはん容量 4,000 m ³	3.7	1
消化汚泥循環ポンプ	吸込スクルー	1.5 m ³ /min	15	2(1)
消化汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 25 m ²	—	1
バイオガス精製装置	高圧水吸収法	300 m ³ N/h	総合 120	1
上水給水ユニット	圧力式給水ユニット	0.05 m ³ /min	1.1	1
中圧ガスタンク	円筒形	幾何容量 80 m ³	—	2

※従来技術に対する増加分である 1 台分（地域バイオマス混合調整槽への移送分）のみを計上している。

2.2.3 経済性評価

建設コスト

	建設コスト 百万円	年価 百万円/年
土木・建築		
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽	337.0	
汚泥脱水設備 (増分)	47.2	
小計	384.2	13.8
機械		
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽, 精製・貯留	1,279.6	
汚泥脱水設備 (増分)	48.9	
汚泥焼却設備 (増分)	89.1	
小計	1,417.6	89.2
電気		
小計	165.0	10.4
合計	1,966.8	113.4

維持管理コスト

	維持管理コスト 百万円/年
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽, 精製・貯留	
電力	19.1
点検補修	34.3
精製バイオガス売却	-68.1
小計	-14.7
汚泥脱水設備維持管理 (増分)	8.8
汚泥焼却設備	
維持管理 (増分)	9.7
補助燃料 (削減分)	-12.7
小計	-4.1
合計	-8.9

2. ケーススタディー

ライフサイクルコスト（百万円/年）

建設・撤去コスト	建設	撤去
土木・建築	13.8	1.1
機械	89.2	7.2
電気	10.4	0.8
小計	113.4	9.2
維持管理コスト	-8.9	
合計（ライフサイクルコスト）	113.7	

2.2.4 温室効果ガス排出量

(t-CO₂/年)

建設時	運転時			撤去時	LCCO ₂
	電気	ガス供給	小計		
43	1,049	-1,906	-857	1	-813

2.3 ケーススタディー3

2.3.1 検討の概要

下水処理場規模

流入下水量	m ³ /日	75,000	日最大
	m ³ /日	60,000	日平均
下水汚泥発生量	t-ds/日	10.5	
人口	人	142,900	日平均流入下水量÷処理水量 0.42 m ³ / (人・日)
ごみ排出量	t-wet/日	139.5	ごみ排出量 976 g/ (人・日) ×人口

地域バイオマス受け入れ量・ごみ処理施設規模

地域バイオマス 受け入れ量	食品製造系	t-wet/日	13.2	
	木質系	t-wet/日	1.9	
ごみ焼却量	本技術導入前	t-wet/日	103.9	ごみ排出量×処理比率 94.3% ×直接焼却率 79.0%
	本技術導入後	t-wet/日	88.8	
ごみ焼却施設 規模	本技術導入前	t-wet/日	141.2 →149 とした	焼却量÷実稼働率 0.767÷調整 稼働率 0.96
	本技術導入後	t-wet/日	120.7 →127 とした	

物質収支

		単位	下水汚泥		地域バイオマス		合計
			濃縮汚泥	余剰汚泥 (木 質希釈用)	食品製造 系	木質系	
消化槽 への投 入量	湿重量	t-wet/日	258.0	31.2	13.2	1.9	304.3
	固形物量	t-ds/日	10.3	0.2	3.3	1.8	15.6
	水分量	t/日	247.7	31.0	9.9	0.1	288.7
	有機物量	t-VS/日	8.3	0.1	3.0	1.7	13.1
	固形物濃度	%	4.0	0.6	25	95	5.1
計 算 条 件	VS 分解率	%	50		85	30	55.3
	バイオガス発生量 (メタン 60%換算)	m ³ N/t-VS	500		556	526	
	脱水汚泥含水率	%	79.6				79.6

2. ケーススタディー

計 算 結 果	分解有機物量	t-VS/日	4.20	2.52	0.51	7.24
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	4.20	0.45	1.20	5.85
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	6.30	0.78	1.29	8.37
	バイオガス発生量	m ³ N/日	4,203	1,650	900	6,753
	精製バイオガス量	m ³ N/日	2,522	990	540	4,052
	脱水汚泥量	t-wet/日	30.9	3.8	6.3	41.0

2.3.2 主要機器仕様

機器名称	型式	仕様	電動機 kW	数量
トラックスケール	ロードセル式	1～15 t	—	1
食品製造系受け入れホッパ	切出装置・防臭蓋付	20 m ³	総合 35	1
食品製造系搬送コンベヤ	パイプコンベヤ	20 m ³ /h	11	1
地域バイオマス混合調整槽かくはん機	立形ミキサ	かくはん容量 100 m ³	11	1
地域バイオマス混合汚泥送泥ポンプ	一軸ねじ式，破砕機付	0.15 m ³ /min	総合 9.2	1
濃縮汚泥移送ポンプ※	一軸ねじ式	0.15 m ³ /min	5.5	1
受け入れホッパ付破砕機	すりつぶし膨潤機	0.5 t/h	総合約 66	1
木質搬送コンベヤ	パイプコンベヤ	4 m ³ /h	2.2	1
木質混合槽送風機	ルーツブロワ	1.5 m ³ /min	5.5	1
木質混合槽循環ポンプ	破砕ポンプ	0.4 m ³ /min	22	1
木質混合汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 25 m ²	—	1
木質混合汚泥移送ポンプ	無閉塞型	1.5 m ³ /min	5.5	1
木質調整槽かくはん機	立形ミキサ	かくはん容量 70 m ³	5.5	1
木質調整槽循環送泥ポンプ	破砕ポンプ	0.3 m ³ /min	22	1
ヒートポンプ	高効率スクルーチラー	加温能力 280 kW	113	2
冷水循環ポンプ	ラインポンプ	0.9 m ³ /min	3.7	2
温水循環ポンプ	ラインポンプ	0.7 m ³ /min	3.7	2
鋼板製消化槽	全溶接鋼板製	有効容量 6,000 m ³	—	1
鋼板製消化槽かくはん機	インペラ式	かくはん容量 6,000 m ³	5.5	1
消化汚泥循環ポンプ	吸込スクルー式	2.5 m ³ /min	22	2(1)
消化汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 30 m ²	—	1
バイオガス精製装置	高圧水吸収法	300 m ³ N/h	総合 120	1
上水給水ユニット	圧力式給水ユニット	0.05 m ³ /min	1.1	1
中圧ガスタンク	円筒形	幾何容量 80 m ³	—	3

※従来技術に対する増加分である 1 台分（地域バイオマス混合調整槽への移送分）のみを計上している。

2.3.3 経済性評価

建設コスト

	建設コスト 百万円	年価 百万円/年
土木・建築		
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽	411.1	
汚泥脱水設備 (増分)	56.5	
小計	467.6	16.8
機械		
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽, 精製・貯留	1,591.7	
汚泥脱水設備 (増分)	56.8	
汚泥焼却設備 (増分)	113.5	
小計	1,762.0	110.9
電気		
小計	172.6	10.9
合計	2,402.2	138.6

維持管理コスト

	維持管理コスト 百万円/年
地域バイオマス受入・混合調整, 消化槽, 精製・貯留	
電力	28.3
点検補修	40.5
精製バイオガス売却	-102.1
小計	-33.3
汚泥脱水設備維持管理 (増分)	11.2
汚泥焼却設備	
維持管理 (増分)	12.7
補助燃料 (削減分)	-19.0
小計	-7.9
合計	-28.4

2. ケーススタディー

ライフサイクルコスト（百万円/年）

建設・撤去コスト	建設	撤去
土木・建築	16.8	1.4
機械	110.9	9.5
電気	10.9	0.9
小計	138.6	11.9
維持管理コスト	-28.4	
合計（ライフサイクルコスト）	122.1	

2.3.4 温室効果ガス排出量

(t-CO₂/年)

建設時	運転時			撤去時	LCCO ₂
	電気	ガス供給	小計		
20	1,555	-2,859	-1,304	1	-1,284

3. 従来技術との比較例

2. ケーススタディーで示した3種類の規模の下水処理場について、本技術を導入しない場合のシステム全体の建設コスト、維持管理コスト、ライフサイクルコストおよび温室効果ガス排出量を試算した。各ケースとも地域バイオマスは下水処理場外で処理するものとした。評価範囲は図3-8を、フローシートは図資3-1、図資3-4、図資3-7を、配置配管図は図資3-3、図資3-6、図資3-9を、それぞれ参照されたい。なお、図面では、食品製造系バイオマスを「スイーツ」と、木質系バイオマスを「グリーン」と、それぞれ表記している。

また、本技術（革新的技術）を導入した場合のコスト縮減率および温室効果ガス排出量削減率も示した。

3.1 下水汚泥 3.5t-ds/日＋地域バイオマス 1.7t-ds/日規模

従来技術の物質収支

		単位	下水汚泥（消化処理）	地域バイオマス	合計
			濃縮汚泥	（別途処理）	
処理量	湿重量	t-wet/日	87.6	5.0	92.6
	固形物量	t-ds/日	3.5	1.7	5.2
	水分量	t/日	84.1	3.3	87.4
	有機物量	t-VS/日	2.8	1.6	4.4
	固形物濃度	%	4.0	34	5.6
計算条件	VS 分解率	%	50	—	50
	バイオガス発生量 （メタン 60%換算）	m ³ N/t-VS	500	—	500
	脱水汚泥含水率	%	82.9	—	82.9
計算結果	分解有機物量	t-VS/日	1.4	—	1.4
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	1.4	—	1.4
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	2.1	—	2.1
	バイオガス発生量	m ³ N/日	1,401	—	1,401
	精製バイオガス量	m ³ N/日	841	—	841
	脱水汚泥量	t-wet/日	12.3	—	12.3

3. 従来技術との比較例

経済性評価（百万円/年）

	革新的技術	従来技術	縮減率
建設コスト	85.2	98.5	13%
撤去コスト	6.9	8.5	19%
維持管理コスト	14.0	31.2	55%
ライフサイクルコスト	106.1	138.2	23%

温室効果ガス排出量（t-CO₂/年）

	革新的技術	従来技術	削減率
建設時	41	41	—
運転時	-281	172	263%
撤去時	1	1	—
ライフサイクルでの 温室効果ガス排出量	-239	214	211%

3.2 下水汚泥 7t-ds/日＋地域バイオマス 3.4t-ds/日規模

従来技術の物質収支

		単位	下水汚泥（消化処理）	地域バイオマス （別途処理）	合計
			濃縮汚泥		
処理量	湿重量	t-wet/日	175	10.1	185.1
	固形物量	t-ds/日	7	3.4	10.4
	水分量	t/日	168	6.7	174.7
	有機物量	t-VS/日	5.6	3.1	8.7
	固形物濃度	%	4.0	34	5.6
計算条件	VS 分解率	%	50	—	50
	バイオガス発生量 （メタン 60%換算）	m ³ N/t-VS	500	—	500
	脱水汚泥含水率	%	82.9	—	82.9
計算結果	分解有機物量	t-VS/日	2.8	—	2.8
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	2.8	—	2.8
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	4.2	—	4.2
	バイオガス発生量	m ³ N/日	2,802	—	2,802
	精製バイオガス量	m ³ N/日	1,681	—	1,681
	脱水汚泥量	t-wet/日	24.6	—	24.6

経済性評価（百万円/年）

	革新的技術	従来技術	縮減率
建設コスト	113.4	138.2	18%
撤去コスト	9.2	11.9	23%
維持管理コスト	-8.9	38.3	123%
ライフサイクルコスト	113.7	188.4	40%

温室効果ガス排出量（t-CO₂/年）

	革新的技術	従来技術	削減率
建設時	43	43	—
運転時	-857	179	578%
撤去時	1	1	—
ライフサイクルでの 温室効果ガス排出量	-813	224	463%

3.3 下水汚泥 10.5t-ds/日＋地域バイオマス 5.1t-ds/日規模

従来技術の物質収支

		単位	下水汚泥（消化処理）	地域バイオマス （別途処理）	合計
			濃縮汚泥		
処理量	湿重量	t-wet/日	262.5	15.1	277.6
	固形物量	t-ds/日	10.5	5.1	15.6
	水分量	t/日	252.0	10.0	262.0
	有機物量	t-VS/日	8.4	4.7	13.1
	固形物濃度	%	4.0	34	5.6
計算条件	VS 分解率	%	50	—	50
	バイオガス発生量 （メタン 60%換算）	m ³ N/t-VS	500	—	500
	脱水汚泥含水率	%	82.9	—	82.9

3. 従来技術との比較例

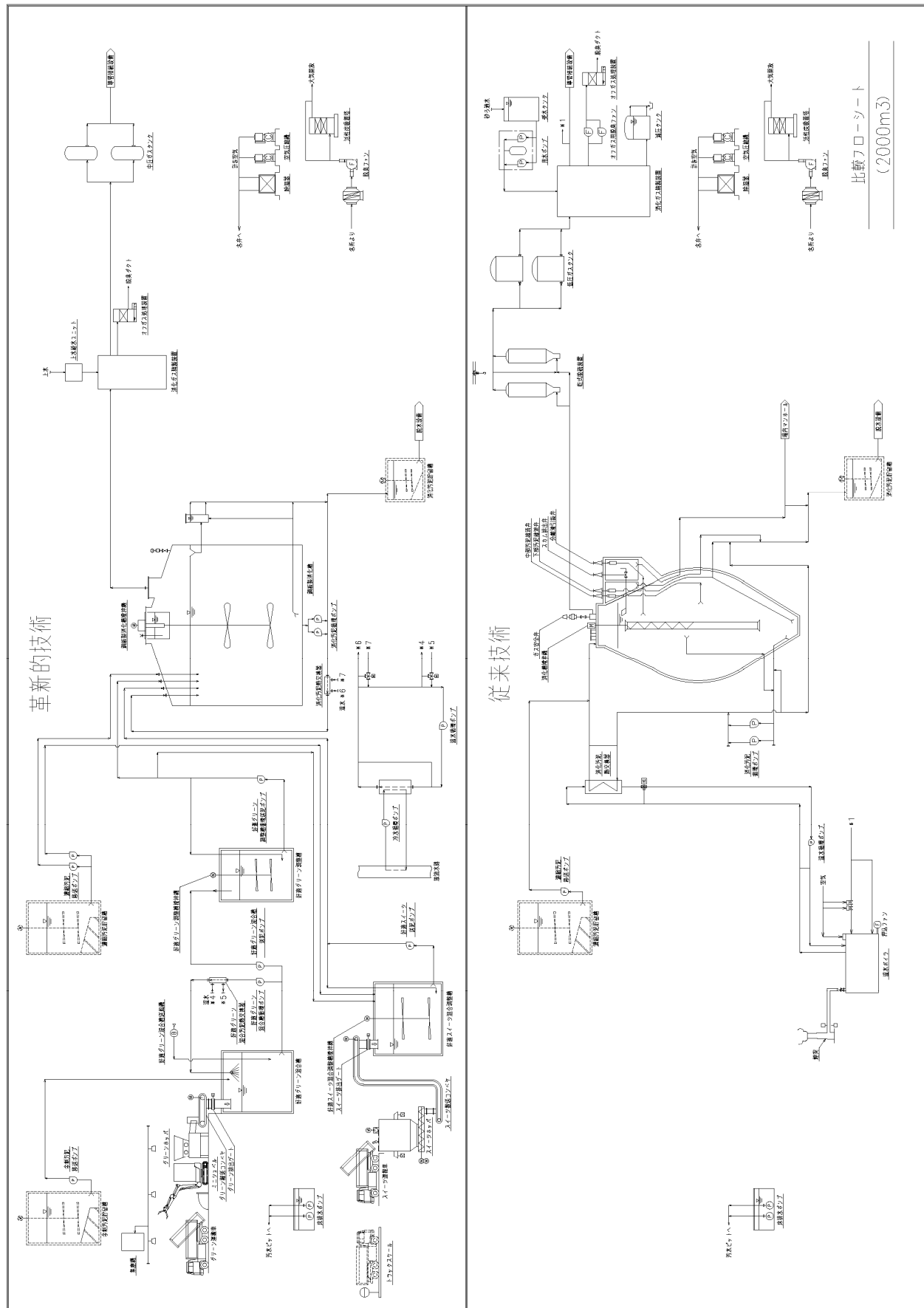
計算結果	分解有機物量	t-VS/日	4.2	—	4.2
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	4.2	—	4.2
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	6.3	—	6.3
	バイオガス発生量	m³N/日	4,203	—	4,203
	精製バイオガス量	m³N/日	2,522	—	2,522
	脱水汚泥量	t-wet/日	36.9	—	36.9

経済性評価（百万円/年）

	革新的技術	従来技術	縮減率
建設コスト	138.6	167.4	17%
撤去コスト	11.9	14.8	20%
維持管理コスト	-28.4	39.2	172%
ライフサイクルコスト	122.1	221.4	45%

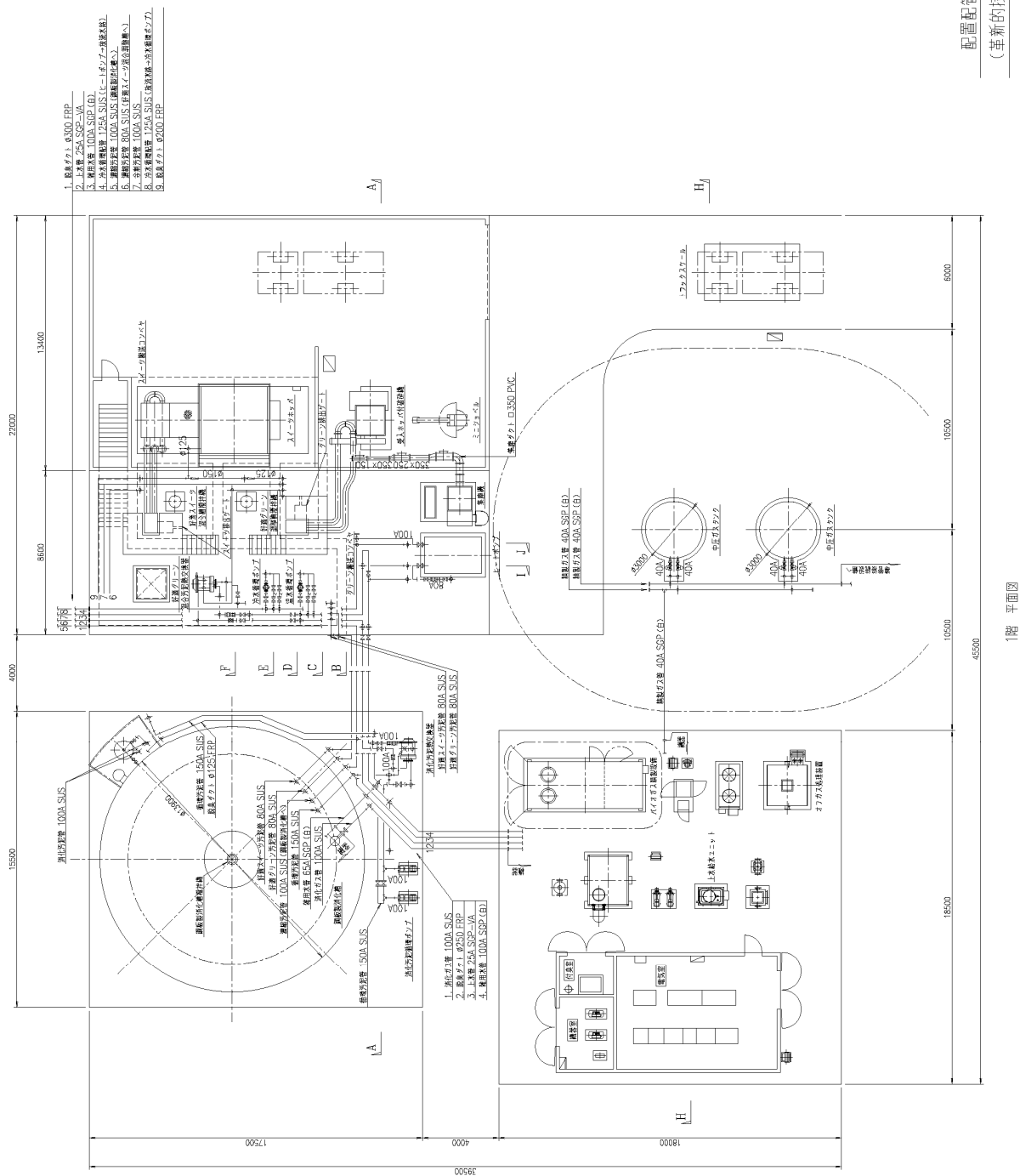
温室効果ガス排出量（t-CO₂/年）

	革新的技術	従来技術	削減率
建設時	20	20	—
運転時	-1,304	82	1,690%
撤去時	1	1	—
ライフサイクルでの 温室効果ガス排出量	-1,284	102	1,356%

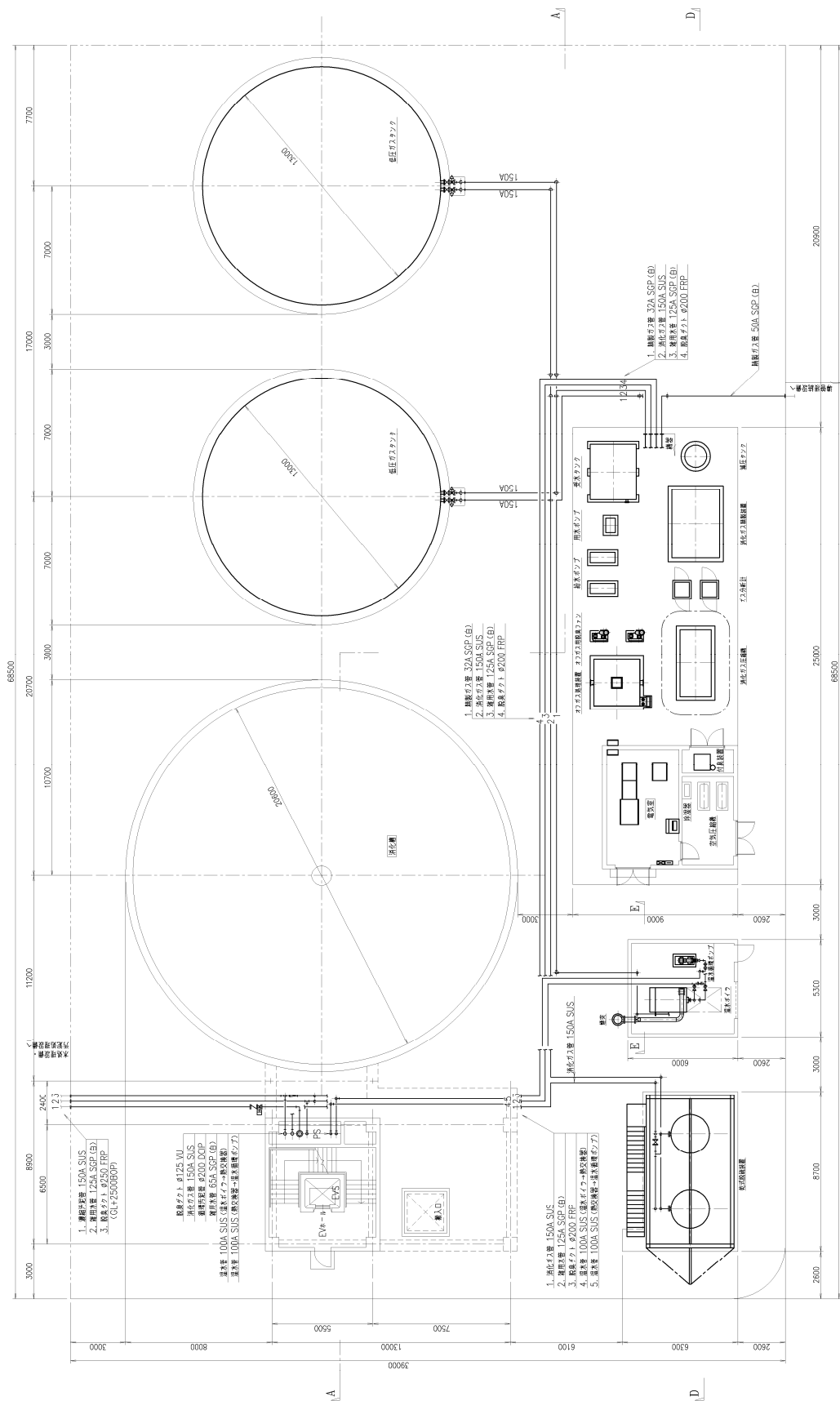


図資 3-1 革新的技術と従来技術の比較フローシート
(下水汚泥 3.5 t-ds/日＋地域バイオマス 1.7 t-ds/日規模)

3. 従来技術との比較例

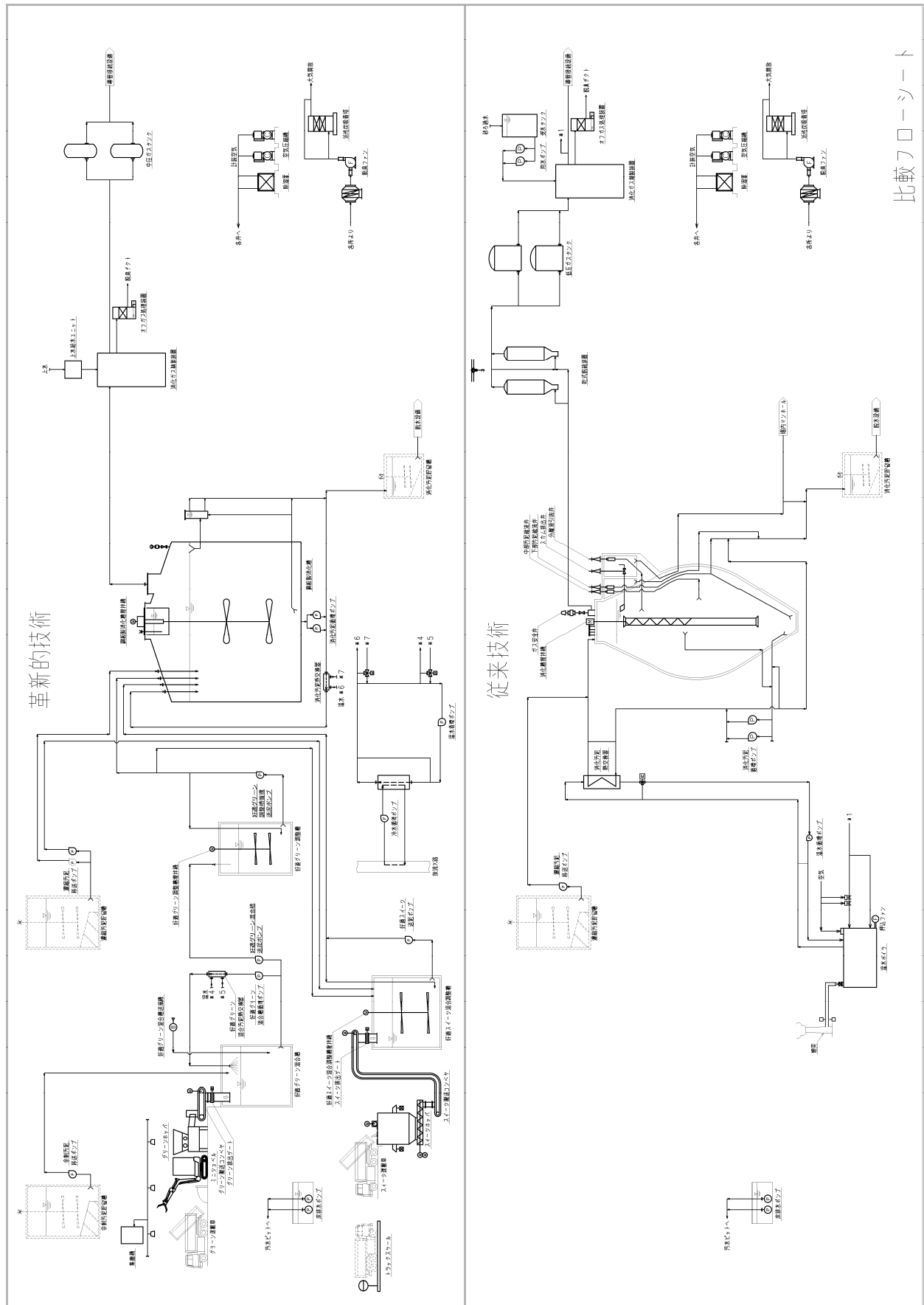


図資 3-2 革新的技術の全体システム配置配管図
 (下水汚泥 3.5 t-ds/日 + 地域バイオマス 1.7 t-ds/日規模)

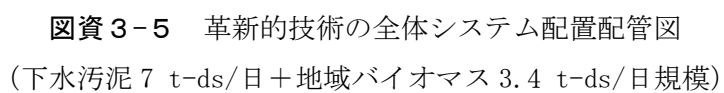


図資 3-3 従来技術の全体システム配置配管図
(下水汚泥 3.5 t-ds/日+地域バイオマス 1.7 t-ds/日規模)

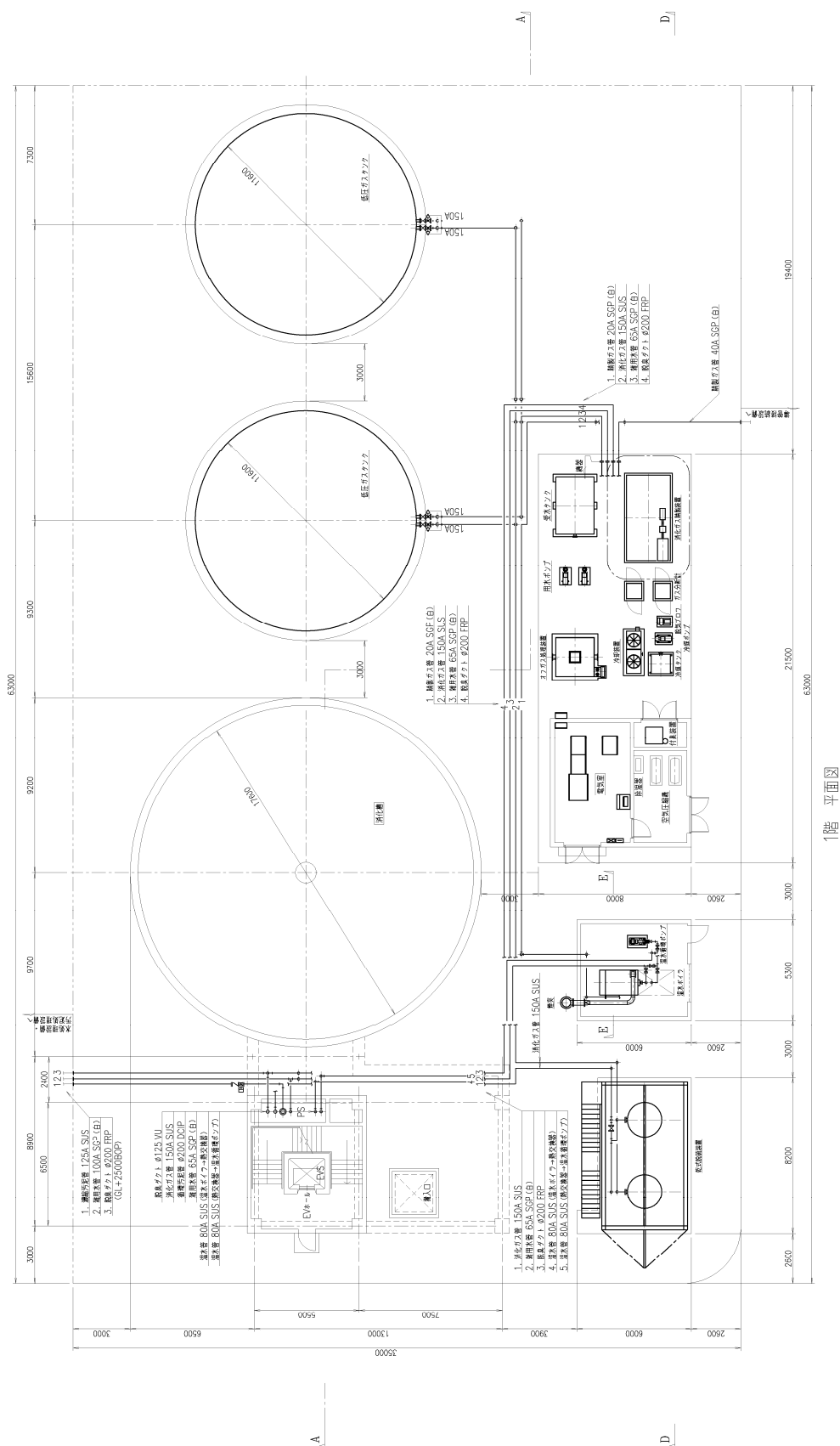
配置配管	中部平面図
(従来技術	6000m ³)
(S=1/200)	



図資 3-4 革新的技術と従来技術の比較フローシート
(下水汚泥 7 t-ds/日+地域バイオマス 3.4 t-ds/日規模)

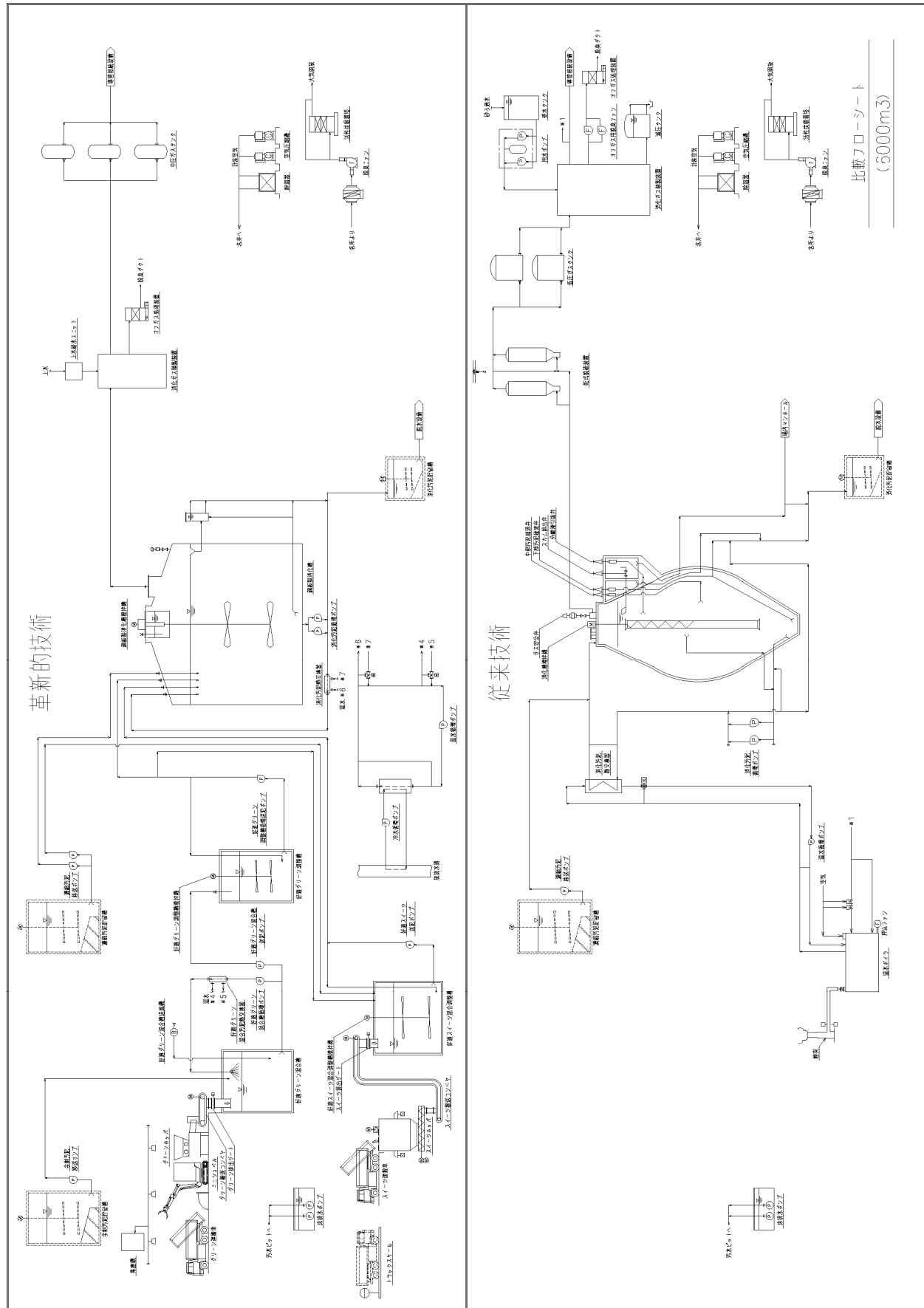


3. 従来技術との比較例



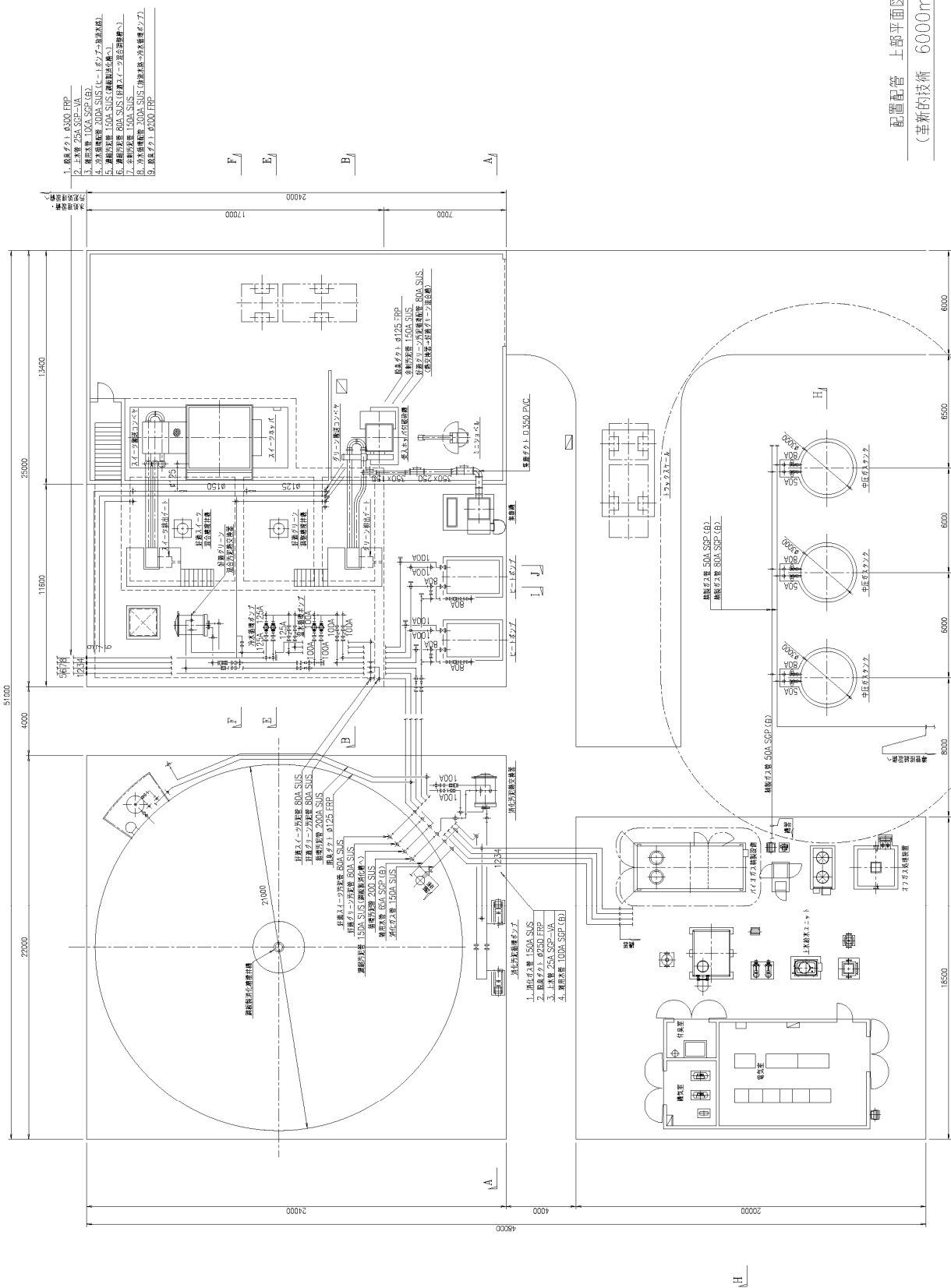
配置配管 中部平面図（従来技術）
(S=1/200)

図資 3-6 従来技術の全体システム配置配管図（下水汚泥 7 t-ds/日＋地域バイオマス 3.4 t-ds/日規模）

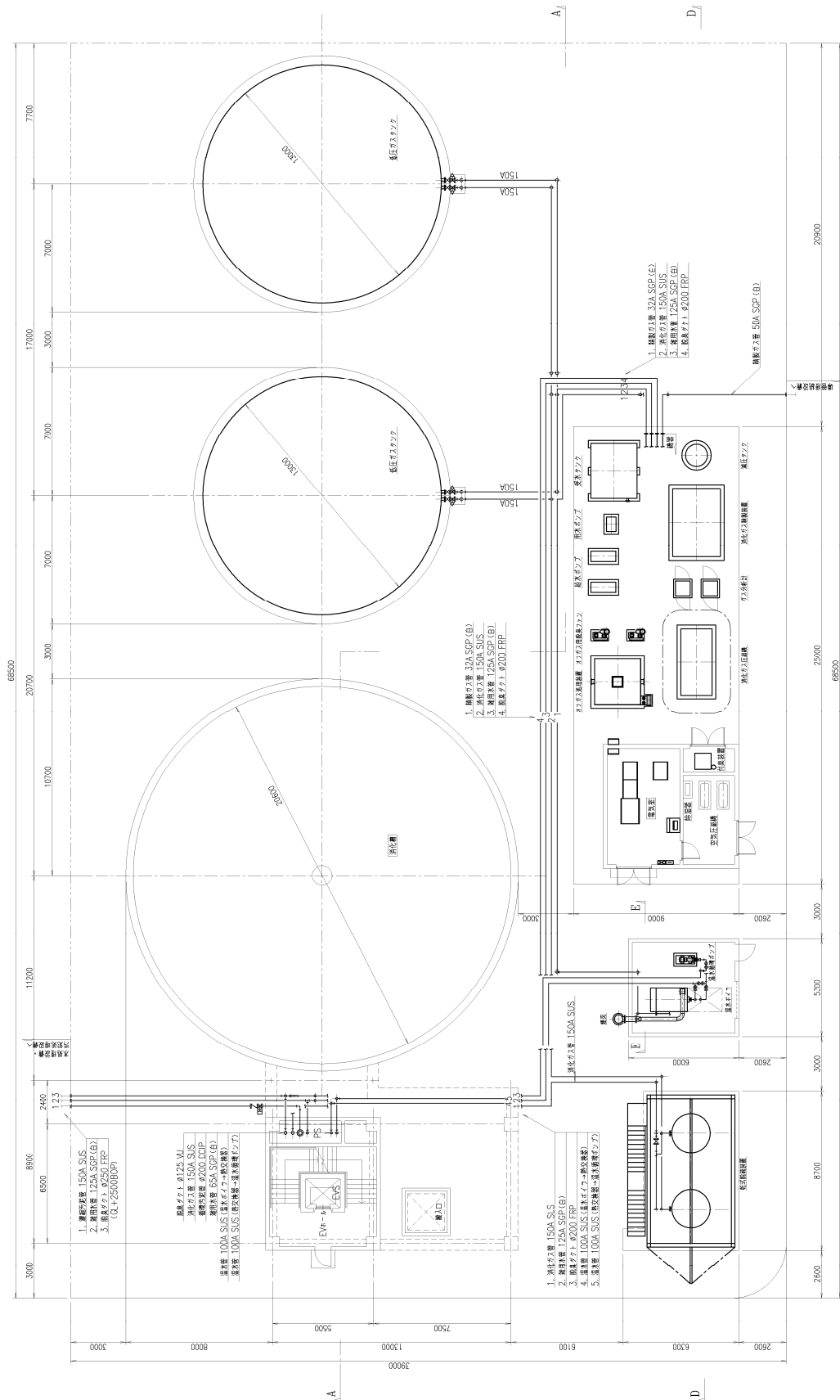


図資 3-7 革新的技術と従来技術の比較フローシート
(下水汚泥 10.5 t-ds/日＋地域バイオマス 5.1 t-ds/日規模)

3. 従来技術との比較例



図資 3-8 革新的技術の全体システム配置配管図
(下水汚泥 10.5 t-ds/日＋地域バイオマス 5.1 t-ds/日規模)



図資 3-9 従来技術の全体システム配置配管図
(下水汚泥 10.5 t-ds/日+地域バイオマス 5.1 t-ds/日規模)

4. 参考文献

下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2009 年版，社団法人日本下水道協会

下水道維持管理指針 後編 2003 年版，社団法人日本下水道協会

下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアル ー2011 年 3 月ー，財団法人下水道新技術推進機構

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，国土交通省都市・地域整備局下水道部 社団法人日本下水道協会，平成 16 年 3 月

下水道における L C A 適用の考え方，国土技術政策総合研究所資料第 579 号，平成 22 年 2 月

汚泥消化タンク改築・修繕技術資料 ー2007 年 3 月ー，財団法人下水道新技術推進機構

建設技術審査証明（下水道技術）報告書「バイオ天然ガス化装置」，2008 年 3 月，財団法人下水道新技術推進機構

鋼板製消化タンク技術マニュアル ー2013 年 3 月ー，財団法人下水道新技術推進機構

5. 問い合わせ先

本技術ガイドラインに関する問い合わせは、下記をお願いします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3933 FAX 029-864-2817 URL www.nilim.go.jp/lab/ecg/index.htm
----------------------	---

本書は、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）により国土交通省国土技術政策総合研究所が下記の企業・団体に研究委託を行い、その成果を取りまとめたものです。

<実証研究者 連絡先>

神戸市	神戸市 建設局 下水道河川部 保全課 〒650-8570 神戸市中央区加納町6丁目5番1号 TEL 078-322-5462 FAX 078-322-6091 URL www.city.kobe.lg.jp
株式会社 神鋼環境ソリューション	水環境事業部 第一営業部 プロジェクト営業室 〒141-8688 東京都品川区北品川5丁目9番12号 ONビル TEL 03-5739-5809 FAX 03-5739-6963 URL www.kobelco-eco.co.jp