

資料編

1. ケーススタディ

本ケーススタディでは、地域バイオマスを下水処理場に受入れ、有効活用を図った場合の「経済性」及び「温室効果ガス排出量削減効果」を評価した。なお、「経済性」は地方公共団体が負担する費用を算出し、評価している。

1-1. ケース設定

①下水処理場、地域バイオマス量

下水処理場において地域バイオマスを受け入れ利活用を図る場合の地方公共団体の経済性及び温室効果ガス排出量削減効果を表資1-1に示す4つのケースについて評価する。

A市は中規模で既設消化槽がない処理場とする。

B市は中規模で既設消化槽がある処理場とする。

C市は小規模で既設消化槽がある処理場とする。

D市は小規模で既設消化槽がない処理場とする。

表資1-1 モデルケースの概要

	A市	B市	C市	D市
流入水量	30,000 m ³ /日	20,000 m ³ /日	10,000 m ³ /日	6,000 m ³ /日
水処理方式	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法
汚泥処理方式	重力濃縮→脱水	重力・機械濃縮 →中温消化→脱水	重力・機械濃縮 →中温消化→脱水	重力濃縮→脱水
既設消化槽	無	有	有	無
し尿処理場の廃止	無	無	無	有
下水汚泥量 (濃縮汚泥)	240 m ³ /日	100 m ³ /日	50 m ³ /日	32 m ³ /日
地域バイオマス量	し尿・浄化槽汚泥 50kL/日※ 家庭系生ごみ 10t-wet/日 家畜排せつ物 15t-wet/日 剪定枝等 0.6t-wet/日	家庭系生ごみ 15t-wet/日 農集汚泥 2m ³ /日	事業系生ごみ 6.5t-wet/日	家庭系生ごみ 2.5t-wet/日 し尿 7kL/日 浄化槽汚泥 15kL/日
受入割合※	38%	41%	44%	46%

※A市は現状でし尿・浄化槽を受け入れている。

※受入割合は下水を含む受入バイオマス量（固形物量）に対する下水以外のバイオマス量（固形物量）の割合

②バイオマス有効活用方法

バイオマス資源の有効活用方法としては、「消化ガス発電」「燃料化」「肥料化」などが考えられる。本検討では中小規模の処理場においても導入効果が得られやすい「消化ガス発電」「肥料化」のケースを検討する。

参考として、肥料の需要について概略調査した結果を「【参考】肥料の需要概略調査」に示す。需要調査については § 16 を参考とされたい。

1-2. 検討結果

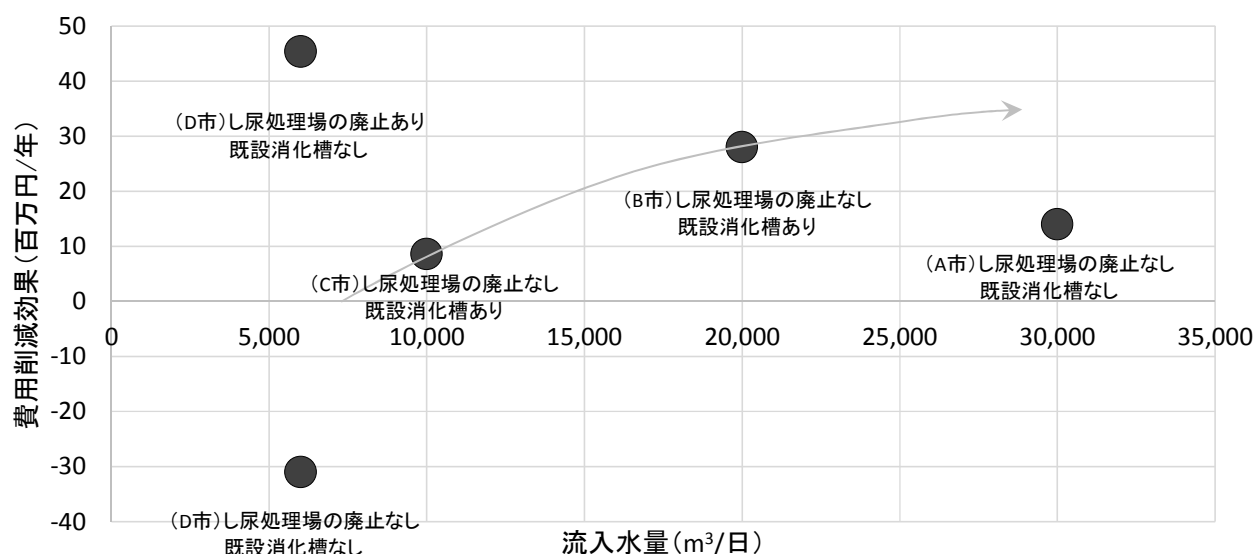
検討結果を表資 1-1、図資 1-1 に示す。詳細は 1-3~1-6 に示す。なお、検討結果の数値はベース案（現状案）に対する最も経済的であったケースの削減額を示している。

既設消化槽がある B 市、C 市の費用削減効果より、流入水量が多くなるにつれ費用削減効果も大きくなる傾向と考えられる。また、A 市の検討結果より、流入水量が多い下水処理場においては、消化槽を新設する場合であっても費用削減効果が期待できる。

D 市の検討結果より、し尿処理場の廃止を伴う場合、流入水量が少ない下水処理場であっても大きな費用削減効果が期待できる。

表資 1-2 検討結果

	A 市	B 市	C 市	D 市
流入水量	30,000 m ³ /日	20,000 m ³ /日	10,000 m ³ /日	6,000 m ³ /日
経済性（削減額）	14 百万円/年	28 百万円/年	8.6 百万円/年	58 百万円/年
温室効果ガス排出量削減効果（削減量）	234t-CO ₂ /年	136t-CO ₂ /年	522t-CO ₂ /年	308t-CO ₂ /年



図資 1-1 検討結果

(資-2)

1-3. A市検討事例

(1) 検討ケース

検討ケースとしてはバイオマス資源の有効活用が図れる「消化ガス発電」「肥料化（乾燥設備）」を行うことを基本に表資1-3に示す4案を検討した。

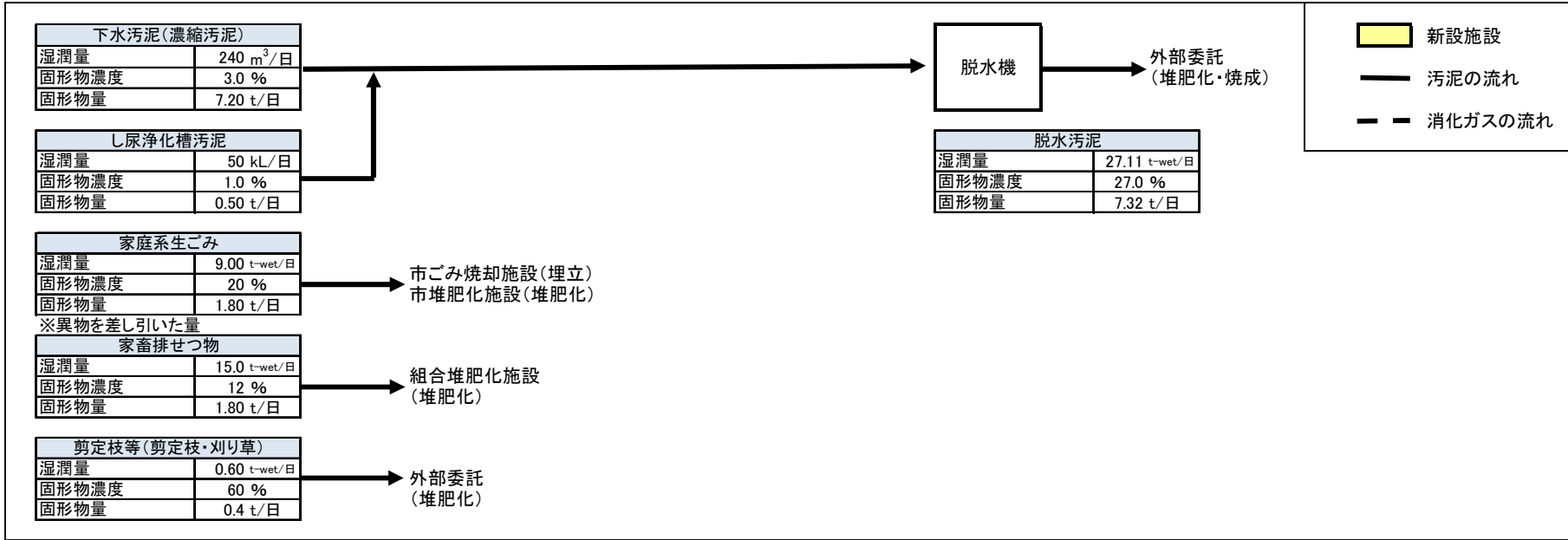
表資1-3 A市の検討ケース

設定ケース	CASE0	CASE1-1	CASE1-2	CASE2
概要	ベース案	消化ガス発電 (場内利用)	消化ガス発電 (FIT売電)	乾燥
バイオマス受入	無	有	有	有
消化槽	無	有	有	有
消化ガス発電	無	有(場内利用)	有(FIT売電)	無
乾燥設備	無	無	無	有

※CASE2は発生した消化ガスを乾燥設備で使用するため、消化ガス発電は行わないものとする。

(2) 検討ケースの収支フロー

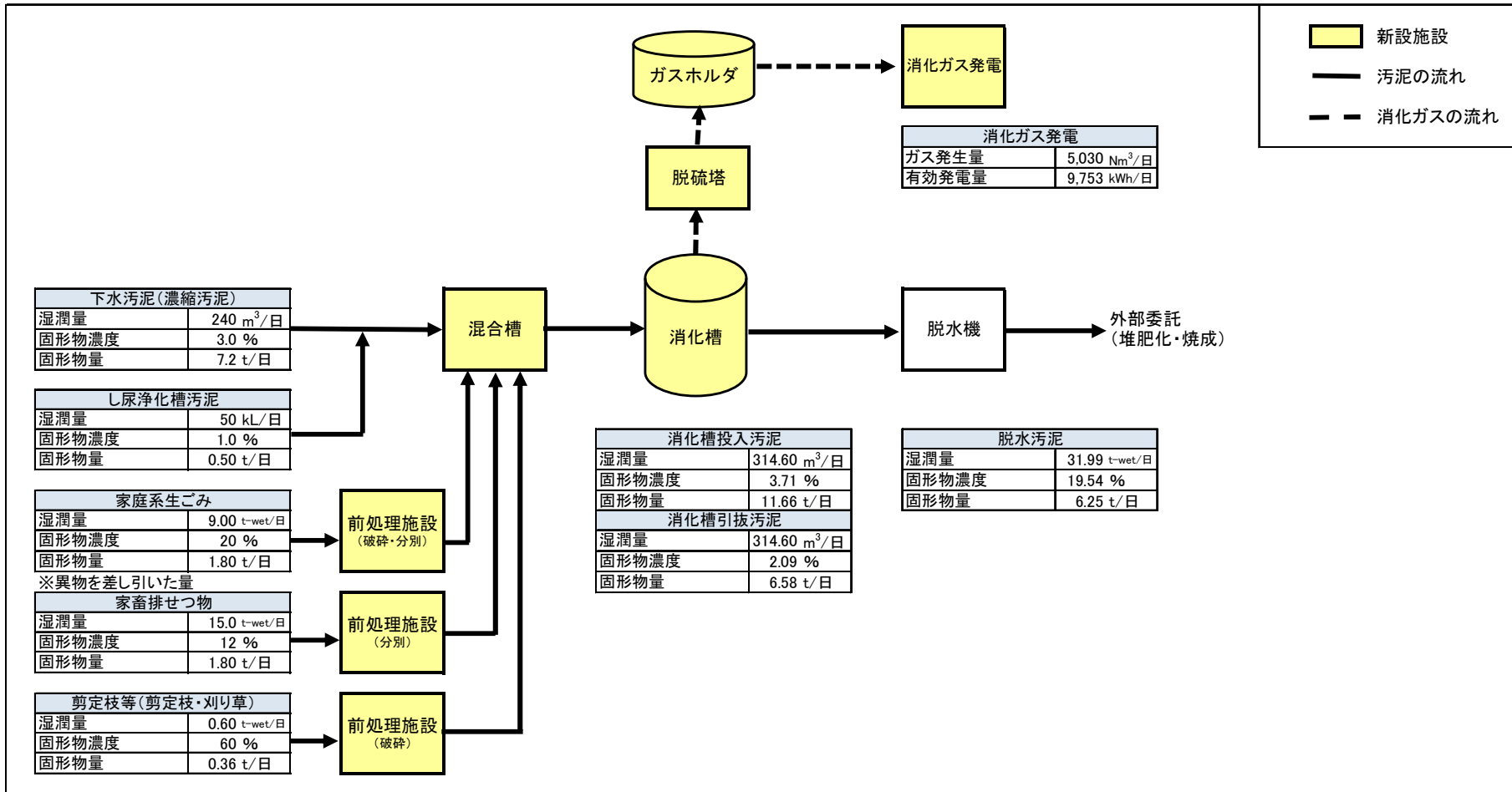
CASE 0 (ベース案)



※し尿・浄化槽汚泥は既に受け入れを行っている。

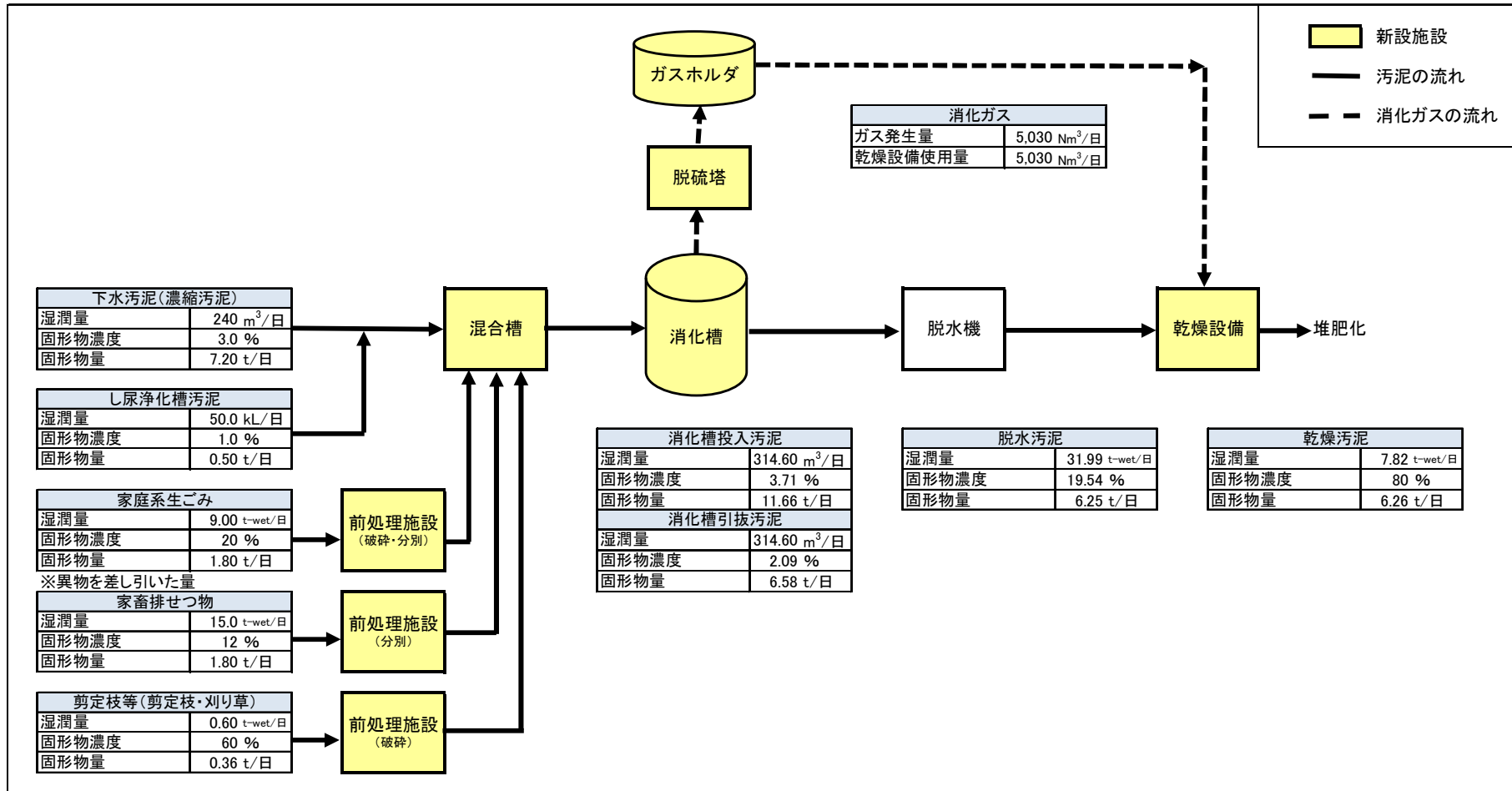
CASE 1 (消化ガス発電)

(資-5)



CASE 2 (乾燥)

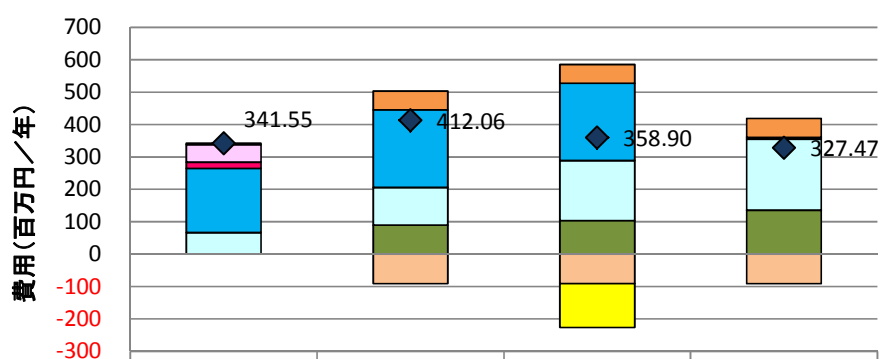
(資-6)



(3) 経済性

- 消化施設を新設するが、事業規模が大きいこと、汚泥処分費が不要となることから「CASE 0 ベース案」に対して、「CASE 2 乾燥」は事業採算性が得られる結果となった。
- 消化施設を新設することから建設費が高く、「CASE 1 消化ガス発電」は「CASE 0 ベース案」よりも事業採算性が低い結果となった。

経済性

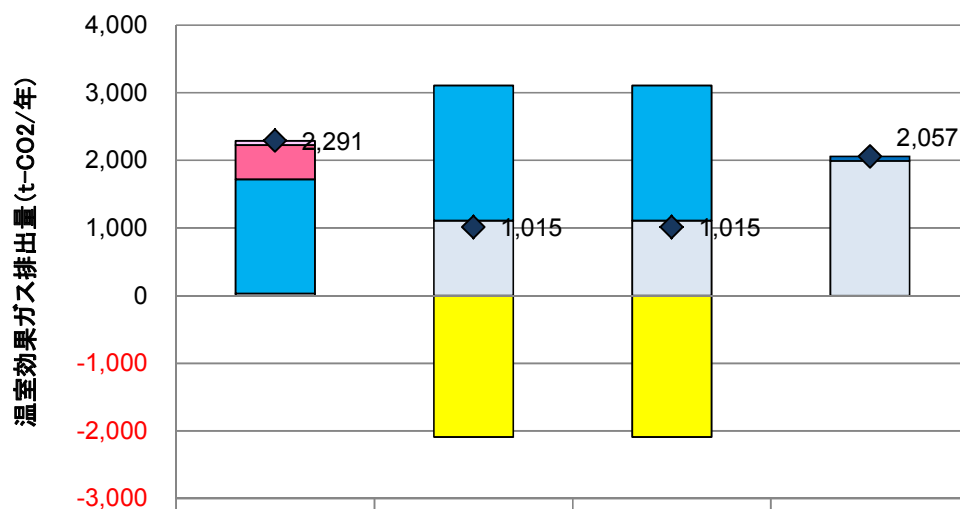


	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
■ごみ処理施設等 ごみ等処分費	3.29	58.04	58.04	58.04
□ごみ処理施設等 運転費	54.75			
■ごみ処理施設等 建設費	19.36			
■下水道施設 消化ガス発電(FIT) 売電収入			-135.42	
■下水道施設 バイオマス受入、乾燥 汚泥売却費		-90.89	-90.89	-90.89
■下水道施設 汚泥処分費	197.90	239.00	239.00	5.48
□下水道施設 運転費	66.25	116.92	184.56	219.75
■下水道施設 建設費		88.99	103.61	135.09
◆合計	341.55	412.06	358.90	327.47
CASE 0との差	—	70.51	17.35	-14.08

(4) 温室効果ガス排出量削減効果

- 「CASE 1 消化ガス発電」は汚泥処分に伴う温室効果ガス排出量が多いものの発電による削減量がこれを上回るため、温室効果ガス削減効果が最も大きかった。

温室効果ガス排出量削減効果



	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
□ ごみ処理施設等 処理プロセス	62.1			
■ ごみ処理施設等 燃料	507			
■ 下水道施設 汚泥処分	1,689	1,996	1,996	
■ 下水道施設 処理プロセス				64
■ 下水道施設 発電		-2,090	-2,090	
□ 下水道施設 電力	33	1,109	1,109	1,993
◆ 合計値	2,291	1,015	1,015	2,057
CASE 0との差	—	-1,276	-1,276	-234

(5) A市検討結果のまとめ

- 汚泥を乾燥－肥料化し、汚泥処分費が不要となる「CASE 2 乾燥」が経済性では最も有利となった。
- 「CASE 1 消化ガス発電」は汚泥処分に伴う温室効果ガス排出量が大きいものの発電による削減量がこれを上回るため、温室効果ガス削減効果が最も大きかった。

表資 1-4 A市の検討結果

設定ケース	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
概要	ベース案	消化ガス発電 (場内利用)	消化ガス発電 (FIT 売電)	乾燥
バイオマス受入	無	有	有	有
消化槽	無	有	有	有
消化ガス発電	無	有 (場内利用)	有 (FIT 売電)	無
乾燥設備	無	無	無	有
経済性 (百万円/年)	341.55 (②)	412.06 (④)	358.90 (③)	327.47 (①)
温室効果ガス (t-CO ₂ /年)	2291 (④)	1015 (①)	1015 (①)	2057 (③)
CO ₂ 削減単価 (万円/t-CO ₂)	—	12.2	6.9	54.7

※ () は順位を示す。

※CO₂削減単価は、補助を考慮しない経済性が最も安価な案 (CASE0) に対する差額を GHG の差で除した値。最も経済性が安価な案に対して GHG が同等以上のものは算出出来ない。

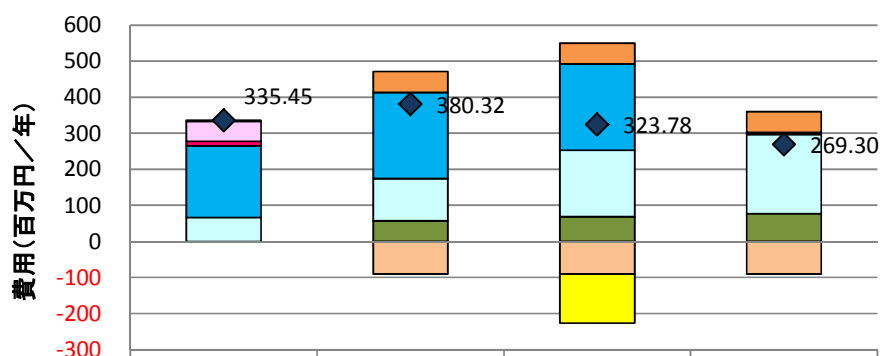
(6) 想定使用年数で算出した場合【参考】

経済性の算出において使用年数は標準耐用年数を用いているが、想定使用年数*を用いた場合の経済性を参考として示す。

A市では、消化槽を新設することからCASE 1, 2案の建設費の割合が大きいため、想定使用年数を用いることで事業性を引き上げることが出来る。

※ 想定使用年数は実際に改築を行うと想定されるまでの年数。実績等を踏まえ適切に設定する必要がある。

経済性



	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
■ごみ処理施設等 ごみ等処分費	3.29	58.04	58.04	58.04
□ごみ処理施設等 運転費	54.75			
■ごみ処理施設等 建設費	13.26			
■下水道施設 消化ガス発電(FIT) 売電収入			-135.42	
■下水道施設 バイオマス受入、乾燥 汚泥売却費		-90.89	-90.89	-90.89
■下水道施設 汚泥処分費	197.90	239.00	239.00	5.48
□下水道施設 運転費	66.25	116.92	184.56	219.75
■下水道施設 建設費		57.25	68.49	76.92
◆合計	335.45	380.32	323.78	269.30
CASE 0との差	—	44.87	-11.67	-66.15

(7) 算出根拠

1) 算出条件

① 下水処理場概要

項目		単位	値
水処理	処理方式	標準活性汚泥法	
	流入水量(日平均)	m ³ /日	30,000
	流入BOD	mg/L	250
	流出BOD	mg/L	5
	流入T-N	mg/L	45.0
	流出T-N	mg/L	10
	流入T-P	mg/L	10.00
	流出T-P	mg/L	1.00
汚泥処理	処理方式	重力濃縮 → 脱水 → 場外搬出(堆肥化・焼成)	
	既設脱水機	スクリープレス脱水機 スクリュー径φ800×3台	

②バイオマス賦存量及び性状

項目	単位	値	出典	
下水汚泥(濃縮汚泥)	湿潤量(日平均)	m ³ /日	240	
	湿潤量(日最大)	m ³ /日	280	
	固形物濃度	%	3.0	
	有機分率	%	80	3)より設定
	有機物分解率	%	50	1)より設定
し尿、浄化槽汚泥	消化ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.55	1)より設定
	湿潤量(日平均)	m ³ /日	50	
	湿潤量(日最大)	m ³ /日	57.5	
	固形物濃度	%	1.0	2)より設定
	有機分率	%	80	2)より設定
家庭系生ごみ	有機物分解率	%	40	2)より設定
	消化ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.35	2)より設定
	湿潤量(日平均)	t-wet/日	10	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	13	
	異物量	%	10	2)より設定
家畜排せつ物	固形物濃度	%	20	2)より設定
	有機分率	%	80	2)より設定
	有機物分解率	%	80	2)より設定
	消化ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.74	2)より設定
	湿潤量(日平均)	t-wet/日	15	
家畜排せつ物	湿潤量(日最大)	t-wet/日	15.0	
	異物量	%	0	
	固形物濃度	%	12	4)より設定
	有機分率	%	87	4)より設定
	有機物分解率	%	50	4)より設定
剪定枝等(剪定枝・刈り草)	消化ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.35	4)より設定
	湿潤量(日平均)	t-wet/日	0.60	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	0.60	
	異物量	%	0	
	固形物濃度	%	60	4)より設定
剪定枝等(剪定枝・刈り草)	有機分率	%	90	4)より設定
	有機物分解率	%	30	18)より設定
	消化ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.33	18)より設定

③施設能力

項目	単位	値	出典	
混合設備	貯留時間	日	2	2)より設定
消化槽	HRT	日	20	2)より設定
消化ガス発電設備	発電効率	%	35	中型発電機効率
	有効発電率	%	93	2)より設定
ガスホルダ	貯留時間	時間	6	11)より設定
汚泥脱水機(消化汚泥)	スクュープレスろ加速度	kgDS/h	220	15)より設定
	スクュープレスケーキ含水率	%	81	15)より設定
汚泥脱水機(未消化汚泥)	スクュープレスろ加速度	kgDS/h	360	15)より設定
	スクュープレスケーキ含水率	%	73	15)より設定
脱水機運転時間	運転日数	日/週	7	
	運転時間	時間/日	6	
乾燥汚泥	含水率	%	20	1)より設定

④コスト算出条件(処分費等)

項目	単位	値	出典
電気代	円/kWh	19	
下水汚泥処分費	(し尿、浄化槽汚泥含む) 円/t-wet	20,000	
家庭系生ごみ処分費	円/t-wet	15,000	
家畜排せつ物処分費	円/t-wet	6,000	
剪定枝等処分費	円/t-wet	15,000	
乾燥汚泥販売費	円/t-wet	0	無償配布を想定

⑤コスト算出条件（建設費）

項目	単位	値	出典	
生ごみ前処理設備※	機械設備	百万円	$Y=98.6 \times Q^{0.475}$	
	電気設備	百万円	$Y=29.6 \times Q^{0.512}$	
	土木	百万円	$Y=22.4 \times Q^{0.504}$	
	建築	百万円	$Y=75.9 \times Q^{0.342}$	
し尿等前処理設備※	機械設備	百万円	$Y=137.2 \times Q^{0.195}$	
	電気設備	百万円	$Y=36.5 \times Q^{0.232}$	
	土木・建築	百万円	$Y=117.2 \times Q^{0.111}$	
混合設備※	機械設備	百万円	$Y=8.26 \times Q^{0.400}$	
	電気設備	百万円	$Y=0.836 \times Q^{0.535}$	
	建築	百万円	$Y=2.01 \times Q^{0.583}$	
消化槽設備(鋼板製)※	機械設備	百万円	$Y=124 \times (Q/500)^{0.6}$	
	土木・建築	百万円	$Y=44.1 \times (Q/500)^{0.6}$	
消化槽設備(高効率高温)※	機械設備	百万円	メーカーヒアリング	
	土木・建築	百万円	メーカーヒアリング	
ガスホルダ※	機械設備	百万円	$Y=10.4 \times Q^{0.437}$	
脱硫塔※	機械設備	百万円	$Y=0.878 \times Q^{0.761}$	
消化ガス発電設備※	機械・電気設備	百万円	$Y=0.4129 \times Q^{0.7982}$	
乾燥設備※	機械設備	百万円	$Y=31.9 \times Q^{0.971}$	
	電気設備	百万円	$Y=6.59 \times Q^{0.809}$	
	土木	百万円	$Y=12.3 \times Q^{0.941}$	
ごみ処理施設建設費	百万円	$Y=-0.087X^2+59.53X+258$	2)より設定 X:処理量[t-wet/日]	
し尿処理施設建設費	40kL/日以下	百万円/(kL/日)	44	2)より設定
	41~99kL/日	百万円/(kL/日)	33	2)より設定 41~99kL/日
	100kL/日以上	百万円/(kL/日)	28	2)より設定 100kL/日以上
利率	%	1.0	直近の地方債利率より1%と設定	
デフレーター値	2004年(平成16年)		98.5	国土交通省HPより
	2006年(平成18年)		101.6	
	2009年(平成21年)		104.4	
	2012年(平成24年)		105.0	
	2015年(平成27年)		109.4	

※に示す施設は、交付金による助成を受けるものとした。

⑥コスト算出条件（維持管理費）

項目	単位	値	出典
生ごみ前処理設備	消費電力量	MWh/年	$Y=94.6 \times Q^{0.430}$
	補修費	百万円/年	$Y=7.58 \times Q^{0.264}$
し尿等前処理設備	消費電力量	MWh/年	$Y=230 \times Q^{0.0949}$
	補修費	百万円/年	$Y=3.05 \times Q^{0.195}$
混合設備	消費電力量	MWh/年	$Y=9.45 \times Q^{0.493}$
	補修費	百万円/年	$Y=0.184 \times Q^{0.400}$
消化槽設備(鋼板製)※	維持管理費	百万円/年	$Y=0.171 \times Q^{0.390}$
消化槽設備(高効率高温)	電力費	MWh/年	$Y=5.0 \times Q \times 10^{-3}$
	維持管理費(電力費以外)	百万円/年	$Y=1.3 \times Q \times 10^{-2}$
ガスホルダ	補修費	百万円/年	$Y=0.283 \times Q^{0.302}$
脱硫塔	運転費	百万円/年	$Y=0.0796 \times Q^{0.761}$
消化ガス発電設備	補修費	百万円/年	$Y=0.0224 \times Q^{0.8106}$
汚泥脱水設備	維持管理費	百万円/年	$Y=0.039 \times Q^{0.596}$
汚泥乾燥設備	維持管理費	百万円/年	$Y=0.362 \times Q^{0.585}$
消化ガス発電の売電単価		円/kWh	39

⑦温室効果ガス算出条件

項目		単位	値	出典
地球温暖化係数	CO ₂	-	1	6)より設定
	CH ₄	-	25	6)より設定
	N ₂ O	-	298	6)より設定
温室効果ガス排出係数	電力	kg-CO ₂ /kWh	0.587	12)より設定
	燃料	kg-CO ₂ /kL	2.71	6)より設定
消費電力原単位	消化工程	kWh/m ³	5.3	6)より設定
	脱水工程(未消化汚泥)	kWh/t-wet	5.8	6)より設定
	脱水工程(消化汚泥)	kWh/t-wet	20	6)より設定
	乾燥工程(消化汚泥)	kWh/t-wet	129	6)より設定
重油消費量原単位	一般廃棄物焼却	L/t-wet	51.3	2)より設定
処理プロセス排出係数	乾燥工程(消化汚泥)	kg-N ₂ O/t-wet	0.0184	6)より設定
	一般廃棄物焼却	kg-CH ₄ /t-wet	0.00095	6)より設定
	一般廃棄物焼却	kg-N ₂ O/t-wet	0.0567	6)より設定
	し尿処理施設(電力・燃料)	kg-CO ₂ /kL	65	6)より設定
	し尿処理施設(処理)	kg-CH ₄ /t-wet	0.038	6)より設定
	し尿処理施設(処理)	kg-N ₂ O/t-wet	0.00093	6)より設定
	し尿処理施設(焼却)	kg-CH ₄ /t-wet	0.0097	6)より設定
	し尿処理施設(焼却)	kg-N ₂ O/t-wet	0.645	6)より設定
	セメント原料(焼却)	kg-CH ₄ /t-wet	0.0097	13)より設定
	セメント原料(焼却)	kg-N ₂ O/t-wet	0.263	
	埋立処分	t-CH ₄ /t-DS	0.0667	6)より設定

- 1) 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
- 2) 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2011年3月 財団法人下水道新技術推進機構
- 3) 機械設備標準仕様書 平成28年度 日本下水道事業団
- 4) メタン活用いしかわモデル導入の手引き 2015年3月 石川県・公益財団法人日本下水道新技術機構
- 5) バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価 農工研技法204 2006年
- 6) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版- H27.3 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部
- 7) 回転加圧脱水機技術資料[大規模処理場編] 2002年3月 財団法人 下水道技術推進機構
- 8) 消化ガスエンジンシステム現場見学会資料 平成24年1月 (独)土木研究所
- 9) 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 平成16年3月 国土交通省都市・地域整備局下水道部、(社)日本下水道協会
- 10) 鋼板製消化タンク技術マニュアル 2013年3月 財団法人 下水道新技術推進機構
- 11) 嫌気性消化法の導入マニュアル 2017年3月 公益財団法人日本下水道新技術機構
- 12) 電気事業者別排出係数-平成27年度実績- H28.12 環境省
- 13) 下水道における地球温暖化対策マニュアル 平成28年3月 環境省・国土交通省
- 14) 汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計容量 2006年改訂版
- 15) 高効率型圧入式スクリュープレス脱水機技術マニュアル 2006年3月 財団法人 下水道新技術推進機構
- 16) メタン発酵消化液の利活用技術 農業土木学会論文集No.247(2007.2)
- 17) B-DASHプロジェクトNo.1 超高効率固液分離技術を用いたエネルギー・マネジメントシステム導入ガイドライン(案)2013.7月 国土交通省国土技術政策総合研究所
- 18) B-DASHプロジェクトNo.2 バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー導入ガイドライン2013.7月 国土交通省国土技術政策総合研究所

⑤～⑦は全ケース共通のため以降省略。

2) 物質収支計算

汚泥量等の算出（日平均）

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	し尿浄化槽汚泥	家庭系生ごみ	家畜排せつ物	剪定枝等	総合	備考		
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	240	50.0	10.0	15.0	0.60	315.60		
b			異物量	a×A	t-wet/日	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00		
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	240.00	50.00	9.00	15.00	0.60	314.60	
d				固形物量	c×B	t-DS/日	7.2	0.50	1.8	1.8	0.36	11.66	
e				水分量	c-d	t/日	232.80	49.50	7.20	13.20	0.24	302.94	
f				有機物量	d×C	t-VS/日	5.76	0.40	1.44	1.57	0.32	9.49	
A	計算条件	受入	異物割合	設定値	%	0.0	0.0	10	0.0	0.0			
B			投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	3.0	1.0	20	12	60	3.71	
C		有機物濃度 (VS)		設定値	%	80	80	80	87	90			
D		有機物分解率		設定値	%	50	40	80	50	30			
E		消化ガス転化量		設定値	Nm ³ /kg-VS	0.55	0.35	0.74	0.35	0.33			
F		ガス発生	メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739	35,739	35,739	35,739			
G			メタン濃度	設定値	%	60	60	60	60	60			
H			ガス発熱量	F×G	kJ/Nm ³	21,443	21,443	21,443	21,443	21,443			
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	35	35	35	35	35			
K			有効発電率	設定値	%	93	93	93	93	93			
L	脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	81	81	81	81	40		剪定枝等のみ消化前と同じ含水率		
M		脱水機回収率	設定値	%	95	95	95	95	95				
N	乾燥設備 (CASE3)	乾燥汚泥含水率	設定値	%	20	20	20	20	20				
①	計算結果	消化タンク	分解有機物量	f×D	t-VS/日	2.88	0.16	1.15	0.79	0.10	5.08		
②			有機物量	f-①	t-VS/日	2.88	0.24	0.29	0.78	0.22	4.41		
③				固形物量	②+ (d-f)	t-DS/日	4.32	0.34	0.65	1.01	0.26	6.58	
④			ガス発生	発生量	f×E×1000	Nm ³ /日	3,168	140	1,066	550	106	5,030	
⑤		全熱量		H×④÷1000	MJ/日	67,931	3,002	22,858	11,794	2,273	107,858		
⑥		発電機 (CASE1, 2)		発電量	⑤×I÷3.6	kWh/日	6,604	292	2,222	1,147	221	10,486	
⑦		有効発電量	⑥×K	kWh/日	6,142	272	2,066	1,067	206	9,753			
⑧		消化ガス使用量	④-⑩	Nm ³ /日						0	④<⑩であるため発電できない		
⑨		発電機 (CASE3)	発電量	⑧×H×I÷(3.6×1,000)	kWh/日					0			
⑩			有効発電量	⑧×K	kWh/日					0			
⑪		脱水機	投入汚泥量	=c	t-wet/日	240.00	50.00	9.00	15.00	0.60	314.60		
⑫			投入汚泥濃度	③÷⑪	%	1.80	0.68	7.22	6.73	43.33	2.09		
⑬			脱水汚泥量	⑫/(1-L)	t-wet/日	21.58	1.68	3.26	5.05	0.42	31.99		
⑭			脱水汚泥固形物量	=③×M	t-DS/日	4.10	0.32	0.62	0.96	0.25	6.25		
⑮			脱水ろ液量	c-⑬	m ³ /日	218.42	48.32	6.74	9.95	0.18	283.61		
⑯			乾燥汚泥量	⑭/(1-N)	m ³ /日	5.13	0.40	0.78	1.20	0.31	7.82		
⑰			乾燥設備 (CASE3)	必要熱量	(⑯-⑮)×2,573÷0.6	MJ/日	74,960	5,832	11,321	17,539	729	110,381	必要熱量2,573MJ/m ³ 、熱効率60%
⑱			消化ガス使用量	⑰÷H	Nm ³ /日	3,496	272	528	818	34	5,148		

汚泥量等の算出（日最大）

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	し尿浄化槽汚泥	家庭系生ごみ	家畜排せつ物	剪定枝等	総合	備考		
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	280.0	57.5	13.0	15.0	0.60	366.10		
b			異物量	a×A	t-wet/日	0.0	0.0	1.30	0.0	0.0	1.30		
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	280.00	57.50	11.70	15.00	0.60	364.80	
d				固形物量	c×B	t-DS/日	8.4	0.58	2.34	1.8	0.36	13.48	
e				水分量	c-d	t/日	271.60	56.92	9.36	13.20	0.24	351.32	
f				有機物量	d×C	t-VS/日	6.72	0.46	1.87	1.57	0.32	10.94	
A	計算条件	受入	異物割合	設定値	%	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0			
B			投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	3.0	1.0	20	12	60	3.71	
C		有機物濃度 (VS)		設定値	%	80	80	80	87	90			
D		有機物分解率		設定値	%	50	40	80	50	30			
E		消化ガス転化量		設定値	Nm ³ /kg-VS	0.55	0.35	0.74	0.35	0.33			
F		ガス発生	メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739	35,739	35,739	35,739			
G			メタン濃度	設定値	%	60	60	60	60	60			
H			ガス発熱量	F×G	kJ/Nm ³	21,443	21,443	21,443	21,443	21,443			
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	35	35	35	35	35			
K			有効発電率	設定値	%	93	93	93	93	93			
L	脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	81	81	81	81	40		剪定枝等のみ消化前と同じ含水率		
M		脱水機回収率	設定値	%	95	95	95	95	95				
N	乾燥設備 (CASE3)	汚泥含水率	設定値	%	20	20	20	20	20				
①	計算結果	消化タンク	分解有機物量	f×D	t-VS/日	3.36	0.18	1.5	0.79	0.10	5.93		
②			有機物量	f-①	t-VS/日	3.36	0.28	0.37	0.78	0.22	5.01		
③				固形物量	②+ (d-f)	t-DS/日	5.04	0.40	0.84	1.01	0.26	7.55	
④			ガス発生	発生量	f×E×1000	Nm ³ /日	3,696	161	1,384	550	106	5,897	
⑤		全熱量		H×④÷1000	MJ/日	79,253	3,452	29,677	11,794	2,273	126,449		
⑥		発電機 (CASE1, 2)		発電量	⑤×I÷3.6	kWh/日	7,705	336	2,885	1,147	221	12,294	
⑦		有効発電量	⑥×K	kWh/日	7,166	312	2,683	1,067	206	11,434			
⑧		消化ガス使用量	④-⑩	Nm ³ /日						0	④<⑩であるため発電できない		
⑨		発電機 (CASE3)	発電量	⑧×H×I÷(3.6×1,000)	kWh/日					0			
⑩			有効発電量	⑧×K	kWh/日					0			
⑪		脱水機	投入汚泥量	=c	t-wet/日	280.00	57.50	11.70	15.00	0.60	364.80		
⑫			投入汚泥濃度	③÷⑪	%	1.80	0.70	7.18	6.73	43.33	2.07		
⑬			脱水汚泥量	⑫/(1-L)	t-wet/日	25.21	2.00	4.21	5.05	0.42	36.89		
⑭			脱水汚泥固形物量	=③×M	t-DS/日	4.79	0.38	0.80	0.96	0.25	7.18		
⑮			脱水ろ液量	c-⑬	m ³ /日	254.79	55.50	8.79	9.95	0.18	329.21		
⑯			乾燥汚泥量	⑭/(1-N)	m ³ /日	5.99	0.48	1.00	1.20	0.31	8.98		
⑰			乾燥設備 (CASE3)	必要熱量	(⑯-⑮)×2,573÷0.6	MJ/日	87,568	6,947	14,623	17,539	729	127,406	必要熱量2,573MJ/m ³ 、熱効率60%
⑱			消化ガス使用量	⑰÷H	Nm ³ /日	4,084	324	682	818	34	5,942		

3) 施設容量計算

記号	項目		単位	CASE 0	CASE 1	CASE 2	備考				
a	家庭系生ごみ前処理施設	投入量 = 施設容量	t-wet/日		13.00	13.00					
b	家畜排せつ物前処理施設	投入量 = 施設容量	t-wet/日		15.00	15.00					
c	剪定枝等前処理施設	投入量 = 施設容量	t-wet/日		0.60	0.60					
d	混合設備	条件	投入量		364.80	364.80					
e			貯留時間					日	2	2	
f		施設能力	混合槽容量					m ³	730	730	
g	消化槽	条件	投入量		364.80	364.80					
h								投入有機物量	t-VS/日	10.94	10.94
i			HRT					日	20	20	
j		施設能力						消化槽必要容量	m ³	7300	7300
k								既設容量	m ³	0	0
l								増設容量	m ³	7300	7300
m			有機物負荷					負荷	kg-VS/m ³ ・日	1.50	1.50
n			判定						OK	OK	
o	ガスホルダ・脱硫塔・消化ガス発電	条件	消化ガス発生量		5,897	5,897					
p								ガスタンク貯留時間	時間	6	6
q								発電効率	%	35	
r		施設能力						ガスホルダ容量	m ³	1480	1480
s								脱硫塔能力	Nm ³ /時	250	250
t								消化ガス発電機容量	kW	511	
											消化ガス発生量×ガス発熱量 21.4MJ/Nm ³ ×q÷(24×3.6)
u	脱水機	条件	投入汚泥固形物量	8.98	7.18	7.18					
v				回収率	%	95	95				
w				ケーキ含水率	%	73	81				
x		施設能力		必要能力	t-DS/時	1.50	1.20	週7日、6時間運転			
y				既存能力	t-DS/時	1.08	0.66	0.66			
z				増設能力	t-DS/時	-	-	運転時間の延長で対応する。			
A				運転時間	時/日	8.33	10.91	10.91			
B			脱水汚泥量 (日最大)	t-wet/日	31.60	36.89	36.89				
C			脱水汚泥量 (日平均)	t-wet/日	27.11	31.99	31.99				
D		乾燥設備	投入量 = 乾燥設備容量	t-wet/日			36.89				

4) 水処理への影響

記号	項目		BOD	T-N	T-P	備考	
a	流入水量	m ³ /日	30,000			日平均	
b	流入下水由来	濃度	mg/L	250	45.0	10.00	
c		負荷量	kg/日	7,500	1,350	300	a×b/1,000
d	消化導入に伴う負荷増加量	脱水ろ液量	m ³ /日	218.4			下水分
e		濃度	mg/L	-	700	30	2)より設定
f		負荷量	kg/日	-	153	6.6	d×e/1,000
g	家庭系生ごみ投入に伴う負荷増加量	投入量	t-wet/日	9.00			日平均
h		原単位	kg/t-wet	0.72	1.44	0.11	2)より設定
i		負荷量	kg/日	6.5	13.0	1.0	g×h
j	家畜排せつ物投入に伴う負荷増加量	投入量	t-wet/日	15.0			日平均
k		原単位	kg/t-wet	2.0	3.0	0.12	2), 19)より設定
l		負荷量	kg/日	30.0	45.0	1.8	j×k
m	剪定枝等投入に伴う負荷増加量	投入量	t-wet/日	0.60			日平均
n		原単位	kg/t-wet	0.72	1.44	0.11	生ごみと同じ値とし、2)より設定
o		負荷量	kg/日	0.4	0.9	0.1	m×n
p	負荷量合計 (負荷増加量)		kg/日	36.9	211.9	9.5	f+i+l+o
q	流入水比		%	0.5	13.6	3.1	p/(c+p)×100
r	受入前処理水質		mg/L	5.0	10.0	1.00	
s	受入前総合除去率		%	98	77.8	90.0	(1-r/b)×100
①	計算結果	受入後予想流入水質	mg/L	251	51.1	10.31	b×(1+q/100)
②		受入後予想処理水質	mg/L	5.0	11.3	1.03	b×(1+q/100)×(1-s/100)
③		増加送風量	m ³ /分	24.4			2.46×(0.6×p _(BOD) +4.57×p _(T-N))×10 ⁻²
④		増加送風機動力	kW	28			2.83×(0.6×p _(BOD) +4.57×p _(T-N))×10 ⁻²

5) 経済性評価

			CASE0	CASE1-1	CASE1-2	CASE2	備考		
下水道施設	建設費	家庭系生ごみ前処理施設	土木	百万円	85.51	85.51	85.51	(日最大)	
			建築	百万円	191.22	191.22	191.22	生ごみ搬入量Q=13.0t-wet/日	
			機械設備	百万円	354.40	354.40	354.40	計量するため費用関数にトラックスケール5百万を計上	
			電気設備	百万円	115.33	115.33	115.33		
			合計	百万円	746.46	746.46	746.46		
		家畜排せつ物前処理施設	土木・建築	百万円	165.88	165.88	165.88	(日最大)	
			機械設備	百万円	243.79	243.79	243.79	家畜排せつ物搬入量Q=15.0t-wet/日	
			電気設備	百万円	71.69	71.69	71.69		
			合計	百万円	481.36	481.36	481.36		
		剪定枝等前処理施設	機械設備	百万円	40.00	40.00	40.00	破砕設備として40百万を計上	
			電気設備	百万円	2.00	2.00	2.00	2百万を計上	
			合計	百万円	42.00	42.00	42.00	(他の前処理施設建屋内に設置)	
		混合設備	土木・建築	百万円	98.36	98.36	98.36	混合槽容量Q=730.0m3	
			機械設備	百万円	120.96	120.96	120.96		
			電気設備	百万円	29.81	29.81	29.81		
			合計	百万円	249.13	249.13	249.13		
		消化設備	土木・建築	百万円	237.23	237.23	237.23	消化槽容量Q=7.300m3	
			機械設備	百万円	667.05	667.05	667.05		
			合計	百万円	904.28	904.28	904.28		
		ガスホルダ	建設費	百万円	264.70	264.70	264.70	貯留容量Q=1480m3	
	脱硫塔		百万円	61.47	61.47	61.47	処理能力量Q=250 Nm3/h		
	消化ガス発電設備 乾燥設備	機械電気設備	百万円	422.24	422.24		CASE1: 消化ガス量Q=5897 Nm3/日		
		土木・建築	百万円			407.33	施設規模Q=36.89 t-wet/日		
		機械設備	百万円			1177.17			
		電気設備	百万円			135.55			
		合計	百万円			1720.05			
	建設年価 利率1.0%	家庭系生ごみ前処理施設	土木	百万円/年	2.34	2.34	2.34	耐用年数40年	
			建築	百万円/年	5.24	5.24	5.24	耐用年数40年	
			機械設備	百万円/年	17.68	17.68	17.68	耐用年数20年	
			電気設備	百万円/年	7.49	7.49	7.49	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	32.75	32.75	32.75		
		家畜排せつ物前処理施設	土木・建築	百万円/年	1.97	1.97	1.97	耐用年数40年	
			機械設備	百万円/年	24.01	24.01	24.01	耐用年数20年	
			電気設備	百万円/年	2.60	2.60	2.60	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	28.58	28.58	28.58		
		剪定枝等前処理施設	機械設備	百万円/年	1.99	1.99	1.99	耐用年数20年	
			電気設備	百万円/年	0.13	0.13	0.13	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	2.12	2.12	2.12		
		混合設備	土木・建築	百万円/年	2.70	2.70	2.70	耐用年数40年	
			機械設備	百万円/年	6.03	6.03	6.03	耐用年数20年	
			電気設備	百万円/年	1.94	1.94	1.94	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	10.67	10.67	10.67		
		消化設備	土木・建築	百万円/年	5.92	5.92	5.92	耐用年数45年	
			機械設備	百万円/年	43.30	43.30	43.30	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	49.22	49.22	49.22		
		ガスホルダ	建設費	百万円/年	17.18	17.18	17.18	耐用年数15年	
	脱硫塔		百万円/年	5.84	5.84	5.84	耐用年数10年		
	消化ガス発電設備 乾燥設備	機械電気設備	百万円/年	27.41	27.41		耐用年数15年		
		土木・建築	百万円/年			10.16	耐用年数45年		
		機械設備	百万円/年			111.90	耐用年数10年		
		電気設備	百万円/年			8.80	耐用年数15年		
		合計	百万円/年			130.86			
	建設年価 (補助考慮)	家庭系生ごみ前処理施設	百万円/年	21.83	21.83	21.83	環境省補助(1/3)		
		家畜排せつ物前処理施設	百万円/年	14.29	14.29	14.29	農水省補助(1/2)		
		剪定枝等前処理施設	百万円/年	1.41	1.41	1.41	環境省補助(1/3)		
		混合設備	百万円/年	4.98	4.98	4.98	国交省補助(55%)、環境省補助(1/3)		
		消化設備	百万円/年	22.96	22.96	22.96	国交省補助(55%)、環境省補助(1/3)		
		ガスホルダ	百万円/年	8.01	8.01	8.01	国交省補助(55%)、環境省補助(1/3)		
		脱硫塔	百万円/年	2.72	2.72	2.72	国交省補助(55%)、環境省補助(1/3)		
		消化ガス発電設備	百万円/年	12.79	27.41	57.82	国交省補助(55%)、環境省補助(1/3) (CASE1-1のみ)		
		乾燥設備	百万円/年			58.89	国交省補助(55%)		
		建設費合計	百万円/年	88.99	103.61	135.09			
		運転費	維持管理費	家庭系生ごみ前処理施設	補修費	百万円/年	13.92	13.92	生ごみ搬入量Q=10.0t-wet/日
				家畜排せつ物前処理施設	補修費	百万円/年	5.17	5.17	家畜排せつ物搬入量Q=15.0t-wet/日
				剪定枝等前処理施設	補修費	百万円/年	1.00	1.00	破砕設備として1百万/年を計上
	全前処理施設			人件費	百万円/年	6.00	6.00	維持管理者増員1名分	
	混合設備			補修費	百万円/年	2.57	2.57	混合槽容量Q=730.0m3	
	消化設備			維持管理費	百万円/年	26.81	26.81	年間処理汚泥量Q=425.590t-wet/年(1%換算値)	
	ガスホルダ				百万円/年				
	脱硫設備				百万円/年				
	発電設備			補修費	百万円/年	22.43	22.43	消化ガス量Q=5030 Nm3/日	
	脱水設備			維持管理費	百万円/年	66.25	86.77	86.77	CASE0の維持管理費を算出し、他のケースは運転時間に比例分して算出した。 年間処理汚泥量Q=262,800m3/年(1%換算値)
	乾燥設備		維持管理費	百万円/年			35.19	年間処理汚泥量Q=11,676t-wet/年(消化ガスによる燃料削減分を考慮)	
			小計	百万円/年	66.25	164.67	164.67	199.86	
	電気料金		消費電力	生ごみ前処理	MWh/年	255	255	255	生ごみ搬入量Q=10.0t-wet/日
				家畜排せつ物前処理	MWh/年	297	297	297	生ごみ搬入量Q=15.0t-wet/日
				剪定枝等前処理	MWh/年	6	6	6	電動機出力22kW×負荷率0.7×1hr/日
		混合設備		MWh/年	244	244	244	混合槽容量Q=730.0m3	
		水処理送風機		MWh/年	245	245	245		
	消化ガス発電	MWh/年	-3.560	1.047	1.047	CASE1-1: 発電量=9,753kWh/日(場内利用)			
		合計	MWh/年	-2,513	1,047	1,047			
		料金	百万円/年	-47.75	19.89	19.89	19円/kWh(実績)		
		運転費合計	百万円/年	66.25	116.92	184.56	219.75		
	汚泥処分費	脱水汚泥等処分費(臭物+脱水汚泥増加分)	百万円/年	197.90	239.00	5.48	20,000円/t-wet		
		バイオマス受入、乾燥汚泥売却費	百万円/年	-54.75	-54.75	-54.75	15,000円/t-wet		
		家畜排せつ物受入費	百万円/年	-32.85	-32.85	-32.85	6,000円/t-wet		
		剪定枝等受入費	百万円/年	-3.29	-3.29	-3.29	15,000円/t-wet		
		乾燥汚泥売却益	百万円/年			0.00	0円/t-wet(無償配布)		
		小計	百万円/年	-90.89	-90.89	-90.89			
	売電	消化ガス発電	電力量	MWh/年		-3,472		CASE1-2: 発電量=9,753kWh/日(FIT売電)から攪拌機等電力量を差し引く	
			料金	百万円/年		-135.42		39円/kWh	
	下水道施設合計			百万円/年	264.15	354.02	300.86	269.43	

				CASE0	CASE1-1	CASE1-2	CASE2	備考		
ごみ処理施設等	建設費	建設費	ごみ処理施設	土木・建築	百万円	2,274.98	2,186.90	2,186.90	2,186.90	全体の25%と設定
				機械・電気	百万円	6,824.93	6,560.70	6,560.70	6,560.70	全体の75%と設定
				合計	百万円	9,099.91	8,747.60	8,747.60	8,747.60	CASE0は既設同容量の200t-wet/日炉を更新するものとし、CASE1、2は生ごみを差し引いた187t-wet/日炉で更新するものとした。
	建設年償 利率率1.0%	ごみ処理施設	土木・建築	百万円/年	56.73	54.53	54.53	54.53	耐用年数45年	
			機械・電気	百万円/年	443.02	425.86	425.86	425.86	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	499.75	480.39	480.39	480.39		
	運転費	ごみ処理施設 (家庭系生ごみ分)	ごみ処理費	百万円/年	54.75				費用が大きいため差額のみ計上した。	
			合計	百万円/年	54.75				15,000円/t-wet	
	ごみ等処分費	家庭系生ごみ処分費	百万円/年		54.75	54.75	54.75	54.75	15,000円/t-wet	
		剪定枝等処分費	百万円/年	3.29	3.29	3.29	3.29	3.29	15,000円/t-wet	
		処分費合計	百万円/年	3.29	58.04	58.04	58.04	58.04		
		ごみ処理施設等合計	百万円/年	77.40	58.04	58.04	58.04	58.04		
	合計値				百万円/年	341.55	412.06	358.90	327.47	
	CASE0との差額				百万円/年	-	70.51	17.35	-14.08	

6) 温室効果ガス排出量

			算出方法	CASE0	CASE1-1	CASE1-2	CASE2	備考	
下水道施設	電力	生ごみ前処理	MWh/年	費用開数		255	255	255	生ごみ搬入量Q=10.0t-wet/日
		家畜排せつ物前処理	MWh/年	費用開数		297	297	297	家畜排せつ物搬入量Q=15.0t-wet/日
		剪定枝等前処理	MWh/年	費用開数		6	6	6	剪定枝等搬入量Q=0.6t-wet/日
		混合設備	MWh/年	費用開数		244	244	244	混合槽容量Q=730.0m3
		水処理送風機	MWh/年	計算により		245	245	245	
		消化工程	MWh/年	5.3kWh/m3		609	609	609	
		脱水工程(未消化)	MWh/年	5.8kWh/t-wet	57				濃縮汚泥Q=314.6m3/日 脱水汚泥Q=27.11t-wet/日
		脱水工程(消化)	MWh/年	20.0kWh/t-wet		234	234	234	脱水汚泥Q=31.99t-wet/日
		乾燥工程	MWh/年	129.0kWh/t-wet				1,506	脱水汚泥Q=31.99t-wet/日
		小計	MWh/年		57	1,890	1,890	1,506	
	発電	消化ガス発電	MWh/年	発電量より算出		-3,560	-3,560		発電量=9,753kWh/日
	処理プロセス	小計	t-CO ₂ /年	0.587kg-CO ₂ /kWh	33	1,109	1,109	1,993	
	ごみ処理施設等	乾燥工程	kg-N ₂ O/年	0.0184kg-N ₂ O/t-wet				214.85	脱水汚泥Q=31.99t-wet/日
			小計	t-CO ₂ /年	298倍			64	
污泥処分 (堆肥化5/6、焼成1/6)		堆肥化(CH ₄)	t-CH ₄ /年	4kg-CH ₄ /t-wet	32.98	38.92	38.92		CASE0:22.59t-wet/日, CASE1:26.66t-wet/日
		焼成(CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.0097kg-CH ₄ /t-wet	0.02	0.02	0.02		CASE0:4.52t-wet/日, CASE1:5.33t-wet/日
		CH ₄ 小計	t-CH ₄ /年	33.00	38.94	38.94			
		t-CO ₂ /年	25倍	825	974	974			
		堆肥化(N ₂ O)	t-N ₂ O/年	0.3kg-N ₂ O/t-wet	2.47	2.92	2.92		CASE0:22.59t-wet/日, CASE1:26.66t-wet/日
		焼成(N ₂ O)	t-N ₂ O/年	0.263kg-N ₂ O/t-wet	0.43	0.51	0.51		CASE0:4.52t-wet/日, CASE1:5.33t-wet/日
N ₂ O小計		t-N ₂ O/年	2.90	3.43	3.43				
		t-CO ₂ /年	298倍	864	1,022	1,022			
污泥処分合計	t-CO ₂ /年		1,689	1,996	1,996				
下水道施設合計	t-CO ₂ /年		1,722	1,015	1,015	2,057			
ごみ処理施設等	燃料	ごみ処理施設	kl/年	51.3L/t-wet	187			生ごみ搬入量Q=10.0t-wet/日	
		t-CO ₂ /年	2.71kg-CO ₂ /L	507					
	処理プロセス	ごみ処理施設(CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.00095kg-CH ₄ /t-wet	0.003				
		CH ₄ 小計	t-CO ₂ /年	25倍	0.075				
		ごみ処理施設(N ₂ O)	kg-N ₂ O/年	0.0567kg-N ₂ O/t-wet	0.207				
	N ₂ O小計	t-CO ₂ /年	298倍	62.0					
処理プロセス合計	t-CO ₂ /年		62.1						
ごみ処理施設等合計	t-CO ₂ /年		569						
合計値				t-CO ₂ /年	2,291	1,015	1,015	2,057	
CASE0との差				t-CO ₂ /年	-	-1,276	-1,276	-234	

1-4. B市検討事例

(1) 検討ケース

検討ケースとしてはバイオマス資源の有効活用が図れる「消化ガス発電」「肥料化（乾燥設備）」を行うことを基本に表資 1-5 に示す 3 案を検討した。

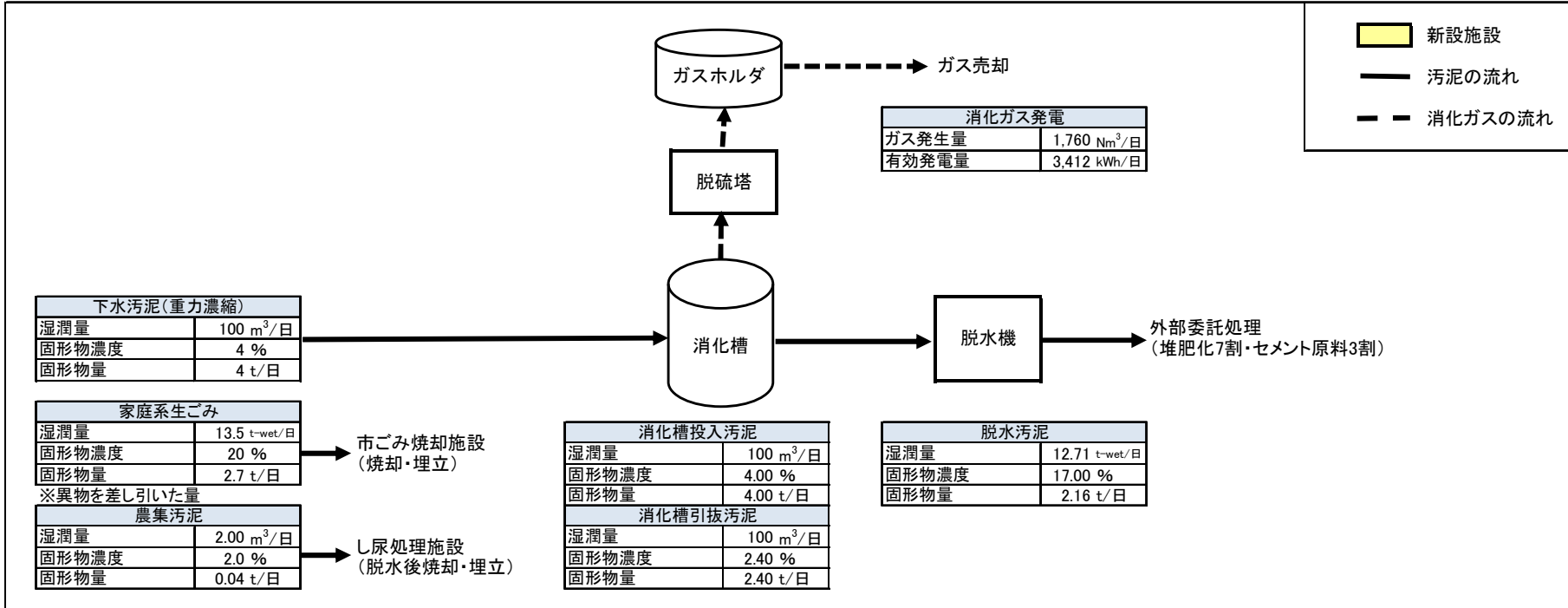
表資 1-5 B市の検討ケース

設定ケース	CASE 0	CASE 1	CASE 2
概要	ベース案	消化ガス発電 (FIT 発電)	乾燥
(消化ガス利用用途)			
下水由来ガス	消化ガス発電 (FIT 発電)	消化ガス発電 (FIT 発電)	消化ガス発電 (FIT 発電)
受入バイオマス由来ガス	—	消化ガス発電 (FIT 発電)	乾燥設備燃料
バイオマス受入	無	有	有
消化槽	有 (既設)	有 (既設)	有 (既設)
消化ガス発電	有 (FIT 発電)	有 (FIT 発電)	有 (FIT 発電)
乾燥設備	無	無	有

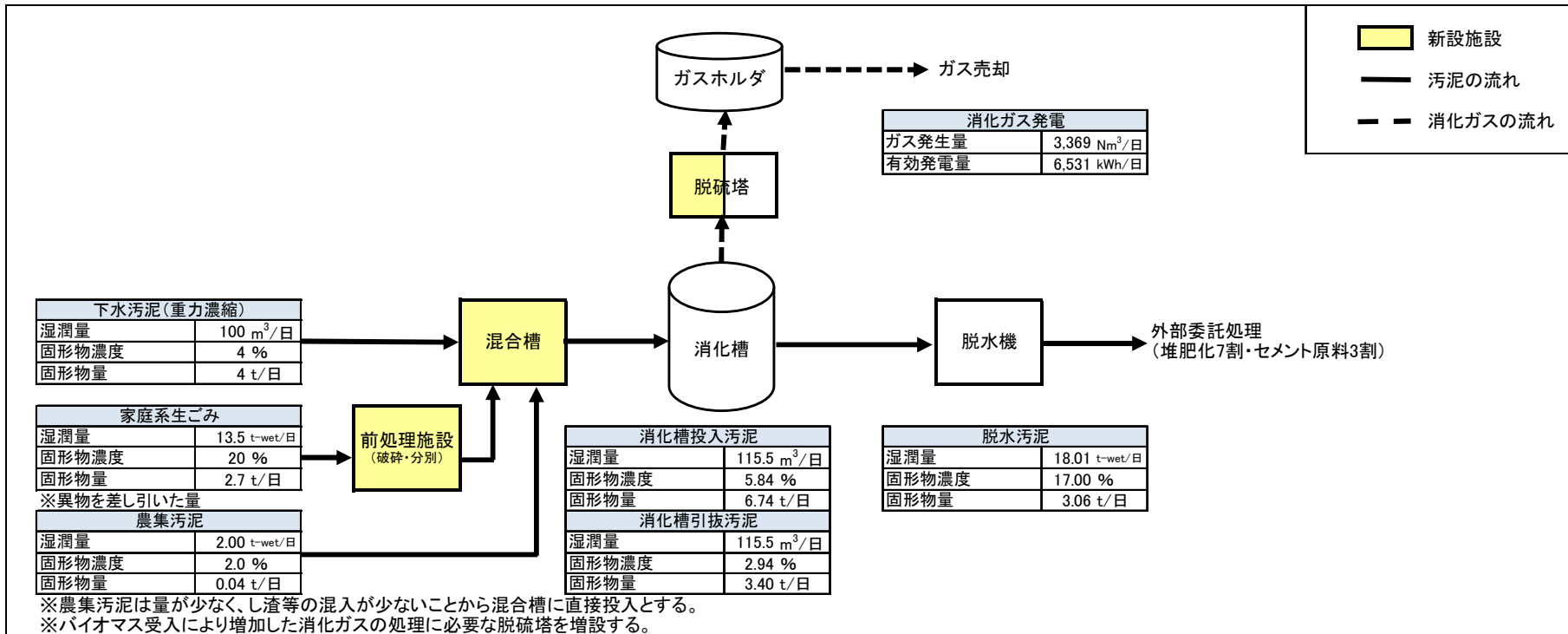
※下水由来の消化ガスは民間事業者へガス売却するため、CASE 1 は全量売却、CASE 2 は受入バイオマス由来を乾燥設備で使用するものとした。

(2) 検討ケースの収支フロー

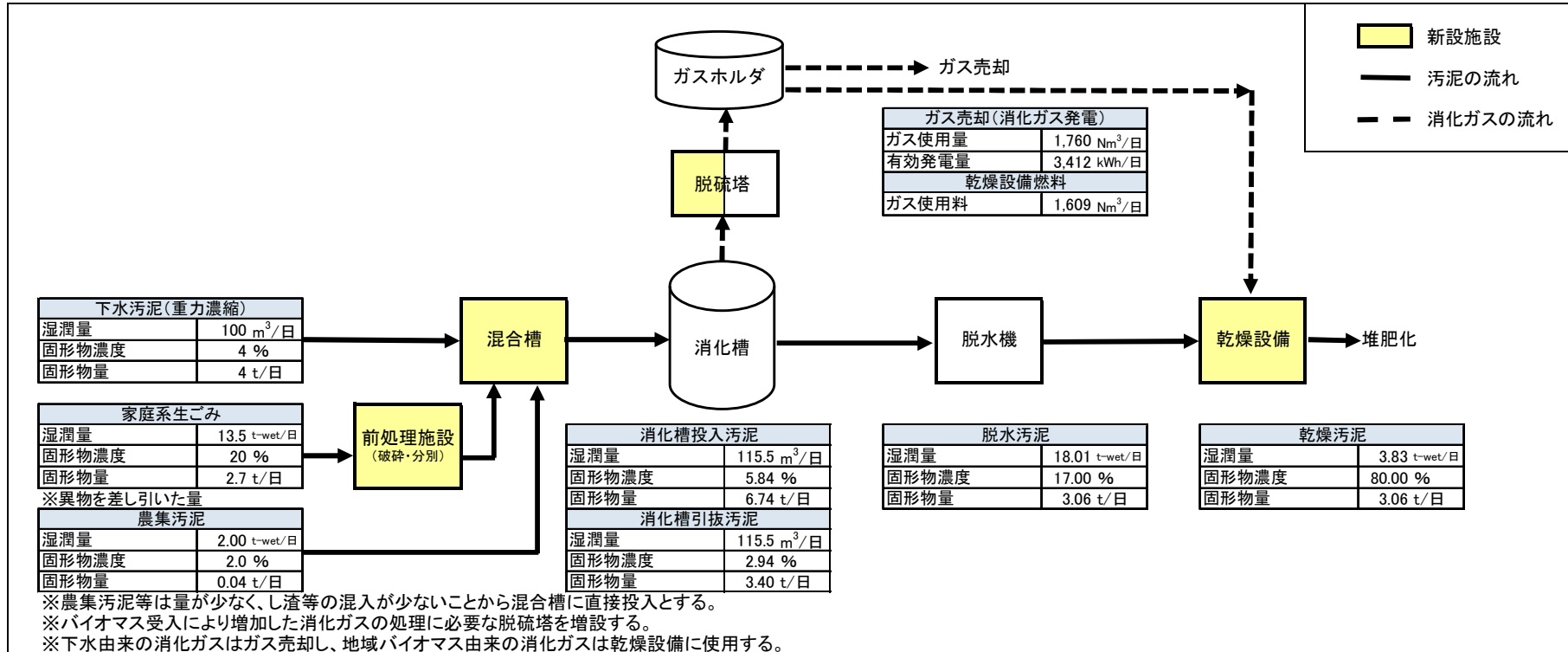
CASE 0 (ベース案)



CASE 1 (消化ガス発電)



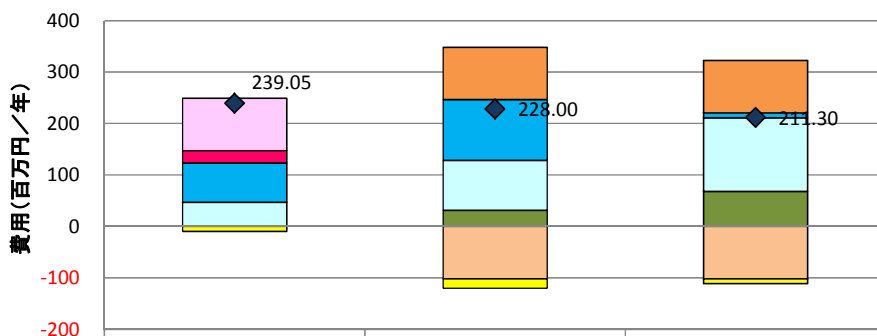
CASE 2 (乾燥)



(3) 経済性

- ▶ 「CASE 0 ベース案」と比べ、バイオマスを受け入れるCASE 1, 2 は共に事業採算性が得られる結果となった。
- ▶ この内、汚泥を肥料化し汚泥処分費が不要となる「CASE 2 乾燥」が最も有利となった。

経済性



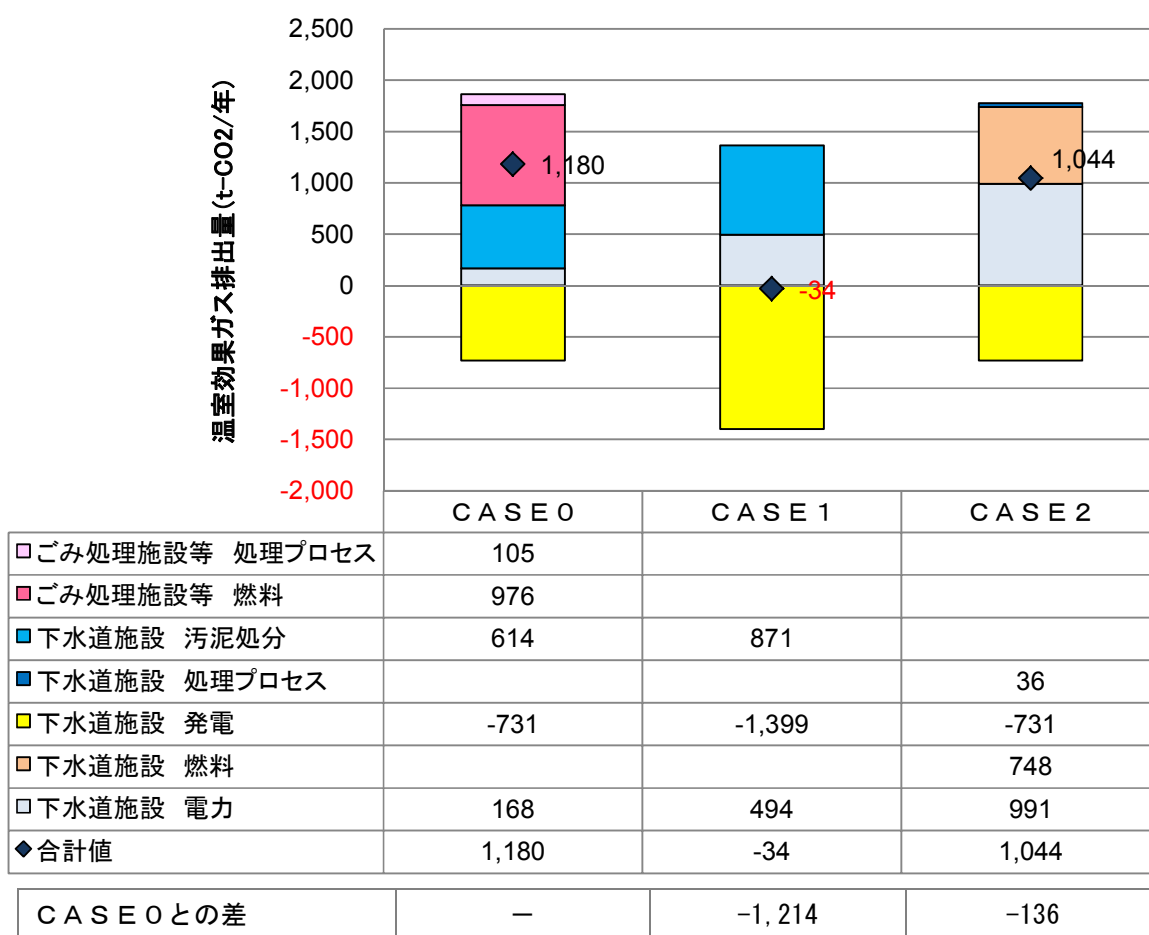
	CASE 0	CASE 1	CASE 2
■ごみ処理施設等 ごみ等処分費		101.50	101.50
□ごみ処理施設等 運転費	101.50		
■ごみ処理施設等 建設費	23.97		
■下水道施設 消化ガス発電(FIT) 売電収入	-9.64	-18.45	-9.64
■下水道施設 バイオマス受入、乾燥汚泥売却費		-101.50	-101.50
■下水道施設 汚泥処分費	76.55	118.05	9.58
□下水道施設 運転費	46.67	97.42	143.28
■下水道施設 建設費		30.98	68.08
◆合計	239.05	228.00	211.30

CASE 0との差	—	-11.05	-27.75
-----------	---	--------	--------

(4) 温室効果ガス排出量削減効果

- 消化ガス全量を消化ガス発電することによる温室効果ガス削減量が大きいことから、「CASE 1 消化ガス発電 (FIT発電)」が最も温室効果ガス排出量が少なくなった。
- 「CASE 2 乾燥」は汚泥処分に伴う温室効果ガス排出量がないが、乾燥機で使用する燃料による排出量が多く、「CASE 0 ベース案」と同等の温室効果ガス排出量となった。

温室効果ガス排出量削減効果



(5) B市検討結果のまとめ

- 「CASE 0 ベース案」と比べ、バイオマスを受け入れるCASE 1, 2は共に事業採算性が得られる結果となった。
- この内、汚泥を肥料化し汚泥処分費が不要となる「CASE 2 乾燥」が最も有利となった。
- 消化ガス全量を消化ガス発電することによる温室効果ガス削減量が大きいことから、「CASE 1 消化ガス発電 (FIT 発電)」が最も温室効果ガス排出量が少なくなった。
- 「CASE 2 乾燥」は汚泥処分に伴う温室効果ガス排出量がないが、乾燥機で使用する燃料による排出量が多く、「CASE 0 ベース案」と同等の温室効果ガス排出量となった。
- CASE 0 に対するCASE 1 のCO₂削減単価は0.6 万円/t-CO₂ となり、投資に対する一定の効果は期待できると考えられる。

表資 1-6 B市の検討結果

設定ケース	CASE 0	CASE 1	CASE 2
概要	ベース案	消化ガス発電 (FIT 発電)	乾燥
(消化ガス利用用途)			
下水由来ガス	消化ガス発電 (FIT 発電)	消化ガス発電 (FIT 発電)	消化ガス発電 (FIT 発電)
受入バイオマス由来ガス	—	消化ガス発電 (FIT 発電)	乾燥設備燃料
バイオマス受入	無	有	有
消化槽	有 (既設)	有 (既設)	有 (既設)
消化ガス発電	有 (FIT 発電)	有 (FIT 発電)	有 (FIT 発電)
乾燥設備	無	無	有
経済性 (百万円/年)	239.05 (③)	228.00 (②)	211.30 (①)
温室効果ガス (t-CO ₂ /年)	1,180 (③)	-34 (①)	1,044 (②)
CO ₂ 削減単価 (万円/t-CO ₂)	—	0.6	26.3

※ () は順位を示す。

※CO₂削減単価は、補助を考慮しない経済性が最も安価な案 (CASE0) に対する差額を GHG の差で除した値。最も経済性が安価な案に対して GHG が同等以上のものは算出出来ない。

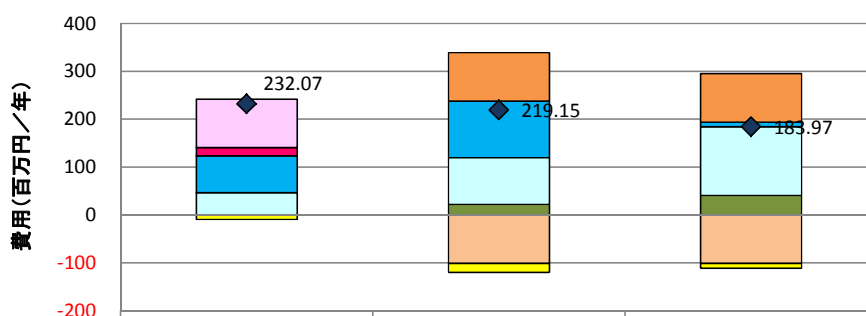
(6) 想定使用年数で算出した場合【参考】

経済性の算出において使用年数は標準耐用年数を用いているが、想定使用年数*を用いた場合の経済性を参考として示す。

B市では、乾燥設備を新設することから「CASE 2 乾燥」は建設費の割合が大きいため、想定使用年数を用いることで事業性を引き上げることが出来る。

※ 想定使用年数は実際に改築を行うと想定されるまでの年数。実績等を踏まえ適切に設定する必要がある。

経済性



	CASE 0	CASE 1	CASE 2
■ごみ処理施設等 ごみ等処分費		101.50	101.50
□ごみ処理施設等 運転費	101.50		
■ごみ処理施設等 建設費	16.99		
■下水道施設 消化ガス発電(FIT) 売電収入	-9.64	-18.45	-9.64
■下水道施設 バイオマス受入、乾燥汚泥売却費		-101.50	-101.50
■下水道施設 汚泥処分費	76.55	118.05	9.58
□下水道施設 運転費	46.67	97.42	143.28
■下水道施設 建設費		22.13	40.75
◆合計	232.07	219.15	183.97
CASE 0との差	—	-12.92	-48.10

(7) 算出根拠

1) 算出条件

① 下水処理場概要

項目		単位	値
水処理	処理方式	標準活性汚泥法	
	流入水量(日平均)	m ³ /日	20,000
	流入BOD	mg/L	180
	流出BOD	mg/L	3
	流入T-N	mg/L	45
	流出T-N	mg/L	20
	流入T-P	mg/L	10
	流出T-P	mg/L	2
汚泥処理	処理方式	重力・機械濃縮 → 消化 → 脱水 → 場外搬出(堆肥化・セメント原料化)	
	消化槽容量	2,500m ³ × 2	
	ガスホルダ容量	1,300m ³	
	既設脱水機	スクリーンプレス脱水機 φ800 × 1台 ベルトプレス脱水機 ろ布巾2.0m × 2台	

② バイオマス賦存量及び性状

項目	単位	値	出典	
下水汚泥(濃縮汚泥)	湿潤量(日平均)	m ³ /日	100	
	湿潤量(日最大)	m ³ /日	125.0	
	固形物濃度	%	4.0	
	有機分率	%	80	3) より設定
	有機物分解率	%	50	1) より設定
	ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.55	1) より設定
家庭系生ごみ	湿潤量(日平均)	t-wet/日	15	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	19.5	
	異物量	%	10	2) より設定
	固形物濃度	%	20	2) より設定
	有機分率	%	80	2) より設定
	有機物分解率	%	80	2) より設定
農集汚泥等	湿潤量(日平均)	t-wet/日	2.00	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	2.60	
	異物量	%	0	
	固形物濃度	%	2.0	4) より設定
	有機分率	%	75	4) より設定
	有機物分解率	%	30	4) より設定
ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.35	4) より設定 浄化槽汚泥と同じとした。	

③施設能力

項目		単位	値	出典
混合設備	貯留時間	日	2	2)より設定
消化槽	HRT	日	20	2)より設定
消化ガス発電設備	発電効率	%	35	中型発電機効率
	有効発電率	%	93	2)より設定
ガスホルダ	貯留時間	時間	6	11)より設定
汚泥脱水機(消化汚泥)	スクリーンプレス ろ加速度	kgDS/h	250	3)より設定
	ベルトプレス ろ加速度	kgDS/m・h	70	3)より設定
	スクリーンプレスケーキ含水率	%	83	3)より設定
	ベルトプレスケーキ含水率	%	83	3)より設定
脱水機運転時間	含水率(平均)	%	83	3)より設定
	運転日数	日/週	7	
乾燥汚泥	運転時間	時間/日	6.5	
	含水率	%	20	1)より設定

④コスト算出条件(処分費等)

項目		単位	値	出典
電気代		円/kWh	15	
下水汚泥処分費		円/t-wet	16,500	
ごみ処分費		円/t-wet	17,500	
農集汚泥等処分費		円/t-wet	7,800	
乾燥汚泥販売費		円/t-wet	0	無償配布を想定
消化ガス売却単価		円/Nm ³	15	

2) 物質収支計算

汚泥量等の算出（日平均）

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	家庭系 生ごみ	農集汚泥等	総合	備考			
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	100	15.0	2.00	117.00			
b				異物量	a×A	t-wet/日	0.0	1.50	0.0			
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	100.00	13.50	2.00	115.50		
d					固形物量	c×B	t-DS/日	4.00	2.70	0.04	6.74	
e					水分量	c-d	t/日	96.00	10.80	1.96	108.76	
f					有機物量	d×C	t-VS/日	3.2	2.16	0.03	5.39	
A	計算条件	受入	受入物	異物割合	%	0	10	0				
B				消化タンク	投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	4.00	20.00	2.00	5.84
C		有機物濃度 (VS)	設定値			%	80	80	75			
D		有機物分解率	設定値			%	50	80	30			
E		消化ガス転化量	設定値			Nm ³ /kg-VS	0.55	0.74	0.35			
F		ガス発生	メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739	35,739				
G			メタン濃度	設定値	%	60	60	60				
H			ガス発熱量	F×G	kJ/Nm ³	21,443	21,443	21,443				
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	35	35	35				
K			有効発電率	設定値	%	93	93	93				
L		脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	83	83	83				
M	脱水機回収率		設定値	%	90	90	90					
N	乾燥設備	乾燥汚泥含水率	設定値	%	20	20	20					
①	計算結果	消化タンク	分解有機物量	f×D	t-VS/日	1.60	1.73	0.01	3.34			
②				有機物量	f-①	t-VS/日	1.60	0.43	0.02	2.05		
③			固形物量	②+(d-f)	t-DS/日	2.40	0.97	0.03	3.40			
④			ガス発生	発生量	f×E×1000	Nm ³ /日	1,760	1,598	11	3,369		
⑤		全熱量		H×④÷1000	MJ/日	37,740	34,266	236	72,242			
⑥		発電機 (CASE1)	発電量	⑤×I÷3.6	kWh/日	3,669	3,331	23	7,023			
⑦			有効発電量	⑥×K	kWh/日	3,412	3,098	21	6,531			
⑧		発電機 (CASE2)	消化ガス使用量	④ (下水由来)	Nm ³ /日				1,760	下水由来の消化ガスは発電に使用する		
⑨			発電量	⑧×H×I÷(3.6×1,000)	kWh/日				3,669			
⑩			有効発電量	⑨×K	kWh/日				3,412			
⑪		脱水機	投入汚泥量	=c	t-wet/日	100.00	13.50	2.00	115.50			
⑫	投入汚泥濃度		③÷⑪	%	2.40	7.19	1.50	2.94				
⑬	脱水汚泥量		⑫/(1-L)	t-wet/日	12.71	5.12	0.18	18.01				
⑭	脱水汚泥固形物量		=③×M	t-DS/日	2.16	0.87	0.03	3.06				
⑮	脱水ろ液量		c-⑬	m ³ /日	87.30	9.90	1.80	99.00				
⑯	乾燥設備	乾燥汚泥量	⑭/(1-N)	m ³ /日	2.70	1.09	0.04	3.83				
⑰		必要熱量	(⑯-⑭)×2.573÷0.6	MJ/日	45,242	18,225	643	64,110	必要熱量2,573MJ/m ³ 、熱効率60%			
⑱	消化ガス使用量	④ (下水由来以外)	Nm ³ /日		1,598	11	1,609					

汚泥量等の算出（日最大）

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	家庭系 生ごみ	農集汚泥等	総合	備考			
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	125.0	19.50	2.60	147.10			
b				異物量	a×A	t-wet/日	0.0	1.95	0.0			
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	125.00	17.55	2.60	145.15		
d					固形物量	c×B	t-DS/日	5.00	3.51	0.05	8.56	
e					水分量	c-d	t/日	120.00	14.04	2.55	136.59	
f					有機物量	d×C	t-VS/日	4	2.81	0.04	6.85	
A	計算条件	受入	受入物	異物割合	%	0	10	0				
B				消化タンク	投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	4.00	20.00	2.00	5.90
C		有機物濃度 (VS)	設定値			%	80	80	75			
D		有機物分解率	設定値			%	50	80	30			
E		消化ガス転化量	設定値			Nm ³ /kg-VS	0.55	0.74	0.35			
F		ガス発生	メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739	35,739				
G			メタン濃度	設定値	%	60	60	60				
H			ガス発熱量	F×G	kJ/Nm ³	21,443	21,443	21,443				
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	35	35	35				
K			有効発電率	設定値	%	93	93	93				
L		脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	83	83	83				
M	脱水機回収率		設定値	%	90	90	90					
N	乾燥機	汚泥含水率	設定値	%	20	20	20					
①	計算結果	消化タンク	分解有機物量	f×D	t-VS/日	2.00	2.25	0.01	4.26			
②				有機物量	f-①	t-VS/日	2.00	0.56	0.03	2.59		
③			固形物量	②+(d-f)	t-DS/日	3.00	1.26	0.04	4.30			
④			ガス発生	発生量	f×E×1000	Nm ³ /日	2,200	2,079	14	4,293		
⑤		全熱量		H×④÷1000	MJ/日	47,175	44,580	300	92,055			
⑥		発電機 (CASE1)	発電量	⑤×I÷3.6	kWh/日	4,586	4,334	29	8,949			
⑦			有効発電量	⑥×K	kWh/日	4,265	4,031	27	8,323			
⑧		発電機 (CASE2)	消化ガス使用量	④ (下水由来)	Nm ³ /日				2,200	下水由来の消化ガスは発電に使用する		
⑨			発電量	⑧×H×I÷(3.6×1,000)	kWh/日				4,586			
⑩			有効発電量	⑨×K	kWh/日				4,265			
⑪		脱水機	投入汚泥量	=c	t-wet/日	125.00	17.55	2.60	145.15			
⑫	投入汚泥濃度		③÷⑪	%	2.40	7.18	1.54	2.96				
⑬	脱水汚泥量		⑫/(1-L)	t-wet/日	15.88	6.65	0.24	22.77				
⑭	脱水汚泥固形物量		=③×M	t-DS/日	2.70	1.13	0.04	3.87				
⑮	脱水ろ液量		c-⑬	m ³ /日	109.10	12.90	2.40	124.40				
⑯	乾燥設備	乾燥汚泥量	⑭/(1-N)	m ³ /日	3.38	1.41	0.05	4.84				
⑰		必要熱量	(⑯-⑭)×2.573÷0.6	MJ/日	56,520	23,672	858	81,050	必要熱量2,573MJ/m ³ 、熱効率60%			
⑱	消化ガス使用量	④ (下水由来以外)	Nm ³ /日		2,079	14	2,093					

3) 施設容量計算

記号	項目		単位	CASE 0	CASE 1	CASE 2	備考	
a	家庭系生ごみ前処理施設		投入量 = 施設容量	t-wet/日		19.50	19.50	
b	混合設備	条件	投入量	m ³ /日		145.15	145.15	
c			貯留時間	日		2	2	
d		施設能力	混合槽容量	m ³		300	300	
e	消化槽	条件	投入量	m ³ /日	125.00	145.15	145.15	
f			投入有機物量	t-VS/日	4.00	6.85	6.85	
g			HRT	日	20	20	20	
h		施設能力	消化槽必要容量	m ³	2,500	2,910	2,910	
i			既設容量	m ³	5,000	5,000	5,000	
j			増設容量	m ³				増設不要
k			有機物負荷	kg-VS/m ³ ・日	0.80	1.37	1.37	3.0kg-VS/m ³ ・日以下→OK
l			判定		OK	OK	OK	
m	ガスホルダ・脱硫塔	条件	消化ガス発生量	Nm ³ /日	2,200	4,293	4,293	
n			ガスタンク貯留時間	時間	6	6	6	
o		施設能力	ガスホルダ必要容量	m ³	550	1,080	1,080	
p			既設容量	m ³	1,300	1,300	1,300	
q			増設容量	m ³				増設不要
r			脱硫塔能力	Nm ³ /時		88	88	消化ガス増量分に必要脱硫装置を設置
s	脱水機	条件	投入汚泥固形物量	t-DS/日	3.00	4.30	4.30	
t			回収率	%	90	90	90	
u			ケーキ含水率	%	83.0	83.0	83.0	
v		施設能力	必要能力	t-DS/時	0.50	0.72	0.72	週7日、6時間運転
w			既存能力	t-DS/時	0.53	0.53	0.53	
x			増設能力	t-DS/時	-	-	-	運転時間の延長で対応する。
y			運転時間	時/日	5.66	8.11	8.11	
z			脱水汚泥量 (日最大)	t-wet/日	15.88	22.77	22.77	
A		脱水汚泥量 (日平均)	t-wet/日	12.71	18.01	18.01		
B	乾燥設備	投入量 = 乾燥設備容量	t-wet/日			22.77		

4) 水処理への影響

記号	項目		BOD	T-N	T-P	備考	
a	流入水量		m ³ /日	20,000		日平均	
b	流入下水由来	濃度	mg/L	180	45	10.00	
c		負荷量	kg/日	3,600	900	200	a×b/1,000
d	家庭系生ごみ投入に伴う負荷増加量	投入量	t-wet/日	13.5		日平均	
e		原単位	kg/t-wet	0.72	1.44	0.11	2)より設定
f	農集汚泥等投入に伴う負荷増加量	負荷量	kg/日	9.7	19.4	1.5	
g		投入量	t-wet/日	2.00			
h		原単位	kg/t-wet	0.01	0.23	-	2)より設定 浄化槽汚泥と同等とした
i		負荷量	kg/日	0.0	0.5	0.1	りんは2)より130mg/L×受入量×1/3
j	負荷量合計 (負荷増加量)		kg/日	9.7	19.9	1.6	f+i
k	流入水比		%	0.3	2.2	0.8	j/(c+j)×100
l	受入前処理水質		mg/L	3.0	20.0	2.00	
m	総合除去率		%	98.3	55.6	80.0	(1-r/b)×100
①	計算結果	受入後予想流入水質	mg/L	181	46	10.1	b×(1+k/100)
②		受入後予想処理水質	mg/L	3.1	20.4	2.02	b×(1+k/100)×(1-m/100)
③		増加送風量	m ³ /分	2.4		2.46×(0.6×j _(BOD) +4.57×j _(T-N))×10 ⁻²	
④		増加送風機動力	kW	2.7		2.83×(0.6×j _(BOD) +4.57×j _(T-N))×10 ⁻²	

5) 経済性評価

			CASE 0	CASE 1	CASE 2	備考			
下水道施設	建設費	家庭系生ごみ前処理施設	土木	百万円		104.89	104.89	(日最大) 生ごみ搬入量Q=19.5t-wet/日 計量するための費用関数にトラックスケール5百万を計上	
			建築	百万円		219.66	219.66		
			機械設備	百万円		428.60	428.60		
			電気設備	百万円		141.94	141.94		
			合計	百万円		895.09	895.09		
		混合設備	土木・建築	百万円		58.57	58.57		混合槽容量Q=300m3
			機械設備	百万円		84.75	84.75		
			電気設備	百万円		18.53	18.53		
			合計	百万円		161.85	161.85		
		脱硫塔 乾燥設備	機械設備	百万円		27.77	27.77		消化ガス量Q=88 Nm3/日 (バイオマス受入に伴う増量分) 施設規模Q=22.77 t-wet/日
			土木・建築	百万円			258.68		
			機械設備	百万円			736.84		
			電気設備	百万円			91.74		
		合計	百万円			1087.26			
		建設年価 利率1.0%	家庭系生ごみ前処理施設	土木	百万円/年		2.88		2.88
	建築			百万円/年		6.02	6.02	耐用年数40年	
	機械設備			百万円/年		21.38	21.38	耐用年数20年	
	電気設備			百万円/年		9.21	9.21	耐用年数15年	
	合計			百万円/年		39.49	39.49		
	混合設備		土木・建築	百万円/年		1.61	1.61	耐用年数40年	
			機械設備	百万円/年		4.23	4.23	耐用年数20年	
			電気設備	百万円/年		1.20	1.20	耐用年数15年	
			合計	百万円/年		7.04	7.04		
	脱硫塔 乾燥設備		建設費	百万円/年		2.64	2.64	耐用年数10年	
			土木・建築	百万円/年			6.45	耐用年数45年	
			機械設備	百万円/年			70.00	耐用年数10年	
			電気設備	百万円/年			6.00	耐用年数15年	
	合計		百万円/年			82.45			
	建設年価 (補助考慮)		家庭系生ごみ前処理施設	百万円/年		26.33	26.33	環境省補助 (1/3)	
		混合設備	百万円/年		3.38	3.38	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)		
		脱硫塔	百万円/年		1.27	1.27	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)		
		乾燥設備	百万円/年			37.10	国交省補助 (55%)		
	建設費合計	百万円/年			30.98	68.08			
	運転費	維持管理費	家庭系生ごみ前処理施設	補修費	百万円/年		15.49	15.49	生ごみ搬入量Q=15.0t-wet/日
				人件費	百万円/年		6.00	6.00	維持管理者増員1名分
			混合設備	補修費	百万円/年		1.80	1.80	混合槽容量Q=300m3
				維持管理費	百万円/年	46.67	66.87	66.87	CASE0の維持管理費を算出し、他のケースは運転時間に比例按分して算出した。 年間処理汚泥量Q=146,000m3/年 (1%換算値)
			乾燥設備	維持管理費	百万円/年			45.86	年間処理汚泥量Q=6,574t-wet/年 (消化ガスによる燃料削減分を考慮)
		小計	百万円/年	46.67	90.16	136.02			
		電気料金	消費電力	生ごみ前処理	MWh/年		303	303	生ごみ搬入量Q=15.0t-wet/日
				混合設備	MWh/年		157	157	混合槽容量Q=300.0m3
				水処理送風機	MWh/年		24	24	
				合計	MWh/年		484	484	
				料金	百万円/年		7.26	7.26	15 円/kWh
		運転費合計	百万円/年	46.67	97.42	143.28			
汚泥処分費		脱水汚泥等処分費 (異物+脱水汚泥増加分)	百万円/年	76.55	118.05	9.58	16,500円/t-wet		
バイオマス受入、乾燥汚泥売却費		家庭系生ごみ受入費	百万円/年		-95.81	-95.81	17,500円/t-wet		
		農業汚泥等受入費	百万円/年		-5.69	-5.69	7,800円/t-wet		
	乾燥汚泥売却益	百万円/年			0.00	0円/t-wet (無償配布)			
	小計	百万円/年		-101.50	-101.50				
消化ガス売却	消化ガス量	Nm3/日	1,760	3,369	1,760				
	料金	百万円/年	-9.64	-18.45	-9.64	15 円/Nm3			
下水道施設合計			百万円/年	113.58	126.50	109.80			
ごみ処理施設等	建設費	ごみ処理施設	土木・建築	百万円	2,448.82	2,340.49	2,340.49	全体の25%と設定	
			機械・電気	百万円	7,346.46	7,021.46	7,021.46	全体の75%と設定	
			合計	百万円	9,795.28	9,361.95	9,361.95	CASE0は既設同容量の230t-wet/日を更新するものとし、CASE1,2は生ごみを差し引いた210.5t-wet/日で更新するものとした。	
		し尿処理施設	土木・建築	百万円	134.59	133.65	133.65	全体の25%と設定	
			機械・電気	百万円	403.78	400.94	400.94	全体の75%と設定	
			合計	百万円	538.37	534.59	534.59	CASE0は既設同容量の370t-wet/日を更新するものとし、CASE1,2は農業汚泥等分を差し引いた367.4t-wet/日で更新するものとした。	
		建設年価 利率1.0%	ごみ処理施設	土木・建築	百万円/年	61.06	58.36	58.36	耐用年数45年
				機械・電気	百万円/年	476.87	455.77	455.77	耐用年数15年
				合計	百万円/年	537.93	514.13	514.13	
			し尿処理施設	土木・建築	百万円/年	3.69	3.66	3.66	耐用年数40年
	機械・電気			百万円/年	20.14	20.00	20.00	耐用年数20年	
	合計	百万円/年	23.83	23.66	23.66				
	差額	百万円/年	23.97			費用が大きいため差額のみ計上した。			
	運転費	ごみ処理施設 し尿処理施設処理	処理費	百万円/年	95.81			17,500円/t-wet	
			処理費	百万円/年	5.69			7,800円/t-wet	
			合計	百万円/年	101.50				
	ごみ等処分費	家庭系生ごみ前処理施設生ごみ処分費	百万円/年		95.81	95.81			
		農業汚泥等処分費	百万円/年		5.69	5.69			
		処分費合計	百万円/年		101.50	101.50			
	ごみ処理施設等合計			百万円/年	125.47	101.50	101.50		
	合計値			百万円/年	239.05	228.00	211.30		
	CASE0との差額			百万円/年	-	-11.05	-27.75		

6) 温室効果ガス排出量

			算出方法	CASE0	CASE1	CASE2	備考	
下水道施設	電力	生ごみ前処理	MWh/年	費用関数		303	303	生ごみ搬入量Q=15.0t-wet/日
		混合設備	MWh/年	費用関数		157	157	混合槽容量Q=300m3
		水処理送風機	MWh/年	計算により		24	24	
		消化工程	MWh/年	5.3kWh/t-wet	193	226	226	CASE0:100t-wet/日, CASE1, 2:117t-wet/日
		脱水工程	MWh/年	20.0kWh/t-wet	93	131	131	CASE0:12.71t-wet/日, CASE1, 2:18.01t-wet/日
		乾燥工程	MWh/年	129.0kWh/t-wet			848	脱水汚泥Q=18.01t-wet/日
		小計	MWh/年		286	841	1,689	
			t-CO ₂ /年		168	494	991	
	発電	消化ガス発電	MWh/年	発電量より算出	-1,245	-2,384	-1,245	CASE1:発電量=6.531kWh/日
		小計	t-CO ₂ /年	0.587kg-CO ₂ /kWh	-731	-1,399	-731	CASE0, 2:発電量=3.412kWh/日
	燃料	乾燥工程	kL/年	39.1MJ/L			276	燃料=29.608MJ/日 (必要熱量-消化ガス熱量)
			t-CO ₂ /年	2.71kg-CO ₂ /L			748	
	処理プロセス	乾燥工程	kg-N ₂ O/年	0.0184kg-N ₂ O/t-wet			120.96	脱水汚泥Q=18.01t-wet/日
			小計	t-CO ₂ /年	298倍		36	
	汚泥処分 (堆肥化7割、セメント原料3割)	堆肥化 (CH ₄)	t-CH ₄ /年	4kg-CH ₄ /t-wet	12.99	18.41		CASE0:8.9t-wet/日, CASE1:12.61t-wet/日
			セメント原料 (CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.0097kg-CH ₄ /t-wet	0.01	0.02	
		CH ₄ 小計	t-CH ₄ /年		12.99	18.41		
			t-CO ₂ /年	25倍	325	460		
		堆肥化 (N ₂ O)	t-CH ₄ /年	0.3kg-N ₂ O/t-wet	0.97	1.38		CASE0:8.9t-wet/日, CASE1:12.61t-wet/日
			セメント原料 (N ₂ O)	t-CH ₄ /年	0.263kg-N ₂ O/t-wet	0.37	0.52	
N ₂ O小計		t-CH ₄ /年		0.97	1.38			
		t-CO ₂ /年	298倍	289	411			
汚泥処分合計	t-CO ₂ /年		614	871				
下水道施設合計	t-CO ₂ /年		51	-34	1,044			
ごみ処理施設等	燃料	ごみ処理施設	kL/年	66L/t-wet	360			生ごみ搬入量Q=15.0t-wet/日
			t-CO ₂ /年	2.71kg-CO ₂ /L	976			
		し尿処理施設	t-CO ₂ /年	65kg-CO ₂ /kL	47			し尿等搬入量Q=2.0kL/日
		合計	t-CO ₂ /年		1,023			
	処理プロセス	ごみ処理施設 (CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.00095kg-CH ₄ /t-wet	0.01			
			し尿処理施設 (処理) (CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.038kg-CH ₄ /t-wet	0.03		
		し尿処理施設 (焼却) (CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.0097kg-CH ₄ /t-wet	0.00			し尿処理施設焼却量Q=0.18t-wet/日
			t-CH ₄ /年		0.04			
		CH ₄ 小計	t-CH ₄ /年		0.04			
			t-CO ₂ /年	25倍	1			
		ごみ処理施設 (N ₂ O)	t-CH ₄ /年	0.0567kg-N ₂ O/t-wet	0.31			
			し尿処理施設 (処理) (N ₂ O)	t-CH ₄ /年	0.00093kg-N ₂ O/t-wet	0.00		
	し尿処理施設 (焼却) (N ₂ O)	t-CH ₄ /年	0.645kg-N ₂ O/t-wet	0.04				
		t-CH ₄ /年		0.35				
	N ₂ O小計	t-CO ₂ /年	298倍	104				
	処理プロセス合計	t-CO ₂ /年		105				
	ごみ処理施設等合計	t-CO ₂ /年		1,129				
	合計値	t-CO ₂ /年		1,180	-34	1,044		
	CASE0との差	t-CO ₂ /年		-	-1,214	-136		

1-5.C 市検討事例

(1) 検討ケース

検討ケースとしてはバイオマス資源の有効活用が図れる「消化ガス発電」「肥料化（乾燥設備）」を行うことを基本に表資 1-7 に示す 4 案を検討した。

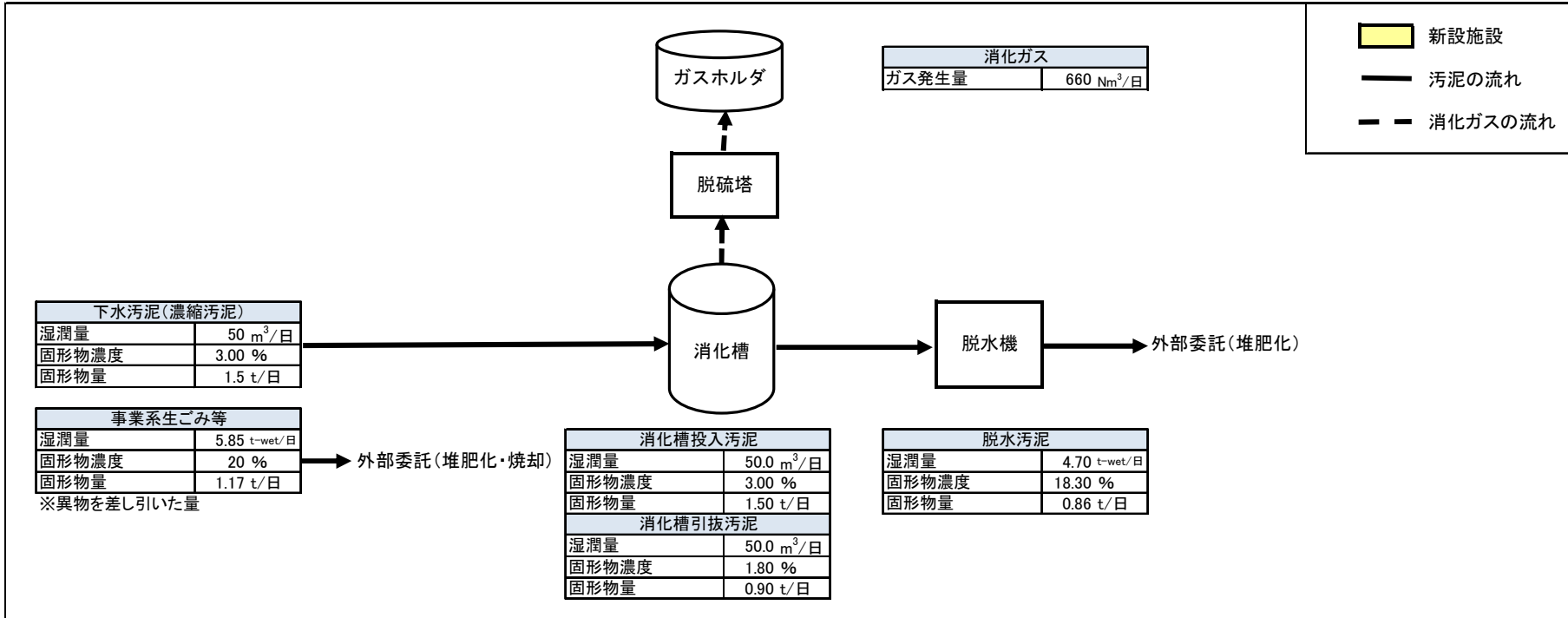
表資 1-7 C市の検討ケース

設定ケース	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
概要	ベース案	消化ガス発電 (場内利用)	消化ガス発電 (FIT 売電)	乾燥
バイオマス受入	無	有	有	有
消化槽	有 (既設)	有 (既設)	有 (既設)	有 (既設)
消化ガス発電	無	有 (場内利用)	有 (FIT 売電)	無
乾燥設備	無	無	無	有

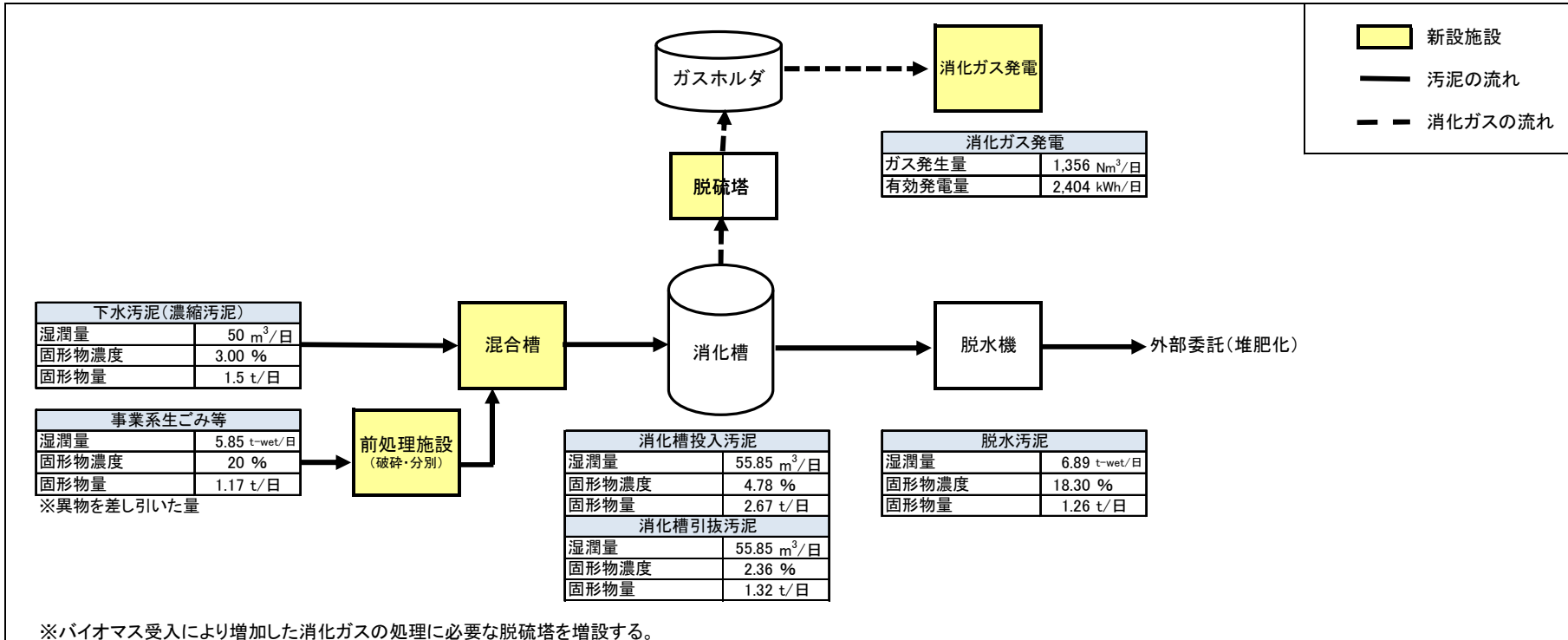
※CASE 2は発生した消化ガスを乾燥設備で使用するため、消化ガス発電は行わないものとする。

(2) 検討ケースの収支フロー

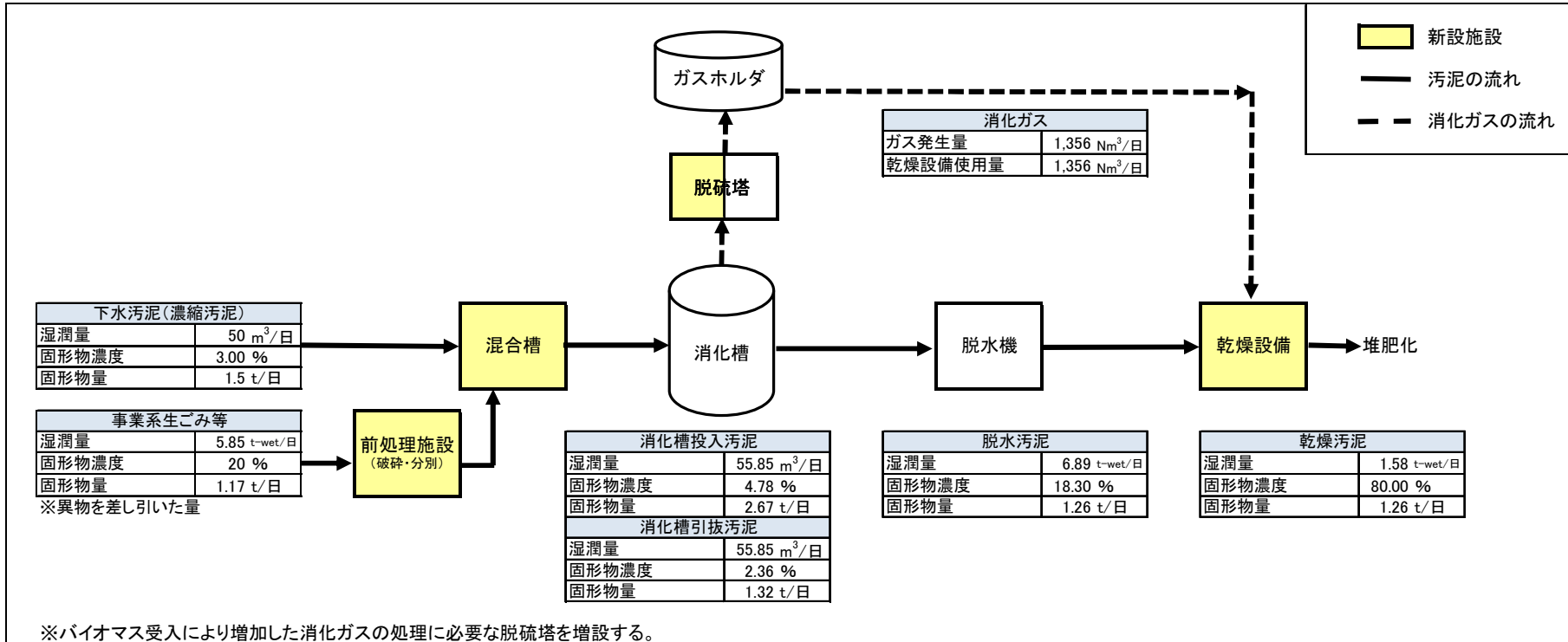
CASE 0 (ベース案)



CASE 1 (消化ガス発電)



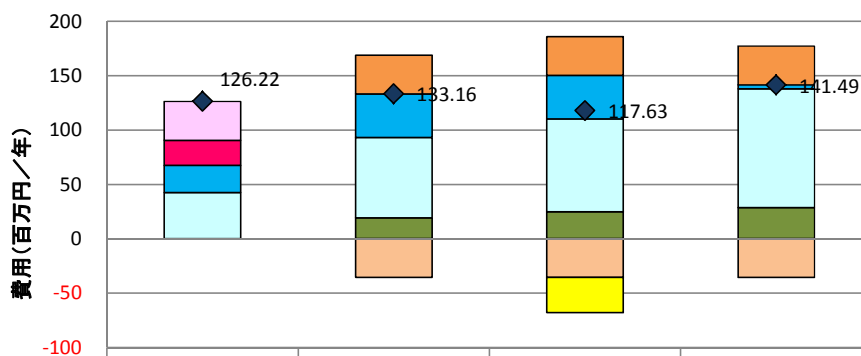
CASE 2 (乾燥)



(3) 経済性

- 規模が小さいものの、消化ガス発電による売電収益が大きい、「CASE 1-2 消化ガス発電 (FIT 発電)」が最も経済的となった。
- スケールメリットが得られにくい条件であるため、建設費の高い「CASE 2 乾燥」が最も不利となった。

経済性

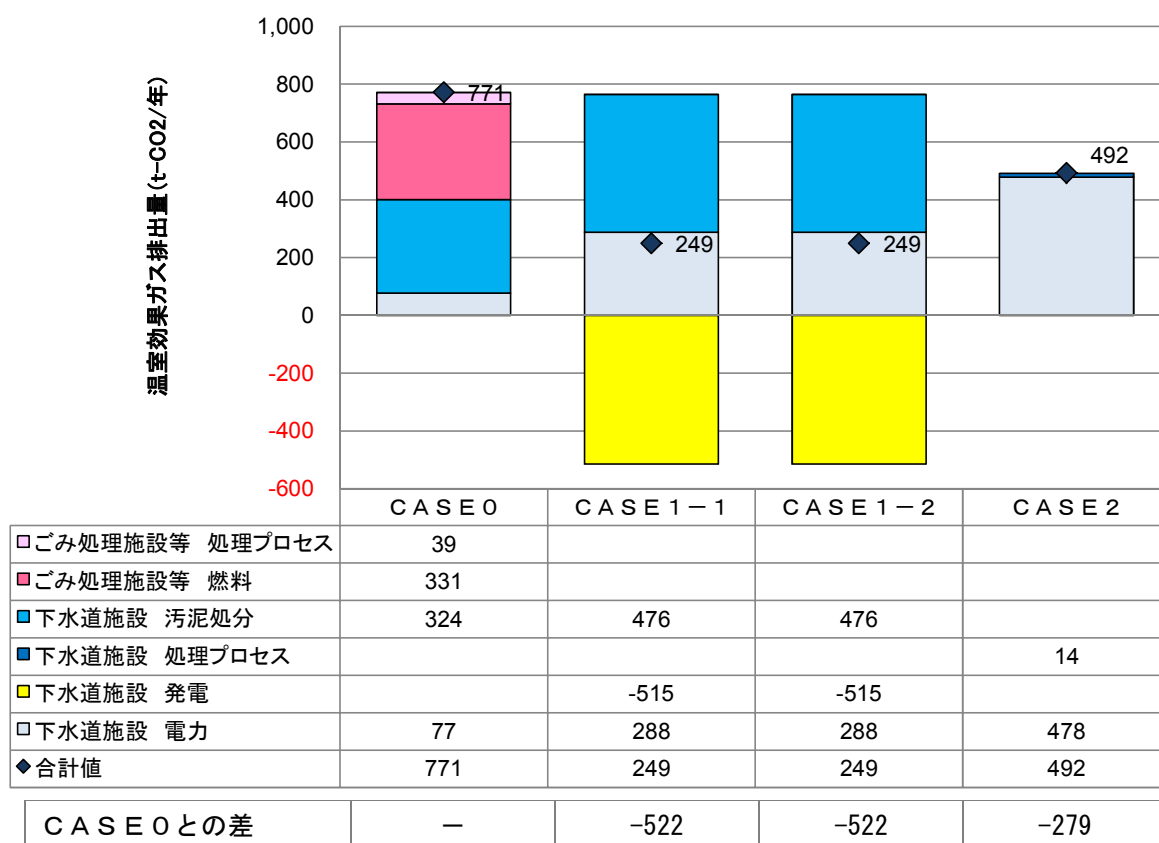


	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
■ ごみ処理施設等 ごみ等処分費		35.59	35.59	35.59
□ ごみ処理施設等 運転費	35.59			
■ ごみ処理施設等 建設費	23.38			
■ 下水道施設 消化ガス発電 (FIT) 売電収入			-32.49	
■ 下水道施設 バイオマス受入、乾燥汚泥売却費		-35.59	-35.59	-35.59
■ 下水道施設 汚泥処分費	24.87	40.02	40.02	3.56
□ 下水道施設 運転費	42.38	73.95	85.35	109.40
■ 下水道施設 建設費		19.19	24.75	28.53
◆ 合計	126.22	133.16	117.63	141.49
CASE 0との差	—	6.94	-8.59	15.27

(4) 温室効果ガス排出量削減効果

- 消化ガス発電による温室効果ガス削減量が大きいため、「CASE 1 消化ガス発電」の温室効果ガス排出量が最も少なかった。
- 「CASE 2 乾燥」は汚泥処分で排出する温室効果ガスはないものの、消化ガス発電を行うことが出来ないため、「CASE 1 消化ガス発電」よりも温室効果ガス発生量が多くなった。

温室効果ガス排出量削減効果



(5) C市検討結果のまとめ

- 規模が小さいものの、消化ガス発電による売電収益が大きい、「CASE 1-2 消化ガス発電 (FIT 発電)」が最も経済的となった。
- スケールメリットが得られにくい条件であるため、建設費の高い「CASE 2 乾燥」が最も不利となった。
- 消化ガス発電による温室効果ガス削減量が大きいことから、「CASE 1 消化ガス発電」の温室効果ガス排出量が最も少なかった。
- 「CASE 2 乾燥」は汚泥処分で排出する温室効果ガスはないものの、消化ガス発電を行うことが出来ないため、「CASE 1 消化ガス発電」よりも温室効果ガス発生量が多くなった。

表資 1-8 C市の検討結果

設定ケース	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
概要	ベース案	消化ガス発電 (場内利用)	消化ガス発電 (FIT 売電)	乾燥
バイオマス受入	無	有	有	有
消化槽	無	有 (既設)	有 (既設)	有 (既設)
消化ガス発電	無	有 (場内利用)	有 (FIT 売電)	無
乾燥設備	無	無	無	有
経済性 (百万円/年)	126.22 (②)	133.16 (③)	117.63 (①)	141.49 (④)
温室効果ガス (t-CO ₂ /年)	771 (④)	249 (①)	249 (①)	492 (③)
CO ₂ 削減単価 (万円/t-CO ₂)	-	-	-	-

※ () は順位を示す。

※CO₂削減単価は、補助を考慮しない経済性が最も安価な案 (CASE1-2) に対する差額を GHG の差で除した値。最も経済性が安価な案に対して GHG が同等以上のものは算出出来ない。

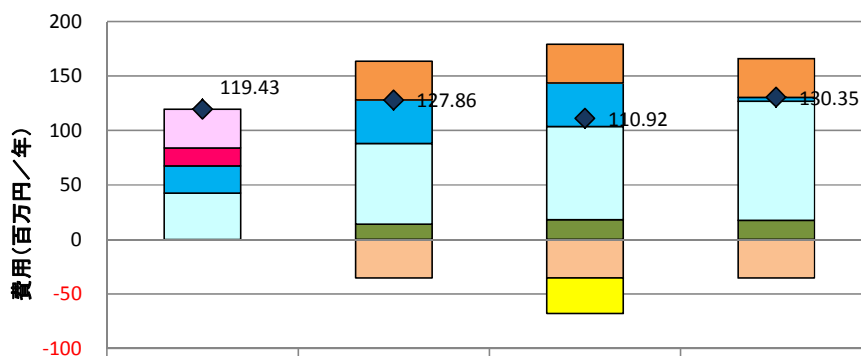
(6) 想定使用年数で算出した場合【参考】

経済性の算出において使用年数は標準耐用年数を用いているが、想定使用年数※を用いた場合の経済性を参考として示す。

C市では、乾燥設備を新設することから「CASE 2 乾燥」は建設費の割合が大きいため、想定使用年数を用いることで事業性を引き上げることが出来るが、「CASE 0 ベース案」に対して不利となる結果は変わらなかった。

※ 想定使用年数は実際に改築を行うと想定されるまでの年数。実績等を踏まえ適切に設定する必要がある。

経済性



	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
■ ごみ処理施設等 ごみ等処分費		35.59	35.59	35.59
□ ごみ処理施設等 運転費	35.59			
■ ごみ処理施設等 建設費	16.59			
■ 下水道施設 消化ガス発電(FIT) 売電収入			-32.49	
■ 下水道施設 バイオマス受入、乾燥汚泥売却費		-35.59	-35.59	-35.59
■ 下水道施設 汚泥処分費	24.87	40.02	40.02	3.56
□ 下水道施設 運転費	42.38	73.95	85.35	109.40
■ 下水道施設 建設費		13.89	18.04	17.39
◆ 合計	119.43	127.86	110.92	130.35
CASE 0との差	—	8.43	-8.51	10.92

(7) 算出根拠

1) 算出条件

① 下水処理場概要

項目		単位	値
水処理	処理方式	標準活性汚泥法	
	流入水量(日平均)	m ³ /日	10,000
	流入BOD	mg/L	150
	流出BOD	mg/L	7
	流入T-N	mg/L	48
	流出T-N	mg/L	20
	流入T-P	mg/L	5
	流出T-P	mg/L	1.5
汚泥処理	処理方式	重力・機械濃縮 → 消化 → 脱水 → 場外搬出(堆肥化)	
	消化槽容量	1,608m ³ × 1槽	
	ガスホルダ容量	1,000m ³ × 1基	
	既設脱水機	スクリーンプレス脱水機 φ800 × 1台	

② バイオマス賦存量及び性状

項目		単位	値	出典
下水汚泥(濃縮汚泥)	湿潤量(日平均)	m ³ /日	50.0	
	湿潤量(日最大)	m ³ /日	59.0	
	固形物濃度	%	3.0	
	有機分率	%	80	3) より設定
	有機物分解率	%	50	1) より設定
	ガス発生量	Nm ³ /kg-VS	0.55	1) より設定
事業系生ごみ等	湿潤量(日平均)	t-wet/日	6.5	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	8.45	
	異物量	%	10	
	固形物濃度	%	20	2) より設定
	有機分率	%	80	2) より設定
	有機物分解率	%	80	2) より設定
	ガス発生量	Nm ³ /kg-VS	0.74	2) より設定

③ 施設能力

項目		単位	値	出典
混合設備	貯留時間	日	2	2) より設定
	消化槽	HRT	日	20
消化ガス発電設備	発電効率	%	32	25kWガス発電機効率
	有効発電率	%	93	2) より設定
ガスホルダ	貯留時間	時間	6	11) より設定
汚泥脱水機(消化汚泥)	スクリーンプレス ろ加速度	kgDS/h	213	
	スクリーンプレスケーキ含水率	%	81.7	
脱水機運転時間	運転日数	日/週	5	
	運転時間	時間/日	6.5	
乾燥汚泥	含水率	%	20	1) より設定

④ コスト算出条件 (処分費等)

項目	単位	値	出典
電気代	円/kWh	13	
下水汚泥処分費	円/t-wet	14,500	
生ごみ等処分費	円/t-wet	15,000	
乾燥汚泥販売費	円/t-wet	0	無償配布を想定

2) 物質収支計算

汚泥量等の算出 (日平均)

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	事業系 生ごみ等	総合	備考		
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	50.0	6.50	56.50		
b			異物量	a×A	t-wet/日	0.00	0.65			
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	50.00	5.85	55.85	
d				固形物量	c×B	t-DS/日	1.50	1.17	2.67	
e				水分量	c-d	t/日	48.50	4.68	53.18	
f				有機物量	d×C	t-VS/日	1.2	0.94	2.14	
A	計算条件	受入	受入物	異物割合	設定値	%	0	10		
B		消化タンク	投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	3.00	20.00	4.78	
C				有機物濃度 (VS)	設定値	%	80	80		
D				有機物分解率	設定値	%	50	80		
E			ガス発生	消化ガス転化量	設定値	Nm ³ /kg-VS	0.55	0.74		
F				メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739		
G				メタン濃度	設定値	%	60	60		
H		ガス発熱量		F×G	kJ/Nm ³	21,443	21,443			
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	32	32			
K			有効発電率	設定値	%	93	93			
L		脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	81.7	81.7			
M			脱水機回収率	設定値	%	95	95			
N		乾燥設備	乾燥汚泥含水率	設定値	%	20	20			
①		計算結果	消化タンク	分解有機物量	f×D	t-VS/日	0.60	0.75	1.35	
②	消化汚泥			有機物量	f-①	t-VS/日	0.60	0.19	0.79	
③				固形物量	②+ (d-f)	t-DS/日	0.90	0.42	1.32	
④	ガス発生			発生量	f×E×1000	Nm ³ /日	660	696	1,356	
⑤			全熱量	H×④÷1000	MJ/日	14,152	14,924	29,076		
⑥	発電機 (CASE1)		発電量	⑤×I÷3.6	kWh/日	1,258	1,327	2,585		
⑦			有効発電量	⑥×K	kWh/日	1,170	1,234	2,404		
⑧	発電機 (CASE2)		消化ガス使用量	④-⑧	Nm ³ /日			0	④<⑧であるため発電は行わない	
⑨			発電量	⑧×H×I÷(3.6×1,000)	kWh/日			0		
⑩			有効発電量	⑨×K	kWh/日			0		
⑪	脱水機	投入汚泥量	=c	t-wet/日	50.00	5.85	55.85			
⑫		投入汚泥濃度	③÷⑪	%	1.80	7.18	2.36			
⑬		脱水汚泥量	⑫/(1-L)	t-wet/日	4.70	2.19	6.89			
⑭		脱水汚泥固形物量	=③×M	t-DS/日	0.86	0.40	1.26			
⑮		脱水ろ液量	c-⑬	m ³ /日	45.30	4.31	49.61			
⑯		乾燥汚泥量	⑭/(1-N)	m ³ /日	1.08	0.50	1.58			
⑰	乾燥設備	必要熱量	(⑮-⑯)×2,573÷0.6	MJ/日	16,467	7,676	24,143	必要熱量2,573MJ/m ³ , 熱効率60%		
⑱		消化ガス使用量	⑰÷H	Nm ³ /日	768	358	1,126			

汚泥量等の算出 (日最大)

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	家庭系 生ごみ	総合	備考		
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	59.0	8.45	67.45		
b			異物量	a×A	t-wet/日	0.00	0.85			
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	59.00	7.60	66.60	
d				固形物量	c×B	t-DS/日	1.77	1.52	3.29	
e				水分量	c-d	t/日	57.23	6.08	63.31	
f				有機物量	d×C	t-VS/日	1.42	1.22	2.64	
A	計算条件	受入	受入物	異物割合	設定値	%	0	10		
B		消化タンク	投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	3.00	20.00	4.94	
C				有機物濃度 (VS)	設定値	%	80	80		
D				有機物分解率	設定値	%	50	80		
E			ガス発生	消化ガス転化量	設定値	Nm ³ /kg-VS	0.55	0.74		
F				メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739		
G				メタン濃度	設定値	%	60	60		
H		ガス発熱量		F×G	kJ/Nm ³	21,443	21,443			
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	32	32			
K			有効発電率	設定値	%	93	93			
L		脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	82	82			
M			脱水機回収率	設定値	%	95	95			
N		乾燥機	汚泥含水率	設定値	%	20	20			
①		計算結果	消化タンク	分解有機物量	f×D	t-VS/日	0.71	0.98	1.69	
②	消化汚泥			有機物量	f-①	t-VS/日	0.71	0.24	0.95	
③				固形物量	②+ (d-f)	t-DS/日	1.06	0.54	1.60	
④	ガス発生			発生量	f×E×1000	Nm ³ /日	781	903	1,684	
⑤			全熱量	H×④÷1000	MJ/日	16,747	19,363	36,110		
⑥	発電機 (CASE1)		発電量	⑤×I÷3.6	kWh/日	1,489	1,721	3,210		
⑦			有効発電量	⑥×K	kWh/日	1,385	1,601	2,986		
⑧	発電機 (CASE2)		消化ガス使用量	④-⑧	Nm ³ /日			0	④<⑧であるため発電できない	
⑨			発電量	⑧×H×I÷(3.6×1,000)	kWh/日			0		
⑩			有効発電量	⑨×K	kWh/日			0		
⑪	脱水機	投入汚泥量	=c	t-wet/日	59.00	7.60	66.60			
⑫		投入汚泥濃度	③÷⑪	%	1.80	7.11	2.40			
⑬		脱水汚泥量	⑫/(1-L)	t-wet/日	5.52	2.79	8.31			
⑭		脱水汚泥固形物量	=③×M	t-DS/日	1.01	0.51	1.52			
⑮		脱水ろ液量	c-⑬	m ³ /日	53.50	5.70	59.20			
⑯		乾燥汚泥量	⑭/(1-N)	m ³ /日	1.26	0.64	1.90			
⑰	乾燥設備	必要熱量	(⑮-⑯)×2,573÷0.6	MJ/日	19,340	9,777	29,117	必要熱量2,573MJ/m ³ , 熱効率60%		
⑱		消化ガス使用量	⑰÷H	Nm ³ /日	902	456	1,358			

3) 施設容量計算

記号	項目		単位	CASE 0	CASE 1	CASE 2	備考	
a	事業系生ごみ等前処理施設		投入量 = 施設容量	t-wet/日		8.45	8.45	
b	混合設備	条件	投入量	m ³ /日	/	66.60	66.60	
c			貯留時間	日		2	2	
d		施設能力	混合槽容量	m ³		140	140	
e	消化槽	条件	投入量	m ³ /日	59.00	66.60	66.60	
f			投入有機物量	t-VS/日	1.42	2.64	2.64	
g		HRT	日	20	20	20		
h		施設能力	消化槽必要容量	m ³	1,180	1,340	1,340	
i		既設容量	m ³	1,608	1,608	1,608		
j		増設容量	m ³				増設不要	
k		有機物負荷	負荷	kg-VS/m ³ ・日	0.88	1.64	1.64	3.0kg-VS/m ³ ・日以下→OK
l		判定			OK	OK	OK	
m		ガスホルダ	条件	消化ガス発生量	Nm ³ /日	781	1,684	1,684
n				ガスタンク貯留時間	時間	6	6	6
p	施設能力		ガスホルダ必要容量	m ³	200	430	430	
q			既設容量	m ³	1,000	1,000	1,000	
r			増設容量	m ³				増設不要
s			脱硫塔能力	Nm ³ /時		38	38	消化ガス増量分に必要脱硫装置を設置
t	脱水機	条件	投入汚泥固形物量	t-DS/日	1.06	1.60	1.60	
u			回収率	%	95	95	95	
v			ケーキ含水率	%	81.7	81.7	81.7	
w		施設能力	必要能力	t-DS/時	0.23	0.34	0.34	週5日、6.5時間運転
x			既存能力	t-DS/時	0.21	0.21	0.21	
y			増設能力	t-DS/時	-	-	-	増設不要
z			運転時間	時/日	7.02	10.38	10.38	
A		脱水汚泥量 (日最大)	t-wet/日	5.52	8.31	8.31		
B		脱水汚泥量 (日平均)	t-wet/日	4.70	6.89	6.89		
C		乾燥設備	投入量 = 乾燥設備容量	t-wet/日			8.31	

4) 水処理への影響

記号	項目		BOD	T-N	T-P	備考		
a	条件設定	流入水量	m ³ /日	10,000		日平均		
b		流入下水由来	濃度	mg/L	150	48.0	5.00	
c			負荷量	kg/日	1,500	480	50	a × b / 1,000
d		事業系生ごみ等投入に伴う負荷増加量	投入量	t-wet/日	5.9		日平均	
e			原単位	kg/t-wet	0.72	1.44	0.11	2) より設定
f			負荷量	kg/日	4.2	8.4	0.6	d × e
g			負荷量合計 (負荷増加量)	kg/日	4.2	8.4	0.6	f
h		流入水比	%	0.3	1.7	1.2	g / (c+g) × 100	
i		受入前処理水質	mg/L	7.0	20.0	1.50		
j		総合除去率	%	95.3	58.3	70.0	(1-i/b) × 100	
①	計算結果	受入後予想流入水質	mg/L	150	48.8	5.06	b × (1+h/100)	
②		受入後予想処理水質	mg/L	7.1	20.4	1.52	b × (1+h/100) × (1-j/100)	
③		増加送風量	m ³ /分		1.0		2.46 × (0.6 × g _(BOD) + 4.57 × g _(T-N)) × 10 ⁻²	
④		増加送風機動力	kW		1.2		2.83 × (0.6 × g _(BOD) + 4.57 × g _(T-N)) × 10 ⁻²	

5) 経済性評価

			CASE0	CASE1-1	CASE1-2	CASE2	備考		
下水 道 施 設	建設費	事業系生ごみ等前処理施設	土木	百万円	33.29	33.29	33.29	(日最大)	
			建築	百万円	100.81	100.81	100.81	生ごみ搬入量 Q=8.45t-wet/日	
			機械設備	百万円	148.61	148.61	148.61	計量するための費用関数にトラックスケール5百万を計上	
			電気設備	百万円	92.50	92.50	92.50		
			合計	百万円	375.21	375.21	375.21		
		混合設備	土木・建築	百万円	37.56	37.56	37.56	混合槽容量 Q=140.0m3	
			機械設備	百万円	62.48	62.48	62.48		
			電気設備	百万円	12.32	12.32	12.32		
			合計	百万円	112.36	112.36	112.36		
		脱硫塔	機械設備	百万円	14.66	14.66	14.66	消化ガス量 Q=38 Nm3/時 (バイオマス受入に伴う増量分)	
		消化ガス発電設備	機械電気設備	百万円	155.28	155.28		CASE1: 消化ガス量 Q=1684 Nm3/日	
		乾燥設備	土木・建築	百万円			100.19	施設規模 Q=0.31 t-wet/日	
			機械設備	百万円			276.89		
			電気設備	百万円			40.59		
			合計	百万円			417.67		
	建設年価 利率1.0%	事業系生ごみ等前処理施設	土木	百万円/年	0.91	0.91	0.91	耐用年数40年	
			建築	百万円/年	2.76	2.76	2.76	耐用年数40年	
			機械設備	百万円/年	7.41	7.41	7.41	耐用年数20年	
			電気設備	百万円/年	6.00	6.00	6.00	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	17.08	17.08	17.08		
		混合設備	土木・建築	百万円/年	1.03	1.03	1.03	耐用年数40年	
			機械設備	百万円/年	3.12	3.12	3.12	耐用年数20年	
			電気設備	百万円/年	0.80	0.80	0.80	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	4.95	4.95	4.95		
		脱硫塔	建設費	百万円/年	1.39	1.39	1.39	耐用年数10年	
		消化ガス発電設備	機械電気設備	百万円/年	10.08	10.08		耐用年数15年	
		乾燥設備	土木・建築	百万円/年			2.50	耐用年数45年	
			機械設備	百万円/年			26.30	耐用年数10年	
			電気設備	百万円/年			2.60	耐用年数15年	
			合計	百万円/年			31.40		
	建設年価 (補助考慮)	事業系生ごみ等前処理施設	百万円/年	11.39	11.39	11.39	環境省補助 (1/3)		
		混合設備	百万円/年	2.35	2.35	2.35	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)		
		消化ガス発電設備	百万円/年	4.79	10.08		国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3) (CASE1-1のみ)		
		脱硫塔	百万円/年	0.66	0.93	0.66	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)		
		乾燥設備	百万円/年			14.13	国交省補助 (55%)		
	建設費合計	百万円/年	19.19	24.75	28.53				
	運転費	維持管理費	事業系生ごみ等前処理施設	補修費	百万円/年	12.42	12.42	12.42	生ごみ搬入量 Q=6.5t-wet/日
				人件費	百万円/年	6.00	6.00	6.00	維持管理者増員1名分
			混合設備	補修費	百万円/年	1.33	1.33	1.33	混合槽容量 Q=140.0m3
				維持管理費	百万円/年	12.05	15.09	15.09	CASE1, 2: 年間処理汚泥量 Q=97.455t-wet/年 (1%換算値) CASE0: 年間処理汚泥量 Q=54.750t-wet/年 (1%換算値)
			発電設備	補修費	百万円/年	4.32	7.75	7.75	CASE1, 2: 消化ガス量 Q=1356 Nm3/日 CASE0: 消化ガス量 Q=660 Nm3/日
				維持管理費	百万円/年	26.01	38.46	38.46	CASE0の維持管理費を算出し、他のケースは運転時間に比例按分して算出した。 年間処理汚泥量 Q=54.750m3/年 (1%換算値)
			乾燥設備	維持管理費	百万円/年			24.05	年間処理汚泥量 Q=2.515t-wet/年 (消化ガスによる燃料削減分を考慮)
			小計	百万円/年	42.38	81.05	81.05	105.10	
			電気料金	消費電力	生ごみ前処理	MWh/年	212	212	212
混合設備					MWh/年	108	108	108	混合槽容量 Q=140.0m3
水処理送風機		MWh/年			11	11	11		
消化ガス発電		MWh/年			-877			発電量=2.404kWh/日 (場内利用)	
合計		MWh/年			-546	331	331		
料金		百万円/年	-7.10	4.30	4.30	13 円/kWh			
運転費合計		百万円/年	42.38	73.95	85.35	109.40			
汚泥処分費	脱水汚泥等処分費 (異物+脱水汚泥増加分)	百万円/年	24.87	40.02	40.02	3.56	14,500円/t-wet		
バイオマス受入、乾燥汚泥売却費	事業系生ごみ等受入費	百万円/年		-35.59	-35.59	-35.59	15,000円/t-wet		
	乾燥汚泥売却益	百万円/年					0円/t-wet (無償配布)		
小計	百万円/年		-35.59	-35.59	-35.59				
売電	消化ガス発電	電力量	MWh/年		-833		CASE1-1: 発電量=2,404kWh/日 (FIT売電) から攪拌機等電力量を差し引く		
		料金	百万円/年		-32.49		39 円/kWh		
下水道施設合計	百万円/年	67.25	97.57	82.04	105.90				
ごみ 処 理 施 設 等	建設費	ごみ処理施設	土木・建築	百万円	1,047.58	941.13	941.13	全体の25%と設定	
			機械・電気	百万円	3,142.74	2,823.40	2,823.40	全体の75%と設定	
			合計	百万円	4,190.32	3,764.53	3,764.53	CASE0は既設同容量の70t-wet/日を更新するものとし、CASE1,2は生ごみを差し引いた69.19t-wet/日で更新するものとした。	
	建設年価 利率1.0%	ごみ処理施設	土木・建築	百万円/年	26.12	23.47	23.47	耐用年数45年	
			機械・電気	百万円/年	204.00	183.27	183.27	耐用年数15年	
			合計	百万円/年	230.12	206.74	206.74		
	運転費	ごみ処理施設	差額	百万円/年	23.38			費用が大きいため差額のみ計上した。	
			処理費	百万円/年	35.59			15,000円/t-wet	
	合計	百万円/年	35.59						
	ごみ等処分費	事業系生ごみ等処分費	処分費合計	百万円/年		35.59	35.59		
ごみ処理施設等合計			百万円/年	58.97	35.59	35.59			
合計値			百万円/年	126.22	133.16	117.63	141.49		
CASE0との差額	百万円/年	-	6.94	-8.59	15.27				

6) 温室効果ガス排出量

		算出方法	CASE0	CASE1-1	CASE1-2	CASE2	備考		
下水道施設	電力	生ごみ前処理	MWh/年	費用開数	212	212	212	生ごみ搬入量Q=6.5t-wet/日	
		混合設備	MWh/年	費用開数	108	108	108	混合槽容量Q=140.0m3	
		水処理送風機	MWh/年	計算により	11	11	11		
		消化工程	MWh/年	5.3kWh/t-wet	97	109	109	CASE0:50t-wet/日, CASE1,2:56.5t-wet/日	
		脱水工程	MWh/年	20.0kWh/t-wet	34	50	50	CASE0:4.7t-wet/日, CASE1,2:6.89t-wet/日	
		乾燥工程	MWh/年	129.0kWh/t-wet			324	脱水汚泥Q=6.89t-wet/日	
		小計	MWh/年	131	490	490	814		
			t-CO ₂ /年	0.587kg-CO ₂ /kWh	77	288	288	478	
	発電	消化ガス発電	MWh/年	発電量より算出		-877	-877		CASE1:発電量=2.404kWh/日
		小計	t-CO ₂ /年	0.587kg-CO ₂ /kWh		-515	-515		
	処理プロセス	乾燥工程	kg-N ₂ O/年	0.0184kg-N ₂ O/t-wet				46.27	脱水汚泥Q=6.89t-wet/日
		小計	t-CO ₂ /年	298倍				14	
	汚泥処分 (堆肥化)	堆肥化 (CH ₄)	t-CH ₄ /年	4kg-CH ₄ /t-wet	6.86	10.06	10.06		CASE0:4.7t-wet/日, CASE1,2:6.89t-wet/日
			t-CH ₄ /年		6.86	10.06	10.06		
		CH ₄ 小計	t-CO ₂ /年	25倍	172	252	252		
t-CH ₄ /年			0.3kg-N ₂ O/t-wet	0.51	0.75	0.75		CASE0:4.7t-wet/日, CASE1,2:6.89t-wet/日	
N ₂ O小計		t-CH ₄ /年		0.51	0.75	0.75			
		t-CO ₂ /年	298倍	152	224	224			
汚泥処分合計		t-CO ₂ /年	324	476	476				
下水道施設合計		t-CO ₂ /年	401	249	249	492			
ごみ処理施設等	燃料	ごみ処理施設	kl/年	51.3L/t-wet	122			生ごみ搬入量Q=6.5t-wet/日	
			t-CO ₂ /年	2.71kg-CO ₂ /L	331				
	処理プロセス	ごみ処理施設 (CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.00095kg-CH ₄ /t-wet	0.00				CASE0:6.5t-wet/日
			t-CH ₄ /年		0.00				
		CH ₄ 小計	t-CO ₂ /年	25倍	0				
			t-CH ₄ /年	0.0567kg-N ₂ O/t-wet	0.13				CASE0:6.5t-wet/日
		N ₂ O小計	t-CH ₄ /年		0.13				
			t-CO ₂ /年	298倍	39				
	処理プロセス合計		t-CO ₂ /年	39					
	ごみ処理施設等合計		t-CO ₂ /年	370					
合計値		t-CO ₂ /年	771	249	249	492			
CASE0との差		t-CO ₂ /年	-	-522	-522	-279			

1-6. D市検討事例

(1) 検討ケース

検討ケースとしてはバイオマス資源の有効活用が図れる「消化ガス発電」「肥料化（乾燥設備）」を行うことを基本に表資1-9に示す4案を検討した。

表資1-9 D市の検討ケース

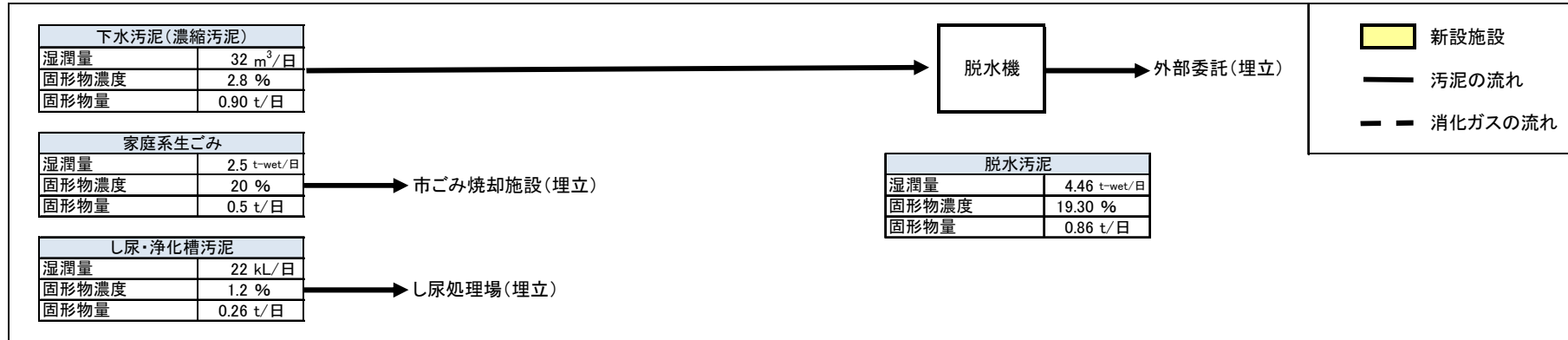
設定ケース	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
概要	ベース案	消化ガス発電 (場内利用)	消化ガス発電 (FIT売電)	乾燥
バイオマス受入	無	有	有	有
消化槽	無	有 (高効率高温消化)	有 (高効率高温消化)	有 (高効率高温消化)
消化ガス発電	無	有(場内利用)	有(FIT売電)	無
乾燥設備	無	無	無	有

※消化槽は消化日数を短くすることによりコスト縮減が見込まれる「高効率高温消化(担体投入メタン発酵技術)」とする。

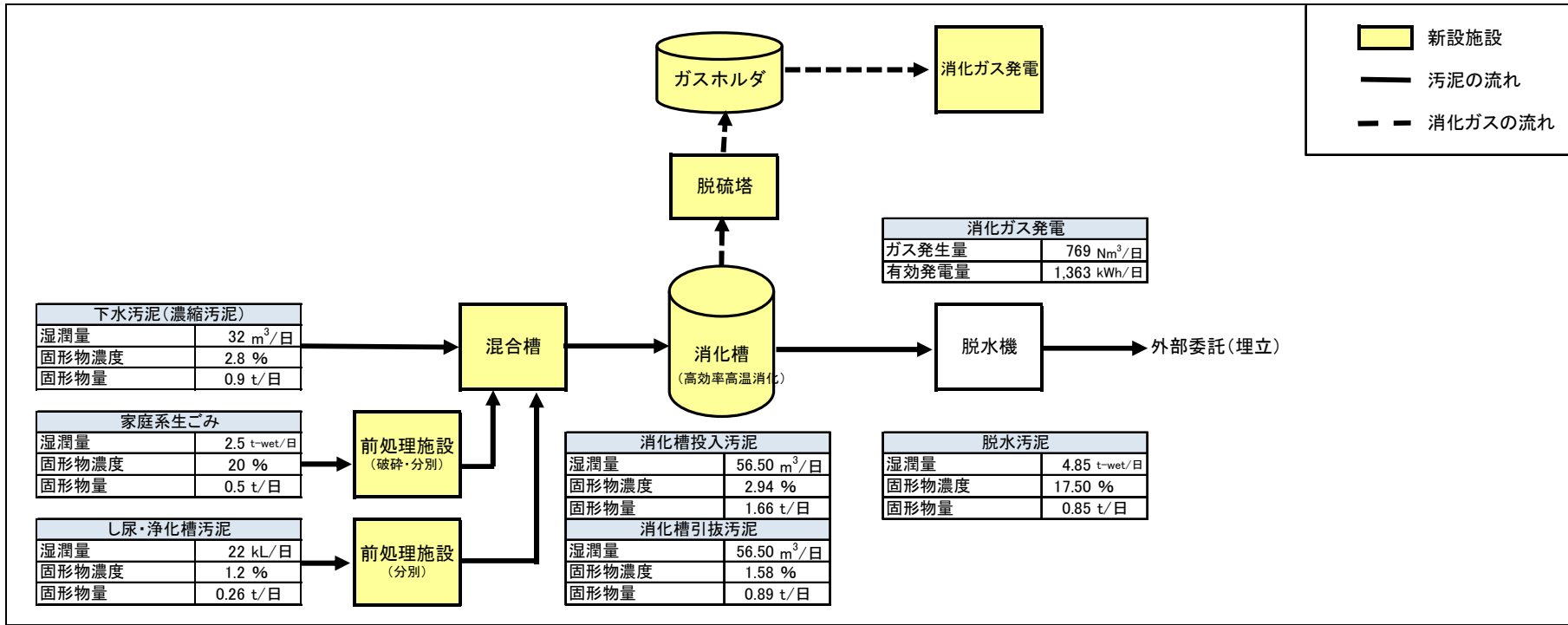
※CASE 2は発生した消化ガスを乾燥設備で使用するため、消化ガス発電は行わないものとする。

(2) 検討ケースの収支フロー

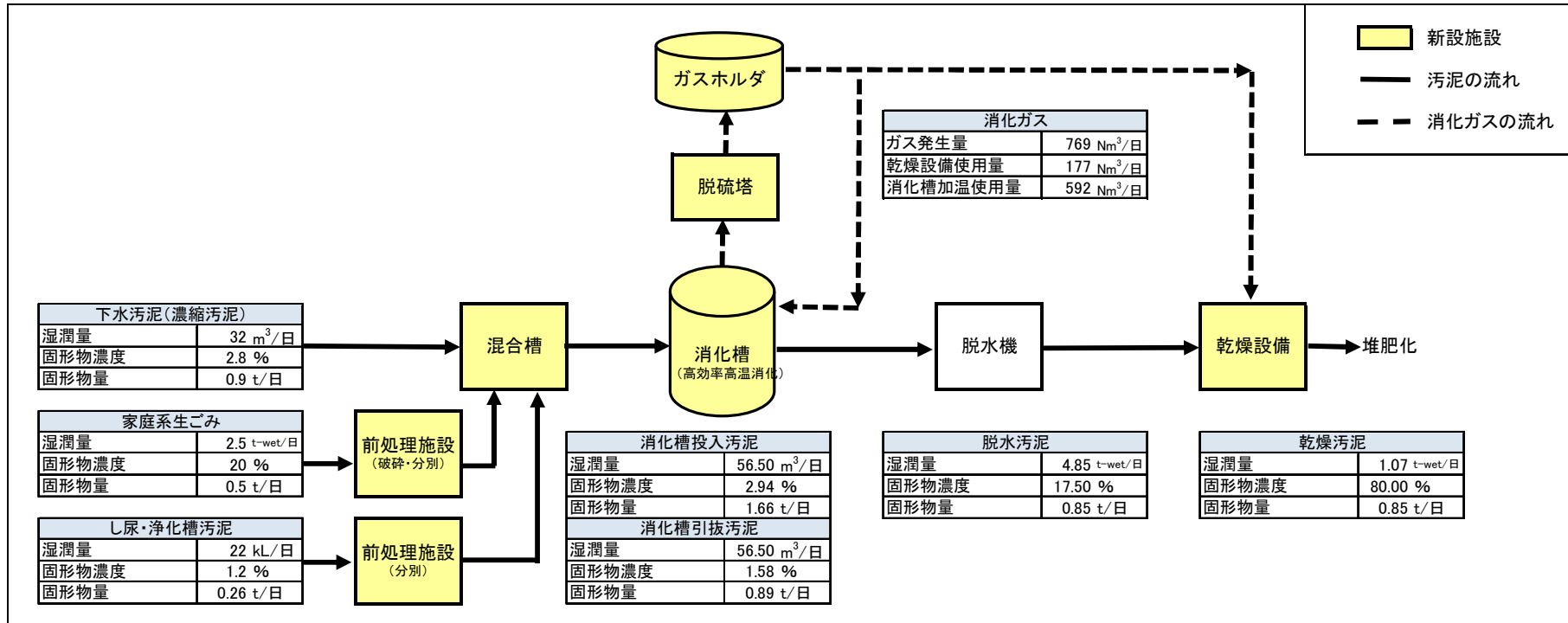
CASE 0 (ベース案)



CASE 1 (消化ガス発電)



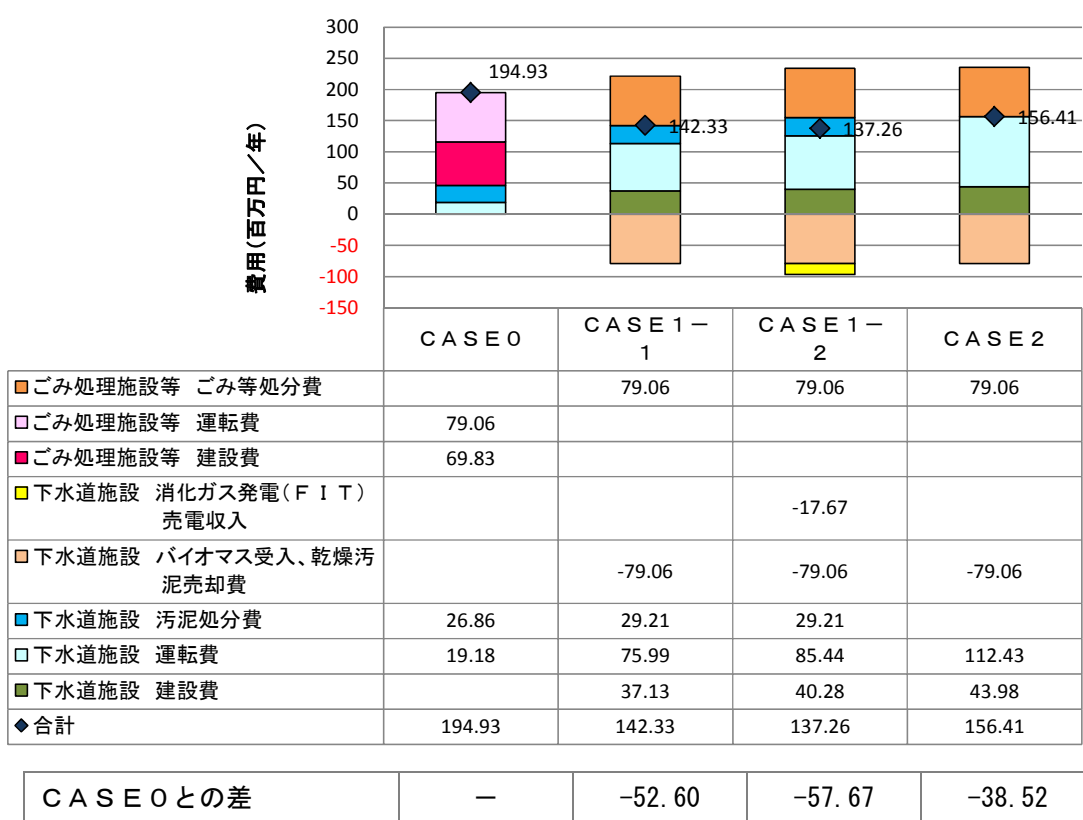
CASE 2 (乾燥)



(3) 経済性

- 事業規模は小さいが、し尿処理場廃止による費用削減効果が大きく、地域バイオマスを受け入れる全ての案で「CASE 0 ベース案」よりも経済的となった。
- 消化ガス発電による売電収益が大きいため、「CASE 1-2 消化ガス発電 (FIT 売電)」が最も経済的となった。
- 事業規模が小さいことから、スケールメリットが得られにくく、施設の多い「CASE 2 乾燥」は「CASE 1-1 消化ガス発電 (場内利用)」よりも不利となった。

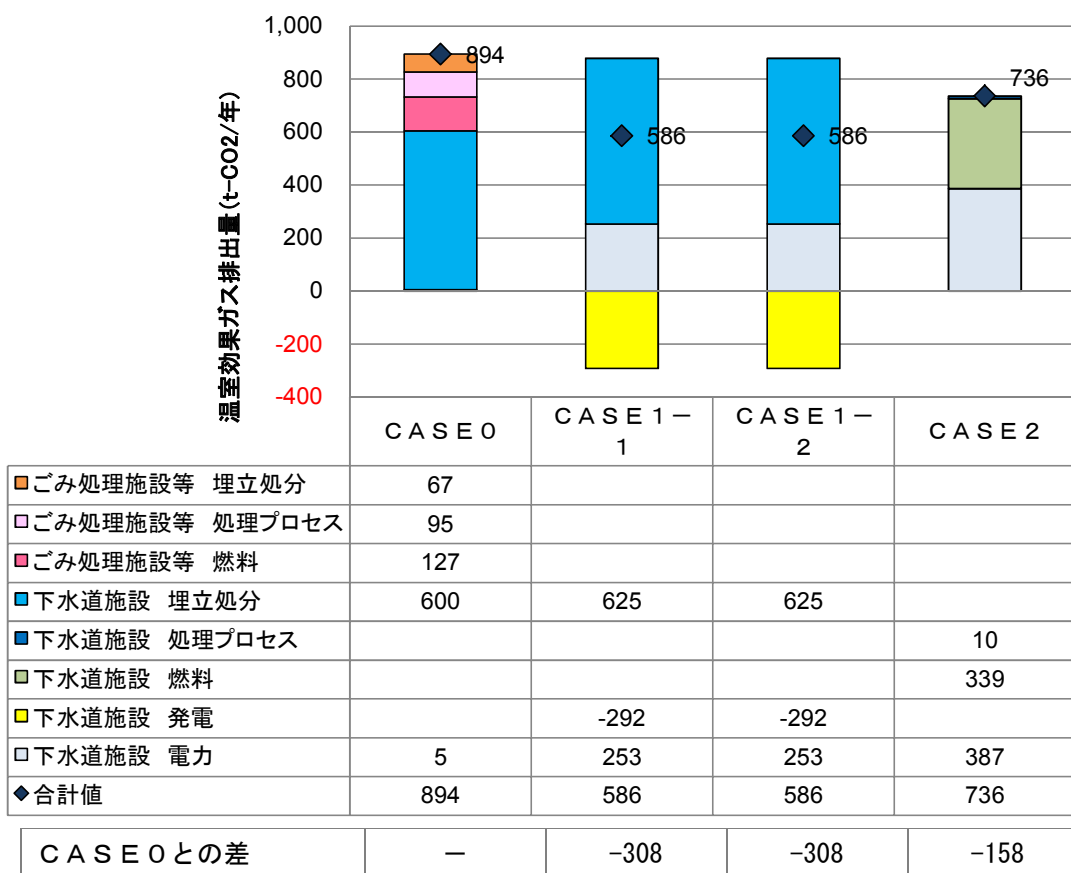
経済性



(4) 温室効果ガス排出量削減効果

- 消化ガス発電による温室効果ガス削減量が大きいことから、「CASE 1 消化ガス発電」の温室効果ガス排出量が最も少なかった。
- 「CASE 2 乾燥」は汚泥処分で排出する温室効果ガスはないものの、消化ガス発電を行うことが出来ないため、「CASE 1 消化ガス発電」よりも温室効果ガス発生量が多くなった。

温室効果ガス排出量削減効果



(5) D市検討結果のまとめ

- 事業規模は小さいが、し尿処理場廃止による費用削減効果が大きく、地域バイオマスを受け入れる全ての案で「CASE 0 ベース案」よりも経済的となった。
- 消化ガス発電による売電収益が大きいため、「CASE 1-2 消化ガス発電 (FIT 売電)」が最も経済的となった。
- 事業規模が小さいことから、スケールメリットが得られにくく、施設の多い「CASE 2 乾燥」は「CASE 1-1 消化ガス発電 (場内利用)」よりも不利となった。
- 消化ガス発電による温室効果ガス削減量が大きいことから、「CASE 1 消化ガス発電」の温室効果ガス排出量が最も少なかった。
- 「CASE 2 乾燥」は汚泥処分で排出する温室効果ガスはないものの、消化ガス発電を行うことが出来ないため、「CASE 1 消化ガス発電」よりも温室効果ガス発生量が多くなった。

表資 1-10 D市の検討結果

設定ケース	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2
概要	ベース案	消化ガス発電 (場内利用)	消化ガス発電 (FIT 売電)	乾燥
バイオマス受入	無	有	有	有
消化槽	無	有	有	有
消化ガス発電	無	有 (場内利用)	有 (FIT 売電)	無
乾燥設備	無	無	無	有
経済性 (百万円/年)	194.93 (④)	142.33 (②)	137.26 (①)	156.41 (③)
温室効果ガス (t-CO ₂ /年)	894 (④)	586 (①)	586 (①)	736 (③)
CO ₂ 削減単価 (万円/t-CO ₂)	—	37.6	4.5	—

※ () は順位を示す。

※CO₂削減単価は、補助を考慮しない経済性が最も安価な案 (CASE2) に対する差額を GHG の差で除した値。最も経済性が安価な案に対して GHG が同等以上のものは算出出来ない。

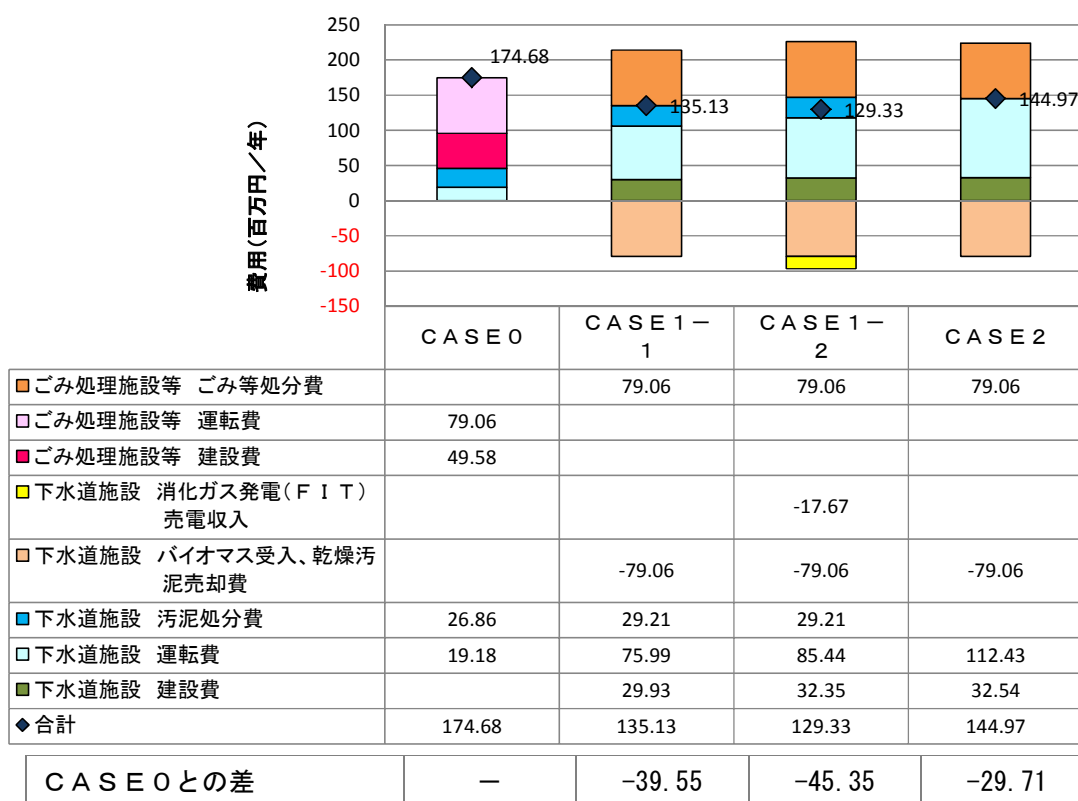
(6) 想定使用年数で算出した場合【参考】

経済性の算出において使用年数は標準耐用年数を用いているが、想定使用年数※を用いた場合の経済性を参考として示す。

D市では、各案とも建設費の割合が大きいため、想定使用年数を用いても標準耐用年数を用いた場合と大きな差は生じなかった。

※ 想定使用年数は実際に改築を行うと想定されるまでの年数。実績等を踏まえ適切に設定する必要がある。

経済性



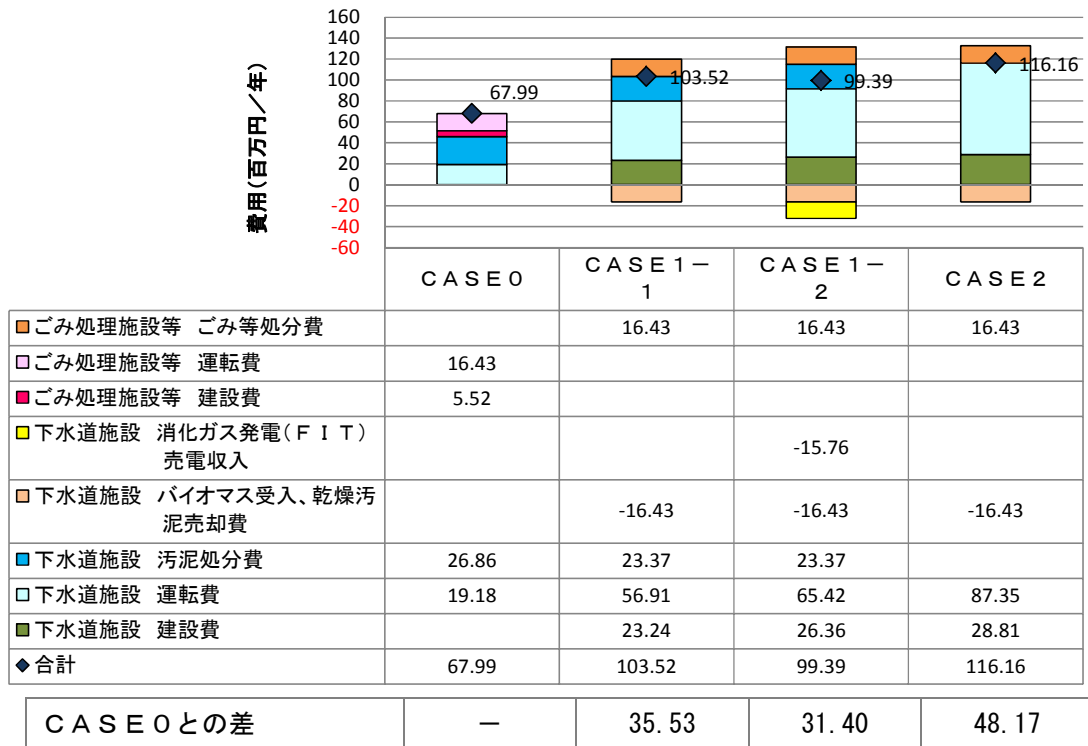
(7) D市, し尿等の受入れがない場合【参考】

D市においてし尿等の受入れがない場合, し尿処理場廃止に伴う費用削減効果(約58百万円/年)を得ることが出来ず, 地域バイオマスを受入れない方が経済的という結果となる。

小規模処理場では, し尿処理場廃止を伴う事業であるかが, 事業採算性を高める重要な要素である。

経済性

※し尿等受入れなし



(8) 算出根拠

1) 算出条件

① 下水処理場概要

項目		単位	値
水処理	処理方式	標準活性汚泥法	
	流入水量(日平均)	m ³ /日	6,000
	流入BOD	mg/L	150
	流出BOD	mg/L	5
	流入T-N	mg/L	40
	流出T-N	mg/L	10
	流入T-P	mg/L	5
	流出T-P	mg/L	1.5
汚泥処理	処理方式	重力濃縮 → 脱水 → 場外搬出(埋立処分)	
	既設脱水機	ベルトプレス脱水機 ろ布巾1.5m × 1台	
		回転加圧脱水機 φ1200 × 2ch(3m ²) × 1台	

② バイオマス賦存量及び性状

項目	単位	値	出典	
下水汚泥(濃縮汚泥)	湿潤量(日平均)	m ³ /日	32	
	湿潤量(日最大)	m ³ /日	37.4	
	固形物濃度	%	2.8	
	有機分率	%	80	3) より設定
	有機物分解率	%	50	1) より設定
	ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.55	1) より設定
家庭系生ごみ	湿潤量(日平均)	t-wet/日	2.5	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	3.3	
	異物量	%	0	
	固形物濃度	%	20	2) より設定
	有機分率	%	80	2) より設定
	有機物分解率	%	80	2) より設定
し尿	ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.74	2) より設定
	湿潤量(日平均)	t-wet/日	7	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	8.1	
	異物量	%	0	
	固形物濃度	%	1.5	2) より設定
	有機分率	%	60	2) より設定
浄化槽汚泥	有機物分解率	%	50	2) より設定
	ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.5	2) より設定
	湿潤量(日平均)	t-wet/日	15	
	湿潤量(日最大)	t-wet/日	17.3	
	異物量	%	0	
	固形物濃度	%	1.0	2) より設定
	有機分率	%	80	2) より設定
	有機物分解率	%	40	2) より設定
	有機物分解率	%	40	2) より設定
	ガス転化量	Nm ³ /kg-VS	0.35	2) より設定

③施設能力

項目	単位	値	出典	
混合設備	貯留時間	日	2	2)より設定
消化槽	HRT	日	5	2)より設定
消化ガス発電設備	発電効率	%	32	25kWガス発電機効率
	有効発電率	%	93	2)より設定
ガスホルダ	貯留時間	時間	6	11)より設定
汚泥脱水機(消化汚泥)	回転加圧ろ加速度	kgDS/m ² ・h	37	7)より設定
	ベルトプレスろ加速度	kgDS/m・h	70	3)より設定
	回転加圧ケーキ含水率	%	82	7)より設定
	ベルトプレスケーキ含水率	%	83	3)より設定
	含水率(平均)	%	82.5	回転加圧とベルトプレスの能力割合按分した平均値
汚泥脱水機(未消化汚泥)	回転加圧ろ加速度	kgDS/m ² ・h	60	3)より設定
	ベルトプレスろ加速度	kgDS/m・h	90	3)より設定
	回転加圧ケーキ含水率	%	79	3)より設定
	ベルトプレスケーキ含水率	%	83	3)より設定
	含水率(平均)	%	80.7	回転加圧とベルトプレスの能力割合按分した平均値
脱水機運転時間	運転日数	日/週	5	
	運転時間	時間/日	6	
乾燥汚泥	含水率	%	20	1)より設定

※消化槽は担体充填を行う高効率高温消化技術。

④コスト算出条件(処分費等)

項目	単位	値	出典
電気代	円/kWh	19	
下水汚泥処分費	円/t-wet	16,500	
ごみ処分費	円/t-wet	18,000	
し尿・浄化槽汚泥処分費	円/t-wet	7,800	
乾燥汚泥販売費	円/t-wet	0	無償配布を想定

2) 物質収支計算

汚泥量等の算出 (日平均)

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	家庭系生ごみ	し尿	浄化槽汚泥	総合	備考	
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	32.0	2.50	7.00	15.00	56.50	
b			異物量	a × A	t-wet/日	0.0	0.0	0.0	0.0		
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	32.0	2.50	7.00	15.00	56.50
d				固形物量	c × B	t-DS/日	0.9	0.5	0.11	0.15	1.66
e				水分量	c-d	t/日	31.10	2.00	6.89	14.85	54.84
f				有機物量	d × C	t-VS/日	0.72	0.4	0.07	0.12	1.31
A	計算条件	受入	異物割合	設定値	%	0	0	0	0		
B			投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	2.8	20.0	1.5	1.0	2.94
C		有機物濃度 (VS)		設定値	%	80.0	80.0	60.0	80.0		
D		有機物分解率		設定値	%	50	80	50	40		
E		ガス発生		消化ガス転化量	設定値	Nm ³ /kg-VS	0.55	0.74	0.5	0.35	
F			メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739	35,739	35,739		
G			メタン濃度	設定値	%	60	60	60	60		
H			ガス発熱量	F × G	kJ/Nm ³	21,443	21,443	21,443	21,443		
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	32	32	32	32		
K			有効発電率	設定値	%	93	93	93	93		
L		脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	82.5	82.5	82.5	82.5		
M			脱水機回収率	設定値	%	95	95	95	95		
N		乾燥設備	乾燥汚泥含水率	設定値	%	20	20	20	20		
①		計算結果	消化タンク	分解有機物量	f × D	t-VS/日	0.36	0.32	0.04	0.05	0.77
②	消化汚泥			有機物量	f - ①	t-VS/日	0.36	0.08	0.03	0.07	0.54
③	固形物量			② + (d-f)	t-DS/日	0.54	0.18	0.07	0.1	0.89	
④	ガス発生			発生量	f × E × 1000	Nm ³ /日	396	296	35	42	769
⑤			全熱量	H × ④ ÷ 1000	MJ/日	8,491	6,347	751	901	16,490	
⑥	発電機 (CASE1)		発電量	⑤ × I ÷ 3.6	kWh/日	755	564	67	80	1,466	
⑦			有効発電量	⑥ × K	kWh/日	702	525	62	74	1,363	
⑧	発電機 (CASE2)		消化ガス使用量 (消化槽加温)	c × (55-20) × 4.2 ÷ 1.3 ÷ (H × 0.85)	Nm ³ /日	336	26	73	157	592	
⑨			消化ガス使用量 (乾燥設備)	④ - ⑧	Nm ³ /日	60	270	-38	-115	177	
⑩	脱水機		発電量	⑨ × H ÷ 1 ÷ (3.6 × 1,000)	kWh/日					0	
⑪			有効発電量	⑩ × K	kWh/日					0	
⑫	乾燥設備		投入汚泥量	=c	t-wet/日	32.00	2.50	7.00	15.00	56.50	
⑬			投入汚泥濃度	③ ÷ ⑪	%	1.69	7.20	1.00	0.67	1.58	
⑭			脱水汚泥量	⑫ / (1-L)	t-wet/日	2.91	0.97	0.40	0.57	4.85	
⑮			脱水汚泥固形物量	=③ × M	t-DS/日	0.51	0.17	0.07	0.10	0.85	
⑯	乾燥設備		脱水ろ液量	c - ⑮	m ³ /日	29.10	1.50	6.60	14.40	51.60	
⑰			乾燥汚泥量	⑭ / (1-N)	m ³ /日	0.64	0.21	0.09	0.13	1.07	
⑱	必要熱量		⑰ - ⑯) × 2,573 ÷ 0.6	MJ/日	10,292	3,431	1,415	2,016	17,154	必要熱量 2,573MJ/m ³ , 熱効率60%	
⑲	消化ガス使用量	⑰ ÷ H	Nm ³ /日	480	160	66	94	800			

汚泥量等の算出 (日最大)

記号	項目		根拠	単位	下水汚泥	家庭系生ごみ	し尿	浄化槽汚泥	総合	備考	
a	受入条件	受入	搬入量	設定値	t-wet/日	37.4	3.30	8.10	17.30	66.10	
b			異物量	a × A	t-wet/日	0.0	0.0	0.0	0.0		
c		消化タンク	投入物	湿重量	a-b	t-wet/日	37.40	3.30	8.10	17.30	66.10
d				固形物量	c × B	t-DS/日	1.05	0.66	0.12	0.17	2.00
e				水分量	c-d	t/日	36.35	2.64	7.98	17.13	64.10
f				有機物量	d × C	t-VS/日	0.84	0.53	0.07	0.14	1.58
A	計算条件	受入	異物割合	設定値	%	0	0	0	0		
B			投入物	固形物濃度 (TS)	設定値	%-TS	2.8	20.0	1.5	1.0	3.03
C		有機物濃度 (VS)		設定値	%	80.0	80.0	60.0	80.0		
D		有機物分解率		設定値	%	50	80	50	40		
E		ガス発生		消化ガス転化量	設定値	Nm ³ /kg-VS	0.55	0.74	0.5	0.35	
F			メタンガス低位発熱量	一般値	kJ/Nm ³	35,739	35,739	35,739	35,739		
G			メタン濃度	設定値	%	60	60	60	60		
H			ガス発熱量	F × G	kJ/Nm ³	21,443	21,443	21,443	21,443		
I		発電機	発電効率 (発電端)	設定値	%	32	32	32	32		
K			有効発電率	設定値	%	93	93	93	93		
L		脱水機	脱水汚泥含水率	設定値	%	82.5	82.5	82.5	82.5		
M			脱水機回収率	設定値	%	95	95	95	95		
N		乾燥設備	汚泥含水率	設定値	%	20	20	20	20		
①		計算結果	消化タンク	分解有機物量	f × D	t-VS/日	0.42	0.42	0.04	0.06	0.94
②	消化汚泥			有機物量	f - ①	t-VS/日	0.42	0.11	0.03	0.08	0.64
③	固形物量			② + (d-f)	t-DS/日	0.63	0.24	0.08	0.11	1.06	
④	ガス発生			発生量	f × E × 1000	Nm ³ /日	462	392	35	49	938
⑤			全熱量	H × ④ ÷ 1000	MJ/日	9,907	8,406	751	1,051	20,115	
⑥	発電機 (CASE1)		発電量	⑤ × I ÷ 3.6	kWh/日	881	747	67	93	1,788	
⑦			有効発電量	⑥ × K	kWh/日	819	695	62	86	1,662	
⑧	発電機 (CASE2)		消化ガス使用量 (消化槽加温)	c × (55-20) × 4.2 ÷ 1.3 ÷ (H × 0.85)	Nm ³ /日	392	35	85	181	693	
⑨			消化ガス使用量 (乾燥設備)	④ - ⑧	Nm ³ /日	70	357	-50	-132	245	
⑩	脱水機		発電量	⑨ × H ÷ 1 ÷ (3.6 × 1,000)	kWh/日					0	
⑪			有効発電量	⑩ × K	kWh/日					0	
⑫	乾燥設備		投入汚泥量	=c	t-wet/日	37.40	3.30	8.10	17.30	66.10	
⑬			投入汚泥濃度	③ ÷ ⑪	%	1.68	7.27	0.99	0.64	1.60	
⑭			脱水汚泥量	⑫ / (1-L)	t-wet/日	3.43	1.31	0.46	0.57	5.77	
⑮			脱水汚泥固形物量	=③ × M	t-DS/日	0.60	0.23	0.08	0.10	1.01	
⑯	乾燥設備		脱水ろ液量	c - ⑮	m ³ /日	34.00	2.00	7.60	16.70	60.30	
⑰			乾燥汚泥量	⑭ / (1-N)	m ³ /日	0.75	0.29	0.10	0.13	1.27	
⑱	必要熱量		⑰ - ⑯) × 2,573 ÷ 0.6	MJ/日	12,136	4,631	1,630	2,016	20,413	必要熱量 2,573MJ/m ³ , 熱効率60%	
⑲	消化ガス使用量	⑰ ÷ H	Nm ³ /日	566	216	76	94	952			

3) 施設容量計算

記号	項目		単位	CASE 0	CASE 1	CASE 2	備考
a	家庭系生ごみ前処理施設	投入量 = 施設容量	t-wet/日		3.30	3.30	
b	し尿等前処理施設	投入量 = 施設容量	kL/日		25.40	25.40	
c	混合設備	条件	投入量	m ³ /日	66.10	66.10	
d		貯留時間	日	2	2		
e		施設能力	混合槽容量	m ³	140	140	
f	消化槽	条件	投入量	m ³ /日	66.10	66.10	
g		投入有機物量	t-VS/日	1.58	1.58		
h		HRT	日	5	5		
i		施設能力	消化槽必要容量	m ³	340	340	
j		既設容量	m ³	0	0		
k		増設容量	m ³	340	340		
l		有機物負荷	負荷	kg-VS/m ³ ・日	4.65	4.65	10.0kg-VS/m ³ ・日以下→OK
m		判定			OK	OK	
n	ガスホルダ・脱硫塔・消化ガス発電	条件	消化ガス発生量	Nm ³ /日	938	938	
o		ガスタンク貯留時間	時間	6	6		
p		発電効率	%	32	32		
q		施設能力	ガスホルダ容量	m ³	240	240	
r		脱硫塔能力	Nm ³ /時	40	40		
s		消化ガス発電機容量	kW	74		使用ガス量×ガス発熱量21.4MJ/Nm ³ ×0.7(24×3.6)	
t		投入汚泥固形物量	t-DS/日	1.05	1.06	1.06	
u	回収率	%	95	95	95		
v	ケーキ含水率	%	80.7	82.5	82.5		
w	脱水機	条件	必要能力	t-DS/時	0.25	0.25	週5日6時間運転
x		施設能力	既存能力	t-DS/時	0.32	0.22	0.22
y		増設能力	t-DS/時	-	-	-	増設不要
z		運転時間	時/日	4.59	6.75	6.75	
A		脱水汚泥量(日最大)	t-wet/日	5.17	5.77	5.77	
B	脱水汚泥量(日平均)	t-wet/日	4.46	4.85	4.85		
C	乾燥設備	投入量 = 乾燥設備容量	t-wet/日			1.27	

4) 水処理への影響

記号	項目		BOD	T-N	T-P	備考
a	流入水量	濃度	6.000			日平均
b		濃度	150	40	5.00	
c	流入下水由来	負荷量	900	240	30	a×b/1,000
d		脱水量	29.10			下水分
e	消化導入に伴う負荷増加量	濃度	-	700	30	2)より設定
f		負荷量	-	20	0.9	d×e/1,000
g	家庭系生ごみ投入に伴う負荷増加量	投入量	2.5			日平均
h		原単位	0.72	1.44	0.11	2)より設定
i		負荷量	1.8	3.6	0.3	
j	し尿投入に伴う負荷増加量	投入量	7.00			
k		原単位	0.72	1.44	0.11	
l		負荷量	5.0	10.1	0.77	
j	浄化槽汚泥投入に伴う負荷増加量	投入量	15.00			
k		原単位	0.72	1.44	0.11	
l		負荷量	10.8	21.6	1.65	
m	負荷量合計(負荷増加量)		6.8	33.7	2.0	f+i+l
n	流入水比		0.7	12.3	6.2	m/(c+m)×100
o	受入前処理水質		5.0	10	1.50	
p	総合除去率		96.7	75.0	70.0	(1-o/b)×100
①	計算結果	受入後予想流入水質	151	45	5.3	b×(1+n/100)
②		受入後予想処理水質	5	11.2	1.59	b×(1+n/100)×(1-p/100)
③		増加送風量	3.9			2.46×(0.6×m _(BOD) +4.57×m _(T-N))×10 ⁻²
④		増加送風機動力	4.5			2.83×(0.6×m _(BOD) +4.57×m _(T-N))×10 ⁻²

5) 経済性評価

			CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2	備考				
下水道施設	建設費	家庭系生ごみ前処理施設	土木	百万円		42.84	42.84	42.84	(日最大) 生ごみ搬入量 Q=3.3t-wet/日 計量するための費用関数にトラックスケール5百万を計上		
			建築	百万円		119.64	119.64	119.64			
			機械設備	百万円		187.17	187.17	187.17			
			電気設備	百万円		57.16	57.16	57.16			
		合計	百万円		406.81	406.81	406.81				
		し尿等前処理施設	土木・建築	百万円		175.87	175.87	175.87		し尿等搬入量 Q=25.4m3	
			機械設備	百万円		270.16	270.16	270.16			
			電気設備	百万円		81.01	81.01	81.01			
			合計	百万円		527.04	527.04	527.04			
		混合設備	土木・建築	百万円		37.56	37.56	37.56		混合槽容量 Q=140m3	
			機械設備	百万円		62.48	62.48	62.48			
			電気設備	百万円		12.32	12.32	12.32			
			合計	百万円		112.36	112.36	112.36			
		消化設備	土木・建築	百万円		85.00	85.00	85.00		消化槽容量 Q=340m3 メーカーヒアリング	
	機械設備		百万円		213.00	213.00	213.00				
	合計		百万円		298.00	298.00	298.00				
	ガスホルダ	建設費	百万円		119.54	119.54	119.54	貯留容量 Q=240m3 処理能力量 Q=40 Nm3/h			
		脱硫酸	百万円		15.24	15.24	15.24				
	消化ガス発電設備	機械電気設備	百万円		97.33	97.33		消化ガス量 Q=938 Nm3/日 施設規模 Q=5.77 t-wet/日			
		乾燥設備	土木・建築	百万円			71.08				
	乾燥設備	土木・建築	百万円				194.30				
		機械設備	百万円				30.22				
		電気設備	百万円				295.60				
		合計	百万円				295.60				
	建設年価 利率1.0%	家庭系生ごみ前処理施設	土木	百万円/年		1.17	1.17	1.17	耐用年数40年		
			建築	百万円/年		3.28	3.28	3.28			
			機械設備	百万円/年		6.93	6.93	6.93			
			電気設備	百万円/年		2.62	2.62	2.62			
		合計	百万円/年		14.00	14.00	14.00				
		し尿等前処理施設	土木・建築	百万円/年		3.52	3.52	3.52	耐用年数40年		
			機械設備	百万円/年		10.00	10.00	10.00			
			電気設備	百万円/年		3.71	3.71	3.71			
			合計	百万円/年		17.23	17.23	17.23			
		混合設備	土木・建築	百万円/年		0.75	0.75	0.75	耐用年数40年		
			機械設備	百万円/年		2.31	2.31	2.31			
			電気設備	百万円/年		0.56	0.56	0.56			
			合計	百万円/年		3.62	3.62	3.62			
		消化設備	土木・建築	百万円/年		2.12	2.12	2.12	耐用年数45年		
	機械設備		百万円/年		13.83	13.83	13.83				
	合計		百万円/年		15.95	15.95	15.95				
ガスホルダ	建設費	百万円/年		5.52	5.52	5.52	耐用年数15年				
	脱硫酸	百万円/年		0.99	0.99	0.99					
消化ガス発電設備	機械電気設備	百万円/年		6.32	6.32		耐用年数15年				
	乾燥設備	土木・建築	百万円/年			1.77					
乾燥設備	土木・建築	百万円/年				18.50	耐用年数10年				
	機械設備	百万円/年				2.00					
	電気設備	百万円/年				22.27					
	合計	百万円/年				22.27					
建設年価 (補助考慮)	建設費合計	百万円/年		37.13	40.28	43.98					
		家庭系生ごみ前処理施設	百万円/年		9.33	9.33	9.33	環境省補助 (1/3)			
		し尿等前処理施設	百万円/年		11.54	11.54	11.54	環境省補助 (1/3)			
		混合設備	百万円/年		1.82	1.82	1.82	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)			
		消化設備	百万円/年		8.00	8.00	8.00	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)			
		ガスホルダ	百万円/年		2.77	2.77	2.77	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)			
		脱硫酸	百万円/年		0.50	0.50	0.50	国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3)			
		消化ガス発電設備	百万円/年		3.17	6.32		国交省補助 (55%)、環境省補助 (1/3) CASE1-1のみ			
		乾燥設備	百万円/年				10.02	国交省補助 (55%)			
		建設費合計	百万円/年		37.13	40.28	43.98				
		運転費	維持管理費	家庭系生ごみ前処理施設	補修費	百万円/年		9.65	9.65	9.65	生ごみ搬入量 Q=2.5t-wet/日
				し尿等前処理施設	補修費	百万円/年		5.57	5.57	5.57	し尿等搬入量 Q=22.0kL/日
				全前処理施設	人件費	百万円/年		6.00	6.00	6.00	維持管理者増員1名分
				混合設備	補修費	百万円/年		1.33	1.33	1.33	混合槽容量 Q=140.0m3
消化設備	維持管理費			百万円/年		4.42	4.42	4.42	消化槽容量 Q=340m3		
ガスホルダ	補修費			百万円/年		1.50	1.50	1.50	ガスホルダ容量 Q=240m3		
脱硫酸	補修費			百万円/年		1.40	1.40	1.40	脱硫酸設備容量 Q=40m3/h		
発電設備	補修費			百万円/年		4.89	4.89	4.89	消化ガス量 Q=769 Nm3/日		
脱水設備	維持管理費			百万円/年	19.18	28.16	28.16	28.16	CASE0の維持管理費を算出し、他のケースは運転時間に比例分して算出した。 年間処理汚泥量 Q=32.850m3/年 (1%換算値)		
乾燥設備	維持管理費			百万円/年				26.99	年間処理汚泥量 Q=1.770t-wet/年 (消化ガスによる燃料削減分を考慮)		
小計	百万円/年				19.18	62.92	62.92	89.91			
電気料金	消費電力			生ごみ前処理	MWh/年		140	140	140	生ごみ搬入量 Q=2.5t-wet/日	
				し尿等前処理	MWh/年		308	308	308	し尿等搬入量 Q=22.0m3	
				混合設備	MWh/年		108	108	108	混合槽容量 Q=140m3	
		消化槽	MWh/年		590	590	590	消化槽投入汚泥量 Q=20.623m3/年			
		水処理送風機	MWh/年		39	39	39				
		消化ガス発電	MWh/年		-497			発電量=1,363kWh/日 (場内利用)			
		合計	MWh/年		688	1,185	1,185				
料金	百万円/年		13.07	22.52	22.52	19 円/kWh					
運転費合計	百万円/年		19.18	75.99	85.44	112.43					
汚泥処分費	脱水汚泥等処分費 (異物+脱水汚泥増加分)	百万円/年		26.86	29.21	29.21	16,500円/t-wet				
		家庭系生ごみ受入費	百万円/年		-16.43	-16.43	-16.43	18,000円/t-wet			
		し尿等受入費	百万円/年		-62.63	-62.63	-62.63	7,800円/t-wet			
		乾燥汚泥売却益	百万円/年				0.00	0円/t-wet (無償配布)			
		小計	百万円/年		-79.06	-79.06	-79.06				
売電	消化ガス発電	電力量	MWh/年			-453	発電量=1,363kWh/日 (F1売電) から攪拌機等電力量を差し引く				
		料金	百万円/年			-17.67	39 円/kWh				
下水道施設合計			百万円/年	46.04	63.27	58.20	77.35				

				CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2	備考		
ごみ処理施設等	建設費	建設費	ごみ処理施設	土木・建築	百万円	1,399.20	1,362.53	1,362.53	1,362.53	全体の25%と設定
				機械・電気	百万円	4,197.60	4,087.59	4,087.59	4,087.59	全体の75%と設定
				合計	百万円	5,596.80	5,450.12	5,450.12	5,450.12	CASE0は既設同容量の100t-wet/日を更新するものとし、CASE1, 2は生ごみを差し引いた96.7t-wet/日で更新するものとした。
			し尿等処理施設	土木・建築	百万円	292.78				全体の25%と設定
				機械・電気	百万円	878.34				全体の75%と設定
				合計	百万円	1,171.12				
	建設年価 利率1.0%	ごみ処理施設	土木・建築	百万円/年	25.88	25.20	25.20	25.20		
			機械・電気	百万円/年	184.68	179.84	179.84	179.84		
			小計	百万円/年	210.56	205.04	205.04	205.04		
		し尿等処理施設	土木・建築	百万円/年	7.30				費用が大きいためCASE0との差額のみ計上した。	
			機械・電気	百万円/年	57.01				耐用年数45年	
			小計	百万円/年	64.31				耐用年数15年	
	運転費	ごみ処理費	ごみ処理費	百万円/年	16.43				18,000円/t-wet	
			し尿等処理費	百万円/年	62.63				7,800円/t-wet	
			運転費合計	百万円/年	79.06					
	ごみ等処分費	家庭系生ごみ処分費	家庭系生ごみ処分費	百万円/年		16.43	16.43	16.43		
			し尿等処分費	百万円/年		62.63	62.63	62.63		
			処分費合計	百万円/年		79.06	79.06	79.06		
ごみ処理施設等合計	ごみ処理施設等合計	百万円/年	148.89	79.06	79.06	79.06				
	合計値	百万円/年	194.93	142.33	137.26	156.41				
	CASE 0との差額	百万円/年	-	-52.60	-57.67	-38.52				

6) 温室効果ガス排出量

				算出方法	CASE 0	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 2	備考
下水道施設	電力	生ごみ前処理	MWh/年	費用関数		140	140	140	生ごみ搬入量Q=2.5t-wet/日
			MWh/年	費用関数		108	108	108	混合槽容量Q=140.0m3
			MWh/年	計算により		39	39	39	
			MWh/年	5.3kWh/m3		109	109	109	濃縮汚泥Q=56.5m3/日
			MWh/年	5.8kWh/t-wet	9				脱水汚泥Q=4.46t-wet/日
			MWh/年	20.0kWh/t-wet		35	35	35	脱水汚泥Q=4.85t-wet/日
			MWh/年	129.0kWh/t-wet				228	脱水汚泥Q=4.85t-wet/日
			MWh/年		9	431	431	659	
	t-CO ₂ /年	0.587kg-CO ₂ /kWh	5	253	253	387			
	発電	消化ガス発電	MWh/年	発電量より算出		-497	-497		発電量=1.363kWh/日
			t-CO ₂ /年	0.587kg-CO ₂ /kWh		-292	-292		
			燃料	乾燥工程	kJ/年	39.1MJ/L			125
	処理プロセス	乾燥工程	t-CO ₂ /年	2.71kg-CO ₂ /L				339	
			kg-N ₂ O/年	0.0184kg-N ₂ O/t-wet				32.573	脱水汚泥Q=4.85t-wet/日
			t-CO ₂ /年	298倍				10	
埋立処分	埋立処分	t-CH ₄ /年	0.0667t-CH ₄ /t-DS	24	25	25			
		t-CO ₂ /年	25倍	600	625	625			
下水道施設合計	t-CO ₂ /年		605	586	586	736			
ごみ処理施設等	燃料	ごみ処理施設	kl/年	51.3L/t-wet	47				生ごみ搬入量Q=2.5t-wet/日
			t-CO ₂ /年	2.71kg-CO ₂ /L	127				
			t-CO ₂ /年	65kg-CO ₂ /kl	522				し尿等搬入量Q=22.0kl/日
	合計	t-CO ₂ /年	649						
	処理プロセス	ごみ処理施設 (CH ₄)	t-CH ₄ /年	0.00095kg-CH ₄ /t-wet	0.001				
			t-CH ₄ /年	0.038kg-CH ₄ /t-wet	0.31				
			t-CH ₄ /年	0.0097kg-CH ₄ /t-wet	0.00				し尿処理施設焼却量Q=0.97t-wet/日
			t-CO ₂ /年	25倍	8				
			t-N ₂ O/年	0.0567kg-N ₂ O/t-wet	0.052				
			t-CH ₄ /年	0.00093kg-N ₂ O/t-wet	0.01				
	埋立処分	食品廃棄物埋立処分	t-CH ₄ /年	0.645kg-N ₂ O/t-wet	0.23				
			t-CO ₂ /年	298倍	87				
			t-CO ₂ /年	95					
処理プロセス合計	t-CH ₄ /年	0.0667t-CH ₄ /t-DS	2.678				食品廃棄物固形物量Q=0.11t-DS/日		
埋立処分	t-CH ₄ /年		67						
小計	t-CO ₂ /年		289						
ごみ処理施設等合計	t-CO ₂ /年		894	586	586	736			
合計値	t-CO ₂ /年		-	-308	-308	-158			
CASE 0との差	t-CO ₂ /年								

1-7.考察

1. 肥料化による地域循環圏形成の効果

A市、B市のケーススタディで示された通り、中規模処理場では、下水汚泥の肥料化による地域循環圏を形成することで、下水汚泥処分費を削減することができ、事業採算性が高いスキームを構築する可能性が示唆された。

2. 肥料化事業を推進するうえでの検討課題

事業化に向けた課題として、需要リスクや周辺地域への影響がある。検討する地域と好事例における耕地面積の対比検討より、A市、B市では市内の需要が少ないことが見込まれ、近隣地域の需要、流通等を含め検討が必要となる。

黒部市の事例や固形燃料化事業の代表的なスキームにみられるように需要リスク（製品の地方公共団体からの全量買取と販売）を民間事業者に移転するPFI方式による事業化も検討ケースのひとつとして考えられる。一方、後者について、乾燥施設、コンポスト化施設は、臭気を伴う施設であるため、十分な対策を講じることを検討する必要がある。

3. 消化ガス発電のコスト縮減効果等

C市、D市においては、消化ガス発電を新たに行う、または発電量を増やす場合においても検討ケースによって事業採算性が高いスキームを構築する可能性が示唆された。

消化ガス発電は、需要リスクがなく、また周辺への影響をほとんど伴うことなく事業化することができるメリットがある。固定価格買取制度を活用した民間収益施設併設事業（B市の事例が該当）による事業化も効果的である。

4. 地域バイオマス受け入れ効果を引き上げるために

地域バイオマスを受け入れる場合、前処理施設、混合施設を必要とするが、より多くの地域バイオマスを受け入れることで事業性を引き上げることができると考えられる。反面、収集車両の増加による影響も少なからずあると考えられるため、地域の意見や要望を踏まえた導入検討を進める必要がある。

また、D市は小規模処理場で消化槽を新設する条件であるが、地域バイオマスを受け入れる各案共、事業採算性が高いスキームを構築する可能性が示唆された。これはし尿、浄化槽汚泥を受け入れることによる既存のし尿処理施設を廃止出来ることによるところが大きい。

5. バイオマス利活用による温室効果ガス削減効果

諸条件によって効果に変化はあるが、各F S検討結果より、温室効果ガス排出量は、現状に対して地域バイオマスを受け入れた方が総じて削減されることが示された。

【参考】肥料の需要概略調査

(1) 概要

ケーススタディにおいて検討した「肥料化（乾燥設備）」について、肥料の需要有無について概略調査を行った。

(2) 検討概要

下水汚泥有効利用促進マニュアルに記載されている、下水処理場等の下水道施設において乾燥処理、コンポスト処理により肥料製造を行っている事例を表資 1-11、表資 1-12 に示す。

下水汚泥肥料の需要を想定するにあたり、高い導入効果を発現している宮崎県宮崎市（宮崎処理場）、佐賀県佐賀市（下水浄化センター）の事例と本モデルケースの都市の農業統計値を比較する。

表資 1-1-1 乾燥汚泥を肥料に用いている処理場等の一覧

都道府県	市町村等 団体名	処理場名	利用用途	型式	能力・投 入汚泥量	投入汚泥 年間総量	投入汚泥平 均含水率	乾燥物・ 生産量	乾燥物・ 平均含水 率	備考
					t/日	t/年	%	t/年	%	
北海道	十勝川流 域	十勝川流域下水道浄化 センター	肥料	間接加熱乾燥機	72	15,372	83.9	3,842	43.0	添加物なし
北海道	釧路市	古川終末処理場	肥料	かくはん機付熱風 回転乾燥機	25	6,796	82.3	1,447	13.0	
北海道	千歳市	千歳市スラッジセンタ ー	肥料	間接加熱乾燥機	57	9,673	79.9	4	47.4	直営
北海道	北広島市	北広島下水処理センタ ー	肥料	かくはん機付熱風 回転乾燥機	17	3,651	82.8	676	15.1	他バイオマ ス
秋田県	横手市	山内浄化センター	肥料	電気式乾燥機	1	80	79.1	17	18.6	
秋田県	大仙市	刈和野浄化センター	肥料	間接加熱乾燥機	2	107	83.0	21	14.2	直営
秋田県	大仙市	強首浄化センター	肥料	間接加熱乾燥機	1	4	83.0	4	6.6	直営
秋田県	藤里町	藤里浄化センター	肥料	かくはん機付熱風 回転乾燥機	43	109	80.0	27	23.7	
新潟県	信濃川下 流流域	長岡浄化センター	セメント 原料・肥 料	かくはん機付熱風 回転乾燥機	67	16,837	81.7	1	4.8	
富山県	南砺市	粟浄化センター	民間でコン ポスト化	遠心薄膜式	2	86	81.2	30	59.9	
石川県	加賀沿岸 流域	翠ヶ丘浄化センター	セメント 原料・肥 料	気流乾燥機		2,486	80.4	530	9.3	
石川県	珠洲市	珠洲市浄化センター	肥料	間接加熱乾燥機	3	519	82.0	98	19.3	他バイオマ ス
福井県	おおい町	東部浄化センター	自然発酵 →肥料	遠心薄膜式	6		90.0	4		直営
愛知県	矢作川・ 境川流域	境川浄化センター	発酵	かくはん機付熱風 回転乾燥機	40	6,067	63.4	3,114	25.7	添加物なし
愛知県	豊橋市	中島処理場	肥料(石灰 系)	かくはん機付熱風 回転乾燥機	120	30,991	81.9	6,449	12.8	直営
三重県	志摩市	坂崎浄化センター	肥料	遠心薄膜式	5	7	85.0	3	55.8	直営
三重県	志摩市	的矢浄化センター	肥料	遠心薄膜式	5	16	84.0	7	55.0	
岡山県	矢掛町	矢掛浄化センター	肥料, 焼却	発酵乾燥機	2	286	82.0	95	24.0	
熊本県	合志市	須屋浄化センター	肥料	かくはん機付熱風 回転乾燥機	1	1,163	81.8	246	14.4	
宮崎県	宮崎市	宮崎処理場	肥料	かくはん機付熱 風回転乾燥機	33	8,669	80.6	1,463	20.5	直営

(下水汚泥有効利用促進マニュアルより)

表資1-12 コンポスト化を行っている処理場等の一覧

都道府県	市町村等 団体名	処理場名	コンポスト化設備 ・型式	処理能力 t/日	生産能力 t/日	投入汚泥量 t/日	製品生産量 t/年	緑地利用 ・行き先
北海道	石狩川流域	奈井江浄化センター	横形スクープ式	19.0	11.0	5.39	1,192.0	民間(農協含む)
北海道	網走市	コンポストヤード	堆積形自然通気式	11.0	11.0	7.15	2,609.0	網走市下水道資源 利用協議会
北海道	苫小牧市	勇払下水処理センター	堆積形強制通気式	5.0	1.0	5.04	532.0	一般市民に売却
北海道	士別市	士別下水処理場	堆積形自然通気式	2.0	4.0	2.02	1,341.0	民間(農協含む)
北海道	七飯町	大沼下水浄化センター	横形スクープ式	2.0	1.0	0.47	20.0	民間(農協含む)
北海道	上富良野町	上富良野浄化センター	堆積形自然通気式	1.0	3.0	2.50	842.0	民間(農協含む)
北海道	上富良野町	上富良野浄化センター	堆積形自然通気式	1.0	3.0	2.50	888.0	民間(農協含む)
北海道	上富良野町	上富良野浄化センター	堆積形自然通気式	1.0	3.0	2.50	955.0	民間(農協含む)
北海道	剣淵町	剣淵浄化センター	堆積形自然通気式	5.0	1.0	0.42	52.2	公共・民間(農協 含む)
北海道	遠別町	遠別浄化センター	堆積形自然通気式	2.0	4.0	0.51	352.0	民間(農協含む)
北海道	雄武町	雄武浄化センター	横形パドル式	2.0	2.0	0.96	347.0	公共・民間(農協 含む)
北海道	広尾町	広尾下水終末処理場	堆積形自然通気式	1.0	4.0	1.62	425.0	公共・民間(農協 含む)
北海道	中標津町	中標津下水終末処理場	堆積形強制通気式	9.0	7.0	5.44	451.0	公共・民間(農協 含む)
山形県	山形市	前明石ケーキ処理場	横形シャベル式	14.0	5.0	0.42	137.0	公共・民間(農協 含む)
山形県	鶴岡市	鶴岡市コンポストセンタ ー	その他型式	10.0	6.0	4.79	975.0	民間(農協含む)
福島県	会津若松市	会津若松市下水浄化工場	堆積形自然通気式		1.0	0.01	4.0	その他
茨城県	筑西市	下館水処理センター	その他型式	3.0	1.0	2.16	305.0	民間(農協含む)
福井県	おおい町	東部浄化センター	その他型式			0.79	13.4	その他
長野県	中野市	中野浄化管理センター	横形パドル式	3.3	1.2	1.92	245.0	公共・民間(農協 含む)
愛知県	矢作川・境 川流域	境川浄化センター	立形落し戸式		2.0		81.1	公共・民間(農協 含む)
愛知県	矢作川・境 川流域	境川浄化センター	その他型式		5.0	9.03	1,687.2	公共・民間(農協 含む)
愛知県	知多市	南部浄化センター	その他型式	7.0	1.0	4.17	220.0	
三重県	志摩市	坂崎浄化センター	その他型式	1.6	0.1	0.37	6.3	公共
三重県	志摩市	的矢浄化センター	その他型式	1.6	0.1	0.60	11.0	公共
滋賀県	近江八幡市	沖島浄化センター	その他型式	0.0	0.0	0.33	9.6	天日
大阪府	堺市	石津下水処理場	堆積形強制通気式	49.2	14.8	40.41	4,534.0	公共・民間(農協 含む)
鳥取県	南部町	東西町浄化センター	その他型式	3.0	3.0	1.09	140.0	民間(農協含む)
島根県	浜田市	旭浄化センター	その他型式	93.0	16.0	0.20	10.0	公共・民間(農協 含む)
岡山県	倉敷市	玉島下水処理場	横形スクープ式	1.0		0.48	42.0	その他
山口県	防府市	防府浄化センター	堆積形強制通気式	1.0	0.3	0.32	47.0	公共・民間(農協 含む)
佐賀県	佐賀市	下水浄化センター	堆積形強制通気式	30.0	4.0	20.04	1,427.0	民間(農協含む)
宮崎県	宮崎市	宮崎処理場	その他型式			15.45	1,384.0	公共・民間(農協 含む)
鹿児島県	鹿児島市	下水汚泥堆肥化場	その他型式	110.0		109.86	10,735.0	民間(農協含む)
鹿児島県	知名町	知名環境センター	その他型式	14.2	0.6	8.43	48.0	民間(農協含む)
沖縄県	名護市	名護下水処理場	その他型式	57.6	9.1	9.11		民間(農協含む)
沖縄県	名護市	喜瀬下水処理場	その他型式	6.7		0.16	59.0	民間(農協含む)
沖縄県	読谷村	楚辺浄化センター	その他型式			0.24		

(下水汚泥有効利用促進マニュアルより)

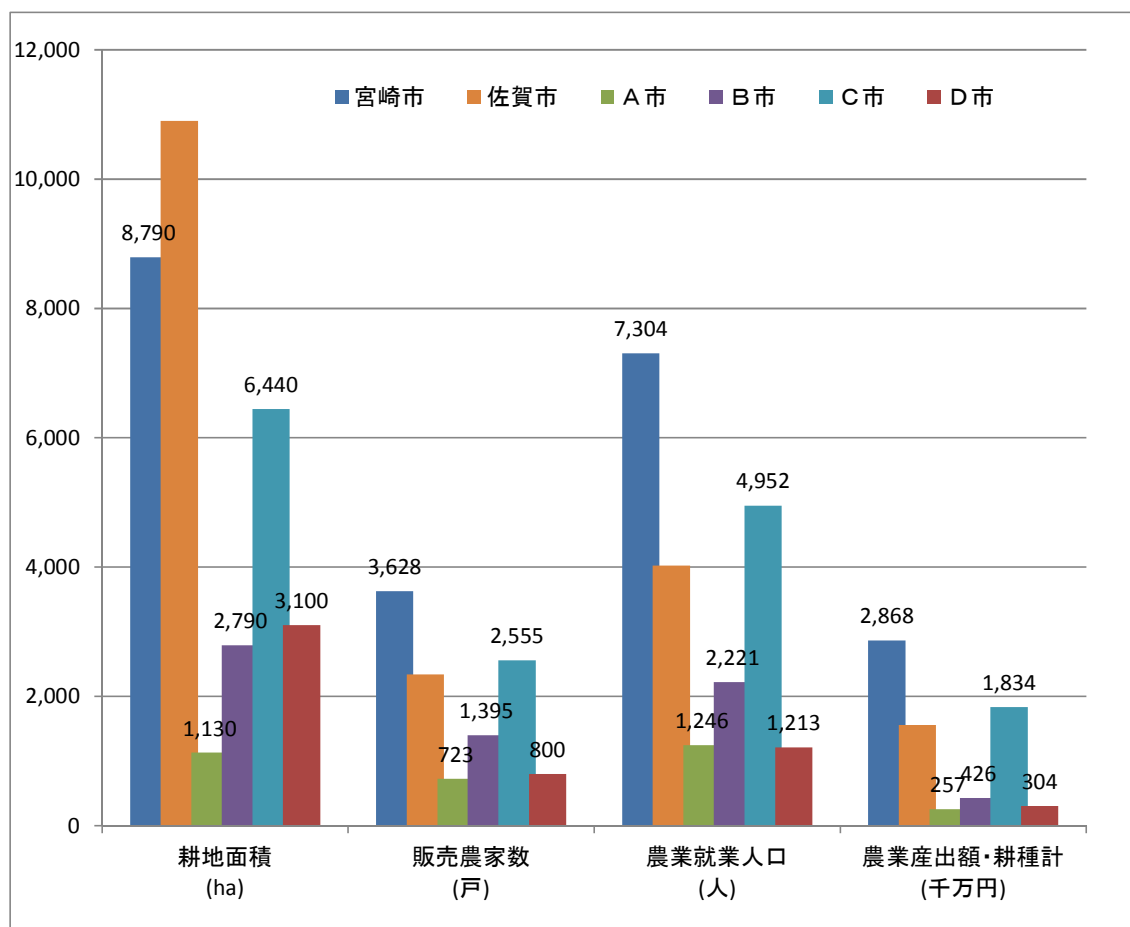
宮崎市、佐賀市と本モデルケース都市の耕地面積、販売農家数、農業就業人口、農業産出額を図資 1-2 に、肥料化施設（コンポスト施設、乾燥施設）能力あたりの耕種別作付面積を図資 1-3、農業産出額を図資 1-4 に示す。

A市、B市は宮崎市、佐賀市と比べて耕地面積、農業産出額等が少なく、市内での需要は多くないと考えられる。

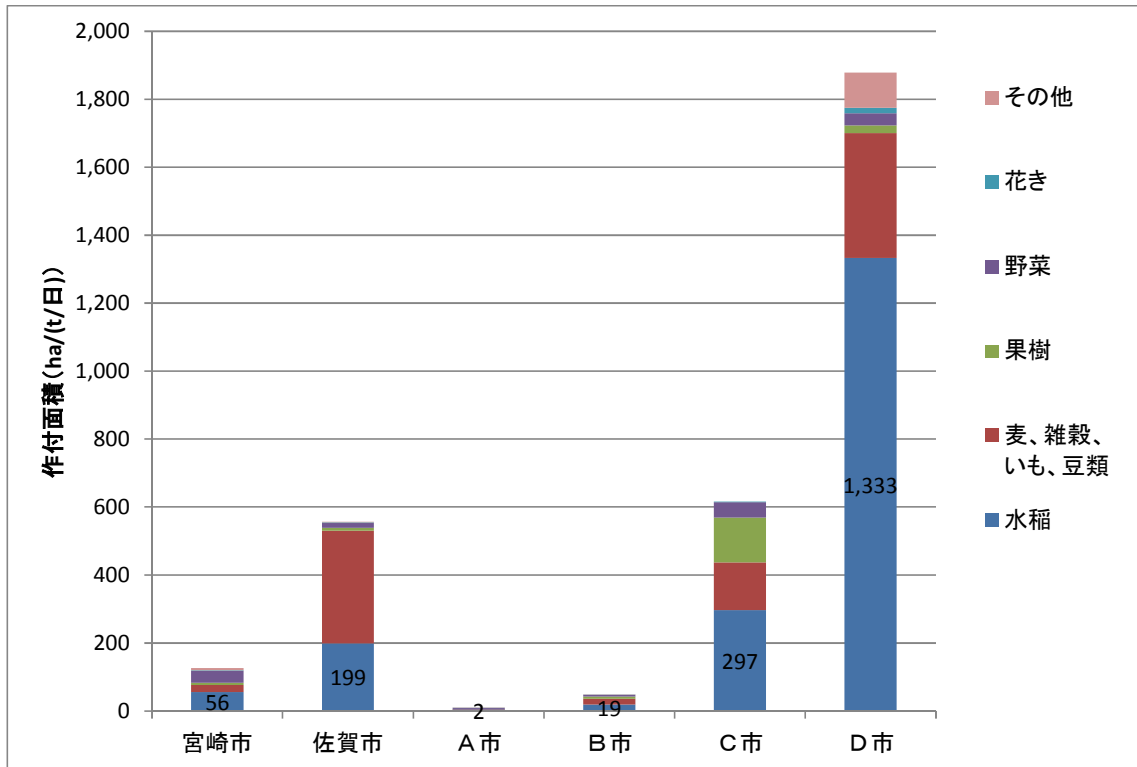
また、C市、D市は農業統計値では宮崎市、佐賀市と比べると少ないものの、都市規模が違うため、肥料化施設能力あたりの耕種別作付面積（図資 1-3）で見ると同等以上の需要があるものと考えられる。

なお、下水汚泥有効利用促進マニュアルにおいては、下水汚泥肥料におけるユーザーの施肥場所と評価を対比した結果について、「あまり芳しくない。」という回答があったのは水田のみであり、畑地や緑地への利用については「おおむね良好である。」という回答がほとんどであり、水田への施肥については注意が必要になると考えられる。”とあることから、水田における下水汚泥肥料の需要は畑地に比べ少ないものと想定されるが、C市、D市共に畑地が多く問題はないものと考えられる。

A市、B市については市内の需要は少ないと考えられるが、近隣地域の需要等を含め検討が必要である。



図資 1-2 農業統計値の比較



図資 1-3 肥料化施設能力あたりの耕種別作付面積の比較

表資 1-13 耕種別作付面積

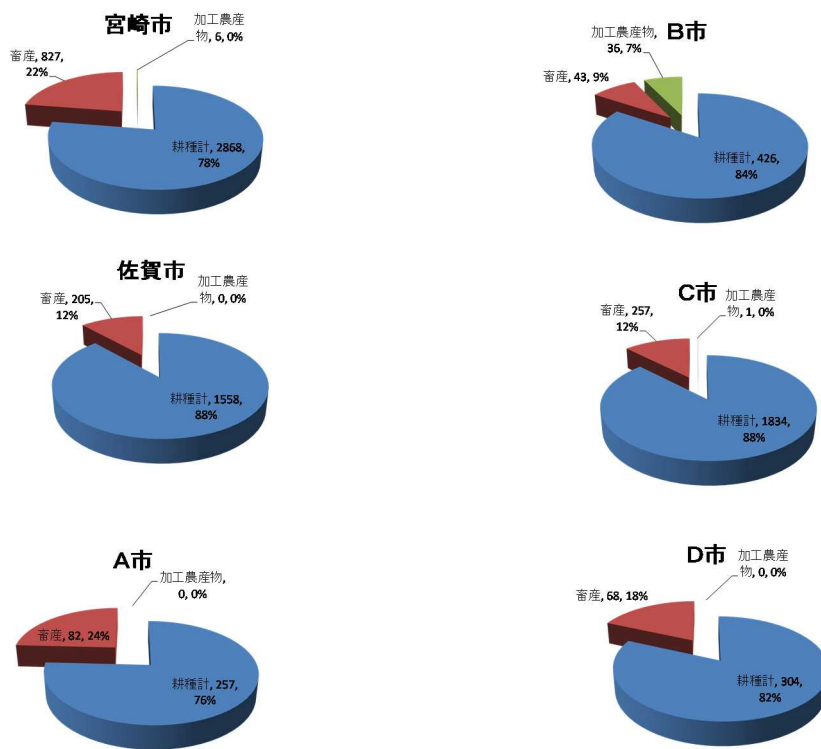
(単位: ha)

作物	宮崎市	佐賀市	A市	B市	C市	D市	備考
その他	238	77	4	3		133	畑地
花き	56	55	23	13	18	20	
野菜	1,127	443	143	113	372	45	
果樹	227	237	23	148	1,099	29	
麦、雑穀、いも、豆類	672	9,933	78	379	1,158	466	
小計	2,320	10,745	271	656	2,647	693	
水稲	1,839	5,973	62	426	2,470	1,693	水田

表資 1-14 肥料化施設能力あたりの耕種別作付面積

(単位: ha/(t/日))

	宮崎市	佐賀市	A市	B市	C市	D市	備考
乾燥能力(t/日)	33	30	36.89	22.77	8.31	1.27	
作物							
その他	7	3	0	0	0	105	畑地
花き	2	2	1	1	2	16	
野菜	34	15	4	5	45	35	
果樹	7	8	1	6	132	23	
麦、雑穀、いも、豆類	20	331	2	17	139	367	
小計	70	358	7	29	319	546	
水稲	56	199	2	19	297	1,333	水田



図資 1 - 4 農業算出額の内訳 (単位: 千万円)

2. バイオマス利活用事業の先行事例

下水処理場への地域バイオマスの受入に当たっては、事業採算性の検討や受け入れる地域バイオマスの種類・性状等による前処理方法の違い、下水処理への影響の評価方法、関連する法的手続き等、様々な課題がある。

そこで本章では、地域バイオマス利活用の代表的な先行事例を整理することで、地方公共団体等の実務者による下水処理場を活用した地域バイオマス利活用事業実施の一助となることを目的とする。

現在までの代表的な先行事例を、表資 2-1 に示す。

表資 2-1 地域バイオマス受入の代表的な先行事例

自治体	供用開始年	受入バイオマス
珠洲市	H19 年 8 月	し尿、浄化槽汚泥、集落排水汚泥、生ごみ（事業系）
北広島市	H23 年 4 月	し尿、浄化槽汚泥、集落排水汚泥 [*] 、生ごみ（家庭系、事業系）
黒部市	H23 年 5 月	浄化槽汚泥、集落排水汚泥、生ごみ（デイスポーザ）、食品廃棄物（コーヒー粕）
神戸市	H24 年 1 月（B-DASH）	食品製造系（産業廃棄物）、剪定枝等
恵庭市	H24 年 9 月	し尿、浄化槽汚泥、生ごみ（家庭系、事業系）

^{*}北広島市では、近隣自治体（長沼町、南幌町、由仁町）からの農業集落排水汚泥を受入れている。

2-1.先行事例の概要

下水処理場を活用した地域バイオマス利活用事業の代表的な先行事例（珠洲市、北広島市、黒部市、恵庭市、神戸市）の概要を以下に示す。

(1) 珠洲市（石川県）

1) 概要（受入れバイオマス等）

珠洲市浄化センターにおいて、市内で発生する下水汚泥、農業集落排水汚泥、し尿、浄化槽汚泥の有機性廃棄物に事業系生ゴミを加えた 5 種類のバイオマスを集約・共同処理する施設を、国土交通省と環境省の連携事業として全国初の試みとして建設。

し尿処理にかかる維持管理費の削減（燃料費の削減）、下水汚泥処分費の削減（汚泥を肥料として市民に無料配布）、CO₂排出量の削減などに効果を上げている。

2) 発生エネルギー等の用途

浄化センター内のボイラ加温、肥料乾燥等。

(2) 北広島市（北海道）

1) 概要（受入れバイオマス等）

北広島下水処理センターにおいて、下水汚泥と他のバイオマス（家庭系・事業系生ごみ、し尿・浄化槽汚泥等）を集約・混合処理するバイオマス混合調整棟を下水処理センター敷地内に建設。家庭系生ごみの混合処理は、全国で初。

2) 発生エネルギー等の用途

生ゴミは、平成 21 年度より受入れ設備の整備を進め、平成 23 年 4 月から受入れを開始し、し尿・浄化槽汚泥等は、平成 23 年度より受入れ設備の整備を進め、平成 25 年 4 月より受入開始。発生する消化ガスは、下水処理センター内で消化タンク加温用ボイラや汚泥乾燥設備の燃料として全て利用。発生する乾燥汚泥は、肥料として緑農地利用。

(3) 黒部市（富山県）

1) 概要（受入れバイオマス等）

黒部浄化センターにおいて、下水汚泥等（単体ディスポーザ生ごみ含む）と事業系食品残渣（コーヒー粕）によりバイオガスを発生させる利活用施設を PFI 事業により設置。PFI 事業による下水道バイオマスエネルギー利活用施設では国内第 1 号稼働案件。

2) 発生エネルギー等の用途

汚泥（下水汚泥や農業集落排水汚泥）にコーヒー粕を混合してメタン発酵させ、発生したバイオガスを場内の発電や汚泥乾燥設備等の熱源などに利用。発生する乾燥汚泥は、発電燃料や肥料として全てを利用。

(4) 恵庭市（北海道）

1) 概要（受入れバイオマス等）

恵庭下水終末処理場において、家庭系及び事業系生ごみを受け入れ、下水汚泥、し尿・浄化槽汚泥と合わせた集約混合処理を開始。これにより、従来よりも消化ガス発生量を大幅に増大させ、マイクロガスタービンによる発電や暖房ボイラの燃料としてエネルギーの有効活用を図っている。家庭系の生ごみの共同処理及びバイオガス発電も行う施設としては全国初。

2) 発生エネルギー等の用途

発生した脱水汚泥は、全て肥料やセメント原料など資源として有効活用。発電された電気は全て場内利用。

(5) 神戸市（兵庫県）

1) 概要（受入れバイオマス等）

東灘処理場において、木質系（グリーン）と食品製造系（スイーツ）バイオマスのうち、下水道に好適なバイオマスを下水汚泥と共同処理し、バイオガス増量や汚泥処理の効率化、温室効果ガスの削減をはかる実証事業（B-DASH プロジェクト）。地元食品製造企業3社と連携することで、有機物を多く含む地域バイオマスを活用。六甲山の間伐材や、市内の公園・街路樹からの剪定枝を活用。木質系バイオマスの分解を促進し、下水汚泥と混合することによるバイオガスの生産は我が国初。

2) 発生エネルギー等の用途

精製ガスを天然ガス自動車燃料へ活用。また、バイオガス都市ガス導管注入実証事業として都市ガス導管に注入。都市ガス仕様に精製した下水道由来のバイオガスを、直接都市ガス導管に供給する試みは我が国初。

2-2. 事業実施の背景と目的及び課題

下水処理場を活用した地域バイオマス利活用事業の代表的な先行事例から、事業実施の背景と目的、及び事業実施における課題について整理し、表資2-2-1に示す。

表資 2-2-1 下水処理場を活用した地域バイオマス利活用事業の実施の背景と目的及び課題

事業実施の背景と目的	事業実施における課題 ※ () は主な対応策	
	政策的課題	技術的課題
<p>【背景】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温室効果ガスの削減，循環型社会・低炭素社会・自然共生社会の実現等の政策的背景 ・ごみの減量化・資源化の促進 ・し尿処理施設の老朽化や環境衛生組合の解散による廃止 ・ごみ焼却施設の休止 ・最終処分場の埋立て容量の逼迫 ・汚泥処分費高騰など市況変動リスクへの対応，等 <p>【目的】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・類似施設の一元管理による事業運営コストの削減 ・既存下水処理施設の有効活用 ・電力料金等の処理コストの削減 ・汚泥や余剰消化ガスの有効活用 ・最終処分場の延命化 ・PFI 導入によるコスト縮減・公共サービスの品質向上 ・市民等へのバイオマス利活用の発信，PR，交流人口の活性化 <p style="text-align: right;">等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・生ごみの分別収集（住民説明会の開催，パンフレットの配布等） ・汚泥の肥料登録（成分分析や植害試験，汚泥施用試験の実施，品質管理の徹底等） ・事業費の確保（助成金制度の活用，補助事業適用条件の基準と適用範囲の確認等） ・採算性の確保（事業コストと発電見込み量の検討，包括的民間委託の検討等） ・他バイオマスの受入量と質の確保（十分な調査の実施，ステークホルダとの調整，新たな食品残渣の排出元の開拓，現在の排出先企業への継続の依頼等） ・発生汚泥量の増加（新たな利用先の確保等） ・廃棄物部局等との協議の長期化（長期化を見越した協議期間の確保等） ・固定価格買取制度を利用した発電の接続契約手続きの長期化（接続可否の確認，早期の申請等） <p style="text-align: right;">等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・消化ガス発生量の把握（性能実証試験による他バイオマスの好適性の確認等） ・新たな運転手法の確立（最適な運転条件・運転方法の確立，人員の増員等） ・精製ガスの品質向上（新技術の導入等） ・混合槽での混合割合を考慮した下水量の平準化（生ごみ・し尿等の搬入のない日は，貯留槽で液位管理等） ・既存施設の劣化（生ごみ導入による消化汚泥の有機酸値の上昇に対する既存施設の防食等） ・他バイオマス収集量の変動（消化ガス及び重油の併用機器の設置，し尿・浄化槽汚泥の予備貯留槽の設置等） ・臭気や騒音対策（建屋や脱臭装置の設置等） ・寒冷地における生ごみ凍結（バイオガスを燃料とした蒸気ボイラによる床暖房の整備等） ・施設の点検や補修時におけるバックアップ体制の確立（予備機の設置等） <p style="text-align: right;">等</p>

（資-72）

2-3.先行事例の紹介

ここでは、地域バイオマス受入の代表的な先行事例について、下水処理場を活用した地域バイオマス利活用事業の内容について紹介する。

2-3-1.珠洲市

(1) 下水処理場の概要

珠洲市は、生活排水処理事業として公共下水道事業、農業集落排水事業、合併処理浄化槽整備事業にて推進しており、公共下水道事業では、珠洲処理区、宝立処理区の2処理区を有している。

珠洲処理区の珠洲市浄化センターは、平成3年11月に供用を開始し、現有処理能力は3,600 m³/日（晴天時）、処理方法は「オキシデーションディッチ法+濃縮+脱水」となっている。

珠洲市浄化センターに設置された複合バイオマスメタン発酵施設（計画日最大処理量 51.5 t-wet/日）は、平成17年度の実用化研究及び平成18年度の追加調査に基づき建設され、平成19年8月から本格稼働している。この施設の特徴としては、①下水汚泥、②浄化槽汚泥、③農業集落排水汚泥、④し尿、⑤生ごみの5種類のバイオマスを受け入れる施設であり、これらバイオマスは混合、メタン発酵され、発生するメタンガスは発酵槽の加温、生ごみの可溶化、汚泥乾燥用のエネルギーとして場内利用し、発酵後の汚泥はペレット状に形成して肥料として地域に配布している¹¹⁾。

この取組みは各廃棄物の処理施設を集約することと、化石燃料に替わる未利用バイオマスの有効活用、さらに処理残物を肥料として農地還元するなど、地球温暖化防止や地域循環型社会形成の推進に大きく貢献し、コスト縮減と環境配慮を両立する施設として、平成21年度国土交通大臣賞（循環のみち下水道賞）が授与されている⁶⁾。

表資2-3-1に珠洲市（珠洲処理区）の下水道事業の計画概要を示す。また、図資2-3-1、図資2-3-2に珠洲市浄化センターの施設全景及び配置図を示す。

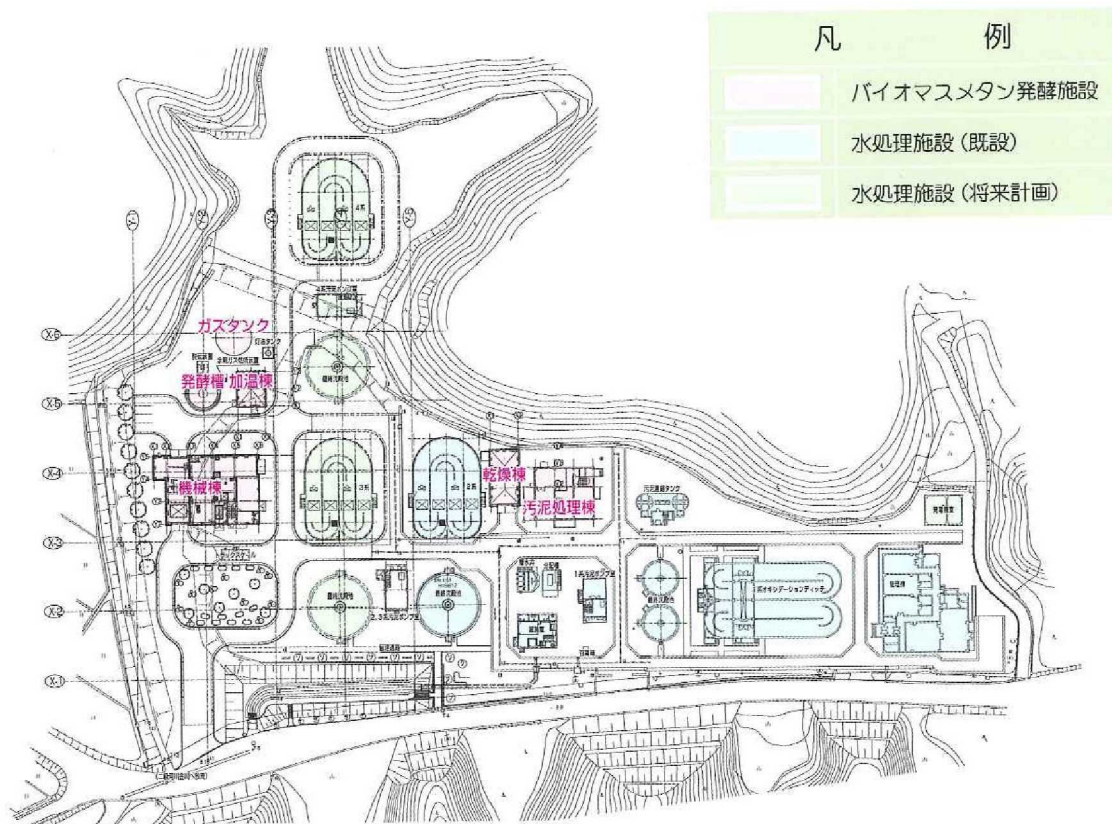
表資2-3-1 珠洲市（珠洲処理区）の下水道事業の計画概要（平成27年度現在）

	珠洲処理区	
	全体計画	事業計画
計画面積 (ha)	455.8	400.8
計画人口 (人)	5,770	6,410
計画水量 (m ³ /日)	3,020	3,330
処理場名称	珠洲市浄化センター	
処理方式	オキシデーションディッチ法	
処理能力 (m ³ /日)	3,600 (2系列)	3,600 (2系列)

注) 事業計画の計画水量は、水洗化を考慮した値



図資 2-3-1 珠洲市浄化センター 施設全景¹⁾



図資 2-3-2 珠洲市浄化センター 配置図⁷⁾

(2) バイオマス利活用施設整備事業

珠洲市では、平成 19 年 8 月より「珠洲市バイオマスメタン発酵施設」を本格稼働した。これは「バイオマスエネルギー推進プラン」と銘打ち、地域の「下水汚泥」「し尿」「浄化槽汚泥」「農業集落排水汚泥」「生ごみ」の 5 種類を一括混合処理するものである。これら 5 種類のバイオマスを、一括処理することで発生するメタンガスを有効活用し、処理の最終過程で発生する消化汚泥は、肥料化し、『為五郎』の愛称で、地域の緑農地に還元している¹⁾。

また本事業は、「既存下水処理施設活用型」として全国初であり、国土交通省と環境省が連携して推進するバイオマス利活用に関する初の事業として、国土交通省の「新世代下水道支援事業制度」に採択されている。処理の過程で発生する返流水は既存の水処理施設に返流して再処理することとしており、返流水負荷対策としての新たな設備は設けていない。

1) 事業の背景と目的^{2), 3), 4)}

珠洲市は人口 2 万人未満の小都市であるが、大都市と同様、下水汚泥、し尿・浄化槽汚泥、生ごみ等を別々の施設で処理していたことから、以前から財政を圧迫する処理費用が課題であった。また、下水道整備の拡大に伴い発生汚泥量が増加する一方で、汚泥処分地の確保が難しくなっており、その処分費も高騰していた。

また、し尿・浄化槽汚泥等は、隣接する旧・内浦町と共同で環境衛生組合を設立して処理を行っていたが、市町村合併に伴い組合が解散、珠洲市単独で処理しなければならなかった。既存のし尿処理施設は旧・内浦町内に設置されているうえ、建設から 20 年以上が経過しており、老朽化が進み、施設の更新が必要であった。

さらに、京都議定書の締結（1997 年 12 月 11 日）により、温室効果ガス排出量の削減目標達成に向けた取組みが必要とされていたこと、また下水道ビジョン 2100 の基本方針である「資源のみち」では、バイオマスエネルギーの利用が施策展開として掲げられていた。

これら、汚泥処分費の高騰、し尿処理施設の継続使用が困難、温室効果ガスの削減という 3 つの背景から、珠洲市では「珠洲市・バイオマスエネルギー推進プラン」を策定し、下水汚泥をはじめとする地域のバイオマス 5 種類（下水汚泥、し尿、浄化槽汚泥、農業集落排水汚泥、生ごみ）を一括混合処理する『複合バイオマスメタン発酵施設』の取組みに着手し、平成 19 年 8 月より施設の本格稼働に至っている。

処理の過程において発生するバイオガスは、エネルギーとして浄化センター内で全量有効活用し、処理残物である消化汚泥は乾燥・肥料化して緑農地還元するという資源の循環システムを構築している。

2) 事業の内容

本事業は、既存の下水処理施設を活用して、その他バイオマスを集約混合処理するバイオマス利活用施設整備事業（国土交通省と環境省の連携事業）である。

複合バイオマスメタン発酵施設は珠洲市浄化センター内に設置され、下水汚泥、農業集落排水汚泥、し尿・浄化槽汚泥といった生活排水処理に係る汚泥類に加え、市の主要産業である水産加工業からの加工品残渣（ただし、漁協等の魚あらを除く）、市内のスーパー、宿泊施設、養護施設等から発生する生ごみ等の事業系廃棄物を集約混合処理するものである³⁾。

処理の過程で発生するバイオガスは、エネルギーとして浄化センター内で全量有効利用し、処理残物である消化汚泥は乾燥・肥料化（平成 19 年 9 月に肥料登録を完了⁴⁾）し、緑農地還元している³⁾。

また本事業は、全国に先駆けて国土交通省新世代下水道支援事業制度の「リサイクル推進事業」における未利用エネルギー活用型の「全国第 1 号」として認定を受けたほか、環境省循環型社会形成推進交付金の適用も受けており、国土交通省と環境省の連携事業としても全国初の事例として事業を行ったものである³⁾。

複合バイオマスメタン発酵施設の主要設備構成は以下①～④のとおりである⁵⁾。

①バイオマス受入・前処理設備

- ・生ゴミは週 3 回パッカー車によって収集・搬入され、メタン発酵不適物の分別処理とバイオマスの回収率を高めるための破砕処理を同時に行った後、生ゴミ中の油脂類の分解促進、流動性の向上を目的として可溶化処理（50℃、滞留時間 1 日以上）される。
- ・農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥及びし尿は、バキューム車で搬入され、そのうち浄化槽汚泥とし尿はスクリーンで爽雑物を除去後、それぞれ貯留槽に貯められる。
- ・下水汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥は固形物濃度が低いため、発酵槽容量の低減、及び発酵槽有機物負荷の適正化のために遠心濃縮機で濃縮処理される。

②メタン発酵設備

- ・前処理された各バイオマス原料は混合槽で混合・均質化され、メタン発酵槽に投入される。
- ・メタン発酵槽内の汚泥は約 37℃（中温発酵）に保たれ、メタン生成細菌の働きによって有機物がメタンガス、二酸化炭素、水素などに分解（メタン発酵）される。

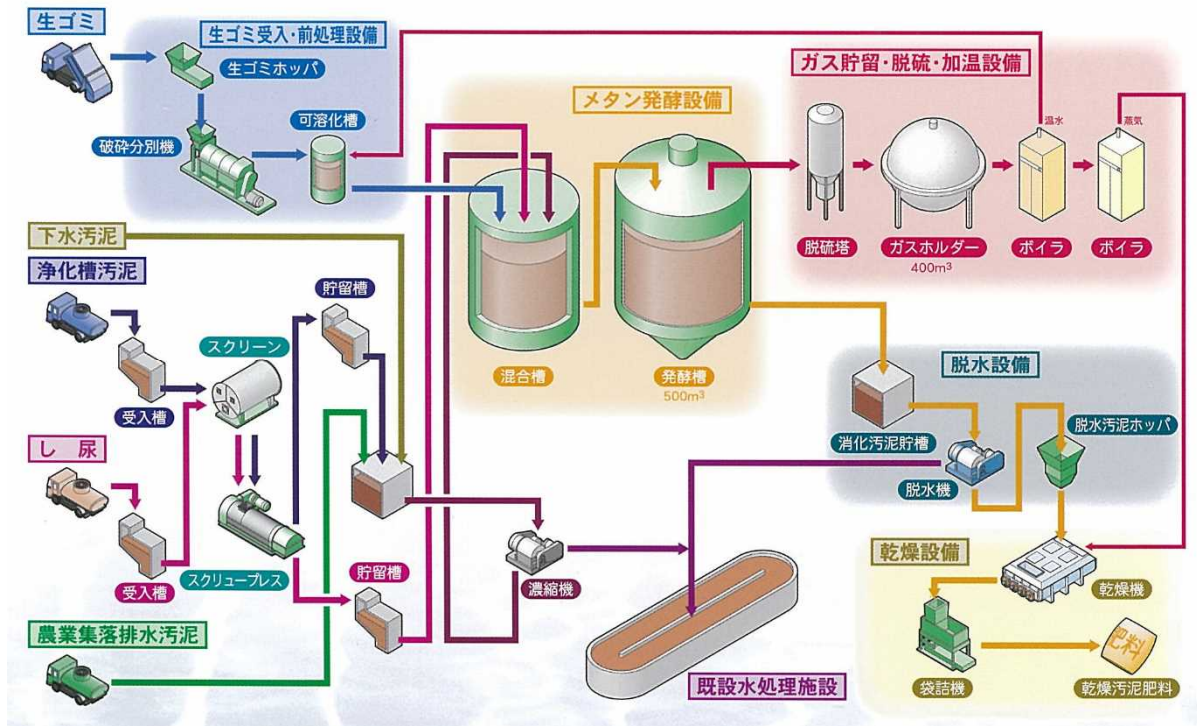
③ガス利用設備

- ・発生したバイオガスは乾式脱硫後、ガスホルダーにて一時貯留され、可溶化槽・メタン発酵槽加温用のボイラ、並びに脱水汚泥乾燥用の蒸気ボイラの燃料として有効利用される。

④汚泥脱水・乾燥設備

- ・メタン発酵残渣は、脱水されたのち蒸気加熱式間接乾燥機により乾燥され、その後ペレット状に成形されて有機肥料として市民に配布、利活用されている。

図資 2-3-3 に本事業のシステム構成図を示す。また、表資 2-3-2 に本事業の概要を示す。



図資 2-3-3 システム構成図⁹⁾

表資 2-3-2 本事業の概要

項目	内容		
名 称	珠洲・バイオマスエネルギー推進プラン		
事業方式 ¹⁰⁾	公設公営		
総事業費 ^{2), 8)}	バイオマス受入前処理設備, 汚泥濃縮設備, メタン発酵設備, 汚泥脱水設備, 汚泥乾燥設備の新設・増設費, 測量試験費, 事務費を含め, 約 13.9 億円		
事業期間	平成 17 年度～平成 20 年度 (建設期間:平成 18 年 1 月～平成 19 年 7 月)		
処理対象物	下水汚泥, 農業集落排水汚泥, し尿・浄化槽汚泥, 生ごみ(事業系)		
バイオマス 計画受入量 ^{3), 4)} (t/日)	種別	日平均	日最大
	下水汚泥	15.3	22.5
	農業集落排水汚泥	0.5	0.7
	し尿・浄化槽汚泥	15.7	25.9
	生ごみ	1.4	2.4
	計	32.9	51.5
主要機器・設備 ⁵⁾	① バイオマス受入・前処理設備(スイングハンマー式破碎分別機) ② メタン発酵設備(鋼板製縦型メタン発酵槽 500m ³) ③ ガス利用設備(ガスホルダ 400m ³) ④ 汚泥脱水設備(スクリュープレス式汚泥脱水機) ⑤ 汚泥乾燥設備(間接加熱式蒸気乾燥機)		
バイオガス利用方法	バイオガス 135 Nm ³ /日 ⁸⁾ →メタン発酵槽の加温, 生ごみの可溶化, 汚泥乾燥設備補助燃料 ^{5), 11)}		
温暖化ガス削減量	CO ₂ 削減量 約 2,370 t/年 (H22 年度試算値)		
汚泥有効利用方法	乾燥汚泥 →有機質肥料 269 kg/日 ⁴⁾ , 91 t/年 ⁸⁾		
設置場所	石川県珠洲市熊谷町 2-43 番地		

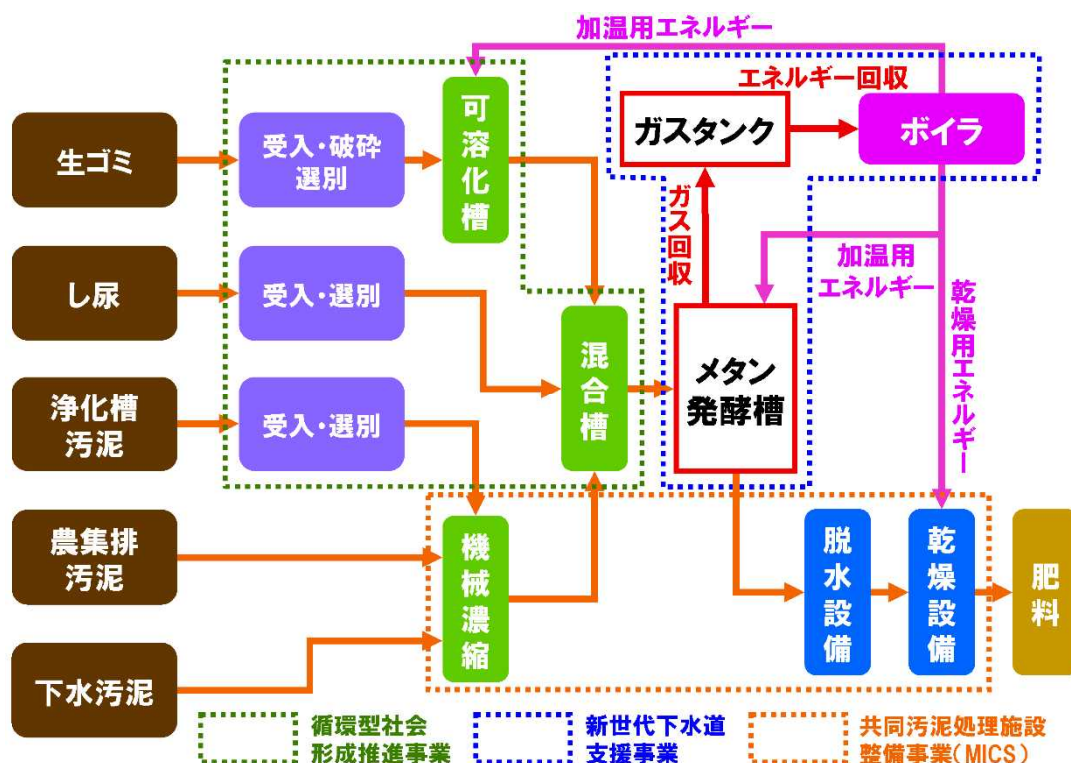
3) 適用した事業⁹⁾

本事業は、国土交通省の「新世代下水道支援事業 リサイクル推進事業／未利用エネルギー活用型」と「汚泥処理施設共同整備事業（MICS）」、並びに環境省の「循環型社会形成推進交付金事業」の連携事業として実施されている。

表資 2-3-3 に適用事業と管轄省庁・対象設備を示す。また、図資 2-3-4 に珠洲市浄化センターにおける補助事業適用範囲を示す。

表資 2-3-3 適用事業と管轄省庁・対象設備⁹⁾

事業名	管轄省庁	対象設備
新世代下水道支援事業制度 (未利用エネルギー活用型)	国土交通省	メタン発酵設備 ガス利用設備
汚泥処理施設共同整備事業 (MICS)	国土交通省	前処理設備（濃縮機） 汚泥処理設備（脱水、乾燥設備）
循環型社会形成推進交付金事業	環境省	受入・前処理設備（濃縮機以外）



図資 2-3-4 珠洲市浄化センターにおける補助事業適用範囲⁴⁾

(3) 事業の効果

珠洲市では汚泥処理施設の稼働により、以下に示すような事業効果を得ている。

1) コストの縮減^{4),10)}

- ・従来の処理に比べ、消化ガスの場内利用による燃料代の削減、汚泥処分費の削減等により、年間 5,700 万円程度のコスト削減。
- ・「肥料の袋代」が流通コストとして発生するが、処分費は発生しない。
- ・厨芥類は消化ガス発生量確保に有益な原料であると位置付け、処理費は徴収していない。

2) 環境負荷の削減⁴⁾

- ・バイオガスを施設内のエネルギーとして利用するため、従来の処理に比べ、年間 2,370 t 程度の CO₂ 排出量を削減。

3) 間接的効果⁴⁾

- ・全国初の下水処理場における混合メタン発酵設備による宣伝効果により、全国から視察者が訪れ、観光収入増加に寄与。

(4) 課題

導入時の課題、または現在・今後の課題として、以下に示す事項が挙げられる。地域バイオマス受け入れにあたっては、このような点が課題となることから、地域バイオマスの受け入れを検討する際には、あらかじめ十分に調査する必要がある。

1) 家庭系生ごみの受入¹⁰⁾

- ・家庭系生ごみの受け入れは、収集・保管方法、高齢者の負担、異物の混入などを考慮すると、実現は困難を伴う。

2) 臭気や騒音の懸念¹⁰⁾

- ・導入時は、臭気や騒音の懸念があったため、処理場立地周辺住民への説明会を実施。

3) 生ごみ分別収集の周知¹⁰⁾

- ・導入当初は分別が徹底され、異物混入はほとんどなかったが、年数を経るにつれて異物の混入が増える傾向にある。
- ・対策として、分別徹底の案内、パンフレット配布等を行っている。パンフレットには搬入できないものや搬入にあたっての条件等を記述している。

4) 補助事業適用条件の判断¹⁰⁾

- ・導入時は、補助事業適用条件の判断基準と適用範囲等の確認が必要。また、関係機関（廃棄物関連部署や県・国等）との連携を強化することが、事業の円滑な推進に貢献。

5) 最適な運転条件・方法の確立

- ・施設の導入効果を最大限に引き出すためには施設の性能が計画どおり発揮され、施設の健全経営を行うことが課題であり、導入前に性能評価研究を行うとともに、施設稼働時のエネルギー収支を把握した上で、最適な運転条件・方法の確立に努める必要がある⁷⁾。
- ・公共下水道施設とメタン発酵設備の維持管理を一括（包括委託）して実施。バイオマス施設

の管理要員として、現地での作業員が1～2名程度増員¹⁰⁾。

- ・加温用ボイラ等は、バックアップ用に灯油炊きボイラを設置¹⁰⁾。
- ・バイオマス収集量は、収集運搬業者と調整する等による平準化を実施¹⁰⁾。

6) 品質管理の徹底^{3), 7)}

- ・好評を得ている肥料は、定期的なチェックによる品質管理の徹底を継続することで、利用者に“安全・安心”を提供し、さらなる普及促進を図る必要がある。

7) 民間企業等との競合¹⁰⁾

- ・バイオマスによっては、民間企業等との競合が生じることから、計画段階で十分な調査とステークホルダとの調整が必要。
- ・魚あらは、当初は受け入れる予定であったが、民間肥料会社との競合が生じ、最終的に受入が不可能となった。

8) その他

- ・家畜排せつ物は、将来的に発生が期待できないこと、収集運搬が困難なこと、異物(小石等)の混入の可能性が高いこと、等の理由から受入れを行わないこととした。

【参考文献・資料】

- 1) バイオマスと為五郎 珠洲市 HP (http://www.city.suzu.ishikawa.jp/seikatukankyo/biomas_tamegorou.html)
- 2) 複合バイオマスメタン発酵施設の導入 美谷喜久雄 再生と利用 2011, Vol. 35, No. 131, (公社)日本下水道協会
- 3) 下水汚泥エネルギー利用調査報告書 平成 20 年 3 月 地方共同法人日本下水道事業団
- 4) 農林水産省「バイオマス事業化戦略検討チーム(第 4 回会合)平成 24 年 3 月 28 日」資料 7「珠洲市・バイオマスエネルギー推進プラン ～複合バイオマスメタン発酵施設の導入～」農林水産省 HP (http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_kenntou/04/pdf/siryu7.pdf)
- 5) 珠洲市バイオマスメタン発酵に関する性能評価研究 2008 年度 下水道新技術研究所年報 (公財)日本下水道新技術機構 HP (<http://www.jiwet.or.jp/result/annual/pdf/2008/sludgeprocessing/05/2008a1-4-4m.pdf>)
- 6) 第 2 回(平成 21 年度)国土交通大臣賞〈循環のみち下水道賞〉資源のみち部門珠洲市浄化センター・バイオマスメタン発酵施設 石川県珠洲市 国土交通省 HP (<http://www.mlit.go.jp/common/000050625.pdf>)
- 7) バイオマスタウン構想分析 DB (一社)日本有機資源協会 HP (http://www.jora.jp/biomasstown_DB/PDF/ishikawa/suzu.pdf)
- 8) 農林水産省「食料・農業・農村政策審議会食料産業部会食品リサイクル小委員会(第 6 回)及び中央環境審議会循環型社会部会食品リサイクル専門委員会(第 4 回)合同会合(第 4 回)平成 25 年 5 月 17 日」資料 6「下水汚泥と食品廃棄物混合処理の現状と課題について 平成 25 年 5 月 日本下水道事業団」農林水産省 HP (http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokusan/recycle/h25_03/pdf/doc6.pdf)
- 9) 珠洲市バイオマスメタン発酵施設(パンフレット) 川崎重工業(株)
- 10) メタン活用いしかわモデル導入の手引き～小規模下水処理場における混合バイオマスメタン発酵システム～ 2015 年 3 月 石川県, (公財)日本下水道新技術機構
- 11) 下水汚泥生産・利用の将来とそれを支える技術 船水尚行, 再生と利用 2011, Vol. 35, No. 131, (公社)日本下水道協会

2-3-2.北広島市

(1) 下水処理場の概要

北広島下水処理センターは、昭和47年2月に供用を開始し、現有処理能力は24,933 m³/日（晴天時）、処理方法は「標準活性汚泥法＋濃縮＋消化＋脱水＋乾燥」となっている。

昭和51年4月より脱水ケーキでの農地利用を開始し、昭和54年に汚泥乾燥機を導入、乾燥汚泥（顆粒状で含水率約20%）の状態にして「北広島市乾燥おでい農地利用組合」に加盟する地元農家（主に畑作農家）を通じて100%緑農地利用することにより循環型社会形成の推進に寄与し、地球温暖化防止に貢献する持続可能な下水道事業を進めている。

北広島下水処理センターは、市民公募による「あしる（アイヌ語で新しい・始まりの意味）」の愛称で親しまれている。同センターでは、平成23年4月より下水汚泥と生ごみの集約・混合処理を開始し、このバイオマスの有効利用の取組みに対して平成23年度国土交通大臣賞（循環のみち下水道賞）が授与された¹⁾。この乾燥汚泥の名称を「あしるのめぐみ」とし、市内の道都大学美術学部の学生がデザインした袋により市民へ販売をおこなっている。また、処理の過程で発生する消化ガスは、下水処理センター内で消化タンク加温用ボイラや汚泥乾燥設備の燃料として全て利用している²⁾。

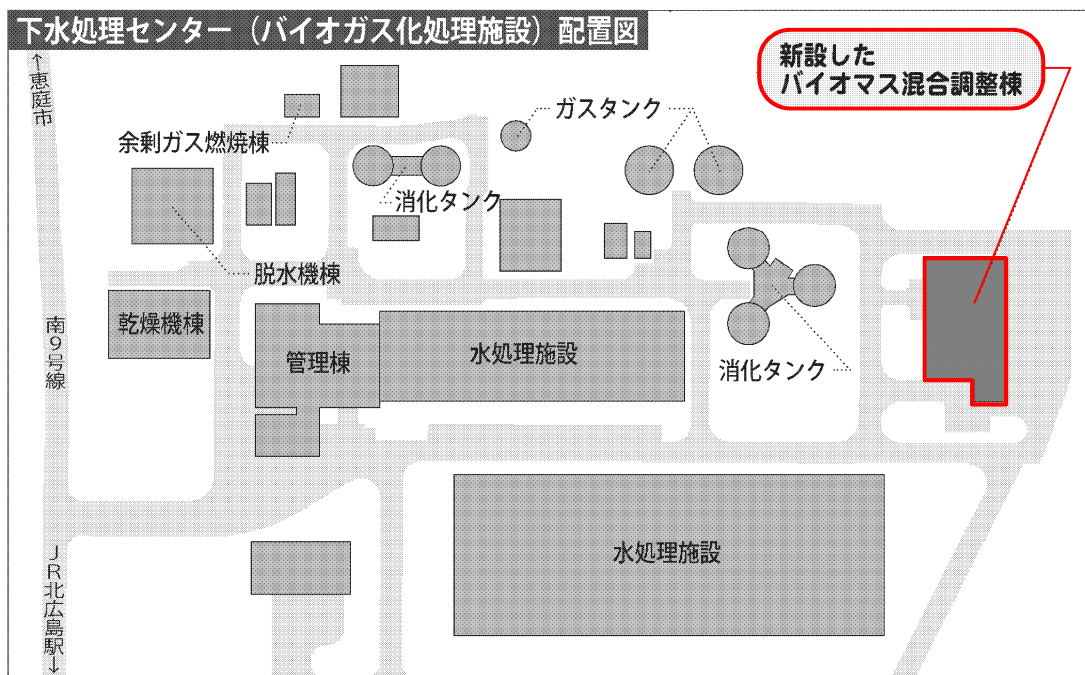
表資2-3-4に北広島市の下水道事業の計画概要を示す。また、図資2-3-5、図資2-3-6に北広島下水処理センターの全景イメージ図及び施設配置図を示す。

表資2-3-4 北広島市の下水道事業の計画概要（平成28年3月31日現在）²⁾

事業認可年月日			昭和45年 8月31日
事業着手年月日			昭和45年10月 1日
供用開始年月日			昭和47年 2月 1日
行政区域内人口			59,140人
全体計画人口			59,700人
処理人口			57,214人
水洗便所設置済人口			57,153人
下水道処理人口普及率			96.7%
水洗化率（対行政人口）			96.6%（処理区域内水洗化率は99.9%）
排水区域面積			認可 1,726 ha 現況 1,518.6ha
処理区域面積			認可 1,726 ha 現況 1,518.6ha
施設	管渠延長	汚水	計画 318.8 km 現況 304.39 km
		雨水	計画 356.1 km 現況 246.41 km
	マンホールポンプ	汚水	9箇所
	ポンプ場	汚水	2箇所（大曲地区・西の里地区）
	終末処理場	箇所数	1箇所（富ヶ岡916番地2）
		総処理水量	7,128,956 m ³ （平成27年度実績）
		処理能力	24,933 m ³ /日（晴天時）
		処理方式	標準活性汚泥法



図資 2-3-5 北広島下水処理センター 全景イメージ図⁵⁾



図資 2-3-6 北広島下水処理センター 施設配置図⁷⁾

(2) バイオマス利活用施設整備事業

北広島市では、平成 23 年 4 月に既存の下水終末処理場にその他バイオマス（生ごみ、し尿・浄化槽汚泥）の受入混合施設を建設した。これは、「既存下水処理施設活用型」として、珠洲市に次いで全国 2 例目で、家庭系生ごみの受入れは全国初となっている。

1) 事業の背景と目的

①最終処分場の埋立て容量の逼迫^{3),9)}

北広島市では、平成 11 年から近隣の 2 市 3 町で構成する「一般廃棄物の処理に係る広域化推進協議会」に参画し、将来的なごみ処理方法について検討を行ってきた。この協議会において、生ごみを含む可燃ごみについては「平成 23 年度から広域で焼却処理をする」という基本方針（案）を策定していたが、その後、可燃ごみ焼却施設の建設予定地と、国の進める河川整備計画における遊水地の予定地が重複していることが判明し、ごみ焼却施設の供用開始時期が当初計画の平成 23 年度から平成 27 年度に延期となった。資源ごみ以外は最終処分場で埋立て処分を行っていた北広島市では、現状のまま埋立て処分を続けると平成 24 年には最終処分場が満杯になってしまうとの予測であった。

②し尿処理場の老朽化³⁾

し尿・浄化槽汚泥等については、近隣の 1 市 3 町（北広島市、長沼町、南幌町、由仁町）にて道央地区環境衛生組合を組織して広域処理を実施していたが、現行施設は昭和 52 年の供用開始以来 32 年が経過して老朽化が進んでおり、施設の更新が課題となっていた。しかし、施設の更新にあたり、し尿処理場単体での補助制度がなく、また構成市町の財政状況も厳しく、処理経費の削減が求められている状況にあった。

以上の背景から、埋立て処分量を減らす方策として、家庭ごみの有料化（平成 20 年 10 月より実施）、及び、家庭系・事業系のごみに約 3～4 割含まれている生ごみを別途分別収集し、バイオガス化処理を実施することとなった。

また当初は、生ごみ単独のバイオガス化プラントを建設することでスタートしたが、プラント施設の建設予定地が下水処理センターの隣だったことや、当時の市担当者が下水処理の経験者だったこともあり、下水処理センター施設を共用する方針に切り替えた。これらについて、北海道の下水道部局と相談した結果、これら取組みは「循環型社会の形成」や「地球温暖化防止」に寄与することから、し尿・浄化槽汚泥等の受入れについても同時に取組むこととして、国土交通省、環境省との協議を経て、本方式での処理を実施するに至っている⁹⁾。

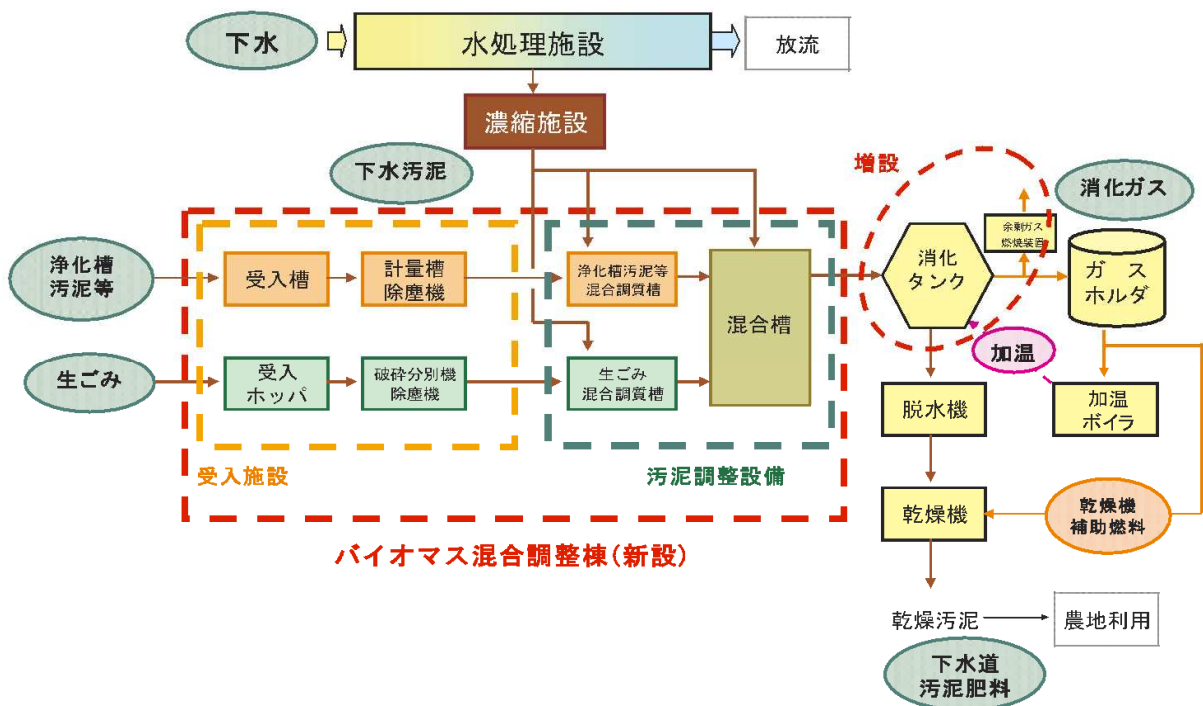
2) 事業の内容^{8),9)}

本事業は、既存の下水処理施設を活用して、その他バイオマス（生ごみ、し尿・浄化槽汚泥等）を集約混合処理するバイオマス利活用施設整備事業（国土交通省と環境省の連携事業）であり、

平成 23 年度から生ごみを 17 t/日（北広島市），平成 25 年度からし尿・浄化槽汚泥等を 40 kL/日（北広島市，長沼町，南幌町，由仁町の 1 市 3 町分）を受入れて処理している。

また，受入れに必要となるバイオマス混合調整棟は新設したが，消化槽以降の施設については基本的に下水処理センターの既存施設を活用している。また，処理の過程で発生する消化ガスは，消化タンクの加温ボイラや，汚泥乾燥設備の燃料として場内で全量有効活用し，発生する汚泥は緑農地利用を行っている。

図資 2-3-7 にシステム構成図を示す。また，表資 2-3-5 に本事業の概要を示す。



図資 2-3-7 システム構成図⁹⁾

表資 2-3-5 本事業の概要

項目	内容		
名称	バイオマス利活用施設整備事業		
事業方式	公設公営 ¹⁾ (DB方式)		
総事業費 ⁹⁾	バイオマス混合調整棟の新設, 消化タンク 1 基の増設, し尿・浄化槽汚泥予備貯留槽の新設, 処理センター場内道路の改修等を含め, 約 20 億円		
事業期間	平成 21 年度～平成 24 年度 (第 1 期工事) 平成 21～22 年度 ・バイオマス混合調整施設の実施設計 ・土木, 建築工事, 機械・電気設備工事 ・余剰ガス燃焼装置新設工事 (第 2 期工事) 平成 23～24 年度 ・し尿・浄化槽汚泥等受入れのための機械・電気設備工事 ・消化タンクの増設工事		
処理対象物	下水道汚泥 (濃縮汚泥), 生ごみ (家庭系, 事業系), し尿・浄化槽汚泥, 農業集落排水汚泥 (長沼町, 南幌町, 由仁町より)		
バイオマス 計画受入量 ^{6), 9)}	種別	平成 23 年度	平成 25 年度
	下水汚泥	94 m ³ /日	94 m ³ /日
	生ごみ	17 t/日 (家庭系 11.8t/日, 事業系 5.5t/日)	
	農業集落排水汚泥	—	40 kL
	浄化槽汚泥		
し尿			
主要機器・設備 ⁶⁾	① メタン発酵設備 (既設) 能力 161 m ³ /日 ② 生ごみ破砕分別設備 ③ 生ごみ混合調質設備 ④ 汚泥脱水乾燥設備 (既設)		
バイオガス利用方法 (H27 年度)	バイオガス 3,000 Nm ³ /日 →消化槽加温熱源, 汚泥乾燥熱源		
温暖化ガス削減量	CO ₂ 削減量 約 1,500 t/年 (H27 年度試算値)		
汚泥有効利用方法 (H27 年度)	乾燥汚泥 704 t/年 →農地利用 631 t/年, 市民緑化 73 t/年		
設置場所	北広島市富ヶ岡 916 番地 2 (下水処理センター内)		

3) 適用した事業

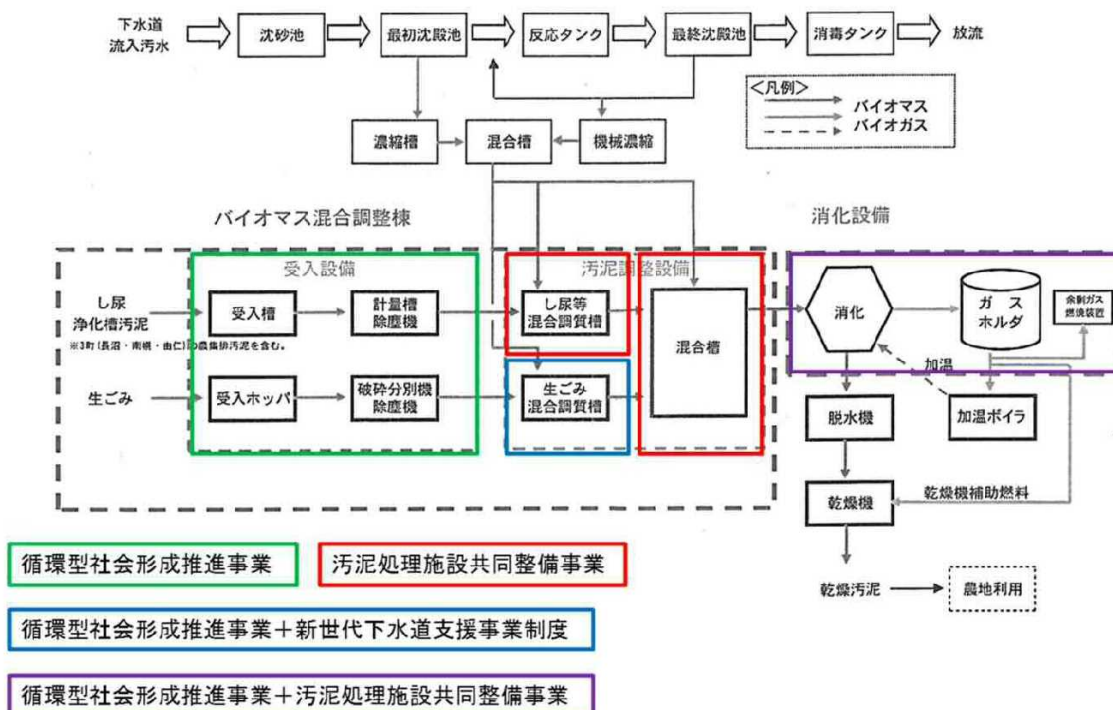
本事業は、国土交通省の「新世代下水道支援事業 リサイクル推進事業／未利用エネルギー活用型」と「汚泥処理施設共同整備事業」、並びに環境省の「循環型社会形成推進交付金事業」の連携事業として実施している。

表資 2-3-6 に適用事業と管轄省庁・対象設備を示す。また、図資 2-3-8 に北広島下水処理センターにおける補助事業適用範囲を示す。

表資 2-3-6 適用事業と管轄省庁・対象設備¹¹⁾

事業名	管轄省庁	対象設備
新世代下水道支援事業制度 (未利用エネルギー活用型)	国土交通省	生ごみ混合調質槽※ 混合槽※
汚泥処理施設共同整備事業 (MICS)	国土交通省	し尿混合調質槽 混合槽※, 消化設備※
循環型社会形成推進交付金事業	環境省	し尿等, 生ごみの受入施設 生ごみ混合調質槽※ 混合槽※, 消化設備※

※対象バイオマスの処理量で補助率を按分



図資 2-3-8 北広島下水処理センターにおける補助事業適用範囲¹¹⁾

(3) 事業の効果

北広島市では、汚泥処理施設の稼働により、以下に示すような事業効果を得ている。

1) コストの縮減

- ・類似施設の一元管理を行うことにより、建設費、維持管理費を削減できる。
- ・し尿処理の維持管理費が約1億円/年の削減¹¹⁾。
- ・類似施設の一元化による建設費の削減(約30%削減、10億円相当)¹¹⁾。
- ・生ごみ受入れに伴い、消化ガス発生量が増加し(11~16%増加)、燃料として使用していた重油を消化ガスに置き換えることにより、約180 kL/年の重油使用量を削減¹¹⁾。

2) 環境負荷の削減

- ・CO₂およびメタンガスの削減により、地球温暖化防止に寄与することができる⁸⁾。
- ・重油を消化ガスに置き換えることにより、約490 t/年のCO₂を削減¹¹⁾。
- ・生ごみが最終処分場で埋立て処理されなくなることから、最終処分場から発生するメタンガス量が約280 t/年(CO₂換算で約5,900 t/年)削減⁸⁾。

3) ごみの減量化

- ・生ごみを分別処理することでごみの埋立量が減ることによる最終処分場の延命化¹¹⁾。

4) 間接的効果

- ・下水処理場の有効利用を図ることができる⁸⁾。
- ・市民や多方面にバイオマス利活用を発信¹¹⁾。

(4) 課題^{4), 8)}

導入時の課題、または現在・今後の課題として、以下に示す事項が挙げられる。地域バイオマス受け入れにあたっては、このような点が課題となることから、地域バイオマスの受け入れを検討する際には、あらかじめ十分に調査する必要がある。

1) 政策的課題

①協議の長期化

- ・北海道を含め、国土交通省と環境省の連携事業となり、補助金等の事業費の枠組み決定が長期化した経緯がある¹¹⁾

②生ごみ分別収集の市民周知

- ・受け入れ不適物(金属片やプラスチック片等の異物や貝殻類)の混入をしないよう、説明会等を通じて市民に周知。なお、設備の摩耗や消化工程を考慮し、卵の殻、貝殻、とうもろこしの皮、竹の子の皮は普通ごみとして回収し、生ごみから除外している⁹⁾。
- ・住民説明会を受入の半年前から開催(開催回数46回。参加人数1,499人)。説明内容は分別の具体例、必要性、注意点、等¹¹⁾。
- ・「生ごみ」と「可燃ごみ」の袋を分けているが、同料金であるため、家庭系可燃ごみとして出されている傾向があり、生ごみ収集量は計画値(170 g/人・日)の40%程度である¹¹⁾。

③下水処理センターにおける新たな運転手法の確立

- ・生ごみやし尿・浄化槽汚泥等の受入れに伴う安定的な運転管理を構築しなければならず、自治体職員や委託人員等を適正に配置する必要がある。
- ・委託人員や市の管理人員も新設備の運転手法の構築や他の関連先との調整もあり、増員対応を行っている¹¹⁾。

H23年度（生ごみ受入）：市職員3名，委託業者8名増員

H25年度（し尿等の受入）：委託業者2名増員

④汚泥の肥料登録と農地利用

- ・生ごみやし尿・浄化槽汚泥受入れ後の汚泥の性状変化に対応するため、成分分析や植害試験、汚泥施用試験等を通じて、乾燥汚泥利用者への十分な説明が必要。
- ・現在は、肥料取締法に基づき届出を行い、農林水産省に「普通肥料」として登録している。

⑤利用先の確保

- ・発生汚泥量の増加に伴い、製造肥料の新たな利用先の確保が必要。

2) 技術的課題

①下水の貯留

- ・生ごみ、し尿等の搬入は週6日となり、混合槽での下水汚泥、生ごみ、し尿等の混合割合を考慮し、搬入のない日も貯留槽で液位管理をしている¹⁰⁾。

②有機酸への対応

- ・生ごみを導入処理した場合、消化汚泥で有機酸値が上昇するため、既存施設の防食を有機酸対応とすること等の検討が必要である¹⁰⁾。

③バイオマス収集量が計画値を大きく逸脱する場合の対応

- ・消化ガスは消化槽加温用ボイラ及び乾燥機バーナーの燃料として使用しているが、消化ガス及び重油の併用機器を設置¹¹⁾。
- ・し尿・浄化槽汚泥は、季節変動があるので、予備貯留槽を設けて対応¹¹⁾。

④家畜ふん尿、剪定枝・刈草について

- ・家畜ふん尿は、各農家にて自家処理済みであったこと、また剪定枝・刈草は、難分解性物質の前処理が必要であったことから受入れは行っていない¹¹⁾。

【参考文献・資料】

- 1) 第4回(平成23年度)国土交通大臣賞〈循環のみち下水道賞〉資源のみち部門 北広島下水処理センター(愛称「あしる」)におけるバイオマス利活用の取り組み 北海道北広島市 国土交通省 HP (<http://www.mlit.go.jp/common/000170739.pdf>)
- 2) 北広島市下水道事業概要 平成28年度版 北広島市水道部下水道課 北広島市 HP (<http://www.city.kitahiroshima.hokkaido.jp/hotnews/files/00125100/00125157/20160815132548.pdf>)
- 3) 循環型社会における下水道～次世代のための持続可能性を目指して～ 深尾 壯, 水坤 2011, Vol. 42, (一社)全国上下水道コンサルタント協会
- 4) 北広島市における下水汚泥の有効利用の取り組み 深尾 壯, 再生と利用 2011, Vol. 35, No. 131, (公社)日本下水道協会
- 5) 北広島市 一般廃棄物処理基本計画 ―「自然と創造の調和した豊かな都市」をめざして― 平成24年3月 北広島市 北広島市 HP (<http://www.city.kitahiroshima.hokkaido.jp/hotnews/files/00007100/00007124/20120529171719.pdf>)
- 6) 農林水産省「食料・農業・農村政策審議会食料産業部会食品リサイクル小委員会(第6回)及び中央環境審議会循環型社会部会食品リサイクル専門委員会(第4回)合同会合(第4回)平成25年5月17日」資料6「下水汚泥と食品廃棄物混合処理の現状と課題について 平成25年5月 日本下水道事業団」農林水産省 HP (http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokusan/recycle/h25_03/pdf/doc6.pdf)
- 7) 広報北広島 2011年1月 北広島市 HP (http://www.city.kitahiroshima.hokkaido.jp/hotnews/files/00005300/00005323/20110101_008.pdf)
- 8) 複数のバイオマス利用について 深尾 壯, 再生と利用 2010, Vol. 34, No. 126, (公社)日本下水道協会
- 9) 北広島市におけるバイオマス受入れについて 平川一省, 下水道協会誌 2013/05, Vol. 50, No. 607, (公社)日本下水道協会
- 10) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン―改訂版― 平成27年3月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部(参考資料編) (<http://www.mlit.go.jp/common/001083170.pdf>)
- 11) メタン活用いしかわモデル導入の手引き～小規模下水処理場における混合バイオマスメタン発酵システム～ 2015年3月 石川県, (公財)日本下水道新技術機構

2-3-3.黒部市

(1) 下水処理場の概要

黒部浄化センターは、平成4年1月にセンターの運転を開始して以来、平成7年4月には高度処理運転開始、同年12月にアクアパークが完成して概成を成している。さらに、平成23年5月からはバイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業を開始するなど、周辺環境と調和と環境保全に配慮した処理場である（表資2-3-7）。

平成12年9月にはきららの滝 建設大臣賞「蘇る水100選」を受賞、平成16年9月には第13回国土交通大臣賞「いきいき下水道賞」特別賞、平成23年度には第4回国土交通大臣賞「循環のみち下水道賞」サステイナブル活動部門を受賞している⁸⁾。

表資2-3-8に黒部市の下水道事業の計画概要を示す。また、図資2-3-9、図資2-3-10に黒部浄化センター全景及びバイオマスエネルギー利活用施設の景観を示す。

表資2-3-7 黒部浄化センター施設供用開始年月¹⁾

年月	内容
平成4年1月	浄化センター運転開始
平成5年5月	汚泥処理運転開始
平成7年4月	高度処理運転開始
平成7年12月	アクアパーク「きららの滝」完成
平成11年4月	水処理2系運転開始
平成11年5月	桜の杜完成
平成13年10月	野鳥の森完成
平成17年3月	水処理3系運転開始
平成22年4月	機械濃縮運転開始
平成23年5月	バイオマスエネルギー利活用施設運営開始
平成23年12月	足湯の名称を「ばいお〜ゆ」に決定

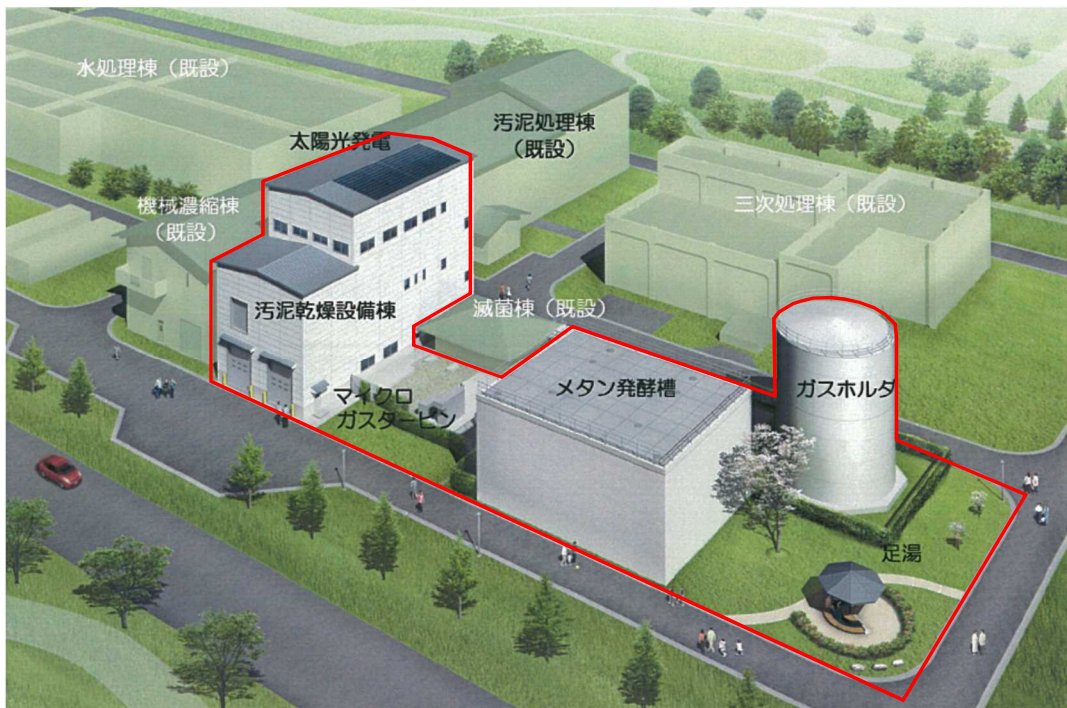
表資2-3-8 黒部市の下水道事業の計画概要（平成28年3月現在）

項目	全体計画	事業計画
処理区域面積 (ha)	1,130	785
処理人口 (人)	32,600	26,548
処理能力 (m ³ /日最大)	22,000	17,600
排除方式	分流式	
処理方式	標準活性汚泥法+急速ろ過 (オゾン)	
放流先	二級河川高橋川 (B類型)	



※写真はバイオマスエネルギー利活用施設整備前

図資 2-3-9 黒部浄化センター全景



図資 2-3-10 バイオマスエネルギー利活用施設の景観²⁾

(2) バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業

平成 23 年 5 月、下水汚泥等と事業系食品残渣（コーヒー粕）によりバイオガスを発生させる下水道バイオマスエネルギー利活用施設が黒部浄化センター内に完成した。同施設は、汚泥（下水汚泥や農業集落排水汚泥）にコーヒー粕を混合してメタン発酵させ、発生したバイオガスを場内の発電や汚泥乾燥設備等の熱源などとして利用するというものである。

同施設の稼働により、これまで下水汚泥（脱水汚泥）の処分はセメント会社等へ有償で処分委託するか埋め立て処分していたが、バイオマスエネルギー源として有効活用することが可能となった。

1) 事業の背景と目的¹⁾

平成 14 年、公共下水道及び浄化槽の普及が進み、し尿処理量が激減する中で、黒部市を含む 2 市 2 町で広域圏運営するし尿処理施設の老朽化に伴い、その存続について更新か廃止かの議論が始まった。

一方、黒部浄化センターにて発生する下水汚泥の処理は、これまでその全量をセメント会社、埋立処分会社などに外部委託していたが、委託先の休止や閉鎖・処分費の値上げなど、恒常的に市況変動へのリスクを抱えており、これに対応できる新たな処理方法の確立がかねてより課題となっていた。

さらには、近年の地球温暖化問題の顕在化や、資源・エネルギー需給の逼迫が懸念される中、都市の持続的発展を維持する観点から、自治体にも循環型社会に適応した廃棄物処理方法の確立が求められていた。

これら、し尿処理施設の老朽化、汚泥処理費用の市況変動リスクへの対応、循環型社会への適応という 3 つの背景から、黒部市では平成 15 年、「黒部市下水汚泥処理事業基本構想」を策定、下水汚泥をバイオマス資源として位置付け、マテリアル利用からエネルギー利用への転換を施策方針に掲げた。その後、し尿処理施設の廃止が正式決定し、浄化槽汚泥・農業集落排水汚泥は各市町で個別に処理することになり、平成 18 年、黒部浄化センター内に浄化槽汚泥・農業集落排水汚泥を受入れる汚泥濃縮槽を増設、公共下水汚泥との一括処理を図ることとした。

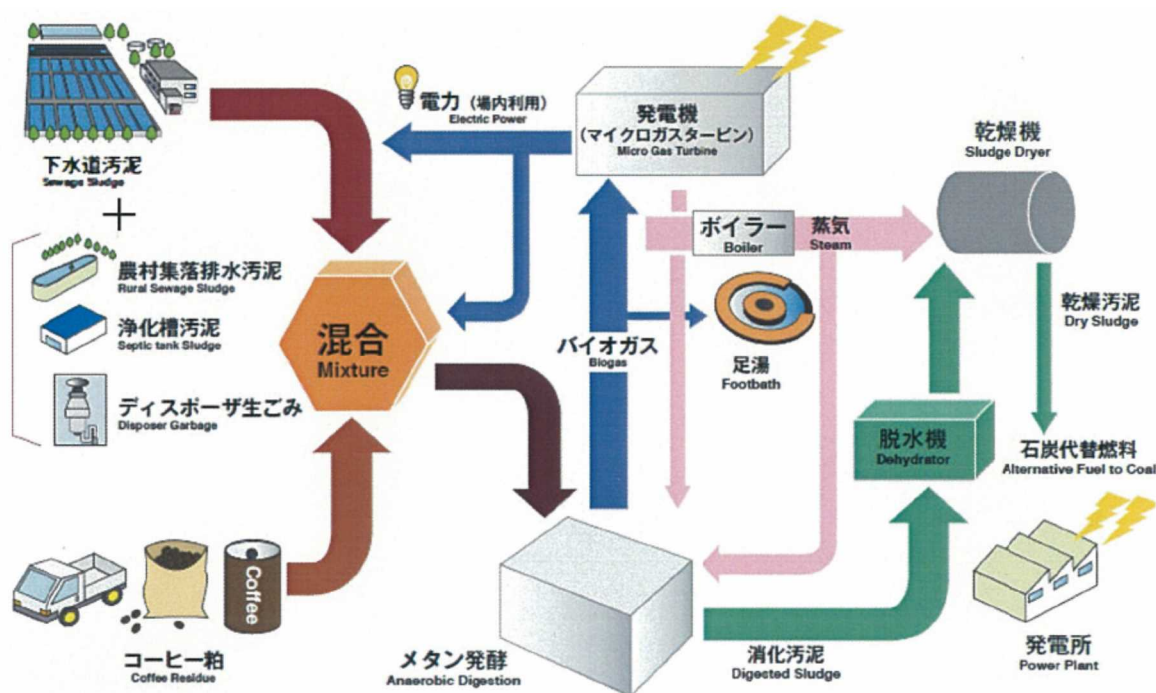
その間、平成 18 年の旧黒部市と旧宇奈月町との市町合併で一時中断したが、合併後に基本構想ロードマップに基づき「黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業」を進めることを決定した。

2) 事業の内容

本事業は、黒部浄化センターからの下水汚泥，ディスポーザ生ごみ，農業集落排水汚泥，浄化槽汚泥を受け入れ，コーヒー粕と共にメタン発酵させることにより，下水汚泥を安定的に処理し，発生したバイオガスを用いた発電や設備の熱源等に利用するものである。

下水汚泥等の処理量は26,248 m³/年であり，これに食品残渣（コーヒー粕）2,884 m³/年を加えて発酵させ，2,728 m³/日のバイオガスを得ている⁵⁾。このバイオガスは，主に汚泥乾燥処理に使用され，その他市民に無料開放している足湯（ばいお〜ゆ），さらには95kWのMGT（マイクロガスタービン）で発電し，処理場内の電力供給（処理場の総電力量の3割程度）などに利用されている。

図資2-3-11に本事業のシステム構成図を示す。

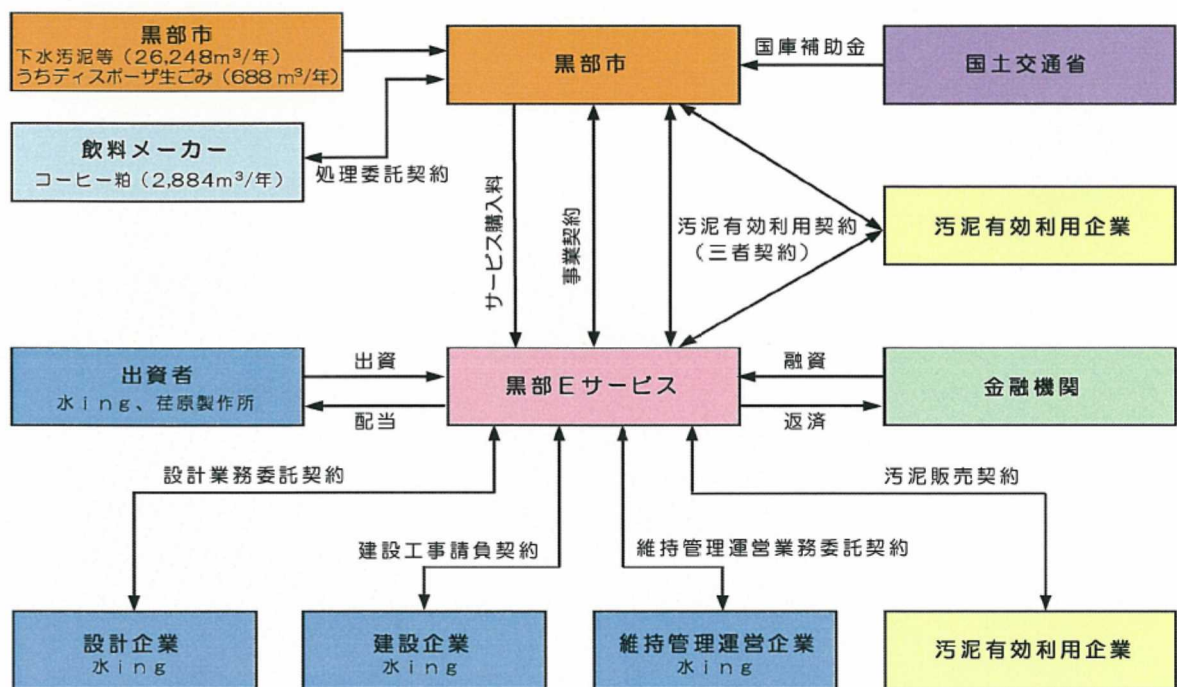


図資2-3-11 システム構成図²⁾

事業の実施にあたっては，最新のバイオマス利活用技術の導入，安定した汚泥処理・汚泥処分方法の確立（処分地・流通先の確保），コスト縮減といった観点からPFI手法（BT0・サービス購入型）を採用し，PFI事業者（黒部Eサービス株式会社）に利活用施設の設計・建設・維持管理・運営・汚泥の最終処分の事業全般を委ねている。

なお，PFI事業による下水道バイオマスエネルギー利活用施設では国内「第1号」稼働案件であり，モデルケースとして注目された。

図資2-3-12に事業スキーム図を示す。



図資 2-3-12 事業スキーム図²⁾

市内各施設より収集されてきた農業集落排水汚泥と浄化槽（合併・単独共）汚泥を黒部浄化センターの汚泥濃縮設備で受け入れ，受入汚泥と水処理施設から送られた下水汚泥を濃縮槽で調整し，PFI 事業者の受入施設へと搬入する。一方，消化促進に必要な不可欠な生ゴミについては，負荷変動の少ない施設運転と一定量のガス量を確保するため，定量かつ安定して調達可能な事業系食品残渣（本事業では主にコーヒー粕）を近隣企業から受け入れ，PFI 事業者へと搬入する。また，各家庭から排出される生ゴミについては，収集場所が不要，天候に左右されない，分別作業が省かれる，下水道管の有効利用が図られる，等の利点を考慮し，単体ディスプレイを使って処理場に集約し，下水汚泥として回収している。

PFI 事業者は，これら黒部浄化センターにおいて集約された下水汚泥・食品残渣等のバイオマス消化させてバイオガスを取り出し，汚泥の乾燥・消化タンクの加温用熱エネルギーとして，さらに，ガスの一部はマイクロガスタービンの発電燃料として活用している。

乾燥汚泥は，土壤改良材や肥料（培養土原料）に使用されているほか，小規模発電事業者が発電燃料として使用している。

表資 2-3-9 に本事業の概要を示す。

表資2-3-9 本事業の概要^{3),4)}

項目	内容		
名称	黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業		
事業方式	PFI 事業 (BTO 方式)		
総事業費 ⁶⁾	建設費：約 16 億円 (うち国費 7 億 2 千万円) 維持管理運営費：約 20 億円 計 36 億円		
設計・建築期間	平成 21 年 4 月～平成 23 年 4 月		
維持管理・運営期間	平成 23 年 5 月～平成 38 年 4 月 (15 年間)		
事業者選定方式	公募型プロポーザルによる総合評価方式		
事業者	SPC 名称 黒部Eサービス株式会社		
出資者	水 ing 株式会社, 株式会社荏原製作所		
処理対象物	既存下水道処理施設より下水汚泥 (濃縮汚泥), 農集排汚泥, 浄化槽汚泥, 生ごみ (ディスポーザ汚泥 ^{※1}), 事業系食品残渣 (コーヒー粕)		
バイオマス 計画受入量 (H36 年度計画値) (m ³ /年)	種別	計画値	備考
	下水汚泥 (濃縮汚泥)	25,034	うち, ディスポーザ由来汚泥 ^{※1} 688 m ³ /年
	農業集落排水汚泥 (濃縮汚泥)	1,080	
	浄化槽汚泥 (濃縮汚泥)	134	
	事業系食品残渣	2,884	コーヒー粕 ^{※2}
	計	29,132	
主要機器・設備仕様	① メタン発酵設備 : 処理能力 80.4 m ³ /日 ② ガスホルダー : 容量 600 m ³ ③ マイクロガスタービン (MGT) : 出力 95kW ④ 太陽光発電 : 出力 10 kW ⑤ 汚泥乾燥設備棟 : 地上 3 階・地下 1 階		
バイオガス発生量 ⁵⁾	約 2,700 m ³ /日		
MGT 発電量 ⁷⁾	平均約 38 万 kW/年		
バイオガス 利用方法	① マイクロガスタービンで発電し, 場内利用 ② ボイラにより, 消化槽加熱熱源および汚泥乾燥熱源として利用		
温暖化ガス削減量	CO ₂ 削減量 約 1,000 t/年		
汚泥有効利用方法	乾燥汚泥化し, 発電燃料や肥料として利用		
設置場所	黒部市堀切 1188 (黒部浄化センター内)		

※1 黒部市では, 直投型ディスポーザの単体使用を平成 22 年 4 月より解禁し, 公共下水道, 農業集落排水施設地区における下水道利用者を対象として普及を促進している。

※2 コーヒー粕と汚泥等の混合処理は水 ing (株)の特許技術である。

3) 適用した事業¹⁰⁾

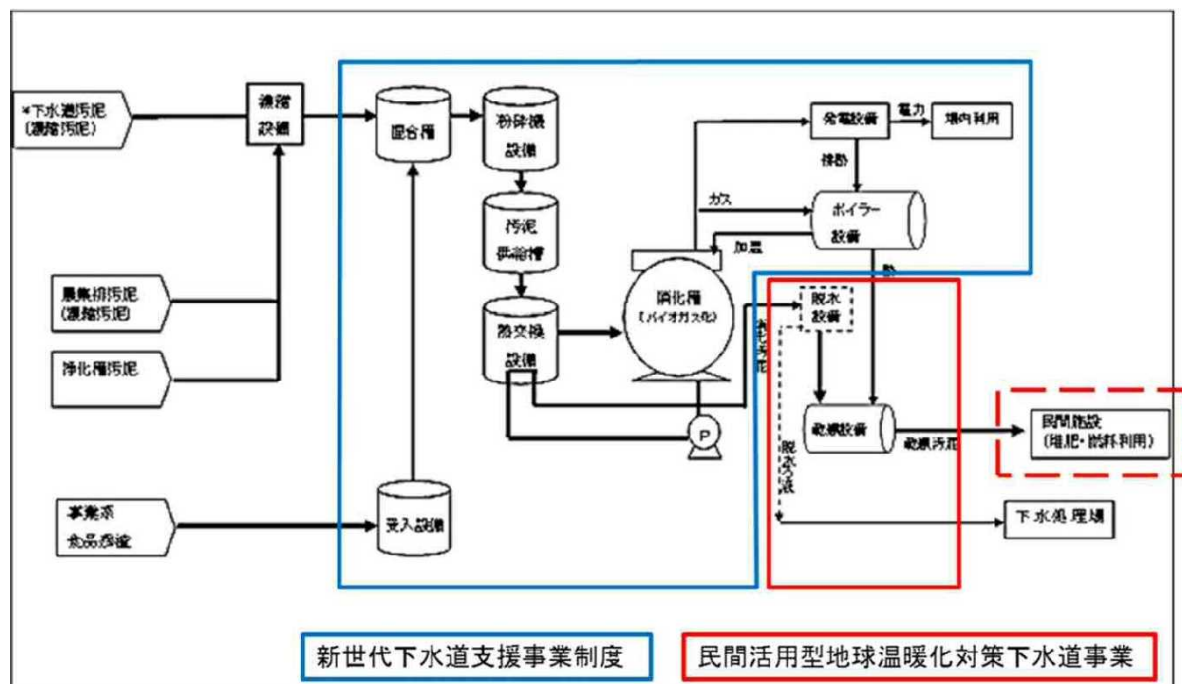
本事業は、国土交通省の「新世代下水道支援事業制度 リサイクル推進事業／未利用エネルギー活用型」並びに「民間活用型地球温暖化対策下水道事業」のもとで、民間資本を活用するPFI事業（BTO方式*）にて実施されている。

※BTO (Build Transfer Operate)：民間事業者が施設等を建設し、施設完成直後に公共施設等の管理者等に所有権を移転して、民間事業者が維持・管理及び運営を行う事業方式。

表資2-3-10に適用事業と管轄省庁・対象設備を示す。また、図資2-3-13に黒部浄化センターにおける補助事業適用範囲を示す。

表資2-3-10 適用事業と管轄省庁・対象設備¹⁰⁾

事業名	管轄省庁	対象設備
新世代下水道支援事業制度 (未利用エネルギー活用型)	国土交通省	原料混合槽 破砕機・原料貯槽 消化槽・ボイラ・発電機
民間活用型地球温暖化対策 下水道事業	国土交通省	脱水・乾燥設備



※ 破線部は補助範囲であったが、民間施設における乾燥污泥の受入が困難となり、整備を行わなかった施設(受入側の乾燥污泥貯留槽)

図資2-3-13 黒部浄化センターにおける補助事業適用範囲¹⁰⁾

(3) 事業の効果

黒部市では、汚泥処理施設の稼働により、以下に示すような事業効果を得ている。

1) コストの縮減

- ・下水汚泥，農集排汚泥，浄化槽汚泥，食品残渣の一体的処理による処理コストの削減¹⁰⁾
- ・PFI 法に基づく事業実施による処理コスト削減¹⁰⁾

2) 環境負荷の削減

- ・必要受電量の削減及び排熱利用による 1,000t/年（全体の約 33%）の CO₂ 削減^{5), 10)}。

3) 間接的効果

- ・処分先の確保や処分費の高騰等の恒常的なリスクからの解放⁵⁾
- ・先進的な事業の実施による交流人口の活性化¹⁰⁾

また、バイオマスの受入からプラント建設，乾燥汚泥の最終処分まで一連した事業権契約としたことで、PFI 事業者インセンティブがより働くようになり、質の高いサービスに相当な経費の縮減，安定的な運営維持管理，地球温暖化ガスの抑止等々，黒部市が期待した以上の事業効果を得ることとなっている。

(4) 課題

導入時の課題，または現在・今後の課題として，以下に示す事項が挙げられる。地域バイオマス受け入れにあたっては，このような点が課題となることから，地域バイオマスの受け入れを検討する際には，あらかじめ十分に調査する必要がある。

1) PFI の導入¹¹⁾

- ・バイオマス利活用に関して，従来型の公共事業では新技術に適応した事業を円滑に施行することが困難なため，PFI 事業を導入し，民間事業者によるバイオマスエネルギー利活用施設の設計・建設・維持管理・運営の事業全般を委ねることとした。
- ・しかし，従来の建設請負契約や外部委託契約とは異なり，契約当事者間の役割，義務，リスクの取り扱い，業務遂行上の重要事項等，細部に亘る契約書の作成に苦慮した。

2) 廃棄物部局との協議の長期化¹⁰⁾

- ・廃棄物部局との協議は長期間を要し，また各県で見解が異なるため，協議の早期実施が必要である。

3) 施設の振動・臭気・騒音への配慮^{9), 10)}

- ・振動，臭気，騒音が発生する機器は建屋内に設置し，周辺地域に影響のないよう配慮。

4) バイオマス量と質の確保

- ・バイオマス量と質の変動を考慮して計画値を確保する必要がある（バイオマス収集量の計画量の確保は市のリスク負担となる）¹⁰⁾。
- ・事前に下水汚泥とその他バイオマスの混合発酵試験を実施することが有用¹⁰⁾
- ・新たな食品残渣の排出元の開拓や，現在の排出先企業への継続の依頼⁹⁾

- ・消化槽の加温等に必要なガス量が確保できない場合は、バックアップとして灯油ボイラで対応¹⁰⁾

5) 維持管理体制の構築

- ・混合メタン発酵施設の導入により、業務履行に必要な人員（4名）を配置¹⁰⁾

【参考文献・資料】

- 1) 黒部浄化センター（パンフレット）黒部市
- 2) 黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業【事業概要説明書】（パンフレット）
黒部市，黒部Eサービス(株)
- 3) バイオマスエネルギー利活用施設 黒部市 HP (<http://www.city.kurobe.toyama.jp/guide/svGuideDtl.aspx?servno=3821>)
- 4) 事業概要 黒部Eサービス株式会社 HP (<http://www.kurobe-e.com/company/>)
- 5) 循環型社会の創造に向けて－黒部浄化センターはまちのシンボル 小崎敏弘 月刊下水道 Vol. 32,
No. 12, 2009/10, (株)環境新聞社
- 6) 「黒部市下水道事業バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業について」黒部市 上下水道部 工
務課 国土交通省 HP (www.mlit.go.jp/common/001090791.pdf)
- 7) 黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設 水ing(株)HP (https://www.swing-w.com/solution/kurobe_p.html)
- 8) 第4回（平成23年度）国土交通大臣賞〈循環のみち下水道賞〉サステイナブル活動部門PFI事
業による下水汚泥のバイオマスエネルギー利活用 国土交通省 HP (<http://www.mlit.go.jp/common/000170731.pdf>)
- 9) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン－改訂版－ 平成27年3月 国土交通省水管理・国土保
全局下水道部（参考資料編）(<http://www.mlit.go.jp/common/001083170.pdf>)
- 10) メタン活用いしかわモデル導入の手引き～小規模下水処理場における混合バイオマスメタン発酵シ
ステム～ 2015年3月 石川県，（公財）日本下水道新技術機構
- 11) 黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業の概要について 小崎敏弘，再生と利
用 2012/1, Vol. 36, No. 134, (公社)日本下水道協会

2-3-4.神戸市

(1) 下水処理場の概要

神戸市東灘処理場は、昭和 37 年 10 月に供用を開始し、処理水量は約 17 万 m³/日、処理人口約 39 万人、処理能力は 229,500 m³/日（晴天時）、処理方法は「標準活性汚泥法＋濃縮＋消化＋脱水→搬出（東部スラッジセンターで集約処理）」となっている。

また同処理場では、汚泥濃縮後、減量化と安定化を目的に嫌気性消化を実施している。この発生する消化ガス（メタン約 60%、二酸化炭素約 40%）をメタン濃度 98%に精製し、「こうべバイオガス」として平成 20 年 4 月から自動車燃料として活用している（後述【参考 1】を参照）。

平成 22 年 10 月からはさらに高度精製し、都市ガス導管への注入を開始した。都市ガス仕様に精製した下水道由来のバイオガスを直接都市ガス導管に供給する試みは我が国初^{*}である（後述【参考 2】を参照）。

※下水処理場で発生するバイオガスを都市ガス製造所に配管輸送し、都市ガスと混合して供給するケースは、既に金沢市等で実施されている。金沢市のケースでは、精製・熱調されたバイオガスは製造所で天然ガスと混合され、均一になった状態で金沢市全体に供給されているが、ここでは異なる利用方式として区別する。導管注入は、都市ガス製造所と離れた場所にあるバイオガス発生源での利用の選択肢を広げることが期待できる。

平成 24 年 1 月からは、国土交通省下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）として、未利用の地域バイオマス（食品系、木質系）を下水汚泥に添加し、ガス発生量の増加と汚泥処理効率化を目指している。さらに平成 25 年 1 月には、消化汚泥からのりん回収の実証事業を開始し、資源の有効活用を目指している⁶⁾。

表資 2-3-1 1 に神戸市（東灘処理区）の下水道事業の計画概要を示す。また、図資 2-3-1 4、図資 2-3-1 5 に神戸市東灘処理場の全景及び配置図、図資 2-3-1 6 に精製設備の状況、図資 2-3-1 7 に消化槽の状況を示す。

表資 2-3-1 1 神戸市（東灘処理区）の下水道事業の計画概要（平成 28 年 3 月現在）

	東灘処理区	
	全体計画	事業計画
計画面積 (ha)	3,795	3,744
計画人口 (人)	407,400	413,000
処理水量 (m ³ /日)	235,500	216,000
処理能力 (m ³ /日)	240,000	220,000
処理方法	標準活性汚泥法 凝集剤併用型ステップ流入式多段硝化脱窒法（分場 4 系）	
放流先	大阪湾	



図資 2-3-14 神戸市東灘処理場の全景¹⁾



図資 2-3-15 神戸市東灘処理場 配置図¹⁾



図資 2-3-16 精製設備の状況⁶⁾



図資 2-3-17 消化槽の状況

【参考 1】「こうべバイオガス」の天然ガス自動車の燃料利用について

神戸市では、従前から下水汚泥の減量化・安定化を目的とした消化を行っており、発生した消化ガスは場内で利用していたが、発生量の 5 割は余剰ガスとして焼却していた。また、消化ガスの成分はメタン約 60%、二酸化炭素約 40%、その他硫化水素等で構成され、都市ガスと比べて発熱量が約半分と低く、機器を損傷・劣化させる原因となる硫化水素やシロキサン等の不純物を含んでいたため、消化ガスの用途は消化槽の加温や場内空調設備の燃料等に限られていた。

そこで神戸市では、消化ガスの 100%活用を目指し、平成 16 年度に(株)神鋼環境ソリューションと大阪ガス(株)の協力で共同研究を開始、「高圧水吸収法」により天然ガスと同等品質の「こうべバイオガス(メタン成分 97%以上)」の精製に成功した。また、平成 20 年 4 月からは「こうべバイオガスステーション」を供用開始し、市バスや脱水ケーキ運搬車、民間運送車両に「自動車燃料」として活用する事業を行い、平成 27 年度には、延べ約 11,000 台(約 40 万 m³)にガスを充填している。



図資 2-3-18 天然ガス自動車への充填状況¹⁾



図資 2-3-19 こうべバイオガスで運行する市バス⁷⁾

【参考2】「こうべバイオガス」の都市ガス導管注入事業について

東灘処理場にて「こうべバイオガスステーション」を供用開始したものの、処理場での消化ガス有効利用は日平均約5,700 Nm³（発生量ベース換算値）であり、約4,600 Nm³もの消化ガスは焼却処分していたため、さらなる利活用を模索していた（値は平成20年度実績）。

そこで、神戸市、(株)神鋼環境ソリューション、大阪ガス(株)は、バイオガスのさらなる活用を目指し、平成20年度より、大阪ガス(株)が定める「バイオガス購入要領」基準に基づき、都市ガス活用への検討を開始した。

一方、平成21年7月に、ガス等のエネルギー供給事業者による非化石エネルギーの利用拡大などを促す「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（エネルギー供給構造高度化法）」が成立^{※1}。経済産業省資源エネルギー庁では、この法律成立をにらみ、平成21年度補助事業として、バイオガスの都市ガス導管注入実証事業の補助金を交付し、(一社)都市ガス振興センターが「バイオマス等未活用エネルギー実証試験補助金」を公募した。そこで神戸市では、消化ガスのさらなる活用を図るため、同補助金の採択を受け、平成21年10月、3者共同の実証事業として、東灘処理場において「バイオガス都市ガス導管注入実証事業」に着手し、既設の消化ガス精製装置^{※2}で精製した「こうべバイオガス」に含まれる微量成分（酸素、二酸化炭素等）の除去や、熱量の調整、都市ガスと同じ付臭、等の設備の整備を行った。

※1 エネルギー供給構造高度化法では、エネルギー供給事業者（電気、ガス、石油事業者等。ただし、火力発電は同法の規制対象外）に対して、非化石エネルギー源（太陽光、風力、水力、バイオガス、等）の利用が求められている。

※2 国土交通省の新世代下水道支援事業制度により、平成18～19年度に設置したもの。

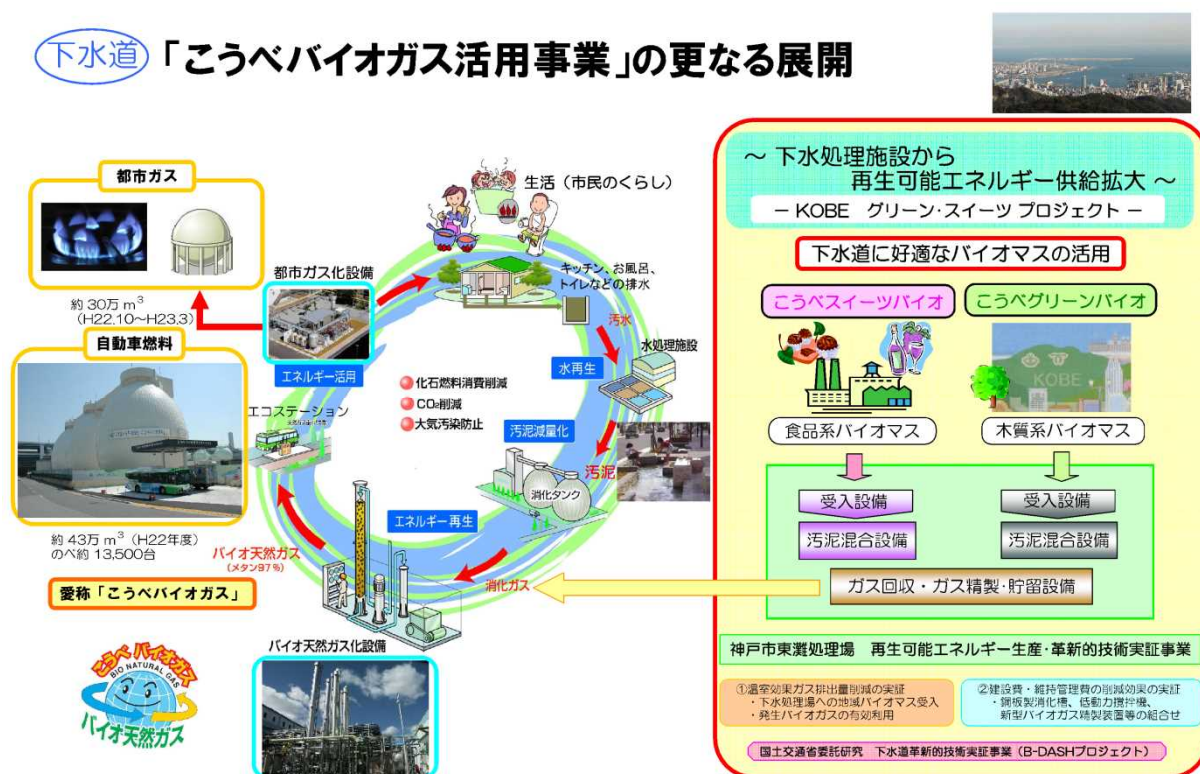
その後、平成22年10月より「バイオガス都市ガス導管注入実証事業」として「こうべバイオガス」の都市ガス導管への本格供給を開始。平成27年度は約84万m³（約2,000世帯相当）のガスを都市ガス導管へ注入している。この事業により、消化ガスの発生量と使用量のアンバランスを吸収し、ほぼ100%に近い有効利用が可能となった^{※3}。

※3 平成20年度時点で、東灘処理場で発生していた消化ガス約10,000 Nm³/日の全てを精製すれば約6,000 Nm³/日の「こうべバイオガス」になる。そのうち、約1,300 Nm³/日を自動車燃料、約2,700 Nm³/日を含場内利用、残る約2,000 Nm³/日を都市ガス導管用に使用可能である。

(2) KOBE グリーン・スイーツプロジェクト

平成 23 年度、神戸市と地元企業との共同研究体は、国土交通省の下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) に「KOBE グリーン・スイーツプロジェクト」を提案し、その採択を受けた。この事業は、木質系 (グリーン)、食品製造系 (スイーツ) の地域バイオマスを下水汚泥と混合し、汚泥処理の効率化を図るとともに、バイオガス量を増加させ、東灘処理場の「地産地消型の再生可能エネルギー供給拠点化」を図るものである。

図資 2-3-20 に KOBE グリーン・スイーツプロジェクトの概要を示す。



図資 2-3-20 KOBE グリーン・スイーツプロジェクトの概要²⁾

1) 事業の背景と目的

神戸市では、従前より、下水を処理する過程で発生する汚泥は全て消化槽で中温消化し、汚泥の減量化・安定化を図ってきた。消化の過程で発生する消化ガスの約 50%は脱硫工程を経て消化槽の加温や空調設備の燃料として利用していたが、残りは未利用のまま焼却処分していた。

その後、東灘処理場では「こうべバイオガス」の精製に成功し、消化ガスの「天然ガス自動車燃料利用」や「都市ガス導管注入事業」により、発生する消化ガスのほぼ 100%に近い有効利用が可能となった。需要の大きな都市ガス導管注入による有効利用が実現したことで、神戸市ではさらなる再生可能エネルギーの供給拡大とともに「地産地消型の再生可能エネルギー供給拠点化」を目指し、本実証実験に着手したものである。

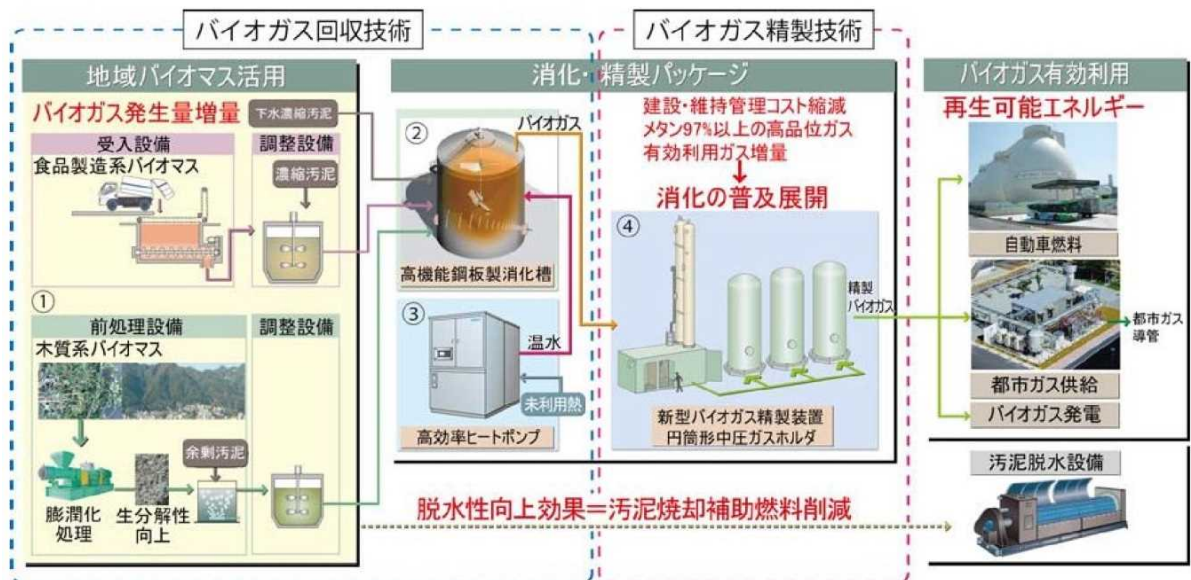
2) 事業の内容

本実証事業は、下水処理場周辺に賦存する木質系（グリーン）と食品製造系（スイーツ）の地域バイオマスを受け入れ、未利用だった下水処理水の保有熱を活用することにより、以下に示す効果について技術の革新性・安定性、建設コストや維持管理コストの削減を実証し、国内下水処理場での汚泥消化・ガス有効利用設備の普及を促進することを目的としている⁴⁾。

- ・ バイオガス発生量の増加
- ・ 木質系バイオマスの繊維質による脱水性の向上
- ・ 脱水ケーキの熱量の向上
- ・ 導入装置の汚泥消化に係る設備の建設コスト・維持管理コストの削減効果
- ・ 処理水からの熱回収による CO₂ 削減効果

食品製造系バイオマスは、地元食品製造企業と連携し、有機物を多く含む地域バイオマスを活用する。また、木質系バイオマスは、六甲山の森林保全の過程で発生する間伐材や、市内の公園・街路樹からの剪定枝を活用する。木質系バイオマスの分解を促進し、下水汚泥と混合することによるバイオガスの生産は我が国で初の試みとなった。

図資 2-3-21 にシステム構成図を示す。また、表資 2-3-12 に本実証事業の概要を示す。



図資 2-3-21 システム全体構成図⁹⁾

表資 2-3-12 本実証事業の概要

項目	内容			
名称 ³⁾	KOBE グリーン・スイーツプロジェクト			
事業方式	国土交通省下水道革新的技術実証事業 (B-DASH 事業)			
総事業費 ³⁾	計 約 10 億円			
事業期間	平成 23 年 5 月～平成 25 年 7 月 (平成 28 年現在も神戸市単独で実証研究継続中)			
処理対象物	下水汚泥, 食品製造系バイオマス, 木質系バイオマス			
バイオマス 計画受入量 ^{1), 3), 4)} (t/日)	種別	計画量	備考	
	スイーツバイオマス (食品製造系)	11.0	バイオマス受入・混合調整 設備既設消化槽 ⁴⁾	
	グリーンバイオマス (木質系)	4.0	バイオマス受入・混合調整 設備既設消化槽 ⁴⁾	
主要機器・設備 ³⁾	既設	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵槽 (消化槽) : 10,000 m³×3 基 中圧ガスホルダ : 1,500 Nm³ (0.8 MPa) ×2 基 バイオガス精製設備 : 330 Nm³/h×2 系列 自動車用燃料供給設備 都市ガス導管注入設備 		
	追加設備	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵槽 (鋼板製消化槽) : 220 m³×1 基 中圧ガスホルダ : 500 Nm³ (貯蔵能力) ×3 基 新型バイオガス精製設備 : 300 Nm³/h×1 系列 高効率ヒートポンプ : 266 kW バイオマス受入設備 : 一式 		
バイオガス利用方法 ³⁾	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用燃料 約 45 万 m³/年 (H24 年度) 都市ガス導管注入 約 100 万 m³/年 (H24 年度) 			
温暖化ガス削減量 ⁹⁾ (システム全体)		下水汚泥 (t-ds/日)	地域バイオマス (t-ds/日)	CO2 削減量 (t-CO ₂ /年)
	ケース 1	3.5	1.7	453
	ケース 2	7.0	3.4	1,037
	ケース 3	10.5	5.1	1,386
汚泥有効利用方法 ⁸⁾	焼却灰 (435 t/年) の有効利用 (H22 実績) アスファルトフィラーの代替品 (54%), インターロッキングブロック 等のコンクリート二次製品の原料 (33%), 肥料 (13%)			
設置場所 ⁶⁾	神戸市東灘区魚崎南町 2 丁目 1-23			

3) 適用した事業

本実証事業は、国土交通省の「下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）」に平成 23 年 5 月に採択され、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究として実施している。

事業の実施にあたっては、国土交通省にて有識者の審議を経て実証事業を採択し、国土技術政策総合研究所からの委託研究として、民間企業が必要に応じて地方公共団体や大学等と連携しながら実規模レベルのプラントを設置して技術的な検証を行い、その成果を踏まえ、国土技術政策総合研究所において革新的技術の一般化を図り、普及展開に活用するため技術ごとに技術導入ガイドラインを策定している。

表資 2-3-13 に適用事業と管轄省庁・対象設備を示す。

表資 2-3-13 適用事業と管轄省庁・対象設備¹⁰⁾

事業名	管轄省庁	対象設備
下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト)	国土交通省	(食品製造系・木質系バイオマスの受入設備※)、調整設備、鋼板製消化槽、新型バイオガス精製設備、中圧ガスホルダ、処理水熱回収設備(高効率ヒートポンプ)

※受託者(神鋼環境ソリューション・神戸市共同研究体)で整備したもの。

(3) 事業の効果⁹⁾

神戸市では「KOBE グリーン・スイーツプロジェクト」による革新的技術の実証実験により、主に以下に示すような実証試験結果※を得ている。

※実証試験結果に基づき下水汚泥 7.0 t-ds/日+地域バイオマス 3.4 t-ds/日規模で FS として評価した結果

1) コストの縮減

- ・革新的技術では従来技術と比較して、建設コストは年価で 18%、撤去を含むライフサイクルコストは 40%の縮減が可能。
- ・革新的技術では従来技術と比較して、維持管理コストは 123%の縮減が可能(維持管理コストの縮減率が 100%を超えるのは、精製バイオガスの売却量増大による増収効果を含むため)。

2) 環境負荷の削減

- ・ライフサイクルでの温室効果ガス排出量は、従来技術では 224 t-CO₂/年の排出に対し、革新的技術では精製バイオガス供給量の増加に伴って 813 t-CO₂/年の吸収となり、排出削減量は 1,037 t-CO₂/年と大幅な排出削減が可能。

なお、精製されたバイオガスの「都市ガス導管注入事業」においては、以下に示すメリットが見込まれる。

1) 需要者側（ガス会社）のメリット⁵⁾

- ・安定発生する消化ガスの購入により、燃料価格が乱高下するエネルギー市場の安定化を図ることができる。
- ・国産エネルギーとしてエネルギーセキュリティの向上に寄与することができる。
- ・再生可能エネルギーであるバイオガスの利用により、温室効果ガスの削減を図ることができる。

2) 供給者側（下水道事業者）のメリット⁵⁾

- ・都市ガス導管へのガス注入のため、場所（処理場）の制約を受けない。
- ・エネルギー需要に合わせて消化ガスの発生量や供給量をコントロールする必要がない（余剰ガスを焼却処分することなく、全量を有効利用できる場合が多い*）。

※バイオガスを注入する導管周辺の家庭等利用者のガス利用量に応じて、運用上、受け入れるガス量の調整が必要となる場合もある。

(4) 課題⁹⁾

「KOBE グリーン・スイーツプロジェクト」では、以下に示す理由により、実証期間内に最終計画値に届かなかった経緯がある。地域バイオマスの受入れにあたっては、このような点が課題となることから、地域バイオマス受入を検討する際には、あらかじめ十分に調査する必要がある。

1) スイーツバイオマス（食品製造系）の選定

- ・地域バイオマスの受入れにあたっては、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という事情がある。
- ・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、有価物としての受入れを想定していない本プロジェクトへの協力が得られなかった。

2) グリーンバイオマス（木質系）の選定

- ・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いものがあった。

【参考文献・資料】

- 1) 官民連携「KOBEGREEN・スイーツプロジェクト」ついに始動 平成24年6月26日神戸市HP (<http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2012/06/20120626301501.html>)
- 2) 神戸市東灘処理場において再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業を実施しますーKOBEGREEN・スイーツプロジェクトー (株)神鋼環境ソリューションHP (<http://www.kobelco-eco.co.jp/topics/news/2011/20110526.html>)
- 3) 農林水産省「食料・農業・農村政策審議会食料産業部会食品リサイクル小委員会(第6回)及び中央環境審議会循環型社会部会食品リサイクル専門委員会(第4回)合同会合(第4回)平成25年5月17日」資料6 下水汚泥と食品廃棄物混合処理の現状と課題について平成25年5月日本下水道事業団 農林水産省HP (http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokusan/recycle/h25_03/pdf/doc6.pdf)
- 4) B-DASH 神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術実証研究 宮本 博司, 川嶋 淳 再生と利用 2013, Vol. 37, No. 141, (公社)日本下水道協会
- 5) バイオマスエネルギーの利活用に向けた取り組み 額額 三佳子, 坪田 潤 廃棄物資源循環学会誌, Vol. 21, No. 1, pp. 23-28, 2010
- 6) 神戸市東灘処理場の概要 神戸市HP (<http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/waterworks/sewage/higashinada-gaiyo.html>)
- 7) 「こうべバイオガス」と天然ガス自動車の導入 神戸市HP (<http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/waterworks/sewage/img/bio.pdf>)
- 8) 神戸市における下水汚泥の有効利用と今後の取り組み 山地 健二 再生と利用 2012, Vol. 36, No. 135, (公社)日本下水道協会
- 9) 国土技術政策総合研究所資料No.737 B-DASH プロジェクト No.2 バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム導入ガイドライン(案) 国土技術政策総合研究所HP (<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0737.htm>)
- 10) 神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業ーKOBEGREEN・スイーツプロジェクトー 瀧村 豪, 長岡 務 再生と利用 2012, Vol. 36, No. 134, (公社)日本下水道協会
- 11) 東灘処理場パンフレット 神戸市HP (<http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/waterworks/sewage/cont10.html>)

2-3-5. 恵庭市

(1) 下水処理場の概要

恵庭下水終末処理場は、昭和 55 年 10 月に供用を開始し、処理能力は 47,500 m³/日（晴天時）、処理方法は「標準活性汚泥法＋濃縮＋消化＋脱水→搬出」となっている¹⁾。

同処理場では、平成 24 年 9 月より新たなバイオマスとして「家庭系及び事業系生ごみ」を受け入れ、下水汚泥、し尿・浄化槽汚泥と合わせた集約混合処理を開始した。これにより、従来よりも消化ガス発生量を大幅に増大させ、エネルギーの有効活用を図っている。また、発生した脱水汚泥は、全て肥料やセメント原料など資源として有効活用している。

また、家庭系の生ごみの共同処理及びバイオガス発電も行う施設としては全国初であり、この取組みに対して平成 25 年度国土交通大臣賞（循環のみち下水道賞）が授与されている²⁾。

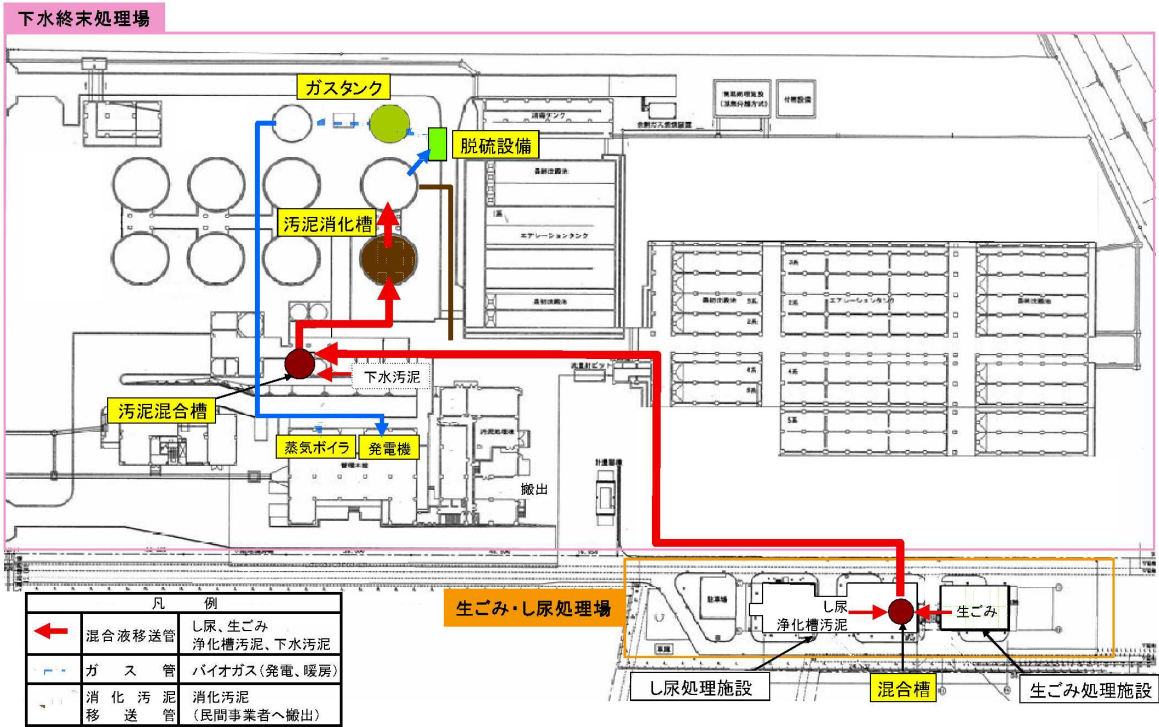
表資 2-3-14 に恵庭市の下水道事業の計画概要を示す。また、図資 2-3-22 に恵庭下水終末処理場の全景、図資 2-3-23 に恵庭下水終末処理場の配置図、図資 2-3-24 に生ごみ・し尿処理場の状況を示す。

表資 2-3-14 恵庭市の下水道事業の計画概要（平成 29 年 2 月現在）

	恵庭処理区	
	全体計画	事業計画
計画面積 (ha)	1,865.2	1,865.2
計画人口 (人)	68,300	68,000
処理水量 (m ³ /日)	39,436	38,630
処理場名称	恵庭下水終末処理場	
処理方法	標準活性汚泥法	
処理能力 (m ³ /日)	47,500	47,500



図資 2-3-22 恵庭下水終末処理場の全景³⁾



図資 2-3-23 恵庭下水終末処理場の配置図⁵⁾



▲恵庭市生ごみ・し尿処理場全景(生ごみ処理施設・し尿処理施設)



▲し尿処理施設(事務所)



▲生ごみ処理施設(生ごみ搬入口)

図資 2-3-24 生ごみ・し尿処理場の状況(写真)⁵⁾

(2) 生ごみの分別収集によるバイオガス化事業

恵庭市では、生ごみを循環資源として位置づけ、平成 24 年度から生ごみの分別収集と生ごみ処理施設（受入施設）の供用を開始した。バイオガス化処理を行いエネルギー資源として有効活用することで循環型社会の実現を目指している。

生ごみ処理施設は、下水終末処理場に隣接する「し尿処理施設」に増設。下水終末処理場ではそれまでもし尿・浄化槽汚泥から発生するバイオガスを利用していたが、生ごみと併せて処理することでガスの発生量を増大させ、発電等に有効利用している。

1) 事業の背景と目的⁴⁾

①最終処分場への環境負荷の増加

恵庭市は、昭和 50 年代に収集運搬、焼却処理、埋立処理による一連の処理体制を確立し、生ごみについては可燃ごみとして焼却処理していた。しかし、ダイオキシン類の規制強化に伴い焼却施設を平成 14 年 12 月に休止し、可燃ごみ（生ごみを含む）は最終処分場で埋立処理となったことから、最終処分場の容量の逼迫や環境負荷の増大を招き、環境にやさしい循環型社会の構築に向けたごみの減量化及び資源化が喫緊の課題となった。

②循環型社会形成のための市民提案

上記①のような背景から、平成 19 年に公募市民、関係団体、事業者で構成される「恵庭市ごみへらし市民会議」が開催され、循環型社会構築に向けたごみの減量化、資源化、適正処理を推進するための方策として「恵庭市循環型社会形成のための市民提案」にとりまとめ提言された。その提言の一つとして家庭ごみの約 3 割を占める生ごみを焼却や埋立処理するのではなく、すべて資源として有効活用すべきであると提案された。

この市民提案をもとに、恵庭市では平成 20～27 年度までの 8 年間を計画期間として、「発生抑制」「再使用・再生利用」「エネルギー回収」「適正処理」の 4 つの柱からなる「恵庭市循環型社会形成推進施策」を策定し、下水終末処理場を利用した生ごみのバイオガス化検討を施策のひとつとした。

さらに、平成 23 年 2 月には「恵庭市地域新エネルギー重点ビジョン」を策定し、バイオマスエネルギーの地域循環システムの構築に向け、市域に豊富に存在するバイオマスの将来的な利活用を目指した調査研究の継続を重点施策の一つに位置付けている。

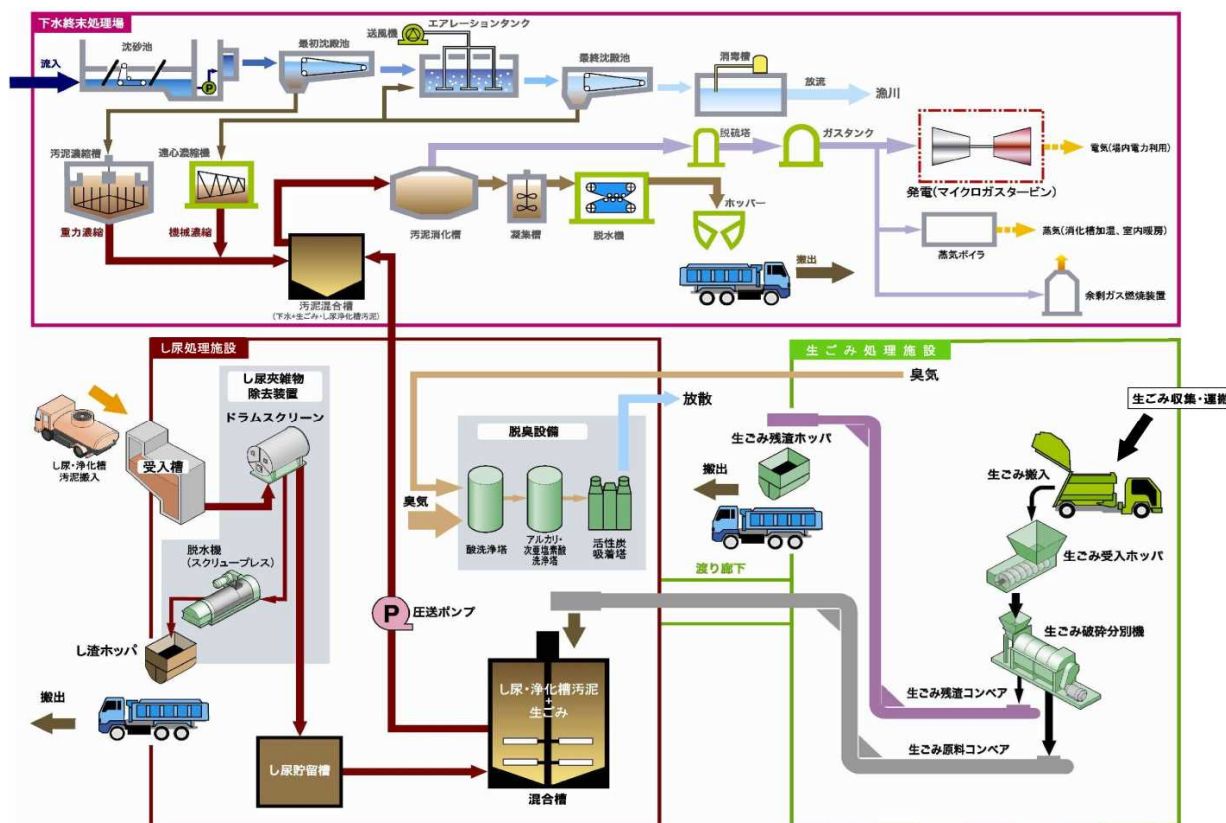
2) 事業の内容^{4),7)}

本事業は、生ごみ処理施設、し尿処理施設及び既存の下水終末処理施設を有効利用して、下水汚泥と他のバイオマス（生ごみ、し尿・浄化槽汚泥）を集約処理し、汚泥消化槽投入後、発生した消化ガスをマイクロガスタービン（以下、MGT）による発電や、消化タンクの加温、場内施設暖房用の蒸気ボイラ燃料として有効利用している。また、MGT により発電された電力については

全量処理場内で利用することにより、天然資源の消費やCO₂の発生を抑制し、環境保全と持続可能な循環型社会の形成を推進している。発生した消化汚泥は、民間業者による資源処理を委託し、全て肥料やセメント原料などに有効利用している（下水汚泥肥料は、農業従事者及び市民へ還元）。

既存下水終末処理場を利用して、家庭からの生ごみをバイオガス化する施設は全国で2例目であり、バイオガス発電を行う施設としては全国初の取組みとなっている^{6),7)}。

本事業システムは、下水終末処理施設、し尿処理施設及び生ごみ処理施設の3つの施設で構成される。図資2-3-25に本事業のシステム構成図を示す。また、表資2-3-15に本事業の概要を示す。



図資2-3-25 システム構成図⁵⁾

表資 2-3-15 本事業の概要

項目	内容		
名称 ⁶⁾	生ごみの分別収集によるバイオガス化事業		
事業方式 ⁸⁾	公設公営		
総事業費	①生ごみ・し尿処理場：約 3.85 億円 生ごみ受入施設（建築），受入ホッパ・生ごみ破碎分別機等（機械・電気設備），付帯設備（外構等） ②下水終末処理場：約 10 億円 汚泥調整設備（建築，土木，機械設備），脱硫設備（機械設備），ガスタンク，MGT（機械・電気設備） 事業費合計 約 13.85 億円		
事業期間	平成 21 年度～平成 26 年度 建設期間：平成 22 年～平成 24 年 9 月（生ごみ受入）～平成 27 年 3 月（ガスタンク増設）		
処理対象物	下水汚泥，し尿・浄化槽汚泥，生ごみ（家庭系，事業系）		
バイオマス 計画受入量 （消化槽投入汚泥量） （t/日） ※実績値のうち，下水汚泥及びし尿・浄化槽汚泥は比重 1.0 として換算	種別	計画 （恵庭市バイオマスエネルギー推進事業 実施計画書）	H27 実績（参考）
	下水汚泥	267.0	252.8
	し尿・浄化槽汚泥	13.0	18.9
	生ごみ	11.0	8.9
	計	291.0	280.6
主要機器・設備 ⁴⁾	① 生ごみ処理施設（受入施設）（処理能力：18 t/日） 受入ホッパ，破碎分別機（スイングハンマー式），等 ② し尿処理施設（受入施設）（処理能力：15 kL/日） し尿受入槽，混合槽，脱臭装置，等 ③ 下水処理施設 沈砂池，汚泥混合槽，汚泥消化槽，乾式脱硫設備，ガスタンク，脱水機，発電機（MGT），等		
バイオガス利用方法	バイオガス 1,714,999 Nm ³ /年（=4,699 Nm ³ /日） →消化タンクの加温，場内施設暖房用の蒸気ボイラ燃料 →MGT 発電による場内電力（1,290 千 kWh/年）（平成 27 年度実績）		
温暖化ガス削減量	CO ₂ 削減量 約 2,600 t/年 ^{4),9)} （生ごみの埋立処分により発生するメタンガス量の削減量）		
汚泥有効利用方法	全て肥料やセメント原料などに有効利用（下水汚泥肥料は，農業従事者及び市民へ還元） ^{4),2)}		
設置場所	恵庭市中島松 453 番地（恵庭下水終末処理場） 恵庭市中島松 460 番地 1（恵庭市生ごみ・し尿処理場）		

3) 適用した事業^{4), 8)}

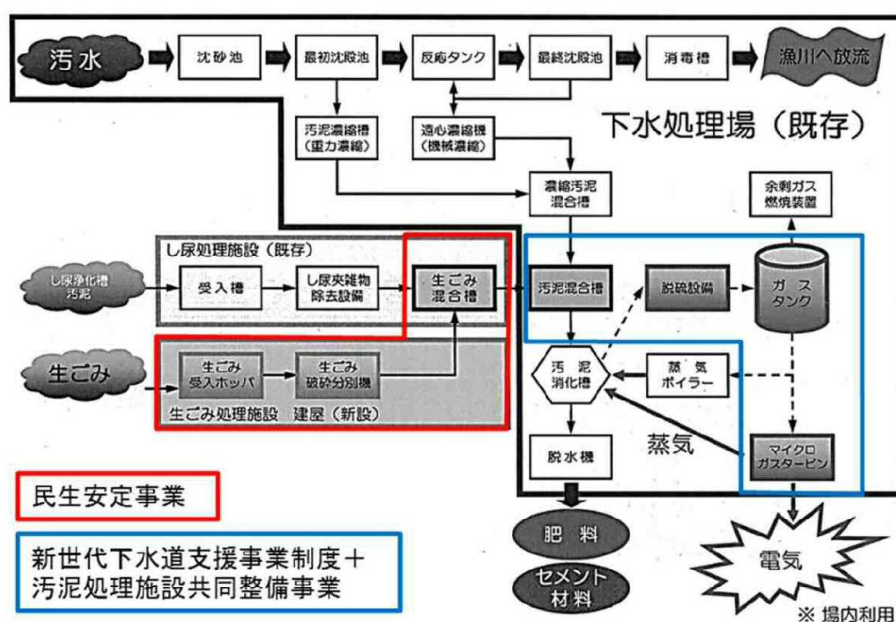
本事業は、生ごみのバイオガス化処理に伴う生ごみ処理施設（受入施設）の整備は、平成 22～24 年度事業として防衛省補助「防衛施設周辺民生安定施設整備事業補助金（ごみ処理施設設置助成事業）」により実施している。また、下水終末処理場における地域バイオマスの受入れ及び利活用に伴う整備は、混合槽や発電機の設置及び脱硫設備の改修等を国土交通省補助「新世代下水道支援事業制度 リサイクル推進事業／未利用エネルギー活用型」及び「汚泥処理施設共同整備事業（MICS）」により実施している。

表資 2-3-16 に適用事業と管轄省庁・対象設備を示す。また、図資 2-3-26 に恵庭下水終末処理場における補助事業適用範囲を示す。

表資 2-3-16 適用事業と管轄省庁・対象設備⁸⁾

事業名	管轄省庁	対象設備
新世代下水道支援事業制度 (未利用エネルギー活用型)	国土交通省	汚泥混合槽，消化設備
汚泥処理施設共同整備事業 (MICS)	国土交通省	汚泥混合槽，消化設備
防衛施設周辺民生安定施設整備事業補助金（ごみ処理施設設置助成事業）※	防衛省	生ごみ処理施設（受入施設）

※飛行場、演習場などがあることによって周辺住民の生活に影響を及ぼす場合、市町村などが行う公園、道路、体育館、公民館、ごみ・し尿処理施設等の生活環境施設や農業用施設、漁業用施設等の事業経営の安定に寄与する施設の整備に対して助成を行うもの。



図資 2-3-26 恵庭下水終末処理場における補助事業適用範囲⁸⁾

(3) 事業の効果

恵庭市では、当該地域バイオマスの利活用により、以下に示すような事業効果を得ている。

1) コストの縮減

- ・MGTによる発電により、電気料約 20,000 千円/年の削減。MGTによる発電量は、処理場電力使用量の約 38%を占める（平成 27 年度実績）。
- ・既存の下水終末処理施設を活用することで施設建設コストが縮減、さらに施設を一元管理することにより、維持管理費が低減。

2) 環境負荷の削減

- ・MGTによる発電により、温室効果ガス発生量を 860 t/年削減（平成 27 年度実績）。
- ・従来、埋立処分していた生ごみを下水汚泥とともに処理することにより、最終処分場から発生するメタンガスを CO₂換算で 2,600 t/年削減^{4), 8)}。

3) ごみの減量化

- ・生ごみを分別処理することでごみの埋立量が減ることによる最終処分場の延命化^{4), 8)}。
- ・現在整備中のごみ焼却施設の計画規模を縮小化⁴⁾。

(4) 課題

導入時の課題、または現在・今後の課題として、以下に示す事項が挙げられる。地域バイオマス受け入れにあたっては、このような点が課題となることから、地域バイオマスの受け入れを検討する際には、あらかじめ十分に調査する必要がある。

1) 政策的課題

①生ごみ分別収集の周知^{4), 7)}

- ・家庭系及び事業系生ごみを受入処理するためには、市民理解と協力による適正な分別が欠かせない。
- ・家庭系生ごみの分別収集については、丁寧かつきめ細かく説明（受入の 5ヶ月前から住民説明会・事業者説明会を実施。住民説明会 115 回、延べ参加人数 3,827 人）。
- ・設備の摩耗や消化工程を考慮し、卵の殻、貝殻、とうもろこしの皮、竹の子の皮は燃やせるごみとして収集し、生ごみから除外している⁶⁾。

（家庭系生ごみ）

- ・汚水量が多くなると処理効率が低下することから、生ごみの水切りの必要性を周知する必要がある⁸⁾。

（事業系生ごみ）

- ・大量の粉類、大きな冷凍物等は破砕分別機での処理ができないため、戸別訪問等による説明を実施⁸⁾。

②運転手法の確立

- ・生ごみ処理施設の安全・安定的な稼働の確保には、施設搬入時における異物・不適合物の混入への監視、混入が判明した場合の速やかな除去及び搬入者への指導など、設備損傷を未然

に防止する適切な現場管理体制の構築が必要(生ごみ処理施設の運転管理人員として2.5人工配置)。

③バイオマス量と質の確保⁸⁾

(家庭系生ごみ)

- ・計画値の88%以上を確保しており、大きく逸脱するとは考えられない。
- ・処理能力を超える搬入量がある日は、一部受入ホッパに貯留し、翌日処理している。
- ・年末年始によるごみ収集の休止後において繰越処理できない多量の搬入が予想される場合は、処理不能見込み分を最終処分場に搬入している。
- ・農業残渣は、一定期間に集中して発生し、施設の処理能力を超えることや形状等の搬入条件が合わないことから、受入れは行わないものとしている。

(事業系生ごみ)

- ・計画値を超えており、大きく逸脱するとは考えられない。
- ・大口排出事業者の新規立地等により計画量を大きく逸脱する場合は、曜日ごとの搬入量を各事業者と調整する等、搬入量の平準化を図ることを検討する必要がある。

(生ごみ全体)

- ・収集量が減少した場合は、減少生ごみ混合量分を下水汚泥で賄うが、ガス量が減少し、発電量も減少する。
- ・収集量が増加した場合は、受入量(処理能力18t/日)が決まっているため、処理不能分は最終処分場で処理する。

2) 技術的課題

①冬期における凍結

- ・冬期間には、搬入車両に付着した雪や施設床洗浄水の凍結が危惧されたため、下水終末処理場からの蒸気供給(バイオガスを燃料とした蒸気ボイラ)による床暖房(室温5度)を設けた結果、安全な作業環境が確保され、作業効率の向上と転倒事故を未然に防止することができた。

②施設のバックアップ体制^{4),8)}

- ・現在、生ごみ処理施設(受入施設)の受入ホッパ、生ごみ破碎分別機及び混合槽、下水終末処理場の汚泥混合槽、消化汚泥貯留槽及び汚泥消化槽は1系列のみとなっており、維持管理上、点検や補修の際には生ごみの受入れを中止し埋立処分しなければならず、バックアップ体制を検討中。

③防食について⁸⁾

- ・有機酸に対する防食塗装等の検証が必要。

④他のバイオマスの受入れ⁴⁾

- ・資源消費の抑制と環境負荷の低減の観点から、その発生抑制を第一に優先し、そのうえで循環資源として有効に利活用を推進するため、今後、他の地域バイオマスの受入れを検討。

【参考文献・資料】

- 1) 恵庭下水終末処理場の概要（パンフレット） 恵庭市水道部下水道課
- 2) 第6回（平成25年度）国土交通大臣賞〈循環のみち下水道賞〉資源のみち部門 恵庭下水終末処理場におけるバイオマス利活用（発電等）の取り組み 北海道恵庭市 国土交通省 HP（<http://www.mlit.go.jp/common/001009936.pdf>）
- 3) 恵庭下水終末処理場の概要 恵庭市 HP（<http://www.city.eniwa.hokkaido.jp/www/contents/1366006820944/index.html>）
- 4) 恵庭下水終末処理場におけるバイオマス利活用（発電等）の取組み 長谷晃司 再生と利用 2013, Vol. 37, No. 141, (公社)日本下水道協会
- 5) 恵庭市生ごみ・し尿処理場（パンフレット） 恵庭市
- 6) 行政視察の受入れに向けた先進施策情報 恵庭市「全国初！家庭系生ごみを混合処理し発電へ」北海道 HP（<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/ckk/namagomi3.pdf>）
- 7) 地域におけるバイオマス活用の先進的事例「恵庭市の生ごみの分別によるごみの減量化及び下水終末処理場等を活用したバイオガス化処理によるエネルギー転換」都道府県バイオマス活用推進計画の策定状況 平成27年7月現在 農林水産省 HP（http://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_kihonho/local/pdf/hok-san2.pdf）
- 8) メタン活用いしかわモデル導入の手引き～小規模下水処理場における混合バイオマスメタン発酵システム～ 2015年3月 石川県, (公財)日本下水道新技術機構
- 9) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン－改訂版－ 平成27年3月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（参考資料編）（<http://www.mlit.go.jp/common/001083170.pdf>）