

宗像終末処理場における 消化ガス発電設備導入可能性調査

平成25年10月17日

宗像市 下水道課

1. 調査の背景

- ◆ 宗像市では、「**持続可能なまちづくり**」の実現を図るため、市の事務事業に伴う**CO2を4%削減(300t)**することを目標としている。(基準年度=H20年度、目標年次=H27年度)
- ◆ 下水道事業は、下水汚泥や下水熱といったエネルギー資源を有しており、こうした資源を有効利用することで低炭素社会の構築に向けて大きな役割を果たすことが期待されている。
- ◆ 本市においては汚泥の処理過程により発生する**消化ガスの場内利用率は、まだ低い**(約25%)状況にある。
- ◆ このような状況を踏まえて、宗像終末処理場の**消化ガスをより有効利用**するために発電事業の可能性を調査した。

1. 発電事業の概要

1-1. 概要

(1) 目的：宗像終末処理場の処理過程から発生する
再生可能エネルギーである消化ガス(メタン)を利用
して発電を行う。

(2) 検討年次：平成32年（現下水道事業全体計画の目標年次）

(3) 計画発生ガス量：2,700Nm³/日

(4) 電気の利用方法：

ケース①自家消費（処理場内利用）

ケース②余剰電力売却

（発電設備に必要な電力を除き全電に全量販売）※

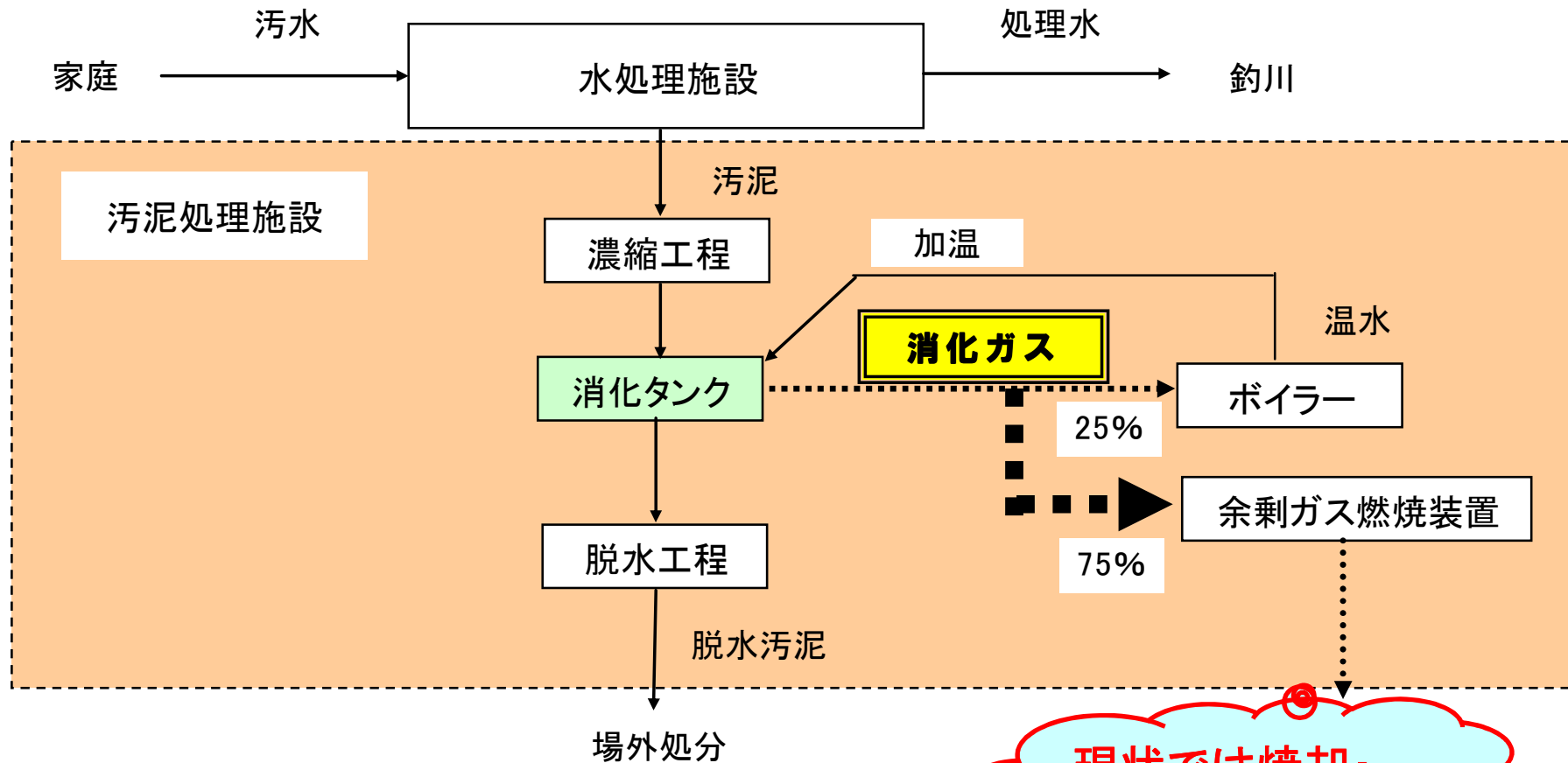
※再生可能エネルギーの固定価格買取制度(通称:FIT制度)利用

(H24.7.1～)

今回、下水道計
画設計諸元を見
直し、計画ガス量
を設定

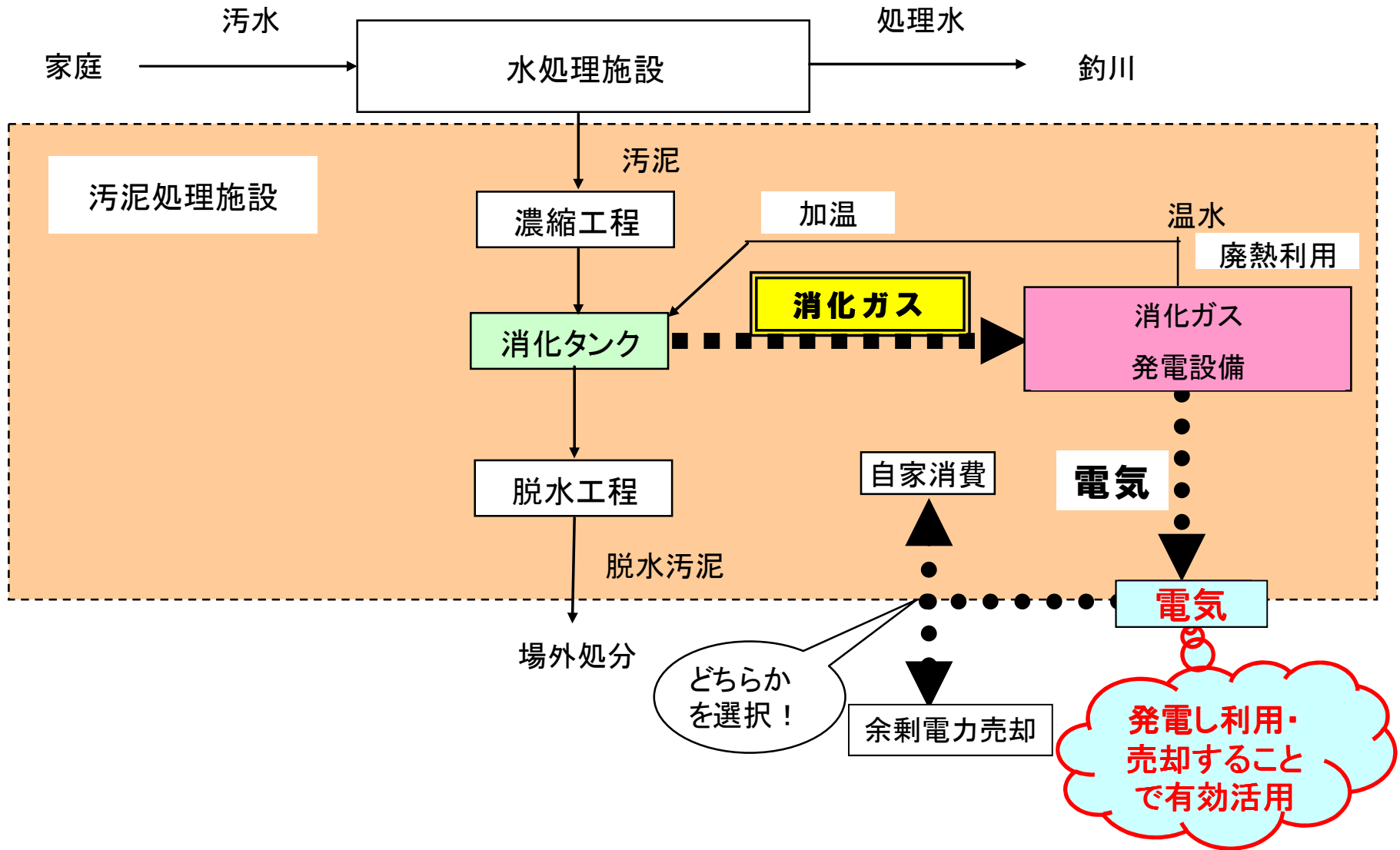
1-2. 処理フロー

現状の消化ガス利用状況



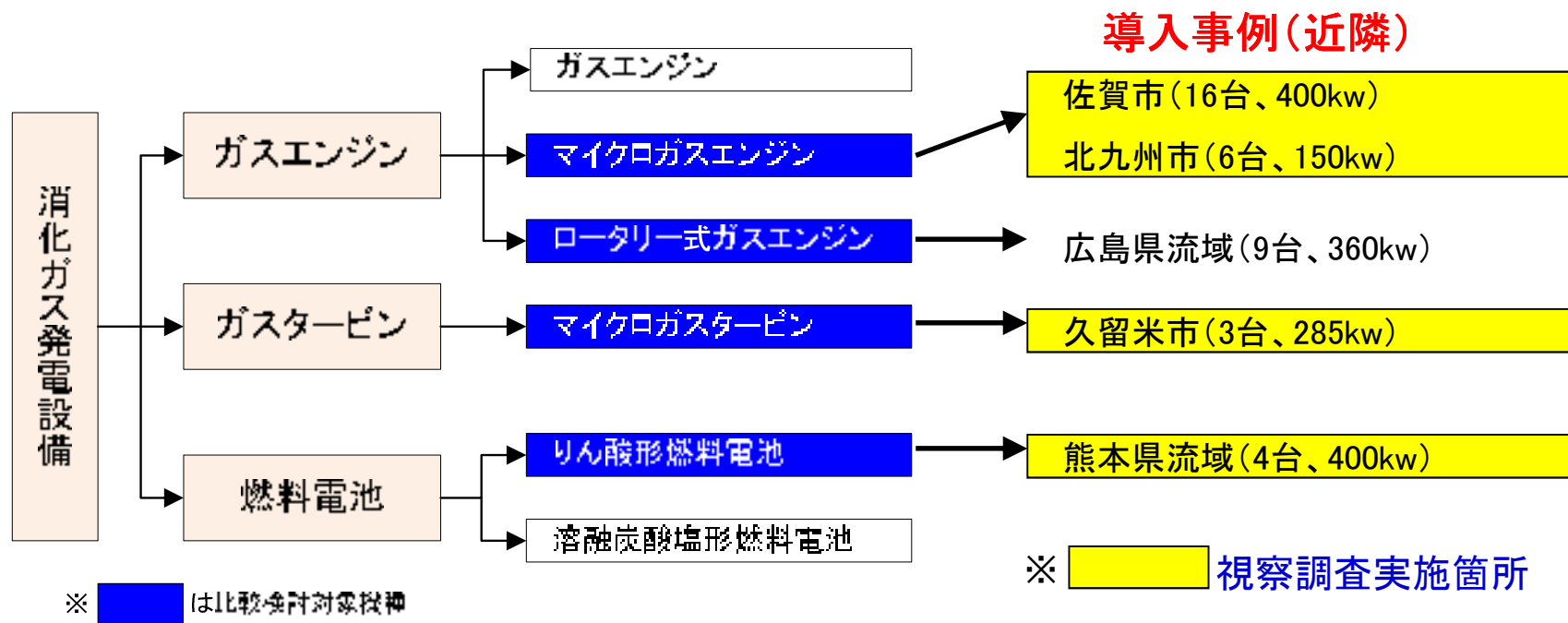
現状では焼却・
廃棄されている。

発電設備導入後の利用状況



1-3. 機種選定

- 消化ガス発電技術は、ガスエンジン、ガスタービン、燃料電池の3つの方式があり、以下のように分類される。本検討において比較を行う機種は、比較の実績のある青着色の4機種とする

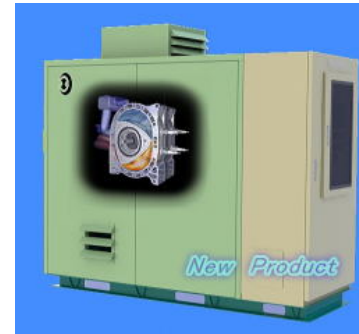


1-4. 機種概要



マイクロガスエンジン
(写真提供:ヤンマーエネルギーシステム)

単機出力: 25kWh
発電効率: 32%
熱回収率: 52%
原理: 従来型ガスエンジンを小型化したパッケージタイプの発電装置である。空気とガスの混合気を吸い込みピストンの往復運動をクランク軸の回転運動に変え、動力を取り出すものである。



ロータリー式ガスエンジン
(写真提供: 寿工業)

単機出力: 40kWh
発電効率: 22%
熱回収率: 58%
原理: ガスエンジンのピストンの代わりに三角おむすび型のローター(回転子)を用いたオットーサイクルエンジンである。



マイクロガスタービン
(写真提供: 荏原製作所)

単機出力: 95kWh
発電効率: 29%
熱回収率: 50%
原理: 大気から取り込んだ空気を圧縮し、ガス燃料と共に燃焼させ、その燃焼ガスによりタービンを高速回転させて発電を行う内燃機関である。



リン酸形燃料電池
(写真提供: メタウォーター)

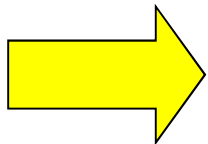
単機出力: 105kWh
発電効率: 40%
熱回収率: 50% (90°C)
原理: リン酸塩(H₃PO₄)を電解質として消化ガス中のメタンを電気化学反応をさせて発電するシステムである。

1-5. 機種比較(FIT制度を活用し、39円/kwhで売却した場合の試算)

項目		マイクロ ガスエンジン	ロータリー式 ガスエンジン	マイクロ ガスタービン	りん酸形 燃料電池
現況 (H23) 2,300 Nm3/日	機器諸元	200kW (25kW×8台)	160kW (40kW×4台)	190kW (95kW×2台)	315kW (105kW×3台)
	B:売却益	885,489千円	591,114千円	804,176千円	1,138,988千円
	C:事業費	519,062千円	380,342千円	483,062千円	879,332千円
	B/C	1.73	1.55	1.66	1.30
	B-C	25,095千円/年	14,051千円/年	21,408千円/年	17,310千円/年
	CO2削減	659t/年	453t/年	597t/年	824t/年
将来 (H32) 2,700 Nm3/日	機器諸元	250kW (25kW×10台)	160kW (40kW×4台)	285kW (95kW×3台)	315kW (105kW×3台)
	B:売却益	1,051,226千円	693,916千円	944,033千円	1,337,073千円
	C:事業費	618,962千円	380,342千円	664,862千円	879,332千円
	B/C	1.70	1.82	1.42	1.52
	B-C	28,818千円/年	20,905千円/年	18,611千円/年	30,516千円/年
	CO2削減	774t/年	532t/年	701t/年	967t/年
ガス発生変動への対応		優位	良	可	可
導入実績		多い	少ない	多い	多い 8

1-6. 機種選定総括

1. ローリー式ガスエンジンは、B/Cが最も優位であるが、発電効率が最も低いため発電量が少なく、収益(B-C)、CO2削減量が落ちる。また、導入実績が1例のみである。
2. 燃料電池は発電量が1番多く、収益(B-C)、CO2削減量が最も大きいが、事業費が高いため、B/Cが落ちる。また、調査によると想定より補修費が必要との見解があった。
3. マイクロガスエンジンは、B/C、B-C、CO2削減量ともに次点であるが最優位機種に対して大きな差はなく、単機あたりの出力が25kwと小さいため、ガス発生変動への対応が容易である。(段階的増設が可能)



マイクロガスエンジンが総合的に優位

2. 事業効果

2-1. 必要経費

項目	ケース①自家消費	ケース②余剰電力売却
事業区分	国庫補助事業(1/2)	単独事業
事業費	3億6千万円	4億6千万円 <small>※送電設備、発電用受電設備及び既設電気盤の改造が必要</small>
市費投入額 (初期投資)	1億8千万円	4億6千万円
メンテナンス費用 15年間	1億5千万円 (1,000万円/年)	1億5千5百万円 (1,030万円/年)
1) 必要経費計	3億3千万円 (2,200万円/年)	6億1千5百万円 (4,100万円/年)

2-2. 事業収入

項目	ケース①自家消費	ケース②余剰電力売却
削減する電気料金	2,800万円/年 (=2,015千Kwh × 13.88円) <u>※電力単価(H25見込)</u> <u>=13.88円/kwh</u>	300万円/年 (=218千Kwh × 13.88円) <u>※消化タンク設備、発電設備運転</u> <u>に要する電力分</u>
電気の販売収入	0円	7,010万円/年 (=1,797千Kwh × 39円)
2) 収入合計	2,800万円/年	7,310万円/年

2-3. 収益比較(1年あたり)

項目	ケース①自家消費	ケース②余剰電力売却
事業区分	国庫補助事業(1/2)	単独事業
1) 必要経費計 (市費分のみ)	2,200万円/年	4,100万円/年
2) 収入合計	2,800万円/年	7,310万円/年
3) 収益【=(2) - 1)】	600万円/年	3,210万円/年

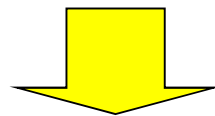
2-4. CO2削減効果

項目		ケース①自家消費	ケース②余剰電力 売却
H22 実績	購入電力量	7,300千Kwh/年	7,300千Kwh/年
	CO2排出量	2,692トン/年	2,692トン/年
H32 予測値	消化ガス発電による 購入電力削減量	2,015千Kwh/年	218千Kwh/年 <small>(消化タンク設備運転にかかる 電力分)</small>
	CO2換算量	774トン/年	84トン/年
H32/H22	CO2削減割合	29%	3%
削減効果		宗像市のCO2削減目 標300トンを達成	宗像市のCO2削減目 標300トンの約28%

※余剰電力売却は、環境価値も一緒に買取られ、市のポイントにならない。

2-5. 事業効果総括

1. 経済効果はケース②が高く、その差は年間**2,610万円**となる。
2. CO2削減効果はケース①が高く、**市の削減目標の2.5倍**に相当する。ケース②では削減目標の約28%に留まる。



固定価格買取制度を活用した発電事業が経済的に有効であるが、初期投資として4億6千万円が必要。

3. 民間による事業可能性のヒアリング

- ヒアリング7社に対して有効回答1社(自家消費は6社)
- ヒアリングにより算定可能な回答を得た燃料電池について示す。
- 公設公営から民設民営とした場合、20年間で343百万円の費用削減効果(コストメリット)が期待できる。
- 消化ガス売却による収入が、20年間で182百万円期待できる。

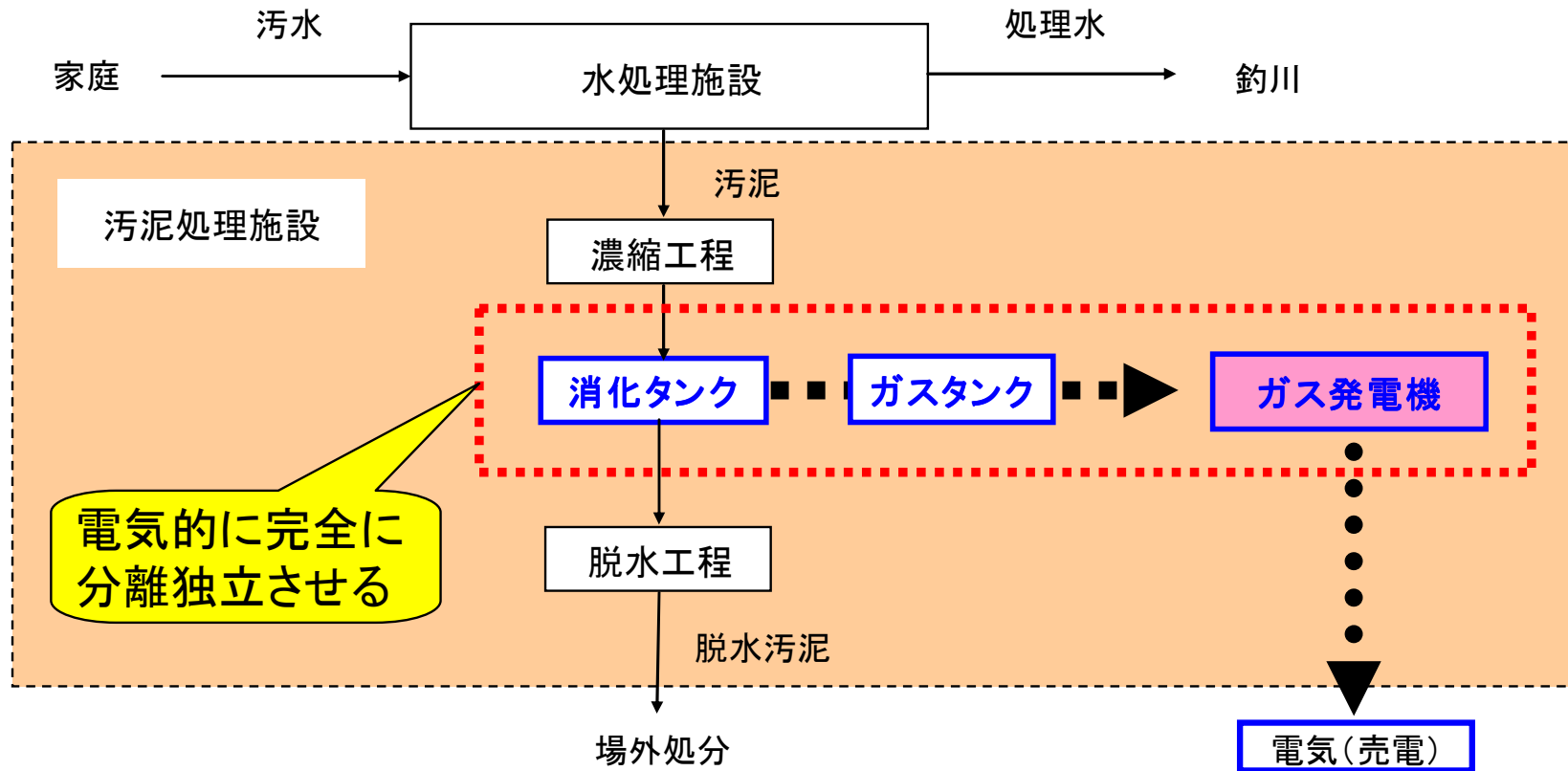
項目		費用 (百万円/20年)	備考
公設公営	①	2,095	従来の発注方式
民設民営	②	1,752	民間による発電事業(PFI事業)
コストメリット	③=①-②	343	
<u>消化ガス 売却収入</u>	④	182	<u>(約9百万円/年の収益)</u>

※上記費用はあくまでヒアリング調査結果に基づいたものであり、最終的に確定した費用ではない。

4. 固定価格買取制度(FIT)の課題

- 固定価格買取制度を利用して売電するためには、国(経済産業省)の設備認定を得て、電力会社と特定契約を締結する必要がある。
- 下水バイオマス発電の場合、既存の消化タンクやガスタンクを含めて発電設備となり、これらの施設を電氣的に完全に分離独立させることが設備認定の条件。

4-1. 設備認定の範囲



4-2. 電气的分離の影響

- 消化タンク設備の動力と制御が別々になるため、「濃縮→消化→脱水」という一連の汚泥処理運転管理操作が複雑になるとともに、機器故障等の事故発生時における迅速な対応ができなくなる。
- 非常時(九州電力停電等)は、通常、非常用発電機により電源を確保するが、発電施設は電气的に処理場から分離されているため、汚泥処理に欠かせない消化タンク設備を作動させることができず、汚泥処理機能が停止する。
- 汚泥処理が停止した場合、水処理に大きな支障を及ぼすことになり、結果、釣川への放流水質基準を維持できなくなる。

6. 検討結果のまとめ

事業方式	公設公営		民設民営
	ケース① 【自家消費】	ケース② 【電力販売】	PFI事業 【消化ガス販売】
1) 事業者	○ 宗像市	○ 宗像市	× 民間参入見込み1社
2) 収益性	△ 600万円/年	◎ 3,225万円/年	△ 900万円/年
3) 借入金 (初期投資)	○ 1億8千万円 (補助事業)	× 4億6千万円	◎ 0円
4) 環境性 (CO2削減ポイント)	○ 目標達成	△ 未達成	△ 未達成
5) 非常時における処理場 機能への影響	○ 問題なし	× 汚泥処理停止	× 汚泥処理停止
総合評価 ◎3点、○2点、△1点、×0点	9	6	5

7. 導入効果のまとめ

1. 宗像終末処理場における現況の購入電力量を約27%削減（年間発電量2,015千kwh）でき、削減額は15年間で約4億2千万円（年間2,800万円）となる。
2. 国庫補助事業で導入することにより、費用対効果（B-C）が年間600万円のプラスとなる。
3. CO2削減効果としては、CO2換算で年間774トンを削減することになり、宗像市が目標とする300トンを大幅に達成できる。