

## 第3章 導入検討

### 第1節 導入効果検討手法

#### §12 導入検討の考え方

コスト縮減、温室効果ガス排出量削減等のために、革新的技術の導入について積極的に検討する。

#### 【解説】

コスト縮減、温室効果ガス排出量削減等の社会的要請に対応し、持続可能な技術向上を果していくことは、下水道の責務である。今後は、これらを業務指標とするベンチマーキングの導入による下水道マネジメントの改善、PDCA サイクルを通じた持続的な向上が求められるため、日常の運転管理における創意工夫に加え、下水道システム自体の不断の技術革新に取り組むことが必要となる。したがって、下水道事業のあらゆる局面（図3-1参照）において、コスト、エネルギー面等を考慮し、最良と考えられる新技術を導入することを常に積極的に検討する必要がある。

本技術を含め、下水道革新的技術実証事業において実証・評価され、ガイドラインとして示される革新的技術は、評価時点で実用可能な最良の技術レベルに属するものである。したがって、新技術の導入検討にあたっては、その第一歩として、まずはこれらの革新的技術を検討の俎上に載せることが合理的である。

また、下水道事業の目標に応じて、これらの革新的技術のシステム全体または一部を導入すること、施設の更新等の事業計画にあわせて段階的に導入すること等についても、柔軟に検討することができる。さらに、複数の革新的技術を組み合わせる導入することについても、それらのガイドラインをあわせて参照することで検討が可能である。

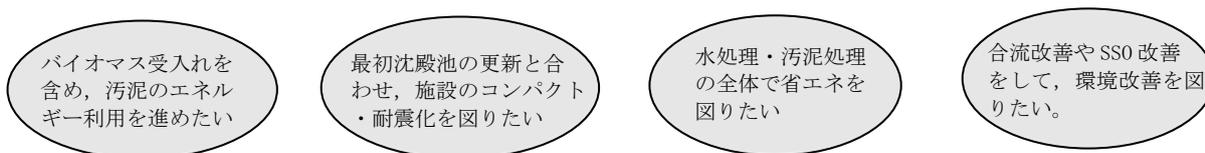


図3-1 導入が効果的な下水処理場（一例）

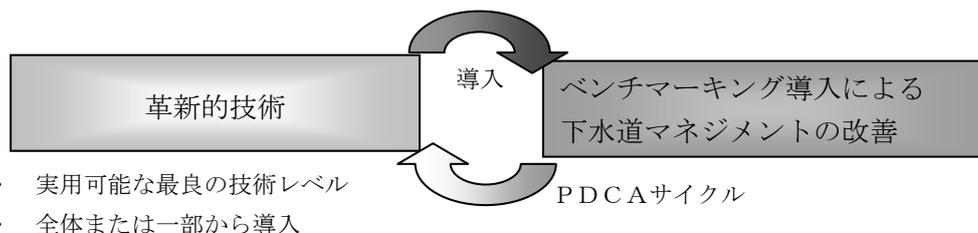


図3-2 導入検討の考え方

表3-1には、5万m<sup>3</sup>/日規模の下水処理場に適用した場合の革新的技術導入効果の一例を示す。比較は対象システムのみ範囲<sup>※1</sup>で比較した値を示す（詳細は§17、および資料編2. ケーススタディを参照）。

本表に示すように、下水処理場の個々の特性にもよるが、一般的に建設費、維持管理費、温室効果ガス排出量において革新的な効果が得られる。

※1：最初沈殿池、反応槽、送風機、バイオガス回収装置、バイオガス発電装置。さらに従来技術ではごみ焼却炉に関わる各種費用等。

表3-1 革新的技術導入の効果例

	革新的技術				従来技術			
	ケースA		ケースB		ケースC		ケースD	
適用条件 (詳細は§17参照)	超高効率固液分離 高効率高温消化 (生汚泥・生ごみ) ハイブリッド <sup>®</sup> 型 燃料電池		超固液分離 高効率高温消化 (生汚泥・生ごみ ・余剰汚泥) ハイブリッド <sup>®</sup> 型 燃料電池		最初沈殿池 中温消化 (生汚泥 ・余剰汚泥) ガスエンジン		最初沈殿池 消化なし  発電なし	
	金額	%	金額	%	金額	%	金額	%
建設費	30.8 億円	75	40.9 億円	99	41.1 億円	100	23.2 億円	57
建設費年費用	2.4 億円/年	84	3.2 億円/年	112	2.9 億円/年	100	1.8 億円/年	63
維持管理費 (電力費)	-0.02 億円/年	-10	-0.06 億円/年	-26	0.24 億円/年	100	0.34 億円/年	139
維持管理費 (電力費以外)	0.68 億円/年	83	0.85 億円/年	105	0.81 億円/年	100	0.57 億円/年	71
建設費 +維持管理費15年	40.6 億円	71	52.8 億円	93	57.0 億円	100	36.9 億円	65
温室効果ガス排出量	0.43万 t-CO <sub>2</sub> /15年	14	0.19万 t-CO <sub>2</sub> /15年	7	2.97万 t-CO <sub>2</sub> /15年	100	3.70万 t-CO <sub>2</sub> /15年	125

(効果比較の対象範囲は、最初沈殿池、反応槽、バイオガス回収装置、バイオガス発電装置。さらに従来技術ではごみ焼却炉に関わる各種費用等。)

§ 13 導入検討手順

本技術の導入の検討に当たっては、下水道施設およびとりまく地域について現況および課題等を把握し、導入効果の評価を行い、適切な導入範囲および事業形態等について判断する。

【解説】

導入検討にあたっては、必要な情報を収集し、導入効果の概略試算評価を行い、導入範囲および事業形態等を含めた導入判断を行う。導入検討フローを図3-3に示す。

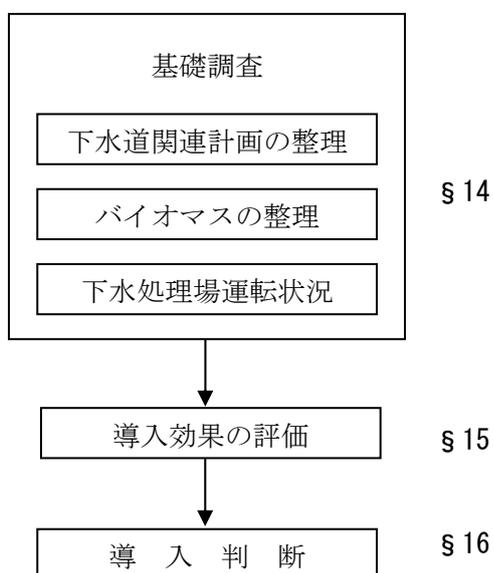


図3-3 導入検討フロー

**§ 14 基礎調査**

基礎調査では、下水道施設およびそれを取りまく地域について現況および課題等を把握する。

**【解説】**

本技術導入の詳細な計画策定に先立ち、下水道施設や地域バイオマスの現況ならびに関連計画等を把握する。

本技術は、下水道計画上の多岐に関連することから、従前の計画（長寿命化計画、下水道総合地震対策事業）との整合に留めるだけでなく、従前の計画の改善も含めて総合的に検討する必要がある。

また、本技術導入検討の基礎となる既存施設の運転データを収集、整理し、運転状況を把握する。

**(1) 全体調査（各技術に共通した基礎調査）**

計画立案にあたっては、まず下水処理場の特性、計画ならびに現状について把握することが重要である。基礎調査において把握すべき事項を以下に整理する。

- ① 下水道ならびに下水処理場の特性（排除方式、処理規模、周辺環境など）
- ② 関連計画
- ③ 既存施設・設備の整備状況
- ④ 流入水量および水質
- ⑤ 汚泥発生量および性状
- ⑥ 水処理および汚泥処理施設の運転管理状況
- ⑦ 関連PI（業務指標）
- ⑧ 受入バイオマス（生ごみ、し尿・浄化槽汚泥、草木類、他事業汚泥など）の受入元、バイオマスの種類、量および性状

なお、上記②で挙げた関連計画の一例を以下に示す。

- ・ 下水道全体計画および事業計画
- ・ 流域別下水道整備総合計画
- ・ 下水道長寿命化計画、下水道施設更新計画
- ・ 下水道施設統廃合計画
- ・ 下水道総合地震対策計画
- ・ 下水道施設耐震化計画
- ・ 下水道BCP（業務継続計画）
- ・ バイオソリッド利活用計画
- ・ 合流式下水道改善計画

ただし、本技術の導入計画の策定に際して、導入効果が確認された場合には、必要に応じてこれら関連計画の見直し（フィードバック）を行う。

## (2) 個別調査（個別技術毎の基礎調査）

調査すべき内容は、導入目的および導入技術により異なる。各々の導入目的および導入技術に応じて把握すべき事項を以下に整理する。

### 1) 超高効率固液分離技術

- ・ 設置スペース（改造対象既存最初沈殿池の特定）
- ・ 処理施設のレベル（既存最初沈殿池の有効水深，流入水路底高）
- ・ 雨天時計画汚水量

### 2) 高効率高温消化技術

- ・ 計画汚泥量
- ・ 消化方式・温度
- ・ 汚泥の有機物含有量と消化特性（消化ガス発生率）
- ・ 消化ガス利用方法・利用量
- ・ 逆流負荷の状況
- ・ 設置スペース

### 3) スマート発電システム技術

- ・ 下水処理場規模
- ・ 設置スペース
- ・ ハイブリッド用エネルギー（都市ガス等）供給状況
- ・ 発電計画
- ・ 災害時対応
- ・ 排熱利用
- ・ 都市ガスの有無

## (3) 導入検討に当たっての留意点

導入にあたって各々の技術についての留意すべき事項を以下に示す。

### 1) 超高効率固液分離技術

既存最初沈殿池の改造となる場合が多いので、既存揚水ポンプや送水ルート，水位レベルに留意する。合流式の場合には、晴天時，雨天時の水量変動の状況把握と目的に応じた処理水量の設定に留意する。

なお，新設にも導入可能であり，また標準活性汚泥法以外の，一般に最初沈殿池のない場合が多いとされるOD法との組合せ等についても個別検討により適用は可能である。

### 2) 高効率高温消化技術

高度処理が目的で水処理を行っている処理場においては，特に生ごみ（成分による）や余剰

汚泥の消化は窒素の返流負荷が増す可能性があり留意する。

3) スマート発電システム技術

りん酸形燃料電池の定格 100kW の発電が期待できる施設規模は、流入下水の濃度にもよるが、日最大水量 20,000m<sup>3</sup>/日程度以上が目安であり適正規模となるよう留意する（生ごみ受入無しの場合）。

### § 15 導入効果の評価

導入効果は、建設コスト縮減効果、維持管理コスト縮減効果、温室効果ガス排出量削減効果があり、総合的に評価する。また、これらの総合的な評価を行うために、要素となる直接的な効果の算定を行う必要がある。

#### 【解説】

##### (1) 導入効果の評価

下水道革新的技術の導入によって得られる建設や維持管理に係るコスト、および温室効果ガス排出量を算出する。従来技術と比べコストや温室効果ガス排出量削減効果が得られた場合、事業性があるものと評価する。

##### (2) 業務指標との整合

なお、建設コスト縮減、維持管理コスト縮減、温室効果ガス排出量削減等の下水処理場全体のトータルマネジメントの考え方については、以下の表に資料で示された業務指標が参考になる。これらの詳細については「資料編 3. その他」に整理しているので参照し、各都市で掲げる業務指標と整合させる必要がある。

表 3-2 業務指標が記載された資料

- ・ 「下水道ビジョン 2100 下水道から「循環のみち」へ 100 年の計  
— 地域の持続的な発展を支える 21 世紀型下水道の実現 — (平成 17 年 9 月)」国土交通省下水道部
- ・ 「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動 (平成 24 年 5 月)
- ・ 下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会 (平成 25 年 3 月)

(3) 総合評価のための効果指標と直接的効果の関係

次に図3-4には、建設コスト縮減、維持管理コスト縮減、温室効果ガス排出量削減等の「総合的な評価のための効果指標」とこれを算出するための「総合評価の要素となる直接的な効果」についての関係を示す。

本図に示すように総合的な効果の評価を行うために、要素となる直接的な効果の算定を行う必要がある。本技術の特徴である省エネルギー効果、創エネルギー効果に加え、その他効果として災害・耐震化対応効果、バイオマス受入効果、し尿、浄化槽汚泥、集落排水汚泥等の受入効果について検討する必要がある。

効果試算の詳細については第2節に示す。

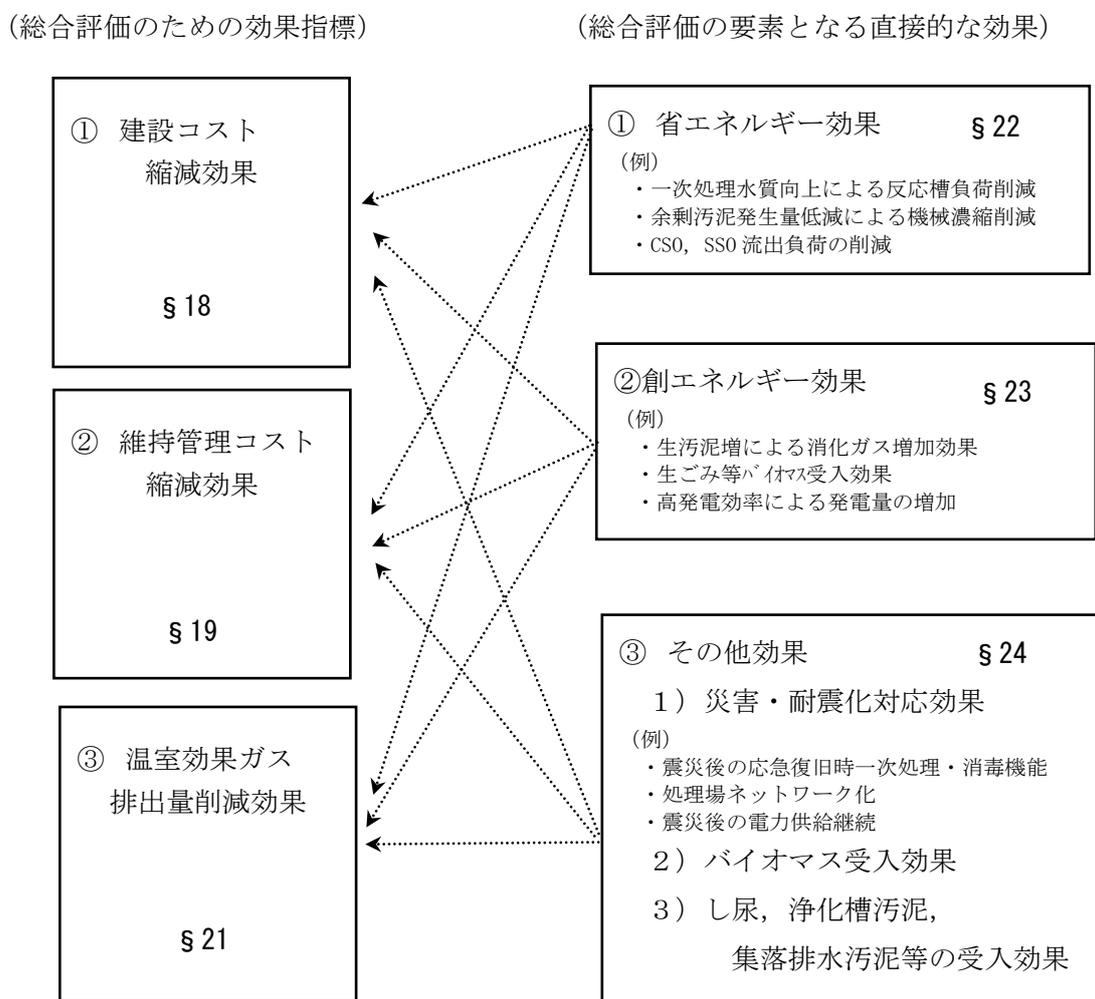


図3-4 導入効果評価のための関連図

(4) 直接的効果／導入目的と適用技術

本技術を導入する目的とそれに応じた技術を整理すると表3-3のとおりとなる。導入目的に応じて採用する技術（個別技術）が異なる。また導入目的は、各直接的効果に分類される。

表3-3 導入目的とそれに応じた技術

直接的効果	導入目的	採用技術		
		超高効率 固液分離	高効率 高温消化	スマート 発電 システム
省エネルギー	反応タンク・送風機設備の電力消費量削減	○		
	当該設備のコスト削減		○	
	後段設備のコスト削減	○		
	ピークカットによる電力コスト削減			○
	雨天時越流水対策（CS0, SS0）の高度化	○		
創エネルギー	最初沈殿池の設置・更新・増設	○		
	温室効果ガス排出量の削減	○	○	○
	消化タンクの設置・更新・増設		○	
	消化タンクの効率的運用（消化ガス発生量の増加）	○	○	
	消化ガス発電の導入			○
	都市ガス併用（ハイブリッド）による100%消化ガス有効活用			○
災害対応	消化ガス発電による買電量削減・売電量増加	○		○
	震災時の応急復旧対策の高度化（一次処理＋消毒）	○		
	震災時の応急復旧対策の高度化（非常用電源の確保・増強）			○
バイオマス	耐震化コストの削減	○		
	生ごみ等バイオマスの受入（トラック輸送）		○	
その他	生ごみ等バイオマスの受入（ディスプレイ、管路投入）	○	○	
	処理施設統合等による流入水質上昇による懸念時の反応タンクへの流入負荷軽減	○		
	鋼製タンクによる建設コスト削減		○	

**§ 16 導入判断**

評価結果を踏まえて、本技術の適切な導入範囲および事業形態等について判断する。

**【解説】**

個々の技術の適用性を検討し、総合的な導入効果の評価を網羅的に行うことにより、最適なシステムの見通しを立て、導入の判断を行う。

この際、目標とする導入効果が得られるよう各個別技術、あるいはシステム全体として導入することを検討する。

本技術の導入を決定した場合には、導入目的に対する定量的な目標設定を行う。

## 第2節 導入効果

### §17 導入効果

#### (1) 総合評価のための効果指標

本技術のシステム全体、または一部の導入により達成される導入効果について従来技術との比較を行い、総合的に評価する。評価項目は以下の通りである。

- 1) 建設コスト縮減効果
- 2) 維持管理コスト縮減効果
- 3) 温室効果ガス排出量削減効果

#### (2) 総合評価の要素となる直接的な効果

なお、総合的な評価にあたっては、その要素となる以下の効果について把握する。

- 1) 省エネルギー効果
- 2) 創エネルギー効果
- 3) その他の効果
  - ①災害・耐震化対応効果
  - ②生ごみ受入効果
  - ③その他バイオマス受入効果

### 【解説】

#### (1) 総合評価のための効果指標

導入によるコスト削減効果は、本技術を導入した場合に想定されるコストと導入しない場合の従来技術を用いた代替施設導入に想定されるコストの差で示される。また、温室効果ガス排出量削減効果も同様の差をもって示される。

##### 1) 建設コスト縮減効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される建設費の縮減効果について、従来技術との比較により算出する。

##### 2) 維持管理コスト縮減効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される維持管理費の縮減効果について、従来技術との比較により算出する。

##### 3) 温室効果ガス排出量削減効果

従来技術からの温室効果ガス排出量と本技術からの排出量を比較することによって、削減量を算出する。

## (2) 総合評価の要素となる直接的な効果

本技術は、特徴的な効果として、省エネルギー・創エネルギー効果が期待できる。コスト縮減さらに、これらの直接的な効果と併せ、本技術の運用あるいは省スペース化に伴う既存施設の活用により、災害時の緊急対応やバックアップ効果も期待できる。また、生ごみ等の下水汚泥以外のバイオマスを受け入れることにより、創エネルギー効果がより有効となる。

これらの特徴的な効果を十分活かした検討を行い、総合的な評価①建設コスト縮減効果、②維持管理コスト縮減効果、③温室効果ガス排出量削減効果（図3-4参照）に盛り込むことが重要である。以下、要素となる特徴的な効果の概要について示す。

### 1) 省エネルギー効果

超高効率固液分離技術の導入に伴い、反応タンクへの流入負荷が軽減されることにより、主に水処理設備および汚泥処理設備（余剰汚泥系）の省エネルギー化が期待できる。本技術を適用した場合の省エネルギー効果について、従来技術と比較・評価する。

### 2) 創エネルギー効果

超高効率固液分離技術の導入に伴い、余剰汚泥よりも消化ガス発生量の大きい生汚泥を多く回収できることにより、高効率高温消化プロセスによるエネルギー回収量の増加が図られ、かつバイオガス100%有効利用のスマート発電システムにより、汚泥処理全体の創エネルギー効果が期待出来る。

また、下記の「その他の効果」にも記載しているとおり、バイオマス（生ごみ等）の受入により、その効果がさらに増すことが期待できる。

本技術を適用した場合の創エネルギー効果について、従来技術と比較・評価する。

### 3) その他効果

その他効果として、以下の効果が期待できる。

#### ①災害・耐震化対応効果

- i) 超高効率固液分離による応急復旧対策の高度化
- ii) 超高効率固液分離による耐震化コスト縮減
- iii) 災害に強い都市ガス併用のハイブリッド型燃料電池による電力供給継続
- iv) ネットワーク化処理場における災害時相互融通による一次処理+消毒

#### ②生ごみ受入効果

#### ③その他バイオマス受入効果

処理場の統廃合等に伴うし尿、浄化槽汚泥、集落排水汚泥等についても受入効果が期待できる。

(3) 各種導入効果算定のためのケース検討条件

前記効果を具体的に示すために、実証研究結果をもとに、人口 10 万人、日最大汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日（日平均汚水量 40,000m<sup>3</sup>/日）の場合について「革新的技術」および「従来技術」に関する各種試算を行った。試算例における従来技術および本技術の処理フロー条件を図3-5に示す。

「革新的技術」については、超高効率固液分離技術、高効率高温消化技術、スマート発電システム技術を導入したケースA、Bを設定した。ケースAは、分解しやすい生汚泥と生ごみをコンパクトに消化するケースであり、ケースBは生汚泥、生ごみの他に、余剰汚泥も消化するケースである。「従来技術」については、生汚泥と余剰汚泥を中温消化するというケースC、消化プロセスが無いケースDを設定した。

なお、ケースA～Dについての詳細な検討条件については、資料編 2. ケーススタディに記載している。

(補足説明)・各ケース/流入下水水質：SS：145mg/L，BOD：170mg/L  
 ・ケースA，B/反応槽流入水質：SS：42mg/L，BOD：90mg/L  
 ・図中の生汚泥・余剰汚泥量は濃縮後の固形物量

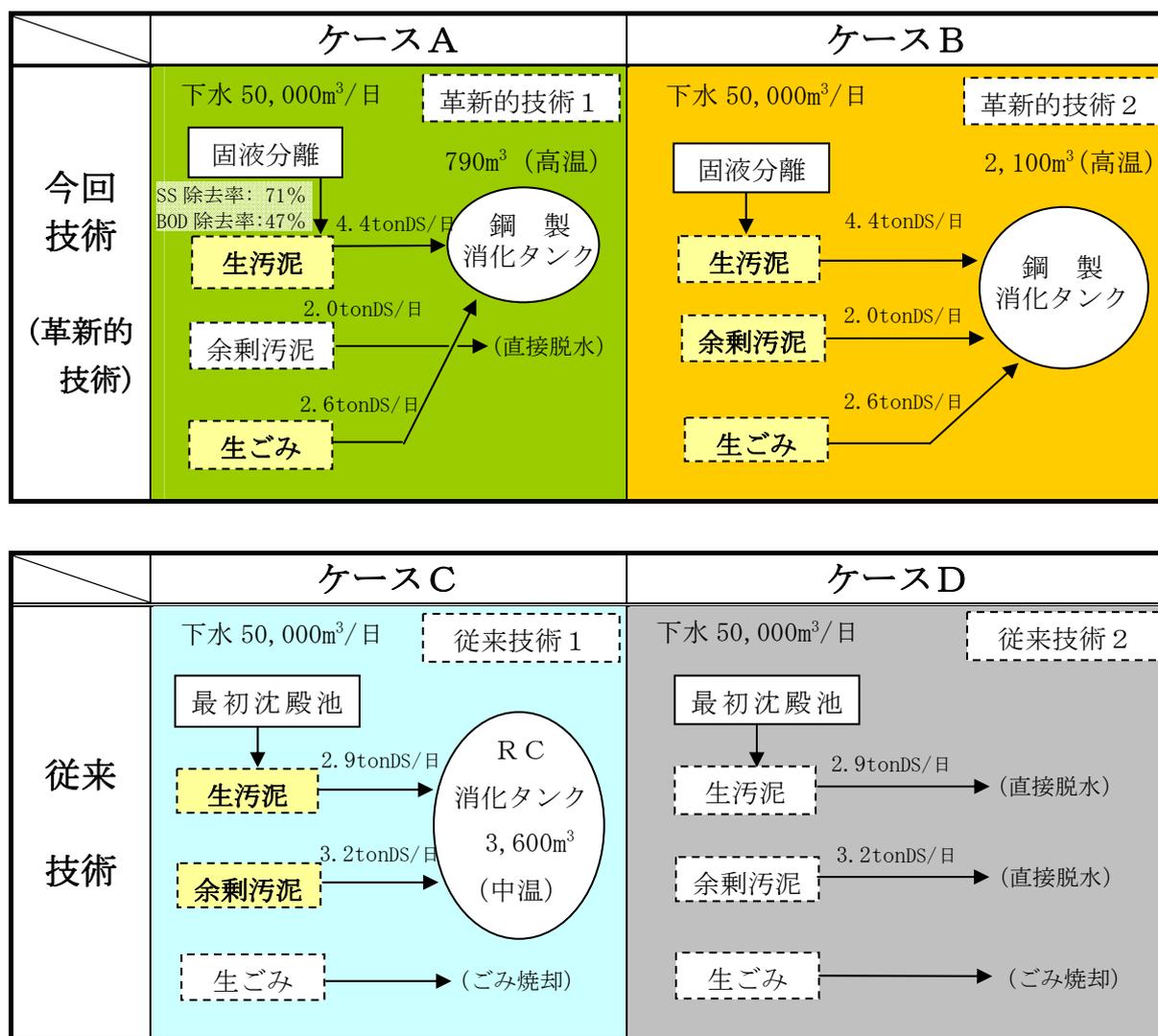


図3-5 試算例における従来技術，本技術の処理フロー条件

導入効果の試算は、以下の表3-4に示す下水処理場全体の検討対象設備に対しても行ったが、革新的技術の効果を明確に評価するため、本ガイドラインにおける評価は、最初沈殿池、反応タンク、送風機、バイオガス回収装置、バイオガス発電装置、ごみ焼却施設を今回評価対象設備として抽出し、その評価比較を行った。

なお、建設コストについては、平等な比較を行うために、従来技術のバイオガス回収装置（消化タンク設備）のみ土木躯体のコストを含み、他の設備は機械設備のコストを計上した。

またごみ焼却施設の評価にあたっては、ケースC、Dについては生ごみを含むごみ全体、ケースA、Bについては生ごみを除くごみを対象として計算し、ケース比較の際にはその差分のみに着目した。

表3-4 検討対象設備と今回評価対象設備

区 分		今回評価対象設備	
下水処理場	水処理設備	沈砂池設備	
		汚水ポンプ設備	
		最初沈殿池設備	○
		反応タンク設備	○
		送風機設備	○
		最終沈殿池設備	
		消毒設備	
		水処理動力盤	
	汚泥処理設備	重力濃縮設備	
		機械濃縮設備	
		消化タンク設備（バイオガス回収装置）	○
		消化ガス発電設備（バイオガス発電装置）	○
		汚泥脱水設備	
		汚泥処理動力盤	
ごみ焼却施設		○	
下水汚泥・ごみ焼却灰処分		※1	

※1 54頁の図3-11, 207頁の表では、評価対象に含めている。

### § 18 建設コスト縮減効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される建設コスト削減の効果について、従来技術との比較により把握する。

#### 【解説】

建設コスト縮減効果は、本技術を導入した場合に想定される建設コストと導入しない場合の従来技術を用いた代替施設導入に想定される建設コストの差で示す。従来技術を用いた代替施設とは、最初沈殿池施設、中温消化施設、ガスエンジン施設である。

建設コスト縮減効果は、建設コスト総額と年費用（年価）で評価する。

#### (1) 本技術の建設コストの算出方法

##### 1) 超高効率固液分離技術

本技術は、最初沈殿池設備の置換え技術となる。超高効率固液分離の建設コスト算出の基本諸元は、「ろ過面積 (m<sup>2</sup>)」であり、計画日最大汚水量 (m<sup>3</sup>/日) をろ過速度 (m/日) で除した値となる (§ 37 参照)。そして、原単位 (表 3-5 参照) にろ過面積を乗じることで超高効率固液分離システム全体の概算建設費が算出される。

例えば、ろ過速度 250m/日の場合には、処理水量あたり建設費は 400 万円/m<sup>2</sup> ÷ 250m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・日) → 1.6 万円/(m<sup>3</sup>/日) となり、最初沈殿池 (水面積負荷 33m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・日) なら 1 万円/(m<sup>3</sup>/日) 程度) と比較すると大となる。しかし、反応槽の建設費・維持管理がコスト縮減されるため、水処理トータルでは同等以下となる (206 頁「建設費+維持管理費 15 年」の水処理部分のケース A (提案) とケース C (従来) の比較参照)。

表 3-5 超高効率固液分離技術のコスト原単位

名称	単位	原単位	備考
建設コスト	1 式	400 [万円/m <sup>2</sup> ]	・試算はろ過面積 200m <sup>2</sup> 、土木改造費用を含むもので平成 25 年 3 月時点での試算値。 ・適用は 100m <sup>2</sup> 以上を目安とし、小さい場合は割高。

##### 2) 高効率高温消化技術

従来法 (中温法) は一般に、生汚泥と余剰汚泥の両方を対象とし、かつ消化日数が 20 日を要するのに対し、本技術は主として分解されやすい生汚泥や生ごみを高温で処理するため、コンパクトな消化タンクとなり、概算建設費は大幅に縮減される (203 頁「建設費」のバイオガス回収技術部分のケース A (提案) とケース C (従来) の比較参照)。

高効率高温消化の建設コスト算出の基本諸元は「消化タンク容量 (m<sup>3</sup>)」であり、投入バイオマス量 (m<sup>3</sup>/日) に消化日数 (日) を乗じた値である。但し、消化日数が投入する基質の種類により 5~10 日の範囲で異なる点に留意する (§ 52)。そして、原単位 (表 3-6) にその消化タンク容

量を乗じることで高効率高温消化システムの概算建設費が算出される。

例えば、前述の超高効率固液分離のSS回収率(§36(式4-2)参照)から算出される生汚泥(汚泥濃度3.0%程度；§40参照)と生ごみの和から総投入バイオマス量(m<sup>3</sup>/日)を求め、それに消化日数を乗じることにより消化タンク容量(m<sup>3</sup>)を求める。そして、原単位(表3-6参照)にその消化タンク容量(m<sup>3</sup>)を乗じることにより、超高効率固液分離システム全体の概算建設費が算出される。なお、建設コストは、原単位の式中に示したように、消化タンク規模により0.6～0.7乗則でスケールアップ効果を有するものである点に留意する。

また既設があり、その容量では不足する場合に本技術を適用する場合がある。その場合、既設を高温に改造するか、既設消化タンクはそのまま不足分の消化タンクを本技術で新設(付加)する2通りの考え方がある。

その場合、前者は個別対応であり、後者は表3-6の原単位を活用する。また熱交換設備増強も必要となるが、前者は個別対応であり、後者は新設分については表3-6の原単位に含まれる。

表3-6 高効率高温消化技術のコスト原単位

名 称	単位	原単位	備 考
建設コスト	1 式	$108 \text{ [万円/m}^3\text{]} \times (V/790)^{0.6\sim 0.7}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 108 万円/m<sup>3</sup> は、消化タンク容量 790m<sup>3</sup> での平成 25 年 3 月時点試算値。</li> <li>・ V は算出したい消化タンク容量 [m<sup>3</sup>]。 (300 ≤ V ≤ 1000 m<sup>3</sup>)</li> <li>・ 生ごみ受入設備を除く。</li> </ul>

### 3) スマート発電システム技術

スマート発電システム技術は、発電とプラント運転最適化制御の各技術に分けられる。

スマート発電システム技術(発電技術)のコスト原単位、スマート発電システム技術(プラント運転最適化制御技術)のコスト原単位を各々表3-7、表3-8に示す。

発電技術の建設費は、燃料電池の台数により算出するが、台数の設定に当たっては、表3-7備考に示すように消化ガス発生量に合わせて設定する。なお、消化ガス発生量は、§48に示すように消化タンクへの投入VS当り発生消化ガス量(Nm<sup>3</sup>/t-VS)から求める。

プラント運転最適化制御システム技術は、既設の状況により建設コストが大きく異なるため、個別ケースごとに対応する。

表3-7 スマート発電システム技術（発電技術）のコスト原単位

名称	単位	原単位	備考
建設コスト	1式	11,000 [万円/台(燃料電池)]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本体・シロキサン除去装置・排熱回収装置含む機械設備工事費。平成25年3月時点。</li> <li>・105kW/台 (=消化ガス(メタン60%)44Nm<sup>3</sup>/hr)。</li> <li>・ハイブリッド化のための都市ガス引込み部分は不含。</li> </ul>

表3-8 スマート発電システム技術（プラント運転最適化制御技術）のコスト原単位

名称	単位	原単位	備考
建設コスト	1式	(個別対応)	パソコンベースのシステム構築，既設監視制御システムとの関係，設備データベースの構築，計測・稼働情報の取込に係る改造費用。

(2) 建設コスト増減の整理

従来技術による下水処理場で本技術を適用した場合の建設コストと今回技術との増減について表3-9に整理する。本技術だけでなく，処理場全体の機器に関してコスト増減があるため，全体的なコストの把握を行う。

表3-9 従来技術からみた本技術の建設コストの増減

区分		建設コスト	
下水処理場	水処理設備	沈砂池設備	△
		汚水ポンプ設備	△
		最初沈殿池設備	×
		反応タンク設備	○
		送風機設備	○
		最終沈殿池設備	△
		消毒設備	△
		水処理動力盤	○
		小計	×
	汚泥処理設備	重力濃縮設備	×
		機械濃縮設備	○
		消化タンク設備	○
		消化ガス発電設備	×
		汚泥脱水設備	△
汚泥処理動力盤	△		
小計	○		
ごみ焼却施設		○	
合計		○	

生汚泥回収増加による増加

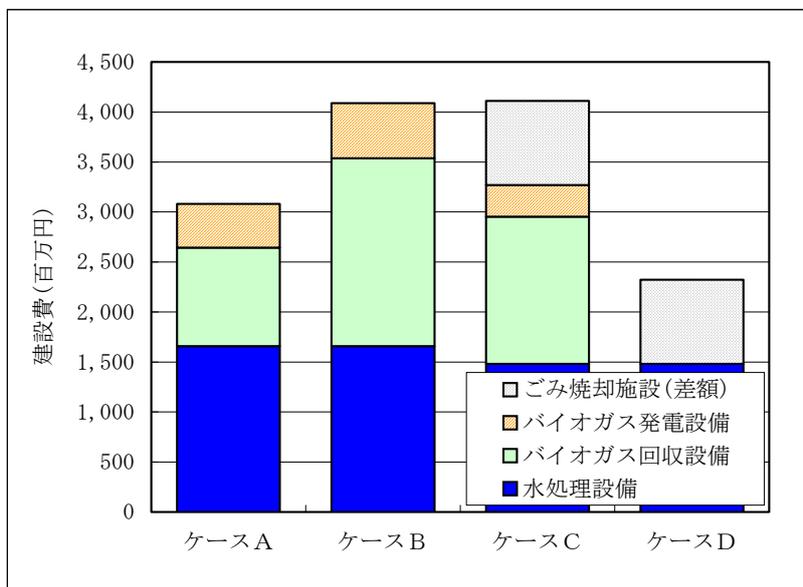
(削減「○」，増加「×」，ほぼ同じ「△」)

(3) 建設コスト試算例

日最大処理汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日の下水処理場における建設費および同年費用についてのケース

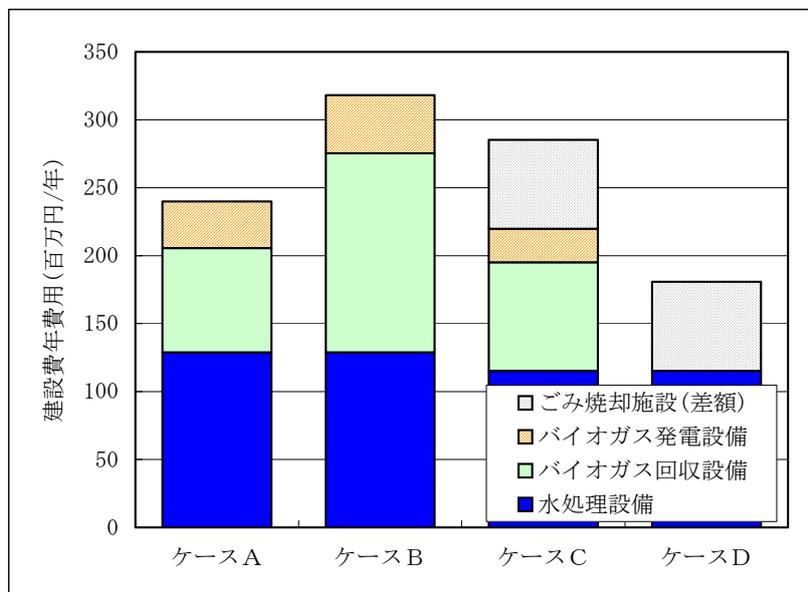
スタディ結果を図3-6、図3-7に整理する。

本技術（ケースA）の導入により、従来技術（ケースC）と比較して約25%の建設コスト削減（建設費年費用は16%削減）効果（今回評価対象設備に対して）が見込まれる。



※ 水処理設備は、最初沈殿池・反応タンク・送風機設備を計上。  
 ※ ごみ焼却設備(差額)は、ケースA基準の差額を計上。

図3-6 建設コストの試算結果



※ 水処理設備は、最初沈殿池・反応タンク・送風機設備を計上。  
 ※ ごみ焼却設備(差額)は、ケースA基準の差額を計上。

図3-7 建設コスト年費用の試算結果

## § 19 維持管理コスト縮減効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される維持管理コスト縮減の効果について、従来技術との比較により把握する。

## 【解 説】

維持管理コスト縮減効果は、本技術を導入した場合に想定される維持管理コストと導入しない場合の従来技術を用いた代替施設導入に想定される維持管理コストの差で示す。

維持管理コスト縮減効果は、15年間運転を継続した場合の1年当りの平均値とする。

## (1) 本技術の維持管理コストの原単位

維持管理コストとして、電力コスト、薬品、点検・補修コストの評価を行う。例えば、各エネルギーの単価は表3-10に示す値を採用し、従来技術の下水汚泥処理に係る点検・補修コストについては、「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」の費用関数を用いて算出する。

表3-10 エネルギー単価

名 称	単 位	原単位
電力	円/kWh	10

## 1) 超高効率固液分離技術

本技術は、設置場所としては、最初沈殿池設備の置換え技術となる。

本技術の維持管理コストの原単位を表3-11に示す。

表3-11 超高効率固液分離技術のコスト原単位

名 称	単 位	原単位	備 考
維持管理コスト (電力費)	1式	0.37万円/年/m <sup>2</sup>	試算はろ過面積200m <sup>2</sup>
維持管理コスト (電力費以外)	1式	2.4万円/年/m <sup>2</sup>	試算はろ過面積200m <sup>2</sup> , 補修・点検費

## 2) 高効率高温消化技術

高効率高温消化技術のコスト原単位を表3-12に示す。本技術は、コンパクトな鋼板製消化タンクであるが、投入する基質（汚泥等）の種類により消化日数が5～10日の範囲で異なる点に留意する。また、生ごみ受入設備については、仕様が個別対応となるため、ここでは除いている。

表3-12 高効率高温消化技術のコスト原単位

名称	単位	原単位	備考
維持管理コスト (電力費)	1式	0.2万円/年/m <sup>3</sup>	試算は消化タンク容積790m <sup>3</sup> 生ごみ受入設備を除く
維持管理コスト (電力費以外)	1式	1.3万円/年/m <sup>3</sup>	試算は消化タンク容積790m <sup>3</sup> , 生ごみ受入設備を除く薬品・補修・点検費

## 3) スマート発電システム技術

スマート発電システム技術は、発電とプラント運転最適化制御の各技術に分けられる。発電関係のコスト原単位、プラント運転最適化制御技術関係のコスト原単位を各々表3-13、表3-14に示す。プラント運転最適化制御システム技術は、既設の状況により異なるため、維持管理コストを一律に設定することは不可能であり、個別ケースごとに対応する。

表3-13 スマート発電システム技術（発電関係）のコスト原単位

名称	単位	原単位	備考
維持管理コスト (電力費)	1式	-778万円/台	ケースAにおける端数3.6台を整数4台に切上げた設計の場合
維持管理コスト (電力費以外)	1式	688万円/台	薬品・補修・点検費。 ケースAにおける端数3.6台を整数4台に切上げた設計の場合 都市ガスは不含。

表3-14 スマート発電システム技術（プラント運転最適化制御技術関係）のコスト原単位

名称	単位	原単位	備考
維持管理コスト (電力費)	1式	(個別対応)	パソコンベースのシステム(200W程度)
維持管理コスト (電力費以外)	1式	(個別対応)	ハードディスクの定期交換(1回/3年) パソコン本体の取替(1回/5年)

(2)維持管理コスト増減の整理

従来技術による下水処理場で本技術を適用した場合の維持管理コストの増減について表3-15に整理する。本技術だけでなく、処理場全体の機器に関してコスト増減があるため、全体的なコストの把握を行う。

表3-15 従来技術からみた本技術の維持管理コストの増減

区 分		維持管理 コスト	
下水処理場	水処理設備	沈砂池設備	△
		汚水ポンプ設備	△
		最初沈殿池設備	○
		反応タンク設備	○
		送風機設備	○
		最終沈殿池設備	△
		消毒設備	△
		水処理動力盤	○
		小 計	○
	汚泥処理設備	重力濃縮設備	×
		機械濃縮設備	○
		消化タンク設備	○
		消化ガス発電設備	×
		汚泥脱水設備	×
	汚泥処理動力盤	△	
	小 計	×	
ごみ焼却施設		○	
合 計		○	

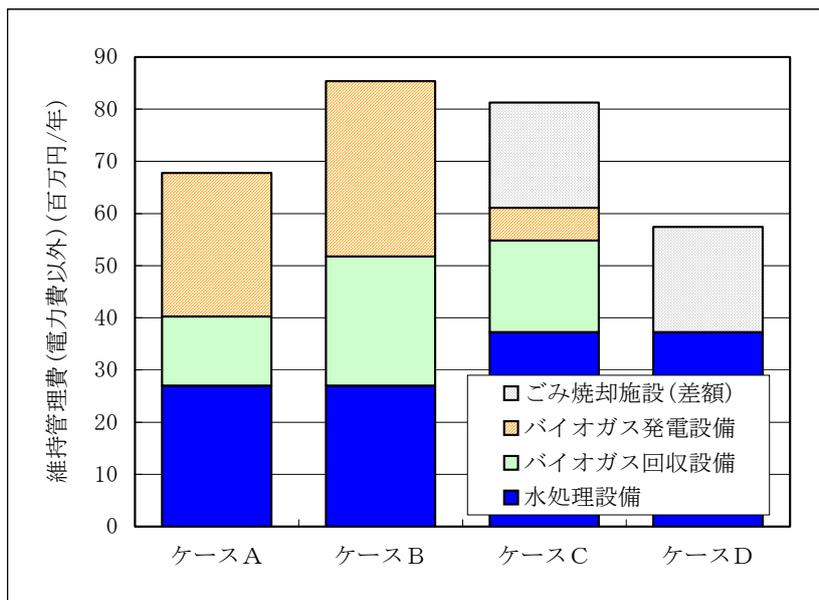
生汚泥回収増加  
による増加

(削減「○」、増加「×」、ほぼ同じ「△」)

(3)維持管理コスト試算例

下水処理場の維持管理コストのケーススタディ結果を図3-8、図3-9に整理する。

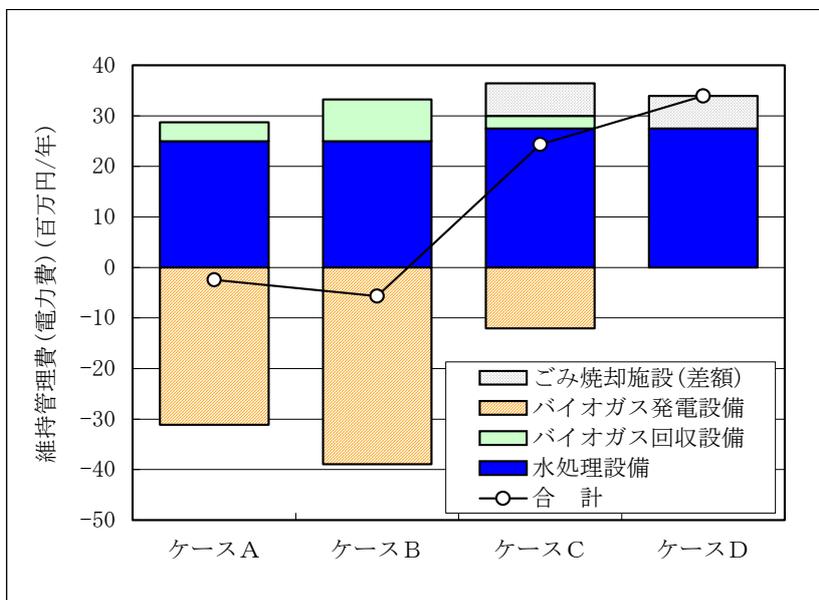
本技術（ケースA）の導入により、今回評価対象設備に対して従来技術（ケースC）と比較して、維持管理コスト（電力費以外、ケースAにおける都市ガス費用は一律に決められないため不含）は約17%、維持管理コスト（電力費）は約110%の削減効果が見込まれる。



※ 水処理設備は、最初沈殿池・反応タンク・送風機設備を計上。

※ ごみ焼却設備(差額)は、ケースA基準の差額を計上。

図3-8 維持管理コスト（電力費以外）の試算結果



※ 水処理設備は、最初沈殿池・反応タンク・送風機設備を計上。

※ ごみ焼却設備(差額)は、ケースA基準の差額を計上。

図3-9 維持管理コスト（電力費）の試算結果

§ 20 トータルコスト削減効果

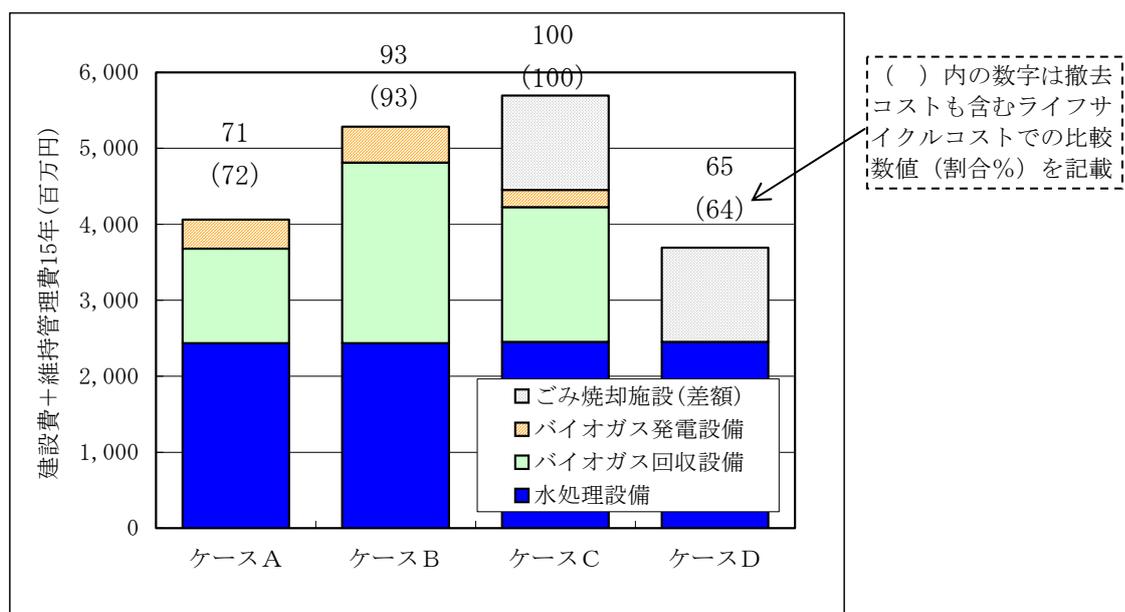
本技術のシステム全体でのトータルコスト削減の効果について、従来技術との比較により把握する。

【解説】

(1) トータルコスト試算例

下水処理場全体のトータルコストについて、実証研究結果を用いたケーススタディ結果を図3-10に整理する。ここで、トータルコストとは、建設コストおよび維持管理コスト（15年分）の和である。本技術（ケースA）の導入により、今回評価対象設備に対して従来技術（ケースC）と比較して、トータルコストは約29%の削減効果が見込まれる（詳細は206頁を参照）。

なお、上記に撤去コストを建設費の10%として計上したライフサイクルコストでは、本技術（ケースA）は、従来技術（ケースC）と比較して、約28%の削減効果と試算される（詳細は207頁を参照）。



※ 水処理設備は、最初沈殿池・反応タンク・送風機設備を計上。

※ ごみ焼却設備(差額)は、ケースA基準の差額を計上。

図3-10 トータルコストの試算結果

したがって、最初沈殿池施設、中温消化施設、ガスエンジン施設といった従来技術（ケースC）と、超高効率固液分離技術、高効率高温消化技術、スマート発電システム技術（うちハイブリッド型燃料電池）といった革新的技術（ケースA）との比較については、経済的に革新的技術の方が有利であるとの結果を得た。これは、改築更新に際して、従来技術で単純更新するか、革新的技術を導入するかの判断材料となる。

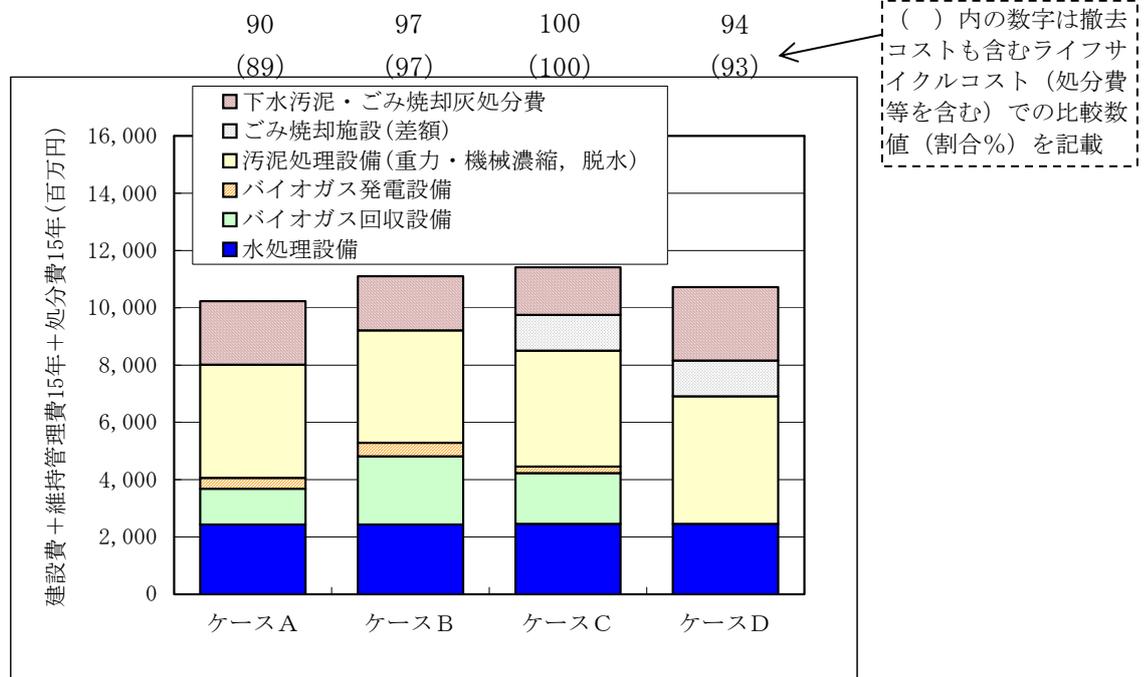
一方、図3-10において、消化プロセスが無いケースDはケースAよりも経済的に有利である結果となっている。しかし、ケースDでは消化プロセスによる汚泥の減量効果がないため、汚泥脱水機のコストや汚泥処分コストが他のケースと比較して高価となる可能性がある。

また、ケースBについては、余剰汚泥も消化タンクに投入するケースであり、ケースAよりも汚泥脱水機のコストや汚泥処分コストが安価となる可能性がある。

そこで、今回評価対象設備（最初沈殿池，反応タンク，送風機，バイオガス回収装置，バイオガス発電装置，ごみ焼却施設（従来技術に該当））の建設コストおよび維持管理コスト（15年分）の他に、重力濃縮設備，機械濃縮設備，汚泥脱水設備といった一連の汚泥処理施設に要する建設コストおよび維持管理コスト（15年分），さらに下水汚泥（脱水ケーキ）およびごみ焼却灰（生ごみ分）の処分コスト（15年分）をトータルコストに加えて評価した結果を図3-11に示す。

その結果，ケースAが他ケースよりも有利となった。バイオガス回収については生汚泥および生ごみを対象とすることが経済性の観点からは有利であること，現状では消化のない下水処理場においても革新的技術を導入することが経済的にもメリットがあることが確認できた。ただし，この結果については，下水処理場の処理プロセスやコスト構造等の特性により必ずしも同じ結果が得られるとは限らないので，個別に検討（F/S）を行う必要がある（詳細は208頁を参照）。

なお，上記に撤去コストを建設費の10%として計上したライフサイクルコスト（処分費等を含む）では，本技術（ケースA）は，従来技術（ケースC）と比較して，約11%の削減効果と試算される（詳細は209頁を参照）。



- ※ 水処理設備は、最初沈殿池・反応タンク・送風機設備を計上。
- ※ 汚泥処理設備は、動力盤を除く。
- ※ ごみ焼却設備(差額)は、ケースA基準の差額を計上。
- ※ 下水汚泥(脱水ケーキ)，ごみ焼却灰の処分コストを15千円/tと設定した。

図3-11 トータルコスト（処分費等を含む）の試算結果

### § 21 温室効果ガス排出量削減効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される温室効果ガス排出量削減の効果について、従来技術との比較により把握する。

#### 【解説】

温室効果ガス排出量削減効果は、本技術を導入した場合に想定される温室効果ガス排出量と従来技術を用いた代替施設導入に想定される温室効果ガス排出量の差で示す。また、生産されるエネルギーの有効利用により削減される温室効果ガス排出量も含めて算定し、削減効果を示す。

従来技術との比較により把握する具体手法を以下の(1)および(3)に示す。また、算出にあたっての温室効果ガスの排出係数の例を(2)に、計算事例を(4)に示す。なお、今回の計算事例においては、エネルギー消費や化石燃料代替によるCO<sub>2</sub>の温室効果ガス排出量の増減のみを計算しており、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>については増減がないことから、計算に含んでいない。

#### (1) 温室効果ガスについての試算方法

下水道における温室効果ガスの排出は、施設建設時、施設運転時および廃棄時に大別される。

- 1) 電気、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出
- 2) 施設の建設、運転時および廃棄に伴う各処理プロセスからの排出
- 3) 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出
- 4) 下水道資源の有効利用による排出量の削減

地球温暖化対策の推進に関する法律では6種類の温室効果ガスが規定されているが、このうちフロン系ガスについては、地方公共団体実行計画によるものとし、下水道温暖化防止計画では次の3種類の温室効果ガスを対象としている。

- 1) 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)
- 2) メタン (CH<sub>4</sub>)
- 3) 一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O)

ただし、生物処理に伴う二酸化炭素、嫌気性消化過程で生成されるメタンの燃焼に伴う二酸化炭素、汚泥焼却に伴う二酸化炭素等、生物起源の二酸化炭素は対象としない。

温室効果ガスの排出量は、次の計算式により算定する。

$$\begin{aligned} \text{(各温室効果ガスの排出量)} &= \Sigma \{ \text{(活動の種類ごとの排出量)} \} \\ &= \Sigma \{ \text{(活動量)} \times \text{(排出係数)} \} \end{aligned}$$

- 1) 「電気、燃料等のエネルギー消費に伴う排出」は、期間内（通常1年間）に使用した電力量、燃料使用量に排出係数を乗じて算定する。
- 2) 「施設の運転に伴う各処理プロセスからの排出」は、期間内に処理した脱水汚泥量に排出

係数を乗じて算定する。

- 3) 「上水，工業用水，薬品類の消費に伴う排出」は，エネルギー化技術での排出量に占める割合は大きくないが，算定する場合は，期間内に使用した量に「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」の排出係数を乗じて算定する。
- 4) 「下水道資源の有効利用による排出量の削減」は，エネルギー化技術の製品利用によって，代替する買電電力量や化石燃料消費量が減じるものとして算定する。

上記により算定された対象物質（CO<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub>，N<sub>2</sub>O）ごとに，地球温暖化係数を乗じて，その合計値である「総排出量」を求める。

温室効果ガス総排出量 (t-CO <sub>2</sub> )			
= Σ {各温室効果ガスの排出量 (t) × 各温室効果ガスの地球温暖化係数}			
(地球温暖化係数)			
二酸化炭素	(t-CO <sub>2</sub> /年)	× 1	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
メタン	(t-CH <sub>4</sub> /年)	× 21	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
一酸化二窒素	(t-N <sub>2</sub> O/年)	× 310	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)

エネルギー化技術における温室効果ガス排出量の算定対象と，関連する主な排出係数を一例として，表3-16に示す。

表3-16 温室効果ガスの排出係数

区 分	項 目	単 位	排出係数	備 考	
① 電気、燃料(石油、ガス)等のエネルギー消費に伴う排出	電力	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	(0.550)	注1)	
	A重油	kg-CO <sub>2</sub> /L	2.71	(1)	
	一般炭	kg-CO <sub>2</sub> /kg	2.41	(1)	
	プロパン	kg-CO <sub>2</sub> /kg	3.00	(1)	
	ガソリン	kg-CO <sub>2</sub> /L	2.32	(1)	
② 施設の運転に伴う各処理プロセスからの排出(注4)	汚泥の焼却	下水汚泥	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	1.11	政令
		高分子・流動炉(通常)	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	1.51	算定省令
		高分子・流動炉(高温)	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.645	算定省令
		高分子・多段炉	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.882	算定省令
	石灰系	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)	
		kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.294	算定省令	
	下水汚泥固形燃料化	その他下水汚泥	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.882	算定省令
		汚泥炭化(中温炭化)	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0092	注2)
		汚泥乾燥(乾燥造粒)	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0000	注2)
	汚泥乾燥(油温乾燥)	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0184	注2)	
	汚泥乾燥(乾燥[混合焼却])	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0095	注2) 注3)	

出典 (1)「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き 平成21年3月」

注1) 他人から供給された電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>排出係数

電力会社別の排出係数については、算定省令に定める値を下回るものを環境大臣・経済産業大臣において公表することとされており、その値を用いることができる。なお、自らが消費している電気の排出係数がわからない場合等は、政令又は算定省令で定められた値である代替値(平成24年度の排出量の算定に際しては同23年度の実績0.550 t-CO<sub>2</sub>/千kWhを用いる(毎年改正。))を一般的に使用できる排出係数として用いることができる。

注2) 政令、算定省令にて定められた数値ではなく、実態調査等により算出された数値。当該設備の導入を検討する際に参考として使用し、温室効果ガスの削減効果を算定する。

注3) 実態調査を行った設備において、直燃式脱臭炉と蓄熱式脱臭炉の2カ所の排ガス出口があり、蓄熱式脱臭炉出口において排出係数が0kg-N<sub>2</sub>O/wet-tであるため、直燃式脱臭炉出口部における排出係数を採用する。ただし、排ガス量の比率は、直燃式脱臭炉:4割、蓄熱式脱臭炉:6割となっている。

注4) 今後の技術開発により、新たなエネルギー化技術について、排出係数の知見が得られた場合には、その数値を使って温室効果ガス削減効果を算定することができる。

(2) 本技術の温室効果ガス排出量算定にかかる原単位

従来技術からの温室効果ガス排出量と本技術からの排出量を比較することによって、削減量を算出する。なお、算定に際しては以下の資料等を参考とする。

- ・国土交通省「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」（平成21年3月）
- ・国土交通省国土技術政策総合研究所「下水道におけるLCA適用の考え方」（平成22年2月）
- ・環境省「廃棄物処理部門における温室効果ガス排出量抑制等指針マニュアル」（2012年3月）

1) 超高効率固液分離技術

超高効率固液分離技術の電力使用量原単位を表3-17に示す。算定した電力使用量に対して電力消費に伴う温室効果ガスの排出係数を乗じて温室効果ガス排出量を算定する。

表3-17 超高効率固液分離技術の電力使用量原単位

名称	単位	原単位	備考
電力使用量	1式	5.1 kWh/千 m <sup>3</sup> -汚水	試算は日平均汚水量 40,000m <sup>3</sup> /日

2) 高効率高温消化技術

高効率高温消化技術の電力使用量原単位を表3-18に示す。算定した電力使用量に対して電力消費に伴う温室効果ガスの排出係数を乗じて温室効果ガス排出量を算定する。なお、生ごみ受入設備については、仕様が個別対応となるため、ここでは除いている。

表3-18 高効率高温消化技術の電力使用量原単位

名称	単位	原単位	備考
電力使用量	1式	5.0 kWh/m <sup>3</sup> -汚泥	試算は日平均消化タンク投入汚泥量 126m <sup>3</sup> /日 生ごみ受入設備を除く

3) スマート発電システム技術

スマート発電システム技術は、発電とプラント運転最適化制御の各技術に分けられる。発電関係の発電量原単位を表3-19に示す。算定した電力使用量に対して電力消費に伴う温室効果ガスの排出係数を乗じて温室効果ガス排出量（削減量）を算定する。なお、プラント運転最適化制御システム技術関係の温室効果ガス排出量削減効果は、既設の状況により異なり、一律に設定することは難しいことから、個別ケースごとに対応する。

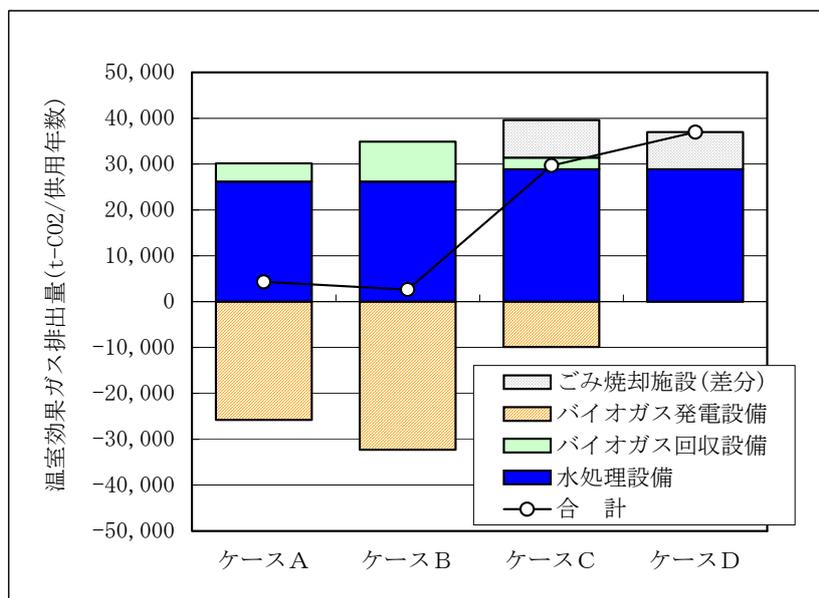
表3-19 スマート発電システム技術（発電関係）の発電量原単位

名称	単位	原単位	備考
発電量	1式	2.39 kWh/Nm <sup>3</sup> -消化ガス	発電機出力 105kWh/台 発電機1台当たり消化ガス消費量 44Nm <sup>3</sup> /hr/台

(3) 温室効果ガス排出量試算例

日最大処理汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日の下水処理場における温室効果ガス排出量についてのケーススタディ結果を図3-12に整理する。※資料編2. 参照

本技術（ケースA）の導入により、従来技術（ケースC）と比較して、温室効果ガス排出量（LCCO<sub>2</sub>）は約86%の削減効果が見込まれる（今回評価対象設備に対して）。



※ 水処理設備は、最初沈殿池・反応タンク・送風機設備を計上。

※ ごみ焼却設備(差分)は、ケースA基準の差分を計上。

図3-12 温室効果ガス排出量の試算結果

## § 22 省エネルギー効果

超高効率固液分離技術の導入により期待される水処理系等の省エネルギー効果について、従来技術との比較により把握する。

### 【解説】

#### (1) 従来技術との省エネルギー効果比較

超高効率固液分離技術による省エネルギー効果として得られる水処理系と余剰汚泥の汚泥濃縮処理系について、従来技術との比較により効果を計算する。

具体的には以下に示す手順で従来技術と比較しての省エネルギー効果が計算され、建設コストと維持管理コストの各縮減効果が得られる。

図3-13に省エネルギー効果の計算手順の一般例を示す。

#### (2) プラント最適化制御システムによる省エネルギー化効果

エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）で規定される特定事業者として定めるエネルギー使用合理化推進のための取組方針には事業者全体としてのエネルギー管理組織や体制、省エネルギーの目標、省エネルギー設備の新設、更新等に関する事項を規定することが求められている。また、エネルギーの使用の合理化の目標および計画的に取り組むべき措置として、事業者ごとにエネルギー消費原単位を中長期的に見て年平均1%以上低減させることを目標として、技術的かつ経済的に可能な範囲内でその目標の実現に努めることが求められている。

プラント最適化制御システムはこれらの要望に応える省エネルギー効果をもたらすものであり、上記(1)ケースA～Dに対して、さらに上乗せで効果が得られるものである。

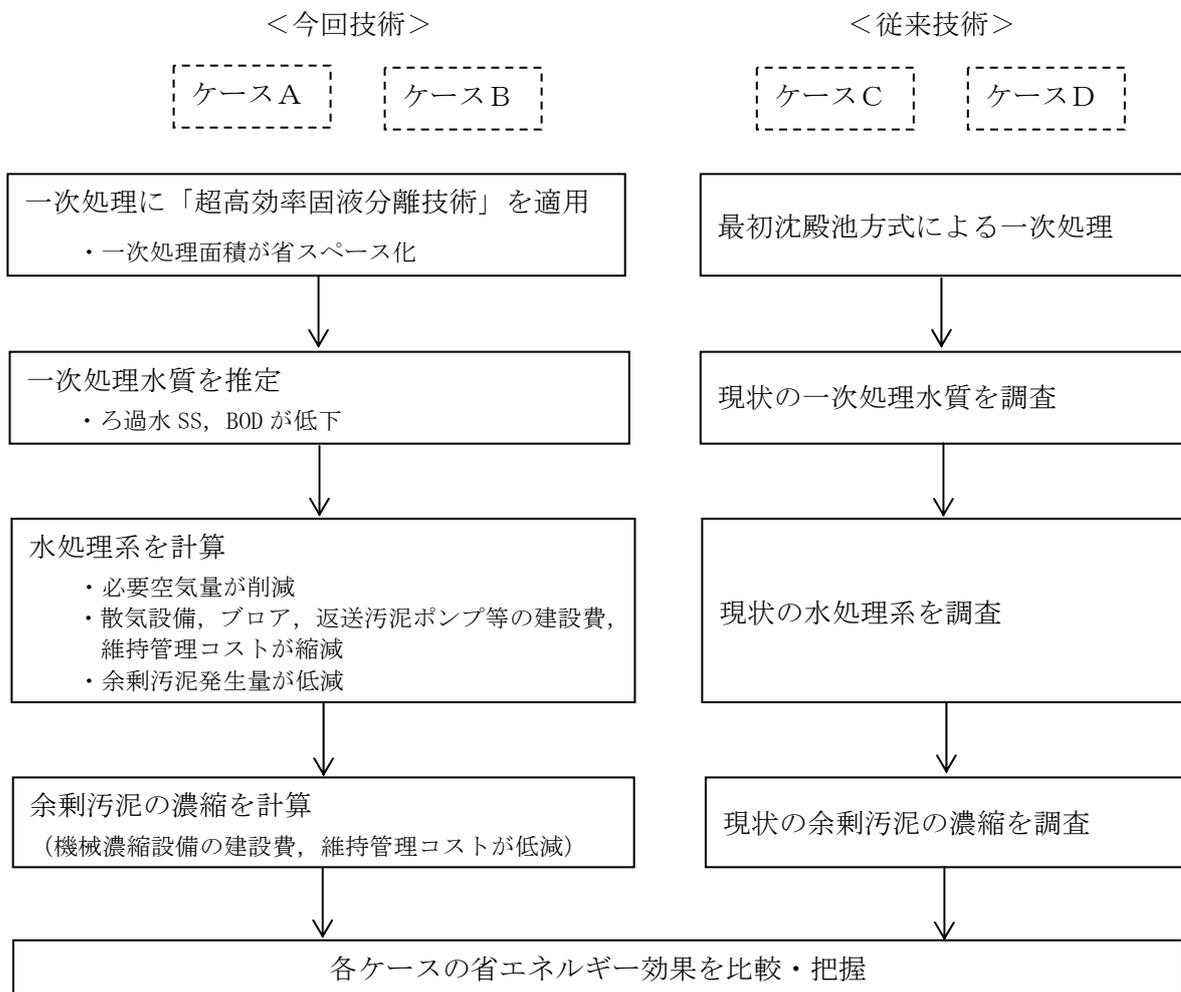


図 3-13 省エネルギー効果の計算手順 (一般例)

このようにして計算した場合の従来技術から本技術を適用した場合のエネルギー消費量の増減について表3-17に整理する。同様に、エネルギー回収量の増減についても、併せて次表に整理する。

表3-17 従来技術からみた本技術によるエネルギー消費量の増減（例）

区 分			エネルギー消費量
下水処理場	水処理設備	沈砂池設備	△
		汚水ポンプ設備	△
		最初沈殿池設備	×
		反応タンク設備	△
		送風機設備	○
		最終沈殿池設備	○
		消毒設備	△
	汚泥処理設備	機械濃縮設備	○
		汚泥脱水設備	×
ごみ焼却施設			○

（削減「○」、増加「×」、ほぼ同じ「△」）

超高効率固液分離は従来の最初沈殿池設備よりも多くのエネルギーを要するが、反応タンクへの流入負荷量の減少およびそれに伴うMLSS濃度の低減に応じて、送風機設備や返送汚泥ポンプなどの電力使用量を低減することができる。また、生汚泥発生量の増加と余剰汚泥発生量の減量に伴い、濃縮プロセスはエネルギー消費の多い機械濃縮設備から、エネルギー消費の少ない重力濃縮設備に負荷が移行するとともに、消化による分解率（消化率）の大きい生汚泥が増加することにより汚泥の減量効果が増すこととなり、結果として汚泥処理設備全体としての電力使用量の低減が期待される。

### § 23 創エネルギー効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される創エネルギー効果について、従来技術との比較により把握する。

#### 【解説】

超高効率固液分離技術適用により生污泥回収率が増加し、余剰污泥の生成率が減少する。生污泥は余剰污泥と比較して、濃縮性が良好であり、また消化における投入V S当たりの消化ガス発生量が高いという特徴を有する。これにより、従来に比べて消化ガスの発生量が増加する。

また発電効率が高く消化ガスを100%活用できるハイブリッド型燃料電池技術を活用することで発生した消化ガスからより多くの発電量を得ることが可能となる。

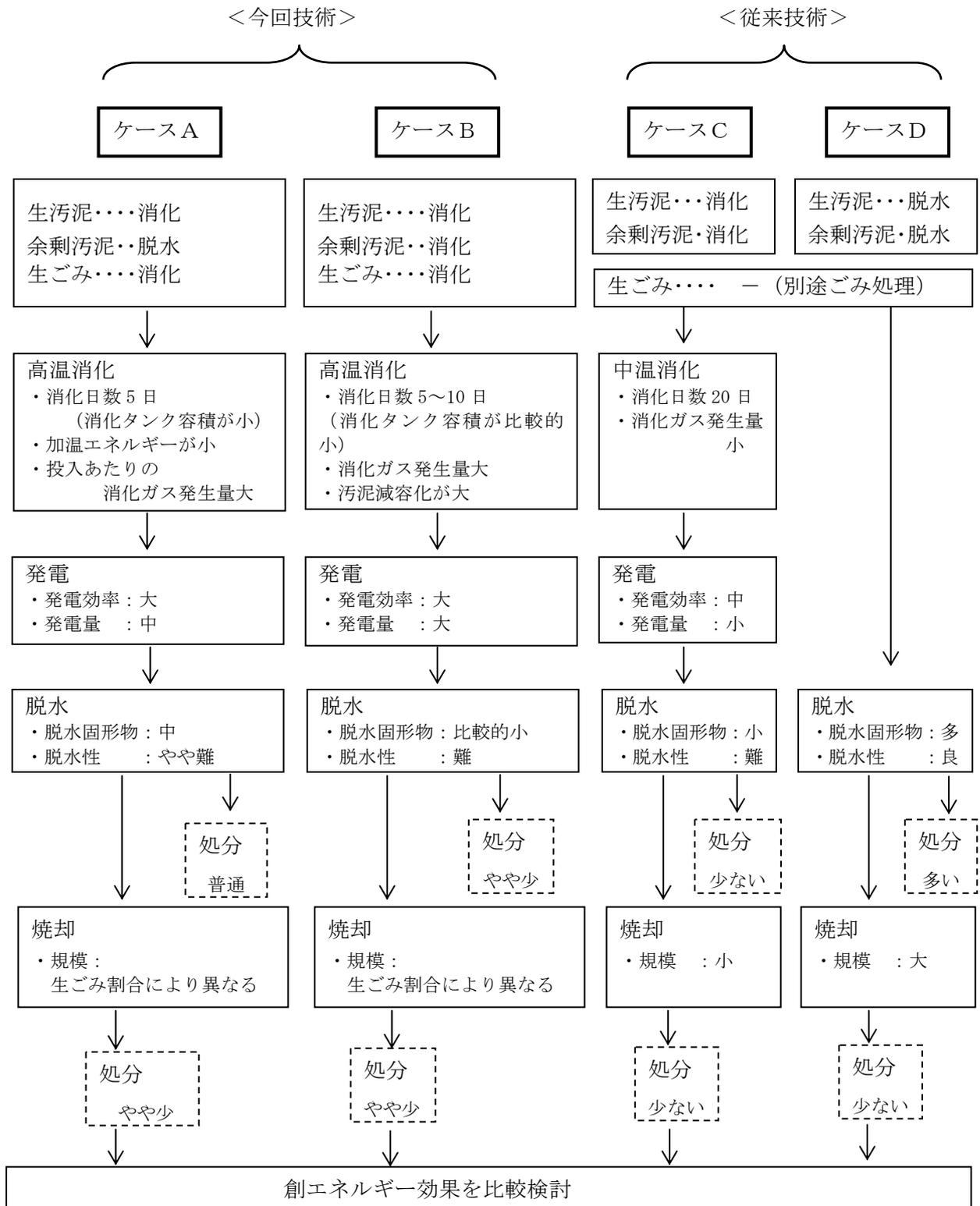
下水処理場におけるエネルギー回収は、最終的に発電設備により達成されることになり、その増減は表3-18のように示される。

表3-18 従来技術からみた本技術によるエネルギー回収量の増減（例）

区 分			エネルギー 回収量
下水処理場	污泥処理設備	重力濃縮設備	△
		消化タンク設備	△
		消化ガス発電設備	○

（増加「○」、減少「×」、ほぼ同じ「△」）

創エネルギー効果はこのような特性を生かした一連のエネルギー回収、発電等の污泥処理系の計算を行うものであり、図3-14にその創エネルギー効果の計算手順の一般例を示す。



注) ケースCはガスエンジンを想定。  
 ケースA, B, Cは消化により汚泥量が減少するが、汚泥発熱量の減少、脱水汚泥水分量の増加を踏まえ、焼却時の補助燃料必要量の増減を検討する必要がある。

図3-14 創エネルギー効果の計算手順 (一般例)

超高効率固液分離技術を適用したフローにおいては、従来技術の最初沈殿池と比較して、生汚泥は30～50%増加し、その一方で余剰汚泥は30～40%減少する（表3-19参照）。

表3-19 汚泥発生量の比較

基 質	汚泥発生量 (t/日)	
	従来技術	本技術
生汚泥	3.4	5.1 (+51%)
余剰汚泥	3.6	2.3 (△37%)

注) 図3-5 (処理汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日の下水処理場)

また、基質別の消化ガス発生量は表3-20のとおりであり、余剰汚泥と比較して生汚泥の方が、消化ガス発生量が大きい。これらのことから、トータルの消化ガス発生量は従来技術に比べて増大する。さらに、生ごみを積極的に受け入れることにより消化ガス発生量が増大することになる。

表3-20 基質別の消化ガス発生量

基 質	消化ガス発生量 (Nm <sup>3</sup> /t-VS) ※1	
	投入 VS 当り	分解 VS 当り
生汚泥	500	930
余剰汚泥	280	800
生ごみ	860	1,040

※1：生汚泥、生ごみの消化日数は5日、余剰汚泥は10日

また、りん酸形燃料電池は従来の消化ガス発電設備（ガスエンジンなど）と比較して発電効率が高いこと、さらに都市ガスとのハイブリッド発電で消化ガスが100%利用可能なことから、より多くのエネルギー回収（消化ガス全熱量に対して90%（電気40%+熱50%）程度）が期待できる。

## § 24 その他効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待されるその他の効果について、従来技術との比較により把握する。本技術の導入効果として、以下の効果が期待できる。

- (1) 災害・耐震化対応効果
- (2) バイオマス受入効果
- (3) その他汚泥の受入効果

### 【解説】

#### (1) 災害・耐震化対応効果

災害・耐震化対応効果については、以下の効果が期待できる。

##### 1) 超高効率固液分離による応急復旧対策の高度化

東日本大震災を受けて国土交通省に設置された下水道地震・津波対策委員会では、第2次提言（平成23年6月14日公表）において、災害時の段階的応急復旧のあり方についてとりまとめられている。その方針は以下のとおりである。

大規模な地震・津波による下水道施設の被害の大きさ等を考慮すると、本復旧が完了するまで相当程度の時間を要することが予想される。このため、地震発生直後から対応する「緊急措置」、公衆衛生の確保や浸水被害軽減に迅速に対応するための「応急復旧」、従前の機能を回復させ、再度災害を防止することを目的とした「本復旧」へとそれぞれの段階に応じた適切な対応とスムーズな移行が必要不可欠である。

本提言によれば、「緊急措置」として「揚水＋消毒」、「応急復旧」の第一段階では「沈殿＋消毒」（BOD 120mg/L）、同第二段階では「沈殿＋簡単な生物処理＋消毒」（BOD 60mg/L）、同第三段階では「生物処理＋沈殿＋消毒」（BOD 15mg/L）、そして「本復旧」（BOD 15mg/L 以下）まで段階的に処理レベルを向上させることが必要であるとされている（**図3-15**、**表3-21**参照）。

超高効率固液分離は、一般的にはBODを90mg/L程度まで除去する技術で、一例として**図資1.1-17**に示すように本実証においても平均値90mg/Lが得られており、120mg/L以下を達成している。また、SSが効率的に除去されていることから消毒剤の削減も期待でき、**図資1.1-31**に示すように必要塩素量は0.5~1.0mg/Lと原水に比べて安定して低い値となっている。したがって、段階的応急復旧においてもその機能が十分に発揮できる状態にある限り、復旧期間中の沈殿＋消毒施設の代替施設として、有効活用可能である。

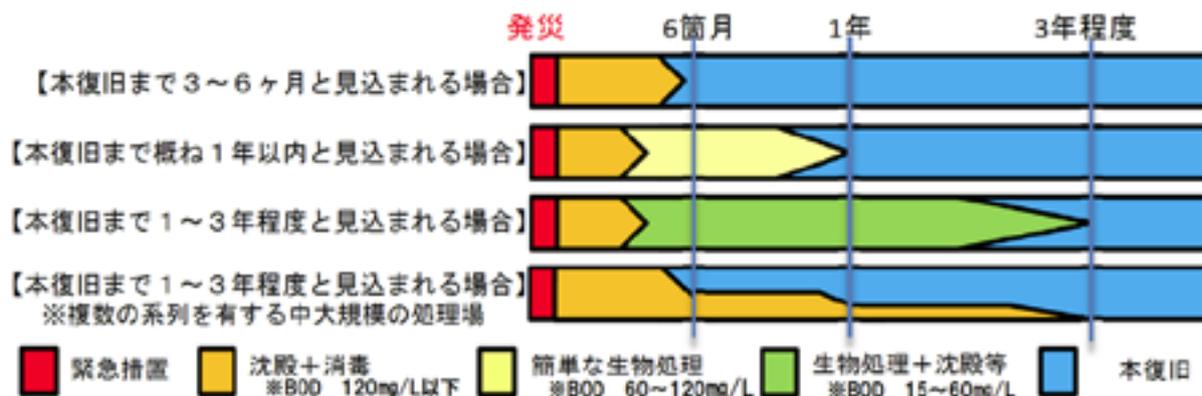


図3-15 段階的応急復旧のイメージ

出典：下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書「東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方」（平成24年3月）

表3-21 段階的応急復旧における目標水質

手 法		目 標 水 質	
		BOD (mg/L)	大腸菌群数 (個/cm <sup>3</sup> )
応急復旧	①沈殿+消毒	120	3000
	②沈殿+簡単な生物処理+消毒	120→60	
	③生物処理+沈殿+消毒	60→15	
	④本復旧	15以下	

出典：下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書「東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方」（平成24年3月）

## 2) 超高効率固液分離設備の耐震強度

超高効率固液分離設備は、超高効率固液分離槽、生污泥貯留槽、一次濃縮槽といった槽構造で構成され、構造自体が地震動レベル2対応で構造設計されている。従って、一次処理の改造と同時に耐震化がなされることになる。

3) 省スペース化による耐震化コスト削減

超高効率固液分離に必要なろ過速度は250～500m/日であり、従来技術の最初沈殿池の水面積負荷\*と比較する限り、かなりの省スペース化につながる。超高効率固液分離では、高速ろ過池の他に洗浄排水槽や一次濃縮槽が必要となり、スペースとしては既設の最初沈殿池の概ね1/3程度にコンパクト化される。

超高効率固液分離設備のうち、コンプレッサー等については、震災復旧期間の津波対策として防水仕様とするが、一次濃縮槽（最初沈殿池を活用）の耐震化として、エクспанションジョイントの耐震化、底版の増し打ち、壁の脚部の補強、RCのスラブ設置等が考えられる。

耐震化等に関わるコストについては、超高効率固液分離システムの導入は、一次処理トータルの設備面積が省スペース化されることから、土木構造物のコンパクト化が図られることにより、建設費のコスト削減可能性が期待できる。

災害対応を考慮した一次処理設備の段階的整備のあり方についての例を図3-16に示す。

\* 最初沈殿池の水面積負荷は、社団法人日本下水道協会「下水道施設計画・設計指針と解説 後編 -2009年版-」によると「計画1日最大汚水量に対して、分流式では35～70m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・日)、合流式では25～50m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・日)を標準とする」とされている。

<50,000m<sup>3</sup>/日の場合>

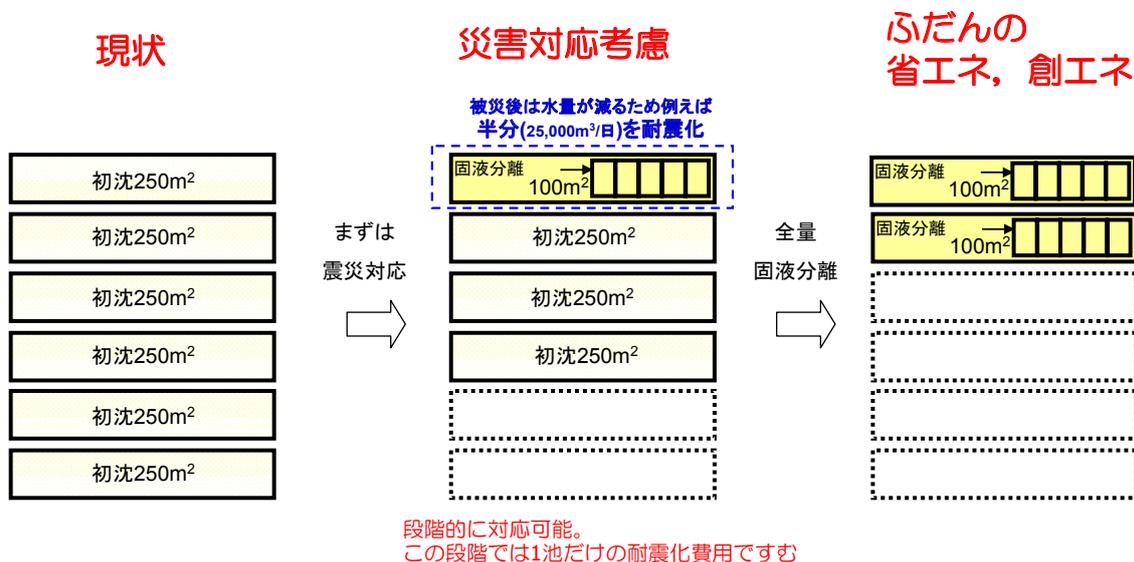


図3-16 災害対応を考慮した段階的整備

4) ハイブリッド型燃料電池による電力供給継続

ハイブリッド型燃料電池は「低発電出力運転」でも高い発電効率を維持できるという点で、従来のガスエンジン等と比較すると優れた特徴を有している。したがって、地震等の災害時には、ライフラインの中でも比較的復旧が早いと言われている電力復旧までの期間は最低発電出力で運転し、ガスホルダに貯留されている残余消化ガス\*を用い、さらに燃料電池の発電出力をプラント設備の部分負荷運転に対応（定格 100kW の発電効率を低下させずに 30kW で運転）することにより、応急復旧段階における最低限の電力分のみ、効率よく定格運転（最大出力運転）よりも長期間にわたって発電することが期待できる。

また、都市ガスの被災がない場合には、残余消化ガスを使用した後は、都市ガスを消化ガスの代替燃料として発電することで通常時と同程度の電力供給が可能である。

\* ガスホルダの貯留量は、社団法人日本下水道協会「下水道施設計画・設計指針と解説 後編 -2009年版-」によると「1日平均発生消化ガス量の半日以上」とされている。ガスホルダや消化ガス発電設備の容量（台数）決定ならびに運転方法については、応急復旧段階における揚水、沈殿および消毒に要する電力量やライフラインの復旧に要する期間など震災時のBCPの視点も重要である。

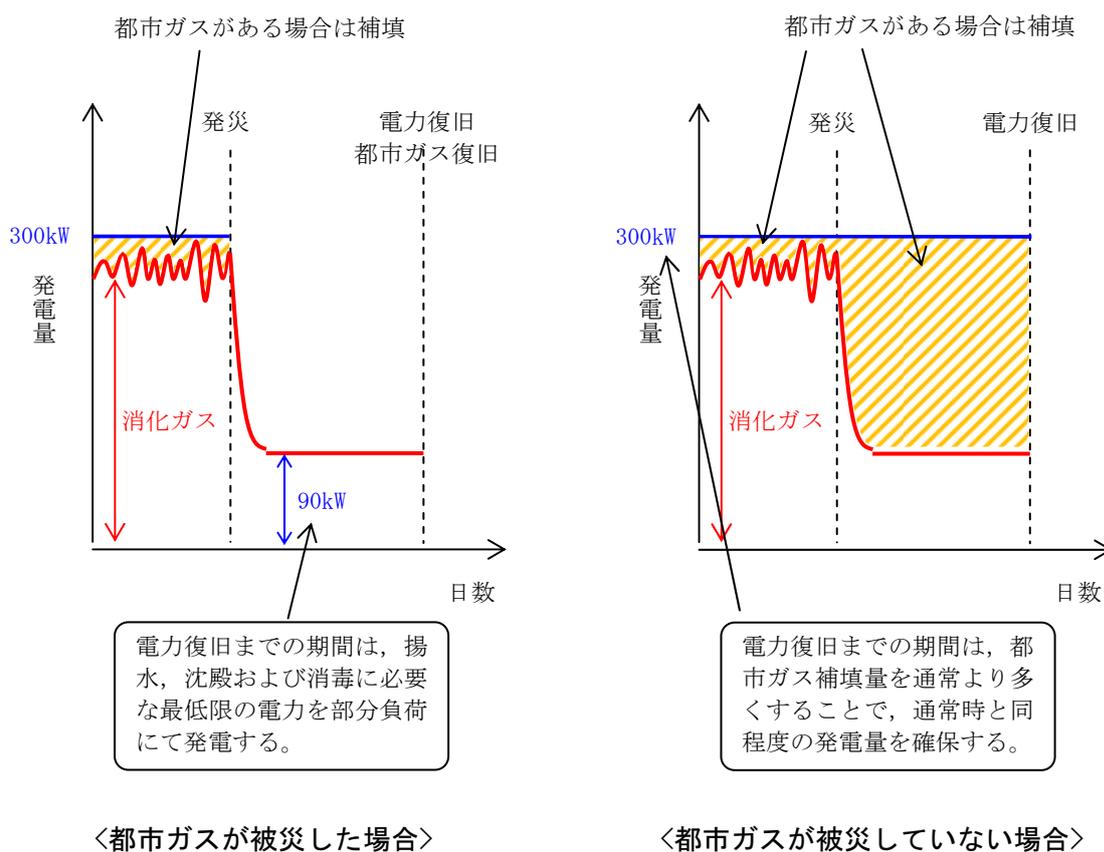


図3-17 震災時における電力復旧までのハイブリッド型燃料電池の稼働イメージ

ベース負荷用の発電技術と非常用発電技術については、「事業用燃料電池発電システム導入検討の手引き」（財団法人・新エネルギー財団）にも記載されているように、りん酸形燃料電池は、消

防法に基づく「非常用電源」および建築基準法に基づく「予備電源」に適合しており、認定基準に検査合格できる常用・非常用（兼用）の自家用発電設備である。

兼用の発電設備として導入する場合は、下水処理場の設備実態に合わせた運用方法の検討が必要で、具体的には、ベース負荷発電機運転から非常用発電機運転への切替技術と安定運転維持技術である。常時は消化ガスと都市ガスとのハイブリッド燃料で運転し、災害発生時は、下水処理場の機能維持のため最低稼働が必要になる設備（特定負荷）への給電を継続するというものである。なお、非常時への切替方法は以下の2通りで、保護継電器と制御装置との組み合わせのシーケンスにより自動実行されるようにシステム構築する。

- ①系統連系の解除とともに、発電機出力に見合う特定負荷のみを残し他の負荷を遮断、特定負荷のみへ電力を供給する単独運転へと移行する。
- ②一旦発電機を待機運転へ移行し、発電機の最低出力からの出力上昇もしくは出力低下に合わせて、出力変更分に見合う特定負荷を順次投入もしくは順次遮断する。

#### 5) ネットワーク化処理場における災害時相互融通による一次処理+消毒

ネットワーク化されているA、B下水処理場においては、A処理場において地震等により水処理機能が停止した場合には、A処理場の下水をB処理場に導入した超高効率固液分離と消毒施設により「応急復旧」を行うことが可能になる（図3-18参照）。

これは、超高効率固液分離システムが水量変動に柔軟に対応できるメリットを生かしている。

例えばB処理場でろ過速度 250m/日で設計した超高効率固液分離システムでも、A処理場の下水分を合わせてB処理場にて2倍の水量になった場合でも、ろ過速度 500m/日で処理できるというものである。

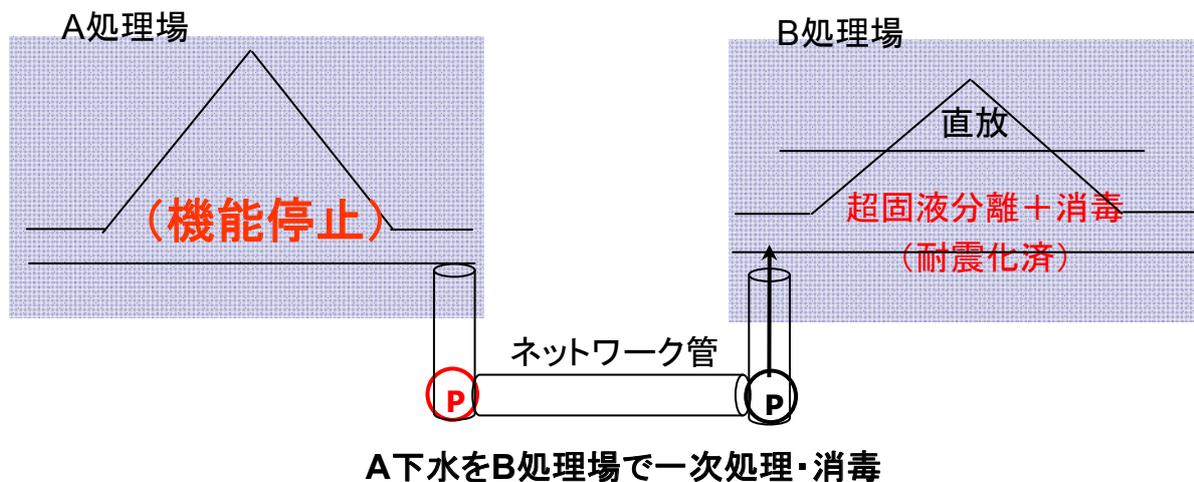


図3-18 ネットワーク化処理場における災害時相互融通

(2) バイオマス受入効果

本技術の基本コンセプトは「徹底的な資源回収」であり、下水汚泥ならびにそれ以外のバイオマスの下水処理場への受け入れに際して、本技術を活用することにより、固液分離を高効率で行い、水処理への影響を可能な限り抑制するとともに、エネルギー回収を従来よりコンパクトなスペースで行うことができる。これにより、従来であれば焼却に依存しがちであった下水汚泥以外のバイオマスのリサイクル（リサイクル率の向上）ならびにバイオガス化によるエネルギー回収を推進することができる（エネルギー自立率の向上）とともに、一般廃棄物処理および下水処理を合わせた自治体全体での処理コスト縮減が期待できる。

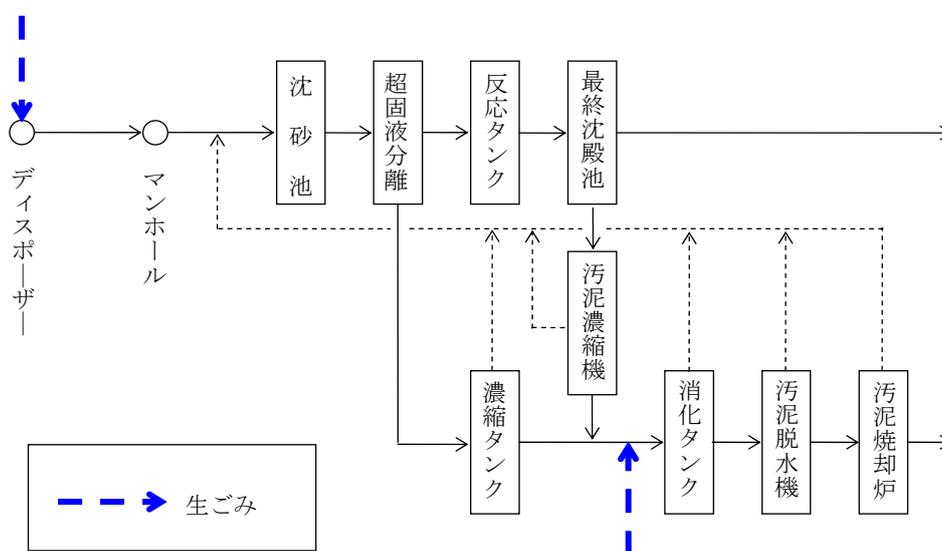


図3-19 生ごみ等バイオマスの下水処理場への受入（投入）場所

生ごみを受け入れてバイオマス利活用する事例は以下のパターンが考えられる。

- 1) トラック輸送し、前処理後、消化タンクに投入
- 2) デイスポージャーにより粉砕後、管路で収集され、下水処理場に流入後、消化

上記1)については、珠洲市（石川県）、黒部市（富山県）、北広島市（北海道）で事例があり、また上記2)については、同じく黒部市（富山県）や伊勢崎市（群馬県）で事例がある。

特に上記2)について、デイスポージャーを単体で利用し、粉砕生ごみを下水道へ直接流すことについては、合流式下水道への影響の他、管路の閉塞、水処理施設への負荷の増大に対する懸念が理由の一つとしてあり、普及には至っていない。結果として、現在では都心の集合住宅を中心として処理装置付きデイスポージャーが設置されるに至っている。

そこで、50 $\mu$ m以上を効率的に、かつ1mm以上を100%捕捉できる超高効率固液分離装置を導入することにより、粒子径が1～2mm程度のデイスポージャー粉砕生ごみを下水道に直投しても、

生汚泥としてほぼ 100%回収することができるようになる。そして嫌気性消化によるエネルギー回収を効率的に行うことができるだけでなく、水処理施設への影響（負荷増）も抑制することができる。

上記1)のトラック輸送の場合、下水処理場の立地条件によってはトラックの往来が懸念され、また輸送自体に化石燃料がかかることから、超高効率固液分離はディスポーザーを利用したバイオマスの管路収集の観点からも効果がある。

### (3) その他汚泥の受入効果

自治体の統廃合、早期に着手したし尿処理施設および下水道の老朽化による施設の廃止、人口減少による下水処理場の余裕施設の発生などにより、多くの自治体でし尿、浄化槽汚泥、集落排水等の下水道受入が実態として行われるようになってきている。

本技術においては、これらのバイオマスについて、汚泥処理設備、水処理設備でも受入が期待できる。それらの受入（投入）場所は図3-20に示すとおり、管路（マンホール等）、水処理系、汚泥処理系等が考えられる。管路（マンホール等）、水処理系への投入がなされても超高効率固液分離システムにより固液分離が効率的に行えるようになるためである。この際には、BOD、SS、NH<sub>4</sub>等の成分別の投入量を把握して、受入可否を検討する必要がある。

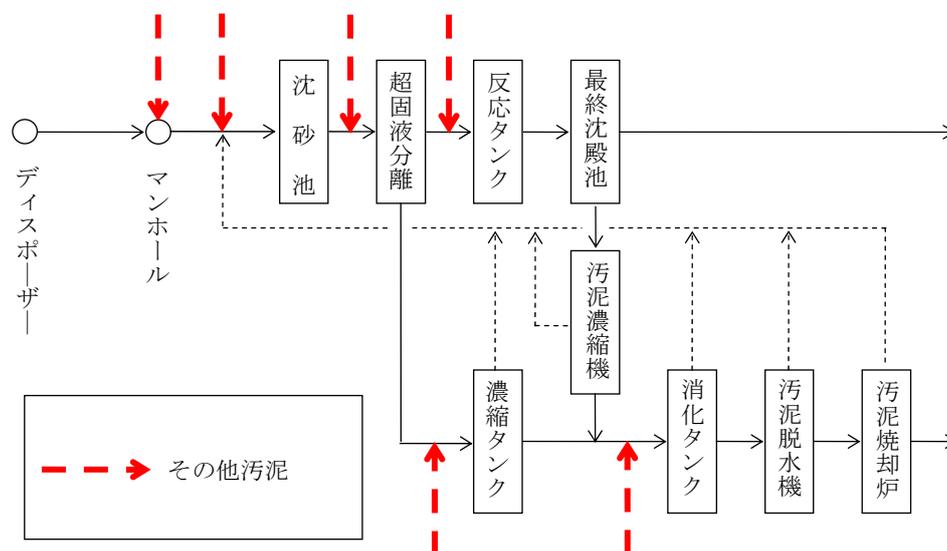


図3-20 下水汚泥以外のバイオマスの下水処理場への受入（投入）場所