

I S S N 1 3 4 6 - 7 3 2 8

国総研資料 第 736 号

平 成 2 5 年 7 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 736

July 2013

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)

B-DASH Project No.1

Guideline for introducing an energy management system
using intensive solid-liquid separation technology

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

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）

国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室

B-DASH Project No.1

Guideline for introducing an energy management system
using intensive solid-liquid separation technology

Wastewater and Sludge Management Division, Water Quality Control Department

National Institute for Land and Infrastructure Management

概要

本ガイドラインは、国土技術政策総合研究所委託研究（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に関する技術実証研究 受託者：メタウォーター・日本下水道事業団共同研究体 実施期間：平成 23～24 年度）において実施した成果を踏まえて作成したものである。

キーワード：超高効率固液分離、高温消化、スマート発電

Synopsis

This Guideline is based on the results of NILIM contract research ([Demonstration study of an energy management system using intensive solid-liquid separation technology] conducted by Consortium consisting of METAWATER Co., Ltd and Japan Sewage Works Agency in 2011.8~2013.3).

Key Words : Intensive Solid-Liquid Separation by High Rate Filtration, Thermophilic Digestion, Smart Power Generation System

はじめに

我が国の下水道は、国民生活に不可欠な社会資本として、76%まで普及が進んできており、水洗トイレが普及するとともに川や海の水質の改善につながっている。しかし、その一方で、大量に発生する汚水の浄化には大きな電力を要し、それだけで我が国の総電力消費量の0.7%近くを占めている。これは、下水処理場の維持管理費を押し上げる要因ともなっている。

また、下水や汚泥の処理に伴い温室効果ガスが排出されるため、地方公共団体の公共事業の中でも最大級の温室効果ガス排出源となっている。今後、下水道の未普及地域の解消や高度処理化など、排出を増加させる要因が引き続き見込まれることから、地球温暖化防止に一定の役割を果たそうとする我が国において、その削減も急がれる。

さらに、下水汚泥や下水の持つエネルギー価値やリン等資源のポテンシャルに期待が高まっており、省エネ・省資源のみならず、積極的にエネルギー・資源を創出する取組も始まっている。

下水を排除・処理する一過性のシステムから、集めた物質等を資源・エネルギーとして活用・再生する循環型システムへと転換することが「下水道ビジョン2100」（平成17年）でも打ち出されているが、潜在的なポテンシャルに対して実際に活用されている割合はわずかであり、優れた新技術が開発されても、まだ実績が少ないため導入に慎重な下水道事業者も多い状況である。

このため、国土交通省下水道部では、優れた革新的技術の実証、普及により下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー等の創出を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、「下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト※）」を平成23年度から開始し、国土技術政策総合研究所下水道研究部が実証研究の実施機関となっている。

本ガイドライン「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ガイドライン」で示す技術は、超高効率固液分離技術、担体を用いた高効率高温消化技術、燃料電池を用いたスマート発電技術で構成された従来技術よりも高機能なシステム技術であり、水処理およびバイオガスの回収・発電に関する革新的な技術である。実証研究により、コスト縮減や温室効果ガス排出量削減に効果があることが実証されている。

本ガイドラインは、実証研究の成果を踏まえ、下水道事業者が革新的技術の導入を検討する際に参考にできる資料として策定したものであり、これらの優れた技術が全国そして海外にも普及されることを強く願うものである。

技術選定から実証研究施設の設置、実運転による実証を踏まえたガイドラインの策定までを2年間という短期間でまとめるにあたり、大変なご尽力をいただいた評価委員会および検討会の委員各位をはじめ、フィールド提供等ご協力いただいた自治体各位、実証研究に精力的に取り組まれた研究体各位等全ての関係者に深く感謝申し上げます。

※B-DASH プロジェクト：Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project)

目 次

第 1 章 総 則

第 1 節 目 的

§ 1 目 的	1
---------	---

第 2 節 適用範囲

§ 2 適用範囲	5
----------	---

第 3 節 用語の定義

§ 3 用語の定義	6
-----------	---

第 2 章 技術の概要

第 1 節 システム全体の概要と特徴

§ 4 システム全体の概要	9
§ 5 システム全体の特徴	13

第 2 節 超高効率固液分離技術の概要と特徴

§ 6 超高効率固液分離技術の概要	15
§ 7 超高効率固液分離技術の特徴	18

第 3 節 高効率高温消化技術の概要と特徴

§ 8 高効率高温消化技術の概要	20
§ 9 高効率高温消化技術の特徴	23

第 4 節 スマート発電システム技術の概要と特徴

§ 10 スマート発電システム技術の概要	24
§ 11 スマート発電システム技術の特徴	27

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	31
§ 13 導入検討手順	33
§ 14 基礎調査	34

§ 15	導入効果の評価	37
§ 16	導入判断	40

第2節 導入効果

§ 17	導入効果	41
§ 18	建設コスト縮減効果	45
§ 19	維持管理コスト縮減効果	49
§ 20	トータルコスト縮減効果	53
§ 21	温室効果ガス排出量削減効果	55
§ 22	省エネルギー効果	60
§ 23	創エネルギー効果	63
§ 24	その他効果	66

第4章 計画・設計

第1節 基本計画

§ 25	計画の手順	73
§ 26	基礎調査	74
§ 27	施設計画の検討	75
§ 28	計画上の留意点の整理	77
§ 29	導入効果の検証	78
§ 30	導入計画のとりまとめ	79

第2節 システム全体の設計

§ 31	システム全体の設計の考え方	80
------	---------------	----

第3節 超高効率固液分離システムの設計

§ 32	設計手順	85
§ 33	設計水量の設定	86
§ 34	超高効率固液分離設備	87
§ 35	除去率の決定	89
§ 36	超高効率固液分離槽の除去率設定の考え方	90
§ 37	超高効率固液分離槽のろ過速度および面積の設定	94
§ 38	生汚泥貯留設備	95
§ 39	一次濃縮設備	96
§ 40	二次濃縮設備（既設重力濃縮槽等）	100

§ 41	既設最初沈殿地への設備割付策定	101
§ 42	制御の考え方	104
§ 43	計装機器	106
§ 44	設備の安全対策	107

第4節 高効率高温消化システムの設計

§ 45	設計手順	108
§ 46	受入バイオマスの種類	109
§ 47	消受入バイオマス量	111
§ 48	消化性能の設定	112
§ 49	添加剤	113
§ 50	消化方式	114
§ 51	消化温度	115
§ 52	消化タンク有効容量	116
§ 53	材質	117
§ 54	攪拌方式	118
§ 55	担体	120
§ 56	返流負荷	122
§ 57	加温設備	123
§ 58	消化ガス貯留設備	125
§ 59	脱硫・精製設備	127

第5節 スマート発電システムの設計

§ 60	プラント運転最適化制御システム設計手順	128
§ 61	ハイブリッド型燃料電池の設計手順	131

第5章 維持管理

第1節 導入システム全体の管理

§ 62	導入システム全体としての維持管理の要点	135
------	---------------------	-----

第2節 超高効率固液分離技術の維持管理

§ 63	超高効率固液分離技術の運転管理	136
§ 64	超高効率固液分離システムの保守点検	137

第3節 高効率高温消化技術の維持管理

§ 65	高効率高温消化技術の運転管理	140
------	----------------	-----

§ 66	高効率高温消化技術の保守点検	143
第4節 スマート発電システム技術の維持管理		
§ 67	スマート発電システム技術の運転管理	145
§ 68	スマート発電システム技術の点検項目	146
第5節 災害時の対応・対策		
§ 69	災害時の対応と対策	148

資 料 編

1.	実証研究結果	153
1.1	超高効率固液分離技術	154
1.2	高効率高温消化技術	182
1.3	スマート発電システム技術	197
2.	ケーススタディ	203
3.	その他	212
4.	参考文献	223
5.	問い合わせ先	224

第1章 総 則

第1節 目 的

§1 目 的

本ガイドラインは、下水道事業における大幅なコスト縮減や再生可能エネルギー創出を実現するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）の革新的技術の1つである「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」（以下、本技術とする）について、実証研究の成果を踏まえて、技術の概要、導入検討、計画・設計および維持管理等に関する技術的事項について明らかにし、もって導入の促進に資することを目的とする。

【解 説】

下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）は、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における大幅なコスト縮減や再生可能エネルギー創出を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、国土交通省が実施しているものである。

B-DASH プロジェクト全体の概要は、図1-1および表1-1に示すとおりである。各実証事業においては、国土技術政策総合研究所からの委託研究として、実証研究を実施している。

平成23年度では、[1] 水処理技術（高度処理を除く）、[2] バイオガス回収技術、[3] バイオガス精製技術、[4] バイオガス発電技術に係る革新的技術を含むシステムについて公募を行い、2事業を実施している。

平成24年度では、[5] 下水汚泥固形燃料化技術、[6] 下水熱利用技術（未処理下水の熱利用に限る。）、[7] 栄養塩（窒素）除去技術（水処理に係る技術は除く）、[8] 栄養塩（りん）除去技術（水処理に係る技術は除く。回収技術を含むことは可。）に係る革新的技術について公募を行い、5事業を実施している。

本技術は、[1] [2] [4] に係る革新的技術を含むシステムであり、学識経験者で構成される「下水道革新的技術実証事業評価委員会」（以下、評価委員会とする）において、「超高効率固液分離技術、担体を用いた高効率高温消化技術、燃料電池を用いたスマート発電技術で構成された従来技術よりも高機能なシステム技術であり、実証研究が行われた結果、当初の技術開発については一定の成果が得られた」と評価されている。本ガイドラインは、下水道事業における大幅なコスト縮減や再生可能エネルギー創出を実現するため、評価委員会で評価された本技術の実証研究の成果を踏まえ、本技術の導入の促進に資することを目的として、国土技術政策総合研究所において策定するものである。このため、本ガイドラインでは、地方公共団体等の下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要、導入検討、計画・設計および維持管理等に関する技術的事項についてとりまとめている。

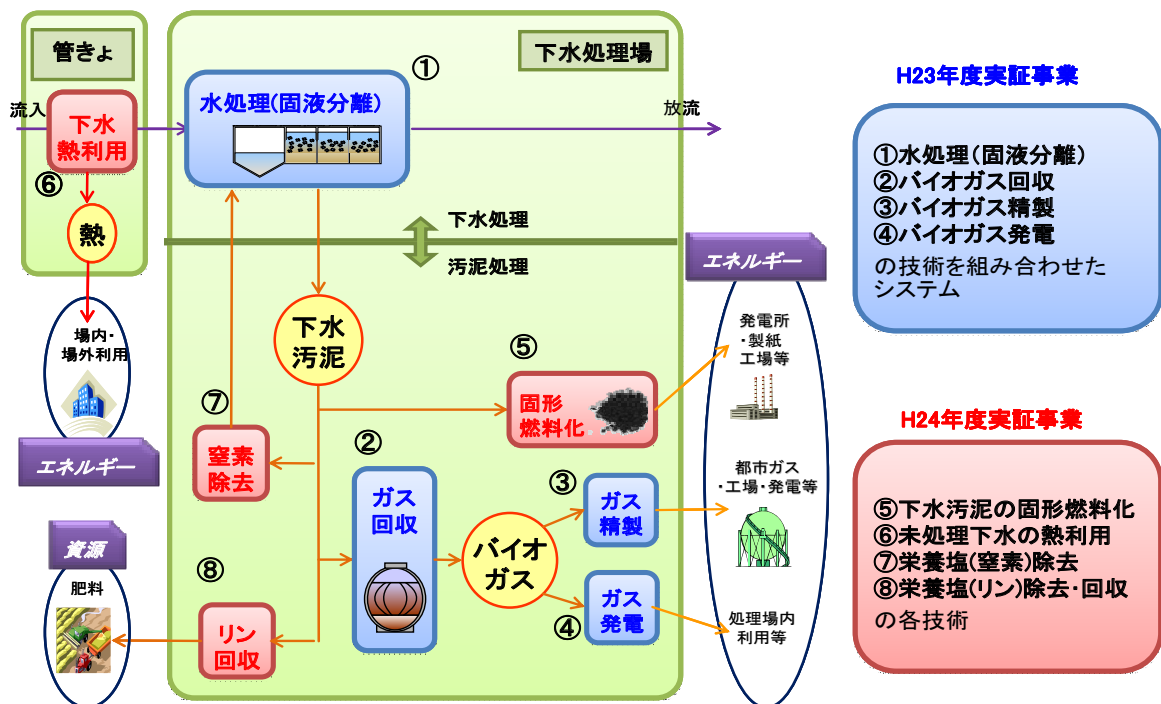


図1-1 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）の概要（全体）

表1-1 B-DASHプロジェクトの各実証事業の概要

採択年度 (No.)	実証対象 テーマ	実証事業名	実施者	実証 フィールド	実証事業の概要
平成23 (1)	①水処理 ②ガス回収 ④ガス発電	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に関する実証事業	メタウォーター(株)・地方共同法人日本下水道事業団 共同研究体	大阪市中浜下水処理場	徹底的な固液分離と資源回収を基本コンセプトに省エネ・創エネ両面から下水処理場全体をマネジメントする「エネルギー自給型下水処理場」を目指し、「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」を組み合わせ、システムとして機能させることによる、温室効果ガス排出量削減および建設費・維持管理費削減効果を実証
(2)	②ガス回収 ③ガス精製	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	(株)神鋼環境ソリューション・神戸市 共同研究体	神戸市東灘処理場	地域バイオマスを下水処理場に受け入れてバイオガス発生量を増加させ、有効利用することによる温室効果ガス排出量削減を実証する。また、銅板製消化槽、新型バイオガス精製装置、高効率ヒートポンプ等々を組み合わせることによる建設費・維持管理費削減効果を実証
平成24 (1)	⑤固形燃料化	温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工株式会社 共同研究体	長崎市東部下処理場	連続式水熱反応器および高速消化槽を用いて生成した消化ガスを利用して消化汚泥を固形燃料化することによるコスト削減効果や再生可能エネルギー創出効果等を実証
(2)	⑤固形燃料化	廃熱利用型 低コスト下水汚泥固形燃料化技術	JFEエンジニアリング株式会社	松山市西部浄化センター	焼却炉廃熱利用による下水汚泥固形燃料の低コスト製造や、製造燃料の焼却炉利用による補助燃料の削減等によるコスト削減効果や省エネルギー効果等を実証
(3)	⑥下水熱利用	管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用に関する実証事業	大阪市・積水化学工業株式会社・東亜グラウト工業株式会社 共同研究体	大阪市海老江下水処理場	管更正組込方式の管路内設置型熱回収技術によるコスト削減効果や省エネルギー効果等を実証
(4)	⑦窒素除去	固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術に関する技術実証事業	熊本市・地方共同法人日本下水道事業団・株式会社タクマ 共同研究体	熊本市東部浄化センター	汚泥処理の返流水等からの窒素除去に、固定床方式を用いた高効率なアナモックス反応技術を採用させることによるコスト削減効果や省エネルギー効果等を実証
(5)	⑧リン回収	神戸市東灘処理場栄養塩除去と資源再生(リン) 革新的技術実証事業ーKOBELハーベスト(大収穫)プロジェクトー	水King株式会社・神戸市・三菱商事アグリサービス株式会社 共同研究体	神戸市東灘処理場	消化汚泥からのリン除去回収技術の高効率化によるコスト削減効果や得られたリン資源の利活用等を実証

本技術の概要を図1－2に示す。評価規模（下水5万 m³/日＋生ごみ2.6 t-ds/日）におけるシステム全体でのコスト削減率は、建設コストで25%、維持管理コストで38%、ライフサイクルコストで29%である。また、温室効果ガス排出量削減率は86%である。

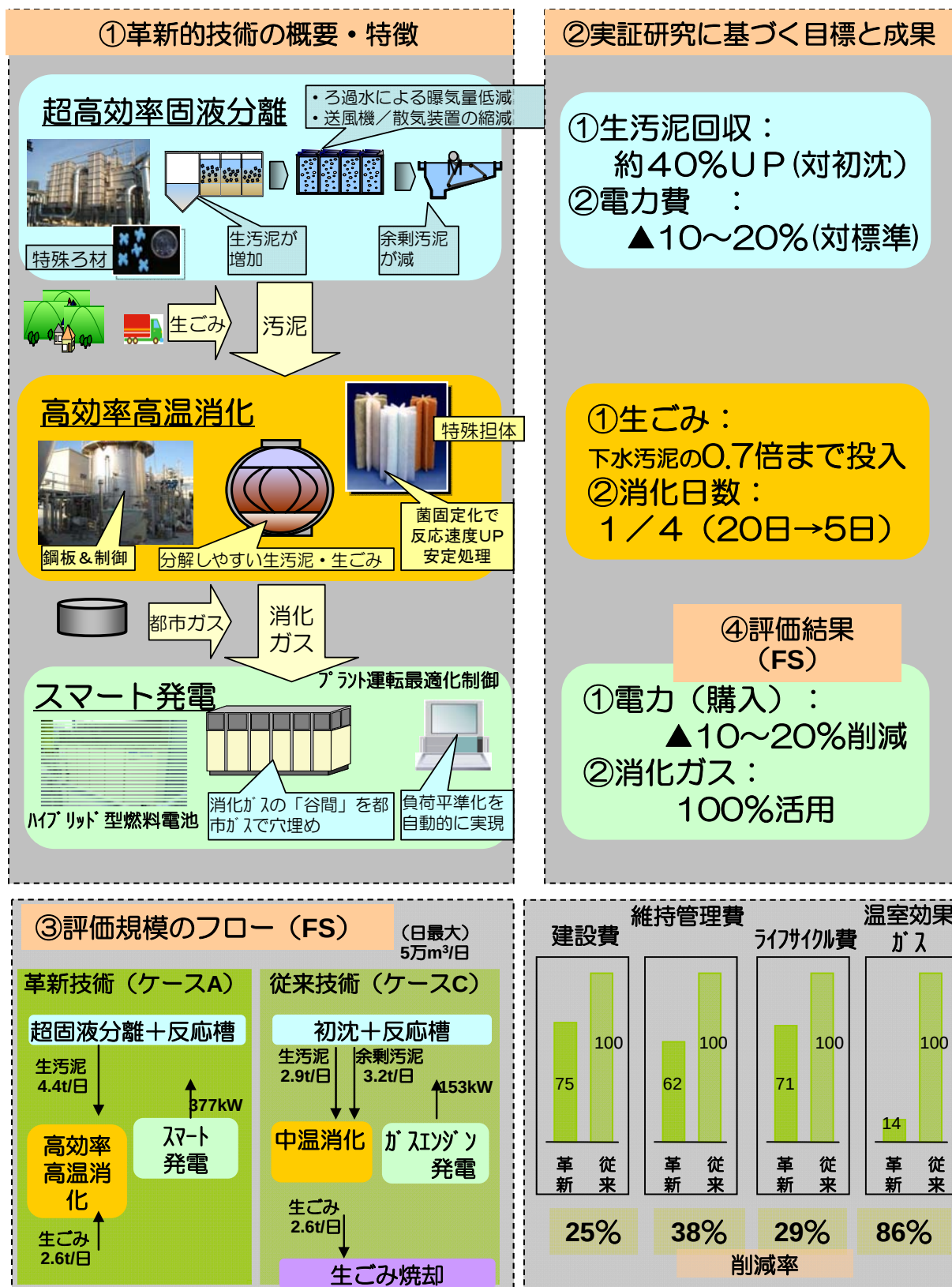


図1-2 超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステムの概要

第2節 適用範囲

§2 適用範囲

本ガイドラインは、本技術のシステム全体または一部についての、下水道施設を対象とした導入検討、計画・設計および維持管理に適用する。

【解 説】

本ガイドラインは、下水道施設の新・増設あるいは既設施設・設備の更新に際して、本技術の導入を促進することを目的として、本技術の導入検討、計画・設計、維持管理の参考となるようにとりまとめたものである。

本技術のシステム全体を同時にまたは段階的に導入する場合、または、一部の要素技術のみを導入する場合のどちらにも、本ガイドラインは適用される。

本ガイドラインは、地方公共団体等の下水道事業者および関連する民間企業等に利用されることを想定して策定している。

第3節 用語の定義

§3 用語の定義

本ガイドラインで取り扱う用語は、以下に示すように定義する。なお下水道施設の基本的な用語に関しては「下水道施設計画・設計指針と解説 2009年版（以下、設計指針とする）」（社団法人日本下水道協会）、「下水道用語集 2000年版」（社団法人日本下水道協会）、「合流式下水道改善対策指針と解説 2002年版」（社団法人日本下水道協会）に準拠する。

(1) エネルギーマネジメント

下水処理場の設備に関する建設、維持管理を通じて、省エネルギー、創エネルギーを図っていくことにより、エネルギー自給率を高める取り組みと管理をいう。

(2) ろ過速度

超高効率固液分離槽の流れ方向の単位ろ過断面積当りの処理水量をいう。単位は m/日であり、従来技術の最初沈殿池の設計諸元である水面積負荷（単位は $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ ）と比較される操作因子である。水量によって変動させることが可能である。

(3) 生汚泥

超高効率固液分離槽によって下水から回収される汚泥のことである。有機物を多く含み、消化されやすいという特徴を有する。成分は従来技術の最初沈殿池から引抜かれる最初沈殿池汚泥とほぼ同等である。

(4) 一次濃縮

超高効率固液分離槽で回収される汚泥の固形物濃度（0.1%程度と希薄）を従来の最初沈殿池汚泥と同等濃度（1%程度）まで重力濃縮を行う操作をいう。

(5) ろ過損失水頭

流入下水が超高効率固液分離槽を通過する間に損失する圧力を水柱で表したもので、捕捉された SS 量等が増加するにつれて増大する。常時運転となる超高効率固液分離槽の運転性能を評価するために最も重要な操作因子である。

(6) 鋼製消化タンク

本体が鋼板（SS400）で製作された、攪拌機などを具備したコンパクトな消化タンクをいう。

(7) 生ごみ前処理

生ごみを消化タンクに投入するために必要な操作であり、消化不適物（ビニール袋等）の除外、生ごみ破砕を行うとともに生汚泥で所定濃度以下に希釈・スラリー化する処理である。

(8) 混合生ごみスラリー

生ごみに対して上記(7)の生ごみ前処理を行い、スラリー化したものをいう。

(9) 担体

不織布で製作された固定床担体で、消化菌を保持し安定した消化促進に寄与するために消化タンクに充填するものをいう。

(10) 担体充填率

消化タンク有効容積に対する担体の見かけ体積の占める割合を百分率で表したものである（§56 担体充填率 参照）。

(11) シロキサン除去装置

消化ガスを発電機の燃料として使用する前に、消化ガスに含まれる微量のシロキサン（シャンプーや化粧品中のシリコンオイルに起因する）を除去する装置である。

(12) スマート発電システム技術

最適な設備負荷制御によるプラント全体の消費電力の低減（省エネ効果）と最適な発電制御によるプラント内エネルギー自給率の向上（創エネ効果）とを目的とした電力システム技術である。「プラント運転最適化制御システム」と電力供給機能である「ハイブリッド型燃料電池」から構成される。

(13) プラント運転最適化制御システム

下水処理場全体のプラントの運転状態の履歴から、将来におけるプラントの運転状態を予測し、「デマンド制御」と「発電制御」の最適化を一体的に行う制御システムをいう。

(14) デマンド制御

需要家自身が使用電力を常時監視し、契約電力値を超えないよう設備の稼働停止による「カット」および、稼働時期をずらす「シフト」により負荷設備を調整制御することをいう。

本ガイドラインでの使用目的は、契約電力値以下で任意に設定したデマンド制御目標値を超えないことである。

(15) 発電制御

消化ガスを用いた発電における発電の制御方法をいう。消化ガスの生成量に合わせベース負荷発電とするパターン運転と、負荷の変動に合わせ商用受電電力を一定に保つ負荷追従運転がある。都市ガスを用いる場合はこの限りではない。

(16) ハイブリッド型燃料電池

シロキサンの除去設備、改質器およびりん酸形燃料電池で構成され、消化ガスと都市ガス（プロパンガス等も含む）の両方を燃料とできるハイブリッド型の発電システムである。

(17) 改質器

消化ガスや都市ガスなどの主成分であるメタン（ CH_4 ）を化学反応させて、燃料電池の燃料である水素（ H_2 ）を作る装置をいう。

(18) りん酸形燃料電池

電解質としてりん酸（ H_3PO_4 ）水溶液をセパレーターに含浸させて用いる燃料電池である。

第2章 技術の概要

第1節 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全体の概要と特徴

§4 システム全体の概要

本技術はシステム全体として下水処理場全体のエネルギーマネジメントを図るものであり、超高効率固液分離技術による生污泥回収の最大化、高効率高温消化技術によるメタン発生の最大化、スマート発電システム技術による発電効率の最大化、使用電力の極小化を行うものである。

システムは、次の3つの要素技術から構成される。

- (1) 超高効率固液分離技術
- (2) 高効率高温消化技術
- (3) スマート発電システム技術

【解 説】

システム全体の構成を図2-1に示す。

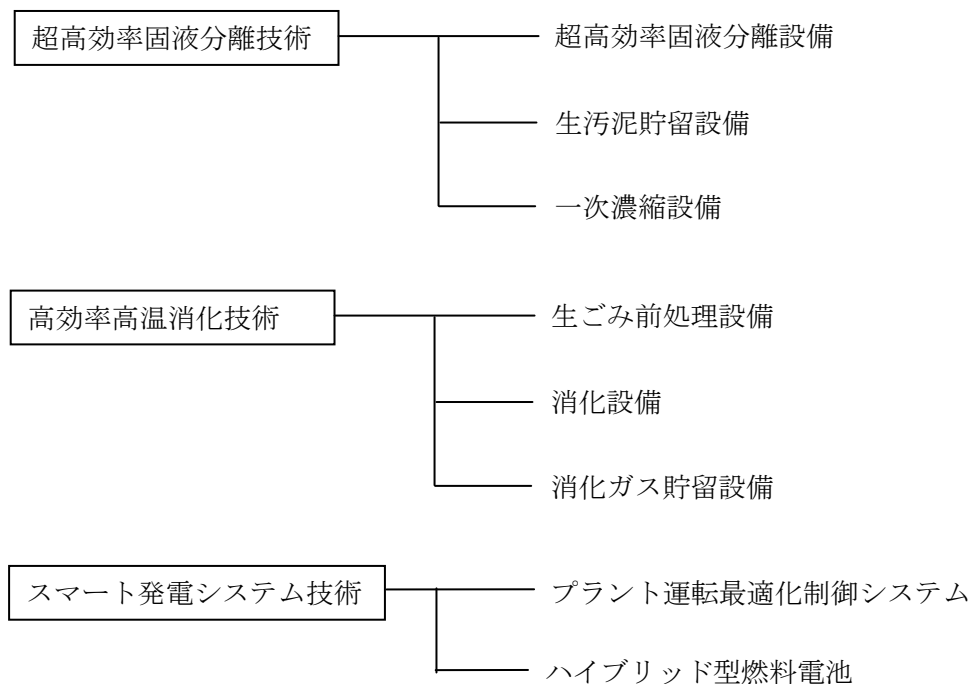


図2-1 システム全体の構成

各技術は個々においても温室効果ガス排出量削減ならびにコスト削減を図ることができるが、それらの技術を組み合わせたシステム全体として機能させることで、さらに一層の削減効果を発揮するものである。図2-2にこれら3技術の関係を図示する。

(1) 超高効率固液分離技術

超高効率固液分離は、消化ガス発生量の大きい生汚泥を下水から徹底的に回収し、水処理への負荷を軽減することによる省エネルギー化を行うものである。

(2) 高効率高温消化技術

高効率高温消化は、生汚泥、生ごみからのコンパクトで高効率なバイオガス回収を行うものである。

(3) スマート発電システム技術

スマート発電システムは、プラント運転最適化制御とハイブリッド型燃料電池により構成される下水処理場システム全体の①省エネルギー、②創エネルギー、③蓄エネルギーを促進するものである（表2-1参照）。

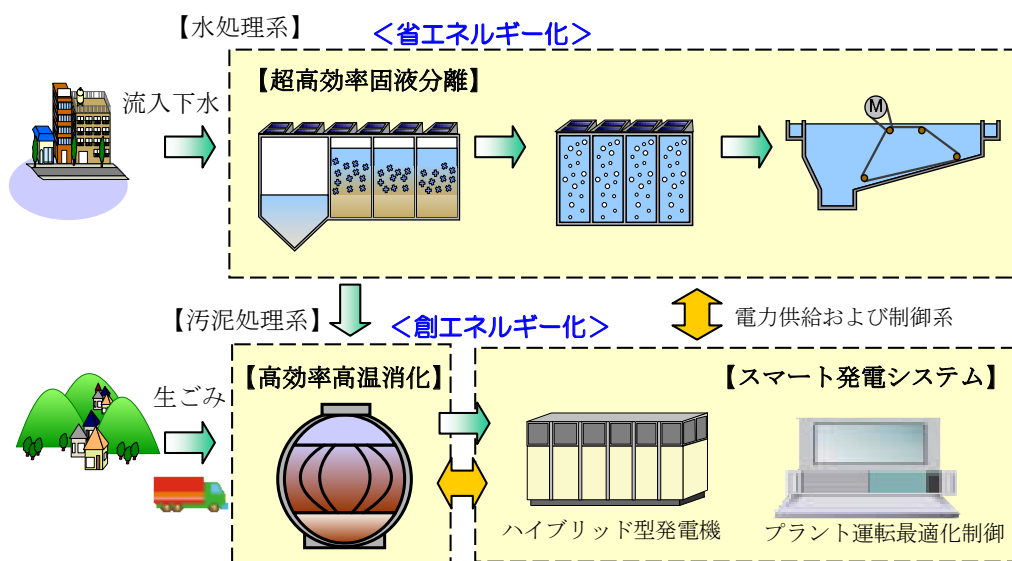


図2-2 3つの要素技術の関係

表 2－1 システム全体の3つのエネルギー効果＋最適化効果
(主としてスマート発電システムによる)

省エネルギー	下水処理プラントを構成する様々な機器・設備の将来の運転状態を，過去の運転実績に基づき予測し，それらの最適な運転制御を行うことで，プラント全体の負荷変動を平準化するとともに，必要とする電力（契約基本料金の低減をいう）および電力量（使用料金の削減をいう）を削減する。またこの運転制御システムは新たなデータによる学習機能も備えている。
創エネルギー	プラントで生成する消化ガスを100%有効利用するため，都市ガスとの混合燃料とするハイブリッド型発電システムを導入して電力を自給し，さらなる電気料金（基本料金と使用料金をいう）の削減を図る。
蓄エネルギー	燃料備蓄タンクや電力貯蔵用二次電池，蓄熱槽による蓄エネルギーは，プラント内の最適なエネルギー需給バランスを保ち，「省エネルギー効果」と「創エネルギー効果」をより一層向上させる。
最適化	プラント内の設備構成から運転までリアルタイムにその状態を把握し，システムを常時最新の状態に維持（モデル自己補正機能）することで，省エネルギー，創エネルギー，蓄エネルギーの3効果をより高めるプラント全体の最適な運転を支援する。

図2-3には、下水処理場における各技術の適用位置について、適用前（従来技術）と適用後（本技術）を比較して示す。

超高効率固液分離技術は水処理系最初沈殿池，高効率高温消化は污泥処理系消化タンクの各代替であり，スマート発電システムは新規に適用する技術である。これにより生成バイオガスを100%利用しうることとなる。

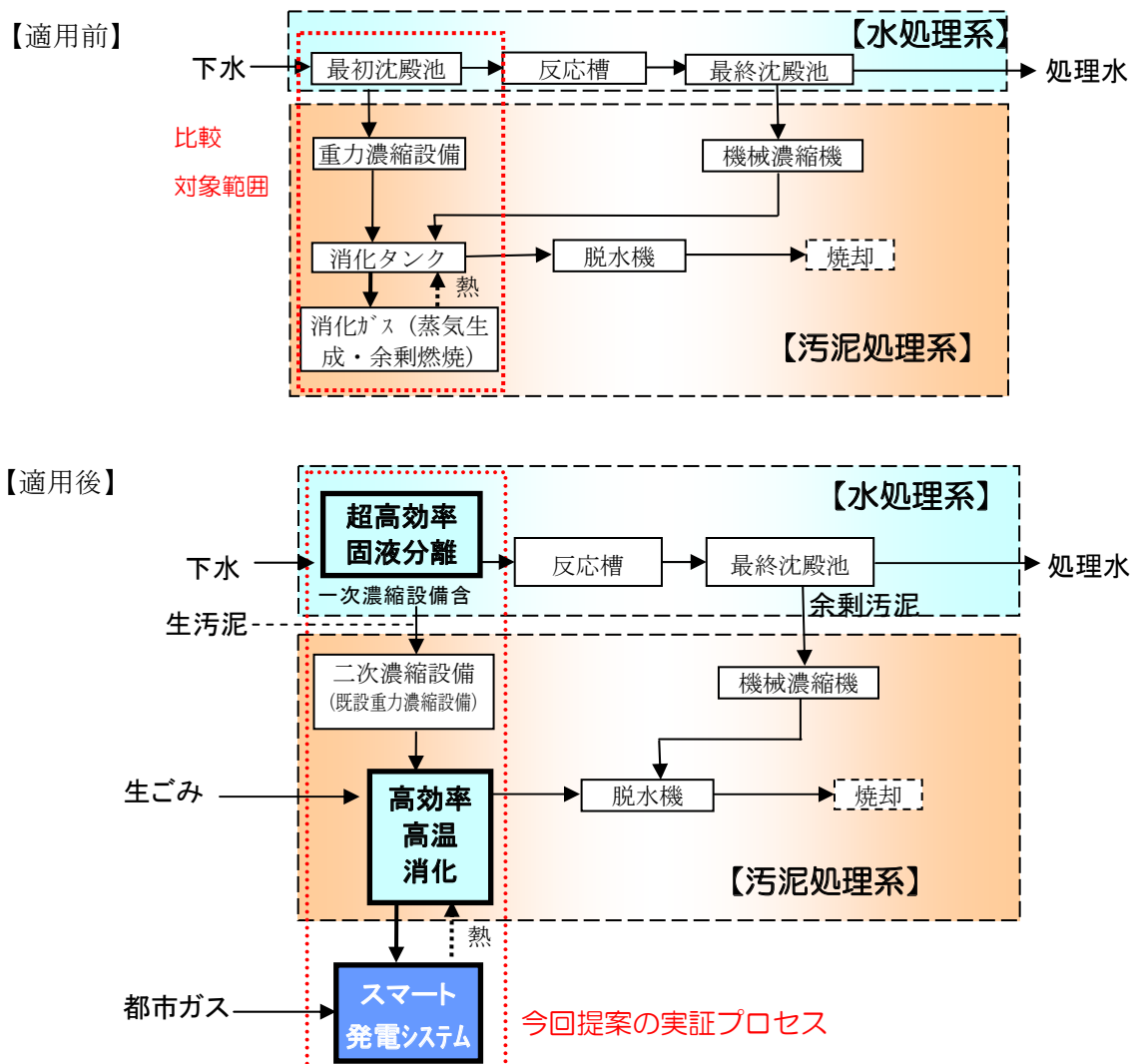


図2-3 下水処理場全体における各技術の適用位置

§5 システム全体の特徴

本技術のシステム全体の特徴として以下の効果が挙げられる。

- (1) 省エネルギー効果
- (2) 創エネルギー効果
- (3) コスト縮減効果
- (4) 生ごみ等のバイオマス受入効果
- (5) 災害・耐震化対応効果

【解 説】

本技術には種々の特徴があり、下水処理場に適用した場合には、以下の効果が得られる。下記の試算数値は § 17 に示すケーススタディの条件に基づき算出したものである。詳細は資料編 2. ケーススタディに記述しており、今回評価対象設備の範囲については表 2-2 に示す。

(1) 省エネルギー効果

超高効率固液分離および高効率高温消化の組み合わせにより、省エネルギー（電力消費量の削減）効果が期待される。

実証研究結果をもとにした試算（日最大汚水量 50,000m³/日）では、従来技術と比較して、水処理設備（今回評価対象設備）について約 9%の電力消費量の削減効果が得られた。

(2) 創エネルギー効果

超高効率固液分離、高効率高温消化およびスマート発電システム（ハイブリッド型燃料電池）の組み合わせにより、創エネルギー効果が期待される。

実証研究結果をもとにした試算（日最大汚水量 50,000m³/日、生污泥と生ごみを消化：ケース A）では、従来技術（生污泥と余剰汚泥を消化：ケース C）と比較して、発電電力が 2.5 倍以上増加し、約 110%の電力消費量の削減効果が得られた（今回評価対象設備に対して。都市ガスは不含）。

(3) コスト縮減効果

超高効率固液分離、高効率高温消化およびスマート発電システム（ハイブリッド型燃料電池）の組み合わせにより、コスト縮減が期待される。

実証研究結果をもとにした試算（日最大汚水量 50,000m³/日）では、建設費で約 25%（年費用で約 16%）、維持管理費（薬品・補修・点検費）で約 17%、建設費＋維持管理費（15 年）で約 29%の縮減効果が得られた（いずれも今回評価対象設備に対して）。

(4) 生ごみ等のバイオマス受入効果

本技術の基本コンセプトである「徹底的な資源回収」に基づき、生ごみ等のバイオマスを積極的に下水道に受け入れ、バイオガス化することにより、エネルギー回収を推進することができる。併せて、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削減が期待できる。なお、し尿、浄化槽汚泥についてもバイオマス資源として有効活用できる可能性がある。

ディスポーザーによる生ごみの下水道への受け入れについては、消化ガス発生量の大きい生ごみを下水管路網を利用して収集することができ、超高効率固液分離により水処理への負荷を抑制した上で、エネルギー回収を行うことができる可能性がある。

(5) 災害・耐震化対応効果（詳細は第3章第2節 § 24 に記載）

超高効率固液分離、高効率高温消化およびスマート発電システム（ハイブリッド型燃料電池）の組み合わせにより、災害・耐震化対応について、以下の効果が期待される。

- 1) 応急復旧対策（一次処理＋消毒）の高度化（超高効率固液分離）
- 2) 省スペース化による耐震化コスト縮減（超高効率固液分離）
- 3) 電力供給継続（高効率高温消化およびハイブリッド型燃料電池）

表 2-2 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。

第2節 超高効率固液分離技術の概要と特徴

§ 6 超高効率固液分離技術の概要

超高効率固液分離は、下水中からの生污泥の徹底的な回収を目的とするため、以下の設備により構成する。

- (1) 超高効率固液分離設備
- (2) 生污泥貯留設備
- (3) 一次濃縮設備

【解 説】

超高効率固液分離技術のフローを図2-4に示す。

本図に示すように、超高効率固液分離設備は汚水をろ過水と洗浄排水（生污泥）に分離する設備である。そのため、洗浄排水（生污泥）の一次貯留と濃縮のために生污泥貯留設備、一次濃縮設備が必要であり、それらの設備は、既設の最初沈殿池部分を改造して配置される。

超高効率固液分離設備の運転には、通常時に繰り返される「ろ過」および「洗浄」の工程があり、洗浄工程がいわゆる「生污泥の回収工程」である。

また上記の通常工程とは別に、必要に応じろ過水の代わりに二次処理水等を用いてろ材層を洗浄する工程として「完全洗浄」がある。二次処理水供給装置および次亜塩素酸ナトリウム注入装置（補記）については完全洗浄時に稼動する装置である。

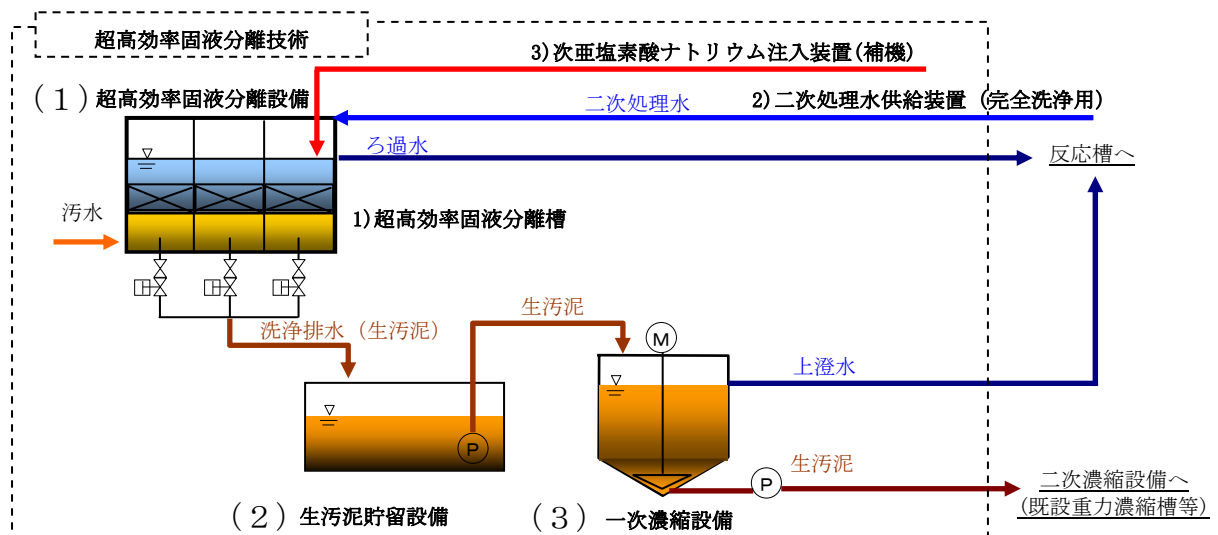


図2-4 超高効率固液分離技術のフロー

(1) 超高効率固液分離設備

本設備は、以下の3つの要素から構成される。

1) 超高効率固液分離槽

本設備は、超高効率固液分離槽、専用ろ材、上部スクリーン、ろ過部を短時間に洗浄するための高速洗浄装置より構成される。また流入下水は、目幅 25～50mm の沈砂池スクリーンを通過したものを処理対象とする。本設備は以下の工程により運転される。

①ろ過工程

上部スクリーンによりその下方に配置されたるろ材層に対し、汚水を上向流で通過させ、SS等の汚濁物を分離してろ過水を生成させる工程である。

②洗浄工程

本工程は、生汚泥の回収工程である。

し渣や SS（いわゆる生汚泥）が一定量以上捕捉されて超高効率固液分離槽流入側水位が上昇する（概ね 1 時間から 3 時間程度で上昇）と、自動的に洗浄工程に切り替わる。洗浄は複数のろ過池のうち、1 池ずつの短時間洗浄となる。

洗浄のため、本水槽は高速の下向流によりろ材内部に抑留された捕捉物（生汚泥）を洗い出す仕組みになっている。具体的な動作原理としては、水槽下部に設置された高速洗浄装置付属の大口徑バルブを自動的かつ短時間で開くことで、上部スクリーンより上に貯められている自己ろ過水を一気に自然流下させ、高速かつ短時間での洗浄を行っている。

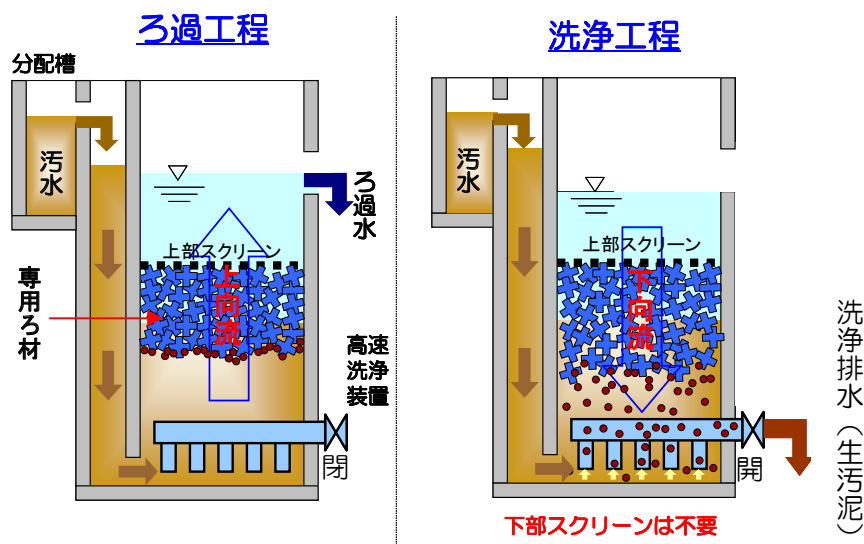


図 2-5 超高効率固液分離槽のろ過と洗浄の原理

2) 二次処理水供給装置

長期運転によるろ材層の閉塞を予防するため、定期維持管理としてろ過水の代わりに二次処理水等を用いたろ材層の完全な洗浄（完全洗浄）実施のために設置する超高効率固液分離槽への二次処理水等の供給装置である。

二次処理水による完全洗浄の頻度については流入下水性状や運転方法により異なる。

3) 次亜塩素酸ナトリウム注入装置(補機)

以下のような事態が想定される場合に必要とされる装置であり、目的や運用の状況により補機として設置を検討する。

- ・長期間運転を停止する際、分離槽内部の腐敗または藻類の発生が懸念される場合。
- ・ろ材層の閉塞が完全洗浄によって解消されない場合。
- ・災害時の応急復旧などで消毒が必要な場合。

(2) 生污泥貯留設備

本設備は、生污泥貯留槽、洗浄排水（生污泥）ポンプおよび洗浄排水（生污泥）送水管から構成され、超高効率固液分離槽のろ過部洗浄により発生する洗浄排水（生污泥）を一時的に貯留し、排出するためのものであり、一次濃縮槽に対する調整槽の役割を果たす。超高効率固液分離槽と同様に最初沈殿池既設躯体を活用し設置することが可能である。

(3) 一次濃縮設備

本設備は、一次濃縮槽、生污泥ポンプおよび生污泥送泥管から構成され、生污泥貯留設備から送泥される希薄な生污泥（0.1%程度）を重力沈殿により1%程度まで濃縮し、上澄水と生污泥を分離させるために設ける。上澄水は反応槽へ送られ、生污泥は二次濃縮槽（既設重力濃縮設備等）へ送り、3%程度に濃縮される。

また、超高効率固液分離槽と同様に最初沈殿池既設躯体を活用し設置することが可能である。

§7 超高効率固液分離技術の特徴

超高効率固液分離技術は、流入下水中の生汚泥を短時間で徹底的に回収するろ過方式の固液分離技術であり、流入下水のSSおよびBOD除去率は、従来の最初沈殿池よりも向上する。

従来の一次処理技術（最初沈殿池）と比較した場合の本技術の特徴は以下のとおりである。

- （１）生汚泥回収率が高い。
- （２）省スペース化が図れる。
- （３）合流式下水の雨天時ファーストフラッシュにも対応可能である。
- （４）分流式下水の雨天時増水等への対応が期待される。
- （５）災害時の非常時一次処理（応急復旧）にも対応が期待される。

【解 説】

（１）生汚泥回収率が高い

いわゆる下水を対象とした場合、従来の最初沈殿池に比べ、SSおよび固形性BODの除去率が向上するため、消化ガス発生効率の高い生汚泥の回収量を増加させることができる。除去率はろ過速度や流入水質（濃度、粒子径等）によって変動するが、粒子径100 μ m程度以上の固形物はほぼ除去可能である。

（２）省スペース化が図れる

晴天日の下水を対象とした場合、最初沈殿池と比べて単位面積あたり5～6倍（ろ過速度：250m/日～500m/日、初沈水面積負荷：33m³/(m²・日)とした場合)の下水を処理できるため、超高効率固液分離システム全体としても最初沈殿池の1/3以下の設置面積で置き換えることが可能となる。既存の最初沈殿池を改造した場合の面積比較を図2－6に示す。

〈日最大汚水量 50,000m³/日の場合〉

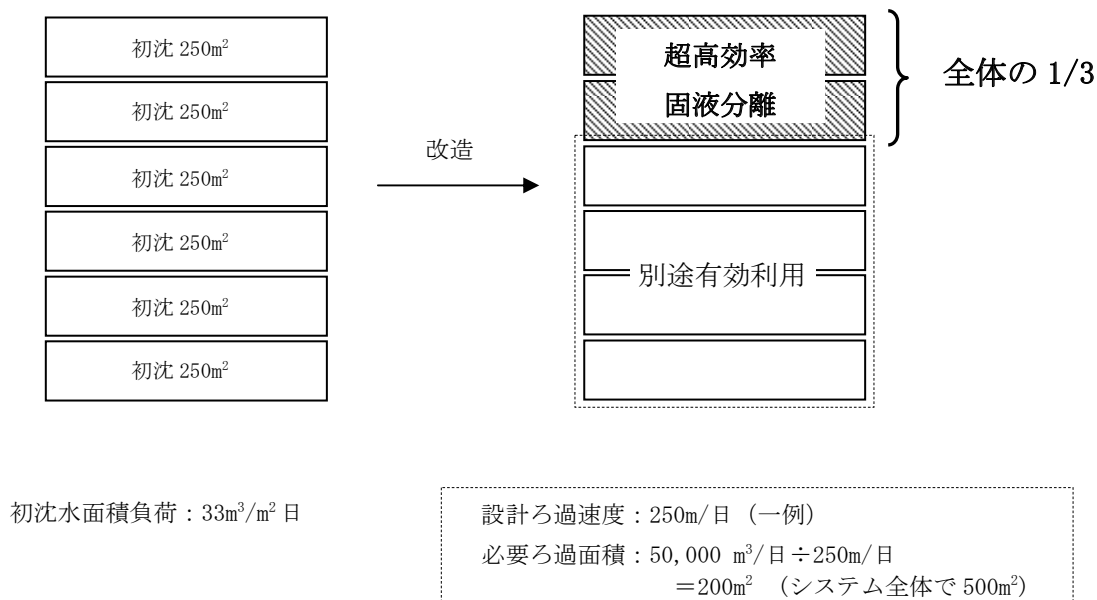


図2-6 超高効率固液分離技術適用による一次処理の省面積化 (一例)

(3) 合流式下水の雨天時ファーストフラッシュにも対応可能である

合流式の下水を対象とした場合、雨天時のファーストフラッシュ（降雨初期の高濃度流入水および水量の増加）に対して、ろ過速度を最大 1,200m/日まで上げた運転が可能のため CS0（合流式下水道越流水）対策にも有効である。

(4) 分流式下水の雨天時増水等への対応が期待される

分流式の下水を対象とした場合でも、雨天時増水や不明水による SS0（分流式下水道越流水）に対して、ろ過速度を最大 1,200m/日まで上げることが可能であり、汚濁負荷放流削減効果が期待される。

(5) 災害時の一次処理（応急復旧）にも対応が期待される

本設備はレベル2地震動（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））への耐震性を有しているため、災害発生後の応急復旧（沈殿＋消毒）への対応が可能である。さらに、一次処理トータルの設置面積が省スペース化されることから、土木構造物をコンパクトにすることができ、耐震化に関わるコスト削減が期待できる。また、従来の最初沈殿池に比べて 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る。

第3節 高効率高温消化技術の概要と特徴

§8 高効率高温消化技術の概要

高効率高温消化は、下水汚泥と必要に応じて生ゴミ等のバイオマスからのコンパクトで高効率なバイオガス回収を目的とし、以下の設備より構成される。

- (1) 生ゴミ前処理設備
- (2) 消化設備
- (3) 消化ガス貯留設備

【解説】

本技術は、下水処理場の消化タンク容積を従来と比較し大幅に小型化できる担体充填型の湿式高温消化方式である。

消化タンクには不織布製の固定床担体を充填し、これに嫌気性微生物を付着させることで、消化タンク内の微生物密度を高めている。また、消化タンク内のアンモニア濃度と投入負荷量をそれぞれ調整する自動制御技術※を組み込むことにより、生ゴミを混合する高温消化における高効率かつ安定的な発酵を実現している。

高効率高温消化技術のフローを図2-7に示す。

※詳細は(2)消化設備の項を参照

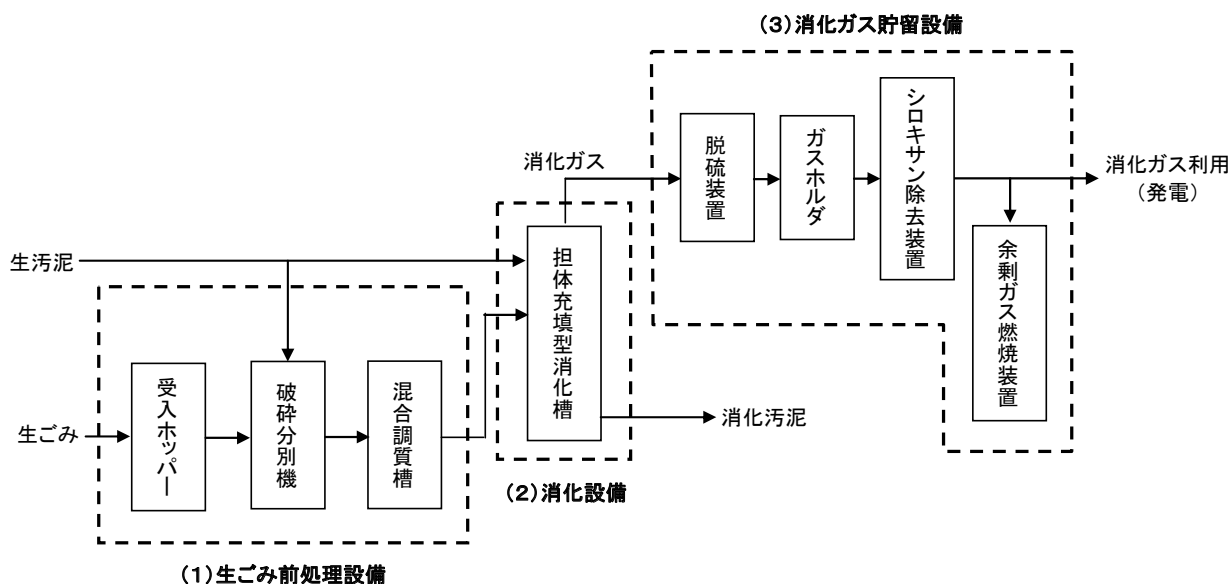


図2-7 高効率高温消化技術のフロー

(1) 生ごみ前処理設備

生ごみ前処理設備は、下水生汚泥を投入して生ごみを破碎・調質・貯留する設備である。当該設備は、搬入される生ごみを一時貯留する受入ホッパー、受入ホッパーから切り出された生ごみを破碎し、破碎生ごみと発酵不適物とに分別し、また生汚泥と混合する回転ブレード式破碎分別機、破碎分別機から移送された生汚泥・生ごみ混合スラリーを貯留する混合調質槽から構成される。

破碎分別機の概要を図2-8に示す。ホッパーから切り出されたビニール袋入りの生ごみは、回転ブレード（破碎刃）で10mm以下に破碎され、スクリーンを通過して生汚泥が入った生ごみスラリーホッパーに落下する。生ごみスラリーは生ごみスラリー移送ポンプにより混合調質槽に移送・貯留される。一方、ビニール袋等の発酵不適物は、細かく破碎されないためスクリーンを通過せずに排出ロータで分離排出される。

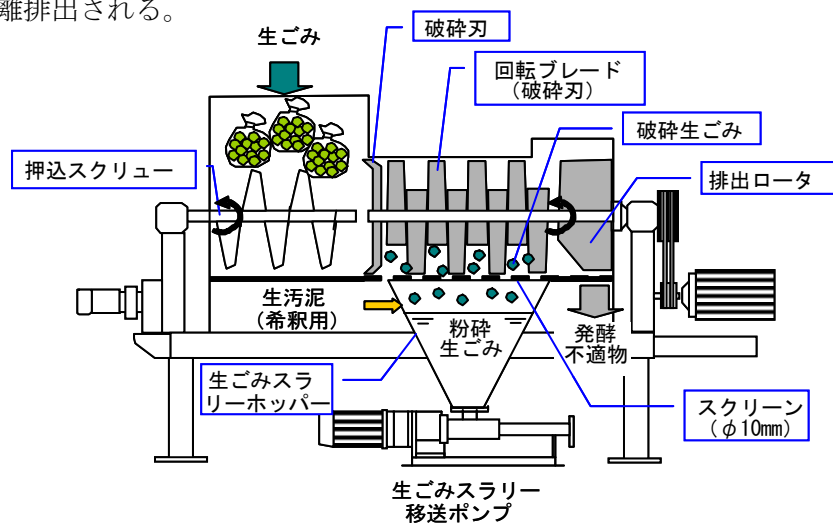


図2-8 破碎分別機

(2) 消化設備

消化設備は、混合調質槽から移送される生ごみと濃縮された生汚泥の混合スラリーを高温(55℃)で嫌気性消化させ消化ガスを生成する担体充填型消化タンクと、自動制御装置で構成される。

消化設備の概要を図2-9に示す。

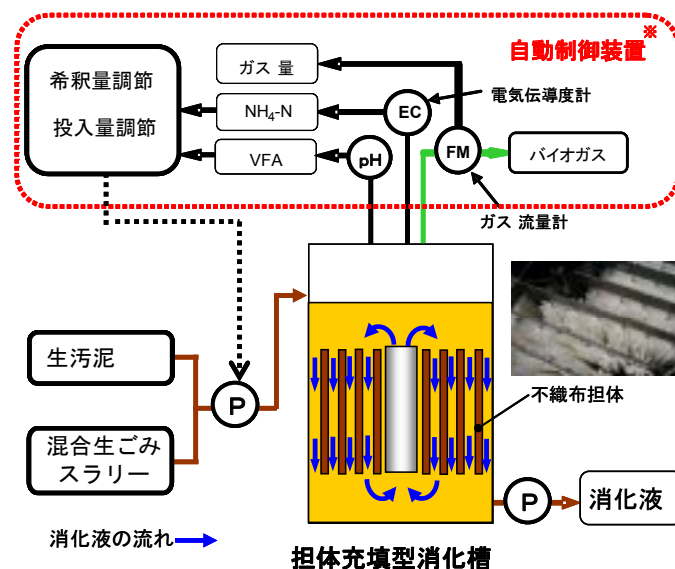


図2-9 消化設備

※アンモニア濃度制御：アンモニアが消化阻害濃度とならないように希釈水量を自動調節する。

(適用する処理場にて、予め電気伝導度と NH_4 の相関をとっておく)

投入負荷量制御：消化ガス量を監視して、過負荷投入とならないように投入量を調節する。

※VFA：揮発性脂肪酸

消化タンクへ投入する生汚泥は超高効率固液分離設備から供給される汚泥で、最初沈殿池汚泥と同等であるため、濃縮槽にて高濃度とすることが容易である。高濃度とすることで、投入汚泥量を減少させることができ、加温に要する必要エネルギーを減らすことが可能となる。なお、し渣による移送配管、移送ポンプ、担体充填型消化タンクの閉塞、攪拌機への絡みつき等を防止するために、し渣除去機を設置する。

また、高温消化であることから、消化汚泥が有する熱エネルギーが高いため、投入汚泥と熱交換し、投入汚泥の予熱に利用することも有用である。

(3) 消化ガス貯留設備

消化ガス貯留設備は、生成した消化ガス中に含まれる硫化水素等のイオウ系不純物ガスを除去する脱硫装置、浄化処理した消化ガスを一時貯留するガスホルダ、シロキサン類を除去し浄化するシロキサン除去装置、および余剰消化ガスを燃焼・大気放出する余剰ガス燃焼装置から構成される。

ガスホルダは脱硫された消化ガスを一時貯留して発電の平準化を行うものである。通常消化ガスは100%利用されるが、発電機の保守点検時に余剰となる消化ガスを燃焼処理することが必要となるため余剰ガス燃焼装置を設置する。

§9 高効率高温消化技術の特徴

本技術は、下水処理場の消化タンク容積を従来に比べ大幅に小型化できる担体充填型の湿式高温消化方式である。

本技術は以下の特徴を有している。

- (1) 消化日数が短い。
- (2) アンモニア阻害が防止できる。
- (3) 負荷変動に強い。
- (4) 浚渫が不要である。
- (5) 鋼製タンクのため建設コストを低減できる。

【解 説】

(1) 消化日数が短い

一般的な中温消化（消化日数 20 日）と比較し、消化日数を $1/2 \sim 1/4$ 以下に短縮することが可能である。

具体的には、生汚泥、生ごみについては消化日数を 5 日、余剰汚泥が含まれる場合には、その混合割合に応じて 5～10 日に設定する。

また、既存の消化タンクが複数ある場合には、槽数を減じることが可能となり、点検・補修、維持管理費等を削減することが可能となる。

(2) アンモニア阻害が防止できる

独自の自動制御技術を導入することで、生ごみを混合する場合の高温消化における最大の課題であったアンモニアによる消化阻害を回避でき、安定性確保が可能である。

(3) 負荷変動に強い

担体を充填することで、従前に比べ VS 負荷を 3～5 倍程度に高めることができ、消化タンク内の微生物密度が高まるため負荷変動にも強い。したがって、生ごみ等のバイオマスとの混合処理も可能である。

(4) 浚渫が不要である

消化タンク下部汚泥のポンプ引抜きおよび消化タンク底部の流速を確保することにより、槽底部での砂分堆積を防止できるため浚渫が不要となる。

(5) 鋼製タンクのため建設コストを低減できる

従来の RC 造ではなく、消化タンク容量が小さいため鋼製での製作が可能となり、建設コストを削減することができる。消化タンクの最大容量 $1,000\text{m}^3$ を超える場合は、複数系列で対応する。

第4節 スマート発電システム技術の概要と特徴

§10 スマート発電システム技術の概要

本技術は、以下の2技術で構成される。

- (1) プラント運転最適化制御システム
- (2) ハイブリッド型燃料電池

【解 説】

スマート発電システム技術は、「プラント運転最適化制御システム」と「ハイブリッド型燃料電池」で構成され、その構成と下水処理場との関係を図2-10に示す。プラント運転最適化制御システムは、水処理系と汚泥処理系の各既設プラント設備も含む下水処理場全体の監視制御システムとの間で計測情報を受信し、制御信号を送信する。ハイブリッド型燃料電池は、下水処理場で生成した消化ガスと都市ガスを燃料として発電した電力と、発電による排熱を下水処理場に供給する。

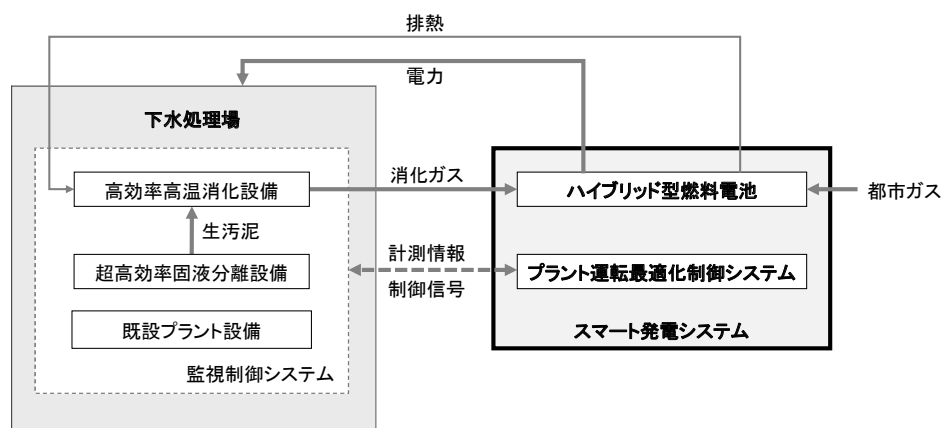


図2-10 スマート発電システムの構成と下水処理場全体との関係

(1) プラント運転最適化制御システム

プラント運転最適化制御システムは、パソコンベースで構築され、既設の監視制御システムと情報LANで接続、必要に応じて共有のデータベース用ハードディスクドライブ等を有する簡単なシステム構成である。図2-11に下水処理場に設置した例を示す。

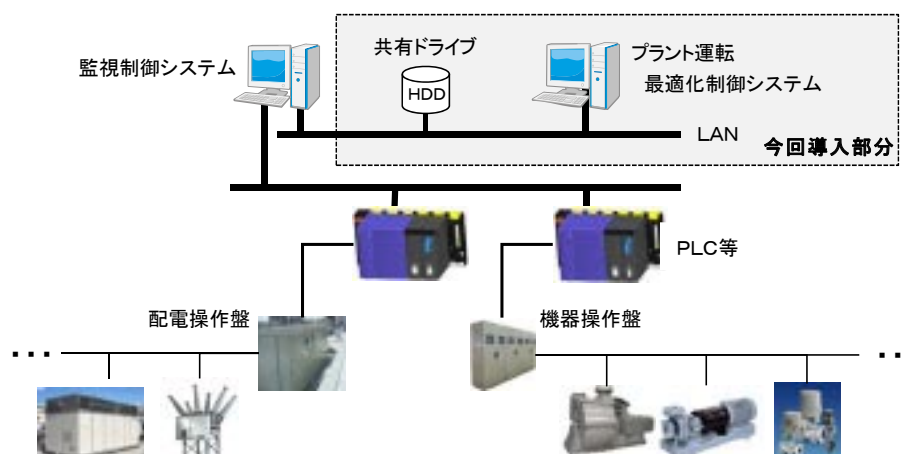


図2-11 システム構成の例

（2）ハイブリッド型燃料電池

ハイブリッド型燃料電池は、「改質器」、「りん酸形燃料電池スタック」で構成される発電システムである（図2-12）。汚泥消化設備で精製した消化ガスを改質器に送り、消化ガスが不足する場合、都市ガスを引き込み、発電出力に見合う量の水素を生成する。生成した水素は、りん酸形燃料電池スタックに送られ、空気中の酸素と反応させることによって発電する。発電された電気の一部は、保温用のヒーターなどの燃料電池設備の補機類の電源として使用する。また、発電の際に発生した熱も回収し、消化タンク等の下水処理場の設備へ供給する。

1）改質器

改質器は、消化ガスや都市ガスなどの主成分であるメタン（ CH_4 ）を水蒸気改質することによって、燃料電池の燃料である水素（ H_2 ）を作る装置である。水素ガス中に一酸化炭素があると燃料電池の白金触媒の性能を下げするため、CO 変成器を通して一酸化炭素濃度を低減させる。

2）りん酸形燃料電池スタック

ハイブリッド型燃料電池のシステムフローを図2-12に示す。りん酸形燃料電池は、動作温度 200°C 程度、発電効率約 40%LHV 程度である。電解質は、冷却すると再結晶化してしまうため、発電機を停止する場合などは外部電源により、セルの保温を継続する必要がある。実績として6万時間以上の運転寿命を達成している。

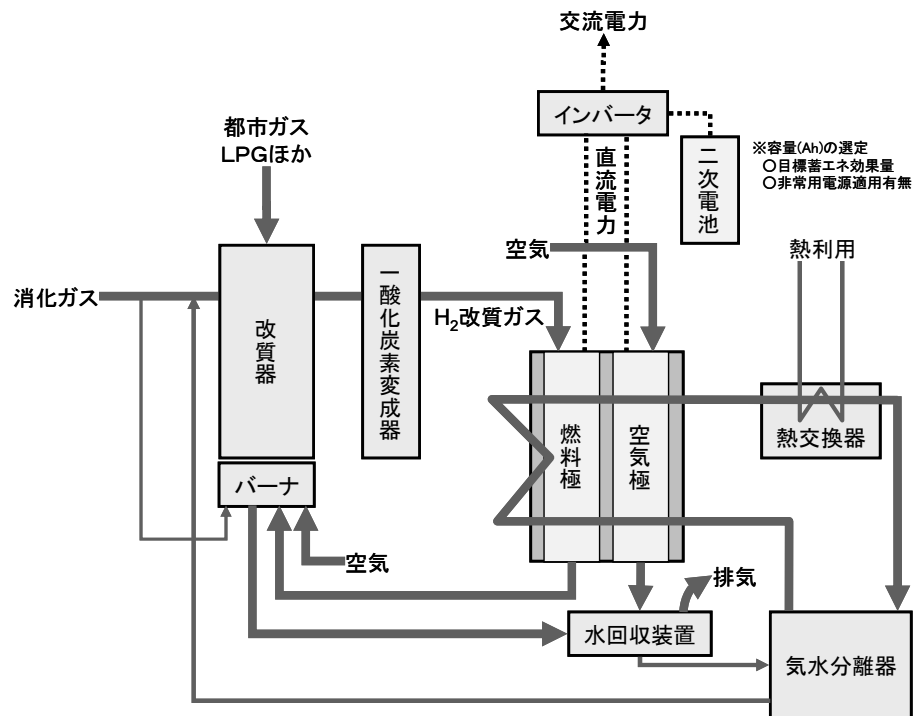


図2-12 ハイブリッド型燃料電池のシステムフロー

§11 スマート発電システム技術の特徴

本技術の特徴は以下のとおりである。

(1) システム全体

- 1) 下水処理場全体の受電電力の平準化が可能である。
- 2) 災害時対応が可能である。

(2) プラント運転最適化制御システム

下水処理場全体の省エネルギー，創エネルギー，蓄エネルギーを支援する。

(3) ハイブリッド型燃料電池

- 1) 発電効率が低い。
- 2) 優れた環境性能を有する。
- 3) 消化ガスの全量利用が可能となる。
- 4) 非常用電源として活用可能である。
- 5) 寒冷地にも適用可能である。
- 6) メンテナンスが容易である
- 7) 下水処理場の分散電源として適している。
- 8) 年間の連続運転が可能である。
- 9) 装置寿命は15年間である。

【解 説】

(1) システム全体

1) 下水処理場全体の受電電力の平準化が可能である

機器制御については、あらかじめ設定された機能（予測・最適化機能含む）に基づきデマンドが平準化されるように調整されるとともに、発電による電力供給は消化ガスの発生予測、消化ガス貯留設備による備蓄機能により、トータルとして商用受電電力需給が平準化される。図2-13は、プラントの1日の使用電力（棒グラフの全体部分）を示したもので、デマンド制御（緑色部分）により負荷を抑制し、更に、消化ガス発電（桃色部分）により商用受電電力（水色部分）のデマンドピーク(kW)と使用量(kWh)ともに抑制している。このように最適化制御の結果、商用受電電力の削減、平準化／平滑化が可能となる。

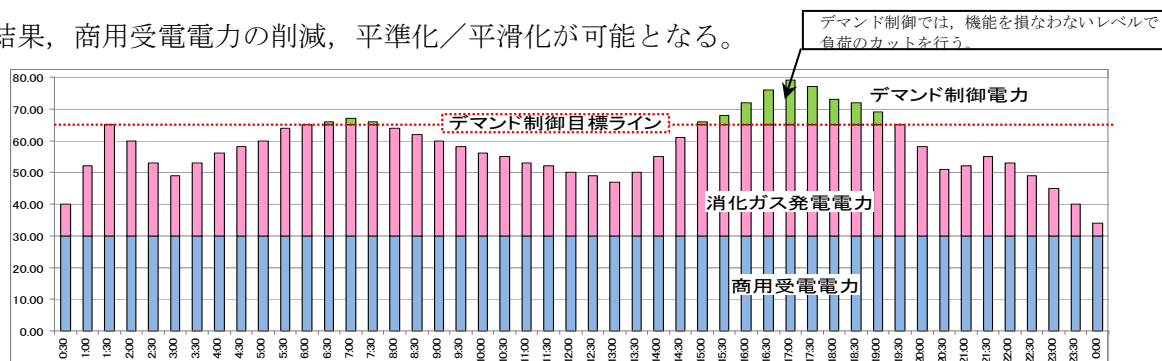


図2-13 スマート発電システムによる商用受電平準化の実施イメージ

2) 災害時対応が可能である

災害時において、被災時点における消化ガス貯留設備の残存ガスを有効活用しつつ、発電量が可変という燃料電池の特性を生かして、処理場の場内照明確保等となる電力供給を行う。これにより、重油などを必要とする既存非常用発電設備の稼働を遅らせ電力、都市ガスの復旧を待つことが可能となり、災害時の電力供給安全度が増す。都市ガスが被災を免れた場合にはハイブリット型燃料電池を都市ガス単独で継続的に定格運転し処理場の電力を賄うことが可能である。詳細は「§ 24 その他効果」頁参照。

(2) プラント運転最適化制御システム

下水処理場全体における最大効果の創エネルギー、省エネルギー、蓄エネルギーを支援し、最適な「エネルギーマネジメント」を実現する。表2-3にその特徴を示す。

表2-3 プラント運転最適化制御システムの特徴一覧（数字は一例）

具備機能面	監視制御システムの補完機能	リアルタイムな操作指令手順作成
	「業務支援＋エネルギーマネジメントシステム」の代替機能	既設監視制御システムと連動し設備運転状態を将来予測
		予測結果を踏まえた最適な需給計画を立案
	モデルの最新更新機能	プラントの状態をリアルタイムに取り込み、モデルを補正
導入効果	省エネルギー効果	日々の電力需要ピーク(kW)を10～20%カット
		日々の使用電力量(kWh)を10%削減
	創エネルギー効果	生成する消化ガスの消費率100%活用
		需要ピーク時の供給力60%以上確保（数時間程度）
		日々の使用電力量30%以上確保
	電源品質の維持・向上効果	基準周波数±0.4%維持
		基準電圧±10%維持
機能拡張性	モデルシミュレーション機能	設備の稼働状態＋処理フロー状態
		設備設計変更＋業務運営見直し検討
		クラウドによるサービス提供

(3) ハイブリッド型燃料電池

ハイブリッド型燃料電池の特徴を表2-4に示す。

表2-4 ハイブリッド型燃料電池の特徴

1) 発電効率が低い	燃料電池の発電効率は40%以上で、ガス発電装置の中で最も効率の高い装置である。また、排熱の有効利用により総合効率は80%以上が期待できる。さらに30～100kWの間で、部分負荷供給においても高い発電効率を維持できる。
2) 優れた環境性能を有する	燃料電池の運転により電気と水と熱が外部に作り出される。排出されるガスはCO ₂ が主体で、ガスエンジンのようにNO _x 、SO _x の排出は無い、もしくはごく微量である。また、稼動部がないため非常に低騒音で振動の発生も無い。
3) 消化ガスの全量利用が可能となる	消化ガスと都市ガスの併用使用が可能であり、消化ガスが発生する下水処理場において、発電に見合う必要ガス量が不足する場合であっても、ハイブリッド機能により、消化ガスの不足分を都市ガスにより賄うことが可能になり、理論上消化ガスの全量利用が可能になる。
4) 非常用電源として活用可能である	分散型電源として、大規模発電施設のリスク分散の役割を果せる。また、電源や熱源の需要設備の近傍に設置されるため、停電時や災害時に最低限機能確保の電源供給が可能である。
5) 耐寒冷地対策を施した屋外設置構造である	燃料電池の構造は、屋外設置が可能なキュービクル構造で耐寒冷地対策が施されているため、装置の配置に関する制約は特にない。排熱ファン、窒素供給装置など燃料電池の安定運転に必要な装置全てを一体化した構成であるため、据付工事費の低減が図れる。
6) メンテナンスが容易である	定期的な点検として、フィルター、水処理樹脂の交換、ポンプ、ファン等の内臓装置の点検、シロキサン除去剤交換などを実施するが、3-5日/年の休止期間で実施できる。複数台の燃料電池が設置されている場合は、1台ずつ順次、点検計画に基づき実施し、コスト削減やシステム休止の影響を勘案しながら実施することができる。
7) 下水処理場の分散型電源として適している	生ごみの受け入れが無い場合、（濃度と加温方法によるが）下水処理場の規模20,000m ³ /日程度で100kW相当の発電が期待できる。
8) 年間の連続運転が可能である	りん酸形燃料電池は連続運転を考慮して設計されている。停止を伴う点検は年1回（約3日間程度）実施し、フィルター交換などの定期メンテナンスは運転しながら安全に実施できるよう設計されている。
9) 装置寿命は15年間である	スタック、改質器などの主機の寿命は約7.5年である（2005年出荷品以降。それ以前は約4.5年）。主機の交換を約7.5年後に実施し、装置として15年間運転する。

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

コスト削減、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】

コスト削減、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て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。

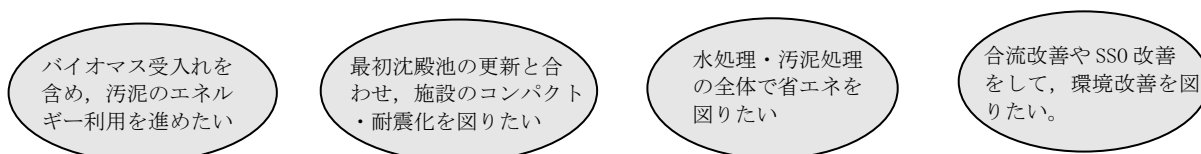


図3-1 導入が効果的な下水処理場（一例）

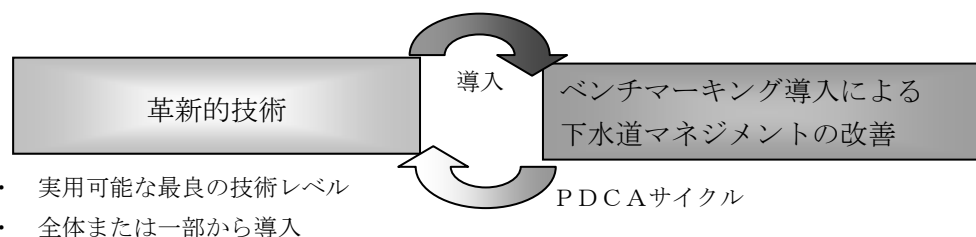


図3-2 導入検討の考え方

表3-1には、5万m³/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ための範囲※¹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 [※] 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 [※] 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 ₂ /15 年	14	0.19 万 t-CO ₂ /15 年	7	2.97 万 t-CO ₂ /15 年	100	3.70 万 t-CO ₂ /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。

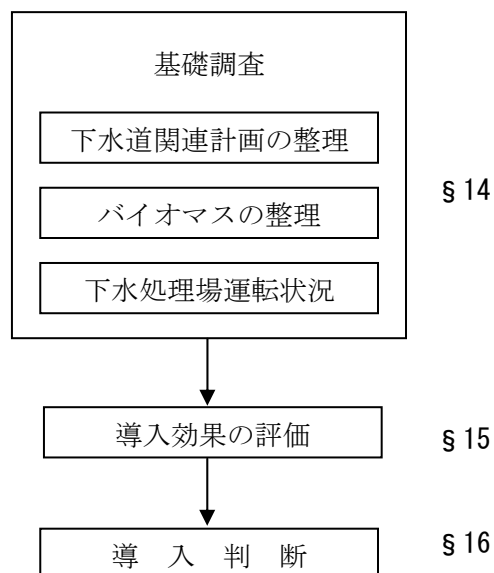


図3－3 導入検討フロー

§ 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、先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
- ・ 返流負荷の状況
- ・ 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 20,000m³/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
－ 地域を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。

(総合評価のための効果指標)

(総合評価の要素となる直接的な効果)

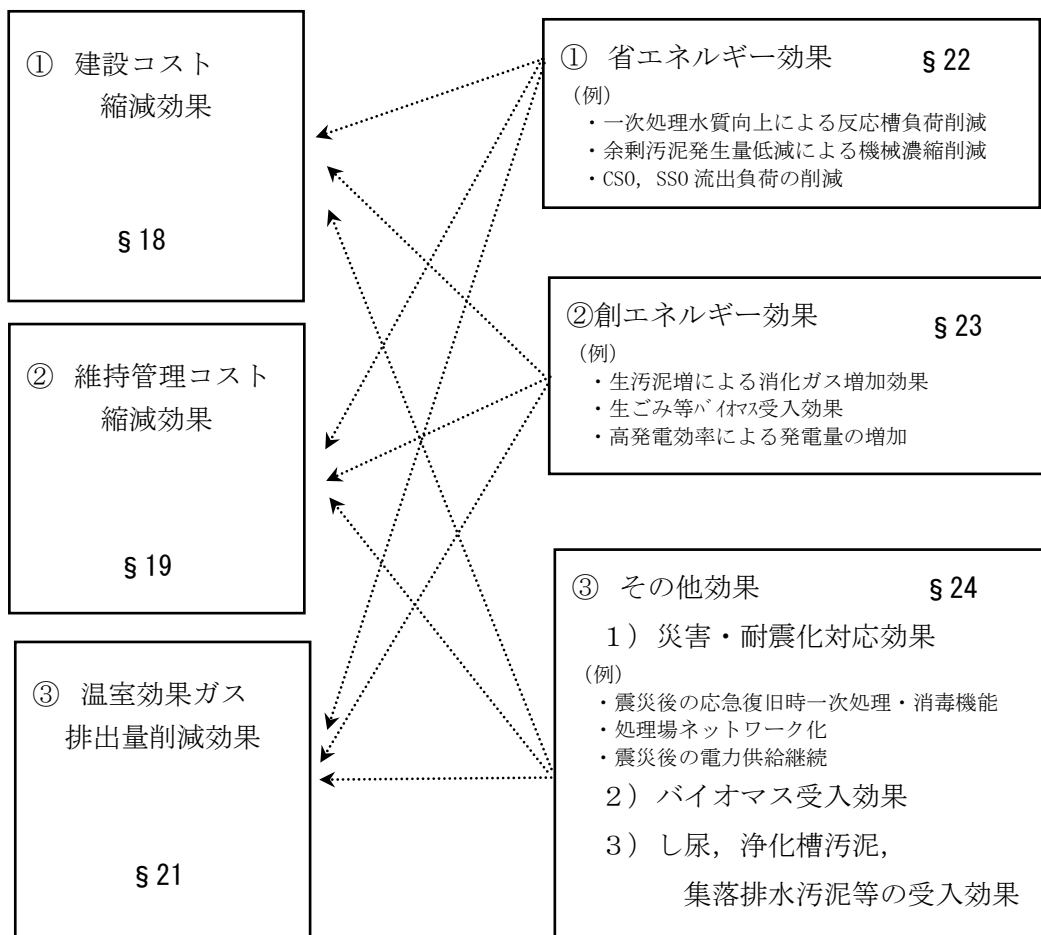


図3-4 導入効果評価のための関連図

(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			○
創エネルギー	雨天時越流水対策（CSO, SSO）の高度化	○		
	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（ディスポーザー、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 50,000m³/日（日平均汚水量 40,000m³/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

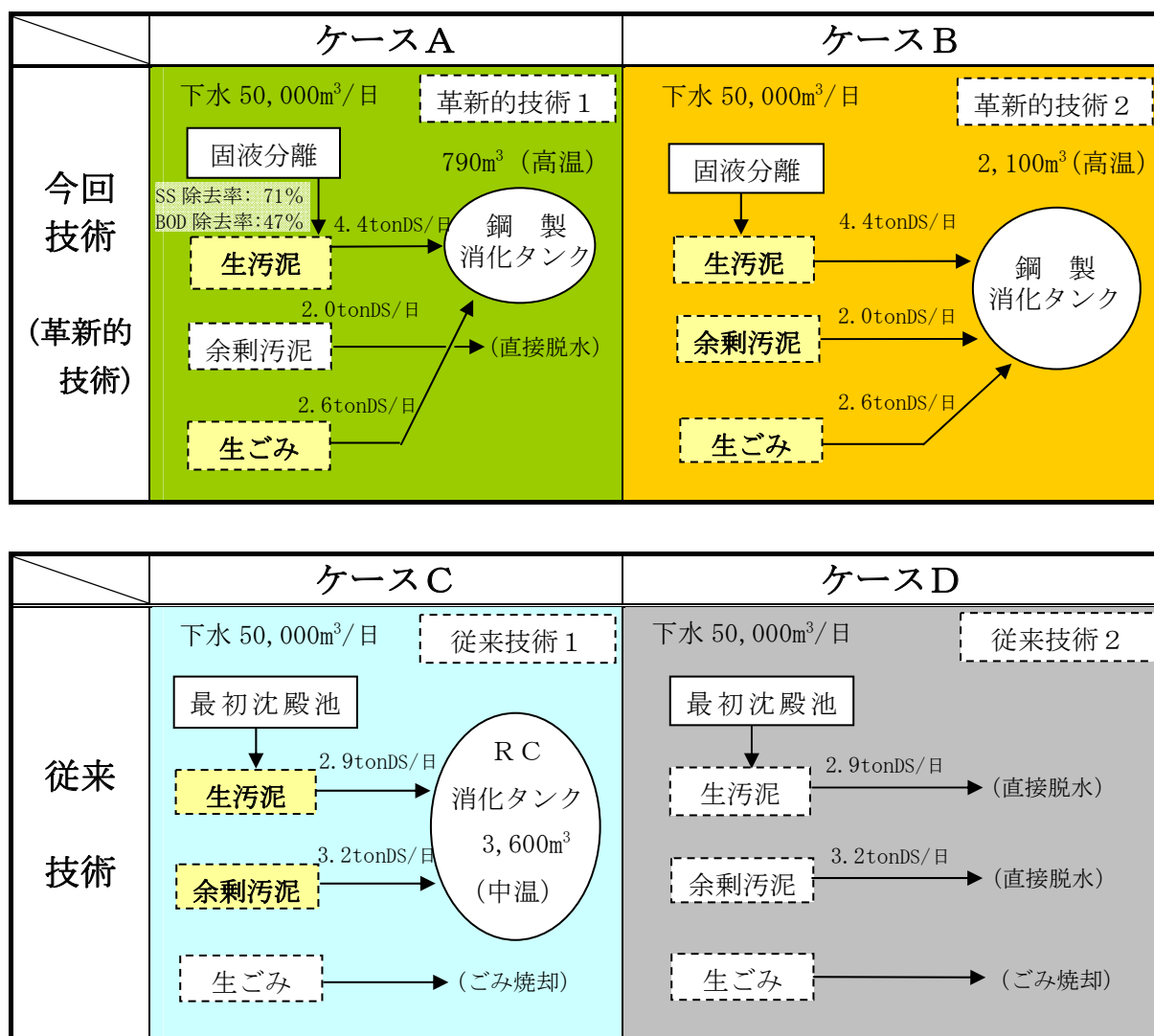


図 3-5 試算例における従来技術、本技術の処理フロー条件

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^2 ）」であり、計画日最大汚水量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）をろ過速度（ $\text{m}/\text{日}$ ）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 $250\text{m}/\text{日}$ の場合には、処理水量あたり建設費は $400\text{万円}/\text{m}^2 \div 250\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日}) \rightarrow 1.6\text{万円}/(\text{m}^3/\text{日})$ となり、最初沈殿池（水面積負荷 $33\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ ）なら $1\text{万円}/(\text{m}^3/\text{日})$ 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^2]	・試算はろ過面積 200m^2 ，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^2 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^3 ）」であり、投入バイオマス量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）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(m³/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(m³)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(m³)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	$108 \text{ [万円/m}^3\text{]} \times (V/790)^{0.6 \sim 0.7}$	・108 万円/m³ は、消化タンク容量 790m³ での平成 25 年 3 月時点試算値。 ・Vは算出したい消化タンク容量 [m³]。 (300 ≤ V ≤ 1000 m³) ・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。

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(Nm³/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)]	・ 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。 ・ 105kW/台 (=消化ガス(メタン 60%) 44Nm³/hr)。 ・ ハイブリッド化のための都市ガス引込み部 分は不含。

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

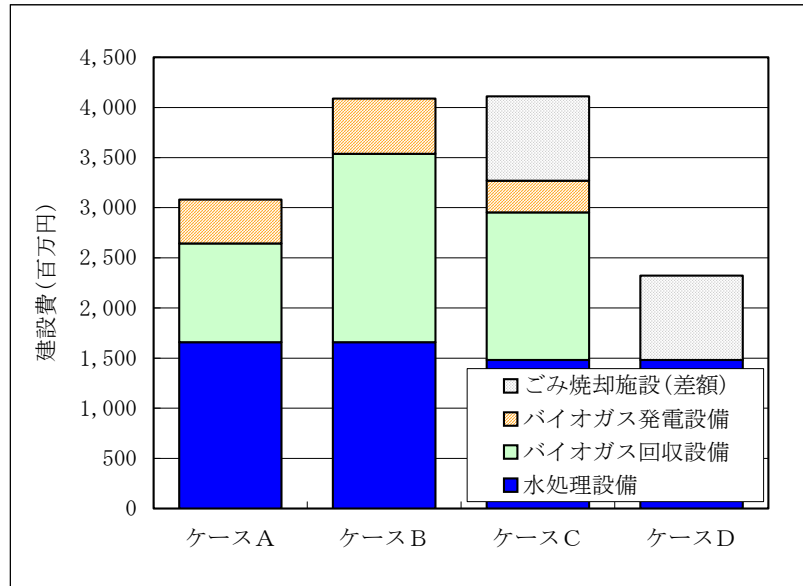
(削減「○」，増加「×」，ほぼ同じ「△」)

(3) 建設コスト試算例

日最大処理汚水量 50,000m³/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

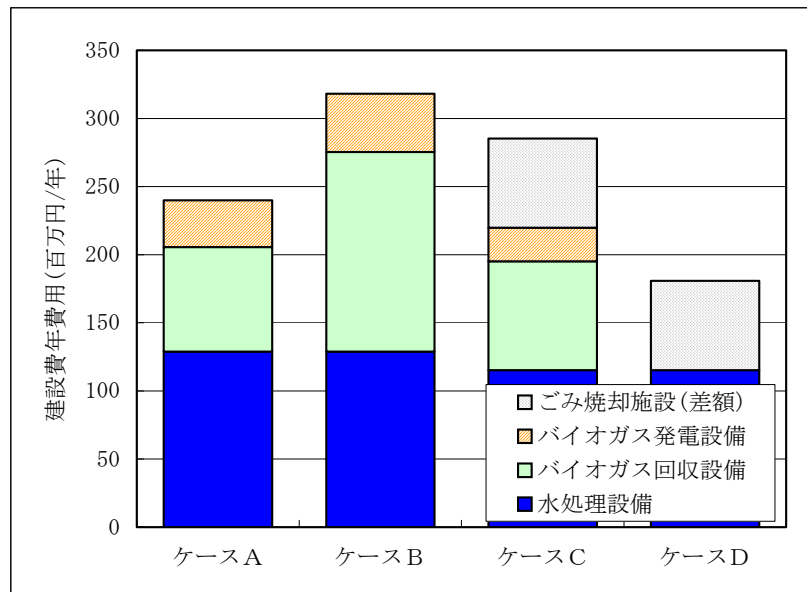
スタディ結果を図3-6、図3-7に整理する。

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 ²	試算はろ過面積 200m ²
維持管理コスト (電力費以外)	1 式	2.4 万円/年/m ²	試算はろ過面積 200m ² , 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 ³	試算は消化タンク容積 790m ³ 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 ³	試算は消化タンク容積 790m ³ , 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			○

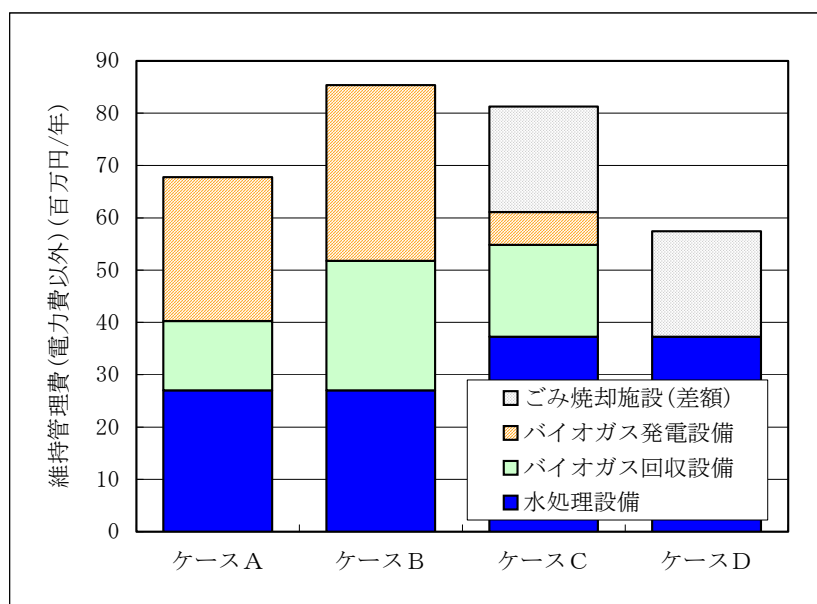
生汚泥回収増加
による増加

(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。

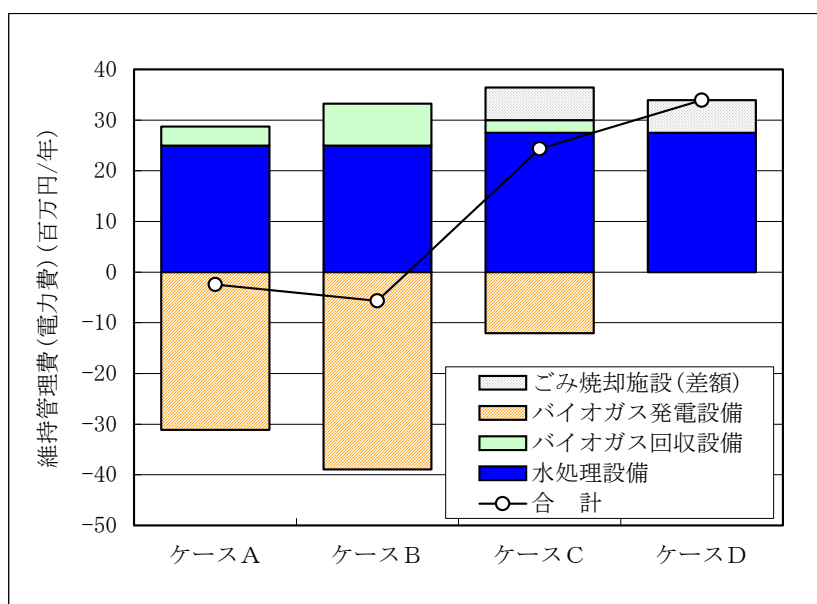
本技術（ケースA）の導入により、今回評価対象設備に対して従来技術（ケースC）と比較して、維持管理コスト（電力費以外、ケースAにおける都市ガス費用は一律に決められないため不含）は約17%、維持管理コスト（電力費）は約110%の削減効果が見込まれる。



※ 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 トータルコスト縮減効果

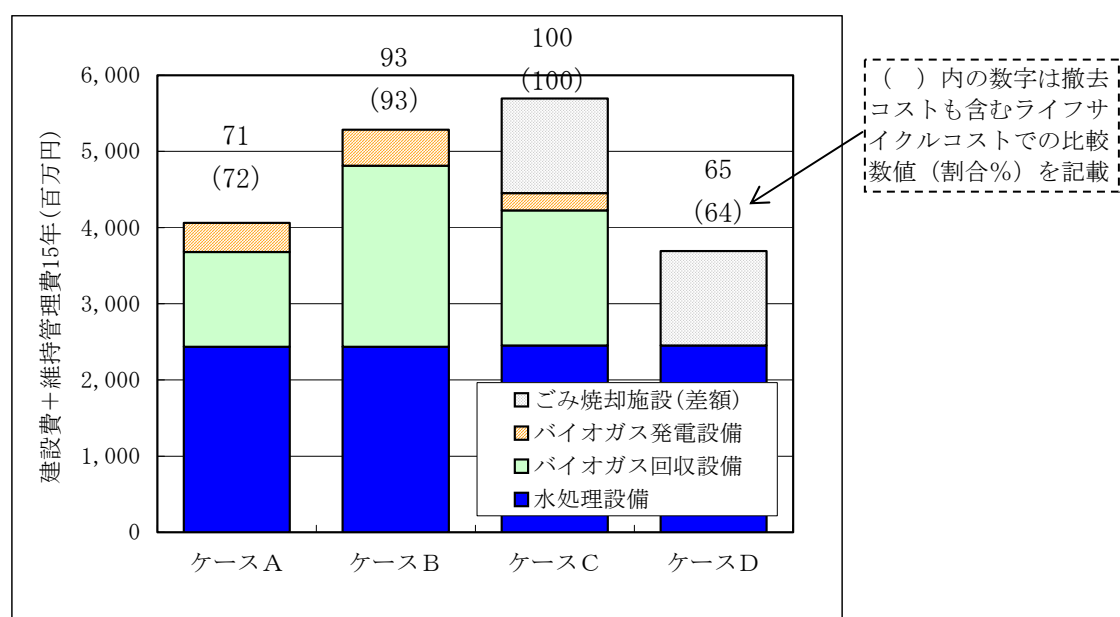
本技術のシステム全体でのトータルコスト縮減の効果について、従来技術との比較により把握する。

【解 説】

(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。

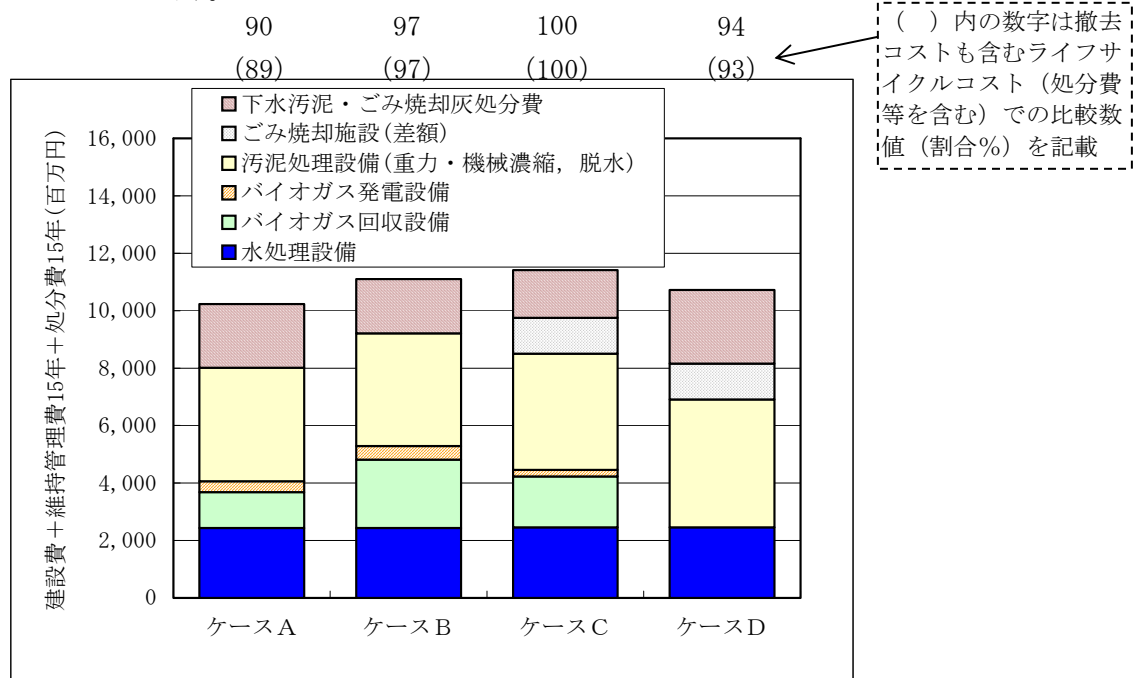
一方、図3-10において、消化プロセスが無いケースDはケースAよりも経済的に有利である結果となっている。しかし、ケースDでは消化プロセスによる汚泥の減量効果がないため、汚泥脱水機のコストや汚泥処分コストが他のケースと比較して高価となる可能性がある。

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CO₂の温室効果ガス排出量の増減のみを計算しており、N₂O、CH₄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（CO₂）
- 2) メタン（CH₄）
- 3) 一酸化二窒素（N₂O）

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、污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污泥量に排出

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（CO₂、CH₄、N₂O）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 ₂ ） $= \sum \{ \text{各温室効果ガスの排出量（t）} \times \text{各温室効果ガスの地球温暖化係数} \}$			
（地球温暖化係数）			
二酸化炭素	（t-CO ₂ /年）	× 1	＝温室効果ガス排出量（t-CO ₂ /年）
メタン	（t-CH ₄ /年）	× 21	＝温室効果ガス排出量（t-CO ₂ /年）
一酸化二窒素	（t-N ₂ O/年）	× 310	＝温室効果ガス排出量（t-CO ₂ /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 ₂ /kWh	(0.550)	注1）
	A重油		kg-CO ₂ /L	2.71	（1）
	一般炭		kg-CO ₂ /kg	2.41	（1）
	プロパン		kg-CO ₂ /kg	3.00	（1）
	ガソリン		kg-CO ₂ /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 ₄ /wet- t	0.0097	（1）
			kg-N ₂ O/wet-t	1.11	政令
		高分子・流動炉（通常）	kg-CH ₄ /wet- t	0.0097	（1）
			kg-N ₂ O/wet-t	1.51	算定省令
		高分子・流動炉（高温）	kg-CH ₄ /wet- t	0.0097	（1）
			kg-N ₂ O/wet-t	0.645	算定省令
		高分子・多段炉	kg-CH ₄ /wet- t	0.0097	（1）
			kg-N ₂ O/wet-t	0.882	算定省令
		石灰系	kg-CH ₄ /wet- t	0.0097	（1）
			kg-N ₂ O/wet-t	0.294	算定省令
	その他下水汚泥	kg-CH ₄ /wet- t	0.0097	（1）	
		kg-N ₂ O/wet-t	0.882	算定省令	
	下水汚泥固形燃料化	汚泥炭化（中温炭化）	kg-N ₂ O/wet-t	0.0092	注2）
		汚泥乾燥（乾燥造粒）	kg-N ₂ O/wet-t	0.0000	注2）
		汚泥乾燥（油温乾燥）	kg-N ₂ O/wet-t	0.0184	注2）
		汚泥乾燥（乾燥[混合焼却]）	kg-N ₂ 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 CO₂ 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-CO₂/千 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-N₂O/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 ³ -汚水	試算は日平均汚水量 40,000m ³ /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 ³ -汚泥	試算は日平均消化タンク投入汚泥量 126m ³ /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。

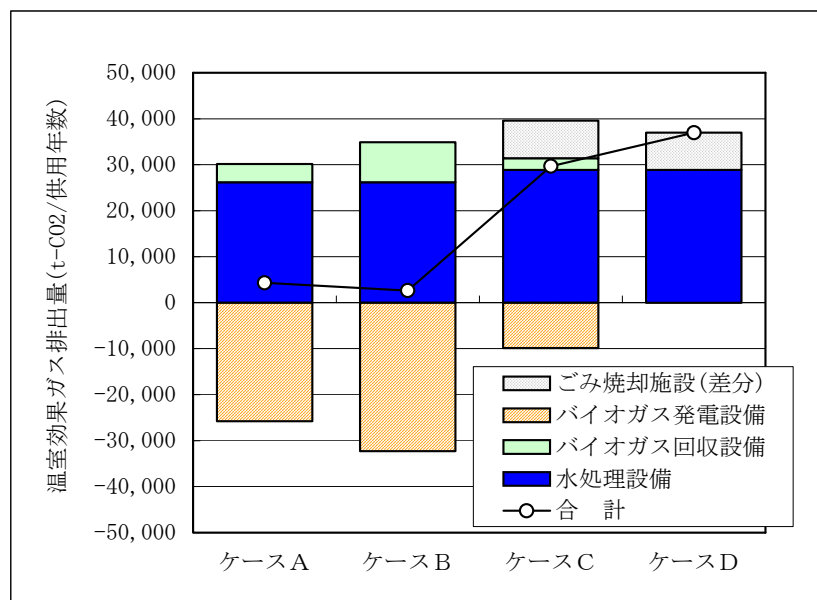
表 3-19 スマート発電システム技術（発電関係）の発電量原単位

名 称	単位	原単位	備 考
発電量	1 式	2.39 kWh/Nm ³ -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 ³ /hr/台

(3) 温室効果ガス排出量試算例

日最大処理汚水量 50,000m³/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（LCCO₂）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。

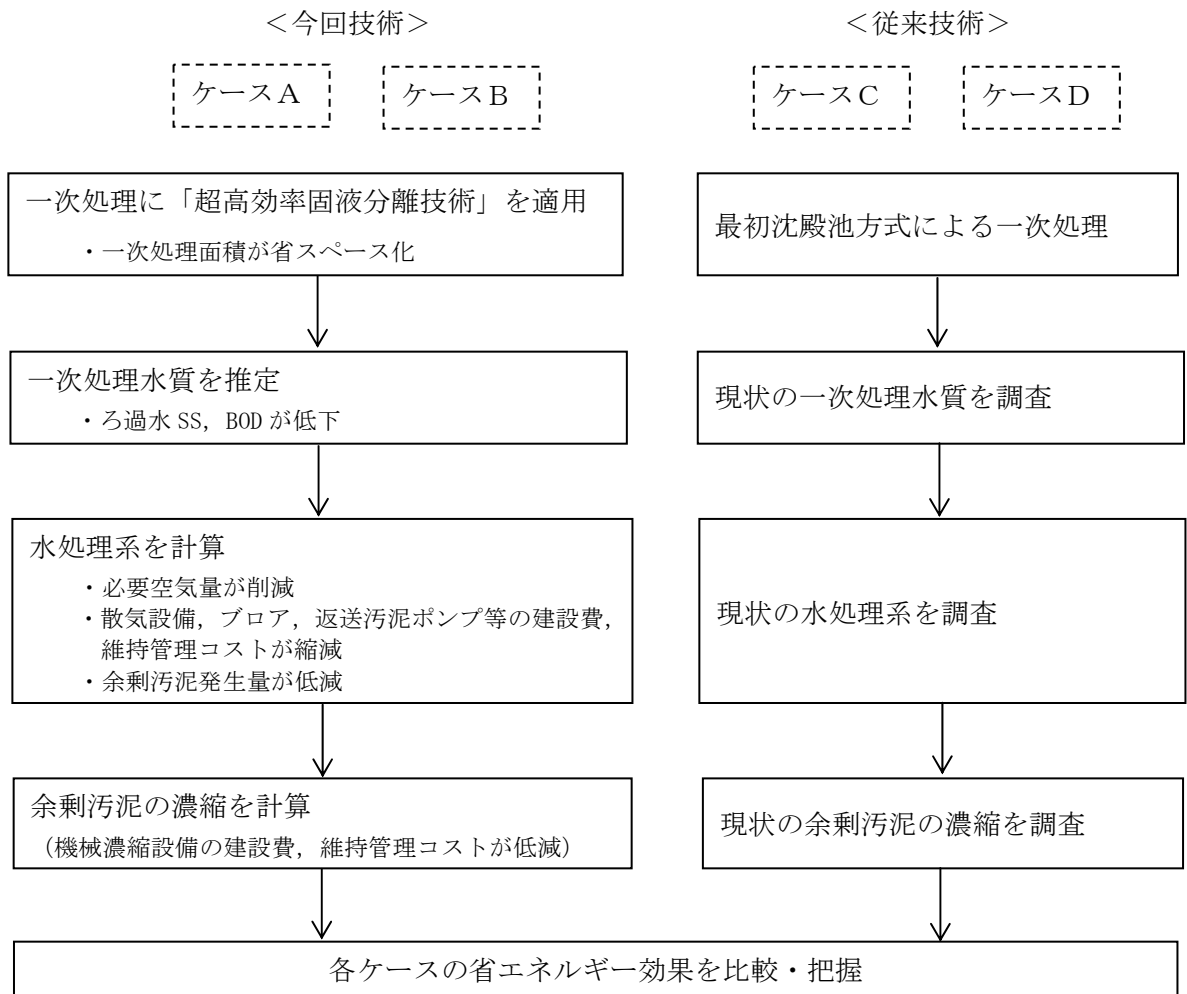


図 3-13 省エネルギー効果の計算手順（一般例）

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。

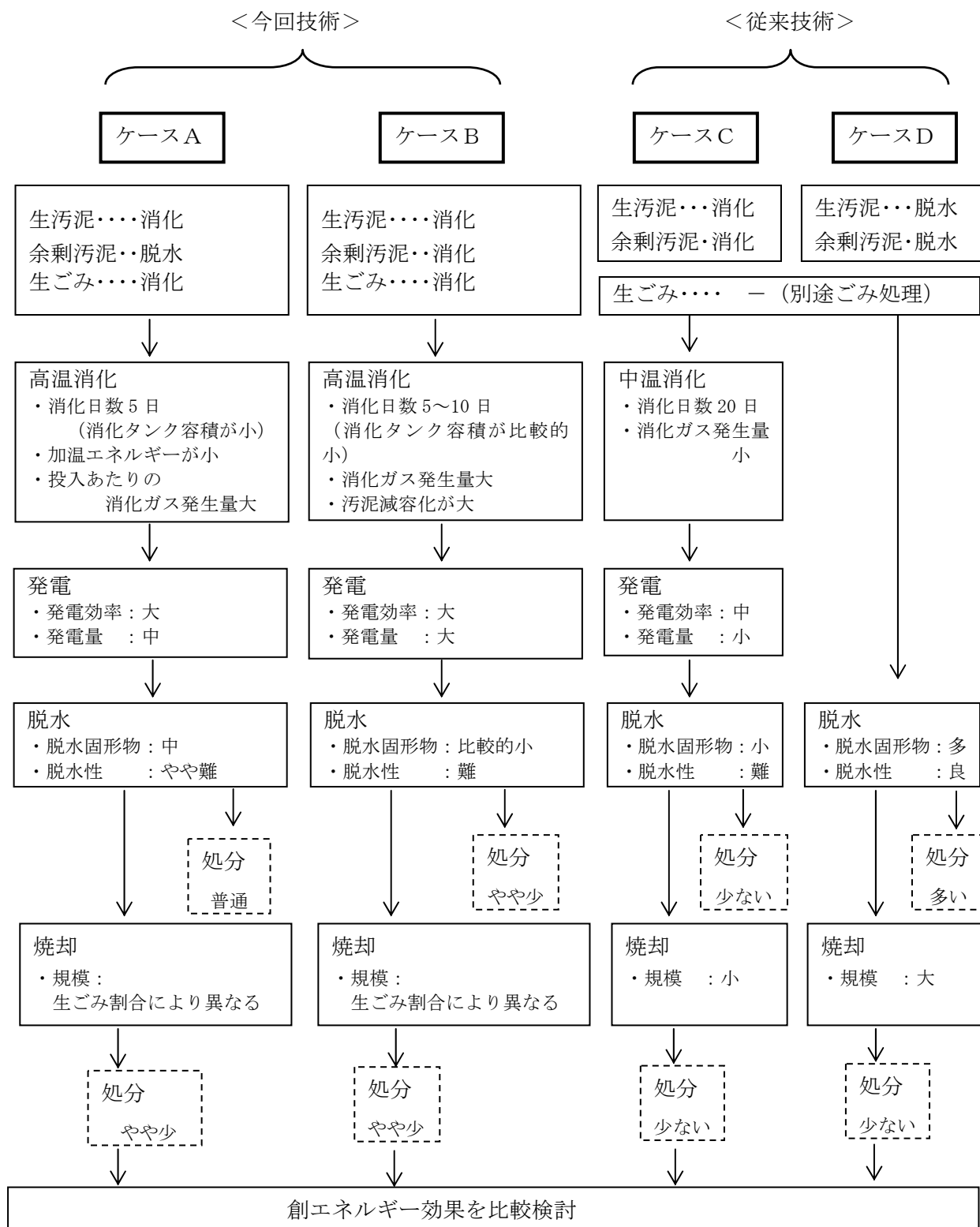
下水処理場におけるエネルギー回収は、最終的に発電設備により達成されることになり、その増減は表 3－18 のように示される。

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 - 1 4 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 50,000m³/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、消化ガス発生量が多い。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 ³ /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。

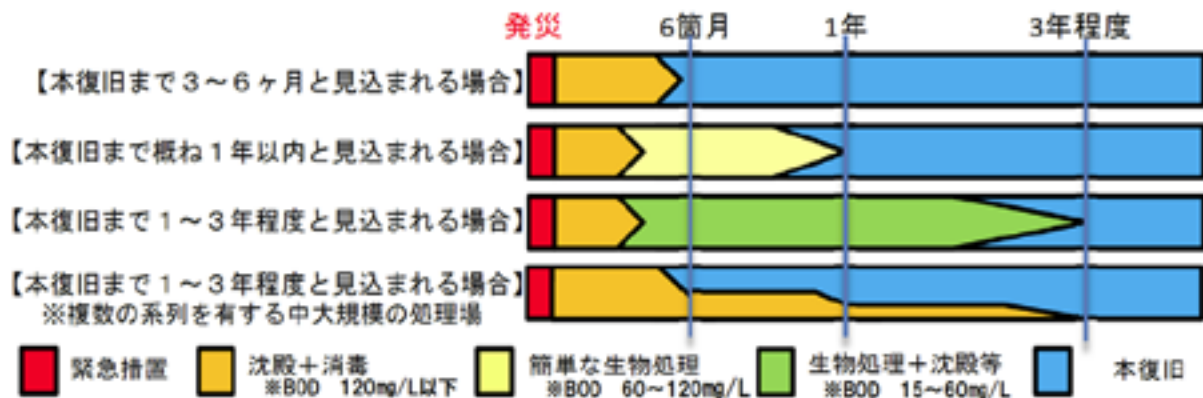


図3-15 段階的応急復旧のイメージ

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 ³)
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縮減

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spansion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，建設費のコスト縮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 35～70m³/(m²・日)，合流式では 25～50m³/(m²・日)を標準とする」とされている。

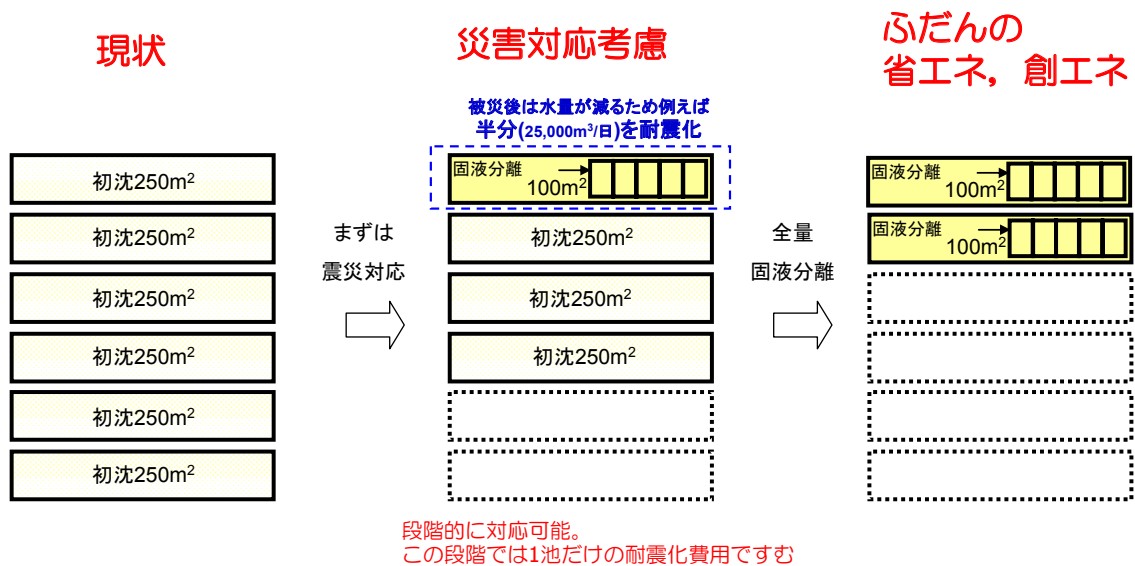
<50,000m³/日の場合>

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。

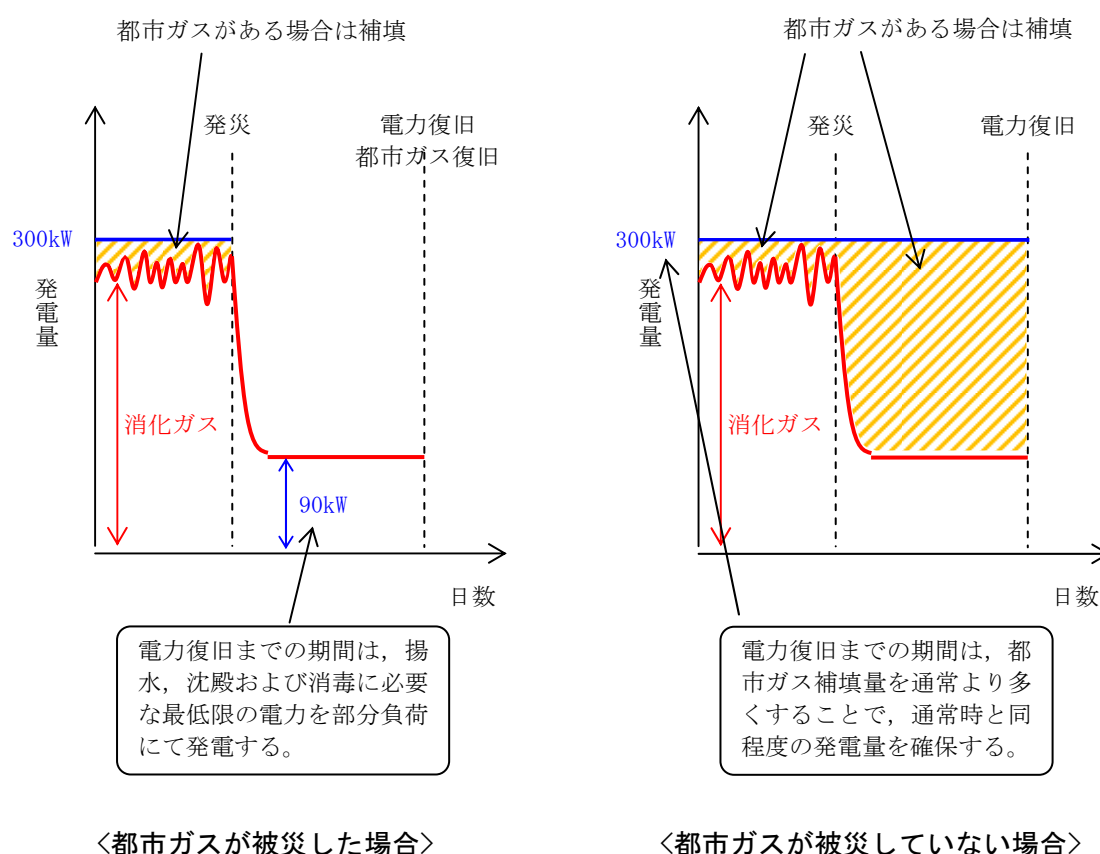


図3-17 震災時における電力復旧までのハイブリッド型燃料電池の稼働イメージ

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限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、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。

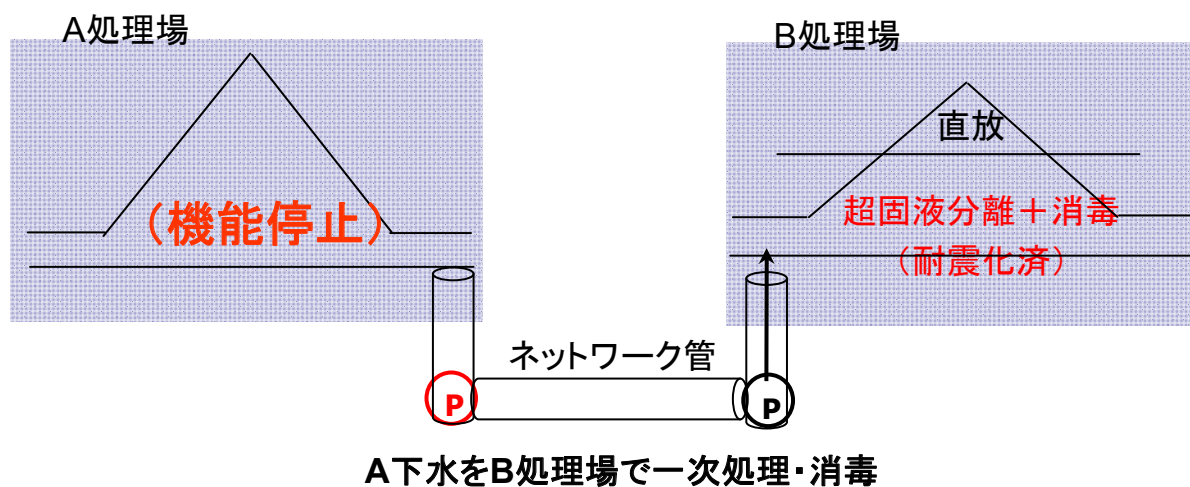


図3-18 ネットワーク化処理場における災害時相互融通

(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。

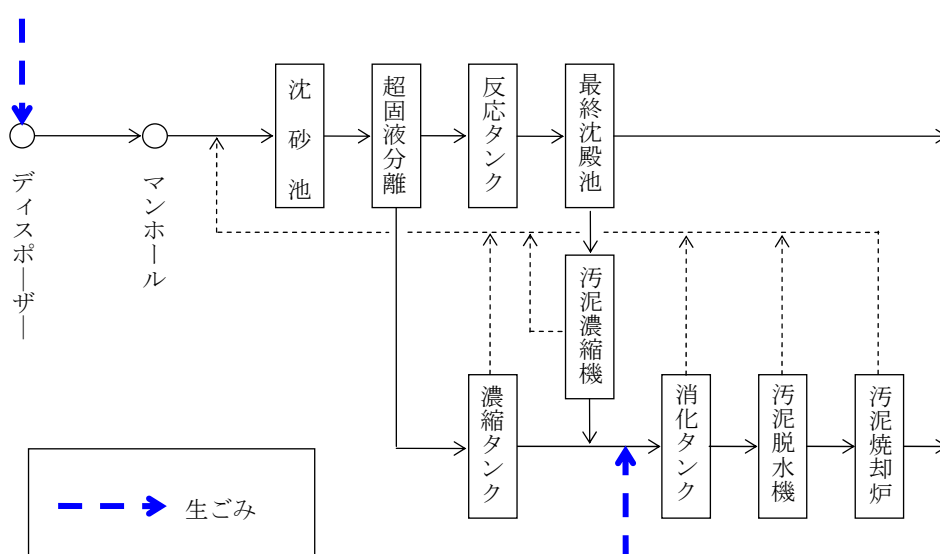


図3-19 生ゴミ等バイオマスの下水処理場への受入（投入）場所

生ゴミ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) ディスポーザーにより粉碎後、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、ディスポーザーを単体で利用し、粉碎生ゴミ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ィスポーザーが設置されるに至っている。

そこで、50 μ 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程度のディスポーザー粉碎生ゴミ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_4 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。

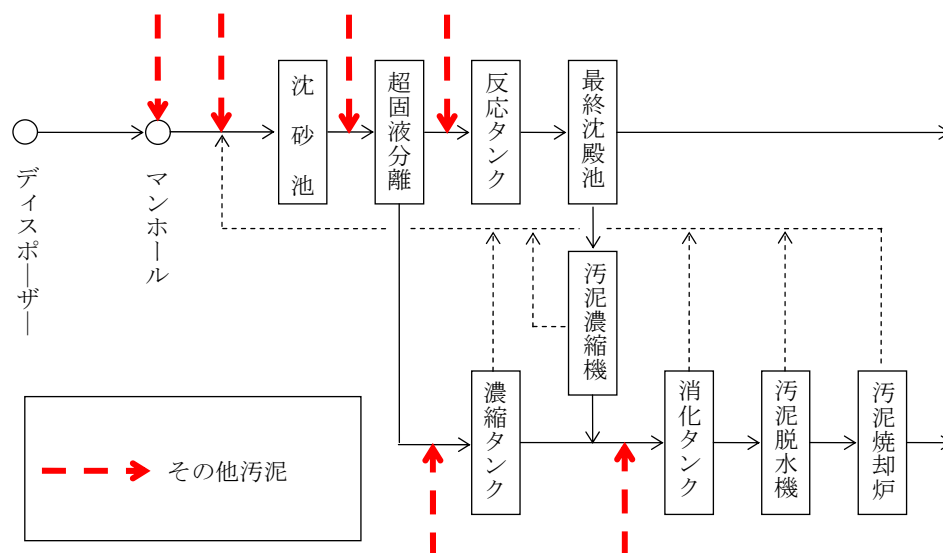


図3-20 下水汚泥以外のバイオマスの下水処理場への受入（投入）場所

第4章 計画・設計

第1節 基本計画

§ 25 計画の手順

本技術の導入に関する計画手順は以下のとおりである。

- (1) 基礎調査
- (2) 施設計画の検討
- (3) 計画上の留意点の整理
- (4) 導入効果の検証
- (5) 導入計画のとりまとめ

【解説】

計画手順のフローを図4-1に示す。

計画の策定にあたっては、第3章 第1節 導入判断 (§ 16) にて設定した導入目的に対する目標設定を再確認して、基礎調査から開始する。

詳細について、次節以降に記述する。

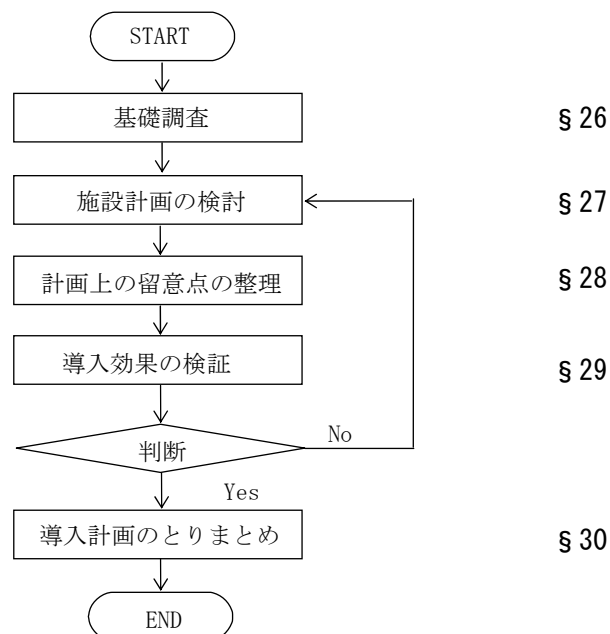


図4-1 計画の手順

§ 26 基礎調査

本技術の導入にあたり，以下に示す基礎調査を行うことにより，施設・設備の計画・現状等について把握する。

- (1) 全体調査（各技術に共通した基礎調査）
- (2) 個別調査（個別技術毎の基礎調査）

【解 説】

(1) 全体調査，(2) 個別調査の詳細内容に関しては § 14 に記述している。

導入検討時に § 14 に記載する基礎調査を実施しているが，本節は既に導入を決定し，計画する段階での基礎調査を行う。

調査内容は，基本的には § 14 の基礎調査と同等であるが，ここでは導入決定時から計画時までの状況の変化・関連計画の見直し状況の確認を行い，計画策定に向けてより精度の高い調査を行う必要がある。

§ 27 施設計画の検討

本技術の導入にあたり，各施設・設備計画の検討を行う。

- (1) 計画諸元の設定
- (2) 容量計算
- (3) 配置計画の検討
- (4) 段階的整備計画の検討

【解 説】

(1) 計画諸元の設定

基礎調査に基づき，以下に示す計画諸元の設定を行う。

1) 計画下水量

計画下水量は，日最大汚水量，日平均汚水量の他，雨天時，非常時・災害時を想定した汚水量の設定も必要である。

①日最大汚水量

施設計画・設計の基本となる諸元として設定が必要である。

②日平均汚水量

電力などユーティリティ使用量に必要な諸元として設定が必要である。また，発電量の算定においても重要である。

③雨天時，非常時・災害時汚水量

超高効率固液分離設備の計画・設計に関連して，重要な諸元である。本技術導入にあたり，各施設・設備容量の算定に用いる計画汚水量を表4-1に整理する。

表4-1 施設容量算定計画汚水量

分 類	設定計画汚水量	対象施設・設備
一次処理	計画日最大汚水量	最初沈殿池，超高効率固液分離設備
	雨天時計画汚水量	超高効率固液分離設備（CSO対策※ ² ）
	非常時・災害時計画汚水量※ ¹	最初沈殿池，超高効率固液分離設備
二次処理	計画日最大汚水量	反応タンク，最終沈殿池等
高度処理	計画日最大汚水量	反応タンク，最終沈殿池，急速ろ過施設等
	冬期計画日最大汚水量	反応タンク（生物学的窒素除去法）
	計画時間最大汚水量	急速ろ過施設
その他	計画日最大汚水量	消毒施設，スマート発電システム（発電量）
	計画日平均汚水量	スマート発電システム（発電量）
	雨天時計画汚水量	消毒施設（CSO対策※ ² ）
	非常時・災害時計画汚水量※ ¹	スマート発電システム，消毒施設（緊急対応）

※1：非常時・災害時の水量設定は，計画日平均汚水量の1/3程度を見込む

※2：SSO対策にも位置づける場合は，実績流入水量を参考とする

例として、超高効率固液分離設備の計画汚水量は、計画日最大汚水量を標準とし、合流式下水道における雨天時越流負荷対策（CSO 対策）として位置づける場合は、雨天時計画汚水量を用いる。

2) 計画水質

超高効率固液分離設備の計画・設計に必要な諸元であるとともに、計画汚泥量の算定にも必要な諸元である。

なお、計画水質は、計画流入水質および汚泥処理施設からの返流水負荷等を考慮する。

3) 計画汚泥量

汚泥処理施設の容量は、水処理施設、高度処理施設および雨水滞水池等で発生する計画発生汚泥量に、各汚泥処理施設からの返送および処理過程における増減を考慮して定める。

地域バイオマス（生ごみ、し尿・浄化槽汚泥、集落排水汚泥等）の受け入れを検討する場合、関連計画および現状を調査し、受入バイオマスの量および性状を設定する。また、それらの下水処理場への受入工程を検討した上で、計画汚泥量ならびに計画水量・水質に反映する。

(2) 容量計算

計画諸元の設定値に基づき、施設・設備の容量計算を行う。詳細は本章第2～4節に記述する。

(3) 配置計画の検討

容量計算結果に基づき、配置計画の検討を行う。

(4) 段階的整備計画の検討

関連する既計画における施設・設備の長寿命化、更新、統廃合、耐震化等の計画年次等との整合を踏まえ、段階的な年次別導入計画を立案する。なお、本技術導入による処理場全体のLCC低減効果を検討し、必要に応じて長寿命化計画等の既計画を見直すものとする。

§ 28 計画上の留意点の整理

本技術の導入にあたっては、以下の点に留意する。

- (1) ろ過水の BOD, SS 負荷減少による反応タンクでの水処理の効率化
- (2) 生ごみ混合消化の消化脱離液による逆流負荷の水処理への影響

【解 説】

(1) ろ過水の BOD, SS 負荷減少による反応タンクでの水処理の効率化

超高効率固液分離技術から流出する一次処理水は従来技術と比較して BOD, SS 濃度が低減されている。したがって、反応タンクへの BOD, SS 負荷が軽減される。

超高効率固液分離技術導入の実績事例（嫌気好気法にて一事例）において、SS, BOD, 透視度の処理性は良好である。

BOD に着目すると、超高効率固液分離特性から固形性 BOD が主体的に除去され、反応に使われやすい溶解性 BOD (S-BOD) が反応槽に流入する傾向となる。そのため反応槽における BOD 除去は速やかに行われる。

また、無酸素・好気循環法の硝化脱窒反応においても、BOD/T-N 比が十分確保される場合には、図 4-2 に示されるように反応槽流入直後に脱窒源として高分解性の S-BOD が寄与するため円滑に脱窒がなされるとともに、その後の好気反応では、分解されにくい固形性 BOD が少なくなることから硝化反応が促進されやすいと考えられる。BOD/T-N 比については、個別処理場の状況により異なるため、留意する必要がある。

従って今後は導入すべき下水処理場において、その水質、処理方式の特性を十分に考慮した導入検討を行う必要がある。

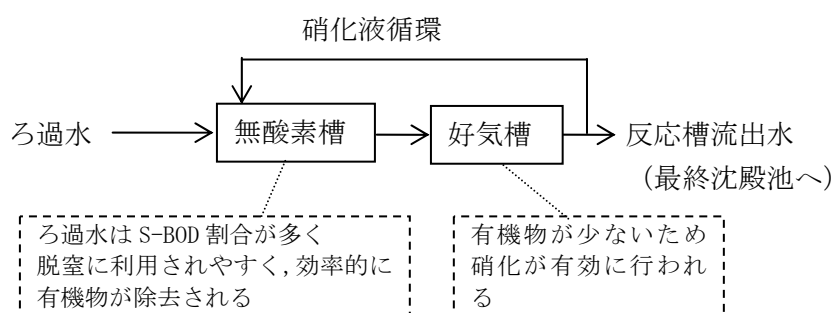


図 4-2 ろ過水の反応タンクでの挙動

(2) 生ごみ混合消化の消化脱離液による逆流負荷の水処理への影響

生ごみを受け入れることにより、汚泥処理逆流負荷の増加が懸念される。生ごみ受入による汚泥処理逆流負荷増加に関する実証実験結果は § 56 に示すが、これらを参考に水処理への影響について検討する必要がある。

§ 29 導入効果の検証

導入検討時に評価した導入効果について、基本計画の策定段階でより詳細な情報に基づいて再検討を行い、目的とする導入効果が得られるか検証する。

【解 説】

第3章の導入検討の際に行った導入効果の算出および評価について、基本計画の策定段階でより詳細な情報に基づいて再検討を行う。検討結果に基づき、目的とする導入効果が得られるか検証する。必要な場合は導入判断を見直して、技術の導入範囲および事業形態等が適切になるよう変更する。

§ 30 導入計画のとりまとめ

本技術の導入についての検討結果として、基礎調査に基づく施設計画の検討、計画上の留意点の整理および導入効果の検証の各結果を導入計画書にとりまとめる。

【解 説】

本技術の導入についての検討結果をとりとめるとともに、認可設計図書など必要な資料および図書の作成を行う。

導入計画書としては、検討段階において、基礎調査（施設・設備の計画・現状等の把握）に基づいて施設計画の検討（計画諸元の設定、容量計算、配置計画・段階的整備計画の検討）を行った結果に加え、計画上の留意点や導入効果の検証結果を含めてとりまとめるものとする。

第2節 システム全体の設計

§ 31 システム全体の設計の考え方

下水処理場全体のエネルギーマネジメントを図る本技術においては，創エネルギー効果，省エネルギー効果を最大化できるよう3つのシステムについて設備容量を決定する。

【解 説】

本技術は図4-3に示すとおりシステム全体として下水処理場全体のエネルギーマネジメントを図るものであり，創エネルギー効果，および省エネルギー効果が最大となると共に，装置が効率的に稼働できるような設計を行うことを基本とする。

創エネルギー効果，および省エネルギー効果を最大化するには，超高効率固液分離システムにおいて可能な限り生污泥回収率を高くするように設備容量を決定する。消化ガスの発生効率の高い生污泥の回収量を高めることにより消化ガス発生量の最大化を図り，水処理負荷軽減により省エネルギー効果の最大化を図る。

高効率高温消化システムでは回収された生污泥，余剰污泥，生ごみ等の投入量および性状に基づきシステムの設備容量を決定する。なお，余剰污泥の投入については，生污泥，生ごみと比較してガス発生効率が低いこと，投入することで分解に要する消化日数が長くなることから，システム全体のエネルギー効率，コスト等を総合的に勘案し決定する。

スマート発電システムのハイブリッド型燃料電池については，発生した消化ガスをできる限り全量利用できるよう設置台数を決定する。消化ガスを全量利用することで創エネルギー効果の最大化を図る。この際，都市ガスの必要投入量も重要となる。

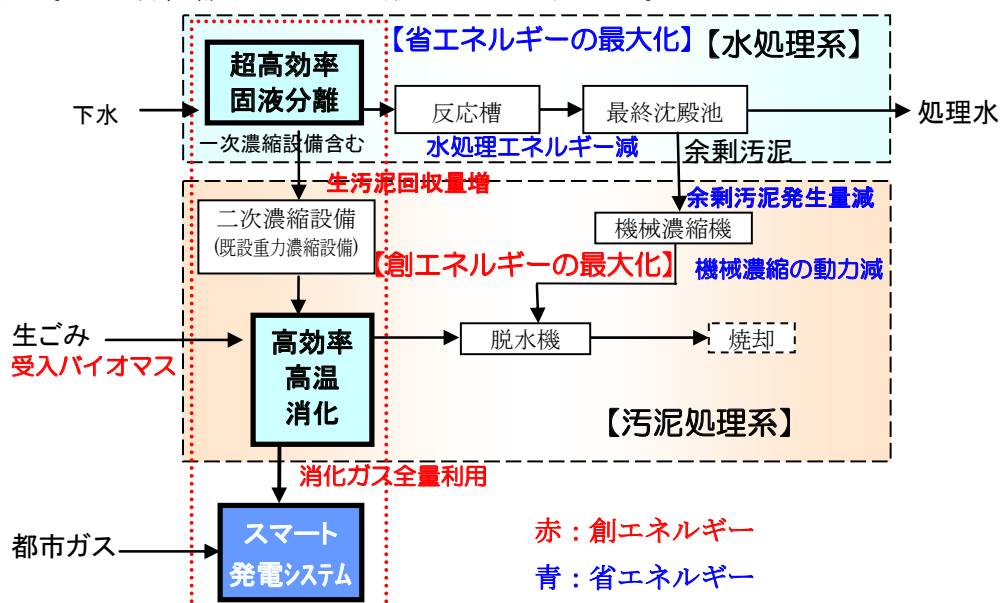


図4-3 システム全体の設計の基本的な考え方

なお、図4-3に示すように消化ガス全量利用のために都市ガスによる発電を併用するが、都市ガスの併用に関する基本的な考え方は以下の通りである。

燃料電池の運転には、基本的に①出力一定運転モード、②出力変動運転モードの二つのモードがある。回収可能な生汚泥と収集可能な生ごみの日量で決まるメタンガス発生量/日とガスホルダの容積、さらに下水処理場全体の消費電力量の変動を勘案して、電力料金と都市ガス料金の合計が最低となるように、上述の運転モードの切り替えと都市ガス使用比率を最適制御する。

次頁に、中浜下水処理場（大阪市）における B-DASH 実証実験と関連づけた、「都市ガスを利用した買電（商用受電）電力削減効果」のシミュレーション事例を示す。具体的には、「消化ガス100%利用発電を行うために都市ガスを購入するコスト以上に、契約電力を下げられるメリットの方が大」というようなケースを見つけるための検討事例である。

都市ガスを利用した買電（商用受電）電力削減効果について

最初に、年間を通じて商用受電電力のピークを1kW低減するための前提条件を確認する。

表4-2は、電気とガスの契約条件および燃料電池の運転条件の一部で、これらから求めた下記の①項もしくは②項が、1kWのピークカット条件となる。この範囲内で実行できれば、都市ガスを使った発電がメリットになり、逆に、条件を超える場合はデメリットになる。

① 1kW削減のための都市ガス年間使用量 1,263 m³以内

=20,220 円（1kW年間基本料金）÷16 円/m³（都市ガス1 m³料金－5kW料金）

② 同上都市ガスによる年間発電電力量 6,318kWh（1日当たりでは17kWh）以内

=1,263 m³（①項）×5 kWh/m³（45%発電効率の場合）

表4-2 実施条件一覧

各種条件項目		内 容
都市ガス	適用料金体系	大阪ガス
	高位発熱量HHV	45 MJ/m ³
	低位発熱量LHV	40.6 MJ/m ³
	コジェネ契約料金	71 円/m ³
	契約条件	最低使用量 1.5 m ³ /h以上
電気	適用料金体系	関西電力
	電力料金	11.37 円/kWh
	基本料金	1,685 円/kW・月（年額料金20,220 円/kW・年）
	受電	6,600 V高圧
	逆流契約	無し（発電機系統連系時は、商用受電電力の最低目標値の設定あり）
発電	消化ガス	生成する消化ガス100%利用を目標に、ほぼ一定出力運転
		ガスホルダは、発電機の出力抑制時に備蓄するために使用
	出力パターン	燃料電池の機械特性などにより4回/日以内の変動パターン
		出力変動後は効率が安定しないので、マイナス要因として加味
		出力変更には、出力安定のため、変化量10kWで5分間程度必要
	発電力量	5 kWh/m ³ （B-DASH実験設備の実績では45%発電効率）
		4.44 kWh/m ³ （メーカ公称値40～42%発電効率）

次に、中浜下水処理場に設置したB-DASH実験設備の電力需要実績を例に、ピークカットの実施方法を確認する。

図4-4のような電力の需要カーブ（水色棒グラフ：某日の需要実績）が、毎日同じ様に（実

際は日々変化), 1年間続いたと仮定する。B-DASH プロジェクトでは, 100kW 定格出力のハイブリッド型燃料電池を導入していたことから消化ガスを一定量使用した発電 (青色直線以下の水色棒グラフの電力量をカバー) をベースに, ピークカット対応時に都市ガスを使用した発電 (赤色直線以上の水色棒グラフの電力量をカバー) を行った。ただし, 全て発電電力で需要が賄えなかったのは, 電力会社との逆潮流無しの契約のためである。

この需要カーブにおいて, 都市ガスを使用した発電で, 最大のコストメリットを求めてみる。

②項の 1 日平均 17kWh 以内の発電条件から, 燃料電池による都市ガスを使用した発電目標値 (30 分平均電力) のオーバー回数が, 34 回/日 (メリット発生 17kWh ÷ (1kW × 30 分), 赤色直線を超える水色棒グラフ部分) に向かい 1kW 低減するコストメリットは増加傾向にある。34 回/日を超えてからはデメリットに転ずるため, 34 回/日がメリットが最大値になる目標値 (34 番目のデマンド電力 - 1kW) で, その削減量 kW は, 最大デマンド値から 34 番目デマンド値を差し引いた値となる。

最大メリットまで期待しない場合は, 最大需要から目標値を 1kW ずつ徐々に下げていく。最大ピーク値と次のデマンド値との差が 1kW 以上ある場合, 目標値を 1 回しかオーバーしていないため, 残りの 33 回分 (× 1kW × 30 分) の電力料金が発電メリットになる。更に, 2kW, 3kW・・・と目標値を徐々に下げると, 目標値を超えるデマンドも 2 回, 3 回・・・と増えていき, 逆に 1kW 低減するメリットについては 32 回分, 31 回分・・・と減少する。このように目標値の低減量としては, その目標値を超えるデマンドの回数が 34 回となった時が, 都市ガス料金の支払い分と電気料金の削減分とが釣り合い, 最大のメリットが得られるポイントになる。

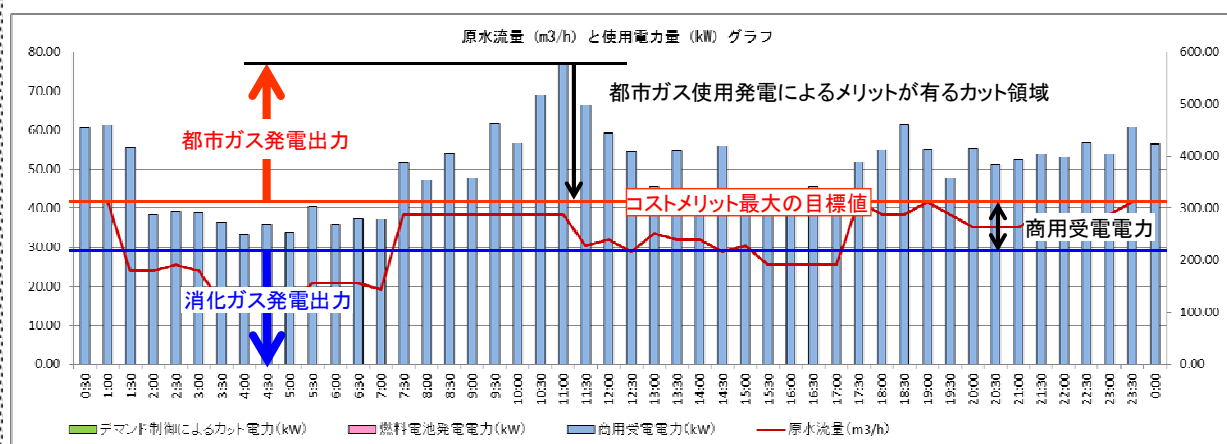


図 4-4 都市ガス発電ピークカット対応例 その 1

図 4-4 のように, 鋭敏なピークが立っている電力の需要カーブでは, コストメリットが最大となる目標値の下げ幅が大きく, 比較的効率的に実施でき大きな効果が得られることが分かる。一方, 図 4-5 のような電力の需要が平準化し, カーブがフラットな場合は, デマンド制御目標値のオーバー回数が 34 回/日を少しの下げ幅で超えてしまうため, 最大メリットは図 4-4 より少なくなる。



図4-5 都市ガス発電ピークカット対応例 その2

また、降雨が継続し下水処理場の処理能力を上回る下水が流入する場合は、図4-4で現れる以上のピークが数日間継続した、全設備稼働状態の需要カーブになるため、1kW低減の余力としての発電電力量6,318kWh/年（1日当たり17kWh）を、降雨日に最大限充当する等、計画的に使用する必要がある。この計画立案については、電力需給予測に基づく運転最適化制御機能が支援することになる。

以上のように、システムを導入する下水処理場により日々の電力需要の特性や様相が全く異なるため、導入計画時と設計時にその特性や様相を十分把握し、最適なピークカット目標値を設定することが望ましい。

第3節 超高効率固液分離システムの設計

§ 32 設計手順

超高効率固液分離システムの設計手順は以下のとおりである。

- (1) 超高効率固液分離設備の設計
- (2) 生汚泥貯留設備の設計
- (3) 一次濃縮設備の設計

【解 説】

超高効率固液分離システムは、超高効率固液分離設備、生汚泥貯留設備、および一次濃縮設備から構成されており、基本的に最初沈殿池既設躯体を活用して設置する。設置における基本設計手順フローを図4-6に示す。なお、各設備間の一般的な機器・配管等の設計は、設計指針に基づき実施する。

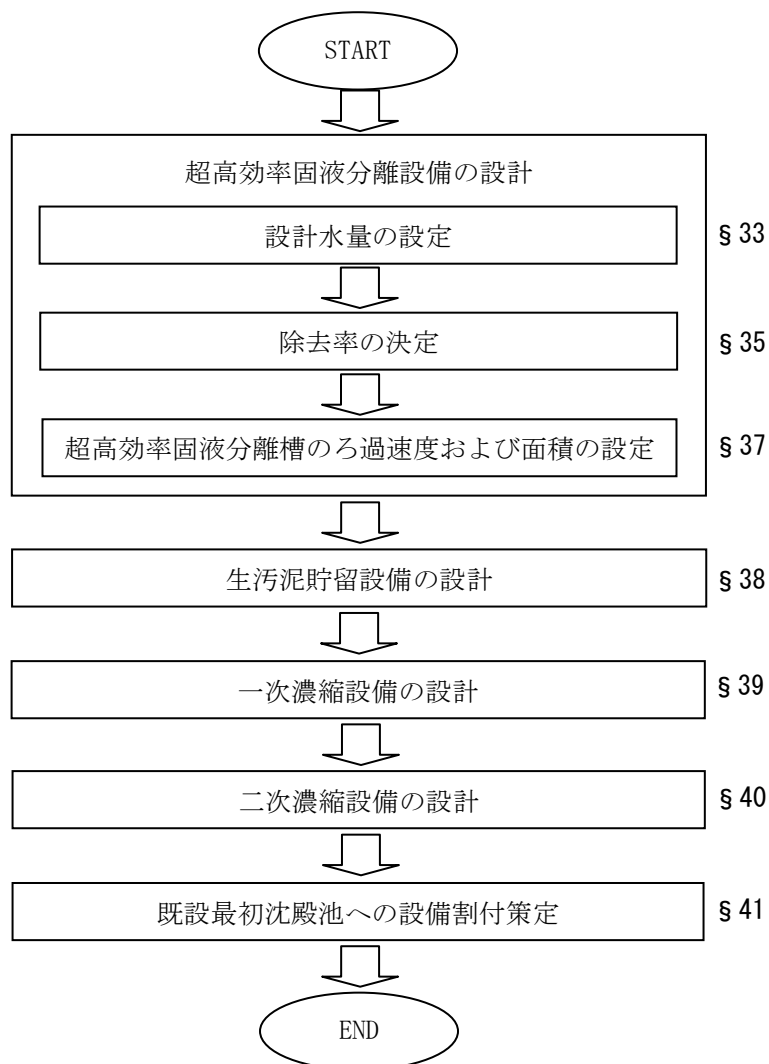


図4-6 超高効率固液分離システムの設計手順

§ 33 設計水量の設定

超高効率固液分離システムの設計処理水量は，計画1日最大汚水量とする。

【解 説】

設計処理水量は設計指針記載の最初沈殿池の考え方に準じる。ただし，合流式下水道において合流改善対策に用いる場合は，雨天時計画1日汚水量に対してろ過速度が1,200m/日を超過しないように留意する。

§ 34 超高効率固液分離設備

超高効率固液分離設備は、以下の設備より構成される。

- (1) 超高効率固液分離槽
- (2) 二次処理水供給装置
- (3) 次亜塩素酸ナトリウム注入装置（補機）

また、超高効率固液分離槽は、以下の機器類より構成される。

- (ア) 上部スクリーン
- (イ) 専用ろ材
- (ウ) 高速洗浄装置

【解 説】

各構成品に関しては以下の点に留意して設計を行う。

(1) 超高効率固液分離槽

最初沈殿池を改造し超高効率固液分離槽を設置する際は以下の形状とする。

- ・ 超高効率固液分離槽 1 池のろ過面積は 5～30m²を目安とする。
- ・ 超高効率固液分離槽は、ろ過部と流入調圧部からなる。
- ・ 超高効率固液分離槽は、共通処理水層、ろ材層および下部層から構成される。
- ・ 流入調圧部の断面積は、ろ過面積の 1/10～1/20 程度を目安とする
- ・ 超高効率固液分離槽は複数槽を設け、1 槽が洗浄中でも、他の槽でろ過が継続される構造とする。また、洗浄の安定を図るため基本的に 3 槽以上とする。
- ・ 洗浄時に短時間の空気逆洗ができる構造とする。

(ア) 上部スクリーン

上部スクリーンはろ材の浮上をおさえるために、ろ材層上部に設置する。なお、ろ材の出し入れに対応できるよう、容易に取り外し可能な構造とする。

(イ) 専用ろ材

本技術のろ材は、ろ過性能が発揮できるよう専用ろ材を使用する。ろ材の特徴としては特殊高分子製で比重 1 未満の浮上ろ材を採用する。また、ろ層厚さは最大 600mm とし、流入負荷、除去特性に応じて調整する。

ろ材の充填量は以下の式にて算出する(図 4－7 参照)。

$$V_{\text{ろ材}} = S_A \times H_{\text{ろ材}} \quad \dots\dots\dots (\text{式 4－1})$$

ここで、

- $V_{\text{ろ材}}$: ろ過池全体でのろ材充填量（見かけ嵩量） (m³)
- S_A : ろ過面積 (m²)
- $H_{\text{ろ材}}$: ろ層厚さ (m)

(ウ) 高速洗浄装置

高速洗浄装置は、短時間でろ材層を均等に洗浄できる構造とし、改造する土木躯体形状を考慮し決定する。

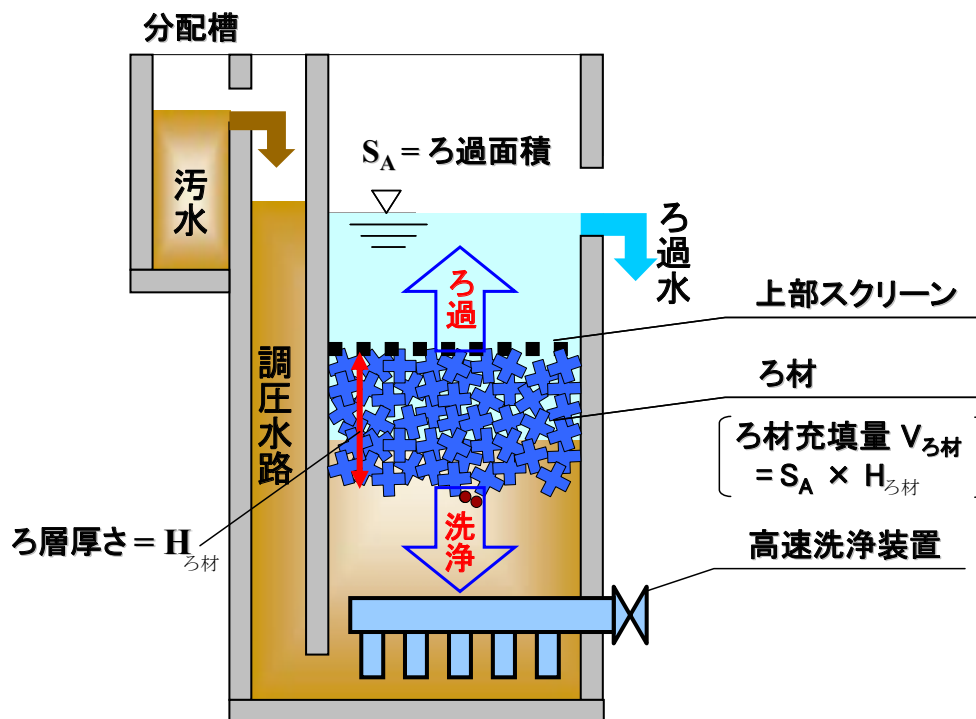


図4-7 超高効率固液分離槽断面図

(2) 二次処理水供給装置

本設備は、定期的な完全洗浄を目的として、超高効率固液分離槽（上部スクリーンの上部等）へ二次処理水等を送水するためのポンプと配管より構成される設備である。

完全洗浄の実施については、複数系列の超高効率固液分離槽を有する場合、朝方の流入水量が少ない時間帯において、完全洗浄の対象となる系列を稼働停止し、停止可能時間内で実施する方法が考えられる。そのため、完全洗浄に必要な二次処理水量が、時間内に超高効率固液分離槽に供給できるよう、ポンプ容量および配管口径を決定する（（注）完全洗浄における実質的な洗浄時間は通常の洗浄と同等の短時間の下向流逆線であるが、完全洗浄のため準備として二次処理水を超高効率固液分離槽に貯留させるのに数時間かかる）。なお、超高効率固液分離槽が1系列のみの場合は、完全洗浄の実施にあたり、その間流入汚水を停止する必要がある。

(3) 次亜塩素酸ナトリウム注入装置

本設備は、超高効率固液分離槽へ次亜塩素酸ナトリウムを注入するためのポンプ、配管および次亜塩素酸ナトリウム貯留タンクにより構成される。ポンプ容量、タンク容量および配管口径に関しては、次亜塩素酸ナトリウムの使用用途を考慮し、必要薬品注入量を踏まえた選定を行う。

§ 35 除去率の決定

除去率は、水処理系の省エネルギー効果、および汚泥処理系の創エネルギー効果を最大化できるように設定する。

【解 説】

水処理系の省エネルギー効果、および汚泥処理系の創エネルギー効果を最大化するには、可能な限り除去率を高く設定する必要がある。除去率はろ過速度が小さいほど高くなる。

除去率の設定は、図4—8のフローに基づき実施する。当該下水処理場の平均流入 SS 濃度と図4—11に示す流入 SS と除去率の関係式から除去率が最大となるろ過速度 250m/日における必要ろ過面積を § 37（式4—5）により算定する。既設躯体面積において必要ろ過面積を確保できない場合は、ろ過速度を大きくし必要ろ過面積の判定を行う。これにより確保可能な場合には除去率を決定し、不可能な場合はさらにろ過速度を変更する。なお、雨天時において活用する場合には、ろ過速度が 1,200m/日を超えないようにろ過面積を設定する。

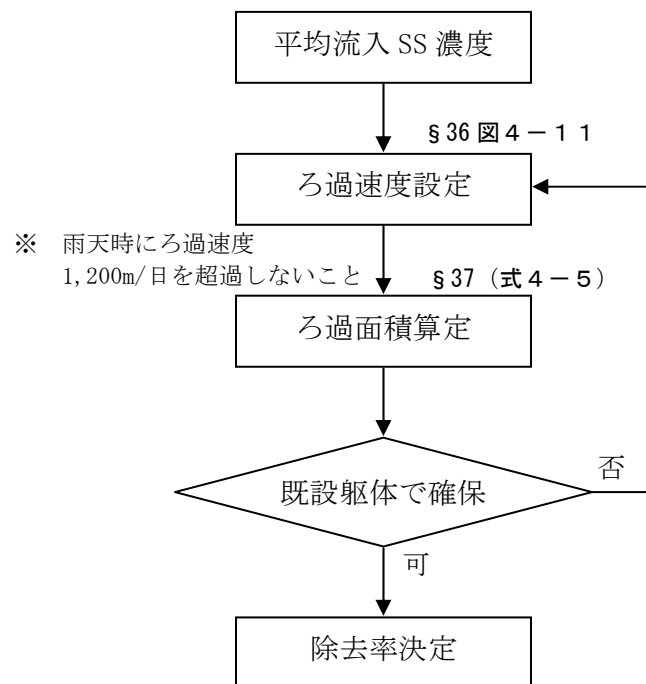


図4—8 除去率の決定フロー

§ 36 超高効率固液分離槽の除去率設定の考え方

超高効率固液分離槽では専用ろ材を使用する。その除去特性として、BOD に関しては SS 由来である浮遊性 BOD が主たる除去対象となる。

【解 説】

(1) 除去特性

超高効率固液分離技術は、流入下水中の生汚泥を効率的に回収するろ過方式の固液分離技術であり、流入下水の SS および BOD 除去率は、従来の最初沈殿池よりも大幅に向上する。ただし、BOD に関しては固形物(SS)由来のものについてのみ捕捉、除去される。

BOD に関しては SS 由来である浮遊性 BOD (C_{pin})のみが除去対象となる。溶解性 BOD (C_{sin})は物理除去を目的としているろ材では捕捉できず、ろ層内部の空隙をそのまま素通りする(図4-9参照)。このように後段水処理設備の処理対象となる易分解性の溶解性 BOD は、本システムでは捕捉されず、そのまま後段設備へ流入する実証結果が得られている(図4-10参照)。

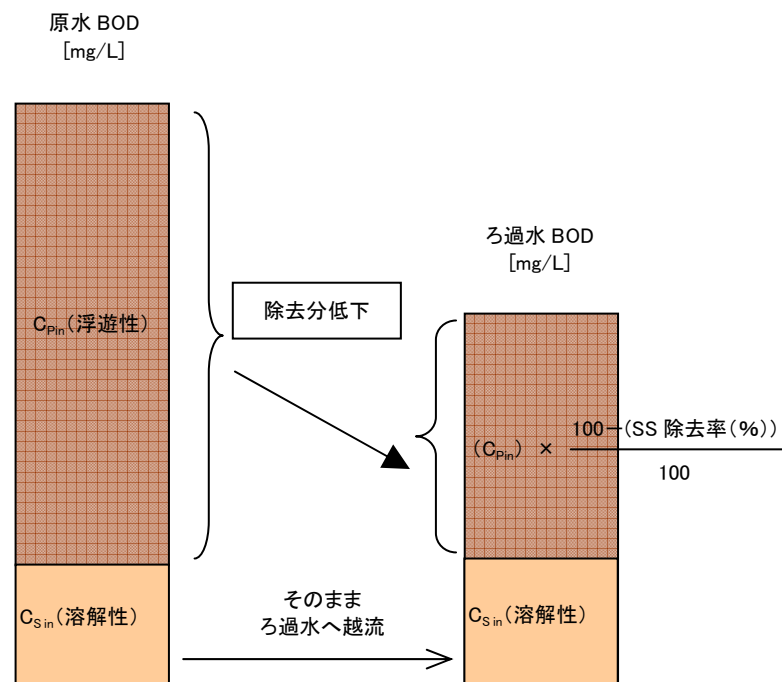


図4-9 BOD 除去のイメージ

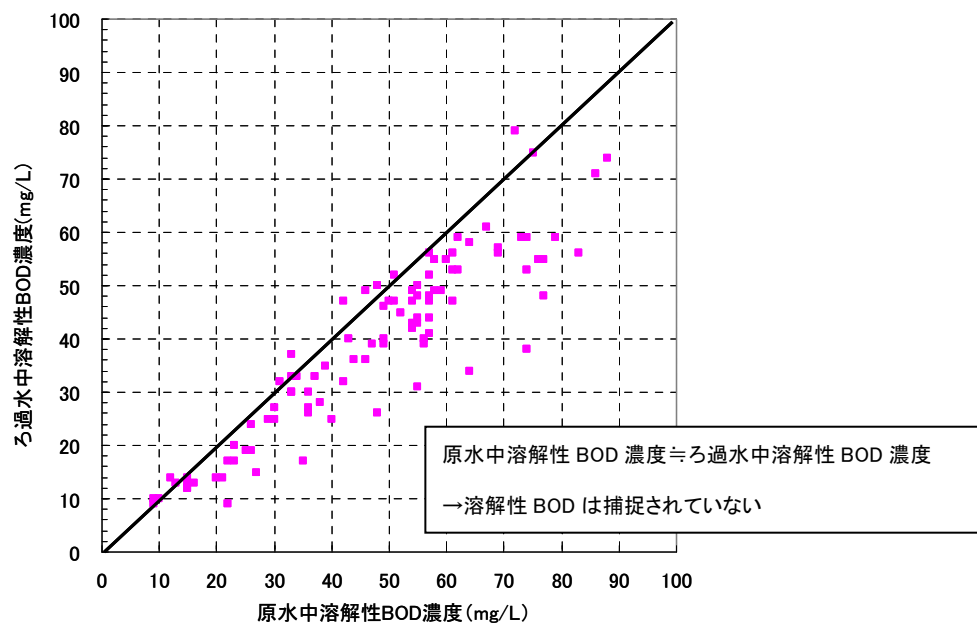


図 4－10 原水中溶解性 BOD 濃度とろ過水中溶解性 BOD 濃度の関係

(2) SS 除去率算定式

処理性能の推定に用いる流入水 SS 濃度は、晴天時既設最初沈殿池への平均流入水質とする。本値は、基本的にモニタリングによる実測値を用いる。

除去率は下記実験結果にて得られた流入 SS 濃度との関係式より算定する(図 4－11 参照)。

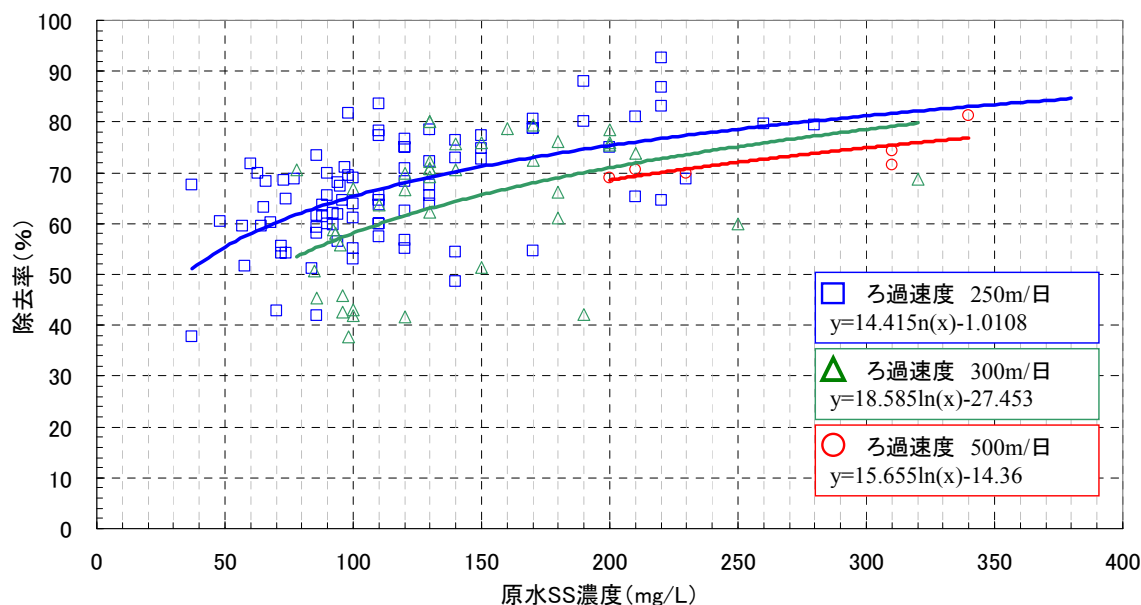


図 4－11 原水 SS 濃度と SS 除去率の関係
(ろ過速度 250m/日, 300m/日, 500m/日 ろ層厚 600mm の場合)

以下に、ろ過速度 250m/日における SS 除去率 (%) の算定手法を述べる。なお、 a 、 σ は設定ろ過速度、原水水質中粒子径分布により異なる点に留意が必要である。

$$\begin{aligned}\text{SS 除去率}(\%) &= a \times \ln(A) + \sigma \\ &= 14.415 \times \ln(A) - 1.0108 \quad \dots\dots\dots (\text{式 4-2})\end{aligned}$$

ここで、

A : 原水 SS 濃度 (mg/L)

a 、 σ : 原水 SS 濃度と SS 除去率の関係から決まる定数 (—)

SS 除去率の計算例

条 件	ろ過速度 : 250m/日
	原水 SS 濃度 : 145mg/L
SS 除去率 (%) = $14.415 \times \ln(A) - 1.0108$	
= $14.415 \times \ln(145) - 1.0108$	
= 70.7 (%)	

(3) BOD 除去率算定式

SS 除去率算定と同様に、処理性能の推定に用いる流入水 BOD 濃度は、晴天時既設最初沈殿池への平均流入水質とする。本値は、基本的にモニタリングによる実測値を用いる。

BOD 除去率は、今回の実証実験結果にて得られた SS 除去率と浮遊性 BOD 除去率の関係式 (図 4-12 参照) を用い、溶解性 BOD は超高効率固液分離槽では捕捉されないと仮定して、算定が可能である。

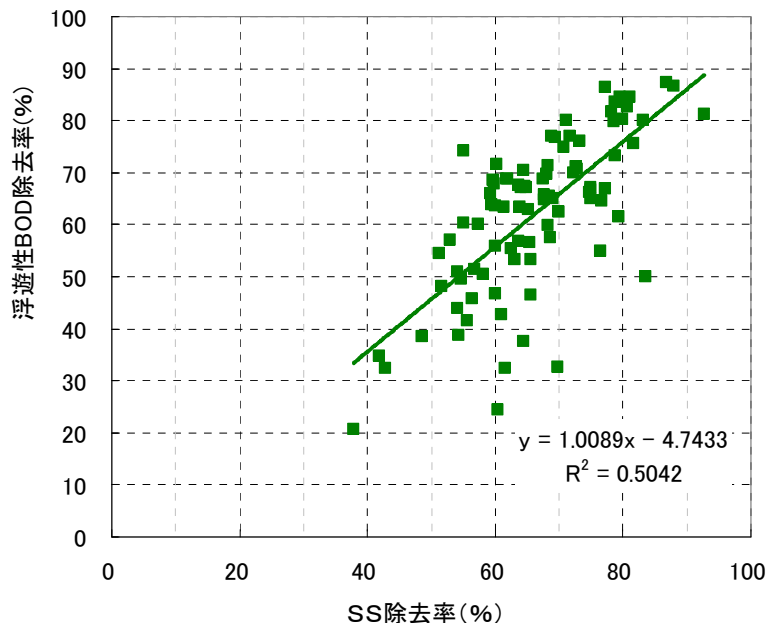


図 4-12 SS 除去率と浮遊性 BOD 除去率の関係
(ろ過速度 250m/日 ろ層厚 600mm の場合)

以下に、ろ過速度 250m/日における浮遊性 BOD 除去率（%）、BOD 除去率（%）の算定手法を述べる。なお、 b 、 β は設定ろ過速度、原水水質中粒子径分布により異なる点に留意が必要である。

$$\begin{aligned}\text{浮遊性 BOD 除去率 (\%)} &= b \times B + \beta \\ &= 1.0089 \times B - 4.7433 \\ &= 1.0089 \times (14.415 \times \ln(A) - 1.0108) - 4.7433 \quad \cdots \cdots \text{(式 4-3)}\end{aligned}$$

ここで、

A : 原水 SS 濃度 (mg/L)

B : SS 除去率 (%)

b : SS 除去率 (%) と浮遊性 BOD 除去率の関係式の傾きから決まる定数 (—)

β : SS 除去率 (%) と浮遊性 BOD 除去率の関係式の y 切片から決まる定数 (—)

$$\begin{aligned}\text{BOD 除去率 (\%)} &= \text{浮遊性 BOD 除去率 (\%)} \times (100 - C) \div 100 \\ &= (b \times B + \beta) \times (100 - C) \div 100 \\ &= (1.0089 \times B - 4.7433) \times (100 - C) \div 100 \\ &= (1.0089 \times (14.415 \times \ln(A) - 1.0108) - 4.7433) \times (100 - C) \div 100 \\ &= (14.543 \times \ln(A) - 5.763) \times (100 - C) \div 100 \quad \cdots \cdots \text{(式 4-4)}\end{aligned}$$

ここで、

C : BOD に占める溶解性 BOD の割合 (%)

BOD 除去率の計算例

条 件 :	ろ過速度	: 250m/日
	原水 SS 濃度	: 145mg/L
	BOD に占める溶解性 BOD 割合	: 30%

$$\begin{aligned}\text{BOD 除去率 (\%)} &= \text{浮遊性 BOD 除去率 (\%)} \times (100 - C) \div 100 \\ &= (b \times B + \beta) \times (100 - C) \div 100 \\ &= (14.543 \times \ln(A) - 5.763) \times (100 - C) \div 100 \\ &= 46.6 (\%) \end{aligned}$$

§ 37 超高効率固液分離槽のろ過速度および面積の設定

超高効率固液分離システムで設定する除去率を得るために、超高効率固液分離槽における必要ろ過速度を設定する。

超高効率固液分離槽のろ過速度は、250～500m/日を目安として設定する。なお、必要ろ過面積は設計水量を設定ろ過速度で除し算出する。

【解説】

超高効率固液分離システムの除去率は、下水処理場で求められる水処理系での省エネルギー効果、污泥処理系での創エネルギー効果を勘案し、求められる除去率を達成するようにろ過速度を設定する。

一般にろ過速度が小さいほど、SS 除去率が高くなり、ろ過水質、生污泥回収率を向上させることが可能であるが、設置スペース、設置費が大きくなる傾向にある。またろ過速度が大きいと洗浄回数が頻繁になる恐れがあるため、現状長期間の運転実証が認められている 500m/日を最大値としての目安とする。

そこで、処理場の設置スペース等を考慮しつつ、必要な除去率が達成できるよう超高効率固液分離槽のろ過速度を設定する。なお、設計水量は § 33 でも記載したとおり、他の水処理設備同様日最大汚水量とするが、創エネルギー効果、省エネルギー効果は日平均汚水量での除去率で検討することが妥当である。また、ろ過面積については以下の式にて算出する。

$$A = \frac{Q}{B} \quad \dots\dots\dots (式 4 - 5)$$

ここで、

A	:	ろ過面積	(m ²)
B	:	ろ過速度	(m/日)
Q	:	設計処理水量	(m ³ /日)

合流式下水道における雨天時対応が必要な場合の設計は、「SPRITS21 雨天時高速下水処理システム(簡易処理の高度化・未処理下水の簡易処理)に係る技術資料」(平成 17 年 3 月)に準拠する。

また、ろ過面積は日最大汚水量をもとに算出したろ過面積と、雨天時計画汚水量をもとに算出したろ過面積を比較し大きい値を採用する。

§ 38 生汚泥貯留設備

生汚泥貯留設備は以下の機器類より構成される。

- (1) 生汚泥貯留槽
- (2) 洗浄排水(生汚泥)ポンプおよび送水管

生汚泥貯留槽は、超高効率固液分離槽で発生する洗浄排水(生汚泥)量に留意し、その容量を設定する必要がある。

【解 説】

(1) 生汚泥貯留槽

生汚泥貯留槽は、最低でも全池1回分の洗浄排水(生汚泥)を受け入れ可能な容量とする。

$$V \geq S_A \times u \times w \quad \dots\dots\dots (式 4-6)$$

ここで、

V	:	生汚泥貯留槽	(m^3)
S_A	:	実ろ過面積	(m^2)
u	:	洗浄速度	($m/分$)
w	:	洗浄時間	($分$)

生汚泥貯留槽は、容量が大きいほど洗浄排水(生汚泥)を多く一次貯留することができ、後段の一次濃縮槽への送水時間を延ばせることから、一次濃縮槽における濃縮時間を確保することが可能となる。従って全池1回分の洗浄排水(生汚泥)を受け入れ可能な容量とする。

合流雨水流入時には、ファーストフラッシュ(短時間での高濃度流入水および水量増)時に、洗浄排水(生汚泥)が頻繁に発生するため、生汚泥貯留槽容量もしくは洗浄排水ポンプ容量を極力大きくすることが望ましいが、生汚泥貯留槽満水時におけるろ材洗浄待機状態を極力回避する必要がある。よって生汚泥貯留槽容量は、一次濃縮槽における必要濃縮時間およびファーストフラッシュ時の流入水質に応じて設計する。

洗浄排水(生汚泥)ポンプについては、晴天時と雨天時における洗浄排水(生汚泥)発生量に応じて送水量を可変できるようにすることが望ましい。

(2) 洗浄排水(生汚泥)ポンプおよび送水管

高速洗浄装置の洗浄能力確保のため、生汚泥貯留槽水位が高速洗浄装置排水管レベルを超えないよう運転水位を設定する。合流式下水道の雨天時ファーストフラッシュ対応を前提とした場合、超高効率固液分離槽1池1回分の洗浄排水(生汚泥)を洗浄時間内で排出できる吐出量のポンプを選定することが望ましい。

また、送水管口径はポンプ吐出量および配管による圧力損失を考慮し設定する。

§ 39 一次濃縮設備

一次濃縮設備は以下の機器類より構成される。

- (1) 一次濃縮槽
- (2) 生汚泥ポンプおよび送水管

一次濃縮槽容量は、流入する洗浄排水(生汚泥)の沈降性と、既設最初沈殿池の躯体寸法を考慮し、十分な汚泥濃縮性能が確保できるよう設定する。

【解 説】

(1) 一次濃縮槽

1) 容量決定のための基本的な考え方

超高効率固液分離技術により分離された洗浄排水(生汚泥)は、汚泥濃度 0.1%程度と希薄である。これが一次濃縮槽(一般には既設の最初沈殿池躯体を利用)で重力沈殿により 0.5～1%程度まで濃縮され、さらに既設重力濃縮槽で 3%程度まで濃縮後、高効率高温消化システムへと導かれる。

ただし洗浄排水(生汚泥)の発生量は、超高効率固液分離槽の運転状況に依存(流入水質、晴天・雨天モード)するため一定ではない。そのため、一次濃縮槽容量は流入水量および水質を考慮し設計する必要がある。同様に、流入原水水質により発生する洗浄排水(生汚泥)の沈降性および濃縮性が異なる可能性があるため、それらについても事前に評価しておく。

なお、超高効率固液分離槽より発生する洗浄排水(生汚泥)は、その希薄性(濃度 0.1%程度)により、濃縮過程がほぼ自由・界面沈降に支配されている(図 4-13 参照)。既設躯体への一次濃縮槽設置スペース割付を行う場合は、事前評価により汚泥濃度が 0.5～1.0%となる沈降時間を設定し、これに基づき必要な面積(式 4-7)を確保する。

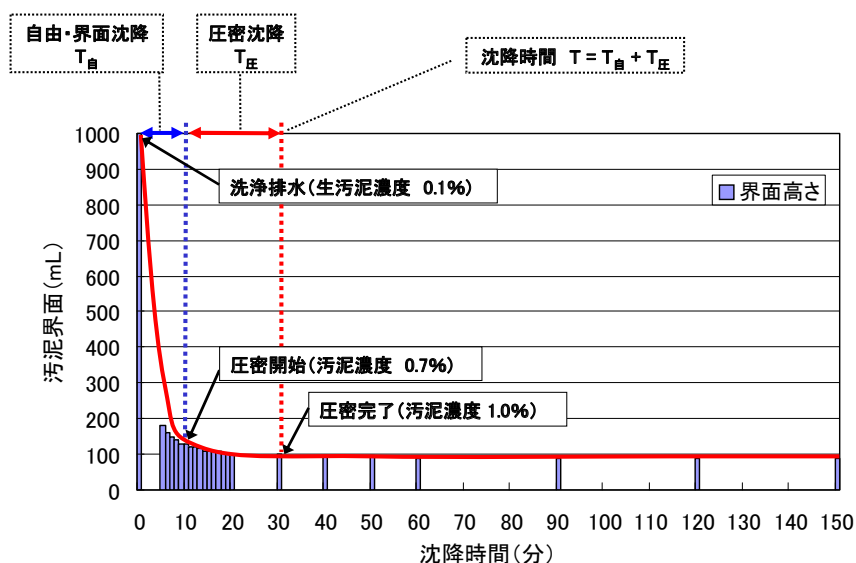


図 4-13 洗浄排水(生汚泥)沈降試験結果例(1000mL メスシリンダーにて実施)

2) 一次濃縮槽面積の設定

一次濃縮槽では、後段水処理設備への負荷低減のためキャリーオーバー等の影響を極力低くするとともに、超高効率固液分離槽で回収した生汚泥を、効率的に上澄水と分離・沈降させる必要がある。そのため汚泥沈降速度に対し、十分な濃縮性能を確保できる面積を確保する。一次濃縮槽における洗浄排水(生汚泥)沈降イメージについて、図4-14に示す。

一次濃縮槽面積の算出はまず、一次濃縮槽を整流壁前後で生汚泥の流入域と沈降域に区別し、沈降域での水面積負荷を設定する。水面積負荷 A ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$) は、事前調査により得られた生汚泥の沈降時間より設定する。一次濃縮槽(沈降域)の超高効率固液分離システムへの割付面積 $S_{\text{一次濃縮槽}}$ (m^2) は、原則として設定水面積負荷 A ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$) および、晴天時における生汚泥貯留槽からの生汚泥流入量 Q ($\text{m}^3/(\text{日})$) (= 洗浄排水(生汚泥) ポンプ容量) より以下の通り算出する。

$$S_{\text{一次濃縮槽}} = \frac{Q}{A} = \frac{T \times Q}{B \times 1,440} \quad \dots\dots\dots (\text{式 4-7})$$

ここで、

$S_{\text{一次濃縮槽}}$	:	一次濃縮槽面積	(m^2)
Q	:	生汚泥流入量	($\text{m}^3/(\text{日})$)
A	:	水面積負荷	($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$)
B	:	一次濃縮槽水深	(m)
T	:	沈降時間	(分)

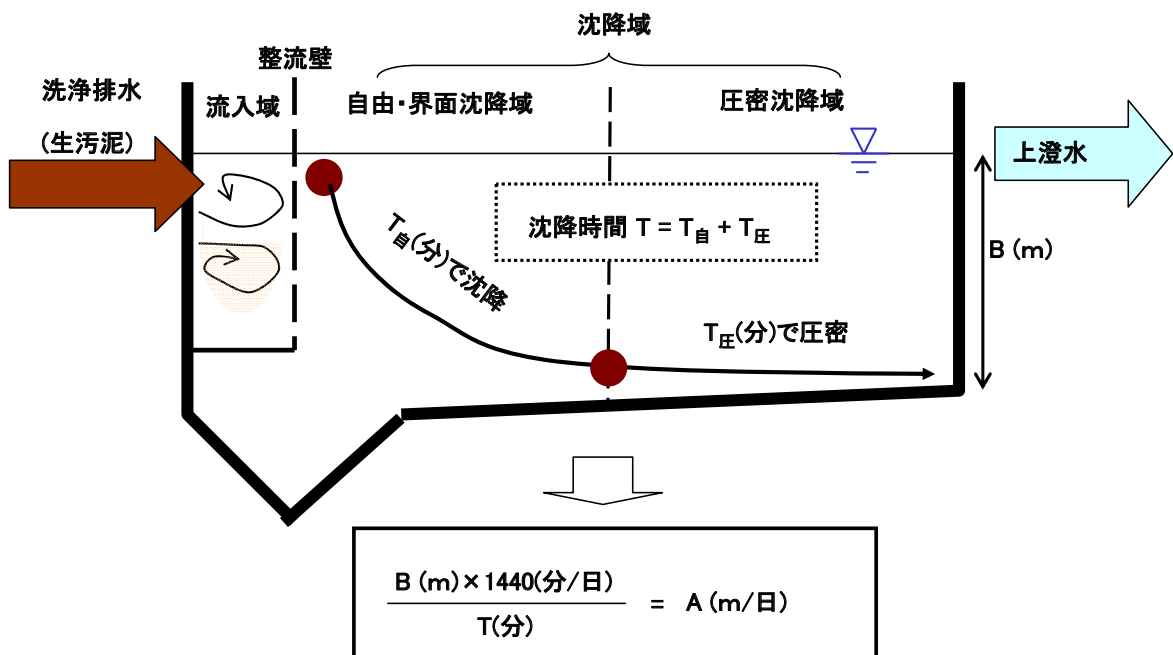


図4-14 一次濃縮槽の洗浄排水(生汚泥)沈降イメージ

ただし、水面積負荷の算出においては、①一次濃縮槽への流入生汚泥は水流方向に直角な断面に均等に分布していること、②生汚泥貯留槽から洗浄排水(生汚泥)ポンプにより圧送される生汚泥の流れは完全な押し出し流れであること、を前提としているため、一次濃縮槽割付面積決定の際は値に余裕を見込むことが望ましい。一次濃縮槽の流入域に関しては、沈降域の割付面積確保後、最初沈殿池躯体の余裕分より適切に割付する。また、沈降域での良好な汚泥沈降を促進するため整流壁を設けると共に、沈降汚泥を掻き寄せるための汚泥掻き寄せ機を設置する。

(2) 生汚泥ポンプおよび送水管

一次濃縮槽にて濃縮される生汚泥量(1%程度)および、その引抜条件にあわせて、生汚泥ポンプ容量を設定する。

定常流入と間欠流入による洗浄排水(生汚泥)の沈降について

一次濃縮槽への洗浄排水(生汚泥)投入については、洗浄排水ポンプ運転方法により定常流入か間欠流入の二通りの方法が考えられる。どちらの流入方法であっても、生汚泥の沈降速度は等しく、その沈降時間も同一であることから前述の一次濃縮槽面積算出方法(式4-7)が適用可能である(図4-15, 図4-16参照)。なお, 図4-15については、定常流入における洗浄排水(生汚泥)沈降イメージを記載している。

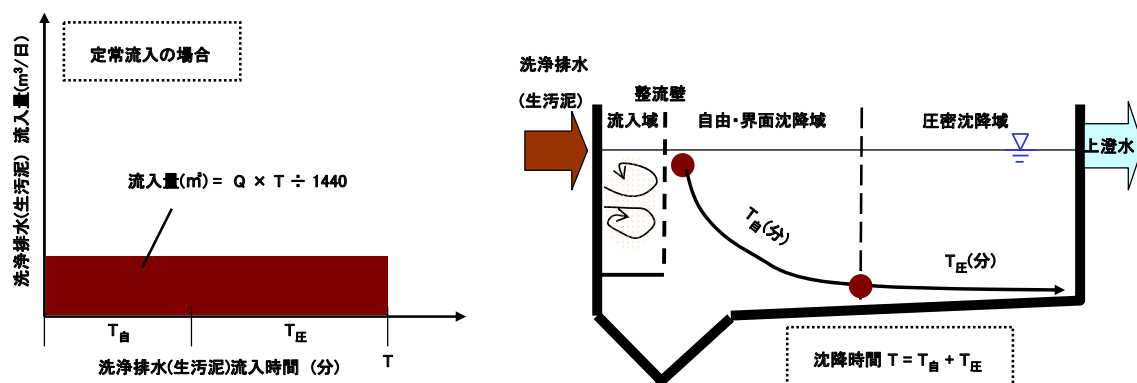


図4-15 生汚泥定常流入イメージ(左)と一次濃縮槽内沈降イメージ(右)

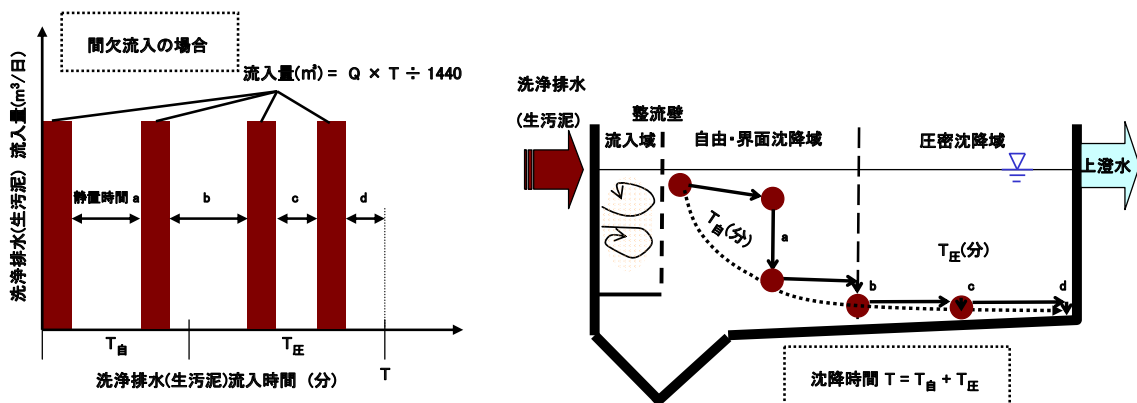


図4-16 生汚泥間欠流入イメージ(左)と一次濃縮槽内沈降イメージ(右)

§ 40 二次濃縮設備(既設重力濃縮槽等)

二次濃縮設備は以下の機器類より構成される。

- (1) 二次濃縮槽
- (2) 生汚泥ポンプおよび送水管

【解 説】

(1) 二次濃縮槽

一次濃縮設備で 0.5～1.0%まで濃縮された生汚泥を，二次濃縮槽で 3.0%程度まで濃縮させる。原則として，(超高効率固液分離システムを導入する)処理場が所有する既設重力濃縮槽を二次濃縮槽として活用する。ただし，既設重力濃縮槽がない場合は新設とする。その際は，設計指針に基づき設計を実施する。

(2) 生汚泥ポンプおよび送水管

二次濃縮槽にて濃縮される生汚泥量(3.0%程度)および，その引抜条件にあわせて，生汚泥ポンプ容量を設定する。二次濃縮槽と同様，既設設備活用を優先的に検討し，既設設備がない場合は設計指針に基づき設計を実施する。

§ 41 既設最初沈殿池への設備割付策定

超高効率固液分離設備，生污泥貯留設備および一次濃縮設備は既設最初沈殿池の改造池数（面積）が最小となるよう，設備を構成する各水槽の割付を設定する。

（１）既設最初沈殿池への導入

既設最初沈殿池土木躯体を改造し，超高効率固液分離槽，生污泥貯留槽および一次濃縮槽を割付する。

（２）超高効率固液分離槽の槽高

槽高さは，既設最初沈殿池の有効水深に最終ろ過損失水頭分を加えた高さとする。

（３）形状

形状は，設置する既設最初沈殿池の形状に合わせて矩形，あるいは円形とする。

【解 説】

（１）既設最初沈殿池への導入

本技術の最初沈殿池への割付にあたっては，超高効率固液分離槽，生污泥貯留槽，一次濃縮槽の必要な面積，容積等を式４－５～式４－７を用いて各々算出し，改造する最初沈殿池の数が最小となるように割り付ける。

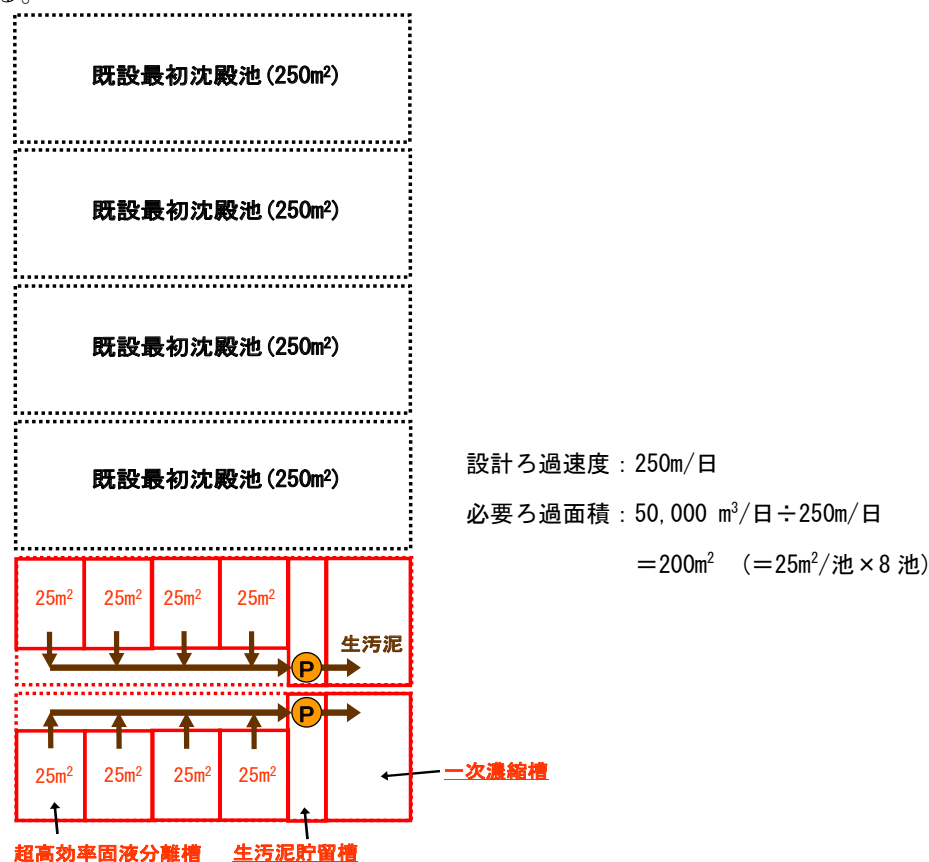


図４－１７ 既設最初沈殿池への導入イメージ (50,000m³/日の例)

（２）超高効率固液分離槽の槽高

本技術は、既設最初沈殿池の比較的浅い土木施設を活用・改造して設置できるように開発されたろ過技術である。設置する場合、新たなスペースの確保が不要で、迅速・安価に設置することが可能である。

図４－１８に超高効率固液分離槽高さの設定を示す。

超高効率固液分離槽高さは、既設最初沈殿池の有効水深に最終ろ過損失水頭分を加えた高さとする。固液分離槽は、流入調圧部とろ過部から構成されるが、ろ過部（共通処理水層，ろ材層，下部空間層で構成）の水深を、既設最初沈殿池の有効水深に一致させる。なお，ろ材層と下部層の層厚は合わせて 1.8m を要するため，共通処理水層分を考慮すると，改造すべき最初沈殿池は少なくとも 2.8m 程度の有効水深が必要である。

流入調圧部は，最終ろ過損失水頭分（ろ材の損失水頭にその他の損失水頭を考慮し 4kPa (0.4m) を見込む)を含む高さとなるため，余裕をみてろ過部水深と比較して上方 0.6m 以上の高さとする。なお流入調圧部での最も高い水位よりも流入水路底を高くする。

したがって，有効水深 2.8～4.0m の最初沈殿池を高速ろ過池に改造すると，全槽高は 3.4～5.0m 程度となる。

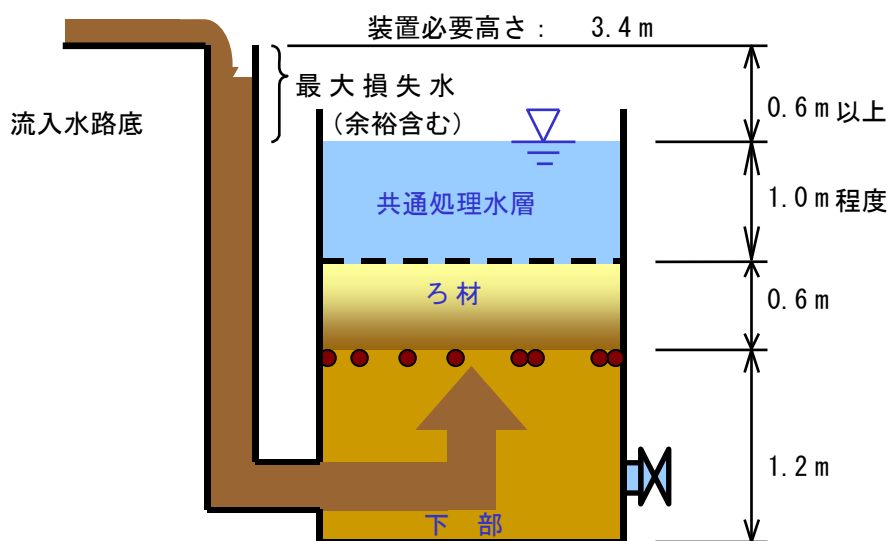


図４－１８ 超高効率固液分離槽高さ

(3) 形状

超高効率固液分離槽は、図4-19に示すように既設最初沈殿池の形状に合わせて設置する。

2層式沈殿池については、上槽を超高効率固液分離槽に改造し、下槽を生污泥貯留槽、あるいは初期汚濁水の貯留池としての活用が考えられる。ただし下槽が非満水時の土木躯体強度等を確認しておく必要がある。

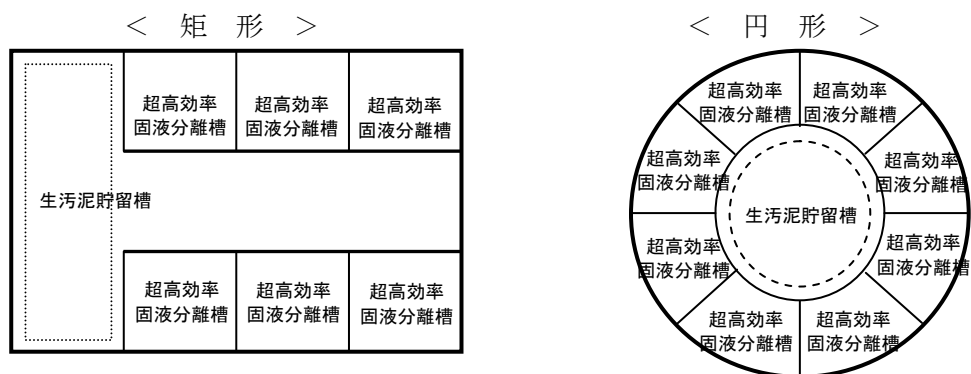


図4-19 設置する最初沈殿池の形状と超高効率固液分離槽の配置

§ 42 制御の考え方

効率的な生污泥回収を目的とし、超高効率固液分離槽での生污泥回収制御と一次濃縮槽での生污泥濃縮制御を相互連携して行う。

【解 説】

一次濃縮槽で生污泥を効率的に濃縮・回収するため、超高効率固液分離槽でのろ材洗浄による生污泥回収と、一次濃縮槽への生污泥投入および濃縮汚泥引抜については原水水質に応じた運転条件を設定するとともに、各々連携した制御が必要となる。

1) 超高効率固液体分離槽の生污泥回収制御

ろ材洗浄間隔および洗浄時間を原水水質にあわせた制御を行い、ろ材洗浄に用いる自己ろ過水を必要最低限の量に抑え、回収生污泥濃度を極限まで高めることで後段濃縮槽での生污泥濃縮性能の向上を図る。

2) 一次濃縮槽の生污泥濃縮制御

超高効率固液分離槽の洗浄は間欠的であるため、一次濃縮槽において安定した濃縮性が得られるよう運転に注意する必要がある。

生污泥貯留槽内の生污泥を一次濃縮槽に間欠的に投入する場合、沈降した一次濃縮汚泥がまき上げられ生污泥回収率低下につながる可能性があるため、運転方法は、図4-20に示すように一次濃縮槽汚泥の引抜き後に洗浄排水が流入するよう設定する。望ましくは、一次濃縮槽汚泥引抜き前に十分な汚泥沈降時間分が確保できるように、洗浄排水（生污泥）が短い間隔で一次濃縮槽に流入しないように留意する。

さらに生污泥投入時、槽内汚泥濃度が低い場合は、汚泥引抜きを実施せず、汚泥濃縮を継続するとともに、前段からの時間当たり生污泥投入量を減少させ（投入時間を延ばす）、濃縮汚泥巻き上がりを防止する等の制御を実施する。

上記運転については、一次濃縮槽に汚泥濃度計を具備させることで槽内汚泥濃度および界面レベルを検知し、槽内汚泥濃縮状況にあわせた超高効率固液分離システムの一連の制御を行う。

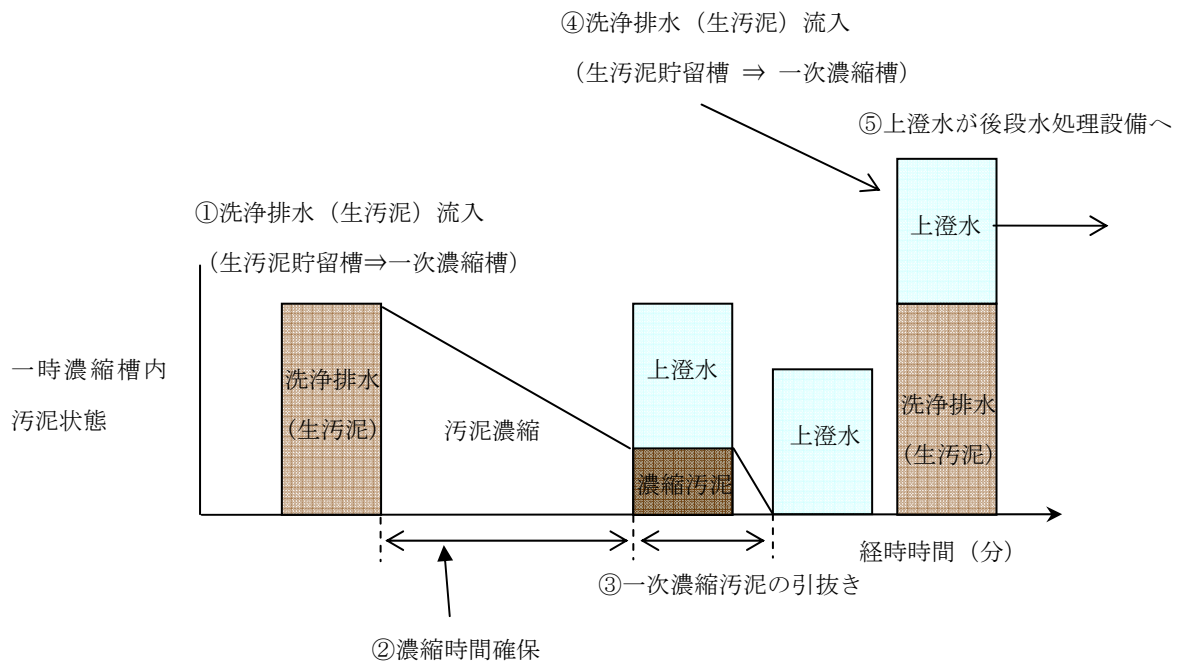


図4-20 一次濃縮汚泥の引抜きの基本的な考え方

§ 43 計装機器

超高効率固液分離システムには，レベル計，汚泥濃度計を設置する。

【解 説】

超高効率固液分離システムでの効率的な生汚泥回収を目的とした各設備の最適運転制御のため，超高効率固液分離設備，生汚泥貯留設備および一次濃縮設備に必要な計装機器を具備させる。

以下に計測機器の一覧，設置場所を示す。

表 4－3 計装機器一覧

名 称	目 的
(1) 調圧水路レベル計	ろ材層の損失水頭を連続測定し，ろ材洗浄の制御に用いる。レベル計測定位置は，各超高効率固液分離槽のろ材層の下部と上部スクリーン上部の差圧を測定できるように設置する。
(2) 共通処理水層レベル計	共通処理水層のレベルを測定し，層内の水位状態の監視とともに，ろ材洗浄の制御に用いる。
(3) 生汚泥貯留槽レベル計	生汚泥貯留槽のレベルを連続測定し，槽内の水位状態の監視とともに，洗浄排水(生汚泥)ポンプの制御に用いる。
(4) 一次濃縮槽汚泥濃度計	一次濃縮槽での濃縮汚泥濃度を測定し，槽内汚泥濃度を測定・監視する。超高効率固液分離槽から一次濃縮槽までの生汚泥回収に係る機器一連の制御に用いる。
(5) 一次濃縮槽上澄水濃度計	一次濃縮槽の上澄水濃度を連続測定し，槽内の汚泥濃縮状況に異常がないか監視する(濃縮汚泥キャリーオーバー監視用)。なお，実設備における常設の要否については別途検討予定。

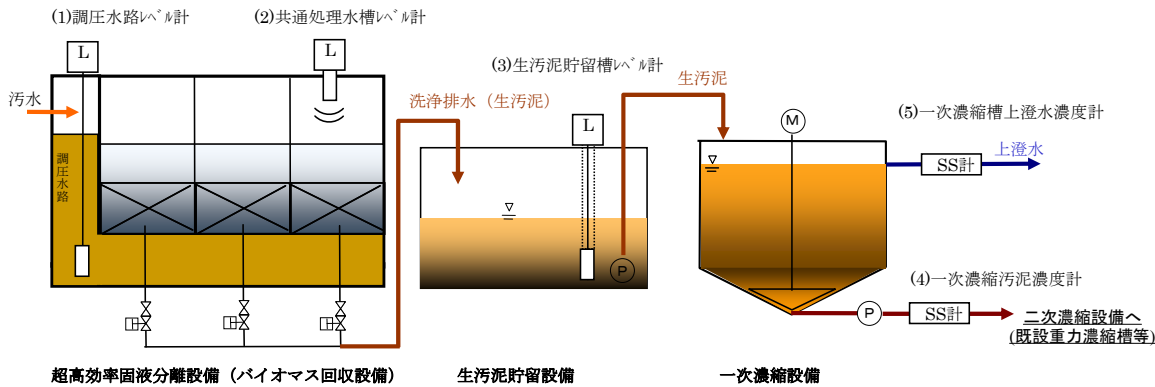


図 4－2 1 超高効率固液分離設備の計測機器設置箇所

§ 44 設備の安全対策

流入原水異常や設備異常時における安全性確保を目的とし、下記事項について対策を実施する。

- (1) バイパス放流堰の設置
- (2) 完全洗浄設備の設置
- (3) 複数系列設置

【解 説】

(1) バイパス放流堰の設置

流入原水の異常増水，超高効率固液分離設備の不具合等により，異常水位上昇が起こった場合に備え，分配堰より高い位置にバイパス放流堰を設ける。バイパス放流堰のレベルは，分配堰の流下能力を超え，水位が上昇した際に越流する水位とする。バイパスされた原水は，後段の反応槽に接続される構造とする。

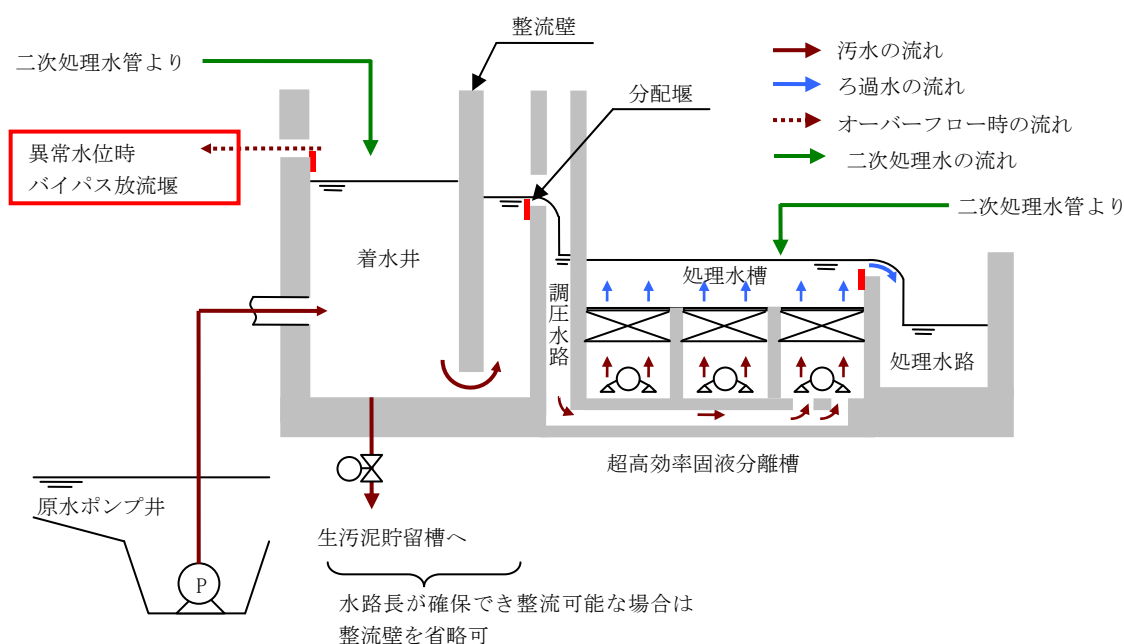


図4-22 分配槽～超高効率固液分離槽断面模式図

(2) 完全洗浄設備の設置

顕著な初期ろ過抵抗の上昇ならびに洗浄回数の増加が見られた場合，二次処理水を用いた完全洗浄を実施する必要がある。そのため，完全洗浄用の設備(図4-22の二次処理水の右側の緑線参照)を設置する。

(3) 複数系列設置

メンテナンス時に対応するため，超高効率固液分離槽は必ず複数系列設置する。

第4節 高効率高温消化システムの設計

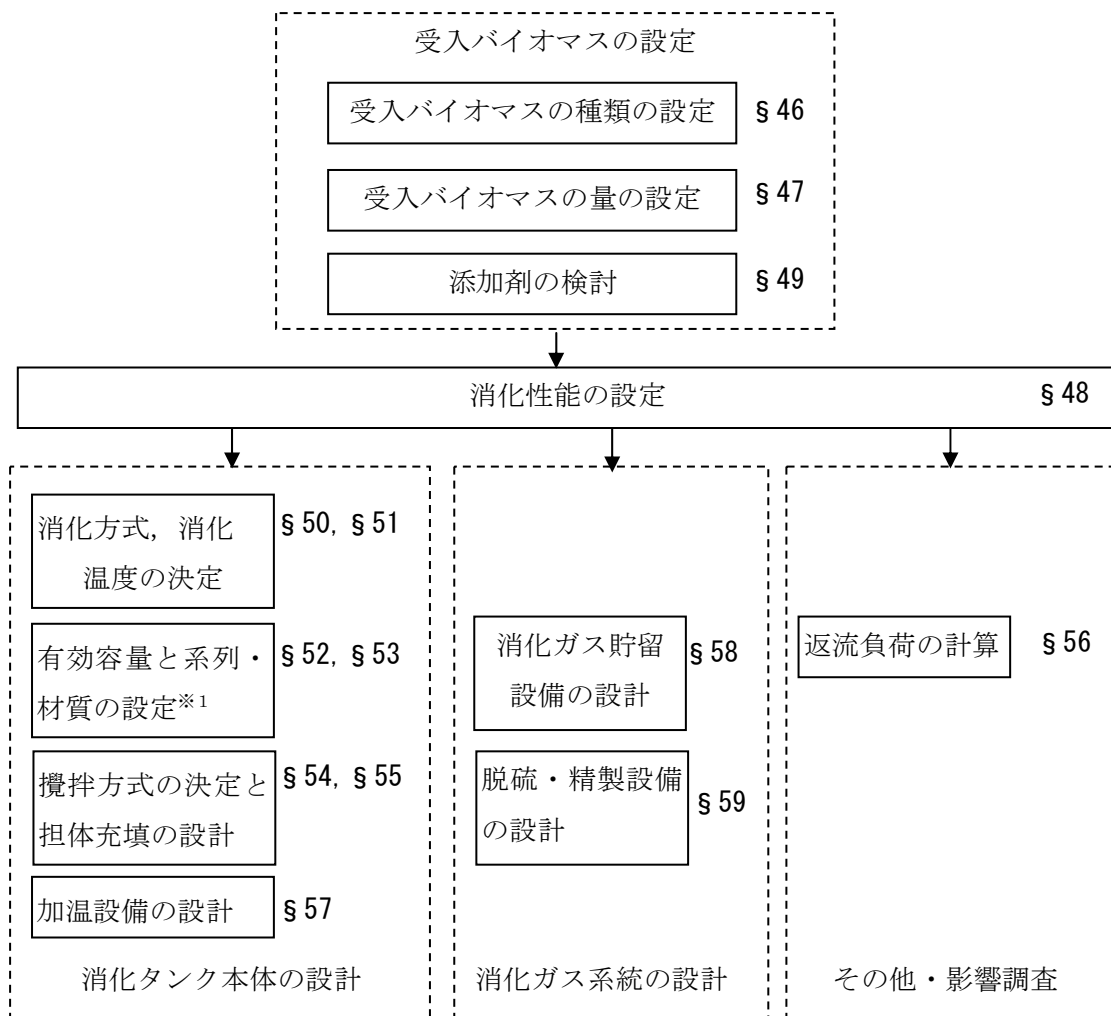
§ 45 設計手順

高効率高温消化システムの設計手順は、以下に示すとおりである。

- (1) 受入バイオマスの設定（種類、量、添加剤）
- (2) 消化性能の設定
- (3) 消化タンク本体、消化ガス系統の設計、その他・影響調査

【解 説】

高効率高温消化システムの設計手順は以下の通りで、受入バイオマスの種類、投入量および性状変動を事前に把握してシステム設計をすることに留意する必要がある。また、生ごみ前処理設備については、運転時間を考慮して設備容量と系列数を決定する必要がある。



※1：投入基質量は日最大を標準として消化タンク容量を決定し、消化タンクの最大容量 1,000m³ を超える場合は系列数を複数系列とすることで対応する。

図4-23 高効率高温消化システムの設計手順

§ 46 受入バイオマスの種類

高効率高温消化システムで受け入れるバイオマスは次の（１）及び（２）を原則とし、必要に応じて（３）および（４）についても検討する。

- （１）生汚泥
- （２）生ごみ
- （３）余剰汚泥
- （４）その他汚泥

【解 説】

（１）生汚泥

高効率高温消化システムで受け入れて消化タンクに投入する生汚泥は、超高効率固液分離設備からの濃縮汚泥であるが、消化タンク容積と加温エネルギーを低減するために、濃度 3 ～ 5 % の濃縮汚泥とする。また、生汚泥のし渣（特に髪の毛）は、移送ポンプ、消化タンク等の閉塞の原因となるためスクリーン等で事前に除去することが望ましい。

（２）生ごみ

受入生ごみは、家庭系および事業系の生ごみ（厨芥）とし、予めプラスチック類、金属類、紙、草木類、骨、貝殻等の発酵不適物を可能な限り除去したものとする。また、生ごみの受入にあたっては、事前にその性状を調査して組成が図 4－24 の塗りつぶし範囲に入っているか確認し、範囲外の生ごみは受入れないものとする。

ここで、生ごみをバイオマスとして受け入れる場合の留意点として、受入バイオマス全体として、投入 VS 負荷が最大 10kg/m³/日、n-Hex 負荷が 1.1kg/m³/日（実証にて確認された最大の負荷）以下になるよう必要に応じて希釈を行う。

また、生ごみは 10mm 以下となるよう破碎し、生汚泥と混合した生ごみスラリー調質時の濃度は、消化タンク内での分散を考慮して 10% 以下とすることが望ましい。

炭水化物：33～56%，タンパク質：19～25%，脂質：23～47%

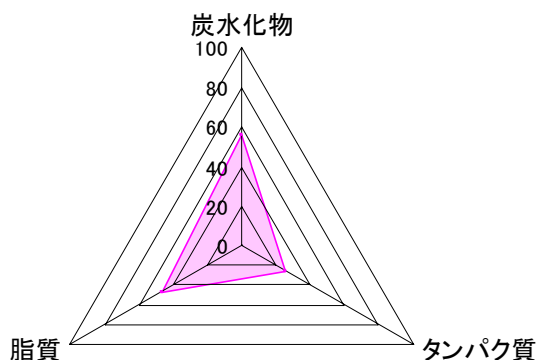


図4-24 受入生ごみの性状の要件

(3) 余剰汚泥

余剰汚泥はタンパク質が主体で消化率が低く，ガス発生量が少ない。

ただし，汚泥の減容化等を目的とした場合には余剰汚泥を消化タンクに投入することが想定される。

余剰汚泥は濃度3～5%の濃縮汚泥とする。なお，濃縮時における過剰の高分子凝集剤添加は消化タンクでの発泡原因となるため，汚泥濃縮にあたっては必要最低限の添加率とすることが望ましい。

(4) その他汚泥

消化タンクに投入するその他汚泥の中でも特にし尿はT-N濃度が高いため，下水汚泥への混合率が大きい場合には消化におけるアンモニア阻害に留意し， $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が2,000mg/L以下になるよう適宜混合率を下げる必要がある。また，浄化槽汚泥はBODが低く，タンパク質が主体であるため消化率が低く，ガス発生量も少ないことに留意する必要がある。

し尿および浄化槽汚泥の性状の一例を表4-4に示す。

表4-4 し尿および浄化槽汚泥の性状の一例

	pH	TS	SS	COD_{Mn}	BOD	T-N	Cl	n-Hex
し尿	8.0	24,600	17,100	6,360	9,920	5,000	2,450	1,000
浄化槽汚泥	7.4	7,986	4,548	3,343	2,793	202	144	728

出典：岡安ら，衛生工学シンポジウム論文集，1：273-276（1993），他

§ 47 受入バイオマス量の設定

高効率高温消化システムの設計上の受入バイオマス量は計画日最大量とする。

【解 説】

受入バイオマス量は日々変動するが、消化タンク容量は受入バイオマス量の日最大量と消化日数から算出する。

また消化ガス貯留設備などの後段の設備容量は、上記と消化ガス発生量、VS 分解率等の消化性能（§ 48 参照）より算出する。

なお、消化タンクへの投入量はできる限り平準化できるように考慮し、貯留槽容量と移送ポンプ容量を決定する。

§ 48 消化性能の設定

消化タンクに投入する基質によって消化特性が異なるので、設計、物質収支等の計算にあたってはこの点に留意する必要がある。

【解 説】

消化温度 55℃，水理学的滞留日数 5 日，担体充填率 5 %の消化条件における基質毎の消化特性は、表 4－5 のとおりである。

ただし、受入バイオマスの種類によっては VS 分解率、消化ガス発生量が異なることがあるので、それぞれ文献調査を行うか基礎試験を行い、消化特性を設定する必要がある。

なお、混合基質の場合の消化特性は、基質毎の消化特性と混合比率により概ね推測することが可能である。

表 4－5 基質毎の消化特性

基 質	VS 分解率 (%)	消化ガス発生量 (Nm ³ /t-VS)		メタン濃度 (%)
		投入 VS 当り	分解 VS 当り	
生汚泥	54	500	930	62
余剰汚泥	34	280	800	62
生ごみ	83	860	1, 040	60

※ 余剰汚泥は既往データによる。

§ 49 添加剤

メタン発酵の代謝経路で微量元素として微量の Ni, Co が必要となるため、投入基質の Ni, Co の含有量によっては添加剤を添加する必要がある。ただし、下水汚泥のみの消化、または下水汚泥と生ごみの混合消化においては、Ni, Co の必要量はおおむね満たしているので添加剤の添加は不要である。

【解 説】

高温消化においては、メタン発酵の代謝経路において微量の Ni, Co が必要となるため、投入基質にこれらの微量元素が含まれているかを事前に調査する。消化液中の濃度として下記の濃度^{※1}以下となる場合は、第二塩化物塩としてこれらの金属を投入基質に微量添加する必要がある。

Ni : $30 \mu\text{g/L}$ -基質, Co : $26 \mu\text{g/L}$ -基質^{※1}

メタン発酵で必須元素とされる鉄, ニッケル, およびコバルトは, それぞれ 20, 4 および 3 mg/kg 酢酸が必要であるとされている^{※2}。混合汚泥の VS/TS 比を 0.86, COD/VS 比を 1.7, その分解率を 0.6 とし、菌体収率を無視すれば 1 gTS の下水汚泥から $0.86 \times 1.7 \times 0.6 \times 60$ (g 酢酸/mol) / 64 (gCOD/mol) = 0.82 g の酢酸が生成することになるので、鉄, ニッケルおよびコバルトは, それぞれ 16, 3 および 2 mg/kgTS 程度必要となる。

図 4-25 に示すように、混合汚泥に含まれている濃度は、処理場によりばらつきが多少あるものの、必要量はおおむね満たしている。コバルトについては、やや少なめの処理場があったものの、必要量と同じ桁程度は含まれていた^{※3}。

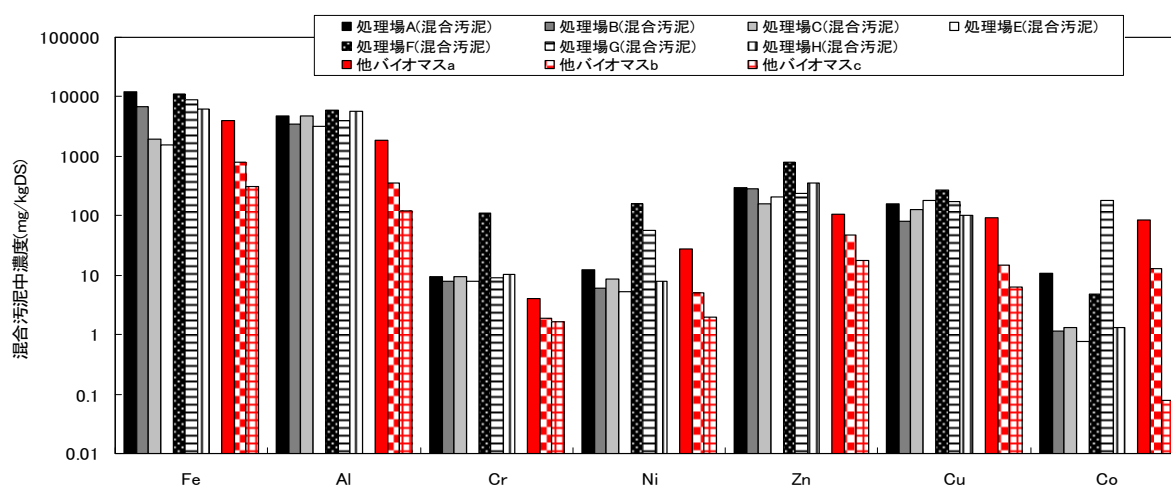


図 4-25 混合汚泥の金属元素濃度

(他バイオマス a : 模擬食品工場廃棄物, b : 模擬間伐材, c : 実証実験生ごみ)

※1 : 木田健次 (熊本大学), 「メタン発酵の代謝経路とその変換」, 環境管理, Vol. 35, No.6, p. 27-34, (1999)

※2 : Speece R. E. : 産業廃水処理のための嫌気性バイオテクノロジー, 技報堂出版, 1999.

※3 : 日高 平, 内田 勉 : 下水汚泥の性状および消化特性に関する処理場毎の比較調査, 土木学会論文集 G (環境), Vol. 68, No. 7, pp. III_325-III_332, 2012. より改変

§ 50 消化方式

消化方式は、汚泥消化タンクで固液分離を行わずに生物反応のみを行う一段消化とする。

【解 説】

消化タンクに投入するバイオマスは、生汚泥と混ぜ合わせた生ごみスラリー濃度は 10%以下、生汚泥濃度は 3～5%，機械濃縮された余剰汚泥濃度は 3～5%と高濃度になるよう設計するため、表 4－6 に示すように消化汚泥濃度は 1.0～2.5%，VTS 67～82%となり、直接脱水可能な濃度となる。従って、消化タンクで固液分離を行う必要はないため、二段消化を採用する必要はない。

また、運転管理の容易性も考慮し、消化方式は一段消化とする。

表 4－6 消化汚泥の性状の一例（実証研究成果より）

項 目	単位	平均値	最小値	最大値
TS	%	1.47	0.99	2.45
VTS	%/TS	76.9	66.6	81.9
SS	mg/L	9,300	5,000	18,000
VSS	%/SS	74.7	67.8	81.6

§ 51 消化温度

消化方法は高温消化とし，55℃を目標とする。

【解 説】

消化温度は，消化処理時間が短く高速処理が可能で，消化タンク容量を小型化できる高温消化とする。燃料電池排熱等を有効に利用し，消化タンクを 55℃程度に加温して消化を促進させる。

§ 52 消化タンク有効容量

(1) 消化タンクの有効容量は、投入基質毎の水理学的滞留時間（消化日数）より定める。

$$V = Q \times T$$

V：消化タンク容量

Q：消化タンクに投入される汚泥および生ごみ量

T：消化日数

(2) 消化日数は5日を標準とする。

【解 説】

(1) 消化タンクの有効容量

消化タンクの有効容量は、槽内容積から上部のガス充満容積を除いたものである。

また、1基当たりの最大容量は現地施工を考慮し、1,000m³を原則とする。

(2) 消化日数

消化タンクの水理学的滞留時間（消化日数）は、表4-7に示すように生ごみとの混合条件で5日を原則とするが、余剰汚泥との混合汚泥を消化する場合は、分解の遅い余剰汚泥が含まれるため10日とする。

なお、定量的な分解性能、ガス発生特性については、実際に投入する汚泥や生ごみを用いて、調査実験で確かめる必要がある。

表4-7 基質毎の消化日数

基 質	消化日数
生ごみ＋生汚泥	5 日
生汚泥	5 日
生ごみ＋混合（生汚泥＋余剰汚泥）汚泥	5 ～10 日
混合（生汚泥＋余剰汚泥）汚泥	10 日

§ 53 材質

消化タンクの材質は原則として鋼製（SS400）とする。

【解 説】

消化タンク内は嫌気性雰囲気であり、かつ消化液は弱アルカリ性の液性状であるため通常腐食は進行しない。また、消化ガスに含まれる硫化水素等の腐食性ガスに対しても、鋼製タンク表面に強固な硫化鉄皮膜が形成されるため通常腐食は進行しない。しかし、空気と接触すると腐食が進行する恐れがあるため、担体交換などで消化タンクを開放する場合を考慮し、消化タンク内面には、エポキシ樹脂塗装を施す。

§ 54 攪拌方式

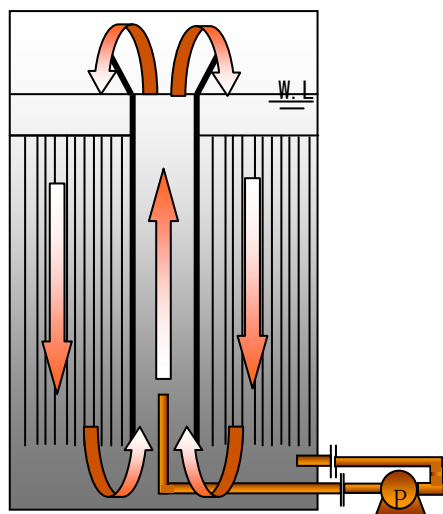
消化タンクの攪拌は、ポンプ循環方式または機械攪拌方式とする。

【解 説】

本技術の実証研究ではポンプ循環方式を用いた。また、機械攪拌方式も有効な手段と考えられる。ポンプ循環方式を図4-26に、機械攪拌方式を図4-27に示す。攪拌に求められる要件は以下の通りである。

- (1) 消化タンクの攪拌は、投入汚泥と消化汚泥との混合、槽内温度の均一化、粒子に付着しているガスの分離による消化率の向上を図ると共に、槽内スカムを破碎し、槽下部への堆積を防止し、有効容量を確保するためのものである。
- (2) 生ごみおよび汚泥は、槽内で均一に拡散され、かつ消化液引抜時に短絡しない箇所へ投入する。
- (3) 消化液の排出は、堆積物を溜まりにくくするため、消化タンク下部からのポンプ排出とする。なお、ポンプの吸込口は可能な限り消化タンク中央付近とする。

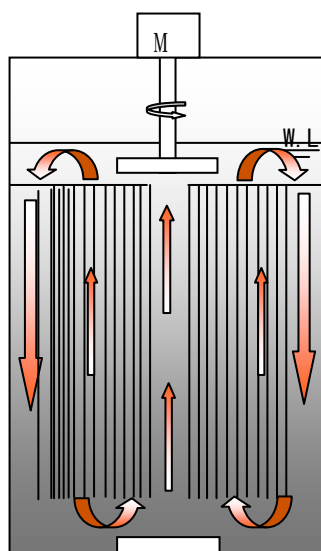
①ポンプ循環方式



- ・ 槽外に設定した汚泥循環ポンプにて汚泥をドラフトチューブ内へ供給する
- ・ ドラフトチューブ内は上向流を標準とする。
- ・ 消化液循環回数は、8～12回/日を標準とする。
- ・ 攪拌量を把握するため、循環配管には流量計を設置することが望ましい。
- ・ ポンプ流量は、槽内を均一に攪拌できる容量を選定する。

図4-26 ポンプ循環方式

②機械攪拌方式



- ・ 機械攪拌式においては、ドラフトチューブは設置しない。
- ・ 消化タンク上部に設置された攪拌機により、槽外壁に下降流を、槽内担体充填部に上向流を発生させることにより、槽内を均一に攪拌する。
- ・ 消化タンクは、攪拌機の運転重量や振動に耐えうる構造とする。
- ・ 攪拌機動力は、攪拌力を調節できるよう、インバーターモータとする。

図4-27 機械攪拌方式

§ 55 担体

消化タンクに充填する担体については、次の項目を考慮して定める。

- (1) 形状・材質
- (2) 設置方法
- (3) 充填率

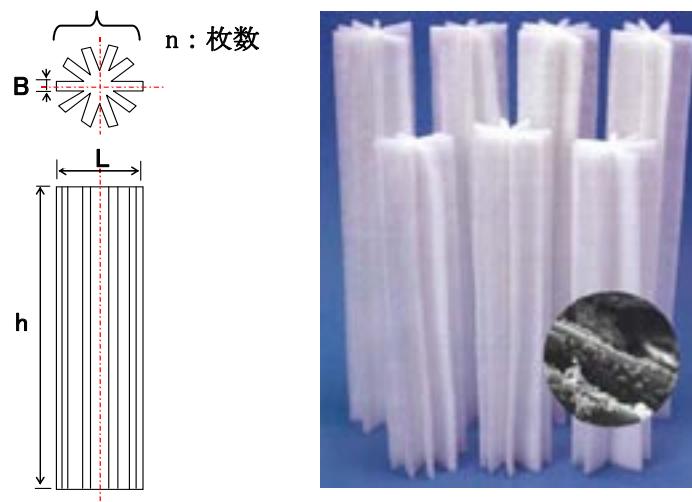
【解 説】

(1) 形状・材質

担体は不織布を成形したものとし、その形状は消化液の鉛直方向の流れを妨げない円柱状の形状（図4－28に示すような菊形に成型し円柱状としたものなど）のものを選定する。また、担体を構成する不織布は消化液による加水分解を受ける恐れがあるため、加水分解に対して耐性を持つ材質を選定する。

(2) 設置方法

担体の消化タンクへの設置については、閉塞リスク低減のため担体同士が接触しないように配置し、各担体間の消化液の流路を確保して閉塞を防止する。また、担体の流出や消化液の流れを妨げないようにするため、担体は上端および下端で消化槽内に設置した固定枠などに固定する。



$$\text{※ 担体見掛け体積 (m}^3\text{)} = B \times L \times n \times h \quad \cdots \cdots \text{(式 4-8)}$$

ここに、

B：不織布厚さ（m）

L：不織布幅（m）

n：不織布枚数（枚）

h：不織布長さ（m）

図4－28 担体模式図

(3) 充填率

担体充填率^{※1}は、消化タンクに投入するバイオマス量の変動幅に応じて決定するが、消化タンク内の閉塞リスクや攪拌状況を考慮して15%以下とする。

$$\text{※1: 担体充填率 (\%)} = \text{担体見掛け体積}^{\text{※}} / \text{消化タンク有効容積} \times 100 \quad \cdots (\text{式 4-9})$$

図4-29に示すように、担体の充填率が高いほど消化タンク内の菌数が多くなり、かつ担体に菌が固定化されるため、短い消化日数でも消化タンクから菌のウォッシュアウトが起こらず高負荷条件でも安定したメタン発酵を維持することが可能となる。また、担体を充填することで負荷変動に対する耐性も大きくなるが、充填率が高くなるにしたがって消化タンク内での閉塞リスクが高まることと、攪拌状態が悪くなることを考慮して担体充填率は15%以下とする。

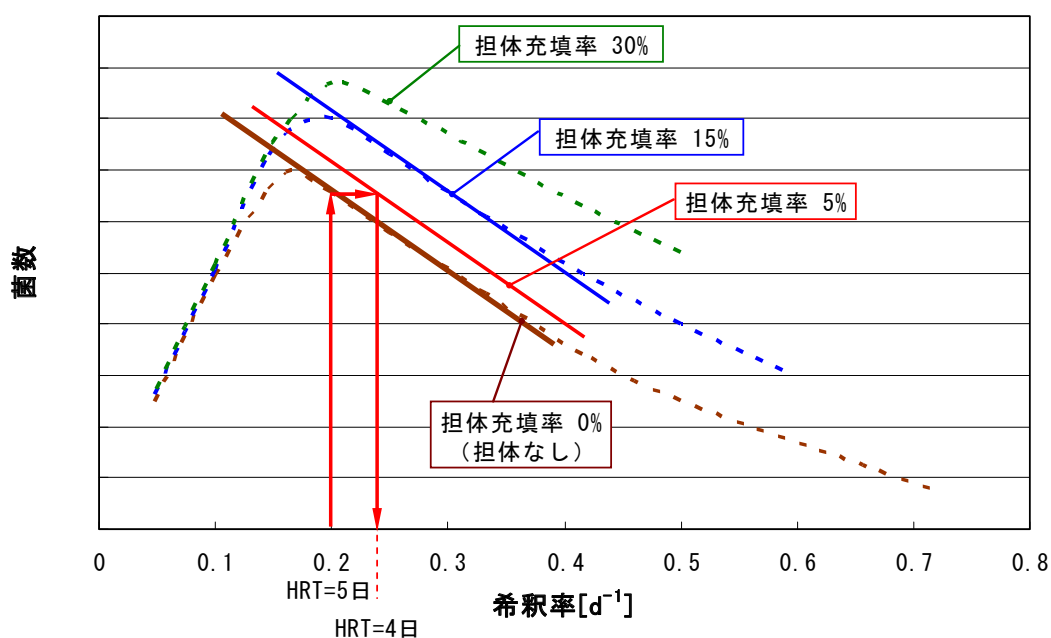


図4-29 担体充填率と菌数の関係イメージ

出典：(財)廃棄物研究財団，廃棄物処理技術開発支援事業-第11号-調査報告書「生ごみ高負荷メタン発酵・亜硝酸脱窒廃液処理技術」，2005

§ 56 逆流負荷

消化タンクに投入するバイオマスの種類によって異なるが、水処理への逆流負荷は増加または減少するので、水処理系の設計にあたってはこの点に留意する必要がある。

【解 説】

消化汚泥の脱水処理で発生する脱水ろ液は、通常水処理系に返送するが、消化による有機物分解により消化をしない場合に比べて逆流負荷が増減する。

本システムの基本的な方式は、生汚泥（および生ごみ）の消化としている。通常の余剰汚泥を含む混合生汚泥の消化と比較すると、窒素、りんを比較的多く含む余剰汚泥からの窒素、りんの消化汚泥への再溶解がないため、返流水中の窒素、りん濃度は低くなる。

表 4－8 脱水ろ液の返流水負荷への影響（日本下水道事業団共同研究の八代実証試験より）

	消化なし			生汚泥のみ消化				生汚泥＋生ごみ消化			
	流入水 (kg/日)	返流水 (kg/日)	合計 (kg/日)	流入水 (kg/日)	返流水 (kg/日)	合計 (kg/日)	負荷増 加率(%)	流入水 (kg/日)	返流水 (kg/日)	合計 (kg/日)	負荷増 加率(%)
BOD	3,000	115	3,115	3,000	60	3,060	-1.8	3,000	175	3,175	1.9
T-N	600	13	613	600	21	621	1.3	600	49	649	5.9

表 4－8 に示したように、生汚泥のみを消化、消化汚泥と余剰汚泥を脱水処理した場合 BOD 負荷は 2 % 程度減少するが、T-N 負荷は $\text{NH}_4\text{-N}$ の生成により 1 % 程度増加する。また、生汚泥＋生ごみ（TS 比 1 : 1）を消化、消化汚泥と余剰汚泥を脱水処理した場合は生ごみによる有機物、窒素の持込により、BOD 負荷は 2 %、T-N 負荷が 6 % 程度増加する。

§ 57 加温設備

加温設備の設計条件は設計指針に準拠するが、特に次の項目を考慮して定める。

- (1) 加温方式は、燃料電池排熱（温水）を利用するため、間接加温方式（熱交換器加温式）とする。
- (2) 燃料電池排熱を最大限利用するため温水回収温度は 55℃とし、燃料電池排熱（温水）で投入汚泥を予熱し、バックアップとして温水ボイラを設置する。
- (3) 引抜消化汚泥の有する熱エネルギーを利用する場合は、投入汚泥との熱交換を行うものとする。

【解 説】

加温設備（熱交換器の伝熱面）は、継続的な使用により、汚泥側では汚泥や油脂分が付着し、温水側では熱交換器の伝熱面にスケールが付着するため、定期的な保守点検が必要となる（§ 65 参照）。

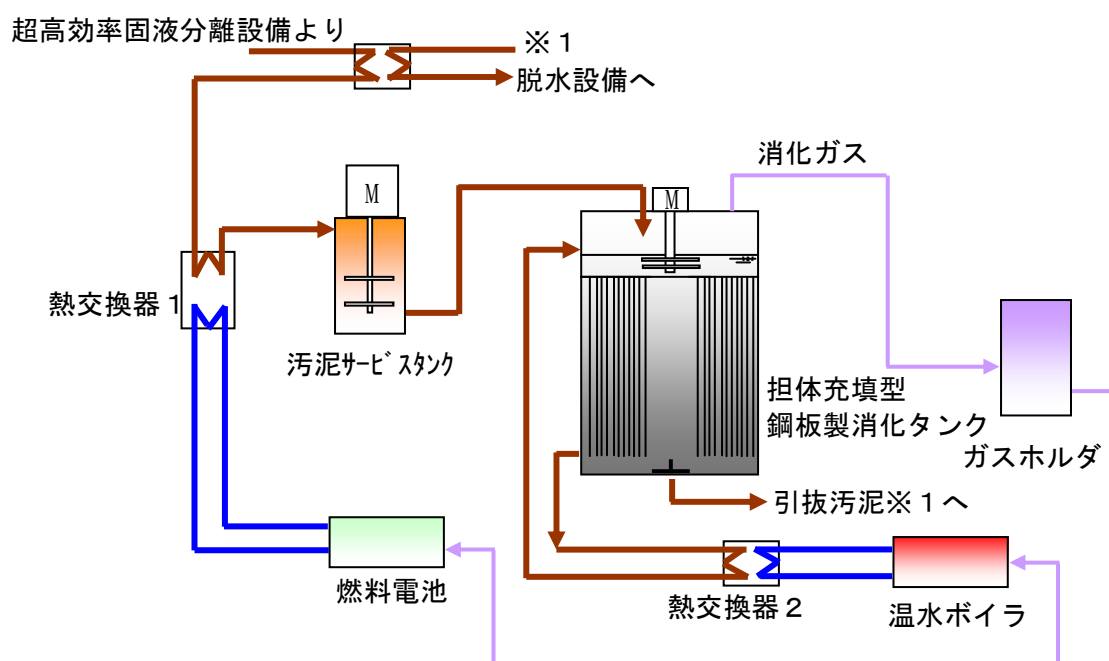


図4-30 加温設備

◆容量計算例

消化タンク汚泥投入量: Q_1 (m³/h)

汚 泥 温 度: t_1 (°C)

消化タンク投入汚泥温度: t_2 (°C)

消化タンク到達汚泥温度: 55 (°C)

消化ガス発生量 : $Q_g (\text{Nm}^3/\text{h})$

消化ガス発熱量 : $21.6 \text{MJ}/\text{Nm}^3$ (メタン濃度 60%時)

発電機消費ガス量 : $Q_E (\text{Nm}^3/\text{h})$

発電機発電効率 : 40(%)

発電機排熱回収率 : 50(%) (温水 55℃)

温水ボイラ熱効率 : 0.89

(1) 熱収支

$$\text{消化タンク加温必要熱量 } E_0 (\text{kJ/h}) = Q_1 \times (55 - t_1) \times 4.186 \times 1000 \times 1.2 \quad (\text{放熱考慮}) \quad \dots\dots\dots (\text{式 4-10}) \quad ①$$

$$\text{発電機排熱量 } E_1 (\text{kJ/h}) = Q_E \times 21.6 \times 50/100 \quad \dots\dots\dots (\text{式 4-11}) \quad ②$$

① < ② OR ① = ② $\Rightarrow$ 温水ボイラ不要

① > ② $\Rightarrow$ 温水ボイラ必要

(2) 温水ボイラ必要ガス量

$$\begin{aligned} \text{温水ボイラ消費ガス量 } Q_B (\text{Nm}^3/\text{h}) &= (\text{消化タンク加温必要熱量} - \text{発電機排熱量}) / 0.89 \\ &= \{ (Q_1 \times (55 - t_1) \times 4.186 \times 1000) - (Q_E - Q_B) \times 21.6 \times 50/100 \} / 0.89 \quad \dots (\text{式 4-12}) \end{aligned}$$

$$\text{よって, } \boxed{Q_B (\text{Nm}^3/\text{h}) = (Q_1 \times (55 - t_1) \times 4.186 \times 1000) / (0.89 - 21.6 \times 50/100) - Q_E} \quad \dots\dots\dots (\text{式 4-13})$$

(3) 熱交換器

必要伝熱面積

$$A = \frac{Q}{(K \times \Delta T)} \quad \dots\dots\dots (\text{式 4-14})$$

Q : 交換熱量 (=消化タンク加温必要熱量)

K : 熱交換器の総括伝熱係数

ΔT : 対数平均温度差

$$= \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{2.3 \log (\Delta t_1 / \Delta t_2)}$$

Δt_1 = 温水入口温度 - 出口汚泥温度

Δt_2 = 温水出口温度 - 入口汚泥温度

§ 58 消化ガス貯留設備

消化ガス貯留設備は、次の項目を考慮して定める。

(1) 形式

貯留容量に応じて、「乾式低圧鋼板製」、「乾式中圧鋼板製」あるいは「ダブルメンブレン式」から最適なものを選定する。

(2) 貯留容量

ガスホルダは、発消化ガス量の12時間分のガスを貯留できる容量とする。

なお、燃料電池を非常用発電機として利用する場合は、電力復旧まで下水処理場の最低限機能維持のための揚水、消毒等に要する電力供給が可能となる貯留容量を確保する。

【解 説】

(1) 形式

耐候性、耐風性、耐震性に対しても安全性を十分考慮したものとする。また、その構造はガス事業法に基づく「ガス工作物の技術上の基準の細目を定める省令」および「同細目を定める告示」によるものとする。

(2) 貯留容量

燃料電池は、30%部分負荷まで出力調整が可能で、部分負荷においても高い発電効率が維持できるため、災害復旧までの非常時対応として、原水ポンプ、消毒設備、照明設備等の電源供給が可能となる。

燃料電池を非常用発電機として利用する場合、ガスホルダは下水処理場の最低限機能維持に必要な電力を電力復旧まで供給可能な消化ガス量を貯留できるものとし、復旧時間としては24時間程度見込むことが望ましい。なお、電力が想定復旧時間経過後も復旧しない場合は、既存の非常用発電設備を稼働させる。

また、燃料電池は都市ガスでの発電も可能で、都市ガスは災害に強いいため、都市ガスを燃料として利用できる場合は、都市ガスの被災がない限り発電を継続することができる。

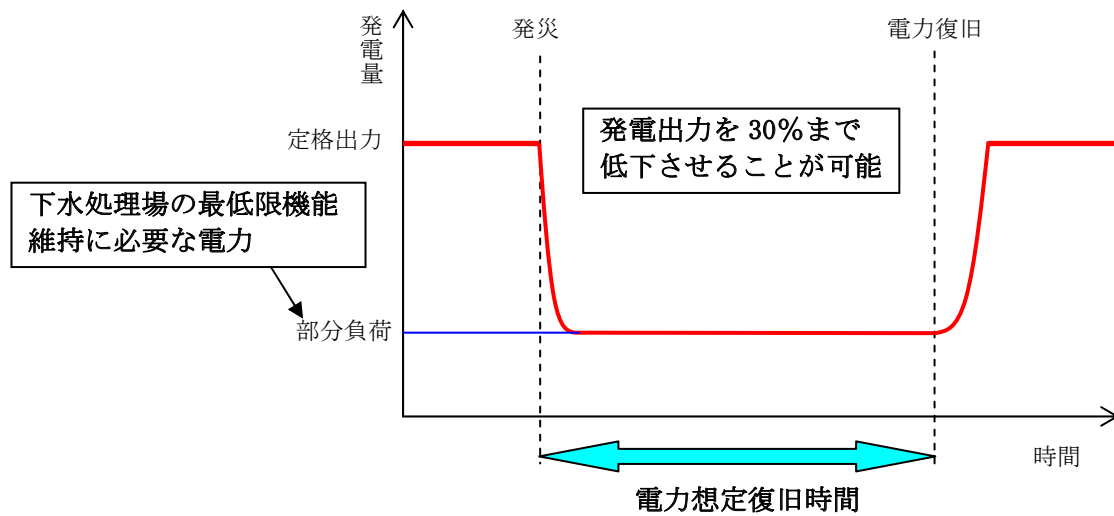


図4-3-1 震災時の都市ガス復旧までの燃料電池稼働イメージ

消化ガス貯留設備の設計例（燃料電池を非常電源として利用）を以下に示す。

ガスホルダ貯留容量： $Q(\text{m}^3)$

消化ガス発生量： $Q_g(\text{m}^3/\text{h})$

発電機消費ガス量： $Q_E(\text{m}^3/\text{h})$ ※非常時部分負荷

発電機発電効率：40(%)

消化ガス発熱量： $21.5\text{MJ}/\text{m}^3$ （メタン濃度60%時）

非常時必要出力： $K(\text{kWh})$

電力想定復旧時間：24(h)

(通常運転時)

$$Q_1 = Q_g(\text{m}^3/\text{h}) \times 12(\text{h}) \quad \dots\dots\dots (\text{式4-15})$$

(非常時)

$$Q_E = K \div (21.5 \times 40/100 \times 1/3.6) (\text{m}^3/\text{h}) \quad \dots\dots\dots (\text{式4-16})$$

$$Q_2 = Q_E (\text{m}^3/\text{h}) \times 24(\text{h}) \quad \dots\dots\dots (\text{式4-17})$$

以上より，消化ガス貯留容量 $Q(\text{m}^3)$ は，

$$Q_1 > Q_2 \text{ の場合 } Q = Q_1(\text{m}^3)$$

$$Q_1 < Q_2 \text{ の場合 } Q = Q_2(\text{m}^3)$$

§ 59 脱硫・精製設備

- (1) 脱硫・精製設備は、脱硫装置とシロキサン除去装置から構成され、脱硫装置はガスホルダ前段に、シロキサン除去装置は発電設備前段に設置する。
- (2) 脱硫装置、シロキサン除去装置は乾式充填塔とし、設置台数は原則として2塔式とする。

【解 説】

脱硫装置とシロキサン除去装置設計の留意点を以下に示す。

- (1) 脱硫装置は、硫化水素による部材の腐食を防止するため、ガスホルダ前段に設置し、消化ガス中の硫化水素を 10ppm 程度以下にする。
- (2) シロキサン除去装置は、燃焼時のシロキサン由来のシリカ生成によるトラブルを防止するため、発電設備の前段に設置し、発電設備の許容濃度まで除去する。
- (3) 脱硫装置・シロキサン除去装置は、発電設備を停止することなく、脱硫剤、シロキサン除去剤が交換可能となるよう2塔式とする。
- (4) 脱硫剤の寿命が90日以上、シロキサン除去剤の寿命が半年以上となるように装置容量を決定する。但し、消化ガス中の硫化水素濃度、シロキサン濃度により、装置容量が過大となる場合は、寿命を見直すものとする。
- (5) 消化ガス中の硫化水素濃度、シロキサン濃度については、過剰設計とならないように、事前に分析を行い把握することが望ましい。
- (6) 脱硫剤・シロキサン除去剤の交換作業が容易にできるように、機器配置、点検架台等配慮する。

第5節 スマート発電システムの設計

§ 60 プラント運転最適化制御システムの設計手順

スマート発電システムにおけるプラント運転最適化制御システムの設計手順は、2つの段階から成る。

(1) システム構築

システム構築は主にシステムメーカ／コンサルタントが実施する事項

(2) システム運用

システム運用は主に運用者が実施する事項

【解 説】

プラント運転最適化制御システム設計手順フローを図4-32、その解説を表4-9に示す。

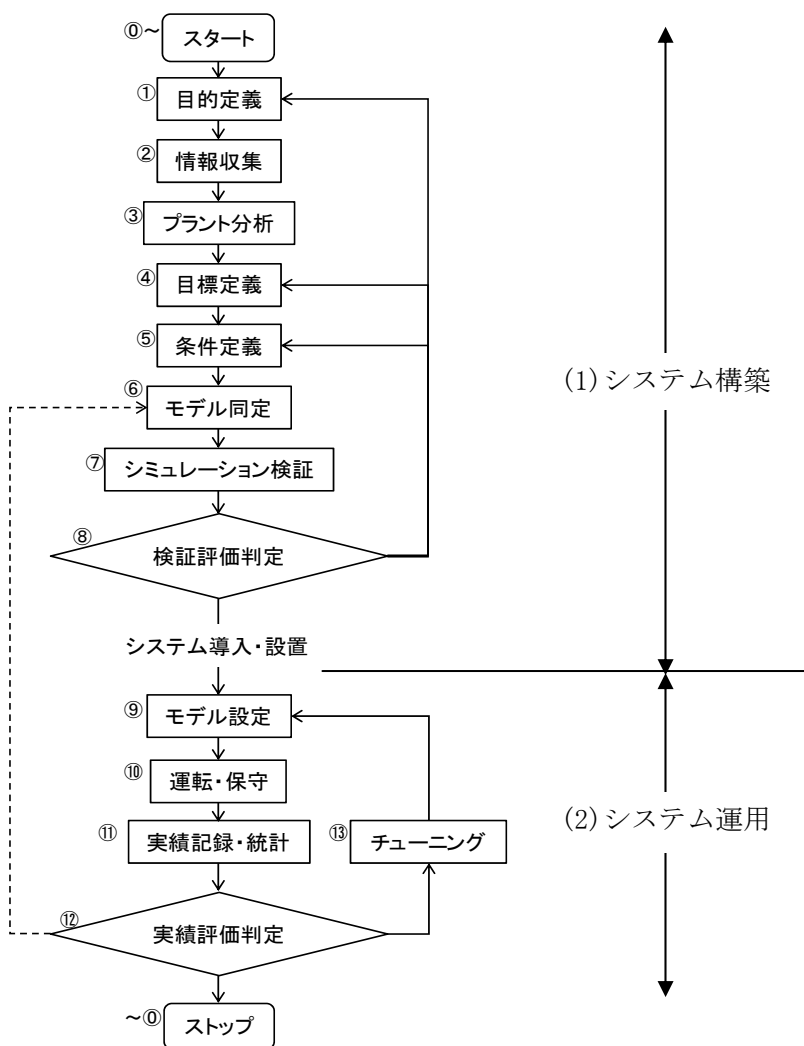


図4-32 システム導入フロー

表4-9 システム導入フロー解説

①スタート～ストップ (システムの全容)		本制御システムの機能は、図4-33機能構成図に示すように、a. デマンド制御機能、b. 多変量解析機能、c. モデル予測機能、d. 最適化制御機能、および、e. 監視制御システムとのインタフェース機能で構成され、必要に応じた個別機能選択、カスタマイズおよびその他機能追加が可能である。
(1) システム構築	①目的定義	省エネルギー、創エネルギーおよび蓄エネルギーという概略的な目的、並びに、デマンドピークカット(負荷平準化)、エネルギーバランス(供給予備力確保)、運転効率、運転コスト、CO ₂ 発生量およびその他の定義の具体的な制御目的について定義する。
	②情報収集	プラントを構成する設備や機器類の詳細情報および稼働実績情報を収集する。具体的に、設備・機器類の詳細情報の内訳としては、個別機器仕様、プラント全体の接続図もしくはフロー図、順番や間隔などの起動および停止の制約条件、運転時間などの運転制約条件、他設備や機器類との関連条件など起動・停止と調整制御に影響する情報である。また、稼働実績としては、機器もしくは設備毎の1分値のトレンドデータ、計測・測定データ、日報・月報などの運転実績、並びに、デマンド制御および予測・最適化制御で必要になる追加の計測情報である。
	③プラント分析	相関解析、主成分分析などの多変量解析、ニューラルネットワークによる非線形的な動向分析、重回帰による線形的な動向分析、クラスタリングによるパターン化された動向分析とする。なお、これらの分析作業は、その結果をもってモデルが生成される重要な作業である。
	④目標定義	「目的定義」で定義した項目毎の制御目標値と、以下のシステム演算処理の目標値を定義する。デマンド制御では、ピークカットの目標値として電力会社との契約電力および日々のピーク値を設定する。モデル予測では、予測結果と実績値との偏差(誤差率)とする。最適化制御では、算出した制御量と制御後の状態との偏差(達成度)とする。
	⑤条件定義	監視・制御対象となる設備や機器類の運転(起動停止、稼働)条件を定義する。
	⑥モデル同定	デマンド制御テーブル、予測モデルおよび最適化評価関数を生成する。デマンド制御テーブルでは制御対象設備の定義、予測モデルでは入出力の定義、最適化評価関数では目的関数と罰関数(運転条件)の定義がポイントである。
	⑦シミュレーション検証	プラントの運転実績データを用いて、「モデル同定」により生成したモデルの動きをシミュレーションする。なお、シミュレーションは、机上もしくはシステムを活用し、デマンド制御、モデル予測および最適化についてとする。
	⑧検証評価判定	「シミュレーション検証」の結果を評価する。評価基準は、実績値との偏差もしくは誤差率とし、モデル毎に規定した保証性能値とする。なお、判定「否」の場合は、「目的設定」のミス、「目標設定」の誤差もしくは「条件設定」の過不足を判定する。
(2) システム運用	⑨モデル設定	「モデル同定」により生成、評価判定「良」のモデルを、現地のシステムに設定する。なお、設定作業は、システムへのデマンドテーブルの設定、予測モデルの設定および最適化評価関数の設定である。
	⑩運転・保守	システムの稼働後は、「自動モード」もしくは「手動モード」の選択によりシステムを運用する。保守については、監視制御システムの保守に合わせハード、ソフトについて実施する。なお、プラントの運用と連携した運転・保守およびシステムの取り扱いに関するマニュアルを準備する。
	⑪実績記録・統計	1分値のトレンドデータ、計測・測定データ、日報・月報などの運転実績を記録し、プラントの運転パターンについて統計を取り、プラントの現状を把握する。なお、記録・統計データは、欠測やノイズなどの不具合データを除外し、モデル修正に活用される。
	⑫実績評価判定	制御実行後の実績と目標値との偏差もしくは誤差率を「達成度」として評価し、規定値内にあることを判定する。なお、判定「否」の場合は、「モデルチューニング」もしくはモデルの再生成を判定する。
	⑬チューニング	モデルの軽微な変更で、デマンドテーブルの設定、予測モデルのパラメータもしくは最適化モデルの重み付け係数の設定などについて補正・改良し、予測・最適化処理結果を改善することである。なお、設備データベースなどのテーブル構造の変更、予測モデルの構成変更、評価関数の変更の場合は、「モデル同定」作業から実施する必要がある。

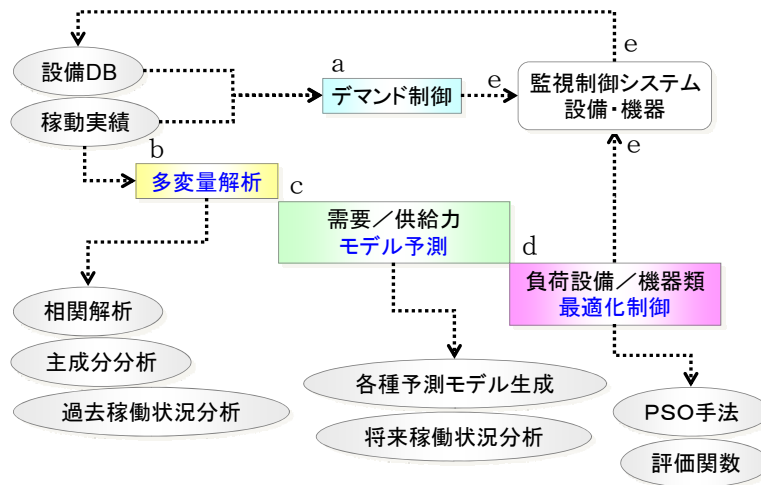


図4-33 プラント運転最適化制御システム機能構成図

§ 61 燃料電池の設計手順

スマート発電システムにおけるハイブリッド型燃料電池システムの設計手順は、6つの段階からなる。

- (1) 導入可能性の検討
- (2) 設置場所の選定
- (3) 運転形態・発電容量の試算
- (4) システムの選定と設計
- (5) 経済性評価
- (6) 導入手続き

【解 説】

燃料電池の導入に関しては、「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）に準ずるものとする。

設計手順は、以下の表4-10のとおり区分される。

表4-10 ハイブリッド型燃料電池の設計手順

	主に下水道事業者側の実施事項	主にメーカーの実施事項
(1) 導入可能性の検討	○	
(2) 設置場所の選定	○	○
(3) 運転形態・発電容量の試算	○	○
(4) システムの選定と設計		○
(5) 経済性評価	○	○
(6) 導入手続き	○	

(1) 導入可能性の検討

次の項目について、季節ごとに調査する。

1) 導入先の電力需要調査

ベース負荷運転をするためには十分な電力需要が必要である。

2) 導入先の熱需要調査

燃料電池からの排熱を有効利用するため、熱需要を把握する。

(2) 設置場所の選定

設置場所には屋内・外を問わず、周囲に1～2mのメンテナンススペースと搬入や点検のための通路や搬入路・搬入口の確保が必要になる。

騒音・振動が少ないため特殊な環境に設置する必要はないが、給排気の設備、電気・ガス・水道・熱利用等のユーティリティや引き込みを考慮する必要がある。

(3) 運転形態・発電容量の試算

1) 原燃料の性状調査

燃料ガスの性状と成分を把握し、悪影響を取り除く前処理を考慮する。

2) 運転形態と発電出力設定

①系統連系

燃料電池の有効利用のため、商用系統と連系する。ただし、電力の逆潮流有り無し、事故時の保護協調など電力会社との協議が必要である。

②発電出力の設定

電力需要と熱需要から、出来るだけエネルギーを有効利用できるように燃料電池の発電出力を調整する。ベース負荷に合わせて発電量を設定するのが一般的である。

3) 発電容量の試算

①消化ガス中の成分濃度より、消化ガス発熱量を求める。

成分名	割合 (%)	燃焼熱 LHV (kJ/mol)
メタンガス	y	802.9
炭酸ガス	100-y	0
合 計	100	$802.9 \times y \div 100$

$$A = 802.9 \times y \div 100 \text{ (kJ/mol)} \times 1000 \text{ (L/m}^3\text{)} \div 22.414 \text{ (NL/mol)}$$

ここで、

$$A : \text{消化ガス発熱量 LHV (MJ/Nm}^3\text{)}$$

②燃料電池 1 台当たりの定格仕様から消化ガス消費量を求める。

定格出力(発電端)	105kW
発電効率	40%

定格出力時の消化ガス消費量 B は、

$$B = p \times q \div \alpha_1 \div A$$

ここで、

$$B : \text{消化ガス消費量 (Nm}^3\text{/h)}$$

$$p : \text{定格出力 (発電端) (kW)}$$

$$q : 3.6 \text{ (MJ/kWh)}$$

$$\alpha_1 : \text{発電効率 (\%)}$$

③設置可能台数を求める

$$Z = Q \div B \times 24$$

ここで、

Z : 設置可能台数 (台)

Q : 消化ガス発生量 (Nm³/日)

(4) システムの選定と設計

1) 電力システム

待機や起動のための電源確保と電力供給のためのシステム設計を行う。

2) 排熱利用システム

排熱利用のシステム設計と、それに伴う動力と制御の設計を行う。

3) 計装・警報システム

監視制御、保守管理のための警報や計測システムの設計を行う。

(5) 経済性評価

導入による経済性の効果検討を行い、電力と熱の供給方法の検討にフィードバックする。

1) ランニングコスト

発電効率が 40%LHV (36%HHV) 以上確保できるため、kWh あたりの燃料費が低く抑えられる。

消化ガスの供給コストは生成のための設備建設・維持コストとし、また、ハイブリッド燃料としての都市ガスはガス会社からの供給価格とする。

2) 契約電力量削減

発電力と発電電力量から、契約の基本料金と買電の電気料金が低減できる。

3) 排熱利用の利益

低温ではあるが、排熱が利用できる。

4) 環境負荷クレジット

エネルギー課税やグリーン電力認証システムの活用が適用されれば経済性も向上する。

(6) 導入手続き

導入の手続きを図4-34に示す。

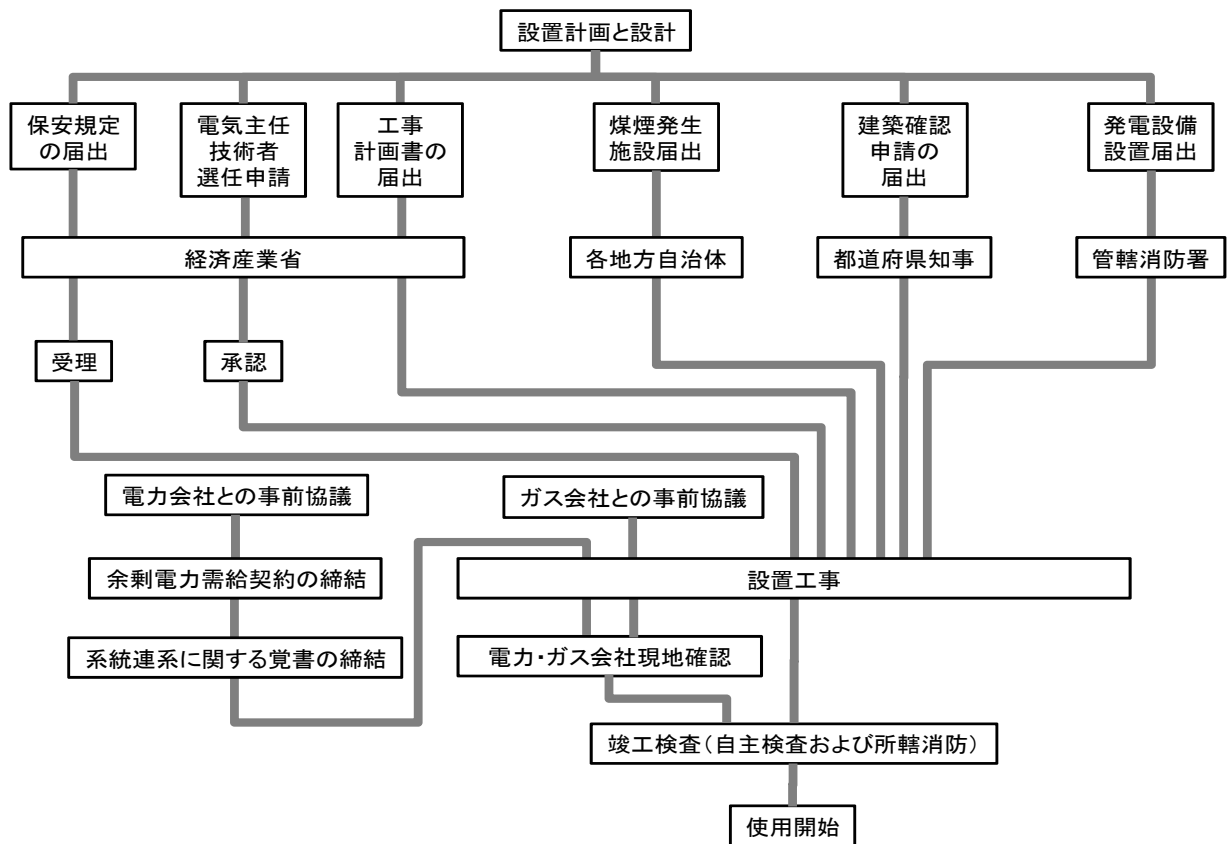


図4-34 導入の手続き

第5章 維持管理

第1節 システム全体の管理

§ 62 システム全体としての維持管理の要点

導入目的の観点 considering、下水処理場全体としてのエネルギーマネジメント、災害時の対応が可能となるよう、システム全体として管理する。

【解 説】

本技術は、システム全体で良好なエネルギーマネジメントを目的とするという観点から、超高効率固液分離におけるバイオマス回収状況、高効率高温消化における消化運転状況、スマート発電システムにおける使用電力、電力削減状況を常に把握し、バランスの取れたエネルギーマネジメントを行う必要がある。

このため、以下の項目について監視を行う。

- ・超高効率固液分離：濃縮汚泥の量と濃度
- ・高効率高温消化：消化タンクへの投入基質の量と濃度、消化ガスの量とメタン濃度
- ・スマート発電システム：商用受電電力量、発電電力量、デマンド、消化ガスおよび都市ガス消費量

また、通常時から災害時への備えとして、災害時を想定した超高効率固液分離による対応水処理系列の沈殿＋消毒機能（消毒剤確保も含む）の確認、消化ガス貯留設備の消化ガス確保量とハイブリッド燃料電池の制御を含めた運転機能確認を行っておく必要がある。

第2節 超高効率固液分離技術の維持管理

§ 63 超高効率固液分離技術の運転管理

超高効率固液分離技術の運転管理は、次の2つの事項について行う。

- (1) ろ過損失抵抗の経時変化の常時監視
- (2) 一次濃縮槽の運転管理

【解 説】

(1) ろ過損失抵抗の経時変化の常時監視

ろ過性能は、良好な洗浄が行なわれることにより発揮される。そのため、ろ過損失水頭値の経時変化を連続測定し、洗浄直後の値（初期ろ過損失抵抗）が適正值に戻っているかどうかを確認する。

(2) 一次濃縮槽の運転管理

一次濃縮槽への過剰又は過小な生污泥投入により、污泥濃縮効率が損なわれ引抜污泥濃度の低下や生污泥のキャリーオーバーをまねく恐れがある。そのため、安定的かつ効率的な污泥濃縮を目的とし、一次濃縮槽に具備させている一次濃縮槽污泥濃度計および一次濃縮槽上澄水濃度計測定値を日常的に監視し、異常の有無を確認する（§ 42 参照）。各濃度計指示値に異常が見られる場合は、超高効率固液分離設備への流入原水水質および水量に非定常的な変化が発生したものと考えられるため、ろ材洗浄に係る設定を変更し洗浄頻度を調整することで、発生洗浄排水（生污泥）量を適正化する必要がある。

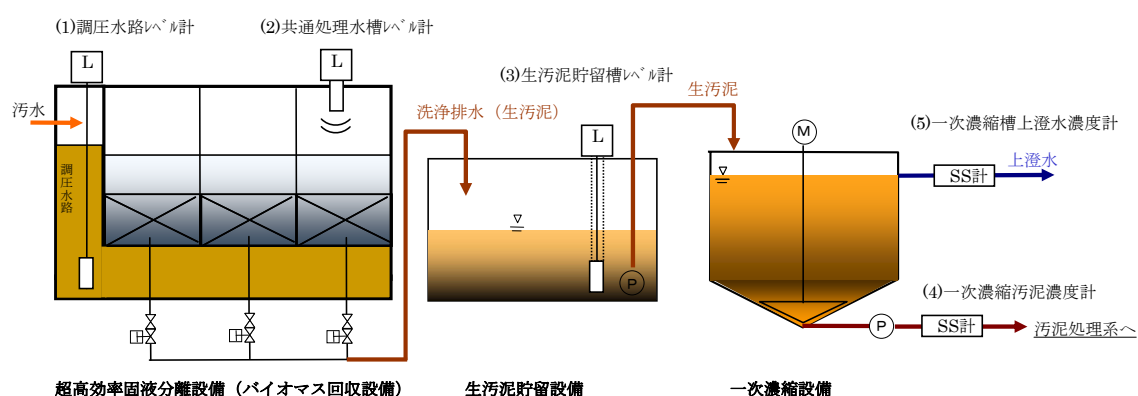


図5-1 超高効率固液分離システムフロー

§ 64 超高効率固液分離システムの保守点検

超高効率固液分離システムの保守点検として、ろ過性能の確認を行う日常点検と各機器の点検を行う定期点検を実施する。

- (1) 日常点検
- (2) 定期点検

【解 説】

(1) 日常点検

日常点検では①洗浄後の初期ろ過損失抵抗が適正值に戻っているか、②生汚泥貯留設備にろ材が流出していないかを確認する。

①洗浄後の初期ろ過損失抵抗の確認

一般的には通常運転において完全洗浄を定期的の実施することにより、ろ槽内部に捕捉されたままの汚濁分を除去し固液分離槽を正常な状態に保つことが可能である。

図5-2に初期ろ過損失抵抗回復のための対策手順を示す。本フローに示すように、通常運転においても初期ろ過損失抵抗が徐々に増加する傾向がみられた場合は、その状況に応じて強制的な完全洗浄を複数回実施する。

さらに、強制的な完全洗浄実施後においても初期ろ過損失抵抗が回復しなかった場合は、上部スクリーンに堆積した土砂類による目詰まりが原因と考えられるため清掃を実施する。

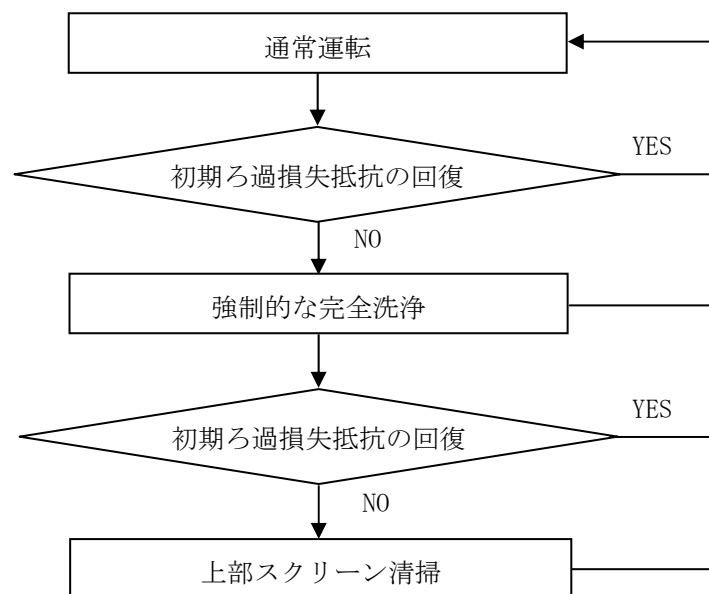


図5-2 初期ろ過損失抵抗回復のための対策手順

②生汚泥貯留設備のろ材流出の確認

通常時の洗浄が適正に行われていれば、ろ材の流出はほとんどないが、何らかの洗浄不良が発生するとろ材が流出することがある。また流入水質悪化により、ろ材洗浄が頻発する状態が継続した場合、ろ材が洗浄排水(生汚泥)と一緒に生汚泥貯留槽へ流出する可能性がある。

ろ材流出は、生汚泥貯留槽の水面にろ材が浮かぶことから容易に目視で確認できる。多くのろ材が流出すると、ろ材層の厚みが減じ処理性能に悪影響を及ぼす可能性があることから、日頃から生汚泥貯留槽の水面にろ材が流出していないかを監視しておくことが望ましい。

(2) 定期点検

定期点検は表5-1に示す「点検項目と内容、頻度一覧」に従って行う。

前述のろ材流出に加え、長期使用により汚濁物がろ材に付着し、ろ材の見かけ比重が増加した場合においても、ごくわずかではあるがろ材が流出する可能性がある。

生汚泥貯留槽の表層および一次濃縮槽内部の表層の目視確認によって、ろ材が相当量流出したことが認められる場合や、少量でも長期間にわたるろ材の流出があった場合には、ろ材層厚みが薄くなっている可能性がある。このような場合には、ろ材層厚を測定する。

ろ材層厚の測定にあたっては、一時的に設備を停止し、超高効率固液分離槽の水抜き(ろ材下部付近まで)および上部スクリーンを取外しの上、専用の測定治具を用いて、超高効率固液分離槽の複数個所でろ材層厚を測定し、記録する。

ろ材層厚は通常の場合、短期間ではほとんど差が見られないことから、経年的な傾向を見て判断することが望ましい。

ろ材層厚が大幅に減少すると、超高効率固液分離槽の性能低下が懸念されるため、測定時のろ材層厚が400～500mm以下であった場合は、ろ材補充検討を行う必要がある。

ろ材層厚測定およびろ材補充作業は一時的な設備停止を伴うため、定期的、計画的な実施が必要である。

表5-1 点検項目と内容、頻度一覧

対象 設備	機 器	維持管理内容	維持管理 方法	日 常 点 検	定 期 点 検	頻 度
超 高 効 率 固 液 分 離 槽	原水ポンプ	(既存と同等)	(同左)		○	(同左)
	分配堰	・ 外観状況 (スカム付着，土砂堆積)	目視		○	
		・ 清 掃	圧力水		○	1 回/年
	流入水路	・ 外観状況 (スカム付着，土砂堆積)	目視		○	
		・ 清 掃	圧力水		○	1 回/年
	洗浄後のろ過損失水頭，ろ過継続時間確認		記録紙	○		常時
	上部スクリーン	・ 外観状況 (ごみの付着，目詰まり)	目視		○	
		・ 清 掃	ブラシ+圧力 水		○	1 回/年
	専用ろ材	・ 清 掃	圧力水		○	1 回/年
		・ ろ層厚	測定		○	1 回/年
	固液分離槽内部 (下部層)	・ ドレン・清掃	圧力水		○	ろ層厚減少時
	高速洗浄装置	・ 外観状況 (水漏れ，ボルト・ナット緩み)	目視		○	
		・ 清 掃	圧力水		○	1 回/年
		・ 動作確認	目視・測定		○	
	完全洗浄用 二次処理水 供給装置 (水中ポンプ時)	・ 外観状況 (錆，破損等)	目視		○	2 回/月
		・ 運転状況 (異常振動，異音)	目視聴診		○	運転時
		・ 着脱装置の確認	目視		○	
		・ レベル計によるポンプ作動確認	目視		○	
		・ 潤滑油・メカシールの交換	—		○	1 回/年
生 汚 泥 貯 留 槽	洗浄排水(生污泥) ポンプ	・ 外観状況 (錆，破損等)	目視		○	2 回/月
		・ 運転状況 (異常振動，異音)	目視聴診		○	運転時
		・ 着脱装置の確認	目視		○	
		・ 羽根車，本体等の摩耗確認	目視		○	
		・ レベル計によるポンプ作動確認	目視		○	
		・ 潤滑油・メカシールの交換	—		○	1 回/年
		・ オーバーホール	—		○	
	生污泥貯留槽	・ 点 検 (ろ材の流出等も確認)	目視		○	1 回/年
		・ 清 掃	圧力水		○	1 回/年
一 次 濃 縮 槽	生污泥濃縮性能(一次濃縮槽上澄水の水質測定)		目視・測定		○	
	掻き寄せ機	・ 外観状況 (錆，破損等)	目視		○	2 回/月
		・ 運転状況 (異常振動，異音)	目視聴診		○	運転時
		・ レベル計による作動確認	目視		○	
		・ 潤滑油・メカシールの交換	—		○	1 回/年
		・ オーバーホール	—		○	1 回/3 年

(注) 点検頻度に記載なき場合は，原則6ヶ月とする。

第3節 高効率高温消化技術の維持管理

§ 65 高効率高温消化技術の運転管理

高効率高温消化技術の運転管理は、次の3つの事項について行う。

- (1) 受入バイオマスの管理
- (2) 消化タンク自体の運転管理
- (3) 消化ガス系統の運転管理

【解 説】

本技術は他のバイオマスを受け入れて、エネルギー回収を行うことが特徴であるが、それらの種類が消化タンクの運転、消化汚泥の脱水性、返流水負荷、消化ガス系統の運転に影響をおよぼすことから、全体の運転管理が必要である。

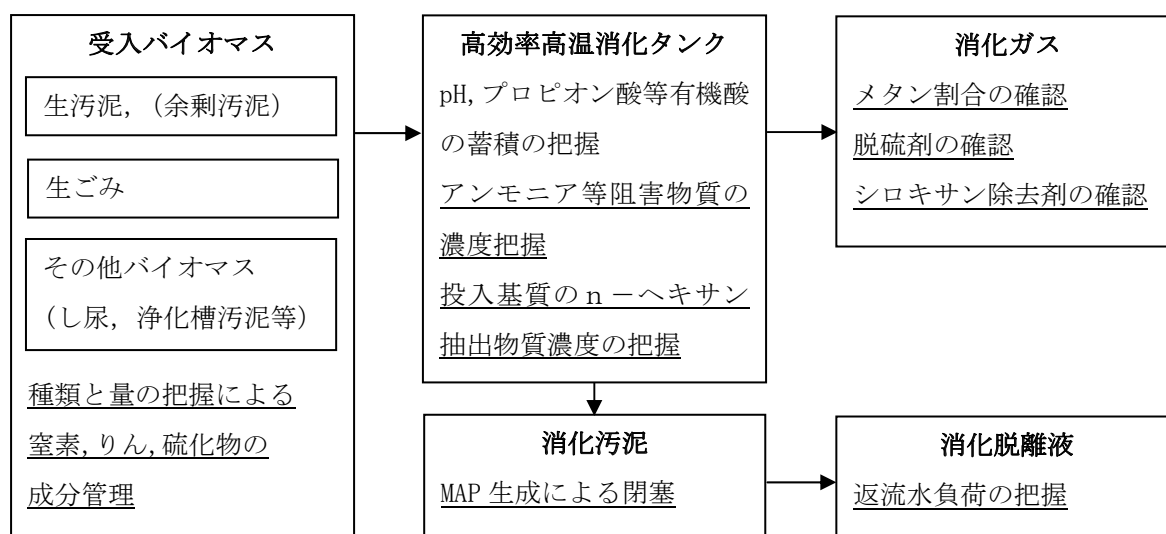


図5-3 高効率高温消化技術の運転管理の要点

(1) 受入バイオマスの管理

1) 破碎分別機

腐食を防止するため、破碎分別機の運転終了後は、水による内部の洗浄を行うことが望ましい。

2) 生ごみ希釈率

生ごみスラリーの TS 濃度は 10%程度とするが、消化液のアンモニア性窒素濃度を測定し、適正 (2,000mg/L 以下) かどうか把握する。アンモニア性窒素濃度が 2,000mg/L 以上であった場合は、アンモニア阻害の懸念があるので、生ごみ希釈率を検討する。また、同様に消化に対する脂質阻害の懸念もあるので、投入基質の n-ヘキサン抽出物質濃度を把握し、**消化タンク**に対する n-ヘキサン負荷が適正 (1.1kg/m³/日以下) かどうかを確認する。適正負荷以上の場合は生ごみ希釈率を検討する。

(2) 消化タンク自体の運転管理

1) 基質投入負荷量

投入負荷量が過大の場合、有機酸の蓄積等により消化異常が生じるため、投入基質の固形物濃度、有機分を適宜測定し、有機物負荷が適正 (本実証試験の場合、10kgVS/m³/d 以下) かどうかを把握する。負荷量が過大の場合は汚泥の濃縮率を下げるか、あるいは二次処理水などで投入基質を希釈して適正な負荷とする。

2) 温 度

下水道維持管理指針に示されているようにメタン生成細菌は、温度の変化に鋭敏で短時間の温度低下でもガス発生量が急激に減少することが多いため、担体設置型消化タンク内の温度を計測し、設定消化温度 (55℃±1℃) に維持されているかを把握する。

また、担体閉塞による攪拌不良を把握するため、消化タンク内の温度 (上下方向など複数個所) を消化タンクに設置されている温度計で連続計測する。消化タンク内に温度差がある場合は、攪拌設備の異常や担体閉塞が考えられるため、攪拌設備のチェックおよび担体閉塞調査の実施を検討する。

3) p H

担体設置型消化タンクの pH 計により pH を連続計測し、適正範囲 (6.8~8.5) にあるか把握する。

範囲外の場合には、過負荷による有機酸の蓄積やアンモニア性窒素の蓄積が原因であることが考えられ、これらの測定を行って、投入負荷の一時的な低減等の調整が必要である。

4) 有機酸濃度

担体設置型消化タンクの有機酸濃度を適宜測定し、適正 (1,000mg/L 以下) かどうか把握する。消化阻害の懸念 (有機酸蓄積により pH が適正範囲を下回る場合) がある場合は、生ごみ投入を一時的に避ける等の負荷の一時的な低減等を検討する。

5) Mアルカリ度

担体設置型消化タンクのMアルカリ度を適宜測定し、適正（1,200mg/L 以上）かどうか把握する。Mアルカリ度が低下すると、緩衝作用が低下するため、pH低下のリスクが高まるので、状況に応じて重曹を添加する。

6) 固形物濃度および有機物濃度

担体設置型消化タンクの固形物濃度と有機物濃度を適宜測定し、投入汚泥の固形物および有機物濃度と併せて収支を把握する。

消化タンク内の固形物濃度が増加すると、攪拌不良のリスクが高まる。また、有機物分解率が低下している場合は、消化が十分進行していないことが考えられ、状況に応じて必要な調査を実施する。

7) 消化タンクの発泡

基質の過剰投入や消化液の粘度上昇などにより消化タンクで発泡が生じることがあるため、消化タンクののぞき窓などから内部を観察して異常な発泡が生じていないかを確認する。異常な発泡が生じている場合は、下水道維持管理指針に準じて原因を特定し対策を行う。

（3）消化ガスシステムの運転管理

消化ガスの発生量を連続計測し、消化状態の良否を把握する。投入 VS 当りの消化ガス量が低下した場合は、消化が十分進行していないことが考えられる。また、同時に消化ガス中のメタン、二酸化炭素、硫化水素、シロキサンなどの濃度を適宜測定し、適正な組成か把握する。メタン濃度が低下した場合（55%以下）は、消化が十分進行していないと考えられる。また、硫化水素濃度は脱硫装置の維持管理（脱硫剤交換時期検討など）に、シロキサン濃度はシロキサン除去装置の維持管理（シロキサン吸着剤交換時期検討など）に利用する。

§ 66 高効率高温消化技術の保守点検

高効率高温消化技術の保守点検として、生ごみ前処理設備、消化設備、消化ガス貯留設備の日常点検と各機器の点検を行う定期点検を実施する。

(1) 日常点検

(2) 定期点検

【解 説】

(1) 日常点検

生ごみ前処理設備、消化設備を構成する機器を日常的に点検することにより、各機器の故障の兆候を予測することができる。主な機器の日常点検項目を表5-2に示す。

表5-2 主要機器の日常点検項目

対象設備	機 器	点検項目
生ごみ前処理設備	破砕分別機	異音，振動，異臭，グリース漏れ等
	機械式攪拌機	異音，振動，電流値等
	ポンプ類	吐出流量，吐出圧力，異音，振動，電流値等
消化設備	消化タンク	圧力
	機械式攪拌機	異音，振動，電流値等
	ポンプ類	吐出流量，吐出圧力，異音，振動，電流値等
	熱交換器	入口出口の温度，差圧，流量等
	全般	消化ガス漏洩の有無
消化ガス貯留設備	脱硫・精製設備	入口出口の差圧
	ガスホルダ	圧力
	全般	消化ガス漏洩の有無

(2) 定期点検

1) 生ごみ前処理設備

生ごみ前処理設備、消化設備および消化ガス貯留設備の長期的な機能維持のために点検，補修を行う。定期点検は，表5-3に示す「点検項目と内容，頻度一覧」に従って行う。

表 5-3 点検項目と内容，頻度一覧

対象設備	機 器	維持管理内容	維持管理方法	日常点検	定期点検	頻 度
生ごみ前処理設備	破砕分別機	変形・損傷有無，腐食状態	目視・触手		○	2回/年
		ボルト・ナット類のゆるみ	目視・触手		○	12回/年
		異音，異常振動，異臭	目視・聴診	○		運転毎
		グリス漏れ，異物混入，変色	目視		○	2回/年
		チェーン張力，たるみ，潤滑状況	目視		○	12回/年
生ごみ前処理設備	＜駆動機器＞ スラリー移送ポンプ 貯留槽攪拌機	油脂類補給・交換 軸受け，ベアリング，駆動ベルト交換	－		○	2回/年
	配管類	ボルトゆるみ，パッキン劣化	目視・触手		○	2回/年
消化設備	＜駆動機器＞ 攪拌機 消化液循環ポンプ 消化液引抜ポンプ	油脂類補給・交換 軸受け，ベアリング，駆動ベルト交換	－		○	2回/年
	熱交換器	水洗浄	圧力水		○	6回/年
		薬品洗浄	酸 or キレート剤		○	1回/年
	配管類	ボルトゆるみ，パッキン劣化	目視・触手		○	2回/年
消化ガス貯留設備	脱硫・精製設備	入口圧力	目視	○		
		脱硫塔出口硫化水素濃度 精製塔出口シロキサン濃度	測定		○	2回/年
			脱硫材・シロキサン吸着材交換		○	
	ガスホルダ	ボルトゆるみ，パッキン劣化	目視・触手		○	2回/年
	余剰ガス燃焼装置	試運転	燃焼確認		○	2回/年
			ノズル清掃		○	
			着火プラグ等交換		○	
	配管類	ボルトゆるみ，パッキン劣化	目視・触手		○	2回/年

第4節 スマート発電システム技術の維持管理

§ 67 スマート発電システム技術の運転管理

スマート発電システムを構成する技術についての運転管理は以下のポイントに区分して実施する。

(1) プラント運転最適化制御システム

- 1) ハードウェア管理
- 2) ソフトウェア管理

(2) ハイブリッド型燃料電池

- 1) 運転および起動・停止の管理
- 2) 停止中の管理

【解 説】

(1) プラント運転最適化制御システム

1) ハードウェア管理

監視制御システムと連係したパソコンベースのシステムであることから、監視制御システムに準じた運転管理とする。

2) ソフトウェア管理

機能の追加や性能向上のための改良などは、ソフトのバージョンにより管理する。
導入されたシステムにおいて最適な環境を構築し、システムを運用する。

(2) ハイブリッド型燃料電池

1) 運転および起動・停止の管理

- ①指令に応じた自動起動と自動停止運転とする。
- ②ベース負荷に合わせた連続的運転に適しており、起動停止や出力変動を頻繁に行うと性能劣化を招く恐れがあるので注意を要する。
- ③低出力時でも高効率を実現するため、1日の運転パターンをプログラミングすることで自動的にパターン運転を行うことが出来る。

2) 停止中の管理

待機運転状態にある時は電池保護がなされているが、燃料電池を完全停止させた場合は、電池保護のために一定温度に保温する必要があるため、外部電源から電力の供給が必要になる。

§ 68 スマート発電システム技術の点検項目

スマート発電システム技術は、以下の2区分に分けて保守点検を実施する。

(1) プラント運転最適化制御システムの保守点検

システムの保守については、監視制御システムの保守点検基準に準ずる。

(2) ハイブリッド型燃料電池の保守点検

【解 説】

(1) プラント運転最適化制御システムの保守点検

原則的に日常点検は運用者、定期点検とオーバーホールはメーカーが実施し、その具体的な点検内容は以下の通りである。

1) ハードウェア保守

F Aパソコンがベースになっているが、使用頻度にもよるがハードディスクについては3年に一度、本体については5年に一度の交換を推奨する。

2) ソフトウェア保守

不具合改修の不定期メンテナンスと、機能増強（バージョンアップ）等の定期メンテナンスがある。特に、不具合の原因となるOSのバージョンアップ対応には注意を要する。

(2) ハイブリッド型燃料電池の保守点検

一般的に表5-4に示す保守・点検が必要である。

表5-4 保守・点検の頻度と内容

実施態様	頻度	点検内容
日常点検	1回／週程度	現場巡回での目と耳等五感による異常の確認
	1回／2～6箇月程度 (運転中実施)	各部フィルタ清掃
		水処理用樹脂交換
定期点検	1回／1年 (3日程度停止)	フィルタ交換
		ポンプ点検
		制御弁類点検
		電気系、センサチェック
		タンク、熱交換器清掃
		漏れ検査
オーバーホール	1回／7.5年 (1～2週間程度停止)	電池本体交換
		改質系機器交換
遠隔監視	1回／週程度	電話回線を利用し、各部の状態をチェックし異常を早期に発見する
		(メーカーオプション機能)

原則的に日常点検は運用者、定期点検とオーバーホールはメーカーが実施し、その具体的な点検内容は表5-5に示す通りである。

表5-5 具体的巡視・点検内容

実施態様	対象設備	機器	維持管理内容	維持管理方法	日常点検	定期点検	頻度
日常点検 (運用者が実施)	発電設備	燃料電池	異音, 振動, 漏れ	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
		水処理装置	漏れ	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
		窒素供給設備	漏れ, 窒素残量	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
		配管・配線	異音, 振動, 漏れ, 変色, 変形	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
	排熱利用設備	冷温水器	異音, 振動, 漏れ	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
		冷却塔	異音, 振動	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
		室内機	異音, 振動, 漏れ	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
		ポンプ	異音, 振動, 漏れ	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
		配管・配線	異音, 振動, 漏れ, 変色, 変形	目視・触手・聴診	○	—	1回/日
定期点検 (メーカーが実施)	発電設備	燃料電池	フィルター交換	—	—	○	2回/年
		水処理装置	水処理樹脂交換	—	—	○	2回/年
		窒素供給設備	残量がない時はボンベ交換	目視	—	○	12回/年
		配管・配線	ボルト・端子の緩み, パッキン劣化	目視	—	○	2回/年
	排熱利用設備	冷温水器	異音, 振動, 漏れ	目視・触手・聴診	—	○	1回/年
		冷却塔	洗浄・清掃	—	—	○	2回/年
		室内機	フィルター洗浄・清掃	—	—	○	12回/年
		ポンプ	異音, 振動, 漏れ	目視・触手・聴診	—	○	1回/年
		配管・配線	ボルト・端子の緩み, パッキン劣化	—	—	○	1回/年
オーバーホール (メーカーが実施)	発電設備	燃料電池	電池本体・改質系機器交換	—	—	—	1回/7.5年
		水処理装置	部品交換	—	—	—	1回/7.5年
		窒素供給設備	部品交換	—	—	—	1回/7.5年
		配管・配線	分解・清掃	—	—	—	1回/7.5年
	排熱利用設備	冷温水器	分解・清掃	—	—	—	1回/7.5年
		冷却塔	分解・清掃	—	—	—	1回/7.5年
		室内機	部品交換	—	—	—	1回/7.5年
		ポンプ	分解・清掃	—	—	—	1回/7.5年
		配管・配線	分解・清掃	—	—	—	1回/7.5年

第5節 災害時の対応・対策

§ 69 災害時の対応と対策

災害時等に既設処理設備が機能停止した場合、未処理放流水による放流先水質悪化を防止するため、以下の運転を実施する。

- (1) 超高効率固液分離槽によるろ過処理(一次処理の代替処理)
- (2) 超高効率固液分離処理水の消毒

【解 説】

(1) 超高効率固液分離槽によるろ過処理(一次処理の代替処理)

超高効率固液分離システム導入時の最初沈殿池躯体改造では、耐震設計による震災対策が施されている。また超高効率固液分離システムは機器点数が少なく電力負荷が少ないことから、震災等の非常時においても非常用発電程度の限られた電力でも早期から運転が可能である。これらの特徴より、災害時において既設処理設備が機能停止した場合も、超高効率固液分離システムを稼働させることにより、簡易的に流入污水のろ過処理(一次処理の代替処理)が可能となる。災害時の固液分離・消毒処理ルートを図5-4に示す。

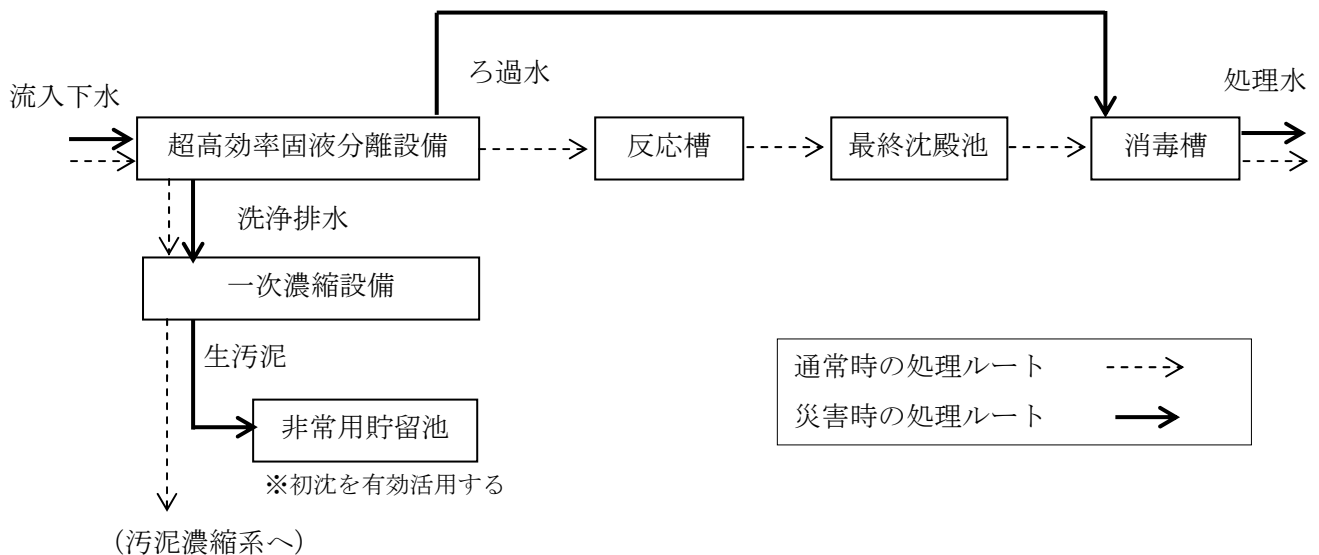


図5-4 災害時の固液分離・消毒処理ルート

（２）超高効率固液分離処理水の消毒

次亜塩素酸ナトリウム供給装置により一次処理放流水に対する消毒も併せて行うことが可能である。なお、汚泥濃縮系設備が復旧するまでの間、汚泥の一次的な貯留ができるよう非常用貯留池の設置についても考慮することが望ましい。超高効率固液分離槽の処理水に対しSS除去効果による消毒剤（次亜塩素酸ナトリウム）添加量の削減効果が認められ、従来の一次処理よりもランニングコストの低減が図れる。

DPD法により残留塩素が0.1mgCl/Lとなる塩素必要量を原水およびろ過水のSSに対して調査した結果を図5-5に示す。

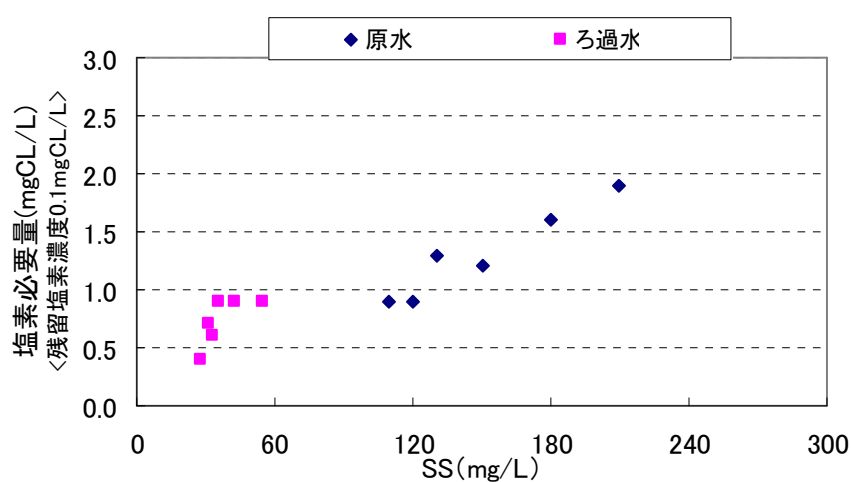


図5-5 残塩 0.1mgCl/L となる塩素必要量

資 料 編

1. 実証研究結果	153
1.1 超高効率固液分離技術	154
1.2 高効率高温消化技術	182
1.3 スマート発電システム技術	197
2. ケーススタディ	203
3. その他	210
4. 参考文献	221
5. 問い合わせ先	222

1. 実証研究結果

実験結果のまとめ

	項 目	目 標	結 果	達成度	頁
超 高 効 率 固 液 分 離 技 術	処理の安定性(条件) ①ろ過速度 250m/日, ②流入 SS 濃度 = 145mg/L 流入全 BOD 濃度 = 170mg/L (内溶解性 50mg/L)	SS 除去率は 66%以上	70% (今回近似式 より) 式 = $14.415 \times \ln(\text{SS 濃度}) - 1.0108$	達成	161
		BOD 除去率は 47%以上	47% (今回近似式 より) 式 = $\{14.543 \times \ln(\text{SS 濃度}) - 5.763\} \times (\text{全 BOD 濃度} - \text{溶解性 BOD 濃度}) \div \text{全 BOD 濃度}$	達成	161
	運転の安定性	24 時間の連続運転が可能であること	2012/2/17~2013/2/28 の期間において、設備不具合なく連続運転	達成	156
		洗浄によりろ過損失抵抗が初期値まで回復し、ろ層の閉塞が起らないこと。	2012/2/17~2013/2/28 の期間において、初期ろ坑の著しい上昇は無く、洗浄は良好に行われた。	達成	156
高 効 率 高 温 消 化 技 術	消化性能 (定格負荷条件) ①HRT = 5 日, ②生汚泥 : 生ごみ TS 比率 = 1:0.7, ③VS 負荷 = 6.0kg/m ³ /日	VS 分解率 64%以上	定格負荷条件にて平均 66%	達成	195
		消化ガス発生量 644Nm ³ /t-投入 VS 以上	定格負荷条件にて, 646Nm ³ /t-投入 VS	達成	195
	運転の安定性	定格負荷運転で連続運転が可能であること	2012/8/1~2012/9/30 の期間において HRT=5 日で 61 日間連続運転。その後も投入負荷を変えて HRT=5 日で連続運転(稼働率 100%, 運転日数 212 日)。	達成	185
ス マ ー ト 発 電 シ ス テ ム 技 術	電力ピークの削減	使用電力の平準化による最大使用電力の 10%~max20%カット	成行き時 73kW(換算値) ⇒デマンド制御後 64kW (12 月 6 日 11:30 実績よりカット幅 12.3%達成, 目標達成度 69%)	一部達成	199
	電気料金の削減	使用電力の平準化とバイオガス有効利用による使用電力量の 30%~max60%削減	成行き時 1,648kWh(日量換算値) ⇒デマンド 39kWh + 発電 871kWh (12 月 14 日実績より削減率 55%達成)	達成 (削減率 55%)	200
	燃料電池の発電効率	発電効率 40%以上	2012/10/1~2013/3/7 の期間において、発電効率は通年 40%以上	達成	198
	消化ガスの有効利用	発生した消化ガスの 100%利用	2012/10/1~2013/3/7 の期間において余剰ガス燃焼装置の稼働実績無し(消化ガス全量活用)	達成	198

1.1 超高効率固液分離技術

1.1 超高効率固液分離技術

1.1.1. 運転条件

装置諸元と運転条件一覧を表資 1.1-1 に示す。

本実証研究においては、従来型のろ材 A を用いた試験に加え、製造方法等を改良したろ材 B の各種性能調査も実施した。

表資 1.1-1 装置諸元と運転条件一覧表

	装 置 諸 元	備 考
超高効率固液分離設備	ろ過面積=12m ² ×3 区画 (うち常時 2 区画を使用)	処理水量 250m ³ /日 (晴天時) で 6,000 m ³ /日 1,000 m ³ /日 (雨天時) で 24,000 m ³ /日
生污泥貯留設備	容量 80m ³	2 回分の洗浄排水を貯留する規模
一次濃縮設備	面積 4 m ²	平均的な水面積負荷 150m ³ /(m ² ・日)

年 月			2012												2013		
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
運転条件																	
固 液 超 高 分 離 率 槽	ろ過速度	(m/日)	250									変動	300		500		
	運転ろ過池	1,2,3号	2,3					1,2				1,3	1,2				
	ろ材種別(1号)※	ろ材A(旧)/ろ材B(新)	ろ材A					ろ材B									
	ろ材種別(2号)※	ろ材A(旧)/ろ材B(新)	ろ材A							ろ材B			ろ材B				
	ろ材種別(3号)※	ろ材A(旧)/ろ材B(新)	ろ材A										ろ材B				
	ろ層厚(1号)※	(mm)						600									
	ろ層厚(2号)※	(mm)	600							450			450				
	ろ層厚(3号)※	(mm)	600										300				
	逆洗方法	ろ抗orタイマー	ろ抗優先洗浄												タイマーによる洗浄		
濃 一 次 縮 槽	一次引抜方法	サイクルor逆洗連動	1hr毎の引抜き									固液分離槽の逆洗に連動させた引抜					
	一次引抜量	(m3/回)	1.5									1.4					
	一次インターバル	(min)	0									3					
	一次引抜頻度	(回/日)	2	24									逆洗回数によって変動				
濃 二 次 縮 槽	二次引抜方法	サイクルor逆洗連動	1hrまたは2hr毎の引抜き									固液分離槽の逆洗に連動させた引抜					
	二次引抜量	(m3/回)	0.5														

※運転中の池を着色にて示す。

1.1.2. 運転の安定性

超高効率固液分離槽の運転の安定性を、実証期間中におけるろ過損失水頭の経時変化およびろ材層厚の変化等から評価した。

(初期ろ過損失抵抗)

ろ材 A についての評価対象期間と運転条件および初期ろ過損失抵抗測定結果をを表資 1. 1 - 2 に記す。対象期間のろ過損失水頭の変化を確認したところ、期間内での 1 日あたりの初期ろ過損失水頭 (以下、「初期ろ過損失抵抗」とする) 上昇率は, No. 2 槽で 0.014mm/日, No. 3 槽で 0.035mm/日と、ほとんど上昇することなく初期値まで回復し、ろ材層の閉塞がないことが確認された。なお、同期間においては急激な初期ろ過損失水頭の上昇が無かったため、完全洗浄は実施しなかった。3/21 および 8/20 の運転データグラフを図資 1. 1 - 1, 図資 1. 1 - 2 に示す。

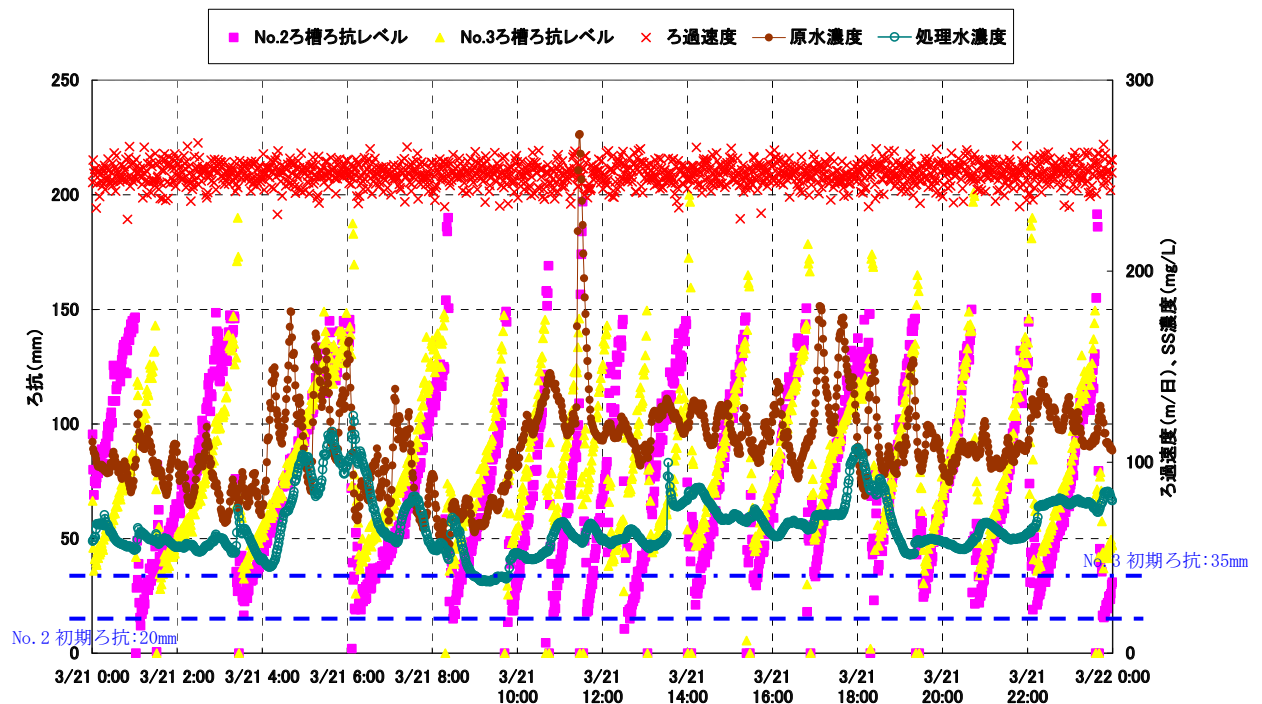
(連続運転)

なお、実証設備の稼動開始 (2012/2/17) から 2013/2/28 の期間 (改造工事期間を除く) において、設備的な不具合等は無く安定した運転が可能であった。

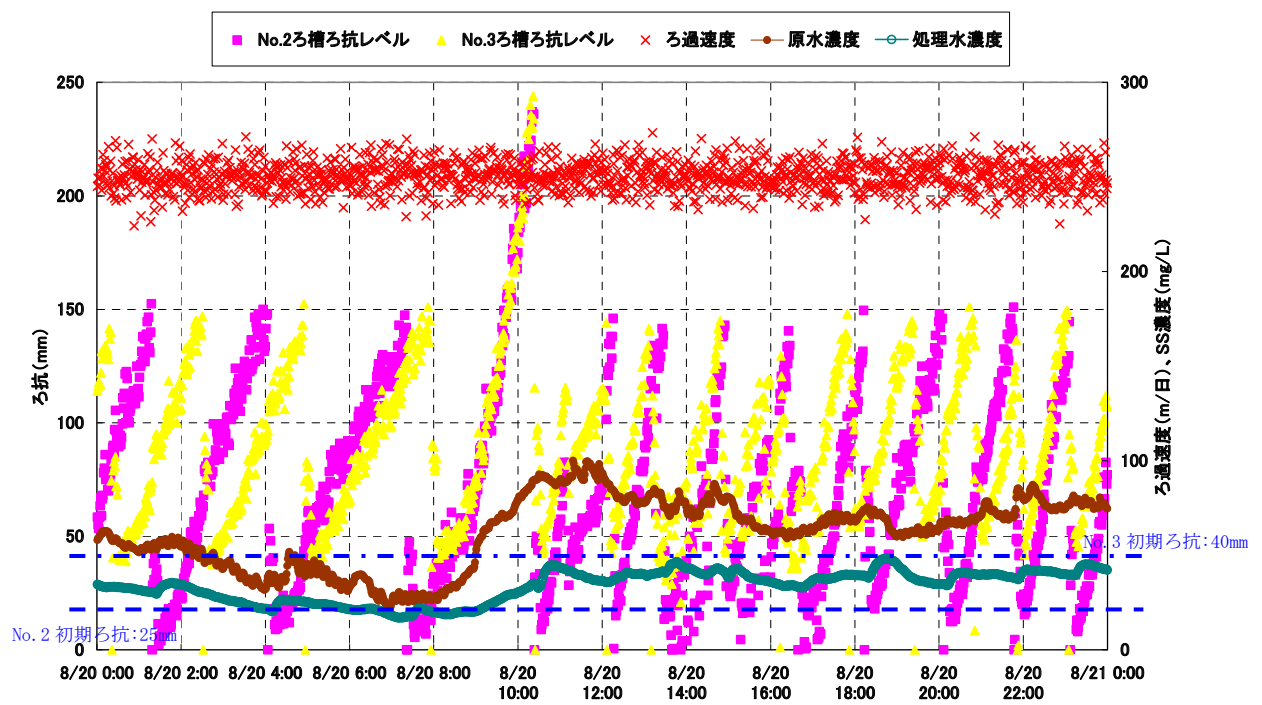
表資 1. 1 - 2 評価対象期間と運転条件および初期ろ過損失水頭測定結果

				超高効率固液分離槽 No.	
				No. 2	No. 3
評価対象期間 と 運転条件	ろ過速度	(m/日)		250	
	初期ろ層厚み	(mm)		600	
	ろ材種別			ろ材 A	
	対象期間			2012. 3. 21～8/20 〈連続運転日数＝142 日〉 (6/25～7/5 は改造工事のため運転停止)	
初期ろ過 損失水頭 測定結果	初期ろ過損失抵抗	3 月 21 日	(mm)	20	35
		8 月 20 日		22	40
	初期ろ過損失抵抗上昇値		(mm)	2	5
	運転時間		(日)	142	142
	初期ろ過損失抵抗上昇率		(mm/日)	0.014	0.035

1. 実証研究結果



図資 1. 1 - 1 初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ (3/21)



図資 1. 1 - 2 初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ (8/20)

(ろ材層厚の確認)

運転期間中、運転異常等によるろ材流出の有無を確認するため、超高効率固液分離槽内層厚測定および洗浄排水槽ならびに一次濃縮槽での浮遊物目視確認を行った。層厚の測定結果を表資 1. 1－3 に示す。期間中、し渣等に絡まった少量のろ材が洗浄排水槽や一次濃縮槽水面に浮遊することがあったものの、ろ材層厚としては殆ど変化が無く、安定した運転が行われていることが確認された。

表資 1. 1－3 超高効率固液分離槽内ろ層厚測定結果

		測定日	
		3/21	7/21
稼動日数	(日)	0	123
ろ層厚み	(cm)	60.0	59.5
備考		ろ材層厚は、槽内 12 箇所の測定値の平均	

1. 実証研究結果

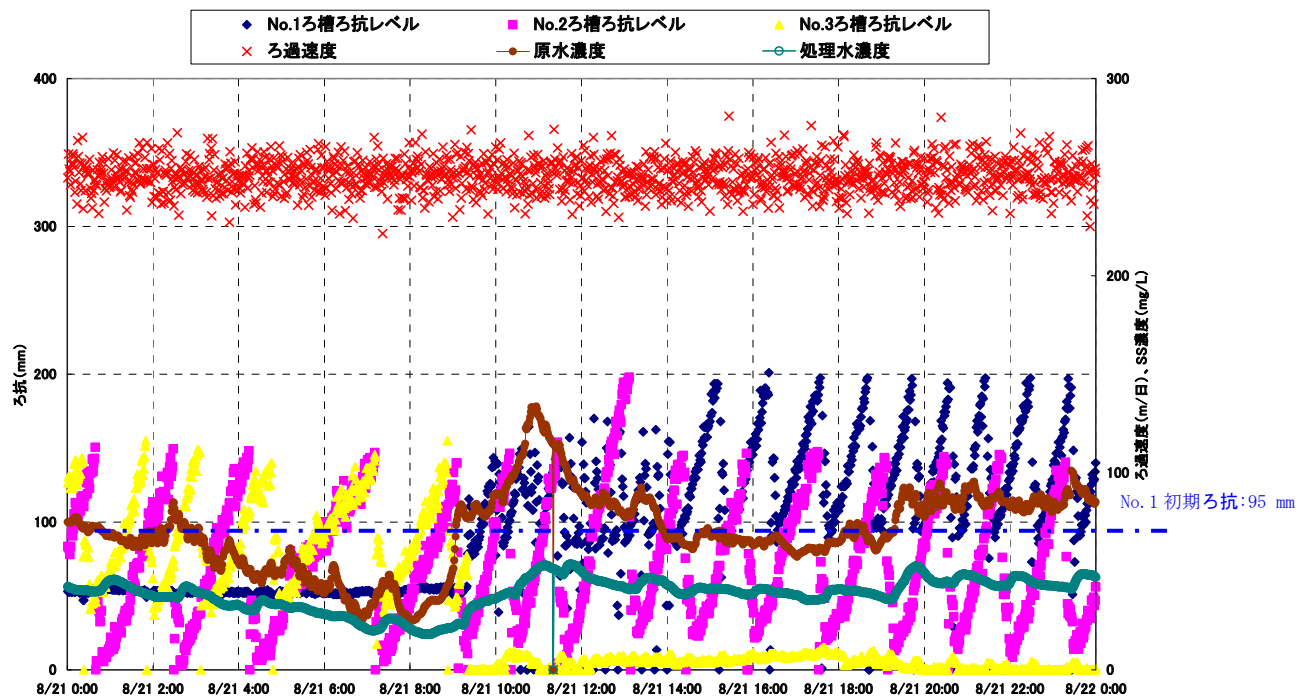
次に、ろ材 B についての評価対象期間および運転条件を表資 1. 1－4 に記す。対象期間のろ過損失水頭の変化を確認したところ、期間内での 1 日あたりの初期ろ過損失水頭（以下、「初期ろ過損失抵抗」とする）上昇率は、No. 1 槽で 0.066mm/日となり、ろ材 A に比べてやや上昇率の高いものの、安定した運転ができていることが確認された。初期ろ過損失抵抗測定結果を表資 1. 1－5 に、8/21 および 1/8 の運転データグラフを図資 1. 1－3、図資 1. 1－4 に示す。

表資 1. 1－4 評価対象期間および運転条件

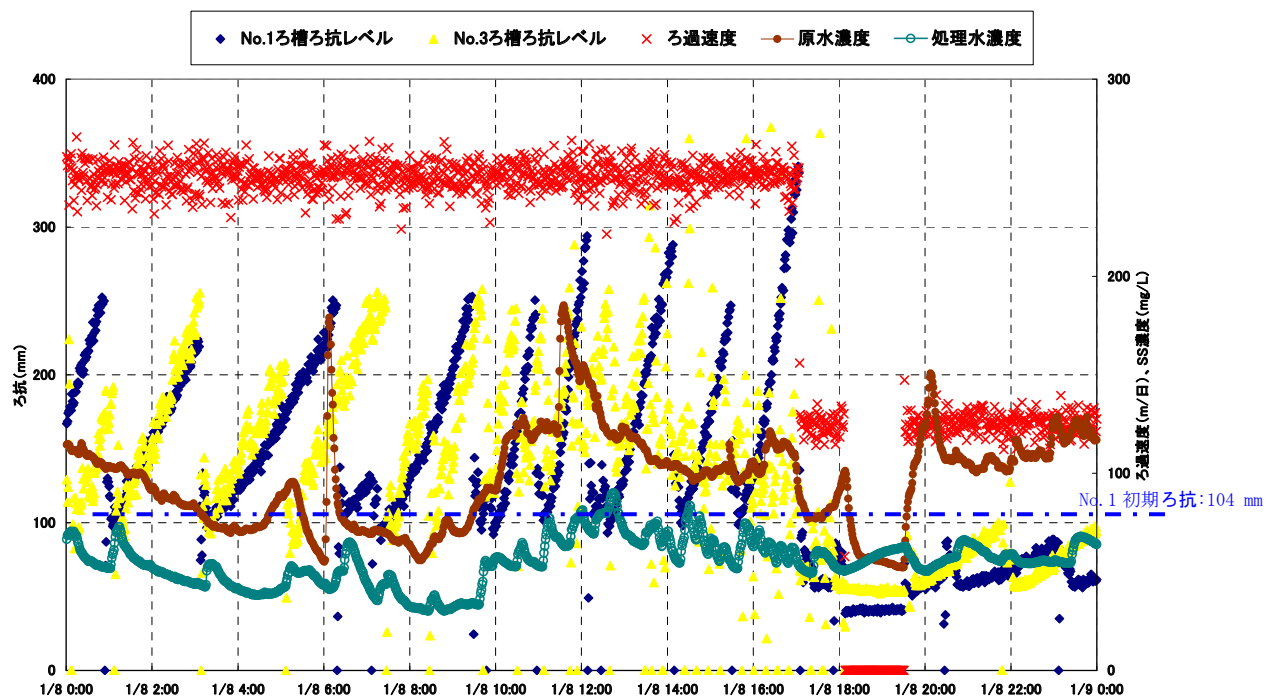
		超高効率固液分離槽 No.
		No. 1
ろ過速度	(m/日)	250
ろ層厚み	(mm)	600
ろ材種別	(ろ材 A/ろ材 B)	ろ材 B
対象期間		2012. 8. 21～1/8 〈連続運転日数＝136 日〉 (9/28～9/30 は No. 1 槽運転停止)

表資 1. 1－5 超高効率固液分離槽の初期ろ過損失抵抗測定結果

			超高効率固液分離槽 No.
			No. 1
初期ろ過損失抵抗	8 月 21 日	(mm)	95
	1 月 8 日		104
初期ろ過損失抵抗上昇値		(mm)	9
運転時間		(日)	136
初期ろ過損失抵抗上昇率		(mm/日)	0.066



図資 1. 1 - 3 初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ (8/21)



図資 1. 1 - 4 初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ (1/8)

2.1.3 除去性能評価

実証期間中に得られた SS、全 BOD 除去率について図資 1.1-5、図資 1.1-6 に示す。

ろ過速度 250m/日において、ろ材 A（従来型）をろ材層厚 600mm で充填した場合の SS 除去率を評価した。得られたデータから作成した近似曲線と提案時の除去率（原水 SS 濃度 145mg/L、除去率 65.6%）を比較すると、原水 SS 濃度 145mg/L の点において提案時の除去率を上回る 70% となっており、良好な SS 除去性能が確認された。

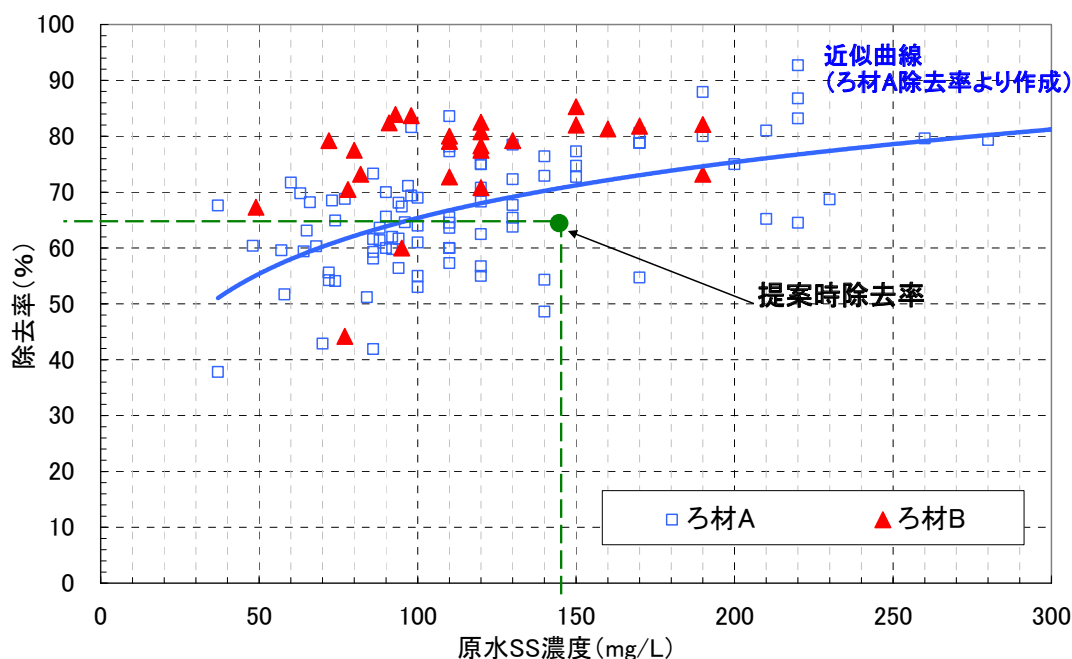
【SS 除去率 = $14.415 \times \ln(\text{SS 濃度}) - 1.0108$ 】

また、ろ材 B（新型）の除去率を見た場合、概ねろ材 A の近似曲線より上方にプロットされていることから、ろ材 B はろ材 A に比べてより SS 除去性能に優れていることが示唆された。

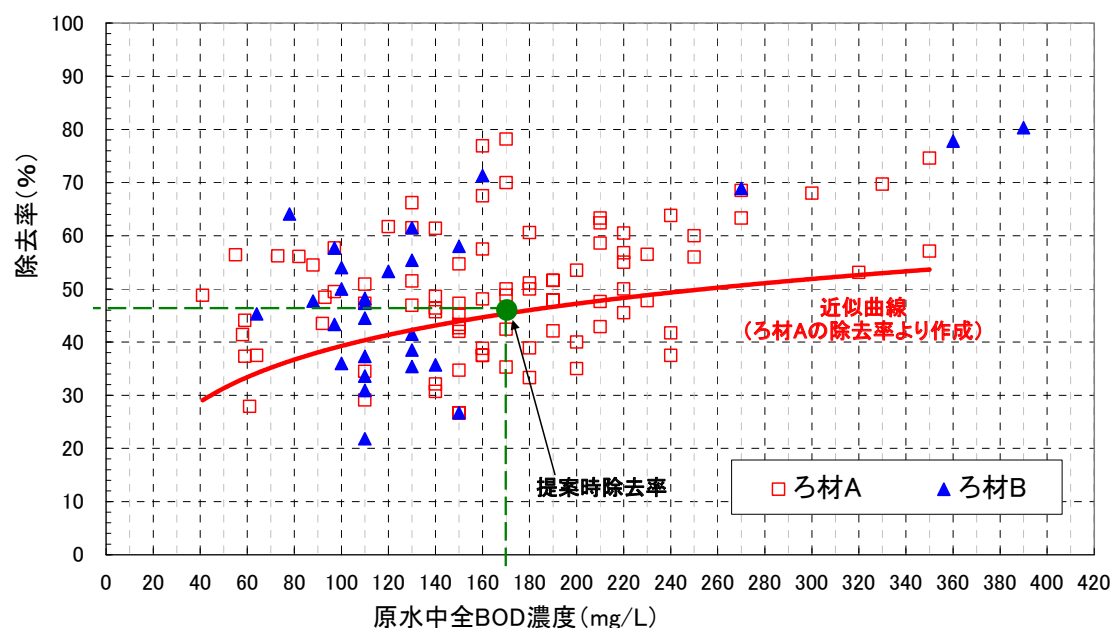
一方、全 BOD 除去率に関しては、SS 除去率よりもバラつきが大きいものの、近似曲線が提案時除去率（原水全 BOD 濃度 170mg/L、原水溶解性 BOD 濃度 50mg/L、除去率 46.3%）を上回っていることから、BOD 除去性能に関しても概ね当初想定どおりの性能を有していることが確認された。さらに今回、原水中に占める固形性 BOD と溶解性 BOD の割合と SS 除去率との間に一定の相関関係が認められ、それらを考慮した除去率算出式を作成し、全 BOD 除去率を求めたところ、除去率 47% を得た。

【全 BOD 除去率 = $\{14.543 \times \ln(\text{SS 濃度}) - 5.763\} \times (\text{全 BOD 濃度} - \text{溶解性 BOD 濃度}) \div \text{全 BOD 濃度}$ 】

なお、全 BOD 除去性についてろ材 A とろ材 B を比較した場合では、有意な差は認めなかった。これは、全 BOD 除去率が原水中の浮遊性 BOD と溶解性 BOD の比率の違いによって大きく変動すること、さらには対象期間中の原水性状の変動が比較的大きかったことにより、除去率のバラつきが大きくなったためと推察される。

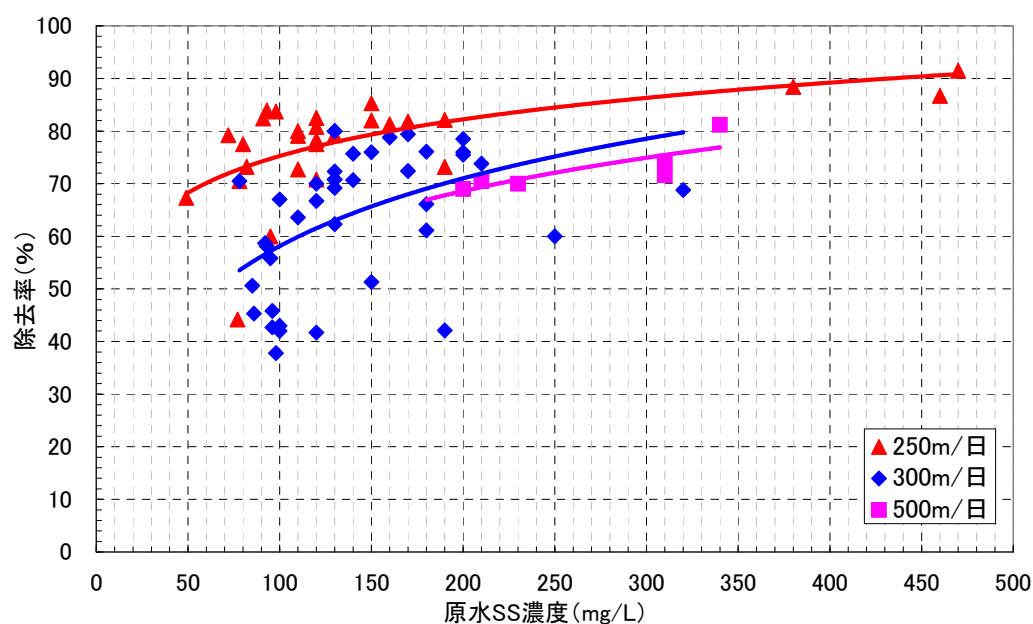


図資 1.1-5 原水 SS 濃度と除去率（ろ過速度 250m/日、層厚 600mm）



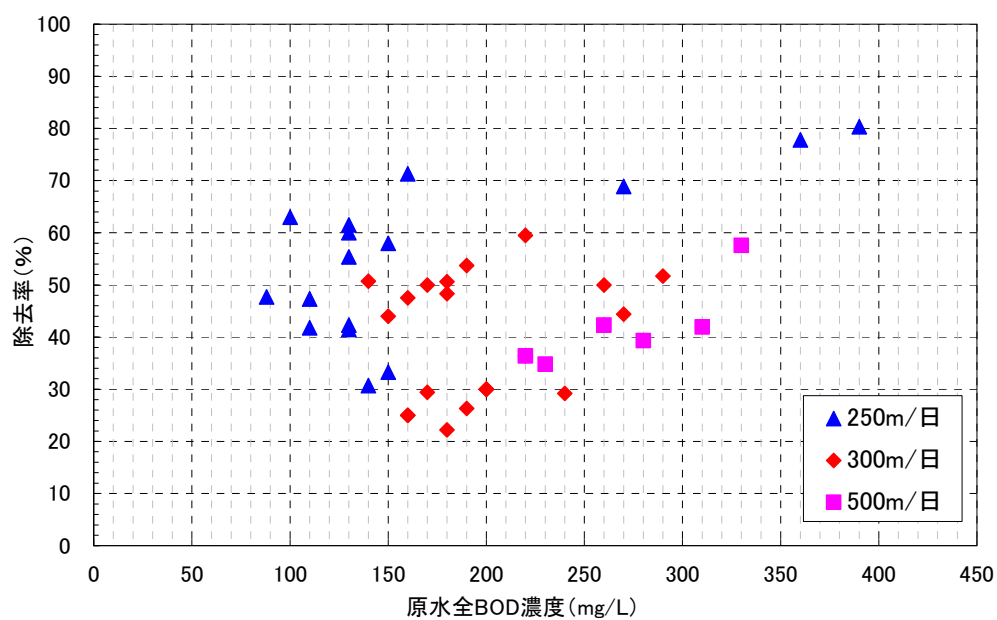
図資 1. 1 - 6 原水全BOD濃度と除去率（ろ過速度 250m/日，ろ層厚 600mm）

次に，ろ過速度と SS，全 BOD 除去率の関係性について調査した。ろ過速度は 250m/日，300m/日，500m/日とし，ろ材種別はろ材 B，ろ層厚は 600mm で運転し評価を行った。SS の除去率を図資 1. 1 - 7 に，全 BOD 除去率を図資 1. 1 - 8 に示した。条件によって原水濃度の変動幅が大きく一概に比較は難しいが，ろ過速度が下がるにつれて除去率が向上する傾向が見られた。



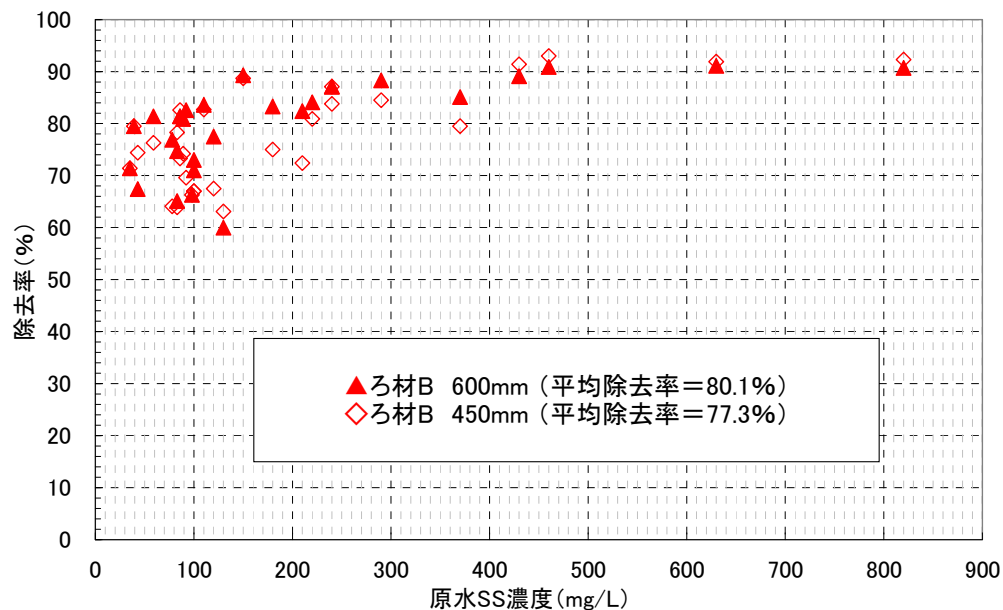
図資 1. 1 - 7 ろ過速度毎の SS 除去率（ろ材 B，ろ層厚 600mm）

また、全 BOD 除去率についても SS 除去率と同様に、ろ過速度が下がるにつれて除去率が上がる傾向が見られた。

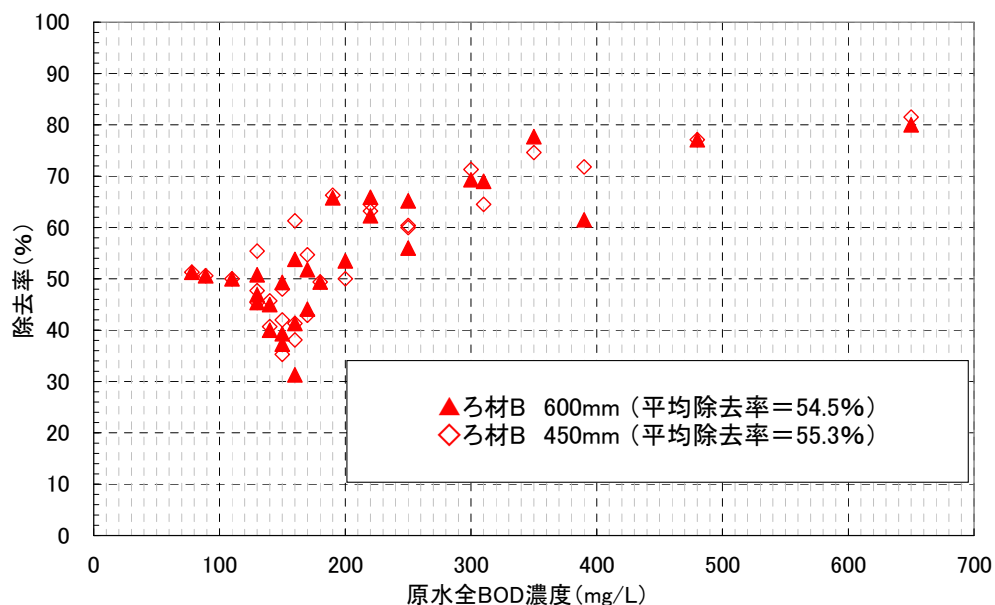


図資 1. 1 - 8 ろ過速度毎の全 BOD 除去率 (ろ材 B, ろ層厚 600mm)

最後に、ろ過速度 250m/日、ろ材 B の条件のもと、ろ層厚の違いによる SS、全 BOD 除去性能の比較を行った。ろ層厚 600mm と 450mm の比較を、図資 1. 1－9、図資 1. 1－10 に、ろ層厚 600mm と 300mm の比較を、図資 1. 1－11、図資 1. 1－12 にそれぞれ示す。今回の調査期間内においては、SS 除去率、全 BOD 除去率ともろ層厚の違いによる差は殆ど認められず、良好な除去性能が確認された。ろ材層厚の薄層化の可能性が示唆されたが、今後は処理性能の長期安定性、運転の安定性（洗浄による初期ろ過損失抵抗の回復状況）を継続的に調査する必要があると考えられる。

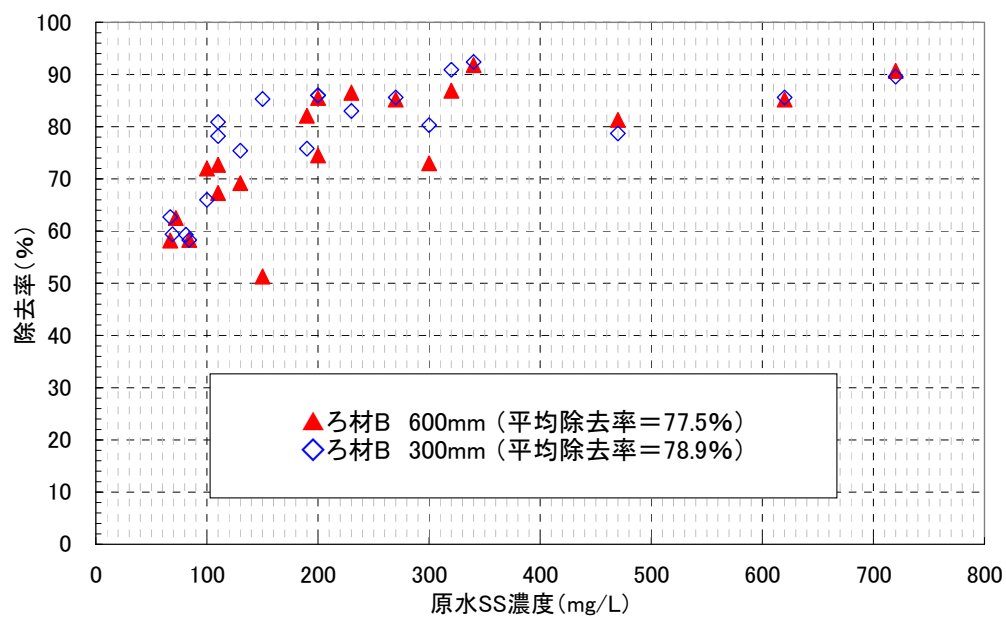


図資 1. 1－9 ろ層厚 600mm, 450mm の SS 除去率（ろ過速度 250m/日、ろ材 B）

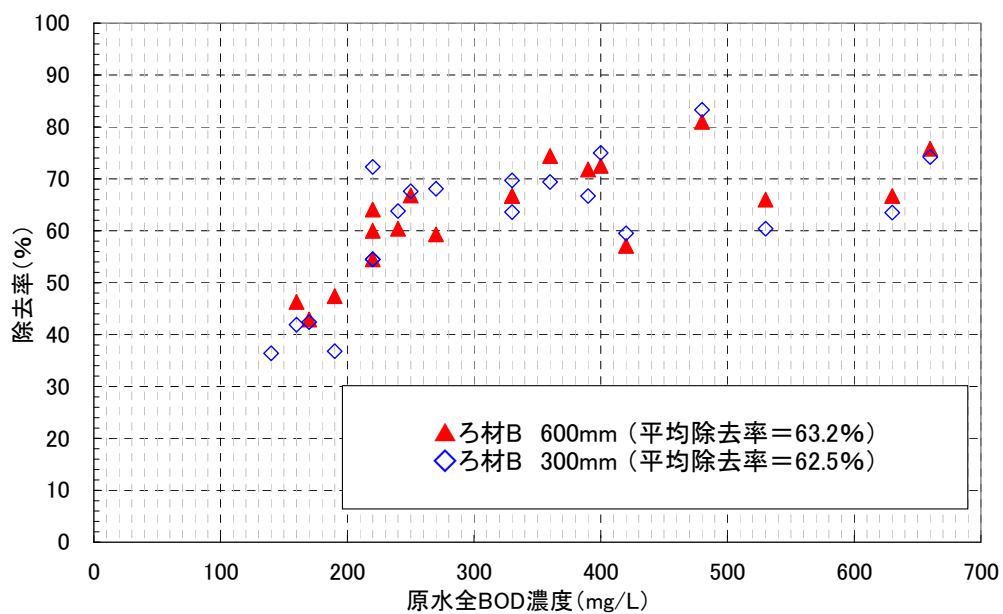


図資 1. 1－10 ろ層厚 600mm, 450mm の全 BOD 除去率（ろ過速度 250m/日、ろ材 B）

1. 実証研究結果



図資 1. 1－1.1 ろ層厚 600mm, 300mm の SS 除去率（ろ過速度 250m/日，ろ材 B）



図資 1. 1－1.2 ろ層厚 600mm, 300mm の全 BOD 除去率（ろ過速度 250m/日，ろ材 B）

1.1.4 汚泥濃縮性評価

実証期間中、超高効率固液分離槽から得られる生汚泥の効率的な濃縮方法を探るため、以下の3種類の運転を実施した。モードA（ろ過損失抵抗優先洗浄＋一定間隔引抜）を表資1.1-6に、モードB（濃縮優先引抜）を表資1.1-7に、モードC（タイマー逆洗、濃縮優先引抜）を表資1.1-8に示す。モードAでは、1時間に1回の頻度で一定量を引き抜く運転を行ったのに対し、モードBでは濃縮槽への上流側からの汚泥投入が始まる前に汚泥を引抜くという運転を実施した。

表資1.1-6 モードA（ろ過損失抵抗優先洗浄＋一定間隔引抜）

	超高効率固液分離槽	一次濃縮槽	二次濃縮槽
逆洗方法	設定ろ過損失抵抗到達で実施		
汚泥引抜方法		1時間に1回 1.5m ³ を引抜 ※24 m ³ 引抜/日	1時間に1回 0.5 m ³ を引抜 ※12 m ³ 引抜/日

表資1.1-7 モードB（濃縮優先引抜）

	超高効率固液分離槽	一次濃縮槽	二次濃縮槽
逆洗方法	設定ろ過損失抵抗到達で実施		
汚泥引抜方法		二次濃縮引抜後に 1.4m ³ を引抜 ※逆洗回数×1.4m ³ /回 ※引抜の途中でインターバル時間を設定	逆洗に連動して 0.5m ³ を引抜 ※逆洗回数×1.4m ³ /回

表資1-8 モードC（タイマー逆洗＋濃縮優先引抜）

	超高効率固液分離槽	一次濃縮槽	二次濃縮槽
逆洗方法	設定時間間隔で洗浄 (設備保護のためろ過損失抵抗上限値も設定)		
汚泥引抜方法		二次濃縮引抜後に 1.4m ³ を引抜 ※逆洗回数×1.0m ³ /回 ※引抜の途中でインターバル時間を設定	逆洗に連動して 0.5m ³ を引抜 ※逆洗回数×1.4m ³ /回

モード A における各種データの経時変化を図資 1.1-13 に、モード B における各種データの経時変化を図資 1.1-14 に、モード C における各種データの経時変化を図資 1.1-15 に示す。

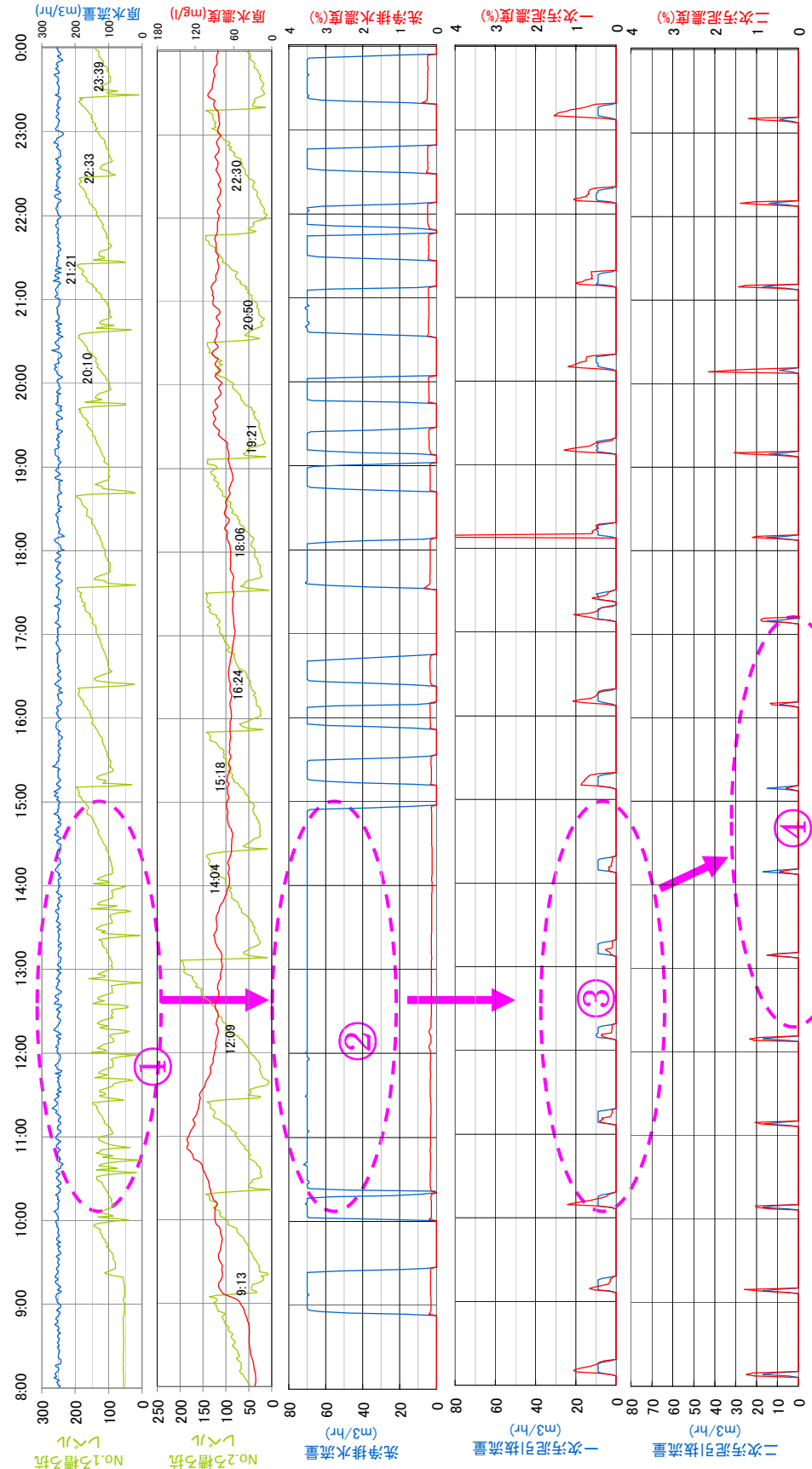
図資 1.1-13 において、一次濃縮汚泥濃度は最大で 1% 程度、二次濃縮汚泥は最大で 2% 程度である。さらに、逆洗が頻発し一次濃縮槽への洗浄排水が継続している間では一次濃縮汚泥濃度は 0.5% 程度と非常に低く、洗浄排水の流入による濃縮槽内の攪乱が濃縮効率の低下を引き起こしていると考えられる。

一方、図資 1.1-14 においては、一次濃縮汚泥濃度は平均的に 1% 程度を維持しており、二次濃縮汚泥については最大で 3% 超の濃度が得られた。このことから、超高効率固液分離槽と濃縮汚泥の引拔を連動させる運転を行うことで、汚泥の高濃度化が図れることが分かった。

また、図資 1.1-15 に示すように、超高効率固液分離槽の洗浄を一定周期で行い、汚泥沈降時間を定常化させることで、更に汚泥濃縮効率が向上する結果となった。

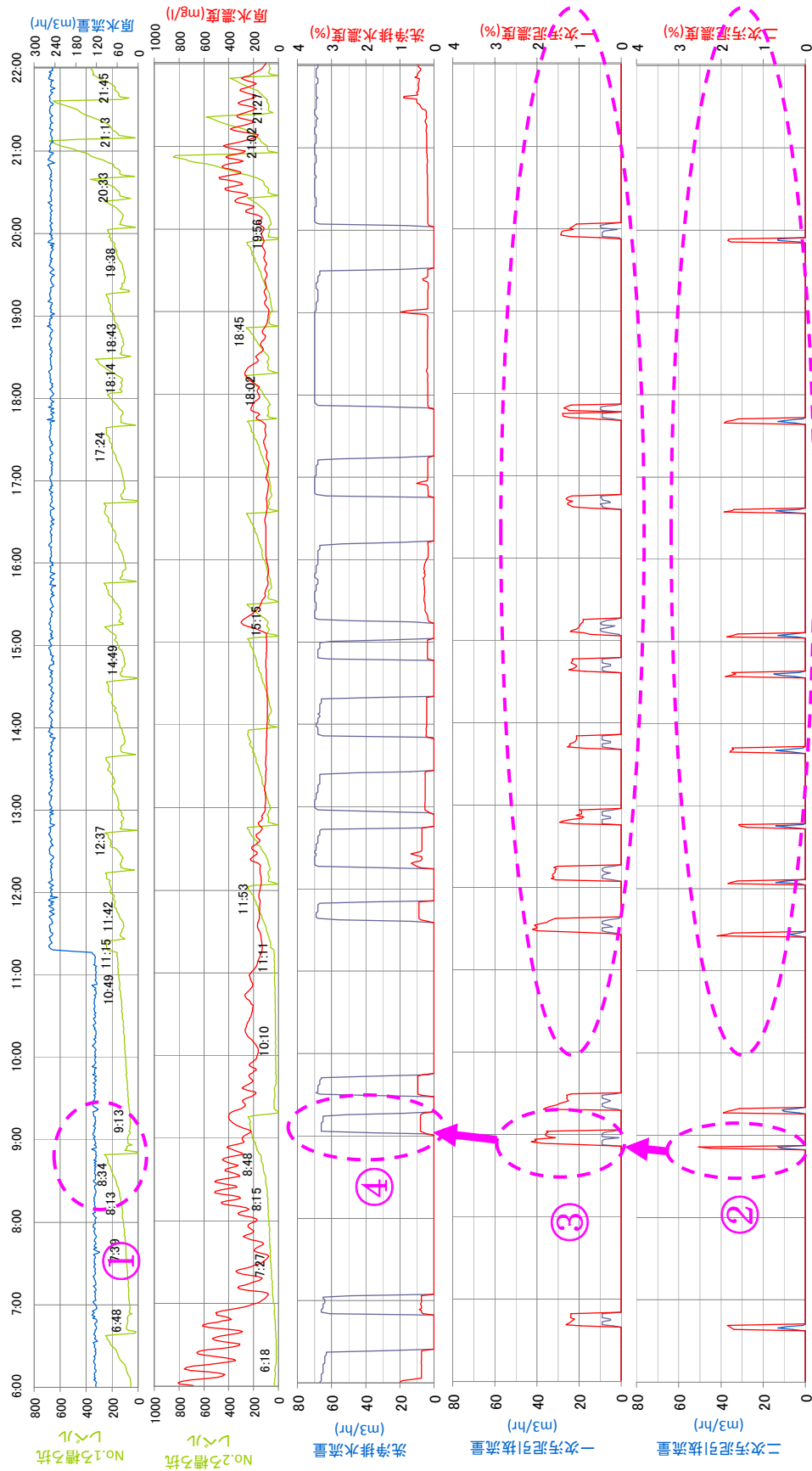
従って、高濃度の生汚泥を安定的に得るためには、超高効率固液分離槽の洗浄間隔を一定化し、後段の一次濃縮槽および二次濃縮槽における汚泥沈降時間と十分に確保した上で引抜きを行うような運転が理想的であると考えられる。

洗浄が頻発すると (①)、一次濃縮槽への洗浄排水 (生汚泥) の投入が継続的に発生し (②)、そのタイミングで汚泥の引抜きが実施されると、一次濃縮汚泥濃度 (③) および二次濃縮汚泥濃度 (④) が低下する傾向にある。



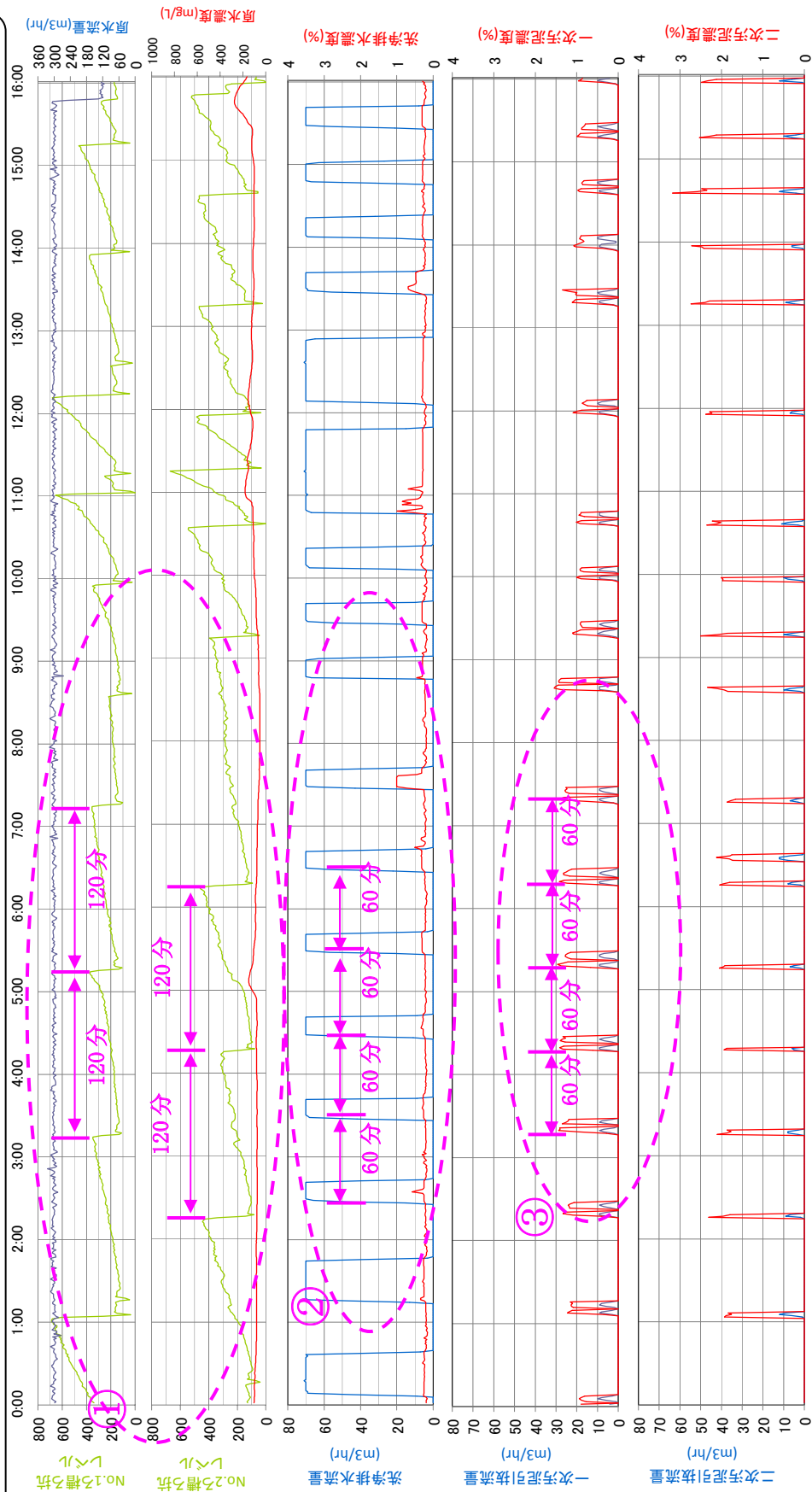
図資1.1-13 モーダA（ろ過損失抵抗優先洗浄＋一定間隔引抜）の運転データ

洗浄が実施されると (①), まず二次濃縮汚泥の引抜きを行い (②), 次に一次濃縮汚泥の引抜きを実施 (③)。最後に洗浄排水槽から一次濃縮汚泥へ洗浄排水 (生汚泥) の投入を行うようにモードを変更した (④)。その結果, 一次濃縮汚泥, 二次濃縮汚泥ともに高濃度での引抜きが可能となった。



図資 1.1-1-4 モード B (濃縮優先引抜) の運転データ

モード B の運転パターンに加え、超高効率固液分離槽の逆洗方法をタイマーによる一定間隔洗浄を実施した (①)。これにより一次濃縮槽内における汚泥の沈降時間が一定化され (②)、その結果、高濃度の一次濃縮汚泥が安定的に得られるようになった (③)。



図資 1.1-15 モード C (タイマー逆洗+濃縮優先引抜) の運転データ

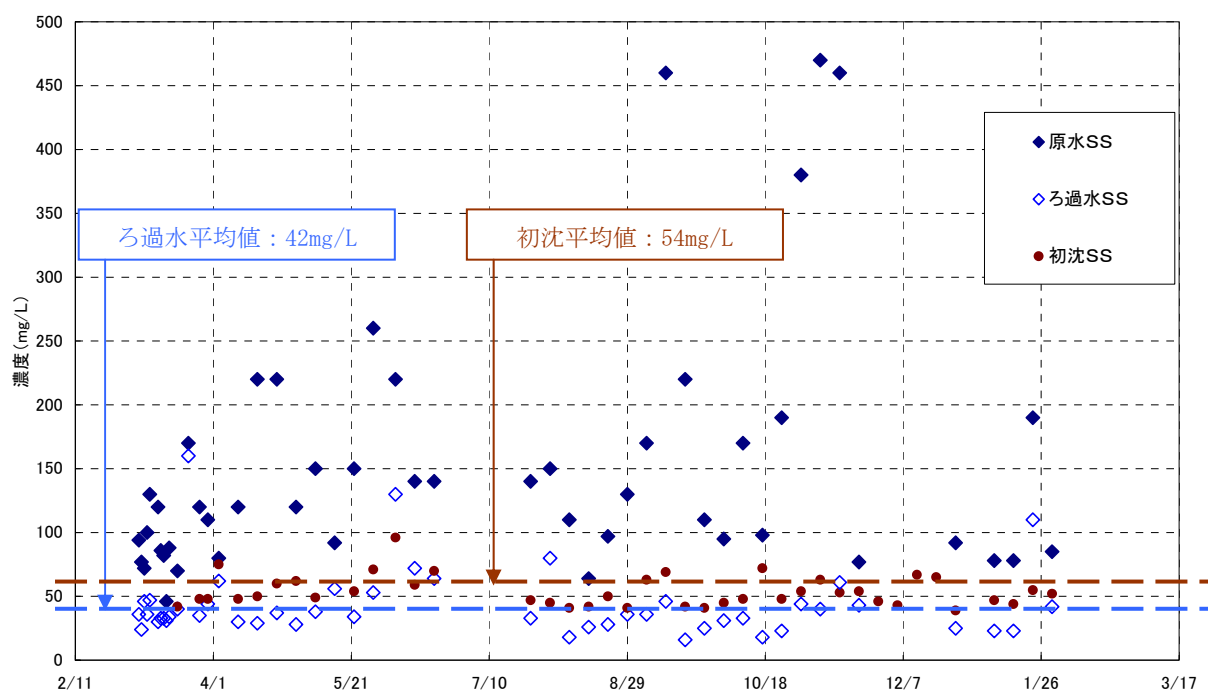
1.1.5 従来技術との比較（§ 7, § 24 根拠データ）

従来技術との性能比較を目的に、実証期間内における超高効率固液分離ろ過水と既設中浜下水処理場西系最初沈殿池上澄水の SS 濃度および全 BOD 濃度を調査した。SS 濃度の日間変動を図資 1.1-16 に、全 BOD 濃度の日間変動を図資 1.1-17 に示す。

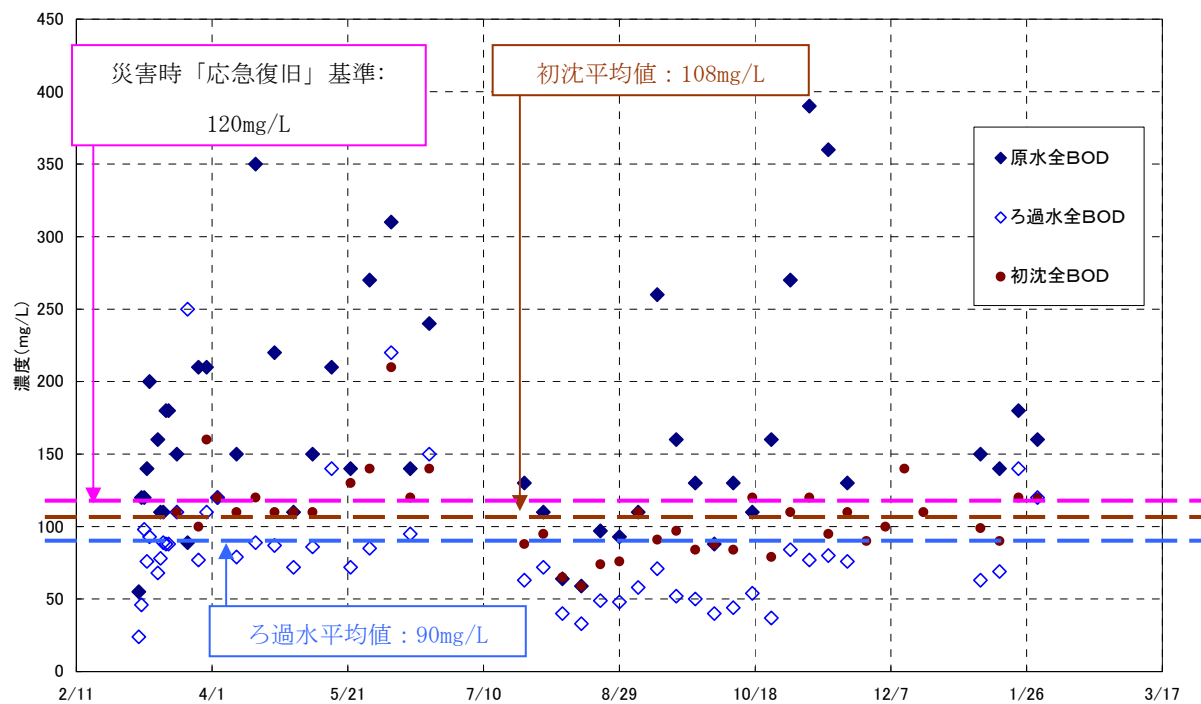
（超高効率固液分離槽ろ過速度：250m/日～300m/日、既設最初沈殿池の水面積負荷：30～50 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ ）

SS 濃度については、原水濃度が 37mg/L～470mg/L（平均：128mg/L）と変動する中、ろ過水は 12mg/L～160mg/L（平均：42mg/L）、初沈上澄水は 39mg/L～96mg/L（平均：54mg/L）であり、従来技術を上回る結果であった。

また、全 BOD については、原水濃度が 41mg/L～420mg/L（平均：175mg/L）と変動する中、ろ過水は 21mg/L～250mg/L（平均：90mg/L）、初沈上澄水は 59mg/L～210mg/L（平均：108mg/L）であり、SS と同様に従来技術を上回る結果であった。



図資 1.1-16 SS 濃度の日間変動



図資 1. 1 - 1 7 全 BOD 濃度の日間変動

1.1.6 雨天時処理性能

雨天時の処理性能調査を実施した結果を以下に記す。

調査は計2回実施し、ろ材Aを用いて、ろ過速度700m/日～800m/日の範囲で運転したものをRUN1、ろ材Aとろ材Bを用いて、ろ過速度400m/日～500m/日の範囲で運転したものをRUN2とする。

なお、雨天時モードへの切替えは、既設中浜下水処理場西系の雨天時運転への切替えに同調させる形で行った。また、超高効率固液分離技術は既往の結果より、最大でろ過速度1,200m/日までの運転が可能であるが、本実証研究においては最大800m/日までのデータを取得した。

まず、雨天時における運転の安定性を評価するために、雨天時稼動期間中の初期ろ過損失抵抗の経時変化を調査した。RUN1のデータを図資1.1-18、RUN2のデータを図資1.1-19に示す。運転開始前後に原水SS濃度の急激な上昇があり、逆洗回数が多くなる傾向が認められたものの、ろ材の流出や高速洗浄装置等の不具合は無く安定運転が可能であった。また、雨天時運転の前後で初期ろ過損失抵抗の値を比較した場合、値に変化はなく、ろ材層の目詰まりも無く良好な洗浄が実施されていることが確認された。

次に、処理性能について評価するため、雨天時稼動期間中のSSおよび全BODの経時変化を調査した。RUN1、RUN2それぞれの原水SS濃度と除去率の関係を図資1.1-20～図資1.1-23に、原水中全BOD濃度と除去率の関係を図資1.1-24～図資1.1-27に示す。

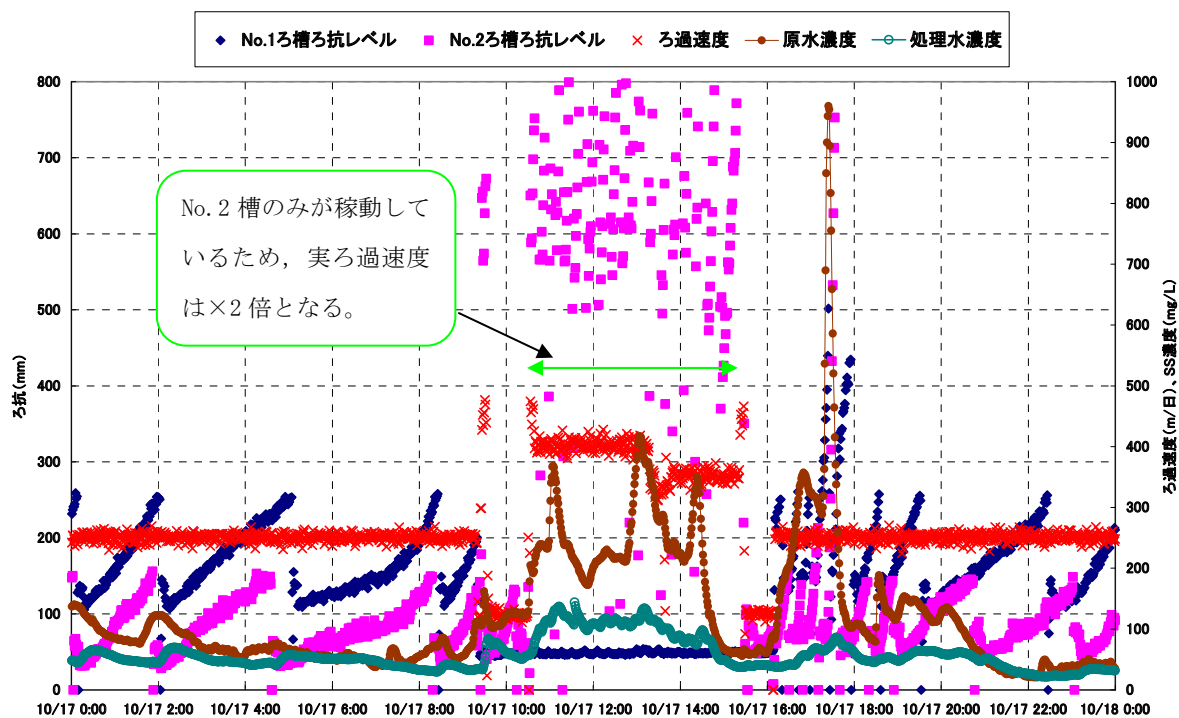
原水中のSS、全BOD共に比較的高濃度ではあったものの、ろ過速度400m/日から800m/日の間でSS除去率（平均）は52%～69%、全BOD除去率（平均）は46%～58%であった。晴天時の除去率と比較しても同等程度の除去率が得られており、雨天時污水に対する高速ろ過速度運転が可能であることが確認された。

【運転の安定性】

RUN : 1

対象槽 : No. 2 槽

ろ材種別 : ろ材 A, ろ過速度 : 800m/日 (10 : 40-13 : 15), 700m/日 (13 : 50-15 : 20)



図資 1. 1 - 1 8 初期ろ過損失抵抗経時変化 (10/17)

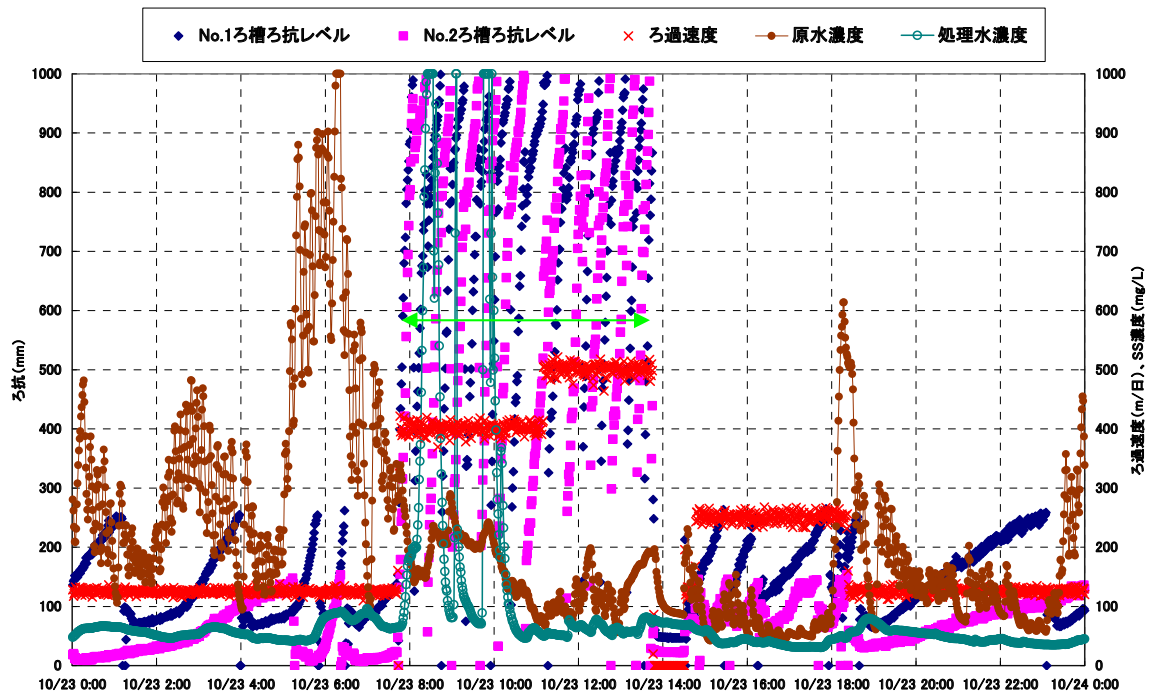
1. 実証研究結果

RUN : 2

対象槽 : No. 1 槽, No. 2 槽

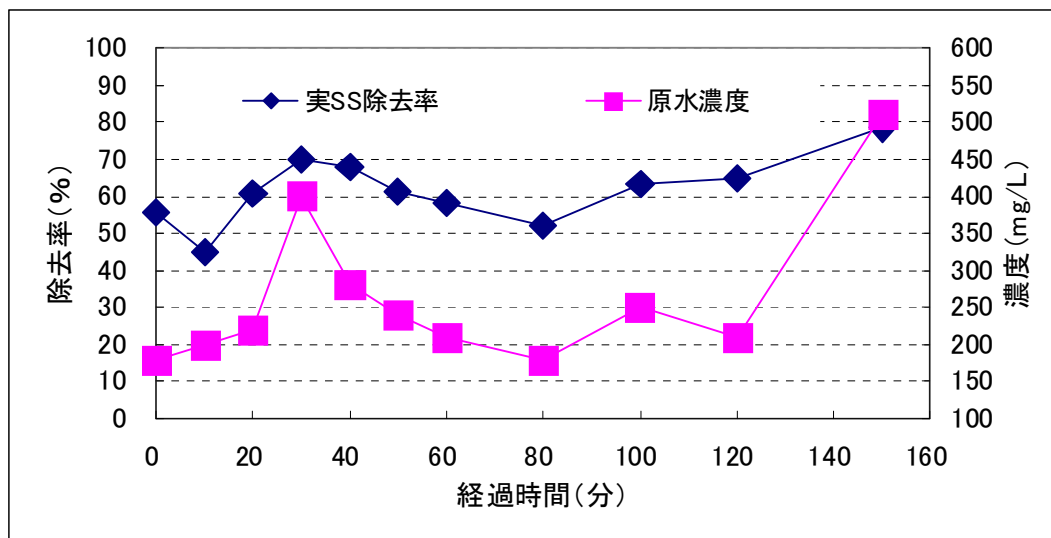
ろ材種別 : ろ材 A (No. 2 槽), ろ材 B (No. 1 槽),

ろ過速度 : 400m/日 (7 : 50-11 : 10), 500m/日 (11 : 10-13 : 45)



図資 1. 1 - 1 9 初期ろ過損失抵抗経時変化 (10/23)

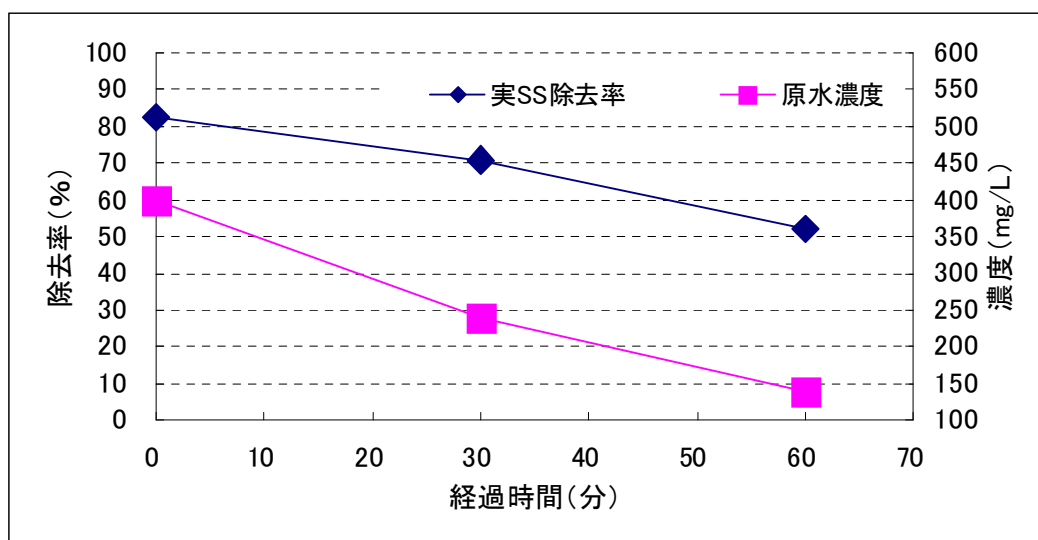
【処理性能】



平均濃度 262 mg/L

実平均除去率 62 %

図資1.1-20 原水 SS 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 800m/日）

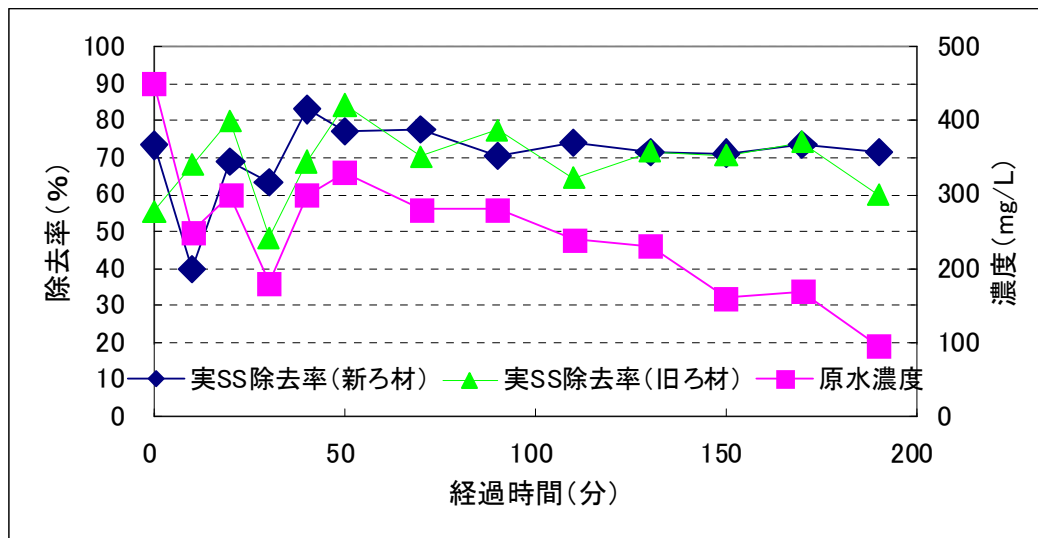


平均濃度 260 mg/L

実平均除去率 68 %

図資1.1-21 原水 SS 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 700m/日）

1. 実証研究結果

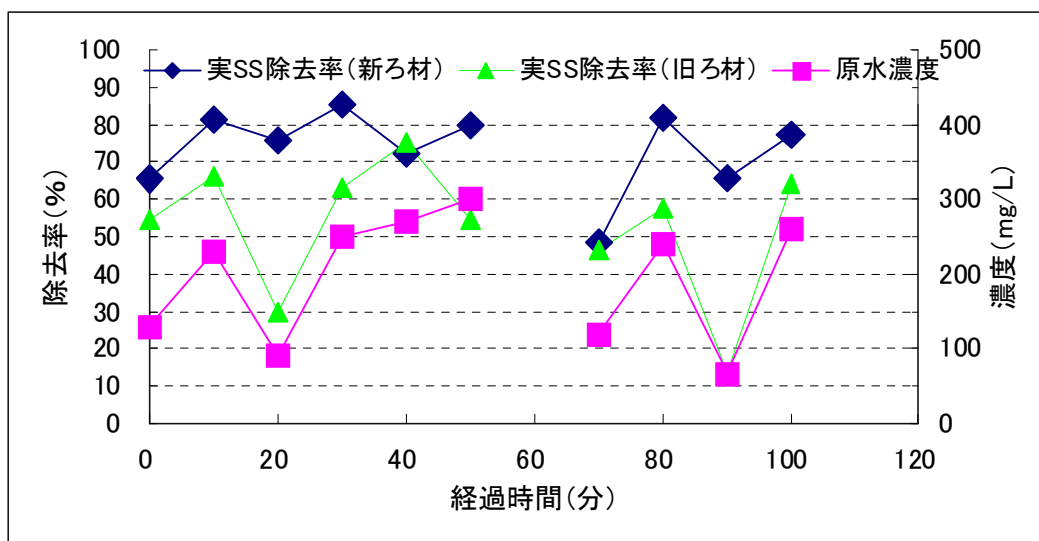


平均濃度 251 mg/L

平均除去率(B新) 70 %

平均除去率(A旧) 69 %

図資1.1-22 原水 SS 濃度と除去率 (ろ材 A, ろ材 B, 層厚 600mm, ろ過速度 400m³/日)



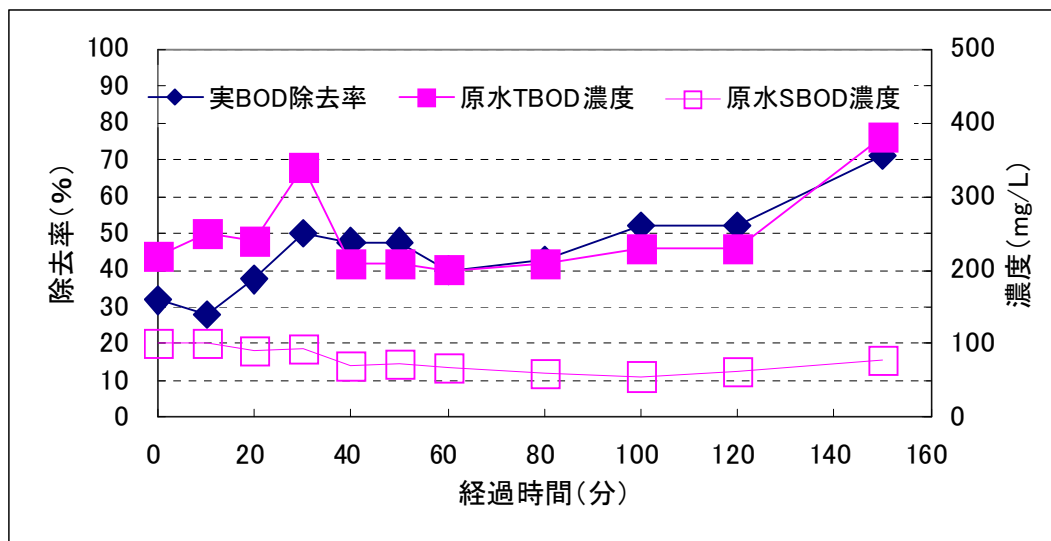
平均濃度 196 mg/L

平均除去率(B新) 73 %

平均除去率(A旧) 52 %

図資1.1-23 原水 SS 濃度と除去率 (ろ材 A, ろ材 B, 層厚 600mm, ろ過速度 500m³/日)

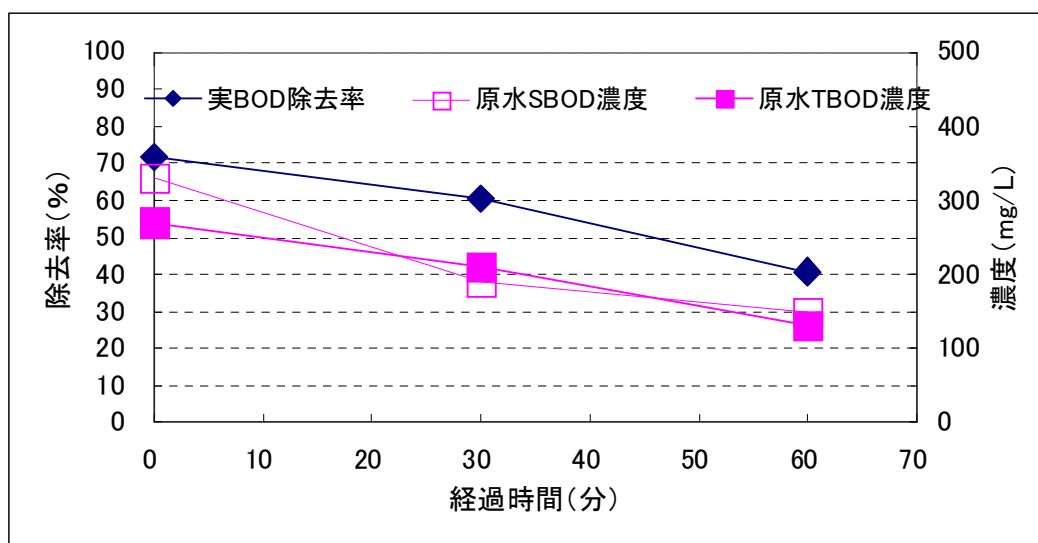
【全 BOD 除去性能】



平均濃度 247 mg/L

実平均除去率 46 %

図資1.1-24 原水全 BOD 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 800m/日）

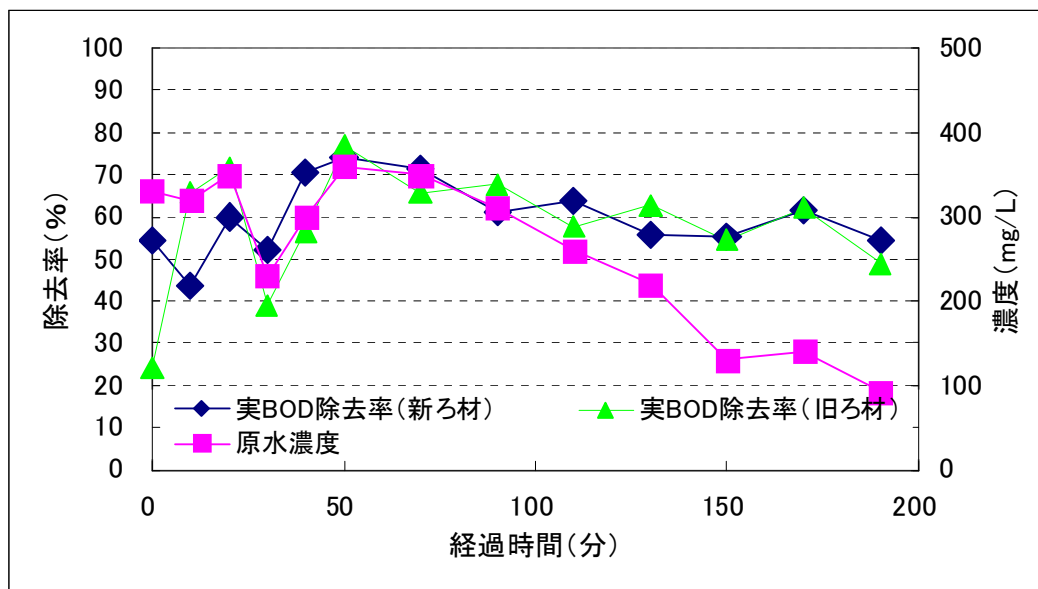


平均濃度 203 mg/L

実平均除去率 58 %

図資1.1-25 原水全 BOD 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 700m/日）

1. 実証研究結果

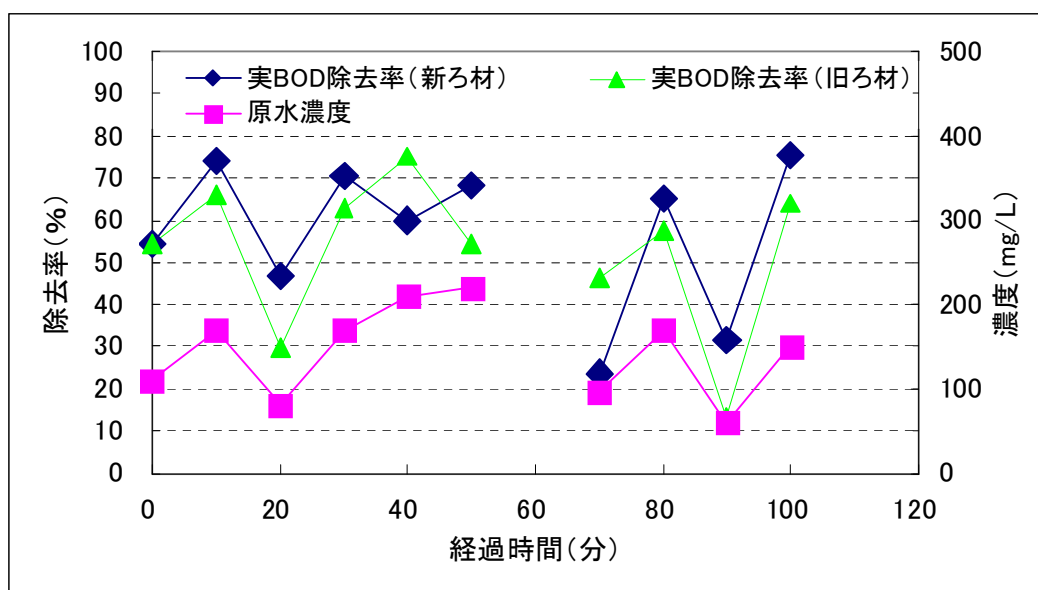


平均濃度 261 mg/L

平均除去率(B新) 60 %

平均除去率(A旧) 58 %

図資1.1-26 原水全BOD濃度と除去率（ろ材A，ろ材B，層厚600mm，ろ過速度400m/日）



平均濃度 144 mg/L

平均除去率(B新) 57 %

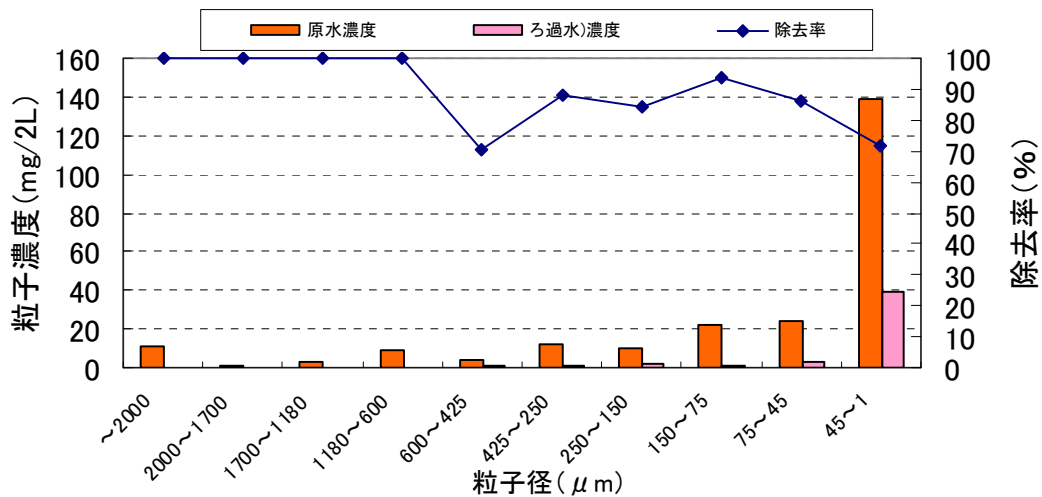
平均除去率(A旧) 52 %

図資1.1-27 原水全BOD濃度と除去率（ろ材A，ろ材B，層厚600mm，ろ過速度500m/日）

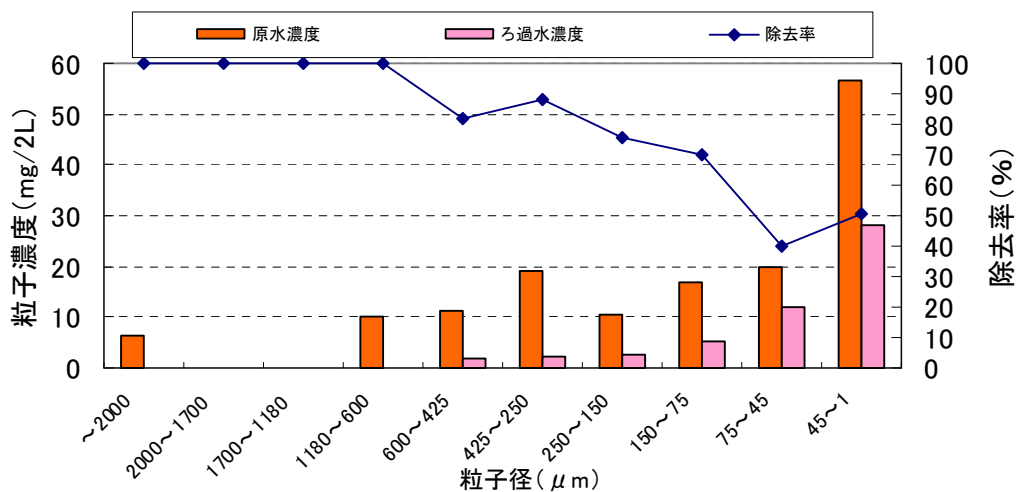
1.1.7 粒子径毎の除去性能

ろ過速度毎の粒子径除去特性を評価した。ろ過速度 250m/日のデータを図資 1.1-28 に、ろ過速度 300m/日のデータを図資 1.1-29 に、ろ過速度 500m/日のデータを図資 1.1-30 に示す。

ろ過速度が 250m/日～300m/日の範囲では粒子径 $75\mu\text{m}$ 以上の粒子に対して 70%～100%の高い除去率が得られた。特に、粒子径が約 1mm 以上の粒子についてはろ過速度に関係なくほぼ 100%除去された。なお、ろ過速度 500m/日では粒子径 $1,180\mu\text{m}$ ～ $150\mu\text{m}$ の粒子に対して除去率が低くなる傾向が確認されたが、理由としては上記粒子径範囲の原水中粒子濃度が低かったことが考えられる。

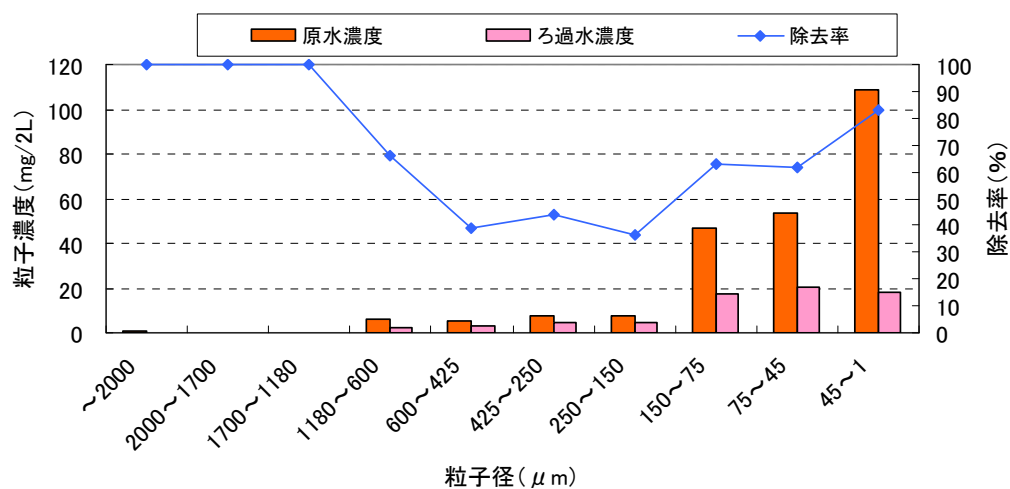


図資 1.1-28 ろ過速度 250m/日における粒子径毎除去率（ろ材 B，層厚 600mm）



図資 1.1-29 ろ過速度 300m/日における粒子径毎除去率（ろ材 B，層厚 600mm）

1. 実証研究結果

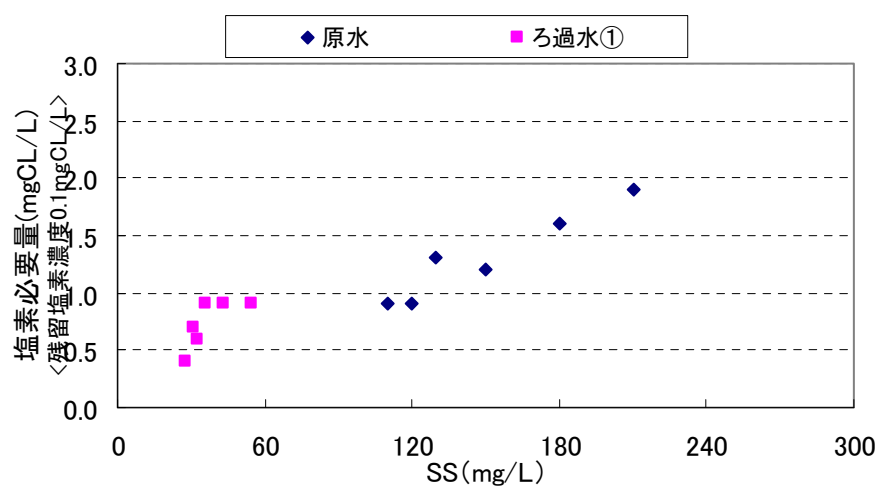


図資 1. 1 - 3 0 ろ過速度 500m/日における粒子径毎除去率（ろ材 B，層厚 600mm）

1.1.8 塩素必要量

超高効率固液分離槽ろ過水と流入原水について，残留塩素濃度 0.1mgCL/L を満足させるために必要な塩素注入量を調査した結果を，図資 1. 1 - 3 1 に示す。

固液分離により塩素を消費する固形物分が除去されることで，必要塩素量も削減できると考えられる。



図資 1. 1 - 3 1 原水とろ過水に対する塩素必要量（ろ材 B，ろ過速度 250m/日，層厚 600mm）

1.2 高効率高温消化技術

1.2.1 装置仕様, 投入バイオマス性状

担体充填型消化タンクは、鋼製丸型槽で有効容量は 50m³であり、10 m³/日の汚泥＋バイオマスを消化日数 5 日で処理を行うことが可能である。またガスホルダは 270 m³であり、燃料電池 100kW 出力時に必要な消化ガスを 5h 貯留できる容量として装置仕様を決定している。

(1) 生汚泥

生汚泥分析値(平均)を表資 1.2-1 に示す。

表資 1.2-1 生汚泥分析結果平均値

項目		単位	生汚泥		
			平均値	最小値	最大値
TS		%	2.30	1.08	3.37
VTS		%/TS	85.9	74.4	89.4
灰分		%	0.32	0.11	0.86
COD _{cr}		mg/L	28,000	14,000	41,000
BOD		mg/L	8,500	3,700	14,000
Kj-N		mg/L	740	320	1,200
T-P		mg/L	150	60	260
n-Hex 抽出物質		mg/L	1,600	600	2,700
元素組成	C	%/TS	42.7	36.7	45.0
	H	%/TS	6.57	5.20	7.70
	N	%/TS	2.87	2.16	3.90
	O	%/TS	33.3	28.8	36.5
成分食品	炭水化物	%/VS	71.6	62.6	82.4
	たんぱく質	%/VS	19.5	13.6	28.0
	脂質	%/VS	8.9	4.0	13.0

(2) 生ごみ

生ごみの性状を表資 1. 2 - 2 に示す。生ごみは不均質で精度の高い分析値が得られないため、比較的均質な生汚泥と生ごみスラリーの分析値と希釈率を基に生ごみの各項目値を算出した。

表資 1. 2 - 2 生ごみ分析結果

項目		単位	生ごみ		
			平均値	最小値	最大値
TS		%	30. 70	25. 60	37. 50
VTS		%/TS	96. 7	93. 4	98. 0
灰分		%	1. 00	0. 50	2. 49
CODcr		mg/L	440, 000	323, 000	811, 000
BOD		mg/L	260, 000	157, 000	483, 000
Kj-N		mg/L	10, 400	8, 200	14, 900
T-P		mg/L	720	320	1, 460
n-Hex 抽出物質		mg/L	65, 000	42, 000	124, 000
元素組成	C	%/TS	53. 8	46. 9	62. 2
	H	%/TS	8. 07	6. 11	9. 56
	N	%/TS	3. 65	2. 96	4. 48
	O	%/TS	30. 9	19. 4	37. 3
成分食品	炭水化物	%/VS	48. 7	12. 5	68. 7
	たんぱく質	%/VS	21. 1	17. 5	25. 9
	脂質	%/VS	30. 2	12. 0	61. 9

(3) 投入基質

生ごみ：下水生汚泥＝1:0.7（TS 量比）実験時の投入基質全体性状の一例を表資 1. 2 - 3 に示す。

※投入基質 ＝ 生ごみスラリー（生ごみ＋希釈用生汚泥）＋ 生汚泥

表資 1. 2 - 3 投入基質の平均性状

項目		単位	投入基質		
			平均値	最小値	最大値
TS		%	3. 43	2. 17	7. 23
VTS		%/TS	87. 3	77. 8	91. 1
灰分		%	0. 44	0. 19	1. 61
CODcr		mg/L	44, 000	26, 000	88, 000
BOD		mg/L	19, 000	9, 000	43, 000
Kj-N		mg/L	1, 100	800	2, 400
T-P		mg/L	180	100	320
n-Hex 抽出物質		mg/L	4, 100	1, 500	9, 200
元素組成	C	%/TS	44. 0	38. 8	48. 9
	H	%/TS	6. 75	5. 53	7. 72
	N	%/TS	2. 96	2. 33	3. 85
	O	%/TS	33. 0	27. 8	35. 8
成分食品	炭水化物	%/VS	68. 9	61. 4	81. 2
	たんぱく質	%/VS	21. 1	17. 5	25. 9
	脂質	%/VS	30. 2	12. 0	61. 9

1.2.2 試験期間全体の消化実績

消化タンクの改造工事により、攪拌・基質分散改善後について、基質投入量・ガス発生量・VS分解率等の消化実績を図資1.2-1に示す。

7/10に生汚泥の投入を開始し、7/25に定格(HRT5日)に到達した。その後、8/1に生ごみの投入を開始、8/9に所定TS量比率での定格(HRT5日)に到達した。

以後、以下の通り、実験実施した。

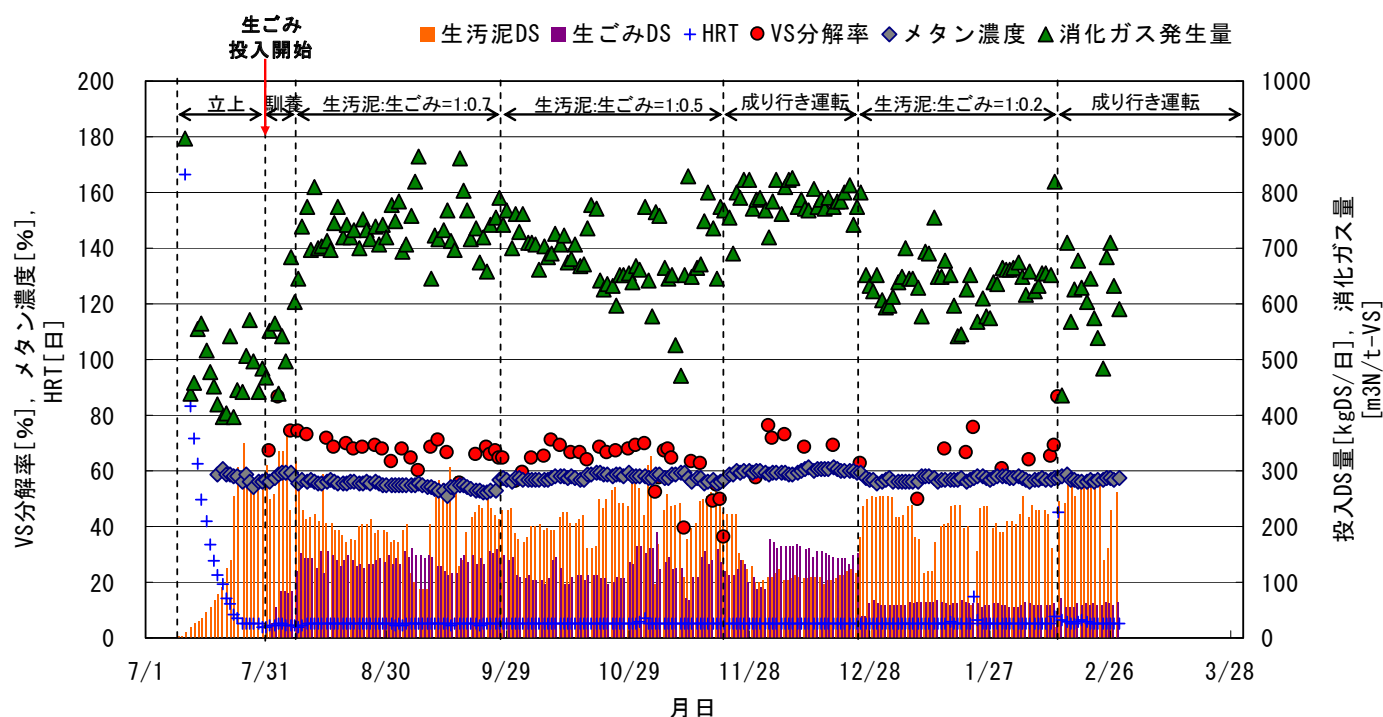
8/9～9/30 : 生汚泥:生ごみ=1:0.7 (TS量比)

10/1～11/11 : 生汚泥:生ごみ=1:0.5 (TS量比)。循環ポンプ運転。

11/12～11/25 : 生汚泥:生ごみ=1:0.5 (TS量比)。循環ポンプ停止。

12/26～2/15 : 生汚泥:生ごみ=1:0.2 (TS量比)

8/1～9/30の期間においてHRT=5日で61日間連続運転を達成。その後も投入負荷を変えて2/28までの228日間HRT=5日で連続運転を達成した(稼働率100%)。

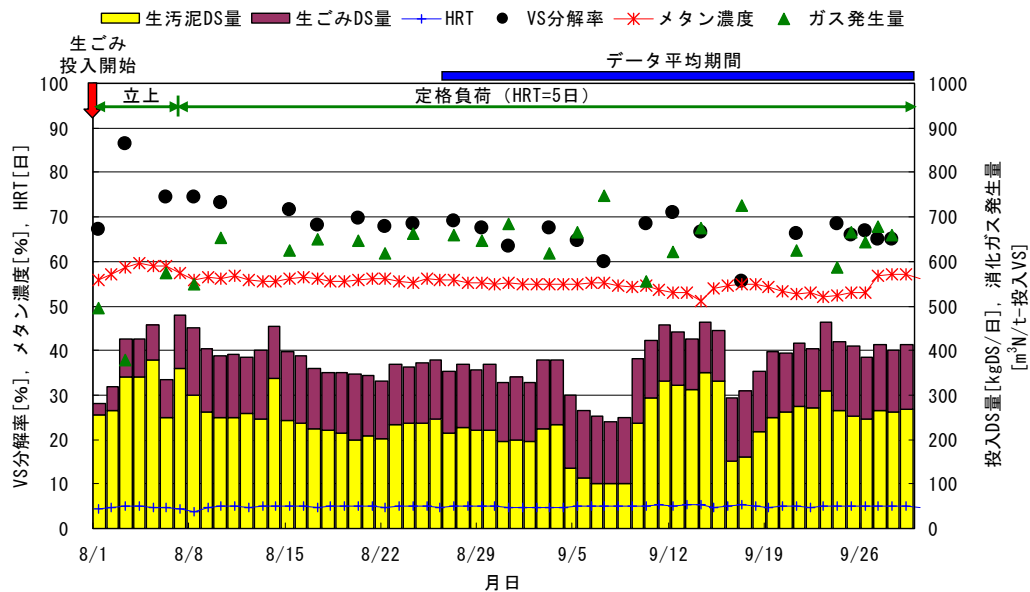


図資1.2-1 試験期間全体の運転データ

1.2.3 試験結果（生污泥と生ごみの固形物比率の影響）

(1) 生污泥：生ごみ=1：0.7

生污泥：生ごみ=1：0.7の条件における運転データを図資1.2-2に示す。また、HRTの3倍以上経過し、槽内が十分安定化したと考えられる期間(図中データ平均期間)について算出した各項目別の分解率を表資1.2-4に示す。



図資1.2-2 高効率高温消化タンクの運転データ（生污泥：生ごみ=1：0.7）

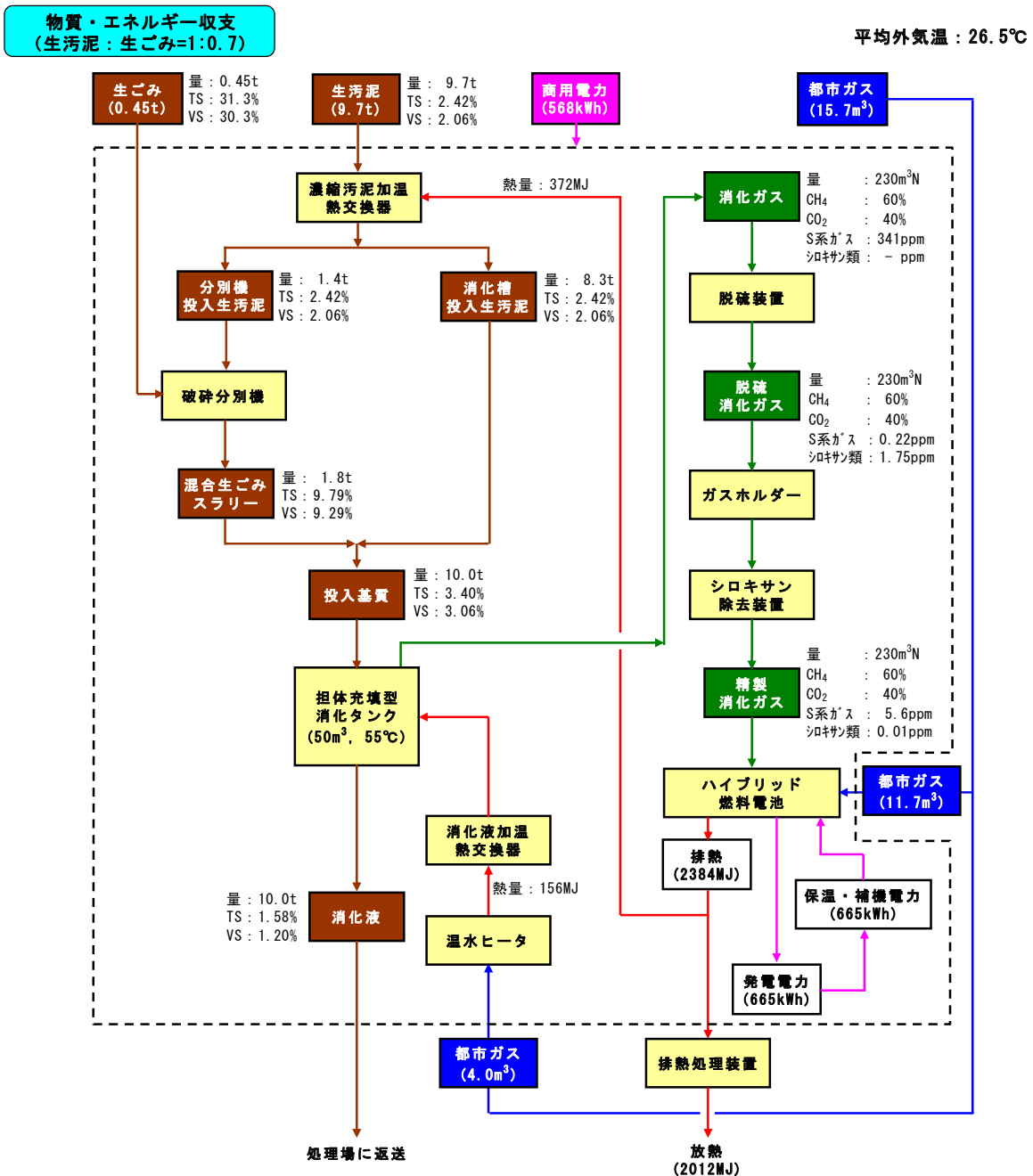
表資1.2-4 各項目別の分解率（生污泥：生ごみ=1：0.7）

項 目	単位	投入量 a	排出量 b	a-b	分解率 (%)
消化槽投入	m ³	10.0	8.7	1.3	
TS	kg	386	139	247	64.0
VS	kg	307	105	202	65.8
VS (VFA加)	kg	353	106	247	70.0
VTS	%/TS	91.4	76.1		
灰分	kg	33	33	0.0	
SS	kg	267	87	180	67.3
VSS	kg	242	63	178	73.7
COD _{cr}	kg	491	162	329	67.1
ATU-BOD	kg	204	27	177	86.6
Kj-N	kg	12.1	10.6	1.6	
n-Hex抽出	kg	46.2	3.9	42.3	91.5
T-P	kg	1.74	1.31	0.43	
炭素 (C)	kg	164.0	50.0	114.0	
水素 (H)	kg	26.1	7.8	18.3	
窒素 (N)	kg	10.3	6.0	4.3	
硫黄 (S)	kg	1.61	1.38	0.23	
酸素 (O)	kg	123.5	36.3	87.2	
炭水化物	kg	222.2	60.9	161.2	72.6
タンパク質	kg	61.9	35.6	26.3	42.5
脂質	kg	41.4	4.9	36.5	88.1
ThOD	kg	505.5	150.7	354.9	70.2

1. 実証研究結果

生汚泥：生ごみ=1：0.7 の条件において，VS 分解率は平均で 70%，消化ガス量は平均で 759m³N/t-VS であった。また，分析項目毎の分解率は表資 1. 2－1 に示したように，COD_{cr} が 67.1%，BOD が 86.6%，n-Hex 抽出物質が 91.5%，炭水化物が 72.6%，タンパク質が 42.5%，脂質が 88.1% であった。

この試験条件での物質・エネルギー収支を図資 1. 2－3 に示す。

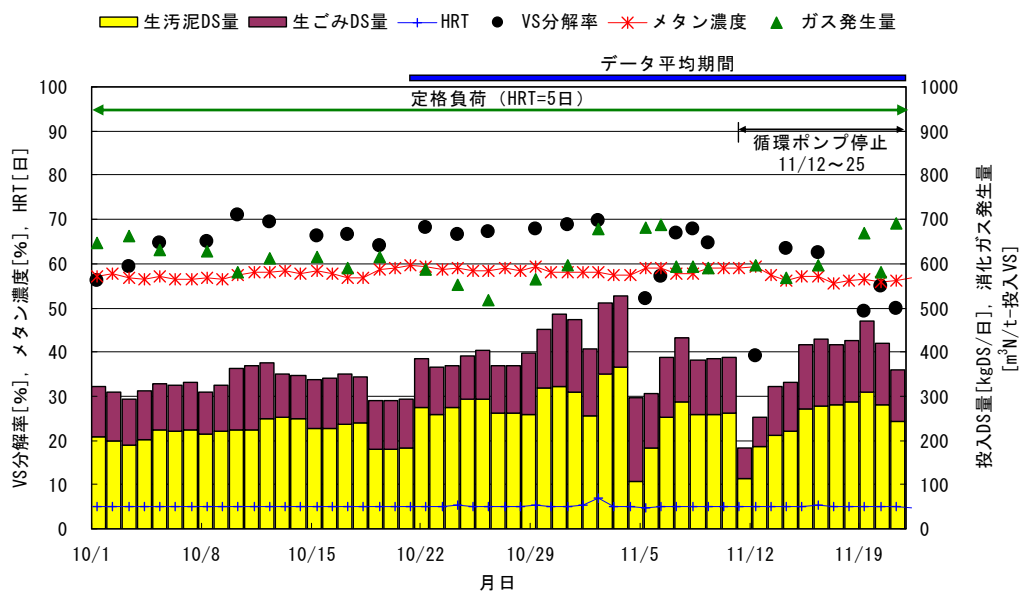


図資 1. 2 - 3 消化工程における物質・エネルギー収支 (生汚泥：生ごみ=1:0.7)

1. 実証研究結果

(2) 生汚泥：生ごみ=1：0.5

生汚泥：生ごみ=1：0.5の条件における運転データを図資1.2-4に示す。また、HRTの3倍以上経過し、槽内が十分安定化したと考えられる期間(図中データ平均期間)について算出した各項目別の分解率を表資1.2-5に示す。



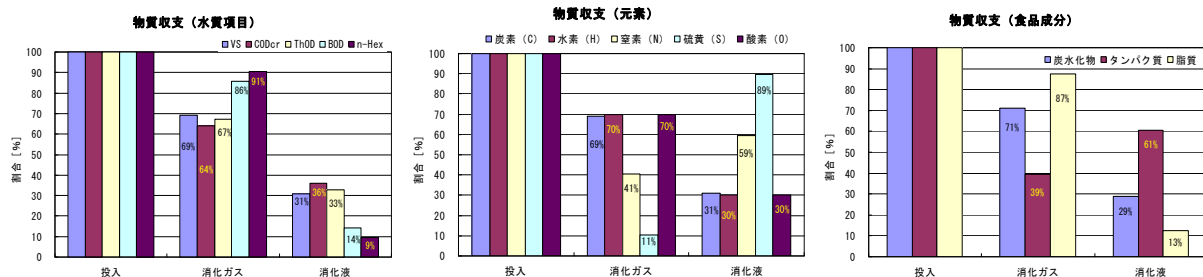
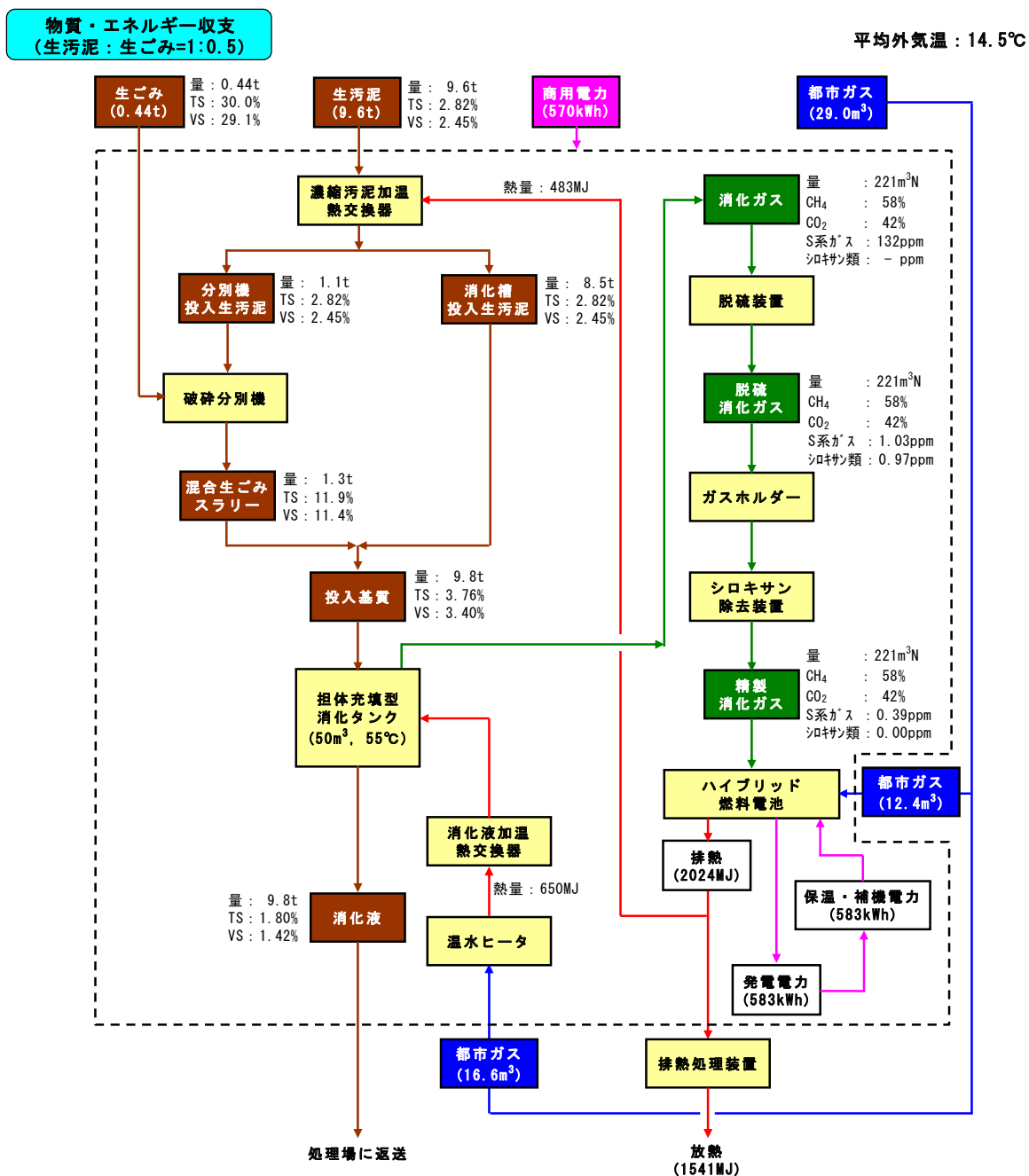
図資1.2-4 高効率高温消化タンクの運転データ（生汚泥：生ごみ=1：0.5）

表資1.2-5 各項目別の分解率（生汚泥：生ごみ=1：0.5）

項目	単位	投入量 a	排出量 b	a-b	分解率 (%)
消化槽投入	m3	9.8	9.5	0.3	
TS	kg	408	171	237	58.1
VS	kg	333	135	198	59.4
VS (VFA加)	kg	372	136	237	63.5
VTs	%/TS	91.4	79.5		
灰分	kg	35	35	0.2	
SS	kg	258	113	146	56.4
VSS	kg	232	85	147	63.5
CODcr	kg	458	219	238	52.1
ATU-BOD	kg	204	44	160	78.4
Kj-N	kg	11.2	12.6	-1.3	
n-Hex抽出	kg	49.4	10.1	39.3	79.5
T-P	kg	1.60	1.79	-0.20	
炭素 (C)	kg	158.2	72.5	85.7	
水素 (H)	kg	23.4	10.3	13.2	
窒素 (N)	kg	10.8	7.9	2.9	
硫黄 (S)	kg	1.72	1.75	-0.03	
酸素 (O)	kg	115.9	47.5	68.4	
炭水化物	kg	214.3	87.8	126.5	59.0
タンパク質	kg	58.1	44.5	13.5	23.3
脂質	kg	37.8	7.7	30.1	79.7
ThOD	kg	475.8	216.4	259.4	54.5

生汚泥：生ごみ=1：0.5 の条件において、VS 分解率は平均で 63.5%，消化ガス量は平均で 671m³N/t-VS であった。また、分析項目毎の分解率は表資 1. 2－5 に示したように、COD_{cr} が 52.1%，BOD が 78.4%，n-Hex 抽出物質が 79.5%，炭水化物が 59.0%，タンパク質が 23.3%，脂質が 79.7% であった。

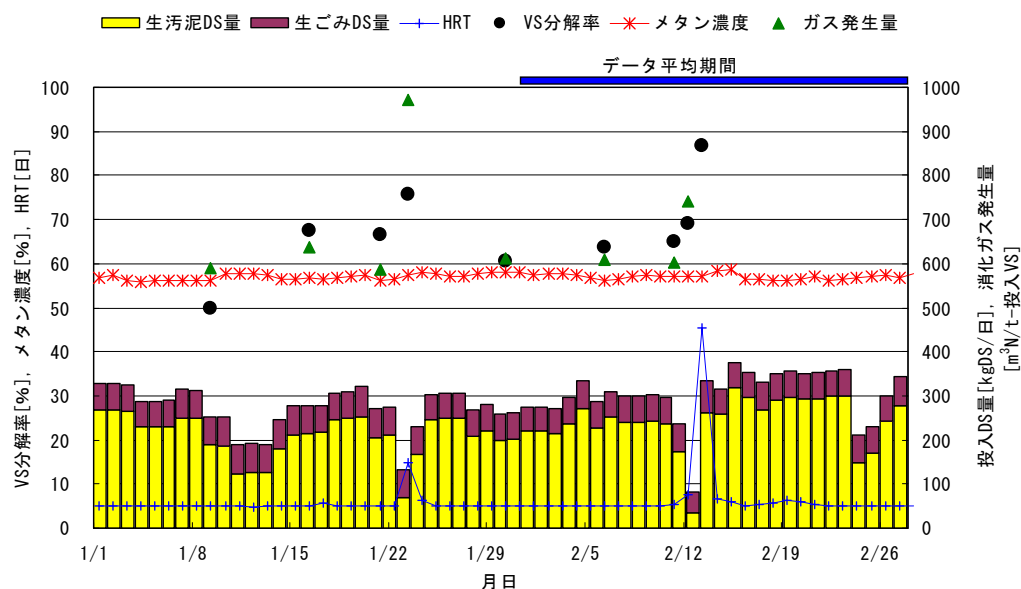
この試験条件での物質・エネルギー収支を図資 1. 2－5 に示す。



図資 1. 2 - 5 消化工程における物質・エネルギー収支 (生汚泥：生ごみ=1:0.5)

(3) 生污泥：生ごみ=1：0.2

生污泥：生ごみ=1：0.2の条件における運転データを図資1.2-6に示す。また、HRTの3倍以上経過し、槽内が十分安定化したと考えられる期間(図中データ平均期間)について算出した各項目別の分解率を表資1.2-6に示す。



図資1.2-6 高効率高温消化タンクの運転データ（生污泥：生ごみ=1：0.2）

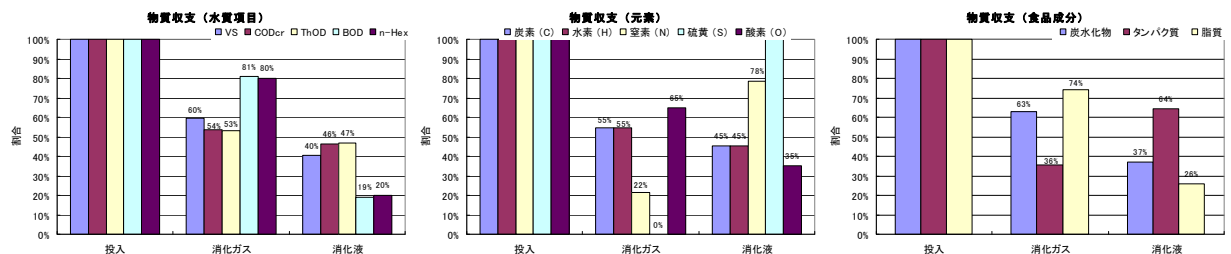
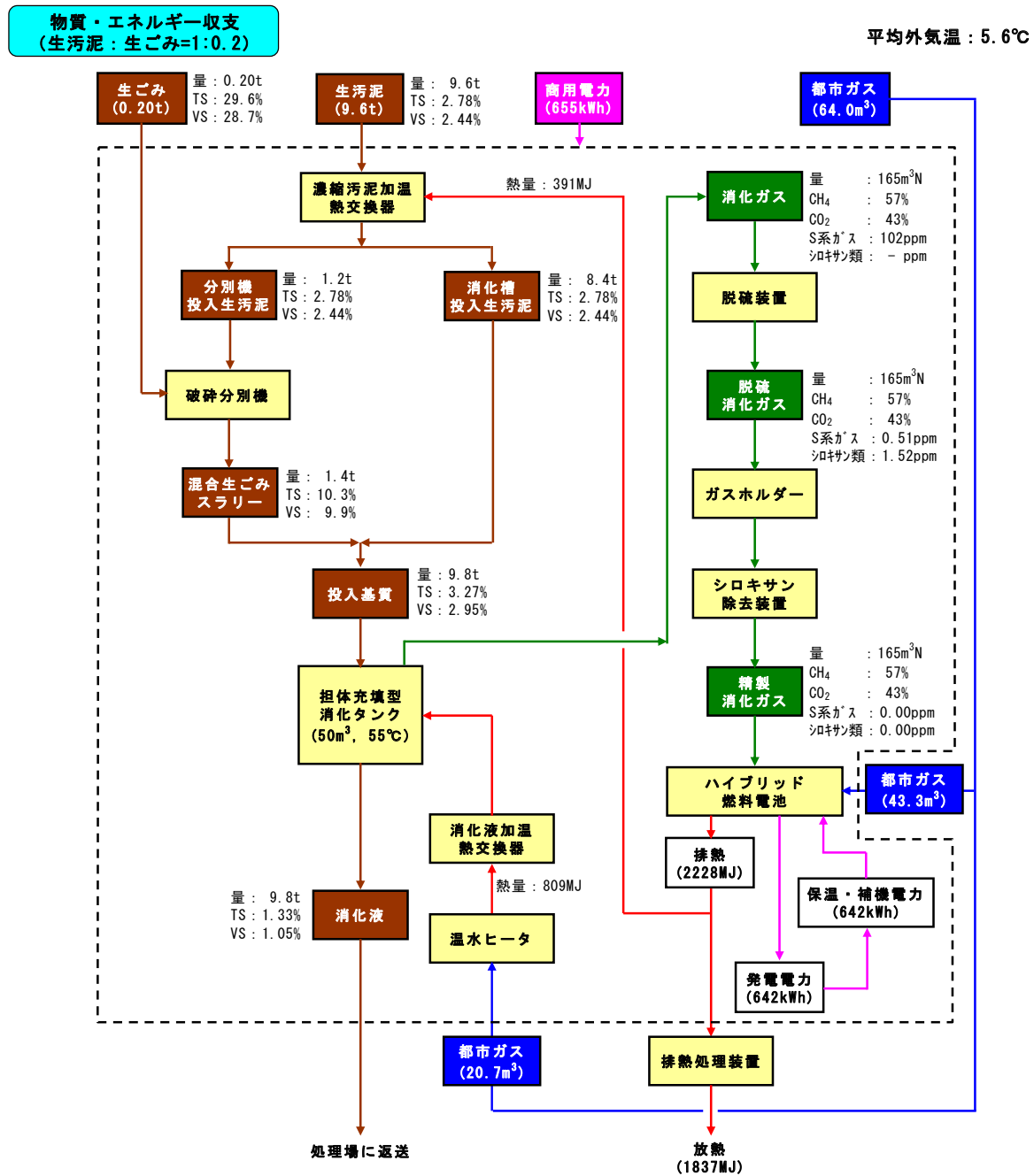
表資1.2-6 各項目別の分解率（生污泥：生ごみ=1：0.2）

項目	単位	投入量 a	排出量 b	a-b	分解率 (%)
消化槽投入	m3	9.8	9.9	-0.1	
TS	kg	290	123	167	57.6
VS	kg	245	99	147	59.7
VS (VFA加)	kg	266	99	167	62.7
VTS	%/TS	91.8	80.4		
灰分	kg	24	24	0.0	
SS	kg	206	77	129	62.5
VSS	kg	191	60	131	68.8
CODcr	kg	336	156	180	53.6
ATU-BOD	kg	133	25	107	80.8
Kj-N	kg	9.8	10.3	-0.4	
n-Hex抽出	kg	23.6	4.7	18.9	80.2
T-P	kg	1.96	2.15	-0.19	
炭素 (C)	kg	112.6	51.2	61.4	
水素 (H)	kg	18.4	8.3	10.1	
窒素 (N)	kg	8.6	6.7	1.8	
硫黄 (S)	kg	0.99	1.06	-0.07	
酸素 (O)	kg	88.6	31.2	57.4	
炭水化物	kg	162.4	60.3	102.0	62.8
タンパク質	kg	52.4	33.7	18.7	35.7
脂質	kg	22.0	5.7	16.3	74.1
ThOD	kg	343.8	161.2	182.6	53.1

1. 実証研究結果

生汚泥：生ごみ=1：0.2 の条件において、VS 分解率は平均で 59.6%，消化ガス量は平均で 608m³N/t-VS であった。また、分析項目毎の分解率は表資 1.2-6 に示したように、COD_{cr} が 53.6%，BOD が 80.8%，n-Hex 抽出物質が 80.2%，炭水化物が 62.8%，タンパク質が 35.7%，脂質が 74.1% であった。

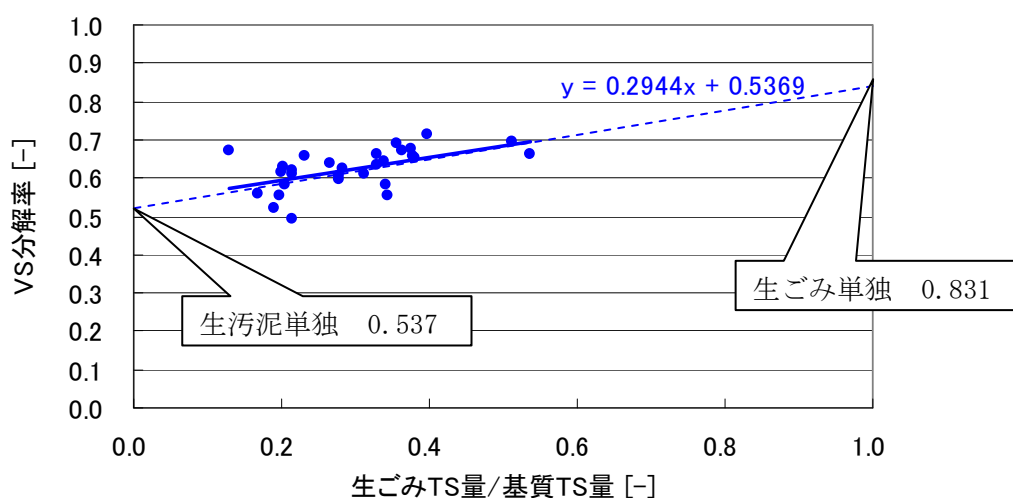
この試験条件での物質・エネルギー収支を図資 1.2-7 に示す。



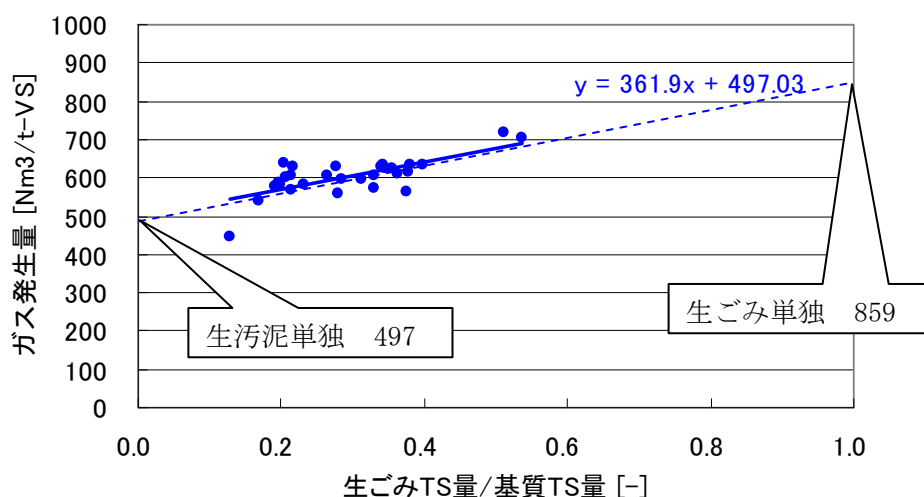
図資 1. 2 - 7 消化工程における物質・エネルギー収支 (生汚泥：生ごみ=1：0.2)

(4) 基質毎の分解率と消化ガス量

生汚泥：生ごみ＝1：0.2, 1：0.5, 1：0.7 の条件において、1週間毎の平均消化性能を算出した。基質中の生ごみ TS 割合に対する VS 分解率を図資 1.2-8 に、ガス発生量を図資 1.2-9 に示す。また、図資 1.2-8 および図資 1.2-9 の近似式より算出した各単独基質の消化性能（各グラフ横軸 0 が生汚泥単独，横軸 1 が生ごみ単独）および生汚泥：生ごみ＝1：0.7 の条件における消化性能を表資 1.2-7 に示す。1：0.7 の定格負荷条件において、VS 分解率が 65.8%，ガス発生量は 646Nm³/t-VS であった。



図資 1.2-8 生ごみ混合比率と VS 分解率の関係



図資 1.2-9 生ごみ混合比率と消化ガス発生量の関係

表資 1.2-7 単独基質および生汚泥：生ごみ＝1：0.7 の条件における消化性能

基質の種類	VS 分解率 (%)	ガス発生量 Nm ³ /t-VS)
生汚泥単独	53.7	497
生ごみ単独	83.1	859
<u>1:0.7</u>	<u>65.8</u>	<u>646</u>

1.2.4 試験結果（金属塩添加要否の検討）

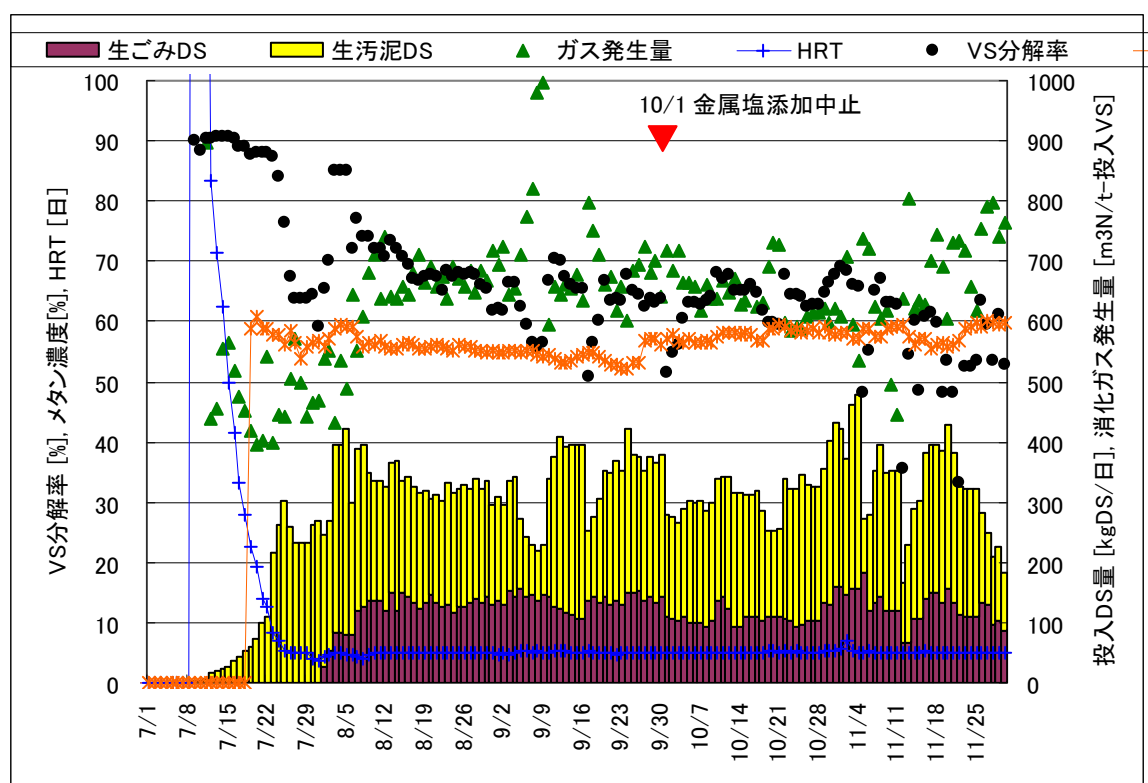
投入基質中の微量金属含有量分析結果を、表資 1.2-8 に示す。木田らによる必要量を十分満足することが確認されたため、10/1 より金属塩の添加を中止した。

図資 1.2-10 に示すとおり、金属塩添加を中止しても破綻することなく、安定的に消化が可能であることが確認された。

表資 1.2-8 投入基質中の微量金属含有量

対象物質	含有量 ($\mu\text{g/L}$ -基質)	必要量基準※1	基準量に 対する倍数
コバルト	115	26	約 4 倍
ニッケル	4,020	30	約 130 倍
鉄	2634,000	840	約 310 倍

※1：木田健次（熊本大学），「メタン発酵の代謝経路とその変換」，環境管理, Vol. 35, No6, p. 27-34, (1999)



図資 1.2-10 金属塩添加中止前後での消化実績

1. 実証研究結果

1.3 スマート発電システム技術

中浜処理場での実証実験結果からの考察

例として、11月26日～2月1日の2ヶ月間に実施したデマンド制御運転および発電機特性確認実験の結果について、以下の通り考察する。なお、1項の燃料電池発電効率については昨年度1年間の実績値から算出した。

1. 燃料電池発電効率(LHV)

期間中(2012-2-21～2013-3-7)の燃料電池総発電量は 216,948kWh、消化ガス総消費量は 50,136 m³ N (平均メタンガス濃度 59.9%)、都市ガス総消費量は 16,296 m³ N から、平均発電効率は 45.0%であった。また、期間中の発電効率は40～50%の間で変動・推移したが、目標40%以上の効率確保は常時達成した。



図資 1.3-1 発電効率の経時変化

また、期間中に生成した消化ガスは、以下の余剰ガス燃焼装置の動作確認試験以外では使用していないことから、生成した消化ガスは実質100%利用されたことになる。

①2012年5月3日 7.5時間×14 m³/h・・・動作良好、ガスホルダ内ガス消費量確認ほか

②2012年5月4日 3.5時間×14 m³/h・・・動作良好、同上

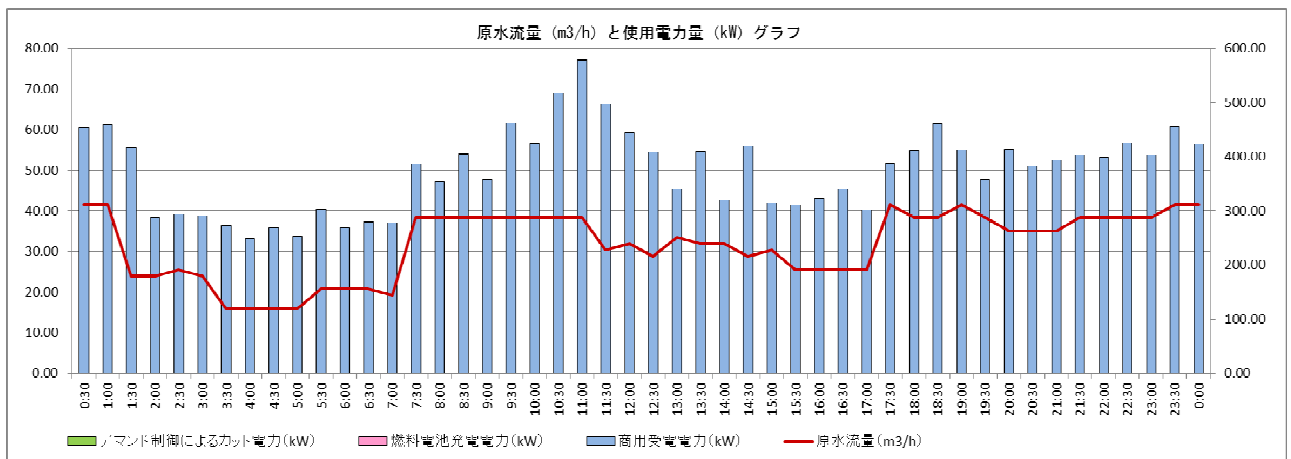
なお、本記録は、余剰ガス燃焼装置の動作は手動制御のため、日報からの抜粋である。

1. 実証研究結果

2. デマンド制御実験

①成行運転結果

本運転は、11月26日～12月4日の間で、実験設備の自動運転における消費電力の動向を把握するために実施した。下図の11月30日がその平均的な運転パターンで、11:00に77kWのデマンドピークが出ている。

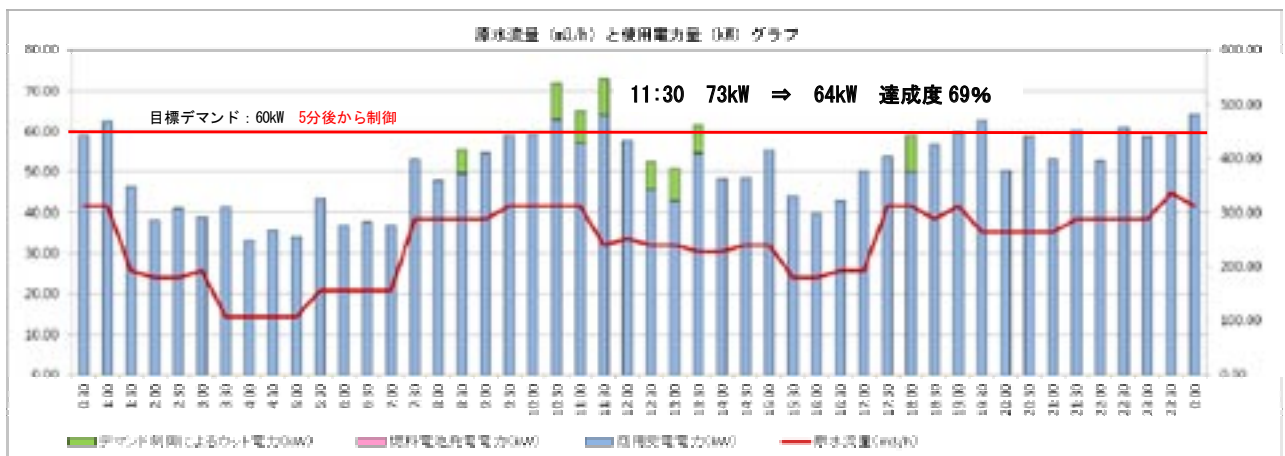


図資 1. 3 - 2 成行運転の使用電力量

②デマンド制御運転結果

本運転は、12月5日～9日の間でデマンド制御の目標値を60kWに設定し実施した。下図の12月6日の実施例では、8回の制御が実施された。図中の緑色部分がカット制御された負荷で、設定した制御対象設備の負荷容量が不足していたため、目標値を達成できなかった11:30の実施においては、カット率12.3%、目標達成度69%であった。(目標値60kW, 仕上り実績値64kW, カット量9kW, カット率 $9/(64+9)$, 目標達成度 $9/(64-60+9)$ から算出)

なお、設備の停止による処理への悪影響は無かった。

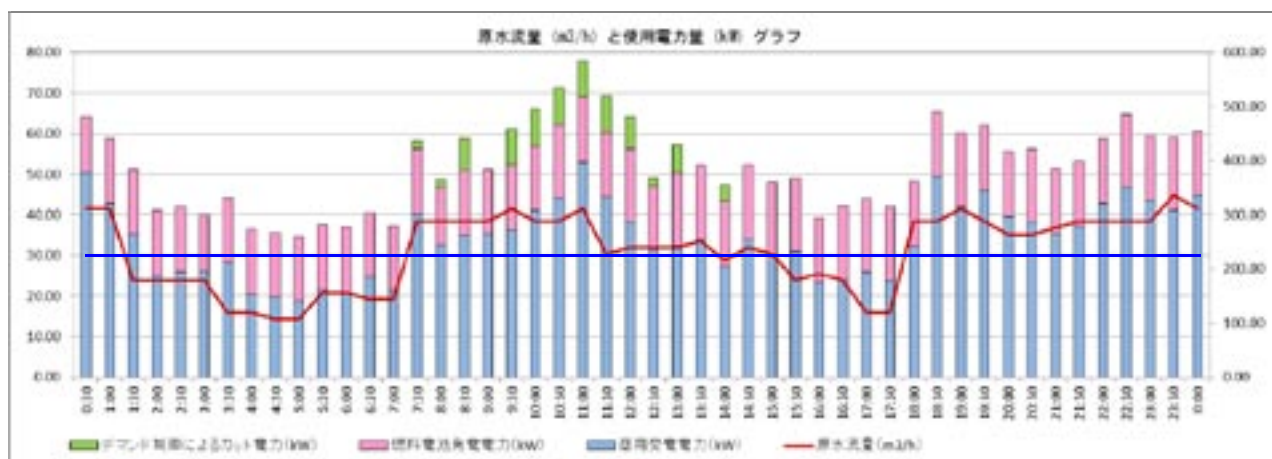


図資 1. 3 - 3 デマンド制御運転の使用電力量

③発電機出力一定運転+デマンド制御運転結果

本運転は、12月10日～16日の間で、発電機の出力を30kW一定運転で、デマンド制御の目標値を50kWに設定し実施した。下図の12月14日の実施例では、12回の制御が実施された。図中の緑色部分がカット制御された負荷、桃色部分が発電電力で、11:00を除き、ほぼ目標を達成した。また、買電電力量の削減効果は、成り行き時の使用電力量が1,648kWh(日量換算値)で、デマンド制御量が39kWh、発電量が871kWhから、削減率で55%となった。

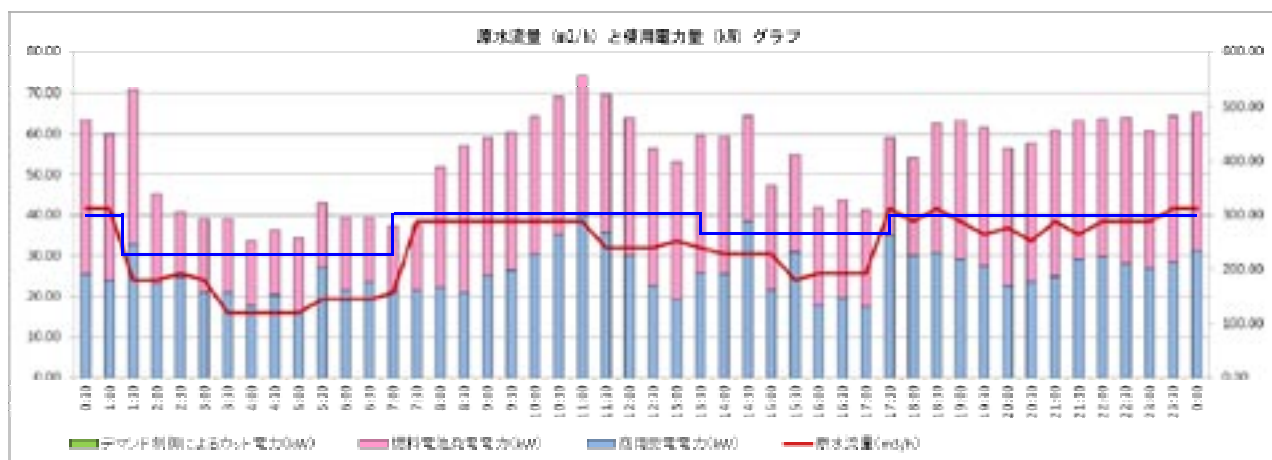
なお、今回も設備の停止による処理への悪影響は無かった。



図資 1. 3-4 発電機出力一定+デマンド制御運転の使用電力量

④発電機パターン制御運転結果

本運転は、12月17日～24日の間で、発電機の出力を負荷変動に合わせ1日4回の上げ下げのパターンを設定し実施した。下図の12月21日の実施例では、図中の桃色部分が発電電力で、発電機の出力調整だけでも商用受電電力の変動が平滑化できることが分かる。さらに細かくパターンを設定れば今回の結果以上の平滑化が期待できる。(商用受電電力の最大値と最小値の差を最小にする最適化制御技術の適用による)



図資 1. 3-5 発電機出力パターン制御のみの使用電力量

3. 発電機特性確認試験

消化ガスと都市ガスの燃料混合比を変え発電機特性の確認実験を実施した。

燃料電池セルの温度が安定するには、最低3時間程度の一定出力運転が必要であることが確認できた。

○発電出力（増・減）制御

10kW出力変更には、2～3分程度、20kWでは4～5分程度必要であることから、AFC運転（周波数制御）等のリアルタイムな制御運転には適さない。ベースロード対応として、出力一定運転がベストである。

○ガス消費量

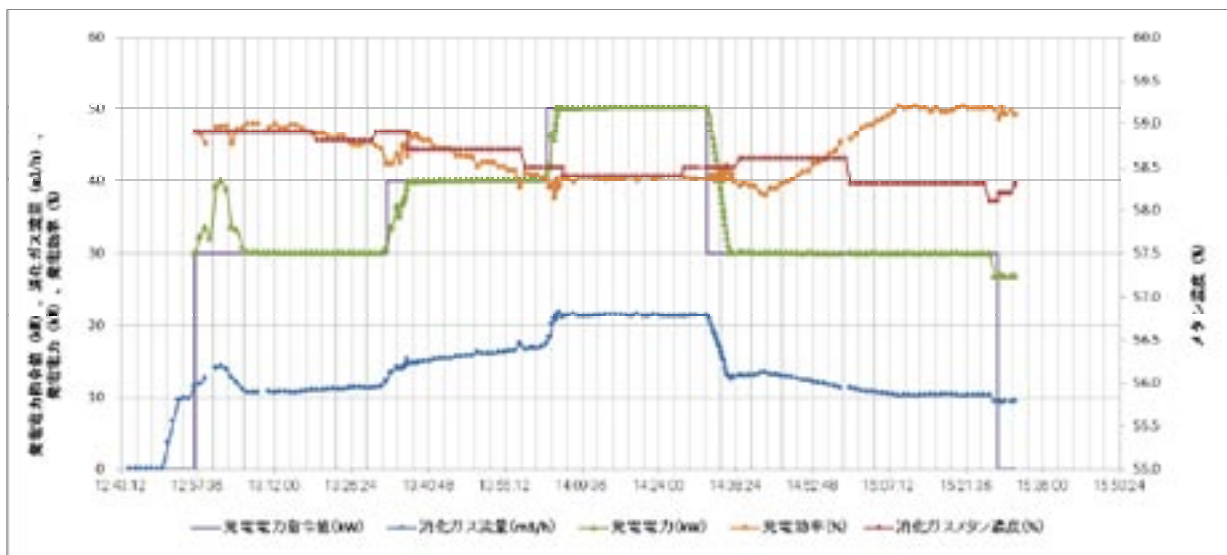
消化ガス100%の場合は消費量（流量）が安定しない。発電出力変動時は特に不安定になる。

消化ガスは、都市ガスに比べてメタンガス濃度が低いことが一要因として考えられる。

○発電効率

ガス消費量と発電出力が安定していないことから、発電効率も40%～50%の間でふれている。

①消化ガス100%運転

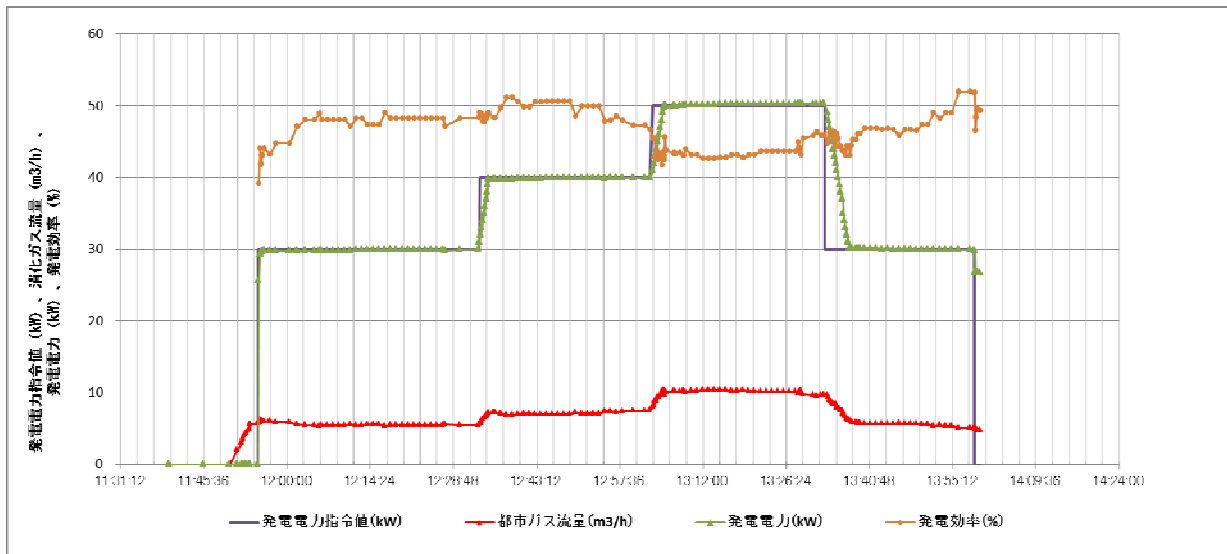


30kW 発電時 効率 48%→44%
40kW 発電時 効率 47%→41%
50kW 発電時 効率 41%
30kW 発電時 効率 39%→50%

30kW⇒40kW 移行時間 4分10秒
40kW⇒50kW 移行時間 2分28秒
50kW⇒30kW 移行時間 4分20秒

図資1.3-6 消化ガス100%運転時の各種発電データ

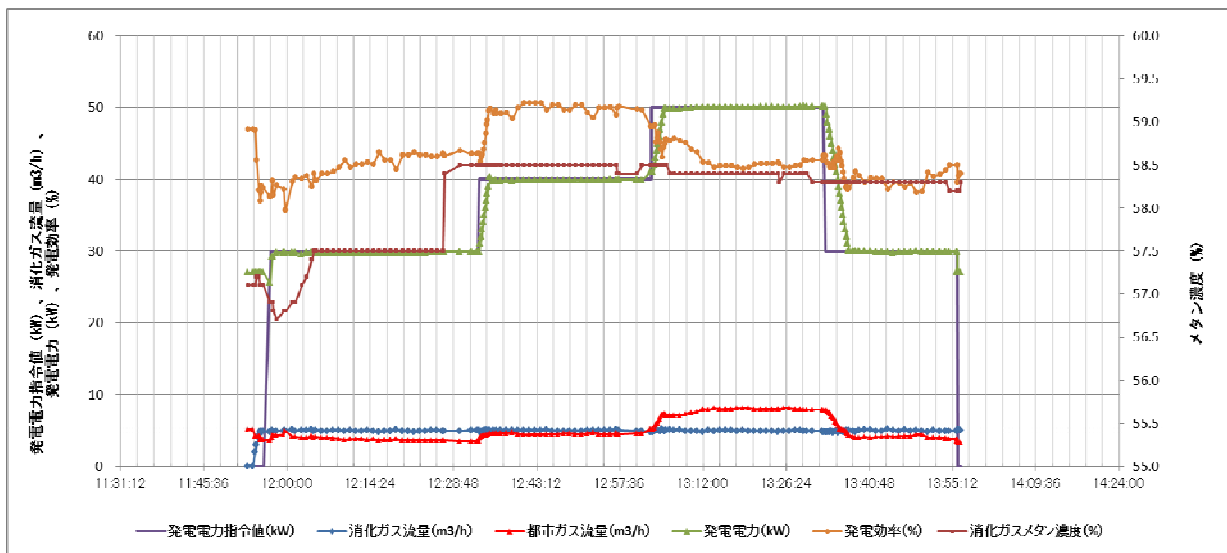
②都市ガス 100%運転



30kW 発電時	効率 48%	30kW⇒40kW 移行時間	1 分 45 秒
40kW 発電時	効率 51%→48%	40kW⇒50kW 移行時間	2 分 22 秒
50kW 発電時	効率 43%→47%	50kW⇒30kW 移行時間	4 分 23 秒
30kW 発電時	効率 44%→52%		

図資 1. 3-7 都市ガス 100%運転時の各種発電データ

③ハイブリッド運転（消化ガス 5 m³/h 一定で、都市ガス流量を発電出力に合わせ調整）



30kW 発電時	効率 39%→43%	30kW⇒40kW 移行時間	1 分 58 秒
40kW 発電時	効率 50%	40kW⇒50kW 移行時間	2 分 15 秒
50kW 発電時	効率 45%→42%	50kW⇒30kW 移行時間	4 分 07 秒
30kW 発電時	効率 39%→41%		

図資 1. 3-8 ハイブリッド発電運転時の各種発電データ

2. ケーススタディ

建設費

		(百万円)			
評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥+生ごみ 高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥+ 生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥 中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
水処理技術	沈砂池設備	352	352	352	352
	汚水ポンプ設備	126	126	126	126
	最初沈殿池設備	798	798	533	533
	反応タンク設備	541	541	570	570
	送風機設備	317	317	378	378
	最終沈殿池設備	627	627	627	627
	消毒設備	51	51	51	51
	水処理動力盤	719	737	829	829
	小 計	3,532	3,550	3,466	3,466
	下水処理場	消化タンク本体			789
攪拌装置					
加温装置					
汚泥ポンプ					
脱硫装置		986	1,881	684	
余剰ガス燃焼装置					
ガスホルダ					
生ごみ投入用破砕装置					
スラリー化装置					
消化動力盤		64	63	64	
小 計	1,050	1,944	1,537	0	
バイオガス 発電技術	発電機				
	シロキサン除去装置	440	550	314	
	排熱回収装置				
	監視制御設備	1,125	1,125	1,125	
小 計	1,565	1,675	1,439	0	
汚泥 処理技術	重力濃縮設備	121	121	108	108
	機械濃縮設備	1,266	1,266	1,637	1,637
	脱水設備	1,238	1,236	991	1,225
	汚泥動力盤	291	312	291	291
	小 計	2,916	2,935	3,027	3,261
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		4,911	4,911	5,754	5,754
合 計		13,973	15,015	15,223	12,480

革新的
技術1
[CASE-A]

革新的
技術2
[CASE-B]

従来技術1
[CASE-C]

従来技術2
[CASE-D]

1,657

1,657

1,481

1,481

小計

割合

1,657

1,657

1,481

1,481

112

112

100

100%

986

1,881

1,473

440

550

314

(増分)

(増分)

843

843

小計

割合

1,426

2,431

2,630

843

54

92

100

32%

計

割合

3,083

4,088

4,111

2,323

75

99

100

57%

※1 監視制御設備は下水処理場全体の監視制御機能を有する。

※2 以下の設備を除き、積算は積み上げによる(コンサルタント単価を採用)。

(1) 消化タンク本体については、国土交通省都市・地域整備局下水道部及び社団法人日本下水道協会「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)の費用関数による。

(2) 「従来技術」のバイオガス発電技術(ガスエンジンを想定)については、国土交通省都市・地域整備局下水道部「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)」(平成23年3月)の費用関数による。

※3 発電機の台数については、消化ガス発生量から算定した必要台数(計算値)から小数点以下を繰り上げた台数(整数)を設定した。

※1 監視制御設備は下水処理場全体の監視制御機能を有する。

※2 以下の設備を除き、積算は積み上げによる(コンサルタント単価を採用)。

(1) 消化タンク本体については、国土交通省都市・地域整備局下水道部及び社団法人日本下水道協会「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)の費用開数による。

(2) 「従来技術」のバイオガス発電技術(ガスエンジンを想定)については、国土交通省都市・地域整備局下水道部「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)」(平成23年3月)の費用開数による。

※3 発電機の台数については、消化ガス発生量から算定した必要台数(計算値)から小数点以下を繰り上げた台数(整数)を設定した。

建設費年価

(今回評価対象のみの計算)

		(百万円/年)			
評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥+生ごみ 高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥+ 生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥 中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
水処理技術	沈砂池設備	27	27	27	27
	污水ポンプ設備	10	10	10	10
	最初沈殿池設備	62	62	41	41
	反応タンク設備	42	42	44	44
	送風機設備	25	25	29	29
	最終沈殿池設備	49	49	49	49
	消毒設備	4	4	4	4
	水処理動力盤	56	57	65	65
	小 計	275	276	270	270
下水処理場 バイオガス 回収技術	消化タンク本体	77	146	27	
	攪拌装置			53	
	加温装置				
	汚泥ポンプ				
	脱硫装置				
	余剰ガス燃焼装置				
	ガスホルダ				
	生ごみ投入用破砕装置				
	スラリー化装置				
	消化動力盤	5	5	5	
バイオガス 発電技術	小 計	82	151	85	0
	発電機	34	43	24	
	シロキサン除去装置				
	排熱回収装置				
	監視制御設備	88	88	88	
汚泥 処理技術	小 計	122	130	112	0
	重力濃縮設備	9	9	8	8
	機械濃縮設備	99	99	127	127
	脱水設備	96	96	77	95
	汚泥動力盤	23	24	23	23
小 計		227	228	236	254
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		382	382	448	448
合 計		1,087	1,169	1,150	971

※1 建設費年価換算は以下の条件による。
・消化タンク本体 利子率 2 % 耐用年数 45 年
・機械設備全般 利子率 2 % 耐用年数 15 年

革新的 技術1 [CASE-A]	革新的 技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]
129	129	115	115
小計	129	129	115
割合	112	112	100
112	112	100	100
77	146	80	
34	43	24	
66	66		
小計	111	189	170
割合	65	111	100
計	240	318	285
割合	84	112	100

2. ケーススタディ

維持管理費（エネルギー関係を除く）

(百万円/年)

(今回評価対象のみの計算)

評価項目	革新的技術1 [CASE-A] (生・汚泥＋生ごみ高温消化)					革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)					従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥＋中温消化)					従来技術2 [CASE-D] (生・余剰汚泥＋低温消化)					合 計
	薬品費	補修費	点検費	合 計		薬品費	補修費	点検費	合 計		薬品費	補修費	点検費	合 計		薬品費	補修費	点検費	合 計		
水処理技術	沈砂池設備	7.0	5.2	12.2		7.0	5.2	12.2		7.0	5.2	12.2		7.0	5.2	12.2		7.0	5.2	12.2	
	汚水ポンプ設備	2.5	3.6	6.1		2.5	3.6	6.1		2.5	3.6	6.1		2.5	3.6	6.1		2.5	3.6	6.1	
	最初沈殿池設備	3.8	1.0	4.8		3.8	1.0	4.8		10.7	2.6	13.3		10.7	2.6	13.3		10.7	2.6	13.3	
	反応タンク設備	10.8	2.6	13.5		10.8	2.6	13.5		11.4	2.6	14.0		11.4	2.6	14.0		11.4	2.6	14.0	
	送風機設備	6.3	2.4	8.7		6.3	2.4	8.7		7.6	2.4	10.0		7.6	2.4	10.0		7.6	2.4	10.0	
	最終沈殿池設備	12.5	3.1	15.6		12.5	3.1	15.6		12.5	3.1	15.6		12.5	3.1	15.6		12.5	3.1	15.6	
	消毒設備	11.0	1.0	1.6	13.5	11.0	1.0	1.6	13.5	11.0	1.0	1.6	13.5	11.0	1.0	1.6	13.5	11.0	1.0	1.6	13.5
	水処理動力費	—	—	5.9	5.9	—	—	5.9	5.9	—	—	5.9	5.9	—	—	5.9	5.9	—	—	5.9	5.9
	小 計	11.0	44.1	25.3	80.3	11.0	44.1	25.3	80.3	11.0	52.7	26.9	90.6	11.0	52.7	26.9	90.6	11.0	52.7	26.9	90.6
	消化タンク本体	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	15.0	0.0	15.0	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
下水処理場 バイオガス 回収技術	攪拌装置	0.5	0.1	0.6		1.5	0.3	1.8		13.7	3.0	17.6		—	—	—	—	—	—	—	0.0
	加温装置	0.5	0.2	0.7		0.5	0.2	0.7		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	汚泥ポンプ	1.6	0.4	2.0		1.6	0.4	2.0		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	脱脂装置	0.8	—	0.3	1.1	1.0	—	0.3	1.3	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	余剰ガス燃焼装置	0.1	0.1	0.2		0.1	0.1	0.2		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	ガスホルダ	0.2	0.2	0.4		0.3	0.2	0.5		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	生ごみ投入用破砕装置	1.7	0.2	1.9		—	1.7	0.2	1.9	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	スラリー化装置	1.2	0.2	1.4		—	1.2	0.2	1.4	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	消化動力費	—	—	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0	—	—	—	0.0	0.0	—	—	0.0
	小 計	0.8	10.8	1.7	13.3	1.0	21.9	1.9	24.8	0.0	14.5	3.0	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
バイオガス 発電技術	発電機	26.0	0.0	26.0		32.5	0.0	32.5		6.3	0.0	6.3		—	—	—	—	—	—	—	0.0
	シロキサン除去装置	1.1	0.1	1.2	0.7	—	0.1	0.8		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	排熱回収装置	—	0.2	0.1	0.3	—	0.2	0.1	0.3	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	監視制御設備	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	小 計	1.1	26.2	0.2	27.5	0.7	32.7	0.2	33.6	0.0	6.3	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	重力濃縮設備	—	2.4	2.5	4.9	—	2.4	2.5	4.9	—	2.2	2.5	4.7	—	2.2	2.5	4.7	—	2.2	2.5	4.7
	機械濃縮設備	1.2	25.3	5.8	32.4	1.2	25.3	5.8	32.4	2.0	32.7	5.8	40.5	2.0	32.7	5.8	40.5	2.0	32.7	5.8	40.5
	脱水装置	15.0	24.8	5.8	45.6	13.5	24.7	5.8	44.0	11.7	19.8	5.8	37.4	17.8	24.5	5.8	48.1	17.8	24.5	5.8	48.1
	汚泥動力費	—	—	3.7	3.7	—	—	3.7	3.7	—	—	3.7	3.7	—	—	3.7	3.7	—	—	3.7	3.7
	小 計	16.3	52.5	17.9	86.7	14.7	52.5	17.9	85.1	13.7	54.7	17.9	86.3	19.8	59.4	17.9	97.1	19.8	59.4	17.9	97.1
ごみ処理技術(ごみ焼却炉で焼却)		15.8	98.2	14.3	128.3	15.8	98.2	14.3	128.3	19.2	115.1	14.3	148.5	19.2	115.1	14.3	148.5	19.2	115.1	14.3	148.5
合 計		44.9	231.8	59.4	336.1	43.2	249.4	59.6	352.1	43.8	243.4	62.1	349.3	49.9	227.2	59.1	336.2	49.9	227.2	59.1	336.2

※1 革新的技術のうち最初沈殿池設備、バイオガス回収・発電技術の各設備の補修費は実績に基づく設定値を計上した。

それら以外の従来技術の各設備の補修費は建設費の2%と設定した。

なお、従来技術の消化タンク本体の「補修費」欄には、液添費(事例を参考に設定)を計上した。

※2 点検費は、以下の資料を参考に、点検にかかる直接業務費(直接人件費)を計上した。

- ・社団法人日本下水道協会「下水道施設維持管理業務費要綱 2006年版」
- ・社団法人全国都市清浄会議「平成19年度版 廃棄物処理施設維持管理業務費要綱(平成20年11月20日改訂)」

革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]

27	27	37	37
小計	27	27	37
割合	72	72	100

13	25	18

28	34	6
----	----	---

(増分) (増分)
20 20

小計	41	58	44	20
割合	93	133	100	46
計	68	85	81	57
割合	83	105	100	71

維持管理費（エネルギー関係（使用電力量））

評価項目		革新的技術1 〔CASE-A〕		革新的技術2 〔CASE-B〕		従来技術1 〔CASE-C〕		従来技術2 〔CASE-D〕	
		電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)	電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)	電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)	電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)
水処理技術	沈砂池設備	95,834	1.0	95,834	1.0	95,834	1.0	95,834	1.0
	汚水ポンプ設備	808,110	8.1	808,110	8.1	808,110	8.1	808,110	8.1
	最初沈殿池設備	73,876	0.7	73,876	0.7	48,779	0.5	48,779	0.5
	反応タンク設備	622,310	6.2	622,310	6.2	622,310	6.2	622,310	6.2
	送風機設備	1,803,357	18.0	1,803,357	18.0	2,078,806	20.8	2,078,806	20.8
	最終沈殿池設備	244,959	2.4	245,931	2.5	329,668	3.3	329,668	3.3
	消毒設備	4,345	0.0	4,345	0.0	4,345	0.0	4,438	0.0
	水処理動力監	—	—	—	—	—	—	—	—
	小 計	3,652,792	36.5	3,653,764	36.5	3,987,853	39.9	3,987,946	39.9
	消化タンク本体	370,472	3.7	827,160	8.3	246,682	2.5	—	—
バイオガス回収技術	攪拌装置								
	加温装置								
	汚泥ポンプ								
	脱臭装置								
	余剰ガス燃焼装置								
	ガスホルダ								
	生ごみ投入用破砕装置								
	スクリー化装置								
	消化動力監								
	小 計	370,472	3.7	827,160	8.3	246,682	2.5	0	0.0
バイオガス発電技術	発電機	-3,113,017	-31.1	-3,891,271	-38.9	-1,205,323	-12.1	—	—
	シロキサン除去装置								
	排熱回収装置								
	監視制御設備								
	小 計								
汚泥処理技術	重力濃縮設備	19,941	0.2	19,941	0.2	14,121	0.1	14,121	0.1
	機械濃縮設備	272,766	2.7	272,766	2.7	322,748	3.2	322,748	3.2
	脱水設備	266,678	2.7	266,678	2.7	175,749	1.8	242,979	2.4
	汚泥動力監	—	—	—	—	—	—	—	—
	小 計	559,384	5.6	559,384	5.6	512,618	5.1	579,848	5.8
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		3,051,108	30.5	3,051,108	30.5	3,695,625	37.0	3,695,625	37.0
合 計		4,520,739	45.2	4,520,145	42.0	7,237,454	72.4	8,263,419	82.6

下水処理場全体の合計	1,469,631	15	1,149,037	11	3,541,829	35	4,567,794	46
割合	41		32		100		129	

※1 電力料単価

10 円/kWh

(今回評価対象のみの計算)

革新的 技術1 〔CASE-A〕	革新的 技術2 〔CASE-B〕	従来技術1 〔CASE-C〕	従来技術2 〔CASE-D〕
------------------------	------------------------	-------------------	-------------------

25	25	27	27
----	----	----	----

小計	25	25	27	27
割合	91	91	100	100%

4	8	2
---	---	---

-31	-39	-12
-----	-----	-----

(増分)	(増分)
6	6

小計	-27	-31	-3	6
割合	873	975	100	-203%

計	-2	-6	24	34
割合	-10	-23	100	139%

建設費＋維持管理費 15 年					
(百万円)					
評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ 高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋ 生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥 中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
水処理技術	沈砂池設備	549	549	549	549
	汚水ポンプ設備	339	339	339	339
	最初沈殿池設備	881	881	739	739
	反応タンク設備	836	836	874	874
	送風機設備	719	719	839	839
	最終沈殿池設備	898	898	910	910
	消毒設備	255	255	255	255
	水処理動力盤	807	825	917	917
	小 計	5,285	5,303	5,423	5,423
	消化タンク本体				
下水処理場	バイオガス 回収技術				
	攪拌装置				
	加温装置				
	汚泥ポンプ				
	脱硫装置	1,241	2,378	1,774	
	余剰ガス燃焼装置				
	ガスホルダ				
	生ごみ投入用破砕装置				
	スラリー化装置				
	消化動力盤	64	63	64	
バイオガス 発電技術	小 計	1,305	2,441	1,838	0
	発電機				
	シロキサン除去装置	386	470	228	
	排熱回収装置				
	監視制御設備	1,125	1,125	1,125	
汚泥 処理技術	小 計	1,511	1,595	1,353	0
	重力濃縮設備	198	198	181	181
	機械濃縮設備	1,793	1,793	2,293	2,293
	脱水設備	1,963	1,937	1,578	1,983
	汚泥動力盤	347	368	347	347
小 計	小 計	4,300	4,295	4,398	4,804
	小 計	4,300	4,295	4,398	4,804
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		7,294	7,294	8,536	8,536
合計(下水処理場範囲のみの和)		12,400	13,634	13,012	10,227
合計(下水処理場＋ごみ焼却場の和)		19,694	20,927	21,548	18,762
割合(下水処理場のみの)		95	105	100	79 %
割合(ごみ焼却場＋下水処理場)		91	97	100	87 %

(今回評価対象のみの計算)				
革新的 技術1 [CASE-A]	革新的 技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
2,437	2,437	2,452	2,452	
小計	2,437	2,437	2,452	2,452
割合	99	99	100	100 %
1,241	2,378	1,774		
386	470	228		
(増分)		(増分)		
1,242		1,242		
小計	1,627	2,848	3,244	1,242
割合	50	88	100	38 %
計	4,063	5,284	5,696	3,694
割合	71	93	100	65 %

2. ケーススタディ

建設費＋維持管理費15年＋撤去費

		(百万円)			
評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ゴミ 高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋ 生ゴミ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥 中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
水処理技術	沈砂池設備	585	585	585	585
	汚水ポンプ設備	352	352	352	352
	最初沈殿池設備	961	961	793	793
	反応タンク設備	891	891	931	931
	送風機設備	750	750	877	877
	最終沈殿池設備	960	960	973	973
	消毒設備	260	260	260	260
	水処理動力盤	879	899	1,000	1,000
	小 計	5,638	5,658	5,770	5,770
下水処理場	消化タンク本体	1,340	2,566	1,921	
	攪拌装置				
	加温装置				
	汚泥ポンプ				
	脱硫装置				
	バイオガス回収技術				
	余剰ガス燃焼装置				
	ガスホルダ				
	生ゴミ投入用破砕装置				
	スラリー化装置				
バイオガス発電技術	消化動力盤	70	69	70.4	
	小 計	1,410	2,635	1,991	0
	発電機	430	525	259	
	シロキサン除去装置				
	排熱回収装置				
汚泥処理技術	監視制御設備	1,238	1,238	1,238	
	小 計	1,667	1,763	1,497	0
	重力濃縮設備	210	210	191	191
	機械濃縮設備	1,919	1,919	2,457	2,457
	脱水設備	2,086	2,060	1,677	2,105
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)	汚泥動力盤	376	399	376	376
	小 計	4,592	4,589	4,701	5,130
合計(下水処理場範囲のみの和)		7,785	7,785	9,111	9,111
合計(下水処理場＋ごみ焼却場の和)		13,306	14,644	13,959	10,899
割合(下水処理場のみの)		95	105	100	78 %
割合(ごみ焼却場＋下水処理場)		91	97	100	87 %

※ 撤去費は、建設費の 10 %を見込む。

(今回評価対象のみの計算)

革新的 技術1 [CASE-A]	革新的 技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]
2,602	2,602	2,600	2,600
小計	2,602	2,602	2,600
割合	100	100	100 %
1,340	2,566	1,921	
430	525	259	
(増分)		(増分)	
1,326		1,326	
小計	1,769	3,091	3,507
割合	50	88	100 38 %
計	4,371	5,693	6,107
割合	72	93	100 64 %

建設費＋維持管理費 15 年＋処分費 15 年

		(百万円)			
評価項目		革新的技術1 〔CASE-A〕 (生汚泥＋生ごみ 高温消化)	革新的技術2 〔CASE-B〕 (生・余剰汚泥＋ 生ごみ高温消化)	従来技術1 〔CASE-C〕 (生・余剰汚泥 中温消化)	従来技術2 〔CASE-D〕 (消化無)
水処理技術	沈砂池設備	549	549	549	549
	汚水ポンプ設備	339	339	339	339
	最初沈殿池設備	881	881	739	739
	反応タンク設備	836	836	874	874
	送風機設備	719	719	839	839
	最終沈殿池設備	898	898	910	910
	消毒設備	255	255	255	255
	水処理動力盤	807	825	917	917
	小 計	5,285	5,303	5,423	5,423
下水処理場	消化タンク本体				
	攪拌装置				
	加温装置				
	汚泥ポンプ				
	脱硫装置	1,241	2,378	1,774	
	余剰ガス燃焼装置				
	ガスホルダ				
	生ごみ投入用破砕装置				
	スラリー化装置				
	消化動力盤	64	63	64	
バイオガス 回収技術	小 計	1,305	2,441	1,838	0
バイオガス 発電技術	発電機				
	シロキサン除去装置	386	470	228	
	排熱回収装置				
	監視制御設備	1,125	1,125	1,125	
汚泥 処理技術	小 計	1,511	1,595	1,353	0
	重力濃縮設備	198	198	181	181
	機械濃縮設備	1,793	1,793	2,293	2,293
	脱水設備	1,963	1,937	1,578	1,983
	汚泥動力盤	347	368	347	347
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)	小 計	4,300	4,295	4,399	4,804
	合計(下水処理場範囲のみの和)	12,400	13,634	13,012	10,227
合計(下水処理場＋ごみ焼却場の和)		19,694	20,927	21,548	18,763

(下水汚泥(脱水ケーキ)・ごみ焼却灰(生ごみ分)処分費)

小計	2,217	1,889	1,664	2,567
割合	133	114	100	154 %

下水処理場(汚泥処分を含む)	計	14,618	15,523	14,676	12,794
〃	割合	100	106	100	87 %

ごみ焼却場＋下水処理場 (汚泥処分を含む)	計	21,911	22,816	23,212	21,330 %
〃	割合	94	98	100	92 %

※ 汚泥・焼却灰処分単価 15,000 円/t-脱水ケーキ, 円/t-焼却灰

(今回評価対象技術＋汚泥処理技術＋汚泥処分)

革新的 技術1 〔CASE-A〕	革新的 技術2 〔CASE-B〕	従来技術1 〔CASE-C〕	従来技術2 〔CASE-D〕
------------------------	------------------------	-------------------	-------------------

	2,437	2,437	2,452	2,452
小計	2,437	2,437	2,452	2,452
割合	99	99	100	100 %

1,241	2,378	1,774	
-------	-------	-------	--

386	470	228	
-----	-----	-----	--

3,953	3,927	4,052	4,457
-------	-------	-------	-------

(増分)	(増分)
1,242	1,242

小計	5,580	6,775	7,295	5,699
割合	76	93	100	78 %

(下水汚泥(脱水ケーキ)・ごみ焼却灰(生ごみ分)処分費)

小計	2,217	1,889	1,664	2,567
割合	133	114	100	154 %

計	10,234	11,101	11,412	10,719
割合	90	97	100	94 %

2. ケーススタディ

建設費＋維持管理費 15年＋処分費 15年＋撤去費

(百万円)

評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ 高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋ 生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥 中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
水処理技術	沈砂池設備	585	585	585	585
	汚水ポンプ設備	352	352	352	352
	最初沈殿池設備	961	961	793	793
	反応タンク設備	891	891	931	931
	送風機設備	750	750	877	877
	最終沈殿池設備	960	960	973	973
	消毒設備	260	260	260	260
	水処理動力盤	879	899	1,000	1,000
	小 計	5,638	5,658	5,770	5,770
下水処理場	消化タンク本体				
	攪拌装置				
	加温装置				
	汚泥ポンプ				
	脱硫装置	1,340	2,566	1,921	
	余剰ガス燃焼装置				
	ガスホルダ				
	生ごみ投入用破砕装置				
	スラリー化装置				
	消化動力盤	70	69	70.4	
	小 計	1,410	2,635	1,991	0
バイオガス 発電技術	発電機				
	シロキサン除去装置	430	525	259	
	排熱回収装置				
	監視制御設備	1,238	1,238	1,238	
	小 計	1,667	1,763	1,497	0
汚泥 処理技術	重力濃縮設備	210	210	191	191
	機械濃縮設備	1,919	1,919	2,457	2,457
	脱水設備	2,086	2,060	1,677	2,105
	汚泥動力盤	376	399	376	376
	小 計	4,592	4,589	4,701	5,130
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		7,785	7,785	9,111	9,111
合計(下水処理場範囲のみの和)		13,306	14,644	13,959	10,899
合計(下水処理場＋ごみ焼却場の和)		21,091	22,429	23,070	20,011

(下水汚泥(脱水ケーキ)・ごみ焼却灰(生ごみ分)処分費)

小計	2,217	1,889	1,664	2,567
割合	133	114	100	154 %

下水処理場(汚泥処分を含む) 計	15,524	16,533	15,623	13,467
割合	99	106	100	86 %

ごみ焼却場＋下水処理場 (汚泥処分を含む) 計	23,308	24,318	24,734	22,578
割合	94	98	100	91 %

※ 汚泥・焼却灰処分単価 15,000 円/t-脱水ケーキ, 円/t-焼却灰
 ※ 撤去費は、建設費の 10 %を見込む。

(今回評価対象技術＋汚泥処理技術＋汚泥処分)

革新的 技術1 [CASE-A]	革新的 技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]
------------------------	------------------------	-------------------	-------------------

	2,602	2,602	2,600	2,600
小計	2,602	2,602	2,600	2,600
割合	100	100	100	100 %

1,340	2,566	1,921	
-------	-------	-------	--

430	525	259	
-----	-----	-----	--

4,216	4,189	4,325	4,754
-------	-------	-------	-------

(増分) (増分)
1,326 1,326

小計	5,985	7,280	7,832	6,080
割合	76	93	100	78 %

(下水汚泥(脱水ケーキ)・ごみ焼却灰(生ごみ分)処分費)

小計	2,217	1,889	1,664	2,567
割合	133	114	100	154 %

計	10,804	11,772	12,096	11,248
割合	89	97	100	93 %

2. ケーススタディ

容量計算 総括表

項 目		単 位	革新技術		従来技術	
			ケース A	ケース B	ケース C	ケース D
流入下水量(日最大)		m ³ /d	50,000	50,000	50,000	50,000
流入水質	最初沈殿池流入 T-BOD	mg/L	170	170	170	170
	〃 S-BOD	mg/L	50	50	50	50
	〃 SS	mg/L	145	145	145	145
発生汚泥量	生汚泥	t/d	5.13	5.13	3.40	3.40
	余剰汚泥	t/d	2.25	2.25	3.57	3.57
	合 計	t/d	7.38	7.38	6.97	6.97
送風機	必要酸素量(AOR)	kgO ₂ /d	7,119	7,119	8,485	8,485
	酸素供給量(SOR)	kgO ₂ /d	10,401	10,401	12,397	12,397
	必要空気量	m ³ /min	172	172	205	205
	能力及び台数	—	90m ³ /min×3(1)	90m ³ /min×3(1)	70m ³ /min×4(1)	70m ³ /min×4(1)
重力濃縮タンク	投入汚泥量(乾重)	t/d	5.13	5.13	3.40	3.40
	所要面積	m ²	85	85	57	57
	形状寸法	—	φ 7.4m×H3.5m ×2池	φ 7.4m×H3.5m ×2池	φ 6.0m×H3.5m ×2池	φ 6.0m×H3.5m ×2池
遠心濃縮機	投入汚泥量(乾重)	t/d	2.25	2.25	3.57	3.57
	〃 (湿重)	m ³ /hr	375	375	595	595
	所要能力	m ³ /hr	75	75	119	119
	能力及び台数	—	40m ³ /hr×3(1)	40m ³ /hr×3(1)	40m ³ /hr×4(1)	40m ³ /hr×4(1)
消化タンク	消化温度	—	高 温	高 温	中 温	(消化無)
	消化対象	—	生 汚 泥 生 ご み	生 汚 泥 余剰汚泥 生 ご み	生 汚 泥 余剰汚泥	—
	投入汚泥・生ごみ量(乾重)	t/d	6.98	9.01	6.10	0.00
	〃 (湿重)	m ³ /d	158	209	176	0
	所要容量	m ³	790	2,091	3,520	0
	形状寸法	—	790m ³ ×1槽	700m ³ ×3槽	1,800m ³ ×2槽	—
ガスホルダ	消化ガス発生量	Nm ³ /d	3,791	4,223	1,854	0
	所要容量	m ³	1,895	2,111	927	0
	形状寸法	—	950m ³ ×2槽	1,100m ³ ×2槽	470m ³ ×2槽	—
消化ガス発電機	能力及び台数	—	105kWh×4台	105kWh×5台	250kWh×1台	—
遠心脱水機	投入汚泥量(乾重)	t/d	5.15	4.62	4.01	6.10
	〃 (湿重)	m ³ /d	209	209	176	176
	所要能力	m ³ /hr	41.8	41.8	35.2	35.2
	能力及び台数	—	30m ³ /hr×3(1)	30m ³ /hr×3(1)	20m ³ /hr×3(1)	20m ³ /hr×3(1)
汚泥処分	脱水ケーキ量(乾重)	t/d	4.89	4.39	3.81	5.80
	〃 (湿重)	t-wet/d	27	23	20	31

3. その他

(1) 本技術導入の意義

本技術は徹底的な固液分離と資源回収を基本コンセプトとして、下水道の有するエネルギー、地域バイオマスの活用等による創エネルギーと省エネルギーの両面から処理場全体をマネジメントすることにより、従来の化石燃料に依存しないエネルギー100%自立型処理場を実現するための技術である。

このため、本技術を下水道施設に導入するためには、目指すべき下水処理場の将来像を明らかにするとともに、下水処理場トータルマネジメントに基づく段階的な導入計画を立案する必要がある。

1) 目指すべき下水処理場の将来像

国土交通省下水道部は、平成 17 年 9 月に「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 ―」をとりまとめ、100 年という長期の将来像を見据えた下水道の方向性、それらを具体化する様々なアイデアなどを提示した。報告書では、持続可能な循環型社会を構築するため、これまでの「普及拡大」中心の 20 世紀型の下水道から、「健全な水循環と資源循環」を創出する 21 世紀型下水道への転換を目指すべきとし、基本コンセプトを「循環のみち」と定めている。そして、「循環のみち」実現のために「水のみち」「資源のみち」「施設再生」三つの基本方針を提示した（図資 3-1）。

「水のみち」では、水循環の健全化に向け、雨水浸透や再生水・湧水の活用、また、生態系にも配慮した施設配置・構造を基本とすることなどにより、水再生・利活用ネットワークを創出すべきとしています。

また、「資源のみち」では、化石燃料に依存しないエネルギー100%自立の処理場の構築等により、資源回収・供給ネットワークを創出すべきとしている。

さらに、「施設再生」では、アセットマネジメント等により「水のみち」と「資源のみち」を持続的に支え、ライフラインとしての安全確保や既存ストックを活用した機能高度化により、新たな社会ニーズに応える下水道（「サステイナブル下水道」）を実現すべきとしている。

さらに同省下水道部は、「下水道ビジョン 2100」の基本方針である「循環のみち下水道」の実現に向けた取組を深化・成熟させ、エネルギー問題、低炭素・循環型社会の実現、経済再生、グローバル化など国家的重要課題にも貢献していくための下水道界の戦略と国の取るべき具体的な行動について、「成熟の3軸」と「7つの戦略と行動」を「「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動」としてとりまとめ、平成 24 年 5 月に公表している（図資 3-2）。

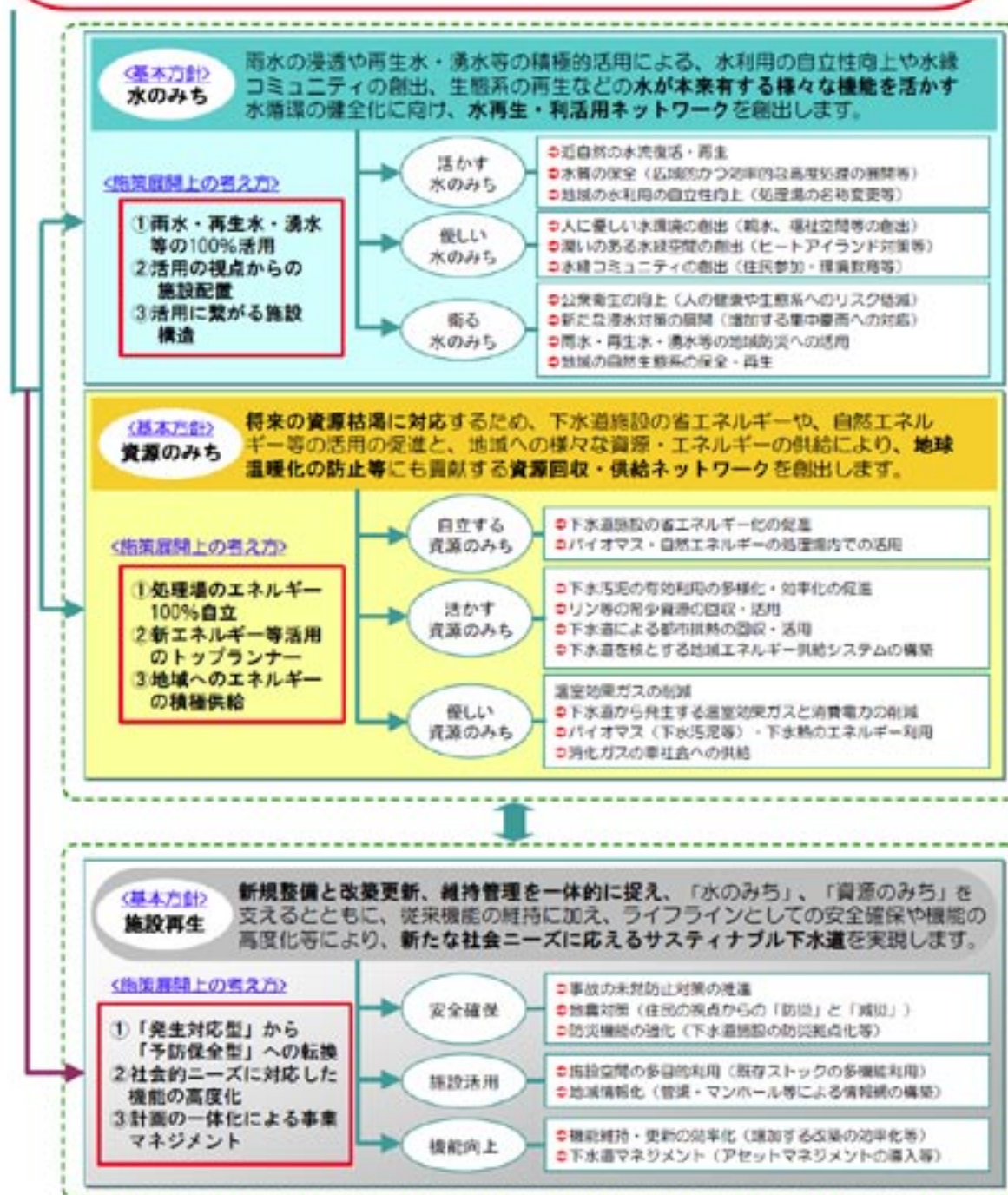
本プロジェクトでは、国土交通省下水道部が示す方向性を踏まえつつ、目指すべき下水道の将来像として成熟化した下水道のあり姿として、「地域水環境再生と保全」、「低炭素・循環型社会の実現」、「持続可能な下水道サービスを提供」「地域水・エネルギーマネジメント」の観点から図資 3-3 のとおり考えることとする。

「循環のみち」を実現するための施策体系

ー 地域の持続的な発展を支える21世紀型下水道の実現 ー

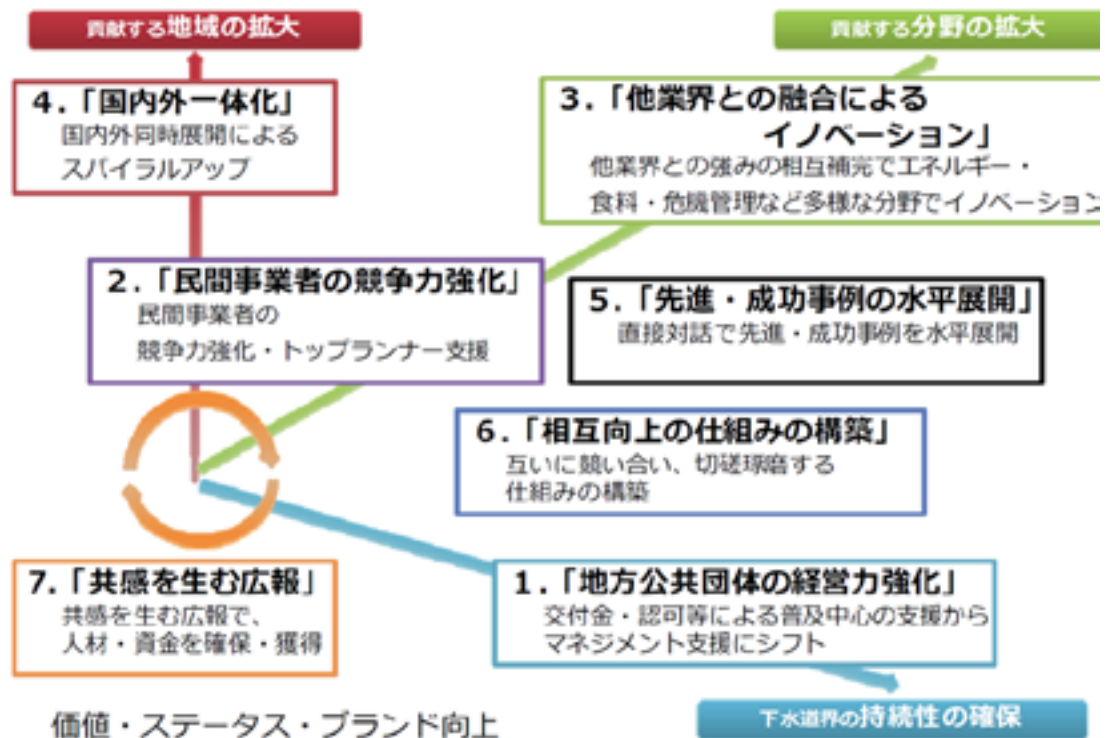
〈基本コンセプト〉 循環のみち

これまでの下水道機能に加え、持続可能な循環型社会の構築を図るため、健全な水循環及び資源循環を創出する新たな下水道を目指します。



図資3-1 「循環のみち」を実現するための施策体系

出典：「下水道ビジョン2100 下水道から「循環のみち」へ100年の計
ー 地域の持続的な発展を支える21世紀型下水道の実現 ー」



図資 3-2 下水道界「成熟の3軸」と「7つの戦略と行動」

出典：「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動」

目指すべき下水道の将来像として成熟化した下水道のあり姿を示す。

Ⅰ. 地域水環境の再生と保全

公共用水域への汚濁負荷量を削減し、地域全体の水環境再生と保全に貢献する。

Ⅱ. 低炭素・循環型社会の実現

地域に腑存する資源、エネルギーの利活用や省エネルギーにより循環型社会に貢献する。

Ⅲ. 持続可能な下水道サービスを提供

下水道施設の維持・向上を図るための施設再生を行い、持続的な下水道サービスを提供する。

Ⅳ. 地域水・エネルギーマネジメントの実現

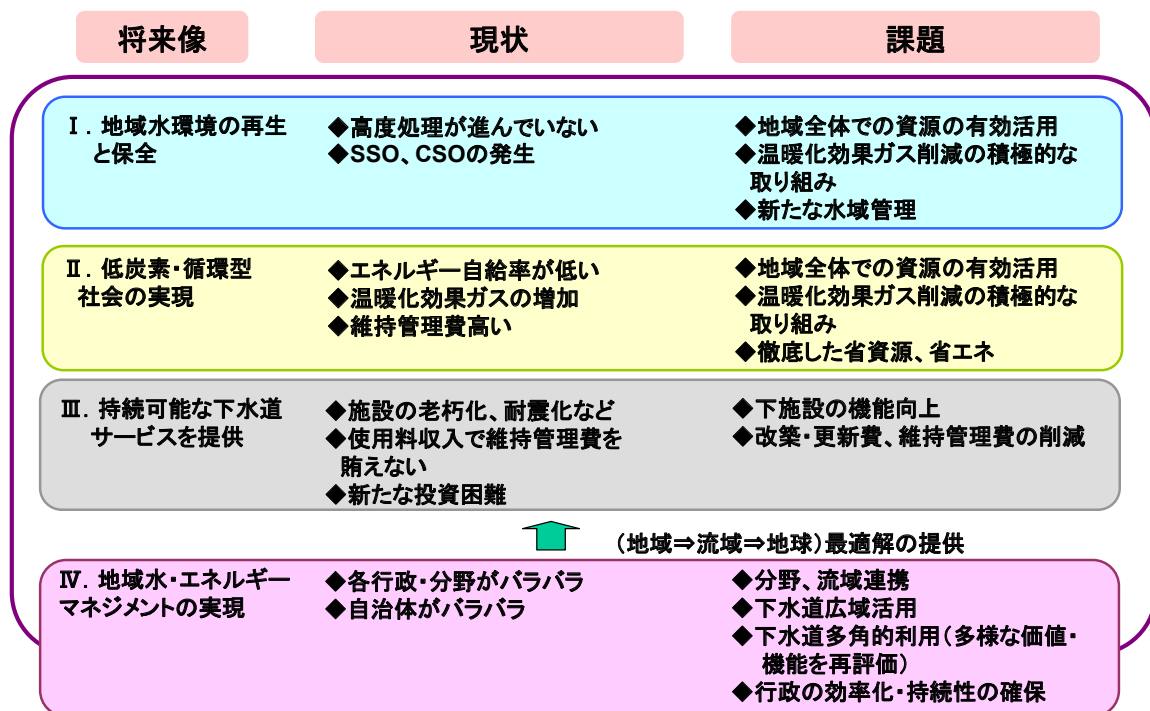
地域、他分野のステークホルダーと連携し、下水道(下水処理場)を核として、水・エネルギーの最適解を実現する。(再生水、下水熱、ゴミ、バイオマス広域取り込み等)

図資 3-3 目指すべき下水処理場の将来像

2) 下水道の現状と課題

目指すべき下水処理場の将来像で示した「地域水環境再生と保全」,「低炭素・循環型社会の実現」,「持続可能な下水道サービスを提供」,「地域水・エネルギーマネジメント」の4つの観点別に下水道の現状と課題を整理すると図資3-4のとおりとなる。

地域全体での資源の有効活用, 温室効果ガス削減の積極的な取り組み, 新たな水管理や徹底した省資源・省エネルギーが課題であるとともに, それを支える下水道施設の機能向上およびコストの確保, さらにそれを地域→流域→地球へと展開する際の最適解を提供するマネジメントが課題となっている。



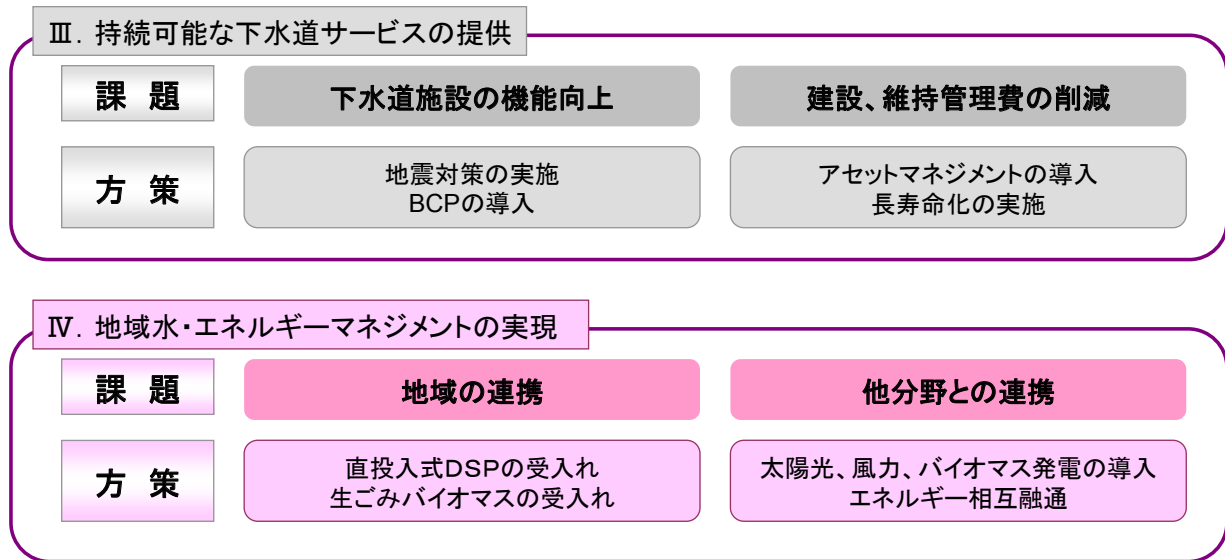
図資3-4 下水道の現状と課題

3) 課題解決の方策

「地域水環境再生と保全」,「低炭素・循環型社会の実現」,「持続可能な下水道サービスを提供」,「地域水・エネルギーマネジメント」という目指すべき下水道の将来像に向け, 課題を解決していくためには, 効率的に下水道サービスを維持・向上させていくとともに, 適切なマネジメントをPDCAスパイラルの下で実施していくことが重要である。

すなわち, 個々の方策の達成度を評価する共通目標(処理場全体のシステムインテグレイト, 地域マネジメントの評価)を定め, その成果を客観的かつ定量的に評価し, よりよい方策につなげていく必要がある。

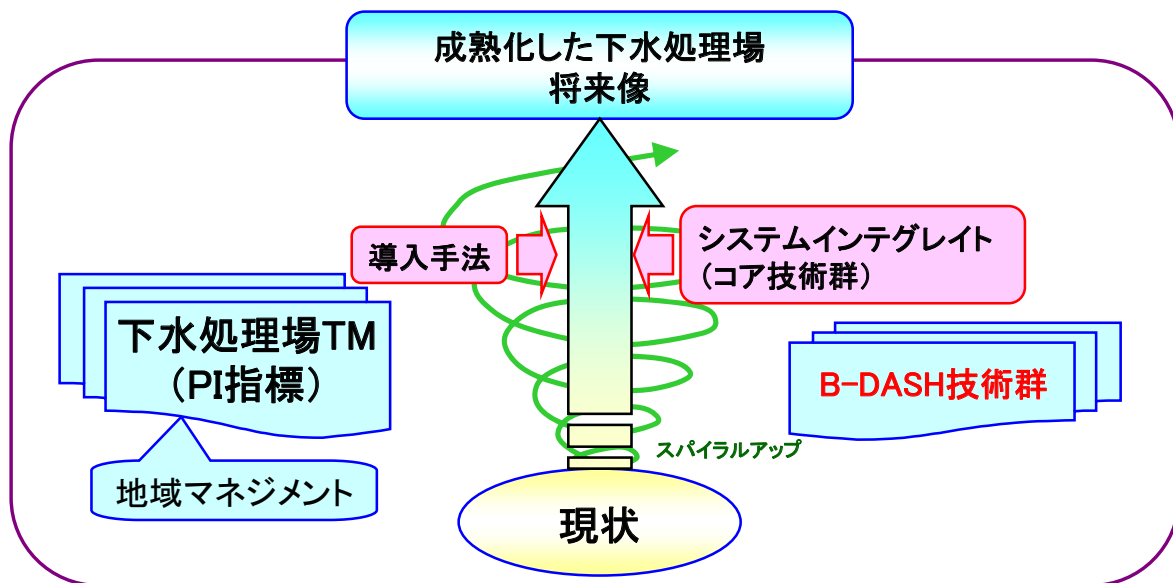
その目標を表す指標がPI指標であり, 評価する手法がベンチマーキング手法である。これらの指標や評価手法を活用し, 目指すべき下水道の将来像に向けて施策を展開する必要がある。



図資 3 - 5 課題解決の方策

4) 下水処理場将来像の実現に向けた B-DASH 技術の導入効果

目指すべき下水道の将来像と B-DASH 技術を導入した場合の効果は本編に示すとおりであるが、下水道ベンチマーキング手法に基づく業務指標 (PI) による評価を行い、PDCA より段階的なシステムインテグレイトを行うことで継続的改善を実施し、下水道の将来像実現を目指すことが望ましい。



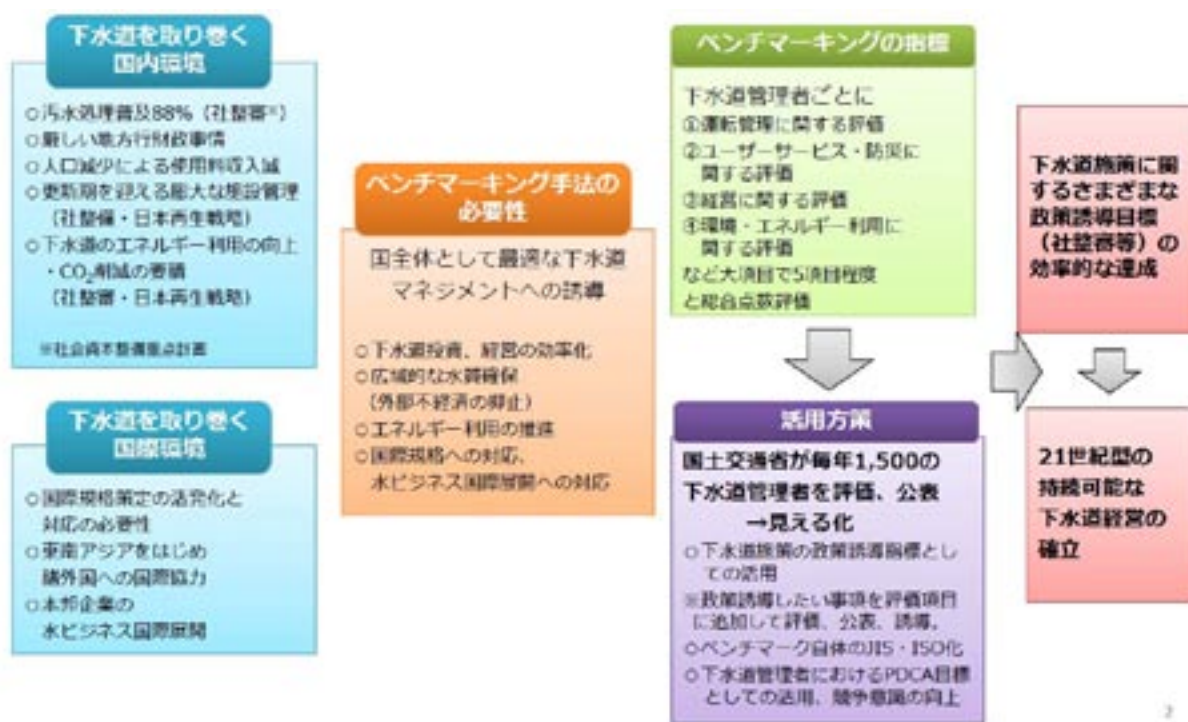
図資 3 - 6 下水処理場将来像の実現に向けた B-DASH 技術の導入効果

5) 下水道ベンチマーキング手法に基づく業務指標 (PI)

下水道ベンチマーキングに基づく業務指標 (PI) については、国土交通省が設置した「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」において、我が国の下水道を取り巻く国内環境や国際環境を踏まえ、主に、我が国の下水道界におけるマネジメントの改善・向上と下水道事業体や海外ビジネス展開を図る民間企業の国際競争力向上の観点から、その効果や必要性、方法論、規格化等について検討されている。(平成 25 年 3 月現在)

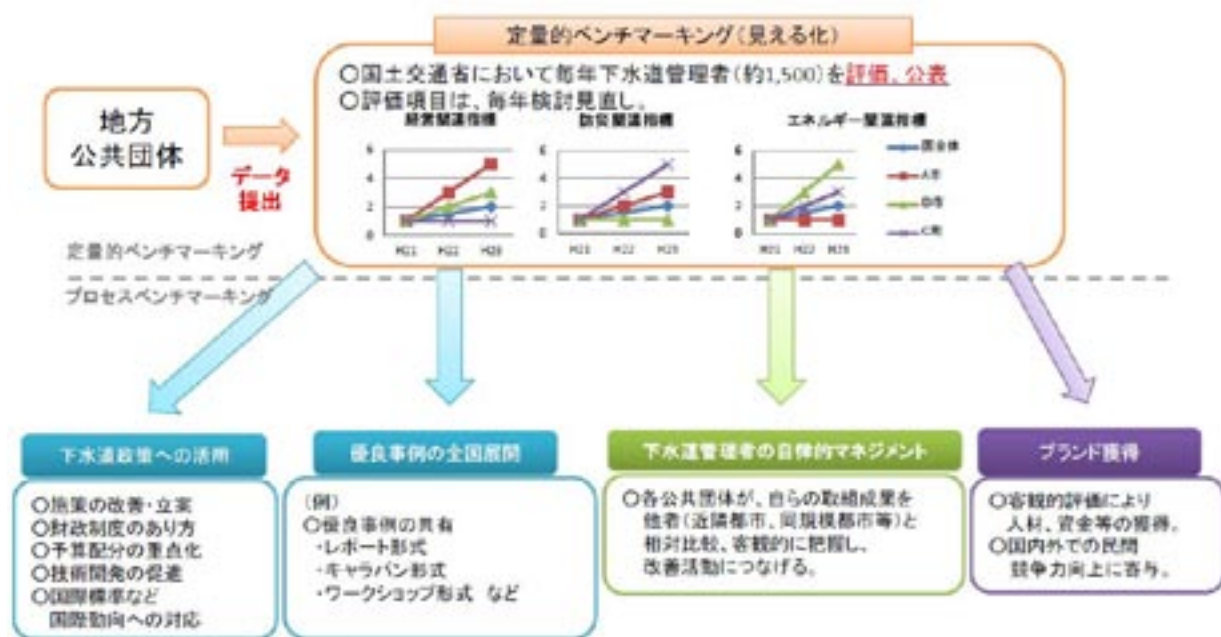
下水道ベンチマーキング業務指標 (PI) は、適切なマネジメントを P D C A サイクルの下で確実に実施していくために、成果等を客観的・定量的に評価し、体系的な改善活動につなげていくためのツールと考えられる。

以下に、ベンチマーキング手法の枠組み、運用イメージ、業務指標のイメージを示す。



図資 3-7 ベンチマーキングの枠組み

出典：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 第2回資料（国土交通省）



3

図資 3-8 ベンチマーキング運用のイメージ

出典：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 第2回資料（国土交通省）

カテゴリ	名 称	単位	算出方法	備 考
環境	良好な水環境創出のための高度処理実施率	%	高度処理を実施済の処理区域内人口/高度処理を導入すべき処理区域内人口×100	社会資本整備重点計画、OECD等の統計
	下水道に係る温室効果ガス排出削減	tCO ₂ eq	温室効果ガス排出量の基準年からの削減量	社会資本整備重点計画、英国、オーストラリア
	合流式下水道改善率	%	合流式下水道改善面積/合流区域面積	社会資本整備重点計画
	下水汚泥リサイクル率	%	汚泥利用量/発生汚泥量×100	
エネルギー	下水汚泥エネルギー化率	%	有効利用されたエネルギー/下水汚泥のエネルギー賦存量×100	社会資本整備重点計画
	処理水量当りエネルギー使用量		[処理水量(千m ³ /日)]/[処理水量当りエネルギー使用量(kL/千m ³)]	
	エネルギー自給率	%	[処理場内創出エネルギー]/[処理場内総消費エネルギー]	

図資 3-9 業務指標のイメージ（環境・エネルギー）

出典：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 第2回資料

(2) 固定価格買取制度について

高温消化により発生する消化ガスは、消化タンク加温、焼却炉補助燃料、発電による買電量の削減あるいは売電等に活用が可能である。売電については、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を活用することにより一層の経済効果が期待できる。

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は、再生可能エネルギーの普及・拡大を目的に 2012 年 7 月 1 日にスタートした制度で、一定の価格・期間で、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気の買い取りを、電力会社に義務づけられるものである。下水汚泥による消化ガス発電の平成 24 年度の買取価格は税込 40.95 円（税抜 39 円）と定められている。

本技術を導入し、生ごみ等のバイオマスを下水処理場に受け入れることにより、経済的かつ効率的に消化ガス発電を行うことが期待できるが、同制度の活用により、一層の収入増加が期待できる。

【固定価格買取制度における買取額の試算例】

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を活用した場合の消化ガス発電による電力買取価格について、従来技術と本技術の比較を表資 3－1 に示す（50,000m³/日の下水処理場を想定）。

試算によると、従来技術の場合 52 百万円/年の収入、本技術を適用した場合 129 百万円/年の収入（従来技術より 77 百万円/年の増額）が見込まれる。

表資 3－1 「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を活用した場合の消化ガス発電による電力買取価格の比較（50,000m³/日の下水処理場を想定）

項 目	単 位	従来技術			革新技術			
		生汚泥 (重力濃縮)	余剰汚泥 (機械濃縮)	合 計	生汚泥 (重力濃縮)	余剰汚泥 (機械濃縮)	生ごみ	合 計
発生汚泥量	t/日	3.40	3.57	6.97	5.13	2.25	－	7.38
固形物回収率	%	85.0	90.0	－	85.0	90.0	－	－
濃縮汚泥量	t/日	2.89	3.21	6.10	4.36	2.03	－	6.39
消化槽投入量	t/日	2.89	3.21	6.10	4.36	－	2.62	6.98
有機物含有率	%	81.0	76.0	－	81.0	－	90.0	－
投入有機物量	t/日	2.34	2.44	4.78	3.53	－	2.35	5.89
消化ガス発生率	Nm ³ /t-VS	500	280	－	500	－	860	－
消化ガス発生量	Nm ³ /日	1,170	684	1,854	1,766	－	2,025	3,791
発電効率	%	－	－	33	－	－	－	40
消化ガス発電量	kW/日	－	－	3,653	－	－	－	9,052
買取価格(税抜)	千円/年	－	－	52,000	－	－	－	129,000 (↑ 77,000)

(注1) 生ごみ投入量 = 0.6 t-DS/t-DS-消化タンク投入汚泥

(注2) 「消化ガス発生率」は「投入有機物当たり消化ガス発生率」である。

(注3) 消化ガス低位発熱量 = 21.49 MJ/Nm³

(注4) 消化ガス発電買取単価 = 39 円(税抜)

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」とは...

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務づけるもので、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」により、2012年7月1日にスタートした。

電気事業者が調達した再生可能エネルギー電気は、送電網を通じて普段使う電気として供給される。このため、電気事業者が再生可能エネルギー電気の買取りに要した費用は、電気料金の一部として、使用電力に比例した賦課金という形で利用者が負担する。

我が国には、大きな再生可能エネルギーのポテンシャルがあるものの、コストが高いなどの理由によりこれまで十分に普及が進まなかったが、この制度により、エネルギー自給率の向上、地球温暖化対策、産業育成を図ると共に、コストダウンや技術開発によって、再生可能エネルギーが日本のエネルギーを支える存在となることを目指す。

なお、平成24年度の買取価格・買取期間は、次表のとおりであり、下水汚泥による消化ガス発電の場合、買取価格は税込40.95円（税抜39円）と定められている。

表資3-2 買取価格・買取期間（平成24年度）(1/2)

電源		太陽光		風力		地熱		中小水力		
調達区分		10kW以上	10kW未満 (余剰買取)	20kW以上	20kW未満	1.5万kW以上	1.5万kW未満	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
費用	建設費	32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW	79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
	運転維持費 (1年あたり)	10万円/kW	4.7万円/kW	6.0万円/kW	—	33万円/kW	48万円/kW	95万円/kW	69万円/kW	75万円/kW
IRR		税前6%	税前3.2% (※1)	税前8%	税前1.8%	税前13% (※2)		税前7%	税前7%	
調達価格 100円/kWhに おき	税込 (※3)	42.00円	42円 (※1)	23.10円	57.75円	27.30円	42.00円	25.20円	30.45円	35.70円
	税抜	40円	42円	22円	55円	26円	40円	24円	29円	34円
調達期間		20年	10年	20年	20年	15年	15年	20年		

（※1）住宅用太陽光発電について

10kW未満の太陽光発電については、一見、10kW以上の価格と同一のように見えるが、家庭用についてはkW当たり3、5万円（平成24年度）の補助金の効果を勘案すると、実質、48円に相当する。
なお、一般消費者には消費税の納税義務がないことから、税抜き価格と税込み価格が同じとなっている。

（※2）地熱発電のIRRについて

地表調査、調査井の掘削など地点開発に一件当たり46億円程度かかること、事業化に結びつく成功率が低いこと（7%程度）等に応じ、IRRは13%と他の電源より高い設定を行っている。

（※3）消費税の取扱いについて

消費税については、将来的な消費税の税率変更の可能性も想定し、外税方式とすることとした。ただし、一般消費者向けが大宗となる太陽光発電の余剰買収の買取区分については、従来どおりとした。

表資 3－3 買取価格・買取期間（平成 24 年度）（2/2）

電源		バイオマス						
バイオマスの種類		ガス化（下水汚泥）	ガス化（家畜糞尿）	固形燃料燃焼（未利用木材）	固形燃料燃焼（一般木材）	固形燃料燃焼（一般廃棄物）	固形燃料燃焼（下水汚泥）	固形燃料燃焼（リサイクル木材）
費用	建設費	392万円/kW		41万円/kW	41万円/kW	31万円/kW		35万円/kW
	運転維持費（1年当たり）	184千円/kW		27千円/kW	27千円/kW	22千円/kW		27千円/kW
IFR		税前1%		税前8%	税前4%	税前4%		税前4%
調達価格 1kWh当たり	調達区分	【メタン発酵ガス化バイオマス】		【未利用木材】	【一般木材（含パーム種子殻）】	【廃棄物系（木質以外）バイオマス】		【リサイクル木材】
	税込	40.95円		33.60円	25.20円	17.85円		13.65円
	税抜	39円		32円	24円	17円		13円
調達期間		20年						

4. 参考文献

下水道ビジョン 2100 下水道から「循環のみち」へ 100 年の計画-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, 国土交通省下水道部

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, 国土交通省下水道部

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

下水道における LCA 適用の考え方, 平成 22 年 2 月, 国土交通省国土技術政策総合研究所

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, 環境省

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, 下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書

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

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

衛生工学シンポジウム論文集, 1: 273-276, 平成 14 年, 岡安ら他

メタン発酵の代謝経路とその変換, 環境管理 Vol. 35, No. 6, p. 27-34, 平成 14 年, 熊本大学 木田健次

産業排水処理のための嫌気性バイオテクノロジー, 平成 14 年, 技報堂出版、Speece R. E.

下水汚泥の性状および消化特性に関する処理場毎の比較調査、土木学会論文集 G (環境), Vol. , 68, No. 7, pp. III 325-III 332, 2012. 日高 平, 内田 勉

生ごみ高負荷メタン発酵・亜硝酸脱窒廃液処理技術, 廃棄物処理技術開発支援事業-第 11 号-調査報告書, 平成 17 年, 財団法人廃棄物研究財団

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, 第二回資料 国土交通省下水道部

5. 問い合わせ先

本技術ガイドラインに関する問い合わせは、下記をお願いします。

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

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

<実証研究者 連絡先>

メタウォーター 株式会社	営業本部営業企画部 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町一丁目 25 番地 TEL 03-6853-7300 FAX 03-6853-8710 HP http://www.metawater.co.jp/
地方共同法人 日本下水道事業団	技術戦略部 資源技術開発課 〒160-0004 東京都新宿区四谷三丁目 3 番 1 号富士・国保連ビル TEL 03-6361-7854 FAX 03-3359-6383 HP http://www.jswa.go.jp/

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 736 July 2013

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675