

第2章 技術の概要と評価

第1節 技術の概要

§5 技術の目的

本技術は、既存土木施設の活用ができ、少ない電力消費量で、安定して良好な処理水質を得ることができる標準活性汚泥法に替わる省エネ型下水処理技術である。

【解説】

(1) 本技術の背景

図2-1に全国の下水道分野別電力消費量を示す。水処理に最も多くの電力が消費され、その割合は50%を超えている。処理方式では、標準活性汚泥法を採用している下水処理場が最も多く、処理水量で75%以上を占めている(図2-2 参照)。

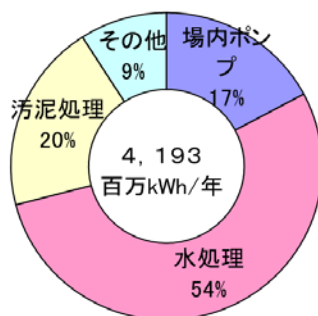


図 2-1 全国の下水道分野別電力消費量
(H23 年下水道統計¹⁰から作成)

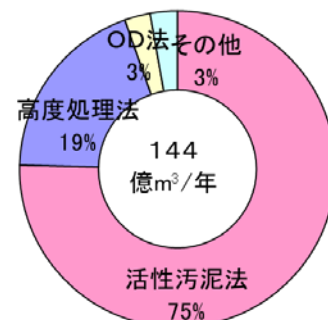


図 2-2 全国の処理法別年間処理水量
(H23 年下水道統計¹⁰から作成)

図2-3には、標準活性汚泥法の規模別の単位処理水量当たりの消費電力量原単位(以下「消費電力量原単位」という。)のグラフを示す。規模が小さいほど原単位が上昇する。図2-4には標準活性汚泥法の下水処理場(日最大100,000m³/日)における消費電力量の構成例を示す。処理場で消費される電力量の約60%が送風機で消費されている。

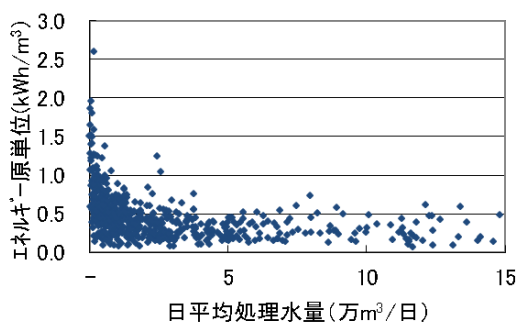


図 2-3 規模別の消費電力量原単位
(活性汚泥法のみ。H23 年度下水道統計¹⁰から作成)

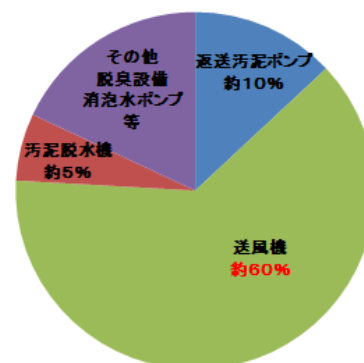


図 2-4 機器別の消費電力量 (モデル設計)⁵⁾

上記の背景に加えて、東日本大震災以降の電力事情の悪化や温室効果ガス発生量抑制のニーズから、標準活性汚泥法代替の省エネ型水処理技術が求められている。

図2-5に下水処理方式別の消費電力量原単位を示す。この中で最も消費電力量原単位が小さいのは高速散水ろ床法となっている。

従来より標準活性汚泥法等では曝気のための送風機使用は不可避であり、使用電力量がかさむ原因とされてきたが、この高速散水ろ床法は送風機使用が不要な水処理技術である。

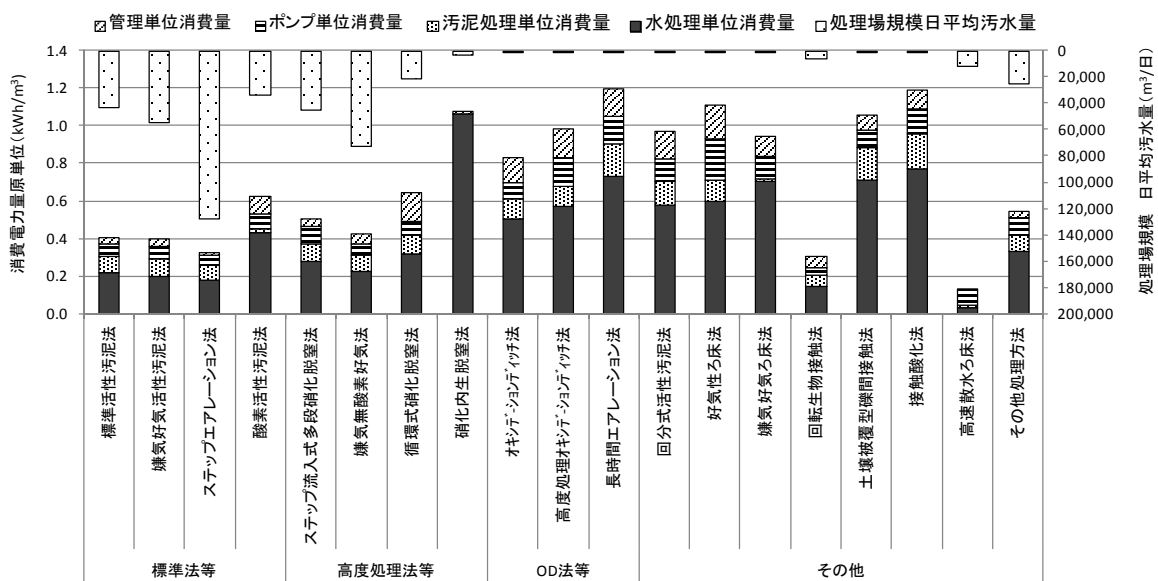


図2-5 下水処理方式別の単位処理水量当りの消費電力量原単位
および算定に用いた処理場群の日平均汚水量の平均値⁵⁾

(2) 本技術の目的

本技術は高速散水ろ床法の消費電力が小さいことに着目し、同法の処理原理を用いながら、同法の従来課題を解決・改良し、新たな省エネ型下水処理法としたものである。

本技術の電力使用量原単位は、標準活性汚泥法に比較して小さいことに加え、水量変動（日間、年間、長期的増減、等）による影響が少ない特徴を有する。そのため、これらの変動に関わらず安定して省エネルギー型処理を行うことができる。さらに既存躯体施設を活用することから、多くの既存施設に低コストで導入することができる。

§6 技術の概要

本技術（水処理方式名：循環式散水担体ろ床法）は、有機物除去を行う散水担体ろ床とその前後の前段ろ過施設、最終ろ過施設、および洗浄排水を濃縮する一次濃縮施設から構成される。

【解 説】

（１）基本原理

本技術の主要原理は、無曝気で酸素を供給し、生物学的処理を行う方式であるが、その前後にろ過施設を配し、前段ろ過施設における負荷変動の吸収および後段ろ過施設での仕上げ処理と組合せている。これにより、従来の散水ろ床法に比べて安定した水処理を行うものである。

（２）構成と機能他

本技術の構成と機能を図 2-6 に示す。

① 3施設（前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設）の役割

前段ろ過施設は流入下水中の固形物を効率的に除去し、散水担体ろ床への固形物負荷を削減する。同時に前段ろ過担体に付着した微生物によって、流入下水中の溶解性有機物を一部除去する。これは、溶存酸素を含んだ散水担体ろ床流出水が前段ろ過施設に循環され、酸素を供給することによってなされる。

散水担体ろ床は散水ろ床の原理を活用、改善した生物学的処理プロセスで、低動力で酸素が供給され、有機物を除去する。

最終ろ過施設は、ろ過により、散水担体ろ床流出水中の固形物を効率的に除去する。

② 一次濃縮施設の役割

上記3施設からは洗浄排水が発生するため、これを沈降濃縮するための一次濃縮施設がある。この施設から発生する上澄水（一次濃縮分離水）は前段ろ過施設に返送され、沈殿汚泥は一次濃縮汚泥として排出される。

③ 最終ろ過沈殿汚泥の処理

最終ろ過沈殿汚泥は、散水担体ろ床からの剥離汚泥である。既存施設活用の場合には、本汚泥は最終ろ過施設（もとは最終沈殿池）の汚泥ホッパ部分から回収される。従って、既設ルートを活用して、余剰汚泥の濃縮施設に送泥する。本技術を土木から新設で設置する場合には、最終ろ過沈殿汚泥は沈降性が良好なことから、一次濃縮汚泥と合わせて重力濃縮等の汚泥濃縮施設に送泥する。

④ 洗浄排水槽の統合

前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設から各洗浄排水が発生する。洗浄排水槽は、各々設置するか統合するかは任意であるが、前段ろ過槽は頻繁に洗浄が行われるため、前段ろ過施設には単独で設けることが望ましい。

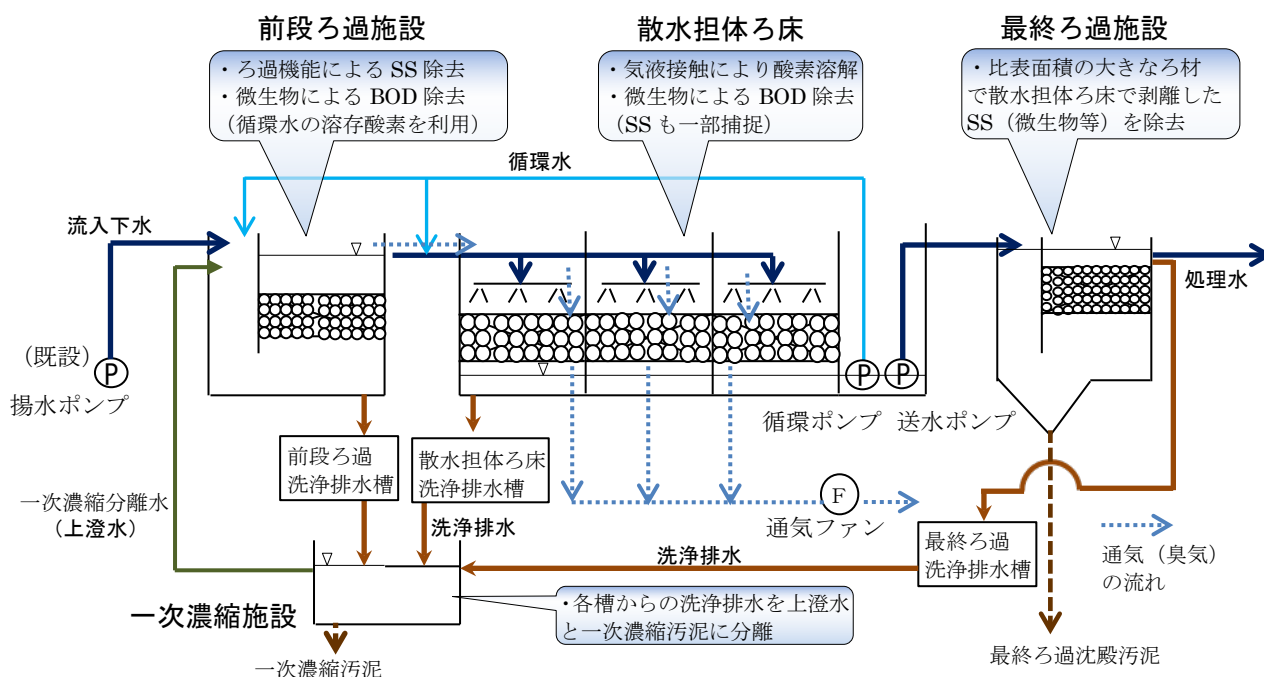


図 2-6 本技術の構成と機能

(3) 既存施設への設置

図 2-7 に既存施設への本技術の設置イメージを示す。本技術は、既設最初沈殿池に前段ろ過施設と一次濃縮施設が、既設反応タンクに散水担体ろ床が、既設最終沈殿池に最終ろ過施設が設置される。

本技術の特性上、散水担体ろ床流出水の水位が低くなるため、循環ポンプや送水ポンプと接続するための循環水槽を設ける必要がある。但し、散水担体ろ床流出水を最終ろ過槽に自然流下で流入させることが可能な場合には送水ポンプは不要である (図資 3.1 参照)。

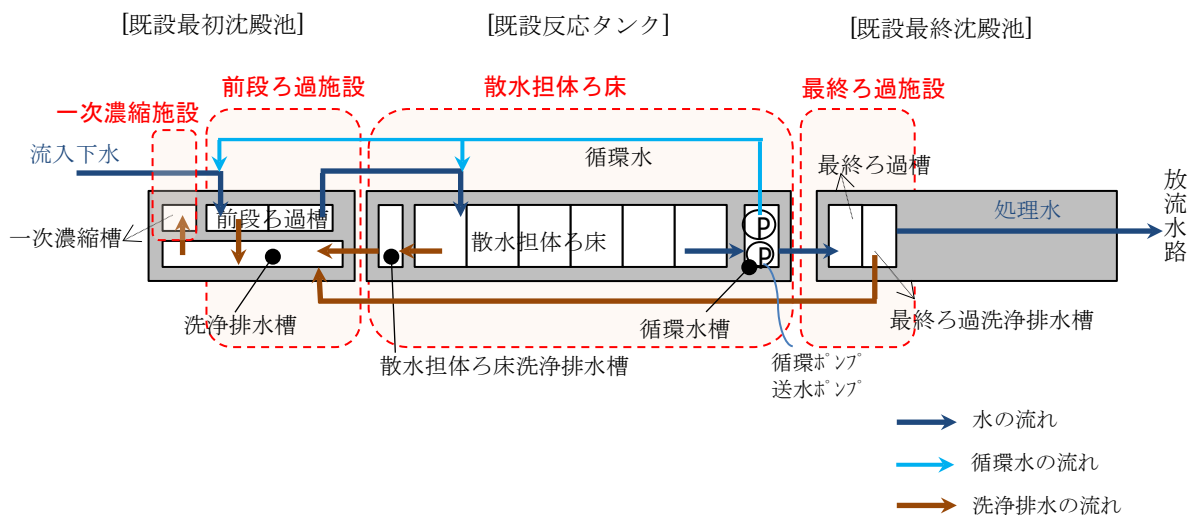


図 2-7 既存施設への本提案技術のイメージ (平面)

(4) 汚泥処理施設との取り合い

図2-8に処理場の既存汚泥処理施設との関連を示す。本技術から発生する一次濃縮汚泥は沈降性が良いことから既存の生汚泥処理施設である重力濃縮槽へ送泥することを基本とする。但し、最終ろ過施設の沈殿部からの汚泥排出は、既設の最終沈殿池からの余剰汚泥引抜き管路を活用して、既存の余剰汚泥処理系列に投入できる場合がある。

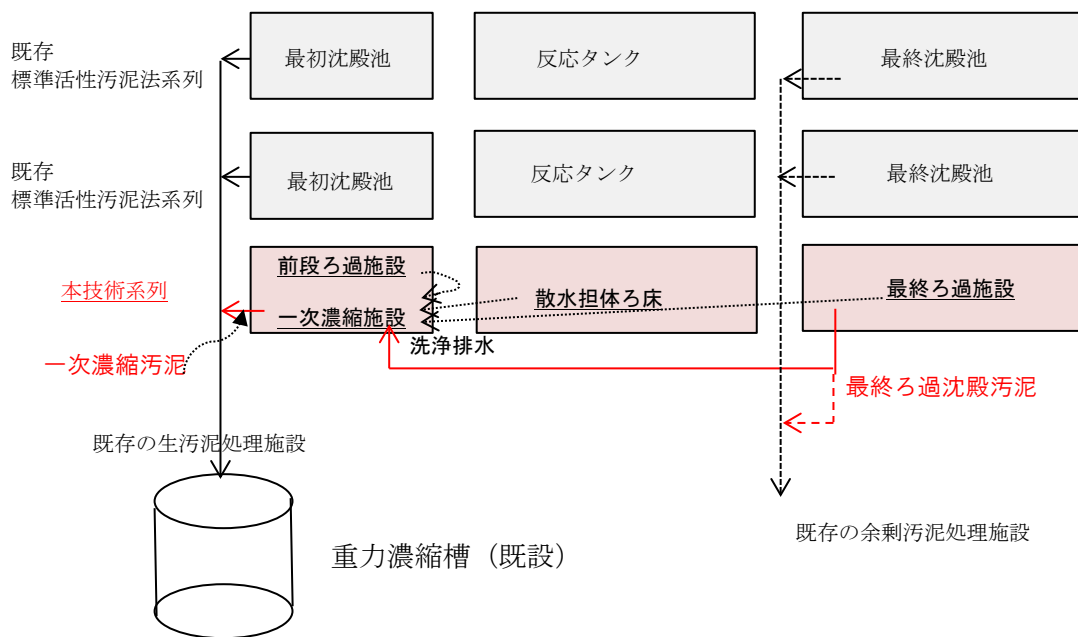


図2-8 汚泥の発生箇所および排水経路

§7 技術の特徴

本技術は、自然大気下での気液接触により酸素供給を行う省エネ性の高い散水ろ床法の原理を活かし、曝気用ブローなしで標準活性汚泥法代替として活用できるよう、改良したものである。技術の特徴は以下となる。

- (1) 使用電力量の削減
- (2) 維持管理費の低減（汚泥発生量削減等）
- (3) 建設費の抑制、縮減（既設の改造利用が可能、新設時は土木施設の縮小）
- (4) 安定した処理水質
- (5) 時代のニーズ変化への対応

【解 説】

本技術は、維持管理費、建設費ともに低減できる革新技术である。一方で、標準活性汚泥法と同等の安定した処理水質が得られるように工夫している。またLCC（ライフサイクルコスト）の削減だけでなく、今後の下水道諸課題（水量減少等）へ対応できる技術である。

(1) 使用電力量の削減

本技術は、散水担体ろ床において、BOD分解の働きを有する微生物を付着させた担体を配し、処理する水は上部から散水される。これら担体と担体には隙間があり、通気抵抗はほとんどない（200mmAq程度）。そのため、供給酸素量が律速とならない程度に上方から下方に向けて行われる通気による使用電力量は、もともと少ない水処理全体の使用電力量の数%程度である。

(2) 維持管理費の低減（汚泥発生量削減等）

水処理の維持管理費に関しては、図2-9に示すように、一般に大きい方から、①汚泥処理・処分費、②人件費、③機器補修・点検費、④電力費、⑤薬品費と言われる（但し、①と②、③と④は各々逆転する場合がある）。

このうち本技術は特に④電力費が大幅に削減されるほかに、①汚泥処理・処分費の軽減が期待でき、③機器補修・点検費、⑤薬品費についてもある程度削減できる（詳細な数字は、第3章第2節 表3-8 維持管理費 参照）。

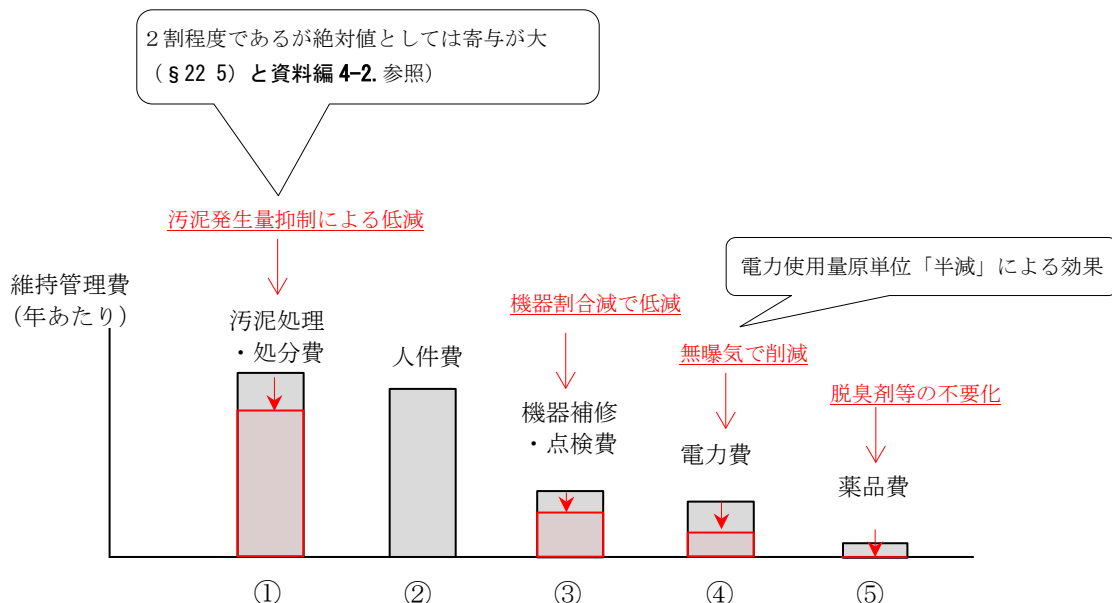


図 2-9 一般的な維持管理費の内訳と本技術の効果 (中規模処理場/標準活性汚泥法との比較イメージ)

(3) 建設費の抑制、低減

1) 既存施設の改造により導入が可能

建設費に関しては、既存躯体を活用することで、導入総費用は土木施設を新設して導入するよりも安価となる。また既存躯体活用においては、標準活性汚泥法で更新するよりも若干の建設費の低減が見込める (詳細は § 17 導入効果の検討 参照)。

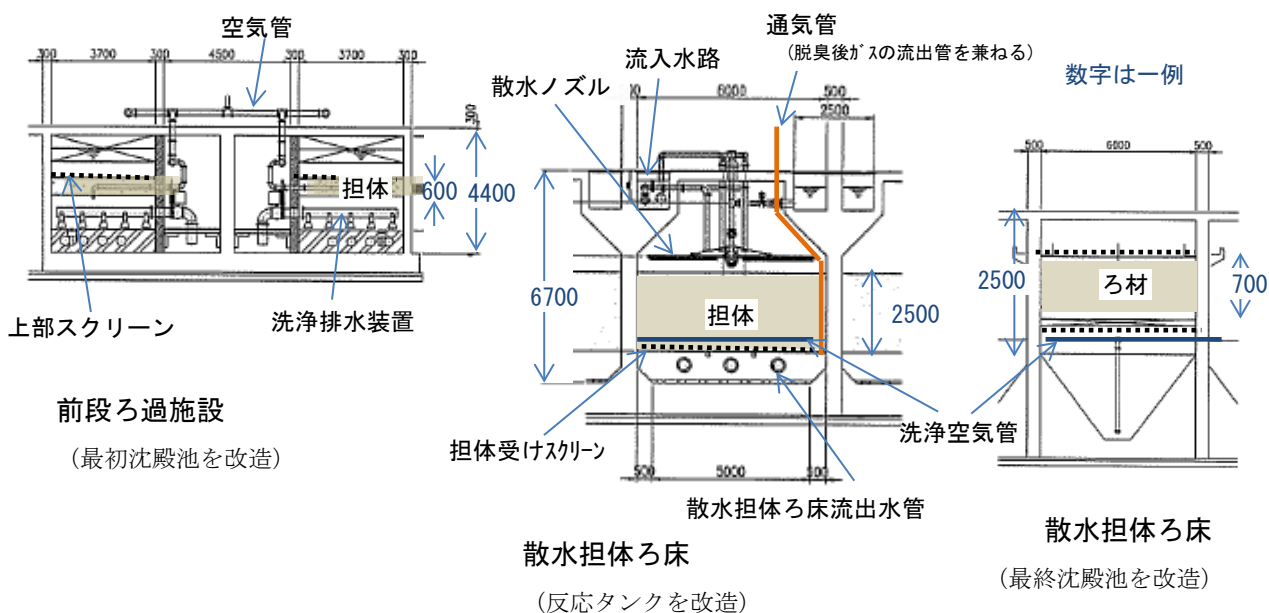
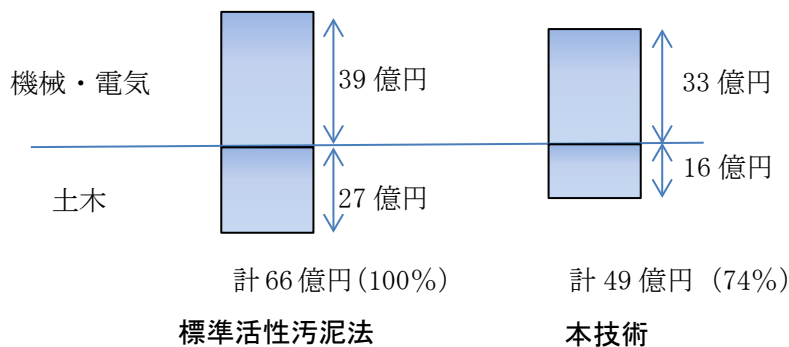


図 2-10 各施設の改造のイメージ

2) 新設時は土木施設の縮小が可能

一方で、図 2-11 に示すように土木施設から新設する場合は、導入総費用は既存活用よりも高価となるものの、標準活性汚泥法にて土木施設から新設する場合と比較しての削減率は大きい（一例として 26%減）。下水道が普及し始めた昭和 40~50 年代に構築した土木施設は 40 年以上の経過年数となり、土木からの更新計画が必要な施設もある。



(注) 計算規模：日最大 50,000m³/日

① 標準活性汚泥法の土木施設

金額：機電の 7 割とした（流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 H20 年 9 月³⁾ 253 頁より）

→空 m³ 単価 (8 万円/m³)

規模(空 m³)：最初沈殿池： 4,000 m³ (水面積負荷 50m²/日, 施設高さ 4m),

：反応タンク： 19,000 m³ (滞留時間 8hr, 施設高さ 6m(水深 5.3m 含む)),

：最終沈殿池： 10,200 m³ (水面積負荷 20m²/日, 施設高さ 4m),

② 本技術の土木費空 m³ 単価は標準活性汚泥法と同一 (8 万円/m³) として計算。

図 2-11 土木から新設の導入費用 (概算)

(4) 安定した処理水質

本技術は、前段・最終のろ過、散水担体ろ床での有機物や固形物の除去により、年間を通じて安定した BOD 処理性能が得られる。

図 2-12 に実証研究における流入下水と処理水の BOD 推移を示す。立上げを完了した夏季の 7 月から冬季の 1 月までの 3 季節を通して 15mg/L 以下で安定した結果が得られている。

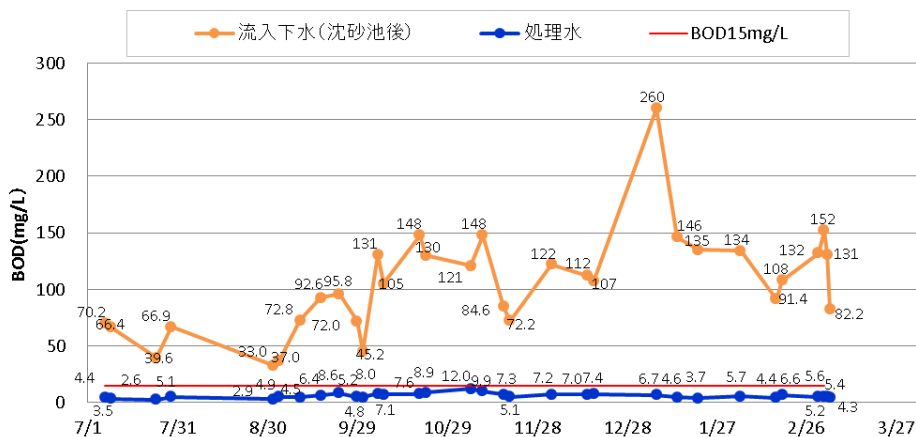


図 2-12 流入下水と処理水の BOD 推移

(5) 時代のニーズ変化への対応

今後の人口減少・高齢化に伴う水量減少、施設の遊休化、料金収入減少、維持管理人材の減少に対する「下水道経営の健全化、迫られる災害対応と老朽化再構築、地球温暖化対策の推進や汚泥処分の困難化に対する汚泥のエネルギー資源利用」¹⁴⁾等の下水道の課題が提起されている。

本技術は、これらの様々な課題解決に関して高いポテンシャルを有する技術である。

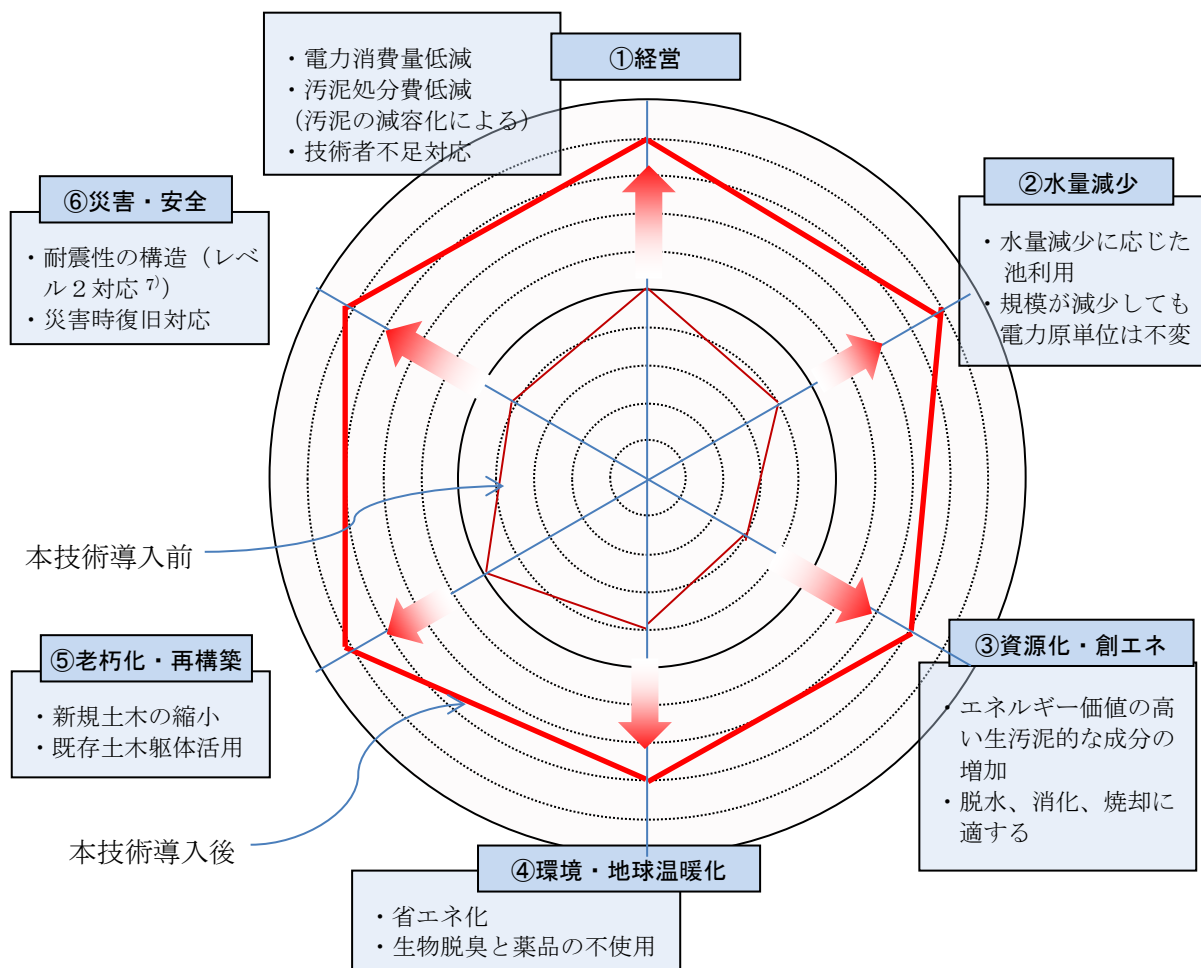


図 2-13 様々な課題指標（ベンチマーク）の改善に寄与（イメージ）

① 経営

少子高齢化や人口減少に伴う下水道使用料減少、老朽化した管路や施設の更新による支出増大が懸念される。

本技術は、電力使用量の削減、発生汚泥量の削減など、経営健全化に寄与できるものである。

② 水量減少

今後の人口減少等に伴う水量減少局面に対応できる技術である。従来、標準活性汚泥法等の送風機は複数の水処理系列に1台というように設置されているため、系列減となっても電力使用量を比例して減らすことは困難であった。

一方、本技術で電力使用量が多いポンプは各系列ごとに設置することを前提にしているため、系列減はもちろん、1系列においてもその台数を予め複数台にしておくことなどにより、水量の変動に比例して電力使用量を削減できる。なお散水担体ろ床の使用池数を図2-14に示すように水量減に応じて減らしていくことが可能で、対応して電力消費量を削減する設計も可能である。

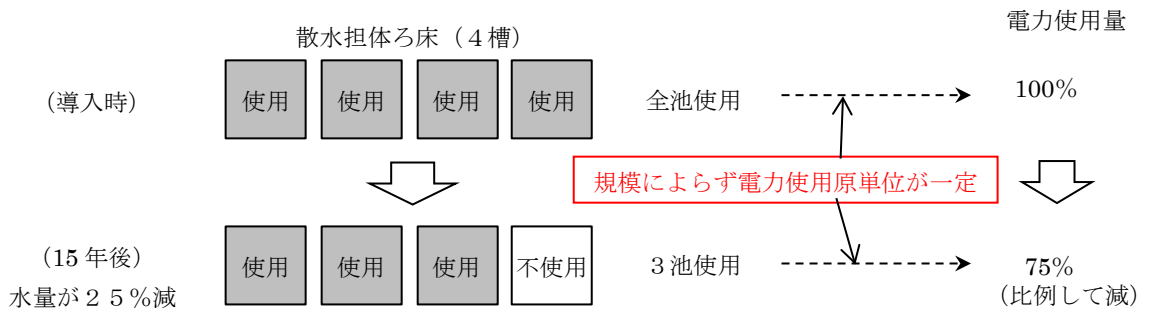


図2-14 水量減少への対応例

③ 資源化・創エネ

2015年度の下水道法改正により汚泥有効利用の努力義務が課せられることとなった。

本技術の汚泥発生量は除去された固形物量の8割程度 (§22【解説】(4)参照)であり、発生する汚泥の中で生汚泥の割合が増加するため、エネルギー資源化に寄与することが期待できる。

④ 環境・地球温暖化

下水処理場(場内ポンプ場を含む)の使用電力量は63億kWh/年¹⁰⁾(日本全体の年間消費電力量の0.6%¹⁶⁾)以上に達している。このうち水処理の電力消費は50%以上である。本技術は処理水量が最も多い標準活性汚泥法の代替技術であり、標準活性汚泥法の電力消費を半減できることから、下水道の地球温暖化対策として効果的である。

⑤ 老朽化・再構築

本技術は、耐用年数の長い土木施設を有効に活用でき、また耐用年数に達した土木施設の再構築時においては土木施設を40%程度縮小(日最大5万m³/日規模での試算: §7【解説】(3)2) 図2-11 グラフ中の土木費用より、削減率は(27-16)/27×100=41%)することができる。

⑥ 災害・安全

震災における下水道のライフラインとしての処理継続性に関して、レベル2対応の耐震性⁷⁾を有する本技術は、発災後も前段ろ過施設を使用した簡易処理+消毒処理が可能である。また、システム全体が省エネ型下水処理技術であることから、応急復旧の各段階において必要エネルギーが少なく環境負荷の小さい対策として適用することができる。

§8 前段ろ過施設の概要と特徴

前段ろ過施設は、ろ過によって固形物を除去し、散水担体ろ床への負荷を軽減する。散水担体ろ床流出水を循環させることにより、負荷変動の平準化と、循環水に含まれる溶存酸素を利用したろ材付着微生物による BOD 除去の機能を有する。またろ過速度が大きく最初沈殿池に比べて省スペースである。さらに、夾雑物除去に優れることから、散水装置の閉塞防止など、後段プロセスの維持管理性の向上にも寄与する。

【解説】

(1) 効率的な除去（物理ろ過に生物学的除去を付加）

図 2-15 に前段ろ過施設の構造図を示す。流入下水は前段ろ過施設の下部より流入し、上向流により浮上性ろ材の層を通過する間に、含まれている固形物が除去される。浮上性ろ材は 5～10mm 程度で、凹凸のある形状である。

前段ろ過施設には流入下水の他に、一次濃縮施設の分離水や散水担体ろ床からの循環水が流入する。散水担体ろ床からの循環水に含まれる溶存酸素を用いたろ材付着微生物による有機物分解のほか、循環水に酸化態窒素 ($\text{NO}_x\text{-N}$) が含まれる場合には脱窒による BOD の除去も行われる。

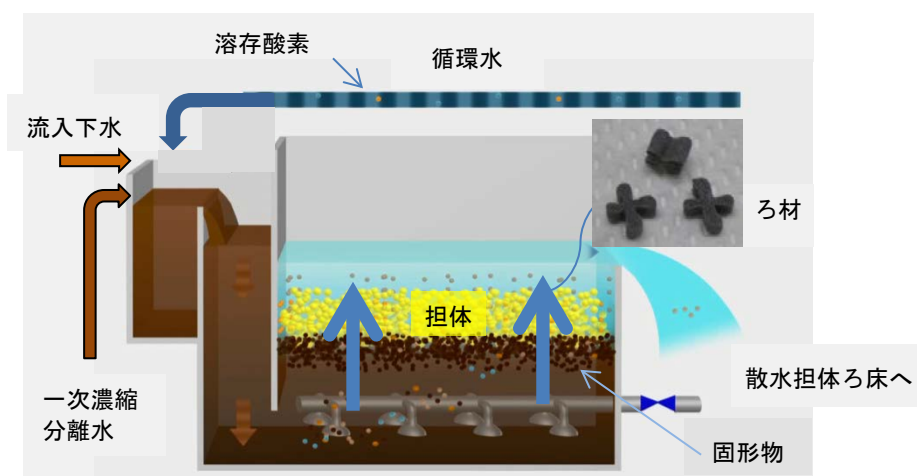


図 2-15 前段ろ過施設の構造図

(2) 負荷の平準化

前段ろ過は、図 2-16に示すように水処理の主となる後段の生物反応タンク（散水担体ろ床）へのBOD 負荷を削減すると共に、負荷変動を緩和する。また、夾雑物（粗大浮遊物）を 100%除去できるため、散水担体ろ床散水ノズルの目詰まりを防止する機能も有する。

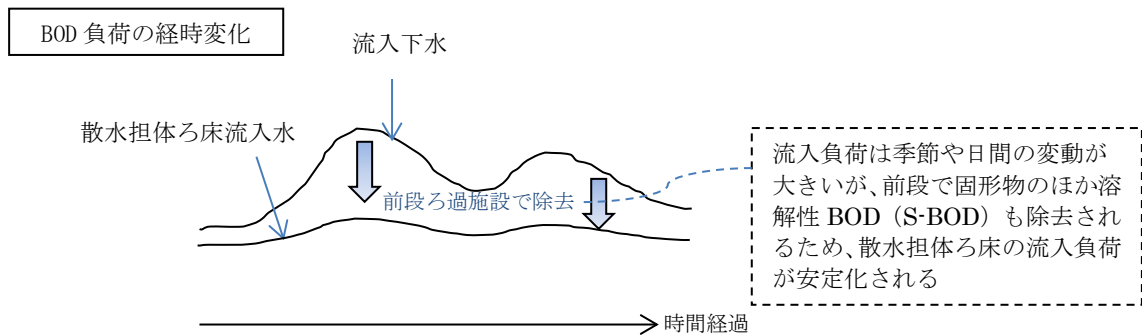


図 2-16 前段ろ過施設の役割

(3) 容易で確実な洗浄

前段ろ過施設における処理を継続的に遂行するためには、確実な洗浄が必要である。図 2-17 に前段ろ過施設の処理・洗浄原理を示す。本技術は、定期的に排出弁を開けるだけで、担体上部に貯留された前段ろ過施設流出水が逆流し担体に捕捉された固形物の洗浄を行うことができる。この時、固形物（生汚泥）は下向流により前段ろ過槽底部より流入水を含む洗浄排水として排出される。

前段ろ過施設からの洗浄排水は、洗浄排水槽を経由して一次濃縮施設へ送られる。

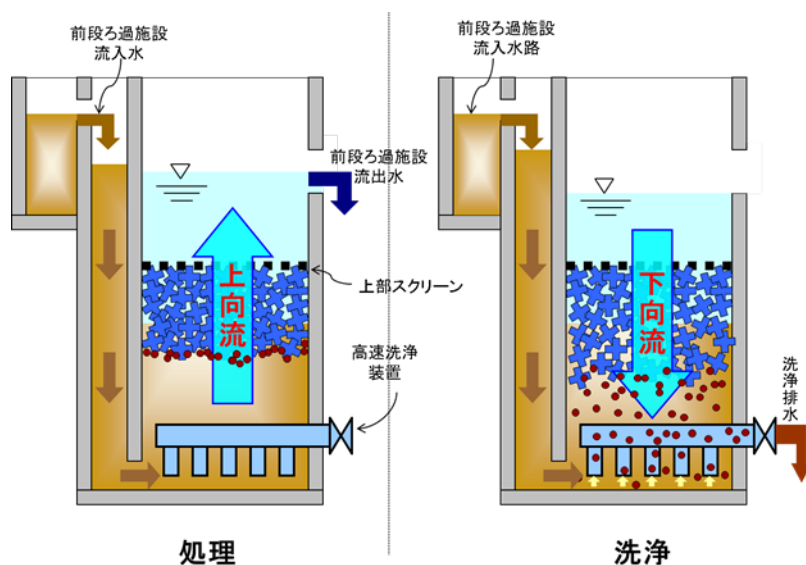


図 2-17 前段ろ過施設の処理・洗浄原理

§9 散水担体ろ床の概要と特徴

散水担体ろ床は、槽に充填した担体層に散水する構造を有し、高速散水ろ床法の原理を用いて前段ろ過施設流出水中の有機物を除去する技術である。従来の散水ろ床法と比べて(1)～(4)が大幅に改善されている。また標準活性汚泥法と比較して(4)、(5)の特長も有する。

- (1) 処理性能
- (2) 通気量の適正制御による処理の安定性
- (3) ろ床洗浄機能
- (4) 覆盖・生物脱臭等による環境対策機能
- (5) バルキング等、浮遊法特有の問題がなく、運転管理が容易

【解説】

散水担体ろ床の構造を図2-18に示す。散水担体ろ床は、流入水路、散水担体ろ床（狭義）、循環水槽からなる。散水担体ろ床（狭義）は複数槽とし、各槽は、散水装置、担体、下部装置からなる。担体は、通気性と接触面積を確保するために直径および長さが10～20mm程度の円筒形状を有している。下部装置は、洗浄排水を排出する装置と散水担体ろ床流出水を排出する装置からなる。

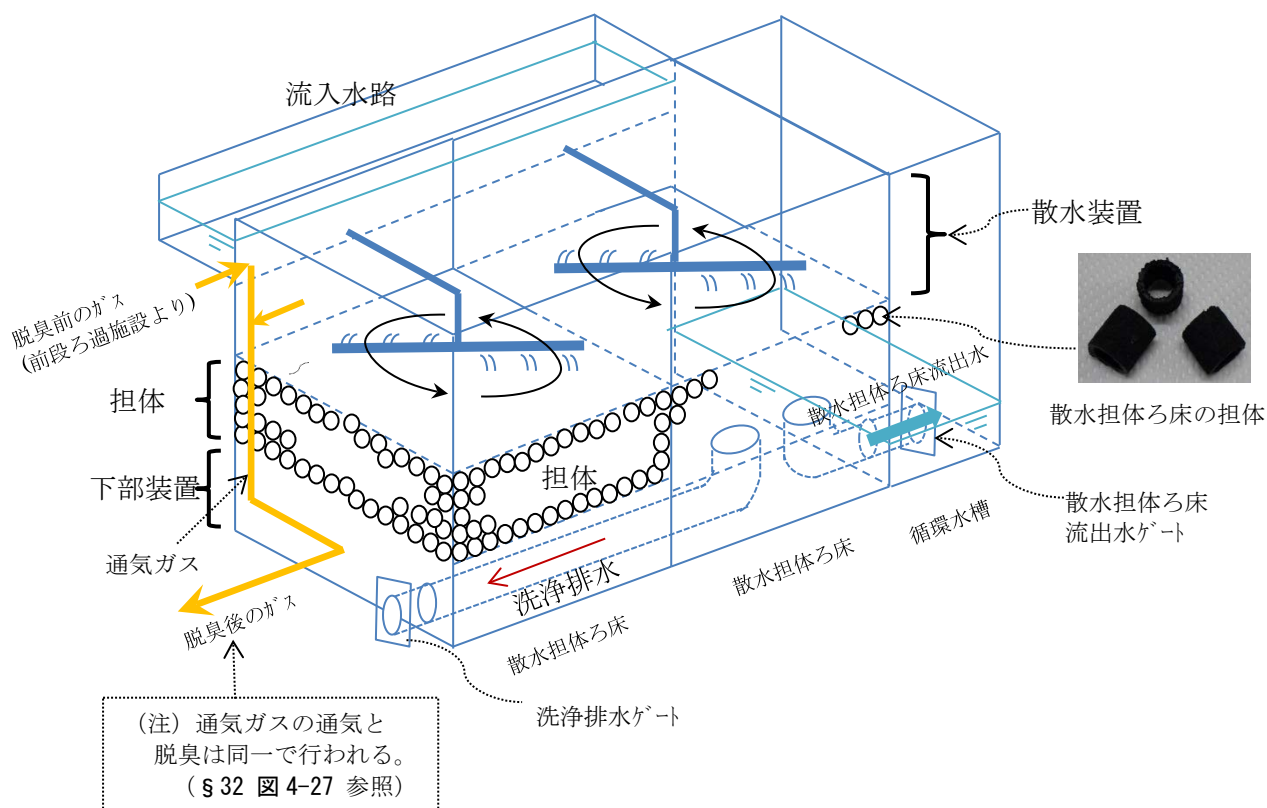


図2-18 散水担体ろ床の構造図

(1) 処理の高性能化（従来の散水ろ床法と比較して）

本技術では、従来用いられた「礫等の比較的大きな担体」⁴⁾をより小径の担体に置き換えて比表面積を大きくすることにより、高速散水ろ床法より生物反応が促進され、良好な処理水質を得ることができる。

(2) 通気量の適正制御による処理の安定化

従来の散水ろ床法では、「ろ床の通気は自然対流等」⁴⁾によるものであった。本技術では密閉されたろ床に、消費電力の小さな通気ファンを利用して、生物処理に支障をきたさない程度に制御された量の空気を送っている。これにより、特に冬場などに自然換気が過大となって水温が低下し生物処理機能が低下することを防止し、処理の安定化を図っている。図 2-19 には実証研究における流入下水と散水担体ろ床の流入・流出水の各水温を示すが、夏季、冬季とも流入水と流出水の温度差がほとんどなく、本技術では冬季においても通気に伴う水温低下はほとんど生じないことが実証された。



図 2-19 流入下水、散水担体ろ床の流入・流出水の各水温（夏季～冬季）

(3) 洗浄機能の確保

従来の散水ろ床法では「湛水のみ」⁴⁾であり、ろ床全体を流動させて洗浄することはできなかったが、本技術は担体を流動させて洗浄することができる。ろ床バエの駆除等を目的とする浸漬洗浄に加え、長期安定使用（ろ床の目詰まり防止等）を目的として、浸漬したろ床を曝気して流動化し、付着物を剥離除去するための空気洗浄を行うことができる（詳細は § 46 散水担体ろ床 (3) (4) 参照）。

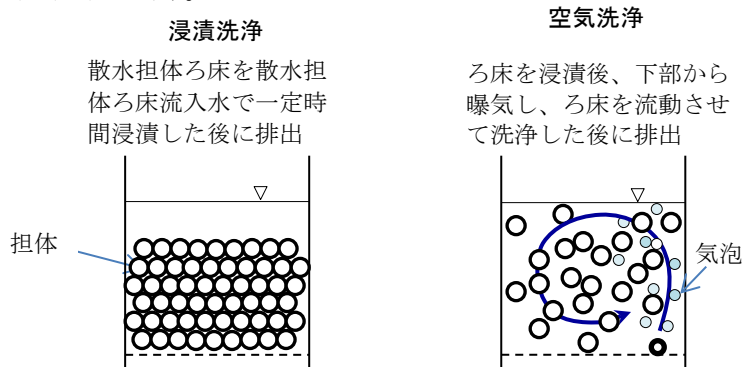


図 2-20 浸漬洗浄と空気洗浄

(4) 覆蓋・生物脱臭等による環境対策機能の充実

本技術では全ての施設を覆蓋しており、ろ床バエが発生しても周囲に飛散することを防止できるほか、前段ろ過施設、散水担体ろ床等で発生する臭気の漏れを防止できる（詳細は § 39 安全対策、§ 40 環境対策 参照）。

また、散水担体ろ床は上部から下部に向けて原水の流下方向に通気されており、ろ床自体が吸気に含まれる臭気生物脱臭装置としても機能する。このため通気に含まれる臭気を除去することができる。前段ろ過施設の排気を散水担体ろ床上部に送ること（送気）により、前段ろ過施設で発生した臭気は散水担体ろ床で生物学的に脱臭されることとなり、水処理系臭気を除去するための環境対策機能を兼ね備えた施設となっている（詳細は § 32 脱臭 参照）。

(5) バルキング等従来浮遊法の問題がなく、運転管理が容易

標準活性汚泥法等の浮遊法では、「反応タンクの運転方法により、最終沈殿池で固液分離がうまく行かない」¹⁵⁾ 場合があった。散水担体ろ床は微生物膜付着方式であり、そこから剥がれた汚泥は少量で、後段の最終ろ過施設で確実に除去できるという特徴がある。

従来の散水ろ床法では、「散水ノズルを定期的に清掃する必要があった」⁶⁾ が、本技術では前段ろ過によって夾雑物が除去されており、散水ノズルの目詰まりが生じにくく、定期的な清掃が不要である。

散水担体ろ床の日々の運転管理は、流入状況や季節に応じて循環ポンプならびに送気ファン、通気ファン（送気ファン、通気ファンの区別は § 32 脱臭 参照）の設定を行うことが基本であり、標準活性汚泥法と比較して容易である。

§ 10 最終ろ過施設の概要と特徴

最終ろ過施設は、比表面積の大きなろ材が充填された上向流方式の高速ろ過設備であり、散水担体ろ床流出水に含まれる浮遊性固形物(SS)を80～90%除去できる。また、通水を停止することなく、ろ床を洗浄することができるという特徴がある。

【解 説】

(1) 剥離固形物の効率的な除去

最終ろ過施設では、直径および長さが5～10mmの円筒型ろ材が中間部に充填されている(図2-21参照)。散水担体ろ床流出水が最終ろ過槽に流入すると、粗大な固形物は底部に沈殿し、微細な固形物(主として散水担体ろ床の剥離生物膜)はろ材の層を通過する間に、ろ過作用により捕捉され、SSの大部分が除去された清澄な処理水となって流出する。

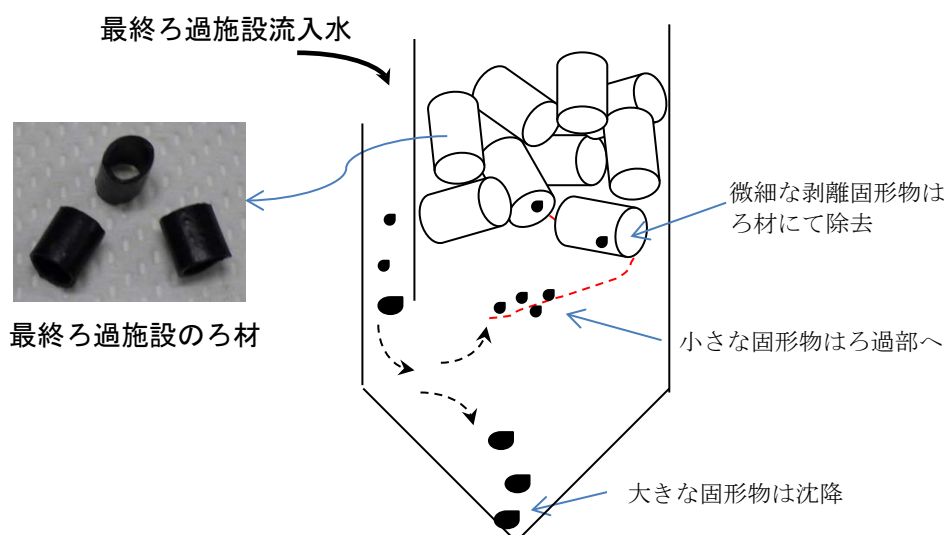


図 2-21 最終ろ過施設の処理原理

(2) 既存の水位高低に収まる

本技術は、ろ過継続による閉塞時のろ過損失水頭が最大 30mm 程度と非常に低く、既存の最終沈殿池前後の水位高低差の範囲に収まるものである。洗浄頻度は1日1回程度である。

(3) 流入を止めずに洗浄可能

図2-22に最終ろ過施設におけるろ過運転時と洗浄時の流れの概要を示す。ろ過運転時は、図2-22(左)に示す流出水路バルブは開いており、最終ろ過処理水はバルブ右の水路を流下する。洗浄時は、流出水路バルブが閉じられ(図2-22(右))、ろ層の空気洗浄が行われる。処理水路の水位が上がり、水路に設けられた越流部から、洗浄排水が溢れて、下部の最終ろ過洗浄排水槽で貯留される。空気洗浄が終了して洗浄排水が清澄になるとバルブを開き、ろ過運転にもどる。この間、流入は続いている。このようにろ過施設への流入を止めることなく洗浄を行うことが可能である。

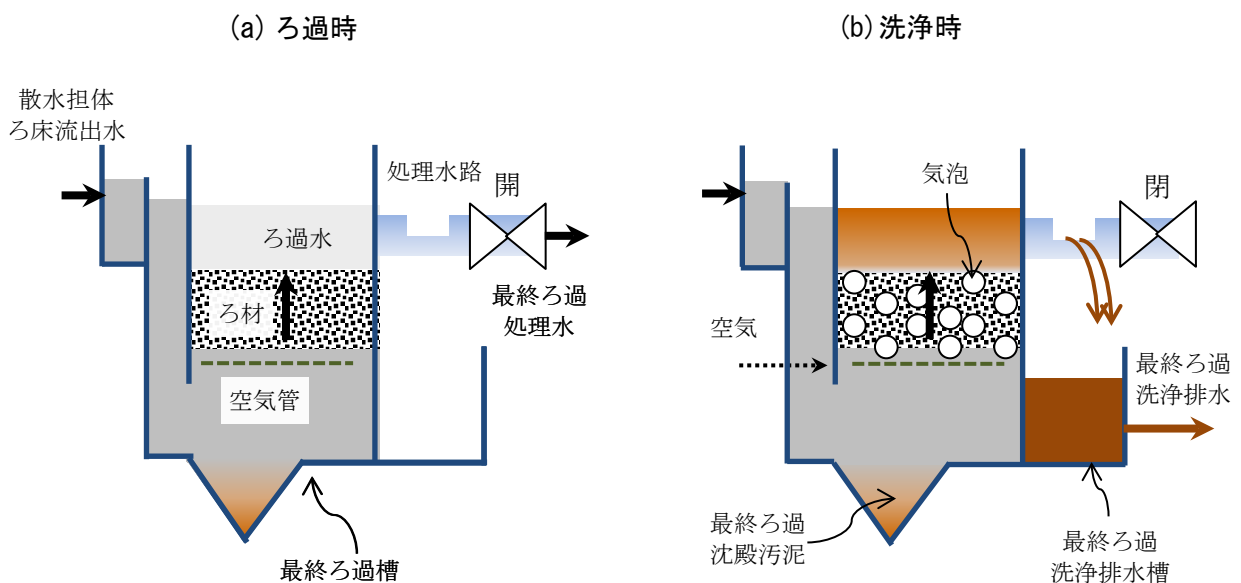


図2-22 最終ろ過施設のろ過および洗浄のイメージ

(4) 底部の沈殿汚泥の引抜き

最終ろ過施設の運転に伴い、最終ろ過槽の下部には汚泥(最終ろ過沈殿汚泥)が沈殿する(図2-22参照)。したがって、定期的にこれを排除する必要がある。既存の最終沈殿池の汚泥ホoppa部分を活用する場合は余剰汚泥と同一経路で引抜かれることになるが、沈降性が良好な汚泥(資料編1-17 図資1.17.1参照)であるため、一次濃縮施設での濃縮が望ましい(§6 図2-8参照)。

§ 11 技術の適用条件

本技術は、計画放流水質が BOD で 10mg/L を超え、15mg/L 以下の区分である下水処理場に適用する。

窒素・りん除去を目的とする高度処理施設に本技術を単独で適用することはできない。

本技術は、水処理施設の新設または増設、ならびに標準活性汚泥法等の既存施設の改造に適用することができる。ただし、既存施設の構造によっては、改造が困難な場合がある。

【解 説】

(1) 除去対象等

本技術は有機物(BOD)除去を目的とする標準活性汚泥法代替の二次処理技術である。本技術は実証研究の結果、計画放流水質が BOD で 10mg/L を超え、15mg/L 以下の区分に適合することが確認されている（§ 14 技術の評価結果 参照）。

ただし、高度処理を必要とする下水処理場において、その一部系列に本技術を適用することを妨げるものではない。この場合、平成 16 年 4 月 9 日付国土交通省事務連絡「計画放流水質の適用の考え方について」に従って、計画放流水質の評価が必要である。

(2) 流入水質

本技術は、標準活性汚泥法が適用される一般的な都市下水に適用が可能である。

(3) 流入下水の温度

流入下水の温度が 15℃を下回る地域への適用は、十分な検討が必要である。実証施設では最低月の月平均が 17℃、日平均の最低が 14℃台（時間平均は 12℃台迄低下）となったが、処理性能への影響はなかった。また小型装置を用いた実験より、13～15℃の範囲では処理水 BOD15mg/L 以下であることが確認された。流入水温が 13℃以下となる場合については実証されていないため本ガイドラインの対象外となる。なお、本技術では散水担体ろ床 BOD 負荷が低いほど良好な処理水質となる傾向が認められており、低水温での適用にあたっては BOD 負荷と処理水質との関係について現地実験などを考慮する必要がある（資料編 1-11 低水温期の処理性（小型装置）参照）。

(4) 既存施設の構造と求められる条件

①前段ろ過施設における水位差の確保

最初沈殿池に設置する前段ろ過施設への流入水位は、ろ過損失水頭分を確保するため、一般的に既存最初沈殿池の流入下水路水位よりも高くする必要がある。そのため、既存施設を調査し、適切な水位高低差を確保することが可能か検討する。必要な水位高低差を確保できない場合には、施設の改造等について検討が必要となる。

②反応タンクの水槽深さ

反応タンクの水槽深さ（有効水深＋余裕高）は、散水担体ろ床の担体層厚を確保するため少なくとも4m程度必要である。水槽深さが十分でない場合は、担体層の設置が困難になるか、担体層が薄くなり必要なる床面積が増加することとなる。

（5）適用が推奨される下水処理場

本技術は、以下に示すような下水処理場への適用が特に推奨される。

①水処理消費電力量原単位が高く、省エネルギーに対するニーズが高い下水処理場

下水処理場は、水処理施設の規模や設備仕様、計画水量に対する流入下水量の割合により、消費電力が異なり、水処理消費電力量原単位は標準活性汚泥法で0.2～0.5kWh/m³程度の範囲にある（図2-3参照）。本技術は概ね0.1kWh/m³であり、その差が大きいほど効果が顕著である。

使用電力量削減による直接的な費用削減効果のほかに、地球温暖化対策の推進、災害復旧のしやすさなど複合的な効果がある。

②水処理機械設備の更新時期が到来し、既設の土木躯体が活用できる下水処理場

機械設備の更新時期においては、本技術導入に際し、既設の土木躯体を活用することで建設費のみの比較でも更新費用が軽減される場合がある。建設費に占める機器費の割合が低いことから、導入後は補修・点検費も軽減される。

③土木躯体の更新を計画し、新たに系列を新設する下水処理場

本技術の土木施設は標準活性汚泥法と比較して、前段ろ過施設は最初沈殿池の7～8割、散水担体ろ床は反応タンクと同等、最終ろ過施設は最終沈殿池の2～3割の規模となる（図3-6参照）。従って、土木施設を含む増設や改築の場合は機械、電気設備だけを更新する場合より建設費の大きな削減効果が見込める。供用開始から概ね40年以上が経過する下水処理場が対象となる。

（6）その他 N-BOD への留意事項

本技術は、年間を通してNH₄-Nを完全に硝化することは困難であるが、N-BODとしては表れ難い特徴がある。標準活性汚泥法では、通常、残存NH₄-N1mgはBOD2～4mgとして検出されるのに対し、本技術ではBOD0.5mg程度と低くなる特徴がある（資料編1-3. 最終ろ過施設でのN-BOD発現参照）。最終ろ過施設におけるSS除去効果が高い（図4-30参照）ため、散水担体ろ床から流出するSSに付着している硝化菌が効率的に除去され、BOD測定の際に処理水中のアンモニアが硝化され難く、硝化に伴う酸素消費が抑制されたことによるものと考えられる。

§12 導入シナリオ

本技術は、電力使用量を削減しつつ、流入下水量の状況に応じて既存土木施設をできる限り有効に使いながら、段階的に最適な導入を行う。

本技術の導入が有効と考えられるシナリオ例を以下に示す。

- (1) 既存水処理設備の更新に合わせて、系列毎に導入し、省エネ化を図る場合
- (2) 本技術を水量負荷の高い条件で導入し、既存水処理施設の処理可能水量を増加させる場合

【解説】

(1) 既存水処理設備の更新に合わせて、系列毎に導入し、省エネ化を図る場合

図2-23に水処理設備の更新に合わせて本技術を導入する場合のイメージを示す。3系列の水処理設備を順次更新していくと徐々に電力使用量が削減される。

電力使用量を削減させる導入計画の立案にあたっては、本技術の導入によって処理可能水量が不足しないことが前提である。既設反応タンク内に設置する散水担体ろ床の処理可能水量は、既設反応タンク水深や流入下水の水質(BOD)によって変化し、既設反応タンクの処理可能水量より減少する可能性があることに留意する(§30参照)。

また、本技術は標準活性汚泥法より汚泥発生量が少ない特徴がある(§22【解説】(5)参照)ため、汚泥処理設備の能力やその耐用年数も考慮し、水処理施設と汚泥処理施設のバランスのとれた導入検討を行う。

(2) 既存水処理施設の処理可能水量を増加させる場合

図2-24に水量増加時に既存土木を最大限に活用しつつ、土木新設分は最小限に留めるイメージを示す。

本技術は、散水担体ろ床での生物処理がBOD容積負荷で決まるため、ろ床容積の大きさが処理能力を左右する。既設の反応タンク内に散水担体ろ床を設置するには、ろ床上部に散水装置のため、ろ床下部に通気及び処理水の流路として、各々一定の高さの空間を必要とする。そのため、既設の反応タンクが深い場合は、同じ有効容積で設計された水深が浅い反応タンクの場合より、ろ床高が大きく全容積も大きいろ床を設置することができる。すなわち、既設反応タンク水深が深い場合は、浅い反応タンクの場合より処理能力の大きい施設とすることができる。また、流入下水のBOD濃度が低い場合は、既定のBOD容積負荷に達する処理可能水量を増やすことができる。したがって、条件によっては、本技術の導入により既設の標準活性汚泥法施設より処理可能水量を増加させることができる。

図2-24は、このような場合の例で、本技術を導入することによって、各系列で処理可能水量が20%(3系列で60%)増加し、新規で40%増加する。その結果トータルで計100%(=もとの1

系列分に相当)の水量アップが可能となり標準活性汚泥法で更新する場合の5系列目の新規増設を回避することが可能となる。

なお当該シナリオは、実証研究における散水担体ろ床のBOD容積負荷に基づいており、標準活性汚泥法施設を改造して本技術を導入する場合、施設面積当たり処理可能水量は25%増加すると仮定したものである(第3章第2節導入効果の検討例 図3-6参照。本例では、標準活性汚泥が8池の反応タンクであるのに対して、改造後は6池の既設反応タンクを改造した散水担体ろ床で済むことから、1池あたりの処理可能水量は1.33倍となっている)。

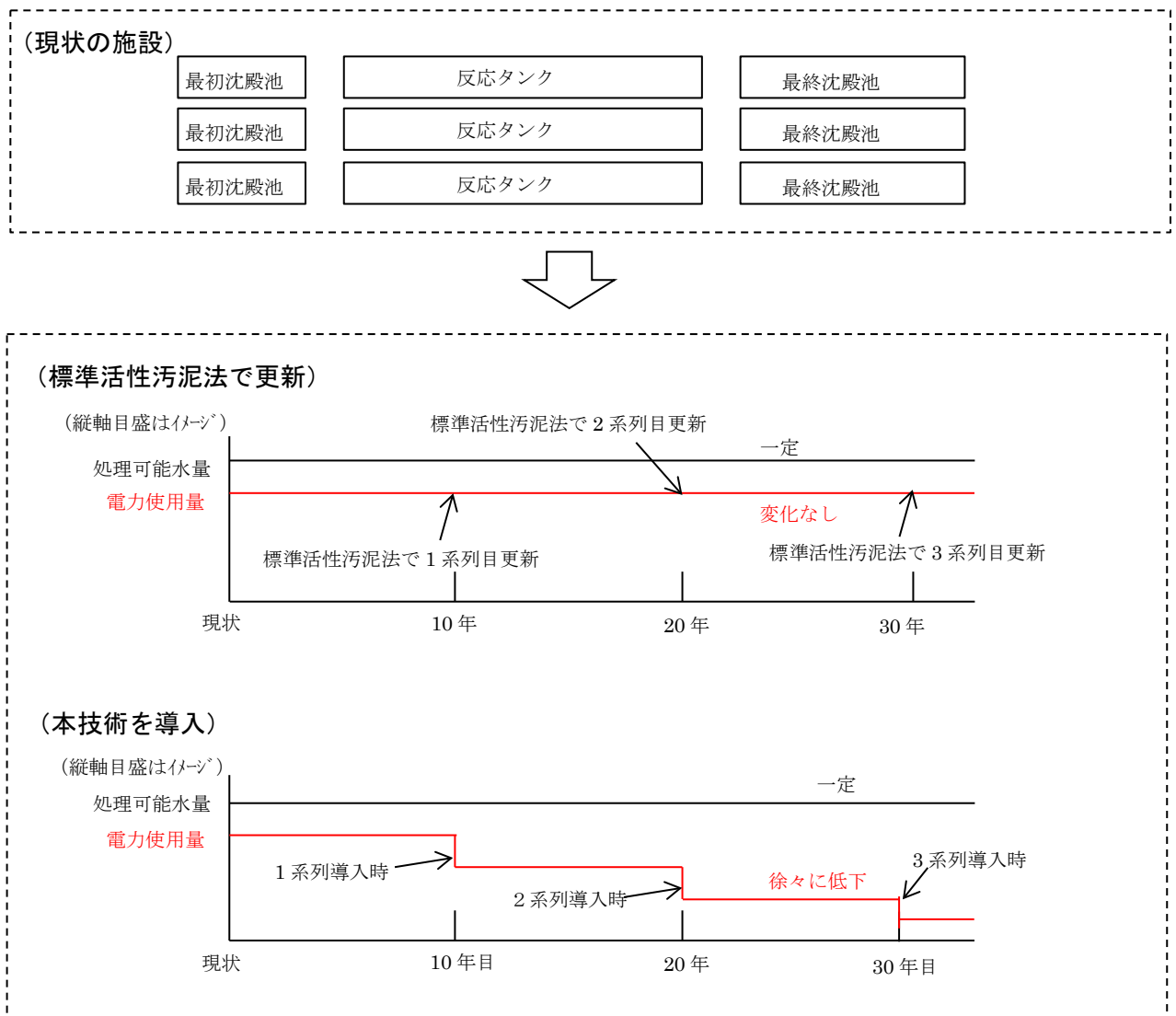


図 2-23 水処理設備の更新に合わせて導入する場合の導入効果のイメージ

第2節 実証研究に基づく評価の概要

§13 技術の評価項目と評価方法

本技術の評価項目別に実証研究における評価方法を以下に示す。

(1) 処理水質および処理の安定性

処理水 BOD とそのばらつきの評価

(2) 消費電力量

モデル設計における本技術の全消費電力量を実証研究に基づき消費電力量原単位として算出する。

(3) 既設改造の可否

標準活性汚泥法のモデル設計による既存施設に本技術の施設が収まるか検討

(4) 既存系列との処理水質の比較

実証研究を行った下水処理場の標準活性汚泥法実施設の処理水質との実データの比較

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

モデル設計における各費用を実証研究データに基づいて算出し、年費用として比較

【解説】

実証研究は種々の実証データを得るために、表 2-1 に示すとおり各期において水量設定を行った。また日間の水量変動は実証フィールドの下水処理場の変動を模した一定のパターンで行った(資料編 1-9. 流入下水量変動パターン 参照)

表 2-1 実証研究における水量の設定と目的

水量の 呼称	目的	設定値	
		夏期、秋期	冬期
低負荷	実証フィールドの下水処理場の 標準活性汚泥法との処理水の比較	日平均(実績値) (=日最大の0.75倍)	左記の0.65倍
標準負荷	設計水量(=標準活性汚泥法と同等) での処理水の評価	日最大(計画)	〃
高負荷	設計水量以上での処理水の評価	日最大(計画) の1.25倍	〃

(1) 処理水質および処理の安定性

処理水 BOD は各季の各水量条件での実験中に2回、日平均値となるよう試料を採取して測定した。年間を通じて得られたデータ分布の統計解析により、計画放流水質基準に適合するか検証した。

(2) 消費電力量

消費電力量は、前段ろ過施設から散水担体ろ床、最終ろ過施設までの消費電力量であり、消毒施設分は含まない。なお既存最初沈殿池施設と比較して原水槽水位が高くなる場合は水位増加にともなう揚水ポンプ消費電力量増加分を加算した。

具体的には標準的な本技術のモデル設計（日最大 50,000 m³/日、日平均 40,000 m³/日規模）を行い、消費電力量原単位を算出した。算出は、同規模の標準活性汚泥法でも行い、本技術と比較した。

(3) 既設改造の可否

本技術を、標準活性汚泥法の土木施設（機械設備、電気設備は未設置）に導入すると仮定して、既設改造による導入可否を評価した。

(4) 既存系列との処理水質の比較

通常運転時において本技術と標準活性汚泥法の処理水質に差異があるかどうかを確認した。その際、標準活性汚泥法の流入下水と実証施設の流入下水の違いを考慮するために、同時刻の各流入下水に対して各処理水の実データ（SS、BOD）を調査し、比較した。

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

本技術、標準活性汚泥法の各モデル設計における建設費、維持管理費を比較した。維持管理費は、電力使用量、汚泥処分費、保守・点検費、薬品費を算出した。対象範囲は、標準活性汚泥法における最初沈殿池から最終沈殿池までの範囲である。

§ 14 技術の評価結果

本技術の評価結果は以下のとおりであった。

(1) 処理水質および処理の安定性

本技術の処理水 BOD は、実証研究期間中において安定して 15mg/L 以下であった。

(2) 消費電力量

本技術の水処理にかかる消費電力量原単位は、0.105kWh/m³ となり、同規模の標準活性汚泥法の消費電力量原単位 (0.222kWh/m³) と比較して 53%削減できると試算された。

(3) 既設改造の可否

標準活性汚泥法の既存土木施設に、本技術を設置することができる。

(4) 既存系列との処理水質の比較

BOD については、実証フィールドの下水処理場の標準活性汚泥法の処理水質と比較して 15mg/L 以下の範囲で若干高い値となった。SS については、既設標準活性汚泥法の水質と同等であった。

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

同規模の標準活性汚泥法と比較して、建設費、維持管理費が縮減できると試算された。

【解説】

(1) 処理水質および処理の安定性

図 2-25 に実証研究期間中の流入下水および本技術の処理水 BOD の推移を示す。夏期および秋期は、基本的に散水担体ろ床流出水は、前段ろ過施設に 50%を循環し、散水担体ろ床に 50%循環させた。冬期は、基本的に散水担体ろ床流出水は、前段ろ過施設に 50%を循環し、散水担体ろ床に 150%循環させた。

図 2-25 のとおり、実証研究期間中を通じて処理水 BOD は 15mg/L を下回った。処理水 BOD の統計解析の結果、処理水 BOD はほぼ正規分布をしており、平均値+3 σ (σ : 標準偏差) < 15mg/L となった(資料編 1-13. 参照)。以上により、本技術の処理水質は BOD 15mg/L 以下を満足すると評価された。

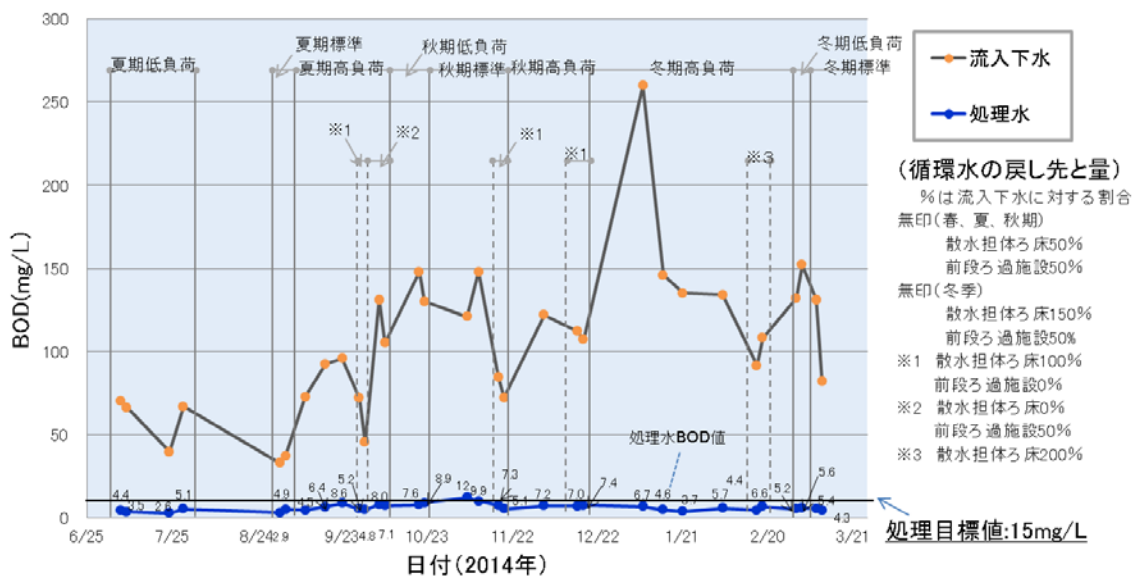


図 2-25 流入下水および処理水 BOD の推移

(2) 消費電力量

実証研究期間中の基本運転方法である、散水担体ろ床流出水の循環率を冬期 200%、冬期以外 100%とした場合の、水処理消費電力量原単位の試算結果を表 2-2 に示す。本技術の水処理消費電力量原単位は、0.105kWh/m³となり、水量、流入水質を同条件とした標準活性汚泥法での試算結果 0.222kWh/m³と比較すると、53%の削減率となった。

表 2-2 本技術の水処理消費電力量原単位の試算結果

機 器	水処理 消費電力量 原単位	全体に 占める割合	役割、設定等
	kWh/m ³	%	
循環ポンプ	0.050	47	散水担体ろ床流出水を原水槽および散水担体ろ床前段に循環。 循環率：春期～秋期 100%、冬期 200%。
送水ポンプ	0.023	22	散水担体ろ床流出水を最終ろ過施設へ揚水。
洗浄排水ポンプ	0.008	8	前段ろ過施設、散水担体ろ床および最終ろ過施設からの洗浄排水を一次濃縮槽に送水。
通気ファン	0.007	7	散水担体ろ床への通気。 風量比：対処理水量の 6 倍。
揚水ポンプ	0.007	6	原水槽へ流入下水を揚水。 計算揚程高さ：標準活性汚泥法とのかさ上げ分 (1.5m)
送気ファン	0.002	2	前段ろ過施設上層部のガスを散水担体ろ床に移送
その他	0.008	8	—
合 計	0.105	100	—

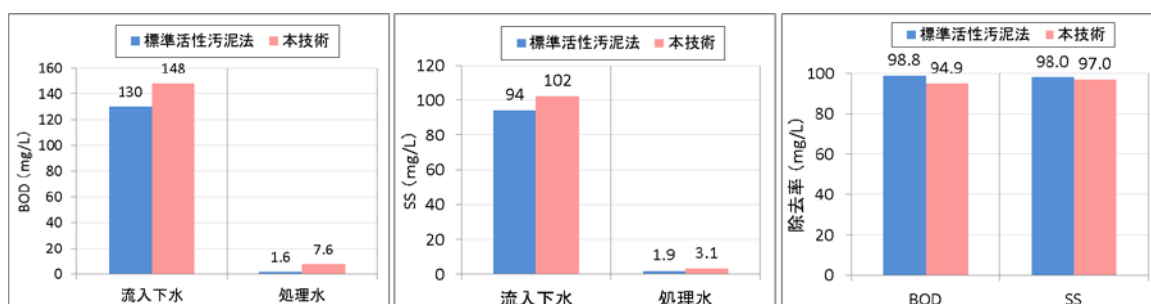
(3) 既設改造の可否

標準活性汚泥法の既存施設（最初沈殿池（水面積負荷 50m³/日）、生物反応タンク（滞留時間 8 時間）、最終沈殿池（水面積負荷 20m³/日）、8 系列、日最大 50,000m³/日、機械設備未設置）への本技術の設置可否について検討した。

その結果、本技術は、上記既存施設に同等以上の処理能力の施設が設置可能であった（表 3-6、図 3-6 参照）。なお、最終沈殿池は面積的にはかなりの余裕が出ることが判った。

(4) 既存系列との処理水質の比較

図 2-26 に標準活性汚泥法と本技術の処理水質を比較した一例を示す（年間の全 4 データは、資料編 1-14. 既存系列との処理水質の比較 参照）。本技術の処理水 BOD は、既存系列と比較して若干高い結果となったが、15mg/L 以下であった。一方、処理水 SS については両者に明確な差が見られなかった。



調査日 (2015 年 10 月 20 日)

図 2-26 既設の標準活性汚泥法と本技術の処理水質比較

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

本技術は標準活性汚泥法と比較して、建設費（年費用）で 10%、維持管理費（人件費を除く）で 36%の削減と試算された。詳細は、第 3 章 第 2 節 導入効果の検討例 参照。

