

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

本ガイドラインで対象とする「特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術」(以下、本技術)は、オキシデーションディッチ法(以下、OD法)の代替技術として適用することで、余剰汚泥発生量を大幅に削減することにより汚泥処理施設を縮小し、それに伴うコスト(建設年価+維持管理費)の縮減(ダウンサイジング)を図ることを目的とする。

【解説】

(1) 技術の背景

OD法は中小市町村の保有する小規模下水処理場で広く採用されている水処理方法である。中小市町村では、財政基盤が脆弱であるのに対して汚水処理単価が高く使用料による経費回収率が低いために財政逼迫の一因となっているケースが多く見られる。

図2-1に示すとおり、下水道施設の維持管理費として運転管理委託費と人件費が多くを占めており、また汚泥処分費も一定の割合を占めている。これらの削減を図ることは財政逼迫の解消に有効であり、その方法の一つとして、余剰汚泥発生量を削減することによる汚泥の処理及び処分に係る維持管理費の削減が挙げられる。

また、汚泥処理施設・設備は汚泥脱水機等の高価な機器を要し、建設費が高価である。余剰汚泥発生量を削減することで、汚泥処理施設・設備に係る建設費・更新費を削減することも可能となる。

加えて、人口減少社会の到来により人手不足が懸念されること、汚泥処分先の受け入れ制限等により処分先の確保が難しい場合があることに対しても、余剰汚泥発生量の削減による維持管理労力及び汚泥処分量の削減は有効である。

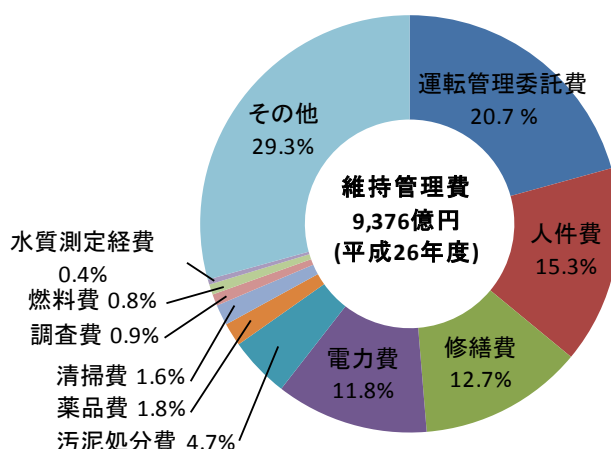


図2-1 下水道施設に係る維持管理費の内訳(平成26年度版下水道統計⁸⁾に基づき作成)

(2) 技術の目的

本技術は、OD 法の代替技術として適用することで、余剰汚泥発生量を大幅に削減するものである。

これにより汚泥処理施設・設備を縮小し、それに伴う建設費及び維持管理費を削減することが可能である。更に、汚泥処分量の削減により、維持管理費のうち汚泥処分費を削減することが可能である。本技術は、これらに伴いコスト(建設年価+維持管理費)の削減を図ること(ダウンサイジング)を目的とする。

§6 技術の概要

本技術は、生物膜を利用した有機物除去法の一つで、既存のOD法への導入(改築)を想定したものである。OD槽内を多段式の反応槽へ改造し、各区画へ設置する特殊繊維担体ユニットに微生物を担持して好気処理を行うことを特徴とする。担体を利用することで反応槽内に汚泥を保持し、更に槽内を多段化することで上流側から下流側に向かって細菌類→原生動物→後生動物と優占する微生物種が異なる生物膜の形成を図る。これにより、微生物の自己酸化と食物連鎖等による汚泥減量の促進を図り、OD法と同程度の処理能力を維持しながら余剰汚泥発生量の大幅な削減を可能とするものである。

本技術では、OD槽内に分水槽、反応槽、混和槽を設けるほか、前処理設備として微細目スクリーンを、混和槽に薬液注入設備(凝集剤、pH調整剤)を設置する。また、既存の最終沈殿池を活用し、混和槽流出水の固液分離と余剰汚泥引抜を行う。

【解説】

(1) 本技術の定義

本技術は、固定床型の生物固定化担体である特殊繊維担体を用いた好気性の生物膜法で、既存の水処理方法の中では接触酸化法の一つとして位置付けることができ、反応槽を多段式とすることが特徴である(多段式接触酸化法)。図2-2に示すとおり、既存のOD法への導入(改築)を想定したものであり、OD槽内に特殊繊維担体を浸漬させ、反応槽とする。

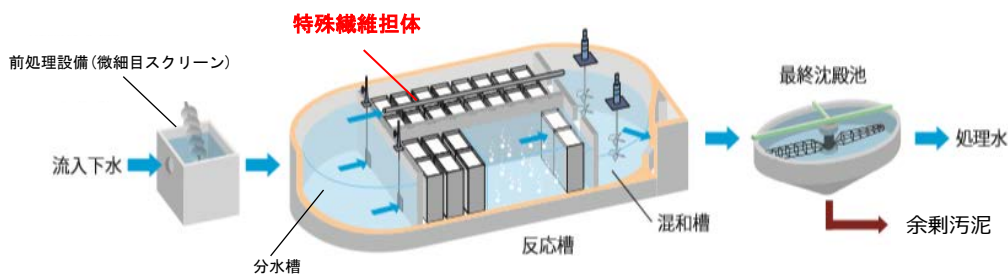


図2-2 本技術のイメージ図

(2) 本技術の原理

本技術では、OD槽内を分水槽、反応槽、混和槽に分割した上で、反応槽内を更に直列の複数区画へと多段化し、各区画へ特殊繊維担体ユニットを浸漬させる。反応槽に流入した有機物は、曝気による好気状態のもと、特殊繊維担体上に形成される生物膜や付着汚泥に吸着され、微生物による酸化及び同化作用により分解除去される。

本技術の最大の特徴は、OD法と比較して余剰汚泥発生量が大幅に削減されることであり、その機構として以下の2点が想定される。

①汚泥の自己酸化の促進

特殊繊維担体により汚泥を保持し、細菌類等の汚泥の自己酸化を促進することで、余剰汚泥発生量が削減される。

②高次の微生物が優占する生物膜の形成

反応槽を多段化することで、図 2-3 に示すように上流側から下流側に向かって細菌類→原生動物→後生動物と優占する微生物種の異なる生物膜の形成を図る。これにより食物連鎖を促進させ、特に下流側で原生動物や後生動物等の比較的高次の微生物が優占する生物膜が形成される。これら高次微生物による捕食作用等により余剰汚泥発生量が削減される。

なお、特殊繊維担体ユニットの下部には散気管を設置し、特殊繊維担体の下部から上部へ曝気を行う。本曝気は、生物処理としての酸素供給や槽内の攪拌だけでなく、生物膜の肥大化やユニット内部の流路閉塞を防止するといった複合的な機能を担う。

従来の接触酸化法と同様に、反応槽の後段(混和槽流出水)では最終沈殿池による固液分離を行なう。活性汚泥法における固液分離や汚泥返送に相当する単位操作は存在せず、本質的には最終沈殿池は必須の施設ではないが、処理水 SS 濃度の低減/安定化を図る見地から、最終沈殿池を含めて本技術として取り扱う。

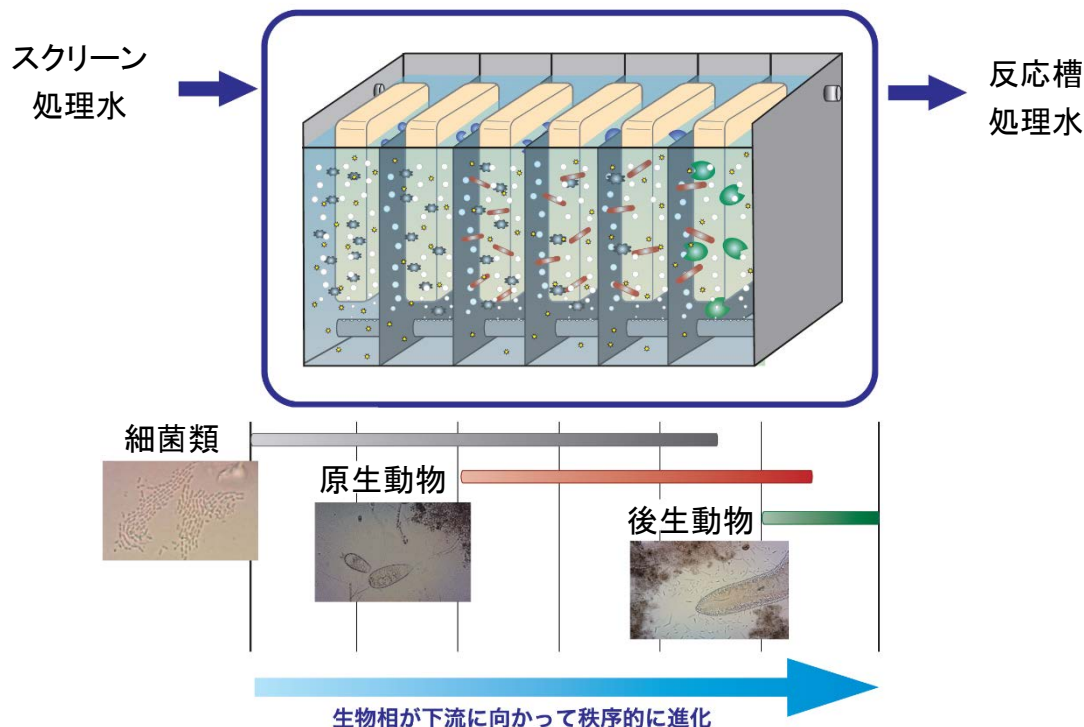


図 2-3 反応槽の概念図

(3) 特殊繊維担体の概要

本技術で使用する「特殊繊維担体」は、断面形状がY形のポリアミド系繊維をシート状に織ったものであり、表面積が広く微生物が付着しやすい特長を有する(図2-4、図2-5参照)。

この担体を適切な間隔をもって配置し、底部から曝気攪拌を行うことにより、担体間に上方向流(クロスフロー流)を生じさせ、付着汚泥の肥大化等による閉塞を防ぐ(図2-6参照)。

このため、本担体を反応槽内に設置する際には、複数枚の特殊繊維担体をフレームに固定し、底部の散気管、ライザー管と一体構造としてユニット化した「特殊繊維担体ユニット」として配置する(図2-7参照)。

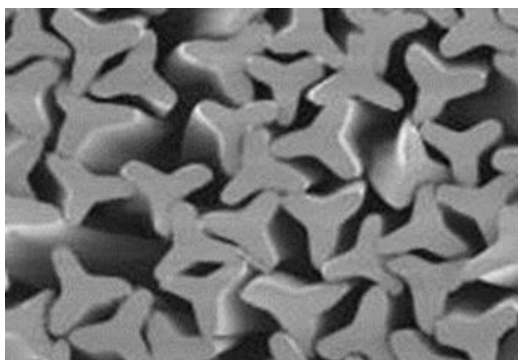


図2-4 特殊繊維担体の断面形状



図2-5 特殊繊維担体



図2-6 特殊繊維担体の汚泥付着状況

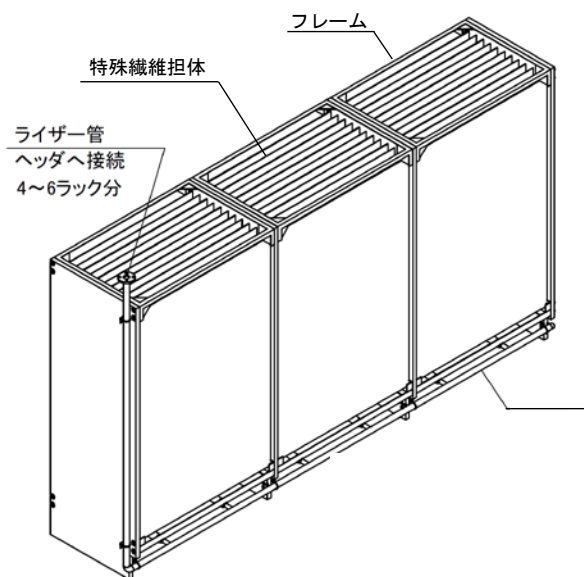


図2-7 特殊繊維担体ユニット

(4) 本技術の処理フロー及び施設・設備構成

本技術の処理フロー及び施設・設備構成を以下に示す(図 2-8 参照)。

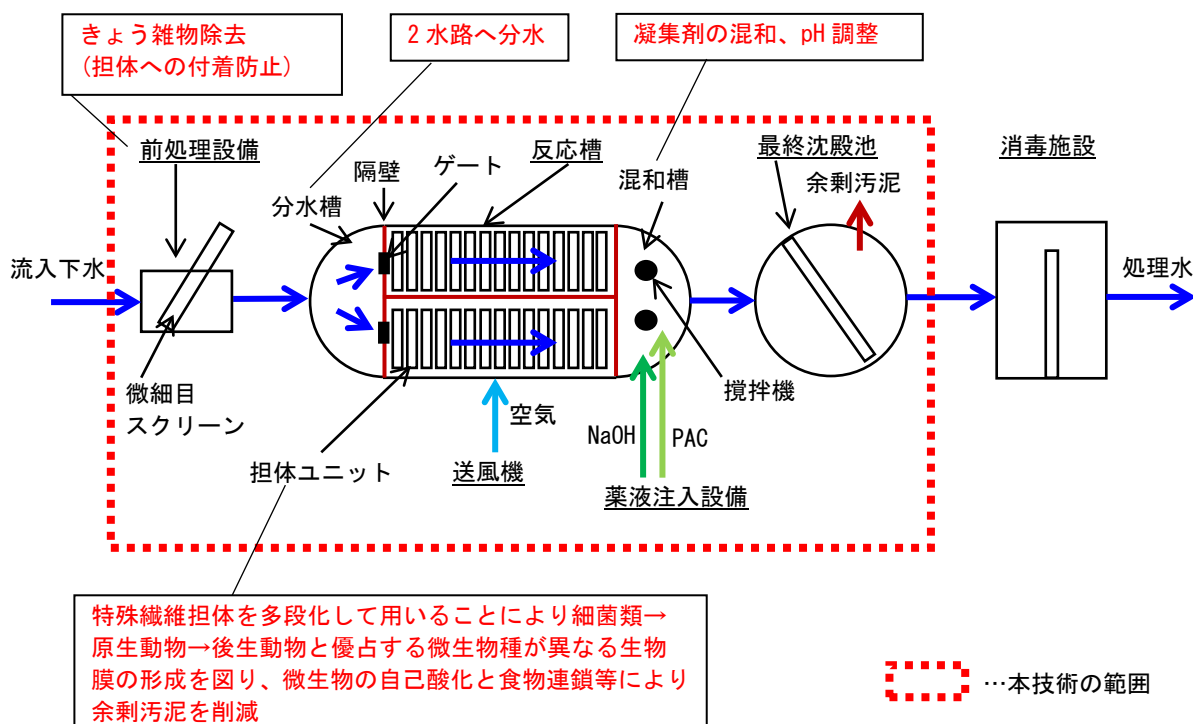


図 2-8 本技術の処理フロー概略図

1) 前処理設備

本技術は最初沈殿池を有しないため、沈砂池で除去しきれなかったきょう雑物(ごみ、厨芥、繊維、木片等)が反応槽へ流入し、特殊繊維担体への絡みつき等により適切な生物膜の形成を阻害する可能性がある。

よって、これを防止するために微細目スクリーンによる前処理設備を設ける。

2) 分水槽

反応槽上流側のコーナー一部を利用して、流入水を 2 水路へ分配するための分水槽とする。流出部にゲート設備を設けることにより、任意の水量での分配を可能とする。

3) 反応槽

無終端水路である既存 OD 槽を隔壁により仕切り、多段化したワンパスの 2 水路から成る反応槽へ改築する。反応槽容量は BOD 容積負荷が $0.2\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{日})$ 以下*となるようにする。なお、反応槽の流入負荷に係る基本諸元に OD 法では HRT を使用しているが⁹⁾、

*なお、上記の BOD 容積負荷は、(5)で後述するパイロットスケールの実証実験(平成 20~22 年度実施)及び本実証研究の結果を基に設定した値である。パイロットスケールの実証実験(平成 20~22 年度実施)において BOD 容積負荷 $0.25\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{日})$ 以下で運転を行い、冬期に処理水 BOD 濃度が $15\text{mg}/\text{L}$ を超過し、BOD 除去性能を満足できなかった。その原因を生物膜の剥離及び処理水残存 $\text{NH}_4\text{-N}$ による N-BOD にあると考え、前者は凝集剤の添加、後者は BOD 容積負荷を $0.2\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{日})$ 以下に見直すことにより解決を試み、本実証研究を実施した。その結果、第 3 節で後述するとおり、BOD 除去性能を満足することができたため、BOD 容積負荷を $0.2\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{日})$ 以下と定めた。

本技術では BOD 容積負荷を使用している。つまり、流入 BOD 濃度によって処理能力(処理可能下水量)が変わる。

反応槽を多段化するための仕切りは、反応槽容量を有効に使うために一定の厚さが必要な RC 壁ではなく、FRP 等耐腐食性材質を用いる。各区画には特殊繊維担体ユニットを配置する。また、曝気が必要であることから送風機を設置する。

4) 混和槽

反応槽下流側のコーナー一部を利用して混和槽とする。

本技術は、OD 法に比べて汚泥の沈降性が良好でなく、特に低水温期には担体からの汚泥剥離が顕著となる可能性があるため、最終沈殿池における沈降性改善のために凝集剤(PAC 等)を添加する。

また、本技術では長 HRT により硝化反応が進行する一方で、脱窒反応によるアルカリ度回復が殆ど見込めないことから、処理水の pH の低下を防止するために pH 調整剤(アルカリ剤として苛性ソーダ等)を添加する。

混和槽は、これら凝集剤と pH 調整剤の添加及び混合を行うものであり、各薬液注入設備と攪拌機を設置する。

5) 最終沈殿池

最終沈殿池により固液分離を行い、処理水 SS 濃度の低減/安定化を図る。凝集操作を行うことにより、OD 法と同等の汚泥沈降性を確保できるため、既存最終沈殿池を利用する。

6) 既存 OD 法からの改築点

本技術を既存 OD 法施設へ導入する場合に改築を要する点は以下のとおりである。

- ・前処理設備(微細目スクリーン)の設置
- ・既存 OD 槽躯体の改造(分水槽、反応槽、混和槽への改造)
- ・反応槽内への仕切板及び特殊繊維担体ユニットの設置
- ・送風機の設置又は増設
- ・薬液注入設備(凝集剤、pH 調整剤)の設置
- ・その他付帯設備の設置(ゲート設備等)
- ・既存機器の撤去(散気装置、返送汚泥ポンプ等)

(5) 開発等の経緯^{5)~7)}

本技術の元になっているのは、当初帝人(株)が開発し、平成 20~22 年度に同社と日本下水道事業団の共同研究によりパイロットスケールの実証実験を行なった「多段接触酸化法」である。本法は、標準活性汚泥法や OD 法を含めた各種負荷条件の水処理施設へ汎用的に導

入可能な技術として開発され、国内では小規模の産業廃水処理装置及び東日本大震災における応急仮設下水処理設備としての導入実績を有する。また、海外では本技術と同規模の生活污水处理装置としての導入実績を有する。本技術は、これを既存 OD 法へ導入するために改良・最適化を図ったものと位置付けられ、実証研究で設置した実証施設は、同技術として国内最大規模であるだけでなく、実規模 OD 槽の改築という導入形態においても唯一の事例となる。

§7 技術の特徴と導入効果

- (1) 本技術の特徴は以下のとおりである。
 - 1) 汚泥の自己酸化の促進
 - 2) 高次の微生物が優占する生物膜の形成
 - 3) 付着汚泥の肥大化抑制
 - 4) 既存 OD 槽の活用
 - 5) OD 法と同等の余剰汚泥の処理性
 - 6) 維持管理性の向上
- (2) 本技術の導入効果は以下のとおりである。
 - 1) 余剰汚泥発生量の削減
 - 2) 汚泥処理施設・設備の縮小
 - 3) 汚泥処分量の削減
 - 4) 総費用(年価換算値)の削減

【解説】

(1) 本技術の特徴

1) 汚泥の自己酸化の促進

特殊繊維担体により汚泥を保持し、細菌類等の汚泥の自己酸化を促進することで、余剰汚泥発生量が削減される。

2) 高次の微生物が優占する生物膜の形成

反応槽を多段化し、上流側から下流側に向かって細菌類→原生動物→後生動物と優占する微生物種の異なる生物膜の形成を図る。これにより食物連鎖を促進させ、特に下流側で原生動物や後生動物等の比較的高次の微生物が優占する生物膜が形成される。これら高次微生物による捕食作用等により余剰汚泥発生量が削減される。

3) 付着汚泥の肥大化抑制

接触酸化法では、一般的に処理に伴い付着汚泥が肥大化し、微生物と酸素の接触効率の低下による処理性能の悪化が懸念される。これにより、ろ材の定期的な洗浄を要する場合もある。

本技術は、曝気による上方向流(クロスフロー流)で肥大化した付着汚泥の剥離が行える。微生物への酸素供給に要する曝気が持つ攪拌力により剥離が行えるため、追加の洗浄操作を行うことなく付着汚泥の肥大化を抑制できる。(図 2-9 参照)

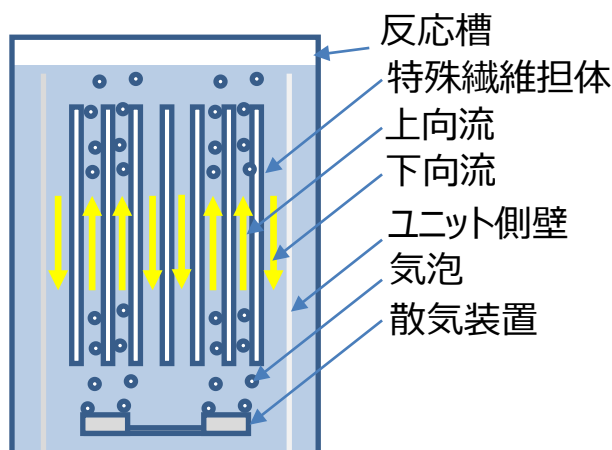


図 2-9 曝気攪拌による付着汚泥の肥大化防止概念図

4) 既存 OD 槽の活用

本技術は、OD 法を使用する既存下水処理場に対し、同法の代替として導入するものである。BOD 容積負荷 $0.2\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{日})$ 以下を満たすような施設を設けることから、一般的な都市下水の流入 BOD 濃度に対して反応槽の HRT は概ね 24 時間となる。OD 法では設計 HRT として 24~36 時間⁹⁾を標準としていることから、OD 法の既存土木躯体を活用して既存 OD 法と概ね同程度の処理能力を確保でき、主に機械電気設備の改築と土木躯体の一部改造により導入することができる。これにより、既存躯体を活用して低コストで改築を行うことができる。

5) OD 法と同等の余剰汚泥の処理性

本技術は汚泥の自己酸化や原生動物・後生動物による捕食作用等により余剰汚泥発生量の削減を図るものであり、OD 法に比べて余剰汚泥の無機化が進む傾向にある。

実証研究において仮設脱水機による脱水試験を行い、本技術と OD 法では薬注率及び含水率が同等であることを確認したため、汚泥の処理性は同等であるといえる。

6) 維持管理性の向上

本技術の維持管理性は OD 法に比べて、表 2-1 のとおり容易になる面と煩雑になる面がある。これらを総合的に評価すると、水処理施設単独では、維持管理に係る人工数は OD 法とほぼ同等と想定される。

一方、汚泥処理工程については、余剰汚泥発生量の削減に伴い薬品溶解等の作業量が軽減され維持管理は容易となる。

表 2-1 本技術と OD 法の維持管理性の比較

項目	内容	本技術	OD 法
MLSS 濃度、汚泥返送比	槽内汚泥濃度の維持	不要	要
SV 及び SVI	汚泥沈降性・バルキングの確認	要	要
BOD 容積負荷/BOD-SS 負荷	BOD 容積負荷/BOD-SS 負荷が適正な範囲内であるか	要	要
ASRT	硝化菌の槽内保持と脱窒の促進	不要	要
終沈汚泥界面高さ	最終沈殿池における汚泥再浮上防止	要	要
生物叢	活性汚泥生物の確認/バルキング対策	要	要
DO	適正值内での DO の管理	要	要
散気状態	散気、攪拌状況の管理	要	不要
pH	硝化による pH 低下等の監視	要	要
透視度	終沈流出水の透視度の監視	要	要
凝集剤添加量	凝集剤添加量の把握	要	不要
pH 調整剤添加量	pH 調整剤添加量の把握	要	不要

(2) 導入効果

1) 余剰汚泥発生量の削減

前述のとおり、OD 法と比較して余剰汚泥発生量の大幅な削減が図れる点が、本技術の直接的且つ本質的な導入効果である。実証研究の結果によれば、本技術の余剰汚泥発生倍率は 0.3 であり、OD 法に対して大幅に削減される。

2) 汚泥処理施設・設備の縮小

余剰汚泥発生量が削減されることにより、濃縮・脱水等の汚泥処理に係る施設の所要能力が低減され、これらの更新や運転管理に係るコストの削減が可能となる。

また、既存汚泥処理施設・設備の能力不足や流入下水量増加等により汚泥処理施設・設備の増設を要する場合、これを回避できる可能性がある。

3) 汚泥処分量の削減

余剰汚泥発生量が削減されることにより汚泥処分量が削減され、それに係るコストの削減が可能となる。

また、汚泥処分先への負荷を低減することが可能であり、汚泥処分先の安定的な確保に問題を抱えている場合、その緩和に寄与する。

4) 総費用(年価換算値)の削減

本技術の導入により、処理場全体でOD法に対して総費用(年価換算値)を削減することが可能となる。実証研究において総費用(年価換算値)の削減率を試算した結果、3.7～16.9%の削減率となった(第3節参照)。そのコスト増減要因は表2-2に示すとおりであり、OD法に対して水処理施設の建設費及び維持管理費が増加する一方、汚泥処理施設・設備の建設費及び維持管理費が削減され、両施設を総合して総費用(年価換算値)が削減されるとの試算結果となっている。

表2-2 本技術のOD法に対するコスト増減要因一覧

項目		施設名	要因
増加 コスト	建設費	水処理	① 機器点数増加による機械電気設備の機器費、据付費増加
			② 躯体改造(隔壁設置、既存構造物の荷重条件変更による強度確保等)
		汚泥処理	増加無
	維持 管理費	水処理	③ 送風機動力による電力消費量増
			④ 凝集剤、pH調整剤の添加
			⑤ 補修を要する機器点数増加
汚泥処理	増加無		
削減 コスト	建設費	水処理	削減無
		汚泥処理	⑥ 施設の縮小による機械電気設備の機器費、据付費削減
	維持 管理費	水処理	削減無
		汚泥処理	⑦ 施設縮小による電力消費量削減
			⑧ 余剰汚泥発生量削減による薬注量削減
			⑨ 施設縮小による機器補修規模・点数の削減
			⑩ 施設縮小による作業の一部(薬品溶解等)の簡略化
	⑪ 汚泥処分量の削減		

第2節 技術の適用条件

§8 技術の適用条件

本技術は、OD法を採用する下水処理場において反応タンク(OD槽)設備の更新時等に適用する。

本技術は、BODの計画放流水質が15mg/Lの下水処理場に適用可能であり、これ以外の計画放流水質が設定された施設に適用することはできない。

【解説】

(1) 適用条件

1) 対象施設

本技術は、OD法の代替技術として総費用(年価換算値)削減を図るものであり、OD法が既存処理方法である下水処理場を導入対象とする。既存のOD槽や最終沈殿池を有効活用する見地から、本ガイドラインでは主として設備更新時の導入を想定するが、本ガイドラインに掲げる条件を満たす躯体(分水槽及び混和槽の設置、反応槽2水路の設置、BOD容積負荷の確保等)の建設を前提として、水処理施設の新增設や土木躯体を含めた更新時の導入も対象とする。

2) 流入水質

本技術は、一般的な都市下水に適用が可能である。

3) 除去対象等

本技術は有機物(BOD)除去を目的とする水処理技術であり、窒素・りん除去を図るものではない。

実証研究(§11参照)の結果に基づき、本ガイドラインでは、本技術の適用対象をBODの計画放流水質が15mg/Lである下水処理場に限定する。

4) 流入下水の水温

本技術は流入下水の最低水温(月間平均水温の年間最低値)が15℃以上の下水処理場へ適用するものとし、これを下回る場合は、十分な検討が必要である。

実証研究において、流入水温の最低値が月間平均で13.2℃、1日平均で11.4℃の条件にて処理水BODが15mg/L以下であることが確認されているが、これを下回る水温条件については実証されていないため、余裕を見て本ガイドラインの対象を水温15℃以上の条件へと限定している。

なお、上記に示す「十分な検討」とは、BOD容積負荷と処理水質の関係等の処理性能について現地実験等で確認することを指す。

(2) 適用が困難な条件

本技術は、以下に示すような下水処理場への適用が困難である。

- ・OD槽容量のうち曲線部の占める割合が大きく、担体の設置密度が極端に低くなる下水処理場

図2-10に示すとおり、担体ユニットは矩形であるため、直線部であれば効率良く担体の設置が可能であるが、曲線部については設置密度を下げざるを得ない。よって、円形であるプレハブ式OD法や、OD法においても標準的な長円形、馬蹄形から大きく外れる形状で極端に曲線部の占める割合の大きい下水処理場においては、適用が困難である。

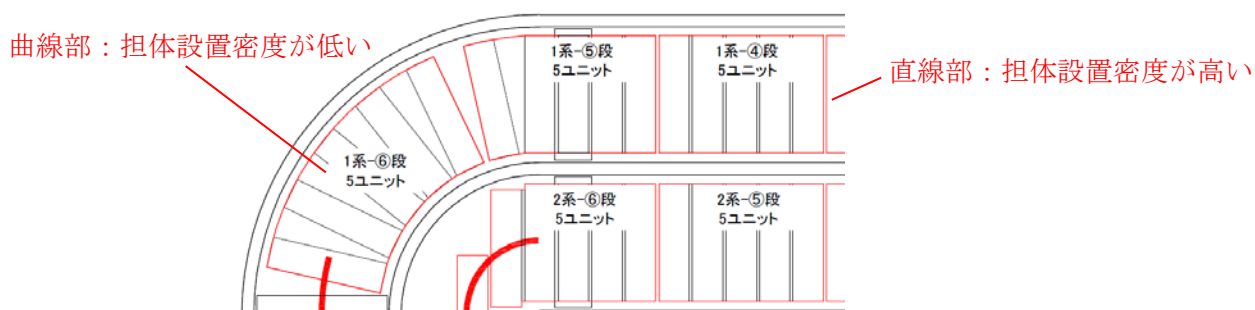


図2-10 直線部と曲線部の担体設置密度の違い

(3) 適用が推奨される条件

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汚泥処理費又は処分費が高く余剰汚泥発生量の削減に対するメリットが高い下水処理場
汚泥処理費又は処分費が地域特性等で高価な下水処理場においては、余剰汚泥発生量の削減に伴う低減コストが相対的に大きくなるため、本技術の導入による総費用(年価換算値)削減効果が大きくなる。

図2-11に示すように、汚泥処分費単価は各自治体で7,500円～30,000円/m³程度とばらつきが大きい。この違いの範囲において、図2-12に示すように総費用(年価換算値)削減率が5ポイント(5%)程度変わる。

第2章 技術の概要と評価

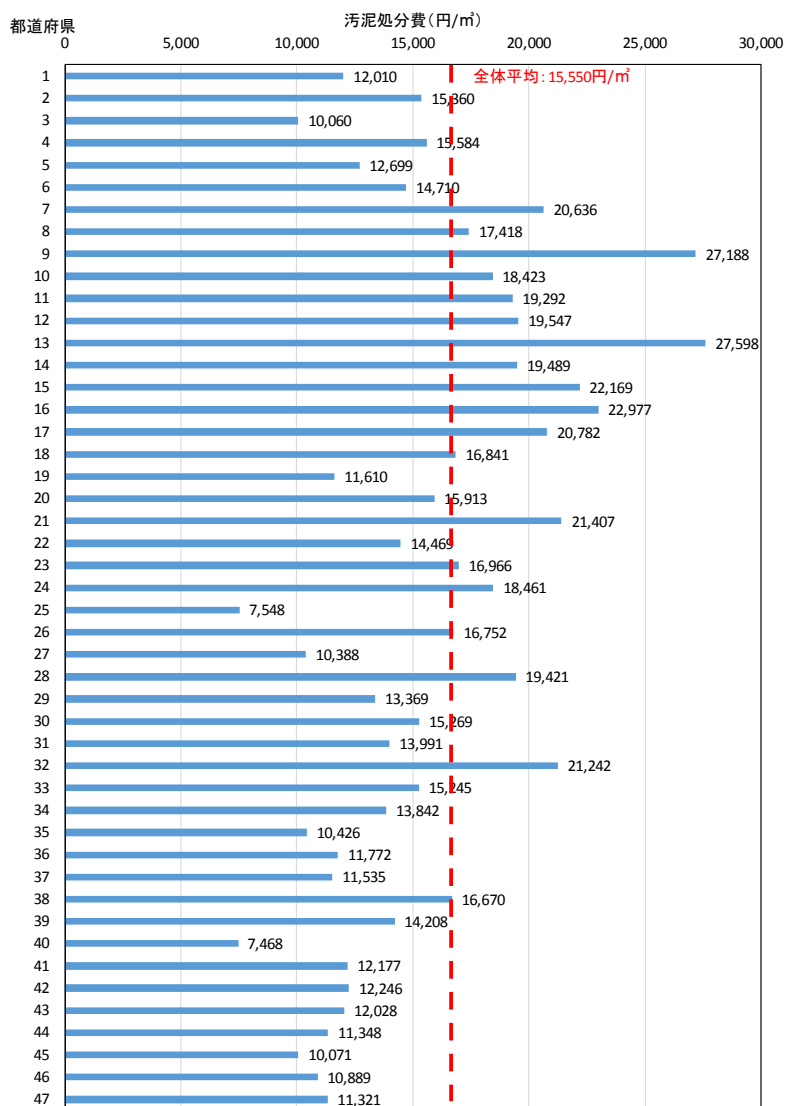


図 2-11 汚泥処分単価のアンケート結果

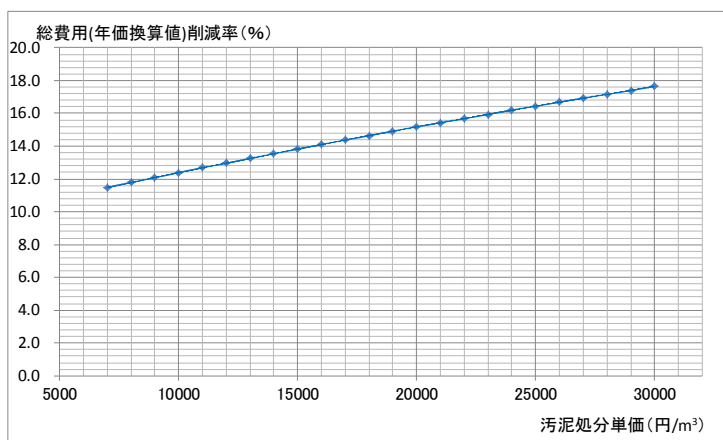


図 2-12 汚泥処分単価と総費用(年価換算値)削減率の関係(3,400m³/日の場合)

②汚泥処分先に依存して汚泥搬出量に制約があり余剰汚泥削減に対するメリットが高い下水処理場

産業廃棄物処理業者等の汚泥処分先の処理能力により汚泥搬出量に制約があり、長期間の貯留等による搬出量の調整を強いられている場合に、余剰汚泥削減による汚泥貯留設備の縮小、維持管理性の向上等の効果が期待できる。

③将来的に流入下水水量増加により汚泥処理施設・設備の能力不足が予想される下水処理場

他施設の統合や大規模事業場の建設等による流入下水水量の増加が見込まれ、水処理施設、汚泥処理施設・設備の増設が必要とされる場合、本技術にて水処理施設を増設し余剰汚泥発生量を削減することにより、汚泥処理施設・設備の増設を回避できる可能性がある。

特に、汚泥処理施設・設備を設置する建屋に余剰スペースが無く、能力増強による更新も困難である場合には、大きな費用削減効果を期待することができる。

④汚泥処理施設・設備の更新時期が近い下水処理場

本技術は余剰汚泥発生量の削減により、汚泥処理施設・設備を縮小して総費用(年価換算値)削減効果を得る。汚泥処理施設・設備の更新によって最適化が可能となり、総費用(年価換算値)削減効果を効率的に発揮することができる。本技術導入と同時期もしくはあまり期間を置かずに汚泥処理施設・設備を更新することで効果が期待される。

⑤処理能力が小さい下水処理場

本技術はOD法に比べてスケールメリットが小さい。よって、OD法に対する本技術の総費用(年価換算値)削減効果は、対象施設の規模が小さいほど高くなる特徴を有する。

§9 導入シナリオ

本技術は、OD法の既存土木躯体を有効に活用して導入し、これに合わせて汚泥処理施設・設備の縮小を図るものである。

本技術の導入シナリオ例を以下に示す。

- (1) 改築により処理場の全系列に導入
- (2) 改築により処理場の一部系列に導入
- (3) 改築及び増設により処理場の全系列に導入

【解説】

(1) 改築により処理場の全系列に導入

図2-13に、水処理施設の改築に合わせて処理場の全系列に本技術を導入する場合のイメージを示す。

最終的に全系列が本技術へと更新される最も一般的なシナリオといえる。全系列分の余剰汚泥発生量が削減されるため、これに付随する総費用(年価換算値)削減等の導入効果が大きくなる。

処理場全体が2系列の場合の例を図2-13に示す。導入前の余剰汚泥発生量を2とした場合に導入後は0.8となり、総合的な余剰汚泥削減率は60%となる。これに伴い、汚泥処理施設・設備の所要能力も60%縮小することが可能である。

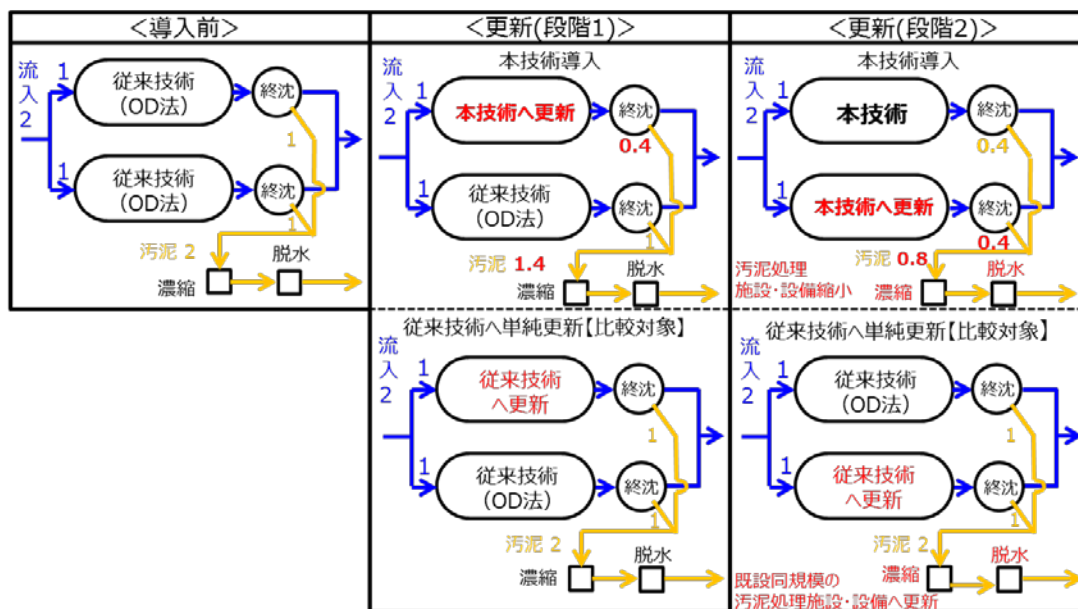


図 2-13 改築により処理場の全系列に導入するシナリオ

(2) 改築により処理場の一部系列に導入

図 2-14 に水処理施設の改築に合わせて処理場の一部系列に本技術を導入する場合のイメージを示す。

系列毎に処理方式の異なる変則的なシナリオといえる。本技術の導入系列数が少ないため、全系列に導入する場合と比べて処理場全体での余剰汚泥削減効果が小さくなり、その分総費用(年価換算値)削減等の導入効果も小さくなる。

図 2-14 は処理場全体が 2 系列の場合の例であり、導入前の余剰汚泥発生量を 2 とした場合に導入後は 1.4 となり、総合的な余剰汚泥削減率は 30%となる。図 2-13 に示す全系列へ導入する場合は削減率 60%であることと比較すると、一部系列へ導入する場合において導入効果はあるが小さくなる。

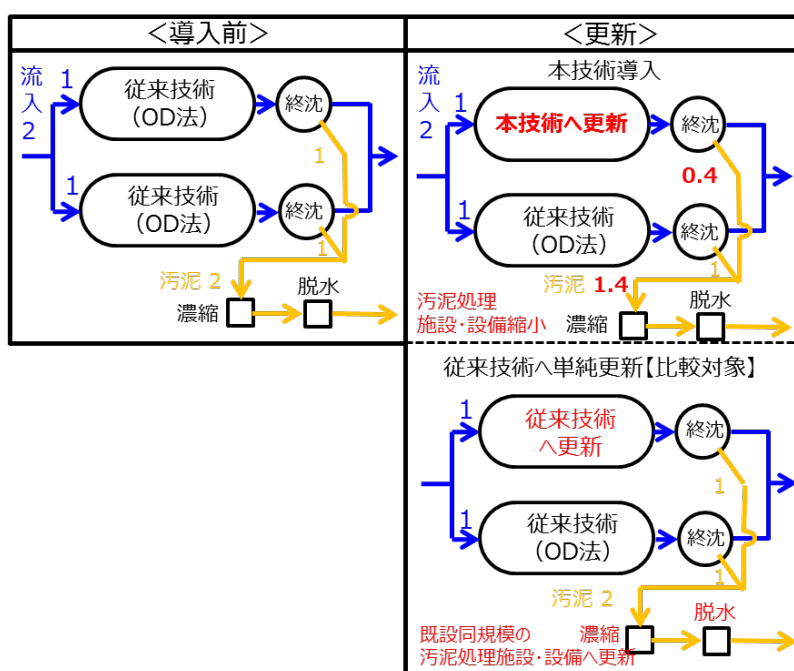


図 2-14 改築により処理場の一部系列に導入するシナリオ

(3) 改築及び増設により処理場の全系列に導入

図 2-15 に、水処理施設の改築に加え、増設に対しても本技術を導入する場合のイメージを示す。

最終的に水処理施設全系列へ本技術が導入されることになるため、ケース(1)と同等の高い余剰汚泥削減効果が得られるだけでなく、水処理施設増設に伴う汚泥処理施設・設備の能力増強を回避できるというさらなるメリットがある。

図 2-15 は処理場全体が 3 系列の場合の例である。更新工事中の処理能力不足を回避するため、増設を先行して行う(段階 1)。続いて、1 池ずつ更新工事を実施する(段階 2、3)。

全 3 系列中 2 系列に本技術が導入される段階 2 であれば、導入前の余剰汚泥発生量を 2 とした場合に導入後は 1.8 となり、導入前の 2 系列分の余剰汚泥発生量より導入後の 3 系

列分の方が少なくなる。つまり、導入前の2系列分の汚泥処理施設・設備で導入後の3系列分の余剰汚泥を処理でき、汚泥処理施設・設備の能力増強を回避することができる。

また、全系列に本技術が導入される段階3であれば、導入前の余剰汚泥発生量を2とした場合に導入後は1.2となり、総合的な余剰汚泥削減率は60%となる。

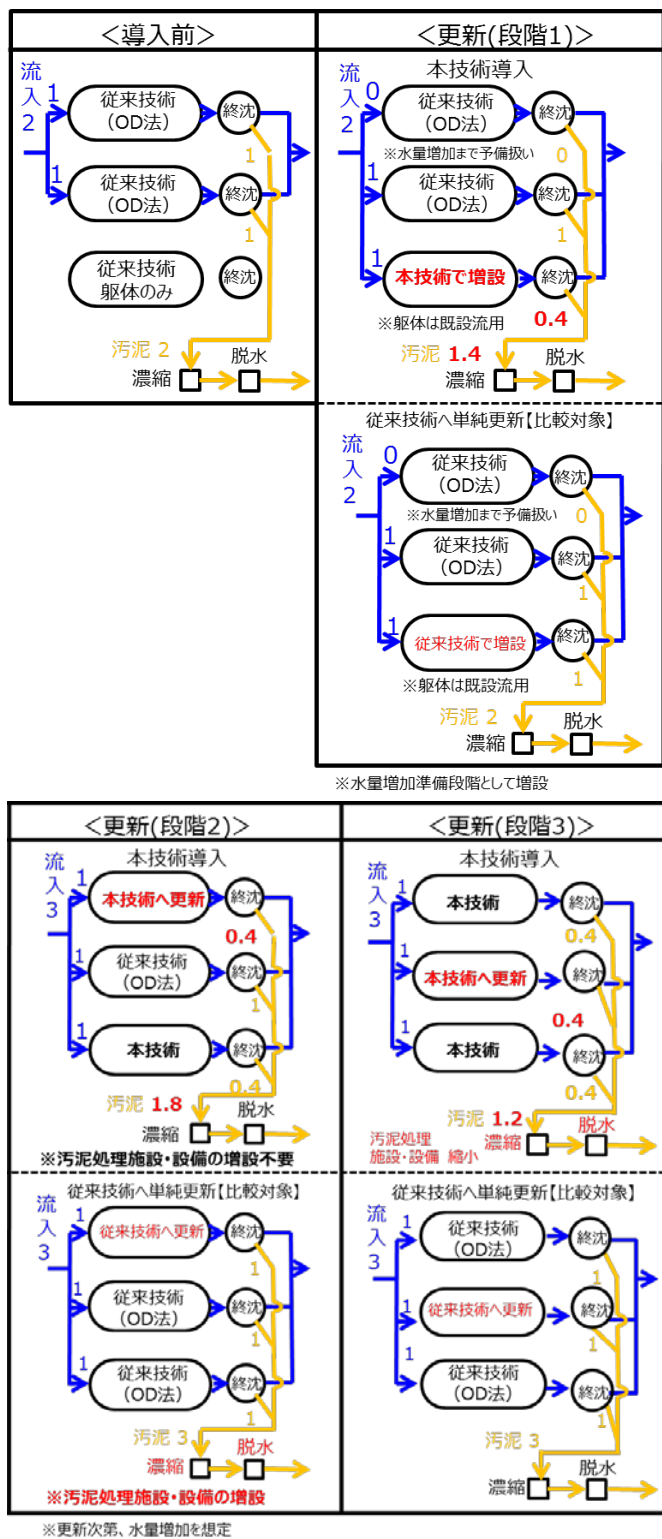


図 2-15 改築及び増設により処理場の全系列に導入するシナリオ

第3節 実証研究に基づく評価の概要^{1)~4)}

§10 技術の評価項目と評価方法

実証研究における本技術の評価項目を以下に示す。

- (1) BOD 除去性能
- (2) 余剰汚泥発生量の削減効果
- (3) 総費用(年価換算値)削減効果

【解説】

実証研究(表 2-3)では、①BOD 除去性能、②余剰汚泥発生量の削減効果、③総費用(年価換算値)削減効果の三つの評価項目を掲げ、実証フィールドでの実規模実証結果等に基づき評価を行った。

表 2-3 実証研究概要

項目	概要	
研究名称	特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術実証研究	
実証施設諸元	実証系列	対照系列
計画流入下水量	日最大：2,030m ³ /日 日平均：1,670m ³ /日	日最大：2,030m ³ /日 日平均：1,670m ³ /日
前処理設備	微細目スクリーン(目幅 2mm)	—
最初沈殿池	—	—
分水槽	約 170m ³	—
反応槽	形式：本技術 槽容量：約 1,100m ³ ×2 水路 段数：12 段 形状：矩形 水深：3m 薬液注入：PAC、苛性ソーダ	形式：従来技術(OD 法) 槽容量：約 2,600m ³ 形状：無終端水路 水深：3m 薬液注入：無し
混和槽	約 170m ³	—
最終沈殿池	形式：円形沈殿池(φ 18m×3.5mH)	形式：円形沈殿池(φ 18m×3.5mH)

(1) BOD 除去性能

実証施設の連続運転において、コンポジット採水に基づく1日平均の処理水質を2回/週の頻度で測定し、BODの目標値(15mg/L)を超えないことを確認した。

(2) 余剰汚泥発生量の削減効果

実証施設の連続運転において、余剰汚泥濃度計による計測値と余剰汚泥引抜量から実証系列と対照系列の余剰汚泥固形物量を算出し、両者の比較から実証系列の余剰汚泥削減率を算出した。これを月毎に平均化した上で、反応槽水温と余剰汚泥削減率の関係式を求め、通年の反応槽水温から年間平均余剰汚泥削減率を推定した。

(3) 総費用(年価換算値)削減効果

総費用(年価換算値)削減効果は従来技術に対する本技術の総費用(年価換算値)削減率により評価した。表2-4、図2-16のとおりモデルケースを設定し、積み上げ方式により建設費及び維持管理費を算定した上で、両者を統合して総費用(年価換算値)を算出した。

なお、流入下水量と系列数を下記2つの観点から、より現実的で広汎な評価結果を得るために6つの補足ケースを加え、全7ケースで評価を行った。

- ・改築工事中の処理能力確保の観点から、既存で2系列以上のOD槽を保有している処理場が多く、全2系列以上のケースを想定することがより実状に即している。
- ・本技術は処理能力が小さいほど総費用(年価換算値)削減効果が高く、その実証を行う必要がある。

表2-4 総費用(年価換算値)削減効果における基本条件(1/2)

項目		本技術	従来技術(OD法)
流入下水量 系列数		日最大汚水量 2,500m ³ /日×全1系列(1系列導入) ※補足ケース 1,000m ³ /日×全2系列(導入1系列及び導入2系列) 1,700m ³ /日×全2系列(導入1系列及び導入2系列) 2,500m ³ /日×全2系列(導入1系列及び導入2系列)	
流入水質		BOD 170 mg/L SS 180 mg/L	
処理目標水質		BOD 15 mg/L SS 30 mg/L	
汚泥処理方式		重力濃縮－脱水－場外搬出	
改築方針		<ul style="list-style-type: none"> ・既存OD槽を活用して改築。 ・汚泥処理施設・設備は余剰汚泥削減量に応じて縮小 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存OD槽を活用して改築。 ・既存設備と同じ仕様で更新
積算範囲	建設費	【機械】 水処理設備(担体ユニットを含む)、汚泥濃縮設備、汚泥脱水設備 【電気】 水処理設備 【土木】 水処理施設(改造)	【機械】 水処理設備、汚泥濃縮設備、汚泥脱水設備 【電気】 水処理設備

表 2-4 総費用(年価換算値)削減効果における基本条件(2/2)

項目		本技術	従来技術(OD法)
積算範囲	維持管理費	沈砂池ポンプ設備、水処理設備、汚泥濃縮設備、汚泥脱水設備、消毒設備	同左
	ユーティリティ		
	電力	15 円/kWh	
	PAC	35 円/kg	
	NaOH	44 円/kg	
	高分子凝集剤	1,000 円/kg	
	ポリ硫酸第二鉄	88 円/kg	
	汚泥処分	16,000 円/m ³	
	次亜塩素酸カルシウム	650 円/kg	
建設費年価	利子率	2.3%	
	評価年数	【機械・電気】15年(担体ユニットのみ10年) 【土木】50年	

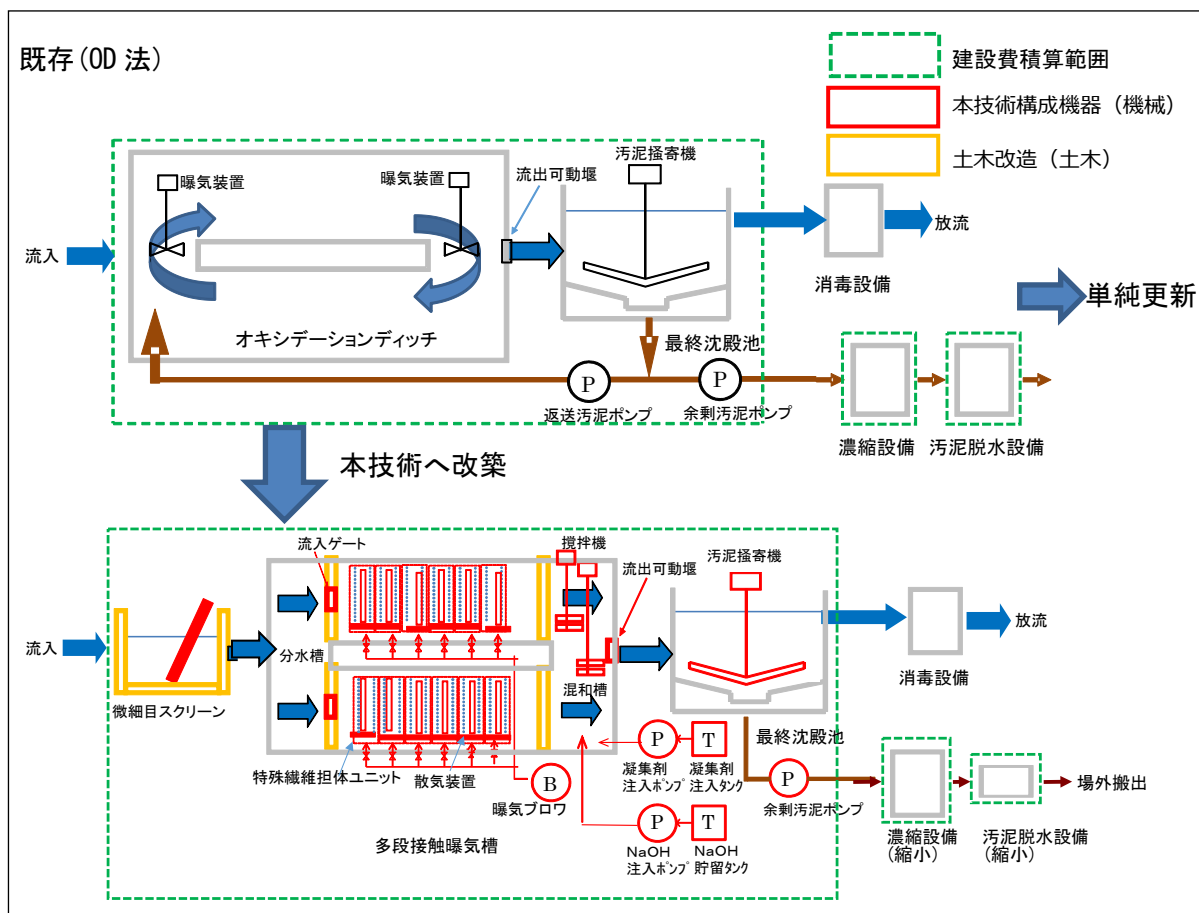


図 2-16 本技術へ改築した場合の概略

1) 建設費の検討

建設費を算定する条件を表 2-5 に示した。

表 2-5 建設費算定条件

項目	本技術	従来技術(OD法へ単純更新)
土木建設費	OD槽改造に係る積算 (隔壁設置、スラブ開口新設)	なし
機械・電気 建設費	反応タンク設備(OD槽)の機器を本 技術採用機器に更新。 汚泥処理施設・設備は余剰汚泥削 減量に応じて縮小して更新する。	反応タンク設備(OD槽)、汚泥処理 施設・設備一式を同じ仕様の機器 に更新。

2) 維持管理費の検討

維持管理費は年間に係る電力費、薬品費、補修費、維持管理人件費、汚泥処分費の総和とした。

a) 電力費

本技術及び従来技術で設置する各機器の定格電力、負荷率、運転台数及び運転時間から年間の電力使用量を求め、電力費単価を乗じて電力費を求めた。

b) 薬品費

本技術及び従来技術で使用する薬品使用量を求め、薬品ごとに単価を乗じた総和とした。対象となる薬品は、水処理における凝集剤(PAC)、pH調整剤(苛性ソーダ)、脱水助剤(高分子凝集剤及びポリ硫酸第二鉄)、消毒における固形塩素である。

c) 補修費

本技術及び従来技術における機器の消耗部品交換等を補修費として、機器費の2%を計上した。なお、主要機器である特殊繊維担体ユニットの部品(特殊繊維担体、フレーム、散気装置)は機器の耐用年数まで交換しないものとし、補修費には含めない。

d) 人件費

従来技術における維持管理人件費は、維持管理積算要領¹²⁾を基に求めた。本技術については、以下の考え方を基に表 2-6 のとおり維持管理人件費の比率を実証研究時の実績により定めた。

①水処理：従来技術と同等。

②汚泥処理(人工が余剰汚泥発生量に依存しないもの)：従来技術と同等。

③汚泥処理(人工が余剰汚泥発生量に依存するもの)：従来技術に対し、余剰汚泥削減率に依存して人件費が削減できるものとして算定。

※②は監視、汚泥搬出関連、③は薬品溶解関連が相当する。

表 2-6 余剰汚泥削減に伴う維持管理人件費削減の考え方

項目	本技術			従来技術		
①水処理	0.69	0.25		1	0.25	
②汚泥処理 ※人工が余剰汚泥発生量に依存しない		0.44	0.75×0.3 $\doteq 0.23$		0.75	0.75×0.3 $\doteq 0.23$
③汚泥処理 ※人工が余剰汚泥発生量に依存する			0.75×0.7 $\times (1 - \text{余剰汚泥削減率 } 0.6)$ $\doteq 0.21$			0.75×0.7 $\doteq 0.52$

e) 汚泥処分費

本技術及び従来技術から発生する余剰汚泥発生量を算出し、想定した脱水ケーキ含水率から脱水ケーキ量を求め、汚泥処分単価から年間の汚泥処分費を求めた。

(4) その他の調査項目

(1)～(3)の評価項目に加え、電力消費量と温室効果ガス発生量について調査を行った。

(3)で設定したモデルケースのうち、「2,500m³/日×全1系列(1系列導入)」に対して算出するものとし、詳細な算出範囲及び方法は下記のとおりである。

1) 電力消費量

本技術及び従来技術で設置する各機器の定格電力、負荷率、運転台数及び運転時間から年間の電力使用量を求めた。

2) 温室効果ガス発生量

本技術及び従来技術の運転に係る温室効果ガス発生量について、電力消費由来、薬品使用由来、水処理プロセス由来及び汚泥処分由来を内訳として算出した。

水処理プロセス由来の発生量は、実証研究において調査した亜酸化窒素(N₂O)発生量を基に推定し、その他の発生量は電力消費量、薬品使用量及び汚泥発生量に原単位を乗じることで算出した。

汚泥処分由来の発生量は、脱水ケーキとして搬出された汚泥の処分方法として焼却と堆肥化の2通りを想定して算出した。

§ 11 技術の評価結果

実証研究に基づく本技術の評価項目を以下に示す。

(1) BOD 除去性能

処理水の BOD 濃度は 15mg/L 以下であった。

(2) 余剰汚泥発生量の削減効果

対照系列 (OD 法) に対する余剰汚泥発生量の削減率は、年間平均で 55% と推定された。
 なお、余剰汚泥発生倍率 (流入 SS 量当り) は、平均 0.3 であった。

(3) 総費用 (年価換算値) 削減効果

モデルケースにおける OD 法への単純更新時に対する本技術導入時の総費用 (年価換算値) 削減率は、6.5% であった。

なお、処理規模と池数が異なる補足ケースを含めた総費用 (年価換算値) 削減率の範囲は 3.7~16.9% となり、処理能力が小さいほど削減率は大きくなった。

【解説】

(1) BOD 除去性能

図 2-17 にスクリーン処理水、実証系列処理水及び対照系列処理水 T-BOD の経日変化を示す。平成 30 年 1 月上旬に T-N 流入負荷が急激に上昇し処理水 N-BOD が上昇したが、処理水 T-BOD は 15mg/L 以下であった。

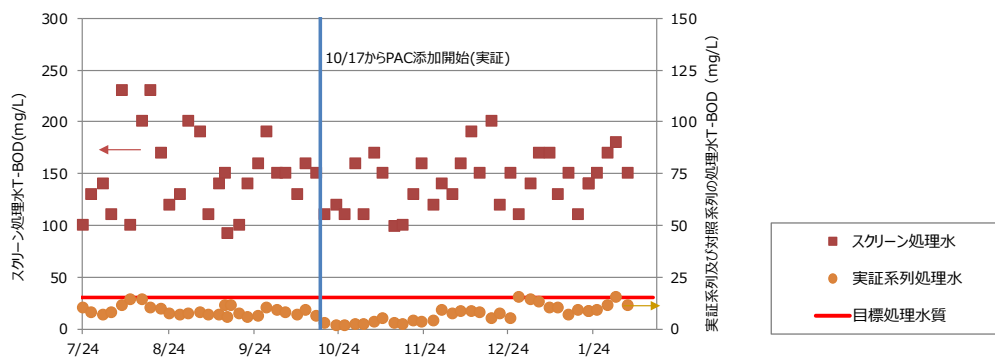


図 2-17 スクリーン処理水、実証系列処理水の T-BOD

(2) 余剰汚泥発生量の削減効果

実証系列と対照系列の余剰汚泥固形物量の推移を図 2-18 に示す。これを基に月毎の余剰汚泥削減率を算出した (図 2-19 参照)。算出した月毎の余剰汚泥削減率と反応槽水温を基に求めた関係式は図 2-20 のとおりであり、これにより通年の余剰汚泥削減率を算出した (図 2-21 参照)。これの年間平均を算出した結果、余剰汚泥発生量の削減率は、年間平均で 55% と推定された。

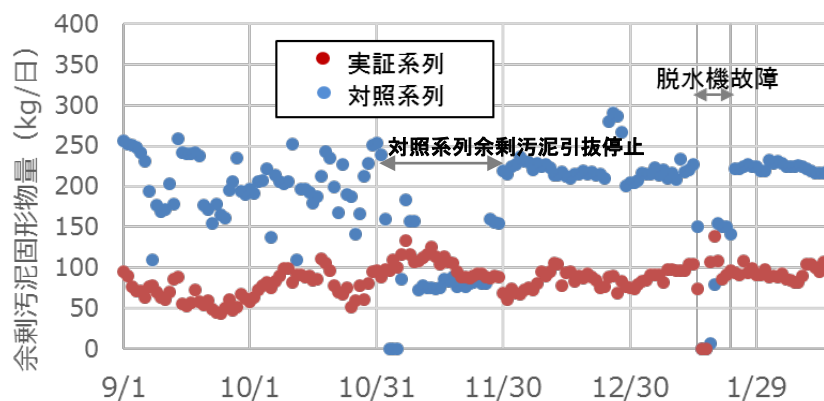


図 2-18 実証系列と対照系列の余剰汚泥固形物量

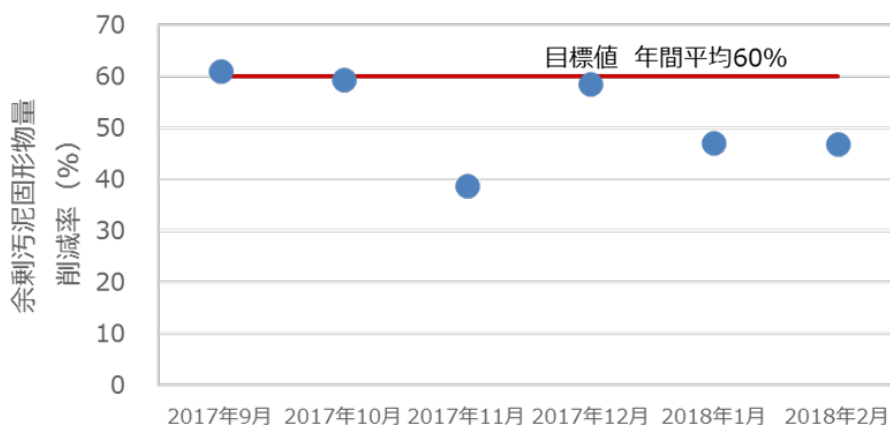
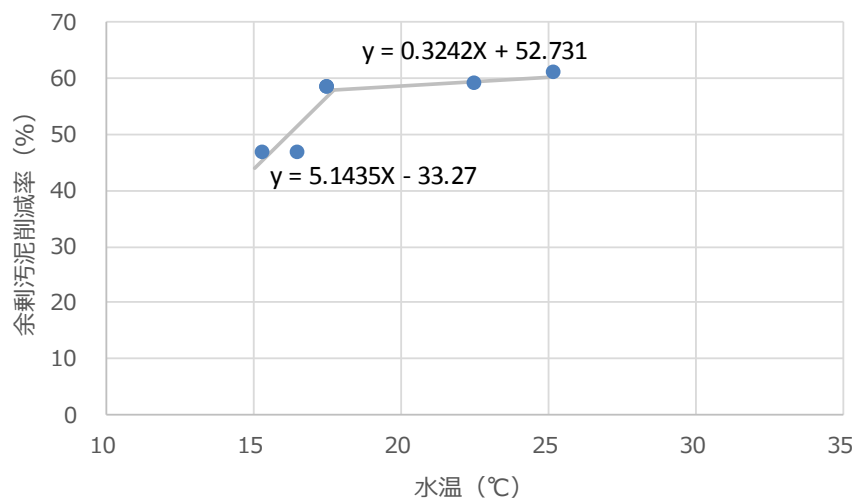


図 2-19 月毎の余剰汚泥削減率



※17.8℃付近において、明らかに傾向が異なるため、一次関数を合成した近似曲線で表記した。

図 2-20 余剰汚泥削減率と反応槽水温の関係

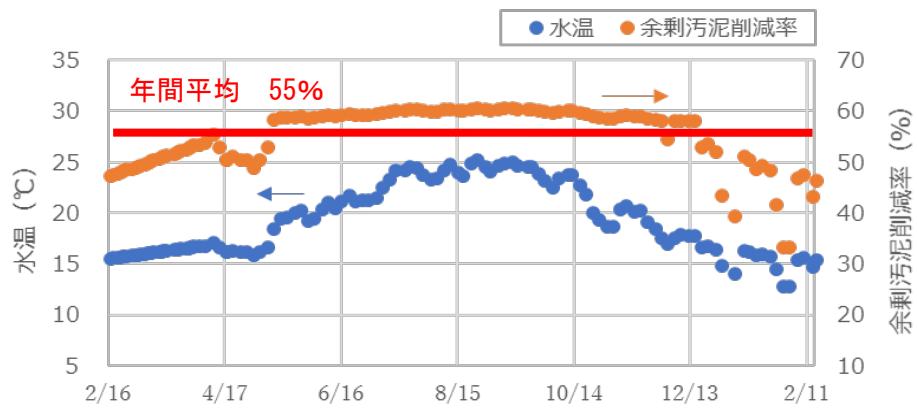


図 2-21 通年の余剰汚泥削減率(関係式により算出)

(3) 総費用(年価換算値)削減効果

1) 建設費

本技術及び従来技術の建設費を表 2-7、図 2-22 に示す。

本技術導入により水処理施設の建設費は増加するが、汚泥処理施設・設備の建設費は削減される。両施設を総合すると、従来技術比で 4.1%の増加となった。

表 2-7 本技術及び従来技術の建設費 (2, 500m³/日 × 1 系列の場合)

項 目		水処理			汚泥	合計
		機械	電気	土木 建築	機械	
本技術	百万円	235	96	30	121	482
従来技術	百万円	162	76	0	225	463
削減率	%	—	—	—	—	-4.1

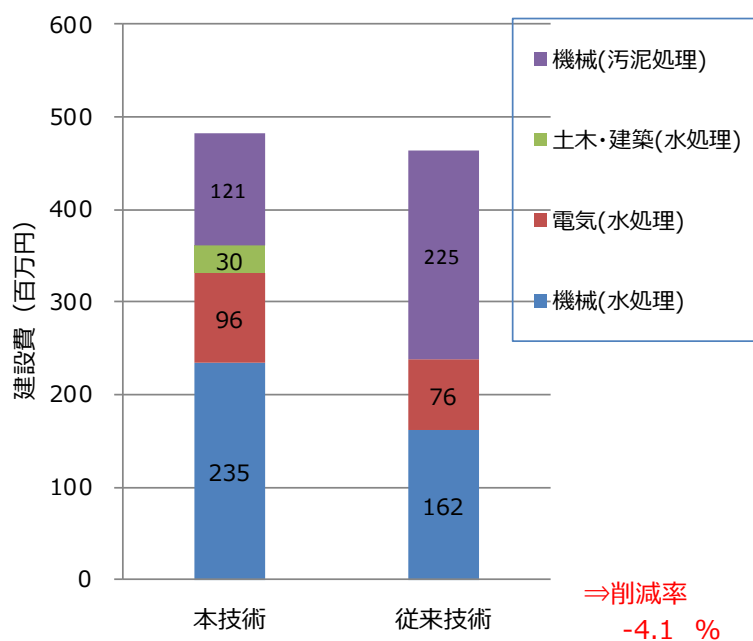


図 2-22 本技術及び従来技術の建設費 (2, 500m³/日 × 1 系列の場合)

2) 維持管理費

電力費、薬品費、補修費、維持管理人件費及び汚泥処分費それぞれを算出し、まとめたものを表 2-8、図 2-23 に示す。

本技術は多くの空気量を要し、送風機動力が大きくなった。このため、汚泥処理施設・設備の縮小分を差し引いても従来技術より電力費が高くなった。また、水処理施設で PAC、苛性ソーダを使用するため、薬品費も従来技術よりも高くなった。一方、余剰汚泥発生量の削減に伴う汚泥処分費の削減、汚泥処理施設・設備の維持管理人件費の削減 (§ 7(1) 6)、§ 10(3) 2) 参照) が図れた。以上を総合すると、維持管理費全体では従来技術比で 14.0% の削減となった。

表 2-8 本技術及び従来技術の維持管理費 (2,500m³/日×1 系列の場合)

項目	電力費	薬品費	補修費	汚泥処分費	人件費	合計
本技術 百万円/年	11.6	4.6	4.5	3.6	17.3	41.6
従来技術 百万円/年	6.0	2.6	5.9	8.9	25.0	48.4
削減率 %	-93.3	-76.9	23.7	59.6	30.8	14.0

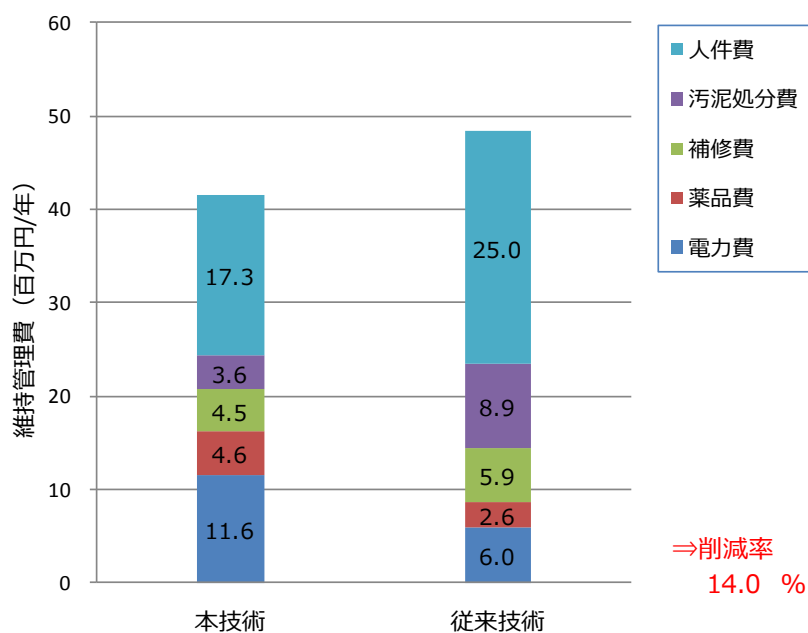


図 2-23 本技術及び従来技術の維持管理費 (2,500m³/日×1 系列の場合)

3) 総費用(年価換算値)

算出した建設費及び維持管理費から年価を求め、総費用(年価換算値)評価を行ったものを表 2-9、図 2-24 に示す。総費用(年価換算値)評価の結果、本技術を導入することにより、従来技術の単純更新に比べ、6.5%の削減が可能であるという結果が得られた。

表 2-9 本技術及び従来技術の総費用(年価換算値)(2,500m³/日×1系列の場合)

項 目		建設費	維持管理費	合計
本技術	百万円/年	42.7	41.6	84.3
従来技術	百万円/年	41.8	48.4	90.2
削減率	%	-2.2	14.0	6.5

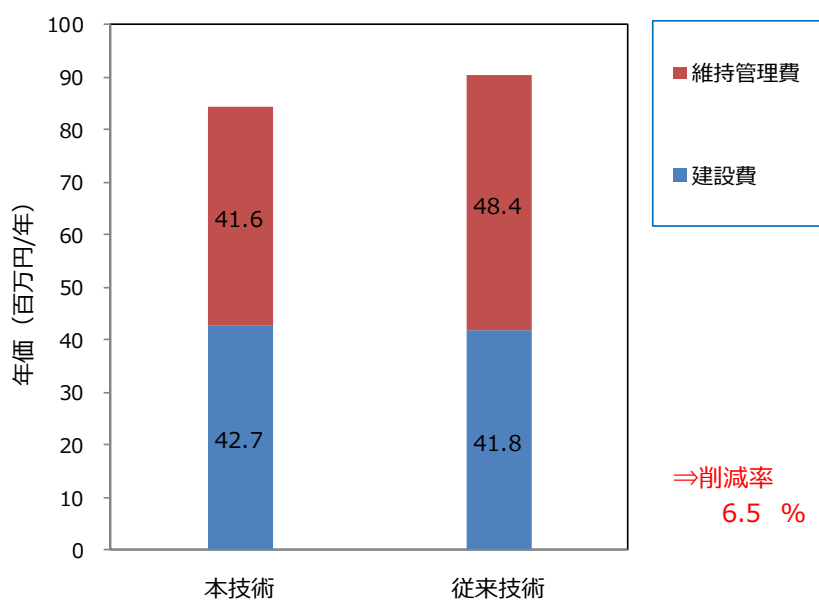


図 2-24 本技術及び従来技術の総費用(年価換算値)(2,500m³/日×1系列の場合)

4) 補足ケース

全7ケースにおける総費用(年価換算値)削減率の推定結果を図2-25に示す。処理規模と池数の違いにより、総費用(年価換算値)削減率は3.7~16.9%と大きく変動する。特に処理能力の影響は大きく、これが小さいほど削減率は大きくなる。

また、全7ケースのうち「1,700m³/日×全2系列(導入2系列)」の内訳を表2-10~12、図2-26~28に示す。その内訳の傾向は前述の「2,500m³/日×1系列」の場合と概ね同様である。

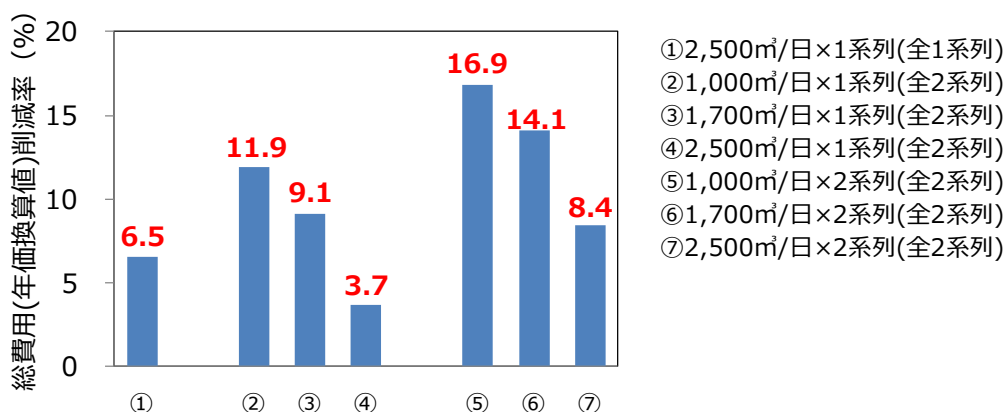


図 2-25 各ケースの総費用(年価換算値)削減率

表 2-10 本技術及び従来技術の建設費 (1,700m³/日×2系列の場合)

項目		水処理			汚泥	合計
		機械	電気	土木建築	機械	
本技術	百万円	329	106	44	120	599
従来技術	百万円	292	101	0	251	644
削減率	%	-12.7	-5.0	—	52.2	7.0

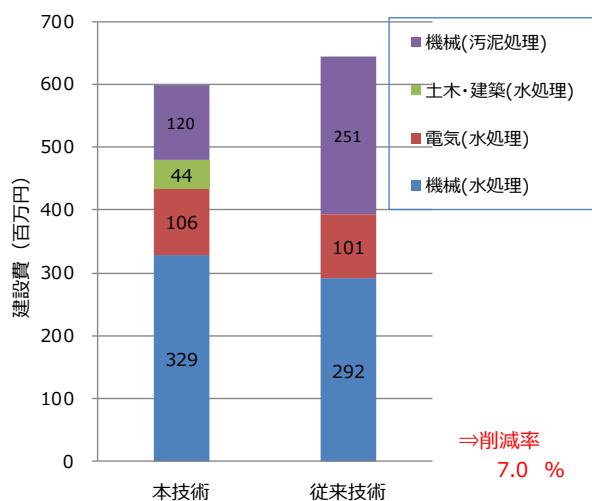


図 2-26 本技術及び従来技術の建設費 (1,700m³/日×2系列の場合)

表 2-11 本技術及び従来技術の維持管理費（1,700m³/日×2系列の場合）

項 目		電力費	薬品費	補修費	汚泥 処分費	人件費	合計
本技術	百万円/年	12.4	6.7	5.3	4.9	29.9	59.2
従来技術	百万円/年	8.7	3.5	7.8	12.2	43.4	75.6
削減率	%	-42.5	-91.4	32.1	59.8	31.1	21.7

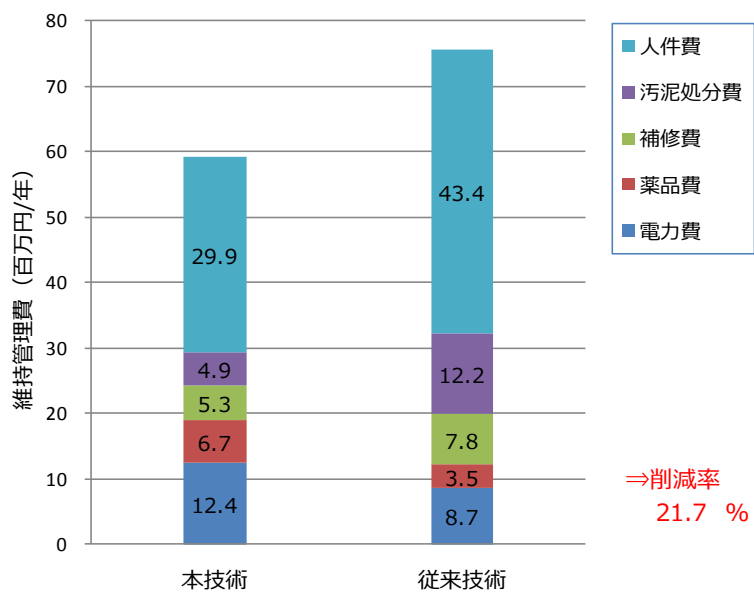


図 2-27 本技術及び従来技術の維持管理費（1,700m³/日×2系列の場合）

表 2-12 本技術及び従来技術の総費用(年価換算値) (1,700m³/日×2系列の場合)

項 目		建設費	維持管理費	合計
本技術	百万円/年	49.8	59.2	109.0
従来技術	百万円/年	51.3	75.6	126.9
削減率	%	2.9	21.7	14.1

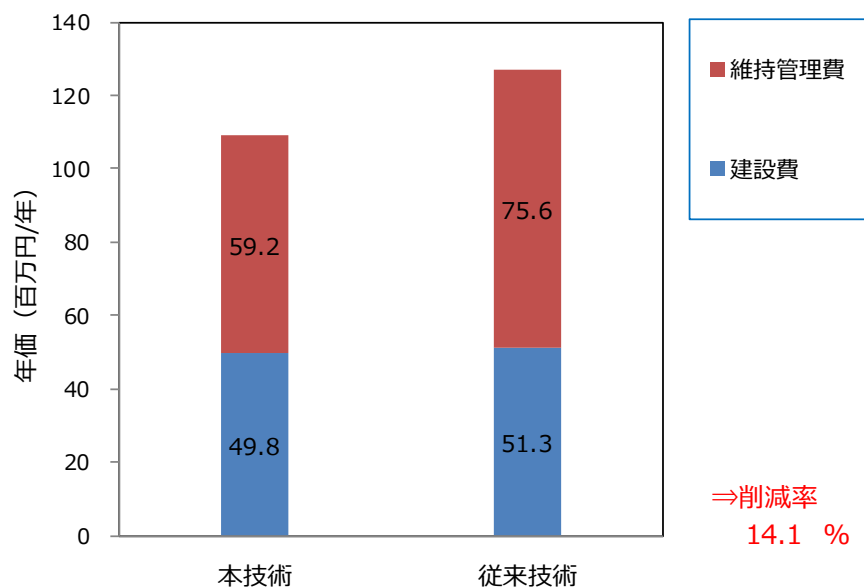


図 2-28 本技術及び従来技術の総費用(年価換算値) (1,700m³/日×2系列の場合)

(4) その他の調査項目

1) 電力消費量

本技術及び従来技術の電力消費量を表 2-13、図 2-29 に示す。

本技術導入による電力消費量は、OD 法に対して余剰汚泥発生量を削減することで汚泥処理に係るものは削減されたが、水処理に係るものは主として送風機動力により増加した。これらより処理場全体では、電力消費量は増加した。

表 2-13 本技術及び従来技術の電力消費量 (2,500m³/日×1 系列の場合)

項目	単位	水処理	汚泥濃縮	汚泥脱水	沈砂池ポンプ	消毒	合計
本技術	千kWh/年	610	14	42	68	39	773
従来技術	千kWh/年	204	15	73	68	39	399
削減率	%	-199.0	6.7	42.5	0.0	0.0	-93.7

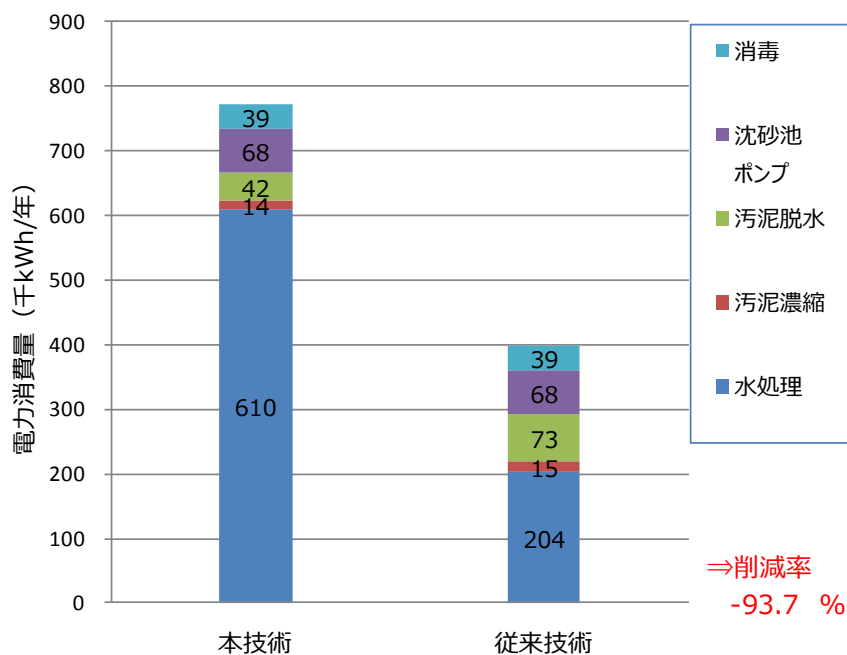


図 2-29 本技術及び従来技術の電力消費量 (2,500m³/日×1 系列の場合)

2) 温室効果ガス発生量

本技術及び従来技術の温室効果ガス発生量を表 2-14～15、図 2-30～31 に示す。

本技術導入による温室効果ガス発生量は、OD 法に対して余剰汚泥発生量を削減することで汚泥処分に係るものは削減されたが、水処理に係るものは電力消費、薬品使用及び水処理プロセスに由来するものにより増加した。これらより処理場全体では、温室効果ガス発生量は増加した。

表 2-14 本技術及び従来技術の温室効果ガス発生量(汚泥焼却時)
(2,500m³/日×1系列の場合)

項目		電力消費	薬品使用	水処理プロセス	汚泥運搬	汚泥焼却	合計
本技術	t-CO ₂ /年	453.6	43.0	93.3	2.7	70.2	662.8
従来技術	t-CO ₂ /年	234.4	26.2	18.6	2.7	175.4	457.3
削減率	%	-93.5	-64.1	-401.6	0.0	60.0	-44.9

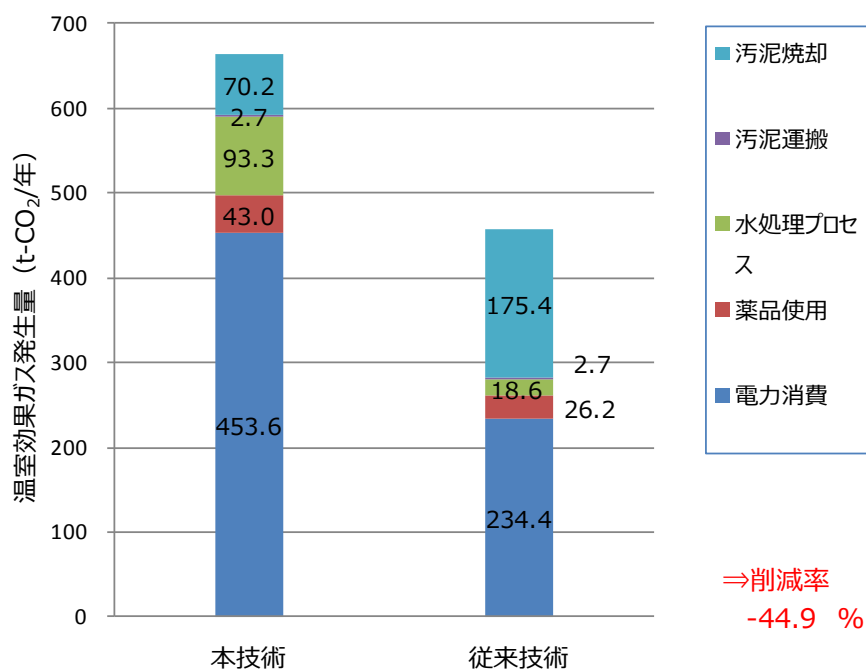


図 2-30 本技術及び従来技術の温室効果ガス発生量(汚泥焼却時)
(2,500m³/日×1系列の場合)

表 2-15 本技術及び従来技術の温室効果ガス発生量(汚泥堆肥化時)
(2,500m³/日×1系列の場合)

項 目		電力消費	薬品使用	水処理 プロセス	汚泥運搬	汚泥堆肥化		合計
						製造	施用	
本技術	t-CO ₂ /年	453.6	43.0	93.3	2.7	73.3	13.7	679.6
従来技術	t-CO ₂ /年	234.4	26.2	18.6	2.7	183.2	34.2	499.3
削減率	%	-93.5	-64.1	-401.6	0.0	60.0	59.9	-36.1

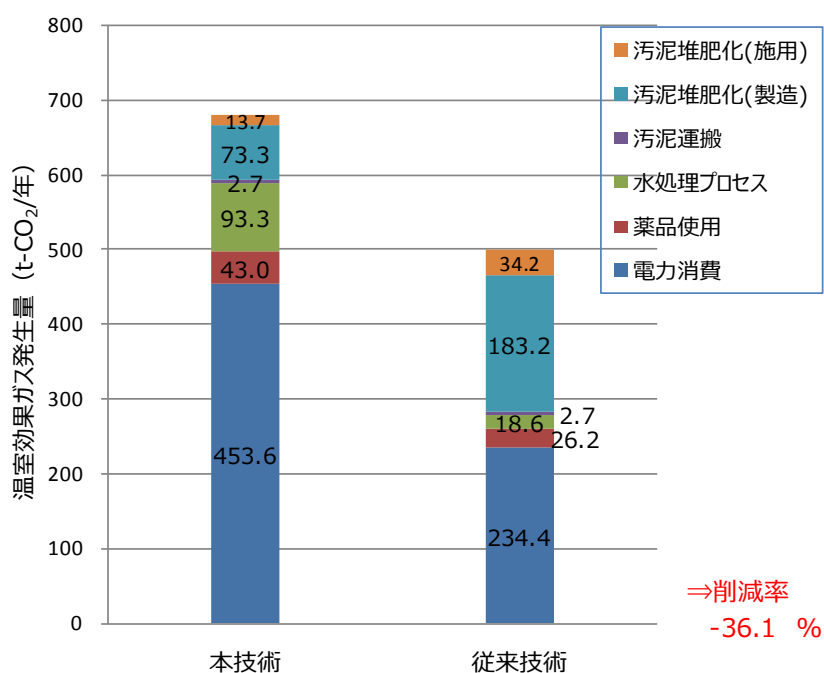


図 2-31 本技術及び従来技術の温室効果ガス発生量(汚泥堆肥化時)
(2,500m³/日×1系列の場合)