

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、以下に示す性能を具備する、標準活性汚泥法代替のダウンサイジング可能な水処理技術である。

- ① 流入水量減少に合わせた処理規模の縮減
- ② 将来の流入水量減少に追従したライフサイクルコストの削減
- ③ 維持管理の容易化

人口減少などに伴う流入水量減少により、処理能力の縮小が必要となっている、あるいは処理能力の縮小が見込まれる標準活性汚泥法の水処理施設において、標準活性汚泥法に替えて本技術を導入することにより、ライフサイクルコストの削減を図り、下水道事業経営の健全化に貢献することを目的とする。

【解 説】

(1) 本技術の背景

我が国の人口は2008年のピーク以降、減少局面に入っており、今後更なる人口減少が予測されている。人口規模別に区分した都市規模別の人口増減を見ると(図2-1参照)、人口規模が小さいほど減少幅が大きく、5万人未満の都市では今後30年間の減少幅が3～4割に達すると試算されている¹⁾。

一方、標準活性汚泥法を採用している下水処理場において、日最大汚水量が反応タンク1池分の処理能力を下回っている処理場数は施設規模が小さくなるほど多く、20年後にはさらにその数が増加するものと考えられる(図2-2参照)。日最大汚水量5,000m³/ (日・池)以下の処理場においては、反応タンク1池分の処理能力の2～4割まで減少する処理場が増加すると予測される(図2-3参照)。

このような下水処理場を有する都市では、市財政収入減による財政余力の低下や下水道使用料の収入減の加速が予測されると共に、下水処理原価の上昇や下水道管理人材の不足といった課題がある。

しかし、標準活性汚泥法は水処理施設躯体容量によりほとんどの設備容量が決まるため、水処理設備更新時に流入水量に応じた処理規模の縮減ができない。また、使用電力量についても、返送汚泥量・曝気強度の調整、間欠運転の導入などが実施されているが、汚泥の返送や曝気攪拌等に一定の電力が消費されるため電力量の削減にも限界があり、流入率低下と共に下水処理原価が大幅に上昇する。さらに、DO濃度管理やMLSS濃度管理などを行う必要があり、水処理に精通した下水道管理人材の確保が必要となる。このように、標準活性汚泥法の処理場

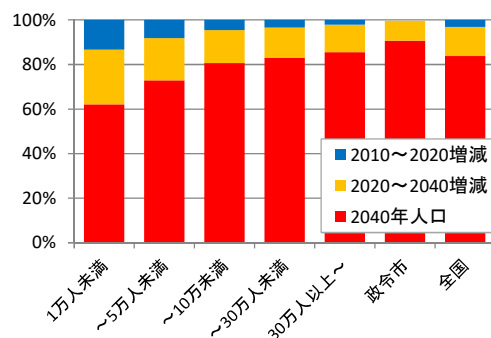


図2-1 都市規模別の人口増減
(2010年を100%とした場合)
参考文献1)に基づき作成

では、今後さらに進む人口減少およびそれに伴う流入水量減少により、更に下水道経営の厳しさが増すことが懸念される。

そこで、既存施設の活用が可能で、かつダウンサイジング可能な標準活性汚泥法代替の水処理技術が求められている。

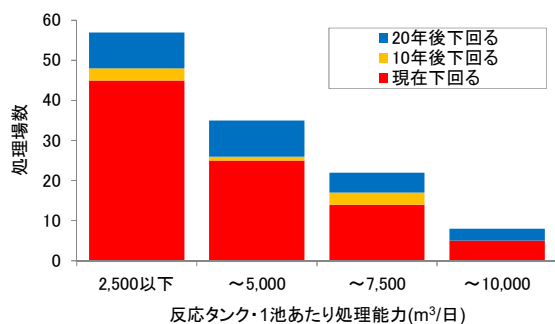


図 2-2 日最大汚水量が
反応タンク 1 池分の処理能力を
下回る処理場

参考文献 1) および下水道統計(平成 25 年度)に基づき作成

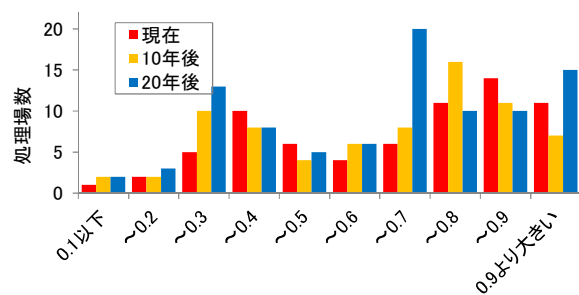


図 2-3 反応タンク 1 池当りの処理能力
に対する日最大汚水量の割合の
分布 (5,000m³/(日・池) 以下)

参考文献 1) および下水道統計(平成 25 年度)に基づき作成

(2) 本技術の目的

本技術は、保水性のあるスポンジ状担体を用いることで従来の散水ろ床法を改良した DHS ろ床に加えて、その後段に移動床式好気性リアクターである生物膜ろ過施設を組合せることにより、一般的な標準活性汚泥法の放流水質（滅菌後）と比較すると、生物膜ろ過処理水質（滅菌前）は同等以下になるものの、年間を通じて下水道法施行令の放流水質（標準活性汚泥法同様、BOD 15mg/L 以下）を満足できる技術であり、以下に示す性能を具備する標準活性汚泥法代替の「ダウンサイジング可能な水処理技術」である。

①流入水量減少に合わせた処理規模の縮減

既存施設の更新時、既存の土木躯体内に本技術を導入することにより、処理規模（物理的処理規模およびライフサイクルコスト）が縮小できる。

②流入水量減少に追従したライフサイクルコストの削減

本技術導入後の流入水量減少に追従して、

- ・揚水ポンプの使用電力量などのライフサイクルコストを削減できる。
- ・将来の再更新時にさらに処理規模（物理的処理規模（更新ユニット数）およびライフサイクルコスト）を削減できる。

③維持管理の容易化

標準活性汚泥法等に比べて管理制御因子(MLSS 濃度等)や機器点数が少なく、巡回監視が可能であり、高度な維持管理技術を保有していなくとも安定した水質を得ることができる。

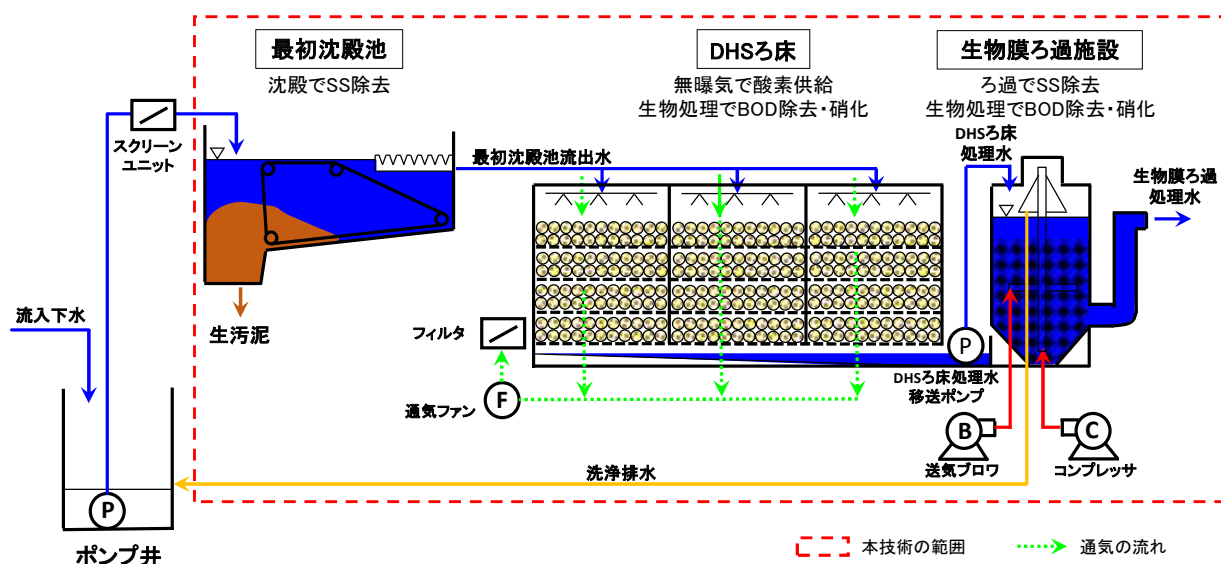
人口減少などに伴う流入水量減少により、処理能力が過大となった標準活性汚泥法の水処理施設において、標準活性汚泥法に替えて本技術を導入することにより、ライフサイクルコストの削減を図り、下水道事業経営の健全化に貢献することを目的とする。

§6 技術の概要

本技術（水処理方式名称：生物膜ろ過併用 DHS ろ床法）は、最初沈殿池、DHS ろ床、生物膜ろ過施設から構成される。

【解 説】

本技術の構成および機能を図 2-4 に示す。本技術は、最初沈殿池流出水を DHS ろ床にて無曝気（曝気することなくファンによる通気のみ）で生物学的処理を行い、その後段に固液分離と生物学的処理が可能な生物膜ろ過施設を組合せることにより、省エネルギーで年間を通じて安定した処理を可能とした水処理技術である。なお、本技術の適用に際しては、図 2-4 の範囲のほかに第 4 章第 5 節に示すその他付帯施設についても検討が必要となる。



※場合によっては必要になる「その他付帯施設」は除く。

図 2-4 本技術の構成

(1) DHS ろ床

本技術では、「スポンジ状担体を充填した DHS ろ床」（以下、「DHS ろ床」という。）を導入する。DHS ろ床は、保水性のあるスポンジ状担体（スポンジが円筒形格子状フレームに入ったものをいう）に通水して、曝気することなくファンによる通気のみで生物処理により有機物（BOD）除去および硝化を行うものである。省エネルギーで運転管理も容易などといった特徴があるが、DHS ろ床処理水中には、DHS 担体から処理水と同伴して排出された浮遊物質（SS）が含まれるため、年間を通じた SS の除去が必要となる。また、冬季低水温時は生物処理性能が低下し、残存有機物量が増えるため、有機物の除去も必要となる。このため後段に生物膜ろ過施設を設置する。

（２）生物膜ろ過施設

本技術には、前項の理由から DHS ろ床だけでなく、特殊担体を用いた移動床式好気性リアクターを用いた生物膜ろ過施設（以下、「生物膜ろ過施設」という。）の設置が必要である。生物膜ろ過施設では、ろ過により SS の除去を行うとともに、生物処理により BOD 除去と硝化を行い、年間を通じて本技術のシステム全体として処理水質を安定化させる。

（３）既存施設への設置

図 2-5 に既存施設への本技術の設置イメージ（最初沈殿池および最終沈殿池は 1 池 2 水路，反応タンクは 1 池 1 水路の例）を示す。本技術は、既設反応タンクにおける水理的滞留時間（HRT）にもよるが、既設反応タンク内に DHS ろ床および生物膜ろ過施設を設置することを基本とする。

本技術では、DHS ろ床の上部から最初沈殿池流出水を散水することから、DHS ろ床処理水の水位が低くなるため、基本的には後段の生物膜ろ過施設に移送するためのポンプとポンプへの集水が必要となる。ポンプへの集水は基本的に既存反応タンクの池排水管より行う。

生物膜ろ過施設から塩素混和池への処理水の移送は基本的に自然流下で行う。バイパス水路が近くにある場合は、バイパス水路に接続して移送する。バイパス水路が近くにない場合は、最終沈殿池流出水路に接続する必要がある。

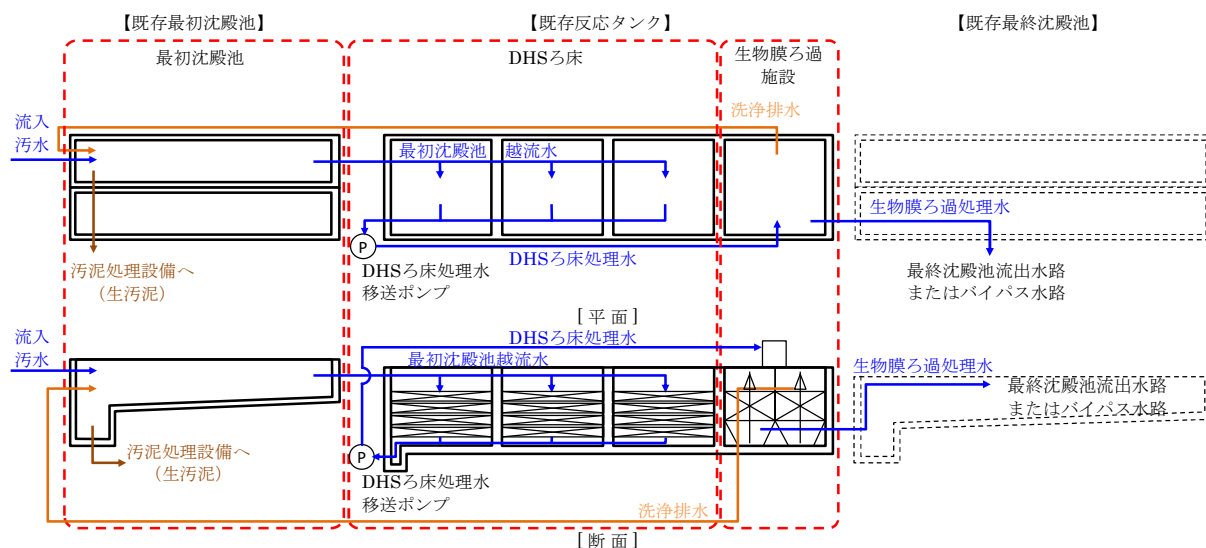


図 2-5 既存施設への本技術導入イメージ

（最初沈殿池および最終沈殿池は 1 池 2 水路，反応タンクは 1 池 1 水路の例）

§7 技術の特徴

本技術は、従来の散水ろ床法を改良した標準活性汚泥法代替のダウンサイジング可能な水処理技術であり、以下の特徴を有する。

- (1) 流入水量減少に合わせた処理規模の縮減
 - (2) 流入水量減少に追従した維持管理費の削減
 - (3) 将来の再更新時にさらに処理規模（更新ユニット数）の縮減
 - (4) 維持管理の容易化
- また、本技術は、以下の特徴も有する。
- (5) 使用電力量の削減
 - (6) 汚泥発生量の削減

【解説】

(1) 流入水量減少に合わせた処理規模の縮減

DHS ろ床は、DHS 担体を充填した複数のユニットで構成される。したがって、流入水量の減少に対しては、DHS ろ床のユニット数や充填する担体量を調整することで容易に処理規模を縮減することができる。

生物膜ろ過施設は、特殊担体を充填した複数の槽で構成される。したがって、流入水量の減少に対しては、生物膜ろ過施設の槽数や設置面積を減らすことで容易に処理規模を縮減することができる。

このため、本技術はシステムとして図 2-6 のように既存施設の更新時の流入水量に合わせて多段階で処理規模を縮減することができる。

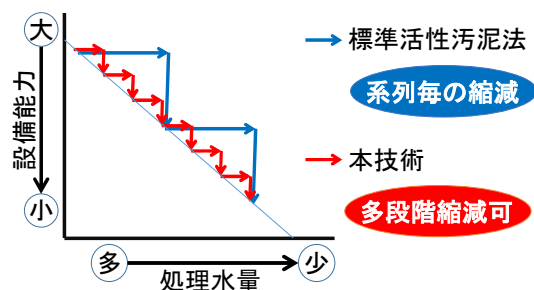


図 2-6 処理規模縮減イメージ

(2) 流入水量減少に追従した維持管理費の削減

標準活性汚泥法では、流入水量減少に対して、返送汚泥量や反応タンクへの送気量の調整、送気ブロワの間欠運転などを実施することにより消費電力量を抑制することができる。しかし、汚泥の返送や反応タンクの曝気攪拌等に一定の電力が消費されるため、その削減量は小さく、流入水量減少が進むほど削減量は小さくなる。

本技術の消費電力量の構成を図 2-7 に示す。本技術全体の消費電力量の約 70%を DHS ろ床処理水移送ポンプと生物膜ろ過施設送気ブロワが占める。DHS ろ床処理水移送ポンプの運転時間は流入水量に比例し、送気ブロワも流入水量により変化するため、図 2-8 のように流入水量の減少に伴い、消費電力量も縮減される。

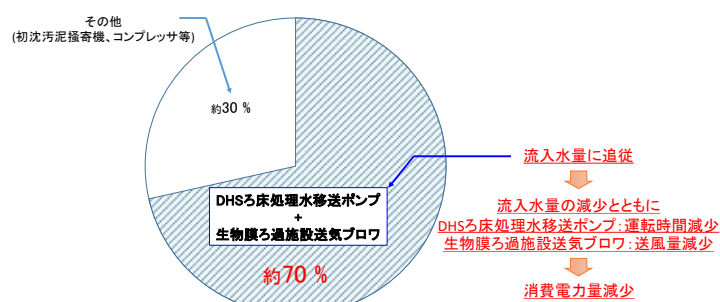


図 2-7 本技術の消費電力量の構成

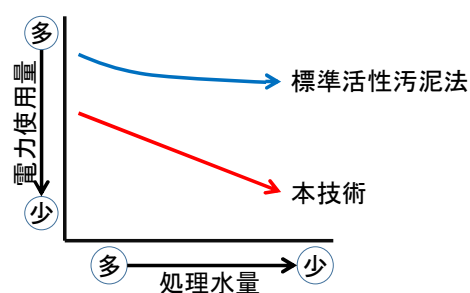


図 2-8 消費電力削減イメージ

消費電力量と同様に、汚泥脱水で使用する高分子凝集剤使用量や高分子凝集剤溶解水の使用量も処理水量減少に追従して縮減される。

（３）将来の再更新時にさらに処理規模（更新ユニット数）の縮減

標準活性汚泥法では、躯体容量に合わせて仕様が決まる機器が多く、将来の流入水量に拘わらず、再更新時において建設費を大幅に削減することが困難であった。

本技術では、DHSろ床は複数のユニットで構成されており、生物膜ろ過施設は複数の槽で構成されている。そのため、将来の流入水量の減少に応じて、再更新時点で必要な処理能力に見合ったユニット数や槽数での更新が可能である。よって、再更新に合わせてさらに処理規模を縮減し、更なるライフサイクルコストの削減が可能である。

（４）維持管理の容易化

標準活性汚泥法と本技術の運転管理項目の比較を図 2-9 に示す。標準活性汚泥法では、流入負荷量や水温の変動等に応じた溶存酸素（DO）濃度管理（曝気風量調整）、MLSS 濃度管理（返送汚泥量・引抜汚泥量調整）、A-SRT 管理（硝化反応の進行状況）や最終沈殿池における固液分離管理などを行う必要があり、運転管理項目が多く、季節変化に伴い各種目標設定値を変更する必要がある。

一方、本技術では、生物膜法的一种であるため、活性汚泥の管理が不要であり、維持管理が容易である。具体的には、DHSろ床は、十分な通気を行っているため DO 濃度管理の必要がなく、微生物が DHS担体内部および外部に保持されているため MLSS 濃度管理も不要である。よって、日常的に操作を行うべき運転管理項目がない。生物膜ろ過施設は、DO 濃度管理（送気風量の調節）と SS 濃度管理（洗浄時間の調節）が必要となるが、その調整は季節毎程度である。加えて、本技術は基本的に自動運転である。

さらに、本技術は、標準活性汚泥法と比較して稼動する電動機器点数が半減するため、日常の保守点検項目が少ない。

このように、本技術は維持管理の容易化が実現できる。

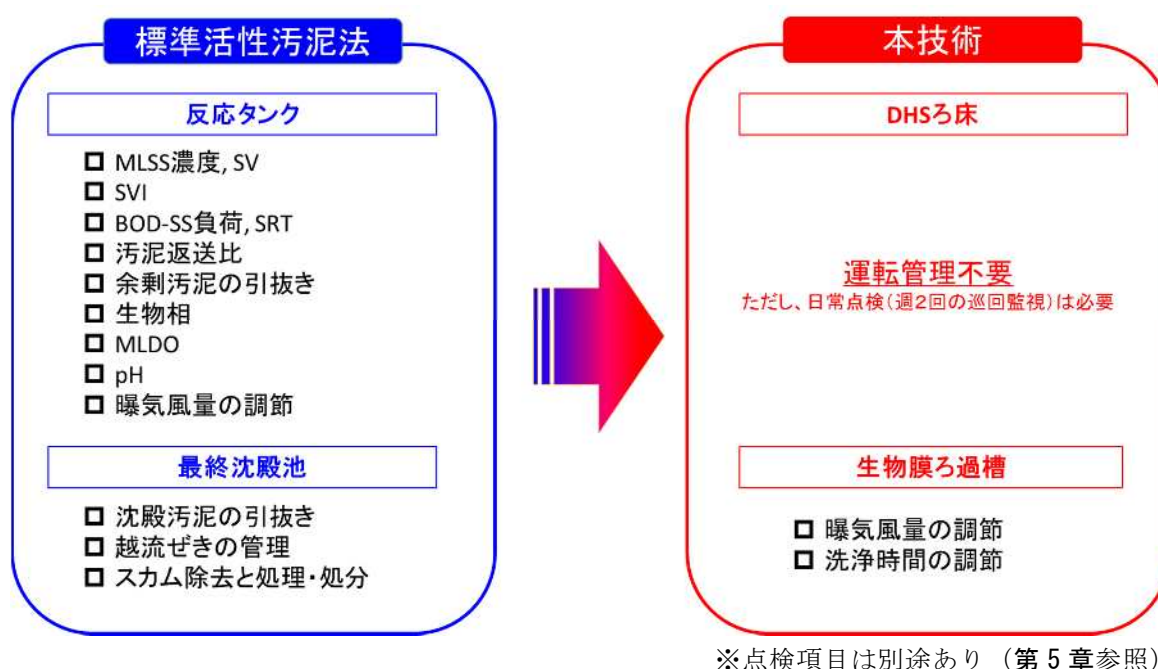


図 2-9 運転管理項目の比較

さらに、流入水量減少に対しても、標準活性汚泥法の場合、流入率が下がれば下がるほど、運転管理は困難となるが、本技術の場合、基本が生物膜法であり、同様の管理でも低負荷であるほど処理水質が向上するため、運転管理が容易である。

（５）使用電力量の削減

本技術は、主な生物処理を DHS ろ床にて行う。DHS ろ床では、最初沈殿池流出水が DHS ろ床上部より無動力で散水され、DHS 担体の内部及び外部に付着した微生物により BOD が除去される。従来の散水ろ床では生物処理に必要な酸素を自然の力（気温と水温の差）で得ていたが、臭気やろ床バエが発生という問題があった。DHS ろ床では密閉構造を採用することでこれらの問題を解消しているが、酸素供給のために通気を行う。そのため、使用電力量は従来の散水ろ床と比べて若干大きくなるが、DHS 担体間には隙間があり、その通気抵抗は 3.0 kPa 以下と低い。また、標準活性汚泥法では生物処理に必要な酸素供給のために、水圧の掛かる水槽に一般的に 50 kPa 以上の圧力で曝気する必要がある。そのため、本技術は標準活性汚泥法と比べると大幅に使用電力量を削減することができる。

（６）汚泥発生量の削減

DHS ろ床における SRT が長く自己酸化が進むため、汚泥減量化の効果が大きく、標準活性汚泥法と比較して 40%以上の汚泥発生率が削減できる。これにより、汚泥処理設備の処理規模（物理的処理規模およびライフサイクルコスト）の縮減も可能である。

§8 DHS ろ床の概要と特徴

DHS ろ床は、DHS 担体が充填されろ床部と、上部より最初沈殿池流出水を散水する散水部、下部で処理水を集める集水部から構成される。

ろ床部の構造は、従来の散水ろ床に類似するが、DHS 担体がスポンジ状であり、水と微生物を DHS 担体内部にも保持する。このため、処理の機構が従来の散水ろ床とは異なる革新的なものであり、以下の特徴を持つ。

- (1) 処理性能の安定性
- (2) 汚泥の減量化
- (3) 曝気不要で省エネルギー（ファンによる通気のみ）
- (4) 運転管理が容易

【解 説】

DHS ろ床の構造を図 2-10 に示す。DHS ろ床は散水部とろ床部、集水部から構成される。DHS ろ床は散水装置の寸法形状を基に複数の区画から構成される。散水部は流入水路を含み、先端には各区画に対して 1 組の散水装置が設置されている。ろ床部は各々の区画でユニットとなっており、DHS 担体が複数段充填されている。

本技術では、散水部から最初沈殿池流出水をろ床部に滴下させ、ろ床部を流下する際に大気中から酸素が取り込まれ、DHS 担体に保持された微生物によって有機物除去や硝化が行われる。

DHS 担体はスポンジ状の担体であり、充填された際に担体が圧縮されないよう、各々が円筒形格子状フレームに囲まれている。

DHS 担体は充填した際に自ずと担体間に空隙ができるため、気液接触がしやすく、通気抵抗も低い。また、従来の散水ろ床法で用いられるろ材（礫など）では、微生物（汚泥）はろ材表面に付着保持されるのみであるが、DHS 担体は、上述したとおりスポンジ状であるため、担体表面のみならず、担体内部にも汚泥が保持されるため、担体に保持される汚泥の濃度（担体容積当たりの汚泥量）は標準活性汚泥法反応タンクの汚泥濃度（反応タンク容積当たりの汚泥量）の 10～20 倍となる。このため、DHS ろ床反応タンク内に保持される汚泥量は標準活性汚泥法のそれよりも多い。DHS 担体の耐用年数は 15 年間であり、その間交換や補充が不要である。

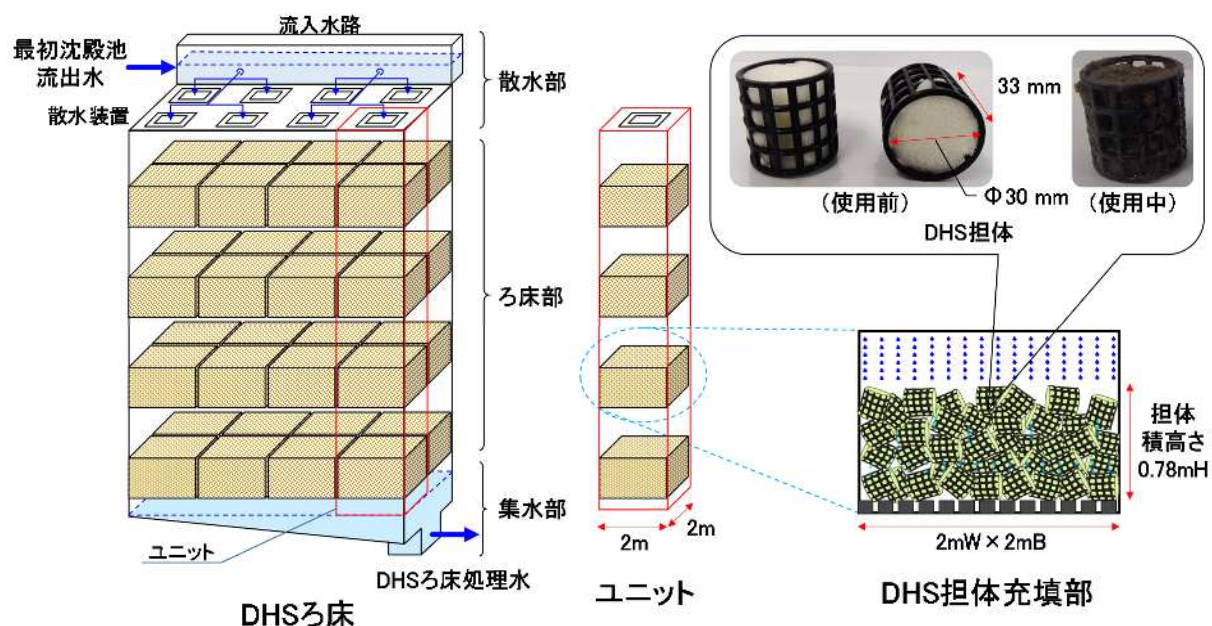


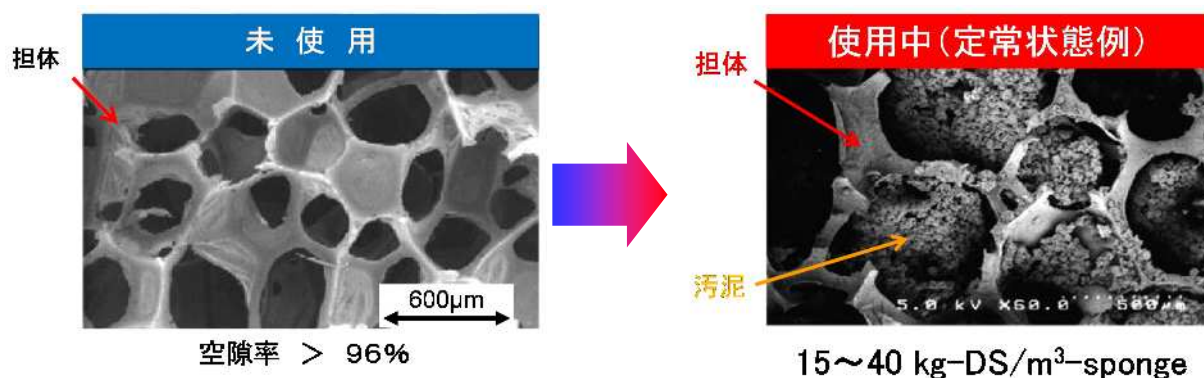
図 2-10 DHS ろ床の構造
(寸法は実証施設における例)

(1) 処理性能の安定性

従来の散水ろ床はろ材に保水機能がないため、供給された汚水は重力によって流下する。これに対して、DHS ろ床で使用される DHS 担体は、その 1 つ 1 つが表面張力によりスポンジ部全体で汚水を保持できる大きさ（ $\phi 30 \text{ mm} \times 33 \text{ mmH}$ ）となっている（1 つ 1 つの担体が大きいと部分的にしか汚水を保持できない）。また、DHS 担体はスポンジ部がフレームで囲われているため、DHS 担体を充填した際スポンジが圧縮されない。さらに、DHS 担体のフレームにより、スポンジ部同士が接しにくい構造となっているため、各々の DHS 担体のスポンジ部において表面張力が働き、DHS 担体全体が供給された汚水で満たされる。よって、DHS ろ床ではろ床部のスポンジ内部が満水となるので、汚水の供給量に応じた滞留時間が確保される。

また、DHS 担体は、スポンジ状でマトリックス構造（網目構造）をしている。担体の空隙率は 96% 以上で、固定できる微生物量がスポンジ容積あたり $15 \sim 40 \text{ kg-DS/m}^3\text{-sponge}$ （実証研究結果より）と高濃度汚泥を図 2-11²⁾のように年間を通して安定して保持することができる。

さらに、従来の散水ろ床では、微生物はろ材の表面にスライム様の膜状に付着するため、過大に肥厚したものが剥がれたり、生物膜内部が嫌気化しガスが発生することで剥がれ落ちたりして、ろ床を閉塞させる要因となっていた。しかし、DHS ろ床では、担体の網目構造の中で微生物が保持されることから、微生物が膜状にならず、一時に脱落してろ床を閉塞することがない。

図 2-11 DHS ろ床担体内部の拡大図²⁾

以上より、DHS ろ床は、担体内部に安定して保持された高濃度汚泥と流入水との接触時間が保水性により確保され、かつ閉塞しないため、従来の散水ろ床法と比べて処理性能が高く、安定した処理水質を得ることができる。

(2) 汚泥の減量化

DHS 担体内の汚泥濃度は年間を通して高濃度を維持し、SRT が約 150 日以上と長い（実証研究結果より）。このため、汚泥の自己酸化が進むことにより、流入 SS 当りの汚泥転換率（=DHS ろ床処理水中 SS／最初沈殿池越流水中 SS）は 0.4 と低く、汚泥発生量を削減することができる。

(3) 曝気不要で省エネルギー

DHS ろ床は散水ろ床と同様に曝気が不要である。処理対象水への酸素供給概要図を図 2-12 に示す。図 2-12 に示すとおり、DHS ろ床では、①空気と DHS 担体の界面、ならびに、②DHS 担体間を流下する水滴表面より、効率的に水中に酸素が供給される。ただし、DHS ろ床は環境対策として、臭気やろ床バエの飛散防止のために密閉構造としており、DHS ろ床内へ酸素を供給するために、ファンによる通気は必要となる。また、DHS ろ床では最初沈殿池越流水の位置エネルギーが消費されるため、一般的に DHS ろ床処理水を後段の処理工程に移送するために、揚水ポンプ（DHS ろ床処理水移送ポンプ）が必要となる。

DHS ろ床で使用する電動機器は、通気ファンと揚水ポンプのみであり、電力使用量が標準活性汚泥法と比べて少なく、図 2-13 のように電力使用量の削減効果も高い。また、上述したとおり、汚泥発生量が削減されることから、汚泥処理施設における電力使用量も低減する。

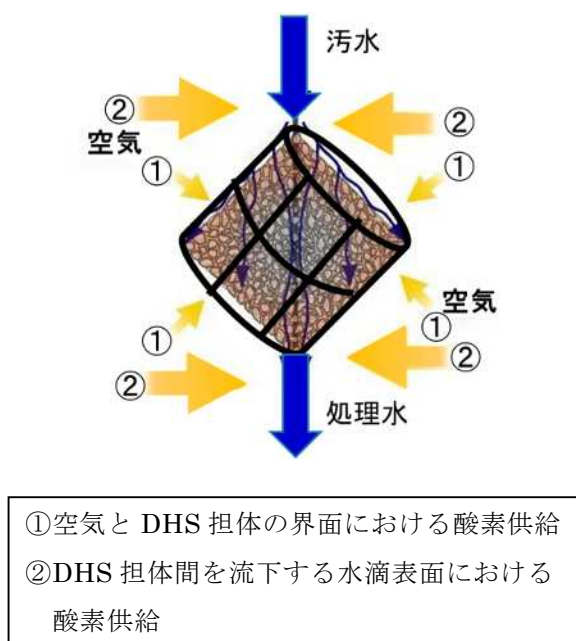


図 2-12 処理対象水への酸素供給概要図

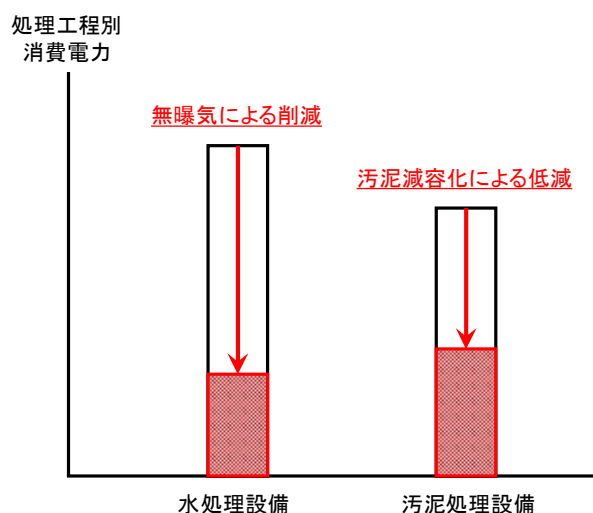


図 2-13 本技術の導入による消費電力の低減効果イメージ

（４）運転管理が容易

標準活性汚泥法との比較

DHS ろ床は、生物膜法であるため、標準活性汚泥法で必須となる MLSS 濃度管理が不要であり、DHS 担体内の汚泥濃度は年間を通して $15 \sim 40 \text{ kg-DS/m}^3\text{-sponge}$ の範囲で安定しているため、DHS ろ床の運転管理においては、水処理に関する運転管理の経験がなくとも、安定した処理水質を得ることができる。

また、標準活性汚泥法等の浮遊生物法では、最終沈殿池における活性汚泥の固液分離の管理が必要であるが、本技術は、生物膜法であるため、活性汚泥の固液分離と返送汚泥の管理（最終沈殿池）が不要である。

その他、担体の洗浄が必要なく、一年を通して通気量が一定であるため、初期調整後は異常時を除き基本的に運転操作がなく、標準活性汚泥法と比較して運転管理が容易である。

散水ろ床法との比較

従来の散水ろ床法では、安定して良好な処理性能を得るためには、処理水の循環が必要であった（高速散水ろ床法）。これに対して、DHS ろ床では、上述したとおり、処理性能が高く、安定した処理水質を得られることから、処理水の循環は不要である。したがって、DHS ろ床は従来の散水ろ床法よりも維持管理が容易である。

§9 生物膜ろ過施設の概要と特徴

生物膜ろ過施設は、下向流の移動床式の生物膜ろ過槽であり、担体によるろ過と担体表面に付着した微生物による生物処理を同時に行う。また、間欠的にエアリフト洗浄を処理と並行して行うことが可能なため、連続処理ができる。

【解 説】

生物膜ろ過施設は、DHSろ床処理水に残存するSSや溶解性有機物の除去、アンモニア性窒素の硝化を行うことにより、システム全体として安定した処理水質を維持するために、DHSろ床後段に設置するものである。生物膜ろ過施設は分配槽と生物膜ろ過槽から構成される。生物膜ろ過槽は既存反応タンク躯体の大きさに合わせて、複数の区画から構成される。また、生物膜ろ過槽（図2-14参照）は、二次処理用として実績を有する移動床式好気性リアクター（移動床式好気性ろ床法）である。

生物膜ろ過槽では、特殊担体によるろ過と担体表面に付着した微生物による好気性処理が同時に行われる（図2-15参照）。また、従来の固定式の生物膜ろ過では、定期的に逆洗が必要になるが、本技術の生物膜ろ過槽は間欠的にエアリフト洗浄を処理と並行して行うことが可能なため、連続処理が可能である。担体は15年間交換不要であるが、減耗するため、定期的にろ層高さを確認し、必要に応じて補充する。

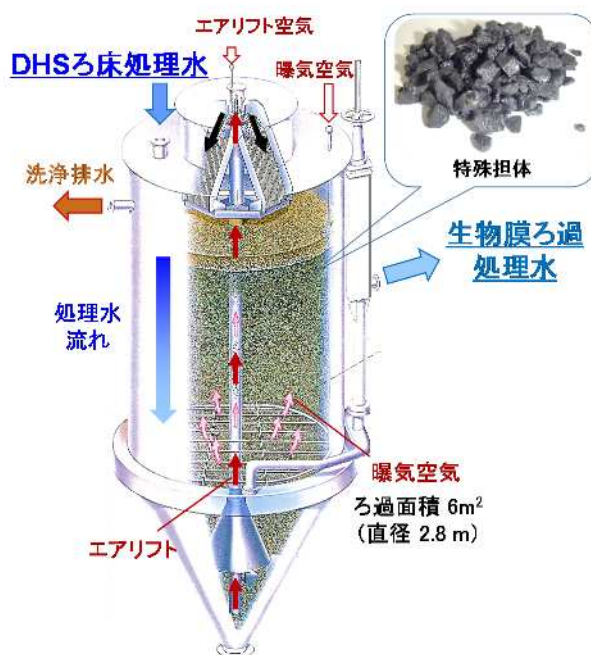


図 2-14 生物膜ろ過槽全体図

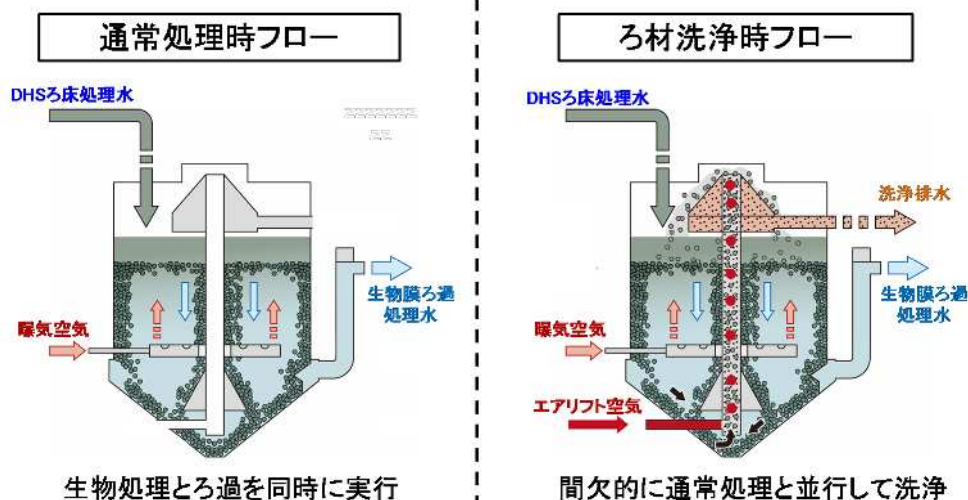


図 2-15 通常処理時および担体洗浄時のフロー図

§ 10 技術の適用条件

本技術は、計画放流水質が BOD で 10 mg/L を超え、15 mg/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が必要な下水処理場は適用対象外である。

本技術は、標準活性汚泥法等の既存施設の改造，ならびに，水処理施設の新設または増設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。したがって、窒素・りん除去を目的とする高度処理が必要な下水処理場は適用対象外である。

また、本技術により確保される放流水質の範囲は標準活性汚泥法の区分の計画放流水質と同等であるため、現在、放流先の状況等により BOD10mg/L 以下で運転を行っている処理場等、導入対象の処理場によっては、今後管理していく放流水質の設定に留意する必要がある。

（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。なお、実証設備試験における各種水質の最高濃度は BOD 257mg/L、SS 397 mg/L、T-N 43 mg/L および NH₄-N 33 mg/L であった。

（３）流入水温

流入水温が 15.0℃未満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。

実証設備試験では流入水温日平均の最低が 16.1℃(時間平均は 10.6℃まで低下)となったが、処理性能への影響はなかった。また、小型実験装置を用いた実験より、流入水温日平均 15℃（13.4～16.4℃）では処理水 BOD は 15mg/L 以下であることが確認された。

したがって、流入下水の温度が 15℃を下回る地域への導入を検討する場合は、本ガイドラインとは別に十分な検討が必要である。なお、本技術では DHS ろ床における BOD 容積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いる。低水温（15.0℃未満）での適用にあたっては、BOD 容積負荷と処理水質との関係について、現地実験などにより確認する必要がある。

（４）流入水量

本技術は標準活性汚泥法の既存土木躯体を活用することを基本としており、この場合、標準活性汚泥法よりもライフサイクルコスト削減効果が認められる処理場の流入水量規模は概ね日

最大水量 5,000 m³/日以下である。なお、本技術を適用する際に土木躯体の新設から行う場合には、HRT が短いという本技術の特徴から、標準活性汚泥法よりも躯体容量も小さくすることができるため、日最大水量 5,000 m³/日より規模が大きい下水処理場においても、標準活性汚泥法に比べてライフサイクルコスト削減効果が見込まれる。ただし、適用範囲の上限付近の水量での適用にあたっては、現地調査等にもとづく詳細検討が必要である。なお、本技術導入によるライフサイクルコストの削減効果の検討については、§ 17 を参照のこと。また、雨天時浸入水に対しては、必要に応じて流量調整機能を設ける。

(5) 既存施設の構造と求められる条件

既存施設へ本技術を導入する場合における既存施設の構造と求められる条件を以下に示す。

なお、以下の条件を満たさない場合においても、実証設備（資料編 1 参照）のように屋外設置が可能である。その場合は、最初沈殿池から DHS ろ床への汚水移送に移送ポンプが必要となり、その分使用電力量が増加することになるものの、設置面積さえ確保できるのであれば、設置が可能である。

①反応タンクの有効水深

既設反応タンクに本技術を導入する場合、反応タンクの必要有効水深は、DHS ろ床のろ床部の段数により異なり、3 段では約 3 m 以上、4 段では約 4 m 以上必要である。そのため、有効水深が 3～4 m の場合は、3 段で設置することになるが、4 段と比べると同じ BOD 負荷を処理するのに必要なる床面積が増加することとなる。

②躯体強度

本技術の適用により、荷重の掛かり方が変わる。躯体に掛かる総荷重は既存施設と比べて軽量となるものの、主に DHS ろ床脚部に点荷重として掛かる。したがって、躯体の構造計算上問題がない、もしくは補強などにより問題がない状態とすることが条件となる。

③反応タンクの水理学的滞留時間（HRT）

本技術の DHS ろ床と生物膜ろ過施設を既存反応タンク内に設置する条件として、ダウンサイジング後の日最大汚水量における既存反応タンクの HRT（次式参照）がある。

$$\text{HRT}[\text{時間}] = \frac{\text{既存反応タンク有効容量}[\text{m}^3]}{\text{日最大汚水量(ダウンサイジング後の計画値)}[\text{m}^3/\text{日}]} \times 24[\text{時間}/\text{日}]$$

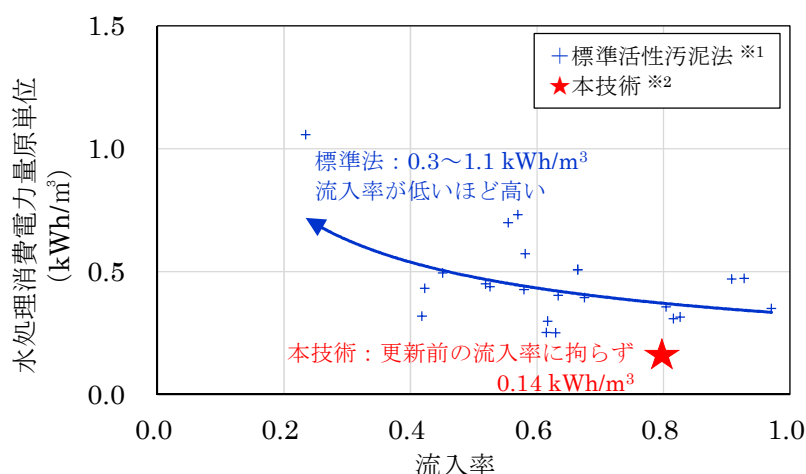
反応タンクの流入 BOD 濃度と既存反応タンクの有効水深より、DHS ろ床と生物膜ろ過施設を既存反応タンク内に設置可能となる HRT が異なる。詳細は第 3 章第 1 節 § 16 に示す。

(6) 適用が推奨される下水処理場

本技術は、上記の(1)～(5)を満足する場合、適用が可能である。その中でも、以下に示すような下水処理場において導入効果が発揮されるため、本技術の適用が特に推奨される。なお、本技術は、人口減少に伴う流入水量減少によるダウンサイジングを可能とする技術であるが、人口減少が見込まれない地域にある下水処理場に対しても適用が可能である。

①現段階において流入率が低い下水処理場

処理水量 1 m^3 当りの水処理に要する消費電力量（以下、「水処理消費電力量原単位」とする）は、流入率の影響が大きく、流入率が低くなるほど高くなる。標準活性汚泥法の水処理消費電力量原単位は流入水量 $2,000 \sim 4,000 \text{ m}^3/\text{日}$ の場合 $0.3 \sim 1.1 \text{ kWh/m}^3$ 程度の範囲にある(図 2-16 参照)。本技術は、現状の流入水量に応じた適切な処理規模に更新が可能である。更新時の日最大汚水量と日平均汚水量の比を 0.8 とした場合、水処理消費電力量原単位は更新前の流入率に拘らず 0.14 kWh/m^3 （後述の図 2-20 参照）であり、更新前の標準活性汚泥法の流入率が低いほど消費電力量削減効果が大きくなる。



※1 標準活性汚泥法のうち、流入水量が $2,000 \sim 4,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 、濃縮方式が重力濃縮、消化を行っていない施設

※2 本技術の更新時の処理規模における日最大汚水量と日平均汚水量の比は 0.8 を想定

図 2-16 流入率と水処理消費電力量原単位の関係

使用電力量削減による電力費削減のほか、運転管理の簡素化による運転管理費の削減、汚泥発生量削減による汚泥処理・処分費の削減といった費用削減効果がある。

その他、省エネルギーの観点から地球温暖化対策の推進など複合的な効果もある。

②今後人口減少に伴い、流入率が低下すると予測される下水処理場

標準活性汚泥法では、流入率の低下に伴って下水処理原価が増加する。一方、本技術では標準活性汚泥法より流入率の低下に対する使用電力量の追従性が高いため、下水処理原価の増加が低く抑えられる。

したがって、今後の人口減少率が大きく、大幅な流入率の低下が予測される下水処理場ほど、導入効果が顕著である。

③維持管理体制のスリム化や汚泥発生量の削減を行いたい下水処理場

標準活性汚泥法では、運転管理項目が多く、かつ、日常的にその管理が必要であるため、常駐管理が基本であり、流入水量が減少しても維持管理工数を削減することが困難であった。本技術は運転管理項目が少なく、維持管理が容易なため、週2回の巡回管理が可能であり、維持管理工数の削減が可能である。また、本技術は、汚泥発生率が0.6と低く、脱水汚泥の含水率も70%程度と低いため、脱水汚泥発生量を標準活性汚泥法と比べて大幅に削減することができる。これに伴い、脱水汚泥処分費の削減が可能である。その他、汚泥処理に係る維持管理工数や使用電力量、脱水で使用する高分子凝集剤使用量の削減も可能である。

以上のように、本技術は標準活性汚泥法より維持管理コストを大幅に削減することができる。

(7) 導入時期

本技術導入の時期としては、水処理設備の更新時期が到来したときが望ましい。また、既存の土木躯体が活用できる場合も、土木躯体の更新または増設を計画する場合も適用が可能である。

・水処理設備の更新時期が到来し、既設の土木躯体が活用できる場合

機械設備の更新時期において、本技術を導入する場合、既設の土木躯体を活用することで、ライフサイクルコストが軽減される場合がある。本技術は構成する機器点数が少ないため、導入後は補修・点検費も軽減される。

・土木躯体の更新または増設を計画する場合

DHSろ床および生物膜ろ過施設は、同規模の標準活性汚泥法の反応タンクと同等の土木躯体容量となる。したがって、既設土木躯体を更新し、新たに構築する場合や、土木躯体の増築を行う場合には、最終沈殿池の土木躯体が不要となる分、建設費の削減が見込める。このケースは、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。

§ 11 導入シナリオ

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) 流入水量の減少などにより反応タンクの稼働池数が1池となり、流入率が低い状態で運用しており、かつ、今後も流入水量の減少が見込まれる、反応タンクが2池以上ある標準活性汚泥法施設を更新する場合
- (2) 反応タンクが1池しかなく、今後流入水量の減少が見込まれる標準活性汚泥法施設の更新時に、躯体を含めて更新する場合

【解 説】

本技術は既存施設が標準活性汚泥法の場合、既存施設の反応タンク内に DHS ろ床と生物膜ろ過施設を基本的に設置可能である。また、標準活性汚泥法に比較して、消費電力量や汚泥発生量が少ないことに加えて、運転管理が容易であり、巡回管理も可能であるため、維持管理費を縮減することができる。

本技術の導入が有効と考えられる典型的なシナリオの例を以下に示す。

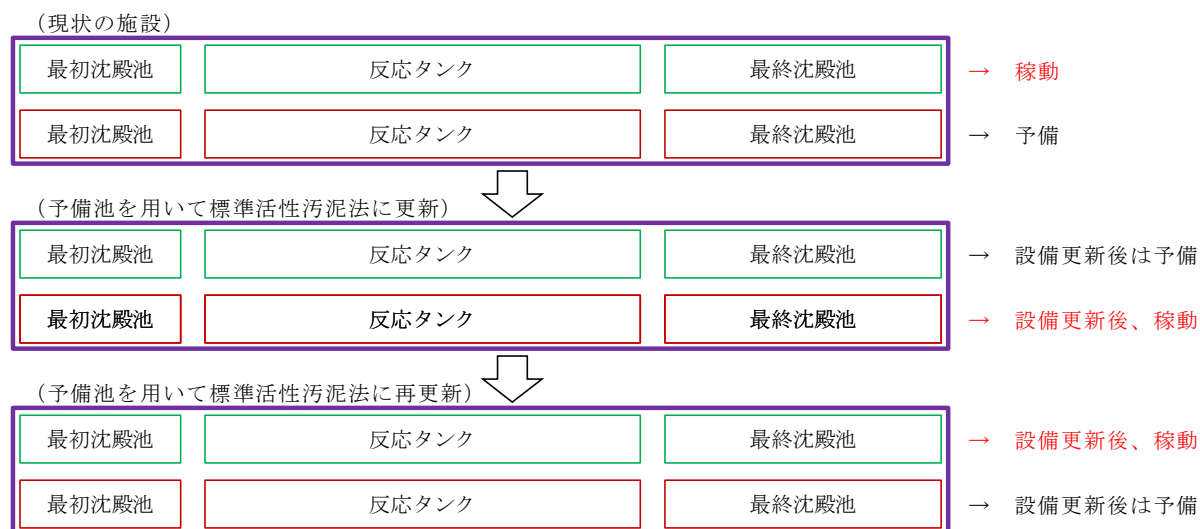
シナリオ（1）について

本シナリオにおける本技術導入によるダウンサイジング効果のイメージを図 2-17 に示す。なお、土木躯体は更新しないものとした。また、更新および再更新は設備停止ができないため、予備池または予備区画を用いて行うものとした。

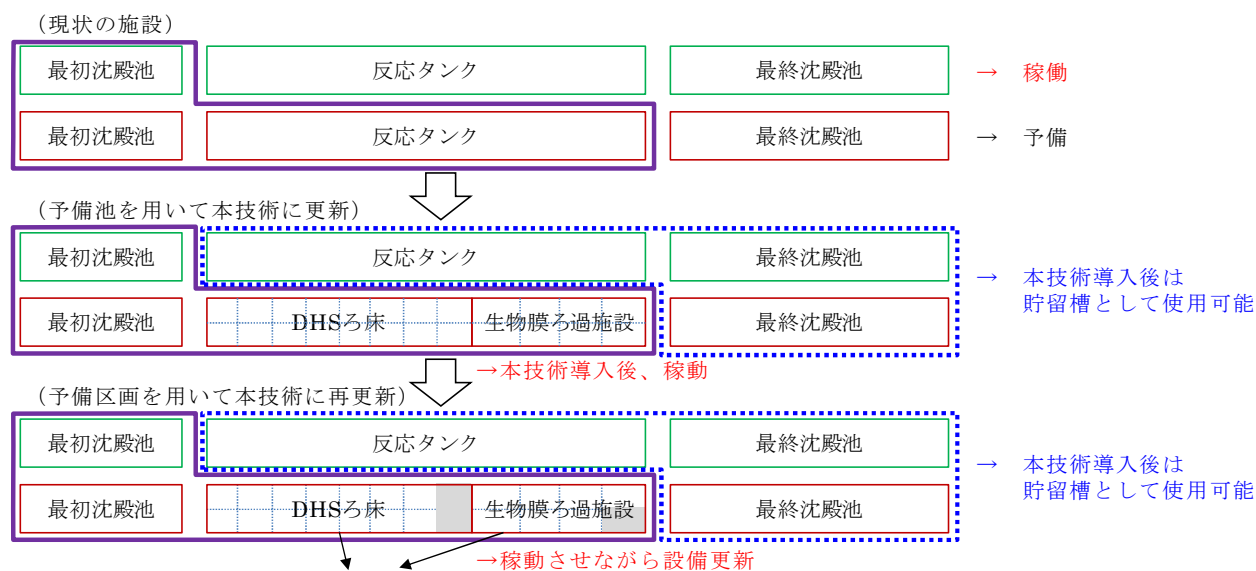
現状施設容量に対する流入率が低い標準活性汚泥法施設を更新する場合、各施設容量が過大となっており、土木躯体形状の制約により、処理規模の縮減や消費電力量の削減が困難である。また、機器点数の削減や管理項目の削減も困難なため、運転管理に必要な作業工数の削減も困難である。さらに、再更新する場合も同様の課題がある。

本技術を導入する場合、実際の流入水量に合せた処理規模への縮減が可能である。流入水質と既存躯体の有効水深にもよるが、既設反応タンクにおける HRT（導入時に使用する反応タンク容量に対する実際の流入水量での滞留時間）が 8 時間以上（後述の表 3-1 参照）であれば、反応タンク内に DHS ろ床と生物膜ろ過施設を設置できる可能性がある。機器点数や管理項目が少なく、かつ運転管理が容易で巡回管理も可能なため、維持管理費を縮減することができ、維持管理者の確保も容易となる。標準活性汚泥法と比べて消費電力量や汚泥発生量も少ない。その結果、本技術導入により、ライフサイクルコストの削減が可能となる。さらに、再更新する場合も、そのときの流入水量に応じた処理規模への縮減が可能のため、更なるライフサイクルコストの縮減が可能である。

更新および再更新を含めたライフサイクルコストの推移を図 2-18 に示す。本技術は、標準活性汚泥法に比べてライフサイクルコストの削減が可能であり、流入水量に対する追従性も高い。



(a) 標準活性汚泥法



流入減少により生じる予備区画を活用して池内での再更新が可能(更新のために別の池を使用する必要が無い)

(b) 本技術

- ※ ■ : 予備区画, □ : 既存水処理躯体系列 1, □ : 既存水処理躯体系列 2,
□ : 将来必要となる水処理躯体範囲, □ : 貯留槽として使用可能な躯体範囲
※ いずれの場合も土木躯体は更新しない

図 2-17 本技術導入によるダウンサイジング効果のイメージ (シナリオ (1))

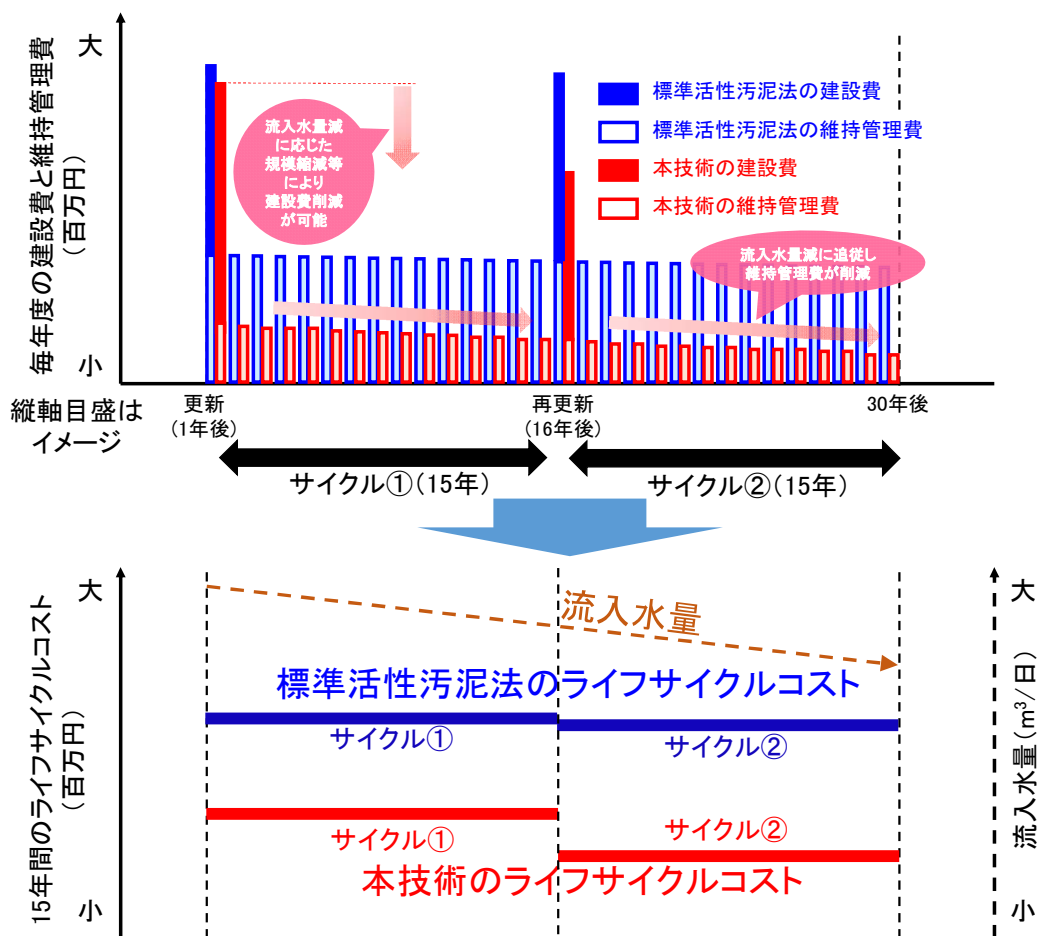


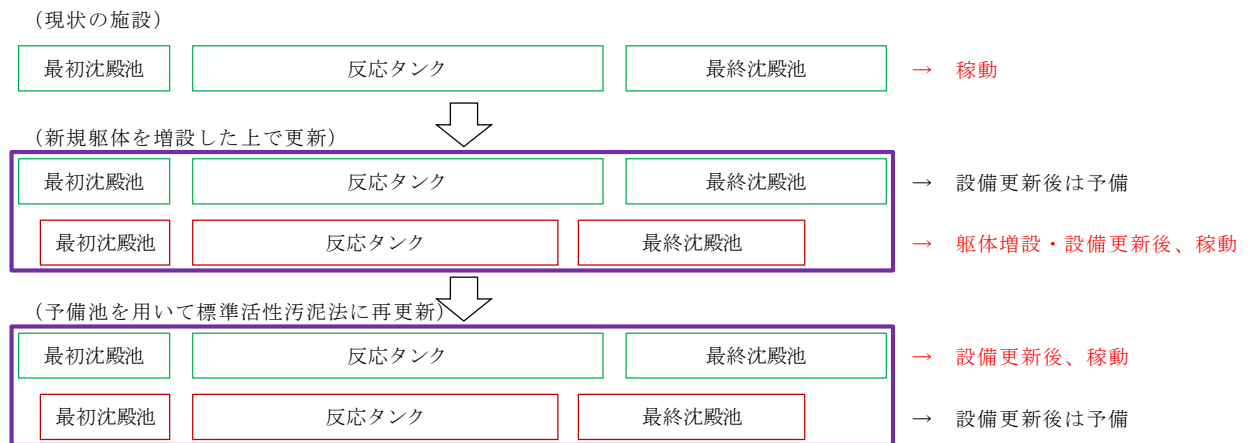
図 2-18 設備更新サイクル（15 年間）におけるライフサイクルコストのイメージ

シナリオ（2）について

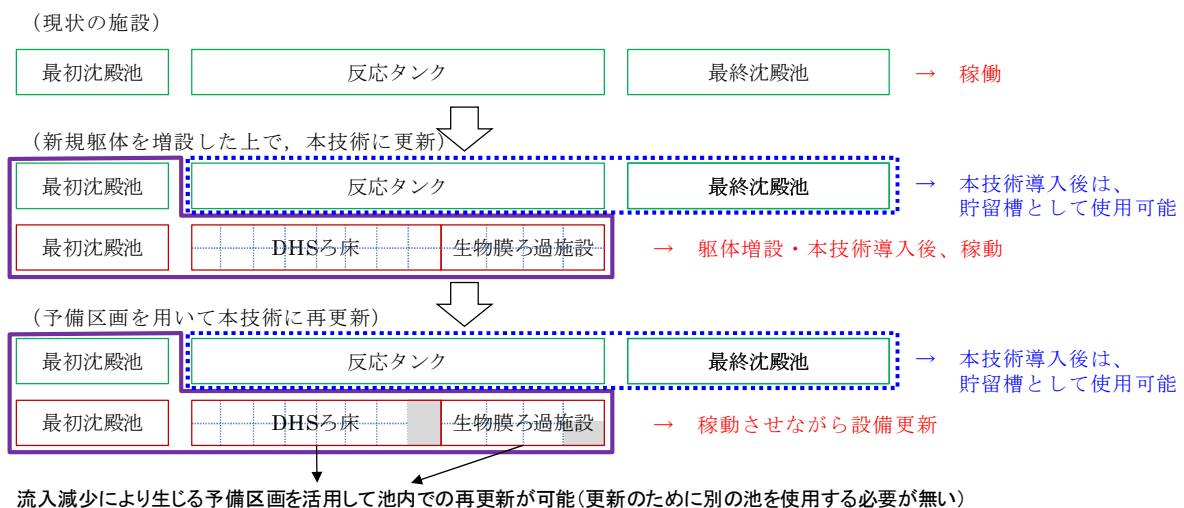
本シナリオにおける本技術導入によるダウンサイジング効果のイメージを図 2-19 に示す。なお、更新および再更新は設備停止ができないため、予備池または予備可能な区画を用いて行うものとした。

標準活性汚泥法施設では、更新に合わせて処理規模を縮減することができる。しかし、躯体単位の縮減がなければ、増築後の流入水量減少に伴う消費電力量の削減はわずかにとどまる。また、機器点数の削減や管理項目の削減、運転管理に必要な作業工数の削減も困難である。さらに、再更新時に元の躯体を流用するか、新たに躯体を含めて更新するかを選択することになるが、元の躯体を流用する場合、流入率が低くなるため、維持管理費の削減が難しい。

一方、本技術を導入した場合、更新に合わせて適正な処理規模の施設を増築することができる。この際、標準活性汚泥法施設より施設容量が小さいため、土木に関する建設費を削減することができる。また、シナリオ（1）と同様に増築時・再更新時ともにライフサイクルコスト削減などの効果を得ることができる。



(a) 標準活性汚泥法



(b) 本技術

※■：予備区画，□：既存水処理躯体系列，□：新規水処理躯体系列，
□：将来必要となる水処理躯体範囲，□：貯留槽として使用可能な躯体範囲

図 2-19 本技術導入によるダウンサイジング効果のイメージ（シナリオ（2））

第2節 実証研究に基づく評価の概要

§ 12 技術の評価項目と評価方法

本技術の実証研究における評価項目を以下に示す。

(1) 処理水質の安定性

処理水 BOD とそのばらつきの評価

(2) 使用電力量

モデル設計範囲における本技術の日平均汚水量における水処理消費電力を実証研究に基づき消費電力原単位として算出

(3) 汚泥発生率

汚泥発生率の評価

(4) 維持管理の容易性

運転管理頻度の評価

(5) ダウンサイジング性能

モデル設計におけるライフサイクルコストについて実証研究データに基づいて算出し、年費用として標準活性汚泥法と比較

(6) 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設備が収まるか検討

【解 説】

本技術の評価するにあたり、処理能力に対して流入水量が減少した標準活性汚泥法施設において、日最大汚水量を全量処理する施設にダウンサイジングし、処理場に流入する下水全量を実証施設にて処理を行うことにより、各種調査および試算を行った。

(1) 処理水質の安定性

計画放流水質に関する項目として、以下の水質分析頻度で処理水の BOD を測定した。

日間平均：週 2 回の頻度で 24 時間サンプリングによるコンポジット試料を分析

日間変動：通日試験を年 4 回の頻度で 2 時間毎にサンプリングした試料を分析

年間を通して収集されたデータより、計画放流水質基準に適合するか検証した。

(2) 使用電力量

使用電力量は、最初沈殿池から DHS ろ床、生物膜ろ過施設までの使用電力量であり、消毒施設やその他付帯施設は含まない。実証施設のモデル設計範囲に設置した電力計と流量計の値から、水処理使用電力量原単位を算出することにより評価した。

（３）汚泥発生率

実証施設にて流入下水全量処理開始後の、処理場への流入下水中の固形物乾燥重量に対する放流水中の固形物乾燥重量と搬出された脱水汚泥の固形物乾燥重量の和の比率から、汚泥発生率を算出することにより評価した。なお、本実証研究では、放流水中の固形物乾燥重量は生物膜ろ過処理水中の固形物乾燥重量の値を用いた。

（４）維持管理の容易性

本技術の運転管理マニュアルにより、週２日の巡回監視で運転管理ができることを検証した。

（５）ダウンサイジング性能

本技術と標準活性汚泥法のモデル設計（ $3,000\text{m}^3/\text{日}$ 規模の標準活性汚泥法施設を流入水量 $1,000\text{m}^3/\text{日}$ に縮減して更新，更新後 15 年間で 2 割水量減少）におけるライフサイクルコストを比較し，本技術導入に伴うライフサイクルコストの削減効果や，導入後流入水量減少に伴い導入効果が大きくなることを検証した。試算条件の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」による。

（６）既設改造の可否

本技術を，標準活性汚泥法の土木施設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。

§ 13 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) 処理水質の安定性

本技術の処理水 BOD は、一年間を通じて安定して 15 mg/L 以下であることを確認した。(平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日)

(2) 使用電力量

計画日平均汚水量における消費電力量が 0.14 kWh/m³であることを確認した。(平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 2 月 9 日)

(3) 汚泥発生率

汚泥発生率が 0.4 であることを確認した。(平成 29 年 7 月 1 日～平成 30 年 1 月 31 日)

(4) 維持管理の容易性

1 年間を通し運転において、週 2 日の巡回監視で維持管理可能であることを確認した。(平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日)

(5) ダウンサイジング性能

以下のことを確認した。

- a) 本技術導入時に、流入水量減少に応じた処理規模の縮減が可能
- b) 本技術導入後に、流入水量減少に追従して使用電力量の削減が可能
- c) 将来の再更新時にさらに処理規模を縮小することで ライフサイクルコストの削減が可能

(6) 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。

【解 説】

(1) 処理水質の安定性

実証施設における流入下水および処理水の日間平均および日間変動の結果を図 2-20 に示す。

図 2-20 (a) のとおり、日間平均は 1 年間を通じて処理水 BOD は 15 mg/L を満足した。また、図 2-20 (b) のとおり、季節毎に年 4 回行った日間変動についても、処理水 BOD は 15 mg/L を満足した。

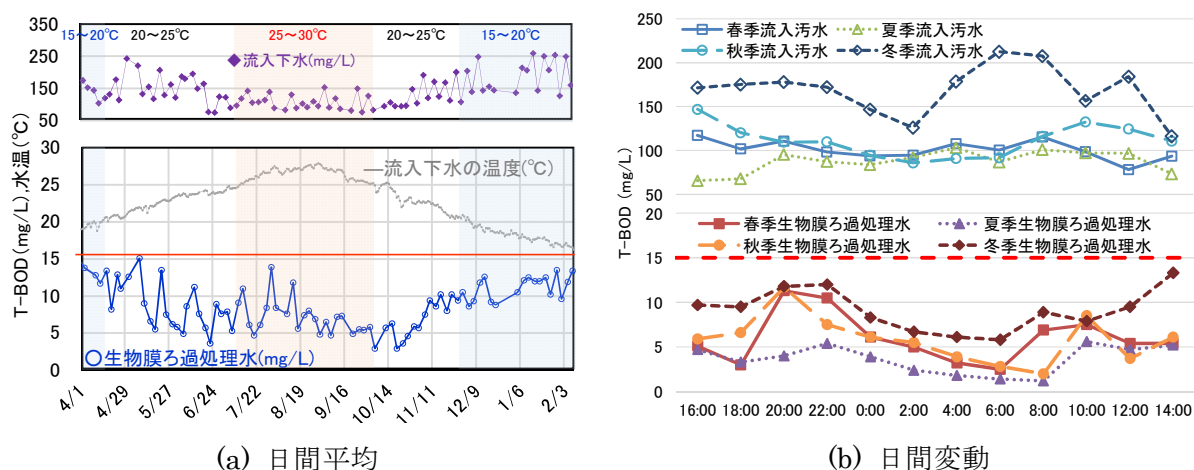


図 2-20 流入下水および処理水 BOD の推移

(2) 使用電力量

実証研究期間中の本技術の水処理電力原単位を図 2-21 に示す。本技術の水処理電力原単位は日平均汚水量相当（流入率 0.8）において、 0.14 kWh/m^3 であった。これは、同規模・同流入率の標準活性汚泥法の水処理電力原単位（ 0.37 kWh/m^3 ）と比べると、62%の削減率である。

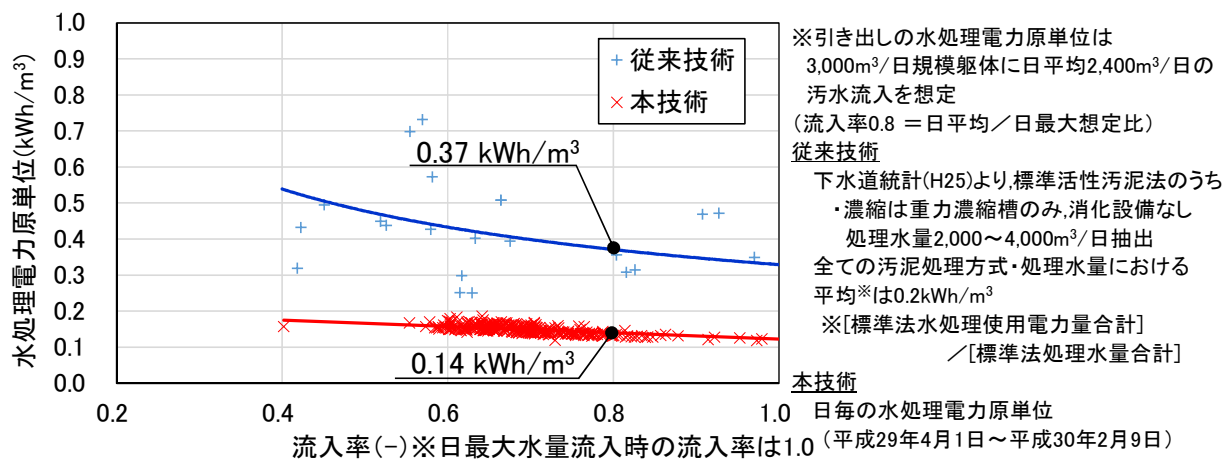


図 2-21 水処理電力原単位

(3) 汚泥発生率

実証施設にて流入下水全量処理開始後の汚泥発生率が、資料編の実証研究結果に示すとおり 0.4であることを確認した。ただし、設計値としては季節変動を考慮し、0.6とした。

(4) 維持管理の容易性

本技術の運転操作は基本的に流入水温に応じて可能であり、第5章維持管理に示す運転管理

方法により、週2日の巡回監視で運転管理ができることを確認した。

(5) ダウンサイジング性能

本技術と標準活性汚泥法のモデル設計（3,000m³/日規模の標準活性汚泥法施設を流入水量1,000m³/日に縮減して更新，更新後15年間で2割水量減少）の結果，本技術導入に伴うライフサイクルコストの削減効果は37%と試算された。また，本技術導入からさらに15年後の再更新時にはライフサイクルコストの削減効果が43%になると試算され，流入水量減少に伴い導入効果が大きくなることが示された。試算結果の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」による。

(6) 既設改造の可否

標準活性汚泥法の既存反応タンク躯体（滞留時間8時間）に本技術のDHSろ床および生物膜ろ過施設を導入すると仮定して，既設改造による導入可否について検討した。

その結果，流入率や既存反応タンク有効水深，流入下水BODに拘わらず，DHSろ床は既存反応タンク躯体内に設置することができることが確認された。ただし，後述の表3-1に示すとおり，生物膜ろ過施設は条件によっては，既存反応タンク外に設置する必要があることが確認された。