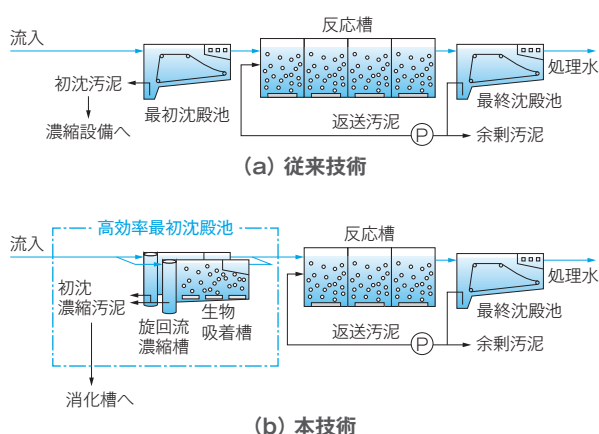


# 高効率最初沈殿池による下水エネルギー回収技術

松田 祐毅 Yuki Matsuda  
Lai Minh Quan  
福崎 康博 Yasuhiro Fukuzaki  
三溝 正孝 Masataka Mitsumizo

キーワード 水の最適処理, 微生物研究, 国土交通省

## 概要



従来技術と高効率最初沈殿池（本技術）を導入した処理フローの比較

高効率最初沈殿池は、微生物によるバイオソープションを活用し、下水処理での有機物回収効率を向上させることを最大の特長とする新技術である。本技術は、消化ガス発電による創エネと、曝気動力の削減及び機械動力設備の削減による省エネを両立する技術である。実証試験では、消化ガス発生量が8.8%増加し、消費電力が69%削減された。さらに、放流水質が基準を満たすことを実証し、本技術の導入で反応タンクの生物処理が乱されないことも確認した。本技術を下水処理の脱炭素化に資する新たな処理方式として普及展開するため技術開発を進めている。

## 1 まえがき

近年、化石燃料の大量消費によって発生する二酸化炭素などの温室効果ガスが起因と考えられている異常気象が多発している。この影響で、世界各地で甚大な被害をもたらす、経済的損失も年々拡大している。この状況を改善するには、従来の経済活動を見直し、カーボンニュートラルな方法へ転換することが社会の重要課題である。

下水処理の分野でも、脱炭素化に向けた取り組みが進められている。従来の活性汚泥法では、流入下水中の有機物を分解するために大量の空気を供給する曝気に膨大なエネルギーを消費していた。一方、下水から回収される汚泥は、バイオマスとしてエネルギーに転換できる資源であるため、処理方法の見直しが進められている。下水に含まれる有機物は、嫌気性汚泥消化によるメタン発酵を経て生成

されるガスを用いて、消化ガス発電に活用される。この目的のために、下水中の有機物回収を促進する技術の一つとして「高効率最初沈殿池」がある。本稿では、この技術の特徴と、大阪市との共同研究による実証試験の取り組みについて紹介する。

## 2 高効率最初沈殿池の特徴<sup>(1)</sup>

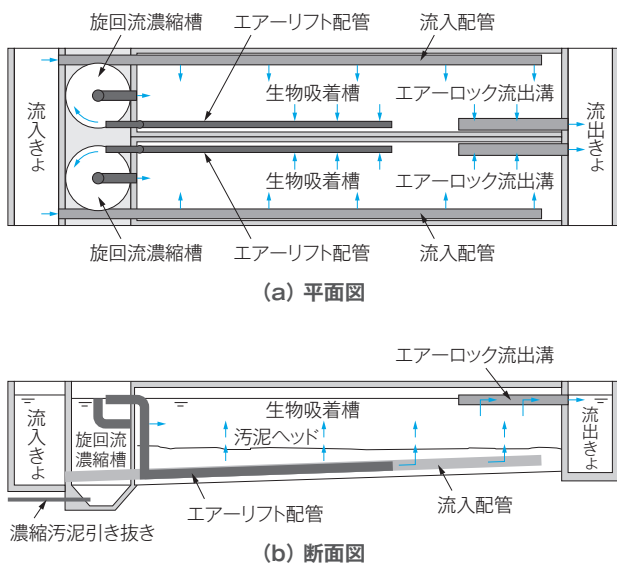
従来の最初沈殿池では、重力沈降によって固形性有機物が主に除去されていたが、高効率最初沈殿池では、溶存態有機物の一部も除去・回収できる点が特徴である。本技術では、滞留時間（HRT）、汚泥滞留時間（SRT）、及び曝気による溶存酸素（DO）条件を調整して運転する。運転条件によって、流入下水中の細菌が菌体表面に分泌する粘着性物質の生成を促進し、固形性及び溶解性有機物を生物吸着する「バイオソープション」と呼ばれる反応を活用する。

生物吸着後、有機物が活性汚泥中で分解されないように滞留時間と曝気量を制限し、分解を最小限に抑制する。下水中の有機物を汚泥としてより多く回収し消化槽に送る。これによって、消化ガスの発生量が増加し、ガス発電によるエネルギー回収が促進される創エネ効果が達成される。さらに、有機物の回収によって後段に流下する有機物量が減少するため、反応槽での生物処理に必要な酸素量が減り、曝気に必要な動力も削減され、省エネ効果も見込まれる。

また、高効率最初沈殿池は旋回流濃縮槽を備え、汚泥を高濃度で引き抜くことができる。そのため、既存の濃縮設備を省略でき、省スペース化が図られる。また、空気によって水と汚泥の流れを制御する。そのため、掻寄機やスカムスキマー、初沈汚泥引き抜きポンプなどの機械動力が不要で、省動力かつ省メンテナンスな技術であるという利点もある。

### 3 高効率最初沈殿池の構成と処理方法<sup>(2)</sup>

第1図に高効率最初沈殿池の概略平断面構成を示す。高効率最初沈殿池は、2水路の最初沈殿池を一組とし、既存の最初沈殿池の入口にある汚泥ピット部分を旋回流濃縮槽、後段部分を間欠曝気できる



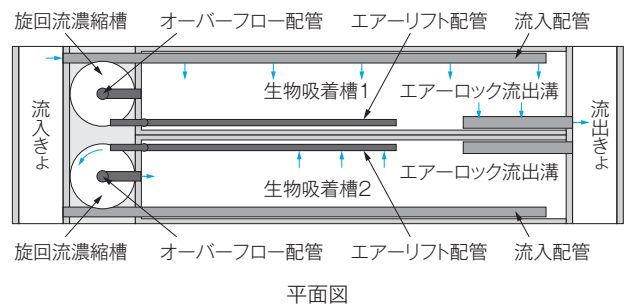
第1図 高効率最初沈殿池の概略平断面構成

2水路の最初沈殿池を一組とし、入口の汚泥ピットを旋回流濃縮槽、後段を間欠曝気できる生物吸着槽へ改修し導入する。

生物吸着槽として構成される。既設の土木構造を活用できるため、レトロフィットの手法で必要な設備を構築できる。汚泥ピットを旋回流濃縮槽として生物吸着槽と分離するために隔壁を設け、個別の水槽として機能させる。隔壁は流入配管やエアリフト配管の布設ができるよう設計されており、旋回流濃縮槽の形状を円筒形に近づけるなど、施工時に既設躯体を活用しつつ、本技術の特性が十分に発揮されるよう改築が行われる。既設の汚泥ピットの形状や配管ルートを利用して汚泥引き抜きができるよう、既設汚泥配管を更新し、濃縮汚泥引き抜き配管を設けることで施工費の低減が図られる。

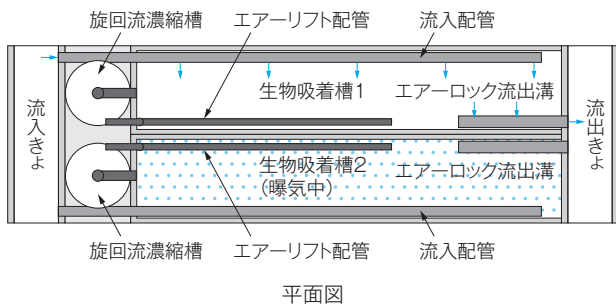
次に、高効率最初沈殿池の処理方法を示す。下水の流入はエアロック流出溝により制御される。2水路の生物吸着槽のうち、一方のエアロック流出溝内を曝気空気で加圧し、内部の越流堰高さから水面を押し下げることで流出をロックする。他方のエアを開放してロックを解除することで通水状態となり、エアロックによって下水を通水する池を交互に切り替える。

第2図に高効率最初沈殿池の運転の様子（生物吸着槽1流入）を示す。生物吸着槽1では、エアロック解除で処理水が越流し始めると同時に、下水が流入きよから流入配管を通じて生物吸着槽底部へ流入する。生物吸着槽内には汚泥が沈殿しており、下水は汚泥ベッド内に分散注入され、池内で上向流を形成する。この際、汚泥ベッドがフィルターのような効果を発揮し、下水中の固形物がろ過される。汚泥ベッド上方の上澄みは押し出され、エアロッ



第2図 高効率最初沈殿池の運転の様子（生物吸着槽1流入）

下水が流入きよから生物吸着槽1へ流入し、生物吸着槽2ではエアロック流出溝がロックされ、流入と流出が停止する。



第3図 高効率最初沈殿池の運転の様子（生物吸着槽2 曝気中）

生物吸着槽2では曝気によってバイオソープションが促進され、有機物が吸着される。

ク流出溝から流出きよへ処理水として排出される。

生物吸着槽2では、エアールック流出溝がロックされ流入と流出が停止した後に、エアールフトによる汚泥引き抜きが開始される。エアールフト配管の縦配管底部へ曝気空気を供給することでエアールフト流が生成され、汚泥ベッドの一部が生物吸着槽底部から引き抜かれ旋回流濃縮槽へ投入される。吐出流はここで旋回流を形成し、汚泥に回転力を与えることで付着ガスを分離し、水みちの形成を防止する。同時に、旋回流濃縮槽内の上澄みは中央のオーバーフロー配管から生物吸着槽へ返送される。これによって、旋回流濃縮槽内では上澄みの返送、重力沈殿、旋回流の各効果で汚泥が効率的に濃縮される。

第3図に高効率最初沈殿池の運転の様子（生物吸着槽2 曝気中）を示す。汚泥引き抜き後には生物吸着槽2で曝気が開始され、汚泥が完全混合状態となる。この際に供給される酸素は汚泥中の細菌で消費され、バイオソープションを促進し、有機物の吸着効果をも高める。一定時間後に曝気を停止し、有機物を吸着した汚泥を沈殿させて汚泥ベッドを形成する。

以上のサイクルを、流入・汚泥引き抜き・曝気・沈殿の各工程で繰り返すことで、本技術の基本的な処理が回分的に行われる。これを生物吸着槽1と2で交互に実施することで、高効率最初沈殿池全体としては連続的な下水処理ができる。このようにして、高効率最初沈殿池はエネルギー回収を促進する創エネ効果を得る。それと同時に、後段の生物処理への負荷を軽減し、反応タンクの省スペース化や曝気風量の低減による省エネ効果が達成される。



第4図 実証研究での高効率最初沈殿池

2水路ある生物吸着槽のうち、右側では下水流入中、左側では曝気中に汚泥への有機物吸着を行っている（第3図の状態）。

## 4 実証試験の成果

本技術は、2022年度に国土交通省の下水道革新的技術実証事業（B-DASH）に採択された。全国への普及展開を目的に、国土技術政策総合研究所の委託研究で大阪市と共同研究体を構成し、3年間の実規模実証研究を実施した<sup>(3)</sup>。実証研究では、既設の最初沈殿池の一池を対照系とし、同系列の別の池を高効率最初沈殿池として改修し、両者を比較する形で実証を行った。立ち上げ調整後、1年間の通年試験を実施し、処理特性・維持管理性について評価を行った。第4図に実証研究での高効率最初沈殿池を示す。評価項目として、消化ガス発電による創エネ効果を調べるため、汚泥消化試験（BMP試験）を通じて消化ガス発生量の確認を行った。また、後段の水処理への影響を評価するため、反応槽と最終沈殿池から構成されるパイロット試験装置を製作して、高効率最初沈殿池の処理水と従来最初沈殿池の処理水をパイロット試験装置へそれぞれ通水した。第5図にパイロット試験装置を示す。

これらの実証試験による主な成果は以下のとおりである<sup>(4)</sup>。

- ・初沈汚泥の有機性強熱減量物（VS）は、実験系において対照系より4.4%増加し、有機物回収量の改善が確認された。



第5図 パイロット試験装置

左側が実験系、右側が対照系である。それぞれ反応槽と最終沈殿池から構成され、高効率最初沈殿池からの処理水と従来の最初沈殿池からの処理水での水質処理性能を比較した。

- ・消化ガス発生量は、処理水量当たりで8.8%増加し、創エネ効果が示された。
- ・通年試験期間での処理性能は固形性有機物（T-CODCr）除去率30.5%、溶解性有機物（S-CODCr）除去率12.4%、浮遊物質（SS）除去率50.4%を達成した。特にSS除去は目標を達成、S-CODCrは腐敗が抑制された期間で目標の15%以上となった。
- ・消費電力は0.0018kWh/処理m<sup>3</sup>と、従来法と比較して69%の削減を達成した。
- ・パイロット試験による後段水処理への影響評価では、放流水質基準を満たし、実験系・対照系ともに同等の処理性を確認した。

以上のように、有機物回収量の促進に伴う消化ガス発生量増大による創エネの効果と、機器数削減による省エネの効果をそれぞれ確認し、研究成果をB-DASH評価委員会にて報告した。現在、技術概要を示すガイドライン（案）の策定を進めている。今後も、さらなる高度化を目指して引き続き創エネ・省エネなどの各効果を高めていく。

## 5 むすび

高効率最初沈殿池は、下水からバイオマスエネルギーの回収を促進し、創エネ・省エネを実現することができるカーボンニュートラルな下水処理技術である。本取り組みを通じて、下水処理の脱炭素化に資する新たな処理方式として、本技術が広く普及・展開されるよう、今後も技術開発を進めていく。

- ・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《参考文献》

- (1) 福崎康博・Lai Minh Quan・松田祐毅・三溝正孝：「カーボンニュートラルな下水処理の実現」, 月刊下水道Vol.46, 2023/No.1, pp.27-31
- (2) 松田祐毅・Lai Minh Quan・福崎康博：「カーボンニュートラルに向けた新しい下水処理」, 土木施工, 2024年7月号
- (3) 福崎康博：「高効率最初沈殿池による下水エネルギー回収技術」, 明電時報382号, 2024/No.1
- (4) (株)明電舎・大阪市共同研究体, 「下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）高効率最初沈殿池による下水エネルギー回収技術実証研究令和6年度報告書」, 2025

### 《執筆者紹介》



松田祐毅  
Yuki Matsuda

水インフラ技術本部技術部  
水処理システムの技術開発に従事



Lai Minh Quan

水インフラ技術本部技術部  
水処理システムの技術開発に従事



福崎康博  
Yasuhiro Fukuzaki

水インフラ技術本部技術部  
水処理システムの技術開発に従事



三溝正孝  
Masataka Mitsumizo

水インフラ技術本部技術部  
水処理システムの技術開発に従事