

## 第2章 技術の概要と評価

### 第1節 技術の概要と特徴

#### §5 技術の目的

本技術は、高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を組み合わせることにより、省エネ、省コスト、省スペースの高度処理を行う技術である。本技術を適用することにより標準活性汚泥法を採用する下水処理場において、土木躯体を増設することなく、高度処理を導入し、エネルギー消費量、コスト、スペースを削減することを目的とする。

#### 【解説】

閉鎖性水域の水質改善を実現するためには、下水処理場において富栄養化の原因となる窒素・りん除去を目的とした高度処理を導入する必要があるが、平成 25 年度末における高度処理の実施率は約 41%に留まっている。高度処理の導入が進まない要因として既存の標準活性汚泥法施設を改築して高度処理を導入する場合に、次のような課題があることが挙げられる。

① 生物学的窒素除去法である循環式硝化脱窒法や生物学的窒素・りん同時除去法である嫌気無酸素好気法などは標準活性汚泥法と比較して反応タンクの滞留時間が約 2 倍となる。このため、高度処理化前と同等の水処理能力を維持するためには反応タンクの増設が必要となり、建設コストが増大する。また、都市部では増設のための建設用地が確保できない場合がある。

② 高度処理は標準活性汚泥法と比較して硝化にかかる必要空気量が増加することや循環ポンプ等の付帯設備が増加することにより、消費電力量が増加する。

以上のような背景から改築更新時に高度処理化を予定する下水処理場において、高度処理の導入を更に促進するためには、こうした課題を解決する新たな高度処理技術が求められている。

本技術は、高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を導入により省エネ、省コスト、省スペースの高度処理を実現する技術である。

§6 技術の概要

本技術（水処理方式の名称は、高効率固液分離併用無終端水路式硝化脱窒法）は、最初沈殿池に代わる前処理設備に高効率固液分離技術を採用するとともに、無終端水路とした反応タンクに二点 DO 制御技術を採用することにより、有機物に加えて、窒素及びりんを効率的に除去する高度処理技術である。

【解説】

本技術の処理フロー及び特徴を図 2-1 に示す。本技術は、次のような 2 つの要素技術の組合せにより構成されている。

- ・高効率固液分離技術
- ・二点 DO 制御技術

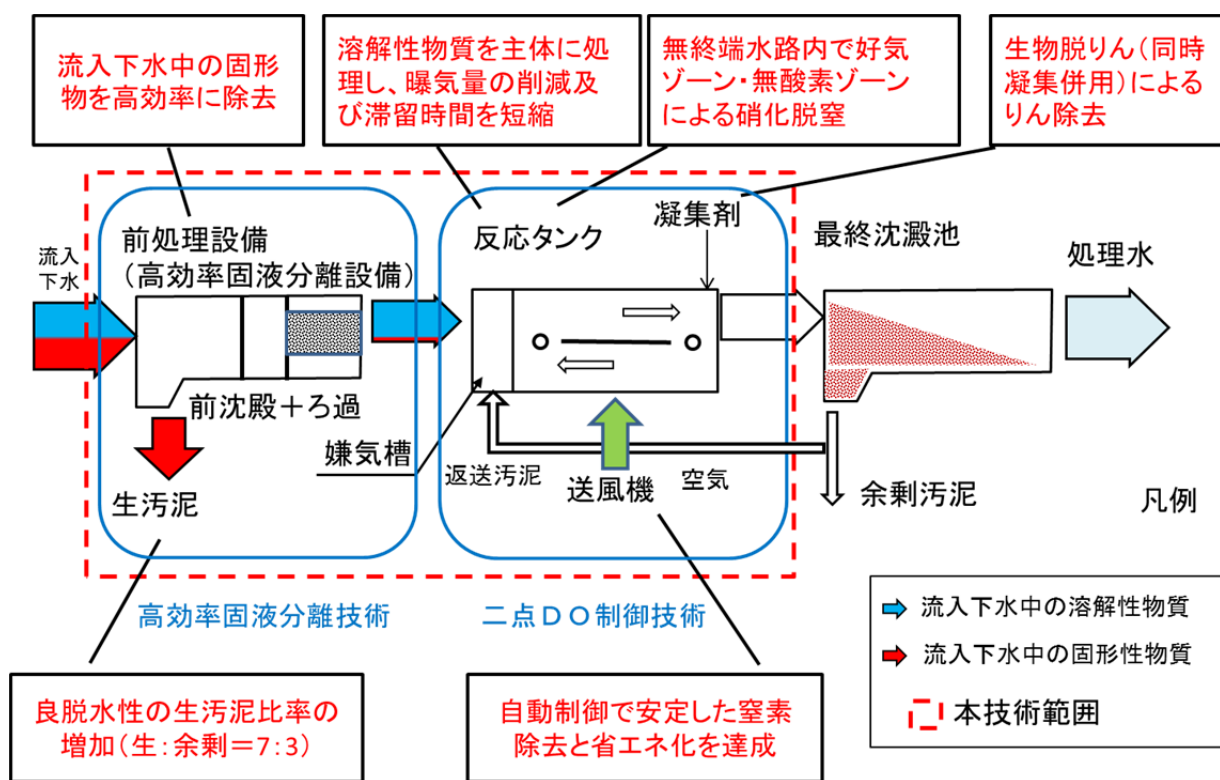


図 2-1 本技術の処理フロー及び特徴

(1) 高効率固液分離技術

本技術では、前処理設備として、従来の最初沈殿池に代えて、高効率固液分離技術に係わる設備（以下、「高効率固液分離設備」とする）を導入する。

高効率固液分離設備は、下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT21）の「合流式下水道の改善に関する技術開発」において開発された上向流式高速繊維ろ過技術をベースとして、晴天時流入下水の前処理設備向けに改良されたものである。主な改良点は、ろ材寸法を 8mm×8mm×8mm から 6mm×6mm×6mm に小さくすることで SS 捕捉性を向上させたことである。

高効率固液分離設備は、前沈殿槽、高速繊維ろ過槽及び洗浄排水槽から構成される。前沈殿槽では、沈降性の良い粒子径の大きい固形物を沈殿分離し、高速繊維ろ過槽では細かな粒子径の固形物をろ過し分離する。

高効率固液分離設備を導入することにより、流入下水中の固形物が効率的に除去されることにより、反応タンク流入水の溶解性有機物の比率が高くなり、生物処理性が向上することで、反応タンクの曝気風量の削減及び滞留時間の短縮が可能となる。

(2) 二点 DO 制御技術

本技術では、反応タンクを流れ方向に隔壁を設けた無終端水路型にし、水路内の 2 箇所に DO 計を設置して 2 点間の DO 勾配を曝気量と循環流速の独立制御により一定に保つ「二点 DO 制御技術」を導入する。原理については §9 で述べる。これにより、無終端水路での高い循環率に加えて、流入負荷量の変動に応じて水路内の DO 勾配を自動制御することで、好気ゾーンと無酸素ゾーンを安定的に形成し、安定かつ高い窒素除去が可能である。

標準活性汚泥法の既存施設を高度処理法に改築する場合について、本技術と従来の高度処理法の必要施設容量を比較すると図 2-2 のようになる。本技術では、反応タンクの滞留時間は標準活性汚泥法とほぼ同程度であり、反応タンクの増設などを行うことなく、高度処理法への改造が可能であり、最終沈殿池も既存施設をそのまま利用可能である。

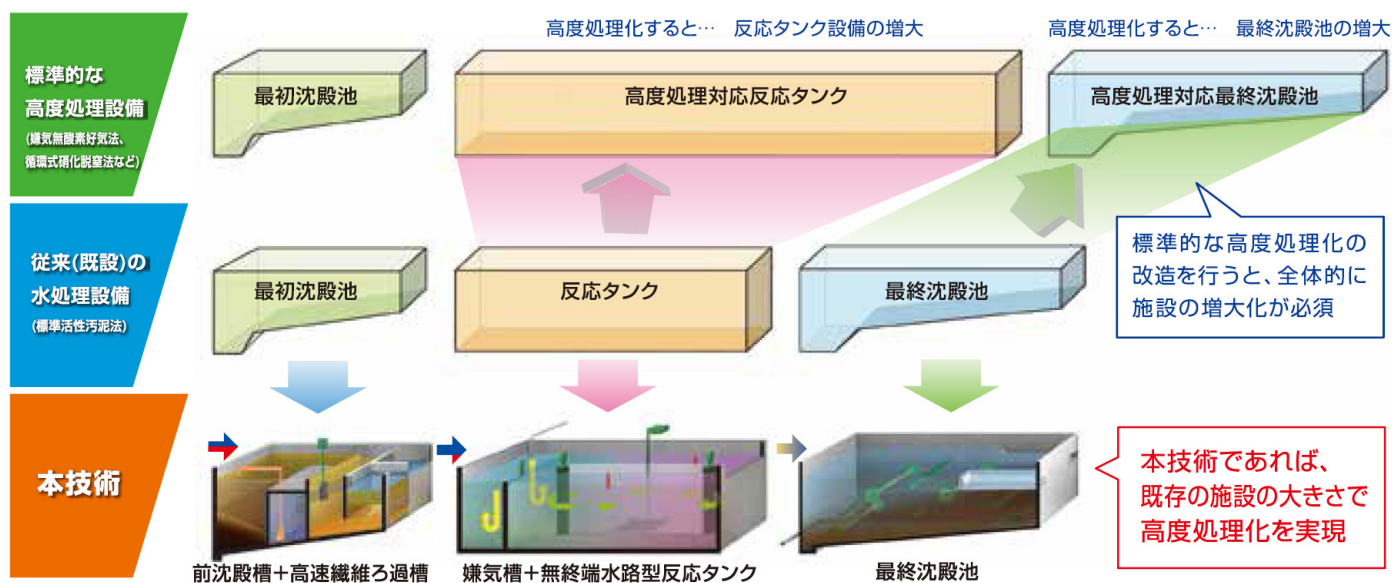


図 2-2 本技術と従来技術における必要施設容量の比較（概念図）

### §7 技術の特徴

本技術は、従来の高度処理法（循環式硝化脱窒法、嫌気無酸素好気法など）と比較して、省エネルギーで省スペースな窒素及びりん除去を目的とした高度処理が可能であり、以下の特徴をもつ。

- (1) 高度処理での処理時間の短縮
- (2) 既存施設の活用による省コスト、省スペース化
- (3) 循環ポンプの削減と効率的な風量制御による省エネ化
- (4) 自動制御による安定した高度処理
- (5) 汚泥発生量の削減

#### 【解説】

本技術を標準活性汚泥法の既存施設における窒素及びりん除去を目的とした高度処理への改造に適用した場合、以下の効果が期待できる。

#### (1) 高度処理での処理時間の短縮

本技術では、高効率固液分離設備で流入下水中の固形性有機物が大幅に除去され、反応タンク流入水は、溶解性有機物が主体となることから、反応タンクでの効率的な生物処理が可能となり、標準活性汚泥法とほぼ同等な滞留時間で処理が可能である。

#### (2) 既存施設の活用による省コスト、省スペース化

従来の高度処理法では、反応タンクでの滞留時間が標準活性汚泥法の約2倍となるため、既存施設と同等の処理水量を維持する場合には、反応タンクの増設が必要となる。また、従来の高度処理法では、反応タンクのMLSS濃度が標準活性汚泥法と比較して高くなり、最終沈殿池に流入する固形物負荷が増加するため、最終沈殿池についても増設が必要となる。

本技術では、既存の標準活性汚泥法施設の最初沈殿池及び反応タンク内の改造は必要であるが、反応タンク及び最終沈殿池を増設することなく対応でき、省コスト化、省スペース化が可能となる。

#### (3) 循環ポンプの削減と効率的な風量制御による省エネ化

反応タンクを無終端型水路に改造するため、循環式硝化脱窒法などで必要な硝化液の循環ポンプが不要であることや、二点DO制御技術による曝気風量の最適化により消費電力量の削減が見込まれる。

#### (4) 自動制御による安定した高度処理

二点DO制御技術により、流入負荷に合わせた最適な好気ゾーン及び無酸素ゾーンを形成することで安定した高度処理が可能である。

#### (5) 汚泥発生量の削減

高効率固液分離設備で除去される固形物（生汚泥量）が多くなり、余剰汚泥量が少なくなることで、発生汚泥の濃縮性と脱水性が向上し、従来の高度処理法よりも汚泥発生量（脱水ケーキ量）が削減される。

### §8 高効率固液分離設備の概要と特徴

本技術では、最初沈殿池の代替として、高効率固液分離設備を導入する。高効率固液分離設備は、前沈殿槽、高速繊維ろ過槽、洗浄排水槽から構成される。高効率固液分離設備では、従来の最初沈殿池と比較して、流入水中の固形物が効率的に除去される。

#### 【解説】

##### (1) 高効率固液分離設備の概要

本技術において、最初沈殿池に代えて、前処理設備として導入する高効率固液分離設備の基本フローを図2-3に示す。

高効率固液分離設備への流入水について、まず前沈殿槽にて沈降性の良い固形物を沈殿分離し、次に高速繊維ろ過槽にて微細な固形物を除去する。ろ過処理水は反応タンクへ供給される。高速繊維ろ過槽では定期的にはろ材を洗浄し、洗浄した排水は洗浄排水槽で一時的に貯留し、洗浄排水ポンプにて前沈殿槽に送水し沈殿処理後、生污泥として汚泥処理設備へ移送する。

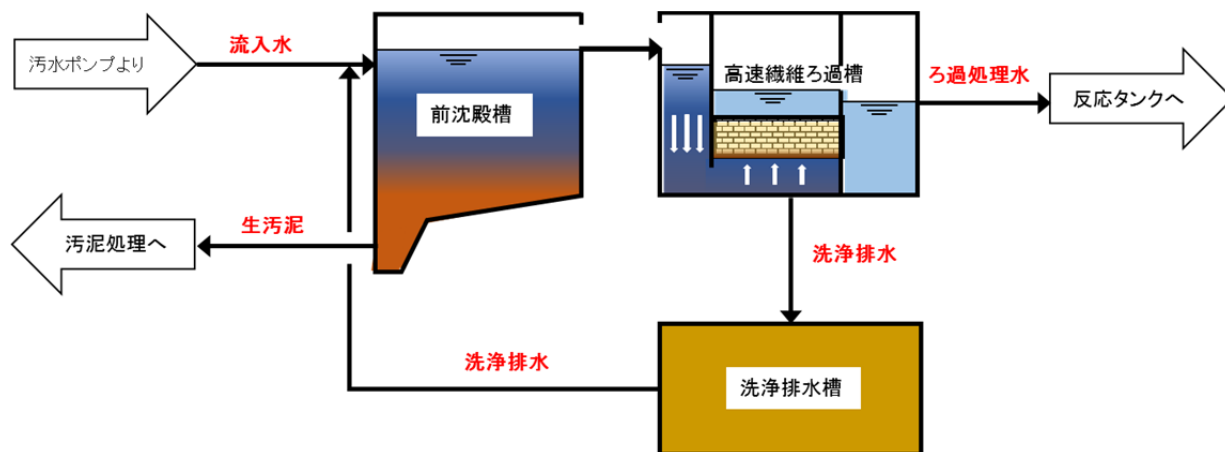
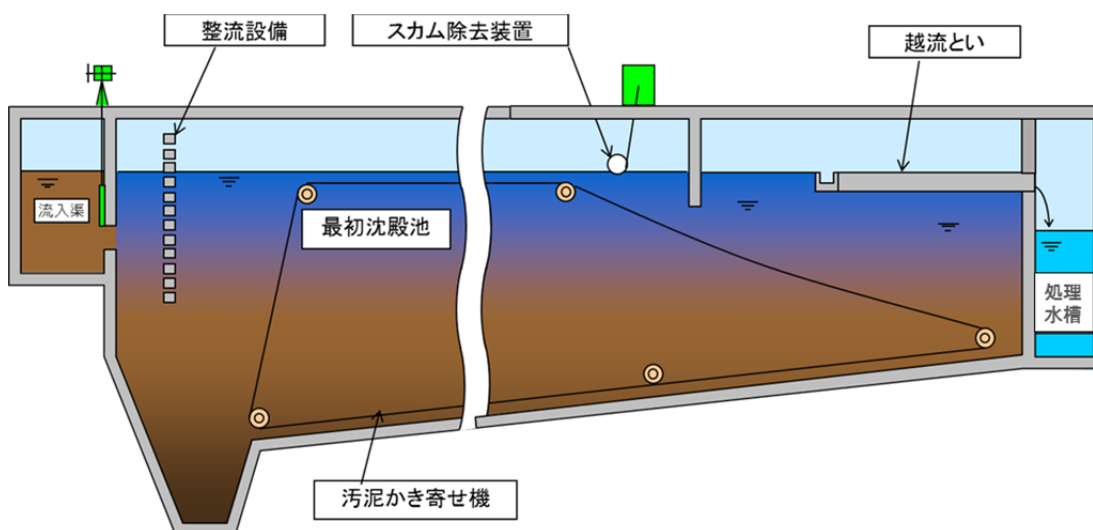


図2-3 高効率固液分離設備の基本フロー

既存施設の最初沈殿池（矩形型を想定）に高効率固液分離設備を導入した場合のイメージ図を図2-4に示す。

既存施設の矩形型最初沈殿池を改造する場合は、前段部を前沈殿槽に、後段部を高速繊維ろ過槽に改造する。前段部の汚泥ピット（初沈汚泥引抜設備も流用可能）や整流設備はそのまま流用可能である。汚泥掻き寄せ機やスカム除去装置は、改造することで流用が可能な場合があるため、必要に応じて配置や構造を検討する。

【既存施設最初沈殿池】



【高効率固液分離設備】

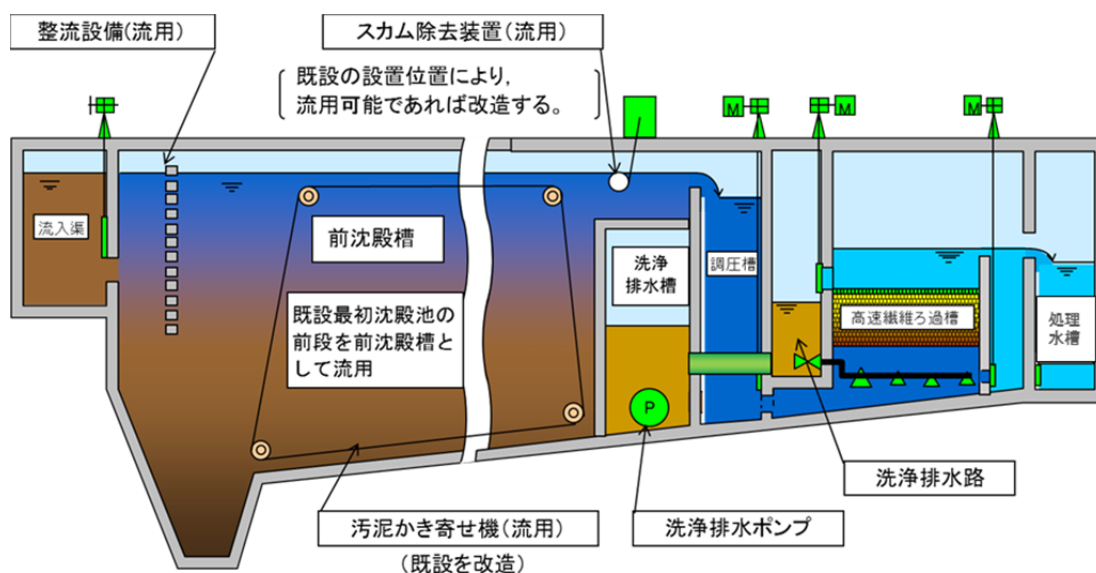


図 2-4 既存施設の矩形型最初沈殿池に高効率固液分離設備を導入した場合のイメージ図

(2) 高効率固液分離設備の特徴

① 流入水中の固形物を高効率かつ安定的に除去できる。

・物理的ろ過処理のため沈降性に影響されず、安定した SS 濃度のろ過処理水が得られる。  
 実証研究では、流入水 SS 濃度 200mg/L に対して SS 除去率は 75%程度 (図 2-5 参照) が得られ、SS 除去に伴う固形物由来の BOD や窒素、りん除去も認められた。(図 2-6、図 2-7、図 2-8 参照)

・溶解性物質主体のろ過処理水を反応タンクに安定して供給できるため、反応タンクにおいて効率的な生物処理が可能である。

実証研究では、流入水中の固形性 BOD が効果的に除去され、ろ過処理水は溶解性 BOD が主体となっていることが示された。(図 2-9 参照)

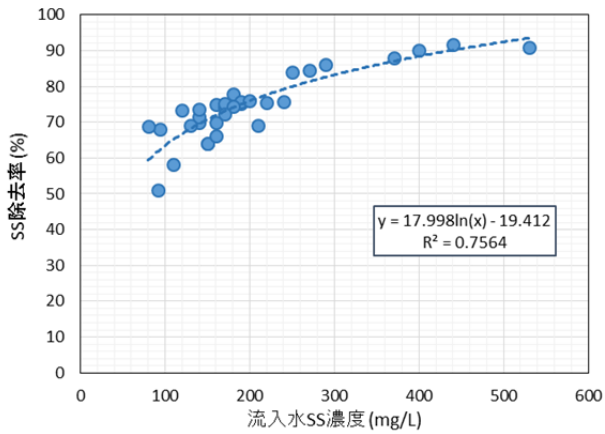


図 2-5 流入水 SS 濃度と SS 除去率の関係

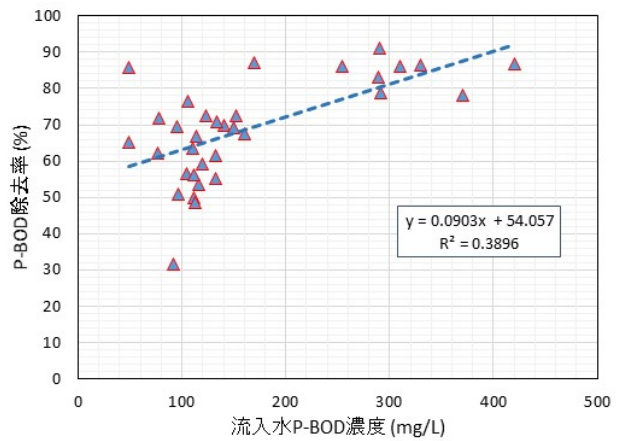


図 2-6 流入水固形性 BOD 濃度と 固形性 BOD 除去率の関係

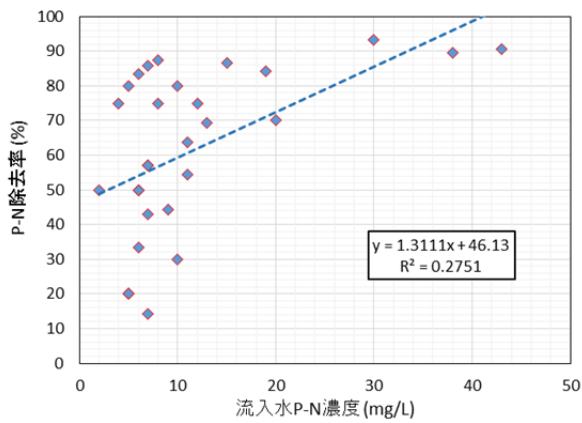


図 2-7 流入水固形性 N 濃度と 固形性 N 除去率の関係

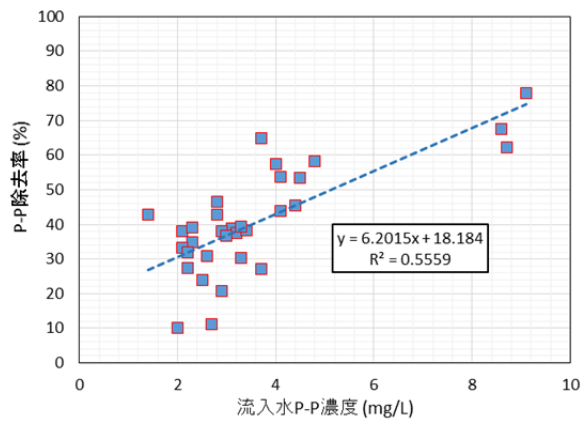


図 2-8 流入水固形性 P 濃度と 固形性 P 除去率の関係

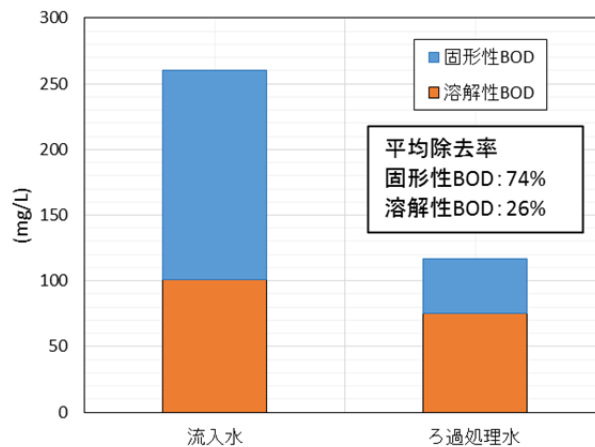


図 2-9 流入水とろ過処理水の BOD の内訳 (日常試験の平均値)

- ・ 流入水の SS 濃度変動に対して、安定した SS 濃度のろ過処理水が得られる。

実証研究では、流入水 SS 濃度が 80~530mg/L の変動に対して、ろ過処理水の SS 濃度は平均 44mg/L (標準偏差 8.2) で安定していた (図 2-10 参照)。また、固形性 BOD についても流入水濃度が 20~420mg/L の変動に対して、ろ過処理水の固形性 BOD 濃度は平均 42mg/L (標準偏差 15.5) で安定していた (図 2-11 参照)。

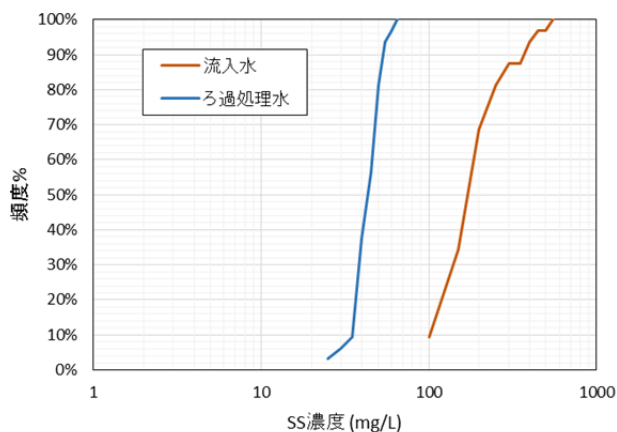


図 2-10 流入水とろ過処理水の SS 濃度累積頻度分布

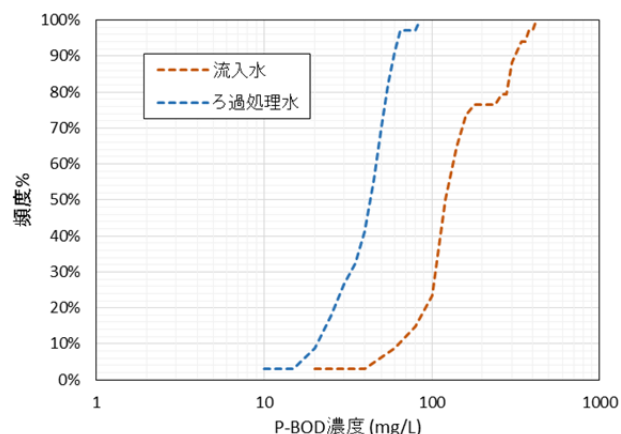


図 2-11 流入水とろ過処理水の固形性 BOD 濃度累積頻度分布

- ② 最初沈殿池の省スペース化が図れる。

- ・ 前沈殿槽の高い水面積負荷 ( $100\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ ) と高速繊維ろ過槽の高いろ過速度 (500m/日) により、設置スペースは従来の最初沈殿池の約 2/3 で省スペース化が図れる。(第 3 章第 2 節導入効果の検討例参照)

- ③ 脱水汚泥を減容化できる。

- ・ 本技術から発生する汚泥は、【生汚泥：余剰汚泥=7：3】であり、従来技術から発生する汚泥【生汚泥：余剰汚泥=5：5】と比較して生汚泥の比率が高い汚泥であるといえる。生汚泥の比率が高ければ、脱水性の向上に寄与する繊維状物の割合も高くなるので、本技術は、従来技術と比較して脱水汚泥含水率を 3%程度低減できる結果となった。このような脱水汚泥含水率の低減効果により、脱水汚泥の減容化が可能となった。

### (3) 前沈殿槽

前沈殿槽は、高速繊維ろ過を安定させるため、沈降性の良い固形物や夾雑物を沈殿分離させるとともに、高速繊維ろ過槽の洗浄排水を沈殿処理するためのものである。矩形型の最初沈殿池を改造する場合は、前段部の汚泥ピット (初沈汚泥引抜設備も流用可能) や整流設備をそのまま流用できる。



## (4) 高速繊維ろ過槽

高速繊維ろ過槽は、前沈殿槽で除去できなかった沈降性の悪い固形物や微細な固形物を物理的にろ過処理し、溶解性物質主体のろ過処理水を反応タンクに安定供給するためのものである。

本技術で使用するろ材は、高い空隙率を持つ繊維ろ材で、高いろ過速度を確保できるとともに、SSをろ材間の空隙やろ材内部の繊維の間隙で捕捉するため、表層ろ過になりにくく、ろ層全体でSS捕捉ができ、SS捕捉量が大きく高負荷に強い特徴を有している。ろ材の仕様を表2-1に、ろ材形状を図2-12に、ろ材の写真を図2-13に示す。

表2-1 ろ材仕様

形 状	立方体
寸 法	6mm×6mm×6mm
材 質	PP（ポリプロピレン）及びPE（ポリエチレン） 製繊維により構成されたろ材
比 重	1未満

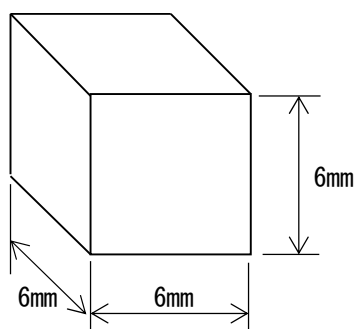


図2-12 ろ材形状

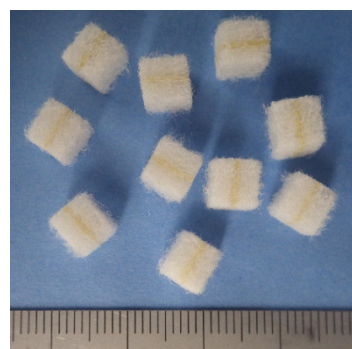


図2-13 ろ材写真

高速繊維ろ過槽は固形物の捕捉にともないろ材の目詰まりが進行するため、定期的に洗浄を行う。高速繊維ろ過槽の運転サイクルを図2-14に示す。

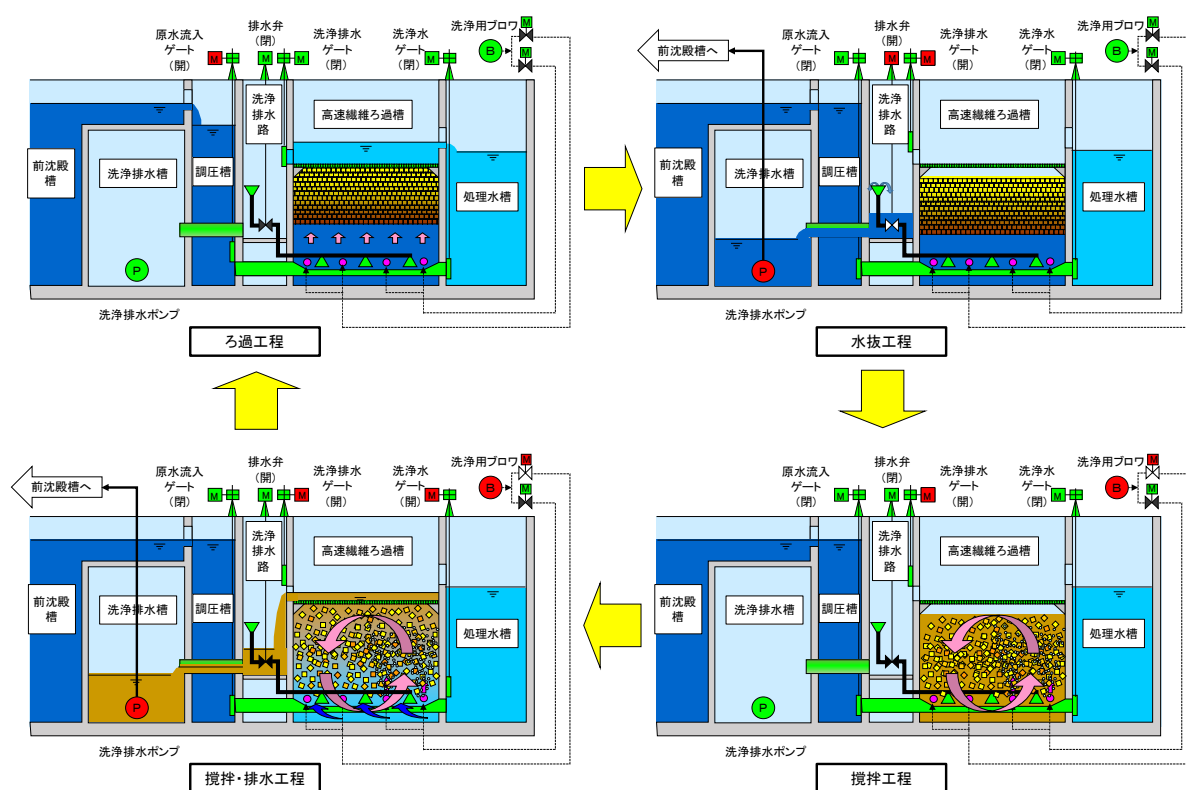


図 2-14 高速繊維ろ過槽の運転サイクル

【ろ過工程】

前沈殿槽で沈殿処理した沈殿処理水は調圧槽に流下し、原水流入ゲートから高速繊維ろ過槽下部より流入する。沈殿処理水はろ過槽上部に形成された浮上性繊維ろ材からなるろ層を上向流で通過し、この間に固形物が捕捉・除去される。ろ過処理水は処理水槽に流出し、反応タンクに供給される。

長時間ろ過を行うと捕捉した固形物によりろ過損失水頭が上昇し、これにともない調圧槽の水位が上昇する。調圧槽の水位が所定の水位になる（実証研究では 600mm と設定）と洗浄工程（水抜工程）に切り換わる。（洗浄工程への切り換わりは、この他に 24 時間タイマーや時間指定で行う場合もある。）

【水抜工程】

水抜工程では、原水流入ゲートを『閉』にして流入を停止し、排水弁を『開』にしてろ過槽下部より排水し、所定のタイマー時間経過後『閉』にする。同時に洗浄排水ゲートを『開』にし、ろ過槽上部のろ過処理水を洗浄排水路に排水する。この水抜工程は、ろ過工程時にろ過圧力により圧密したろ層を次工程の空気攪拌で破碎しやすくするとともに、ろ過槽下部に沈殿した比較的比重の大きな沈殿物を排出するために行うものである。

**【攪拌工程】**

攪拌工程は、ろ層下部に設けた洗浄用空気管より空気を供給してろ過圧力により形成されたろ層を破碎し、ろ材を流動状態にすることで捕捉した固形物を排水中に分散させるものである。

**【攪拌・排水工程】**

攪拌・排水工程では、捕捉した固形物を系外に排出するために洗浄用空気ですろ材を攪拌流動させながら洗浄水ゲートを『開』にし、ろ過槽下部からろ過処理水を通水して上部の洗浄排水ゲートより洗浄排水路へ流出させる。この時、洗浄に用いる洗浄水は複数あるろ過槽のろ過処理水を使用する。

洗浄排水は、洗浄排水路を経由して洗浄排水槽へ流下する。

**(5) 洗浄排水槽**

洗浄排水槽は、高速繊維ろ過槽の洗浄排水を一次貯留するもので、洗浄排水を前沈殿槽に移送するための洗浄排水ポンプをあわせて設備する。

洗浄排水槽は、既存施設の矩形型最初沈殿池に導入する場合、図 2-4 に示すとおり、前沈殿槽の終端に設け、洗浄排水路との間は連通管を設備して洗浄排水を受け入れる。

### §9 反応タンク設備の概要と特徴

本技術では、反応タンクを無終端水路に改造し、送風機からの空気を散気する散気装置、循環流を起こす水流発生装置を設置する。また、散気装置設置部の下流側2箇所にDO計を設置し、二点DO制御技術を実施する。

二点DO制御技術は、2点間のDO勾配を一定範囲内となるように曝気風量と循環流量を独立的に制御する技術である。反応タンクの無終端型水路による高い循環率に加えて、二点DO制御技術による最適な好気ゾーン及び無酸素ゾーンの形成により高く安定した窒素除去が可能である。

#### 【解説】

##### (1) 反応タンク設備の特徴

反応タンクを流れ方向に隔壁を設けた無終端水路に改造し、水路内散気装置設置部の下流側の2箇所のDO勾配を散気量と循環流量の独立制御により一定に保つ二点DO制御技術を使用する。二点DO制御技術により流入負荷の変動に関わらず安定した好気ゾーンと無酸素ゾーンが形成されること、及び無終端型水路による高い循環率が得られることから高い窒素除去が可能である。本技術における反応タンク設備の概要を図2-15に示す。

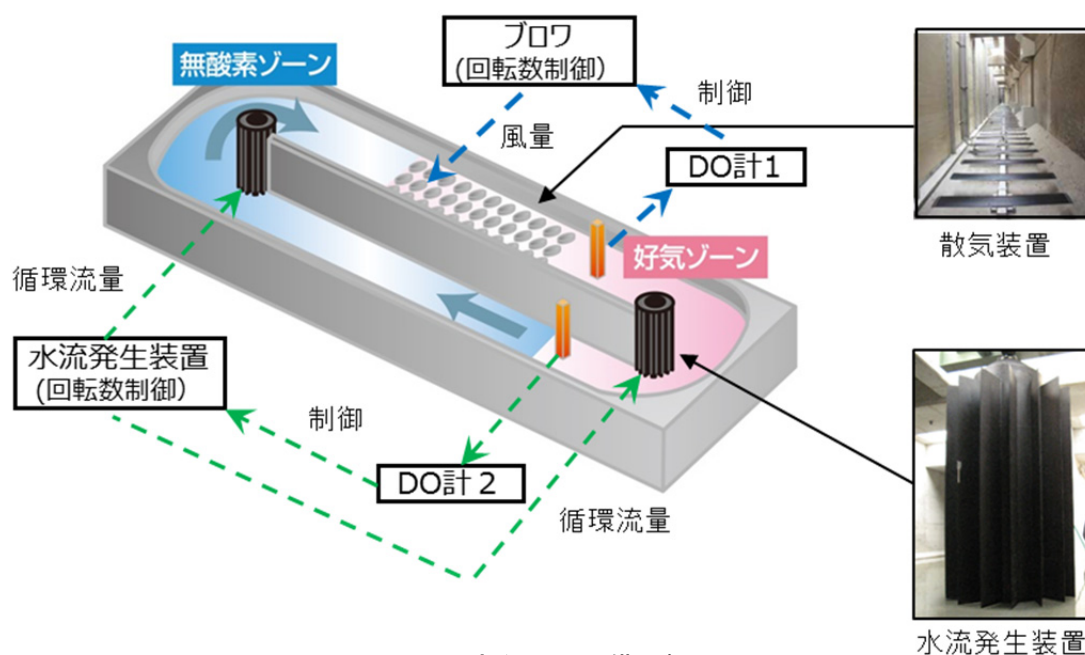


図 2-15 反応タンク設備の概要

本技術における反応タンク設備の特徴は、以下のとおりである。

#### ①曝気量の削減と滞留時間の短縮が可能

- ・高効率固液分離設備により固形性有機物が大幅に除去され、全体の有機物が減少すること及び処理対象が主に溶解性有機物となることにより、曝気量を削減することが可能である。
- ・高効率固液分離設備で固形物が大幅に除去されるため、有機物の汚泥への転換が主となり、余剰汚泥量が少なくなる。このため、硝化に必要な A-SRT が確保しやすく、好気ゾーン(従来の高度処理における好気タンク)容量が従来の高度処理に比べ少なくなり、標準活性汚泥法と

同じ滞留時間で窒素除去が可能となる。

②無終端水路型の反応タンクによる高度な窒素除去

・好気ゾーンで硝化され、そのまま無酸素ゾーンに流入するため、高い循環水量比（10倍以上）となり、高い窒素除去率が得られる（無終端型水路による循環流量を循環式硝化脱窒法の硝化液循環量と同じとみなした場合の理論的な窒素除去率は次式により、90%以上となる。

（窒素除去率 $=R/(R+1) \times 100 = 10/11 \times 100 = 91\%$  R:循環水量比）

・好気ゾーンの DO が消費された後、無酸素ゾーンとなるため、従来の高度処理での硝化液循環で問題となる無酸素ゾーンへの溶存酸素の持ち込みによる脱窒への悪影響がない。

③二点 DO 制御により、流入負荷変動に対して、安定的かつ効率的な窒素除去が可能

・曝気量と循環流量を独立に制御し、無終端水路内の DO 勾配を一定に保ち、流入負荷変動に対して、常に最適な好気ゾーン・無酸素ゾーンを形成することにより、安定した窒素除去が可能である。

④省エネ型の高度処理

・曝気風量を削減することにより送風機の電力使用量が削減できる。

・水流発生装置による循環流の発生により、従来の硝化液循環設備及び無酸素槽で使用されていた攪拌設備の設置及びそれにとまなう動力が不要となる。

**（2）二点 DO 制御技術の原理**

二点 DO 制御技術は散気装置に近い DO 計（以下、「DO 計 1」とする）と好気ゾーンの末端にある DO 計（以下「DO 計 2」とする）を結んだ DO 勾配が常に一定範囲にあるように曝気量と内部循環流量を変動させる技術である。

二点 DO 制御技術の原理について、例として流入負荷が増加した場合の制御技術の概要を図 2-16 に示す。図に示すとおり、流入する負荷量が高くなると消費する酸素量が増え、DO 計 1 及び DO 計 2 の DO 値とも値が下がる。このため、曝気量を増加することで DO 計 1 を設定値に戻す制御を行うとともに水流発生装置の回転数を増やし、酸素を含んだ活性汚泥混合液を循環させることで好気ゾーンの回復をはかり、低下した DO 計 2 の溶存酸素を上昇させ、DO 勾配を図 2-16 に示すとおり、一定値に戻す。

一方、流入負荷が減少した場合は、流入負荷が増加した場合とは逆に DO 計 1 と DO 計 2 が上昇するため、曝気量と同時に水流発生装置の回転数を減少させ、DO 勾配を図に示すとおり、同じ勾配となるように制御する。

**（3）A-SRT の確保**

本技術では、高効率固液分離設備での固形物の大幅な除去により、反応タンクでの余剰汚泥の発生量が少なくなり、標準活性汚泥法と同等の HRT で A-SRT の確保が可能である。

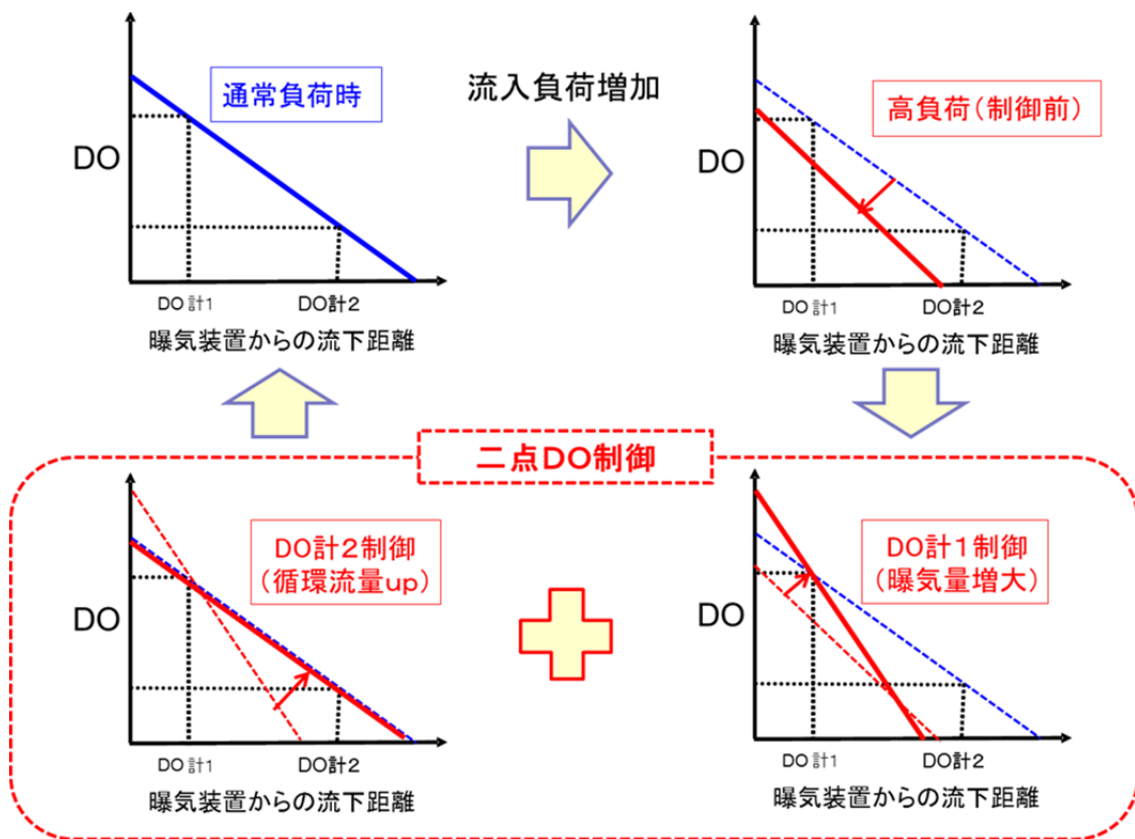


図 2-16 二点 DO 制御技術の概要

## 第2節 技術の適用条件

## §10 技術の適用条件

本技術は、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に適用する。

本技術は、水処理施設の新設または増設、ならびに、標準活性汚泥法などの既存の水処理施設の改築更新に適用することができる。ただし、既存施設の改築更新については、その構造によっては適用できない場合がある。

## 【解説】

## (1) 適用条件

本技術は、従来の標準的な都市下水に適用が可能であり、窒素・りんの除去を目的とする高度処理が必要な処理場に適用する。また、既存施設が標準活性汚泥法であっても改築更新時に施設を増築すること無く適用することが可能である。

## (2) 適用時留意条件

技術の適用検討時には下記の条件に留意する。

## ① 流入水質（水温）

流入下水水温については、水温の低下に伴って必要 A-SRT が長くなり、必要な好気ゾーン容量が大きくなるため、反応タンクの滞留時間を従来の高度処理法より短縮できるといった本技術の特徴が生かせない可能性があることから、流入水温が 15℃以下となる場合には、別途検討が必要である。

## ② 施設の構造（既存施設を改築更新する場合）

## a) 高効率固液分離設備

最初沈殿池を高効率固液分離設備に改築する場合には、池内に新たに前沈殿槽、高速繊維ろ過槽、排水槽及びろ過処理水槽を設置するための隔壁を設ける必要がある。このため、新たなコンクリート打設による荷重が増加するため、既存施設の設計荷重条件や耐震設計を確認し、問題が生じる場合には、鋼板製の採用を検討する。

また、高速繊維ろ過槽を運用するため、現状の最初沈殿池の水位より 600mm 上げる必要がある。このため、現状の水位と上部スラブまでの高さや流入水路の高さに余裕がなく、かつ、一部躯体の嵩上げによる対応も困難な場合には、本技術を適用することができない。

## b) 反応タンク

本技術では、反応タンクを無終端型水路型に改造する必要があるため、図 2-17 に示すとおり、一般的に反応タンク内の隔壁を撤去し、新たに反応タンク中央の縦断方向にタンクを分割する隔壁を設ける。したがって、構造設計上、これらの構造変更ができない場合には、本技術を適用することができない。

また、本技術では、無終端型水路のコーナー部に循環水流を発生させる水流発生装置を設置する。水流発生装置は、その機械的な制約から適用可能な水深が 7m までであるため、反応タンクの水深がこれを上回る場合には、本技術を適用することができない。

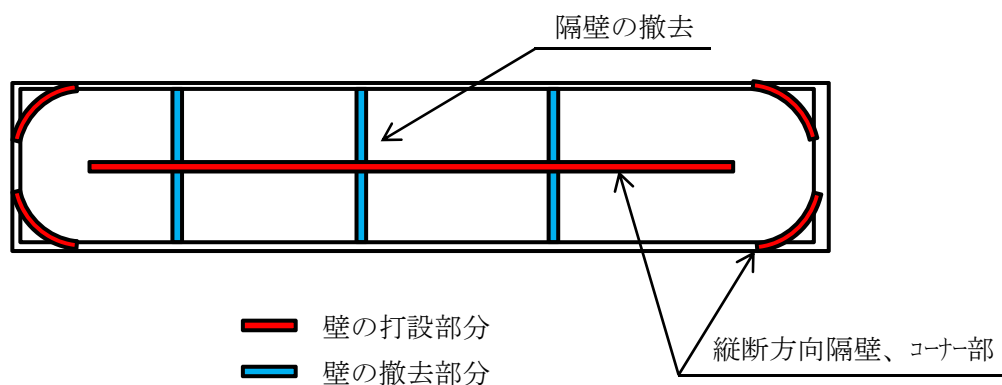


図 2-17 反応タンクの隔壁撤去及び縦断方向隔壁打設の例

## (2) 本技術の適用が推奨される下水処理場

本技術は、標準活性汚泥法と同等の滞留時間で高度処理が可能であるため、既存の標準活性汚泥法施設を高度処理化する場合に、処理能力を減じることなく、既存施設躯体を利用した改築更新が可能である。新たに水処理施設を増設する必要がなく、特に敷地も不足している処理場でも設置が可能である。維持管理面でも本技術は従来の高度処理法に比べて省エネ性にも優れているため、コスト比較でも有利となる可能性も高い。

また、高効率固液分離設備での固形物の除去効果が高いことから、流入水中の SS 濃度が高い処理場でも対応が可能である。



**§11 導入シナリオ例**

本技術の導入目的と期待できる導入効果の具体例を示す。

**(1) 既存施設の標準活性汚泥法施設を高度処理対応に改築する場合**

反応タンクを増設せずに本技術を導入できるため、省コストかつ省スペースな高度処理化が可能となる。また、従来の高度処理法と比較して、反応タンクの曝気風量を削減できるため、省エネとなる。

**(2) 高度処理施設を新・増設する場合**

従来の高度処理法で新・増設する場合と比較して、施設容量を縮減できることから、省コストかつ省スペースな高度処理化が可能となる。

**【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の滞留時間と同程度で高度処理が可能であるため、既存施設を改築する場合においても処理水量を減ずることなく処理が可能である。また、従来の高度処理に比較し、省エネ効果が高く、高度処理化を行った場合でも維持管理費を抑えることができる。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の(1)～(2)に示す。

**(1) 既存施設の標準活性汚泥法施設を高度処理対応に改築する場合**

標準活性汚泥法から従来の高度処理法を導入する場合、反応タンクの滞留時間が約2倍となるため、反応タンクを増設が必要となる。一方、本技術を導入する場合、反応タンクの滞留時間が標準活性汚泥法とほぼ同等となるため、既存施設の最初沈殿池と反応タンクの改造は必要であるが、増設は不要で建設コストが少なく、建設スペースが小さい。また、反応タンクでは溶解性物質を主体に処理するため必要な曝気風量が少ないことに加え、二点 DO 制御により流入負荷量に追従して曝気風量を自動制御するため余剰な曝気風量が少なくなる。

**(2) 高度処理施設を新・増設する場合**

既存施設の標準活性汚泥法を本技術により高度処理対応施設に改築する場合と同様の理由で反応タンクの必要容量がほぼ半減し、曝気風量が減るため、省コストかつ省スペースとなる。

なお、増設の場合は、反応タンクへの散気は、既存施設の送風機で必要空気量を満たせる場合は DO 値により空気量を調整できるような自動風量制御弁を設置することで対応可能であるが、反応タンクの二点 DO 制御では空気量の細かな調整が必要となる。増設する反応タンクへの送風量や送風圧の制御が既存施設の送風機では調整が困難な場合は、増設に合わせた新たな送風機の設置を考慮する。

### 第3節 実証研究に基づく評価の概要

#### § 12 技術の評価項目

実証研究に基づく本技術の評価項目を以下に示す。

- (1) 処理水質
- (2) コスト（建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト）
- (3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量

#### 【解説】

本技術を評価するにあたり、処理水質、コスト、エネルギー使用量、温室効果ガス排出量について調査及び試算を行った。処理水質は年間を通じた実証フィールドでの実証結果を用いた。コスト、エネルギー使用量及び温室効果ガス排出量については、計画日最大汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日規模の標準活性汚泥法の処理場を従来の高度処理技術及び本技術へ改築した場合について試算し、比較を行った。

実証施設の流入水量条件及び水質分析頻度について以下に示す。

流入水量条件 : 計画日平均流入水量 2,810m<sup>3</sup>/日（冬期計画日最大流入水量に相当）

水質分析頻度 : 流入原水、反応タンク流入水、最終沈殿池流出水の水質分析を以下のとおり行った。

日間平均 : 年 35 回（24h サンプルングによるコンポジット）

日間変動 : 通日試験を年 4 回（2h ごとにサンプルング）

#### (1) 処理水質

処理水質は計画放流水質に関する項目として BOD、T-N、T-P を測定し、設計や維持管理に関する項目として水温、SS、pH についてデータを収集した。

#### (2) コスト（建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト）

本技術を導入することによるコスト縮減効果として、計画日最大汚水量 50,000 m<sup>3</sup>/日規模の標準活性汚泥法の施設を高度処理技術（嫌気無酸素好気法）と本技術に改築更新する場合について試算し、比較を行った。（試算条件の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」）。

#### (3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量

本技術及び従来の高度処理技術（嫌気無酸素好気法）で使用するエネルギーはほぼ電気エネルギーで、一部薬品を使用するが限定的で使用量も少ない。このため、エネルギー使用量は電力量のみを試算した（試算条件の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」）。また、温室効果ガス排出量も電力量由来の値について比較を行った。

## § 13 技術の評価結果

実証研究に基づく本技術の評価結果を以下に示す。

## (1) 処理水質

BOD (mg/L) : 10 を超え 15 以下

T-N (mg/L) : 10 以下

T-P (mg/L) : 1 を超え 3 以下 の処理水質を満足

## (2) コスト (建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト)

建設費 : 18% 削減

維持管理費 : 16% 削減

ライフサイクルコスト : 8% 削減

## (3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量 : 約 40% 削減

(2) (3) は、計画日最大水量 50,000m<sup>3</sup>/日規模の標準活性汚泥法の処理場を高度処理設備に改築更新する際の、従来高度処理法 (嫌気無酸素好気法) の値に対する本技術の値の比率

## 【解説】

## (1) 処理水質

本技術は、生物学的窒素・りん除去法であり、従来技術の嫌気無酸素好気法と同等以上の処理が可能な技術となる。急速ろ過、凝集沈殿を伴わない本技術は

BOD (mg/L) : 10 を超え 15 以下

T-N (mg/L) : 10 以下

T-P (mg/L) : 1 を超え 3 以下

の処理水質を満足することが、国土交通省で行われた評価委員会で評価された。

実証施設の流入原水、反応タンク流入水及び処理水水質の日間平均結果を表 2-2、図 2-18 に示す。

表 2-2 実証施設の流入原水、反応タンク流入水及び処理水水質 (単位 : mg/L)

項目	流入原水	反応タンク流入水	処理水
SS	205±109 (78~530)	44±7.9 (25~65)	2.1±1.8 (0~6.0)
T-BOD	246±112 (67~580)	118±27 (24~220)	8.4±2.8 (3.0~14.0)
T-N	34±8 (14~59)	26±4.3 (11~33)	4.3±1.4 (1.5~6.8)
T-P	5.1±1.7 (2.1~12.0)	3.7±0.8 (1.4~6.0)	0.34±0.30 (0~1.6)

上段 : 平均値±標準偏差

下段 : 最小値~最大値

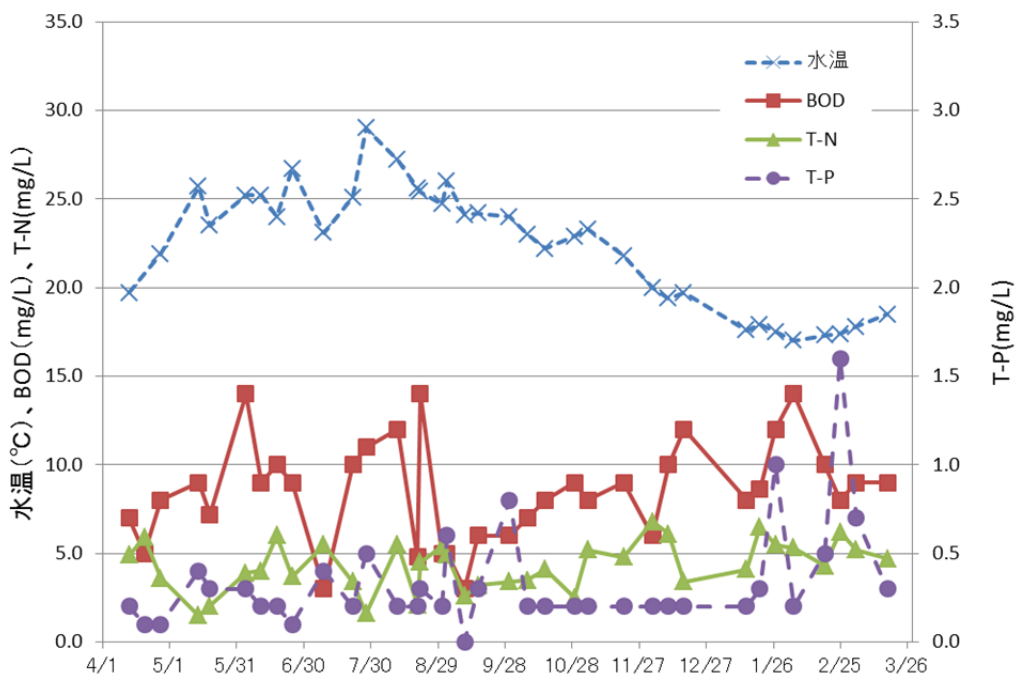


図 2-18 年間の最終沈殿池流出水質

実証研究における反応タンク流入水と最終沈殿池流出水における各水質項目の除去性能は、BOD 93%、T-N 84%、T-P 93% と高い除去率を得ている。各水質項目の除去性能結果を図 2-19～21 に示す。

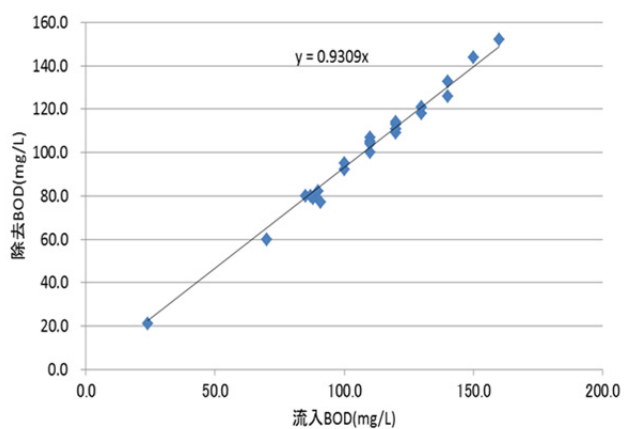


図 2-19 反応タンクの除去性能 (BOD)

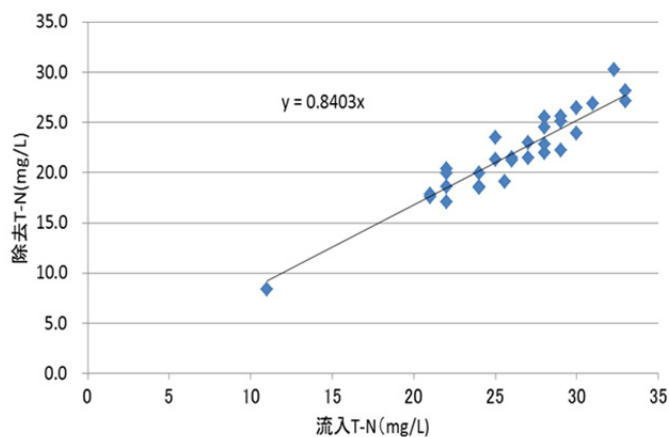


図 2-20 反応タンクの除去性能 (T-N)

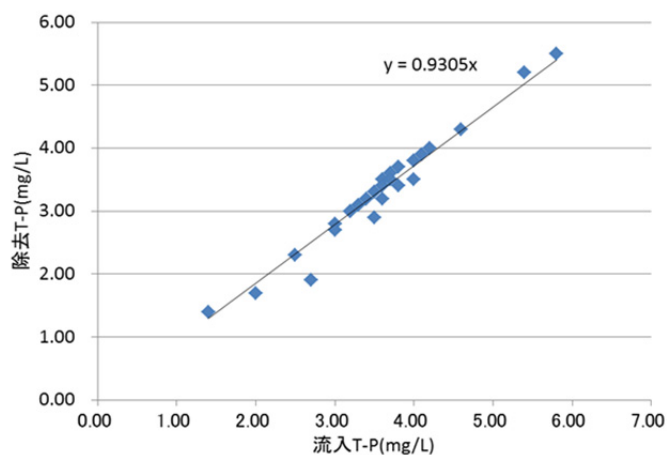


図 2-21 反応タンクの除去性能 (T-P)

上記の実測データより高い窒素除去効果が認められた。実証研究で得られた各窒素分の平均値をもとにした収支状況を図 2-22 に示す。反応タンクに流入する全窒素の 77%が硝化対象窒素で、硝化・脱窒により全窒素の 67%が窒素ガスとして除去されることが示された。

また、本技術の硝化対象窒素に対する窒素除去量（脱窒量）は

硝化対象 N に対する窒素除去性能 = 脱窒量 / 硝化対象窒素量

$$= 67\% / 77\%$$

$$\rightarrow 87\%$$

計算から得られた 87%と高い窒素除去性能は 3 段ステップ法での循環比 1.5 に相当することが示された (図 2-23)。

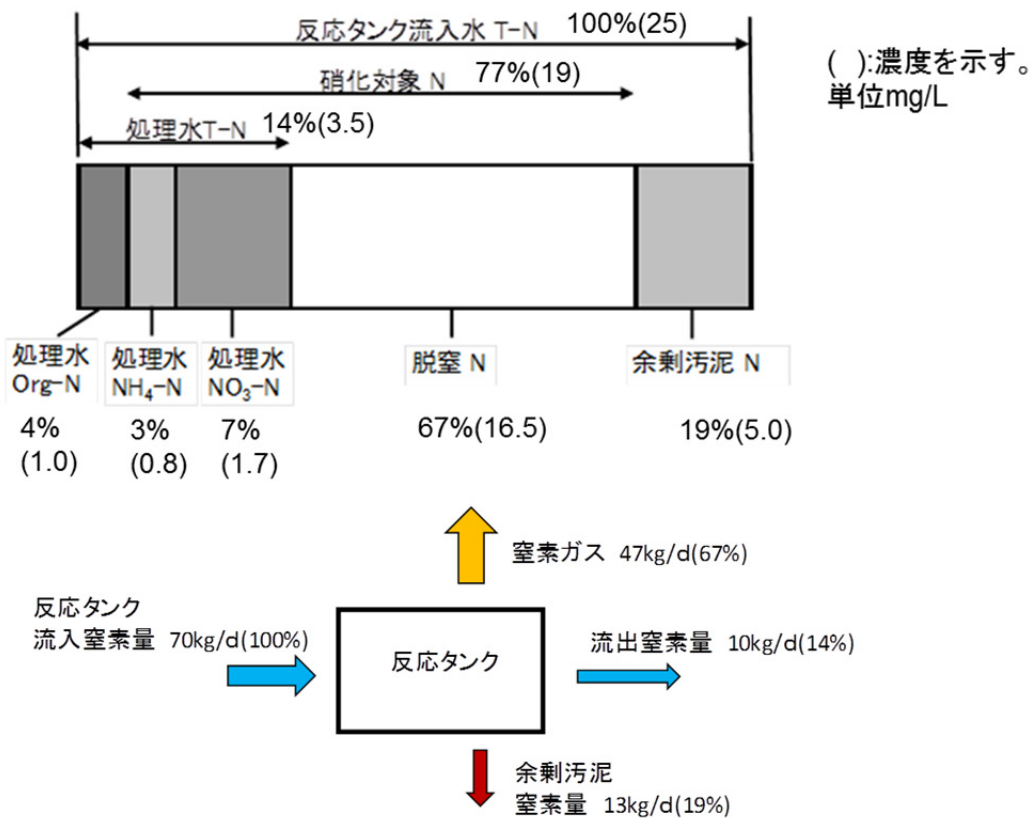


図 2-22 反応タンク窒素の収支

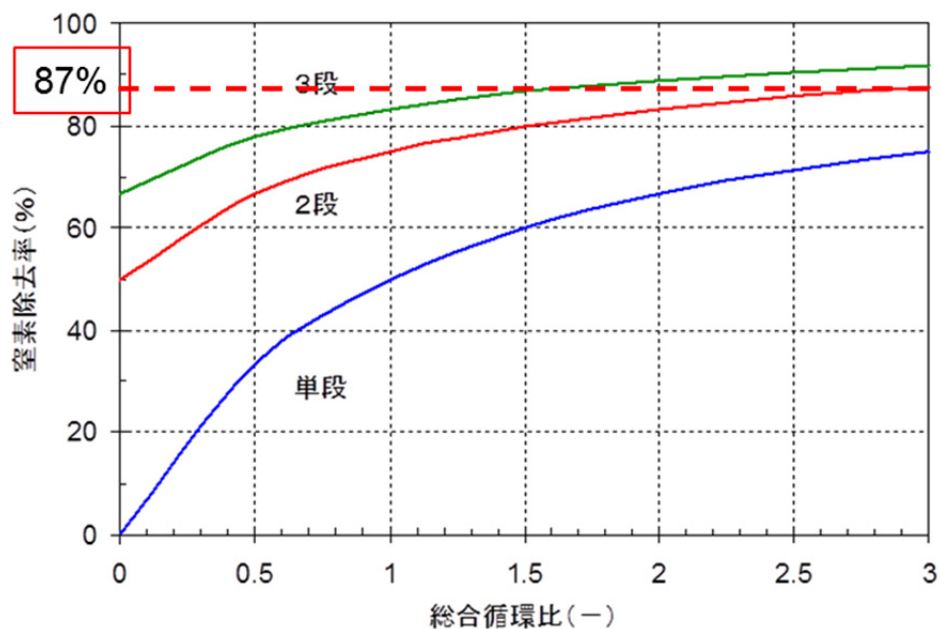


図 2-23 窒素除去性能の3段階法※との比較

※「下水道施設計画・設計指針と解説」：2009年版、社団法人日本下水道協会 p.182 より

## (2) コスト（建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト）

計画日最大汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日規模の標準活性汚泥法の処理場を高度処理設備に改築更新する際における、従来の高度処理技術（嫌気無酸素好気法）の費用と本技術の費用の試算を行った。試算の結果、本技術は従来の高度処理技術に比べて、建設費約 18%、維持管理費で約 16%、ライフサイクルコストで約 8%の削減効果が確認された。

試算結果の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」参照のこと。

表 2-3 コスト削減効果

項目	本技術	従来高度処理技術	削減率
建設費 (百万円)	4,529	5,500	18%
土木建築施設	311	2,125	
機械設備	3,147	2,707	
電気設備	1,071	688	
維持管理費 (百万円)	247	294	16%
電力費	40	67	
補修費	30	30	
脱水汚泥処分費	177	197	
ライフサイクルコスト (百万円/年)	586	634	8%
建設年価	340	339	
維持管理費	247	294	

## (3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量

計画日最大汚水量 50,000m<sup>3</sup>/日規模の本技術及び従来の高度処理技術（嫌気無酸素好気法）で使用する電力使用量（最初沈殿池・反応タンク・最終沈殿池・送風機）の試算を行った。温室効果ガス排出量は二酸化炭素換算係数<sup>\*</sup>を用いた電力使用量からの換算である。本技術は、従来の高度処理技術に比べ、約 40%と高いエネルギー使用量削減効果があることが確認された(表 2-4)。

表 2-4 エネルギー使用量、温室効果ガス排出量の削減効果

項目	本技術	従来高度処理法	削減率
電力量 (エネルギー使用量)	2,647 千 kWh/年	4,467 千 kWh/年	約 40%
温室効果ガス排出量	1,456 t-CO <sub>2</sub> /年	2,457 t-CO <sub>2</sub> /年	

<sup>\*</sup>環境省報道発表資料「平成 25 年度の電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数等の公表について」による