

研 究 成 果

<p>サブテーマ名：1-2-1 ハイブリッド型リアクターの開発研究 小テーマ名：1-2-1① ハイブリッド型リアクターの開発、 1-2-1② リアクターの関連技術の開発研究</p>
<p>サブテマリーダー：日本ガイシ㈱ 野口基治 研究従事者：日本ガイシ㈱ 富田美穂、野口基治 (財)科学技術交流財団 片桐誠之(現名古屋大学)、青山 渉</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要</p> <p>廃水の高度処理、循環再利用システムを構築するためには、廃水に含有されている有機物及び栄養塩類を高度に除去する技術が求められる。活性汚泥法は、廃水中の有機物を除去する生物学的廃水処理技術として広く普及しており、操作法の改良により栄養塩類の窒素の除去も可能であるが、この場合、処理に長時間を要し、大きな敷地面積が必要となるといった問題があるため、短時間で窒素の高度除去が可能な技術の開発が望まれている。こうした背景を踏まえ、本研究ではより負荷の大きいディスポーザー廃水を含む生活廃水にも対応可能な高速窒素除去法の確立に取り組み、処理時間の大幅な短縮を図ることによって小さな敷地面積で高い窒素除去率が得られる技術の開発を行う。</p> <p>本研究では、微生物を用いた窒素除去法である生物学的脱窒素法の高性能化を試みる。生物学的脱窒素法は、硝化工程と脱窒工程の2工程により成り、硝化工程は廃水中のアンモニア態窒素を亜硝酸菌及び硝酸菌により硝酸態窒素まで酸化する工程、脱窒工程は硝酸態窒素を脱窒菌により窒素ガスまで還元し大気中に放散する工程で、その際有機物の除去も行われる。このように窒素除去は、亜硝酸菌、硝酸菌及び脱窒菌により行われるため、処理時間を短くするためには、これらの微生物をそれぞれの反応槽内で高濃度に維持することが重要なポイントとなる。そこで、本研究で開発するバイオリアクターでは、反応槽内の微生物濃度を高めるために硝化及び脱窒の両工程に微生物を高密度に付着・固定化できる担体を使用する。バイオリアクターでの使用に最適な担体の選定、担体の処理性能が最大となる使用法の確立、オンサイト実験によるバイオリアクターの操作条件の確立、窒素安定処理の実証を行い、活性汚泥を使用しない担体のみによる窒素の高度・高速除去技術を開発する。</p> <p>なお、本開発技術により窒素及び有機物を除去した処理水は、後工程の「難分解性物質の微生物処理」、「精密濾過・分離膜技術」へ送られ、さらに高度な処理が行われる。</p> <p>②研究の独自性・新規性</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 超高度・高速窒素除去：処理水の窒素濃度は、従来技術では20mg/L程度であるが、本技術により5mg/L以下の高度な処理水を得ることが可能となる。また、処理時間は6時間以下となり、従来技術の13時間から大幅に短縮される。 2. 処理対象：従来法は生活廃水のみを対象としたものであったが、より負荷の大きいディスポーザー廃水を含む廃水にも適用可能である。 3. 活性汚泥量の低減：従来法は活性汚泥を使用するが、汚泥が大量に発生しその処分に苦慮している。担体法は食物連鎖が高次になるため汚泥発生量が少なく、汚泥処理コストを大幅に低減することができる。 <p>③研究の目標（各フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）</p> <p>窒素の高度・高速除去を可能にする微生物担体を使用した処理技術を開発する。</p> <p><u>フェーズⅠでの目標</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・バイオリアクターでの使用に最適な担体を選定し、その性能評価を行う。 <p>目標担体能力：硝化速度150g-N/m³担体・h（水温15℃）、脱窒速度60g-N/m³担体・h（水温15℃）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・担体の最適使用法を確立する。 <p><u>フェーズⅡでの目標</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・リアクター構造の設計及び特性評価を行い、最終目標水質を安定して達成する処理法を確立する。 <p><最終目標> 処理水質 T-N：5mg/L以下、BOD：10mg/L以下、SS：25mg/L以下、処理時間：6時間以下</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・担体の選定 担体の探索を行い、比重及び形状がバイオリアクターでの使用に適した担体を選択する。（達成度100%） ・担体の性能評価及び最適担体使用法の確立 担体の耐久性試験及び人工下水を用いた硝化・脱窒能力評価試験を行うとともに、担体使用方式として流動床方式と充填槽方式の比較を行い、リアクターでの使用に最適な使用条件を決定する。（達成度 100%） ・リアクター構造の設計及び特性評価 オンサイト実験装置を設計・製作し、実下水の連続処理実験による特性評価を行う。また、オンサイト実験での成果をもとにリアクターの標準設計を行う。（達成度 90%）

主な成果

具体的な成果内容：

・担体の選定

比重、材質、形状などの観点から担体の探索を行い、比重及び大きさがバイオリアクターでの使用に適しており、窒素除去に有用な微生物を高密度に固定化できる2種類の担体を選定した。

- i) ポリビニールアルコール担体
- ii) 親水性ポリウレタン担体

・担体の性能評価及び最適担体使用法の確立

硝化槽及び脱窒槽にポリビニールアルコール担体と親水性ポリウレタン担体を使用し、負荷量、担体充填率、水温及び使用方式を変化させて処理性能を評価した。その結果、下記に示した処理条件で両担体の硝化・脱窒速度は目標値を大きく上回った。なお、新規に開発された親水性ポリウレタン担体を充填槽方式で使用した場合には、原水中の固形BODを脱窒用有機物源として利用できるといった利点があった。

- i) ポリビニールアルコール担体 (処理条件：担体充填率5%、水温15℃、流動床方式)
硝化速度299.6g-N/m³担体・h、硝化率99.9% 脱窒速度150g-N/m³担体・h、脱窒率100%
- ii) 親水性ポリウレタン担体 (処理条件：担体充填率15%、水温20℃、充填槽方式)
硝化速度300g-N/m³担体・h、硝化率100% 脱窒速度200g-N/m³担体・h、脱窒率100%

・リアクター構造の設計及び特性評価

研究例がなく、実用上の利点を有した親水性ポリウレタン担体の充填槽方式を採用し、処理効果を高めるために二段ステップ流入方式を採用した窒素の高度処理槽と、残留した窒素及びSSをより除去するために生物膜濾過装置を組み合わせた構造のオンサイト実験装置（ハイブリッド型リアクター）を設計・製作し、名古屋市植田下水処理場に設置した。ハイブリッド型リアクターによる実廃水の連続処理実験では、下記の処理条件により目標水質をほぼ満足する処理水を安定して得られることを明らかにした。また、得られた成果に基づきリアクターの標準設計を行った。

処理条件：処理量：10m³/d、循環率：170%、担体添加量：各槽20%、滞留時間：6時間

特許件数：2件 論文数：1件 口頭発表件数：3件

研究成果に関する評価

1. 国内外における水準との対比

過去の研究例では、水温15℃における担体の硝化速度は60～175g-N/m³担体・hであったが、本研究ではラボ実験で硝化速度が300g-N/m³担体・h、脱窒速度200g-N/m³担体・hという極めて高い処理速度を可能とする技術を開発した。さらに、オンサイト実験装置により、従来技術である活性汚泥法の半分以下の時間でBODはもとより、高度に窒素を除去できる（T-N:5mg/L以下）システムを開発した。なお、脱窒槽を充填槽方式にすることにより原水中に含まれる固形性BODを脱窒用有機物として有効活用し、溶解性BOD濃度の低い廃水でも処理を可能とする。

2. 実用化に向けた波及効果

- ・現在の下水道普及率は、大都市ではほぼ100%であるが、地方では普及率が一桁の所もあり、今後は、普及の遅れている小規模廃水処理の需要が伸びていくと予想される。本開発技術は、維持管理が容易で安定した処理を可能とするため、小規模施設に最適である。
- ・本開発技術は、従来技術と比較して処理時間が大幅に短縮され小さな敷地面積での処理が可能となるため、新規施設を始め、現存の下水処理施設を改造する場合にも適用できる。
- ・従来技術は窒素に対して溶解性BOD濃度が充分にないと安定かつ高度な窒素除去ができなかった。しかし、本技術は脱窒槽を充填槽方式にすることにより、従来使用できなかった固形性BODも脱窒用有機物として有効に活用できるので安定した窒素除去を保つことができ、溶解性BOD濃度の低い廃水の処理にも適用できる。

残された課題と対応方針について

下水道事業の多様なニーズに対応できるようにリアクターの標準設計を行った。フェーズⅢでは、標準設計をもとに、要望に応じて実機の設計・運転評価を行う。

	J S T負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小 計	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小 計	
人件費	1485	4141	3947	3208	3512	1809	18,102	***	***	***	***	***	***	***	***
設備費	7827	6363	7843	3669	494	0	26,196	***	***	***	***	***	***	***	***
その他研究費	646	2298	2586	787	1066	1	7,384	***	***	***	***	***	***	***	***
旅費	67	115	162	147	161	27	679	***	***	***	***	***	***	***	***
その他	293	229	388	421	395	321	2,047	***	***	***	***	***	***	***	***
小 計	10318	13146	14926	8232	5628	2158	54,408	***	***	***	***	***	***	***	***

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T負担による設備：サブプレッサイオンクロマトグラフィー、担体硝化能力評価装置、バイオリアクター、担体脱窒能力評価装置、オンサイト実験装置 (脱窒・硝化装置)

地域負担による設備：オンサイト実験装置 (生物膜濾過装置)