

島根大学プロジェクト研究推進 機構 『萌芽研究部門』		平成22年度	年度報告書	提出日 平成23年2月14日
① プロジェクト名		小規模浄化槽の簡易な高度処理技術の開発		
② プロジェクトリーダー		清家 泰	所属	総合理工学部
			電子メール	yseike@riko.shimane-u.ac.jp
③ プロジェクトの概要 (プロジェクトの最終年度における到達目標を簡潔に記入してください。)				
<p>下水道への接続が困難な地域では、個別処理を余儀なくされることから、高度処理を備えた小規模浄化槽の需要は、今後、高まるものと予想される。</p> <p>本研究では、BOD 対応型の既存の浄化槽に装着可能な、低コストでメンテナンスの容易な高度処理（脱窒・脱リン）装置の開発を目指し検討する。開発した装置に適宜改良を加えてN及びPの除去効率の向上を図り、最終年度における到達目標を除去率90%（放流水目標値：N = 8 mgN/L ; P = 0.4 mgP/L）程度とする。これらの数値は、松江市の宍道湖東部浄化センター（N、Pの高度処理化が図られ、優れた実績をもつ）が掲げている放流水の目標値と同じである。</p> <p>さらに、メンテナンスの容易さの観点から、鉄電解装置の電極の耐用期間（3ヶ月）を延ばすために改良を加え、最終年度における到達目標を耐用期間6ヶ月以上とする。</p>				
④ プロジェクトのメンバー及び役割				
氏名	所属（職）	本年度の役割分担		
(プロジェクトリーダー) 清家 泰(59)	総合理工学部(教授)	小規模浄化槽に装着可能な簡易高度処理装置の開発・応用及び総括		
共同研究者 奥村 稔(63)	総合理工学部(教授)	資源としてのリンの回収技術の開発		

⑤ (1) 本年度の研究計画目標の達成状況及び自己評価。

(本年度当初の計画書に書かれた内容に沿って、計画と達成目標を箇条書きにしてください。また、その達成目標の項目ごとにその達成状況を記入し、以下の基準に従って自己評価して下さい。A:目標以上に成果をあげた B:ほぼ目標通りの達成度で予定した成果をあげている C:計画より遅れ気味であるが年度末には目標達成が可能である D:年度末までに目標達成は不可能である。自己評価がB以外の場合には、その原因についても記載して下さい。2～3月に行う計画のため未執行の場合には評価を空欄にして下さい。)

計画と達成目標	達成状況と自己評価
1. 簡易な脱窒高度処理技術の開発 簡易脱窒システムの試作品を作成し、小型合併浄化槽に組み込んで性能試験を実施する。性能試験の結果に基づき、適宜改良を加える。[目標]:窒素除去率 90%程度。放流水濃度目標値 8 mgN/L	脱窒システム付の小型合併浄化槽を使用し、その性能(Nの除去率)について検討した。放流水濃度は5~8 mgN/Lであり目標値(8 mgN/L)をクリアーしている。 (自己評価) B
2. 簡易な脱リン高度処理技術の開発 簡易脱リン装置の試作品を作成し、小型合併浄化槽に組み込んで性能試験を実施する。性能試験の結果に基づき、適宜改良を加える。[目標]:リン除去率 90%程度。放流水濃度目標値 0.4 mgP/L	計画通り、簡易脱リン装置の試作品を作成し、小型合併浄化槽に組み込んで、装置の性能(Pの除去率及び電極の耐用期間)について検討している。現在、放流水濃度は0.3~0.6 mgP/L程度であり目標値(0.4 mgP/L)に近いところまでできている。 (自己評価) B
3. 脱リンされたリンから、資源としてのリンの回収技術の開発 脱リンされたリンから、資源としてのリンの回収技術の開発に着手する。	計画通り、資源としてのリンの回収技術の開発に着手し検討をはじめている。鉄電解法により得られたスラッジ(FePO ₄ , Fe(OH) ₃)にリン吸着)からリンをアルカリ溶液で抽出する方法について検討したところ、かなりの効率でリンを回収できることが分かった。 (自己評価) B
	(自己評価)

(2)プロジェクト全体の自己評価(プロジェクト全体としての達成目標から、今年度の研究成果がこれまでの経過・成果にもとづいてどの段階にあるのかを明示して下さい。また、各グループ間での連携状況についても記入して下さい。)

●プロジェクト全体評価(自己評価) プロジェクト全体としての達成目標に対する今年度の研究成果の達成状況について

(自己評価) B

計画通りに進行しており、今年度の研究成果の達成状況もほぼ予定通りで満足している。

なお、計画段階では予定していなかったが、浄化槽からのN₂O(温室効果ガス)の大気への放出に関する研究で興味深い成果を得たことが収穫であった。特筆に値する成果と考えている。

●各グループ間またはメンバーとの連携状況

共同研究者の奥村稔教授とは、同じ研究室ということもあって、緊密な連携状態にあり問題はない。

⑥ 公表論文、学会発表など(当該研究に関連した本年度の公表論文、学会発表、特許申請の件数を一覧表に記入して下さい。発明等に関しては、差し支えない範囲で記載して下さい。)

論文掲載 (総件数)	0
学会発表 (総件数)	2
特許出願 (総件数)	0

【内訳】

●論文(別途添付して頂く個人調書の中から年度末までに発行される学術雑誌等(紀要も含む)に掲載が確定しているものも含め、代表的なものを10件程度選んで記入して下さい。)

なし

●学会発表(代表的なものを数件記入して下さい)

1. 三上育英・梶谷貴宏・鮎川和泰・奥村稔・清家泰, 鉄電解法を備えた合併浄化槽における脱リン能力の評価とその弊害(N₂Oの生成促進)の可能性について, 第71回分析化学討論会, 島根, 2010年5月15~16日.
2. 清家泰, 高度処理を備えた合併浄化槽から放出される亜酸化窒素(温室効果ガス)の削減技術に関する研究, 第24回全国浄化槽技術研究集会, 平成22年10月19~20日, 長野県県民文化会館.

●特許出願

なし

⑦外部資金獲得状況(当該プロジェクトに関連した外部資金について一覧の各項目に総件数、金額を記入して下さい。)

■外部資金獲得状況一覧		件数	金額(千円)
(1) 科研費 (配分額は間接経費を含む)		0	配分額 0
(2) 科研費以外の外部資金	受託研究	0	0
	共同研究	0	0
	寄附金・助成金	0	0
	合計	0	0

【一覧内訳】

(1) 科研費(科目ごとに、テーマ、研究者、金額をそれぞれ列挙して下さい。)

(例) 基盤(A)「研究テーマ」(研究者:〇〇) 〇〇〇千円

なし

(2) その他外部資金(一覧の項目別に、テーマ、研究者、金額を列挙して下さい。)

(例) 受託研究「研究テーマ」(事業名)(研究者)〇〇千円

なし

⑧**その他特筆すべき成果**(受賞, シンポジウムの開催, 産学連携・地域連携に関する各種見本市, 展示会への出展等も含む)

なし

1. 脱窒に関する研究成果

生物的脱窒システムを図1に示す。流入汚水に含まれる有機態窒素 (Org. N) は、嫌気槽①及び嫌気槽②で分解・無機化されて先ず NH_4^+ に変化し、さらに曝気槽で硝化 (酸化) されて ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$)、 NO_3^- に変化する。次に返送システムによって曝気槽水の一部が嫌気槽①に返送され、その嫌気槽①及び嫌気槽②で脱窒され ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$)、 N_2 として系外に放出される。

曝気槽及び嫌気槽②における窒素化学種の時系列変化を図2に示す。上述の通り、嫌気槽では NH_4^+ が主体であるのに対し、曝気槽では NO_3^- 主体に変化し硝化反応が良好に進行していることが分かる。

放流水の水質目標値には、松江市の宍道湖東部浄化センター (N, P の高度処理化が図られ、優れた実績をもつ) が掲げている目標値と同じ 8 mgN/L としたが、本システムによる放流水 (曝気槽) の水質は、ほぼ 5~8 mgN/L の範囲にあり、目標値をクリアーしていた (図2)。

また、京都議定書で削減対象に挙がっている温室効果ガス N_2O の濃度については、嫌気槽では有意に検出されたのに対し、曝気槽では低濃度で推移した。これは、エアレーションによる大気への放出に起因するものと推察された。また、中間体で不安定なヒドロキシルアミン (NH_2OH) が、高濃度検出され、かつ大きく変動する傾向を示した。

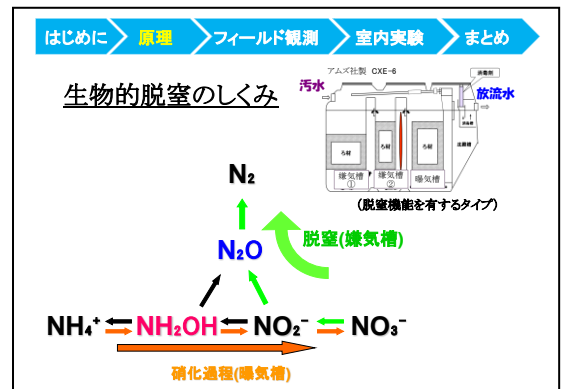


図1 生物的脱窒のしくみ

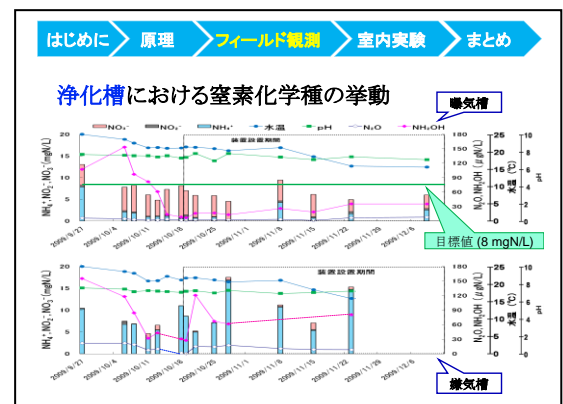


図2 窒素化学種の時系列変化

2. 脱リンに関する研究成果

鉄電解法による脱リンシステムを図3に示す。脱リンのメカニズムは、鉄電解によってイオン化 (Fe^{2+}) した後、酸化され生じる Fe^{3+} が PO_4^{3-} と直接結合し FePO_4 として沈殿するか、同時に生成する $\text{Fe}(\text{OH})_3$ に PO_4^{3-} が吸着し沈殿する、二つの反応機構が考えられる。

既存の鉄電解装置は、曝気槽に組み込まれており、脱リンの能力自体には申し分ないが、鉄電解装置の電極の耐用期間が3ヶ月程度しかもたない、という問題点を抱えていた。そこで本研究では、電極の耐用期間の延長を図るべく、嫌気槽に装置を設置しその効果を評価するために検討を行っている。

曝気槽におけるリン化学種及び鉄化学種濃度の時系列変化を図4に示す。点線で囲まれている期間は鉄電解システムの設置期間を示す。まず、電流 1A の条件で装置を稼働したところ、約 3 mgP/L (0.1mM) あったリン濃度は、0.6 mgP/L 程度まで減少した。しかし、その効果は長続きせず、Fe 濃度の減少とともにリン濃度は再び増加した。そこで、電流を 2A に設定したところ、Fe 濃度の増加とともにリン濃度が減少し、それ以降、良好な状態を維持している。本調査は継続中であるが、リン濃度は、目標値の 0.4 mgP/L (宍道湖東部浄化センターの目標値と同じ) に近い 0.3~0.6 mgP/L で推移している。

また、鉄電解装置の電極の耐用期間は、目標としていた6ヶ月をクリアーできた。どこまで延ばせるか、引き続き

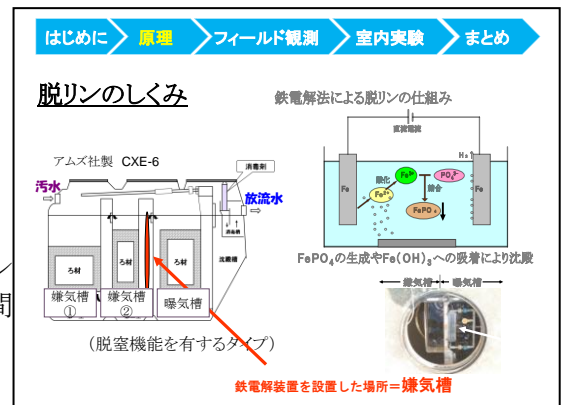


図3 脱リンのしくみ (鉄電解法)

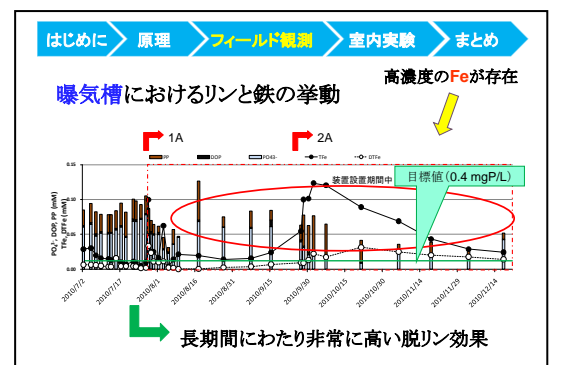


図4 リン化学種と鉄化学種の時系列変化

調査を継続して行い見極めたいと考えている。

3. 資源としてのリン回収に関する研究成果

鉄電解法により得られたスラッジ (FePO₄, Fe(OH)₃にリン吸着) からリンをアルカリ溶液で抽出する方法について検討したところ、かなりの効率でリン回収が可能であることが示唆された。

4. その他： N₂O (温室効果ガス) の大気への放出に関する研究成果

N₂O (亜酸化窒素：“京都議定書”削減対象物質)は、温室効果ガスとしてのポテンシャルが高い (CO₂の200倍, CH₄の10倍) ことに加えて、成層圏オゾンの消長にも関与する重要化学種である。

本研究では、特に、鉄電解法により Fe²⁺ にイオン化した後、酸化され生じる Fe(III)が、酸化剤として NH₂OH と反応し、N₂O を生成するのではないかとに着目し、その有無について検証を行った。鉄電解装置を未設置の合併浄化槽から曝気槽の水試料を実験室に持ち帰り、FeCl₃ aq を最終濃度が 5.0 mgFe/L となるように添加したものの (生物反応+化学反応) と Control (生物反応: FeCl₃ aq 無添加) をそれぞれ調製し、NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, N₂O, DO 及び pH の時系列変化を1週間かけて追跡した (図5)。FeCl₃ aq を添加した系 (生物反応+化学反応) では、Control (生物反応) に比べ、30%程度高い値を示した (図6)。

また、チャンバーによるフラックス調査を行い、浄化槽から大気への N₂O の放出量を見積もったところ、嫌気槽及び曝気槽からそれぞれ 1.03 及び 21.9 gN₂O/person/year が放出されているという結果を得た。未だ浄化槽からの N₂O の放出に関する情報知見は限られていることから、今回の結果のみから断定はできないが、少なくとも曝気槽から副産物として生成され大気へ放出される N₂O 量が無視できないことを示すものと考えます。また、同時に定量した NH₂OH との関係を見ると、NH₂OH の減少に伴う N₂O の増加が観られたことから、NH₂OH は N₂O 生成の Key 化学種であることが明らかとなった。

5. まとめ

研究成果のまとめを図7に示す。

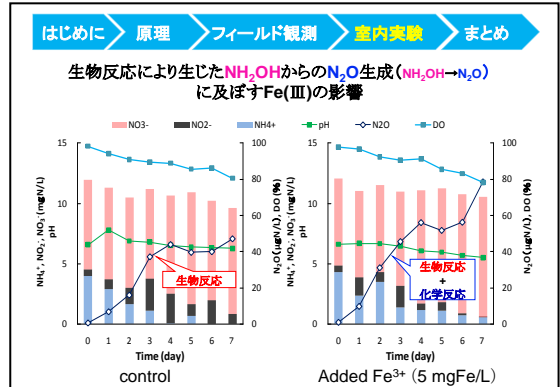


図5 窒素化学種の時系列変化 (生物反応と化学反応による NH₂OH→N₂O)

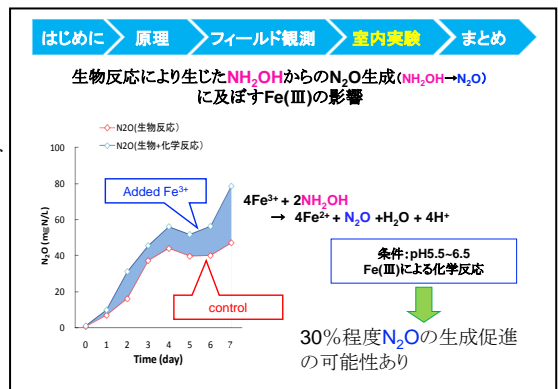


図6 NH₂OH → N₂O の反応に占める Fe(III)による化学反応の寄与率

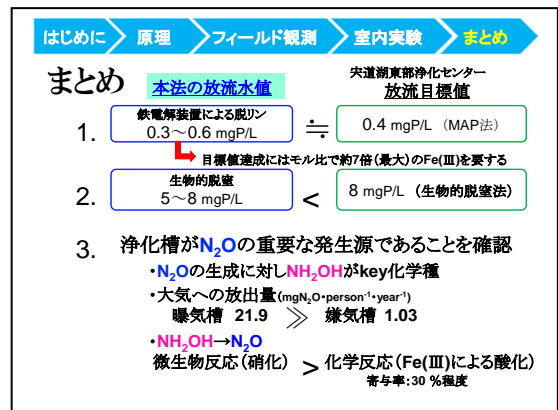


図7 研究成果のまとめ