

## 研 究 成 果

|   |
|---|
| <p>テーマ：畜産環境改善技術の開発<br/> サブテーマ：家畜尿汚水からのアンモニア・リン回収と汚水処理<br/> 小テーマ：小型高度処理設備の開発 [電解結晶法によるリン回収]</p>  |
| <p>テーマリーダー（所属、役職、氏名）：群馬大学（共同研究員）渡邊智秀<br/> 研究従事者（所属、役職、氏名）： 群馬県産業支援機構（雇用研究員）田中恒夫<br/> 池原工業㈱（共同研究員）小池範幸・サラフジ㈱（共同研究員）佐藤孝志</p>  |
| <p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要<br/> 群馬県は畜産業が盛んな地域であるため、その排水による河川や地下水などの水質汚染が懸念されている。一般に畜舎排水などは浄化施設で処理されてから河川などへ放流されるが、原水の汚濁物質濃度が下水などと比較して極めて高いことから、水質基準をクリアした場合においても処理水中には有機物や栄養塩類などが一定の濃度で残存している。本研究は、畜産排水二次処理水中に残存している栄養塩類を再利用しやすい形態で（結晶性物質）除去・回収することを目的とした。その際、水の電気分解を利用する電解晶析法を新たに提案し、実用化を目指して検討を行った。</p> <p>②研究の独自性・新規性<br/> 排水からリンや窒素などの栄養塩類を回収する方法として、最近では純度の高い回収物が得られることから、MAP法やHAp法などの晶析法が注目されている。従来のMAP法やHAp法は、アルカリ剤や種晶などの薬品類の添加が必要など、操作の煩雑さなどが以前より指摘されている。電解晶析法では上記のような薬品類を添加しなくても栄養塩類の回収が可能で、その効率も比較的安定している。加えて、これまで困難とされてきたカリウムの回収も可能であることがわかっている（世界でもあまり例がない）。さらに、陰極からは水素が発生するが、これを回収してエネルギー源として利用することも可能である。</p> <p>表面処理を施した板状の電極を電解槽に一定の充填率で浸漬し、排水を通水して印加するというシンプルな装置と操作で、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムなどの鉱物資源および水素エネルギーの回収が可能となる。</p> <p>③研究の目標<br/> [フェーズⅠ]<br/> 電解により排水中のリンなどの栄養塩類が不溶化（結晶化）する現象は本事業の開始前にテーブルスケールの実験で確認しているため、フェーズⅠでは結晶化（リンなどの回収）における電流、電圧、電極材質、電極形状、電極表面形状、電極アレンジメントなどの影響について養豚現場で実排水（豚舎排水二次処理水）を用いて詳細に検討する。このとき、リンなどの回収率は50%以上を目標とする。</p> <p>[フェーズⅡ]<br/> フェーズⅠの結果に基づいて、電解装置を新たに設計・作製して、養豚現場で実排水を用いて連続の電解実験を行う。リンなどの栄養塩類の回収における電流・電圧、流入負荷、滞留時間などの影響について検討する。また、電極に付着した結晶性物質の回収方法（リバース電解法）およびその効率（リバース間隔）などを検討する。</p> |
| <p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>[フェーズⅠ]<br/> フェーズⅠで掲げた目標について、本事業に参画した企業の所有するパイロットスケールの電解槽を用いて電解実験を行い検討した。結果は以下のとおりである。</p> <p>(1)電流・電圧や電極材などの影響<br/> 有効容量約1m<sup>3</sup>の電解槽（浸漬した電極の表面積：約6000cm<sup>2</sup>）に1時間当たり42リットルの豚舎排水二次処理水を連続的に供給し、電流：10～100Aの範囲で電解実験を行った。その結果、①電解槽内に整流板を設置して流れを整えることにより電極に付着する結晶性物質の量は増加すること、②電解に用いる電極の材質としてチタン母材白金メッキが適していること、③表面にヘアライン処理を施すことにより結晶性物質の付着生成量は増加すること、④電極配列により陰極に付着する結晶性物質の量は変化すること、などがわかった。</p> <p>(2)回収した結晶性物質の組成<br/> 回収した結晶性物質を乾燥させて元素分析を行ったところ、主な構成元素はP、K、Ca、Mgで、リンの含有量は15～25%であった。カリウムの含有量はリンのそれより多かった。また、リン、カルシウム、マグネシウムの存在割合より、HApがより多く生成されることがわかった。</p>  |

[フェーズⅡ]

フェーズⅠの実験結果を参考にして新しい電解槽の設計・製作を行った。また、フェーズⅠと同様な方法で実験装置を設置し、主に流入負荷の影響とリバース電解の有効性に着目して実験を行った。その結果、①流入負荷を増加させるとリンを含む結晶性物質の生成量は増加すること、②リバース電解により結晶性物質を電極から剥離することが可能なこと、③24時間程度のリバース間隔で結晶性物質の回収効率は高くなること、などがわかった。

主な成果

具体的な成果内容

- (1) 電解により排水中の栄養塩類を結晶性物質の形態で回収できる新たな技術を研究・開発した。
- (2) 世界でも珍しいカリウムの回収方法を研究・開発した。
- (3) 鉍物資源（リンやカリウムなど）とエネルギー資源（水素ガスなど）を同時に回収できる技術を研究・開発した。

上記に関して、実規模に近い装置を用いて実験を行い実用化（事業化）の可能性を示した。

特許件数：1件 論文数：2件 口頭発表件数：5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

排水からリンなどの栄養塩類を回収できる技術として晶析法（MAP法やHap法など）が挙げられるが、これらの方法は操作の煩雑さなどの問題を抱えている。本事業で研究・開発した電解晶析法はシンプルな装置と操作で栄養塩類の回収が可能である。回収した結晶性物質のリンやカリウムなどの含有量はこれまでの技術と比較しても極めて高い。

また、カリウムさらには水素エネルギーを同時に回収できる技術は世界的にみても珍しく大いに差別化できる。

2 実用化に向けた波及効果

畜産排水に含まれるリンなど有用物質を回収して循環利用することにより、環境への負荷を低減することができる。同時に、鉍物資源の経済システムへの新規投入量を抑制することができる。畜産廃棄物から有用物質を回収して適切な範囲で循環利用する地域資源循環圏の構築は、環境と経済の両立を可能にすると考えられる。特に農業や建設業などが主要な産業で人口減少の著しい小さな市町村においては、それらの業種が中心となった地域資源循環ビジネスの創出は不可欠である。

残された課題と対応方針について

実用化に向けて今後も実験を行い検討する。また、下水道分野への適用も視野に入れ研究・開発を進める。

技術的な課題は解決できると考えられるので、今後は参画企業などと協力して市場や販路などの開拓も同時に進める。

|                           | J S T負担分 (千円) |       |       |       |       |       |        | 地域負担分 (千円) |        |        |       |       |       |        | 合 計    |
|---------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                           | 17年度          | 18年度  | 19年度  | 20年度  | 21年度  | 22年度  | 小計     | 17年度       | 18年度   | 19年度   | 20年度  | 21年度  | 22年度  | 小計     |        |
| 人件費                       | 0             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 659        | 7,479  | 5,755  | 6,943 | 5,589 | 3,208 | 29,632 | 29,632 |
| 設備費                       | 1,764         | 5,352 | 5,007 | 3,177 | 0     | 446   | 15,747 | 0          | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 15,747 |
| その他研究費<br>(消耗品費、<br>材料費等) | 2,818         | 3,896 | 3,383 | 1,052 | 2,272 | 1,170 | 14,591 | 423        | 11,436 | 3,498  | 103   | 256   | 1     | 15,716 | 30,308 |
| 旅費                        | 0             | 65    | 70    | 75    | 0     | 0     | 210    | 120        | 299    | 162    | 215   | 0     | 0     | 797    | 1,007  |
| その他                       | 0             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0          | 234    | 1,126  | 664   | 485   | 190   | 2,698  | 2,698  |
| 小計                        | 4,582         | 9,314 | 8,460 | 4,304 | 2,272 | 1,616 | 30,549 | 1,202      | 19,447 | 10,541 | 7,924 | 6,329 | 3,399 | 48,843 | 79,392 |

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：イオンクロマトグラフィー

地域負担による設備：電解槽

※複数の研究課題に共通した経費については按分してください。