

氏名(本籍)	あ べ まこと 阿部 真(山形県)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博乙第2344号
学位授与年月日	平成20年2月29日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Fe電極を用いた電気化学的方法による畜産廃水処理の改善

主査	筑波大学教授	農学博士	佐竹隆顕
副査	筑波大学教授	博士(農学)	山口智治
副査	筑波大学教授	農学博士	杉浦則夫
副査	筑波大学教授	工学博士	王碧昭

論文の内容の要旨

地域環境を考える上で有機性畜産廃棄物の処理はこれまで以上に重要な問題となっている。既存の処理施設においても処理の一部を補う形で別の処理装置が必要とされるなど、できるだけ簡易な解決策が求められている。このような社会的背景のもと、有機性畜産廃水の処理において電気化学的方法は、構成する個別の処理プロセスを有効に活用することにより処理システム全体の効率化を実現する方法として期待されている。しかし、現状の電気化学的処理装置の応用は多成分の汚染物質の同時処理までには至っていない。

電気化学的廃水処理の効果は大きく2つのプロセスに分けられる。1つは電気化学的分解であり、もう1つは電気化学的分離(凝集および沈降・浮上)である。本研究ではFeの2つの効果における特徴的な役割に着目し、それを利用した多成分の汚染物質の総合的な処理を実現し、小規模の畜産施設でも簡便に利用可能な廃水処理システムの開発に向けた基礎的実験研究を行った。

まず茨城県下の2か所の養豚場において問題となっている活性汚泥処理後の放流水のベンチスケールの電気化学的処理をFe電極のみを用いて行った。処理槽を2つの槽に分け、各槽で電気化学的分解プロセスと電気化学的分離プロセスが相互作用少なく実現し、全体として窒素、リン成分の両法を同時に除去処理するための工夫を行った。処理部は同じ形状の2つのFe電極を平行に配置し、電極面積と電極間距離はそれぞれ約52cm²、3.7cmとし、処理部は192.4cm³の容量で攪拌部には500mLのビーカーを用いた。処理対象液はI養豚場の活性汚泥処理後の処理水(原水A)、I養豚場のさらに限外ろ過処理した排水(原水B)、T養豚場の活性汚泥処理後の最終放流水(原水C)の3種類であり、それぞれ400cm³をDC24Vの定電圧で最大で60分処理した。結果として窒素については原水の処理履歴に違いがみられるが60分でおおよそ0-30%除去、リンについては主に沈降によるとみられる約90%の除去を達成した。この処理過程を懸濁物、沈降・浮上物の影響を考慮したモデルによって考察した結果、懸濁物、沈降・浮上物の処理への影響、またそれが処理時間によって変化することが実験結果と対応して示された。しかしモデル式は解析を十分行うために必要な測定項目を測定することはできず、またFe電極の溶解量に対する検討が不足するものであった。なおリン成分の処理についてはほぼ満足いくものであったが、窒素成分の処理効果を高める工夫が必要であることが明らかとなった。

次に Fe 電極に加えて Ti/Pt-IrO₂ 電極を利用し、メタン発酵処理液に対して単一槽で 2 種類の処理を連続的に組み合わせた 2 段階電気化学的処理を行った。廃水中の懸濁物および窒素成分や炭素成分の分解、懸濁物やリン成分の分離が、互いに妨げることなく同時に進行することを目的とした。2 種類の同形の平板電極を単一の処理槽で平行に配置し、電極面積と電極間距離をそれぞれ約 32cm²、1cm とした。第 1 段の処理ではアノードに Ti/Pt-IrO₂、カソードに Fe を使用し、DC1.0A に電流値を固定して 5 時間の処理を行った。処理に際しては分解反応や浮上効果を期待して処理水 300cm³ に 3.0g の NaCl を添加した。また、数 cm³ の 50wt% 硫酸を用いて初期 pH を調整した。結果として、T-P はほとんど変化せず、窒素成分は多くを占めるアンモニア態窒素が初期 pH によらず分解除去された。一方で硝酸態窒素の生成が認められたが、初期 pH の影響は認められなかった。炭素成分についても処理効果が認められ、これは初期 pH によって異なり、実験範囲で一番低い 3.3 の場合がより速い除去効果が得られた。さらに残った汚染物質を除去するために、初期 pH3.3 の場合の第 1 処理直後に第 2 段階処理としてアノードとカソードの極性を反転し、電流は同様に DC1.0A に固定して 1 時間処理を連続して行った。フェントン反応による分解反応の向上と、Fe アノードの凝集処理効果を目的に、第 2 処理の実行前に 30wt% の過酸化水素水を数 cm³ 投入した。その結果、第 2 処理によるリン成分と炭素成分について除去効果が認められた。TOC は H₂O₂ 投入量が多い場合、除去が速く進む傾向を示したものの、2.50cm³ 以上では除去速度の大きな増加は認められなかった。IC には TOC から IC への分解反応が原因の 1 つと考えられる濃度の増減が認められた。この IC 濃度の増加は単純に H₂O₂ 量が多い方が大きくなっておらず、実験で調べた添加量 1.25cm³ と 2.50cm³ の間で逆転していた。リン成分も約 70% の除去効果が見られ、H₂O₂ 添加により若干処理が向上した。2 段階処理の実験範囲における最適条件で懸濁物はほとんど除去され、窒素成分についても大部分を占めるアンモニア態窒素をほぼ完全に除去した。TOC についても約 80%、T-P は約 70% の除去効果があり、総合的に除去できる条件が確認された。

審査の結果の要旨

本論文は、有機性畜産廃棄物のうち処理が問題となっている畜産廃水において、多成分の汚染物質を効率よく除去する処理システム開発の基盤となる知見を明らかにした研究である。小規模の畜産経営においても活用できるよう電極に Fe を用いた電気化学的方法による有機性畜産廃水の処理技術の確立に向けた実験研究を行った。Fe の化学的な特徴を利用し、廃水の 2 槽間循環による電気化学的な分解と分離を行う処理系を提案し、窒素およびリン成分の除去効果の測定とモデルによる考察を行った。更に処理性能が向上し、炭素および懸濁物の除去についても期待できる方法として、Fe に加えて Ti/Pt-IrO₂ 電極を利用し、処理の途中で電極極性を切り替える 2 段階処理法を提案した。この新しい処理法は、1 つの処理槽で行われ省スペースを実現する一方 2 段階の処理を行い、さらに各処理段階で複数の処理プロセスを進行させることで、従来は原液での電気化学的処理が困難であった畜産廃水に対して前処理なしの処理を実現し、多成分の汚染物質の除去につながる成果を得た。また、薬剤の添加による処理への影響を明らかにする等、緊急の課題となっている畜産廃水の処理問題の解決に大きな寄与が期待された。本論文で提案された電気化学的処理法やモデルは、廃水性状に応じた処理を実現する上で新しい視点が示され、また既存の処理システムを安定的した情態に維持することにも寄与する有用かつ貴重な研究成果であると判断された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。