

論文審査の結果の要旨

氏名 瀬尾 美智子

本論文は、自然界との調和・共存を目指した水循環を実現するための下水処理形態のひとつを提案し、その構想を既存の水処理手段の一つである電気化学的手法を用いて具体的に示すことを目的としたものであり、電気化学的手法に関するハード面の構成要素の開発・作製から、条件を満たす処理装置の基本構造の考案、さらに処理装置の模型を用いた水処理実験により、この処理形態を用いる場合の全体像を示している。

第一章では、下水道と水循環に関する背景を述べるとともに、そこから考えられる新たな下水処理形態を提案し、本研究の目的と位置付けを示した。現在主流の下水道システムは、生物学的処理手法を用いた大規模下水処理場における一括大量処理であるが、下水発生源近傍で処理を完了させる処理形態ができれば望ましい。そこで、下水経路に処理機能を有する設備を分散させて設置する多段階式下水処理システムを提案し、さらに簡略化した直列モデルを用いてこのシステムに関する説明を行った。また、この構想を具体例と共に示すため、提案した下水道システムの構築に繋がる可能性のある水処理法として電気化学的手法を選択したことを述べた。

第二章では、電気化学的水処理法の理論、電気化学系の構成要素および電解システムの説明を行い、本研究を進める際の課題を提示した。本研究が目指す水処理形態を実現するには既往の電解槽では問題があるため、条件を満たす新規の電解槽の考案が必須となる。その際、さまざまな形状や大きさを持つ電極を用いた実験を行う必要がある。希望する形状で処理機能を持つ電極が容易に作製できることが望ましいが、現段階では十分に条件を満たすような電極作製法は報告されていない。したがって、適切な電解槽の考案のために新規の電極及び作製法の確立の必要性を述べた。

第三章では、チタン以外の金属基板を用いた電極の作製法とその特性の調査及び水処理用電極としての使用の可能性について検討した。水の電解で一般的に使用される電極は、チタン基板を導電性金属酸化物薄膜でコーティングしたセラミックス電極であるが、加工性などから様々なサイズや形状のプロトタイプ電極を多数準備する場合に適しているとは言えない。そこでセラミックス薄膜としてアンチモンをドーブした酸化スズ (Sb-SnO_2)、金属基板としてステンレススチールとアルミニウムに注目した。セラミックス薄膜の作製法は金属アルコキsidを用いたゾル-ゲル法を採用し、基板上への溶液の塗布方法としてディップコーティング法を選択した。金属アルコキsidの簡便な合成方法を確立するとともに、適切なゾル-ゲル溶液の調製条件を見出し、コーティング、乾燥、焼成の行程を繰り返して金属基板上にセラミックス薄膜を作成した。

このようにして作成した Sb-SnO_2 /金属基板を電極にし、 OH ラジカルをトラップする物質である $\text{N,N-dimethyl-}p\text{-nitrosoaniline}$ (RNO)とフェノール水溶液中で電解を行なった

結果、電解条件の制約はあるものの、Sb-SnO₂/Alは作製の容易な水処理用電極として使用可能であることが示された。

第四章では、仮想の電解槽を用いて下水経路に設置する場合の条件を検討した。さらに、それらの条件を満たす電解槽モデルを考案し、電解槽の模型を作製してRNOとフェノール水溶液を用いた電解実験を行なった。

下水経路に設置する場合の条件を満たす電解槽の特徴は、1)小スペースで水を連続的に受け入れるためにフロー型電解システムと貯水槽を組み合わせること、2)アノードとカソードの間を水の通り道とし、そのまま排水させること、3)電解槽に水を注いでいくと水は下から溜まるので、下から上への自然な水の流れを利用することである。

考案した電解槽は直径と長さの異なる中空状の電極を同心円状に重ね、垂直に立てた形状をしている。水が電解槽に流入すると、水は電極の間を通過して処理されながら自然に排出される。電極が処理の反応場と同時に仕切りとなり、複数の電極を用いることで、小さな空間に広い電極表面積を持たせることができる。電解実験として、RNO水溶液あるいはフェノール水溶液を電解槽に流し続けながらその間に電流を流し、物質の濃度変化を測定した結果、適切な電流密度の選択や流速に関する制限などが必要であることが示唆された。電極の配置を変えた実験からは水の流れ方によって処理結果に違いが生じることが明らかになり、効率の良い電解処理システムを構築するためには、電極材料だけでなく、水の流れ方も考慮する必要があることが示された。また、作製した電解槽の現実の下水処理への適用についてはOHラジカル発生効率が高い電極を使用することや電解槽のスケールを上げて電極表面積を増加させることで対処できると考えられる。

第五章では、結論として研究内容を総括し、今後の課題と展望を述べた。

以上のように、本論文は下水経路中に処理機能を有する設備を分散させて設置する多段階式下水処理システムの構想を示し、その構想を実現するための処理方法について電気化学的手法を用いて提案したものであり、環境学の発展に寄与するものである。

したがって、博士(環境学)の学位を授与できると認める。