

論文の内容の要旨

氏名 高 娃

本論文は、磁気分離を利用した活性汚泥法である磁化活性汚泥法を、難生分解性有機排水処理に応用し、微生物の順応によって難生分解性有機物を生分解することをめざしている。ベンチスケール実験によってその適用可能性を検証し、有効性や課題を明らかにしている。難生分解性有機物として、それぞれ家畜用抗生剤と、1,4-ジオキサンを含む排水の処理を検討している。いずれも、難生分解性物質として、近年、多くの研究が行なわれている重要な課題である。

本論文は全4章から構成されている。各章の概要は次のとおりである。

1章では、はじめに、SDGsにおける水環境保全技術の重要性、世界や国内の水資源の現状、水処理により発生する汚泥の環境負荷など、背景を概説している。さらに、磁化活性汚泥法の原理、活性汚泥法との違いなどをまとめ、本研究の着想の背景となる磁化活性汚泥法の特徴が解説されている。磁化活性汚泥法は、微生物を磁気分離によって長く処理槽内に保持できるため、微生物の馴致が進行し、難生分解性物質を分解できる微生物が自然に発生することが期待できる。この特徴を生かし、特殊な微生物を添加したり、固定化微生物を用いることなく、簡便で経済的な難生分解性排水の浄化プロセスが構築できるとした本研究の着想点が示されている。この着想に基づき、難生分解有害物質の生物処理プロセスが自然発生的に構築できることをベンチスケール実験で確かめ、その有用性や課題を明らかにすることを目的としている。

2章では、家畜の感染症を予防したり、治療するために、大量に家畜用抗生剤が使用されている現状や抗生剤が排水処理施設で分解しきれずに環境中に流出し、耐性菌発生の原因となっていること、水処理性状への悪影響があることなど、既往の研究をまとめ、抗生剤を含む畜産排水の処理プロセスの課題と必要性について論じている。また、本研究で代表的な抗生剤として取り上げたテトラサイクリンの特徴もまとめられている。既往の研究を踏まえて、薬剤、電極反応、固定化微生物など使用せず、自然発生的なテトラサイクリンを分解できる微生物による抗生剤の生分解をめざす本研究の目的を示した。実験の部では、ベンチスケール実験装置の仕様(磁化活性汚泥法(5 L)と接触酸化法(2.5 L)の2段処理など)、実験条件(模擬排水COD_{Cr}濃度4,500 mg/L、テトラサイクリン10 mg/L、流量5 L/dなど)、分析法(各種JIS法、LC-MS/MS法など)などを示した。結果の部では、排水中の有機物を一般排水基準(120 mg-BOD/L)レベルまで分解しながら、同時に、テトラサイクリンを90%以上(平均94%)生分解できた。磁化活性汚泥中の微生物は模擬排水

と同濃度の抗生剤が含まれる寒天培地中で増殖でき、一方、通常の活性汚泥は増殖できなかつた。

3章では、磁化活性汚泥法に初めて共代謝による難生分解性有機物処理の適用を試みた研究成果がまとめられている。2012年、1,4-ジオキサン(以下ジオキサン)に水質有害物質としての一般排水基準0.5 mg/Lが設定された。ジオキサンは発がん性が疑われる有機化合物で日本国内では環境中に年間数百トン放出されているとされる。活性汚泥法ではほとんど分解できず、吸着処理も効果的でないため、酸化剤を用いた化学的分解法が用いられているが、薬剤コストや添加量管理の煩雑さから、簡便な処理法が期待されている。近年、テトラヒドロフラン(以下THF)を共代謝物質として添加することで、ジオキサンが生分解できることが報告された。そこで、まず、2章と同様に、馴致によって、ジオキサンの生分解が可能かどうかを検討し、さらに、磁化活性汚泥法による共代謝プロセスを検討してみることにした。実験は、2章と同じ磁化活性汚泥装置を用い、ジオキサンを50 mg/L含むCOD_{Cr}約650 mg/Lの合成排水を5 L/dの一定流量で連続処理した。約3カ月処理を続けたが、ジオキサンの分解はほとんど進まず、馴致によるジオキサン資化菌の自然発生は難しいことが示された。そこで、THFを共代謝物質として添加したところ、合成排水中50 mg/Lのジオキサンは0.05 mg/L以下(99.9%除去)まで分解できた。しかし、THFの添加を停止すると、再び分解率が低下した。これらの結果から、馴致による生分解処理は難しいこと、磁化活性汚泥法においてもジオキサンの共代謝による生分解は有効であることが示された。

4章では、本論文の研究成果がまとめられている。本論文により、難分解性物質の新たな生分解プロセスとして、磁化活性汚泥法の適用を試み、その有用性を実験的に検証できた。