

硝酸性窒素等の削減に対応した汚水処理技術

岡山県農林水産総合センター 畜産研究所 環境研究グループ

1. 硝酸性窒素等について

平成13年に地下水の硝酸塩汚染による人体への影響や河川の富栄養化対策として、水質汚濁防止法の健康項目（有害物質）に「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物」（硝酸性窒素等）が追加され、すべての特定事業場において一律排水基準の許容限度100ppmへの対応が必要となりました。（硝酸性窒素等＝アンモニア性窒素×0.4＋亜硝酸性窒素＋硝酸性窒素）

しかし、この基準への早急な対応が難しい事業所においては暫定排水基準が示され（27業種）、窒素濃度の高い畜産農業においては1,500ppmとされました。

この暫定排水基準は3年ごとに見直しが行われており、令和3年現在では7業種に暫定排水基準が設定されています。畜産農業においては1,500ppmから500ppm（令和4年6月末まで）へと段階的に引き下げられています（図1）。このため、一律排水基準の許容限度100ppmに向けた対策が求められています。

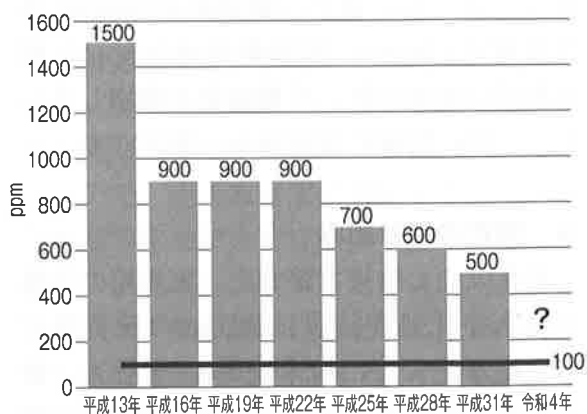


図1 暫定排水基準許容限度の推移

そこで当所では、新設浄化処理施設や既存の浄化処理施設に応用できる窒素除去技

術を開発し、地下水への硝酸塩汚染対策、一律排水基準への適合に向けた対策を検討しています。

2. 硫黄酸化脱窒法とは

窒素成分の多い畜産排水では、浄化処理を行っても窒素成分がなかなか低下せず残存してしまいます。そのため、窒素除去を目的として、自然界に広く存在し、窒素の循環上重要な細菌とされる脱窒菌を用いた生物学的窒素除去法などが取り入れられています。

この脱窒菌は、浄化槽の中にも存在しており、普段は曝気による酸素を利用していますが、酸素のない状態になると、有機物と硝酸、亜硝酸を利用して窒素ガスに還元します（脱窒）。下水処理では、この原理を応用した方法として、処理水にメタノール（有機源）を添加して脱窒する方法が行われています。

畜産では、コストを抑えるため曝気と停止を繰り返す間欠曝気法、処理水を原水槽等へ循環させて脱窒を行う循環脱窒法等、メタノールではなく汚水中に含まれる有機物を利用した方法が用いられています。

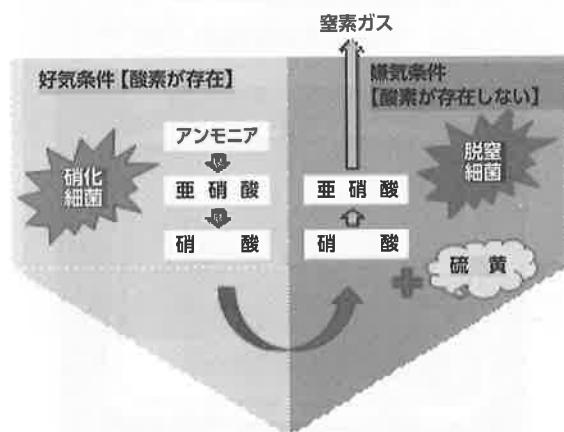


図2 窒素の硝化反応と脱窒反応

このようにこれまでにいろいろな窒素除去方法が開発されていますが、当所では、近年注目されている硫黄を用いた脱窒方法を農研機構畜産研究部門と共同で取り組んでいます。この方法は、図2に示すように酸素がない状態で硫黄を加えると硫黄酸化脱窒細菌が働いて、硫黄を酸化しながら硝酸性窒素等を窒素ガスに還元し大気中に放出するので処理水中の硝酸性窒素等が減少します。

3. これまでの試験

まず、基礎試験として図3に示すような1m³程度の簡易な硫黄脱窒試験装置を作成しました。これに、粉末硫黄(図4)を100kg投入して浄化処理水を上向流で投入しました。

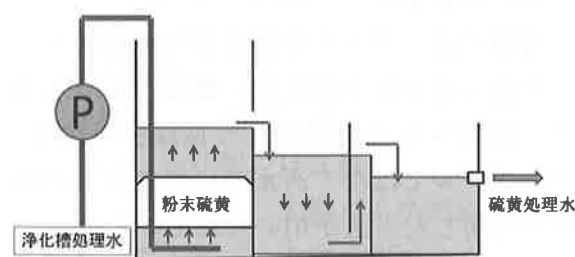
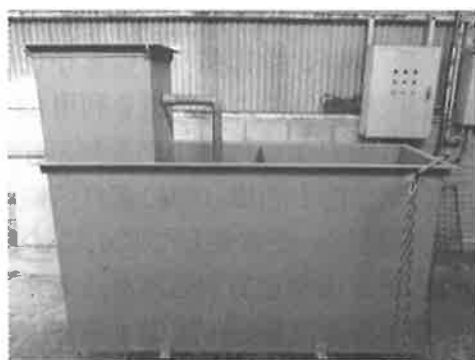


図3 硫黄脱窒試験装置 (1m³)



図4 試験に使用した粉末硫黄

そして、この浄化処理水の投入量を100～600L/日に変えて試験を行いました。試験期間4～11月で水温が低下する冬季は試験を行いませんでした。これは、予備試験の結果から水温が10℃を下回ると硫黄酸化細菌の活動が悪くなり、正常に脱窒が行えなくなるためです。

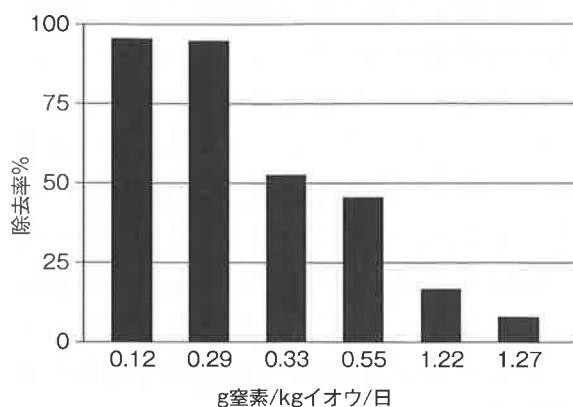


図5 硫黄脱窒による窒素の除去結果

図5に硫黄脱窒による窒素の除去結果を示しました。浄化処理水中の窒素成分は変化するので、粉末硫黄1日1kgあたりに削減された窒素の量(g)を示しました。その結果、粉末硫黄1日1kgに対し窒素0.3g以下で90%以上の高い除去率が得られましたが、窒素が0.3gを超えると除去率が徐々に低下していきました。また、図には示していませんが、期間中のpHは投入した浄化処理水7.63、脱窒処理水7.18と脱窒過程で増加する硫酸イオンの蓄積により低下傾向を示しました。また、期間中のBODは浄化処理水1.3ppm、脱窒処理水2.0ppmと脱窒細菌の増加に伴い有機物量が微増しましたが、特に放流には問題ない濃度です。

4. 現在の取り組み

現在はこの結果を踏まえ、実規模の養豚尿汚水浄化処理施設に約20m³の硫黄脱窒槽を組み込んで、粉末硫黄8tを投入、浄化処理水を徐々に投入して窒素の除去試験を行っています。今後は、実証試験を重ね、一律排水基準をクリアできる技術として普及を目指していきます。