

稲わら混合土壌を用いた下水二次処理水からの窒素除去実験

九州大学 工学部 学生会員 野崎佑一郎 九州大学大学院 工学府 学生会員 土方栄示
九州大学大学院工学研究院 正会員 広城吉成 九州大学大学院工学研究院 正会員 神野健二

1. はじめに

日本の国土は急峻で河川流路が短いという地形特性や、降雨が梅雨や台風などの一定時期に集中している気候特性から、日本の水資源は有限かつ脆弱であるといえる。加えて、年降水量は年毎の変動幅が近年広がる傾向にあり、渇水リスクが高まっている。ダムが枯渇する渇水が発生した場合、代替水源の一つとして下水二次処理水が現在注目されている。下水二次処理水は川や海に放流されており、農業用水として再利用することは渇水対策として大変有効である。しかし、下水二次処理水は農業用水としてそのまま利用するには問題があり、水質の改善が必要である。

下水二次処理水中の全窒素は農業用水基準と比較すると大変多く、利用するには窒素を除去する必要がある。本研究で用いた下水二次処理水はアンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)の割合が高いため、硝化した後脱窒するという二段階で処理し窒素除去する必要がある。硝化は担体を利用した生物膜処理により、脱窒は稲わらを混合した土壌への浸透処理によって行った。

本研究では、このように硝化と脱窒を組み合わせ窒素除去実験を行い、下水二次処理水の農業用水としての再利用の可能性を検討した。

2. 内容

2. 1 実験内容

図1に実験装置概略を示す。硝化を促す実験装置は砂利を15cm厚に詰め、エアーポンプ(図1中のAir P)を底面に設置し、エアレーションを行っているカラム(図1中のカラム、以下、硝化カラム)と、脱窒を目的とした稲わらを混合した水田土壌(図1の4、以下、混合土壌)を詰めた土壌カラムから成る。下水二次処理水をポンプにより硝化カラム下部から流入させ、硝化カラム上部より流出水を土壌カラムに送り浸透させた。本実験では前原下水管理センターの下水二次処理水を使用した。また、硝化カラムの砂利は粒径約5mm~10mmのものを、土壌カラムの稲わらは約10mm~20mmに切

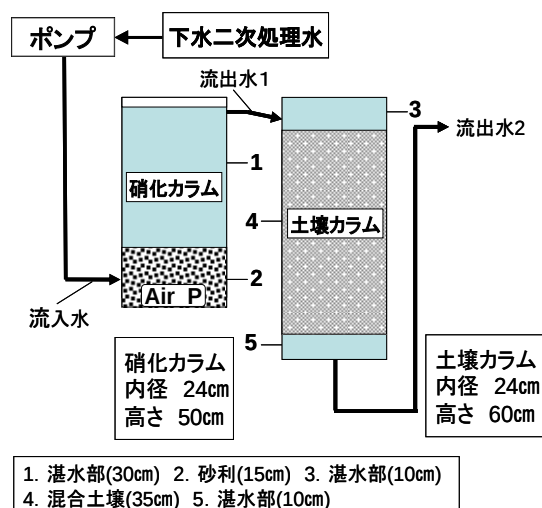


図1 実験装置概略

断したものを用いた。

(1)硝化カラムによる硝化処理

硝化カラム内に砂利を15cm厚で詰め、底面にエアーポンプを設置し、硝化カラム内を十分に曝気した。また砂利は生物膜の生成のために用いた。硝化カラム内の滞留時間は約5~6時間になるよう流入水の流量を設定した。

(2)土壌カラムによる脱窒

実験で用いた混合土壌は体積率で稲わら30%、水田土壌70%で構成される。稲わらは、微生物活動の炭素源および透水性の向上のために用いた。混合土壌の充填方法は土壌カラム下部から少しずつ混合土壌を詰め、同時に下部から水道水を流入させ、土壌カラム内を飽和状態にさせた。

2. 2 測定および分析

硝化カラムに流入させる下水二次処理水(以下、流入水)、硝化カラムから流出した処理水(以下、流出水1)、土壌カラムから流出した処理水(以下、流出水2)のDO、pH、ORP、EC、水温をそれぞれ測定し、流量は流出水1と流出水2にて測定した。

分析については流入水、流出水1、流出水2をそれぞれ採水し、D-N、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-Fe、T-Mn濃度を分析した。なお、前処理として試料をろ過(0.45 μm)し濃度を測定した。

3. 結果および考察

図2は混合土壌の透水係数の経日変化を示している。はじめ透水係数は減少したが、その後およそ $0.01 \sim 0.002(\text{cm/sec})$ に落ち着き、分析のための流出水2の流量は確保できた。

図3はORPと水温の経日変化を示している。8日目から12日目にかけて全ての採水点のORPは時間経過とともに低下した。これは流入水のORPが低下したため流出水1、流出水2のORPに影響していたと考えられる。また、水温が高いとORPが低下する傾向にあった。

図4は流入水、流出水1、流出水2の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経日変化を示している。図4より流出水1の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は流入水のそれより高く、また $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度については低い値を示している。これより硝化カラムにおいて硝化が生じていると言える。流出水2の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は8日目以降、流出水1と比較すると低い値を示している。これより脱窒が生じていると考えられる。流出水2の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は4日目以降、流出水1と比較すると低い値を示している。これは混合土壌の表層部ではDOが高いため硝化が一部生じたこと、また陽イオン交換反応により土壌に吸着したと考えられる。

図5は流入水、流出水1、流出水2のD-N濃度の経日変化を示している。図5より実験開始時に流出水2のD-N濃度が流入水、流出水1よりも低い値を示している。これは、土壌カラムに混合土壌を水道水で飽和させながら詰めた際に間隙中に残った水道水が流出したためと考えられる。2～4日目までは全ての採水点においてほぼ同程度の濃度を示し脱窒は生じなかった。しかし8日目には流出水2のD-N濃度が流入水、流出水1よりも低下し、15日目にはさらにD-N濃度が低下した。これより8日目以降からは土壌カラムにおいて脱窒が生じていることが推測された。8日目における窒素除去率は17%、15日目は61%であった。

4. 結論

本研究により、下水二次処理水を硝化カラム、土壌カラムに順次通すことによって、最大61%のD-Nを除去することができ、稲わら混合土壌は窒素除去に有用であることが示された。しかし農業用水基準に達せず、窒素除去能の更なる向上が必要である。

本実験は水温が低い12月に行なったため、今後夏季に実験を行い、水温差によって生じる窒素除去能の変

化を検討したい。

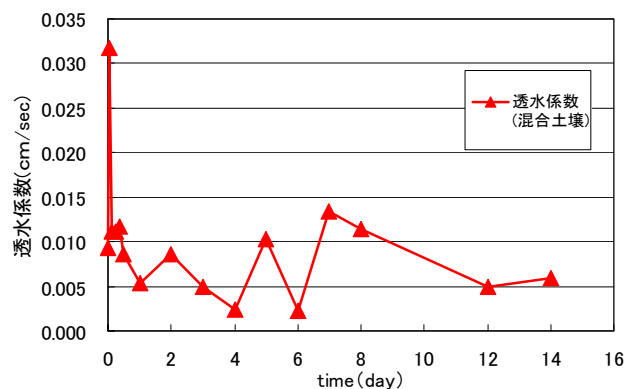


図2 透水係数の経日変化

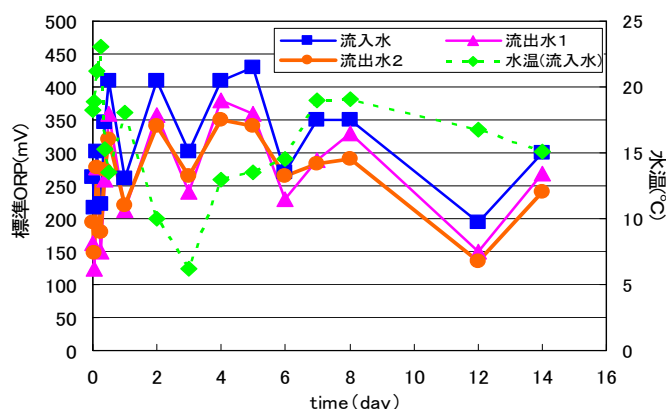


図3 ORP、水温の経日変化

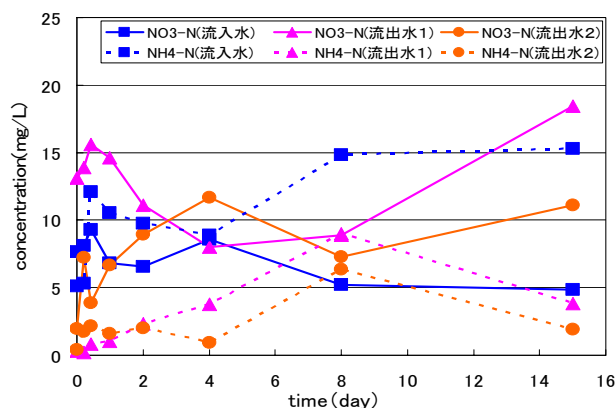


図4 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経日変化

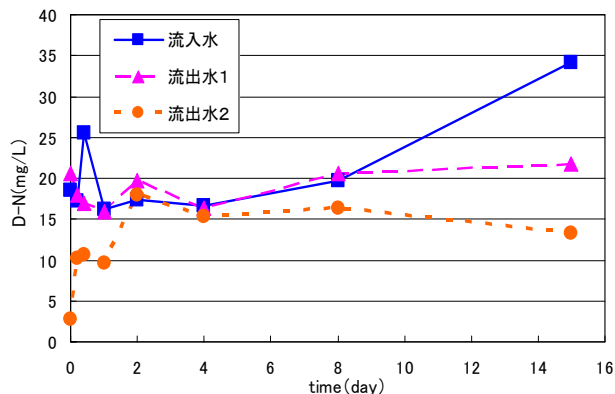


図5 D-N濃度の経日変化