

B-27 間伐材混合土壌を用いた窒素除去

○高井 淑恵^{1*}・高野 典礼²・池本 良子¹¹金沢大学大学院自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)²石川工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1)

* E-mail: rikemoto@t.kanazawa-u.ac.jp

1. はじめに

現在農耕地からの硝酸性窒素や亜硝酸性窒素による地下水や表層水等の汚染は広範囲で起きており、その対策が必要とされている。筆者らは、農地の土壌下層部に微生物付着担体として木炭を、有機物をして間伐材を充填することにより、農地からの窒素流出が抑制できることを報告している¹⁾。また、本方式では、土壌中に増殖した硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌が重要な役割を果たしていることを示している。しかし、この方法では、農地を掘り起こして整備する必要があることから、大規模な改修工事を伴うこととなり、環境対策単独で実施することは制度上困難であると考えられる。そこで、本研究では、既存の農地から排水路に流出した窒素を除去する方法として、間伐材と木炭を混合した土壌層を用いる方法を提案する。排水路から幹線排水路に流出する地点に、簡単な装置を設置して処理を行う方法である。土壌中の腐朽菌の働きによって木質が分解され脱窒に利用されやすくなることに加え、排水路水中には硫酸塩が高濃度に含まれていることから、土壌中に硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌が増殖して、脱窒が効率的に進行すると考えられる。本研究では、その有効性を検討するために、土壌カラムを作成し、模擬排水路水を用いて処理実験を行った。

表1 人工排水路水の組成

成分	濃度(mg/L)
KNO ₃	5
NaNO ₃	20
Mg(NO ₃) ₂ ・6H ₂ O	200
CaCl ₂	150
K ₂ SO ₄	30
Na ₂ SO ₄	150
MgSO ₄	50
Na ₂ HPO ₄ ・12H ₂ O	1.5

2. 実験方法

農業系の排水が大きな影響を与えていると考えられる石川県の河北潟流域を対象として、水質調査を行った結果から、人工排水路水の組成を表1のように設定した。

実験には図1に示す2種類の土壌カラム4本ずつを用いた。カラムA1-A4は、内径50mm、高さ1000mmの亚克力製カラムであり、下部に塩ビ製のパイプを取り付けて、流出口をカラム下部から500mmの位置とすることにより、土壌カラム内の水位を土壌層中央にする構造とした。カラム最下部には土壌が流出しないように砂利を300gつめ、その上に、カラムA1では赤玉土660gと腐葉土60g、および木炭22gを混合したものを充填した。カラムA2-A4はそれぞれ、カラムA1と同様な赤玉土660g、腐葉土60g、木炭22gに、針葉樹の間伐材チップ(約2cmの棒状)57g、広葉樹の間伐材チップ(約2cmの棒状)57g、パーク(針葉樹の皮を発酵させたもの)57gを混合して充填した(表2)。

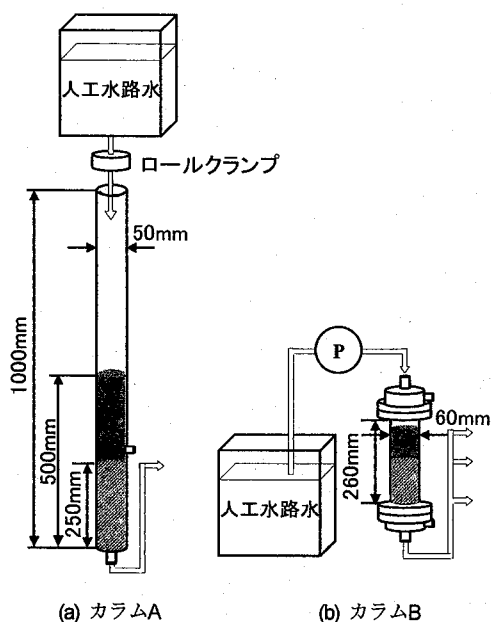


図1 実験に用いた土壌カラム

これらのカラムを20℃の恒温室内に設置し、カラム上部から畑地からの流出水を模擬した人工水路水（表1）を、ロールチューブによって1日あたり500mlとなるように調整して滴下した。カラムからの流出水を採取し、イオンクロマトグラフによって陰イオン（塩化物、硝酸塩、亜硝酸塩、硫酸塩）および陽イオン（カリウム、カルシウム、ナトリウム、カルシウム、アンモニウム）濃度の分析を行った。

カラムB1-B3は、内径64mm高さ260mmの亚克力製カラムであり、下部に取り付けた採水パイプの位置を調整できる構造とした。カラムB1およびB2には赤玉土に腐葉土と木炭をカラムA1と同様の比率で混合して充填した。カラムB3、B4には、カラムA3と同様に赤玉土と腐葉土、木炭に加えて、広葉樹の間伐材チップを充填した。カラム上部から、マイクロチューブポンプを用いて、A1からA4と同様の人工水路水（表1）を空塔滞留時間24時間に設定して滴下した。実験開始から20日目までは、カラムB1およびB3の水位を土壌中央に設定し、上層部を好気条件、下層部を嫌気条件とした。カラムB2、B4の水位は土壌の底部に設定し、全体を好気条件とした。運転開始21日目以降は、カラムB2およびB4の水位を土壌表面にまで上げて、全体を嫌気条件とした。さらに、54日目から滞留時間を48時間に延長し、190日目に腐葉土40gを追加した。

表2 カラムに充填した混合土壌の組成

カラムNo.	赤玉土 (g)	腐葉土 (g)	木炭 (g)	間伐材(g)		
				針葉樹	広葉樹	バーク
A1	660	60	22			
A2	660	60	22	57		
A3	660	60	22		57	
A4	660	60	22			57
B1	440	40	15			
B2	440	40	15			
B3	440	40	15		38	
B4	440	40	15		38	

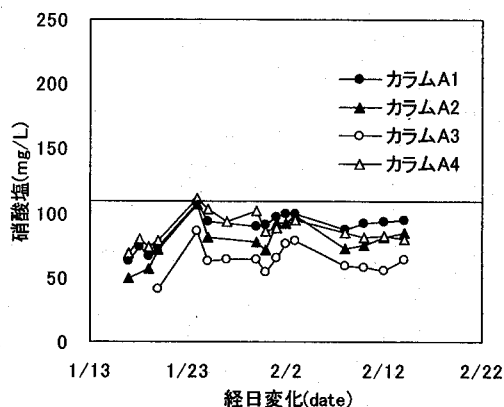


図2 カラムA1-A4の流出水中の硝酸塩濃度

3. 実験結果

(1) 間伐材の種類

カラムA1-A4の実験では、間伐材として杉を主体とする針葉樹の間伐材から作成したチップと、けやきなどの広葉樹の間伐材で作成したチップおよび、杉の樹皮を堆肥化したバークの3種類を用いて比較した。図2、3はカラムA1-A4の流出水の硝酸塩および硫酸塩濃度の変化を示したものである。硝酸塩および硫酸塩は、3週間程度まで高濃度に流出した後安定したが、硝酸濃度塩は、流入水路水よりも低く、脱窒が進行していることがわかった。また、流出水中の硝酸塩濃度は、ブランクのカラムA1がもっとも高く、ついでバークを入れたカラムA4、針葉樹間伐材チップを混合したカラムA2が同程度であり、広葉樹間伐材チップを混合したカラムA3がもっとも低い値を示した。このことは、間伐材が脱窒の有機炭素源として働き、脱窒が進行したことを示すものであり、間伐材としては、広葉樹がもっとも効果的であることがわかった。一方、亜硝酸塩およびアンモニウム塩は検出されず、リンも土壌に吸着されほとんど検出されなかった。

(2) 水位および腐葉土の添加効果

カラムA1-A4の実験結果で、広葉樹チップの添加が最も有効であったことから、カラムB1-B4では、広葉樹チップを用いて、カラム内の水位の影響について検討した。図4-7は、カラムB1-B4の流出水の水質の変化を示したものである。硫酸塩は、最初の2週間は流出したが、その後流入水濃度で安定した。また、アンモニウム塩および亜硝酸塩は、カラムAと同様にほとんど検出されなかった。図46より全窒素および硝酸塩濃度は流入水路水よりも低い値を示し、重炭酸塩濃度が流入水路水よりも高い値を示したことから、カラム内に混合した腐葉土や間伐材の無機化に伴う脱窒が進行していたことがわかった。間伐材を混合したカラムB3、B4の方がカラムB1およびB2よりも硝酸塩濃度および全窒素濃度が低く重炭酸塩濃度が高いことから、間伐材の添加効果

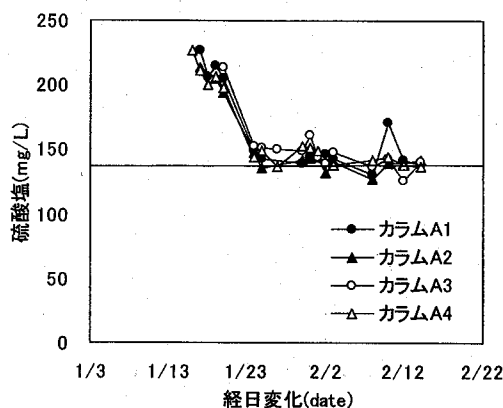


図3 カラムA1-A4の流出水中の硫酸塩濃度

が確認された。これらのことから、間伐材が脱窒の有機炭素源として有効に働いていることがわかった。一方、実験開始20日目までは、水位を土壌層の下部に設定したカラムB2およびB4よりも、中層部に設定したカラムB1およびB3の方が全窒素濃度が低く、水位が重要なファクターであることがわかった。21日目以降、カラムB2、B4の水位を土壌表面として全体を冠水させた結果、窒素流出抑制効果の向上が認められた。しかし、間伐材を充填しなかったカラムB2では、水位が中位のカラムB1と全窒素濃度は同程度であった。一方、間伐材を充填したカラムB3およびB4では、満水の条件のカラムB4の方が水が中間のカラムB3よりも窒素濃度が低かった。これより、間伐材の嫌気条件での分解が重要な因子になっていることがわかった。54日目から滞留時間を48時間に延長した結果、若干の窒素流出抑制効果の向上が認められたが、その後満水状態で間伐材を添加したカラムB4の窒素除去率が徐々に低下した。そこで、190日目に腐葉土40gを追加した結果、カラムB4の窒素除去率が回復した。他のカラムでは、大きな変化が認められなかったことから、腐葉土中の微生物が有効に働いたものと考えられる。

4. まとめ

赤玉土と腐葉土、木炭、間伐材を混合した土壌カラムによる水質浄化装置を提案し実験的検討を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) いずれの条件でも、窒素除去が行われたが、間伐材の混合により窒素除去が促進された。混合する間伐材は、杉を主体とする針葉樹のチップや針葉樹の樹皮を堆肥化したパークよりも広葉樹のチップの方が窒素除去効果は高かった。
- 2) 広葉樹チップを用いてカラム内水位を検討した結果、満水条件がもっとも窒素除去効果が高かった。
- 3) 窒素除去能が低下した間伐材充填カラムに腐葉土を追加することにより、窒素除去能が回復した。

<参考文献>

- 1) 高野典礼・池本良子、木炭・間伐材を用いた農耕地からの窒素流出抑制、第11回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集 (2004)

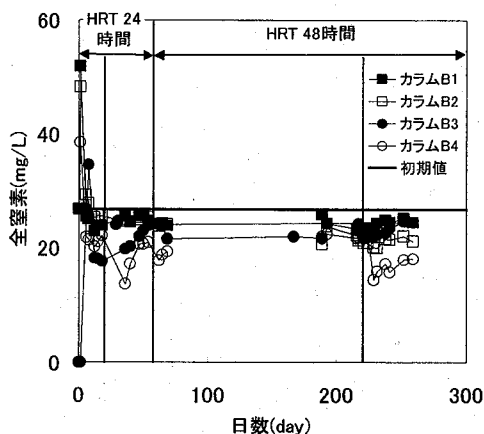


図4 カラムB1-B4の流出水中の全窒素濃度

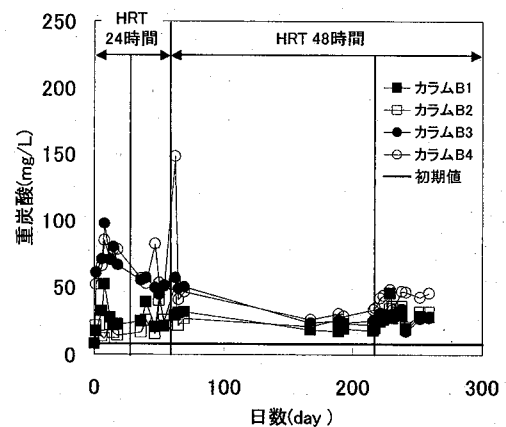


図6 カラムB1-B4の流出水中の重炭酸塩濃度

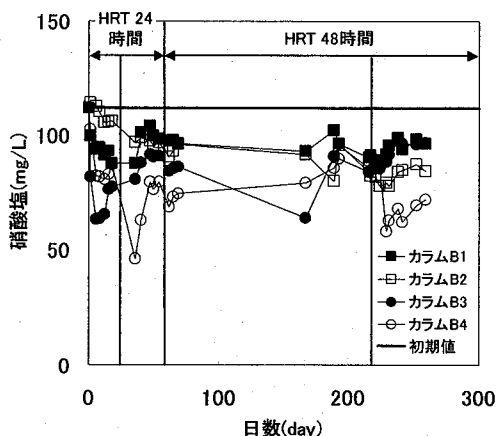


図5 カラムB1-B4の流出水中の硝酸塩濃度

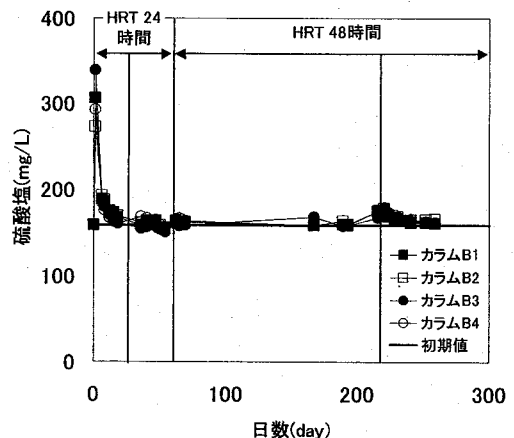


図7 カラムB1-B4の流出水中の硫酸塩濃度