

間伐材を用いた農耕地からの窒素流出抑制効果の長期的検討

石川工業高等専門学校 非会員 内田陽介
石川工業高等専門学校 正会員 高野典礼

1. 背景

現在、農耕地において、肥料中に含まれる窒素を起因とした硝酸性窒素、亜硝酸窒素の地下水への流出が問題となっている。硝酸塩・亜硝酸塩は閉鎖性水域における富栄養化の原因となるほか、これらを多量に含む水を飲用すると人間にとっても有害であり、地下水への流出を抑制する必要がある。

一方、森林保護の観点から間伐材の有効利用が求められている。そこで間伐材の有効利用として土壌中へ木炭、木くずを埋め込み、土壌中の脱窒細菌の活発化による硝酸性窒素流出抑制を考え、模擬土壌カラム実験を行った。本研究はこの実験を長期的に行い、微生物による硝酸塩の流出抑制効果と長期間に対するその効果の有効性について検討するものである。

2. 実験方法

実験に用いた土壌カラムを図1に示す。一般的な土壌モデルと、改良モデルとしてカラム底部に木炭、木くず、木炭と木くずの両方を埋め込んだもの、計4種類を用意した。これらのカラムに週二回、人工雨を降雨させ、各カラムからの流出水のpH、イオン濃度について周期的に分析を行った。流出水中から硝酸塩が検出されなくなれば追肥を行い、現在までに各カラムには通常の施肥量の約10倍に相当する硫酸アンモニウムを196日後に追肥し、約100倍に相当する尿素を335日目に追肥した。

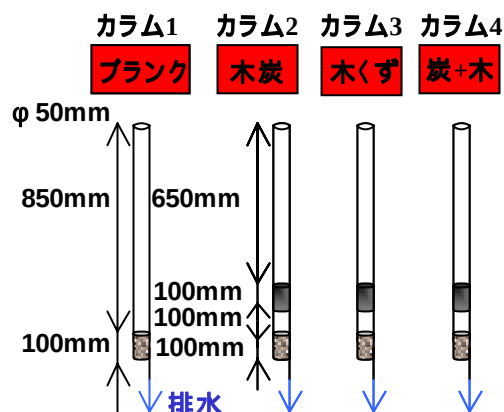
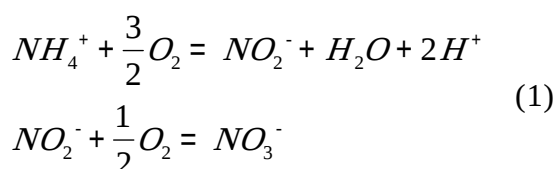


図1 模擬土壌カラム装置

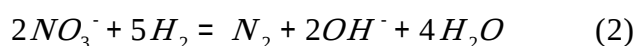
3. 実験結果

(1) カラム流出水中のカルシウム濃度

式(1)の硝化反応の式から分かるように、硝化細菌により水素イオンが生成され土壌中に放出される。水素イオンは交換性塩基より土粒子との結合力が強く、水素イオンが土粒子と結合することにより、交換性塩基であるカルシウムイオンは土粒子と切り離され溶出する。従って、カルシウムイオンの流出は硝化細菌の活性を測る指標となる。



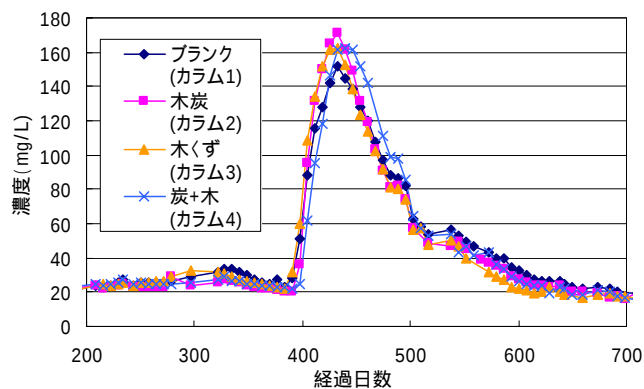
カルシウムイオン濃度の経日変化を図2に示す。硫酸アンモニウム追肥後のピーク328日目において、一般土壌モデル「カラム1」に比べ木炭や木くずを混入したカラムではカルシウムイオン濃度が低い。これは式(2)の脱窒反応の式から分かるように水素イオンが土中に放出されて土粒子と結合する前に脱窒反応により水素イオンが消費されカルシウムイオンの流出が抑制されたためと考えられる。



尿素を追肥した後の433日目のピークでは、一般土壌モデル「カラム1」に比べ木炭、木くずを混入したカラムでは濃度が高い。しかし、ピーク後減少時の587日目では「カラム1」よりも木炭、木くずを混入したものの方が、濃度が低くなっている。従って、433日目では硝化細菌が活発に働き、その後次第に硝化反応より脱窒反応が活発になり、水素イオンが土中に放出されて土粒子と結合する前に水素イオンが消費されカルシウムイオンの流出が抑制されたと考えられる。

表1 各カラムのカルシウムイオン濃度(mg/L)

	ブランク (カラム1)	木炭 (カラム2)	木くず (カラム3)	炭+木 (カラム4)
328日目	33.4	27.2	31.0	28.8
433日目	152.1	171.4	162.7	161.9
587日目	39.9	33.4	27.2	33.6

図2 Ca²⁺濃度の経日変化

(2)カラム流出水中の硝酸塩濃度

硝酸塩濃度の経日変化を図2～4に、各時点における各カラムの硝酸塩濃度を表1に示す。

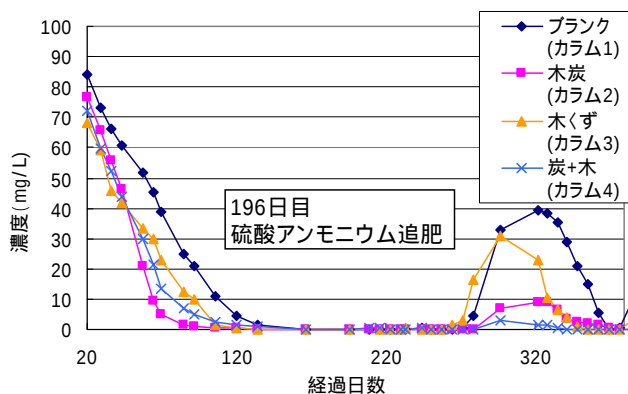
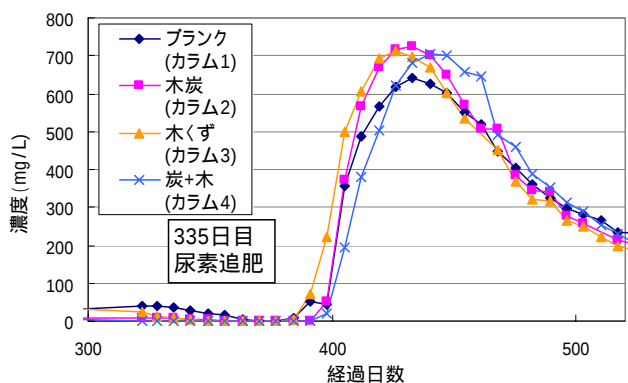
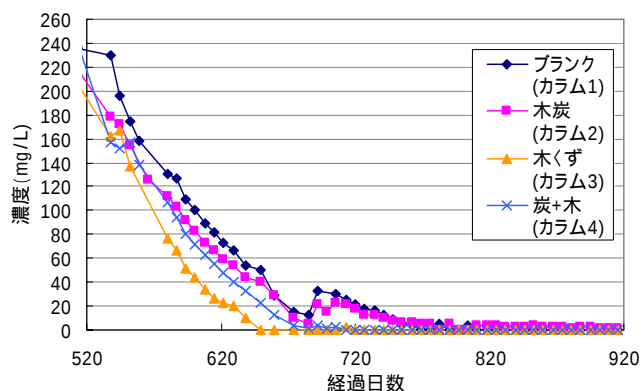
追肥を行う前の70日目では一般土壌モデル「カラム1」に比べ、木炭、木くずを混入したカラムでは硝酸塩濃度が低く、硝酸性窒素流出抑制効果が見られる。

硫酸アンモニウム追肥後のピーク時322日目において、各カラムの硝酸塩濃度でも一般土壌モデル「カラム1」に比べ、木炭、木くずを混入したカラムでは濃度が低くなっている。このことから追肥を行った後も木くず、木炭は硝酸性窒素流出抑制効果を持続しているとわかる。この時点においては、木炭を混入した「カラム2」、「カラム4」の方が、木くずのみを混入した「カラム3」に比べ、硝酸塩流出抑制効果が高い。

尿素追肥後のピーク時433日目において、木炭や木くずを混入したカラムの硝酸塩濃度は、一般土壌モデル「カラム1」より高い値を示している。これは、高濃度の窒素肥料に対して硝化反応が急激に促進されたためと考えられる。その後、ピーク後の減少時587日目では、一般土壌モデル「カラム1」に比べ、木くず、木炭を混入したカラムでは濃度が低くなっている。従って、木炭、木くずを混入したカラムでは硝酸塩流出抑制効果が長期的に持続することを示唆している。特に、木くずを混入したカラムでその効果が高い。

表2 各カラムの硝酸塩濃度(mg/L)

	ブランク (カラム1)	木炭 (カラム2)	木くず (カラム3)	炭+木 (カラム4)
70日目	38.9	4.8	23.0	13.5
322日目	39.5	8.9	23.0	1.3
433日目	640.8	725.5	697.3	682.3
587日目	127.4	102.4	76.1	94.4

図3 NO₃⁻の経日変化(実験開始後～350日目まで)図4 NO₃⁻の経日変化(尿素追肥後～ピーク時)図5 NO₃⁻の経日変化(520日以降～現在まで)

4. 結論

木炭、木くずの土壌中への埋め込みは、硫酸アンモニウムの施肥に対して硝酸塩流出抑制効果があった。また、多量の尿素肥料に対しては、硝化反応を促進し、肥料効果を高めることもできる。木くずにおいては硝酸塩流出抑制効果が長期的に期待できる。