

木炭層設置による農耕土壌からの化学肥料由来の窒素流出抑制効果

金沢大学大学院 学生会員 ○ 高野典礼
金沢大学工学部 正会員 池本良子
岡崎市役所 永井正人

1. 緒論

現在、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、特に野菜畑、果樹園、茶畑などの農耕地からの流出が問題となっている。これは品質向上や収量増加のために化学肥料等、大量の施肥が行われ、その結果、植物に吸収されずに土壌中に残り、地下水に溶出する肥料が多くなるためである。一方、近年廃棄物として大量に発生する間伐材や籾殻の有効利用を図るため、これらを炭化処理して土壌改良材として農地への働き込みが行われている。筆者らは、木炭層の設置、混入は微生物付着担体として有効であり、有機農耕土壌からの窒素流出抑制にも効果があることを報告している。そこで本研究では、木炭の性質の違いによる、化学肥料由来の窒素流出抑制効果について、土壌カラムを用いた長期間の降雨実験によって検討した。

2. 実験装置および実験方法

図1に実験に用いた土壌カラムの概要を示す。内径5cmのアクリル製カラムを用い、カラム底部にはガラス管を取り付けたゴム栓をして、随時流出水を採取できるようにした。ゴム栓の上には土の流出を防止するため10cmの砂利層を設けた。土壌は赤玉土と腐葉土を重量比で11:1の割合で混合したものをを用い、80cmの高さになるように詰めた。カラム1は土壌のみとした。カラム2は杉の木炭を表層60cm～70cmの間に層を形成して設けた。カラム3は松の木炭を表層60cm～70cmの間に層を形成して設けた。カラム4は籾殻の炭を表層60cm～70cmの間に層を形成して設けた。それぞれのカラムに化学肥料0.2gを表層に添加した。週2回60ml（降雨強度5mm/hrに相当）の人工雨を滴下し、週1回カラムからの流出水を全て採取して分析に供した。分析はpH、EC、ORP、TOC、イオンクロマトグラフィによる硝酸塩、硫酸塩、フレイム原子吸光によるCa、Mg、Na、Kの測定を行った。

実験開始92日後には化成肥料として NaNO_3 （32mg-N）水溶液の追肥を行った。同様に136日後には化成肥料として NaNO_3 （320mg-N）と $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ （320mg-N）の水溶液の追肥を行った。実験開始後267日後にはカラムを分解し、炭層上層の土壌を3層に分け、炭層、その下層の土壌をそれぞれ取り出し、土壌水の分析を行った。更に土壌上層部3層を混合し、3種類の条件で(a)、(b)、(c)の活性試験を行い、他栄養性脱窒活性、硫黄脱窒活性、硫酸塩還元活性、硝化活性を測定した。

3. 実験結果と考察

図2にカラム流出水中の硝酸塩濃度を示す。降雨実験開始後183日はいずれのカラムでも硝酸塩は検出されず、肥料中の硝酸塩、降雨中の硝酸塩は溶出しなかった。降雨開始後92日目には化成肥料として NaNO_3 （32mg-N）水溶液の追肥を行ったが、流出水中には硝酸塩は含まれず、これらの肥料は脱窒され、除去されていた。136日目に追肥として NaNO_3 （320mg-N）と $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ （320mg-N）の水溶液を添加し、168日目に人工降雨中の硝酸塩濃度を10倍に上げ、週2回の降雨を毎日降らせることにした。その結果、それぞれのカラムから硝酸塩が流出し、210日以降、カラム毎の差が表れ、カラム2,3,4で硝酸塩流出が低く抑えられていた。特に杉炭で層を設けたカラム2の流出水中の硝酸塩はカラム中最も低く、硝酸塩流出抑制効果が高いことが示された。

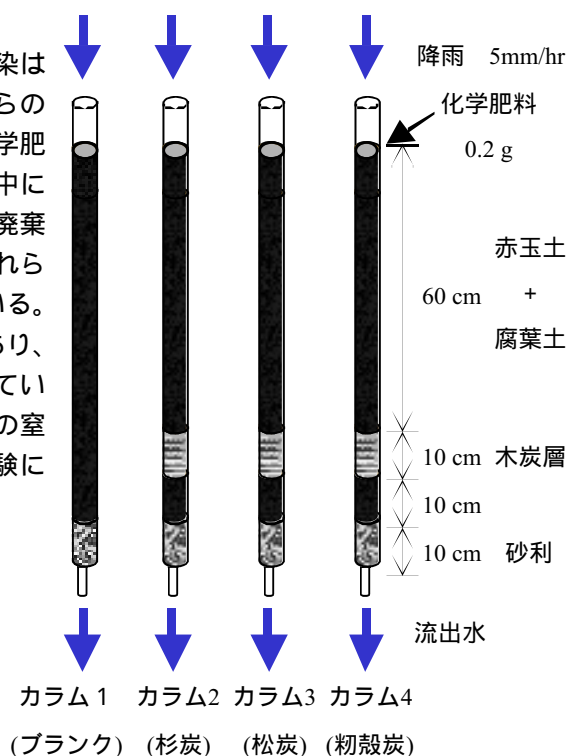


図1 実験装置概略図

表1 人工酸性雨組成

	(mg/l)
NaCl	5
KNO_3	10
CaSO_4	5
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	30
$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	5
HNO_3	1.1
HCl	3.2

キーワード：化学肥料、硝酸性窒素流出抑制、土壌カラム、硫黄脱窒、硫酸塩還元、

〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部 (TEL) 076-234-4641 (FAX) 076-234-4644

図3にカラム流出水中の硫酸塩濃度を示す。追肥前では、初穀炭を設置したカラム4の硫酸塩濃度が高くなっているが、これは初穀炭に含まれる硫酸塩が溶出したものと考えられる。追肥後は杉炭を設けたカラム2の硫酸塩が高くなっており、硝酸塩流出が抑えられていたことから、硫黄脱窒が活発に起っていたと考えられる。

降雨実験 267 日後に土壌カラムを分解し、カラム内の土壌水の分析した。図4にその結果を示す。土壌表層に供給された肥料中の硝酸塩や、降雨中の硝酸塩は流下するに従い、脱窒され減少しており、ブランクであるカラム1では土壌下部で硝化が進行し、土壌中部よりも高い濃度の硝酸塩を検出したが、杉や松の炭の層では更に脱窒が進み、土壌下部で硝化が起っても、カラム1よりも低濃度の硝酸塩流出に留まった。カラム4では初穀炭に含まれる硝酸塩が溶出し、炭層で硝酸塩濃度が高まったが、土壌下部では杉、松と同程度の硝酸塩濃度であった。土壌表層の肥料や降雨に含まれる硫酸塩は流下するに従い、還元されていくことがわかる。カラム4では初穀炭の層で高濃度で検出されたが、これは初穀中の硫酸塩が溶出したものと考えられる。以上より、杉、松の炭は土壌下層に設置することで硝酸塩流出抑制に寄与出来ることがわかり、初穀は硝酸塩や硫酸塩、カリウムの含有量が多く、肥料としての効果も期待出来ることから、表層に投入することが望ましいと考える。

図5にカラム1の(c)活性試験の結果を典型例として示した。(c)活性試験では、アンモニアが減少しているが、硝酸が増加しておらず、硝化と脱窒の両者が進行していたと考えられる。アンモニアの減少速度から硝化活性を求めた。また、硫酸塩が同時に減少しており、この減少速度を硫酸塩還元速度とした。このようにしてそれぞれのカラムについて他栄養性脱窒、硫黄脱窒、硫酸塩還元、硝化活性を求めた。これらの値を表2に示す。降雨実験により、降雨中の硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩が供給されることにより土壌カラムの活性が高まった。特に杉炭で層を設けたカラム2での硫黄脱窒の高まりが著しく、カラム2での硝酸塩流出抑制は硫黄脱窒によるものと考えられる。この要因として、杉炭は松炭に比較し、柔らかく、多孔質であることから、松炭より杉炭の方が微生物付着担体として有効であり、炭層での微生物活性の高まりが、上層の土壌へ硫化物の供給を行うことになり、硫黄脱窒が高まったと考えられる。

4. 結論

- ・化学肥料投入土壌でも炭の設置は微生物活性を高め、硝酸塩流出抑制に効果が得られる。
- ・松炭より杉炭の方がより多孔質であることから、微生物付着担体として有効である。

表2 土壌カラムの微生物活性

	他栄養性脱窒	硫黄脱窒	硫酸塩還元	硝化
	(mgCOD/g-soil・day)			
初期活性	0.0576	0.0550	0.1692	0.2907
カラム1	0.1125	0.0991	0.8024	1.1637
カラム2	0.1109	0.1448	0.8421	1.1491
カラム3	0.0972	0.0938	0.8283	1.3270
カラム4	0.1029	0.0859	0.8419	1.2206

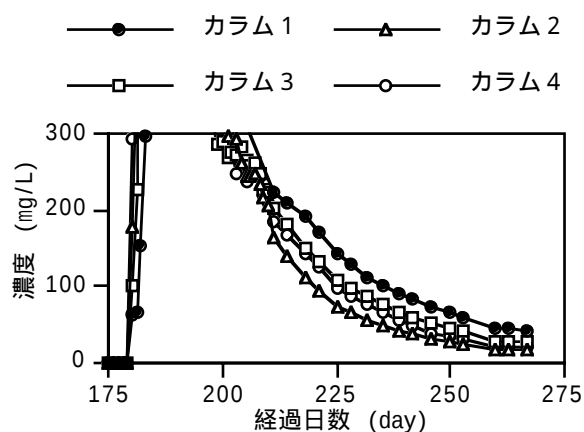


図2 カラム流出水中の硝酸塩濃度

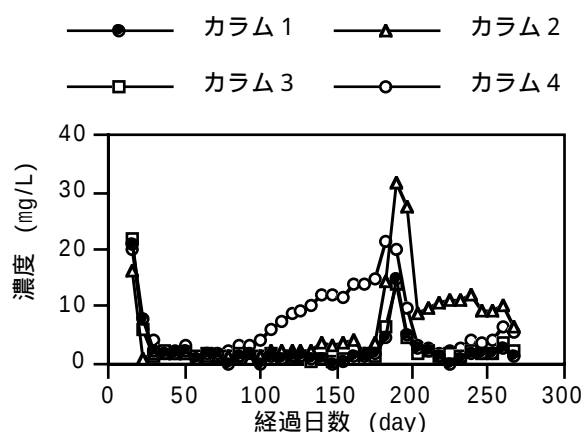


図3 カラム流出水中の硫酸塩濃度

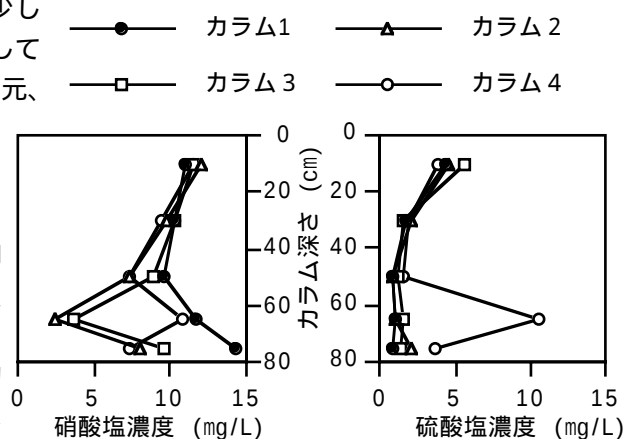


図4 カラム内土壌水

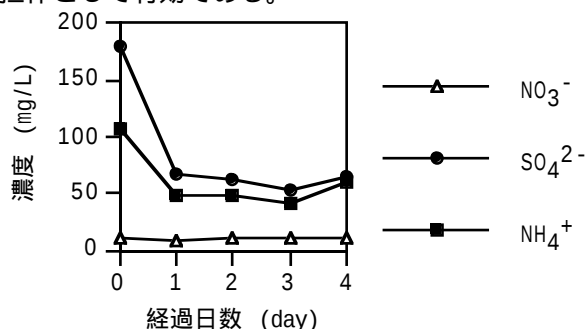


図5 (c) 活性試験結果の典型例