

B-29

木炭の混和による畑地土壌からの窒素流出抑制効果

金沢大学 ○高野典礼 池本良子 永井正人
 東武産業（株） 前川 圭
 国土交通省中部地方整備局 石橋 聡

1. はじめに

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鋤き込みが行われている。木炭は多孔性であることから、微生物付着担体として有効であり、窒素流出抑制にも効果があると考えられる。そこで本研究では、木炭を土壌に混和することによる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. 実験方法

2.1 実験装置

図1に実験に用いた土壌カラムの概要を示す。内径50 mmの亚克力製カラムを用い、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100 mmの砂利層を設け、表2の条件でカラムを作成した。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用い、800 mm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は堆肥5.1 gを表層100 mmに混ぜ込んだもの。カラム3は堆肥5.1 gを表層に、炭20 gを全体に混ぜ込んだ。カラム4は堆肥5.1 gを表層に、乾燥汚泥5 gを全体に混ぜ込んだ。カラム5は堆肥5.1 gを表層に、炭20 gと乾燥汚泥5 gをそれぞれ全体に混ぜ込んだ。週2回60 ml（降雨強度5 mm/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、フレイム原子吸光によるCaの測定を行った。実験開始22週後に化成肥料1 gの追肥と、恒温室への移動を行った。29週後にカラム2, 4, 5、32週後にカラム1, 3を分解し、土壌を4層に分けて取り出し、土に対し、重量比2:5の水で土壌水を抽出して、硝酸塩、亜硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩、TOCの分析を行った。更に土壌上層2層と下層2層をそれぞれ混合して、微生物活性を測定した。

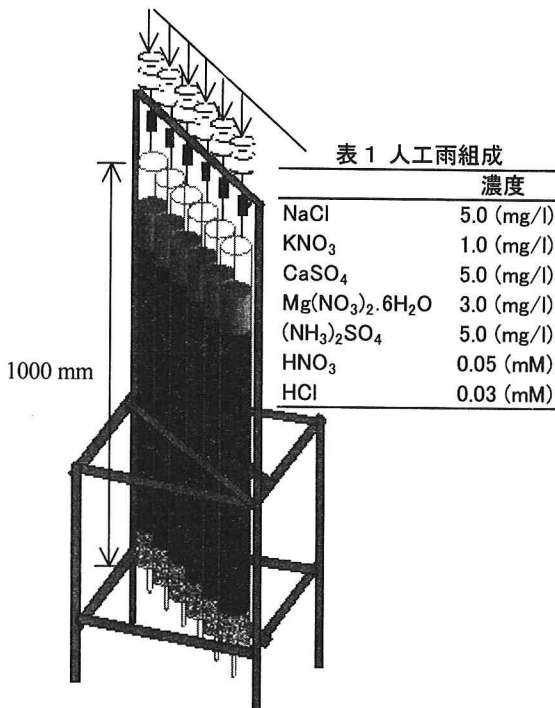


図1 土壌カラムの概略
表2 土壌カラム

	量	カラム				
		1	2	3	4	5
土		赤玉土+腐葉土				
堆肥	5.1 g	-	○	○	○	○
乾燥汚泥	5 g	-	-	-	○	○
炭	20 g	-	-	○	-	○

2.2 微生物活性試験の方法

土壌上層2層と下層2層をそれぞれ混合して、それぞれ活性試験を(a) (b) (c)の3種類の条件で行った。活性試験(a)はシャーレに土壌がラム内の土40gを入れ、基質として硫酸アンモニウム80mMを10ml添加した。活性試験(b)は遠沈管に土40gを入れ、基質として硝酸カリウム80mMを5ml、クエン酸ナトリウム40mMを5ml添加し、気相を窒素で置換の後密栓した。活性試験(c)は活性試験(b)と同様に遠沈管を用い、基質として硝酸カリウム80mMを5ml、チオ硫酸ナトリウム80mMと炭酸水素ナトリウム80mMの混合液を5mlを添加した。これらのシャーレや遠沈管を30℃の恒温室内に静置して24時間毎に取り出し、200mlの水で抽出して分析に供した。

3. 実験結果と考察

3.1 カラム流出水の水質変化

図2に硝酸塩濃度の経日変化を示す。カラム4,5以外は殆ど硝酸が検出されず、降雨中の硝酸は脱窒により消失した事がわかる。カラム4,5は乾燥汚泥を大量に添加したことで、乾燥汚泥由来の窒素が流出したと考えられる。炭を混和したカラム5は炭を混和していないカラム4に比べ、硝酸の流出が抑えられている。このことから、土壌への炭の混和は窒素流出抑制に効果的であると考えられる。

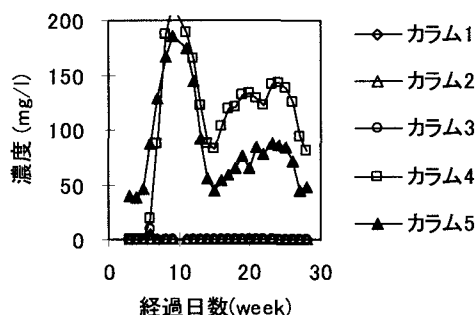


図2 流出水中の硝酸塩濃度

3.2 土壌水のカラム深さ方向の変化

降雨実験終了後、土壌カラムを分解し、土壌間隙水の水質を分析した。カラム4,5の深さ方向の変化を図3,4に示す。どちらのカラムでも硝酸塩がカラム中部で増加し、下部で減少しており、土壌カラム内上層部で起きた硝化により硝酸が下部へと流出し、下層部での脱窒により硝酸濃度が低下していることがわかる。また、カラム4の硝酸濃度がカラム5よりも中層部で高くなっており、カラム5の有機物濃の低下が認められる。このことはカラム5の方で脱窒が活発に起こったことを示している。炭の混和が脱窒を促すものと考えられる。一方、硫酸塩濃度は土壌上部で高いが下部で減少しており、硫酸塩還元が起こっていることが示唆される。

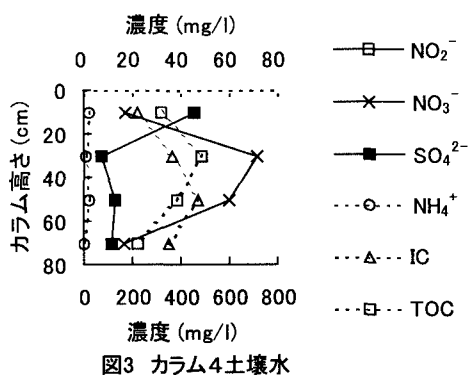


図3 カラム4土壌水

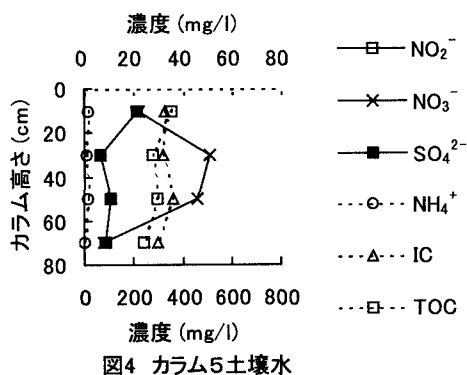


図4 カラム5土壌水

3.3 微生物活性

それぞれの活性試験結果の典型例を図5、6、7に示す。活性試験(a)ではアンモニアの減少が認められるが、硝酸塩の増加は殆ど見られず、硝化と脱窒の両方が起きていると考えられる。そこで、アンモニアの減少速度から硝化速度を求め、硝化、脱窒の逐次反応として脱窒速度を求めた。一方、本実験で硫酸塩の減少が同時に認められたことから硫酸塩減少速度を微生物好気条件での硫酸塩還元活性として求めた。活性試験(b)ではTOCの減少と硝酸塩の減少が認められたことから、硝酸塩の減少速度を他栄養性脱窒活性として求めた。求めた値は活性試験(a)で求めた脱窒活性とほぼ等しい値を示した。活性試験(c)では、チオ硫酸塩の減少に伴い、硫酸塩の増加と硝酸塩の減少が認められたことから、硫黄脱窒反応が起こっていることがわかる。そこで、硝酸塩の減少速度から硫黄脱窒活性を求めた。それぞれのカラムで得られた微生物活性を表2にまとめて示した。炭を混和したカラム3ではカラム2よりも硫酸塩還元活性がやや高くなった。炭と乾燥汚泥の混和をしたカラム5では、乾燥汚泥のみを添加した。カラム4と比べて硫黄脱窒活性が2倍程度に、硫酸塩還元も1.5～2倍程度に高まった。炭の混入は微生物に場を提供することにより、特に硫酸塩還元と硫黄脱窒を促進する効果があるものと考えられる。

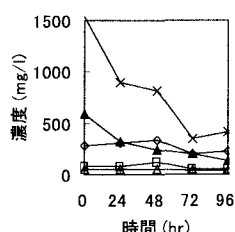


図5 活性試験(a)の典型例

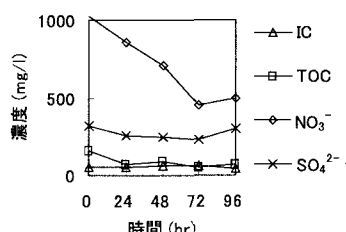


図6 活性試験(b)の典型例

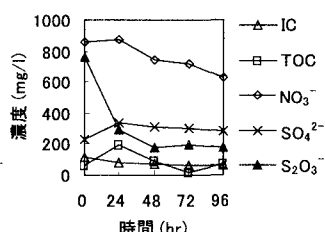


図7 活性試験(c)の典型例

表3 活性試験結果

カラム	層	硝化活性	硫酸塩還元活性	他栄養性脱窒活性	硫黄脱窒活性
1	上層	2.469	1.563	0.065	0.029
	下層	2.880	1.650	0.111	0.045
2	上層	1.830	0.696	0.127	0.045
	下層	2.593	1.271	0.154	0.079
3	上層	2.602	1.521	0.077	—
	下層	3.576	2.072	0.095	0.050
4	上層	1.990	0.862	0.182	0.112
	下層	2.192	0.699	0.161	0.072
5	上層	2.732	1.283	0.140	0.249
	下層	3.200	1.333	0.167	0.104

単位は全て(mgCOD/g soil・hr)

4. 結論

- ・ 木炭を畑地土壌に添加することで窒素流出抑制効果があった。
- ・ この窒素流出抑制効果は、硫酸塩還元と硫黄脱窒活性が増大することによるものであった。