

生物附着担体層設置と下水汚泥の植種による 農耕土壌からの窒素流出抑制効果

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

1. 結論

農耕地由来の窒素が地下水の硝酸汚染や閉鎖水域の富栄養化の要因になっていることが指摘されており、硝酸流出を抑制することが重要な課題となっている。筆者らは酸性雨の降雨条件下では土壌中で硫酸塩還元と硫黄脱窒による硫黄の酸化還元が窒素流出抑制に寄与していることを報告した。土壌中で硫黄サイクルを活性化させることが窒素流出抑制に効果があると考えられる。そのためには生物附着担体の投入と微生物の植種が有効であると推定される。

そこで本研究では、土壌下部に植種源として下水汚泥を、生物附着担体として生物処理に用いられる発泡ポリプロピレンを投入した場合の窒素流出抑制効果について、土壌カラムを用いて検討した。

2. 実験装置および実験方法

内径14cm、長さ100cmのカラムを4本作成し、カラム1はブランクとして、葉菜類・根菜類を栽培する畑土を80cm充填した。カラム2は深さ60～70cmの土壌に下水汚泥30gを混合した。カラム3は同様の位置に0.5～1.0cmの発泡ポリプロピレンと下水汚泥30gを充填した。カラム4は下水汚泥から硫酸還元細菌を発泡ポリプロピレンに付着させて集積したものを投入した。下水汚泥には嫌気好気活性汚泥法で運転を行なっている下水処理場から採取した返送汚泥を濃縮して用いた。カラム上部にチューブで人工酸性雨（表1）を降雨量5mm/hrで週2回6時間滴下し、下方からの流出水を採取して分析を行なった。

降雨開始から66週間後にカラム3、75週間後にカラム1の降雨を中止し、カラム内の土壌を表層から60cmまでを15cm毎に分け、D1～D4層とし、植種帯をD5層、その下の土層をD6層として取り出し、4種類の条件で活性試験を行った。

(a)活性試験は、シャーレに土40gを取り80mM硫酸アンモニウムを10ml加え、30の恒温室に静置し、24,48,72,96時間後に取り出して分析を行う。(b)活性試験は、50mlの遠沈管に土40gを詰め、80mM硝酸カリウム、40mMクエン酸ナトリウムをそれぞれ5mlずつ加え、管内の空気を窒素で置換したサンプルを30の恒温室に静置し、24,48,72,96時間後に取り出して分析を行う。(c)活性試験は、50mlの遠沈管に土40gを詰め、80mM硝酸カリウム、80mMチオ硫酸ナトリウムと80mM炭酸水素ナトリウムの混合液をそれぞれ5mlずつ加え、管内の空気を窒素で置換したサンプルを30の恒温室に静置し、24,48,72,96時間後に取り出して分析を行う。(d)活性試験は、50mlの遠沈管に土40gを詰め80mM硫酸ナトリウム、80mM乳酸ナトリウムをそれぞれ5mlずつ加え、管内の空気を窒素で置換したサンプルを30の恒温室に静置し、24,48,72,96時間後に取り出して分析を行う。

3. 実験結果と考察

図2に流出水の経日変化を示した。硝酸塩濃度は降雨開始直後に施肥や土壌中の硝酸塩の流出により急増するが、その後は気温の高い8月に硝化の進行により上昇した。カラムを比較すると、コントロールのカラム1が高く、カラム2,3,4の順に低くなっている。このことは下水汚泥と担体の添加が窒素流出抑制に効果的であることを示すものである。硫酸塩濃度も硝酸塩と同様の挙動を示し、カラム2,3,4がカラム1よりも低く、下水汚泥の添加によって硫酸塩還元が起こっていることがわかる。

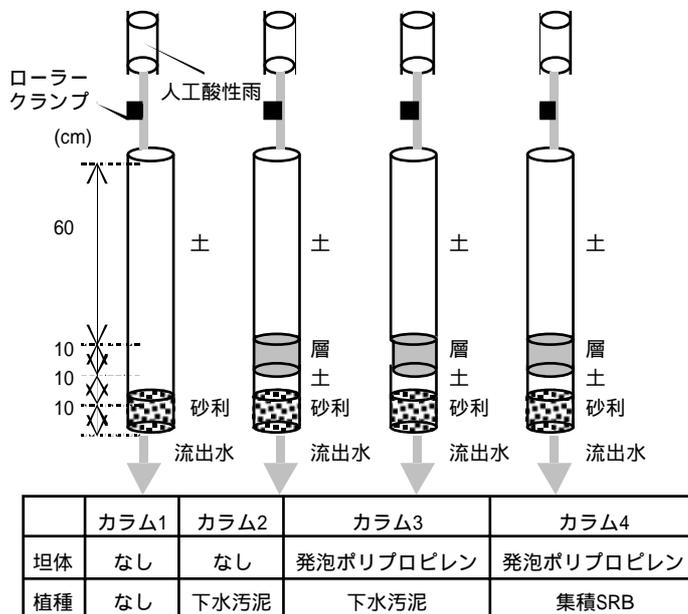


図1 実験装置概略図

表1 人工酸性雨組成

	(mg/l)
NaCl	5
KNO ₃	10
CaSO ₄	5
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	30
(NH ₃) ₂ SO ₄	5
HNO ₃	1.1
HCl	3.2

キーワード：農耕地、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3 D4層の活性試験結果を典型例として示した。(a)活性試験では、アンモニアが減少し、亜硝酸がやや蓄積していたことから、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、この減少速度を好気条件の硫酸塩還元速度とした。(b)活性試験では、硝酸塩と有機炭素が減少し、無機炭素が増加していることから、他栄養性脱窒が優先的に起っていることが分かる。また硫酸塩の増加が認められたことから、土壤内に蓄積された還元型硫黄を用いた硫黄脱窒が同時に進行していることがわかる。硫黄脱窒により消費された硝酸を補正して、硝酸塩、亜硝酸塩の減少速度から他栄養性脱窒活性を求めた。(c)活性試験では、38mg/lの硝酸塩の減少と83mg/lのチオ硫酸塩の減少に伴い、160mg/lの硫酸塩の増加が認められることから、硫黄脱窒が量論的に起っていることがわかる。硝酸塩の減少速度から硫黄脱窒活性を求めた。(d)活性試験では、有機炭素の減少と無機炭素の増加が見られるものの、硫酸塩の減少が殆ど見られないことから、嫌気硫酸塩還元活性は非常に小さいと分かる。

回分実験から得られたカラム1, 3の各層の微生物活性を表4に示した。活性がカラム3の方がカラム1よりやや活性が高くなったが、他栄養性脱窒活性がカラム1の2倍から3倍増大し、硫黄脱窒活性が特にD2~D3層で非常に増大した。脱窒活性の高まりが窒素流出抑制に寄与していたと判断できる。嫌気条件での硫酸塩還元は殆ど起らなかったが、好気条件での硫酸塩還元活性は非常に高い値を示し、この好気条件での硫酸塩還元が硫黄脱窒への硫黄供給源となっていたと考えられる。

以上のことから、生物付着担体と下水汚泥の投入は他栄養性脱窒と硫黄脱窒の両者の活性を増大させ、窒素流出抑制に効果があることが分かった。

4. 結論

- ・担体投入土壤カラムでは他栄養性脱窒活性、硫黄脱窒活性の両者が高まり、窒素流出抑制に寄与していた。
- ・土壤カラム内では好気硫酸塩還元が硫黄脱窒への硫黄供給源となっていた。

表2 活性試験の反応速度

	硝化	他栄養性脱窒	硫黄脱窒	嫌気硫酸塩還元	好気硫酸塩還元
	(mgCOD/g-soil, hour)				
カラム1					
D1	0.743	0.407	0.0229	0	1.663
D2	0.564	0.504	0	0.0075	1.321
D3	0.809	0.348	0	0.0001	1.528
D4	0.736	0.445	0.0115	0	1.258
D5	0.668	0.480	0.0473	0.0001	1.073
D6	0.473	0.630	0.0555	0.0085	0.688
カラム3					
D1	0.615	0.556	0	0	1.864
D2	0.707	0.468	0.1732	0	1.867
D3	1.309	0.262	0.1415	0	2.353
D4	0.963	0.591	0.0940	0	2.128
D5	2.574	2.152	0.4325	0.0014	3.009
D6	0.936	0.804	0.1613	0.0011	1.849

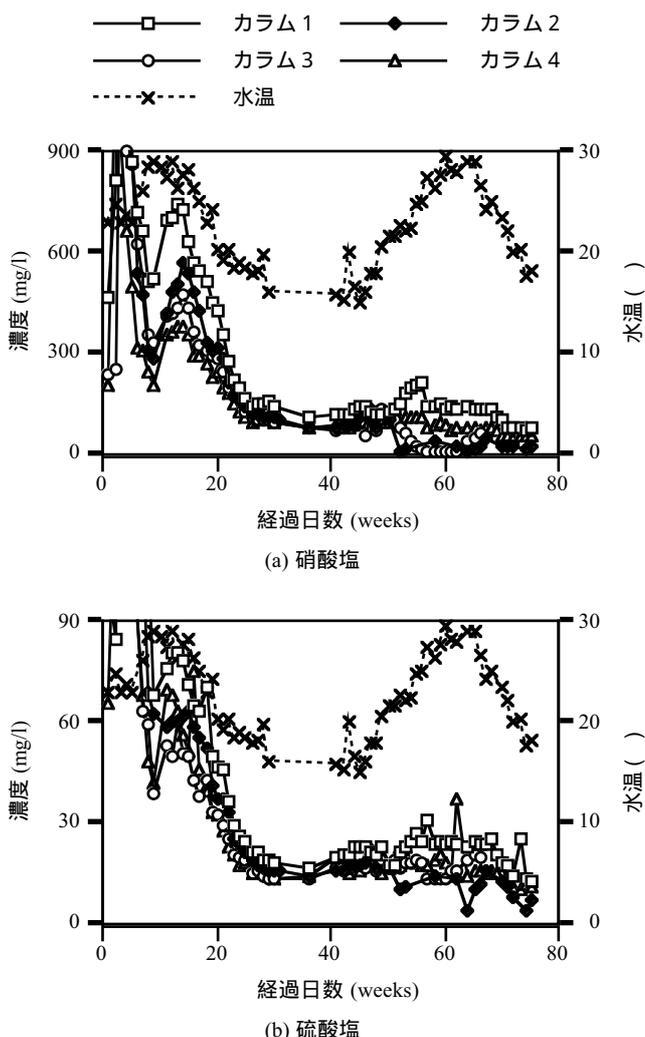


図2カラム流出水の硝酸塩、硫酸塩の径日変化

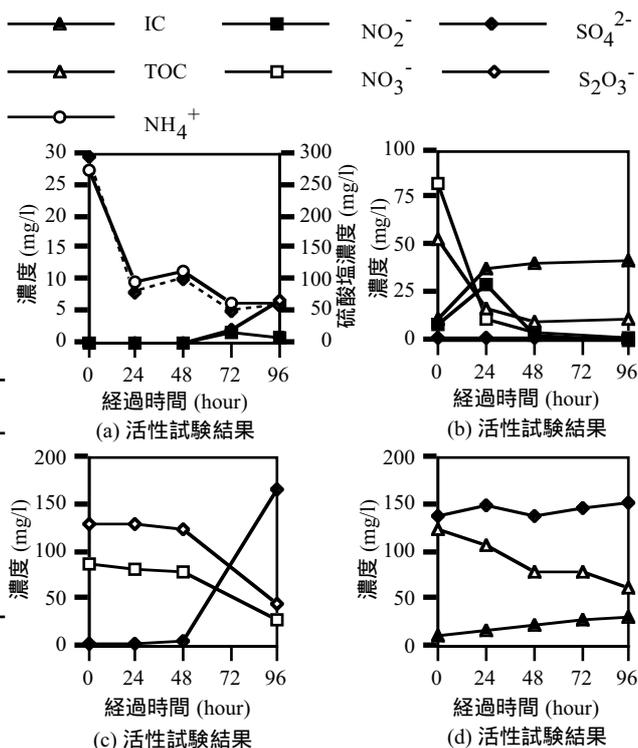


図3 カラム3 D4層 活性試験結果