

## 実畑地土壌における脱窒と硫酸塩還元に関する研究

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

### 1. はじめに

農耕地からの窒素流出が地下水の硝酸汚染の原因となっていることから、その抑制が重要な課題となっている。筆者らは土壌中の硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌を利用した窒素流出抑制法を提案しているが、畑地土壌中でのこれらの細菌についての知見は少ない。そこで本研究では、実畑地の脱窒活性と硫酸塩還元活性の測定を様々な条件で行い、土壌中の硫黄の酸化還元に関して検討を行なった。

### 2. 実験

実験に供した土は石川県金沢市東長江町で葉菜、根菜類を栽培している畑地のものを用いた。実験1では深さ方向に15cmずつの4層に分けて土壌を採取し、実験2では深さ方向に10cmずつの3層で採取した。実験3では表層から10cmの土を用いた。実験方法Aはシャーレに土40g取ったものとし、方法Bは遠沈管に土40g取ったものとした。試薬を加え、遠沈管は気相をN<sub>2</sub>ガスで置換し密栓した。その後、サンプルは恒温室(20℃)に静置した。0、1、2、3、4日目にサンプルを測定した。表-1に土壌の採取日、試薬、方法をまとめたものを示す。(単位はml)

### 3. 実験結果と考察

#### 1) 硝化と脱窒

図-1は実験1の結果の典型例として表層から30~45cm層の土壌を用いた結果を示したものである。無酸素条件で行った実験1-1では硝酸塩の減少に伴って有機物の分解が進んでいることから他栄養性脱窒が優先的に起こっていることがわかる。実験1-2では硫黄脱窒が量論的によく進行した。これらの実験より他栄養性脱窒活性及び硫黄脱窒活性を求めた。微好気条件で行った実験1-4ではアンモニアの減少と硝酸の蓄積が認められたことから硝化と脱窒が同時に進行していると考えられた。アンモニア塩の減少を硝化活性として求めた。各層の硝化活性、脱窒活性速度を表-2に示す。他栄養性脱窒活性ではどの層でも大きな差はなかったのに対し、硫黄脱窒活性は上層部で高いことがわかる。一方、硝化活性は下層部の方が大きい値を示した。

#### 2) 硫酸塩還元

表-3に硫酸塩還元活性速度を示す。嫌気条件の実験1-3では硫酸塩還元が認められたが、微好気条件の実験1-4でも硫酸塩の減少が確認された。硫酸塩還元は絶対嫌気性で起こるものとされているが、微好気性でも起こっていると考えられる。図-3に実験3-7の結果を示す。実験方法Aを用いてチオ硫酸を添加した。チオ硫酸塩の減

表-1 実験条件

実験	1-1	1-2	1-3	1-4	実験	2-1	2-2	2-3	実験	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7
採取日	1999.10.24				採取日	2001.10.27			採取日	2001.11.28						
80mM KNO <sub>3</sub>	5	5	-	-	80mM K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	5	5	80mM Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	5	5	5	5	5	-
40mM C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> Na	5	-	-	-	80mM NH <sub>4</sub> Cl	-	-	5	80mM C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	-	-	5	5	-	-	-
80mM NaHCO <sub>3</sub>	-	5	-	-	実験方法	A	B	B	80mM FeCl <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	-	-	-	-	5	5	-
11.36g/l Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	5	-					80mM Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	-	-	-	-	-	-	5
80mM C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> O <sub>3</sub> Na	-	-	5	5					実験方法	A	B	A	B	A	B	A
80mM (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	5												
実験方法	B	B	B	A												

キーワード：窒素流出抑制、硫酸塩還元、硫黄脱窒

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

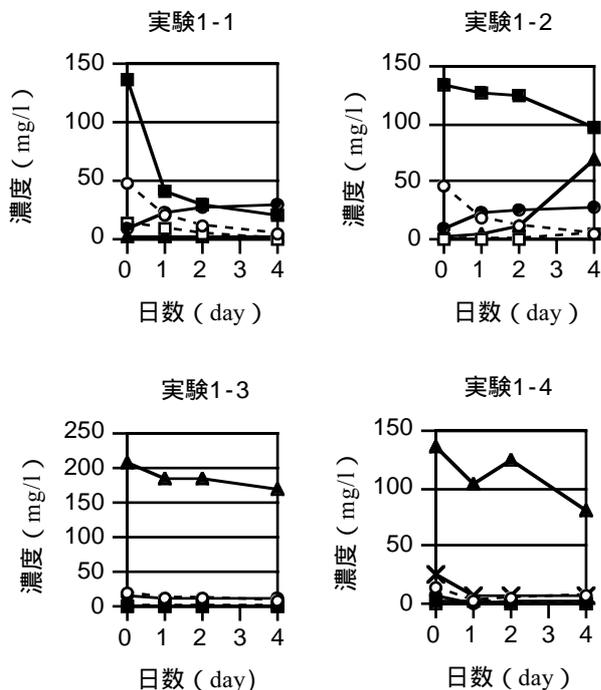
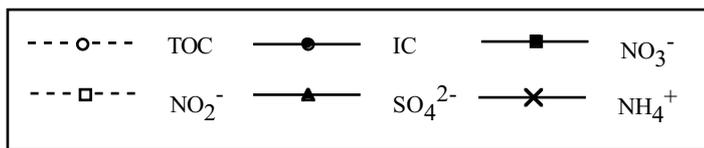


表 -2 活性速度 ( × 10<sup>3</sup>mgCOD/g $\pm$  · hr )

	D 1	D 2	D 3	D 4
他栄養性脱窒活性	18.8	36.9	25.3	29.2
硫黄脱窒活性	16.3	28.0	8.4	2.8
硝化活性	29.3	55.0	51.9	79.7

少に伴い、硫酸が2日目まで増加し、その後減少した。硫黄の収支から考えるとチオ硫酸の一部は酸化され、一部が還元されていることになる。すなわち、この実験方法Aでは硫黄の酸化と還元の両者が起こる微好気的な条件であったと考えられる。そこで、実験2においてアンモニアの存在の影響を検討した。その結果を表-3に示す。硫酸塩の減少は微好気性の方が大きく、アンモニア塩の存在は硫酸塩の減少に影響しなかった。実験3-3 3-4では還元剤の添加により硫酸塩還元が促進されるかを検討した。その結果、硫酸塩還元は還元雰囲気によらないことが示された。実験3-5 3-6では鉄塩を添加して生成した硫化水素による硫酸塩還元の阻害の影響を検討した。その結果、鉄塩を添加しても嫌気条件の硫酸塩還元速度の上昇は認められなかった。つまり、嫌気状態において硫化水素によって硫酸塩還元が抑制されていないことが示された。(表-4)

表 -3 硫酸塩還元活性速度 ( × 10<sup>3</sup>mgCOD/g $\pm$  · hr )

	D 1	D 2	D 3	D 4
微好気性 +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (実験1-4)	0.0	7.4	1.5	2.6
嫌気性 (実験1-3)	7.6	7.9	7.8	6.1
微好気性 (実験2-1)	6.2	4.6	6.5	
嫌気性 (実験2-2)	3.4	0.8	1.4	
嫌気性 +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (実験2-3)	0.0	0.2	0.1	

表 -4 硫酸塩還元活性速度 ( × 10<sup>3</sup>mgCOD/g $\pm$  · hr )

	微好気性	絶対嫌気性
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> のみ	3.3	1.4
+還元剤	3.0	3.4
+Fe <sup>2+</sup>	4.5	1.4

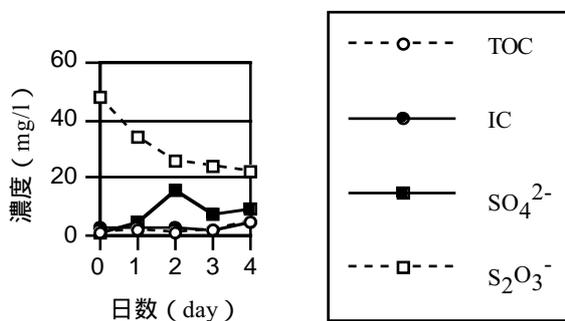


図 -3 実験 3-7の結果

4 . まとめ

- 1) 測定した畑地の硫黄脱窒活性は他栄養性脱窒活性と近い値を示した。さらに、他栄養性脱窒活性は土壌深さ方向で大きな変化はなかったが、硫黄脱窒活性は土壌上層部で高い傾向にあった。
- 2) 微好気条件の硫酸塩還元活性と絶対嫌気条件の硫酸塩還元活性は異なる値を示した。

以上のことから、比較的土壌上層部で硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌による硫黄の酸化還元サイクルが形成されていると考えられた。