

## 浸透過程にある不飽和土中の窒素の硝化と移動 Nitrification in soil under unsaturated water flow

中西 真紀<sup>1</sup>・渡辺 晋生<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 三重大学大学院生物資源学研究科

### 要旨(Abstract)

土中の窒素の挙動を水の動きとともに把握することは、農作物の生産や硝酸態窒素の地下水流出を考える上で重要である。そこで本研究では、一次元不飽和カラム浸透実験を行い、土中の電気伝導度の変化や排液中の窒素各態の濃度変化をモニターし、吸着等温線と一次分解の連鎖反応モデルを用いて数値解析を行った。その結果、水の流れにともなうアンモニア態窒素の吸脱着と、硝化が形成する窒素各態の土中分布が示された。

テーマ：土壌物理研究の最前線 Trend in Soil Physics

キーワード：硝化，吸着，不飽和浸透，カラム実験

**Key words:** Nitrification, Adsorption, Unsaturated water flow, Column experiment

### 1. はじめに

土中の窒素は、無機化や有機化、硝化、脱窒などにより態を変え、土粒子に吸脱着しながら、水とともに移動する。土中の窒素の挙動を水の動きとともに把握することは、農作物の生産や、硝酸態窒素の地下水流出を考える上で重要である。このため、野外観測や室内実験、数値解析による土中の窒素動態の検討がなされてきたが、水の流れをともなう場合の詳細は、未だ不明な点も多い。そこで、浸透過程にある不飽和土中の窒素の挙動を明らかにすることを目的に、カラム実験と数値解析を行った。

### 2. 試料と方法

試料には三重大学附属農場の畑土の2 mm 篩通過分を使用した。試料の全窒素は乾土重量の1.2 mg/g、CN比は7だった。高さ20 cm、内径5 cmのアクリルカラムに、含水率 $0.3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 、乾燥密度 $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ になるよう、土に水を加え混ぜながら均一に詰めた。上端に4日間純水を滴下した後、硫酸アンモニウムで調整した $0.7 \text{ mg-N}/\text{cm}^3$ 水溶液を9日間滴下した。その後再び純水を18日間滴下した。滴下速度は $0.9 \text{ cm}/\text{d}$ で一定とした。2.5, 7.5, 12.5 cm深にEhセンサと4極センサを、2.5, 12.5 cm深にテン

シオメータを、17.5 cm深にEh計の参照電極を設置し、4極センサで電気伝導度ECを、テンシオメータで圧力水頭を10分間隔で測定した。また、下端から35.5 cm下方に排液口を設け、排液を電子天秤上のフラスコに受け、約20 mL毎に採取した。実験終了後カラムを解体し、各深さの含水比とpHを測定するとともに、10%KCl水溶液および純水を用いて土中水を抽出した。そして吸光光度計(DR6000)を用いて排液と抽出液の $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ の濃度を測定した。KCl抽出液と純水抽出液で測定した $\text{NH}_4$ は、それぞれ全量と溶存量とみなした。実験は $25^\circ\text{C}$ の恒温室で行った。また窒素各態の土中分布を、水分移動式と吸着等温線、一次分解の連鎖反応式を用いて解析した。吸着の分配係数と分解の反応速度定数は、バッチ試験で求めた。数値解析にはHYDRUS-1Dを用いた。

### 3. 結果と考察

滴下を開始すると、2日間で浸潤前線が下端に到達し、その後一定速度 $0.8 \text{ cm}/\text{d}$ で排水した。図1に各深さのECの推移を示す。純水の浸潤にともない、土中のECは上層から順に上昇し、次いで低下した。その後ECは、4日目に $\text{NH}_4$ 溶液を滴下すると上昇し、13日目に再度純水

を滴下すると約 0.3 mS/cm まで低下した。その後上層で緩やかに低下し、下層では上昇した。図 2 に排液濃度の推移を示す。排液の  $\text{NO}_3$  と  $\text{NH}_4$  の濃度は時間とともに減少し、10 日目には一定値まで低下した。以降、 $\text{NH}_4$  の濃度は 0 に漸近したが、 $\text{NO}_2$  と  $\text{NO}_3$  の濃度は増加した。 $\text{NH}_4$  の流入量 118 mg に対し、全無機態窒素の流出量は 79 mg、流出率は 67 % だった。EC の始め 4 日間の上昇は含水率の増加に、低下は土の初期含有イオンの流出によるものと考えられる。 $\text{NH}_4$  を滴下した直後の EC の急騰と純水を再滴下した直後の急落は、 $\text{NH}_4$  の吸着により脱着したイオンに由来し、 $\text{NH}_4$  滴下中や 18 日目以降の EC の緩やかな上昇は、生成した  $\text{NO}_3$  が流下したためと考えられる。

図 3 に、実験終了時の含水率、pH、窒素各態の土中分布を示す。 $\text{NH}_4$  は全量と溶存量を、 $\text{NO}_2$  と  $\text{NO}_3$  は溶存量を示した。含水率は表層を除き  $0.3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 、飽和度 48% で均一だった。pH は表層では 4 と低く、下層になるにつれて 7 に近づいた。 $\text{NH}_4$  は溶存量の約 3 倍が吸着しており、上層の濃度が高く下層へ行くほど減少した。 $\text{NO}_2$  と  $\text{NO}_3$  は表層から 11.5 cm 深まで、深さとともに増加した。ここで硝化が生じたと考えられる。表層の pH の低下は、表層で生成した  $\text{NO}_3$  の流出により  $\text{H}^+$  が上層に残留した結果と考えられる。また、実験終了時の全無機態窒素の貯留量は 45 mg だった。この貯留量は、流入量と流出量の差よりも 6 mg 多く、土が元々含有していた  $\text{NH}_4$ 、あるいは有機態窒素の無機化に由来すると考えられる。図 4 に、数値解析により得られた実験終了時の  $\text{NH}_4$  と  $\text{NO}_3$  の土中分布を実測値とともに示す。計算は、 $\text{NH}_4$  の全量を過大に、 $\text{NO}_3$  を過小に評価した。吸着の表現や、反応速度への浸透の影響の考慮など、今後の検討が必要である。

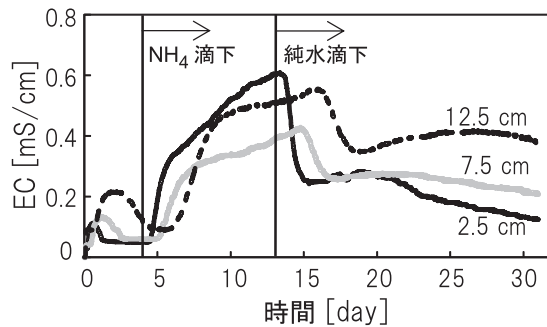


図 1 各深さの EC の推移

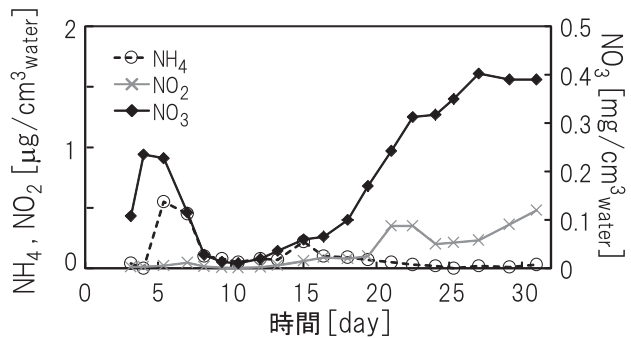


図 2 排液の窒素各態の濃度推移

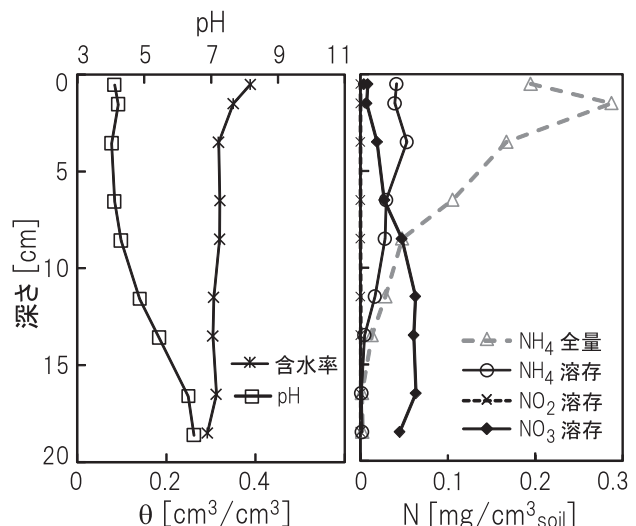


図 3 実験終了時の含水率  $\theta$ 、pH、窒素各態の土中分布

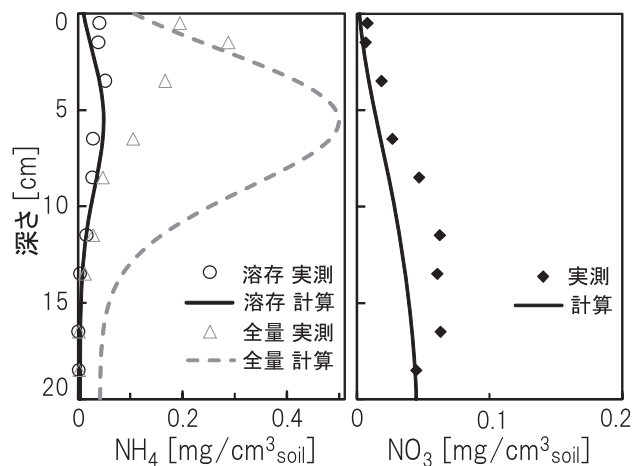


図 4 実験終了時の  $\text{NH}_4$ 、 $\text{NO}_3$  分布の実測と計算の比較