

不飽和浸透過程にある NH₄ 吸着特性の異なる畑土中の窒素動態

Fate and transport of Nitrogen in soils with different adsorption characteristics under unsaturated flow

○中西 真紀・渡辺 晋生
Maki NAKANISHI, Kunio WATANABE

はじめに 土中の窒素は、微生物を介して態を変え、農作物や樹木を育てる栄養となる。こうした窒素の動態は、土粒子に吸脱着し、無機化や有機化、硝化、脱窒等を経て、土中水とともに移動する複雑なものである。態の変化は一次分解反応で近似でき、反応速度定数は土の含水率や温度に依存する。反応速度定数は、任意の条件のバッチ試験から評価されることが多く、水分や溶質移動の影響が考慮されることは少ない。しかし実際の圃場では、窒素は吸脱着や移動をしながら分解される。その際の分解反応速度定数の決定に、被分解物質の吸着による変化や水の流れを考慮した研究例は少ない。そこで、NH₄ 吸着特性の異なる2種の畑土で不飽和浸透実験を行い、NH₄ の吸着態と溶存態の硝化の反応速度定数が、吸着特性の異なる土中の窒素動態に及ぼす影響を考察した。

試料と方法 試料には、三重大学と岩手大学の附属農場で採取した畑土（砂壌土と黒ぼく土）の2 mm 篩通過分を使用した。Fig. 1 に実験装置の概要と試料の初期条件を示す。高さ 20 cm、内径 5 cm のアクリルカラムに、Fig. 1 の含水比になるよう純水で調整した湿潤土を均一に詰めた。上端から純水を 4 d 滴下した後、硫酸アンモニウムで調整した 0.7 mg-N/cm³ 水溶液を 9 d 滴下した。その後再び純水を 18 d 滴下した。滴下速度は 0.9 cm/d で一定とした。2.5, 7.5, 12.5 cm 深に 4 極センサとテンシオメータを設置し、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 下方に排水口を設け、排水を電子天秤上のフラスコに受け、約 30 mL 毎に採取した。NH₄ 添加終了時と実験終了時にカラムを解体し、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）を用いて排水液と抽出液の NH₄ と NO₃ の濃度を測定した。KCl 抽出液と純水抽出液で測定した NH₄ は、それぞれ全量と溶存量とみなした。実験は 25°C の恒温室で行った。また窒素各態の土中分布を、水分移動式とフロイドリッヒ吸着等温線、一次分解の連鎖反応式を用いて解析した。連鎖反応式には、有機物→NH₄→NO₃ という反応を考慮した。計算結果が測定結果を再現するよう、吸着等温線の分配係数 $K_d[\text{cm}^3\text{-w/g-soil}]$ と反応速度定数 $k[\text{d}]$ を決定した。また、NH₄ の溶存態と吸着態には異なる反応速度定数 k_{dissolve} と k_{absorb} を与え、計算は HYDRUS-1D で行った。

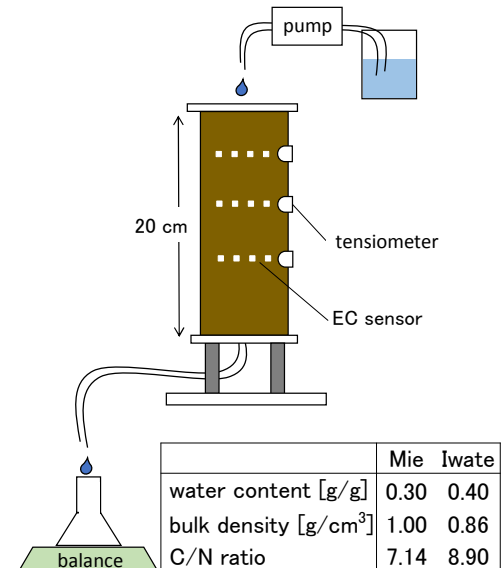


Fig.1 実験装置の概要、試料の初期条件
Schematic of experimental apparatus
and initial conditions of soils

三重畑土大学院生物資源学研究所 Graduate School of Bioresources, Mie University

キーワード：窒素循環、不飽和水分移動、一次元カラム実験

結果と考察 Fig. 2 に、7.5 cm 深の土中 EC の時間変化を 2 種の土について示す。NH₄ 添加開始を 0 d とした。実験開始直後、土中 EC は水の浸潤により増加し、後に 0.1 mS/cm に減少した。NH₄ 添加により土中 EC は再び増加し、添加終了とともに減少した。NH₄ 添加終了後(14 d 以降)の土中 EC は、三重畑土では高く留まり緩やかに減少したが、岩手畑土では 0 d 時に近い値まで減少し、ほぼ一定となった。Fig. 3 に、カラム下端からの排水中 NO₃ 濃度の時間変化を 2 種の土について示す。NO₃ 濃度は 8 d 以降、三重畑土では 400 mg/L、岩手畑土では 30 mg/L まで増加した。Fig. 4 に NH₄ と NO₃ の土中分布を示す。三重畑土については実験終了時 (Fig. 4a,c), 岩手畑土については NH₄ 添加終了時と実験終了時 (Fig. 4b,d) の分布を示した。実験終了時の NH₄ は、両土で吸着により上層に多く分布したが、溶存量に対する全量の比は各土で異なった。また、岩手畑土の NH₄ 全量は、三重畑土よりも 1 オーダー高かった。実験終了時の NH₄ 全量の到達深は、三重畑土では 14 cm、岩手畑土では 7 cm であった。岩手畑土の NH₄ 全量の到達深は、NH₄ 添加終了時からの 21 d で 2 cm 進行し、溶存態による NH₄ の再分布が見られた。実験終了時の NH₄ 溶存態量は三重畑土の方が多かった。NO₃ は下層に分布し、三重畑土中の分布は岩手畑土中より 1 オーダー高かった。

NH₄ 添加中の土中 EC の増加は、9 d の 7.5 cm 深に NH₄ が少ない (Fig. 4b) ことから、NH₄ の吸着で土粒子から離脱した陽イオンや添加した硫酸イオンによると考えられる。三重畑土で 14 d 以降に土中 EC が高く留まり、排水中 NO₃ 濃度が増加したのは、上層での硝化によると考えられる。これに対し、岩手畑土中の硝化はわずかであったと考えられる。Fig. 4a,b の分布を満たすように計算すると、吸着等温線の分配係数 $K_d[\text{cm}^3\text{-w/g-soil}]$ は、三重畑土で 4、岩手畑土で 30 となった。また、NH₄ 溶存態と吸着態の反応速度定数 [d] は両土ともに $k_{\text{dissolve}} = 0.5$, $k_{\text{absorb}} = 0.0005$ となった。NH₄ の吸着態と溶存態の反応速度定数の差異が、NH₄ 吸着特性の異なる土中の NO₃ の流出や分布の違いの一因と考えられる。

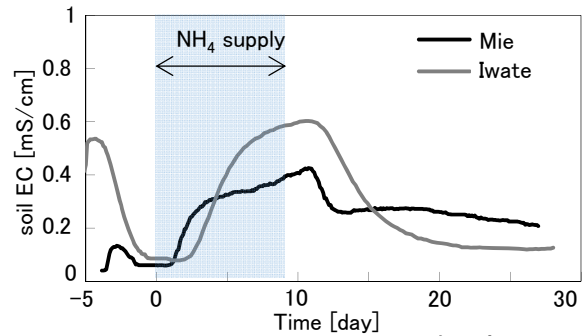


Fig.2 7.5 cm深の土中ECの時間変化
Soil EC at 7.5 cm depth

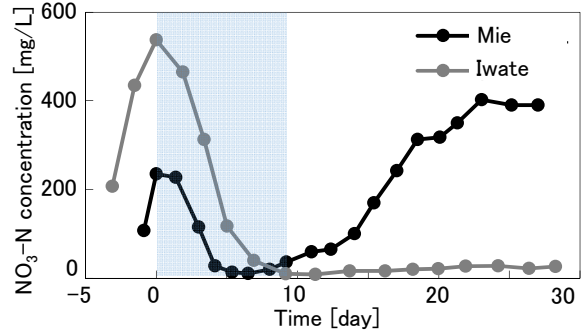


Fig.3 排水中NO₃-N濃度の時間変化
NO₃-N concentration in drainage

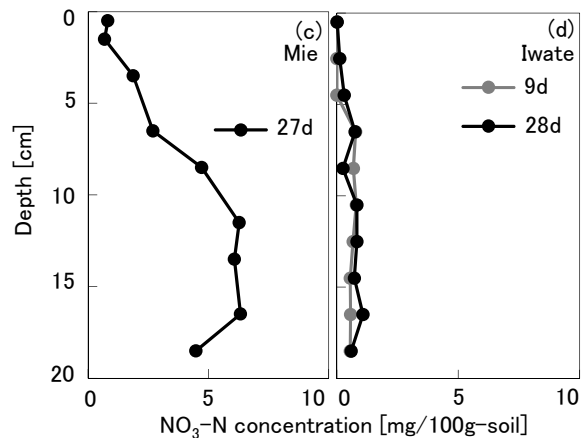
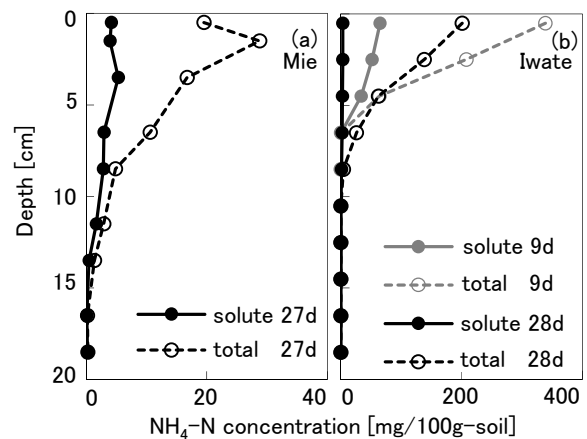


Fig.4 (a)三重畑土と(b)岩手畑土中のNH₄分布
(c)三重畑土と(d)岩手畑土中のNO₃分布

Profiles of NH₄ in (a) Mie and (b) Iwate,
and NO₃ in (c) Mie and (d) Iwate