

水分移動をともなう黒ボク土中の有機物の無機化と硝化

Mineralization and nitrification of organic matter in Andosol with water flow

土壌圏システム学研究分野 519M202 岡田 華保

主査: 渡辺 晋生

1.はじめに 土中に有機物を施肥すると、有機態窒素は有機物分解菌によってアンモニア態窒素 $\text{NH}_4 - \text{N}$ に(無機化)、硝化菌によって硝酸態窒素 $\text{NO}_3 - \text{N}$ に(硝化)形態変化する。 $\text{NO}_3 - \text{N}$ は土中の水分移動とともに地下へ流出し、地下水汚染の原因となりうるため、窒素の形態変化を水分移動とともに把握することが重要である。

油粕などの有機物を施用した土中の無機化と硝化は一次反応式で表現できること、硝化は無機化より遅れて開始することが知られている(例えば木村, 2017)。無機化や硝化は微生物反応であり、土壌水分量や溶存酸素濃度、土中間隙の大気とのガス交換のしやすさに依存する。また、これらの水分、ガス環境は土中の深さや水分移動の影響を受けると考えられる。そこで、本研究では土中の深さや水分移動が有機物の無機化と硝化に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、保温静置実験と浸透実験を行った。

2. 試料と方法 岩手大学学内圃場で採取した黒ぼく土を水洗し、2 mm 篩通過分を試料とした。有機物には油粕(C/N:7)を使用した。

2.5 cm 深さの保温静置実験では、体積含水率 $\theta = 0.33, 0.37, 0.43$ に調整した試料に油粕を有機態炭素 Org - C が 400 mg/100g_{DW} となるように添加し、50 mL 容器に乾燥密度 $\rho_b = 0.9 \text{ g/cm}^3$ で充填後、25 °Cの暗所に保温静置した。任意の日毎に土中の θ , $\text{NH}_4 - \text{N}$ と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度、微生物活性の指標である ATP 量を吸光光度計とルミテスターで測定した。なお、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ の測定には、10 %KCl と純水抽出液を用い、それぞれを全量と溶存量とみなした。 $\text{NH}_4 - \text{N}$ と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度の時間変化に一次反応式を適合し、無機化と硝化の速度定数 k_{min} と k_{nit} を決定した。この実験は二反復行った。

10 cm 深さの保温静置実験では、 $\theta = 0.41$ に

調整した試料に油粕を Org - C が 400 mg/100g_{DW} となるように添加し、200 mL 容器に $\rho_b = 0.9 \text{ g/cm}^3$ で充填後、25 °Cの暗所に保温静置した。3, 7, 18 日後に試料を 1 cm 深毎に解体し、土中の θ , $\text{NH}_4 - \text{N}$ と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度、ATP 量を測定した。各深さの $\text{NH}_4 - \text{N}$ と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度の時間変化に一次反応式を適合し、深さ毎の k_{min} と k_{nit} を決定した。

浸透実験も 25 °Cの恒温室で行った。 $\theta = 0.40$ に調整した試料を、 $\rho_b = 0.9 \text{ g/cm}^3$ となるよう深さ 15 cm、内径 5 cm のアクリルカラムに充填した。このとき、上から 10 cm までの試料には油粕を Org - C が 400 mg/100g_{DW} となるように添加した。降雨装置を用いて上端から純水を 0.5 cm/d の一定速度で滴下した。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、EC と圧力水頭を測定した。また、下端から 35 cm 下方に排水口を設け、排水を約 40 mL 毎採取した。通水開始 7, 18, 31 日後にカラムを解体し、各深さの θ , $\text{NH}_4 - \text{N}$ と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度、ATP 量を測定した。浸透実験で得られた $\text{NH}_4 - \text{N}$, $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度分布を再現するように、水分溶質汎用プログラムと地球化学計算プログラムの結合コード HP1 を用いた数値解析を行い、水分移動をともなう土中の有機物の無機化と硝化の k_{min} と k_{nit} , 硝化開始のタイミングを決定した。

3. 結果と考察 Fig.1 に 2.5 cm 深さの保温静置実験の結果を示す。なお、図中実線は一次反応式を適合した結果である。期間中、いずれの試料でも θ は一定だった。 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 濃度はどの試料でも 1 日目から上昇した。無機化が生じたとみなせる。 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度は $\theta = 0.33, 0.37, 0.43$ の試料でそれぞれ 9, 20, 25 日目から上昇した。硝化が無機化に遅れて生じたとみなせる。Fig.2 に θ と速度定数の関係を示す。 k_{min} は θ が小さいほど大きくなった。 k_{nit} は $\theta = 0.37$ の試料の値が反復事に大きく異なり、

θ との関係の評価が難しかった。Fig.3 (a) (b)に 10 cm 深さの保温静置実験中の試料の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度分布を示す。実験が進行するにつれて表層の θ はわずかに減少した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は 0–1 cm 深で多く生成され、それ以深では深さによる生成量の違いは見られなかった。特に表層で無機化が活発に生じたとみなせる。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は 18 日目まで検出されなかった。期間中、硝化が生じなかったとみなせる。深さ毎に k_{\min} を決定したところ、0–1 cm 深では 0.05 /d, それ以深では 0.04 /d となった。1 cm 以深の k_{\min} は 2.5 cm 深さ保温静置実験 ($\theta = 0.43$) と同程度だった。Fig.3 (c) (d) に浸透実験中の試料の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度分布を示す。7 日目には、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が油粕添加層で検出されたが $\text{NO}_3\text{-N}$ は検出されなかった。無機化が生じたとみなせる。18 日目には、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少し $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加した。硝化が生じたとみなせる。31 日目には、 $\text{NH}_4\text{-N}$ がほとんど検出されず、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が下層で多く検出された。無機化速度は減少し、硝化で生じた $\text{NO}_3\text{-N}$ が流下しているとみなせる。

ここで、10 cm 深さの保温静置実験と浸透実験の土中と排液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 量、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量を比較した (Fig.4)。なお、浸透実験では排液中に $\text{NH}_4\text{-N}$ は検出されなかった。7 日目には、保温静置実験では $\text{NH}_4\text{-N}$ 量が約 20 mg だったのに対し、浸透実験では約 40 mg だった。水分移動が無機化を促進したとみなせる。また 18 日目には、保温静置実験では $\text{NO}_3\text{-N}$ が検出されなかったのに対し、浸透実験では検出された。水分移動が硝化開始のタイミングを早めたとみなせる。そこで無機化促進の程度と硝化開始のタイミングを推定するため、浸透実験の結果の数値解析を試みた (Fig.3 (c) (d) 実線)。その結果、 k_{\min} は 0–1, 1–6, 6–10 cm 深でそれぞれ 0.12, 0.10, 0.05 /d, 硝化の開始は 14 日目となった。0.5 cm/d 程度の降水ともなう土中の水分移動は無機化を 2 倍、硝化を 5 倍程度促進し、硝化開始を約 11 日早めることが示唆された。

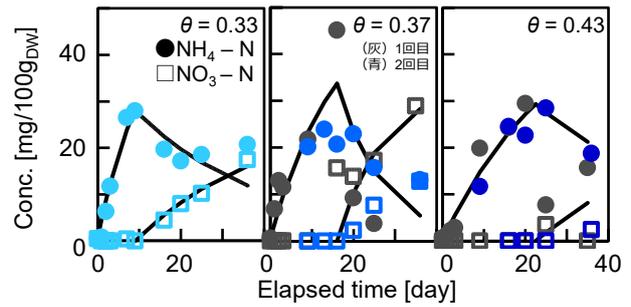


Fig.1 Change in Inorg-N

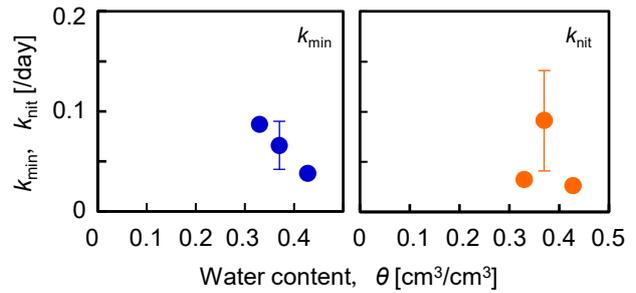


Fig.2 Relationship between θ and k_{\min} , k_{nit}

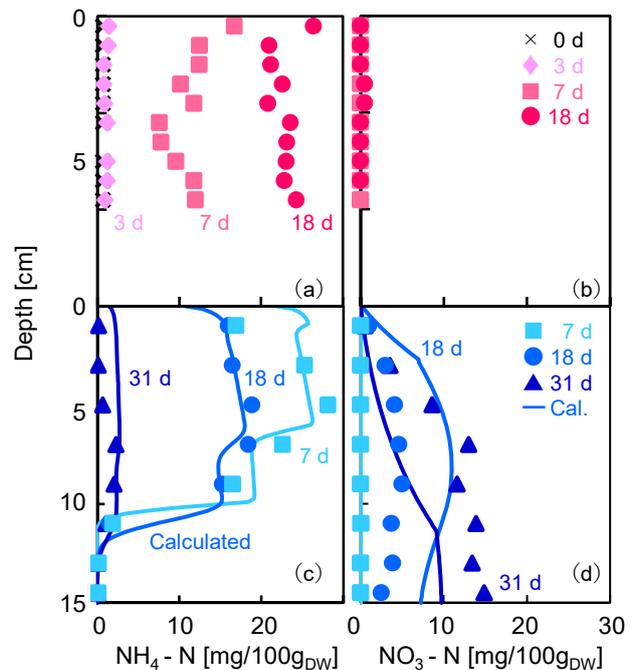


Fig.3 The profiles of $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ (a) (b) 10 cm Incubation, (c) (d) Infiltration

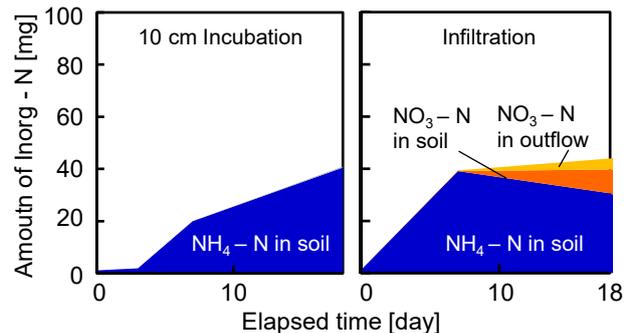


Fig.4 Change in Inorg-N