

硝酸イオンを含む水の浸透が還元土中の酸化層と脱窒層の発達に及ぼす影響  
Observation of reoxidation and denitrification layers  
in reduced soil under nitrate infiltration

○竹内萌実・渡辺晋生・取出伸夫

OMegumi TAKEUCHI, Kunio WATANABE, Nobuo TORIDE

**はじめに** 水田や湿地における土中の窒素動態を理解する事は、亜酸化窒素等の温室効果ガス発生や地下水の硝酸汚染を考える上で重要である。土中の窒素は、土の酸化還元にとまなう硝化や脱窒によって態を変える。しかし、浸透により溶存酸素(DO)や硝酸イオンが土中に供給されたとき、いつどこで酸化や還元が生じるのかは明らかでない。そこで本研究では、異なる濃度の硝酸イオン溶液を土カラムに浸透したときの土中の酸化還元電位(Eh)分布を、地表面近傍を中心に観察した。

**試料と方法** 2013年5月に三重大学附属農場で水田表土を採取し試料とした。乾土あたり5mgのグルコースを加え、内径7.7cm、高さ15cmのアクリル円筒カラムに乾燥密度 $1.4\text{ g/cm}^3$ で均一に詰めた。試料表面から0.2cm深にEh、DO測定用のマイクロセンサを鉛直方向に挿入した。また、1.5と7.5cm深にEh測定用の白金電極とテンシオメータを、0.5、1.5、3.5、7.5cm深に四極センサをカラム側面からそれぞれ設置した。試料を純水で飽和し2日間静置した後、マリOTT管で試料上端に0.75cmの湛水を設け、硝酸カリウム溶液を浸透した。供給水の硝酸イオン濃度は0、0.005、0.03Mとした。この際、マリOTT管の重量変化から浸透速度を計測した。また、試料下端の圧力を調節し浸透速度を一定に保った。通水前の浸透水のEhは280mV、DOは6.5mg/Lだった。四極センサで測定したECより各深さの土中水の溶液濃度を算出した。任意の時間にマイクロセンサを地表から $10\text{ }\mu\text{m/s}$ で土中へ挿し込み、0~4cm深までのEhとDOの分布を $100\text{ }\mu\text{m}$ 間隔で測定した。実験終了時に試料を切り分け、各深さのpHを測定した。全ての実験は $25^\circ\text{C}$ の恒温室で行った。

**結果** 0.005、0.03Mの硝酸イオン溶液(以下0.005M、0.03M)浸透時の0.2、1.5、7.5cm深のEhの経時変化を図1に示す。0.005Mでは、0.2、1.5cm深は浸透開始時に $\text{Eh} < 0\text{ mV}$ と還元していたが、通水すると、0.2cm深は半日以内に、1.5cm深は2日以内に $\text{Eh} > 400\text{ mV}$ と酸化した。この際、脱窒の生じる電位(200~400mV)でのEhの停滞は見られなかった。一方、7.5cm深のEhは1日目で0mV以下に低下した後2日目以降に上昇し、4日目には約300mVと脱窒の生じる電位で安定した。0.03Mでも、各深さのEhの経時変化に同様の傾向が見られたが、浸透水の硝酸イオン濃度が高くなると、1.5、7.5cm深のEhの上昇のタイミングが速くなった。ここで、図2に0.005Mについて、0~5cm深のEh、DO分布を示す。浸透開始時では0~5cm深のEhは200mV以下と還元的で、DOも1mg/L以下と嫌氣的だった。1日目になると土壌表面近傍のEhとDOがいずれも上昇し、0~0.6cm深に $\text{Eh} > 400\text{ mV}$ の酸化的な層が、0.6~3.0cm深に約300mVの層が形成した。また、0~0.15cm深に $\text{DO} > 2\text{ mg/L}$ の好氣的な層が形成した。4日目になると、 $\text{Eh} > 400\text{ mV}$ の酸化的な層が2.3cm深まで発達し、約300mVの層が2.3~7.5cm深に移動した。また、 $\text{DO} > 2\text{ mg/L}$ の好氣的な層が2cm深まで発達した。ここで、0.005、0.03Mの0~7.5cm深の相対溶液

濃度 ( $C/C_0$ ) の分布を図 3 に示す。なお、 $C_0$  は供給水の溶液濃度であり、0.005 M では 1 ポアボリュームの水の浸透に 14 時間を要する。0.005 M の浸透開始時の  $C/C_0$  は全層で低く、浸透開始から 1 日目には、0~7.5 cm 深の  $C/C_0$  が約 0.7 に達した。4 日目になると土中水の溶液濃度は更に上昇したが、供給水の濃度には達しなかった。0.03 M でも溶液濃度の上昇に 0.005 M と同様の傾向が見られたが、0.03 M の  $C/C_0$  は 4 日目には約 1 に近づいた。いずれの実験の  $C/C_0$  分布においても、Eh 分布 (図 2) で見られた脱窒層に対応する溶液濃度の減少は見られなかった。

**考察** 浸透を開始すると、土壌表面近傍に  $Eh > 400$  mV の酸化層が形成された (図 2) のは、浸透水によって DO が土中に供給され土が好氣的になった事による。この浸透水中の酸素は、表面近傍の微生物呼吸により消費されるため下層には十分に供給されない。しかし、硝酸イオンが流下するため脱窒が生じ、酸化層の下に  $Eh$  約 300 mV の脱窒層が形成される。そしてその下層には酸素や硝酸イオンも流下せず、土の還元が進行する。このようにして土壌表面から浸透水中の酸素、硝酸イオンが順に還元され、Eh 分布に 3 つの層が形成されたと考えられる (図 2)。こうした酸化層や脱窒層の形成と発達には土中に残存する有機物量や温度、浸透水の流速にも依存するだろう。また、脱窒が生じると硝酸イオンが窒素ガスに変化するため、土中の溶液濃度は減少すると考えられる。しかしながら、Eh 分布より脱窒層が形成されたと判断される深さの溶液濃度には顕著な減少は見られなかった。これは脱窒が亜硝酸イオンで留まったためと思われるが詳細は不明である。今後は土中の Eh の変化を各イオン濃度分布の変化とともに検討する必要がある。

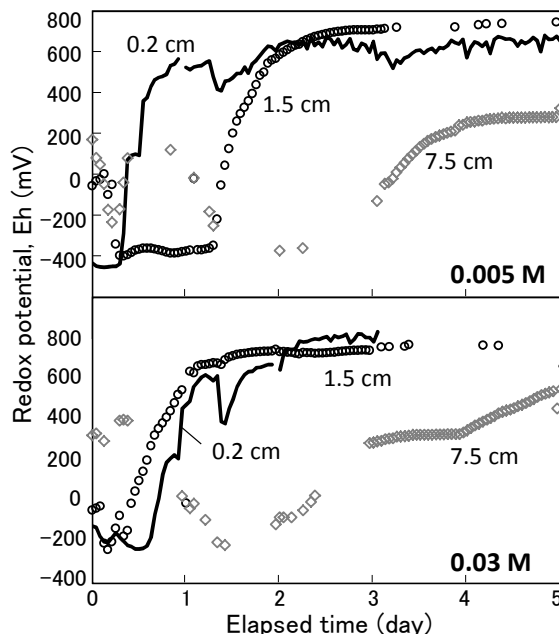


図1 浸透開始後の各深さにおけるEhの経時変化  
Fig. 1 Redox potential at three depth during nitrate infiltration

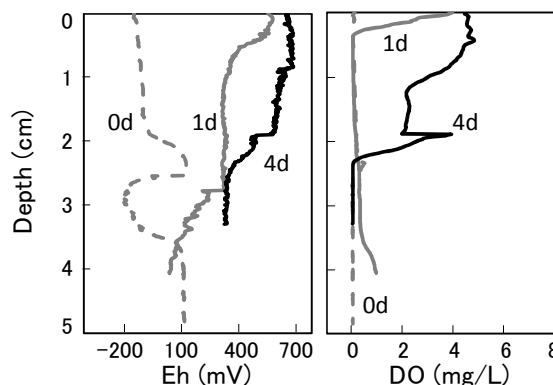


図2 実験0.005 MのEhとDOの分布  
Fig. 2 Eh and DO profiles of the soil under 0.005 M nitrate infiltration

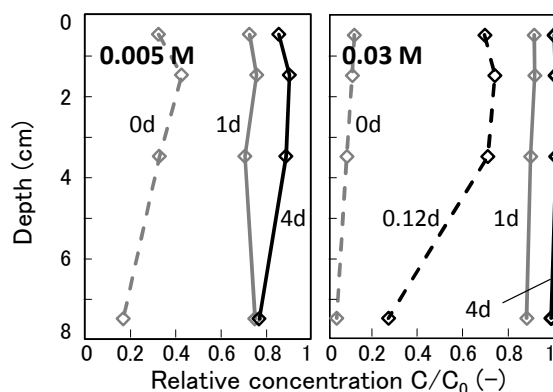


図3 相対溶液濃度の分布  
Fig. 3 Profiles of relative concentration