

湛水土壌の還元過程と表面酸化層の形成 Formation of reduced and reoxidized layers in flooded soil

○竹内萌実・渡辺晋生・取出伸夫

Megumi TAKEUCHI^{*}, Kunio WATANABE^{*}, Nobuo TORIDE

はじめに

水田における作物の生育やメタン・亜硝酸ガスの発生に関与する土中の炭素・窒素循環を考えるには、炭素や窒素の形態変化を規定する表面酸化層と還元層の形成過程を理解する事が重要である。しかし、数 mm 程と言われる表面酸化層の詳細を調べる事は、従来のセンサの精度では不可能であった。ところで近年、空間分解能 500 μm で酸化還元電位 (Eh) と溶存酸素量 (DO) を測定できるマイクロセンサが開発された。そこで本研究では、このマイクロセンサを用いて土壌表面と下層の還元の進行の違いや表面酸化層の形成に、浸透速度が与える影響を明らかにすることを目的に一次元カラム実験を行った。

試料と方法

2012 年 5 月に三重大学附属農場で畑土を採取し試料とした。試料に乾土あたり 5 mg のグルコースを基質として加え、内径 5 cm、高さ 15 cm のアクリル円筒カラムに乾燥密度 1.4 g/cm^3 になるよう均一に詰めた。図 1 に実験装置の概要を示す。試料表面から 0.2 cm 深に Eh と DO 測定用のマイクロセンサを鉛直方向に、2.5 と 7.5 cm 深に Eh 測定用の白金電極とテンシオメータ、四極センサをカラム側面からそれぞれ設置した。また 12.5 cm 深に、Eh 測定用の比較電極を設置した。試料下端から 3 時間に 3 cm ずつ水位を上昇させて試料を飽和した。そして、マリOTT管を用いて試料上端に 1 cm の湛水を設けて純水を通水した。この際、マリOTT管の重量変化とカラム下端からの排水量から浸透量を計測した。浸透前の水の Eh は 280 mV で DO は 6.5 mg/L だった。また任意の時間にマイクロセンサを地表から 10 $\mu\text{m}/\text{s}$ で土中へ挿し込み、表面から 2 cm 深の Eh と DO のプロファイルを 100 μm 間隔で測定した。全ての実験は 25°C の恒温室で行った。

結果

試料や実験条件が等しくても、実験毎に浸透速度が異なった (図 2)。Flux_L は実験開始から浸透速度が一定で 0.02 cm/d であった。しかし、Flux_H は 4 日以降に浸透速度が上昇し 10 cm/d となった。ここで、Flux_L と Flux_H について湛水後の土中各深さの Eh の経時変化を調べた (図 3)。いずれの実験でも、2.5 cm 以深の Eh は飽和後 300 mV 以下まで急降下し、しばらく安定した後には上昇し、3 日以降に再び下降した。これは有機物分解による電子の放出と H_2 ガスの発生、酸化物の還元それぞれに対応する。一方、表層 0.2 cm 深の Eh は 2.5 cm 深より比較的高く

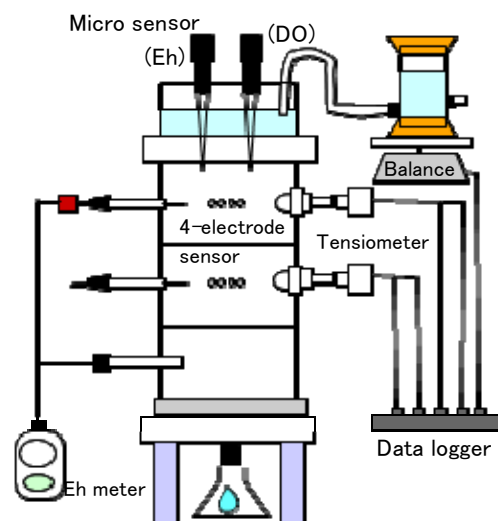


図 1 実験装置の概要図

Fig.1 Schematics of experimental setup

三重大学大学院生物資源学研究科 Graduate School of Bioresources, Mie University

キーワード：酸化還元，溶存酸素，浸透速度

不安定で、浸透速度によって異なった。Flux_Lの表層のEhは100 mVで安定したが、Flux_Hの表層のEhでは5日以降から300 mVまで上昇し酸化になった。

ここで1、2、12日後のEhとDOのプロファイルを調べた(図4)。初期のEhは全層で300 mV以下と還元的で、DOも0.1 mg/L以下と嫌氣的だった。通水から1日後では、Flux_Lでは変化が見られなかったが、Flux_Hでは表面近傍のEhとDOがやや上昇した。通水を10日以上継続させてもFlux_LのEhとDOの分布は通水1日後からほとんど変化が見られなかった。Flux_Hでは土壌表面近傍にEhが400 mV以上でDOも2 mg/L以上の酸化的で好氣的な層が0.6 cm形成された。

考察

実験Flux_HとFlux_Lにおいて積算浸透量に違いが見られたのは、有機物分解過程で発生した水素ガスによる土中間隙の目詰まりの違いによると考えられる。

また、浸透速度の違いによって表面酸化層の形成に有無が生じたのは、DOの供給量によると考えられる。すなわち、還元土に水が浸透するとDOにより一度Ehが上昇する。しかし、浸透速度が遅いと酸素の供給量が微生物の消費量に及ばず酸化層は発達しない。一方、浸透速度が速いと酸素が十分に流下し、微生物が消費しきれなかったDOにより表面に酸化層が形成され则认为られる。また、それゆえ酸化層の有無や厚さは浸透速度と残存する有機物量に依存すると思われる。

今回明らかになったのは比較的短期間での浸透速度の影響による酸化層の形成過程である。実際の圃場の炭素・窒素循環を考えるには植物の光合成による影響やより長期的な酸化・還元の分化の検討も必要である。

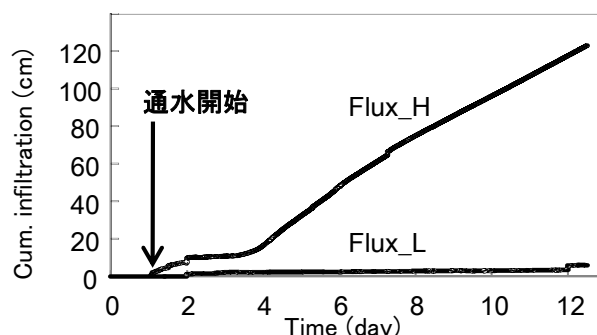


図2 実験Flux_HとFlux_Lの積算浸透量
Fig.2 Cumulative infiltration for Flux_H and Flux_L

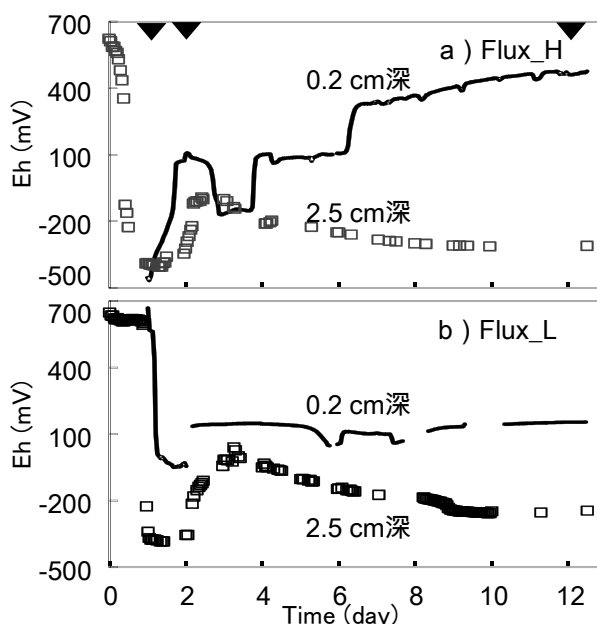


図3 表層と2.5 cm深のEh変化
Fig.3 Change in Eh at 0.2- and 2.5-cm depth

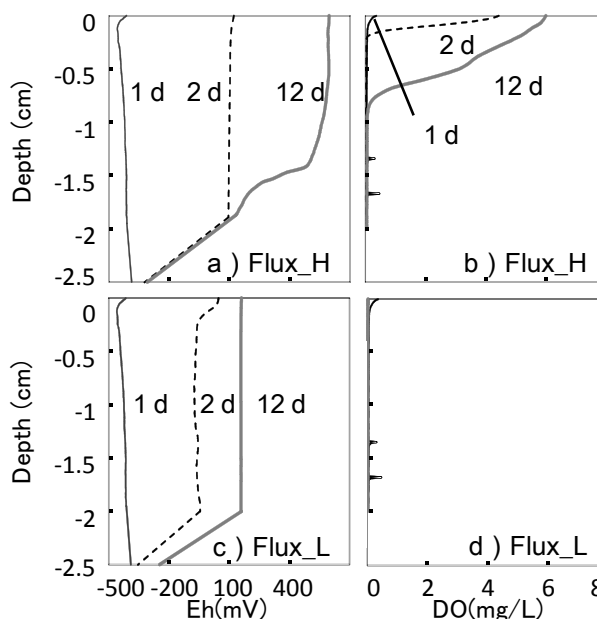


図4 EhとDOの分布の時間変化
Fig.4 Profiles of Eh and DO