

## 蒸発過程にある土中の酸化還元電位の変化 Change in Soil Redox Potential during Evaporation

○武藤由子\*・加藤希枝\*\*・渡辺晋生\*\*

Yoshiko MUTO, Kie KATOU, Kunio WATANABE

### 1. はじめに

水田や湿地などの湛水条件下における亜酸化窒素やメタンなどの温室効果ガスの発生量は、土の酸化還元状態に強く依存する。湛水土壤の酸化・還元状態の分布についてはこれまでに研究が進められており、水稻栽培における効果的な水管理で温室効果ガスの発生を抑制できる可能性があるなどの報告がある。一方、近年では水田の汎用化を目的とした地下かんがいシステムが普及しつつあるが、ここでの水管理では土中の水移動の状態が通常地表面からのかんがいや降雨によるものとは異なると考えられる。以上のことから、農地における炭素・窒素循環をより正確に予測するためには、浸潤・湛水・蒸発といった様々な水移動過程における土中の水分量と酸化還元電位分布の変化を調べるのが重要である。そこで本研究では、還元状態の水田土壌を詰めた一次元カラムを用いて蒸発実験を行い、土中水圧と酸化還元電位の変化を測定した。

### 2. 試料と方法

水田から 5cm~15cm の表土を採取した。2mm フルイ通過分に純水を加え攪拌機でよく混合し 5mg/g(乾土)のグルコースを添加した。30℃の恒温器に湛水条件で 10 日以上静置し試料とした。試料を内径 5cm、高さ 30cm の鉛直アクリルカラムに乾燥密度 0.84g/cm<sup>3</sup> で充填した (Fig.1)。その後、カラムを密閉し酸化還元電位 Eh が約-200mV となるまで 25℃の室温に静置した。このとき、試料の含水率 (飽和含水率 $\theta_s$ ) は 0.67 であった。カラム側面より土中水圧 h を測定するためのテンシオメータと Eh 測定用の白金電極を、各々 5cm 間隔で挿入し、電子天秤をカラムの下に設置した (Fig.1)。カラムの上端に設置したファンにより試料表面に一定速度で送風し、ファンの回転速度を制御することで初期条件の等しい試料に 2 つの異なる蒸発速度を与えた。一方、カラム下端からの給排水はなしとした。実験は 25℃の恒温室で行った。蒸発過程にある試料の h と Eh の変化をデータロガーを介してモニターした。また、電子天秤で測定した重量変化から水分の蒸発量を算出した。実験終了時に試料を 2.5cm 間隔で切り分け、炉乾燥により各深さの含水率を求めた。これとは別に、いくつかの含水率に調整した試料の土中水圧を測定し、実験終了時に測定した土中水圧と含水率、比較的速く蒸発させた実験の積算蒸発量と各深さの圧力変化を目的関数として、逆解析により試

料の水分特性曲線を van Genchten 式で与えた (Fig.2)。逆解析には HYDRUS-1D を用いた。

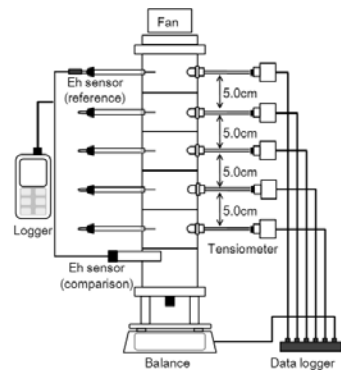


Fig. 1 装置図

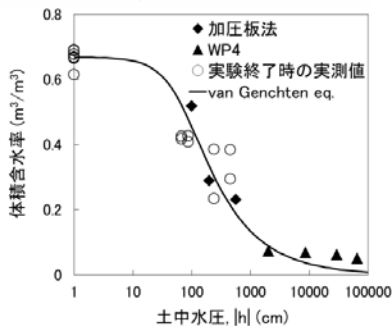


Fig. 2 試料の水分特性曲線

\* 岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University

\*\* 三重大学生物資源学部 Faculty of Bioresources, Mie University キーワード: 蒸発過程, 酸化還元電位, 窒素循環

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 蒸発速度

試料の積算蒸発量を Fig.3 に示す。ファンの回転速度が速かった実験では、蒸発速度は 1.3d までは経過時間に比例し (2.2cm/d)、それ以降は時間の平方根に比例した。実験終了時 (3.5d) までに 5.5cm の水が蒸発した。Fig.3 に示した実線は逆解析の結果であり実測値とよく一致した。水分移動式の数値解析により、蒸発過程のカラム内の水分移動変化が表せたといえる。一方、ファンの回転速度が遅かった実験では、蒸発速度は実験終了時 (40d) まで経過時間に比例し (0.2cm/d)、8.5cm の水が蒸発した。実験中、カラムからの気泡や間隙の発生は見られなかったが、蒸発が進むにつれて試料上端が数 mm 沈下した。

#### 3.2. 土中水圧と酸化還元電位の変化

蒸発速度が 2.2cm/d および 0.2cm/d で蒸発した実験で測定された、各深さの土中水圧  $h$  の経時変化を Fig.4(a)(c) に示す。Fig.4(a) の実線は逆解析による計算結果である。土中水の初期圧力は  $h=15\text{cm}$  であり、蒸発を開始すると上方の測点から順に  $h$  が低下した。 $h$  の低下速度は、下方の測点であるほど、また蒸発速度が遅い条件で遅くなった。このときに  $h$  と同じ深さで測定した酸化還元電位  $E_h$  の変化を Fig.4(b)(d) に示す。 $E_h$  の初期値は  $E_h=-200\text{mV}$  であった。 $E_h$  は  $h$  が負圧になるとともに急激に上昇した。蒸発速度が 2.2cm/day では、 $E_h$  が 600mV に達するのに要した時間は 2.5, 7.5, 12.5cm 深でそれぞれ 1.8, 2.2, 3.6day であった。一方、蒸発速度が 0.2cm/day の  $E_h$  は、上方よりそれぞれ 5, 18, 24, 27, 32day で 600mV に達した。 $h$  の変化が試料の深さや蒸発速度で異なったのに対し、 $E_h$  の -200mV~600mV への変化は約 1 日と、深さや蒸発速度に関わらずほぼ一定であった。このため、蒸発速度が遅い条件での  $E_h$  は  $h$  がマイナス数十 cm に低下するまでに酸化状態を示したが、蒸発速度が速い条件では浅層での  $E_h$  は  $h$  がマイナス数百 cm 以下になっても 600mV まで上昇しなかった。

#### 4. おわりに

還元状態の水田土壌を試料とした一次元カラム蒸発実験を行い、土中水圧・酸化還元電位分布の変化を測定した。その結果、土中水圧の変化は試料の深さや蒸発速度によって異なったが、酸化還元電位が示す還元状態から酸化状態への変化は深さや蒸発速度によらずほぼ一定であった。

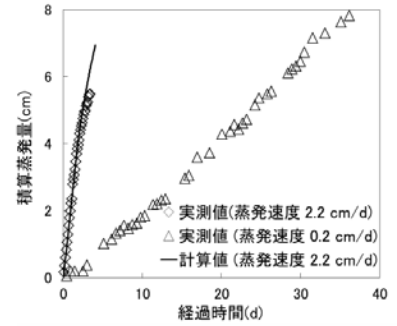


Fig. 3 積算蒸発量

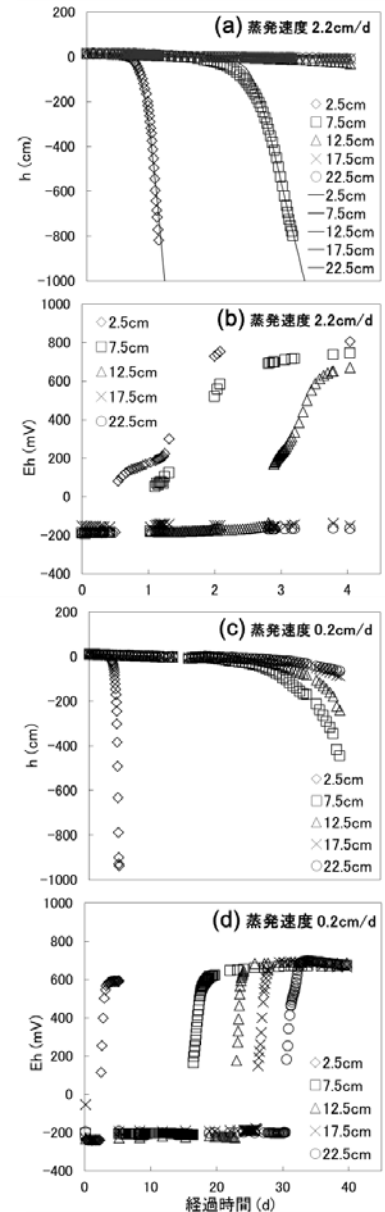


Fig. 4  $h$  と  $E_h$  の経時変化