

水田土壌カラム中における物質輸送特性

九州大学工学部 学生員 ○久保田基寛 九州大学工学部 学生員 篠原増根
九州大学工学部 大石 秀人 九州大学工学部 正会員 神野健二
九州大学工学部 正会員 広城吉成

1. はじめに

土壌還元は水で湛水されるという条件に加えて、微生物にとって好ましい有機物の存在と温度の条件が伴ってもたらされる。なかでも水田は水稻栽培中に長期間湛水される状態にあり、しかも有機物に富む作土層を有していることから、その最表層を除く層は還元状態となっている。このような還元状態にある土壌ではFe(III)、Mn(IV、III)などの酸化物は Fe^{2+} 、 Mn^{2+} となって溶脱し、作土層より下部の酸化状態にある層で再び酸化物となって沈積する。

本研究では、上記のような水田土壌中における物質輸送特性を詳細に把握し、その輸送モデルを構築する際に必要となる基礎的知見を得るために、福岡市西部にある水田より作土を採取し、還元・酸化層を考慮したカラム実験を行った。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概略図を図-1に示す。カラム実験に用いた水田土壌表土(表層から深さ15cm)には福岡市西区M地区で採取した水田表土を、深さ15cmから101cmまではマサ土を用いた。カラムにこれらの土を詰め、カラム下部から水を浸透させ土壌を安定化させた後に稲を植え、田面水の水位を一定(土壌表面から5cm)に保つように水道水をoverflowさせながら流入させた。

土壌水の採取は、カラム土壌を安定させた後の1996年7月23日から開始し、9月11日までの間計11回行った。採取手段として予めカラムに埋め込んであるポーラスカップを用い、その設定位置は深さ別に8カ所(3.5, 8.5, 13.3, 17, 33, 53, 73, 93cm)に設置した。また酸化還元電位を測定するための白金電極は表層から深さ別に5カ所(8.5, 17, 29, 51, 73cm)に設置した。

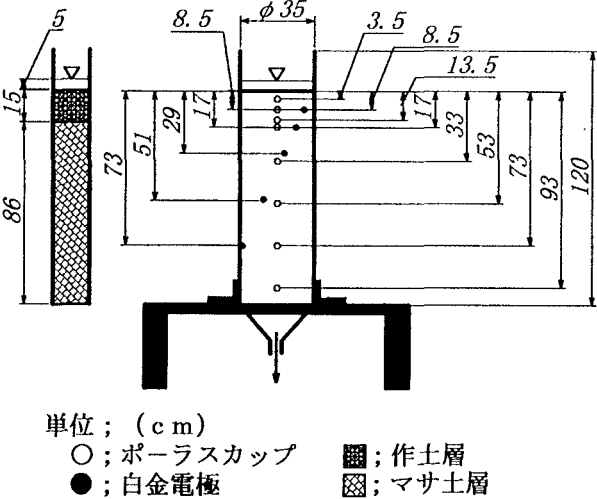


図-1 実験装置の概略図

表-1 水道水中の各イオン濃度(平均) ; mg/l

Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N
22.513	7.046	8.176	57.617	0.169	0.005	0.062	1.784

分析対象とした項目は、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Fe²⁺、Mn²⁺、NH₄⁺、NO₃⁻、pH、電気伝導度(EC)、酸化還元電位(ORP)であり、これらの分析方法は、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Fe²⁺、Mn²⁺には原子吸光法を、NH₄⁺、NO₃⁻には吸光光度法を適用し、またpH、EC、ORPについては土壌水の採取時に機器を用いて測定した。なお、カラムに流入させた水道水についても上記の項目を測定しており、その平均濃度を表-1に示している。

3. 実験結果及び考察

図-2はORPの鉛直方向における分布を示している。カラム土壌表面から8.5cmで測定されたORPは負値(-300~-250mV)を示しており、還元状態の層が形成されていることがわかる。また、カラム土壌表面を湛水させてからほぼ24時間以内に、この深さでのORPが負値を示したことから、土壌の還元状態化は急激に起こることが示唆された。次に、酸化的状态を想定した15cm以深のマサ土層では、深さ51cmに設定したORP値を除いて+250mVで概ね安定している。なお、深さ51cmに設定したORP値は実験開始後の約16日間極端な負値を示し、その後は+250mVで安定した。

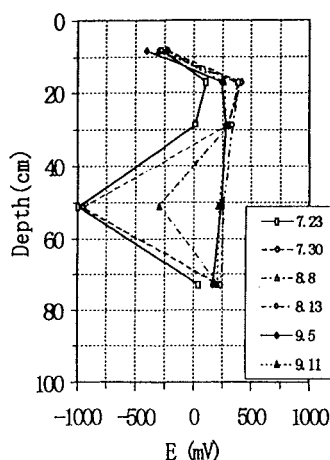


図-2 ORPの時間分布

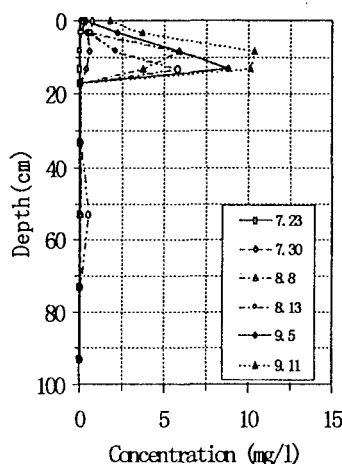


図-3 Fe^{2+} 濃度分布

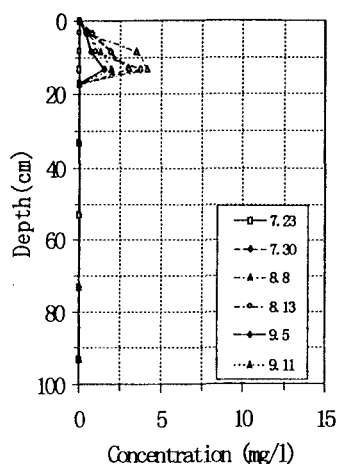


図-4 Mn^{2+} 濃度分布

図-3, 4には Fe^{2+} の濃度分布及び Mn^{2+} の濃度分布をそれぞれ示す。両図からカラムの作土層(深さ0~15cm)が還元状態になり、それに伴って Fe^{2+} , Mn^{2+} が溶脱しているのがわかる。また、濃度のピーク出現時期においては、 Mn^{2+} が Fe^{2+} より早くなっているが、濃度においては Fe^{2+} のほうが高い。両者とも深さ17cmで濃度はほぼ0mg/lとなっており、15cm以深は酸化状態にあることを示している。Feに関しては実験開始から終了時まで作土層において濃度は増加し続け、Mnは8月8日の濃度ピーク以降は減少している。これは作土層(還元層)中の両者の量の違いと考えられ、FeがMnより多く含まれていることによると推察される。なお、図-3において、深さ53cmのところに Fe^{2+} が現れており、図-2のORP分布の深さ51cmで現れている負値と一致している。酸化的状態を再現した層においてこのような現象が現れたのは、何らかの理由で局所的に還元状態が作られたと考えられる。

4. まとめ

濃度ピーク出現時期において Mn^{2+} が Fe^{2+} よりも早く溶脱したことは、Mn(IV, III)はFe(III)よりも高いORPで溶脱することを示しており、一般的に報告されている結果と一致していることがわかった。また、溶脱された Fe^{2+} , Mn^{2+} は、作土層(還元層)とマサ土層(酸化層)の境界付近で沈積することがわかった。今回のカラム実験結果において作土層の下層(マサ土)では、物質の変化が少ないことから、今後は、作土層とFe, Mnが集積する層を中心に、サンプリング深さの間隔を密にして実験を行い、水田土壌中における物質輸送モデル化に向けて検討する。

謝辞：本研究を行うにあたり九州大学農学部の和田信一郎先生には、実験の全般にわたって多大な助言と協力を頂きました。ここに記して感謝いたします。