

鉛直1次元土壤中の海水溶存化学種の輸送特性

九州大学工学部 学生員 中村 好二 九州産業大学大学院 学生員 松尾 哲弘  
 九州産業大学工学部 正会員 岩満 公正 九州産業大学工学部 正会員 細川 土佐男  
 九州大学大学院工学研究院 正会員 神野 健二 九州大学大学院工学研究院 正会員 広城 吉成

1. はじめに

湛水下の土壌では溶存酸素の低下に伴い還元反応が逐次進行し、様々な化学種の動態は大きな影響を受ける<sup>1)</sup>。海水では高濃度の化学種を含んでおり、その動態は淡水と異なってくる。一方、大串らの調査・研究<sup>2)</sup>から得られるように、帯水層の地層によっては塩水の化学特性は異なってくる。従って、塩水化の物理的な解析だけでなく、地層を構成する土壌と海水との相互作用についての地球化学的な解析を併せて行うことがそのメカニズムを知る上で重要である。

そこで本研究では鉛直1次元カラム実験を行うことにより、海水湛水下の土壌中の還元反応における各化学種の輸送特性について考察した。

2. 実験内容

実験装置の概略を図-1に示す。カラム内には底から10cmの部分まで礫を敷き、水田土壌(透水係数は $1.1 \times 10^{-4}$ cm/s)を充填し、その後福岡市東区の奈多海岸で採取した海水を湛水させ、湛水深を5cmに保った。実験は2001年11月27日に開始した。実験期間中(2001年11月27日~2002年1月4日)の断面平均流速はほぼ $1.8 \times 10^{-4}$ cm/sであった。カラムには、10cm毎にセンサーを10ヶ所設置した。分析・測定の対象項目はpH、酸化還元電位(ORP)、電気伝導度(EC)、溶存酸素(DO)、 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mn^{2+}$ 、T-Fe、F、Cl、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $PO_4^{3-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $HCO_3^-$ とした。なお、pHの測定にはBECKMAN社のΦ34 pH-Meter、ORPの測定には東亜DKKの比較電極RM-20P、ECの測定には東亜DKKの伝導計CM-20E、DOの測定には東亜DKKの酸素電極DO-21Pを使用した。

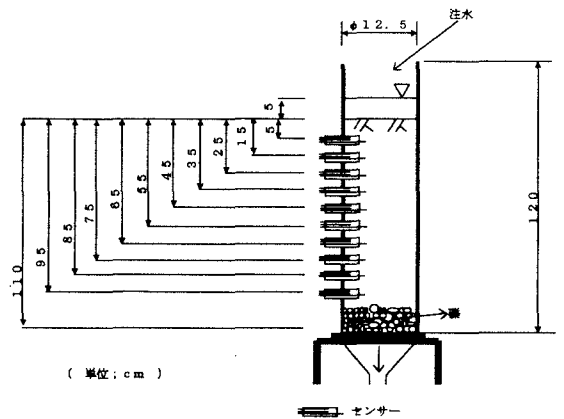


図-1 実験装置の概略図

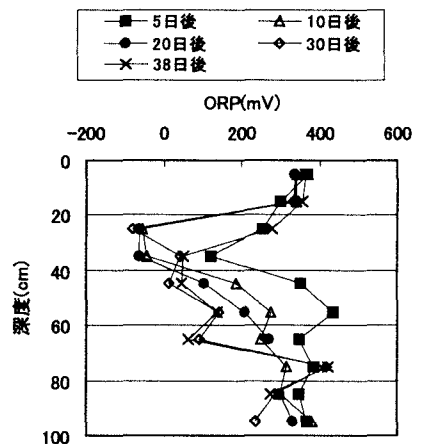


図-2 ORPの経時変化

3. 結果と考察

3.1 ORPの経時変化

図-2は各深度におけるORPの経時変化を示している。深さ5,10cmのORPは約350mVとなっており、実験期間中に大きな変化は見られなかった。一方、深度25~65cmの範囲では-50~200mVで変動している。深度25cmでは、実験開始5日後でORPはマイナスを示している。なお、55cm以深ではカラムの下部に礫を敷き、カラム下方からの空气の侵入を容易にさせたことにより、還元状態が形成されなかったと考えられる。

3.2 EC,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ の経時変化

図-3は各深度におけるECの経時変化を示している。海水

の EC の平均値は 41mS/cm であり、ほぼ全ての深度で海水の EC を上回っている。EC が増加する理由として、土壌中の微生物が有機物(CH<sub>3</sub>COOH)を電子供与体として、また MnO<sub>2</sub> について Fe(OH)<sub>3</sub> の酸素を電子受容体として呼吸のため消費する次式のような酸化還元反応が起こることによる Mn<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>の放出が考えられる<sup>3)</sup>。

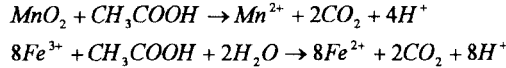


図-4、5を見ると、Mn<sup>2+</sup>が Fe<sup>2+</sup>より早い時間で全深度とも出現している。これは Mn<sup>2+</sup>の生成が Fe<sup>2+</sup>の生成より高い ORP で生じることと一致する。また、深度 50cm 付近で Mn<sup>2+</sup>及び Fe<sup>2+</sup>が増加の様子がみられる。

### 3. 3 pH の経時変化

図-6 は各深度における pH の経時変化を示している。全深度において、海水の pH よりも低い値を示している。しかしながら、実験開始 10 日頃から再び上昇し始める傾向がある。これは Mn<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>の還元について、硫酸還元が始まったことに関与していると考えられる<sup>4)</sup>。このことは、還元が進んだ帯水層中の塩水において pH が 7~8 程度になっている事例からも想定される<sup>2)</sup>。

### 4. 終わりに

本実験において鉛直1次元土壌中の海水溶存化学種の輸送特性を検討した結果、ORP、EC、Mn<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>の変動状況から、比較的速やかに海水が還元されることがわかった。特に、MnO<sub>2</sub>の還元が Fe(OH)<sub>3</sub>の還元に先行する様子や還元当初においては、pH が低下するものの、そのちは再び増加する様子が観察された。このような

知見は沿岸部帯水層における塩水楔の地球化学的知見を広めることになろう。今後、陽、陰イオンの分析を進めると共に、移流分散などの物理過程に、陽イオン交換、酸化還元などの化学過程を考慮した数値計算を実行したい。

### 【参考文献】

- 1) 吉本拓磨, 広城吉成, 森田守, 神野健二, 和田信一郎 : 下水処理水を湛水させた土壌カラム中の多成分化学種の動態, 九州大学工学集報, 第73巻第5号, pp.599-604, 2000
- 2) 大串昌宏, 神野健二, 細川士佐男, 広城吉成, 安藤満, 山下徹 : 帯水層中の塩水の地球化学的水質特性について, 土木学会西部支部年次学術講演会講演概要集, pp.274-275, 1999
- 3) 日本地下水学会編 : 地下水水質の基礎, 理工図書, pp.107, 2000
- 4) 久馬一剛他 : 新土壌工学, 朝倉書店, pp.93-96, 159-177, 1995

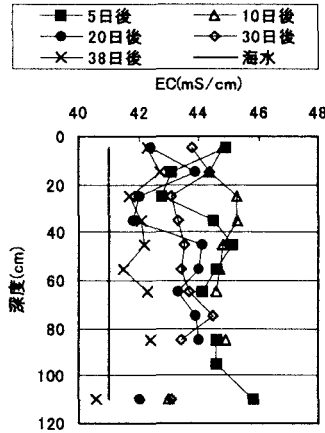


図-3 ECの経時変化

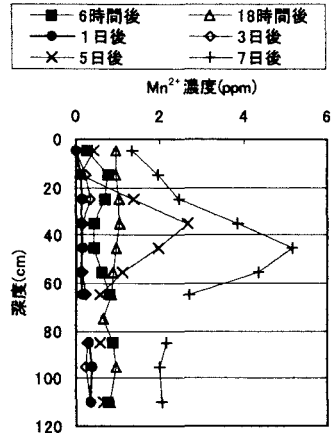


図-4 Mn<sup>2+</sup>濃度の経時変化

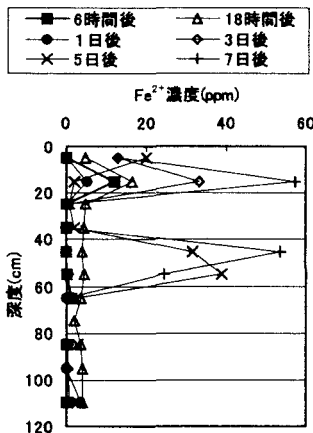


図-5 Fe<sup>2+</sup>濃度の経時変化

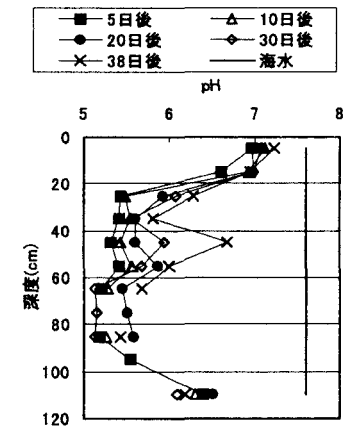


図-6 pHの経時変化