

有機物含有量に着目した土壌 - 海水相互作用による還元環境の形成機構

九州大学工学部 学生員 王 楊 九州大学工学院 学生員 赤木 啓悟
九州大学大学院工学研究院 正会員 神野 健二 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 広城 吉成

1. はじめに

地下水の水質は様々な陽イオンや帯水層を構成する固相とそこに存在する微生物の関与により多様な変化を起こす。近年では、地下水の過剰揚水に伴う塩水化や高レベル放射性廃棄物の沿岸部地層処分の可能性評価が重要な課題となっている。したがって、海岸帯水層における海水の水質形成構造を把握することは重要なことである。地下水水質の形成機構を推測するためには、液相—固相における6種陽イオン(Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+})による陽イオン交換、微生物の増殖による還元環境の形成、脱窒、マンガン及び鉄の還元などの酸化還元反応、さらに還元された鉄やマンガンが酸化される沈殿過程などの反応を考えることが必要となる。ところで、微生物による代謝可能な有機物量は土壌中に存在する全有機物量の一部であると言われている。そこで、本研究では、有機物含有量の異なる4本のカラム実験を行い、カラムからの浸出水質の違いについて考察した。

2. 実験内容

図-1は海水を土壌中に浸透させて還元させる実験装置である。高さ45cm、直径10cmのカラムに下端から高さ30cmの部分まで土壌を敷き詰め、カラム上方に設置した海水タンクからカラムに海水を供給した。鉄とマンガンなどの酸化物と有機物を含む土壌として水田土壌を、土壌の有機物量を変えるために無機物として直径0.1mmのガラスビーズを使用した。各カラムにおける水田土壌の充填割合をそれぞれカラム内の体積率で100%, 75%, 50%, 25%とし、実験開始時の流量が同じとなるようにヘッド差を調整した。土壌を淡水で満たした状態から海水を浸透させた時点を実験開始とし、30日目に実験を終了した。採水については、1日目の最初12時間は3時間毎、その後は12時間毎に各カラムからの流出海水を100cc採水した。分析象項目はpH、酸化還元電位(ORP)、電気伝導度(EC)、溶存酸素(DO)、水温、 Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} とした。

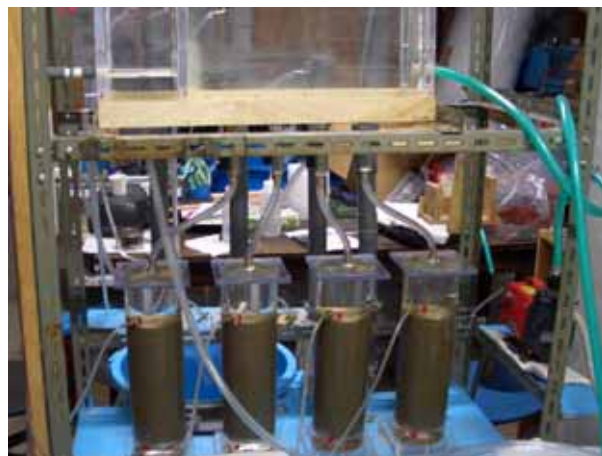


図-1 実験装置

3. 結果と考察

3.1 DOの経時変化

図-2は±100%と±25%の流出口の還元海水と海水タンクの海水におけるDOの経時変化を示している。この図より、±100%と±25%の流出口のDO濃度は海水タンクのDO濃度よりも小さな値となった。これは土壌中を流下する過程で微生物により海水が還元されたためである。また、±100%と±25%のカラム中に存在する有機物量の違いにより、±100%のDOの濃度は±25%に比べても小さな値となった。

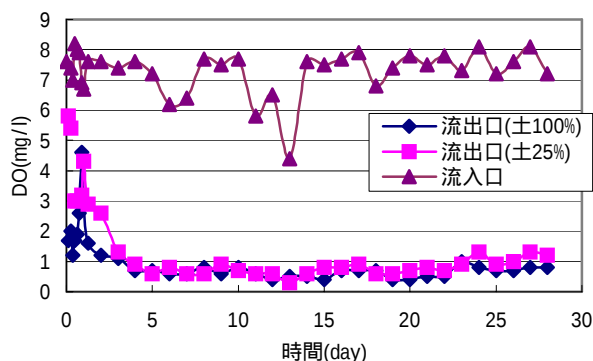


図-2 DOの経時変化

10 日以降にその差が大きくなったことから、± 25%のカラム中の代謝可能な有機物量が減少し始めたためと考えている。

3. 2 pH, ECの経時変化

図-3は± 100%と± 25%の流出口の還元海水と海水タンクの海水におけるpHの経時変化を示している。図-3より、還元海水のpHは海水より低い値を示している。しかしながら、海水が還元されるに伴って、流出口におけるpHの値は徐々に増加している。図-4は海水タンクの海水と± 100%の流出口の還元海水におけるECの経時変化を示している。この図を見ると、還元海水のECの値は海水より大きいことがわかる。これは土壤中に存在する $\text{Fe}(\text{OH})_3$ と MnO_2 が還元されて Fe^{2+} と Mn^{2+} が還元海水中に溶出していることで、還元海水の絶対的イオン量が増えたことに起因すると考えられる。

3. 3 Fe^{2+} , Mn^{2+} イオン濃度の経時変化

海水を一次元カラムに浸透させることにより、流出口のところに赤茶色の水酸化鉄の沈殿を確認することができた。これは、気相の酸素が海水に溶解し、その酸素が還元海水中の二価鉄イオンを酸化させ、水酸化鉄を沈殿させたものである。図-5は± 100%と± 25%の流出口の還元海水における Fe^{2+} イオン濃度の経時変化を示している。この図から代謝可能な有機物量の違いにより Fe^{2+} は変化し、代謝可能な有機物量が小さくなると Fe^{2+} は溶出しにくいという結果が示された。図-6は± 100%の流出口の還元海水における Mn^{2+} , Fe^{2+} の濃度の経時変化を示している。図-6を見ると、 Mn^{2+} が Fe^{2+} より早い時間で溶出している。これは2価マンガンが先に還元されたためである。

4. 終わりに

本研究では、海水を水田土壤に浸透させることにより、溶存酸素、硝酸イオンの減少やマンガン、鉄イオンの溶出、ORPの減少状況などから、比較的速やかに還元が行われることがわかった。また、土壤中に存在する有機物と水酸化鉄量の値が小さければ小さいほど Fe^{2+} が溶出しにくいことが確認された。今後、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物質輸送解析を実行したい。

参考文献

M. Snyder, M. Taillefer*, C. Ruppel: Redox zonation at the saline-influenced boundaries of a permeable surficial aquifer: effects of physical forcing on the biogeochemical cycling of iron and manganese, Journal of Hydrology 296(2004)164-178

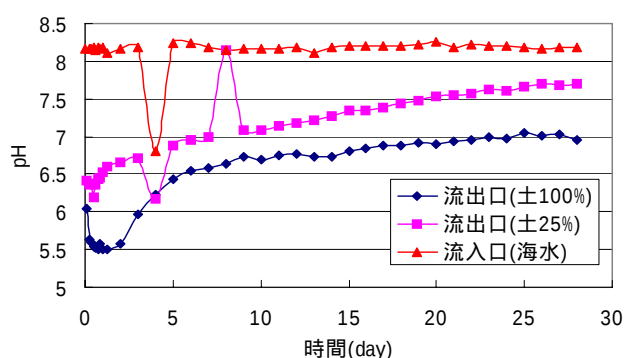


図-3 pH の経時変化

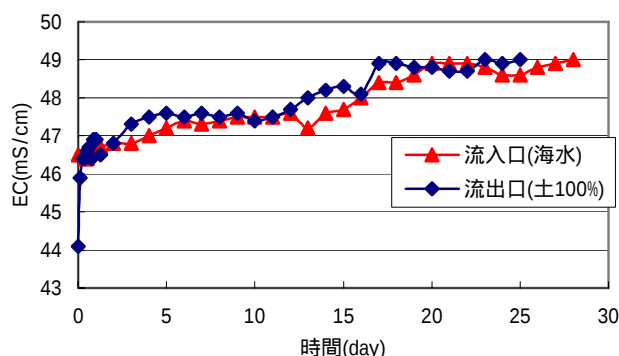


図-4 EC の経時変化

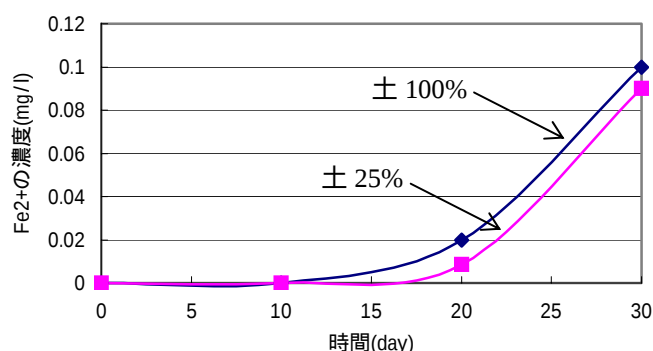


図-5 Fe^{2+} の濃度の経時変化

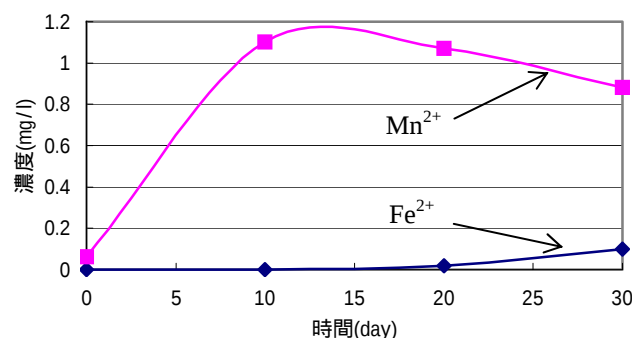


図-6 Mn^{2+} , Fe^{2+} の濃度の経時変化