

水田土中の有機物分解と窒素・炭素成分の反応移動モデルについて

共生環境学専攻農業土木学講座土壌圏循環学研究室

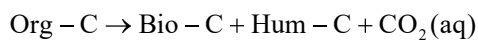
521M217 阪口百合子

Keywords: 有機物分解, 好気・嫌気呼吸, 水田, 酸化還元反応, 反応移動モデル

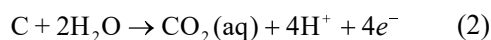
1.はじめに 土中の有機物分解は, 土壤微生物が有機物を酸化し, 呼吸により電子受容体物質を還元する酸化還元反応である. 好氣的環境では, 溶存酸素 DO が呼吸に用いられる. 湛水条件下の水田土中の嫌氣的環境では, DO の不足に伴い NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , H^+ の順に嫌気呼吸が生じる. 本研究では, 電荷を考慮した LEACHM に基づく窒素・炭素循環モデルに対して, 酸化還元平衡反応を加えた有機物分解モデルと土の pH 緩衝作用と陽イオン・陰イオン交換を与える変位荷電モデル (VCM) を PHREEQC により構築し, HP1 を用いて土中の水分・溶質・ガス移動モデル HYDRUS-1D と結合させた. そして, 水田土中の還元の進行に伴う諸反応を検討した.

2.有機物分解モデル

土中の有機態炭素 (Org-C) は, 一次分解反応によりバイオマスの炭素成分 (Bio-C), 腐植の炭素成分 (Hum-C), CO_2 に分解されるが, 炭素 C の CO_2 への酸化反応と仮定する.



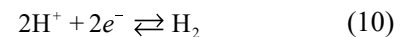
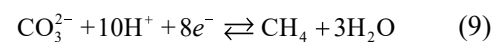
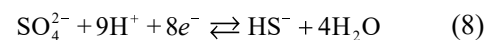
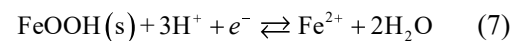
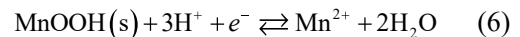
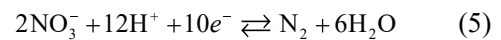
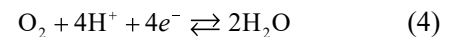
(1)



$$\frac{dC_{\text{Org-C}}}{dt} = -k_{\text{Org}} \times F_{\text{pe}} \times C_{\text{Org-C}} \quad (3)$$

ここで, $C_{\text{Org-C}}$ は有機態炭素の土単位体積あたり濃度 [$\text{mmol cm}^{-3}_{\text{soil}}$], $k_{\text{Org-C}}$ は分解定数 [day^{-1}] である. 生成されたバイオマスは, 再び有機物として分解される. 還元の進行, すなわち pe の低下に伴う分解速度の減少は図 1 の補正関数 F_{pe} で与えた.

呼吸による還元反応は, 還元の進行により以下の(4)式から順番に生じるとした.



有機態窒素 (Org-N) は, バイオマスの窒素成分 (Bio-N) と腐植の窒素成分 (Hum-N) に利用され, その余剰分は NH_3 として無機化される. 逆に, 供給が不足すると, 土中の NH_3 が有機化されて利用される.



窒素と炭素成分の分解は各成分の C/N 比で関係づけられる. $\text{CO}_2(\text{aq})$ と NH_3 は液相中で電離する. NH_4^+ から NO_3^- への硝化は, O_2 の消費と H^+ の生成を伴う有機物分解とは独立した一次分解反応として与え, DO 濃度の低下による補正関数 F_{O_2} を与えた.

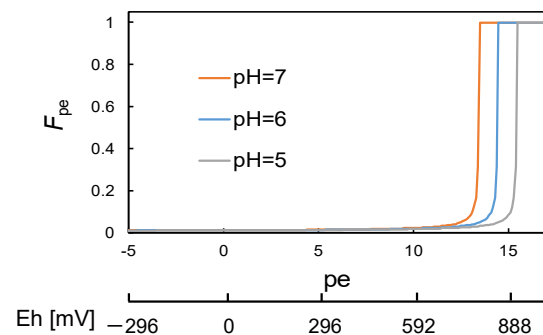
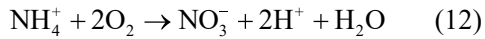


図 1 嫌氣的分解の pe 補正関数 F_{pe}



$$\frac{dC_{\text{NH}_4^+}}{dt} = -k_{\text{nit}} \times F_{\text{O}_2} \times C_{\text{NH}_4^+} \quad (13)$$

3.水田土中の有機物分解過程の計算

水田土中の有機物分解過程を検討するために、地表面から20 cmにCN比10の易分解性有機物を与え、変異荷電、永久荷電、マンガニウム及び鉄ニウムが存在する土層に対し、地表面には2 cmの大気組成とした湛水による1 cm d⁻¹の定常水分流れを与え、50日間の計算を行った。図2は、表層から20 cmのpe, pH, DO, 溶存態と吸着態の和である全NO₃⁻, 全N₂, 全Mn²⁺, 全Fe²⁺, FeS(s), CH₄分布である。有機物分解により還元が進行し、下層にむけてpeが低下する。この計算に用いた補正関数F_{pe}で与える有機物分解速度の場合、酸素の消費速度が比較的小さく、2 dに2 cm程度の

厚さの表面酸化層が形成された。この表面酸化層は、分解速度が大きくなると薄くなる。還元が進行すると、2 dまでに表面酸化層より深いNO₃⁻は消費されてゼロになる。脱窒は表面酸化層で生成されたNO₃⁻の脱窒は継続し、下方へ流れる。Mn²⁺は2~9 dで生成、全Fe²⁺は25 dまで増加し、その後、徐々に減少したが、50 dにおいても鉄ニウムの還元が継続していた。FeS(s)は25 d以降に沈殿が始まり、CH₄は、50 dでは発生しなかった。

本研究では、その他、有機物分解速度と表面酸化層の関係、マンガニウム・鉄ニウムの還元進行に及ぼす影響などを検討した。それにより、水田土中の諸反応と移動形態を定量的に把握した。また、pe, pHに影響する様々な要因が相互に依存する関係を示すことができた。

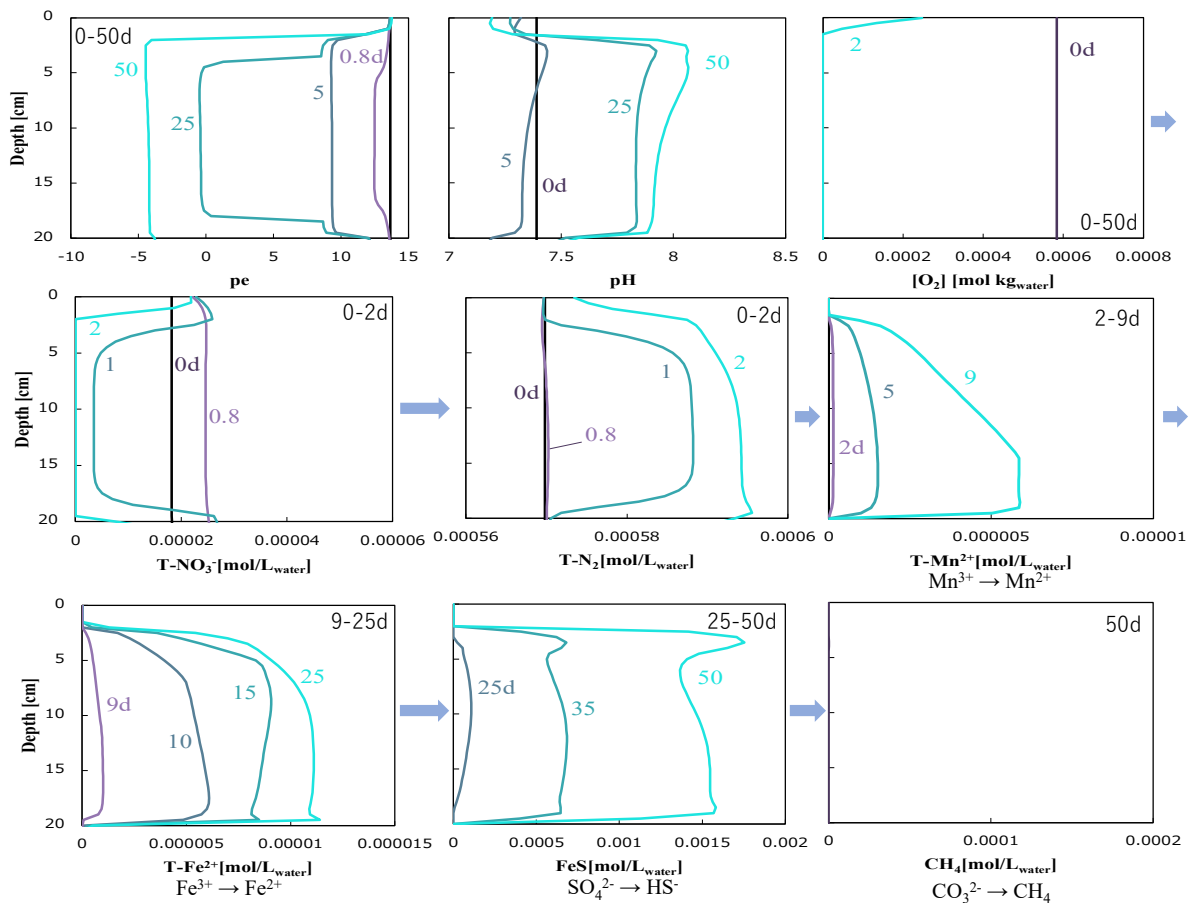


図 2 還元の進行に伴う土中の pe, pH, DO, 全NO₃⁻, 全N₂, 全Mn²⁺, 全Fe²⁺, FeS(s), CH₄分布