

土中の有機物分解過程における pH 緩衝能について Evaluations of the pH buffering capacity as a result of decomposition of soil organic matters

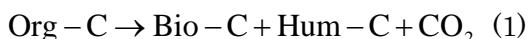
○取出伸夫 松岡健介

Nobuo Toride and Matsuoka Kensuke

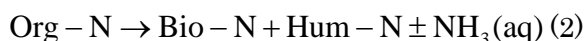
はじめに 土中の有機物分解過程では、無機化されたアンモニアの電離反応、プロトン反応を伴う硝化、発生する CO_2 の溶解により土中水の pH が変化する。一方、土には pH 緩衝能があり、土中水の pH 変化の予測には、有機物分解に伴うプロトン反応と土の pH 緩衝能の評価が必要である。本研究では、LEACHM に基づく窒素・炭素循環モデルに対して、プロトン反応、イオン交換反応を加え、土の pH 緩衝能として変異荷電モデルを用いた土中の有機物分解モデルを PHREEQC により構築した。そして、pH 緩衝能の異なる土中の有機物分解に対して、pH を変化させる要因と和らげる要因について考察した。

有機物分解モデル Fig.1 は、プロトン反応を加えた有機物分解モデルの模式図である。

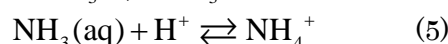
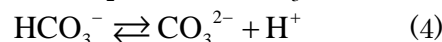
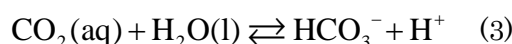
土中に投入された有機態炭素 (Org-C) は、一次分解反応によりバイオマスの炭素成分 (Bio-C)、腐植の炭素成分 (Hum-C)、 CO_2 に分解される。



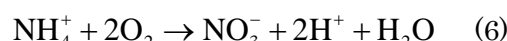
生成されたバイオマスは、再び有機物として分解される。有機態窒素 (Org-N) は、バイオマスの窒素成分 (Bio-N) と腐植の窒素成分 (Hum-N) に利用され、その余剰分は NH_3 として無機化される。逆に、供給が不足すると、土中の NH_3 が有機化されて利用される。



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。 CO_2 と NH_3 は液相中で以下の電離反応により CO_2 は pH を低下、 NH_3 は pH を上昇させる。



NH_4^+ から NO_3^- への硝化は、 O_2 の消費と H^+ の生成を伴う一次反応として表現する。



発生した CO_2 は溶液中の溶存態と気相中のガス態が平衡し、気相中の $\text{CO}_2(\text{g})$ は拡散により移動して地表面から放出される。

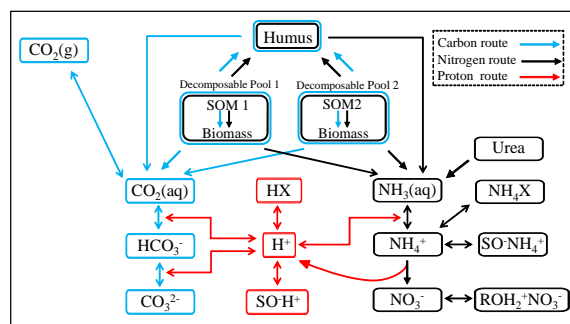


Fig. 1 Modified coupled nitrogen and carbon cycling model with proton reactions.

変異荷電モデル プロトンの吸脱着により変異正負荷電の発現を表す変異荷電モデルを用いて、黒ボク土の陽イオン交換容量 (CEC) と陰イオン交換容量 (AEC) の pH 依存性を与え、土の pH 緩衝能を表現した。負荷電の発現は (5) 式、正荷電の発現は (6) 式で表される。



発現した負荷電では陽イオン交換が、正荷電では陰イオン交換が起こる。

計算例 密閉容器中に C/N 比 10 の有機物を含む土 1kg を投入し、100 日間の分解過程を計算した。有機物は炭素量にして 0.3 mol を土中に

投入した。土の含水率は 0.3, 温度は 20°Cとし, これらは分解期間中一定とした。密閉容器中には 1L の空気が存在し, 土中とのガス交換があるものとした。黒ボク土を想定した変異正負荷電に富む土 (Variable charge), 永久荷電のみを持つ土 (CEC=0.2 mol_c kg⁻¹_{soil}, Permanent charge), 荷電を持たない土 (No charge) の 3 種類を用意し, 有機物分解過程を比較した。

Fig. 2 は土中水の pH の経時変化である。pH 変化は No charge > Permanent > Variable の順で大きく, pH 緩衝能が小さい土ほど pH 変化が大きい。

Fig. 3 は No charge と Permanent の溶液中のイオン濃度の変化である。いずれの土も分解初期は NH₄⁺ と CO₂ の濃度が等しく, pH への影響が相殺されている。そして, 硝化により NO₃⁻ の濃度が高まり, 酸性化の主要因となっている。

Fig. 4 は Permanent の交換性陽イオンの内訳である。40 日頃から永久荷電の H⁺ 保持量が増え pH 緩衝能が働いている。これに伴い K⁺ 保持量が減り, 溶液中の K⁺ 濃度を増加させている (Fig. 3)。

Fig. 5 は Variable の変異正荷電 (CEC_v), 変異負荷電 (AEC_v) の内訳である。CEC_v は正, AEC_v は負の荷電量として与えた。分解初期は NH₄⁺ による pH 上昇が CEC_v の増加により抑えられる。分解後期は硝化による pH 低下が主に AEC_v の増加により抑えられる。

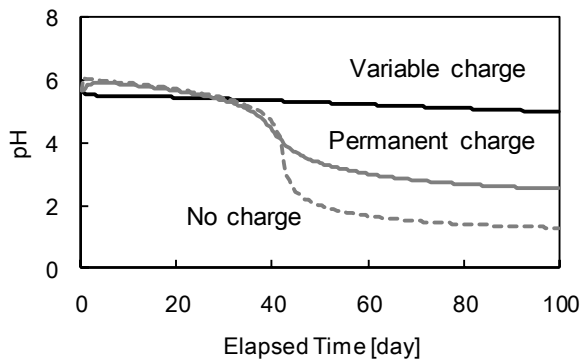


Fig. 2 Soil solution pH versus time for three different soils.

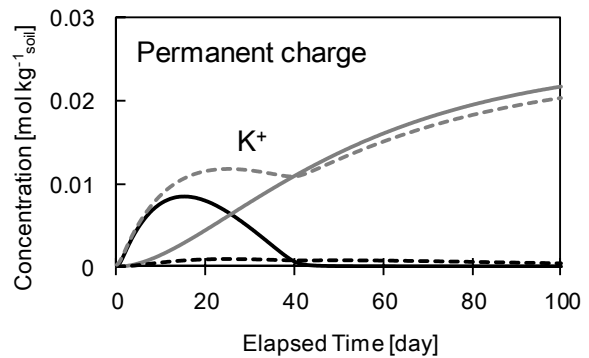
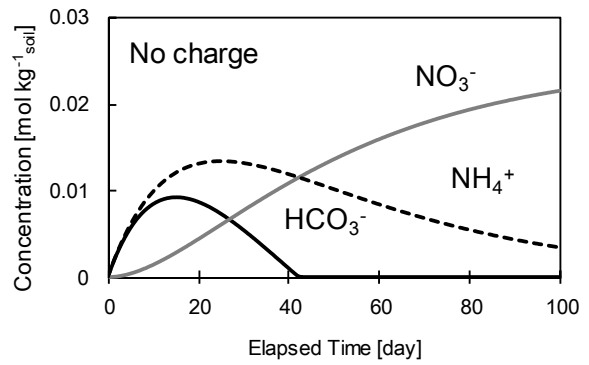


Fig. 3 Ion concentrations in solution phase for no charge and permanent charge soils.

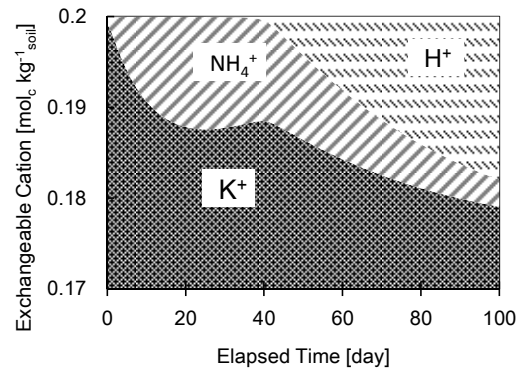


Fig. 4 Exchangeable cations for permanent charge soil.

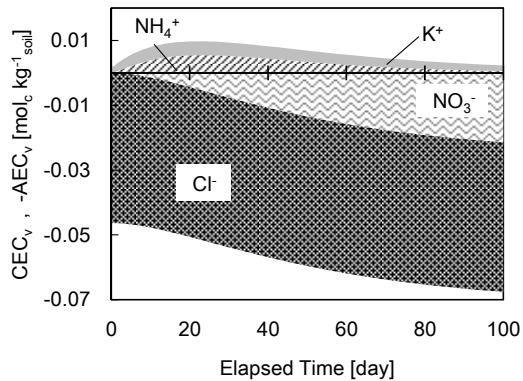


Fig. 5 Exchangeable cations and anions for variable charge soil.