

土中の有機物分解に伴う窒素・炭素成分の移動と pH 変化について
Fate and Transport of Carbon and Nitrogen with the pH variations
as a result of decomposition of organic matters in soils

○松岡健介 取出伸夫

Matsuoka Kensuke and Nobuo Toride

はじめに 土中の有機物分解により生成される NH_4^+ は pH を上昇させ、 CO_2 と硝化反応は pH を低下させる。また、形態変化を伴う窒素・炭素成分は、イオン交換や吸着しながら土中水と共に移動する。さらに、 CO_2 ガスは気相中を拡散する。本研究では、プロトン反応とイオン交換反応を考慮した窒素・炭素循環モデルと土の pH 緩衝能として変異荷電モデルを用いた有機物分解モデルを土中の水分・溶質・ガス移動モデルと結合させた。そして、土中の有機物分解に伴う窒素・炭素成分の移動が pH 変化に及ぼす影響と土の pH 緩衝作用について検討した。

HP1 を用いた移動モデル プロトン反応とイオン交換反応を考慮した窒素・炭素循環モデルと変異荷電モデルで構成される有機物分解モデルは PHREEQC によるモジュールとして表現し、HP1 を用いて土中の水分・溶質・ガス移動プログラム HYDRUS-1D と結合した(Fig. 1)。

計算例 200cm 深に地下水が存在する土層の深さ 0-30 cm に $\text{CN}_{\text{Org}} = 10$ 及び $\text{CN}_{\text{Org}} = 20$ の有機物を炭素量にして $0.097 \text{ mmol dm}^{-3}_{\text{soil}}$ 与えた。温度は 20°C で一定、地表面水分フラックスは 0.5 cm d^{-1} の定常水分流れ、 $\text{CO}_2(\text{g})$ の初期条件と上端境界条件は大気中の $\text{CO}_2(\text{g})$ 濃度、下端はフラックスゼロとした。気相中の $\text{CO}_2(\text{g})$ 拡散係数は $20000 \text{ cm}^2 \text{ day}^{-1}$ 、液相中の溶質拡散係数は $2 \text{ cm}^2 \text{ day}^{-1}$ とした。液相の濃度初期条件として塩化カリウム $\text{KCl } 1 \text{ mmol dm}^{-3}_{\text{water}}$ を与え、初期 pH は 5.65 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 ($\text{CEC} = 0.2 \text{ mol}_c \text{ kg}^{-1}_{\text{soil}}$, Permanent

charge)、荷電を持たない土 (No charge) の 3 種類の土について比較した。

Fig. 2 は左から pH, HCO_3^- , NO_3^- , NH_4^+ 濃度の常用対数であり、上段は No charge、下段は Variable charge の分布である。No charge の 7 日では有機物を投入した 0-30cm 深を中心に硝化が起こり pH が 3 付近まで低下する。50cm 深以下でも pH の低下が見られるが、これは気相中を拡散によって移動した CO_2 ガスが液相中に溶けこみ、 HCO_3^- と共に H^+ を生成したことによる。ガス拡散の速度は土中水の移動に比べ非常に大きく、下層土の pH は硝化より先に CO_2 ガスの影響を受ける。そのため pH 低下の要因は深さごとに異なる。30 日では NO_3^- は 100cm 深まで到達し、0-100cm 深までの pH 低下に対応している。硝化の進行した 40cm 深の pH は 2 以下まで低下した。60 日では NO_3^- が 160cm 深まで到達して pH を低下させている。このとき NH_4^+ の 160cm 深における濃度は非常に小さい。この段階では、 NH_4^+ は硝化による分解が進行してほぼ消滅している。また、 HCO_3^- 濃度が NO_3^- が到達した場所で小さくなっているのは、pH の低下により CO_2 の電離が抑えられるためである。

Variable charge では変異荷電の発現による pH 緩衝能によって No charge に比べ pH の変化が抑えられている。硝化が十分進行した 60 日においても、全土層を通して pH はほとんど変化していない。変異荷電の発現量としては、特に正荷電 (AEC_v) の発現量が大きく、硝化に伴う酸性化に対する主な pH 緩衝

能となっている。また、 NH_4^+ 、 NO_3^- は変異荷電に多く保持されるため、溶液中の濃度が No charge よりも小さくなり、下層への移動も遅い。60 日の NO_3^- 濃度のピーク位置で比

べると、Variable charge が 40cm 深程度、no charge が 80cm 深程度であり、移動速度は約 2 分の 1 である。

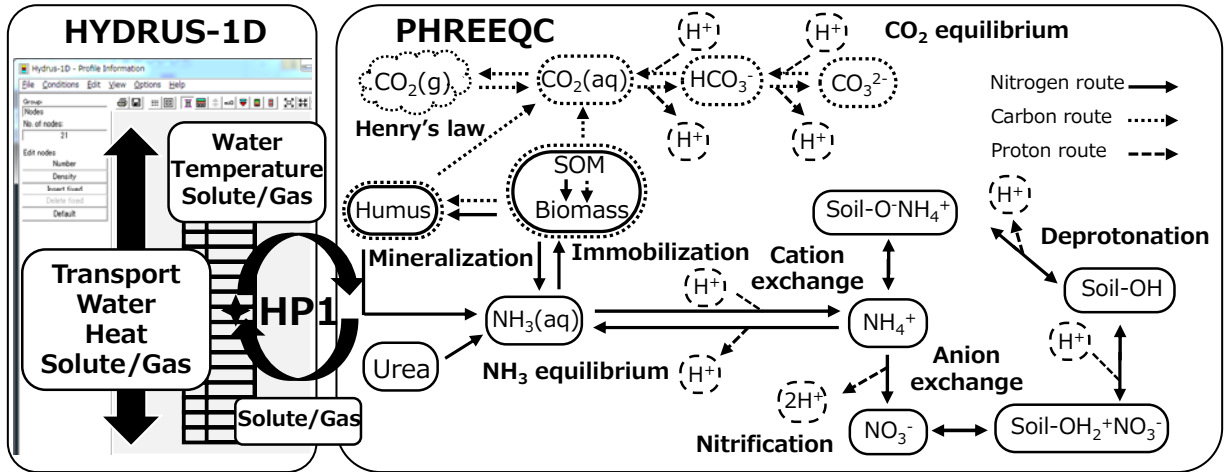


Fig. 1 HP1 program: Coupling SOM decomposition model (PHREEQC) with flow and transport model (HYDRUS-1D).

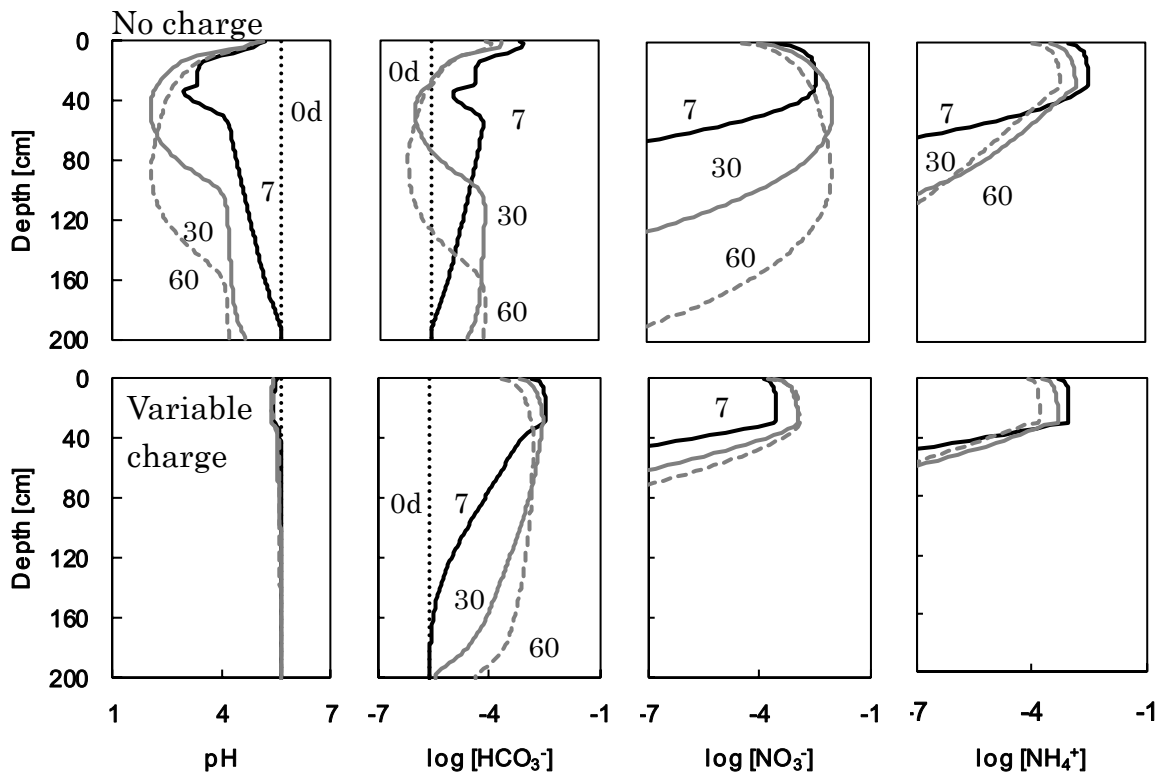


Fig. 2 Soil solution pH, log-scaled HCO_3^- , NO_3^- , NH_4^+ concentration profiles for no charge (upper) and variable charge (lower) soils.