

根の吸水と形態変化を考慮した 土中の窒素移動モデル

土壌圏循環学教育研究分野

505132 小竹 賢

はじめに

土中の窒素移動のメカニズム解明
モデル化によるシミュレーション

窒素は作物生産に重要な養分

形態変化を考慮した
窒素移動モデル

植物根による
窒素吸収

簡略化した窒素の形態変化

無機化

硝化

脱窒



1次連鎖反応速度式

有機態窒素

$$\frac{dC_{\text{Org-N}}}{dt} = - k_{\text{min}} C_{\text{Org-N}}$$

無機化

アンモニア態窒素

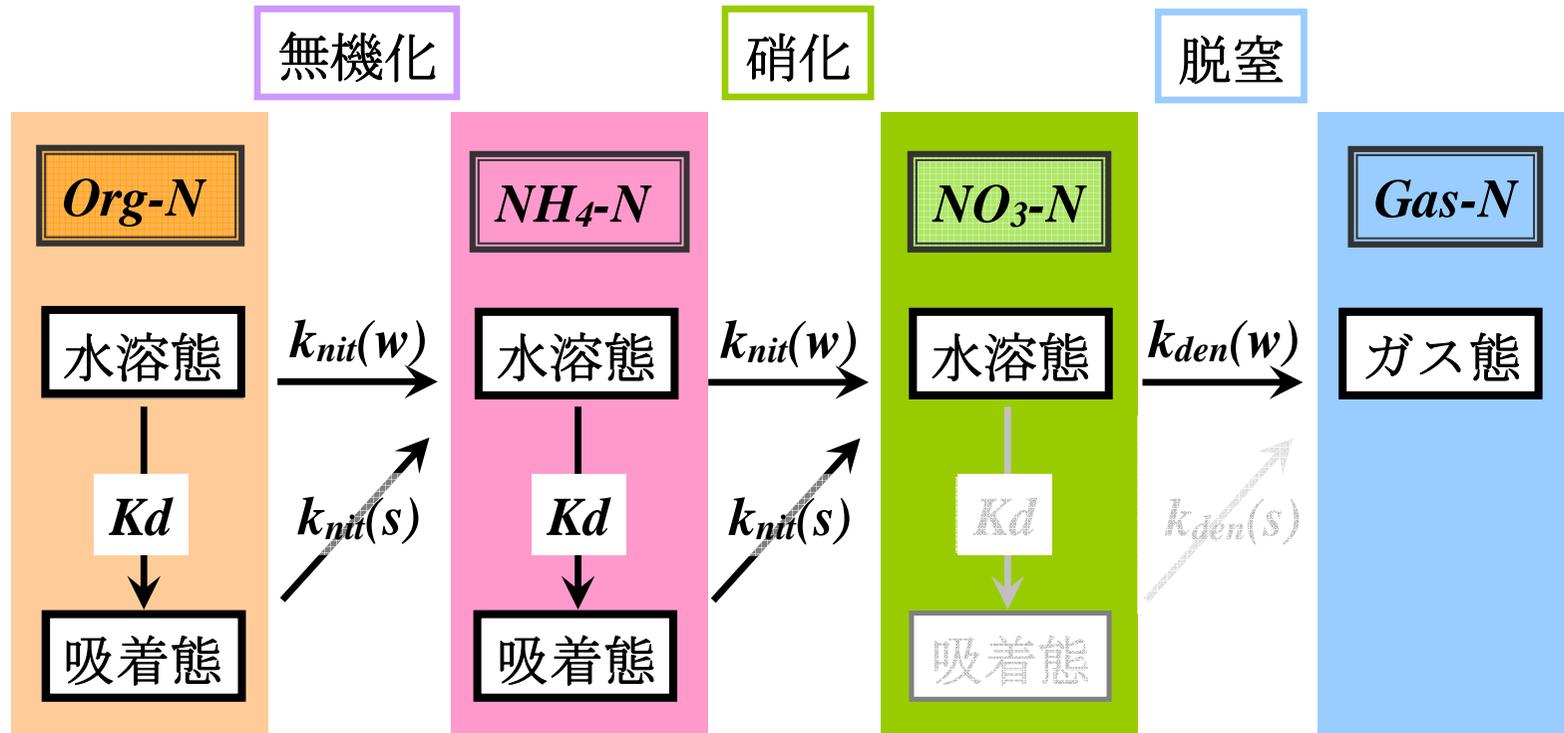
$$\frac{dC_{\text{NH}_4\text{-N}}}{dt} = + k_{\text{min}} C_{\text{Org-N}} - k_{\text{nit}} C_{\text{NH}_4\text{-N}}$$

硝酸態窒素

$$\frac{dC_{\text{NO}_3\text{-N}}}{dt} = + k_{\text{nit}} C_{\text{NH}_4\text{-N}}$$

硝化

水溶態と吸着態



$k(w)$: 水溶態の分解速度定数

$k(s)$: 吸着態の分解速度定数

- 土への吸着の大小は分配係数 K_d によって与える
- **Org-N, NH₄⁺**は吸着され, **NO₃⁻**は吸着しないとする

植物根による水と窒素の吸収

根の吸水を考慮した土中の1次元水分移動式 (リチャーズ式)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] - S$$

根による吸水項

根の塩分吸収を考慮した土中の移流分散式 (CDE)

$$\frac{\partial \theta c}{\partial t} + \frac{\partial \rho s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D \frac{\partial c}{\partial z} \right) - \frac{\partial qc}{\partial z} - \phi - r(z, t)$$

根による塩分吸収項

Org-N, NH₄⁺, NO₃⁻ の移流分散式

溶液・吸着量変化

拡散・分散

移流

水溶態分解 吸着態分解

根の吸収

Org-N

$$\frac{\partial}{\partial t} (\theta C_{\text{Org-N}} + \rho S_{\text{Org-N}}) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D_{\text{Org-N}} \frac{\partial C_{\text{Org-N}}}{\partial z} \right) - \frac{\partial q C_{\text{Org-N}}}{\partial z} - k_{\min(w)} \theta C_{\text{Org-N}} - k_{\min(s)} \rho S_{\text{Org-N}} - r_{\text{Org-N}}(z, t)$$

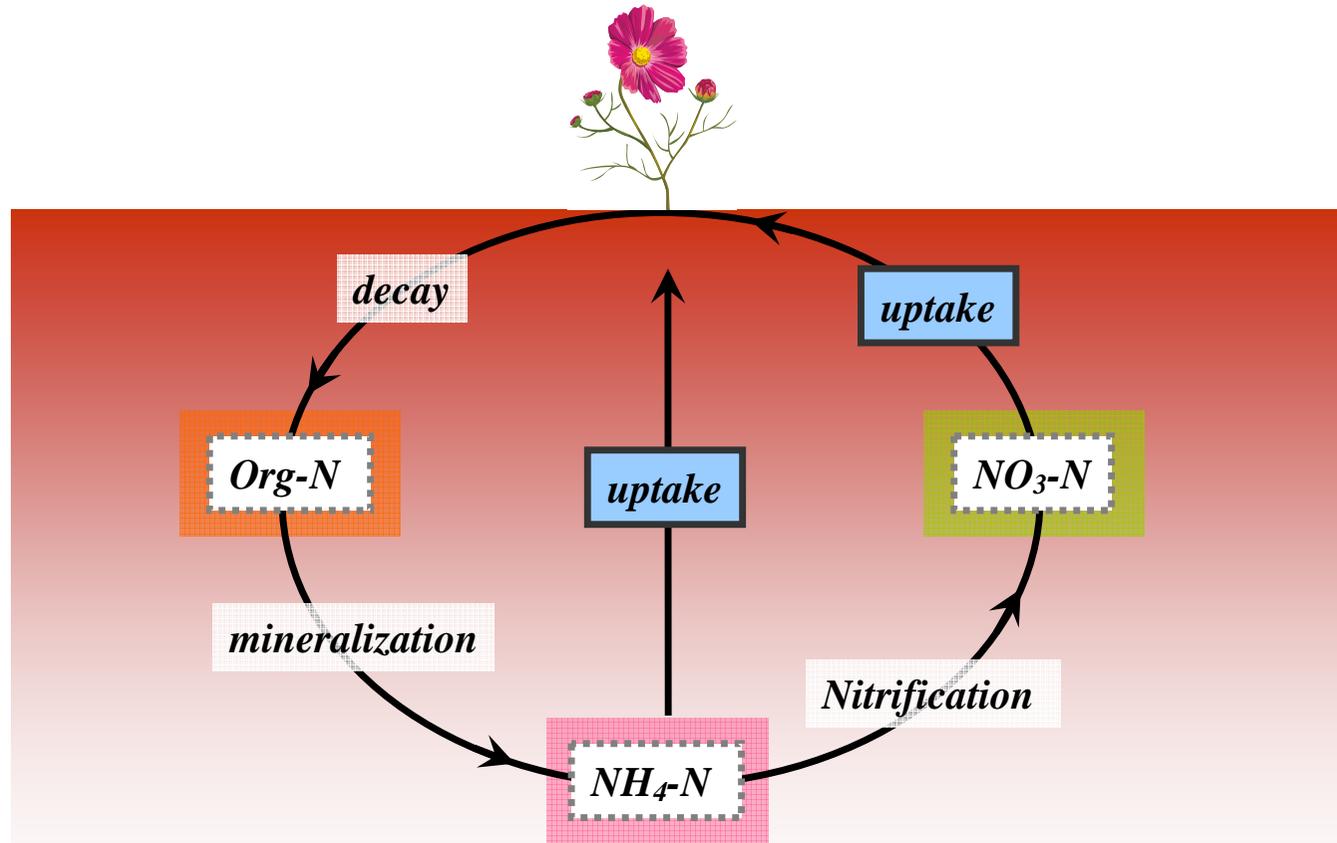
NH₄-N

$$\frac{\partial}{\partial t} (\theta C_{\text{NH}_4\text{-N}} + \rho S_{\text{NH}_4\text{-N}}) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D_{\text{NH}_4\text{-N}} \frac{\partial C_{\text{NH}_4\text{-N}}}{\partial z} \right) - \frac{\partial q C_{\text{NH}_4\text{-N}}}{\partial z} + k_{\min(w)} \theta C_{\text{Org-N}} + k_{\min(s)} \rho S_{\text{Org-N}} - k_{\text{nit}(w)} \theta C_{\text{NH}_4\text{-N}} - k_{\text{nit}(s)} \rho S_{\text{NH}_4\text{-N}} - r_{\text{NH}_4\text{-N}}(z, t)$$

NO₃-N

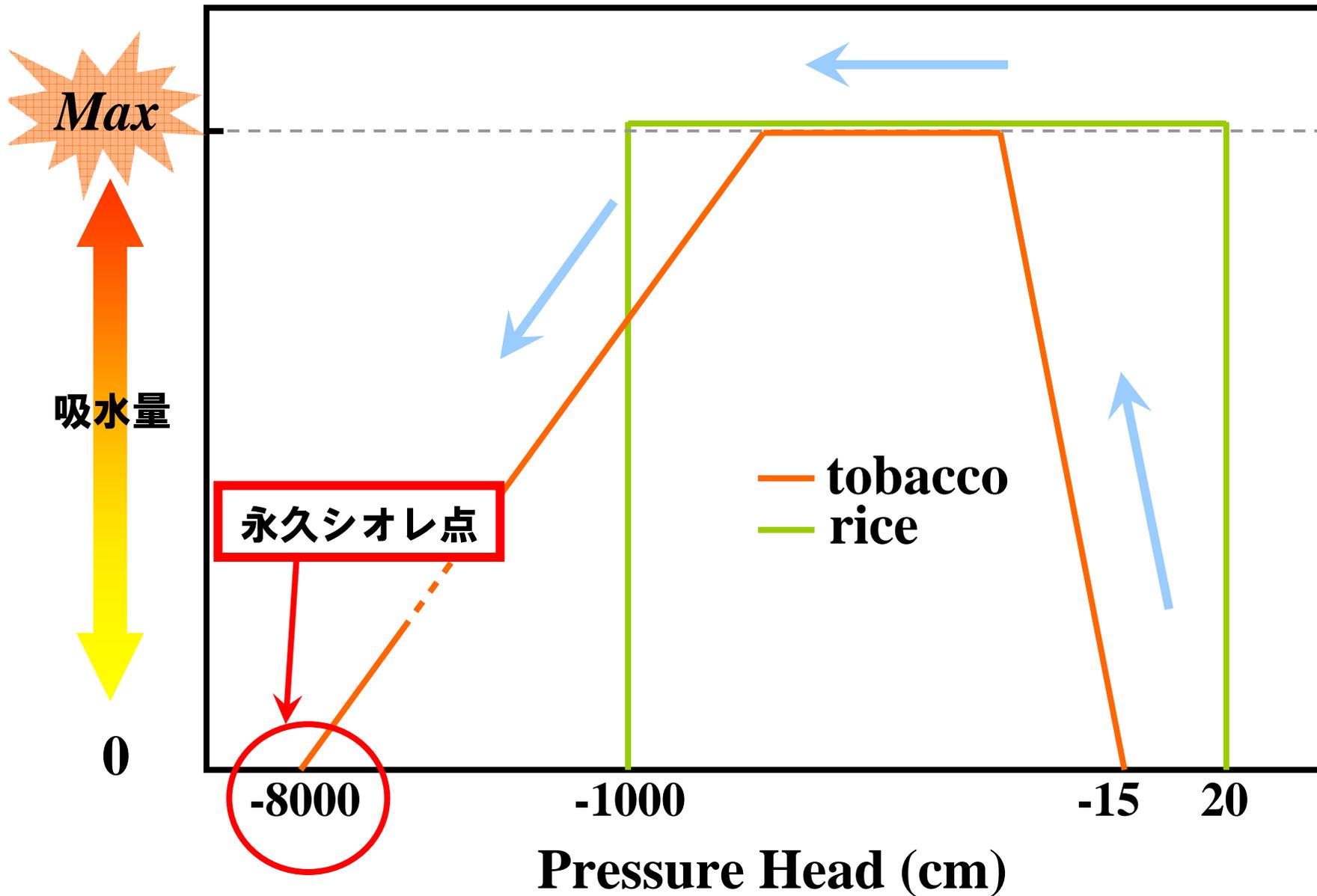
$$\frac{\partial}{\partial t} (\theta C_{\text{NO}_3\text{-N}}) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D_{\text{NO}_3\text{-N}} \frac{\partial C_{\text{NO}_3\text{-N}}}{\partial z} \right) - \frac{\partial q C_{\text{NO}_3\text{-N}}}{\partial z} + k_{\text{nit}(w)} \theta C_{\text{NH}_4\text{-N}} + k_{\text{nit}(s)} \rho S_{\text{NH}_4\text{-N}} - k_{\text{den}} \theta C_{\text{NO}_3\text{-N}} - r_{\text{NO}_3\text{-N}}(z, t)$$

植物根の吸水・吸収過程

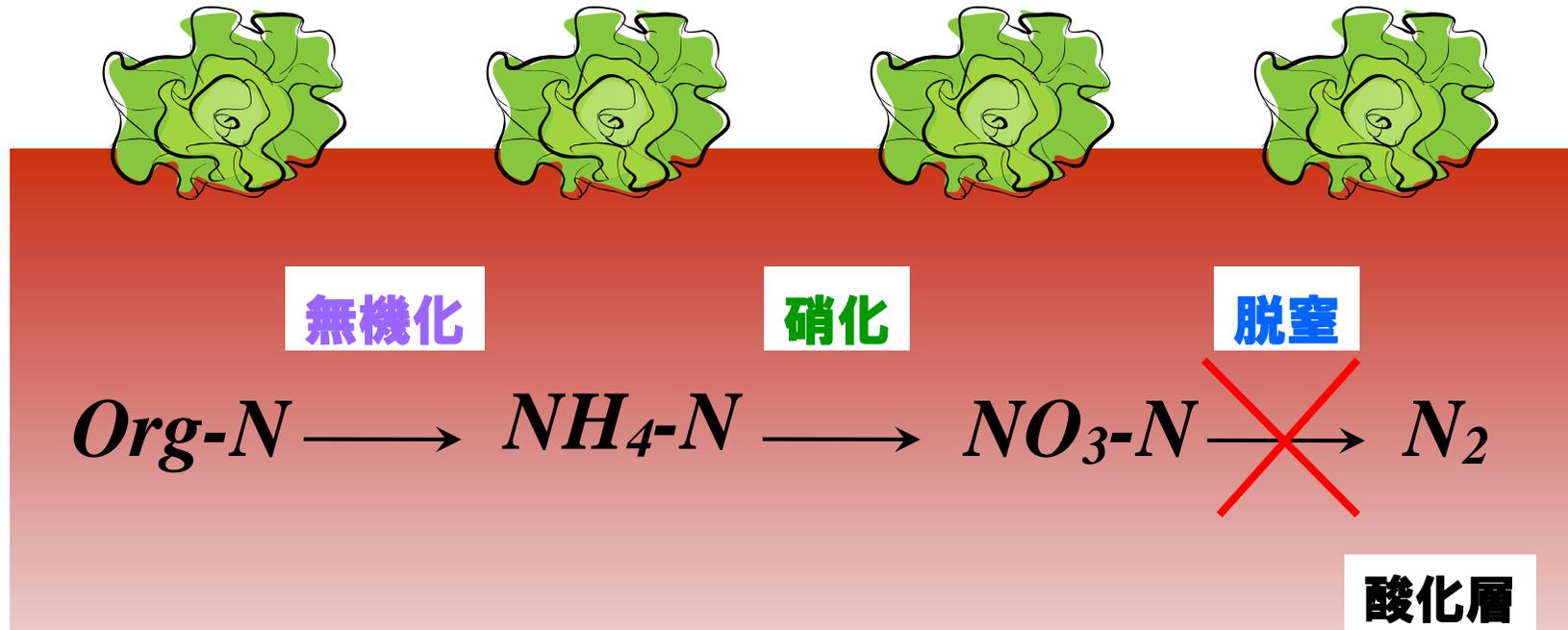


- 根によるOrg-Nの吸収は無いと仮定
- 畑土ではタバコ，水田土では稲を想定した根の吸水モデル(Feddesモデル)を用いた

Feddesの吸水量減少モデル

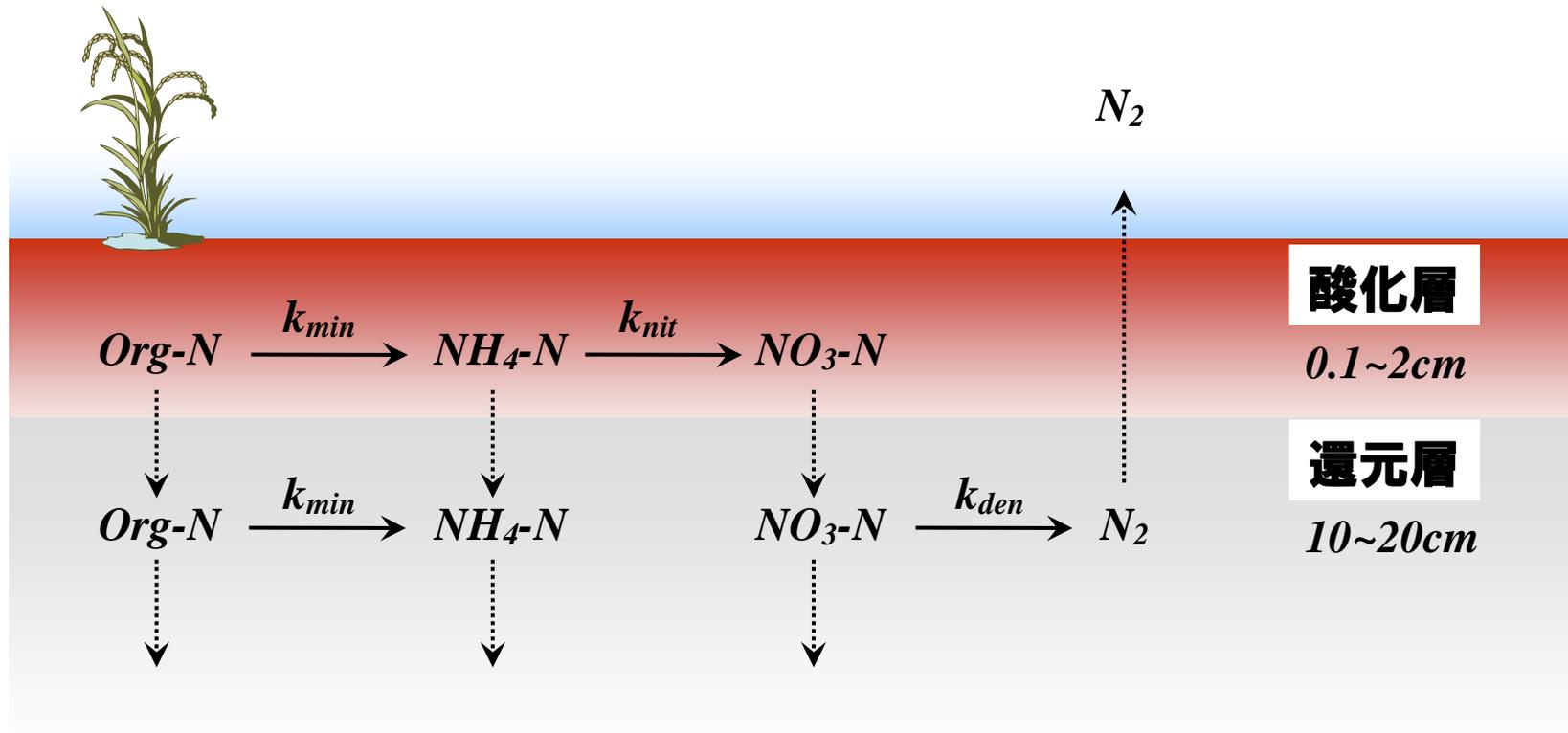


畑土での窒素移動モデル



- 酸化条件下にあるため硝化速度が大きい
- NO_3^- は陰イオンであるため吸着されない
- 脱窒は酸化条件下では起こらない

水田土での窒素移動モデル

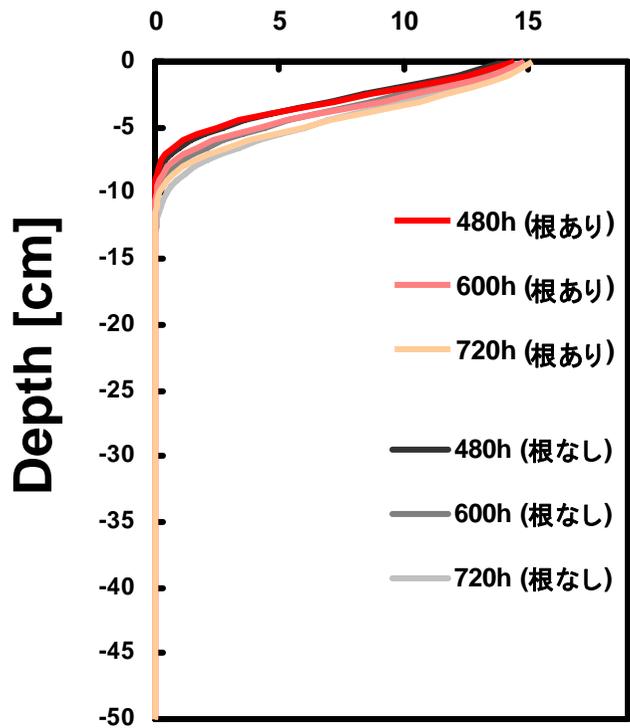


- 酸化層では硝化が進む
- 還元層では硝化が進まない
- 畑土に比べて, NH_4^+ の吸着が大きい
- 還元層では脱窒がおこる

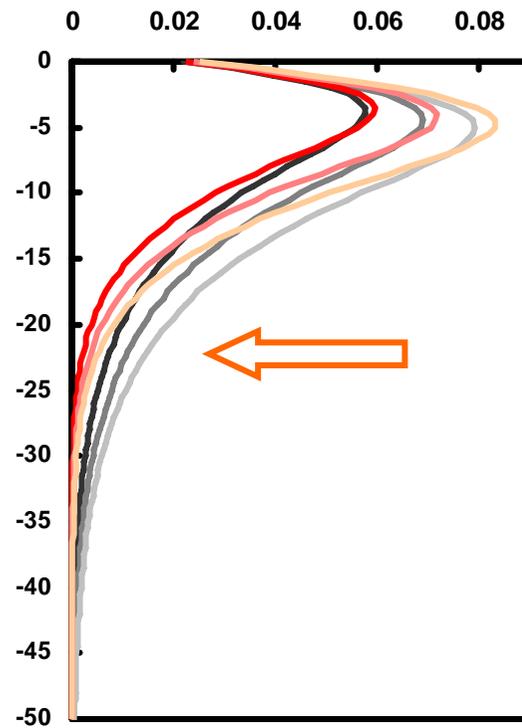
【畑土】

植物根の有無による各態窒素濃度分布の違い

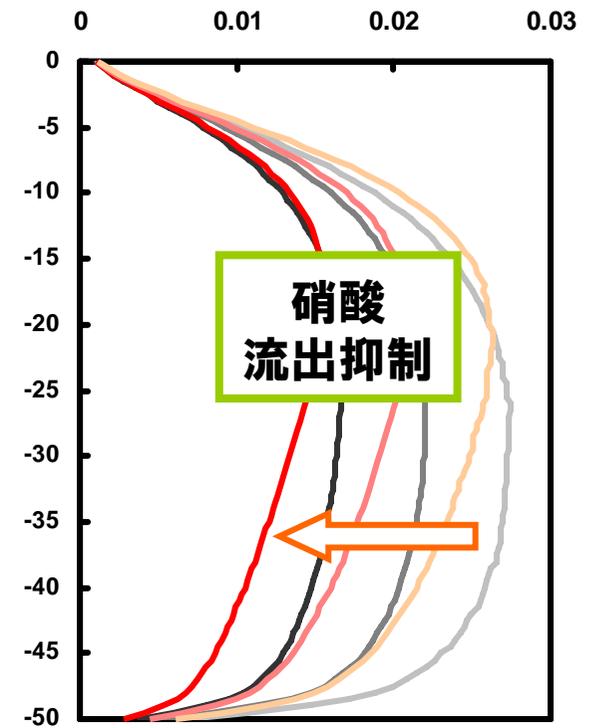
Total Conc. [mgN/cm³soil]



全Org-N (720h)



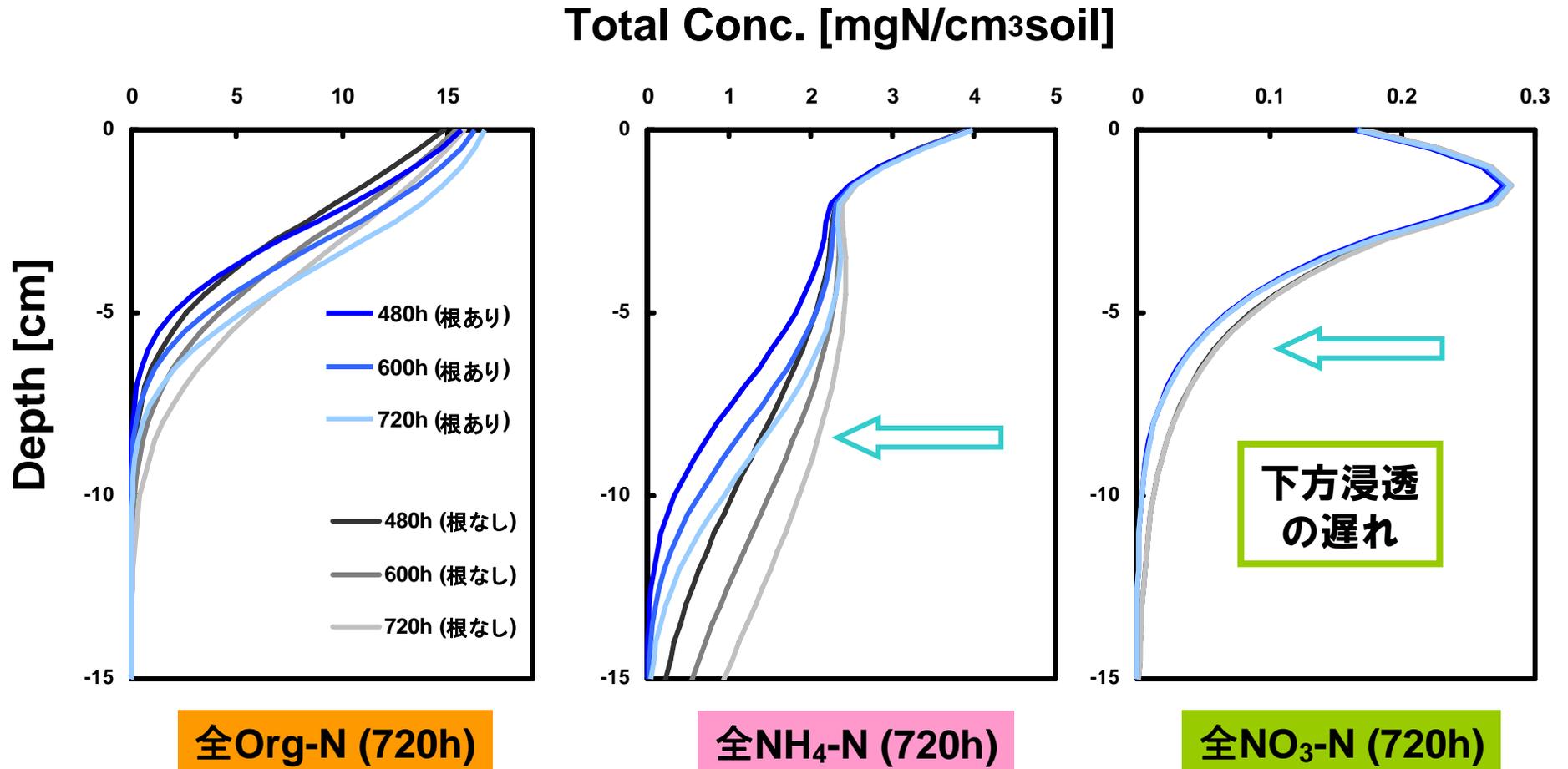
全NH₄-N (720h)



全NO₃-N (720h)

【水田土】

植物根の有無による各態窒素濃度分布の違い



その他の計算例

The image shows a screenshot of the HYDRUS-1D software interface. The window title is "HYDRUS-1D - chain react F". The menu bar includes "File", "View", "Pre-processing", "Calculation", "Results", "Options", "Window", and "Help". The toolbar contains various icons for file operations and simulation control. The left sidebar shows a tree view of the simulation setup, including "chain react F", "Pre-proce...", "Water", "Water Flow - Boundary Conditions", "Water Flow - Boundary Fluxes and...", "Solute Transport - Reaction Parameters", "Solute Transport - Mass Balance Information", "Root Water Uptake - water stress f...", and "Root Water Uptake - water stress f...".

Five text boxes are overlaid on the interface, each containing a calculation example:

- 蒸散量の大きさによる影響
- 根の分布形状の違いによる影響
- 養分吸収係数の大きさによる影響
- 土性の違いによる影響
- 植生の違いによる影響

At the bottom left, it says "For Help, press F1". At the bottom right, there is a "NUM" button.

おわりに

**形態変化を考慮した
窒素移動モデル**

**植物根による
窒素吸収**

- **1次連鎖反応式による窒素移動モデルに根の水分・窒素吸収を考慮して解くことで植物がある場合での土中の窒素移動を表現することができた**