

転換田の土壌窒素無機化予測

1. 成果の要約

培養実験を行わずに長期的な窒素無機化速度を推定するため、転換田 8 土壌の窒素無機化を 510 日測定し、さらに連続一次反応モデルを構築して解析した。モデルパラメータを TN・ATP・低比重画分 N・酸性シュウ酸塩可溶 Al・pH と関連付けることで、全土壌で高精度 (RMSE 0.61) な予測が可能となった。

2. キーワード

窒素無機化、連続一次反応モデル、ATP、酸性シュウ酸塩可溶アルミニウム

3. 試験のねらい

転換田への露地野菜の導入に際し、土壌からの窒素無機化予測は、極めて重要である。これまで、窒素無機化予測は、各種溶媒による易分解性有機態窒素画分の抽出、4 週間培養、または一次反応(指数関数)モデルの活用が試みられてきた。一次反応モデルは、これまで、土壌間差、処理間差の検証や、有機質資材の窒素無機化特性の把握などに広く活用されてきたが、モデルパラメータの流動性と不確実性が問題視されている。その原因は、実際の現象とモデルが合っていないこと、さらにモデルパラメータの算出が、統計的確かさを根拠としたモデル内計算によってなされることにあるとされる。本研究では、連続一次反応モデルを導入し、さらにモデルパラメータを土壌の生物・化学性測定値に関連付けることで、これらの課題を解決する。

4. 試験方法

PON の易分解化により EON が生成され、EON の無機化により無機態窒素 (ION) が生成する連続一次反応モデル(図 1、式 1 から 6)を作成した。8 地点の水田作土を採取し、センター内圃場で 2 年 7 か月間畑地管理をした後、酸化的環境下の 20、25、30°C で 510 日間培養し、その間に 13 回無機態窒素含量を測定した。他方でモデルパラメータを構成しうる生物・化学性として、土壌の各種化学性および生物性を測定し、モデルパラメータを、それら測定値の関数として算出した。

5. 試験結果および考察

- (1) モデルパラメータの EON 容量 (N_{EON}^0) は ATP および低比重画分窒素含量の、PON 容量 (N_{PON}^0) は TN および EON 容量の、易分解化速度係数 (A_{PON}) は酸性シュウ酸塩可溶 Al 含量および pH の、EON の無機化速度係数 (A_{EON}) は pH の関数として、また両反応の活性化エネルギーは、それぞれ、全土壌に共通の定数として設定された (表-1)。
- (2) 測定値に対する予測値の RMSE は 0.61 mg/100g で、十分な予測精度が得られた (図-2)。
- (3) 土壌の TN、pH、ATP、低比重画分窒素および酸性シュウ酸塩抽出 Al を測定することにより、培養実験をすることなく各種土壌の畑地状態での長期間にわたる窒素無機化速度の予測が可能である。ATP 測定は、生土で実施する。

(担当者 研究開発部 土壌環境研究室 亀和田國彦、中山 恵、関口雅史*)

*現経済流通課

[具体的データ]

[モデル]

$$\text{PON} \xrightarrow{k_{\text{PON}}} \text{EON} \xrightarrow{k_{\text{EON}}} \text{ION} \quad \text{式 1}$$

$$-\frac{dN_{\text{PON}}}{dt} = k_{\text{PON}} N_{\text{PON}}, \quad \text{式 2}$$

$$\frac{dN_{\text{EON}}}{dt} = k_{\text{PON}} N_{\text{PON}} - k_{\text{EON}} N_{\text{EON}}, \quad \text{式 3}$$

$$\frac{dN_{\text{ION}}}{dt} = k_{\text{EON}} N_{\text{EON}}, \quad \text{式 4}$$

ただし、 N_{EON} は EON 含有率 (cg kg^{-1}); N_{PON} は PON 含有率 (cg kg^{-1}); N_{ION} は ION 含有率 (cg kg^{-1}); k_{PON} は PON の易分解化速度定数 (kg^{-1}), k_{EON} は EON の無機化速度定数.

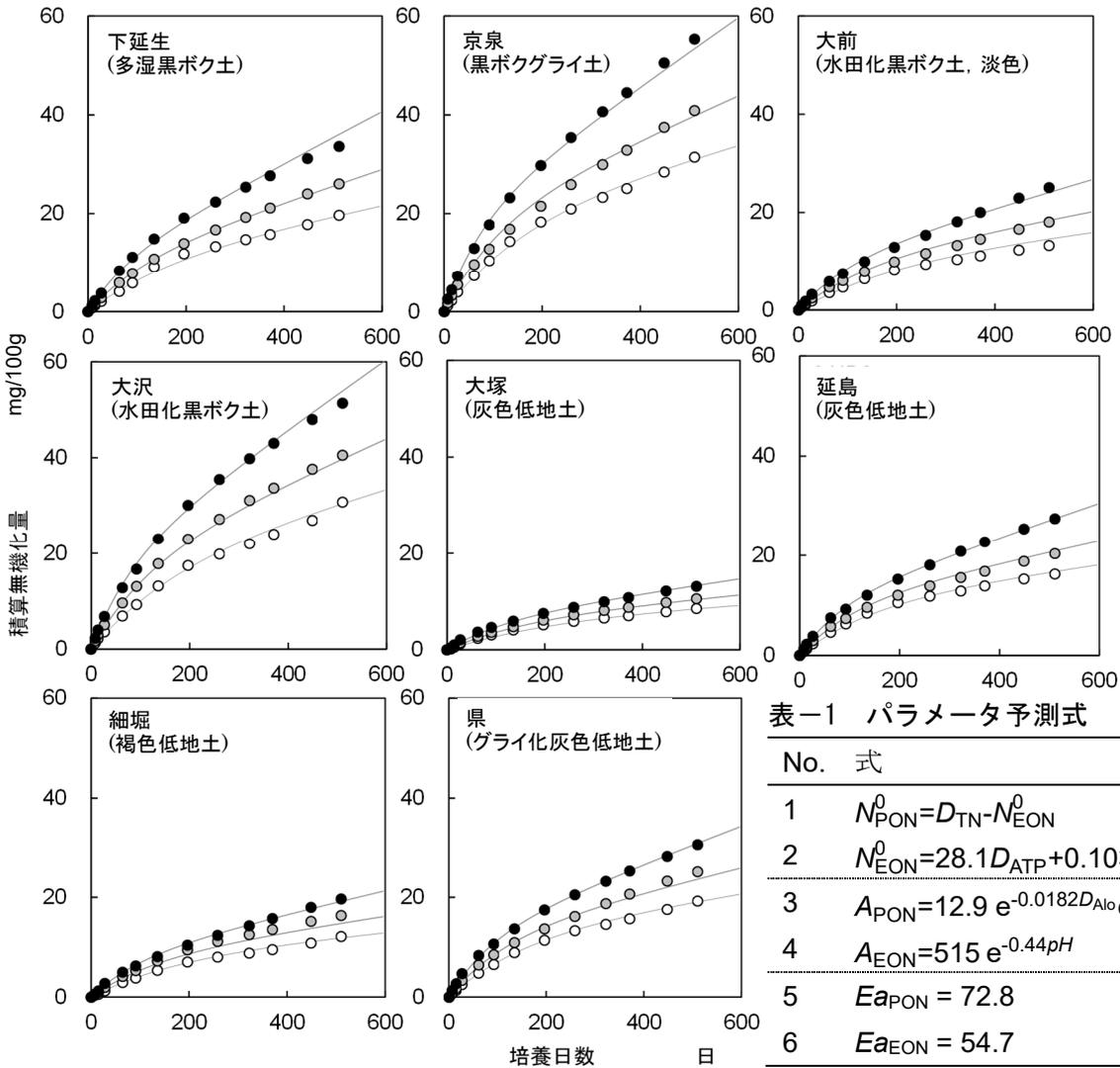
二種の速度定数は、アーレニウスの式により温度に関連付けられる.

$$k_{\text{PON}} = A_{\text{PON}} e^{-\frac{E_{a\text{PON}}}{RT}}, \quad \text{式 5}$$

$$k_{\text{EON}} = A_{\text{EON}} e^{-\frac{E_{a\text{EON}}}{RT}}, \quad \text{式 6}$$

ただし、 k_{PON} , k_{EON} は PON または EON の温度 T での反応速度定数; $E_{a\text{PON}}$, $E_{a\text{EON}}$ は PON の易分解化または EON の無機化の活性化エネルギー (J mol^{-1}); A_{PON} , A_{EON} , 表一参照; R , 気体定数 ($8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$); T ,

図一 モデル模式図



図二 窒素無機化実測値およびモデル計算値

ドット; 実測値 (● 30°C, ● 25°C, ○ 20°C), 実線; モデル計算値
全測定値の RMSE は 0.61 mg/100g.

N_{PON}^0 , PON 初期値 (PON pool) N_{EON}^0 ; EON 初期値 (EON pool); D_{TN} , TN 測定値; D_{ATP} , ATP 測定値; D_{LFN} , 低比重画分 N 測定値; A_{PON} , A_{EON} , PON の易分解化または EON の無機化に関する温度に無関係な反応定数 (頻度因子 (d^{-1})); D_{AlO} , 酸性シユウ酸塩抽出 Al 含量; pH , $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 測定値.