

試験研究成果普及情報

部門	土壌・肥料	対象	研究
課題名：メッシュ農業気象データと反応速度論的手法を用いた異なる水田及び移植時期における土壌中の無機態窒素生成量の予測			
〔要約〕メッシュ農業気象データと反応速度論的手法を用いることで、異なる水田及び移植時期における土壌中の無機態窒素生成量を一定程度予測できる。無機態窒素生成量の予測値と水稻の窒素吸収量は密接に関係している。			
キーワード 水稻、メッシュ農業気象データ、土壌培養、無機態窒素生成量、予測モデル			
実施機関名	主 査	農林総合研究センター 土壌環境研究室	
	協力機関	農林総合研究センター 水稻・畑地園芸研究所 水稻温暖化対策研究室、担い手支援課、(国研)農研機構農業環境変動研究部門	
実施期間	2021年度～2023年度		

〔目的及び背景〕

近年、地球規模の気候変動・温暖化が作物の生育等に影響を及ぼし栽培を不安定化させている。一方、経営体においては、急激な耕地面積の拡大や農業経験が少ない人を雇用導入する場面が増加しており、適期に的確な生育管理や作業を行えないリスクが増大している。このため、圃場単位で生育や環境・気象を把握し、生育を予測する技術が必要である。また、これらの情報をリアルタイムで取得できるICTを活用した技術開発が求められている。水稻は土壌由来窒素の吸収割合が高いため、生育管理技術の開発にあたっては、土壌の無機態窒素生成量の推移をリアルタイムで把握できる技術を組み込む必要がある。

ここでは、土壌の室内培養による無機態窒素生成量を基に、反応速度論的手法を用いて予測モデルを作成し、メッシュ農業気象データと農林総合研究センター内の異なる水田及び移植時期における土壌中の無機態窒素生成量を予測してその精度を検証すると共に、土壌中の無機態窒素生成量の予測値と水稻の窒素吸収量との関係を明らかにする。

〔成果内容〕

- 異なる水田及び移植時期において土壌中の無機態窒素生成量を予測するため、水稻温暖化対策研究室B3圃場（4月移植）、D4圃場（5月移植）、成東育成地及び水田利用研究室の土壌を20、25及び30℃で室内培養し、反応速度論的手法を用いて予測モデルのパラメータを求めた（表1）。収穫期までの25℃換算日数を用いて土壌中の無機態窒素生成量を予測すると、水稻温暖化対策研究室D4土壌が高く、次いでB3土壌及び水田利用研究室土壌、成東育成地土壌の順である（表1、図1）。

- 2 上記1) で作成した予測モデルに「実測地温」及び「メッシュ農業気象データシステム気温確定値」を入力して土壌中の無機態窒素生成量の予測値を経時的に求め、圃場に供試土壌を埋設して一定期間ごとに回収して測定した無機態窒素生成量の実測値（以下、圃場培養、図2）と比較した。「実測地温」を用いた場合、水稻温暖化対策研究室のB3及びD4における無機態窒素生成量の予測値は、圃場培養法による実測値と概ね一致する。「メッシュ農業気象データシステム気温確定値」を用いた場合の値は、圃場培養による実測値と比べて出穂期頃までやや低い。成東育成地土壌の予測値は、「実測地温」及び「メッシュ農業気象データシステム気温確定値」ともに圃場培養による実測値と比べて出穂期頃まで低く、予測の精度が低い。
- 3 説明変数に水稻温暖化対策研究室B3圃場のモデルで予測した土壌の無機態窒素生成量（想定範囲内の係数1.2を乗じたもの）を、目的変数に同圃場における窒素無施用栽培の「コシヒカリ」、「ふさおとめ」及び「ふさこがね」の各生育時期別の窒素吸収量を配置すると、両者の関係は一次式に近似し、概ね傾きが1、切片が0となる（図3）。このことから、予測モデルで推定された土壌の無機態窒素生成量は、水稻の窒素吸収と密接に関係している。
- 4 以上のように、メッシュ農業気象データと反応速度論的手法を用いることで、異なる水田及び移植時期における土壌中の無機態窒素生成量を一定程度予測できる。予測モデル利用の一例を図4に示す。また、無機態窒素生成量の予測値と水稻の窒素吸収量は密接に関係している。

[留意事項]

[普及対象地域]

[行政上の措置]

[普及状況]

[成果の概要]

表 1 土壌中の無機態窒素生成モデルのパラメータ (令和 4 年度)

圃場名	可分解性有機態窒素 No (mg/100g)	無機化速度定数 k (day ⁻¹) (25°C)	みかけの活性化エネルギー Ea (cal/mol)
水稲温暖化対策研究室 B 3	28.0	0.002	19,111
水稲温暖化対策研究室 D 4	29.2	0.003	18,165
成東育成地	25.0	0.002	18,141
水田利用研究室	30.0	0.002	26,123

注 1) 反応速度論的手法において単純型モデルを用いた窒素発現量 N (mg/100g) のモデル式は $N = No(1 - \exp(-kt))$ で表される (t は 25°C 条件での培養日数)

注 2) みかけの活性化エネルギー (Ea) は、無機化速度定数 k と温度 T との関係 (アレニウスの式) において、反応に必要なエネルギーをさす。25°C 換算埋設日数の算出時にも使用する

注 3) 水稲温暖化対策研究室は千葉市で B 3 は 4 月移植、D 4 は 5 月移植、成東育成地は山武市で 4 月移植、水田利用研究室は香取市で 4 月移植、それぞれ移植前の荒代後の土壌を採取し培養

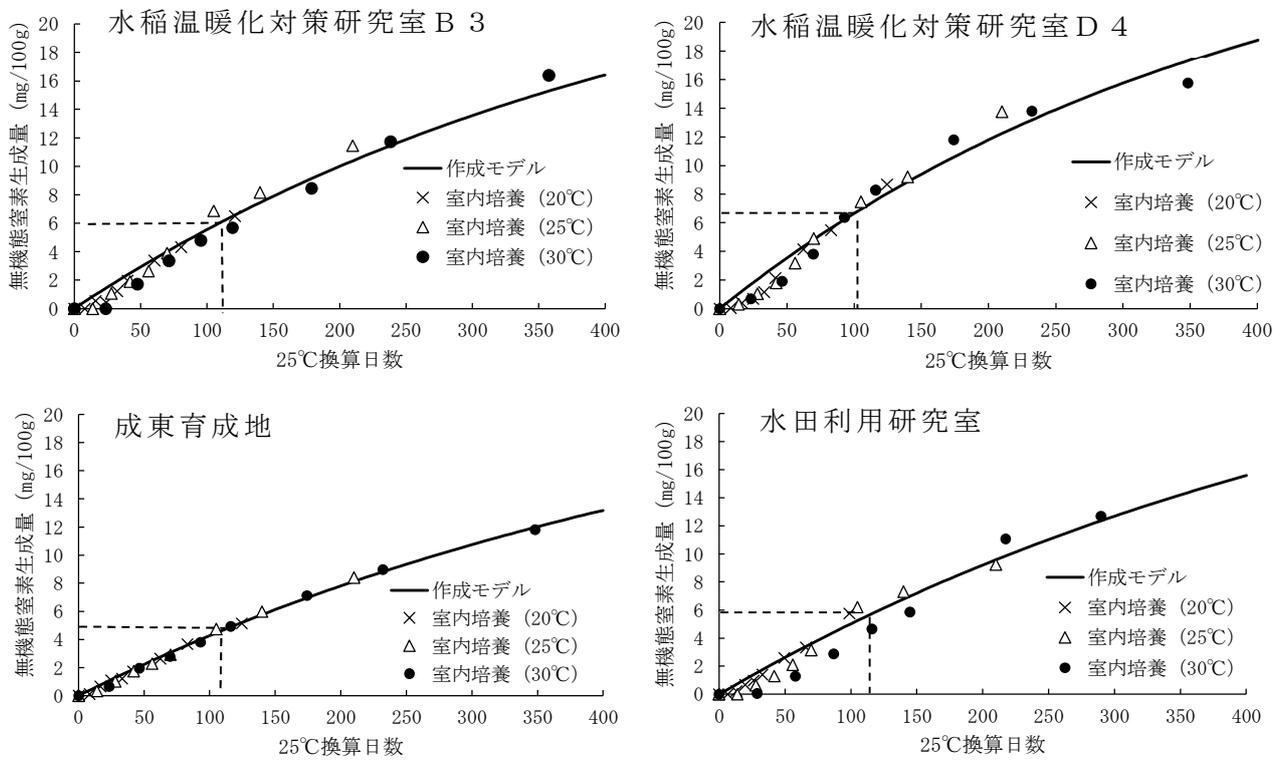


図 1 室内培養による土壌中の無機態窒素生成量の実測値に対するモデルの当てはまり状況 (令和 4 年度)

注 1) 各培養温度実測値における横軸の 25°C 換算日数 t の値は $t = t_a \exp(Ea(T_a - T) / RT_a T)$ で算出した (t_a : 培養日数 (14~210 日)、Ea: みかけの活性化エネルギー (表 1)、T: パラメータ算出の基準とした温度 (25°C) (絶対温度)、 T_a : 培養温度 (20、25 及び 30°C) (絶対温度)、R: 気体定数)

2) 図中の破線は各収穫期頃の無機態窒素生成量

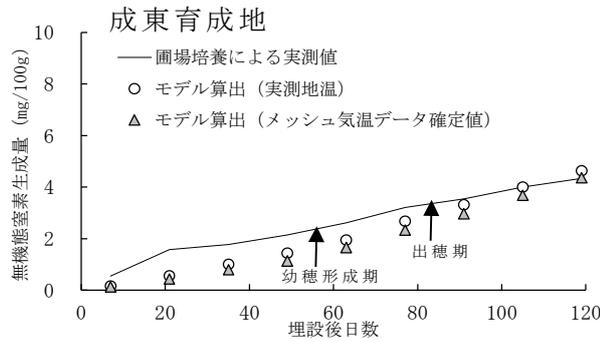
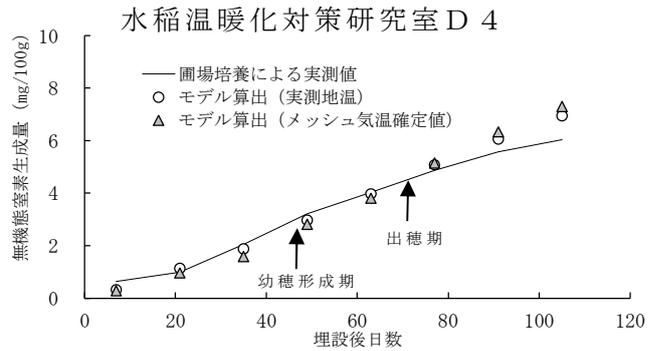
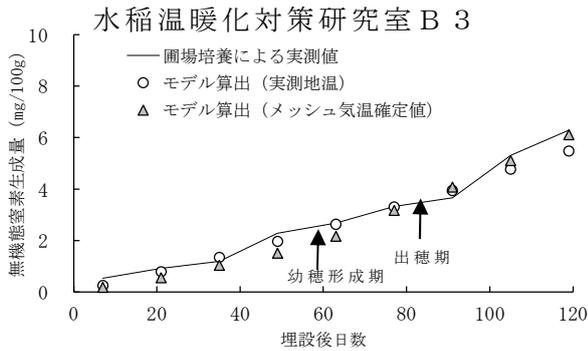


図2 予測モデルと各種温度データを用いた無機態窒素生成量の予測値と圃場培養による実測値との比較（令和4年度）

注）無機態窒素生成量予測値 N (mg/100g) は、モデル式 $N = N_0(1 - \exp(-kt))$ に表1のパラメータ及び25℃換算埋設日数を代入して算出

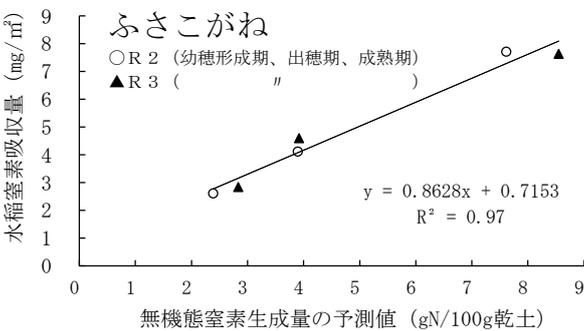
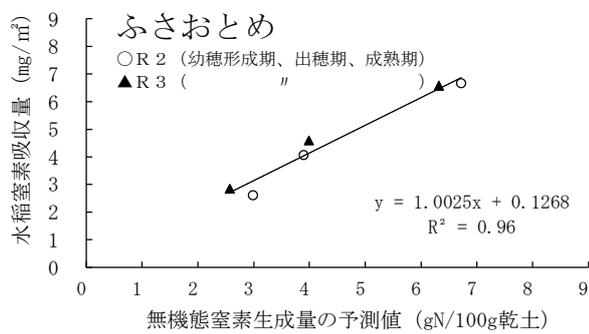
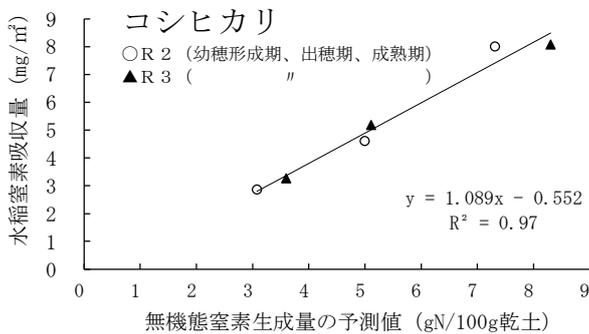


図3 水稲温暖化対策研究室 B 3 圃場における土壌中の無機態窒素生成量の予測値と「窒素無施用の水稲」の窒素吸収量との関係

- 注1) 水稲窒素吸収量は、令和2、3年の「コシヒカリ」、「ふさおとめ」、「ふさこがね」の窒素無施用栽培における植物体の全窒素含有量
- 2) 土壌中の無機態窒素生成量は、令和元～3年のモデルパラメータの平均値及びメッシュ農業気象データシステムの気温の確定値を用いて算出し、係数 1.2 を乗じた値（作土層（比重 1）15cm、水稲に吸収される窒素の利用率を 80%と仮定した）

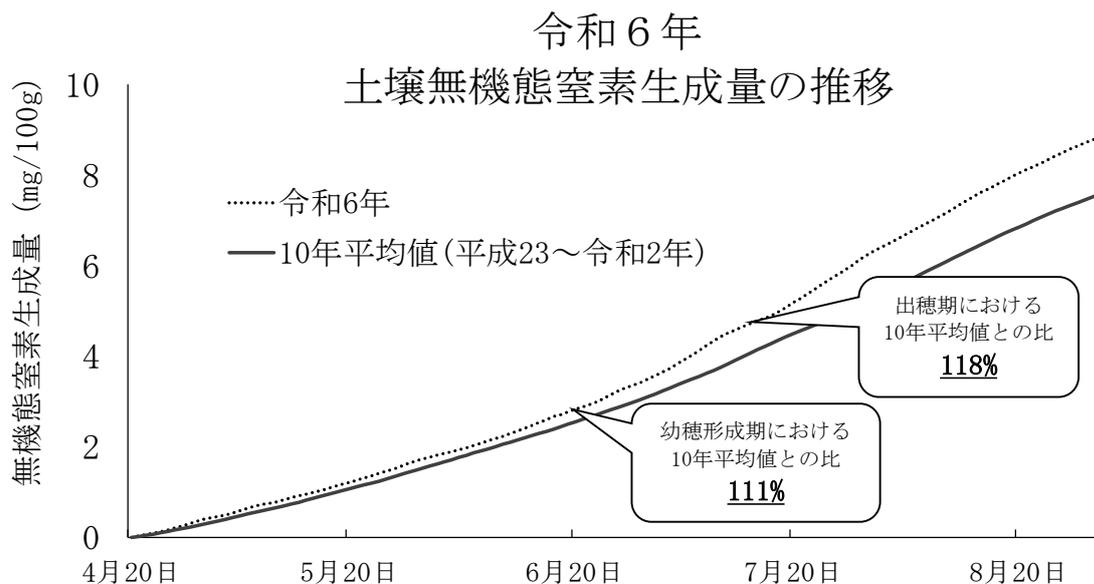


図4 無機態窒素生成量予測モデルとメッシュ農業気象データシステムを用いた高温年（令和6年）と10年平均値との比較（予測モデルの使用例）

注1) 地点情報：千葉市緑区刈田子町（水稻温暖化対策研究室）

注2) 使用したモデル：令和元～4年のパラメータ平均値による予測モデル式

注3) 使用した温度条件：メッシュ農業気象データシステムによる過去10年間（平成23～令和2年）の気温データの平均値および令和6年の気温確定値

注4) 図中の生育ステージは、令和6年の水稻温暖化対策研究室のコシヒカリ（4月20日植）の日付（幼穂形成期6月18日、出穂期7月10日）

[発表及び関連文献]

令和3年度試験研究成果普及情報「メッシュ農業気象データシステムを活用した水田土壌中の無機態窒素生成量予測技術の開発」

[その他]

- 1 本課題は県単プロジェクト事業「次世代環境・生育センシング技術とICTを活用した栽培支援技術の開発及び利用技術の確立（スマート農業プロ）」の一環として行った。
- 2 反応速度論的手法：土壌中における有機態窒素の無機化は土壌微生物の働き（酵素反応）によるものであり、無機態窒素生成量、温度及び日数 から無機化モデルを推察する方法（杉原ら1986農環研報1、127-144）。