

## 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			
[要約]メッシュ農業気象データシステムで水稲幼穂形成期における気温の予報値を取得し、無機態窒素生成量を予測できるモデルを使用することにより、水田における無機態窒素生成量を予測することができる。			
キーワード 水稲、メッシュ農業気象データ、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 水稲・畑地園芸研究所 水稲温暖化対策研究室、(国研) 農研機構農業環境変動研究センター、担い手支援課		
実施期間	2018年度～2020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、急激な耕地規模の拡大や農業経験の少ない労力を雇用導入する場合が増加しており、適期に的確に栽培管理や作業を行えないリスクが増大している。そのため、圃場単位で生育や環境・気象を把握し、なおかつ生育を予測する技術が必要である。また、これらの情報を ICT を介しリアルタイムで得ることにより、精度の高い生育管理や作業管理が行える技術が求められている。

そこで、水稲の発育・生育予測システムと適正な追肥判断を行う生育制御技術の精度向上の一環として、水田土壌の無機態窒素生成量を、ICT 技術（メッシュ農業気象データシステムによる日平均気温（以下、メッシュ気温））の予報値を用いて予測することを目的とした。

### [成果内容]

- 1 センター内の 2 調査圃場（4 月下旬移植圃場及び 5 月下旬移植圃場）の土壌を用いて、室内培養法による温度別無機態窒素の増加量を調査した（表 1）。この結果をもとに、反応速度論的手法を用いて、圃場ごとの無機態窒素生成量の推移を表現した（図 1）。このときの各パラメータを表 2 に示した。
- 2 上記の無機態窒素生成量モデルの適応性の検証を行った。圃場埋設法による無機態窒素生成量と、期間別の実測した日平均地温（以下、実測地温）及びメッシュ気温の日平均気温の確定値（以下、メッシュ気温確定値）を取得し（表 3）、両温度データを 25℃ 条件に相当する埋設日数に換算した。4 月下旬移植圃場では、実測地温とメッシュ気温確定値との差はプラス 5.4 日相当、5 月下旬移植圃場では、プラス 11.3 日相当

と、いずれもメッシュ気温確定値は実測地温より埋設日数を大きく評価する傾向にあった。

- 3 圃場埋設法の無機態窒素生成量の実測値と、室内培養の結果から作成したモデル式の温度パラメータに、実測地温、メッシュ気温確定値及びその予報値（水稻幼穂形成期頃に取得）を適用した推定値を比較した結果、4月下旬移植圃場は5月下旬移植圃場よりも誤差が大きい傾向であった（図2、表4）。この原因として、4月下旬移植圃場は5月下旬移植圃場と比較して4月下旬のやや低温期から始まるため温度幅が大きいこと、生育期間が長く予測期間が長いこと等が考えられる。また、メッシュ気温確定値と予報値による予測精度は、ほぼ同じであった（表4）。
- 4 以上より、メッシュ農業気象データシステムと無機態窒素生成量のモデルを用いて、複数の圃場で無機態窒素生成量を予測することができた。このモデルによる予測値は、予測期間が長く生育期間における温度幅が大きい場合に誤差が増加する傾向がみられた。

[留意事項]

本成果は農林総合研究センター内の圃場（細粒質斑鉄型グライ低地土、千葉市）において得られた結果である。

[普及対象地域]

県内水稻生産者

[行政上の措置]

[普及状況]

[成果の概要]

表1 室内培養における培養温度別無機態窒素生成量  
4月下旬移植圃場

培養温度 (°C)	無機態窒素生成量 (mg/100g)								
	培養日数								
	14	28	42	56	70	105	140	175	210
20	0.5	0.9	1.3	1.9	2.6	3.8	5.8	6.3	6.5
25	1.4	1.7	2.5	3.6	4.6	7.1	9.1	10.5	11.4
30	1.6	2.8	4.1	5.7	7.2	10.0	12.3	14.2	14.6

5月下旬移植圃場

培養温度 (°C)	無機態窒素生成量 (mg/100g)								
	培養日数								
	14	28	42	56	70	105	140	175	210
20	0.7	1.2	1.6	2.3	3.1	5.2	7.2	8.4	8.1
25	1.1	2.0	3.3	5.3	6.8	7.9	9.6	11.1	13.3
30	1.7	3.1	5.8	9.0	9.2	12.5	14.6	16.4	16.7

注) 令和2年度の調査結果

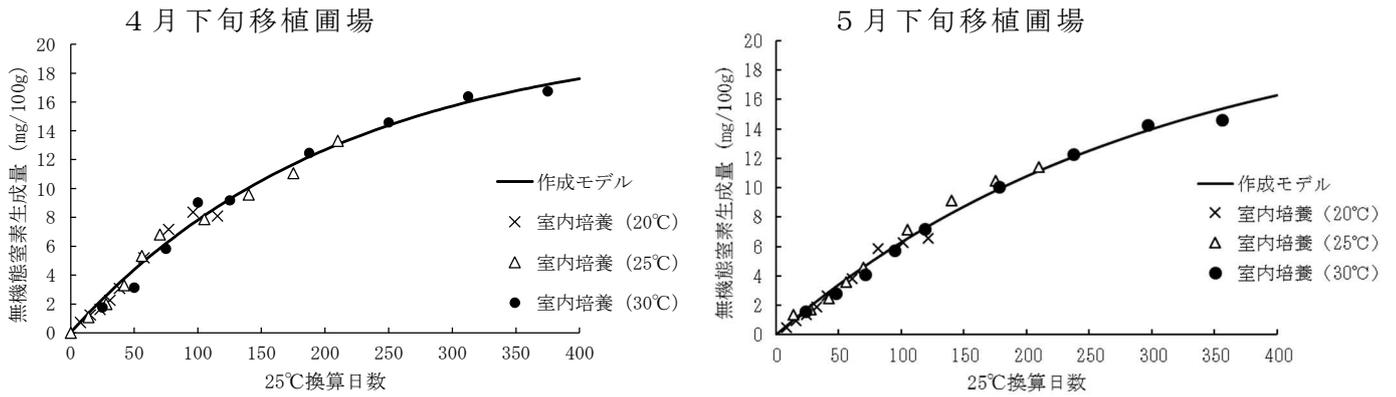


図1 作成したモデル及び培養試験の無機態窒素生成量推移

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  $t = t_a \exp(E_a(T_a - T) / RT_a T)$  で算出した。(  $t_a$ : 培養日数 (14~210 日)、  $E_a$ : みかけの活性化エネルギー (表2)、  $T$ : パラメータ算出の基準とした温度 (25°C) (算出時は絶対温度として使用)、  $T_a$ : 培養温度 (20、25、30°C) (算出時は絶対温度として使用)、  $R$ : 気体定数)

2) 令和2年度の調査結果

表2 土壌無機態窒素発現モデルパラメータ  
4月下旬移植圃場

可分解性有機態窒素 $N_o$ (mg/100g)	無機化速度定数 $k$ ( $\text{day}^{-1}$ ) (25°C)	みかけの活性化エネルギー $E_a$ (cal/mol)
22.1	0.0034	18922.2

5月下旬移植圃場

可分解性有機態窒素 $N_o$ (mg/100g)	無機化速度定数 $k$ ( $\text{day}^{-1}$ ) (25°C)	みかけの活性化エネルギー $E_a$ (cal/mol)
20.7	0.0047	20794.8

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  $N = N_o(1 - \exp(-kt))$  で表される ( $t$  は 25°C 条件での培養日数)

2) みかけの活性化エネルギー ( $E_a$ ) 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

3) 令和2年度の調査結果

表3 圃場埋設法による無機態窒素生成量の実測値、実測地温、メッシュ気温確定値及びそれらから算出した25℃換算埋設日数

4月下旬移植圃場

埋設日	埋設日数 (日)	無機態窒素 生成量 (mg/100g)	実測地温		メッシュ気温確定値	
			期間平均地温 (℃)	25℃換算埋設日数 (日)	期間平均気温 (℃)	25℃換算埋設日数 (日)
4月24日	21	1.64	20.5	11.2	19.8	10.4
	35	2.15	20.1	19.4	18.9	17.6
	49	2.99	23.9	31.8	23.4	29.4
	63	3.77	24.0	44.3	22.3	39.9
	77	4.63	24.5	57.6	25.3	54.3
	91	4.94	23.8	69.9	23.5	66.2
	105	5.55	24.6	83.3	26.3	82.3
	119	6.35	26.6	100.0	29.7	105.4

5月下旬移植圃場

埋設日	埋設日数 (日)	無機態窒素 生成量 (mg/100g)	実測地温		メッシュ気温確定値	
			期間平均地温 (℃)	25℃換算埋設日数 (日)	期間平均気温 (℃)	25℃換算埋設日数 (日)
5月22日	7	0.53	21.6	4.7	20.5	4.1
	21	1.38	23.9	17.0	23.4	15.7
	35	2.64	24.0	29.4	22.3	25.8
	49	3.94	24.5	42.5	25.3	40.3
	63	4.71	23.8	54.7	23.5	52.0
	77	5.63	24.6	68.1	26.3	68.4
	91	6.59	26.6	85.0	29.7	92.6
	105	7.81	26.3	101.3	28.0	112.6

注1) 期間平均地温、気温は埋設日又は掘り上げ日から次の掘り上げ日までの日平均地温、気温の平均値

2) 25℃換算埋設日数は埋設日又は掘り上げ日から次の掘り上げ日までの期間埋設日数  $t$  を  $t = t_a \exp(Ea(T_a - T) / RT_a T)$  で算出し、期間埋設日数  $t$  を積算することで求めた。(  $t_a$ : 埋設日又は掘り上げ日から次の掘り上げ日までの日数、  $Ea$ : みかけの活性化エネルギー、  $T$ : パラメータ算出の基準とした温度 (25℃) (算出時は絶対温度として使用)、  $T_a$ : 埋設日又は掘り上げ日から次の掘り上げ日までの期間平均地温又は気温 (算出時は絶対温度として使用)、  $R$ : 気体定数)

3) 令和2年度の調査結果

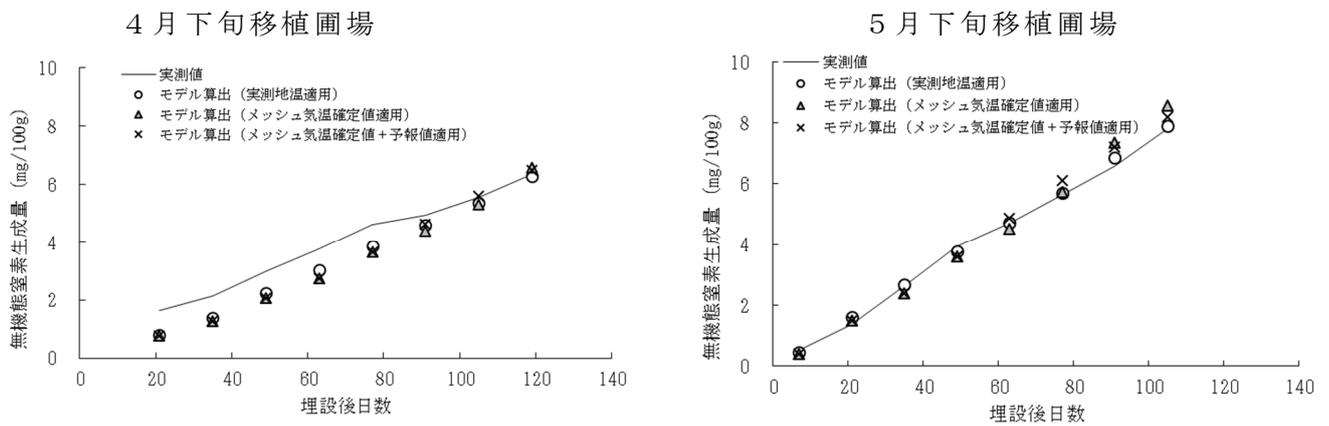


図2 圃場培養による無機態窒素生成量の実測値とモデルを使用した予測値（4月下旬移植、5月下旬）の比較

- 注1) 窒素生成量予測値N (mg/100g)は、モデル式  $N = N_0(1 - \exp(-kt))$  に表2のパラメータ及び表3の25℃換算埋設日数を代入して算出
- 2) 予報値の取得時期は幼穂形成期頃（6月25日）
- 3) 令和2年度の調査結果

表4 各作成モデルによる無機態窒素生成量の予測精度

対象圃場	RMS E (mg/100g)		
	実測地温による予測モデル	メッシュ気温確定値による予測モデル	メッシュ気温確定値+予報値による予測モデル
4月下旬移植圃場	0.62	0.77	0.74
5月中旬移植圃場	0.15	0.42	0.40

注1) RMSE：二乗平均平方根誤差、値が小さいほど推定誤差が小さい

2) RMSEの検証データとして用いた各窒素生成量予測値N (mg/100g)は、図2の注釈と同様

[発表及び関連文献]

[その他]

- 1 本課題は県単プロジェクト「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、その律速反応について、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）