

# 転換田露地野菜への窒素供給予測システム

転換田で栽培される露地野菜への窒素供給予測システムを開発しました。40種の作目と6種の土壌類型に対応し、施肥管理と気象データ(日平均気温、日降水量、日射量)に基づく窒素吸収経過が算出されます。窒素施肥法や大雨などの極端な気象現象発生時の対応策の検討に極めて有効な情報となります。

## 【背景】

転換田における露地野菜栽培では、窒素の施肥管理が極めて重要です。窒素は土壌からの無機化による供給が多く、その量は土壌類型、管理来歴または地温などに影響されます。また、畑地での主要な無機態窒素の硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )は、土層中を水と共に移動するため、その濃度分布は降雨に大きく左右されます。

そこで、窒素無機化速度、地温および土壌含水率の各モデルを組み合わせた、汎用性の高い露地野菜向け窒素供給予測システムを開発しました。

## 【結果】

システムに、まず AMeDAS などの気象データを入力し、作目を40種、土壌類型を6種から選択します。植付月日、収穫月日、施肥月日、N施肥量、肥料の種類、土壌の化学性(TN, 低比重画分N, 無機態N, ATP, Al, pH)、および物理性(仮比重, 下方浸透基底含水率)などは、必要に応じて初期設定値からの変更が可能です。

システム内では、深さ1mまでの窒素無機化速度、体積含水率、地温、土壌溶液 $\text{NO}_3^-$ 濃度の推移および $\text{NO}_3^-$ 溶脱量などの計算を経て、最終的に作物による窒素吸収量の推移が算出されます。

ネギ、キャベツ、レタスの多様な定植時期での栽培、収穫が長期にわたる夏秋なす栽培、冬を越すタマネギ栽培などでは、栽培期間中の降水量の大きな変化などの予期できない環境変動の影響を受けます。本システムは、これら極端な気象現象発生時の作物への窒素供給量の変化を予測し、対応を検討する上で極めて有効な情報となります。

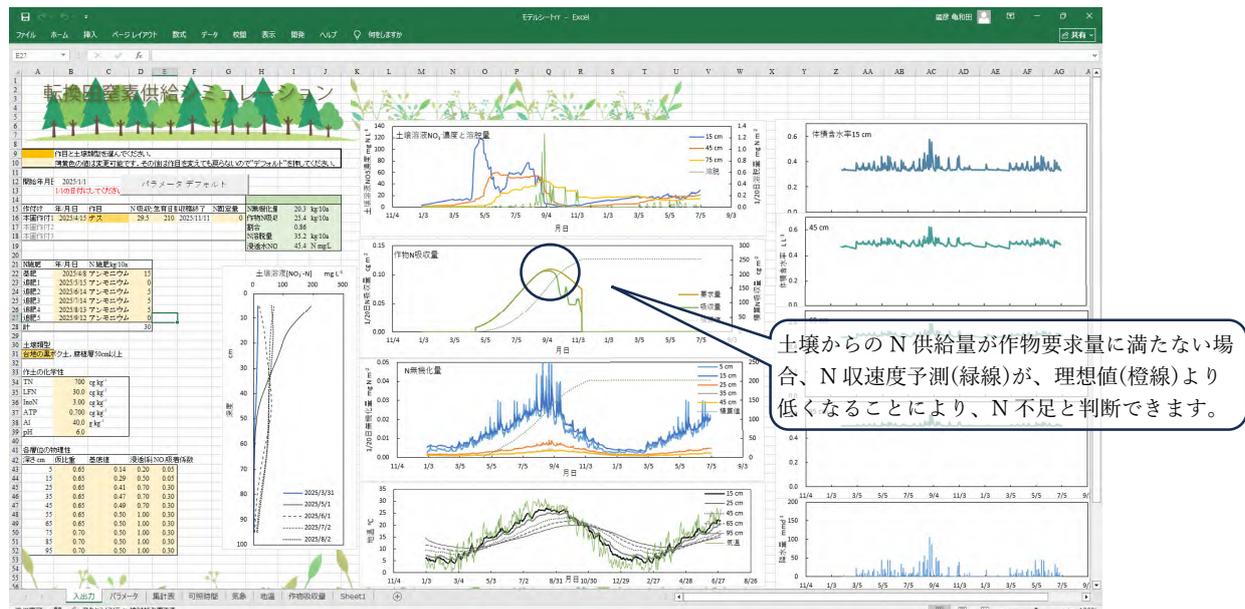


図1 転換田露地野菜窒素供給シミュレーション・シートの入出力画面

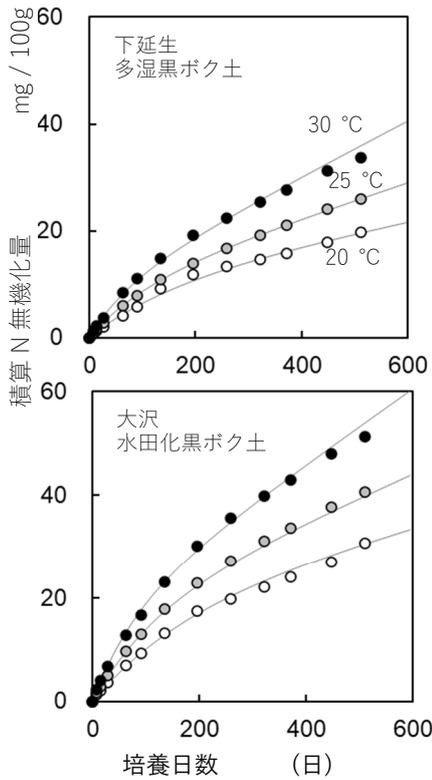


図 2 窒素無機化量測定値およびモデル計算値抜粋  
ドットは実測値、実線はモデル計算値  
全測定値の RMSE は 0.61 mg/100g

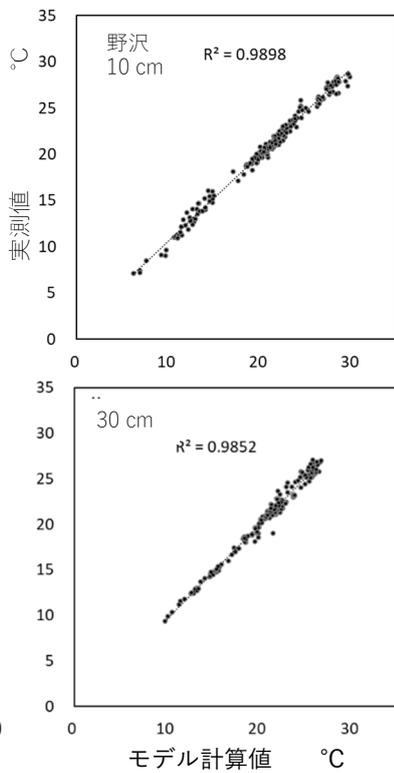


図 3 地温測定値およびモデル計算値抜粋  
実線は  $y = x$

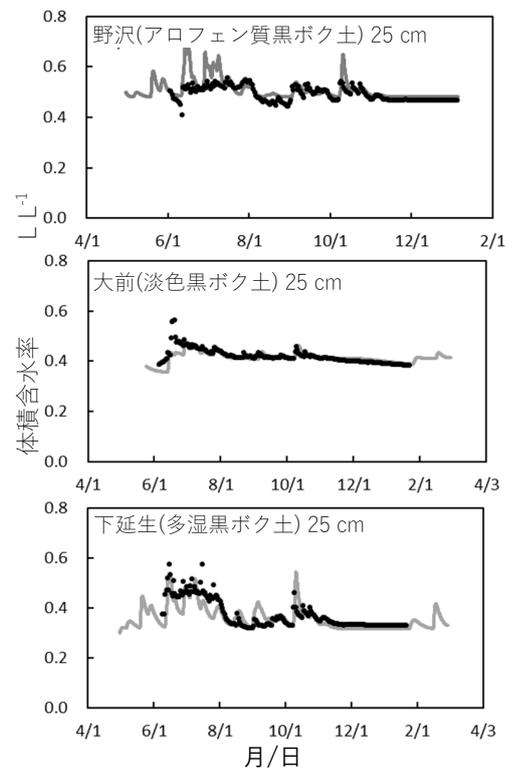
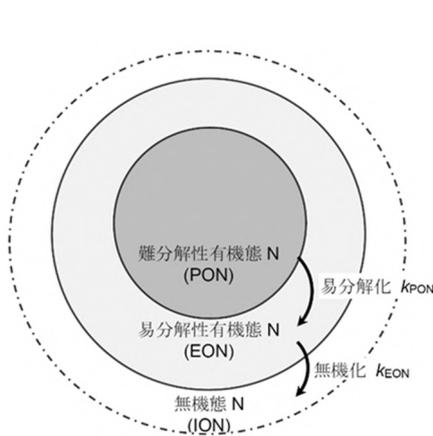


図 4 体積含水率測定値およびモデル計算値抜粋  
ドットは実測値、実線はモデル計算値



$$\text{PON} \xrightarrow{k_{\text{PON}}} \text{EON} \xrightarrow{k_{\text{EON}}} \text{ION}$$

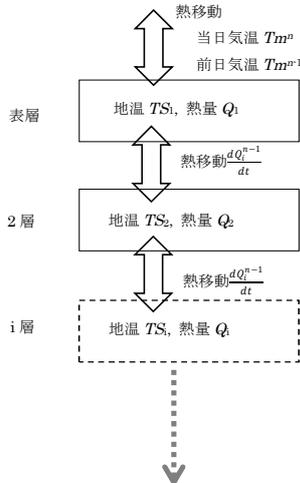
$$-\frac{dN_{\text{PON}}}{dt} = k_{\text{PON}} N_{\text{PON}},$$

$$\frac{dN_{\text{EON}}}{dt} = k_{\text{PON}} N_{\text{PON}} - k_{\text{EON}} N_{\text{EON}}$$

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

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

図 5 窒素無機化連続一次反応モデルの概要



a 表層

$$TS_1^n = TS_1^{n-1} + a(Tm^n - TS_1^{n-1}) + b(Tm^n - Tm^{n-1})$$

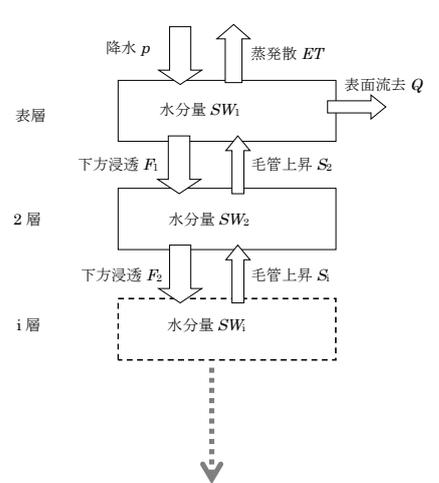
ただし、 $TS_1^n$  は当日 ( $n$ ) の表層 (1) の地温、 $Tm^n$  は当日 ( $n$ ) の気温、 $a$  および  $b$  は定数で  $a = 0.31$ ,  $b = -0.50$ .

b 次層以深

$$TS_i^n = TS_i^{n-1} + f \frac{dQ_i^{n-1}}{dt}$$

ただし、 $TS_i^n$  は当日 ( $n$ ) の層位  $i$  の地温、 $f$  は熱量から温度への変換係数 (層比熱 =  $c_i^n$ ) ,  $Q_i^{n-1}$  は層位  $i$  の保有熱量.

図 6 地温熱移流モデルの概要



a 表層

$$\frac{dSW_1}{dt} = \frac{dP}{dt} + \frac{dS_2}{dt} - \frac{dF_1}{dt} - \frac{dQ}{dt} - \frac{dET}{dt}$$

b 次層以深

$$\frac{dSW_i}{dt} = \frac{dF_{i-1}}{dt} + \frac{dS_{i+1}}{dt} - \frac{dF_i}{dt} - \frac{dS_i}{dt}$$

ただし、 $SW_i$  は、層位  $i$  の土壌水分量、 $P$  は降水量、 $ET$  は蒸発散量、 $Q$  は表面流出量、 $S_i$  は層位  $i$  からの毛管上昇水量、 $F_i$  は層位  $i$  からの下方浸透水量、 $t$  は時間.

図 7 含水率タンクモデルの概要