

## 農薬動態予測モデル(SPEC)の多層化土壤での農薬消長再現への改良 Improvement of pesticide fate and transport model (SPEC) for simulating the pesticide dissipation in multiple layered soil

○赤井慎平<sup>1</sup>、ジュリアン ブランジェ<sup>2</sup>、ピヤヌッチ ジャイケーウ<sup>1</sup>、斎藤広隆<sup>1</sup>  
、渡邊裕純<sup>1</sup>

○Shimpei Akai<sup>1</sup>, Julien Boulange<sup>2</sup>, Piyanuch Jaikaew<sup>1</sup>, Hirotaka Saito<sup>1</sup> and  
Hirozumi Watanabe<sup>1</sup>

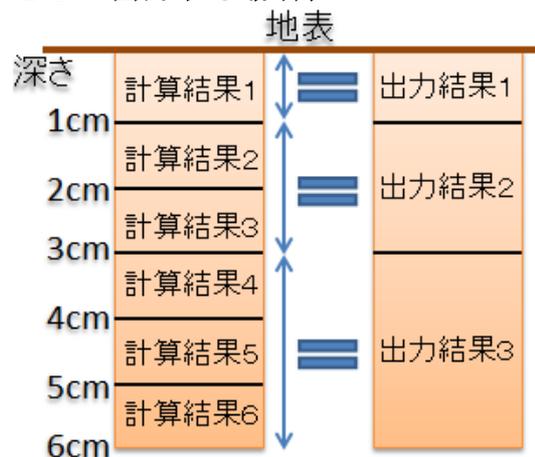
### 1. 研究背景と目的

農薬残留のスクリーニング予測を目的とする数理的モデル SPEC が開発、改良されてきた。従来の SPEC モデルは、対象土壤を表層 1 cm を境に二層に分け、各対象土層ごとに水収支、および農薬収支を計算することで農薬消長を予測するが、水・農薬収支中の各小プロセスの予測精度には未だ改善の余地がある。そして水・農薬収支中の各小プロセスのさらなる予測精度改善のためには、はじめに、その収支計算の土台となる対象土壤の更なる細分化工程の開発が急務である。本研究の目的は、(1) SPEC モデル内の水収支および農薬収支の計算工程における多層化の導入、(2) その改良モデルの動作検証、(3) およびアトラジンのモニタリングデータとの検証、以上の3つである。

### 2. 材料と方法

数理モデル SPEC は、気象条件、土壤水理条件、農薬動態パラメータを用いて、土壤中の残留農薬濃度を予測するモデルである。具体的には (1) 農薬固有の特性は分解性や吸着性、(2) 土壤固有の特性は有機物含有率や土壤の物理性など、(3) 水理条件は SCS カーブナンバー、飽和透水係数など、(4) 気象条件は降雨量、土壤温度や日射量として、数値化し、水・農薬収支内の小プロセスの計算過程に入力することで自然現象を記述し農薬消長を計算する。水・農薬移動の各プロセスは従来のものと同様に計算されるが、蒸発散については、従来の方式と異なり S.L. Neitsch ら (2009) による SWAT バージョン 2009 の方式と同様に各層ごとに蒸発散により吸い上げられる水量を計算する。改良版 SPEC モデルは、まず対象土層を任意の厚さで区切り、その区分けされた範囲ごとに水・農薬収支を計算する。これら計算された結果を元に任意の範囲における結果を出力する。図 1 に 1cm ごとに計算し、0-1cm、1-3cm、3-6cm ごとに出力する場合における例を示す。図 1 では、出力結果 1 は計算結果 1 に等しいが、出力結果 2 は計算結果 2 および 3 の平均として出力される。出力結果 3 も同様である。このように各計算領域を細かくすることで詳細な計算が可能である。動作検証については、上部境界の入力降下フラックスや土壤温度、分割された各土層の厚みなどの各パラメータごとにいくつか値

図 1. 計算と出力の関係図 (1cm ごとに計算し、0-1cm、1-3cm、3-6cm ごとに出力する場合)



所属: <sup>1</sup>東京農工大学、<sup>2</sup>明治大学; Affiliation: <sup>1</sup>Tokyo University of Agriculture and Technology, <sup>2</sup> Meiji University

キーワード: Model, Concentration, Soil Water, Pesticide

を用意し、それらに対してカラム浸透条件でのシミュレーションを行い、各時間、各土層ごとに、水収支および農薬収支の誤差を出力し検証を行った。これらの動作検証の後、2013年6月10日から2014年5月4日にかけて東京農工大学府中試験農場において行われた農薬消長圃場試験のアトラジンに関するモニタリング結果を用いて検証を行った。本検証では全長10cmの対象土壌に対して農薬消長のシミュレーションを行った。対象土壌は1cmごとに分割した。土壌入力パラメータである、乾燥密度、有機物含有率、初期体積含水比、飽和体積含水比、土壌残留水含水比、飽和透水係数、初期SCSカーブナンバー、圃場用水量をそれぞれ、 $0.5\text{g/cm}^3$ 、6.95%、 $0.26\text{cm/cm}$ 、 $0.95\text{cm/cm}$ 、 $0.10\text{cm/cm}$ 、 $10.8\text{cm/hr}$ 、86、 $0.4\text{cm/cm}$ とした。農薬動態パラメータである、分配係数、光分解半減期(25℃)、微生物分解半減期(25℃)、平均日射エネルギーをそれぞれ、100、100day、23.5day、 $14.6\text{Mj/m}^2$ とした。気象データは気象庁アメダスより得られたものを用いた。潜在蒸発散量はPenman-Monteith式を用いて計算した。このシミュレーションの後、表層から5cmまでの土層における農薬濃度の出力結果と実測値を用いて検証を行った。

### 3. 結果および考察

カラム浸透条件でのシミュレーションを用いた動作検証結果は改良版モデルが非常に小さな計算誤差で水・農薬収支を計算することが可能であることを示した。入力フラックスに対する水収支の計算誤差は入力フラックスが最小かつ層の厚さが最大のとき、相対誤差の絶対値が最大で0.00025%であった。処理農薬質量に対する農薬収支の計算誤差においても同様の条件時に、相対誤差の絶対値が最大で0.0000020%であった。次に検証結果を図2に示す。本改良版モデルは実測データに対し高い精度で農薬消長を予測し、指数関数的に時間と共に減少する傾向を再現した。精度評価指標であるR-square、NSE、RMSEの値はそれぞれ0.9610、0.9421、0.3471であった。実測値と計算値の差の二乗が顕著に大きくなったのは2013/06/17、2014/03/08においてであり、その値はそれぞれ0.42、0.66であった。これらの傾向として、その以前に顕著な降雨とそれにより発生した大きな降下浸透が計算されていること、および、その降雨前の農薬濃度がある程度高いことがあげられる。この傾向から顕著な降雨時発生時における降下浸透水量の計算過程の改善の必要性が示唆された。また2013/12/27から2014/02/05までの期間において、期間の初めにおいて残留農薬濃度の実測値と計算値の差の二乗は0.028と、非常に小さかったのに対し、対し期間末期においては0.131と、4倍以上増加した。さらに本期間中の全農薬減少量に対する微生物分解による減少量は87%であり大部分を占めた。これら事実から微生物分解量の計算過程に対する改善の必要性が示唆された。

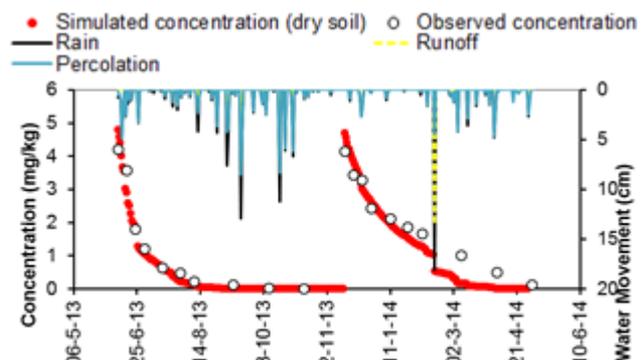


図 2.アトラジン濃度および降雨量、降下浸透水量、表面流出量

次に検証結果を図2に示す。本改良版モデルは実測データに対し高い精度で農薬消長を予測し、指数関数的に時間と共に減少する傾向を再現した。精度評価指標であるR-square、NSE、RMSEの値はそれぞれ0.9610、0.9421、0.3471であった。実測値と計算値の差の二乗が顕著に大きくなったのは2013/06/17、2014/03/08においてであり、その値はそれぞれ0.42、0.66であった。これらの傾向として、その以前に顕著な降雨とそれにより発生した大きな降下浸透が計算されていること、および、その降雨前の農薬濃度がある程度高いことがあげられる。この傾向から顕著な降雨時発生時における降下浸透水量の計算過程の改善の必要性が示唆された。また2013/12/27から2014/02/05までの期間において、期間の初めにおいて残留農薬濃度の実測値と計算値の差の二乗は0.028と、非常に小さかったのに対し、対し期間末期においては0.131と、4倍以上増加した。さらに本期間中の全農薬減少量に対する微生物分解による減少量は87%であり大部分を占めた。これら事実から微生物分解量の計算過程に対する改善の必要性が示唆された。

### 4. まとめ

本研究により多層化が導入された改良SPECモデルの動作検証が行われた。また本改良モデルは許容できる範囲の高い精度で農薬消長の予測結果を出力した。しかしながら本研究により、改良モデルでは未だ表現しきれない自然現象があることが明らかになった。今後は参照モデルとして理論モデルであるHYDRUS-1Dを用いて様々な自然条件に対し検証を行い、降下浸透水量算出式および各入力パラメータの改善が急務である。

参考文献：S.L. Neitschら(2009), Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009, 134-140 and 151-152