

黒ボク畑地における硝酸性窒素の不飽和浸透輸送解析

西日本技術開発(株) 正員 山下直紀  
宮崎大学工学部 正員 杉尾 哲

1. はじめに

宮崎県南西部の都城盆地では硝酸性窒素による地下水汚染が発生しており、汚染原因の一つは窒素肥料の地下への溶脱であると指摘されている。この汚染の防止対策を検討するためには、窒素肥料から溶脱した硝酸性窒素が不飽和土壌中を輸送される種々の過程について検討することが必要である。筆者らは、これまで都城盆地内の黒ボク畑地にテンシオメータを設置し、窒素肥料の溶脱過程を追跡してきた<sup>2)</sup>。本研究では、既報<sup>2)</sup>に加えてその後の追跡結果を示すとともに、畑地の不飽和土壌中における硝酸性窒素の浸透輸送について数値解析を行い、追跡結果と比較してその輸送機構を検討した。

2. 畑地土壌中の硝酸性窒素濃度の測定

テンシオメータによる窒素肥料の溶脱過程の追跡は、都城盆地中央に位置する飼料作物用畑地で実施した。この地域の飼料作物はトウモロコシとイタリアンライグラスで、前者が夏に後者が冬に栽培されており、それぞれの作物の栽培に窒素を含有するきゅう肥と化成肥料が施用されている。テンシオメータは、図-1に示すように深さ 25~300cm までの 8 つの深度から土壌溶液が採水できるようにして、畑地の西側と東側に深度の並びを逆にして 2 列埋設した。なお、採水区間には、地表面から順に火山灰土壌の黒ボク、ボラ、クロニガが分布している。土壌溶液の採水は、1998 年 4 月 28 日から開始した。

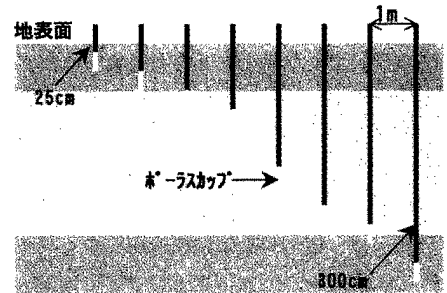


図-1 テンシオメータの設置方法

3. 数値解析

土壌中における硝酸性窒素輸送の解析には①式の移流分散方程式を用い、土壌水分の不飽和浸透流の解析には②式を用いた。また、不飽和浸透特性は van-Genuchten 式で表した。輸送解析における解析領域上面の境界条件は、本解析モデルでは窒素肥料の硝酸性窒素への酸化反応を考慮していないことから、図-2 に示すように深さ 50 cm の位置における硝酸性窒素濃度の測定値の平均値を与えることとした。また、測定値のない時間帯の濃度は前後の測定濃度を比例配分した。不飽和浸透解析の境界条件は、観測降雨強度から蒸発散量を差し引いた値を地表面位置に与えるものとした。なお、蒸発散量はソーンスウェイト式により算出し、5 mm 以上の降雨日には蒸発散がないものとした。解析対象領域に分布している各火山灰土壌の浸透特性パラメータの値は、原位置試験や不攪乱土壌を用いた室内試験により測定した。

$$\frac{\partial \theta C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \theta D(v) \frac{\partial C}{\partial x} - qC \right) \dots\dots\dots ①$$

C: 硝酸性窒素濃度、q(=vθ): 流速フラックス、v: 実流速(cm/s)、θ: 体積含水率、D(=av + d<sub>m</sub>): 分散係数、a: 分散定数(cm)、d<sub>m</sub>: 分子拡散定数(cm<sup>2</sup>/s)

$$C_s(\varphi) \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k_u(\varphi) \frac{\partial \varphi}{\partial z} - k_u(\varphi) \right) \dots\dots\dots ②$$

φ: サクション(cm)、C<sub>s</sub>: 比水分容量、k<sub>u</sub>: 不飽和透水係数(cm/s)

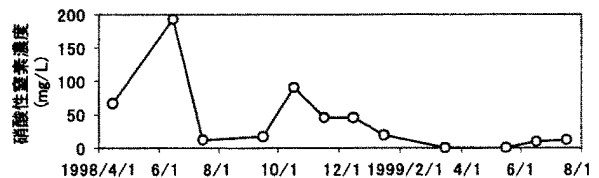


図-2 深さ 50cm の位置に与えた物質輸送解析の境界濃度

#### 4. 解析結果と考察

畑地土壤中の硝酸性窒素濃度の測定値と解析値を図-3に示す。破線は2列の測定値の平均値を示している。

測定値は、1998年6月4日の深さ50 cmの位置に100 mg/Lを上回る高い濃度ピークを示す。畑地では1998年3月1日にきゅう肥を施用しており、きゅう肥から硝酸性窒素が溶脱したものと考えられる。また、この濃度ピークは、1998年9月11日以降の測定値から時間の経過とともに下方へ移動している。

解析値は、1998年11月25日～1999年3月24日までの200 cmの位置の濃度ピークが測定値と一致していないが、それ以外ではほぼ一致しており、不飽和土壤中の硝酸性窒素の輸送をほぼ再現していると思われる。したがって、畑地土壤中の硝酸性窒素の浸透輸送は、解析で適用した基礎式および硝酸性窒素濃度と降雨の境界条件で表現できることが分かる。この解析では、基礎式に硝化・脱窒などを表現する生物化学反応項を導入していないことを考慮すると、本研究で対象にした飼料作物用畑地における測定領域のうち深さ50～300 cmの間では生物化学反応があまり起こっていないものと見なされる。

さらに、1998年11月25日から12月17日の期間における測定値の鉛直分布はほとんど変化していないが、解析値でも同様の分布を示した。この原因は、図-3に示すようにこの前後の時期の降雨量が少なかったためであると判断される。

以上のことより、本研究の対象とした黒ボク畑地の地下の硝酸性窒素は、生物化学反応の影響をあまり受けず、また、その浸透輸送は降雨特性の影響を強く受けることが分かった。

<参考文献>1) 農水省九州農業試験場：生態系からみた畑生産技術体系の確立、総研チーム研究成果シリーズ、2、pp.8-12、1995。

2) 山下直紀、杉尾哲：飼料作物畑における施肥窒素の動態、土木学会西部支部研講、pp.216-217、1999。

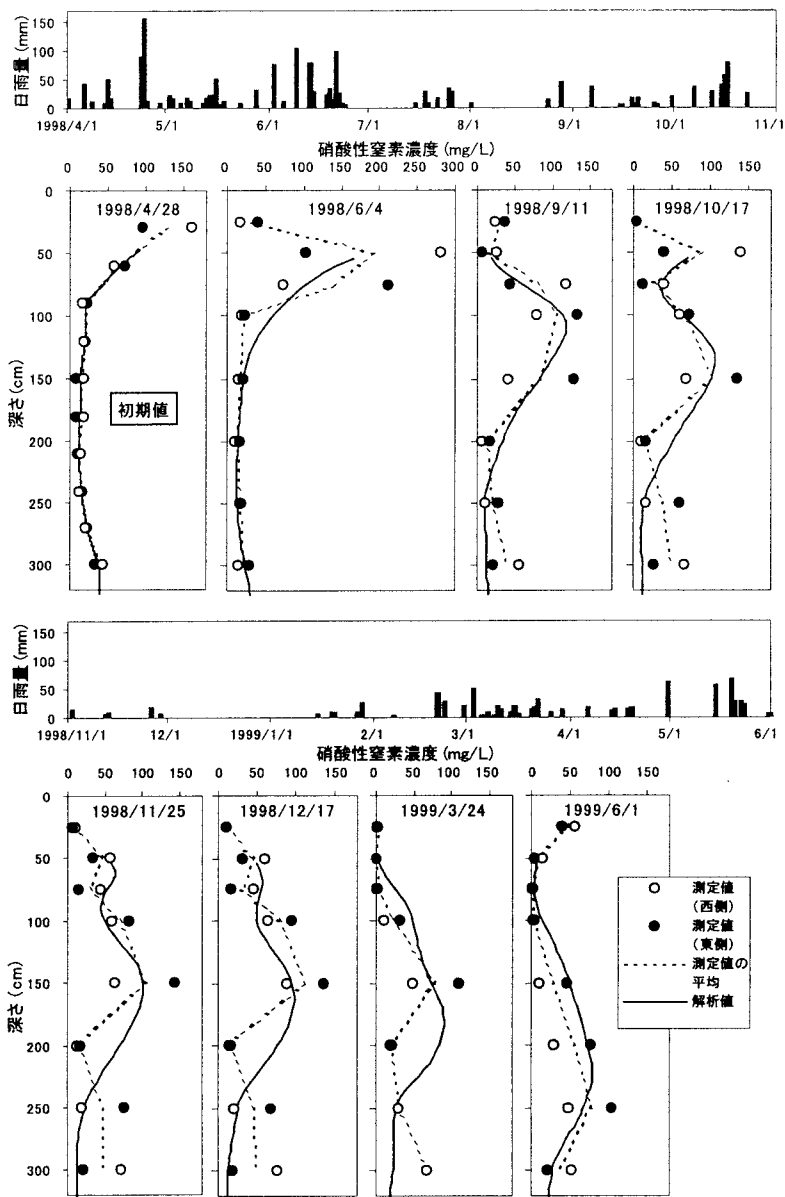


図-3 畑地土壤中の硝酸性窒素濃度の測定値と解析値