

黒ボク土と灰色低地土農耕地の無機態窒素浸透流出量と地表面窒素収支量の関係 Relationship between inorganic N-leaching and soil surface N-balance in Andosol and Gray lowland soil

遠藤 明・三島 慎一郎・神山 和則
Akira ENDO, Shin-ichiro MISHIMA and Kazunori Kohyama

1. はじめに

農畜産活動に起因する数々の水質汚染の事例は、1999年頃から頻繁に報告されるようになり、農業は今や生産活動だけではなく、環境破壊の一因という側面を持つに至ったといえる。本研究の目的は、農耕地の余剰窒素が環境にどの程度の負のインパクトを与えるのかという事象を、広域規模で把握するための指標を開発することにある。この目的を達成するため、2種類の土壌型の農耕地における窒素流出量を算出し、地表面窒素収支量との関係を明らかにしたので報告する。

2. 材料および方法

(1) 地表面窒素収支量の算定方法

地表面窒素収支量の算定には、N、P、Kの年間収支量を算出するシステムを用いた(三島ら, 2003)。これにより、栃木県の全農耕地における窒素収支(単位は kgN ha^{-1})を算出した。

(2) 農耕地の窒素流出量の算定方法

農耕地土壌からの無機態窒素浸透流出量(以下、窒素流出量と記す)を算定するため、有限要素法汎用ソルバー FlexPDE Prof. V.5.06 (PDE Solution Inc.)を用いた(遠藤ら, 2007a)。数理モデルの概要を図1に示す。計算空間次元は鉛直方向1次元、地表面~深度100cmまでを対象とした。ここでは、(i)蒸発散量を考慮した水分移動方程式、(ii)施肥窒素の形態変化(硝化および脱窒)・窒素吸収・地力窒素発現・窒素の有機化/無機化を考慮した、 NH_4^+-N 、 NO_3^--N の移流分散方程式および(iii)熱伝導方程式を用いて、栃木県1995年の農耕地土壌の無機態窒素量の挙動と、深度100cmにおける窒素流出量を算出した。また、窒素吸収量は農林水産基礎数値データベース(NDB)の1995年データを用い、栃木県の各耕種の作付面積を勘案し、主副産物の窒素吸収量およびマメ科作物の窒素固定量をもとに設定した。窒素流出量および地表面窒素収支量は、全耕種46種類について各々計算を行うことはせず、作物生育時期と施肥量が類似した各耕種をType(A)~(H)の8種類に分類し計算を実施した(表1)。46耕種の施肥量は堆肥無しの化学肥料由来窒素とし、栃木県農作物施肥基準に基づき施用量と基肥・追肥時期を設定した。

(3) 窒素流出量算出に要する各種入力パラメータ

栃木県農業試験場(栃木県宇都宮市)の黒ボク土畑・黒ボク土水田および栃木県小山市の灰色低地土(水田輪作)において、深度10、30、50、70、90、100cmより不攪乱土と攪乱土を採取した。JIS法およびJGS法に基づき、それぞれ変水位飽和透水試験と加圧板法による保水性試験を行い、透水性・保水性パラメータ(van Genuchten, 1980)を算出した。また、Taniら(2002)の方法を用い、各土壌に対する NH_4^+-N と NO_3^--N の吸着等温実験を行った。そして、吸着等温データをLangmuir(1918)式に対して非線形カーブフィットを行うことにより、吸着等温パラメータ算出した。その他のパラメータについては前報(遠藤ら, 2007b)に準じた。

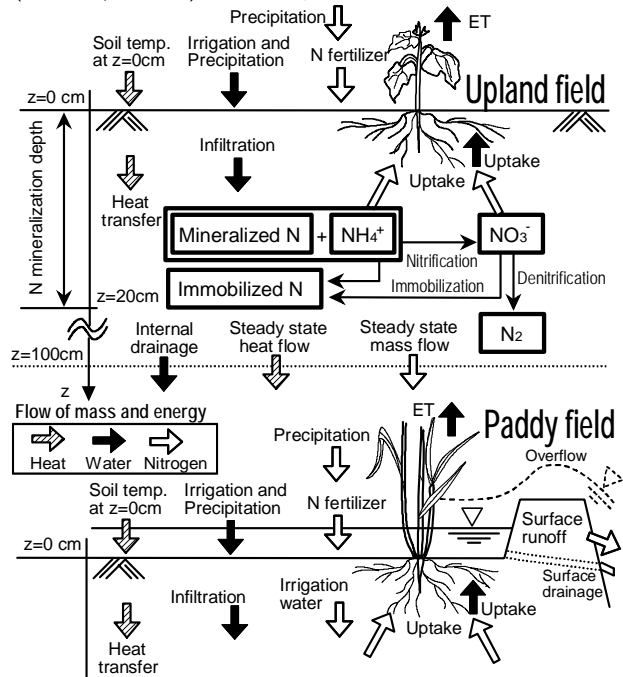


図1 FlexPDEを用いた水・溶質・熱同時輸送モデルの概要

表1 作物生育時期と施肥量が類似した耕種群の区分

Type	土地利用	代表的な耕種 (nは追肥回数を表す)	
A	水田	水稻, 陸稲	
B	畑	麦類	
C		小麦, 二条大麦, 六条大麦	
D		n>2*	ナス, ネギ, ゴボウ, タマネギ他2耕種
E		n=1*	ハクサイ, ダイコン, サトイモ他8耕種
F		n=0*	ハウレンソウ, ソバ, カンショ他4耕種
G	豆科	ダイズ, アズキ, インゲン他4耕種	
H	樹園地	リンゴ, ブドウ, モモ, ナシ他6耕種	
H	草地	イネ科牧草とマメ科牧草の混播	

*畑地のnは追肥回数を表す

3. 結果および考察

(1) 窒素流出量と地表面窒素収支量の関係

図2に地表面窒素収支量と窒素流出量の関係を示す。窒素流出量が最も多かった農耕地は耕種群G(樹園地)であり、余剰窒素量 $61(\text{kg ha}^{-1})$ に対し、窒素流出量は黒ボク土と灰色低地土でそれぞれ、 $169(\text{kg ha}^{-1})$ 、 $188(\text{kg ha}^{-1})$ であった。次いで窒素流出量が多かったのは、耕種群C($n>2$ の畑地)であり、余剰窒素量 $202(\text{kg ha}^{-1})$ に対して、黒ボク土と灰色低地土でそれぞれ、 $146(\text{kg ha}^{-1})$ 、 $157(\text{kg ha}^{-1})$ であった。一方、耕種群A(水田)と耕種群H(草地)では窒素流出量が非常に少なく、特に水田では原点付近にデータポイントが存在した。水田を除く各耕種群の散布図は、おおそ右肩上がりの傾向にあった。よって、算定容易な地表面窒素収支量を用いることにより、各土壌型の農耕地における年間の窒素流出量が推定可能になると考えられる。

(2) 硝酸態窒素濃度の深度毎の経時変化の特徴

図3に栃木県1995年における黒ボク土(上段)と灰色低地土(下段)の間隙水の硝酸態窒素濃度(mg cm^{-3})の等値線を示す。耕種群Gでは、収穫後の礼肥と基肥由来のアンモニア態窒素が硝化され、降水量が少ない冬場～春先にかけて表層付近に高濃度で存在する傾向が認められた。そして、春先～梅雨時季の降雨により下方へと一気に溶脱した。黒ボク土はアニオン吸着能を有するため、灰色低地土と比較するとその濃度は総じて低く、深度100cmにおける流出時期が灰色低地土に比べて約1.5ヶ月遅延した。地表面窒素収支量が最も多かった耕種群Cでは、黒ボク土農耕地において硝酸態窒素の土層内での長期間の滞留による窒素流出の抑制効果が認められた。一方、灰色低地土農耕地では、表層土壌から深部にかけて広範にわたり高濃度の硝酸態窒素が存在し、深度

100cmにおいて4月～6月に渡り顕著な窒素流出が認められた。深度100cmにおける水フラックス密度の総量が双方の土壌型間でほとんど差異が認められなかったことから、窒素流出量はアニオン吸着能力に大きく依存することが明らかになった。

4. おわりに

農耕地の余剰窒素が環境にどの程度の負のインパクトを与えるのかという事象を把握するための指標を開発することを目的に、黒ボク土と灰色低地土農耕地における窒素流出量を算出し、地表面窒素収支量との関係を明らかにした。これにより地表面収支量から窒素流出量を推定できることを示唆した。また、双方の土壌型の農耕地において、深度・時季ごとの窒素流出特性を把握した。今後は、以上の結果をもとにして、肥料の施用から見た農業環境に対するリスク指標を構築したいと考えている。

引用文献

- 遠藤ら(2007a):2007年度日本土壌肥料学会関東支部講要集
 遠藤ら(2007b):平成19年度農業農村工学会講要集
 三島ら(2004):都道府県・市町村単位での窒素収支算出を行うデータベースの構築, 日本土壌肥料学雑誌 75, 275-281
 Tani et al.(2002): Nitrate adsorption in some andisols developed under different moisture condition, *J. Jpn. Soil Soc. Plant Nutr.*, 50(3) 439-446

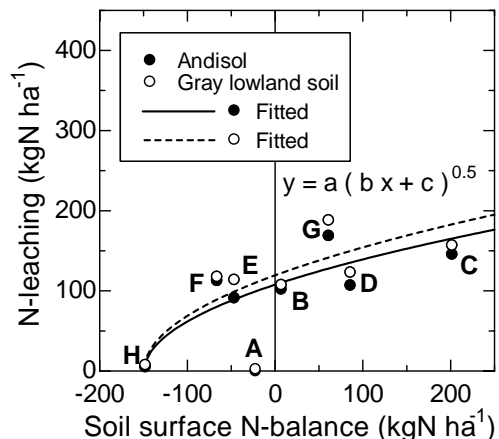


図2 地表面窒素収支量と窒素流出量の関係

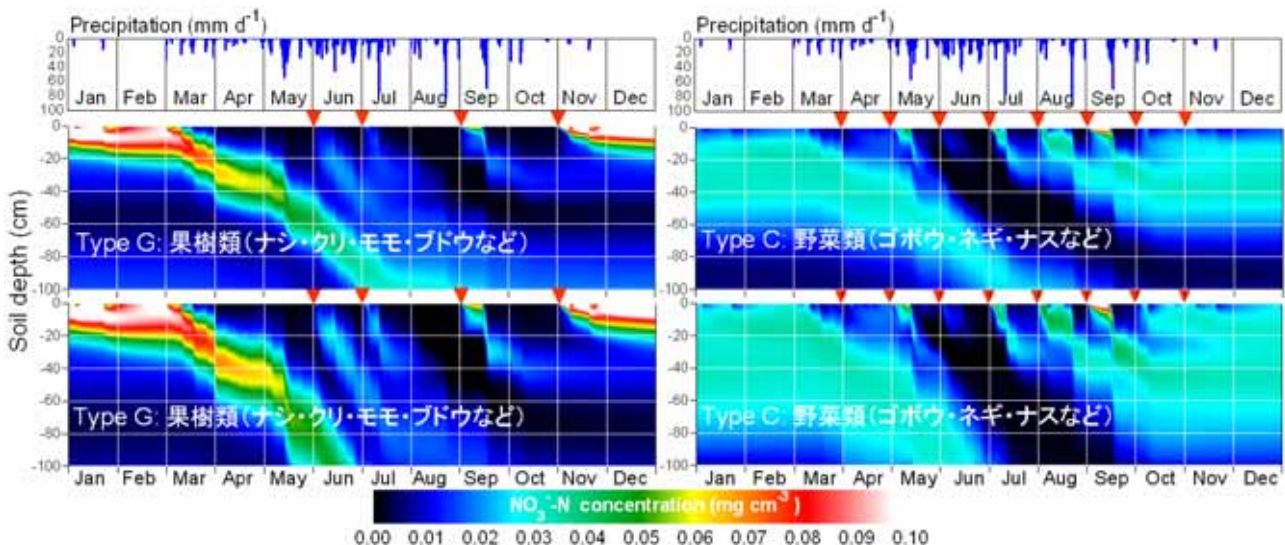


図3 黒ボク土と灰色低地土農耕地における各耕種群の間隙水硝酸態窒素濃度の等値線(単位: mg cm^{-3} , 縦軸: 深度cm, 横軸: 月)