

農業由来窒素の負荷軽減シナリオによる地下水の窒素汚染リスクの広域評価
 Watershed-scale scenario analyses of agricultural nutrient management
 for reducing the risk of groundwater nitrate pollution

○朝田景*・江口定夫*・浦川梨恵子**・青木和博*・板橋直*・中村乾*・加藤英孝*

Asada K., S. Eguchi, R. Urakawa, K. Aoki, S. Itahashi, K. Nakamura, H. Katou

はじめに

窒素による地下水汚染は、農地の過剰施肥や家畜排泄物など農業由来窒素の寄与が大きい。現在までに様々な対策が施されてきたが、依然として農業は地下水の主要な窒素汚染源である。農業由来窒素による地下水汚染軽減対策案を提示するには、土壌・地形条件等の違いによる環境脆弱性を考慮すると同時に、作付体系・肥培管理等の違いを反映した水質汚染リスク評価（窒素負荷軽減のためのシナリオ分析）を行う必要がある。本研究では、流域内の農業集落単位毎の環境脆弱性・肥培管理等を考慮して、鉛直次元水分・溶質動態モデル LEACHM ver. 4.0 (Hutson, 2003) を用いたシナリオ分析により、窒素溶脱削減対策の効果の検討を行った。

研究方法

対象地域は、関東地方のある河川流域（農業集落数 42，総面積 68.3 km²）とした。この地域の主要な農地土壌は黒ボク土であり、主な作付体系は年 1 作のメロン栽培やカンショを中心とした野菜の輪作である（農業センサス 2000 等）。数値計算には、LEACHM のソースコードを一部改変した改良 LEACHM モデルを用いた。主な改良点としては、1) 分解性の異なる二つの有機物画分を設定したこと、2) 黒ボク土の腐植画分の分解が他の土壌に比べて遅くなるように分解速度定数を変更したこと、3) 土壌の粘土含量による無機化速度の違いを考慮したパラメータ設定を行ったこと、4) LEACHM モデルでは作物の非収穫部の C/N 比は 30 に固定されていたが、作物毎に異なる値を入力可能としたこと、が挙げられる。まず、松丸 (1997) による黒ボク土と砂質土の 3 年間の畑ライシメータ試験結果を用いて、改良 LEACHM モデルの検証を行い、水・窒素収支の予測値と実測値が概ね一致することを確認した。

モデル入力データは、1) 気象条件：アメダス日別データ、2) 基準蒸発散量：FAO Penmann-Monteith 式による ET_0 の週平均値、3) 土壌の物理的・化学的性質：定点調査データの地目・土壌統群・層別別平均値とそれに基づく水分保持曲線・不飽和透水係数パラメータ (van Genuchten-Mualem モデル)、4) 作付体系・肥培管理・目標収量等：県の野菜栽培基準、耕種基準等 (crop management standard)、5) 地下水位：県の地質柱状図に基づき内挿、等である。水移動は Richards 式、溶質輸送は移流分散式に従うとした。計算期間は、1978-2008 年の 31 年間とした。県の耕種基準に従った現況および 2 つの窒素負荷削減シナリオ〔シナリオ 1：メロンの間作作物として無肥料でソルガムを栽培し、緑肥として土

所属：*農業環境技術研究所 (National Institute for Agro-Environmental Sciences), **東京農工大学 (Tokyo University of Agriculture and Technology), キーワード：地下水の窒素汚染, 窒素の溶脱, LEACHM, 化学肥料, 家畜ふん堆肥

壤に働き込む，シナリオ 2：化学肥料による窒素施肥量を栽培基準から 50%削減し，削減分を堆肥で代替（堆肥施用量は 4 割削減）]，での窒素溶脱濃度および溶脱量をモデル予測により比較した。

結果と考察

シナリオ 1 では，正味の地表面窒素収支は現況とほぼ等しいにも関わらず，計 42 集落の平均窒素溶脱量は 30%減少し，緑肥ソルガム導入による窒素吸収・有機物蓄積効果が大きいと考えられた（表 1）。シナリオ 2 では，現況やシナリオ 1 よりも窒素投入量は減少したが，作物窒素吸収量はほとんど低下しなかった。また，地下水に到達する浸透水中の硝酸態窒素濃度は，現況の 24.8 mg L^{-1} に対し，シナリオ 1 とシナリオ 2 ではそれぞれ 12.6 mg L^{-1} ， 7.2 mg L^{-1} （環境基準 10 mg L^{-1} ）と推定された（図 1）。以上のように，改良 LEACHM を用いたモデル予測により，異なる土壌・地形条件下における作付体系や肥培管理の変更が地下水への窒素負荷に及ぼす効果を，定量的に示すことができた。

表 1 農業集水域 A を構成する 42 集落の平均窒素収支の予測値 ($\text{kg-N ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$)
Table 1 Predicted annual nitrogen budgets averaged for the 42 villages in the agricultural watershed A

	Crop management standard	Scenario 1	Scenario 2
Input N (chemical fertilizer/manure)	389 (209/180)	389 (209/180)	208 (104/104)
Crop uptake N		104	103
Harvested N		61	60
Leached N		158	45
Increase in soil organic N		42	15

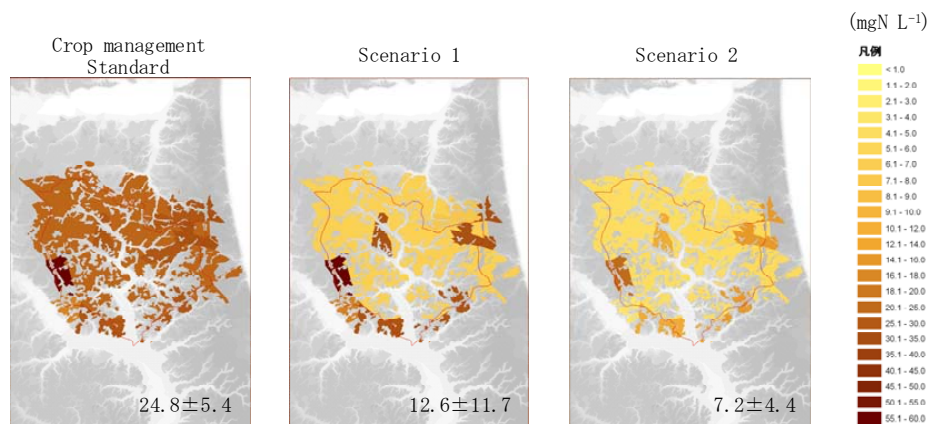


図 1 農業地域 A（計 42 集落）から地下水に到達する浸透水中硝酸性窒素濃度の予測値。図中の数字は計 42 集落の平均値と標準偏差。

引用文献：Hutson J. L. 2003. LEACHM - A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Ver.4. Research Series No R03-1, Dept of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY.