

	ヤマザキ ヨリ
氏 名	山崎 由理
本籍（国籍）	兵庫県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第連研 695 号
学位授与年月日	平成 29 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物環境科学
学位論文題目	十勝川水系における窒素流出抑制対策に向けた農業地域からの窒素流出特性に関する検証（Study of nitrogen runoff from the agricultural land to control nitrogen loading in the Tokachi River basin）
学位審査委員	主査 帯広畜産大学准教授 宗岡 寿美 副査 辻 修(帯広 教授),丸居 篤(弘前 准教授),安中 武幸(山形 教授)

論文の内容の要旨

農業を原因とする水系の窒素汚染は世界共通の問題であり、日本でも河川・地下水に対する窒素汚染問題について調査研究結果が多数報告されている。しかし、公共用水域における窒素を指標とした河川水質基準は存在せず、窒素汚染問題に関する顕著な改善効果が得られないまま多くの課題が提示されている。全国有数の大規模畑作・酪農地域である十勝川水系では、窒素流出抑制対策を視野に入れて本川・支川を含めた長期モニタリングにもとづく窒素起源の特定や負荷量の推定などを詳細に検討した事例はみられない。本研究では、十勝川水系の広域を対象とした 10 年間の河川水質環境および土地利用評価などをもとに、農業生産性の維持を基本とする窒素流出抑制対策に向けた農業地域からの窒素流出特性について検証した。

十勝川水系の本川・支川 37 地点を対象として 2007～2016 年に河川水質調査を実施し、流域の土地利用が河川水質に及ぼす影響を検証した。有機物等を指標とした平水時の河川水質は基準値を維持している一方、十勝川水系の本川・支川の全窒素 (T-N) 濃度 (平均値) は 25 地点で 1.0 mg/L (しきい値) を超過するとともに、T-N : 全リン比 (N : P 比 (モル比)) は 34 地点で Redfield ratio (16N : 1P) を超過しており、窒素過剰な河川水質であった。河川水中の T-N 濃度・N : P 比は流域の畑草地率・SC (畑草地) と有意な正の相関が、流域の森林率・SC (森林) とは有意な負の相関が得られた。このように、流域内の畑草地率のみならず、流域内で畑草地の連結性が増大する

と河川水中の T-N 濃度・N : P 比は上昇し、流域内で森林の連結性を高くすることで河川水中の T-N 濃度・N : P 比を低下させられる可能性が高い。このとき、十勝川水系の河川水中の T-N 濃度を 1.0 mg/L 以下に改善するには土地利用的・営農的両側面からの対策が必要と考えられた。T-N 濃度の改善目標を 2.0 mg/L と設定すると、流域の畑草地率を 31%以下に縮小し、SC (畑草地) を $292 \times 10^2 \text{ km}^2$ 以下にする必要があった。ここで、支川の 3 地点を土地利用的側面からの窒素流出抑制対策のモデルケースとすると、高い畑草地率を維持しながら畑草地の連結性を $292 \times 10^2 \text{ km}^2$ 以下に抑制することで河川水中の T-N 濃度を改善させられる可能性が示唆された。

十勝川水系に加えて、森林、畑作、酪農および畑作・酪農混合を主とする土地利用別の 8 流域を対象とした河川水中の溶存イオン濃度の総合評価をもとに河川水に対する起源水の寄与率を試算し、付着藻類の窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) から河川水中の窒素成分の起源を推定した。トリリニアダイアグラムより、調査対象の 41 地点は重碳酸カルシウム型 (II) から中間型 (V) の範囲に分類され、十勝川水系は畑草地率の増大に伴い河川水中の硝酸イオン (NO_3^-)・硫酸イオン (SO_4^{2-}) が優勢なイオン組成を示した。主成分分析から十勝川支川 (6 地点)・酪農流域で家畜排せつ物を主とした施肥管理が河川水質の悪化に影響しており、十勝川支川 (別の 6 地点)・畑作流域は化学肥料の影響を受けて河川水質が悪化していた。 $(\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$ 濃度およびカルシウムイオン・マグネシウムイオン ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) 濃度をトレーサーとしたエンドメンバー法によると、十勝川本川では渓流水の寄与率が 66~86% と高く、流下に伴い畑地由来の流出水の寄与率が上昇していた。一方、十勝川支川 (5 地点) では畑地由来の流出水の寄与率が 50~78% と顕著に高かった。また、土地利用別の 8 流域における付着藻類の $\delta^{15}\text{N}$ の評価から、畑作流域および畑作・酪農混合流域は化学肥料由来の窒素成分 (2.1~5.4‰) であり、酪農流域では家畜排せつ物由来の窒素成分 (9.6‰) であることが明らかにされた。

十勝川水系の 37 地点における年間の T-N 負荷量を推定する方法を検証するとともに、河川水中の T-N 濃度を 1.0 mg/L に改善するための T-N 負荷量の削減目標値を提案した。国土交通省公表の水質水文データベース (本川・支川、各 4 地点) をもとに、河川水中の T-N 濃度と畑草地率との関係に加え、河川流量と流域面積との関係からそれぞれ得られた回帰式を T-N 負荷量の算定式に代入して河川水質・流量の実測データが存在しない地点の T-N 負荷量を推定した。十勝川水系全体 (本川・最下流点) からの年間の T-N 負荷量は $17 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、T-N の比負荷量は $1.9 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$ と推定され、河川水中の T-N 濃度を 1.0 mg/L 以下に改善するには $9.7 \times 10^3 \text{ t/y}$ の T-N 負荷量を削減する必要があった。

以上の結果をもとに十勝川水系における窒素流出抑制対策の基本形をフローチャートに示し、十勝川支川 20 地点を 4 つのグループに分類してそれぞれの特性に合わせた流域からの窒素流出抑制対策を考えた。その結果、T-N 濃度 1.0 mg/L、畑草地率

30%および SC (畑草地) $290 \times 10^2 \text{ km}^2$ の指標から検討された優先すべき課題として、①5 地点では森林など緩衝帯の保全管理をはかること、②4 地点では施肥量の適正管理に向けた指導強化をはかること、③3 地点では森林などの緩衝帯の保全・復元管理によって森林の連結性を保持し畑草地の連結性を増大させないこと、④8 地点では施肥量の厳格な規制に加えて畑草地・森林の連結性を考慮して土地利用を改変すること、の4つが提示された。

論文審査の結果の要旨

農業を原因とする水系の窒素汚染は世界共通の問題として多くの課題が残されている。本研究では、大規模畑作・酪農地域である十勝川水系を対象とした 10 年間の河川水質評価および土地利用評価などをもとに、農業生産性の維持を基本とする窒素流出抑制対策に向けた農業地域からの窒素流出特性について検証した。

その結果、窒素流出の定量評価に関する調査研究事例が少ない十勝川水系における窒素流出抑制対策の構築に向けて以下の知見を得た。

1. 十勝川水系 (本川・支川) の 37 地点は窒素過剰な水質環境を呈し、全窒素 (T-N) 濃度および T-N : 全リン比 (N : P 比 (モル比)) は流域の土地利用率および同一土地利用の連結性 (SC) と有意な相関関係が得られ、流域内で森林を連結させ畑草地を分割させることで河川水中の T-N 濃度・N:P 比を低下させられる可能性が示唆された。
2. 十勝川水系 33 地点および土地利用別の小流域 (8 地点) の溶存イオン濃度について主成分分析およびエンドメンバー法で評価すると、流域の畑草地率の増大に伴い河川水中の硝酸イオン (NO_3^-)・硫酸イオン (SO_4^{2-}) が優勢なイオン組成を示し、本川は渓流水の寄与率が比較的高く、支川 (5 地点) では畑地由来の流出水の寄与率が顕著に高かった。また、土地利用別の小流域 (8 地点) において付着藻類の窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) から河川水中の窒素成分の起源を推定すると、畑作を含む流域で化学肥料由来の窒素成分 (2.1~5.4‰) であり、酪農流域では家畜排せつ物由来の窒素成分 (9.6‰) であると評価された。
3. 十勝川水系 (37 地点) の年間 T-N 負荷量の推定方法を検証するとともに、国土交通省公表の水質水文データベース (本川・支川、各 4 地点) をもとに、河川水質・流量の実測データが存在しない地点の T-N 負荷量を推定した。十勝川水系 (本川・最下流点) からの年間 T-N 負荷量は $17 \times 10^3 \text{ t} \cdot \text{y}^{-1}$ (比負荷量 $1.9 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$) と試算された。
4. 上記の結果をもとに、十勝川水系における窒素流出抑制対策の基本形をフローチャートに示し、本川に直接流入する支川 20 地点を 4 グループに分類してそれぞれの特性に合わせた流域からの窒素流出抑制対策を考えた。十勝川水系における河川水中の T-N 濃度の達成目標を 1.0 mg/L および 2.0 mg/L (畑草地率 30%・SC (畑草地) 290×10^2

km²)としたときの各指標から検討された4グループにおいて優先すべき課題として、①森林など緩衝帯の保全管理、②施肥量の適正管理に向けた指導強化、③森林など緩衝帯の保全・復元管理による流域内での森林の連結性の保持および畑草地の分割化に加えて、④施肥量の厳格な規制および畑草地・森林の連結性を考慮した土地利用の改変、の4つが提示された。

以上より、本論文では十勝川水系における窒素起源の推定や負荷量の試算のみならず、窒素流出抑制対策に向けた基本的な考え方を明示したことは高く評価できる。

よって本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

主論文

- 1 . Yamazaki, Y., T. Muneoka and H. Okazawa (2016)
Proposed the model for estimation of nitrogen load in the agro-forestry watershed.
International Journal of Environmental and Rural Development, 7(1):148-153
- 2 . Yamazaki, Y., T. Muneoka., H. Okazawa., M. Kimura and O. Tsuji (2016)
Characteristics of the river water quality under base flow condition in the Tokachi River basin, Japan.
International Journal of Environmental and Rural Development 7(1):154-159
- 3 . Yamazaki, Y., T. Muneoka., H. Okazawa., M. Kimura and O. Tsuji (2016)
Influence of the agricultural land agglomeration to the nutrients of the river water in the Tokachi River basin.
Paddy and Water Environment DOI :10.1007/s10333-016-0546-y

参考論文

- 1 . Yamazaki, Y., T. Muneoka., S. Wakou., M. Shimura., K. Yoshino., O. Tsuji and T. Tabuchi (2013)
The difference of agricultural land use in watersheds and long term fluctuation on the river water quality.
International Journal of Environmental and Rural Development 4(1): 152-157
- 2 . Muneoka, T., Y. Yamazaki., S. Wakou., M. Shimura., K. Yoshino., O. Tsuji and T. Tabuchi (2013)

The nitrogen runoff characteristics in agricultural watersheds after enforcement of animal waste regulation.

International Journal of Environmental and Rural Development 4(2): 56-61

- 3 . Yamazaki, Y., T. Muneoka., S. Wakou., M. Kimura and O. Tsuji (2014)
Evaluation of the ion components for the estimation of total nitrogen concentration in river water based on electrical conductivity
International Journal of Environmental and Rural Development 5(1): 160-164
- 4 . Muneoka, T., Y. Yamazaki., S. Wakou., M. Kimura and O. Tsuji (2014)
Evaluation of nitrate pollution in river water at agricultural watershed.
International Journal of Environmental and Rural Development 5(2): 51-56
- 5 . Muneoka, T., Y. Yamazaki., S. Wakou., M. Kimura and O. Tsuji (2015)
Evaluation of river water quality in agricultural watershed with the environmental standards.
International Journal of Environmental and Rural Development 6(1): 75-79
- 6 . Yamazaki, Y., T. Muneoka., S. Wakou., M. Kimura and O. Tsuji (2015)
Characteristics of ion components in river water with multivariate analysis and piper diagram in agricultural area.
International Journal of Environmental and Rural Development 6(1): 80-85