

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00570

研究課題名(和文) 瀬戸内海に対する窒素の面源として森林が果たしている現状と将来への評価

研究課題名(英文) Evaluation for future and present condition on a roll of forest as nonpoint source of nitrogen for the Seto Inland Sea

研究代表者

駒井 幸雄 (Komai, Yukio)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：00446808

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：瀬戸内海流域圏の森林域から瀬戸内海に流入する窒素負荷量を見積もるために必要となる流量について、瀬戸内海流域圏の森林域で実測した人為的汚染の影響のない渓流水中窒素濃度と、ICHARMのIFASで構築した分布型流出モデルにより比流出水量から森林域の窒素比流出負荷量を求め、瀬戸内海流域圏の森林域からの窒素流出負荷量を推定した。
窒素比流出負荷量は、関係各県ごとに大きく異なり、2013年と2014年の2年間平均で5.8 kg/ha/yearとなった。この結果に比べて環境省の窒素原単位の6.9 kg/ha/yearは1.1倍と大きく、原単位法による窒素比流出負荷量はやや過大であることが示された。

研究成果の概要(英文)：The specific load and the amount of nitrogen flowing into the Seto Inland Sea from the forest area were estimated by using nitrogen concentration in mountain streams, which were not affected by any artificial pollution and the specific discharge by the distributed runoff model constructed by IFAS of ICHARM, Public Works Research Institute.
The specific load of nitrogen in forest area of the Seto Inland Sea watershed was calculated 5.8 kg/ha/year as average value for the two years from 2013 and 2014. This result showed that the unit load of nitrogen by the Ministry of Environment, which was 6.9 kg/ha/year, was 1.1 times larger than the specific load of nitrogen based on actual data. Therefore, it was suggested that the amount of nitrogen loadings by the Ministry of Environment was over estimated.

研究分野：水環境

キーワード：瀬戸内海 森林 渓流水 窒素濃度 窒素比流出負荷量 分布型流出モデル IFAS シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

(1)日本最大の閉鎖性海域である瀬戸内海の環境保全のために、1970年代以降様々な水質汚濁対策が実施されてきた。その結果として、水質は一定改善されたが、生物量や生物多様性については回復していないことが現在の問題として指摘されている。

(2)今後、豊かな瀬戸内海を実現していくためには、効果的な栄養塩管理が必要であり、瀬戸内海に対する負荷量についても科学的に裏付けられた知見の蓄積が基本となるが、面源に関わる栄養塩の負荷量のデータは少ない。

(3)面源の中でも日本国土の67%を占める森林は、瀬戸内海に流入する負荷源として大きな位置を占めている。しかし、森林からの栄養塩流出負荷量の評価を行う場合、実測に基づいた見積もりは不十分である。

(4)栄養塩のうち窒素は、瀬戸内海への負荷に加えて森林の窒素飽和が危惧される中であって、その窒素濃度と負荷量について把握することが急務となっている。

2. 研究の目的

(1)瀬戸内海流域圏における詳細な渓流水中窒素濃度分布およびその特徴を明らかにする。

(2)瀬戸内海に対する森林域からの窒素流出負荷量を推定する上で必要となる流量を分布型流出モデルにより推定する。

(3)瀬戸内海流域圏における渓流水中窒素濃度、および森林域からの流量により、瀬戸内海に対する森林域からの窒素流出負荷量を推定し、環境省による原単位法による窒素比流出負荷量と瀬戸内海への窒素流出負荷量の評価をする。

3. 研究の方法

(1)渓流水調査は、瀬戸内海流域圏における森林域で上流に人為的汚染源がない地点を選び、採水期間に1回のみ行った。水質測定

項目は、EC, pH, アルカリ度(0.01 mol/L 硫酸による滴定法: 終点は pH4.3), $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ (フローインジェクション法 - ナフチルエチレンジアミン吸光光度法), TN(ペルオキシ二硫酸分解-紫外吸光光度法、またはオートアナライザ法)で行った。

(2)瀬戸内海流域圏における森林域からの窒素流出負荷量を推定するために必要な比流出水量は、土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)によって開発された統合洪水解析システムの IFAS(Integrated Flood Analysis System)を用いて、分布型流出モデルを構築し、シミュレーションをした。1年の前期半年の1/1 ~ 6/30をキャリブレーション期間に、後期半年の7/1 ~ 12/31をバリデーション期間に設定した。流出解析は2013~2014年の2年間で実施した。シミュレーション結果の評価方法として、NSE、PBIAS、RSRの3手法を用いた。モデルの評価基準として、Moriyasirらが提案した評価指標を用いた。

(3)1級河川流域を ArcGISにより、採水地点が1地点以上含まれており森林割合が70%以上であるサブ流域に分けて IFASにより構築した分布型流出モデルを使って計算し、森林域における比流出水量を求めた。

(4)各サブ流域内の平均窒素濃度、森林率、および比流出年平均流量を乗じて、サブ流域の窒素流出負荷量を計算し、その平均値を対象とした1級河川流域の森林域における窒素比流出負荷量とした。各県の森林域から流出する窒素負荷量流量は、1級河川流域以外の各県の森林面積に、1級河川流域の森林域における窒素比流出負荷量を乗じて求め、合計量とした。なお、兵庫県に加古川流域と揖保川流域の TN については、瀬戸内海流域圏全採水地点の $\text{TN}/\text{NO}_3\text{-N}$ 比の平均値(1.26)を $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に乗じて求めた。

4. 研究成果

(1)瀬戸内海流域圏において採水された地点数は2679地点であり、NO₃-Nの平均値は0.55 mg/L、中央値は0.39 mg/Lであった。NO₃-N濃度の最小値はすべての府県において、0.1 mg/L未満となっていた。全府県において、平均窒素濃度が瀬戸内海流域圏の森林域における平均窒素濃度(0.55 mg/L)より高かった県は和歌山県(0.59 mg/L)、奈良県(0.72 mg/L)、大阪府(0.97 mg/L)、三重県(0.76 mg/L)、福岡県(1.14 mg/L)、愛媛県(0.59 mg/L)、香川県(0.73 mg/L)であった。中国地方においては、3県とも平均NO₃-N濃度は0.55 mg/Lより低かった。九州地方において、大分県の平均NO₃-N濃度は0.55 mg/Lより低く、福岡県での平均NO₃-N濃度は0.55 mg/Lの約2倍の1.14 mg/Lであり、全府県の中で最も濃度が高かった。

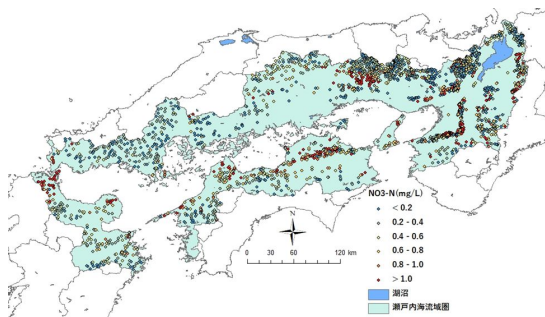


図1 NO₃-N濃度の分布

(2)森林域からの流量を推定するために、瀬戸内海流域圏における一級河川についてIFASにより分布型流出モデルを構築し、シミュレーションによって得られた流量に対し、実測流量データを用い、キャリブレーションおよびバリデーションを実施し、モデルの評価を実施した。評価項目のうちPBIASについてはUnsatisfactoryとなる場合が多く見られたが、NSEとPSRについてはVery Goodあ

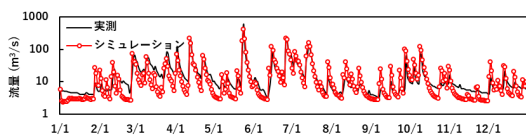


図2 IFASによるシミュレーション結果の例(加古川船町橋)

るいはGoodの評価が得られた。このように、

IFASにより構築された一級河川流域に対する分布型流出モデルは、実測流量のピーク流量、ベース流量およびピークの時帯を再現することができた。

(3)分布型モデルのシミュレーションにより求めた、大阪湾流域に関わる府県を除く瀬戸内海流域圏における、森林域からの比流出水量は、2013年では $10.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year} \sim 17.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$ (平均値: $13.8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$)、2014年では $9.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year} \sim 15.2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$ (平均値: $12.6 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$)で、2年間の平均値は $12.6 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$ であった。

(4)森林の比流出水量と実測された窒素濃度から計算された窒素比流出負荷量は、 $4.2 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year} \sim 10.2 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year}$ (平均値: $6.2 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year}$)、 $3.8 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year} \sim 8.8 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year}$ (平均値: $5.5 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year}$)であり、2年間の平均値は $5.8 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year}$ となった。各県ごとの森林域からの窒素流出負荷量は岡山県が最も多く、反対に香川県は岡山県の10分の1以下と最も少なかった。2013年と2014年の結果は、愛媛県を除く7県の場合、2013年の窒素比流出負荷量が2014年より大きい結果であったが、これは2013年の降水量が2014年よりも多かったことを反映していた。

(5)環境省の窒素の原単位($6.9 \text{ kg}/\text{ha}/\text{year}$)とそれに基づいて計算された森林流域からの窒素負荷量は $15,000 \text{ t}/\text{year}$ であり、本研究の $13,000 \text{ t}/\text{year}$ に比べて、環境省の原単位法による窒素流出負荷量(比流出負荷量)は10%過大に見積もられていることが示された。

(6)府県ごとに見た場合、兵庫県、岡山県、香川県では原単位法の結果は過少に見積もられ、3県以外の広島県、山口県、大分県、福岡県、愛媛県では同等あるいは過大に評価されていることが分かった。このように、窒素流出負荷量(比流出負荷量)は、流域ある

いは府県レベルでも一律ではなく、森林流域に関わる様々の環境要因によって大きく変動することから、それらを考慮した本研究は、森林域からの窒素流出負荷量を推定するための手法として有用であり、瀬戸内海流域圏の森林域の窒素流出負荷量をより適切に評価したという成果が得られた。

引用文献

環境省 セトうちネット,

https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/kankyojoho/kankyo_hozen/kanho-2.htm.

環境省, 瀬戸内海における窒素・燐の発生負荷量等解析調査報告書.

国土交通省, 水文水質データベース.

<http://www1.river.go.jp/>

ICHARM, IFAS.

<http://www.icharm.pwri.go.jp/research/ifas/index.html>

国土交通省 国土地理院, Global Map Global version (Elevation, Land Cover).

http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/gm_global_e.html

国土交通省 国土地理院 基盤地図情報, 数値標高モデル (10m).

<https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php?tab=dem>

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE 50 (3), 885-900.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 8 件)

森澤尚平, 駒井幸雄, 津田守正: 岡山県の森林域から流出する窒素負荷量の推定, 第 52 回日本水環境学会年会講演要旨集, 3-B-11-3, 札幌市, 2018.

岡本吉登, 森澤尚平, 駒井幸雄, 仁科一哉, 森野 悠, 國松孝男他: 福岡県と大分県の渓流水中に見出された高濃度の硝酸態窒素の原因について, 第 52 回日本水環境学会年会講演要旨集, P-A23, 札幌市, 2018.

Morisawa, S., Komai, Y., Tsuda, M., Kunimastu, T.: Estimation of Nitrogen Loadings from Forest Area in the Watershed of Hiji River, Japan by using the IFAS Model, Abstract of the 18th International Conference on Diffuse Pollution and Eutrophication, Los Angeles, USA, 2017.

Komai, Y., Okamoto, Y., Morisawa, S., Kunimastu, T.: The Concentration and Distribution of Nitrogen in Mountain Streams in the Northeastern Kyushu, Japan, Abstract of the 18th International Conference on Diffuse Pollution and Eutrophication, Los Angeles, USA, 2017.

Shohei Morisawa, Yukio Komai, Takao Kunimatsu: Evaluation of Mountain Area as Non-Point Source of Nitrogen for Seto Inland Sea: The Northern Shikoku Region, JAPAN EMECS'11 - Sea Coast XXVI Joint Conference (国際学会), Sankt Peterburg, Russia, 2017.

森澤尚平, 駒井幸雄, 岡本吉登, 國松孝男: 大分県の渓流水における硝酸態窒素濃度とその分布に影響する要因の解析, 第 51 回日本水環境学会年会, 熊本市, 2017.

岡本吉登, 駒井幸雄, 森澤尚平, 國松孝男: 福岡県東部地域における渓流水中硝酸態窒素濃度の分布とその特徴, 第 51 回日本水環境学会年会, 熊本市, 2017.

森澤尚平, 駒井幸雄, 國松孝男: 第 50 回日本水環境学会年会 四国地方の渓流水にお

る硝酸態窒素濃度分布とその特徴，徳島市，
2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

駒井 幸雄 (KOMAI, Yukio)
大阪工業大学工学部・特任教授
研究者番号：00446808

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

國松 孝男 (KUNIMATSU, Takao)