

水質モデルを用いた加古川流域から播磨灘への窒素流出解析

Analysis of nitrogen discharge from the Kako River Basin to Harima Nada using water quality model

○森 正 憲 (大阪大学) 古賀 佑太朗 (兵庫県環境研究センター)
嶋 寺 光 (大阪大学) 松 尾 智 仁 (大阪大学)
近 藤 明 (大阪大学)

Masanori MORI*¹ Yutaro KOGA*² Hikari SHIMADERA*¹ Tomohito MATSUO*¹ Akira KONDO*¹

*¹ Osaka University *² Hyogo Prefectural Institute of Environmental Sciences

In Harima Nada, nutrient concentration has decreased due to regulation for water quality improvement, which may be attributable to recent decrease in fishery yield. In order to evaluate the attribution quantitatively, it is necessary to grasp the dynamics of nitrogen in rivers flowing into Harima-Nada. In this study, hydrological transport of total nitrogen in the Kako River Basin, which is the largest among basins around Harima Nada, was analyzed by using water quality model. While the model well captured temporal variations of river flow, it tended to overestimate nitrogen concentration probably because of an overestimate of nitrogen load originating from area sources.

はじめに

瀬戸内海では、高度成長期には富栄養化の影響で赤潮が頻発していたが、瀬戸内海環境保全特別措置法による規制等により水質汚濁流入負荷量は大きく減少し、水質の改善が進んできた。その一方で、1990年代後半以降瀬戸内海における漁獲量は減少傾向にあり、ノリの色落ちも報告されている¹⁾。

上記の問題の要因の1つに貧栄養化が考えられる。溶解無機態窒素(DIN)をはじめとする栄養塩は、海洋生物の餌となる植物プランクトンの成長に必須であるが、瀬戸内海で漁獲量の減少が確認されたのと同時期に、瀬戸内海東部の播磨灘においてはDIN濃度の低下が進んでいる¹⁾。

このような課題を解決するための栄養塩管理対策の検討には、長期の栄養塩流出量評価が必要である。また、DIN濃度変化には流入河川による窒素負荷量の変化が影響を与えていることが明らかになっている²⁾。また、複数の流入河川中で加古川が最大の流域面積を持っていることが分かっている³⁾。

以上より本研究では、長期の栄養塩流出解析のための基礎研究として水文・水質モデルを構築し、播磨灘への流入河川の中で最大の流域面積を持つ加古川流域を対象に、流量、総窒素濃度の再現や、流域内の総窒素の寄与率の算出などといった総窒素(TN)の流出解析を行った。

1. 解析方法

1. 1 水文・水質モデルの概要

水文モデルで流域界・水路網データ、土地利用データ、気象データから流域内の降雨流出過程が計算される。続いて水質モデルにて、水文モデルにより計算された陸域流出量、河川水位・流量と、窒素負荷発生源データから河川水中窒素の動態が解析される。

1. 2 計算条件

計算領域は Fig.1 に示す加古川流域である。流域全体を1852の標準地域メッシュ(3次メッシュ)に区分し、計算期間は2015年の1年間とした。

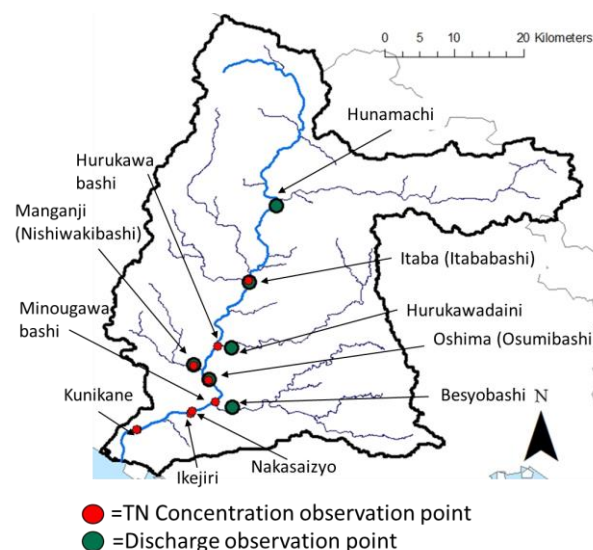


Fig.1 Kako River basin and observation point

Table.1 に各観測点における調査観測項目を、Table.2 に降雨後に実測を行った日時を示す。降雨後は河川への面源からの総窒素負荷が増加することが知られている。この中で流量の計算結果を本流の上流と下流に位置する板波と大島で、総窒素濃度の計算結果を降雨時に実測を行った板波橋と中西条について示す。中西条についてのみ、降雨後の2時間ごとに実測を行った。また、同じ地点で得られた実測値でも、観測所名が流量および平水時の総窒素濃度と、降雨後の総窒素濃度で異なるものが存在するので、Fig.1, Table.1 内の丸括弧に降雨後の総窒素濃度が得られた観測所名を示す。

Table.1 Observed items at each observation point⁴⁾⁵⁾

Area	Discharge	After rain (TN)	In ordinary water (TN)
Hunamachi	○	—	—
Itaba	○	○ (Itababashi)	○
Hurukawadaini	○	—	—
Hurukawa	—	○	—
Manganji	○	○ (Nishiwakibashi)	—
Oshima	○	○ (Osumibashi)	—
Minougawabashi	—	○	—
Besyobashi	○	—	—
Nakasaijo	—	○ (Every 2 hours)	—
Ikejiri	—	—	○
Kunikane	—	—	○

Table.2 Survey date at the time of rain⁴⁾

Year	Survey date	Survey date (Nakasaijo)
2015	8/20	—
	9/17	9/16-17
	10/28	10/27-28
	11/18	11/17-18

Table.3 に山林、水田、畑、市街地の土地利用割合を、Fig.2 に各土地利用の流域内における分布を示す。流域内には山林が多く存在することが分かる。窒素負荷発生源データとして面源からの降雨流出に伴う総窒素負荷、点源として下水処理場と事業所からの窒素負荷を考慮した。面源負荷は Table.4 に示す土地利用ごとの窒素の浸出率

を用いて、降水量の時系列変化に応じて総窒素負荷が分配されると仮定した。水処理場と事業所からはそれぞれ排水の流量および窒素濃度の日平均値、年平均値を入力し計算を行った。また、全計算格子において流出した総窒素負荷を発生源別に集計し、年間の窒素負荷の寄与率を算出した。面源負荷の影響を調べるために、全ての汚染源を考慮した計算に加え、面源負荷を考慮しない計算を行った。

Table.3 Land use ratio in the Kako River basin⁶⁾

Land Use	Forest	Rice field	Farm	City	Water
Ratio (%)	66.4	18.7	1.0	11.3	2.6

Table.4 Area source load unit for each land-use category⁷⁾

Land use	Forest	Rice field	Farm	City
TN leach rate (kg/ha/year)	5.78	5.0	2.4	4.5

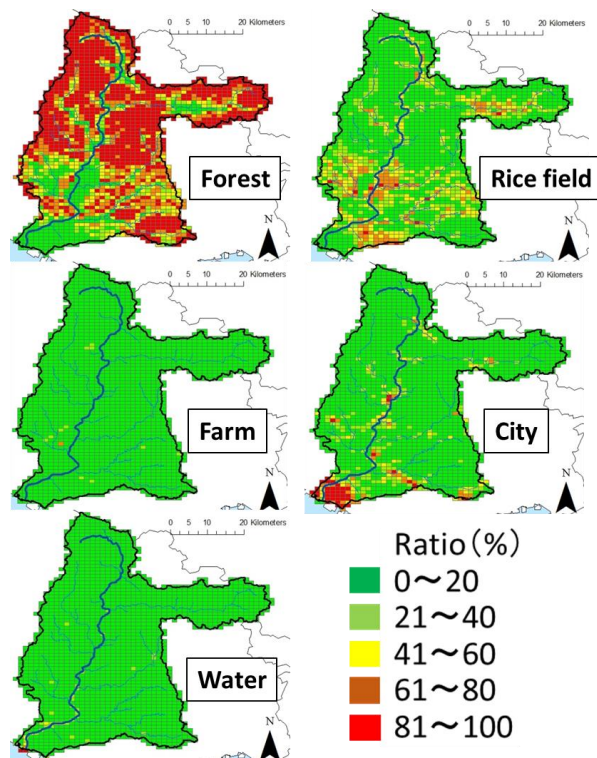


Fig.2 Distribution of land use ratio within Kako River basin

2. 計算結果

Fig.3, Fig.4 に板波と大島における流量時別値の計算値と実測値を、Fig.5 に全流量観測点における年平均流量の実測値と計算値の比較を示す。年平均流量は全体的に過大評価傾向ではあるが、板波と大島において実測値の変動傾向を計算値が捉えており、良好な結果といえる。

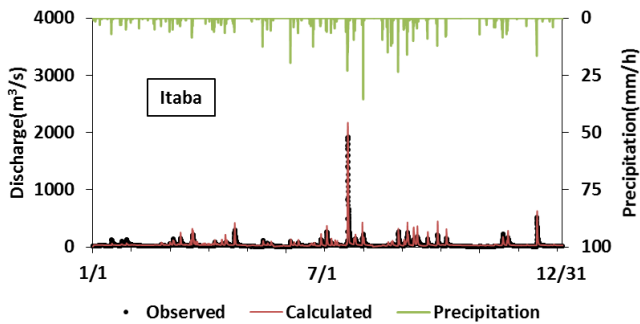


Fig.3 Calculated and observed hourly flow rate at Itaba in 2015

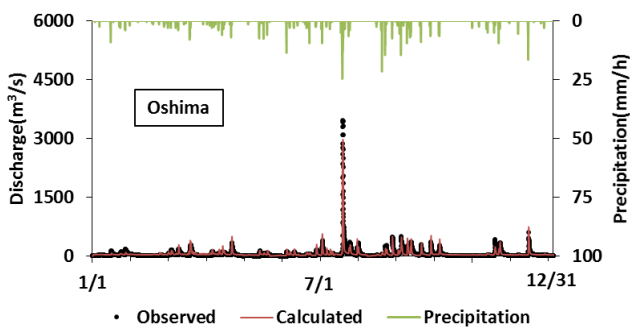


Fig.4 Calculated and observed hourly flow rate at Oshima in 2015

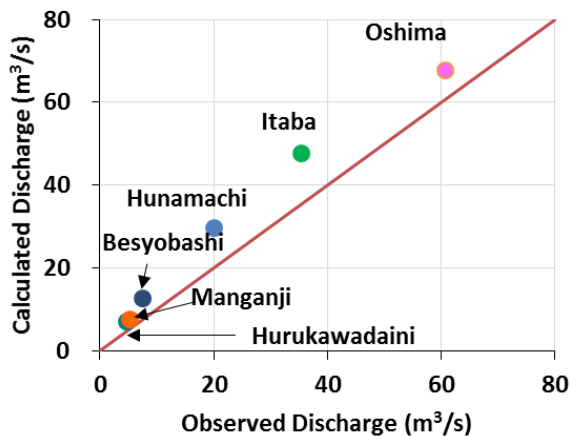


Fig.5 Scatter plot of calculated and observed annual mean flow rates

Fig.6, Fig.7に板波橋と中西条における総窒素濃度の計算値（面源負荷あり，なしの2ケース）と実測値の時系列変化を示す。面源負荷がない場合は総窒素濃度の変動が抑えられていることから，降雨後の濃度は面源負荷からの総窒素流出に依存していることが分かる。また，Fig.8に降雨後の実測が実施された10月27～29日の中西条における総窒素濃度の実測値と計算値を示す。面源負荷を考慮した場合には，実測値と比べ，降雨後の総窒素濃度が過大評価されていることが分かる。

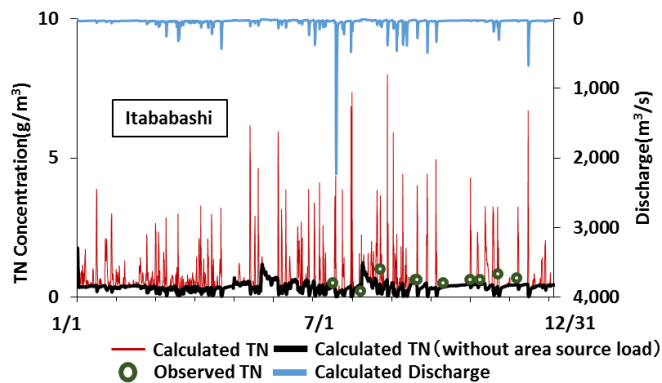


Fig.6 Calculated and observed TN concentrations at Itaba in 2015

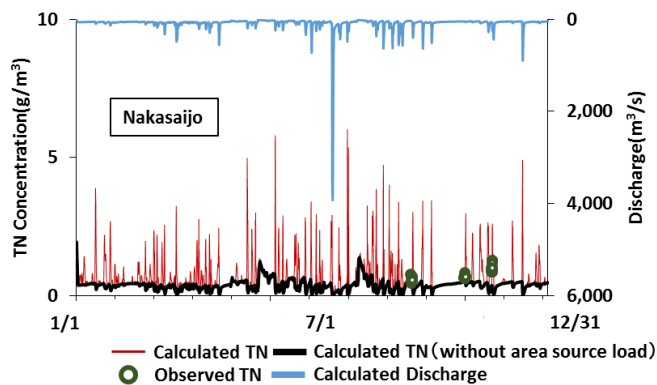


Fig.7 Calculated and observed TN concentrations at Nakasaijo in 2015

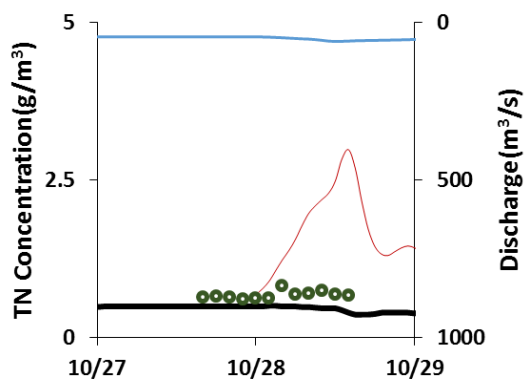


Fig.8 Calculated and observed TN concentrations on October 27-28 at Nakasaijo in 2015

Fig.8 Calculated and observed TN concentrations on October 27-28 at Nakasaijo in 2015

Fig.9に全総窒素濃度観測点における，平水時および降雨後の平均総窒素濃度の実測値と計算値（実測値が得られた時間での平均）を示す。平水時の計算値は過小評価されており，降雨後の計算値は過大評価されていることが分かる。

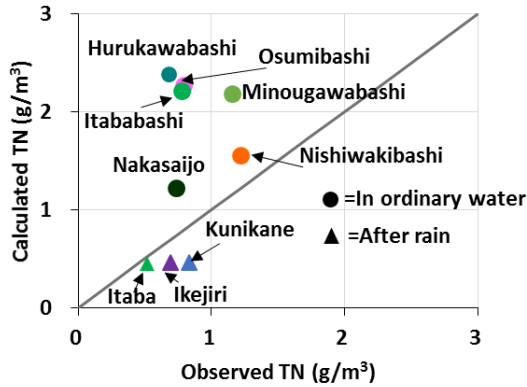


Fig.9 Scatter plot of mean calculated and observed TN concentrations

Fig.10 に流域内の総窒素負荷の発生源別の寄与率を示す。山林が最大の寄与率を示しており、2 番目に大きいのが事業所であった。山林の寄与率の大きさは流域内の山林の面積率が反映されたものと考えられる。

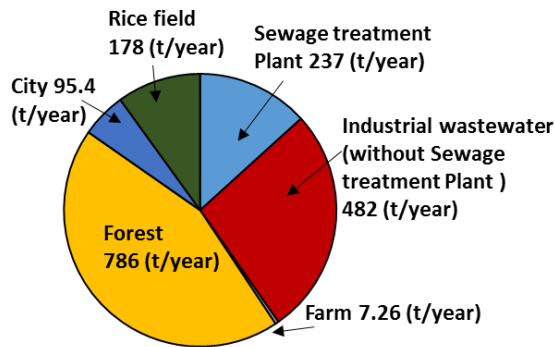


Fig.10 TN contribution rate by source

3. 考察

降雨後の総窒素濃度が過大評価されている原因に、降雨流出による面源からの総窒素負荷を過大評価していることが考えられる。本研究にて使用しているモデルにおいては、入力した原単位に従って総窒素負荷の時間配分が時間ごとに変化する降水量に応じて決定されるが、面源負荷の計算に用いる原単位は降雨そのものの負荷も含んでいる他、先行降雨継続時間や先行晴天期間などの降雨直前の初期条件に依存するものである⁸⁾。さらに雨天時のデータのみで算出した原単位で求めた負荷量と晴天時データもおりませで算出した原単位の負荷量とでは約3倍もの違いがあったことが報告されている⁹⁾。よって面源負荷の原単位は晴天時と降雨時で別々の値を用いることが必要と考えられる。また池淵周一ら¹⁰⁾によると、溶存態無機窒素、溶存態無機りん、懸濁態りんは広葉樹林流域が大きいほど流出負荷量が大きくなり、懸濁態窒素については針葉樹林流域が大きいほど流出負荷量が増加するという傾向がある。今回は山林による面源負荷は

一定としており、樹種による値の違いは考慮していないため、今後山林の樹種構成を考慮して面源汚濁負荷原単位を設定することで、より正確な総窒素濃度が算出できる可能性がある。

4. 結論

本研究の結論を以下にまとめる

- 構築した水文・水質モデルは、加古川流域における河川流量を良好に再現したが、降雨流出時の総窒素濃度を過大評価した。
- 総窒素濃度の過大評価の原因は、面源負荷の過大評価であることが示唆された。
- 山林からの総窒素寄与が最大であった。

今後の課題として、原単位の設定を降雨時と晴天時で分け、面源からの降雨流出の過大評価を改善することが挙げられる。また山林の樹種を考慮するなど、土地利用の区分を細分化し、より正確な面源から発生する総窒素負荷量を計算することも考えられる。

参考文献

- 1) 瀬戸内海の貧栄養化について - 兵庫県立農林水産技術総合センターひとこと
http://www.hyogo-nourinsuisangc.jp/15-one/one_2709.html
- 2) 播磨灘の栄養塩環境と兵庫県漁業の実態及び窒素供給取り組み事例 - 環境省
https://www.env.go.jp/council/former2013/11seto/y111-hearing03b/mat03_1.pdf
- 3) 瀬戸内海に流れる河川一覧
http://earthresources.sakura.ne.jp/er/EV_SNK_K.html
- 4) 古賀佑太郎, 宮崎一, 藤森一男, 松林雅之: 加古川流域における降雨時の窒素, りん負荷量の調査, 公益財団法人ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター紀要, 第7号, pp8-14
- 5) 国土交通省 水文水質データベース
<http://www1.river.go.jp>
- 6) 国土数値情報ダウンロードサービス
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj>
- 7) 国土交通省 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説
<http://www.mlit.go.jp/common/001065300.pdf>
- 8) 海老瀬潜: 面源負荷の流出に及ぼす水文条件の影響, 国立公害研究所研究報告, 第95号, pp57-70
- 9) 村田智史: 水田からの汚濁負荷流出原単位に関する研究
<http://kaihatsu2.sse.tottori-u.ac.jp/dev/main/study/summary/.../murata03.pdf>
- 10) 池淵周一: 流域森林等の変化をシナリオとしたシミュレーションの実施, 森林理水機能調査 (森林整備手法等基準調査) 報告書, pp264-274, 2015