

## 1. はじめに

閉鎖性海域である瀬戸内海では、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の結果、流入汚濁負荷量は大きく減少し、水質の改善が進んできた。一方で1990年代後半頃から、水産業が盛んな当海域において、ノリの色落ちや漁獲量の減少が確認されており、その原因として富栄養化の影響が懸念されている。瀬戸内海東部に位置する播磨灘においての窒素濃度には、流入河川からの窒素負荷量が影響していると考えられている。そのため、流入河川流域における窒素発生量を正確に推定できれば、河口流出量を計算し、それを基に海域の窒素濃度の推測、富栄養化対策策定への貢献が可能である。大気中や地表面の窒素は降雨により地下水や河川に流入することが知られているが、各自治体等で実施されている河川水中の窒素濃度の常時監視は平水時を対象としており、降雨時のデータは少ない。そこで本研究では独自に行った降雨時の採水調査のデータを用いて、降水時及び平水時の両方を対象とした、全窒素（TN）の動態解析を行った。

## 2. 解析方法

計算領域は播磨灘への流入河川で最大の流域面積を有する加古川流域とし、水平解像度1kmで1852メッシュに分割した。計算期間は流域内での汚濁発生源のデータが入手可能であった2004年～2016年とした。Hydrological River Basin Environment Assessment Model (Hydro-BEAM)<sup>1)</sup>を基にした水文モデルで、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を計算した。続いて水質モデルで、水文モデルにより計算した河川流量と、窒素発生源データから河川水中TNの動態解析を行った。

計算結果の妥当性評価のため、計算値と観測値の比較を行った。平水時の観測値として、国土交通省水文水質データベースより取得した板波、古川橋、万願寺、大島、国包、池尻における河川流量、TN濃度データを用いた。また、降雨時のTN濃度データについては、降雨時に池尻において2010年7月、10月に1～3時間ごと、中西条において2015年の11月に2時間ごと、2016年の2月に4時間ごとの採水・分析を各月1回実施した。図1に加古川流域における流量およびTN濃度の観測点の分布を示す。

TN発生源として点源（下水処理場、事業所）と、面源（土地利用別）を考慮した。表1に各土地利用の流域内面積割合<sup>2)</sup>と降雨時の採水を実施した2010年、2015年及び2016年のTN面源負荷原単位を示す。原単位は、尼崎にて観測された窒素の湿性沈着量を基に、各土地利用の特性を考慮した上で算出した（山林、水田、畑、市街地）<sup>3)</sup>。面源負荷は原単位に基づく年間負荷量を表面流の時系列変化に応じて分配した。また畑に関しては耕作期間である4月30日～9月27日にかけて肥料からの負荷を考慮した。



図1 加古川流域内の観測点分布

表1 流域内の土地利用割合とTN面源負荷原単位

土地利用	山林	水田	畑	肥料	市街地
面積率 <sup>2)</sup> (%)	66.4	18.7	1.0		11.3
原単位(2010) (kg/ha/year)	1.01	28.8	9.18	125	9.18
原単位(2015) (kg/ha/year)	1.19	29.2	10.8	125	10.8
原単位(2016) (kg/ha/year)	1.12	29.0	10.2	125	10.2

### 3. 結果・考察

森ら<sup>4)</sup>は図1に示す加古川流域内の流量観測点において、2015年における流量の良好な再現性を確認した。流量の実測値が存在しない地点でのTN負荷の実測値を推定するため、本研究では同様の手法で2004年～2016年の流量を計算し、流量の計算値にTN濃度の実測値を掛けた値をTN負荷の実測値として扱った。図2に平水時のTN濃度実測値が得られた6地点における2004年～2016年までのTN負荷の計算平均値と実測平均値を示す。流域内の複数の地点にて、平水時のTN負荷の良好な再現性が確認された。このことから、平水時の主な窒素発生源である点源からの窒素流出は正確に再現できたと考えられる。また図3に降雨時のTN濃度実測値が得られた池尻及び中西条においてのTN負荷変動を示す。一部時間帯においては負荷量のピーク及び下降するタイミングにずれが見られたものの、全体的に降雨時のTN変動の再現性は非常に良好であった。以上より、降雨時における面源由来の窒素流出を正確に再現できたと考えられる。

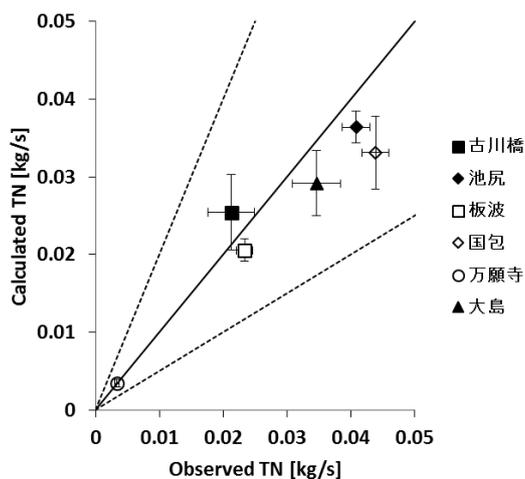


図2 平水時 TN 負荷の実測値と計算値の  
平均値比較 (2004～2016)

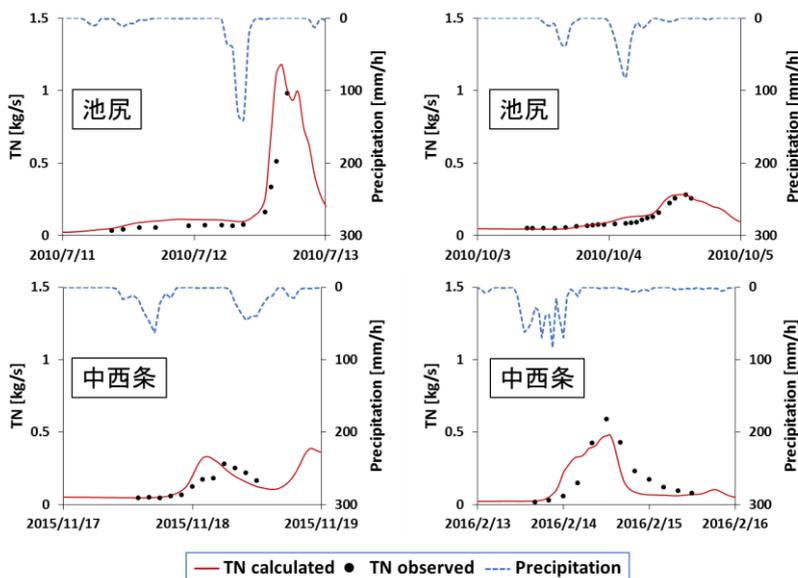


図3 池尻及び中西条における降雨イベント時の  
TN 負荷の計算値及び実測値

### 4. まとめ

本研究にて、平水時及び降雨時の両方でTN負荷の再現性が良好であると確認された。今後は本モデルを加古川以外のおもな流域に適用することで、播磨灘のTN動態を解析する際の境界条件としての活用が期待される。また本研究では入力データの不足により、2004年以降の解析に留まったが、1995年頃からの汚濁発生源のデータを入手、もしくは推定することで、播磨灘の水産資源が減少し、貧栄養化が懸念され始めた時期からの河川からのTN流入負荷量が計算可能となる。その上で、TN流入負荷量の経年変動が把握できれば、播磨灘の貧栄養化と河川流入負荷量との関係を解析できると考えられる。

#### 【謝辞】

本研究は、公益財団法人 河川財団の河川基金助成事業によって実施しました。

#### 参考文献

- 1) Kojiri, T. et al., Assessment of global warming impacts on water resources and ecology of a river basin in Japan. *Journal of Hydro-Environment Research*, 1, 164-175, 2008
- 2) 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj>
- 3) 環境省\_越境大気汚染・酸性雨対策調査, <https://www.env.go.jp/air/acidrain/>
- 4) 森ら, 水文・水質モデルを用いた加古川流域における窒素動態解析, 水文・水資源学会研究発表会要旨集 pp68-69, 2018

キーワード : Harima nada, Kako river basin, Total nitrogen, Water quality model, Nonpoint source