

淀川流域における窒素移動に関する研究

三重大学大学院生物資源学研究科・大阪成蹊短期大学 正会員 ○千田真喜子

三重大学生物資源学部

非会員

六鹿 章太

三重大学大学院生物資源学研究科 正会員

葛葉 泰久

1. 序論

流域内における水質汚濁などの水環境の悪化は、数十年来、わが国で重要な環境問題のひとつであり続けてきた。その中で、硝酸態窒素（以下 $\text{NO}_3\text{-N}$ と称す）等の増加による富栄養化は、今日も有効な対策が見出されたとは言い難い。また、近年では $\text{NO}_3\text{-N}$ の影響が人体へ及ぶことが懸念されている。以上のことから、健全な水環境を目指すうえで、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 等の窒素の移動を解明することが極めて重要と考える。本研究では対象地を淀川流域（図1）とした。淀川は上・中流域に大小多くの都市があり、そこからの下水が元の川に流される、再利用率の高い（下水処理水の混入率が高い）河川である。淀川中の全窒素は、浄水場を経て、最終的にほとんどが $\text{NO}_3\text{-N}$ の形態で水道水中に存在することになり、水道水には取水源とほぼ同じ濃度の $\text{NO}_3\text{-N}$ が含まれる¹⁾。そこで、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量に着目し淀川流域の窒素移動の解析を行った。

2. 使用データ及び解析手法

大阪府吹田市水道水（2007年10月～2010年1月）を毎日定時（降雨イベントの解析時には数時間おき）に採水し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を測定した。国土交通省の琵琶湖・淀川水系の河川の水質（1998年1月～2009年2月）及び河川流量データ、気象庁による降水量データ（AMeDAS 及び解析雨量）、鳥羽水環境保全センターの下水処理水の水質データを使用し、解析した。流域における窒素移動を解析するために、硝酸態窒素の環境特性に注目するとともに、得られた $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と流量データから $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量を算定することを試みた。

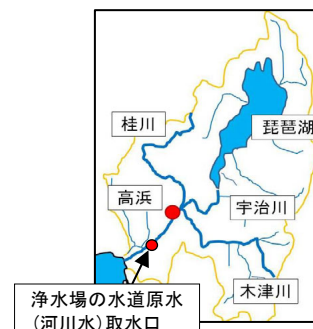


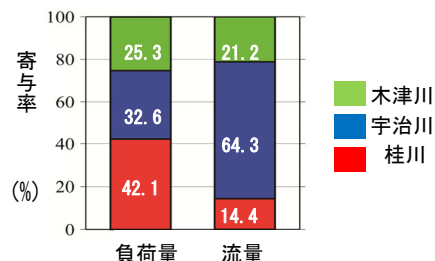
図1 研究対象流域

3. 結果及び考察

(1) 三川の流量及び $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量の影響

図2は、三川（木津川、宇治川、桂川）の淀川への流量及び $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量の寄与率である。例えば流量の寄与率は、次式（1）で求めた。

$$\text{寄与率 (\%)} = \frac{\text{一川の流量 (m}^3/\text{s)}}{\text{三川の合計流量 (m}^3/\text{s)}} \times 100 \cdots (1)$$

図2 三川（木津川、宇治川、桂川）の淀川への $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量及び流量の寄与率

計算の結果、2008年の流量の寄与率は、それぞれ宇治川 64.3%、木津川 21.2%、

桂川 14.4%となった（図2）。これは、中口ら²⁾の報告とほぼ一致している（2001年の流量の寄与率は宇治川 65.8%、木津川 18.5%、桂川 15.7%）。さらに、流量と同様に得られた $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度及び流量データから推定した $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量（以下、単に“負荷量”と称す）についても、その寄与率を求めた。負荷量寄与率は桂川 42.1%、宇治川 32.6%、木津川 25.3%となり（図2）、宇治川の負荷量寄与率が流量寄与率と比較して小さいことが分かった。逆に、桂川の負荷寄与率は流量寄与率と比較して大きい。木津川についても、流量寄与率に比し、負荷量寄与率が多い結果となった。

(2) 点源負荷の影響

負荷量寄与率の大きい桂川の $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷源を探るため、まず、点源負荷として、桂川に流入する京都市で最大規模の鳥羽水環境保全センター高級処理水放流水（以下、“放流水”と称す）からの負荷の影響をみた。放流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度及び高級処理水放流量データから得られた計算の結果、2008年において、放流水の桂川への $\text{NO}_3\text{-N}$ の年間総負荷量は

キーワード 硝酸態窒素, 負荷量, 面源負荷, 水質, 下水, 降雨一流出過程

連絡先 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577 三重大学大学院生物資源学研究科 TEL 059-231-9575

1.5t/year となった。桂川の淀川合流地点での $\text{NO}_3\text{-N}$ の年間総負荷量は、2937t/year となった。鳥羽水環境保全センターからの高級処理水からの $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷は少ないので、桂川への点源負荷については、簡易処理水、下水管から河川への雨水越流水、他の処理場からの負荷等を検討することが課題となった。

(3) $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量の挙動と降雨イベント

面源からの負荷源を探るため、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量の挙動と降雨イベントの関係から窒素移動の解析を試みた。図3は、流域別積算降水量、三川の流量、高浜の負荷量を示し、図3(左)は2009年の台風18号(2009年10月1日1:00~12日0:00)の図、図3(右)は2009年の秋雨(2009年11月7日1:00~16日0:00)の図である。期間内の流域内平均積算降雨量は91.4mmであり、桂川のピーク流量が宇治川のピーク流量を上回った(図3(右))。図4に高浜流量と高浜負荷量の時系列変化をプロットする。図4(左)は台風18号の図、図4(右)は秋雨時の図である。秋雨時には、流量が増加すると、それに遅れて負荷量が増加するヒステリシス(hysteresis)型の関係が見られた(図4(右))。図5に淀川流域平均降水量と高浜負荷量の時系列変化をプロットする。図5(左)は台風18号の図、図5(右)は秋雨時の図である。また、降雨量の増加とともに $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量が増加し、降雨量が減っても平水時の3倍の負荷量に増加した(図5(右))。さらに、無降雨になった後に負荷量のピーク(11/11 10:00)を迎えた。これは、森林河川においてよく見受けられる傾向である。2009年の台風18号時も同じような傾向(図3(左)、4(左)、5(左))を確認し、平水時の約30倍量の負荷量を算定した。

4. 結論

1) 淀川に対して、三川の流量の寄与率と $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量の寄与率は一致しなかった。流量の寄与が最も小さいにも関わらず桂川の $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷は最も大きく、流量の寄与が最も大きいにも関わらず宇治川の $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷は二番目に大きかった。

2) 桂川流域にある鳥羽水環境保全センターの高級処理水からの桂川への $\text{NO}_3\text{-N}$ 年間負荷量は、桂川流域の年間 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量と比べ少ない。

3) 2009年11月の秋雨時には、流量及び降雨量の増加に対して $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量が遅れて増加するヒステリシス型の関係が見られた。また、木津川のピーク流量が宇治川のそれを上回った同年台風18号時にも、無降雨後に負荷量のピーク(10/8 18:00)を迎えた。これは森林河川によく見られる現象であることから、降雨時において、桂川および木津川の上、中流域にある森林帯の土壌水、地下水からの $\text{NO}_3\text{-N}$ 流出が示唆される。

4) 1)~3)より、淀川流域の $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷は、主に降雨流出に大きく依存し、桂川および木津川流域の面源負荷であると考えられる。

謝辞：国土交通省淀川河川事務所、琵琶湖河川事務所、三重河川国道事務所、京都市上下水道部、鳥羽水環境保全センター、日本気象協会にデータ等提供して頂きました。深謝致します。

参考文献：1)大阪府HP「平成19年度原水及び浄水の水質、三島浄水場」<http://www.pref.osaka.jp/kankyoeisei/suido/genkyo-19.html>
2) 中口譲、山口善敬、西村崇、秦野善行、今中麻幸代、有井康博(2005)：淀川水系における富栄養化関連物質の挙動とその季節変化、地球化学第39号、pp.173-182。

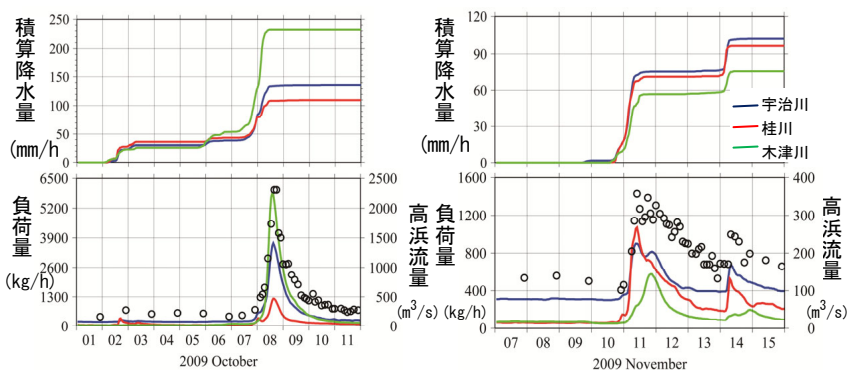


図3 流域別積算降水量、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量と流域別流量
(左)は台風18号(2009.10.1-10.11)、(右)は秋雨(2009.11.7-11.15)

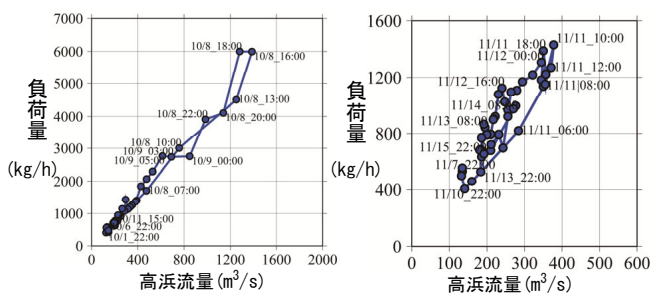


図4 高浜流量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量
(左)は台風18号(2009.10.1-10.11)
(右)は秋雨(2009.11.7-11.15)

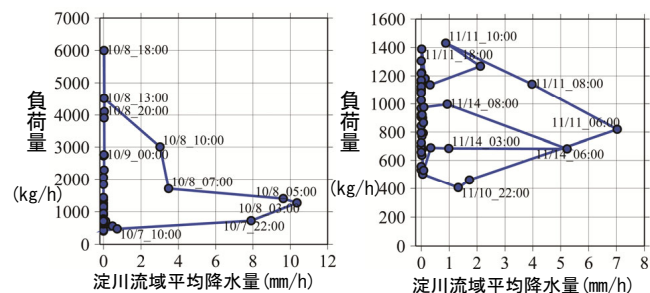


図5 淀川流域平均降水量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量
(左)は台風18号(2009.10.1-10.11)
(右)は秋雨(2009.11.7-11.15)