

河川水中の窒素化合物の季節・地域変化に関する検討

長野高専 学生会員 阿部卓也

長野高専 正会員 酒井 美月

1. はじめに

河川水中の窒素化合物の起源は、工場や家庭排水など排出源を特定できる特定汚染源(点源)と、森林や畑地、大気降下物などの排出源を特定することのできない非特定汚染源(面源)に分けられる。点源からの窒素流出は法律による排出規制等により著しく改善されている¹⁾。一方面源からの流出ははまだ十分に解決されておらず対策が強く求められている²⁾。平成 19 年に地理空間情報の活用を推進する法律が施行され、地理情報システム(GIS :Geographic Information System)を地域住民生活へ活用していくことが望まれている。この手法は前述の面源からの汚染について検討するにあたり、集水域の地理情報の取得に有用であると考えられる。そこで本研究では長野県北部に位置する鳥居川を対象に、河川水中の窒素化合物について継続的な調査を行い、GIS を用いて把握した地理情報と併せ、季節・地域変化および負荷量に関する検討を行った。

2. 調査対象河川概要

調査対象は信濃川水系の支流の一級河川である鳥居川の全集水域である(図 1)。対象河川は戸隠山奥社付近(標高約 1270m)に水源を発し、信濃町、飯綱町(旧牟礼・三水村)を通り八蛇川をはじめとするいくつかの支流と合流したのち信濃川(千曲川)本流と合流する³⁾。流路長は約 344km、標高差は約 940m、流域面積は約 162km²である。上流部の集水域は森林が大部分を占め、流下するに従い畑地や水田、果樹園などの農地が増加する。上流は積雪地帯であり、流量は冬場に減少、春先に雪解けとともに増加する傾向がみられる。

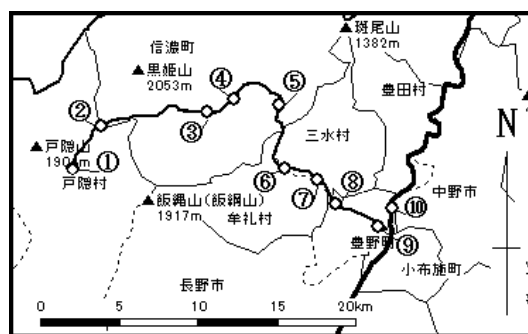


図1 対象河川および採水地点(旧市町村区分)

3. 試料採取および調査方法

採水地点は鳥居川の 9 地点と合流後の千曲川の 1 地点(合計 10 地点)とした。2009 年 8 月から 2011 年 7 月までの 2 年間、月に 1 回の頻度で水質調査を行った。上水・下水試験方法に準じ、基礎水質項目(pH・EC 等)および形態別窒素濃度：全窒素(TN)、硝酸態(NO₃-N)、アンモニア態(NH₄-N)、有機体(TON)を測定した。地点③および⑨で計測された流量のデータを負荷量推定に用いた。集水域とその土地利用状況を ArcGIS ver.10 (ESRI)とその拡張ソフトである Spatial Analyst (ESRI)を用いて各採水地点について求めた。

4. 結果と考察

4.1 濃度と組成

各地点の平均窒素濃度(n=24)を図 2 に示す。TN 平均値は上流部(①-④)0.195mg/L、下流部(⑤-⑨)0.776mg/L、千曲川本流(⑩)1.48mg/L であった。どの形態の濃度も最下流部で千曲川本流より低濃度であった。上流部の平均 NO₃-N 濃度は 0.086mg/L で、全国渓流水中の平均値(0.36mg/L)

よりも低い値となった。全窒素濃度は地点⑤で④の値の 4 倍に増加していた。TN 組成割合は、上流部は TON $\geq$ NO₃-N $\gg$ NH₄-N であるのに対し、下流部は NO₃-N $\gg$ TON $\gg$ NH₄-N と NO₃-N の占める割合が高くなっており、上流部と下流部で T-N 濃度組成が異なっていた。濃度の急激な上昇、組成の変化から、上流と下流では窒素化合物の排出源が異なることが示唆された。

4.2 土地利用割合

GIS を用いて採水地点ごとの集水域とその利用方法別面積およ

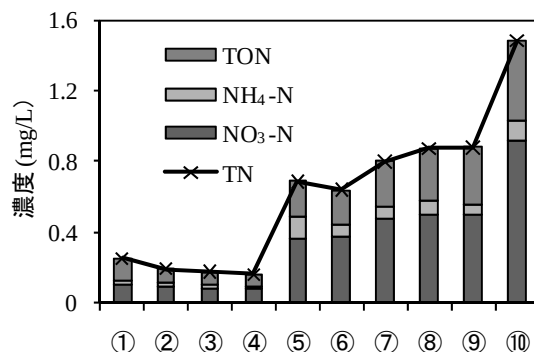


図2 地点別平均窒素濃度 (n=24)

び割合(土地利用割合)を求めた。特に濃度変化が顕著であった地点④から⑤について表 1 に示す。森林の割合は減少していたが、⑤から集水域に農地(水田・畑地・果樹園)と市街地が急激に増加していた。またこの地域では下水道の普及率も低い。④から⑤の地点での濃度の急激な上昇にはこの土地利用変化の影響が示唆される。⑤の地点で組成の変化が確認されたが、上下流で排出源が異なっている事も一因と考えられ、上流では森林、下流では農地や市街地に由来する事が示唆された。各形態の窒素と土地利用割合の検討を行った。結果の相関図を図 3 に示す。土地利用割合と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は総じて良い相関を示した($p<0.001$)。一方で $\text{NH}_4\text{-N}$ ではばらつきが大きく関係を明らかにすることが難しかった($p<0.05$)。 $\text{NH}_4\text{-N}$ のように環境中での形態変化が顕著な物質には発生源との検討に考慮が必要である。

4.3 濃度と流量の季節変化

上下流の平均 TN 濃度の推移を図 4 に示す。上下流とも 2 年間の結果がおおむね一致し、濃度変化に季節変化・周期性があることが示唆された。当該地域では上流(③)下流(⑨)ともに流量が同様の季節変化を示し、積雪・融雪により、冬期に流量が小さく春先(4 月)に大きくなる。濃度の変動は下流部で大きく観測された。下流部の濃度は 2-3 月で最も高く、9-10、4 月で低い値を示し、農繁期である夏よりも冬のほうが高濃度であった。流量変化による濃縮・希釈の影響と考えられる。4 月の濃度減少がとくに顕著であった。下流部では $\text{NO}_3\text{-N}$ の比率が高く、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が流量増加による希釈の影響を強く受けた事が示唆された。

4.4 負荷量推定

鳥居川から千曲川への負荷量を推定した(図 5)。千曲川に対する鳥居川の TN 負荷量割合は 2.2%であった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は年間を通してほぼ一定で、先の季節変化を裏付ける結果となった。TON は流量に伴う変化を示し、春に流量増加に伴い負荷量が増加することが確認された。

5. まとめ

長野県北部の鳥居川について、河川水中窒素濃度と土地利用について検討した。対象河川における窒素濃度は流下に伴い上昇し、その傾向には集水域の農地・市街地の増加率との関連が示唆された。濃度変化には周期性がみられ、冬季の積雪・融雪に伴う流量の変化に対応していた。特に窒素の形態によって流量変化による濃度への影響が異なり、それに伴い負荷量の季節変化が確認された。

〈謝辞〉 本研究の一部は豊橋技術科学大学との高専連携教育研究プロジェクトの助成によるものである。

〈参考文献〉 1) 國松孝男, 村岡治爾 (1989) : 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, 2) 吉田正則, 藤原伸介 (2001) : 水田、飼料畑、茶園、埋立処分地からなる中山間流域の窒素・リン・COD の負荷特性, 日本土壤肥科学雑誌, 72, 3) 松岡保正, 内山秀一 (1997) : 鳥居川と 33 用水の流域診断, 4) 木平英一ら (2006) : わが国の溪流水質の広域調査, 日本水文科学会誌, 36

表 1 集水域の土地利用面積と比率

項目	地点④	地点⑤	増減率
森林 km^2 (%)	43.8(88)	69.8(74)	-14.0%
農地 km^2 (%)	1.1(2.3)	14.4(15)	+12.7%
市街地 km^2 (%)	0.1(0.2)	3.1(3.3)	+3.1%
その他 km^2 (%)	5.1(9.5)	7.6(7.7)	-1.8%
集水域 km^2 (%)	50.1(100)	94.9(100)	+44.8 km^2
TN濃度 (mg/L)	0.160	0.687	+0.527mg/L

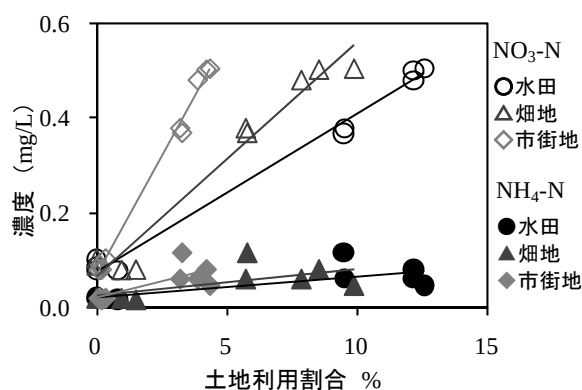


図 3 土地利用割合と形態別濃度の関係

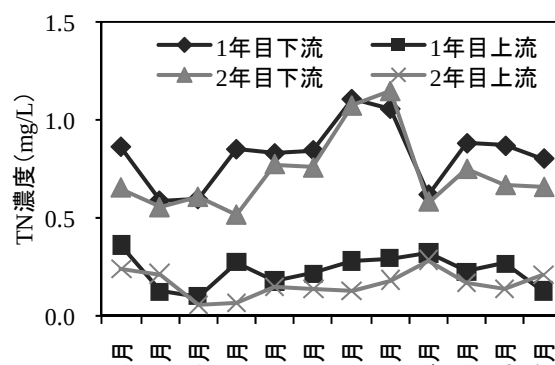


図 4 全窒素濃度の季節変化

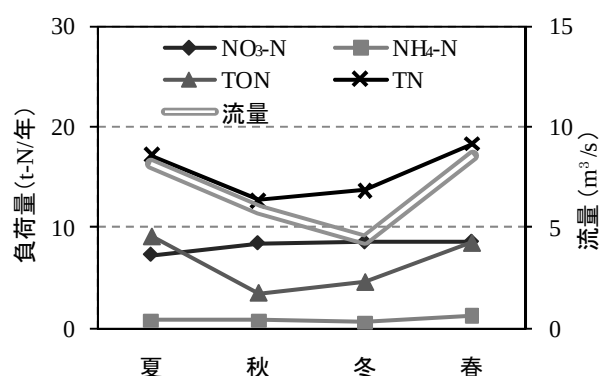


図 5 鳥居川最下地点での負荷量推定結果