

畑作・酪農地河川への栄養塩の流出

北海道大学大学院工学研究科 学生員 小林卓也 山本浩一
北海道大学大学院工学研究科 正 員 橘 治国

1. 研究目的と背景

農耕地からの表流水や湧水、地下水が河川の栄養塩の高濃度化を招き、問題となっている。土壌から溶脱してきた硝酸性窒素は、浅い地下水を上水道源として使用不可能な濃度にまで汚染し、また高濃度な窒素成分やリン成分は湖沼の富栄養化の原因となっている。この農耕地排水による汚染は面源として広範囲に分布し、その制御が難しい。本研究では農耕地河川を対象に、水質成分の由来を土地利用別に分離し、農耕地が河川水質にどのような影響を与えているか解明した。

2. 研究方法

千歳市に隣接する早来町を流れるフモンケ川を対象とした（図1）。フモンケ川は、馬追丘陵の森林地帯を源として、上流部では丘陵地帯の農耕地湧水が十数か所で流入し、また中流部から下流部は農耕や畜産で拓けた火山灰台地を流下するため、広く農業活動の影響を受けている。調査機関は1999年3月～2000年12月である。毎月、河川上流から下流までの計6地点と、流域内の地下水（浅層地下水と深層地下水）湧水4地点を採水した。また2000年11月と12月の調査では、上流部湧水群14ヶ所の集中調査を行った。流量はその現場で実測した。水質は栄養塩、無機イオンなど約30項目を分析した。

上流部湧水群において、湧水ごとに流域面積を特定し、土地利用面積割合と流出する湧水中の栄養塩濃度との関係を調べた。土地利用は畑地、草地、森林などに分類した。農耕地（畑地＋草地）100%における水質を算出し、農耕地由来として、森林河川と深層地下水とともに3種類の由来を考え河川水質成分の由来を分離した。

3. 研究結果と考察

河川、湧水、地下水水質を分析した結果、河川水は流下に伴ない各分析項目濃度が上昇すること、湧水と浅層地下水は窒素成分や主要無機成分が高濃度であること、深層地下水はリンやアルカリ度が高濃度であることがわかった（表1）。季節変動においては、河川水、湧水ともに融雪期や降雨量が多い夏期で流量が増加し、地下水も同様な変化を示した。

湧水の土地利用と水質との関係からは、農耕地の面積割合と硝酸態窒素や Ca^{2+} 、 K^{+} の陽イオン類の相関係数が高く（図2）、リン成分とはあまり相関がみられなかった。このことは主成分分析からも確認できた。ここで、河川水質を由来分離するのに水質2成分（成分1：硝酸態窒素濃度、成分2：アルカリ度）を使って寄与率を推定した。

キーワード：富栄養化 面源汚染 硝酸態窒素 エンドメンバー法

〒060 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科

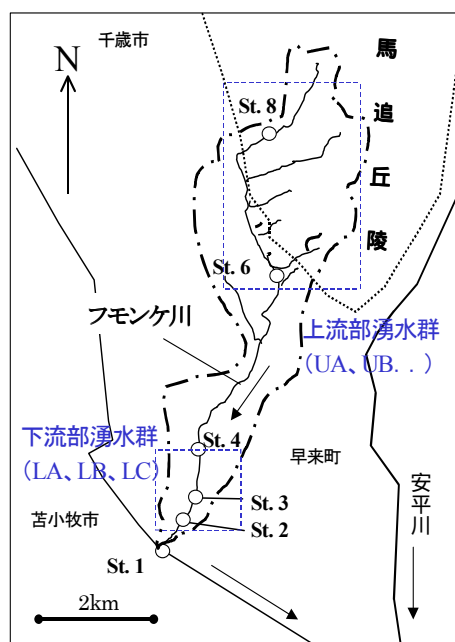


図1 フモンケ川流域

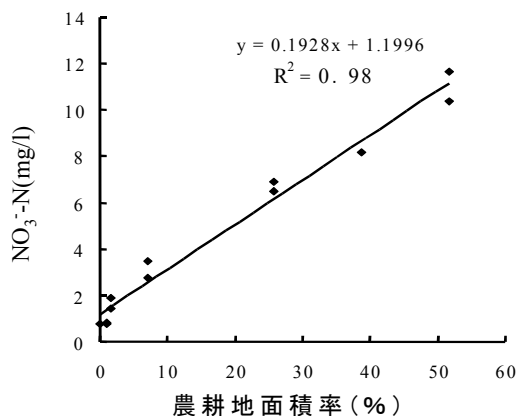


図2 湧水の硝酸態窒素と農耕地面積率

表1 河川、湧水、地下水性質の分析結果（1999-2000 年平均値）

	TN	DN	NO ₃ ⁻ -N	TP	DP	SS	4.3Bx	Cl	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SiO ₂
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
(フモンケ川)														
St. 8	1.02	0.89	0.69	0.026	0.010	5.1	0.365	4.7	4.6	5.7	1.1	4.7	1.5	31
St. 6	2.70	2.51	2.35	0.032	0.008	18.2	0.569	6.8	10.2	7.8	2.1	10.0	3.0	35
St. 4	2.78	2.65	2.43	0.046	0.021	12.0	0.603	7.1	10.0	8.0	2.1	10.5	3.0	37
St. 3	2.76	2.65	2.50	0.029	0.010	7.0	0.607	7.2	10.6	8.0	2.3	10.8	3.2	37
St. 2	2.72	2.62	2.39	0.027	0.008	6.8	0.614	7.2	10.7	8.0	2.2	11.0	3.2	37
St. 1	2.85	2.76	2.57	0.027	0.008	7.8	0.642	7.6	11.4	8.3	2.6	11.7	3.3	39
(支流湧水群)														
UA	11.33	11.20	10.40	0.016	0.011	2.0	0.753	9.6	31.1	11.4	3.8	26.4	5.7	50
LA	4.23	4.18	4.12	0.009	0.004	1.8	0.791	9.2	15.1	9.6	2.8	15.6	4.1	48
LB	2.84	2.77	2.61	0.012	0.008	2.1	0.769	9.9	16.8	10.3	2.9	14.2	4.1	49
LC	1.96	1.61	0.95	0.048	0.008	19.8	0.672	13.9	12.9	6.7	8.2	12.4	3.3	30
深層地下水 (Spfa層)		0.83	0.03		0.132		1.365	4.2	0.2	11.2	2.3	9.9	4.9	46
浅層地下水 (Spfl層)		13.90	13.50		0.005		0.772	28.6	13.0	13.6	3.2	31.5	6.9	50

Cr を各地点における水質とし、Cf を森林河川水質（フモンケ川最上流で森林流域のみをもつ St.8 の水質）、Ca は農耕地由来の水質として、湧水水質と農耕地面積率との相関より求めた。農耕地由来水は農耕地面積率が 100 % の時の水質とした（Ca₁=20.47 mgN/L、Ca₂=1.34 meq/L）。Cg を深層地下水（Spfa 層の被圧地下水）の水質として、エンドメンバー法（End-member mixing analysis）による推定式

$$Cr_1 = l Cf_1 + m Ca_1 + n Cg_1$$

$$Cr_2 = l Cf_2 + m Ca_2 + n Cg_2 \quad (l + m + n = 1)$$

から寄与率 l 、 m 、 n を算出した（Ca は上流部湧水群の 2 回の調査平均、他は調査ごとの値を用いた）。この結果、融雪期、降雨増水時には森林河川水の寄与率は増加した。秋季から冬季にかけて森林河川水の寄与率が低下し、農耕地流出水寄与率が増加することが判明した（図 3）。また、上流部湧水群の流入後の地点（St. 6）から下流では、森林河川水由来が減少し、リン濃度が高度である深層地下水由来寄与率が増加することがわかった（図 4）。表 1 における下流域でのリン濃度の減少は、下流域に植生するクサヨシ群落が河川水中のリン酸態リンを吸着し、懸濁態リンを捕獲・沈殿させる作用が働いているからと考えられる（参考文献 1）。

4. 結論

河川水質の寄与率をから、農耕地から河川への流入量の予測が付き、この流域は硝酸態窒素濃度が大きいことが分かった。また、下流域のリン成分の増加と減少などといった、流入過程や流入後の栄養塩の動態を把握することができた。発生源の寄与率の推定は、汚染制御策の立案に貢献するものといえる。

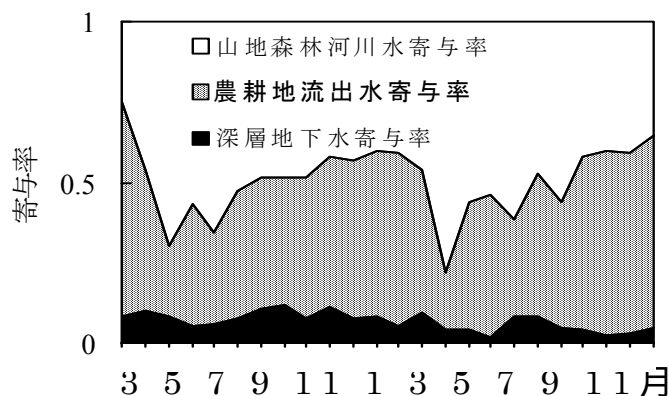


図 3 St.3 における寄与率の季節変化
(1999-2000 年)

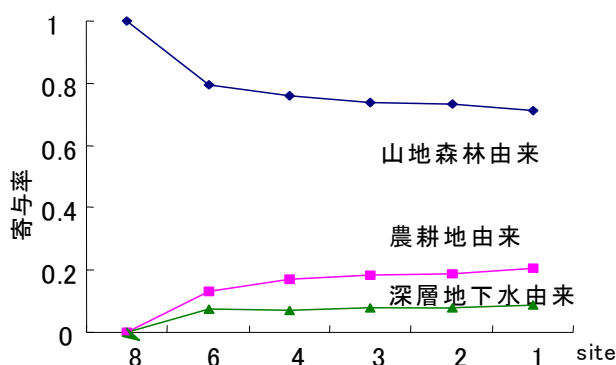


図 4 寄与率疏下変化（2000 年 5 月）

謝辞）本研究を遂行するにあたって、早来町役場、北海道開発局千歳川河川事務所、金川農場のご協力を得たことを、ここに記し謝辞を表します。

参考文献 1）吉澤香：水生植物のある水質環境 クサヨシと水質変換、北海道大学大学院工学研究科