

Ⅶ-11

畑作・酪農地帯からの硝酸態窒素の流出と河川水質への影響
- 北海道早来町火山灰台地地帯を対象として -

北海道大学大学院工学研究科 学 山本浩一、正 清水達雄
(株) エコニクス 正 吉沢香、北海道農業試験場 早川嘉彦
北海道大学大学院工学研究科 正 橘 治国

1. はじめに

農地河川の水質問題として、硝酸態窒素の動態解析とその流出制御が大きな環境問題となっている。本研究では、北海道の火山灰台地地帯を流域とする小河川であるフモンケ川を研究対象とし、河川水質に対し農耕地起源硝酸態窒素負荷の寄与の分離を試みた。

2. 研究方法

(1) 研究手順 農地河川に流入する人為活動に伴う流入水として、フモンケ川の場合、Ⅰ. 畑地湧水、Ⅱ. 採草地側溝排水、Ⅲ. 河床湧出水を考えた。これらの流量・水質は、Ⅰ, Ⅱは直接観察から、Ⅲは間接的に河川の流程変化から決定した。フモンケ川には、これらのⅠからⅢの他に、森林河川水や地下水が流入する。河川への寄与の分離は、Ⅰに硝酸態窒素が、地下水にカリウムイオンが高濃度で含まれることを利用して推定した。

(2) 調査対象水域 北海道千歳近郊の早来町を流域とする安平川水系フモンケ川(図1)を調査対象とした。流域面積は 25.1 km^2 、幹線流路延長は 12.6 km である¹⁾。

a) 上流部(地点8～地点6) (地点番号は図1に従う。)地点8の水質を、森林河川を代表するものとした。地点8～6の間で、畑が連なる丘陵部からの湧水が流入する。この湧水のひとつであるA圃場(小麦畑)直下の湧水を代表地点として調査した。b) 中流部(地点6～地点3) この区間は、周囲が畑・採草地で、周辺では畜産業が盛んである。中流部は、厚さ 20 m にも達する火山灰層からなる台地上にあり、区間内での流量増加が少ない。c) 下流部(地点3～地点1) この区間は、広く農耕地が広がり、水量は下流に向かって増加する。流入水として圃場の明渠排水、地下水そして下流部で増加する河床浸透湧出が考えらる。明渠排水としてはB圃場(採草地)の側溝を調査対象とした。河床浸透湧出負荷は地点1と地点3の河川流出負荷の差から明渠排水の寄与を取り除いて求めた。

(3) 分析方法 主に水の分析によった。²⁾

3. 結果と考察

a) フモンケ川の水質概況 図2に、フモンケ川の硝酸態窒素濃度の年変化を一例として示した。(地点1) 冬季に硝酸態窒素濃度の上昇が見られる。フモンケ川は、栄養塩濃度が高くまたその変化が著しいが、CODや重金属元素など低濃度で典型的な農村河川である。

b) 各農耕地排水の流入水)の特性

Ⅰ. 畑地湧水(A圃場) 湧水量の変化は降水に対し緩慢に应答して小さい。パイパープロット(図3)では高濃度の硝酸態窒素および Ca^{2+} 、 Mg^{2+} によって第1グループに入り、亀海³⁾が指摘しているように典型的な農地湧水である。

Ⅱ. 採草地側溝排水(B圃場) 側溝流量は、降雨に対応して変動が大きく、地下水位の影響を受けやすい。また降雨時には 8 mg-N/l に達する高い硝酸態窒素濃度を観測した。図3によると、平水時の側溝水質は、周辺の不圧地下水に近いが、降雨時にはA圃場湧水の水質に近いことがわかる。側溝の水質は、地下水が主成分であるが降雨時には畑地湧水とほぼ同じ水質組成の水が大量に混入することがわかった。

Ⅲ. 河床浸透湧出水 地点3～地点1までの流量増加は、この区間の明渠の流入量を差し引いても十分大きく、透水性の良い河床から水が湧出していることがわかった。降雨流出期間の湧出量 ΔQ (地点3流量－

農耕地、硝酸態窒素、河川水質組成、寄与率推定

〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北大大学院工学研究科環境資源工学専攻 電話 011-706-6277

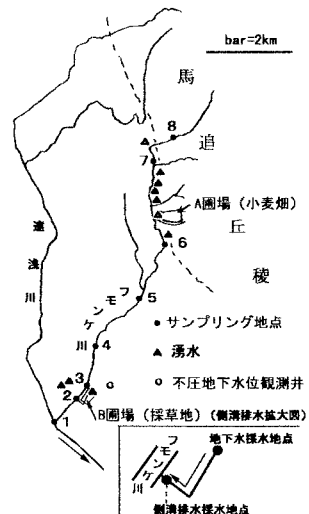


図1 調査対象水域

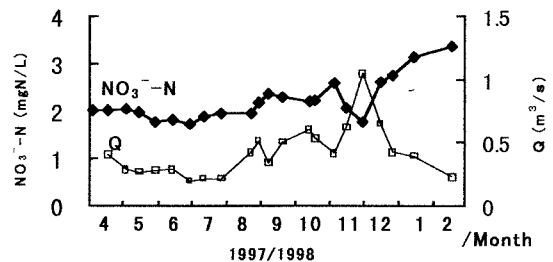


図2 フモンケ川における硝酸態窒素濃度と流量の変化(地点1)

地点1 流量一側溝流入量）は、周辺地下水位と河川水位の差 ΔH にほぼ比例した。（図4）。（1）式で推定した湧出水質（C）は地下水質、湧水水質、森林河川水質の中間的性質を示す。（ここで Q_1 、 C_1 として Q_3 、 C_3 はそれぞれ地点1、3の流量と水質濃度、 Q_d 、 C_d は明渠排水の流量と水質濃度）

$$C = \frac{C_1 Q_1 - C_3 Q_3 - C_d Q_d}{Q_1 - Q_3 - Q_d} \dots\dots\dots (1)$$

c) $K^+ - NO_3^- - N$ プロットによる水質寄与率の推定と硝酸態窒素負荷の流出特性解析

農耕地の寄与を分離するために河川水質、農耕地排水Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの水質を $K^+ - NO_3^- - N$ プロットで解析した（図5）。各地点の水質は、①畑地湧水水質（＝農耕地の影響を受けた水質）②森林河川水質 ③地下水の混合として表わすことができる。河川水質に対する農耕地の寄与率を倉持⁴⁾の方法で推定した。河川水質を $\bar{c}$ 、畑地湧水水質を $\bar{c}_a$ 、森林河川水質を $\bar{c}_f$ 、地下水水質を $\bar{c}_g$ とする。河川水質が、

$$\bar{c} = k_a \bar{c}_a + k_f \bar{c}_f + k_g \bar{c}_g \dots\dots (2)$$

で表されとする。ただし k_a, k_f, k_g はそれぞれ畑地湧水、森林河川、地下水の寄与率であり流量の割合を表す。また

$$k_a + k_f + k_g = 1 \dots\dots (3)$$

であり、（2）式を変形すると

$$\bar{c} - \bar{c}_f = k_a (\bar{c}_a - \bar{c}_f) + k_g (\bar{c}_g - \bar{c}_f) \dots\dots (4)$$

となる。（3）、（4）式から k_a, k_f, k_g が求められる。水質成分負荷は、①から③のそれぞれの寄与率、濃度、流量から求めた。①の水質はA圃場湧水水質の平均値（7月～11月）とし、 K^+ ：3.0 mg/l、 $NO_3^- - N$ ：7.9 mg N/lとした。②はその日の地点8の水質とした。（積雪により調査できなかった1998年1月14日と2月17日は、12月26日のデータを用いた。）③地下水水質はそれほど変動しないものとして、1998年11月24日の値 K^+ ：7.6 mg/l、 $NO_3^- - N$ ：0.2 mg N/lとした。1997年11月29日から1998年2月17日にかけてのフモンケ川における硝酸態窒素負荷の変動を、地点6と地点1を例に図6に示した。フモンケ川の水質負荷は流下するに従い農耕地起源の割合が増加した。冬季の5回の調査結果から、森林域の硝酸態窒素負荷が降雨後の減水により著しく減少するのに対し、農耕地起源の負荷は緩慢な変動をすることがわかった。これは畑地湧水（A圃場）の緩慢な流量変動と一致する。一方、河床浸透湧出は、周辺地下水位が低下するにしたがって負荷流入が減少する特性を持っていた。冬季にフモンケ川の硝酸態窒素濃度が上昇したのは硝酸態窒素濃度の高い湧水群が緩慢な流量減衰をするのに対し、これを希釈する森林域の流量が急速な減衰をしたことにあったと結論できる。

4. 結論

農地河川は、高濃度の硝酸性窒素などの栄養塩に代表されるように、特異な水質特性を示す。その原因として、農地からの比較的一定した栄養塩負荷のあることを明らかにした。栄養塩の負荷発生機構の詳細、土地利用状況などを考慮した栄養塩流出モデルの開発が今後の課題である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、下記の方々にお世話になった。記して深謝します。

金川幹司氏、金川幹夫氏、小華和牧場、高津均氏、早川農場、深見浩司氏、北海道開発局、米津仁司氏

参考文献：1）北海道土木協会、北海道河川一覽、1995 2）化学同人、「水の分析」第4版、1994 3）亀海泰子、硝酸汚染を受けた地下水の水質評価、第31回水環境学会講演集、p 303、1997 4）倉持寛太、草地酪農地域の水圏水質と草地寄与率の推定、第42回北海道土壌肥料研究通信、p 25、1996

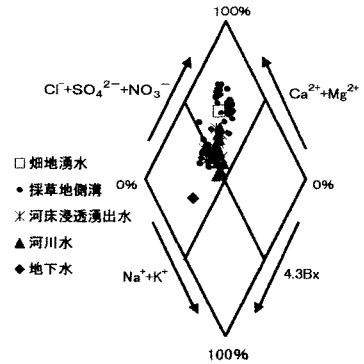


図3 パイパーキーダイアグラムプロット

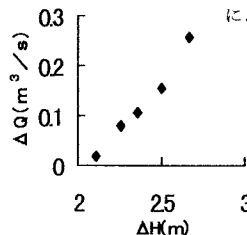


図4 河床浸透湧出量と（地下水位－地点2 河川水位）の関係

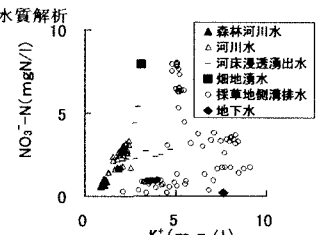


図5 $K^+ - NO_3^- - N$ プロットによる解析

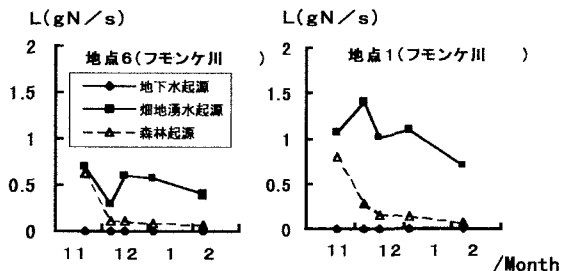


図6 硝酸態窒素の起源別の負荷変動（1997年11月-1998年2月）