

北海道の畑作酪農地帯における土地利用，畜産と湧水水質

国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 正会員 ○山本 浩一

北海道大学大学院工学研究科 学生会員 小林 卓也

北海道大学大学院工学研究科 正会員 橘 治国

1. 目的

硝酸態窒素および亜硝酸態窒素は乳幼児のメトヘモグロビン血症を招くことから，水道水質基準および人間の健康にかかわる環境基準（10mgN/l）が設定されている．北海道では畑作地帯において地下水および河川水の硝酸態窒素濃度の上昇が認められる．特に，家畜飼料を一部畑作物に依存して酪農を行う，畑作酪農地帯における地下水の硝酸態窒素濃度の上昇は著しい．地下水質と地表面の土地利用および畜産との関係を把握するために硝酸態窒素の溶脱リスク指標として DRASTIC¹⁾，IROWC-N²⁾等が提案されているが，一般的に地下水の硝酸態窒素濃度等，水質成分濃度の予測は困難であり，地表面の土地利用と地下水質の実測値の関係を議論した例は少ない．本研究では土地利用や畜産が地下水質に及ぼす影響を明らかにするため，北海道馬追丘陵の湧水群を対象とし涵養域における土地利用や畜産と湧水水質の関係について検討し，土地利用や畜産が地下水質に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした．

2. 研究方法

北海道勇払郡早来町を流下する二級河川安平川水系フモンケ川流域の，馬追丘陵沿いに湧出する13箇所の湧水と森林河川であるフモンケ川 Site 8 を2000年11月10日と12月7日の2回調査した（図1）．表面流出水や中間流出水が湧水中に混入することを避けるため湧水流量が安定する降雪期に採水した．涵養域の地質は未固結な支笏火山噴出物で構成され，地表面は混交林の他，畑地（デントコーン，小麦，ビート），草地で形成されている．一部の涵養域には豚舎および牛舎が存在する．分析項目は栄養塩の他，一般無機成分，有機炭素等約30成分を分析した．

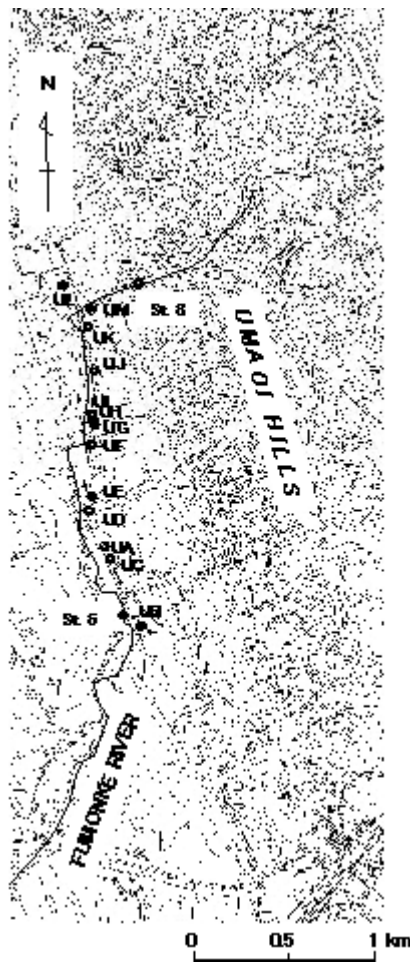


図1 調査対象水域
：湧水

3. 研究結果

（1）湧水水質の重回帰分析 畜舎の存在する2箇所の湧水を除外して11箇所の湧水について11月と12月の，2回の調査における平均水質を目的変数，畑地面積率と草地面積率を説明変数として重回帰分析した（表1）．解析の結果，硝酸態窒素について特に畑地面積率に関係（決定係数：0.951）することが明らかとなった．リン成分や有機炭素は決定係数が低く，農耕地に施肥されたリンは火山灰に吸着されるものと考えられる．

（2）窒素投入量から推定される湧水の硝酸態窒素濃度 農耕地における浅層地下水質の管理，予測を目的として国包ら⁴⁾の方法を応用し，下に示す（1）式～（3）式を設定し，地表面で発生する施肥窒素量および土地利用面積割合を用いて湧水の硝酸態窒素濃度を推定した．推定に用いた原単位，溶脱率等を表2に示す．

キーワード 硝酸態窒素 地下水 湧水 農耕地

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 0298-64-2211(内 3528) FAX 0298-64-1168

$$R = (P - E - S)A \quad \cdots \cdots (1)$$

$$L = \sum_{i=1}^n \alpha_i l_i A_i + \sum_{j=1}^m \beta_j L_{sj} \quad \cdots \cdots (2)$$

$$C = 1000L / R \quad \cdots \cdots (3)$$

ここで

R : 水資源の賦存量 (m^3/yr), P : 年間降水量 (m/yr),
 E : Thornthwaite 法による蒸発散ポテンシャル(m/yr),
 S : 貯留量(m/yr), A :流域面積(ha)

L : 地下水への窒素移行量 (kg/yr), l_i : 土地利用 i の投入窒素負荷 ($\text{kg}/\text{ha}/\text{yr}$), α_i : 土地利用 i に由来する溶脱率, L_{sj} : 畜舎 j からの家畜糞尿由来の窒素発生量 (kg/yr), β_j : 畜舎 j からの溶脱率, n : 地目数, m : 畜舎数 C : 硝酸態窒素濃度(mg/l)

本研究では年間を通しての土壌への貯留分は無いものとし, $S = 0$ (m/yr) とした. 降水の全窒素濃度は平均で $1.0 \text{ mg}/\text{l}^3$, 早来町安平における 1998 年から 2001 年の 3 年間の平均降水量 1274 mm から降雨に由来する窒素負荷を $0.13 \text{ kg}/\text{ha}$ と算出し流域に均一に加算した. 森林については降雨による窒素負荷のみを考慮し, 森林河川であるフモン

ヶ川 St.8 における平均硝酸態窒素濃度が $0.75 \text{ mg}/\text{l}$ であるから森林の溶脱率を 0.75 とした. 裸地は植物による吸収が無いとして溶脱率を 1 とした. 硝酸態窒素濃度の推

定値と実測値の関係を図 2 に示す. 推定値は実測値にほぼ近く, 対象地域では涵養域に投入される窒素負荷量によって湧水の硝酸態窒素濃度が決定することが明らかとなった.

4. 結論 地下水の硝酸態窒素濃度は涵養域に投入される窒素負荷と水文条件に応じて決定する. 地下水質の保全のために, 現在裸地に放置されている畜産廃棄物を溶脱率の低い土地 (草地など) へ移動し適切に管理することが対策として考えられる.

参考文献

- 1) Aller, L., Bennet, T., Lehr, J., Petty, R., Hackett, G., (1987), DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydro geologic settings. EPA/600/2-87/035
- 2) Macdonald, K. B. and D. B. Gleig (1996) Indicator of Risk of Water Contamination: Nitrogen Component (Progress Report), Agriculture and Agri-food Canada, Agri-Environmental Indicator Project Report No.5, 21p
- 3) 大村邦男, 黒川春一: 畑作酪農地帯における栄養塩類 (N, P) の循環, 北海道立農試集報 63, 11-21 (1995)
- 4) 国包章一, 真柄泰基, 地下水の窒素汚染とその原因に関する基礎的考察, 衛生工学研究論文集, Vol.20, 121-132 (1984)
- 5) 山本浩一 北海道大学学位論文 (2002)
- 6) Takao Kunimatsu, Miki Sudo and Takeshi Kawachi (1999) Loading rates of nutrients discharging from a golf course and a neighboring forested basin, *Water Science and Technology*, Vol. 39, No.12, 99-107

表 1 湧水水質の土地利用面積率による重回帰分析結果 ($n=11$)

		平均	標準偏差	標準偏回帰係数		偏相関係数		決定係数
				畑地面積率 (%)	草地面積率 (%)	畑地面積率	草地面積率	
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	197.1	72.9	0.762	0.424	0.856	0.678	0.788
pH	-	7.1	0.2	-0.305	0.174	-0.308	0.182	0.118
BOD	mg/l	0.8	0.2	-0.207	-0.103	-0.209	-0.105	0.055
SS	mg/l	2.8	2.2	-0.515	0.109	-0.516	0.127	0.272
Chl-a	$\mu\text{g}/\text{l}$	0.377	0.396	-0.370	-0.117	-0.373	-0.126	0.154
Pheo-a	$\mu\text{g}/\text{l}$	0.528	0.553	-0.312	0.250	-0.321	0.262	0.153
TP	mg/l	0.015	0.013	-0.254	0.142	-0.256	0.147	0.082
DP	mg/l	0.006	0.004	0.069	-0.111	0.069	-0.111	0.016
PRP	mg/l	0.001	0.001	-0.455	0.192	-0.462	0.215	0.237
DRP	mg/l	0.004	0.003	0.452	-0.110	0.453	-0.123	0.212
PP	mg/l	0.009	0.011	-0.323	0.212	-0.329	0.223	0.143
SiO_2	mg/l	36.9	5.8	0.559	0.126	0.565	0.153	0.335
TN	mg/l	4.81	3.22	0.946	0.190	0.972	0.636	0.947
DN	mg/l	4.76	3.23	0.948	0.182	0.972	0.622	0.948
PN	mg/l	0.05	0.04	-0.436	0.669	-0.573	0.732	0.613
NH_4^+-N	mg/l	0.027	0.043	0.178	0.300	0.187	0.305	0.126
NO_2^--N	mg/l	0.005	0.006	-0.150	0.114	-0.151	0.115	0.034
NO_3^--N	mg/l	4.53	3.20	0.948	0.191	0.974	0.653	0.951
TOC	mg/l	1.70	0.45	-0.489	0.190	-0.496	0.217	0.267
POC	mg/l	0.38	0.32	-0.104	0.267	-0.108	0.268	0.080
DOC	mg/l	1.32	0.34	-0.555	0.000	-0.555	0.000	0.308
4.3Bx	meq/l	0.703	0.250	0.249	0.293	0.261	0.304	0.155
Cl^-	mg/l	10.11	4.27	0.481	0.614	0.622	0.712	0.634
SO_4^{2-}	mg/l	16.38	10.47	0.772	0.348	0.834	0.563	0.740
Na^+	mg/l	9.32	2.03	0.764	0.383	0.840	0.613	0.756
K^+	mg/l	2.54	1.19	0.666	0.429	0.748	0.587	0.652
Ca^{2+}	mg/l	17.26	8.36	0.753	0.421	0.845	0.662	0.773
Mg^{2+}	mg/l	4.39	1.50	0.564	0.268	0.589	0.328	0.403

表 2 窒素負荷原単位および溶脱率

(土地利用: $\text{kg}/\text{ha}/\text{年}$, 畜舎: $\text{kg}/\text{頭}/\text{年}$, 溶脱率: -)

	森林	畑地	草地	ゴルフ場	裸地	豚舎	肉牛舎	乳牛舎
降雨由来 ³⁾	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13			
化学肥料由来	0	65 ⁵⁾	86 ³⁾	41 ⁶⁾	0			
堆肥由来	0	66 ⁵⁾	91 ³⁾	0	0			
合計 (I, L_s)	0.13	131.13	177.13	41.13	0.13	13.2 ⁴⁾	23 ⁴⁾	58.7 ⁴⁾
溶脱率 (α, β)	0.75	0.55 ³⁾	0.16 ³⁾	0.50 ⁶⁾	1	0.14 ⁵⁾	0.14 ⁵⁾	0.14 ⁵⁾

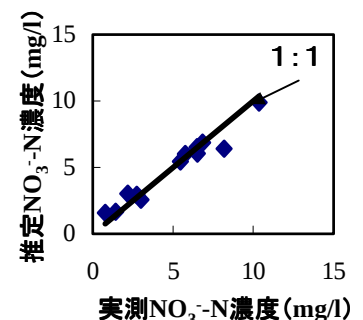


図 2 対象湧水群の硝酸態窒素濃度の推定値と実測値の関係