

声問川流域における陸域から河川への 流出物質について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 資源保全チーム

○桑原 淳
岡村 裕紀
横濱 充宏

磯焼け対策の1つとして、陸域から河川を通して供給されるフルボ酸鉄などの水産業有用物質に着目した研究が行われている。陸域での調査は森林域やダム湖を対象とした事例が見られるが、農地を含めた流域を対象とした調査は少ない。有機物が分解されることで形成される腐植土は、農地土壌にも形成されるため、農地からもフルボ酸鉄が流出している可能性はある。

筆者らは北海道稚内市の声問川流域において、陸域から河川へ流出した物質について調査を行った。本稿ではその結果について述べる。

キーワード：腐植性土壌、フルボ酸鉄、磯焼け

1. はじめに

北海道沿岸では、日本海側を中心に磯焼けが発生している¹⁾。磯焼けとは、浅海の岩礁・軽石域においてコンブなどの海藻の群落は、長期間にわたって著しく衰退または消失する現象のことである²⁾。磯焼けは、海藻の消失だけでなく、海藻の群落を生息の場とする魚類やウニなどの減少につながるため、漁業に大きな影響を与えている³⁾。

磯焼け対策の1つとして、森林から河川を通して供給される物質に着目した研究が行われている^{4,5)}。特に森林の腐植性土壌で形成される腐植物質と鉄の錯体であるフルボ酸鉄は、コンブの生長に貢献することが明らかにされてきた³⁾。腐植性土壌は森林だけでなく湿地や農地でも形成される⁶⁾ため、農地を含んだ流域からもフルボ酸鉄が供給されていると考えられる。

本研究では、フルボ酸鉄を中心とした河川の水質分析を行い、陸域での土地利用状況の違いが河川に流出する物質に及ぼす影響を検証した。本稿では、平成23年度の調査結果について報告する。

2. 調査地区概要

調査は、北海道稚内市を流れる声問川流域で行った。採水地点を図-1に示す。各採水地点の流域面積と土地利用状況を表-1にまとめた。声問川の8地点(図-1の赤丸)、流域内の牧草地に整備された排水路の10地点(図-1の黄色丸)で採水を行った。図-1の①地点が採水箇所の上流部である。流域内に農地や住宅地

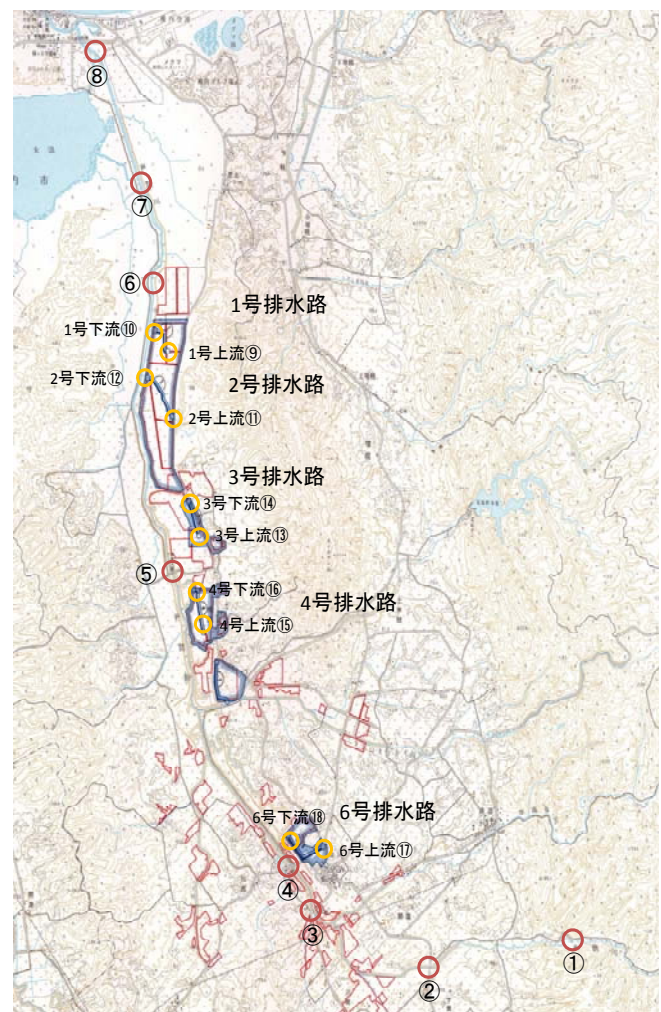


図-1 採水地点

表-1 採水地点の流域面積と土地利用状況

地点名	流域面積	流域内の土地利用区分 (km ²)				
		森林	牧草地	ササ等	住宅地	開放水域
声問川①	17.3	15.7	—	1.5	—	—
声問川②	30.0	24.0	4.0	2.0	—	—
声問川③	83.4	52.4	24.7	4.6	1.7	—
声問川④	84.3	52.5	25.2	4.7	1.9	—
声問川⑤	188.1	107.9	60.7	15.5	3.2	0.9
声問川⑥	216.6	118.3	69.9	24.1	3.3	1.0
声問川⑦	228.9	124.5	70.4	29.6	3.3	1.1
声問川⑧	293.9	148.3	89.4	45.3	4.8	6.1
1号排水路上流⑨	1.5	0.72	0.12	0.66	—	—
1号排水路下流⑩	2.0	0.72	0.60	0.66	—	—
2号排水路上流⑪	2.5	0.90	0.01	1.54	—	—
2号排水路下流⑫	4.4	0.99	1.40	1.97	—	—
3号排水路上流⑬	0.4	0.08	0.24	0.05	—	—
3号排水路下流⑭	0.5	0.08	0.37	0.05	—	—
4号排水路上流⑮	0.1	—	0.13	—	0.01	—
4号排水路下流⑯	0.3	—	0.26	—	0.01	—
6号排水路上流⑰	0.1	—	0.04	—	0.02	—
6号排水路下流⑱	1.3	0.17	0.63	0.40	0.08	—

を含まず、針葉樹や広葉樹などの森林が広がる。②地点の流域内には森林のほかに牧草地の分布が見られ、③地点から下流側の流域内には住宅地が含まれる。

排水路での調査は、1号排水路から6号排水路（5号排水路は除く）で採水を行った（図-1）。また、どの排水路も声問川と接続している。

3. 調査時期

採水は平成23年9月21日、10月12日及び10月19日に行った。河川水はロープ付きバケツで、排水路は手付きビーカでそれぞれ表層水を採水した。すべての採水時の水位は平水位であった。採水した試料水は保冷状態で郵送し、速やかに分析を行った。

4. 分析項目

水質分析の項目と分析手法を表-2に示した。フルボ酸鉄の分析方法はIgarashiらの方法⁷⁾に準じた。腐植物質と鉄の錯体であるフルボ酸鉄は負の荷電を帯びているため、陰イオン交換樹脂によって交換可能である。最初にメンブランフィルター（孔径0.45μm）で吸引濾過を行い、濾液100mlを毎分5ml未満の速さで陰イオン交換樹脂を詰めたカラムに流した。カラムの外側を蒸留水で洗浄後、1M塩酸40mlで鉄錯体を溶出させ、原子吸光法で定量した。

表-2 分析項目と分析手法

分析項目	分析手法
全有機態炭素	赤外線分析法
全窒素	紫外線吸光法
フルボ酸鉄	原子吸光法

5. 結果と考察

(1) 全有機態炭素と全窒素

声問川の各採水地点の全有機態炭素（T-C）及び全窒素（T-N）を、図-2に全有機態炭素を全窒素で除したC/N比を図-3に示す。全有機態炭素は、各採水時において最上流の①地点から下流の⑧地点にかけて、高くなる様子が見られた。全窒素は、①地点では0.3~0.4mg/Lであるが、④地点で1.0~1.1mg/Lまで高くなり、⑧地点で1.4mg/Lとなった。C/N比で表すと①地点で、5.5~8.6であるが、④地点で2.9~3.5まで小さくなった。これは、④地点の全窒素が①地点の全窒素と比べて3倍近く高くなったためである。ここから下流では、全有機態炭素が高くなることで、C/N比は4.9~5.5まで大きくなった。

図-4に全有機態炭素及び全窒素と流域に占める森林の割合の関係を、図-5に全有機態炭素及び全窒素と流域に占める牧草地の割合の関係を示す。両図から、流域に占める森林の割合が低下し、牧草地の割合が増加すると全有機態炭素及び全窒素は高くなることが分か

る。特に全窒素は、流域に占める牧草地の割合と強い正の相関関係があった。①地点の流域に占める森林の割合は 92%、牧草地の割合は 0%に対し、④地点の森林の割合は 62%、牧草地の割合は 30%である。④地点では、流域内に森林以外の牧草地などが広がることで、これらの流域からの流入があると推察される。

ただし、流域に占める牧草地の割合は③地点で 30%であり、そこから下流もほぼこの値で一定となっている。それにも関わらず、全有機態炭素及び全窒素は下流で高くなっていることから、濃度が高くなった原因は牧草地の割合だけではなく、土壌の分布状況なども影響していると考えられる。

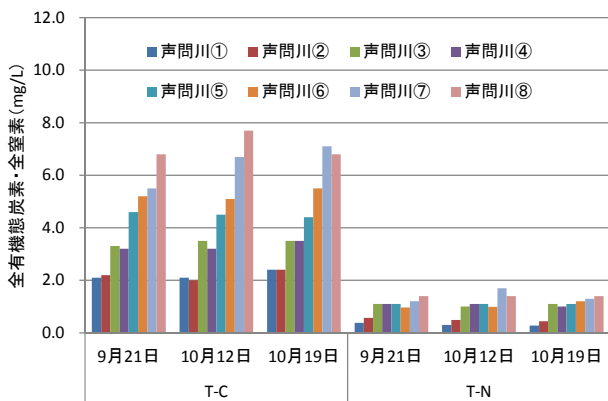


図-2 声問川の全有機態炭素及び全窒素

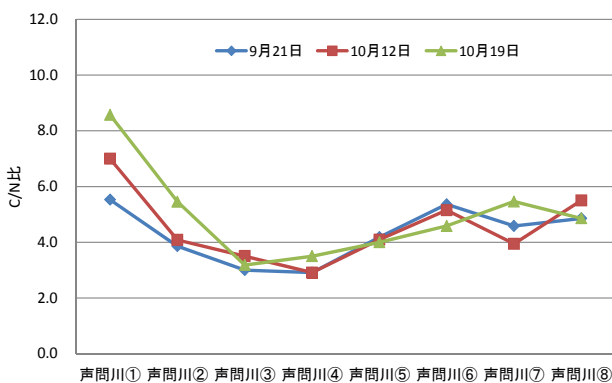


図-3 声問川の C/N 比

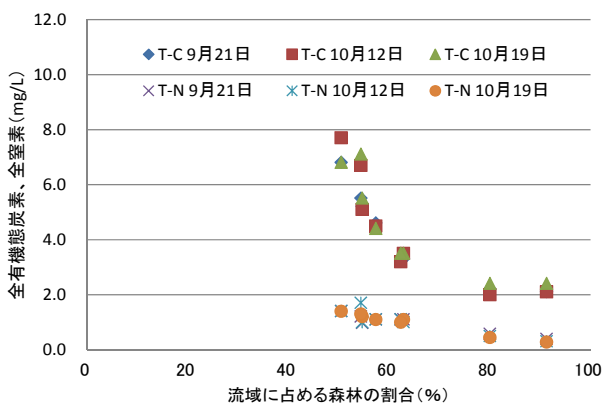


図-4 声問川の全有機態炭素及び全窒素と流域に占める森林の割合の関係

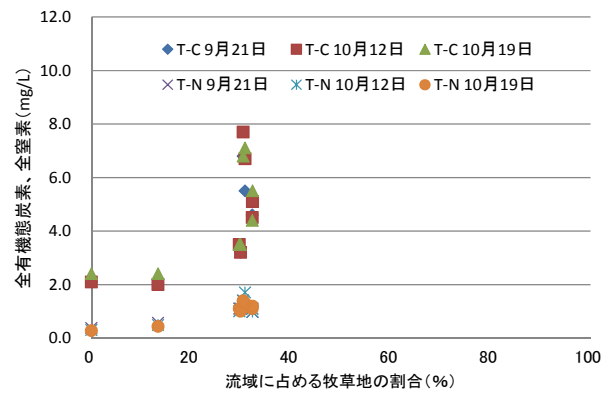


図-5 声問川の全有機態炭素及び全窒素と流域に占める牧草地の割合の関係

図-6 に各排水路の全有機態炭素及び全窒素を示した。排水路の上流と下流の全有機態炭素を比較すると、1号排水路、2号排水路及び6号排水路では下流側で高くなっていたが、4号排水路では低くなっており、3号排水路は同程度であった。全窒素は、2号排水路及び6号排水路の下流側で高くなり、1号排水路及び4号排水路は低く、3号排水路は同程度であった。このように排水路では、必ずしも流域面積の大きい下流側で全有機態炭素や全窒素が高くなるというわけではなかった。

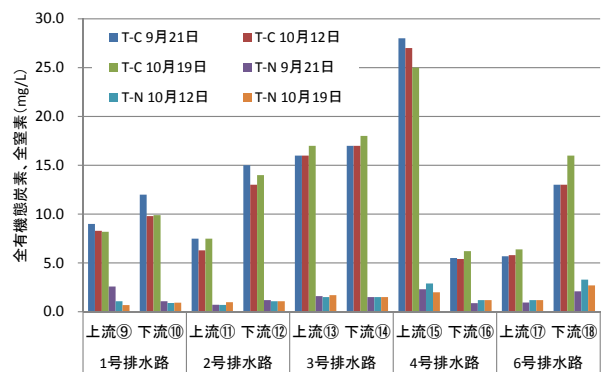


図-6 排水路の全有機態炭素及び全窒素

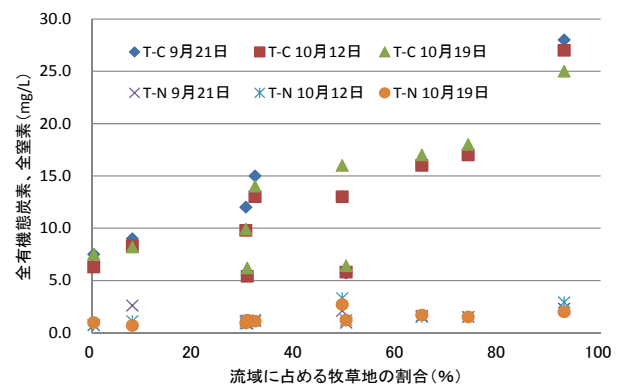


図-7 排水路の全有機態炭素及び全窒素と流域に占める牧草地の割合の関係

図-7に全有機態炭素及び全窒素と流域に占める牧草地の割合との関係を示す。流域に占める牧草地の割合が増加すると全有機態炭素は高くなった。全窒素は10月12、19日の値では、牧草地の占める割合が増加すると高くなった。排水路では、全有機態炭素と流域に占める牧草地の割合の間に高い相関があった。

(2) フルボ酸鉄

声間川と排水路のフルボ酸鉄を示す(図-8、9)。声間川のフルボ酸鉄は、下流側で高い値を示す傾向があった。上流域の①地点のフルボ酸鉄は、0.05~0.09mg/Lであり森林域からもフルボ酸鉄は流出していた。②地点のフルボ酸鉄は0.11~0.17mg/Lであり、①地点と比較して高い。前述の全有機態炭素は③地点から高くなっているため、フルボ酸鉄はより上流域から濃度に違いが出ていた。②地点の流域内には牧草地が含まれるため、牧草地から声間川へフルボ酸鉄が流出している可能性はある。排水路のフルボ酸鉄は、下流側で高くなる傾向はあるが、3号排水路のように各採水時で下流側が低くなる地点もあった。

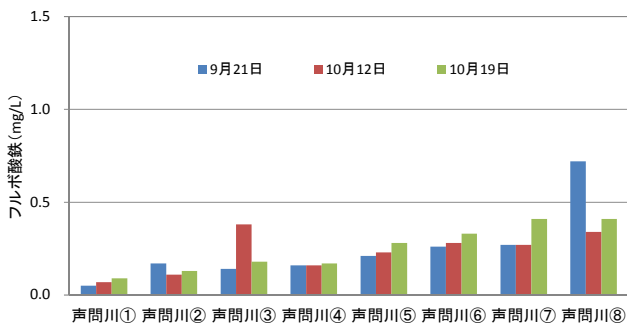


図-8 声間川のフルボ酸鉄

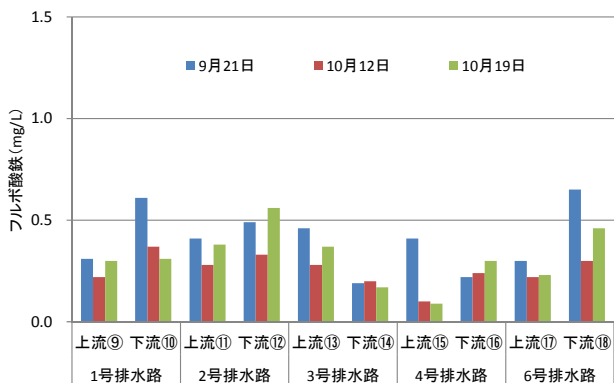


図-9 排水路のフルボ酸鉄

図-10に声間川のフルボ酸鉄と流域に占める森林の割合の関係、図-11に声間川のフルボ酸鉄と流域に占める牧草地の割合の関係を示す。両図ともに9月21日のフルボ酸鉄の値は、流域に占める森林及び

牧草地の割合と有意な関係はなかった。それ以外では、フルボ酸鉄は流域に占める森林の割合が低下し、牧草地の割合が増加すると高くなった。採水時期により有意な関係がない場合もあるが、流域内に占める牧草地の割合の増加により、声間川のフルボ酸鉄は高くなった。ただし、フルボ酸鉄についても前述の有機態炭素と同様に、流域に占める牧草地の割合が一定となった③地点より下流でも高くなっている。フルボ酸鉄の流出は流域に占める牧草地の割合だけではなく、別の原因もあると推察される。

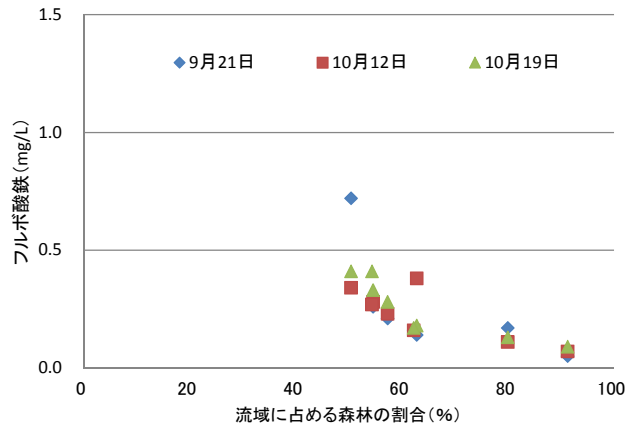


図-10 声間川のフルボ酸鉄と流域に占める森林の割合の関係

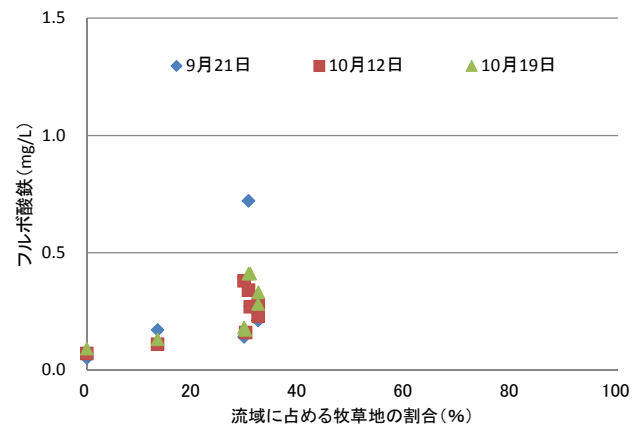


図-11 声間川のフルボ酸鉄と流域に占める牧草地の割合の関係

6. おわりに

陸域から声間川へ流出する物質について調査を行った。結果、以下のことが明らかとなった。

1. 声間川の全有機態炭素は、下流側になるにつれて高くなった。流域に占める森林の割合が低下し、牧草地の割合が増加すると全有機態炭素は高くなった。
2. 声間川の全窒素は、流域に占める牧草地の割合

が増加すると高くなる強い正の相関関係があった。

3. 排水路の全有機態炭素及び全窒素は、必ずしも下流側で高くなっているわけではなかった。流域に占める牧草地の占める割合が増加すると高くなった。
4. 声問川のフルボ酸鉄は、流域に占める森林の割合が低下し、牧草地の割合が増加すると高くなった。農地流域からフルボ酸鉄が河川に供給されていると推察された。また、最上流の森林域からもフルボ酸鉄は流出していた。
5. 声問川の全有機態炭素、全窒素及びフルボ酸鉄は流域に占める牧草地の割合が 30%で一定となった③地点より下流でも高くなった。このため、今後は流域に占める土地利用状況だけではなく、土壌分布状況なども考察していく必要がある。

謝辞

本調査の声問川流域での採水作業及び水質分析については、北海道開発局稚内開発建設部稚内農業事務所及び稚内市建設産業部農政課から多大なご協力をいただいた。上記の関係各位に対し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 道津光生、野村浩貴、太田雅隆、岩倉祐二：北海道南西部沿岸の磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成要因について、pp. 216-222、日本水産学会誌第 65 巻第 2 号、1999.
- 2) 藤田大介：磯焼けの現状、pp. 41-46、水産工学 Vol. 39 No. 1、2002.
- 3) 山本光夫、濱砂信之、福嶋正巳、沖田伸介、堀家茂一、木曾英滋、渋谷正信、定方正毅：スラグと腐植物質による磯焼け回復技術に関する研究、pp. 971-978、日本エネルギー学会誌第 85 巻、2006.
- 4) 山下洋、田中克編：森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産、pp. 46-98、株式会社恒星社厚生閣、2008.
- 5) 松永勝彦：森林起源物質が海の光合成物質に果たす役割、日本海水学会誌、第 54 巻第 1 号、2000.
- 6) 松永勝彦：森が消えれば海も死ぬ、pp. 75-79、株式会社講談社、2010.
- 7) Kohji Igarashi, Katsuhiko Matsunaga, Kimihiro Koike, Kenji Toya, and Sigeru Fukase : Determination of Organically-bound Iron in Fresh and Coastal Sea Waters, Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ, 33(1).51-55、1982.