

# 十勝地方の森林小流域における厳冬期の溶存有機物と栄養塩の動態

Behavior of Dissolved Organic Matter and Nutrient Salt during Midwinter in Small Forest Catchment in Tokachi, Hokkaido

北見工業大学工学部社会環境工学科  
北見工業大学大学院工学研究科社会環境工学専攻  
北見工業大学工学部社会環境工学科  
土木研究所寒地土木研究所寒地水圏研究グループ

○学生会員 塚本優祐(Yusuke Tsukamoto)  
学生会員 長尾麻未(Asami Nagao)  
正会員 駒井克昭(Katsuaki Komai)  
布川雅典(Masanori Nunokawa)

## 1. 序論

希少水生生物や有用生物などを含む河川～沿岸生態系の保全を進める上で流域での地下水や様々な栄養物質、汚濁物質の由来、およびその行方を把握することは基本的な環境情報として重要である。例えば、環境水中の溶存有機物の大部分を占める腐食物質は森林域において豊富に含まれており<sup>1),2),3)</sup>、底生藻類や植物プランクトン等の生長に必要な微量金属と結合してそれらを運ぶ役割を担っていると考えられている<sup>4)</sup>。また、一般に底生藻類等は環境水中の栄養物質を利用し光合成を行うことで増殖するため、栄養塩の動態の把握は重要である。しかし、様々な人間活動の影響が及ぶ流域では自然的過程とともに人為的影響がその追跡を難しくしている場合が多い。特に、寒冷地では積雪や融雪、河川結氷等の諸現象が水文過程に影響を及ぼしており<sup>5)</sup>、さらに貯水池などの存在はより現象を複雑化させると考えられる。

本研究では、北海道十勝地方の森林域に位置する小流域とそれに接続する複数の人工貯水池に着目し、数年にわたる溶存イオンと電気伝導度（以下 EC）の観測値から求めたクラスターに基づいて、厳冬期における溶存有機物と栄養塩（NO<sub>3</sub>-N）の動態を明らかにした。

## 2. 研究手法

### (1) 試料採取と水質調査

研究対象は、北海道十勝地方の森林域を流れる小河川約 2 km の区間である。図 1 は調査対象の流域における標高分布と採水調査地点を示している。水試料の採取と水質測定は図中の小河川 S（S1～5, 7）において、2012 年 12 月から 2016 年 7 月までの期間で約 1～3 ヶ月毎に計 26 回実施した。また、小河川 S に流入する貯水池（P6～8）の流入部（in 以下 i）と流出部（out 以下 o）、および南西に約 7 km 離れた小河川 K（K1, 3, 5：図 1 の調査流域外）においても同様に行った。

### (2) 水質分析

ろ過された水サンプルは蛍光分光光度計（FP-6200、日本分光製）を用いて 3 次元励起蛍光スペクトル（EEMs：Excitation-Emission Matrices）の測定に供し、溶存有機物の評価に用いた。本研究では、溶存有機物のうち陸域由来の有機物の分解が進んで残った難分解性の腐食物質であるフミン酸様物質に着目した。水試料の 430 nm/240 nm の蛍光強度はフミン酸様物質の濃度に対応しており<sup>7)</sup>、水のラマン光の蛍光強度を基準にして相対蛍光強度を算出した。また、栄養塩に関しては連続流れ分析装置（QuAAtro 2HR、BLTEC 製）を用いて NO<sub>3</sub>-N を測定した。また、同じ水サンプルについてイオンクロマトグラフ（Dionex ICS-1100、Thermo Fisher Scientific

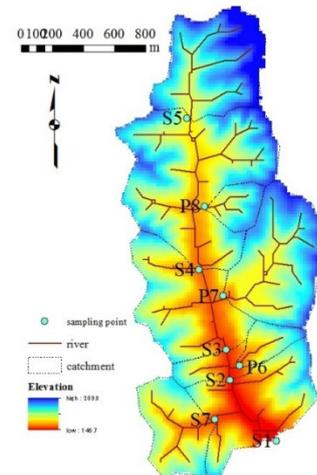


図 1 調査流域の標高分布図と調査地点<sup>6)</sup>

製) を用いて河川水中の主要イオンである K<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>の濃度を測定した。分離カラムには Dionex IonPac CS 12A、ガードカラムには Dionex IonPac CG 12A を用いた。溶離液は硫酸 10 mM を用い、流量は 1.0 mL/min とした。検出器は電気伝導度（サプレッサー使用）、カラム温度は 35°C、注入量は 100 μL とした。

### (3) 溶存イオンおよび EC の季節変動

溶存イオンおよび EC の観測間隔は不等間隔であり、そのままでは季節変動の評価は難しい。そこで調和解析によって観測データの変動から主要な 1 年周期の季節変動成分を算出した。

### (4) 溶存有機物と栄養塩の発生源

環境水中には水文過程で經由する土壌から溶存した成分や人為的な汚染由来のものが含まれ、特に自然界に多く存在する主要イオンは水の履歴を反映し、水の動きや由来の解明に利用できる可能性がある。したがって、各調査地点での物質動態の違いや発生源を検討するために、溶存イオンと EC の値を用いてクラスター分析（類似度はユークリッド距離を使用）を行った。ここでは、調和解析で得られた結果から降雨の影響が少ない厳冬期を代表する 1 月のデータを抽出して分析に利用した。なお、溶存イオンと EC のデータは図 2 に示したように人為的な影響の小さい K3 の値で除することで標準化した。そして、得られたクラスターを用いてフミン酸様物質および NO<sub>3</sub>-N に関する厳冬期の分布特性を調べた。

## 3. 結果と考察

### (1) 溶存イオンと EC を用いた集水域の分類

図 3 は溶存イオンと EC の 1 月の値をもとに分類した階層クラスターを示している。溶存イオンと EC の違い

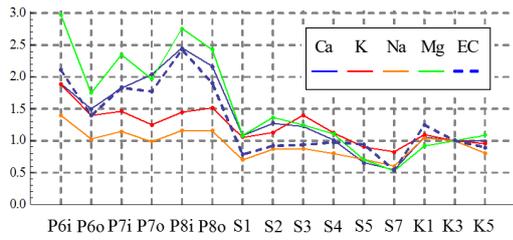


図2 溶存イオンとECの割合 (K3で標準化)

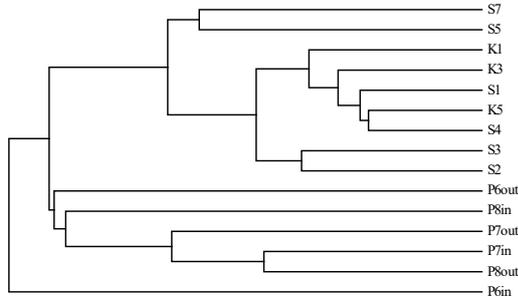


図3 溶存イオンとECによるクラスター分析結果

によってクラスターは小河川と貯水池に大別される結果となった。また、小河川Sに着目すると、S1~4とS5, 7とでクラスターが分かれることから、厳冬期の水質は集水域の最上流とその他の流域で異なるといえる。

(2) 溶存有機物の発生源

図4はクラスター分析で分類された地点順に並べた(a)フミン酸様物質の相対蛍光強度と(b)NO<sub>3</sub>-Nの濃度を示している。図4(a)より、フミン酸様物質は厳冬期と夏期において小河川Sでは変動が大きく、貯水池周辺では通年で安定している。厳冬期では貯水池のフミン酸様物質は小河川Sに比べて高く、次にS1~3が高い。一方、S4~5, 7では低い値を示している。すなわち、厳冬期においては上流におけるフミン酸様物質の濃度は小さく、下流に進むにつれて増加している。これは貯水池に接続する集水域がフミン酸様物質の主な発生源となっており、貯水池周辺を境として水質の変化が生じていることを示している。この理由は、貯水池周辺の基底流出に伴う河川水は森林土壌を経由した表層の地下水由来の成分を多く含んでいるためと考えられる。

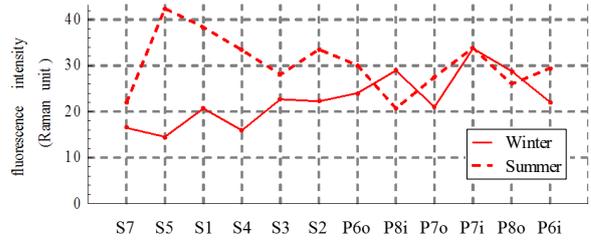
(3) 栄養塩の発生源

図4(b)より、厳冬期におけるNO<sub>3</sub>-Nに着目するとS5, 7およびP6i, 8iで高くなっているため、集水域の上流に発生源があることが示唆された。また厳冬期では夏期に比べてS7を除いて濃度が高くなっている。太陽光が積雪や結氷によって減衰される時期にNO<sub>3</sub>-Nが増加することは、河川の自生性栄養構造の基礎生産を駆動する可能性がある。

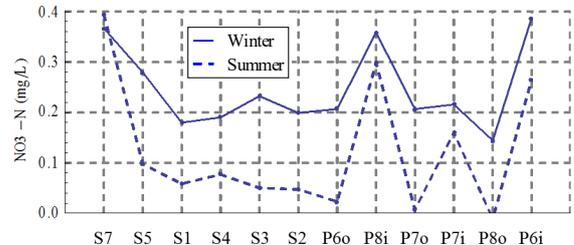
4. 結論

本研究により得られた成果を以下に示す。

- (1) 厳冬期の基底流出において、小河川と貯水池、また小河川Sの上流と下流における水質に相違があることをクラスター分析より明らかにした。
- (2) 貯水池周辺の基底流出水は森林土壌を経由した表層の地下水由来成分が多く、溶存有機物が多く含まれ



(a)フミン酸様物質



(b)NO<sub>3</sub>-N

図4 フミン酸様物質とNO<sub>3</sub>-Nの濃度分布 (夏・冬)

ている可能性があり、貯水池に接続する集水域が溶存有機物の発生源になることが示唆された。

- (3) 上流部からNO<sub>3</sub>-Nが比較的に発生していることが推定され、冬期にNO<sub>3</sub>-Nが増加することは自生性栄養構造の基礎生産を支えている可能性がある。

謝辞：本研究は JSPS 科研費の助成を受けている（研究課題番号：15K00514）。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Fisher, S.G. and Likens, G.E.: Energy Flow in Bear Brook, New Hampshire: Integrative Approach to Stream Ecosystem Metabolism, Ecological Monographs, Vol. 43(4), pp.421-439, 1973.
- 2) Mulholland, P.J., et al.: Evidence that hyporheic zones increase heterotrophic metabolism and phosphorus uptake in forest streams, Limnology and Oceanography, Vol. 42(3), pp.443-451, 1997.
- 3) McGuire A.D., et al: Environmental variation, vegetation distribution, carbon dynamics and water/ energy exchange at high latitudes, Journal of Vegetation Science, Vol.13, pp.301-314, 2002.
- 4) Sholkovitz E.R., and Copland D.: The coagulation, solubility and adsorption properties of Fe, Mn, Cu, Ni, Cd, Co and humic acids in a river water, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol.45 (2), pp.181-189, 1981.
- 5) Molotch et al.: Ecohydrological controls on snowmelt partitioning in mixed-conifer sub-alpine Ecohydrology, Vol.2, pp.129-142, 2009.
- 6) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>.
- 7) 小松一弘ら：三次元励起蛍光スペクトル法による霞ヶ浦湖水及び流域水中 DOM の特性評価, 水環境学会誌, Vol.31, No.5, pp261-267, 2008