

II-451

森林集水域からの水質成分の流出特性 (I) — 秋期 (9月～11月) における栄養塩流出 —

北海道大学工学部 正会員 橘 治国
学生員 大森博之
飯田真也

1. はじめに

森林域内の湖沼やダム湖の水質について、「富栄養化」と判定されることが多い。森林は植物の宝庫であり、その構成成分の栄養塩が河川に流出して水質に影響を及ぼしているからである。そして最近の大気の流れや森林開発と造林作業が、これらの作用を促進し、流域内生態系に変化を生じさせていることは容易に推察できる。一方、森林が汚れた降水の浄化に役立つという見方もある。いずれにしても良質の水源の確保と自然生態系の保全が切実なものとして要求される現在、森林集水域から流出する水質成分濃度の変動原因さらには水質変換機能を明らかにすることは重要な研究課題である。そこで筆者等は、これらの基礎研究の一つとして、森林域からの水質成分負荷発生を明らかにする目的で、札幌市内の森林集水域内小河川を対象に水質の連続調査を開始した。今回は、秋期における栄養塩の流出特性の解析結果を重点に報告する。

2. 調査対象森林集水域の概況

石狩川水系豊平川上流部森林域内の隣接する小川 (11.0km², 7.0km) および白水沢 (16.6km², 8.2km) の2小集水域を調査対象とした。(図1)

両集水域内は、ともにエゾマツ、シラカバ、ハンノキそして河岸にはヤナギ、ヤチダモ等の樹木が繁茂し、地質的には新第三紀の火山岩(プロピライトと凝灰岩、一部が粘土化して軟弱な状態にある。)、堆積岩を基盤に第四紀の安山岩質溶岩が覆ったものである。いずれも平地は存在しない。

3. 調査方法

3.1 採水方法

対象河川の最下流端を採水地点とし、1986年9月1日から11月30日まで、定期的に週1回程度の採水と、小川については、流量変動と対応させた1日2回から12回の、ウォーターサンプラー (ISCO-1680) による連続自動採水を行った。自動採水においては、貯蔵ボトルが低温を保持できるよう市販の寒剤をサンプラー内に詰め、またボトルは可能な限り短時間で実験室に持ち帰った。採水地点の流量については現地測定分の他に同じ場所で自動観測されている北海道開発局の資料を、降水量については近くの北海道開発局定山溪ダム事業所での観測資料を使用させていただいた。

3.2 分析項目

富栄養化関連成分(形態別窒素およびリン化合物、有機炭素、COD、クロロフィル等)と主要無機成分(塩化物イオン、硫酸イオン、アルカリ度、溶存比色珪酸等)等、約30項目を対象とした。しかし採水試料中の各成分が低濃度のため、溶存態有機態窒素や炭素などの一部で、測定不可能な成分もあった。試料の保存や前処理方法に問題があるようである。

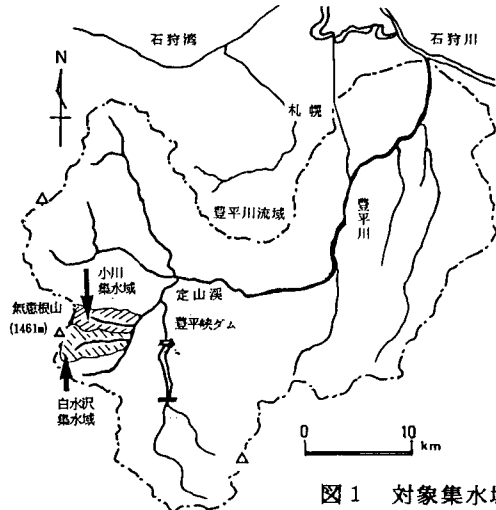


図1 対象集水域

本研究の実施に際して北大工学部黒木幹男、森 明巨先生の御協力を得た。記して謝意を表します。

4. 降水量・流量・水質の経時変化の概要

連続採水(9月3日～11月13日)を行った小川採水地点を例に、日降水量と流量および栄養塩濃度の経時変化を図2に示した。データは、通常の採水時刻の0時と12時のものである。図3には同地点における降雨増水時(10月24日～10月30日)の流量と栄養塩濃度の変化の例を示した。

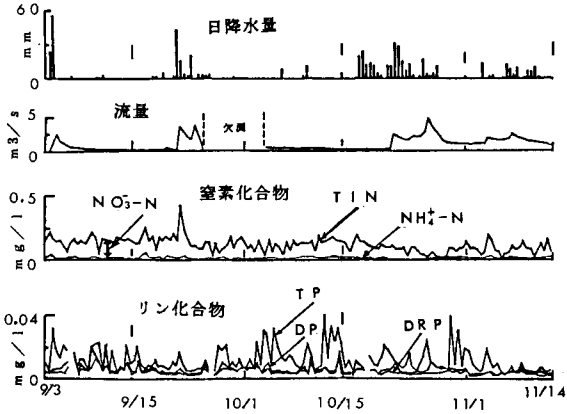


図2 栄養塩濃度の経時変化(12時間間隔)

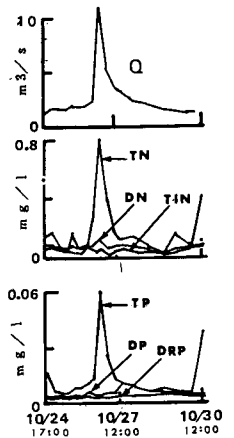


図3 増水時の栄養塩濃度変化

5. 結果の要約

4. と関連した結果を以下にまとめた。調査は数年継続する予定であり、主に森林集水域河川水質の特徴 特に栄養塩の形態と流出特性について報告する。

① 栄養塩の形態と濃度変化の特徴: 窒素化合物については、一般に溶存(無機)態は硝酸態が優占しその変動を支配した。アンモニア態は濃度変化が少く、基底流出と関係している。懸濁(有機)態は、降雨増水時のSSの流出と対応するが、後述のリン化合物程顕著ではない。リン化合物については、流量安定時はリン酸態が優占するが、増水時はSSの流出と対応して懸濁態の割合が顕著に高くなる。なお増水時における希釈効果は窒素で大きいようである。

② 栄養塩濃度の季節変化: 調査期間(9月～11月)は、気温が急激に変化する季節である。表1は、流量が0.2～0.3 m³/sの各態栄養塩の平均濃度を週ごとに整理したものである。気温(水温)とともに栄養塩濃度の低下が明らかである。硝酸態窒素にその傾向が著しい。森林域での生物の無機化速度の変化が原因として考えられる。

③ 栄養塩の流出パターン: 各態栄養塩の流出負荷量($L = C \cdot Q$)を、 $L = C \cdot Q^n$ 型で整理したのが表2である。窒素化合物については、優占形態である硝酸イオンが $n = 0.5$ と小さいのが特徴である。②と関連して植生の安定した森林での無機化(降水負荷に比較して流出負荷が、不活性な塩化物イオンよりかなり大きい。)との関連が検討課題といえる。リン化合物については、 n の値(1.39)や存在割合を考えると懸濁態としての流出が下流域の水質を考える場合に重要であることがわかる。 n の値を大河川と比較すると一様に小さいようで、森林集水域での水質成分の流出を考える場合には蓄積量の見積りが重要である。

④ 栄養塩発生負荷について: 表3に、期間中の発生負荷(積算量/日数)を示した。(9/25～10/3 流量欠測) 無機態窒素(T I N)については硝酸態窒素が84%、溶存態リンについてはリン酸態リンが71%と、人為汚染地域と様相を異にする。リンについては懸濁態の寄与が明らかである。

⑤ その他(降水負荷との比較、白水沢集水域との比較は講演時に述べる。)

表1 栄養塩濃度の季節変化

(mg/l)	週	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	T I N	DRP	DP	TP
9月 (14.0℃)*	1	0.026	0.183	0.195	0.0036	0.0042	0.0081
	2	0.014	0.142	0.158	0.0071	0.0089	0.0123
	3	0.019	0.138	0.160	0.0057	0.0062	0.0110
	4	0.015	0.159	0.170	0.0069	0.0069	0.0158
10月 (8.9℃)	1	0.016	0.066	0.084	0.0054	0.0062	0.0076
	2	0.013	0.124	0.144	0.0056	0.0057	0.0120
	3	0.010	0.107	0.123	0.0040	0.0047	0.0116
11月 (2.7℃)	1	0.011	0.064	0.079	0.0034	0.0046	0.0103

【* 定常観測時の平均水温】

表2 栄養塩流出パターン

負荷(資料数)	相関係数	C	n
(L=C・Q ⁿ , L: g/s, Q: m³/s)			
NH ₄ ⁺ -N (161)	0.66	0.90	0.75
NO ₃ ⁻ -N (160)	0.54	1.81	0.51
T I N (160)	0.78	1.92	0.75
DRP (162)	0.89	0.61	0.82
DP (162)	0.90	0.75	0.92
PP (162)	0.37	0.19	1.39
TP (162)	0.86	1.06	1.07
TOC (144)	0.89	3.32	1.24
SS (162)	0.77	3.86	1.60
Cl ⁻ (162)	0.99	3.69	1.06

表3 発生負荷量(65日)

成分	発生負荷 [kg/km²/d]
NH ₄ ⁺ -N	0.087
NO ₃ ⁻ -N	0.032
NO ₃ ⁻ -N	0.647
DRP	0.032
DP	0.045
TP	0.117
TO	23.7
SS	206.8
Cl ⁻	39.1