

II-433 森林集水域からの水質成分の流出特性(Ⅱ) —秋期の栄養塩流出負荷特性—

北海道大学工学部 正会員 橘 治国
安藤正治
大森博之

1. はじめに

森林域内の生態系は、生物化学的系(森林生物について)・生物地球化学的系(森林生物と土壌、水系との関連など)さらには広く地球化学的系(森林への雨・風による輸送など)と密接に関連している。人為的な水汚染の場合は単純な機構であることが多いが、自然の系では各種のサイクルが重複し、その水系への影響の解析は複雑である。本研究は、湖沼の水質 特に富栄養化の機構解明の一つとして、山地河川の水質流出負荷特性を、上記の森林域物質循環サイクルとの関連を重視して把握しようとするものである。筆者らはその手始めとして、森林域集水域小河川の末端で、水質や流量の通年的な連続調査を開始した。まず変動特性を理解し、影響する要因を整理しようと考えた。1986年9月から調査を継続しているが、今回も昨年と同様に、秋期の流出負荷特性および負荷発生機構について検討を加えた結果について報告する。

2. 調査対象森林集水域の概況

豊平川(一級河川石狩川水系)水系薄別川上流の小川(宝来沢)集水域(11.0km²、7.0km)を対象とした。(図1) 小川は無意根山(1461m)と長尾山(1205m)を源とし、上流域は急峻な森林地帯でエゾマツ・シラカバ・ハンノキなどの樹木が繁茂する。集水域の地質は、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。これらの岩石は崩壊しやすく、本川は荒廃河川の様相を呈している。このため8ヶ所の治水ダムが下流部に建設されている。集水域内に人家はない。

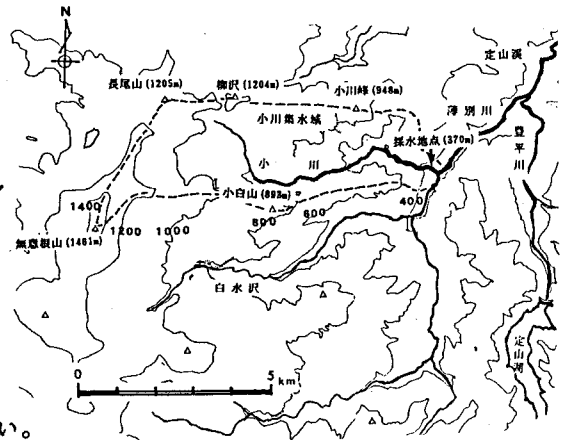


図1 小川集水域

3. 調査方法

3.1 採水方法

小川の下流末端を採水地点(標高370m)とした。採水は1986年9月から開始した。週1度の定期採水と春から初冬にかけては1日1~12回の自動採水器(ISCO-1680)による連続採水を行っている。自動採水においては12時を基本時刻とした。雨水や雪は塩化ビニール製容器で補集した。試料は、冷凍(-20~-30℃)あるいは冷蔵して分析まで保存した。今回は1987年秋期(9月1日から1月26日まで)の調査結果について報告する。

3.2 水文・気象データ

気温・水温は定期採水時測定のほか地中温度計で連続観測した。流量は採水地点に設置されている北海道開発局の自動水位計データからの算出値および定期採水時の流量実測値を用いた。降水量は転倒ます雨量計による現地測定データと北海道開発局薄別観測所のデータによった。

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、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。

本研究の実施に際して北大工学部土木工学科 森 明巨、黒木幹男、佐伯 浩先生、北海道開発局石狩川建設部維持管理課 高橋氏の御協力を得た。記して謝意を表します。

4. 結果の要約

4. 1 降水量・流量・水質の経時変化

1987年秋期の日降水量、時刻流量および栄養塩濃度(一部)の経時変化を図2に示した。水文的には10月中旬の集中的な降雨による流量が増加が特徴的であった。(最大は17日48.5mm) 栄養塩については、窒素では $\text{NO}_3^- \text{--N}$ が、リンでは溶存態の $\text{PO}_4^{3-} \text{--P}$ が優占し、また流量増加とともに懸濁態の割合が増加するという1986年と同様の傾向である。(全窒素について図省略)

4. 2 栄養塩流出負荷発生量について

表1に、秋期間の流出負荷(発生)量を1986年分を含めて示した。TN、TPの値は、通常の山地・森林に認められる範囲にある。DNがTNの82.2%、DPがTPの64.5%と溶存態の割合が高い。窒素のなかで優占的な $\text{NO}_3^- \text{--N}$ は54.8%を占めた。兩年度を比較すると、 $\text{NH}_4^+ \text{--N}$ とPPに若干の差があるが全体的には大差なく、栄養塩が安定して供給されていることがわかる。TOCやSSについての差も小さく、森林を取り巻く循環系がバランスしていることがわかる。なお雨水負荷に対する流出負荷は、TN、TP、TOCでそれぞれ0.33、0.43、0.19で、窒素や炭素など気圏からの供給(地球化学的系)の大きいことが予想できた。(降水の水質:10月18日)

4. 3 栄養塩の流出パターン

流出特性は、流量(Q)と流出負荷量(c・Q)の関係で示される流出パターンで認識することが多い。 $L = C \cdot Q^n$ 型で整理し、両者の相関係数、C、nを比較して成分の動態を検討するのが一般的である。表3にこれらの値を1986年分も併せて示した。兩年の差は小さいが流量変動と対応して採水できた本年は、 $\text{NO}_3^- \text{--N}$ やPPなどのn値が大きい傾向にある。 $\text{NO}_3^- \text{--N}$ は濃度一定型で、森林自然域でもかなりの速度で蓄積されることがわかる。PN、PP(懸濁態)などでnが2以上で、4.2(通常は溶存態優占)を考慮すると、下流域には降雨などの流況変化が富栄養化の状態(濃度)を支配することになる。 Cl^- は流量との相関性が高く、nがほぼ1であることから、降水の寄与が高いようである。

4. 4 降雨時流出負荷について

10月17日から4日間、降雨時連続水質調査を行った。詳細は講演時に述べるが、森林域の供給能力について若干の知見が得られた。例えば図3に明らかなように、 $\text{NH}_4^+ \text{--N}$ 型(時計廻り型:蓄積量少、形態変化型)と $\text{NO}_3^- \text{--N}$ 型(直線型:蓄積量大、安定型)の区別が明らかとなった。

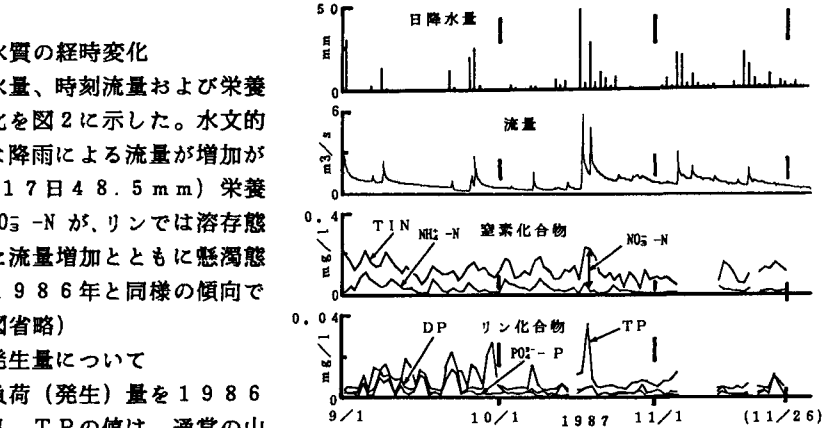


図2 日降水量・時刻流量・栄養塩濃度(12時)の経時変化

表1 流出負荷発生量

成分	* 試料数は表2参照	
	1987年(78日)* [kg/km²/d]	1986年(65日)* [kg/km²/d]
$\text{NH}_4^+ \text{--N}$	0.188 (15.4%)	0.087<11.4%>
$\text{NO}_2^- \text{--N}$	0.014 (1.1%)	0.032<4.2%>
$\text{NO}_3^- \text{--N}$	0.870 (54.8%)	0.847<84.4%>
TN	0.872 (71.4%)	0.768<100%>
DN	1.005 (82.2%)	
PN	0.117 (17.8%)	
TN	1.222 (100%)	
DRP	0.023 (37.0%)	0.032 (27.3%)
DP	0.040 (84.5%)	0.045 (38.5%)
PP	0.022 (35.5%)	0.062 (81.5%)
TP	0.082 (100%)	0.117 (100%)
TOC	14.1	23.7
SS	285.4	208.8

表2 栄養塩流出パターン

($L = C \cdot Q^n$, $L: \text{g/s}$, $Q: \text{m}^3/\text{s}$)

負荷	1987年 (n=82~99)			1986年 (n=144~182)		
	相関係数	C	n	相関係数	C	n
$\text{NH}_4^+ \text{--N}$	0.23	2.25	0.83	0.86	7.92	0.75
$\text{NO}_2^- \text{--N}$	0.74	1.84	1.08	0.82	3.05	0.82
$\text{NO}_3^- \text{--N}$	0.79	89.9	1.88	0.54	84.5	0.51
TN	0.84	120.8	1.25	0.78	82.9	0.75
DN	0.87	187.0	1.25			
PN	0.71	26.7	2.03			
TN	0.87	162.3	1.44			
DRP	0.65	2.84	1.39	0.89	4.10	0.82
DP	0.82	4.11	1.08	0.90	5.88	0.82
PP	0.75	3.93	2.09	0.37	1.55	1.39
TP	0.80	8.28	1.57	0.88	11.5	1.07
TOC	0.86	1754	1.82	0.89	2089	1.24
SS	0.85	21236	2.25	0.77	7244	1.80
Cl^-	0.96	5188	1.05	0.99	4898	1.06

図3 増水時の流量と負荷量の関係

(1987年10月17日18時~18日18時)