

山地溪流河川における水質と流出負荷量の変動特性

羽田 守夫

Fluctuation Characteristics of Water Quality and Its Loading in Forested Streams

Morio HANEDA

(1997年11月28日受理)

The characteristics of drainage basin affects the streamwater chemistry and loadings of forested streams. We selected several small forested streams from SHIRAKAMI and TAIHEI mountain districts and studied the chemistries and loadings of these streams. As the results of investigation, we were able to make clear the difference of specific discharge loadings for these streams and that of hourly discharge loadings during rainfall events.

1. はじめに

著者らは、河川の水質の季節変化や降雨時の変化などを通して、河川の持つ水質成分の流出機構や流域特性の影響などを検討してきた。流域を覆っている植生や森林土壌の河川水質に与える影響^{1),2)}を知るためには、排出源の複雑な河川下流部よりも上流の溪流河川が適しており、この溪流河川における水質やその負荷量の変化を知ることが、大気の流れや森林土壌の成分溶出および吸着機構などを知る上で重要である。また、積雪の時期と他の時期とでは、降水時の流出特性も異なってくると思われる。

そこで、人為的な影響の少ない秋田県白神山系と、比較的古くからスギ植林などを通して人手の入っている同太平山系を対象として溪流河川の水質調査を行い^{3),4)}非降水時、降水時および降雪時等の期間毎に水質特性を比較検討し、流域特性や降雪の河川水質や負荷量に与える影響を検討した。

2. 調査方法

調査対象とした溪流河川は、白神山系では真瀬川、粕毛川、水沢川の三河川、太平山系では小又川、白山川の二河川で、計五河川である。これらの位置関係を図-1に示した。採水地点は真瀬川の二地点(真瀬川1と2)以外は一地点で、計六地点である。調査は94年からスタートし、ここでは96年までの三年間の結果を報告する。採水は、4月から12月まで

の月一回を基本としたが、粕毛川は春から秋までの期間に限って年三回とした。時間採水については調査を行い易い真瀬川2地点とし、降水感知装置付きの自動採水器を用い、一時間毎に計13回の採水とした。水質測定項目と測定方法は、pH、濁度、伝導度、

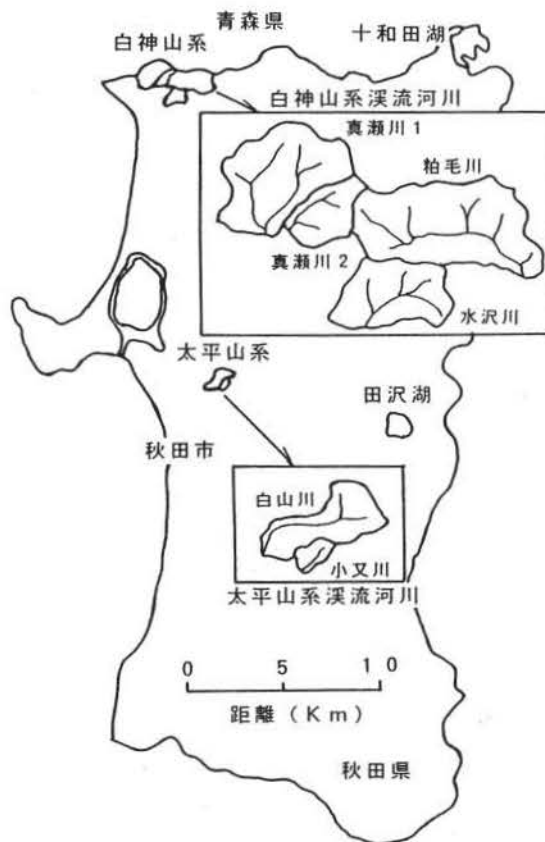


図-1 白神、太平両山系の概要

アルカリ度, COD, TOC, TN, TP に関しては河川水質試験方法により, 各イオン(K, Na, Ca, Mg, Cl, NO₃, SO₄)はイオンクロマトグラフを用いてそれぞれ行った。採水地点の流量は, 採水毎に流量観測をプライス式流速計を用いて行い, 簡易 H-Q 曲線から確定した。

3. 結果と考察

3-1 気象, 水文と植生

白神山系は秋田, 青森県境に, 太平山系は秋田市北方約15 Kmにそれぞれ位置するが, 基本的に日本海側の気象に支配され, 降水量は春が少なく夏から秋, 冬にかけて増加している。年降水量は平均すると1,300~1,500 mmと全国平均からはやや少ない。河川流量は, 春の雪解けの時期が最大で, 夏に最小を記録し, 秋から又増加するという傾向が見られる。これら流域の水文や植生については表-1, 2にまとめて示した。

両山系の植生に関しては, 大きくブナクラス域自然植生, ブナクラス域代償植生, 植林地植生に三区分別される。ブナクラス域自然植生では, チシマザサーブナ群落は粕毛川の約98%など全体の半分の割合を占めている。代償植生では, クリーミズナラ群落やブナーミズナラ群落が多く, 太平山系の白山川流

域には伐跡群落も認められる。植林地植生としてはスギ林が全流域に見られた。全体として, 粕毛川を除けば白神山系もかなり人手が入っており, 太平山系では伐跡群落を含め多種類の植生群落が見られたのが特徴である。

3-2 比負荷量の流出特性と流域比較

河川の比流出負荷量と比流量との間には, 次の関係が成り立つ。

$$Ls = mQs^n \quad (1)$$

ここに, Ls: 比負荷量(g/Km²/sec),
Qs: 比流量 (m³/Km²/sec),
m, n: 係数

係数は流域特性によって決まる数値で, mは流域での物質の存在量に, nはそれらの物質の溶脱(溶解及び流送)の難易にそれぞれ基本的に関係していると思なされる。

硫酸イオンに関してこの関係を見よう。図-2に比負荷量と比流量との関係を示したが, 各山系の渓流河川毎にこの関係式が成立していることが分かる。勾配nは0.68~0.81で大きな差はなかったが, m値は3.2~7.9と流域によっては2倍以上の違いが見られた。硫酸イオンは地質に関係する成分であり, 流域毎の地質構成成分の違いが山系にはあまり関係なく明瞭に表れていると考えられる。

次に, 流域表面に滞積したりター層に密接に関係する有機物質として, CODを見てみよう。図-3に

表-1 白神, 太平両山系渓流河川の概要

項 目	白神山系				太平山系	
	真淵川1	真淵川2	粕毛川	水沢川	小又川	白山川
流域面積 (Km ²)	24.3	8.88	34.8	17.5	2.20	12.8
気温 (°C)	14.1	15.0	16.1	21.4	17.5	19.0
水温 (°C)	10.7	10.8	13.6	15.3	14.4	14.7
流量 (m ³ /sec)	2.78	0.96	1.62	0.89	0.11	0.60
採水年	94~95	94~95	94~95	95	95	95

表-2 白神, 太平両山系の植生の割合

植 生	植生群団・群落	白神山系				太平山系	
		真淵川1	真淵川2	粕毛川	水沢川	小又川	白山川
ブナクラス域自然植生		47.1	9.5	97.8	48.7	8.1	39.0
チシマザサーブナ	スギブナ					7.2	34.2
	ケヤキ					0.9	1.0
	ヒメヤシヤブシータニウツギ						1.8
	ジュウモンジシダサワグルミ						2.0
ブナクラス域代償植生		15.8	32.9	0	36.9	29.6	46.2
ブナーミズナラ	ブナーミズナラ		15.8	27.7	35.6	5.5	9.6
	クリーミズナラ				1.3	17.3	19.3
	チシマザサークマイザサ			5.2			
伐跡					2.3	17.3	
スギ・落葉広葉樹林						4.5	
植林地・耕作地植生		37.1	57.7	2.2	14.4	62.3	14.8
アカマツ			0.7				2.0
スギ		37.1	57.0	2.2	14.4	62.3	12.8

(%)

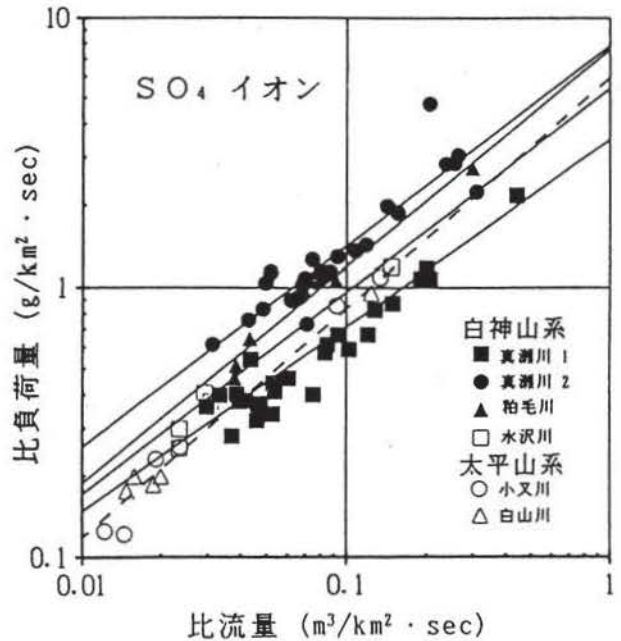


図-2 硫酸イオン比負荷量と比流量との関係

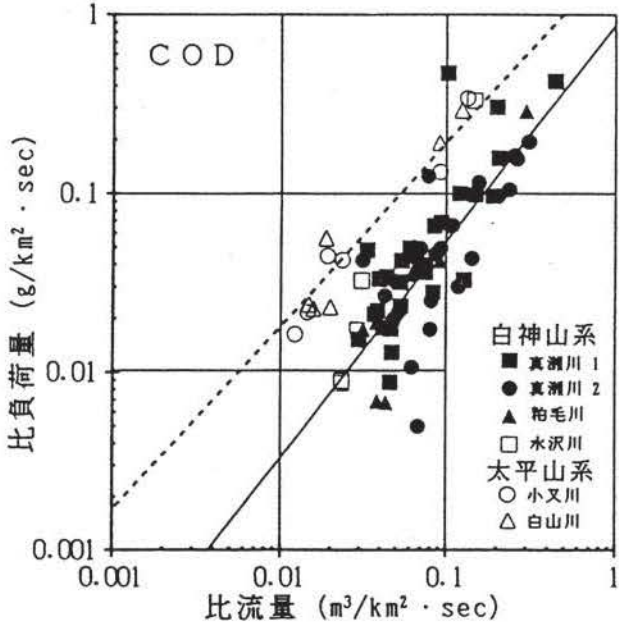


図-3 COD比負荷量と比流量との関係

よると、CODの比負荷量は白神山系と太平山系の二つに大きく分けて考えることが出来る。そして、太平山系の方が同じ比流量で約3.8倍も大きい。これは流域特性、主として植生の違いによると思われる、樹木の種類や量、常緑や落葉の違い、気温の違い、それらの流出の難易などに関係していると考えられる。このような違いは、この他KやNO₃イオン、総リンなどにも認められた。

3-3 降水時の時間水質と流出負荷量

降雨や降雪などの流量が変動する時期には、河川の水質は急激に変化することが知られている。そこで、時間的な水質変化を知る目的で降水時の水質調査を行った。8月と11月の二回行ったが、8月の結果について図-4に示した。初めの2時間で計54mmもの激しい降雨があり、その後降り止んだ典型的な一山出水の記録である。懸濁物質に影響されやすい濁度や総リンは、出水時に濃度も増大するが急激に減衰もしている。有機物や窒素類もこれに近い変動を示しており、Kイオンも類似しているが変動が大きい。一方無機イオン類は逆の変化を示している。これに対し11月の出水は、高山ではすでに雪が見られ、雨模様の日が続いて流量は増えている時期に小雨が長く降り続いた後の出水で、総降水量は13mmと少なかったこともあって明確な流量ピークは見られなかった。しかし、この期間の総流量は8月出水の8.60 m³/sに対し、11.2 m³/sに達し約1.50倍ほど大きかった。基底流量が大きく流量変化

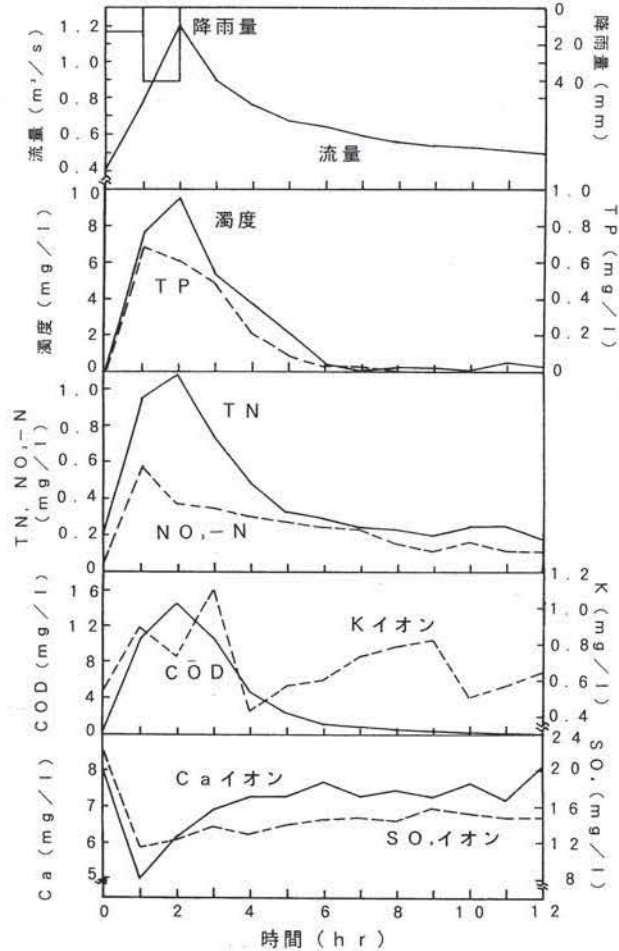


図-4 降水時の流量と水質の時間変化

が小さかったこともあり、水質にも大きな変化は見られなかったので、累加流量と累加負荷量との関係で8月出水と比較して図-5と6に示した。

これによると、累加負荷量は流量の増加とともに

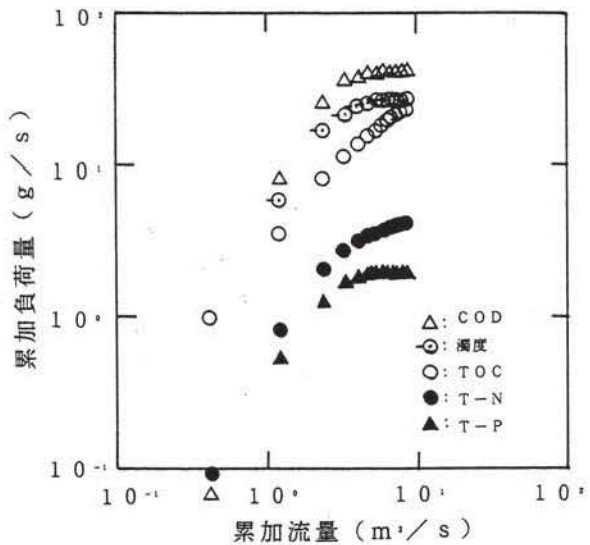
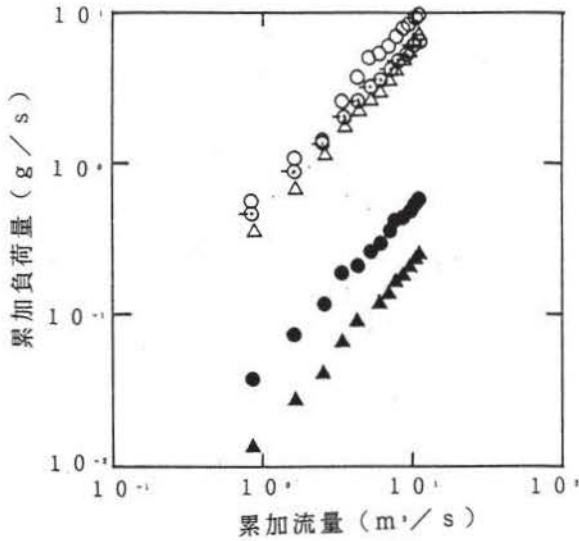


図-5 累加負荷量と累加流量 (8月)



図一六 累加負荷量と累加流量 (11月)

増大するが、8月出水では流量のピークと共に増加率が減少して平衡状態に達するのに対し、11月出水では最後まで増大して直線傾向が続いている。このような水質項目は、濁度などの表面堆積物や有機物などで顕著に見られ、無機イオン類では平衡状態は見られていない。これは降水量の違いによるピーク流量の差によるが、他に流域の積雪などの流域状態の違いが土壌の含水率などに影響を与え、流出のメカニズムが違っていることに依るとされる。

この二出水の総負荷量をまとめて比較して表一三に示したが、総流量では8月の方が少ないにも関わらず総負荷量の絶対値では13項目中8項目、流量当たりでもNaとClイオンを除いた11項目で8月出水の方が大きかった。このように、溪流水の流出負荷には出水時の流出が大きく関係し、これには流量と共に流域の状態も影響を与えていることが認められる。しかもこれらが水質項目によって異なる影響

表一三 降水時の累加負荷量

	August	November	Ratio
Discharge	8.6	11.2	0.77
Turbidity	27.5	6.19	4.44
COD	42.3	6.78	6.31
TOC	24	9.48	2.52
T-N	4.29	0.573	7.49
T-P	1.97	0.257	7.67
Alkalinity	166	172	0.965
Na	42.4	55.2	0.768
K	6.09	4.12	1.48
Ca	60.4	69	0.875
Mg	29.8	15.6	1.91
Cl	48	93.9	0.511
NO3	10.6	5.7	1.86
SO4	123	131	0.943

を与え、特に窒素やリン、CODなどの有機物量の違いが大きく、湖沼や海域に与える影響という点からも注目されよう。

4. おわりに

流域特性や降水が溪流水の水質や負荷量にどのような影響を与えているかについて調査を行い若干の考察を加えた。まだデータ数が十分ではないが基本的な傾向は把握できたものと考えている。

要約すると、溪流水の流出負荷量には流域での物質の存在量と流出の難易が関係し、流域特性の違いは特に懸濁物質の流出に大きく影響を与えている。白神山系では太平山系に比べてこれが少なく、清浄といえる水質と少ない負荷量を示した。また、有機物は夏期の降水量の大きな出水時に流出しやすい傾向も認められ、季節的な変動傾向の存在も予想された。

謝 辞

本研究に際し、採水、分析、取りまとめに当たってご協力頂いた卒研生に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 平田健正, 村岡浩爾, 「森林域における物質循環特性の溪流水質に及ぼす影響」, 土木学会論文報告集, No. 399/II-10, pp. 131~140, 1988
- 2) Rahim. E., 浮田正夫, 関根雅彦, 「森林河川における汚濁負荷と植生・地質との関係に関する研究」, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第2部 (B), pp. 1346~1347, 1995
- 3) 軽部昭夫, 羽田守夫, 僧理栄司, 「白神山系溪流水の水量的および水質的流出特性に関する基礎的研究」, 平成7年度科学研究費補助金一般研究 (C) 研究成果報告書, pp. 1~55, 1996
- 4) 羽田守夫, 「溪流水における降水時の時間水質と流出負荷量」, 第14回日本雪工学大会論文報告集, pp. 159~162, 1997