

<資料>山地溪流におけるトレーサー実験

井上, 奉生 / INOUE, Tomoo / KODERA, Koji / 小寺, 浩二

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

19

(開始ページ / Start Page)

34

(終了ページ / End Page)

38

(発行年 / Year)

1991-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026112>

山地溪流におけるトレーサー実験

井上奉生・小寺浩二

1. はじめに

水循環の過程での水質変化などの研究においては、量的把握がまず重要で、流出速度、水質変化の速度などの解明は、水文学・陸水学上の大きな目的の1つとも言える。しかしながら、山地溪流では、流れが安定していないなどの理由から、断面観測や実験室的な発想による公式の適用が困難で、流出速度や流量などの正確な把握が難しい。特に、降雪の多い地域においては、その流出特性の解明はより一層複雑といえる。そこで、溪流の特性を解明すべく、地域特性の違った様々な地域において、現地観測を中心とした調査研究がいろいろな面から行われてきた。

筆者らは、その中でも特にトレーサー法につい

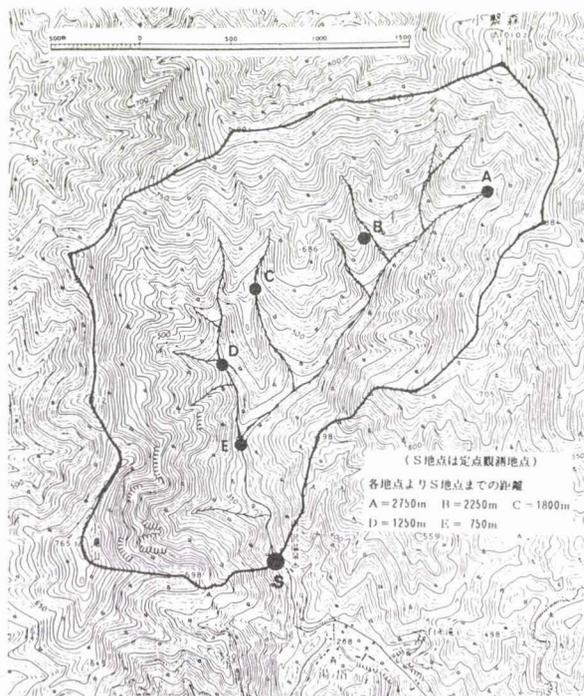
て、扱い易く検出が容易な食塩を用いて、積雪期を跨ぐ夏から春にかけて1つの現地実験を試みた。

予察的な研究であり、解析に足るデータが揃ったとはいえないが、今後のこうした調査に対する参考資料が得られたので、ひとまず現段階までの調査結果を報告する。

2. 調査対象流域及び調査方法

1). 対象流域

対象とした流域は、秋田県米代川水系阿仁川支流の小又川流域一部、湯の沢流域（40°03'N, 140°35'E）であり流域面積約4.70km²、平均河床勾配133/1000の小流域である（第1図）。



第1図 調査対象位置図

山地溪流におけるトレーサー実験

第1表 トレーサー (NaCl) 投入関係諸元

年. 月. 日. 時. 分	地点 (標高)	投入量	流量	投入条件
1989. 8. 14. 16:35	C (530m)	7.0kg	0.014m ³ /S	河川投入
8. 14. 16:50	B (590m)	10.0		10m×10m範囲へ散布
8. 16. 13:45	C (530m)	20.0	0.012	河川投入
8. 16. 12:45	A (710m)	20.0		湧水投入
9. 16. 12:15	C (530m)	5.0	0.010	河川投入
9. 16. 12:30	A (710m)	45.0		湧水投入
11. 4. 10:15	A (710m)	40.0		湧水へ10kg, 30kgを30m×30mへ散布
1990. 1. 1. 10:54	E (330m)	5.0	0.075	河川投入
1. 1. 11:35	D (380m)	5.0	0.063	河川投入
2. 7. 13:04	E (330m)	10.0	0.093	河川投入
3. 22. 9:05	E (330m)	5.0	0.188	河川投入
3. 22. 10:20	E (330m)	5.0		10m×10m雪上散布 (積雪深0.95m)
4. 17. 8:15	E (330m)	10.0	0.255	河川投入

2). 調査方法

1989年8月14日から1990年4月17日にかけて、数回、上流部を中心にトレーサー (食塩) を投入あるいは散布して、流域末端部 (S地点) で導電率、水温を一定期間自記記録計で測定し、気温、降水量、流量との対応関係や、流出速度などについて検討した。

なお、気温、降水量は定点観測地点 (S) より南東方向約2300mにおける森吉ダム平田観測所の値を使用し (降雨は降水量に換算してある)、流量は、毎回流速計による断面観測を行なって算出した。

第2表 定点観測地点(S)の流量測定結果

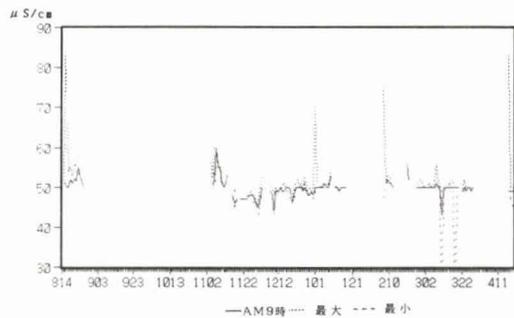
年 月 日 時分	流量 (m ³ /S)	
1989. 8. 14. 14:20	0.091	S地点の標高 285m
8. 17. 6:30	0.087	
9. 16. 16:40	0.240	
11. 4. 13:40	0.284	
1990. 1. 1. 14:05	0.244	
2. 7. 15:20	0.375	
3. 22. 13:30	0.452	
4. 17. 10:45	0.570	

3. 調査結果

トレーサー投入関係諸元を第1表に、定点観測地点 (S) の流量観測結果を第2表に示す。

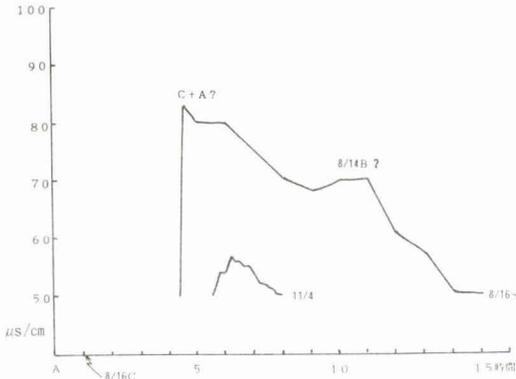
1). 導電率変化

全期間の観測から (第2図参照)、当流域における基底導電率は、47~52μS/cmの間にあると思われる。A地点へのトレーサー投入による導電率変化を見る (第3図) と、早いもので4時間50分程度で影響が出ており、E地点への投入では、1時間25分でトレーサーが到達していることがわかる。到達時間の差はおもに流量の違いによるものと思われるが、投入量との関係は明確には現れず、特に散布したものについては、その影響の時

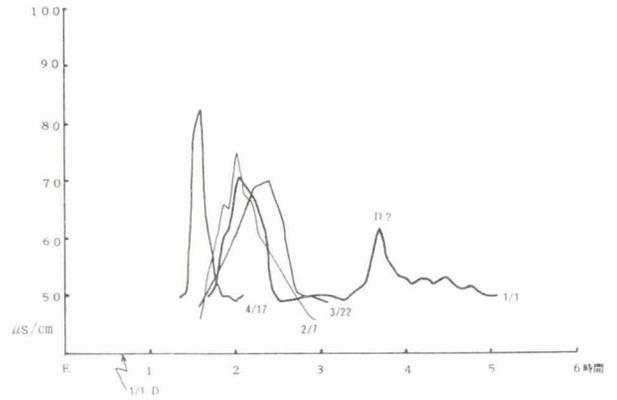


第2図 導電率変化

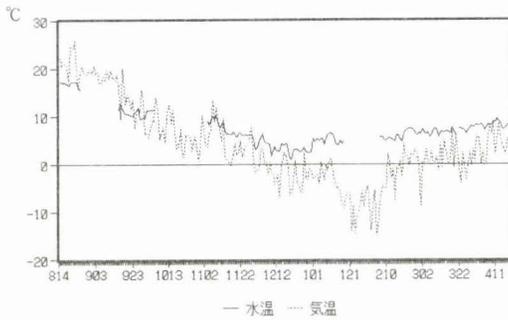
間的な差はほとんど読み取れない。散布前後の降水量の有無や、気温差による融雪の有無など個々の条件が異なりすぎたためと思われる。



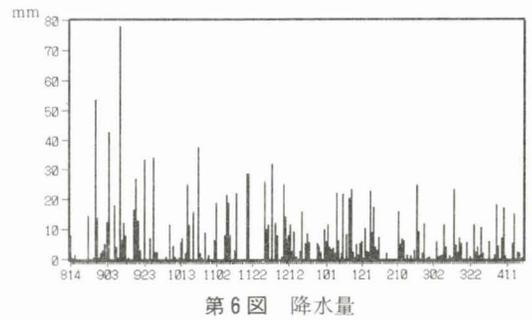
第3図 定点における導電率時間変化
(A地点にトレーサー投入)



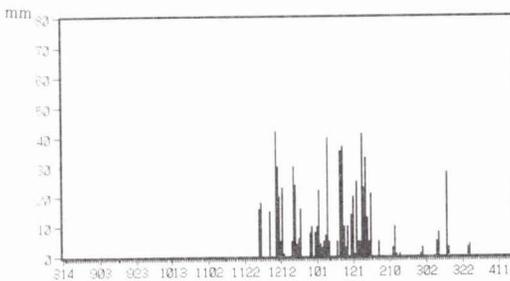
第4図 定点における導電率時間変化
(E地点にトレーサー投入)



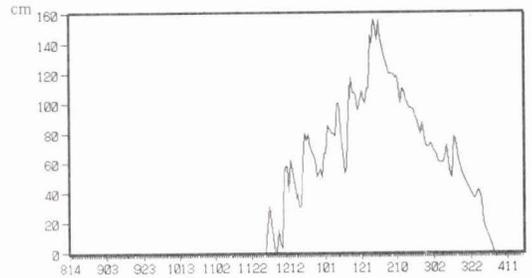
第5図 水温・気温変化(平均)



第6図 降水量



第7図 降雪量



第8図 積雪深

2). 気温と河川水温

河川水温と気温の関係は、月平均では1つの直線回帰式で表される¹⁾が、日平均値で見ると、季節によって回帰式の勾配が異なり、いくつかの回帰式に分けられることが知られている^{5), 6)}。

本調査でも、11月～4月の期間で、大まかに2つのStageに分けられることが確認された。11月～1月がStage 1であり、2月～4月のStage 2に比べて勾配が大きく、気温の分布範囲が大差ないわりに5℃以下の水温の分布が多いのが顕著である。

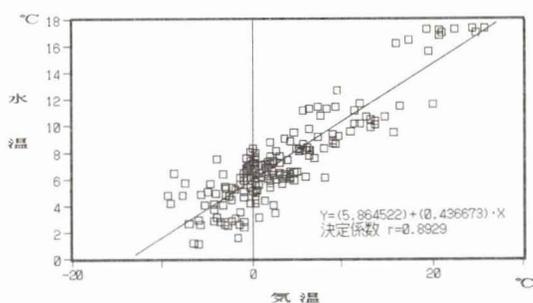
河川水温に対する雪の影響を考える場合、降雪期、積雪期(融雪よりも降雪が多い時期)、融雪期の3つの時期に分けると、Stage 1は降雪期、Stage 2は積雪期の状態を現しているといえる。融雪の影響を扱った他の研究と比較してみても、Stage 2は、低水温域のない勾配の緩い積雪期の特徴をよく現している。Stage 1と比べて気温と水温の相関が悪いのは、気温と逆相関にある融雪水の量が影響するためと考えられる。3月中旬から河川流量は増しており、融雪は認められるわけであるが、融雪期の特徴はほとんど現れていない。

降雪量や積雪深との対応をさらに細かく追っていけば、水温から基底流量や融雪水の量を解明できる可能性があるが、今回は中途のデータが欠測していることなどもあってそこまでの解析には至らなかった。今後の課題としたい。

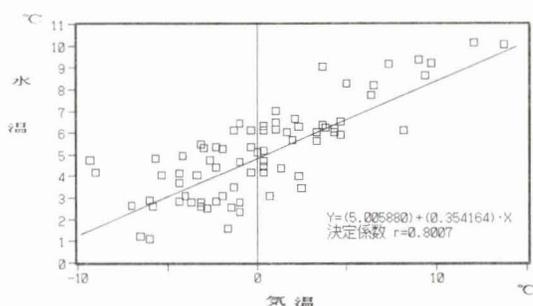
3). 流速と流量

A地点及びE地点からS地点までの流速をトレーサーの流達時間から見ると、大きいほうから0.158m/sec (11/4), 0.147m/sec (4/17), 0.125m/sec (2/7, 3/22), 0.199m/sec (1/1)となり河床勾配に対する流速としてはきわめて遅いといえる。これは、淵や瀬の分布など河床の状態の影響と同時に比重の相違による密度流形成の影響の可能性も否定できないが、流下距離の問題(今回の実験は距離が長過ぎたようである)なども含めて、他の観測結果との比較が必要である。

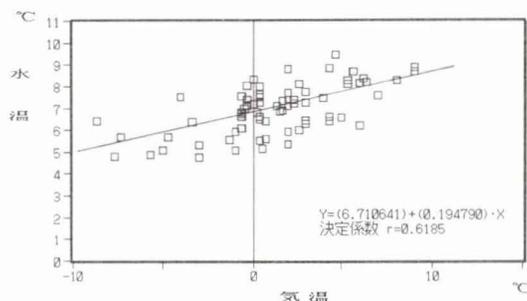
こうしたトレーサーを用いて、その濃度変化から流量を計算によって求める場合は、以下のような関係による⁷⁾。



第9図 気温と水温 (全期間)



第10図 気温と水温 (11月～1月)



第11図 気温と水温 (2月～4月)

$$Q = \frac{(C_0 - C)q}{\sum_{i=1}^{12} (C_i - C) \Delta t}$$

Q : 河川流量
 q : トレーサー量
 C : ベース濃度
 C_0 : トレーサー濃度

この場合、投入トレーサーの量と密度が必要であり、今回のように直接、食塩を河川に投入した場合には、計算によっても流量を求めることはできないが、別の手段によって流量 Q を一旦求めることができれば、 $(C_0 - C)q$ の値が求められるので、食塩投入の条件を一定にして実験を繰り返せば、こうした方法によっても流量を求めることが可能となる。また、流下の適性距離も求められると考えられる。

4. おわりに

今回の現地実験では、トレーサーである食塩の投入条件をかえながら、下流での濃度変化がどうなるかについて、自記録計などによる観測から求めようとしたわけであるが、その結果による流下速度や流量の検討よりも、こうした実験を行う場合の条件の検討が中心となったので、そうした点での収穫について以下に簡単に記して、今後の研究の参考としたい。

1). 流域選定

まず、調査流域はもう少し小規模のものを選定すべきで、積雪期でも上流部まで容易に入れる場所が望ましい（今回はこの条件を満たしていなかったため、相当な労力を費やしたわりに、期待した結果が得られなかった）。1.0km²以下の流域が好ましいように思われる。

2). 水温観測

流出問題に取り組む場合、水温変化は観測が容易である上、ばらつきが少なく、流域の特徴を示す貴重な指標となり得るので、降雪前、融雪後を通じて、継続的に測定すべきである（今回、融雪期から融雪後にかけての記録が得られなかったのは残念なことである）。また、積雪、融雪の影響を検討するためには、やはり積雪深と、地中温度のデータは必要不可欠のものである。

3). 流量・流速観測

トレーサーの活用を検討するに当たっては、まず、複数の測定法が可能な流路を選んで、基礎データを入手した上で、より複雑な現象に臨むべきであり、無降雪期の正確なデータなくして積雪、融雪期の解析は不可能である。

以上の点を考慮したうえで、今後さらに詳細な調査・研究を行なっていきたい。

参考文献

- 1) 三宅泰雄 (1951) : 本邦河川の水温について. 陸水学雑誌, 15, p145~151.
- 2) 星合 誠 (1965) : 積雪内での水の移動. 水温の研究, 9-3, p679~683.
- 3) 新井 正 (1968) : 積雪地域の冬の流出の水文気候的検討. 地理評, 41-10, p615~622.
- 4) 山辺功二 (1968) : 神流川流域における流量と水温の観測. 水温の研究, 12-3, p10~15.
- 5) 西沢利栄 (1969) : 滝波川流域の融雪時における河川水の温度と熱収支. 地理学研究報告XIII, p191~200.
- 6) 西沢利栄 (1971) : 融雪期の河川水温. 地理学研究報告XV, p164~168.
- 7) 新井 正 (1982) : 溪流の流量観測について. 「環境科学の諸断面」—三井教授還暦記念論文集, p5~7.
- 8) 植田芳明 (1982) : 山地溪流における流出について. 地域研究, 23-2, p52~65.
- 9) 田中宏平 他 (1982) : 山地小流域の土壤水分と流出特性. 京大防災研究所年報, 25-B2, p195~205.
- 10) 杉田倫明 (1983) : 降雨に伴う溪流水温の変化. 地理評, 56-12, p835~843.
- 11) 新井 正 他 (1967) : 滝波川流域の積雪と融雪出水. 地理評, 40-8, p426~444.
- 12) 鈴木啓助・小林大二 (1987) : 森林小流域における融雪流出の形成機構. 地理評, 60-11, p707~724.
- 13) 日原高志・鈴木啓助 (1988) : 丘陵地源流域における降雨による流量のふたつのピークについて. 地理評, 60-11, p804~815.

著者：井上奉生・法政大学第二教養部
 小寺浩二・法政大学文学部地理学教室
 〒102・東京都千代田区富士見 2-17-1