

# 御嶽山南麓の溪流河川の流量計測

谷 口 智 雅

三重大学人文学部文化学科『人文論叢』第 41 号 別刷

2024 年 3 月 発行

# 御嶽山南麓の溪流河川の流量計測

谷口 智雅

**要旨：**本稿では、2014年9月27日に噴火した御嶽山で噴火が陸水に与えた影響、火山地域における陸水環境の生態的・化学的な調査・研究を実施し、水収支・物質収支の観点から河川流量の把握を行っている木曾川上流の王滝川支流において、流量観測の観測者および測定方法の差異による河川流量の違いについて検討を行った。2022年5月28日実施の流量観測の結果、観測者および流速計、測定方法が異なる場合において、濁川では観測方法Aで $0.427461\text{m}^3/\text{秒}$ 、観測方法Bで $0.4289833\text{m}^3/\text{秒}$ と観測差はほとんどなく、濁沢川でも観測方法Aで $0.833019\text{m}^3/\text{秒}$ 、観測方法Bで $0.8102798\text{m}^3/\text{秒}$ とその違いは3%程度であった。しかし、測線の川幅は短かったものの、川岸の流速が遅く、大きな礫の排除が困難で乱流等の抑制が不十分となった伝上川では観測方法Aで $0.60239375\text{m}^3/\text{秒}$ 、観測方法Bで $0.7057166\text{m}^3/\text{秒}$ と14.6%の誤差が生じた。また、別の日に実施した濁沢川・伝上川・濁川の河川流量を用いた比較検討から、測線上下流1~2mで大きな礫を事前排除して、流れを整えて流量観測を行うことの効果があることが明らかになった。このことから、特に事前に大きな礫を排除した乱流等の抑制、流れの遅い区間の回避・調整は、異なる観測者や測定方法で行われた河川流量の再現性においても有効であることと水深測定間隔が広い場合には、流れの遅い箇所がある流量観測には留意が必要であることも確認された。

## 1. はじめに

日本における河川を中心とした陸水学研究について見ると、地域の河川環境の現状と問題、自然環境の変化や人為的な作用が水循環・生態系に及ぼす影響、新たな分析手法や解析結果などの観点から様々な研究が行われている（日本陸水学会東海支部会編、2022）。これらの河川環境を把握するために物理、化学、生物、地学、人文社会科学、工学など多方面からの研究・調査が行われ、様々な研究手法が行われている（日本陸水学会東海支部会編、2014）。そして、物質収支を含む河川水質を中心とした質的課題、水収支を含む流量・流出を中心とした量的課題、生物の生息などを捉えた生態的課題それぞれについても様々な調査・研究が行われている。河川環境の物理化学生物環境の特徴を考える上で、うつわとなる水系や地形的な流域特性の把握とともに、量の基本的要素として河川流量が挙げられる。

河川における流量については、流出率や流出の年変化、工学的・水文学的あるいは地形学的なアプローチから様々な調査・研究が行われてきた（高山、1974；山本・高橋、1987；阪口他1986；新井、2004）。さらに、単に現象・現況把握として捉えているものだけでなく、大流域から小流域まで様々なスケールを対象とした地理学的な河川流量研究も行われている（新井、1998；谷口、2012）。現地調査における河川流量の観測方法として、河川横断面積と流速による算出、水位・流量曲線、塩分瞬間投入法による希釈法などがある（新井、2003；鈴木ほか、2019）。任意の地点での一般的な流量観測方法である河川横断面積と流速による算出についても、川幅や水深など川の状況などによって、水深観測の間隔や流速の測定深度も一点法、二点

法など様々である。公的な流量観測の規定はあるが、各観測者の経験や目的あるいは河川の状態によって測定方法に差異も見られる。水循環や物質循環、流出過程の把握など流量観測には、観測結果の再現性、正確性、信頼性が重要であるが、水質と異なり観測者間の差異についての議論は必ずしも多くない。このため、本稿では、流量観測の観測者および測定方法の差異による河川流量の違いについて検討を行った。

なお、2014年9月27日に噴火した御嶽山を対象に、様々な分野からなる複数の研究者で噴火が陸水に与えた影響、火山地域における陸水環境の生態的・化学的な調査・研究を実施し、水収支・物質収支の観点から河川流量の把握を行っている（宇佐見ほか、2020；田代、2020；田代、2016；谷口・小野田、2020；松本ほか、2020；Nozaki *et al.*、2020；Nozaki、2016；Onoda、2016；Onoda and Kayaba、2016）。ここでは、観測者によって測定方法や測定機器が異なる場合もあり、厳密な基準での調査結果の必要性や分析が求められるときは事前に調査方法の確認や必要に応じた器差補正なども行っている。

## 2. 研究方法

今回検討した河川流量は、河川横断面積と60%水深の一点法の流速により、2022年5月28日に実施した伝上川合流前の濁沢川（以下地点②）、濁沢川合流前の伝上川（以下地点③）と濁沢川と伝上川合流後の発電用の河川取水後の濁川；柳ヶ瀬（以下地点①）の流量である（図1）。この3地点の2022年5月28日実施の流量測定結果は、測線・水深は同様で異なる観測者および流速計、測定方法による。流量観測は、乱流等による誤差を抑えるためなるべく河床が安定している横断測線を取り、測線上下流1~2mで大きな礫を事前排除した。各地点の水深

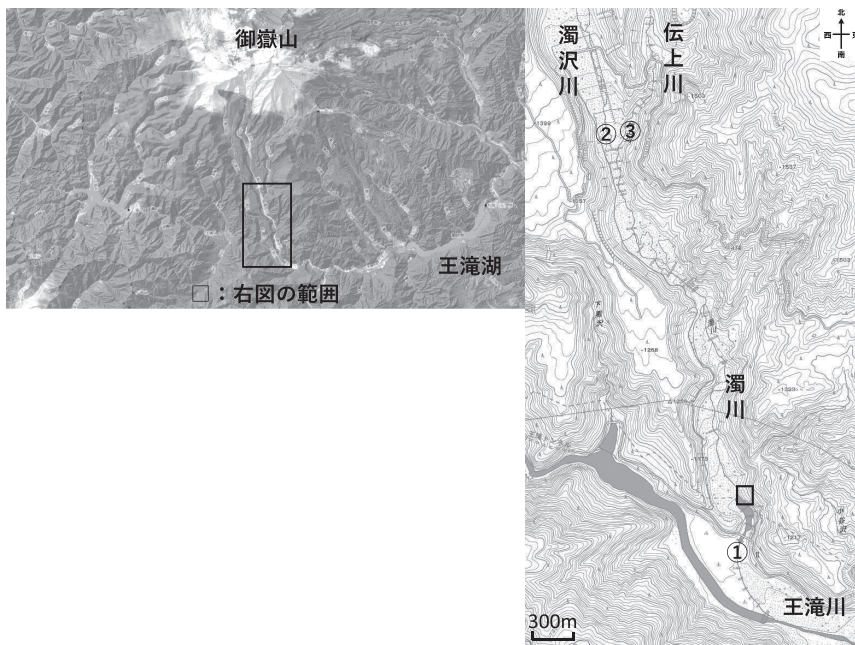


図1 調査地点位置図（地理院地図電子国土 web を利用して作成）  
①濁沢（柳ヶ瀬）、②合流前の濁沢川、③合流前の伝上川、□：発電用河川取水地点

観測数は、川幅と河床の安定性を考慮して 0.05～0.25m 間隔とし、観測間隔のキリの良い川幅に調整して実施している。流速は、流速計の 10 秒平均値を三回測定し、中間値とした。但しバラツキがある時には回数を増やし、近い値の中での中間値を取ることにした（観測方法 A）。異なる測定方法の流量観測は、時間的な効率性から水深観測数は 1m 毎を基本とし、各区間の中央の水深約 60% で流速を測定した。流速は三回測定しその平均とした（観測方法 B）。

また、日時および観測者、測線、水深、流速計、測定方法など異なるが、2022 年 5 月 27 日実施の濁沢川・伝上川・濁川、2022 年 8 月 25 日実施の濁沢川・伝上川・濁川、2022 年 8 月 26 日実施の濁沢川と伝上川、2022 年 8 月 27 日実施の濁沢川・伝上川・濁川、2022 年 8 月 29 日実施の濁沢川・伝上川・濁川の河川流量を用いた比較検討も行った（表 1、表 2）。観測方法 A は 2022 年 5 月 28 日実施の流量観測と同手順で、観測方法 B については、2022 年 5 月 28 日実施の流量観測とは異なり河床や川幅の調整作業は基本実施せず測定されたものである。

流量は以下式 (1) (2) により、電磁流速計による 60% 水深で測流する 1 点法の流速観測の断面観測によった。

$$S = W \times D \quad \dots (1)$$

$$Q = S \times V \quad \dots (2)$$

S：断面積 W：川幅 D：水深 V：流速 Q：流量

各地点の流量は測深点一つおきに流速を観測し、その流速が両側の断面を代表とするものとする簡易法によった。

$$Q_1 = V_1 \times (S_{1a} + S_{1b}) \quad \dots (3)$$

$Q_1$ ：各断面流量  $V_1$ ：各断面  $S_1$  を代表する流速

$S_{1a}$ ：各区間の流速観測地点片側の断面積 a

$S_{1b}$ ：各区間の流速観測地点片側の断面積 b

そして、上記式 (3) で求めた各断面積区間の流量から川幅全体の流量 (Q) は以下式 (4) で求めた。

$$Q = \sum S_i \cdot V_i \quad \dots (4)$$

$S_i$ ：i 番目部分の断面積

$V_i$ ：i 番目を代表する 60% 水深の流速

### 3. 結果と考察

2022 年 5 月 28 日実施における両方法による流量観測結果では（表 1、表 2）、今回の中で一番流量の少ない地点①（写真 2）の濁川では観測方法 A で  $0.427461\text{m}^3/\text{秒}$ 、観測方法 B で  $0.4289833\text{m}^3/\text{秒}$  と誤差はほとんどない。なお、地点①は濁沢川の地点②と伝上川の地点③の合流後の下流に位置するが、水力発電用の河川取水口（写真 1）後に位置するため、今回は取水

表1 各観測方法による各地点の観測結果

	濁川	伝上川	濁沢川
2022年5月28日観測方法Aによる流量	0.427461	0.602394	0.833019
2022年5月28日観測方法Bによる流量	0.428983	0.705717	0.81028
観測方法Aによる河川断面積*平均流速の流量	0.4192	0.508804	0.773562
観測方法Bによる河川断面積*平均流速の流量	0.425	0.683235	0.738054

単位:m<sup>3</sup>/秒

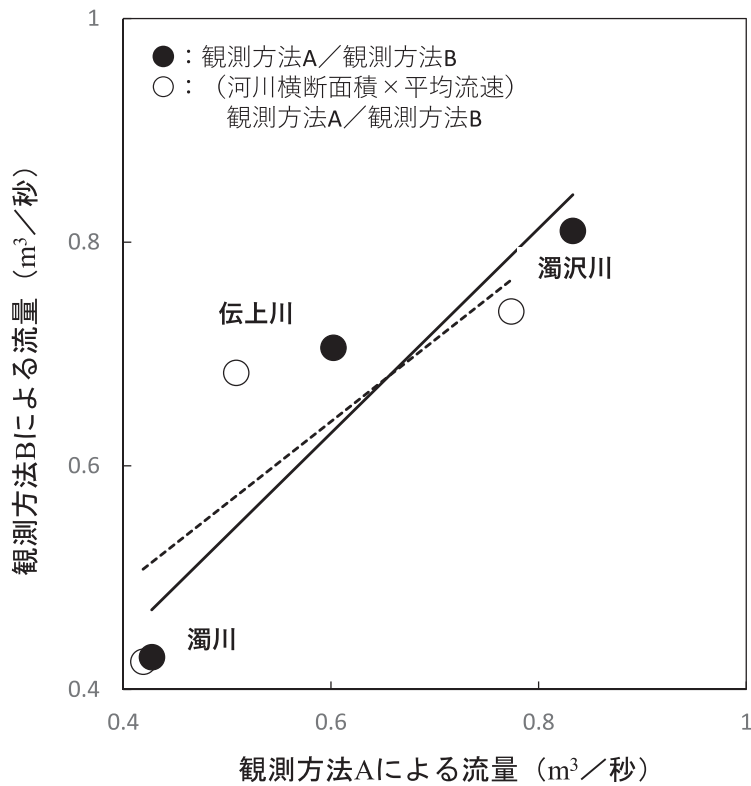


図2 濁川・濁沢川・伝上川における観測方法の違いによる観測流量の関係



写真1 濁川の発電用河川取水施設  
(2015年9月6日谷口撮影)



写真2 濁川柳ヶ瀬 (地点①)  
(2022年5月28日谷口撮影)



写真3 濁沢川および流量観測の様子（地点②）  
（2022年5月28日谷口撮影）



写真4 伝上川（地点③）  
（2022年8月29日谷口撮影）

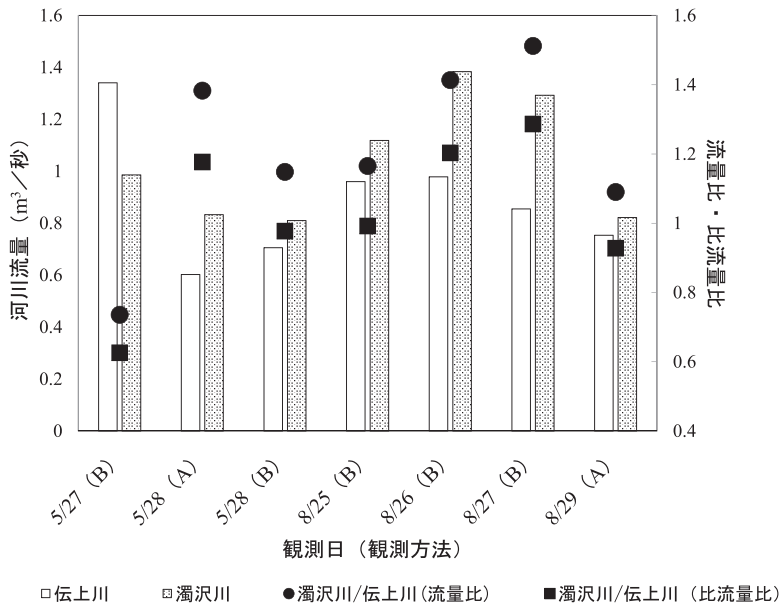


図3 伝上川と濁沢川の流量比較

表2 濁川・濁沢川・伝上川の流量観測結果一覧

No.	河川名	実施日	時間	流量	川幅	河川断面積①	平均流速②	水深 観測数	①×② m³/秒	観測 方法
				m³/秒						
1	濁川	20220527	15:21	2.876392833	10	1.311	0.812	11	1.064532	B
2	濁沢川	20220527	13:46	0.986126167	4	0.94075	0.91	5	0.8560825	B
3	伝上川	20220527	12:44	1.340891	5	3.001	0.765	6	2.295765	B
4	濁川	20220528	14:40	0.427461	6	1.31	0.32	31	0.4192	A
5	濁川	20220528	13:35	0.428983333	6	1.25	0.34	7	0.425	B
6	濁沢川	20220528	11:50	0.833019	4	1.126	0.687	42	0.773562	A
7	濁沢川	20220528	11:47	0.810279833	4	1.0265	0.719	5	0.7380535	B
8	伝上川	20220528	11:13	0.60239375	2.5	0.79625	0.639	11	0.50880375	A
9	伝上川	20220528	11:04	0.705716667	2.5	0.6025	1.134	4	0.683235	B
10	濁川	20220825	15:50	0.72521025	8	1.9445	0.36	40	0.70002	A
11	濁沢川	20220825	9:27	1.118933667	5.1	0.1171	0.446	6	0.0522266	B
12	伝上川	20220825	8:22	0.959991667	6.5	1.6	0.535	8	0.856	B
13	濁沢川	20220826	10:11	1.383571667	5.2	1.328	0.488	6	0.648064	B
14	伝上川	20220826	11:00	0.978775	6.4	1.713	0.352	7	0.602976	B
15	濁川	20220827	11:31	1.013607	5.52	1.369	0.676	7	0.925444	B
16	濁沢川	20220827	10:23	1.292589	5.1	1.172	0.527	6	0.617644	B
17	伝上川	20220827	9:50	0.854798333	6.5	1.58	0.339	7	0.53562	B
18	濁川	20220829	11:25	0.551636	7.2	1.5145	0.356	46	0.539162	A
19	濁沢川	20220829	9:32	0.82165875	5	0.985	0.82	21	0.8077	A
20	伝上川	20220829	10:20	0.75373875	5.5	1.26125	0.549	23	0.69242625	A



による支流河川の合流後でも流量が減じている。地点②（写真3）の濁沢川では、観測方法Aで $0.833019\text{m}^3/\text{秒}$ 、観測方法Bで $0.8102798\text{m}^3/\text{秒}$ と観測方法Bの流量が少なくその誤差は3%程度である。地点③（写真4）の伝上川では観測方法Aで $0.60239375\text{m}^3/\text{秒}$ 、観測方法Bで $0.7057166\text{m}^3/\text{秒}$ と14.6%の誤差が生じている。濁川と濁沢川は、流速にバラツキがなく、結果的に両観測方法による流量に大きな差はない。伝上川については、測線の川幅は短かったが、大きな礫の排除が困難で乱流等の抑制が不十分となってしまったことや特に川岸の流速が遅いため、観測結果の差がやや大きくなったと考えられる（図2）。河川断面積と各河川横断の平均流速を乗じて求めた流量を計算すると、各地点とも観測方法Aではやや少なめに、観測方法Bは多めに見積もられている（表1）。河川中央部と川岸で流速差の大きい伝上川では、観測方法Aの $0.50880375\text{m}^3/\text{秒}$ に対して、観測方法Bは $0.683235\text{m}^3/\text{秒}$ とその差は顕著であることから、水深観測数に対する河川横断の流量の違いに対応できなかったと言える。

ここで、2022年5月27日・28日、2022年8月25日・26・27日・29日に流量観測を行った濁沢川・伝上川の測定流量を濁沢川（地点②）と伝上川（地点③）の河川流量の比較を行う。二万五千分の一の地形図により流域界を判読し、1mm方眼紙による方眼法によって算出した両支流の流域面積は、濁沢川の地点②では $9.509375\text{km}^2$ 、伝上川の地点③では $8.0925\text{km}^2$ と同規模の流域面積となっている。同じ王滝川流域の支流で発電用の河川取水後の地点や御嶽山の火山山体でない支流の比流量で顕著な差異が見られる流域もあるが、濁沢川と伝上川の両地点の比流量は極端に大きな差は観測されていない（谷口、2020）。しかし、濁沢川と伝上川においても同じ御嶽山山体を水源とする支流であるが、水質は大きく異なっており（松本ほか、2020）、浸透や流域界からの流入の考慮も必要である。

5月27日の観測方法Bでの流量では、流域面積の狭い伝上川の流量が多くなっているが、他は流域面積に対応した流量となっている（図3）。比流量比で見ても5月27日の観測方法Bの比流量比が約0.63であるが、他の実施日および観測方法の比流量比では約0.93～約1.29となる（図3）。比流量比を観測方法別で観測方法Aは約0.93～1.18、観測方法Bは約0.98～約1.29となり、濁沢川と伝上川の流出率が同じとすると観測方法Aでの流量結果の再現性はより高いと言える。また、濁沢川の流量が多い時に、この差はやや大きくなる傾向も見られる。流量増加に対して、川幅は大きく変化せず、流速も必ずしも比例していないことから、水深を含む礫の堆積環境などの河床の状態に対応していることが示唆される。このことは、観測方法Aにおいて、測線上下流1～2mで大きな礫を事前排除して、流れを整えて流量観測を行うことの効果がより表れていると考えられる。

#### 4. おわりに

本稿では、流量観測の観測者および測定方法の差異による河川流量の違いについて検討を行ったが、事前に大きな礫を排除した乱流等の抑制、流れの遅い区間の回避・調整を行うことによって、異なる観測者や測定方法で行われた河川流量の再現性においても有効であることや水深観測数の時間的な効率化も図れることが確認された。しかし、2022年5月28日実施の流量観測で示されたように、水深測定間隔が広い場合には、流れの遅い箇所がある流量観測には留意が必要と言える。

溪流の流量観測は、河川へのアクセスや流れの不均一性などの様々な制限から調査の実施が

困難な場合がある。広域な陸水環境の理解や把握のための協同研究において、効率的・効果的な流量観測を行うためにも、観測者間の校正・調整は重要であると言える。水質に比べて流量は観測者によって差異を生じやすく、河川の状態によっても大きく変わってくる。このため、地点数や多様な河況での観測を含めて検討することも課題である。

## 謝辞

本研究にあたっては、松本嘉孝氏（豊田工業高等専門学校）と江端一徳氏（豊田工業高等専門学校）には流量の現地観測結果の提供および協力、宇佐見亜希子氏（当時名古屋大学減災連携研究センター研究員）には現地観測調査にご協力いただきました。以上記して謝意を表します。

## 参考文献

- 新井 正 (2004) : 『地域分析のための熱・水収支水文学』、古今書院.
- 新井 正 (2003) : 『水環境調査の基礎 改訂版』、古今書院.
- 新井 正 (1998) : 『水系網による河川流量・流速・水温分布の一般化に関する研究』、平成7年度～平成9年度JSPS 科研費・基盤研究(B-2)研究成果報告書.
- 宇佐見亜希子・松本嘉孝・谷口智雅・八木明彦・岩月栄治・田代 喬 (2020) : 火山麓に見られる強酸性河川の水質変換過程の解析: 御嶽山南麓の濁川水系における現地観測から. 「河川技術論文集」、第 26 巻、7-12.
- 阪口 豊・高橋 裕・大森博雄 (1986) : 『日本の川』、岩波書店.
- 鈴木裕一・佐藤芳徳・安原正也・谷口智雅・李 盛源 (2019) : 『新版 水環境調査の基礎』、古今書院.
- 田代 喬 (2020) : 「御嶽崩れ」による王滝川中流域の景観変化とそれ以降 30 年間の変遷状況. 「陸の水」、87 号、59-68.
- 田代 喬 (2016) : 御嶽山麓を流れる木曾川水系王滝川の水環境: 自然災害と水資源開発の影響. 「陸の水」、74 号、5-11.
- 高山茂美 (1974) : 『河川地形学』、共立出版.
- 谷口智雅 (2020) : 御嶽山南麓王滝川水系の河川流量. 「日本陸水学会東海支部会 2019 年度第 22 回研究発表会発表要旨集」.
- 谷口智雅・小野田幸生 (2020) : 御嶽山南麓の王滝川中流域における河川環境. 「陸の水」、87 号、45-52.
- 谷口智雅・宮岡邦任・溝口晃之 (2012) : 豊田市における河川水温・河川流量の地理的分布. 「豊田市史研究」、第 3 号、25-39.
- 日本陸水学会東海支部会編 (2022) : 『身近に水の環境科学 第 2 版』、朝倉書店.
- 日本陸水学会東海支部会編 (2014) : 『身近に水の環境科学 実習・測定編』、朝倉書店.
- 松本嘉孝・野崎健太郎・宇佐見亜希子 (2020) : 御嶽山南麓の王滝川流域における河川水質分布と pH の短期的変化. 「陸の水」、87 号、11-22.
- 山本荘毅・高橋 裕 (1987) : 『図説水文学』、共立出版.
- NOZAKI Kentaro, MATSUMOTO Yoshitaka and TASHIRO Takashi (2022) : Accumulation of *Hydrurus foetidus* (Chrysophyceae) in sand ripples of a volcanic inorganic acidified river in the southern part of Mount Ontake, central Japan. "Limnology in Tokai Region of Japan", 87, 53-58.
- NOZAKI Kentaro (2016) : Autumn and winter periphyton biomass in the Ohtakigawa River watershed 1 year after the 2014 eruption of Mount Ontake, central Japan. "Limnology in Tokai Region of Japan", 74, 13-21.
- ONODA Yukio and KAYABA Yuichi (2016) : Comparison of fish fauna in a river that received pyroclastic flow from the volcanic eruption of Mt. Ontake in 2014 with that in neighboring rivers. "Limnology in Tokai Region of Japan", 74, 23-28.
- ONODA Yukio (2016) : Rediscovery of Japanese charr in the Denjogawa River and its tributary in 2016 after a disturbance from the Ontake Landslide in 1984: significance of a tributary as a refugium from disturbance. "Limnology in Tokai Region of Japan",

74, 29-34.

#### 付記

本研究は、令和2年度～令和5年度JSPS科研費・基盤研究(B)『自然災害／資源開発を受容する火山山麓地域の自然共生に向けた水文水質・生態機構の解明、研究代表者；田代喬（課題番号19H04318）』の一部として実施した。