

早川水系と富士川の SS に関する研究 (第 1 報)

—SS 分布について—

長谷川裕弥 堀内雅人

Study of Suspended Solids (SS) in Hayakawa and Fujikawa River.
—Suspended Solids Distribution—

Yuya HASEGAWA and Masato HORIUCHI

キーワード：早川、富士川、雨畑川、浮遊懸濁物質質量 (SS)、透視度、濁り

山梨県内を流れる早川や富士川は、まとまった降水量が観測されると河川水の濁りが観察される。降雨のない天候が数日間継続すると、富士川は濁りの少ない状態に戻るが、早川は濁りの少ない状態に回復するまでに富士川より時間を要し、これが早川合流部より下流の富士川の濁りに影響を与えているとの指摘がある。山梨県では、過去に早川とその支流 (以下、早川水系) において河川水の濁りの指標となる浮遊懸濁物質質量 (以下、SS) の測定を実施したことがない。そこで、今回、早川水系および早川合流地点付近から県境 (静岡県) までの富士川について、河川水の SS の実態把握を目的に調査を実施した。また、SS と降水量の関係から、早川水系の濁りの長期化について考察したので報告する。

SSについて

SSは水中に浮遊、懸濁している $1\mu\text{m}$ 以上 2mm 以下の物質重量を指し、濁りの指標となる。SSは、主に動植物プランクトンやその死骸等の有機物と土壌微粒子等の無機物に大別される。SSの多い河川や湖沼では、水中光量が低下し、藻類等の光合成が阻害されると、魚類等の生物に影響を及ぼすと考えられる。そのため、環境省は河川や湖沼の類型別にSSの環境基準を設定している。山梨県の主要河川である富士川下流はA類型に区分され¹⁾、SSの環境基準は最も厳しい 25mg/L 以下である。なお、早川水系は類型区分の指定がないため、SSの環境基準は設定されていない。

早川水系について

早川水系は南アルプス山脈東部を源流域とし、上流部には西山ダムがあり、雨畑川や湯川、春木川などの大小10以上の支流が流入し、最後は富士川に合流する。支流のひとつである雨畑川には水力発電用の雨畑ダムがあり、発電で利用したダム水は早川本川に放水されている。また、早川水系は周囲を 2000m 級の山々に囲まれ、V字谷の峡谷をなす地形を有している。流域には、国内最大の活断層

(糸魚川—静岡構造線)が存在し²⁾、周辺の地層は脆く、崩れやすいことが知られている。早川の右岸は、砂岩や粘板岩がみられ、左岸は主に凝灰岩がみられる。これらの岩石は流下する際に粉碎され、下流域では砂利やシルト質となって堆積している。そのため、下流域には複数の採石場があり、砂利等の採取が盛んである。早川水系は早川町内を流れており、その早川町は日本一人口の少ない町として知られ、市街地は少ないが町内には温泉地が点在している。

調査方法

1 調査地点と測定項目

調査水域は、早川水系と早川水系が合流する富士川とした (図1)。2019年5月~7月の期間は、静岡県と合同で毎月3回、図2 (調査地点の名称は表1) に示す早川水系9地点 (St. 1~St. 6, St. 8~St. 10) 及び富士川5地点 (St. 11~15) で河川水を採取し、SSと透視度を測定した。また、合同調査とは別に山梨県が早川水系1地点 (St. 7) で同一項目を4回測定した。2019年8月~2020年3月の期間は、山梨県が毎月1回、5地点 (St. 4, St. 7, St. 8, St. 9, St. 10) で同一項目を測定した。

2 測定方法

(1) SSの測定

SSは孔径 $1\mu\text{m}$ のガラス繊維ろ紙 (ADVANTEC社製GS-25) を用いて、JIS K 0102に準拠して測定した。

(2) 透視度の測定

透視度は 30cm 又は 100cm の透視度計を用いて、河川水を採取した際に測定した。

(3) 降水量の観測データ

降水量は、甲府地方気象台切石観測所³⁾ (北緯 $35^{\circ}28.0$ 分、東経 $138^{\circ}26.5$ 分) を代表地点として参照した。

結果

1 早川水系及び富士川のSS分布

2019年度に5月～7月まで毎月3回、8月～3月まで毎月1回の頻度で図2の調査地点においてSS調査を実施した。各調査地点の2019年度SS結果を表2に示す。また、SSがA類型の25mg/L以下だった調査日とA類型の25mg/L以上だった調査日のSS分布の一例を図3示す。まず、早川水系の上流（見返橋、St.2）のSSは、相対的に低い値で（1～32 mg/L）で推移した。一方で、早川水系の中流域（栄代橋、St.8）のSSは7～180mg/Lで推移し、A類型の25mg/L（以下、A類型）の最大6倍になることがあった。さらに、下流域（早川橋、St.10）のSSは3～230mg/Lで推移し、中流域よりSSが高くなることがあった。早川支流の雨畑川のダム上流（St.5）のSSは、早川本川よりもSSが高い傾向であった。ダム下流（St.7）では、水力発電所が稼働していないとSSは高く（18～100mg/L）、稼働しているとSSは低かった（<1～2mg/L）。水力発電所は2019年7月まで稼働しており、ダム水は栄代橋（St.8）の下流に放水されていた。2019年8月以降は水力発電所が稼働していないため、ダム水は雨畑川を通して栄代橋（St.8）の上流に流入していた。次に、早川合流前の富士川（飯富橋、St.11）のSSは、環境基準を超えることもあったが、早川水系と比較して低い値（<1～40mg/L）で推移した。早川合流後の富士川（身延橋、St.13）のSSは2～310mg/Lで推移し、環境基準の最大12倍になることがあった。静岡県との県境（St.15）のSSは、<1～180mg/Lで推移し、早川合流後よりもSSは低い傾向にあった。早川水系上流にある西山ダム（St.1）のSSは、他の調査地点と比較して低い値（<1～23mg/L）で推移し、A類型を超えることはなかった。一方で、早川支流にある雨畑ダム（St.6）のSSは6～1600mg/Lで推移し、A類型の最大64倍になることがあった。



図1 調査水域

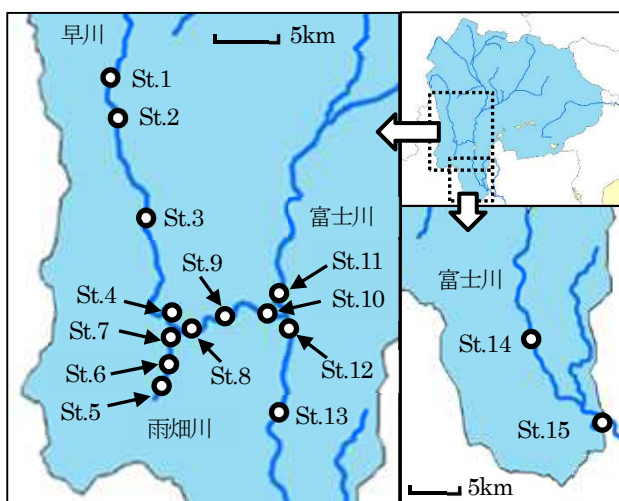


図2 調査地点

表1 調査地点の名称

地点番号	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
調査河川	ダム	早川	早川	早川	雨畑川
調査地点	西山ダム	見返橋	ヤマセミ橋	中之島橋	ダム上流

地点番号	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10
調査河川	ダム	雨畑川	早川	早川	早川
調査地点	雨畑ダム	雨畑川流末	栄代橋	弁天橋	早川橋

地点番号	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15
調査河川	富士川	富士川	富士川	富士川	富士川
調査地点	飯富橋	富山橋	身延橋	南部橋	県境

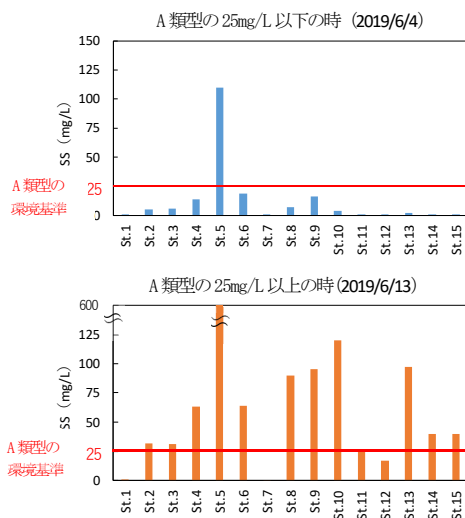


図3 SSがA類型の25mg/L以下だった調査日とA類型の25mg/L以上だった調査日のSS分布の一例（2019年度）

表 2 各調査地点の 2019 年度 SS 結果 (mg/L)

地点番号	5/7	5/20	5/28*	6/4	6/13*	6/26*	7/3*	7/22*	7/29*	8/13	9/4*	10/2	11/21*	12/11	1/15	2/13	3/4
St.1	<1	1	5	<1	1	2	23	9	7	-	-	-	-	-	-	-	-
St.2	3	1	13	5	32	24	23	27	19	-	-	-	-	-	-	-	-
St.3	2	7	7	6	31	8	61	74	40	-	-	-	-	-	-	-	-
St.4	9	23	33	14	63	40	160	110	110	4	19	3	83	23	6	35	14
St.5	170	9	380	110	610	180	480	410	690	-	-	-	-	-	-	-	-
St.6	21	6	1600	19	64	30	39	31	220	-	-	-	-	-	-	-	-
St.7	-	-	-	1	<1	1	2	-	-	-	-	30	100	41	20	18	32
St.8	22	22	49	7	90	34	160	140	180	-	-	-	84	35	15	29	20
St.9	27	19	150	16	95	48	150	160	170	9	29	13	83	30	13	35	40
St.10	21	10	47	4	120	64	190	200	230	3	51	10	18	16	18	61	22
St.11	7	8	11	<1	27	8	7	27	40	-	-	-	-	-	-	-	-
St.12	3	4	3	<1	17	3	4	15	17	-	-	-	-	-	-	-	-
St.13	4	5	28	2	97	30	68	120	310	-	-	-	-	-	-	-	-
St.14	2	3	4	<1	40	4	46	65	130	-	-	-	-	-	-	-	-
St.15	2	3	3	<1	40	5	50	98	180	-	-	-	-	-	-	-	-

*降雨の影響があった調査日

2 SSIに対する降雨の影響について

SS が A 類型を 1 地点でも超えた場合に河川水が濁ったと判断し、何日前の降雨が SS に影響しているのか検討した。表 3 に SS 調査の 7 日前までの 1 日ごとの降水量を示す。ただし、雨畑川上流 (St. 5) は雨畑ダムに流入しており、早川本川の SS に直接影響を与えないため除外した。雨畑川流末 (St. 7) は、雨畑ダム (S. t. 6) から放水されるダム水のため除外した。西山ダム (St. 1) と雨畑ダム (St. 6) は、ダム水のため除外した。また、7 日前までの降水量が 0mm であった調査 (2019/8/13, 10/2, 12/11, 2020/2/13) は、SS に対して降雨の影響はないと考えられ除外した。以上より、降雨の影響があったと判断した調査は、計 10 回 (2019/5/7, 5/28, 6/13, 6/26, 7/3, 7/22, 7/29, 9/4, 11/21, 2020/3/4) あった。そのうち、2 回 (2019/5/7, 2020/3/4) は、発電で利用したダム水または雨畑川の合流後に早川本川の SS が高くなっているため、降雨の影響ではないと判断した。以上より、降雨の影響と考えられた SS 調査は計 8 回 (2019/5/28, 6/13, 6/26, 7/3, 7/22, 7/29, 9/4, 11/21) あった。

3 河川水の SS と透視度の関係

透視度は濁度の指標として用いられ、SS との間に高い相関関係があることが明らかになっている⁴⁾。今回は、早川水系および富士川の SS と透視度の関係について検討した。図 4 に SS と透視度の逆数の関係を示す。なお、透視度が >100cm の結果及び SS が 300mg/L 以上の結果、30cm 透視度計で測定した結果は、測定誤差が大きいため解析から除外した。その結果、両者の間には高い正の相関関係が得られた ($R^2=0.92$, $n=131$)。図 4 の回帰式より、SS の A 類型に相当する透視度は 23cm であった。また、透視度が >100cm 以上の時の SS の実測値が <1~6mg/L であったことから、100cm の透視度計で測定できる SS の最低値は 6mg/L 以上であった。

表 3 2019 年度 SS 調査日の 7 日前までの降水量 (mm)

	5/7	5/20	5/28	6/4	6/13	6/26	7/3	7/22	7/29
1日前	0	0	0	0	4.5	0	0	0	3.5
2日前	0	0	0	0	9	16	0	1.5	53
3日前	2.5	0	0	0	20	0.5	18	0	19
4日前	0	0	0	0	10	1.5	0	30	0
5日前	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0
6日前	10	4	0	1	28.5	0	1	13.5	0.5
7日前	27	0	118	1	0	0	0	28	1

	8/13	9/4	10/2	11/21	12/11	1/15	2/13	3/4
1日前	0	0	0	0	0	0	0	0
2日前	0	0	0	2.5	0	0	0	2
3日前	0	0	0	5.5	0	0	0	0
4日前	0	0	0	0	0	0	0	0
5日前	0	6.5	0	0	0	0	0	0
6日前	0	0	0	0	0	0	0	0
7日前	0	0.5	0	0.5	0	13.5	0	0.5

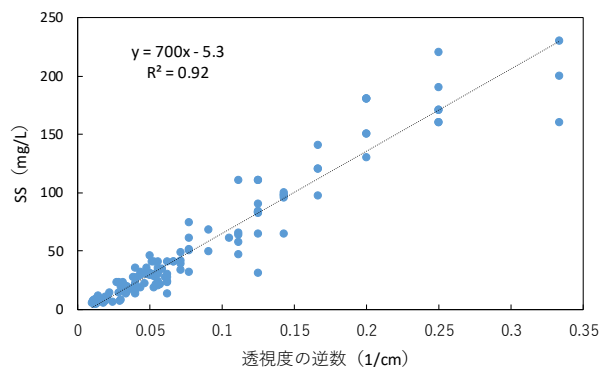


図 4 早川水系および富士川の透視度の逆数と SS の相関と回帰式

考察

これまで山梨県では、早川水系でSS調査を実施したことがなかった。そこで、毎月1回以上早川水系と富士川のSS調査を実施し、SSの傾向を明らかにした。早川水系のSSは、上流域では低く、中下流域では高くなる傾向が明らかになった。早川水系の中下流域でSSが高くなる一因として、早川支流の雨畑川の影響が考えられた(図5)。雨畑川下流のSSは、雨畑ダムにある水力発電所の稼働の有無が影響を与えていると考えられた。



図5 中之島橋 (St. 4) 下流500mの早川本川と雨畑川の合流地点 (2019年9月4日)

富士川は、早川合流後にSSが高くなることがあり、富士川下流域のSSは早川水系の影響を受けていると考えられたが、静岡県との県境までの間に低下する傾向もみられた。この一因として、一部の浮遊懸濁物質が流下中に沈降していると考えられた。

同一調査地点のSSのばらつきは、まとまった降雨により河川水が濁ったためと考えられる。そのため、早川水系で降雨の影響があったと判断した調査について、7日前からの降水量(表3)とSSの関係を検討した。2019/5/28は、7日前に118mmの激しい降雨が観測されたが、この日以降の降水量は0mmであった。これにより、早川水系では激しい降雨があった場合、6日間経過してもA類型のSSを超える調査地点があり、濁りの長期化が考えられた。他の7回のSS調査(2020/6/13, 6/26, 7/3, 7/22, 7/29, 9/4, 11/21)では、最低でも5日前に6mm以上の降雨が観測されていた。これにより、早川水系では、5日前に6mm以上の降雨が観測されると、A類型を超える可能性があると考えられた。

次に、7日前からの降水量が0mmであり、SSに対して降雨の影響がないと考えられた調査(2019/8/13, 10/2, 12/11, 2020/2/13)について検討した。2019/8/13は、全調査地点でSSがA類型以下であり、濁りはないと判断できた。2020/10/2は、雨畑川流末(St. 7)でSSがA類型を超えたが、これは雨畑ダムのダム水の影響と考えられた。2020/12/11は、栄代橋(St. 8)と早川橋(St. 9)でSSがA類型を超えたが、これは雨畑川流入の影響と考え

られた。2020/2/13は、全調査地点でSSがA類型を超えた。7日前まで降水量が0mmであったが、採水する5時間前から計4.5mmの降水量が観測されていた。これにより、早川水系のSSは、降雨の影響が直ちに現れやすいと考えられた。

次に、早川本川のSSがA類型以下であり、降雨の影響がないと判断できた調査(2019/5/20, 6/4, 2020/1/15)について検討した。これらの調査では、6日前に最大4mmの降水量を観測したことがあったが、上記の結果と矛盾しなかった。

最後に、7日前に118mmの激しい降雨が観測された2019/5/28のSS分布結果から、早川水系と富士川の回復について検討した。早川水系の上流域のヤマセミ橋(St. 3)と早川水系合流前の富士川の飯富橋(St. 11)のSSはA類型以下であり、SSが回復していた。しかし、早川水系の中下流域のSSは、雨畑川が合流する前の中之島橋(St. 4)でA類型以上となり、SSの再発生が考えられた。今後は、濁りの発生メカニズムについて検討する必要があると考えられた。

まとめ

- 1) 早川水系および富士川のSS分布結果より、早川水系の上流はSSが低く、中下流域でSSが高くなる傾向があった。富士川は早川水系の合流後にSSが高くなる傾向があったが、静岡県との県境まで流下する間に低下する傾向にあった。
- 2) 早川水系では、5日前に6mm以上の降水量が観測されると、A類型を超過する可能性が考えられた。
- 3) 早川水系の上流域と早川水系合流前の富士川のSSは、118mmの降水量が観測された後に、少なくとも6日間降雨が観測されないとA類型以下まで低下した。しかし、早川水系の中下流域のSSは、A類型以上となり濁りが継続していた。
- 4) 早川水系および富士川のSSと透視度の逆数の間には、高い相関関係が得られた($R^2=0.92$, $n=131$)。回帰式から、SSのA類型に相当する透視度は23cmであることが明らかになった。これにより、現地で透視度を測定することで、おおよそのSSを推定できると考えられた。

参考文献

- 1) 令和2年度山梨県公共用水域及び地下水の水質測定計画
- 2) 杉山雄一、松田時彦：南部地域の地質，地域地質研究報告，79，5-18 (2014)
- 3) 甲府地方気象台ホームページ，[<http://www.jma-net.go.jp/kofu/>] (最終検索日：2020年10月26日)
- 4) 花城可英ら：濁水の評価に関する研究—SS、濁度、透視度の関係について—，沖縄県衛生環境研究所報，28，67-71 (1994)