

降雨強度と河川濁水発生の関係解析

Analysis of the relationship between rainfall intensity and river turbidity

研究第二部・三部研究員 酒井 遥
前・研究第三部上席主任研究員 細井 啓示
研究第三部次長 大杉 奉功
研究第三部長 安達 孝実

本稿で取り上げる安威川ダムは、大阪湾に注ぐ一級河川淀川の支川である安威川の上流部に位置するロックフィルダム形式の多目的ダムである。安威川ダムは洪水調節、既得取水の安定化及び河川環境の保全を目的とする事業であり、令和5年9月より供用開始されている。

安威川ダムの上流域では、雨天時にしばしば白濁水の流出が確認されており、流量がそれほど大きくない場合でも白濁水が発生している。本稿では、白濁水の発生状況を整理し、白濁水が発生する場合の雨量と濁水発生の関係解析結果について報告する。

キーワード：濁水発生条件、濁水解析、日数評価、濁水対策

The Aigawa Dam, which is the subject of this paper, is a multi-purpose rockfill dam located upstream of the Aigawa River, a tributary of the Yodogawa River, which flows into Osaka Bay. The Aigawa Dam is a project aimed at controlling floods, stabilizing existing water intake, and preserving the river environment, and has been operated since September 2023.

In the upstream area of the Awi River Dam, cloudy water is often observed to flow out during rainy weather, and cloudy water occurs even when the flow rate is not that large. This paper summarizes the occurrence of cloudy water and reports on the results of an analysis of the relationship between rainfall and the occurrence of cloudy water.

Key words : Conditions for generating turbid water, Turbid water analysis, Days evaluation, Turbidity measures

1. はじめに

安威川ダムは、大阪湾に注ぐ一級河川淀川の支川である安威川（流域面積163km²、河川延長32km）の上流部に位置するロックフィルダム形式の多目的ダムである。安威川ダムは洪水調節、既得取水の安定化及び河川環境の保全を目的とする事業であり、令和5年9月より供用開始されている。安威川ダムと貯水池の諸元は、堤高76.5m、堤長337.5m、湛水面積81ha及び総貯水容量1,800万m³であり、大阪府が事業を進めている。

安威川上流域ではしばしば白濁水の流出が確認されており、出水時（流量が多いとき）に白濁水が発生することは大きな問題ではないが、雨天時の流量がそれほど大きくない場合に白濁水が発生しており、安威川ダムの上流域にある複数の碎石場による可能性が考えられる。

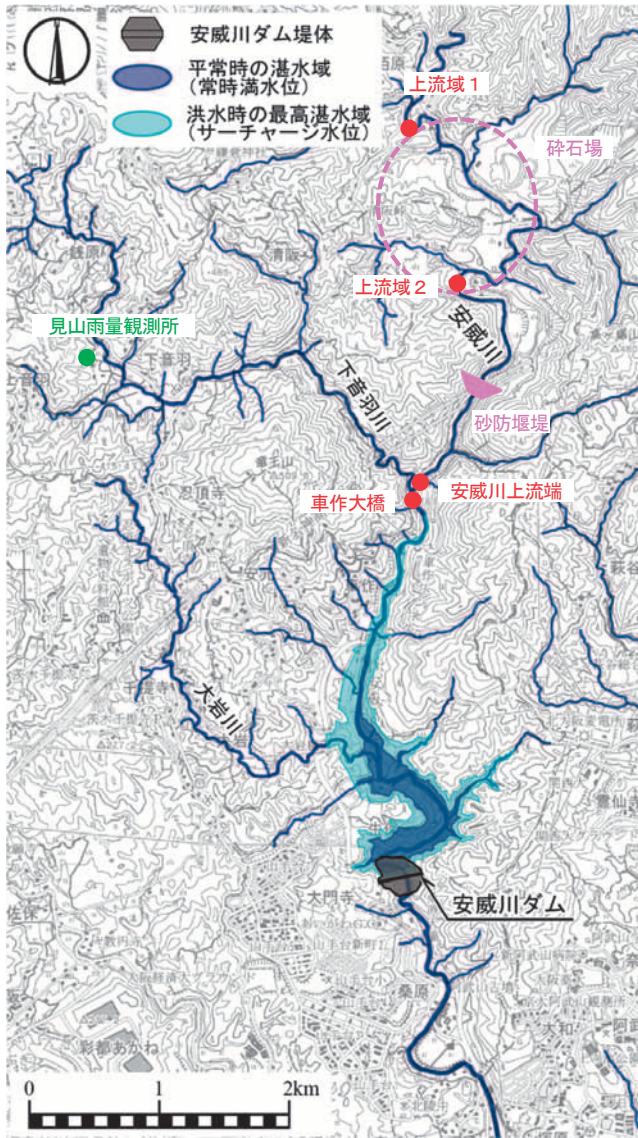
本稿では、安威川上流域における白濁水の発生状況を整理し、白濁水が発生する場合の雨量、日数の推定などにより、雨量と濁水発生の関係解析を行った結果について報告する。

2. 安威川ダム上流域における白濁水の現況

安威川ダム上流域に設定した水質調査地点である安威川上流端では、平成27年以降、定期水質調査（低水時）としてSS、濁度、流量が年間12回測定されている。また、平成26年以降、同様に安威川上流端において、高水時水質調査として、SS、濁度、流量が測定されている。

これらの定期水質調査及び高水時水質調査の結果は表-2に示すとおりであり、調査結果の他に調査日のSS負荷量、見山雨量観測所の最大時間雨量（以降、日最大時間雨量）及び白濁状況の判定を整理した。SS負荷量は、流量×SS値により算出した。また、白濁状況の判定は、安威川上流端における定期水質調査、高水時水質調査の写真を用いて、表-1に示す白濁判定の事例にしたがい行った。

表-2に示すとおり、低水時の安威川上流端のSS負荷量は最大で240.6g/sであり、この時のSSは130.0mg/L、濁度は130.0度、流量は1.85m³/sであった。高水時の安威川上流端のSS負荷量は最大で255,867.0g/sであ



「この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の2万5千分の1地形図を使用した。(承認番号 令元情使、第415-G1SMAP42857号)」

図-1 調査地点位置図

り、この時のSSは1,700.0mg/L、濁度は450.0度、流量は150.51m³/sであった。

安威川上流端のSSと流量の相関グラフを確認すると図-2に示すとおりであり、流量が概ね5m³/s以上の場合に濁りが発生していた一方で、流量が0.3～3m³/sの比較的流量が小さい場合にも白濁(やや白濁～白濁)が発生していたことが確認された。

そこで、図-2の安威川上流端の白濁判定と流量をもとに、「透明」、「やや白濁」、「白濁」、「濁り」の各区分における流量範囲を整理すると、図-3に示すとおりとなる。安威川上流端の流量が、平均値±標準偏差の範囲で0.42～1.87m³/sにある時に「やや白濁」、0.56～2.20m³/sにある時に「白濁」と判定された。

このように、安威川ダムでは、ある流量範囲で白濁水が発生しており、流量と白濁水の発生条件は把握で

表-1 白濁状況の判定

白濁判定	判定目安	事例
透明	河床まで確認できる状態	
やや白濁	河床は確認できないが、流水中の石礫は確認できる白っぽい濁り	
白濁	流水の中が確認できない白っぽい濁り	
濁り	流水の中が確認できない茶色い濁り(白濁が混じる場合は除く)	

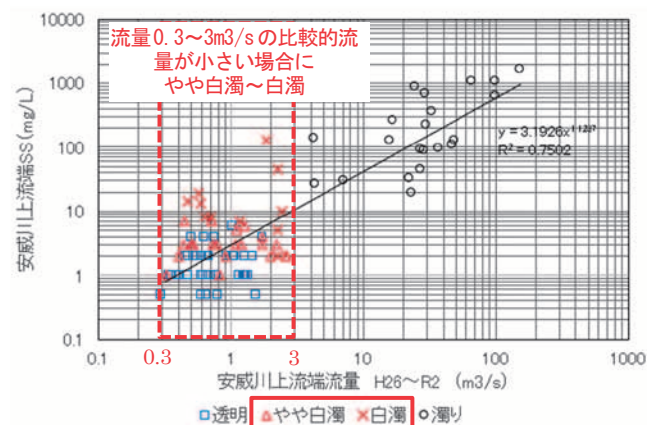


図-2 安威川上流端の流量とSSの相関図

きるものの、発生日数などの頻度との関係については、流量の連続観測をしていないため把握が難しい。そこで、本稿では、流量の代わりに雨量を用いて、雨量と

表-2 安威川ダム上流域の水質調査結果

年度	区分	安威川上流端					見山_日最大 時間雨量 (mm/h)			
		採水日	流量 (m ³ /s)	SS (mg/L)	SS負荷量 (g/s)	濁度 (度)		白濁判定		
H27		H27.08.04	1.71	4.0	6.8	1.8	透明	0		
		H27.08.31	1.85	130.0	240.6	130.0	白濁	6		
		H27.09.28	1.29	1.0	1.3	1.7	透明	0		
		H27.10.15	0.47	1.0	0.5	1.3	透明	0		
		H27.11.16	1.07	3.0	3.2	5.1	やや白濁	0		
		H27.12.14	1.72	3.0	5.2	4.7	やや白濁	0		
		H28.01.08	0.48	1.0	0.5	1.2	透明	0		
		H28.02.01	1.73	4.0	6.9	4.6	やや白濁	0		
		H28.03.01	0.70	8.0	5.6	13.0	白濁	0		
		H28.05.23	1.01	6.0	6.1	3.5	透明	0		
H28		H28.06.10	0.90	2.0	1.8	1.5	やや白濁	0		
		H28.06.27	2.24	46.0	103.2	5.3	白濁	8		
		H28.07.20	0.73	3.0	2.2	3.9	やや白濁	0		
		H28.08.08	0.40	1.0	0.4	2.0	透明	0		
		H28.09.06	0.66	2.0	1.3	1.8	透明	6		
		H28.10.13	1.06	2.0	2.1	0.2	透明	0		
		H28.11.04	0.59	1.0	0.6	1.2	透明	3		
		H28.12.02	0.60	2.0	1.2	3.8	透明	0		
		H29.01.06	0.65	0.5	0.3	1.8	透明	0		
		H29.02.06	1.16	7.0	8.1	7.6	白濁	1		
H29		H29.03.07	0.62	4.0	2.5	2.2	透明	0		
		H29.05.30	0.52	2.0	1.0	2.2	透明	0		
		H29.06.16	0.45	2.0	0.9	1.5	透明	0		
		H29.06.29	0.55	2.0	1.1	2.9	透明	2		
		H29.07.14	1.25	6.0	7.5	3.6	やや白濁	0		
		H29.07.28	0.64	8.0	5.1	3.6	白濁	6		
		H29.08.30	0.83	1.0	0.8	2.2	やや白濁	0		
		H29.09.29	0.77	1.0	0.8	1.9	透明	0		
		H29.11.01	2.62	2.0	5.2	3.8	やや白濁	0		
		H29.11.30	0.59	0.5	0.3	0.2	透明	0		
H30		H29.12.21	0.35	1.0	0.3	2.9	透明	0		
		H29.01.30	0.55	2.0	1.1	2.0	透明	0		
		H30.02.28	0.41	1.0	0.4	0.8	透明	2		
		H30.04.27	2.22	3.0	6.6	4.3	やや白濁	0		
		H30.05.28	0.52	3.0	1.6	4.1	やや白濁	0		
		H30.06.25	1.43	2.0	2.9	3.3	透明	0		
		H30.07.25	1.13	1.0	1.1	1.0	透明	0		
		H30.08.29	1.23	1.0	1.2	1.3	透明	0		
		H30.09.18	1.54	0.5	0.8	1.6	透明	0		
		H30.10.22	0.91	2.0	1.8	0.6	透明	0		
R1		H30.11.21	0.44	7.0	3.1	2.9	やや白濁	0		
		H30.12.10	0.34	1.0	0.3	2.6	透明	0		
		H31.01.15	0.30	0.5	0.1	2.0	透明	1		
		H31.02.05	0.33	1.0	0.3	3.4	やや白濁	0		
		H31.03.01	0.47	14.0	6.6	27.0	白濁	0		
		H31.04.27	0.59	13.0	7.7	24.0	白濁	2		
		R01.05.27	0.40	2.0	0.8	2.2	やや白濁	0		
		R01.06.24	0.44	3.0	1.3	2.0	やや白濁	0		
		R01.07.29	2.41	10.0	24.1	10.0	白濁	0		
		R01.08.26	2.27	2.0	4.5	5.6	白濁	0		
R2		R01.09.30	1.26	1.0	1.3	1.6	透明	0		
		R01.10.28	2.57	2.0	5.1	3.9	やや白濁	0		
		R01.11.25	1.34	1.0	1.3	1.9	透明	0		
		R01.12.16	0.65	1.0	0.6	1.4	透明	0		
		R02.01.10	1.19	3.0	3.6	3.7	やや白濁	0		
		R02.02.06	0.80	0.5	0.4	1.1	透明	0		
		R02.03.02	0.77	3.0	2.3	4.7	やや白濁	0		
		R02.04.22	1.11	5.0	5.5	4.8	やや白濁	0		
		R02.05.14	0.71	1.0	0.7	1.9	透明	0		
		R02.06.22	2.24	5.0	11.2	3.6	白濁	0		
R2		R02.07.21	2.02	2.0	4.0	3.1	やや白濁	0		
		R02.08.17	1.25	2.0	2.5	2.2	透明	0		
		R02.09.15	0.74	4.0	3.0	1.7	透明	0		
		R02.10.21	0.62	1.0	0.6	1.7	透明	0		
		R02.11.12	1.03	2.0	2.1	1.8	透明	0		
		R02.12.17	0.39	1.0	0.4	0.7	透明	0		
		R03.01.15	0.50	3.0	1.5	1.7	やや白濁	0		
		R03.02.19	0.68	2.0	1.4	0.8	透明	0		
		R03.03.01	0.50	4.0	2.0	2.1	透明	0		
		R2	濁度・流速 調査	R02.09.03	0.47	2.0	0.9	1.4	透明	0
R02.09.07	0.72			7.0	5.0	3.1	やや白濁	6		
R02.09.10	0.57			19.0	10.8	42.0	白濁	3		
R02.10.23	4.28			27.0	115.6	21.0	濁り	5		
H26		H26.08.09	24.48	890.0	21787.2	280.0	濁り	16		
		H26.08.09	28.82	690.0	19885.8	250.0	濁り	48		
		H26.08.09	15.71	130.0	2042.3	76.0	濁り	14		
		H26.08.10	150.51	1700.0	255867.0	450.0	濁り	0		
		H26.08.10	32.85	370.0	12154.5	180.0	濁り	0		
		H26.10.13	4.17	140.0	583.8	110.0	濁り	0		
		H26.10.13	16.52	270.0	4460.4	140.0	濁り	14		
		H26.10.14	7.01	30.0	210.3	27.0	濁り	0		
		H28	高水時 調査	H28.08.29	29.62	230.0	6812.6	110.0	濁り	0
				H28.08.30	48.39	130.0	6290.7	72.0	濁り	6
H28.08.30	28.41			91.0	2585.3	64.0	濁り	6		
H28.09.20	65.19			1100.0	71709.0	600.0	濁り	30		
H28.09.20	98.26			1100.0	108086.0	570.0	濁り	30		
H28.09.20	97.89			630.0	61670.7	300.0	濁り	30		
H29		H29.10.23	46.43	110.0	5107.3	67.0	濁り	2		
		H29.10.23	36.43	98.0	3570.1	59.0	濁り	2		
		H29.10.23	26.67	92.0	2453.6	54.0	濁り	2		
R1		R01.08.28	26.88	46.0	1236.5	16.0	濁り	18		
		R01.08.28	22.13	33.0	730.3	15.0	濁り	18		
		R01.08.28	23.04	20.0	460.8	9.8	濁り	18		

(注) SSの分析結果が定量下限値1mg/L未満の場合は、0.5mg/Lとして扱った。

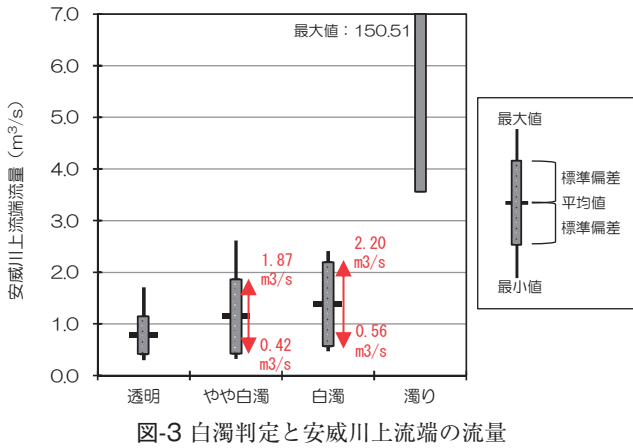


図-3 白濁判定と安威川上流端の流量

濁水発生の関係解析により白濁水の発生条件、頻度等のメカニズムを把握することとした。

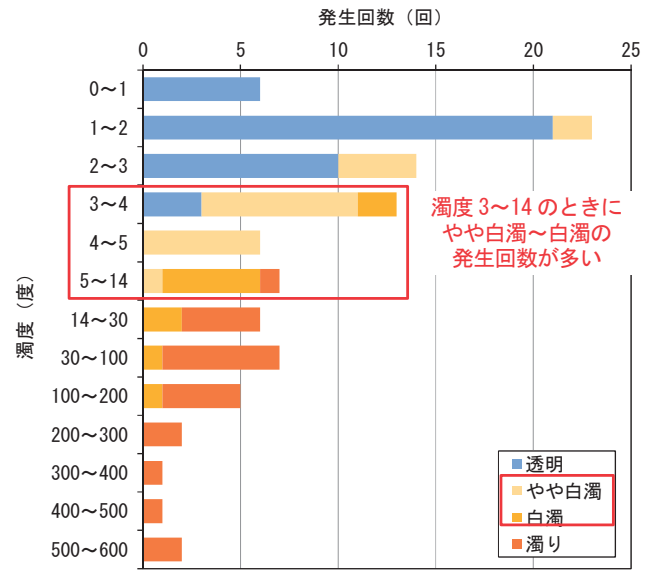


図-4 白濁水の発生回数の分布

3. 白濁水発生メカニズム

(1) 解析方法

雨量と濁水の関係解析のため、はじめに白濁水が発生する条件について整理する。

白濁水が発生する条件は、表-2の安威川上流端における白濁状況の判定をもとに、濁度範囲ごとの「透明」、「やや白濁」、「白濁」、「濁り」の発生回数の分布から、白濁水の対象となる濁度範囲を整理した。

次に、見山雨量観測所(図-1参照)の日最大時間雨量(1日のうちで最大となる時間雨量)と安威川上流端の濁度の相関より、白濁水の対象となる雨量を整理した。

最後に、見山雨量観測所の10年間(平成23年~令和2年)の日最大時間雨量について年間発生日数を集計し、雨量と白濁水発生関係解析として白濁水の対象となる濁度をとる場合の雨量の発生頻度(日数)を整理した。

(2) 雨量と濁水発生関係解析の結果

白濁水が発生する条件は、図-4に示す白濁水の発生回数の分布より濁度が3~5度で「やや白濁」の頻度が多く、濁度が5~14度で「白濁」の頻度が多くなり、濁度が14度以上になると、出水による茶色の濁りの頻度が多くなっていた。これらのことより、白濁水の対象となる濁度は、3~14度が適切と考えられる。

次いで、白濁水の対象となる濁度範囲に相当する雨量は、日最大時間雨量と安威川上流端の濁度の相関より、図-5に示すとおりとなる。「やや白濁」の濁度3~5度、「白濁」の濁度5~14度に相当する日最大時間雨量は、それぞれ0.8~1.3mm、1.3~3.5mmとなる。

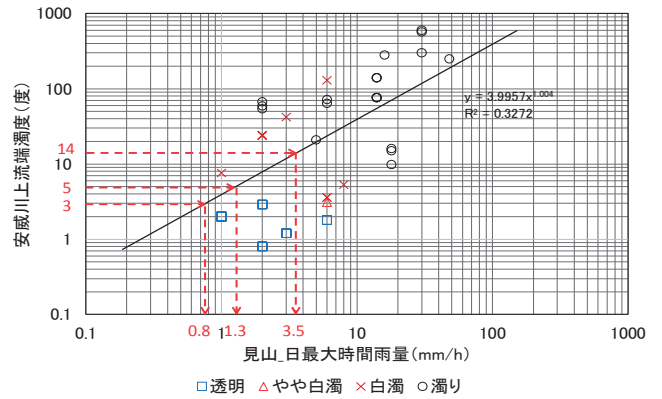


図-5 日最大時間雨量と濁度の相関

このことから白濁水の対象となる雨量は、0.8~3.5mmと考えられる。

最後に、見山雨量観測所における日最大時間雨量の10年分の年間発生日数及びその割合(10ヶ年の平均値)は、図-6~図-7に示すとおりである。

1年間で日最大時間雨量0mmとなるのは67%(10年間延べ日数で2,443日)であり、1mm以上となるのは33%(10年間延べ日数で1,210日)であった。日最大時間雨量1mm以上のうち1~3mmは、61%(10年間延べ日数で740日)であった。また、日最大時間雨量とその年間発生日数の累積との相関は、図8に示すとおりとなる。図5で求めた白濁水の対象となる日最大時間雨量0.8~1.3mm、1.3~3.5mmに相当する年間発生日数はそれぞれ14日、35日となる。

以上のことから、白濁水の対象となる濁度範囲、相当雨量及び年間発生日数は、表-3のとおり整理される。

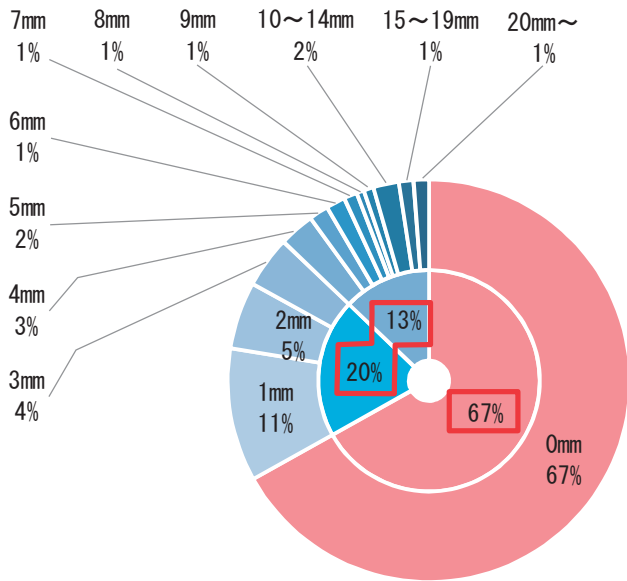


図-6 日最大時間雨量の年間発生日数の割合 (0mm ~)

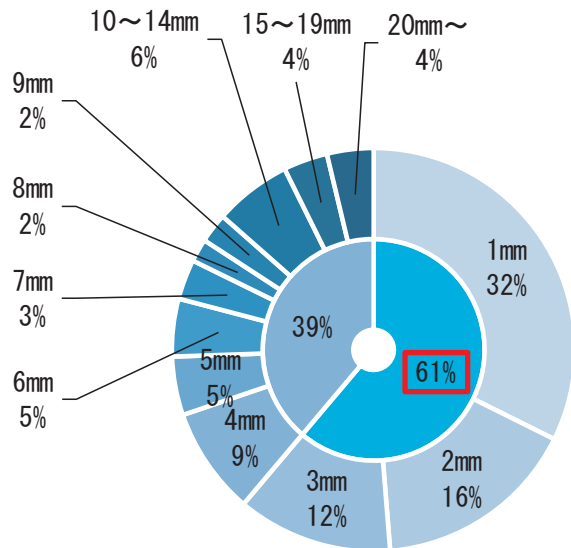


図-7 日最大時間雨量の年間発生日数の割合 (1mm ~)

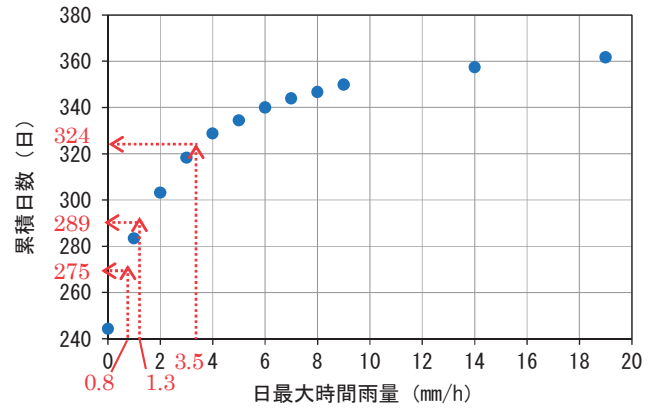


図-8 日最大時間雨量と年間発生日数の相関

表-3 白濁水の年間発生日数

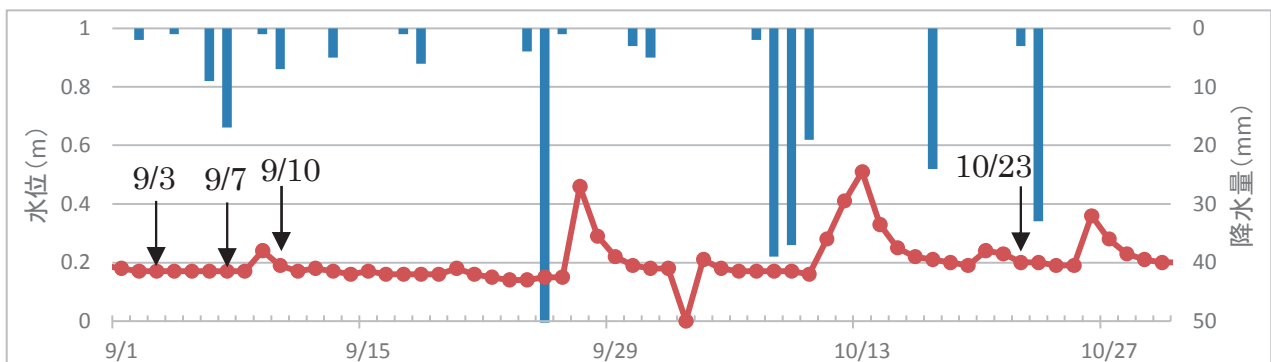
白濁状況	濁度範囲	相当雨量	年間
			発生日数
やや白濁	3~5度	0.8~1.3mm	14日
白濁	5~14度	1.3~3.5mm	35日
やや白濁~ 白濁	3~14度	0.8~3.5mm	49日

3) 白濁水軽減の可能性について

安威川ダム上流の各地点の状況や濁度の変化により、白濁水が軽減される可能性について確認した。

令和2年の濁度・流速調査における安威川ダム上流域の碎石場の上流及び安威川ダム上流端 (図-1、表-2参照) のSS及び流量を、表-4、図-10~図-13に示す。

上流域1から上流域2にかけてはSSが増加していた。一方で、碎石場下流から安威川ダム上流端にかけてはSSが減少しており、この間にある砂防堰堤や流路途中での流砂の捕捉による白濁水のろ過効果と考えられた。実際に、砂防堰堤の上流側には堆砂が見られる (図-14参照)。ただし、10月23日のように流量が多い場合は、碎石場下流から安威川ダム上流端にかけてSSは増加しており、白濁水が砂防堰堤を越流するためと考えられた。



※水位は車作大橋、降水量は見山雨量観測所の値を使用。

図-9 安威川ダム上流域の水位及び降水量 (令和2年)

表-4 安威川ダム上流域のSS (令和2年)

地点	9月3日		9月7日		9月10日		10月23日	
	SS (mg/L)	流量 (m ³ /s)	SS (mg/L)	流量 (m ³ /s)	SS (mg/L)	流量 (m ³ /s)	SS (mg/L)	流量 (m ³ /s)
上流域1	1	0.32	5	1.28	3	1.08	28	4.60
上流域2	5	0.78	14	0.94	40	0.30	24	3.20
安威川上流端	2	0.47	7	0.72	19	0.57	27	4.28
車作大橋	1	1.09	6	2.00	13	0.96	30	5.73

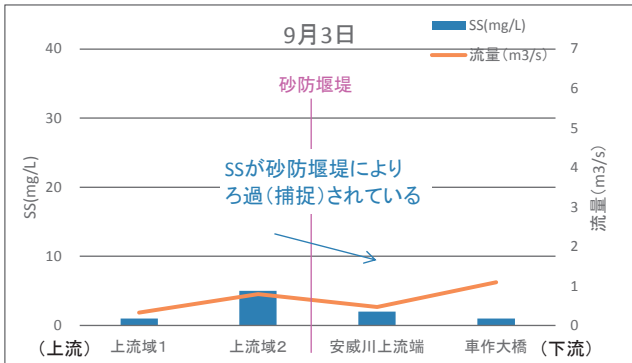


図-10 安威川ダム上流域のSS (令和2年9月3日)

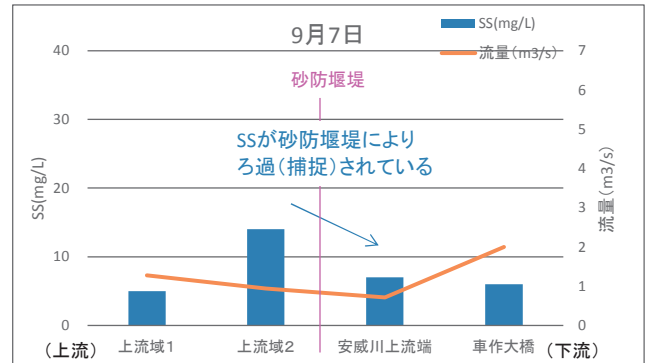


図-11 安威川ダム上流域のSS (令和2年9月7日)

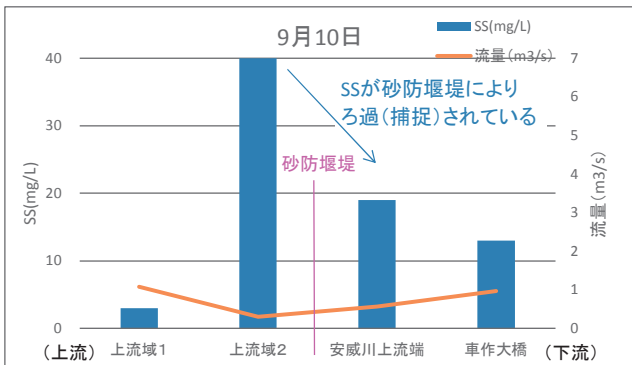


図-12 安威川ダム上流域のSS (令和2年9月10日)

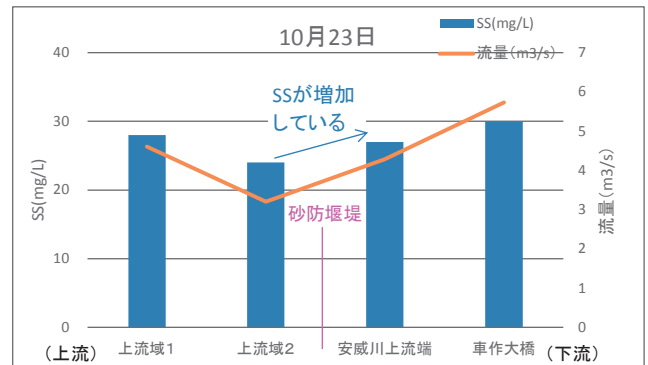


図-13 安威川ダム上流域のSS (令和2年10月23日)

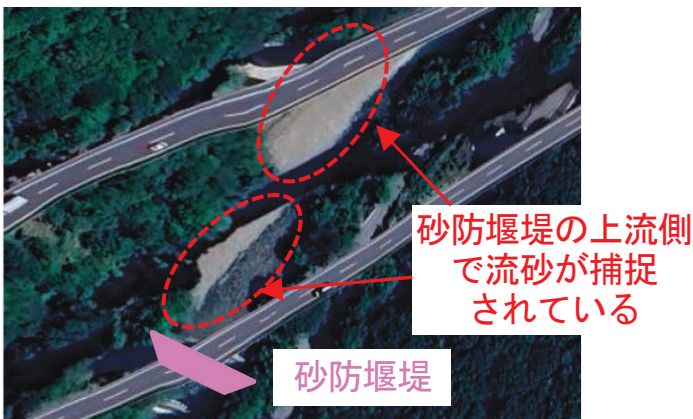


図-14 砂防堰堤上流での流砂捕捉

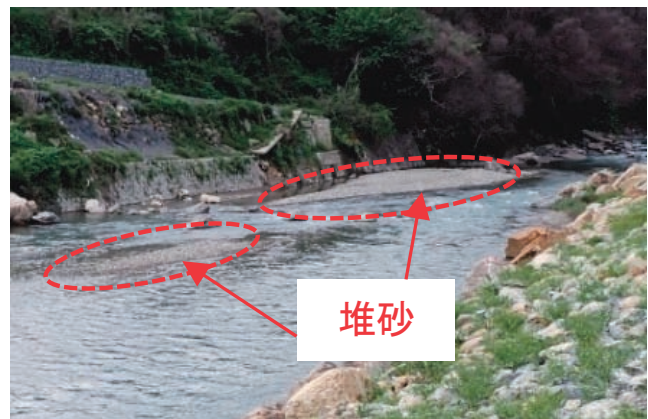


図-15 ダム流入部の堆砂の様子

よって流量が小さい場合には、ダム流入末端に形成される、堆砂（砂州・マウンド）や河床材料によって流砂が捕捉され白濁水が軽減できる可能性がある（図-15参照）。

6. おわりに

一般的に、水環境の環境影響評価では、負荷量と流量との相関式が用いられるが、安威川上流域では流量の連続観測を行っていないため、本稿では流量の代わりに雨量との相関により解析、評価を行った。このような実績は、今後のダム建設事業の環境影響評価において一事例になるものと考えられる。

謝辞

本報告をとりまとめるにあたり、とりまとめの機会をいただくとともに、指導・助言をいただいた大阪府茨木土木事務所の皆様に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 高知県物部川の大規模山腹崩壊に伴う濁室の流出特性の変化 和吾郎 陸水学会誌75：13-26 (2014)
- 2) 九頭竜川水系の付着生物におよぼす濁りの影響 渡辺仁治 陸水学雑誌