

4.2 水環境

4.2.1 地下水

(1) 環境保全の取り組みの状況

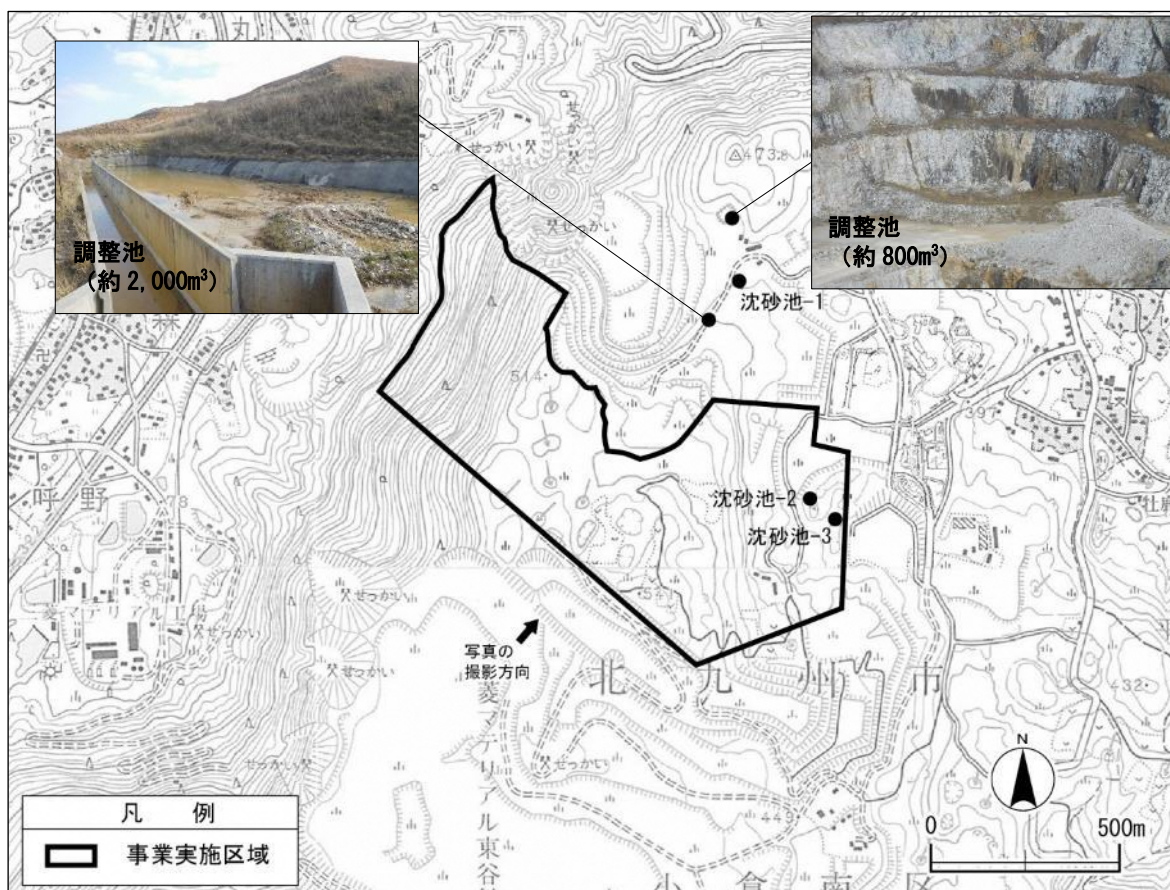
1) 環境保全措置の実施内容

地下水の環境保全措置は、事業の進捗に応じて表 36 の内容を実施している。調整池は、採掘エリアがある程度の規模に達した段階で余剰地に設置するものである。現段階では、事業実施区域の広範囲で剥土や採掘を行っており、調整池の設置が困難であることから、既存の鉱山に調整池を2カ所設けている（図 63）。

なお、集積場には、土砂を除去するため3カ所に沈砂池を設けており、これらも雨水の急激な浸透を抑制する機能を果たしている（図 64）。

表 36 地下水の環境保全措置

環境保全措置の方針	環境保全措置の内容	環境保全措置の効果	実施状況
現況の流況と水質を可能な限り維持する。	調整機能を有する池の設置	台上の調整池と沈砂池に降雨を滞留させることにより、湧泉における流量と濁りの変化を抑制する。	実施



備考) 調整池の位置と規模は、平成 29 年度の状況を示す。

図 63 地下水の環境保全措置



図 64 水の流れと調整池の位置

2) 事後調査の内容

地下水の事後調査の内容は表 37 に示すとおりであり、調査地点を図 65 に示す。大清水と小清水は毎月、白谷と民家井戸は年 4 回の頻度で流量（水位）や濁りについて調査した。また、大清水と小清水については、事業の実施に伴う変化を捉えるために連続観測装置を設置し、30 分毎に水位、水温、濁度を測定した。なお、白谷の連続観測項目は水温のみである。

表 37 地下水の調査内容

調査項目	調査方法	調査地点	調査日
流量(水位) 水温、pH、SS、濁度、 飲用井戸検査項目 (12 項目)	流量：日本工業規格 JIS K 0084（工業用水・工場排水の試料採取方法）に定める方法 ※民家井戸については、水位を測定 水温：現場測定 pH：日本工業規格 JIS K 0102 -2008-12.1 ガラス電極法 SS：日本工業規格 JIS K 0102 -2008-14.1 懸濁物質 濁度：日本工業規格 JIS K 0101 -1998- 9.4 積分球濁度 飲用井戸検査項目： 平成 15 年厚生労働省告示第 261 号	大清水 小清水	132 回 (平成 22 年 5 月～ 令和 2 年 3 月、毎月)
		白谷 民家井戸-1～9 ※飲用井戸検査項目 は民家井戸-9 のみ	44 回 (平成 22 年 5 月～ 令和 2 年 3 月、年 4 回 (4 月、7 月、10 月、1 月))
水位、水温、濁度	連続観測装置 ※白谷の観測項目は、水温のみ。	大清水 小清水	平成 22 年 4 月 1 日 ～令和 2 年 3 月 31 日 ※測定間隔は 30 分毎とした。



図 65 地下水の調査地点

3) 環境保全の取り組み一覧

地下水に係る環境保全措置と事後調査の実施状況は、表 38 に示すとおりである。大清水と小清水の調査は、作業員による定期調査と観測装置による連続観測を実施した。

表 38 地下水に係る環境保全措置と事後調査の実施状況

調査年度	環境保全措置	事後調査				
	採掘エリアの 余剰地	流量（水位）、水質				
		大清水、小清水		白谷		民家井戸 1～9
	調整機能を 有する池の設置	連続	定期	連続	定期	定期
平成 21 年度	H22.3 運用開始	H22.3 開始	1		1	1
平成 22 年度			12		4	4
平成 23 年度			12		4	4
平成 24 年度			12		4	4
平成 25 年度			12		4	4
平成 26 年度			12		4	4
平成 27 年度			12		4	4
平成 28 年度			12		4	4
平成 29 年度			12	H29.9 開始	4	4
平成 30 年度			12		4	4
令和元年度			12		4	4
令和 2 年度			12		4	4

(2) 事後調査の結果

1) 湧 泉

a. 流量、水位

① 平成 22～令和 2 年度の調査結果

湧泉における流量の調査結果は、表 39 と図 66 に示すとおりである。大清水の流量は 1,130～78,800m³/日 (n=132)、小清水は 1,340～4,950m³/日 (n=132)、白谷は 130～11,800m³/日 (n=44) の範囲で推移した。

湧泉で観測された水位の経時変化は表 40 と図 67、図 68 に示すとおりであり、大清水で 0.07～0.87m、小清水で 0.00～0.32m の変動がみられた。大清水、小清水の水位は、降水量に応じて変化しており、いずれの地点も平成 22 年 7 月に累計 500mm 以上のまとまった雨の影響で最大値を示している。そのほか、小清水では、降雨の他に堰の操作により水位が変動していた。

表 39 湧泉の流量（平成 22 年 5 月～令和 3 年 3 月）

調査地点	平均流量 (m ³ /日)	変動範囲 (m ³ /日)	
		最小	最大
大清水	12,487	1,130	78,800
小清水	2,450	1,340	4,950
白 谷	8,565	130	11,800

備考) 大清水と小清水は 132 回、白谷は 44 回の測定結果を整理した。
有効数字は、いずれも 3 桁とした。

表 40 湧泉の水位（平成 22 年 5 月～令和 3 年 3 月）

調査地点	日平均水位 (m)	変動範囲 (m)	
		最小	最大
大清水	0.21	0.07	0.87
小清水	0.06	0.00	0.32

備考) 大清水と小清水は 132 回、白谷は 44 回の測定結果を整理した。

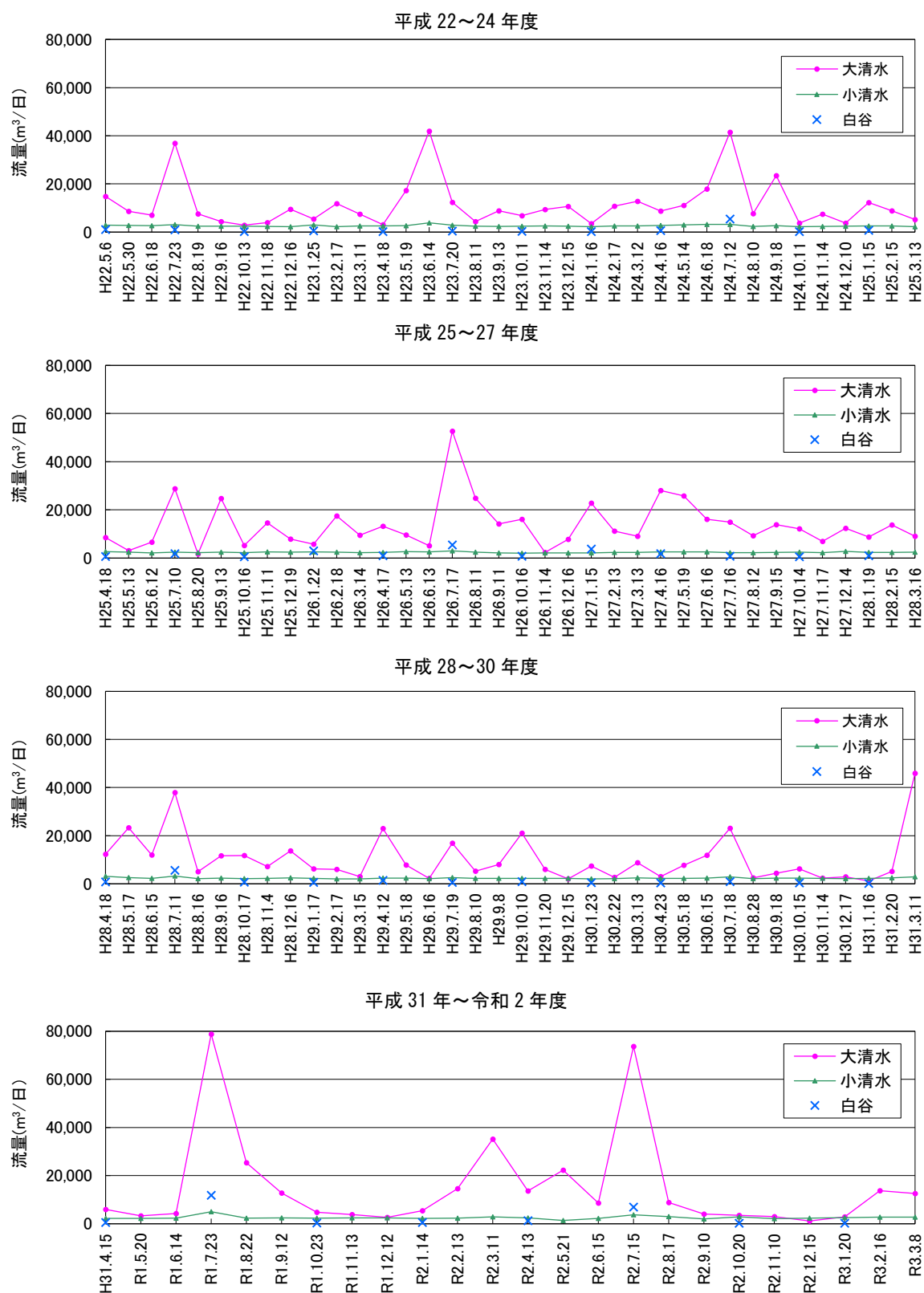


図 66 湧泉の流量の経時変化（平成 22 年 5 月～令和 2 年 3 月）

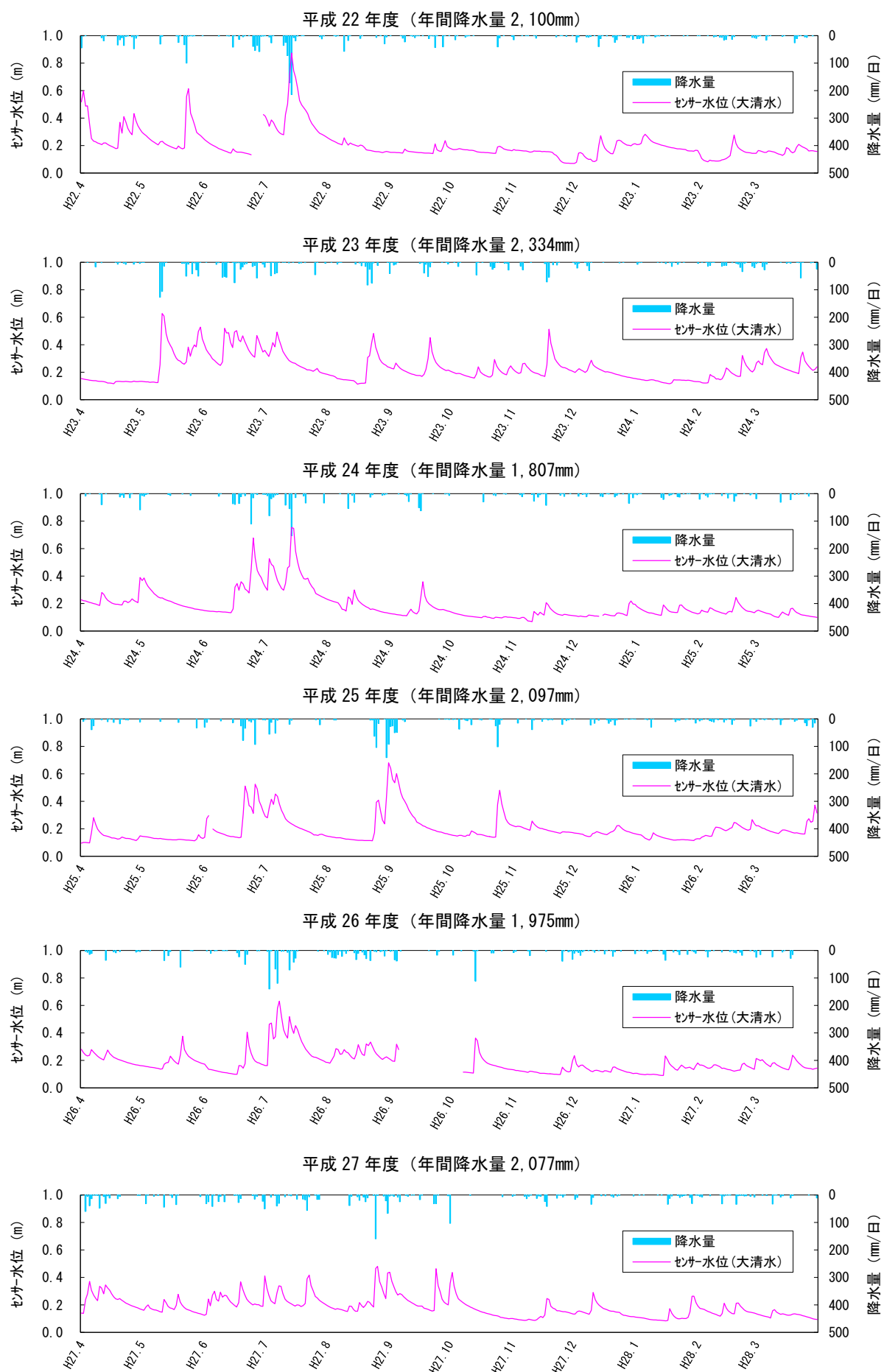


図 67(1) 大清水におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化

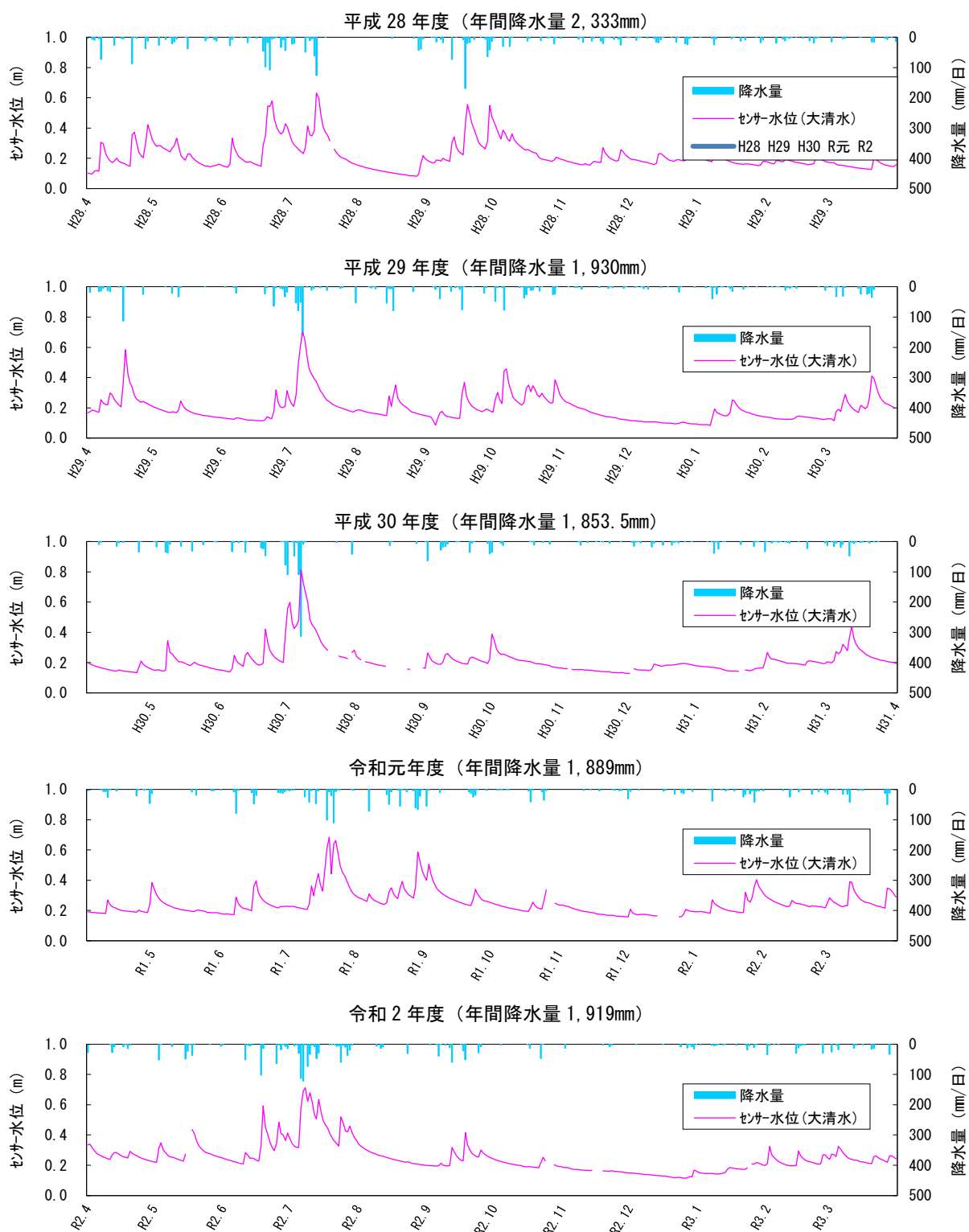


図 67(2) 大清水におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化

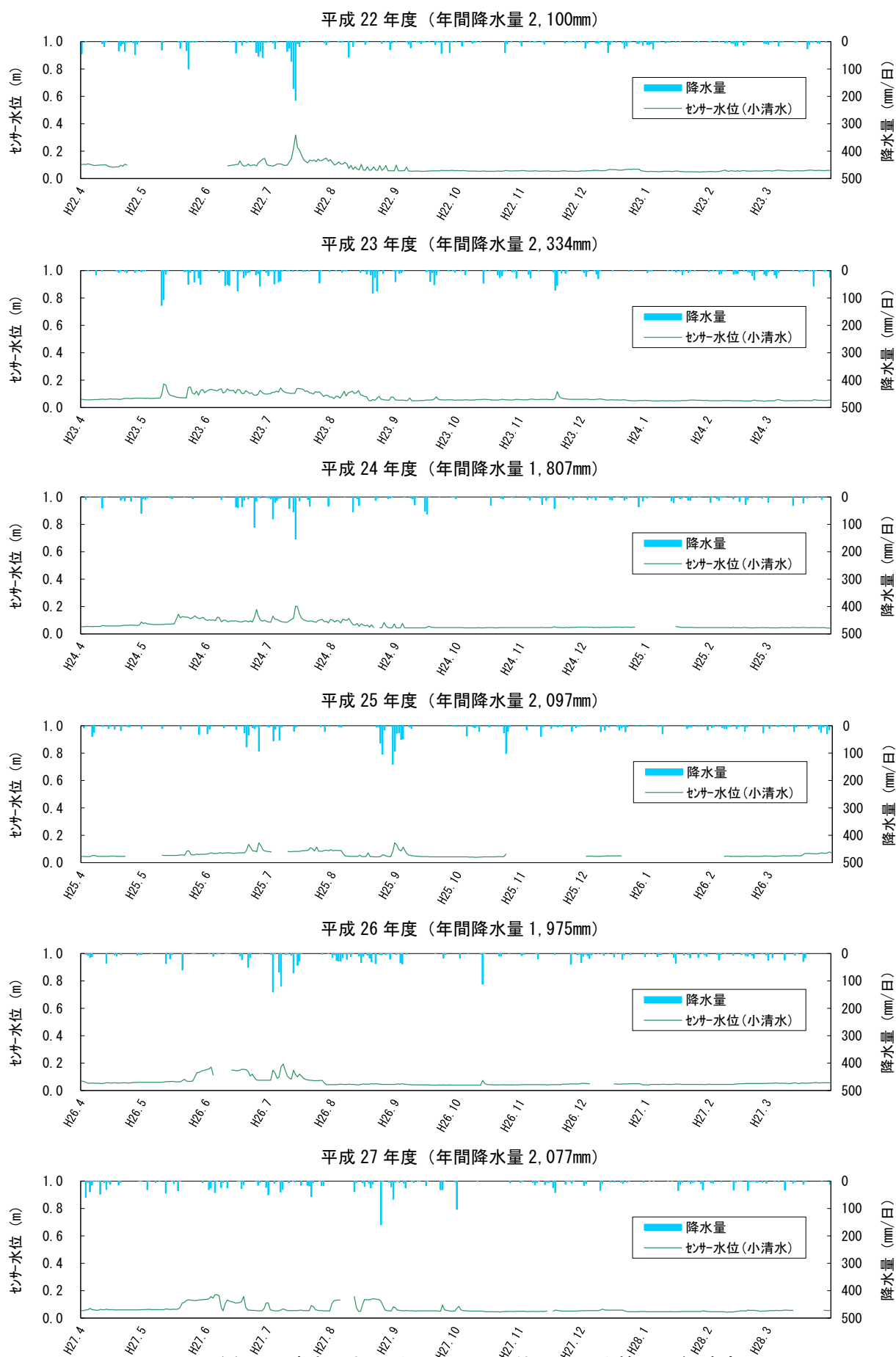


図 68(1) 小清水におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化

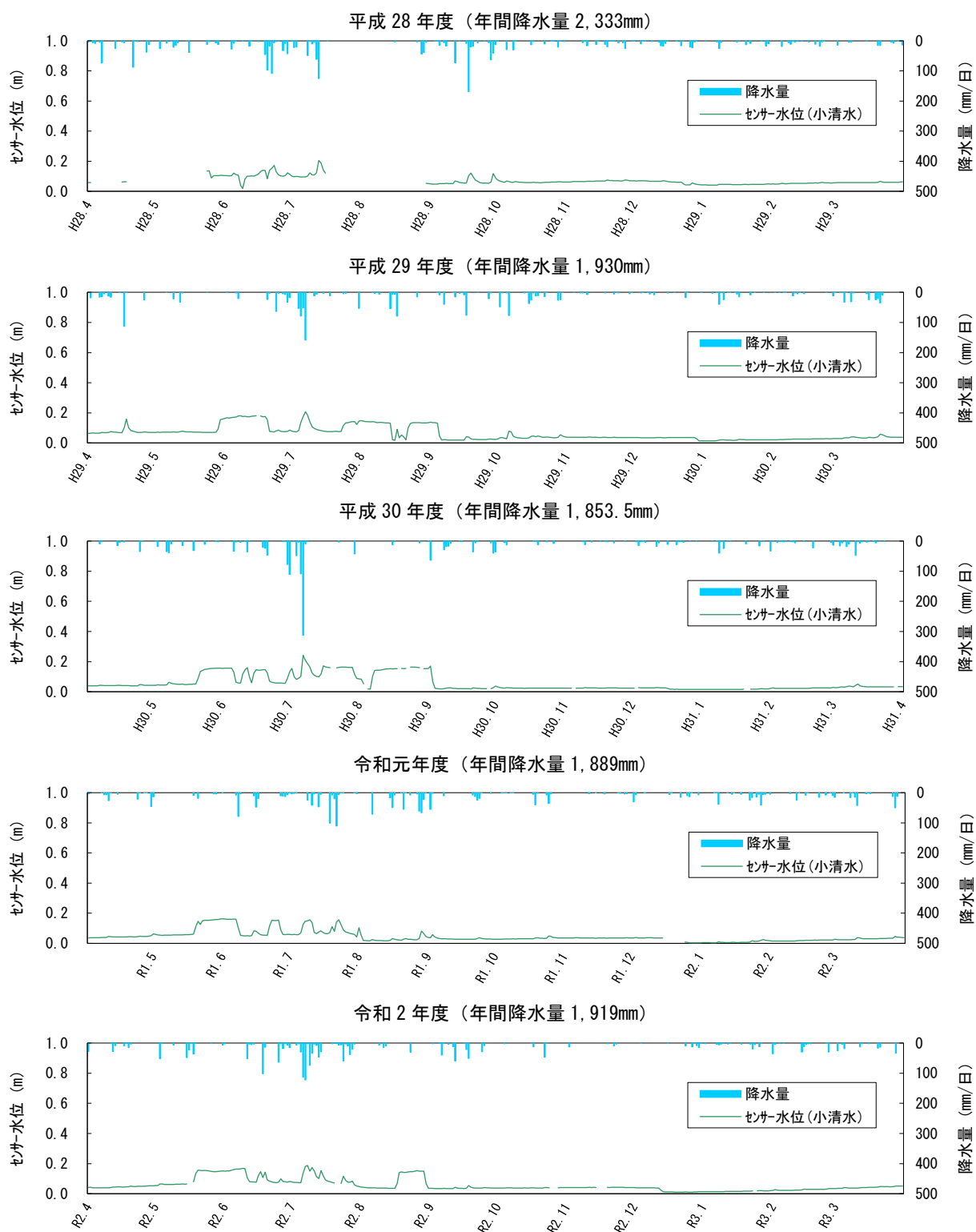
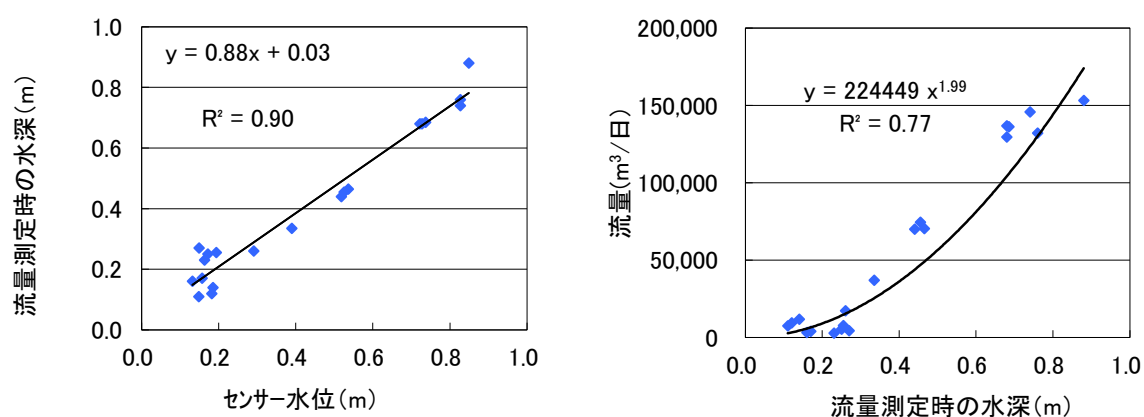


図 68(2) 小清水におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化

② 水位と流量の相関（平成 22 年度実施）

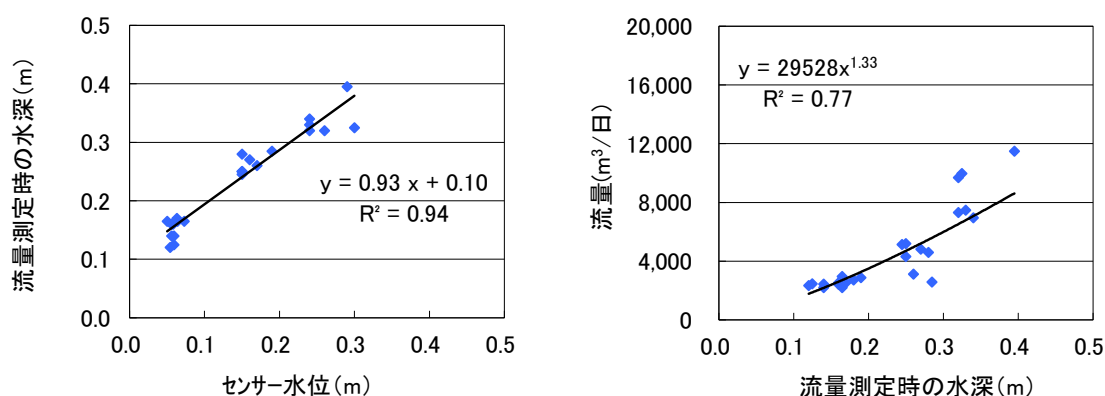
大清水と小清水における水位と流量については、図 69 と図 70 に示す相関がみられた。

大清水では、湧泉における堰の設置状況が異なるため、平成 19 年の調査結果とは異なる相関関係が得られた。大清水の相関係数 (R^2) は、水位が 0.90、流量が 0.77 であり、有意水準 $\alpha = 0.01$ の棄却限界を超え、水位と流量には強い相関関係が認められた。また、小清水の相関係数は水位が 0.94、流量が 0.77 であり、大清水と同程度の相関関係がみられた。よって、各湧泉の流量は、下記の相関式を用いて連続観測装置の水位データから求めることとした。



相関式 (H-Q 式) : 流量 = $224,449 \times (0.88 \times \text{センサー水位} + 0.03)^{1.99}$

図 69 大清水における水位と流量の相関



相関式 (H-Q 式) : 流量 = $29,528 \times (0.93 \times \text{センサー水位} + 0.1)^{1.33}$

図 70 小清水における水位と流量の相関

③ 事業の実施に伴う流量の変化

環境影響評価の手続き（平成 20 年）において、「（湧泉の）降雨後の流量は、裸地面積が増えることと標高が下がることにより現況に比べ増加し、その傾向は事業が進むに従い顕著となる。一方、降雨の影響が小さくなる時期には、地形の変化による水涵養力の低下に伴い流量が減少することとなる」と予測した。

平成 22 年度の調査結果から算出した H-Q 式を用いて、事業開始後（平成 22 年 3 月以降）の水位の連続観測結果から求めた湧泉の流量は、表 41、図 71 に示すである。流量は降雨によって変動しており、事業の実施による湧水の流量変化は認められない。

表 41 (1) 大清水の豊水流量・平均流量・低水流量の変化（平成 22～令和 2 年度）

単位：×1,000m³/日

年度	豊水流量	平均流量	低水流量	渇水流量	備考
平成 22 年度	11.4	7.8	6.2	2.6	測定日数 344 日
平成 23 年度	16.0	10.3	6.2	4.3	測定日数 366 日
平成 24 年度	10.5	5.8	4.3	3.1	測定日数 364 日
平成 25 年度	10.5	7.3	5.3	3.9	測定日数 364 日
平成 26 年度	11.0	6.9	4.8	3.1	測定日数 334 日
平成 27 年度	11.3	7.4	5.0	2.8	測定日数 366 日
平成 28 年度	13.5	8.5	6.8	3.1	測定日数 364 日
平成 29 年度	12.1	7.6	5.0	3.0	測定日数 365 日
平成 30 年度	11.6	9.0	6.7	5.0	測定日数 345 日
令和元年度	16.5	12.2	9.4	7.1	測定日数 354 日
令和 2 年度	16.4	12.2	8.5	3.9	測定日数 365 日

備考) 豊水流量：1 年を通じて 95 日はこれを下回らない流量。
 平均流量：1 年を通じて 185 日はこれを下回らない流量。
 低水流量：1 年を通じて 275 日はこれを下回らない流量。
 渇水流量：1 年を通じて 355 日はこれを下回らない流量。

表 41 (2) 小清水の豊水流量・平均流量・低水流量の変化（平成 22～令和 2 年度）

単位：×1,000m³/日

年度	豊水流量	平均流量	低水流量	渇水流量	備考
平成 22 年度	3.0	2.5	2.4	2.3	測定日数 315 日
平成 23 年度	2.9	2.5	2.4	2.3	測定日数 366 日
平成 24 年度	2.8	2.3	2.2	1.4	測定日数 365 日
平成 25 年度	2.7	2.3	2.2	2.2	測定日数 255 日
平成 26 年度	2.5	2.3	2.2	2.1	測定日数 346 日
平成 27 年度	2.5	2.4	2.3	2.2	測定日数 344 日
平成 28 年度	2.6	2.4	1.4	1.4	測定日数 365 日
平成 29 年度	2.8	2.1	1.9	1.7	測定日数 365 日
平成 30 年度	2.4	1.9	1.8	1.7	測定日数 347 日
令和元年度	2.3	2.0	1.8	1.4	測定日数 366 日
令和 2 年度	2.5	2.1	2.0	1.4	測定日数 365 日

備考) 豊水流量：1 年を通じて 95 日はこれを下回らない流量。
 平均流量：1 年を通じて 185 日はこれを下回らない流量。
 低水流量：1 年を通じて 275 日はこれを下回らない流量。
 渇水流量：1 年を通じて 355 日はこれを下回らない流量。

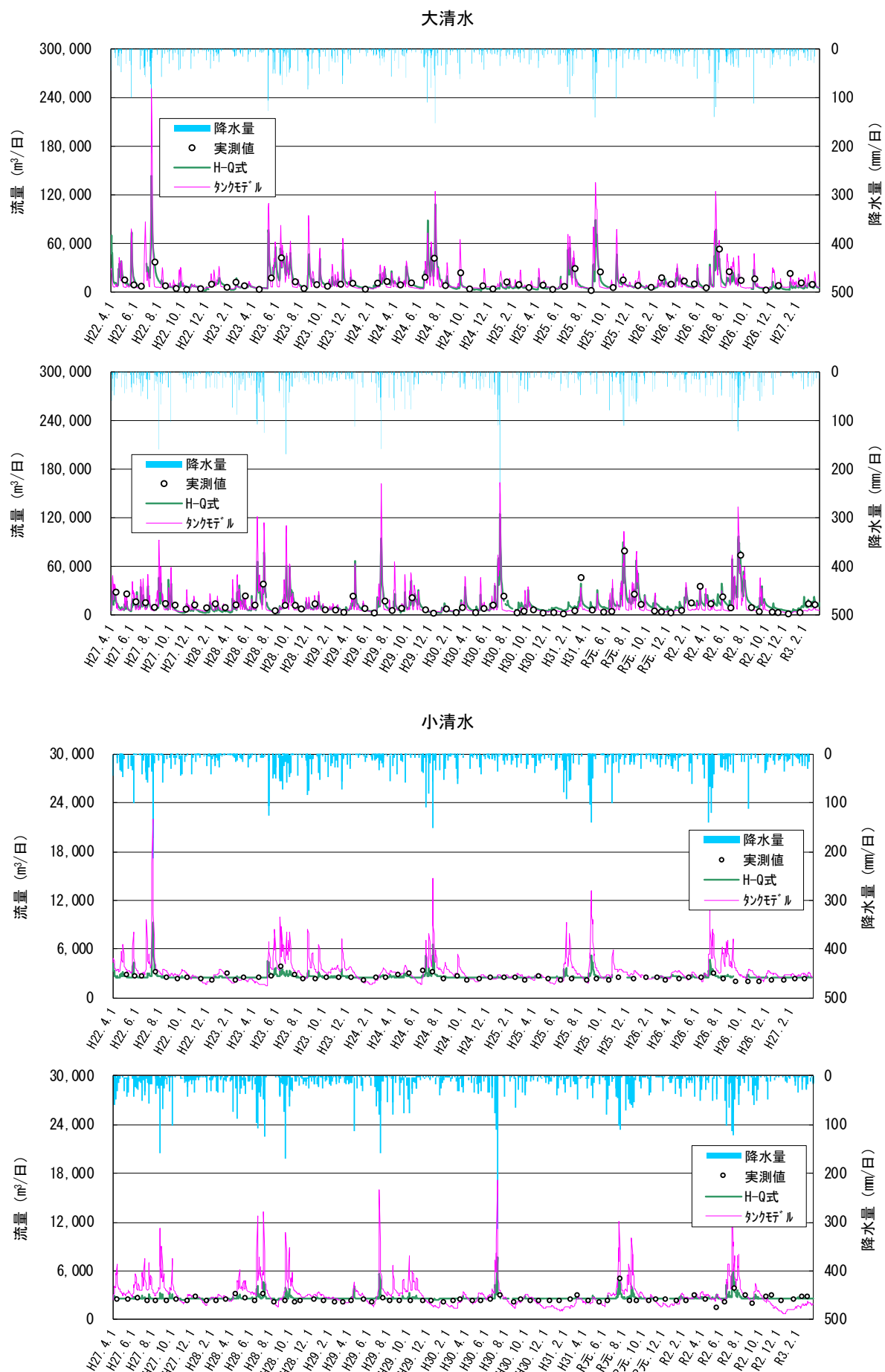


図 71 湧泉における流量の経時変化（上：大清水、下：小清水）

ここで、水位の観測データと H-Q 式（図 69、図 70）で求めた流量は、事業開始から 11 年間の土地利用や標高の変化を反映したものであり、一方、タンクモデル計算値は、事業開始前と同じパラメータ（土地利用（＝裸地と被覆地の割合）と標高の条件）を用い、これに事業開始後の降水量を与えて求めた結果である。H-Q 式で求めた流量は、“事業実施の影響を受けた流量”、タンクモデルは“事業が実施されていない場合に予期される流量”であり、事業を進めるに従い、両者の相関関係に大きな変化が生じるならば、事業の影響が顕在化したと考えることができる。

大清水と小清水の流量については、実測値と H-Q 式計算値に図 72 に示す相関がみられた。大清水の相関係数（ R^2 ）は 0.86 であり、実測値と H-Q 式計算値には相関関係が認められた。また、小清水の相関係数（ R^2 ）は 0.44 であり、良好な相関関係がみられた。

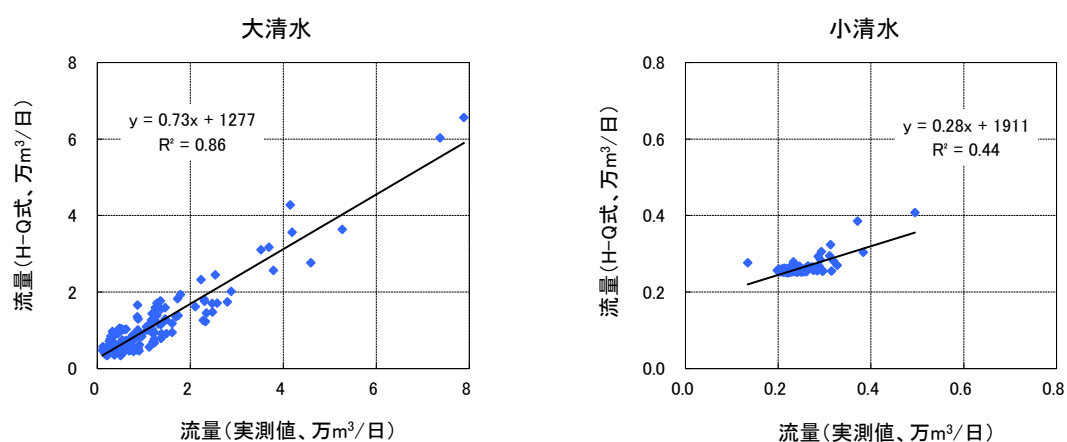
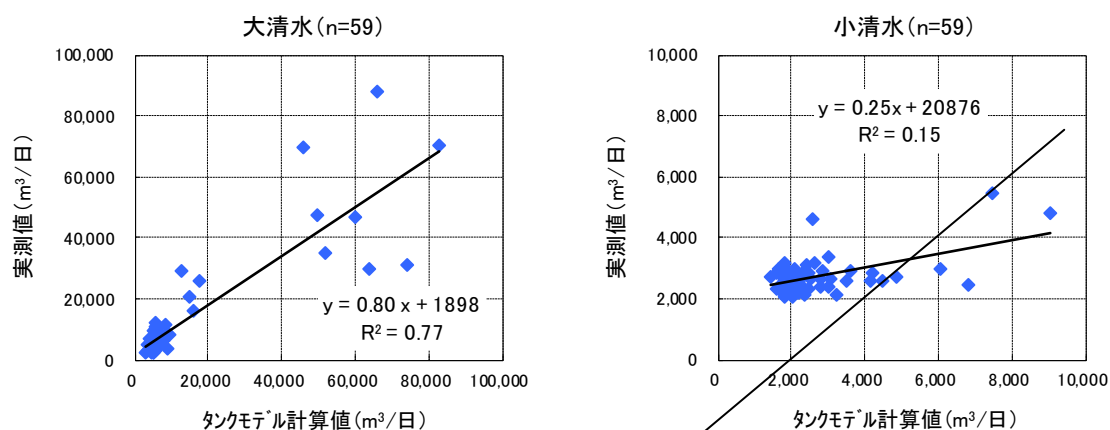


図 72 実測値と H-Q 式計算値の相関関係

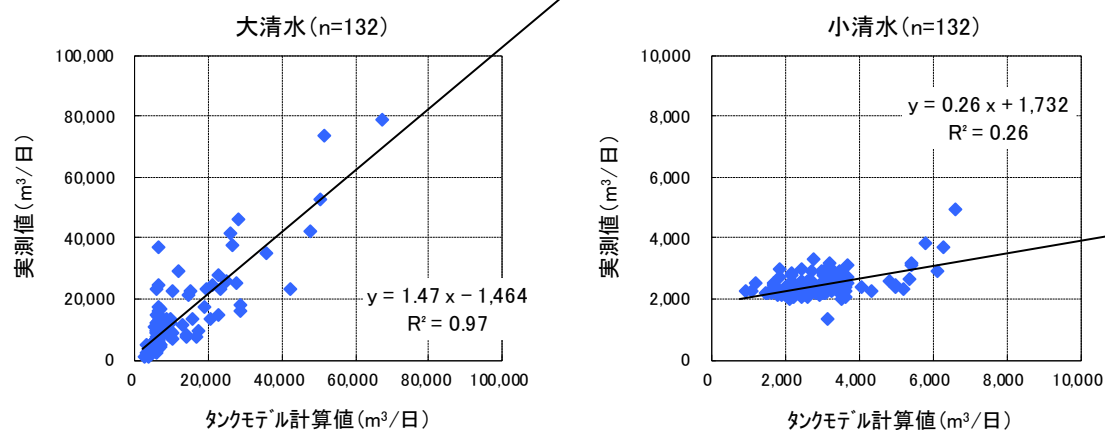
大清水の流量は、30 分毎の水位観測データを用いて H-Q 式で算出することができる。これと比較するため、タンクモデルで“事業実施前のパラメータ”に“事業開始後の降雨条件”を与えて流量を算出し、その相関関係を図 73 に整理した。

これによると、事業開始前と事業開始後のいずれの結果も実測値と計算値に相関関係が認められる。堰の操作が行われていない大清水をみると、事業開始前の実測値と計算値の傾きは 0.8 であったが、着手後は実測値と計算値の傾きは 1.47 であり、実測流量はタンクモデル計算値よりも多い傾向が認められる。

事業開始前



事業着手後 (H22年度～令和2年度)



備考) 事業開始前は平成 18～19 年度、事業開始後は平成 22 年～令和 2 年度の定期調査の結果を用いて作成した。

図 73 実測値とタンクモデル計算値の相関関係

b. 水温、水質

① 平成 22～令和 2 年度の調査結果

湧泉における水温、pH、SS 及び濁度の測定結果は、表 42 と図 74、図 75 に示すとおりであった。大清水と小清水の水温は同様の変動を示し、白谷に比べると平均で 2.5℃程度高く、大清水・小清水は白谷と異なる水系であると考えられる。

pH、SS 及び濁度についても大清水と小清水は同様の変化を示した。大清水・小清水の pH は、平成 27 年度以降わずかながら高い傾向がみられる。濁度・SS の単発的な上昇は、降雨の影響を受けたものである。

表 42 湧泉の水温、水質の測定結果

項 目	水温 (℃)		pH		SS (mg/L)		濁度 (度)	
	平均	変動範囲	平均	変動範囲	平均	変動範囲	平均	変動範囲
大清水	17.0	15.5～19.6	7.6	7.4～8.0	13.6	1 未満～280	14.5	0.1 未満～230
小清水	17.0	15.7～19.5	7.6	7.4～7.9	13.7	1 未満～280	15.3	0.1 未満～360
白 谷	14.5	13.6～15.2	7.7	7.5～7.9	45.3	1 未満～1,700	26.5	0.1 未満～900

備考) 大清水と小清水は 132 回、白谷は 44 回の測定結果を整理した。

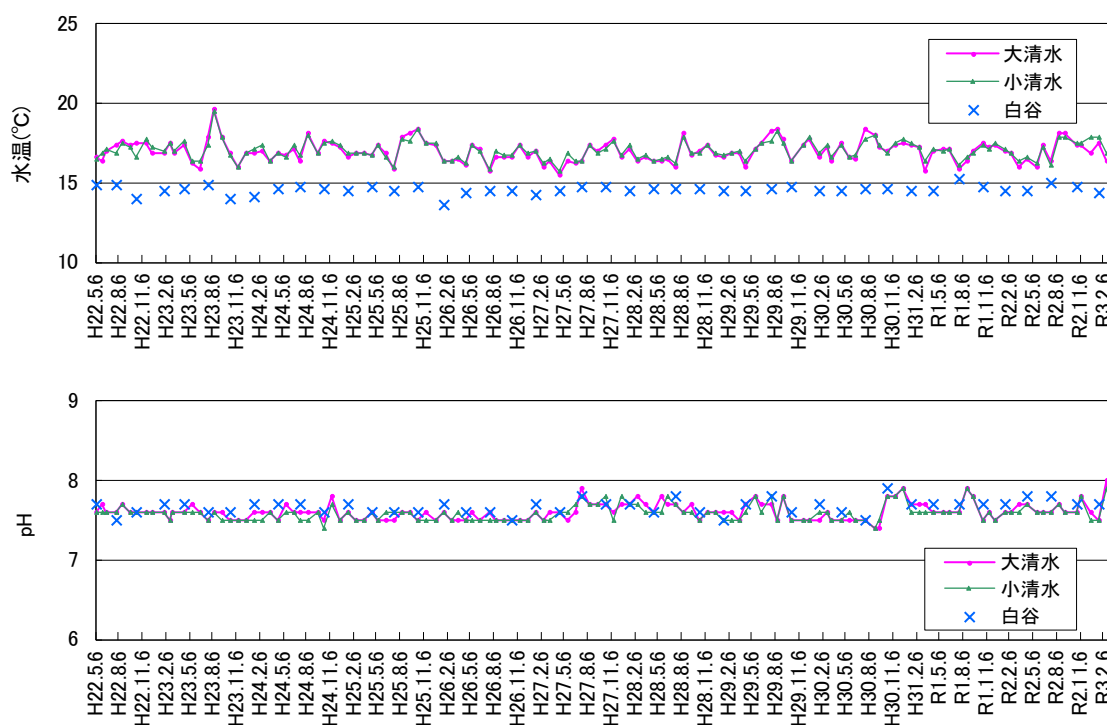
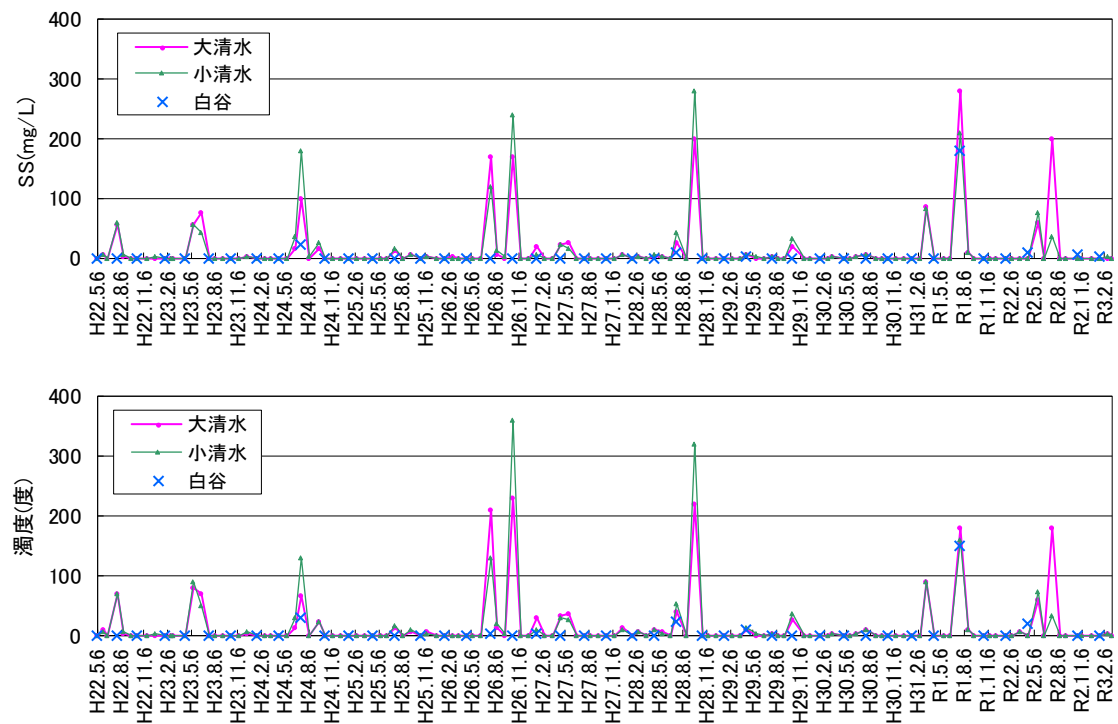


図 74 湧泉における水温と pH の経時変化



備考) 定量下限値未満は、グラフを作成する上で“0”を入力した。

図 75 湧泉における SS と濁度の経時変化

連続観測装置による水温の経時変化は、図 76 に示すとおりである。大清水と小清水の水温は、まとまった降雨があると低下し、影響がなくなると上昇することが事業開始前に確認されており、事業着手後も同様の傾向がみられた。

大清水と小清水の濁度の経時変化は図 77、図 78 に示すとおりであり、まとまった降雨があると雨量に応じて上昇し、この傾向は大清水と小清水で同様であった。

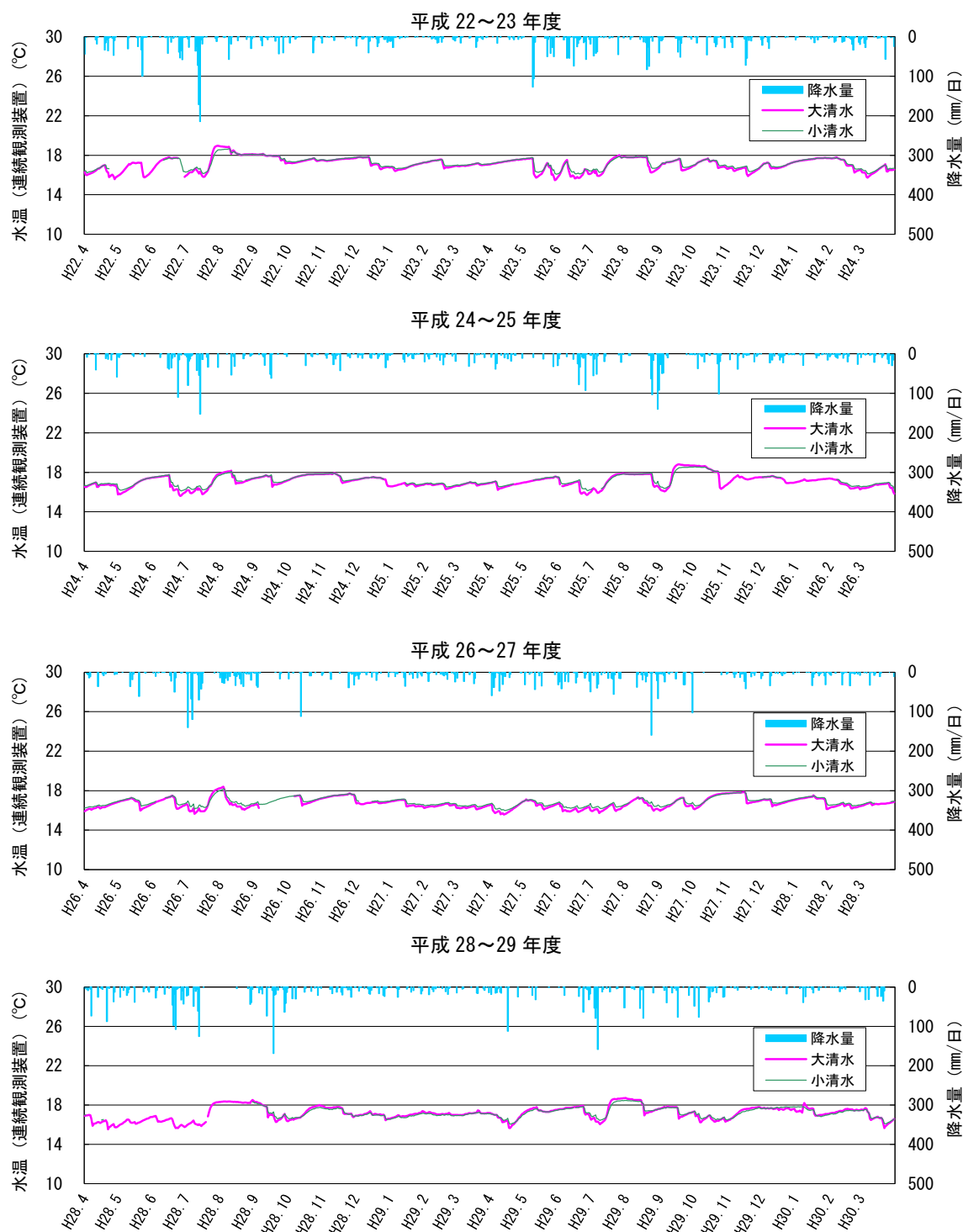


図 76(1) 大清水と小清水における水温の経時変化

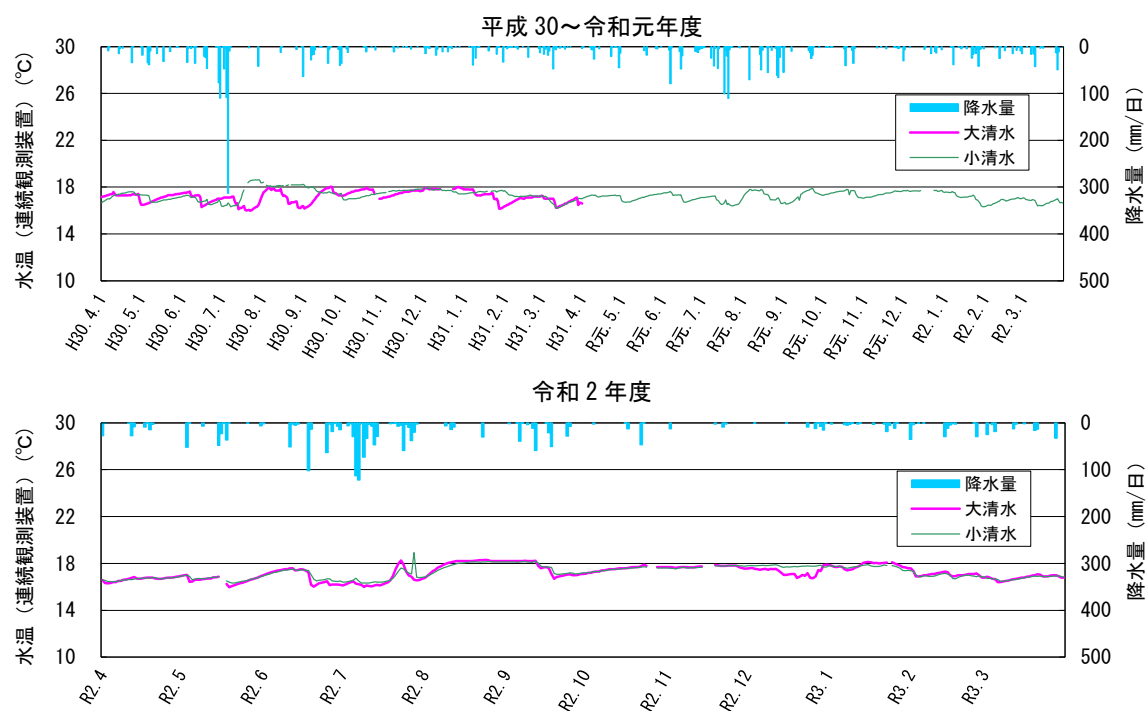


図 76(2) 大清水と小清水における水温の経時変化

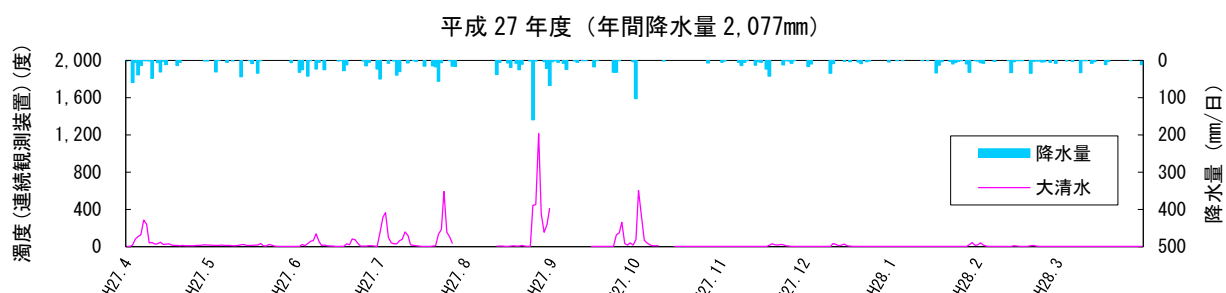
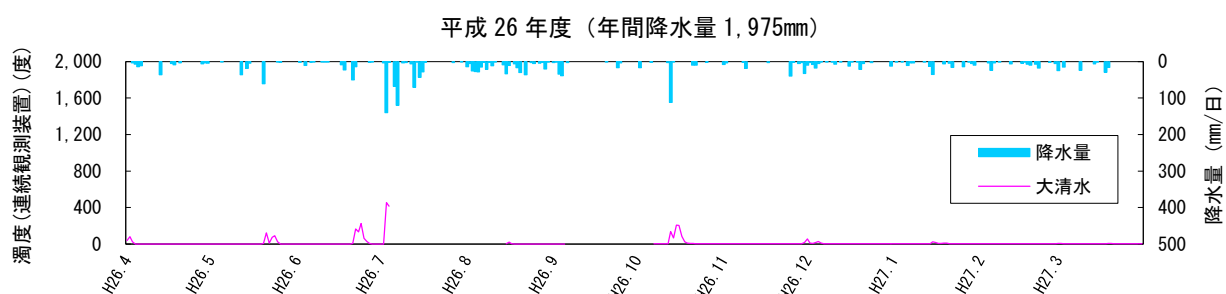
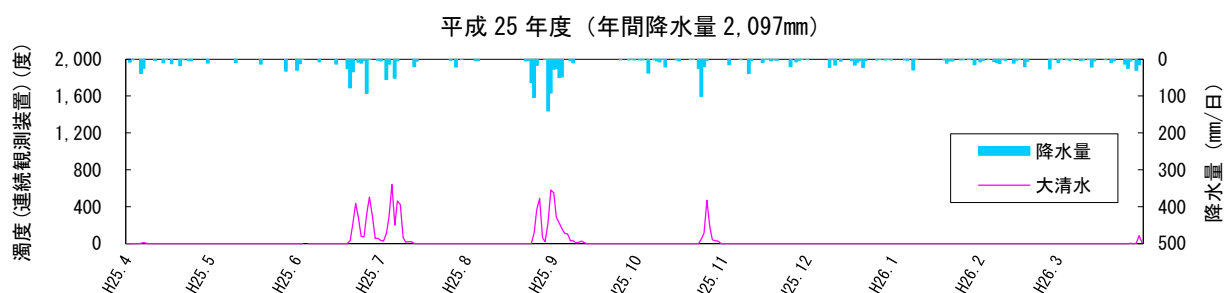
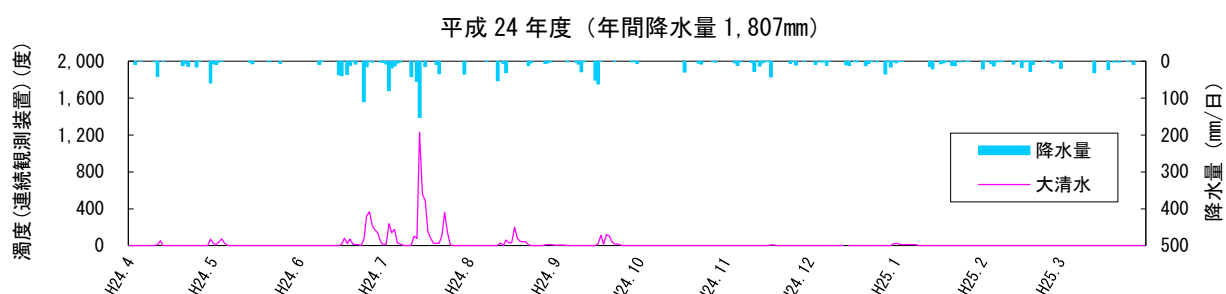
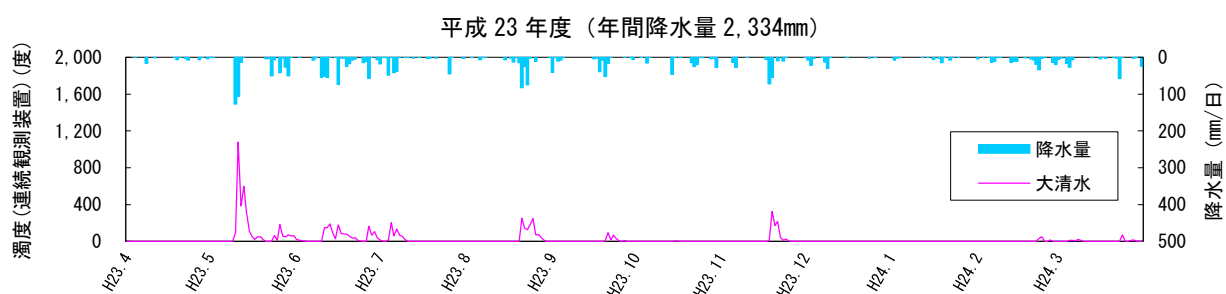
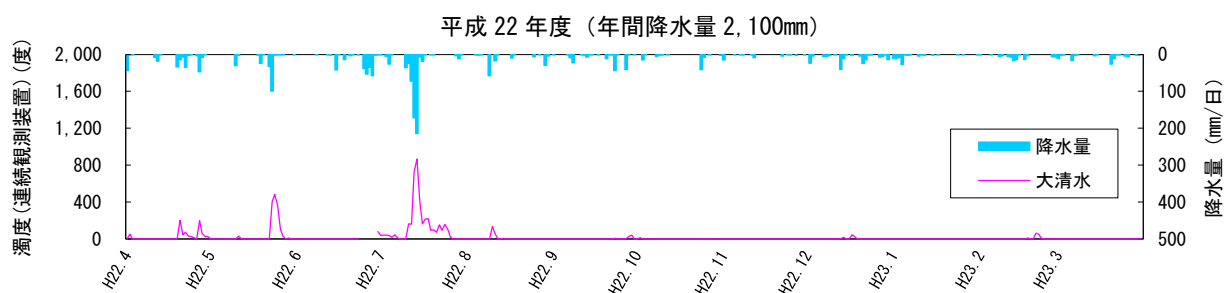


図 77(1) 大清水における濁度の経時変化

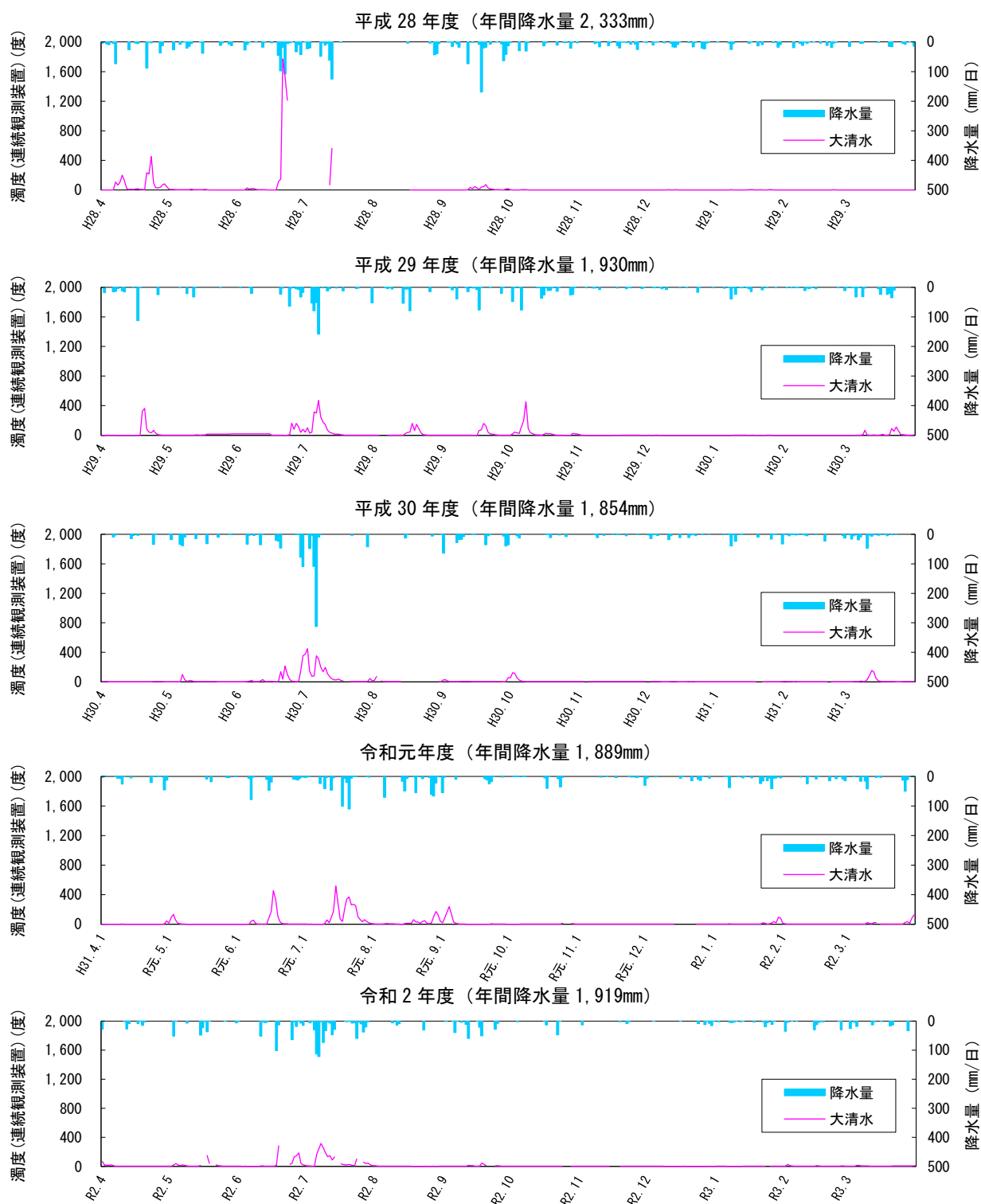


図 77(2) 大清水における濁度の経時変化

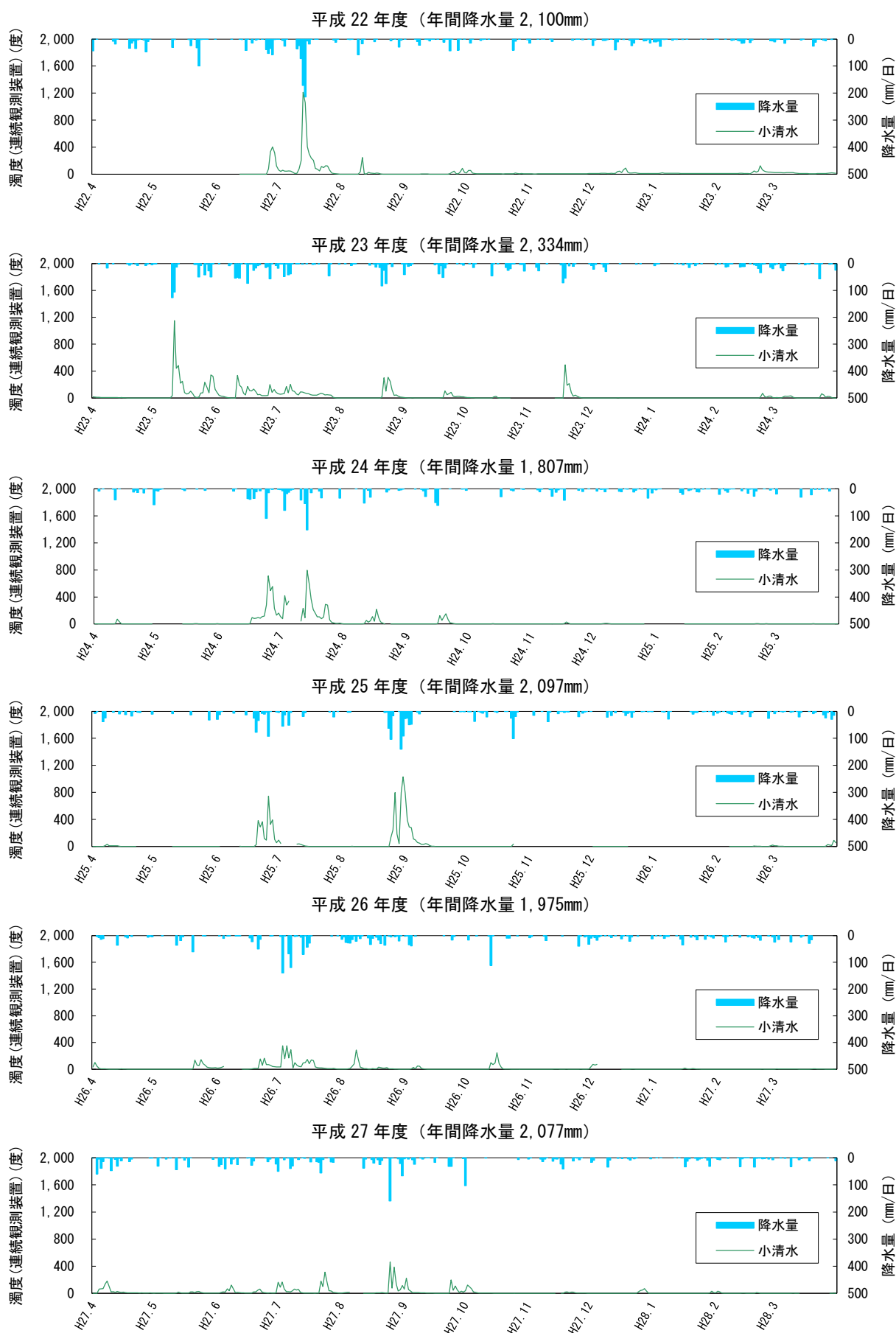


図 78(1) 小清水における濁度の経時変化

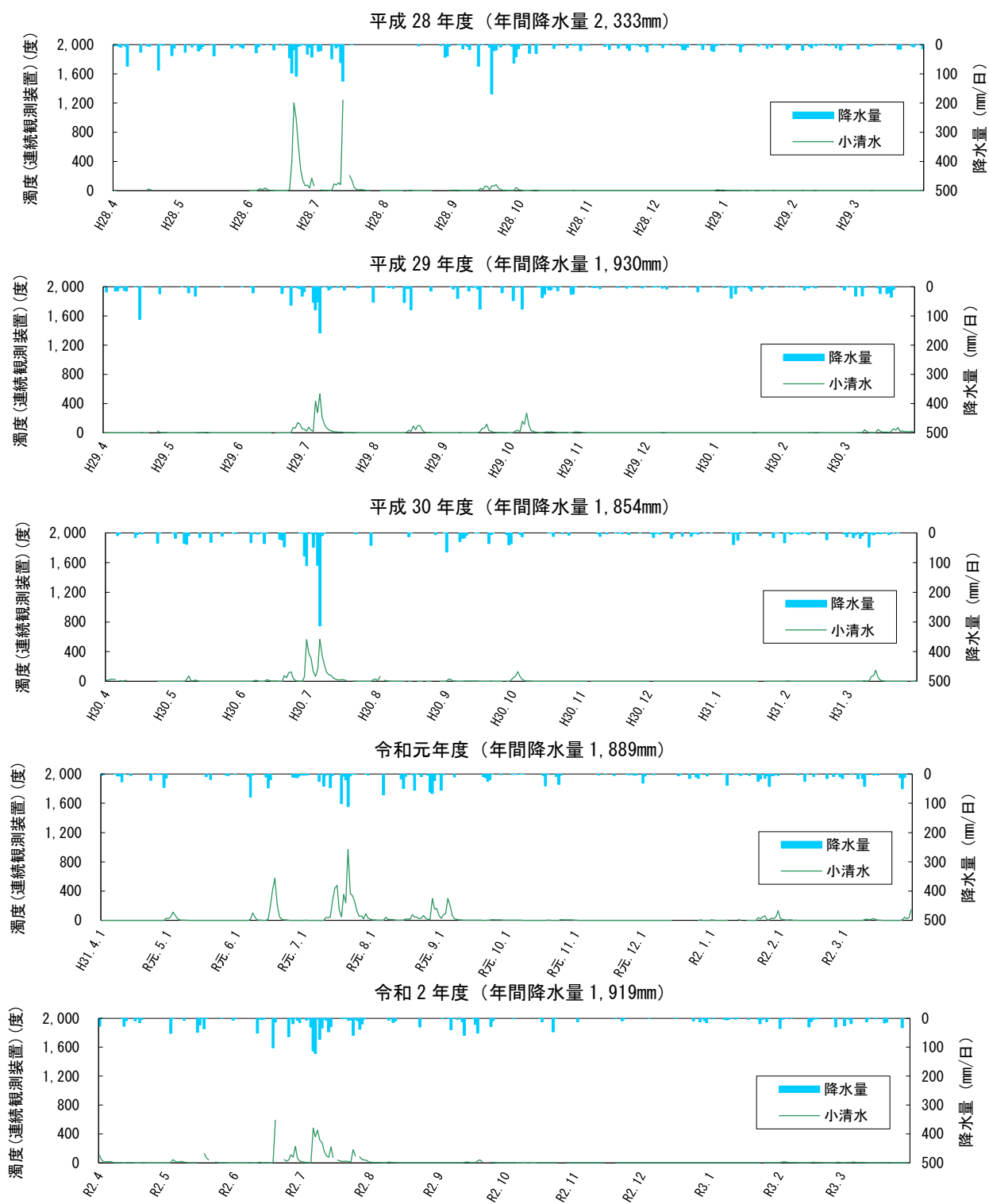


図 78(2) 小清水における濁度の経時変化

白谷では、水環境の変化の程度を把握するため、水温データロガーを設置し、水温の連続観測を実施するとともに（写真 31）、年 4 回の SS、濁度の分析を行っている。

水温の変動は図 79 に示すとおりであり、大清水の水温は降雨量 30mm/日を超える大雨時に低下したのに対し、白谷の水温は変動が小さく 15℃前後で安定している。



写真 31 水温計の設置状況（左：白谷、右：大清水）

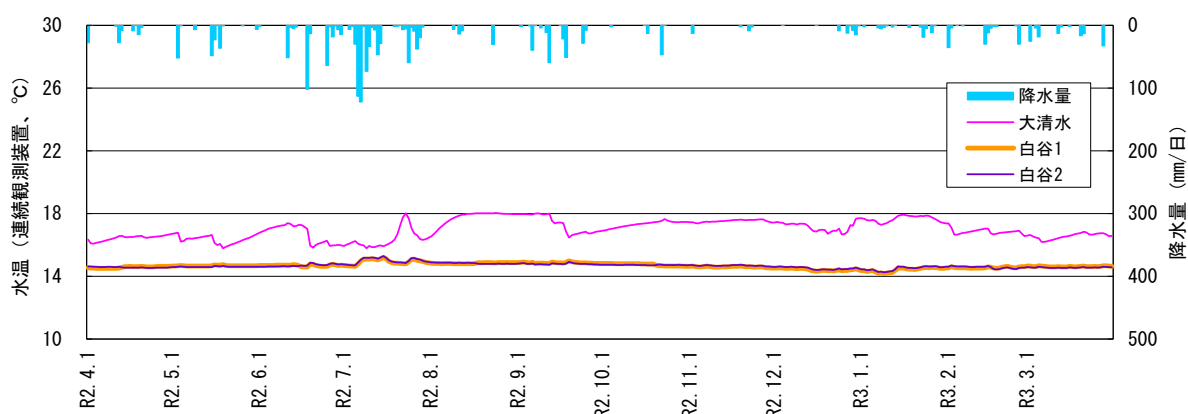


図 79 大清水、白谷の水温の経時変化（水温データロガーによる連続測定）

一方、白谷の濁りについては、事業開始前の SS が平均 9mg/L（1～28mg/L）であり、大清水・小清水に比べ“濁りが少ない”、“水温が安定している”、“pH が高い”、“流量の変動が大きい”といった特徴があった。しかし、平成 29 年 8 月以降、濁りが高くなり、降雨時には SS が約 3,000mg/L、晴天時及び降雨後には平均 431mg/L（3～1,600mg/L）となっており（図 80）、降雨後は大清水、小清水よりも早期に濁度が上昇し、大清水、小清水で濁りが発生しない少雨であっても、白谷で濁度が高くなる傾向がみられた。

そのため、東谷川へ流れ込んでいた白谷湧水を大清水沈殿池へ導水し、大清水沈殿池で濁りを除去した後、東谷川へ放流するとともに、写真 32 に示す大清水沈殿池への導水路に令和 2 年 5 月末に連続観測装置を新たに設置し、30 分毎に濁度を測定した。

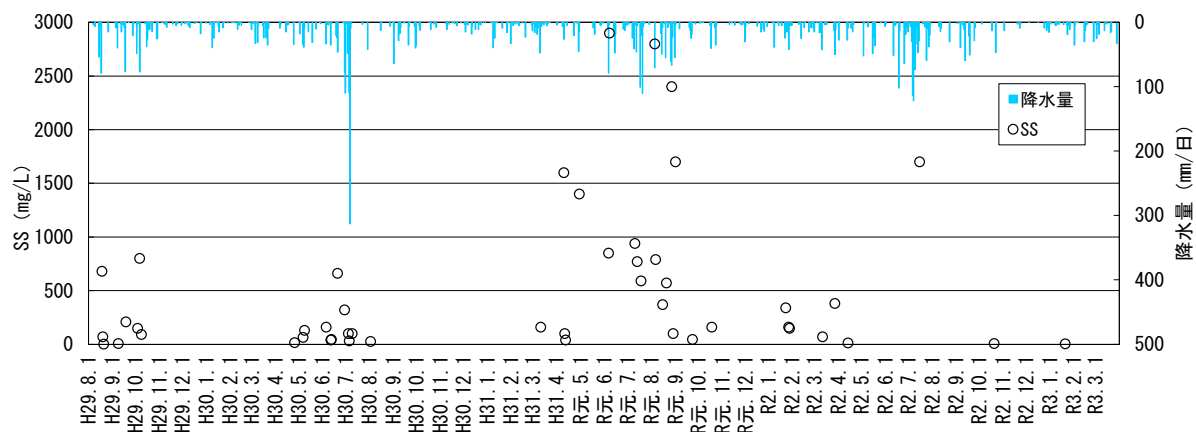


図 80 白谷の SS の推移



写真 32 白谷湧水の導水路の位置

白谷湧水の導水路の濁度の経時変化は図 81 に示すとおりであり、まとまった降雨があると雨量に応じて上昇し、この傾向は大清水と小清水で同様であった。

令和 2 年度（年間降水量 1,919mm）

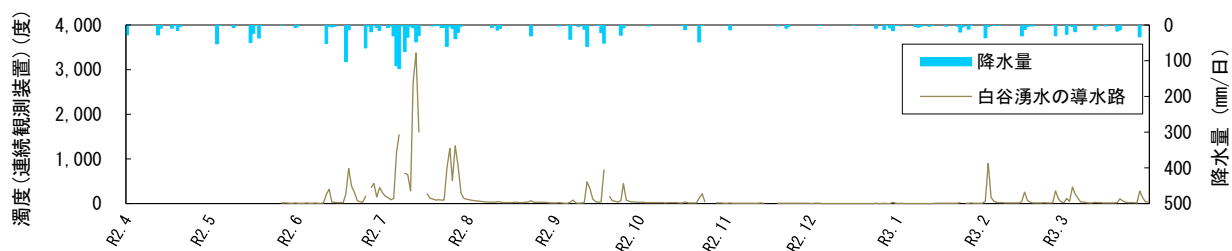


図 81 白谷湧水の導水路における濁度の経時変化

② 濁度と SS の相関

大清水と小清水、白谷湧水の導水路における濁度と SS の相関は、図 82、図 83 に示すとおりである。各地点の相関係数 (R^2) は、大清水、小清水ともに 0.99、白谷湧水の導水路で 0.96 であった。各相関係数は有意水準 $\alpha = 0.01$ の棄却限界を超えており、SS と濁度には強い相関関係が認められた。よって、SS の経時変化は、下記の相関式を用いて連続観測装置で観測して濁度から求めることとした。

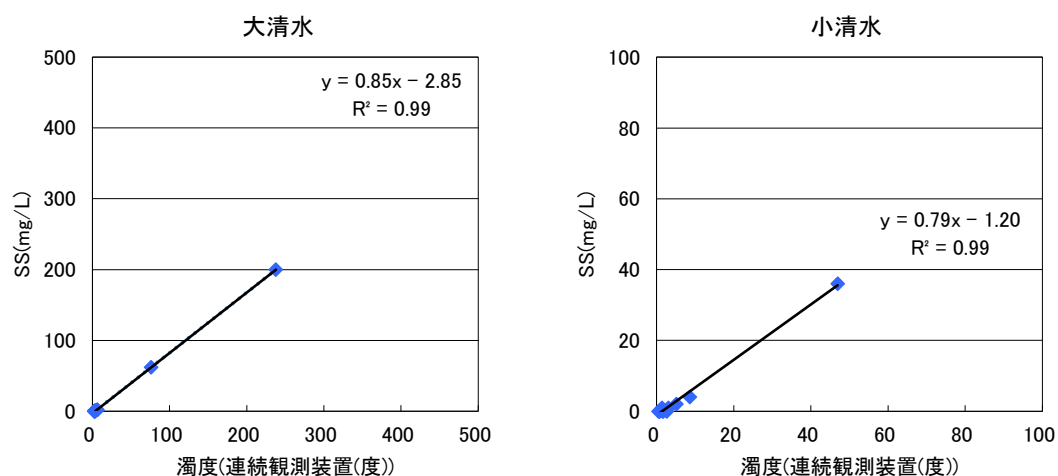


図 82 大清水と小清水における濁度と SS の相関

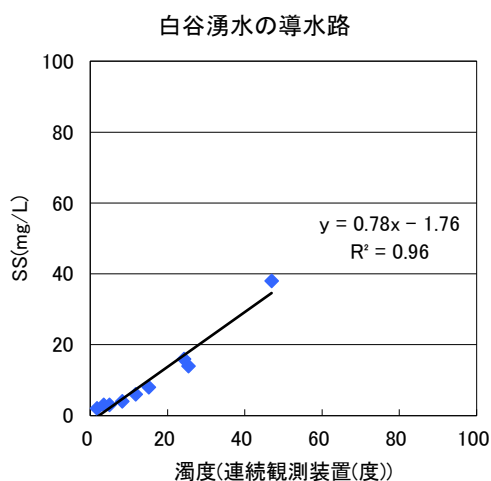


図 83 白谷湧水の導水路における濁度と SS の相関

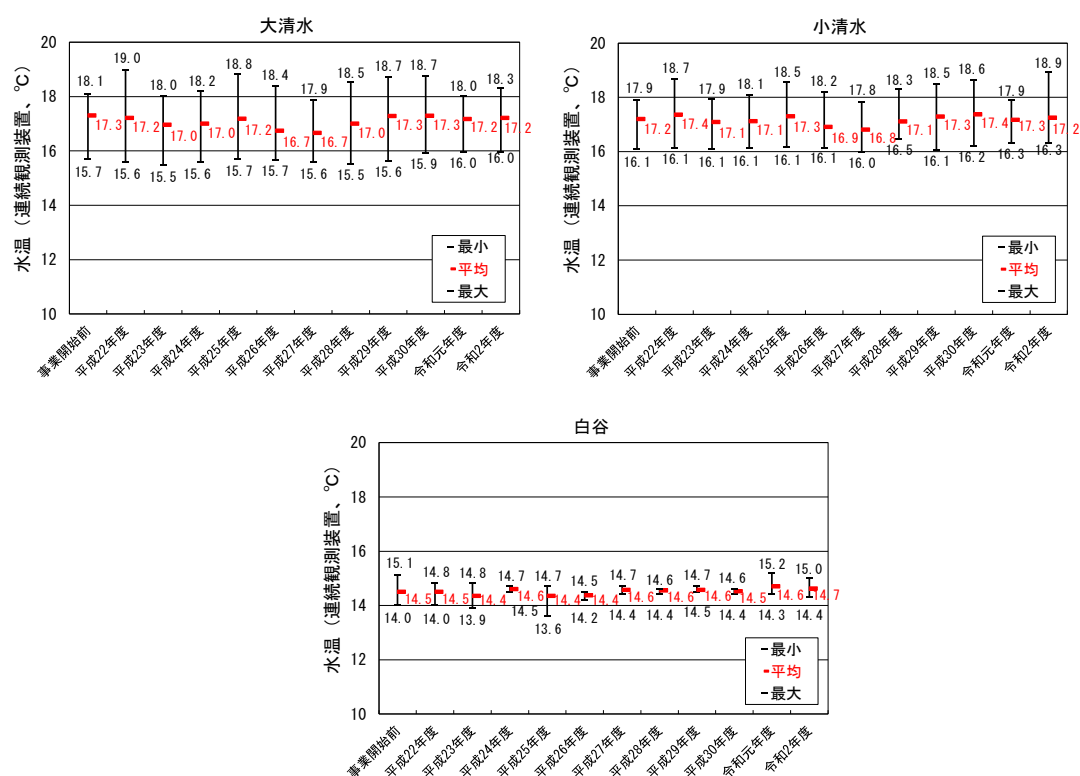
③ 事業の実施に伴う水温、水質の変化

環境影響評価の手続きにおいて、「(湧泉の) 降雨後の濁りは、裸地面積が増えることと標高が下がることにより現況に比べ増加し、その傾向は事業が進むに従い顕著となる。」と予測した。濁りの発生の状況については、「4.2.2 河川水 (p.134)」で沈殿池の効果と合わせて整理した。

水温と pH については、各湧泉で特徴がみられ、事業の影響が顕在化するとその傾向に変化が生じると考えられる。

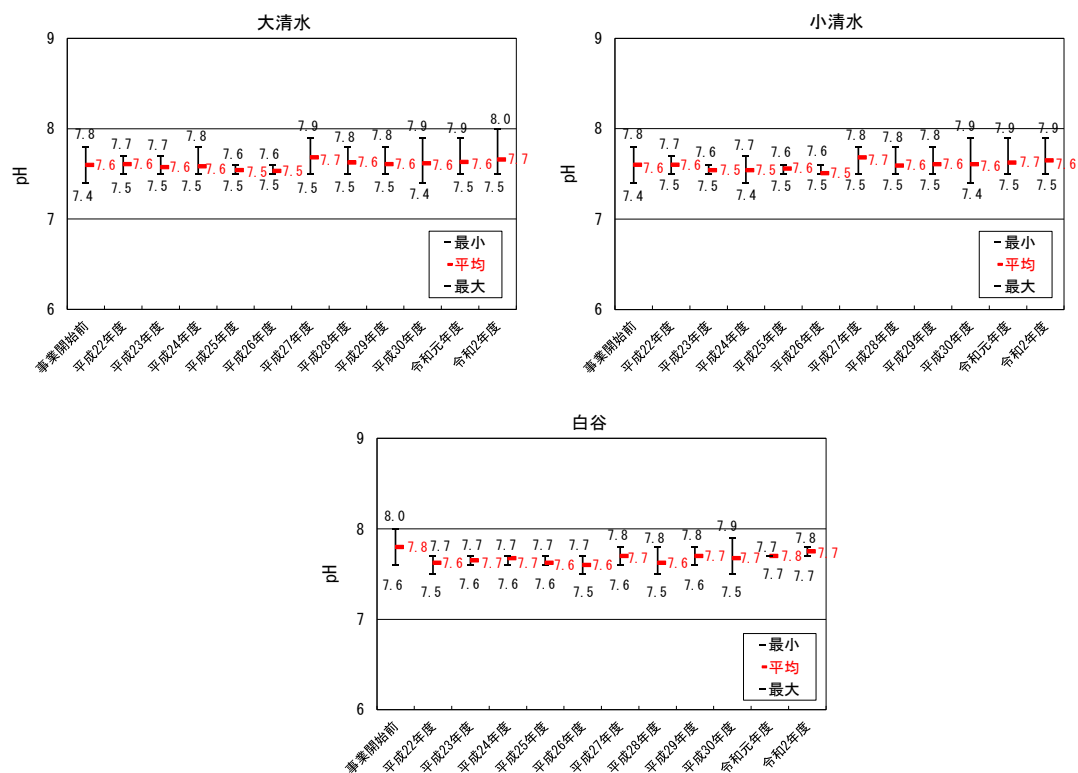
事業開始前後の水温と pH の調査結果は図 84 と図 85 に示すとおりであり、大清水と小清水、白谷の平均値や変動範囲は同様であり、事業の影響を示唆する大きな変化はみられない。

事業開始前後の SS の調査結果は図 86 に示すとおりであり、大清水と小清水の平均値と変動範囲は事業開始前後で大きく変わらないが、白谷は SS が高くなっており、平成 29 年 8 月以降、降雨時に高濃度の濁りの発生を確認している。これに伴い、令和 2 年 5 月下旬から、白谷湧水を大清水沈殿池に導水し、濁りを除去した後に東谷川へ放流することとしている。



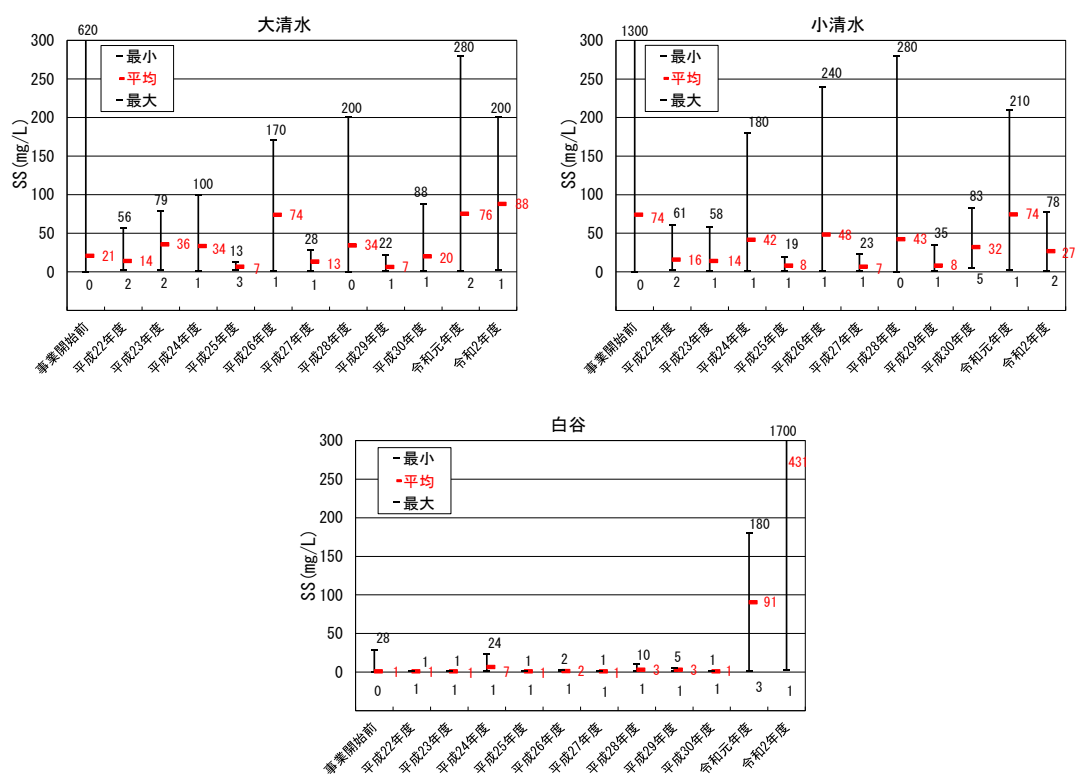
備考) 大清水と小清水は、30 分毎の連続観測値を示す。一方、白谷は年 4 回の測定結果を示す。

図 84 事業開始前後の湧泉における水温



備考) 事業開始前は平成 18 年 10 月～平成 19 年 9 月の 52 データを整理した。事業着手後は、大清水と小清水は年間 12 データを、白谷は年間 4 データを整理した。

図 85 事業開始前後の湧泉における pH



備考) 事業開始前は平成 18 年 10 月～平成 19 年 9 月の 52 データを整理した。事業着手後は、大清水と小清水は年間 12 データを、白谷は年間 4 データを整理した。

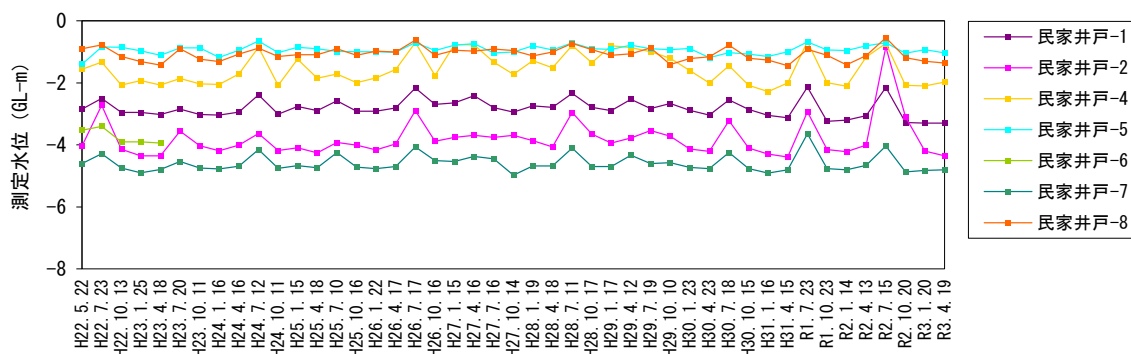
図 86 事業開始前後の湧泉における SS

2) 民家井戸

a. 水 位

① 平成 22～令和 2 年度の調査結果

民家井戸における水位の測定結果は、図 87 に示すとおりである。



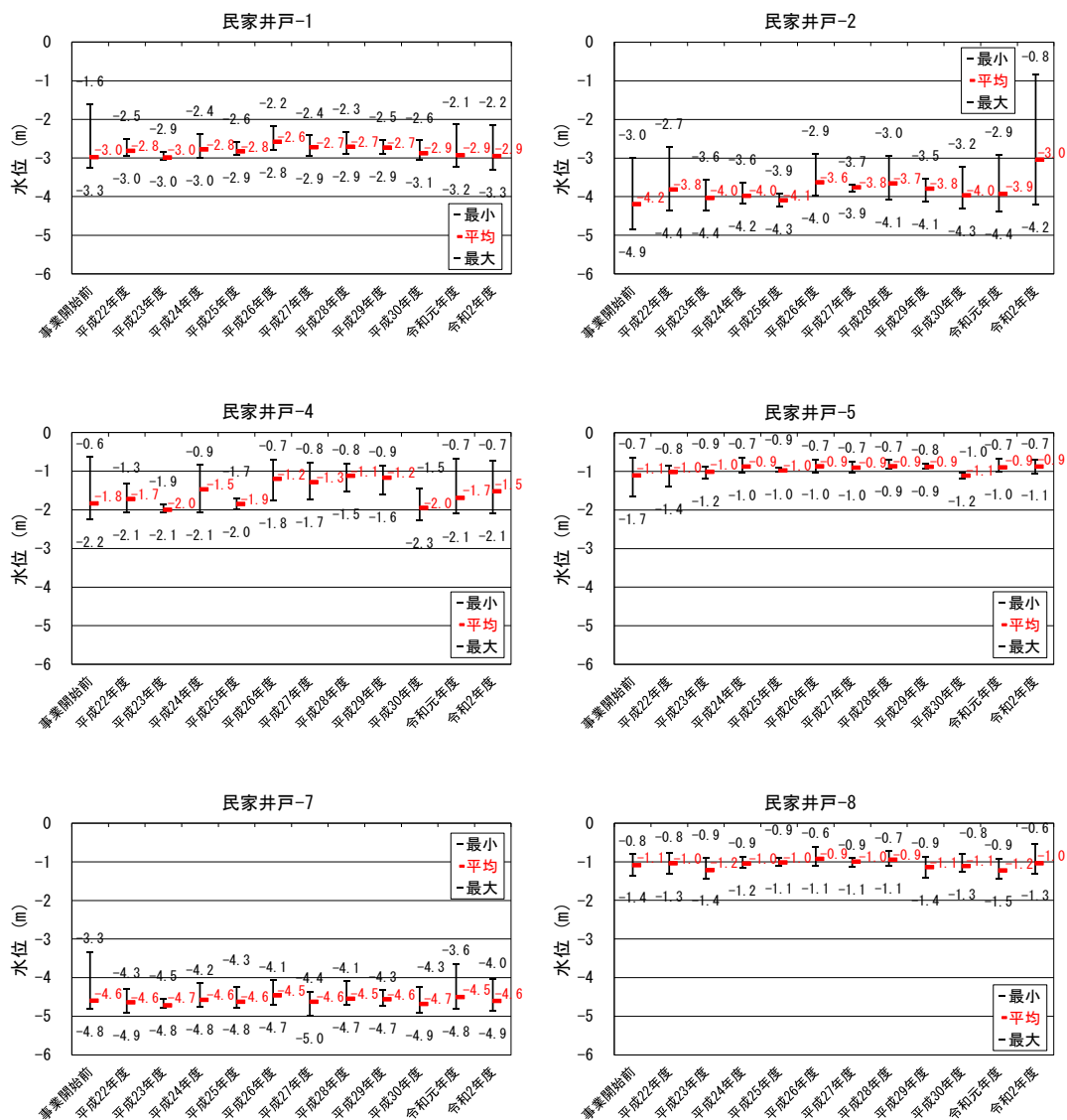
備考) 民家井戸-3 と民家井戸-9 は、水位計を投入できない井戸構造であるため、水位を測定していない。民家井戸-6 は、ポンプ交換の際に水位計の投入口を塞いだため、平成 23 年 7 月以降は測定不能となった。

図 87 民家井戸の水位変動

② 事業の実施に伴う水位の変化

事業開始後の民家井戸における水位の変化は図 88 に示すとおりであり、令和 2 年度の民家井戸-2 を除き、いずれも事業開始前の水位変動（図 89）の範囲にあった。

民家井戸-2 では、令和 2 年 7 月の梅雨時期のまとまった降雨（7 月 3～14 日：約 470mm）により、これまでに比べて一時的に水位が上昇したが、その後の 10 月、1 月の調査時にはこれまでの変動範囲内となっている。また、事業実施区域に近い民家井戸-8 で同様の傾向が認められないことから、事業の影響によるものではないと考えられる。



備考)・事業開始前は、平成18年10月～平成19年9月の観測結果(52データ)を示す(民家井戸-8のみ平成19年6月～平成19年9月の観測結果(16データ))。
 ・事業開始後は、平成22年5月～令和3年3月の44データを示す。

図88 事業開始前後の民家井戸の水位変動

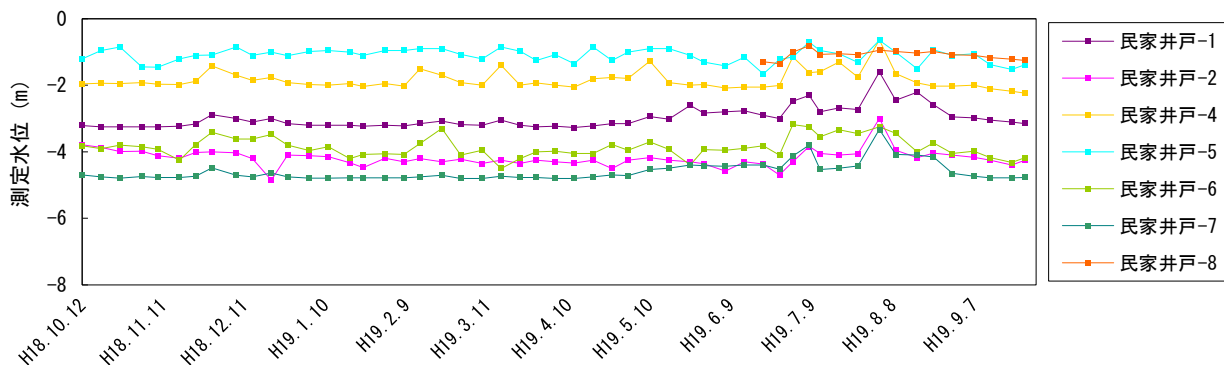


図89 事業開始前の民家井戸の水位の経時変化

b. 水質、水温

① 平成 22～令和 2 度の調査結果

民家井戸における水温、pH、SS 及び濁度の測定結果は、表 43 に示すとおりである。pH は、いずれも水道法に基づく水質基準を満足した。濁度については、民家井戸-2 で一時的に基準を上まわる値（2.5 度）が観測された。SS は民家井戸-3 を除いて定量下限値未満であった。

表 43 民家井戸の水温、水質の測定結果（平成 22～令和 2 年度、年 4 回）

項 目	掘削 深度 (m)	飲用	水温（℃）		pH		SS (mg/L)	濁度（度）
			平均	変動範囲	平均	変動範囲	変動範囲	変動範囲
民家井戸-1	2.9	有	16.8	13.5～20.5	6.7	6.5～7.1	1 未満	0.1 未満～0.2
民家井戸-2	5.2	なし	16.3	12.6～20.1	6.4	6.1～7.0	1 未満	0.1 未満～2.5
民家井戸-3	約 50	なし	16.6	12.8～18.4	6.6	6.5～6.9	1 未満～2	0.1 未満～0.6
民家井戸-4	3	不明	16.3	10.6～21.8	7.3	7.0～8.0	1 未満	0.1 未満～1.2
民家井戸-5	3.8	なし	14.7	10.6～18.6	6.6	6.2～6.9	1 未満	0.1 未満～0.7
民家井戸-6	約 30	有	15.7	13.3～16.9	6.4	6.3～6.6	1 未満	0.1 未満～0.2
民家井戸-7	2.2	なし	18.3	9.8～22.0	6.8	6.6～7.1	1 未満	0.1 未満～0.1
民家井戸-8	6	なし	15.1	9.6～20.0	6.4	6.2～6.7	1 未満	0.1 未満～1.2
民家井戸-9	不明	有	16.0	13.2～18.1	6.7	6.6～6.8	1 未満	0.1 未満
水道法に基づく水質基準			—		5.8 以上 8.6 以下		—	2 以下

② 事業の実施に伴う水温、水質の変化

民家井戸における事業開始前後の水温と pH の変化は、表 44、図 90 に示すとおりである。水温と pH については、民家井戸-3 で過去に記録されていない値がみられるものの、その差はわずかである。

濁度の変化については、民家井戸-2 において降雨後に上昇することがあり、基準値をわずかに上まわる値（2.5 度、令和元年 7 月 23 日）が観測されたが、民家井戸-2 を除く地点では、事業開始前と同様に水質基準を超える濁りは発生していない（表 43）。

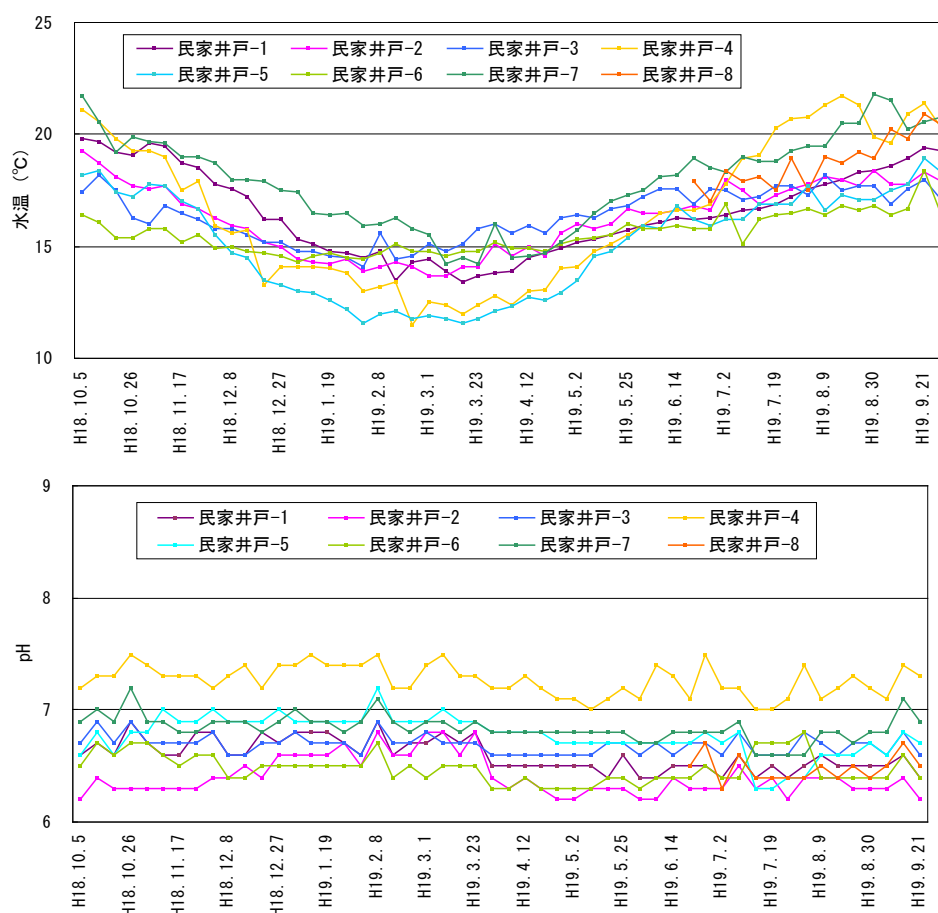
表 44 民家井戸における水温と pH の変化

調査地点	水温 (°C)		pH	
	事業開始前 (n=53)	事業開始後 (n=44)	事業開始前 (n=53)	事業開始後 (n=44)
民家井戸-1	16.5 (13.4～19.8)	16.8 (13.5～20.5)	6.6 (6.4～6.9)	6.7 (6.5～7.1)
民家井戸-2	16.3 (13.7～19.8)	16.3 (12.6～20.1)	6.4 (6.2～6.8)	6.4 (6.1～7.0)
民家井戸-3	16.4 (14.1～18.2)	16.6 (12.8～18.4)	6.7 (6.6～6.9)	6.6 (6.5～6.9)
民家井戸-4	16.5 (11.5～21.7)	16.3 (10.6～21.8)	7.3 (7.0～7.5)	7.3 (7.0～8.0)
民家井戸-5	15.1 (11.6～18.9)	14.7 (10.6～18.6)	6.8 (6.3～7.2)	6.6 (6.2～6.9)
民家井戸-6	15.6 (14.3～18.4)	15.7 (13.3～16.9)	6.5 (6.3～6.8)	6.4 (6.3～6.6)
民家井戸-7	17.9 (14.2～21.8)	18.3 (9.8～22.0)	6.8 (6.6～7.2)	6.8 (6.6～7.1)
民家井戸-8*	18.8 (17.0～20.9)	15.1 (9.6～20.0)	6.5 (6.3～6.7)	6.4 (6.2～6.7)

備考)・事業開始前は平成 18 年 10 月～平成 19 年 9 月の観測結果 (53 データ)、事業開始後は平成 22 年 4 月～令和 3 年 3 月の 44 データを示す。

・表中の値は、測定期間の平均値と変動範囲を示す。

※民家井戸-8 の事業開始前の観測結果は、平成 19 年 6 月～平成 19 年 9 月の記録であり、時期が異なる調査結果については事業開始の前後で比べることはできない。



備考) 民家井戸-8 の調査期間は、平成 19 年 6 月 21 日～平成 19 年 9 月 26 日 (n=16) である。

図 90 事業開始前の水温と pH の経時変化

(3) 現状の評価と今後の取り組み

大清水と小清水では、事業の実施に伴う変化を把握するため、流量と水質について調査を実施した。湧泉における流量については、同じ降水条件でタンクモデル計算値（事業開始前のパラメータで計算）と H-Q 式換算値（事業開始後に観測した水位データを用いて計算）を比較した結果、現段階では事業の影響による顕著な変化は認められない。

また、民家井戸の水質は、降雨の影響で一時的な上昇がみられたケース（民家井戸-2、平成 27 年 1 月 15 日と令和元年 7 月 23 日）を除くと、いずれも水道法に基づく水質基準を満足していた。

今後は剥土・採掘エリアが広がり、かつ、採掘が進むと標高が下がることから、湧泉の流量については徐々に事業の影響が顕在化すると予想される。現在の流況を可能な限り維持するため、事業の進捗に応じて可能な限り「調整池の設置」を実施する。また、今後も継続的に調査を行い、他の調査結果と合わせて事業の影響の程度を把握することとする。

4.2.2 河川水

(1) 環境保全の取り組みの状況

1) 環境保全措置の実施内容

河川水の環境保全措置は、事業の進捗に応じて表 45 の内容を実施した。

表 45 河川水の環境保全措置

環境保全措置の方針	環境保全措置の内容	環境保全措置の効果	実施状況
現況の流況を可能な限り維持する。	沈殿池の設置※	必要に応じて貯水を放流することにより、現況と同様の流況を維持する。	実施
現況の水質の状況を可能な限り維持する。	沈殿池の設置	濁りを含む湧水を沈殿池で処理することにより、東谷川へ流下する土砂量が減少する。	実施

備考) 沈殿池は貯水機能を有しており、環境影響評価書に記載した“貯水池の設置”に対応する施設である。大清水第1沈殿池と第2沈殿池（平成22年7月運用開始）の池容量は、合計約2万m³であり、環境影響評価書で示した貯水量を達成している。なお、これまでに営農活動を維持するための放流の要請はなかった。



図 91 河川の環境保全措置

2) 事後調査の内容

事業の実施に伴う土地利用及び地形の変化により、大清水と小清水では降雨後の流量の変動が大きくなり、同時に河川へ流れ込む濁りの量が増加すると予測されたことから、河川水の利用に支障がないように大清水で第2沈殿池を増設し、平成22年7月に運用を開始した。また、白谷で高濃度の水の濁りが発生することから、白谷から大清水第2沈殿池へ濁水を流し込む導水路を増設し、令和2年5月末から運用を開始した。

大清水沈殿池、小清水沈殿池、大清水沈殿池へ流れ込む白谷湧水の導水路では、定期的に流量や水の濁りについて調査するほか、短期的な変化を捉えるために連続観測装置を設置し30分毎に水位、水温、濁度を測定した。また、東谷川では濁りの増加に伴う水生生物への影響を把握するため、魚類、底生動物の生息状況、河床の状況について調査を実施した（表46、図92）。

表 46 河川水の調査内容

調査項目	調査方法	調査地点	調査日
流量 水位	流量：日本工業規格 JIS K 0084（工業用水・工場排水の試料採取方法）に定める方法 ※小清水沈殿池は平成30年1月に、白谷湧水の導水路は令和2年6月に測定を開始した。	大清水沈殿池 小清水沈殿池 白谷湧水の導水路	128回 （平成22年8月～ 令和3年3月、毎月）
水温 pH SS 濁度	水温：現場測定 pH：日本工業規格 JIS K 0102 12.1 ガラス電極法 SS：日本工業規格 JIS K 0102 14.1 懸濁物質 濁度：日本工業規格 JIS K 0101 9.4 積分球濁度 ※小清水沈殿池は平成30年1月に、白谷湧水の導水路は令和2年6月に測定を開始した。		
水位 水温 濁度	連続観測装置 ※小清水沈殿池は平成29年12月18日に、白谷湧水の導水路は令和2年5月26日に測定を開始した。	大清水沈殿池 小清水沈殿池 白谷湧水の導水路	平成22年4月1日～ 令和3年3月31日 ※測定間隔は30分毎とした。
魚類 底生動物 河床の状況	定量及び定性採取法による採取 河床の水中観察・写真撮影	東谷川上流 東谷川下流-1	25回 （平成21年2月～ 令和3年2月）

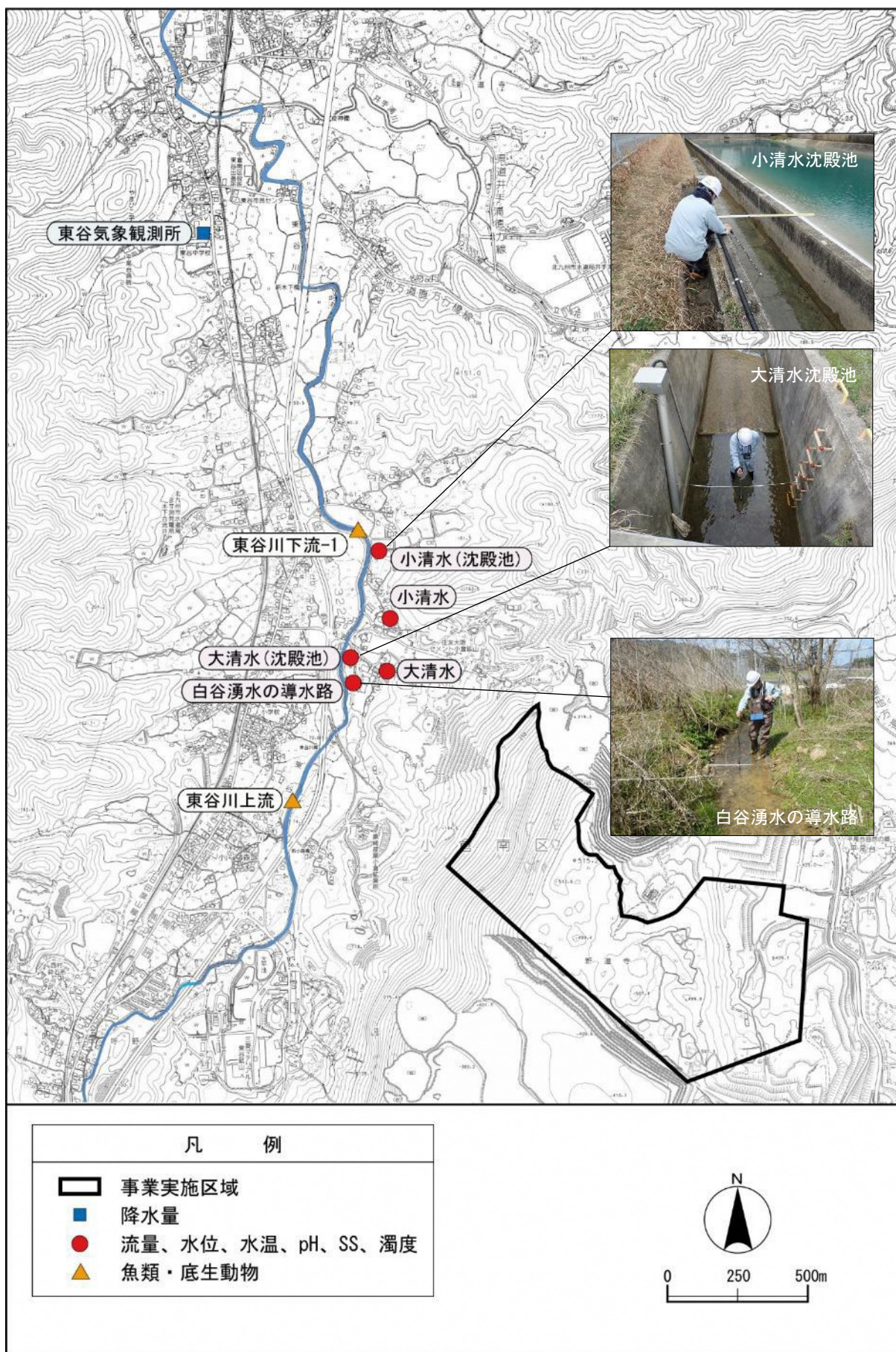


図 92 河川水の調査地点

3) 環境保全の取り組み一覧

河川水に係る環境保全措置と事後調査の実施状況は、表 47 に示すとおりである。大清水第 2 沈殿地の運用は平成 22 年 7 月に、小清水沈殿池の運用は平成 30 年 1 月末に、白谷湧水の導水路は令和 2 年 5 月末に運用開始した。大清水と小清水の沈殿池、白谷湧水の導水路では、作業員による定期調査と観測装置による連続観測を実施している。

また、東谷川では、平成 21～27 年度にかけて底生動物と魚類の調査を年 2 回（夏・冬季）、平成 28 年度以降は 5 年毎に年 1 回（夏季）に調査を実施している。

表 47 河川水に係る環境保全措置と事後調査の実施状況

調査年度	環境保全措置	事後調査		
	沈殿池の設置	流量(水位)、水質		魚類・底生動物
		大清水沈殿池、小清水沈殿池 白谷湧水の導水路		東谷川
	大清水、小清水	連続	定期	定期
平成 21 年度			—	2 回
平成 22 年度	H22.7 開始	H22.7 開始 (大清水沈殿池)	8 回	2 回
平成 23 年度			12 回	2 回
平成 24 年度			12 回	2 回
平成 25 年度			12 回	2 回
平成 26 年度			12 回	2 回
平成 27 年度			12 回	2 回
平成 28 年度			12 回	—
平成 29 年度		H30.1 開始	12 回	—
平成 30 年度		(小清水沈殿池)	12 回	—
令和元年度			12 回	—
令和 2 年度		R2.5 開始 (白谷湧水の導水路)	12 回	1 回

(2) 事後調査の結果

1) 沈殿池

a. 流量、水位

大清水と小清水の沈殿池、白谷湧水の導水路における流量の調査結果は、表 48 と図 93 に示すとおりであり、参考データとして大清水と小清水の測定結果を併記する。

大清水の流量が 1,130～78,800m³/日であるのに対し、大清水沈殿池では 233～76,100m³/日で推移した。大清水と大清水沈殿池出口の流量に差がみられるのは、第 1 沈殿池に流入した湧水の一部が、池の中間で東谷川へ流出しているためである。第 1 沈殿池では、水位が低いと池の中間に設けた排水路（図 94）から流出する割合が多くなり、大雨により水位が上昇すると池水の多くは調査地点を経て東谷川へ流れ込む。

湧泉と沈殿池出口において観測された水位の経時変化は表 49、図 95 に示すとおりであり、大清水で 0.07～0.87m、大清水沈殿池で-0.08～0.70m、小清水で 0.01～0.32m、小清水沈殿池で-0.02～0.48m、白谷湧水の導水路で 0.35～0.74m の変動がみられた。いずれの地点も降水量に応じて水位の変化がみられる。

表 48 湧泉と沈殿池（排水路）からの流量（平成 22 年 5 月～令和 3 年 3 月）

調査地点	平均流量 (m ³ /日)	変動範囲 (m ³ /日)	
		最小	最大
大清水	12,500	1,130	78,800
大清水沈殿池	8,570	233	76,100
小清水	2,450	1,340	4,950
小清水沈殿池	1,570	311	3,770
白谷湧水の導水路	1,590	161	10,300

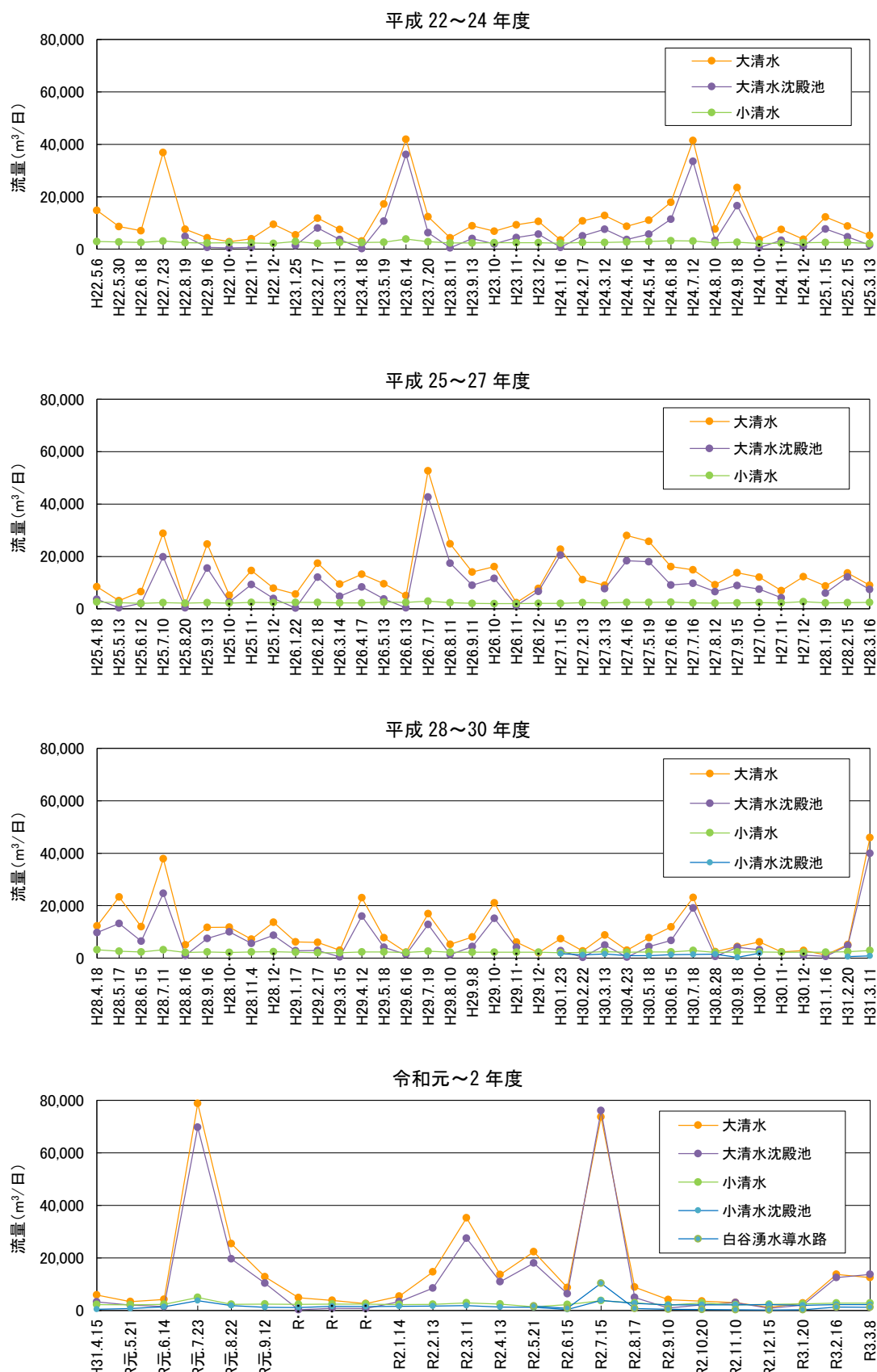
備考)・有効数字は、3 桁とした。

・測定回数は、大清水沈殿池で 123 回、小清水沈殿池で 36 回、白谷湧水の導水路で 11 回である。

表 49 沈殿池の水位（平成 22 年 5 月～令和 3 年 3 月）

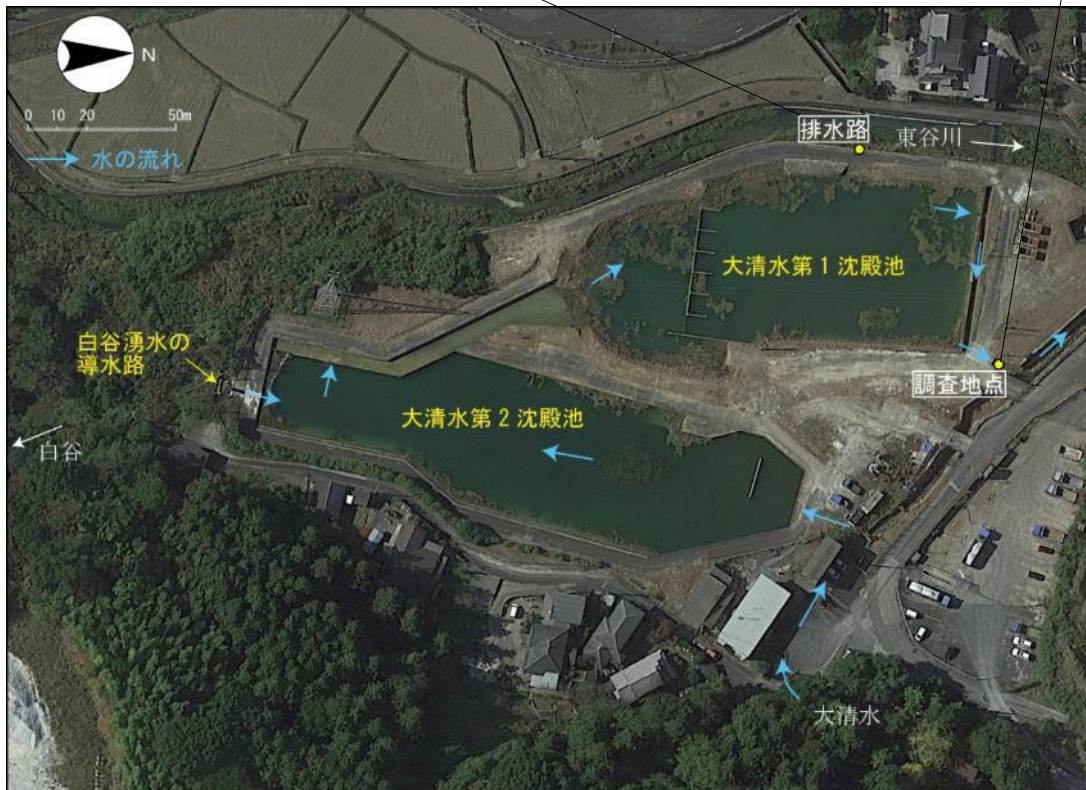
調査地点	日平均水位 (m)	変動範囲 (m)	
		最小	最大
大清水沈殿池	0.06	-0.08	0.70
小清水沈殿池	0.08	-0.02	0.48
白谷湧水の導水路	0.41	0.35	0.74

備考) 測定回数は、大清水沈殿池で 123 回、小清水沈殿池で 36 回、白谷湧水の導水路で 11 回である。



備考) ・平成 27 年 12 月の大清水沈殿池の流量は、浚渫工事中であったため、測定していない。
 ・参考データとして大清水、小清水の測定結果を示す。

図 93 沈殿池の流量の経時変化



出典：Google earth

図 94 大清水沈殿池、小清水沈殿池の平面図

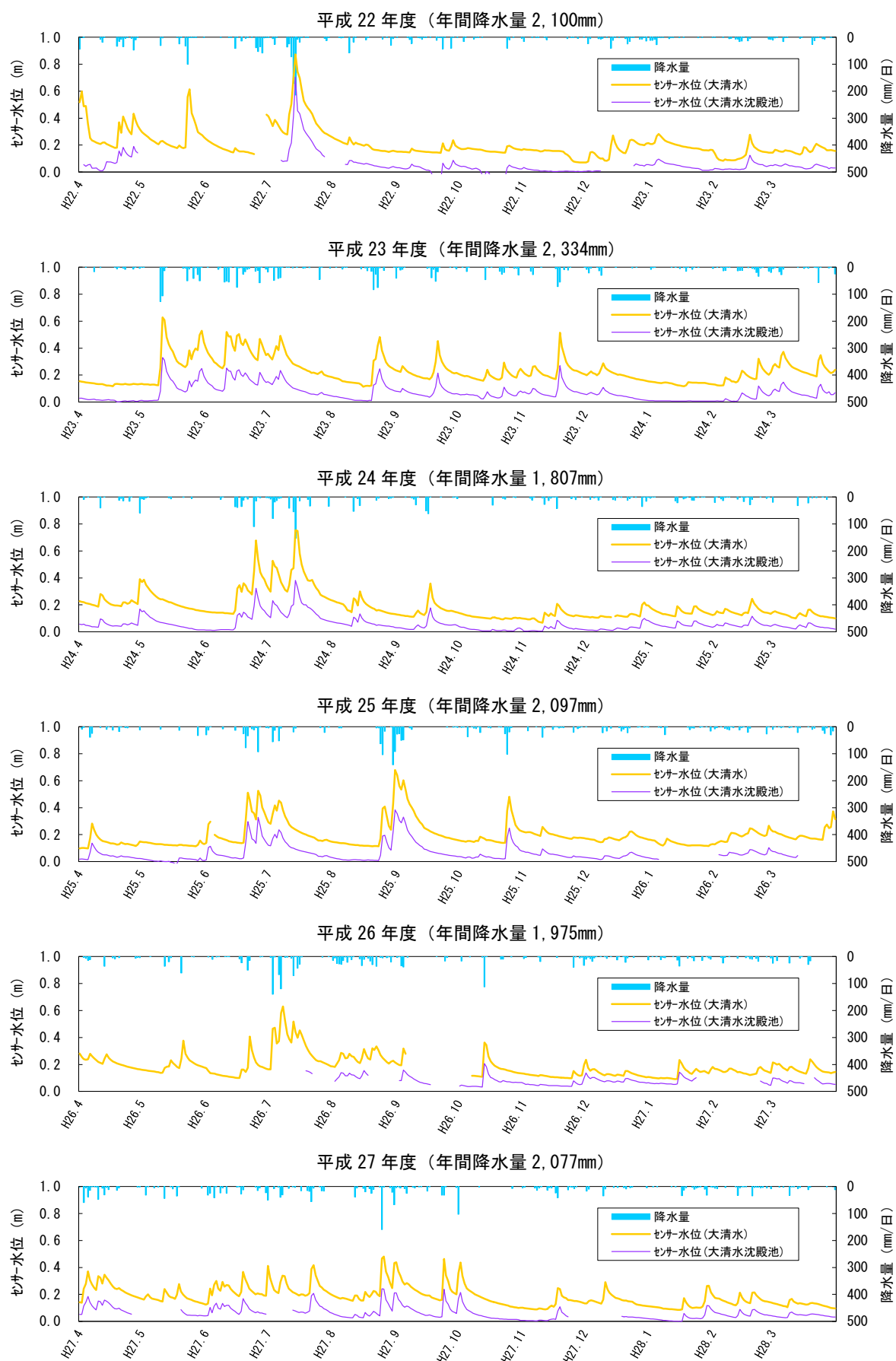


図 95 (1) 湧泉と沈殿池出口におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化（大清水）

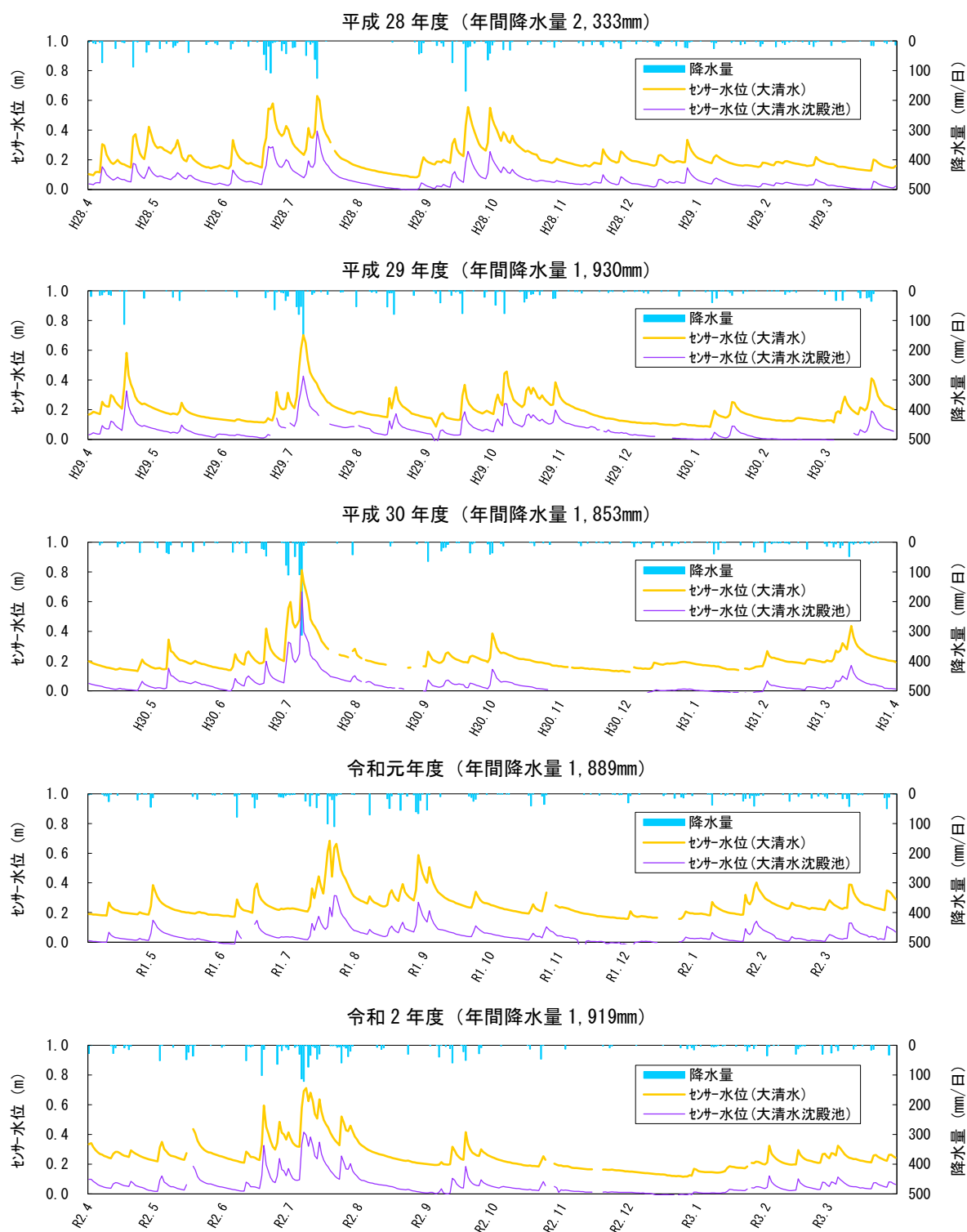


図 95(2) 湧泉と沈殿池出口におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化（大清水）

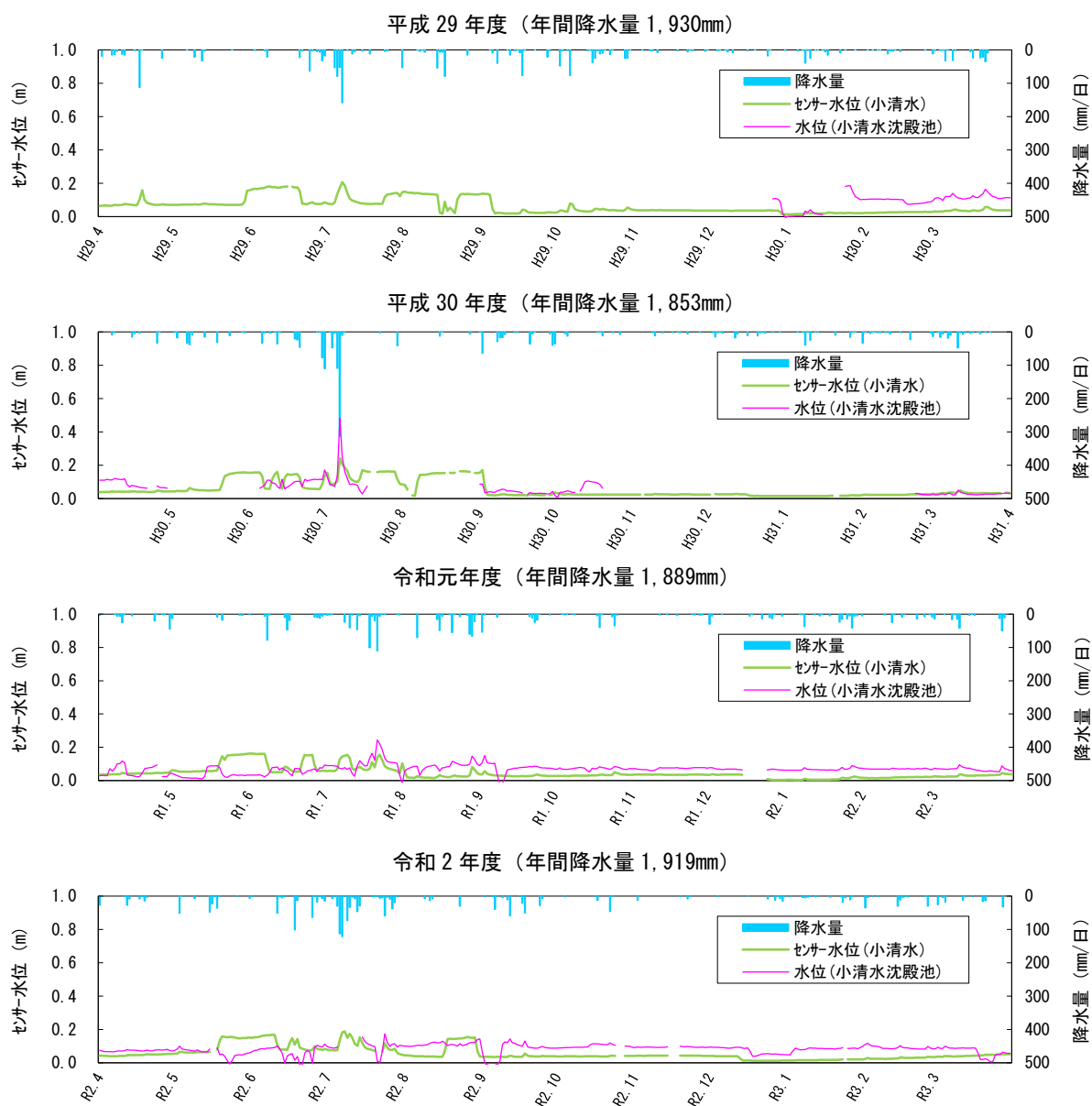


図 95(3) 湧泉と沈殿池出口におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化（小清水）

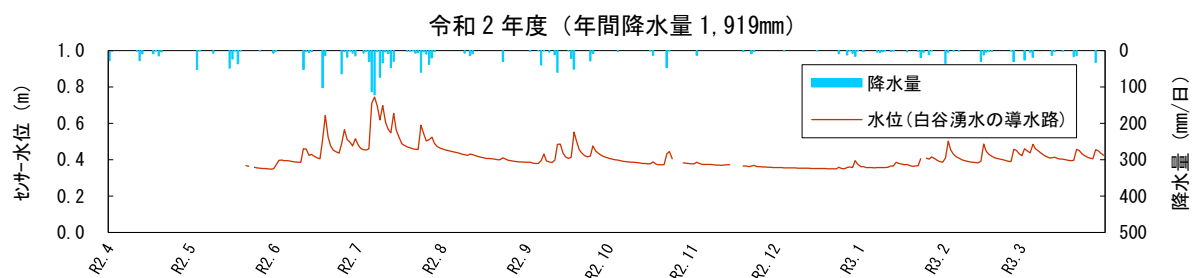


図 95(4) 沈殿池入口におけるセンサー水位（日平均値）の経時変化（白谷湧水の導水路）

b. 水温、水質

① 湧泉と沈殿池出口における濁り等の状況

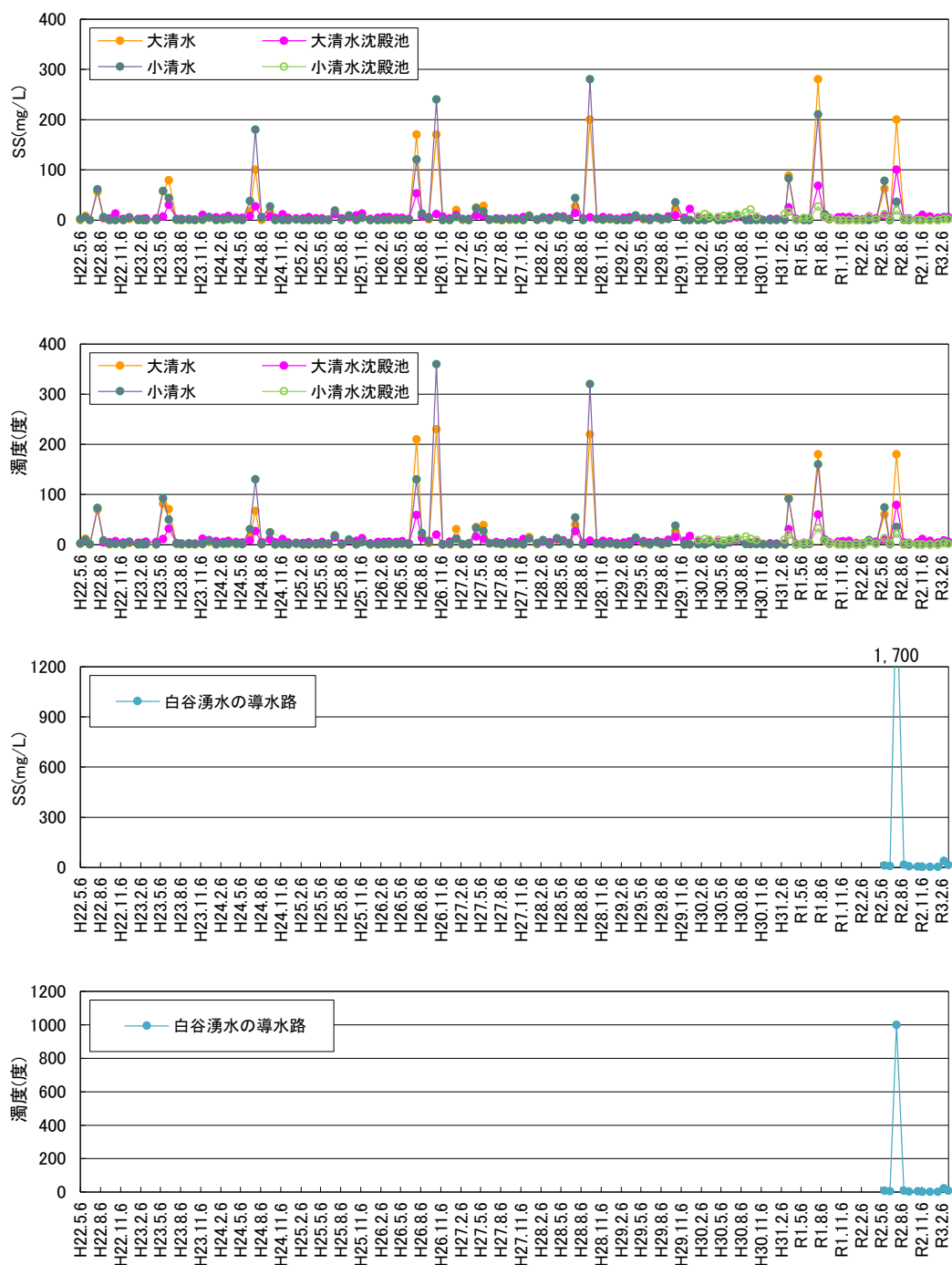
湧泉と沈殿池出口における水温、pH、SS 及び濁度の測定結果は、表 50 と図 96 に示すとおりである。降雨後の調査では、大清水、小清水、白谷湧水の導水路で SS と濁度の上昇がみられるが、沈殿池出口では SS、濁度は低く、沈殿池による処理の効果が認められる。

連続観測装置による濁度の測定結果をみても、図 97 に示すように大清水、小清水、白谷湧水の導水路の濁度は降雨に伴い上昇するが、大清水沈殿池、小清水沈殿池を流下することにより、濁度は低下している。特に、白谷湧水の導水路からの濁度は、大清水、小清水に比べて高いが、大清水からの濁水と併せて、大清水沈殿池を流下することにより濁度が低下し、懸濁物質の除去効果が認められる。

表 50 湧泉の水温、水質の測定結果

項 目	水温 (℃)		pH		SS (mg/L)		濁度 (度)	
	平均	変動範囲	平均	変動範囲	平均	変動範囲	平均	変動範囲
大清水	17.0	15.5～19.6	7.6	7.4～8.0	13.6	1 未満～280	14.5	0.1 未満～230
大清水沈殿池	17.2	8.3～29.3	8.0	7.7～8.3	6.9	1～ 100	8.2	0.3～ 79
小清水	17.0	15.7～19.5	7.6	7.4～7.9	13.7	1 未満～280	15.3	0.2～ 360
小清水沈殿池	18.0	8.1～25.4	8.0	7.8～8.2	6.5	1 未満～27	6.9	0.4～ 33
白谷湧水の導水路	15.1	4.5～23.6	8.3	8～8.4	164.1	2～1700	97.3	1.8～1000

備考) 測定回数は、大清水沈殿池で 125 回、小清水沈殿池で 36 回、白谷湧水の導水路で 11 回である。



備考)・定量下限値未满是、グラフを作成する上で“0”を入力した。

・参考データとして大清水と小清水の測定結果を示す。

図 96 湧泉と沈殿池出口における SS と濁度の経時変化 (平成 22～令和 2 年度)

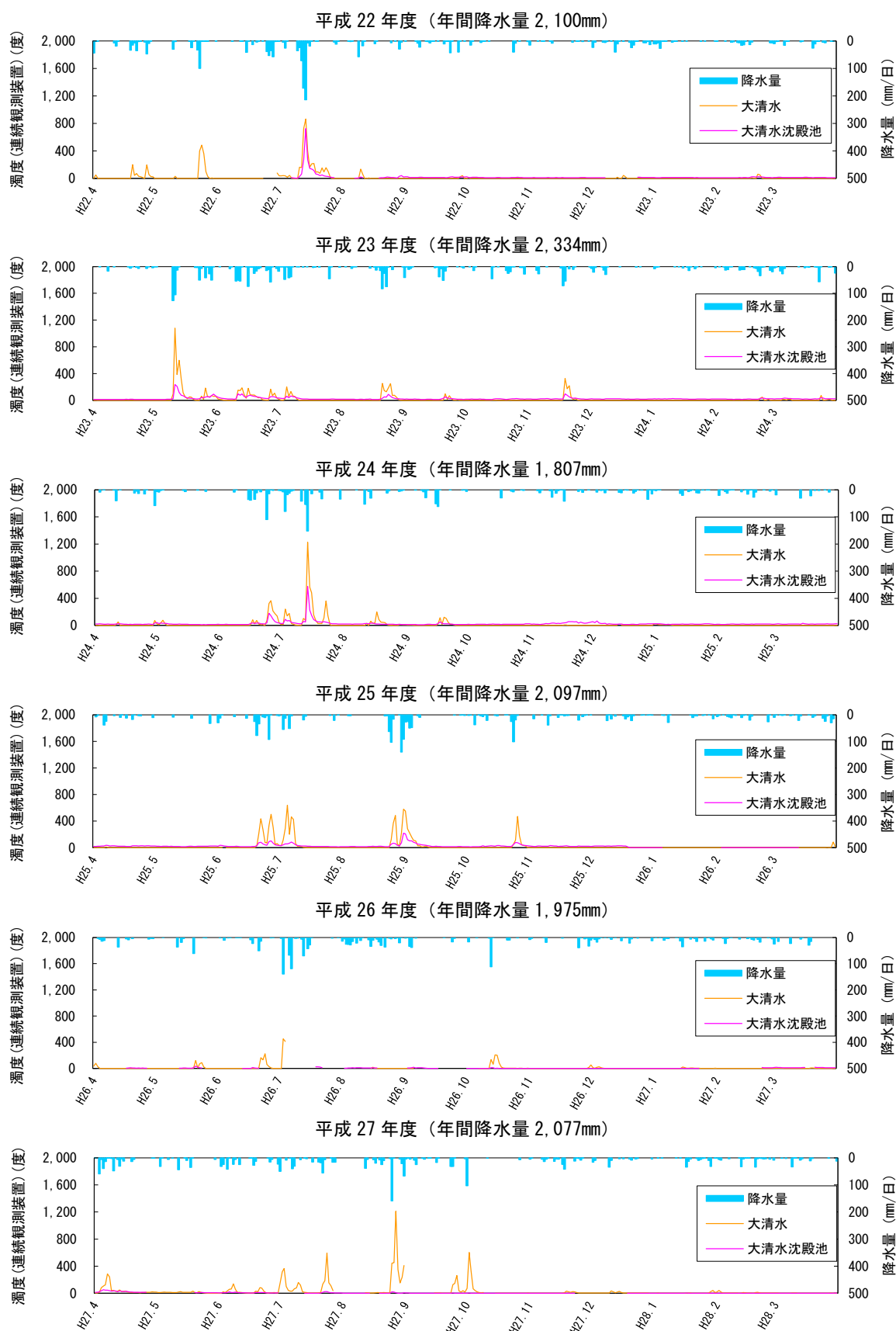


図 97(1) 大清水と大清水沈殿池出口における濁度の経時変化 (連続観測装置)

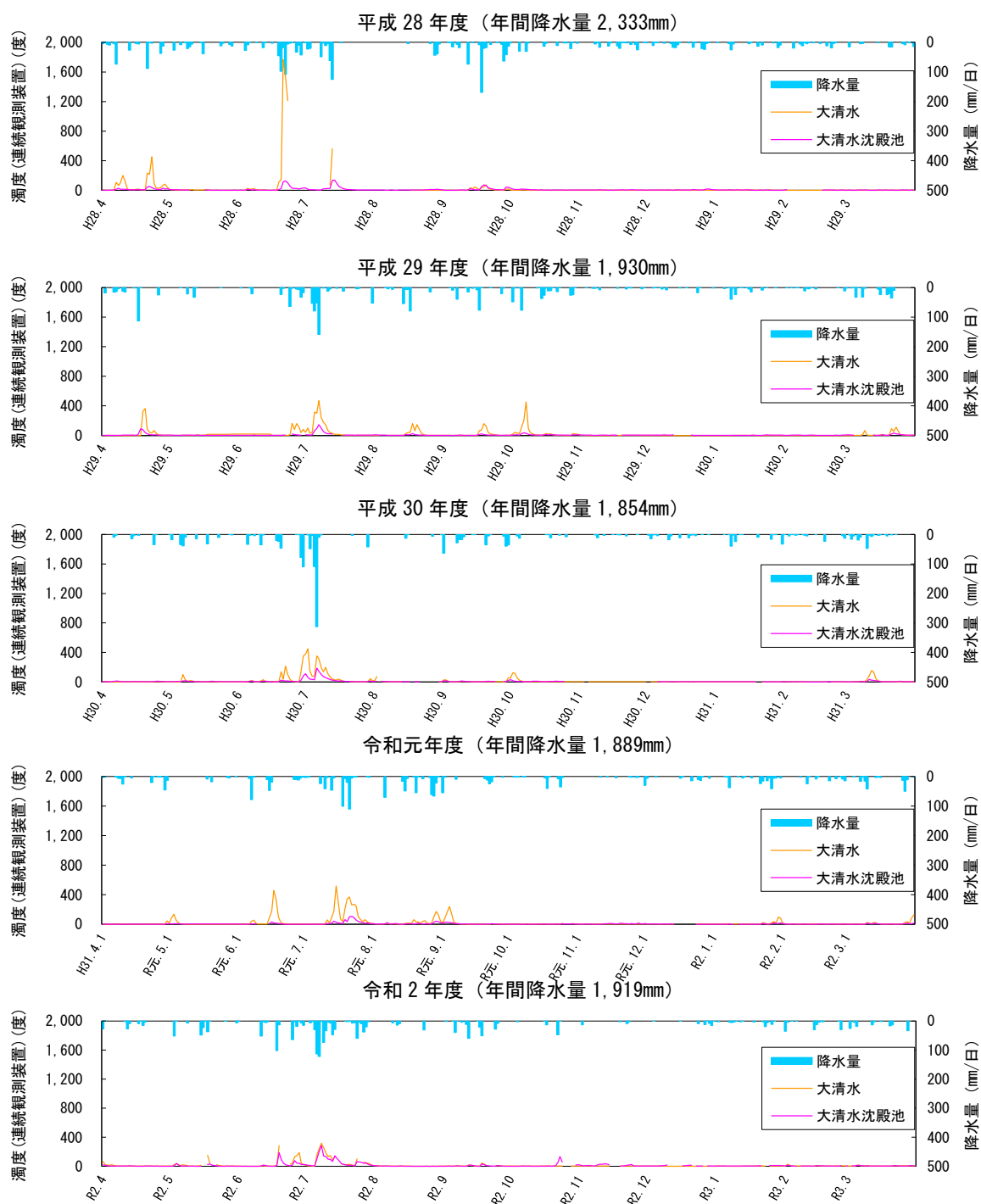


図 97(2) 大清水と大清水沈殿池出口における濁度の経時変化 (連続観測装置)

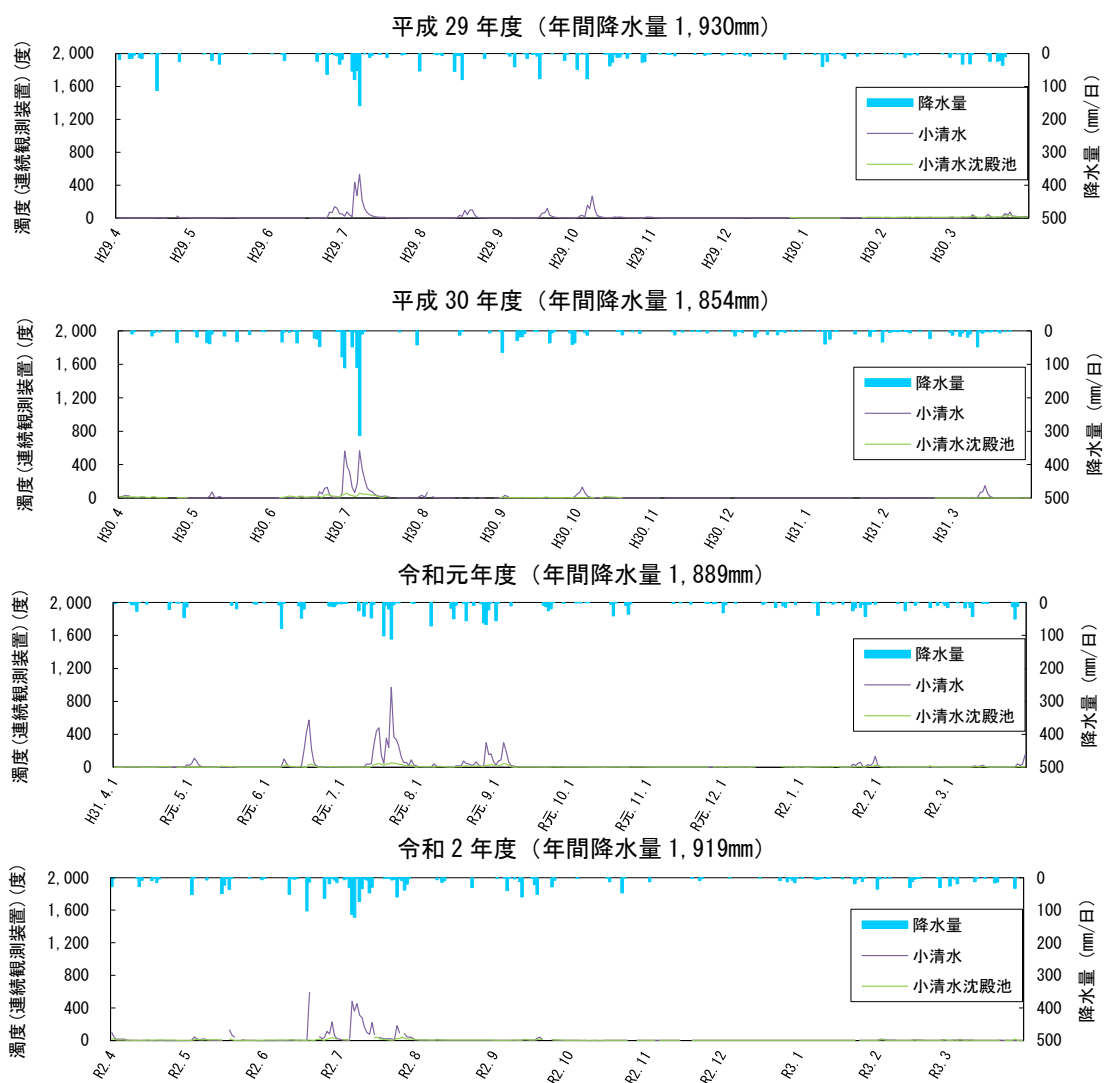


図 97(3) 小清水と小清水沈殿池出口における濁度の経時変化（連続観測装置）

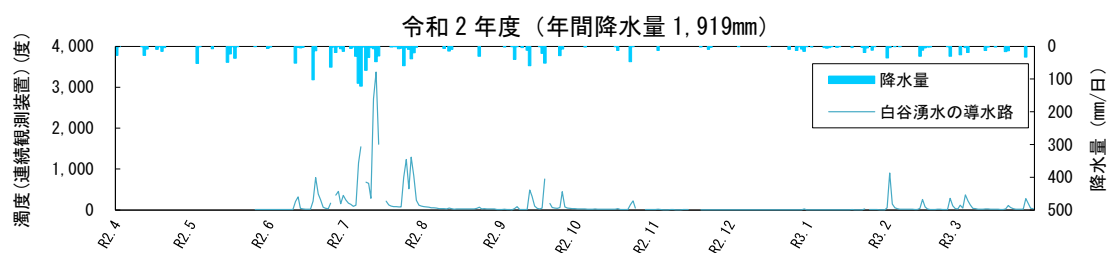


図 97(4) 白谷湧水の導水路（大清水沈殿池入口）における濁度の経時変化（連続観測装置）

② 濁度と SS の相関（令和 2 年度実施）

湧泉と沈殿池における濁度と SS の相関は図 98 と図 99 に示すとおりである。各地点の相関係数 (R^2) は、大清水、小清水で 0.99、白谷湧水の導水路で 0.96、大清水沈殿池で 0.97、小清水沈殿池で 0.61 であった。各相関係数は有意水準 $\alpha = 0.01$ の棄却限界を超えており、SS と濁度には強い相関関係が認められた。したがって、SS の経時変化は、下記の相関式を用いて連続観測装置の濁度から求めることとした。

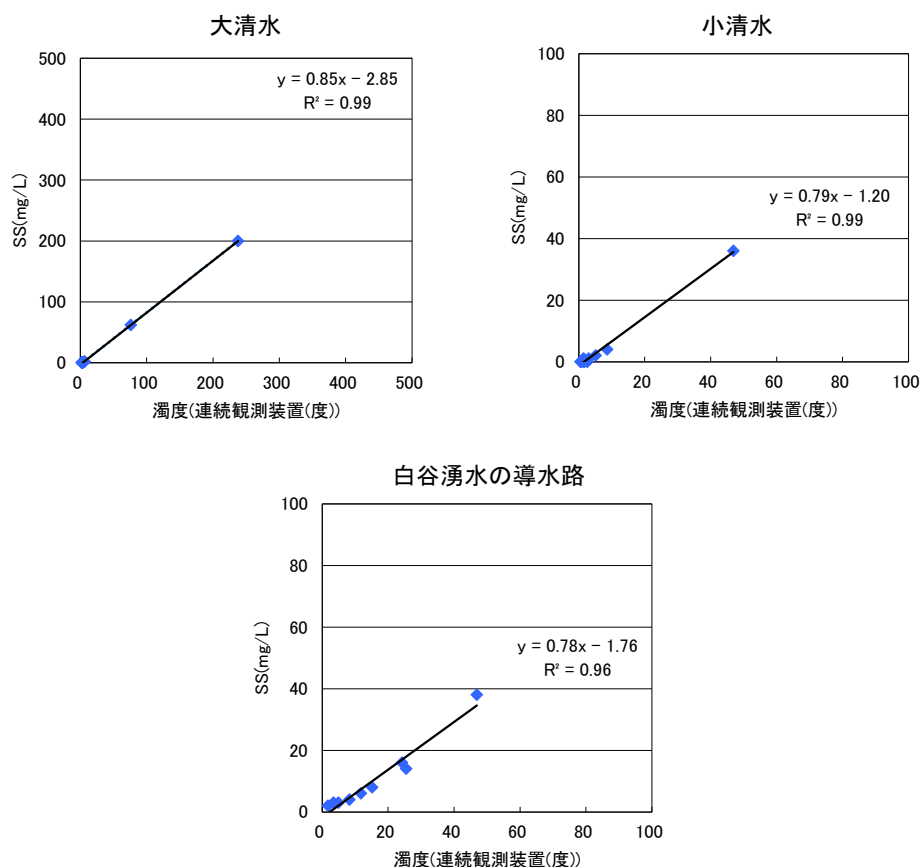


図 98 湧泉、白谷湧水の導水路における濁度と SS の相関

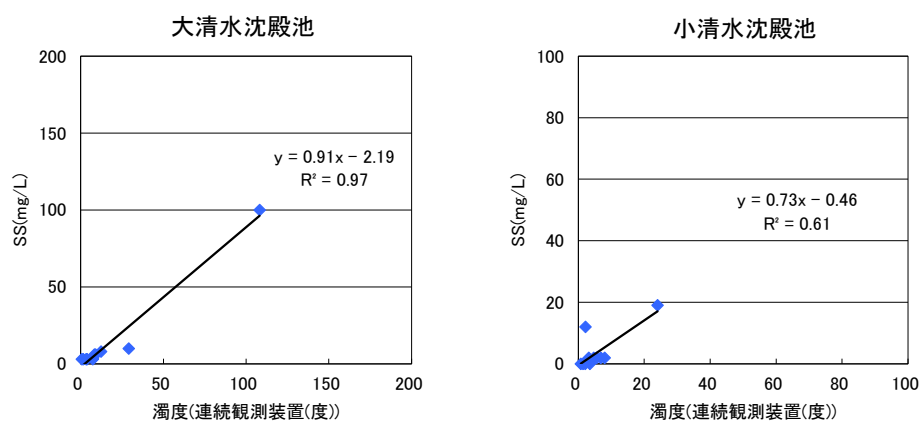


図 99 沈殿池における濁度と SS の相関

③ 事業の実施に伴う濁りの変化

・湧泉で発生する濁り（SS）

平成 22 年 4 月以降の湧泉と沈殿池出口の SS は、図 100 に示すとおり変動した。沈殿池の効果をみるため、湧泉の SS の変化も合わせて示した。大清水、小清水、白谷湧水の導水路では、降雨の影響により同程度の SS が発生している。また、大清水の 2 基の沈殿池、小清水沈殿池を経た出口の SS は、大清水、小清水、白谷湧水の導水路に比べ大幅に低下している。

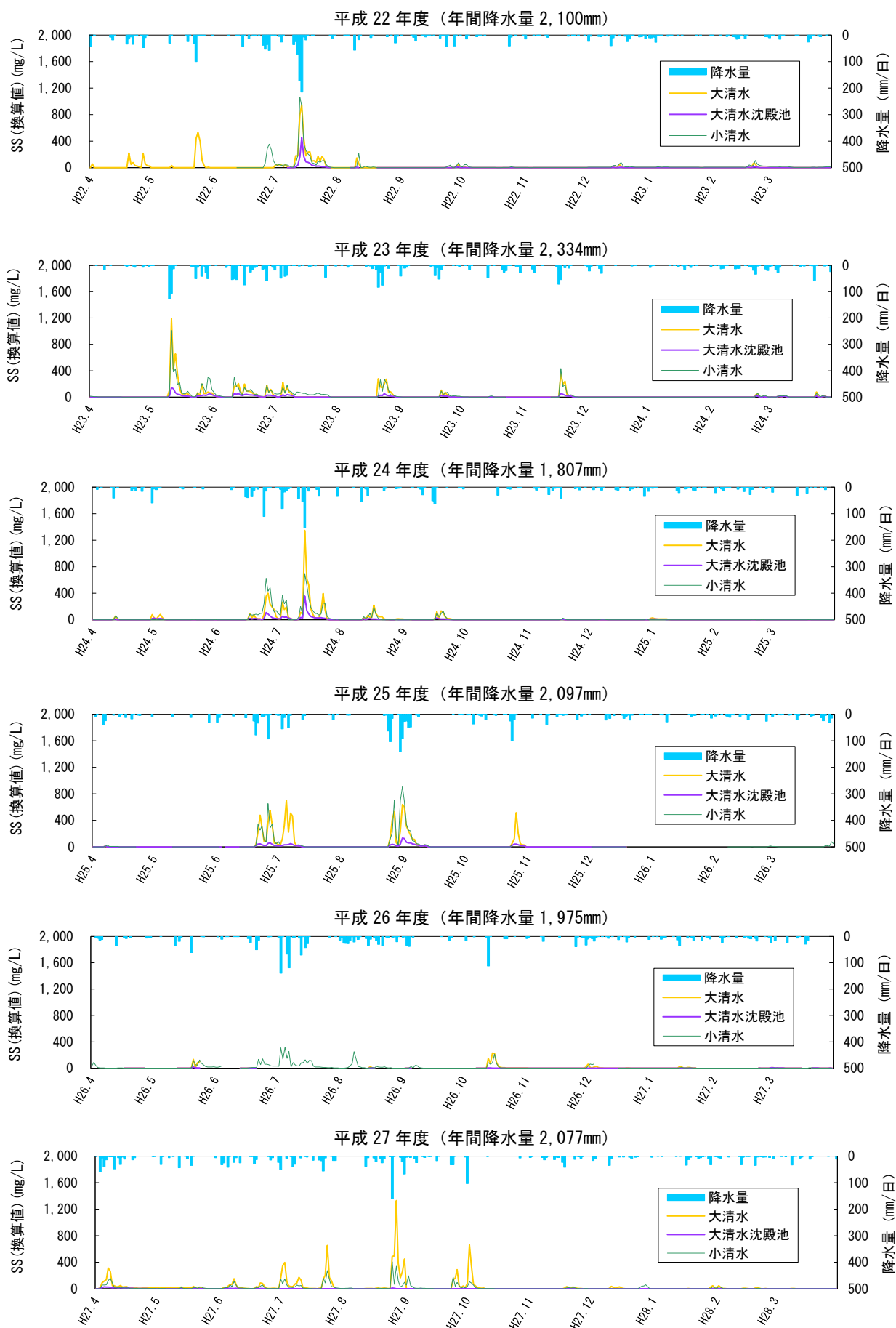


図 100(1) 湧泉と沈殿池出口における SS の経時変化 (相関式から求めた換算値)

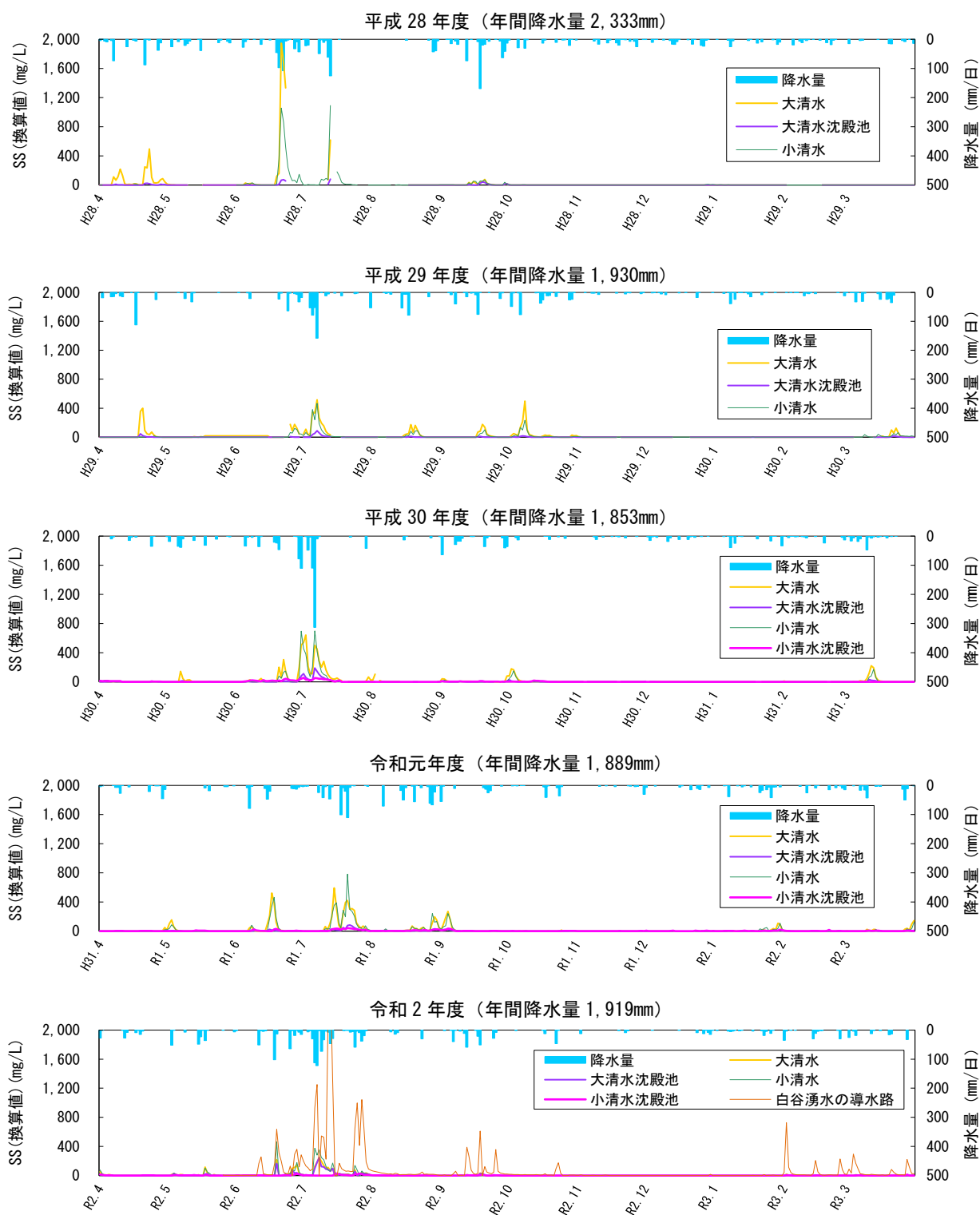


図 100 (2) 湧泉と沈殿池出口における SS の経時変化 (相関式から求めた換算値)

・大清水、小清水から河川へ流入する土砂量

湧泉と沈殿池出口における土砂量（SS 濃度×流量）の経時変化は、図 101～図 103 に示すとおりである。小清水沈殿池の除去率は、平成 29 年 12 月に沈殿池出口で連続観測を開始したことから実測データを用いて算出した。

湧泉で発生した土砂量の最大値は、大清水で 145.8t/日（平成 24 年 7 月 14 日）、小清水で 8.7t/日（平成 22 年 7 月 14 日）、白谷湧水の導水路で 23.7t/日（令和 2 年 7 月 7 日）であった。

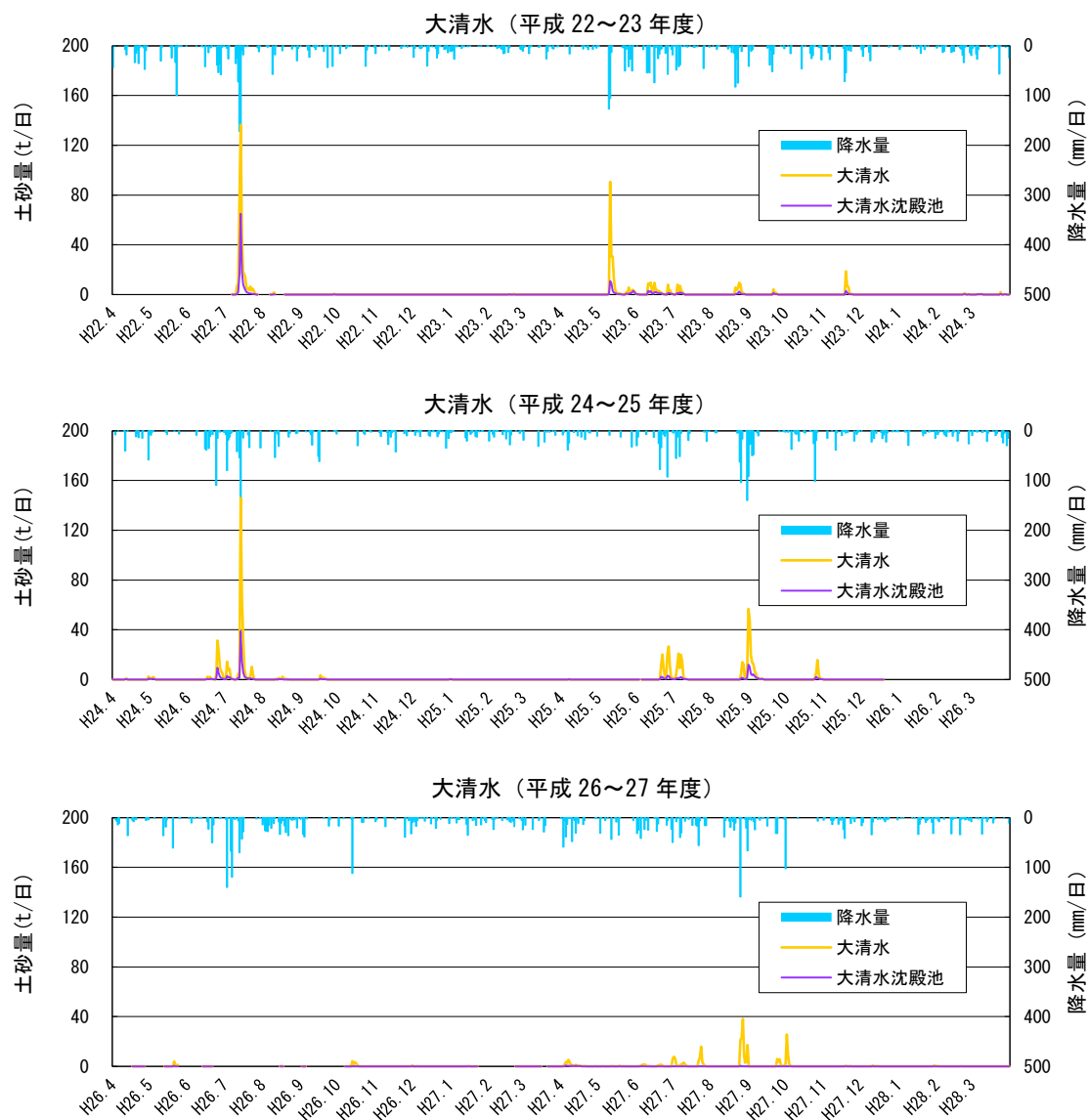


図 101(1) 湧泉と沈殿池出口における土砂量の経時変化（大清水）

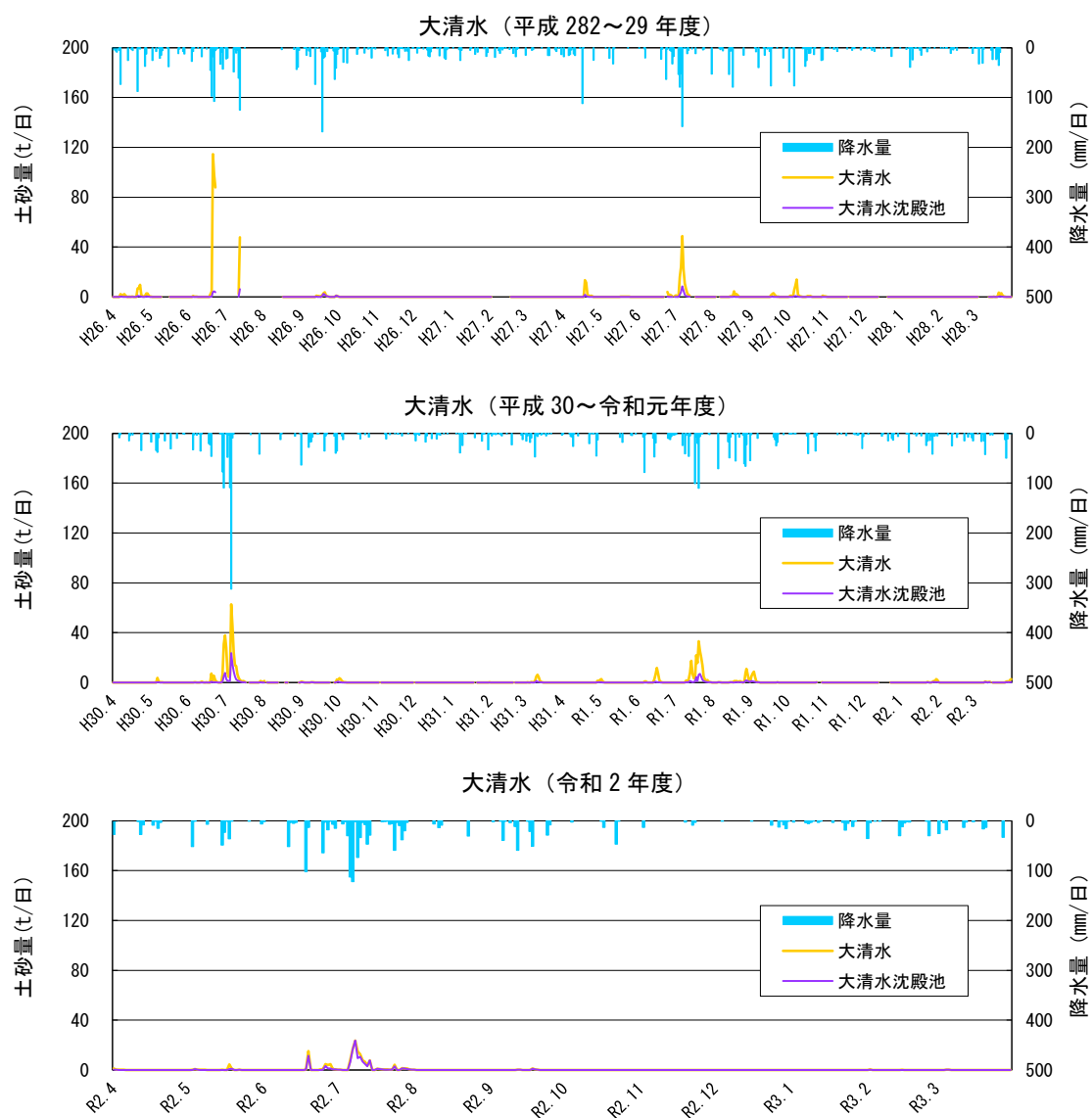
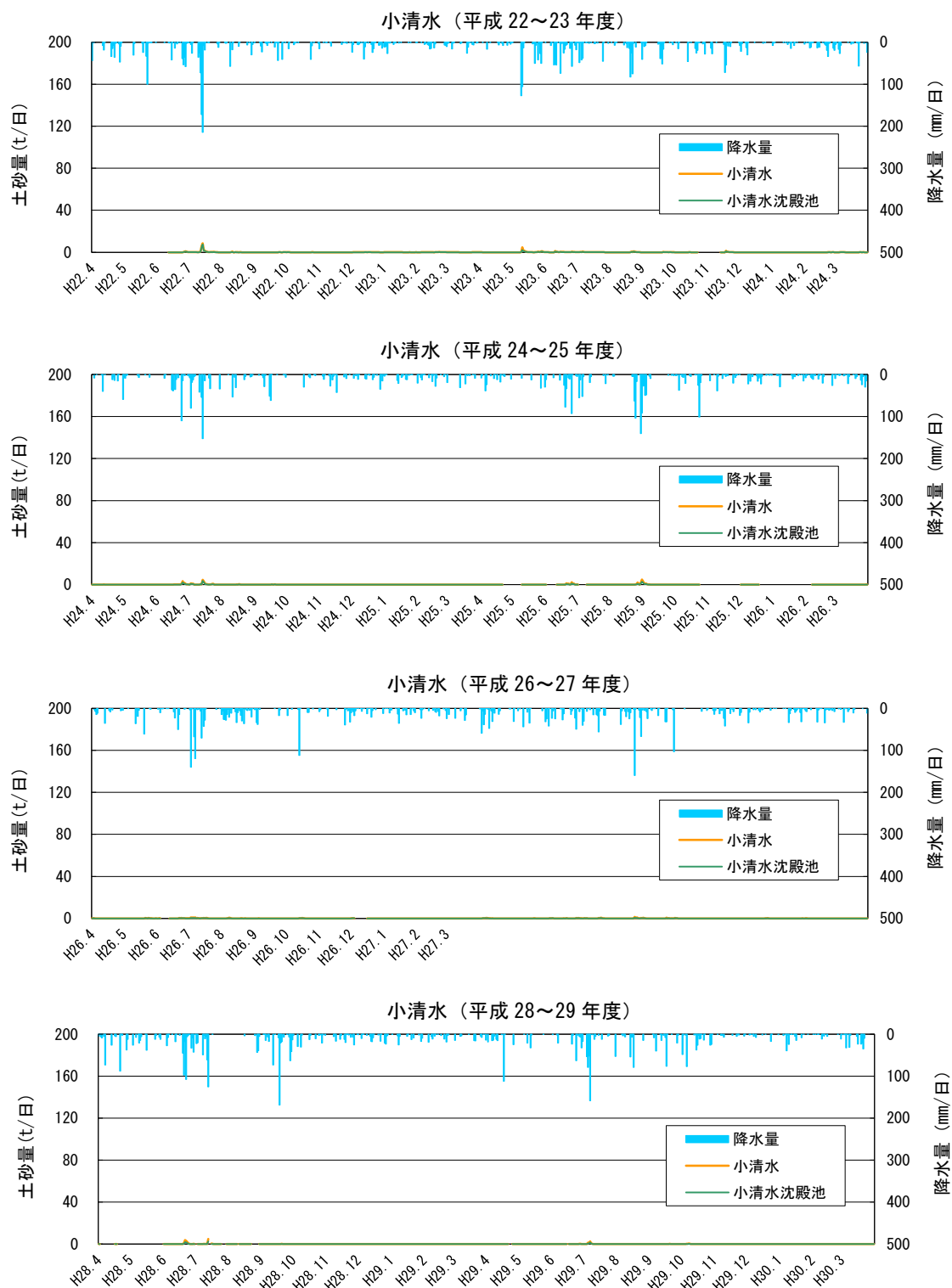


図 101(2) 湧泉と沈殿池出口における土砂量の経時変化 (大清水)

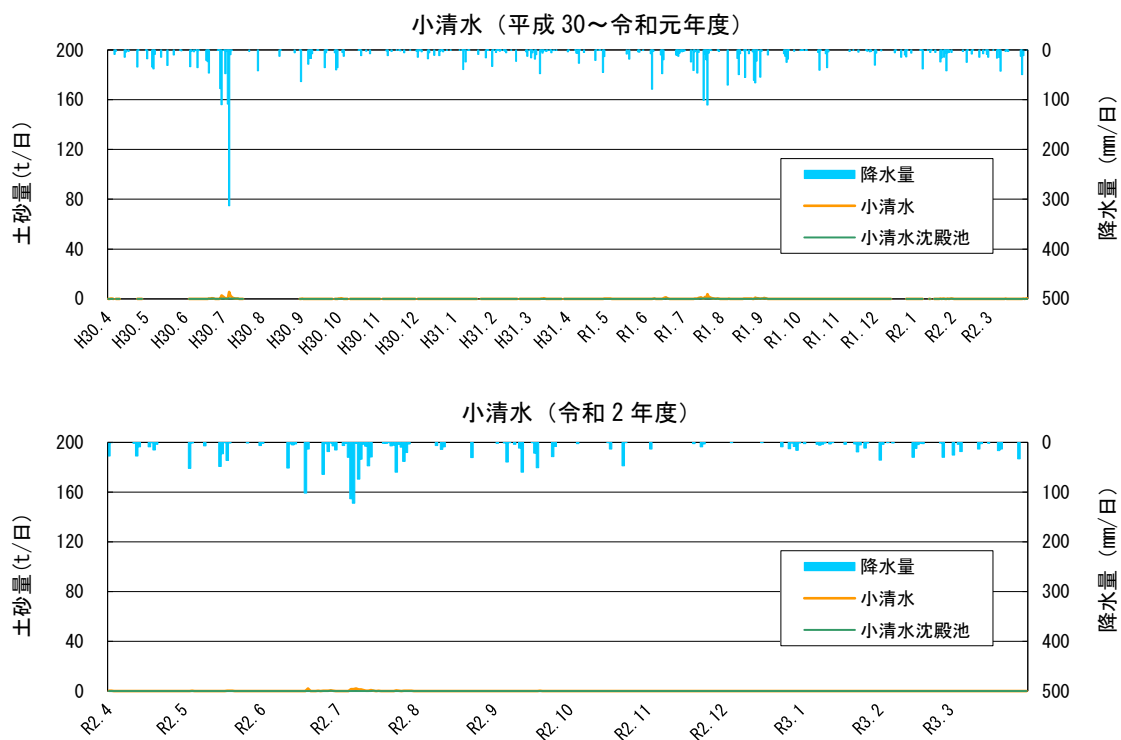


備考) 小清水沈殿池の土砂量

平成 22 年 4 月～29 年 12 月：流量に応じて変化する除去率の算定式（「平尾台地区鉱物採取事業に係る環境影響評価書」（住友大阪セメント株式会社、平成 20 年 11 月））から算出。

平成 30 年 1 月以降：沈殿池出口で連続観測を開始したことから、実測データを用いて算出。

図 102(1) 湧泉と沈殿池出口における土砂量の経時変化（小清水）



備考) 小清水沈殿池の土砂量

平成 22 年 4 月～29 年 12 月：流量に応じて変化する除去率の算定式（「平尾台地区鉱物採取事業に係る環境影響評価書」（住友大阪セメント株式会社、平成 20 年 11 月））から算出。

平成 30 年 1 月以降：沈殿池出口で連続観測を開始したことから、実測データを用いて算出。

図 102(2) 湧泉と沈殿池出口における土砂量の経時変化（小清水）

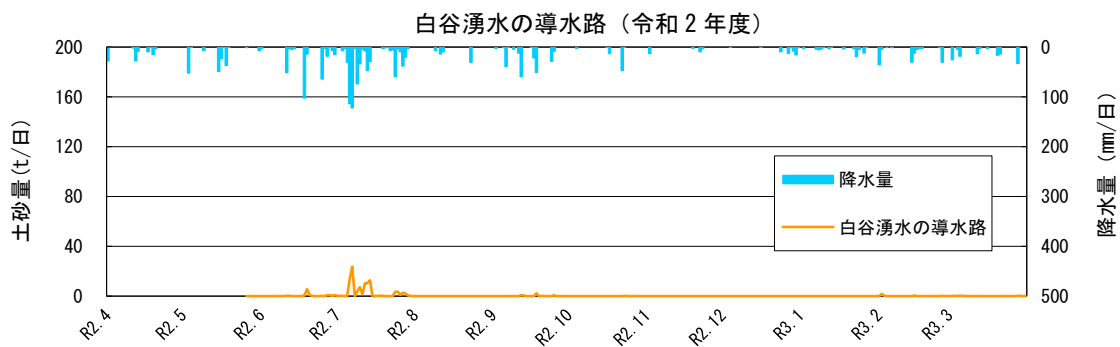


図 103 湧泉と沈殿池出口における土砂量の経時変化（白谷湧水の導水路）

東谷川へ流入する土砂量と沈殿池による除去率は、表 51 と図 104 に示すとおりである。大清水で発生した土砂量は 308t/年（平成 22 年 4 月～令和 3 年 3 月）、白谷湧水の導水路で発生した土砂量は 121 t/年（令和 2 年 5 月～令和 3 年 3 月）あり、これを第 1・第 2 沈殿池で除去（84%）することにより、大清水由来の流出土砂量は 67t/年であったと試算される。一方、小清水由来の流出土砂量は、23t/年（平成 22 年 4 月～令和 3 年 3 月）、除去率は 57%であった。

大清水と白谷湧水の導水路、小清水の土砂量は合計 452t/年であり、これを 3 基の沈殿池で除去することにより、流出土砂量は 77t/年（除去率 83%）に低減されたと試算される。

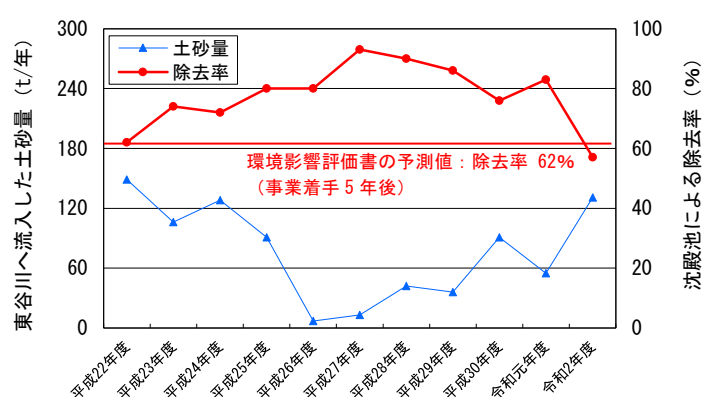
環境保全措置の立案時の沈殿池の除去率は 62%を見込んでおり、事業開始後の 11 年間の平均除去率 83%は、計画を上回る除去効果であることが確認されたが、白谷湧水の導水路の運用を開始した令和 2 年度は除去率 62%を下回っている（図 104）。

表 51 東谷川へ流入する土砂量と沈殿池による除去率（平成 22～令和 2 年度）

地点	土砂量 (t/年)		
	大清水	白谷湧水の導水路	小清水
湧 泉	308	121	23
沈殿池出口 (除去率)	67 (84%)		10 (57%)
東谷川へ流入した土砂量 (除去率)	77 (83%)		

備考)・大清水、小清水は平成 22 年 4 月から令和 3 年 3 月、白谷湧水は令和 2 年 5 月から令和 3 年 3 月について整理した。

- ・積算対象は、大清水と大清水沈殿池が 3,486 日間（データ回収率：87%）、小清水と小清水沈殿池が 3,592 日間（データ回収率：89%）、白谷湧水導水路が 310 日間（データ回収率：100%）であった。



備考)・土砂量と除去率は、事業開始後の観測データを用いて算出した。

- ・事業開始前は、沈殿池における連続観測の記録がなく、除去率の計算はしていない。
- ・平成 26、27 年度は、機材の経年劣化により故障が頻発し、データ回収率が低かった。
- ・平成 27 年度の除去率の向上は、大雨時のデータの欠測によるところが大きい。

図 104 東谷川へ流入する土砂量と沈殿池による除去率の推移

2) 東谷川

a. 東谷川の河床環境

底生動物調査を実施するにあたり、各調査地点の上・下流約 300m の区間で河床の状況を記録した。河床の状況は、図 105、図 106 に示すようにいずれの地点も出水や河川工事の影響を受けて瀬・淵の範囲は刻々と変化した。よって、底生動物の調査地点は、事業開始前に設定した場所を基本としつつ、調査時の瀬・淵の分布状況を確認し、代表する場所を選択した。

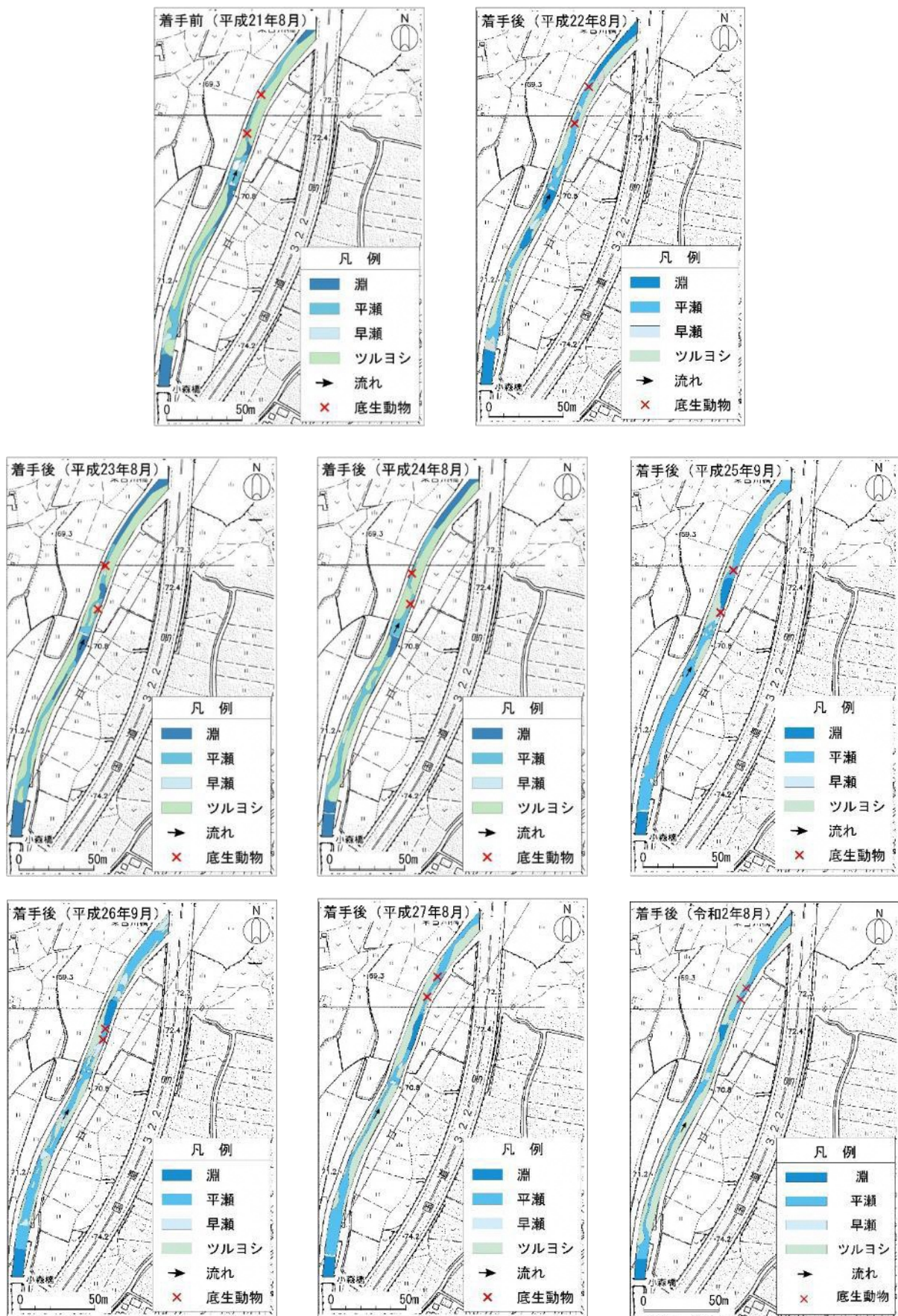


図 105 東谷川上流の河床の状況と底生動物の調査地点

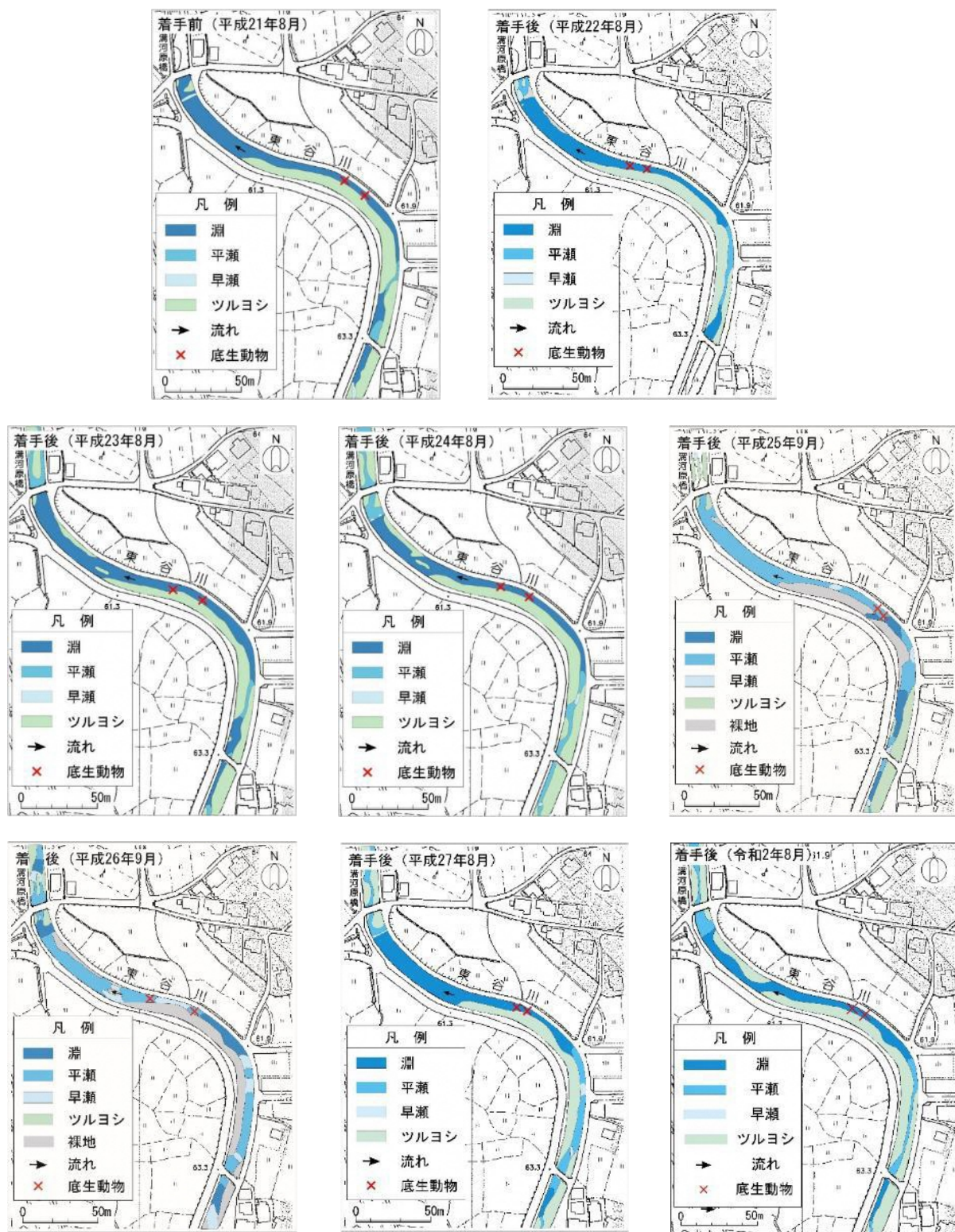


図 106 東谷川下流-1 の河床の状況と底生動物の調査地点

b. 調査地点付近の状況（令和２年度）

① 東谷川上流

最新となる令和２年度夏季の東谷川上流の外観及び底質外観は図 107 に、流況及び底質は表 52 に示すとおりである。

本地点には流速 10～50cm/s で水深 10～50cm の瀬、流速 5～10cm/s で水深 30～80cm の淵があり、淵は小森橋直下にある堰（写真 33）の湛水域と東谷川橋から上流約 80m の 2 カ所に分布していた。寄州にはツルヨシが繁茂し、一部には平瀬を覆い隠すほどのツルヨシが繁茂していた。

底質は瀬、淵ともにこぶし大の礫混じり砂であり、浮泥の堆積はみられなかった。



図 107 東谷川上流の外観及び底質



写真 33 小森橋直下流の堰

表 52 東谷川上流の流況・底質等

項 目			東谷川上流
流 況	瀬	流速	10～50 cm/s
		水深	10～50 cm
	淵	流速	5～10 cm/s
		水深	30～80 cm
底 質	瀬		大礫混じり砂
	淵		大礫混じり砂
浮泥の堆積			なし

② 東谷川下流-1

最新となる令和2年度夏季の東谷川下流-1の外観及び底質外観は図108に、流況及び底質は表53に示すとおりである。

本地点は調査時に溝河原橋直上の堰（写真34）が起立しており、堰上流側は流速5cm/s、水深80～180cmの湛水域（淵）となっており、それより上流は平瀬であった。寄州には、東谷川上流と同様にツルヨシが繁茂していた。

底質はこぶし大の礫混じりの砂で、湛水域（淵）の上流側の河床には厚さ1～5mm程度の浮泥が堆積していた。これは堰が起立したことで水の流れほとんどなくなり、浮泥が河床に沈降しやすい状況であったためと考えられる。



図108 東谷川下流-1の外観及び底質



写真 34 溝河橋直上の堰

表 53 東谷川下流-1 の流況・底質等

項 目			東谷川下流-1
流 況	瀬	流速	—
		水深	—
	淵	流速	5cm/s
		水深	80～180cm
底 質	瀬		—
	淵		こぶし大礫混じり砂
浮泥の堆積			堰の湛水域（淵）の上流端に厚さ 1 ～5 mm程度の浮泥が堆積していた。

c. 底生動物の出現状況（令和2年度：平成28年度以降は5年に1回実施）

① 底生動物相

令和2年度の底生動物の確認種一覧を表54に示す。東谷川上流では、礫などに付着するカワニナや、細砂の中や石、落葉の下などに生息する^{注1)}ニッポンヨコエビ等、計20種が確認された（写真35）。東谷川下流-1では、礫や倒流木などの表面に体や巣を固着させて生活する^{注2)}ウスバガガンボ属や、砂泥底に堀潜して生活するエリユスリカ亜科等、計24種が確認された。

表54 底生動物の確認種一覧

No.	門	綱	目	科	種名	調査地点			
						東谷川上流		東谷川下流-1	
						個体数	湿重量	個体数	湿重量
1	扁形動物門	有棒状体綱	三岐腸目	サンカクアタマウズムシ科	ナミウズムシ	6	+		
2					アメリカツノウズムシ			2	+
3	軟体動物門	腹足綱	新生腹足目	カワニナ科	カワニナ	978	120.26	2	+
4					チリメンカワニナ	118	0.88	2	+
5		二枚貝綱	マルスダレガイ目	マメシジミ科	マメシジミ属	2	+		
6	環形動物門	ミミズ綱	イトミミズ目	ミズミミズ科	イトミミズ亜科	16	+		
7	節足動物門	クモ綱	ダニ目	—	ダニ目			48	0.02
8		軟甲綱	ヨコエビ目	ヨコエビ科	ニッポンヨコエビ	364	0.68	32	0.02
9		昆虫綱	カゲロウ目	カワカゲロウ科	キイロカワカゲロウ			6	0.08
10				モンカゲロウ科	トウヨウモンカゲロウ			2	0.02
11				ヒメシロカゲロウ科	ヒメシロカゲロウ属			16	+
12				マダラカゲロウ科	アカマダラカゲロウ	2	+		
13					エラブタマダラカゲロウ			2	+
14				コカゲロウ科	フタモンコカゲロウ	84	0.02		
15					シロハラコカゲロウ	16	+		
16					ウデマガリコカゲロウ	16	+		
17				ヒラタカゲロウ科	タニガワカゲロウ属	32	+		
18			トンボ目	サナエトンボ科	オナガサナエ	10	0.58		
19			トビケラ目	シマトビケラ科	コガタシマトビケラ属	2	+		
20				ヒメトビケラ科	ヒメトビケラ属	16	+	38	+
21				ナガレトビケラ科	ムナグロナガレトビケラ	6	0.02		
22				ヒゲナガトビケラ科	アオヒゲナガトビケラ属	16	+	34	+
23				ケトビケラ科	トウヨウグマガトビケラ	40	+	32	+
24			ハエ目	ヒメガガンボ科	ウスバガガンボ属	2	+	96	0.04
25				ヌカカ科	ヌカカ科			2	+
26				ユスリカ科	カマガタユスリカ属			32	+
27					ツヤムネユスリカ属			16	+
28					カワリユスリカ属			16	+
29					ハモンユスリカ属			36	+
30					ヒゲユスリカ属			64	0.02
31					エリユスリカ亜科	2	+	48	0.02
32					モンユスリカ亜科			16	+
33					ユスリカ科			16	+
34				ブユ科	アシマダラブユ属	2	+		
35			コウチュウ目	ヒラタドロムシ科	チビヒゲナガハナノミ			16	+
36					マルヒラタドロムシ			4	+
合 計					個体数（個体/㎡）	1,730		578	
					湿重量（g/㎡）	122.44		0.22	
					種 数（種）	20		24	

注1) 空欄は出現しなかったことを示す。

2) 湿重量欄の+は0.02g未満を示す。

3) 和名、学名および配列は令和元年度河川水辺の国勢調査生物リストに準じた。

注1) 奥田重俊、柴田敏隆、島谷幸宏、水野信彦、矢島稔、山岸哲、「川の生物図典」山海堂、1996年

注2) 川那辺浩哉、水野信彦、「河川生態学」講談社、2013年

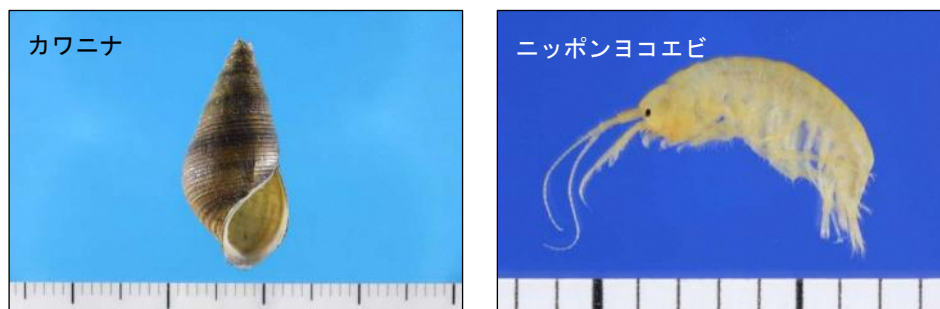


写真 35 確認した底生生物

② 種数の経年変化

種数の経年変化を図 109 に示す。

平成 21～27 年度における確認種数は、東谷川上流で 19～44 種、東谷川下流-1 で 17～35 種であった。令和 2 年度の確認種数は、東谷川上流が 20 種、東谷川下流-1 が 24 種であり、両地点ともこれまでの変動範囲内で大きな変化はみられなかった。

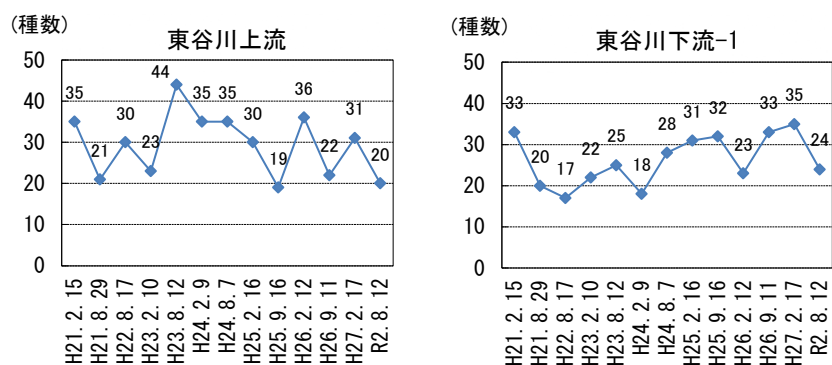


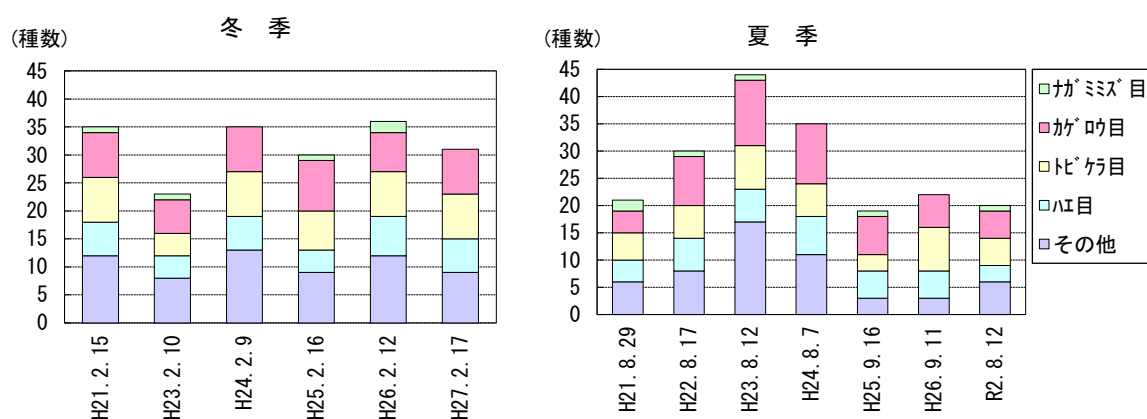
図 109 底生動物の経年変化 (種数)

③ 目別に集計した種数の経年変化

目別に集計した種数の経年変化を図 110 に示す。

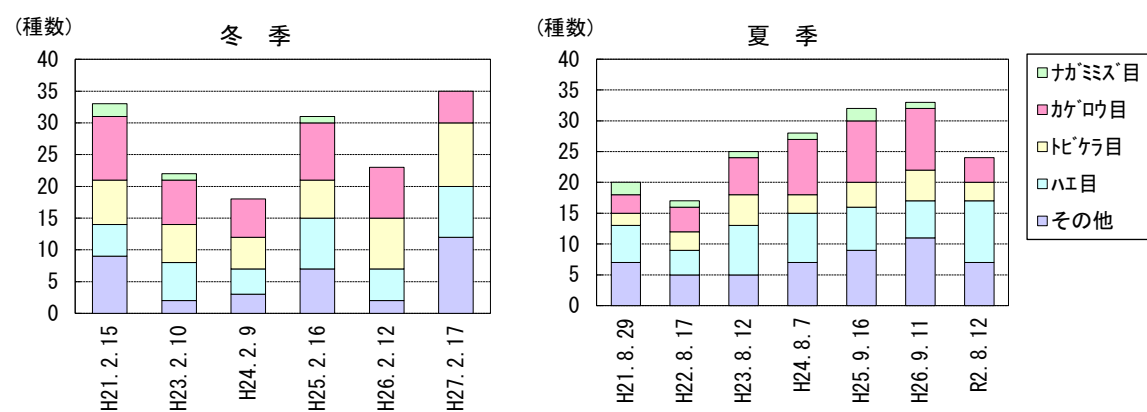
平成 21～27 年度における東谷川上流では、冬季及び夏季ともにカゲロウ目、トビケラ目が優占しており、令和 2 年度の夏季においても例年と同様にカゲロウ目、トビケラ目の種数が多かった。

東谷川下流-1 では、冬季にカゲロウ目、トビケラ目、夏季にカゲロウ目、ハエ目が優占しており、令和 2 年度の夏季も例年と同様にハエ目の種数が多かった。



備考) 令和 2 年度は夏季のみ実施。

東谷川上流



備考) 令和 2 年度は夏季のみ実施。

東谷川下流-1

図 110 底生動物の目別種数の経年変化

④ 個体数の経年変化

個体数の経年変化を図 111 に示す。

平成 21～27 年度における確認個体数は、東谷川上流で 86～5,864/m²、東谷川下流-1 で 146～18,940/m²であった。令和 2 年度の確認個体数は、東谷川上流が 1,730 個体/m²、東谷川下流-1 が 578 個体/m²であり、両地点とも例年の変動範囲内で大きな変化はみられなかった。

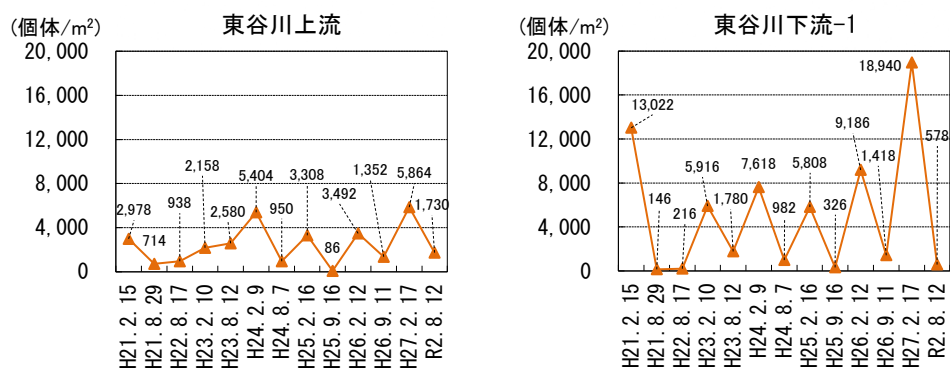


図 111 底生動物の個体数の経年変化

⑤ 目別に集計した個体数の経年変化

目別に集計した個体数の経年変化を図 112 に示す。東谷川上流では、年度により個体数に変動がみられるものの、冬季はカゲロウ目、トビケラ目、ハエ目が多く、夏季はカゲロウ目、トビケラ目が多い傾向がみられた。令和 2 年度の夏季は、その他の目が 1,478 個体/㎡と例年に比べて多く、その中でも軟体動物門のカワニナが 978 個体/㎡と全体の約半数以上であった。

東谷川下流-1 においても、年度により個体数に変動がみられるものの、冬季はカゲロウ目、トビケラ目、ハエ目が多く、夏季はカゲロウ目、ハエ目が多い傾向がみられた。令和 2 年度の夏季は、例年と同様にハエ目が多かった。

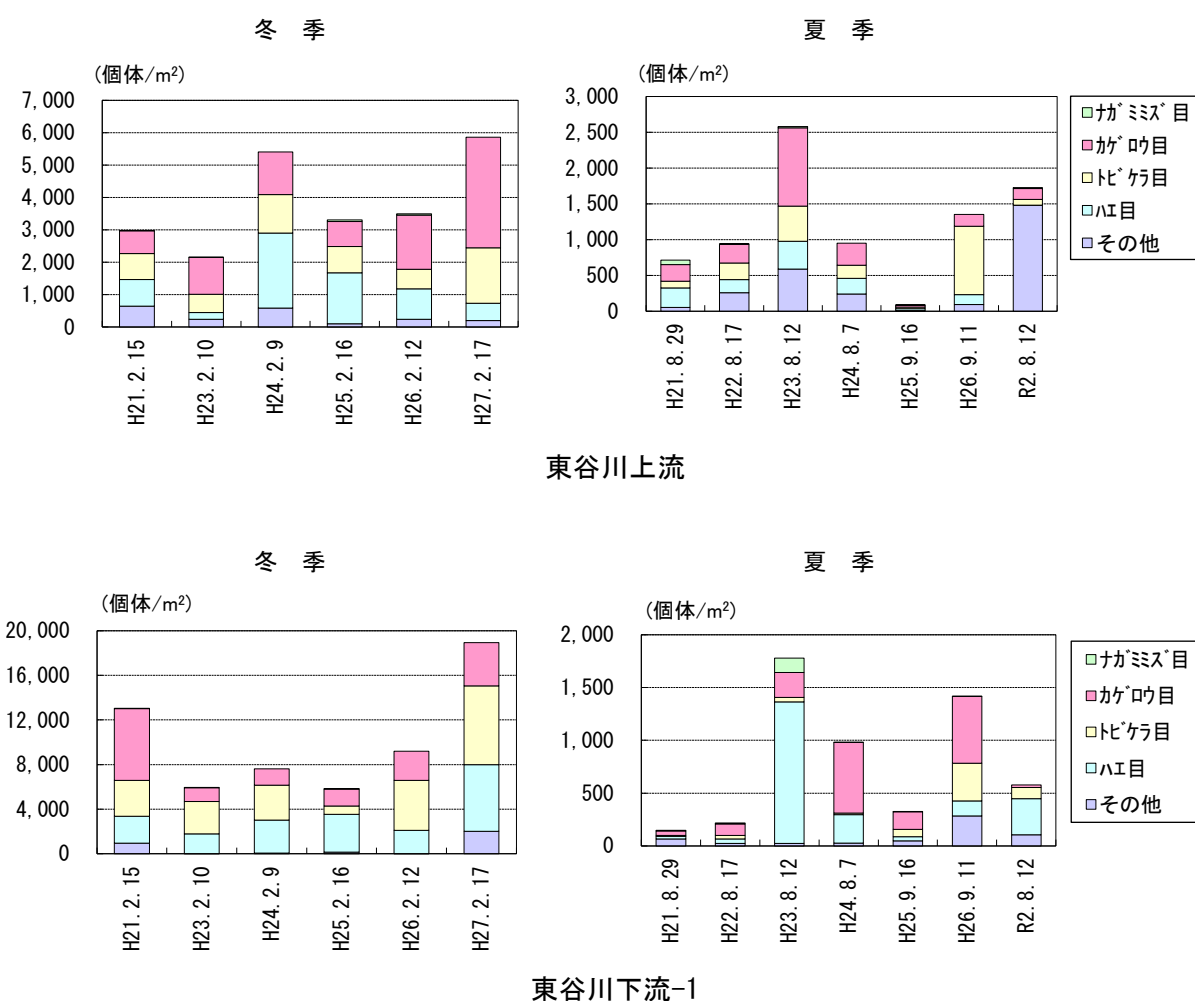


図 112 底生動物の目別個体数の経年変化

⑥ 主な種

総個体数に占める上位 5 種の出現種（以下、主な種）の個体数の経年変化を表 55 に示す。

東谷川上流では、冬季には河床の礫表面を這い回る^{注1)}アカマダラカゲロウ、礫表面の藻類などを餌にするシロハラコカゲロウ、石礫や倒流木などに巣を固着させ捕獲網を作って生活する¹⁾コガタシマトビケラ属等などが多かった。夏季には落葉の下などに生息する^{注2)}ニッポンヨコエビ、フタモンコカゲロウ、石礫や倒流木などの表面に体や巣を固着させて生活する^{注3)}ウスバガガンボ属のほかに、コガタシマトビケラ属等が多くみられた。令和 2 年度の夏季は、例年と同様にニッポンヨコエビ、フタモンコカゲロウのほかに、カワニナも多く確認されており、事業開始以降、種構成に大きな変化はみられなかった。

東谷川下流-1 では、冬季にはアカマダラカゲロウ、ウスバガガンボ属、コガタシマトビケラ属、砂泥底に堀潜して生活する^{注1)}エリュスリカ亜科などが多かった。夏季にはコガタシマトビケラ属、ウスバガガンボ属、発達した肢で河床を匍匐する^{注1)}ヒメシロカゲロウ属等が多くみられた。

令和 2 年度の夏季は、例年と同様にウスバガガンボ属、エリュスリカ亜科のほかに、石礫や倒流木などに巣を固着させ捕獲網を作って生活する^{注4)}ヒメトビケラ属やヒゲユスリカ属が多く確認されており、事業開始以降、種構成に大きな変化はみられなかった。

注1) 川那辺浩哉、水野信彦、「河川生態学」講談社、2013 年

注2) 奥田重俊、柴田敏隆、島谷幸宏、水野信彦、矢島稔、山岸哲、「川の生物図典」山海堂、1996 年

注3) 田辺喬、辻本哲郎、「流域地質の異質性からみた山地河川の河床材料構成と底生動物の関係：櫛田川流域における現地観測」応用生態工学 18 (1)、2015 年

注4) 西田守一、浅見和弘、石澤伸彰、熊澤一正、仲沢重一、「ダム下流河川における試験湛水時の流量制御、その後の粗粒化と土砂還元に伴う底生動物の変化-11 年間にわたる三春ダム下流河川のモニタリング結果-」応用生態工学 14 (1)、2011 年

表 55 (1) 主な種の個体数の経年変化（東谷川上流）

【東谷川上流：冬季】

→ 平成22年3月事業開始

単位：個体/m²

種類		平成20年度 2月15日	平成22年度 2月10日	平成23年度 2月9日	平成24年度 2月16日	平成25年度 2月12日	平成26年度 2月17日	平成27年度 2月18日
軟体動物	カワニナ	70				16	78	502
	チリメンカワニナ					2	10	24
環形動物	ミズミミズ科				48			2
	イトミミズ科					2		
節足動物	ニッポンヨコエビ	50	164	44	16	36	48	22
	ミツオミジカオフトバコカゲロウ							
	フタモンコカゲロウ	128	66	64	2	424	162	290
	シロハラコカゲロウ	352	922	576	368	116	544	702
	シロタニガワカゲロウ		10	280	68	122	320	448
	マダラカゲロウ属							
	アカマダラカゲロウ		40	354	96	928	1,920	1,862
	ヒメシロカゲロウ属							
	クダトビケラ科				320	96	2	2
	コヤマトビケラ属		196	464	208		878	622
	ムナグロナガレトビケラ	100	8	108	84	22	34	76
	グマガトビケラ	6				8		
	コガタシマトビケラ属	538	346	494	130	316	524	34
	ウルマーシマトビケラ	4	8	70	20	28	218	26
	シマトビケラ属	2			46	40	36	10
	ウスバガガンボ属	290	2	844	768	304	368	400
	ヤマトヒメユスリカ族	130		160		184		
	エリユスリカ亜科	386	136	608	704	280	64	194
	ハモンユスリカ属							
	アシマダラブユ属	2	8	672	80	128	48	34
	ヒメドロムシ亜科	192	32	96	32	64		
	ヒメツヤドロムシ属	128	2				2	

各調査時の総個体数に占める上位5種を黄枠で示す。空欄は出現なし。コカゲロウ属の数種は集計から除外した。

【東谷川上流：夏季】

→ 平成22年3月事業開始

単位：個体/m²

種類		平成21年度 8月29日	平成22年度 8月17日	平成23年度 8月12日	平成24年度 8月7日	平成25年度 9月16日	平成26年度 9月11日	平成27年度 8月7日	令和2年度 8月13日
軟体動物	カワニナ	16		28				120	978
	チリメンカワニナ							10	118
環形動物	ミズミミズ科	32						2	
	イトミミズ科	32		18		4			16
節足動物	ニッポンヨコエビ	16	178	244	136	2	32	48	364
	ミツオミジカオフトバコカゲロウ							304	
	フタモンコカゲロウ	2	74	386	34	4	54	224	84
	シロハラコカゲロウ	226	54		30			112	16
	シロタニガワカゲロウ		4	66	40			48	
	マダラカゲロウ属				4	2		272	
	アカマダラカゲロウ			6	30	8	36	208	2
	ヒメシロカゲロウ属	2	16	190	24	2	54		
	クダトビケラ科				16		34	80	
	コヤマトビケラ属			52			674	224	
	ムナグロナガレトビケラ	2	6	52	30		6	228	6
	グマガトビケラ	16							40
	コガタシマトビケラ属	70	198	346	60	16	198	64	2
	ウルマーシマトビケラ	2	6	26	64		2	144	
	シマトビケラ属				10	6	12	4	
	ウスバガガンボ属		68	186	14		102	240	2
	ヤマトヒメユスリカ族	2	10		16	6	32	96	
	エリユスリカ亜科	196	40	4	74	16		48	2
	ハモンユスリカ属	58	24	12	42	2	2	2	
	アシマダラブユ属				24				2
	ヒメドロムシ亜科		2	6					
	ヒメツヤドロムシ属		16		56			2	

各調査時の総個体数に占める上位5種を黄枠で示す。空欄は出現なし。コカゲロウ属の数種は集計から除外した。

表 55 (2) 主な種の個体数の経年変化（東谷川下流-1）

【東谷川下流-1：冬季】

平成22年3月事業開始

単位：個体/m²

種類	平成20年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
	2月15日	2月10日	2月9日	2月16日	2月12日	2月17日	2月18日
扁形動物	ウズムシ綱（渦虫綱）	32		68			
環形動物	イトミミズ科	2		2			
節足動物	ダニ目						
	フタモンコカゲロウ	544	128	466			288
	シロハラコカゲロウ	1,442	226	388	26	384	146
	シロタニガワカゲロウ			4			896
	トウヨウモンカゲロウ	182	4	6	112	16	36
	マダラカゲロウ属						2
	イシワタマダラカゲロウ						
	キイロカワカゲロウ	512		16		4	784
	エラブタマダラカゲロウ	2,498	192	418	220	194	448
	アカマダラカゲロウ	932	358	528	338	2,202	3,008
	ヒメシロカゲロウ属	256		256			2
	ヒメトビケラ属	128	182	66		4	18
	グマガトビケラ					4	2
	コガタシマトビケラ属	2,254	2,088	542	420	2,442	1,926
	ウルマーシマトビケラ	738	496	2,290	120	1,266	3,764
	ウスバガガンボ属	614	994	2,464	848	1,252	3,906
	ユスリカ科	256	224	448		2	144
	ヤマトヒメユスリカ族	128	98	16	112	64	258
	ツヤムネユスリカ属			16			48
	エリユスリカ亜科	1,280	384	416	1,104	320	1,280
	カワリユスリカ属						
	ハモンユスリカ属						
	ヒゲユスリカ属						
	ヒゲユスリカ族	128	64	64	848		2
	マルヒラタドROMシ属	6		2			4

各調査時の総個体数に占める上位5種を黄枠で示す。空欄は出現なし。コカゲロウ属の数は集計から除外した。

【東谷川下流-1：夏季】

平成22年3月事業開始

単位：個体/m²

種類	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	令和2年度
	8月29日	8月17日	8月12日	8月7日	9月16日	9月11日	8月7日	8月13日
扁形動物	ウズムシ綱（渦虫綱）	12		10	14			2
環形動物	イトミミズ科	4	8	136	2	2		2
節足動物	ダニ目					64	64	48
	フタモンコカゲロウ			16	2	98	352	
	シロハラコカゲロウ							
	シロタニガワカゲロウ			22	4	68	272	
	トウヨウモンカゲロウ		2	68	52	6	70	6
	マダラカゲロウ属			242	10	2	546	2
	イシワタマダラカゲロウ	4	40					
	キイロカワカゲロウ		14	32	14	6	94	6
	エラブタマダラカゲロウ			40	10	42	554	2
	アカマダラカゲロウ		70		34	36	216	
	ヒメシロカゲロウ属	36	64	36	256	72	308	624
	ヒメトビケラ属	4				64	64	38
	グマガトビケラ		16				2	32
	コガタシマトビケラ属	4	12	16	10	56	224	312
	ウルマーシマトビケラ			4			66	
	ウスバガガンボ属	8		64	38	12	2	584
	ユスリカ科			48	32	6	2	34
	ヤマトヒメユスリカ族	8	16		16	4		192
	ツヤムネユスリカ属	2	8		82	4	8	96
	エリユスリカ亜科			88		2	96	48
	カワリユスリカ属		8	156	50	2		16
	ハモンユスリカ属			144	24	6	66	128
	ヒゲユスリカ属							64
	ヒゲユスリカ族		8	832	26	6	2	
	マルヒラタドROMシ属	34		2	6			4

各調査時の総個体数に占める上位5種を黄枠で示す。空欄は出現なし。コカゲロウ属の数は集計から除外した。

d. 魚類の生息状況（令和2年度：平成21年度以降は5年に1回実施）

魚類・甲殻類の出現種一覧を表56に示す。

平成21、26年度の確認種数は、東谷川上流で9種、東谷川下流-1で12～13種であった。令和2年度の確認種数は、東谷川上流で11種、東谷川下流-1で13種であり、両地点ともに平成21年9月の事業開始前と比べて大きな変化はなかった。両地点でこれまで確認された魚類は、オイカワ、カワムツ、カマツカなど河川中流域に普通に生息^{注1)、注2)}する種であり（写真36）、事業開始後も同様の種が継続して確認されており、事業開始以降、種構成に大きな変化はみられなかった。

表56 魚類等の確認状況^{注3)、注4)}

調査時期：令和2年8月13日
調査方法：投網、手網、かご網
セルビン、小型定置網

No.	種類	目	科	種名	産卵環境	東谷川上流			東谷川下流-1		
						H21.9	H26.9	R2.8	H21.9	H26.9	R2.8
1	魚類	ウナギ	ウナギ	ニホンウナギ	—					○	○
2		コイ	コイ	コイ	植生域						○
3				ギンブナ	植生域	○	○	○	○	○	
4				オオキンブナ	植生域	○					
5				オイカワ	砂礫底	○	○	○	○	○	○
6				カワムツ	砂礫底	○	○	○	○	○	○
7				タカハヤ	砂礫底	○	○	○	○	○	○
8				モツゴ	植生域・岩裏				○	○	
9				ムギツク	岩裏	○		○	○	○	○
10				カマツカ	砂礫底		○	○	○	○	○
11				イトモロコ	砂礫底					○	○
12		スズキ	サンフィッシュ科	オオクチバス	砂礫底						○
13			ドンコ	ドンコ	植生域・岩裏	○	○	○	○	○	○
14			ハゼ	カワヨシノボリ	岩裏		○	○	○	○	○
15	甲殻類	エビ	テナガエビ	スジエビ	—	○	○	○	○	○	○
16			ヌマエビ	ミナミヌマエビ	淡水域	○	○	○	○	○	○
17				ミゾレヌマエビ	—				○		
18			サワガニ	サワガニ	淡水域			○			
合 計					種 数 (種)	9	9	11	12	13	13

注1) 「○」は出現したことを示す。

2) 海域や汽水域で産卵・繁殖する種は「—」で示した。

3) スジエビは両側回遊型と陸封型が確認されているがここでは「—」で示した。

4) 現在、ミナミヌマエビは近縁種のシナヌマエビとの交雑が認められ「カワリヌマエビ属」と扱われているがここではモニタリングであることを考慮しミナミヌマエビとして扱った。

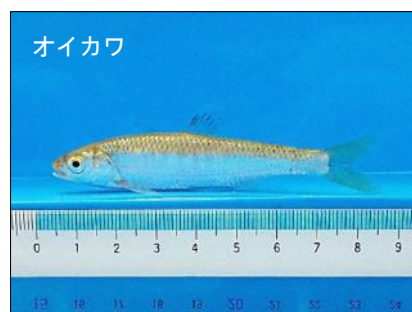


写真36 確認した魚類

注1) 川那部浩哉、水野信彦、細谷和海、「日本の淡水魚」山と溪谷社、1989年

注2) 奥田重俊、柴田敏隆、島谷幸宏、水野信彦、矢島稔、山岸哲、「川の生物図典」平凡社、1996

注3) 魚類の産卵環境は「中島淳、島谷幸宏、巖島怜、鬼倉徳雄、『魚類の生物学的指数を用いた河川環境の健全度評価法』河川技術論文、第16巻、2010年6月」に従った。

注4) 甲殻類の繁殖環境は「豊田幸詞、『日本産淡水性・汽水性エビ・カニ図鑑』緑書房、2019年」に従った。

(3) 現状の評価と今後の取り組み

本事業では、河川環境を保全するために、平成 22 年度に大清水の下流に第 2 沈殿池を、令和 2 年に白谷湧水を大清水第 2 沈殿池へ導入する白谷湧水の導水路を設けた。

湧泉で発生した濁りの除去率は、大清水の 2 基の沈殿池を経た出口で 84%、一方、小清水沈殿池では 57%と試算された。大清水と白谷、小清水で発生した土砂量は合計 452t/年であり、これを 3 基の沈殿池で除去することにより、流出土砂量は 77t/年（除去率 83%）に低減されていた。

環境保全措置の立案時の沈殿池の除去率は 62%を見込んでおり、事後調査の結果から計画を上回る除去効果が確認されたが、白谷湧水の導水路の運用を開始した令和 2 年度は、除去率 62%を下回っている。

大清水、白谷、小清水からの土砂量をみると、降雨時を含めて大清水、小清水に比べて白谷の濁りが高い。また、白谷湧水の導水路から大清水沈殿池に流入した濁水は、流入口から第 2 沈殿池を十分経由せず、第 1 沈殿池へ流れ込んでおり、大清水第 2 沈殿池での滞留時間が短いため、濁度が十分沈降していないものと考えられる。

一方、沈殿池からの放流先となる東谷川に生息する底生動物・魚類の生息状況をみると、東谷川上流、東谷川下流-1 の 2 地点で出現した底生動物・魚類の種数、個体数、種構成ともに、事業開始以降大きな変化はみられず、河川環境の変化は認められなかった。

今後、採掘エリアの規模が拡大することにより東谷川への土砂の流れ込みが増えた場合、その影響で餌となる付着藻類が減少することや、底生動物の生息場所が変化・消失することが考えられる。このため、今後は、沈殿池を定期的に浚渫すること、大清水沈殿池での滞留時間を確保するための対策を施し、処理能力の維持を図るとともに、濁度の連続測定に加え、底生動物の出現状況（種数、個体数、主な出現種）を 5 年ごとに調査し、事業影響を監視することとする。

(余 白)