# 令和3年度

# 山地保全調査 (濁水対策手法の検討に係る調査) 委託事業報告書

令和4年3月

林野庁

# 目 次

		- 1 - 61	
		i方針	
		要	
	1.1.1.	目的	
	1.1.2.	内容	
	1.1.3.	檢討委員会	
		概要	
	1.2.1.	調査対象地の位置	
	1.2.2.	調査対象施設	
	1.2.3.	調査対象施設の選定経緯	
		容	
	1.3.1.	業務フロー	
	1.3.2.	調査実施内容の時系列整理	
2.	対象流域の	特性調査	14
		質	
		・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	2.3.1.	近年の降水傾向	16
	2.3.2.	異常気象	
	2.3.3.	計測期間の降水傾向	21
	2.4. 荒廃状	况	
	2.4.1.	森林荒廃と整備	
	2.4.2.	山腹及び渓流域の荒廃	27
		T改善機能調査	
		目の整理	
	3.2. 計測と	サンプリング	
	3.2.1.	降水量	
	3.2.2.	流量	
	3.2.3.	採水方法と水位、水温の計測	
	3.2.4.	分析項目(濁度、SS、VSS、BOD)	
		間中のデータ取得状況	
		令和3年10月中旬から下旬	
		令和 3 年 11 月	
		令和 3 年 12 月	
		令和4年1月	
	3.3.5.	令和4年2月	
	3.3.6.	令和4年3月	
	3.4. 調査対	象施設の機能復元	
	3.4.1.	コンクリート谷止工	
	3.4.2.	フトン籠流路工	
	3.4.3.	鋼製スクリーンダム	
	3.4.4.	沈砂池	
	3.4.5.	浄化ユニット部	
	3.4.6.	取水桝(沈砂機能付)	
	3.4.7.	仮設沈砂池	
		ら現在までの濁質捕捉量	
		既存治山施設	
	4.1.2.	水質保全施設	
		間における濁質(SS)捕捉量	
		Q-SS グラフの概要	
	4.2.2.	Q-SS グラフによる調査事例	69

	4.2.3.	機能復元前①(10月)	70
	4.2.4.	機能復元前②(11月)	74
	4.2.5.	機能復元前③(12 月)	78
	4.2.6.	機能復元後	79
	4.3. SS と濁	度	
	4.4. 濁質の	粒度	88
	4.4.1.	浄化カートリッジ周辺の堆積物	88
	4.4.2.	粒度分析	89
	4.5. 濁質の	VSS	98
5.	木炭の機能	分析	99
	5.1. 表面観	察	99
	5.1.1.	湿潤状態の観察	
	5.1.2.	乾燥状態の観察(新旧比較)	100
		ろ過吸着に関する室内実験	
		発生源対策及び濁水軽減策)の効果	
	6.1. 濁質発	生に関連する流域特性	
	6.1.1.	地形地質特性と濁水発生	
	6.1.2.	気象条件と濁水の発生	
	6.2. 施設の	効果評価	
	6.2.1.	既存構造の治山施設	
	6.2.2.	濁水調査	
	6.3. 流域特	性と水質保全施設の構造	
	6.3.1.	治山施設と水質保全施設-施設機能の連携	
	6.3.2.	木炭の水質浄化機能	
	6.3.3.	石礫の水質浄化機能	
	,,,	i山対策の検討	
		業における濁水対策の取組	
	7.1.1.	森林整備による取組	
		施設整備による取組	
		検討委員会議事概要	
		検討委員会議事概要	
	8.3. 第 3 回	検討委員会議事概要	123

巻末資料(1)-第1回検討委員会資料 巻末資料(2)-第2回検討委員会資料 巻末資料(3)-第3回検討委員会資料

## 1. 調査の実施方針

### 1.1. 調査概要

#### 1.1.1. 目的

近年、森林資源の成長や治山事業等の進捗に伴い、通常時の山腹からの土砂流出等は減少しているものの、豪雨の時期等には濁水等が各地で発生し、取水制限や漁業等に被害を与える事例も散見されている。このため林野庁においては、昭和61年度から平成8年度まで濁水の原因究明のための手法検討や対策工の検討等を実施し、平成10年度からダム等の堆砂、濁水防止及び水源かん養機能強化緊急対策を実施し、各地域において様々な濁水対策を実施してきたところである。

こうした状況を踏まえ昨年度の本委託事業では、今後の治山事業での濁水対策に資するため、これまで治山事業で実施した濁水対策の事例検証や他の公共事業等での取組事例、既往の研究成果等の収集等を行うとともに、現地調査地を選定して現地調査計画を策定した。

本年度においては、現地調査計画に基づき効果検証のための現地調査を実施する。また、効果検証等については、学識経験者による検討委員会を組織し、本調査で得られたデータ等の検証を行うとともに、その結果等を踏まえて効果的な治山対策の検討を行うものとする。

### 1.1.2. 内容

調査内容は、委託事業仕様書に示された内容を原則とし、担当者との協議や、検討委員会での議論を経て、次のとおり実施することとする。

#### (1) 濁水対策に関する現地調査

令和 2 年度に検討した現地調査計画に基づき、京都府舞鶴市に設置された水質保全施設における濁水対策の効果を検証するため、次の調査を実施する。

#### 1) 対象流域における荒廃現況調査

施設上流部の渓流状況や、山腹等の濁水発生源等の状況を調査確認し、濁水発生状況との関係性を整理する。

### 2) 施設の水質改善機能調査

施設が設置されてから現在までの濁質の捕捉状況や、堆積物の状況確認を行う。また、施設上下流において、連続性をもって流量、水温及び濁度、並びに採水による浮遊物質量、強熱減量及び生物化学的酸素要求量を計測する。なお、計測に当たっては、当該施設の設置時点の機能を可能な限り回復させて実施するものとする。

- ① 水質浄化用のカートリッジや、鋼製枠の中詰材等における捕捉状況を確認するとともに、鋼製ダムのスリット部を露出させて、堆積物の状況を確認する。
- ② ①で確認した施設について、可能な限り設置時点の状態に復元する。
- ③ 流量、水温及び濁度計測については、渇水期から洪水期にわたって把握できるよう長期の期間を設定して連続して計測する。
- ④ 生物化学的酸素要求量の計測については、確認試験的に実施するとともに、浮遊物質量の計測については、③の計測期間において、原則として一日に一回程度採水して計測し、うち浮遊物質量の数値の高い箇所については、抽出して強熱減量を計測する。
- ⑤ ③及び④の計測に当たっては、現地状況を映像として記録し、③及び④の計測結果との整合性を確認するものとする。

⑥ 計測データを取りまとめ、それぞれのデータの関連性を整理する。

### (2) 現地濁水対策(発生源対策及び濁水軽減策)の効果検証

(1)の調査結果を整理し、対象流域の荒廃状況や計測データ及び気象データ等との関係も踏まえて、当該地区における濁水対策の効果を評価しとりまとめる。

### (3) 効果的な治山対策の検討

上記(1)及び(2)の結果、並びに令和 2 年度の調査結果を総合的に検討し、濁水対策として効果的な治山対策を検討しとりまとめる。

### 1.1.3. 検討委員会

本事業の目的を効果的かつ効率的に達成できるよう検討を行うため、仕様書に基づき表 1.1 の専門分野と経験をもつ委員による検討委員会を設置した。検討委員会は本事業期間中 3 回開催した (表 1.2 参照)。

	277.7-72.7	
氏 名	所 属	専門分野
石川 芳治	東京農工大学名誉教授	流木災害 土壌侵食
小林 政広	国立研究開発法人 森林研究·整備機構 森林総合研究所 立地環境研究領域 土壌特性研究室長	森林土壌 森林立地
権田 豊	新潟大学農学部生産環境科学科 教授	森林水文学 砂防学
櫻井 正明	株式会社 山地防災研究所 代表取締役	斜面災害 治山施設

表 1.1 検討委員

表 1.2 検討委員会の実施

委員会名称	開催日時	内 容					
第1回検討委員会	令和3年9月30日(木) 13:30~15:30	基本方針の決定、調査計画の検討					
第2回検討委員会	` '	調査結果報告(速報)、流量計測確認、 効果検証方法の検討					
第3回検討委員会		調査結果報告、結果の整理と考察、 効果的な治山対策の検討					

### (1) 第1回検討委員会

令和3年9月30日(木)に開催した。議事概要を8.1に示す。納期までの平年的な降水傾向として、 多雨期と寡雨期を示し、今後の調査方針並びに機能の復元方法について議論した。各委員からは、 特に上流森林域の調査を実施するよう指導をうけた。また、流量については、理論式を適用するので はなく、実測で算出する方針で調査を継続することとした。





図 1.1 第1回検討委員会

### (2) 第 2 回検討委員会

令和3年12月8日(水)に開催した。議事概要を8.2に示し、協議資料を巻末資料(2)に示す。施設機能の復元を前に現地調査計画について協議した。また、積雪期や融雪時の濁水発生の対応について議論した。





図 1.2 第 2 回検討委員会

### (3) 第3回検討委員会

令和4年3月7日(水)に開催した。議事概要を8.3に示し、協議資料を巻末資料(3)に示す。 施設機能復元前後の計測結果について、融雪期の濁水については、3月9日まで確認したが取得 できず、納期の範囲で可能な限り取得する努力を求められた。





図 1.3 第 3 回検討委員会

### 1.2. 調査地概要

### 1.2.1. 調査対象地の位置

調査対象地の位置は図 1.4 のとおり、京都府舞鶴市三浜地区の予備水源の集水域である。保全対象は日本海の海岸線に面した 56 世帯 200 人程度の集落である。





図 1.4 調査位置

#### 1.2.2. 調査対象施設

調査対象施設を図 1.5 に示す。平成 6 年度の水質保全特別対策治山事業において、集落の簡易水道施設へ山地渓流水を導水するに当たり、良質な水質を安定的に確保することを目的として施工された。図 1.5 のとおり、既存構造の治山施設を有効活用し、複合的な機能を備えた施設となっている。

### (1) 既存構造の治山施設(治山ダム 2 基と流路工)

コンクリート治山ダム、鋼製スクリーンダム及びダム間に設置されたフトン籠流路工となっている。中 ~小礫の固定、渓岸侵食の抑止とともに、フトン籠の石礫による礫間浄化機能を期待している。

#### (2) 水質保全施設

スクリーンダムの下には、上流から沈砂池、3 連の浄化ユニット(石礫が充填された鋼製枠と木炭を利用した浄化カートリッジのセット)、取水桝が設置され、沈砂池における濁質の沈降とともに、鋼製枠内の石礫による礫間浄化機能及び木炭による浄化機能を期待している。

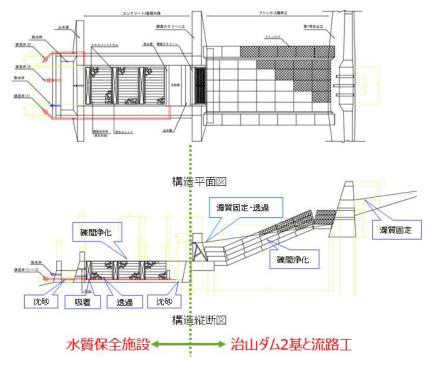


図 1.5 調査対象施設





図 1.6 施工直後の調査対象施設

#### 1.2.3. 調査対象施設の選定経緯

昨年度調査では、水質保全施設の機能評価のため全国の多くの事例から候補地を挙げ、その中から、施設特性や設置された流域の特性をもとに選定することとした。調査の結果、水質改善あるいは濁水防止という目的に対し、その効果を実証した事例は極めて少なく、過去の評価事例を参考にすることは困難であった。そのため、機能評価の実施には、①過去と現在の比較計測による評価と、②現在から今後の計測による評価、が必要であることを認識した。

①は現在の土砂捕捉量等をもとに評価するが、下記条件が時系列で異なる環境下にあり、

- ✓ 下流域の保全対象の水質あるいは濁水発生に対する受忍度
- ✓ 上流域の荒廃状況
- ✓ 濁水の発生規模や頻度

等、施設の機能評価には、過去の経緯や記録を含めて評価を実施することが必要であった。また、 ②は①の結果をもとに機能効果を予測し、適切な調査項目と方法を適用して評価する必要があった。

調査対象施設は、治山施設の範疇の中での機能を期待した施設であり、その構造は、全国各地の事例と類似している。そのため、設計当初の段階で課題を持ち、必要な改善目標が明確な立地に対し、その施設が適切に機能しているかどうかを定量的に評価することは、今後の治山事業における濁水対策に貢献すると考えられた。

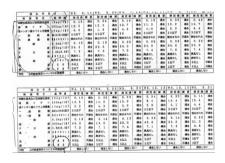
図 1.7 は、平成 6 年度の水質保全特別対策治山事業における全体計画調査報告書(以下「全体計画」という)の抜粋である。日本森林技術協会(当時は日本林業技術協会)が調査計画を作成し、25 年前の報告書が保存されていた。それには、当時の調査対象地における下流保全対象の状況と水利用の実態、濁質の特性並びに上流部の森林及び渓流域の荒廃状況が記録されていた。



渓岸侵食地 黄色土が分布している



渓流域に不安定に堆積する濁質



平成3~5年の保健所による 原水調査

→色度と濁度が不適合になることが多い。



計画書に提案した施設構造イメージ

図 1.7 全体計画の抜粋

濁水の発生源は、強く風化を受けた地質地帯の地すべり地形を渓流水が流下する際の、渓岸侵食された土砂としている。それらが渓床に不安定に堆積し、降水の度に再移動を繰り返し濁水化している状況が示されている。

保全対象は前述のとおり、日本海の海岸線に面した 56 世帯 200 人程度の集落である。記録によると、夏季に海岸線沿いの竜宮浜海水浴場の利用者により水需要がひっ迫し、地域住民が利用する主水源だけでは賄えず、隣接する渓流に予備水源を確保している。しかし、予備水源の水量と水質が安定せず、時間的な断水を余儀なくされていた。そのため、京都府はこの地域において水質特別対策治山事業を適用することとした。

対策の基本方針として下層植生が消失した放置薪炭林の整備とともに、水質保全施設を計画している。京都市山科区安祥寺国有林において、平成4年度に施工された水質保全施設(図 1.8 参照)を参考に、図 1.7 に示すとおり、水質を改善すべき濁水を分流し、木炭と流路内で強制的に接触させる空間構造を示している。木炭同士の隙間が濁質で閉塞した場合、木炭空間を透過せず越流することで、木炭の交換時期がわかり、かつ交換も地域住民によって実行できるイメージを示し、捕捉した濁質を分離除去するため、維持管理が容易な構造となっていた。浄化に活用する木炭も、森林整備で得た木質資源を炭化することで、資源の循環利用を目指している。



図 1.8 類似施設② 京都市山科区の水質保全施設構造図(平成 4 年施工)

当該全体計画をもとに、平成7年度に水質保全施設が施工された。設計者は京都府の林務技術職員であり治山台帳に記録されている。適用された構造は図1.8の施設と類似しており、プロトタイプとして設計されていると想定される。

関連資料の収集調査の結果、受益者である地域集落住民に向けた説明会資料が残存していた(平成7年度、図 1.9 参照<sup>1</sup>)。この資料には、当該施設の目的や機能が明示されており、施設に対し当初期待されていた機能が発揮されているか評価できる状態にある。

図 1.9 の説明をもとに、期待される機能を発揮する位置を示す。上流から下流へ渓流水が流下する と濁質の固定、透過、沈砂、吸着、透過、沈砂と、段階的に濁水を改善できる構造が配置されている。

詳細に構造を確認すると、極めて維持管理に配慮された施設であることが判明した。排泥弁が3箇所設置され、捕捉した濁質を排出できるよう設計されており、地域住民は大きな負担なく、施設機能を維持できる構造となっている。この配慮は、全体計画をもとに工夫されたと考えられる。

令和 3 年現在、集落住民への聞き取りによると、海水浴客の減少や地域住民の高齢化に伴う人口減少等により、25 年前と比較して水需要は安定している。また、舞鶴市水道課への聞き取りでは、最近 10 年程度が、当該水源からは取水されていない。しかし、平成 17 年度には、図 1.10 及び図 1.11 のとおり、簡易水道施設に導水するパイプの交換が実施²されており、少なくとも施工から 10 年程度は予備水源として活用されていたと想定される。

<sup>1</sup> 舞鶴地方振興局(現在の京都府中丹広域振興局)が作成した住民説明会資料 舞鶴市上下水道部ご提供

<sup>2</sup> 舞鶴市上下水道部より施工管理写真ご提供。

京都府舞鶴地方振興局が舞鶴市三浜地区の簡易水道上流域において実施していました京都府治山事業(水質保全環境整備)の 事業内容の一部である水質浄化施設(下図)が完成しました。

舞鶴市三浜地区(56世帯・約200人)は、生活用水等を集落背後の二つの流域の渓流水に依存しており、また、地区のほとんどが民宿を営んでいるため夏期の海水浴シーズンの最盛期になると水需要が3倍に膨らみ毎年水問題で悩んでいました。

しかし今後は、この施設の完成に伴い、安定してきれいな澄んだ水が供給できるものと期待されています。 また、安定した水資源の確保のために施設の上流域では森林の有する水源かん養機能、国土保全機能を高度に発揮させること

を目的に、本数調整代等の森林整備も平行して実施しました。 本工法は、鋼製えん堤と鋼製自在枠を併用し、さらに木炭および活性炭の浄化フィルターを装着することにより、汚濁水、有 機物等を浄化するものです。なお、本事業地は土壌・地質が悪かったために、鋼製えん堤の上流に、さらにコンクリートえん堤 と、<u>流速を弱め浄化を補足するためのフトン龍水路を実施</u>するとともに、本体部分には三面張のコンクリート水路を設置し、そ

もともと、玉石には、河川の自浄作用にみられるように、<u>機間に付着した数牛物により有機物の分解を行う働</u>きがありますが、 さらにその機能を向上させるため、<u>木炭と活性炭を組み込んだフィルターを投け</u>、複数の層に分け、その中を河川水が通過する ことにより、有機物質を吸着させることにしています。

活性炭は、一般家庭でも冷蔵庫の脱臭材等に広く普及していますが、水質浄化材として、上水道等でも幅広く使用されています。また木炭にはたくさんの微細な孔隙があることから色々な物質を 吸着すると同時に、微生物のすみかとしてもきわめて好都合なので、有機物を分解する効果が期待できます。

本事業地での水質浄化工の仕組みは、まず、コンクリートえん堤で上流から流下してきた大型の土石、流木を捕捉し、さらに鋼製えん堤で枯れ葉等の浮遊物を捕捉します。つぎに、鋼製自在枠に 詰められた玉石により汚濁水の浄化が行われ、さらに木炭、活性炭の浄化フィルターの層を通過することによって、有機物の除去、脱臭、脱色等が行われます。なお、浄化フィルターは、脱着・交 換が可能なのでいつまでも浄化機能を維持することができます。



の上に玉石を詰めた鋼製自在枠と木炭および活性炭の浄化フィルターを装着しました。

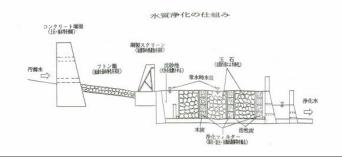


図 1.9 施設設計の目的と根拠





図 1.10 導水管交換時の状況(1)





図 1.11 導水管交換時の状況(2) 渇水期の鋼製枠と木炭カートリッジ

当該施設は、過去 25 年間の環境条件変化を考慮しながら、調査計画を検討できることが特徴である。上記の内容を整理するとともに、令和 3 年 9 月以降の現地踏査の結果得られた情報を含め、調査対象地や調査対象施設の特徴を次のとおりに整理する。

- ✓ 濁水の発生記録があること
- ✓ 濁水の発生に対しその発生原因を調査した記録があること
- ✓ 施設の設計根拠が濁水対策として明確な目的をもっていること
- ✓ 平成7年度に水質保全施設が設置された水源であるが、予備水源であること
- ✓ 水需要が減少し 10 年程度、予備水源として利用されていないこと
- ✓ 施設下流部に貯水池等はなく、そのまま海へ流下していること
- ✓ 施設に車両を横付けできること
- ✓ 排泥弁や電源の確保等、維持管理しやすく試験後の原形復旧が容易であること(図 1.12 参照)





図 1.12 維持管理のための排泥弁の稼働確認と電源の確保

### 1.3. 調査内容

### 1.3.1. 業務フロー

仕様書に示された業務内容について、図 1.13 に示すフローに沿って業務を実施した。

対象流域の荒廃現況調査では、流域特性として地形地質や気象条件、森林状態等、自然環境条件的な項目を整理する。また、水利用に関する社会的環境条件も加味して、舞鶴市三浜地区の地域性を考慮した評価となるよう配慮した。

施設の水質改善機能調査では、施設効果発揮状況調査として、機能復元前後の状況を観察し、施設上下流の水質調査のデータとりまとめをもって、効果の発揮状況をまとめた。

施設機能の復元作業は令和3年12月20日に完了した。後述する降水量の月別変化や積雪の影響を含め、本来、当該施設が機能発揮を期待されている夏季の渇水期と、状況が大きく異なることを前提に、現地調査を進めることとした。

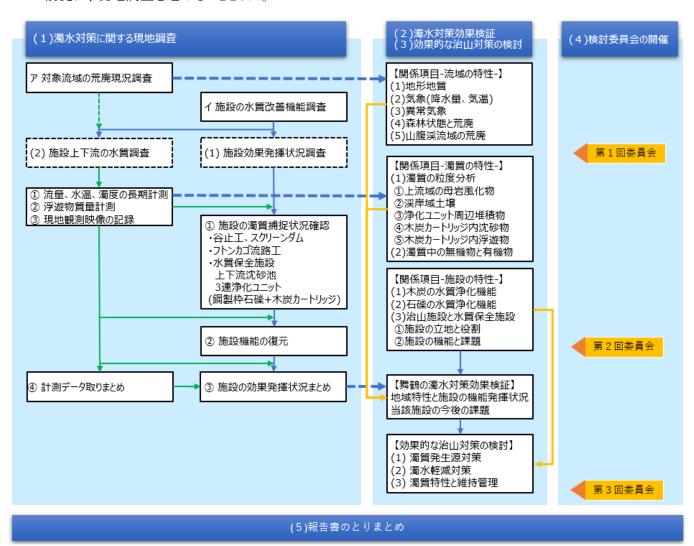


図 1.13 業務全体のフロー

### (1) 調査対象流域の荒廃現況調査

#### 1) 概況調査

対象流域の荒廃状況について、空中写真や衛星画像をもとに渓流荒廃地や山腹崩壊地を判読した。次に、舞鶴市消防本部の舞鶴市の災害史を確認した。また、25 年前の全体計画をもとに、過去の森林や渓流域の荒廃状況を整理した。また、地形地質等、調査対象流域の自然的条件を整理した。

#### 2) 森林・渓相調査

上流森林の調査として、大浦森林公園の防火貯水池と直下の森林と渓相の調査を実施した(図 1.4 参照)。また、過去の治山事業として森林整備が実施された個所において、林相調査を実施した。

10 月中旬に落葉前の林相調査、1 月に落葉後の調査を実施し、林床の下層植生の状態を確認した。また、ニホンジカ等の動物による食害痕跡を記録した。1 月の調査では地上レーザ機器(OWL)を活用し、渓畔林域において渓相と林相の状況を同時に可視化した。その情報をもとに上流森林の濁質発生源と想定される2箇所において母岩風化物と渓岸域に堆積する土壌を採取した。

#### (2) 施設の水質改善機能調査

施設の水質改善機能を調査するため、施工されてから現在までの機能発揮状況を調査するとともに、施工当時の状態に可能な限り機能を復元して水質調査を実施するに当たり、次のとおりの各種作業を実施した。

#### 1) 施設効果の発揮状況調査

最初に水質保全施設の排泥弁の開閉確認を行い、取水桝の排泥弁の開閉が不能であることを確認し、排水の際は、弁を固定するフランジのボルトナットを外して対応することとした。

鋼製スクリーンダムの堆砂状況や、沈砂池、浄化カートリッジ周辺の土砂堆積状況を確認し、機能復元前の土砂堆積物を採取した。沈砂池と浄化カートリッジ周辺の堆積土砂に円筒管を差し込み採取した。取得した試料は、水に溶かして撹拌し濁質の沈降と浮遊状況を確認した(4.4.1 浄化カートリッジ周辺の堆積物の分析を参照)。

木炭の交換では、使用済の木炭を持ち帰って洗浄し、比重や表面の目詰まり状態を確認した。浄化カートリッジの周辺部の土砂は土嚢袋に詰め概数を計量した。また、スクリーンダムのスクリーンの閉塞状況やフトン籠流路工の破損状況を記録した。

#### 2) 施設機能の復元作業

10月中旬から段階的に機能復元作業を実施した。11月下旬に重機を活用し、木炭交換場所として仮設沈砂池を施工した。浄化ユニットの浄化カートリッジを引き揚げ、木炭を排出しカートリッジを洗浄した。12月中旬にすべての浄化カートリッジ内の木炭を交換した。その際、浄化カートリッジ周辺の堆積土砂は、沈砂池の土砂とともにすべて除去した。

鋼製スクリーンダムの堆砂敷を浚渫し、最後に、浄化ユニットの鋼製枠内の石礫間に詰まった濁質について、高圧洗浄機で除去し機能復元作業を完了した。

#### 3) 施設上下流の水質調査

単管パイプと型枠用合板を材料として、取水桝の放水路に三角ノッチを設置した(9 月 14 日完成、水位最大 40cm、直角二等辺三角形)。水位と流量の関係を把握するため流量を実測した。

次に、自動採水機を水質保全施設の上流と下流に設置した。下流部は、水質保全施設の処理水として三角ノッチの隣接部に設置し、上流部は、原水としてコンクリート谷止工の堆砂敷上流に設置した。 採水のタイミングは、当初は短期間の流量変化による濁水発生を把握するため、常水位 12cm に対し水位が 3cm 増加した段階で採水を開始し、もとの水位に戻るまで 1 時間ごとに採水する設定とした。 施設機能を復元させた 12 月中旬以降は、多雨期であるが弱雨であるため、一定時間毎に採水す る設定にした。また、常水位が高く浄化ユニットを越流するため、取水桝の排泥弁を開放状態として計測を継続した。

水質保全施設の浄化ユニットの効果を直接的に確認するため、1月初旬に上流部自動採水機の採 水地点をコンクリート谷止工の堆砂敷上部から、水質保全施設の沈砂池の砂止壁上端部に変更した。

### (3)調査期間中の気象変化

気象データは、降水量についてアメダスデータ(舞鶴)とともに、調査対象施設に隣接して現地雨量計を設置した。流量の変化や濁水発生を目視記録するため、施設周辺に 5 箇所の視点で定点カメラを設置した。撮影は、日中(6:00~18:00)に 10 分間隔とした。

気象の項目で説明するとおり、調査対象地は月別に降水の多寡があり、多雨期でも降水強度の高い強雨が発生する月と弱雨で長期間降水が記録される月がある。

多雨期で強雨が発生しやすい9月について、昨年度は降水強度の大きい降水を記録していたが、本年度はまとまった雨が少なく、台風等による降水も観測されなかった。一方、10月中旬にまとまった雨が計測された。10月11日から26日の間に期間降水量113mmを計測し、日降水量が30mmを超え、日最大時間降水量も14.4mmを記録した。三角ノッチの上限水位(40cm)を0.3mm超えて増水したが、その時間が30分程度であったため、三角ノッチ以外の部分から顕著にオーバーフローした痕跡はなく、三角ノッチに破損等の被害は発生しなかった。

11 月は寡雨期であるが、本年は 3 期間にわたりまとまった降水を計測し、特に初旬の日降水量は 30mm 近くになった。12 月は多雨期で弱雨が長く続く傾向があるが、12 月初旬にまとまった雨があり、日最大降水量は 50mm 近くになった。中旬以降は断続的に降水があり、下旬に大雪となった。1 月と 2 月は積雪となり、特に 2 月は 20cm を超える積雪を 3 期間記録している。

### 1.3.2. 調査実施内容の時系列整理

令和3年8月中旬から令和4年3月中旬にかけて、業務フローに従い実施した調査内容を表1.3に示す。また、本事業の作業は、調査対象地の降水現象と連動するため、アメダスデータ(舞鶴)における2日以上の無降水日を境界として『一連の降水』と定義し、期間降水量の合計と降水強度(日最大1時間降水量)を時系列的に示した。

表 1.3 調査実施内容の時系列整理

月	降雨傾向と観測	期間	連続降水	期間	降水現象 期間最大	降水強度	水位	起動	排泥	1.3		の取得下流		1.11	上流	3 21	ВО			_	現地調査		l
7	- 寡雨期	初旬	期間	降水量 (mm)	日降水量 (mm/daymax)	(mm/hrmax)	上昇	方法	弁閉鎖	月日	朝		夜	朝		夜	下	上	月日	項目	計測関連	機能回復関連	荒廃調査関連
8	渇水期	中旬下旬																		契約 第1回現地調査(~8/27)	堆積物の採取	事前準備 保安林内作業準備 排泥弁機能確認、スクリー	フトン籠流路工破損状況
		下町	9/1	73.0 (-)		12.0(9/2)																ンダム閉塞状況	確認
	多雨期 (強雨)	初旬	0/11	( )															9/8	第2回現地調査(~9/10)			
9		中旬	9/11	27.5		5.0(9/18)													9/10	第3回現地調査	三角/ッチの設置		
			9/26	(26.8)															9/15 9/17	定点カメラ設置、撮影開始 第4回現地調査	定点カメラ5カ所設置 自動採水機2基、雨量計		
,	) Y	下旬	10/6	115.0	30.5(10/17)	8.5(10/22)													9/29 9/30	第5回現地調査 第1回検討委員会			
		初旬	10,0	(140.2)		0.5(10, 22)													10/8	第6回現地調査	200 ℓ タライとパイプ納 入。		上流森林調査(防火貯水 池周辺)
		中旬					記録なし 10/12	水位 上昇		10/11	6	12	3	6	12	3							
10							10/13 10/17			10/13 10/17	2		3	2		3			10/21	第7回現地調査(~10/22)		浄化カートリッジ引き揚げ	
		下旬					10/22			10/22		2	1		2	1					水位温度データの喪失確認	開始	地元住民説明会
			10/26 11/4	5.2			10/25 10/26			10/25 10/26		2 12	3		2 12	3							
		初旬	11/5										$\perp$						11/6 11/7	第8回現地調査(~11/8)			
	寡雨期	T/J 1-0	11/9		28.5(11/09)	11.0(11/11)	11/9			11/8 11/9	2	4		2	4		1	1	11/8		採水データ回収(50)	浄化カートリッジ内の木炭	
		中旬	11/11	(28.5)						11/15							1	1	11/15		採水データ回収(14)		
11		- a)	11/16 11/17 11/22	5.2 52.8		4.6(11/16) 10.0(11/22)				11/22		5	1		5	1							
				(44.5)		,																	
		下旬	11/27																	第9回現地調査(~11/29)		仮設沈砂池の作成	
										11/29							1	1	11/28		採水データ回収(14) 中小企業センター訪問、		
-			11/30	90.2 (99.5)	47.0(12/07)	10.5(12/07)	11/30			11/30	6	12	4	6	12	4			12/1				
		初旬																					
			12/8				12/7												12/6	第2回検討委員会	中小企業センター訪問、分	析 浄化カートリッジ引き揚げ	
	多雨期 (弱雨)		12/12	190.5		6.0(12/17)	12/9			12/9							1	1	12/8	为2四次的安良公	採水データ回収(50)		
				(204.2)			12/13			12/13 12/14	7	1		7	1					第10回現地調査(~12/20)	採水データ回収(24)		
12		中旬																	12/16			スクリーンダム浚渫、木炭交換	
								時間 (12h)	開放	12/18 12/19 12/20	1 1 1	1 1 1		1 1 1	1 1 1							鋼製枠の洗浄	
							12/22			12/21 12/22	1	1		1	1								上流渓流と荒廃森林調
										12/23 12/24 12/25	1 1 1	1 1		1 1 1	1 1 1								
		下旬			積雪71cm		12/26			12/26 12/27 12/28	1 1 1	1 1 1		1 1 1	1 1 1								
			12/31							12/29	1	1		1	1								
		初旬	1/1	23.4 (19.0)		2.5(1/4)																	
				45.0	13.6(1/18)	3.5(複数日)		時間		1/11		24		24					1/9 1/10 1/11	第11回現地調査(~1/11)	上流採水地点の変更 上流域における土砂採取		地上レーザ機器による調
			1/11	(74.0)		3.3(接致口)		(10m)											1/11		採水データ回収(48) 10分採水データ回収		査
		中旬						時間 (12h)		1/12 1/13 1/14	1 1 1	1 1		1 1 1	1 0								
1										1/15 1/16 1/17	0 0	0 0		0 0 0	0 0 0								
							1/18			1/18 1/19 1/20	0 0	1 0 0		0 0	0 0								
			1/21							1/21 1/22 1/23	0 0	0 0		0 0	0 0								
		下旬	1/24 1/27	19.6		3.0(2/5)	1/24			1/23	J	U		0	-0								
		初旬	2/6	(59.0)																			
			2/9	22.0 (9.0)		2.0(2/11)	2/10 2/11													現地調査(中止)			
		中旬	2/13	78.0	21.0(2/21)	3.5(2/17)																	
2			2/16	(38.2)		· \=/ ** /	2/19 2/20	時間 (6h)	閉鎖		1	2	1	1	2	1				第12回現地調査(~2/19)	採水データ回収(12) 融雪に伴う濁水捕捉を目打	St *1	
							2/21 2/22	(011)			1	2	1	1	2	1					四点当に計 カックの用掟を目打	ロ ジ o	
		下旬	2/24				2/23 2/24 2/25				1 1 1	2 2 2		1	2	1				第13回現地調査(~2/25)	<b>*2</b>		
			2/27	14.5 (5.8)			2/26 2/27	時間 (12h)			1	1											
				(-1-)			2/28 3/1 3/2				1 1 1	1 1 1											
		初旬					3/3 3/4				1	1								第14回租协和本人。215			
3			3/6				3/5 3/6 3/7				1 1 1	1 1 1		1	1				3/7	第14回現地調査(~3/5) 第3回検討委員会			
	終	測 [7] 	3/8 3/11	0.4			3/8 3/9 3/11				1	1		1	1					第15回現地調査(~3/10)	採水データ回収(77)SSの		
	納	期					3/18													に伴う濁水発生を想定し、1日・ サンプラーの設定ミスのため採水		 が、清水であったため、1日2[	  回のサンプルを分析。

<sup>※1 2/19-2/24</sup>は、脚牛皮の麻画に肝が測み失生でおぼしい。10 中国の赤水及皮を美肥いご ※2 2/25-3/6の上流部の探水は、サンプラーの設定さんから排水できなかった。 ※3 2/19-3/9は、分析を外部委託すると納期に間に合わないため、当協会にてSSのみ分析。

# 2. 対象流域の特性調査

評価対象となる治山施設が立地する流域の特性を示す。

### 2.1. 地形地質

調査地は、舞鶴帯の北帯である夜久野岩類分布域(古生代ペルム紀)に位置し、石英閃緑岩や単斜輝石岩などを伴う斑レイ岩質の層状複合岩帯に位置する。

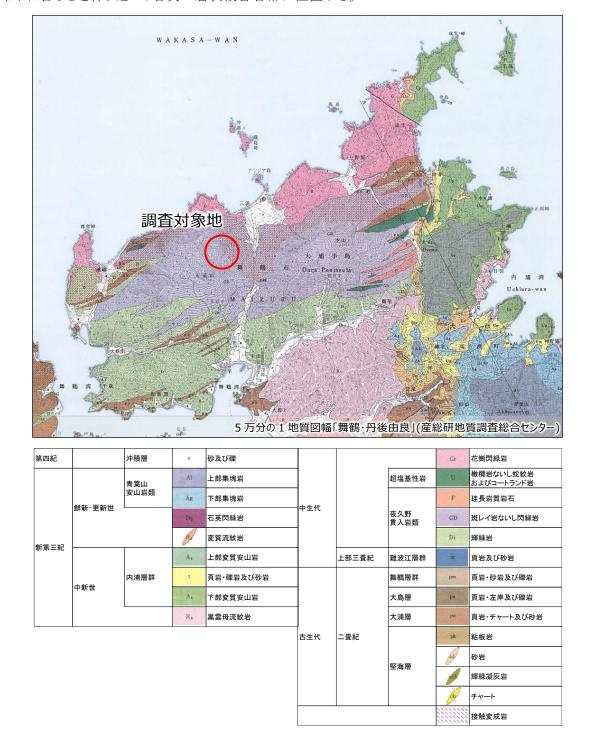


図 2.1 表層地質図

また、図 2.2 に示す地すべり地形分布図によると、調査対象地周辺は地すべり地形が多く、調査対象流域も地すべり地としての特性を有すると考えられる。



図 2.2 地すべり地形分布図

### 2.2. 土壌

図 2.3 に示す土壌図では、調査対象地は褐色森林土地帯となっている。大浦半島の西部及び調査対象地の下流部には赤色森林土地帯が分布しており、全体計画時の土壌断面調査では、黄色系の土壌が出現している。

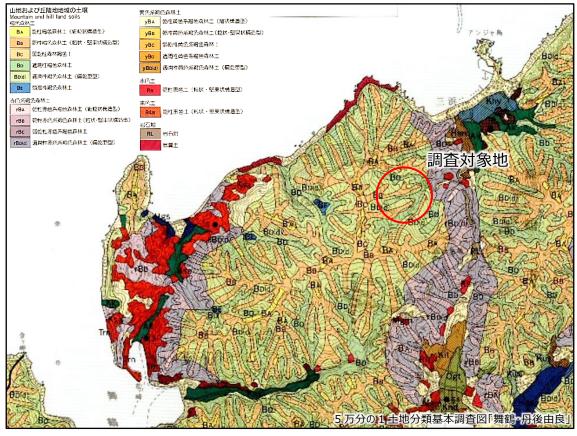


図 2.3 土壌図

### 2.3. 気象(降水量と異常気象)

### 2.3.1. 近年の降水傾向

調査対象地の近年の降水傾向は、図 2.4 に示す気象庁アメダスデータ観測地点「舞鶴」の平年値をもとに示す。なお、内湾に位置する「舞鶴」と異なり、調査対象地は日本海の海岸線に面する立地であるため、同様の立地条件で調査対象地に近接する「間人(タイザ)」も同様に比較しながら示す。



シンボル	観測所の種類	要素	推計値の提供
	気象台	気温·降水量·風向風速·日照時間·積雪深·湿度·気圧	
	特別地域気象観測所	気温·降水量·風向風速·日照時間·積雪深·湿度·気圧	:- <u></u>
	地域気象観測所(アメダス)	降水量	<del>-</del>
	地域気象観測所(アメダス)	降水量·積雪深	10-
•	地域気象観測所(アメダス)	気温·降水量·風向風速	日照時間
	地域気象観測所(アメダス)	気温·降水量·風向風速·積雪深	日照時間

図 2.4 調査対象地と京都府内のアメダスデータ観測地点3

表 2.1 に日降水量別の発生日数を示す。これによると  $4\sim5$  月、8 月及び 11 月が寡雨期で、夏季の 8 月は気温上昇に伴い渇水する可能性がある。一方、9 月と 12 月から 1 月にかけては多雨期であり、9 月は台風等の影響を受けて強雨傾向にある。12 月から 1 月は弱雨であるが、連続的に降水が発生し、冬季は気温の低下とともに降雪となる傾向がある。

舞鶴湾内(舞鶴)と日本海沿岸(間人)を比較すると、降水量が12月で1.6倍、1月で1.2倍と日本海沿岸の間人は、冬季の多雨期における降水量が舞鶴と比較して多い傾向があり、同様の傾向が調査対象地にあることが予想される。

表 2.1 における舞鶴の降水量別日数を詳細にみると、日降水量 10mm/day 以上は年に 60 日で月に  $2\sim6$  日の頻度で発生している。日降水量 30mm/day 以上は年に 15 日で、多雨期と寡雨期で発生頻度に差が生じ、9 月に 2.5 日、10 月に 1.7 日、 $11\sim12$  月は 1 日となっている。なお、50mm/day 以上では年に 4.4 日で、9 月に 1.1 日である。

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> 京都地方気象台 令和3年8月11日から20日にかけての前線による大雨について(京都府の気象速報)より

各階級の日数 観測 降水量計 降水傾向と観測期間 0.0 10.0 30.0 70.0 100.0 0.5 1.0 50.0 地点 (mm) 以上 12.7 116.6 18.8 11.4 4.1 0.7 0.1 0.0 0.0 寡雨期① 5 142.8 17.0 11.6 10.0 1.3 0.4 0.1 6 154.9 20.2 12.5 10.7 4.6 1.5 0.4 0.2 0.1 7 192.6 0.3 21.9 14.1 12.2 6.0 0.7 0.1 1.7 1 寡雨渇水期 8 149.6 19.0 10.7 9.3 4.3 1.5 0.5 0.3 0.1 238.3 ҈ 1 多雨期(強雨) 9 21.8 13.6 12.0 6.2 2.5 1.1 0.6 0.4 10 179.9 21.7 12.6 11.4 4.7 1.7 0.6 0.3 0.2 観測 0.1 1寡雨期② 11 132.5 14.5 12.7 4.4 0.2 22.6 1.0 0.0 期間 12 18.9 16.7 0.2 0.1 163.6 26.9 1.0 0.0 多雨期(弱雨) 183.4 28.1 20.8 18.7 6.5 0.1 0.0 0.0 1.0 146.6 18.1 15.9 0.5 0.0 0.0 0.0 23.8 5.6 3 140.5 24.0 17.1 15.1 5.0 0.7 0.0 0.0 0.0 年 1,941.2 265.8 177.0 156.2 61.3 15.0 4.4 2.0 0.9 4 0.0 99.3 11.1 4.2 0.1 0.0 寡雨期① 5 120.4 10.7 4.2 1.0 0.1 0.1 0.1 10.9 4.2 0.5 0.3 6 141.8 0.1 1.4 7 170.6 12.1 5.2 0.7 0.4 1.5 0.1 1 寡雨渇水期 8 117.7 8.9 3.8 1.0 0.3 0.1 0.0 9 5.4 1.0 0.0 1多雨期(強雨) 198.0 11.9 2.3 0.3 10 138.9 11.7 4.9 0.2 0.1 0.0 1.1 11 154.7 15.5 5.7 0.6 0.1 0.0 1 寡雨期② 12 21.6 2.2 0.6 0.0 264.9 9.1 0.1 多雨期(弱雨) 222.1 22.8 8.6 0.1 0.0 0.0 1.1 2 125.4 16.7 4.5 0.4 0.0 0.0 0.0 123.7 14.5 0.3 0.0 0.0 1,899.1 169.5 65.1 13.5 4.0 1.5 0.3

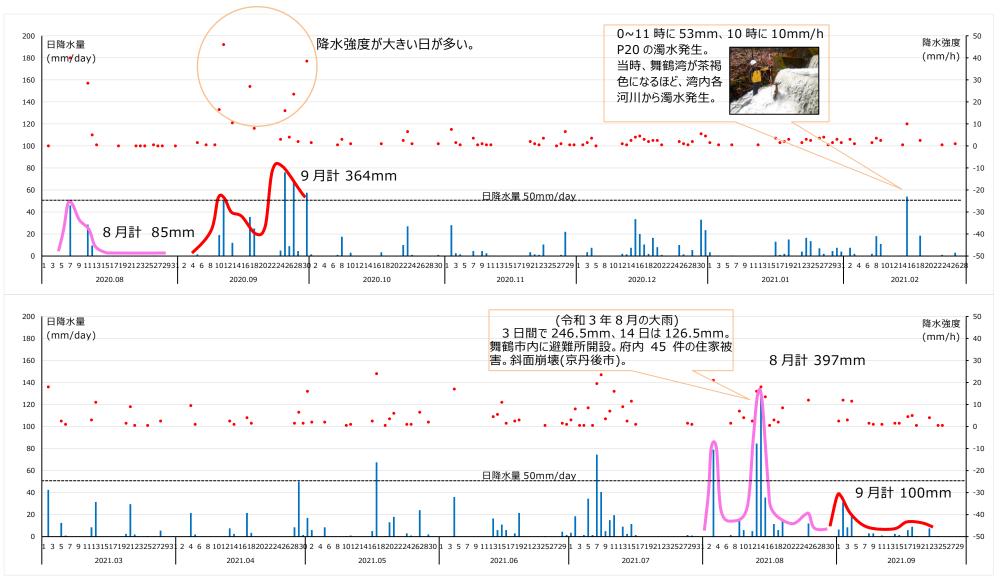
表 2.1 降水傾向(舞鶴と間人)

降水量日数の平年値 統計期間:1991~2020(30年間)

注)表内の着色について、降水傾向を示すために年降水量及び  $0\sim10$ mm 以上の日数については、最大値を青色、次点値を水色、最小値は橙色、次点値を薄橙色に表示している。 $30\sim50$ mm 以上の日数については最大値のみ青色で示す。

図 2.5 に、令和 2 年 8 月から令和 3 年 9 月までのアメダスデータ観測地点「舞鶴」における日降水量と日最大 1 時間降水量(以下「降水強度」という)を示す。令和 2 年は 9 月の月降水量が 364mm と平年値の 238.3mm と比較して多く、日降水量 30mm/day を超える日数が 5 日、降水強度も10mm/hrmax を超える日数が 7 日と、大規模な降水イベントが断続的に発生している。前後の 8 月と10 月は日降水量 30mm/day の日数について、8 月は 1 日、10 月は記録されていない。それらの前後の降水を含め、顕著な降水イベントは 12 月まで観測されていない。

令和3年は、8月に「令和3年8月大雨」と気象庁が命名した停滞前線の影響により、気象災害を伴う降水イベントが発生し、日降水量が50mm/dayを超える日数が3日、最大日降水量は8月14日に126.5mm/daymaxであった。降水強度は最大21mm/hrmaxと顕著ではないが、舞鶴市を含む周辺市町村において一部、土砂崩壊等が発生した。その後の9月初旬に30mm/dayを超える日が1日観測されているが、9月中旬まで顕著な降水イベントは記録されていない。なお、令和3年2月15日の降水は、降水量の多さとともに融雪を伴い、舞鶴湾が茶褐色になるほど湾内河川から濁水が発生した。その際の日降水量は53mm/day、降水強度は10mm/hrmaxであった。当日10時の水質保全施設における状況と、翌日の同時刻における状況を図2.6に示す(前年度事業において撮影)。15日は流量が多く、渓流全水が濁水化しているが、翌日には減水し、鋼製スクリーンダムの堆砂敷や沈砂池は清水である。しかし堆砂敷を攪乱させると、容易に濁水が発生する状況となっている。



気象庁 アメダスデータを加工。

図 2.5 近年の降水傾向



図 2.6 融雪を伴う濁水発生時の水質保全施設

### 2.3.2. 異常気象

異常気象については、舞鶴市消防本部のホームページ資料を引用する。資料において、説明中に総降水量が示されている場合、当該期間の日最大降水量と降水強度について、気象庁のアメダスデータを引用した(表 2.2 参照)。最近の異常気象は、前述した令和 3 年 8 月の大雨であるが、舞鶴市消防本部では平成 30 年 7 月豪雨以前の記録を示している。

表 2.2 災害発生時の降水傾向 -舞鶴市の主な災害履歴(水害、風害、雪害等)

									衣 2.2 火舌先生時の降水傾向 一舞	<b>中</b> 의 111	マノエ/よう	人口 版 证 (	八口、江口、	1日寸/				
No.	年次	月日	名称	種類	総雨量 (mm)	日	降水量 <sup>※1</sup> 時 (mm/	h)	災害の概要	No.	年次	月日	名称	種類	総雨量 (mm)	日	水量 <sup>※1</sup> 時 (mm/h)	災害の概要
1	昭和	28 9/24-25	台風13号	風水害	472	44	5	50 災害救助法適用。 台風による大豪雨	のため、市内全域壊滅的な被害。	29	昭和 55	12/24-25	高潮、強風	風水害				前線の影響による高潮により、住家の浸水等の被害最大瞬間風速37.3m/s。
2	昭和	34 9/26	台風15号	風水害	286	24	7	伊勢湾台風。災害 12 活動で、市内全域	言救助法適用。戦後2番目の水害、台風の影響と寒冷前線の は甚大な被害。	30	昭和 56	12/27	昭和56年豪雪	雪害				交通機関及び農林関係に被害。積雪量(大山)120cm。
3	昭和	36 9/16-18	台風18号	風水害				第2室戸台風。最 2,977戸)。	大瞬間風速48.3m/s烈風により全域に大きな被害(損壊	31	昭和 57	1	昭和57年豪雪	雪害				積雪量41cm。
4	昭和	36 10/27-28	台風26号	風水害	218	17	4	17 田良川他、市内名	。 各河川の氾濫により多大の被害。	32	昭和 57	7/27	7月大雨	水害				雷雨による住家の浸水及び雷による火災。
5	昭和	38 6上旬	6月豪雨	水害	145	9	7	由良川最高水位4	4.8m。	33	昭和 57	1/3	台風10号	風水害	216	154	29	最大瞬間風速34.0m/s。河川の増水による住家の浸水及び土木、農林関係 に被害。
6	昭和	39 9/24-25	台風20号	風水害				最大瞬間風速29	.2m/s、暴風により農作物に大きな被害。	34	昭和 58	8/21	8月大雨	水害				大雨により土木、農林関係に被害。
7	昭和	40 7/23-25	7月豪雨	水害	186	7	9	豪雨により家屋、原	農地等に被害。	35	昭和 58	9/28-29	台風10号	風水害				最大瞬間風速24.8m/s。大雨により住家浸水及び土木、農林関係に被害。
8	昭和	40 9/10	台風23号	風水害				最大瞬間風速39	.6m/s。農作物を中心に大きな被害。	36	昭和 59	1	59年大雪	雪害				寒波による大雪で、交通機関、農林関係等に被害。
9	昭和	40 9/14-17	台風24号	風水害	461	18	0	災害救助法適用。 農作物に大きな被	. 最大瞬間風速33.1m/s河川の増水による浸水被害及び 注。	37	昭和 60	6/8-7/14	梅雨前線大雨	水害	518	74	27	由良川2.7m。 →長期に渡る降水現象。
10	昭和	41 9/18-19	台風21号	風水害				河川の増水による	住家の浸水被害等。	38	昭和 61	6/6-7/27	梅雨前線大雨	水害	505	277	36	
11	昭和	42 8/10	7月豪雨	風水害				前線停滞による豪	雨河川の増水による住家の浸水等の被害。	39	昭和 61	12/28	12月突風	風害				最大瞬間風速25.7m/s。
12	昭和	42 10/28	台風34号	水害				土木、農林関係に	被害。	40	昭和 62	4/21	4月強風	風害				最大瞬間風速26.5m/s。
13	昭和	45 6/15-16	6月豪雨	水害	148	11	1	12 河川の増水による	住家の浸水等の被害。	41	昭和 62	8/9	8月大雨	水害				土木、農林関係に被害。
14	昭和	46 8/30-31	台風23号	風水害	204	15	7	最大瞬間風速28	.3m/s。風雨により農作物等に被害。	42	昭和 62	10/16-17	台風19号	風水害				最大瞬間風速17.9m/s農林関係に被害。
15	昭和	47 10/13	7月豪雨	水害	335	15	6	河川の氾濫による	住家の浸水、山・がけ崩れ及び農作物等に被害。	43	平成 2	9/19-20	台風19号	風水害	212	124	20	最大瞬間風速38.7m/s、住家浸水土木、農林被害。
16	昭和	47 9/16-17	台風20号	風水害	254	21	4	災害救助法適用。 関係に被害。	最大瞬間風速35.8m/s、河川の増水により農作物・土木	44	平成 3	9/27-28	台風19号	風水害				最大瞬間風速33.9m/s強風により土木、農林関係に被害。
17	昭和	49 8/9	台風18号	風水害	192	10	3	台風と前線による	水害。河川の増水により住家の浸水等の被害。	45	平成 7	12/13	5月大雨	水害	168	122	12	河川の増水により由良川橋の橋脚損壊等の被害。
18	昭和	50 10/15	1月豪雪	雪害				農林関係の被害が	及び山・がけ崩れの発生。	46	平成 10	9/22-10/1	2 台風7号	風水害	195	139	52	最大瞬間風速30.7m/s。
19	昭和	50 8/22-23	台風6号	風水害				河川の増水による	、住家の浸水及び農作物の被害。	47	平成 12	2/15-29	2月大雪	雪害				寒波による大雪で、交通機関、農林関係等に被害。 市街地積雪75cm。
20	昭和	50 9/18	9月豪雨	水害				河川の氾濫等によ	り土木、農林関係に被害。	48	平成 16	10/20-21	台風23号	風水害	326	277	36	災害救助法適用。最大瞬間風速51.9m/sの記録的な暴雨風観測。暴風雨 のため市内全域に被害。
21	昭和	51 6/11	6月豪雨	水害	119	7	9	まである まである。 までる。 まである。 までる。 までる。 まである。 までる。	浸水及び土木、農林関係に被害。	49	平成 17	12/18-2/2	3 12月大雪	雪害				年末寒波により大雪、市街各地で家屋及び農林被害発生市街地50cm、杉 山地区125cm、被害総額40,038千円。
22	昭和	51 9/13	台風17号	風水害	293	14	2	台風と前線による	水害、河川の氾濫による住家の浸水、土砂崩れ等の被害。	50	平成 23	3/11	東日本大震災	地震				緊急消防援助隊として、4隊・延べ69名を派遣。 (3月11日-4月2日)
23	昭和	51 12/27-1/26	51.52年豪雪	雪害				積雪量(大山)16	5cm。交通機関、農林関係等に被害。	51	平成 24	1/23-2/中旬	1月-2月豪雪	雪害				寒波による豪雪で交通機関、家屋、農林関係等に被害。観測史上1位の記録 となる87cm積雪。山間地224cmの積雪を記録。
24	昭和	52 11/16-17	前線低気圧大雨	水害	119	8	7	耕地·道路·河川(	C被害。	52	平成 25	9/15-16	台風18号	風水害	305	168	27	災害救助・被災者生活再建支援法適用。最大瞬間風速29.5m/sを観測。 市域河川が増水。家屋被害などが多数発生。
25	昭和	54 6/26-7/1	6月大雨	水害	157	8	9	大雨のため土木関	係を中心に被害。	53	平成 26	8/16-17	大雨	風水害	130	87	26	由良川5.9m。床上・床下浸水、一部破損あり、農地冠水、農作物被害。
26	昭和	54 9/30-10/2	台風16号	風水害	173	12	8	最大瞬間風速33 に被害。	.4m/s河川の氾濫等により住家の浸水及び土木、農林関係	54	平成 29	10/22-23	台風21号	風水害	338	267	48	災害救助・被災者生活再建支援法適用。瞬間最大風速39.4mの記録的な 暴風雨を観測。市内全域で浸水被害多数。
27	昭和	54 10/18-19	台風20号	風水害	152	. 7	7	量大瞬間風速32	m/s土木、農林関係に被害。	55	平成 30	7/5-7	平成30年 7月豪雨	風水害	439	208	66	災害救助法適用。市内全域で被害が発生し、特に西市街地を中心に浸水被 害が多発。
28	昭和	55 11/12	台風13号	風水害				最大瞬間風速22	.1m/s。									

引用:舞鶴市消防本部の HP より。最大降水量については、総雨量掲載事象に相当するアメダスデータを引用。

### 2.3.3. 計測期間の降水傾向

### (1) 調査方法

令和3年9月中旬から図2.7に示す現地観測のための雨量計を設置し、舞鶴のアメダスデータとともに、降水量や降水強度と濁水発生の関係を把握した。なお、冬季の積雪に対応するため、現地雨量計の集水口に融雪ヒーターを設置した。また、降水による調査対象施設の流量や濁水発生状況を記録するため、定点カメラを図2.8~図2.10に示す5地点の撮影アングルで設置し、10分に1回の頻度で撮影した。





図 2.7 現地観測のために設置した雨量計(融雪用ヒーターを設置)と定点カメラ



図 2.8 定点カメラNo.1 取水桝、水質保全施設及び鋼製スクリーンダム





図 2.9 定点カメラ 左: No.2 取水桝 右: No.3 水質保全施設と鋼製スクリーンダム





図 2.10 定点カメラ 左: No.4 水質保全施設と上流沈砂池 右: No.5 上流沈砂池と鋼製スクリーンダム

### (2) 観測結果

調査期間中、図 2.5 に示した 2021 年 8 月の降水のような、大規模な異常降水等は観測されなかった。①アメダスデータ(舞鶴)と、②現地観測データを比較すると、9 月はほぼ一致、 $10\sim11$  月は①よりも②の降水量が  $1\sim2$  割多い。①について当該月は欠測が多い。一方、12 月末から 2 月は①が多く、比較すると 1 月で 3 割、2 月は 7 割程度②の方が少ない。②は、水道栓凍結防止ヒーターを設置し融雪したが、積雪時の降水量を適切に取得できていなかった可能性がある。

図 2.11 に示した現地観測による雨量計の結果及びアメダスデータ(舞鶴)の結果では、調査期間において異常気象に相当する事象は発生しなかった。観測期間における各階級別降水量の日数を数えると、日降水量 30mm/day 以上の降水日数は 6 回観測(平年値は 7.7 回)している。 日降水量 20mm/day 以上の降水日数は 17 回(うち 30mm/day 未満は 11 回)観測している。日降水量 10mm/day 以上の降水日数は 36 回(平年値は 33 回、うち 20mm/day 未満は 19 回)観測している。

表 2.1 の平年値に基づく降水傾向(月別降水階級の日数)、図 2.5 に近年の降水傾向として、2020年8月から2021年9月の日降水量と降水強度を示した。また表 2.2 に災害時の降水傾向として、舞鶴市の主な災害履歴を示した。これらの資料をもとに、本事業を実施するに当たり、濁水が発生する降水規模や、災害が発生する降水規模を想定した。

観測結果の降水頻度と降水傾向並びに定点カメラの画像による濁水発生の傾向をみると、日降水量 10mm/day は調査対象地にとって、月に3回程度の頻度と規模で発生する普通規模の降水であるが、それでも濁水が発生していた。また、日降水量 20~30mm/day の降水イベントでは、気象災害は発生しないが、調査対象渓流の流量が増加し渓床が攪乱され、SS 濃度の高い濁水が発生した。

濁水の発生は、日降水量や降水強度の他、対象流域の集水域における降水の態様や、濁水発生前にどの程度濁質が蓄積されているかに影響を受けると想定される。降水イベントと濁水発生が常に連動するわけではないが、調査対象地の流域特性と、平年値における降水イベントの頻度と規模を考慮し、日雨量20mm/dayを超える降水イベントは確実に濁水が発生し、10mm/dayを超えると、濁水発生に注意が必要と考えられる。

また、災害発生については、災害発生前の雨の降り方(降水強度や前効降水量等)に影響をうけるが、調査対象地では、日降水量が80mm/day以上となると、『主な災害』として記録に残るような事象が発生する可能性がある。

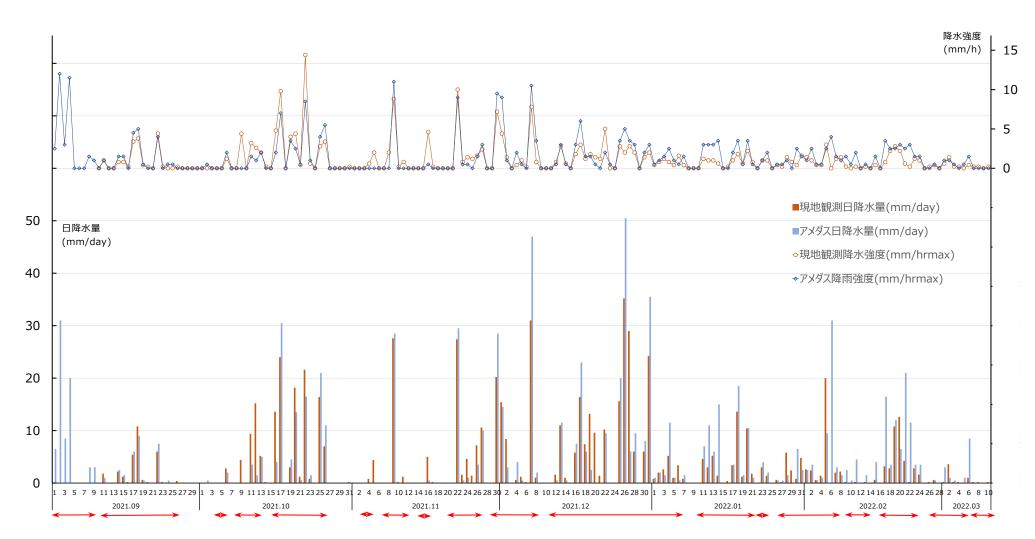


図 2.11 降水量計測結果の比較(舞鶴アメダスデータ及び現地観測のため設置した雨量計のデータ) 赤線は一連の降水期間

### 2.4. 荒廃状況

#### 2.4.1. 森林荒廃と整備

濁水発生の原因として、全体計画では、上流森林域の荒廃が原因の一つとされている。上流森林は一部を除き区有林であり、昭和 30 年代後半までは薪炭採取林として利用されていた。林内には歩道痕跡があり、その歩道沿いには多くの炭焼きの痕跡を確認できる。現在は、図 2.12 に示すとおり、調査対象流域の尾根付近に大浦森林公園が整備され、舗装された森林管理道が整備されている。

薪炭林の取扱いは『低林施業』と呼ばれ、広葉樹の萌芽更新能力を活用し、短期間で多くの材積を確保できるよう、株立状に生育させ短伐期で収穫する施業であり、当該森林も同様の施業が実施されていたと想定される。生活燃料確保として薪炭の役割がなくなると、当該森林は放置され、株立木が同調成長し、一定期間、森林の階層構造における同じ階層で競合する。そうすると、階層下は照度不足となり林床や下層植生が消失し、表層土壌が移動し易い状況となる。25年前の森林調査では、株立木が密生し、下層植生が消失した林相の分布があったことを示している(図 2.12 参照)。

森林整備は、図 2.12 に示す位置において図 2.13 の整備方針に基づき計画され、平成 7 年度以降に保安林整備として、受光伐等が段階的に実施されている。京都府の森林整備台帳に示された施業直後の完成写真を図 2.14 に示す。

約25年後の現在、森林調査のため林内に入ると、高木層を構成する立木は株立ちではなく単木状となり、林内は比較的明るい。しかし、図2.13の目標林型のイメージに至るほど、下層植生や低木層の発達は見られなかった。特に、渓流に接する急斜面では、図2.15に示すとおり、地表面の土壌や落葉が渓流方向に移動している状況であった。また、図2.16に示すとおり、リョウブの萌芽に食害痕跡があったことや、シダ植物のウラジロが多く分布し、その他の草本植物が少ない⁴ことから、ニホンジカが生息している可能性があり、それらが下層植生の繁茂に影響を与えている一因と想定される。





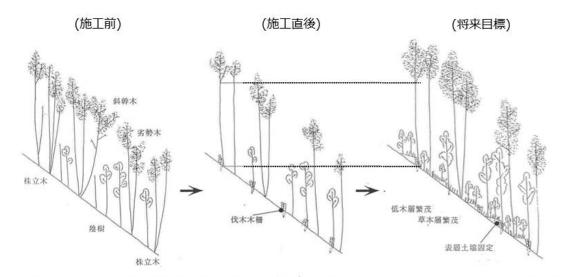
放置薪炭林



図 2.12 治山事業における森林整備個所と荒廃森林

.

<sup>4</sup> ウラジロはニホンジカの忌避植物のひとつ(不嗜好性植物ともいう)。



る。 低木層は伐採せず、後継樹として極力残置する。 伐採率は20%までとし、伐りすぎによる表層土 壊流亡に注意する。

競合する個体がなくなったため立木の成長が良 好となる。林内に陽光が届き低木層の成長が促進

される。 林床残置木で土壌の流亡が止まり、落葉層が形成され草本層や後継樹の更新が可能な土壌となる。

図 2.13 平成 6 年度の全体計画における森林整備方針



図 2.14 整備直後の森林整備状況





図 2.15 急傾斜地の森林の下層植生状況





図 2.16 急斜面から渓流域への土砂流入状況





図 2.17 ニホンジカの生息が想定される痕跡(左:リョウブ萌芽の食害 右:林床にはウラジロが散生)

### 2.4.2. 山腹及び渓流域の荒廃

コンクリート谷止工から上流約 200m 区間において渓流域とその周辺森林(渓畔林)の踏査を実施した。渓畔林域は、上流域の人工林や放置薪炭林と同様、光環境改善を目的とした森林整備を施工している。

OWLにて取得した図 2.18 に示す等高線データを活用し、渓相の変化を考慮しつつ主流の横断方向に対し、コンクリート谷止工位置を起点とし約 30m 間隔でNo.1~No.7の横断線を設定した。

横断線毎の地形形状、土砂堆積状況、林相 及び現地写真を図 2.19 及び図 2.20 に示す。

過去の異常降水によって、上流域から流下し 堆積した転石や、渓岸侵食地及び斜面森林域 からの表層土壌の移動により、渓岸渓床域に土 砂堆積域が形成されている。No.2 からNo.5 横断線 の区間は主に右岸側、No.5 から上流域区間は、 主に左岸側に堆積している。

これらの土砂堆積は、過去の大規模な降水イベントを複数経験して形成されたと想定されるため、気象データと災害時に記録された降水量を勘案すると、概ね 80mm/day 以上の洪水で再移動する可能性がある。

渓畔林については立木密度が低い。そのため 見通しは良好で、林内は明るい印象を受ける が、下層植生は少ない。草本層は特に少なく、ウ ラジロ等、乾燥立地に生育するシダ類が面的に 繁茂している個所は散見されるが、その他の草 本層は見当たらない。

増水した表流水は、現流路周辺で小規模な 渓岸侵食を発生させ、堆積土砂を再移動させ不 安定化すると共に、新たな渓岸侵食地を発生さ せ、濁質を断続的に下流域へ流送している。特 に、その傾向はNo.4~5 の断面間において顕著 である。一方、No.6~7 の区間においては、土砂 堆積域に生育する立木が大きく、渓岸域斜面 は、それらの根系等によって比較的安定してい る。

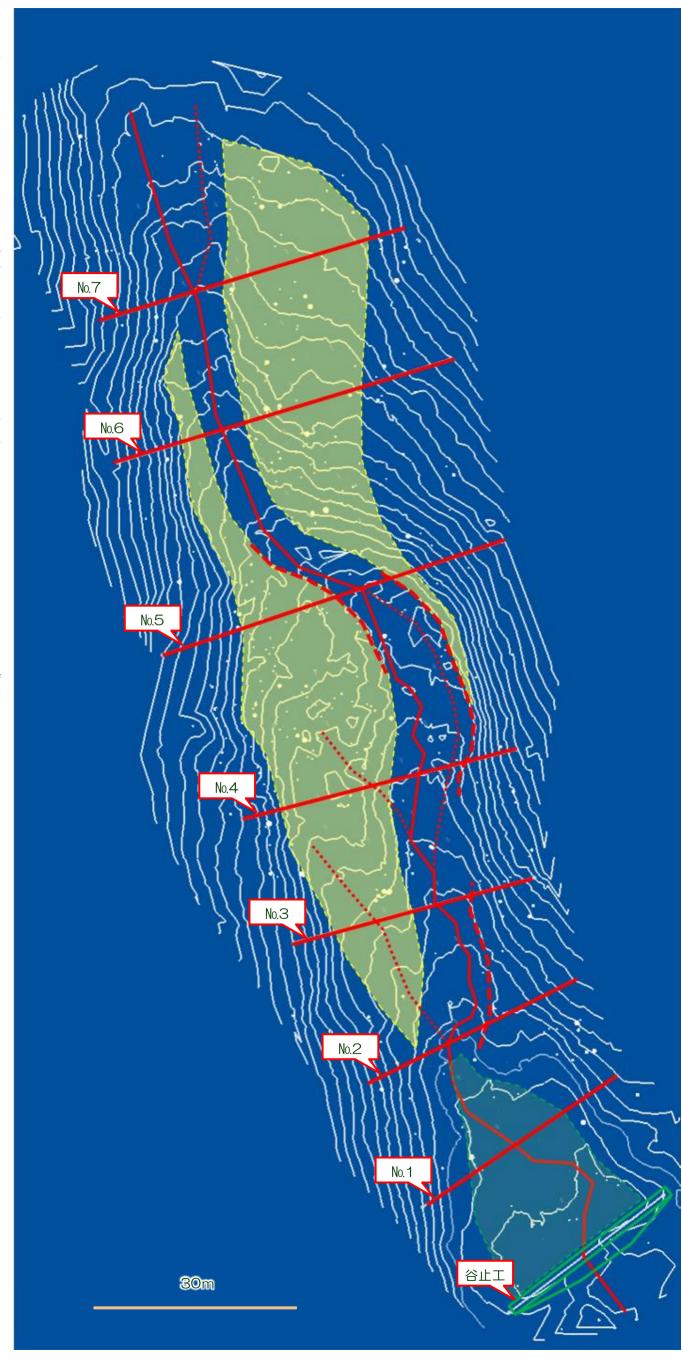
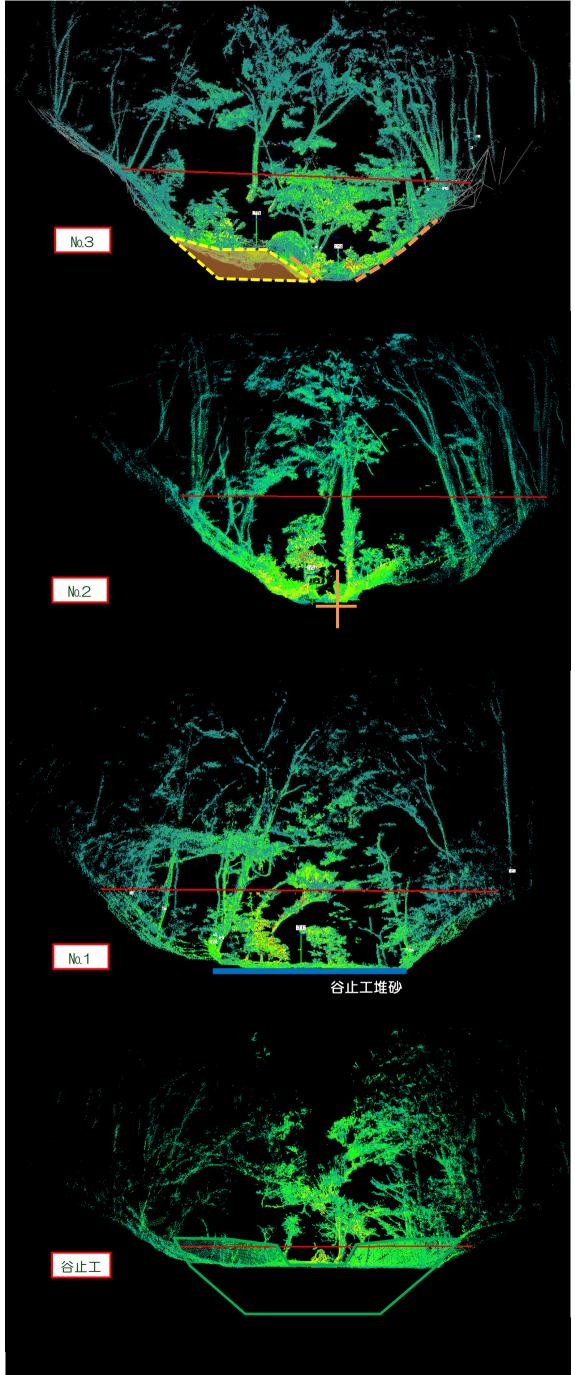


図 2.18 地上レーザ機器(OWL)による渓相平面図



### (No.3 地点)



渓床に径 2m 程度の転石が滞留している。右岸に不安定土砂が堆積し、渓床は、大小の石礫が不安定に滞留している。ステップ・プールに土砂堆積が確認でき、濁水の発生源として認められるが、濁質の発生源は、この地点よりも上流に位置する。

(No.2 地点)



渓床には大転石がかみ合い、蘚苔類が付着している。流路周辺の両岸は、渓床の大転石と同程度の転石がかみ合って堆積し安定している。濁水の発生源ではない。

### (No.1 地点)



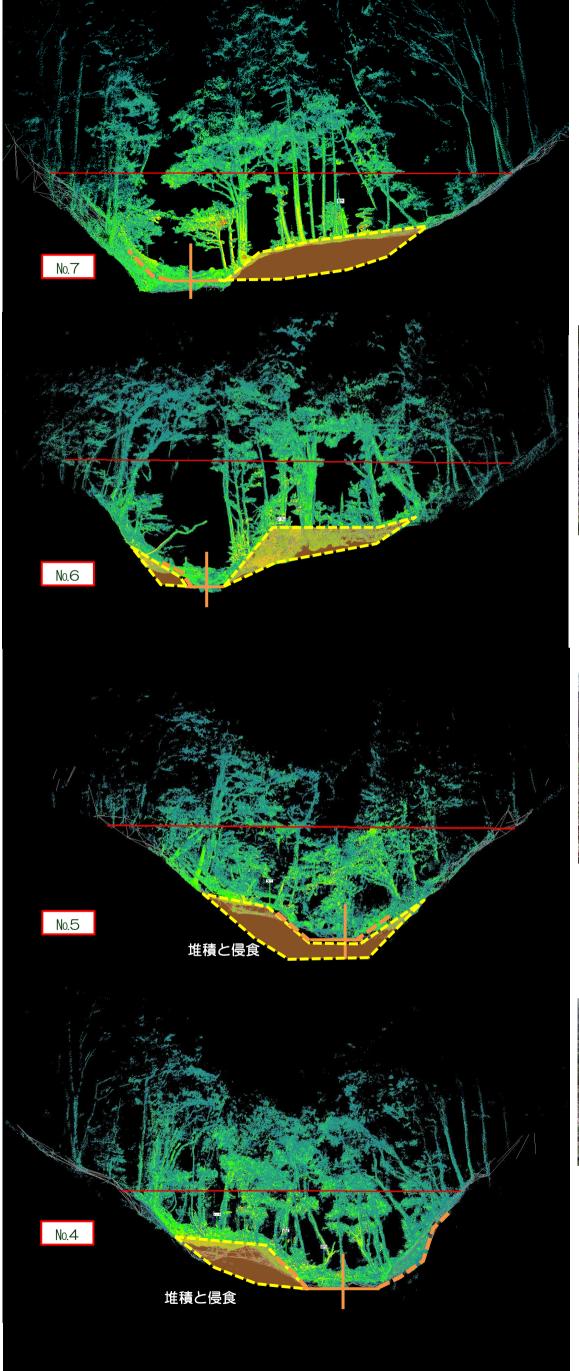
コンクリート谷止工の堆砂敷によって、土砂の貯留とともに、両岸の 渓岸侵食が抑止されている。堆砂敷内には人頭程度大小の礫が滞留 し、下流域施設への流入が抑止されている。濁水の発生源ではない。

### (谷止工地点)



上流から下流方向の写真。両岸は安定傾向にある。堆砂敷には、 渓流水の流速の低下に伴い、上流から流送された石礫が散在してい る。谷止工に近接し、渓流水が滞留している個所では、砂や粘土が堆 積し、濁水の軽減に貢献しているが、増水時には、これらの砂や粘土 は固定されていないため、再移動し濁水の発生源となっている。

図 2.19 渓相図(谷止工地点及び横断No.1~3)



(No.7 地点)



No.6 横断地点と同様、左岸側に堆積土砂を認めるが、立地の立木 は大径大木化しており、大規模な再移動の可能性は小さい。この地点 から上流部は大転石がかみ合ってアーマコート状になっており、濁質 の発生源ではないと想定される。

#### (No.6 地点)



左岸に土砂が堆積している。堆積地の地表植生は高木性の樹種が成長し、長期間にわたり安定している傾向にあり、大規模な降水がない限り、渓流域への土砂が流出する可能性は低い。

### (No.5 地点)



右岸に不安定土砂が堆積。渓床は大転石がかみ合い、安定しているようにみえるが、その下部に分級されていない土砂の堆積が確認できる。ステップ・プールには小径の礫や砂及び粘土が堆積している。

### (No.4 地点)



右岸に不安定土砂が堆積。左岸は地山が侵食を受けている。ステップ・プールには、砂や土砂が不安定に堆積しており、表流水の攪乱により、容易に濁水化する状況である。また、増水時には左岸の渓岸侵食が進行し、新たな土砂が下流域へ流送される可能性がある。

図 2.20 渓相図(谷止工地点及び横断No.4~7)

# 3. 施設の水質改善機能調査

### 3.1. 調査項目の整理

水質保全施設の水質改善機能を評価するに当たり、次のとおりの項目の調査等を実施した。

### (1) 計測とサンプリング

自然環境条件を数値化することを目的に計測項目を調査する。

- ✓ 降水量
- ✓ 流量
- ✓ 採水方法と水位、水温の計測
- ✓ 採水データの SS と濁度並びに BOD の計測
- ✓ 計測期間中の水位、流量、水温と採水回数

### (2) 施設の機能復元

水質保全施設及び上流部治山施設の機能復元前の状況と復元内容、その後の状況について示す。 また、施設の土砂捕捉量と捕捉状態の観察、一部伏流水の発生状況について示す。

- ✓ コンクリート谷止工
- ✓ フトン籠流路工
- ✓ 鋼製スクリーンダム
- ✓ 沈砂池
- ✓ 浄化ユニット部
- ✓ 取水桝(沈砂機能付)
- ✓ 仮設沈砂池

#### (3) 過年度の濁質捕捉

施設の機能復元の際、捕捉されている濁質を計量した。その結果を示す。

#### (4) 計測期間における濁質捕捉

計測期間における濁水の発生事例について示す。

#### (5) 濁質の分析

採水あるいは採取した濁水の特性を把握するため、次のとおりの調査を実施する。

- ✓ SSと濁度
- ✓ 粒度分析と VSS

### (6) 木炭の機能分析

浄化カートリッジの木炭について、その機能を詳細に確認するため、次のとおりの調査を実施する。

- ✓ 表面の観察
- ✓ ろ過吸着試験

### 3.2. 計測とサンプリング

### 3.2.1. 降水量

調査対象施設の近隣に現地雨量計を設置し、アメダスデータとともに濁水発生との関連性を調べた。 調査期間は令和3年9月14日から令和4年3月9日である。結果は気象に関する項目にて示す。

#### 3.2.2. 流量

図 3.1 に示す三角ノッチを作成し水位を計測した。水位は水位計を活用し、次項に示す自動採水機に 10 分毎に記録した。水位と流量の関係は、三角ノッチから時間当たりの流量を実測し、理論式と照合した。実測の結果、図 3.3 に示すとおり、理論式とほぼ一致することを確認したため、理論式をもとに水位から流量を算定し、水位の結果とともに 3.3 の月別計測結果に示した。



図 3.1 三角ノッチの設置(単管とコンクリートパネル板、ナップを形成するためアルミ定規を活用)



7万年9040元 水位18.30Hでは200 € タブか10杉以内で両水Cなる

図 3.2 流量の現地計測の経緯(方法①~④、精度を確保できる方法④を適用)

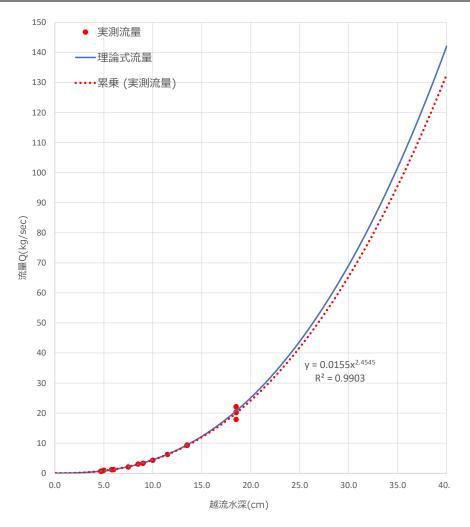


図 3.3 実測値と理論値の比較

#### 3.2.3. 採水方法と水位、水温の計測

#### (1) 自動採水機の概要

渓流水の濁りを確認・計測して分析するため、図 3.4 に示す 1 回の設定で 24 回分まで自動採水可能な ISCO 社の自動採水機を使用した。水質保全施設の性能評価のため施設上下流に設置し、下流側の機器において採水プログラムが作動すると、流側の採水が同時に開始されるよう設定した。

なお自動採水機には水位計を接続し、10分ごとに水位を記録してその値をもとに三角ノッチの越流水位を算定した。また、水位計センサーには同時に温度センサーも設定されており、同じ時間間隔で温度(水位計のセンサーが水面下の場合は水温、水面上に露出した場合は気温)を記録した。



図 3.4 下流 (水質保全施設止水壁右岸)と上流(コンクリート谷止工左岸袖部に設置)の自動採水機

## (2) 採水位置

採水位置は、下流側は、取水桝(沈砂機能付)に設置した三角ノッチ下端から 30cm の地点とした。 これは取水桝の底面から 30cm の位置に簡易水道施設への導水口があり、水面から同様の位置として設定した。

上流側は、目的によって期間中に場所を変更した。令和3年9月14日から令和4年1月9日までは、コンクリート谷止工の堆砂敷から10m程度上流の滝の下とした。滞留した土砂を採水しないよう、常に渓流水が吹き上がる位置に採水口を設置し、採水口付近に滞留した土砂を採水しないように努めた。これにより、コンクリート谷止工から取水桝(沈砂機能付)間の施設機能によって、どれだけ上流渓流水の原水を改善することができるか把握することとした。

令和4年1月10日以降は、水質保全施設内の沈砂池の砂止壁の上端部とした。これは、令和3年12月20日に水質保全施設の機能復元を完了するに当たり、水質保全施設内の施設機能に限って効果確認することを目的として変更した。





図 3.5 下流採水地点と上流採水地点(~令和4年1月9日)



図 3.6 変更後の上流採水地点(令和4年1月9日~)

# (3) 採水のタイミング

採水のタイミングについて、自動採水機の機能として水位トリガーとタイマートリガーがある。それぞれについて現場特性に合わせ設定した。

#### 1) 水位トリガー

水位トリガーは、水位の上昇を感知して採水する設定である。気象調査における降水量別の階級日数を参考に、20mm/day 以上の降水時に採水トリガーが起動するよう検討した。三角ノッチを設置した9月14日段階で常水位は11~12cmであった。試行的に水位12cmから3cm上昇した段階で採水起動するよう設定した。結果として、12月19日までに水位上昇に伴うデータを8回取得した。

#### 2) タイマートリガー

令和3年12月7日の降水後、常水位が上昇し始め15cmとなった。12月12日と14日は、わずかな降水により、水位が1cm程度上昇した際に採水していた。水質保全施設の機能復元が12月20日に完了したことを契機に、タイマートリガーへ変更した。タイマートリガーは、水位変動に伴う濁水の発生挙動を把握できない欠点があるが、常水位の変化にとらわれないことや、予定通りの日程で採水できる利点がある。そのため、調査流域の濁水発生特性や現地調査を実施する目的や頻度を考慮し、12時間毎または6時間毎等で採水対応することとした。

なお、12 月 20 日に水位は 18cm となり、その水位における流量では、水質保全施設の浄化ユニット部を越流するため、沈砂池の排泥弁を開放し、流量を低下させながら計測した。

# 3.2.4. 分析項目(濁度、SS、VSS、BOD)

採水したサンプルは分析機関に送付し、濁度とSS及び一部のサンプルについてVSSを計測した。 結果を表 3.2~表 3.4 に示す。また、図 3.7 には濁度とSSの計測結果と、その時の水位や流量ととも に時系列的に整理して示す。

# (1) 濁度

濁度は、水中に含まれる濁りの程度を示すものである。河川湖沼等において、濁りの原因となる主な物質は、粘土性物質(含ケイ酸塩)、溶存物質(鉄分等)が化学変化により不溶化した粒子、プランクトン、微生物及び不溶性有機性物質等である。

環境水における濁りの原因は、河川水、湖沼水でそれぞれ異なり、河川水では、降水等による土粒子の流入、都市下水や産業排水の流入による濁度の増加がある。湖沼水では、降水による濁水の流入の他に、富栄養化した水域では、植物プランクトンの増殖により濁度が増加する。また、地下水等では、最初濁りがなくても、水が空気に接触することによって徐々に酸化されて濁りはじめ、濁度が変化する場合がある。

分析方法は、濁度標準液(ポリスチレン粒子混濁液)を用いた積分球式濁度計を活用した<sup>5</sup>。検水に 光を照射し、検水中を通過した透過光量と検水中の微粒子によって反射されて生じる散乱光量とを積 分球を用いて測定し、散乱光量と透過散乱光合計量の比を求めることによって濁度を求めた。

## (2) SS

SS(Suspended Solids、浮遊物質量)とは、水中に懸濁している不溶解性物質のことで、JIS では懸濁物質、環境基準や排水基準では浮遊物質といい、2mm のふるいを通過し、 $1\mu m$  のろ過材上に残留する物質と定義されている。

SSには、粘土鉱物に由来する微粒子や、動植物プランクトンとその死骸、下水、工場排水等に由来する有機物や金属の沈殿物等が含まれる。一般に清澄な河川では粘土分が主体であり、汚染が進んだ河川では有機物の比率が高く、湖沼や海域では、季節によってはプランクトンとその遺骸が多くなる。

計測は GFP ろ過重量法を適用した $^6$ 。網目 2mm のふるいを通過した資料を孔径  $1\,\mu$  m 程度のガラス繊維ろ紙(GFP、Glass Fiberfilter Paper)でろ過し、GFP に捕捉された物質を  $105\sim110$  で 乾燥し、質量を測定して SS を求めた。

なお、令和 4 年 2 月 19 日以降のサンプルはMFろ過法を適用した。試料を孔径  $1 \mu$  m の有機性ろ 過膜であるメンブレンフィルター(MF)でろ過し、MF に捕捉された物質を  $105\sim110$   $^{\circ}$  で乾燥し、質量 を測定して SS を求めた。

表 3.2~表 3.4 の上流と下流の SS 値をもとに SS 低減率を算出し、概ね月別の平均を示すと、10 月は 22.6%、11 月は 16.7%、12 月の初旬から中旬が 20.6%、12 月中旬から 1 月は 43.4%となった。

.

<sup>5</sup> 厚生労働省告示第 261 号別表 41

<sup>6</sup> 昭和 46年 12月 28日環境庁告示第 59条付表 7

## (3) VSS

VSS(Volatile Suspended Solids)とは、SSを強熱したときに揮発する物質をいう。揮発性の物質は主に有機物であり、その内容は工場排水や家庭雑排水中の有機物、プランクトン、バクテリア等多岐にわたっている。マッフル炉で2時間、550℃の環境で有機物を強熱して、その消失重量を計測した。

#### (4) BOD

BOD(Biochemical Oxygen Demand、生物化学的酸素要求量)は、水質汚濁を示す代表的な指標であり、溶存酸素(DO)の存在する状態で、水中の微生物が増殖や呼吸作用によって消費する酸素をいい、通常 20  $\mathbb{C}$  、5 日間で消費された  $DO(mg/\ell)$ で示す $^7$ 。

水質保全施設の機能復元前後の変化を把握するため、11月8日から調査を開始し、10日に1回のペースで採水と分析を実施した。BODの分析はサンプルの鮮度が求められるため、採水翌日に分析を開始できるよう、分析機関の受け入れ可能な月日の前日に採水した。採水地点は、自動採水機の採水口(上流部と下流部)で、500mℓの採水ビンに空気が入らないよう満水位(約 600mℓ)で採水し、予備を含め2本採水した。

表 3.1 に 4 時系列で採取・計量した結果を示す。11 月 8 日の結果は定量下限値 0.5 に対し、上流は 0.7、下流は 0.5 となった。11 月 15 日の結果は定量下限値未満となり、上下流とも ND となった。

12月8日の第2回検討委員会において、委員からは、BODの計測は生活雑排水の流入がない自然河川では、検出は難しいのではないかとの意見を受けた。続く11月29日と12月9日の採水による計量結果もNDとなったこと、検査機関が令和3年12月20日から翌年の令和4年1月11日まで、社屋移動等で分析できなかったことを考慮し、調査を見合わせることとした。

採水日 上流值 下流值 備考 計量日 定量下限値は0.5 11月8日 11月24日 0.7 0.5 11月15日 11月30日 ND ND 11月29日 12月15日 ND ND 12月9日 12月21日 ND ND

表 3.1 BOD の計測結果

計量方法: JIS K 0102 21 32.3 計量機関: 一般社団法人 京都微生物研究所

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> 国土交通省水質連絡会(2008)河川水質試験方法(案),P44

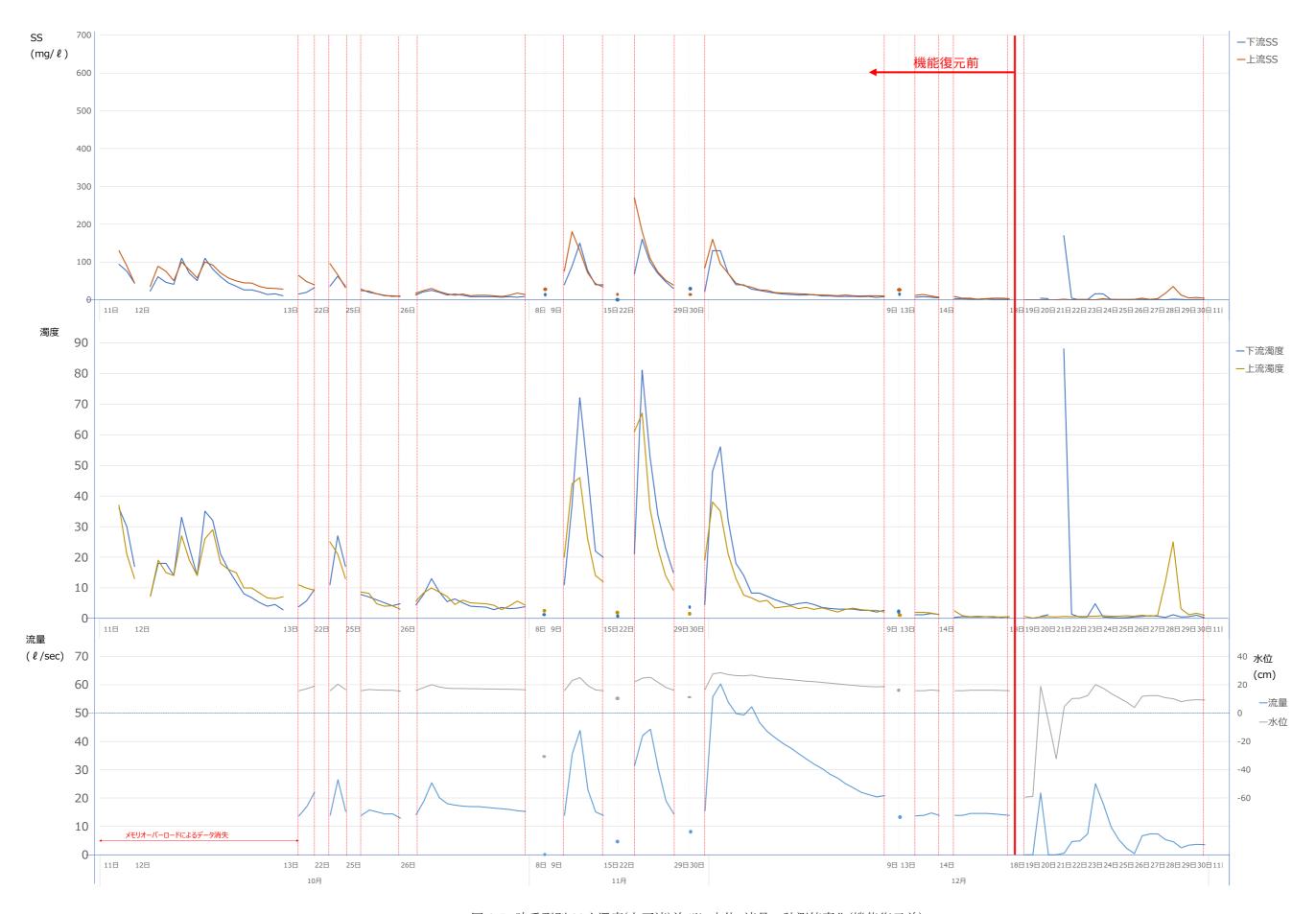


図 3.7 時系列別 SS と濁度(上下流)並びに水位・流量の計測値変化(機能復元前)

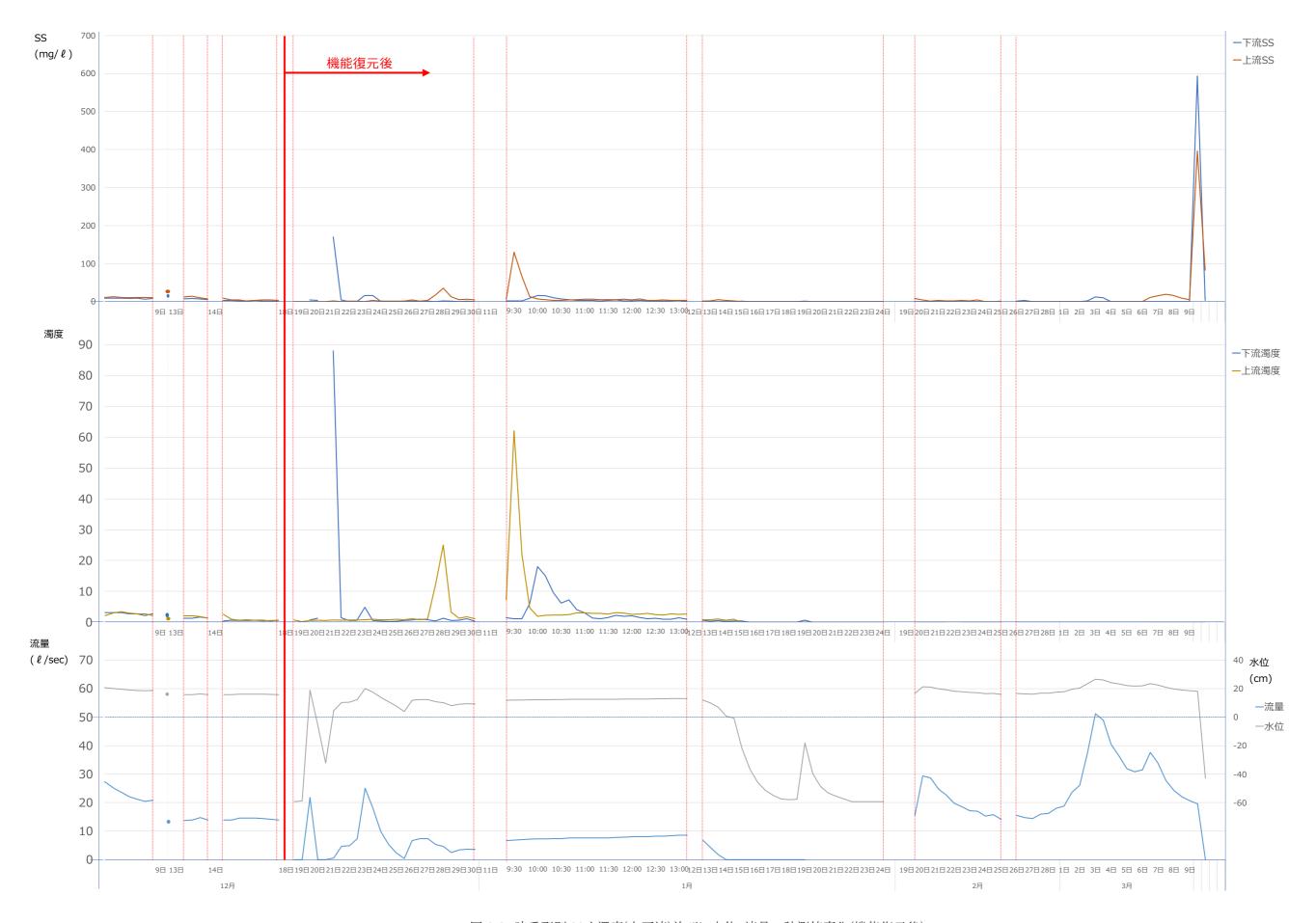


図 3.8 時系列別 SS と濁度(上下流)並びに水位・流量の計測値変化(機能復元後)

表 3.2 採水したサンプルの SS と濁度(1)

		水位と	/ 本皇		下流			上流		効果(	減量/	低洞	tok	
採水日	時間	小山口	- ル里	下流	下流		上流	上流		刈木(	/队里/	12//	V- <del>1</del>	備考
1木/ハロ	柏山印	水位	流量	SS	濁度	BOD	SS SS	ユ // ( 濁度	BOD	SS	濁度	SS	濁度	加力
108110	20.45			94			130	周及		36	1	27.7	2.7	
10月11日	20:45				36						1			
10月11日	21:45			76	30 17		90	21 13		14	-9 -4	15.6	-42.9	
10月11日	22:45			44	17		44	13		0	-4	0.0	-30.8	
40.540.5					7.0		0.5	7.0				0.1.0	0.0	
10月12日	0:03			23	7.3		35	7.3		12	0	34.3	0.0	
10月12日	1:03			61	18		89	19		28	1	31.5	5.3	
10月12日	2:03			46	18		75	15		29	-3	38.7	-20.0	
10月12日	3:03			41	14		51	14		10	0	19.6	0.0	
10月12日	4:03			110	33		100	27		-10	-6	-10.0	-22.2	
10月12日	5:03			70	23		79	19		9	-4	11.4	-21.1	
10月12日	6:03			51	14		58	14		7	0	12.1	0.0	
10月12日	7:03			110	35		100	26		-10	-9	-10.0	-34.6	
10月12日	8:03			81	32		92	29		11	-3	12.0	-10.3	
10月12日	9:03			61	21		71	18		10	-3	14.1	-16.7	
10月12日	10:03			45	16		58	16		13	0	22.4	0.0	
10月12日	11:03			36	12		50	15		14	3	28.0	20.0	
10月12日	12:03			26	8.1		45	10		19	1.9	42.2	19.0	
10月12日	13:03			26	6.8		43	10		18	3.2	40.9	32.0	
10月12日	14:03			21	5.2		35	8.3		14	3.1	40.0	37.3	
10月12日	15:03			14	4		31	6.7		17	2.7	54.8	40.3	
10月12日	16:03			16	4.6		30	6.5		14	1.9	46.7	29.2	
10月12日	17:03	15.9	14.2	11	2.8		28	7.1		17	4.3	60.7	60.6	
10月13日	3:35	15.7	13.7	15	3.9		64	11		49	7.1	76.6	64.5	
10月13日	4:35	17.1	17.0	20	5.8		48	9.9		28	4.1	58.3	41.4	
10月13日	5:35	19.0	22.1	32	9.4		40	9.3		8	-0.1	20.0	-1.1	
10月22日	16:41	15.8	13.9	36	11		96	25		60	14	62.5	56	
10月22日	17:41	20.4	26.4	62	27		66	21		4	-6	6.1	-28.6	
10月22日	18:41	16.4	15.3	36	17		32	13		-4	-4	-12.5	-30.8	
10月25日	16:11	15.8	13.9	28	7.8		24	8.6		-4	0.8	-16.7	9.3	
10月25日	17:11	16.6	15.8	20	7		23	8.2		3	1.2	13	14.6	
10月25日	18:11	16.3	15.1	16	6.1		16	4.8		0	-1.3	0	-27.1	
10月25日	19:11	16.0	14.4	12	5.1		11	4.0		-1	-1.1	-9.1	-27.5	
10月25日	20:11	16.0	14.4	9	4.2		11	4.2		2	0	18.2	0	
10月25日	20:43	15.3	12.9	10	4.8		9	3.1		-1	-1.7	-11.1	-54.8	
10月26日	6:27	15.9		13	4.4		17	5.7		4	210	23.5	22.8	
10月26日	7:27	17.9		21	7.9		24	8.4		3	0.5	12.5	6	
10月26日	8:27	20.1	25.4	25	13		30	10		5	-3	16.7	-30	
10月26日	9:27	18.3	20.1	20	8.7		22	8.6		2	-0.1	9.1	-1.2	
10月26日	10:27	17.5	18.0	13	5.5		16	7.2		3	1.7	18.8	23.6	
10月26日	11:27	17.3	17.5	15	6.4		12	4.6		-3	-1.8	-25	-39.1	
10月26日	12:27	17.2	17.2	12	5.1		15	6		3	0.9	20	15	
10月26日	13:27	17.1	17.0	8	4		11	5.1		3	1.1	27.3	21.6	
10月26日	14:27	17.1	17.0	8	3.9		12	5		4	1.1	33.3	22	
10月26日	15:27	17.0		8	3.7		12	4.8		4	1.1	33.3	22.9	
10月26日	16:27	16.9	16.5	8	2.9		11	4.3		3	1.4	27.3	32.6	
10月26日	17:27	16.8	16.2	7	3.6		9	2.9		2	-0.7	22.2	-24.1	
10月26日	18:27	16.7	16.0	8	3.0		12	4.1		4	0.9	33.3	22	
10月26日	19:27	16.7	15.5	7	3.4		18	5.7		11	2.3	61.1	40.4	
10月26日	20:27	16.4	15.3	9	3.9		14	4.4		5	0.5	35.7	11.4	
44 =								_						
11月8日	15:00	-32.9	0.0	4	1.5	0.5	8	2.3	0.7	4	0.8	50	34.8	
11月9日	4:01	15.8	13.9	40	11		75	20		35	9	46.7	45	
11月9日	5:01	23	35.6	89	37		180	44		91	7	50.6	15.9	
11月9日	6:01	25	43.9	150	72		130	46		-20	-26	-15.4	-56.5	
11月9日	7:01	19.3	23	78	48		71	26		-7	-22	-9.9	-84.6	
11月9日	8:01	16.3	15.1	40	22		43	14		3	-8	7	-57.1	
11月9日	8:23	15.8		40	20		34	12		-6		-17.6	-66.7	

表 3.3 採水したサンプルの SS と濁度(2)

		1.7-1	¥=						· / /•				<del></del>	
		水位と	二流重		下流			上流		効果(	減重)	低源	0.平	
採水日	時間	水位	流量	下流	下流	BOD	上流	上流	BOD	SS	濁度	SS	濁度	備考
		73.122	//LI	SS	濁度	505	SS	濁度	DOD	00	7317.00	00	/34/20	
11月15日	15:00	11.2	5.9	0	1	ND	3	1.8	ND	3	0.8	100	44.4	
11月22日	13:36	21.9	31.5	68	21		270	61		202	40	74.8	65.6	
11月22日	14:36	24.6	42.1	160	81		180	67		20	-14	11.1	-20.9	
11月22日	15:36	25.1	44.3	100	53		110	36		10	-17	9.1	-47.2	
<b></b>														
11月22日	16:36	21.6	30.4	70	34		74	23		4	-11	5.4	-47.8	
11月22日	17:36	17.9	19	48	23		52	14		4	-9	7.7	-64.3	
11月22日	18:36	16	14.4	30	15		39	9.3		9	-5.7	23.1	-61.3	
11月29日	15:00	12.8	8.2	10	3.9	ND	4	1.4	ND	-6	-2.5	-150	-178.6	
11月30日	23:00	16.5	15.5	22	4.5		84	19		62	14.5	73.8	76.3	
12月1日	0:00	27.5	55.7	130	48		160	38		30	-10	18.8	-26.3	
12月1日	1:00	28.4	60.3	130	56		95	35		-35	-21	-36.8	-60	
12月1日	2:00	27.1	53.7	70	32		70	21		0	-11	0	-52.4	
12月1日	3:00	26.3	49.8	40	18		44	13		4	-5	9.1	-38.5	
-														
12月1日	4:00	26.2	49.3	40	14		38	7.7		-2	-6.3	-5.3	-81.8	
12月1日	5:00	26.8	52.2	28	8.3		33	6.7		5	-1.6	15.2	-23.9	
12月1日	6:00	25.6	46.6	25	8.3		26	5.5		1	-2.8	3.8	-50.9	
12月1日	7:00	24.9	43.4	21	7.3		25	5.9		4	-1.4	16	-23.7	
12月1日	8:00	24.4	41.3	18	6.2		19	3.5		1	-2.7	5.3	-77.1	
12月1日	9:00	23.9	39.2	15	5.3		18	3.8		3	-1.5	16.7	-39.5	
12月1日	10:00	23.5	37.6	14	4.3		17	4.1		3	-0.2	17.6	-4.9	
12月1日	11:00	23	35.6	13	4.9		16	3.2		3	-1.7	18.8	-53.1	
12月1日	12:00	22.5	33.7	13	5.2		15	3.6		2	-1.6	13.3	-44.4	
12月1日	13:00	22	31.9	14	4.6		13	3		-1	-1.6	-7.7	-53.3	
-	14:00	21.6	30.4	10	3.6		13	3.5		3	-0.1	23.1	-2.9	
12月1日														
12月1日	15:00	21	28.4	10	3.3		12	2.8		2	-0.5	16.7	-17.9	
12月1日	16:00	20.6	27	9	3.1		11	2.1		2	-1	18.2	-47.6	
12月1日	17:00	20	25.1	9	3.1		13	3		4	-0.1	30.8	-3.3	
12月1日	18:00	19.5	23.6	9	3.1		11	3.4		2	0.3	18.2	8.8	
12月1日	19:00	19	22.1	8	2.7		10	2.9		2	0.2	20	6.9	
12月1日	20:00	18.7	21.2	9	2.7		11	2.7		2	0	18.2	0	
12月1日	21:00	18.4	20.4	6	2.1		11	2.7		5	0.6	45.5	22.2	
12月1日	22:00	18.6	20.9	8	2.7		10	2.1		2	-0.6	20	-28.6	
12月9日	15:00	15.4	13.1	4	1 9	ND	7	27	ND	3	0.8	42.9	29.6	
12/171	13.00	10.4	10.1		1.3	. 10		2.1	. 10		0.0	14.3	23.0	
12 日 12 日	4.00	15.7	13.7	7	1.2		12	2		5	0.0	41.7	40	
12月13日	4:20										0.8			
12月13日	4:30	15.8	13.9	8	1.2		14	2		6	0.8	42.9	40	
12月13日	5:30	16.2	14.8	7	1.6		10	1.8		3	0.2	30	11.1	
12月13日	6:30	15.8	13.9	5	1.3		7	1.3		2	0	28.6	0	
12月14日	0:30	15.8	13.9	3	0.4		9	2.5		6	2.1	66.7	84	
12月14日	0:40	15.8	13.9	3	0.6		4	0.9		1	0.3	25	33.3	
12月14日	1:40	16.1	14.6	2	0.5		4	0.6		2	0.1	50	16.7	
12月14日	2:40	16.1	14.6	2	0.5		1	0.8		-1	0.3	-100	37.5	
12月14日	3:40	16.1	14.6	3	0.6		3	0.6		0	0.0	0	0	
12月14日	4:40	16.1	14.4	1	0.6		4	0.0		3	-0.2	75	-50	
										3				
12月14日	5:40	15.9	14.2	1	0.4		4	0.5			0.1	75	20	
12月14日	9:40	15.8	13.9	1	0.6		3	0.5		2	-0.1	66.7	-20	

表 3.4 採水したサンプルの SS と濁度(3)

		水位と	/ 法里		下流			上流		九田 (	活里/	低源	# 957	
採水日	時間	水位	流量	下流 SS	下流	BOD	上流 SS	上流	BOD	効果( SS	濁度	SS	濁度	備考
12月18日	0:00	-59.4	0	55	冯汉	ND	0	0.7		0	0.7	_	100	
12月18日	12:00	-58.8				ND	0	0.1		0	0.1	_	100	
12月19日	0:00	18.9	21.8	4	0.7	ND	0	0.5		-4	-0.2	_	-40	
12月19日	12:00	-5.8		3		ND	0	0.6		-3	-0.2	-	-100	
12月20日	0:00	-32.1	0	3	1.2	ND	0	0.5		-5	0.5	_	100	
	12:00	4.5	0.6	170	88		2	0.5		-168	-87.3	-	-	鋼製枠洗浄直後
12月20日						ND	0	0.7				-		刺聚件流冲巨恢
12月21日	0:00	10.2	4.7	4						-4	-0.8	- 100		
12月21日	12:00	10.4	4.9	0	0.5		1	0.7		1	0.2	100	28.6	
12月22日	0:00	12.3	7.4	0	0.5		1	0.7		1	0.2	100	28.6	
12月22日	12:00	20	25.1	16		ND	0	0.8		-16	-4		-500	
12月23日	0:00	17.5	18	16	0.5		3	0.9		-13	0.4	-	44.4	
12月23日	12:00	13.8	9.9	1	0.4		1	0.8		0	0.4	0	50	
12月24日	0:00	10.7	5.3	0	0.2		1	0.8		1	0.6	100	75	
12月24日	12:00	7.7	2.3	0	0.3		1	0.9		1	0.6	100	66.7	
12月25日	0:00	3.9		1	0.5		1	0.8		0	0.3	0	37.5	
12月25日	12:00	11.8	6.7	1	0.7		4	1.1		3	0.4	75	36.4	
12月26日	0:00	12.3	7.4	0	0.9		1	0.8		1	-0.1	100	-12.5	
12月26日	12:00	12.3	7.4	1	0.8		3	1		2	0.2	66.7	20	
12月27日	0:00	10.7	5.3	0	0.4		17	12		17	11.6	100	96.7	
12月27日	12:00	10.1	4.6	2	1.2		35	25		33	23.8	94.3	95.2	
12月28日	0:00	8	2.5	1	0.5		13	3.2		12	2.7	92.3	84.4	
12月29日	12:00	9	3.4	0	0.6		5	1.2		5	0.6	100	50	
12月29日	0:00	9.3	3.7	1	1.1		6	1.7		5	0.6	83.3	35.3	
12月29日	12:00	9.2	3.6	0	0.3		4	1.1		4	0.8	100	72.7	
1月10日	15:50													
1月11日	9:20	11.8	6.7	2	1.4		6	7.2		4	5.8	66.7	80.6	
1月11日	9:30	11.9	6.9	2	1.1		130	62		128	60.9	98.5	98.2	
1月11日	9:40	12	7	2	1.1		66	22		64	20.9	97	95	
1月11日	9:50	12.1	7.2	9	6		13	4.6		4	-1.4	30.8	-30.4	
1月11日	10:00	12.2	7.3	16	18		7	1.9		-9	-16.1	-128.6	-847.4	
1月11日	10:10	12.2	7.3	15	15		5	2.2		-10	-12.8	-200	-581.8	
1月11日	10:20	12.3	7.4	10	9.6		3	2.3		-7	-7.3	-233.3	-317.4	
1月11日	10:30	12.3	7.4	7	6.2		3	2.3		-4	-3.9	-133.3	-169.6	
1月11日	10:30	12.3	7.4	5	7.2		4	2.3		-1	-4.8	-133.3	-200	
1月11日	10:50	12.4	7.6	3	3		5 6	3		2	-1	40	-33.3 0	
1月11日	11:00	12.4	7.6	3							1.5	50		
1月11日	11:10	12.4	7.6	3	1.3		6	2.8		3	1.5	50	53.6	
1月11日	11:20	12.4		1	1.1		5	2.8					60.7	
1月11日	11:30	12.4		3	1.5		5	2.6		2	1.1	40	42.3	
1月11日	11:40	12.5		4	2.2		5	3.1		1	0.9		29	
1月11日	11:50	12.6	7.9	2	1.9		6	2.9		4	1		34.5	
1月11日	12:00	12.7	8.1	2	2		4	2.5		2	0.5	50	20	
1月11日	12:10	12.7	8.1	3	1.5		7	2.6		4	1.1	57.1	42.3	
1月11日	12:20	12.7	8.1	2	1.1		3	2.8		1	1.7	33.3	60.7	
1月11日	12:30	12.8		2	1.2		3	2.4		1	1.2	33.3	50	
1月11日	12:40	12.8		1	0.9		4	2.3		3	1.4	75	60.9	
1月11日	12:50	12.9	8.4	2	0.9		3	2.7		1	1.8	33.3	66.7	
1月11日	13:00	13	8.6	3	1.4		3	2.5		0	1.1	0	44	
1月11日	13:10	13	8.6	0	0.9		3	2.6		3	1.7	100	65.4	
1月12日	0:00	11.9	6.9	1	0.6		1	0.8		0	0.2	0	25	
1月12日	12:00	9.9	4.3	0	0.3		2	0.8		2	0.5	100	62.5	
1月13日	0:00	6.8	1.7	0	0.5		5	1		5	0.5	100	50	
1月13日	12:00	0.6	0	0	0.2		3	0.6		3	0.4	100	66.7	
1月14日	0:00	-0.7		0	0.4		2	0.9		2	0.5	100	55.6	
-,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	0.00	0.7		,	0.1	<u> </u>		0.0					30.0	

表 3.5 採水したサンプルの SS と濁度(4)

	下流						効果(	減量)	低源	***				
採水日	時間	水位と	- 川里	下流	下流		上流	上流			/队里/		×+	備考
N/N II	H/J [EJ	水位	流量	SS	濁度	BOD	SS	五 <i>洲</i> 濁度	BOD	SS	濁度	SS	濁度	C. FHA
1月14日	12:00	-21.8	0				空	空						
1月15日	0:00	-36.6		空	空		空	空						
1月15日	12:00	-46.0	0.0		空		空	空						
1月16日	0:00	-51.6		空	空		空	空						
1月16日	12:00	-55.1		空	空		空	空						
1月17日	0:00	-57.4		空空	空空		空空	空空						
1月17日	12:00	-58.0		空	空		空	空						
1月18日	0:00	-57.6	0.0		空		空	空						
1月18日	12:00	-18.1	0.0	1			空	空						
1月19日	0:00	-39.5		空	空空		空	空						
1月19日	12:00	-48.7		空	空		空	空						
1月20日	0:00	-53.3		空	空		空	空						
1月20日	12:00	-55.6		空	空		空	空						
1月21日	0:00	-57.4		空	空		空	空						
1月21日	12:00	-59.4		空	空		空	空						
1月22日	0:00	-59.4		空	空		空	空						
1月22日	12:00	-59.4		空	空		空	空						
1月23日	0:00	-59.4		空	空		空	空						
1月23日	12:00	-59.4		空	空		空	空						
2月19日	14:00	16.5	15.5	0	-		8	-		8		100		SSのみ分析
2月20日	2:00	21.3	29.4	0	-		4	-		4		100		SSのみ分析
2月20日	14:00	21.1	28.7	0	-		1	-		1		100		SSのみ分析
2月21日	2:00	19.9	24.8	0	-		3	-		3		100		SSのみ分析
2月21日	14:00	19.2	22.7	0	-		2	-		2		100		SSのみ分析
2月22日	2:00	18.2	19.8	0			2	-		2		100		
2月22日	14:00	17.7	18.5	0	-		3	-		3		100		SSのみ分析
2月23日	2:00	17.2	17.2	0	-		2	-		2		100		SSのみ分析
2月23日	14:00	17.1	17.0	0	-		4	-		4		100		SSのみ分析
2月24日	2:00	16.4	15.3	0	-		0	-		0				SSのみ分析
2月24日	14:00	16.6	15.8	0	-		0	-		0				SSのみ分析
2月25日	2:00	15.9	14.2	0	-		1	-		1		100		SSのみ分析
2月25日	14:00	16.5	15.5	1	-		-							下流SSのみ分析
2月26日	0:00	16.2	14.8	3	-		-							下流SSのみ分析
2月26日	12:00	16.0	14.4	0			-							下流SSのみ分析
2月27日	0:00	16.7	16.0	0			-							下流SSのみ分析
2月27日	12:00	16.8	16.2	0			_							下流SSのみ分析
2月28日	0:00	17.5	18.0		-		_							下流SSのみ分析
2月28日	12:00	17.8	18.8		-		_							下流SSのみ分析
3月1日	0:00	19.5	23.6		-		_							下流SSのみ分析
3月1日	12:00	20.3	26.1		-		_							下流SSのみ分析
3月1日	0:00	23.5	37.6		-		_							下流SSのみ分析
3月2日	12:00	26.6	51.2	12	_									下流SSのみ分析
3月2日	-			10			-							
	0:00	26.1	48.9				-							下流SSのみ分析
3月3日	12:00	24.2	40.4		-		-							下流SSのみ分析
3月4日	0:00	23.2	36.4		-		-							下流SSのみ分析
3月4日	12:00	22.0	31.9		-		-							下流SSのみ分析
3月5日	0:00	21.7	30.8		-		-							下流SSのみ分析
3月5日	12:00	21.9	31.5		-		-							下流SSのみ分析
3月6日	12:00	23.5	37.6		-		11							SSのみ分析
3月6日	0:00	22.5	33.7		-		15							SSのみ分析
3月7日	12:00	20.8	27.7		-		19							SSのみ分析
3月7日	0:00	19.7	24.2		-		16							SSのみ分析
3月8日	12:00	19.0	22.1		-		9							SSのみ分析
3月8日	0:00	18.5	20.7		-		5							SSのみ分析
3月9日	12:00	18.1	19.6	593			396	-						SSのみ分析 河床にて重機作業中
3月9日	0:00	-42.8	0.0	3	-		82	-						SSのみ分析 河床にて重機作業中

水位<sub>40.0</sub>

(cm) <sub>30.0</sub>

20.0

10.0

0.0

10~11 月の常水位 12cm

# 3.3. 計測期間中のデータ取得状況

データ計測期間における降水イベントとともに変動する水位、流量及び温度(水温もしくは気温)並びに当該期間の採水タイミングを示す。なお、図中の Q-SS グラフは、採水時の流量(Q)を横軸、SS を縦軸に示すグラフで後述する。

# 3.3.1. 令和 3 年 10 月中旬から下旬

10月11日から10月末までの計測データを図3.10に示す。三角ノッチの常水位は、無降水時の水位である12cm とした。11日から26日にかけ期間降水量113mmを観測した。特に17日は30.5mm/day(現地観測では23.7mm/day)を観測し、降水強度については22日に現地観測により14.4mm/hrmaxを観測している。

三角ノッチの水位は、17 日の 05:10 に 40.3cm(流量は 144.80/sec)と、三角ノッチの上限を 0.3cm 超え、30 分程度で 40cm 以上となった。水位が 40cm 以上となってから約 1 時間後の 6:20 から 6:30 頃の定点カメラ画像を図 3.9 に示す。6:20 で 37.1cm、6:30 で 36.8cm の水位を計測 し、ノッチ部の全断面で排水している。水質保全施設内は濁水で満たされ、浄化ユニットを越流し、ほぼ層流となって流下している。しかし、当時の濁水は採水できなかった。

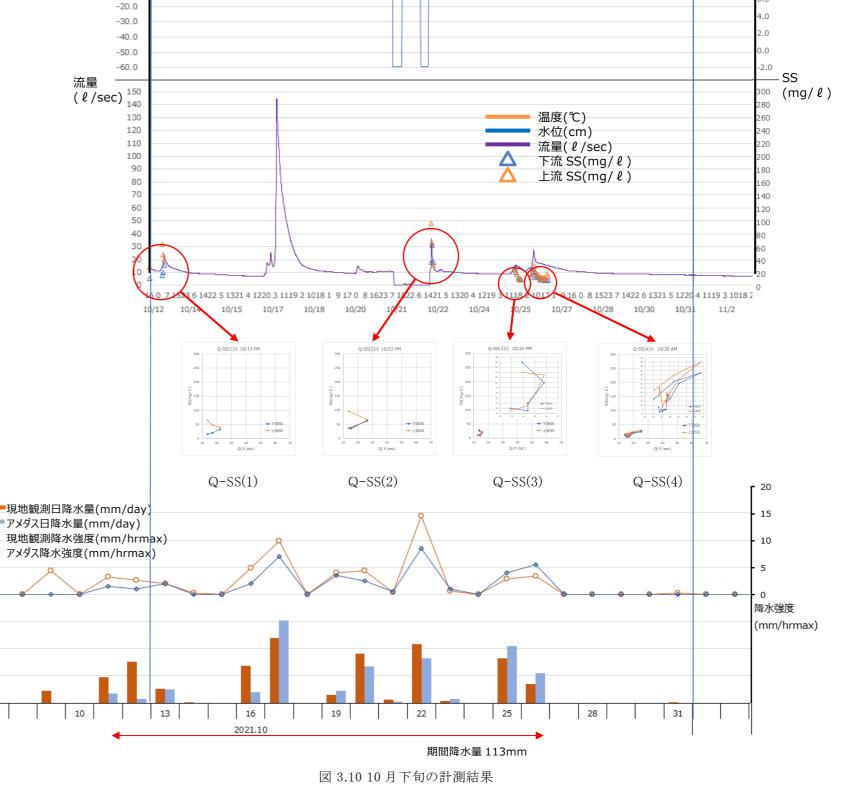
当該降水イベントが発生する以前である 11 日の 20:45 から 13 日の 17:00 までに、水位が 15cm を超えて採水トリガーが起動し、24 回分の採水機会を使い果していたことを 10 月 21 日に 確認した。

10月22日に自動採水機を再設定した際、雹を伴う雷雨で水位上昇し(最高23.2cm、17:00)、3回採水した。その際の現地降水量は21.6mm/dayであった。また、10月25日から26日の降水イベントに対し21回採水した。25日の現地降水量は16.4mm/day、水位は20.8cm(08:10)となった。





図 3.9 令和 3年 10月 17日 6:20~6:30 の定点カメラ画像



16.0 温度

<sub>14.0</sub> (℃)

日降水量

20

10

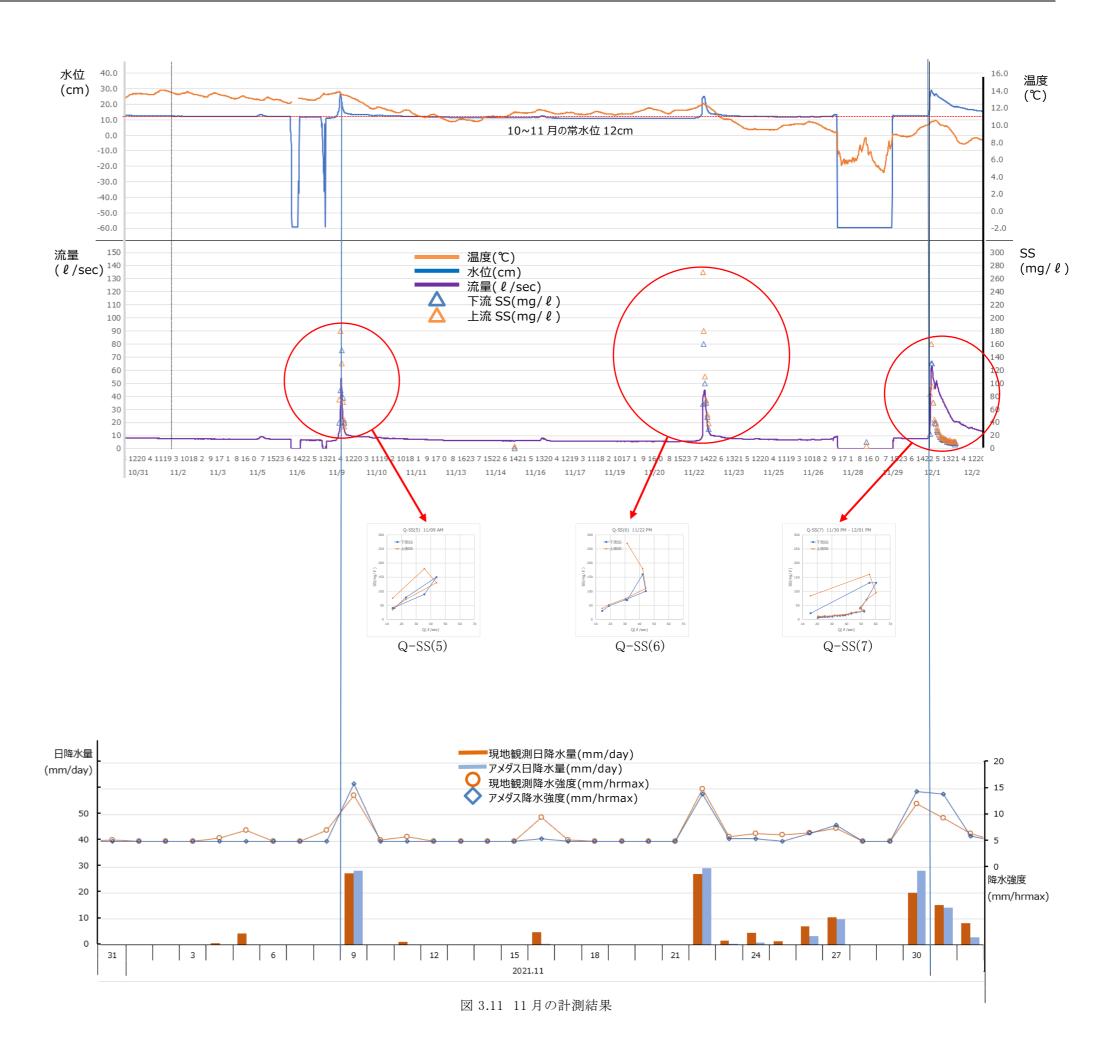
(mm/day)

# 3.3.2. 令和 3 年 11 月

11 月の常水位は、10 月中下旬と同様 12cm と想定した。9 日と22 日、30 日から12 月8日にまとまった降水を計測した。

9 日の現地観測による降水量は 27.6mm/day、22 日は 27.4mm/dayである。9日の最高水位は27.2cm(5:30)、22日の最高水位は25.2mm(15:10)である。水位上昇に合わせ、各 6 回採水している。

11月30日~12月8日の期間降水量は99.5mmであるが、 11月30日に降水量28.5mm/day(現地観測は20.2mm/day)を計測しており、11月30日23:00から12月1日22:00までの間に24回採水することができた。



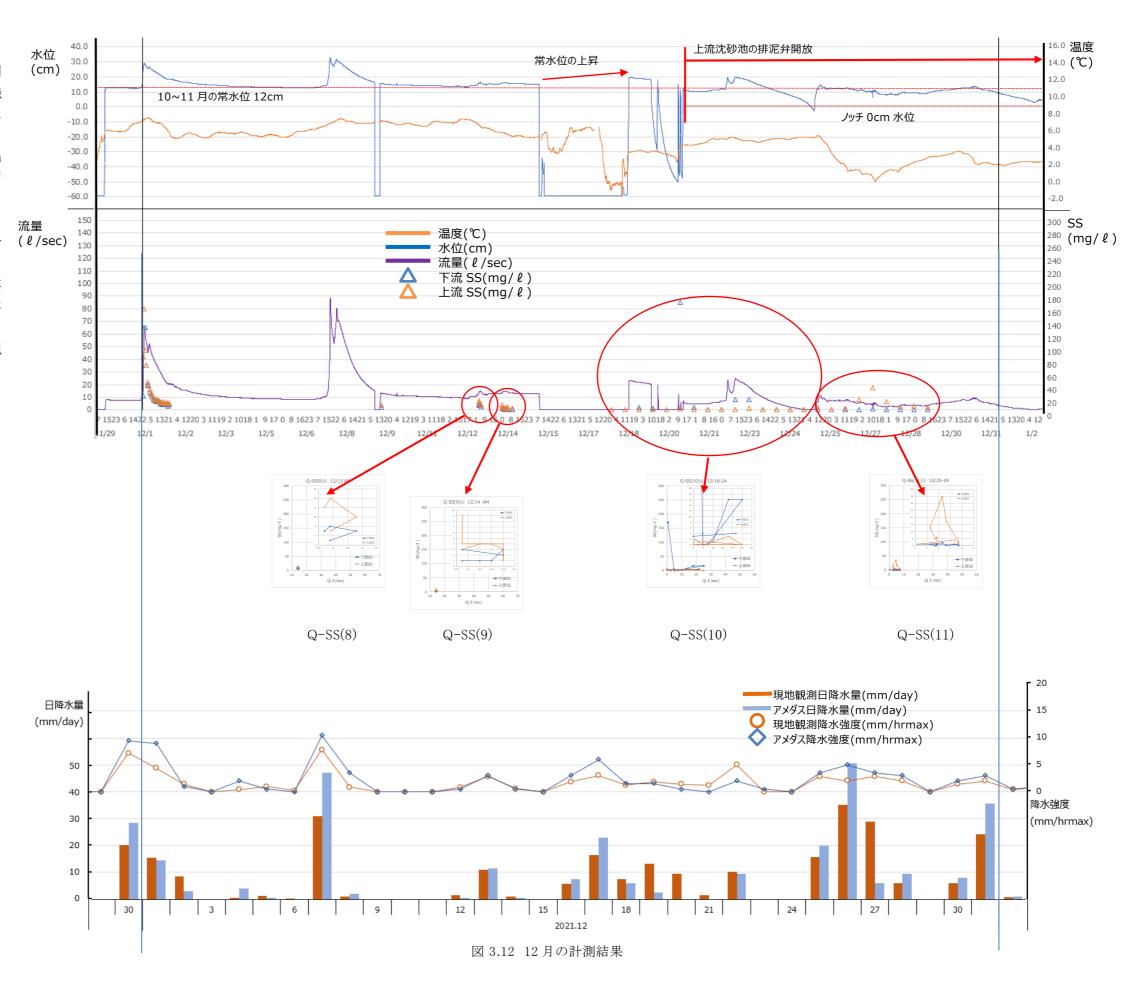
# 3.3.3. 令和 3 年 12 月

12 月は、7 日にまとまった雨(現地観測 31mm/day、10.5mm/hrmax)が観測された。しかし1日 22:00までで24回採水したため、7 日の採水はできなかった。9 日に自動採水機の再設定を実施した。その際水位は15cmであり、わずかな水位上昇で1回採水した。12日まで13~14cmの水位だったが、12日以降断続的に降水があり、月13日の早朝で水位は15cmとなった。14日まで最高水位は16.2cmであるが、その間にトリガーが起動し12回採水した。

15 日から 20 日まで施設の機能復元作業を実施した。なお、 流量 150 19 日に水位が 18.5 cm となったため、三角ノッチの流量確認を (ℓ/sec) 130 実施した。

20 日から施設機能復元後の観測を実施することとした。実施に当たり、沈砂池の排泥弁を開放し、浄化ユニットを越流させないよう流量を調整した。

26 日から大雪となり、日には舞鶴市内で積雪深 71cm を観測した。その後 31 日に 20cm の積雪を観測している。



# 3.3.4. 令和 4 年 1 月

1月は14日と18日に10cm程度の積雪を計測しているが、 年末の大雪が根雪となり1月の降雪はなかった。11日に自動 採水機を再設定するに当たり、機能復元後の浄化ユニットの透 過速度を確認するため、上流沈砂池に濁質を投入し、取水桝 への濁水の移行速度を調査した(以下「人工発生の濁水試験」 という)。自動採水機の採水間隔を10分とし、濁質投入前に1 回、投入後に23回採水し、その変化を調べた。

当該作業完了後、12時間毎に再設定し、1月中下旬の採水を行った。再度、浄化ユニットを越流させないよう、沈砂池の排泥弁を開放して流量を調整していたところ、渓流水の水位が低下し、自動採水機の吸水口が地上に露出したため、23日までの間に24回分の採水機会のうち下流部で7回、上流部で5回採水し、残りは採水できなかった。なお、この期間における渓流水は透明度が高く、目視による濁りは認められなかった。

14 日から水位が低下した原因について、気温の低下が想定される。表 3.6 に令和 4年1月のアメダス舞鶴における気温(平均、最高、最低)を示す。9 日から舞鶴市内において連続的に最低気温が氷点下となっている。11 日までは最高気温が高かったが、12日以降は最高気温も5℃以下となり、融雪が停止するとともに、流路の一部も凍結し流量が減少したと想定される。

14日にはノッチの水位 0を下回り、下流の採水限界水位より も低下し、水位計が水面上に露出した(水位計が水面上に出る と水温ではなく気温を記録する)。なお、24日以降に最高気温 の上昇と最低気温が 0℃以上となって 27日に水位が回復した ものの、30日にはまた水位が低下している。

	衣 3.0	77 作 4	E 14 1 7	リクヌ	に価(ノノ	グク舞	<b>性</b> 局 <i>J</i>
B	平均 気温	最高 気温	最低 気温	П	平均 気温	最高 気温	最低 気温
1	0.9	2.6	-1.2	16	2.8	10	-2.3
2	1.0	5.3	-2.8	17	3.6	9.5	0.5
3	2.2	7.9	0.2	18	0.7	2.4	-0.1
4	2.3	4.3	0.3	19	1.1	4.1	-0.6
5	3.7	5.3	1.2	20	1.3	4.2	-0.5
6	2.3	7.4	0.8	21	2.0	3.9	0.0
7	4.4	6.3	1.5	22	2.0	5.9	-0.4
8	3.1	9.2	0.9	23	1.3	2.9	-0.5
9	4.0	11.1	-1.3	24	5.9	7.3	1.1
10	5.0	10.8	0.0	25	4.8	8.6	0.7
11	3.5	7.2	-0.2	26	3.8	10.2	-0.9
12	1.2	2.8	0.2	27	4.0	7.5	0.0
13	1.1	4.5	-0.5	28	3.0	6.3	0.1
14	1.0	3.4	-0.7	29	4.2	8.4	1.5
15	1.5	5.9	-1.5	30	2.1	4.5	-0.4
				31	2.0	4.4	0.5

表 3.6 令和 4年1月の気温(アメダス舞鶴)

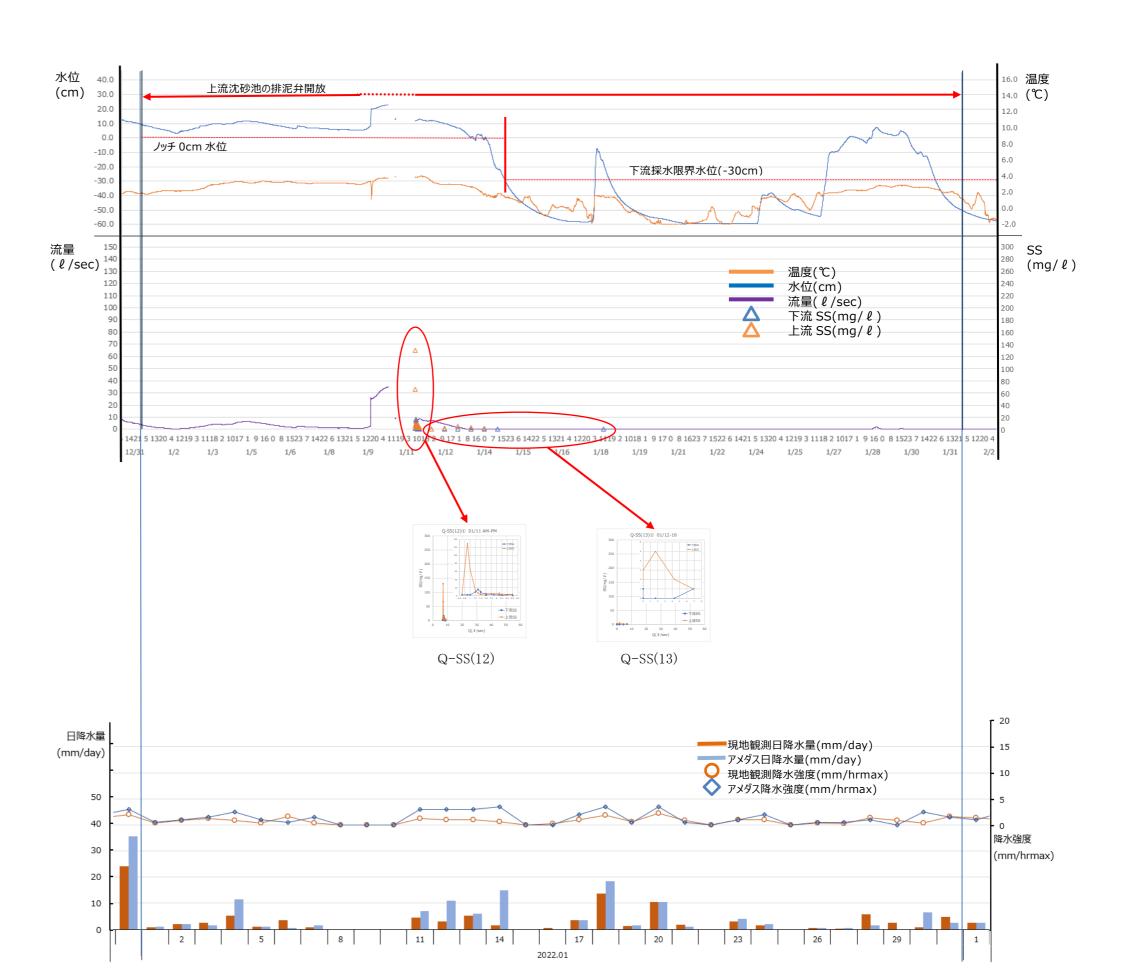


図 3.13 1月の計測結果

# 3.3.5. 令和 4 年 2 月

2月は6日に29cm、17日に23cm、21日に28cmと断続的に積雪を観測している。採水は71回実施したものの、いずれも1月と同様、濁りのない清水であった。

19 日に再設定を実施した際、水位が吸水口の高さよりも低下することが多かったため、上流沈砂池の排泥弁を閉鎖した。

10~11月の常水位12cmに対し、15cm以上の水位、特に2月末は25cmまで水位が上昇し、多くの清水が治山施設と水質保全施設を流下していることを確認した。採水は19日から25日までは1日4回採取し(SS分析は2回分のみ)、25日からは1日2回の採水を実施した。

1月31日から2月4日まで水位が低下した理由は不明である。5日以降10日までは、最低気温が氷点下で最高気温が 5℃以下のため、融雪が停止した可能性が考えられる。11日から15日は最高気温が10℃近くで融雪があり、18日以降はまた、最高気温の低下で融雪が停止したと想定される。

表 3.7 令和 4 年 2 月の気温(アメダス舞鶴)

日	平均 気温	最高気温	最低 気温	日	平均 気温	最高気温	最低 気温
1	3.3	8.9	0.4	16	2.0	6.9	-1.9
2	3.0	8.3	0.1	17	-0.5	1.4	-2.1
3	3.3	8.9	1.3	18	1.2	4.4	-2.3
4	3.3	9.4	0.7	19	1.4	4.7	-1.5
5	0.3	1.8	-1.3	20	1.9	6.0	0.0
6	0.0	2.0	-1.5	21	0.0	2.1	-1.6
7	1.2	3.7	-0.6	22	-0.2	2.7	-3.5
8	2.9	7.3	0.6	23	0.0	2.9	-3.7
9	3.2	6.8	0.5	24	0.9	5.1	-0.8
10	3.7	8.0	0.2	25	1.9	7.8	-2.0
11	4.1	9.1	-0.4	26	3.8	12.8	-1.9
12	3.2	11.3	-1.8	27	4.0	9.2	0.1
13	3.6	7.1	-1.2	28	4.5	13.6	-1.8
14	5.9	8.2	0.2				
15	5.0	11.9	0.1				
		_					



図 3.14 2月の計測結果

## 3.3.6. 令和 4 年 3 月

水位、流量並びに水温は 9 日まで計測した。降水量はアメダスデータによると、6 日に 8.5mm/day の降水を確認している。三角ノッチの水位は、上流沈砂池の排泥バルブを閉塞させているため、20cm を超えている。

採水は、5日に再設定後、9日までの間に8回(1日2回)計測している。なお、濁度は計測していない。18日に44mm/dayの降水を確認した。この6日以降18日以前に顕著な降水はなく、融雪時に形成された濁質が濁水となって流下している可能性がある。

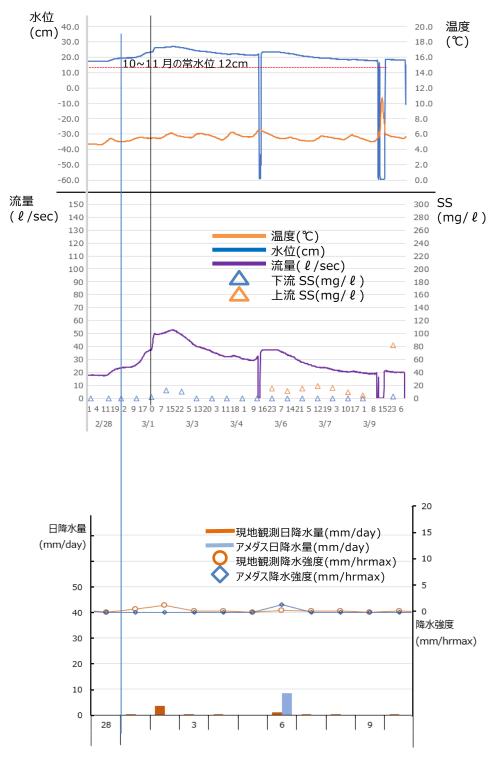


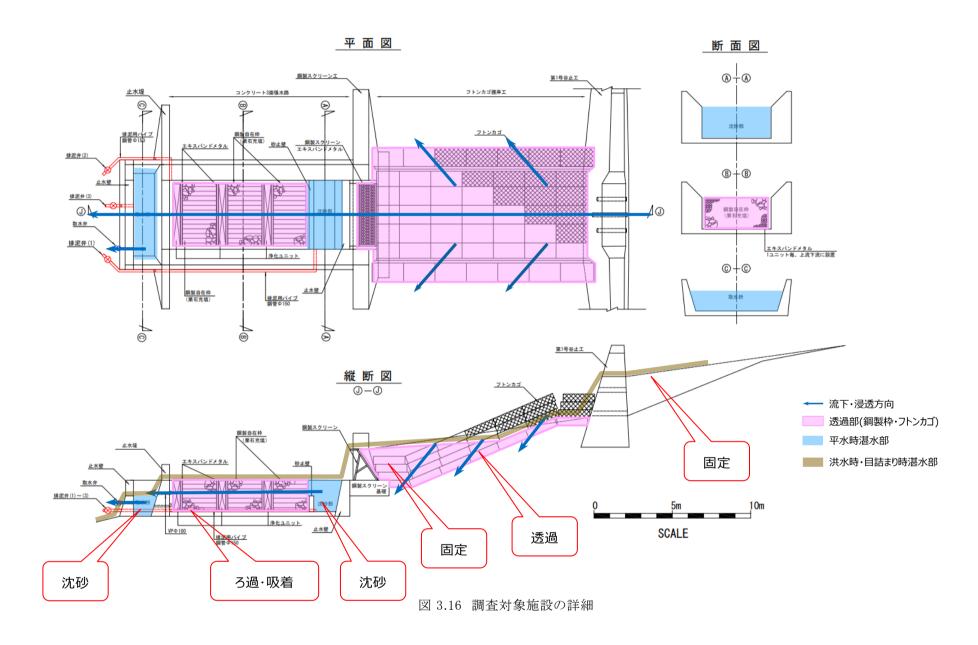
図 3.15 3月初旬の計測結果

# 3.4. 調査対象施設の機能復元

既存治山施設と水質保全施設について、現状の機能を確認後、仕様書に従って極力、施工当時の以下の機能を復元する作業を実施した。

- ✓ コンクリート谷止工:土砂とともに濁質を固定する機能
- ✓ フトン籠流路工:渓岸侵食を抑止し、土砂とともに濁質の発生を抑止する機能。加えてフトン籠内部の礫間を透過させ伏流化とともに濁質を固定する機能
- ✓ 鋼製スクリーンダム:エキスパンドメタルのスクリーンによってフィルタリングする機能
- ✓ 水質保全施設:沈砂池にて濁質を沈砂させ、浄化ユニットにより濁質をろ過吸着させる機能
- ✓ 取水桝(沈砂機能付き): 渇水時の渓流水を集水して簡易水道施設へ導水するとともに、濁質を沈砂させる機能

昨年度収集した文献<sup>8</sup>によると、渓流水と木炭の接触による浄化の効果は、少なくとも 24 時間程度の接触時間が必要であることが示されており、図 3.17 に示すとおり、渇水期に流速が低下して流量が減少することによって、水質改善効果が期待できると推定される。そのため、施設復元に当たっては、渓流水と木炭が確実に接触するよう透過性を確保できるよう配慮し、その機能評価の際は、調査対象施設が最も水質改善効果を期待されている時期の状態で評価することが必要である。



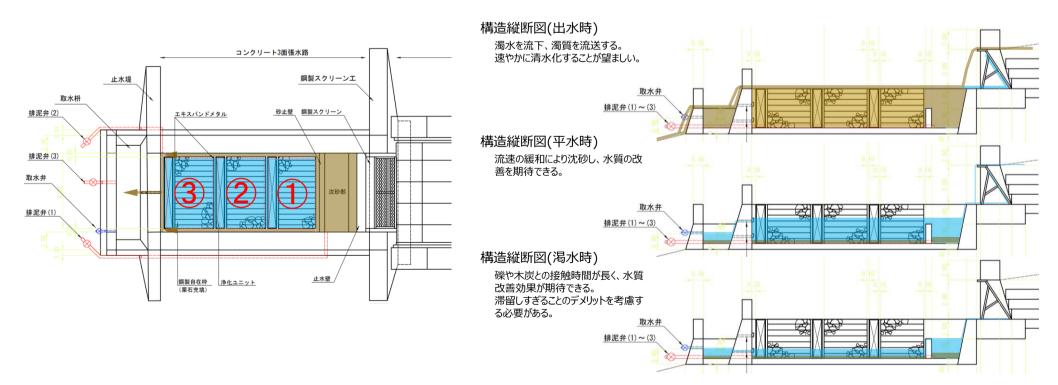


図 3.17 浄化ユニットの水位変化と期待される効果

<sup>8</sup> 鹿野厚子,谷内博規(2003)木炭を用いた水質浄化に関する研究. 岩手県林業技術センター研究報告

## 3.4.1. コンクリート谷止工

渓岸侵食の抑止、上流からの土砂貯留を目的として平成 6 年に施工された。概ね満砂し堆砂敷に 土砂とともに、大小多くの石礫を捕捉しており、下流域の鋼製スクリーンダムや水質保全施設の機能 保全に貢献している。増水時は放水路を越流しているが、平水時は3箇所の水抜のうち、上段右岸側 から伏流湧出している。なお、堆砂敷を攪乱させると容易に濁水化しているため、伏流地点は堆砂敷 内の近接地点と想定される。

直接的な復元作業は実施していないが、後述するフトン籠流路工の補修に当たり、谷止工の前庭部洗堀を抑止する対応を実施している。





図 3.18 コンクリート谷止工(左:正面 右:堆砂敷)





図 3.19 コンクリート谷止工堆砂敷(左:ダムから上流方向、右:上流からダム方向)

### 3.4.2. フトン籠流路工

コンクリート谷止工から鋼製スクリーンダム区間の渓岸侵食を抑止するとともに、フトン籠の礫間浄化機能を期待して施工された構造物である。スクリーンダムのスクリーン効果を発揮させるためには、長期にわたり未満砂状態を維持する必要があり、スクリーンダム上流部の両岸と渓床を保護する(前掲図1.6 参照)ことを主な目的として施工されたと想定される。

#### (1)機能復元前の状況と復元作業について

フトン籠流路工は、コンクリート谷止工接合部の右岸脚部が破損していた。当該部が拡大崩壊すると、下流の鋼製スクリーンダムに悪影響を与え、断続的に濁水が発生する可能性があるため、臨機の対応として周辺の河床を整理し、転石を詰めて脚部の固定を図った。また、コンクリート谷止工の前庭部は、施工当初は水叩と、それに連続する渓床の保護として、フトン籠が配置されていたが消失して

いる。そのため、コンクリート谷止工の前庭部には水叩部に転石を配置し、スクリーンダムに至るまでの 区間については、両岸流路工の脚部を保護するために、大転石を水制工的に配置した



図 3.20 フトン籠流路工とコンクリート谷止工の右岸部と左岸部



図 3.21 河床整理とともに転石を流路工の脚部と谷止工の脚部に配置し、侵食の拡大を抑止

# (2) 機能復元後

破損部の脚部を固定することにより、期待された機能を維持できるようにした。なお、フトン籠流路工から清水が湧出していることを確認した。流路の表流水とは別系統で伏流し、清水を保って湧出しているため、下流域への濁水軽減に貢献している可能性がある。



図 3.22 河床整理とともに転石を流路工の脚部と谷止工の脚部に配置し、侵食の拡大を抑止

## 3.4.3. 鋼製スクリーンダム

鋼製スクリーンダムは、バッドレスダムの上流面にエキスパンドメタルを配置し、渓流水を直接透過させ、エキスパンドメタルの目合の大きさの土砂や濁質を捕捉・固定し、下流域の水質保全施設の機能を維持させる目的をもつ。

# (1) 機能復元前の状況と復元作業について

上流部の両岸に接続するフトン籠流路工は、スクリーンダムの堆砂敷に完全に埋没している。水裏側を観察するとシダ類が生育し、長期にわたり表流水がエキスパンド面から湧出していない。泥とともに錆が付着している。

堆砂敷の浚渫では、上流において破損して流亡したと思われるフトン籠の栗石が土砂とともに堆積 している。それらを集積し右岸に新たにフトン籠を配置し、浚渫土砂の再移動を防止した。

左岸側は維持管理を考慮したのか袖部が地山に接合しておらず(前掲図 1.6 参照)、放水路の HWL を超える流水があった場合、左岸沿いに表流水が溢流する可能性があるため、天端高から 50cm までフトン籠を配置した。





図 3.23 鋼製スクリーンダム水裏側と堆砂敷





図 3.24 エキスパンドメタル面の植生定着状況と土砂閉塞





図 3.25 鋼製スクリーンダムの浚渫状況





図 3.26 鋼製スクリーンダムに堆積する栗石を集積し右岸フトン籠を施工





図 3.27 浚渫空間を拡大して栗石を集積し、左岸フトン籠を施工

# (2) 機能復元後

堆砂敷の浚渫及びエキスパンドメタル面の高圧洗浄により、当該面からの湧出が顕著となった。表面水が流下する面は、落葉や枝条がエキスパンドにかかり、閉塞する状況となっている。また、浚渫攪乱時に、表面水は濁水化しているが、地上 80cm 付近からの湧出は清水を維持しており、作業による攪乱空間外からの浸透伏流水が湧出し、下流域の濁水軽減に貢献していることが観察できた。

両岸のフトン籠は、今後発生する洪水による流路の攪乱に対し、右岸側は浚渫土の再移動抑止、 左岸側は、左岸の袖を回り込む流路の形成抑止を目的として設置した。また、左岸側に設置した重機 進入路は、現地発生材による筋工を施工して原形復旧した。





図 3.28 スクリーン部から表流水とともに堆積土砂から湧出している状況





図 3.29 エキスパンドメタル面を表流水が越流する状況。表流水が濁っても湧出水は清水のまま





図 3.30 上流からみた左岸と右岸のスクリーンダムのフトン籠配置状況





図 3.31 下流からみた浚渫後の左岸域原形復旧状況と左岸からみた右岸の浚渫土砂積層状況

# 3.4.4. 沈砂池

沈砂池は、鋼製スクリーンダムの基礎部と深さ 1m の砂止壁の間に土砂を沈降させ、濁水を軽減するとともに、下流水質保全施設への土砂流入を抑止する役割をもつ。

# (1)機能復元前の状況と復元作業について

堆積土砂の浚渫のため排水したところ、ほぼ砂止壁の高さ(1m)まで土砂が堆積していた。浚渫土砂は、重機によって施設の左岸側にゆるく積層した。堆積物のほとんどは砂と粘土、枝条類であり、鋼製スクリーンダムの堆砂敷にあった栗石は見当たらず、鋼製スクリーンダムは栗石や転石を捕捉し水質保全施設を保全していることを把握できた。浚渫作業の途上で排泥弁が閉塞したため、水中ポンプを活用して排泥し、沈砂池の底部が露出するまですべての堆積物を除去した。





図 3.32 沈砂池の排水状況と浚渫作業





図 3.33 沈砂池の排水状況と浚渫作業

# (2) 機能復元後

堆積土砂をすべて浚渫した。閉塞した排泥口は専用工具で目詰まりを除去し開通させた。再発防止のため、浄化ユニット3列目4段目の浄化カートリッジ(小型)に石礫を詰め、排泥口に設置して閉塞の再発を防止した。





図 3.34 沈砂池右岸側と排泥口に小型カートリッジを配置

# 3.4.5. 浄化ユニット部

浄化ユニット部は、石礫が充填された鋼製枠部と木製カートリッジのユニットが 3 連配置された部分である。石礫充填部において礫間浄化機能、浄化カートリッジ部で木炭の吸着機能と、木炭と木炭の空隙を透過させることによって水質を改善する機能を期待している。

## (1)機能復元前の状況と復元作業について

浄化ユニット部には図 3.35 に示すとおり、左岸から広葉樹が被り植生が定着している状況であった。 下流部排泥弁で排水すると、石礫部と浄化カートリッジ部ともに表面に細かい粘土状の濁質が堆積しており、排泥弁を閉じて再び貯留すると、水位の変化でそれらの濁質が再移動し、容易に濁水化する 状況であった(図 3.36 参照)。

過年度の濁質堆積状況を確認するため、堆積物を円筒管で取得し粒度分析を実施した。河床から引き揚げる際に重量を計測し、木炭中の土砂のつまり具合を確認した。また、浄化カートリッジ周辺の堆積土砂も土嚢に入れて概数として計量した。

浄化カートリッジは重機で吊り上げ移動し、仮設沈砂池にて木炭を排出し、カートリッジを洗浄して新しい木炭を充填した。





図 3.35 植生に覆われている浄化ユニット 表面には粘土質の濁質が付着





図 3.36 水位上昇に伴い、微細な濁質が再移動し、浄化カートリッジや止水堤の水抜きから流出





図 3.37 浄化カートリッジ周辺の堆積物を円筒管で採取し粒度分析





図 3.38 浄化カートリッジ引き上げ時に重量を計測





図 3.39 浄化カートリッジ周辺の堆積土砂も概数把握のため土嚢に詰め重量を計測





図 3.40 浄化カートリッジ周辺の土砂とその除去 底面には落葉が腐食せずに堆積





図 3.41 オフセットブームと幅の狭いバケットで機械除去





図 3.42 浄化カートリッジ内部の木炭を仮設沈砂池にて取り出し





図 3.43 カートリッジ内に詰まった木炭は高圧洗浄機で排出しカートリッジを清掃





図 3.44 現地納入した 5kg/袋×400 袋の木炭と施設への搬入





図 3.45 炭化温度は 800℃以上、概ね高さ 7cm 袋詰めされた木炭をカートリッジにランダム充填





図 3.46 カートリッジ大に 13~14 袋、小に 4~5 袋充填





図 3.47 土砂を除去した空間に浄化カートリッジを再配置





図 3.48 3 列目の中央浄化カートリッジ(小)は再配置せず水抜の維持管理を考慮





図 3.49 鋼製枠表面の濁質を高圧洗浄機で除去清掃

# (2)機能復元状況(復元前後の比較)

# 1) 1 列目浄化ユニット

浄化カートリッジの内部は、捕捉土砂と粘土で満ちており、カートリッジ周辺の隙間にも砂礫と粘土が積層していた。鋼製枠の H 鋼の隙間には細かい粘土状の粒子が堆積し、流速の変化や攪乱によって容易に濁水化する状況であった。石礫部は、石礫の隙間に土砂や粘土が詰まり、表面に粘土状の濁質が堆積していた。また、石礫と鋼製枠の鉄板との間には、多くの枝条が挟まれていた。ただし、上流沈砂池の砂止壁に接する面や、沈砂池から 60cm 程度までの空間は、石礫間に空隙があり、透過性が確保されていた(図 3.50 両端水色枠部)。

機能復元後は、石礫間に空隙が復元され、越流水は速やかに表面から石礫内部へ浸透した。浄化カートリッジ内及びカートリッジ周辺には空隙が確保された。



図 3.50 1列目浄化ユニット(左岸側と右岸側)

# 2) 2 列目浄化ユニット

復元前は、鋼製枠の石礫表面や浄化カートリッジの内外に土砂が厚く堆積し空隙を確認できない状態だった。浄化カートリッジ内は捕捉土砂で満ちていたが、カートリッジ周辺の隙間の土砂堆積は、1列目と比較して少なかった。右岸寄りの位置にススキが生育しており、浄化カートリッジ内に強固に根を張り巡らしていた。機能復元後は、石礫間に空隙が形成され、速やかに表面から石礫内へ浸透する状況となった。浄化カートリッジ内は十分な空隙があり、カートリッジ周辺にも空隙が形成された。



図 3.51 2 列目浄化ユニット(左岸側と右岸側)

### 3) 3列目浄化ユニット

復元前は、鋼製枠の石礫表面や浄化カートリッジの内外に土砂が厚く堆積していた。止水堤の中央部に 2 箇所水抜きがあるが、土砂で埋没しており、付属する 蓋を開閉できない状況にあった。浄化カートリッジ内は捕捉土砂で満ちていたが、カートリッジ周辺の隙間の土砂堆積は、1 列目やと 2 列目と比較して少なかった。 機能復元後は、石礫間に空隙が形成され、速やかに表面から石礫内へ浸透する状況となっている。浄化カートリッジ内は十分な空隙があり、カートリッジ周辺にも 空隙が形成され、止水堤の水抜き 2 箇所の蓋について、接続されたチェーンを操作して自在に開閉できるようになった。



図 3.52 3 列目浄化ユニット(左岸と右岸)

# 3.4.6. 取水桝(沈砂機能付)

取水桝(沈砂機能付)は、スクリーンダムや沈砂池及び浄化ユニットを透過した水を貯留し、改めて 沈砂させるとともに、下流の簡易水道施設へ導水する役割を担っている。

排泥弁を開放すれば底面に排水勾配が設置されているため、比較的容易に排泥できる。地域住民 も負担なく維持管理が可能である。





図 3.53 フランジから外す必要があるが、攪乱しながら排水すると速やかに排泥が可能





図 3.54 清掃完了。簡易水道施設への導水口。沈砂を考慮し底面から 30cm 位置に設置





図 3.55 三角ノッチの設置状況。

# 3.4.7. 仮設沈砂池

浄化カートリッジ内の木炭を取り出し、浄化カートリッジを洗浄するため仮設沈砂池を施工した。仮 設沈砂池の木炭は、すべて回収し別途処理し、仮設沈砂池の位置は原形復旧した。





図 3.56 掘削前の状況と掘削状況





図 3.57 浄化カートリッジの清掃と堆積した木炭の状況





図 3.58 木炭の撤去と原形復旧