

表2. 3-4 平成25年度時点の評価と取りまとめ

これまでの調査で明らかになった事象、不明な事象、今後の課題（網掛け部凡例 水色：基本的に実施しない、黄色：必要に応じて実施、赤色：継続的に実施）

施設計画・調査項目	年度										過年度までの調査で明らかになったこと、不明なこと		今後の方向性
	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	明らかにされた事象	不明な事象・課題		
流量・流速・水質等調査	水質計データ観測		●	●	●	●	●		●		・茂倉沢における水質の傾向は把握されている。	-	・工事が発生する場合以外は、実施しない。
	水質定量分析		●	●	●	●	●						
	水質定点観測	●		●	●	●	●						
	水位計データ観測		●	●	●	●	●	●	●	●	・No.1 ダムの放水路付近における水位変動は、約5年の観測データを蓄積している。	・出水時の流量の把握。	・本年作成した水位-流量曲線を用いて出水時の流量を把握するために、水位計による観測のみを継続する。
	流速・流量観測			●	●	●	●	●	●	●			
	気圧計データ観測					●	●	●	●		・気圧の変動傾向は把握できている。	・雨量計の故障が頻発する。	・国土交通省川古観測所のデータ収集で代替可能であるため、実施しない。
	雨量計データ観測					●	●	●	●				
気象データ収集		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
定点地点撮影 定点カメラ 画像観測	定点写真撮影		●	●	●	●	●	●	●	●	・モニタリングのポイントの状況が把握されている。	-	・これまでの調査で渓流の視覚的な状況の変化は把握できたため、実施しない。
	自動撮影画像観測			●	●	●	●	●	●	●	・モニタリングのポイントの状況が把握されている。 ・豪雨時の渓流状況の変化が撮影されている。	・No.5-1、5-2 ダムにおける出水時の土砂や流木の捕捉状況が確認できていない。	・No.5-1、5-2 ダム間の瀬切れ区間の発生状況を把握するために自動撮影カメラを移設して新規に調査する。
水生生物調査	カワネズミ分布調査				●	●	●	●	●	●	・H23以降フィールドサイン確認地点が連続しつつあるが、明瞭な連続性の回復までは確認できていない。 ・カワネズミは肉食性であるが、糞内容物分析から、主に底生動物を餌としており、底生動物との関係が示唆される。	・カワネズミの生息分布状況による連続性の明瞭な回復状況が把握できていない。	・ダム中央部撤去による連続性の回復状況を把握するために調査を継続する。 ・ただし、自動撮影を用いたトラップ調査は継続せず、フィールドサイン調査のみを継続する。
	底生動物調査					●	●	●	●	●	・多様性指数は、渓流環境が残っている区間1、6が高く、ダムが点在する区間2、3、4、5は、相対的に低い傾向がある。 ・H21以降、徐々に多様性指数が回復しつつある傾向がみられる。	・一般的には、底生動物は、河床材料との関係が大きいとされているが、地点間で粒径の変化はあまり大きくなく、河床材料との相関関係は不明瞭である。 ・流速、濁水、工事による攪乱、出水による攪乱等の複合した物理環境要因が関与している可能性がダム中央部撤去による明瞭な変化が把握できていない。	・ダム中央部撤去による渓流環境の変化を把握するために調査を継続する。 ・調査時には河床材料との関係を把握するため表面粒径の計測も試料採取地点で行う（線格子法）。
	魚類調査			●			●	●	●	●	・中央部撤去されたNo.2ダム地点、No.5-1、5-2ダム設置地点をまたいで遡上・降下したサケ科魚類個体を確認した。 ・工事前は、魚類の生息密度が高い範囲が断続的だったが、平成23年度以降は、連続して高い傾向がみられる。 ・サケ科魚類の産卵場は、上流の区間6に偏って分布している。	・放流等もされており、自然分布の状況が不明瞭である。	・ダム中央部撤去による連続性の回復状況の把握はカワネズミ調査に代表させ、魚類調査は実施しない。
植生調査	溪畔林分布調査			●	●				●	●	・渓流環境の中に形成されたダム上流の堆砂敷に、河畔林が生育している。 ・現状では、工事施工範囲は草本群落が生育している。	・No.2ダム中央部撤去、No.5ダム底抜け倒壊によって植生は長期的に変化する可能性があり、現段階での評価は難しい。	・5~10年間隔で、No.2、5ダムを中心とした相観植生図作成し、H25からの変化を把握する。
	帯線調査	●		●		●		●	●	●	・渓流全体の溪岸の植生の現状を等間隔に把握するための基礎データを取得している。	・比較的大きな攪乱が発生した後の渓流全体の溪岸の長期的な植生変化が不明である。	・比較的大きな攪乱（10年確率以上の日雨量）が発生した場合、ダム有り区間（No.2、5ダム上流）およびダム無し区間の3測線を中心に帯線調査を実施する。
物理環境調査	瀬淵分布調査				●			●	●		・No.8ダム上流およびNo.1ダム下流はステップアンドプールで小規模な瀬淵が繰り返して多様な環境が形成されている。一方で、ダム堆砂敷では平瀬が続き比較的単調な環境となっている。	・大規模な出水発生後の変化が不明である。	・比較的大きな攪乱（10年確率以上の日雨量）が発生した場合に実施する。
	倒流木調査				●			●	●		・明瞭な経年変化は確認されていない。	・大規模な出水発生後の発生が不明である。	
	表面礫径調査				●			●	●		・上流の区間6以外は、縦断的な粒径の変化はほとんど無い。	・大規模な出水発生時の河床の攪乱の程度が不明である。	・表明礫径は底生動物調査で把握するため、実施しない。
	伏流区間の把握	●	●	●	●	●	●	●			・主に、ダム上流の堆砂敷で発生している。	・特に、No.5-1ダム、No.5-2ダム間の瀬切れ発生頻度、範囲、時期が不明である。	・自動撮影画像観測によってNo.5-1、5-2ダム間の瀬切れの状況を監視する。
土砂移動量調査	ベルトトランsect調査							●	●		・上流の区間6以外は、縦断的な粒径の変化はほとんど無い。	・大規模出水発生時の河床材料の変化が不明である。	・帯線調査にて把握する。
	河床縦横断測量	●	●	●	●	●	●	●	●	●	・近年、土砂収支はマイナスで、河床低下傾向である。	・大規模出水発生時の土砂移動が不明である。	・河床変動は毎年みられるため、継続データを収集し、かつ大出水時に前年の状況と比較することを目的として調査を継続実施する。
応力計等 データ観測	応力計データ観測					●	●	●	●		・保全工が変状するような土砂移動等は発生していない。	-	・計測機器異常が発生しやすく、かつ応力計については再設置が困難なため、調査は実施しない。
	土圧計データ観測					●	●	●	●		・土圧は、間隙水圧計による水位と同様な変動を示している。	-	
	間隙水圧計データ観測					●	●	●	●		・台風等による豪雨時には、間隙水圧の上昇を抑えている。	-	
既往施設調査	●			●	●		●	●	●		・各ダムの洗掘、劣化、底抜け等を確認している。	-	-
崩壊地調査	●							●			・崩壊地の回復傾向が示された。	-	-

4. 茂倉沢調査マニュアル（平成 26 年 3 月）

茂倉沢における溪流環境復元にかかる治山工事は、2013（平成 25）年度に概成した。それ以降のモニタリング調査についても同年に検討され、調査項目と調査方法について「茂倉沢調査マニュアル」が作成された。調査項目は以下の「茂倉沢調査マニュアル」1 頁目の通り。

1. 茂倉沢における今後のモニタリング継続項目について

平成 25 年度新治地区茂倉沢治山事業施設整備計画調査第 3 回検討委員会において審議された、茂倉沢における溪流環境の課題および今後の方向性の検討結果を踏まえて、今後のモニタリングの継続が必要な調査項目および調査頻度等の整理結果を表 1 に示す。

これらの調査項目について、過年度とのデータ比較等を行う上で、効率的かつ効果的な調査方法を整理し、茂倉沢調査マニュアルとして示すものである。

表 1-1 今後も必要なモニタリング調査項目と調査の頻度等

調査項目		調査頻度	備考
水位・気象等調査	水位計データ観測	通年	・データ回収およびメンテナンスは半年に 1 回程度（洪水期直前、積雪期直前）。
	気象データ収集	通年	・適宜収集する。
定点カメラ画像観測	自動撮影画像観測	年 3 回	・既往の自動撮影カメラについては全て撤去し、No. 5-1 ダム、No. 5-2 ダム付近の瀬切れ状況を確認するために 2 台を新規設置する。 ・6 月～11 月は 5:00～18:00 まで 15 分間隔の設定、12 月～5 月は毎日正午の設定で自動撮影を行う。 ・6 月～11 月は毎月バッテリー交換を実施する。
	水生生物調査	カワネズミ分布調査	2 年に 1 回
	底生動物調査	年 1 回	・冬季（12 月）に 7 定点で実施する。 ・調査地点の表面礫径の計測（線格子法 100 ポイント）も併せて実施する。
植生調査	溪畔林分布調査	5～10 年に 1 回	・氾濫原範囲の相観植生図作成を実施する。
	帯線調査	5～10 年に 1 回	・H26 に、補足として、No. 2 ダム堆砂敷の旧測線 No. 3 のみ実施する。 ・その後は、旧測線 No. 3（No. 2 ダム上流）、No. 73（No. 5 ダム上流）、No. 123（ダム無し区間コントロール）で実施。 ・溪岸部の樹林植生の記録、氾濫原範囲の表面粒径の計測を実施する。
物理環境調査	瀬淵分布調査 倒流木調査	10 年確率以上の降雨が発生時に実施	・河床材料ベースマップ作成も併せて実施する。
土砂移動量調査	河床縦横断測量	年 1 回	・台風シーズンの後（秋季）に実施。

第3章 2014（平成26）年から2022（令和4）年の調査結果

茂倉沢における溪流環境復元の取組は、「治山対策の実施により、大規模な土砂移動を防止するとともに、従来タイプの治山ダムによって妨げられていた溪流の連続性、多様性を回復することを最終目標」としている（「平成17年度新治地区茂倉沢治山事業全体計画作成調査報告書」の「基本構想」より）。すなわち、治山と溪流環境保全の両立を目標として、2005（平成17）年度以降、2013（平成25）年度にかけて治山施設整備が行われた。

本事業における、溪流環境保全を考慮した治山施設整備の効果を、防災と環境保全の両面から評価することを目的とした調査を実施してきた。2005（平成17）年度から、2013（平成25）年度までは、関東森林管理局治山課により委員会が設置されて調査とその評価を行った。2014（平成26年度）以降は、モニタリング調査のみを継続し、赤谷プロジェクトの溪流環境復元WGが評価を行った。十分な評価を行うためには、ある程度の規模以上の出水と土砂移動が必要であったが、2019（令和元）年以降になって2度の豪雨を経験し、評価が可能となったと判断した。本章では、評価のために実施した各調査項目の結果とその分析をまとめる。

茂倉沢における溪流環境復元にかかる治山工事は、2013（平成25）年度をもって概成した。それ以降は、概成時に作成された「茂倉沢調査マニュアル（案）」に基づき、各種観測や写真撮影とともに、土砂移動量、瀬淵・倒流木、溪畔林分布、水生生物の調査を実施した。その間、2019（令和元）年10月、2020（令和2）年9月の2度にわたり、日雨量180mmを超える豪雨が発生した。このようなイベントと各種調査の実施経緯を整理して、表3.1に示す。

表3.1 2014（平成26）年度以降の調査実施経緯一覧表

和暦 西暦 工事概成後		H26	H27	H28	H29	H30	H31/R1	R2	R3	R4
		2014 1年目	2015 2年目	2016 3年目	2017 4年目	2018 5年目	2019 6年目	2020 7年目	2021 8年目	2022 9年目
イベント							10/12 日雨量 198mm ▼	9/9 日雨量 182mm ▼		総括 報告書 作成
観測 撮影	水位、降水量、流量	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	定点撮影、自動撮影		●	●	●	●	●	●	●	●
土砂移動量					●			●		
瀬淵・倒流木						●		●		
溪畔林分布							●			
水生 生物	カワネズミ		●							
	底生動物	●		●					●	

本章では、2014（平成26）年度以降の調査結果を、以下の5つの節立てにて記述する。

- 1 節 水位・気象・定点撮影・自動撮影等
- 2 節 土砂移動量
- 3 節 瀬淵・倒流木
- 4 節 溪畔林分布
- 5 節 水生生物（カワネズミ、底生動物）

調査結果の分析に際しては、必要に応じて2013（平成25）年度以前の調査データと比較しながら検討した。

1. 水位・気象・定点撮影・自動撮影等

1.1. 調査目的

No. 1 ダム放水路右岸側に設置された水位計の観測（10分毎）および流量の観測（年4回程度）、国土交通省川古観測所の降水量データ収集整理、溪流内72地点における年3回（豪雨後は適時追加）の状況撮影、No. 5-1 ダムの瀬切れ状況を把握するための自動撮影（毎日正午）を行うことにより、茂倉沢の物理的環境を把握することを目的とした。

1.2. 調査方法

1.2.1. 水位観測および降水量

No. 1 ダム右岸側に設置されている水位計の観測データをデータロガー（kadec u-21）に蓄積し、データをCFカードにより回収するとともに整理を行う。データは10分毎に記録するように設定している。雨量はインターネットから「国土交通省川古観測所」のデータを引用した。



写真3. 1-1 設置されている水位計（kadec u-21）

1.2.2. 流量観測

- ・ No. 1 ダム放水路（延長12m）上において、左岸側、中央部、右岸側に観測定点を設定する。
- ・ 定点において、プロペラ式流速計を用いて流速を3回計測し、堤体～水面までの水深を計測する。
- ・ 定点間距離、水深、流速を用いて流量を算出する。

1.2.3. 定点撮影

溪流内の72地点において梅雨期前、梅雨期後、秋期の3回を標準として定点撮影を実施する。

1.2.4. 自動撮影

No. 5-1 ダム付近に自動撮影カメラ（タイムラプスカメラ MAC200DN（株）バイコム社製、2017年5月10日に新設）を用いて、毎日正午に1回撮影を行う。



写真3. 1-2 設置されている自動撮影カメラ（MAC200DN）

1.3. 調査結果

1.3.1. No.1ダム水位と降水量

No.1ダムの水位については、2014（平成26）年度～2022（令和4）年度までの9か年について整理した。図3. 1-1に経年の日雨量－水位グラフを示す。

降水量に対応してNo.1ダムの水位も上昇する傾向が明らかである。

特に、以下2時期については水位が0.5mを超え、相当な流出量があったと推測される。

- ① 2019（令和元）年10月12日：水位0.57m、日雨量198mm（令和元年台風19号）
- ② 2020（令和2）年9月9日：水位0.51m、日雨量182mm（局地的豪雨）

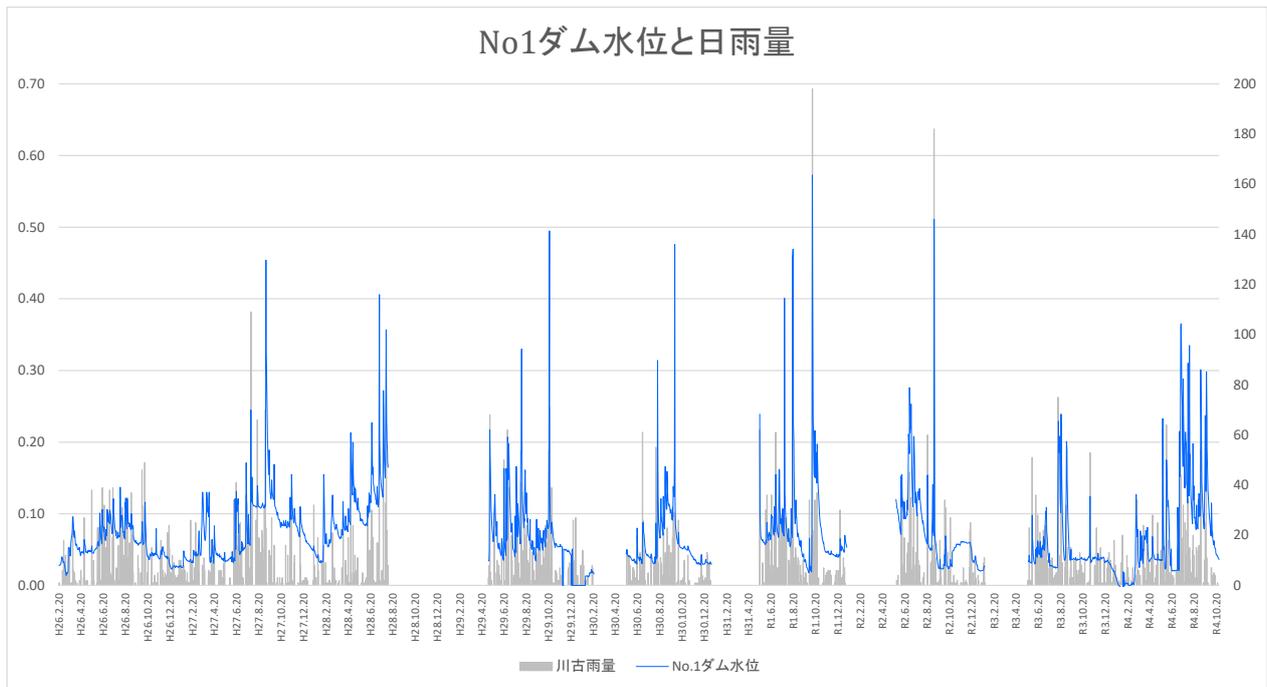


図3. 1-1 No.1ダム水位と日雨量

【確率雨量について】

川古観測所の観測が開始された1971年～2021年までの最大日降水量を用いて、岩井法による確率計算を行った。上記の2時期の突出した降水量である182～198mmは、30～40年確率と評価される。10年確率日雨量は141.4mmであった。

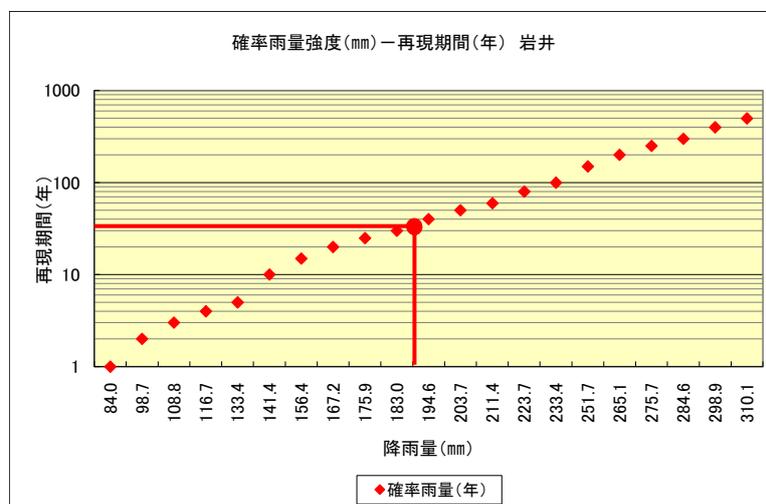


図3. 1-2 確率雨量

1.3.2. No.1 ダム水位と流量

前述の No.1 ダム水位と流量の関係（2015(H27)～2022(R4)）について図3. 1-3. に整理する。

流量は観測回数が少ないことから、水位との的確な関係性は明言できないものの、概ね水位と流量の関係には相関性が認められる。

特筆事項として、令和元（2019）年10月12日に通過した令和元年台風19号による出水は、6日後に実施した流量観測時にも $5.27\text{m}^3/\text{s}$ と突出して多く、相当量の出水があったことを示している。

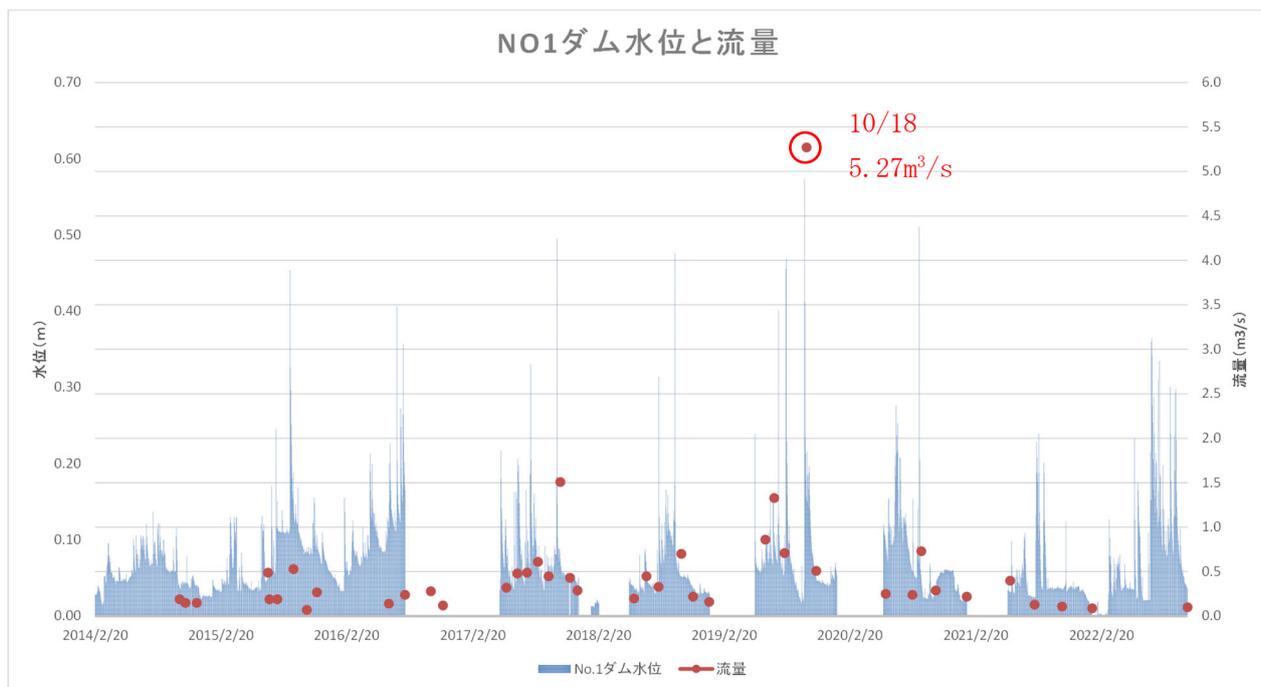


図3. 1-3 No.1ダム水位と流量

1.3.3. 定点撮影

定点撮影は、茂倉沢流域内の72地点において、溪流の経年的な変化を捉えるために実施している。

2014(平成26)年度は実施していないため、ここでは2015(平成27)年度～2022(令和4)年度までの8か年について、下流側より「No.1ダム堆砂域(写真③)」「保全工背面(写真⑰)」「No.2ダム背面(写真⑳)」の順で経年の溪流変化状況を確認する。

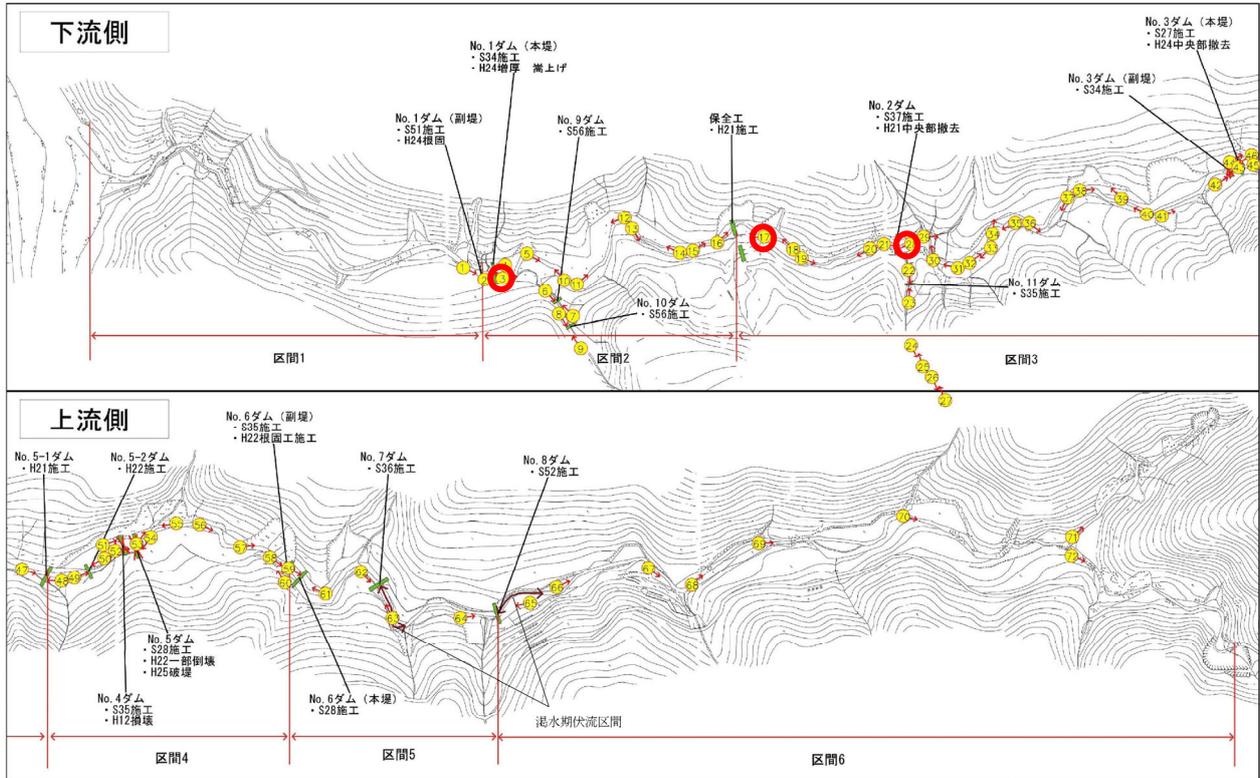


図3. 1-4 定点撮影位置図

1.3.3.1. No.1 ダム

2019（令和元）年10月12日に通過した令和元年台風19号の影響により、R1 11/15の写真では大きく流路が変化し倒木の堆積や巨礫の堆積が見られた。

No.1ダム背面→No.1ダム堆砂敷 (下流側を望む)	撮影年月日 コメント	No.1ダム背面→No.1ダム堆砂敷 (下流側を望む)	撮影年月日 コメント
	H27(2015) 10/28 左岸側に滞筋が 残存。満砂 状態。		R1(2019) 11/15 流路が右岸→ 左岸側へ大き く変化。倒木 や巨礫が多く 堆積。
	H28(2016) 10/21 左右岸に滞筋 が残存。満砂 状態。人頭大 の円礫あり。		R2(2020) 10/27 流路は前年と 変化ないが左 岸側に滞筋が 発生。
	H29(2017) 11/2 右岸側に流路 が残存。満砂 状態。流量多 い。		R3(2021) 10/29 前年と大きく 変わらず。
	H30(2018) 11/20 左右岸側に流 路残存。堆積 土砂が前年よ りも増加傾 向。		R4(2022) 10/28 流路に変化は なく流路沿岸 に植生が回復 している。

1.3.3.2. 保全工

溪床が急勾配になったことから、流量や流速の変化が生じたと考えられる。

2019（令和元）年10月12日に通過した令和元年台風19号の影響により、R1 10/19の写真では堆積物が一掃された状況が確認されたが、その後は右岸側に堆積して安定な状態となっており、植生も回復傾向にある。

保全工背面→保全工堆砂敷 (下流側を望む)	撮影年月日 コメント	保全工背面→保全工堆砂敷 (下流側を望む)	撮影年月日 コメント
	H27(2015) 10/28 左岸側に滞筋が残存。右岸側は植生あり倒木堆積。		R1(2019) 10/19 前年までに堆積した右岸側の堆積物は一掃され、平坦な状況に変化。
	H28(2016) 10/21 流路は右岸側に偏る。左右岸ともに流路沿岸に20cm大の礫堆積。		R2(2020) 10/27 流量が多く渓床勾配の急勾配化と考える。植生はほぼ回復していない。
	H29(2017) 11/2 前年に比較し流量多い（流速早い）。左右岸に植生繁茂。		R3(2021) 10/29 流路の方向が右岸側→左岸側に変化。
	H30(2018) 11/20 流路は左岸側主体。右岸側には大礫が大量に堆積。		R4(2022) 10/28 流路が左岸側に変化。右岸側は堆積し植生が回復。

1.3.3.3. No.2ダム

2015（平成27）年～2017（平成29）年までは次第に流路幅が拡大するとともに流量も増加する傾向が認められる。

2019(令和元)年の台風19号直後の令和元年10月19日の写真では、流路が大きく蛇行しNo.2ダムが流出土砂を抑えている状況が確認された。

その後は、ほぼ流路は変化せず、次第に植生が回復している。

No.2ダム背面→No.2ダム堆砂敷 (下流側を望む)	撮影年月日 コメント	No.2ダム背面→No.2ダム堆砂敷 (下流側を望む)	撮影年月日 コメント
	H27(2015) 10/28 左岸側に土砂堆積。流下状況は緩やか。		R1(2019) 10/19 右岸側の倒木が消失（流下）。左岸側および放水路部に流出土砂堆積。
	H28(2016) 10/21 前年に比較し流路幅拡大し流量も若干多い状況。		R2(2020) 10/27 前年と蛇行状況はほぼ変わらず。土砂は堆積し続けている。
	H29(2017) 11/2 前年よりさらに流路幅拡大。流量も多い。		R3(2021) 10/29 前年と蛇行状況はほぼ変わらず。土砂は堆積し続けている。
	H30(2018) 11/20 左岸側に土砂堆積し流路が狭まっている。		R4(2022) 10/28 前年と蛇行状況はほぼ変わらず堆積土砂上に植生が回復。