

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

(1) 課 題 名 D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム

(水源かん養機能の向上)の検証—総括—

(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度

(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）

(4) 担 当 者 本田美里・内山佳美・田村淳・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画（R4～R8（2022～2026））では、施策の効果を検証するための「水環境モニタリング」が実施されている。本研究課題は、その中でも森林で行われる事業を対象として、対照流域法等の研究手法を用いて水源かん養機能にかかる事業実施効果を流量等の観測により検証し、県民に情報提供することを目的とする。

(6) 方法

県内の水源の森林エリアの4か所（東丹沢大洞沢、相模湖貝沢、西丹沢ヌタノ沢、南足柄フチジリ沢）に設定した各試験流域において、現地のモニタリング調査を継続するとともに、個別打合せ等を行いながらプロジェクトを推進した。

また、第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画をもって20年間の「かながわ水源環境保全・再生施策大綱」が終了することから、水源環境保全・再生かながわ県民会議においても施策の最終評価についての検討が開始された。このため、最終評価の検討に必要なモニタリング結果について総括して取りまとめるとともに、県民会議等への資料提供を行った。

(7) 結果の概要

① 県民会議における最終評価に向けた対応

令和6年度までのモニタリング結果を元に、森林における水源施策による成果を総括して取りまとめた。この一部は、施策調査専門委員会にて報告した。

② プロジェクト推進にかかる打合せ等の実施

プロジェクト推進に関する調整や調査結果の検討、外部研究者の助言を得るために、リモートによる個別打合せを行った。

③ 対照流域試験地における施設管理

大洞沢試験流域においては、令和元年東日本台風による被災後、気象・水文観測（常時観測）の再開に向けて作業道や観測施設の復旧工事を実施してきた。令和7年度は同施設の観測機器の再整備に向けて関係者との調整および事前準備を行った。

(8) 今後の課題

第1期5か年計画期間で各試験流域の施設整備と観測の開始、第2期では各試験流域における森林操作と短期的な検証を行ってきた。第3期では、短期的な検証の結果を総括して施策の中間評価に繋げるとともに、令和元年東日本台風の影響検証を通して水源かん養機能や水源環境の実態に関する理解が進んだ。第4期においては、第1期から4期までの期間中に継続してきた調査結果をとりまとめた最終的な施策評価のための情報と、今後の取組みに向けた科学的知見の提供を行う必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

内山佳美・山根正伸・横山尚秀・山中慶久（2013）神奈川県における水源環境保全・再生施策の検

証方法とその実施状況．神自環保セ報 10:1-12

内山佳美・山根正伸（2011）ニホンジカ影響が顕著な東丹沢大洞沢における水源かん養機能モニタリング．平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集 38-39 2011 年 5 月

内山佳美・山根正伸（2008）森林における水環境モニタリングの調査設計—大洞沢における検討事例—．神自環保セ報 5:15-24

内山佳美（2025）神奈川県による森林の水源かん養機能評価の試み～水源環境保全・再生施策における事業効果検証のためのモニタリング～．神自環保セ報 19:17-33

表 対照流域モニタリング調査の実施体制（2025 年度）

試験地	試験流域 (地区)	フチジリ沢 (南足柄)	ヌタノ沢 (西丹沢)	大洞沢 (東丹沢)	貝沢 (相模湖)
	水系	酒匂川水系		相模川水系	
施設	点検保守	委託	委託	保全C	東京農工大
試験流域調査	水流出 水質	委託 (一部保全C)	保全C	東京大 (一部保全C)	東京農工大 (一部保全C)
	土砂流出 土壌侵食			—	
	植生	—			東京農工大 (一部)
	水生生物	—			
広域	水質	—	—	—	—

保全 C：自然環境保全センター

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 Da 大洞沢モニタリング(1) 水循環
- (2) 研究期間 平成 19 年度～令和 7 年度
- (3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
- (4) 担 当 者 本田美里・田村淳・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
- (5) 目的

本研究は、第 4 期かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づき、森林で行われる事業実施効果の検証に資するため、宮ヶ瀬湖上流の大洞沢流域における対照流域モニタリング調査の一環として、基本的な水循環の実態把握と森林整備による水源かん養機能への影響を把握することを目的とする。

(6) 方法

本研究は、東京大学への受託研究により実施した（研究成果詳細は、受託研究報告参照）。

○森林管理による水収支への影響評価

大洞沢においては、森林施策が河川の流量・水質に及ぼす影響の解明を目的として、2009 年度より河川流量・水質の調査が本格的に開始された。2011 年度に植生保護柵が設置され、柵内の植生・河川流量・水質が継続的に調査されている。さらに、2017 年度より、新たに間伐が水資源に及ぼす影響の調査が開始され、現在は間伐前の事前データを得る段階にある。

本研究では、試験流域の河川流量や水質の基本的な観測を継続し、植生保護柵設置後の時系列変化を把握する。

① 河川流量・水質のモニタリング

試験流域内の降雨量観測・流出量観測を継続した。令和元年東日本台風により観測施設が被災後、復旧までの間の欠測期間の流量は HyCy モデルを用いて補完した。

② 蒸発散特性の観測

流域内の小プロットにおいて蒸散量・遮断蒸発量等の観測を行った。

③ 細根量観測

流域内の小プロットで、スキャナーを用いて土中の画像を 2 週間から 1 カ月に一度撮影した。撮影した画像から、機械学習の手法を用いて、根が占めるピクセル数を抽出した。

④ 土壌水分量の観測

流域内の小プロットで地表面からの深度を 3 つに区分し土壌水分量を観測した。

⑤ 流出形成機構の定量化と水文モデル較正への利用

山地森林流域の降雨流出過程は、大気・植生・地形・土壌・基岩など様々な要素が相互作用し合う複雑なシステムであり、流域内部の雨水の流れや貯留量の空間分布を用意に計算できる分布型モデルはその理解を補助する有効なツールとなる。本研究では、上記の複合的要素を統合した物理的分布型流出モデルを開発するとともに、大洞沢流域での水文・水質観測から得られた調査結果をモデルの構成に組み込むことで、流出予測精度の向上やパラメータの改善を図った。

(7) 結果の概要（一部の結果のみ、他の結果は受託研究報告書参照）

①～④ 2025 年の降水量・流量・蒸発散量・根量

2025 年の年降水量は例年と比較するとやや少なく 2494mm だった。2024 年 8、9 月に No1 量水堰の浚渫が行われたが、その後の降雨時の土砂流出により再度埋まったため、流量観測は欠測となった。細根量観測においては、春に抽出された根の面積が大きく増加し、根の伸長を捉えることが出来たが、機械学習の学習面での課題もみられた。土壌水分量は $0.2\text{--}0.6\text{ m}^3/\text{m}^3$ の範囲で変動し降雨時に土壌水分量が上昇するものの、降雨後にはすみやかに減少していることがわかった。

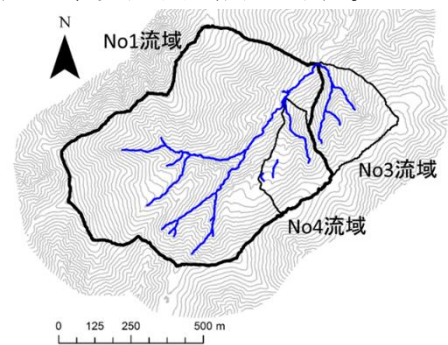


図 1 大洞沢流域

⑤ 流出形成機構の定量化と水文モデル較正への利用

2024 年度の研究では、新たに開発した分布型降雨流出モデル (BLADE モデル) である BL-S (基岩地下水を考慮しないモデル) と BL-S&B (基岩地下水を考慮したモデル) の流量再現精度を比較した結果、 NSE_{inv} (低流量時の評価指標) で後者の再現精度が高いことが示された。すなわち、森林施業が河川流量・水質に及ぼす影響を検討する際、特に渇水時の検討をする際には、基岩地下水の考慮が重要であることが示唆された。

2025 年度は、流域内部の流出形成機構を詳細に検証するため、環境トレーサー (主要溶存イオンである Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}) を用いた成分分離を実施した。林外雨、樹冠通過雨、樹幹流、土壌水、土壌-基岩境界地下水、および基岩地下水の混合による渓流水の形成という仮定のもと、End-Member Mixing Analysis (EMMA) を用いて各成分の寄与率を推定した。イオン濃度データの主成分分析により、「有効降雨 (樹冠通過雨と樹幹流の統合値)」、「土壌水」、「土壌-基岩境界地下水」を渓流水の起源となる水 (エンドメンバー) として選定して寄与率を解析したところ、基岩地下水成分は流量の増加に伴い寄与率が減少する傾向を示した。この知見は、地下水の流出寄与率が流出モデルの評価に重要な制約条件となることを示唆している。

さらに、流出形成過程の情報を組み込むことで、流出量予測およびパラメータ推定の精度が向上するかを数値実験で検証した。2012 年～2014 年を較正期間、2014 年～2016 年を検証期間として流出量や基岩地下水流量の再現性を評価した結果、成分情報を組み込んだモデルが従来手法よりも高精度を示した。特に統合指標を用いた場合、全指標において推定精度が向上し、流出モデル改良の有用性が確認された。

(8) 今後の課題等

降水量・流出量・水質・遮断蒸発量・蒸散量・土壌水分特性・細根量の計測を継続する。また、プロットスケールでの詳細な水収支観測およびそれらを利用したモデルシミュレーションを通して、それぞれの構成因子が森林の水源涵養機能に果たす役割を機構的に検討する。

(9) 成果の発表 (主なもの)

- Momiyama H., Kumagai T., Egusa T. (2021) Model analysis of forest thinning impacts on the water resources during hydrological drought periods. *Forest Ecology and Management* 499 (2021) 119593
- Oda T., Suzuki M., Egusa T. and Uchiyama Y. (2012) Effect of bedrock flow on catchment rainfall-runoff characteristics and the water balance in forested catchments in Tanzawa Mountains, Japan. *HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol. Process.* 10.1002/hyp
- Kameyama T., Kumagai T., Egusa T., Momiyama H. (2026) Importance of bedrock hydrology for the rainfall-runoff process in a forested mountain catchment. *Journal of Hydrology* 664 (2026) 134205

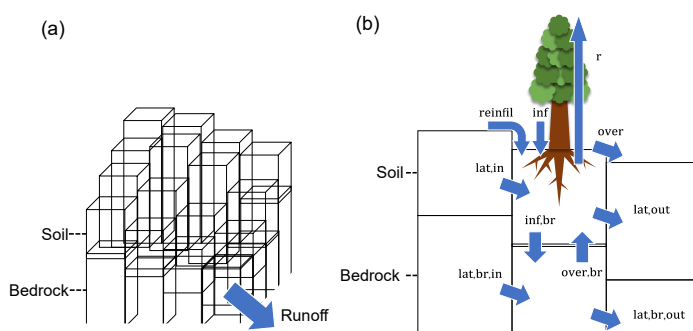


図2 (左) BLADE モデルの模式図 (右) 表現される水移動

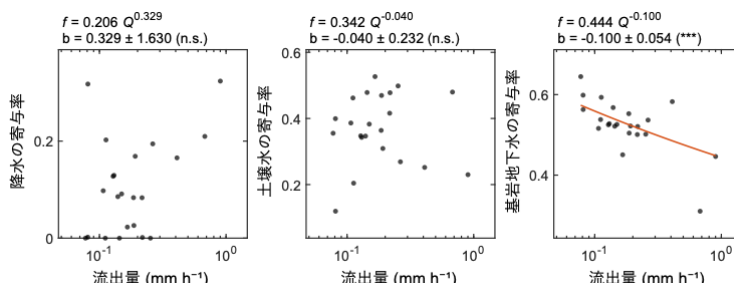


図3 流出水に占める各エンドメンバーの寄与率

EMMA で得られた各成分の寄与率 f と流出量 Q の関係をべき乗則 $f = aQ^b$ に基づいてロバスト回帰した。併せて b の 95%信頼区間と、帰無仮説 $b = 0$ の p 値を算出した。

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 Db 貝沢モニタリング（1）流出過程
(2) 研究期間 平成19年度～令和7年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担当者 本田美里・田村淳・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。貝沢では、約3年間の事前モニタリングの後、2012年度に流域1、2016年度に流域2において森林整備を行ったことから、森林整備の前後を通して、また混交林化等の長期的推移も視野に流域スケールのモニタリング調査を継続する。さらに、光環境や樹冠遮断量等の森林状態と水循環の関係の諸指標の実測値を得ることにより間伐等の森林整備の効果や影響を把握する。

(6) 方法

森林整備等による事業効果の検証のため、相模原市緑区与瀬地内（貝沢）において、流域からの水流出、土砂流出について調査を継続した。本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した（詳細は、受託研究報告書参照）。

既設の観測システムによる気象・水文観測や流域内プロットにおける林内雨量や樹幹流量の測定、光環境調査、流域3の上流部斜面の斜面プロット調査等を継続した。

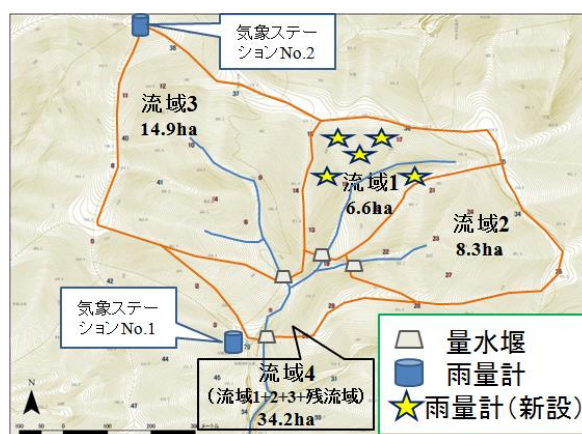


図1 貝沢（流域1～4）

(7) 結果の概要（一部の結果のみ。他の結果は、受託研究報告書参照。）

① 水文観測結果

2025年度は、流域1及び3で欠測となる期間が多かった。欠測期間中の代替水位計の情報から観測データを補完する必要がある。（図2）

② 流域内の光環境測定

NIR/PAR法では、林床で測定したNIR/PARの値の対数が葉面積指数

（Leaf Area Index, LAI）と高い相関関係にあるということを利用してLAIの値を算出する。LAIが大きいほど

NIR/PARの値は大きくなる。2025年度は流域1～3の計3地点でNIR/PAR法により光環境を測定した2020～2024年の結果の解析を行った。5年間を通じて、広葉樹林のNIR/PAR値は冬期に落葉のため低下し、夏期に展葉に伴い上昇する傾向が見られた。

③ 斜面表面侵食調査

貝沢試験流域のスギ・ヒノキの2段林とヒノキ林のそれぞれに斜面プロットを1か所ずつ設定し、地表面被覆の相違が土砂流出量に及ぼす影響を調査している。2025年度は、プロット下端に設置した表面土砂流出量計測装置による観測を行った。

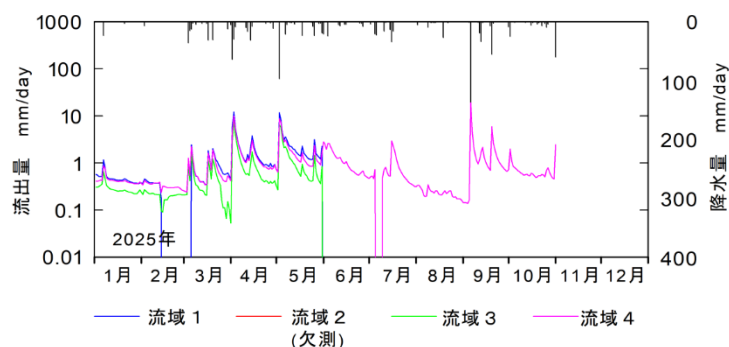


図2 2025年の降水量・流量

④ 樹冠遮断損失量と樹木形状に関する分析

樹冠遮断損失は森林の水循環を支える現象のひとつであり、降水の一部が樹冠によって遮断され、地表に到達する前に蒸発などによって大気に戻る現象である（南光、2022）。樹冠遮断量は降水量（林外雨量）から樹幹流（幹を伝って流れ落ちる成分）と樹冠通過雨（樹冠の下に雨滴の集合体として降る成分）の合計を引いて算出される。樹冠遮断量は総降雨量の 10～50%を占めると言われているが、発生メカニズムは未だ不透明なままである。樹幹流量と樹冠通過雨量の計測にはコストや時間がかかるため、樹冠構造から樹冠遮断量を推定できれば、観測の省力化に加えて、普遍的・広域的な評価が可能になると考えた。そこで本研究では、LiDAR を用いて取得した 3 次元点群データから樹冠構造を単純化したモデルを作成して樹形の特徴を解析し、実測された樹幹流量・幹周りの樹冠通過雨量（プール雨量）との関係性を分析することを目的とした。

事前に使用する機器の検討を行い、今回は ComNav Technology 社の LS300 Laser Scanner を使用することとした。その後、調査地内の 45 本のスギの中から 5 本を対象木として選定しグラフモデル化を行った。作成したモデルから得られた結果の一例として、樹高帯ごとの枝の基部数と角度ごとの割合を算出したものを図 3 に示す。樹冠上部に上向き枝が多いことが、幹方向へ降水を誘導する一方、樹高帯が低い場所の下向き枝は幹とは逆方向へ誘導したと考えられる。

本研究では、樹形特性と樹幹流、幹周りの樹冠通過雨との関係性の分析を目的として解析を行ったが、明確な関係性を確認することはできなかった。この結果は、樹冠内における降水の分配が樹冠構造のみで説明できる現象ではなく、降雨強度や風速などの気象条件、木の揺れ、樹種の特徴など複数の要因が複雑に関与している可能性を示している。より多くの樹形情報や降雨条件の蓄積が必要だと考えられる。

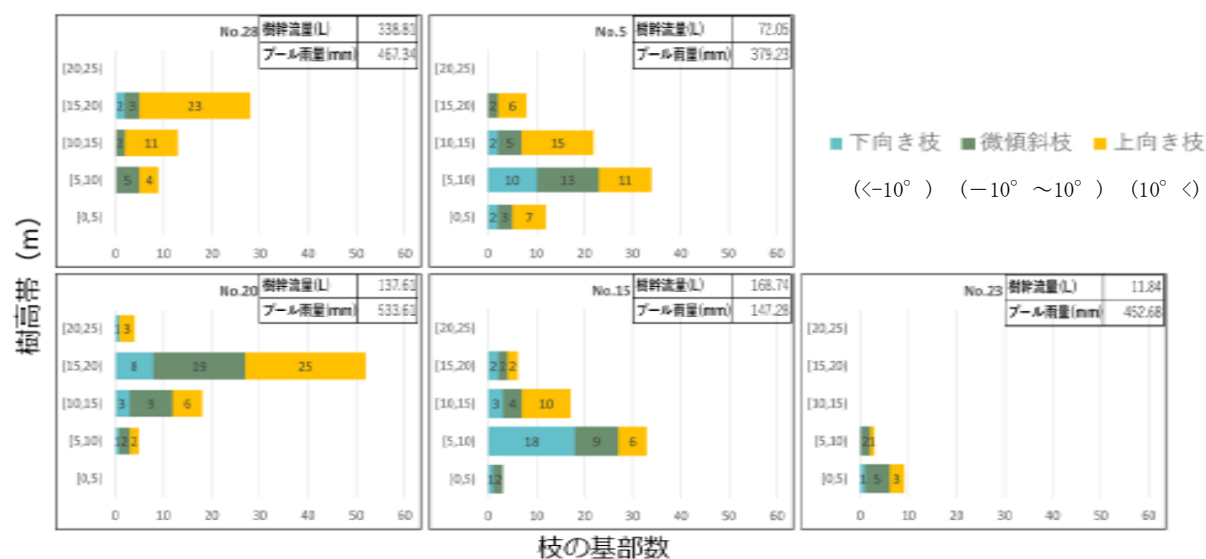


図 3 樹高帯ごとの枝の基部

(8) 今後の課題

基本的なモニタリングを継続しながら、水循環にかかる諸指標の実測値を取得して、当該地域の水流出機構について明らかにするとともに、水源林整備との関係を把握していく必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

白木克繁ほか（2013）貝沢試験流域における隣接する三流域の降雨流出特性と浮遊土砂動態．神自
環境セ報 10:81-89

白木克繁ほか（2020）簡易架線集材による森林整備が流出浮遊土砂量と流域流出量に与える影響．
水文・水資源学会誌 33(2):47-55

白木克繁ほか（2023）スギ人工林における樹幹離脱流由来の滴下雨が樹木近傍の樹幹通過雨に与える影響．日本森林学会誌 105:129-135

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 Dc 貝沢モニタリング (2) 物質循環
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 7 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・田村淳・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。貝沢では、約 3 年間の事前モニタリングの後、2012 年度に流域 1、2016 年度に流域 2 において森林整備を行った。森林整備の前後を通して流域スケールのモニタリング調査を継続することにより森林整備の効果やかく乱の影響を把握するとともに、混交林化等の目標林型への移行と物質循環の関係に関する基礎的な知見を得ることを目的とする。

(6) 方法

本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した（詳細は、受託研究報告書参照）。

森林整備等による事業効果の検証のため、相模原市緑区与瀬地内（貝沢）において、流域の物質循環について調査を継続した。

2025 年度は過年度に引き続き、対照流域末端部の渓流水質のモニタリングおよび源頭部での諸調査を実施した。2009 年以降の水質測定結果については、植物の成長期（4～10 月）と成長休止期（11～3 月）に区分してとりまとめた。また、貝沢で 2022 年ごろから発生したナラ枯れ被害地において、林床構造・更新状況・共生菌等の調査を行った。

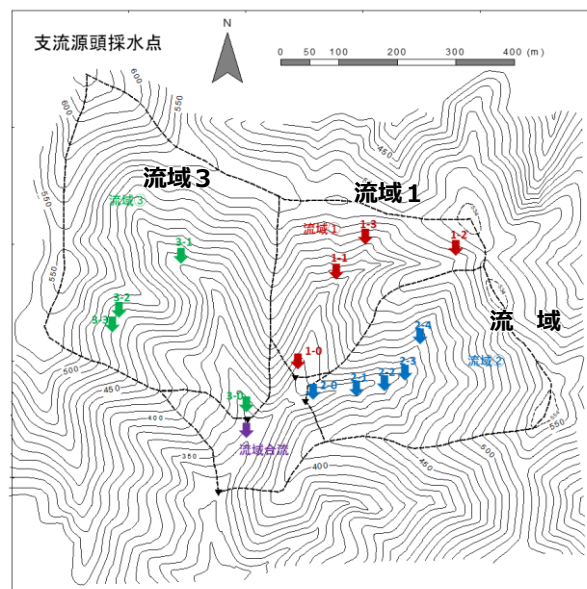


図 1 各流域の源頭部の採水地点

(7) 結果の概要（一部の結果のみ、他の結果は受託研究報告書参照）

① 渓流水の長期的傾向

3つの対照流域の末端で採水した渓流水について、2009～2025 年までの水質変動を成長期（4 月～10 月）と成長休止期（11 月～3 月）でとりまとめ、長期的変化を考察した。

pH は 6.4～8.4 の中性付近で溪流による差が小さく、昨年までと同様に長期的な増減傾向はみられなかった。EC は 100 μ S/cm 前後の値が多く、また流域②で常に高かった。

② 源頭部の湧水等水質と影響要因

2020 年～2025 年に測定した源頭部の湧水等水質と各採水地点の地温と水温、また各流域末端の pH と電気伝導率（EC）について関係を取りまとめた。

NO_3^- 濃度は、流域全体として流域③>流域②>流域①の順に濃度が高く、流域 3-3 で最も高く、流域 1-3 で最も低くなり、昨年度までと同様の傾向を示した。

2021～2025 年にかけて温度環境が上昇傾向にあり、成長期における積算雨量・月最大雨量・日最大雨量は 2024 年に最大となった。また、2025 年は積算雨量・最大雨量ともにこの間で最も少なかったが、日最大雨量は 150mm と多めであり、雨量は少ないものの 2023 年・2024 年なみの集中豪雨があった。 NO_3^- 濃度の上昇傾向は、温度上昇による土壌窒素無機化の促進と降雨量・強度による表層土壌水 NO_3^- 流出の結果と推察される。 SO_4^{2-} 、Na、Ca、Mg の 2024 年の濃度低下は、表面流・土壌

水（直接流出）＞基岩浸透・地下水（基底流出）の割合の増による希釈効果が反映され、2025 年はこれが逆転したものと考えられる。

③ ナラ枯れ被害地の光環境と林床状態

ナラ枯れ被害がみられる流域②の広葉樹二次林においては 2022～2023 年にかけて被害調査を実施した。ナラ枯れ後のコナラ林の更新は重要な課題であるが、ギャップの発生により変化した光環境下での更新動態については十分に明らかにされていない。そこで、2025 年は流域①と流域②の境の尾根を対象に、樹冠開空度の異なるギャップにおける林床構造・更新状況・土壌環境・リター被覆率の関係を調査し、ナラ枯れ被害を受けたコナラ林の回復と水源涵養機能に及ぼす影響を考える基礎情報を得ることとした。

調査の結果、樹冠開空度の大きな場所は PPFD（光合成量子束密度：植物の光合成に有効な光の強度）が高くなる傾向はあるものの、斜面傾斜によっても左右されることが示された。H 区のような急斜面では、ギャップで光環境が良好になりやすく、低木層が繁茂し、林床に光が到達せず林床の緑被率が低下した。反対に、F 区のような緩斜面では、樹冠開空度が C・D 区と大きく差がないにもかかわらず、斜め方向からの光が林内に入りにくく、暗い光環境下で低木は成長しなかった。ナラ枯れ後のコナラ林の変遷を光環境から考えていくうえでは、樹冠開空度だけでなく斜面傾斜、方位、そこで発達し得る低木層の状態などを総合的に把握していくことが重要である。

④ ナラ枯れ地の低木における菌根菌相

ナラ枯れ被害によって高木層が失われると、林床では樹冠開空度の増加に伴い、光環境、土壌理化学性、地温および水分条件などが大きく変化する可能性がある。本調査地では被害後の植生変化として、低木層でクロモジとアブラチャンが多くみられるようになった。これらにより生じる林床環境の変化とそれに応答する下層植生および共生菌の関係について、上記 2 種を対象にアーバスキュラー菌根菌 (AM) の形態型や感染率等の調査を行った。また、前年に引き続きナラ枯れ被害の経過についても調査を継続した。

調査の結果、ギャップが発生して光強度が高くなった場所では、光合成産物の供給を介在して菌根形成が促進されている可能性が示唆された。大きなギャップの下層では、明るい場所によく感染するといわれている Arum 型の AM との共生の強いクロモジなどの種が優占し、高木層にはコナラやクヌギ以外の種が優占すると考えられる。一方、樹冠開空度の低い調査区で、暗い場所によく感染するといわれている Paris 型の特徴を示す個体が特にアブラチャンで多くなった。これらのことから、ナラ枯れから時間が経過し、樹冠の閉鎖が進むことで、アブラチャンはクロモジよりも Paris 型の AM と優先的に共生し、光環境の変化等に柔軟に適応する可能性が示唆された。ギャップの閉鎖が進むに従い Paris 型の AM と共生するアブラチャンのような種が優占すると考えられる。

(8) 今後の課題

基本的なモニタリングを継続しながら、当該地域の水流出機構や水質形成機構について明らかにし、当該地域の水源地整備に反映させる必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

辻千智ほか（2013）神奈川県の大井町試験流域における窒素動態特性．神自環保セ報 10:91-99

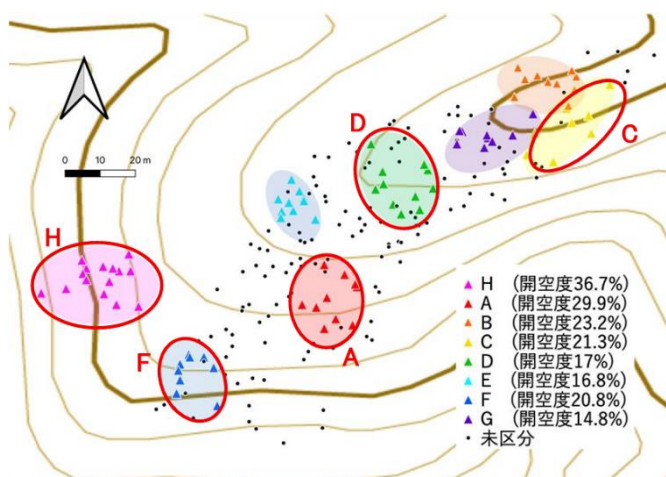


図2 ナラ枯れ調査地の調査プロットと樹冠開空度

※点はコナラ・クヌギを示し、▲は 2025 年にも被害調査をした木

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 Dd ヌタノ沢モニタリング
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・内山佳美・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、対照流域法等の手法を用いてモニタリング調査を行う。ヌタノ沢試験流域においては、2014 年 4 月に A 沢全体を囲む植生保護柵が完成し、以降は対策を実施していない B 沢を対照区として A 沢における下層植生回復と水や土砂の流出の変化を検証するため各種測定を行う。

(6) 方法

既存の観測システムによる水文観測などモニタリング調査を継続した。なお、2022 年度は、県西地域県政総合センター森林部により実施流域（A 沢）内の人工林の間伐が行われた。間伐前の植生調査は 2021 年度に実施したため、2022 年度は植生調査を実施していない。

① 気象・水文観測

既存の観測システムによる常時観測（気象 1 地点、水文 2 地点）を継続した。加えて、A 沢および B 沢の各量水堰の湛水部に EC メータを設置し、常時観測と同様に 10 分間隔でデータを取得した。また、長期的な降水量の推移の検討に関しては、近傍のアメダス丹沢湖のデータを活用した。

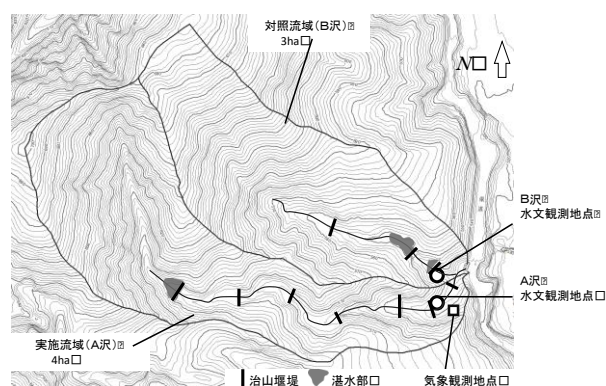


図 1 ヌタノ沢試験流域

(7) 結果の概要（主なもの）

① 水文観測結果

2025 年 1～12 月の観測結果では、観測を開始した 2011 年 4 月以降、暦年の年降水量としては最も少ない 1779.5 mm となった。年流出量も A 沢が 252 mm、B 沢が 1128 mm と少なく、A 沢では、2 月と 3 月に小雨の影響で水枯れが生じた。また、2025 年 9 月 4～5 日にかけて台風 15 号の影響により総降水量 183mm の降雨がもたらされた（図 2）。

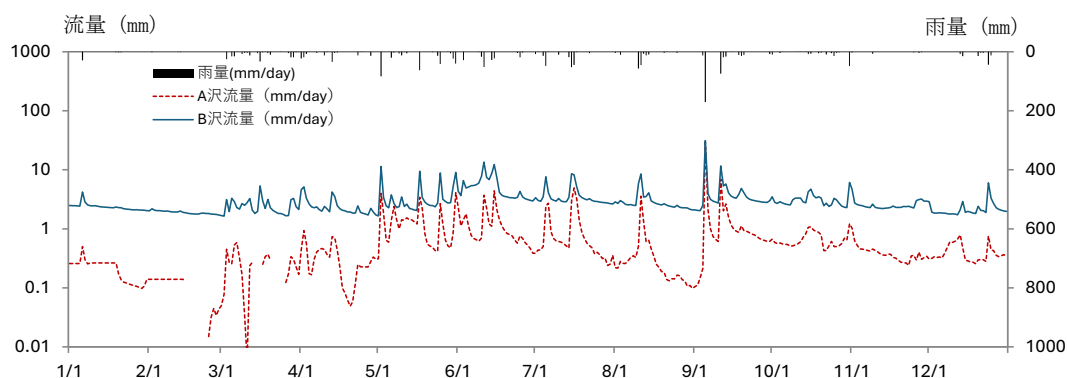


図 2 ヌタノ沢のハイドログラフ（2025.1～12）

② 観測開始以降の降水量の変化

2012～2025 年（14 年間）の年降水量について、ヌタノ沢とアメダス丹沢湖の値を比較すると、大小の関係は年により異なったが、全体的に相関関係にあった（図 3）。また、ヌタノ沢の降水量の季節変動をみると、月降水量が比較的大きいのは 6～10 月であり（図 5）、月降水量の最大値が大きいと年降水量も大きく、年降水量が 1779.5 mm と最小であった 2025 年は最大月降水量も 336.5 mm と最小であった（図 4）。さらに、冬季の少雨に着目し、前年の 12 月から当年の 2 月までの降水量を冬季降水量として年ごとの推移をみると、冬季降水量が 200 mm 未満となる年は 2018 年以降頻発し、特に 2025 年は 43 mm と少雨であった（図 6）。同様に冬季降水量について、アメダス丹沢湖の 1977～2025 年の推移をみると、冬季降水量が 200 mm 未満となる年は、1990 年代までと 2018 以降に比較的多く発生し、その中でも 2025 年は 43 mm と最小であった（図 7）。つまり、50 年程度の期間でみると、冬季降水量が 200 mm 未満となる年は、近年に限らず過去にも頻発した時期はあったが、50 mm 未満の極端な少雨は 2025 年のみであった。こうした傾向は、長期的な水源環境の変化として重要であり、今後の動向はアメダス丹沢湖のデータを活用して把握することが可能である。

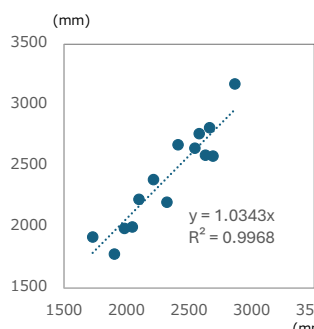


図 3 ヌタノ沢とアメダス丹沢湖の年降水量の比較

横軸：アメダス丹沢湖
縦軸：ヌタノ沢

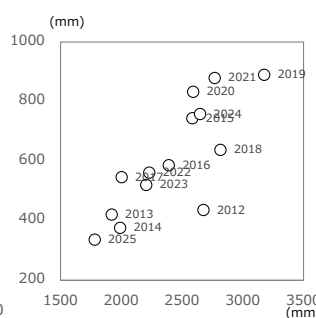


図 4 ヌタノ沢の年降水量と最大月降水量の関係

横軸：年降水量
縦軸：最大月降水量

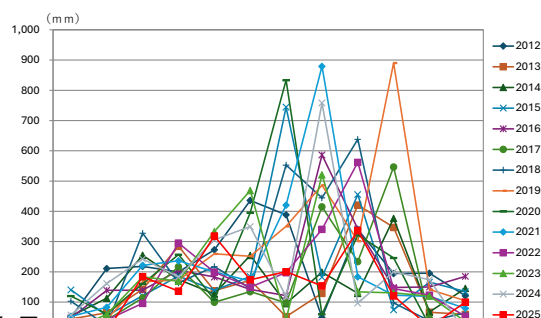


図 5 ヌタノ沢の降水量の季節変動
(1～12 月の月降水量の推移)

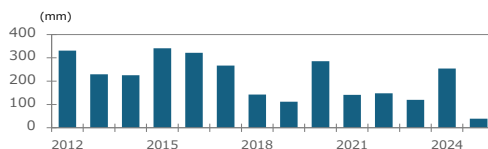


図 6 ヌタノ沢の 2012～2025 年の冬季降水量の推移

※前年の 12 月から当年の 2 月までの 3 か月間の降水量と冬季降水量として算出した。

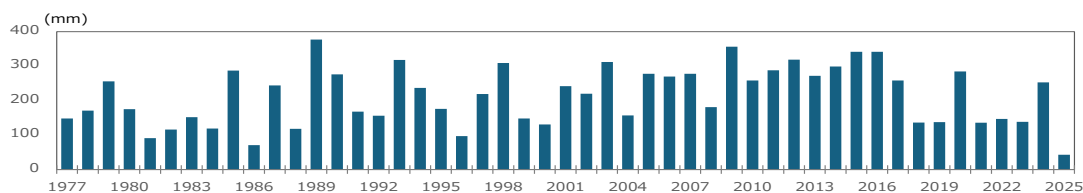


図 7 アメダス丹沢湖の 1977～2025 年の冬季降水量の推移

(8) 今後の課題

気候変動による長期的な降水量の変化など、森林の水源かん養機能に密接に関係する要因について、アメダス丹沢湖のデータ等を活用して把握する必要がある。また、植生保護柵内で植生回復が進んだ A 沢流域と周囲の柵外について、今後も植生の変化を長期に検証していく必要がある。

(9) 成果の発表

内山佳美ほか（2013）西丹沢ヌタノ沢試験流域における平成 23 年度の台風による土砂流出の概況。

神自環保セ報 10:115-122

内山佳美ほか（2018）西丹沢ヌタノ沢における濁度計による浮遊土砂観測結果。 神自環保セ報

15:29-35

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 De フチジリ沢モニタリング
(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担当者 本田美里・入野彰夫・田村淳・大内一郎・丸井祐二・内山佳美
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づき、県内4箇所に設定した試験流域の1つである南足柄市のフチジリ沢試験流域において、気象・水文観測を中心としたモニタリング調査を行った。

(6) 方法

フチジリ沢試験流域において、気象・水文観測のほかに、多地点の流量観測や土砂流出調査を行った。なお、水文観測施設は、令和元年東日本台風により被災しており、2020年度に再設置されたセンサ類により観測を継続した。

本調査は、アジア航測（株）が実施した。（詳細は、委託報告書参照。）

ア. 水流出調査

平水時に9地点で年4回（8月、10月、12月、2月）に流量、水温、pH、ECの調査を行った。うち水文観測施設（クラミ-0、フチジリ-0の2地点）においては、ロガーを用いてデータ回収を行った。

水質分析は、夏季（8月）、冬季（12月）については、全9地点で水質分析用サンプルを採取し、下記項目の分析を行った。

①水素イオン濃度（pH）、②電気伝導率（EC）、③カルシウムイオン、④カリウムイオン、⑤ナトリウムイオン、⑥マグネシウムイオン、⑦塩化物イオン、⑧硝酸イオン、⑨硫酸イオン、⑩アンモニア性窒素、⑪ケイ酸（ SiO_4^{4-} ）

出水時には、上記水文観測施設において流量観測、量水標の水位観測、水温、pH、ECの観測を行った。（10月）

イ. 土砂流出調査

台風シーズン後（12月）に上流域の洪水痕跡や河床の土砂移動状況を調査した。

(7) 結果の概要

主な調査結果は次のとおりであった（調査結果全体は、委託報告書参照）。

① 水流出調査（流量）

4回の調査では8月、10月、12月、2月の順に流量が少なくなった。2月にクラミ2では渇枯したので10m上流で観測を行ったほか、クラミ0～2、フチジリ0～1で下流よりも上流の流量が多い逆転現象が起こった。少水量期に起こりやすい、伏流によるものと考えられた。

② 水流出調査（水質）

フチジリ沢のほうがクラミ沢より高い値を示す項目が多く、アンモニア性窒素とケイ酸はクラミ沢の値が高かった。各流域内で比較すると、多くの項目で下流ほど高い傾向が見られた。過年度報告書の分析結果とともに経年変化を整理したところ、クラミ沢では硝酸イオンとカルシウムイオンが、フチジリ沢では電気伝導率、塩化物イオン、カルシウムイオンが上昇傾向であったほか、アンモニア性窒素も、ここ数年でしばしば検出するようになった。

季節変化は過年度同様にクラミ沢で明瞭であり、夏に高い傾向を示す項目（ナトリウム、カリウム、ケイ酸）と冬に多い項目（塩化物イオン）が見られた。

③ 出水時調査

調査は10月22日と10月26日に実施したが、結果的に顕著は出水日とはならず、流量の多いデータを捕捉することはできなかった。クラミ0、フチジリ0ともに水位と流量は正の相関がみられ、平水時は昨年とほぼ同一線の延長線上にプロットされたが、前者は昨年度の線上にほぼ整合するものの、後者は昨年と違う線勾配と思われる傾向が見られた。なお、どちらも通年で河床断面形状はほとんど変わっていないことから、それらの溪流のもつ流出特性によるものと考えられる。

(8) 今後の課題

- 2012年度以降の連続観測により、着実にデータが蓄積されており、水位流量換算式も整理されつつあることから、2026(R8)年度は、流出特性を検討するための各種解析に加え、当該地域の水循環特性を総合的に取りまとめる予定である。
- 2026(R8)年度の調査にあたり、故障により欠測していた風速、湿度の機材を更新したので、そのデータも加えて検討を行いたい。
- モニタリングの開始時と比べて、近年はシカ生息密度が増えつつあり、今後は下層植生衰退などの変化が予想されるため、現段階における当該地域の地形・地質等の自然条件における水源かん養機能との関係を検討できる基礎データを、捕捉しておく必要がある。

(9) 成果の発表

なし

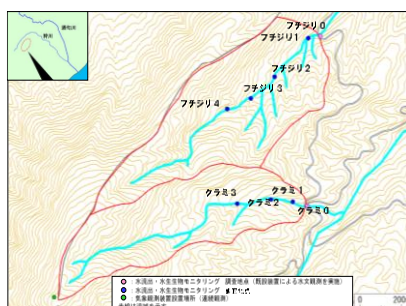


図1 調査地点

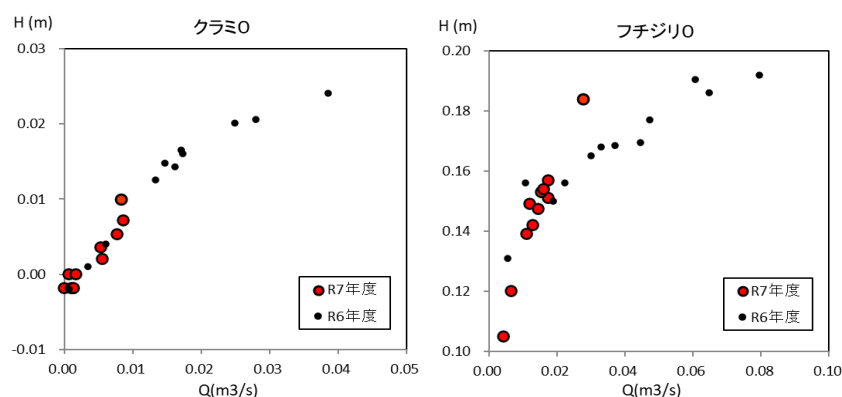


図2 平水時から出水時にかけての流量と水位の年次変化(R6-R7)

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 Df 水環境基礎調査
(2) 研究期間 平成 25 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担当者 大内一郎・丸井祐二・入野彰夫・本田美里
(5) 目的

水環境モニタリング調査（水文関連）では、かながわ水源エリア内に設置した 4 試験流域（図 1, 2）において、植生保護柵設置や間伐などの森林管理下における森林環境の変化を知るため、これに起因する水循環影響に関する基礎データ（流量、水質等）の収集、把握を行っている。

(6) 方法

調査概要を表 1 に示す。

中長期的なモニタリング調査として 4 試験流域において、令和 7(2025)年 4 月から令和 8(2026)年 3 月までの 1 年間、月 1 回、計 12 回の定期観測を実施した。

断面流速法または容積法により流量堰付近の流量測定を行うとともに、堰内水位や、地下水位、雨量などの水文観測、水温、電気伝導度（EC）、pH の水質測定を定期調査として、これまでと同一地点で実施した。これに加え不定期調査として、洪水時の河川水の水質調査、気象・通信設備、流量堰の補修、植生保護柵、観測井戸の保守点検を実施した。



図 1 選定した試験地の位置図

表 1 調査概要

調査別	対象	調査場所	項 目	方 法	流 域			
					貝沢	大洞沢	ヌタノ沢	クラミ・フチザリ沢
定期調査	河川	流量堰	流量	容積法または断面流速法による流量測定	No.4, 5	—	中川 1, 2	林道橋下の 2 地点
			水質	採水および測定機器による EC, pH, 水温測定	No.4, 5	No.1, 3, 4	中川 1, 2 西丹沢 VC※	林道橋下の 2 地点
			水位	ポイントゲージまたは水位標による実水位観測	No.5	—	中川 1, 2	林道橋下の 2 地点
		雨水	雨量	容量式雨量計による雨量観測	—	—	中川 1	—
			水質	採水および測定機器による EC, pH, 水温測定				
	地下水	観測井戸	水位	水位計を用いた地表面を基準とした実水位までの深さの観測	No.3	沢沿い 斜面中腹	尾根沿い	尾根
			データ回収	データロガーによる連続水位データ回収				
			保守点検	バッテリー交換、設備改善など				
不定期調査	河川	流量堰	洪水時水質	オートサンプラーによる採水および濁度、SS測定	○	—	—	—
	設備	気象・通信	保守点検	データ取得システムの状況確認および調整	—	○	—	○
		流量堰	堰の補修	水漏れ防止措置	○	—	—	—
	柵	柵の内外	保守点検	目視により植生保護柵に破損等がないかの確認及び補修	—	○	—	—

※ヌタノ沢北方約 500m に位置する「西丹沢ビジターセンター」吊り橋下の中川本流の水質調査

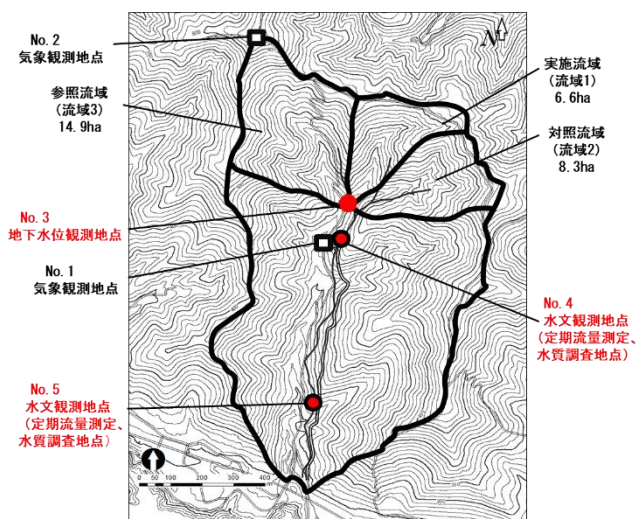


図 2a 貝沢調査地点

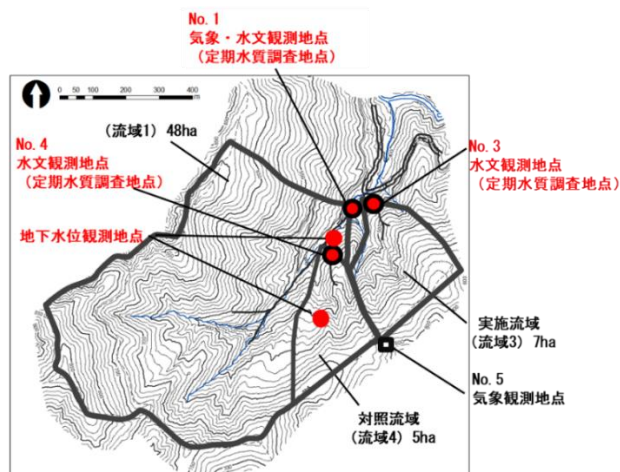


図 2b 大洞沢調査地点

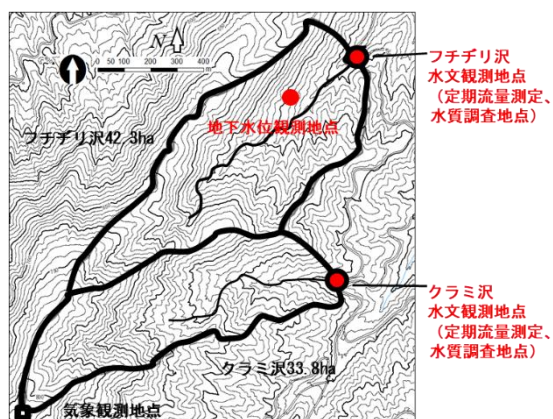


図 2c クラミ・フチヂリ沢調査地点

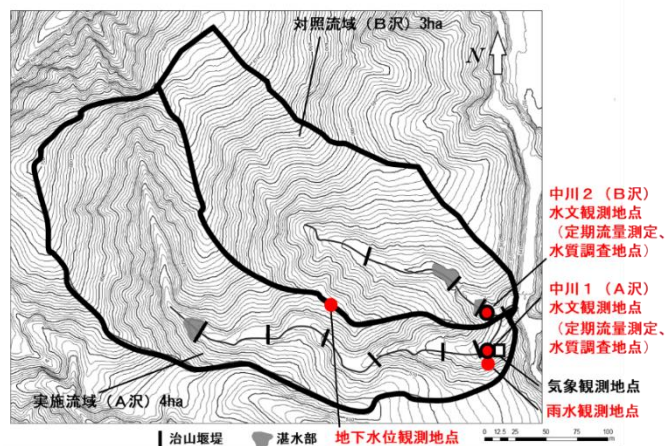


図 2d スタノ沢調査地点

(7) 調査結果の概要

① 貝沢調査結果

貝沢の調査項目（表 2）、流量測定結果（図 3）、水質測定結果（図 4）を以下に示す。

流量は梅雨前線や湿った空気の影響を受けた 6 月に増加した。地点別では No.5 が No.4 より常に多い値を示した。

No.3 の地下水は年間を通して自噴していた。流量と地下水位には正の相関関係（ $r=0.574535$ ）がみられた。

水温は季節変化を示し、夏季に高く、冬季に低い傾向を示した。電気伝導度、pH については両地点とも年間を通して大きな変化はみられなかった。

なお、洪水時の水質（SS 量）は 9 月の台風 15 号通過時にオートサンプラーを使用して採水し、分析をおこなったが、採水途中にストレーナーが空中に露出したため最後まで採水はできなかった。

洪水時における SS 量は相模湖降水量と強い正の相関関係（ $r=0.88648$ ）がみられ、降水量の増加に伴い SS 量が増加する傾向が認められた。

表 2 貝沢調査項目

流域 項目			年月日	2025 年												2026 年			
				4	5	6	7			8	9		10	11	12		1	2	3
				8	1	5	3	23	24	5	4	8	7	11	8	9	8	5	5
貝 沢	流量等	容積法	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		断面流速法	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		水位	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
	水質	水温	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		EC	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		pH	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
	地下水	洪水時水質※	—	—	—	—	—	—	—	設置	回収	—	—	撤収	—	—	—	—	
		水位	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		データ回収	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		バッテリー交換	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		観測井戸の保守	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	
		No.3 堰水漏れ防止措置	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		登山道の倒木撤去	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	

※ :SS

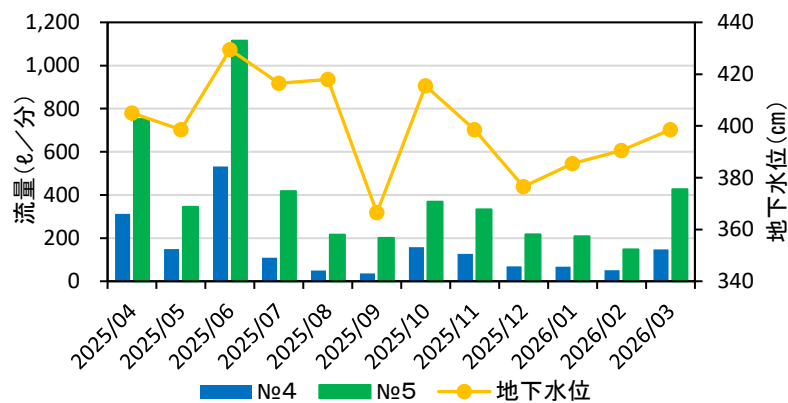


図 3 貝沢の地点別河川流量と地下水位

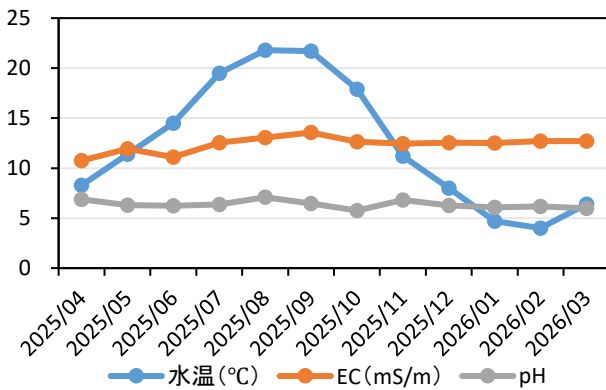


図 4a 貝沢No.4 地点河川水の水質

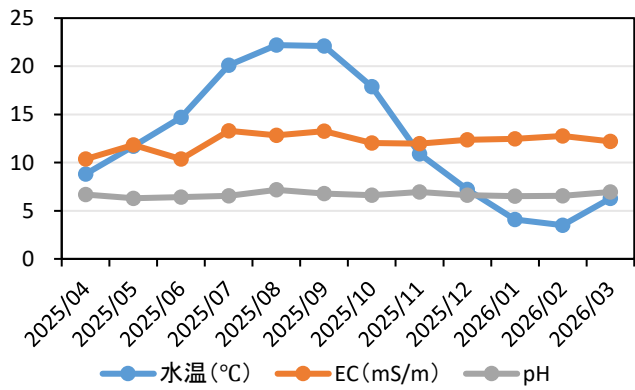


図 4b 貝沢No.5 地点河川水の水質

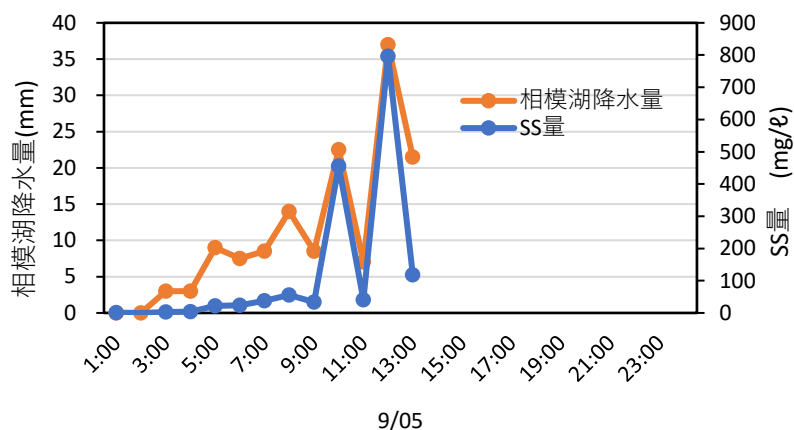


図 4c 貝沢No.4 地点河川水の SS 量と相模湖降水量（ 9 月）

③ 大洞沢調査結果

大洞沢の調査項目（表 3）、地下水位観測結果（図 5）、水質測定結果（図 6）を以下に示す。

地下水位は、沢沿い、斜面中腹の地点ともに冬季に低下する傾向がみられた。河川水の水温は季節変化を示し、夏季に高く、冬季に低くなる傾向を示した。地点別にみると、No.4 の水温の変化は No.1、No.3 に比べて小さかった。

電気伝導度の値に大きな変化はみられなかったが、地点別にみると、No.4>No.1>No.3 の順で高くなっていた。pH については年間を通して大きな変化はみられなかった。

表 3 大洞沢の調査項目

流域 項目			年月日	2025 年														2026 年				
				4		5		6			7		8		9		10	11	12	1	2	3
				21	22	14	22	4	9	24	10	29	6	25	2	18	23	20	18	22	19	19
大洞沢	水質	水温	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○	
		EC	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○	
		pH	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○	
	地下水位	水位	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○	
		データ回収	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○	
		バッテリー交換	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○	
	測定機器、通信設備点検		—	—	○	—	○	○	—	○	—	○	—	○	—	—	—	—	—	—	—	
	柵の点検・補修		○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

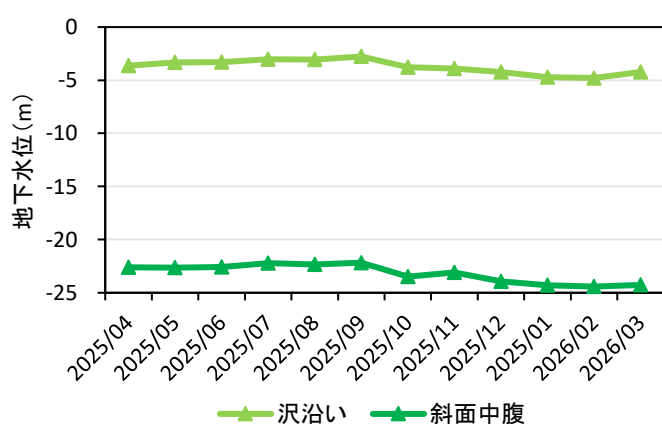


図 5 大洞沢の地点別地下水位

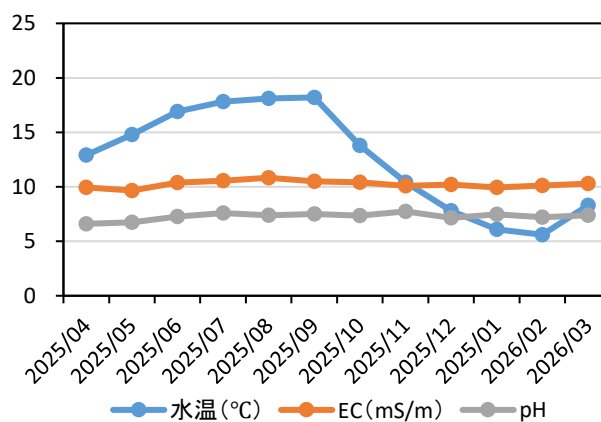


図 6a 大洞沢No.1 地点の河川水の水質

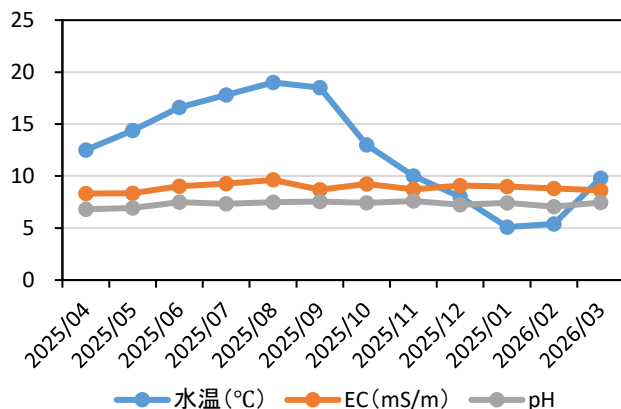


図 6b 大洞沢No.3 地点の河川水の水質

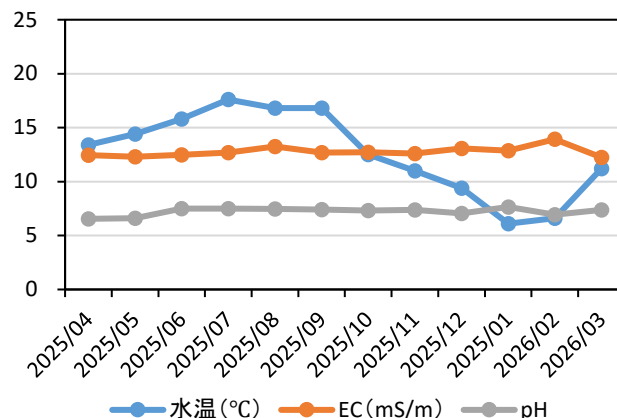


図 6c 大洞沢No.4 地点の河川水の水質

③クラミ沢、フチザリ沢の調査結果

クラミ沢、フチザリ沢の調査項目（表 4）、流量測定結果（図 7）、水質測定結果（図 8）を以下に示す。

流量は低気圧や梅雨前線の活動が活発となった 4, 6 月に多い値を示した。また、地下水位には大きな変化はみられなかったが、クラミ沢、フチザリ沢の流量と正の相関関係（クラミ沢 $r=0.797589$ 、フチザリ沢 $r=0.877805$ ）がみられた。

流量はフチザリ沢がクラミ沢より常に多い値を示した。

水温は季節変化を示し、夏季に高く、冬季に低い傾向を示した。電気伝導度は年間を通して大きな変化はみられなかった。地点別にみると、フチザリ沢はクラミ沢より高い傾向を示した。pH については年間を通して大きな変化はみられなかった。

なお、8 月、12 月、1 月のクラミ沢は涸れていたため、流量測定はできなかったが、8 月、12 月は堰堤から流れ落ちる水を利用して、容積法による流量測定を行った。

表 4 クラミ沢、フチザリ沢の調査項目

流域 項目			年月日	2025 年										2026 年				
				4	5	6	7		8			9	10	11	12	1	2	3
				15	15	12	22	28	7	8	28	9	14	13	11	13	12	12
クラミ沢・フチザリ沢	流量等	容積法	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	
		断面流速法	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	△	○	○	
		水位	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	△	○	○	
	水質	水温	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	△	○	○	
		EC	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	△	○	○	
		pH	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	△	○	○	
	地下水	水位	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	
		データ回収	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	
		バッテリー交換	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	
	その他	水質観測機器のデータ回収	○	○	○	○	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—	
		バッテリー増設・交換・調整	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		気象・通信設備点検	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

△:クラミ沢が涸れていたため、フチザリ沢のみで実施

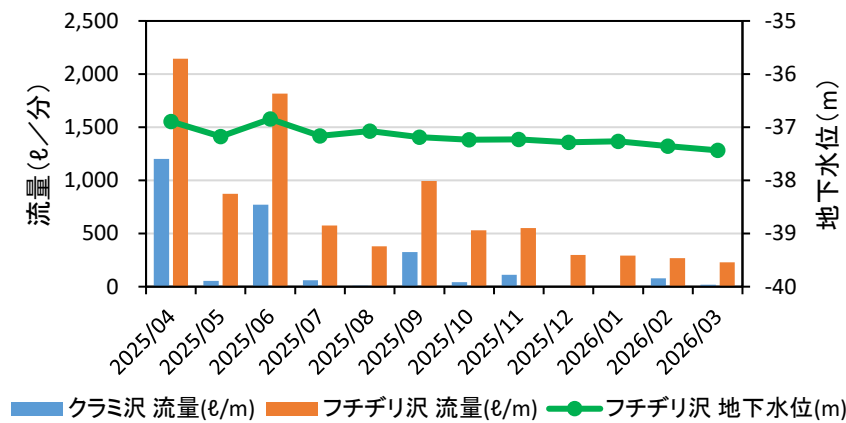


図7 クラミ沢とフチヂリ沢の河川流量と地下水位

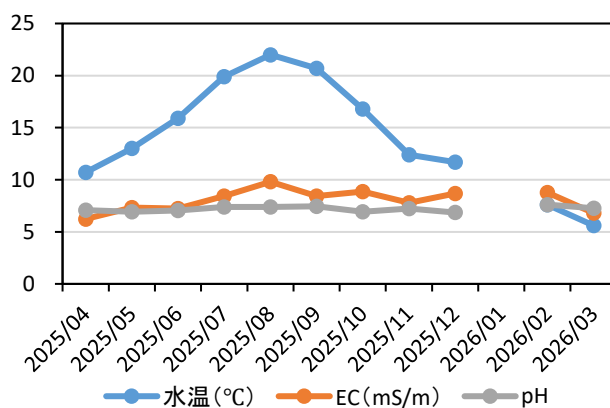


図 8a クラミ沢河川水の水質

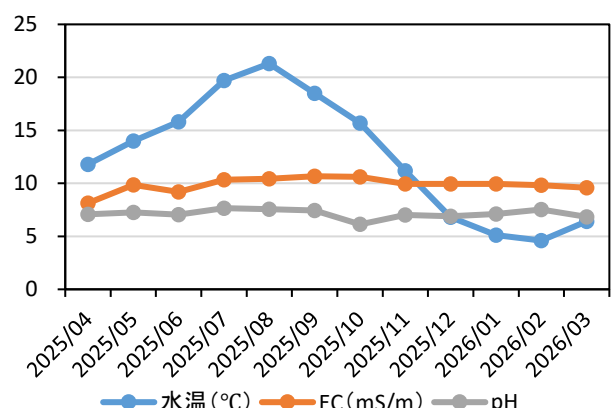


図 8b フチヂリ沢河川水の水質

④ ヌタノ沢調査結果

ヌタノ沢の調査項目（表 5）、流量測定結果（図 9）、雨量観測結果（図 10）、水質測定結果（図 11）を以下に示す。また、流量測定結果とポイントゲージによる水位（越流水深）測定結果から水位流量曲線（図 12）を作成した。

流量と雨量は 7, 9 月に多く、これは 7 月には梅雨前線、9 月には台風 10 号の影響を受け降水量が多くなったことが要因として推定される。地点別の流量は常に B 沢量水堰（中川 2）が A 沢量水堰（中川 1）より多くなっていた。また、流量と地下水位には正の相関関係（A 沢 $r=0.627089$ 、B 沢 $r=0.894133$ ）がみられ、特に B 沢では強い正の相関関係がみられた。

雨水の水質をみると、水温は外気温や地温の影響を受けて、夏に高く、冬に低い傾向を示した。pH は大きな変化はみられなかった。電気伝導度は年間を通して低く推移し、河川水のそれより低い値であった。

河川水の水質をみると、水温は季節変化を示し、夏に高く、冬に低い傾向を示した。

電気伝導度の値に大きな変化はみられなかった。地点別にみると、A 沢 > B 沢 > 西丹沢 V C の順で高くなっていた。

pH は年間を通して大きな変化はみられなかった。

洪水時の水質は予報の「降水あり」に対し実況が「降水なし」となったため、結果として試料が採水できなかった。

水位流量曲線は A 沢、B 沢ともに一般的な傾向を示した。

表 5 ヌタノ沢の調査項目

流域 項目			年 月 日	2025 年										2026 年			
				4	5	6		7		8	9	10	11	12	1	2	3
				17	20	17	25	2	24	21	16	21	18	16	15	17	17
ヌ タ ノ 沢	流量等	容積法	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		断面流速法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水位	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	水質	水温	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		EC	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		pH	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	雨水	洪水時水質※	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		雨量	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		水温, EC, pH	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	地下水	水位	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
データ回収		○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
バッテリー交換		○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
その他	連続水質観測機器のデータ回収、点検等	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

※ :SS

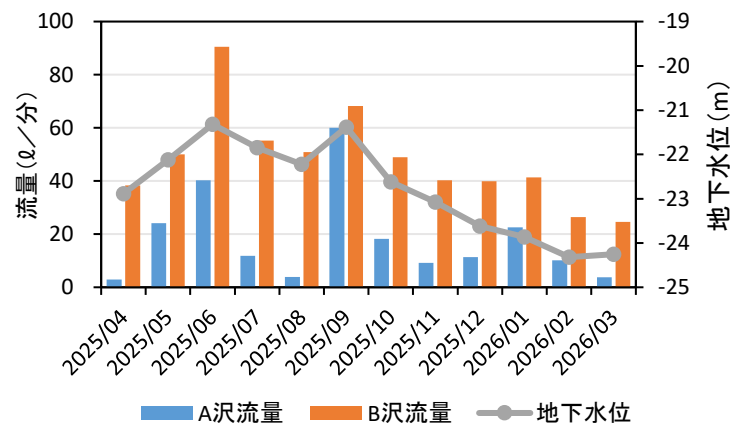


図 9 ヌタノ沢の河川流量と地下水位

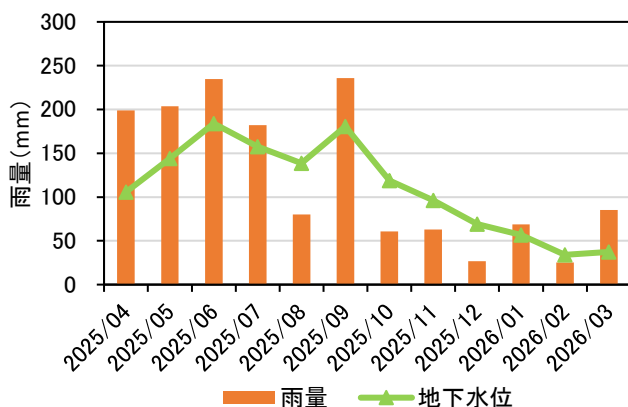


図-10 ヌタノ沢の雨量と地下水位

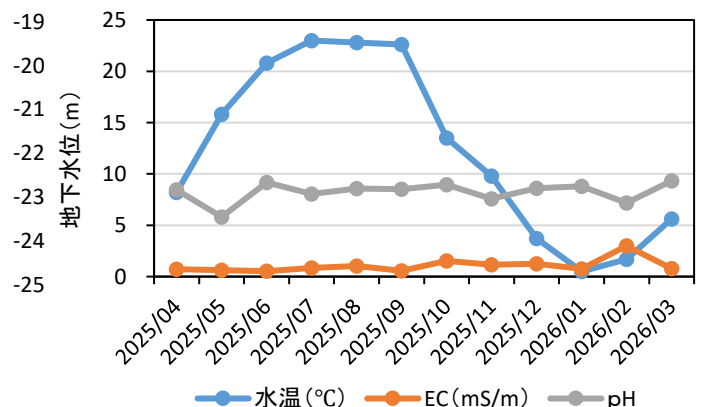


図 11a ヌタノ沢の雨水の水質

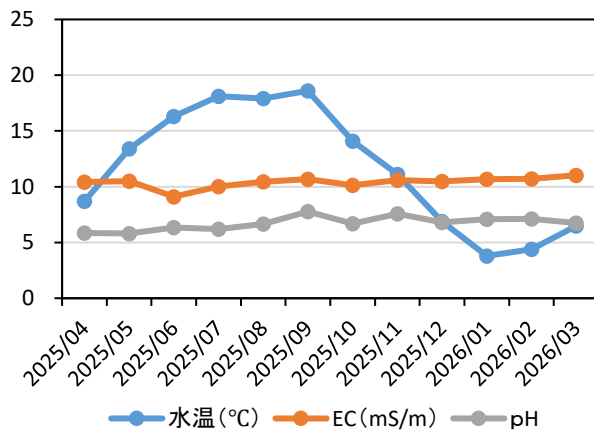


図 11b スタノ沢 A 沢中川 1 の河川水の水質

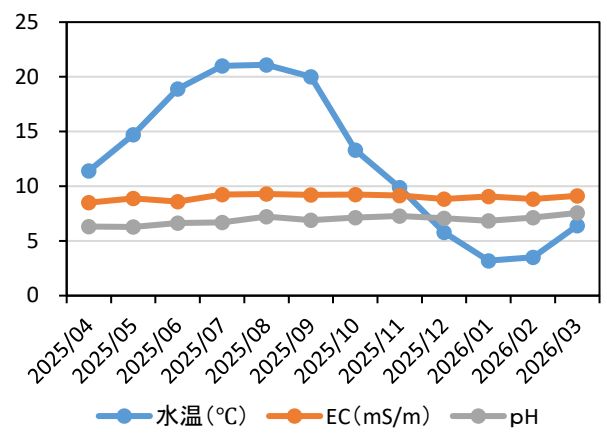


図 11c スタノ沢 B 沢中川 2 の河川水の水質

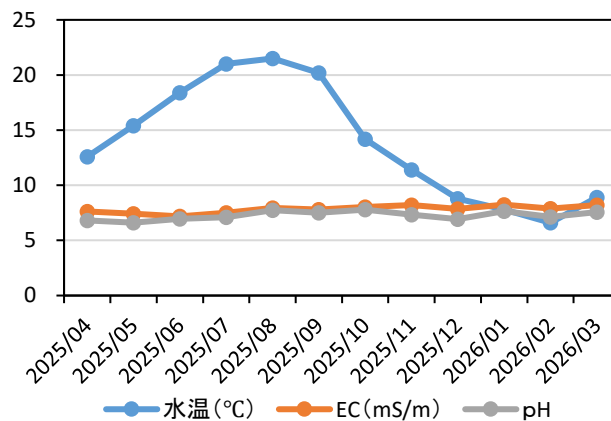


図 11d スタノ沢周辺西丹沢 VC の河川水の水質

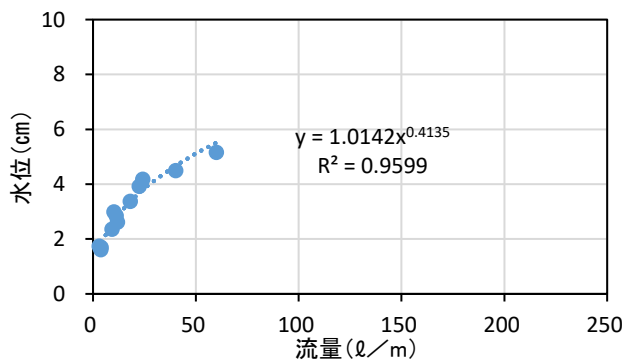


図 12a A 沢水位流量曲線

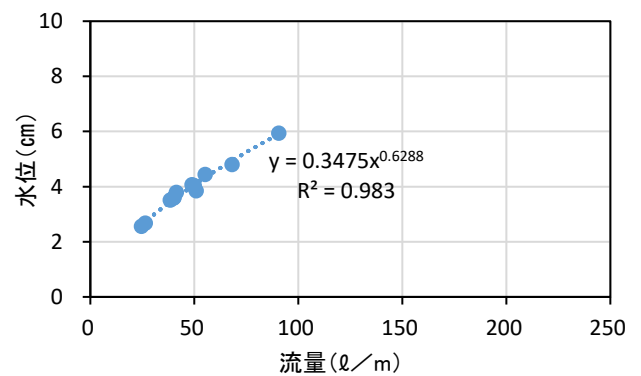


図 12b B 沢水位流量曲線

(8) 今後の課題

- ・各試験流域においては、観測システムによる常時観測も並行して行っているが、観測システムで取得したデータをまとめておく必要がある。

(9) 成果の発表

なし