

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 **A 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3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 **内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀**

(5) 目的

第3期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画（第1期：H19～23、第2期：H24～28）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、モニタリング調査を継続するとともに、プロジェクトの推進にかかる会議等開催、学会等での成果発表、研究成果普及のための研究成果発表等を行った。

なお、令和元年度の業務においては、10月の令和元年東日本台風の襲来、2月下旬以降の新型コロナウイルス感染症にかかる感染拡大防止対策に大きく影響を受けた。

(7) 結果の概要

① プロジェクト推進にかかる会議・打合せ等の開催

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、会議・打合せ等を開催した（表1）。なお、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止対策のため、3月に予定していたプロジェクト全体の検討会議の開催を見送るとともに、研究成果評価部会については対面の会議を取りやめ、書面開催とした。

② 学会や一般向け行事における研究発表

各学会における論文発表や大会の口頭・ポスター発表に加え、水源環境保全・再生かながわ県民会議や一般向けの行事、依頼講演等において研究成果の発表・普及を行った（表-2）。

③ 令和元年東日本台風による影響

10月11～12日に襲来した令和元年東日本台風の影響により観測開始以降で最大の豪雨がもたらされ、すべての試験流域で水文観測施設が被災し観測不能となった。観測施設の被害は量水堰の土砂堆積のみならず観測設備類の破壊・流失に及ぶ甚大なものであったため、当初の維持管理用予算で賄うことができず、追加の予算配当を受けて復旧関連の発注を行った。令和元年度末までにヌタノ沢試験流域の施設が復旧し、他の3か所の復旧関連業務は庁内の多くの台風被害対応業務と同様に明許繰越対応となり、復旧は次年度に持ち越しとなった。

(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ていくこと、これまでのモニタリング結果や施策を取り巻く状況の変化を踏まえたモニタリング計画のアップデートと施策の最終評価に向けた戦略の具体化が必要である。

(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.

表-1 研究連携課主催の対照流域モニタリング関係会議等一覧

開催日	会議名称等	区分	内容（主な議題等）
R1. 10. 18	個別打合せ（東京農工大学 五味高志教授）	外部	水源施策の評価指標（参考情報B：ダム上流域の土壌流出）に関する意見聴取
R1. 11. 21	個別打合せ（東京農工大学 五味高志教授）	外部	水源施策の評価指標（参考情報B：ダム上流域の土壌流出）の追加解析に係る意見聴取
R2. 1. 16	個別打合せ（東京農工大学 石川芳治名誉教授）	外部	台風による被災状況説明と復旧対応等に関する意見聴取
R2. 2. 4	現地視察（東京農工大学 石川芳治名誉教授）	外部	台風による被災状況視察（大洞沢）
R2. 2. 7	現地視察（東京農工大学 石川芳治名誉教授）	外部	台風による被災状況視察（フチジリ沢）
開催見送り	第21回 対照流域モニタリング調査会検討会議	外部	対照流域モニタリングの進捗状況について、各モニタリング調査の実施状況について
書面開催	研究成果評価部会	外部	水循環モデルによる土砂流出解析～広域水循環モデルを用いた施策評価の試み～

表-2 各種行事における研究発表等一覧

開催日	行事名（発表内容）	主催
R1. 7. 13	サイエンスフェア2019 （研究発表・ポスター展示「かながわの水源地の保全・再生」）	政策局政策部総合政策課
R1. 5. 23	平成31年度横浜国立大学大学院科目「神奈川県の取り組む技術的課題」 （講義「水源林再生とモニタリング調査」）	国立大学法人 横浜国立大学 （県と大学の協定に基づく）
R1. 6. 20	水源環境保全・再生かながわ県民会議現場説明会 （講義「森林における水環境モニタリングについて」）	水源環境保全課
R1. 8. 7	令和元年度第1回事業モニター （解説・現地説明「水環境モニタリング（森林のモニタリング調査）について」）	水源環境保全課
R1. 12. 13	東ティモール国職員研修（JICA） （講義「丹沢における土壌保全対策について」）	（株）国際開発センター ※独立行政法人国際協力機構（JICA）委託業務
R1. 12. 17	令和元年度県農林水産系試験研究機関成果発表会 （研究発表・ポスター展示「丹沢ブナ林の土壌保全対策手法の開発～自然再生のためのシカ・植生・土壌の統合的対策～」）	神奈川県農業技術センター

※学会の論文発表や口頭・ポスター発表等を除き、行政関係の対応や一般県民向け行事等にかかるもの。

表-3 対照流域モニタリング調査の実施体制（令和元年度）

試験地	区分	対照流域試験地				先行研究
	試験地	フチジリ沢	スタノ沢	大洞沢	貝沢	堂平沢
	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	農工大	—
試験流域調査	水流出	委託 （一部保全C）	保全C	東京大学 （一部保全C）	農工大 （一部保全C）	—
	水質			農工大		
	土砂流出	—	—	—	農工大（一部）	委託（林床被覆）
	土壌侵食					
植生	—	—	—	—	—	
	水生生物	底生動物：農工大（五味教授）				
広域	水質	—	—	神奈川工科大	—	—
	モデル解析	水循環モデル※宮ダム上流解析				

※台風による被災後に臨時で実施した台風影響把握や施設復旧業務は除く。

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 **Aa 観測施設保守・改良**
 (2) 研究期間 **平成19年度～令和3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 **内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀・三橋正敏**

(5) 目的

第3期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づいて、対照流域法等による森林のモニタリング調査の基盤データを取得するために、各試験流域の観測施設の維持管理・改良、対照流域試験の操作実験にかかる施設整備を行う。

(6) 方法

各試験流域の観測施設の定期点検や保守を行うとともに、10月の令和元年東日本台風の影響により、すべての試験流域において水文観測施設が被災したため、量水堰の浚渫や施設の復旧対応を行った。なお、個々の機器の保守管理等の詳細は、別途報告する。

表-1 観測施設整備・維持管理業務一覧（令和元年度）※網掛けは台風被害対応

箇所	業務内容	工期	受託者
大洞沢	植生保護柵等点検	-	(直営)
	既存の観測システムの点検とデータ集録用パソコンの更新	6/26 ~ 3/16	アズビル(株)
	観測機材用コンテナ移設（基礎に侵食が及んで転落恐れ）	12/11 ~ 12/27	(株) 山善
	量水堰の堆積土砂整理（流路整理による施設損傷防止）	3/13 ~ 3/31	(株) 山善
	N03量水堰の堆積土砂の搬出・処理（170m ³ ）	3/26 ~ 繰越	(株) 落合組
	台風被害把握と観測システム再設計・再設置	3/30 ~ 繰越	日本工営(株)
貝沢	観測施設・システムの定期点検	4/1 ~ 3/31	東京農工大学
	N01量水堰の漏水対策、N02、3量水堰の止水処置補強	6/7 ~ 9/30	(有) 榎本工業
	進入路（貝沢林道）の補修（倒木除去・路盤の補足材充填）	12/6 ~ 1/20	(有) 榎本工業
	N01、3、4量水堰の浚渫、N05量水堰の倒木処理	2/6 ~ 繰越	(有) 榎本工業
	N01、3、4、5量水堰の水文観測設備の復旧・調整	2/14 ~ 繰越	(株) ウイジン
ヌタノ沢	植生保護柵点検	-	(直営)
	観測施設・システムの定期点検・保守（全6回）	4/22 ~ 3/31	(株) ウイジン
	A沢量水堰の浚渫	12/3 ~ 2/10	(株) 加藤工務店
フチジリ沢	観測施設・システムの定期点検・保守※	8/14 ~ 3/27	日本ミクニヤ(株)
	被災した水文観測施設の復旧、水生生物への影響把握	3/30 ~ 繰越	新日本環境調査(株)
所内	既存の観測データベースの保守（パソコンの更新含む）	7/23 ~ 10/31	(有) ネブス

※調査委託の一環として実施

表-2 台風被害にかかる復旧対応予算

(千円)

区分	当初予算分	追加配当分	計	
需用費（工事用）	1,600	0	1,600	大洞沢、貝沢、ヌタノ沢
委託費	10,000	0	10,000	フチジリ沢
工事請負費	4,000	32,000	36,000	大洞沢、貝沢
備品購入費	800	3,000	3,800	貝沢、ヌタノ沢
計	16,400	35,000	51,400	

※当初予算分は、維持管理用予算のほか、台風影響により中止となった調査予算等も活用した。

(7) 結果の概要（一部の結果のみ。他の結果は、報告書や工事書類等を参照）

① 台風により被災したヌタノ沢の水文観測施設の復旧

ヌタノ沢試験流域では、台風の影響による流域内の斜面崩壊等はなかったが、主に溪床堆積物の侵食により、B 沢では既設堰堤上流側の堆積が進み A 沢では流域末端の量水堰に多量の土砂が堆積し整流板や機器が損傷を受けた。

A 沢量水堰の堆積土砂は約 40 m³であり、浚渫は 12 月 5～7 日に実施した。浚渫時に取り外した整流板全 4 枚のうち 2 枚は、12 月 24 日の施設の保守作業の際に機器再設置・調整と合わせて補修・再設置し、残る 2 枚は 3 月 6 日に新たに購入したものを再設置した。



図-1 ヌタノ沢 A 沢量水堰の被災状況（左）と復旧状況（右）

② フチジリ沢の気象観測装置の点検と台風の影響

調査委託の一環で気象観測装置の点検を行う予定であったが、台風の影響によりアクセス道である檜山林道が被災し通行不能となったうえ、周辺の山林の被災実態も十分把握されていないことから、安全面等を考慮して 10 月以降の実施を中止した。このため、気象観測装置の点検は 9 月の 1 回のみとなった。なお、水文観測装置については、予定どおり 4 回点検を行った。

(8) 今後の課題

- ・台風により被災した観測施設について早急に復旧する必要がある。
- ・観測の精度を維持するために、日ごろから定期点検を行い、異常等の早期発見、早期対応を行う必要がある。また、大きな施設破損につながる前に、日頃からきめ細かく予防的な措置を行うとともに老朽化した機器等については計画的に更新する必要がある。
- ・大洞沢とヌタノ沢の植生保護柵については、定期点検を継続し、補修や補強をこまめに行う必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

内山佳美・山根正伸（2013）対照流域法によるモニタリング調査のための観測システムの整備，神奈川県自然環境保全センター報告、10：13-21.

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A. 対照流域法調査による水源施策の2次アウトカム(水源涵養機能の向上)の検証

- (1) 課題名 Ab. 観測機器の保守・改良
- (2) 研究期間 平成31年度～令和2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 丸井祐二・内山佳美・安部 豊

(5) 目的

野外調査で使用する水文観測機器の保守・点検及び改良を、電気機器に関する高度な専門知識を有する調査員が行うことによって、低コスト、高精度の長期観測維持を目的とし、下記の機器に関して、調査、改善等を行った。

(6) 方法及び結果の概要

① センサーカメラ (SG560P/560K/TREL10J, HykeCAM SP2, 400-CAM066)

センサーカメラの新規購入にあたり、機種を事前評価し、既に所有している機種も併せて有効活用を検討した。

従来より使われていたセンサーカメラは、「電池の消耗が早い」、「動作しない」、「雨水が入り込む」などの初期不良と思える症状が多いため、新規のカメラを検討した。SANWA 社製の 400-CAM066 は小型、低価格、電池は4本、防塵防水規格 IP56 を取得しているため期待が高く、実際に購入して動作確認を行った。従来機種とも比較して長所短所を把握し(表-1)、問題なしの結果が得られたため、次回購入モデルに決めた。

表-1 センサーカメラの比較

メーカー :品名	画質	File Size	Battery:ニツ ケル水素	水漏れ	操作性、 使い勝手	形状	価格: メーカ HPより
SANWA ・400-CAM066	△あまり よくない	△	◎(単三4本) これで充分使 えるレベル 	◎防水防塵 規格取得 	◎向き確認がモ ニタできる、カウ ントダウンあり 	◎10.4x7.5x4. 3cm一番小 さい、軽い 	¥10800
GI Supply ・SG560P-8M, ・SG560K-8mHD ・SG560K-12mHD ・SG560K-14mHD ・TREL10J-D	○	○	○(単三8本) 	△規格なし、 雨水侵入事 故あり	○カメラ部がモ ニタの反対側で向き 確認が面倒 	○14×8×5cm 	¥23320(TREL 10J-D)
ハイク ・HykeCAM SP2	◎一番 画質が いい	◎	△(単三12本) 長時間撮影には、 向いていそう 	△規格: IP65、 雨水侵入事 故あり	○カメラ部がモ ニタの反対側で向き 確認が面倒 	△15×12×7. 2cmかなり大 きい 	¥31800

② 自動採水器 (Model 3700, ISCO 社)

採水器を現場に設置する際、3箇所ロープで固定するが、採水したサンプルを回収するたびにロープを解く、戻すなどの作業があり、時間的なロスが大きい。これを簡単にできるように、引っ掛け用フックとプラスチック製自在を使って作業を効率化した(図-1)。

また、機器の隙間からアリやクモ、ネズミなどが入り込み、巣を作るため、サンプルを回収する

たびに掃除が必要になっていた。防虫剤も試したが効果なかったため、剥がしやすい養生テープを用いて虫の侵入を塞ぐこととし、効果が確認できた（図-2）。



図-1 固定方法の変更



図-2 昆虫、小動物の侵入防止対策

③ 使い捨て電池を充電式電池に置き換える

地下水位計測で使用する9V角電池は定期的（3ヶ月）に交換が必要で、使い捨てである。そこで在庫品の有効活用として充電式電池（ニッケル水素電池）への置き換えが可能であるかを検討するため、観測地点4箇所の地下水位計測に実際に導入し（図-3）、1年間の電池の電圧変化をモニターした。

モニターした電圧は、常に必要最低電圧8.4V以上であり、問題ないことが確認でき、1年間は交換不要である事もわかった（図-4）。これらの結果、在庫充電式電池の有効利用ができ、使い捨ての9V角電池の廃棄もなくなることができた。尚、単一電池は収納BOXに入らないため単二電池を採用した。

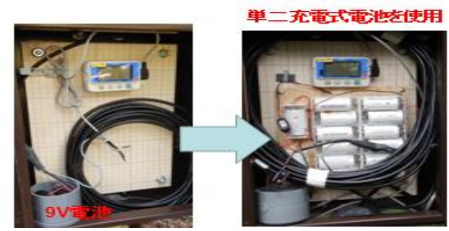


図-3 充電式電池への置き換え

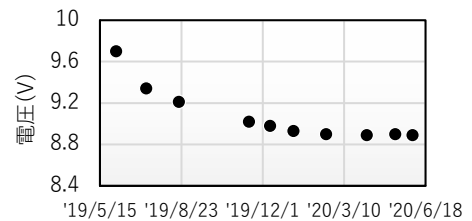


図-4 電圧の推移

④ 電圧ロガーの電圧確認（TR-55i:T&D社、3635:HIOKI社）

当所の気象観測装置等はソーラーパネルとバッテリーで構成されているが、その設置場所には頻繁に行けない場合が多い。実際に年間を通して問題なくソーラーの電圧が来ているのか、バッテリー電圧は一定量あるのかなどは把握しきれていない。そこでフチジリ沢と丹沢山でバッテリー電圧をロガー（3635、TR-55i使用）で1年間モニターしたところ、想定された電圧で、正常に切り替わっていたことが分かった（図-5）。これにより、今後のバッテリー交換の間隔の検討に役立つ情報が得られた。

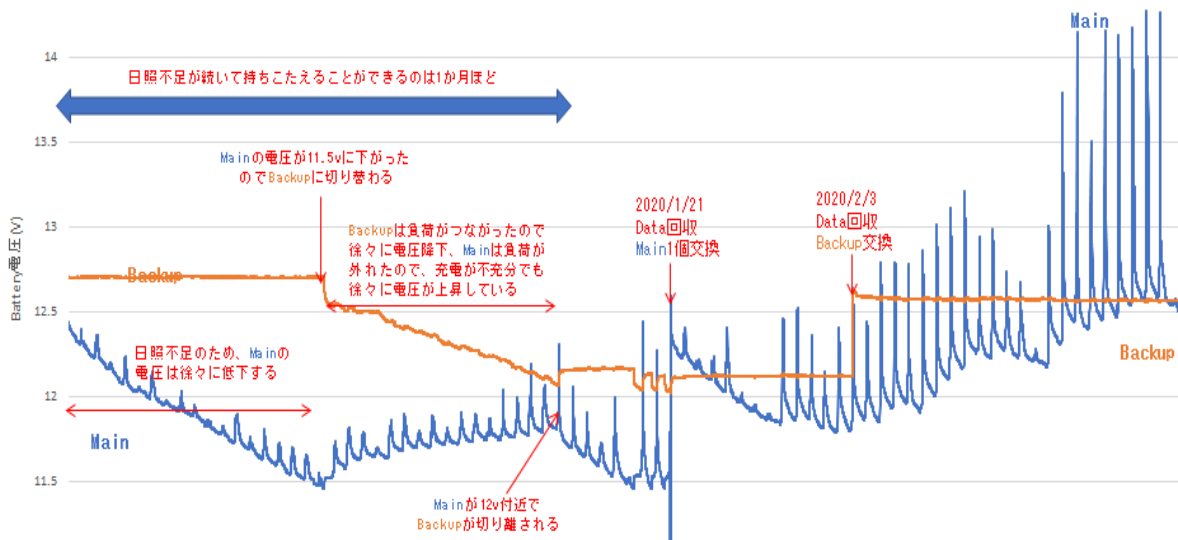


図-5 ロガーによるバッテリー電圧の管理

⑤ 電圧ロガーの整理 (LR5043:HIOKI 社)

電圧ロガーは、測定終了後に使われなくなるケースが多いが、再利用できるものも多いため、代替機能の確認と整備・整理を行った。

電圧ロガーは入力電圧によって機種が異なるが、工夫次第で他の機種にて代替可能な場合がある。例えば 12V の電圧を監視するためには 12V が入力範囲の機種（例えば、HIOKI 社の 50V の LR5043）が必要であるが、抵抗分割回路（図-6）を用いれば、補正をすることによって、5V の LR5042 でも使えることが分かった。そのため、新旧、種類、メーカー、入力電圧など複数ある情報を整理する必要があり、所内にある使い終わったロガーを調査、整備中である。

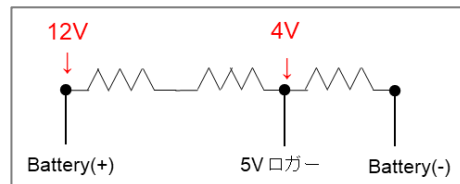


図-6 抵抗分割回路

(7) 今後の課題

- ・一旦使用を終えた機材でも再使用の可能性を検討し、適切に保管する。
- ・廃棄物になる使い捨て電池に関して、充電式電池などへの置き換えの検討を続ける。
- ・現状把握のため、データによる裏付けを取り、情報のドキュメント化、情報共有を図る。

(8) 成果の発表

なし

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

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

- (1) 課題名 Ac 水環境基礎調査
- (2) 研究期間 平成 25 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・安部 豊・内山佳美

(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）で、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と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。

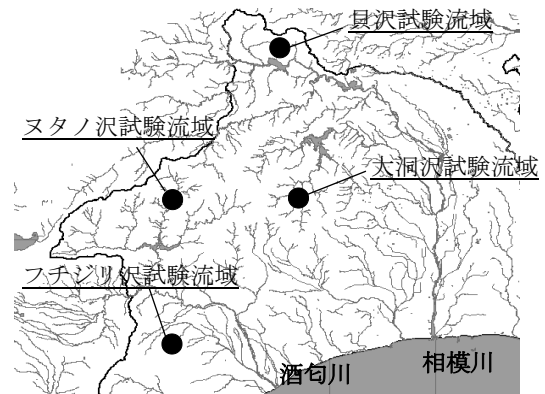


図-1 選定した試験地の位置図

(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 試験流域で平成 31 年 4 月から令和 2 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現位置で実施した。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、コドラート法による植生調査、設備並びに柵の保守点検を実施した。

なお、台風 19 号により林道や設備に被害を受けた流域では調査を中止した時期がある。

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	スタノ沢	クラミ・フチジリ沢
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	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	—	—	中川 1	—
	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			バッテリー交換など					
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。実流量を除く水質項目を洪水時前後に実施	○	—	○	—
			雨量	容量式雨量計による雨量観測	—	—	○	—
	雨水		水質	採水および測定機器による EC, pH, 水温測定	—	—	—	—
			植生	試験区内外	植生分布	コドラート法による観察および写真撮影	—	—
	設備	通信設備	保守	データ取得システムの状況確認および調整	—	○	—	—
	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	—	○	○	—

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

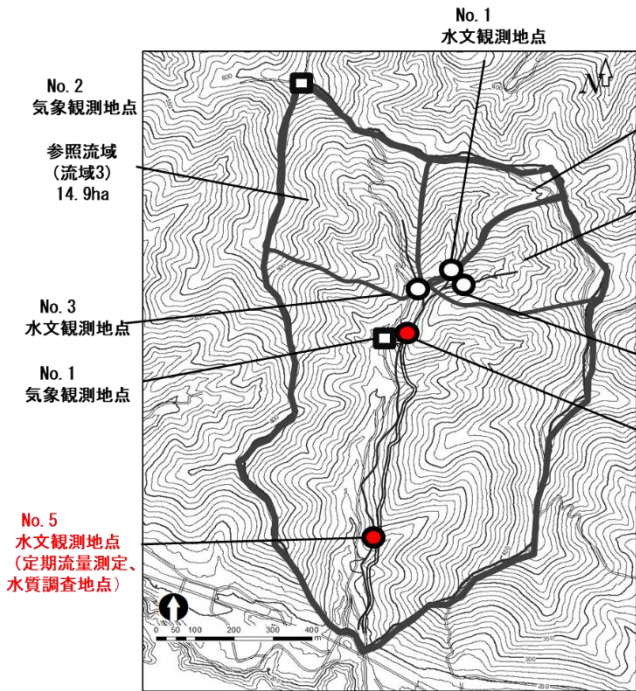


図-2-1 貝沢調査地点

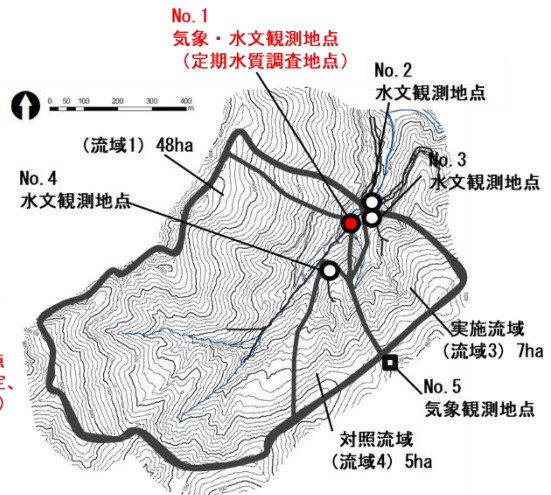


図-2-2 大洞沢調査地点

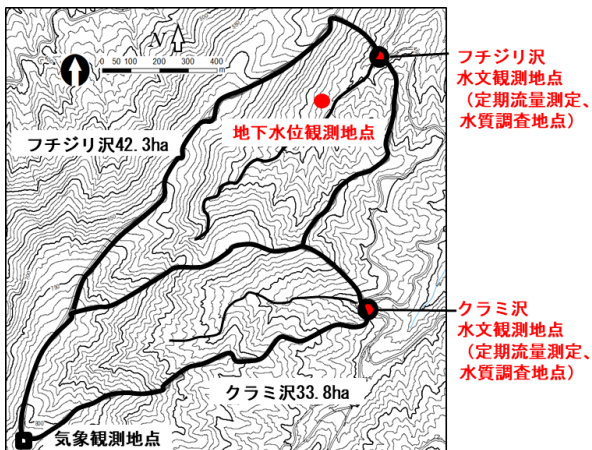


図-2-3 クラミ・フチジリ沢調査地点

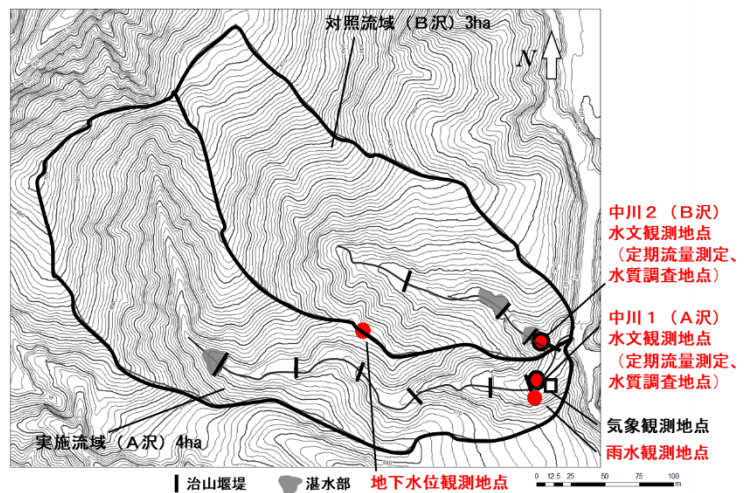


図-2-4 ヌタノ沢調査地点

(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）、水質調査結果（図-4）を以下に示す。

流量は梅雨前線の活動時や寒冷前線の通過時に増加傾向を示した。地点別ではNo.5がNo.4より常に高い値を示した。水温は季節変化を示し、夏に高く、冬に低い値を示した。電気伝導度は大きな変化はみられなかったが、両地点ともまとまった降雨の後に若干低くなっていた。pHは両地点ともあまり変化はなく、ほぼ一樣な値であった。

表-2 貝沢調査項目

流域	項目	年月日	2019年							2020年				
			4 16	5 27	6 6	7 9	8 13	9 3	10 8	11 12	12 3	1 14	2 13	3 19
貝	流量等	容積法	○	○	○	—	○	○	○	—	—	—	—	○
		断面流速法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		水位	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
沢	水質	水温	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		電気伝導度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		pH	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			洪水時水質※	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—	

※水質：水温，EC，pH

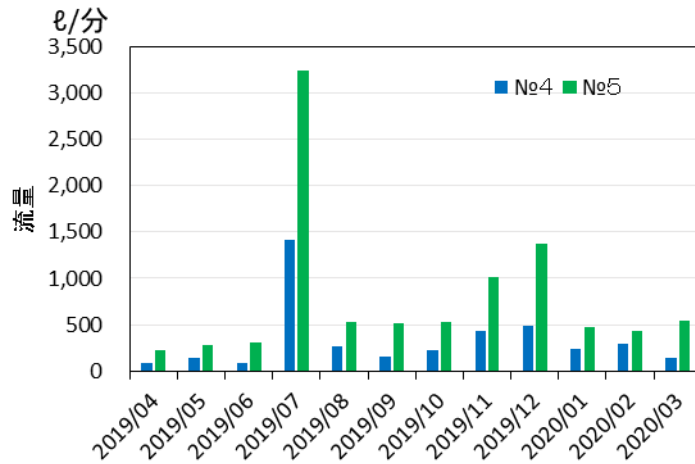


図-3-1 貝沢の地点別流量

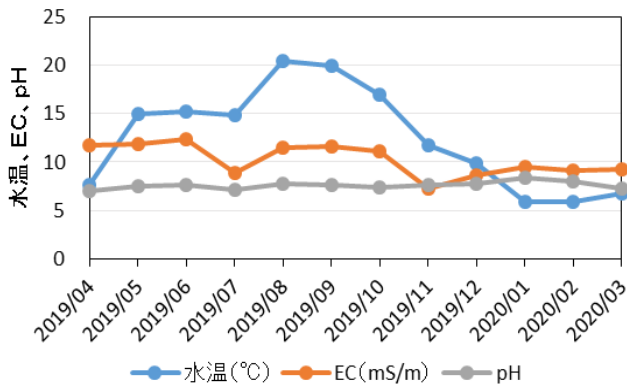


図-4-1 貝沢No.4 地点河川水の水質

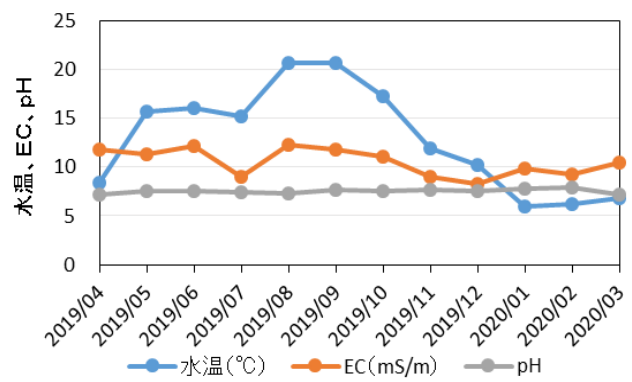


図-4-2 貝沢No.5 地点河川水の水質

② 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）、水質調査結果（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大きな変化はみられなかった。河川水の水温は季節変化を示し、8月に18.2°Cの最大値を示し、1月に7.0°Cの最小値を示した。電気伝導度、pHは大きな変化はなく、ほぼ一様な値であった。

表-3 大洞沢の調査項目

流域	項目	年月日	2019年										2020年		
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
			16	7, 28	6	9	13	3	8	27	26	9	4	24	
大洞沢	水質	水温	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中止	○	○	○
		電気伝導度	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
		pH	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
	地下水	水位	○	○	○	○	—	○	○	—	—		○	○	○
		データ回収	○	○	○	○	—	○	○	—	—		○	○	○
		バッテリー交換	○	—	○	○	—	—	—	—	—		—	—	—
沢	通信設備内点検	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—		
	柵の点検	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

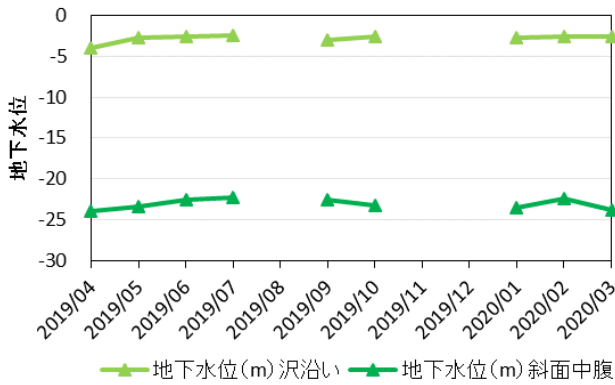


図-5 大洞沢の地点別地下水水位

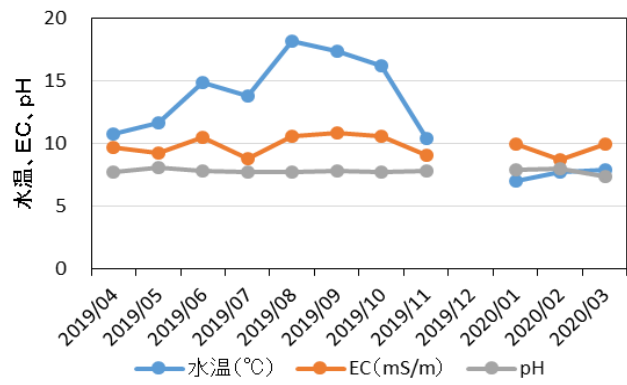


図-6 大洞沢No.1 地点の河川水の水質

③ クラミ沢、フチジリ沢調査結果

クラミ沢、フチジリ沢の調査項目（表-4）、流量測定結果（図-7）、水質調査結果（図-8）を以下に示す。

流量は梅雨前線の影響を受けた7月に最大値を示した。フチジリ沢のそれはクラミ沢より常に多い値を示した。10月には台風19号によって沢が崩壊し、観測機器が流失したため、以降の流量、水位の観測はできなかった。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、pHは大きな変化はなく、ほぼ一様な値であった。

表-4 クラミ沢、フチジリ沢の調査項目

流域	項目	年月日	2019年								2020年				
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
			18	16	4	11	20	19	15	8	9	21	3	5	
クラミ沢	流量等	容積法	—	—	—	—	—	—	中止	—	—	—	—	—	
		断面流速法	○	○	○	○	○	○		—	—	—	—	—	
		水位	—	○	○	○	○	○		—	—	—	—	—	
水質	水温	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
	電気伝導度	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
	pH	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
フチジリ沢	地下水	水位	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
		データ回収	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
		バッテリー交換	—	—	○	—	—	—		—	—	—	○	○	—

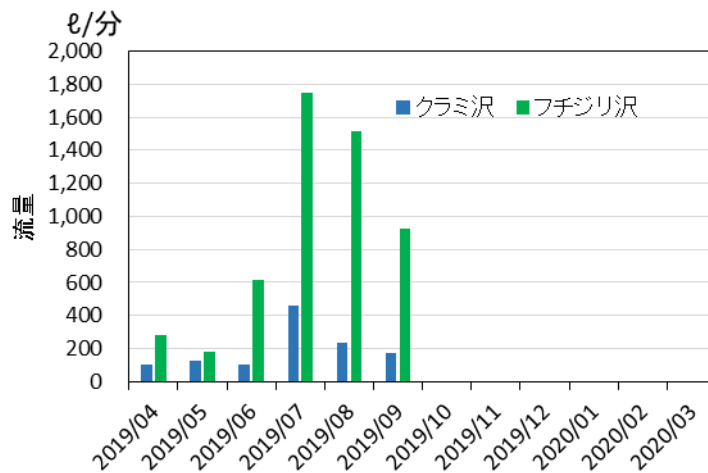


図-7 クラミ沢、フチジリ沢の流量

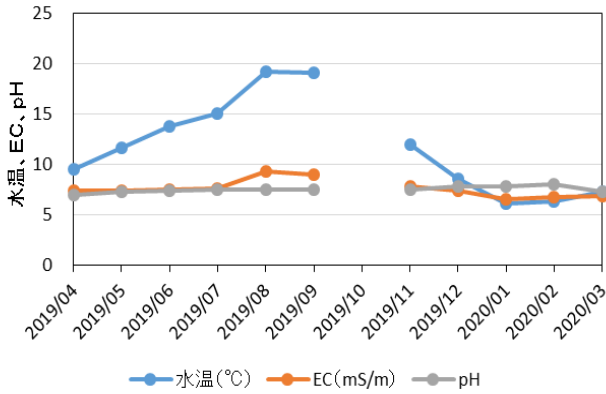


図-8-1 クラミ沢河川水の水質

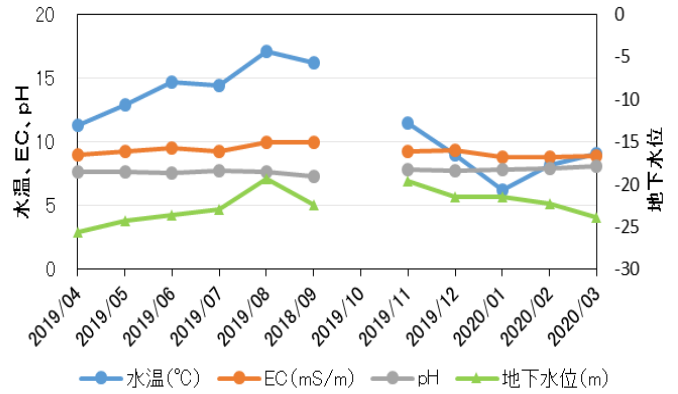


図-8-2 フチジリ沢河川水の水質、地下水位

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）、地下水位・雨量観測結果（図-10）、水質調査結果（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。

流量は8、9月にかけて増加傾向を示し、その後減少傾向を示した。地点別ではA 沢量水堰（中川1）で8、9月に多く、その他の月はB 沢流量堰（中川2）で多い傾向を示した。水温は季節変化を示し、夏に高く、冬に低い傾向を示した。なお、6月の水温とECの値がB 沢に比べてA 沢で高いのは、A 沢の水量が少なく流量堰の水が停滞気味で、日射による影響を受けているものと思われた。また、西丹沢 VC の河川水水温の変動幅は、ヌタノ沢に比べ小さかった。電気伝導度、pH は大きな変化はなく、ほぼ様な値であった。

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	2019年								2020年				
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
			18	16	4	11	20(22)	10	17	14	10	7	17	17	
ヌタノ沢	流量等	容積法	○	○	○	○	○	○	中止	○	○	○	○	○	
		断面流速法	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—
	水位	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
	水温	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
	電気伝導度	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
	pH	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
	洪水時水質※		○		○			○							
ヌタノ沢	雨水	雨量	○	○	○	○	○	○	中止	○	○	○	○	○	
		水温, EC, pH	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	地下水	水位	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
		データ回収	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
		バッテリー交換	—	—	—	—	—	—		—	○	—	—	—	—
		植生調査	—	—	—	—	○	—		—	—	○	○	—	—
柵の点検	—	—	—	—	○	—	—	—	○	—	—	—			

※水質：水温, EC, pH

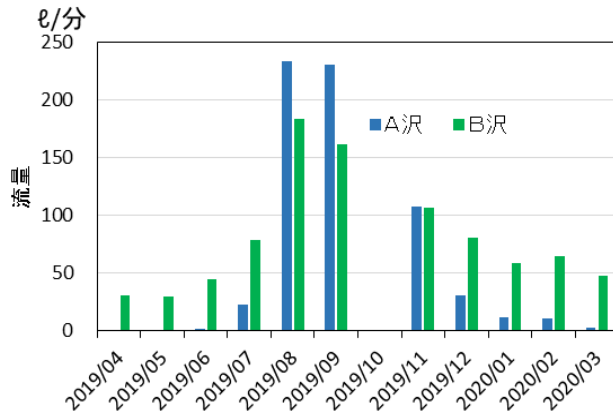


図-9 ヌタノ沢の流量

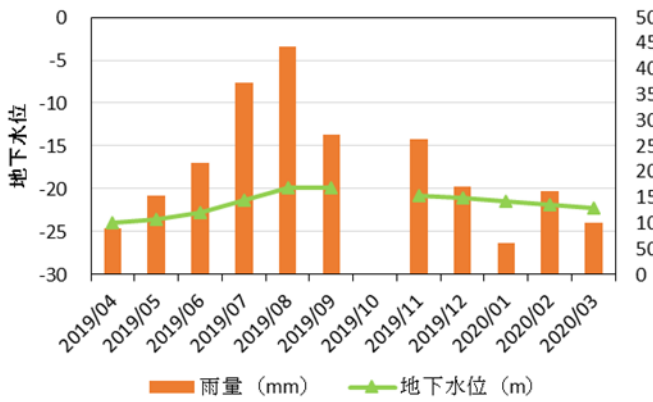


図-10 ヌタノ沢 A 沢の地下水位、雨量

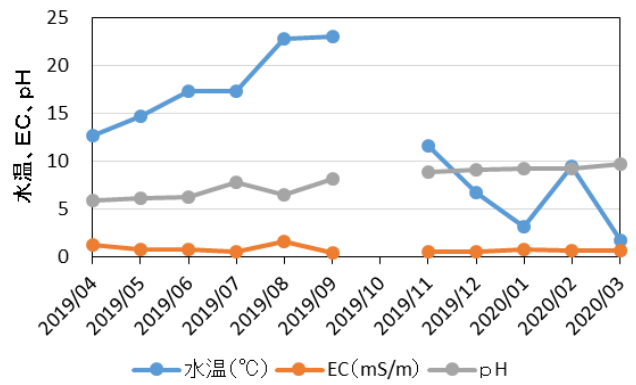


図-11-1 ヌタノ沢 A 沢雨水の水質

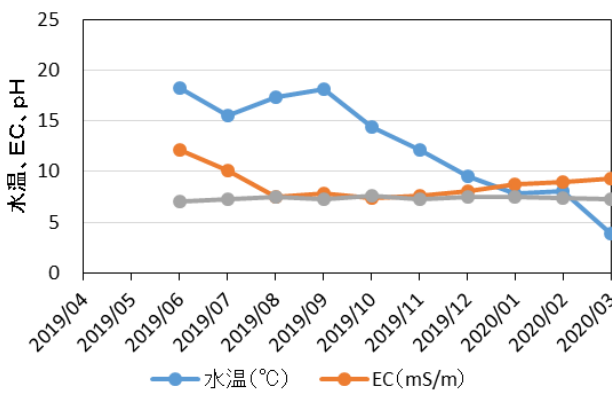


図-11-2 ヌタノ沢 A 沢中川 1 の河川水の水質

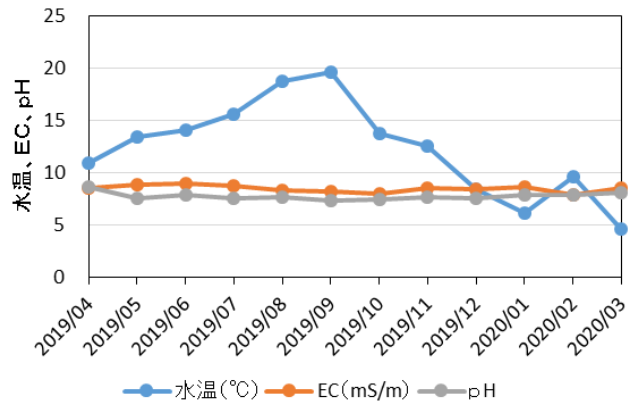


図-11-3 ヌタノ沢 B 沢中川 2 の河川水の水質

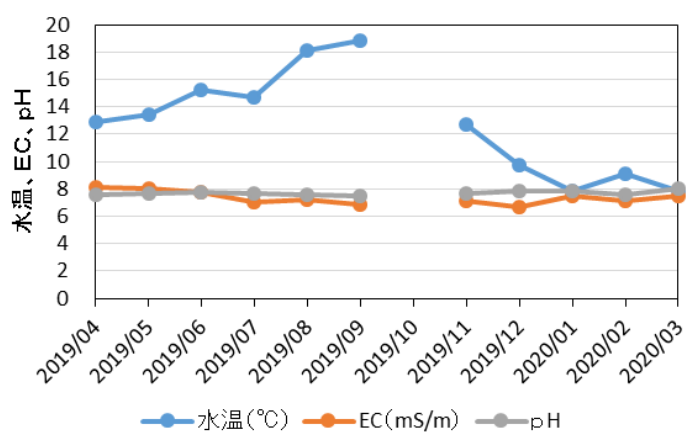


図-11-4 スタノ沢周辺西丹沢 VC の河川水の水質

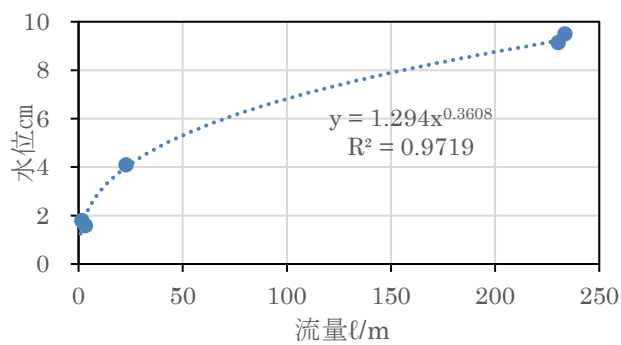


図-12-1 A 沢水位流量曲線

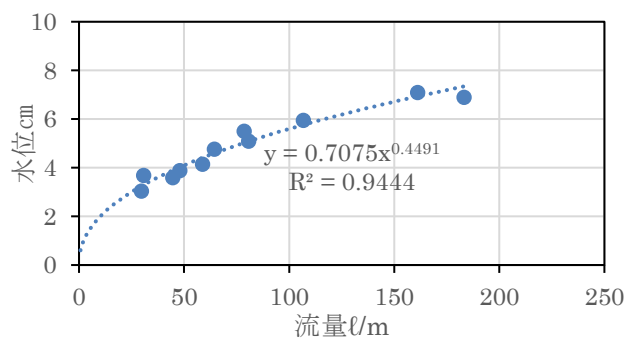


図-12-2 B 沢水位流量曲線

(8) 今後の課題

なし

(9) 成果の発表

なし

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Ad 大洞沢モニタリング調査（1）水循環
(2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀

(5) 目的

本研究は、第3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）。

① 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、平成21年度より河川流量・水質の調査が本格的に開始された。平成23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、平成29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。流域内に設置した小プロットにおいて、蒸発散量とその形成要因の詳細な観測を行う。また、水文モデルを用いたシナリオ検討を行い、間伐が河川流量に及ぼす影響の予測を行う。

・河川流量・水質のモニタリング

現地の気象・水文観測設備により観測を行い、降水量・流量データを収集し、補正などの作業を行った。また、大洞沢流域内で水が土壌・基岩中を浸透し、流出するまでの水質形成過程を把握するため、2週間に1回程度の頻度で定期的に降水・渓流水・湧水を採水した。

・蒸発散特性の観測

No4 流域内のプロットにおいて蒸散量・遮断蒸発量等の観測を行った。

・森林施策が河川流量・水質に及ぼす影響の評価

各調査結果とこれまでの蓄積データより得られた流出特性・水質形成機構の知見をもとに、植生保護柵設置による流出特性・水質の時系列変化について検討した。

・水文モデルを用いた間伐が河川流量に及ぼす影響の予測

大洞沢流域で観測された河川流量に対して水文モデルを適用し、最適なパラメータの同定を行うとともに、複数の間伐シナリオによる蒸発散・土壌物理性の変化が河川流量に及ぼす影響を予測した。

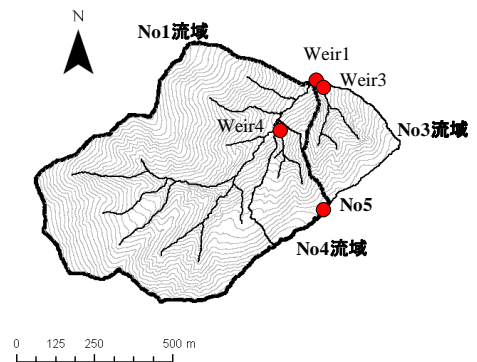


図-1 大洞沢流域 観測地点

(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 2019年の降水量・流量

2019年は、2019年10月12日の台風によって雨量・流量の欠測が生じた。雨量については林内雨データより、流量についてはHyCyモデルを用いることでそれぞれ補完した。年降水量は3806mm、

No1、3、4 流域の年流出量はそれぞれ 3071 mm、2940 mm、4205 mm の値を得た。

② 2019 年 10 月 12 日の台風による降雨イベントについて

令和元年東日本台風の影響により日雨量は 745 mm、時間雨量 40 mm を超える降雨が 8 時間連続し、観測開始以来最も激しい降雨であった。

土壌水分量は流量と似たような傾向を示し、降雨が激しい期間には 480 mm ほどで安定していたため、雨の降り始めに飽和したものと考えられた。一方で、地下水位は土壌水分・流量に比べて緩やかに上昇した。特に、斜面中腹の地下水位は降雨終了の 50 時間後にピークを迎えた。従って、土壌水分には大規模出水を緩和する働きは見られないが、深層基岩にはある程度、その働きがあると考えられた。

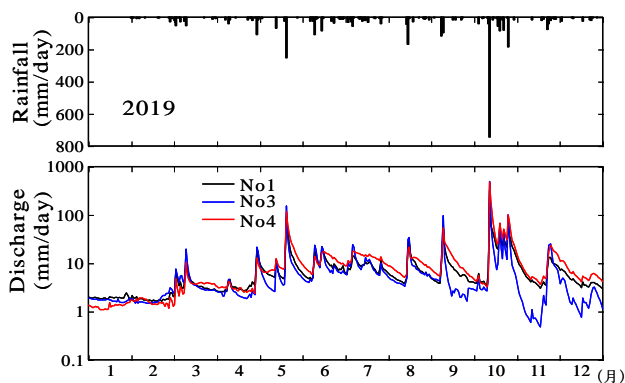


図-2 2019 年の降水量・流量

③ 植生保護柵設置が河川水の水質に与える影響の検証

河川水の NO_3^- 濃度は 2009-2012 に比べ、その後の期間で減少していることが示された。2019 年もその傾向は継続しており、生物吸収を受けない Cl^- を用いて基準化しても明瞭な減少が確認された。2009-2010 の平均値を 100 としたときの $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ 比を No1、3、4 流域で比較すると、2017 年後半から 2019 年にかけて植生保護柵が設置された No3 流域は他の 2 流域よりも低かった。従って、植生保護柵の設置により下層植生が回復し、窒素吸収量が増加している可能性が示唆された。

植生保護柵設置

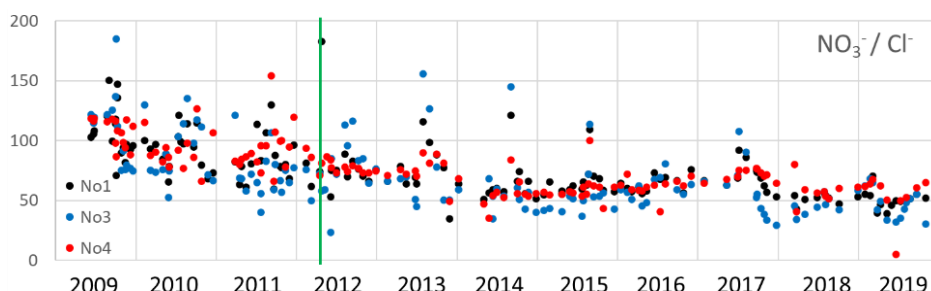


図-3 植生保護柵設置前後の Cl^- 濃度で基準化した NO_3^- 濃度の時系列変化

(8) 今後の課題

降水量・流量・水質観測を継続し、植生保護柵設置の影響を継続的に調査することが必要である。また、今後は間伐が河川流出に及ぼす影響の評価を行うために、プロットスケールでの詳細な水収支項目の観測を行い、間伐前のデータを収集することが必要である。具体的には、流域内の 3 つの小プロットにおいて、遮断蒸発量・蒸散量・土壌水分量・地表面蒸発量・根の成長量の観測を行う。

(9) 成果の発表（主なもの）

Tomoki Oda, Masakazu Suzuki, Tomohiro Egusa and Yoshimi Uchiyama (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

Takanori Sato, Tomoki Oda, Yasunori Igarashi, Masakazu Suzuki and Yoshimi Uchiyama (2012) Circumferential sap flow variation in the trunks of Japanese cedar and cypress trees growing on a steep slope. Hydrological Research Letters 6, 104-108

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Ae 大洞沢モニタリング調査(2) 植生被覆・土砂流出
(2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀

(5) 目的

本研究は、第3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、基本的な土砂流出動態の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、東京農工大学への受託研究により実施した(研究成果詳細は、受託研究報告書参照)。

① 森林管理による土砂流出動態への影響評価

主に2流域(実施流域：No.3、対照流域：No.4)を対象として、流域の流出土砂、斜面の生産土砂、斜面内の土砂生産源や生産機構および詳細な土砂移動現象を把握し、河道付近の貯留土砂の把握や流域内の湧水の水温特性と地形特性との関連についても検討した。

・流域の流出土砂の把握

試験流域における流出土砂量を把握するために、量水堰の沈砂池内に土砂堆積を定期的な横断測量により堆砂量計測した。また、流域末端部の量水堰の濁度観測結果の解析を行った。

・斜面からの生産土砂の把握

試験流域の斜面における土砂生産量を把握するために、斜面下部に2箇所ずつ設置されているプロットにおいて、土砂およびリター流出の通年観測を行った。一定期間ごとにサンプル回収を行い、捕捉土砂およびリターの乾重量を計測した。

・流域内気温変化と土砂移動特性の評価

これまでの調査で、土砂生産では、降雨特性のみならず凍結融解などの温度環境が重要であることが分かってきたことから、気温データの解析から、生産土砂量の評価を行うとともに、冬期の土砂移動プロセスを検討した。

・斜面内の土壌被覆と土砂移動過程の把握

試験流域の斜面における土砂の移動過程を推定するために、流域内の土壌被覆調査を行い、流域の植生量や植生分布を評価した。また、流域の土壌や流出土砂に含まれる放射性セシウム(Cs-137)によって、斜面や流域の土壌侵食量を推定した。

・対照流域の水温形成

これまでの湧水の分布特性や水温の調査結果などをふまえて、流域末端部における水温特性の評価を行い、流域の水流出特性、降雨流出応答との関連性を検討した。

(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 土砂流出量の継続的観測とその特徴

2019年10月の台風では観測史上最大の土砂流出があり、継続的な観測結果から、各流域の土砂流出量は、No.3流域では 12.7 ± 31.7 t/ha/yr、No.4流域では、 2.2 ± 2.5 t/ha/yrとなった。10月の台風による土砂流出では、No.3とNo.4流域ともに流域内斜面での大規模な土砂移動は無く、主

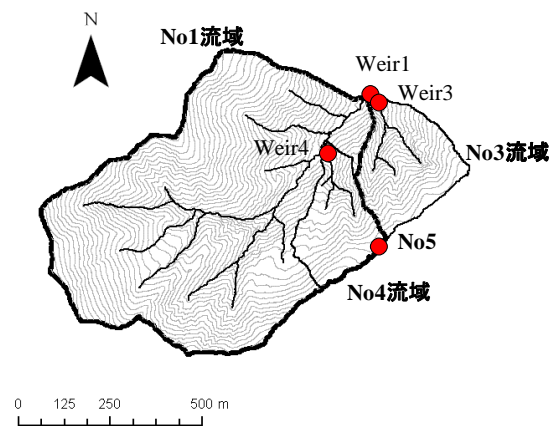


図-1 大洞沢流域 観測地点

に流路の滞留土砂が出水時に流出していた。河床の岩盤の露出や河床低下が顕著であり、河床の低下・洗堀に伴って、一部の斜面脚部で溪岸侵食がみられた。

② 植生保護柵設置後の植生と土壤物理性の変化

植生保護柵設置前の2010年と設置後の2018年に実施した現地プロットにおける植生・土壌・立地環境の各データを用いて統計解析を行った。2018年には柵内外ともに種数が増加し、柵内では木本種、柵外では草本種が主に増加した。しかし、柵内外および柵設置前後でプロットの平均土柱高や土壌乾燥密度に有意差はなかった。土壌乾燥密度は根系量と負の相関があり、根系量は木本種数と正の相関があった。柵内では木本種数が5種以上のプロットで2.5 mg/cm³以上の根系量となり、同時に土壌乾燥密度が0.5 g/cm³前後の良好な状態であった。このような木本種と根系量の増加に伴う良好な土壌状態は、主に下層植生被覆が40%以下のプロットで観察され、被覆率がより高いプロットでは草本種が多くを占め、土壌乾燥密度は大きなばらつきを示した。また斜面位置では斜面下部で土壌乾燥密度は植生にかかわらず高く、斜面上部でのみ木本種数および根系量が多く土壌乾燥密度が低かった。シカの採食圧を受け続けた林床では、土壌侵食の進行(斜面下部)や草本種の優占といった二次的な要因により植生-土壌の回復は制限されていることが示唆された。このため、木本種の根系の増加に伴う土壌物理性の回復が重要であると考えられ、このようなパッチが流域内で拡大することが流域スケールの水土保全機能の回復につながると考えられた。

③ 流域スケールの土砂移動モデル

RUSLEモデルは、降雨パターン、土壌タイプ、地形、土地被覆システム、管理手法に関するデータを使用して、斜面の土壌侵食の長期平均年間侵食率を経験に基づいて予測する世界で最も広く使用されている手法である。大洞沢の平均年間土壌侵食率を予測したところ、斜面プロットでは、観測値が予測値より大きい場合とその逆の場合と両パターンが見られ、プロットの斜面長や地表の被覆の影響による連続的な土壌侵食発生の有無によると考えられた。流域No.3とNo.4では、モデル計算による年間土砂移動量は観測値ほど変動がなくほぼ一定となった。特に流域No.3で観測値が予測値より大きくなる傾向がみられた。

(8) 今後の課題

- ・降水量・流量・水質観測を継続し、植生保護柵設置の影響を継続的に調査することが必要である。
- ・流域内の斜面の土壌や土砂の生産、溪流における土砂流出にかかる継続測定データを踏まえ、丹沢における流域スケールの土砂流出動態の実態を整理していく必要がある。

(9) 成果の発表(主なもの)

Marino Hiraoka, Takashi Gomi, Tomoki Oda, Tomohiro Egusa, Yoshimi Uchiyama (2015) Responses of bed loaded yields from a forested headwater catchment in the eastern Tanzawa Mountains, Japan, Hydrological Research Letters 9(3), 41-46.

Pham Vu Minh, Takashi Gomi, Yoshimi Uchiyama. 2018. Spatial and temporal variability of fine sediment transport ratio from hillslopes to channels in a headwater catchment. インタープリメント 2018. 富山 2018年10月1日から3日

大平充, 五味高志, 内山佳美. 2019. 山地溪流における底生無脊椎動物群集に対する林相と地質の複合的な影響の検討. 第130回日本森林学会大会. 2019年3月20~23日, 新潟市

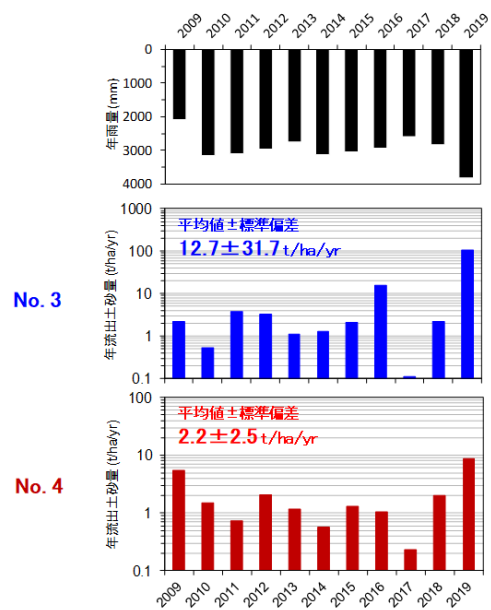


図-2 大洞沢の年雨量と
No. 3 と No. 4 流域の土砂流出量

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Af 貝沢モニタリング調査(1)水循環
- (2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀

(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、平成24年度に流域1、平成28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とともに、光環境や樹冠遮断量等の水循環にかかる諸指標の実測値を得ることにより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、光環境調査を継続した。また、流域3の上流部斜面の湧水地点について詳細調査を行った。さらに、10月の台風19号による大規模な出水と土砂流出を受けて、急遽、流域内の斜面崩壊発生状況の調査を行い、第1報として速報をまとめた。

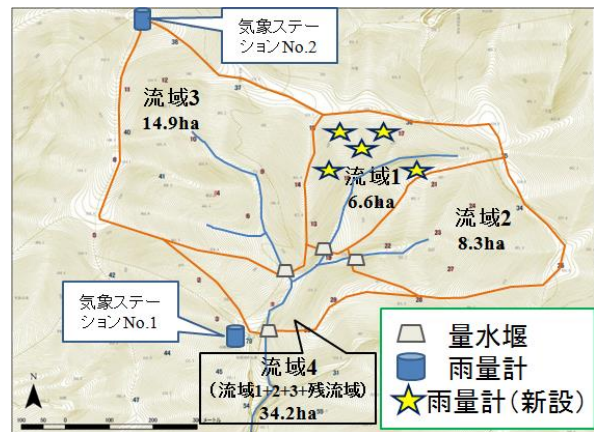


図-1 貝沢(流域1~4)

(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

2019年は、台風19号による量水堰の土砂堆積により、10月12日以降は雨量観測のみとなった(図-2)。

② 流域3の湧水調査

湧水地点周辺の表層土壌厚分布、土壌水分量の変動、湧水量の時間変化等を調査した。湧水地点は、流域の右岸側、尾根境界に近い箇所が存在し(図3)、等高線上に設定した測線の計3地点(図4)で地表面土壌水分量を連続して測定したところ、湧水付近の土壌水分は常に飽和を示し、測線上のより凹地形の中心に近い位置では、無降雨期間に土壌水分量が漸減した。また、簡易貫入試験により表層土壌厚の分布を把握したところ、湧水地点は、測線上の他の2点より表層土壌厚が薄かった。さらに、測線上の1mおきの表層土壌厚と地表面土壌水分量の関係には負の相関がみられ、表層土壌の薄い箇所で土壌が飽

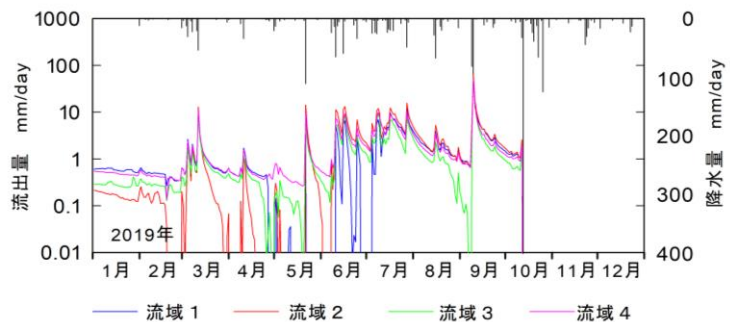


図-2 2019年の降水量・流量

和し湧水点となっていた。このような湧水箇所についての特徴をまとめることで、湧水を伴う流域水循環が明らかになることが期待される。また、湧水箇所付近には表層土層が動いて地形変化が起きているところの確認できるので、地形の形成を含めた土砂移動現象の特徴を把握できる可能性があると考えられる。

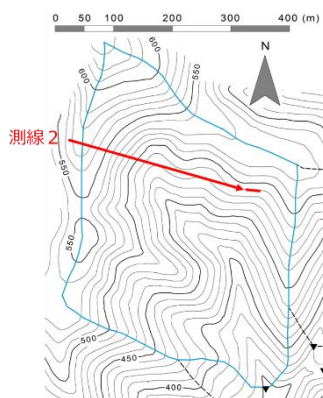


図-3 流域3の湧水地点を含む測線

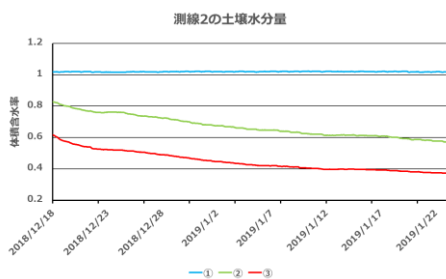


図-5 測線上の3地点の土壌水分量の推移

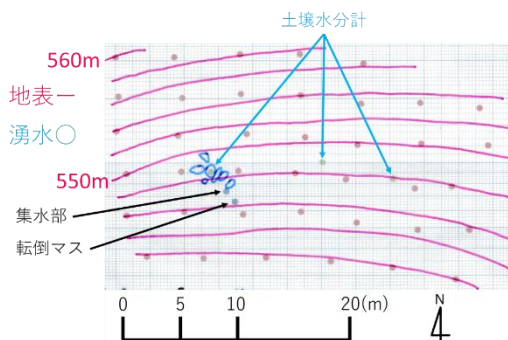


図-4 湧水地点周辺の微地形と測線上の点測定点

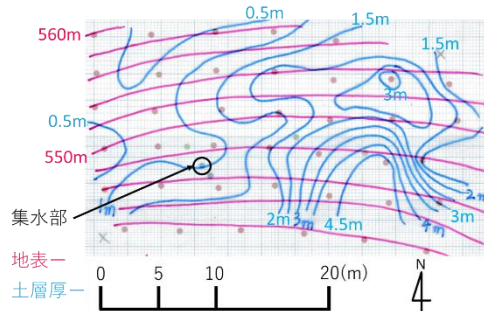


図-6 表層土厚の分布

(8) 今後の課題

- ・今後も試験流域内では水源の森林づくり事業の目標林型に向けて繰り返し森林整備が行われていくことから、それに合わせてモニタリングも継続していき、定期的に整備が行われることや目標林型への誘導について有効性を検証していく必要がある。
- ・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。

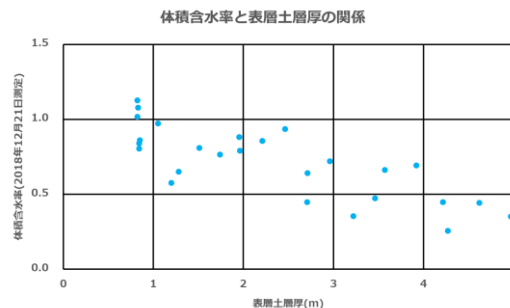


図-7 表層土厚と体積含水率

(9) 成果の発表（主なもの）

- 金澤悠花ほか（2014）群状伐採施業が流域の水収支・流出特性・土砂流出に与える影響、第125回日本森林学会大会。
- 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、神奈川県自然環境保全センター報告、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 Vol. 33, No. 2, Mar.

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Ag 貝沢モニタリング調査(2)物質循環・水質
(2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀

(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、平成24年度に流域1、平成28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影響を把握する。

(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。調査項目は、リターチップ等による上方・側方からの有機物採取、溪流内の堆積有機物の採取・分析、群状伐採地と間伐(定性)区、対照区等の地温測定、表層土壌の純窒素無機化・硝化量、土壌中の無機態窒素浸透移動、 NO_x ガス濃度(パッシブサンプラー設置)、溪流水質、溪流水の微生物相等である。林内調査地は、流域①と②(平成24、28年度の整備地)、下流の本流沿い斜面上部の皆伐再造林地(平成29年度整備地)に設けた。また、他の人工林流域と比較するため、シカの影響の大きい東丹沢の大洞沢試験流域においても一部の調査を行った。

得られたデータから、令和元年度は主に林分スケールの林相や整備と窒素負荷量の関係、流域①～③の長期水質変化の評価、台風19号による水質等への影響等についてとりまとめた。



図-1 調査区の位置と溪流水採取場所

(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。)

林内調査地で NO_x ガス濃度測定、林内・外雨採取による粉じん量分析を行い、斜面方位(SE、NW)や樹種(スギとヒノキ、コナラ)、樹冠状態(伐採地、林縁、林内)による違いを比較した。

樹冠による粉じんの捕捉量には斜面方位が大きく影響し、卓越風の方向に斜面が開けていると捕捉されやすいと考えられた。また、流域①②の調査地では斜面方位による NO_x ガス濃度の差は認められず、樹冠による NO_x ガス捕捉による大気中の濃度低下も見られなかったが、より道路に近い下流の本流沿い西向き斜面では、外部の NO_x ガス濃度が高く、また他斜面と比較して林内での NO_x ガス濃度低下が見られた。林縁雨、林内雨の NO_3^- -N量は伐採区の雨よりも多く、樹冠での NO_x 捕捉が確認された。特に、スギ・ヒノキ林では林外雨よりも林縁・林内雨の NO_x 量が年間で3~4倍多く、 NO_x の吸着機能を大きく発揮していた。コナラ林の林縁、林内ではスギ・ヒノキ林よりも雨水中 NO_3^- -N濃度・量が低く、コナラ葉面で NO_x を吸収していると考えられた。粉塵、雨水を合わせたN供給量は

伐採地で約 9 kg/ha・yr、スギ・ヒノキ林の林縁で 23~29 kg/ha・yr、林内で 26~30 kg/ha・yr、コナラ林の林縁で 16 kg/ha・yr、林内で 15 kg/ha・yr であった。

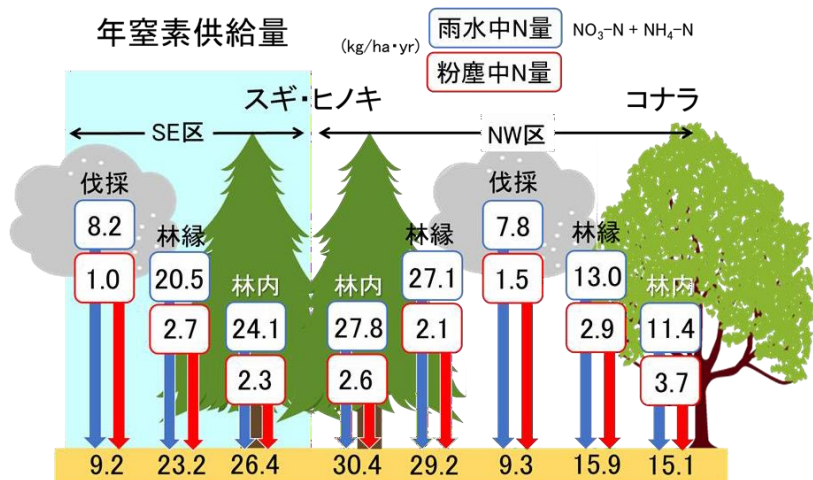


図-2 SE区とNW区における年間窒素供給量の内訳

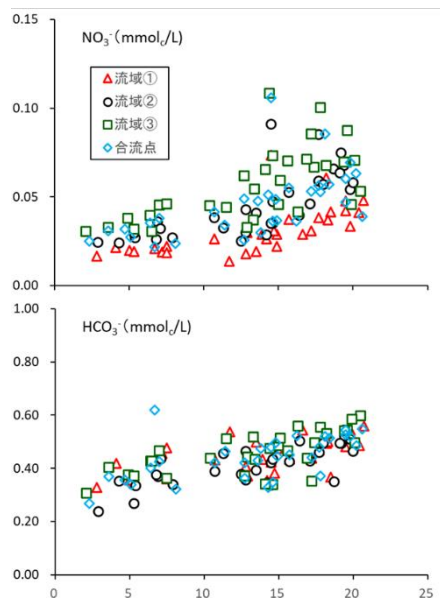


図-3 渓流水の水温と硝酸および重炭酸イオンの関係

貝沢流域における渓流水の無機イオンの季節変化は、成長期に濃度が高くなる NO_3^- 、 HCO_3^- 、 K^+ 、不規則な濃度変化を示しながら連動する SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、変化がほとんどみられず一定の濃度を示す Cl^- 、 Na^+ に区分された。また、全般的には水温が NO_3^- イオンおよび HCO_3^- イオン、大腸菌群や一般生菌と有意な強い正の相関を示したこと、温度の上昇は微生物の活性を高め、微生物による有機物の分解と硝化作用が高まり、 NO_3^- が増加すること、またアンモニアの硝化過程で生成する水素イオンによる鉱物の風化が HCO_3^- を生成することが理由としてあげられる。

3つの流域間の無機イオンを比較すると、流域①は K^+ 濃度が高く Na^+ 濃度がやや低め、流域②は SO_4^{2-} と Ca^{2+} 濃度が高く Cl^- と HCO_3^- 濃度がやや低め、流域③は NO_3^- と HCO_3^- 、および Na^+ 濃度が高めであった、流域間で形成される水質が微妙に異なる原因は、母材風化成分が多い基底流出と、有機物分解成分が多い直接流出の混合具合によるものであり、各流域の流出特性を示している。

各流域とも、10月の台風19号による溪流の著しい攪乱にみまわれ、いずれの採水地点でも NO_3^- 濃度および大腸菌群と一般生菌の高まりがみられた。

(8) 今後の課題

- ・当面は平成28年度の整備の効果検証を継続するとともに平成24年度の整備効果と合わせて見解を整理していく必要がある。
- ・今後も試験流域内では水源の森林づくり事業の目標林型に向けて繰り返し森林整備が行われていくことから、それに合わせてモニタリングも継続していき、定期的に整備が行われることや目標林型への誘導について有効性を検証していく必要がある。
- ・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、当該地域の水源林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) 神奈川県貝沢試験流域における窒素動態特性、神奈川県自然環境保全センター報告、10: 91-99

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Ah ヌタノ沢モニタリング調査・研究
- (2) 研究期間 平成25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 安部豊・内山佳美・横山尚秀

(5) 目的

水源かん養機能に対する森林施策の効果検証を目的とした対照流域モニタリングの中で、花崗閃緑岩帯に位置するヌタノ試験流域においては、隣接している対照流域で顕著に異なる基底流出量や逓減率、地下水の深部浸透や地形流域界を超えた流動の存在が報告されている（横山ほか，2013）。そのため、効果を検証するために、流出特性と流出メカニズムの違いを把握する必要がある。しかし、その解析・考察は十分ではない。そこで本研究の目的は、西丹沢ヌタノ試験流域において、花崗閃緑岩帯の小流域における流出特性を把握するための、HYCY モデルを利用し、水収支および流出解析を行うこととした。

(6) 方法

研究対象地域は、西丹沢ヌタノ試験流域であり、丹沢湖北方約5 kmに位置し、標高は海拔530～705 mである。地質は石英閃緑岩質であり、主に広葉樹に覆われ、尾根部にスギ林がある。流域面積は約7 haで、地形流域界でA沢流域（3.8 ha）とB沢流域（3.1 ha）に分かれる。2012年から現在に至るまで観測を行っているが、本研究の解析対象期間は、A流域に植生保護柵ができる前で、データ欠損の少ない2013年を対象とした。

Hydrological Cycle (HYCY) モデルは福島・鈴木（1986）が提唱した流域の各流出プロセスを反映したタンクを用いて計算される数値モデルであり、観測された流出量と降雨量の入力に基づいて最小限のパラメータを決定していることで、流出量、基底流量、蒸発散量を再現することができる。そのうえ、パラメータは流出プロセスを反映しているため、モデルを構築することで流出のプロセスも考察が可能である。このモデルは、地下水の岩盤への深部浸透や流域界を超える流動は考慮されていないため、Wakahara et al.（2014）はHYCYモデルの基底流出量から一定割合で基盤岩に浸透すると仮定して、地下水深部浸透量を組み込んだHYCY model with outflowを提唱した。本研究ではHYCY model with outflow（以下、単にHYCYモデルという）を使用した。蒸発散パラメータは、福島・鈴木（1986）の値を使用し、パラメータは、モデルによる計算値と観測値が、ハイドログラフにおいて基底流量および流量の減衰曲線のパターンを再現するように決定した。

(7) 結果の概要

① モデルによる流出量の再現

HYCYモデルにパラメータを決定し、観測されたヌタノ沢のA沢およびB沢流域における時間雨量データから、両流域における流出量を計算した（図-1）。日計算流出量の変動パターンは、観測値とモデルによる計算値がおおよそ一致して

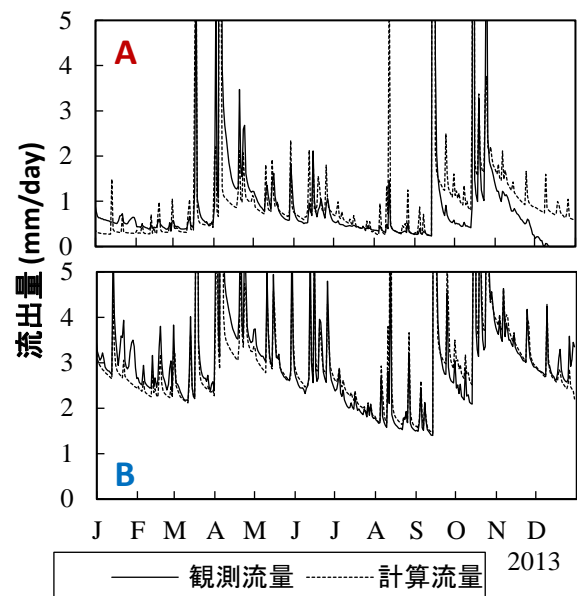


図-1 観測流量とモデルによる計算流量の比較
(Abe et al., 2020)

いる。また、年間流出量では、A・B流域における計算値はそれぞれ421 mm および1208 mm であり、観測値の398 mm および1209 mm と同等の値であった。モデルによって流出量が再現できた。ただし、1月と9月～12月の間は、NAでの流出量を完全に再現しきれない期間があり、特に、11月から12月にかけてのNAの流出量の急激な減少を再現できなかった。

② 水収支

図-2 に観測値およびモデル計算値によるヌタノA・B流域における水収支を示した。岩盤地下水浸透量は、A流域では656 mm であり、年間降雨量の34%と、大きな割合を占めているが、隣接するB流域では52 mm (降雨の3%)と、無視できるほどの量しかなかった。観測されたA流域の年間損失量が、B流域よりも約800 mm 少ない。損失量は、蒸発散量 + 地下水浸透量であり、隣接して植生も似ている同規模のA・B流域では蒸発散量が著しく異なるとは考えにくい。岩盤地下水浸透量が大きいと考えられることと、モデルの結果は一致している。年間の水収支において、B流域における大きい流出量(1209 mm、63%)と小さい地下水岩盤浸透量(52 mm、3%)と比較すれば、A流域の小さい年間流出量(398 mm、降水量の21%)は岩盤地下水浸透量(656 mm、34%)に起因する可能性があることを示唆している。つまり、A流域において、岩盤浸透量が大きいため、流出量が低下したと考えられる。

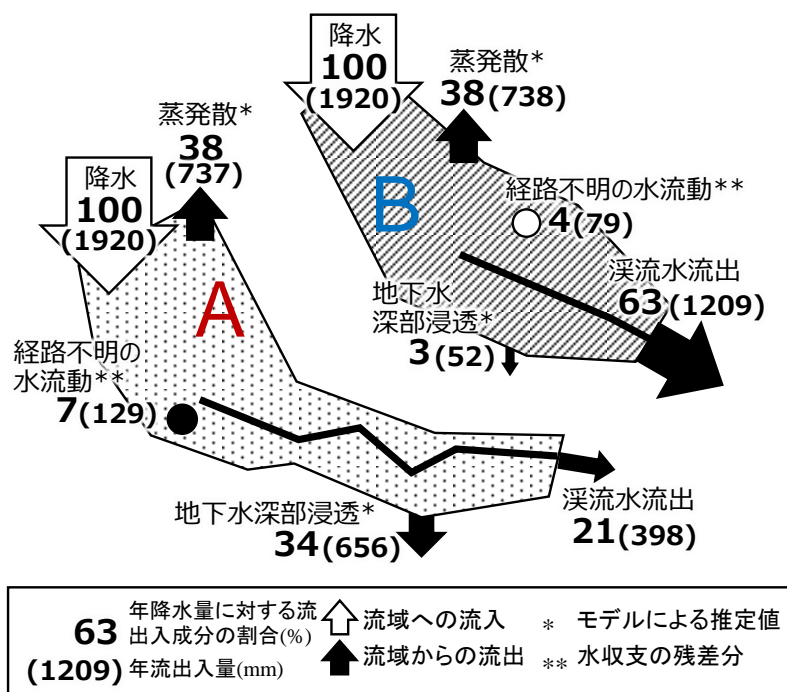


図-2 2013年のヌタノ沢AB流域における水収支 (Abe et al. (2020) の計算値をもとに作成)

単純な地下水岩盤浸透量を組み込んだモデルでは、A流域の一部の期間における流出量パターンを再現できなかった。流出プロセスに長期的な地下水貯留-流出システムの存在が考えられ、今後の解析を要する。

(8) 今後の課題

単純な地下水岩盤浸透量を組み込んだモデルでは、A流域の一部の期間における流出量パターンを再現できなかった。流出プロセスに長期的な地下水貯留-流出システムの存在が考えられ、今後の解析を要する。

(9) 成果の発表

安部・内山, 西丹沢花崗岩帯のヌタノ試験流域における流出特性把握のための基礎的解析, 水文・水資源学会 2019年度研究発表会要旨, 2019

Abe et al. (2020) Effects of bedrock groundwater dynamics on runoff generation: a case study on granodiorite headwater catchments, western Tanzawa Mountains, Japan. Hydrological Research Letters, DOI: 10.3178/hrl.14.62

引用文献

横山ほか, 西丹沢ヌタノ沢の水文地質と流出状況, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10, 101-113, 2013

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Ai ヌタノ沢モニタリング調査・研究(2) 植生被覆・土砂流出
- (2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀・島田武憲

(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、平成26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

① 流域内の植生被覆調査

既存の11箇所の立木プロット(10×10m)において、夏季(8～9月)及び落葉後(12月)に、各プロット1m四方のコドラート5箇所(または3箇所)の林床合計被覆率測定を行った。また、夏季の流域内の林床被覆の分布について、流域内の踏査により調査した。

② 土砂流出

各量水堰における水文観測と合わせて濁度を常時観測するとともに、出水時に自動採水器により採水し浮遊土砂量を測定した。また、量水堰への土砂堆積があった際には堆積量を把握した。

(7) 結果の概要(主なもの)

① 試験流域内における植生被覆等調査

植生保護柵を設置したA沢流域は下層植生が一層増加し、柵を設置していないB沢流域は部分的に林冠ギャップ等でミツマタ等のシカの不嗜好性種の繁茂が見られた。(図-1、図-2、図-3)

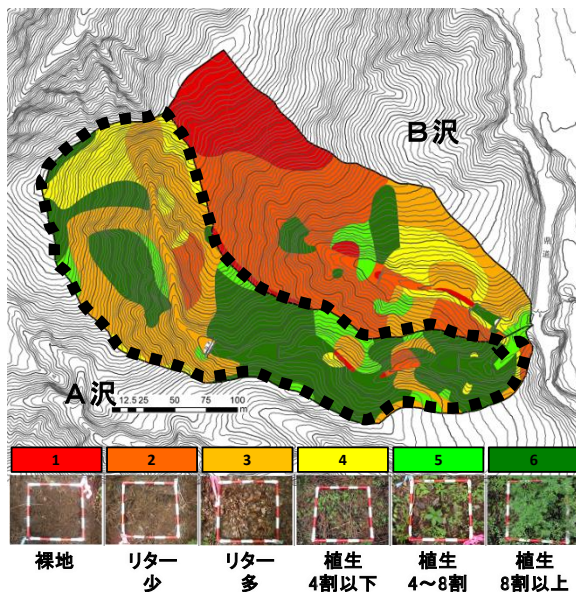


図-1 植生被覆度ランクによる流域内の植生被覆分布(2019年8月調査)

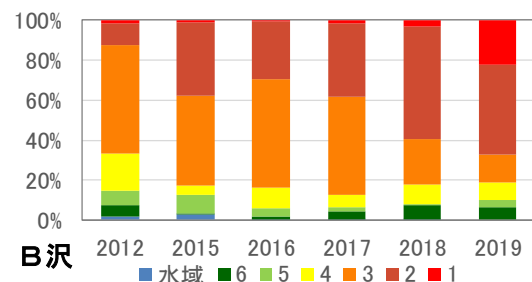
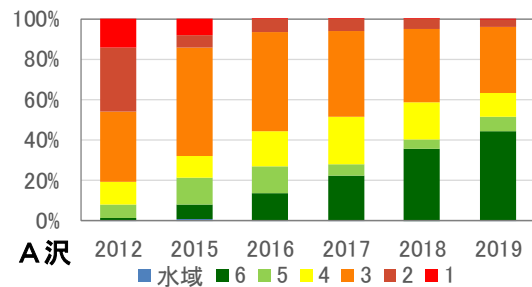


図-2 植生被覆度ランクによる流域内面積割合の推移



図-3 B 沢上流の裸地の一部に生長しつつあるミツマタ（令和元年 8 月 27 日撮影）

既存の立木プロット 11 箇所において夏季（8 月 22、27 日）、落葉後（12 月 10 日、1 月 7 日）に写真撮影による林床被覆率の測定を行った。夏季の下層植生植被率の経年変化は、A 沢では柵設置後に 4 か所で増加傾向であり、A 沢の針葉樹（斜面中部）プロット、常緑樹（斜面中部）プロットの 2 箇所と柵を設置していない B 沢のプロットでは横ばいであった。

② 土砂流出

2019 年 7 月 26～27 日の出水において、自動採水器により河川水を採水し、水質、SS を分析した。SS と常時測定濁度の値の関係を把握し、濁度を浮遊土砂量に換算するための基礎データを取得した。

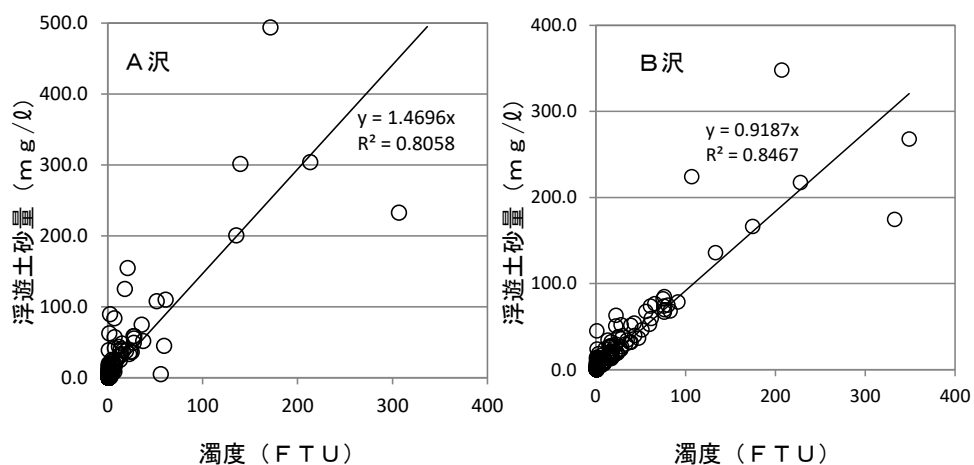


図-3 採水試料の SS と常時測定濁度の関係（2013～2019 年度の全分析結果）

(8) 今後の課題

検証の筋書き（仮説）に従って植生保護柵設置後の水や土砂の流出の変化を継続して把握する必要がある。また、植生保護柵を設置した A 沢の流域内の植生回復に伴い、詳細な植生調査も定期的に継続する必要がある。

(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，神奈川県自然環境保全センター報告，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，神奈川県自然環境保全センター報告，15：29-35

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Aj フチジリ沢モニタリング調査・研究
(2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・大内一郎・丸井祐二・横山尚秀・三橋正敏

(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。県内4箇所を設定した試験流域は、いずれも地形・地質等の水源環境の基礎的な性質が異なるため、地域ごとの水文特性を把握し水源環境の管理に反映させることも必要である。そこで、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・水文観測施設により観測を行うとともに、水流出等の各調査、付着藻類調査を行った。本調査は、水・土砂流出分野は日本ミクニヤ（株）が実施した（詳細は、委託報告書参照）。

① 水流出調査

水文観測（2地点）のデータ回収を行うとともに、気象・水文観測で得られたデータを整備した。併せて、概ね2ヶ月に1回の頻度で平水時の流量観測・水質分析を計9地点で行うとともに、水文観測地点における水位-流量算出式を検討した。また、フチジリ沢の雨量について、近隣の足柄、足柄峠（いずれも神奈川県県土整備局）の雨量と比較した。

水質分析は、月1回（全7回）の調査のうち、夏季（9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、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アンモニアイオン

② 土砂流出調査

令和元年東日本台風の後には、溪流を踏査し、洪水痕跡や河床の土砂移動状況を確認した。

(7) 結果の概要

主な調査結果は次のとおり（調査結果全体は、委託報告書参照）。

① 降水量

10月10～12日の令和元年東日本台風の際には、総降雨量789mmとなった。また、過去のデータも含め、日雨量について近隣の足柄、足柄峠の2地点と比較したところ、フチジリ沢の雨量はこれら2地点よりも数ミリ程度多くなる傾向が見られた。

② 流量観測

9、12、1、2月の全4回に渡り9地点における流量観測を行った。10月の台風の後には、河床の地形変化が大きく、定点の測線の位置の特定が困難であったため、付近で新たな測線を設定した。流

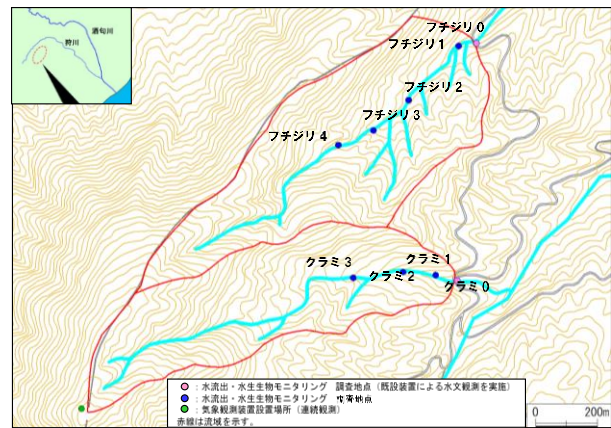


図-1 調査地点

量観測結果では、例年と同様にクラミ沢では下流のほうが流量が少なくなる傾向がみられた。9、12月に定点の水質測定を行ったが例年と比べて大幅な変動は見られなかった。

③ 土砂流出調査

令和元年東日本台風の後の12月16、17日に土砂流出調査の踏査を行った。クラミ沢・フチジリ沢ともに、溪床では礫が流出・移動している地点が多く認められた。溪岸も侵食を受けている地点が多く、樹根が洗掘により露わになっている地点が多くみられた。それぞれの特徴としては、クラミ沢では、下流～中流で流出、上流で堆積傾向がみられた。フチジリ沢では、中流域で流出、下流・上流で堆積傾向がみられた。溪流沿いの定点撮影地点に関しては、地形変化により3か所の撮影地点の特定が困難であった。また、出水により新たに4地点の撮影地点を追加した。



図-2 溪床の変化(クラミ-No. 3) (左 : H30 年度、右 : R 元年度)



図-3 溪床の変化(フチジリ-No. 22) (左 : H30 年度、右 : R 元年度)

(8) 今後の課題

- ・令和元年東日本台風の影響により河床変動が大きかったことから、それらの影響を短期的、長期的に把握する必要がある。
- ・平成24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、水収支をはじめ流出特性を検討するための各種解析を行う必要がある。
- ・これまでも低水位時の流量データの精度が低いことが認識されていたが、複数年の実測データを用いた検討により、河道断面形状の変化による影響もあることが分かったため、今後も台風等の出水の時点で水位流量換算式をつくり直すなどの対応が必要である。
- ・フチジリ沢試験流域は、土地は公有地であるが、水源の確保地、承継分収林、官行造林地など、複数の形態によって管理されているため、対照流域試験における操作実験のシナリオについて調整していく必要がある。当該試験流域に相応しい実験計画を検討するにあたっては、流域の水文特性などの自然条件も重要であることから、それらを早い段階で把握していく必要がある。

(9) 成果の発表

なし

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Ak 各試験流域及び周辺の水質基礎調査
(2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・横山尚秀

(5) 目的

本研究は、第3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のうち、特に水質の評価に資するため、各試験流域における継続的な水質調査に加えて基礎的な水質データを取得し、地域特性の把握や水循環機構の推定、事業実施との関係把握の基礎資料とすることを目的とする。

(6) 方法

本業務は、神奈川工科大学（下記項目の①）、昭光サイエンス（同②）が受託して実施した。

① 対照流域調査地及び周辺河川における水質評価基礎調査

宮ヶ瀬湖の上下流を含む中津川水系に着目し、比較対象として串川水系と合わせて、計16地点において、前年度より継続して概ね月1回の頻度で水質調査を行った（分析項目：pH、電気伝導度、ケイ酸、アルミニウムイオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン、リン酸イオン、銅イオン、亜鉛イオン）。また、令和元年度は、夏季のみ相模川上流の4地点を追加した。

② 水の安定同位体比分析

水循環基礎調査の一環で平成29～30年度に採取したヌタノ沢試験流域の河川水・湧水・降水等の試料について、平成30年度までの分析と同様に平衡法により $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD を分析した。

(7) 結果の概要

① 対照流域調査地及び周辺河川における水質評価基礎調査

令和元年東日本台風の影響により県道が被災し各所で通行止めとなったため、11月以降はダム上流等の複数地点で採水することができなかった。台風後も継続して調査できた地点では、台風後の11～12月にかけて特に硝酸イオン濃度が高くなっていた。

また、宮ヶ瀬ダム、相模ダム、城山ダムの各上下流の水質を比較したところ、特にケイ酸濃度と水温について、河川水温が高いほど下流のケイ酸の濃度の減少がみられ、珪藻等のケイ酸を利用する生物活動との関連が考えられた。

② 水の安定同位体比分析

令和元年度は、昨年に引き続きヌタノ沢試験流域で平成29～30年度にかけて定期観測の際に採取した試料、計70検体を分析し、採水済み試料の分析は終了した。

(8) 今後の課題

- ・対照流域調査地及び周辺河川における水質調査に関しては、宮ヶ瀬ダムの上下流を含む一連の水系の水質実態を把握することができたが、令和元年東日本台風による河川水質への影響把握も視野に入れ、今後数年は継続し、季節変動に加え、年による変動も把握する必要がある。
- ・水の安定同位体比分析については、これまでの分析によりデータ収集が進んだことから、それらを総括し水循環機構の解明やモデル解析に活用していく必要がある。

(9) 成果の発表

なし



- 1 大洞沢
- 2 札掛橋下流
- 3 塩水橋
- 4 金沢キャンプ場
- 5 国際ノ瀬キャンプ場
- 6 国際マス釣り場 上流
- 7 馬渡橋付近
- 8 田代運動公園
- 9 八菅橋
- 10 長坂山ノ根 水辺の公園
- 11 あゆつはし
- 12 塩水浄水下水流
- 13 串川橋上流
- 14 川原橋
- 15 道場
- 16 水沢橋
- 17 上野原
- 18 梁瀬橋
- 19 道志橋
- 20 新小倉橋

図-1 宮ヶ瀬湖上下流を含む採水地点

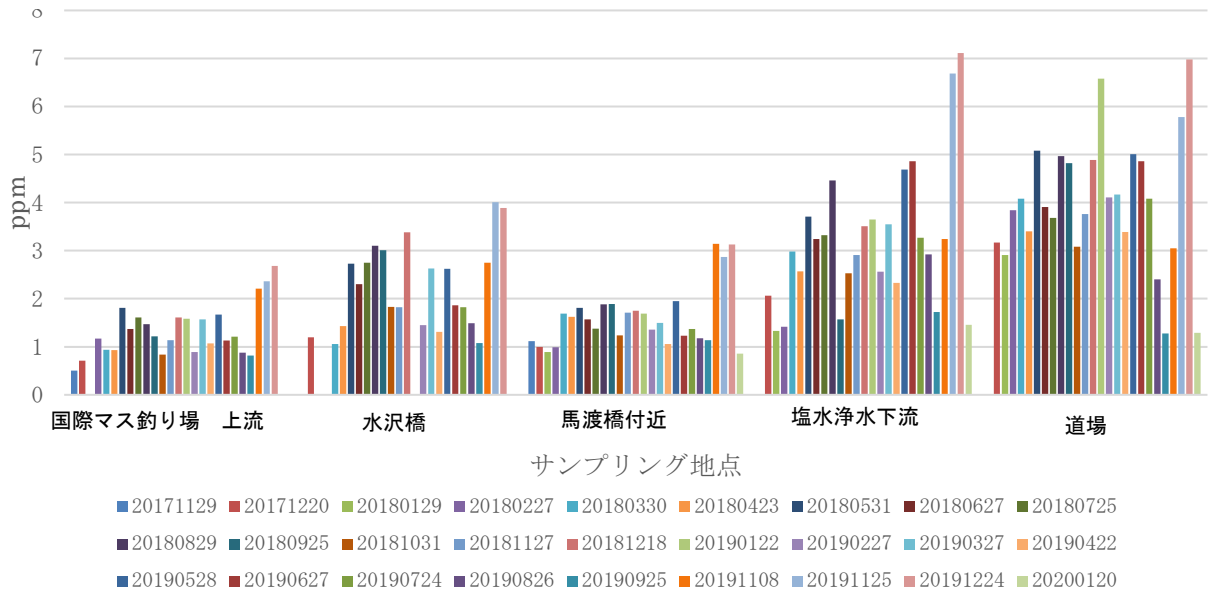


図-2 硝酸イオンの測定結果

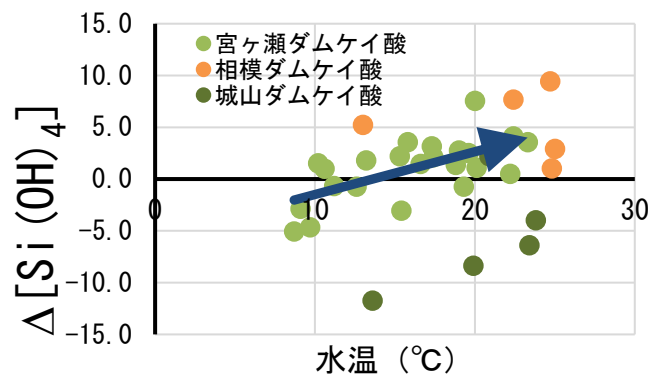


図-3 ケイ酸イオン変化量と水温の関係

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 AI 広域トレーサー研究
- (2) 研究期間 平成30年度～
- (3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査；シーズ探求型研究推進事業）
- (4) 担当者 安部豊・内山佳美

(5) 目的

神奈川県が進める水源環境保全・再生施策において、森林で実施される事業の効果検証を担っており、森林から流出する水量の安定化や水質改善等に着目し、県内4か所に設けた試験流域で精緻なモニタリング調査を行っている。数ha程度の集水地形を呈した試験流域では、間伐等の事業後の水量の安定化等を定量的に把握するには適しているが、最終的には水源地域全体の施策効果を説明する必要がある。そのため、小スケールの試験流域と広域スケールの水源地域を結び付けるために、水源地域（山体スケール）の広域水流出特性の全体像の把握が必要であるが、県内水源地域の実態はほとんど調査されていない。そこで、本研究では、試験流域の周辺において、多地点での採水を行い、河川水や湧水、地下水に含まれる特定の成分をトレーサー（追跡子）として用いて、水源地域全体の水流出特性の一端を明らかにすることを目的とする。

昨年（H30）は採水調査および地形・地質踏査を行い、101サンプルを採取した。本年は水サンプルの分析を行った。

(6) 方法

本研究の調査・研究フローを図-1に示す。水源地域の広域水流出特性を把握するためには、天然の雨水・河川水・湧水・地下水等をフィールド調査において採取し、それらに含まれる溶存イオン成分や同位体など（トレーサー）を室内分析で計測する。これらのデータと合わせて、現地の地質・地形情報を加味して、地下水流動を推定する。

① フィールド調査（昨年度実施済）

試験流域（大洞沢、貝沢、ヌタノ沢、フチジリ沢）の流域内とその周辺の約100地点における河川水、降水、地下水、湧水などを採取した。調査時期は雨が少ない2018年11月22日～2019年3月25日に101サンプル（同一地点で別時期に採取したサンプルも含まれる）を採取し、地質調査を行った。

② 室内分析（次年度以降）

採取した水試料は、無機溶存イオン成分（イオンクロマトグラフィー、誘導結合プラズマ質量分析装置）、酸素水素安定同位体比（水同位体比分析計）、ストロンチウム同位体（表面電離型質量分析装置）などの室内分析を、大学共同利用機関法人人間文化研究機構 総合地球環境学研究所 研究基盤国際センターの計測・分析部門において行った。

(7) 結果の概要

分析したサンプルについて、初期的な解析を行った。トリリニアダイアグラム（図-2）と酸素・水素安定同位体比とストロンチウム同位体比の散布図（図-3）を作成し、以下の結果を得た。

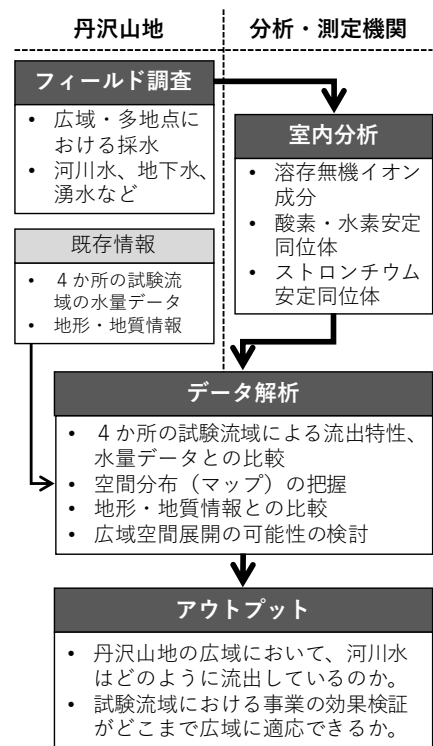


図-1 研究フロー

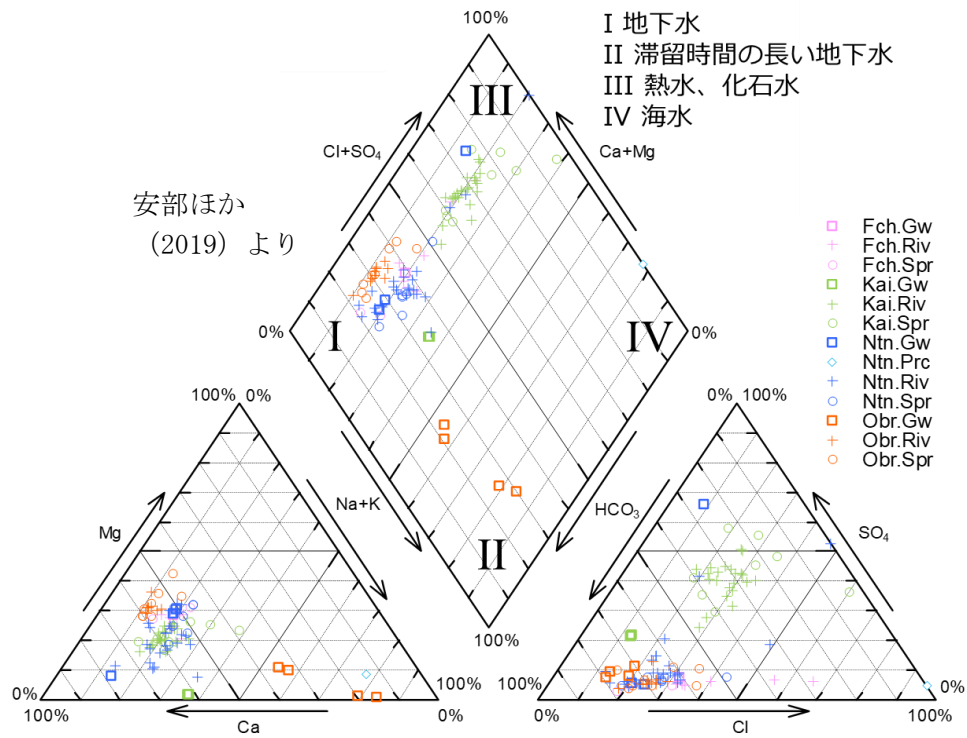


図-2 トリリニアダイアグラム

- 水質およびOH 同位体の結果から、ヌタノ沢、フチジリ沢における地下水と湧水・河川水は相互に交流していると考えられる一方で、貝沢、大洞沢では、地下水と湧水・河川水とは、水質形成プロセスや地下水流動経路が異なると考えられる。
- ヌタノ沢では、風化した花崗閃緑岩を通して流域内に降った雨が深部基盤岩に浸透することが確認されている (Abe et al., 2020 *Hydrological Research Letter*)。また、貝沢においては、地下水が自噴しているため、深部の地下水と湧水・河川水の間には難透水層が存在し、流動経路は異なることが予想されていた。上記の水質・同位体の特性は、これらの水循環プロセスと合致した。
- ストロンチウム同位体は、各試験流域における岩石の年代をよく表した。流域間での比較検討には適さないが、流域内での流動経路把握の可能性を示した。

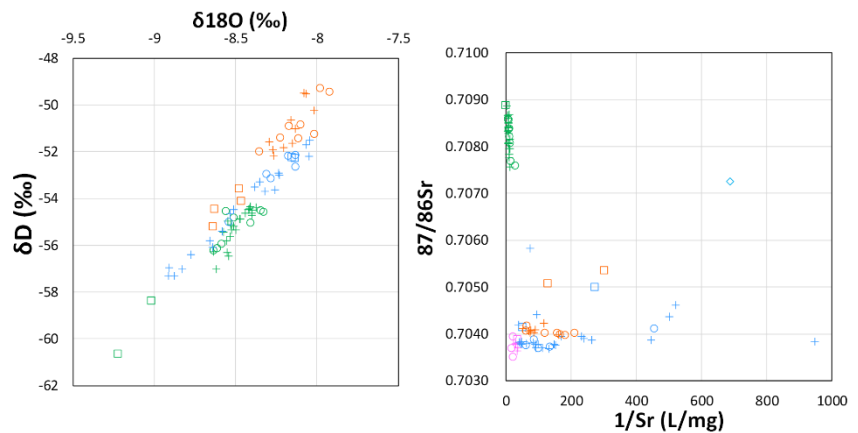


図-3 酸素・水素安定同位体比とストロンチウム同位体比の傾向
安部ほか (2019) より

(8) 今後の課題

分析した成分項目を用いて解析を進めるとともに、既往の水収支・流出研究との比較を行う。

(9) 成果の発表

安部 豊・申 基徹・内山 佳美 (2019): 丹沢山地地域における地下水および湧水の地球化学的特性の把握. 同位体環境学シンポジウム, 京都市, 2019年12月 (ポスター発表)

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 Am 水循環モデルによる解析
(2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・倉野修・安部豊・横山尚秀

(5) 目的

第3期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画にかかる森林環境調査の一環として、これまでに開発を行った三次元水循環数値シミュレーションモデル（広域モデル3地域、試験流域モデル4ヶ所※）を用いて、現地モニタリングデータを活用した再現性解析やモデルの改良を行うとともに、水源環境保全・再生施策におけるダム上流等の広域または各試験流域の事業実施効果予測解析を行う。

※広域モデル：宮ヶ瀬上流域モデル、相模川流域モデル、酒匂川流域モデル

試験流域モデル：大洞沢モデル、貝沢モデル、ヌタノ沢モデル、フチジリ沢モデル

(6) 方法

本業務は、株式会社地圏環境テクノロジーが受託し、以下の業務を実施した。

① 既存のシナリオ解析の追加解析

水源環境保全・再生施策の中間評価における参考指標として水循環モデルによる「代表的なダム上流域における土壌流出のランク別面積割合」が採用されたことから、広域水循環モデル（宮ヶ瀬上流域モデル）によるこれまでの施策開始前等のシナリオ解析に追加して、平成30年度までの事業実績を反映した施策中間評価時点の施策効果推定の解析を行った。また、今後の検討のため、宮ヶ瀬上流域モデルの解析領域中の大洞沢等の現地測定結果のある箇所を抽出し、プロットスケールでの土砂流出量の再現解析を行った。

② 既存の水循環モデルによる土砂流出解析の検証・改善、再解析

上記①業務のプロットスケールの再現解析の結果、空間分布は概ね整合するものの侵食深の絶対値が過大となっている可能性が判明したため、改めて既存モデルによる土砂流出解析内容を検証し、それを踏まえてパラメータ等の改善後の解析の試行・図化を行った。

業務に先立ち、大洞沢試験流域において土砂流出調査を行っている東京農工大学の五味高志教授の助言を受けるとともに、さらに、3月末には土砂流出解析内容の検証・改善の成果にかかる研究成果評価部会を书面開催し、東京農工大学の五味高志教授、東京大学の堀田紀文准教授の2名の評価員より中間評価を受けた。书面開催となり議論はできなかつたため、今後さらに評価結果を整理し、対応を検討していく必要がある。

③ 水循環モデル解析システムの更新

上記の解析によって精査・改良された水循環モデルを自然環境保全センター所有の計算機でできるようにデータを整備した。

(7) 結果の概要（主なもの）

主な業務成果は次のとおり。（その他及び詳細は、委託業務報告書参照）

① 既存のシナリオ解析の追加解析

業務成果を元に、水源環境保全・再生かながわ県民会議の中間評価における参考指標として、平成30年度実績までの施策効果推定の結果を加えて提示した。

② 既存の水循環モデルによる土砂流出解析の検証・改善、再解析

土壌侵食量の実測値のある大洞沢試験流域の一部を対象に粗度係数と粘着力のパラメータに着

目しマッチングを行った。同定されたパラメータを使用して宮ヶ瀬ダム上流の各シナリオの再解析を行った。研究成果の中間評価では、実際のフィールドにおける土砂の生産・流出機構のプロセスとの対応などについて評価委員より意見や助言が寄せられた。

(8) 今後の課題

- ・令和元年度の研究成果評価部会における中間評価の結果を整理し、対応を検討する必要がある。
- ・モデル構築の段階から活用段階になっているが、今後はさらに本格的に現地モニタリングデータが蓄積されていくことから、特に試験流域モデルでは現地モニタリング調査とモデル解析を両輪で補完的に使って検証していく仕組みを構築していく必要がある。
- ・広域のモデル解析に関しては、今後は森林整備履歴などのデータ整備の充実が望まれる。

(9) 成果の発表

なし

【県民会議資料抜粋】森林の2次的アウトカムにかかる評価指標について

指標案：代表的なダム上流域における土壌流出量の面的評価（水循環モデルによる解析値）

宮ヶ瀬ダム上流域を対象とし、次の(A)～(D)シナリオで解析し土壌流出量を面的に評価

解析条件	シナリオ			
	(A) 施策前時点の 森林状態	(B) H30年時点 の森林再生状態	(C) 全域で森林が再生 した状態	(D) 対策をせず全域で森 林が劣化した状態
森林の 林床状態	下層植生は衰退しているが、リターがある程度堆積する状態	整備地とシカ密度低減地区で下層植生回復	全域で下層植生の被覆とリター堆積が十分である状態	全域で下層植生が衰退し、裸地の状態
林床合計 被覆率	74% ^{※1}	74%～95% ^{※1}	95% ^{※1}	0% ^{※1}
降水量	平年並み降水量（平成18年1～12月の雨量観測値）			

※1 宮ヶ瀬湖上流堂平地区の土壌侵食量調査の結果（初ほか、2010）を踏まえた仮想的な値

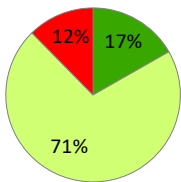
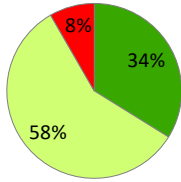
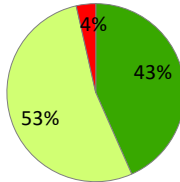
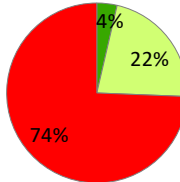
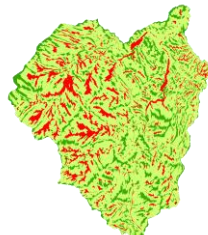
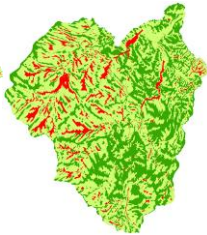
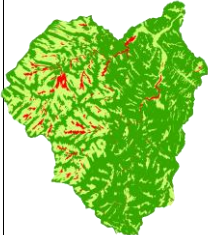
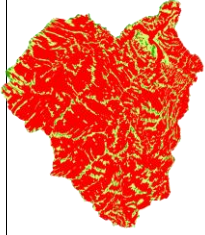
指標値の内容

上記(A)～(D)のシナリオに対し、宮ヶ瀬ダム上流域で生じる水流出とそれに伴う土壌流出量の空間分布を水循環モデルを用いて試算し、これを年間の土壌侵食深の空間分布に換算して、3段階（年間土壌侵食深ランク **緑：0.1mm未満** **黄緑：0.1mm以上1cm未満** **赤：1cm以上^{※2}**）にランク分けした面積割合により評価した。

※2 宮ヶ瀬湖上流堂平地区の土壌侵食量調査の結果を踏まえて土壌侵食深区分を設定

指標値の試算例

平成23年度までのモニタリング結果に基づき構築した水循環モデルによりシナリオごとに計算

		シナリオ			
		(A) 施策前時点	(B) H30年時点	(C) 全域で森林再生	(D) 全域で森林劣化進行
ランクの面積割合 土壌侵食深					
	空間分布図 土壌侵食深の				

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 An 水源施策の総合評価のための情報整備
(2) 研究期間 平成19年度～令和3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 内山佳美・雨宮有・倉野修・安部豊・横山尚秀

(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、対照流域法等による現地モニタリング調査による事業効果の検証、水循環モデルを用いたダム上流域等の広域の事業効果予測に加えて、施策の総合的な評価のためには個別事業とそのモニタリングのデータも活用した総合的な解析を行う必要がある。そこで、個別事業とそのモニタリングデータを収集・整備し、本研究課題で得られた知見を踏まえて総合解析を行う。加えて、個別事業におけるGIS業務の技術支援を行う。

(6) 方法

森林で行われる事業の総合的な評価を行うため、事業実績や各種モニタリング調査のデータを収集・整備するとともに、個別の事業やモニタリング調査におけるGIS技術支援やGISによる追加解析や作図による成果提供を行った。

本業務は、高度なGIS技術を持ち、システム設計やGISデータのプログラミング、GIS技術指導のできる派遣職員により実施した。

(7) 結果の概要（主なもの）

① 事業実績・モニタリングに関するデータの追加整備

各事業部門で所有している事業実績やモニタリング調査のGISデータを収集し、データの精査と解析するために必要な加工を行った。研究連携課による取得データと併せて、共通利用データとして整備した。

また、各事業部門のGIS利用に関して、指導・助言を行うほか、事業部門向けの各種プログラムの作成やこれまでに作成したプログラムのメンテナンスも行った。特に、水源環境保全・再生施策の中間評価における参考指標として水循環モデルによる「代表的なダム上流域における土壌流出のランク別面積割合」が採用されたことから、平成30年度までの事業実績を反映した中間評価時点の解析を行うため、モデル解析に組み込むための事業実績GISデータの作成や、モデル解析結果の数値データについて、GISを使った図でわかりやすく表現するため多数の試行を行った。

② モニタリング成果や施策評価に係る各種解析や作図、解析技術支援等

・モニタリング成果の解析等にかかるGISデータ作成やプログラム作成、解析支援

またノ沢試験流域の流域内の植生被覆分布調査結果のGISデータ作成や集計、水源地域内の多点で実施した広域トレーサー研究における湧水・河川水等の各採水地点の集水域解析や各集水域の面積解析・平均標高解析等、また地図上のヘキサダイアグラム表示作成ツール作成等を行った。さらに、令和元年度に開始した森林生態系効果把握調査の野ネズミ調査では、野ネズミの行動追跡を行うシステム開発にかかる一部技術支援、また360°カメラによる植生評価手法の開発にかかるGIS作業支援等を行った。また、今後のシカ影響との関連解析に先立ち、丹沢全体のシカ管理ユニットごとの環境特性解析および図化を行った。

・各研究員への解析技術支援

研究員が行うGIS作業（GISデータ作成・加工、委託成果品のGISデータ精査、GIS解析やプログラミング）について、指導・支援を随時行った。特に、令和元年度は県内のナラ枯れ被害が顕著

に見られたため、分布図をはじめとした GIS データ作成・解析の支援を行った。

(8) 今後の課題

- ・事業実績や施策の評価やモニタリング結果の公表にあたって、わかりやすく示すためには GIS データによる空間分布の可視化が欠かせない。このため、日ごろよりデータ蓄積と公表のための資料づくりを進めておく必要がある。
- ・今後も施策全体の進捗把握や事業効果解析、事業対象地選定等に活用するため、毎年の事業やモニタリングのデータを収集・整備していく必要がある。
- ・事業実績が電子データとなっていない、また電子データが保存されていても、データベース形式となっておらず（データ項目の定義が統一されていないなど）集計できないものも多い。事業の全体像の把握や事業検証のためにも、個々の事業部門任せにせず、全体としてデータ蓄積する仕組みが必要である。

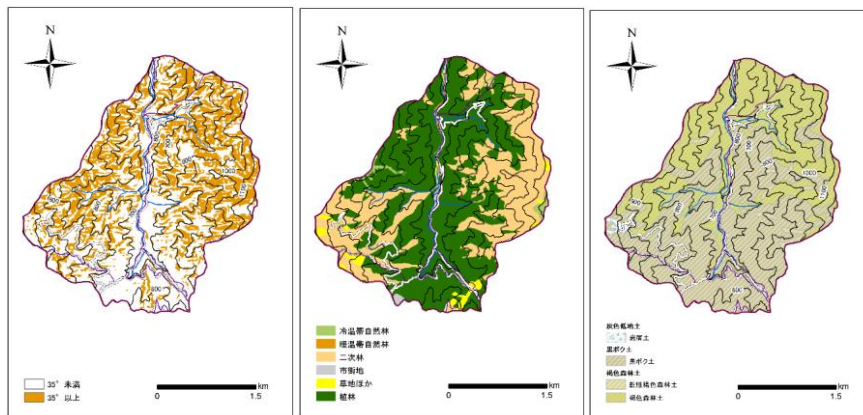


図-1 シカ管理ユニットごとの環境特性の解析・図化の例（中津川 D）

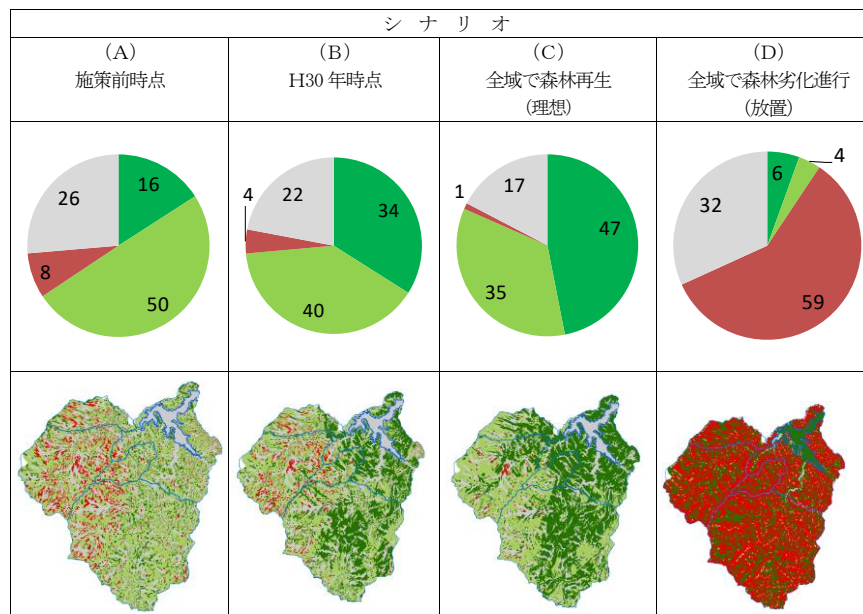


図-2 「代表的なダム上流域における土壌流出のランク別面積割合」の解析結果表現の試行

(年間土壌侵食深ランク 灰色：0、0mm以下 緑：0、2mm未満 黄緑：0、2mm以上2、0mm未満 赤：2、0mm以上の4段階)

※解析内容は、「水循環モデルによる解析」参照

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良

A 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 A0 令和元年東日本台風に係る情報収集と概況把握
- (2) 研究期間 令和2年度～
- (3) 予算区分 森林環境調査費
- (4) 担当者 内山佳美・倉野修

(5) 目的

令和元年東日本台風による豪雨の影響で本研究課題の試験流域だけでなく県内森林の200か所において林地被害(林道等施設被害は除く)が発生し、「昭和47年7月豪雨」以来、約50年ぶりの大規模な豪雨災害となった。このため、各試験流域における台風の影響調査にとどまらず、水源環境保全・再生施策において森林全体の台風影響を把握・整理し、施策評価や今後の森林管理に結び付けていくための科学的情報が必要である。

そこで、各試験流域における台風の影響把握・解析に先駆けて、今回の令和元年東日本台風による林地被害に関する概況を把握するため、既存情報の収集や整理を行った。

(6) 方法

① 学識者による現地視察を踏まえた試験流域の林地被害の概況把握

石川芳治東京農工大学名誉教授による大洞沢の現地視察、福嶋悟藻類研究所分析センター所長によるフチジリ沢の現地視察等で得られた助言を踏まえて、被害概況を速報として整理した。

② 過去や他県の豪雨災害との比較

「神奈川の林政史」等の既存文献を元に県内の過去の豪雨災害による林地被害と今回の台風被害を比較し整理した。また、林野庁資料等を元に「平成29年7月九州北部豪雨」、「平成30年7月豪雨」との比較も行った。

③ 台風時の雨量の地域間比較

各試験流域及びアメダスの雨量データを用いて、台風による雨量の地域間比較を行った。

(7) 結果の概要(一部の結果のみ。他の結果は、県民会議等の公表資料を参照。)

① 学識者による現地視察を踏まえた林地被害の概況把握

各試験流域では、目立った山腹崩壊は無く森林内や溪岸に小規模の斜面崩落が数か所見られる程度であるが、谷の源頭から溪流にかけて大規模な土砂流出が発生した。試験流域により流出規模は異なるものの、流出機構は概ね共通し、谷・溪床の堆積物が土砂流/掃流となり溪岸侵食を伴いながら流下し、下流の溪床勾配の緩い地点で土砂・流木の堆積が起こったと考えられた。なお、全県では山腹崩壊も発生しているため、今後は、試験流域以外の林地被害箇所の実態も踏まえて被害実態を整理する必要がある。

② 台風時の雨量の地域間比較

各試験流域でいずれも観測開始以降で最大の雨量を記録し(図-1)、水源エリア内の気象庁アメダス地点(相模湖、丹沢湖、箱根)においても、いずれも日雨量の歴代1位を更新した。

令和元年東日本台風による10

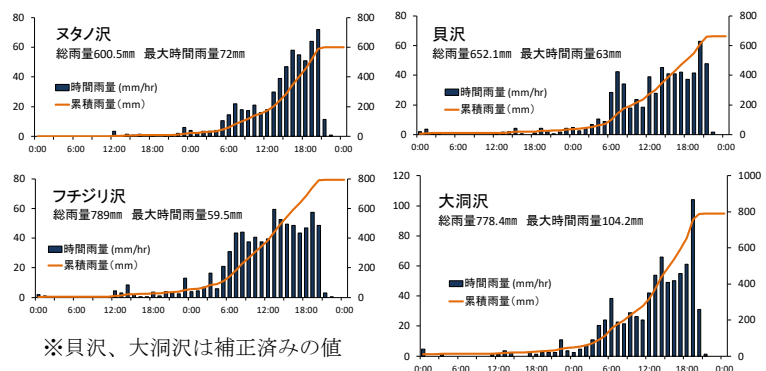


図-1 各試験流域における10月11日0時から翌12日24時までの時間雨量

月 10 日から 12 日にかけての総雨量は、箱根 (1001.5 mm) > 相模湖 (631.0 mm) > 丹沢湖 (542.0 mm) の順に大きかったが、年間雨量 (平均) に対する割合は、相模湖 > 箱根 > 丹沢湖の順に大きく、相模湖の総雨量 631 mm は、同地点の平年の年間雨量の 38% に相当していた (図-2)。また、降雨によるインパクトの目安として、あくまでも参考値であるが、(国研) 土木研究所の確率降雨量計算プログラム^{※1}により平均再現年^{※2}を算出した (表-1)。降雨継続時間で比較すると各地点とも短時間よりも 24、12 時間といった長時間の雨量で平均再現年が大きく、地点別では、相模湖 > 箱根 > 丹沢湖の順に平均再現年が大きかった。台風による県内の林地被害の半数以上は相模原市緑区に集中しており、単純な雨量の多寡のみでなく、通常の雨量と対比により影響を評価する視点も必要である。

なお、各地点の雨量の長期的変化については、年間雨量では変化の傾向は明瞭ではなく、最大日雨量では 2019 年のみが突出、最大時間雨量は各地点ともにやや増加傾向であった (図-3)。

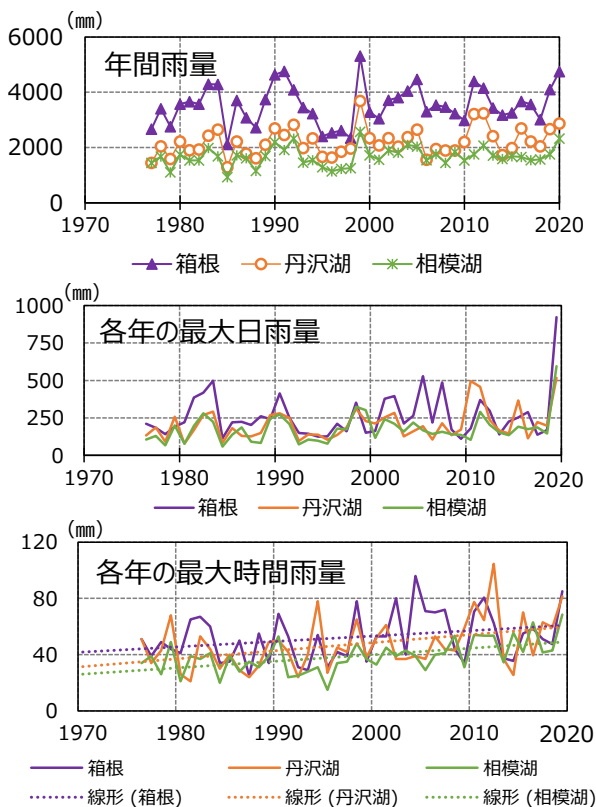


図-3 地点ごとの年間雨量、最大日雨量、最大時間雨量の推移

アメダス観測開始年 (1976 年) ~ 直近 (2019 年) まで。
年間雨量は正確には年間降水量であり、雪等も含む。

(8) 今後の課題

- 令和元年東日本台風による森林への影響について、水源環境保全・再生かながわ県民会議においても関心が高まっていることから、分かりやすく解説する必要がある。

(9) 成果の発表

なし

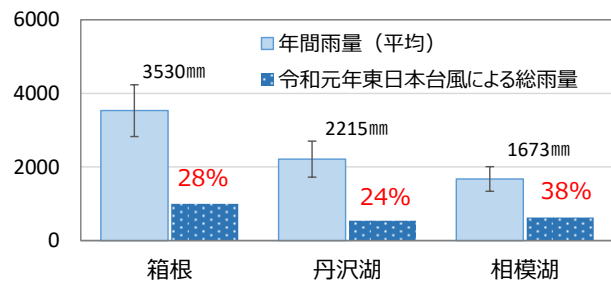


図-2 年間雨量と令和元年東日本台風による総雨量

年間雨量は正確には年間降水量であり、雪等も含む。
年間雨量 (平均) は、1976 から 2019 年の平均値。

表-1 令和元年東日本台風による降雨の平均再現年

	上段：雨量、下段：平均再現年		
	箱根	丹沢湖	相模湖
総雨量 (48~49時間)	1001.5mm 79年	542.0mm 36年	631.0mm 163年
最大 2 4 時間雨量	942.5mm 148年	526.5mm 86年	603.5mm 313年
最大 1 2 時間雨量	711.0mm 147年	439.5mm 122年	445.0mm 248年
最大 6 時間雨量	389.0mm 61年	295.5mm 85年	259.5mm 101年
最大 1 時間雨量	78.5mm 22年	77.5mm 35年	60.0mm 53年

※1 (国研) 土木研究所による確率降雨量計算プログラム

<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>

(アメダス各地点の 1976 年から 25 年程度のデータを使用した推定値。使用データの期間が古く短いためあくまでも参考値。)

※2 平均再現年は、その観測地点で、平均して何年に 1 回の割合で起こる規模の雨量であるかを表したものの。