

(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(2007～2011)、第2期：H24～28(2012～2016)）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、プロジェクトの推進にかかる打合せ等を行った。

2020年度は、令和元年東日本台風により被災した観測施設の復旧業務が中心となったうえ、前年度から続く新型コロナウイルス感染症対策等の影響を受けて、検討会議の開催を見送り個別打合せを行った。

(7) 結果の概要

① 令和元年東日本台風により被災した観測施設の復旧

被災した観測施設の復旧にかかる主要な業務・工事等は2019年度末までに契約したが、実際の業務については、ほとんどが2020年度の実施となった。2019年度中に復旧したヌタノ沢を除き、貝沢とフチジリ沢が6月までに復旧し、大洞沢は2021年3月末の復旧となった。また、現地の流木の処分や、回収した被災機器類の処分についても2020年度に実施した。

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（表-1）。

(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を、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や、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を行うことにより、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打合せ一覧

開催日	会議名称等	区分	内容（主な議題等）
R2.7.2	個別打合せ (東京農工大学 五味高志教授)	外部	ヌタノ沢の浮遊土砂流出量の評価に関する意見聴取、ほか
R3.1.13	個別打合せ (東京農工大学 戸田浩人教授、白木克繁准教授)	外部	令和2年度調査の実績及び令和3年度計画について
R3.1.13	個別打合せ (東京大学 熊谷朝臣教授、江草智弘研究員ほか)	外部	令和2年度調査の実績及び令和3年度計画について
R3.1.14	個別打合せ (東京農工大学 五味高志教授ほか)	外部	令和2年度調査の実績及び令和3年度計画について

※上記以外に大洞沢の観測施設復旧にかかるシステム設計の打合せを実施

表-2 対照流域モニタリング調査の実施体制（2020年度）

試験地	区分	対照流域試験地				先行研究
	試験地 (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)	堂平沢 (東丹沢)
	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	東京農工大	—
試験流域調査	水流出	委託 (一部保全C)	保全C	東京大 (一部保全C)	東京農工大 (一部保全C)	—
	水質			東京農工大		
	土砂流出	—	—	東京農工大 (一部)	委託 (林床被覆)	
	土壌侵食	底生動物：東京農工大（五味教授）				
植生						
水生生物						
広域	水質	—	—	神奈川工科大	—	—
モデル解析		水循環モデル※宮ヶ瀬ダム上流解析				

※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。

保全C：自然環境保全センター

(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（1）設備・システム**
 (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、前年度に引き続き令和元年東日本台風の影響により被災した観測施設の復旧対応を行った。2020年度末までに、すべての試験流域の常時観測は復旧したが、一部には未だ復旧対応の必要な部分も残っており、今後対応する必要がある。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（2020年度）※網掛けは2019年度からの繰越

箇所	業務内容	工期	受注者
大洞沢	N03量水堰の堆積土砂の搬出・処理（170㎡）	2020/3/26 ～ 2021/6/30	(株) 落合組
	台風被害把握と観測システム再設計・再設置	2020/3/30 ～ 2021/3/31	日本工営(株)
	N04量水堰の人力浚渫	2020/11/13 ～ 2021/1/29	(株) 山善
	N01量水堰の小屋撤去解体、小屋の下部の堆積土砂撤去	2021/1/20 ～ 2021/3/31	(株) 山善
	台風でN03量水堰に堆積した流木の処分	2020/10/8 ～ 2021/1/29	中央カンセー(株)
貝沢	観測施設・システムの定期点検	2020/4/1 ～ 2021/3/31	東京農工大学
	N01、3、4量水堰の浚渫、N05量水堰の倒木処理	2020/2/6 ～ 2021/6/30	(有) 榎本工業
	N01、3、4、5量水堰の水文観測設備の復旧・調整	2020/2/14 ～ 2021/6/30	(株) ウイジン
	N01、3、4量水堰の浚渫	2020/12/1 ～ 2021/3/31	(有) 榎本工業
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）	2021/5/21 ～ 2020/3/31	(株) ウイジン
フチジリ沢	被災した水文観測施設の復旧、水生生物への影響把握	2020/3/30 ～ 2021/10/30	新日本環境調査(株)
	気象観測システムのロガー更新	2021/1/20 ～ 2021/3/31	(株) ウイジン
所内	台風で被災した機器類（回収済み）の処分	2020/11/24 ～ 2021/2/26	中央カンセー(株)
	観測装置の使用済みバッテリー等の処分	2020/10/16 ～ 2021/2/10	(株) エスアール
	所内のデータ受信PCの保守	2021/1/8 ～ 2021/3/31	(株) ウイジン
	画像処理システムの整備	2020/10/2 ～ 2021/1/29	(有) ネプス

(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）

大洞沢試験流域では、台風の影響により水文観測用のセンサ類とN03観測地点のロガー等を含む機器収納ボックスすべてが損壊または流出したため再設置するとともに、被災した制御装置は製造終了品で入手できないため、新たな制御装置（キャンベル製CR1000x）を用いてシステム全体を再構築した。観測地点と測定項目は、これまでと同様であるが、一部センサ等を追加した。また、別途、量水堰の浚渫等を行った。

貝沢試験流域では、台風後の3月5日から4月10日までにN02を除く各量水堰の浚渫と機器の

再設置を行った。N02 量水堰は、台風の影響により多量の流木が堆積し除去が困難であるため、当面の復旧を見合わせた。

フチジリ沢試験流域では、台風の影響でフチジリ沢とクラミ沢の各観測地点で河川内に設置したセンサ類が流失したため、センサ類を 2020 年 5 月 28 日と 6 月 2 日に再設置した。

表-2 大洞沢の観測システム再設置後の測定項目

測定地点	測定項目	備考
St0	(既設受電設備) カメラ	
St1	温湿度・雨量・風向風速・日射 水位・水温・濁度	気象センサはコンテナ上
St2	水位	
St3	水位・水温・濁度・カメラ	
St4	水位・水温・濁度・カメラ	
St5	温湿度・雨量・風向風速・日射 カメラ・赤外放射計	風向風速以外は、タワー上とタワー下の 2 箇所

(8) 今後の課題

- 令和元年東日本台風による被害は、基本的な観測については復旧したものの、未済のものもあることから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、植生保護柵も含めて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。

(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. 神自環保セ 10:13-21



図-1 観測施設復旧状況（上：大洞沢、左下：貝沢、右下：フチジリ沢）

(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 観測施設保守・改良 (2) 観測機器**
- (2) 研究期間 **令和2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 **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

今後のセンサーカメラの新規購入にあたり調査を行い、既に所有している機種も含めて性能面などを比較検討した。

表-1 センサーカメラの比較

項目	GISupply					(株)ハイク	SANWA					BUSHNELL
	TREL 10J-D	TREL 18J-D	SG-011	SG560K-12mHD	SG560K-14mHD	HykeCam SP2	400-CAM066	400-CAM061	400-CAM067	CMS-SC01GY	CMS-SC03GY	TROPHYCAM XLT24MP
トリガースピード(秒)	1.2	0.7	0.45(1秒以下)	1.0~1.3	1.2	0.65	0.45	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3
リカバリースピード(秒)						2						1
センサー反応距離(m)	30	30	15	22	30	25	20	20	20	20	20	24
センサー反応角度(°)			110	50		50	40	120	120	40	110	
撮影範囲角度(°)	57		100	44x33		52	70	108	105	70	105	38
夜間撮影赤外線	ノーフロー	ノーフロー	ノーフロー	ノーフロー	ノーフロー	ノーフロー			ノーフロー			ノーフロー
照射距離(m)	27	30	20	22	27	20	12	20	15	15	15	
画素数(万画素)(max)	1800	1800	1200	800	1400	1200	500	500	800	500	800	2400
単三電池本数(本)	8	8	8	8	8	12	4	8	8	8	8	6
防水規格						IP65(SP4G)	IP56	IP54	IP54	IP54	IP54	
SDカード	~32GB	~32GB	8MB~32GB	8MB~32GB	8MB~32GB	~32GB	16GB or 32GB	~32GB(SDX C不可)	16GB or 32GB	~32GB	~256GB	~32GB
サイズ(高x幅x奥/cm)	14x8x5	15.5x10x7.3	13x10x8	14x9x6	14x8x5	15x12x7.2	10.4x7.5x4.3	13.6x9x7.6	13.6x9x7.6	9.6x7.3x13.6	9.6x8x13.6	14.8x10.3x7.5
電池なし重さ(g)	250	300	310	260	250	400		350		338	340	300
モニター位置	内	内	内	内	内	内	フロント	内	内	内	内	フロント
税込み価格(円)	22000	19250	17765	27700	26500	34980	10800	14980	15980	16100	25800	27060
その他	販売終了	10Jの後継機	広角レンズ	販売終了	12mHDの後継機							電池交換しやすい

今までセンサーカメラの機種選定は過去の実績から、同一メーカーの後継機や、他部署からの口コミ情報等をもとに導入している。しかし、トラブル事例の解析過程で得られた内容から、必要以上にカメラに期待していて、必ずしもトラブル(*1)と言えない現象も多くあった。この観点から、オールマイティなカメラではなく目的に応じた性能のカメラを選択すべきではないかと考えられる。そこで、高価格品は避けて、今まで使い続けていたメーカー品、最近購入したメーカー品などをネット検索した。比較項目はトリガースピード、センサー反応角度、撮影範囲角度、画素数などとした。

GISupplyは、トリガースピードが遅い(カラウチの原因の一つ)ものの、画素数が多く高画質が期待できるため、被写体の詳細分析が必要な場合などに向いていると言える。

HykeCamはトリガースピードも速く画素数も多いが、電池が12本で筐体も大きい。100台以上のまとまった台数を必要とするので、高価格品であるため導入は困難である。

SANWAはトリガースピードが速く、電池も4本、小型で安価なので気軽に使いそうであるが、画

素数が少ないので画質はあまり良くない。

BUSHNELL は性能も画質も良く、電池交換もしやすいところから魅力的ではあるが、撮影範囲角度が狭く、価格がやや高めと言うところが難点である。

面白いのは、GISupply の SG-011 で、カメラが広角レンズであるため、取りこぼしが少ないと思われる。

(※1) カメラのトラブルに関しては SD カードの問題や圧縮率など、新たに分かった内容があるので次回報告することとする。

② 自動採水器 (Model 3700, ISCO 社)

機器の隙間からアリやクモ、ネズミなどが入り込んで巣を作るため、養生テープを用いて虫の侵入口を塞ぐことにしていたが (図-1)、それでも雨などで剥がれたテープのわずかな隙間から入り込まれたりするので、これを改善した。

使うのは梱包用のラップ (図-2) で、これでぐるぐる巻きにするだけなので、作業も簡単で確実である。

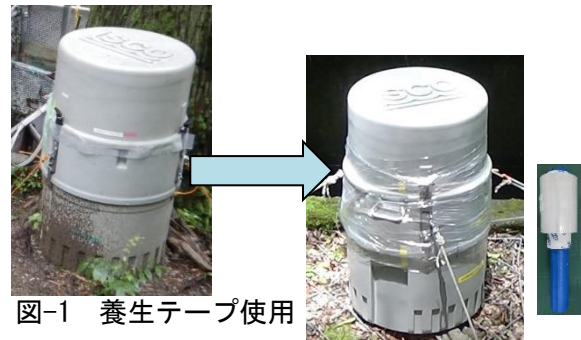


図-1 養生テープ使用

図-2 梱包用のラップ使用

採水器のストレーナーが不足したため、急遽身の回りにある部品で代用品を作った。材料はチューブ継ぎ手(ポリプロピレン)、EC ロガー U20&24 用保護ケースとした。手順は、ケースのキャップに採水用のビニールチューブを通してからチューブ継ぎ手を差込み、ビニールチューブが抜けない事を確認して適当な長さでカットし、キャップをケースに戻して完成となる (図-3)。使う時は実際に運転して採水量を微調整する必要がある。



図-3 ストレーナーの代用品作成

③ 各種ロガーの整理

所内に点在する各種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、整理及び整備を行った。尚、完全に壊れて使用できないものは除却した。

表-2 各種ロガーの在庫状況

HIOKI		台数	コメント	HIOKI		台数	コメント	T&R		台数	コメント
VOLTAGE LOGGER_5V	VL3635-05	9		データmini_5V	LR5042	18		Data Recorder	TR-55i-V	2	0~22v
(DC電圧)	UIZ 3635-05	8			UIZ5042	2		(DC電圧)			
	3635-55	3	プレヒート付き	データmini_50mV	LR5041	3		Thermo Recorder	TR-52i	6	
HUMIDITY LOGGER	3641	3		Data Collector	LR5092	3		(温度)	TR-52	8	
(温度/湿度)	HL3631	1		COMMNUCATION	3911	2			TR-55i-TC	4	熱伝対T型使用
PULSE LOGGER	UIZ3639	2		BASE	CB3911	1		Data Collector	TR-57DCi	1	
TEMPERATURE LOGGER	3633	29			3912	1					
(温度)											
LUX LOGGER(照度)	3640	11									

COMMNUCATION BASEやData Collectorを使う際のソフトウェアは古いPC(Windows XP など)でないと動かないものもあるので注意が必要である。

④ 流速計

流速計の取扱説明書では事前にゼロ調整をしておく事が明記されていたが、十分に周知徹底されていない恐れがあったため、現場で簡単にできる方法を考えた (図-4)。

ポリビンは四角なので、水の動きは早く収まるほか、深さも固定できるので、作業前に手放しで安定して置く事ができる。なお、電極を傷つけないように切り欠きも入れ

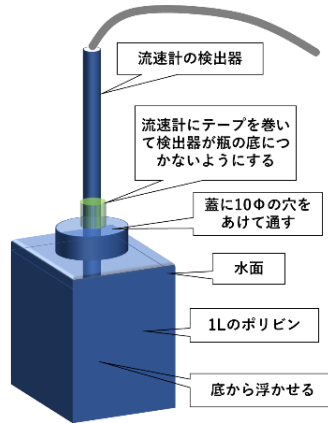


図-4 流速計のゼロ調整用治具

電極が接触しないようにマーカーを入れて切り欠きも付けた



図-5 マーカーと切り欠き

⑤ 濁度計

濁度計を使うに当たり、異常があった時などに理解できないと対処できないため、どのようなシステムになっているのか、特に取扱説明書だけでは理解できない部分を調べた。

濁度計と Battery と電圧ロガーの関係は図-6 のようになっていることがわか

った。また、プレヒートについては、アナログ出力がホールドされている 60 秒のちょうど中間を狙って安定したデータを取り込むようになっている (図-7)。

なお、プレヒート時間の短縮は Battery の消耗を軽減できるのだが、ロガー側のプレヒート設定時間が細かく任意に設定できないため、プレヒートの時間は 30 秒と

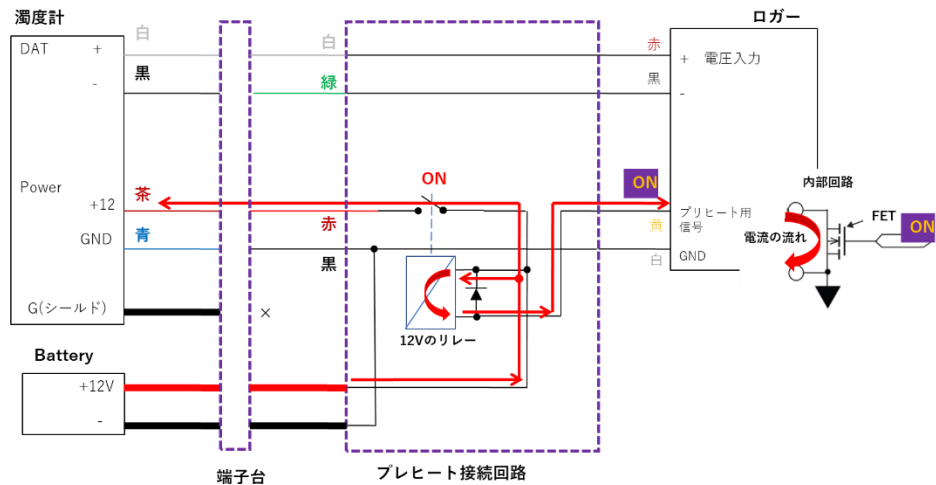


図-6 濁度計のシステム

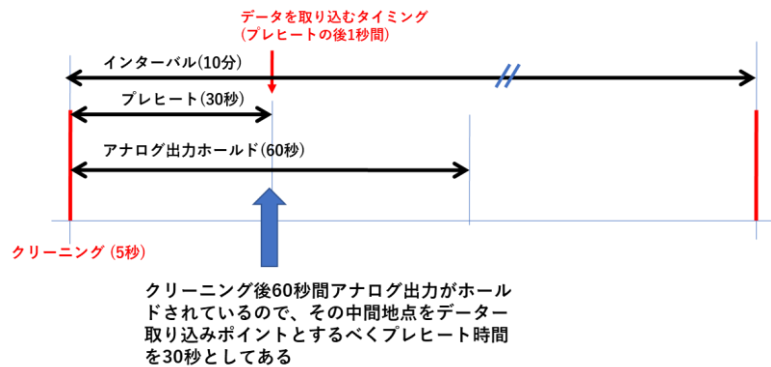


図-7 タイミング

(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。
- 簡単に手に入らないものは身の回りのもので代替品を考える。
- 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。

(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2020年4月から2021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、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、2019年の台風19号により被害を受けた一部の流域では復旧が遅れ、調査内容を変更した時期がある。また、2020年11月より大洞沢のNo.3,4で水質調査を追加実施した。

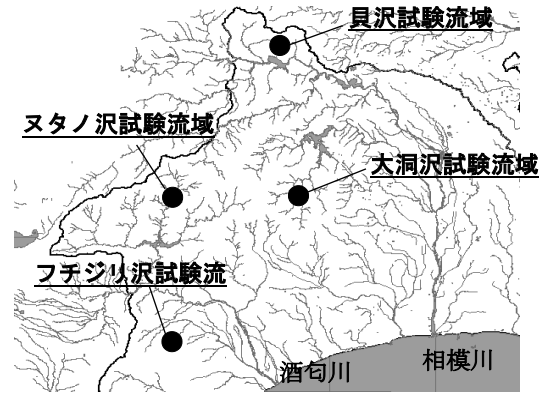


図-1 選定した試験地の位置図

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	スタノ沢	クラミ・フチヅリ沢
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	—	—	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	○	—	○	—
			雨量	容量式雨量計による雨量観測	—	—	—	—
			水質	採水および測定機器による EC, pH, 水温測定	—	—	—	—
	植生設備	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	—	—	○	—
			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

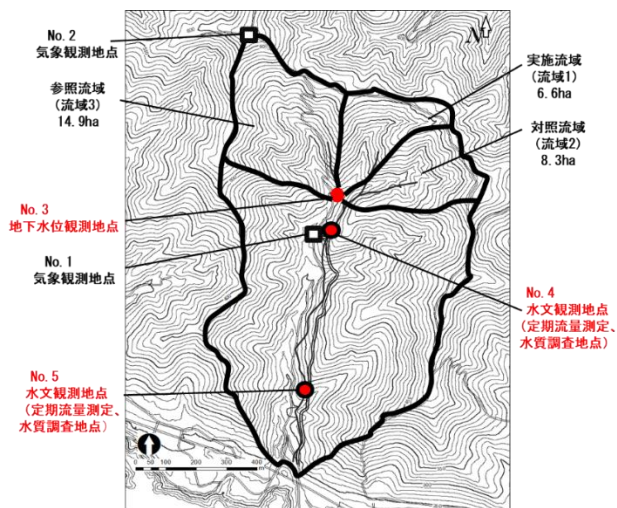


図-2a 貝沢調査地点

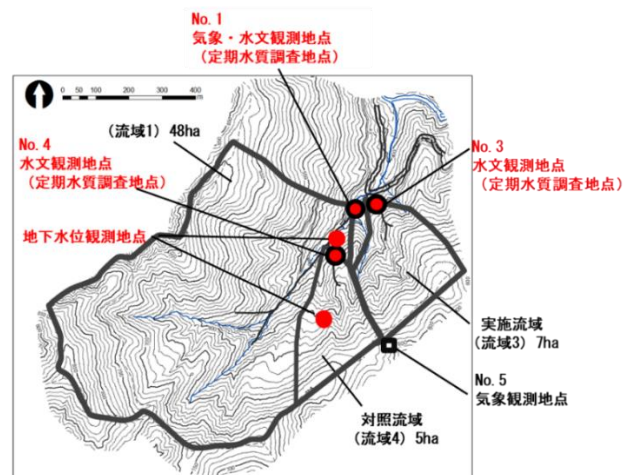


図-2b 大洞沢調査地点

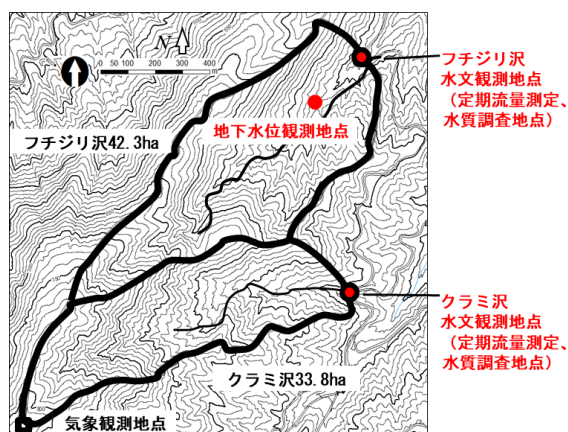


図-2c クラミ・フチジリ沢調査地点

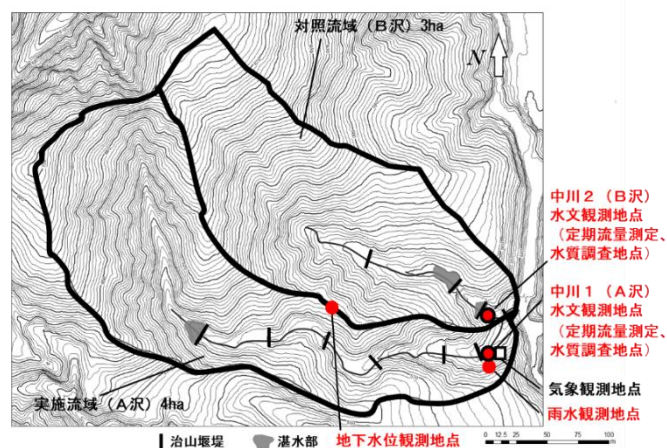


図-2d ヌタノ沢調査地点

(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）、水質測定結果（図-4）を以下に示す。

流量は低気圧の通過時、梅雨前線の活動が活発な時期に増加傾向を示した。地点別ではNo.5がNo.4より常に多い値を示した。地下水は年間を通して地上に湧き出していた。水温は季節変化を示し、夏季に高く、冬季に低い値を示した。電気伝導度は大きな変化はみられなかったが、両地点ともにまとまった降雨の後に若干低い値を示した。pHは両地点ともあまり変化はなく、ほぼ一定の値であった。

なお、オートサンプラーにより洪水時を予想した水質のサンプリングを実施したが、濁りが認められなかったため分析は行わなかった。

表-2 貝沢調査項目

流域	項目	年月日	2020年									2021年			
			4	5	6	7		8	9	10	11	12	1	2	3
			14	14	9	9	29	18	15	15	12	1	7	4	4
貝沢	流量等	容積法	—	○	○	—	—	○	—	—	○	—	○	○	○
		断面流速法	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	—	○	○
		水位	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○
	水質	水温	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○
		電気伝導度	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○
		pH	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○
		洪水時水質※	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下水	水位	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○
		データ回収	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○
		バッテリー交換	○	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—

※水質：水温，EC，pH

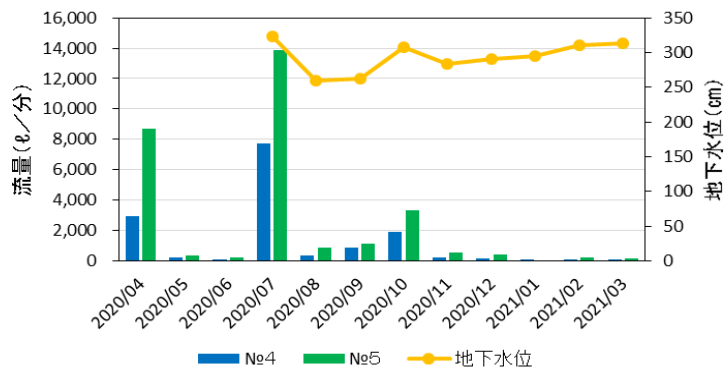


図-3 貝沢の地点別河川流量と地下水位

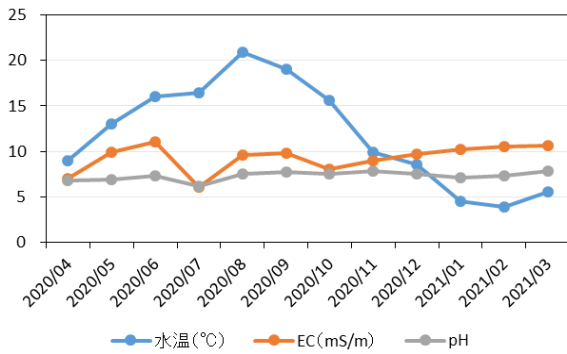


図-4a 貝沢No.4 地点河川水の水質

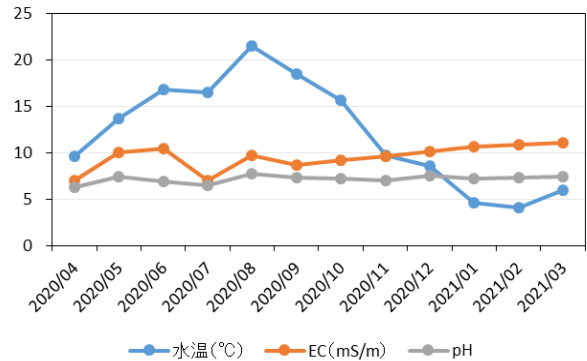


図-4b 貝沢No.5 地点河川水の水質

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。電気伝導度、pHは大きな変化はなく、ほぼ一定の値であった。

表-3 大洞沢の調査項目

流域	項目	年月日	2020年									2021年		
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
			14	26	25	27	18	29	27	16	17	21	18	23
大洞沢	水質	水温	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

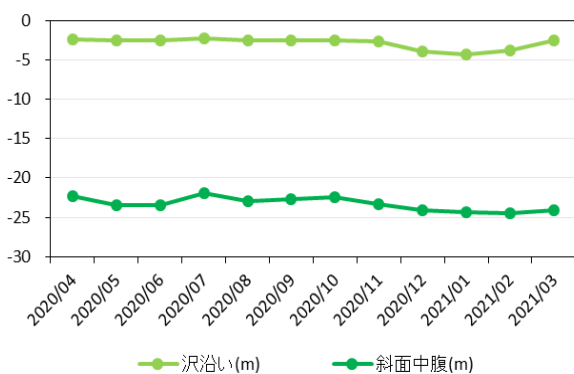


図-5 大洞沢の地点別地下水位

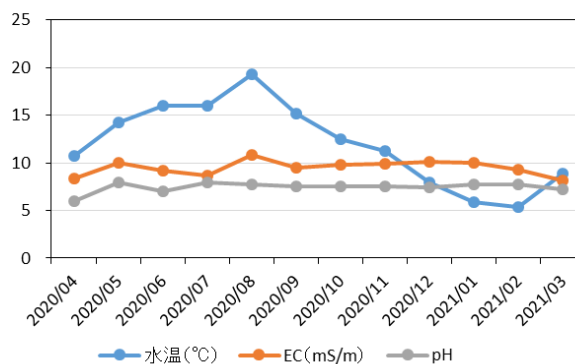


図-6a 大洞沢No.1 地点の河川水の水質

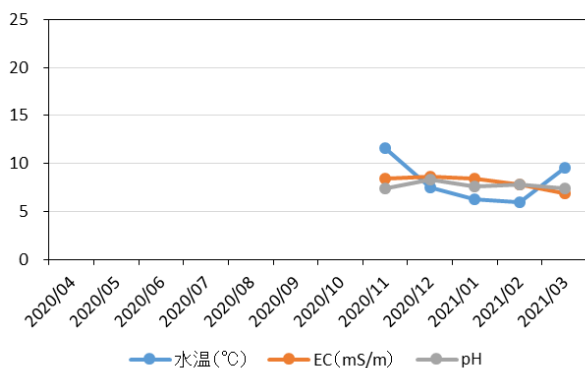


図-6b 大洞沢No.3 地点の河川水の水質

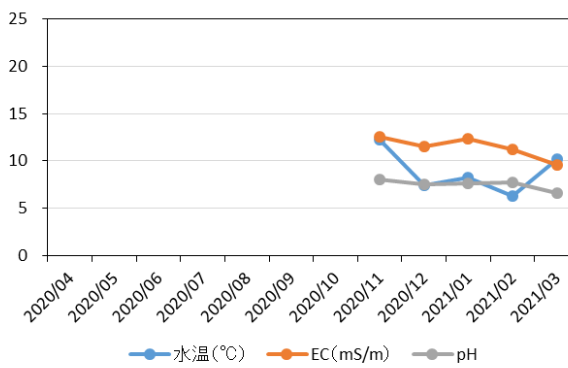


図-6c 大洞沢No.4 地点の河川水の水質

③ クラミ沢とフチジリ沢の調査結果

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

流量は梅雨前線の活動が活発な7月に多い値を示した。また、流量と地下水位には相関関係がみられ、流量の多い時は地下水位の上昇が認められた。フチジリ沢の流量は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。電気伝導度の値は大きな変化はみられなかったものの、クラミ沢よりフチジリ沢で高い傾向を示した。pHは大きな変化はなく、ほぼ一定の値であった。

表-4 クラミ沢、フチジリ沢の調査項目

流域	項目	年月日	2020年												2021年		
			4	5		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
			6	12	22	8	14	6	1	22	17	7	19	2	11		
クラミ沢・フチジリ沢	流量等	容積法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		断面流速法	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○
	水質	水位	—	○	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—
		水温	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		電気伝導度	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	地下水	pH	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		水位	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		データ回収	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	その他	電池交換	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
		登山道整備	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
連続水質観測機器バッテリーの電圧確認、交換		—	○	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	

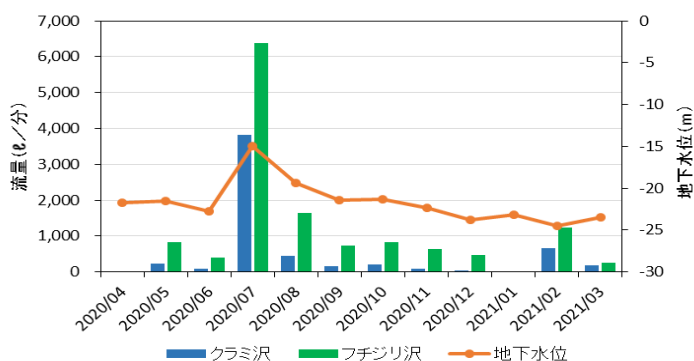


図-7 クラミ沢とフチジリ沢の河川流量と地下水位

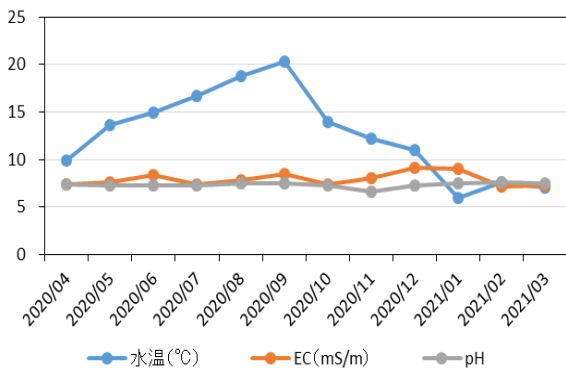


図-8a クラミ沢河川水の水質

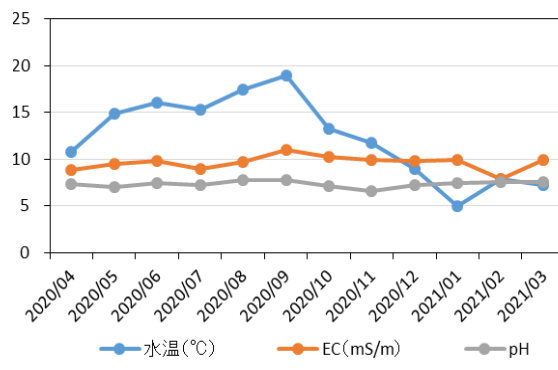


図-8b フチジリ沢河川水の水質

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。

流量は夏季（7,8月）に多い傾向を示し、冬季に少ない傾向を示した。地点別ではA 沢量水堰（中川1）で7,8月に多く、その他の月はB 沢量水堰（中川2）で多い値を示した。また、流量と地下水位には相関関係がみられ、流量の多少に対して地下水位の上昇、低下が認められた。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、1月～3月はA沢の流れが無く、流量測定は出来なかった。西丹沢 VC (ビクターセンター) の河川水水温の変動幅は、ヌタノ沢に比べ小さかった。

電気伝導度は大きな変化はみられなかったが、まとまった降雨の後に若干低い値を示した。pHはほぼ一定の値であった。

水位流量曲線はA沢、B沢ともに一般的な傾向を示した。

なお、オートサンプラーにより洪水時を予想した水質のサンプリングを実施したが、濁りが認められなかったため分析は行わなかった。

表-5 ヌタノ沢の調査項目

流域	項目	年月日	2020年												2021年		
			4	5	6	7	8		9	10	11	12	1	2	3		
			7	12	2	7	14	4	13	25	27	1	13	19	8	10	14
ヌ	容積法		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	断面流速法		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	水位		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポイントゲージ調整		—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
タ	水温		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	電気伝導度		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	pH		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	洪水時水質※		—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ノ	雨量		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	水温, EC, pH		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	水位		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	データ回収		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
沢	バッテリー交換		—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
	植生調査		—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	○	○	—	—	—
	柵の点検		—	—	○	—	○	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—

※水質：水温，EC，pH

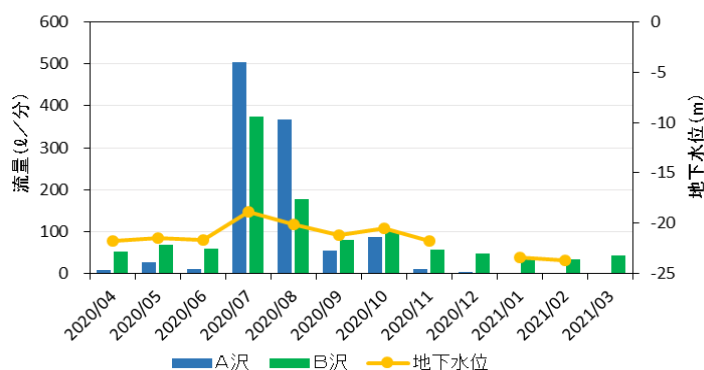


図-9 ヌタノ沢の河川流量と地下水位

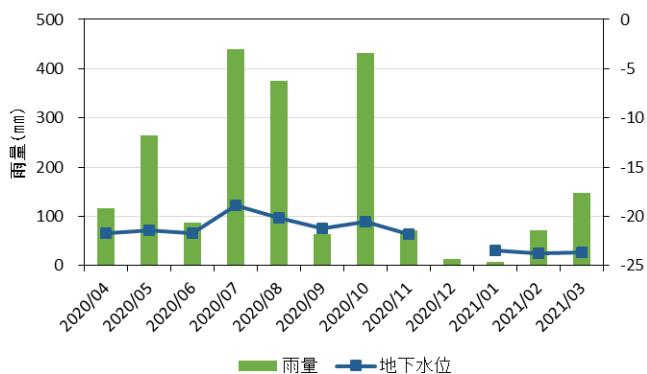


図-10 ヌタノ沢の雨量と地下水位

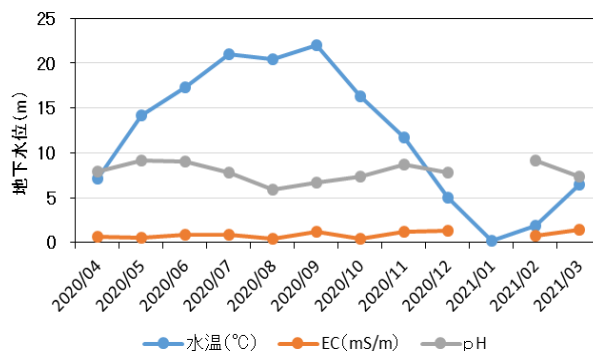


図-11a ヌタノ沢の雨水の水質

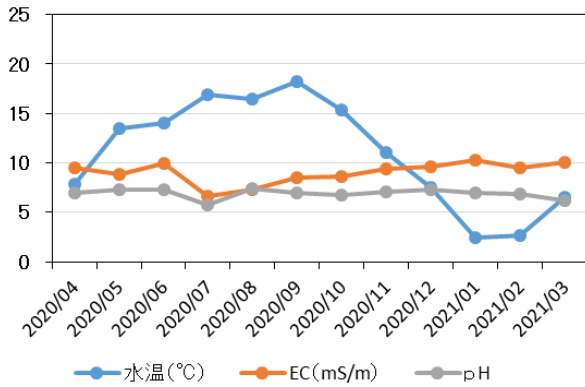


図-11b ヌタノ沢 A 沢中川 1 の河川水の水質

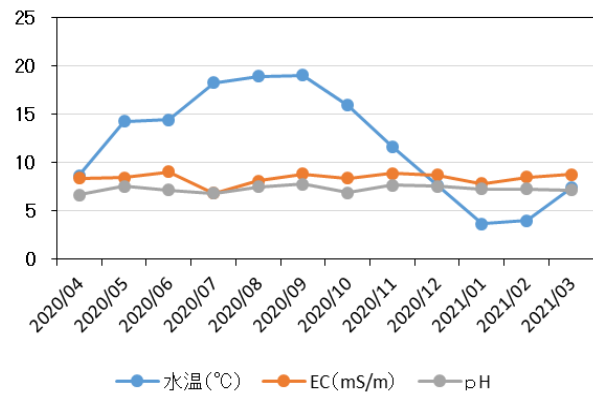


図-11c ヌタノ沢 B 沢中川 2 の河川水の水質

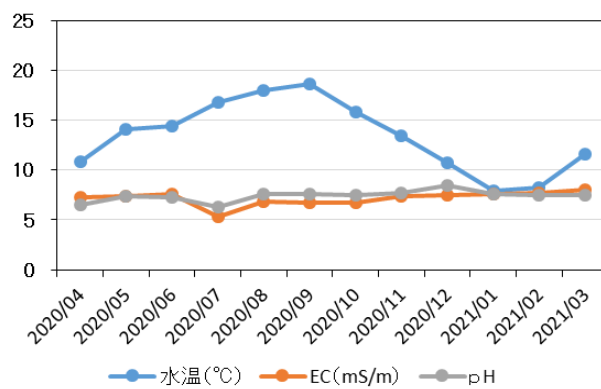


図-11d ヌタノ沢周辺西丹沢 VC の河川水の水質

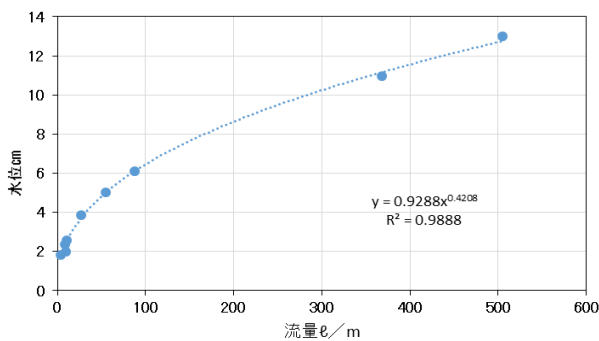


図-12a A 沢水位流量曲線

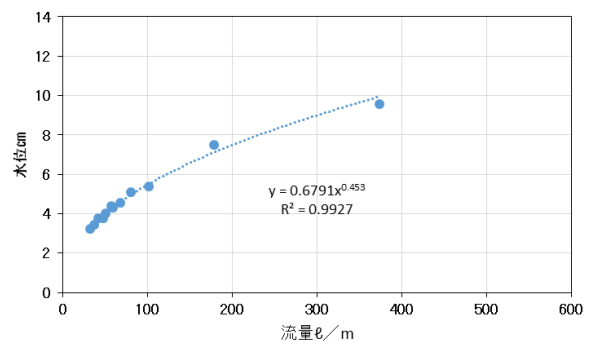


図-12b B 沢水位流量曲線

(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、今後も定期的に現地観測を行い、観測システムで取得したデータの確認ができるようにしておく必要がある。

(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 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）。

○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。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。

① 河川流量・水質のモニタリング

現地の気象・水文観測設備による観測に関しては、令和元年東日本台風の影響により被災した観測施設が復旧していないため、通常の常時観測データは得られなかったが、No5観測地点の気象観測に関しては、独自にソーラーパネルとロガーを設置して一部のデータを取得し、流量はHyCyモデルを用いて補完した。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。

② 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。

③ 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。

④ 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、最適なパラメーター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。

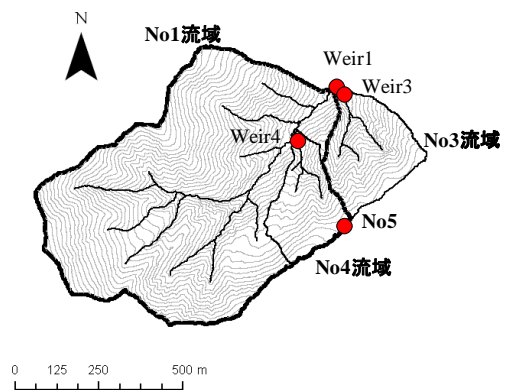


図-1 大洞沢流域の観測地点

(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 2020年の降水量・流量・蒸発散量・根量

2020年は8, 11, 12月の降雨が少なかったために、年降水量は例年よりも少なく、2,688 mmだった。9, 10月も極端に大きな降雨イベントは無く、HyCyモデルで計算された河川流量も8, 11, 12月に小さくなる傾向を示した（図-2）。

2020/1/23-2020/12/29の11カ月間の林外雨量合計は2,631 mmであり、プロット1,4の林内雨量はそれぞれ林外雨量の77.0%, 63.0%、樹幹流量はそれぞれ161 mm（降雨の6.1%）、600 mm（降雨の22.8%）となった。林内雨・樹幹流の合計は、プロット1,4のそれぞれで林外雨の83.1%, 85.8%になり、遮断率はそれぞれ16.9%, 14.2%となった。また、それぞれのプロットの日蒸散量は夏季で2.5 mm/day、冬季で1 mm/dayほどで、前年度と同程度であった。

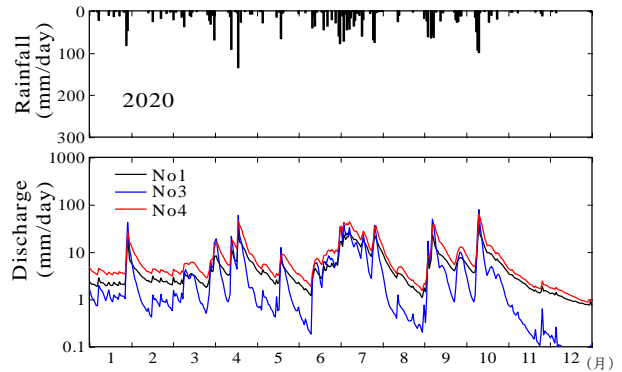


図-2 2020年の降水量・流量

② 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年に比べ、その後の期間は減少していることが示された。2020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（図-3）。2009～2010年の平均値を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が、2020年にはそのような傾向は見られなかった。このため、大洞沢全体で NO_3^- 濃度が近年減少しているものの、植生保護柵設置の影響によるものとは考えにくい。

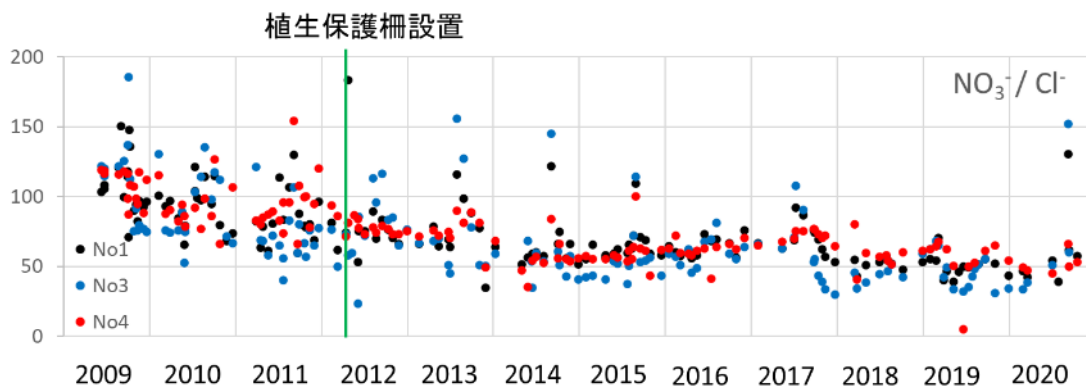


図-3 植生保護柵設置前後の Cl^- 濃度で基準化した NO_3^- 濃度の時系列変化

(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)。

○ 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。

① 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。

② 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、斜面下部に2箇所ずつ設置されているプロットで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。2020年度はさらにプロットを追加し、裸地・草本・低木の各下層植生状態で土壌物理性や土砂生産量を比較した。

③ 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。

④ 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。

⑤ 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 異なる下層植生状態における斜面の土壌物理性と土砂生産

植生保護柵を設置したNo.3流域では低木層の発達が確認されていることから、対照流域(流域No.4)における不嗜好性の草本が優占する斜面(草本斜面)、および植生が未だ回復していない裸

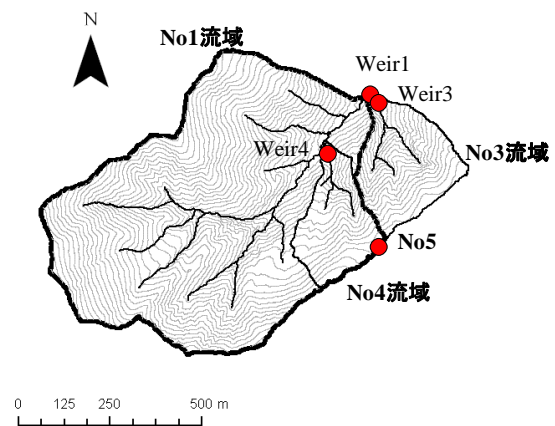


図-1 大洞沢流域 観測地点

地斜面と土壌物理性の回復および土砂生産の抑制効果を比較して検証した。斜面の土壌密度の平均値は植生タイプによる差異はなかったものの、低木斜面においては隣接する流路との比高差が大きくなるほど土壌密度が小さくなった。同時に根系密度も高くなっており、特に直径 2mm 以上の粗根の発達が見られた。このことから、柵内の斜面上部では低木の発達とその根系により土壌物理性が改善していることが示唆された。土砂生産については、斜面長が短いプロットでは、植生タイプによる差異は見出せなかったものの、斜面長が長いプロットにおいては低木斜面において、草本斜面や裸地斜面より生産土砂量は小さくなった。このことから、斜面における上部からの連続的な土砂移動の発生に対して、低木層の発達およびそれに伴う土壌物理性の改善は、斜面全体における土砂生産を抑制すると考えられた。

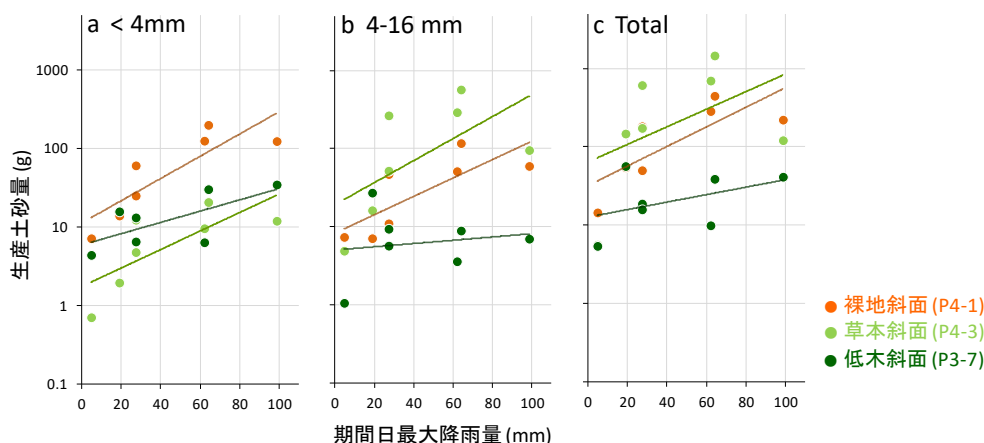


図-2 斜面長が長いプロット（寄与域：91-94m²）における各土砂採集時期の生産土砂量と最大日降水量の関係

② 令和元年東日本台風によるかく乱後の河床形態と掃流土砂流出化

台風の際に斜面崩壊が発生した流域 No. 3 において、台風前後の河床形態と掃流土砂移動を比較した。台風後は河床堆積土砂の粒径が大きくなり、階段状河床が減少し岩盤露出箇所が増加した。また、掃流土砂移動の量・頻度も増加した。新たな土砂発生源となる崩壊地からは大量の細粒土砂が生産されていることが確認され、掃流土砂の粒径組成と類似していた。崩壊地の形成により斜面から土砂生産が増加したことに加えて、河床上の土砂移動の障害となる階段状河床の減少や岩盤河床の増加によって透過性が上昇したことで、掃流土砂移動の量や頻度が増加していると考えられた。

(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. 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 富山市 2018 年 10 月

大平充・五味高志・内山佳美 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 新潟市 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 Af 大洞沢モニタリング調査 (3) 令和元年東日本台風の影響
(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、令和元年東日本台風の影響による溪流等の荒廃状況を把握することを目的とする。

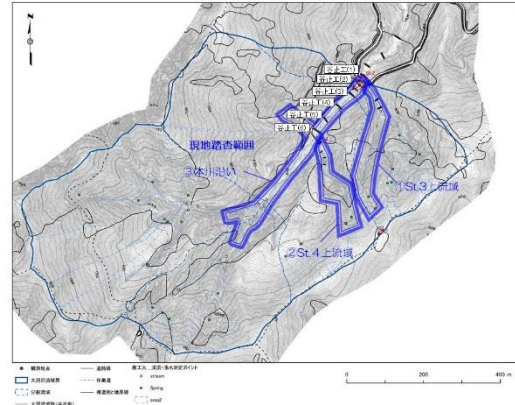


図-1 現地調査の範囲

(6) 方法

本調査は、日本工営(株)が実施した(詳細は、委託報告書参照)。

試験流域全体について、令和元年東日本台風の影響による荒廃の概況を把握するために、現地踏査、UAV調査、簡易水質および流量調査を行った。また、現地の被害状況から、溪流を中心とした被害の発生機構について考察した。

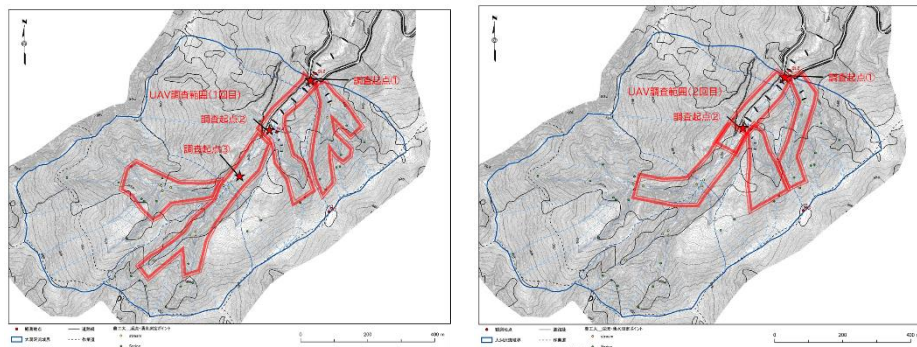


図-2 UAV撮影範囲(左:7月16日、12月23日)

(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 現地踏査とUAV撮影による概況把握

No.3流域(実施流域)は、尾根部に近い流域左岸側の源頭部周辺に複数の崩壊が見られる他は、目立った崩壊は見られない。本流沿いは溪床が露岩している箇所が多く、両岸に侵食を受けたような形跡が見られた。2019年の台風により溪岸の土砂が流出し、下流の治山施設間および道路に土砂が流入したと考えられる。

No.4流域では、大規模な崩壊は見られなかった。溪床の露岩箇所が多いが、No.3流域と比較して流量が多く、傾斜も急であり、2019年の台風以前から露岩していた可能性も考えられる。今回で表層の土砂の一部は流出したものの、土砂量は少なく、St.4量水堰に堆積した土砂は、主にはSt.4直上流の溪岸崩壊に起因するものと考えられる。

本流沿いでは、上流右支流との合流地点までに複数の大規模な崩壊と、土砂・流木堆積箇所、溪岸崩壊が見られる。このうち、本流・右支流合流地点の直上流左岸の崩壊地は、露岩し崩壊地下部にもほとんど土砂・流木が残存していないことから、多くの土砂・流木を下流側へ供給したと考え

られる。崩壊地より下流側では、No. 4 流域合流地点を先頭に、河道全体に堆積した流木にせき止められるように大量の流木・土砂が堆積している。一方、その下流に位置する谷止工上を横断するケーブルは残存していることから、当堆積地点より下流への大規模な土砂・流木の流出はなかったと推察される。

No. 4 流域合流地点下流の谷止工の下流左岸支流沿いでは、林道下部から崩壊が発生し、溪床の広い範囲で露岩している。露岩した溪床上には巨礫が残存しており、崩壊地直下には直径 2 m を超える巨礫が堆積している。当崩壊より下流側には 3 基の谷止工が存在するが、谷止工間には高さ 5～10 m 程度の溪岸崩壊が多数発生し、溪床には大量の土砂・流木が堆積している。これらの崩壊や溪岸崩壊によって流出した土砂のうち、谷止工間に堆積出来なかった分が、St. 1 地点にまで流入したと考えられる。

② 侵食・堆積土砂量の試算

流域内の侵食および堆積土砂量の試算を行ったところ、溪流沿い各所の崩壊や侵食による総土砂生産量はおよそ 1,500 m³と試算され、その大部分が現在も量水堰より上流の河床に堆積している状況であった。

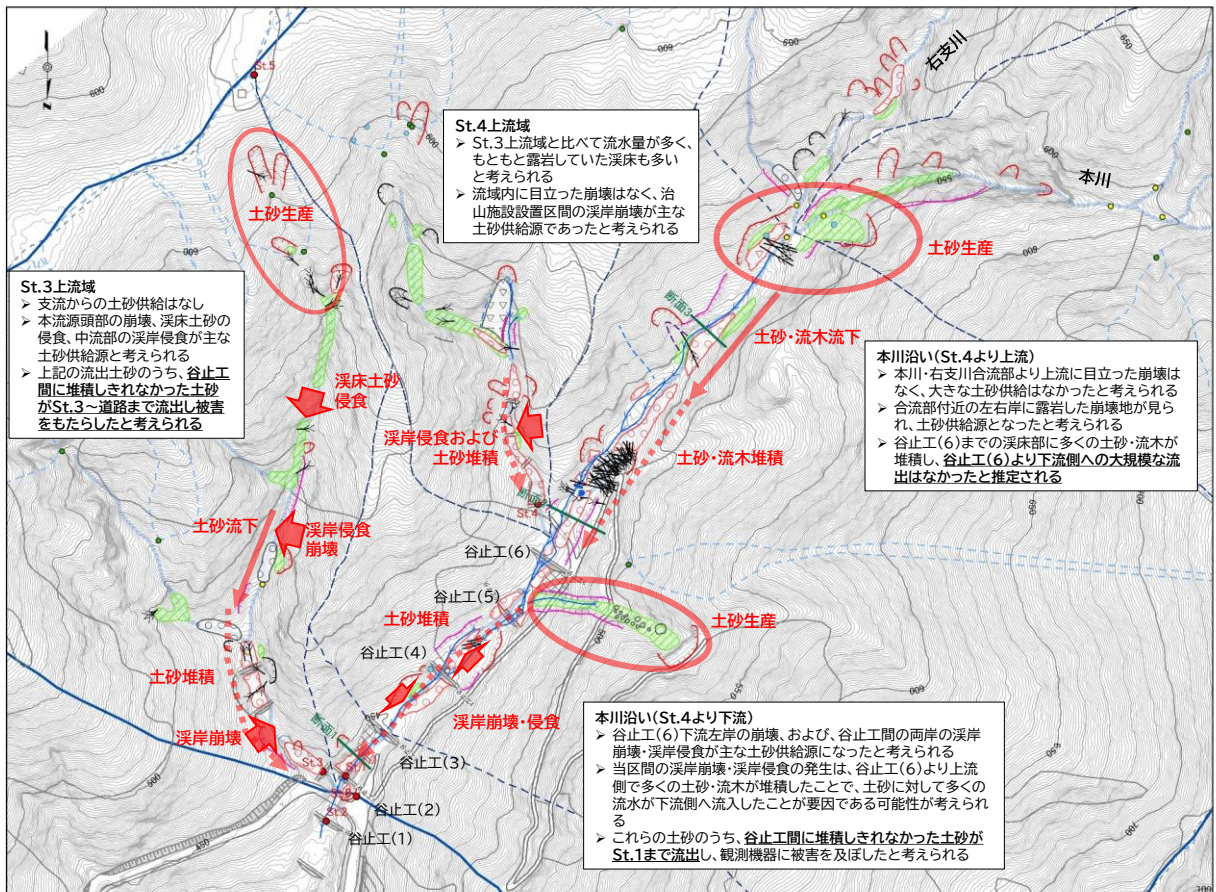


図-3 大洞沢の溪流における被害と発生機構の考察

(8) 今後の課題

- 今後の土砂移動についても把握していく必要がある。
- 航空レーザ計測による詳細地形情報も活用し、今回の調査結果と合わせて総合的に取りまとめる必要がある。

(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 Ag 貝沢モニタリング調査（1）流出過程
(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、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の上流部斜面の湧水地点プロット調査等を継続した。2019年の台風被害復旧後の観測となったため、改めて量水堰のHQ換算に係る詳細な現地測定を行うとともに、台風による流域内の崩壊地調査も実施した。

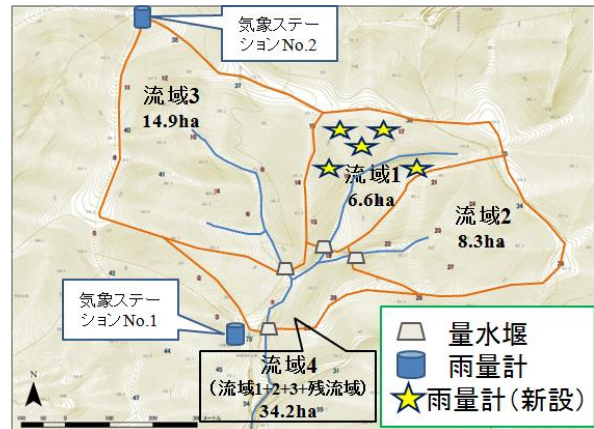


図-1 貝沢（流域1～4）

(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

2020年は、4月に台風被害の観測施設復旧が済み観測を再開したものの量水堰の土砂堆積により9～12月まで欠測となった（図-2）。

② 林内プロットの樹幹流等計測

これまでの林内プロットの樹幹流計測の結果では、胸高直径と樹幹流量に相関がなく、同程度の直径のすぎでも樹幹流量が大きく異なっていたことから、幹の周囲50cm程度に樹幹流の採取範囲を広げて測定を行った。装置の製作と測定にあたっては、東京農工大学府中キャンパス内の広葉樹2本（ケヤキ、カツラ）を対象に試作及び予備測定を行った。ケヤキとカツラの幹周りで捕捉された水量と林内雨量を時間データで比較したところ、ケヤキでは林内雨量より

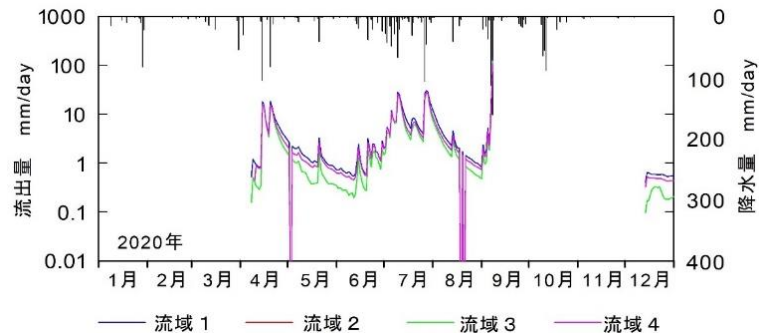


図-2 2020年の降水量・流量

多く、カツラでは少なくなり、樹種により異なった。さらに貝沢の従来の林内プロットのスギ3本 (DBH:33.6、34.0、35.6cm) で同様に測定を行ったところ、1月23日の降雨時のデータを取得することができた。林内雨7.5mmに対して樹幹の周囲の水量は16.03、13.41、9.18mmといずれも上回っており、幹周りでは従来測定してきた林内雨よりも量が多く、樹幹を流下する過程で離脱して落下する量が存在することが示唆された。また、これら3本の樹冠投影面積と樹幹流・樹幹離脱流は比例していなかった。今回は1事例の測定のみであるため、今後も測定を継続する必要がある。

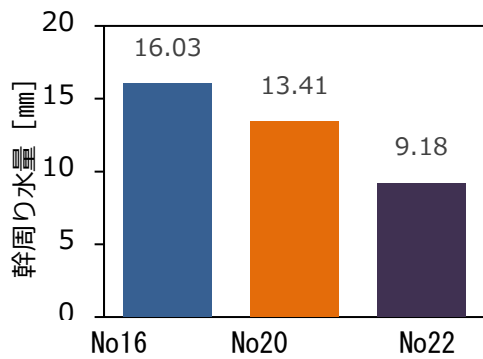


図-3 スギ3本の幹周りで捕捉された水量

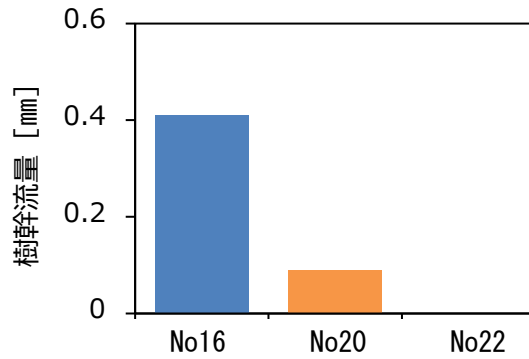


図-4 スギ3本の樹幹流量

③令和元年東日本台風により発生した 溪岸侵食・表層崩壊等調査

現地踏査により確認された崩壊等は全63箇所であり、全体的に0字谷や溪谷沿いに集中していた。最大崩壊土層深は2m未満と全て表層崩壊であった。流域ごとの崩壊土砂量は、流域1で116 m³、流域2で301 m³、流域3で429 m³と算出された。

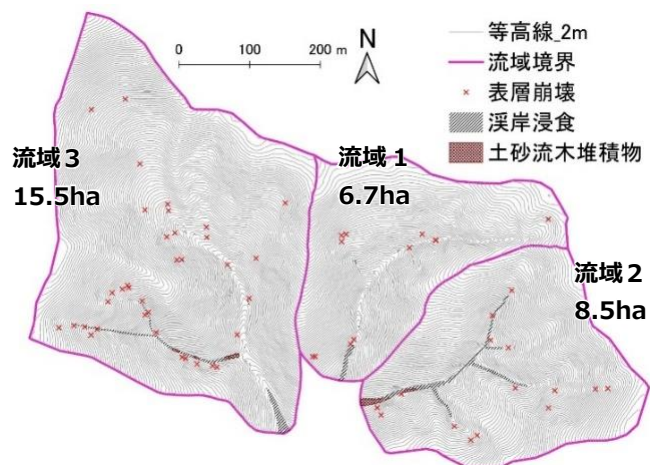


図-5 崩壊地等の分布

(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。

(9) 成果の発表 (主なもの)

金澤悠花ほか 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 さいたま市 2014年3月 口頭発表

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. 神自環保セ報 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

(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 貝沢モニタリング調査(2) 物質循環
(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、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。

(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。特に2020年度は、令和元年東日本台風による土砂流出等のかく乱による渓流水質への影響を調べるとともに、流域内のゼロ次谷等における小崩壊発生を踏まえ源頭湧水の調査を実施した。また、これまでの貝沢の物質循環調査に関して、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ける土壌窒素動態の測定結果を取りまとめた。

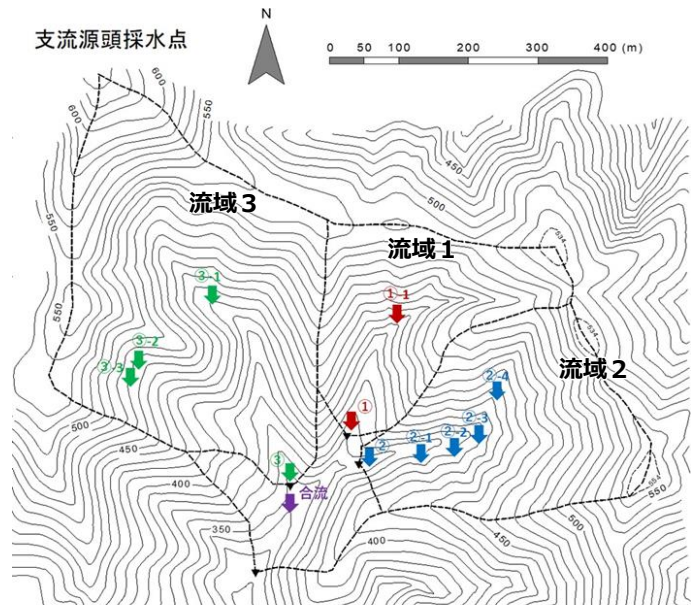


図-1 各流域の源頭部の採水地点

(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 流域内の水質の変動と令和元年東日本台風による影響

2017年1月から(流域2の間伐実施後)2020年12月までの流域1～3の各流域末端の水質変化から、令和元年東日本台風の前後での平水時水質の大きな変化はみられなかった。硝酸態窒素や硫酸など、従来から降雨や流量の増減に伴って季節変化等の傾向が見られる項目では、令和元年東日本台風による降雨・流量の増加による一時的な濃度上昇がみられたが、従来の変動の範囲を超えるほどの増加ではなかった。

また、新たに採水地点を設けた源頭湧水の水質について各流域末端と比較したところ、積算イオン濃度およびそのイオン構成割合は、流域①-1、流域②-4、流域③-1の源頭湧水地点と各流域末端とがほぼ一致しており、流域の主要な渓流水を反映していた。流域末端部と源頭湧水の間での積算陰・陽イオンの差異は、陰イオンでは SO_4^{2-} 濃度割合が、陽イオンでは Ca^{2+} 濃度割合が、主に規定しており、これらのイオン濃度が電気伝導度を決定していた。流域②では西側に広がる支流域(流域②-2)からの SO_4^{2-} 濃度が特異的に高く、それにとまなう主なカウンターイオンである Ca^{2+} 濃度の高

さや電気伝導度の上昇につながっていることが示唆された。令和元年東日本台風の際には、流域2のみで土石流が発生したが、源頭湧水の水質の違いからも流出の機構が異なる可能性も考えられる。流域③では、支流の流域③-2 および流域③-3 の NO_3^- 濃度が流域末端部より高く、これまでの各流域末端の測定結果でも他の流域に比べて流域③の NO_3^- 濃度が常に高めである原因の一端となっていると考えられた。

②対照区の土壤窒素動態の把握

異なる地質の大洞沢試験流域の土壤の窒素無機化速度を把握した。現地調査で得られた大洞沢斜面の炭素および窒素濃度は、いずれも表層で高く深くなるにつれて低下し、地点間では尾根部<斜面中部≒斜面下部であった。また、斜面の窒素無機化速度は、いずれの調査地点でも深さ別には大差なく、地点間では尾根部<斜面中部≒斜面下部であった。同程度の土壤窒素無機化速度であっても、斜面中部より斜面下部で浸透移動速度が大きく、もともと水分移動が大きい場所で移動速度が増大するものと考えられた。このため、伐採等の攪乱で溪流へ無機態窒素の流出が生じやすいことが示唆された。今後は、貝沢の測定結果も含め、施業影響のモデル構築につなげていくことが可能である。

台風19号 2019.9.12

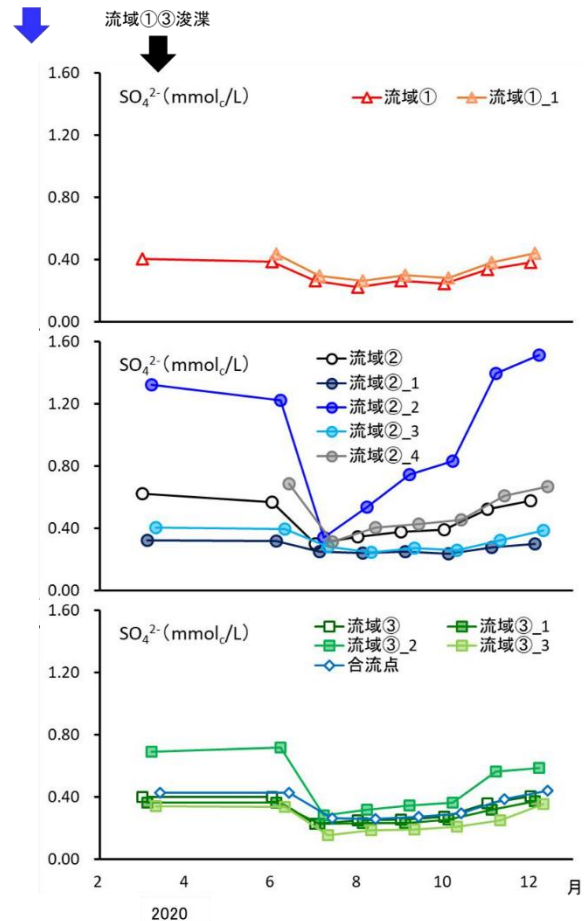


図-2 支流および源頭部の硫酸濃度

(8) 今後の課題

- 当面は2016年度の整備の効果検証を継続するとともに、2012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、定期的な整備や目標林型への誘導についての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）神奈川県の大洞沢試験流域における窒素動態特性. 神自環保セ報 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 **Ai 貝沢モニタリング調査 (3) 令和元年東日本台風の影響**
(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、令和元年東日本台風の影響により溪流の大規模な土砂流出が発生し、溪岸の侵食や崩落等の林地被害も発生したため、台風による溪流の大規模かく乱の影響を把握する。

(6) 方法

本調査は、下記①を(有)河川生物研究所が実施した（詳細は、委託報告書参照）。

① 底生動物調査

2019年の台風による溪流かく乱が底生動物相へ与える影響について把握するため、過年度の調査地点において2021年3月4～5日に底生動物調査及び環境計測（流速・水深・水面幅の計測、水温・pH・電気伝導度・溶存酸素・濁度等の水質計測）を行い、過年度の調査結果と比較した。

② 台風時の河川水の分析

2019年の台風の際に自動採水器によりNo.4 量水堰で採水した河川水について、水質と浮遊土砂量の分析を行った。

(7) 結果の概要（主なもの）

① 底生動物調査

調査地点の状況について、過年度調査時の写真と比較したところ、No.1、No.3、No.4の各地点では顕著な変化はなく、No.2地点では、量水堰に土砂や流木が堆積したため、調査地点を上流側に変更した。No.5では調査範囲下流端付近にあった淵が埋まり、大きな落差も消失した。上流側では顕著な変化は見られなかった。

令和元年東日本台風による底生動物への影響を検討するため、同一時期に同一方法で調査が行われた2009年3月、2010年2月、2021年3月の3回の調査における共通地点であるNo.1～5の5地点のデータを用いて検討を行ったところ、種数や個体数に大きな違いは認められなかった。ただし、湿重量についてはオオカクツツトビケラ、サワガニ、ヒメクロサナエ、ミルンヤンマ、ヒメマルヒラタドROMシなどで、台風後の減少傾向が認められた。No.1、No.2、No.1+2における底生動物の出現種を確認したところ、トビケラ目3種（DCミヤマシマトビケラ、タニガワトビケラ属、フタズギソトビケラ）、ハエ目4種（ニセトゲアシエリユスリカ属、カンムリケミゾユスリカ属、ヒゲユスリカ属、アブ科）、コウチュウ目1種（チビマルヒゲナガハナノミ）については、流量の多いNo.1+2で多く採集されていた。これらの種は、源流域において流量増加の指標となる可能性がある。

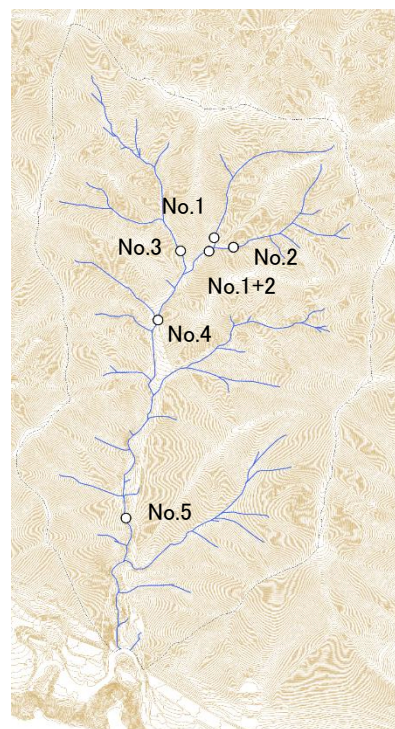


図-1 底生動物調査地点

表-1 源流域において流量指標種となる可能性のある底生動物

目	科	種	No.1、No.2				No.1+2	
			No.1	No.2	平均	%	No.1+2	%
トビケラ目	シマトビケラ科	DCミヤマシマトビケラ	11	9	10	22%	36	78%
	カワトビケラ科	タニガワトビケラ属	3	1	2	15%	11	85%
	フトヒゲトビケラ科	フタスジキソトビケラ	2	2	2	17%	10	83%
ハエ目	ユスリカ科	ニセトゲアシユスリカ属	9	1	5	26%	14	74%
		カンムリケミゾユスリカ属	18	4	11	21%	41	79%
		ヒゲユスリカ属	0	8	4	8%	49	92%
	アブ科	アブ科	3	2	2.5	19%	11	81%
コウチュウ目	ヒラタドロムシ科	チビマルヒゲナガハナノミ	0	0	0	0%	2	100%

注) 数値は2回の調査で採集された全個体数(定量+定性)

② 台風時の河川水の分析

貝沢試験流域の水質に関しては、これまで平水時が中心であったが、令和元年東日本台風による出水時におけるNo.4量水堰の河川水を採水することができたため、水質分析を行い、降水量・流量の変化と合わせて整理した。流量の増加に伴い硫酸イオンやカルシウムイオンは希釈されて濃度が低下し、逆に硝酸イオンは流量増加の初期段階で増加した。これらは降水量と流量の季節変化による水質の傾向とも一致した。なお今回の出水では、途中で量水堰に土砂が流入し観測不能となったため流量のピークやその後の水質については参考値である。

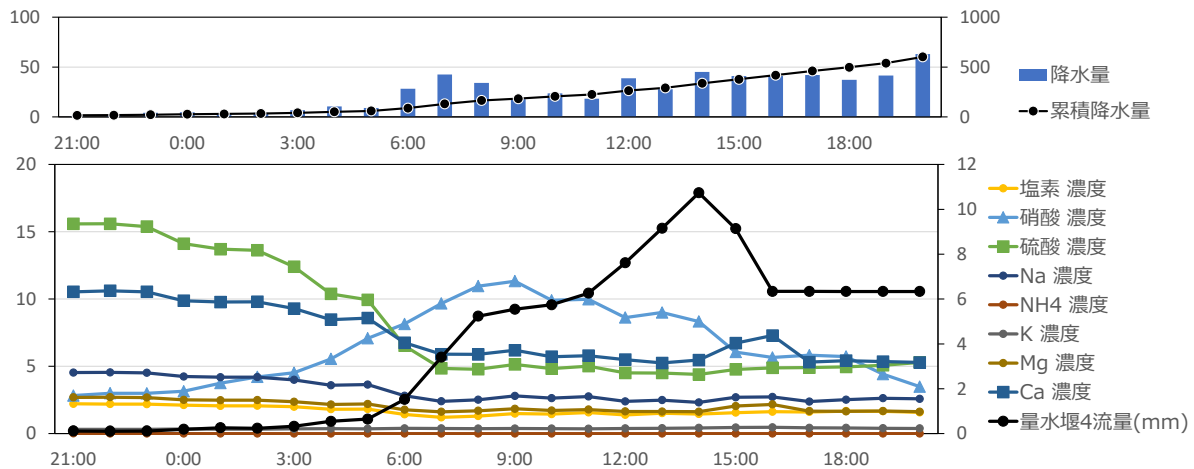


図-2 2019年10月11日21時から12日20時までの水質変化

※降水量・流量は、東京農工大学で整備したデータ

(8) 今後の課題

底生動物相が溪流環境の指標となる可能性があるため、間伐や混交林化等の整備の影響だけでなく、自然のかく乱等の影響も継続して調べる必要がある。また、他の試験流域との比較も必要である。

(9) 成果の発表(主なもの)

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次アウトカム（水源涵養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 Aj ヌタノ沢モニタリング調査・研究（1）流出過程
 (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研究において、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通減率、地下水の深部浸透や地形流域界を超えた流動の存在が示唆されていた（横山ほか、2013）。Abe et al.（2020）では、Wakahara et al.（2014）が流出解析モデル Hydrological Cycle(HYCY) model（福寫・鈴木，1986）に地下水の岩盤への深部浸透成分を加えた HYCY model with outflow（以下、単に「HYCY モデル」という）を使用し、ヌタノ A 流域における年間の基盤地下浸透量が B 流域に比べて著しく大きいことを定量的に示した。しかし、森林施策の効果を検証するための流出メカニズムを把握するためには、特に A 流域においてモデルの再現性は十分ではなかった。そこで本研究の目的は、前年度のモデルで再現できなかった地下水貯留の長期的な流動などに着目し、流出特性に合わせた再現性の向上のための試行錯誤を行った。

(6) 方法

Abe et al.（2020）における HYCY モデルでは、深部浸透は基底流から一定の割合（A 沢は 70%）を差し引く単純な方法で計算されたため、A 流域において一部の期間で再現性が低かった。地下水貯留と基底流出との関係性というのはい定割合で示されるような単純な構造ではないことは、多くの既存の森林水文学研究から明らかではあったが、昨年度までのモデルは流出構造を単純化してでも地下深部浸透を含む水収支を計算することが目的であったため、上記の計算方法を採用した。本稿の新たなモデルでは、以下の 2 つの方法を用いて HYCY モデルの再現性の向上を目指した。(1)ヌタノ A 流域の流出は、短い時間スケール（降雨イベントなど）の流出系と、年単位程度の長い時間スケール（地下水貯留、基底流出など）での流出系など複数の流出系で構成されると考え、HYCY モデルに新たな長期流出のタンクを追加し（図-1）、モデルの再現性の向上を図った。(2)モデル構築の目的は長期観測データの再現にあるため、2012 年から 2018 年までの長期観測データと、既存のモデル Case のパラメータによるモデル計算値を比較することによって、どの程度再現性があるのかを確認した。

研究対象地域は西丹沢ヌタノ試験流域の A 流域（3.8 ha）とした。2012 年から現在まで観測を行っているが、本研究の解析対象期間は 2012 年～2018 年とした。

流出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に近づくように決定した。追加タンクは、HYCY モデルのタンク III の下に貯留関数（ $S = K * (Q^P)$ ）で表されるタンクを組み込み、流出の構造や複数の組み合わせを試行錯誤で求めた。S は貯留高、K は係数、Q は流出高、P は HYCY

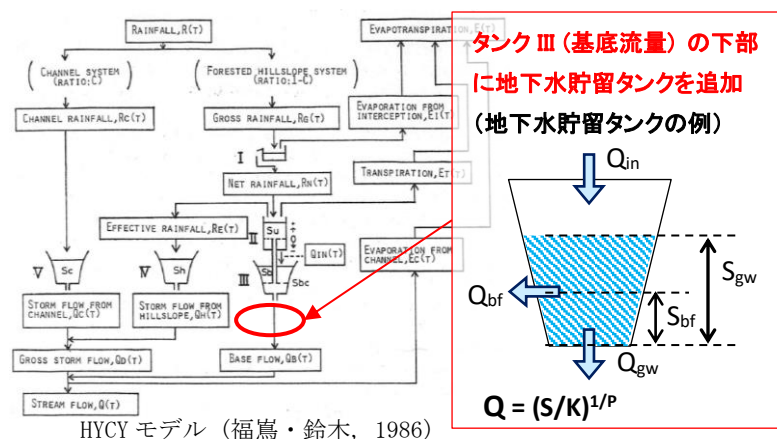


図 - 1 HYCY モデルの概要と追加タンクの位置と構造

モデルの「Pb (P4) : 基底流出の貯留べき定数」に従って 0.1 とした。基底流出 (Q_{bf}) の数や高さ (S_{bf}) の調整、追加タンクを複数にするなど様々なパターンでモデル流出を計算し、実測値との比較を行った。

(7) 結果の概要

① 追加タンクを組み込んだモデル

結果として、追加タンクでは、モデルの再現性を大きく改善することはできなかった。貯留係数では地下水位観測でみられる緩やかなピークの再現は難しく、年間スケールの流域の地下水貯留状態を表すには適していなかったと考えられる。

② 長期観測データによる再現性の確認

長期間の流出データとモデル値の比較のために、一例として 2015 年 1 月から 2016 年 2 月までのハイドログラフに実測流量と 3 パターンのモデル計算値 (Case10.4、Case11.7、Case12.2) を示した (図-2)。Case10.4 は Abe et al. (2020) で使用したパラメータ、Case11.7 は Case10.4 をベースに渇水期の流出に合うように設定したパラメータ、Case12.2 は多雨期の流出に合うように設定したパラメータを使用して流出を計算した。

多くの時期で、3 つの Case (c10.4、c11.7、c12.2) のいずれかに合うように見て取れ、3 つの時期に分離することで単純なモデル構造でも再現できることがわかった。本来、学術的には全ての 3 つの流出パターンの流量を表し得る数値モデルを構築することが、流出特性を把握するのには好ましい。3 つの Case を期間によって使い分けることは、期間によって土壌物性や土壌の厚さなど、本来変化しないパラメータを変化させることを黙認しているからである。しかし、3 つの流出パターンの条件を整理すれば、データ欠損期間の補正が可能になるなど、精度の高い長期間の流出モニタリングとしては有意義である。

引用文献

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

福寫・鈴木 (1986) 山地流域を対象とした水循環モデルの提示と桐生流域の 10 年連続日・時間記録への適用. 京都大学農学部演習林報告 57:162-185

横山ほか (2013) 西丹沢ヌタノ沢の水文地質と流出状況. 神自環保セ報 10:101-113

Wakahara et al. (2014) Comparison of runoff characteristics of two adjacent basins in a tropical rainforest using a modified hydrologic cycle model with outflow. Hydrological Processes 28:509-520 DOI: 10.1002/hyp.9602

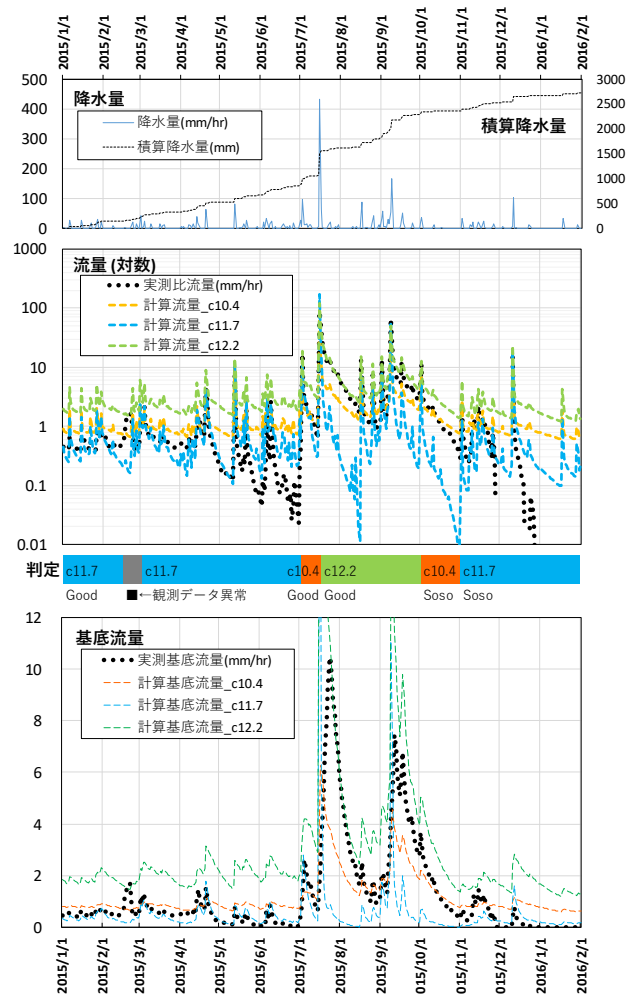


図-2 長期観測データによるモデルの再現性確認 (2015 年の例)

Case10.4: Abe et al. (2020) で使用したパラメータ
Case11.7: 渇水期の抽出に合わせたパラメータ
Case12.2: 多雨期の抽出に合わせたパラメータ

(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 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

(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

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四方のコードラート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し、2019年までのデータの再解析を行った。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た。柵を設置していないB沢流域は部分的にミツマタ等のシカの嗜好性種の繁茂が見られたが、特に源頭部で繁茂していたミツマタは、令和元年東日本台風の出水の影響で大部分が流出し、裸地となった(図-1、図-2、図-3)。

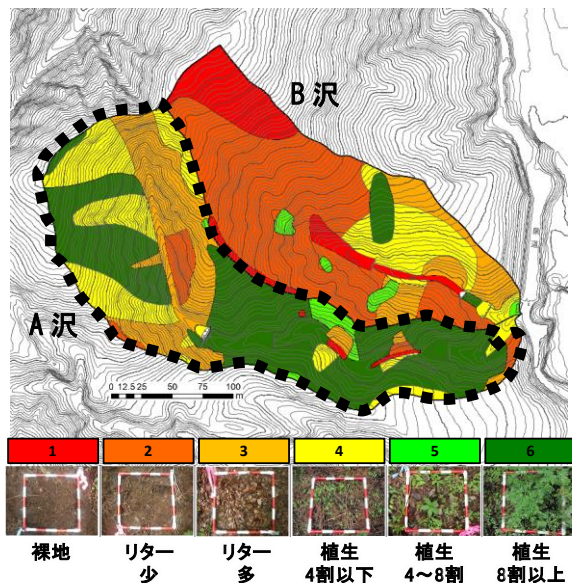


図-1 植生被覆度ランクによる流域内の植生被覆分布(2020年8月調査)

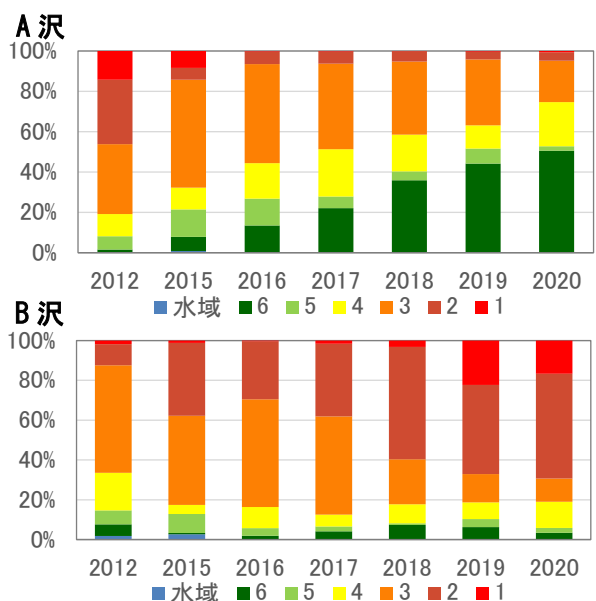


図-2 植生被覆度ランクによる流域内面積割合の推移



図-3 B 沢の源頭部に繁茂してきていたミツマタの流出

既存の立木プロット 11 箇所において夏季（8 月 25、27 日）、落葉後（12 月 8、10 日）に写真撮影による林床被覆率の測定を行った。

② 濁度データの再解析

植生保護柵設置前後における浮遊土砂流出量の比較にあたり、これまでの濁度データを月単位で集計して比較した。その結果、降水量、最大日降水量、流量は柵設置前後で同程度かやや設置後のほうが大きかったが、浮遊土砂量比率（A 沢/B 沢）は、柵設置前が平均 3.7 倍、設置後が 2.5 倍であり、設置後のほうがやや小さく、これまでの出水ごとの解析による結果と同じ傾向であった。

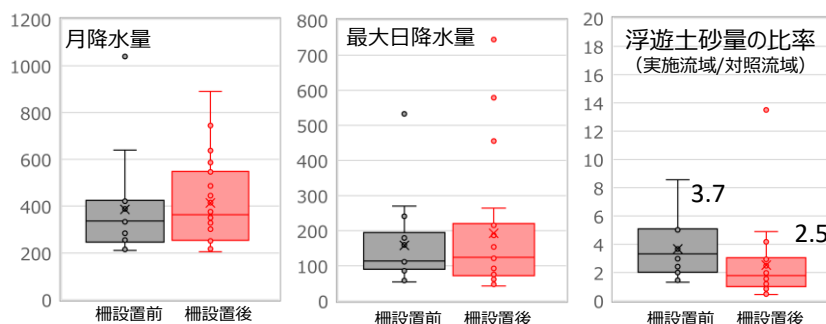


図-3 月単位の降水量、最大日降水量、浮遊土砂量比率（A 沢/B 沢）の柵設置前後の比較

(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) 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 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箇所に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、令和元年東日本台風による観測施設被害の復旧と合わせて新日本環境調査(株)が実施し、冬季の付着藻類調査のみ(有)エコ・フロント研究所が実施した(詳細は、各委託報告書参照)。

① 水流出調査

令和元年東日本台風で被災した水文観測(2地点)のセンサ類を再設置するとともに、再設置後の水文観測データ整備と実測によるHQ換算式の検討を行った。

② 水生生物調査

フチジリ沢試験流域では、これまで他の試験流域よりも比較的安定して水生生物が生息し、流域状態の指標としても検討していたところ、令和元年東日本台風による大規模な溪流かく乱があったため、台風によるかく乱の影響を把握することを狙いとし、既存の調査地点における底生動物調査、付着藻類調査を実施した。

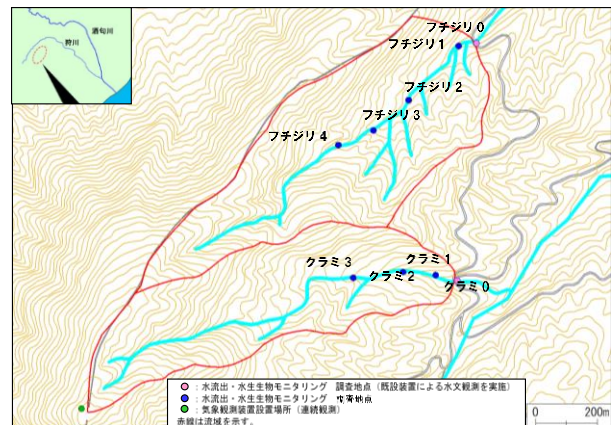


図-1 調査地点

(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 流量観測

各水文観測施設の新たな測定地点において、基礎データを取得した。測定地点の河川横断地形を簡易測量により把握した。また、水文観測施設の復旧後は、常時観測と合わせて水位と流量の現地観測を行い、各測定地点のH-Q式を作成した。H-Q式の作成には、幅広い水位、流量のデータが必要となるため、6～10月の月1回の平水時調査と出水時調査を実施した。また、センサの再設置は、設置後の動作確認を経て6月6日からのデータを採用した。フチジリ沢、クラミ沢ともに、降雨に対してほとんど時間差なく水位の応答が見られた。濁度も同様に応答していたが、クラミ沢においては、センサ保護管内に土砂が堆積しやすく、正確な数値を示していない期間があった。

② 水生生物調査

台風後の2020年8月と2021年2月に底生動物と付着藻類を調べ、2014年までの季節ごとの調

査結果と比較し、台風による河床かく乱の影響を把握した。底生動物の種数は過去と変わらなかったが、定点調査地点（全9地点）の底生動物相について、従来はフタスジモンカゲロウが優占種であったが台風後の2020年8月はシロハラコカゲロウ、フサオナシカワゲラ属が優占種となっており、オニヤンマ等の大型昆虫も確認できなかった。2021年2月の調査結果では、台風前の底生動物相に戻りつつあった。また、付着藻類は2021年2月時点でも本試験流域で特徴的なタンスイベニマダラやカワモズク類の大型藻類の生育量が従来よりも少なく、台風によるかく乱からの回復過程にあると考えられた。

表-1 夏季の底生動物調査結果概要（フチジリ沢）

	フチジリ0	フチジリ1	フチジリ2	フチジリ3	フチジリ4	全体
総種類数	64	79	76	77	55	55 ~ 79
合計個体数	1,530	1,989	2,470	1,969	1,301	1,301 ~ 2,470
優占種 個体数(優占率)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 239 (15.6%)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 408 (20.5%)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 361 (14.6%)	昆虫綱 ハエ目 ハモンユスリカ属 180 (9.1%)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 232 (17.8%)	
凡例	昆虫綱 カゲロウ目 ヨシノコカゲロウ 132 (8.6%)	昆虫綱 トビケラ目 DCミヤマシマトビケラ 236 (11.9%)	昆虫綱 ハエ目 アシマダラブユ属 222 (9.0%)	昆虫綱 カワゲラ目 フサオナシカワゲラ属 170 (8.6%)	昆虫綱 カワゲラ目 フサオナシカワゲラ属 159 (12.2%)	
昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ	昆虫綱 ハエ目 ケブカエリユスリカ属 127 (8.3%)	昆虫綱 カワゲラ目 フサオナシカワゲラ属 228 (11.5%)	昆虫綱 ハエ目 ニセケバネエリユスリカ属 181 (7.3%)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 129 (6.6%)	有棒状体綱 ナミウズムシ 102 (7.8%)	

注: 優占種は各調査地点の優占率5%以上の上位3種とした。

表-2 夏季の底生動物調査結果概要（クラミ沢）

	クラミ0	クラミ1	クラミ2	クラミ3	全体
総種類数	64	57	59	53	53 ~ 64
合計個体数	1,445	1,575	1,451	889	889 ~ 1,575
優占種 個体数(優占率)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 254 (17.6%)	昆虫綱 ハエ目 アシマダラブユ属 333 (21.1%)	昆虫綱 ハエ目 ニセケバネエリユスリカ属 117 (8.1%)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 111 (12.5%)	
凡例	昆虫綱 ハエ目 ニセケバネエリユスリカ属 173 (12.0%)	昆虫綱 ハエ目 ハモンユスリカ属 198 (12.6%)	昆虫綱 カワゲラ目 フサオナシカワゲラ属 114 (7.9%)	昆虫綱 カワゲラ目 フサオナシカワゲラ属 91 (10.2%)	
昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ	有棒状体綱 ナミウズムシ 126 (8.7%)	昆虫綱 カワゲラ目 フサオナシカワゲラ属 159 (10.1%)	昆虫綱 カゲロウ目 シロハラコカゲロウ 106 (7.3%)	有棒状体綱 ナミウズムシ 84 (9.4%)	

注: 優占種は各調査地点の優占率5%以上の上位3種とした。

(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。
- 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、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 **Am 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、神奈川工科大学が受託して実施した。

水質評価基礎調査として、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。

(7) 結果の概要

○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被災した県道が復旧していないため、宮ヶ瀬ダム上流の5地点の現地調査は実施できなかった（一部の採水・分析のみ実施）。分析結果のうち硝酸イオンは、季節変動による変化よりも各測定地点の差のほうが大きかった。中津川本流の採水地点「馬渡橋付近」に比べて、支流の「塩水浄水下流」は2倍前後硝酸イオン濃度が高く、さらに串川の下流の「道場」は硝酸イオン濃度が高い。宮ヶ瀬ダム直下の「馬渡橋付近」では一昨年の台風後に硝酸イオン濃度が高い状態が3か月続き、その後に大きく減少することが確認された。昨年度では一旦減少したイオン濃度は11月までに漸次微増し、平均的な水準に戻った。また中津川支流の「塩水浄水下流」や、串川下流においても同様の傾向が観察された。また、アルミニウムイオンは土壌成分の溶解によるものがメインであるとされており、季節変動は観測されにくい。中津川水系の試料では明確に季節変動が観測された。特に、昨年度は極めて高い値を示した。この原因についてはpHのみに起因するものではないため、現時点では不明である。引き続き測定を継続し確認する必要がある。

(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、令和元年東日本台風の前後における河川水質の変化も概ね捉えることができた。引き続き継続し、年による変動も把握する必要がある。

(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

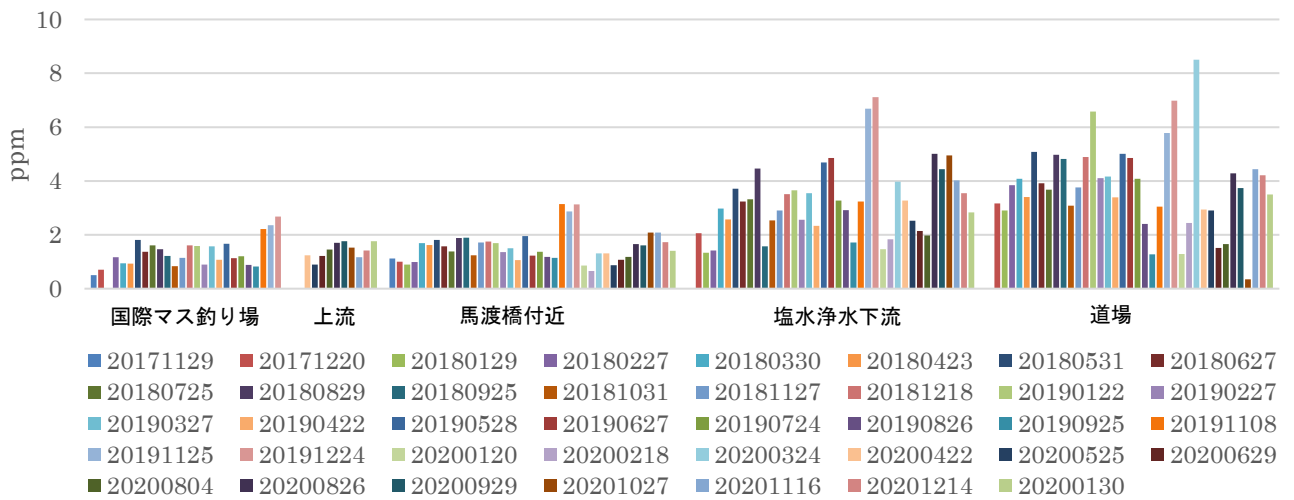


図-2 硝酸イオンの測定結果

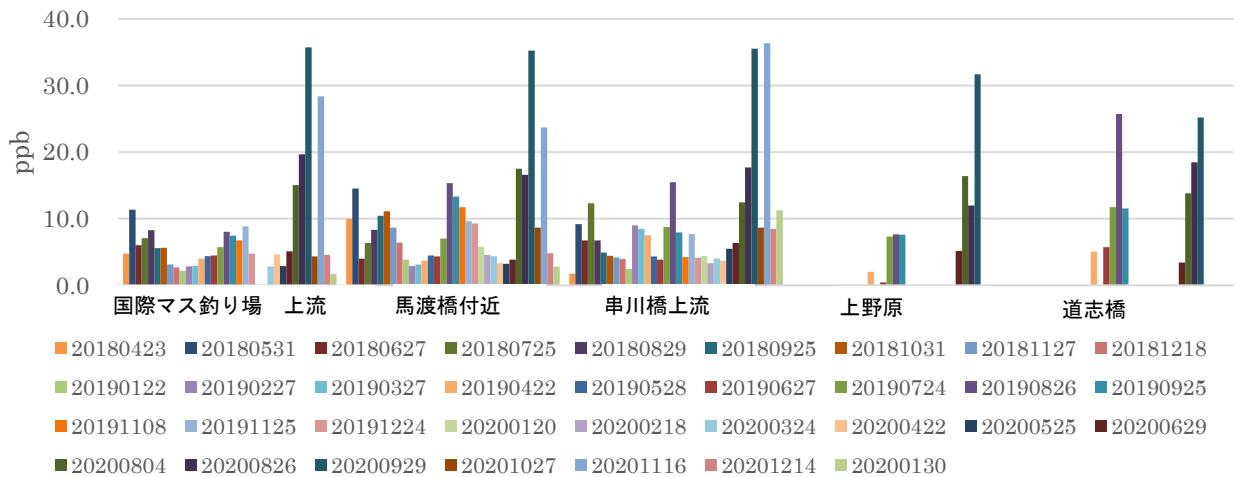


図-3 アルミニウムの測定結果

(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** An 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眼し、県内4箇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、水源地域全体（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。

本年度(2020年度)は、昨年度の分析データの精査を行い、試験流域ごとのトレーサー解析から水循環の特性の把握に取り組んだ。

(6) 方法

本研究の調査・研究フローは、おおむね3行程である。(1)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、(2)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。(3)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。下記のように実施してきた。

① フィールド調査（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（実施済）

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、総合地球環境学研究所の計測・分析部門において行った。

(7) 結果の概要

試験流域4か所のうち、相模湖に面する「貝沢」と西丹沢山地西部の「ヌタノ沢」試験流域における、観測井の地下水と湧水に焦点を当てて報告する。観測井の深さは50mと深く、深層の地下水であり、湧水は地表面近くの表層の地下水と考えられるため、表層近くと深層の地下水がどのように流動しているかを比較・考察した。

図-1(a)は、溶存イオン成分の特徴を比較するための散布図で、図中のI～IVは大まかな水質タイプを表す。貝沢では地下水はタイプIIIで、湧水はタイプIであり、異なる水質タイプを示した一方で、ヌタノ沢では、地下水も湧水もタイプIで同じだった。また、図-1(b)の酸素・水素安定同位体比の散布図では、貝沢では地下水が湧水に比べて離れて低い値であり、ヌタノ沢では地下水

と湧水のバラツキは大きくなかった。一般に高い標高での降雨は低い酸素・水素安定同位体比になることから、貝沢では地下水は湧水よりも高い標高で地下水になった雨を起源としている可能性が示唆された。図-1(c)はストロンチウム同位体同位体比を水の種類を分けてプロットしたものである。貝沢は 0.707~0.709 の範囲に分布し、ヌタノ沢の 0.704 付近にまとまっていた。

これらの水質・同位体トレーサーの特徴から導かれた水循環の概念図を図-2 に示す。貝沢の深層の地下水は、湧水とは異なる場所で形成された地下水である可能性が高く、試験流域周辺の表層の地下水とは分断され、混ざり合うことなく流動してきたと推察された。

貝沢試験流域周辺の地質は、砂岩や頁岩、砂岩泥岩互層などの堆積岩で構成されていることから、地表面付近の地下水と深層の地下水の間に難透水層がある可能性があり、深層と表層の地下水の分断した流動場を形成していると考えられる。

一方、ヌタノ沢では、深層の地下水と表層の地下水を表す湧水は、水質組成も同位体の特徴も似ており、同じような流動の歴史を持っているか、混ざり合っていることが考えられた。ヌタノ沢の観測井の地質コアサンプルは、風化した花崗閃緑岩であり、多くの亀裂が確認され、地下水が早く浸透できる基盤岩である可能性がある。加えて、Abe et al. (2020, Hydrol. Res. Lett., 14(1), DOI: 10.3178/hr1.14.62) によって、水文モニタリングによる降水の際の地下水位変化や数値モデルによる水収支の計算から、流域内に降った雨が地下深くの基盤岩にすばやく浸透することが確認されている。このように既存の物理データがトレーサーで導いた水循環を支持する結果が得られた。

(8) 今後の課題

金属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・内山佳美 (2021) 広域の地下水流動を把握する：自治体と地球研の連携研究による地域貢献。陀安一郎・申基澈編「同位体環境学がえがく世界：2021年版」 39-44

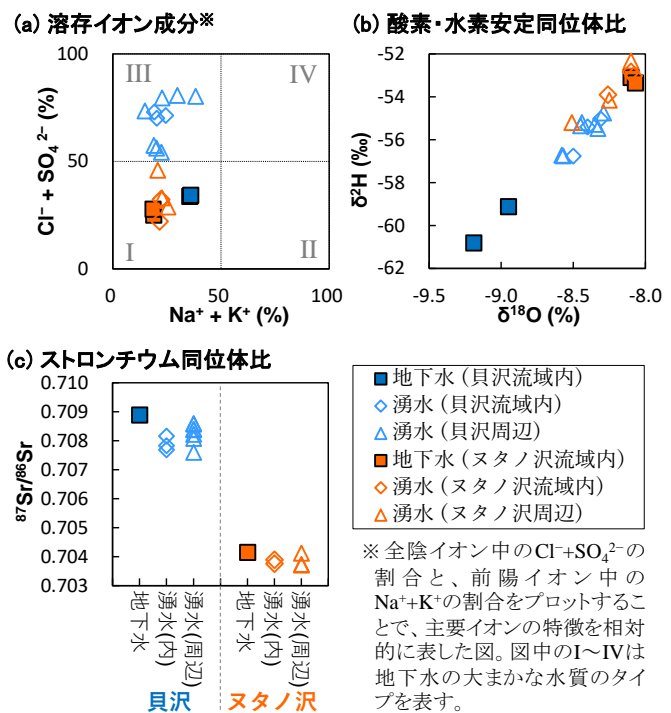


図-1 酸素・水素安定同位体比とストロンチウム同位体比の傾向 (安部・内山 2021)

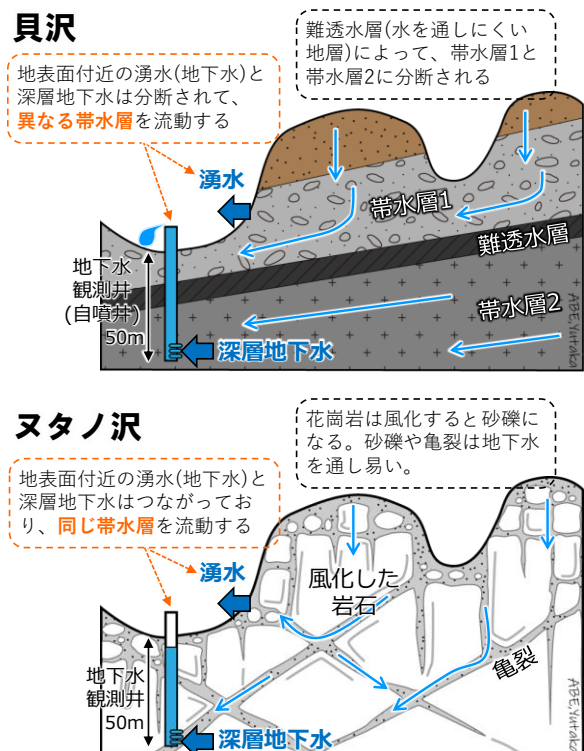


図-2 貝沢とヌタノ沢の水循環の概念図 (安部・内山 2021)

(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 **Ao 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等の評価にかかる解析を行う。

※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

令和元年東日本台風により県内森林に多くの被害が発生し、水源林への影響について多くの関心が寄せられていることから、豪雨災害（平成29年7月九州北部豪雨）の斜面崩壊に関わる地下水挙動解析を行った研究事例を参考に、既存の水循環モデルを活用した解析を行った。本業務は、(株)地圏環境テクノロジーが実施した。

① 試験流域モデルによる豪雨時の水理解析と林地被害の検証解析

大洞沢と貝沢について、各試験流域モデルを用いて令和元年東日本台風の際の水理解析を行うとともに、現地調査により把握した林地被害情報等を用いて検証・考察を行った。

② 広域モデルによる豪雨時の水理解析と林地被害の検証・予測解析

宮ヶ瀬上流域モデルを用いて、令和元年東日本台風の際の降雨条件による水理解析を行うとともに、航空レーザ測量によるレーザプロファイラー情報を用いた地形変化解析を行い、双方の関係性等の検証・考察を行う。

(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 試験流域モデルによる豪雨時の水理解析と林地被害の検証解析

林地被害の検証解析にあたっては、円弧滑りの安全率計算に用いられる修正 Fellenius 法を基本として用い、斜面を計算格子スケールで直線的に傾斜した1つのセグメントとみなし、格子ごとに単体での安全率を算出した。ここでは、渇水期として2019/2/27 0:00の安全率、台風19号の直後として2019/10/13 0:00の安全率を算出し、差分を安全率の低下量とした。貝沢と大洞沢ともに算出した安全率低下量分布と現地で実際に発生した表層崩壊箇所や DEM データにより得られた地形変化とは概ね対応していた。また、定常解析による表層土壌水分量、湧水量の各分布と実際の表層崩壊の発生地点を比較したところ、表層土壌の水分量が周辺と比較して高い地点と表層崩壊の発生地点が概ね対応し、一方で湧水地点とは対応がみられなかった。表層土壌水分量が高いということは、地下水面が地表面に近いことを意味しており、豪雨時に表流水が発生しやすい状況となっており、表層崩壊と何らかの関係性があると示唆される。

② 広域モデルによる豪雨時の水理解析と林地被害の検証・予測解析

令和元年東日本台風の前後の地形データ（DEM）を用いて地形変化を把握し、100m規模の大規模な崩壊が数箇所で見られることが確認された。また、多くの溪流部で浸食が発生し、その下流

の比較的大きな河川沿いに土砂が堆積している状況が確認された。貝沢や大洞沢と同様に林地被害の検証解析を行ったが、実際に発生した斜面崩壊は大きくても 100m 規模であり、解析モデルの空間分解能も同等のサイズとなっているため、直接比較することは難しい状況であった。領域全体を数 10m メッシュに細分化するとモデルが大きくなるため、計算コストの低減化の方法を検討する必要がある。

(8) 今後の課題

- 2019 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

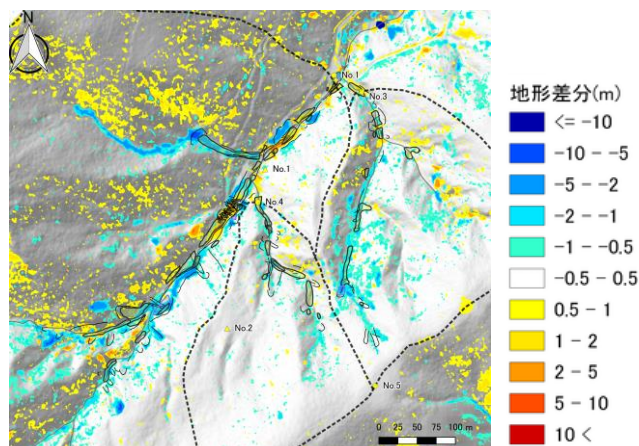


図-1 台風前後の地形の差分と現地踏査情報

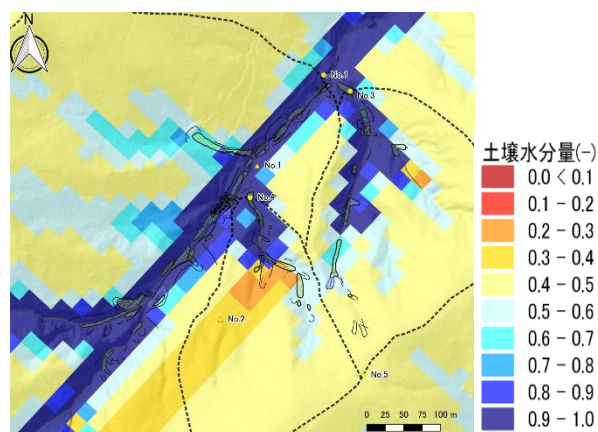


図-2 現地踏査情報と表層土壌水分量

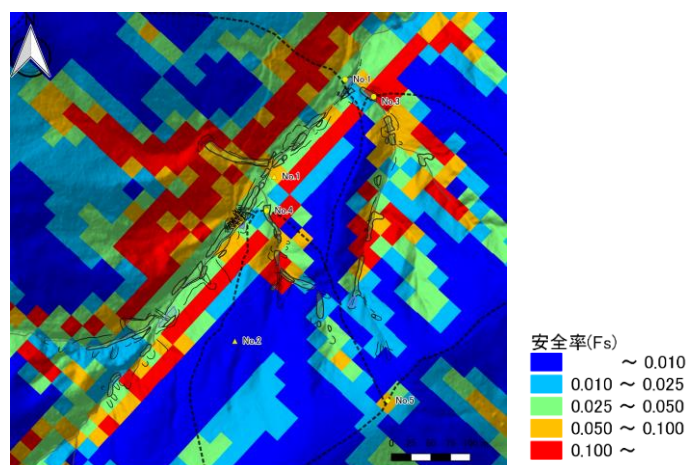


図-3 現地踏査結果と安全率低下量の比較

(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 Ap 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を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。

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

スタ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、360°カメラによる植生評価手法の開発にかかるGIS作業支援や解析プログラムの作成とマニュアル等の整備を行った。さらに、ブナ林試験地のオルソ画像作成プログラムの作成やセンサーカメラで撮影した動画判読プログラム等の開発を行った。また、既存のDEMデータを用いて丹沢全体の微地形図作成を行った。

・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。

(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、日ごろから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、全体としてデータの蓄積と整理を行う仕組みが必要である。

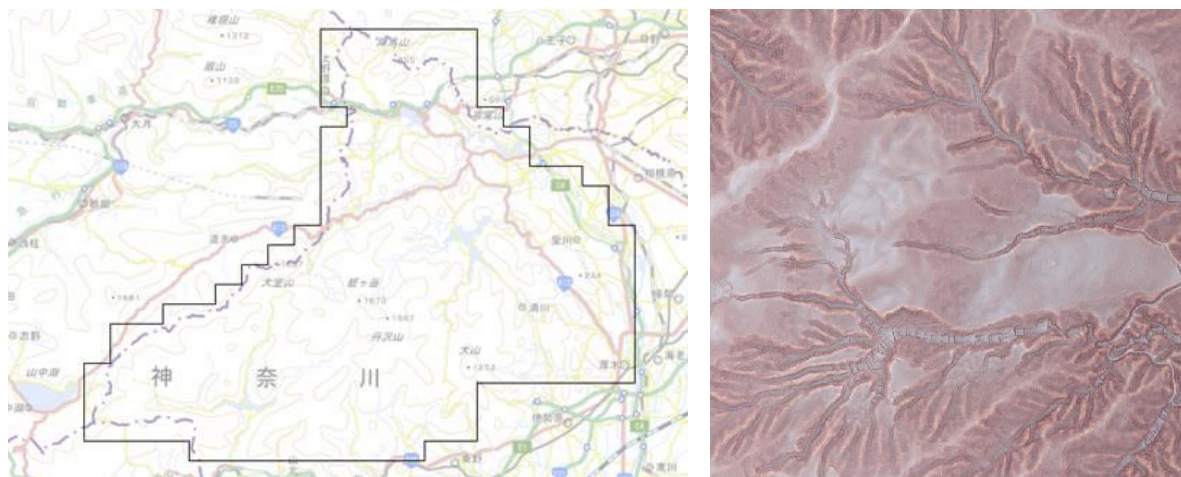


図-1 1mメッシュの微地形図作成範囲（左）と微地形図の例（右）
（国土地理院の地図を使用して作成）

(9) 成果の発表

なし