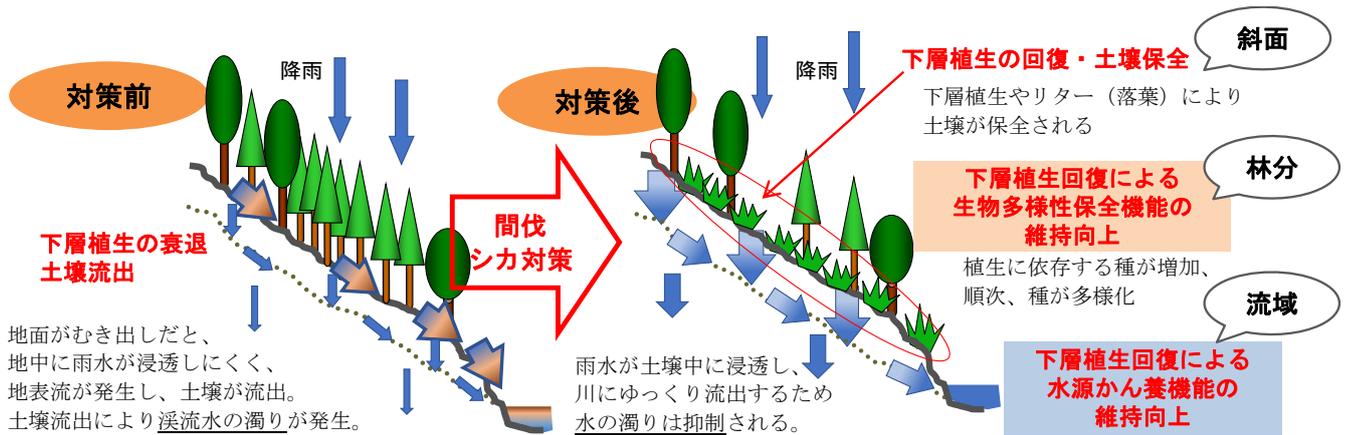


令和2年度水環境モニタリングの調査結果（自然環境保全センター）

(1) 森林の保全・再生対策によって予想される効果

事業実施前：人工林の間伐遅れや高密度化したシカの影響により、下層植生が衰退し、土壌が流出している状態。水源かん養機能の低下が危惧される。

事業実施後：間伐やシカ対策により、下層植生が回復し土壌が保全される（1次的アウトカム）。さらに、下層植生に依存する昆虫などが増加するとともに、土壌流出に由来する水の濁りが減少し河川流量も安定化すると考えられる（2次的アウトカム）。



(2) 森林における施策効果（2次的アウトカム）の評価方法

評価対象の機能 (2次的アウトカム)	現時点での評価の 考え方	評価対象事業 の範囲	評価手法 (調査方法)	評価スケール
森林の水源 かん養機能 (H19～)	事業による下層植生維持回復効果（一次的アウトカム）の水・土砂流出への影響を把握し、水源かん養機能への効果を評価。	特別対策事業 (1～5番)	土壌侵食量調査	斜面 (林分)
			対照流域法調査	試験流域 (小流域)
		施策大綱事業	水循環モデル 予測解析	水源林地帯 (ダム上流域)
生物多様性 保全機能 (H25～)	事業による下層植生回復と植生、土壌動物を始めとした生物相の多様性を把握し森林生態系の健全性を評価。土壌調査から水源かん養機能との関係把握。	特別対策事業 (1～5番)	森林生態系 効果把握調査	整備地 (林分)

特に中心的な調査が、表中の対照流域法調査、森林生態系効果把握調査。検証内容・進捗等の詳細は別紙のとおり。

森林の保全・再生対策にかかるとこれまでの進捗状況(令和3年度時点)

表の凡例

◎ 効果確認済み ○ 効果確認中(効果が確認できる見込み) △ 効果検証中(動向観察中) × 効果なし - 逆効果(悪影響)

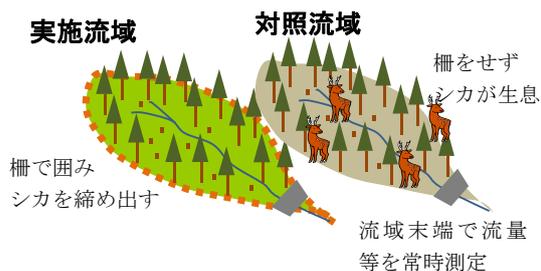
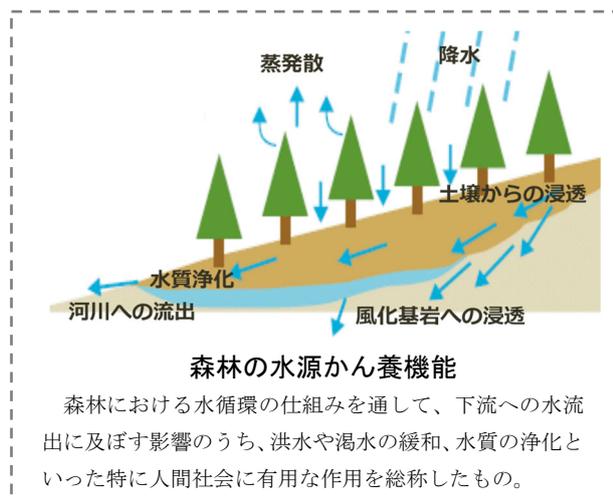
第2期5か年計画期間までに1次的アウトカムまで検証・評価済み。第3期5か年計画期間以降は、施策最終評価を見据えて2次的アウトカムを検証中。

調査スケール	モニタリング調査区分	効果検証の対象範囲	1次的アウトカム			2次的アウトカム			令和2年度までの効果検証状況
			下層植生回復	土壌保全	シカ生息変化	生物多様性機能(種多様性・林分構造複雑化)	水源かん養機能(流量の安定)	水源かん養機能(濁り・土壌流出の低減)	
林分 10㎡～ 数ha	1～5事業のモニタリング調査 (森林整備(人工林) 土壌保全対策 シカ管理 プナ林再生(自然林))	特別対策事業	◎	◎	◎	◎△ (◎下層植生増加、 △林分構造複雑化)			人工林の間伐やシカ対策による下層植生増加・土壌保全を確認。 人工林の間伐による林分構造複雑化への推移を検証中。 (過度な除伐は逆効果となることが判明し第2期に整備手法改善済み) プナ林(自然林)の衰退原因解明と各種対策手法の確立(検証)を経て総合的な再生推進中。
	人工林の現況調査	施策大綱事業(人工林)	◎	◎	◎				手入れ不足の人工林(Cランク以下)は、平成15年度から平成27年度までに59%から24%に減少。 手入れの行われている人工林(A・Bランク)は、平成21年度及び平成27年度とも76%と同じ割合で推移したが、内訳ではAランクが24%から37%に増加。 (R2中間評価報告書)
	森林生態系効果把握調査	特別対策事業(人工林)	◎	◎	◎	◎△ (◎植物・土壌動物・ ◎昆虫の多様性増加、 ◎数性鳥類の多様性 ◎△哺乳類の生息)			間伐による植物の林床植被率・多様性向上と、それによる一部の土壌動物と林床性昆虫の多様性向上を確認。 近傍の広葉樹林からのリタ-供給による人工林の土壌動物等の多様性への影響示唆。 下層植生が繁茂した人工林で数性鳥類の種数が多い。 下層植生回復が小哺乳類の生育にもプラスに影響。 大型哺乳類については手法検討も含まれて実施中。
小流域 5ha～ 100ha	土壌侵食量調査	特別対策事業	◎	◎	◎		◎ (降雨時の浸透量増加 と地表流減少)	◎ (土壌流出量減少)	下層植生衰退地における土壌保全工による土壌保全効果を確認。 土壌保全が、水質改善(浮遊土砂量=水の濁りの減少)と流量の平準化(直接流出の減少や基底流出の増加)の方向に作用することを林分スケールで確認。
	対照流域法調査	特別対策事業	◎	◎	◎		△ (下層植生回復による 流量の平準化(直接流出 減少や基底流出増加))	○ (下層植生回復による 窒素濃度減少)	流域内の下層植生回復による水の濁りの減少。窒素等の水質と流量の変化は検証中。 また、生物多様性機能との関係性の説明を検討中。
	水循環モデル予測解析	特別対策事業	◎	◎	◎	◎ (間伐・下層植生維持による 流量の安定化)	◎ (間伐・搬出による一時的な 水の濁りを抑制)	◎ (間伐による一時的な 窒素濃度増加を抑制)	下層植生豊富な人工林における適切な森林管理(間伐)による流量の安定化を確認。 かく乱に配慮した(下層植生維持=土壌保全)人工林の施策によって一時的な負の影響の抑制効果を確認済み。(水の濁り増加の抑制、渓流水の窒素濃度上昇の抑制)
ダム上流域/水源地域 100km ² ～ 1000km ²		施策大綱事業				○ (シナリオ予測解析による 年間の流量の平準化)	○ (シナリオ予測解析による 年間の土壌流出 の面的な減少)		対策実施により全域で下層植生が回復した場合、未実施で放置した場合でのシナリオ解析から、下層植生回復・土壌保全達成による年間の流量の平準化を確認。さらに、水質改善(浮遊土砂量減少=水の濁り減少)等のシナリオ解析が必要。

対照流域法調査の概要

1 取り組みのねらい

施策評価の統合的指標である水源かん養機能の改善（2次的アウトカム）を検証するため、地質等の自然条件の異なる県内4か所に試験流域を設けて森林操作（実験的な事業）とモニタリング調査を並行して行う。また、より広域な水源かん養機能の評価を行うため、試験流域の実測データ等を用いて水循環モデルを構築し、貯水ダム上流域等の事業評価や将来予測のために解析を行う。



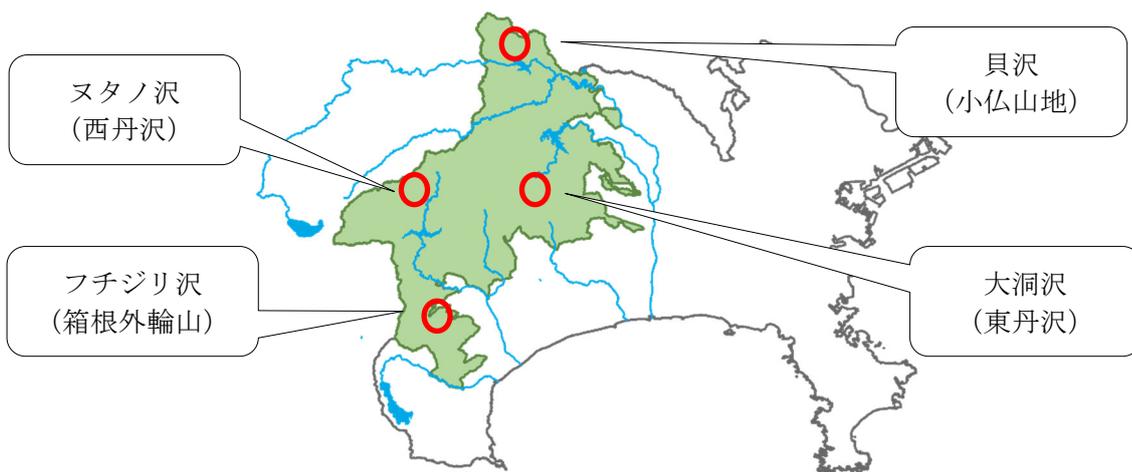
試験流域における事業効果検証（丹沢の

2つ設けた流域の一方で事業を行い、事業の前後や事業をしないもう片方の流域との比較によって水源かん養機能への効果を検証する。

2 各試験流域における検証内容

地域ごとの水源林の課題や水循環の特性を踏まえて、各試験流域における検証のねらいを設定し、事前モニタリング、実験的事業実施、事後モニタリングを順次実施する。

水系	試験流域	水循環特性、課題等	モニタリングのねらい	観測開始年	事業実施年度
相模川	貝沢 (小仏山地)	相模湖支流、 小仏層群、人工林	水源林整備の効果を検証	2010	2012 2016・2017
	大洞沢 (東丹沢)	宮ヶ瀬湖上流 新第三系丹沢層群 人工林、シカ影響	シカと人工林の管理の効果を検証	2009	2011
酒匂川	ヌタノ沢 (西丹沢)	丹沢湖上流、深成岩 広葉樹、シカ影響	広葉樹林のシカ管理効果を検証	2011	2014 2022 予定
	フチジリ沢 (箱根外輪山)	狩川上流 外輪山噴出物、人工林	当該地域の水循環特性把握	2012	—



3 令和2年度までの主なモニタリング成果

(1) シカの影響が大きい丹沢山地における下層植生回復による水源かん養機能改善の検証

試験流域：東丹沢大洞沢（H21 観測開始、H24.3 植生保護柵完成）
西丹沢ヌタノ沢（H23 観測開始、H26.4 植生保護柵完成）
森林操作内容：実施流域を柵で囲みシカを排除し、シカの多い対照流域と比較

- ・大洞沢とヌタノ沢ともに実施流域では、下層植生の回復がみられ、特にヌタノ沢で回復が顕著である。また、下層植生回復は一律でなく、特に斜面位置によって異なり、樹冠開空度や土壌水分等の影響が示唆された。また、下層植生の種数が多いと土壌密度が小さくなる傾向がみられ、保水につながると考えられた。
- ・ヌタノ沢の出水時の水の濁りに関しては、対照流域を基準として実施流域における柵設置前・後を比較すると、柵設置後のほうが水の濁りが少ない傾向である。(参考1、2 ※水の濁りは、これまで出水単位で比較していたが月単位で評価し直し同様の傾向。)
- ・大洞沢における渓流水質（平水時）の硝酸態窒素濃度は、全般的に微減傾向であるが、柵設置後4年目からは柵のない流域よりも柵を設置した流域で硝酸態窒素濃度がやや低く推移しており、下層植生回復による効果の可能性がある。（今後も精査）
- ・大洞沢における降雨・気象・流量・蒸発散・土壌水分等の現地観測データを蓄積し水循環を把握するとともに、間伐による影響を水文モデルで評価する取り組みを進めている。

(2) 適切な水源林管理による人工林の水源かん養機能保全の検証

試験流域：小仏山地貝沢（H22 観測開始、H24、H28 水源林整備）
箱根外輪山フチジリ沢（H24 観測開始）※実験的な事業でなく通常の事業展開
森林操作内容：間伐（群状・定性・帯状）、簡易架線集材による木材搬出など
※貝沢では溪流沿いで除伐・間伐をせず、地表をかく乱しないよう配慮

- ・間伐した流域では、間伐前に比べて流量が若干増加（年間を通した流量の安定）
- ・河川水質のうち、ダム湖の富栄養化とも関係する窒素濃度は間伐後も低濃度で維持された。森林整備中や整備後を通して水の濁りにも変化がみられなかった。（一般的には整備や搬出に伴って渓流水質の一時的な窒素濃度上昇や水の濁りの増加がみられるが、貝沢では溪流沿いで配慮や、作業道開設や重機使用を伴わない集材方法による効果とみられる。）

(3) 令和元年東日本台風により被災した観測施設の復旧と林地被害の実態把握

- ・令和2年度末までにすべての試験流域の施設が復旧し、基本的な観測を再開した。
- ・全国的にみた林地被害に関する見解については、林野庁の公表資料等から、森林機能は発揮されているが森林の成熟化や豪雨形態の激化により新たな形態の林地被害が発生するようになったと整理できた（参考3）。
- ・令和2年度に各試験流域の現地調査により林地被害の実態を概ね把握し（参考4）、令和3年度は航空レーザデータ等も活用した各種データ解析を実施中である。
- ・大洞沢と貝沢では小規模の斜面崩壊が確認され、降雨で飽和した土壌にさらに強度の降雨がもたらされたことにより土壌の表層の一部が崩壊したと考えられた。また、いずれの試験流域も流量の増大により源頭から溪流の縦横侵食が顕著であり、河床かく乱の影響による台風後の土砂流出の高頻度化や水生生物相の変化も確認された（参考4）。

<年単位・月単位の水の濁りの推移>

これまでの、出水ごとの水の濁りに着目し柵設置前後の比較をしていたが、影響要因が多様で説明が煩雑になるため、年・月単位の集計を行った。

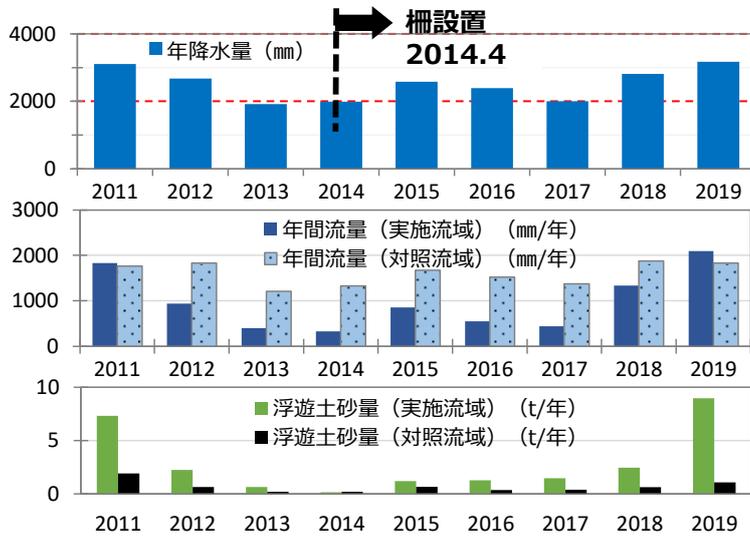


図3 年単位の降水量、流量、浮遊土砂量の推移

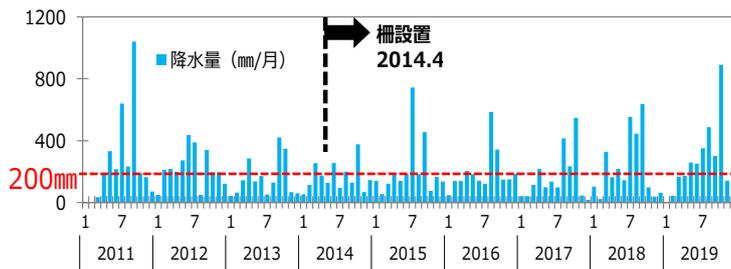


図4 月単位の降水量の推移

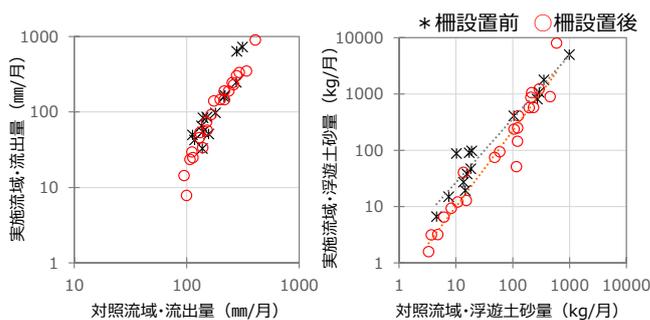


図6 月単位の流量、浮遊土砂量比率（実施流域/対照流域）の柵設置前後の比較

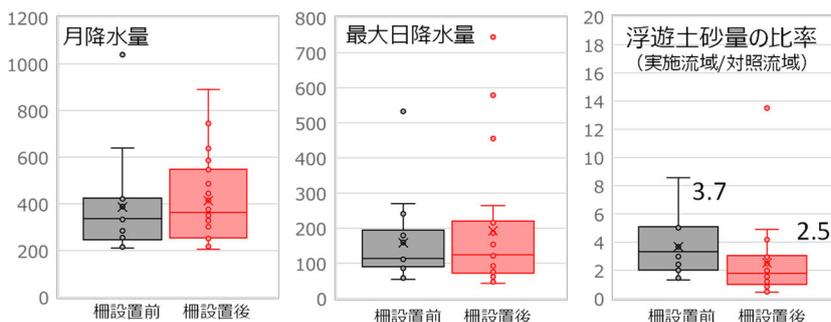


図7 月単位の降水量、最大日降水量、浮遊土砂量比率（実施流域/対照流域）の柵設置前後の比較

年単位で見ると、下層植生は実施流域で年々増加している（図1）が、流量や浮遊土砂量は降水量に応じて増減している（図3）。

月単位では、もともと実施流域と対照流域の流出特性が異なるために^{※1}、対照流域では常に流量が安定し浮遊土砂量の流出も変動が少ないが、実施流域では流量と浮遊土砂量の変動が大きい。特に降水量200mm未満の月は流量及び浮遊土砂量が極端に少なくなる事例も多い（図5）。

そこで、降水量200mm以上の月を対象に、月単位の浮遊土砂量を柵設置前と柵設置後で比較した。

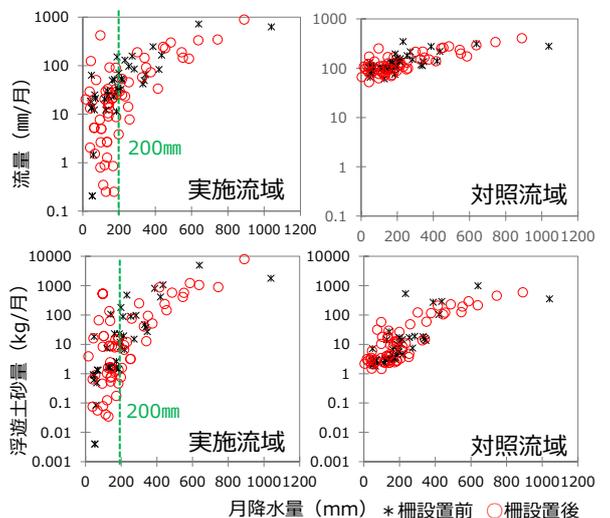


図5 月単位の降水量と流量、浮遊土砂量の関係

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いですが、浮遊土砂量比率（実施流域/対照流域）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（図6、7）、出水ごとの比較と同じ傾向であった。

実施流域では今後も下層植生の回復が進むと予想され、またこれらの浮遊土砂量の時系列変化の把握に関しては、研究事例も少なく手法も確立されていないことから、今後も引き続き検証・精査をしていく必要がある。

※1 Abe et al., (2020) DOI: 10.3178/hrll.14.62

参考3：令和元年東日本台風による林地被害に関するまとめ（全国・県内）

既存の公表資料等を踏まえ、次のとおり改めて基本事項を整理した。

<全国的にみた林地被害に関する基本的な整理>

1 近年の豪雨形態の激化

令和元年東日本台風では、広範囲で強度の強い豪雨が長時間継続してもたらされた。このような激しい豪雨は、気候変動に伴って近年多発する傾向にある。

2 森林機能の長期変遷と地域課題

戦後の復旧造林後である昭和30年代の豪雨災害と比較すると、林地被害の発生箇所数は大幅に少なく、森林全体の公益的機能は過去よりも良好な状態にある。

- ・かつては過度な森林利用により幼齢林や無流木地が多く表層崩壊が多発
 - ・現在は森林が生育・維持されており、土壌保持や根系発達などの機能が過去より向上
- ただし、地域ごとには、ニホンジカの影響による下層植生衰退、台風の大型化による風倒リスクの増大等の森林機能発揮における課題がある。

3 新たな林地被害形態

森林機能は発揮されているものの、豪雨形態や森林の状態（成熟化）が従来と異なるため、新たな形態の林地被害が発生するようになった。

- ・崩壊の同時多発化（広域化）
- ・尾根部付近からの土壌飽和に伴う崩壊、さらに土石流化による流出土砂量増・下流被害
- ・土壌等の地下の水の飽和により、森林の根系より深い層からの斜面崩壊
- ・流出量増によるゼロ次谷、溪流における縦横侵食の増大（流木含む）

※本県においても既存事業では流木防止対策にも配慮する方向

参考資料

「豪雨災害に関する今後の治山対策の在り方検討会（とりまとめ）」令和3年3月 豪雨災害に関する今後の治山対策の在り方検討会（林野庁 https://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con_3.html）
 第52回施策調査専門委員会 資料2-3 森林のモニタリング調査結果に関する報告（自然環境保全センター）
 参考4～6 http://www.pref.kanagawa.jp/documents/67301/52thshisaku_shiryu2-3.pdf

<県内の林地被害の地域差>

林地被害は水源地域全域に及んだが、全県200か所（令和2年2月時点）のうちの約半数は相模湖周辺を含む相模原市緑区に集中し、総降水量1000mmを超えた箱根町の林地被害は数か所であった。

地域ごとの地質条件に加え、年間通して少雨の緑区で、年間降水量の4割近い降雨があったことが林地被害発生にも影響したと考えられた。

参考資料

「神奈川県内の山地災害の分布・対応状況」令和2年5月、令和元年台風19号による斜面災害に関する論文集（公益社団法人日本地すべり学会関東支部）

表1 令和元年東日本台風の際の試験流域の降水量

試験流域	フチシ沢	ヌタノ沢	大洞沢	貝沢
総降水量 (mm)	789.0	600.5	778.4	652.1
最大時間雨量 (mm)	59.5	72.0	104.2	63.0

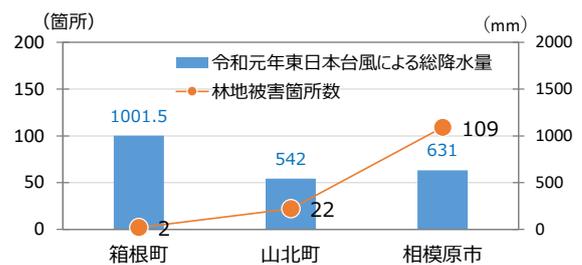


図8 令和元年東日本台風による総降水量とアメダス所在市町の林地被害箇所数（令和2年2月5日時点、県土整備局対応分を除く）

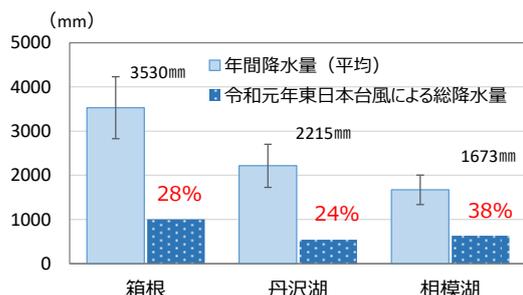


図9 年間降水量と令和元年東日本台風による総降水量（アメダスデータより作成）

参考4：令和元年東日本台風による各試験流域における林地被害実態等

試験流域においては、いずれも観測開始以降最大の降雨がもたらされ、流量の増加による源頭部から溪流沿いの縦横侵食が顕著であった。しかし、上空から確認できるような大きな斜面崩壊や深層の崩壊は見られなかった。（ただし、全県では大規模な斜面崩壊や樹木根系より深部からの斜面崩壊も発生しており、特に相模原市緑区を対象とした詳細調査が別途実施されている。）

表2 各試験流域の林地被害状況

	フチジリ沢 (南足柄市)	ヌタノ沢 (山北町)	大洞沢 (清川村)	貝沢 (相模原市)
試験流域全面積 (ha)	76	7	58	96
森林内の 斜面崩壊	現時点では 確認なし ※未踏査地多い	無し ※全域踏査済	小規模表層崩壊 複数か所 ※未踏査地あり	小規模表層崩壊 66か所 ※下流側未踏査
源頭～溪流沿いの 縦横侵食・かく乱 溪岸崩壊	かく乱規模：大 溪岸崩壊：小 1支流で 流木堆積	かく乱規模：極小 溪岸崩壊：無し	かく乱規模：甚大 溪岸崩壊：大 本流で 流木堆積	かく乱規模：中 溪岸崩壊：小 1支流で 土石流・流木堆積

※斜面崩壊は、自然復旧が期待できる規模。箇所数は確認できているもののみ。

<森林内の斜面崩壊発生状況>

大洞沢では10月12日朝までの降雨により土壌は概ね飽和し、それ以降、夜まで続いた降雨は速やかに溪流に排水されていたと考えられた（図10）。崩壊地（たとえば写真2）は源頭部に多く、すべり面が表層土壌内に存在することから、源頭の湧水点における多量の水流出により土壌の表層の一部が崩壊したと推測された。ただし、大洞沢ではもともと大雨が多く、今回の土壌水分や地下水位の値もこれまでの最大値と大差なかったことから、森林内の大規模な斜面崩壊の発生には至らなかったと考えられた。



写真2 大洞沢の源頭の崩壊地 (2019. 10. 21)

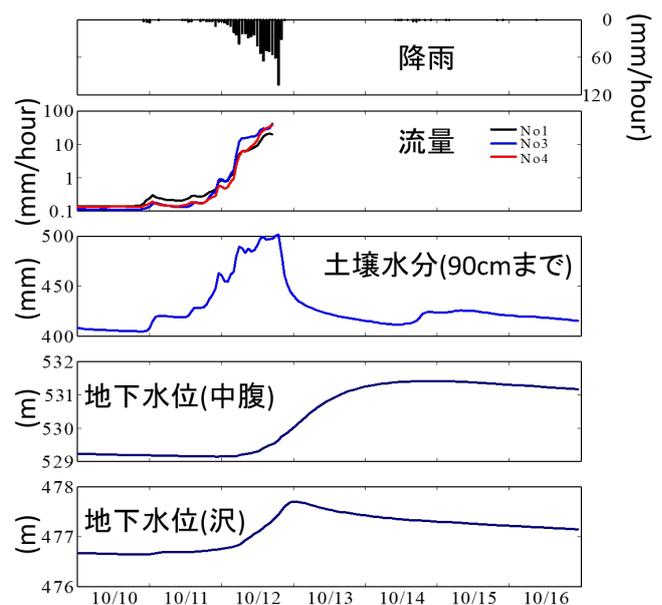


図10 2019/10/10-10/16の大洞沢の雨量・流量・土壌水分・地下水位の時系列変化 (東京大学報告書)

※斜面中腹の基岩中の地下水位は、降雨中盤から上昇しはじめ、降雨のピーク（10月12日19時）から約50時間後にピークを迎えた。土壌は飽和状態が続いていても、基岩浸透により流出を緩やかにする機能が働いていたが、その量は河川流量を大幅に低減させるほどではなかったと考えられる。

貝沢では、北側の3つの支流を踏査し、点在する小規模の表層崩壊66箇所を確認した(図11)。大洞沢同様にゼロ字谷や源頭部に集中して分布していたが、谷形状でない場所でも表層崩壊がみられた。そのうちの1箇所(図11○印)は、土壌厚10m以上の尾根付近から斜面を下ったあたりで周囲より土壌が薄く、また崩壊のすべり面が表層土壌内に存在していたことから、斜面上方から土壌中を流下してきた水が比較的土壌の薄い場所で飽和状態になり土壌表層の軟弱な部分を流下させたと推測された。

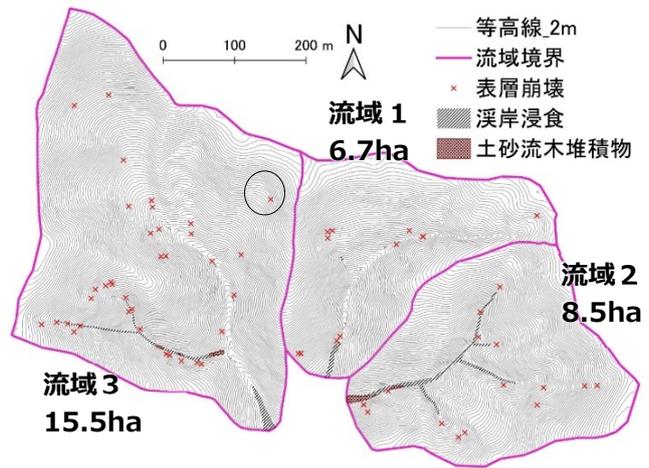


図11 貝沢における令和元年東日本台風により発生した崩壊地等の分布(東京農工大学報告書)

＜源頭～溪流の縦横侵食、土砂流出の状況＞

大洞沢の現地踏査情報から、本流の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1500 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。満砂している谷止工5基の各上流側に多量の土砂や流木が堆積するとともに(写真3)、それら堆積の影響による溪岸侵食も発生していた。

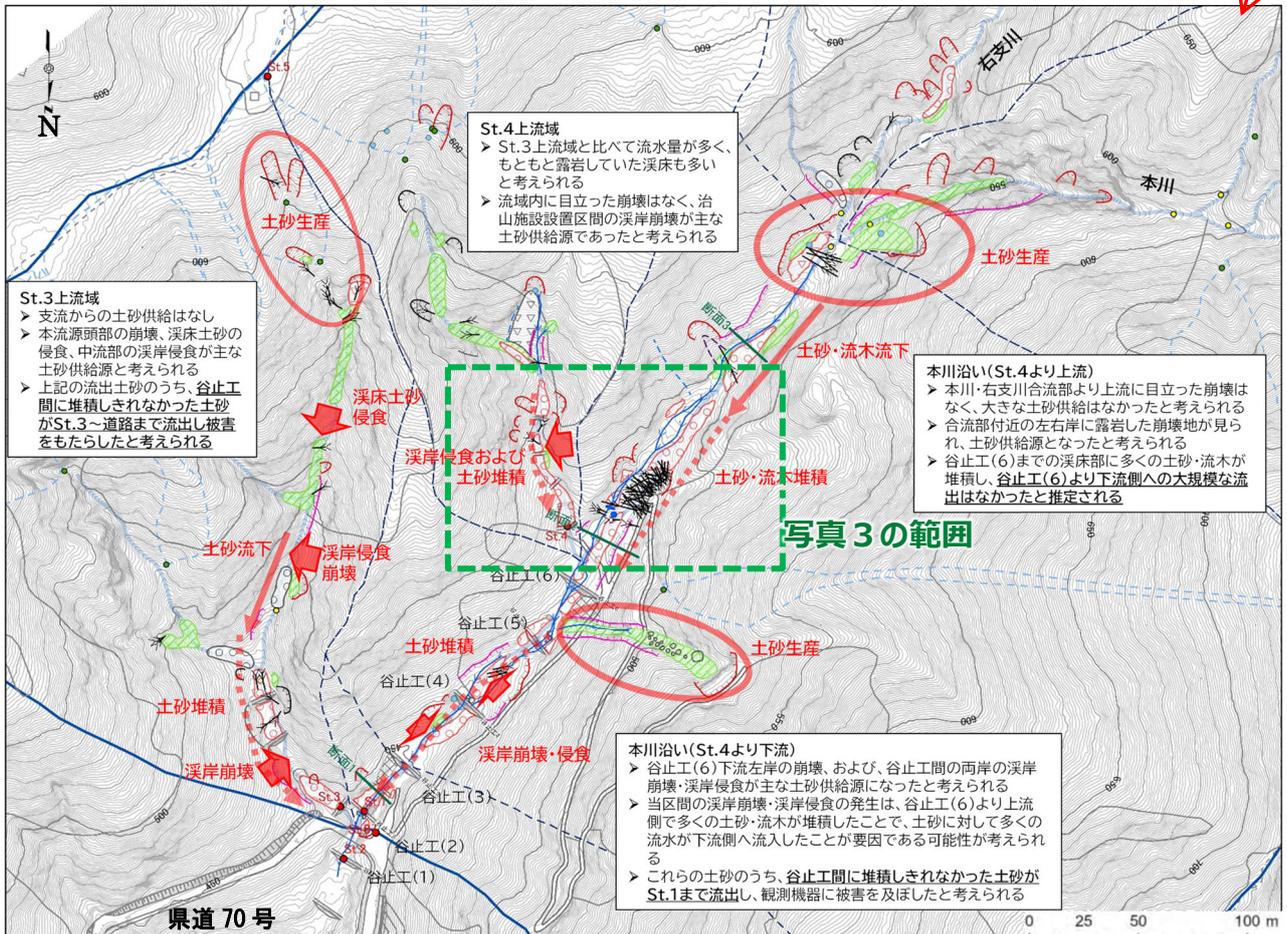
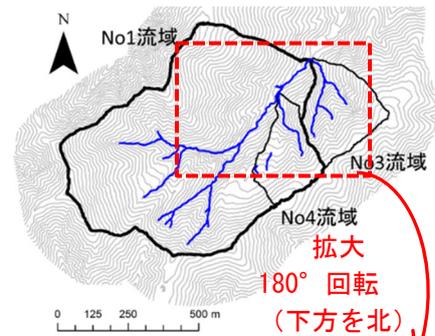


図12 大洞沢の溪流における被害と発生機構の考察



写真3 大洞沢の流木堆積状況 (2019. 10. 23)
(東京農工大学によるドローン撮影)

貝沢においても出水に伴う源頭～溪床の侵食が激しかったが、北側の3つの支流においては、流木・土石流が発生し源頭から流域末端まで縦横侵食の激しい流域（流域2）と流域末端の一部のみに溪岸侵食がみられる流域（流域1）など流域により差が大きかった（図11）。流域2の土石流は、流域末端の勾配の緩くなった区間の量水堰で止まっており、多量の流木堆積は古い間伐木や枯死木等とみられ、立木の流出はみられなかった。（写真4）。細い谷であり尾根近くまで侵食がみられるものの谷の両側の林地には被害はみられず、また、溪岸の小崩壊地では古い丸太柵によって谷への土砂移動がある程度抑えられている様子がみられた（写真4）。なお、土石流の発生した流域2は、過去の豪雨においても突発的な流量の増加が確認されている。



写真4 貝沢（流域2）の流木堆積、溪岸侵食状況 (2019. 10. 24)

ヌタノ沢については4か所の試験流域の中で最も林地被害が少なく、斜面崩壊も発生しなかったが、実施流域では1回の出水としては最大の約40 m³の土砂流出があった。ただし、年単位の土砂流出量でみると2011年よりも少なかった(図13)。溪流の縦横侵食に関しては、実施流域の6基ある谷止工の間は下層植生が繁茂して樹林化もみられる状態であり、台風前後の河床変動はなかった。対照流域では、谷止工3基のうちの未満砂の2基で土砂が捕捉されるため、流域末端での土砂(掃流砂)の流出は無かったが、最上流の溪床の土砂堆積物に繁茂しつつあったミツマタの大部分が土砂とともに侵食されて流出し、裸地に戻った(写真5)。

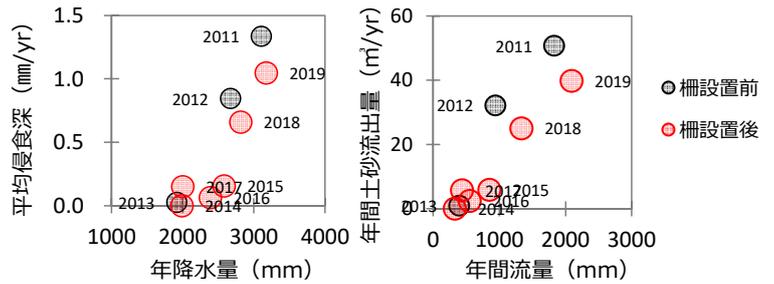


図13 ヌタノ沢実施流域の年降水量と平均侵食深、年間流量と年間土砂流出量の関係



写真5 ヌタノ沢(対照流域: 柵なし)の最上流谷止工の上流の状況

<河床のかく乱等による長期的な影響>

台風時の河床のかく乱により河床構造等が変化し、土砂流出や溪流の生物相に変化が生じている。かく乱からの回復過程については、今後とも調査予定である。

大洞沢では、溪流の掃流砂流出に対する降雨規模の閾値が低下し、溪流の土砂流出の高頻度化がみられる。台風で発生した源頭の小崩壊地(写真6)で裸地よりも多い土砂生産量が観測され、生産土砂に細粒の割合が多いこと、また台風時の河床の土砂移動により瀬・淵の構造が減少し露岩部が増えたこと等が要因と考えられる。なお、土砂生産量を観測している源頭の小崩壊地は、過去にも崩壊・自然復旧した箇所であり今後も自然復旧が見込まれる。

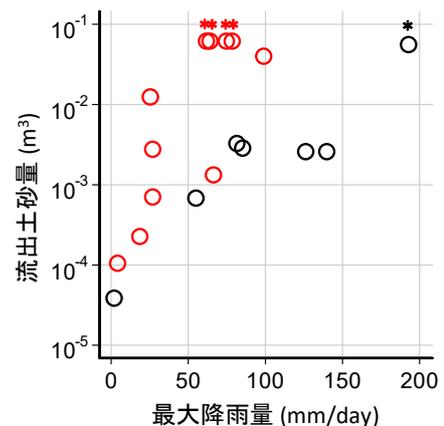


図14 台風前(黒丸)後(赤丸)の掃流土砂流出量と期間最大降雨量の関係(東京農工大学報告書)

アスタリスクは観測の上限(0.06 m³)を超えたサンプルであることを示す。



写真6 大洞沢の源頭の小崩壊地（実施流域：柵内）

左：台風前（2017年） 右：台風後（2020年）

フチジリ沢では、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。

各試験流域の平水時の渓流水質は、台風の前後で大きな変化はみられず台風による影響はほとんど認められなかったが、ダム下流の一部地点で台風後の11～12月に硝酸濃度が一時的に高くなった地点があった。



写真7 フチジリ沢の溪流の侵食・堆積状況（2020.2.7）

森林生態系効果把握調査について

水源環境保全・再生施策における特別対策事業の一つである「水源の森林づくり事業」では、不手入れのスギ・ヒノキ人工林を間伐することで下層植生を増やし、将来にわたり水源かん養機能と生物多様性機能を維持または向上させることを目標としている。

その生物多様性機能にかかる効果検証のモニタリングを平成 25 年度から当センターで行っており、施策の最終評価に向けて、県民にわかりやすい成果を提出する必要がある。

(1) 調査の目的（ねらい）

植物や土壌動物など各生物分類群の生物多様性に及ぼす間伐の効果を林分スケールで明らかにする。そのために、間伐の前後による下層植生の増加と、それに依存する各生物分類群の多様性や各生物間の関係性を評価する（図 1）。

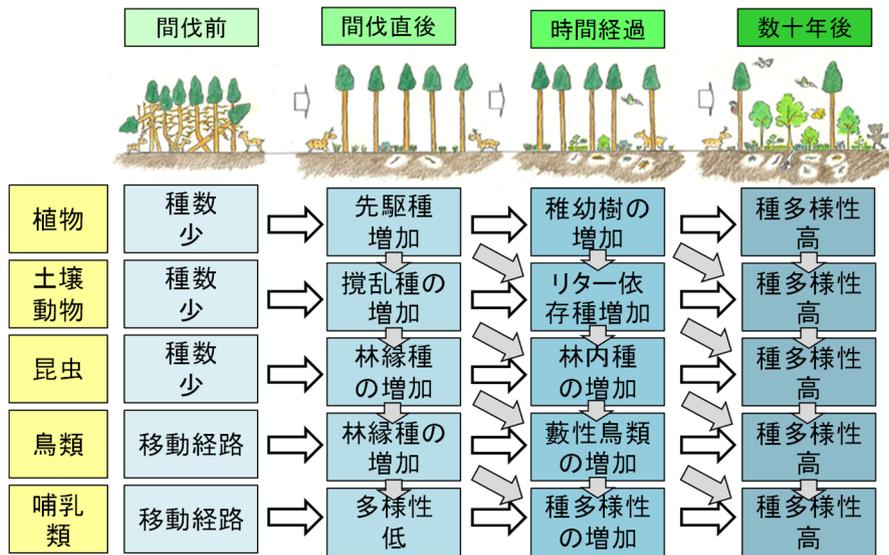


図 1 間伐に伴う林相と予想される生物群の変化

(2) 調査エリアと対象林分

水源地域の森林を、地質やシカの生息状況から 3 エリア（小仏山地、箱根外輪山、丹沢山地）に区分して、エリアごとに林相と整備からの経過年数の異なる林分（プロット）で調査を進める。



図 2 調査エリア（色のついた部分は県で確保した水源林）

表 調査林分数

	スギ		ヒノキ		広葉樹(対照)		小計		計
	間伐前	後	間伐前	後	間伐前	後	間伐前	後	
小仏山地	3	6	3	6	3	6	9	18	27
丹沢山地	4	10(3)	3	10(1)	3	8(2)	10	28(6)	38(6)
箱根外輪山	3	6	3	6	1	2	7	14	21
合計	10	22(3)	9	22(1)	7	16(2)	26	60(6)	86(6)

※ ()内の数字は植生保護柵内でのプロット数

(3) 実施スケジュール

山城	第2期5か年計画					第3期5か年計画					第4期5か年計画				
	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
小仏山地		予備調査	1回目調査			2回目調査					3回目調査				
丹沢山地				1回目調査	補足調査・総合解析			2回目調査	補足調査・総合解析	総合解析			3回目調査	補足調査・総合解析	最終とりまとめ
箱根外輪山			1回目調査			2回目調査					3回目調査				

※鳥類調査はH29に小仏山地と箱根外輪山、H30に丹沢山地での追跡調査を先行して実施

(4) 令和2年度までの主なモニタリング成果

- 令和2年度は、3地域の2時点のデータが得られたので、モニタリング結果の中間とりまとめを行うとともに、哺乳類相への影響を野ネズミの生息状況により調べた。
- スギ・ヒノキの密度管理の状況に関しては、水源林整備で目標とする森林への誘導が進んでいると期待される結果が得られ、弱度間伐であっても林床植生は緩やかに増加（間伐後4～8年後に顕在化）する傾向が認められた（図3、4）。しかし、間伐によって低木層や亜高木層が増加する傾向は認められず、針広混交林化に向けて階層構造が順調に発達しているとまでは言えなかった。
- 間伐後の経過年と下層植生の植被率との関係を見ると、スギ、ヒノキ林ともに間伐後5年経過時点で最も下層植生の植被率が高くなる傾向が見られた（図4）。植物の種数も間伐前よりも間伐後に多い傾向であった。
- 昆虫の生息状況では、下層植生の植物種数が多く植被率の高いところでハムシ、ゾウムシ類の種数と個体数が多く、水源林では間伐本数が少なめに抑えられているものの、植被率や植物種数の増加を通じて林床に生息する昆虫の種多様性を高める効果を確認した（図5）。
- ササラダニ類では、周辺からの広葉樹リターの供給量の多いところで種数が多かった。
- 鳥類では、下層植生が繁茂したスギ、ヒノキ林では藪性鳥類の種数が多いことが示唆された。
- 野ネズミの生息状況調査からは、全調査期間を通して林床植生が多い地点ほど捕獲頻度が高く、水源林整備による植生回復が小哺乳類の生息にプラスに影響していることを示唆する結果が得られた（図6）。また、並行して行った糞を用いたDNAメタバーコーディング手法による採食植物種の同定調査からは、植生が多様な林分では、多様な植物を野ネズミが採食していることもわかった。

- 自動撮影カメラによる中大型哺乳類の生息状況調査からは、前回調査とほぼ同じ、7目15科20種の哺乳類が確認され、シカの撮影頻度が最も多かった。地域別では、小仏山地と箱根外輪山で夏と冬ともシカの撮影が増加しており、特に箱根外輪山の夏の増加が著しく、両地域でシカの分布拡大が進んでいることが示唆された。小仏山地では、成オスの割合が高く、侵入初期段階であることが示唆され、対して、箱根外輪山ではメスの割合が高く定着がすでに進んでいると考えられた（図7）。

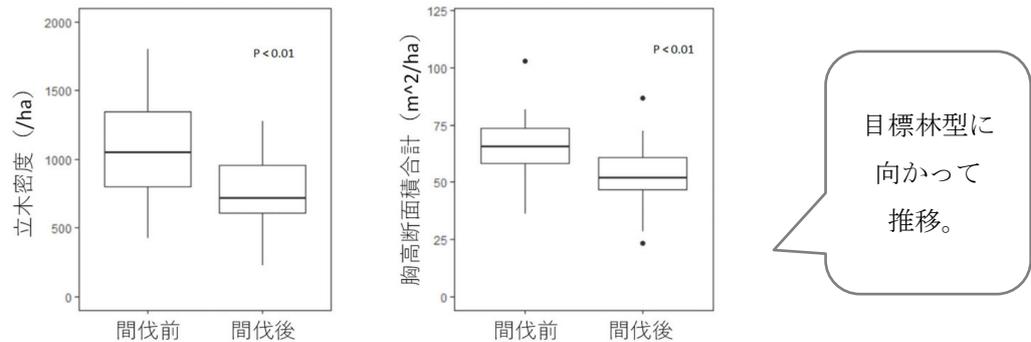


図3 水源林の間伐前後のスギ・ヒノキ成立密度（左）と高木層胸高断面積合計の変化（右）

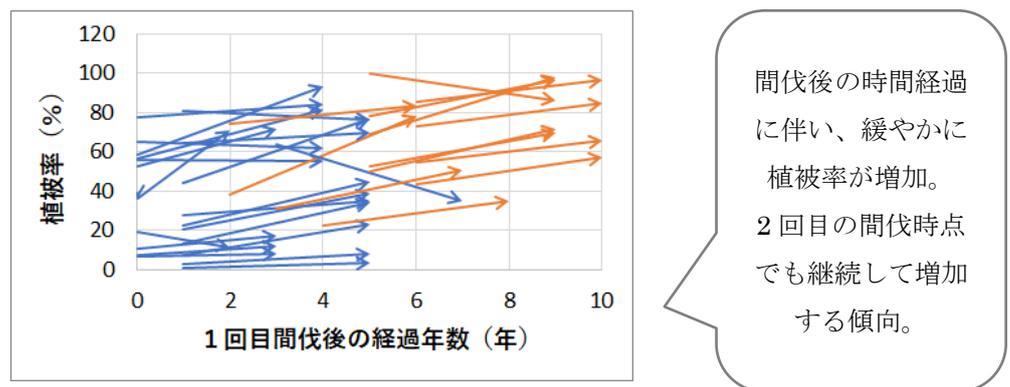


図4 間伐後の経過年数と植被率の関係（小仏と箱根）

矢印は1巡目調査時→2巡目調査時の推移を示し、青色は2巡目までに1回間伐、オレンジ色は2回間伐（1巡目前に1回、2巡目までにもう1回）が行われた地点

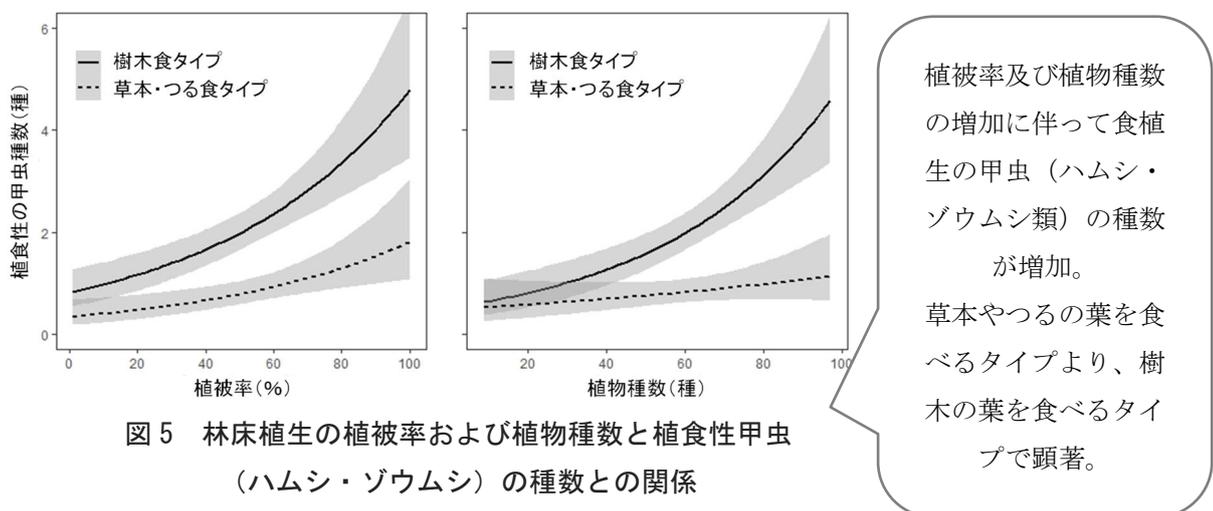


図5 林床植生の植被率および植物種数と植食性甲虫（ハムシ・ゾウムシ）の種数との関係

網掛けは95%信頼区間

林床植生状況

	サイトA	サイトB	サイトC
*1)種数	28種	48種	68種
*2)植被率	20%	57%	91%

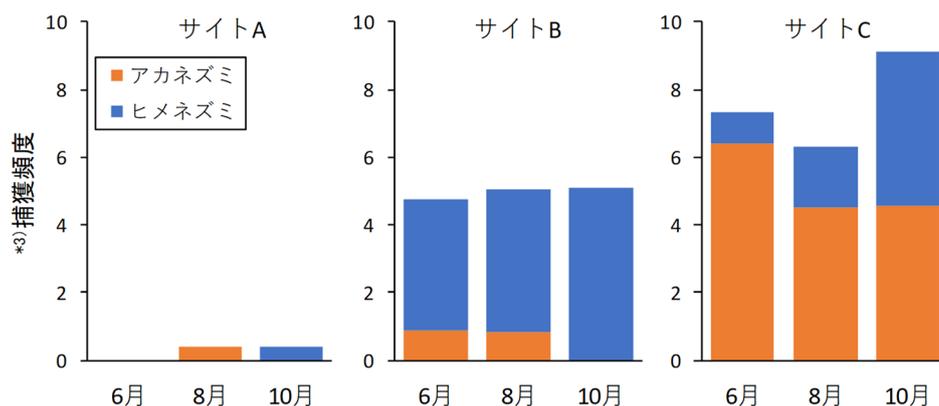
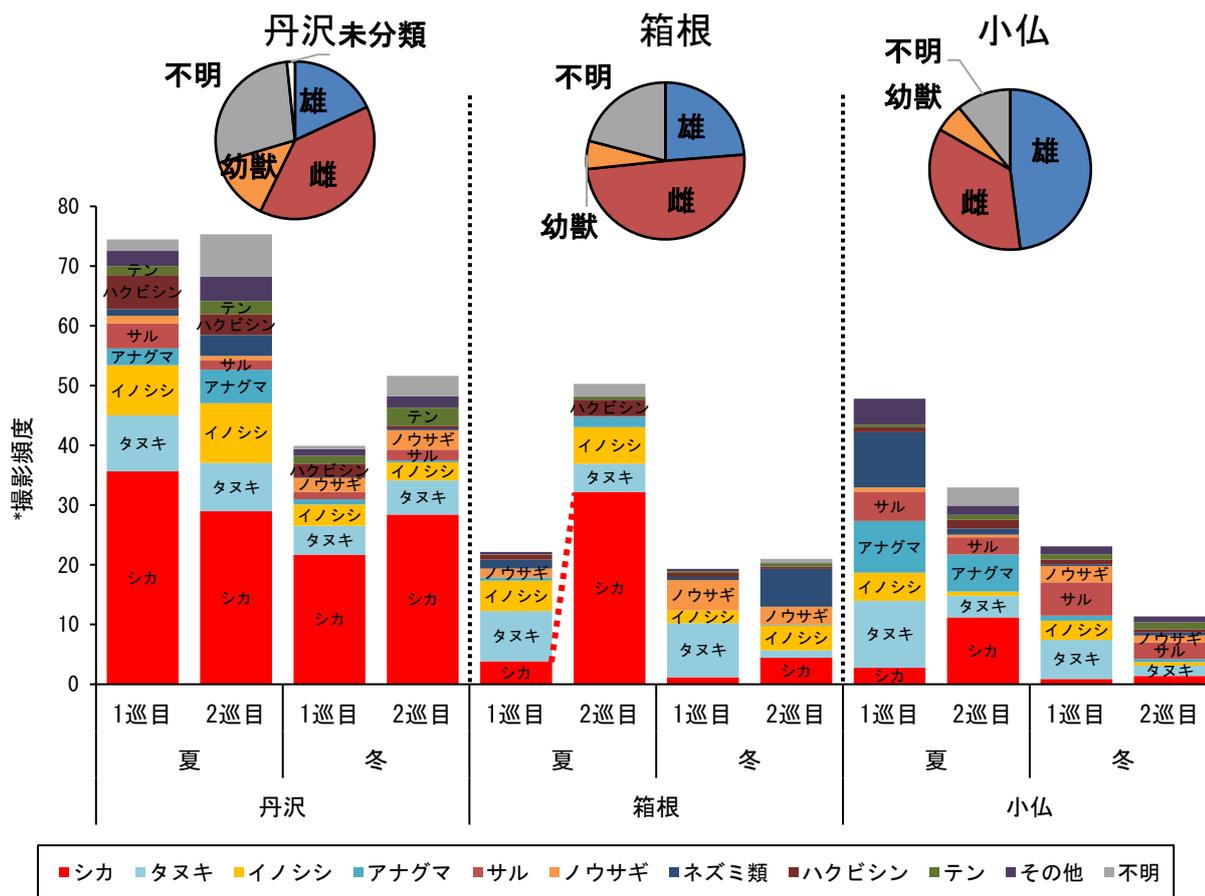


図6 林床植生が異なる水源林調査地（人工林、林床植生量が少/中/多）における野ネズミの捕獲頻度（令和2年度調査結果）

- *1 種数：2×2mのコドラート10個で出現した植物種数
- *2 植被率：10個のコドラートの植被率の平均値
- *3 捕獲頻度：100トラップ・ナイトあたりの野ネズミ捕獲個体数

既存の調査地点から林床植生（種数と植被率）の回復状況の異なる3地点（サイトA～C、いずれも湘南地区）を選び、初夏（6月下旬～7月上旬）、夏（8月下旬～9月上旬）、秋（10月下旬～11月上旬）の3時期に、捕獲用のワナを設置し、10日間連続して野ネズミ（アカネズミとヒメネズミ）の生息状況を調べた。

全調査期間を通して林床植生が多い地点ほど捕獲頻度が高く（サイトA<B<C）、水源林整備による植生回復が小哺乳類の生息にプラスに影響していることを示唆する結果が得られた。



その他：リス、ネコ、キツネ、アライグマ、イヌ、ツキノワグマ、カモシカ、コウモリ類、イタチ、ムササビ

図7 中大型哺乳類種の撮影頻度

平成25年～28年度（1巡目）と平成29年度～令和2年度（2巡目）に、各地点に2台ずつセンサーカメラを設置した。撮影頻度は100カメラ・稼働日あたりの撮影個体数

丹沢山地では、小仏山地や箱根外輪山と比較して、1巡目と2巡目、夏と冬ともに、中大型哺乳類全体の撮影頻度が高くシカが約半数を占めていたが、1巡目と2巡目で大きな増減は見られなかった。対して、小仏山地と箱根外輪山では、夏と冬とも2巡目のシカの撮影頻度が増加し、特に箱根外輪山の夏の増加が著しく、両地域ではシカの分布拡大が進んでいることが示唆された。

また、小仏山地は、メスと比べて分散性が強く行動圏の広いオスの割合が高く、シカの侵入の初期段階と考えられた。一方、箱根外輪山はオスと比べて定住性の強いメスの割合が丹沢山地と同程度であり、シカの定着がかなり進んでいると考えられた。