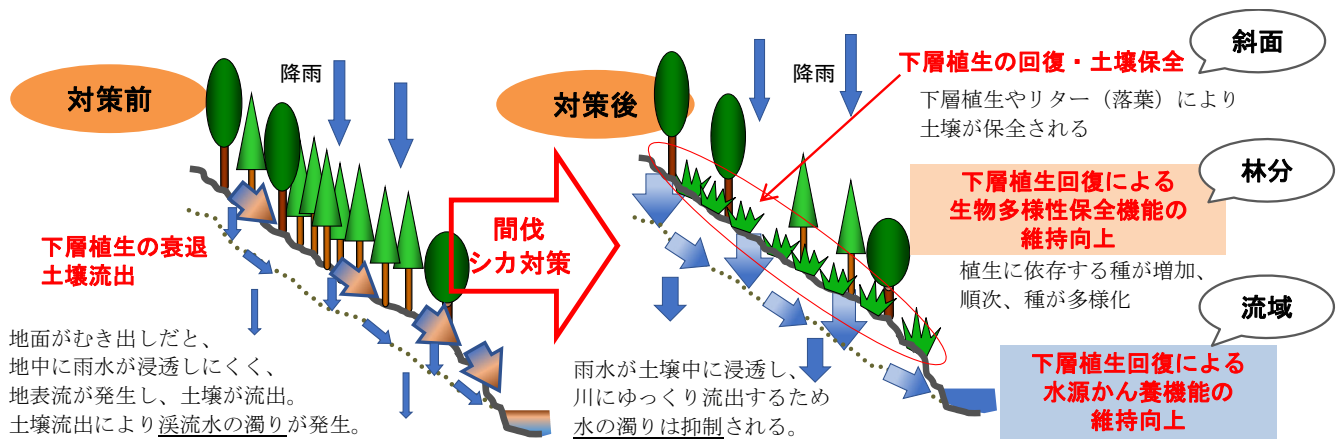


令和元年度水環境モニタリングの調査結果（自然環境保全センター）

（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

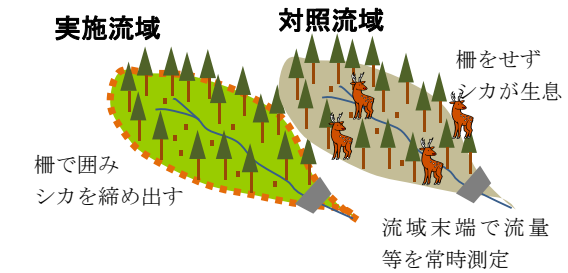
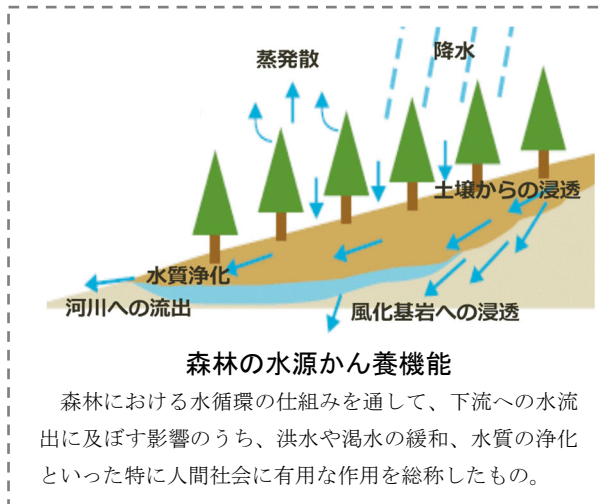
評価対象の機能 (2 次的アウトカム)	現時点での評価の 考え方	評価対象事業 の範囲	評価手法 (調査方法)	評価スケール
森林の水源 かん養機能 (H19～)	事業による下層植生維持 回復効果（一次的アウトカム）の水・土砂流出への影響を把握し、水源かん養機能への効果を評価。	特別対策事業 (1～5 番)	土壌侵食量調査	斜面 (林分)
			対照流域法調査	試験流域 (小流域)
		施策大綱事業	水循環モデル 予測解析	水源林地域 (ダム上流域)
生物多様性 保全機能 (H25～)	事業による下層植生回復と植生、土壌動物を始めとした生物相の多様性を把握し森林生態系の健全性を評価。土壌調査か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

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（実験的的事业）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。



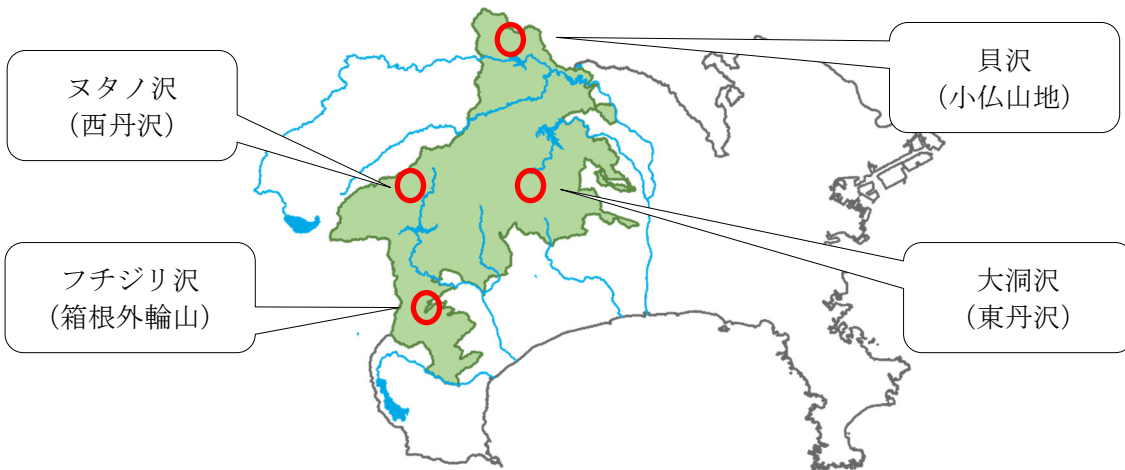
試験流域における事業効果検証（丹沢の例）

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、実験的的事业実施、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	H22	H24、28
	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	H21	H23
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	H23	H26
	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	H24	—



3 令和元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、特に柵設置前の下層植生衰退が激しかったヌタノ沢で回復が顕著であった。また、実施流域内の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が影響している可能性がある。
- ・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）
- ・大洞沢における渓流水質（平水時）の硝酸態窒素濃度の変化は、全般的に濃度が微減傾向である。その中で、植生保護柵設置後4年目からは柵を設置した流域では柵を設置していない流域より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はある。（さらに結果の精査が必要）
- ・大洞沢の土壌侵食や流出実態を踏まえて行った水循環モデルによるダム上流域の土砂流出解析について、平成30年度までの事業実績を踏まえた施策効果を追加解析し、評価の参考情報として示した。

(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）
箱根外輪山フチヂリ沢（H24 観測開始）※森林操作については未調整
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

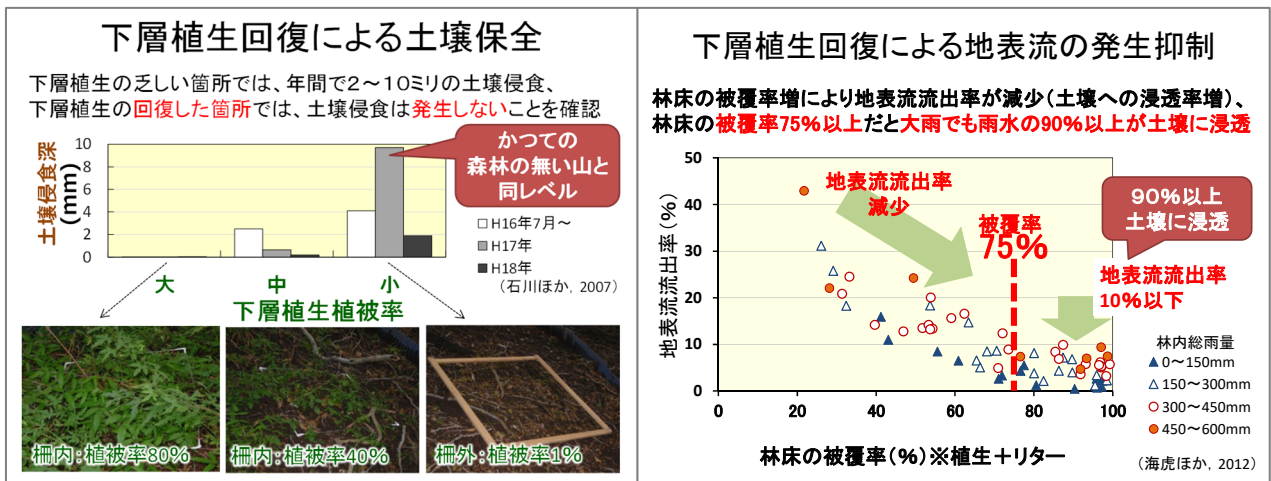
- ・間伐した流域では、間伐前に比べて流量が若干増加（年間を通した流量の安定）
- ・河川水質のうち、ダム湖の富栄養化とも関係する窒素濃度は間伐後も低濃度で維持された。森林整備中や整備後を通して水の濁りにも変化がみられなかった。（一般的には整備や搬出に伴って渓流水質の一時的な窒素濃度上昇や水の濁りの増加がみられるが、貝沢では溪流沿いで配慮や、作業道開設や重機使用を伴わない集材方法による効果とみられる。）

(3) 令和元年10月の台風19号による影響把握と観測施設被害の復旧

- ・令和元年の台風19号により、本モニタリング開始以降で最大規模の豪雨がもたらされ、各試験流域の水文観測施設が被災した。復旧工事等を順次実施し、令和2年6月までに大洞沢を除く3か所の試験流域の観測が復旧した。被害の大きい大洞沢に関しては、令和2年度中の復旧を目指し業務実施中である。（参考3）
- ・各試験流域において台風19号による影響も踏まえて検証していく必要があり、台風による影響を調査・解析を実施中である。並行して、県内林地被害について、既存情報を元に県内の過去の豪雨災害や近年の他県の豪雨災害との比較、降雨規模の地域間比較を行った（参考4～6）。単純な比較では過去や他県に比べて今回の台風による林地被害は少なく、雨量等の起因だけでなく地質等の素因も含めて整理していく必要がある。

参考1：斜面スケールにおける水源かん養機能の維持向上効果

第2期5か年計画期間までに、下層植生回復による土壌流出抑制・浸透能改善効果を確認



参考2：流域スケールにおける水源かん養機能維持向上効果（水の濁り）

柵設置前の下層植生衰退が激しかったヌタノ沢試験流域では、柵設置による下層植生の回復が顕著であり、流域末端の水の濁り（浮遊土砂量）も減少傾向である。

<柵内の下層植生の回復>

流域内の植生回復状況を6段階で評価（林床被覆度ランク）

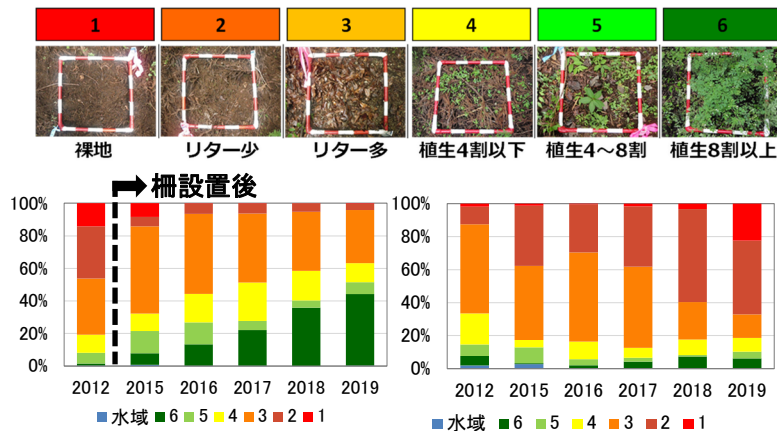


図1 植生被覆度ランク別面積割合の推移（左：実施流域、右：対照流域）

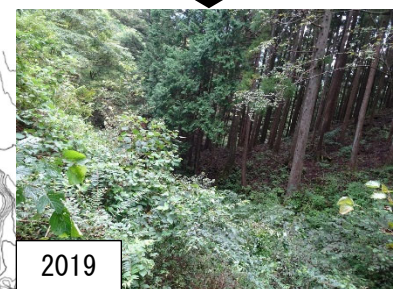


写真1 実施流域（柵内）の植生回復状況（特に回復の早い箇所）

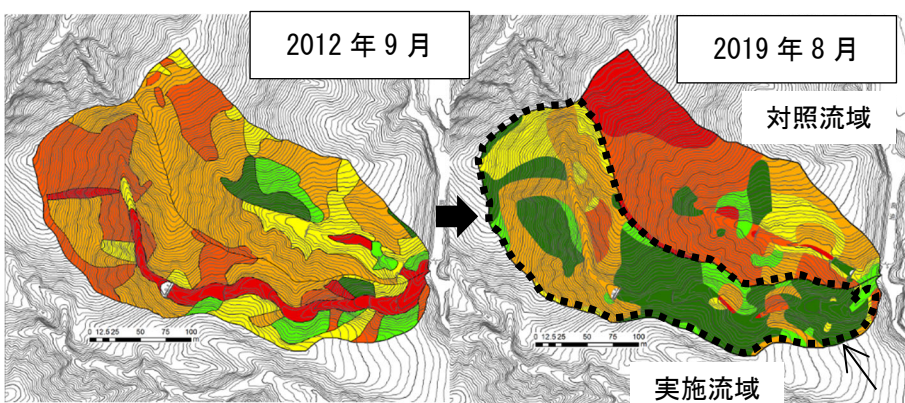


図2 流域内の植生被覆度ランクの分布

<出水時の水の濁り（浮遊土砂量）の変化>

出水ごとの水の濁り（浮遊土砂量）を柵設置前後で比較したところ、柵設置前に比べて柵設置後のほうが浮遊土砂量の比率（実施流域／対照流域）が小さい。

※より分かりやすい示し方も検討中

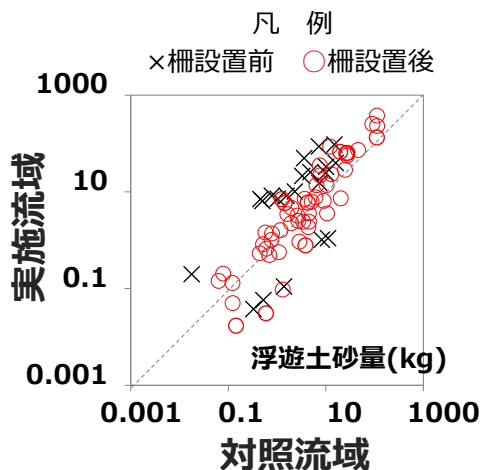


図3 出水ごとの浮遊土砂量の比較

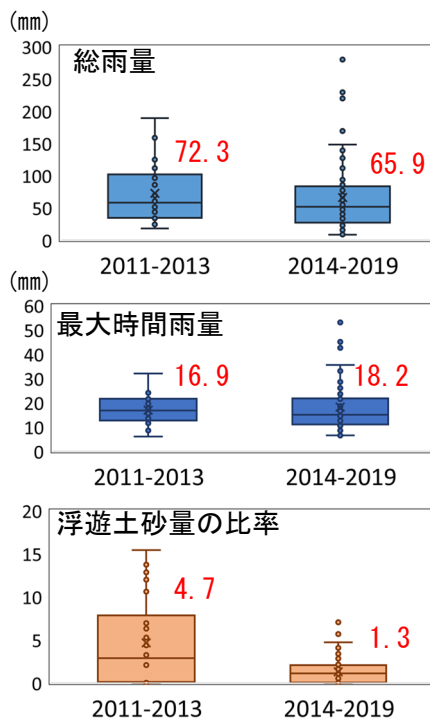


図4 出水ごとの総雨量、最大時間雨量、浮遊土砂量の比率（実施流域／対照流域）の柵設置前後での比較 ※図中の数字は平均値

参考3：令和元年10月の台風19号による試験流域の被害と復旧状況

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た。水源エリア内の気象庁アメダス地点（箱根、丹沢湖、相模湖）においても、いずれも日降水量の歴代1位を更新している。

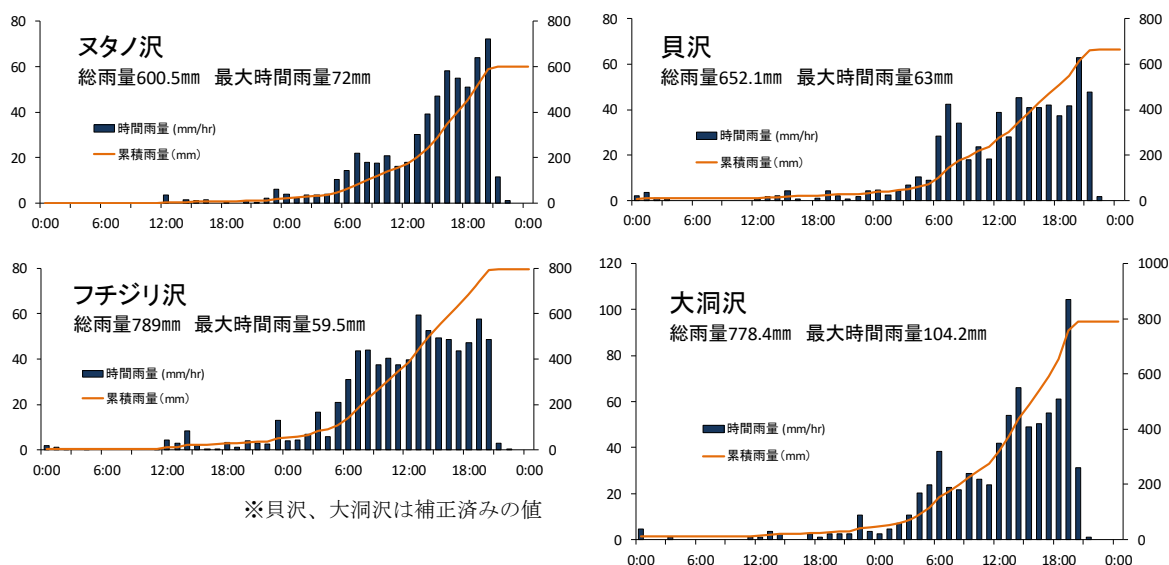


図5 台風19号による各試験流域における雨量（2019.10.11～12）

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る。

※全県では台風19号の影響により山腹崩壊も発生している。このため、今後、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。



写真2 学識者による被災後（2月）の現地踏査（左：大洞沢、右：フチジリ沢）

貝沢（N04 水文観測施設） 被災後



復旧状況



※他に3箇所

ヌタノ沢（実施流域）被災後



復旧状況



フチジリ沢 被災後



復旧状況



写真3 被災した観測施設の復旧状況（主な箇所）

参考4 台風19号による林地被害と過去の豪雨災害との比較

過去の土砂災害（内山・鈴木, 2007）のうち、県内の林地被害が特に大きかったものを抽出して比較した（表1）。

降水量は、昭和初期の豪雨災害も近年と大きく変わらないが、林地被害の箇所数・面積は昭和47年災害までと比べて平成・令和の災害では明らかに少なく、また、昭和12年と令和元年の林地被害の形態はかなり異なる。この要因の一つとして、表層崩壊に弱い若齢林が森林全体の6割を占めていた昭和に比べ平成・令和には若齢林が1割未満となり（図1）、若齢林の表層崩壊による被害が減少したためと考えられる。

表1 令和元年台風19号による林地被害と過去の主な豪雨災害との比較

年	1937年（昭和12年）	1938年（昭和13年）	1938年（昭和13年）	1972年（昭和47年）	2010年（平成22年）	2011年（平成23年）	2019年（令和元年）
月/日	7/14~17	6/27~7/4	8/31~9/1	7/9~13	9/8	7/18~21	10/11~12
原因	梅雨前線	梅雨前線	台風	梅雨前線	台風9号	台風6号	台風19号
総雨量	玄倉（諸子平）955.9mm 箒沢 740.9mm 煤ヶ谷 695.5mm	箱根山火口付近 1000mm以上 丹沢 800~900mm	県西部山間部 400~800mm	山北町中川649mm	丹沢湖495mm 世附（水の木）787mm	丹沢湖514.5mm 箱根476.5mm 相模湖352.0mm	箱根1001.5mm 丹沢湖542mm 相模湖631mm
最大 時間雨量	-	-	-	山北町中川100mm	丹沢湖77.5mm	箱根80.5mm 丹沢湖64.5mm 相模湖53.5mm	箱根85mm 丹沢湖81.5mm 相模湖68.5mm
林地 被害	規模	崩壊面積 1189ha	被害面積 506ha	被害面積 452ha	崩壊か所 1291箇所 崩壊面積 157ha	合わせて約200箇所※1	
	形態	表層崩壊※3	表層崩壊	表層崩壊	小規模の表層崩壊が 多数発生	表層崩壊 スコリア層流出	表層崩壊 スコリア層流出
	地区	山北南部、松田、秦野北部	箱根・丹沢	丹沢	山北町中川・玄倉	山北 (丹沢湖西部・世附)	山北・津久井
備考	関東大震災以来の山地被害	2回の被害合わせて前年同規模 S13は、6・7・8月の毎月末に豪雨被害あり		S47は、7月2回、9月1回の計3回の豪雨災害。 激甚災害指定	スコリア層流出が特徴的、酒匂川水質への長期影響。 激甚災害指定	H23は、9月台風12号・台風15号も含め3回台風被害あり。	箱根・丹沢湖・相模湖の日雨量1位を更新。 谷・沢の土砂流出多数、林道被害多数。激甚災害指定。

※1 内山ほか（2013）平成25年度砂防学会研究発表会概要集 Pb-22

※2 総合的な評価（中間評価）報告書第4部

※3 新たに崩壊の発生した箇所は、無流木地、新植地・幼齢林、杉林（概して壮齢林）、開墾地の下部、崩落土堆積地、地質的脆弱地、山腹の林道敷設箇所等。（神奈川の林政史）

※4 多量の雨水で斜面の土層が飽和して崩壊発生、樹木根系よりも下層で発生した崩壊もみられる。また、谷の源頭に水分が集中して流下し谷底堆積物が土砂流/掃流となり、河床・溪岸の侵食を伴いながら下流に流出した。（林野庁による現地調査結果、各試験流域被災状況）

(参考)

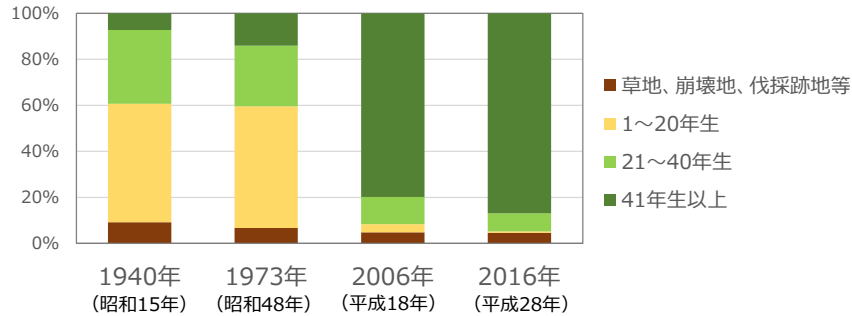


図6 県内民有林の齢級別面積割合の推移

出典：神奈川の林政史、神奈川県農林水産動向年報
※人工林、広葉種林ともに含まれ、人工林（針葉樹林）と広葉樹林の比率は概ね4：6で変化はない。

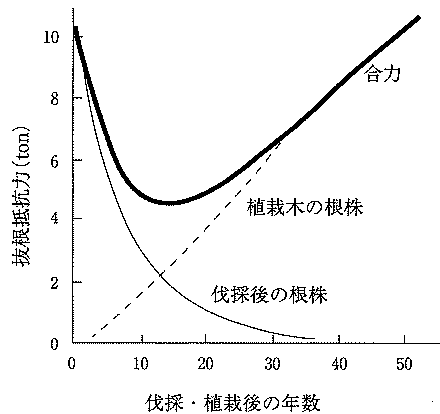


図7 伐採・植栽後の経過年数と伐根抵抗力の関係 (北村・難波, 1968)

表1、図7 参考資料

内山佳美・鈴木雅一 (2007) 丹沢山地における土砂災害の実態とその履歴. 丹沢大山総合調査学術報告書. (財) 平岡環境科学研究所

<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/10251.pdf>

阿部和時 (2018) 第2章表層崩壊. 中村太士・菊沢喜八郎編. 森林科学シリーズ森林と災害. 共立出版

図6の解説

- ・昭和15年、48年では、県内民有林の6割が若齢林等だが、平成18、28年では、若齢林は県内民有林の1割未満に過ぎず、全体の8割以上が41年生以上の壮齢林である。
- ・戦前の昭和15年は、燃料や各種用材として森林資源利用が活発であり全国的にも森林が貧弱であった時代である。また、関東大震災から17年、関東大震災による山地崩壊の復旧工事終了（昭和5年）から10年しか経っておらず、全体の6割を占める若齢林には震災被害の復旧箇所も含まれると考えられる。なお、この後、戦時中に県内民有林の総蓄積（材積）はいったん半減して底を打ち、戦後は復興造林等により増加に転じるものの戦前の総蓄積のレベルに戻るの昭和55年頃である。
- ・昭和48年は、戦後の復興造林、昭和30年代からの拡大造林期を経て、昭和40年代の拡大造林拡充期にあたる。高度経済成長という社会背景のもと林野行政においては諸制度の導入により造林事業における団地化や林業技術普及等が推進され、特に重要水源地域の造林が進められた。昭和43年度には県造林公社も設立されている。しかし、昭和48年の資源構成では、人工林と広葉樹林ともに幼齢林面積割合が半分以上であり、造林の進捗や薪炭利用減少という時代の潮流にありながらも、依然として森林は貧弱な状態であったと思われる。
- ・平成以降は、人工林・広葉樹林ともに成長し壮齢林が大部分を占める。
※水源地域の森林の歴史は、総合的な評価（中間評価）報告書第1部、さらに詳細は、内山・鈴木（2007）参照

図7の解説

森林と表層崩壊の関係については、これまで森林科学分野の研究から、針葉樹、広葉樹ともに20年生以下の林地では崩壊率が高くなること、伐採・再造林された人工林では、伐採後10~20年で表層崩壊防止機能が最小になること等が明らかになっている。（阿部, 2018）

参考5 台風19号による県内の林地被害と他県の豪雨災害との比較

過去10年の山地災害の発生状況（林野庁資料：令和元年の山地災害の発生状況）から、特に近年の被害規模が大きい「平成29年7月九州北部豪雨」、「平成30年7月豪雨」を取り上げ、台風19号による県内の林地被害と比較した（表2）。

いずれの災害も、記録的な降水量（比較的長時間の降水量）が最大の要因であり、0次谷等の凹地形における土層等の飽和により樹木根系よりも深部からの崩壊が発生し、多量な流水により溪流周辺の土砂や立木を多く巻き込んで下流へ流下したという基本的な発生機構は共通している。個々の林地被害の発生には、地形や地質が関係しており、多くの林地被害が森林の有する山地災害防止機能の限界を超えて発生したと言える。

森林に関しては、いずれの被災地も多くが壮齢林である。平成29年、30年の両被害では、崩壊の発生と樹種の関係は明瞭でな

く、人工林のみに着目すると崩壊面積率は若齢林で高いことから、昭和の頃の旧来型のタイプの表層崩壊は（森林による山地災害防止機能が発揮されて）相対的に少なくなり、それに代わって前述のような発生機構による林地被害が、相対的に多く見られるようになったと考えられる。ただし、森林の成長によって、全体的な林地被害箇所や頻度は少なくなったとしても、個々の表層崩壊箇所の崩壊深が深くなることや個々の発生における流木の量の増加なども予想されるが、これらに関する知見は少ない。

なお、県内の林地被害に関しては、航空レーザ計測も含めた全体調査、対照流域調査の各試験流域における詳細調査・解析が実施されているところであり、今後の調査結果により、本県の被害の特徴がよりはっきりと見えてくると思われる。

表2 参考資料

気象庁（2018）災害時気象報告 平成29年7月九州北部豪雨及び6月7日から7月27日までの梅雨前線等による大雨等 平成30年2月7日
気象庁（2019）災害時気象報告 平成30年7月豪雨及び5月20日から7月10日までの梅雨前線等による大雨等 平成31年3月5日
気象庁（2018）災害時気象報告 令和元年東日本台風等による10月10日から10月26日にかけての大雨・暴風等 令和2年3月31日
林野庁（2017）「流木災害等に対する治山対策検討チーム」中間とりまとめ 平成29年11月
林野庁（2018）「平成30年7月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム」中間とりまとめ 平成30年11月
林野庁ホームページ「災害情報」<https://www.rinya.maff.go.jp/j/saigai/joho/index.html>

表2 令和元年の台風19号による県内林地被害と近年の他県における豪雨災害との比較

豪雨等の正式名称		平成29年7月九州北部豪雨	平成30年7月豪雨	令和元年東日本台風
豪雨等の気象要因	年/月/日	2017/7/5～6	2018/6/28～7/5	2019/10/11～13（県内影響は10/11～12）
	被害地域	福岡県、大分県	西日本を中心に33道府県 土砂災害件数は広島県が突出	東日本（東海～関東甲信～東北）
	豪雨の原因と特徴	梅雨前線付近の気象不安定化と積乱雲発達による線状降水帯の形成・維持 →狭い範囲に集中して、3時間降水量、24時間降水量の記録更新	水蒸気が集中する気象状態で梅雨前線が停滞・強化、局所的には線状降水帯の形成 →西日本を中心に、24、48、72時間降水量の記録更新	大型の台風19号通過に伴う ・台風到達前からの多量の水蒸気流入 ・前線や地形による持続的上昇流 ・台風自体の雨雲の直接影響による長時間の大雨 →各地で3、6、12、24時間降水量の記録更新
	総雨量	福岡県朝倉市586.0mm 大分県日田市402.5mm	高知県安芸郡馬路村1852.5mm 岐阜県郡上市ひるがの1214.5mm 愛媛県西条市965mm、広島県山県郡安芸太田町570mm	箱根1001.5mm、丹沢湖542mm、相模湖631mm
	最大24時間雨量	福岡県朝倉市545.5mm 大分県日田市370.0mm	高知県安芸郡馬路村691.5mm 岐阜県郡上市ひるがの472.0mm	箱根922.5mm、丹沢湖518mm、相模湖595mm
	最大時間雨量	福岡県朝倉市129.5mm 大分県日田市87.5mm	高知県安芸郡馬路村97.0mm 広島県三原市本郷56.5mm、呉市倉橋59.5mm	箱根85mm、丹沢湖81.5mm、相模湖68.5mm
	主な林地被害地域	福岡県、大分県	広島県	津久井、丹沢、箱根
林地被害の比較	被災地の地質	森林全体：火山岩類55%、火砕流堆積物ほか 崩壊箇所の地質は多様だが、崩壊面積率では花崗閃緑岩、結晶片岩が多い。	森林全体：深成岩（花崗岩類）、火山岩（蛇紋岩等） 崩壊箇所は、降水量400mmまでは深成岩で多く、400mmを超えると火山岩が多い。	津久井：堆積岩（砂岩・泥岩） 丹沢：火山岩類、深成岩（花崗岩類） 箱根：火山堆積物
	規模	福岡・大分県で計1085箇所 福岡県朝倉市・東峰村・大分県日田市の森林における山腹崩壊地の合計面積357ha	広島県で1082箇所 ※全国では3068箇所（33道府県）	全県（特に津久井、山北、箱根） 水源特別対策関係で200か所 ※全国では1311箇所（18都県）
	被害形態	凹地形・風化基岩において崩壊。崩壊箇所の立木は土層もろとも移動し、土石流や洪水となって下流の平野部に大量の土砂と流木をもたらした。崩壊と樹種の関係は明瞭でない。森林全体で壮齢林が多く崩壊も壮齢林が多いが、人工林齢級別崩壊面積率では、1～2齢級で崩壊が多い。	脆弱な地質地帯に崩壊が集中。尾根地形で多く崩壊し、土石流となって長距離を流下。花崗岩の巨石も流下し下流の被害大。 崩壊と樹種の関係は明瞭でない。森林全体で壮齢林が多く、崩壊も壮齢林が多いが、人工林の齢級別崩壊面積率では、2～3齢級で崩壊が多い。	表層崩壊、河床・溪岸侵食 谷・沢の土砂流出多数、林道被害多数 スコリア流出 ※詳細は調査中
	発生機構	多量の雨水がゼロ次谷等の凹地へ短時間に集中し、土壌水分の飽和を伴って深部へ浸透、立木根系より深い部分で表層崩壊発生。多量の流水のため斜面下部等に堆積せず土石流となり、溪流周辺の立木と土砂を巻き込みながら流下。	多量の雨水がゼロ次谷等に集中し土壌の飽和を伴い深部へ浸透、立木根系より深い部分で崩壊（尾根直下でも飽和した水の吹き出しにより崩壊）。崩壊箇所の立木や土石は一部斜面下部等に堆積、一部は土石流となって溪流沿いの立木や土石を巻き込みながら下流へ流下。	多量の雨水が凹地形に集中し土壌の飽和を伴い深部へ浸透し立木根系より深い部分で崩壊。または凹地形に集中した水に土砂等の堆積物が侵食されて土砂流となり河床・溪岸の侵食を伴いながら下流に流下。 ※詳細は調査中

参考6 台風19号による降雨の地域間比較

県西部に位置するアメダス観測地点（図8）の雨量データを用いて、令和元年の台風19号による降雨の地域間比較を行った。

総雨量は、箱根（1001.5mm）＞相模湖（631.0mm）＞丹沢湖（542.0mm）の順に大きい。年間雨量（平均）に対する総雨量の割合は、相模湖＞箱根＞丹沢湖の順に大きく、相模湖の総雨量631mmは、同地点の平年の年間雨量の38%に相当する（図9）。

また、台風19号による降雨規模の目安として、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による平均再現年※2を示した（表3）。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。

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る（図10）。

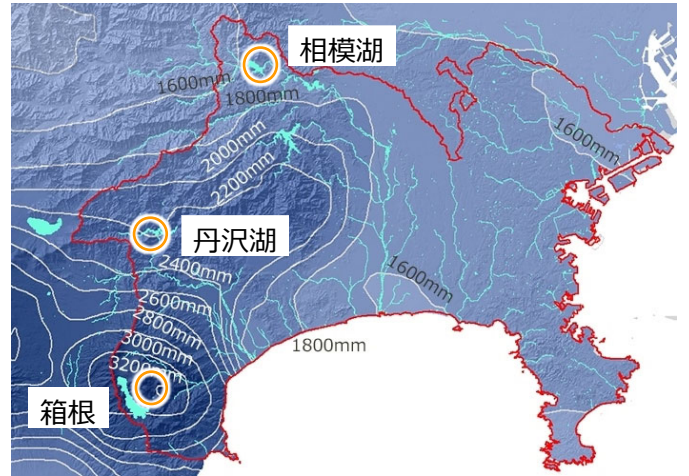


図8 県西部のアメダス観測地点と年間雨量分布
気象庁メッシュ平年値2010のデータを用いて、平年の年間雨量の分布図を作成したもの。正確には降水量であり雪等も含む。

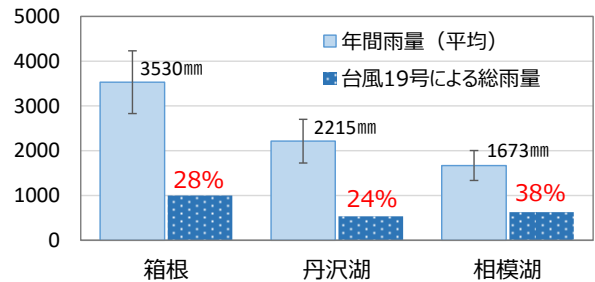


図9 年間雨量（平均）と台風19号による総雨量
年間雨量は正確には年間降水量であり、雪等も含む。
年間雨量（平均）は、1976年から2019年の平均値。

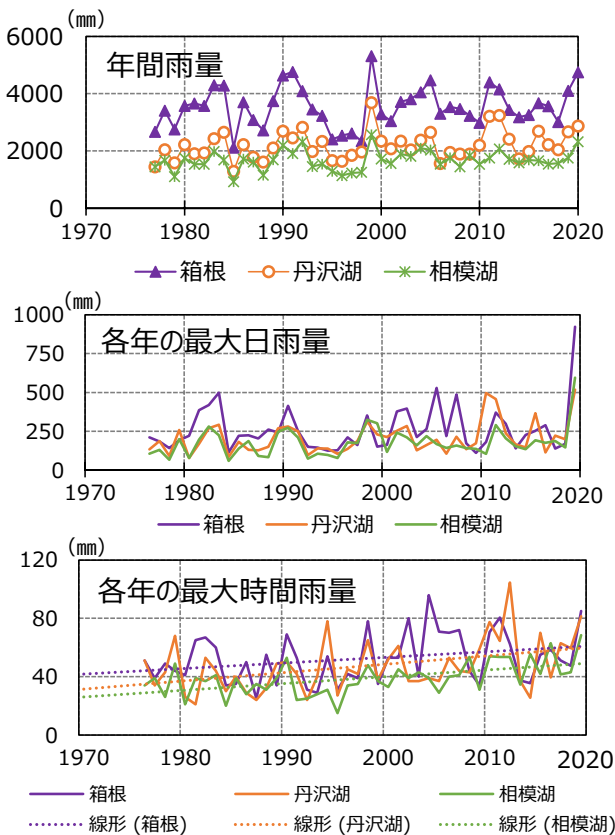


図10 地点ごとの年間雨量、最大日雨量、最大時間雨量の推移

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。

表3 台風19号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24時間 雨量	942.5mm 148年	526.5mm 86年	603.5mm 313年
最大12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。

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（小仏山地、丹沢山地、箱根外輪山）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）。

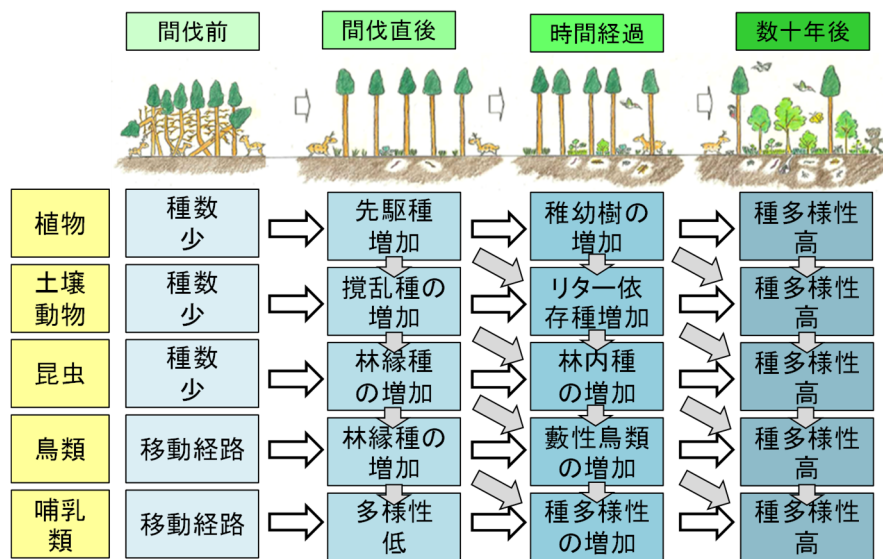


図 1 間伐に伴う林相と予想される生物群の変化

(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（色を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期水源施策期間					第3期水源施策期間				
	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3
小仏山地		予備調査	1回目調査			2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
箱根外輪山			1回目調査			2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) 令和元年度までの主なモニタリング成果

- 令和元年度は、平成 30 年度末時点で 2 時点のデータが得られた小仏山地と箱根外輪山の調査を中心に、モニタリング結果の中間とりまとめを行った。
- 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、林床植生は弱度間伐であっても緩やかに増加（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。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。
- 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。
- 中大型哺乳類の生息状況に関しては、確認された種は前回調査とほぼ同じで、シカの撮影頻度が最も多く、全般に夏季に水源林を多く利用していた。
- 哺乳類と間伐や林分構造との関係については、これまでのデータからは関係性は見出されておらず、今後は、下層植生回復による哺乳類への影響等に焦点を絞ることが必要と考えられた。
- 小仏と箱根外輪山における 2 巡目の追跡データを解析したところ、ミミズ類と昆虫類、鳥類ともに年変動や調査時の天候による影響が予想以上に大きく、単純に 2 時点のデータを比較することは困難なことがわかった。

(5) 課題

令和元年度で2巡目の調査が終了したので、哺乳類相調査等の補完調査を実施し、2時点のデータの比較を行い、これまでの知見を解析・整理するとともに、野ネズミを指標とした小哺乳類への影響などを調べて、森林整備の森林生態系へのカスケード効果を明らかにできる調査の頻度や時期、内容の改善について検討していくことが課題である。（補完調査を実施予定）

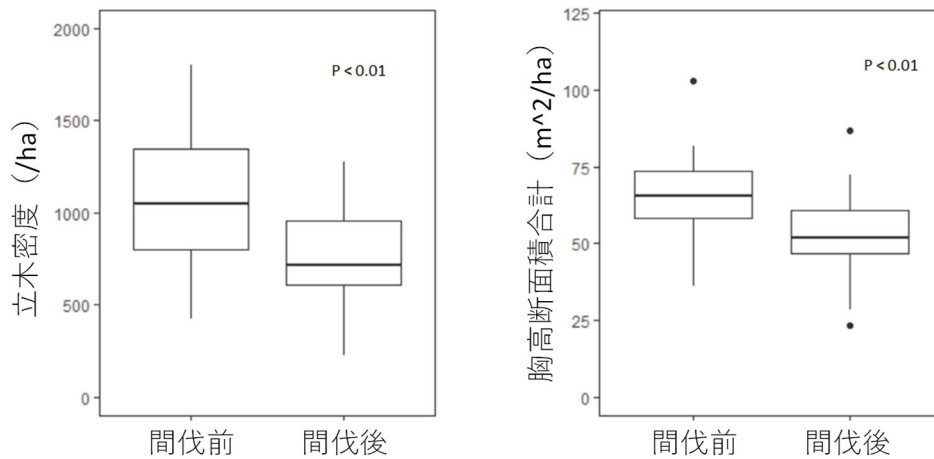


図3 水源林の間伐前後のスギ・ヒノキ成立密度（左）と胸高高木層胸高断面積合計の変化（右）

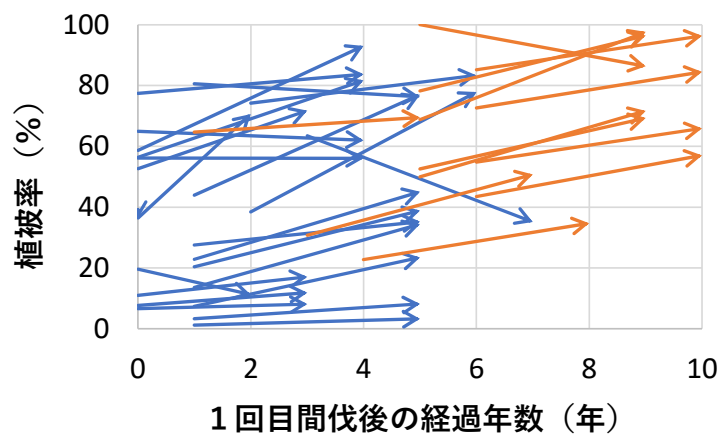


図4 1回目間伐後の経過年数と植被率および植物種数の関係（小仏山地と箱根外輪山）
矢印は1巡目→2巡目の推移を示し、青色は2巡目までに1回間伐、オレンジ色は2回間伐

森林の保全・再生対策にかかる効果検証内容とこれまでの進捗状況(令和2年度時点)

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。

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)

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				令和元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)	水源かん養機能 (窒素の低濃度維持)	
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 ブナ林再生(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) ブナ林(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、 △鳥類・哺乳類の多様性)				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ー供給による人工林の土壌動物 等の多様性への影響示唆。 鳥類や哺乳類を評価する場合は、長期・広域検証の必要性 示唆。小型哺乳類に着目した検証を検討。
	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。
小流域 (5ha～ 100ha)	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 水の濁り(浮遊土砂量) の減少)	△ (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。
							◎ (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)	水循環モデル予測解析	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。 。