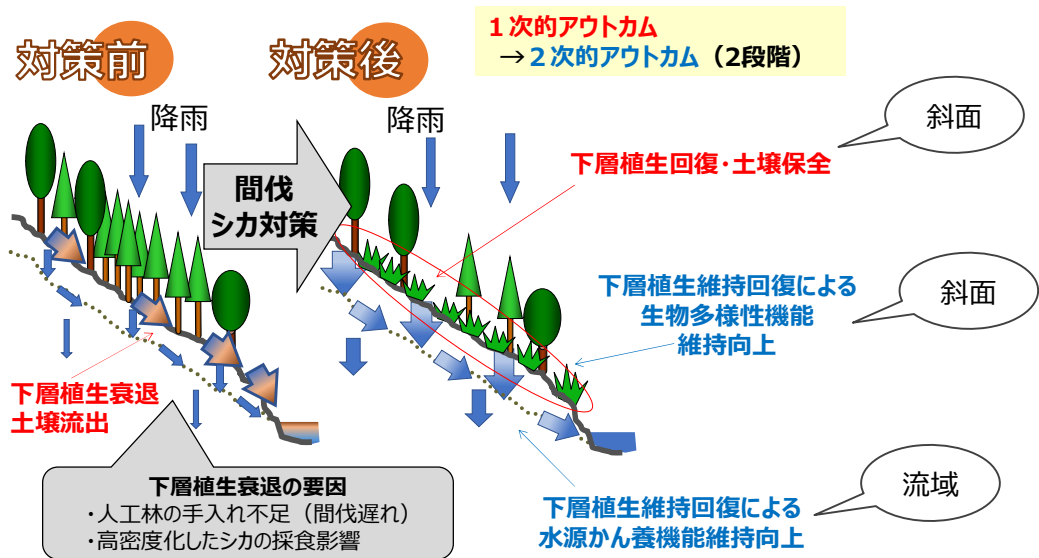


## 令和3年度モニタリングの調査結果（自然環境保全センター）

## (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) 森林における下層植生回復の重要性（斜面スケールのモニタリングの結果）

## 1. 土壌侵食防止・土壌保全

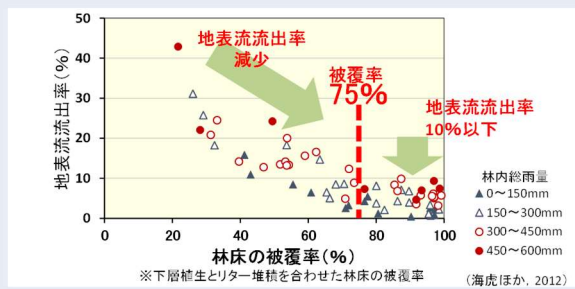
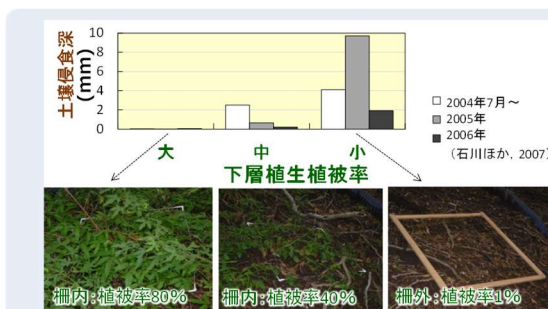
- 下層植生衰退箇所、かつてのはげ山と同レベルの土壌侵食観測（図1）。
- 下層植生の植被率8割以上では土壌侵食はほとんど発生しない。
- 短期的には落葉被覆でも土壌保全可。下層植生あると年間通した土壌保全。
- 斜面の土砂生産量は、低木種斜面<草本種斜面<裸地斜面の順に少ない。

## 2. 地中への雨水の浸透

- 下層植生と落葉により75%以上被覆されると雨水の9割以上が浸透（図2）。

## 3. 土壌の物理性の回復

- 土壌密度と根系量が関係し、根系量増加に木本種の増加が寄与。



### (3) 施策の効果を示す指標（指標①）による第3期までの暫定評価

間伐や植生保護柵などの整備地では下層植生は増加傾向であるものの、水源地域全体の定点調査地点における下層植生植被率（中間評価の指標①）の推移は、2期から3期にかけてやや減少傾向となった（図3）。地区別にみると丹沢高標高では植被率増加、一方箱根では大部分が減少、小仏と丹沢中標高人工林ではほとんど変化のない地点も多いが減少地点も比較的多くなっていた（図4）。丹沢高標高では事業による効果、箱根や小仏では近年のシカの生息拡大による影響が下層植生にも及んでいるためと考えられる。しかし、地域・林分ごとに立地環境や植生タイプ、森林履歴等が多様であることから、効果的な事業展開につなげていくためには、モニタリング結果のよりきめ細かい分析も必要である。

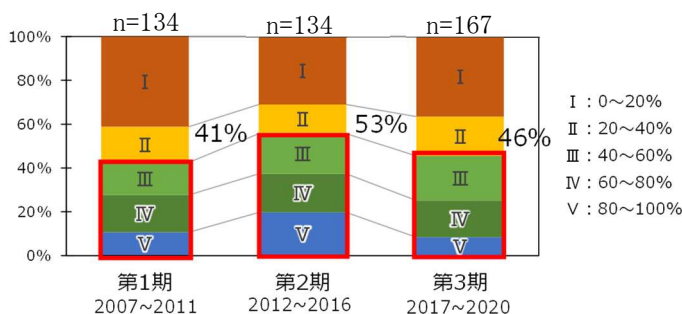


図3 植被率が高い（40%以上）森林の割合  
（施策の効果を示す指標①）

※高さ0~1.5mの植被率 ※第3期は暫定値(n=167)

※指標については、総合的な評価（中間評価）報告書を参照。  
<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pb5/ent/f7006/p1230000.html>

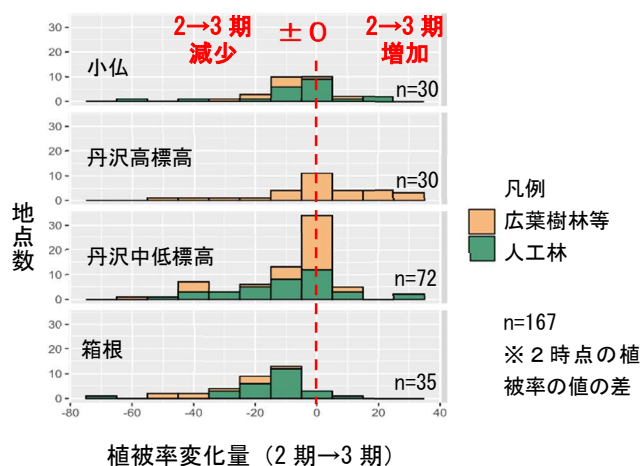


図4 第2期から第3期の植被率の変化量の分布

### (4) 水環境モニタリング（森林）における2次的アウトカムの評価方法

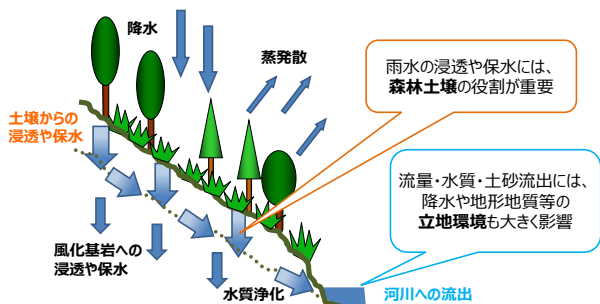
評価対象の機能 (2次的アウトカム)	現時点での評価の 考え方	評価対象事業 の範囲	評価手法 (調査方法)	評価スケール
森林の水源 かん養機能 (H19~)	事業による下層植生維持回復効果（一次的アウトカム）の水・土砂流出への影響を把握し、水源かん養機能への効果を評価。	特別対策事業 (1~5番)	土壌侵食量調査	斜面 (林分)
			対照流域法調査	試験流域 (小流域)
		施策大綱事業	水循環モデル 予測解析	水源林地帯 (ダム上流域)
生物多様性 保全機能 (H25~)	事業による下層植生回復と植生、土壌動物を始めとした生物相の多様性を把握し森林生態系の健全性を評価。土壌調査から水源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

# 対照流域法調査の概要

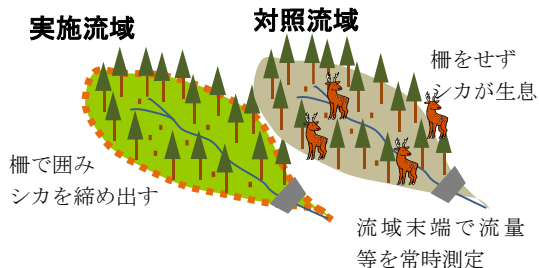
## 1 取り組みのねらい

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。



### 森林の水源かん養機能のしくみ（水循環）

山地に森林があると洪水抑制・渇水緩和・水質浄化の機能が発揮される。これは、降った雨がいったん地中に浸透してから時間をかけて流出するため。



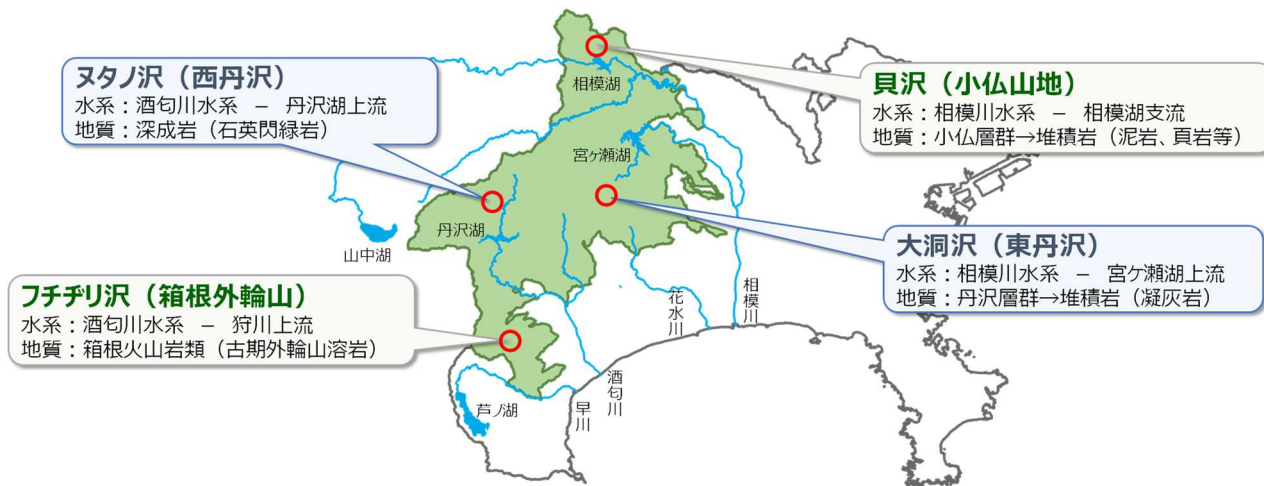
### 試験流域における事業効果検証（丹沢の例）

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3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。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。さらに低木層の発達した斜面では草本層や裸地の斜面よりも土砂生産量は少なく、特に斜面長が長いと違いが顕著であった。
- ・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。
- ・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。蒸発散量の変化を既往研究から仮定し間伐による効果を検討したところ、間伐に伴い総流出量は増加するが渇水時の流出増加には大きくは寄与しないこと等が示唆された。

#### (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) 施策評価の背景となる水循環の実態や変動

- ・降水量の時系列変化では、水源施策の期間中、特に第3期5か年期間において大雨が頻発していた。また、地域による降水量の差は大きく源流の流量にも反映していた。
- ・トレーサー手法も活用し試験流域の水流出特性を調べ、地質による流出機構の違いが明らかになった。
- ・航空レーザ計測の成果も活用し、令和元年東日本台風の豪雨による森林斜面の崩壊発生機構や台風後の崩壊地分布特性を把握した。
- ・令和元年東日本台風の影響により大規模な河床かく乱が発生したフチジリ沢試験流域において、台風後の水生生物の回復過程を確認した。



## 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）。

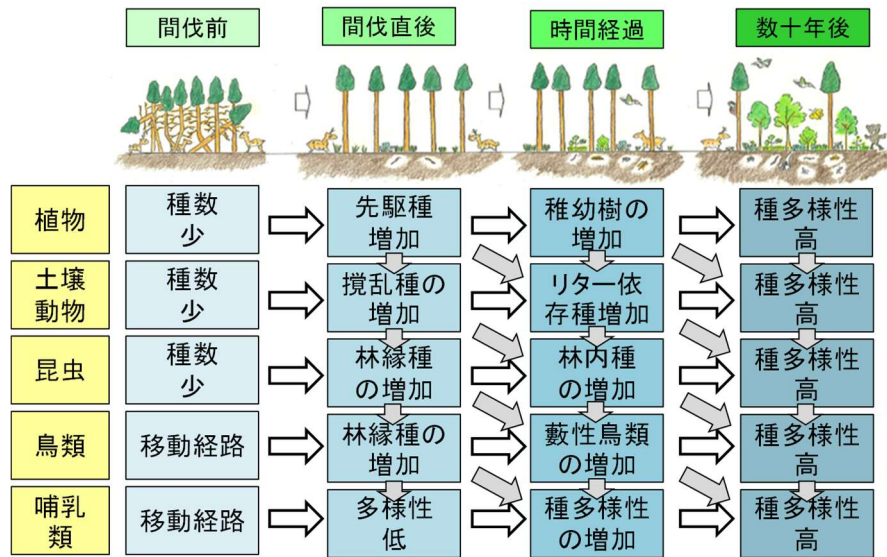


図 1 間伐に伴う林相と予想される生物群の変化

### (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

山域	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			補足調査・総合解析	2回目調査			補足調査・総合解析		3回目調査	補足調査	補足調査・総合解析	補足調査・総合解析	最終とりまとめ
丹沢山地			1回目調査				2回目調査		総合解析			3回目調査			
箱根外輪山		1回目調査				2回目調査					3回目調査	補足調査			

※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3年度までの主なモニタリング成果

- 令和3年度は、第3期までの2時点のデータについて中間とりまとめを行うとともに、令和2年度に引き続き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）。

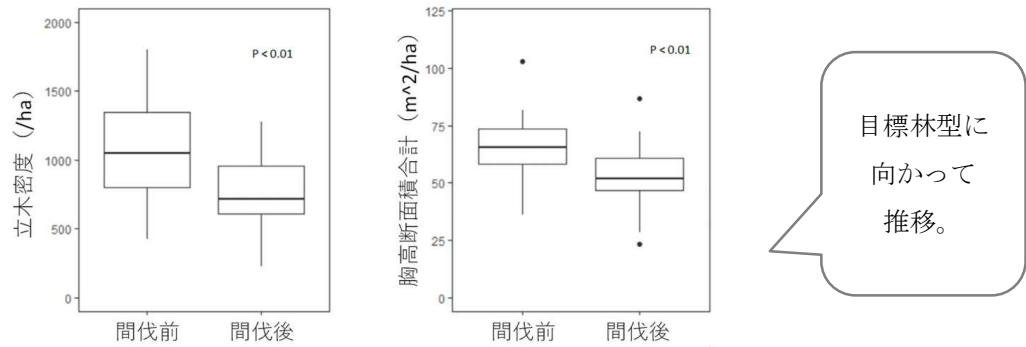


図3 水源林の間伐前後のスギ・ヒノキ成立密度（左）と高木層胸高断面積合計の変化（右）

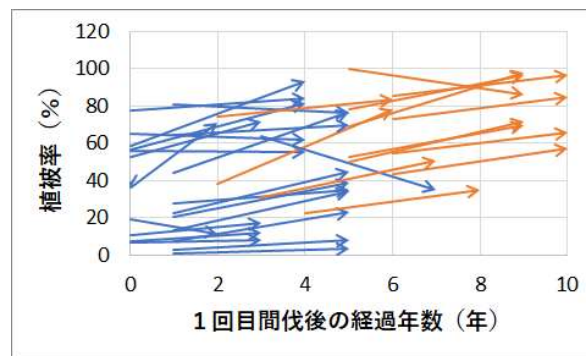


図4 間伐後の経過年数と植被率の関係（小仏と箱根）

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

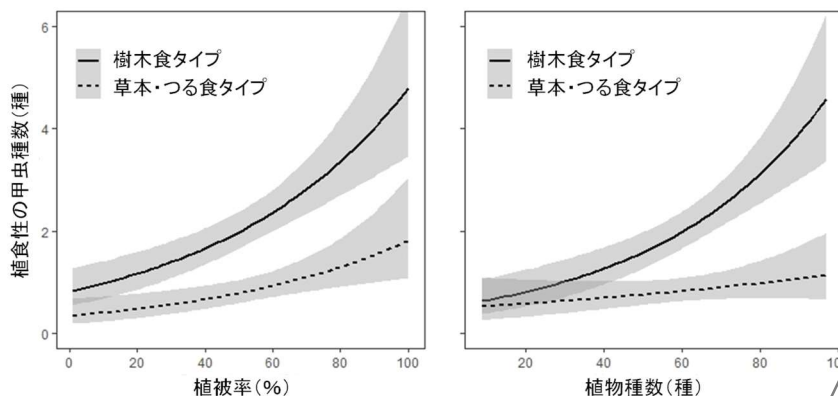


図5 林床植生の植被率および植物種数と植食性甲虫（ハムシ・ゾウムシ）の種数との関係

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%

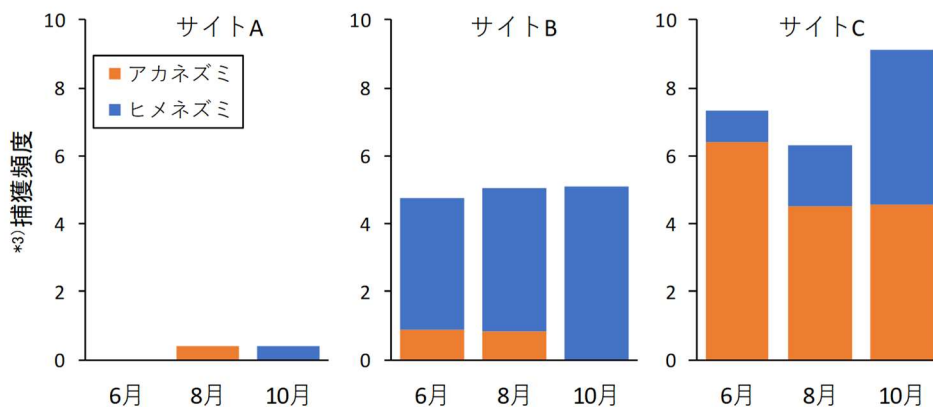


図6 林床植生が異なる水源林調査地（人工林、林床植生量が少/中/多）における野ネズミの捕獲頻度（令和2年度調査結果）

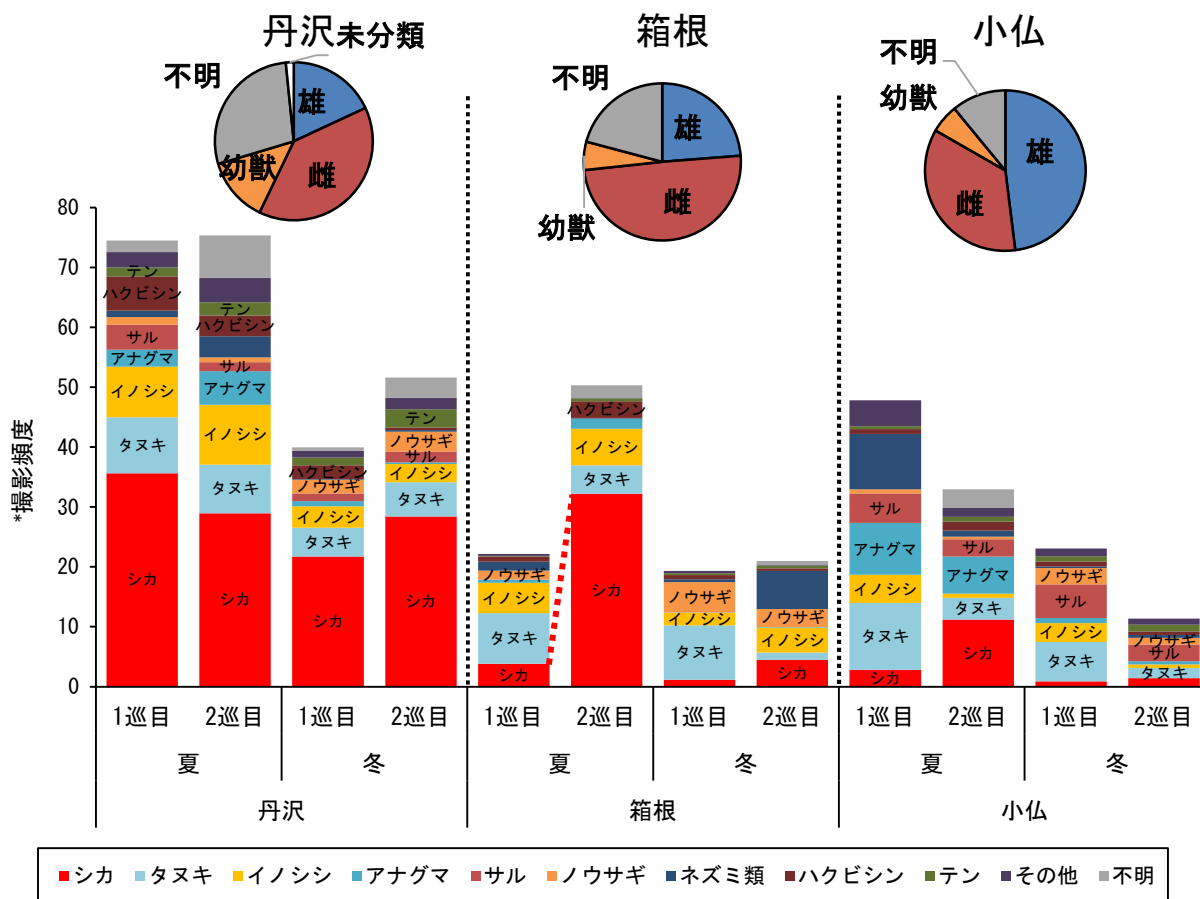
- \*1 種数：2×2m のコドラート 10 個で出現した植物種数
- \*2 植被率：10 個のコドラートの植被率の平均値
- \*3 捕獲頻度：100 トラップ・ナイトあたりの野ネズミ捕獲個体数

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。

※ある種の野ネズミ（エゾヤチネズミ等）は、植栽木を食害する林業害獣として知られているが、アカネズミやヒメネズミではそのような被害は少ないとされている。逆に、混交林化を目指す森林においては、ドングリ等の種子散布者としての役割を担い、テン・イタチ・フクロウなどの重要な餌となることから、生物多様性保全機能の観点からはプラスの評価としている。





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。