

森林のモニタリング調査（平成 27 年度実績・平成 28 年度計画）

(1) 森林のモニタリング調査のねらい

◆施策効果を県民に分かりやすくしめす

→施策評価の統合的指標である①水源かん養機能の改善、②生態系の健全化（生物多様性機能の改善）の検証と情報提供

◆順応的管理により柔軟に施策を推進するための科学的知見を得る

→各機能の劣化・改善メカニズム解明や現況評価

(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	森林整備等の事業による 下層植生の回復（一次アウ トカム）の、降雨時の地表 流出量や土壌流出量など の水源涵養機能（二次アウ トカム）への影響を具体的 に解明。	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)
生物多様性機能	林分単位での下層植生や 土壌動物等生物多様性に 及ぼす森林整備の効果（一 次アウトカム）と、山城単 位での森林生態系の健全 性や生物多様性機能（二次 アウトカム）の総合評価	特別対策事業 (1～5 番)	森林生態系 効果把握調査	林分
		施策大綱事業	多様性の 総合解析	山城 (小仏山地 丹沢山地 箱根外輪山)

(3) 平成 27 年度実績と平成 28 年度計画 ※詳細は次頁以降

① 対照流域法等による森林の水源かん養機能調査

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では、植生保護柵を設置した小流域内の下層植生回復がさらに進んでおり、水流出の変化についても引き続き検証していく必要がある。また、丹沢山地以外における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では、特に貝沢において、平成 28 年度に 2 回目の森林操作（間伐等）を行って、検証を継続する計画である。

② 森林生態系効果把握調査

平成 27 年度は丹沢山地の 32 林分で植物から大型哺乳類までの各分類群を調査するとともに、過年度までの小仏山地と箱根外輪山のデータもまとめて各分類群の種数や個体数に及ぼす森林整備の効果を検討した。森林整備との関連がみられた分類群は植物であり、ミミズ類とササラダニ類、林床性昆虫は林床植生植被率や種数と関連があった。鳥類と哺乳類では森林整備との明瞭な関連はみられなかった。以上の結果から、森林整備によりまずは林床植生を増加させることが森林の生物多様性にとっても重要であると考えられた。平成 28 年度は小型哺乳類の補足調査を行い、過年度までのデータを総合的に解析する。

対照流域法等による森林のモニタリング調査（H27実績・H28計画）

1 取り組みのねらい

水源環境保全のため実施される各事業の効果を検証するため、試験流域を設定し、対照流域法等による施策効果検証モニタリングを行う。この調査は、水源の森林エリア内の4か所に試験流域を設定し、実験的に森林の整備を行い、その前後や内容の違いによる水収支や水質、土砂流出、動植物相の変化・差異などについて長期的、時系列的に解析し、整備の効果について定量的、定性的に把握する。

また、より広域的な水源涵養機能の評価を行うため、試験流域等の実測データを用いて、水源地域を包括する水循環モデルを構築し、各種対策の評価や将来予測のために解析を行う。

2 第2期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく実施スケジュール

第1期5か年に、県内4ヶ所の試験流域の選定と観測施設整備が完了し、観測を開始した。

第2期では、各試験流域の水源林の課題に応じて設定した「モニタリングのねらい」に従って順次森林操作（対照流域試験のための森林整備等）を行い、検証のための事後モニタリングを開始。短期的に現れる効果を検証している。

第3期は、第2期に実施した森林操作の効果検証を継続するとともに、大洞沢や貝沢などの一部の試験流域においては、2回目の森林操作（1回目とは異なる内容）を行い、森林資源活用や混交林化等の今後の水源林の動向を見据えた検証を計画している。

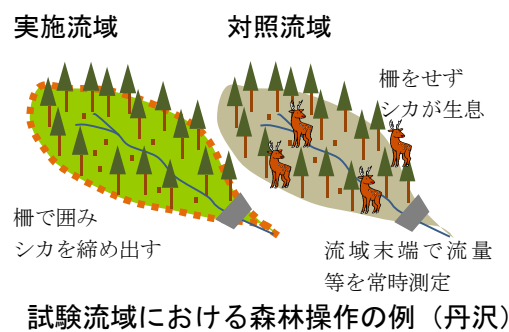
対照流域法等による森林のモニタリング調査 実施スケジュール

	H19～23 (2007～2011)	H24 (2012)	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29～33 (2017～2021)	H34～38 (2022～2026)
施策スケジュール	第1期実行5か年計画	第2期実行5か年計画					第3期 5か年計画	第4期 5か年計画
対照流域法等による モニタリング調査	試験流域の設定と 事前モニタリングの開始	対照流域法における整備の実施と事後モニタリングの開始					モニタリング継続	モニタリング継続
東丹沢 (大洞沢)	H19事前検討、H20施設整備・ 観測開始、H23植生保護柵設置	・事後モニタリング					・間伐、搬出	
小仏山地 (貝沢)	H20事前検討、 H21施設整備・観測開始	・事前モニタリング ・間伐、搬出	・事後モニタリング				・間伐	
西丹沢 (又タノ沢)	H21事前検討、 H22施設整備・観測開始	・事前モニタリング	・事前モニタリング ・植生保護柵設置	・事後モニタリング				
箱根外輪山 (フチヂリ沢)	H22事前検討、 H23施設整備・観測開始	・事前モニタリング	・事前モニタリング	・事前モニタリング	・事前モニタリング		必要に応じて整備	
水循環モデル	広域/小流域水循環モデル構築、 一部シナリオ解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析
成果	年度ごとの成果取りまとめ 中間とりまとめ(H22)	第1期成果取りまとめ (センター報告)	(内部検討)	第2期評価のため の成果とりまとめ	第2期評価の 成果公表	第2期とりまとめ	10年後の結果	15年後の結果

3 各試験流域の概要

4か所の試験流域は、地質等の自然条件やシカ影響等の水源林の課題が異なることから、これらの各試験流域の自然特性を踏まえてモニタリングのねらいを設定した。

図中番号	試験流域	自然特性等	モニタリングのねらい	観測開始	実施流域の森林操作内容
①	東丹沢 「大洞沢」	宮ヶ瀬湖上流、 新第三系丹沢層群 人工林、シカ影響	シカ管理と人工林管理 の効果を検証する	H21	植生保護柵 (流域N03：H23.3実施)
②	小仏山地 「貝沢」	相模湖支流、 小仏層群（頁岩） 人工林	水源林整備の効果を 検証する	H22	群状間伐・木材搬出 (流域1：H24.12実施)
③	西丹沢 「ヌタノ沢」	丹沢湖上流、 深成岩（石英閃緑岩） 広葉樹、シカ影響	シカ管理を広葉樹整備 の効果を検証する	H23	植生保護柵 (A沢：H26.4実施)
④	箱根外輪山 「フチヂリ沢」	狩川上流、 外輪山噴出物、 人工林	当面は、当該地域の基 本的な水源環境の特性 を把握	H24	※今後必要に応じて具体化



2つの流域の一方で整備を行い、整備の前後や整備をしない流域との水や土砂の流出の違いを検証する。

4 モニタリング項目

基本的な項目は統一しながらも、各試験流域のねらいに応じて項目を設定している。

	大洞沢 (東丹沢)	貝沢 (小仏山地)	ヌタノ沢 (西丹沢)	フチヂリ沢 (箱根外輪山)
事前環境調査	地形データ整備、森林・植生・土壌調査、地下水頭調査 ※植生は事後モニタリングも実施			
常時観測(気象)	気温・雨量・風向風速、日射			
常時観測(水文)	水位・水温・濁度			
事前・事後 モニタリング	水収支(流量実測、林内雨・樹幹流測定、地下水位変動、土層厚等) 水質(降水・河川水・林内雨・土壌水)	水収支(流量実測、地下水頭、土層厚等) 水質(河川水・林内雨・土壌水、湧水等)	水収支(流量実測、地下水位変動、土層厚等) 水質(降水・河川水・湧水)	水収支(流量実測、地下水位変動、土層厚等) 水質(河川水)
	土砂動態(地表面被覆分布、土壌侵食深、土砂生産・移動・流出・湧水等)	有機物動態(落葉の供給・移動・河川流入・分解)	土砂動態(地表面被覆分布、土壌侵食、土砂流出等)	土砂動態(渓流土砂移動状況)
	付着藻類・底生動物	付着藻類・底生動物	付着藻類・底生動物	付着藻類・底生動物
事前・後モニタリング (広域)	多地点一斉流量観測(渇水期・豊水期、5年ごとなど)・平水時渓流水質(5年ごとなど)			

5 平成 27 年度の主な検証結果

(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涵養機能改善の検証

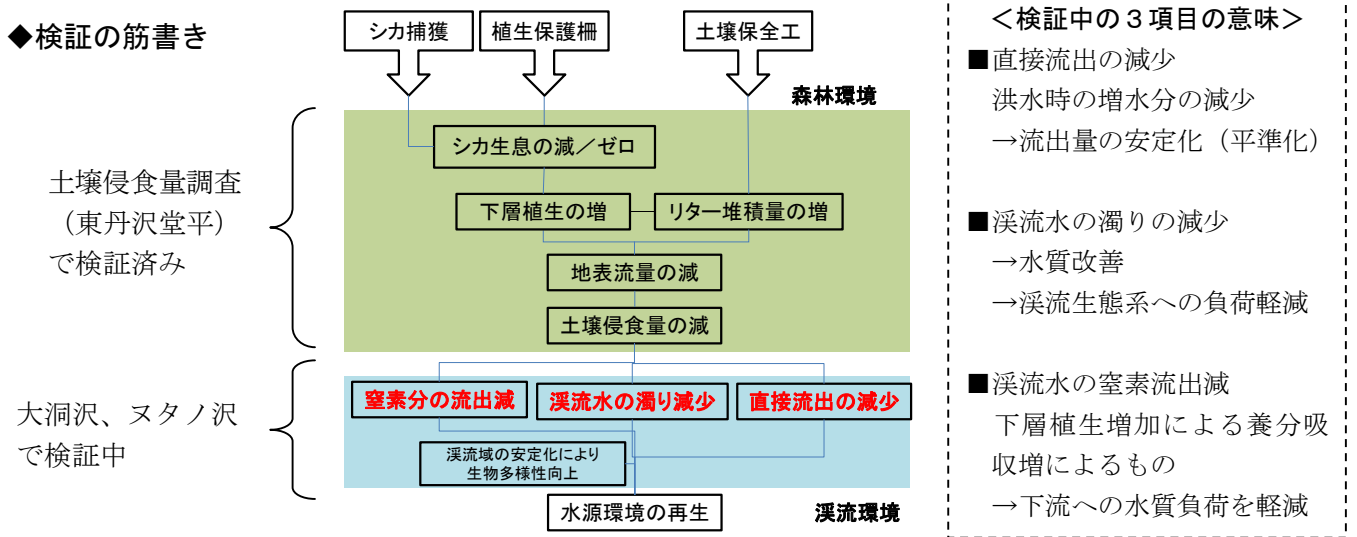
試験流域：東丹沢大洞沢（H21 観測開始、H24.3 植生保護柵完成）

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：片方の流域を植生保護柵で囲みシカを排除して下層植生を回復させる

（下層植生の回復した流域と下層植生の衰退したままの流域で比較調査）

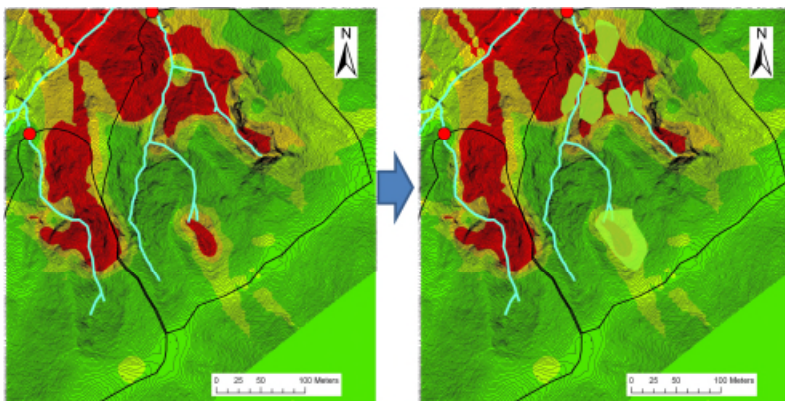
◆検証の筋書き



◆大洞沢における主な検証結果（H27）

① 下層植生の回復

植生保護柵を設置した流域内は、一部で裸地の植生回復がみられるとともに、植生（不嗜好性植物）のある箇所では、年変動があるものの植生現存量（バイオマス）が増加した。

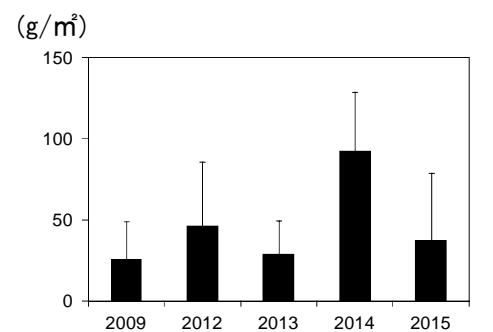
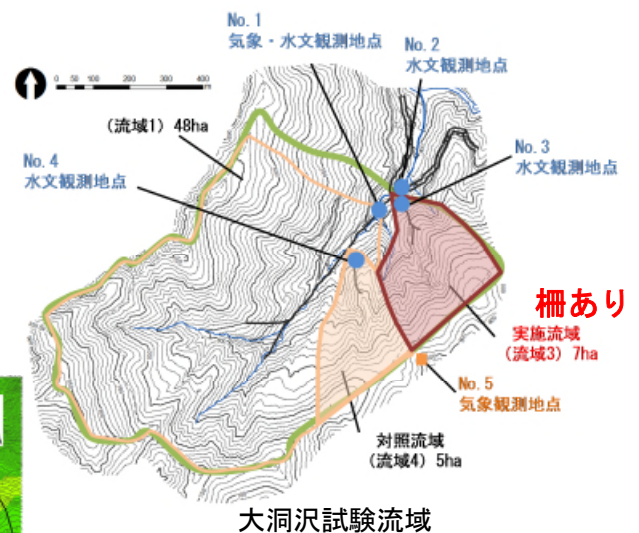


大洞沢試験流域の柵内の植生被覆分布の変化（2009-2015）

図中の赤：裸地⇔図中の濃緑：下層植生による林床被覆 80%

※流路沿いにパッチ状の植生回復箇所あり

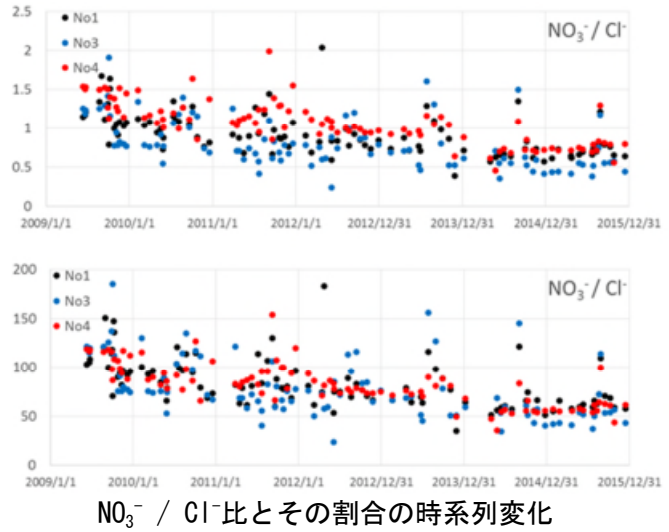
※上流部の表層崩壊裸地の植生回復



定点プロットの植生現存量の推移

② 水質の変化

渓流水質（平水時）の硝酸態窒素濃度の2009～2015年の時系列変化では、柵の有無にかかわらず流域 No1、No3、No4の全てで濃度が低下していたが、柵内の流域 No3 で他の2流域に比べて特に低下率が大きかった。植生保護柵設置により渓流水の硝酸態窒素濃度が減少している可能性も考えられ、今後も継続して変化を把握する必要がある。



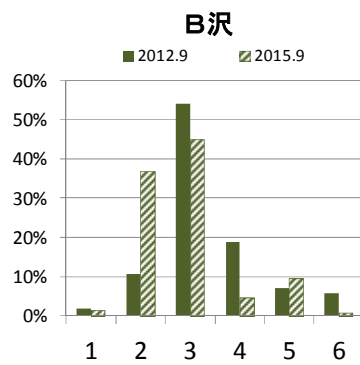
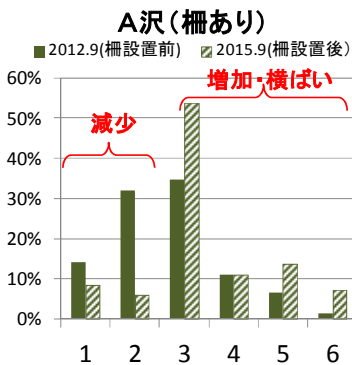
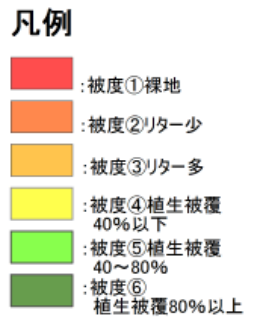
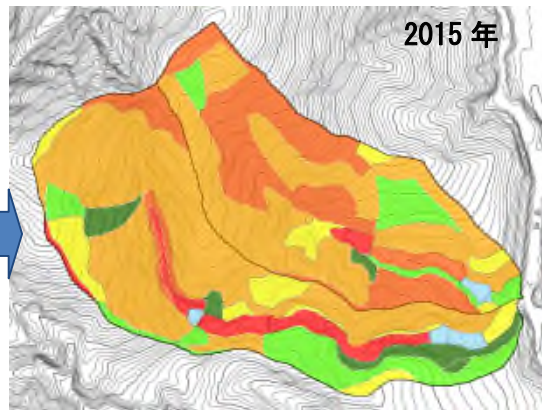
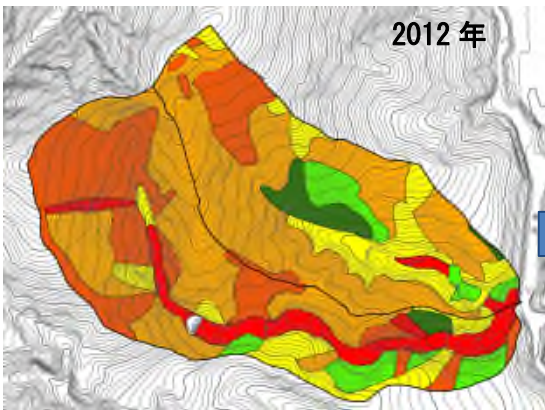
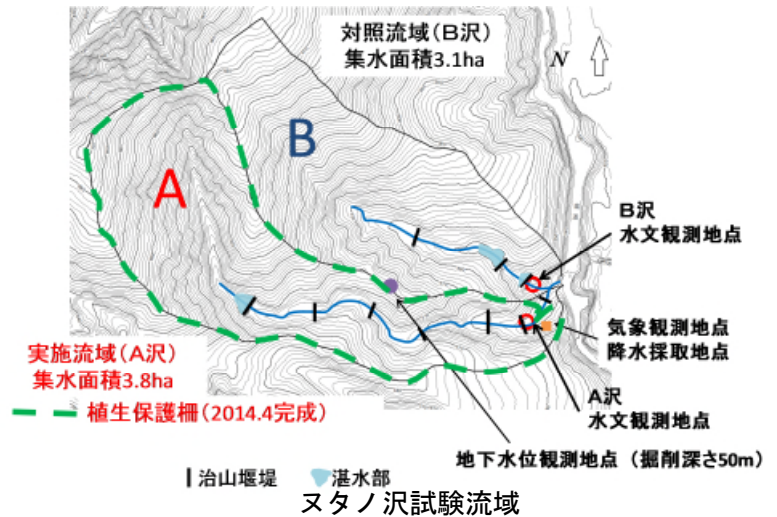
◆ヌタノ沢における主な検証結果 (H27)

① 下層植生の回復

植生保護柵を設置した流域内は、一部で下層植生による被覆が増加し、下層植生は回復傾向にある。

② 流出量の変化・水質・濁り等の変化

2012～2015年のデータを用いて現在解析中であり、現時点で柵の設置前後や柵の有無による明瞭な違いは得られていない。



※流域内の林床被覆を6ランクで評価し、2012時点の分布と比較したところ、植生保護柵を設置した流域内では、裸地とリター少に区分されるエリアの面積が減少し、リター多・植生被覆 40～80%・植生被覆 80%以上に区分されるエリアの面積が増加していた。

ヌタノ沢試験流域の柵内の植生被覆分布の変化 (2012-2015)

(2) 適切な水源林管理による人工林の水源涵養機能保全の検証

試験流域：小仏山地貝沢（H22 観測開始、H24 水源林整備実施、H28 整備予定）

箱根外輪山フチヂリ沢（H24 観測開始、流域特性把握中）※森林操作については未調整
 森林操作内容：間伐（群状・定性）、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

◆貝沢におけるモニタリングのねらい

貝沢の特徴

- ・丹沢と比べてもともと土砂の流出が少ない
- ・現状ではシカは少なく植生劣化はみられない
- ・平成9年度から水源林の確保が進められ、人工林が良好に管理されている。

モニタリングのねらい

適切な水源林の管理による水源かん養機能保全効果を科学的に検証（シカの影響の大きい丹沢山地との比較も行う）

<短期的検証>

一般的には、森林整備に伴い、水の濁り（地表のかく乱による土壌流出）や渓流水質の窒素濃度の上昇など、下流への一時的な負の影響がみられる。貝沢では、平成24年度の流域1の間伐・木材搬出の際に、溪流沿いのかく乱を避けるなどの配慮を行い、整備に伴う一時的な負の影響を抑制できることを検証。

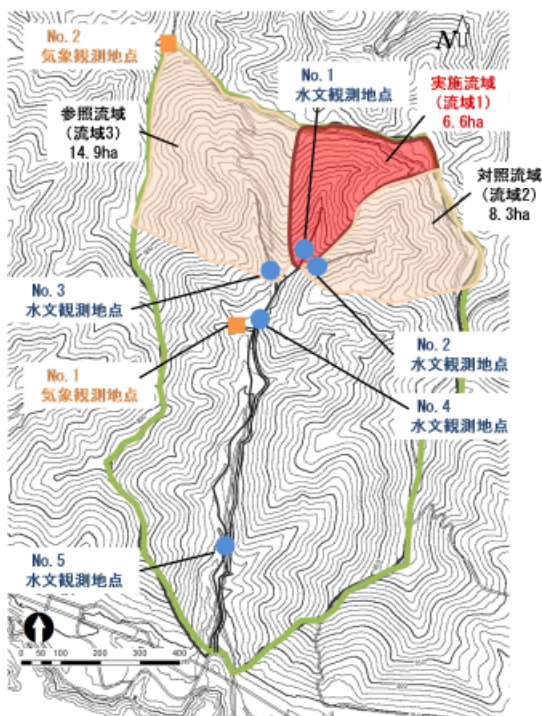
<中長期的検証>

水源林契約に基づく適切な整備や目標林型への誘導によって、森林が良好な状態に維持され、水源かん養機能も維持されることを検証。（適切な水源林管理によって悪くなることはない。丹沢との比較も。）

◆貝沢におけるモニタリングの内容

平成24年度に行った流域1の間伐・木材搬出による水量、水質、土砂流出などの短期的変化を検証。（整備をした流域1と整備しない流域2の比較、または、流域1の整備前と後を比較。）

平成28年度は、流域2の間伐等の整備（詳細は調整中）が計画されており、整備の前後を通して短期的な検証を行う。



貝沢試験流域

<平成24年度の流域1の整備内容>

- ・間伐（群状）5か所（20m×20m）
- ・間伐（定性）※群状間伐箇所以外は定性間伐
 ※流域全体での間伐率25%（本数割合）
- ・素材搬出（簡易架線使用）



貝沢の流域1の整備直後の溪流沿い（除伐・間伐をせずかく乱しないよう配慮）

◆貝沢における整備後3年目までの検証結果 ※いずれも2年目までの検証結果と同様

① 水の濁り（細粒土砂流出）の変化

一般的には森林整備に伴う地表のかく乱により一時的に水の濁りが増加するが、貝沢の整備の前後で各量水堰に設置した濁度計により水の濁り（細粒土砂の流出）を比較したところ、整備後に水の濁りは増加しなかった。

② 水質の変化

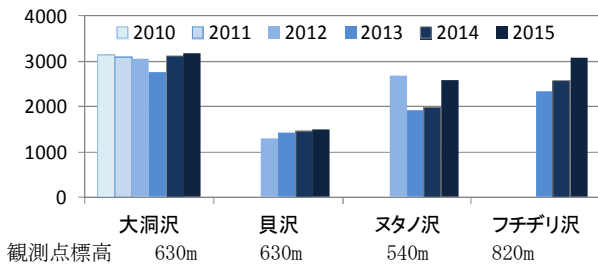
既往の研究事例では、人工林を間伐することによって渓流水質における窒素濃度が数年程度上昇することがわかっているが、貝沢で整備前後をとおして水質等の変化を検証したところ、整備後3年目までの渓流水の窒素濃度の変化はみられず反応が緩慢であった。

③ 流出量の変化

既往の研究から、森林を伐採すると（樹木の蒸散量が減るために）流出量が増加することが明らかになっているが、間伐を行った流域1で間伐前後の流出量を比較したところ、年間60mm程度の流出量の増加がみられた。

(3)各試験流域の水環境の特性

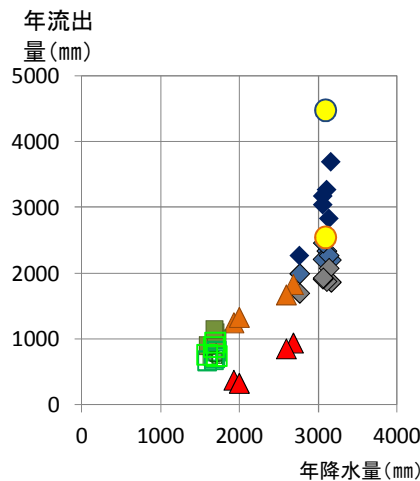
◆試験流域ごとの降水量



・年降水量は、試験流域ごとに差が大きく、最も多い大洞沢(平均3063mm)と最も少ない貝沢(平均1420mm)では2倍の開きがある。

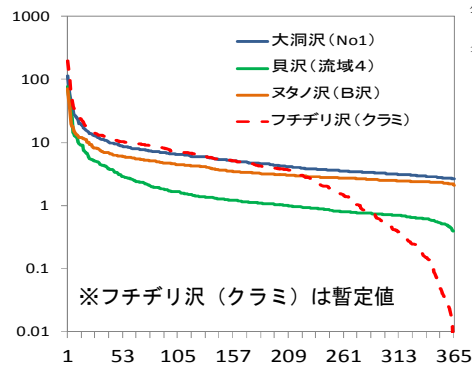
・酒匂川水系に属するヌタノ沢とフチヂリ沢の年降水量は、相模川水系に属する大洞沢と貝沢と比べて、年による変動が大きい。

◆試験流域ごとの水収支



- ◆ 大洞沢No1(2010-2015)
- ◆ 大洞沢No3(2010-2015)
- ◆ 大洞沢No4(2010-2015)
- ▲ ヌタノ沢(A)(2012-2015)
- ▲ ヌタノ沢(B)(2012-2015)
- 貝沢_流域1(2012-2015)
- 貝沢_流域2(2012-2015)
- 貝沢_流域3(2012-2015)
- 貝沢_流域4(2012-2015)
- フチヂリ沢(フチヂリ)2015 暫定値
- フチヂリ沢(クラミ)2015 暫定値

◆2015の流況曲線の比較



流況曲線：
年間の日流出量を多い順に並べたもの

・森林流域からの流出量は、大きくは降水量に対応しているが、各試験流域で流出の特徴は異なる。

・貝沢は、降水量が少ないため流出量も少ないが、4つの小流域で水流出の差が小さく、試験流域全体の水流出が比較的均一であると考えられる。

・大洞沢、ヌタノ沢、フチヂリ沢は小流域ごとのばらつきが比較的大きく、試験流域一帯における地下構造や岩質等の局所的な差異が影響していると考えられる。

6 平成 28 年度計画

① 事前・事後モニタリングの継続（試験流域 4 か所）

大洞沢とヌタノ沢で植生保護柵設置後（それぞれ 5 年目、3 年目）の効果を検証する。

貝沢では、平成 24 年度の水源地整備（流域 1）の事後モニタリングを継続しながら、平成 28 年度に予定されている水源地整備（流域 2）の前・後を通して短期的な検証を行う。

フチヂリ沢では基本的なモニタリングを継続し流域の特性を把握する。

② 貝沢の 2 回目の森林操作（H28）に対応した追加調査等の実施

水源地整備事業と連携して、平成 28 年度に予定されている流域 2 の整備内容に対応した検証内容を検討・調整し、追加調査（流域 2 内の新規設定プロットにおける各種計測など）を行う。

③ モニタリング結果の総合検討

既往の知見やデータも踏まえ、4 か所の試験流域で得られた知見やデータをもとにモニタリングの関係者による総合的な検討を開始する。検討にあたっては、水循環モデルによるこれまでの各種解析・検討の成果も活用する。

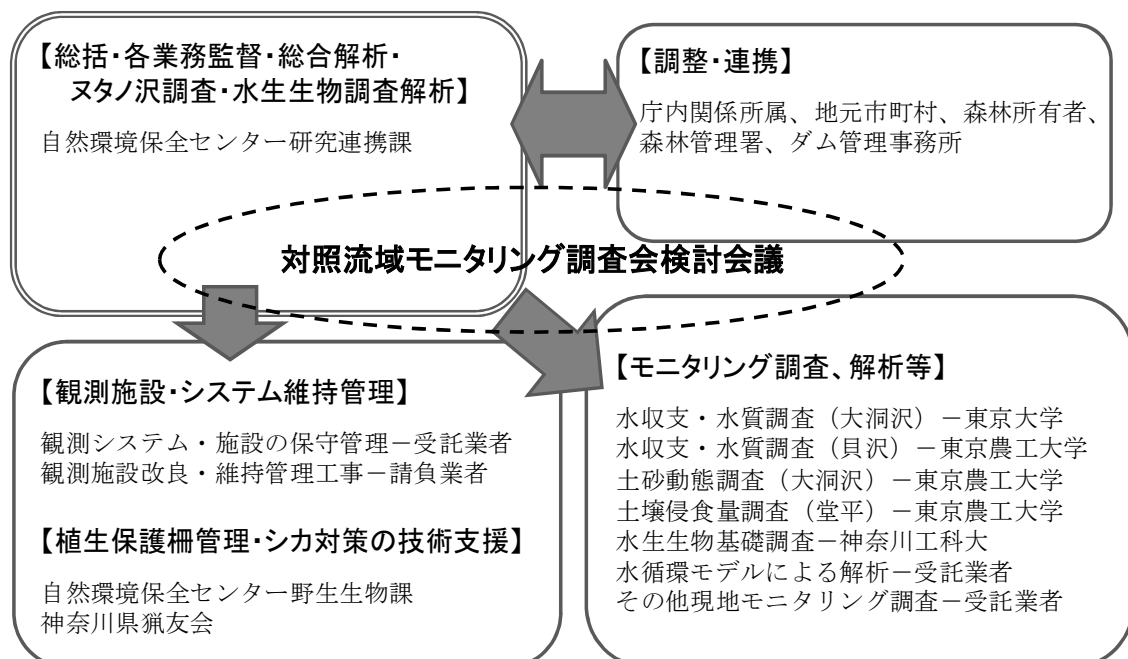
④ 対照流域法によるモニタリング調査のホームページの開設

県のホームページの中では、本モニタリング関係の情報の掲載箇所が分散していたため、新たに 1 箇所に集約したポータルサイトを開設し、掲載情報を順次追加する。

ポータルサイト：[http://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web taisho/mizu_top.html](http://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web_taisho/mizu_top.html)

7 平成 28 年度実施体制

大学等の研究機関や調査会社、庁内関係機関等と連携して実施する。



森林生態系効果把握調査（H27 実績・H28 計画）

1 背景

第1期かながわ水源環境保全・再生施策（水源施策）の終盤の県民会議において、「水源かん養機能に及ぼす森林整備の効果はなかなかわかりづらいが、生態系に着目すれば比較的短期間に整備効果がわかるのではないか」という意見が出された。施策調査専門委員会においても、水源施策の評価に「森林生態系」の視点を取り入れることが検討された。こうした提言を受けて平成24年度に2回学識経験者によるワークショップが開催され、「森林生態系や生物多様性の評価に関しては、網羅的に調査するのではなく、指標性の高い種群に限った方がよく、代表的な地域で代表種群を選定して行うことが重要である」と指摘された。そこで、それらの意見を踏まえて、平成25年度から森林生態系効果把握調査を実施している。

2 目的

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森林整備の効果を、林分および山域スケール（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、林分単位では森林整備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を評価する（図1）。さらに、林分単位の結果を山域全体の森林にあてはめることで、山域での森林生態系の健全性や生物多様性を総合評価する。

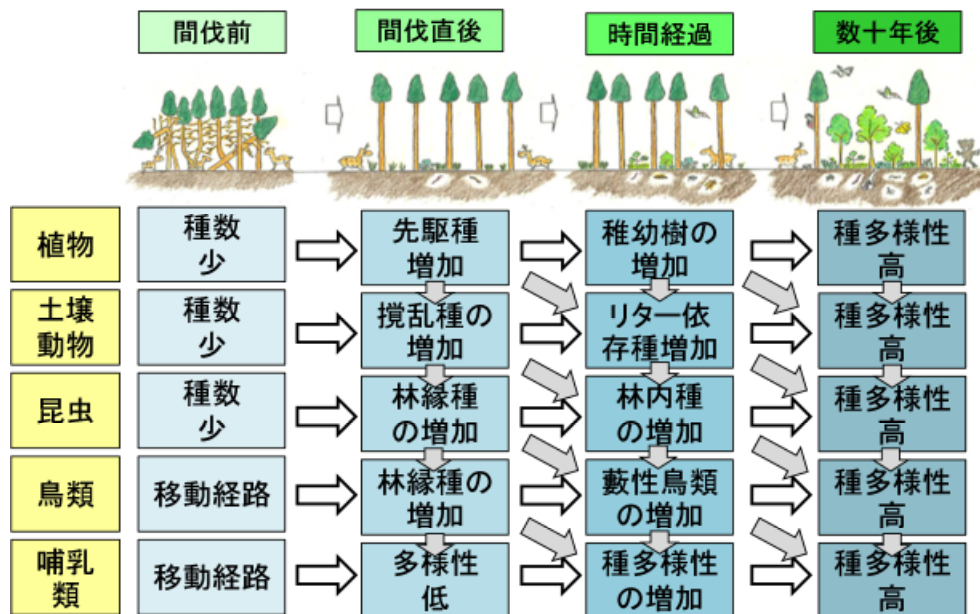


図1 森林整備に伴う林相と生物分類群の多様性の変化モデル

3 調査地の選定

- ・ 水源の森林エリアの中から、地質やシカの生息状況の差異を考慮して小仏山地と箱根外輪山、丹沢山地の3つの山域を対象地域とした。
- ・ 水源林として確保した森林のうち主要な契約形態である「水源協定林」について、スギ林、ヒノキ林、広葉樹林の3林相を対象とした。広葉樹林は対照区である。
- ・ 林相ごとに整備前と整備してからの経過時間による状態を評価するために、整備前（契約後未整備）と第1回整備後1～8年の場所を選定した。合計86地点である（表1）。

表1 山域ごとの調査林分数一覧

	スギ		ヒノキ		広葉樹(対照)		小計		合計
	整備前	後	整備前	後	整備前	後	整備前	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)

※丹沢山地における括弧内の数字は植生保護柵の調査地点数（内数）

4 事業計画

山域	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	H31	H32	H33	
小仏山地	予備調査		本調査			追跡調査					
丹沢山地				本調査					追跡調査		補足調査
箱根外輪山				本調査			追跡調査				
				総合解析					総合解析		総合解析

※丹沢山地ではシカの強い採食影響により植物への整備効果が発現されにくいことから、シカの少ない小仏山地と箱根外輪山を先に調査した。

5 H27までの成果

- ・林分単位では森林整備と関係のある分類群を明らかにできた。
- ・森林整備と直接に関係のあった分類群は植物であった。
- ・植物と直接に関係のあった分類群は土壌動物（ミミズ類、ササラダニ類）と林床性昆虫であった。すなわち、これらの分類群は植物を介して間接的に森林整備と関係がある（図2）。
- ・鳥類と哺乳類については森林整備との関係を見いだせなかった。
- ・広葉樹林に多く出現する種が存在した分類群はササラダニ類と林床性昆虫、鳥類であった。例えば鳥類ではコゲラやイカルが広葉樹林に多かった。これらの種は針広混交林化の指標になる。
- ・哺乳類では森林整備との関係は見いだせなかったが、山域の哺乳類相（ファウナ）の特徴を把握できた（図3）。

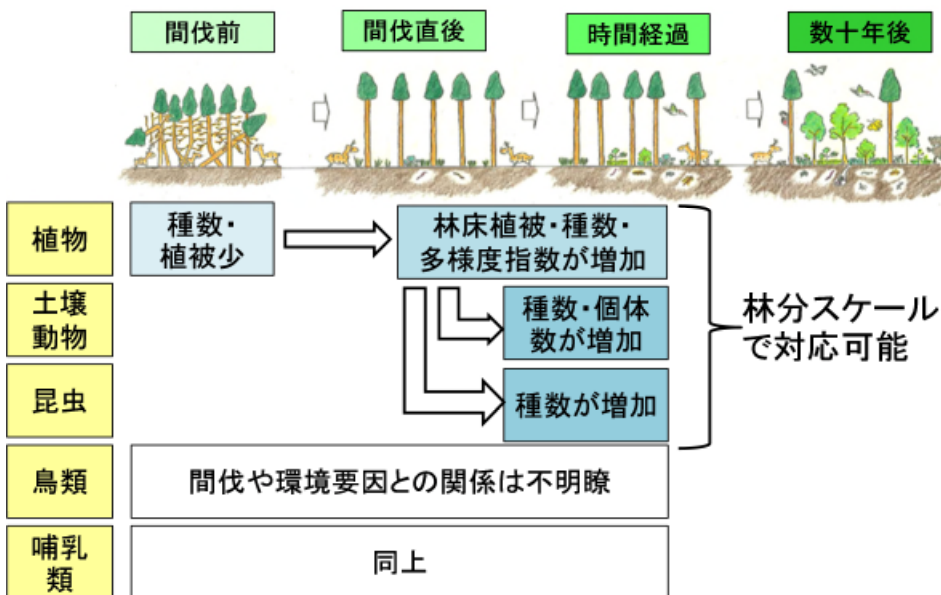


図2 森林整備と生物分類群との関係（H27までの調査による）

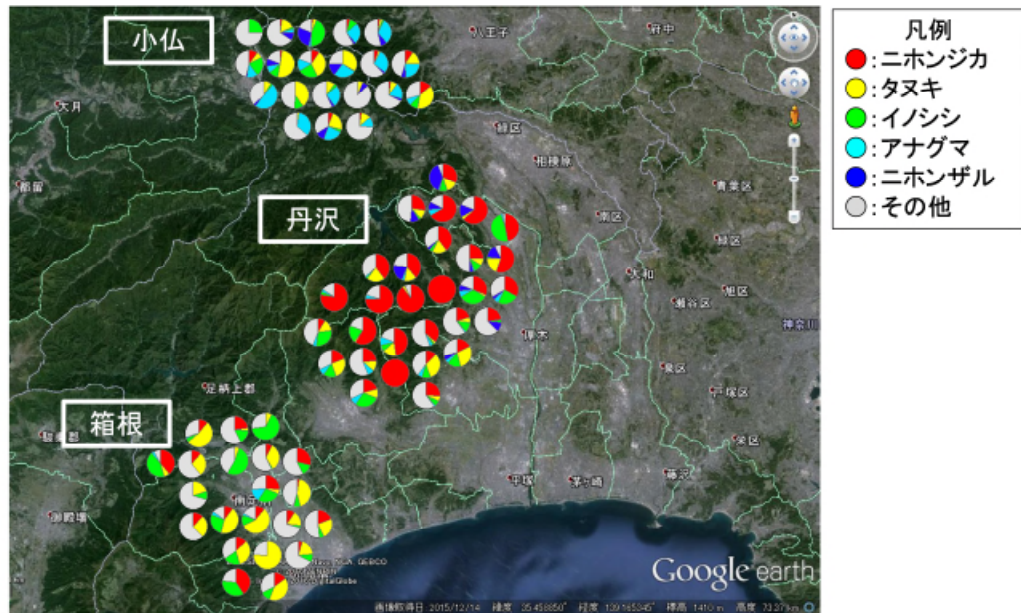


図3 調査林分における代表的な哺乳類の出現比率

6 専門委員会での指摘事項

H26年度と27年度において、年度末に学識者7名による委員会を開催した。その際に指摘された主な論点は次のとおり。

- ・ 極端に悪いところでも調査すること
 - ← 無間伐林のような荒廃森林の調査地が少なかったことを受けての指摘
- ・ 同じ場所で間伐をしながら種の変化を押さえること
 - ← 第2期中の調査では、整備からの経過時間にばらつきがあるように調査したが、同じ場所での変化を追う必要があるとの指摘
- ・ 各分類群の結果について、環境要因との関連で多変量解析すること
 - ← H27に丹沢で取得したデータを十分に解析できていなかったことを受けての指摘
- ・ 広域スケールでの森林整備と生物多様性との関係性を評価する方法は確立されたわけではないので、成果の見せ方、目標（ゴール）を多くの関係者（行政、学識者）も交えて検討していくことが必要である。

7 H28 計画

- ・ 小型哺乳類の個体数がH27（丹沢山地）とH26（小仏山地、箱根外輪山）とで差異があったことから、地域特性によるのか年次変動によるのかを確認するため、補足調査する。
- ・ 過年度までのデータを総合的に解析する。