事業報告
神自環保セ報 19（2025）1－16

かながわ水源環境保全・再生施策における森林関係事業の評価 ～ モニタリング担当者からみた 17 年間の取組 ～

内山　佳美 *,**

Evaluation of forest restoration projects in Conservation and Restoration Measures of Kanagawa Water Source Environment ~17 years of efforts from the perspective of the person in charge of monitoring~

Yoshimi UCHIYAMA*, **

I　はじめに

神奈川県民の主な水道水源である相模川と酒匂川の２つの水系は、丹沢山地をはじめとした県西部の山地を水源としている。かつては、1923 年（大正 12 年）の関東大震災の際に多数の山崩れが発生し、下流に度重なる洪水被害をもたらしたことから、長期にわたり復旧対策が行われてきた。近年は、緑豊かな森林となったものの、1990 年頃から人工林の間伐遅れやニホンジカ（以下、シカ）の高密度化の影響により森林内の下層植生が衰退し、2000 年代になると下層植生衰退地の土壌流出が顕著に見られるようになった。新たな課題となった森林の質的な劣化に対して、当時、水源涵養機能の低下も危惧された（神奈川県，2005a）。このため、神奈川県は 20 年計画の「かながわ水源環境保全・再生施策大綱」（以下、施策大綱）を定め、2007 年度（平成 19 年度）から個人県民税の超過課税である水源環境保全税を導入し、森林から河川まで水系全体を視野に入れた「かながわ水源環境保全･再生施策」を進めてきた（図１）。

この神奈川県独自の水源環境保全税は、財政学の観点で検討された新たな理念に基づき、参加型税制

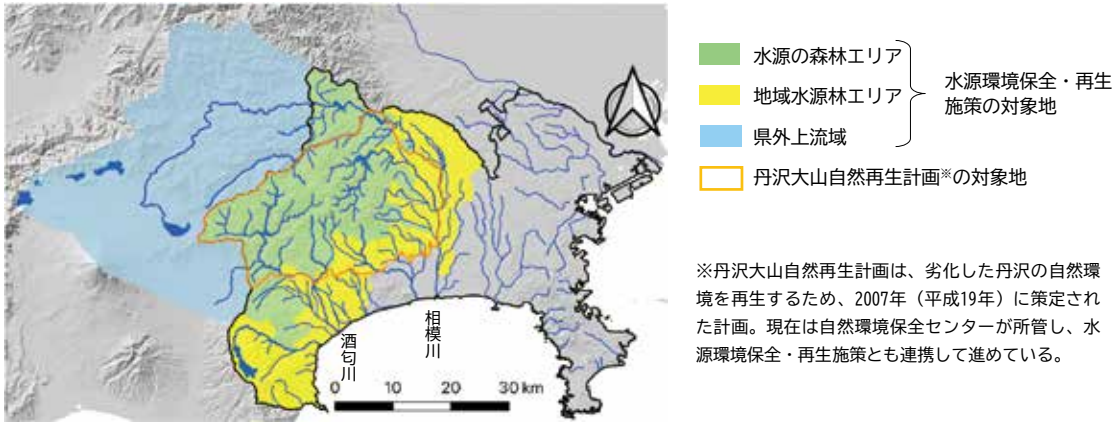


図１ 水源環境保全・再生施策の対象地

＊ 神奈川県自然環境保全センター 研究企画部研究連携課 （〒 243-0121 厚木市七沢 657）
＊＊ 現：神奈川県自然環境保全センター 研究企画部自然再生企画課 （〒 243-0121 厚木市七沢 657）

として実現した前例のない取組であり（神奈川県監修，2003)、専門家からは壮大な社会実験ともいわれてきた（たとえば沼尾，2012)。この参加型税制を実践する仕組みの一つが、公募による一般県民や専門家、関係団体等で構成される「水源環境保全・再生かながわ県民会議」（以下、県民会議）である。県民会議は、本施策の評価を行うほか、市民事業の支援やイベント開催等を通した県民意見の収集と広報などの活動を行っている。

また、不可知である自然生態系を対象とした本施策は、その施策効果も不確実であることから、順応的管理により進められている。順応的管理とは、事業の実施と並行してモニタリングによる効果検証を行い、事業の評価を通して柔軟に事業を見直ししながら施策を進めていくというものである(神奈川県，2005a)。もともと自然科学の立場から提唱されたものであるが、科学と政策を連動させる仕組みに他ならず、政策の意思決定に関した概念であるとも言える（宮永，2014)。国の環境政策では、当時の「新・生物多様性国家戦略」(2002 年（平成 14 年）改訂）において新たに盛り込まれ、本県の独自施策では、本施策の施策大綱（2005 年（平成 17 年）策定）で明記されたのが最初である。

順応的管理に欠かせないモニタリングは、水源環境保全・再生実行５か年計画における水環境モニタリングに位置付けられている（表１)。これは、森林や河川等の現地の対策事業とは別に、施策推進の仕組みであるモニタリングに特化した事業である。県の試験研究機関が中心となり、森林関係のモニタリングを当センターの研究部門、河川やダム湖等については環境科学センターが主に担当している。さらに、モニタリングの結果に基づく施策の評価に関しては、県民会議の中でも有識者を中心とした施策調査専門委員会（以下､施策委員会）が担ってきた。双方の連携も不可欠であるため、水環境モニタリングの実施内容は、あらかじめ施策委員会に諮って進め、モニタリング結果も施策委員会に毎年報告してきた。なお、県民会議の事務局（以下、事務局）は本施策の主管課が務め、県民会議と庁内の各モニタリング担当所属との間の調整を行なっている。

こうして進められた本施策において、2024 年（令和 6 年）3 月には、「かながわ水源環境保全・再生施策最終評価報告書（暫定版)」（以下、最終評価報告書）が公表された。これは、施策大綱期間 20 年

表１　水源環境保全・再生施策の事業構成

区分	項目	第1期～第2期５か年計画 (2007～2016年度)	第1期～第2期５か年計画 (2007～2016年度)
自然が持つ水循環機能の保全・再生	森林の保全・再生	水源の森林づくり事業の推進	水源の森林づくり事業の推進
		丹沢大山の保全・再生対策	丹沢大山の保全・再生対策
		渓畔林整備事業	土壌保全対策の推進
		間伐材の搬出促進	間伐材の搬出促進
		地域水源林整備の支援	地域水源林整備の支援
	河川の保全・再生	河川・水路における自然浄化対策の推進	河川・水路における自然浄化対策の推進
	地下水の保全・再生	地下水保全対策の推進	地下水保全対策の推進
水源環境への負荷軽減	水源環境への負荷軽減	県内ダム集水域における公共下水道の整備促進	生活排水処理施設の整備促進
		県内ダム集水域における合併処理浄化槽の整備促進	
水源環境保全・再生を支える取組	県外上流域対策の推進	相模川水系上流域対策の推進	相模川水系上流域対策の推進
	水源環境保全・再生を推進する仕組み	水環境モニタリングの実施	水環境モニタリングの実施
		県民参加による水源環境保全・再生のための仕組み	県民参加による水源環境保全・再生のための仕組み

※最終評価報告書の P21「図　水源環境保全・再生施策の構成」を表形式に編集した。途中で組み替えのあった事業（渓畔林整備事業、土壌保全対策の推進、生活排水処理施設の整備促進）の詳細は最終評価報告書 P22 参照。
※水環境モニタリングの中で、当センターは「対照流域法等による水源かん養機能調査」「生態系効果把握調査」を担当。

のうちの 15 年間の取組による森林や河川等の再生について、県民会議が評価して取りまとめたものである。この最終評価報告書の公表には、本施策において参加型税制や順応的管理といった新たな仕組みを構築し、実践することによって、暫定ではあるが最終評価まで成し得たという意義を見出すこともできる。このため、貴重な経験である取組の過程についても記録を残し、その経験を本施策終了後の取組にも活かしていくことが重要である。

そこで、筆者は、施策評価の取組過程の一端を記録に残すことを目的として、施策開始当時から継続して評価に携わった経験をもとに、これまでの取組過程について取りまとめた。本稿では、とくに、施策の評価体系の構築（II 章）、科学的情報の共有（Ⅲ章）、施策効果をわかりやすく示す中間評価指標の設定（Ⅳ章）、最終評価に向けた事業効果説明（Ⅴ章）の４つのテーマを取り上げ、森林のモニタリング担当者の視点から、直接関わった部分を中心に概略を報告する。なお、全体の時系列の経過は、表２のとおりである。

Ⅱ 施策の評価体系の構築

１　各事業のねらいと施策目標との関係整理

施策委員会では、初年度の 2007 年度（平成 19 年度）から、施策の評価方法やわかりやすい指標の設定等に関する検討が開始された。施策大綱に示された施策目標「将来にわたる良質な水の安定的確保」に対して、モニタリングで得られる科学的データを元に、超過課税を充当する各特別対策事業を評価し、施策効果を県民にわかりやすく示すことが求められていたためである（神奈川県，2005b）。しかし、2007 年（平成 19 年）７月の第１回の施策委員会の議論では、「皆が納得するような妥当な指標の設定について検討することはできても委員会で指標自体を決めるのは難しい」、「指標等の言葉の定義も曖昧である」、などの意見が出され、指標の設定に関しては議論が収束しなかった。この背景には、施策大綱にもあるように、水源環境の観点からの森林や河川等に関する科学的知見や測定データが十分でないということがあった。

施策委員会で着目された点の一つが、特別対策事業には、河川の浄化対策のように水量や水質に直接作用する事業と、水量や水質には直接作用せず施策目標との関連性もわかりにくいものがあることであった。これでは、個々の事業の目標も明確にならず、それに基づく事業の評価も難しい。このため、2007 年（平成 19 年）７月（第１回）及び９月（第２回）の施策委員会を通して、指標の検討以前に、まず森林や河川等で実施される特別対策事業について、そ

表２　施策調査専門委員会における評価に関する取組の経過

期間	取組状況				評価に係る取組みの主な成果
	評価の枠組み	分かりやすく示す指標	モニタリング・検証の内容	評価とりまとめ	
第１期５か年計画 2007～2011年度 （平成19～23年度）	評価の流れ図の整理 森林生態系の効果の扱いを検討	意見交換	水環境モニタリングの具体案（担当所属案）の検討	年度ごとの評価	・「評価の流れ図」確定 ・水環境モニタリングの中身の決定 ・年度ごとの評価（点検結果報告書） ・拡大委員会による意見書原案の検討
第２期５か年計画 2012～2016年度 （平成24～28年度）	評価の流れ図を再検討（生態系の視点を追加、経済評価を追加）	—	森林生態系効果把握手法の検討とモニタリング開始 一部の個別事業のモニタリング検討	年度ごとの評価 施策の課題や背景の整理 施策評価のロードマップ整理、経済評価も含めた総合評価の全体像を整理	・年度ごとの評価（点検結果報告書） ・生態系の議論を経て、「評価の流れ図」改訂 ・経済評価の実施 ・中間評価のワークショップ開催 ・中間評価報告書と意見書のとりまとめ
第３期５か年計画 2017～2021年度 （平成29～令和3年度）	—	中間評価指標の検討	一部のモニタリングの内容見直し	点検結果報告書の構成を再検討・整理 中間評価報告書に中間評価指標を追加	・年度ごとの評価（点検結果報告書） ・中間評価指標の設定 ・中間評価のワークショップ開催 ・中間評価報告書と意見書のとりまとめ
第４期５か年計画 2022～2016年度 （平成4～8年度）	—	中間評価指標の活用	一部のモニタリングの検討	最終評価報告書（暫定）のまとめ	・年度ごとの評価（点検結果報告書） ・最終評価（暫定）に向けて勉強会を複数回開催 ・経済評価の実施 ・最終評価報告書（暫定）と意見書のとりまとめ ・県民フォーラムでの取組成果や評価結果の説明

※第４期の取組状況や成果は、2024 年度（令和６年度）までを対象に記載

れぞれが施策の最終目標にどのようにつながるのか、構造を整理する必要があるとの見解が示された。

これを受けて、施策開始初年度に整理されたものが、評価に関する基本的な考え方を示した「評価の流れ図」である（図２）。この図には、各事業のアウトプット（事業量）、アウトカム（事業効果）や検証項目が具体に書き込まれ、最終目標へとつながる評価の流れが示されている。とくに、事務局案の作成段階から、事業実施に対する自然の側の反応の不確かさ等を念頭に、事業実施の結果として得られたアウトカムだけでなく、事業進捗の評価のためのアウトプットも含めた２つの視点で評価する構造に整理された。この図は関係者間の共通認識となり、これに基づいて以降のモニタリングや評価が進められていった。

当センターは、この評価の流れ図を作成する際に、森林におけるアウトカムを１次と２次の２段階として整理することを提案した。これは、森林関係事業においては、間伐等の森林整備による下層植生の回復によって土壌が保全され（１次的アウトカム）、それが水源かん養機能の向上（２次的アウトカム）につながるという短期から中長期にわたる事業効果の発現を想定したためである。この根拠には、2004 ～ 2006 年度（平成 16 ～ 18 年度）に行われた丹沢大山総合調査の結果があった。丹沢大山総合調査は、1980 年代以降に顕在化したブナの立ち枯れをはじめとした丹沢の自然生態系の異変に対し、市民や専門家、行政等が参画して、問題の解決を図るための自然環境の総合診断と対策の提言を行ったものである（丹沢大山総合調査実行委員会調査企画部会編，2006）。この一環で行われた東丹沢堂平地区の自然林内の調査では、森林内の下層植生が衰退して裸地化に至ると、降った雨は地中に浸透しにくくなり、地表流となって保水されずに下流に素早く流れてしまうこと、その際の地表流が土壌侵食を引き起こすことが明らかになっていた（石川ら，2007a）。こうした土壌侵食のメカニズムは、間伐不足で下層植生の衰退した人工林においても同様であった（恩田編，2008）。そこで、当センターでは、間伐等の実施による具体的な効果について、森林内で衰退していた下層植生が回復し、下層植生と落葉によって年間を通して安定的に地表が覆われれば、降った雨の大部分が地中に浸透し時間をかけて下流に流出する、つまり水源かん養機能が十分発揮されると考えた。

また、アウトカムを２段階にすることで、少なくとも各事業の実施箇所における１次的アウトカムを確実に検証し、短期的な事業効果だけでも説明できるようにしたいとの考えもあった。その理由として、２次的アウトカムの水源かん養機能に関して、伐採等により森林が無い場合と森林がある場合との比較に関する研究事例は比較的多く、科学的知見も蓄積されていたが、森林の質の劣化という新たな課題に対しては、当時まだ科学的知見が乏しかった。さらに、水源かん養機能の把握に欠かせない水文観測を中心とした各種測定についても難易度が高く、実際に事業効果を検証できるかも未知数でもあった。

２　最終的な施策評価体系の完成

評価の流れ図は、第２期５か年計画期間に生物多様性の視点の追加等により改訂された（図３）。きっかけは、県民への事業効果の説明には水源かん養機能よりも生き物の方がわかりやすい、といった意見が施策委員会で出されたことである。河川の水量や水質への影響という観点では、森林の水源かん養機能に着目して事業の効果を評価・説明することは理にかなっていたが、水源かん養機能は一般の県民には馴染みがない上に、目に見えてわかるものでもなかった。こうした意見に対し 2012 年（平成 24 年）1 月と同年 3 月の施策委員会で検討が行われ、生態系や生物多様性といった生き物の視点でも効果を把握していくことが決まった。

しかし、生き物の視点を盛り込む際に、既存の評価の考え方の中でどのように扱うべきか課題となった。そこで、県民会議では 2012 年度（平成 24 年度）に２度のワークショップが開催され、森林の各分野の外部有識者も交えて検討が行われた。ワークショップの議論では、水源かん養機能と生物多様性保全機能の関係について、様々なケースを想定した場合に、必ずしも片方の機能が高ければもう片方の機能も高くなるという普遍的な対応関係にはないと整理された。そこで、森林の評価の流れにおいて、水源かん養機能と生物多様性保全機能の２つの観点で２次的アウトカムを評価することとし、生物多様性を検証するためのモニタリングを新たに追加することとなった。こうして 2013 年度（平成 25 年度）から当センター研究部門が担当し、水環境モニタリングの一環として「森林生態系効果把握調査」を開始した（谷脇・田村，2025）。

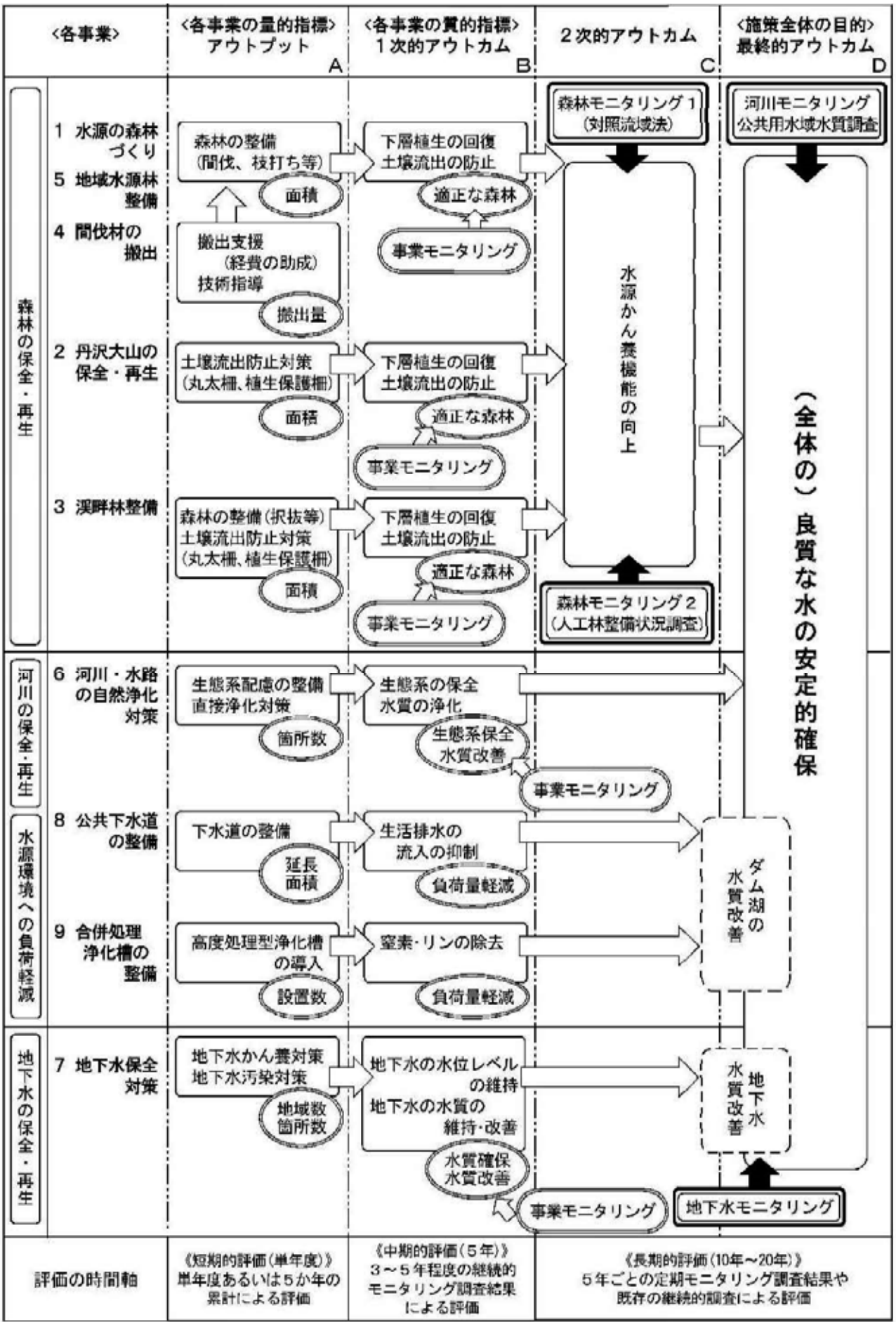


図２　各事業の評価の流れ図（構造図）　水源環境保全・再生かながわ県民会議（2009）

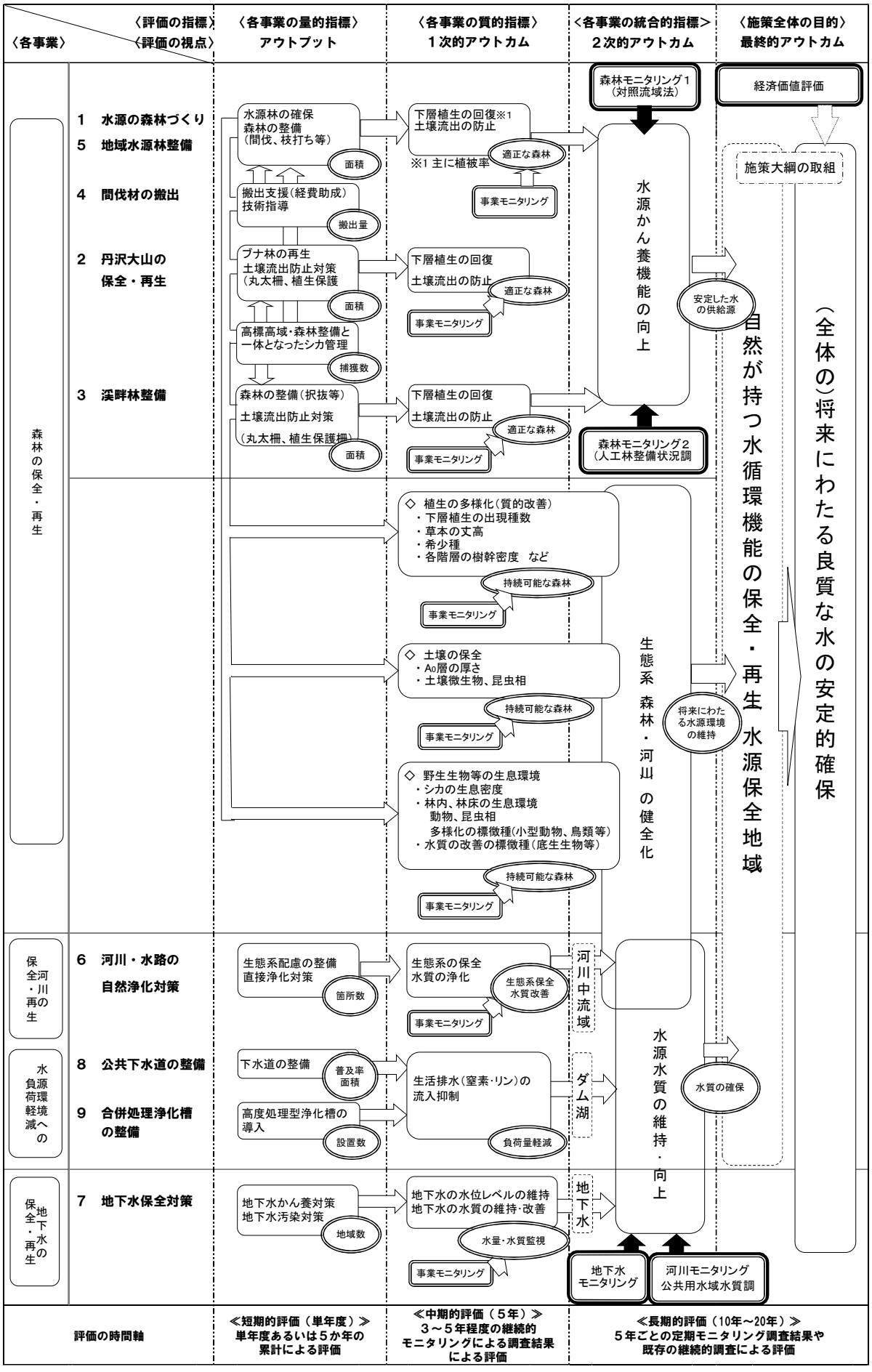


図 3　各事業の評価の流れ図（構造図）改訂版　水源環境保全・再生かながわ県民会議（2015）

こうした森林分野の動きと並行して、当時、「河川・水路における自然浄化対策の推進」に関しても、事業のねらいや評価方法に生物多様性保全機能を盛り込む検討がなされていた。これらも踏まえて、第２期５か年計画期間には、評価の流れ図に生態系や生物多様性の視点が加味され、森林だけでなく河川等も２段階のアウトカムとして整理された。なお、前述のワークショップの際に、外部有識者からの助言により、１次的アウトカムを状態評価、２次的アウトカムを機能評価とする解釈が加わり、よりわかりやすい評価体系に整理されていった。

その後、第２期５か年計画期間の中間評価において、状態評価、機能評価、経済評価の３つの視点からなる評価体系となり、現在の最終評価（暫定）時点の評価体系が完成した。経済評価とは、施策の実施に伴う県民の福利の向上度合いを貨幣価値で捉えたもので、特別対策事業だけでなく様々な関連事業の効果も含めた包括的な評価結果を得ることを目的としたものである（水源環境保全・再生かながわ県民会議, 2024)。施策委員会においては、2014 年（平成 26 年）２月の勉強会を皮切りに経済評価の検討が始まり、これまで第２期５か年計画期間の中間評価と最終評価（暫定）の２回、経済評価が行われた。施策委員会においては、比較的時間を割いて検討されてきたテーマであるが、当センターの関与は大きくなく事務局主体で取り組まれたため、本稿では割愛する。

Ⅲ　施策推進に必要な科学的情報の共有

１　順応的管理における当初の課題と対応

順応的管理において、モニタリングで得られた科学的データにより事業を評価し、その結果を事業の見直しに繋げていくことを考えると、水源地域の森林の課題と事業のねらい、事業効果の検証項目について、科学的理解に基づいて矛盾なく整理されている必要がある。しかし、施策大綱では、森林の課題について「森林の荒廃が進んでいる」と抽象的に表現され、森林の何が問題で何が改善されれば良いのか、明確には示されていなかった。

このため、当センターでは、モニタリングに取り組む中で、最初に、本施策における森林の課題や事業のねらい、モニタリングのねらい等について科学的理解に基づき検討・整理していった（内山ら, 2013)。さらに、それらを森林の専門家以外でも理解できるようにするためには、森林の水循環や生物間の相互作用といった自然環境の仕組みに関する知識と、丹沢や箱根等の山域ごとの自然特性に関する情報も必要であった。こうした順応的管理における基本認識を関係者間で共有するため、当センターでは、モニタリング結果だけでなく専門知識の解説も含めて情報提供を進めた。事務局や事業部門との連携により、第２期５か年計画の後半頃には、こうした情報が関係者間で共有されるようになった。以降では、これらの過程について具体に示したい。

２　科学的理解に基づく基本認識の更新とその共有

当センターの水環境モニタリングの取組に関しては、丹沢大山総合調査等の先行研究が土台となった（内山・山根，2008)。とくに、東丹沢堂平地区の調査から、シカの影響により下層植生が衰退した自然林内での土壌侵食メカニズムの解明や対策工法の開発、対策工法の効果検証など、森林の質の劣化という新たな課題に対応するための基礎的な知見が得られていた（石川ら，2007a；石川ら，2007b)。

さらに、水源かん養機能のモニタリングの検討や現地観測にあたっては、丹沢大山総合調査に参画した専門家をはじめ、大学等の研究機関との連携によるプロジェクト体制を構築して進めた（内山ら, 2013)。これにより、新たな課題に対する取組であっても、最新の科学的知見に基づく森林の課題等の整理や、調査手法開発も含め効率よく進めることができた。第２期５か年計画期間に入る頃には初期の取組成果がまとまり、2013 年（平成 25 年）３月には当センターの研究報告である自然環境保全センター報告第 10 号に特集号として取りまとめ、成果を公表した（神奈川県自然環境保全センター，2013)。さらに、2015 年（平成 27 年）２月には一般県民向けの研究成果報告会を開催し、当センターの研究員がモニタリング成果を報告した（神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課，2015)。

当センターから森林関係事業に関するモニタリング成果が示されると、事業部門の側からもモニタリング担当者が示した科学的知見を取り入れる動きが生じた。例えば、2014 年（平成 26 年）５月の水源の森林づくり事業の担当者会議では、事業担当所属の依頼を受けて、当センターのモニタリング担当者がモニタリングの成果を報告した。しかし、当時は、

こうした情報共有のための動きは、担当者の間での取組でしかなかった。

こうした状況を打開する機会が巡ってきたのが、2014 ～ 2015 年度（平成 26 ～ 27 年度）にかけて行われた県民会議による「総合的な評価（中間評価）報告書」（以下、中間評価報告書）の取りまとめである。単年度の事業実績や評価に関しては、すでに毎年、県民会議が「水源環境保全税による特別対策事業の点検結果報告書」として取りまとめていた。しかし、20 年間の施策大綱期間の折り返しに向けた中間評価の際には、事務局を中心に改めて報告書の構成も含めて検討されることとなった。

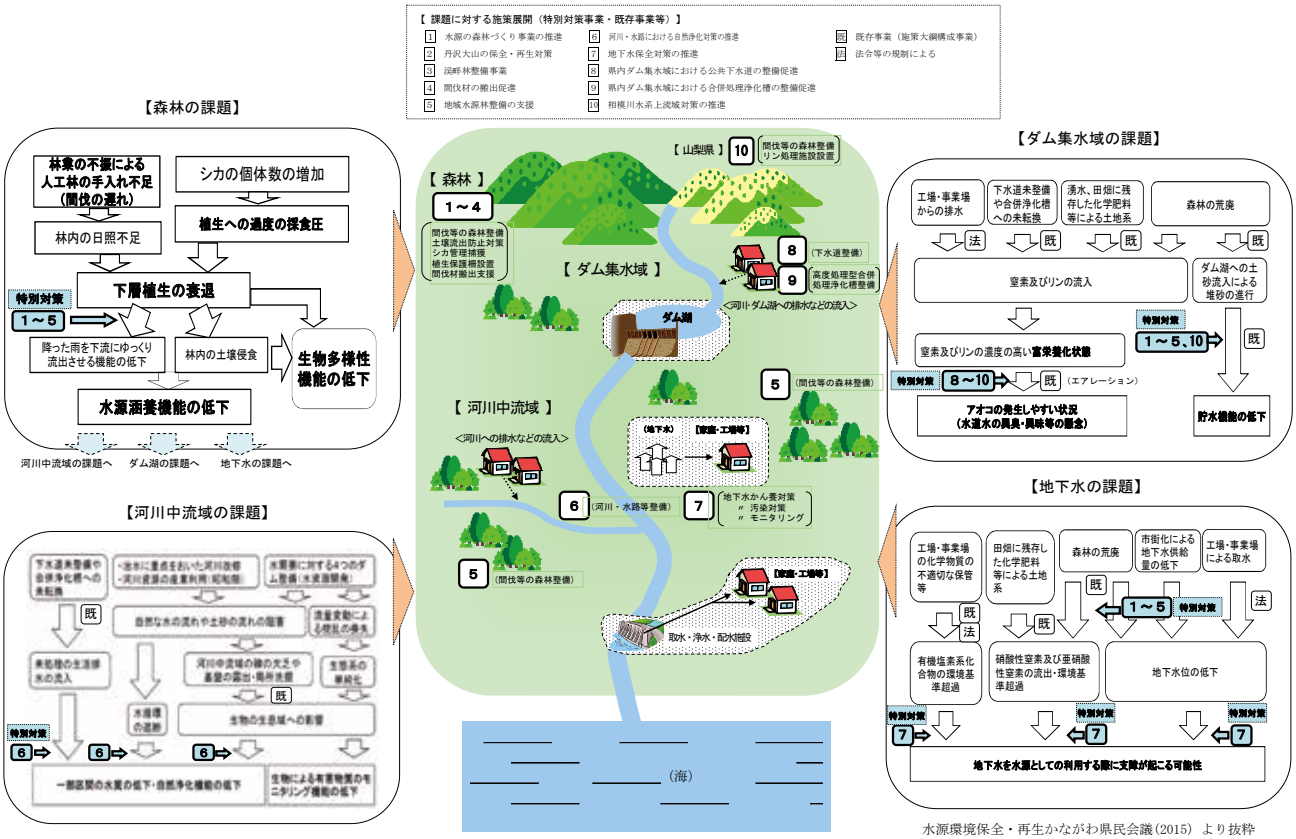
そこで、当センターからは、モニタリング結果だけでなく、水源地域の森林についての解説や、森林の課題とその問題構造等に関する科学的知見に基づく解説を中間評価報告書に掲載することを提案した。当センターが提供した解説のページを挙げると、水源地域の山地と森林（P. 16 ～ 17）、水源地域の森林の歴史（P. 18 ～ 19）、森林の土壌流出と水や生きものへの影響（P. 34 ～ 35）、森林管理と水源かん養機能のかかわり（P. 36 ～ 37）である。当センターは直接関わっていないが、最終的には、河川やダム湖の解説も中間評価報告書に加えられた（水源環境保全・再生かながわ県民会議，2015）。

また、当センターの提案を機に、森林の課題だけでなく施策大綱に掲載されている河川（中流域）、ダム集水域、地下水も加えた４つの分野のそれぞれの課題について、最新の科学的知見を踏まえて、事務局と関係所属により問題構造の再整理が行われた。さらに、関連する各事業を統合的に推進する必要性がわかるよう、問題構造が図化されて、中間評価報告書に掲載された（図４）。

当センターは、こうした中間評価報告書の作成を通した情報の提供を経て、さらに、2016 年（平成 28 年）５月に独自のポータルサイト「対照流域法による森林の水源かん養機能調査」を開設し、順次、コンテンツを追加した。とくに「森林の水源かん養機能と森林管理（解説）」、「水源地域の山地と森林・自然環境の特徴」については、問合せや引用等の相談が度々寄せられ、多く閲覧・利用されているようである。（内容は、本田ら（2025）を参照）

3　新たな知見や情報共有による事業の見直し

前述の中間評価報告書における森林の課題の再整理に関しては、第２期実行５か年計画の改訂で、新たにシカの捕獲が特別対策事業に加わったことによ



水源環境保全・再生かながわ県民会議(2015) より抜粋

図４　神奈川県の水源環境の課題と施策展開について（第２期５か年計画）

る問題構造の更新という側面もあった。それまでの施策大綱や第１期実行５か年計画においては、森林関係事業の中でシカの影響はほとんど考慮されていなかった。しかし、人工林の間伐によって下層植生回復効果がみられたものの、丹沢山地においてはシカによる採食も課題であることがモニタリングにより明らかになった（水源環境保全・再生かながわ県民会議，2013）。

実は、すでにシカの影響は丹沢大山総合調査で明らかにされており、県によるシカの捕獲も 2003 年度（平成 15 年度）から丹沢の一部で開始されていた。それが一歩進んで、本施策の中でシカの捕獲と間伐等の森林整備を一体的に取り組む枠組みになったのは、情報共有と分野横断的な議論が進んだことも影響している。

とくに 2009 年（平成 21 年）１月には、県民会議の委員も含めて総勢 79 名が参加した森林管理・シカ管理ワークショップが行われた。これを主催したのは、丹沢の自然再生を進める多様な主体で構成される「丹沢大山自然再生委員会」である。ワークショップでは、丹沢で蓄積された研究成果をもとに、間伐等の森林整備とシカの関係にかかる最新の分析結果が示され、森林管理とシカ管理を今後どう結びつけていくか議論された（丹沢大山自然再生委員会事業計画・評価専門部会ほか，2009）。このワークショップの結果は、2009 年（平成 21 年）８月の県民会議の中でも報告され、県民会議における施策評価や計画改訂に向けた意見書の取りまとめにも繋がっていった。これは、県民会議の枠にとどまらず外部と連携することで、評価にかかる科学的情報の共有や議論が飛躍的に進捗した事例であろう。

このほか、森林関係事業の主な見直しについては、第３期５か年計画改訂の際の土壌保全対策の拡充に伴う事業の組み替えがある。第１期５か年計画の最後の 2010、2011 年（平成 22、23 年）には、台風や前線等の影響により丹沢湖周辺の森林においてスコリア（火山噴出物）の流出が多数発生した。これを受けて、事務局が主体となり 2011 年度（平成 23 年度）に森林被害の実態調査が行われ、豪雨に伴うスコリアの流出機構や地形要因等に基づくスコリア流出可能性評価などの検討が行われた（アジア航測株式会社, 2012）。実態調査で得られた科学的な情報は、県民会議でも共有され、施策委員会での議論を経て事業の見直しに繋がった。

Ⅳ　施策の効果をわかりやすく示す中間評価指標の設定

１　中間評価指標の設定に至る全体の流れ

20 年の施策大綱期間の後半となった 2017 年度（平成 29 年度）、本施策を所管する環境農政局内では、施策の効果をわかりやすく説明する指標を早急に決める、との方針が浮上した。指標の設定に関しては、それまで実現していなかったが、施策大綱には、参考指標が掲載され、施策の効果を示す指標については、県民参加のもとで改めて設定を検討すると示されていた。大局的な観点で見ても、すでに 2001 年（平成 13 年）の国の政策評価制度の開始から 16 年が経過し、当時の行政一般では、政策評価と言えば数値指標を設定して定量的に評価することが当たり前となっていた。

指標の設定にあたっては、時系列の数値データがあるものを対象に、庁内の各担当所属がそれぞれの指標の候補を挙げた。各担当所属から出された指標の候補をもとに、施策委員会において検討が重ねられ、最終的に中間評価指標として 10 の指標が設定された（水源環境保全・再生かながわ県民会議，2020）。第３期５か年計画期間に作成された２回目の中間評価報告書では、従来の評価の流れ図に基づいたアウトプットとアウトカム（ただし定性的な評価）に加えて、中間評価指標による定量的評価もグラフで示され、視覚的な面でのわかりやすさも向上した。以降では、当センターに関連する指標の設定の過程を示す。

２　中間評価指標の候補選定

庁内担当所属による指標の検討にあたって、森林に関しては、水源地域の森林全体の施策効果を表すものという条件が事務局から示された。このため、水源かん養機能のモニタリングのように試験流域のみで測定され、水源地域全体の数値を示すことが難しいものは、検討から外された。

事務局と当センターで検討を重ねた末に、評価の流れ図を踏まえ、かつ森林全体で時系列データがあるものとして、水源地域内の 134 地点における植生調査のデータを活用する方向となった。このデータは、水源の森林づくり事業やニホンジカ管理事業等の複数事業の一環で定点を設けて５か年計画期間毎に１回（概ね５年おき）に共通の仕様で調査して得

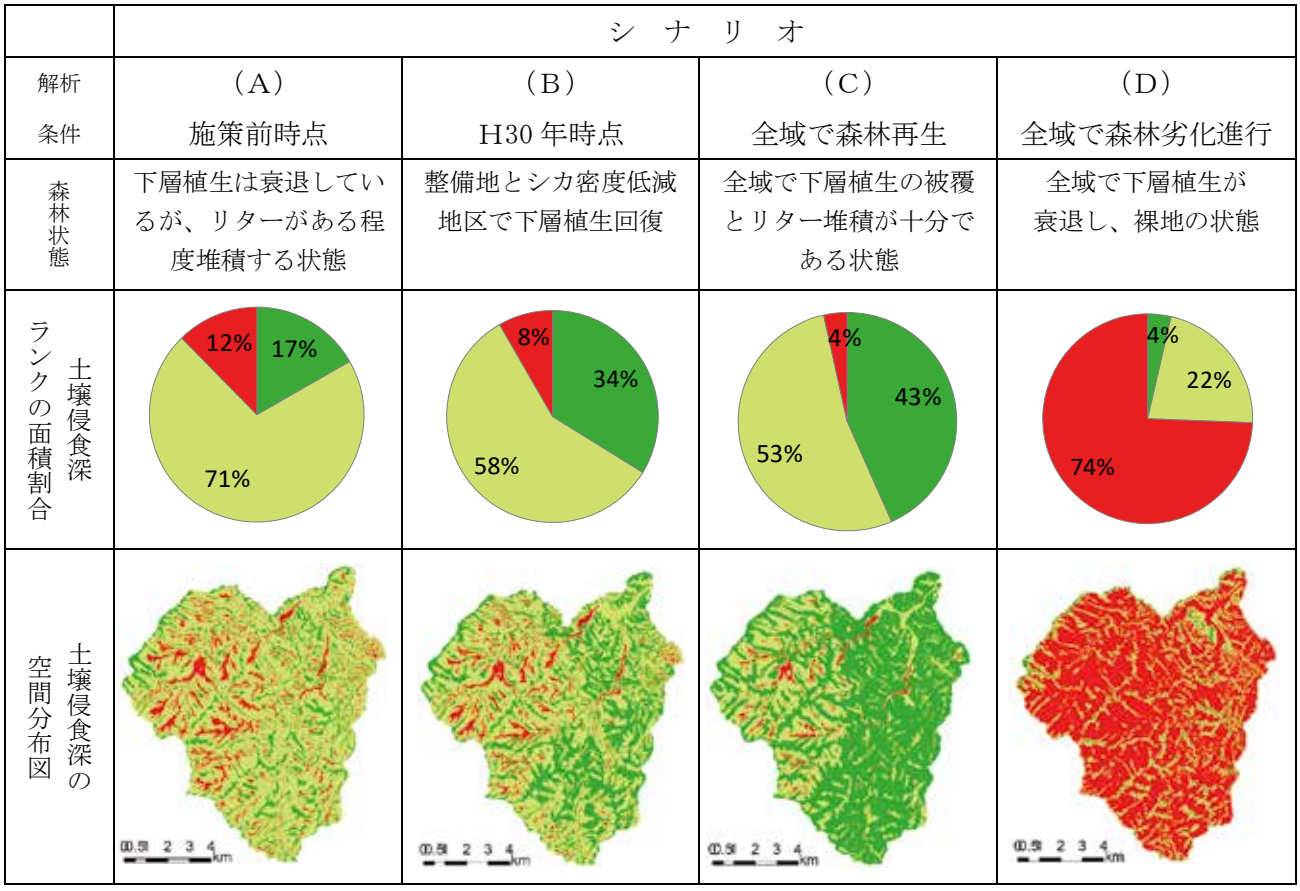
られたものである。森林関係事業に共通した１次的アウトカムである下層植生の回復を検証するための基本的なデータであり、当センターでは、各事業で取得した多点のデータを一括して集計することにより、森林関係事業全体を評価する代表的な指標になりうると考えた。

このデータを用いて、当センターでは、水源地域内の全 134 地点の調査地点のうち下層植被率 40%以上の地点数の割合を指標の候補とした。全て植生保護柵の外側のデータを使用することにより、間伐による光環境の改善効果と捕獲によるシカ採食影響の低減効果の両方が加味されて、下層植被率の増加に反映し､指標の値にも現れると予想した。実際に、第１期と第２期の各５か年計画期間の調査結果を集計したところ、第１期は 41%、第２期は 53%と下層植被率 40%以上の地点の割合は増加していた。

3　中間評価指標の設定に係る議論

最終的に設定された指標のうち、当センターのモニタリングデータを使用した指標は、10 の中間評価指標のうちの「植被率が高い（40% 以上）森林の割合（指標①)」、さらに指標に準ずる扱いである参考情報の「シカの生息状況の変化（参考情報 A)」､「代表的なダム上流域における土壌流出のランク別面積割合（参考情報 B)」である。

当初の案では、指標①のみが森林関係の指標であったが、2018 年（平成 30 年）11 月の施策委員会において、河川等と比べても森林関係の指標が少ないことから追加の検討要請があった。さらに森林関係の指標の追加を考えた時に、委員からは「現象の複雑さゆえに、試算はできても誤差をもたずに評価できるかわからない」､「河川等の他の指標と比べて曖昧さが残る」とされ、「評価指標に準ずる指標として、概算の値を示すが他の評価指標ほど確定的ではないという扱いだと良いのではないか」といった意見が出された。こうした意見等も踏まえて、当センターも含めた庁内関係所属で追加の指標案を検討し､「手入れが行われている森林（人工林）の割合（指



上記（A）～（D）のシナリオに対し、宮ケ瀬ダム上流域で生じる水流出とそれに伴う土壌流出量の空間分布を水循環モデルを用いて試算し、これを年間の土壌侵食深の空間分布に換算して、３段階（年間土壌侵食深ランク　緑：0.１㎜未満　黄緑：0.1㎜以上１㎝未満　赤：１㎝以上）にランク分けした面積割合により評価。

図５　宮ケ瀬湖上流域の年間土壌侵食深の空間分布とランク別面積割合

水源環境保全・再生かながわ県民会議（2024）

標②)」、評価指標に準ずる「参考指標」として「シカの生息状況の変化（参考指標 A)」、「代表的なダム上流域における土壌流出のランク別面積割合（参考指標 B)」が後に加わった。

参考指標 B に関しては、森林全体ではないが、宮ヶ瀬湖上流域を対象とした水循環モデルによるシナリオ予測解析結果である。当初の案は、施策実施前、中間評価時点、施策をしなかった場合等の各ケースの流況（1 年間の河川流量の特徴）を予測解析して比較したものであった。しかし、とくに渇水時の流量に関しては、事業効果だけでなく地質等の立地環境の影響も大きく、その影響の程度は森林水文学においても研究の途上にあった。このため当時は、施策委員会の委員との個別打合せで指標として示すことは難しいと判断され、最終的に流況ではなく表層土壌の侵食量（河床は対象外とし斜面のみ）についてのシナリオ予測解析結果に変更した（図５）。ダム上流域のような広域における土壌侵食に関するモデル解析も研究途上であることに変わりはないが、１次的アウトカムを直接反映した指標であり、地質等の立地環境による影響が比較的小さいと考えられるためであった。

Ⅴ　最終評価にむけた事業効果説明

1　事業効果についての段階的な説明

第４期実行５か年計画期間になると、県民会議では、大綱期間終了後に向けて施策の最終評価を暫定的に行うとともに県へ提出する意見書を取りまとめることとなった。2021 年（令和３年）９月の施策委員会の結果、モニタリング結果全てを評価の材料として改めて事務局側から示すこと、10 の中間評価指標を引き続き用いるとの作業方針となった。このため、当センターにおいても 10 の中間評価指標のうちの下層植被率のデータを用いた「植被率が高い（40% 以上）森林の割合（指標①)」について、第３期５か年計画期間の値を算出した。その結果、指標①の第３期の値は第２期よりもやや低下していた。これらの結果については、2022 年（令和４年）２月の施策委員会並びに翌月の県民会議の勉強会において、指標の値が低下した理由も含めて当センターから説明を行った。

2023 年（令和５年）４月の施策委員会の勉強会、翌月の県民会議の施策懇談会では、最終評価報告書の第３部に当たる評価結果の取りまとめに向けて、当センターから改めて森林関係事業の効果を説明した。よりわかりやすく事業の実施効果を示すため、施策開始当時の課題認識に対して、事業実績と得られた効果を示す構成とした。さらに、効果を示すモニタリング結果の一つとして、指標①で用いた下層植被率の測定結果に土壌保全や水源かん養機能と関連づけた暫定基準を設けて事業成果を示した。このときの説明内容が、最終評価報告書第３部の「森林に係る事業効果」(P. 55 ～ 67)、資料編の「モニタリング・評価資料」(P. 資 -31 ～ 39）の記述の元となった。

以降は、それぞれの時点で当センターから県民会議に示した、中間評価指標の指標①を中心とした事業効果の説明である。

2　中間評価指標（指標①）による３時点の変化

2022 年（令和４年）の施策委員会で当センターが示した中間評価指標の指標①の３時点の変化が図６である。第１期から第２期にかけての２時点の変化では、41％から 53％への増加であったが、第２

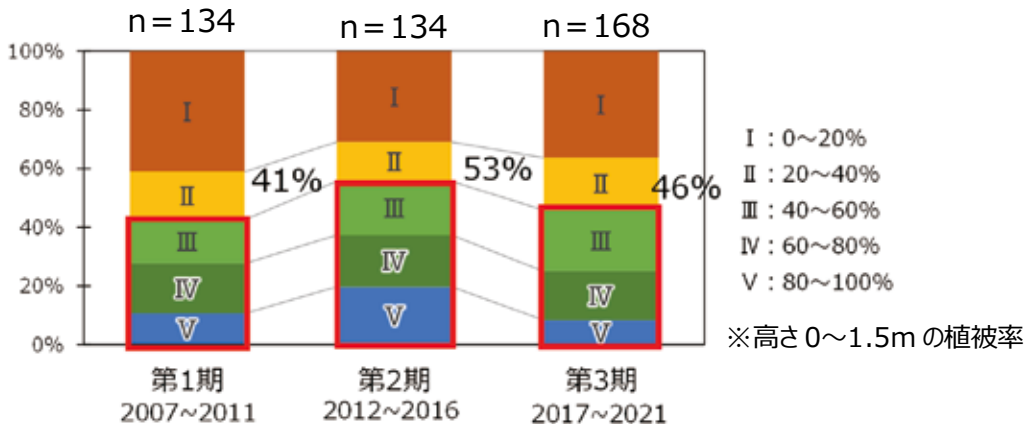


図６　指標①植被率が高い（40%以上）森林の割合　水源環境保全・再生かながわ県民会議（2024）

期から第３期にかけては、46%と低下した。指標の算出に用いた下層植被率データは、事業実施地である森林内で調査されたものであり、草地のような無立木地と比べて日射量は限られる。このため良好な森林であっても下層植被率は必ずしも 100%まで増加せず、40%程度で定常化する地点も少なくなかった。また、下層植被率は、現地においても空間的・時間的な変動が大きく、データのばらつきも大きかった。こうした点から、当センター内では 10%未満の指標値の変化を大きく取り上げることに違和感を持つ声も出ていた。しかし、中間評価指標に設定され、事業評価にもつながるため、値が低下した理由についても施策委員会で説明する必要があった。

そこで、当センターでは、とくに指標①の値が低下した第２期から第３期の２時点の変化に着目した。図７は第２期から第３期にかけての各地点の下層植被率の変化量について、地区別に示したものである。全般的にみると、下層植被率の変化が小さい地点が多数ある中で、下層植被率が大幅に低下した地点が一部にみられた。地区別の変化量では、丹沢高標高域の増加地点が多く、箱根では大部分の地点で減少し、小仏と丹沢中標高域の人工林では変化のない地点が多いものの減少地点も比較的多くなっていた。丹沢高標高域に関しては、施策開始時点にはシカが最も高密度に生息して下層植生衰退も顕著であったが、その後のシカの捕獲により極端な高密度地は解消されていた。このような事業実施によるシカの生息密度の減少が、下層植被率の増加につながったと考えられた。一方、施策開始当時のシカの生息地は丹沢中心であったが、その後、箱根や小仏でもシカの生息密度が上昇する傾向にあった（神奈川県，2017）。このシカの生息密度の上昇が、箱根や小仏における第３期の下層植被率の低下に影響したと考えられた。また、丹沢では、2010 年代にスズタケを中心としたササの一斉開花・枯死が確認されており（永田・田村，2018）、これも下層植被率の低下の一因と考えられた。

加えて、とくに下層植被率が大きく低下した地点を対象に、２時点それぞれの調査時の写真や調査記録を確認した。その結果、事例は少ないものの前述したシカ等の影響以外に、丹沢で間伐の翌年に植生調査が行われ、地表に伏せた間伐木や枝葉のために下層植被率が低くなった地点、同じく丹沢で人工林の混交林化が進む初期過程で、低木層まで伸びた広葉樹に被圧され下層植被率が低下した地点があった。

こうした下層植被率の時点変化の分析において、当センターでは、下層植被率の増減よりも、むしろ事業実施地でありながら３時点を通して下層植被率が 20%未満にとどまっている地点に着目すべきではないか、との意見もあった。このような地点は、一部のヒノキ林が該当したほか、広葉樹からなる二次林でシカの影響ですでに裸地化した箇所にもみられた。一般的にヒノキ林は落葉が流出しやすく裸地

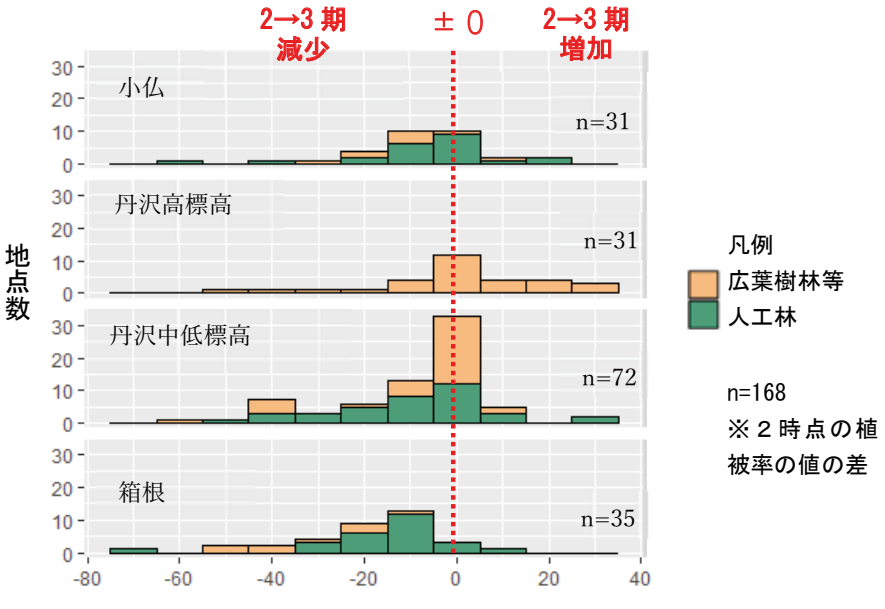


図７　第２期から第３期の下層植被率の変化量　水源環境保全・再生かながわ県民会議（2024）

化しやすいことがわかっている（三浦，2000）。しかし、同じように間伐を進めていても下層植被率の高いヒノキ林もあり、単純ではなかった。また、シカの影響に関しても、シカの生息密度の減少に伴って必ずしも植生が直ちに回復するとは限らなかった。こうしたヒノキ林の間伐に伴う下層植被率の動向、あるいは裸地化した広葉樹二次林の動向に関しては、今後も分析が必要である。

3　中間評価指標（指標①）のわかりやすさの改善

最終評価の取りまとめに先駆けて行われた2023年（令和5年）4月の施策委員会の勉強会では、当センターは、中間評価指標の指標①を図8のとおり表現を変更して示した。これは、順応的管理により評価結果を今後の取組に反映させるという観点から、現時点で比較的効果が現れているところと、そうではなく今後の課題となるところの濃淡を表すための改善であった。

図8は、指標①に関する地区等による時点変化の傾向の相違を踏まえて、全地点を人工林と自然林・二次林に区分し、さらに自然林・二次林を地区別に分けて下層植被率の推移を示したものである。3時点を通して下層植被率の平均値が増加したのは、捕獲によりシカ生息密度が低下した丹沢高標高域のみであった。その他の地区では、前述したようにシカの生息分布の拡大やササ類の一斉開花等が影響し、第3期5か年計画期間に下層植被率が減少していた。ただし、3時点でみると下層植被率は増減し、事業効果としてはわかりにくく、これだけで評価することは難しいと考えられた。そこで当センターでは、後に一般県民に説明することを念頭に、何らかの数値基準を設けた方が一目でわかりやすいと考え、図8の下層植被率の推移に暫定基準を設けて説明した。

暫定基準に関しては、土壌侵食の進行という施策開始当時の課題に着目し、土壌侵食を抑制する下層植被率の水準に着目した。これまで丹沢のブナ林における土壌侵食量調査から、下層植生と落葉による地表面の被覆率（以下、林床合計被覆率）と土壌侵食量には強い負の相関があること（初ら，2010）、林床合計被覆率30%以下になると急激に土壌侵食量が増大すること（石川，2013）、反対に林床合計被覆率が75%以上であると大雨でも雨水の9割以上が地中に浸透して土壌侵食を引き起こす原因となる地表流の発生が抑制されること（海虎ら，2012）等の知見が得られていた。そこで、このような土壌侵食量や地表流の発生と結びつけるため、林床合計被覆率と下層植被率の対応関係を検討した。その結果、夏季の下層植被率が20%以上であると、森林内の土壌侵食の要因である地表流の発生を抑制できる林床合計被覆率75%以上を維持できる可能性が高く、限られたデータでの検討であるものの最低限の事業効果の目安になると考えられた（内山ら，2023）。

これを基準とすると、図8の丹沢高標高域の自然林については、多くの地点で3時点を通して下層植被率20%を超え、土壌保全が図られていると評価できた。同様に、人工林についても、一部の下層植被率20%未満の地点を除くと、大部分の地点で土壌侵食の進行は抑制されているとの評価となった。一方、丹沢中低標高の二次林は、3時点とも下層植被率20%を下回る地点が多いことから、シカの捕獲を実施しているものの土壌侵食の改善には至っていないと判断された。箱根外輪山では第3期になって下層植被率20%程度に低下した地点があること

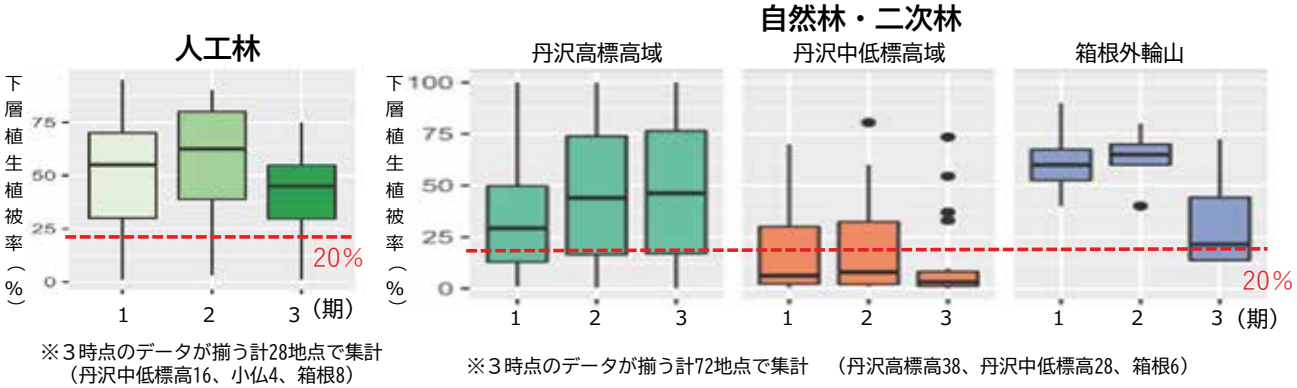


図8　第1期から第3期の下層植被率の推移　水源環境保全・再生かながわ県民会議（2024）

から、県による管理捕獲を開始するなどシカ対策を強化しているものの、新たに土壌侵食が進行しつつあると考えられた。このように、暫定基準を設けたことで地区単位での事業の効果と課題をより明瞭に表現できるようになった。

2023年（令和5年）5月の県民会議の施策懇談会では、当センターは、こうした図８による事業効果の説明と合わせて、冒頭で改めて基本的な解説を行った。その一つが、水源地域の３つの山地（丹沢山地、小仏山地、箱根外輪山）と３つの森林タイプ（人工林、自然林、二次林）の解説である。これは、前述した下層植被率の時点変化において、事業はどこも同じように実施していても山地や森林タイプによって効果の現れ方が異なっているためである。その他、シカの影響について背景も含めた理解が必要となることから明治時代以降の森林の状態とシカの生息の変遷、また、人工林では若齢段階で下層植生が衰退し間伐をすることで下層植生が侵入するという自然林と異なる発達段階（藤森，1997）についても解説した。

こうして、県民会議では、当センターが説明した中間評価指標の指標①を用いた事業効果や２次的アウトカムである水源かん養機能や生物多様性保全機能に関するモニタリング結果を元に、最終評価の検討が行われた。最終評価報告書では、「事業が実施された箇所では、多くの箇所で森林の下層植生の維持・増加による土壌保全機能の向上が達成され、森林の荒廃に歯止めをかけることができた」、「下層植生の増加等が水源かん養機能の向上や生態系の健全化につながったことを支持する検証結果も得られた」、と総括され、一部に課題はあるものの「森林全体としては水源かん養機能等の公益的機能向上など施策の成果が得られた」と結論づけられた。また、今後の課題として、丹沢中低標高域や箱根外輪山の二次林で下層植被率が低いことが挙げられ、引き続きシカの対策や土壌流出防止対策が必要であること、さらに、豪雨や台風による災害の頻発化など、施策開始以降の環境の変化への対応も必要とされた。

Ⅵ　終わりに

水源環境保全・再生施策において、2007年度（平成19年度）から2023年度（令和5年度）の17年間、森林のモニタリング担当として施策の評価に携わった経験から、取組の経過を振り返った。当センターが直接関わった部分に限定した記録であるが、関係者の間では一貫して施策の効果をわかりやすく示すことに重点が置かれてきたことがわかる。庁内・外を問わず超過課税を活用した特別な取組であることが重く受け止められてきたためであろう。

森林のモニタリングの担当者として17年間実施してきたことは、単にモニタリングを実行して結果を説明するだけではなく、本施策の取組について科学的な理解に基づく整理を行い、関係者の自然環境への理解を促すということであった。これには、当センターが丹沢大山総合調査を行った経験を元に、専門家との協働によるモニタリングを実施できたことが大きい。自然環境管理の一環として取組み、自然環境の本質を捉えることで、複雑なプロセスや多くの要因がモニタリング結果に影響して単純でないこと、時間の経過が伴って初めて変化が見えるものもあることなど、モニタリング結果への理解促進にも繋げていった。当初想定していなかった令和元年東日本台風による森林被害などについても、過去の自然災害との比較などを速やかに情報提供することができた。

また、施策開始当時は難しいとされた指標の設定も、施策効果をわかりやすく示すため、試行的ではあるものの最終的に指標の設定に至ったことも興味深い。そして、一度指標を設定しても、指標自体の検証も行い、場合によっては指標を見直しすることも有効であった。また、指標を用いて定量的に示すことでわかりやすくなるが、簡潔になることで多くの情報が抜け落ち、森林や自然環境そのものへの理解には及ばないことも見えてきた。このため、指標で事業効果を簡潔に示す際には、指標の意味や指標の値を理解するための自然環境の仕組みなどの情報を合わせて提供する必要がある。さらに、定めた評価体系に従って評価する、あるいは指標を設定して評価するなど、施策評価そのものがシステム化・専門化することによって、施策を評価する行為が一般県民からは遠ざかってしまう。このため、モニタリングによって科学的な理解が進み、それによって評価手法が発展することと並行して、一般県民への広報や普及啓発の強化、教育部門等との連携が今後一層重要であろう。県民会議においては、事業モニターなどの公募委員による現地視察による評価、あるいは経済評価との連携の強化なども有効と考えられる。

順応的管理に関しては、これまでの取組の中で仕組みとして構築されてきており、事業による森林生態系への影響が長期に及ぶことを考えると、省力化、低コスト化を図りつつ長期にモニタリングを継続することが欠かせない。それだけでなく、これまでの事業実施により、水源地域の森林状態やシカの生息状況等は施策開始時点と比べて大きく変化し、誰も経験したことのない未知のステージに移行している。これからの水源環境の保全・再生対策においては、アウトカムをあげることの難易度が一層高まることが予想される。何が正解かわからない中での目標設定や整備の手法の見極め等のためにも、政策の意思決定のための順応的管理が今後一層重要になるだろう。

Ⅶ　謝辞

本稿に示した当センターの取組は、県民会議や事務局をはじめとした多くの関係者の取組があってこそ実施できたものである。本稿の執筆にあたっても、当センター研究連携課で本施策初期の評価に携わった山根正伸氏、県民会議の事務局として施策評価に携わった内山豊氏（第２期中間評価）、田中慎吾氏（第３期中間評価）、塩脇明弘氏（最終評価）、ほか関係の方々には、原稿の確認・助言をいただいた。また、神奈川県自然環境保全センター報告編集委員会には、本稿の執筆の機会をいただき、編集委員会事務局にも原稿作成への協力をいただいた。この場を借りて、関係各位に厚くお礼申し上げます。

Ⅷ　参考文献

アジア航測株式会社（2012）平成 23 年度　酒匂川上流域水源林スコリア層流出状況調査委託業務報告書 , 310pp

藤森隆郎（1997）日本のあるべき森林像からみた「１千万ヘクタールの人工林」，森林科学 19:2-8

本田美里・内山佳美・増子和敬（2025）水源環境保全・再生施策に関する公開資料の再収録について，神奈川県自然環境保全センター報告，19：49-78.

海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・畢力格図・内山佳美（2012）ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流流出率に与える影響、日本森林学会誌 94，167-174

石川芳治・白木克繁・戸田浩人・若原妙子・宮貴大・片岡史子・中田亘・鈴木雅一・内山佳美（2007a）Ⅳ　堂平地区の林床植生衰退地での土壌侵食および浸透の実態．445-458．丹沢大山自然環境総合調査報告書．丹沢大山総合調査団編，794pp,財団法人平岡環境科学研究所,相模原市.

石川芳治・白木克繁・戸田浩人・浅野敬尋・鈴木雅一・内山佳美（2007b）Ⅴ　堂平地区における緊急土壌侵食対策試験施工の土壌侵食軽減効果.459-468.丹沢大山自然環境総合調査報告書.丹沢大山総合調査団編，794pp，財団法人平岡環境科学研究所，相模原市.

石川芳治（2013）シカの食害による土壌流亡を防ぐ知識と技術．「天然水の森」を科学する．サントリービジネスエキスパート（株）水科学研究所・サントリーホールディングス（株）編 , 139-150

神奈川県（2005a）かながわ水源環境保全・再生施策大綱．59pp，神奈川県企画部土地水資源対策課，横浜.

神奈川県（2005b）かながわ水源環境保全・再生実行５か年計画，40pp

神奈川県（2017）第４次神奈川県ニホンジカ管理計画 , pp47

神奈川県監修（2003）参加型税制・かながわの挑戦―分権時代の環境と税―．209pp，第一法規株式会社，東京都港区.

神奈川県自然環境保全センター（2013）神奈川県自然環境保全センター報告第 10 号 , 287pp

神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課（2015）自然環境保全センター研究成果報告会～水源林再生の最前線～開催報告 , 43pp

三浦覚（2000）表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価．日本森林学会誌 82:132-140

宮永健太郎（2014）順応的管理―環境経済・政策学の視点―．環境経済・政策研究，Vol.7,No.1；36-40

永田幸志・田村淳（2018）丹沢山地におけるササ３種の 2016 年の開花記録，神奈川県自然環境保全センター報告，15：55-58

沼尾波子 (2012) 水と森の財政学. 水と森の財政学, pp255-271. (株) 日本経済評論社, 東京都千代田区.

恩田裕一編 (2008) 人工林荒廃と水・土砂流出の実態. 245pp, 岩波書店

初磊・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美(2010) 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における林床合計被覆率と土壌浸食量の関係. 日本林学会誌 92:261-268

水源環境保全・再生かながわ県民会議 (2009) かながわ水源環境保全・再生の取組の現状と課題－水源環境保全税による特別対策事業の点検結果報告書－, 113pp

水源環境保全・再生かながわ県民会議 (2013) かながわ水源環境保全・再生の取組の現状と課題－水源環境保全税による特別対策事業の点検結果報告書－（平成 23 年度・第 1 期 5 か年実績版）

水源環境保全・再生かながわ県民会議 (2015) かながわ水源環境保全・再生施策これまでの歩みとこれから　総合的な評価（中間評価）報告書, 129pp

水源環境保全・再生かながわ県民会議 (2020) かながわ水源環境保全・再生施策これまでの歩みとこれから　総合的な評価（中間評価）報告書, 140pp

水源環境保全・再生かながわ県民会議 (2024) かながわ水源環境保全・再生施策最終評価報告書（暫定版）, 107pp

谷脇徹・田村淳 (2025) 水源林整備としての間伐が人工林生態系の生物多様性に及ぼす効果の検証―調査の開始の経緯と進捗状況について―, 神奈川県自然環境保全センター報告, 19：35-48

丹沢大山自然再生委員会 事業計画・評価専門部会・神奈川県自然環境保全センター (2009) 森林管理・シカ管理ワークショップ報告書, 45pp

丹沢大山総合調査実行委員会調査企画部会編(2006) 丹沢大山自然再生基本構想. 136pp, 丹沢大山総合調査実行委員会, 横浜.

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―, 神奈川県自然環境保全センター報告, 5: 15-24.

内山佳美・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二 (2023) 林床植生の植被率と土壌侵食防止機能の指標となる林床合計被覆率との関係, 神奈川県自然環境保全センター報告, 17：1-6

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・再生施策の検証手法とその実施状況, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10：1-12