

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム(水源かん養機能の向上)の検証

- (1) 課題名 Db 貝沢モニタリング調査・研究(1) 流出過程
(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
(3) 予算区分 県単(水源特別会計:森林環境調査)
(4) 担当者 本田美里・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。貝沢では、約3年間の事前モニタリングの後、2012年度に流域1、2016年度に流域2において森林整備を行ったことから、森林整備の前後を通して、また混交林化等の長期的推移も視野に流域スケールのモニタリング調査を継続する。さらに、光環境や樹冠遮断量等の森林状態と水循環の関係の諸指標の実測値を得ることにより間伐等の森林整備の効果や影響を把握する。

(6) 方法

森林整備等による事業効果の検証のため、相模原市緑区与瀬地内(貝沢)において、流域からの水流出、土砂流出について調査を継続した。本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した(詳細は、受託研究報告書参照)。

既設の観測システムによる気象・水文観測や流域内プロットにおける林内雨量や樹幹流量の測定、光環境調査、流域3の上流部斜面の斜面プロット調査等を継続した。



図-1 貝沢(流域1~4)

(7) 結果の概要(一部の結果のみ。他の結果は、受託研究報告書参照。)

① 水文観測結果

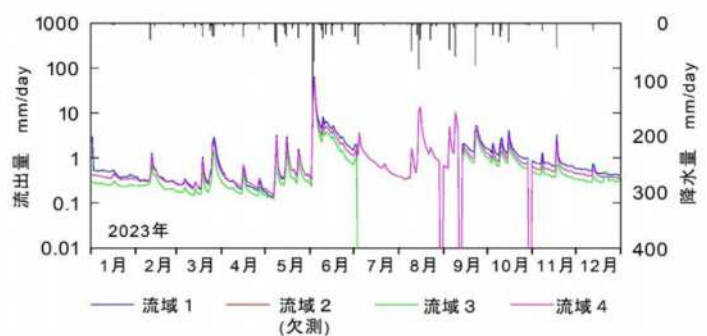
2023年度は、流域1及び3で7~9月にかけて欠測があったが、流域4の流出量は比較的良好に計測できていた。(図-2)。

② 林内プロットの樹幹流等計測

樹冠通過雨量を推定するにあたり、樹幹流が幹から離脱して滴下する雨水の移動成分である樹幹流由来の滴下雨が考慮されていない可能性が指摘されてきた。

2022年からプロット内の11本のスギを対象として、幹周囲に直径160cmのビニールプールを巻き付けて集めた雨水を計測する装置を設置し、樹幹流由来の滴下雨を含む樹冠通過雨量の計測を行っている。

降雨イベントごとに解析を行った結果、樹幹流由来の滴下雨を含む樹冠通過雨は大きい降雨イベントの時に平均樹冠通過雨より多くなり、小さい降雨イベントの時に少なくなることがわかった。これは、樹幹流由来の滴下雨を考慮しない場合、大きい降雨イベントでは平均樹冠通過雨を過小評価、小さい降雨イベントでは過大評価しているといえる。プロット内の平均樹冠通過雨への影響は1%程度であったが、このプロットが立木密度490本/haであるため、立木密度が高くなれば影響は大きくなる可能性があると考えられる。今後は、より大きな降雨イベ



ントデータを集めることでこの結果の正確性を高める必要がある。

③ 流域内の光環境測定

NIR/PAR法では、林床で測定したNIR/PARの値の対数が葉面積指数（Leaf Area Index, LAI）と高い相関関係にあるということを利用してLAIの値を算出する。LAIが大きいほどNIR/PARの値は大きくなる。2023年度は流域1~3の計3地点でNIR/PAR法による光環境の測定を実施した。

NIR/PAR値は広葉樹林で夏季に大きく、落葉に伴い減少することがわかった。一方、スギ群状伐採地点では9月以降の値の上昇がみられたが、値が大きくなる要因がなく検証が必要である。

④ 斜面表面侵食調査

貝沢試験流域のスギ・ヒノキの2段林とヒノキ林のそれぞれに斜面プロットを1か所ずつ設定している。2023年度は、地表面被覆と地表流量・土壌侵食量等の観測を継続するとともに、降雨中の表面土砂流出の実態を測定するため、表面侵食量と表面流出量の測定を行った。

ヒノキプロットでは林床植生被覆が最大でも夏で1%であり、年間を通して林床植生が発達していなかった。リター被覆については、春から秋にかけて14.3%から6%まで減少し冬に12%まで増加した。一方、スギヒノキプロットの林床被覆率は春から秋にかけて0%から5%で推移した。また、年間を通して非常に多くのリターに被覆されていることが分かった。

各プロットのリターの流出状況については、スギヒノキプロットよりもヒノキプロットのリター流出が多い結果となった。ヒノキのリターは鱗片化しやすいことが知られており、鱗片化した細かいリターが表面流や雨滴衝撃により斜面下方へと流下しやすくなることで、ヒノキプロットで多くのリターが流出したものと考えられる。

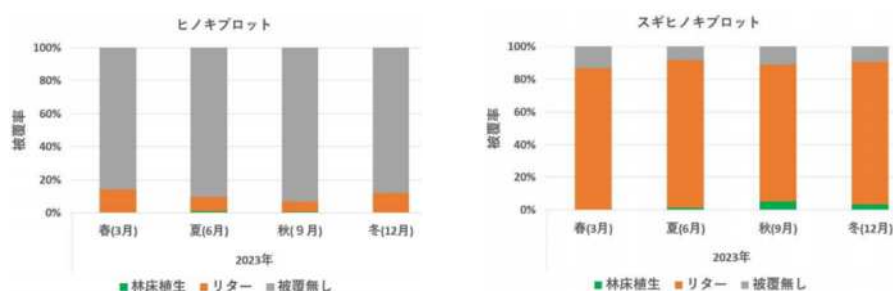


図-3 各プロットの季節ごとの表面被覆率

(8) 今後の課題

- 今後も試験流域内では水源の森林づくり事業の目標林型に向けて繰り返し森林整備が行われていくことから、それに合わせてモニタリングも継続していき、定期的に整備が行われることや目標林型への誘導について有効性を検証していく必要がある。
- 基本的なモニタリングを継続しながら、水循環にかかる諸指標の実測値を取得して、当該地域の水流出機構について明らかにするとともに、水源林整備との関係を把握していく必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

白木克繁ほか（2013）貝沢試験流域における隣接する三流域の降雨流出特性と浮遊土砂動態. 神自環保セ報 10:81-89

白木克繁ほか（2020）簡易架線集材による森林整備が流出浮遊土砂量と流域流出量に与える影響. 水文・水資源学会誌 33(2):47-55

白木克繁ほか（2023）スギ人工林における樹幹離脱流由来の滴下雨が樹木近傍の樹幹通過雨に与える影響. 日本森林学会誌 105:129-135

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 Dc 貝沢モニタリング調査・研究 (2) 物質循環
(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担当者 本田美里・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。貝沢では、約3年間の事前モニタリングの後、2012年度に流域1、2016年度に流域2において森林整備を行った。森林整備の前後を通して流域スケールのモニタリング調査を継続することにより森林整備の効果やかく乱の影響を把握するとともに、混交林化等の目標林型への移行と物質循環の関係に関する基礎的な知見を得ることを目的とする。

(6) 方法

本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した（詳細は、受託研究報告書参照）。

森林整備等による事業効果の検証のため、相模原市緑区与瀬地内（貝沢）において、流域の物質循環について調査を継続した。

2023年度は過年度に引き続き、対照流域末端部の渓流水質のモニタリングおよび源頭部での諸調査を実施した。2009年以降の水質測定結果については、植物の成長期（4～10月）と成長休止期（11～3月）に区分してとりまとめた。また、ナラ枯れ被害が貝沢へも拡大してきたことから、昨年度の予備調査に続いて本調査を実施した。

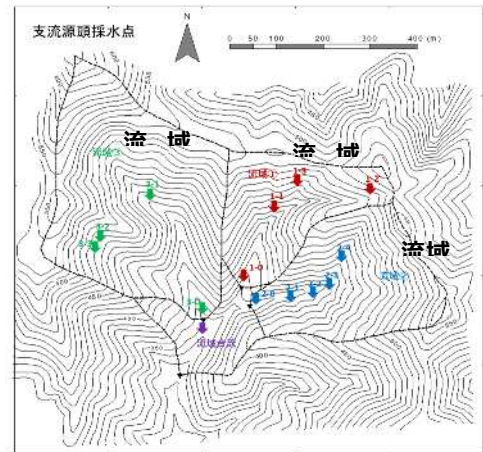


図-1 各流域の源頭部の採

(7) 結果の概要（一部の結果のみ、他の結果は受託研究報告書参照）

① 源頭部の湧水等水質と影響要因

2020年～2023年に測定した源頭部の湧水等水質と各採水地点の地温と水温、また各流域末端部のpHと電気伝導率（EC）について関係を取りまとめた。地点ごとの特徴として、流域2の2-1、流域3の3-1では他地点と比べて水温・地温とも年間の温度変化が小さく、地中深くからの湧水の影響が大きい地点であると考えられる。NO₃濃度は、流域全体として流域③>流域②>流域①の順に濃度が高く、流域3-3で最も高く、流域1-3で最も低い傾向が2023年も継続した。流域②の特に末端部（流域2-0）では、2021年から2023年にかけてNO₃濃度が上昇傾向、pHが低下傾向にあり、水源林整備や2019年の台風による攪乱の影響が続いていると考えられる。貝沢流域全体としてはSO₄²⁻濃度が高く、中央高速からの長年にわたる大気沈着が渓流水質全体のSO₄²⁻濃度を高めている可能性がある。SO₄²⁻の主なカウンターイオンであるCa²⁺濃度も高く、ECとpHの上昇をもたらしている傾向が2023年も継続していた。貝沢では積算イオン濃度が高い場所は、SO₄²⁻濃度の負荷とCa濃度の溶出が原因であるが、SO₄²⁻の少ない場所ではCa、Mg、Na濃度のバランスが均衡する傾向が2023年も継続していた。

② 流域源頭の土壤窒素無機化速度に及ぼす影響の解析

源頭域溪流の平均 NO_3^- 濃度の高低と、流域①～③のバランスを考慮して6つの調査地を抽出し、主要樹木の細根のポリフェノール濃度と周辺土壤の理化学性を調査した。その後、溪流 NO_3^- 濃度に影響を及ぼす土壤窒素無機化・硝化速度との関係を考察した。

細根の水溶性・総ポリフェノール濃度の分析では、流域1-3の左岸（ヒノキ林）で有意に高く、細根に起因するポリフェノール-タンパク質の複合体の形成が窒素無機化速度を低下させ、硝化を抑制していることが示唆された。これらのことから、土壤窒素の可給性が低い地点で細根ポリフェノール濃度が高く、土壤窒素無機化速度・硝化速度を抑え溪流への窒素流亡を抑制するという生態的な意義があると考えられた。

③ 渓流水の長期的傾向

3つの対照流域の末端で採水した渓流水について、2009～2023年までの水質変動を成長期（4月～10月）と成長休止期（11月～3月）でとりまとめ、長期的変化を考察した。

pHは6.4～8.4の中性付近で溪流による差が小さく、ECは流域②で常に高かったが、全体としては $100\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 前後の値が多く、どちらも2022年までと同様に長期的な増減傾向はみられなかった。また、陰イオン・陽イオンの濃度についても2022年までと同様の傾向を示した。

④ ナラ枯れ調査

ナラ枯れ被害がみられる流域②の南～南東斜面の広葉樹二次林においてコナラとクヌギを対象に、カシナガ穿孔度合、ナラ枯れ被害度、樹脂滲出量を調べ、抽出した樹木の菌根菌感染率や周辺土壤の理化学性との関係を調査した。

ナラ枯れ被害度は、被害生存が大部分を占め171本、枯死が30本、被害無しはなかった。カシナガ穿孔度合、ナラ枯れ被害度、樹脂滲出量の評価は、あらゆる樹高階および胸高直径階にほぼ均等に分布しており、特定のサイズでの明確な大小傾向はみられなかった。胸高直径とカシナガ穿孔度合の間には弱い正の相関性が認められ、カシナガの穿入しやすい個体は大径木とされている傾向が、本調査地でもわずかながらみられた。また、カシナガ穿孔度合、ナラ枯れ被害度、樹脂滲出量と菌根菌感染率や土壤化学性に明確な関係性はなかった。

今後の林分状況の変化による渓流水質への影響も考えられ、注視してモニタリングしていく必要がある。

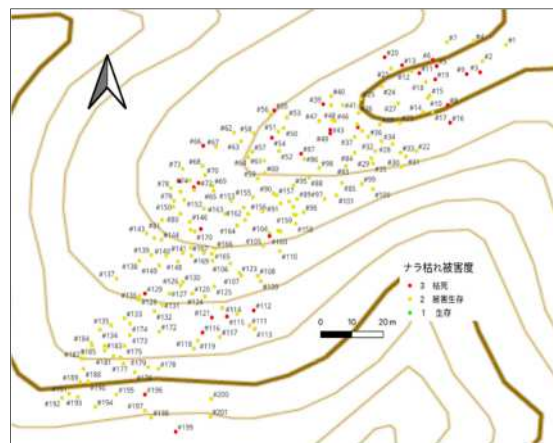


図-2 ナラ枯れ被害度の地形図上の分布

(8) 今後の課題

- ・ 今後も試験流域内では水源の森林づくり事業の目標林型に向けて繰り返し森林整備が行われていくことから、それに合わせてモニタリングも継続していき、定期的な整備や目標林型への誘導についての有効性を検証していく必要がある。
- ・ 基本的なモニタリングを継続しながら、当該地域の水流出機構や水質形成機構について明らかにし、当該地域の水源林整備に反映させる必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

辻千智ほか（2013）神奈川県 の 貝 沢 試 験 流 域 に お け る 窒 素 動 態 特 性 . 神 自 環 保 セ 報 10:91-99

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム(水源かん養機能の向上)の検証

- (1) 課題名 Dd ヌタノ沢モニタリング調査・研究
- (2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
- (3) 予算区分 県単(水源特別会計:森林環境調査)
- (4) 担当者 本田美里・内山佳美・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、対照流域法等の手法を用いてモニタリング調査を行う。ヌタノ沢試験流域においては、2014年4月にA沢全体を囲む植生保護柵が完成し、以降は対策を実施していないB沢を対照区としてA沢における下層植生回復と水や土砂の流出の変化を検証するため各種測定を行う。

(6) 方法

既存の観測システムによる水文観測などモニタリング調査を継続した。なお、2022年度は、県地域県政総合センター森林部により実施流域(A沢)内の人工林の間伐が行われた。間伐前の植生調査は2021年度に実施したため、2022年度は植生調査を実施していない。

① 気象・水文観測

既存の観測システムによる常時観測(気象1地点、水文2地点)を継続した。加えて、A沢およびB沢の各量水堰の湛水部にECメータを設置し、常時観測と同様に10分間隔でデータを取得した。また、長期的な降水量の推移の検討に関しては、近傍のアメダス丹沢湖のデータを活用した。

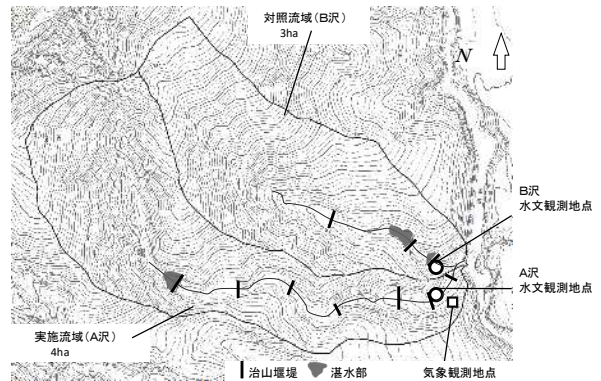


図-1 ヌタノ沢試験流域

(7) 結果の概要(主なもの)

① 水文観測結果

2023年1～12月の年間降水量は、2204.5mm、年流出量はA沢が665mm、B沢が1463mmであった。A沢は、少雨の影響で、前年の2022年12月から3月下旬まで水枯れとなった。6月2日に梅雨前線及び台風2号の影響による大雨があり、6月2～3日の降水量は、332mmとなった。

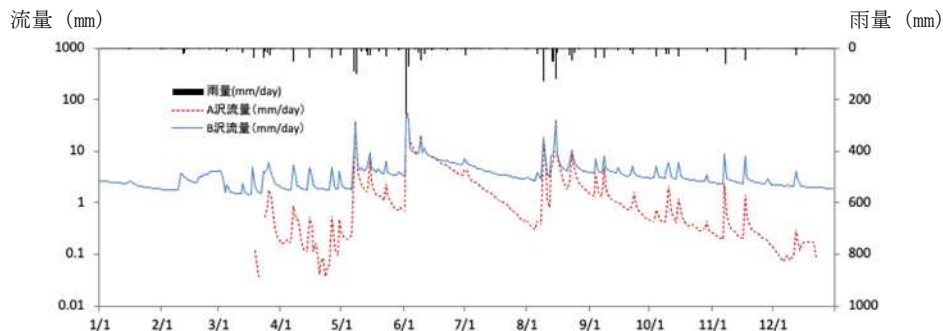


図-2 ヌタノ沢のハイドログラフ(2023.1～12)

② 他の試験流域との水循環特性の比較

ヌタノ沢試験流域における事業効果検証の背景となっている 2011 年度から現在までのモニタリング期間の降雨特性について、近傍のアメダス丹沢湖の 45 年間の観測データを活用して把握した。その結果、アメダス丹沢湖の 45 年間の降水量をみると、年降水量は横ばいで推移しているが、年代ごとにみた日降水量 100mm 以上の日数は増加傾向であり(図-3)、特に 2010 年代の水源地策開始以降については、年ごとの日降水量 100mm 以上の日は施策開始 15 年目以降となる第 3 期の 5 か年で比較的多く発生していた。また、1980 年代から 2010 年代の日降水量 200mm 以上かつ総降水量 300 mm 以上の計 11 事例をみると、1980 年代の 3 事例よりも 1990 年代以降の 8 事例のほうが強い降雨強度が短時間に発生する傾向が見られた(図-4)。これらのことから、ヌタノ沢試験流域におけるモニタリング期間の降雨特性も、同様の傾向があると推測され、過去よりも下層植生の回復や土壌保全の面ではより厳しい降雨条件に面していると考えられる。

今後、モニタリング結果を事業等に反映させる際にも、こうした背景を考慮する必要がある。

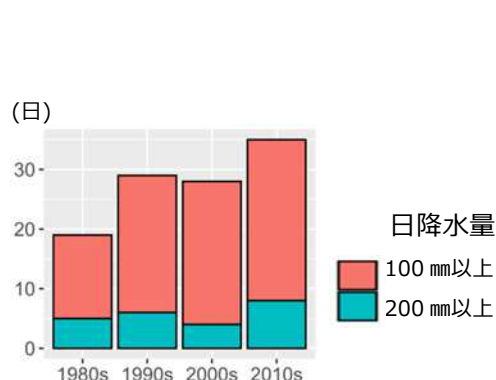


図-3 各年代の日降水量 100 mm 以上の日数

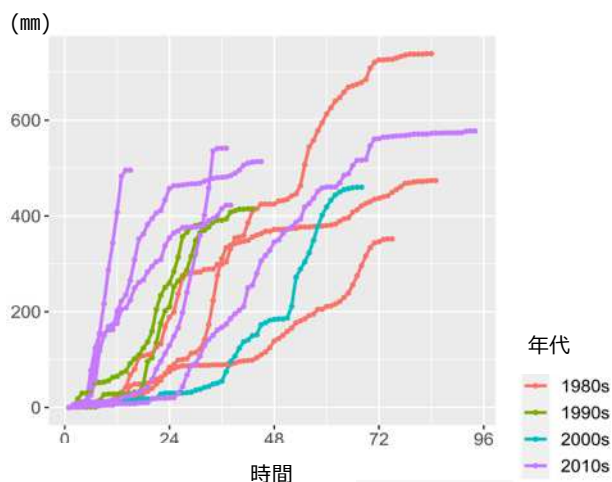


図-4 総降水量 300 mm 以上の降雨事例の積算雨量図

※1980 年代から 2010 年代の日降水量 200 mm 以上の日のうち、総降水量 300 mm 以上の事例を抽出した。

(8) 今後の課題

検証の筋書き(仮説)に従って植生保護柵設置後の水や土砂の流出の変化を継続して把握する必要がある。また、植生保護柵を設置した A 沢の流域内の植生回復に伴い、詳細な植生調査も定期的に継続する必要がある。

(9) 成果の発表

内山佳美ほか (2013) 西丹沢ヌタノ沢試験流域における平成 23 年度の台風による土砂流出の概況. 神自環保セ報 10:115-122

内山佳美ほか (2018) 西丹沢ヌタノ沢における濁度計による浮遊土砂観測結果. 神自環保セ報 15:29-35

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム(水源かん養機能の向上)の検証

- (1) 課題名 De. フチジリ沢モニタリング調査・研究
(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
(3) 予算区分 県単(水源特別会計:森林環境調査)
(4) 担当者 本田美里・内山佳美・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、対照流域法等の手法を用いてモニタリング調査を行う。県内4箇所に設定した試験流域は、いずれも地形・地質等の水源環境の基礎的な性質が異なるため、地域ごとの水文特性を把握し、水源環境の管理に反映させることも必要である。そこで、南足柄市のフチジリ沢試験流域において、気象・水文観測を中心としたモニタリング調査を行った。

(6) 方法

フチジリ沢試験流域において、気象・水文観測施設により観測を行うとともに、多地点の流量観測や土砂流出調査を行った。なお、水文観測施設は、令和元年東日本台風により被災しており、2020年度に再設置されたセンサ類により観測を継続した。

本調査は、アジア航測(株)が実施した。

(詳細は、委託報告書参照。)

ア. 水流出調査

平水時に9地点で年4回(8月、10月、12月、2月)に流量、水温、pH、ECの調査を行った。うち水文観測施設(クラミ-0、フチジリ-0の2地点)においては、ロガーからのデータ回収を行った。

水質分析は、夏季(8月)、冬季(12月)については、全9地点で水質分析用サンプルを採取し、下記項目の分析を行った。

- ①水素イオン濃度(pH)、②電気伝導率(EC)、③カルシウムイオン、④カリウムイオン、⑤ナトリウムイオン、⑥マグネシウムイオン、⑦塩化物イオン、⑧硝酸イオン、⑨硫酸イオン、⑩アンモニア性窒素、⑩ケイ酸(SiO₄⁴⁻)

出水時には、上記水文観測施設(2地点)において流量観測、量水標の水位観測、水温、pH、ECの観測を行った。

イ. 土砂流出調査

調査期間中の台風シーズン後(12月)に上流域の踏査により、洪水痕跡や河床の土砂移動状況を確認した。

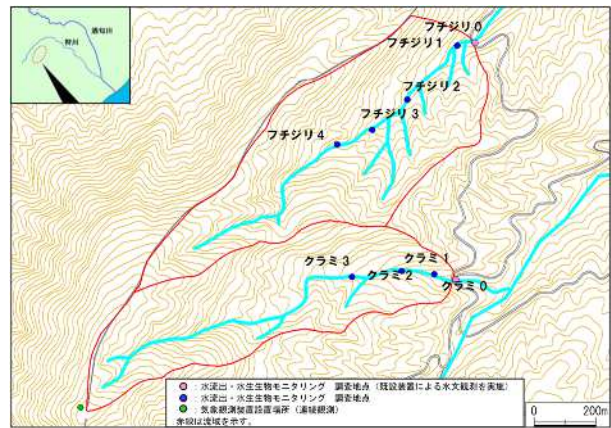


図-1 調査地点

(7) 結果の概要

主な調査結果は次のとおりであった(調査結果全体は、委託報告書参照)。

① 流量観測

降雪の影響で、例年少ない2月に12月並みの流量が見られた。フチジリ沢では上流から下流

の地点に向かって流量は減少したが、クラミ沢では上下流の流量の逆転も見られ、伏流によるものと考えられた。

② 水質調査

フチジリ沢、クラミ沢ともに同じような傾向を示し、カルシウムイオン、マグネシウムイオンはフチジリ沢のほうが多く、ともに下流に向かうにつれ高くなる傾向があった。

過年度報告書の分析結果とともに経年変化を整理したところ、2018年度と2021（R3）年度に検出されたアンモニア性窒素が冬季は見られなかった（ $<0.1\text{mg/L}$ ）が、夏季に見られた。季節変化はクラミ沢が明瞭であり、夏に高い傾向を示す成分が多く、地質や地下水の影響と考えられる。

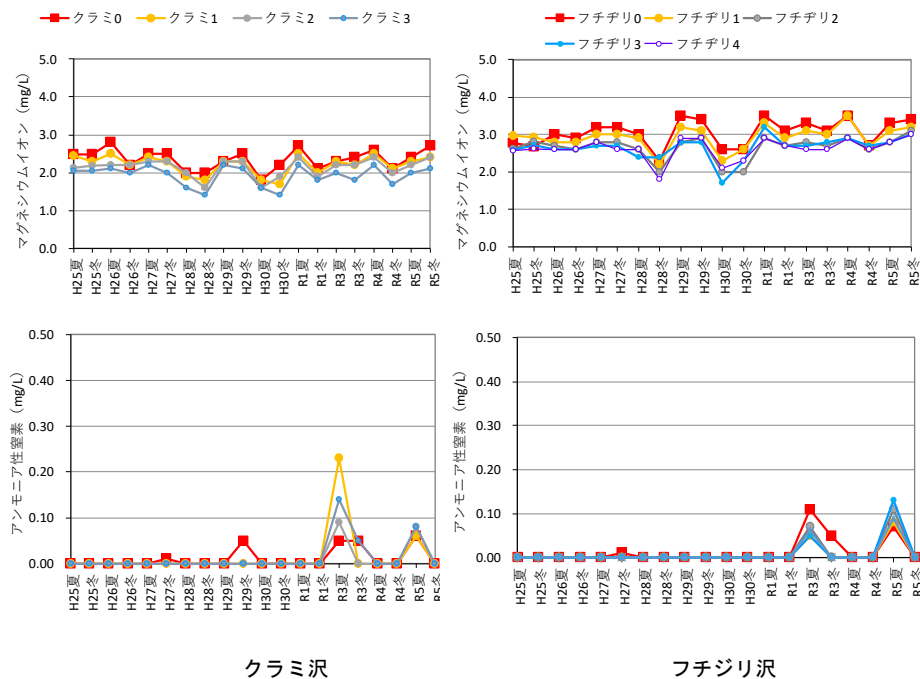


図-2 水質（硝酸イオン、アンモニア性窒素）の経年変化

③ 土砂流出調査

土砂流出調査は12月14日にフチジリ沢、12月15日にクラミ沢で実施し、令和4、5年度の写真記録と比較した。その結果、全般的に顕著な変化は認められなかったが、溪床では礫や砂の流出や堆積が見られた。

(8) 今後の課題

- 令和元年東日本台風の影響により河床変動が大きかったことから、それらの影響を短期的、長期的に検証していく必要がある。
- 2012年度以降の連続観測により、着実にデータが蓄積されており、水位流量換算式も整理されつつあることから、水収支をはじめ流出特性を検討するための各種解析に加え、当該地域の水循環特性を総合的に取りまとめていく必要がある。
- モニタリングの開始時と比べて、近年はシカ生息密度が増えつつあり、今後は下層植生衰退などの変化が予想されるため、当該地域の地形・地質等の自然条件における水源かん養機能との関係を検討できるデータを整備しておく必要がある。

(9) 成果の発表

なし

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 Df 各試験流域及び周辺の水質基礎調査
(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担当者 本田美里・内山佳美・増子和敬・入野彰夫

(5) 目的

本研究は、第3期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づき、森林で行われる事業実施効果の検証のうち、特に水質の評価に資するため、各試験流域における継続的な水質調査に加えて基礎的な水質データを取得し、地域特性の把握や水循環機構の推定、事業実施との関係把握の基礎資料とすることを目的とする。

(6) 方法

本業務は、神奈川工科大学が受託して実施した。

水質評価基礎調査として、宮ヶ瀬湖の上下流を含む中津川水系に着目し、比較対象として串川水系と合わせて、計16地点において、前年度より継続して概ね月1回の頻度で水質調査を行った。なお、①大洞沢、②札掛橋下流については別途に採水した資料を用いたほか、③塩水橋、④金沢キャンプ場、⑤国際一ノ瀬キャンプ場の一部においては欠測もあった。

分析項目は、河川の基礎的な分析項目として水温、pH、電気伝導率を採水時に行い、栄養塩および人為的な汚染に由来するものとして硝酸イオン、亜硝酸イオン、リン酸イオン、ケイ酸を、土壌由来の指標としてアルミニウムイオンを測定した。

(7) 結果の概要

水温では、2023年度は冬季に10℃を下回ることはなく、長期的には冬季の水温の上昇が懸念された。

例年、pHは夏季の上昇と周期の減少が見受けられるが、生物の活動とかわりがあることが示唆されている。また、pHがアルカリ性を示すほどアルミニウムイオン濃度が高くなることが判明しており、夏季に最高値で10ppbが観測された。

硝酸イオンは、昨年同様、季節変動による変化よりも各測定地点の差のほうが大きく、農業用水としての利用が関連していると推測される。2019年の豪雨後は一時的に高濃度の硝酸イオン濃度が観測されたが、以降は減少傾向にある。

リン酸イオンは河川、地点ごとの変動は少なく、夏季に若干濃度の上昇があった。

ケイ酸も通年で一定の数値であった。また、宮ヶ瀬ダム下流の濃度が上流よりも低くなる現象が観測されたが、ダム上流と下流の水温差と濃度差には負の相関が見受けられ、ダムに流入する水温が高く、それによりダム上流のケイ酸濃度が高くなる傾向が示唆された。

(8) 今後の課題

対照流域調査地及び周辺河川における水質調査に関しては、宮ヶ瀬ダムの上下流を含む一連の水系の水質実態を把握することができ、令和元年東日本台風の前後における河川水質の変化も概ね捉えることができた。本調査における中下流河川の採水地点は、環境科学センターが実施する河川モニタリング（5年に1回実施）の調査地点と重ねており、引き続き継続し、年による変動も把握する必要がある。

(9) 成果の発表

なし



- 1 大洞沢
- 2 札掛橋下流
- 3 塩水橋
- 4 金沢キャンプ場
- 5 国際一ノ瀬キャンプ場
- 6 国際マス釣り場 上流
- 7 馬渡橋付近
- 8 田代運動公園
- 9 八菅橋
- 10 長坂山ノ根 水辺の公園
- 11 厚木市妻田地先 (あゆつはし)
- 12 塩水浄水下水流
- 13 串川橋上流
- 14 川原橋
- 15 道場
- 16 水沢橋
- 17 上野原
- 18 梁瀬橋
- 19 道志橋
- 20 新小倉橋
- ▲ 湧水

図-1 宮ヶ瀬湖上下流を含む採水地点

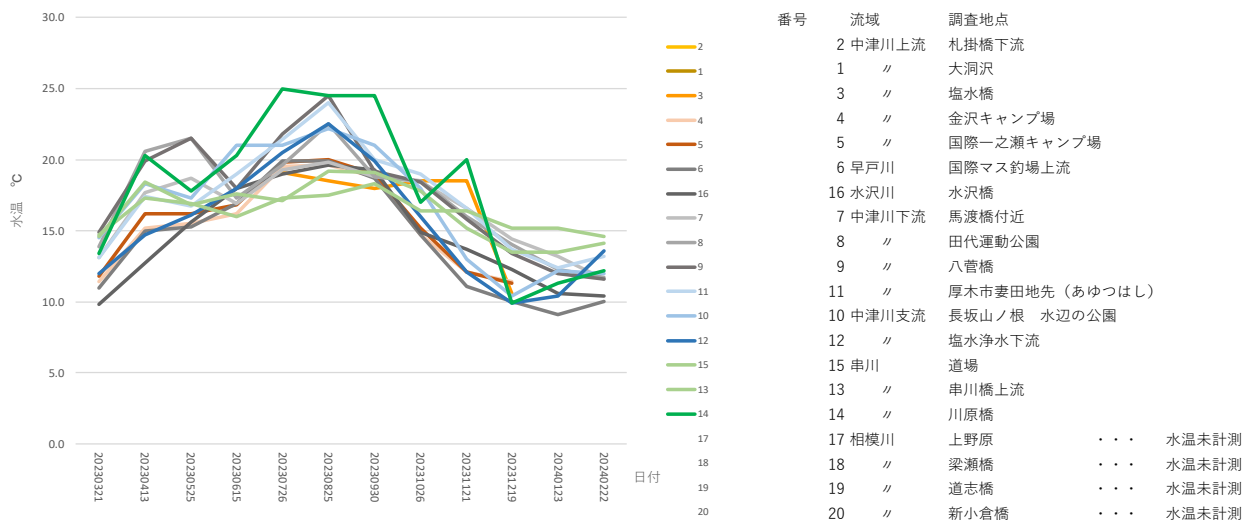


図-2 河川的主要な採水地点の水温の変化 (2023年3月~2024年2月)

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム(水源かん養機能の向上)の検証

- (1) 課題名 Dg 水循環モデルによる解析
(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
(3) 予算区分 県単(水源特別会計:森林環境調査)
(4) 担当者 本田美里・増子和敬・入野彰夫・内山佳美

(5) 目的

第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画にかかる森林環境調査の一環として、これまでに開発を行った三次元水循環数値シミュレーションモデル(広域モデル3地域、試験流域モデル4ヶ所※)を用いて、現地モニタリングデータを活用した再現性解析やモデルの改良を行うとともに、水源環境保全・再生施策におけるダム上流等の広域または各試験流域の事業実施効果予測等の評価にかかる解析を行う。

※広域モデル:宮ヶ瀬上流域モデル、相模川流域モデル、酒匂川流域モデル

試験流域モデル:大洞沢モデル、貝沢モデル、ヌタノ沢モデル、フチジリ沢モデル

(6) 方法

これまで、試験流域で得られたモニタリングデータを活用し、水源施策の評価や県民説明のために活用する水循環モデルを構築して施策効果にかかるシナリオ予測解析等を行ってきた。一方、令和4年度下半期以降に現地モニタリング結果の解析や評価の検討が進捗し、地表面の林床合計被覆率と地表流流出率の関係等の既往の知見を考慮して事業による森林の水源かん養機能維持向上効果を評価する方向に整理された。このため、こうした評価の考え方や基準について、改めてシナリオ予測解析のパラメータ設定等と整合させるため、大洞沢試験流域モデルによるモデルの検証のための現況再現解析とパラメータ調整、その結果を踏まえた宮ヶ瀬湖上流域モデルの更新とシナリオ予測解析を行った。本業務は、(株)地圏環境テクノロジーが実施した。

① 大洞沢試験流域における現況再現解析

これまでのシナリオ予測解析においては、森林の状態設定に対応する等価粗度係数や表土の透水係数等のパラメータについて文献値に基づき設定していた。今年度の業務では、改めて、既往の堂平の測定結果を踏まえて林床合計被覆率と等価粗度係数・透水係数の関連付けを行い、大洞沢試験流域モデルを用いて現況再現解析を実施した。検証データは、2012～2018年までの量水堰における流量及び土砂流出量を対象とした。

② 宮ヶ瀬湖上流域モデルによる現況再現解析

大洞沢試験流域において決定した水理パラメータを用いて、宮ヶ瀬湖上流域モデルを更新した。

③ 宮ヶ瀬湖上流域モデルによるシナリオ解析

更新した宮ヶ瀬湖上流域モデルを用いて、過年度に実施したシナリオでの再解析を行った。

(7) 結果の概要(主なもの)

主な業務成果は次のとおり(その他及び詳細は、委託業務報告書参照)。

① 大洞沢試験流域における現況再現解析

今回の検討で、過年度のシナリオ解析のパラメータを用いて地表流流出率を算出したところ、これまでのシナリオ予測解析におけるワースト及びベストケースは、それぞれ林床合計被覆率7%と100%以上に相当し、極端な条件設定となっていたことが明らかになった。

そこで、その間のパラメータセットを作成し、感度解析を行って流出率から林床合計被覆率

に換算することで、林床合計被覆率とパラメータの関連付けを行い、林床合計被覆率を6段階に分類した。この関係と別途神奈川県が実施した水源林土壌保全基礎調査の成果である高さ1.5m以下の林床の被覆率の空間データを参考に、大洞沢試験流域モデルの各メッシュに対してパラメータを割り当てて、現況再現解析を実施した。その結果、河川流量は均質モデルと同等程度の再現性を得ることができ、2箇所の量水堰における土砂流出量も概ね再現することを確認した。

② 宮ヶ瀬湖上流域モデルによる現況再現解析

宮ヶ瀬湖上流域モデルに対しても、大洞沢試験流域と同様、林床被覆率の空間分布を与えた現況再現解析を実施した。早戸川、中津川の河川流量を再現する結果が得られた。

また、浸食高の分布、河川の流動経路沿いの流域面積と土砂浸食量の集計などを実施した。流域面積の増加に対してほぼ線形で浸食土砂量が増加していること、流域面積と流出土砂量の関係から観測データの平均的な土砂流出量が得られたことが分かった。

③ 宮ヶ瀬湖上流域モデルによるシナリオ解析

宮ヶ瀬湖上流域モデルに対し、大洞沢プロットスケールで得られたパラメータを用い、以下のシナリオ解析を実施した。なお解析結果の各ケース間を比較した大小関係は、モデル更新前と同様の傾向であった。

- ・ ケース1 (2006年) : 施策前時点の森林状態 (2006年の再現解析。前章参照)
 - ・ ケース2 (2021年) : 2021年までの事業実績を踏まえた森林再生状態
 - ・ ケース3 (ベスト) : 全域で森林が再生した状態
 - ・ ケース4 (ワースト1) : 対策をせず全域で森林が劣化した状態 (林床被覆率40%程度)
 - ・ ケース5 (ワースト2) : 対策をせず全域で森林が劣化した状態 (林床被覆率20%程度)
- シナリオ解析の結果は、浸食高分布、ハイドログラフの比較として整理した。

(8) 今後の課題

- 大洞沢試験流域の斜面プロットの調査成果を用いて、実際の斜面の土砂生産・流出動態を考慮した解析モデルに改良を重ねてきたが、今後も現地のデータが取得できた際には、モデル側の検証も併せて実施していく必要がある。
- 広域のモデル解析に関しては、森林整備履歴や森林状態に関する空間データの充実が望まれる。

(9) 成果の発表

なし

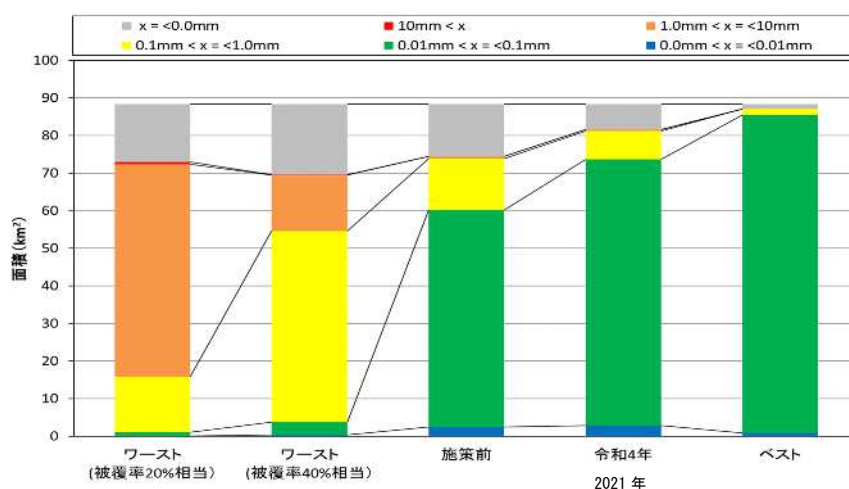


図-1 宮ヶ瀬湖上流域モデルによるシナリオ解析結果
(ケース間の浸食高区分毎の面積の比較)

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

E 森林生態系効果把握調査による水源施策の2次的アウトカム（生態系の健全化）の検証

(1) 課題名 **Ea 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握—総括—**

(2) 研究期間 平成25年度～令和8年度

(3) 予算区分 **森林環境調査費**

(4) 担当者 **山根正伸・大石圭太**

(5) 背景

平成23年度に開催された、第1期かながわ水源環境保全・再生施策（水源施策）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時間がかかるが、生態系に着目すれば比較的短期間に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年度に学識経験者によるワークショップが2回開催され、「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、平成25年度から森林生態系効果把握調査を実施することとした。

(6) 目的

植物や土壤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生分スケール（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変化を評価する（図1）。

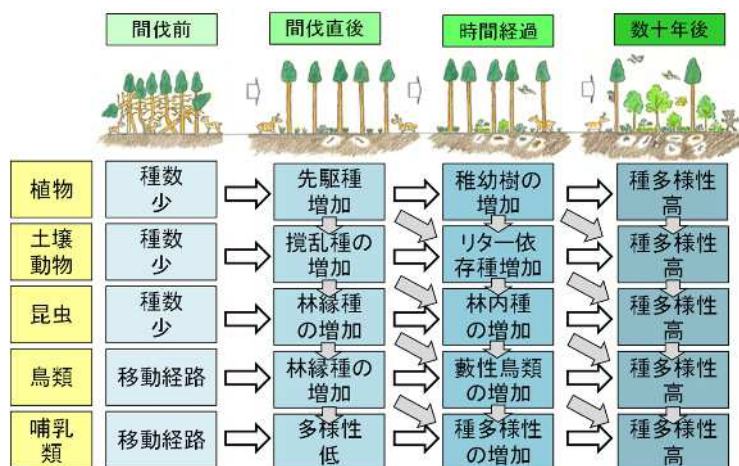


図1 間伐に伴う林相の変化とそれに関連した生物多様性の変化モデル

(7) 方法

① 調査地の選定

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計86林分（プロット）を選んだ（表1）。

表-1 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)

※ ()内の数字は種生保護欄内のプロット数

② 事業計画

第 2 期水源施策期間中は、調査時点において間伐からの経過年数の異なる調査地を複数設定して、間伐からの経過年数と各生物の多様性との関係を把握した。第 3 期以降は第 2 期の同一林分で調査することで 2 時点間の変化、すなわち本来の意味での間伐効果を明らかにすることを目標とする。

また、2 期でのモニタリング調査において植生や昆虫と比較して森林整備の効果が不明瞭な哺乳類の調査を強化するため、令和元年度から神奈川県内の高標高の森林を代表するブナ林（丹沢山堂平地区）でも中大型哺乳類と野ネズミの生息状況調査を継続的に実施し、水源施策の整備地と比較する。

表 2 調査のスケジュール

期間/山域	年度	小仏山地	丹沢山地	箱根外輪山
第 2 期水源施策期間	H24			
	H25	予備調査		
	H26	本調査		本調査
	H27		本調査	
	H28	補足調査	中間総合解析	
第 3 期水源施策期間	H29	追跡調査		
	H30			追跡調査
	R1		追跡調査・補足調査	
	R2		補足調査	
	R3		補足調査・中間総合解析	
第 4 期水源施策期間	R4	追跡調査	補足調査	追跡調査
	R5	補足調査	追跡調査	補足調査
	R6		補足調査・総合解析	
	R7		補足調査・総合解析	
	R8		総合解析	

※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

(8) 令和 5 年度結果の概要

令和 5 年度は、丹沢山地地区に設定した 39 調査地では植生、昆虫、中大型哺乳類の 3 巡目調査を、6 調査地で野ネズミの生息状況調査を実施した。また、昨年実施した小仏地区と箱根外輪山地区での補足調査を実施した。加えて、令和元年度から継続している堂平地区のブナ林における自動撮影カメラによる中大型哺乳類と野ネズミの生息状況調査を実施した。

・植生調査は 2022 年 7 月 11 日～8 月 20 日、及び 2022 年 7 月 11 日～9 月 14 日の期間に実施した。林床植生の出現種は、15～116 種/40m 全体で 430 種が確認され、平均植被率は 1.2～88.5% と幅があった。

植生調査では、スギ・ヒノキ人工林の平均成立本数が 428～806 本/ha と 1 巡目調査時点から減少し水源林整備の目標とする 600 本前後の本数まで低下している地点が多かったが、林床植生の平均植被率は 1.2～88.5%、出現種数（小方形区 10 個の合計）が 15～116 種/40m² とばらつきがみられた。

(9) 今後の課題

水源林整備の動物相へのカスケード効果については、林床植生の回復を通じた昆虫相及び鳥類相までの影響が明らかになりつつあり、2巡目までの調査結果の解析から年変動や調査時の天候により出現種や個体数の影響を受ける分類群があることが判明した。引き続き丹沢地区の3巡目の調査及び昆虫及び動物に関する補足調査の結果を用いて水源林整備効果により植生回復が昆虫や動物に及ぼすカスケード的な影響をさらに明らかにしていく必要がある。

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

E 森林生態系効果把握調査による水源施策の 2 次的アウトカム（生態系の健全化）の検証

(1) 課題名 Eb 植物（林床植生・林分構造）

(2) 研究期間 平成 25 年度～令和 8 年度

(3) 予算区分 森林環境調査費

(4) 担当者 山根正伸・大石圭太

(5) 目的

水源林整備が森林生態系に及ぼす影響を明らかにする一環として、平成 27 年度に丹沢山地地区に設定した 39 調査地で林床植生、更新木および林分構造に関する 3 巡目調査を実施しそれぞれの変化を分析する。

(6) 方法

ア 林床植生調査

各調査地点に設定した 20m×20m のコドラート内において、2m×2m 枠 10 個の小植生調査枠を含むおよそ 10m×10m の範囲において、その範囲の緯度経度、方位、傾斜、標高、上層植生の植被率、種名と被度を記録した。2m×2m の各小植生調査枠では、およそ高さ 1.5m 以下を草本層として、全体の植被率と出現種の被度、ササの最大稈長 (cm) を測定した。

イ 更新木調査

2m×2m の小植生調査枠で高木性樹木の稚幼樹を測定対象として樹種名とテープナンバーを記録し、樹高（鉛直高）を 1cm 単位で測定した。

ウ 光環境調査

20m×20m のコドラートの四隅（黄杭）と中心杭（赤杭）で、地上高さ 1m の地点で魚眼レンズ付デジタルカメラにより天空写真を撮影した。また、地上高さ 2m の地点で VR カメラを用いて 360 度画像を撮影した。

エ 林分構造調査

20m×20m コドラート内の樹高 1.5m 以上の立ち木についてマーキングを行い、樹種と胸高直径、樹高、通直・枯損状況を記録、測定した。

胸高直径はノギスや直径巻尺等を用いて、樹高 1.2m の位置で直径もしくは周囲長を 1mm 単位で測定した。

オ 調査時期など

以上の調査は、中外テクノス株式会社に調査業務を委託し、2023 年 6 月中旬から 10 月上旬の期間に実施した。

(7) 結果の概要

ア 林床植生調査

出現種数（小方形区 10 個の合計）は、スギ林で 15～83 種/40m²、ヒノキ林では 38～104 種/40m²、広葉樹林では 37～85 種/40m²、全体では 374 種（特定できた種数）が確認された。平均植被率は、スギ林では 42.5%（SD=24.6%）、ヒノキ林では 32.9%（同 22.2%）、広葉樹林では 23.9%（同 30.8%）で幅があった（表 1）。

イ 更新木調査

更新木本数（小方形区 10 個の合計）は、スギ林で 1～97 本/40m²、ヒノキ林では 7～86 本/40m²、広葉樹林では 33～151 本/40m² であった。更新木の平均樹高はスギ林で 6.0～58.6cm、ヒノキ林で 4.5～37.6cm、広葉樹林で 3.6～66.4cm であった。

ウ 林分構造調査

スギ林では平均成立本数が726本/ha、ヒノキ林では606本/haで1000本/haを超えている林分が3地点あった。平均樹高はスギ林では4.4m～25.1m、ヒノキ林では4.0m～19.7mであった。平均胸高直径はスギ林では5.2cm～35.7cm、ヒノキ林では3.8cm～35.7cmであった(表2)。

エ 光環境調査

平均開空率はスギ林で4.2%～24.0%(令和元年調査 8.4%～20.1%)、ヒノキ林で4.5%～8.9%(8.9%～20.0%)、広葉樹林では3.9%～9.5%(7.1%～24.1%)で、大半の調査地で2巡目調査時点より大幅に低下していた。

(8) 今後の課題

令和6年度は1巡目から3巡目までの調査結果をとりまとめ、植生の経年変化の解析や昆虫、動物相との関係についての解析を行う。

(9) 成果の発表

なし

表1 丹沢山地地区3巡目の林床植生の総括表
4m²方形枠内の調査結果

林相	地点数	平均群落高 m	平均被度 %	同左SD	平均	同左	出現種数_	
					出現種数	SD	最小	最大
スギ	17	0.90	42.5	24.6	12.1	4.6	15	83
ヒノキ	12	0.61	32.9	22.2	23.8	7.9	38	104
広葉樹	10	0.65	23.9	30.8	17.8	6.8	37	85

表2 3巡目の丹沢山地地区の林分構造調査の総括表

林相	成立本数*1 本/ha			樹高 m			DBH cm		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
スギ	726	1650	200	14.3	25.1	4.4	19.0	35.7	5.2
ヒノキ	606	900	425	13.2	19.7	4.0	21.7	35.7	3.8
広葉樹	2553	4600	425	6.6	12.2	3.4	10.6	20.3	4.5

注1: スギ、ヒノキは針葉樹の本数

注2: 平均樹高と平均DBHは1.5m以上の全立木の集計値

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

E 森林生態系効果把握調査による水源施策の2次的アウトカム（生態系の健全化）の検証

- (1) 課題名 **Ec 昆虫の種多様性に対する間伐の効果**
(2) 研究期間 **平成25年度～令和8年度**
(3) 予算区分 **森林環境調査費**
(4) 担当者 **谷脇 徹・大石圭太・山根正伸**

(5) 目的

神奈川県の水源地の森林エリア（スギ林・ヒノキ林・広葉樹林）で行われている間伐が林床植生の増加を通じて、そこに生息する昆虫類の生息状況に及ぼす影響を評価することを目的とした。

(6) 方法

3地域（丹沢山地、小仏山地、箱根外輪山）における3巡目の調査として、今年度は丹沢山地36地点において、林床性昆虫と地表性昆虫の調査を行った。地表性昆虫については、昨年の箱根外輪山21地点での調査が台風被害を受けたため、今年改めて調査を行った。

林床性昆虫調査は、捕虫網を用いて20m×20mのコドラートを対象に15分間スウィーピングを行い、持ち帰ったサンプルをソーティングして、ハムシ科およびゾウムシ科等の種ごとの個体数を計測した。調査期間は2023年6月21日および24日であった。

地表性昆虫調査は、ピットホールトラップとしてプラスチックカップ20個を5m間隔10列×2行で20m×20mコドラートを横断するように設置し、1週間後に持ち帰ったサンプルをソーティングして、オサムシ科等の種ごとの個体数を計測した。調査期間は丹沢山地が2023年9月15日～22日であり、箱根外輪山は9月14日～21日とした。

(7) 結果の概要

林床性昆虫のなかで代表的な昆虫であるハムシ・ゾウムシ類は、丹沢山地において、58種267個体が捕獲された。地点により、種数は0～14種、個体数は0～34個体と異なった（図1）。

地表性昆虫のなかで代表的な昆虫であるオサムシ類は、丹沢山地では17種163個体が捕獲され、地点により、種数は0～6種、個体数は0～59個体と異なった（図2）。また、箱根外輪山では、オサムシ類は15種87個体が捕獲され、地点により、種数は0～10種、個体数は0～23個体と異なった（図3）。

(8) 今後の課題

各種昆虫の生息状況には林床植生との関係が考えられることから、小仏山地、丹沢山地および箱根外輪山における3巡目の植生調査と昆虫調査の結果を整理して解析する必要がある。解析は、昆虫を植生への反応が異なることが想定される機能群（ハムシ・ゾウムシ類では樹木食と草本・つる食、オサムシ類では大型、中型および小型）に分けて行う。植生への応答が想定されるアリ類についてもデータが得られていることから、スウィーピングとピットホールトラップの結果をあわせたリストを作成し、同様に機能群（森林性種、広範環境性種および開放地性種）に分けて解析を行う。これらの3巡目の解析結果を踏まえ、1巡目から3巡目にかけての間伐による植生変化に応じた昆虫の応答を総合的に解析する必要がある。

(9) 成果の発表

Taniwaki T, Tamura A, Sashimura N, Naruse M, Tochigi K, Komine H, Koike S (2024)
Indirect effects of low-impact thinning on insect communities in forest floor of

coniferous plantations. Journal of Forest Research (in press).

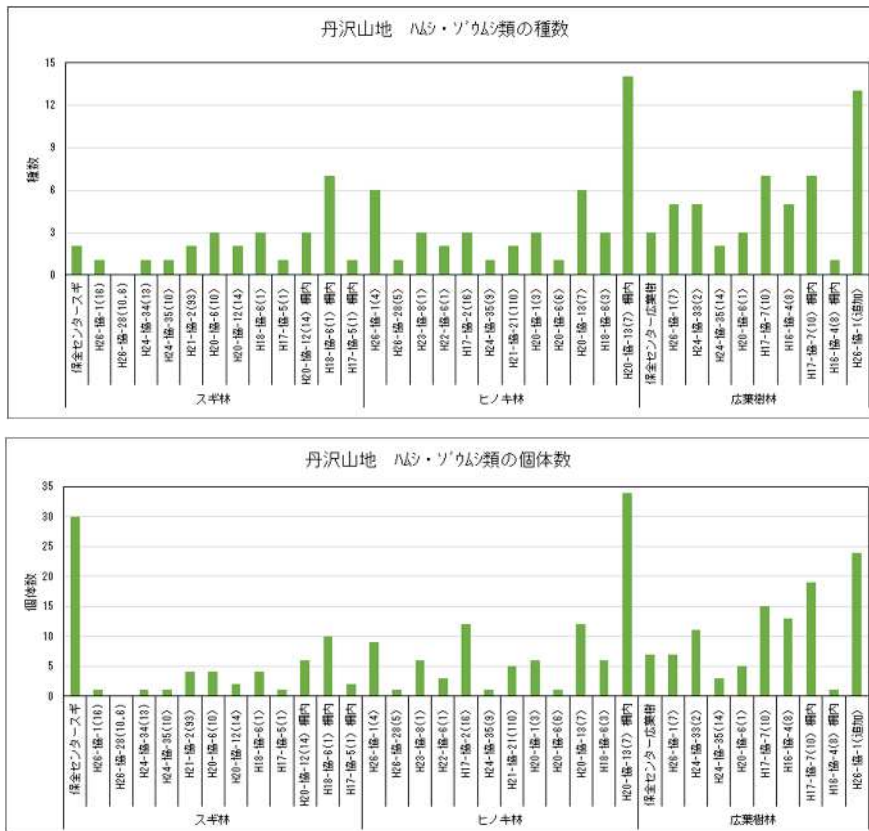


図1 丹沢山地のハムシ・ゾウムシ類の種数（上）および個体数（下）

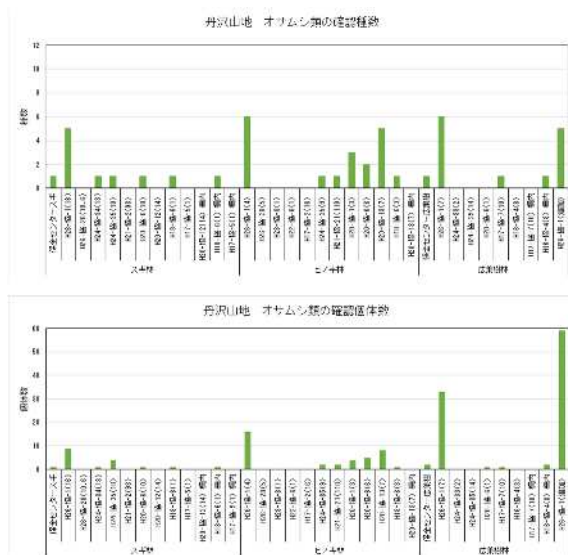


図2 丹沢山地のオサムシ類の種数（上）および個体数（下）

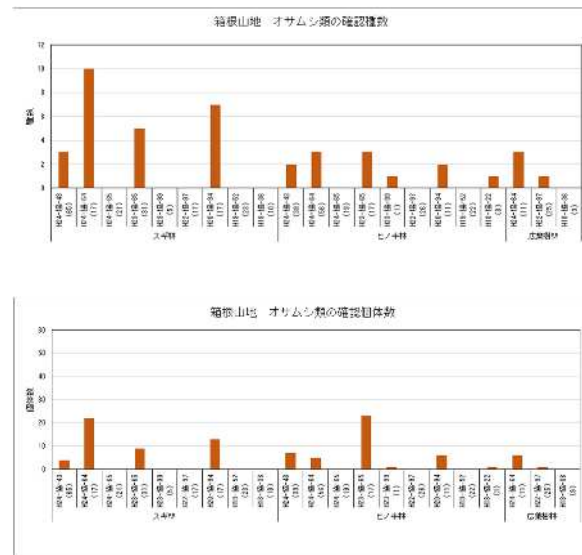


図3 箱根外輪山のオサムシ類の種数（上）および個体数（下）

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

E. 森林生態系効果把握調査による水源施策の2次的アウトカム（生態系の健全化）の検証

- (1) 課題名 Ed 中大型哺乳類
(2) 研究期間 平成25年度～令和8年度
(3) 予算区分 森林環境調査費
(4) 担当者 大石圭太・山根正伸

(5) 目的

本課題では、水源林整備地における中大型哺乳類相の出現頻度を把握し、水源林整備による中長期スケールでの植生変化にともない、中大型哺乳類相の生息状況がどう変化していくのか把握するための時系列データの蓄積を目的としており、昨年度の箱根外輪山と小仏山地に引き続き、2023年度は、2014年度から4～6年間隔で実施している調査の3回目の夏期調査を丹沢山地で実施し、3地域の夏の中大型哺乳類各種の撮影頻度を3時点で比較した。特にニホンジカ（以下、シカ）については、定着の初期は分散性の高い雄の比率が高く、その後、定着が進むにつれて定住性の高い雌の割合が高くなるため、性比についても地域間・時点間で比較した。

(6) 方法

①カメラの設置と撮影

2014～2023年に、丹沢山地、小仏山地、箱根外輪山の3地域の水源林整備地の計79地点において、各地点3回（1～3巡目、4～6年間隔）のセンサーカメラを用いたモニタリング調査を実施した。調査時期は7月～9月とし、連続する90日間以上、各林分に2台の赤外線センサー付き自動撮影カメラを設置した。カメラの設置方法は、立木に約1.5mの高さで固定し、撮影画面上で空（樹木を含む）と地面の面積割合がおおむね2：8になるようアングルを調整した。センサーの感度は中程度としたが、動物が映っていない撮影（空打ち）が多い状況が続く場合には感度を落とす等、適宜調整した。撮影モードは3連写とし、3連写で1回の撮影とみなして中大型哺乳類の各種の撮影個体数を集計した。カメラの点検と撮影データの回収は概ね1ヶ月に1回の頻度で行った。

②動画解析とデータ解析

PCの画面に撮影画像を映し、撮影された種の同定を行い、1回の撮影ごとに調査地名、カメラ番号、日時、撮影された種、撮影個体数等を記録した。哺乳類の和名や学名は原則的に世界哺乳類標準和名（川田ほか2018）に準じた。ただし、「キツネ」と「イヌ」の和名については便宜的にそのまま総称を用いることとした。シカについては、角の有無や尖数、体サイズや体つき等から性齢が判別できた個体のうち、「成獣雄」と「成獣雌」を区別して性比を算出した。ただし、5分以内に同じカメラで同種が連続して撮影された場合には、身体的特徴から明らかに別個体でない限りは同一個体とみなし、何回撮影されても1回の撮影とみなした。なお、撮影された哺乳類の中で、コウモリ類、ムササビ、ネズミ類、リス類といった飛翔性や樹上性、小型の哺乳類は検出漏れが多いと推測されるため、解析から除外した。

調査地ごとに2台のカメラで撮影された個体数を合算し、100Camera・Day（カメラ数・稼働日数、以下CD）あたりに換算した撮影頻度を算出した。

なお、本年度は新日本環境調査(株)に委託しての調査を実施した。

(7) 結果の概要

全調査期間を通して、35,258CDで4目11科15種の中大型哺乳類が13,360個体撮影され、シカ、タヌキ、イノシシ、アナグマ、ハクビシンの順に撮影頻度が高かった。

丹沢山地では、1～3 巡目でシカの撮影頻度に大きな増減は見られなかったが、中大型哺乳類の撮影個体の約半数がシカに占められており、1～3 巡目とも一貫してシカの撮影頻度は高水準で維持されていた（図-1）。

箱根外輪山のシカの撮影頻度は、1 巡目と比較して2 巡目に急増し、3 巡目は2 巡目と比較してやや減少しているものの、その他の中大型哺乳類種の撮影頻度も全体的に減少しており、中大型哺乳類全体の撮影個体数に占めるシカの割合はむしろ2 巡目よりも3 巡目の方が高かった。また、箱根外輪山のシカの成獣の性比は、分散性が強く行動圏の広いオスと比較して定住性の強いメスの割合も1 巡目と比較して2 巡目に丹沢山地と同水準まで高くなっており、1 巡目から2 巡目の4 年間でシカの定着が急速に進んだと考えられる（図-1）。

小仏山地では雌より雄の割合が高く、シカの侵入の初期段階と考えられるが、箱根外輪山ほどではないものの、1 巡目から2 巡目にかけてシカの撮影頻度および雌の割合が増加しており、今後もシカ撮影頻度の推移を注視していく必要があると考えられる（図-1）。

(8) 今後の課題

現段階では、栄養段階の高次に位置する中大型哺乳類に対する水源林整備の効果は確認できていないため、さらなる長期スケールでのモニタリング調査が必要である。また、全地域の全調査地を同時に通年で調査して季節変化を調べる必要がある。

(9) 成果の発表

大石圭太・山根正伸・谷脇徹・田村淳（2023）神奈川県の水源地整備地における中大型哺乳類の種構成とニホンジカの生息状況. 神自環境セ報. 17:61-71

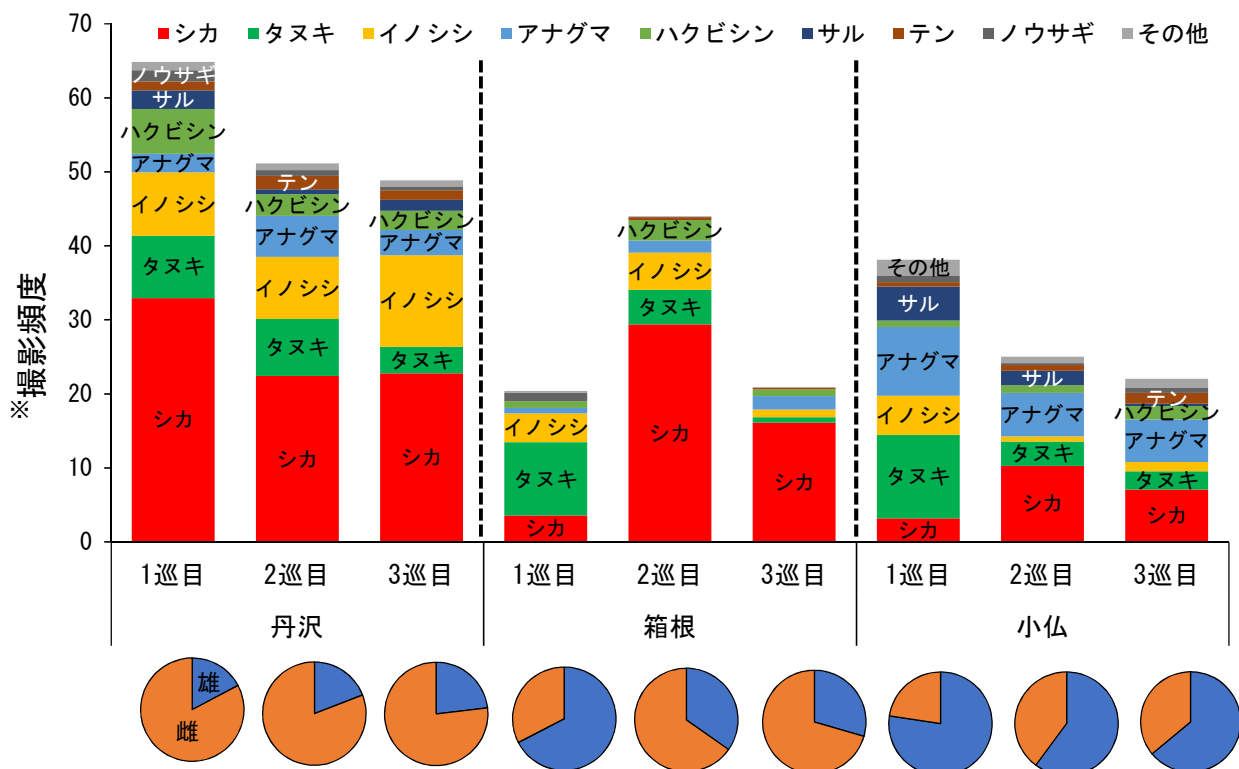


図-1 地域ごと・時点ごとの中大型哺乳類の撮影頻度（棒グラフ）とシカの性比（円グラフ）

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

E. 森林生態系効果把握調査による水源施策の2次的アウトカム（生態系の健全化）の検証

- (1) 課題名 Ee 小型哺乳類（1）水源地域ブナ林の生息状況
(2) 研究期間 平成25年度～令和8年度
(3) 予算区分 森林環境調査費
(4) 担当者 大石圭太・山根正伸

(5) 目的

水源林整備が生物多様性へ及ぼす波及効果に関して、前述のように、水源林整備は林床植被率や植生の多様性を高める効果があり、その効果で昆虫類の多様性が向上することが分かってきたが、栄養段階高次に位置する哺乳類への効果は未解明である。その中で、森林性野ネズミであるアカネズミ（図-1）とヒメネズミ（図-2）は、森林環境の変化に敏感に反応し、小型で個体数密度が高く、サンプリング効率に優れるため、指標動物として最適である。



図-1 アカネズミ



図-2 ヒメネズミ

そこで、本研究では水源地域に指定されている丹沢山堂平地内のブナ林において、2019年より、植生保護柵内で主に広葉樹が繁茂する柵の内外でこれら2種の森林性野ネズミの生息状況を調べ、植生保護柵の設置による下層植生の回復・発達が森林性野ネズミの生息状況に及ぼす効果を調べてきた。

本年度は、柵内の下層植生の種構成の違いによるアカネズミとヒメネズミの生息状況の違いを明らかにするため、主にササ類（ミヤマクマザサ、スズタケ）が繁茂する三峰尾根周辺の植生保護柵の内外でも調査を実施した。

(6) 方法

①調査期間

2019～2023年の9月と10月、2021年7月の計11回

②調査地

丹沢山山頂に近い堂平地内（2019～2023年、サイトA,B）および三峰尾根周辺（2023年、サイトC,D）のブナ林において、植生保護柵の内外にまたがるよう捕獲プロットを設け、計90個（柵外：48個、柵内：42個）のシャーマントラップを10m間隔の格子状に設置した（図-3）。本調査地はSite A～Dのいずれも柵外と比較して柵内の林床植被率が高い。



図-3 調査地位置図

③方法

1回につき3～10夜連続の標識再捕獲調査を実施した。トラップには誘因用の餌としてヒマワリの種20～30個を入れ、断熱シートを巻いた。寒い時期（10月）には保温用に綿等を入れ、罠を枯葉で被った。捕獲された個体の捕獲位置、種を記録し、捕獲地点に放逐した（なお、今回は結果に示していないが、マイクロチップを用いて個体識別を施し、個体識別番号、性、体重、繁殖状態、その他身体的特徴も記録している）。アカネズミとヒメネズミの生息状況は100トラップナイトあたりの捕獲回数に換算した捕獲頻度で評価した。なお、本年度の調査は新日本環境調査(株)に委託して実施し

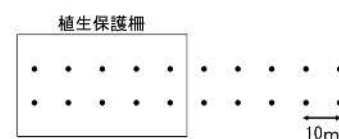


図-4 捕獲プロット概略

サイトDを例として示した。●はトラップ設置地点を示す。

た。

(7) 結果の概要

全調査期間を通した 2,819 トラップナイトで、アカネズミが 211 回、ヒメネズミが 111 回捕獲された。その他の小型哺乳類では、スミスネズミとヒミズが計 11 回ずつ捕獲された。アカネズミとヒメネズミの捕獲頻度は月による変動はほとんどなかったが、年による変動は大きかった（図-5）。しかし、2019～2022 年でみられたアカネズミとヒメネズミの捕獲頻度が柵外よりも柵内で高い傾向は 2023 年も同様に認められ、本年度新たに追加したサイト C と D においては柵外での捕獲がなかった（図-6）。

これらの結果により、植生保護柵の設置による植生の回復・発達には森林性野ネズミの生息を促す効果があることが示唆される。

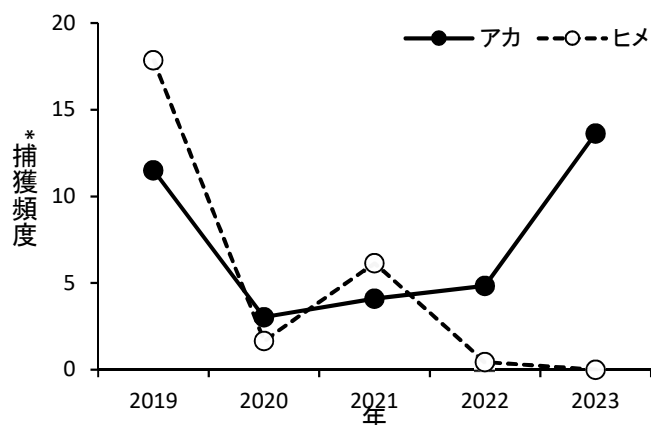


図-5 年ごとのアカネズミとヒメネズミの捕獲頻度 (Site A と B の合計)

*捕獲頻度：100 トラップナイトあたりの捕獲回数

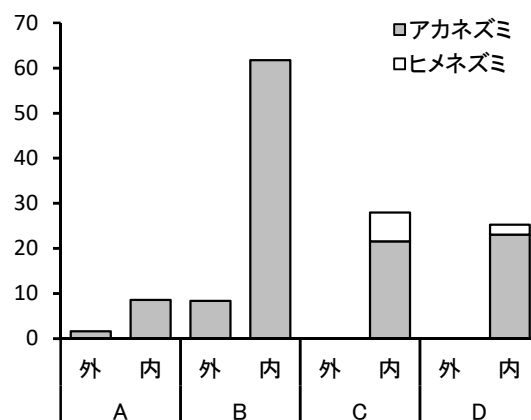


図-6 2023 年度の各サイトの柵内外のアカネズミとヒメネズミの捕獲頻度

*捕獲頻度：100 トラップナイトあたりの捕獲回数

(8) 今後の課題

- ・階層構造に応じた植生と野ネズミの生息状況の関係の変化を明らかにするため、林床や低木層ごとの詳細な植生調査を実施する必要がある。
- ・単年度のみ調査であるサイト C と D の調査を継続し、個体数の年次変動が激しいアカネズミとヒメネズミの食性状況に対する反応の一般性を強化する必要がある。

(9) 成果の発表

大石圭太、山根正伸 丹沢山地ブナ林における森林性野ネズミの生息に対する植生保護柵の効果. 第 132 回日本森林学会大会 府中市 (オンライン開催) 2021 年 3 月 口頭発表

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

E 森林生態系効果把握調査による水源施策の2次的アウトカム（生態系の健全化）の検証

- (1) 課題名 Ef. 小型哺乳類 (2) 水源林整備地の生息状況
- (2) 研究期間 平成25年度～令和8年度
- (3) 予算区分 森林環境調査費
- (4) 担当者 大石圭太・山根正伸

(5) 目的

水源林整備による下層植生の発達・回復の森林性野ネズミの生息環境改善への効果について、前述のように、植生保護柵設置の効果によりアカネズミとヒメネズミが増加することが示唆された。また、丹沢山地エリアの水源林整備地のスギまたはヒノキの人工林で実施した昨年度までの調査で、間伐施業による下層植生の回復・発達がこれらの野ネズミの生息環境を改善することを示唆する結果が得られた。

本年度は、昨年度に引き続き、箱根外輪山と小仏山地の水源林整備地での調査を継続し、丹沢山地でも調査を実施した。これらの結果を2巡目と3巡目の植生調査の結果と併せて解析した。

(6) 方法

②調査期間と調査地

丹沢山地、箱根外輪山、小仏山地の各地域でそれぞれ2巡目の植生調査で林床植被率が極端に異なった地点を針葉樹人工林と広葉樹林から3林分ずつ（計18林分）野ネズミの調査地として選定した。丹沢山地では、2023年の6～11月にかけて約2ヶ月おきに3回（6月下旬～7月上旬、8月下旬～9月上旬、10月下旬～11月上旬）の標識再捕獲調査を実施した。箱根外輪山と小仏山地では2022年と2023年の9月上旬～中旬に野ネズミの標識再捕獲調査を実施した。

②方法

丹沢山地では各林分に25個（5×5）ずつ、箱根外輪山と小仏山地では15個（3×5）ずつのシャーマン式生け捕り用トラップ（8×23×9 cm）を10m間隔の格子状に設置し、1回につき5夜連続の標識再捕獲調査を実施した。なお、本年度の丹沢山地の調査は新日本環境調査(株)、箱根外輪山と小仏山地の調査は(一財)自然環境研究センターに委託して実施した。

各調査地の野ネズミの生息状況の比較のため、罠が作動しなかった等、不具合のあった無効トラップを除いた100トラップナイトあたりの捕獲個体数を捕獲頻度として算出した。

(7) ■結果の概要

丹沢山地で実施されてきた令和3年度までの調査結果においては、針葉樹人工林では、2巡目の植生調査で林床植被率が高かった地点ほど捕獲頻度が高かった。一方、令和4～5年度の3巡目の植生調査の結果では、人工林で林床植被率が20%を下回るような極端に林床植被率が低い調査地が少なくなり、調査地間の林床植被率の差が小さく、その結果、林床植被率と野ネズミの捕獲頻度に関係性はみられなかった（図-1）。これら林床植生に対して、低木層は植被率が90%の調査地から植被がほとんどない調査地までみられ、低木層の植被率が高い調査地ほど野ネズミの捕獲頻度が高い傾向がみられた。これらのことから、水源林整備による植生回復が小型哺乳類の生息にプラスに影響しており、さらに整備効果による林床の植生回復だけでなく、その後の階層構造の発達も野ネズミの生息にプラスに作用するかもしれない。（図-1）。

(8) ■今後の課題

同一調査地でも各トラップの周辺の局所的な植生は、各トラップにより異なった。そこで、今回実施した調査地間の比較に加えて、トラップ周辺の植生を階層ごとに調査したデータと野ネズミの捕獲状況の関係を解析することで野ネズミの生息に対する整備効果がより詳細に理解できるかもしれない。

(9) ■成果の発表

大石圭太 研究最前線 森林生態系に対する水源林整備効果の把握調査～森林性野ネズミを指標として～. 緑の斜面第74号、神奈川県森林協会 2021年7月

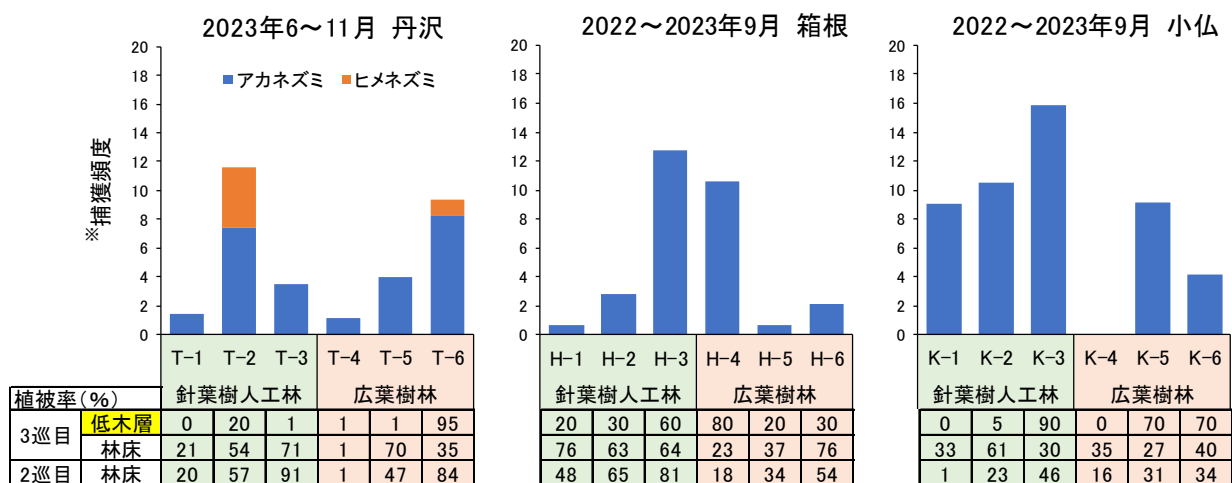


図-1 人工林と広葉樹林の各調査地のアカネズミとヒメネズミの捕獲頻度と植被率

*捕獲頻度：100トラップナイトあたりの捕獲回数

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

E 森林生態系効果把握調査による水源施策の2次的アウトカム（生態系の健全化）の検証

- (1) 課題名 Eg. 小型哺乳類 (3) 食性
- (2) 研究期間 平成25年度～令和8年度
- (3) 予算区分 森林環境調査費、学術研究助成基金助成金（若手研究）
- (4) 担当者 大石圭太・山根正伸

(5) 目的

本研究では、アカネズミとヒメネズミの生息個体数だけでなく、調査地の植生の餌場としての利用状況を明らかにし、森林整備や生息環境の詳細な効果を評価することを目的として DNA メタバーコーディング解析による糞の分析を実施してきており、森林整備や植生保護柵の設置の効果で下層植生が発達することで野ネズミの餌場としての生息環境が改善することを示唆する結果が得られた。

本年度は、これまでの野外で採取した糞サンプルの解析 (①) に加え、以下の理由から飼育個体に給餌して得た糞サンプルの解析 (②) も実施した。雑食性であるこれらの野ネズミの餌としての植物の重要性を評価するためには、植物性と動物性の餌をどの程度の割合で利用しているのか調べる必要があるが、プライマーが異なる分類群（例えば植物と動物）の比較には DNA 解析は適さない。そこで本研究では、植物と動物で炭素と窒素の安定同位体比が異なることを利用して糞に含まれる植物性の餌と動物性の餌の割合を推定することを目指している。この前段階として、動物性の餌のみを与えて得た糞と植物性の餌のみを与えて得た糞の安定同位体比を明らかにして基準値を決定する必要がある。この基準値決定に用いるサンプルを適切に採取するため、給餌実験により野ネズミの消化時間 (retention time) を推定した。

(6) 方法

①野外サンプルの解析

① -1) 糞便のサンプリング

水源地域の堂平、丹沢山地、箱根外輪山、小仏山地での標識再捕獲調査 (Ee, Ef 参照) の際に、罠内に排泄された糞便のサンプリングを行った。ただし、複数個体の糞便や排泄されて1日以上経過した糞便が混入することを防ぐため、各トラップの最初の捕獲時にのみサンプリングを実施した。採取した糞便は、解析まで-20℃以下で保存した。

①-2) DNA メタバーコーディング解析

サンプリングした糞便を凍結粉砕し、各種溶液を用いて DNA を抽出した。陸生植物をターゲットとした解析用に開発されたプライマー（解析遺伝子：gPlant（葉緑体の rbc1 領域））を用いた 2 step tailed PCR 法により、解析対象の DNA 領域（334bp）を増幅し、各サンプルのライブラリーを作製した。BLAST 検索により各ライブラリーに含まれる塩基配列と相同性の高い植物種の候補を NCBI (The National Center for Biotechnology Information) のデータベースから検索し、各サンプルから検出された生物種候補を抽出し、そのリード数を算出した。なお、DNA メタバーコーディング解析は生物技研(株)に委託して実施した (②-2 も同様)。

②給餌実験で得たサンプルの解析

② -1) サンプリング

丹沢山地の調査地の一つである保全センターの試験林の広葉樹林内で捕獲されたアカネズミ（雄と雌を1個体ずつ）を実験前に3週間以上飼育し、ペレット状の餌（主成分：トウモロコシ、ムギ）、ヒマワリの種、ミルワームを与えた。その後、一方の個体にはミルワームのみ、もう一方の個体にはヒマワリの種のみを飼料として与えた。糞のサンプリングは飼料を切り替

えてから 2~3 時間後に開始し、3~17 時間間隔で実施した。排泄のタイミングが不明な糞の混入を避けるため、飼育ケージ内の巣材等はサンプリングのたびに新しいものに交換した。

③ -2) DNA メタバーコーディング解析

ヒマワリの種のみを与えて得た糞サンプルおよびミルワームのみを与えて得た糞サンプルについて、それぞれ 7 サンプルずつ（飼料を切り替えてからサンプリングまで約 2~56 時間）を解析した。ここでは、①-2) の gPlant による解析に加えて、節足動物や貝類の解析用に開発された gBenthos (317bp) でも解析を実施した (図-1)。

(7) ■結果の概要

①野外サンプルの解析

2023 年度までにサンプリングした糞のうち、372 サンプルを解析した結果、計 10,642 パターンの塩基配列が検出され、これらのうち 1,520 パターンの配列が陸生植物を対象とした BLAST 検索で登録されている配列と一致し（相同性 97%以上）、100 リード以上の配列だけでも約 200 種の維管束植物が検出された。

③ 給餌実験で得たサンプルの解析

gPlant による解析では、飼料を切り替えてから 6 時間後以降のサンプルがほぼ全てヒマワリの種由来の DNA であった (図-1a)。また、gBenthos の解析では 2 時間後のサンプルでもほぼ全ての DNA 断片がミルワーム由来の DNA であった (図-1b)。これらのことから、アカネズミの消化時間は 2~6 時間よりさらに短い可能性がある。ただし、ミルワームのみを与えたサンプルの gPlant の解析で、24 時間後以降もペレットフード由来の DNA が検出されたため (図-1c)、餌の種類や食べた順番によって解析による検出精度や消化時間が変化するのかもしれない。

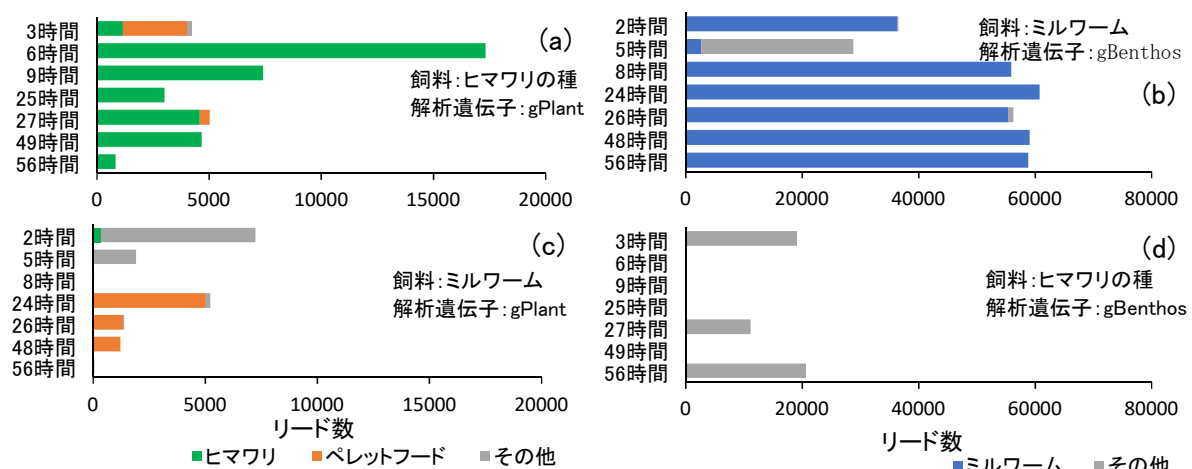


図-1 飼料を切り替えてからの時間に応じたサンプルに含まれる各 DNA 断片のリード数
ペレットフード：主成分はトウモロコシやムギ等、 その他：バクテリア、アカネズミ(宿主由来)等

(8) ■今後の課題

- これまでに解析を進めてきた丹沢山地のサンプルに加えて、箱根外輪山と小仏山地のサンプルの解析も進めて、神奈川県の水源地域の植生と森林性野ネズミの食性の関係についての一般性を強化する。
- 更なる給餌実験により、アカネズミとヒメネズミの消化時間および安定同位体比の基準値を

明確にする。植物性の餌のみを与えて得られた糞と動物性の餌のみを与えて得られた糞を安定同位体比分析して基準値を決める必要がある。

(9) ■成果の発表

大石圭太 DNA メタバーコーディング解析による森林性野ネズミの食性調査. 関中林試連情報 第45号、関東・中部林業試験研究機関連絡協議会 2021年3月

大石圭太 研究最前線 森林生態系に対する水源林整備効果の把握調査～森林性野ネズミを指標として～. 緑の斜面第74号、神奈川県森林協会 2021年7月