

## 2-3 個別研究の年次実績（概要と要旨）

### [奥山域] 概要と要旨

#### （１）ブナ等冷温帯自然林の再生手法の確立 ―総括―

第４期丹沢大山自然再生計画（令和５～８（２０２３～２０２６）年度）に基づいて実施されているブナ林再生事業を推進するため、ブナ林再生の順応的推進手法の改良、ブナ林における大気・気象観測と気候変動の把握、総合モニタリングによるブナ林再生事業の効果検証の３つの柱で個別研究を進めている。今年度は、引き続きブナ林再生研究プロジェクト参画機関が各種の調査研究を行い、第４期（令和５～８（２０２３～２０２６）年度）計画の進め方ととりまとめについて議論した。また、事業の進め方を体系的に整理し、事業担当者間で広く取組内容を共有するために作成した「丹沢ブナ林再生指針」を活用して、ブナ林再生に係る調整会議（所内ワーキング）の開催、研究成果の報告、外部研究機関との連携に取り組んだ。

#### ① ブナ林再生の順応的推進手法の改良

##### Aa 大規模ギャップ森林再生試験

2006年度から継続実施しているブナ林再生実証試験では、ブナ林が衰退している７ヶ所に天然更新試験地をそれぞれ設定し、光環境や更新木、林床植生を追跡調査してきており、2024年度は、竜ヶ馬場の大ギャップにおいて、植生および更新木の追跡調査を行った。また、2020年に試験地を設定した大室山でも植生と更新木調査を行った。竜ヶ馬場（柵設置後11年経過）では、ササ刈取や播種処理と林床植生や更新木との関係は明瞭ではなかったが、柵内のほうが、林床植生の平均群落高は高いが種数は少なく、更新木の樹高は高いが個体数は少なかった。大室山（柵設置後4年経過）では、最大樹高の差が最も顕著であった。

##### Ab ブナハバチ成虫モニタリング

当年のブナハバチ食害発生の事前予測を目的に、丹沢山地４地点で黄色の衝突板トラップにより雌成虫捕獲数を調査した。雌成虫捕獲数は、地点平均で3～13個体となり、2022年以降の少ない水準が維持されていた。重点調査地の檜洞丸における展葉期（＝産卵期）の雌成虫捕獲数は5トラップ当たり、これまでの最小値となる5個体を記録し、小規模の被食発生が予測されたことから、大発生時に予定していた緊急防除は実施しなかった。なお、8月に行った現地踏査では全地点で目立った被食は確認されなかった。

##### Ac ブナハバチ繭モニタリング

ブナハバチによる潜在的な被食発生リスク評価を目的に、菰釣山、大室山、檜洞丸および丹沢山において繭密度のモニタリング調査を実施した。被食の規模が小さい菰釣山の繭密度は低水準で推移した。大室山では前年から大きく増加したが、採取箇所を変更したことが影響した可能性がある。檜洞丸では前年から増加したが、目立った食害が発生していない2016年以降の変動の範囲内であった。丹沢山の繭密度は、ほぼ横ばいの推移とみなされた。繭密度は最も高密度の時点よりは低下しているものの、調査開始時点と同水準の密度が維持されていることが把握された。

##### Ad ブナハバチ食害・ブナ衰退状況モニタリング

丹沢山地の主要ブナ林におけるブナ衰退状況をモニタリングするため、5調査区でブナごとにブナハバチの食害度（被食ランク）と健全度の調査を実施した。食害度（被食ランク）は、すべての地区のすべての個体でランク1（1～25％）となり、丹沢山地広域の食害は小規模であった。健全度については、全体的に前年度とほぼ同様の状態であり、天王寺尾根、菰釣山では比較的枯死木や衰

弱木の割合が小さいが、その他の地区では枯死木や衰弱木の累積がみられ、その傾向は大室山や加入道山で顕著であった。

## ② ブナ林における大気・気象観測と気候変動の把握

### Ba ブナ林の大気環境解析（丹沢山地における気象観測）

2024 年の観測結果について解析を行い、気温では丹沢 4 か所は 2023 年からさらに増加し過去 7 年間で最高となった。海老名の観測結果と比較するとよく同調しており、標高による気温減率どおり減少していた。一方降水量は、全地点で増加し多く、丹沢山の 8 月降水量は 900.5mm に達した。積算日射量は、各地点とも前年より減少し、平均気温が最高となったことと矛盾する結果となった。

## ③ 総合モニタリングによるブナ林再生事業の効果検証

### Ca ブナ林再生事業地の衰退状況モニタリング（森林変化の解析）

丹沢山地の高標高域を中心に衰退が進むブナ林において、県が実施した自然再生事業の効果を明らかにするため、2020 年代及び過年度に撮影された空中写真、並びに事業実績資料等を用いて、大室山、檜洞丸及び蛭ヶ岳～丹沢山の再生優先地を含めた主稜線部における森林被覆状態の変化と自然再生事業との関係を解析した。東丹沢主稜線部における草地の動態には地域差があり、変化なし（檜洞丸）や減少している（蛭ヶ岳から丹沢山）地域が見られる一方、増加が継続している（丹沢山から塔ノ岳）地域もみられた。植生保護柵は、県管理地では、蛭ヶ岳から塔ノ岳にかけては 2010 年には大部分が設置済みであり、檜洞丸周辺は 2016 年以降多く設置されている。柵が草地の縮小に寄与していると考えられる地域（檜洞丸、蛭ヶ岳周辺）があるが、柵が設置されていても周辺で拡大を継続している地域（丹沢山～塔ノ岳）もみられた。シカの捕獲数が少なくなっている檜洞丸、蛭ヶ岳から丹沢山では草地の拡大は停止しており、一部回復傾向もみられた。現在の知見に基づいて誘導する林型で区分した「ブナ林更新」と 2000 年以降の草地の拡大に対応する「ギャップ拡大防止」の 2 点についてのリスクマップのロジック案の作成と地図化を行った。

### Cb ブナ林再生事業の生態系保全効果検証

ブナ林再生事業の評価・総合解析の一環として、植生保護柵が植生回復を通じて昆虫や動物に及ぼす効果を調べている。2024 年度はモミジイチゴの訪花昆虫を中心に調査を実施した。ハナバチ類の個体数は大型種が最も多く、付着花粉量も大型種で顕著に多かった。開花数が多いと、ハナバチ類の個体数も多く、付着花粉量も多かった。結実率は大型種と小型種の個体数が多くなると高くなり、結実率の向上には大型種だけでなく小型種も寄与している可能性があることが分かった。柵の効果については、調査柵の面積が小さいと開花数が多く、周辺の柵面積が大きいと小型種が多かった。

## [山地域] 概要と要旨

### （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－総括－

県内の水源の森林エリアの 4 か所（大洞沢、貝沢、ヌタノ沢、フチジリ沢）に設定した各試験流域において、外部研究機関と連携してモニタリング調査を継続した。第 4 期かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づき、水源環境保全・再生かながわ県民会議において 20 年間の施策の最終評価とりまとめのための資料として、これまでのモニタリング結果を総括して報告するなどの対応を行った。また、令和元年東日本台風により被災した現地観測施設（量水堰、作業路等）について引き続き復旧工事を実施した。

#### Da 大洞沢モニタリング調査（１）水循環

大洞沢試験流域においては、森林施業が河川の流量・水質に及ぼす影響の解明を目的として、河川流量、水質等について継続観測を行うとともに、流域内プロットにおける蒸散量・遮断蒸発量等の観測を行った。2024 年の年降水量は例年より多く 3426 mm だった。細根量の計測においては、季節変動を捉えることができた。また、流域内の自然条件や森林施業が河川流出に及ぼす影響の評価のために、既存の土壌ブロック集合モデルを基に基岩地下水の流動プロセスを組み込んだ BLADE モデルを提案した。河川水の流量・地下水位データを用いてモデルの妥当性を検証した結果、BLADE モデルによって流量の観測値を高い精度で再現できることが明らかになった。さらに基岩地下水を考慮することで、特に低流量時の流量観測値を高い精度で再現できるようになることが確認された。

#### Db 貝沢モニタリング調査・研究（１）流出過程

貝沢試験流域において、間伐等の森林整備による効果検証のため、流域からの水流出、土砂流出について調査を継続した。既設の観測システムにより、気象・水文観測データを取得し、降水量、流出量のデータを精査するとともに、水流出等の長期変化を把握する基礎データを整備した。2024 年度は、東京農工大学演習林である FM 多摩丘陵内の調査データを貝沢試験地の比較対象として加え、幼齢林、成木スギ人工林（低密度）、成木スギ人工林（高密度）の 3 プロットで樹冠遮断損失を算出した。降雨強度と林外雨の関係をグラフ化したところ、降雨強度が大きいと樹冠遮断損失が極端に小さくなることが示唆された。また、風速と樹冠遮断損失への影響を検出したところ、風速は林外雨量に対し樹冠遮断損失が極端に小さくなる現象に影響を与えていることがわかった。

#### Dc 貝沢モニタリング調査・研究（２）物質循環

貝沢試験流域において、間伐等の森林整備による効果の検証のため、林地への枝葉等の有機物供給、土壌層における窒素無機化や移動、渓流水質等の流域の物質循環を把握する調査を継続した。

流域 1～3 の硝酸濃度の長期的変化については、いずれの流域でも 2024 年の 4～10 月は 2021～2023 年よりも高く、気温上昇と成長期の降雨量・強度が強いことが影響していると考えられた。

また、前年度までの調査では、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。そこで 2024 年度は、土壌培養でスギ・ヒノキのリターおよび細根のポリフェノールによる窒素無機化・硝化の抑制作用を調査した。培養実験の結果、スギ・ヒノキのリター添加により、土壌の無機態窒素濃度、特に硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）が著しく低下した。これはリター中のポリフェノールが窒素の無機化や硝化を抑制したためと考えられる。

#### Dd スタノ沢モニタリング調査・研究

スタノ沢試験流域の植生保護柵を設置した A 沢流域と柵のない B 沢流域において、下層植生回復と水や土砂の流出への影響を検証するため、流量等の継続観測を行うとともに、流域内の植生調査を実施した。

2024 年 1～12 月の年間降水量は 2647 mm であり、年流出量は A 沢が 866 mm、B 沢が 1746 mm であった。A 沢は、前年の 2023 年 12 月下旬から 2 月中旬にかけて小雨の影響で水枯れが生じた。8 月には台風 7 号の影響により 15～17 日の総降水量が 110mm、台風 10 号の影響により 29 日から 9 月 1 日の総降水量が 456mm となった。

#### De フチジリ沢モニタリング調査・研究

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、水流出、土砂移動状況等の調査を行った。

流量調査では10月、8月、12月、2月の順に流量が少なくなった。クラミ沢では2月には下流の2地点で水が枯渇していた。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。

水質調査では、フチジリ沢のほうがクラミ沢より高い値を示す項目が多く、アンモニア性窒素とケイ酸以外はフチジリ沢の値が高かった。各流域内で比較すると、多くの項目で下流ほど高い傾向が見られた。

土砂流出調査では令和5、6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。

## **Df 森林蒸発散モデルを活用した広域の森林水循環評価**

施策開始時（施策初期：（2001～2006年頃）から第三期（約15年後：2017～2021年頃）にかけての森林状態（立木密度・樹高等）の変化と、それに伴う森林水循環への影響評価を目的とした。立木密度や樹高等を加味した森林水循環モデルを構築し、樹冠遮断量、蒸発散量および地下水涵養量を推定した。この結果を、神奈川県全域および人工林エリアを対象として、広域的に森林水循環の変化を試算し、施策の前後で差異が生じているかを検証した。

全体としては施策開始時から第三期にかけて蒸発散量がやや減る一方、地下水への涵養量（地中へ浸透する水量）が増える傾向が試算された。施策前後で神奈川県全体の森林では年間で約60mm程度地下水涵養量の増加が見込まれる結果となり、県内の全森林面積（94,701ha）で計算すると年間約5,780万m<sup>3</sup>の地下水が増加したと推定された。

## **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**

### **Ea 水源林の整備が生物多様性に及ぼす効果把握－総括－**

令和6年度は、小仏山地、丹沢山地および箱根外輪山で野ネズミ調査を実施してきた18地点において、補足調査として10m×10m調査区8個での植生調査を実施した。そのうち10地点において3時期（1地点は1時期のみ）の昆虫調査を実施した。また、森林整備の効果が不明瞭な中大型哺乳類の補足調査として、小仏山地、丹沢山地および箱根外輪山の62地点において、通年でのセンサーカメラ調査を実施した。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。

### **Eb 植物（林床植生）**

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で、これまでの補足調査として、小型哺乳類（森林性野ネズミ）調査区画の植生調査を実施した。出現種や階層構造は地点によって異なることが確認された。具体的には、①低木層にクロモジやアブラチャンなどが41%の植被率で生育するヒノキ林、②亜高木層にアラカシやミズキなどが32%の植被率で生育し、低木層にアラカシやアオキなどが41%の植被率で生育し、草本層にフユイチゴやホンダなどが63%で生育するヒノキ林、③ニホンジカの採食影響が大きいなかで、亜高木層にシロダモやウラジログシなどが39%の植被率で生育するスギ林がみられた。

### **Ec 昆虫の種多様性に対する間伐の効果**

神奈川県の水源の森林エリア（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ため、これまでの補足調査として、スギ・ヒノキ人工林10林分において、時期別の林床性昆虫と地表性昆虫の調査を行った。ハムシ・ゾウムシ類は5科28種129個体が捕獲され、調査回による差は顕著ではなかったが、地点間での差は個体数で顕著であった。オサムシ類は2科19種99個体が捕獲されたが、全体的に捕獲数が少なく、調査回による差や地点間の差は顕著ではなかった。アリ類は1科15種が捕獲され、調査回による差は顕著ではなかったが、地点間での差はみられた。

## Ed 中大型哺乳類

丹沢山地、箱根外輪山、小仏山地の水源林整備地 62 地点において、2023 年 11 月からのセンサーカメラの設置を継続し、本年度からは通年でのセンサーカメラを設置することとした。各調査地に 2 台ずつのセンサーカメラを設置し、2023 年 11 月～2024 年 8 月の各月の中大型哺乳類の撮影状況を集計した。撮影データ分析には AI による自動画像判別システム（害獣の自動検出 AI 『B アラート』（株）ほくつう/北陸電力株式会社共同開発）も用いた。その結果、3 地域全体の 36,704 カメラ・稼働日で 4 目 11 科 15 種の中大型哺乳類が 30,257 個体撮影され、各哺乳類種の冬～夏の撮影頻度の変化が明らかとなった。ニホンジカの撮影頻度が初夏に高い傾向は 3 地域で概ね共通していた。

## Ee 水源地域ブナ林の植生

2019 年度から野ネズミの標識再捕獲調査を実施している丹沢山の堂平地内および三峰尾根のブナ林で林分調査（野ネズミ用の罠設置地点を四隅とする 10×10m 枠、41 枠）と植生調査（罠設置地点ごとに 2×2m 枠、90 枠）を実施した。その結果、調査地全体で 43 科 61 属 184 種の維管束植物が確認された。また、植生保護柵内では柵外と比較して低木層の植被率が顕著に高いことが明らかとなった。

## Ef 小型哺乳類

2019～2024 年の 7 月、9 月、10 月に計 13 回、丹沢山堂平地区のブナ林の植生保護柵内外に跨る調査地で森林性野ネズミの標識再捕獲調査および糞の DNA メタバーコーディング解析による食性調査を実施してきた。2019～2022 年度はサイト A と B に計 50 個、2023～2024 年度はサイト A～D に計 90 個の罠を設置し、全調査期間を通して、3,595 トラップナイトで、アカネズミが延べ 308 回、ヒメネズミが延べ 185 回捕獲された。両種とも捕獲頻度の年変動が大きかったが、柵外よりも柵内で捕獲頻度が高い傾向は 2019～2024 年で共通していた。また、182 サンプルの糞を解析したところ、アカネズミとヒメネズミともに高木性の樹種を主要な餌としており（図-6）、柵内で増加した低木層は野ネズミの餌資源量増加よりも被覆による捕食者からの発見リスク軽減の効果が大きいと推測される。

## F 混交林の管理技術の改良

### Fa 混交林の管理技術の改良

針広混交林等を目標林型に設定しているスギ・ヒノキ人工林等の調査地において、混交林への誘導状況を把握することを目的として、3 調査地（山北町、南足柄市）で林分構造等を調査した。各調査区の成立本数は、目標とする 500 本/ha 前後まで低下しており、山北町の調査区ではスギの天然更新木や、広葉樹その他の本数の増加が確認され、南足柄市の 2 調査区では、広葉樹その他の本数が大きく減少していた。山北町調査区で低木層の発達の一部確認されたが、その他の調査区では、低木層の発達は確認できなかった。草本層の平均植被率は、山北町調査区ではシカ不嗜好種が優占し、平均植被率が増加していた。南足柄市の矢倉沢調査区では、調査地点間でばらつきがあり、平均植被率が増加した地点では不嗜好性種が優占し、荻野調査区では、全調査地点の平均植被率が前回調査時より減少していたが、25%以上を維持していた。

なお、センサーカメラの撮影状況から、すべての調査地でシカの生息が確認された。

## G シカ対策と間伐による下層植生の発達がアカネズミ属の生息密度と食性にもたらす効果（科研費）

### Ga 小型哺乳類の糞サンプリング方法の検証 と消化・排泄の特性

2020～2021 年の捕獲調査の際に死亡したアカネズミとヒメネズミの計 11 個体が排泄した糞（排泄

糞)と直腸に残る糞(直腸糞)および飼育実験によりヒマワリのみを与えて得た糞を DNA メタバーコーディング解析し、含まれる植物の DNA を調べた。その結果、花粉と孢子の散布時期にこれらの種の検出が排泄糞に集中する傾向は認められず、また、同一個体の直腸糞と排泄糞から検出される植物の種構成は類似する個体が多いことから、今回のようなシャーメントラップを用いたサンプリング方法なら排泄糞のコンタミの影響はそれほど大きくはないと考えられる。また、直腸糞と排泄糞から検出されるヒマワリのリード数や飼育実験で得た糞の分析から、野ネズミに食べられた餌は、必ずしも食べた順番通りに排泄されるわけではない可能性が示唆された。

## ②脱炭素社会実現に資する森林の管理技術の改良

### H スギ・ヒノキの人工林の管理技術の改良

#### Ha スギ・ヒノキ花粉発生源地域推定事業

県内スギ林 30 箇所の着花点数の平均値は 67.3 点となり、昨年の 46.1 点、28 年間の平均値(46.1 点)を上回り過去 4 番目に高い値になった。ヒノキは 47.7 点と過去 10 年間と比較して昨年を下回り平均(46.0 点)に近い値となり、例年並みであると推定された。ヒノキ調査結果を取りまとめ論文発表を行った。

#### Hb スギ・ヒノキ林の花粉削減研究

雄花着花量の年次変動は、2024 年は 24,424 個/㎡となり、2023 年の 38,931 個/㎡より減少したものの、平均値(12,660 個/㎡)を上回り“やや多い”と予測した花粉飛散どおりの結果であった。21 世紀の森地内のヒノキ採種園では、2025 年春の自然着花の指数平均は 2.11 となり、前年の 2.52、平均の 2.42 を下回り、不作年であった。所内スギ林分での花粉飛散量調査では、18,837 個/cm<sup>2</sup> となり、平均値 16,745 個/cm<sup>2</sup> を上回ったものの前年値 26,736 個/cm<sup>2</sup> を下回り、“多い”と予測した飛散予測よりもやや少ない結果となった。ヒノキは、1,351 個/cm<sup>2</sup> となり、前年値 1,777 個/cm<sup>2</sup>、平均値 3,098 個/cm<sup>2</sup> を下回り、飛散予測で“例年並み”との結果どおりではなく、測定地のヒノキの伐採の影響が考察された。

#### Hc エリートツリー研究開発事業

選抜したエリートツリー候補木のさし木を行い、発根率は 86.8%となり、サンプスギ(88.6%)と比較し発根率に差は認められなかった。調査を行ったエリートツリー選抜候補木 21 本のピロディン貫入量、応力波伝搬速度の測定を行い、14 年時の精英樹平均値(三島ら 2011)と比較しピロディン貫入量(26.0mm)は同程度、応力波伝搬速度は 2833mm で比較するとやや低い値であるが、26 年生実生個体(飯塚ら 2007)の 2523mm と比較すると同程度であり、いずれの結果より若齢の 10 年生の試験結果であり値の範囲も大差ない結果であった。無花粉スギ選抜候補個体の親個体の遺伝解析の結果、21 本の候補木の成長の森の無花粉スギは、変異型対立遺伝子(ms-1)のホモ接合型で、無花粉個体と判定された。また、マイクロサテライト分析による親子識別の結果、20 個体については両親が鑑定され、1 個体については片親の鑑定が得られた。

## **【全森林域】 概要と要旨**

### **（３）ニホンジカと森林の統合的管理手法の確立**

#### ① I シカ集中捕獲地におけるシカ密度低減及び植生回復への効果検証

シカ集中捕獲が行われている堂平と、その周辺の天王寺尾根および丹沢山の柵外 9 地点において、林床植生調査を行った。堂平では、集中捕獲の開始後、最大樹高が 15cm(2021 年、イヌシデ)から 38cm(2024 年、ブナ)に増加する地点があった。天王寺尾根でも最大樹高の増加傾向がみられた。丹沢山(津久井)では開空度が比較的大きく明るい環境であり、最大樹高に加えて平均樹高の増加傾向もみられた。開空度が比較的大きい丹沢山(清川)では、平均樹高、最大樹高、群落高、

ササ高が増加傾向にある地点があった。捕獲の効果は、植生高の指標のなかでは最大樹高で現れやすく、開空度が大きい地点では平均樹高でも現れることが分かった。山頂周辺では、以前から実施している稜線捕獲の効果に、堂平の集中捕獲の効果が上乗せされた可能性がある。

## ② J シカ生息下における水源林管理手法の開発

森林整備の植生回復や生態系への効果と、それら効果とシカ影響との関係を解明し、シカ管理を包含した効果的な森林管理手法を検討する。今年度は、シカ採食影響下において間伐を行った際に、林床植生の土壤保全効果の指標となる積算被度が、間伐回数、シカ撮影頻度、不嗜好性植物の被度割合との関係でどのように変化するかを検討するため、2巡目までの調査データを解析した。シカ撮影頻度が高くなると、シカ不嗜好性・採食耐性植物の被度割合が増加するが、林床植生全体の積算被度としては、不嗜好性・採食耐性植物の被度割合が増加しても有意な変化は生じなかった。積算頻度はまた、シカ撮影頻度が増加しても、有意な変化は生じず、唯一、間伐回数の増加に応じて有意に増加する反応がみられた。シカ生息下であっても、間伐を行えば積算被度が増加し、土壤保全機能の向上を期待できる解析結果が得られた。