

特集「丹沢山地のブナ林再生に向けて ～衰退要因モニタリングと保全・再生対策の動向～」に寄せて

谷脇 徹*

Towards conservation of the beech forests on the Tanzawa Mountains: trends regarding monitoring of factors causing forest decline and restoration measures

Toru TANIWAKI*

I. はじめに

神奈川県北西部の丹沢山地では、高標高域に分布する冷温帯落葉広葉樹林においてブナ等高木の立ち枯れが増加して問題となっている（山根ほか 2007）。ブナ等の立ち枯れは 1970～1980 年代から目立ち始め（越地ほか 1996）、1990 年代以降には立ち枯れを起因とする林冠ギャップ（木が枯れて高木の枝葉が茂る部分に形成された開けた空間）の拡大が顕著になった（山根・鈴木 2012；鈴木・山根 2013；鈴木ほか 2016）。丹沢山地ではブナの立ち枯れを含め、広域で複合的な自然環境問題が生じていたことから、各種問題の解決を目指して 1993～1996 年に「丹沢大山自然環境総合調査」、2004～2005 年に「丹沢大山総合調査」が実施された。その結果、1990 年代以降のブナの立ち枯れの原因として、大気汚染物質（オゾン）、乾燥等による水ストレス、葉食昆虫ブナハバチの大発生の複合的な影響が指摘された（山根ほか 2007）。また、ニホンジカが高密度で生息する丹沢山地では更新木への採食影響により森林の更新が阻害されるため、集団的な立ち枯れが生じた場所で森林の疎林化、草地化が進んでいる（谷脇 2013）。森林の草地化は主に山頂付近や稜線部で生じており、その多くが丹沢大山国定

公園の特別保護地区内に分布している。

「丹沢大山総合調査」を経て 2006 年に作成された「丹沢大山自然再生基本構想」では、ブナ林を保全・再生することの必要性について、「ブナ林は、丹沢山地のブナ林域の代表的な植生景観であり、その複雑な生態系は丹沢を特徴づける生物相を育んでいる。また、ブナを主体とする高木とササやかん木類など多様な植物から構成される森林は、水土保持の観点からも重要である。」としたうえで、ブナ林域での再生目標を「鬱蒼（うっそう）とした健康なブナ林の再生」としている（丹沢大山総合調査実行委員会調査企画部会 2006）。

県は「丹沢大山自然再生基本構想」が作成されたことを受け、2007 年に「丹沢大山自然再生計画」を策定した。この計画では 8 つの特定課題の一つに「ブナ林の再生」を位置づけ、鬱蒼としたブナ林の再生に向けてブナ林衰退の機構解明と再生技術の開発・改良を進め、成果を活用して再生対策に取り組んできた（神奈川県 2007）。再生対策として、具体的には植生保護柵や土壌保全工の設置、シカ捕獲、ブナハバチ対策およびそれら事業効果のモニタリングに取り組み、現存するブナの保全と林冠ギャップの閉鎖を推進してきた。現在、ブナ林再生の各種対策は 2017 年に作成した「丹沢ブナ林再生指針」を

* 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）

活用することで再生の考え方を関係者間で共有し、ブナ林再生に係る調整会議により所内の関係各課で事業連携を図りながら取り組んでいる（神奈川県2017）。「丹沢ブナ林再生指針」は第1期（2007～2011年）と第2期（2012～2016年）の丹沢大山自然再生計画およびかながわ水源環境保全・再生実行5ヶ年計画で得られた研究成果をもとに作成されたものであり、研究成果は神奈川県自然環境保全センター報告の9号（2012年）と14号（2016年）で特集としてとりまとめられている。

本特集は第3期丹沢大山自然再生計画（2017～2022年）およびかながわ水源環境保全・再生実行5ヶ年計画の第3期（2017～2021年）～第4期初年度（2022年）の成果を中心にとりまとめる。ブナ林再生研究は衰退実態の解明（2001～2006年）、衰退機構の解明（第1期）、保全・再生対策技術の開発（第2期）、再生事業の推進（第3期）と段階的に取り組んできた。第3期における再生事業の推進に向けた取組の特徴は、これまでの研究成果を活用して再生優先地を檜洞丸（重点対策地区）、蛭ヶ岳～丹沢山、大室山に絞り込み、植生保護柵の設置やニホンジカの捕獲、ブナハバチ対策、事業効果モニタリングの事業連携による対策を集中的に推進したことにある。特に重点対策地区とした檜洞丸では、植生保護柵の設置密度を2017～2018年の2ヶ年で高めるとともにシカの捕獲圧を高め、ブナハバチ対策のためのブナの毎木調査や薬剤の樹幹注入試験を行うとともに、重点的な事業効果のモニタリングを行った。詳細は本特集最後の谷脇ほか（2024）で紹介する。

加えて本特集では、まずブナ林の衰退要因である大気（オゾン）・気象環境、水ストレスおよび葉食昆虫のモニタリングの成果や影響を解明するための実験の成果について報告する。次に衰退状況の2020年代のモニタリング成果やモニタリング手法開発の成果について報告する。関連情報として、ブナ林域に造成されたヒノキ人工林の生育状況についても報告する。以下、各報告の概要を紹介する。あわせて、本特集以前に公表された第3期の研究成果として、柵の植生回復への効果、植生回復の波及効果および土壌保全工の効果を検証した研究成果についても概要を紹介する。

II. 特集の概要

1. ブナ林の衰退要因

(1) 大気・気象環境

本特集の関ほか（2024）は西丹沢の犬越路において最近のオゾン濃度が緩やかな低下傾向にあることを観測し、ブナへのオゾン影響が以前より低減していることを野外に植栽したブナ苗に浄化大気と非浄化大気を暴露するオープントップチャンバー試験により明らかにした。また、オゾンと水ストレスの複合影響の解明に向けて、ブナ苗を植栽した不織布ポットの埋め込み深さを変えることにより、野外環境下で水ストレスを効果的に与える手法開発に取り組んだ。

本特集の武田ほか（2024）はブナ林の衰退が進む檜洞丸においてオゾンや風速を電源を用いずに観測できる改良型パッシブサンプラーを設置し、草地化が進むほど林床の風速が大きくなりオゾン濃度が高くなること、植生保護柵内で植生が回復した地点では風速とオゾン濃度がともに低減されることを示した。

本特集の齋藤ほか（2024）は、丹沢山地4地点での直近4年間の気象観測の結果をとりまとめるとともに、県広域で激しい被害が発生した2019年（令和元年）の台風19号の降雨の状況を詳細に報告した。

(2) 水ストレスの診断

本特集の上田（2024）は温室内のブナ苗木や圃場に植栽された中型ブナを対象に、ブナハバチの食害を模した時期（5月）に摘葉する実験を行い、当年枝木部の水分通道組織構造に与える影響を調べた。そして摘葉により、水の通道のしやすさを指標する理論比水分通度度が低下し、土壤水分の吸収を担う細根量が減少することを明らかにした。これらの結果は、ブナハバチによる葉の採食影響を受けたブナでは水ストレスが増加することを示唆しており、これまで不明であったブナハバチが関与するブナの衰弱・枯死メカニズムの解明に大きく寄与するものであった。

(3) 葉食昆虫調査

本特集の伴野ほか（2024）は丹沢山地の主要な山域で1997年から毎年実施してきたブナハバチ幼虫による葉への食害状況の2016～2022年調査結果を報告した。広範囲におよぶ大規模な食害は2013年

を最後に9年間発生せず、とくに2021年と2022年には初めて2年連続で食害がまったく認められなかったことを明らかにし、食害が沈静化傾向にある可能性を示した。

本特集の谷ほか(2024)は丹沢山地の限られた地域に生育する希少植物シウリザクラ(県絶滅危惧Ⅱ類)で周期的に大発生するサクラスガの網巣数の年推移を調べ、2019年は1997年の調査開始以来最少となったが、その後再び増加傾向にあり、今後の発生量を注視する必要があることを明らかにした。

2. 衰退状況モニタリング

本特集の鈴木ほか(2024)は丹沢ブナ林の主稜線における草地化の進行状況を航空写真の植生判読により1970年代から調べており、本特集では2020年代までの推移を示した。草地・裸地の総面積は2000年代をピークにその後若干減少傾向にあるが、1970年代や1980年代と比べると依然高い値であること、面積500㎡以上の大規模草地は2010年代をピークに2020年代は若干減少したことを示した。草地・裸地の減少の要因として、植生保護柵設置後に時間が経過し、柵内で灌木(低木林)が発達したことで森林被覆地に区分されるようになったと考えられている。

本特集の雨宮・山根(2024)および山根・雨宮(2024)は多数撮影したVR360°静止画を用いて林冠の開空率および林床の被覆率を一括して計測するためのユーザーインターフェース機能を有するアプリケーションを開発した。

3. ブナ林域人工林

本特集の山根(2024)は竜ヶ馬場に植栽された高齢ヒノキの樹幹解析を行い、丹沢山地高標高域では樹高成長、材積成長ともに悪く、形質は不良であるため、経済林としての価値は大きく劣ることを指摘した。

4. 保全・再生対策

本特集の谷脇ほか(2024)はブナ林再生に係る事業の実施状況を解説し、2021年までに柵は面積77ha、総延長95km、金網筋工は7,601基が設置され、シカ捕獲は段階的に強化されてきたこと、対策は再生優先地とした地域で草地が最も多い丹沢山～蛭ヶ岳で最も実施され、草地が急速に増加している檜洞丸では水源施策第3期に事業連携による重点的な対

策が実施され、大室山では草地拡大前に対策が実施されたことを紹介した。再生優先地では柵の設置やシカ捕獲の事業が進み、その効果が着実に表れているが課題も多いことが示された。

Ⅲ. 事業の効果検証に係る成果概要

1. 柵の植生回復への効果

これまでの検証により、柵が絶滅危惧種や樹木稚樹の保全に効果を発揮することを示す知見が集積された。絶滅危惧種の多年草は柵の設置により回復する(田村ほか2005、2011)が、植生が退行してから柵を設置するまでに時間がかかると、種によっては回復が難しくなる(田村2010)。ただし、最近になり、シカの採食圧を20年以上受けた後に設置された柵内で、柵設置後5年以上かけて回復してきた絶滅危惧種が確認された(田村ほか2022)。多年草の回復には埋土種子は期待できない(Tamura 2016, 2019)ため、現存する個体を保全し、繁殖のための開花・結実を促す必要がある。樹木稚樹は柵設置16年後には樹高が草本層を越え、2m以上の更新木密度が2,260～5,400個体/haとなった事例が報告された(Tamura 2020)。一方、風衝ササ草地はニシキウツギの低木林になるポテンシャルが高いことが埋土種子の調査から明らかにされた(Tamura 2021)。

2. 植生回復の波及効果

柵内での植生回復には土壌保全や大型のオサムシ科甲虫の保全への波及効果があることを示す知見が集積された。林床リターの移動量は林内の風速や降雨に影響を受け、林床植生植被率が高いほど少なくなるが、季節ごとのリター移動の動態は地表面の被覆状態によって異なるとされた(飯野ほか2019)。林床植生が減少すると小型のオサムシ科甲虫の捕獲数は増加したが大型種の捕獲数は減少し、スズタケが多く残存する柵は大型のオサムシ科甲虫への保全効果が高いことが示唆された(佐藤ほか2018)。

3. 土壌保全工の効果

土壌保全工は工法、シカ影響、斜面斜度により効果の持続期間が異なるとする知見が得られた。柵外の木製筋工、急傾斜のヤシネット工および竹ネット工では設置10～11年後の土壌侵食量が初年度より多くなり、土壌保全効果の限界が示された(孫ほか

2020)。緩斜面やシカの影響を受けない柵内では10年経過しても土壤保全効果が継続することが分かり、急斜面で土壤保全工の効果を長期間継続するには柵の設置が効果的であることが指摘された(孫ほか2020)。

IV. おわりに

以上のように、本特集では第3期中にブナ林再生研究プロジェクトで得られた最新の知見のなかで未発表の知見を中心に紹介する。他にもブナの保全対策のためのブナハバチ対策手法やギャップ閉鎖対策のための天然更新促進手法について検討を進めているが、現在学術誌に投稿中であることから別の機会で紹介することとし、本特集では割愛する。

引用文献

- 雨宮 有・山根正伸 (2024) VR360度画像を用いた樹冠開空度計測アプリケーションの開発. 神奈川県自然環境保全センター報告 18:57-62. (本特集)
- 伴野英雄・谷 晋・谷脇 徹 (2024) 丹沢山地におけるブナハバチ幼虫によるブナ葉への食害発生状況 (2016-2022). 神奈川県自然環境保全センター報告 18:41-44. (本特集)
- 飯野貴美子・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美・宮本尚子 (2019) シカの採食圧により林床植生被覆率が異なるブナ林斜面におけるリター移動機構. 水文・水資源学会誌 32:170-181.
- 神奈川県 (2007) 丹沢大山自然再生計画～人も自然もいきいきとした丹沢大山をめざして～. 神奈川県環境農政部緑政課. 81pp.
- 神奈川県 (2017) 丹沢ブナ林再生指針. 神奈川県自然環境保全センター. 36pp.
- 越地 正・鈴木 清・須賀一夫 (1996) 丹沢山地における森林衰退の調査研究 (1) ブナ、モミ等の枯損実態. 神奈川県森林研究所研究報告 22:7-18.
- 斎藤央嗣・丸井裕二・大内一郎・谷脇 徹 (2024) 丹沢山地4地点における4年間の気象観測結果と2019年台風19号の降雨について. 神奈川県自然環境保全センター報告 18:21-26. (本特集)
- 佐藤司郎・鈴木 牧・谷脇 徹・田村 淳 (2018) 丹沢山地におけるシカの増加がオサムシ科甲虫に及ぼす間接的影響. 日本森林学会誌 100:141-148.
- 関 達哉・武田麻由子・丸山朋見・柳下良美・柴田健一郎 (2024) 犬越路測定局におけるオゾン濃度等の経年変化及びブナ生育への影響評価 (2). 神奈川県自然環境保全センター報告 18:7-12. (本特集)
- 孫 金勝・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美 (2020) シカの食圧により林床植生が衰退したブナ林斜面における各種保全工の土壤侵食防止の長期的な効果. 砂防学会誌 73:15-24.
- 鈴木 透・山根正伸 (2013) 空中写真からわかるブナ林の衰退 (ブナ林の衰退—丹沢山地で起きていること—). 森林科学 67:6-9.
- 鈴木 透・谷脇 徹・山根正伸 (2016) 衰退リスクから見たブナ林の再生優先地マップの作製. 神奈川県自然環境保全センター報告 14:75-80.
- 鈴木 透・山根正伸・雨宮 有 (2024) 丹沢山塊東部主稜線部における2020年代土地被覆データの作成とブナ林の劣化指標に関する検討. 神奈川県自然環境保全センター報告 18:49-55. (本特集)
- 武田麻由子・丸山朋見・濱邊一弥・谷脇 徹 (2024) パッシブサンプラーを用いた檜洞丸山頂周辺のブナ林衰退地におけるオゾン濃度等測定. 神奈川県自然環境保全センター報告 18:13-20. (本特集)
- 田村 淳 (2010) ニホンジカの採食により退行した丹沢山地冷温帯自然林における植生保護柵の設置年の差異が多年生草本の回復に及ぼす影響. 保全生態学研究 15:255-264.
- Tamura A (2016) Potential of soil seed banks in the ecological restoration of overgrazed floor vegetation in a cool-temperate old-growth damp forest in eastern Japan. *Journal of Forest Research* 21:43-56.
- Tamura A (2019) Potential of soil seed banks for vegetation recovery following deer exclusions under different periods of chronic herbivory in a beech forest in eastern Japan. *Ecological Research* 34:160-170.

- Tamura A (2020) Effects of 16-year deer exclusion on the forbs and tree saplings in a beech (*Fagus crenata*) forest degraded by sika deer in eastern Japan. *Natural Areas Journal* 40:4-10.
- Tamura A (2021) Potential for soil seed banks to drive vegetation changes in windswept Sasa grasslands in eastern Japan. *Journal of Forest Research* 26:75-80.
- 田村 淳・入野彰夫・勝山輝男・青砥航次・奥津昌哉 (2011) ニホンジカにより退行した丹沢山地の冷温帯自然林における植生保護柵による希少植物の保護状況と出現に影響する要因の検討. *保全生態学研究* 16 : 195-203.
- 田村 淳・入野彰夫・山根正伸・勝山輝男 (2005) 丹沢山地における植生保護柵による希少植物のシカ採食からの保護効果. *保全生態学研究* 10 : 11-17.
- 田村 淳・中西のりこ・赤谷美穂・石川信吾・伊藤一誠・町田直樹・永井広野・野辺陽子・長澤展子 (2022) 丹沢山地でシカの採食圧を 20 年以上受けた後に設置された植生保護柵の内外における絶滅危惧種の多年草の回復. *保全生態学研究* 27 : 263-273.
- 谷 晋・伴野英雄 (2024) 丹沢山堂平のシウリザクラを食害するサクラスガ幼虫の発生状況(2019-2022). *神奈川県自然環境保全センター報告* 18 : 45-47. (本特集)
- 谷脇 徹 (2013) 衰退の現状 (ブナ林の衰退—丹沢山地で起きていること—). *森林科学* 67 : 2-5.
- 谷脇 徹・中西のりこ・永田幸志・永井広野・石川烈・田村 淳 (2024) 丹沢山地における水源施策第 3 期 (2017-2021 年) までのブナ林再生対策の実施状況. *神奈川県自然環境保全センター報告* 18 : 79-89. (本特集)
- 丹沢大山総合調査実行委員会調査企画部会 (2006) 丹沢大山自然再生基本構想—人も自然もいきいき「丹沢再生」—. 丹沢大山総合調査実行委員会. 136pp.
- 上田正文 (2024) ブナハバチの食害を模した摘葉がブナに与える影響. *神奈川県自然環境保全センター報告* 18 : 27-39. (本特集)
- 山根正伸 (2024) 丹沢山竜ヶ馬場に第二次世界大戦以前に植栽されたヒノキ高齢人工林の成長. *神奈川県自然環境保全センター報告* 18 : 73-78. (本特集)
- 山根正伸・相原敬次・鈴木 透・笹川裕史・原慶太郎・勝山輝男・河野吉久・山上 明 (2007) ブナ林の再生に向けた総合解析. (丹沢大山総合調査学術報告書. 丹沢大山総合調査団編. (財)平岡環境科学研究所). 703-710.
- 山根正伸・雨宮 有 (2024) VR カメラで撮影した 360 度カラー画像による林床被覆率の計測アプリケーションの開発. *神奈川県自然環境保全センター報告* 18 : 63-71. (本特集)
- 山根正伸・鈴木 透 (2012) 丹沢山地におけるブナ衰退の時空間的特性. *神奈川県自然環境保全センター報告* 9 : 13-21.