

総合解析

ブナ林の衰退機構と再生の方向

山根正伸¹⁾・相原敬次²⁾・鈴木透³⁾・笹川裕史¹⁾・原慶太郎⁴⁾・勝山輝男⁵⁾・
河野吉久⁶⁾・山上明⁷⁾

1. はじめに

丹沢山地では、1970年代に大山のモミの立枯れが目立ち、1980年代にはブナやウラジロモミなどにも多く見られるようになった。この衰退には、大気汚染の影響、病害虫や土壌の乾燥化などの要因が複合的に関係していると考えられている(相原ほか, 2004)。

前回の総合調査では、大気汚染物質のオゾンの関与(文献)や特定の斜面での衰退進行(丸太・白井, 1997)が指摘されたが、衰退実態も含めて説明は不十分であった。このため、主な現地対策は植生保護柵による稚樹や植生の保護などに限定されてきた。調査研究としては、ブナ林の再生技術開発、衰退原因の解明が進められてきた。

本プロジェクトでは、丹沢大山総合調査の水と土再生調査チームおよび生きもの再生調査チームが関係機関とも協力し、ブナおよびブナ林の衰退実態とその影響、衰退原因と機構などについて、多角的に調査を実施した。そして、調査企画部会政策検討ワーキンググループと情報整備調査チームと緊密に連携して、関係研究機関や行政部局とも協働して、研究会、セミナー、ワークショップ、政策検討責任者会合などを開催し、既存調査研究と併せてその結果を総括し、ブナ衰退の現状を整理し、現状評価を踏まえて、再生目標の達成に向けた対策事業を検討した。

本稿では、プロジェクトの総括として、ブナ林の衰退機構と再生の方向について整理した。

2. ブナ衰退の現状

(1) 立地環境と生育状況

丹沢山地のブナ林は、標高1000m以上に成立しており、宮脇ほか(1964)によりヤマボウシブナ群集、オオモミジガサブナ群集の原記載がなされている。前回の総合調査では、このブナ林の主稜線部での枯れや、林床のスズタケの衰退が顕著となっていたことから、植物社会学的研究が行われ、シカの過度の採食によって東丹沢ではクワガタソウブナ群集が加わったことが報告されている(星ほか, 1997)。また、この調査では堂平、檜洞丸山頂付近、菰釣山山頂付近の3カ所に帯状区を設定して森林群落の

記載が行われ、林分構造の一端が示された。

今回の調査では、ブナ林の衰退実態調査とあわせて、GISデータ化された現存植生図に示されたヤマボウシブナ群集、オオモミジガサブナ群集の立地解析と現地調査によりブナ林の森林構造を新たに調査した(第2章)。この結果、丹沢山地のブナ林は、大部分(86%)が10~35度の斜面地に生育しており、ブナのまとまった純林は少なく、シナノキ・カエデ類などの広葉樹と混交していることが再確認された。ブナの比率でみても4~87%と幅があり、大半が30%以下のブナを含む落葉広葉樹高木林であった。林分構造は東西地域でやや差がみられ、東丹沢ではブナその他の高木の直径が太く、成立本数は少ないが、西丹沢では細目で成立本数が多いことが示された。このような林分構造の差異の原因は不明だが、ブナ林の成立過程や後述するブナ衰退の進行状況の違いが考えられる。

林床植生状態に関しては、前回の調査からシカの採食などにより東丹沢のヤマボウシブナ群集でスズタケが大規模に退行し林床植生が乏しくなっていること(古林ほか, 1997)、シカの影響などにより東丹沢の主稜線部のササ群落の退行、矮小化、枯死が進んでいることが示された(古林ほか, 1997; 矢ヶ崎ほか, 1997)。

今回の調査では、ニホンジカ保護管理事業の一環で神奈川県が行った踏査による丹沢全域の林床植生状態に関する調査結果が検討され、衰退が進む東丹沢のブナ林域の多くは、稜線付近のミヤマクマザサ生育地を除くと、シカの過密化の影響で、林床植生がさらに貧弱化していること、前回の総合調査時点より退行、矮小化する場所が拡大していることが示された。また、植生保護柵の内外の植生変化の調査結果からは、シカの強い採食圧により、ブナやその他の高木の天然更新が妨げられていることが示された。これらの調査結果は、ブナをはじめとした高木の枯死が進むと将来的に森林構造が大きく変化し、シカの過密状態が続くと、場所によってはシカが好まない草本種などが優占する草地に変わったり、裸地化から侵食が進み荒廃化していったりする可能性を示唆している。

(2) 衰退実態

当山地のブナ林の衰退実態は、1990年代以降、実態や原因の解明に向けたさまざまな調査研究が進められてきた。衰退実態に関しては、越地ほか(1996)が、戦後以降の空中写真を時系列的に判読して丹沢のほぼ全域の冷温帯林を対象にモミやブナの枯死の発生状況を調べ、天然林の約3割の範囲に枯死木が分布し、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の各山頂付近に多いこと、枯死は1970~1980年頃にまとまって発生し、その後も続いていること、などを明ら

1) 神奈川県自然環境保全センター 2) 神奈川県環境科学センター 3) NPO 法人 EnVision 環境保全事務所 4) 東京情報大学
5) 神奈川県生命の星・地球博物館 6) (財)電力中央研究所 7) 東海大学

かにした。また、前回の総合調査では、大室山から檜洞丸、蛭ヶ岳、丹沢山、塔ノ岳、鍋割山を結ぶ主稜線部のブナの枯損木の衰退状況を4段階で区分し衰退状況を調べ、高標高地での森林群落到に衰退が目立ち、鞍部や急傾斜地になるところで特に衰退が著しいこと、風衝地では風上側の衰退度が大きいことを指摘した(星ほか, 1997)。

今回は、ブナ林域全体の衰弱木を含んだ衰退状況の定量化、ブナ林の消失面積などの把握を目的として、現地踏査を行うとともに、GIS 植生図と衛星画像を組み合わせてブナ衰退の時系列的な変化を解析した。

この結果、ブナ林の衰退は丹沢山地のブナ林全体に認められること、地区により進行状況が異なっていることがわかった(図1)。

調査時点で、ブナの衰弱・枯死が激しいのは鍋割山、塔ノ岳、丹沢山、蛭ヶ岳など、東丹沢から丹沢中央の標高が1400mを越える主稜線部にかけてであり、衰退が少ないのは、西丹沢の大室山、城ヶ尾峠、菰釣山や、東丹沢の北側に位置する丹沢三峰山稜、堂平などであった。

空中写真の時系列的な解析からは、檜洞丸から塔ノ岳の一带にかけての主稜線部では、1980年以降に少なくとも17haのブナを含むと考えられる森林が消失し、草地化したことがわかった(Sasakawa et al., 2005)。

また、空中写真による枯死状況の調査結果を、オーバーレイ処理して図示すると、1980年代にブナやモミの立ち枯れが観察された西丹沢の菰釣山などは、最近では衰退がほとんどなく、衰退は東部分で進んでいることが示唆された。

地形条件との関係では、衰退の進んだ地点は、高標高の尾根付近の南向きの斜面に多く、高標高地に割合が高く、傾斜では、平地地にやや高まり、35度を超える急傾斜地では割合が低下した。地形では、尾根及び斜面上部での割合が高かった。

さらに、衰退の進んだ丹沢山と檜洞丸の山頂一帯での集中的な調査結果を、植生図や地形図などと重ね合わせて

検討したところ、衰退は、ブナを含む落葉広葉樹の高木に一樣に及ぶのではなく、ブナで衰退が目立つこと、南から西向き斜面のブナ林に衰退の進んだブナが多い傾向などが明らかになった。

(3) 衰弱・枯死原因

山岳域における自然林の枯死現象については、その規模の大小はあれ、従来から確認されているが、その衰退原因・機構の解明はほとんどなされていないのが現状である。そのため今回の調査では、衰退実態を踏まえた影響の大きな要因を絞込んで、それらの実態と衰退機構に関連する知見を明らかにすることを目的に、大気汚染(オゾン)、水分ストレスおよび病害虫を中心に調査を行った。

大気汚染影響に関しては、ブナはオゾンに対する感受性が高く(電中研, 2001)、高濃度オゾンにより生理活性の低下が進むこと(伊豆田ほか, 2001など)落葉時期が早まり、2割程の成長の低下が認められること(武田・相原, 2005)などが明らかにされたことから、オゾンに注目し、暴露型パッシブサンプラーを丹沢に多数設置し、この地域における広域的なオゾン濃度分布の測定を実施するとともに、丹沢西部の犬越路付近(標高1060m)に限られていた連続観測を、ブナ衰退が顕著な檜洞丸山頂直下でも行った。

この結果、広域観測からは、一次汚染物質である二酸化窒素の濃度は、県内の川崎や平塚などの市街地に比較して濃度は低いが、二次汚染物質である光化学オキシダント(オゾン)は市街地と同レベルであることがわかり、前回の檜洞丸での総合調査の結果(戸塚ほか, 1997)が改めて裏付けられた。

また、オゾン濃度が高い地域は、檜洞丸から丹沢山を経て塔ノ岳に至る標高1400m以上の東部の主稜線沿いの地域であることも示された。さらに、檜洞丸山頂直下で連続観測結果からは、山頂付近は100ppbを超えるような高い濃度のオゾンにさらされる場合があることや、平地に比較し

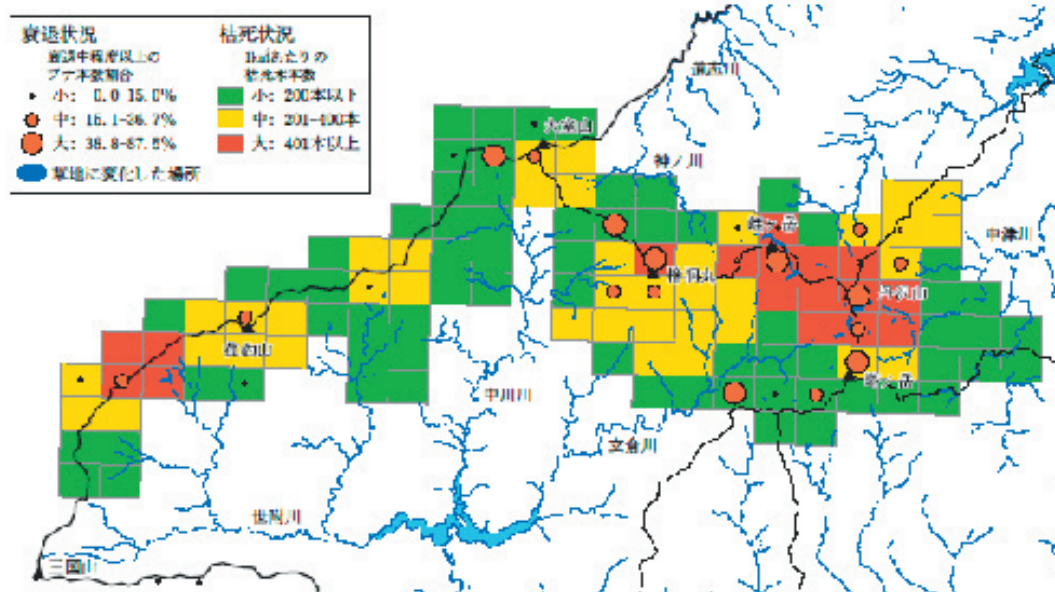


図1. 2002-2004年に行った踏査に基づく丹沢山地の主要なブナ林の衰退状況

て夜間濃度の高いことなどが判明した。4月から9月の6ヶ月間の日中のAOT40*は19ppm・h、全日のAOT40は45ppm・hで、ブナの生育低下を招くレベルにあることも明らかにされた。

丹沢山地内での気象観測から得た風況データに基づいて、オゾン輸送の数値流体解析(Suto et al., 2005)を行ったところ、風向きや風の強さおよびオゾン濃度分布は、地形の影響を強く受けることが示されるとともに、風速が大きな地点では、オゾン濃度が上昇する傾向が確認された。

一方、これまで有力視されてきた酸性雨は、各種の暴露試験および現地観測から現在のレベルでは直接的な枯死への影響は少ないことが示された(河野, 2001; 酸性雨研究センター, 2005)。しかし、今後、硫酸化合物や窒素化合物とオゾンの複合影響、局所的な酸性霧の影響なども含めてモニタリングを継続しさらなる研究を進めていく必要があると考えられた。

水分ストレスの影響に関しては、ブナは、本来湿潤な環境に生育する特性を持つことから、山地が乾燥化することによって水分ストレスを受け、衰弱や枯死にもつながると考えられているため、今回は気象や土壌水分に関する調査が行われた。

まず、当山地での気象観測からは、都市域同様に温暖化・少雪化傾向が1990年代以降進んでいることが推察され、土壌水分や空中湿度の低下が、ブナに水分ストレスをもたらしている可能性が考えられた。

また、ブナの根の吸水特性の検討から、ブナは比較的表層の土壌水を利用していることが示唆され(内山ほか, 2005)、シカが過密化した影響などで林床の植生被覆が乏しくなるなどして、表層土壌の乾燥が起りやすい立地では、その影響がブナの衰弱に作用している可能性が考えられた。

さらに、風衝地など土壌が乾燥しやすく蒸散が促進される立地環境では、水分ストレスが強まりやすいと考えられた。前述したような風速の大きな地点が、高標高に位置する衰退地点と良く一致している現象は、オゾンストレスに加えて、水分ストレスの影響が複合した結果とも考えることができる。また、なんらかの原因でブナなどが枯死し、密生していたブナ林が疎林化したり、ギャップ(空間)が形成されたりしていくと、風が通りやすくなり、空中湿度が低下し、水分ストレスが高まり、ブナが衰弱していく可能性もある。

このように、水分ストレスとブナの衰弱との関連性に関する知見は、徐々に集積されてきたが、ブナの衰弱や枯死との直接的な結びつきに関する現地での調査結果はまだほとんどない。したがって、水分ストレスとブナの衰弱との関係は、オゾンストレスとの複合影響も含めて、さらに、調査・研究を進めていくことが課題である。

病害虫の影響に関しては、前回総合調査でその大発生が報告され(山上ほか, 1997)、その生態(Shinohara et al., 2000)や発生状況や被害実態(山上ほか, 2000)、さらにはブナの枯死や衰弱への影響(越地, 2002)に関する調査が続けられてきた。

そこで、今回の総合調査では、これらの結果を整理し、ブナの枯死や衰弱との関係が検討された。

この結果、本種の大発生は、1990年以前には観察・記録がなく、全国的に見ても最近の現象であることが示された。また、大発生地は、檜洞丸以東の高標高域にほぼ限って

認められ、菰釣山、三国山など西丹沢のブナ林には見られず、現在ブナ林の衰退が進んでいる地域とおおむね重なっていた。また、大発生時には、被害を受けたブナの葉がほとんどなくなるほど幼虫に激しく食べられること、さらに、連年被害を受けやすいことから、ブナの衰弱・枯死に影響していると考えられている。実際、本種による激しい食害を受けたブナ個体が、早いものでは数年、徐々に衰弱するものでは5~8年経過後に枯死しはじめており、ブナの単木的な枯死に一定の寄与があることが示されている。例えば、継続的な観察が行われてきた東丹沢堂平地区では、本種による激しい食害を受けたブナが、約10年間で約1割が程度枯死することが確認されている(越地, 2002)。なお、局所的なブナ枯死が本種の食害に起因することが多いことも確認されている。また、特定のブナが連年被害を受けやすい現象が観察されているが、その原因はまだ解明されていないが、フェノロジーとの関連性が疑われている。

さらに、ブナハバチの大発生頻発地の多くは、林床植生が乏しく、森林生態系が劣化していることから、本種の越冬繭中の蛹(土中)の生存に影響する菌類や捕食者など大発生抑制要因の低下との関係が疑われており、さらなる調査研究が進められている。

(4) 衰退機構

以上に示したような多面的な調査から、現時点でブナの衰弱・枯死と関係が強いと推定される主な要因については、関連研究からの知見とも併せると、関東平野などに由来する光化学オキシダント(オゾン)などの大気汚染物質、水分ストレス、ブナハバチ食害に絞り込むことができ、これらの要因と立地環境などが複合的に影響し、ブナを衰弱・枯死させていると考えられた。

また、マクロあるいはメソスケールにおいて、オゾン濃度の高い地域や場所は、ブナの衰退が進んでいる地域とほぼ重なっており、卓越風による乾燥(水分ストレス)との相乗的な効果も含めてオゾンが丹沢山地におけるブナ衰退の潜在的な要因であることが示唆された。

衰退の進行メカニズムをこれらの要因と関連づけると、オゾンストレスや水分ストレスが極めて強く影響する特定の立地においてブナを含めて集団的に高木が衰弱・枯死する「集団型」と、オゾンや各種のストレスで衰弱したブナに追い討ちをかける形でブナハバチの大発生による食害でブナが衰弱・枯死が進む「単木型」の2種類が推察できた。

集団型は、オゾンストレスと水分ストレスが極めて強く影響する高標高域の稜線部分の南側斜面など、風が強くあたるような特定の立地で、1980年代までの高濃度の硫酸化合物などによる衰弱や枯死に累積する形で、ブナに加えてその他の耐性が低い樹種などが衰弱し枯死するというメカニズムが推察され、ブナその他の枯死がまとまって拡大してきたと考えられるものである。また、これらの場所でも衰弱したブナに追い打ちをかける形でブナハバチが大発生し、衰弱・枯死が進行する場合も認められ、病害虫が最終的に致命的なダメージを与える要因と考えることができた。

単木型は、オゾンストレスや水分ストレスなどの要因によって衰弱したりしたブナに、大発生するようになったブナハバチが著しい食害を繰り返すようになり、樹勢が低下し、最終的には枯死に至るというメカニズムが推察され、ブナの単木的な枯死が累積的に進んでいると考えられる。

しかし、オゾン、水分ストレス、ブナハバチの各種要因がそれぞれどの程度ブナの衰弱に関与し、枯死に至らしめるのかの解明は、次の課題として残されている。

(5) ブナ林衰退の生物群集への影響

生物群集への影響は、ブナ林の衰弱・消失とブナの消失の二面が明らかにされた。

ブナ林の衰弱・消失に関しては、シカ影響と組合わさってシカ過密化から裸地化・土壌流出へ至るケースが最も深刻な影響として示された。また、標高の高い森林に生息するヒメヒメズなどの小型ほ乳類や、オオアカゲラやクロジなどの鳥類への影響が指摘され、生息数の減少や生息が確認できないなどが報告されたが、これらはブナなどの高木の枯死やササなどの林床植生の退行、消失の影響によると考えられている。

ブナの枯死に関しては、県希少種のヤシヤビシヤクが主にブナに着生していることが示され、ブナ枯死が本種の減少と地域的な絶滅を引き起こす可能性が指摘された。また、ブナの堅果は、ツキノワグマやネズミ類などのえさ資源として重要な位置にあるため、ブナの枯死は、このような生物に直接的な影響を及ぼす可能性がある。このほか、ブナ林が草地化した場所で、ササを食草とするコチャバナセセリが増加するなど、昆虫相の大幅な変化の可能性が指摘された。

3. 現状の評価

以上のブナ衰退の現状およびその原因と発生機構および

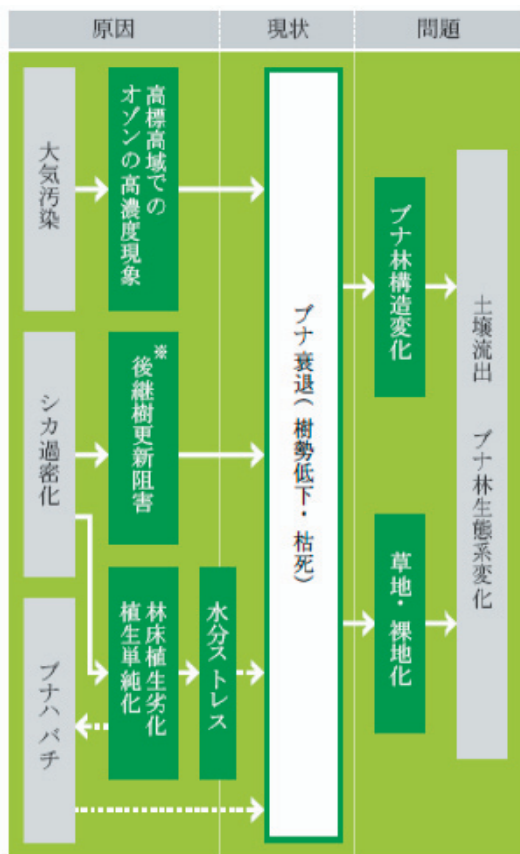


図2. 丹沢山地のブナ衰退をめぐる要因連関図

影響を踏まえて描いた、原因－現状－問題の相互関係をまとめた要因連関図は図2のようになった。

現状の評価は、この要因連関図に基づいて、ブナ林の衰退の危険性を、現在生育している高木への影響と、次世代を担う若木への影響の両面から評価することとした。なお、評価のユニットは、ブナ林が尾根部に分布するため、流域を単位とした評価は実態にそぐわないことから、3次メッシュ(約1km格子)とした。

高木への影響は、調査から推定されたオゾン濃度が高くなりやすい場所として評価することとし、オゾン濃度は、オゾン輸送の数値流体解析による移流フラックス予測量を用いた。高木の衰退にブナハバチの影響も考慮する必要があるが、丹沢全体の発生箇所の面的なひろがり情報に不足していることや、大発生が頻発している丹沢山や檜洞丸などは移流フラックスの高い地域と概ね一致することからその要因で代替できると考え、評価因子には含めなかった。一方、若木への影響は、稚樹へのオゾンの影響は上述の評価に含まれ、シカによる採食影響を主に評価した。すなわち、シカが過密化し影響が強まる可能性がある場所として、神奈川県ニホンジカ保護管理計画で示されている流域単位のシカ生息密度をメッシュ単位に再集計し評価を加えた。

そして、二つの評価結果を、表1のように3段階の判定基準値を仮におき、組み合わせて総合評価した。この結果、丹沢山地の主稜線部に位置する檜洞丸、丹沢山や、最近衰退が目立つ鍋割山周辺に加えて、シカが過密化している場所も高い危険度がランクに判定された(図3)。

4. ブナ林再生の方向

(1) 対策の整理

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てていることが、生きもの調査の結果からも確認された。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り、ブナの消失によって草原化し、その結果としてブナ林域にシカがさらに過密して林床植生の退行、消失が進むと、急激な土壌流出が広い範囲に及ぶ可能性も明らかになった。

このようなことから、ブナ林域での再生の目標は、ブナの衰退の防止と併せて後継樹が育ち、林床植生の豊かな「鬱蒼とした健康なブナ林の再生」が合意された。

この目標達成には、森林地域における光化学オキシダント

表1. ブナの衰退危険度評価の基準

| | | シカ生息密度(頭/km ²) | | |
|---|---------|----------------------------|--------|-----|
| | | 0 | 0< ≤20 | 20< |
| フラックス交換量 ($\text{t-CO}_2/\text{UeCa}$) | 1.0~0.8 | L | M | M |
| | 1.3~1.0 | M | H | H |
| | 1.5~1.3 | M | H | HH |

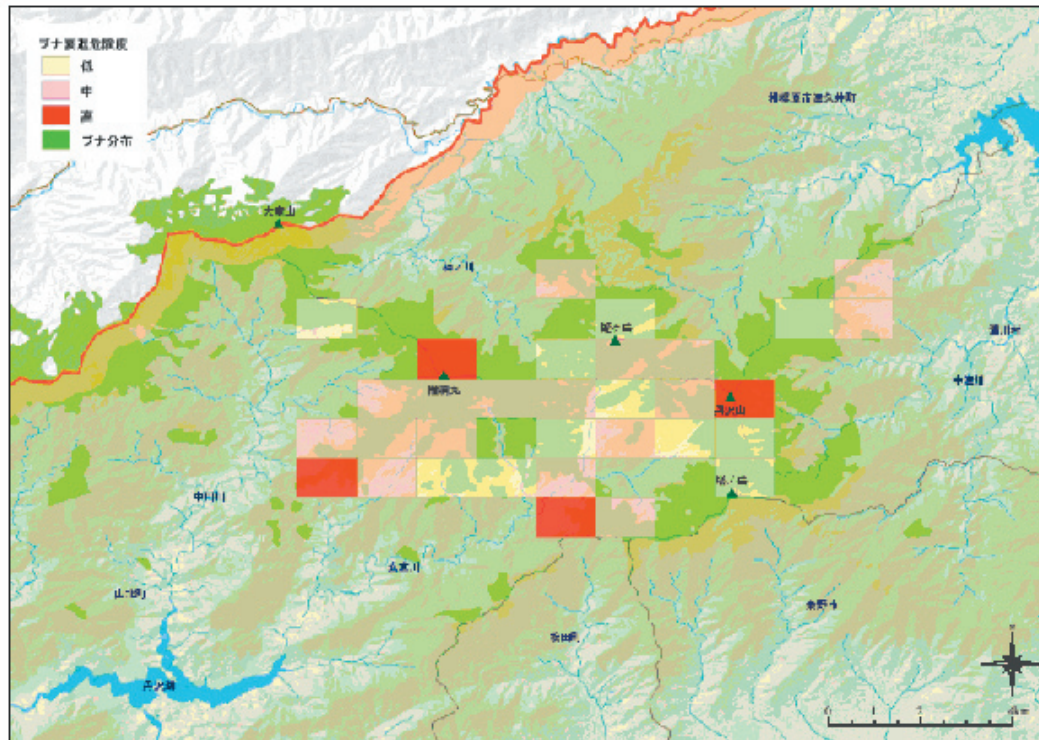


表2. ブナ林再生に向けた課題、対策、主要事業の整理

| 目標 | 解決すべき課題 | 対策 | 主要事業 |
|---------------|-------------------------|---|--|
| うつつ着としたブナ林の再生 | 大気汚染によるブナ衰退の危険性 | 衰弱・枯死させる危険因子の程度と生育地としての適性の程度に応じたブナ林の保全・再生 | <ul style="list-style-type: none"> ○ブナ等植栽の実証試験 ○吸着ネット等によるブナ衰退防止対策の開発 ◎「クリティカルレベル」解明に向けたブナ林衰退機構の研究 ◎植生保護柵などによる稚樹保護事業 ◎リスク耐性丹沢地域産広葉樹選抜・苗木生産 |
| | シカ過密化による更新阻害、植生劣化、土壌乾燥化 | 衰弱・枯死させる危険因子の低減対策 | <ul style="list-style-type: none"> ◎ニホンジカ過密化解消（シカ保護管理事業） ○機関連携による「クリティカルレベル」、ブナハバチ大発生原因の調査研究 |
| | ブナハバチ大発生危険因子の上昇 | ブナおよびブナ林衰弱・枯死影響の低減対策 ブナ林再生に関する情報集積・提供 | <ul style="list-style-type: none"> ◎植生消失地における緊急土壌保全対策 ○希少種などの保護・回復 ◎衰退、立地環境モニタリングの事業化 ○県民・関係者への情報提供充実（e-Tanzawaなどでの情報提供） |

※ ◎は、特に緊急性や優先度が高い事業、または、短期的に効果が得られる事業

ト（オゾン）などの大気汚染によるブナ衰退の危険性、ブナ林にシカが過密化して次世代を担う後継樹の更新を妨げること、植生劣化などによる土壌乾燥化、さらには、ブナハバチの大発生原因となる危険因子の上昇といった課題克服の必要が指摘された。そして、これらの問題の克服は、先述したような現状や関連する問題、関連する知見を踏まえると、「ブナを衰弱・枯死させる危険因子の程度（衰退リスク）と生育地としての適性の程度（適地性）に応じてブナ林を保全・再生すること」、「ブナおよびブナ林を衰弱・枯死させる危険因子を低減すること」、「ブナおよびブナ林衰弱・枯死の影響を低減すること」、およびモニタリングなどを通じた「ブナ林再生に関する情報集積」などの対策が整理され、問題の緊急性や継続性、対策技術の確立状況、対策による他への影響の可能性などを考えて、短期的な事

業と中長期的なものに分けて展開していくことが提案された。なお、このような対策検討における基本認識として、現状では、先に述べたようにブナ林衰退の原因の絞り込みが行われた段階であり、原因を除去するための有効な対策の特定が難しい状況にあり、対策・事業を効果的に進めていくには、諸要因の衰弱や枯死への寄与や相互関係、まだ解明が遅れている水分ストレスやブナハバチ大発生原因などについての各種知見を集積するための調査研究を並行していくことが重要であることが確認された。

(2) 主要事業

主要事業としては、大気汚染やブナハバチの大発生などによるブナ衰退の危険性が小さく、シカの影響が大きな場所では、これまでの植生保護柵の設置拡大に加えて、丹

沢地域産の苗木を用いた、ブナ等の実証的な植栽を低標高域から実施することが提案された。また、高標高域の卓越風が強く大気汚染の危険性が高く、ブナの衰退が進む可能性が高い場所では苗木を植栽すること、その際には、大気汚染ストレスや水分ストレスによるブナ衰退メカニズムの解明を進めつつ、防風を兼ねた吸着ネットなどの物理・化学資材による衰退防止対策の実証的開発の必要性が示された。

ブナを衰弱・枯死させる危険因子の低減対策に関しては、シカの過密化解消をシカ保護管理事業により進める一方、今回の調査で絞り込まれた大気汚染物質、水分ストレス、ブナハパチが、ブナなどの枯死にどう作用し寄与するか、ブナハパチの大発生原因などの、さらに詳しく研究を進めることが提案された。大気汚染物質の影響に関しては、高標高域での高濃度オゾンの原因の解明や、我が国の実情にあった森林保護のための指標であるクリティカルレベルなどのさらなる検討なども、関係機関と協力しながら進めていく必要性が指摘された。また、ニホンジカ保護管理

事業と連動したブナ林域におけるシカの積極的な過密化解消が強調された。

ブナおよびブナ林衰弱・枯死影響の低減対策の主要事業では、ブナ林域の一部に過密化したニホンジカの影響で、林床植生が消失したブナ林において土壌保全対策を早急に実施するとともに、希少動植物が集中する特別保護地区などで植生保護柵の設置などにより植生回復を通じた保護・回復に取り組む必要性が提案された。

このほか、現在試験研究の一環として取り組んでいる衰退、立地環境のモニタリングは、ブナ衰退の基盤的な調査として事業化して継続的に取り組み、大気環境の動向を監視し、大気汚染の森林への影響を軽減防止するための調査研究などに活かすと同時に、その結果は自然環境情報ステーション（e-Tanzawa）などを通じて広く提供していくことが提案された。これは、神奈川県におけるオゾン濃度は、都市由来のオゾン生成の原因物質であるNO_xやVOC（揮発性炭化水素）などに対して、今後、各種対策が講じられ、抑制されていく見込みで、将来的には低下していくと推察

表 3. 提案された事業に対応する重点対策地域の選定基準

| 提案事業名 | 重点対策地域の選定基準 | |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| ブナ等植栽の実証事業展開 | 標高が950m以下 | かつ ブナ衰退リスクが低い |
| 物理的資材などによるブナ保護 | 大気汚染リスクが高い(フラックス交換量が1.3Fc/(UaCa))以上 | |
| 植生保護柵などによる稚樹保護 | 大気汚染リスクが低い(フラックス交換量が1.0Fc/(UaCa))以下 | かつ シカ過密化リスクが高い(生息密度20頭/km ² 以上) |
| 林床植生消失地における緊急土壌保全対策 | 林床植被率が低い(植被率11.13~31.25%) | |

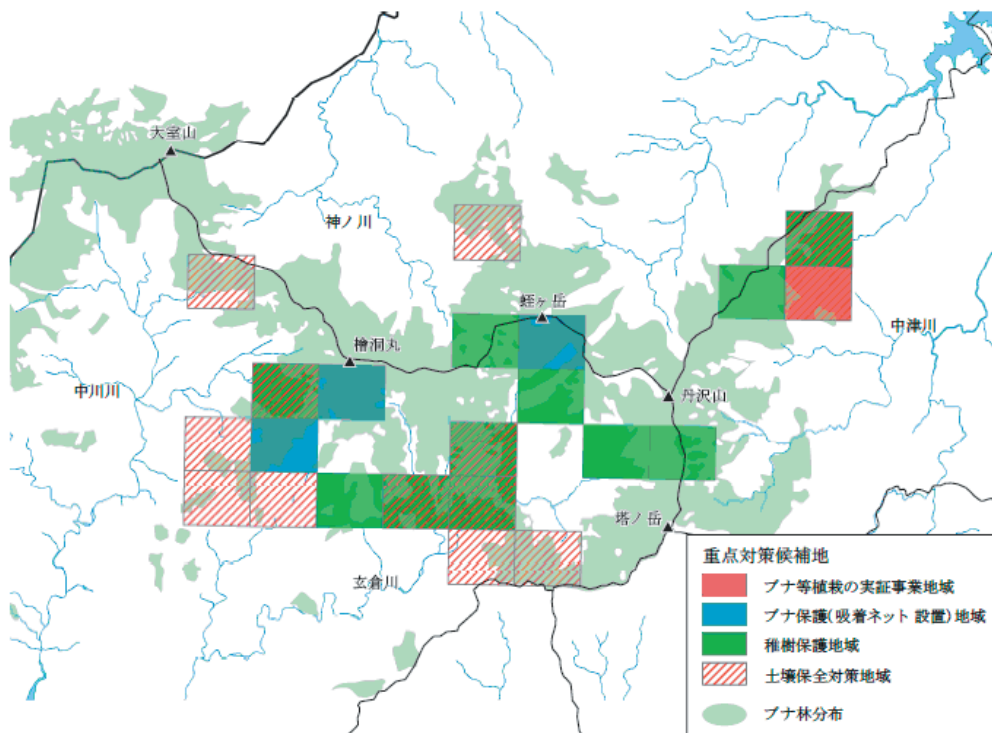


図 4. ブナ林の再生にかかわる対策マップの作成例

されるが、山地における挙動はまだ不明な点も多く、その動向を継続的に監視する必要性が指摘されたためである。

(3) 重点対策地域の候補

これらの対策事業が特に必要な重点対策地域の候補地は、ブナが生育している場所を対象にして、シカの採食によりブナ林更新が妨げられる危険性、主に大気汚染物質のオゾンによりブナが衰退する危険性、林床植生の衰退による土壌流出の危険性などを総合的に解析することで、対策に応じて効果的にブナ林保全再生を進めることが可能な場所として選ぶことができると考えられた。

具体的には、表3に示すような論理手順で、重点対策地域を選定した。すなわち、「衰弱・枯死させる危険因子の程度と生育地の適正の程度に応じたブナ林の保全・再生の対策」として「ブナ等植栽の実証事業」を特に進める候補地は、大気汚染によるブナ衰退リスクが低い低標高にあるブナの生育適地であることなどの条件を設定し、東丹沢の堂平地区を選定した。ブナへの大気汚染の直接的な影響を緩和する防風を兼ねたオゾン吸着ネットなどの物理・化学資材などによる「ブナ保護対策」を特に進める候補地は、衰退が進みオゾンの影響リスクが高い場所という条件から、檜洞丸山頂や蛭ヶ岳山頂の南向きの尾根を含む区域を選び出した。「植生保護柵などによる稚樹保護対策」を特に進める候補地は、シカ過密化が顕著な、蛭ヶ岳から丹沢山、鍋割山にかけての既設の植生保護柵の多い主尾根部を候補地として選び、既設柵の維持管理と必要に応じた増設が考えられた。

5. おわりに

ブナ衰退に関する総合調査および関連研究を踏まえて整理した結果、樹木の保護や土壌保全対策など現地対策を軸とする再生の具体的方向が示された。ブナの衰弱を引き起こす可能性のあるオゾンをはじめとした大気汚染や、水分ストレスを招きブナの生育に悪影響を及ぼす可能性のある少雪化や温暖化などの原因が、神奈川県を含む都市圏域に由来するほか、さらに広域な起源からの発生と影響が疑われるが、それらへの対策に言及することは、新保全計画の枠を越えると判断され、具体的な対策・事業は検討されなかった。

しかし、モニタリングなどを通じて、発生源対策の必要性を科学的に示していくことは極めて重要であり、その意味で丹沢でのブナ衰退原因の解明研究は、再生事業と並行して今後も取り組んでいく必要があると考えられる。

また、当山地のブナ衰退問題は、稚樹更新や衰退影響の拡大という点で、シカの過密化問題と強く結びつく一方、シカの密度分布や希少生物の生息状況に強い影響を与えており、ブナ林域の多くが自然公園特別地区と重なることも加わって、ブナ林の再生は生物多様性の保全にも十分な留意が求められる。

このように、丹沢山地におけるブナ林の自然再生は、ブナの保全・再生とシカの保護管理、希少な動植物の保護等の問題を併せて総合的に取り組むことが求められ、不十分な知見と対策技術の中で順応的に進めていくことが基本となり、その重要性について具体的成果をもって示していくことが必要となる。このため、再生の初期段階では、複数

の重点対策・事業を問題の集中した場所で統合的に進めるような場所、ブナ林域における統合再生流域、を多様な主体と検討・設定し、効果的な対策・事業展開を進めていくことが望ましい。

引用文献

- 相原敬次・阿相敏明・武田麻由子・越地 正, 2004. 森林衰退の現状と取り組み (II) 神奈川県の丹沢山地における樹木衰退現象. 大気環境学会誌, 39(2), 29-39.
- 電中研, 2001. オゾンのクリティカルレベル, pp.70, 酸性雨の総合評価, 電中研レビュー 43. 電力中央研究所. 我孫子.
- 古林賢恒・山根正伸・羽山伸一・羽太博樹・岩岡 樹・白石利郎・皆川康雄・佐々木美弥子・永田幸志・三谷奈保・ヤコブ・ボルコフスキー・牧野佐絵子・藤上史子・牛沢 理, 1997. ニホンジカの生態と保全生物学的研究. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, pp.319-429, 神奈川県, 横浜.
- 伊豆田 猛, 松村 秀幸, 河野 吉久, 清水 英幸, 2001. 樹木に対するオゾンの影響に関する実験的研究. 大気環境学会誌, 36(2); 60-77.
- 河野吉久, 2001. 樹木に及ぼす酸性物質の長期慢性影響評価に関する実験的研究. 大気環境学会誌, 36(2); 60-77.
- 越地 正, 2002. 丹沢山地におけるブナハバチ大発生経過とブナの被害実態. 神奈川県自環保セ研報, 29, 27-34.
- 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.
- 丸田恵美子・臼井直美, 1997. 檜洞丸における森林被害の状況. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, pp.78-80, 神奈川県. 横浜.
- 宮脇 昭・大場達之・村瀬信義, 1964. 丹沢山塊の植生. 丹沢大山学術調査報告書, 54-102. 神奈川県, 横浜.
- 星直斗・山本詠子・吉川菊葉・川村美岐・持田幸良・遠山三樹夫, 1977. 自然林の現状とその保護, 丹沢山地の自然林. 丹沢大山自然環境総合調査報告書. pp.175-257 神奈川県, 横浜.
- SASAKAWA H., et al., 2005. Identifying declining forests A case of Beech forests in Tanzawa Mountain, ACRS2005
- 笹川裕史・山根正伸, 2005. 丹沢山地ブナクラス域における樹冠粗密度の時系列変化. 第 116 回日本林学会大会学術講演集
- 酸性雨研究センター (2005) 増え続ける対流圏オゾンの脅威. 26pp. http://www.adorc.gr.jp/adorcjp/doc/ozone_simple.pdf (2006.1.25)
- Shinohara, A., V. Vikberg, A. Zinovjev & A. Yamagami, 2000. *Fagineura crenativora*, a New Genus and Species of Sawfly (Hymenoptera, Tenthredinidae, Nematinae) Injurious to Beech Trees in Japan. Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. A, 26(3) : 113-124.
- Suto, H., Hattori, Y., Tanaka, N. and Kohno, Y., 2005. Effects of Strong Wind and Oxidative Substances on Forest Decline in Mountains, 320, Acid Rain 2005 - 7th

International Conference on Acid Deposition, Praha, Czech Republic.

武田麻由子・相原敬次, 2005. 丹沢山地の環境オゾンがブナ苗に及ぼす影響. 神奈川県環境科学センター研究報告 28, 88-89.

内山佳美ほか, 丹沢山地ブナ林における土壌水分動態, 植生被覆状態の影響, 第 56 回日林関東支部大会, 2004. 10

戸塚 績・青木正敏・伊豆田 猛・堀江勝年・志磨 克, 1997. ブナ衰退地と健全地の葉の生理活性, 葉の特徴および葉内元素濃度比較とブナ衰退原因について.

丹沢大山自然環境総合調査報告書. pp.99-1028, 神奈川県, 横浜.

内山佳美・中島伸行・板寺一洋・越地 正・山根正伸・藤澤示弘・齋藤央嗣・田村 淳・笹川裕史, 2005. 丹沢山地ブナ林における土壌水分動態, 植生被覆状態の影響. 日本林学会関東支部論文集, 56, 219-220.

山上 明・林長閑・谷 晋, 1997. ブナ枯れ木穿孔性昆虫類の種組成と密度. 丹沢大山自然環境報告書, 289-306. 神奈川県, 横浜.

山上 明・谷 晋・伴野英雄, 2001. 丹沢のブナを食い荒らすブナハバチ. 国立科学博物館ニュース, 382, 5-7.