



KANAGAWA

神奈川県
自然環境保全センター

丹沢ブナ林再生指針



平成29年6月

目 次

はじめに	1
I ブナ林の衰退	3
1) 丹沢のブナ林	3
2) 衰退の実態	3
3) ブナを枯死・衰弱させる要因	5
4) シカの採食影響	6
5) 衰退要因の複合作用	7
コラムー丹沢のオゾン	
コラムースズタケの一斉枯死	
II 再生の基本的な考え方	10
1) 再生の定義	10
2) 再生の目標	11
コラムー希少植物の保全	
コラムー希少植物シウリザクラと葉食昆虫サクラスガ	
III 再生事業の進め方	16
1) 順応的な取組	16
2) 事業の体系	17
3) 各手法の内容	18
コラムーニホンジカ管理計画	
4) 事業実施地の選定	23
5) 手法の配置	25
6) モニタリング	26
巻末資料	31

はじめに

神奈川県丹沢山地のブナ林が抱える問題は、ブナの立ち枯れの増加、シカの過密化、後継樹の更新阻害、草地・裸地の拡大、植生退行、リターや土壌の流出、希少な動植物の地域絶滅の危機など多岐にわたります。

このような実態は、1993～1996年に実施された丹沢大山自然環境総合調査や2004～2005年に実施された丹沢大山総合調査で明らかにされてきました。これらの調査を踏まえた政策提言により、1999年に丹沢大山保全計画が策定され、2006年には総合調査実行委員会により作成された丹沢大山基本構想に基づき、丹沢大山自然再生計画へと改定されました。

現在、神奈川県ではこの計画に加え、関連計画である「かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画」に基づき、土壌保全対策やシカ管理等の事業に取り組んでいます。これまで清川村堂平など重点的に事業を実施してきた場所では、植生の回復やシカの減少傾向などの成果がみられ始めていますが、一方で稜線部においてはブナの立ち枯れが進行し、草地が拡大している場所が見受けられます(写真1)。

このような現状に対して、ブナの立ち枯れに歯止めをかけ、あわせてブナ等樹木の天然更新を促進することで、多様な樹種から構成される鬱蒼(うっそう)としたブナ林を再生していくことが求められています(写真2)。これまでの調査研究により、ブナの立ち枯れの原因解明とブナ林を再生するための技術開発に著しい進展がみられました。

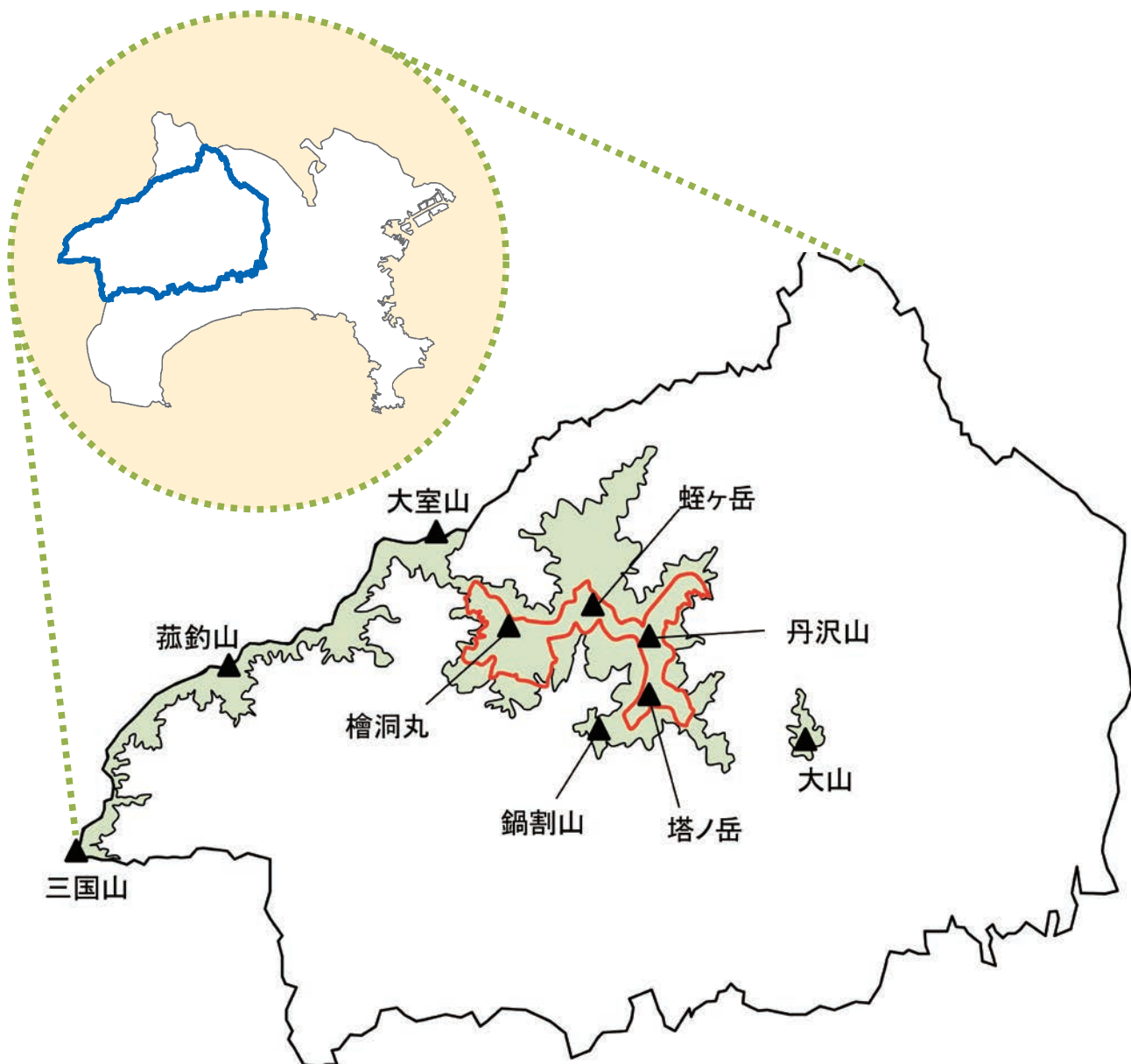
そこで、これらの成果を踏まえ、平成29～33年度の第3期丹沢大山自然再生計画と第3期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画で本格的に実施するブナ林再生事業について、進め方を体系的に整理し、事業担当者間で広く認識を共有するための技術指針を作成することとしました。この内容は、今後の事業実施や調査研究のなかで検証を行い、順応的に更新・改良を図っていきます。



■写真1 衰退の進むブナ林 (2012年竜ヶ馬場)



■写真2 鬱蒼としたブナ林 (2014年菰釣山)



■ 図1 丹沢山地の主要な山
 □ は丹沢大山自然再生計画の対象地域、■ は標高1,000m以上、□ は丹沢大山国立公園の特別保護地区（札掛地区を除く）を示す。

I ブナ林の衰退

1) 丹沢のブナ林

ブナ(写真3)は、日本の冷温帯自然林を代表する樹種であり、北海道、本州、四国、九州に広く分布しています。丹沢のブナは、標高800mから最高峰の蛭ヶ岳の山頂(標高1,672m)まで分布しています。丹沢ブナ林は、地域固有の多様な動植物が棲息し、県民の貴重な水源地域でもあるかけがえのない森林です。

かつての丹沢のブナ林は、林床植生や中低木が生い茂るうっそうとした森林でした。しかし現在では、丹沢の広域で林床植生が衰退し、稜線部を中心にブナ等の樹木の立ち枯れに伴う草地・裸地の拡大が進んでいることが明らかとなってきました(写真4)。

2) 衰退の実態

ブナ等の高木の枯死は1970~1980年代以降から目立ち始め、1990年代以降になると枯死に起因する林冠が開けた場所(以下、ギャップ)の増加と広葉樹高木林の減少傾向が明瞭になり、2000年代以降もブナ林の衰退は継続しています(図2)。衰退は、ブナ林で全面的に生じている訳ではなく、1990年代以降では高標高域、とくに蛭ヶ岳から丹沢山・竜ヶ馬場にかけての主稜線と檜洞丸(図1)の南~西向き斜面を中心に生じています。枯死や衰弱が目立つ樹種はおもにブナですが、衰退が進んだ林分では立木密度が低下し、シナノキやオオイタヤメイゲツなどの高木樹種でも、衰弱が進行した個体が多くみられています。

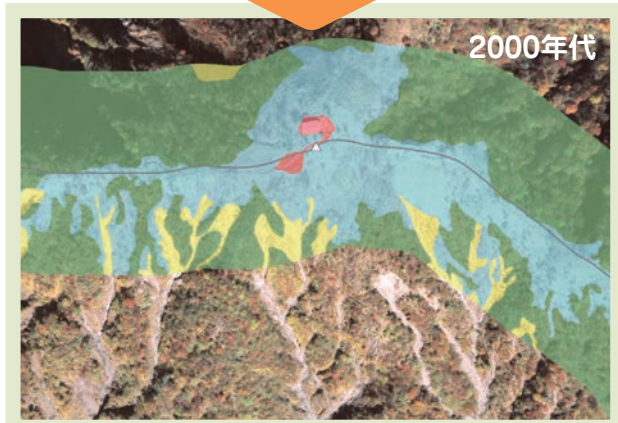
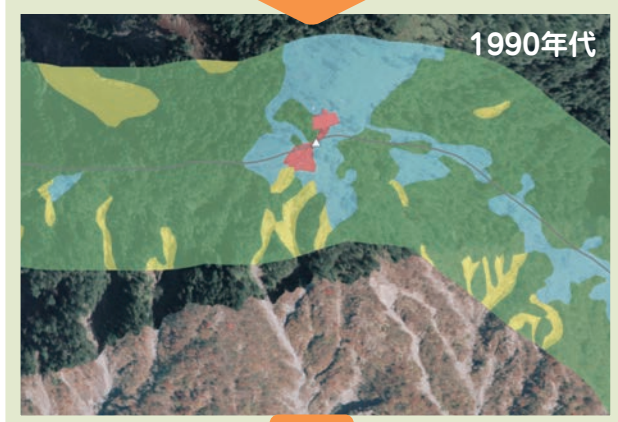
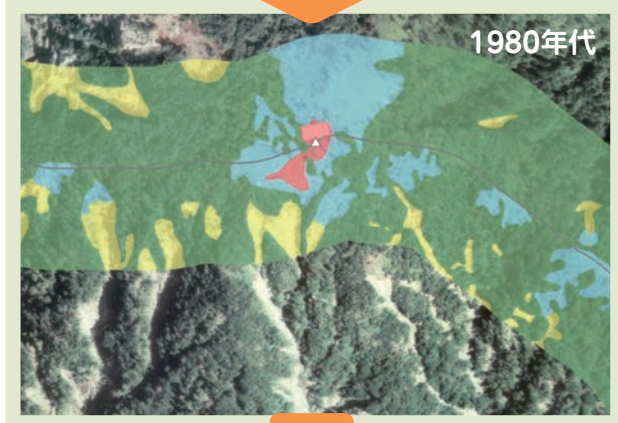
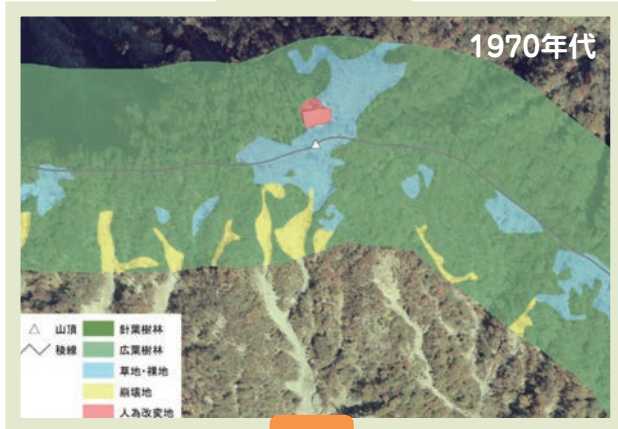


■写真3 ブナの雄花(上)と殻斗(下)

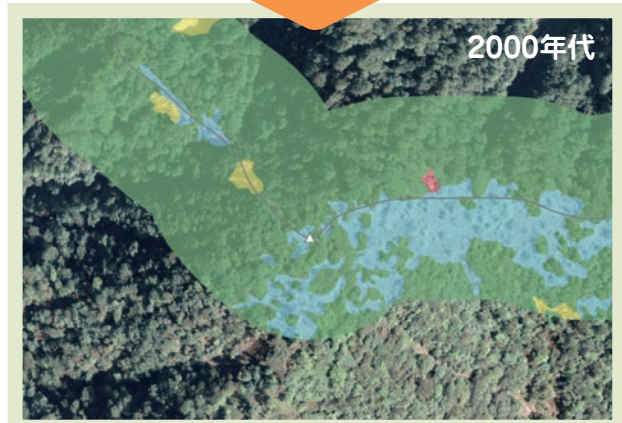
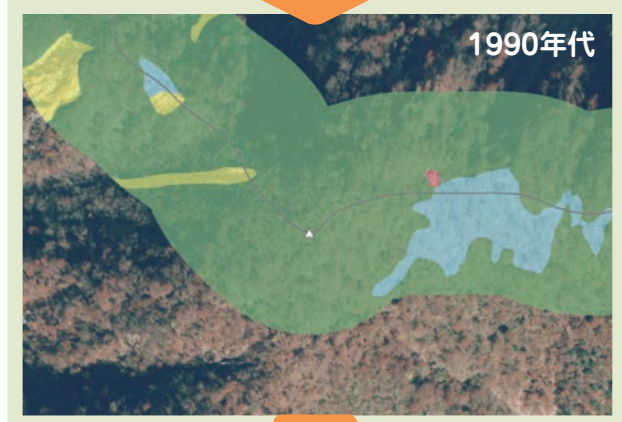
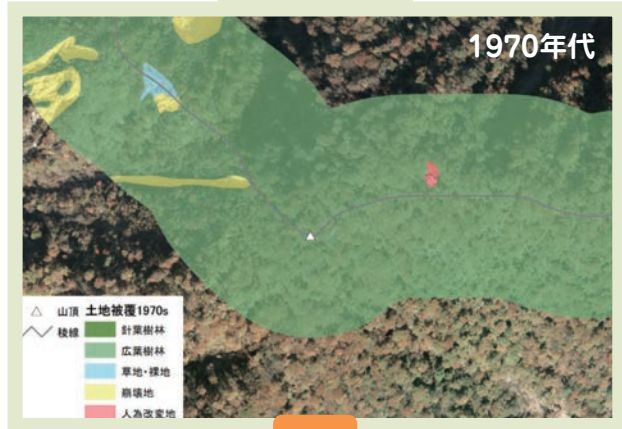


■写真4 疎林化が進むブナ林(檜洞丸)

蛭ヶ岳



檜洞丸



■ 図2 1970年代から2000年代にかけての草地の拡大 (左：蛭ヶ岳、右：檜洞丸)

3) ブナを枯死・衰弱させる要因

これまでの調査研究により、丹沢大山総合調査で衰退要因として指摘されたオゾン、水ストレス、ブナハバチについては、多くの知見が集積されました(図3)。

ア. オゾン

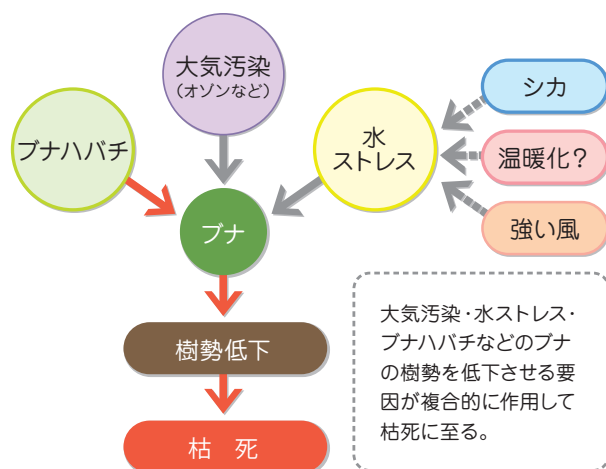
オゾンは酸化力が強く、葉の気孔のガス交換により葉内に取り込まれると葉緑体の機能を阻害し、成長量を低下させ、葉の老化と落葉を早めることが知られています(写真5、環境大気に暴露したブナ苗(右上)では葉の老化・落葉が進んでいる)。丹沢山地では、ブナの成長や光合成を低下させる高濃度オゾンが観測されており、その濃度は平地よりも高くなります。

風の作用によりオゾン影響が大きい地点では、林床植生が衰退し、高木の枯死により林冠が開放されると、林内に高濃度オゾンが入り込みやすくなり、高木の枯死・衰弱が加速する可能性が考えられます。

イ. 水ストレス

水ストレスは光合成速度を低下させ、葉面積の減少や成長阻害を引き起こすことが知られています。衰退地に生育する衰弱ブナでは、顕著な水不足の状態にあることが確かめられました。この背景には1990年代以降に顕在化した広域での気温の上昇傾向やシカの採食による植生退行(写真6)といった環境変化があり、さらに卓越風の影響を強く受ける場所で局所的なギャップ拡大が生じることにより、慢性的な水ストレス影響が増大したとみることができます。

なお気温の上昇傾向は、丹沢山地周辺40地点のアメダスの観測では2月と9月が最も大きく(0.06℃/年)、30年の間に冬が短く、夏が長くなっていることが分かりました。一方、この気温上昇のブナへの具体的な影響は明らかではありません。今後



■図3 丹沢のブナ衰退のメカニズム



■写真5 オープントップチャンバー(左下)により浄化大気(上左)と環境大気(上右)に暴露したブナ苗(犬越路/環境科学センター提供資料)



■写真6 柵外で退行した植生(三峰尾根)

とも山岳地での気象観測を継続し、長期的な環境変化とその影響を注意深く監視する必要があります。

ウ. ブナハバチ

丹沢では1993年に初めてブナハバチの葉食害が確認され、その後大規模な食害が1997年、1998年、2007年、2011年、2013年に観察されています。当初は、ブナハバチの食害(写真7)でブナは枯死しないと考えられていましたが、食害や摘葉試験により年輪幅の減少や枝先枯れが生じることが分かり、さらに複数回の食害で枯死・衰弱する場合があることが確認されました。

檜洞丸の南向き斜面の衰退地に設定した固定試験地の観察からは、食害による枯死がギャップ周辺に多く発生し、それによりギャップが拡大していることが明らかとなりました。

このような観察から、高標高域のギャップ周辺に生育するブナは、高濃度オゾンと水ストレス影響を強く受けており、そのような個体が、ブナハバチの食害を受けると枯死に至ることが示唆されました。

4) シカの採食影響

健全なブナ林では高木が枯死した後、ブナ等の後継樹が成長することで森林として再生しますが、ニホンジカ(以下、シカ)(写真8)の採食影響が大きい条件下では、後継樹が減少・消失し、天然更新が阻害されています。

丹沢山地では、とくにブナ林の衰退が進んできた高標高域でシカの高密度状態がみられ、過度の採食によるスズケの退行やシカの不嗜好性植物の増加、希少植物の減少、ブナを含む各種高木の天然更新の阻害など、林床植生の衰退が顕在化しています(写真9)

このようにして草地・裸地化が進んだブナ林の衰退地では、土壌侵食による森林の荒廃が懸念される状況が生じています。



■写真7 ブナハバチの食害状況(檜洞丸)



■写真8 ニホンジカ



■写真9 シカ不嗜好性植物が繁茂する林床

5) 衰退要因の複合作用

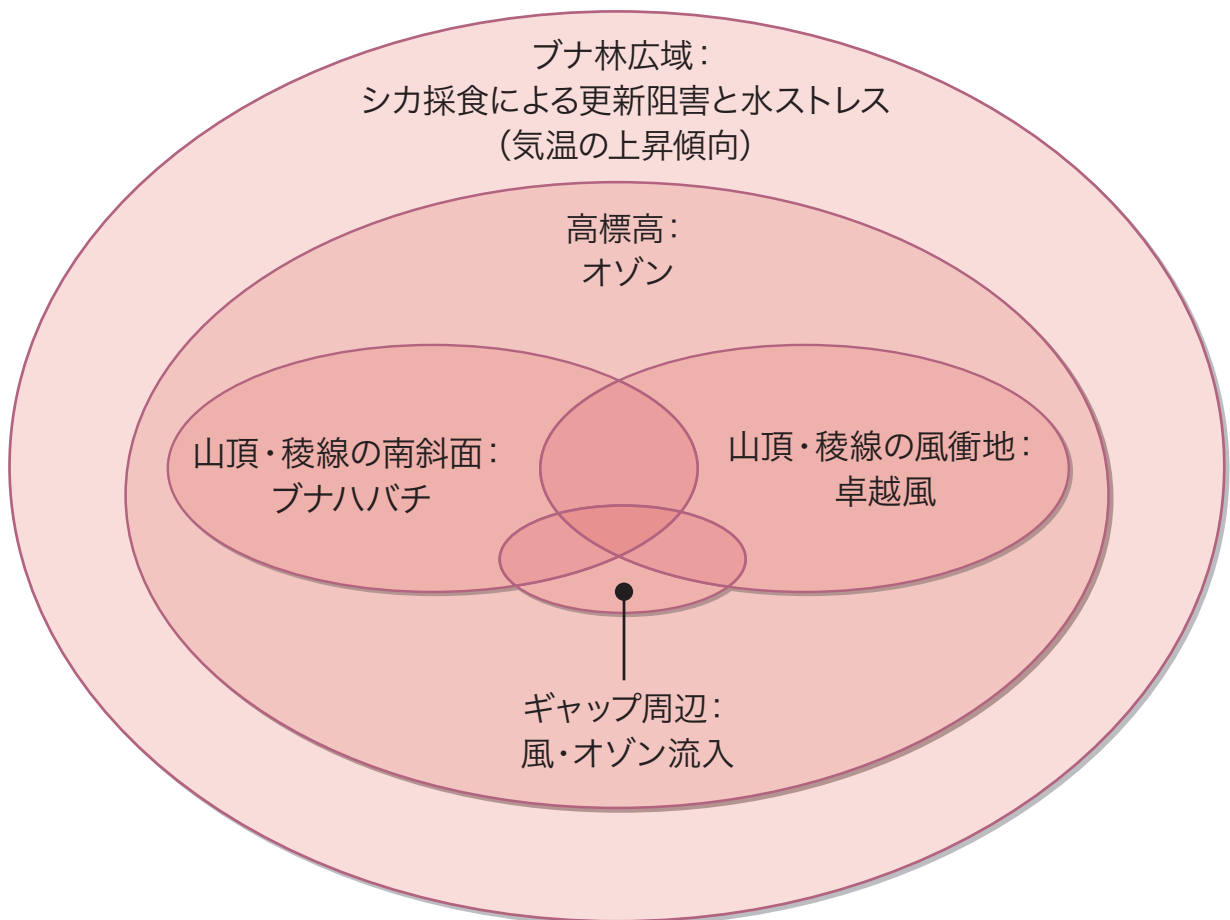
主要な衰退要因と、地形や標高、森林の状態などの立地環境との関係を重ね合わせて整理し、複合的な要因による影響の強さを図4に概念的に示しました。

丹沢山地のブナ林では、広域で植生に対してシカの採食影響が強く出ており、更新阻害や林床植生の退行・消失による土壌乾燥化に伴う水ストレスが生じています。また、気温の上昇傾向による水ストレスの増大の可能性も懸念されています。オゾン影響は高標高ほど強く、さらに山頂や稜線では卓越風の影響が大きい地点で影響が増幅されると考えられます。また、南向き斜

面では卓越風の影響のほか、ブナハバチ食害が大きくなることも指摘されています。

さらに過去にブナ林が衰退しギャップが形成された場所や、1990年代以降にブナハバチ食害によってブナの枯死とギャップの拡大が進んだ地点やその林縁部分では、乾燥やオゾン影響が助長され、枯死が拡大すると考えられます。

以上のように、各種要因の複合作用により衰退が進行すると考えられ、とくに枯死・衰弱の進行によるギャップの拡大やシカ採食影響による林床植生の退行が進んだ地点では、各要因の作用が助長されると考えられます。



■図4 立地環境と複合作用の概念図

コラム—丹沢のオゾン

オゾン濃度の経年変化

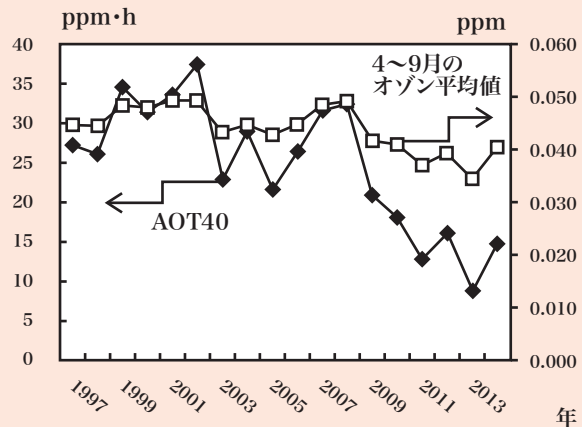
神奈川県のおゾン濃度は、近年春期と夏期を中心に上昇傾向にあります。現在の丹沢山地では主要な大気汚染物質である硫黄酸化物の濃度が低い一方で、ブナの成長や光合成を低下させる高濃度オゾンが観測され、ブナ林広域で影響が出ていると考えられています。西丹沢の犬越路では、オゾン暴露量の指標となるAOT40は2001年をピークに低下傾向にあります。依然としてブナに影響があると考えられる濃度が維持されています。

オゾンの気孔取込量の推定

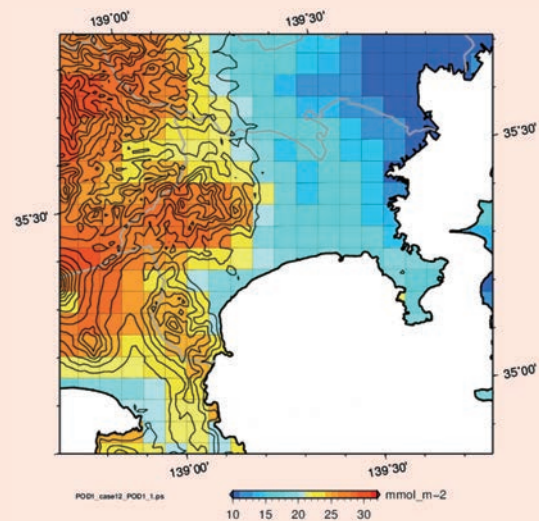
気孔取込量 (POD1) は気象に応じた葉の気孔の開閉を考慮して算出するもので、暴露量の指標となるAOT40よりも直接的なオゾン影響を評価できる可能性があります。丹沢山地におけるブナ林の衰退地は気孔取込量が多い場所に位置しており、オゾン影響が大きい場所ほど衰退リスクが高いことを裏付ける推定結果が得られています。

山岳地オゾンの特徴

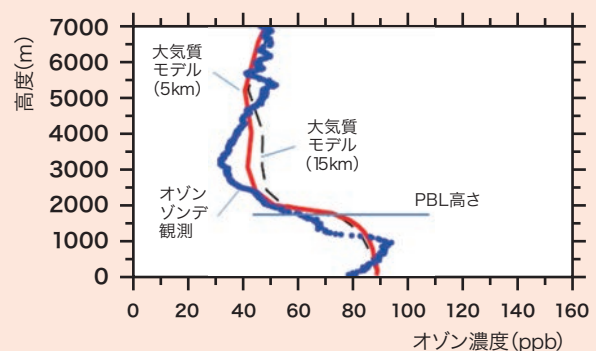
山岳地のオゾン濃度は平地に比べて高く、ブナが生育する標高帯に濃度のピークが認められます。とくに光化学反応によるオゾン生成が生じない夜間でも、山岳地では高濃度が維持される傾向があります。山岳地では夜間の風が弱く、化学反応によりオゾン消失させる窒素酸化物が少ないため、日中に生成されたオゾンが夜間もそのまま保たれ、高濃度を維持しやすいと考えられます。



犬越路のオゾン平均値とAOT40の経年変化 (武田ら2016)



オゾンの気孔取込量(POD1)の水平分布(斎藤ら2013)



オゾンの鉛直濃度分布(斎藤ら2012)

コラム—スズタケの一斉枯死

丹沢のササ・タケ類

丹沢山地では24のタケ科植物（以下、タケ・ササ類）が確認されており、暖温帯から冷温帯に生育する主なタケ・ササ類はアズマネザサ、スズタケ、ミヤマクマザサの3種です。タケ・ササ類は、数十年～百数十年に一度の周期で開花し、また、多個体が同調して一斉開花枯死することが知られていますが、丹沢山地でも2013～2014年に広域でスズタケの開花が確認されました。

一斉開花・枯死の範囲

スズタケの一斉開花は、丹沢山地の主稜線を中心におよそ20kmの範囲で生じました。2014年に開花の確認された場所は、2013年に開花した場所と同一か、その周辺域でした。特に、檜洞丸の西南斜面にあたる、つつじ新道、石棚山稜、同角山稜での開花範囲の拡大が顕著でした。一斉開花の翌年には、一斉枯死が各地で確認されました。

ブナ林再生との関係

丹沢のシカが高密度に生息している森林では、スズタケが枯死した後の林床植生の消失に伴う土壌流出が懸念されます。一方で、スズタケが枯死したことにより、光環境が改善し、樹木の更新が促進される可能性もあります。

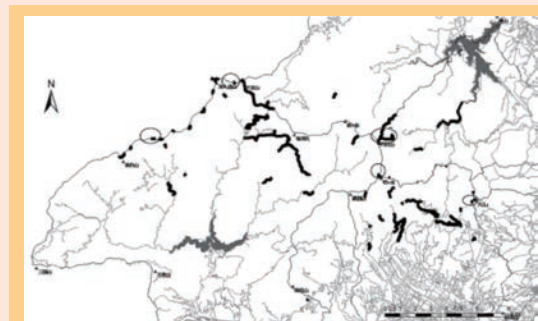
今後、枯死箇所でのササや樹木稚樹の更新とシカの採食影響についてモニタリングを行い、状況に応じて土壌保全対策について検討する必要があります。



スズタケの開花



図3 2013年にササ類の開花が確認された場所（永田・田村 2014から引用）
*1 太線上で部分的に開花が確認された。
*2 ミヤマクマザサの開花は奥約山、丹沢山、大山周辺の一部（丸で囲んだ中の一部地域）でのみ確認された。



○ ササの開花箇所 *1
○ ミヤマクマザサの開花が確認された箇所 *2

図2 2014年にササ類の開花が確認された場所
*1 太線上で部分的に開花が確認された。
*2 丸んだ中の一部地域でミヤマクマザサの開花が確認された。

2013年（上）と2014年（下）年の開花位置 （永田ら2014、2015）



開花後のスズタケの一斉枯死

Ⅱ 再生の基本的な考え方

1) 再生の定義

丹沢山地のブナ林が抱える問題は、ブナの立ち枯れの増加、シカの過密化、後継樹の更新阻害、草地・裸地の拡大、植生退行、リターや土壌の流出、希少な動植物の地域絶滅の危機などの多岐に渡ります。

このような近年の実態は2004～2005年に実施された丹沢大山総合調査で明らかとなりました。この結果を踏まえて作成された丹沢大山自然再生基本構想(図5)において「自然再生」とは、「失われた丹沢大山の環境を取り戻すことを目的として、地域の生態系や社会の健全性を回復し、次世代に向けその健全な状態を保全し続けていくこと」と定義されています。

丹沢のブナ林には、地域固有の多様な動植物が棲息する脆弱な自然環境が残されています。このようなブナ林が衰退・消失することで、シカ影響と組み合わせると生物群集に様々な影響を及ぼします。ブナ林の衰退を食い止め、再生していくことは、神奈川県生物多様性を保全するうえで極めて重要な取り組みといえます。

ただし、草原や岩場、崩壊地など前述した衰退が始まる以前からある多様な自然景観をブナ林にすることは目指していません。生物多様性の保全には、これらの自然景観とそこに棲息する動植物を維持することもまた重要な要素となります(写真10)。

特に再生を考えるうえで注意が必要なのは、稜線のササ草原は以前から存在し、その大きさは時間経過に伴って連続的に変化している点です。つまり、どの時点を基準とするかで、再生の対象範囲が異なることになります。維持すべき草原の位置を客観的に判断するには、航



■図5 丹沢大山自然再生基本構想



■写真10 岩場でみられるコイワザクラ

空写真や植生図が必要になりますので、これらの残された資料をもとに基準とする時点を検討したうえで、再生の取り組みを進める必要があります。

2) 再生の目標

『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ます。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す。このようなことから、ブナ林域での再生目標として「鬱蒼とした健康なブナ林の再生」を掲げています。』

『丹沢大山自然再生基本構想』より

ア. 再生ロードマップの作成

鬱蒼としたブナ林の再生には、現存するブナを守り枯らさないこと、ブナ等高木種の後継樹を保護・育成して枯死に起因するギャップを閉鎖すること、ササやかん木類など多様な植物を増やし階層構造を発達させることが必要になります。

目標を達成するうえでは、再生に要する時間と各時点で必要となる対策を示すロードマップが不可欠です。ここではギャップの大きさに応じたロードマップを整理しました(図6、7、8)。

①大ギャップの再生

自然力を活かした森林の再生には50年、100年といった長い時間を想定する必要があります。とくに大ギャップ(面積が314㎡以上のギャップ)では周辺の母樹から飛来する種子数が少なく、後継樹がオゾンや水ストレスの影響を受けやすいため、再生に長い時間を要すると考えられます(図6)。

②小ギャップの再生

小ギャップ(面積が314㎡以下のギャップ)では周辺の母樹から飛来する種子数が多く、大ギャップより短い時間で、天然更新によるブナ等の冷温帯森林への再生を期待できます(図7)。

③衰退リスクが大きいブナ林の再生

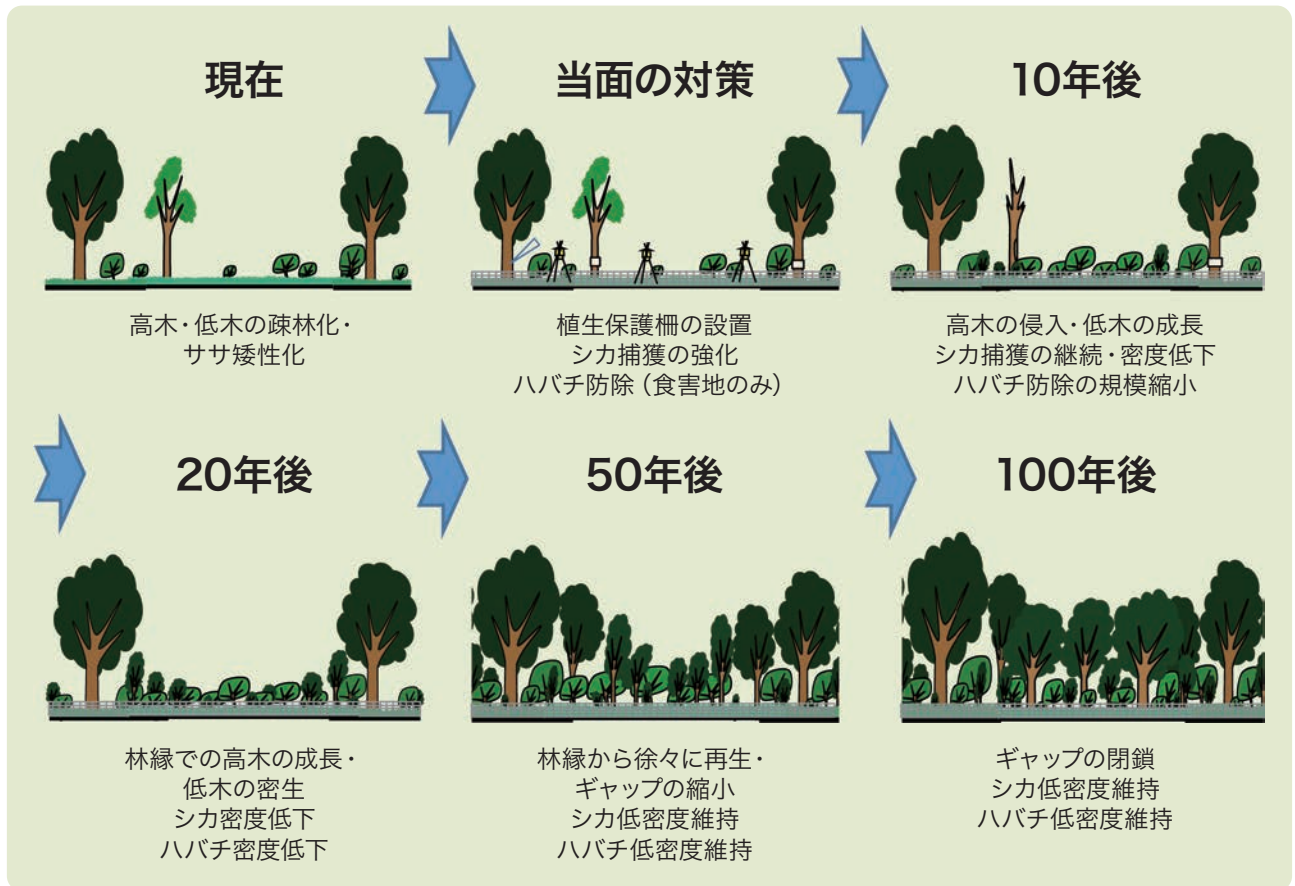
ギャップが形成されてなくても、ブナハバチ等による衰退リスクが大きいブナ林では、事前に後継樹を育てておくことで、枯死が発生しても早期の再生を期待できます(図8)。

イ. ロードマップによるブナ林再生の推進

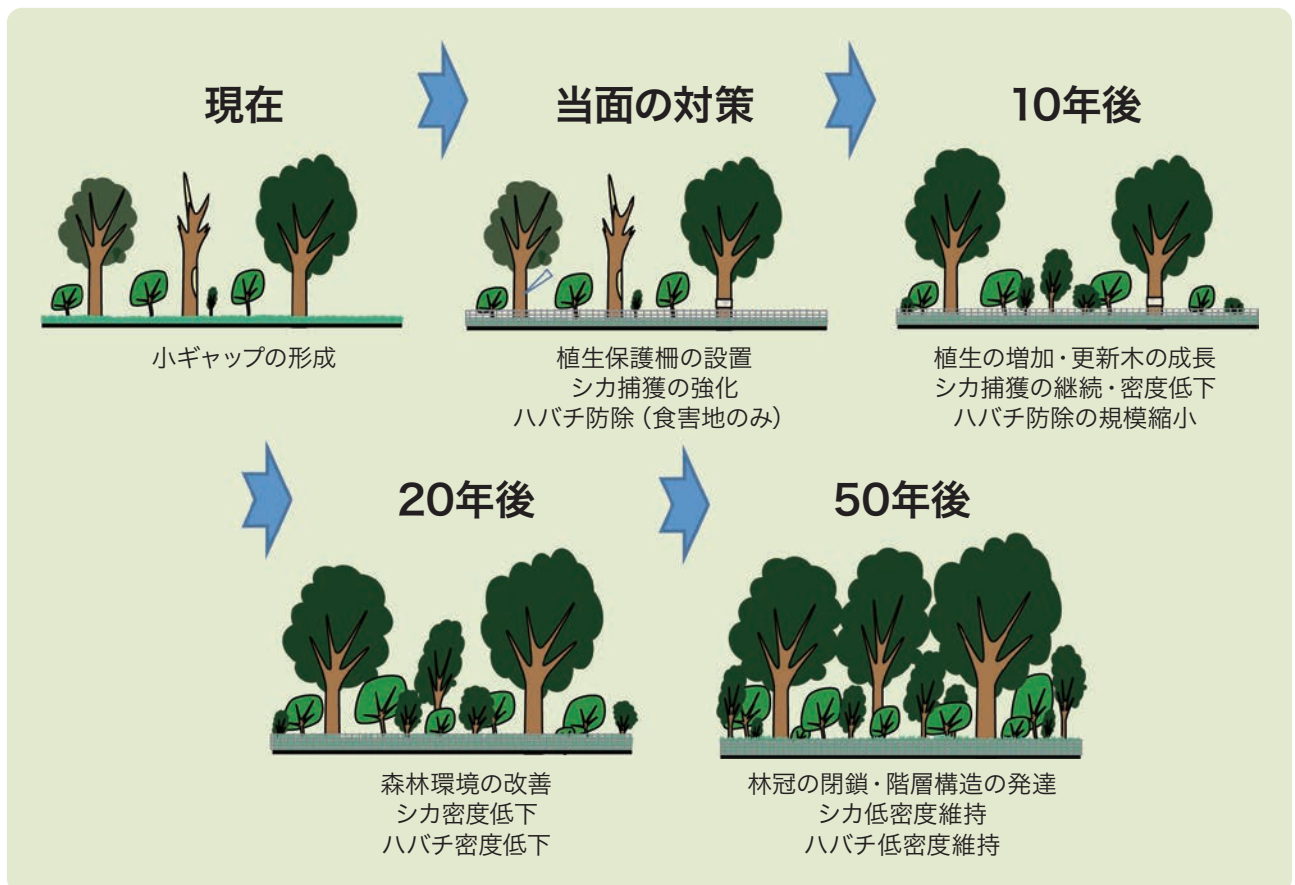
効果的にブナ林を再生するには、植生保護柵の設置やシカ捕獲、ブナハバチ防除といった手法を組み合わせる必要がありますが、事業の効果が発揮され、森林が再生していく過程を良く見極めて、順応的に事業の規模を計画する必要があります。

ブナハバチについては、土壌含水率が高いほど土中の繭の密度が低下する可能性があることが分かりました。そこで長期的には、鬱蒼としたブナ林の再生により、ブナハバチが大発生しにくい土壌環境の再生を目指すこととし、再生するまでの緊急的な対策として、防除を実施することとします。

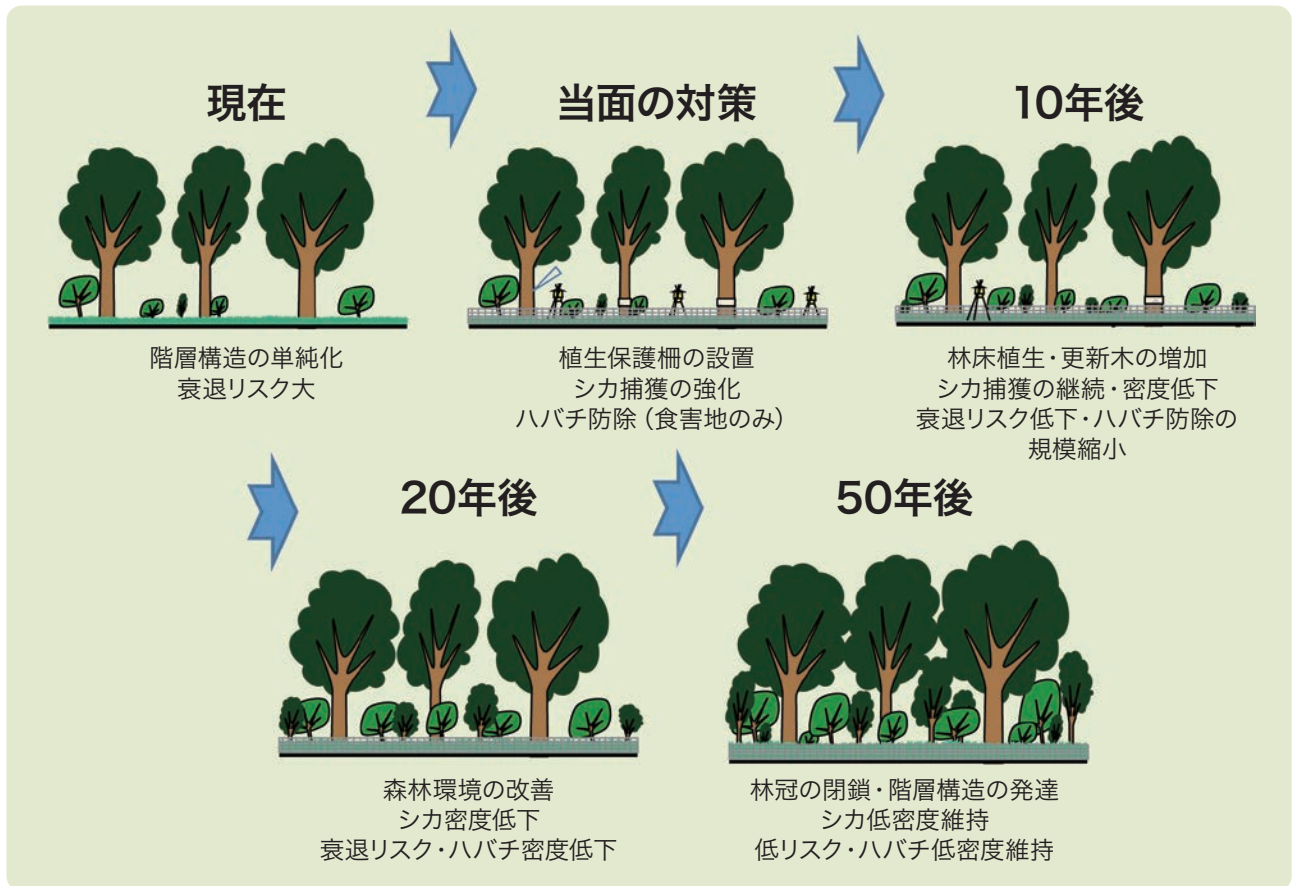
事業実施にあたっては、このようなロードマップを植生保護柵、シカ捕獲、ブナハバチ防除および各種モニタリングを実施する事業間で共有し、各事業の進捗管理や効果検証を一体的に行うことで、ブナ林再生を効果的に推進することが必要です。



■ 図6 大ギャップの再生ロードマップ



■ 図7 小ギャップの再生ロードマップ



■ 図8 衰退リスクが大きいブナ林の再生ロードマップ

コラム—希少植物の保全

丹沢の植物の多様性

丹沢に生育する植物の種類数は1,627種といわれていますが、このうち希少種として約200種が記録されています。丹沢の希少植物には4つの地理的要素が反映されています。



丹沢の植物分布の地理的要素

4つの地理的要素の特徴

要素	特徴	丹沢の希少植物例
フォッサマグナ要素	フォッサマグナ（糸魚川—静岡構造線の東側の地溝帯）の南部に限定して分布する植物群	サガミジョウロウホトトギス、ムラサキツリガネツツジ、ハコネコメツツジ、ハコネグミ
襲速紀（ソハヤキ）要素	九州から東海地方の太平洋側を中心に分布する植物群	オオモミジガサ、イワユキノシタ、ヨコグラノキ
寒地性	北海道から東北地方、本州中部の標高の高い地域（寒温带・ダケカンバ帯、丹沢では標高1,500m以上が該当）に分布する植物群	クルマユリ、モミジカラマツ、アマニュウ
暖地性	九州、四国、中国地方から、日本海側では能登半島、太平洋側では紀伊半島や伊豆半島や房総半島にかけて分布（丹沢では山麓部に限られる）する種群	ナガサキシダ、ニセコクモウクジャク、タキミシダ

地域絶滅の危機

1980年代後半からブナ林の林床に生育する希少植物は、シカの影響でほとんど見るができなくなりました。そこで、1997年から当センター自然公園課では植生保護柵を丹沢の多くの山域に複数基設置して、希少植物や林床植物を保護しています。2001年からは柵内の希少植物調査も行っており、神奈川県内の希少植物の多年生草本が柵内で25種確認され、そのなかにはシカの影響で絶滅したとされていたクガイソウ、イッポンワラビ、ノビネチドリもありました。

柵は希少植物の保護と回復に効果を発揮していますが、例えば多年生草本のハルナユキザサはシカの採食圧を長く受けると消失しやすいなど、シカの影響を長く受けた後に柵を設置しても、すべての種が回復する訳ではありません。丹沢において柵は希少植物が集中して分布する



丹沢のノビネチドリ

ホットスポットを中心に早い段階で設置されており、緊急避難場所としての機能が期待されています。

コラム—希少植物シウリザクラと葉食昆虫サクラスガ

シウリザクラとは

シウリザクラは初夏に白い穂状の花をつけるサクラの一種で、国内では本州中部山岳地帯から北海道にかけて自生しています。神奈川県では丹沢山堂平、蛭ヶ岳北東斜面、地藏平（標高1,000～1,500m）の3地点で成木が約450個体しか確認されていない希少植物で、約8割は堂平に分布しています。遺伝的多様性は極端に低く、多くは根萌芽によって無性的に増えていると考えられています。

サクラスガの食害

シウリザクラの葉を食害するサクラスガは、「スガ=巢蛾」の名前のとおり、幼虫が集団で糸を吐いて、葉を巻き込んで巣網をつくる特徴があります。堂平では数年間隔でサクラスガの大量発生が起きており、2002年の段階で122個体が生存していたシウリザクラ集団では食害の影響による2015年までの累積枯死数は45個体を超え、この地点だけで神奈川県で確認されているシウリザクラの約1割が枯死したことになります。

保全対策

シウリザクラの根萌芽は、供給源となる成木の減少とシカの採食によって激減しています。そこでシウリザクラの保全のため、堂平では根萌芽を保護するための柵の設置が進められ、萌芽更新が促進されています。また、サクラスガの食害の回避・軽減に向け、薬剤注入の適用も検討しています。



開花したシウリザクラ



倒木上を彷徨う大量のサクラスガ幼虫（左下）と食害を受けたシウリザクラ（右上）



柵内で発生した根萌芽

Ⅲ 再生事業の進め方

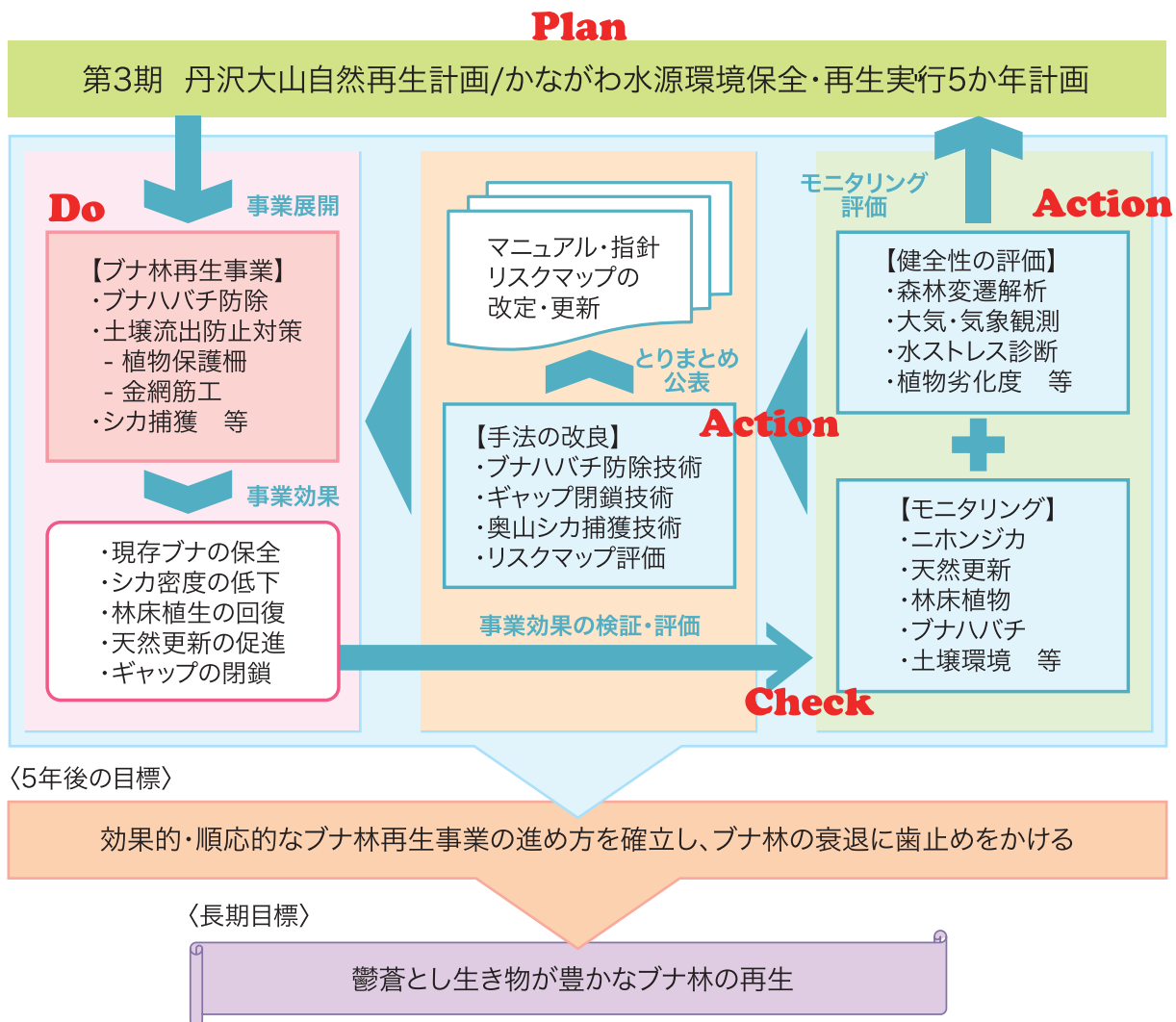
1) 順応的な取組

自然生態系を対象として対策を効果的に推進していくには、仮説（計画）をたてて対策を行い、その効果を検証・評価することにより、仮説（計画）を見直していく必要があります（順応的管理）。

ブナ林再生事業は、丹沢大山自然再生計画とかながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づいて、ブナハバチ防除や、植生保護柵や金網筋工などの土壤保全対策、およびシカ捕獲を効果的に組み合わせて実施する必要があります。これらの取組により枯死の拡大を

防ぐとともに天然更新を促進し、5年後にはブナ林の衰退に歯止めをかけ、長期的には鬱蒼としたブナ林の再生を目指すこととします（図9）。

これらの対策を長期にわたって効果的・順応的に実施していくために、モニタリングにより効果を総合的に検証する必要があります。あわせて丹沢山地全体のブナ林の健全性の評価を実施し、定期的に計画と手法を見直すこととします。



■図9 ブナ林再生事業の順応的な取り組み

2) 事業の体系

ブナ林の再生では、現存するブナを保全することでギャップの拡大を防ぎつつ、ブナ等の枯死で生じたギャップでブナ等の高木の再生を促進して早期の林冠閉鎖を目指しています。それぞれの対策の具体的な目的とそのための手法を体系的に整理しました(図10)。

ア. ブナの保全対策

丹沢山地においてブナを枯死・衰弱させる要因としてオゾン、水ストレス、ブナハバチが指摘されていますが、現在の枯死・衰弱に最も強く関与していると考えられるのはブナハバチです。そこで、緊急・短期的にブナハバチ防除を実施し、葉食被害を回避・軽減することで、枯死・衰弱を防止してこれ以上ギャップが拡大しないようにします。

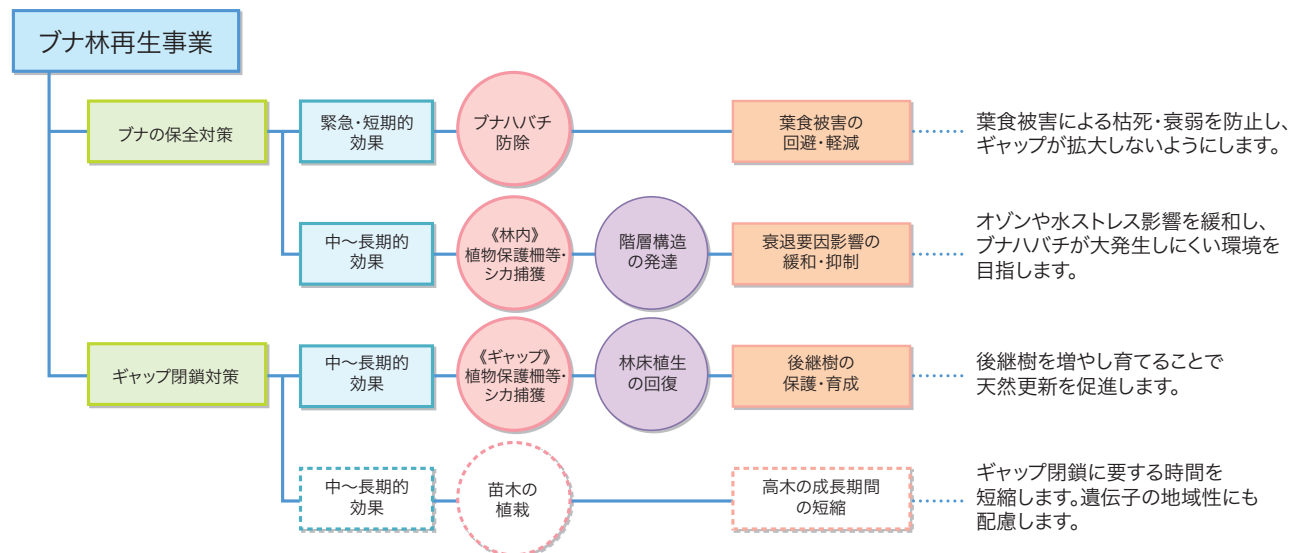
また、中～長期的には、植生保護柵や金網筋工などの土壌流出防止対策やシカ捕獲によって森林の階層構造を発達させ、鬱蒼としたブナ林の再生を通じてオゾンや水ストレス影響の緩和やブナハバチの大発生を抑制を目指します。

イ. ギャップ閉鎖対策

ギャップを閉鎖するために、植生保護柵の設置やシカ捕獲によってシカの採食影響を抑え、林床植生の回復を通じて後継樹を保護・育成することで高木の再生を促進します。

植生保護柵は、実施した範囲内で比較的早期に林床植生が回復しますが、地形によって設置できる場所に制限があります。一方、シカ捕獲では効果が現れるまでに時間を要するものの、広い範囲で林床植生が回復することを期待できます。シカが高密度で生息する状況でブナ林を再生するには、これらの手法を組み合わせで実施することが不可欠です。

なお、苗木の植栽は、高木の成長期間の短縮を通じて、ギャップ閉鎖に要する時間を短縮することが期待できますが、植栽では本来の種組成を持った極相林の復元は難しいなど、国定公園特別保護地区での適用にあたっては課題が多いと考えられています。当面は、現在実施している植栽試験を継続するとともに、必要に応じて高標高の人工林の混交林化を進める際に植栽を検討するなど、今後の適用方法を議論する必要があります。



■ 図10 ブナ林再生事業の体系

3) 各手法の内容

ア. ブナハバチ防除

ブナハバチの防除法として、成虫への誘引効果がある黄色の衝突板トラップ、葉の摂食後に一旦落下し樹幹をよじ登る幼虫を捕獲する粘着シート(写真11)、薬剤を樹幹に注入して葉に到達した薬剤で幼虫を防除する樹幹注入(写真12)などが開発されてきました。

薬剤の樹幹注入は、食害を回避・軽減してブナの枯死・衰弱を防止するのに活用できる可能性があります。また、薬害症状は確認されず、葉の薬剤濃度は落葉期までに検出限界以下に代謝分解されるので、樹体影響や環境負荷は抑えられると考えられます。ただし、葉を直接利用する昆虫や、防除された昆虫を利用する天敵などへの影響は明らかではありません。このことに配慮し、当面は昆虫や鳥類(写真13)の生息状況をモニタリングし、その影響を注意深く見極めながら、適用可能性を検討する必要があります。

ブナハバチの食害規模は年によって大きく異なりますが、これを事前に予測できることが分かってきました。手法としては、一つには気象データの重回帰予測式、もう一つには産卵期にあたる展葉期のメス成虫捕獲数があり、これらの組み合わせにより比較的精度よく予測できると考えられます。生態系への影響を考慮すると、不必要な防除の実施は控えるべきであるため、食害の規模に応じて防除の規模を調節していきます。

防除の実施場所は、重点対策地区のように食害の累積が特に多く、今後の食害による枯死や衰弱のリスクが高い地区や、これに準じて食害の累積が多い要注意地区を優先します(後述図12~14)。



■写真11 樹幹粘着シート



■写真12 薬剤の樹幹注入



■写真13 ブナハバチ幼虫を捕食するヒガラ

イ. 植生保護柵

ギャップ拡大が著しいなど再生の緊急性が高い場所では、植生保護柵による後継樹の保護・育成が不可欠です(写真14)。また、衰退リスクが高く保全の緊急性が高いブナ林内では、植生保護柵を用いて鬱蒼とした森林環境を再生し、衰退要因の影響の緩和・抑制を目指す必要があります。さらに植生保護柵は、希少植物の地域絶滅を防ぐための緊急避難場所としての役割も果たします。

また、高標高の手入れ不足の人工林における土壌流出防止や混交林化の促進にも植生保護柵が効果的です。

ブナ林再生において効果的に植生保護柵を設置するには、再生優先地マップ(後述図12~14)を参考にして配置を計画する必要があります。とくに大ギャップでは、低木林を形成しながら、種子散布の多い林縁から高木を再生して徐々にギャップを閉鎖することを想定(図6)し、植生保護柵を林縁部に優先的に設置するか、林縁部からギャップ中心にかけて連続的に配置します。

植生保護柵の存在は、シカが柵に沿って移動するなどシカの行動に一定の作用を及ぼすことから、場所によってはシカの捕獲との連携を考慮して配置することも効果的です。

ただし、植生保護柵の設置は、斜度や沢の有無などの微地形に制限されることから、現地の状況を事前に良く見極める必要があります。また、ブナ林再生の対象地は自然林内や、立ち枯れが存在するギャップ内のため、倒木や落枝により、植生保護柵が破損しやすい場所です(写真15)。植生保護柵が破損すると、そこからシカが侵入し、時間をかけて再生してきた後継樹が採食され、消失してしまいます(写真16)。植生保護柵の効果を長期的に持続するためには、こまめな点検・補修が不可欠です。また、植生保護柵の破損時の影響を最小限に抑えるためには、比較的小規模の柵を隣接し

て配置する、あるいは柵内を仕切ることが重要です。



■写真14 植生保護柵



■写真15 倒木による植生保護柵の破損



■写真16 破損部から柵内に向けて形成されたシカ道

ウ. 土壌保全対策（金網筋工）

土壌侵食の形態は、侵食の発達段階に応じて、層状侵食、雨滴侵食、リル侵食、ガリー侵食などに分類されます（表1）。土壌保全工は、リターや土壌の流出を直接防止する手法であり、林床植生が回復しやすい環境を整備するための効果的な対策です。これまでに様々な工種が試されてきましたが、その中でも金網筋工（写真17）は、施工性が良く、土壌侵食軽減効果も高く、効果が早期に発揮され、かつ効果が持続することが明らかとなっています。

金網筋工の設置にあたっては、現地の状況

を良く見極めて、層状侵食や雨滴侵食の激しい場所や、リル侵食が始まった場所、リル侵食やガリー侵食に集中する地表流を減少させる必要がある場所に重点的に配置します。

金網筋工は、植生の乏しい柵外でも効果を発揮しますが、植生保護柵と組み合わせることでさらに効果が高まります。また、林床が暗く植生が回復しにくい環境となっている高標高の手入れ不足の人工林のうち、広葉樹林に隣接する人工林等における土壌保全対策として活用できると考えられます。

■表1 土壌侵食形態の分類

分類	土壌侵食の形態
層状侵食	斜面表層に薄く流れる地表流によって、表層に均一に発生する侵食
雨滴侵食	雨滴の衝突によって地表の土壌が飛び跳ねることで起こる侵食
リル侵食	雨水が斜面状の小さな筋状のくぼみ（リル）に集中し、洗掘により起こる侵食
ガリー侵食	雨水の一時的な流水によってリル侵食が発達し、溝がさらに大きくなったもの



■写真17 金網筋工による土壌保全

エ. シカ捕獲

シカは丹沢山地の高標高域を中心に高密度化しています。対象地域の植生を回復し、鬱蒼としたブナ林を再生するためには、シカを適正な密度まで減らすことが不可欠となります。具体的には、第4次神奈川県ニホンジカ管理計画における高標高自然林の暫定的な数値目標である5頭/km²以下に密度を下げ、低密度の状態を維持する必要があります。

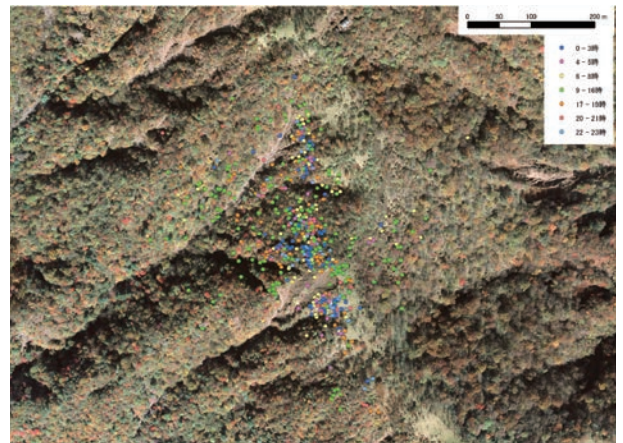
そのためには、ワイルドライフレンジャーによる捕獲(写真18)などシカ管理捕獲の強化・継続が必要です。これまでの丹沢山周辺のGPSテレメトリ法による行動圏調査(図11)やセンサーカメラ調査(写真19)などから、山頂や稜線付近に定着している個体が一定数いることや、日中は登山道から離れた位置にいることなどの情報が得られています。

捕獲の実施にあたっては、シカの移動経路や滞在しやすい場所を観察し、捕獲に好適な季節、時間帯等も考慮する必要があります。捕獲に向けた一連の取り組みにおいて、GPS首輪による行動圏調査やセンサーカメラ調査などの生態情報を組み合わせることで、さらに効率的な捕獲を期待することができます。

シカは個体や条件によっては広範囲に移動することから、周辺地域からの移動も考慮しながら捕獲計画を立てることも必要になります。



■写真18 ワイルドライフレンジャーによる稜線部でのニホンジカ捕獲



■図11 シカの行動圏調査(丹沢山)



■写真19 センサーカメラに撮影されたシカ

コラム—ニホンジカ管理計画

計画の概要

神奈川県では、丹沢山地の生物多様性の保全と再生、農林業被害の軽減、及びシカ地域個体群の安定的な存続を図るため、2003年に保護管理計画(2015年から管理計画)を策定し、エリアに応じた管理目標に向けて、県、市町村、狩猟者等が連携し、順応的に対策を実施しています。

成果と課題

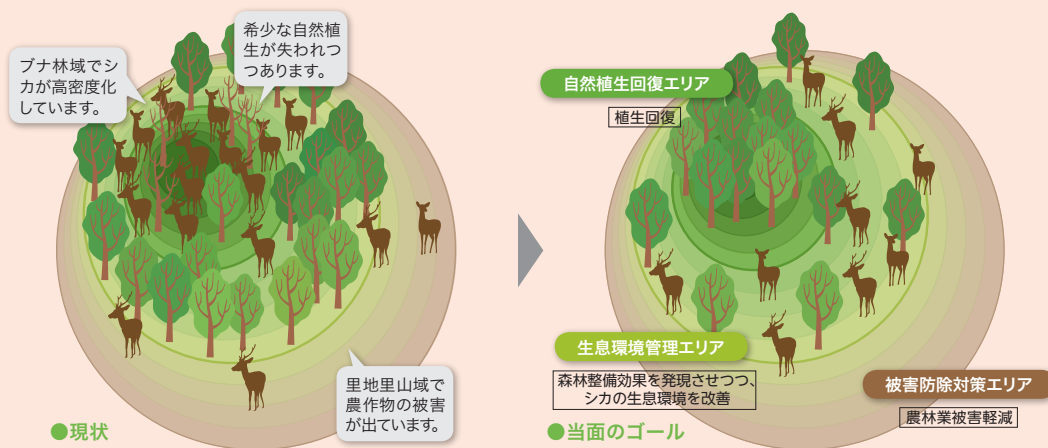
これまでの取組により、丹沢山地(保護管理区域)ではシカ個体数が減少傾向を示し、捕獲を継続している場所では植生回復がみられるようになってきました。

ただし丹沢全体では、依然として植生の劣化

が継続し、森林整備地でも林床植物が成長せず、公益的機能が発揮されにくい状態にあります。農地への定着も継続し、農作物被害は減少していません。これまでシカの影響がみられなかった箱根山地等でもシカが増えてきており、今後の森林への影響が懸念されています。

第4次計画の取組

これを受けて平成29～33年度の第4次計画においては、高標高域ではワイルドライフレンジヤーによる管理捕獲の強化およびブナ林再生との連携推進、中標高域では管理捕獲と森林整備の連携推進、山麓部では地域ぐるみによる被害防除対策の推進、定着防止区域(箱根山地等)ではモニタリングや管理捕獲の強化に取り組むこととしています。



各エリアの管理方針

管理の目標と手法

管理目標	管理手法
生物多様性の保全と再生 丹沢山地でのシカ地域個体群の安定的存続 農林業被害の軽減 丹沢山地以外でのシカ定着の防止	個体数調整 生息環境管理 被害防除対策 モニタリング

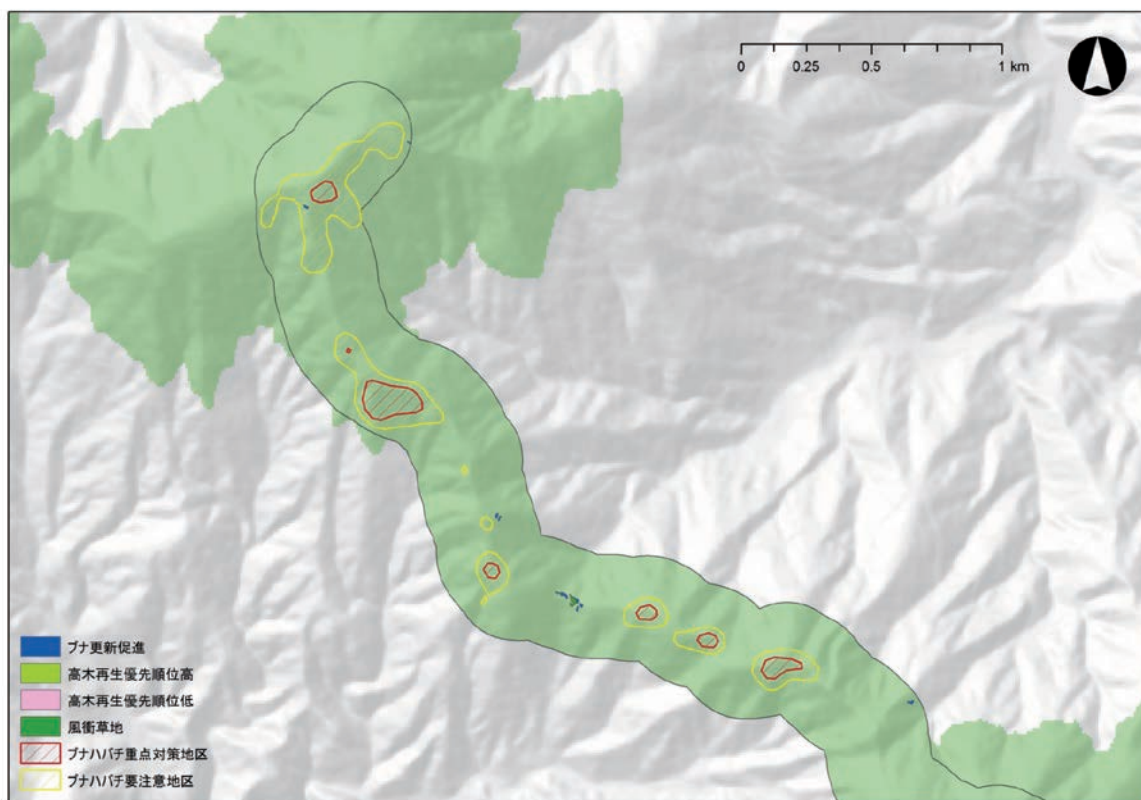
4) 事業実施地の選定

ブナ林再生事業では、対策が必要な地域において、衰退要因の影響やギャップの大きさに応じた手法（個別事業）を選択し、組み合わせることで効果的にブナ林を再生していきます。そこで、重点的な対策が必要な地域を明らかにし、事業を推進するための再生優先地マップを作成しました。

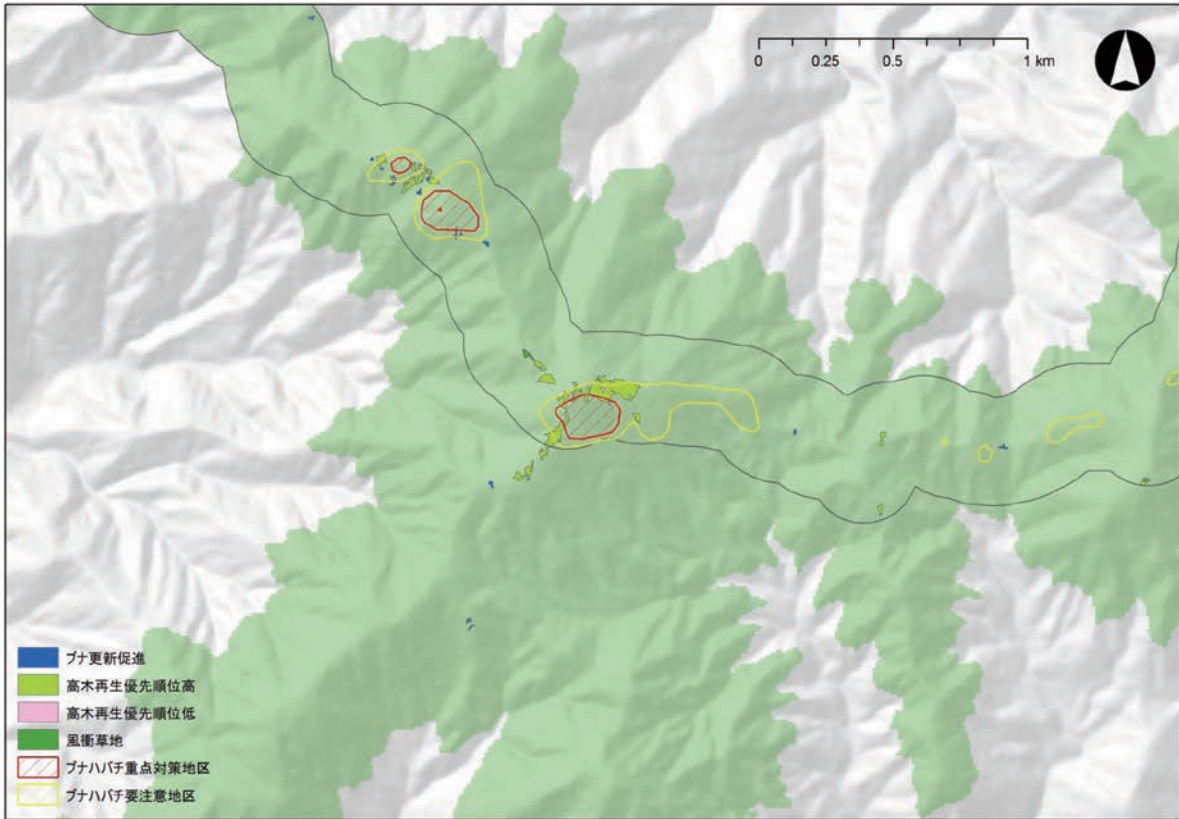
作成にあたっては、まず1970年代からの衰退変遷マップと、個別のリスク要因マップを作成し、衰退地特性解析を行い、ブナ林衰退リスクマップを作成しました。このリスク評価を踏まえて再生手法を検討し、再生優先地マップを作成しています。具体的には、衰退のリスク評価からブナ林再生対象地を、ブナハバチの累積的影響からブナハバチ対策地区を、それぞれ選定しています。

その結果、再生優先地として大室山（図12）、檜洞丸（図13）、蛭ヶ岳～丹沢山（図14）の3地点が抽出されました。とくに檜洞丸ではブナハバチ防除と、植生保護柵やシカ捕獲といったギャップへの対策を組み合わせる必要があり、どちらかが欠けてもブナ林再生が難しくなることから最も重点的な対策が必要な地域と考えられます。

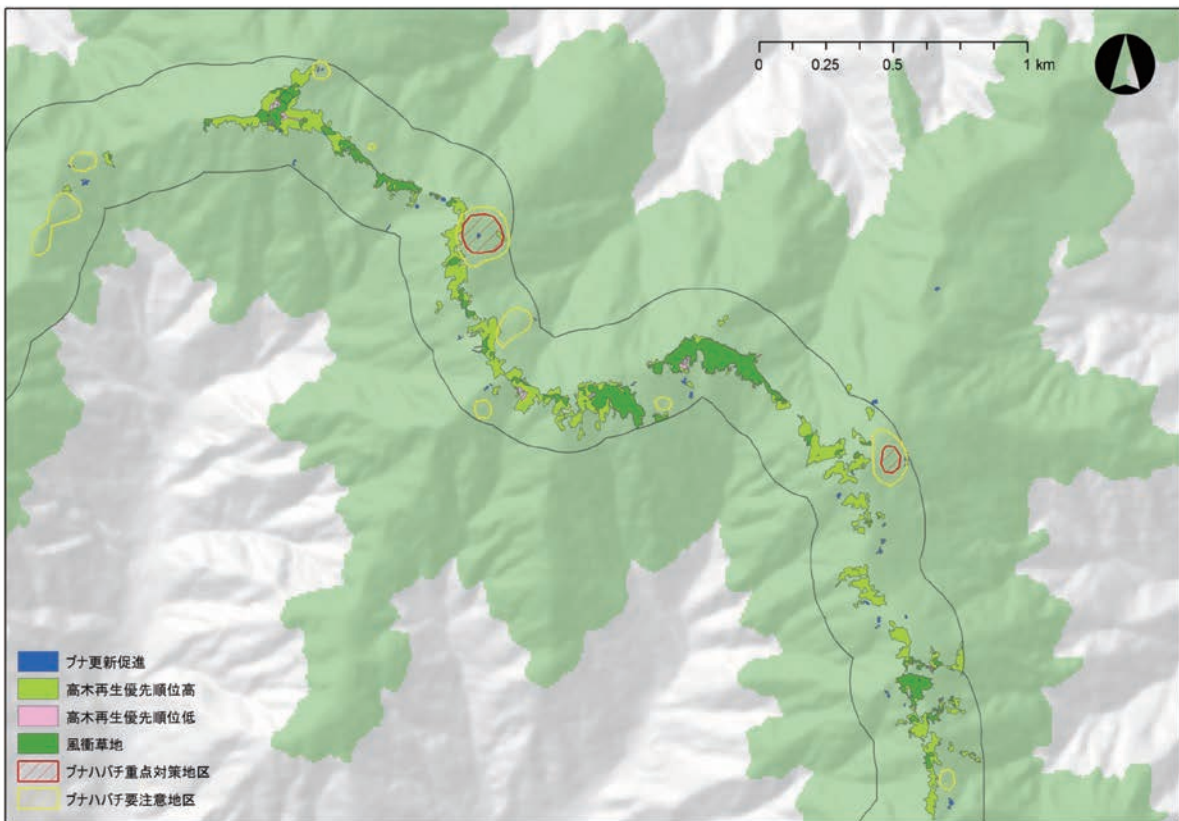
各事業は、それぞれで各種施策・計画に対応する5か年計画と単年度ごとの計画を策定し、実施します。その際、対策が必要な地域と、再生ロードマップに関する情報および各事業の役割を、植生保護柵、シカ管理、ブナハバチ防除およびモニタリングの事業担当間で共有し、実施する場所や規模を調整し、計画策定に反映する必要があります。



■ 図12 ブナ林再生優先地マップ（大室山）



■ 図13 ブナ林再生優先地マップ (檜洞丸)



■ 図14 ブナ林再生優先地マップ (蛭ヶ岳～丹沢山)

5) 手法の配置

選定された再生優先地において、具体的な事業実施場所を、リスク評価の結果とあわせて、地形や既存の事業実施状況を踏まえて決定します。

一例として、再生優先地のなかで重点的な対策が必要な地域とされた檜洞丸(図13)について、各手法を組み合わせたブナ林再生事業の実施例を示します(図15)。



■ 図15 統合的なブナ林再生事業例(檜洞丸)

6) モニタリング

ア. モニタリングの必要性

自然を相手にした事業では、実施された事業によって当初設定した仮説（再生ロードマップ）どおり効果が現れているかをモニタリングによって検証し（図16）、その結果をその後の実施計画の見直しや手法の改良に反映させることが必要です（図9）。

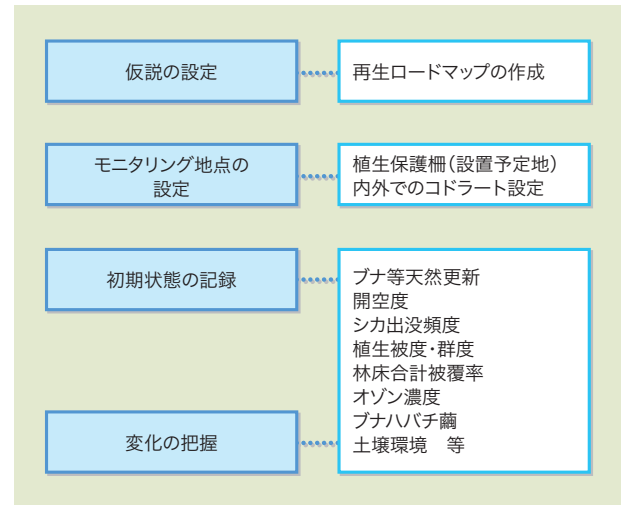
具体的にはブナ林再生事業が効果を発揮すると、更新木が増加し、その成長にともない林冠ギャップが縮小し、林床植生が回復し、土壌環境も改善し、土中のブナハバチ繭密度にも影響することが想定されます。事業の効果検証には、このような再生にともなう各項目の具体的な変化を把握するための総合的な再生モニタリングを行う必要があります。

イ. モニタリング地点の設定

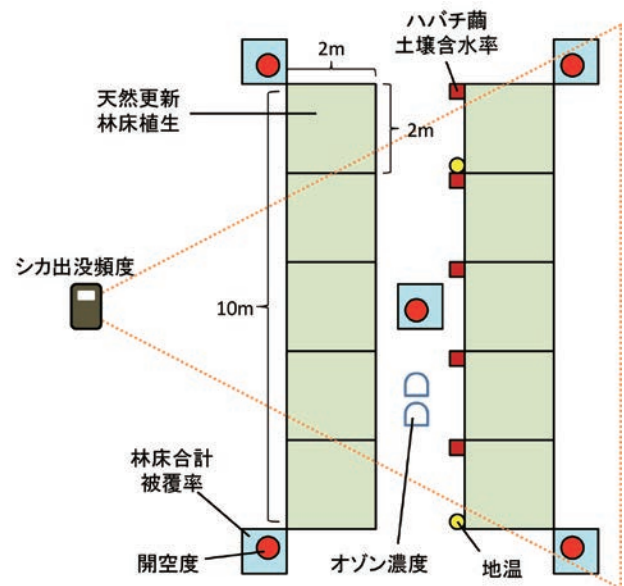
檜洞丸の例（図15）のように、新たに重点的な対策を実施する場合には、新規のモニタリング地点を設置します。

具体的には、ギャップに設置予定の植生保護柵内外に、ブナ林の植生モニタリングで標準的に用いられている2m×2mの小コドラート（調査方形区）を5個連結した2m×10mコドラートを2列設定します（図17）。この同一地点で、天然更新や林床植生、開空度など各種項目を長期間にわたってモニタリングしていきます。

モニタリングにより変化を把握するうえでは、初期状態（柵設置前の状態）の記録が極めて重要です（図16）。どのような状態から始まったのかが分からなければ、どれくらい変化したかもはっきりと評価できなくなってしまいます。モニタリング結果に基づいて順応的に事業を進めていくには、初期状態の記録は必ず行わなければなりません。



■図16 効果検証モニタリングの手順



■図17 コドラート設定の例

ウ. モニタリングデータの参照

変化の把握の際には、項目ごとの関連事業によって他地域で実施されてきたモニタリングのデータと比較を行います(表2)。また、周辺地域のモニタリングについてもデータを参照します。

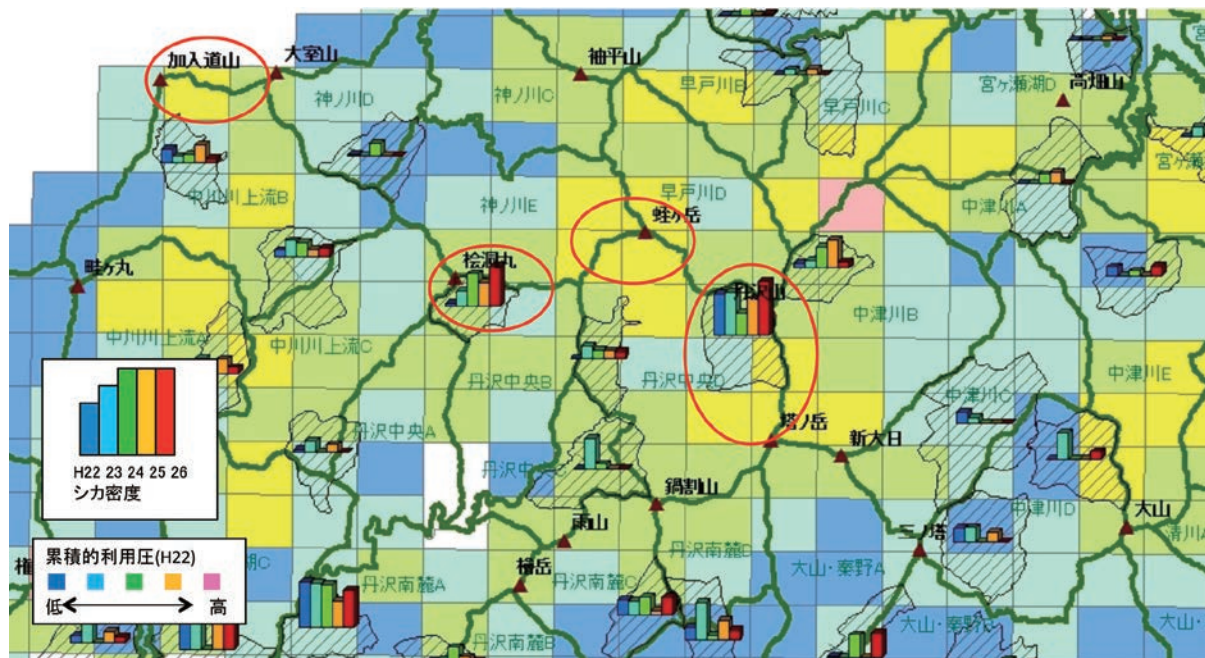
例えば、パッシブサンプラーで観測された局所的なオゾン濃度は観測施設(写真20)の常時観測データと、センサーカメラで把握されたシカ出没頻度の変化や植生被度・群度および林床合計被覆率は、周辺での区画法で把握された密度推移データや植生劣化度(図18)と、それぞれ対応させて考えます。



■写真20 大気・観測施設(檜洞丸)

■表2 効果検証モニタリングと関連する周辺地域のモニタリングと事業

要因	ブナ林再生モニタリング(A)	周辺地域のモニタリング(B) (データの参照)	関連事業等
ブナ林衰退	ブナ等天然更新 開空度	草地・裸地分布 ブナ食害度・健全度 水ストレス診断	A ギャップ拡大防止対策 B ブナ林生態系の健全性評価
ニホンジカ	シカ出没頻度	糞塊法 区画法	AB 中高標高シカ管理捕獲
林床植生	植生被度・群度 林床合計被覆率	植生劣化度 希少種	A 土壌流出防止対策 A ギャップ拡大防止対策 B 中高標高シカ管理捕獲
オゾン	オゾン濃度	大気・気象観測	AB ブナ林生態系の健全性評価
ブナハバチ	ブナハバチ繭密度 土壌環境	ブナハバチ成虫 天敵・その他生物	AB ブナハバチ防除対策



■図18 丹沢山地のシカ密度と植生劣化度

エ. モニタリング項目

ここでは例として、図17と表2で示したモニタリング項目について紹介します。

①天然更新

小コドラート内の高木性樹種（林冠を構成する樹種）の稚幼樹は、すべての個体にラベルをつけて成長を追跡していきます（写真21）。記録項目は樹種名と樹高とし、個体数から密度を算出します。

ラベルとしては、針金軸にビニル製のナンバリングテープを付けた稚樹追跡用のタグを用います。このタグを個体が小さいうちは根際部の地面に差し込み、樹木が大きくなればラベルを根際部や分岐した枝の下に直接設置します。

②開空度

コドラートの光環境調査には、天空写真を解析して開空度を求めます。天空写真の撮影には魚眼レンズ付デジタルカメラを用います。撮影高さは地上1mとし、撮影箇所はコドラートの4隅と中心の5箇所とします。撮影した画像はCanopOn2などの画像解析ソフトを用いて開空度を算出します（図19）。

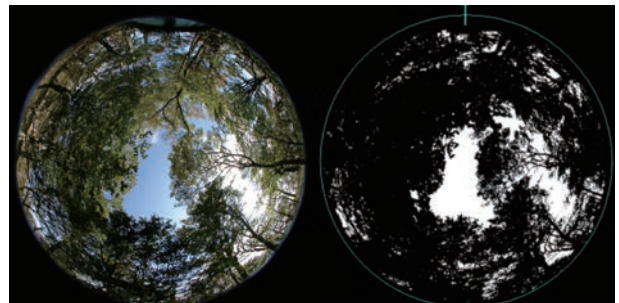
③シカ出没頻度

モニタリング地点でのニホンジカの出没頻度を把握するには、野生動物の熱を感知して自動的に撮影するセンサーカメラを用います（写真22）。このカメラは電池で作動するため、山岳地でも多地点に設置することができ、定期的に電池を交換することで長期間の調査が可能です。電池とあわせて、撮影された画像データが保存される記録媒体（SDカードなど）も定期的に交換します。

画像の解析では、角の有無や成長の程度などから、オス、メス、子ジカを判別します。



■写真21 コドラート内の更新木調査



■図19 天空写真の画像解析



■写真22 センサーカメラの設置状況

④林床植生・被覆度

小コードラート内のおよそ地上高1.5m以下を草本層として、その被度や高さを測定します。具体的には、全体の植被率、出現種ごとの被度・群度(表3)、ササの最大稈長を測定します。

⑤林床合計被覆率

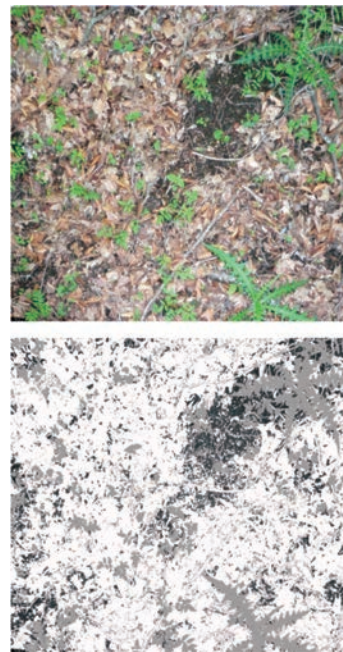
土壌保全の指標としては、林床合計被覆率(林床植生とリターの合計の被覆率)を測定します。まず小コードラート内に1m×1mの固定枠を設定してデジタルカメラで撮影します。その画像をPhotoshopの「変形」ツール中の「遠近法」によりゆがみを処理したのち、コードラート中から正方形に切り出します。切り出した部分のピクセル数を測定し、「自動選択」ツールにより林床植生と同一色調の部分と、リターと同一色調の部分を選択し、それぞれのピクセル数を測定し、その合計が全ピクセル数に占める割合として求めます(図20)。

⑥オゾン濃度

コードラートの局所的なオゾン観測にはパッシブサンプラーを用います(写真23)。このサンプラーは捕集用ろ紙にガス状大気汚染物質を捕集する仕組みとなっており、電源を必要とせず、山岳地でも多地点で観測することができます。オゾン濃度は、ろ紙でオゾンとの反応により生成した硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフィで定量し、暴露時間、平均温度を用いた換算式により求めます。通常、サンプラーに改良型(フラックス捕捉型)のサンプラーを併用することで風速の影響を推定することができます。

■表3 被度・群度の判定基準

記号	被度(%)	群度
+	1%未満	
1	1~5	茎葉または幹が孤立し、はなればなれに生育する
2	6~25	団状または束状に生育する
3	26~50	群をなして生育する(小斑状またはクッション状)
4	51~75	群生する(広い斑状または芝生状)
5	76~100	大群生する



■図20 林床被覆の画像解析(初ら2010)



■写真23 オゾンのパッシブサンプラー(丸内)と設置状況

⑦ブナハバチ繭密度

ブナハバチの繭密度調査としては、一定面積および深さの土壌を採取し、そこに含まれる繭の数を調べます。採取土壌は水で洗い流すことで繭を選別しやすくなりますが、土壌の含水率などを測定する場合には、ふるいにかけて、目合い6.4mmと2.8mmのふるいを用いると効果的に粗大物、繭サイズの土壌、細粒土壌に分けることができます。繭サイズの土壌をトレイに広げ、少量ずつ選り分けながら、目視で繭を取り出します。取り出した繭の状態は様々なので、繭の新旧とともに、繭をあけて生存と死亡、死亡原因として昆虫寄生や病原菌などを記録します(写真24)。

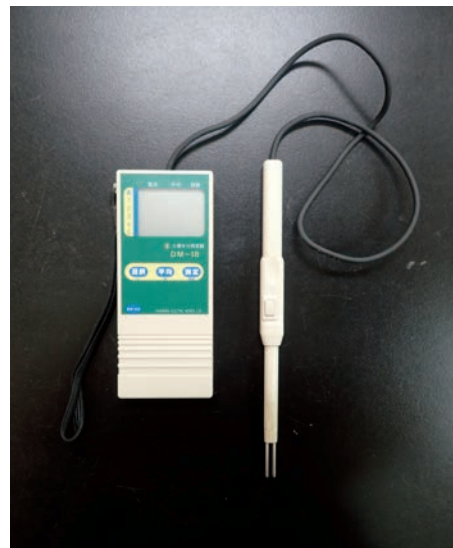
⑧土壌環境

土壌含水率を秤量ビンを用いて、土壌の採取時の重量と100℃程度で48時間乾燥後の重量を測定することで求めます。ブナハバチ繭調査で採取した土壌の含水率を測定することで、死亡率への影響を検討することができます。他にも、土壌水分測定器(写真25)など水分条件を測定する様々な方法があります。

地温を防水性に優れた温度ロガーを用いて測定します(写真26)。ロガーは小型でセンサー、ロガー、バッテリーが一体となっていることから汎用性に優れており、山岳地でも多地点で測定することができます。



■写真24 繭内の生存ブナハバチ幼虫(前蛹)(上)と寄生蜂の幼虫(下)



■写真25 土壌水分測定器



■写真26 地温計測に用いる温度ロガー

巻末資料

用語解説

●丹沢大山自然再生計画

ブナ林の衰退やシカの高密度化など丹沢大山の自然環境が抱える8つの特定課題に対して対策を実施していくための事業計画。丹沢大山総合調査実行委員会による政策提言を受けて、2007年に前身の丹沢大山保全計画（1999年～）から改訂された。

●かながわ水源環境保全・再生施策

将来にわたり県民が必要とする良質な水の安定的確保を目的として、丹沢の奥山域（ブナ林域）を含めた集水域全体の水資源や水源環境を総合的に保全・再生する施策。2007～2011年に第1期計画、2012～2016年に第2期計画、2017～2021年に第3期計画が実施されている。

●天然更新

自然に散布された種子由来の樹木、あるいは切り株や根から発芽した樹木によって森林を再生させる方法。シカが多いと若い樹木が採食されて天然更新が阻害されるため、森林の再生には如何にしてシカの採食を回避・軽減するかが重要な課題となる。

●冷温帯自然林

ブナやミズナラなどの落葉広葉樹を主要樹種とする日本の山地に成立する自然林。日本海側ではブナがしばしば高率で優先するが、太平洋側の丹沢ではブナ以外にシナノキやカエデ類など多様な樹種が混交する。

●シカ不嗜好性植物

ニホンジカが食物として忌避する植物。アルカロイドなどの毒成分が含まれるなど不快な味や匂い成分を有している、あるいはトゲなどによって採食を免れている。丹沢の例としては、オオバイケイソウ、マルバダケブキ、マツカゼソウ、ホソエノアザミなどが挙げられる。

●オゾン

オゾン（O₃）は酸化能力の強い有害な汚染物質であり、NO_xや炭化水素が太陽光からの紫外線を受けて、複雑な光化学反応を起こすことで生み出される。山岳地のオゾン濃度は平地より高く、光化学反応によるオゾン生成が生じない夜間でも、都市部と異なり高濃度が維持される傾向がある。

●卓越風

その地域で年や季節ごとに最も頻度が高い風向の風。

●林冠ギャップ

森林を構成する多層構造のうち、林冠を構成する高木層に倒木や枯死木が発生して生じる隙間のこと。健全な森林では、林冠ギャップが形成されて林床が明るくなると、待機していた次世代の若木が生育してきて林冠が閉鎖する（ギャップ更新）。

●林床植生

森林を構成する様々な高さの多層構造のうち、低木以下の地表近くの階層を構成する植生。土壌保全と密接にかかわっており、シカの採食影響を強く受ける階層といえる。

●丹沢大山自然再生基本構想

丹沢大山総合調査の結果をもとに、自然再生の基本的な方向と新たな仕組みを示した診断書と処方箋としてとりまとめられ、新たな政策として県に提案されたもの。

●丹沢大山総合調査

丹沢大山の自然環境が抱える様々な問題に対して、2004～2006年におよそ500名の調査団によって行われた分野横断・問題解決型の科学的な調査。この結果をもとに2006年に政策提言が行われ、丹沢大山自然再生計画が改訂された。

●ニホンジカ保護管理計画

特定鳥獣保護管理計画制度に基づいて平成15年に神奈川県が策定したニホンジカの個体数および生息環境の管理と被害対策の計画。

●ワイルドライフレンジャー

丹沢山地の高標高域など、これまで管理捕獲が行われてこなかった地域で重点的な捕獲を実施すべく、平成24年から導入されたガバメントハンター。忍び猟を基本として高い探査・捕獲技術と機動力を活かし、丹沢山地でのシカの減少に効果を発揮している。

●国定公園

自然公園法で定められた自然公園の一つ。国立公園に準ずる自然の風景地を保護し、自然とのふれあいを増進するために国が指定し、都道府県が管理を担う。丹沢大山国定公園は1965年に指定されている。

●特別保護地区

国立公園や国定公園のなかで、原生的な自然景観が残された地域や動植物の重要な生息

地を保護するために指定された地区。最も規制が厳しく、動植物の採取、落葉落枝や土石の採取、工作物の設置などの行為が禁じられている。

●オープントップチャンバー

天板の無い透明アクリル板のチャンバーを地面に設置し、中で育てている植物に活性炭を通して浄化した大気を暴露する装置。自然条件に近い環境で植物への大気の影響を検定することができる。

●パッシブサンプラー

捕集用ろ紙にガス状大気汚染物質を捕集する仕組みとなっており、オゾンとの反応により生成した硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフィで定量し、暴露時間と温度を用いて大気オゾン濃度を求めることができる。

●幼虫粘着シート

ブナハバチ幼虫には、葉の摂食完了後あるいは葉を食べ尽くすと地上に落下して樹幹などを徘徊する行動をとるため、粘着シートを粘着面を外側にして樹幹に設置することで幼虫を大量に捕獲することができる。

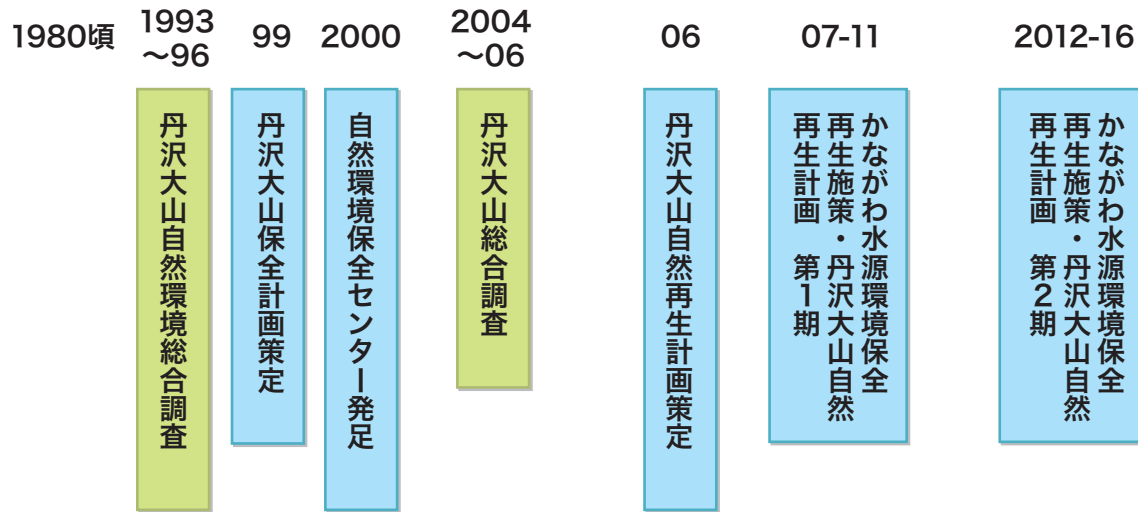
●薬剤の樹幹注入

薬剤は樹幹注入後に水の吸い上げに伴い材内や枝葉に広く移動分散する。松喰い虫やアメリカシロヒトリなど各種病害虫を防除する手法で、環境負荷は薬剤散布より軽減される。ブナハバチに対してはジノテフラン8%液剤の適用が検討されている。

●根萌芽

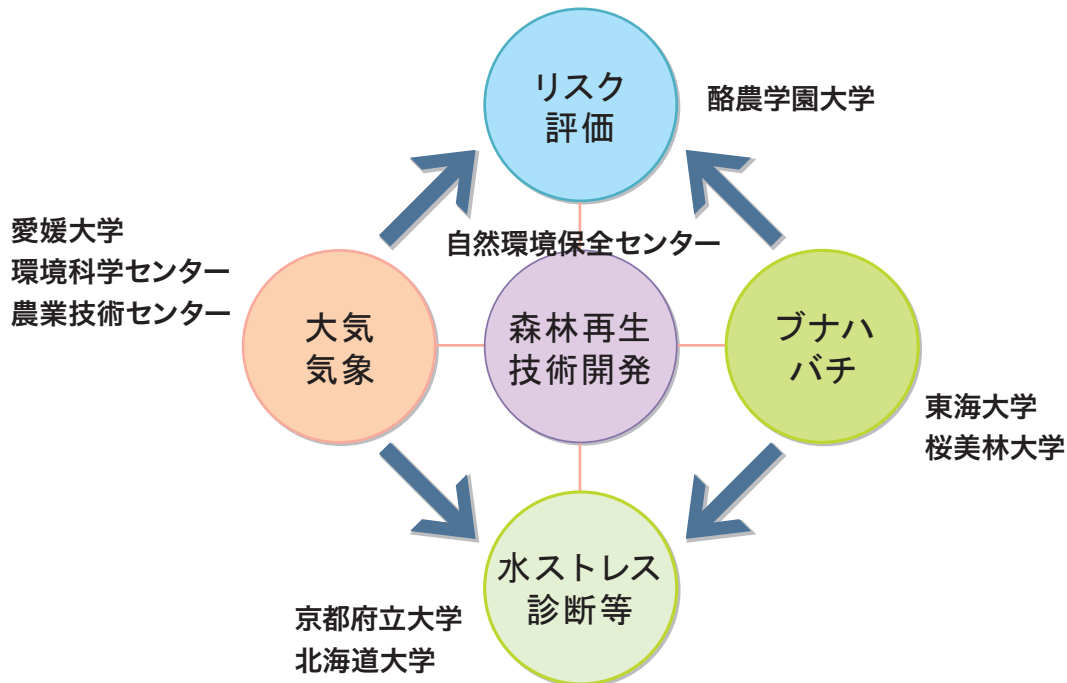
樹木が地中に伸ばした根から幼木が発芽してくること。根萌芽を発生する高木種としてニセアカシアやアカメガシワなどが知られている。

丹沢のブナ枯れを巡る経過



第3期（2012～2016年度）ブナ林衰退研究プロジェクトの構成

第3期ブナプロジェクトの構成



参考文献

- 藤森博英・末次加代子・池谷智志・小林俊元・永田幸志・羽太博樹・木佐貫健二 (2013) 第2次神奈川県ニホンジカ保護管理計画期間中の区画法によるニホンジカの生息密度. 神奈川県自然環境保全センター報告11:27-36.
- 石川芳治・内山佳美 (2013) 東丹沢堂平における土壌保全工の土壌侵食軽減効果の評価. 神奈川県自然環境保全センター報告10:23-35.
- 神奈川県 (2017) 第3期丹沢大山自然再生計画、64pp、神奈川県自然環境保全センター、厚木.
- 神奈川県 (2017) 第4次神奈川県ニホンジカ管理計画、神奈川県環境農政部自然環境保全課、横浜.
- 神奈川県自然環境保全センター (2016) 丹沢の希少植物図鑑—希少植物の保護に向けて—. 57pp、神奈川県自然環境保全センター、厚木.
- 神奈川県自然環境保全センター (2008) 丹沢大山自然再生 土壌保全対策マニュアル. 20pp、神奈川県自然環境保全センター研究部、厚木.
- 片瀬英高・久保田修映・高橋聖生・羽太博樹・藤森博英・馬場重尚 (2014) ワイルドライフレンジャーの取り組み. 神奈川県自然環境保全センター報告12:35-41.
- 越地正・谷脇徹・相原敬次・山根正伸 (2012) 檜洞丸におけるブナハバチの大発生によるブナの衰弱枯死. 神奈川県自然環境保全センター報告9:95-104.
- 河野吉久・須藤仁・石井孝・相原敬次・内山佳美 (2007) 丹沢山地周辺のオゾン濃度の実態とブナに対する影響. (丹沢大山総合調査学術報告書. 丹沢大山総合調査団. (財) 平岡環境科学研究所).
- 383-395.
- 永田幸志・田村淳 (2014) 丹沢山地におけるササ3種の2013年の開花記録. 神奈川県自然環境保全センター報告12:43-45.
- 永田幸志・田村淳 (2015) 丹沢山地におけるササ3種の2014年の開花記録. 神奈川県自然環境保全センター報告13:65-68.
- 斎藤正彦・若松伸司・相原敬次 (2013) 丹沢山地における樹木のオゾン取込み量の推定. 大気環境学会誌48:251-259.
- 斎藤正彦・若松伸司・岡崎友紀代・堀越信治・山根正伸・相原敬次 (2012) 数値モデルを用いた丹沢山地のオゾンの挙動解析. 大気環境学会誌47:217-230.
- 斎藤正彦・齋藤央嗣・相原敬次・谷脇徹 (2016) 丹沢山地の風況解析. 神奈川県自然環境保全センター報告14:33-36.
- 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侵食量の関係. 日本森林学会誌92:261-268.
- 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成. 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 (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.
- 武田麻由子・相原敬次 (2007) 丹沢山地の大気中オゾンがブナ (*Fagus crenata*) 苗に及ぼす影響. 大気環境学会誌42:107-117.
- 武田麻由子・小松宏昭・飯田信行 (2012) フラックス捕捉型パッシブサンプラーを用いた丹沢山におけるオゾン移流フラックスの評価. 神奈川県自然環境保全センター報告9:53-59.

武田麻由子・十河孝夫・北見丘・美濃口薫
(2016) 犬越路におけるオゾン濃度の経
年変化及びブナ生育への影響評価. 神
奈川県自然環境保全センター報告14:
27-32.

田村淳・藤森博英・末次加代子・永田幸志
(2013) 丹沢全域の相対的な植生指標と
しての植生劣化レベルと林床植被レベル.
神奈川県自然環境保全センター報告
11:37-43.

田村淳・谷脇徹・井田忠夫・中西のりこ・吉田
直哉 (2012) 丹沢のブナ林衰退地におけ
る天然更新の状況—再生事業地におけ
る3年後の調査から—. 神奈川県自然環
境保全センター報告9:119-126.

田村淳・谷脇徹・井田忠夫・中西のりこ・吉田
直哉 (2016) 植生保護柵を用いた丹沢
のブナ等冷温帯森林の再生—天然更新
と植栽の試験から—. 神奈川県自然環
境保全センター報告14:67-73.

谷晋・山上明・伴野英雄 (2013) 葉食昆虫の
食害と樹木の衰弱枯死—ブナハバチと
サクラスガ (ブナ林の衰退—丹沢山地
で起きていること). 森林科学67:18-21.

谷脇徹・相原敬次・齋藤央嗣・山根正伸
(2016a) 丹沢山地ブナ林の衰退要因と
その複合作用. 神奈川県自然環境保全
センター報告14:1-12.

谷脇徹・相原敬次・齋藤央嗣・山根正伸・伴
野英雄・山上明・谷晋 (2016) 丹沢山地
におけるブナハバチ対策. 神奈川県自然
環境保全センター報告14:59-65.

谷脇徹・永田幸志・西口孝雄・田村淳・鈴木

透・山根正伸 (2016) 丹沢山地の再生
優先地マップに基づいた統合的なブナ
林再生事業. 神奈川県自然環境保全セ
ンター報告14:81-89.

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」—.
133pp、丹沢大山総合調査実行委員会、
横浜.

上田正文・城向光弥・水野沙保里 (2016) 丹
沢山地の衰退ブナ林に適した水ストレス
診断手法の開発. 神奈川県自然環境保
全センター報告14:41-48.

山中慶久・鈴木透 (2013) ニホンジカ過密化
地域における森林生態系被害にかかる
総合対策技術開発. (平成24年度森林環
境保全総合対策事業—森林被害対策事
業—野生鳥獣による森林生態系への被
害対策技術開発事業報告書. (株)野生
動物保護管理事務所). 53-59.

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. (財)平岡環境科学研
究所). 703-710.

山根正伸・鈴木透 (2012) ニホンジカ過密化
地域における森林生態系被害にかかる
総合対策技術開発. (平成23年度森林
環境保全総合対策事業—森林被害対
策事業—野生鳥獣による森林生態系へ
の被害対策技術開発事業報告書. (株)
野生動物保護管理事務所). 123-124.

作成・編集

神奈川県自然環境保全センター

作成協力・写真資料提供

谷晋教授（東海大学）

伴野英雄教授（桜美林大学）

上田正文准教授（京都府立大学）

鈴木透准教授（酪農学園大学）

神奈川県環境科学センター

神奈川県農業技術センター

神奈川県環境農政局緑政部自然環境保全課

神奈川県環境農政局緑政部水源環境保全課

神奈川県環境農政局緑政部森林再生課

丹沢ブナ林再生指針

平成 29 年 6 月 発行

発行 神奈川県自然環境保全センター
厚木市七沢 657
TEL (046) 248-0323 (代)
〒243-0121

編集・印刷 株式会社コンパス
神奈川県厚木市森の里青山 14-1
TEL (046) 250-1005 (代)
〒243-0123





神奈川県自然環境保全センター
厚木市七沢657 〒243-0121 電話 (046) 248-0323
<http://www.pref.kanagawa.jp/div/1644>