

## 特定課題Ⅰ ブナ林の再生

### I 実施概要

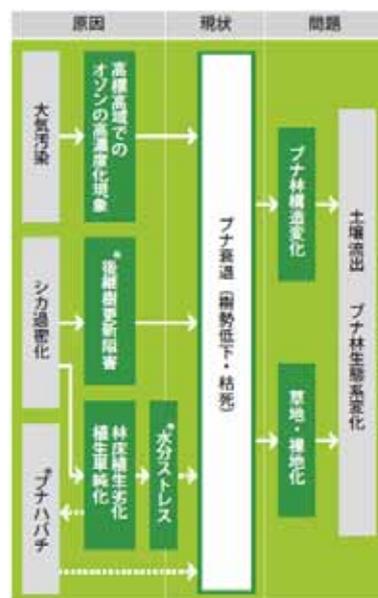
#### 1 背景

標高800m以上のブナ等冷温帯自然林では、光化学オキシダントなどの大気汚染物質や水分ストレス、ブナハバチの摂食圧など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ます。

この景観域では、ブナ衰退とシカの影響が組み合わさったブナ林の構造変化によって生じる草地化・裸地化、土壌流出が大きな課題となっています。

#### 2 施策の基本方向

光化学オキシダントなどによる大気の影響やシカの採食圧による林床植生の退行が引き起こす土壌乾燥化、大量発生したブナハバチの摂食圧などによるブナ林の衰弱・枯死を防ぎ、後継樹の更新を促進させ、ブナ林の再生をめざします。



ブナ林の衰退にかかわる要因関連図

#### 3 第1期自然再生計画の主な取組と成果（概要）

##### (1) ブナ林の保全・再生対策

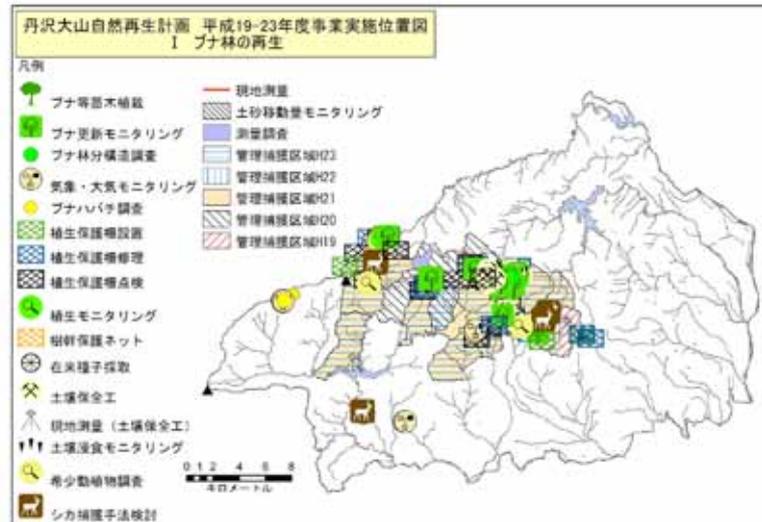
- ・丹沢山地のオゾン濃度の測定・分析、ブナの衰退調査、ブナハバチの発生状況調査等を実施するとともに、大気及びブナ林衰退の実態や過去の履歴に関する情報を集積し、ブナ林衰退の解明に繋がる知見を得ました。
- ・丹沢山周辺などに植生保護柵を設置し、天然更新を促進しました。また、現地産苗木の植栽試験に着手し、ブナ林再生の手法としての可能性を確認できました。さらに、オゾン低減資材類の効果試験を行い、苗木や稚樹の保護対策に有効とみられる資材を選定しました。

##### (2) ブナ林の衰弱・枯死影響の低減対策

- ・第2次神奈川県ニホンジカ保護管理計画に基づいて、自然植生回復を目的とした管理捕獲を実施し、一部の地域では生息密度が低減しました。
- ・東丹沢の堂平や丹沢山などの林床植生の衰退が著しい場所で、各種土壌保全工と植生保護柵を組み合わせた面的な土壌保全事業を実施し、モニタリングにより、施工箇所での林床合計被覆率の増加や土壌侵食の軽減等の効果を確認しました。

##### (3) ブナ林再生に関する情報集積・提供

- ・ホームページや事業報告会等を通して、県民に向けてブナ林再生に関する取り組みについて情報提供し、県民との情報の共有を図ることができました。



## II 主要施策ごとの事業実施状況と第2期計画における基本的な方向

### 1 主要政策ごとの事業実施状況

#### (1) 主要施策：ブナ林の保全・再生対策

##### 《施策内容》

奥山域の特にブナの枯死が著しい箇所及び周辺箇所での積極的なブナ林再生対策と衰退機構解明のための研究を実施します。

#### 【構成事業①】ブナ等森林再生の実証試験

##### (事業内容)

ブナ林衰退地で、現地産の種子から育成した苗木の植栽などを行い、森林再生を図る。  
(5年間の数量等) 2.0ha

ブナ帯森林再生事業として、平成19～20年度に天王寺尾根（0.35ha）及び丹沢山から竜ヶ馬場の稜線部（0.60ha、以下丹沢山（清川））、平成22年度に檜洞丸（0.25ha）において、植生保護柵を設置するとともに、丹沢山（清川）と檜洞丸ではそれぞれの周辺の種子から育苗したブナ、マユミほか合計10種の苗木を植栽した。

上記の試験地と平成18年度に植栽した堂平の試験地について植栽木の生残と成長について追跡調査等を行ったところ、2011年（平成23年）時点でいずれの調査地でも生存率は高く、樹高成長も確認された。

#### ア 堂平

「堂平」に植栽したブナ373本とシオジ175本はともに5成長期を過ぎても生存率は90%を越えていた。「堂平」のブナの樹高成長は試験区によって異なり、B区、C区、A区の順に成長が良かった（図1-1）。A区で成長が鈍いのは開空度が他の試験区よりも低いと考えられる。シオジの樹高成長が2010年（平成22年）に低下した理由は、その年の春先に柵が破損してシカが侵入して先端が採食されたからである。

## イ 丹沢山（清川）

「丹沢山（清川）」では3成長期を経過して、植栽した6樹種（サワグルミ70本、マユミ80本、ブナ65本、イタヤカエデ44本、ミズキ16本、フジイバラ5本）のうちサワグルミの生存率が5%に低下したが、他の樹種は75%以上であった。樹高成長は樹種によって異なり、2011年（平成23年）時点でミズキがもっとも樹高が高く、次いで、イタヤカエデとマユミ、フジイバラが同程度で、ブナは80cmであった（図1-1）。サワグルミは植栽後1年目に樹高が低くなったが、その後盛り返して成長した。

## ウ 檜洞丸

2010年（平成22年）に植栽した「檜洞丸」では、2つの試験区（柵内）に4樹種合計200本を植栽して、そのうち195本を追跡調査することとした。内訳はアオダモ28本、シナノキ31本、ナナカマド50本、ブナ1本、ヤブデマリ85本である。1成長期を経過してアオダモとシナノキ、ブナの生存率は100%、ナナカマドは94%、ヤブデマリは86%であった。



平成22年度施工箇所（檜洞丸, 平成24年撮影）



植栽木の生育状況（檜洞丸, 平成23年撮影）

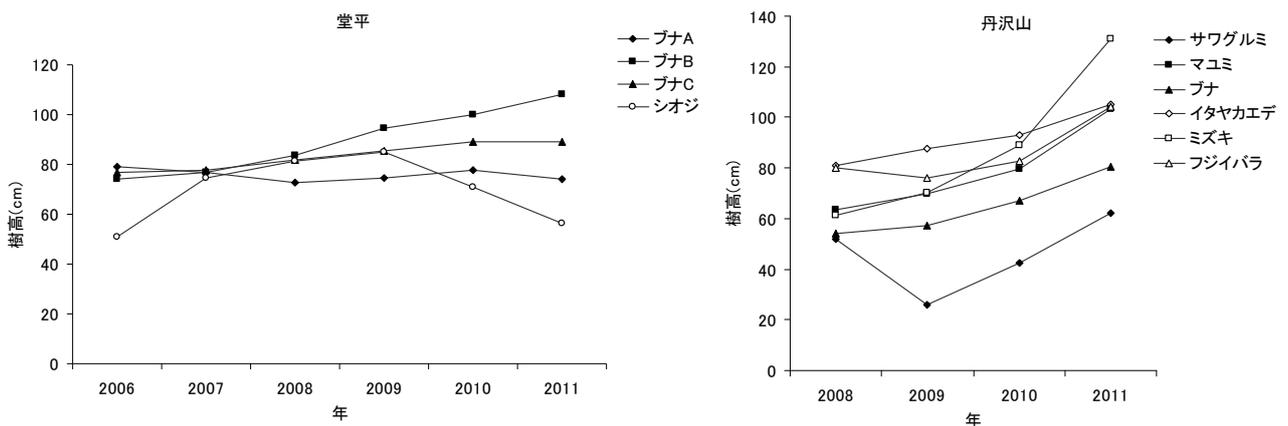


図1-1 植栽木の樹高の変化

## 【構成事業②】 ブナ林保護対策工法の開発

(事業内容)

オゾン等を除去分解する素材によりブナの稚樹等を保護する手法を開発する。

(5年間の数量等) 試験・研究

ブナの苗木や稚樹に対する大気汚染の影響を緩和する各種資材のオゾン低減効果を、屋外試験及びオゾンチャンバーを用いたラゴ実験により確認した。その結果、活性炭塗料を塗布したネットで囲いをする手法では、オゾン除去効果が低かったが、高活性炭素繊維製フェルトを資材として用いることでオゾン濃度を低減できることがわかった。



屋外試験（試作ネット）

## 【構成事業③】 ブナ林衰退機構の解明

(事業内容)

山頂付近のオゾン等の気象観測やブナハバチ等の発生原因の究明、水分ストレスなどについて調査研究し、複合的要因によるブナの衰退原因を解明する。

(5年間の数量等) 衰退地の観測

### ア ブナ林衰退実態調査

#### (ア) ブナ林広域衰退状況現地調査

##### a ブナ衰退度判定

5年前に調査を行った丹沢山、檜洞丸をはじめとした6地区の計72地点で、前回と同様な方法で平成20年10月上旬にブナ衰退度の判定と樹木生理活性の測定を行ったところ、衰退状況には顕著な変化は見られず、東丹沢で衰退が進行したブナが多く、西丹沢では衰退木が少なかった。

##### b 樹木生理活性度測定

衰退が進行したブナでは、葉の可視的劣化（衰退ランク）と樹木生理活性度（クロロフィル含量：SPAD値）の低下が認められた。上記調査で衰退度2以下のブナのSPAD値では、ほとんどが30以下であった。

### c. マクロスケールの衰退度と樹木生理活性度

衰退が進行している地区（衰退度1が3割以上）は、樹木生理活性度の平均値も低く、両者には負の相関が認められた。

#### (イ) ブナ林衰退変遷解析

鍋割山から大室山に至る主稜線部をカバーする過去の空中写真を用いて稜線部分の土地被覆面積の変化から衰退履歴を把握した。その結果、ブナなどの高木の消失が原因と考えられる草地・裸地が、蛭ヶ岳から塔ノ岳にかけての標高1,450mを超える主稜線部の南向き斜面に1970年代にすでに認められ、それら消失地が拡大しながら南向き斜面で草地が増加し、2000年代までに拡大してきたことを示した。

#### (ウ) まとめ

ブナ林衰退実態調査の結果、これまで指摘され絞りこまれてきた衰退機構の解明につながる、時空間特性を踏まえた森林衰退実態の分析を実施できた。今後は、個別要因の寄与や相互関係性について場所や時期による違いも考慮しながら、さらに慎重に分析し、対策につなげていく必要がある。

## イ 大気環境解析

### (ア) モニタリングデータ解析

#### a 気象データ解析

丹沢山地周辺の東京都、神奈川県、山梨県、静岡県における過去30年間のアメダスデータより気象の長期変動（トレンド）を解析した結果、全体的な傾向として、2月と9月が最も気温上昇が大きいことから、冬が早く終わり、夏が長くなることが明らかになった。特に冬季の気温が上昇していることは、ブナの生育環境に悪影響を及ぼす可能性が高い。また、気温上昇により人為起源、自然起源の大気汚染原因物質の発生量も増加する。これと共にオゾンや二次生成粒子（PM<sub>2.5</sub>）生成をもたらす反応性も増大するので、これらの複合的な影響が懸念される。

#### b オゾン濃度データ解析

丹沢より相模湾側の平野部5地点と犬越路、檜洞丸、丹沢山の計8地点について、オゾン濃度のデータ解析を行い、あわせてAOT40<sup>注)</sup>の変化について検討した。

<sup>注)</sup> AOT40とは、オゾン濃度時間値が40ppbを超えた時の40ppb超過濃度の総和量であり、植物への影響を示す指標として広く使われている。

その結果、すべての地点で春季（3～5月）に平均オゾン濃度が高いこと、夏季に濃度の変動が激しいこと、山地のほうが平野より高濃度になり夜間も濃度が低下しにくいこと、秦野市を挟んで東側の伊勢原と平塚の高濃度頻度が類似し、西側でも小田原と南足柄の高濃度頻度がある程度似ているといった傾向が見られた。

また、周辺地域の観測結果を解析した結果、オゾン生成の原因物質（前駆物質）は1980年代より大きく減少しているが、オゾン濃度は上昇している。オゾン濃度は植物の生長期間の一部である春季に特に急激に上昇していることがわかった。また、オゾン生成の前駆物質であるVOC/NO<sub>x</sub>比は近年は低下後、一定もしくは少し上昇傾向にあり、近年は濃度の地域間における差が少なくなっていることなども確認できた。

AOT40については、オゾン濃度の上昇に伴いAOT40の上昇が見られ、特に春季は2000

年代後半では1990年代の約2倍にまで上昇している。丹沢山地の測定局である犬越路のAOT40は他の地域よりも高い状態にあることがわかった。また、1990年代から夜間のAOT40が全日のAOT40に占める割合が上昇してきており、夜間のオゾン曝露が進んでいること、横浜・川崎地域で日中のAOT40が他地域より低い傾向があり、都市域からの輸送によって夜間のAOT40は三浦半島東地域や相模湾東地域で高い傾向がある、夜間が占める割合は特に春季と冬季で急激に上昇し、3～6月の夜間の曝露が激しくなっていると考えられる、などがわかった。

#### (イ) 丹沢山地へのオゾンの輸送経路

丹沢山地の上空の空気塊がどのような経路を経て移動してきたかを調べるために、後方流跡線解析<sup>注)</sup>を実施した。

<sup>注)</sup> 後方流跡線解析とは、到達地点にある空気がどのような経路を経て運ばれてきたかを調べるため、過去の風向風速データなどを使って時間を遡って移動経路を調べる解析のこと。

オゾン濃度の高い23例について後方流跡線解析を行った結果、犬越路局に到達する経路は大きく2つのパターンがあることが分かった(図1-2)。一つは、東海・関西方面から犬越路局へ輸送されてきたパターン(3例)、もう一つは、関東方面から輸送されたパターン(20例)である。犬越路局で100 ppb以上のオゾン濃度が測定された多くの日は、関東地方からの輸送されたものであることが後方流跡線解析から分かった。

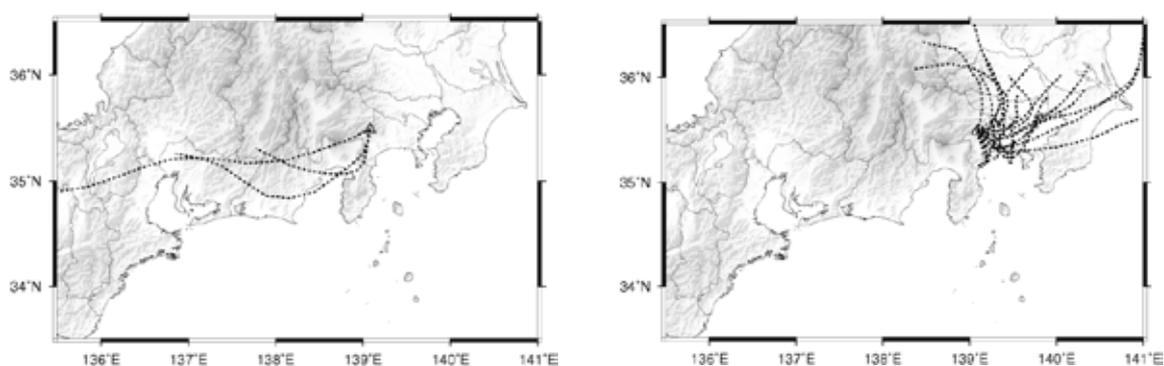


図1-2 後方流跡線解析の結果

(左図：東海・関西方面からの輸送された3例、右図：関東方面から輸送された20例)

#### (ウ) 丹沢上空におけるオゾン濃度の把握

丹沢山地におけるオゾンと気象要素(風向風速、温湿度)の立体分布を把握するために、オゾンゾンデ観測を実施した。ゾンデ観測は、自由気球に観測機器を取り付けて300 m/分で飛揚し、上昇中に外気と高度を測定することにより、各要素の高度分布を観測するものである。

2009年春季(3月)のゾンデ観測(図1-3の左の図)では、高度1,000 mから5,000 mの広い範囲にオゾンのピークが見られ、このパターンは愛媛県松山市でのオゾン観測と類似しており、東アジアを起源と考えられる対流圏起源のオゾンの層が存在すると考えられる。2009年8月と2010年7月の夏季は1,000 m付近にオゾンのシャープなピークが認められ

る（図1-3の中央、右の図）。特に2010年の場合には、500 m、1,000 m付近と上空8,000 から9,000 mにピークを持つ複雑な構造になっていた。上空の500 m、1,000 m付近のピークは海陸風循環の影響によるものと考えられ、下層500 mのピークは南寄りの風である海風領域、上層1,000 mのピークは北寄りの風である陸風領域に対応している。



オゾンゾンデ観測風景

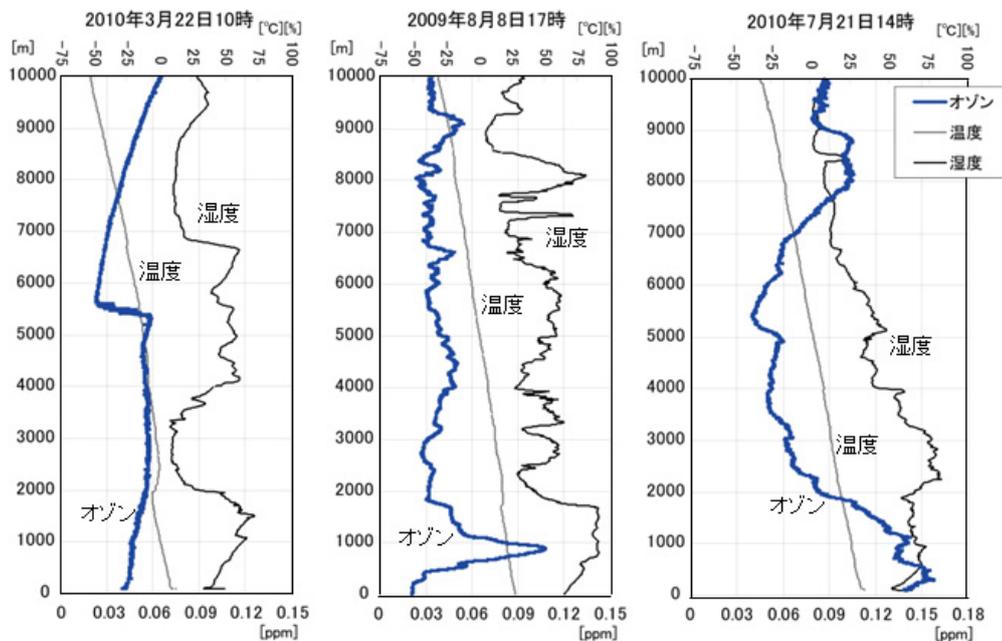


図 1-3 オゾン濃度、温湿度の鉛直分布

(左図：2010年3月22日10時放球、中央の図：2009年8月8日17時放球、右図：2010年7月14時放球)

また、丹沢山地の上空の気象やオゾン濃度を解析するために、コンピュータによる数値シミュレーションを実施した。

2010年7月21日10時におけるオゾン濃度の鉛直分布の観測結果と大気質モデル結果を図1-4に示す。オゾンゾンデ観測結果では、大気境界層<sup>注)</sup>内ではほぼオゾン濃度は一定で、大気境界層より上空では減少する傾向であった。大気質モデルの結果も同様な傾向を示した。大気質モデルが観測値を再現していることから、今後はオゾン濃度の高い春季についてもシミュレーションを行い、オゾンの高濃度発生メカニズムを解析する予定である。

注) 大気境界層とは、地上面の影響を受ける気層のことで、その厚さは地上から数 km である。

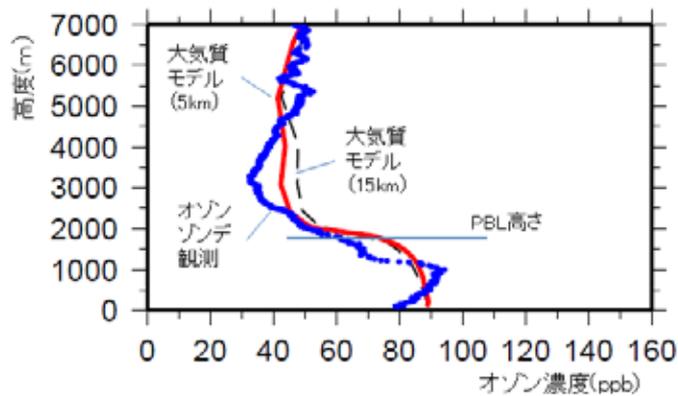


図1-4 オゾンゾンデ観測と大気質モデルによるオゾンの鉛直濃度分布（2010年7月21日10時）（点  
は実測、実線は大気質モデル5km計算格子間隔、破線は大気質モデル15km計算格子間隔の結果）

## ウ ブナの複合的な衰退機構の解明

### (ア) オープントップチャンバーによる野外実験

犬越路観測所において、オープントップチャンバーを用いた野外実験を行ったところ、環境大気を通気したチャンバー（環境大気チャンバー）内で育成したブナ苗は、秋にクロロフィル量が低下し、落葉の早期化が確認された。ブナの生長量を根元直径（D）、樹高（H）より $D^2H$ として評価したところ、環境大気チャンバーのブナ苗の生長量は、浄化空気を通気したチャンバー（浄化チャンバー）内で育成したブナ苗に比べ、平成19年11月に約70%低下し、オゾンによるブナ苗への影響について確認できた。また、ブナの葉の蒸散量、純光合成速度、気孔コンダクタンス等を測定した結果、すべての指標について、環境大気チャンバーと浄化チャンバーで有意な差が見られた。

### (イ) ブナ林衰退地域における総合植生モニタリング手法の開発

丹沢のブナの衰退実態を全国の状況と比較しつつ把握するため、全国規模でのブナ林の衰退実態調査への展開が可能となるような簡易かつ効率的な総合植生モニタリング手法の開発を目的に、全国の12機関と国立環境研究所からなる総合植生モニタリングネットワークを構築し、総合調査マニュアルを作成するとともに試行的な調査を実施した。

調査項目は葉の葉緑素含有量（SPAD値）、目視衰退度、パッシブサンプラーによるオゾン濃度の観測とした。その結果、神奈川県の大津では静岡県や福岡県よりもSPAD値が低く、また福岡県の英彦山とともに他の4県より、枝及び樹木全体に異常が見られるブナが多く見受けられた。また、オゾン濃度は福岡県とともに高くなる傾向があった。このように、マニュアルに基づき統一調査を試行し、目視衰退度及びオゾン濃度において福岡県と神奈川県の大津で類似性が見られたこと、一方でSPAD値が大きく異なっていることなど、各ブナ林の特徴を把握し、衰退に対する影響因子等を推定できる可能性を示すことができた。

### エ ブナ苗の成長、植物生理学的要因に及ぼすオゾンガスの影響調査

ブナの苗木に対し、オゾンガスを人工的に数時間暴露し、その後、光合成生産物の樹体各部位への転流パターンにどのような変化が生じるかを調べた。6時間のオゾン暴露を1回実施したところ、各器官へ転流の度合いを示すRSA（寄与率）は葉、1年枝、旧枝ではオゾン

処理の有無による差がなく、細根と幹においてはオゾン処理により低下するなど、オゾン暴露が各器官への分配パターンの変化を引き起こすことが分かった。また、6時間の暴露を間隔を空けて3回実施したところ、葉緑素含有量（SPAD値）がオゾン処理により低下することが把握された。

## オ ブナハバチの発生状況モニタリング

ブナハバチの発生状況モニタリングの手法を開発するとともに、蓄積されたモニタリングデータを解析し、大規模な被食の発生条件の解明を図った。

### (ア) 繭モニタリング

モニタリング定点は、繭密度が上昇しやすいと考えられる山頂付近の南向き斜面に生育するブナ高密度林分に設定した。繭調査のための土壌採取箇所は繭密度が高くなるブナの樹冠下の地表近くの深さ2cm土壌とした。調査地は三国山、菰釣山、大室山、檜洞丸及び丹沢山とした。その結果、被食規模の小さい三国山、菰釣山では繭は低密度で推移した。一方、大規模な被食の発生する大室山、檜洞丸、丹沢山では繭が高密度で推移することが確認された。さらに、近年発生の中心となっている大室山や檜洞丸では繭密度が上昇傾向にあることが把握された。

### (イ) 成虫と展葉モニタリング

成虫を効率よく捕獲する手法を検討したところ、黄色のサンケイ式衝突板トラップを高木が枯れて林床が明るくなった環境（林冠ギャップ）に設置する手法が有効と考えられた。そこで、丹沢山においてこのトラップを複数の林冠ギャップに1基ずつ設置し、成虫の発生消長を調査した。あわせて、トラップ設置箇所の周辺に生育するブナの展葉モニタリングを行った。具体的には、雌成虫が産卵対象とする展開途中の若葉の出現消長を調査した。その結果、産卵可能な若葉の出現ピークと雌成虫の捕獲ピークが一致するとともにピーク時の捕獲量が多い2007年の被食量が多く、雌成虫発生と展葉のタイミングが一致してもピーク時の捕獲量が少ない2008年と、タイミングにずれが生じた2009年の被食量は少なかった。

### (ウ) 大規模な被食発生条件と被害軽減対策

これらの調査結果から、ブナハバチについては、繭密度が高い、羽化と展葉のタイミングが一致、成虫発生量が多いという3つの条件を満たしたときに大規模な被食が発生すると考えられた。また、これまでの生態解明を踏まえ、繭、成虫及び展葉、卵モニタリングによる被食発生リスクの評価手法を検討し、大規模な被食発生が予測された場合、環境負荷が小さく、かつ本種の生態に応じた防除を実施する必要がある。

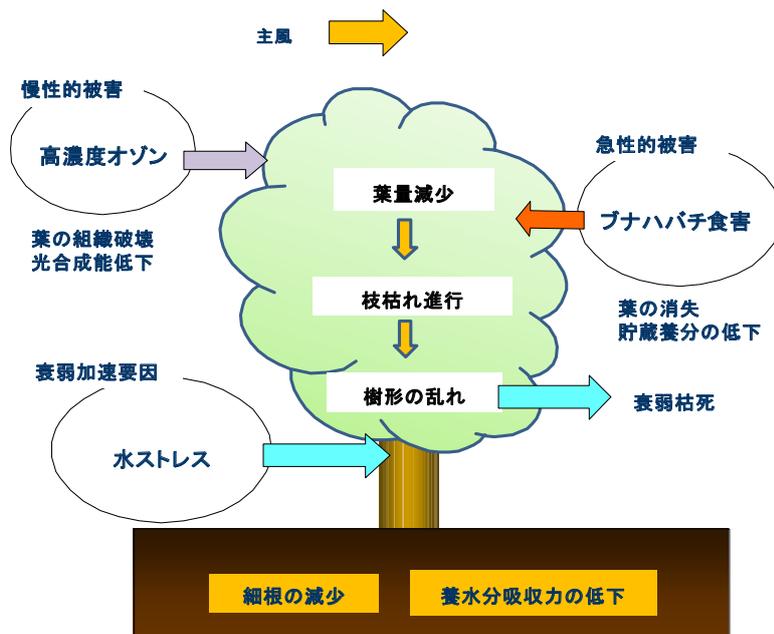


図1-5 ブナ衰退枯死要因関連図

【構成事業④】 植生保護柵などによるブナの稚樹保護対策

(再掲：特定課題VI(希少動植物)④)

<p>(事業内容)</p> <p>ブナの母樹を中心とした植生保護柵を設置し、土壌の乾燥化を防ぐとともに、シカの採食圧から稚樹を守り、天然更新を促す。(VI-2-④)</p> <p>(5年間の数量等) 39.5ha</p>
--

ア 植生保護柵の設置

平成19～23年度に、東丹沢においては、丹沢三峰から丹沢山、塔ノ岳に至る稜線部、蛭ヶ岳から丹沢山に至る稜線部、西丹沢においては、犬越路から大室山、加入道からシャガクチ丸に至る稜線部において、植生保護柵(11.0ha)を設置した。植生保護柵は、維持管理の効率性及び動物の移動を妨げないことを考慮して、1辺50m以下とした。なお、植生保護柵設置箇所については、選定した調査地について、更新状況等の調査を行った(「イ モニタリング」参照)。

また、大山の山頂周辺においては、長年にわたる登山者の利用集中とシカの採食圧によって、裸地化や土壌流出が深刻化しているため、植生保護柵の設置と併せてロープ柵、木道等の設置によって登山者の利用エリアを制限するとともに



植生保護柵の設置効果(竜ヶ馬場付近)  
(平成16年度設置柵、平成24年撮影)

に、土留柵工、むしろ伏工等の施工により山頂部の植生回復を図った。

さらに、これまでに設置した丹沢全域の植生保護柵を対象に、年1回巡回点検を実施した。破損した植生保護柵について修理を行い、植生保護柵の機能維持を図るとともに、既設植生保護柵周辺の柵外において、ウラジロモミ、ミヤマアオダモ等、シカの嗜好性の高い樹種を対象に樹幹保護ネット(シート)を設置し、単木的に母樹の保護を図った。

## イ モニタリング

### (ア) 天然更新木調査

植生保護柵による天然更新促進の効果を検証するため、これまでに丹沢山周辺に設置した植生保護柵内外の天然更新木の生残状況等について調査した。

#### a 堂平

「堂平」では、いずれの樹種も柵外区で生存率は低く、5年を経過して約10%未満に低下した樹種が5種あった。一方、植生保護柵内では、ブナとアオダモ、シオジは林縁部の調査区で生存率が高く、他の樹種は林縁部とギャップとでは大きな差異はなかった。また、樹高(イヌシデ、ブナ、サワシバ、アオダモ、シオジ、サワグルミ)は、植生保護柵内では2011年時点で概ね10cm以上に成長し、ギャップの調査区が林縁部の調査区より高かった。柵外区ではどの樹種も樹高は10cm未満であった。

#### b 天王寺尾根

「天王寺尾根」では、生存率は2年目から柵内外の差異が明瞭になった。柵内では3年経過しても生存率は80%を越えたのに対し、柵外での生存率は9~32%の範囲にあった。樹高は2年経過した時点において柵内外で差異はなかったが、3年目から柵内と柵外の差異が生じ、柵外では10cmを越えることはなかった。(関連:特定課題I(ブナ)①)

### (イ) 種子散布量調査

天然更新に関する調査として、種子散布量の調査を行ったところ、散布種子の樹種組成は年次により変動し、また、各試験区の開空度と散布種子の種数および種子数との関係を見ると、開空度が高くなるにつれて種数と種子数ともに低下する傾向があった。(関連:特定課題I(ブナ)①)

### (ロ) 林床植生調査

天然更新木を調査する一環で林床植生の植被率と種数を「丹沢山」と「天王寺尾根」で調べたところ、柵内外の差異よりも場所の違いを反映した結果になった。すなわち、「丹沢山」ではシカの採食に耐性のあるミヤマクマザサが柵内外ともに繁茂しているため、柵内外ともに植被率は100%程度で、種数は5~15種の範囲で推移した。天王寺尾根では植被率は柵内で高かったが、種数は柵内外で同程度であった。

## ウ 植生保護柵設置の効果

モニタリング結果から、植生保護柵の内側では、ブナ等高木性木本の実生の生育が確認され、植生保護柵の設置が、天然更新に寄与することを明らかにできた。今後は、森林再生の手法として、植生保護柵の設置及び点検・補修等、維持管理を行うとともに、植生保護柵内外の調査を継続し、柵設置の有効性について、引き続き検証する必要がある。

## 【構成事業⑤】 オゾン等に強い丹沢地域産樹種の苗木生産

(事業内容)

オゾン等の影響に強い可能性のあるブナ等の母樹から種子を採取して苗木を生産する。  
(5年間の数量等) 母樹選定・育苗

ブナなど樹木の枯損による大規模なギャップが存在する丹沢山周辺と檜洞丸周辺で、ブナやシナノキ、オオイタヤメイゲツなど冷温帯自然林の構成種から種子を採取して、苗木を育成、ブナ帯森林再生実証事業に活用した。植栽した苗木は、ブナ帯森林再生事業の一環として生存率と樹高成長を追跡調査した。(関連：特定課題Ⅰ(ブナ)①)

平成18年度～22年度にかけて、堂平、丹沢山から竜ヶ馬場の稜線部、檜洞丸に、本事業で生産したブナ440本、シオジ175本、サワグルミ170本、マユミ80本、イタヤカエデ44本、ミズキ16本、フジイバラ5本、アオダモ28本、シナノキ31本、ナナカマド50本、ヤブデマリ85本を植栽した。採取した種子の全ての樹種について苗木をつくることができたわけではなかったが、追跡調査の結果から植栽木の生存率は高いことがわかった。



地域産樹種の種子採取状況



地域産樹種の育苗状況

## (2) 主要施策：ブナ林の衰弱・枯死影響の低減対策

《施策内容》

奥山域でのブナ林衰退の原因となるシカの生息密度を低減するとともに、ブナ帯森林の土壌流出防止のため土壌保全対策を実施し、林床植生の回復を図ります。また、土壌の安定や、希少植物を保全するための植生保護柵を設置します。

## 【構成事業⑥】 シカの個体数調整 (再掲：特定課題Ⅴ(シカ)①)

(事業内容)

奥山域の国立公園特別保護地区周辺ではシカの密度が高く、林床植生の劣化が著しいのでシカの管理捕獲による高密度化の低減を図る。(V-1-①)

(5年間の数量等) 5頭/km<sup>2</sup>未満

注) 本事業の実施状況は、特定課題Ⅴ(シカ)①に記載のとおり。

## 【構成事業⑦】林床植生消失地における土壌保全対策（再掲：特定課題Ⅳ（溪流）③）

（事業内容）

ブナ林の保全のため、急斜面用の保護柵と土留工を組み合わせた土壌保全工により、ブナ林の土壌を安定化させ林床植生の回復を図る。（Ⅳ-1-③）

（5年間の数量等）58.5ha

### ア 土壌保全対策

平成19年度から23年度にかけて、塔ノ岳から丹沢山、蛭ヶ岳に至る稜線部及び堂平において、植生保護柵を設置するとともに、金網筋工、リターロール工、ネット付き丸太筋工等、土壌保全対策として新たに開発した工種の土壌保全対策工を併せて79.5ha施工し、目標を上回った。

また、平成19年度にデジタル航空写真撮影、航空レーザー計測を行い、これをもとに平成19年度から23年度にかけて順次詳細地形図を作成し、本事業など森林保全・再生施策の基礎情報を取得した。



土壌保全対策工（ネット付丸太筋工）の状況  
（堂平付近，平成20年度施工，平成24年撮影）



金網筋工の状況  
（堂平付近，平成20年度施工，平成24年撮影）

### イ モニタリング

ブナ林の林床植生衰退地における土壌保全対策事業実施のため、次のとおり、対策手法の開発・改良やモニタリング手法の開発・改良を行うとともに、斜面での土壌侵食現象や下流への微細土砂流出現象に関する基礎的データをフィールドで取得した。

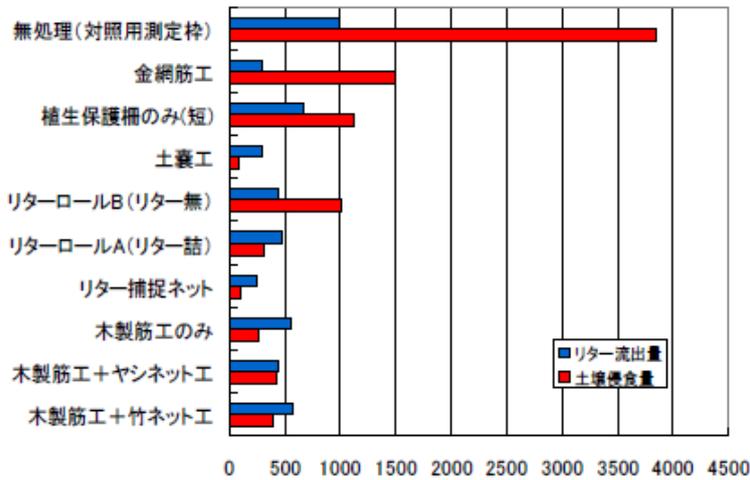
#### （ア）自然林内における土壌保全対策手法の開発（手法検証）

堂平地区において、平成17～18年度に試験的に施工した土壌保全対策工を対象として、各施工の翌年度から冬季を除いて月に1回程度土壌侵食量、植生被度、リター堆積量等を測定した。また、林内雨量等の付帯情報も併せて測定し、現地モニタリングの結果を踏まえて各種対策工の評価を行い、適性を整理した。現地モニタリングにより、次の結果を得た。

##### a 土壌侵食量

すべての対策工種において、設置の翌年度に土壌侵食量の軽減効果が認められた。しかし、その後の経年変化では、効果が増加する傾向の工種と低下するものがあった（図1-6, 1-7, 1-8）。特に、植生保護柵では、初期の効果はそれほど大きくなかったが、長期的には、植生の回復とともに土壌保全効果が高くなることが予想される。この結

果を踏まえて、施工にあたっての対策工の特性を整理し（表1-1）、現地条件や目的に応じて対策工を使い分けるための各対策工の特性を把握することができた。



※ リター：落葉、落枝  
 ※2007（H19）年5～9月の5ヶ月間に5m×2m試験区（10㎡）あたりの土壌侵食量又は流出量（どちらも乾燥重g）。  
 ひとつの工種で複数個の試験区がある場合は、各試験区の平均値。

図1-6 施工後1～2年後の対策工種別平均の土壌侵食量とリター流出量

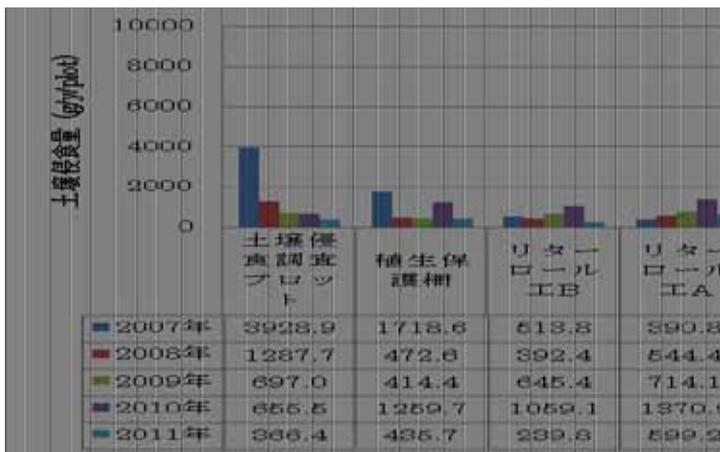


図1-7 H17年施工地におけるH19（2007）～H23（2011）の各対策工の年別積算土壌侵食量（対策工種別平均値）

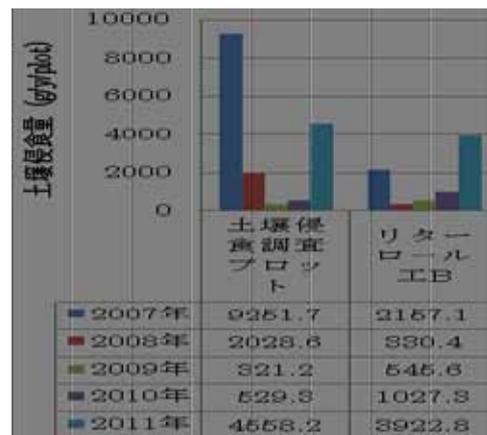


図1-8 H18年施工地におけるH19（2007）～H23（2011）の各対策工の年別積算土壌侵食量（対策工種別平均値）

表1-1 各対策工の土壌侵食軽減効果の特性区分

	土壌侵食軽減効果		
	高	中	低
効果発揮が早く、経年により増加	リター捕捉ネット工 金網筋工		
効果発揮が早く、その後効果はほぼ一定	土嚢工、ヤシネット工、竹ネット工	木製筋工 リターロール工A	
効果発揮が遅い			植生保護柵工 リターロール工B

## b 林床合計被覆率

すべての対策工種で、設置後から対策工の中に設けた調査枠内の林床合計被覆率（植生とリターの合計被覆率）が年々増加する傾向にあり、3～4年目には多くの対策工種で林床合計被覆率が95～100%に達した。また、無施工の対照区においても林床合計被覆率は増加傾向であり、堂平周辺のシカ管理捕獲が影響している可能性が考えられた。なお、林床合計被覆率の同じ施工地と無施工地では、施工地で樹冠通過雨量1mmあたりの土壌侵食量は少なかった。

新たな工法として施工した筋工について、金網筋工の斜面上部には、リター及び土壌の堆積が明瞭に確認されるなど、高い土壌保全効果が得られた。一方で、山腹に設置した金網筋工の斜面下部では土壌の侵食が見られる等の課題も見られている。

また、第一期計画期間中に確認された、簡易な工作物では対処不可能な規模の崩壊地等について、今後、対応方針、工法、施工体制等を検討する必要がある。

さらに、登山道周辺において、踏圧とスズタケ等植生の衰退が複合した原因となって土壌流出が発生している箇所が増加しており、これらの箇所について、木道工や構造階段工で踏圧を軽減することにより、土壌保全を図っていく必要がある。

## c 林床植生合計被覆率と流出率の関係

対策工の効果と水流出に与える影響を検討するために、堂平地区内の既存の試験プロットにおける各種測定結果を用いて林床植生合計被覆率と流出率の関係を検討したところ、林床合計被覆率が増加すると流出率が低下する傾向が認められた。このことから、対策工の施工により林床合計被覆率が増加し、土壌侵食の軽減効果に加えて、林内に降った雨の地表面を流れる割合の低下と地中浸透割合の増加により、施工地下流への安定的な水の流出につながると考えられる。

※流出率＝林内に降った雨（樹冠通過雨量）のうち地中に浸透せずに地表面を流れる水の割合。

## d 簡易土壌侵食量推定手法の開発

これまでに蓄積したモニタリングデータを活用し、土壌侵食量を簡易に推定する手法を開発した。すなわち、現地の林床状態を撮影した写真（図1-9）から林床植生及びリターの被覆率を求めて、林床合計被覆率と樹冠通過雨量1mmあたりの土壌侵食量の関係式（図1-10）により推定する手法である。この手法により試験プロット以外の場所でも一定の精度により土壌侵食量を把握することが可能となった。



左：1m×1mコドラート写真 右：灰色部分は植生，白い部分はリター

図1-9 植生・リター被覆率測定図

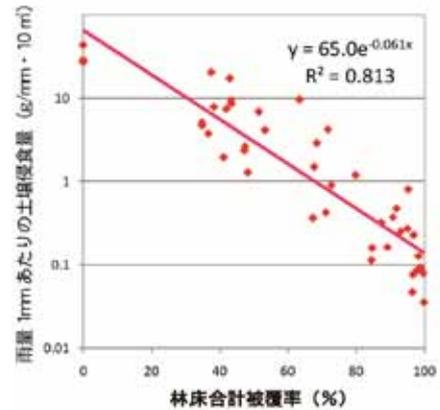


図1-10 樹冠通過雨量1mmあたりの土壌侵食量と林床合計被覆率

### e 土壌保全対策手法開発の成果

各種モニタリング結果から、丹沢大山総合調査で提案された特別保護地区の自然林内で緊急に土壌を保全する環境負荷の少ない手法の開発については、概ね達成できたと思われた。その一方で、土壌保全対策の必要な地域の拡大が見られることから、施工地の範囲を拡大するとともに、今後は、シカの保護管理対策、植生回復対策、土壌保全対策を組み合わせることによって奥山域の再生を図る必要がある。

## (イ) 流域全体の土壌侵食モニタリング手法の開発

### a 流域スケールの土壌侵食モニタリング基礎調査

植生保護柵や土壌保全工の設置、シカ管理捕獲等の対策と効果検証が行われていることから、堂平沢及びワサビ沢の2流域を選定し、堂平沢及びワサビ沢のそれぞれ標高710m地点の既設治山ダムの放水路付近に水位計、濁度計を設置し、データロガーにより10分間隔で水位と浮遊土砂濃度を記録し、現地で実測したデータから流量や浮遊土砂量等を算出し、また、既存の土壌侵食量調査枠（閉塞枠）において継続して土壌侵食量と樹冠通過雨量を測定した。得られたデータから雨量と斜面土壌侵食量の関係等について検討した。

#### (a) 雨量と浮遊土砂濃度の関係

一雨雨量と浮遊土砂量の関係を、季節ごとに分けて分析した。なお、浮遊土砂が濁度計で計測された降雨を1イベントの降雨とした。24時間以上降雨がない状態が続いた場合、別のイベントとした。1イベントの降雨での総雨量を、一雨雨量とし、1イベントの降雨で発生した総浮遊土砂量を、浮遊土砂量とした。ワサビ沢と堂平沢における一雨雨量と浮遊土砂量の関係を図1-11に示す。雨量と浮遊土砂量の関係には正の相関があることが分かった。また、同一の雨量に対し夏期は、春期と秋期に比べて浮遊土砂量が大きくなる季節性が見られた。



図1-11 ワサビ沢及び堂平沢における一雨雨量と浮遊土砂量の関係（2009，2010年）

(b) 流量と浮遊砂濃度の関係

10分間毎に観測された流量と浮遊土砂量の関係を、季節ごとに分けて分析した。ワサビ沢と堂平沢における流量と浮遊土砂量の関係を図1-12に示す。浮遊土砂量は流量に対して指数関数的に増大していた。また、同一の流量に対し夏期は、春期と秋期に比べて浮遊土砂量が大きくなる季節性が見られた。



図1-12 ワサビ沢及び堂平沢における流量と浮遊土砂量の関係（2009，2010年）

(c) 土壌侵食量と浮遊土砂量の関係

土壌侵食量と浮遊土砂量の関係を、季節ごとに分けて分析した。土壌侵食量は、上流の土壌侵食量調査用枠のうち閉鎖枠のデータを用いた。ワサビ沢と堂平沢における土壌侵食量と浮遊土砂量の関係を図1-13に示す。上流の土壌侵食量と浮遊土砂量の関係には正の相関があることが分かった。したがって、土壌侵食と浮遊土砂は別個の現象ではなく、流域の土壌侵食が浮遊土砂生産に影響を与えていると考えられた。

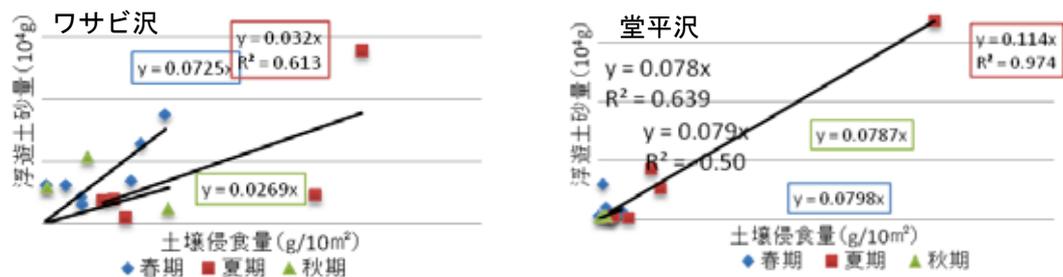


図1-13 ワサビ沢及び堂平沢における土壌侵食量と浮遊土砂量の関係（2009，2010年）

#### (d) モニタリング手法について

斜面の土壌侵食でみられる季節性や流量の増加に応じた土壌侵食の時系列変化が、下流の堂平沢の濁質物質の流出特性にもみられたことから、両者が密接に関係している可能性があり、下流の濁質物質の流出を評価することにより流域全体の土壌保全効果を検証できる可能性が考えられた。

#### b 流域を対象にした土壌保全マニュアルの発行

平成17年度以降の丹沢大山保全緊急対策事業や丹沢大山保全・再生対策の成果を元に、学識者を委員とした検討会議で検討を加えて取りまとめ、平成20年度に発行した。今後は、マニュアル作成時点以降のモニタリングで得られた知見を反映させてマニュアルを改訂する必要がある。

### 【構成事業⑧】 絶滅危惧種及び希少植物の保護・回復

(再掲：特定課題VI(希少動植物)②)

(事業内容)

ブナ林帯で確認された希少植物を植生保護柵等で囲い、健全なブナ林帯の生態系を保全する。(VI-1-②)

(5年間の数量等) 0.9ha

#### ア 植生保護柵内での希少植物種の生息状況

平成20年度の大室山の植生保護柵内の植生調査では、「神奈川県レッドデータ生物報告書(2006)」に記載されている絶滅危惧種である、ルイヨウボタン(絶滅種)とミヤマアオダモ(絶滅危惧種IA類)、オオモミジガサとレンゲショウマ(いずれも絶滅危惧IB類)、カラクサシダ(絶滅危惧II類)を確認した。これらのうち、オオモミジガサとレンゲショウマの2種はシカの採食を減少要因とする植物である。この2種は柵外の調査では確認できなかったことから、柵で保護されていると判断された。なお、絶滅種扱いのルイヨウボタンは近年シカの影響を受けている各地で発見されていることから、シカの不嗜好性植物の可能性はある。平成22年度の大室山の調査では、新たに柵内でアマニュー(絶滅危惧IA類)を確認した。この種もシカの採食を減少要因とする種である。

#### イ 希少植物種の回復状況

平成20年度の丹沢山の調査では、柵の設置年の違いによる絶滅危惧種の回復状況を調査した。その結果、シカの採食圧を長く受けた後に柵を設置しても回復しづらい種があることがわかった。その例として、ハルナユキザサ(絶滅危惧IB類)とオオモミジガサがあり、レンゲショウマとクルマユリ(絶滅危惧IA類)もその可能性がある。また、絶滅危惧種ではないがオオナルコユリやコウモリソウも設置年の違いで回復状況が異なっており、今後個体数が減少していく可能性がある。

第1期計画以前の成果も含めると、これまでに植生保護柵内で確認された絶滅危惧種は20種におよび、そのうちの15種はシカの採食を減少要因とする種であることから、植生保護柵により、希少植物の保護が図ることができたと言える。一方で、時間の経過した柵内では遷移が進むことで、絶滅危惧種が地上部から消失した場合もあることから、そうした種の保護

の方法について検討する必要がある。

### (3) 主要施策：ブナ林再生に関する情報集積・提供

#### 《施策内容》

ブナ林衰退機構解明の研究成果や丹沢各地で収集、蓄積されたモニタリング結果を自然環境情報ステーション（e-Tanzawa）に集積し、情報提供します。

#### 【構成事業⑨】 県民・関係者への情報提供充実

##### （事業内容）

ブナの衰退原因のデータを解析し、ブナ林への影響を軽減するための対策を研究するとともに、自然環境情報ステーションにより、広く県民に公開する。

（5年間の数量等）システム整備

森林再生における事業やモニタリングが進捗する過程で、樹木実生の識別が困難であることがわかった。そこで、これまでに収集した写真をとりまとめて各事業担当者や調査者に役立つ広葉樹実生図鑑を作成した。

希少植物については、丹沢に関わる県民にその現状を知ってもらうために、これまでに撮影した写真を取りまとめて丹沢の希少植物図鑑を作成した。

また、広葉樹実生図鑑や丹沢の希少植物図鑑、丹沢大山総合調査報告書やブナ林の保全・再生対策などに関する各種指針、マニュアル等を自然環境保全センターのホームページや丹沢自然環境情報ステーション（e-Tanzawa）において公開した。（関連：自然再生に向けた基盤整備②）

また、県民を対象に事業報告会を開催し、平成20年度は「森林における水源かん養機能の評価」、平成21年度は「丹沢山地のブナ林の再生に向けて」をテーマにブナ林再生に関する調査研究及び事業の取り組みを紹介した。

（関連：基盤整備②⑥）

## 2 第2期計画における基本的な方向

### (1) ブナ林の保全・再生対策

#### ア ブナ林衰退地での地域性苗木の植栽

ブナ林衰退地での地域性苗木の植栽については、国定公園特別保護地区における植栽の是非を議論する必要があり、当面は試験として植栽木を追跡調査していく。

また、主稜線部において上層植生が衰退し、ギャップとなっている区域が増加しており、天然下種更新が困難と推測されることから、森林再生の実証試験として、竜ヶ馬場の西斜面でブナ等高木種が大規模に枯死している場所などで、国有林と共同で森林再生試験を実施し、追跡調査を継続する。また、新規事業の大規模ギャップ森林再生試験では種子播種とササ刈り取りを組み合わせて森林再生の可能性を探っていく。

## イ ブナ林等の衰退機構の解明

ブナ林等の衰退機構の解明については、これまでに検討したモニタリング手法と生理活性指標を活用し、現地の複雑な地形に対応した衰退実態と大気環境との関係を解明するためのモニタリング調査を実施する。また、前駆物質である窒素酸化物等の濃度は減少しているが、山岳地域でAOT40が上昇していること、夏期に地上1000m付近にオゾンのピークが観測されたことから、引き続きブナ林への影響が懸念されるため、定期的に大気環境のモニタリングを実施する。また、ブナハバチについては、低減対策として被食軽減対策の手法開発と効果検証に重点的に取り組む。なお、これまでの知見を活用し、保全再生事業の実施を支援するための保全対策マップを作成する。

## ウ 植生保護柵の設置

植生保護柵の設置については、ブナ稚樹の保護のみを目的とした植生保護柵ではなく、土壌保全対策として筋工等の土壌保全対策工事と組み合わせた植生保護柵の設置を実施する。また、第1期計画で設置した植生保護柵の内外の植生の調査を継続し、希少種、土壌保全さらには後継樹育成に対する植生保護柵の有効性を検証していく。

## (2) ブナ林の衰弱・枯死影響の低減対策

### ア 植生保護柵の設置

各種モニタリング結果から、西丹沢地域においても林床植生の後退が進行していることが明らかになっており、第2期計画においては、檜洞丸、蛭ヶ岳一帯の稜線部をはじめ、より西部の石棚山、ヤタ尾根等での植生保護柵等の施工を実施する。

### イ 土壌保全対策

新たな工法として施工した各種筋工について、一定の効果は確認されたが、モニタリング結果等から、長期的な土壌保全効果は植生保護柵の方が高いと考えられることから、第2期計画では、植生保護柵の設置に重点を置き、筋工等の土壌保全工法については、施工箇所、資材に検討を加えながら補助的に施工する方針とする。

### ウ 土壌保全対策の検証について

ブナ林内の斜面における土壌保全対策の検証については、第1期でかなりの知見が得られた。しかし、下流に与える影響については定量的な検証までは至っていないため、第2期においては、流域スケールの検証手法の開発のほうに研究の重点をシフトさせる。

### エ 関係機関等との連携

ブナ林再生におけるシカ管理・植生回復・土壌保全の総合的な対策の推進を視野に入れ、関係機関との一層の連携を図るとともに、別事業（大規模ギャップ森林再生試験や水源林整備）で柵を設置している箇所があるため、その柵においても希少植物の生育状況を調べていく。

## (3) ブナ林再生に関する情報集積・提供

引き続き、各種モニタリングデータや事業結果について集積し、研究成果と合わせて、自然環境情報ステーション等などを通じて、広く県民に情報提供するとともに、順応的な事業実施と評価への活用を図る。