

## 2-4 個別研究の年次実績

### (1) ブナ林再生事業地の順応的推進手法の開発

- (1) 課題名 (1) ブナ林再生事業地の順応的推進手法の開発 —総括—  
(2) 研究期間 平成 29～33 年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計 丹沢大山保全・再生対策事業費）  
(4) 担当者 山根 正伸・齋藤央嗣・内山佳美・倉野 修

#### (5) 目的

丹沢山地の奥山域のブナ林では、ブナ等高木の枯死とシカによる更新障害によって、森林の疎林化や草地化・裸地化が問題となっている。そこで、第3期丹沢大山自然再生計画（平成 29～33 年度）に基づき、平成 29 年度から健全なブナ林環境を再生するため、ブナを保全するブナハバチ対策と更新木を保護・育成し、森林へ再生する技術を組み合わせ、効果的なブナ林再生事業を実施している。

各機関との連携を図り、事業を推進するため、令和元年度は平成 29 年度に作成した丹沢ブナ林再生指針を活用し、ブナ林再生研究プロジェクトの推進、ブナ林再生に係る調整会議の開催、研究成果の報告、外部研究機関との連携に取り組んだ。



図-1 丹沢ブナ林再生指針

#### (6) 方法

##### ① 令和元年度ブナ林再生研究プロジェクトの推進

ブナ林再生事業の効果検証モニタリング等を推進するため、他機関・大学との個別課題およびプロジェクト全体計画について、昨年度の成果と今年度の計画および成果とりまとめに係る会議を行った。

##### ② ブナ林再生に係る調整会議（所内ワーキング）の開催

植生保護柵設置、シカ捕獲、ブナハバチ防除、効果検証モニタリングを組み合わせるブナ林再生事業を効果的・順応的に実施するため、自然環境保全センター内の関係各課で事前調整するための所内ワーキングを開催した。

##### ③ 外部研究機関との連携

衰退要因であるオゾン、水ストレス、ブナハバチの各課題の解決と対策を効果的に実施するリスクマップ作成のため、県機関である環境科学センター、農業技術センター、東海大学、京都府立大学、酪農学園大学等との共同研究を実施した。

#### (7) 結果の概要

##### ① 令和元年度ブナ林再生研究プロジェクトの推進

研究プロジェクトを推進するため、以下の会議を開催した。なお、本会議は、新型コロナウイルス感染防止のため、令和 2 年度当初に改めて書面開催とした。

○令和元年度ブナ林再生研究プロジェクト打ち合わせ会議

日 時 令和2年3月12日(木) 10:30~16:30

(新型コロナウイルス感染対策のため中止。令和2年6月に文書で開催した)

場 所 自然環境保全センターレクチャールーム

出席者 自然環境保全センター、環境科学センター、農業技術センター、東海大学、桜美林大学、京都府立大学、酪農学園大学の関係者

内 容 令和元年度実施状況と令和2年度計画の報告および第3期成果とりまとめについて議論した。

② ブナ林再生に係る調整会議(所内ワーキング)の開催

ブナ林再生事業における所内各課連携を推進するため、以下の会議を開催した。

○令和元年度第1回ブナ林再生に係る調整会議

日 時 令和元年7月25日 14時30分~16時30分

場 所 レクチャールーム

出席者 自然環境保全センター研究連携課、野生生物課、自然公園課、県有林経営課、県有林整備課、足柄出張所、自然再生企画課の関係者14名

内 容 ブナ林再生の取組みと調査研究の概要、重点地区(檜洞丸)における実施事業の進捗状況(土壌保全対策(植生保護柵等)、シカ管理捕獲、モニタリング)等について議論した。

③ 外部研究機関との連携

令和元年度は以下の機関と連携して調査を実施した。

○庁内機関との連携

ブナ林への大気影響: 環境科学センター

オゾン等の植物影響: 農業技術センター

○大学等への受託研究

ブナ林の水分生理調査: 京都府立大学

丹沢山地森林変遷解析(ドローン活用): 酪農学園大学

○協定による大学等の連携

ブナハバチの生態解明と防除技術の開発: 東海大学・桜美林大学

○その他の共同研究

ブナハバチ天敵調査: 森林総合研究所、神奈川県生命の星・地球博物館

(8) 今後の課題

第3期の5か年計画の4年目にあたる令和2年度は、引き続きブナ林再生研究プロジェクトやブナ林再生に係る調整会議において、各機関や所内各課との連携を強化し、効果的・順応的なブナ林再生事業の進め方を確立していくとともに、中間とりまとめについて及び次期取組について検討する必要がある。

(9) 成果の公表

各個別課題に記載の通り。

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
 A 総合モニタリングによるブナ林再生事業の効果検証

- (1) 課題名 Aa ブナ林再生事業地における植生モニタリング  
 (2) 研究期間 平成 24 年度～  
 (3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費（ブナ林等の調査研究費）  
 (4) 担当者 山根 正伸

(5) 目的

当センター研究連携課は、これまでに行ってきたブナ林の衰退機構の解明と再生技術の開発の成果をとりまとめ、平成 29 年 6 月に『丹沢ブナ林再生指針』を作成した。その中において、樹木が集団で枯死して形成された林冠ギャップ（以下、大ギャップ）で植生保護柵の設置やシカの捕獲、ブナハバチの防除を集中かつ連携して行うことにより、森林が再生する道筋（再生ロードマップ）を提示した。本課題では、平成 29 年度から重点対策地区としている檜洞丸の大ギャップにおける森林の再生ロードマップの検証の一環として、当センター関係各課が連携して事業を実施するとともに、森林の再生過程を追跡調査することとした。平成 29 年度に調査地の設定と柵設置前の事前調査を行い、続いて追跡調査を行った。調査は（株）玉野総合コンサルタントへの業務委託で行った。

(6) 研究方法

① 調査地

檜洞丸山頂付近の大ギャップ 2 箇所に植生保護柵を 4 基設置し、その内外に調査区を設定した（表 1；HF10, 14, 15, 30。図 1）。各調査区は 2m×10m の带状区を 2 セット、带状区を 2m 間隔に区分し、2m 四方枠を 10 個とした。草本層の植生はシロヨメナなどの高茎草本から構成されている。



図-1 調査地の位置

② 調査方法

各調査区で光環境と植生、更新木を調査した。光環境は、各調査区の 5 地点（四隅と中央）で高さ 1m と 2m の位置で魚眼レンズ付デジタルカメラにより天空写真を撮影した。植生調査では、2m 四方枠ごとに高さ 1.5m 以下を草本層として全体の植被率と出現種の被度を記録した。更新木調査では、高木性及び小高木性樹木の稚幼樹について、5cm 以上の個体の脇にナンバリングテープ付針金

を設置して樹高（鉛直高）を1cm単位で測定した。すべての調査を7月下旬から9月中旬に実施した。

## (7) 結果の概要

大ギャップの開空度は高さ1m地点で37～59%あり、平成30年度の結果とほぼ同じ範囲であった。柵内外ともに草本層の高さは0.6～1.1m程度、植被率は91%以上を占め、バライチゴやシロヨメナ、ホソエノアザミが優占していた。

樹木の稚樹では、ミヤマイボタとアオダモ、ヒコサンヒメシャラの密度が高く、ブナの密度は低かった（図2）。稚樹の最大樹高は60～111cmで、カマツカ（170cm）で、次いで、イヌシデ、マメザクラ、ミヤマイボタ、ニシキウツギ及びびマメグミで、最大樹高は、全般的に植生保護柵内で高い傾向が認められた。稚樹の樹高階分布を平成29年度及び平成30年度と比較すると、柵内では上位に進階するか個体数（密度）が多くなっていた。柵外では30cm階で個体数（密度）が増加しているものの、上位（120cm階）に進階しているものは無かった（図3）。

表-1 檜洞丸調査地の概要（令和元年調査結果）

調査地点	柵	開空度 高さ1m	草本層測定値(平均)		種数 (/4m <sup>2</sup> )
			高さ(m)	植被率(%)	
HF10	内	36.9	1.1	97.4	28.3
	外	56.3	1.0	98.6	25.4
HF14-1	内	59.2	1.0	97.8	29.3
	外	48.5	0.7	97.6	21.0
HF14-2	内	51.2	0.8	93.9	27.5
	外	53.6	0.6	91.7	24.0
HF15-1	内	37.4	0.6	96.9	29.6
HF15-2	内	54.6	0.9	98.3	23.0
HF30	内	45.5	1.0	94.8	26.3
	外	53.3	0.8	94.1	25.9

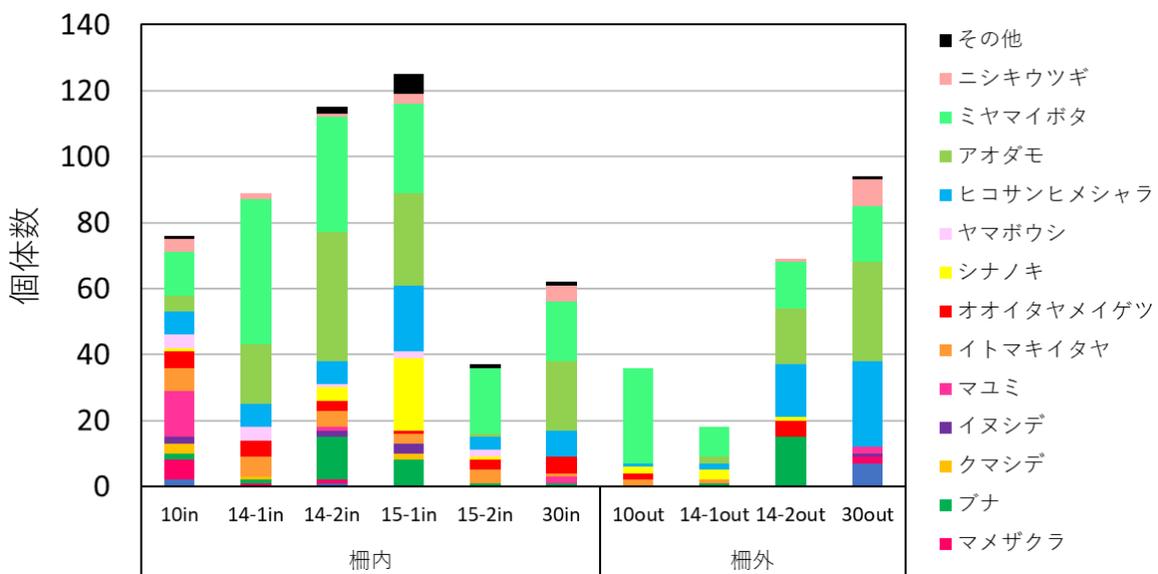
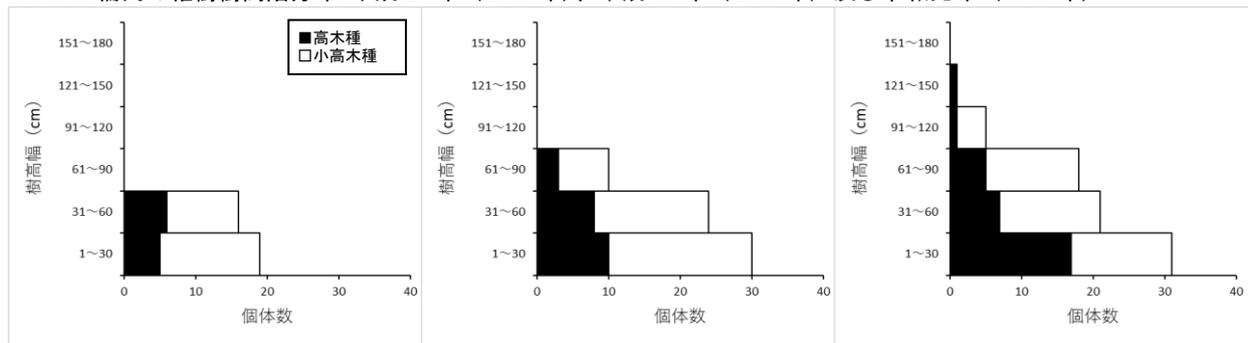


図-2 各調査地点における更新稚樹の個体数（40m<sup>2</sup>当たり）

Plot10 柵内の稚樹樹高階分布. 平成 29 年 (2017 年)、平成 30 年 (2018 年) 及び令和元年 (2019 年)



Plot10 柵外の稚樹樹高階分布. 同上

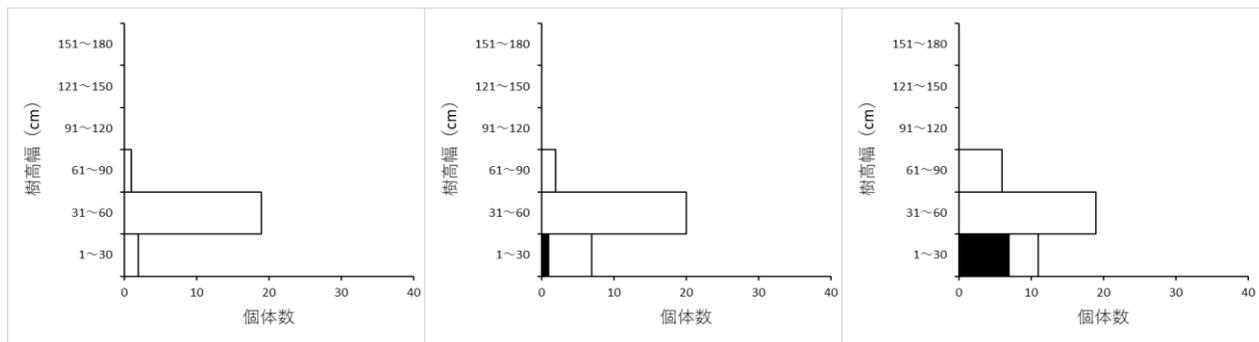


図-3 Plot10 における稚樹樹高階分布の変化

### (8) 課題

- ・ 初期段階の調査が終了したので、5 年程度の間隔を置いて追跡調査を行う。

### (9) 成果の発表

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. *Ecol Res* 34: 160-170.

Tamura A, Nakajima K (2017) Effects of 10 years of fencing under a gap and closed canopy on the regeneration of tree seedlings in an old-growth Japanese fir (*Abies firma*) forest overbrowsed by sika deer. *Journal of Forest Research* 22: 224-232.

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. 神奈川県自然環境保全センター報告 14:67-73.

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
A 総合モニタリングによるブナ林再生事業の効果検証

- (1) 課題名 Ab ブナ林再生事業地の衰退状況モニタリング  
(2) 研究期間 平成 29～33 年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策事業費）  
(4) 担当者 山根正伸・雨宮 有・倉野 修

(5) 目的

第 3 期丹沢大山自然再生計画に係るブナ林再生事業とその効果検証モニタリングの効果的な実施に向けて、ドローン等の無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）を活用した事業地一帯の衰退の実態について詳細に把握することを目的とする。今年度はドローンを用いてブナの衰退状況とブナハバチ食害状況を効率的・省力的に把握するため、ドローン空撮を行い、撮影画像の処理について検討した。

(6) 方法

檜洞丸山頂一帯でブナハバチによるブナの葉食が終了する 8 月上旬に、ドローン空撮を行い、撮影データからオルソ画像および数値表層モデル（DSM：Digital Surface Model）を作成し、ハバチ被害木の同定、ブナ衰退状況の判定の可否を検討した。なお、ドローン空撮は（株）CTI アウラへの委託で、解析は酪農学園大学の鈴木透准教授との共同研究（一部委託）で行った。

① ドローン空撮

①-1) 使用機材等

- ・使用機体：DJI Phantom4 Pro V2（機体番号：11CUF7K0A50179）
- ・撮影精度：オルソ合成時 1 ピクセル約 3 cm（高度 100m 撮影時）
- ・カメラスペック：センサー：1/2.3、有効画素数 1200 万画素
- ・レンズ：FOV84° 8.8mm/24mm(35mm 換算)、f/2.8～f/11 オートフォーカス（1m～∞）

①-2) 対空標識の設置

緯度・経度の補正に使用するため、対空標識を設置した。位置の取得は、モバイルマップパー100（ジオサーフ社製）を使用した。

①-3) 飛行ルート等

図 1 に示す 2 地区で、①カメラレンズを真下に向けた静止画撮影、②. カメラレンズを真下から前方 30° に傾けた静止画撮影を行う。飛行ルートは、斜面方向に対して平行に加えて、対角に設定する。

② 空撮画像の処理及び解析（鈴木報告書から作成のこと）

画像処理及び解析は、ブナ林の衰退状況の指標となる①ギャップ抽出（土地被覆分類）、②ハバチ被害木抽出、③ブナ健全度（衰退状況）の 3 種類とした。使用ソフトは、画像処理ソフト MetaShape（Agisoft 社）、GIS ソフト ArcGIS（ESRI 社）及び統計解析向けのプログラミング言語 R 画像解析（R Core Team 2019）とした。

ギャップ抽出解析では、撮影画像から RGB オルソ画像を作成し、さらに画像データに含まれる点群データ（ドローンで空中から取得した XYZ 軸の情報）から DSM(Digital Surface Model) を作成し、土地被覆分類の可否、精度を比較検討した。DSM を用いた検討では、地形の標高を除いた地表面の高さ(CHM：Canopy Hight Model)を、点群データから作成した DSM と DEM (Digital Elevation Model) から求め(CHM=DSM-DEM)、高木の抽出を行った。ハバチ被害木の抽出に関しては、RGB オルソ画像を用いて樹冠の色調からの判定の可否を検討した。さらに、単木レベルのブナ健全度の判定については、地上踏査での単木の位置情報との位置精度の比較を行い、ドローンを用いて単木を識別して継続的に追跡調査の可否と撮影条件について検討した。ここで、単木の位置と樹冠の抽出

は、Rパッケージの rRiDAR を用いた。

## (7) 結果の概要

### ① ドローン空撮

撮影枚数は 4,286 枚、撮影対象面積は 32.4ha であった。飛行及び撮影は、令和元年（2019 年）8 月 6 日と 8 月 7 日に行った。飛行当日の飛行時間・天候・風速、カメラ角度、撮影枚数は表 1 のとおりであった。撮影は、地表から 100m～120m の高さにて、カメラを地面に向かって真下に向け、オーバーラップ 90%、サイドラップ 70% の重なりで撮影した。カメラを真下から 30° 傾けて撮影する際も同様のオーバーラップ・サイドラップ設定とした。今回撮影した画像の、地上画素寸法 (GSD) は 3.7cm/pixel である。対空標識については、本調査で取得した位置情報は、昨年度冬の対空標識位置と比較して 0.4m～2m のずれがあることが判明した。これにより、今回の標識位置は参考程度とし、平成 30 年度冬季に取得したデータを使用した。

撮影後は、撮影画像の確認のため、画像の結合は Metashape (旧名 Photoscan, Agisoft 社, バージョン 1.4.1) を使用して、対象範囲内の画像を選択して合成した。

表-1 飛行当日の飛行時間・天候・風速

飛行範囲	実施日	飛行時間	天候等	カメラ角度	枚数
範囲01	2019/8/6	10:30-11:00	曇時々晴、風速1.0m以下	真下	156
範囲01(斜め撮影)	2019/8/7	10:30-11:00	晴、風速1.0m以下	真下から30度	264
範囲02	2019/8/6	12:00-12:15	曇時々晴、風速1.0m以下	真下	140
範囲02(斜め撮影)	2019/8/7	11:05-11:20	晴、風速1.0m以下	真下から30度	219
合計					779

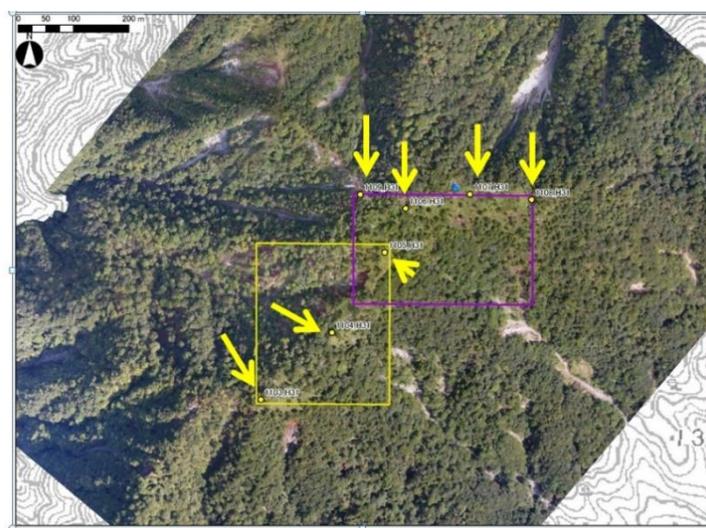


図-1 撮影範囲（四角枠）及び対空標識（矢印）



図-2 撮影範囲の撮影画像例

## ② 空撮画像解析結果

### ②-1) ギャップ抽出解析

類似したカラー情報を持つ隣接するピクセルをまとめるスーパーセル分割手法の「Mean Shift Clustering」処理で類似カラー情報セルをまとめ、CHM データと合わせたクラス数 10 の画像を用いて教師無し分類処理を行った。その結果、高木、低木、地表面を比較的精度良く自動的に分類できた。しかし、地表面の高さが異なる部分で分類誤りがあることから、急斜面を含む地形でドローンが取得する位置情報の精度向上や処理の改良が必要と考えられた。

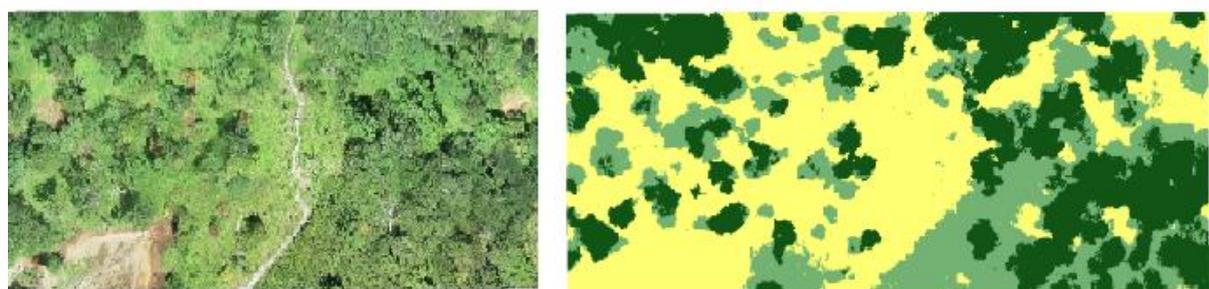


図-3 オルソ画像（左）とオルソ画像・CHM から分類した画像（右）  
緑が高木・黄緑が低木・黄色が地表

### ②-2) ハバチ被害木抽出

オルソ画像を用いて目視で想定したハバチの被害木を判別することが可能であることを検討した結果、色調から容易に判別できた。したがって、適切な時期に比較的高い高度でドローン撮影を行い、RGB オルソ画像を作成することでハバチの被害木は抽出可能と考えられた。

### ②-3) ブナ健全度判定

画像上の適切な単木の位置と樹冠サイズを求めるパラメータについて、試行錯誤的に推定を試みたが、樹冠については正確な抽出が困難であった。この理由として、急傾斜面を含むため DEM と DSM の位置精度が一定でなく、地表面を正確に反映できず樹冠が正確に分離できないこと、広葉樹高木の樹冠形状が複雑なこと等が指摘できる。この解決には、起伏の少ない狭いスケールで画素数を上げた撮影を行うことが考えられた。

さらに、位置精度について、現地踏査で、GPS で取得した単木位置と重ね合わせた結果、ドローン撮影画像で作成したオルソ画像と DSM から推定した単木の位置は当然だが一致していたが、現地調査のデータとは一致しておらず、同一個体を特定することは困難であった。これは現地調査で用いた GPS とドローンで使用した GPS の双方に誤差があるためと考えられる。ドローンの位置精度については RTK や PPK 技術が進歩しているため精度向上は技術的に難しくなく、地上踏査に

についても精度の良い位置情報を取得すること、上述したように狭い範囲での撮影による特定などの改良が考えられる。

以上から、単木の継続モニタリングにドローンを使用するには、起伏が少ない比較的狭い範囲で撮影を行うとともに、現地調査において正確な GPS データを捕捉する仕組みを開発する必要がある。

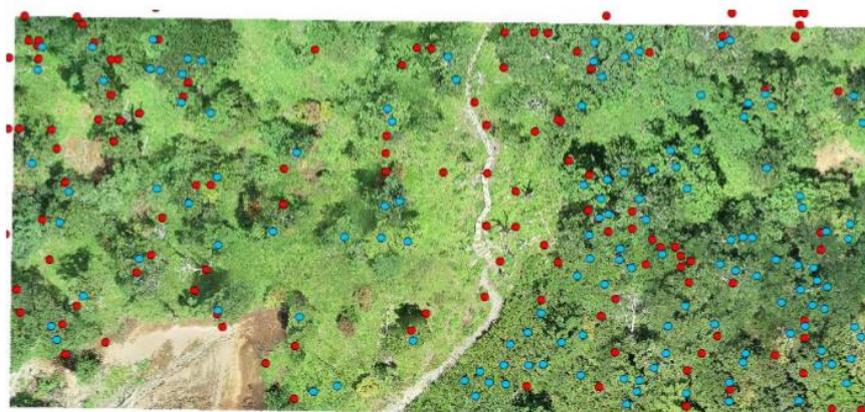


図-4 現地調査による単木の位置情報（赤点）と推定した単木の位置（青点）

表-2 令和元年度のブナ衰退モニタリングへのドローン活用検討結果のまとめ

目的	GSD	撮影方法・位置精度
ギャップ	今回と同様 (GSD 約 3.7cm/pixel)	鉛直 + 斜め撮影 + GCP (今回と同様)
ハバチ被害木	今回と同様 (GSD 約 3.7cm/pixel)	鉛直 + 斜め撮影 + GCP (今回と同様)
ブナ健全度	より低高度での撮影	PPK などによる高精度位置情報 様々な角度からの撮影

#### (8) 今後の課題

樹冠解析による単木レベルでの衰退度などの時系列的なモニタリングに、ドローン空撮を適用するための飛行方法や撮影条件について、ブナハバチ食害モニタリング調査と連動させた検討を行う。

#### (9) 成果の発表

なし

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
 B ブナ林健全性評価と衰退リスクマップの更新

- (1) 課題名 Ba ブナ林の大気環境解析（丹沢山地における気象観測）  
 (2) 研究期間 平成 29～33 年度  
 (3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費  
 (4) 担当者 齋藤央嗣・丸井祐二・大内一郎

(5) 目的

丹沢山地のブナ林衰退への影響機構解明を目的に気象等の大気環境計測を実施している。これまでの観測地点は、1993 年（平成 5 年）から 2000 年（平成 12 年）までに水沢（標高 1100m）、堂平（標高 1000m）、竜ヶ馬場（標高 1450m）およびワサビ沢（標高 450m）で実施した。さらに、2002 年（平成 14 年）8 月からは大野山（標高 570m：2016 年 3 月まで）、丹沢山（標高 1567m）、檜洞丸（標高 1550m）、鍋割山（標高 1272m）および菰釣山（1379m）での気象観測を継続している。今回、月平均気温、降水量及び積算日射量について 2019 年の年変動を検討した。

(6) 方法

丹沢山（標高 1567m）、檜洞丸（標高 1550m）、鍋割山（標高 1272m）および菰釣山（1379m）で測定した 2018 年の気象観測データのうち観測地点の月平均気温、月間降水量、月間日射量を集計した。比較データとして、気象庁の海老名測候所のアメダスのデータを用いた。

① 観測地点の月平均気温

丹沢 4 地点と海老名測候所の観測地点の月別の平均気温を集計し比較を行った。また気温減率（標高 100mにつき 0.6℃）により丹沢山の標高にあわせ比較を行った。

② 観測地点の月間降水量

丹沢 4 地点と海老名測候所の観測地点の月別の降水量を集計し比較を行った。

③ 観測地点の積算日射量

丹沢 4 地点の観測地点の月別の降水量を集計し比較を行った。なおアメダスは日照時間の測定であるため、丹沢各地点の比較のみを行った。

(7) 結果の概要

① 観測地点の月平均気温

2019 年の観測地点別の月平均気温の変動を図 1 に示す。平均気温は各地点間の同調性は高くほぼ同一の変動を示した。年間平均気温は丹沢山（7.5℃）と檜洞丸（7.6℃）で 0.1℃程度しか差がなく月平均気温の変動もほぼ同じであった。丹沢 4 か所は 2018 年よりも 0.2℃程度低くなった。標高による気温減率で調整した月平均気温の変動を図 2 に示す。2019 年は各地点のグラフがほぼ重なっており、前年は冬季間で差があったが 2019 年は気温減率に近い気温の変動となった。

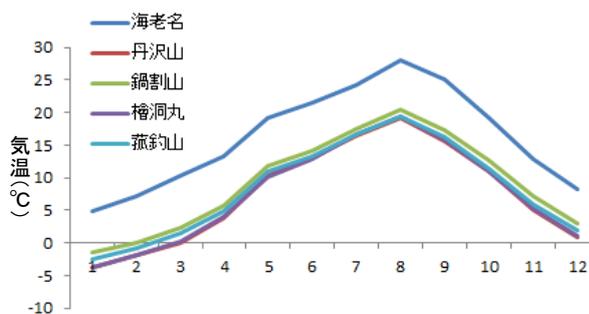


図1 丹沢山地の月別平均気温(2019)

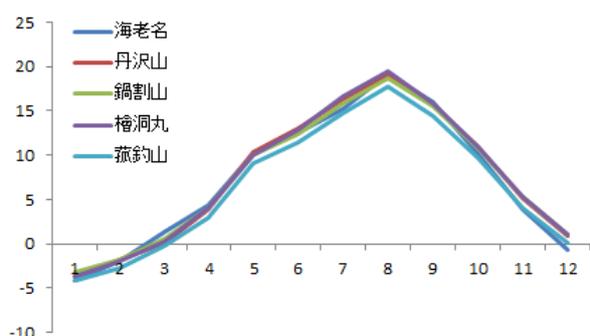


図2 気温減率で調整した丹沢山地の月別平均気温(2019)

### ①観測地点の月間降水量

2019年の月別の降水量を図3に示す。2019年の年間降水量は丹沢山が最も多く、3472mmに達しており、昨年の2599mmと比較しても1000mm近く多く、台風19号の影響で10月の降水量が1145mmに達していることが要因と思われた。菰釣山(1856mm)は低地の海老名(1864mm)より少なくなった。地点間で比較すると8月の降水量は、丹沢山、鍋割山で多く、檜洞丸は海老名よりも少ない値であった(檜洞丸は3日間欠測あり)。

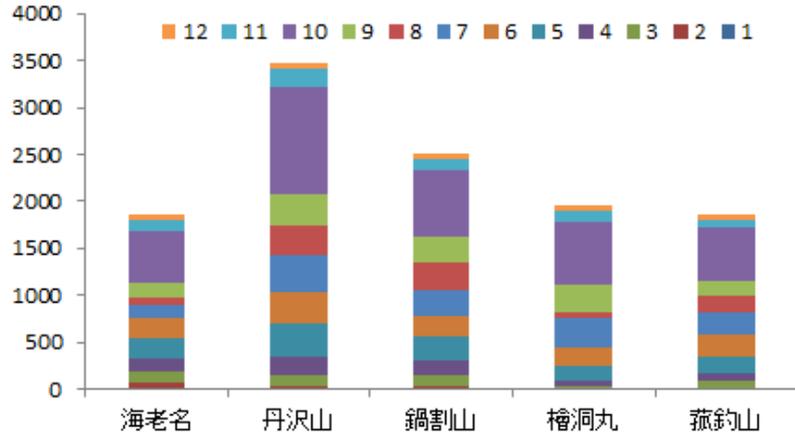


図3 丹沢山地の降水量(2019)

なお使用している雨量計は、融雪装置はないため冬期は凍結の影響で減少している可能性があり、2月は各地点とも海老名よりも少なくなった。

### ②観測地点の積算日射量

2019年の月別の積算日射量を図3に示す。前年同様、鍋割山が最も高くなったが、2019年は、丹沢山との差はわずかであった。次いで檜洞丸、菰釣山となった。前年よりも地点間の差が小さい結果となった。地点間の差は霧や雲の発生量が影響していると考えられるが、周辺の植生の影響も考えられる。前年比では、鍋割山が減少したが、他は若干増加した。年平均気温は、いずれの地点も減少していることが特筆される。

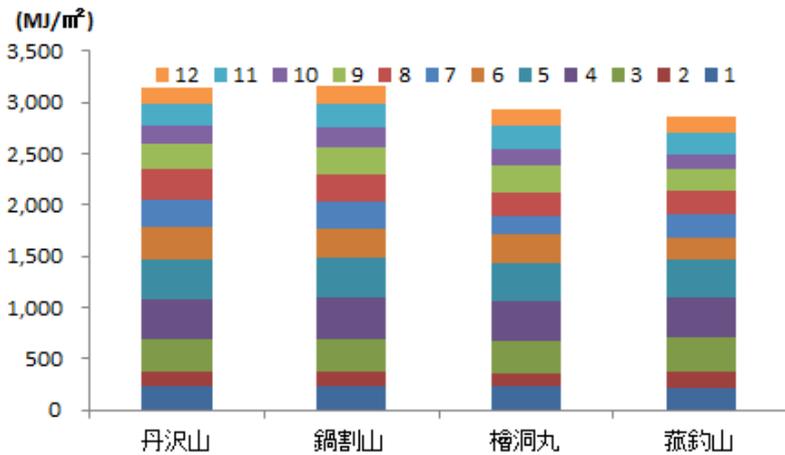


図4 丹沢山地の積算日射量(2019)

### (7)今後の課題

降水量については、雨量計に融雪装置がないため、冬期の値はリアルタイムで計測することが困難である。観測地がいずれも山頂の遠隔地にあるため観測点の保守管理が課題である。

### (8)成果の発表

なし

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
B ブナ林健全性評価と衰退リスクマップの更新

- (1) 課題名 Bb ブナ林の水分生理調査 (上田報告書)  
 (2) 研究期間 平成 29~33 年度  
 (3) 予算区分 県単 (特別会計 丹沢大山保全・再生対策事業費)  
 (4) 担当者 山根 正伸・齋藤央嗣・倉野 修

(5) 目的

オゾン等の大気汚染物質、ブナハバチの食害と並び、乾燥化等によって生じる水ストレスも丹沢ブナの衰退要因と考えられている。ブナ林の衰退における水ストレスの影響を検討することを目的に、本年度はブナハバチの食害を模した時期 (5 月) に摘葉実験を実施し、ブナ枝の木部構造 (道管径等)、水分通道能力、根量を調査した。調査は京都府立大学の上田正文准教授との共同研究 (一部委託) で行った。

(6) 方法

① 摘葉経過試験

丹沢山地堂平で採取した種子から育成した 10 年生ブナ植栽木から 9 個体 (平均胸高直径 4.70 ± 0.64 (平均 ± SE) cm, 平均樹高 4.37 ± 0.30m) を選び、3 個体ずつ 3 グループに分け、2016 年 5 月 16 日に葉柄のみを残し全葉をハサミで除いた摘葉 (全摘葉区)、すべての葉の 3/4 を摘葉処理 (3/4 摘葉区)、摘葉処理しなかった (無摘葉区) の 3 処理を行った (図 1)。

② 連続摘葉試験

同じく 10 年生ブナ植栽木から 2017 年に 6 個体 (平均胸高直径 4.67 ± 1.00cm, 平均樹高 4.12 ± 0.49cm) を選び、3 個体ずつ 2 グループに分け、1 グループで 2017 年 5 月 18 日、2018 年 5 月 16 日および 2019 年 5 月 14 日に、葉柄のみを残し全葉を、すべての葉についてハサミを用いて摘葉処理した (3 年連続摘葉区)。

③ 木部水分通道組織構造の観察

当年枝の木部横断面の水分通道組織構造を観察するため、2016 年 8 月上旬に、長さ 3 cm 程度の当年枝と 3 年生枝を 1 個体あたり 3 試料ずつ採取し、各試料で厚さ 20 μm の木部横断面を作成した。その後、直ちにトルイジンブルー 1 % 水溶液で染色後、光学顕微鏡 (BX 53, オリンパス, 東京) を用い 40 倍でデジタルカメラ撮影し、撮影した木部横断面の画像を用いて、画像解析ソフト ImageJ 1.45 s (National Institute of Health, Wayne Rasband, USA) 上で、当年枝については道管数、道管面積、木部面積および髓面積を、3 年生枝については年輪ごとの道管数、道管面積、木部面積および髓面積を測定した。さらに、測定値から平均道管内径 (μm)、道管密度 (個/mm<sup>2</sup>)、木部辺材面積 (mm<sup>2</sup>) を求めるとともに、水分通道域 (%)、理論水分通道度等の値を求めた。



図-1 摘葉処理の模式

表-1 各処理区の調査木の個体サイズ

試験	処理区	平均胸高直径 (cm ± SE)	平均樹高 (m ± SE)
摘葉経過	無摘葉	5.1 ± 1.6	4.2 ± 0.6
	3/4摘葉	4.4 ± 1.0	4.6 ± 0.6
	全摘葉	4.6 ± 1.1	4.3 ± 0.6
連続摘葉	無摘葉	5.0 ± 1.6	4.1 ± 0.6
	3年連続摘葉	4.3 ± 1.5	4.2 ± 0.9

## (7) 結果の概要

### ① 摘葉経過試験

摘葉処理当年の当年枝は、3/4 摘葉区と全摘葉区は無摘葉区と比較し、平均道管内径、木部辺材面積、通水能力の指標値が低下し、道管密度については摘葉強度が高くなるにしたがって増加した。また、道管出現頻度等は、3/4 摘葉区と全摘葉区は無摘葉区と比較し、小径道管の占める割合が高くなる傾向があり、展葉完了後まもなくの摘葉は、ブナ成木においても当年枝木部の水分通道組織構造に影響を与え、小径道管の増加と道管密度の上昇を生じさせることが明らかになった。また、展葉完了後まもなくの摘葉は、野外に生育するブナ成木の当年枝木部の水分通道組織構造に与える影響が、少なくとも摘葉処理翌年まで継続して生じることを示す結果が得られた。

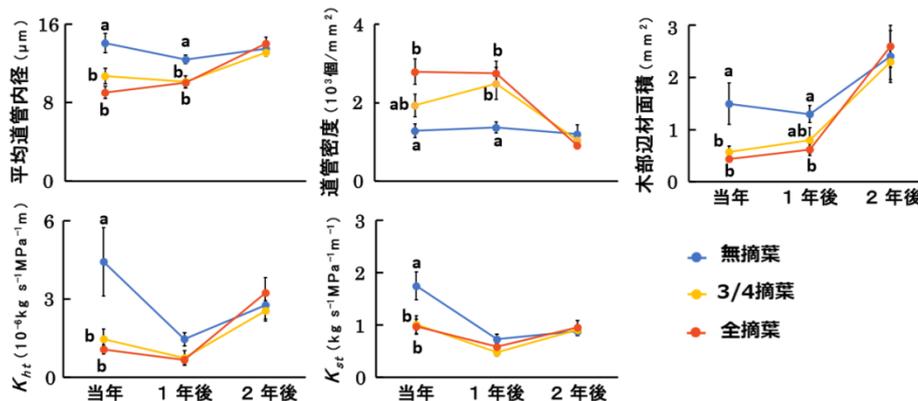


図-2 摘葉経過試験における当年枝の木部水分通道組織構造を表すパラメータの推移

### ② 連続摘葉試験

当年枝の木部水分通道組織構造は、5月摘葉を3年間連続して毎年繰り返した3年連続摘葉区は無摘葉区と比較し、平均道管内径、木部辺材面積等が低下し、道管密度が上昇した。当年枝の水分通道域は、摘葉処理2年目（摘葉2回目）と3年目（摘葉3回目）の当年枝は無摘葉区と比較し増加した。また、3年生枝の木部水分通道組織構造については、髓から1年輪目では、3年連続摘葉区は無摘葉区と比較して、平均道管内径が低下、道管密度が上昇、小径道管の出現する頻度が高くなる傾向等が得られた。これらの結果から、展葉完了後まもなくの摘葉を3年間連続して毎年繰り返した場合、摘葉を繰り返した3年間に形成される木部に小径道管の増加と道管密度の上昇を生じさせるため、摘葉を行わない場合と比較し、形成される木部の水分通道組織構造に大きな影響を生じる可能性が考えられた。

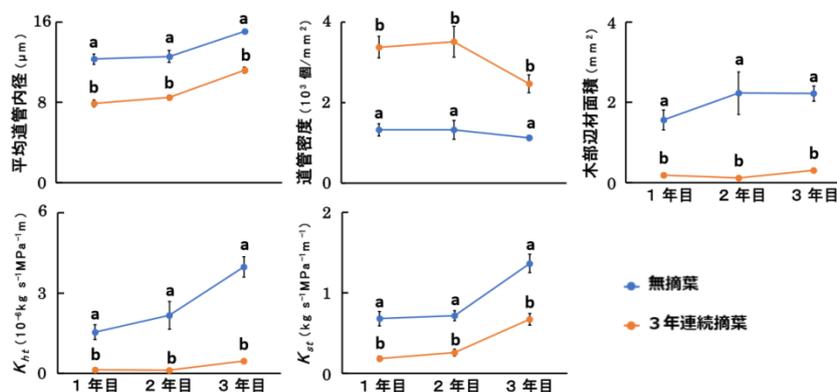


図-3 連続摘葉試験 当年枝の木部水分通道組織構造を表すパラメータの推移

## (8) 今後の課題

根量と葉量との関係及び摘葉後の水分通道組織構造の回復経過についての補完調査を行い、ブナハバチ葉食による水分ストレスの影響について取りまとめる必要がある。

## (9) 成果の公表

上田正文・谷脇 徹・斉藤央嗣・相原敬次 (2019) 昆虫食害を模した摘葉と水分条件がブナの当年枝木部の水分通道組織構造に与える影響. 日本森林学会誌, 101 (2) p. 76-81

小沢真代・上田正文・古井真陽・植村恭子 (2019) ブナハバチの食害を模した展葉完了まもなくの摘葉がブナ苗木の当年枝木部水分通道能力および細根量に与える影響. 日本緑化工学会誌 45(1), 86-90

植村恭子・上田正文・谷脇 徹・斉藤央嗣・相原敬次 (2019) 摘葉が圃場に生育する中型ブナ (*Fagus crenata* Blume) の当年枝木部の水分通道組織構造に与える影響. 日本緑化工学会誌 45(1), 91-96

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
 B ブナ林健全性評価と衰退リスクマップの更新

- (1) 課題名 Bc ブナ林立地環境モニタリングー土壤侵食モニタリングー  
 (2) 研究期間 平成 19～33 年度  
 (3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）  
 (4) 担当者 内山佳美

(5) 目的

東丹沢堂平地区のブナ林においては、平成 16 年度からシカの影響による下層植生の衰退と土壤侵食実態調査、それらに基づく新たな土壤保全対策手法開発と試験施工が行われ、土壤保全対策マニュアルにまとめられた。その後、平成 28 年度まで、試験施工地のモニタリング調査に加え、下流の溪流における浮遊土砂流出調査が実施された。本調査は、これまでの取得データを活用して当該地区の植生回復・土壤保全効果を長期的に把握するために一部の測定を継続して行う。

(6) 方法

① 調査地

東丹沢に位置する清川村宮ヶ瀬堂平地区において、平成 17～18 年度に自然保護公園部の協力により試験的に施工した土壤保全対策工を対象とした。

② 調査内容

既設の土壤保全工（A 群、B 群）の区画内及び土壤侵食実態調査（C 群）の既設調査枠について、各調査箇所の施設の近景写真を 1 枚撮影し、さらに調査枠や保全工内に林床被覆に偏りのないよう 1m×1m のコドラートを 1～2 枠（土壤保全工は 2 枠、無施工地調査枠と土壤侵食量調査枠は 1 枠）置き、令和元年 8 月 21 日に写真撮影を行った。撮影した写真のうち 24 調査箇所の計 40 枚を対象として写真解析を行った。これらは、新日本環境調査（株）が受託して実施した。

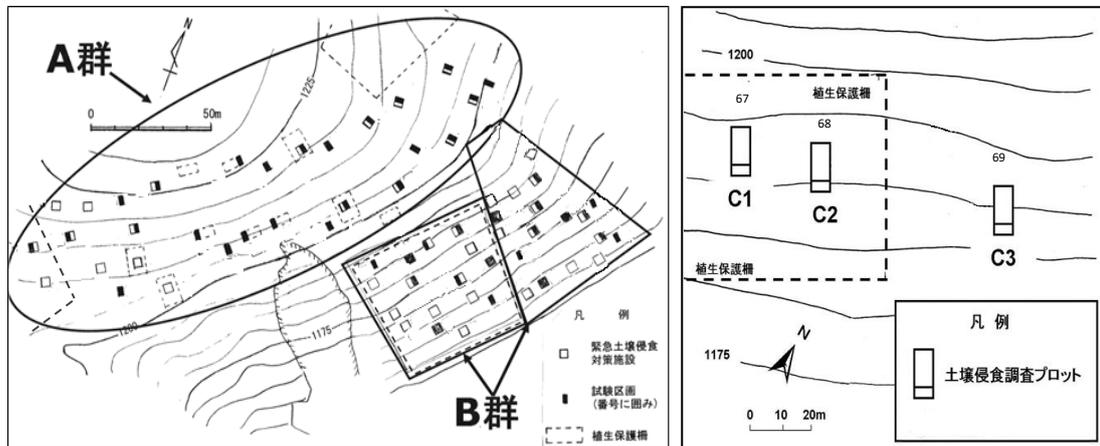


図-1 調査箇所位置（A 群、B 群と C 群）

表-1 調査地（対象群）ごとの施工内容および調査箇所数

調査地	施工内容	調査箇所数
A 群	H17 施工の各種土壤保全対策工と無施工地調査枠	32 箇所 (No.1～32)
B 群	H18 施工の各種土壤保全対策工と無施工地調査枠	34 箇所 (No.33～66)
C 群	H16 施工の土壤侵食量調査枠	3 箇所 (No.67～69)

(7) 結果の概要

写真解析の結果は次のとおりであった（詳細は、委託報告書参照）。

表-2 林床被覆率解析結果

(単位: %)

対象箇所	コドラートNo.	林床植生被覆率	リター被覆率	裸地	林床合計被覆率
1	01	23.62	74.91	1.47	98.53
	02	21.51	74.77	3.72	96.28
2	03	13.85	78.66	7.49	92.51
	04	12.94	71.00	16.06	83.94
5	05	16.01	71.26	12.73	87.27
6	06	26.75	63.14	10.12	89.88
	07	33.79	58.59	7.62	92.38
7	08	20.49	72.92	6.58	93.42
	09	13.27	79.29	7.44	92.56
9	10	62.47	35.08	2.46	97.54
	11	48.18	50.11	1.72	98.28
10	12	7.28	86.96	5.76	94.24
11	13	77.77	20.82	1.41	98.59
	14	84.81	14.51	0.68	99.32
12	15	25.39	71.71	2.90	97.10
13	16	7.27	80.18	12.55	87.45
	17	9.66	83.33	7.01	92.99
14	18	25.83	69.07	5.10	94.90
	19	10.64	77.06	12.30	87.70
15	20	27.73	66.94	5.33	94.67
	21	37.36	60.45	2.19	97.81
16	22	32.60	59.38	8.02	91.98
17	23	41.37	51.31	7.31	92.69
	24	22.26	73.54	4.20	95.80
18	25	15.48	81.34	3.18	96.82
	26	14.65	78.58	6.77	93.23
19	27	37.16	56.82	6.03	93.97
20	28	18.08	77.92	4.00	96.00
	29	5.48	89.14	5.38	94.62
22	30	47.14	44.50	8.35	91.65
	31	45.64	50.99	3.36	96.64
23	32	41.69	46.23	12.07	87.93
24	33	44.96	51.44	3.59	96.41
	34	36.62	60.87	2.51	97.49
25	35	92.81	6.84	0.35	99.65
	36	42.95	53.81	3.23	96.77
26	37	47.03	44.01	8.95	91.05
27	38	49.52	49.03	1.45	98.55
	39	56.87	39.32	3.81	96.19
30	40	60.55	37.56	1.89	98.11

表-3 全コドラートの統計結果

	林床植生被覆率	リター被覆率	裸地	林床合計被覆率
最大値	92.81% (コドラートNo35)	89.14% (コドラートNo29)	16.06% (コドラートNo4)	99.65% (コドラートNo35)
最小値	5.48% (コドラートNo29)	6.84% (コドラートNo35)	0.35% (コドラートNo35)	83.94% (コドラートNo04)
平均	33.99%	60.34%	5.68%	94.32%
標準偏差	21.23	19.46	3.75	3.75

(8) 今後の課題

堂平地区では、植生回復、シカ、土壤保全にかかる各対策のモニタリングデータが蓄積されており、最低限の基礎的なモニタリング項目については、今後も長期的に把握していく必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

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壤浸食量の関係、日本林学会誌 92:261-268

海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・畢力格図・内山佳美（2012）ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流出率に与える影響、日本森林学会誌 94, 167-174

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
B ブナ林健全性評価と衰退リスクマップの更新

- (1) 課題名 **Bd ブナハバチ成虫モニタリング**  
(2) 研究期間 **平成 29～33 年度**  
(3) 予算区分 **県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策事業費）**  
(4) 担当者 **山根 正伸**

**(5) 目的**

丹沢山地の高標高域では、ブナの衰弱や枯死の原因となるブナハバチの葉の被食量を軽減するため、幼虫による葉の被食量を事前に予測し、効率的に防除を実施する必要がある。葉の被食量として、ブナハバチ産卵期にあたるブナ展葉期に黄色の衝突板トラップによる雌成虫の捕獲量が反映されることが示唆されている（谷脇ら 2013）。また、2007 年、2011 年、2013 年に大規模な被食が発生したことで、檜洞丸ではブナ展葉フェノロジーの調査も実施している。そこで、2017 年は丹沢山地 6 地点で黄色の衝突板トラップによって雌成虫捕獲量を調査し、調査を開始した 2010 年以降の展葉期の雌成虫捕獲量と比較することで、当年の被食量の予測を試みた。現地調査は（株）CTI アウラへの委託で行った。

**(6) 方法**

調査地は丹沢山、天王寺尾根、檜洞丸、大室山、菰釣山および三国山の 6 地域とした。成虫捕獲用のトラップには黄色のサンケイ式昆虫誘引器を用いた（図 1）。トラップの設置数は各地域 5 個ずつとした。設置場所は尾根筋に沿って設定した 20m 間隔地点から最寄りの林冠ギャップで、日当たりのよい場所へ地上高 1.5m の高さで設置した。トラップ下部のバケツには捕獲サンプル保存のため、ソルビン酸と中性洗剤入りの水溶液を入れた。トラップの設置期間は 4 月上旬～7 月上旬とし、およそ週 1 回の頻度で捕獲昆虫を回収し、丹沢山、天王寺尾根、檜洞丸ではブナの展葉フェノロジーを調査した。

**(7) 結果の概要**

2019 年の雌成虫捕獲数は、地点平均で 13～253 個体となり、丹沢山、天王寺、檜洞丸、大室山では昨年とほぼ同レベルであったが、西丹沢の菰釣山、三国山ではやや増加した（表 1）。

重点調査地の檜洞丸における雌成虫捕獲数は 5 トラップ当たり 32 個体と少なく、産卵密度もわずかとみられ、被食発生はわずかと予測された。これらの予測も踏まえ、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及びドローン空撮からも実際の被食はごくわずかであったことを確認している。

**(8) 今後の課題**

なし

**(9) 成果の発表**

なし



図-1 黄色の衝突板トラップ

表-1 2012～2019年の黄色衝突板トラップによる全期間の雌成虫捕獲数（平均±標準偏差）

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
丹沢山	82±40	237±119	73±38	399±183	36±26	20±15	35±33	36±23
天王寺尾根	12±10	54±30	8±5	37±19	14±10	3±2	8±7	36±30
檜洞丸	394±133	1,060±510	305±69	540±185	116±62	75±34	283±207	253±142
大室山	191±99	643±519	145±80	544±253	93±92	72±50	236±170	145±116
菰釣山	10±10	46±35	7±7	34±54	5±7	5±6	16±27	58±42
三国山	2±2	1±1	0±1	1±1	0±0	0±0	0±0	13±9

表-2 檜洞丸におけるブナハバチ被食指標の推移（数値は平均（標準偏差））

項目 年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
展葉期間中の雌成虫捕獲数(個体/5トラップ)	92 (38)	226 (87)	93 (29)	451 (234)	95 (32)	151 (30)	56 (24)	50 (28)	135 (77)	32 (27)
卵密度	24 (30)	35 (31)	23 (16)	80 (71)	20 (19)	81 (88)	12 (12)	32 (47)	11 (14)	-
被食規模予測	-	-	-	大	小～中	中～大	小	小～中	小～中	小
実際の被食規模	中	大	小	大	小	中	小	小	小	小

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
B ブナ林健全性評価と衰退リスクマップの更新

- (1) 課題名 Be ブナハバチ繭モニタリング  
(2) 研究期間 平成 29～33 年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策事業費）  
(4) 担当者 山根 正伸

(5) 目的

ブナ葉食昆虫のブナハバチは、丹沢山地の高標高域におけるブナ林の衰退原因の一つと考えられている。ブナハバチの幼虫が大量発生すると多くのブナが失葉し、複数回の失葉を経験したブナでは衰弱や枯死症状が生じるためである。このことから、ブナハバチの葉食被害の軽減に向けた防除技術の開発が求められている。

防除のため、被食発生前に潜在的な被食発生リスクを事前評価する必要がある、これには繭モニタリングが適していると考えられている（谷脇ら，2012，神奈川県自然環境保全センター報告，9：p81-89）。一方で、大規模な被食は繭の密度が高くても毎年発生する訳ではなく、突発的に生じる傾向もあり、繭密度は年次で変動することが予想される。このことから、潜在的な被食発生リスクを評価するには、長期にわたる継続的な繭モニタリングを実施する必要がある。

そこで、以前の調査に引き続き、三国山、菰釣山、大室山、檜洞丸および丹沢山の5地点で繭密度の定点調査を実施した。令和元年度は、従来の表層2cmに加えて、深さ20cmまでの土壌を採取して、繭密度を層位別に調べた。なお、土壌採取とソーティングは（株）CTIアウラに委託して実施した。

(6) 方法

5地点のブナ密度の高い林分の林床に20m×20mのコドラートを設定し、コドラート内を5m間隔に区切った9箇所の格子点を土壌採取箇所として設定した（図-1）。2018年の10～12月に、各コドラート内箇所において、リターを除去した後、幅15cm×奥行き15cm×深さ2cmの土壌を採取した。また、3か所については2-10cm、10-20cmの層位の土壌も採取した。採取箇所数はA、C、E、G、Iの5箇所とし、これら5箇所がブナの枯死によりギャップ内に位置するようになった場合は、他の箇所に変更した（図-1）。採取土壌を持ち帰った後、繭のソーティングを行い、土壌内に含まれる繭数を計測した。なお、ここでは繭内部での生死や、繭の穴の有無などの状態に関係なく、すべての繭を計測している。

(7) 結果の概要

食害の規模が小さい三国山において、2019年（令和元年）の繭密度は27個/m<sup>2</sup>とこれまで同様に低水準で推移した（図-3）。菰釣山の繭密度は2016年以降、低水準で推移したが2019年には2015年と同様の水準の107個/m<sup>2</sup>に増加した（図-3）。

一方、食害の規模が大きい大室山と檜洞丸において、近年繭密度は減少傾向にあり、大室山ではピーク時の658個/m<sup>2</sup>（2015年）から231個/m<sup>2</sup>（2019年）に、檜洞丸ではピーク時の1004個/m<sup>2</sup>（2015年）からの258個/m<sup>2</sup>（2019年）にそれぞれ減少傾向を示した（図-3）。

なお、丹沢山の2019年の繭密度は356個/m<sup>2</sup>と、ピーク時の489個/m<sup>2</sup>（2015年）と比べると少ないが、過去2年と比べるとやや増加傾向がみられた（図-3）。

層位別の繭掘り取りでは、繭が少ない三国山以外の表層の出現割合は5割前後で、深い層位にも繭が確認され（表1）、繭が多く出現している地区では、実際の繭蓄積量は調査で確認された量の2倍程度ある可能性がある。

以上の結果から、繭密度は低下しているものの依然高い水準が維持されており、今後とも密度推

移の動向を注視するとともに、繭の新旧や生存繭の割合など、繭の蓄積内容を明らかにして被食発生リスクを評価し、状況に応じてリスクを低下させる取り組みが必要となる。

**(8) 今後の課題**

なし

**(9) 成果の発表**

なし

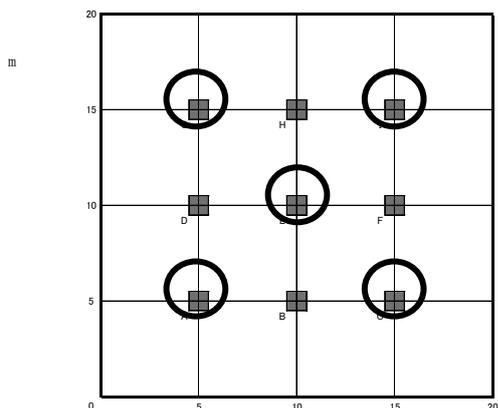


図-1 コドラート内の土壌採取箇所図

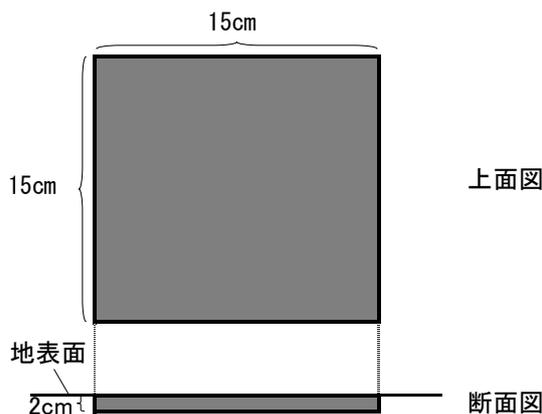


図-2 表層土壌の採取方法

表-1 層位別の繭の出現割合 (%)

地点	層位(cm)		
	0-2	2-10	10-20
天王寺	50	28	22
丹沢山	38	50	13
檜洞丸	50	39	11
大室山	51	30	19
菰釣山	52	34	14
三国山	100	0	0

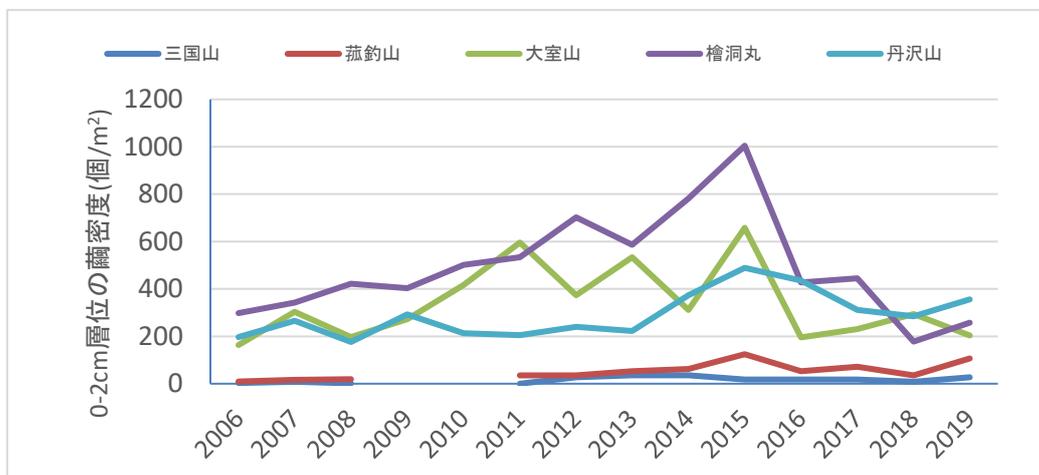


図-3 定点における 0-2 cm深さのブナハバチ繭密度の年次変動

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
B ブナ林健全性評価と衰退リスクマップの更新

- (1) 課題名 Bf 重点防除試験地におけるブナ衰退状況モニタリング  
(2) 研究期間 平成 29～33 年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策事業費）  
(4) 担当者 山根 正伸

(5) 目的

ブナ葉食昆虫のブナハバチは、丹沢山地の高標高域におけるブナ林の衰退原因の一つと考えられている。ブナハバチの幼虫が大量発生すると多くのブナが失葉し、複数回の失葉を経験したブナでは衰弱や枯死症状が生じるためである。ブナハバチによる被食の頻度や程度、空間的な位置関係がその後の衰弱や枯死をもたらすかについては不明である。

そこで、檜洞丸山頂一帯において、個体を識別して継続的にブナハバチの被食程度（食害度）とその影響（健全度）を調べ、ブナハバチの被食と衰弱・枯死との相互の関係等を明らかにする。

(6) 方法

檜洞丸山頂一帯の標高 1,500m 以上の範囲に約 20ha の調査区を設定し、7 月から 8 月に次の調査を実施した。調査は過年度調査で記録されている直径 10cm 以上のブナ約 1500 本すべてを対象とし、調査項目は GPS による位置情報（標高、北緯、東経）、直径（胸高直径）、樹高、食害度、健全度、二度吹き度、ナンバリングの 7 項目とした。食害度と健全度の判定基準は表-1、表-2に示すとおりである。

表-1 食害度の判定基準

食害度ランク	食害率
1	0～25%（全体の1/4以下）
2	26～50%（1/4を超え半数以下）
3	51～75%（半数を超え3/4以下）
3.5	76～90%（3/4を超え9割以下）
4	91%以上

表 2 健全度の判定基準

健全度ランク	ブナの状態
0	枯死
1	激 枝葉の生存部がわずかで葉は黄色
2	大 枝葉の欠損が顕著、葉は淡黄緑
3	中 枝葉の欠損がやや目立ち、葉色が淡緑
4	微 葉色は緑だが枝や葉、幹の一部欠損
5	健全 葉色が濃く葉量も多い 幹枝も正常

(7) 結果の概要

食害度は、平成 25 年度が高く、その後、平成 27 年に食害度が高い年度があった（図 1）。平成 28 年度以降は食害度が全体的に低い状態が続いた。令和元年度（2019 年）は、昨年同様に全体的に食害の痕跡は見られるものの、被食された割合は低く、食害度 1 の個体が全体の 8 割を占めた。

健全度については、昨年度と同様に健全度 4 と 5 を示す個体が約 7 割を占めた。2019 年度に枯死した個体は 16 本であり、これらは昨年度において健全度が低かった個体であった。衰退は、南、西向き斜面で進んでいた（図 2）。

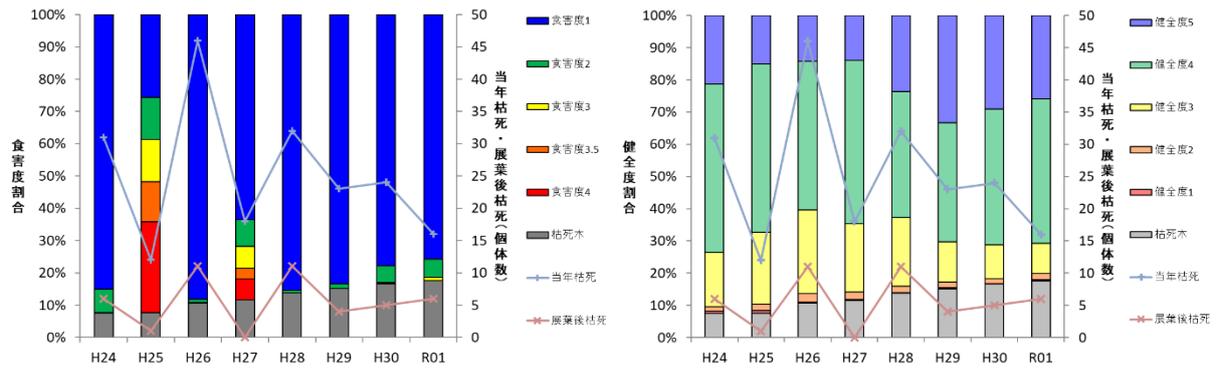


図-1 重点防除試験地における食害度(左)と健全度(右)の推移

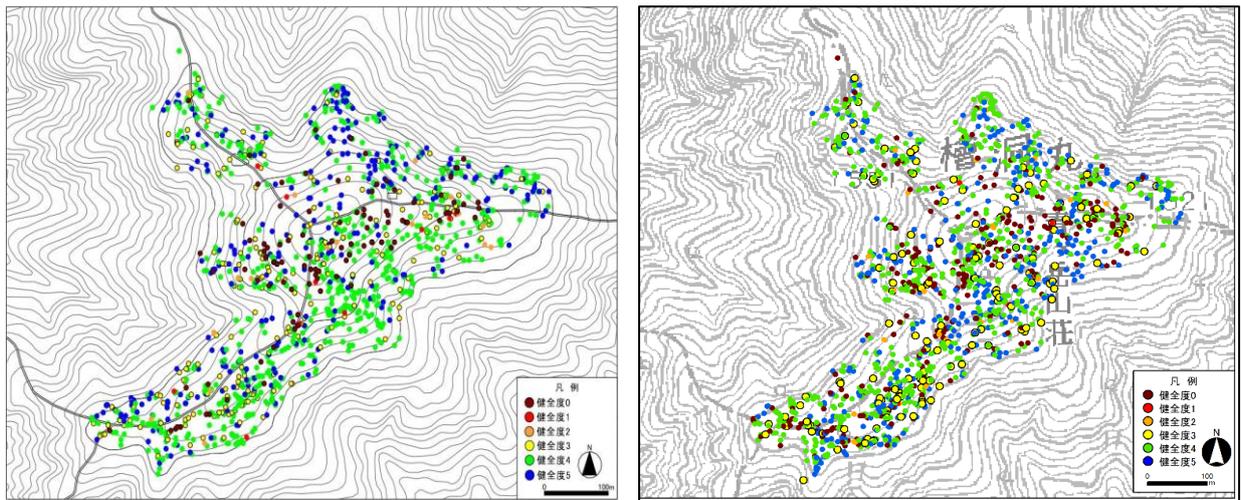


図-2 重点防除試験地における平成 24 年度(左)と令和元年度(右)の健全度の空間分布

### (8) 今後の課題

被食履歴や健全度履歴と枯死の関係についての分析を行い、単木レベルの防除対策の有効性検討の知見を得る。

### (9) 成果の発表

なし

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
B ブナ林健全性評価と衰退リスクマップの更新

- (1) 課題名 Bg ブナ林衰退状況モニタリング  
(2) 研究期間 平成 29～33 年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策事業費）  
(4) 担当者 山根 正伸

(5) 目的

食害コドラート、定点コドラート内のブナを対象とし、食害度（被食ランク）、健全度を調べて、丹沢山地の主要ブナ林におけるブナ衰退状況を継続的にモニタリングする。

(6) 方法

丹沢山調査区、檜洞丸調査区、大室山調査区、菰釣山調査区、三国山調査区、蛭ヶ岳調査区、塔ノ岳調査区の 7 調査区（11 調査地区）に設定してある調査区において 8 月から 9 月にかけて各 1 回調査を実施した。

調査は過年度調査で記録されている食害コドラート、定点コドラート内のブナを対象とし、調査項目は食害度（被食ランク）、健全度とした。食害度、健全度の調査方法は、前項の重点防除試験地毎木調査と同様である。令和元年度に調べた 7 調査区（11 調査地区）のコドラートの内訳とブナ本数は表-1 に示すとおりである。なお、調査したブナには、令和元年度以前に枯死した個体なども含まれている。

表 2.2 10 食害及び健全度調査対象のコドラート及びブナ本数一覧

調査区	食害コドラート		定点コドラート		ブナ本数合計
	コドラート数	ブナ本数	コドラート数	ブナ本数	
(1)丹沢山	3	81	2	65	146
(2)檜洞丸	7	119	1	47	166
(3)大室山	4	91	1	12	103
(4)菰釣山	2	82	1	15	97
(5)三国山	2	60	1	20	80
(6)蛭ヶ岳	7	84	—	—	84
(7)塔ノ岳	5	127	—	—	127
合計	30	644	6	159	803

(7) 結果の概要

食害度（被食ランク）は全調査地区のほとんどの個体がランク 1 で、最も高い個体でもランク 3 と、激しい被食をうけたブナは観察されなかった（図 1）。

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、蛭ヶ岳から加入道にかけて健全度の低い個体が多かった。令和元年度に新たに枯死を確認した個体は 8 個体と少なく、これらは前年度において健全度が低く枯死寸前であったもの、あるいは不朽や幹折れ、倒木した個体であった。

**(8) 今後の課題**

引き続き調査を行いブナハバチによる被食とその影響について把握するとともに、過去の調査結果をとりまとめる。

**(9) 成果の公表**

なし

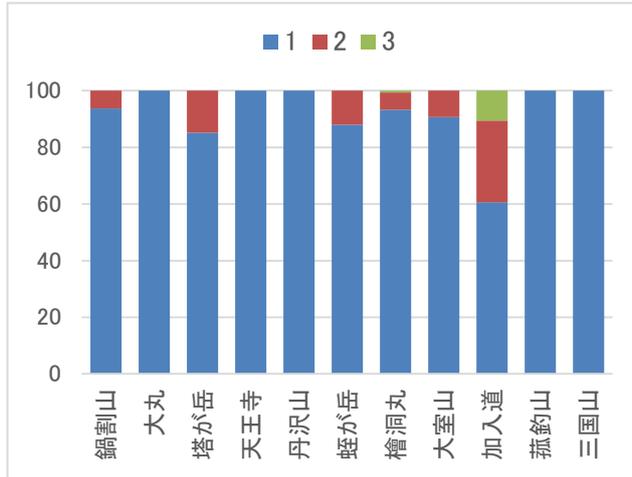


図1 ブナ衰退状況モニタリングに基づく調査地区別食害度（被食ランク：凡例）割合

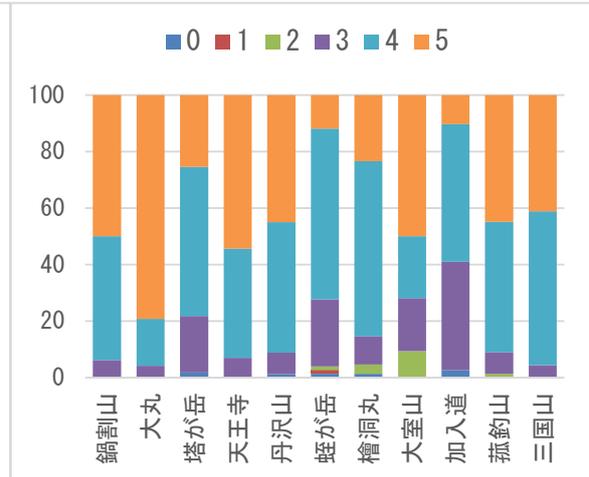


図2 ブナ衰退状況モニタリングに基づく調査地区別の健全度（凡例）の割合

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
C ブナ林生態系の再生技術の改良

- (1) 課題名 Ca ブナ帯人工林の成長解析  
(2) 研究期間 令和元年度  
(3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費（ブナ林等の調査研究費）  
(4) 担当者 山根 正伸

(5) 目的

丹沢山地の 1200mを超えた高標高域には、明治期末期から第二次世界大戦前に植栽されたヒノキ人工林が散見されるが、その取扱いを考える基礎資料となる成長に関する知見はほとんどない。そこで、県内最高標高に生育するヒノキ林と考えられる丹沢山の南、標高 1504mに位置する竜ヶ馬場の小規模なヒノキ林から、整備事業の機会を捉えて、樹幹解析試料を採取し、成長に関する解析を行い、今後の高標高域に植栽された人工林の整備の参考資料を得ることを目的とした。

(6) 研究方法

林分内の標準的な木を選んで、2019年9月25日に5本伐倒し、次の手順で、樹高データを測定後、円板サンプルと幹先サンプルを採取し、持ち帰った。その後、室内で、円板サンプルの表面を平滑に削り年輪が読み取れる形で画像ファイル化し「Dendro Measure 1.08」を使用して5年間隔で年輪幅を読み取った。読み取り結果は、所定のフォーマットに成型した後、樹木重量計算ソフト「SDA(Stem Density Analyzer)」を使って、解析木ごとの樹幹切開図、樹高成長、材積成長を求め出力し、それらを用いて、樹幹形状、樹高成長及び材積成長について検討した。当該林分に関しては、植栽時期や施業履歴などに関する記録は確認できなかった。

(7) 結果の概要

5本の解析木の樹高は11.8mから13.7mと2m程度の差異があった。0.2m断面高の年輪数を読み取ったところ、81が最も多く、このことから、5本の解析木は1938年植栽と考えられ、3年生の苗が植栽されたとすると、調査地のヒノキ林は84年生と推定できた。

形質は全般的に不良で、とくに根元部分の形が悪く、腐れが認められるものもあり、年輪幅が非常に不揃いであった。また、幹上部の断面の乱れや腐れ等が散見され、一部では上部で二股やこぶ状になるなど、樹幹形状や形質は全般に不良であった。

樹高成長は、個体によりばらつきが大きいですが、平均樹高は成長が持続している(図1)。しかし、80年余りを経て、平均樹高が12.6mにしか達しておらず、地位は相当低いと判定された。樹高成長は、樹齢33年生から43年で最も活発で、平均で年0.3m程度の伸長があった。個体別にみると、初期成長の悪い個体、当初順調な個体、その中間の3タイプがみられ、その違いは、それぞれの個体と周辺の個体との関係、被圧などによると推察される。材積成長は、83年時点で平均では0.38m<sup>3</sup>(0.26-0.53)と不良で、No5がやや大きいですが、その他は似た成長であった。

(8) 課題

なし

(9) 成果の発表

なし

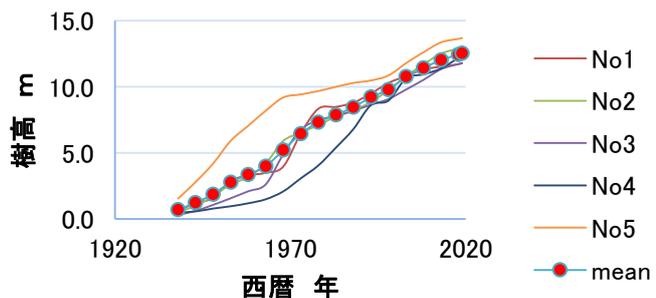


図-1 解析木の樹高成長

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発  
c ブナ林生態系の再生技術の改良

- (1) 課題名 Cb ブナハバチ発生予察技術開発  
(2) 研究期間 令和元年度～  
(3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費（ブナ林等の調査研究費）  
(4) 担当者 山根 正伸

(5) 目的

ブナハバチによる大規模被害は、ブナハバチ成虫の発生量に加えて、ブナハバチの発生時期とブナの展葉のタイミングが一致することが影響していることが指摘されている。そこで、展葉時期とあわせてブナハバチの発生と被害規模を予察する技術が必要となる。令和元年度は、まず、ブナハバチの発生時期を気温から予測する知見を得ることを目的として、過去の現地山岳気象観測値とブナハバチ発生量のモニタリング結果を用いて、発育開始温度と有効積算温度について検討した。

(6) 研究方法

ブナ葉に産卵するメス成虫発生量は、2010年から2018年まで丹沢山（1576m）と檜洞丸（1580m）の山頂付近に5月上旬から6月中旬ごろまで設置した黄色トラップにおいて、およそ1週間間隔で回収した計測値を用いた。観測結果について、観測日と累積発生を関数化したところ、発生完了時の累積捕獲数を1とした各観測日の累積捕獲数の相対値を説明変数 $y$ 、4月1日からの経過日数を $x$ としたロジスティック回帰式（ $y = 1/(1+\exp((b-x)/c))$ ）で近似できると考えられた。そこで、統計パッケージRを用いて、両地点の各年の回帰式のパラメータ値の $b$ 、 $c$ を推定し、各年の回帰式からメス成虫の発生開始日（発生量5%日）、発生中央日（累積発生数の50%日）、発生完了日（発生量95%日）を求めた。

続いて、発育開始温度については、谷脇（未発表）による室内飼育実験で、発育開始温度が2℃付近との知見が示されていることを念頭に、各年度の平均気温値を用いて、発育開始温度を0℃から2.5℃まで0.5℃刻みで1月1日からの各イベント日付までの積算平均気温を求めて、各発育開始温度に対応する有効積算気温の平均値と変動係数を算出した。用いた平均気温値は、両地点で観測されている時間気温測定値から求めた日平均気温値である。観測値の欠測がある場合は、近隣アメダス観測値から気温逡減率を考慮した補正值を用いた。

(7) 結果の概要

回帰式から求めた、両地点の発生開始日（累積発生数5%日）、発生中央日（累積発生数50%日）、発生完了日（累積発生数95%日）は表-1に示すとおりである。推定した成虫発生期間は、丹沢山では10～36日間、檜洞丸では13～40日間と幅がある。中央発生日は同じく、5月11日から26日と5月15日から26日と推定され、2週間程度の開きがあった。

各発生時期の発育開始温度0℃から2℃に対応した有効積算温度の変動係数の差は5%前後と大きく変わらず、飼育実験で得られている発育開始温度の2℃付近を用いて差し支えないと考えられた。発育開始温度を2℃として求めた各年度の有効積算温度の変動係数は、確認できない観測年があった発生開始日では変動係数30%前後とやや大きかったが、発生中央日と発生完了日の変動係数は10～20%であり、両時期については、数日程度の範囲で推定できると考えられた。発育開始温度を2℃とした場合の成虫メスの発生開始日、発生中央日、発生完了日に対応する有効積算温度は、檜洞丸では161℃前後、268℃、363℃、丹沢山は197℃、300℃、375℃と推定できた。

(8) 課題

ブナ展葉の発育開始温度、有効積算温度を同様の手順で検討し、令和元年度、2年度のモニタリング結果を用いた検証を行ない、併せて山岳気象観測値を用いたブナハバチの発生時期とブナ展葉

時期の予測技術を開発する。

### (9) 成果の発表

なし

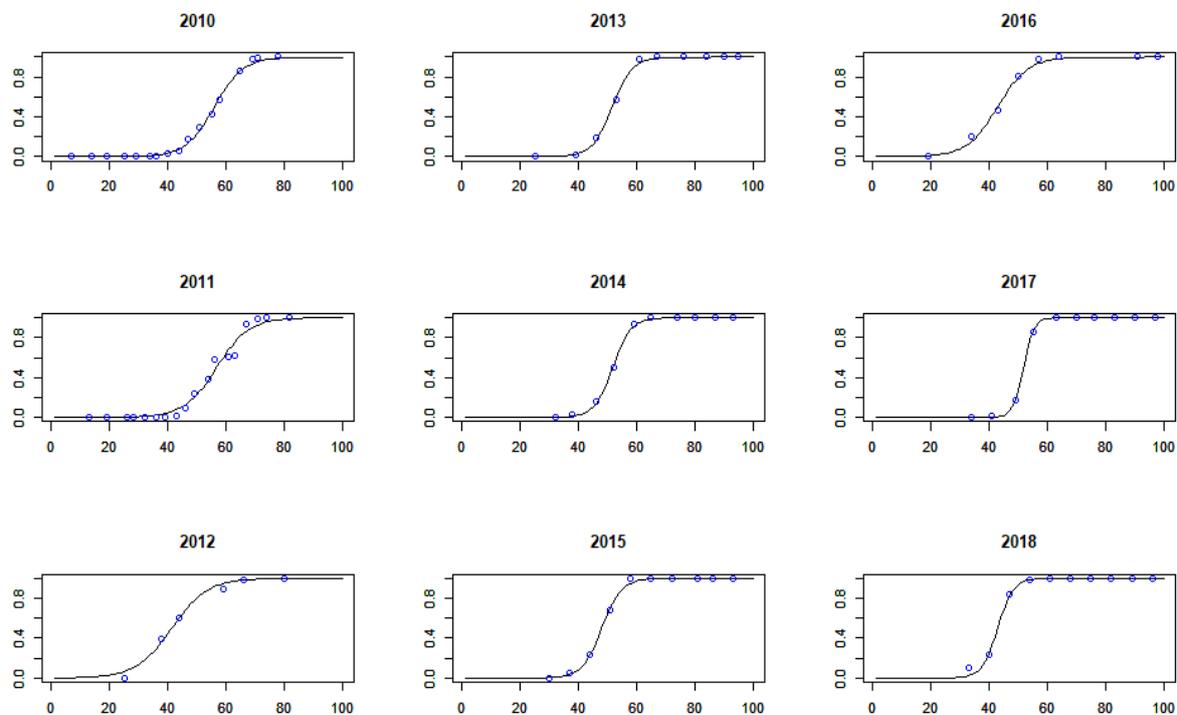


図-1 丹沢山山頂付近におけるブナハバチメス成虫発生量へのロジスティック回帰式のあてはめ結果

x 軸:4 月 1 日からの経過日数、y 軸：年間の累積捕獲数を 1 とした相対値

表-1 ロジスティック回帰式をあてはめて推定した丹沢山と檜洞丸の山頂付近におけるブナハバチメスの発生時期の推定結果

年	檜洞丸				丹沢山			
	開始	中央	完了	発生期間	開始	中央	完了	発生期間
2010	5月2日	5月20日	6月7日	36	5月11日	5月26日	6月9日	29
2011	5月7日	5月25日	6月12日	36	5月10日	5月26日	6月12日	33
2012	4月29日	5月16日	6月1日	33	4月23日	5月11日	5月29日	36
2013	5月16日	5月23日	5月29日	13	5月11日	5月21日	5月31日	20
2014	5月8日	5月18日	5月28日	20	5月12日	5月21日	5月30日	18
2015	5月5日	5月16日	5月26日	21	5月8日	5月18日	5月27日	20
2016	4月17日	5月16日	5月27日	40	4月27日	5月12日	5月28日	31
2017	5月6日	5月16日	5月30日	24	5月16日	5月21日	5月27日	10
2018	5月1日	5月16日	5月26日	24	5月5日	5月12日	5月20日	16