

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 年度～令和 3 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 谷脇 徹・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阻害によって、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(2017)年度～令和 3(2021)年度）に基づき、2017 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、2020 年度は 2017 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、研究成果の報告のほか、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 2 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、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 2 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。

○令和 2 年度ブナ林再生研究プロジェクト書面会議（第 1 回）

（新型コロナウイルス感染対策のため令和元年度から延期していた会議）

方 法 メールによる書面会議

期 間 2020 年 6 月 26 日（金）～7 月 13 日（月）

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 2019年度実施状況と2020年度計画について情報交換し、第4期計画を見据えた第3期成果のとりまとめの進め方について議論した。

○令和2年度ブナ林再生研究プロジェクト書面会議（第2回）

方 法 メールによる書面会議
期 間 2021年3月15日（月）～3月30日（火）
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 第3期成果のとりまとめ状況について情報交換し、4期計画の方針および課題構成について議論した。

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 2020年6月30日14時00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、分収林課、足柄出張所、自然再生企画課の関係者21名
内 容 ブナ林再生の取組み概要、重点地区（檜洞丸）等における実施事業の進捗状況（植生保護柵、シカ管理捕獲、ブナハバチ対策、モニタリング）等について調整・討議した。

③ 外部研究機関との連携

2020年度は以下の機関と連携し、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5年目にあたる2021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、第3期の成果のとりまとめ、及び第4期の取組みについても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 29 年度～令和 3 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 谷脇 徹

(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、2017 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、2017 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。2020 年度は檜洞丸の大ギャップにおける再生の将来像を予測する検討材料とするため、設置後 23 年経過した植生保護柵において更新状況調査および植栽ブナの生育状況調査を行った。調査はアジア航測株式会社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において、1997 年に設置された植生保護柵（0.43ha）で調査を行った（図-1）。この柵内には、柵の設置時に苗高 80cm のブナ苗木が 1,075 本（2,500 本/ha）植栽されている。再生林分構造調査用の調査区は 10m×10m 方形区として、柵内に 2 地点設定した（図-1）。この 10m×10m 方形区内には、林床植生調査用の調査区として 2m×2m 小方形区が斜面上側に 5 個、斜面下側に 5 個、合計 10 個設定されている（図-1）。

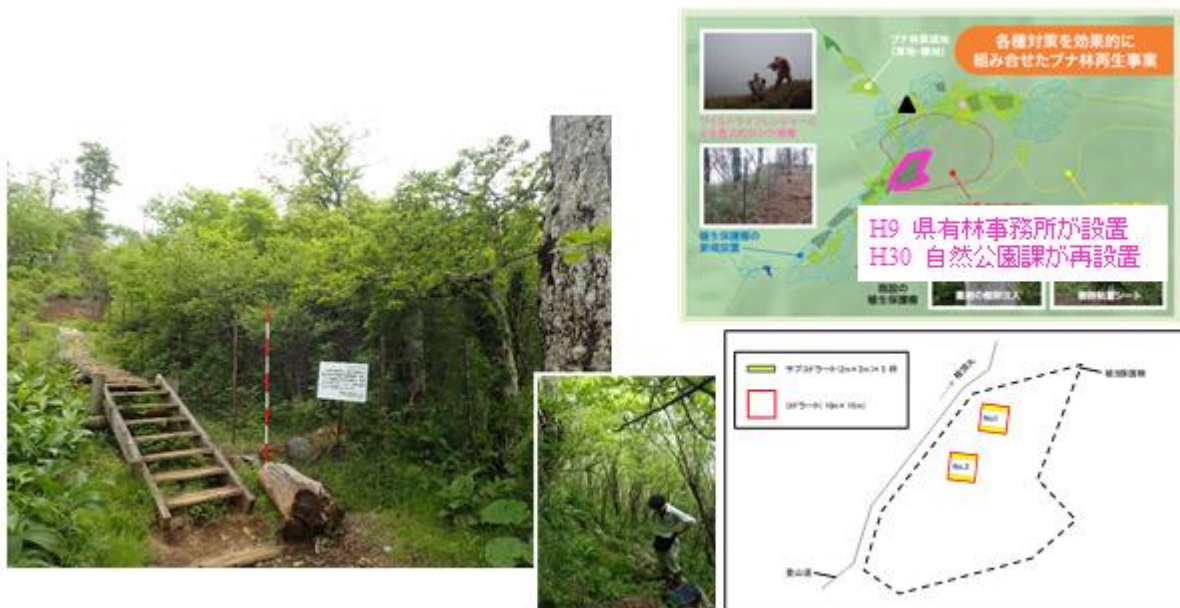


図-1 調査地（設置後 23 年経過した植生保護柵）

② 調査方法

2m×2m 小方形区で光環境と植生、更新木を調査し、10m×10m 方形区で立木調査を実施した。光環境は、各調査区の5地点（四隅と中央）で高さ1m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、高さ1.5m以下の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8月中旬から10月下旬に実施した。立木調査は、樹高1.5m以上の立ち木について、樹種と胸高直径（または胸高周囲長）、樹高を測定し、あわせて枯損状況を記録した。株立ちの樹木についてはすべての株の胸高直径を測定した。植栽されたことが推定されるブナ（列状に生育しているブナ）についてはその旨を記録した。

(7) 結果の概要

高さ1m地点の開空度は2地点とも13%であった（表-1）。草本層の平均群落高は90～95cm、平均植被率は64～71%であり（表-1）、イトスゲやホソエノアザミが優占していた。

更新木では、平均樹高は18～19cm、個体数は87～114本/40m²であり、オオイタヤメイゲツやミヤマイボタ、ヒコサンヒメシヤラの密度が高かった（表-1）。更新木の最大樹高は136～140cm（2地点ともミヤマイボタ）であった。

大ギャップにおいて柵設置後23年経過した柵内の調査事例では、樹高1.5m以上の立木については、ニシキウツギなど小高木と植栽ブナを中心に林分構造が発達していた。「丹沢ブナ林再生指針」に示された大ギャップの再生ロードマップでは、柵設置20年後に低木の密生を目指しており、現段階ではおおむね目標を達成している。ただし、再生してきた低木林は、植栽ブナを除けば大部分が小高木種によって構成されており、林冠ギャップの閉鎖に寄与することが期待される高木種の天然更新は少数であった（図-2、表-2、3）。このことから、大ギャップに設置されたこの柵内では、短期的には小高木種によって森林の再生が進むことが予想された。現在は低木林を形成しているが、今後さらに樹高が成長し、林分構造が発達するなかで、樹種構成（とくに小高木種と高木種）がどのように変化していくのか、中長期的な視点でモニタリングしていく必要がある。

植栽ブナでは、生存率が64%、平均樹高が346cm、最大樹高が520cmであり、他地点と比べても明らかな生存率の低下や樹高成長の抑制はみられなかった（図-3）。

表-1 林床植生（高さ1.5m以下）の調査結果概要

調査地点	柵	開空度 (%) (高さ1m)	草本層			更新木	
			平均 群落高 (cm)	平均 植被率 (%)	種数 (/40m ²)	平均 樹高 (cm)	個体数 (本/40m ²)
No.1	内	12.8	94.8	63.5	48	18.2	114
No.2	内	12.6	89.5	71.0	64	18.6	87

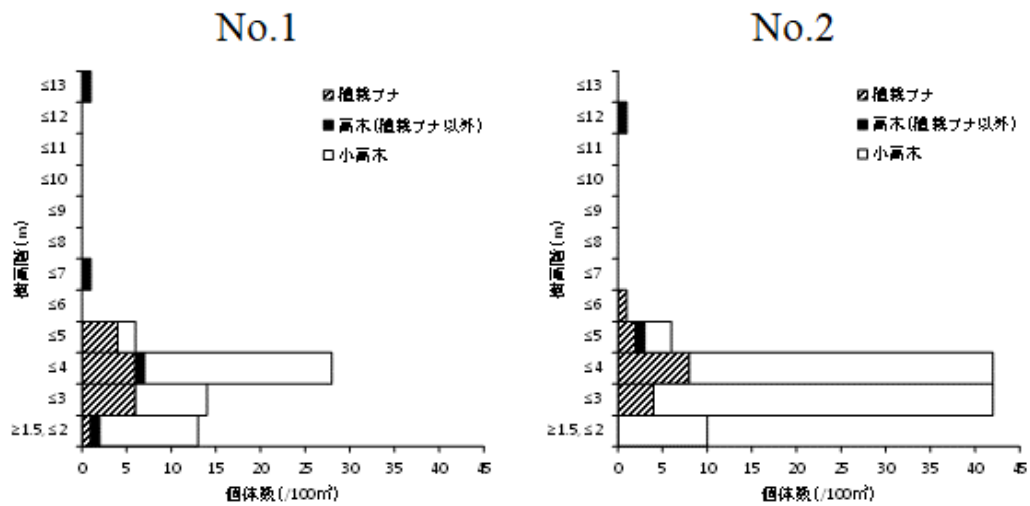


図-2 設置後 23 年経過した植生保護柵の樹高階分布

表-2 樹高 1.5m 以上の樹種別の個体数 (本/100 m²)

樹種	No.1	No.2	合計
ニシキウツギ	27	75	102
ブナ	19	15	34
カマツカ	11	1	12
ミヤマイボタ	3	8	11
ウツギ	2	3	5
シロヤシオ	2	2	4
マメグミ	2	1	3
サラサドウダン	1	1	2
オオイタヤメイゲツ	1	1	2
マメザクラ	1	0	1
ユモトマユミ	0	1	1
マルバウツギ	1	0	1
ヒコサンヒメシヤラ	0	1	1
アラゲアオダモ	1	0	1
トウゴクミツバツツジ	1	0	1
合計	72	109	181

表-3 樹高 1.5m 以上の樹種別の胸高断面積合計 (c m²/100 m²)

種名	No.1	No.2	総計	割合
ニシキウツギ	493.9	947.5	1441.4	50.67%
ブナ	294.7	187.7	482.4	16.96%
マメグミ	214.2	22.0	236.2	8.30%
オオイタヤメイゲツ	163.6	72.0	235.6	8.28%
シロヤシオ	76.0	74.5	150.6	5.29%
トウゴクミツバツツジ	84.0		84.0	2.95%
カマツカ	53.6	19.9	73.5	2.58%
ミヤマイボタ	12.6	28.3	40.8	1.44%
ウツギ	12.6	20.4	33.0	1.16%
サラサドウダン	6.3	12.5	18.8	0.66%
ヒコサンヒメシャラ		15.0	15.0	0.53%
アラゲアオダモ	14.1		14.1	0.50%
ユモトマユミ		13.0	13.0	0.46%
マルバウツギ	3.1		3.1	0.11%
マメザクラ	3.1		3.1	0.11%
総計	1431.8	1412.9	2844.8	100.00%

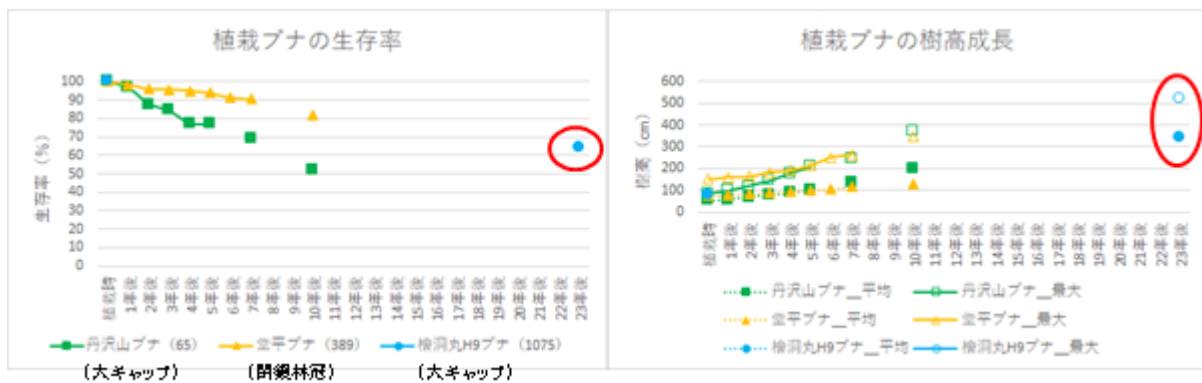


図-3 植栽ブナの生存率と樹高成長

(8) 課題

今回の調査結果を参考にしながら、重点対策地区の檜洞丸で 2017 年度から実施している重点毎木調査を継続する必要がある。

(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 年度～令和 3 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・省力的にモニタリングするため、位置精度の良いオルソ画像および DSM（数値表層モデル）の作成を可能とする、UAV 使用機材と撮影方法について検討した。

(6) 方法

ブナハバチ食害発生状況をモニタリングしている主要なブナ林がある 6 地区において、ブナ葉の被食が終了した 8 月上旬以降に、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、ハバチ食害木の同定、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

昨年度の検討結果を踏まえて、次により実施した。

①-1) 使用機材等

使用機体：DJI Phantom4 Pro V2

撮影精度（GSD）：オルソ合成時 1 ピクセル約 2 cm

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

撮影画像の緯度・経度の補正に使用するため、各地区の撮影範囲内に複数（4 か所以上）の対空標識を設置した。位置の取得は、2 周波 RTK 搭載 GNSS レシーバー（DG-PR01RWS、 BizStation Corp）を用いて測位した。

①-3) 飛行ルート等

対地高度を一定にして地形を追従するドローン測量に対応する飛行ルートが簡単に作成でき、自動操縦空撮が可能なソフトウェア（UgCS、図-1）を用いて作成した。飛行ルートは、各地区の食害調査木調査区画上空を含む範囲を、①カメラレンズを鉛直真下に向けた北向き平行静止画撮影と、②カメラレンズを真下から前方 20° に傾けた斜め静止画撮影を北向きに対して 45 度、135 度、225 度、315 度の 4 方向とした（図-2）。オーバーラップとサイドラップ率は、①下向き平行撮影がそれぞれ 80%以上と 60%以上、②斜め撮影が 40%程度と 30%程度とした。

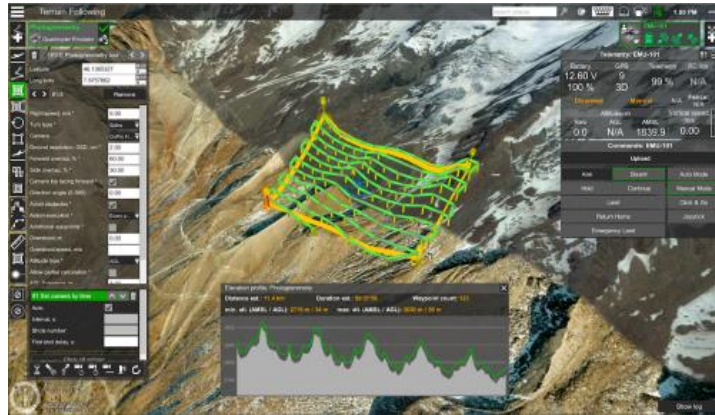


図-1 UAV 飛行ミッション作成に用いた UgCS の操作画面例

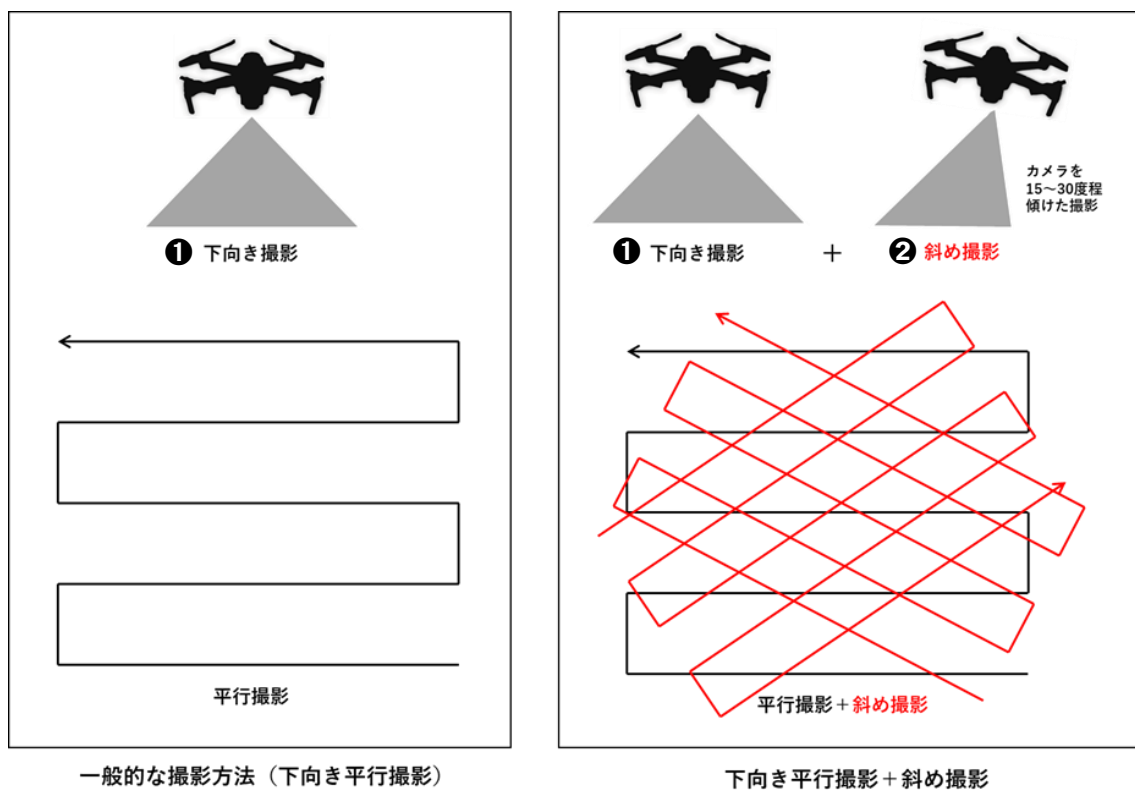


図-2 通常の飛行方法(左)と今回採用した UAV の飛行方法(右)

② 空撮画像の処理及び解析

画像処理及び解析は、昨年の検討結果を踏まえた目的に応じたミッション・手順の検討を行ったのち、1)撮影結果の検証(データ精度・手順)、2)ミッション・手順の再検討・マニュアル化、3)撮影画像と現地調査との比較の3種類を行った。

解析に用いた画像処理ソフトは MetaShape (Agisoft 社)、GIS ソフトは ArcGIS (ESRI 社)である。

②-1) 撮影結果の検証(データ精度・手順)

撮影画像から、下向き並行撮影のみ、斜め撮影を付加、対空標識座標値を GCP (Ground Control Point) とした場合について、オルソ画像を作成し位置精度を確認した。

②-2) ミッション・手順の再検討・マニュアル化

撮影諸元と条件データ別の撮影写真の品質を比較し、ブナ林モニタリングで推奨される撮影手順

と撮影諸元を明らかにした。

②-3) 撮影画像と現地調査との比較

現地で GPS 及び GNSS により樹幹位置を測位したモニタリング対象のブナの位置情報とオルソ画像の単木位置との対応関係を解析した。なお、調査木の位置情報の取得は、汎用 GPS 測位は現地にて GPS レシーバーを用いて測位した値、GNSS 測位は現地で GNSS-RAW データを記録保存し、最寄りの基準局データを用いて PPK (後処理キネマティック法) による値を求めた。

(7) 結果の概要

① ドローン空撮

6 地区における飛行撮影結果を表 1 に示した。撮影は、撮影条件その天候などにより、2020 年 7 月 31 日から 10 月 7 日に渡って行った。

撮影は、地表から 50.5m~101m の高さを撮影高度とし、UgCS の自動飛行機能を使用してドローンを上昇させ、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% の重なりで自動撮影した。カメラを真下から 20° 傾けて撮影する際はオーバーラップ・サイドラップを 40% と 30% とし、飛行速度は 5m/s~110m/s とした。今回撮影した画像の、地上画素寸法 (GSD) は 1.5~3cm/pixel である。また、撮影開始時に、ピントを合わせてシャッター速度と絞りなどを固定して撮影した。

撮影条件やその他の理由で、当初は品質の良い写真が得られなかったが、終盤に撮影した丹沢山、塔の岳では品質の良い写真が撮影できた。なお、撮影画像の確認は Metashape professional (Agisoft 社) を使用して、写真品質及び撮影時の撮影諸元 (飛行ルート、撮影条件等) の確認を行った。

② 空撮画像の処理及び解析

②-1) 撮影結果の検証 (データ精度・手順)

A) 取得した画像の検証結果

取得した画像を確認した結果、カメラ (画像サイズ) の設定ミス、ドローンから見えない対空標識の設置、一部の斜め撮影が実施されていないなど所定のミッションの不履行、フォーカスが甘い画像があるなど撮影時のフォーカスの設定ミス、雲の映りこみやコントラストの発生などの不具合が確認された。多くは、やや複雑な撮影作業と撮影手順の不慣れさからくる人為的なミスによるものであり、ドローン操作に関するマニュアルだけでなく、ミッション設定や現地での撮影結果確認など、飛行前後も含めた手順書が必要であることが示された。

B) 取得した画像の位置精度

比較的良好な撮影結果が得られた地点の画像を用いてオルソを作成して、GNSS 測位した対空標識位置を比較したところ、斜め撮影を実施することにより位置精度が大幅に向上することがわかった。さらに位置精度の高い GCP が 4 点以上あると 20cm 以下の位置精度を達成することが可能であった (図-3)。



図-3 斜め撮影写真と GCP を用いて作成したオルソ画像と GNSS 測位した対空標識との位置精度の比較 (左: 約 0.05m 右: 約 0.20m)

赤丸が対空標識の中心を DG-PR01RWS で計測し、PPK 処理した GNSS 測位位置

②-2) ミッション・手順の再検討・マニュアル化

A) ブナ林モニタリングで推奨されるミッション

以上の検証から、ブナの食害や健全度を単木レベルで追跡するには、UgCS を用いて対地高度を一定にしたミッションを作成し、下向き平行撮影と斜め撮影を組み合わせた自動飛行により、GSD が約 2cm 程度、飛行速度はシャッタースピード (1/500 程度) で画像のブレがない速度 (8m/s ~ 10m/s) に設定し、なるべく飛行時間を短時間にする必要がある。また、ミッションの管理は、下向き平行撮影と斜め撮影の各ミッションは分割することが推奨された。

B) ブナ林モニタリングで推奨される空撮実施手順

- カメラの画像サイズは必ず最大サイズであることを確認し、UgCS にミッションをダウンロードし、事前にシミュレーションモードで飛行ルートやカメラ動作などを確認し、雲やコントラストが発生しない撮影時間・天候を選択して撮影を実施する。
- 飛行前、現地では、まず、上空が大きく開けた場所にバランスよく 4 地点 (最低 3 地点) に対空標識を設置する。測位は事前または事後に GNSS 装置で行う。UAV のカメラの設定では、シャッタースピードを 1/500 程度にし、ISO を 100~200 程度、Aperture (絞り) を 5.0 前後に調整する。
- 飛行開始後、撮影高度に達したら、画面を見ながら適切なフォーカスに合わせ、フォーカスを固定する。飛行中は、フォーカスを常に画面で確認し、飛行中にフォーカスが大きく合わなくなった場合はフォーカスを調整する
- 飛行後は、現地で、下向き平行撮影と斜め撮影のミッションが正常に実施されているか、対空標識が画像に映っているのか、撮影写真を目視で確認し、撮影した画像を整理する。必要に応じて再撮影を計画・実施する。

②-3) 撮影画像と現地調査との比較

A) ブナ高木位置の特定

所定の手順で UAV により撮影した画像から作成したオルソ画像のブナ高木と、現地で測位したブナ高木の位置を確認した結果(図-4)、現地でブナの単木位置を予め 2 周波 RTK 搭載 GNSS レシーバーなどで精度よく測位して把握しておけば、現地調査とドローン画像との対応は可能であることが示された。

したがって、これまでのモニタリング調査の結果を活用して UAV 撮影画像により各種解析が行えると考えられた。

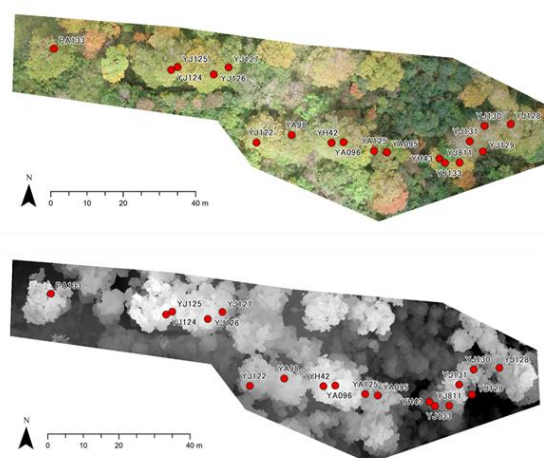


図-4 丹沢山食害モニタリング地点におけるドローン撮影画像から作成したオルソ画像(上)及び DSM(下)と現地で高精度 GNSS を用いて測位したブナの単木位置(●)。

B) 樹冠の特定

次に、モニタリング対象としているブナ高木の樹冠を、CHM（樹冠高モデル）により画像分析を行い、樹冠を推定した。この結果、ブナなどの広葉樹は単木でも、樹冠の頂点が複数あるように見え、複雑な樹冠を示す個体があり、CHMにより機械的、かつ正確に樹冠の範囲(形状)を推定することは困難であった。

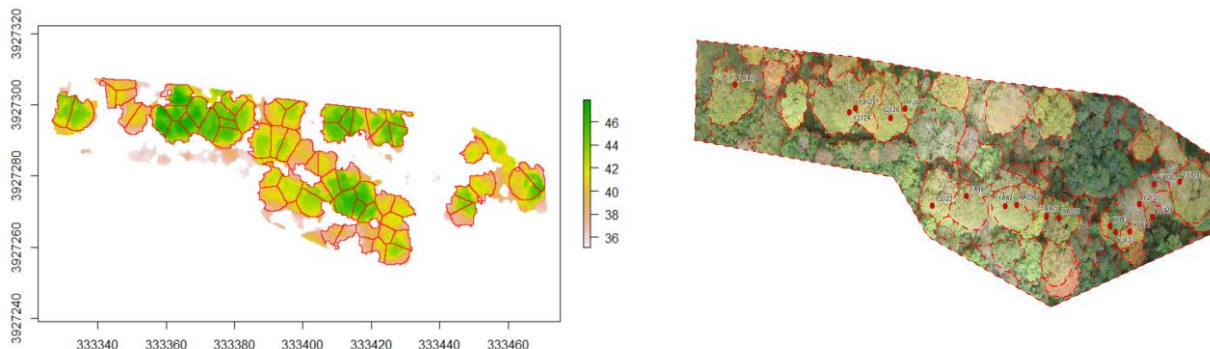


図-5 丹沢山食害モニタリング地点におけるドローン撮影画像に基づいてCHMより推定した樹冠（左）と目視により推定した樹冠（右）

C) ブナ単木の健全度・ブナハバチ被害の判定

最後に、衰退に関する指標（健全度）をドローン画像（10月撮影）で判定可能か、丹沢山調査区について、現地調査結果と対応させて検討した結果、樹冠の繁茂状況や枯れ枝の多寡などにより、ドローン画像からも健全度が良い個体はおおむね判定可能であった(図-6b)。また、中間段階の健全度3(衰退進む)については的確に判定できなかった(図-6a)。ただし、撮影時期が10月であったこと、同調査区には健全度2, 1に該当する個体はなかったため、さらなる検討が必要と考えられた。

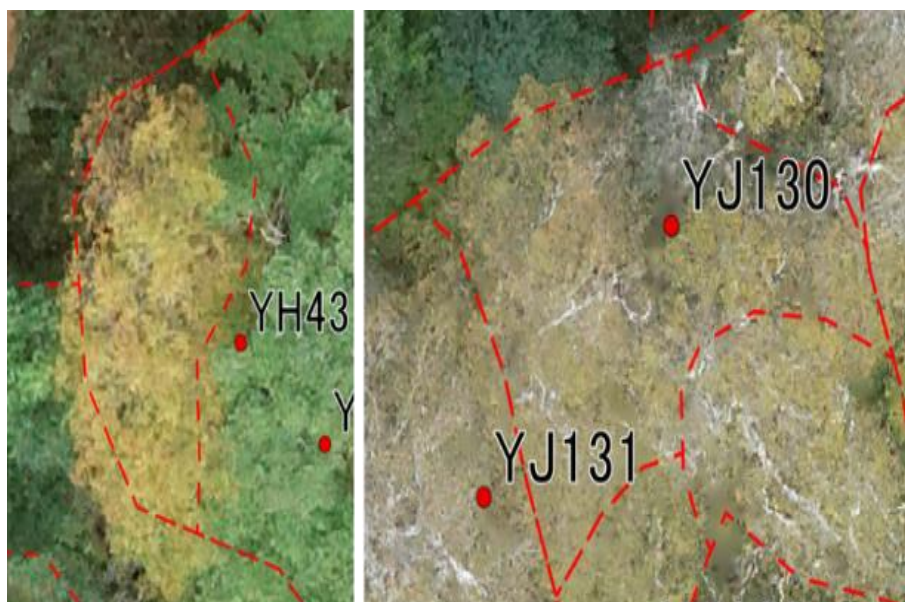


図-6a 丹沢山地調査区における健全度3のブナ個体のオルソ画像。
記号数字は食害調査木の識別番号、赤点は樹幹位置、赤点線が樹冠外周。

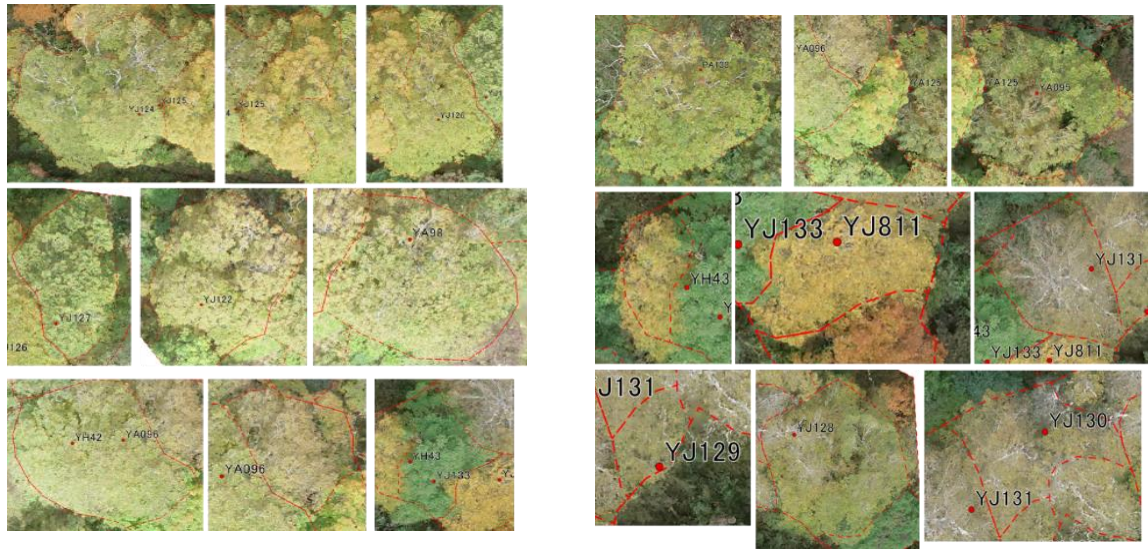


図-6b 丹沢山地調査区における健全度5（左）と健全度4（右）のオルソ画像
記号数字は食害調査木の識別番号、赤点は樹幹位置、赤点線が樹冠外周。

(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をおおむね明らかにできたので、主要なブナ林の食害調査地を含む地区で適期に UAV 撮影を行い、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い、現地調査と組み合わせた省力的なモニタリング体制の構築を図る。

(9) 成果の発表

なし

表-1 2020 年度に行った 6 地区ブナ林での UAV 撮影ミッションの概要

地区	三国山			蕨釣山			加入道山		大室山			檜洞丸						蛭が岳		塔が岳		
撮影地点	三国山1	三国山2	蕨釣山1	蕨釣山2	蕨釣山2	加入道	加入道	大室山1	大室山2	大室山2	檜洞丸1		檜洞丸2		檜洞丸3		蛭が岳2	丹沢山1	丹沢山3 (天王寺)	塔が岳1		
撮影ミッション	mikuni1-high	mikuni2-high	komo1-high	komo2-low	komo2-high	kanyudo-high	kanyudo-low	oomuro1-high	oomuro2-high	oomuro2-low	hinokibora1-low1	hinokibora1-high	hinokibora2-low	hinokibora2-high	hinokibora3-low1	hinokibora3-low2	hinokibora3-high	hirugatake-new	tanzawas-an-new	tennoji-new	togatake1-new	
撮影高度m	101	101	101	50.5	101	101	101	101	101	50.5	50.5	101	50.5	101	50.5	50.5	101	67.3	67.3	50.5	67.3	
垂直	撮影面積 ha	9.38	10.13	9.49	0.991	9.28	9.64	0.96	8.42	11.11	1.24	1.24	9.22	0.761	9.22	1.2	1.2	11.58	10.44	6.34	11.03	8.36
	範囲	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	97.28m x 72.96 m	97.28m x 72.96 m	54.72 m x 72.96 m	97.28m x 72.96 m
	waypoints	41	41	50	35	64	46	20	47	54	24	33	51	20	51	18	20	48	71	66	91	65
	passes	7	7	8	7	10	7	4	7	9	4	6	8	4	8	3	4	7	12	12	14	10
	撮影距離間隔	21.89	21.89	21.89	14.59	29.18	29.18	1.94	21.89	21.89	10.94	10.94	21.89	10.94	21.89	10.94	10.94	21.89	14.59	14.59	10.94	14.59
	飛行速度	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	8	5	8	5	5	8	10	10	10	10
	地上解像度	3	3	3	1.5	3	3	1.5	3	3	1.5	1.5	3	1.5	3	1.5	1.5	3	2	2	1.5	2
	オーバーラップ率	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	サイドラップ率	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	撮影方位角度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カメラ角度	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
斜め写真	撮影面積	8.08	10.13	9.49	0.991	9.28	9.64	1.08	8.42	11.02	1.24	1.24	9.08	1.24	9.08	1.24	1.24	9.26	9.56	6.34	10.96	8.36
	範囲	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	54.72 m x 72.96 m	54.72 m x 72.96 m	145.92 m x 109.44 m	97.28m x 72.96 m	97.28m x 72.96 m	54.72 m x 72.96 m	97.28m x 72.96 m
	waypoints	26	29	25	21	32	30	18	28	34	18	13	21	18	21	18	14	27	39	41	62	32
	passes	5	5	4	5	5	4	4	4	5	3	2	3	4	3	4	3	4	6	6	9	4
	撮影距離間隔	76.61	76.61	76.61	43.78	102.14	76.61	32.83	76.61	76.61	32.8	32.8	76.61	32.8	76.61	32.8	32.8	76.61	43.78	43.78	32.8	43.78
	飛行速度	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	8	5	8	5	5	8	10	10	10	10
	地上解像度	3	3	3	1.5	3	3	1.5	3	3	1.5	1.5	3	1.5	3	1.5	1.5	3	2	2	1.5	2
	オーバーラップ率	30	30	30	40	30	30	40	30	30	40	40	30	40	30	40	40	30	40	40	40	40
	サイドラップ率	20	20	20	30	20	20	30	20	20	30	30	20	30	20	30	30	20	30	30	30	30
	撮影方位角度	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315	45,135,225,315
カメラ角度	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	

表-2 2020 年度に行った 6 地区ブナ林での UAV 撮影に用いた対空標識座標の測位結果

地区	No	対空標識GNSS測位情報					PPK対空標識座標					標高 (国交省LP)
		実施日	開始時刻	終了時刻	記録時間	点数	FIX 点数	緯度	経度	緯度σ	経度σ	
菰釣山	2	2020/9/9	9:18:14	10:20:19	1:02:05	3391	3	35.46409553	138.98003273	3.3446E-06	8.4421E-06	1326.4
	4	2020/9/9	11:11:55	11:39:15	0:27:20	1578	0	35.46444205	138.97955157	2.7009E-06	1.3830E-05	1347.1
	7	2020/9/9	12:15:28	12:28:17	0:12:49	770	0	35.46780915	138.98354947	4.2041E-06	4.0457E-06	1215.3
	10	2020/9/9	12:37:39	12:50:05	0:12:26	742	7	35.46803580	138.98412203	9.3354E-07	1.5335E-06	1211.7
三国山	12	2020/9/9	14:44:40	14:54:15	0:09:35	513	0	35.40141515	138.91675522	3.6056E-06	4.9907E-06	1302.0
	14	2020/9/9	15:04:47	15:13:15	0:08:28	492	18	35.40182534	138.91668787	4.7842E-05	1.9761E-05	1286.8
	15	2020/9/9	15:22:58	16:22:15	0:59:17	3548	0	35.40041468	138.91741562	4.6919E-05	3.2873E-05	1311.1
	17	2020/9/9	16:29:07	17:27:46	0:58:39	3364	0	35.40101398	138.91995873	3.9553E-06	7.1324E-06	1245.8
大室山	2	2020/9/10	11:13:49	12:13:15	0:59:26	3480	135	35.50813621	139.06259906	2.1286E-05	1.6179E-05	1546.4
	4	2020/9/10	12:17:16	13:16:15	0:58:59	3531	1	35.50783025	139.06271147	-	-	1543.8
	6	2020/9/10	13:35:29	13:46:49	0:11:20	677	0	35.51084147	139.06849738	1.4077E-06	1.5162E-06	1587.1
	8	2020/9/10	14:07:04	14:16:16	0:09:12	549	0	35.50926469	139.06637441	2.9494E-06	2.8028E-06	1573.3
檜洞丸	2	2020/9/11	9:46:03	10:45:38	0:59:35	3563	48	35.47622511	139.10056940	8.4746E-08	7.8951E-08	1529.1
	3	2020/9/11	11:10:37	11:21:14	0:10:37	638	26	35.47603626	139.10067462	9.4748E-07	1.3308E-06	1524.8
	4	2020/9/11	11:25:35	11:37:12	0:11:37	698	483	35.47603534	139.10067443	9.0319E-08	1.6815E-07	1524.8
	6	2020/9/11	11:45:25	12:46:51	1:01:26	3843	0	35.47603539	139.10067617	9.8892E-08	2.1828E-07	1524.8
	7	2020/9/11	12:51:27	13:01:31	0:10:04	621	0	35.47911307	139.10315852	7.2385E-06	6.2527E-06	1595.7
	8	2020/9/11	13:19:58	13:30:19	0:10:21	621	0	35.47911142	139.10315714	4.7998E-06	4.2845E-06	1595.7
	9	2020/9/11	13:35:31	13:46:36	0:11:05	662	0	35.47929565	139.10299425	4.5551E-07	9.6664E-07	1597.4
	10	2020/9/11	14:04:28	14:15:13	0:10:45	-	0	35.47948433	139.10636982	1.4561E-06	2.3339E-06	1505.0
	11	2020/9/11	14:19:56	14:30:56	0:11:00	-	0	35.47929357	139.10639898	1.1579E-06	3.9624E-07	1505.3
	12	2020/9/11	14:44:37	14:55:03	0:10:26	-	0	35.47888305	139.10892638	6.2190E-07	8.0033E-07	1404.0
13	2020/9/11	14:58:10	15:08:17	0:10:07	-	0	35.47907463	139.10900408	2.7001E-06	3.3446E-06	1401.7	
加入道山	2	2020/9/14	13:22:04	14:21:17	0:59:13	2835	229	35.51015781	139.04715267	4.5854E-05	9.2205E-05	1403.8
	3	2020/9/14	14:25:37	15:25:19	0:59:42	3577	4	35.50983186	139.04716094	1.3018E-06	2.4978E-06	1407.1
	4	2020/9/14	15:28:51	15:38:15	0:09:24	564	0	35.51020539	139.04791341	1.2507E-05	2.9996E-06	1408.1
天王寺尾根	1	2020/10/2	9:19:37	9:49:52	0:30:15	1807	140	35.47583276	139.17088370	1.0400E-07	1.5400E-07	1321.8
	2	2020/10/2	9:59:58	10:09:34	0:09:36	515	0	35.47568769	139.17057070	4.0600E-06	1.1600E-05	1323.7
	3	2020/10/2	10:17:58	10:27:52	0:09:54	490	0	35.47569128	139.17043330	3.3030E-07	1.9971E-06	1323.5
	4	2020/10/2	10:37:58	11:07:39	0:29:41	1758	0	35.47574970	139.16962548	1.2867E-05	8.3440E-06	1334.8
丹沢山	5	2020/10/2	12:52:07	13:21:23	0:29:16	1745	52	35.47415374	139.16276210	4.4967E-08	6.3722E-08	1566.5
	6	2020/10/2	13:29:58	13:39:46	0:09:48	588	0	35.47476028	139.16281290	1.3881E-06	1.3512E-06	1563.7
	7	2020/10/2	13:44:28	13:54:36	0:10:08	609	0	35.47481795	139.16308940	2.9053E-06	3.1035E-06	1562.5
	8	2020/10/2	14:01:37	14:22:17	0:20:40	1241	7	35.47508105	139.16373290	3.4797E-08	4.9855E-08	1559.0
蛭ヶ岳	1	2020/10/3	6:52:58	7:23:59	0:31:01	1267	21	35.48610181	139.13851000	3.4746E-08	5.6869E-08	1669.3
	2	2020/10/3	7:29:07	7:38:41	0:09:34	573	0	35.48596634	139.13873160	6.9745E-07	1.0686E-06	1670.8
	3	2020/10/3	7:43:58	7:55:17	0:11:19	680	6	35.48644228	139.13933500	4.7328E-08	1.4534E-08	1664.2
	4	2020/10/3	7:59:07	8:29:15	0:30:08	1802	1	35.48665109	139.13903210	-	-	1664.9
塔ノ岳	1	2020/10/6	11:09:37	11:41:05	0:31:28	1885	3	35.45369421	139.16341869	2.3697E-08	9.4634E-09	1483.9
	2	2020/10/6	11:44:28	11:54:17	0:09:49	590	21	35.45387434	139.16317966	4.5534E-08	6.6846E-08	1485.0
	3	2020/10/6	11:58:07	12:08:12	0:10:05	606	76	35.45424499	139.16345595	7.9935E-08	1.0630E-07	1488.5
	4	2020/10/6	12:12:58	12:30:42	0:17:44	1064	158	35.45427994	139.16310619	9.3229E-08	1.0802E-07	1486.0
	5	2020/10/6	12:37:25	13:10:52	0:33:27	2007	29	35.45428008	139.16310618	5.2328E-08	6.2960E-08	1486.0

表-3 2020年度に行った6地区ブナ林でのUAV撮影結果の概要

地区	撮影地点	撮影ミッション	撮影高度 m	撮影日付	撮影枚数	写真品質			雲	コントラスト	斜め写真	備考
						0.55	-	1.33				
三国山	三国山1	mikuni1-high	101	2020/8/10	280	0.55	-	1.33	多	均	有	雲多く。ピッチ90°の写真多数
	三国山1	mikuni1-high	101	2020/9/9	281	0.85	-	0.94	無	強	有	ピッチ90°の写真多数
	三国山2	mikuni2-high	101	2020/9/9	291	0.73	-	1.00	中	低	有	雲のため途中まで
菰釣山	菰釣山1	komo1-high	101	2020/8/30	315	0.38	-	0.99	無	強	有	
	菰釣山2	komo2-high	101	2020/8/30	25	0.83	-	1.26	多	強	全部	雲のため途中で中止
	菰釣山2	komo2-low	50.5	2020/8/30	200	0.53	-	1.29	多	強	有	
	菰釣山2	komo2-low	50.5	2020/9/9	206	0.83	-	0.90	少	強	有	
加入道山	加入道	kanyudo-high	101	2020/8/22	624	0.26	-	1.01	多	強	有	同じ地点で2回、3回の撮影多し。
	加入道	kanyudo-high	101	2020/8/22	398	0.21	-	1.00	多	強	有	同じ地点で2回、3回の撮影多し。
大室山	大室山1	oomuro1-high	101	2020/9/22	367	0.32	-	0.64	多	強	有	同じ地点で複数回の撮影多し。
	大室山2	oomuro2-high	101	2020/9/22	375	0.27	-	0.48	少	均	有	同じ地点で複数回の撮影多し。
檜洞丸	檜洞丸1	hinokibora1-low1ok	50.5	2020/8/1	261	0.68	-	0.90	無	均	無	
				2020/8/5	233	0.61	-	1.08	多	均	有	ピンぼけ
				2020/9/11	214	0.84	-	1.21	中	強	無	品質は0.84-0.94と1.21(1枚)
				2020/9/11	213	0.38	-	0.88	微	強	微	斜め写真低品質
				2020/10/13	217	0.49	-	0.88	無	強	有	
	hinokibora1-high	101	2020/8/5	314	0.31	-	0.54	多	均	少	雲多	
		2020/8/7	314	0.39	-	0.55	無	均	有	ピンぼけ		
	檜洞丸2	hinokibora2-low	50.5	2020/7/31	124	0.85	-	0.88	微	均	無	
				2020/8/5	249	0.74	-	1.61	多	均	有	雲多
				2020/8/6	105	0.44	-	0.78	多	均	微	撮影は途中まで。雲多
				2020/8/7	196	0.29	-	0.44	無	均	有	20200806hinokibora2-lowの続き
				2020/10/13	109	0.84	-	1.07	少	均	微	
	hinokibora2-high	101	2020/7/31	229	0.67	-	0.97	中	強	無		
		2020/8/7	355	0.29	-	0.50	無	均	有	ピンぼけ		
檜洞丸3	hinokibora3-low1	50.5	2020/8/6	231	0.86	-	0.90	無	均	有	撮影角度間違い多数	
	hinokibora3-low2	50.5	2020/8/6	210	0.87	-	0.90	無	均	有	斜め写真に影少々あり	
	hinokibora3-high	101	2020/8/6	346	0.42	-	0.90	無	強	少		
蛭ヶ岳	蛭ヶ岳2	hirugatake-new	67.3	2020/10/3	595	0.45	-	1.01	中	均	少	GCPなし
丹沢山	丹沢山1	tanzawasan-new	67.3	2020/10/3	204	0.69	-	1.03	多	均	無	雲のため途中で中断。同じ地点で複数回の撮影多し。
			67.3	2020/10/6	875	0.82	-	0.96	少	均	有	
	丹沢山3 (天王寺)	tennouji-new	50.5	2020/10/2	528	0.43	-	4.13	少	均	無	GCPなし。
50.5	2020/10/7	899	0.47	-	1.30	少	強	有				
塔ノ岳	塔ノ岳1	tounodake1-new	67.3	2020/10/6	599	0.25	-	0.91	無	強	有	

(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 年度～令和 3 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 年から 2000 年までに水沢（標高 1,100m）、堂平（標高 1,000m）、竜ヶ馬場（標高 1,450m）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 1,567m）、檜洞丸（標高 1,550m）、鍋割山（標高 1,272m）および菰釣山（1,379m）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 2020 年の年変動を検討した。

(6) 方法

丹沢山（標高 1,567m）、檜洞丸（標高 1,550m）、鍋割山（標高 1,272m）および菰釣山（1,379m）（以下、丹沢 4 地点）で測定した 2020 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

2020 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と檜洞丸は同じ（7.7℃）で、鍋割山（9.4℃）で最も高くなった。丹沢 4 地点は前年と比較すると 0.2℃程度高くなったが、一昨年の 2018 年とほぼ同じであった。標高による気温減率で調整した月平均気温の変動は、2020 年は各地点のグラフがほぼ重なっており、前年同様気温減率に近い気温の変動となった。

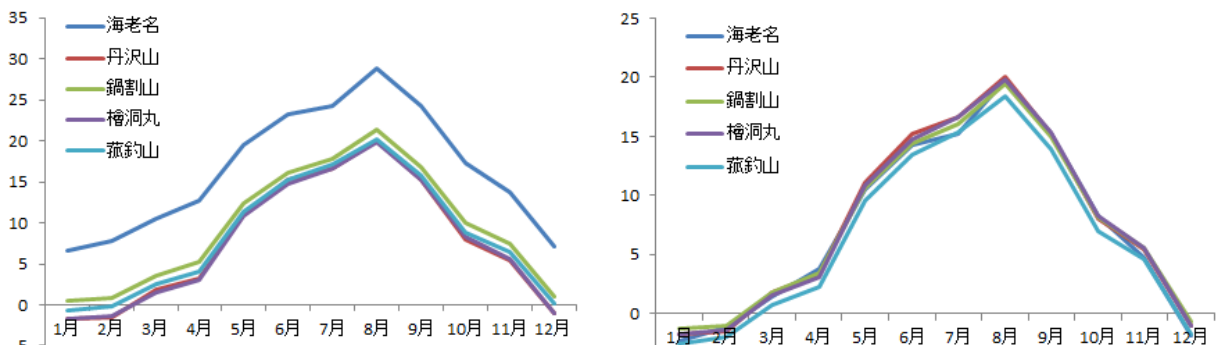


図-1 2020 年の丹沢山地の月別平均気温(左)とそれを気温減率で補正した値(右)

① 観測地点の月間降水量

2020年の月別の降水量を図-2に示す。2020年の年間降水量は丹沢山と檜洞丸がほぼ同程度で約2350mm、鍋割山が2,000mm程度、菰釣山は海老名と同程度で、約1,500mmと4か所のうち最も少なかった。丹沢山は昨年台風19号の影響で3,472mmに達しており、これと比較すると1,000mm以上少なくなった。今年は7月が多雨であり、どの地点も最大となった。丹沢山は1,000mm以上雨量が減少しているので特筆される。

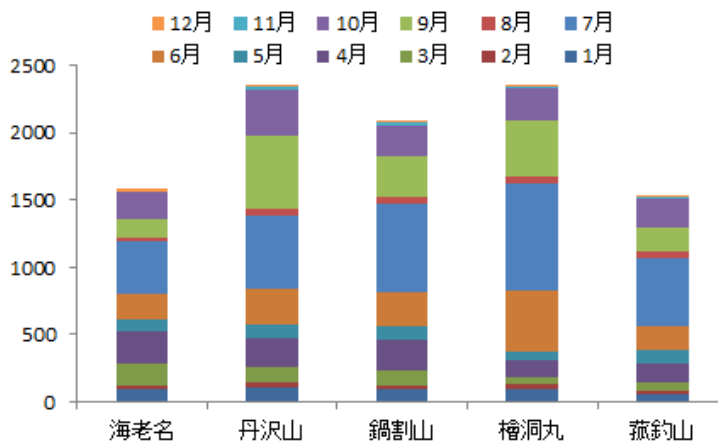


図-2 丹沢山地の降水量 (2020)

なお使用している雨量計は、2月は各地点とも海老名よりも少なくなったが、融雪装置がないため冬期は凍結の影響で計測値が減少している可能性が考えられる。

③ 観測地点の積算日射量

2020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2020年は、地点間の差はわずかであった。檜洞丸、菰釣山は、周辺の立木の影響が考えられるが、枯損等により影響が軽減された可能性がある。その他、霧や雲の発生量が影響していると考えられるが、地点間の差が小さくなった。前年比では、丹沢山が減少したが、他は若干増加した。

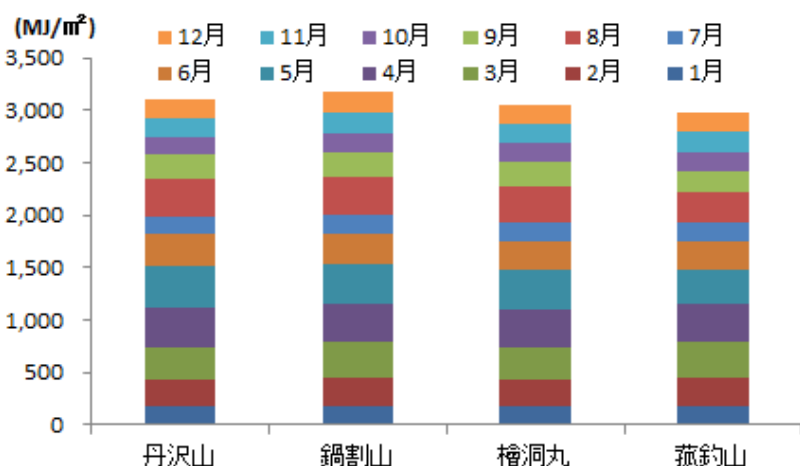


図-3 丹沢山地の積算日射量 (2020)

(8) 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。

(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 Bb ブナ林の水分生理調査
 (2) 研究期間 平成29年度～令和3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 谷脇 徹・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）に強度の異なる摘葉実験を実施し、水分生理状態を表すパラメーターを測定し、また、ブナ苗木の地上部（幹木部から大気まで）と地下部（土壌から幹木部）について水の流れ易さ（水分通道コンダクタンス）を比較し、葉の展葉完了間もなくの失葉がブナの水分生理状態に及ぼす影響を検討した。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 材料と処理

供試材料として、神奈川県丹沢山地堂平産種子由来の3年生ブナ苗木42個体を用いた。10Lポットに3個体ずつ植栽し14ポットを作成した。摘葉強度は、1ポットの3個体について、それぞれ3/4摘葉、1/2摘葉、無摘葉とした（図-1）。摘葉処理は5月8日から16日にかけて行った。摘葉後の灌水処理は7ポットが週3回灌水（湿潤区）、残り7ポットが週1回灌水（乾燥区）とした。

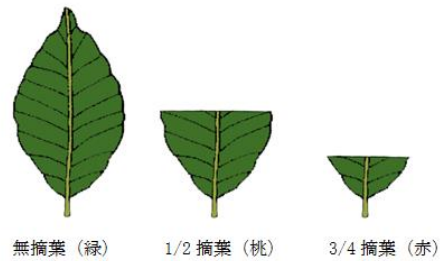


図-1 各ポット3個体の摘葉処理

② 測定項目

水分生理状態を表すパラメーターとして、夜明け前と日中の葉の水ポテンシャル（図-2）、蒸散速度と気孔コンダクタンス、葉面積、水分通道抵抗と通水コンダクタンスの算出（図-3）、当年枝木部の通水試験、当年枝木部の水分通道組織構造（図-4）、葉量と根量を測定した。

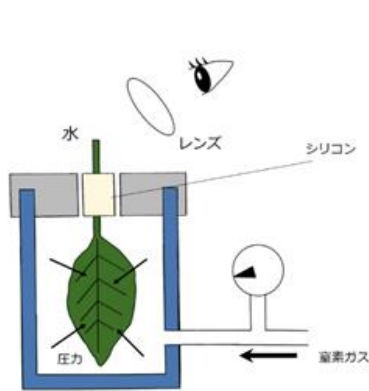


図-2 葉の水ポテンシャル測定の模式図

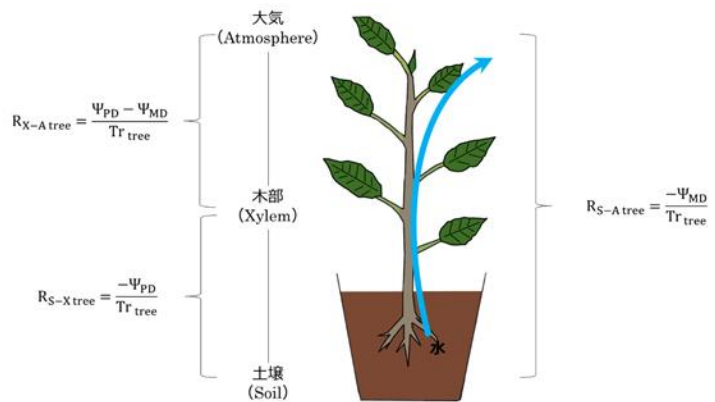


図-3 土壌—木部—大気的水分通道抵抗の模式図

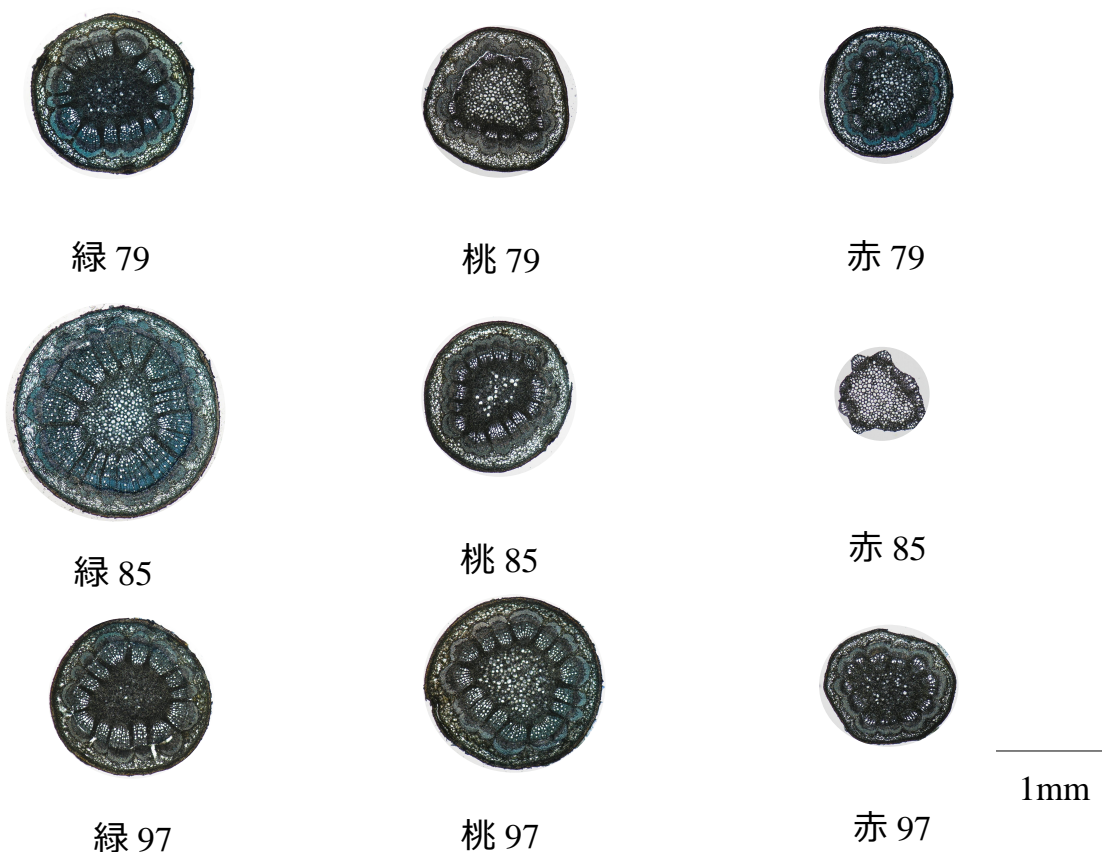


図-4 当年枝木部断面（乾燥区）

緑奇数：無摘葉，桃奇数：1/2 摘葉，赤奇数：3/4 摘葉

(7) 結果の概要

摘葉処理は水ストレスを増大させることが各パラメーターで示され、展開完了間もなくの摘葉はブナに水ストレスを生じさせ、また摘葉強度が高くなるほど、水ストレスが強くと生じることが明らかとなった。一方、灌水処理については湿潤区と乾燥区で結果に差が認められず、水分条件の違いがブナ苗木の水分生理に与える影響は明確ではなかった。

(8) 今後の課題

これまでに得られたブナハバチ葉食による水分ストレスの影響に関する知見をと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):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年度～令和3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、2004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、2016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った。

(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、2005～2006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、2020年8月19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。

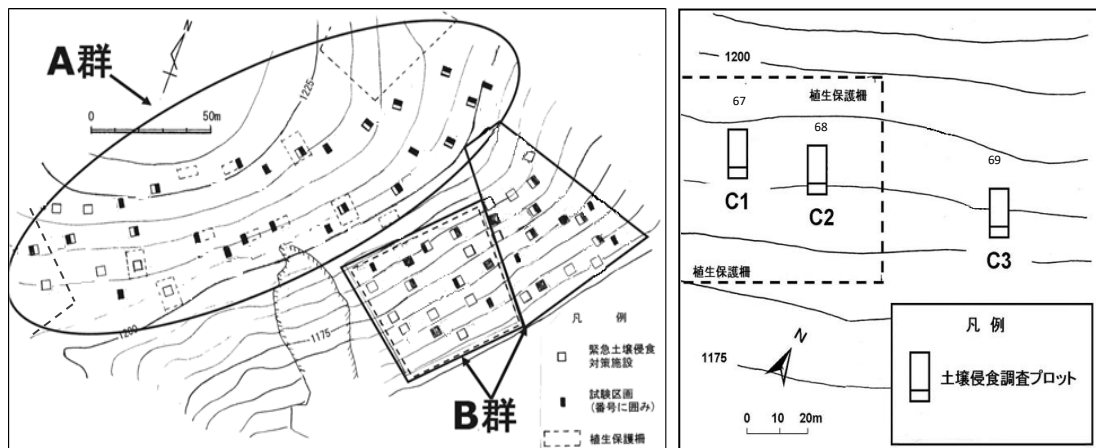


図-1 調査箇所位置 (A群、B群、C群)

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）。被覆率の平均値はいずれも過去3年間と同程度で推移しているが、林床植生のみの被覆率は2年連続で僅かに増加した。

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	35.54	61.95	2.51	97.49
	02	37.47	60.50	2.02	97.98
2	03	24.33	72.16	3.51	96.49
	04	32.44	64.81	2.75	97.25
5	05	15.41	73.19	11.40	88.60
6	06	26.60	69.01	4.39	95.61
	07	41.79	56.19	2.02	97.98
7	08	22.84	72.90	4.25	95.75
	09	15.44	80.72	3.84	96.16
9	10	69.21	29.39	1.40	98.60
	11	50.87	47.67	1.46	98.54
10	12	9.31	73.48	17.21	82.79
11	13	68.10	28.11	3.79	96.21
	14	76.61	21.52	1.87	98.13
12	15	34.68	60.81	4.52	95.48
13	16	8.14	84.74	7.12	92.88
	17	4.87	88.23	6.90	93.10
14	18	33.81	59.93	6.26	93.74
	19	14.42	78.80	6.77	93.23
15	20	26.70	67.74	5.57	94.43
	21	21.84	73.55	4.61	95.39
16	22	49.09	41.78	9.13	90.87
17	23	31.48	54.95	13.57	86.43
	24	38.87	55.91	5.22	94.78
18	25	20.87	74.03	5.10	94.90
	26	12.03	83.17	4.80	95.20
19	27	24.62	67.32	8.05	91.95
20	28	10.60	84.73	4.67	95.33
	29	23.01	69.45	7.54	92.46
22	30	44.04	50.62	5.34	94.66
	31	48.00	48.59	3.41	96.59
23	32	35.58	56.63	7.80	92.20
24	33	61.74	35.94	2.32	97.68
	34	50.93	46.36	2.71	97.29
25	35	88.05	10.69	1.26	98.74
	36	62.41	35.08	2.50	97.50
26	37	56.53	37.58	5.89	94.11
27	38	45.32	50.45	4.23	95.77
	39	68.76	29.80	1.43	98.57
30	40	59.12	36.60	4.28	95.72

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	88.05% (コドラートNo35)	88.23% (コドラートNo17)	17.21% (コドラートNo12)	98.74% (コドラートNo35)
最小値	4.87% (コドラートNo17)	10.69% (コドラートNo35)	1.26% (コドラートNo35)	82.79% (コドラートNo12)
平均	37.54%	57.38%	5.09%	94.41%
標準偏差	20.60	19.04	3.31	3.31

(8) 今後の課題

堂平地区では、植生回復、シカ、土壌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壌浸食量の関係. 日本林学会誌 92:261-268

孫 金勝・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美（2020）シカの食圧により林床植生が衰退したブナ林斜面における各種保全工の土壌侵食防止の長期的な効果. 砂防学会誌 73(1):15-24

(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 年度～令和 3 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 **谷脇 徹**

(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による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 アウラへの委託により行った。

(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、さらに丹沢山、天王寺尾根、檜洞丸ではブナの展葉フェノロジーも調査した。

(7) 結果の概要

2020 年の雌成虫捕獲数は、地点平均で 1～261 個体となり、丹沢山、天王寺、檜洞丸、菰釣山、三国山では昨年（小規模）から減少したが、大室山では 2018 年（小規模）と同水準まで増加した（表-1）。

重点調査地の檜洞丸における展葉期（＝産卵期）の雌成虫捕獲数は 5 トラップ当たり 108 個体となり、小～中規模の被食発生が予測された。これらの予測を踏まえ、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一部のブナ個体で被食が確認されたが、2015 年のような中規模の被食までには至っていなかったことを確認した。

(8) 今後の課題

依然として藪密度が高密度の地点があるため、引き続き発生予察に取り組む必要がある。

(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	2020年
丹沢山	82±40	237±119	73±38	399±183	36±26	20±15	35±33	36±23	24±20
天王寺尾根	12±10	54±30	8±5	37±19	14±10	3±2	8±7	36±30	9±8
檜洞丸	394±133	1,060±510	305±69	540±185	116±62	75±34	283±207	253±142	154±91
大室山	191±99	643±519	145±80	544±253	93±92	72±50	236±170	145±116	261±260
菰釣山	10±10	46±35	7±7	34±54	5±7	5±6	16±27	58±42	17±20
三国山	2±2	1±1	0±1	1±1	0±0	0±0	0±0	13±9	1±1

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	2020
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)	108 (66)
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	小～中
実際の被食規模	中	大	小	大	小	中	小	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年度～令和3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 谷脇 徹

(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。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。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）。2020年の10～11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。採取箇所数は図-1の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。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、全ての繭を計測した。

(7) 結果の概要

食害の規模が小さい三国山において、2020年の繭密度は9個/m²とこれまで同様に低水準で推移した（図-3）。菰釣山の繭密度は三国山よりやや高いが低水準で推移しており、2020年は2019年（107個/m²）より減少し、44個/m²となった（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/m²（2015年）から258個/m²（2020年）に、檜洞丸ではピーク時の1,004個/m²（2015年）から338個/m²（2020年）に、それぞれ高い水準ながら減少傾向を示した（図-3）。ただし、檜洞丸では2018年（178個/m²）からは2年連続で増加した（図-3）。

丹沢山でも2020年の繭密度は133個/m²と、ピーク時の489個/m²（2015年）から減少傾向を示し、これまでの丹沢山での最小値を記録した（図-3）。

以上の結果から、繭密度は低下傾向にあるものの、依然として高い水準が維持されている地点があることが明らかとなった。

(8) 今後の課題

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。

(9) 成果の発表

なし

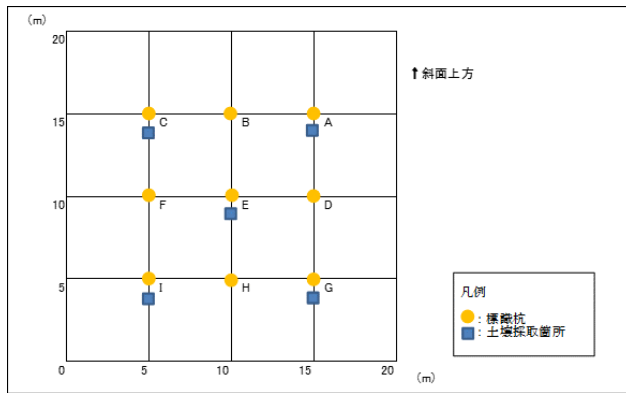


図-1 コドラート内の土壌採取箇所図

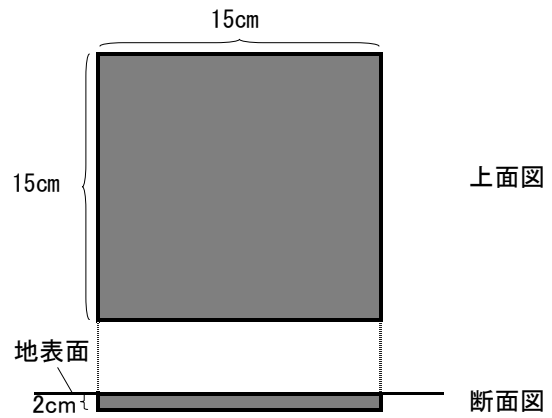


図-2 表層土壌の採取方法

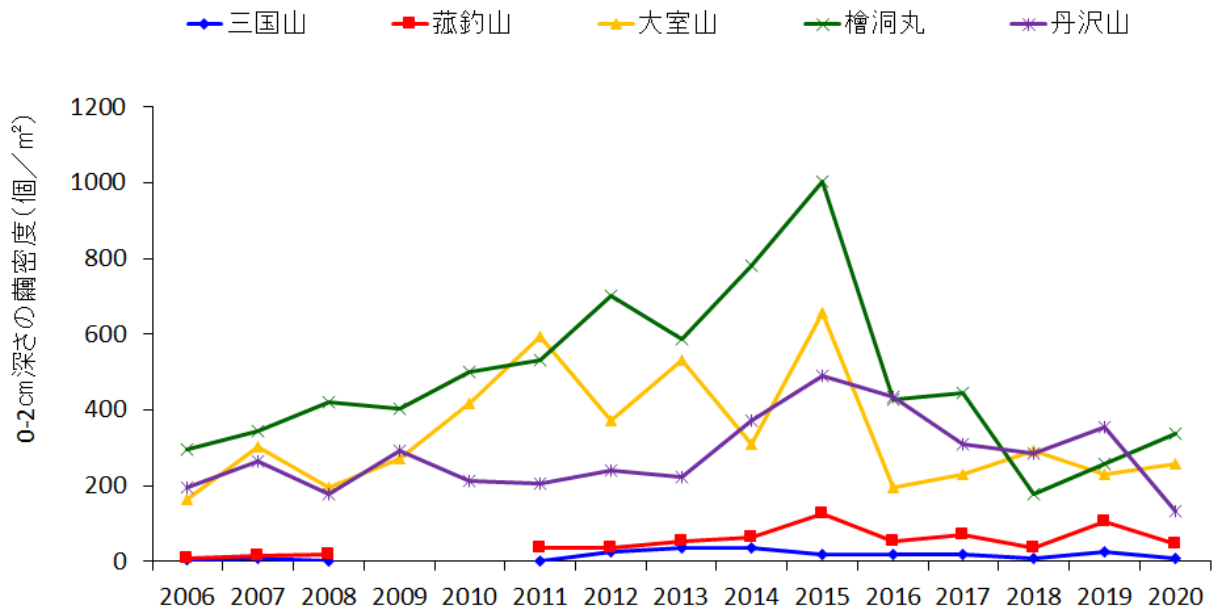


図-3 定点における地中 0-2 cmのブナハバチ繭密度の年次変動

(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 年度～令和 3 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 谷脇 徹

(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。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、ブナの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ことを目的とした。

(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 1,500 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、2013 年度(H25)が高く、その後、2015 年度(H27)に食害度が高い年があった(図-1)。2016 年度(H28)以降は食害度が全体的に低い状態が続いた。2019 年度(R01)は、一部で食害度 3 以上の個体がみられたものの、その割合は 6%に留まり、食害度 1 の個体が全体の 75%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。2020 年度(R2)

に枯死が記録された個体は24本であったが、その多くは2019年(R01)の台風19号の影響を受けたと考えられる崩落や根返りによる枯死であった。衰退は、南、西向き斜面で進んでいた(図-2)。

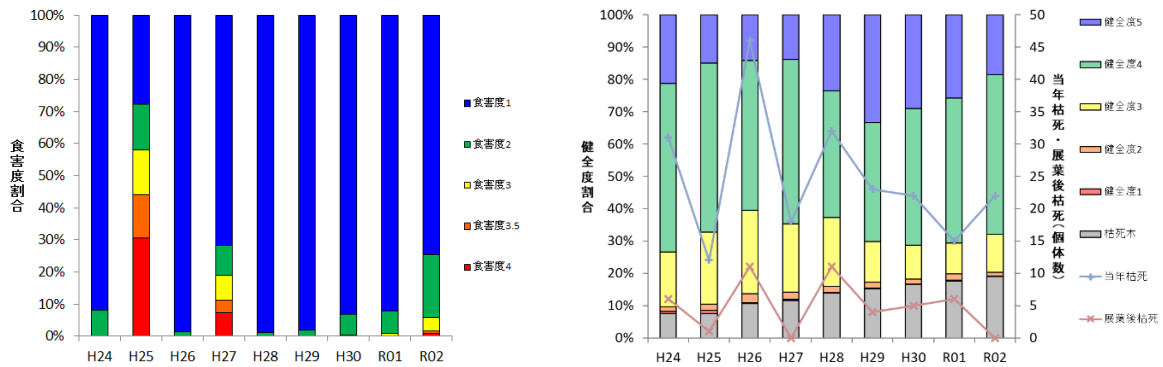


図-1 重点防除試験地における食害度(左)と健全度(右)の推移

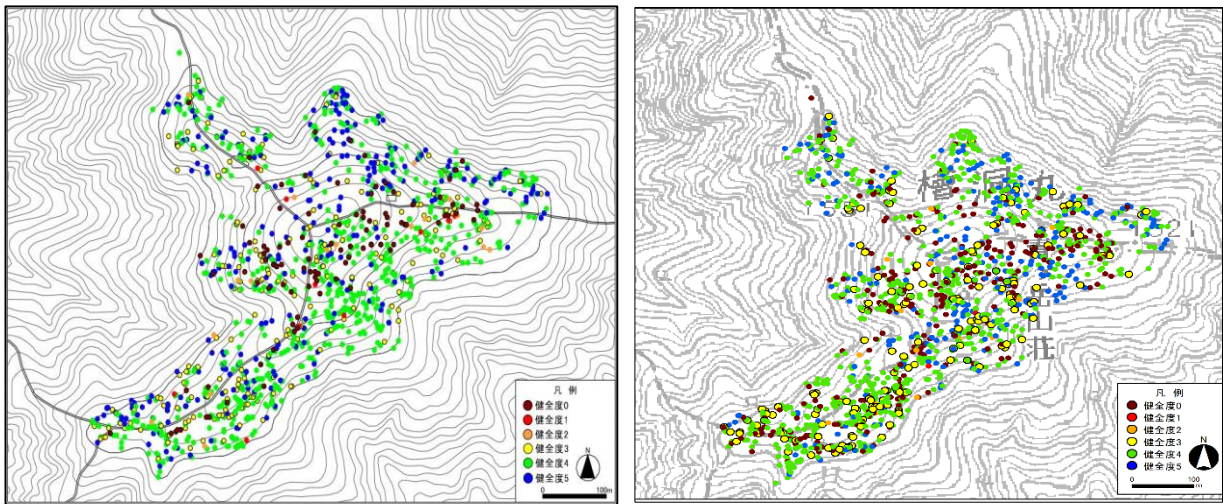


図-2 重点防除試験地における2012年度(左)と2020年度(右)の健全度の空間分布

(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 年度～令和 3 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 谷脇 徹

(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、丹沢山地の主要な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ことを目的とした。

(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。2019 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-1 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、加入道山ではランク 3～4（食害率 51%以上）が 26%、ランク 2（食害率 26～50%）が 45%を占めるなど食害がやや目立ったが、その他の地区では食害があっても多くはランク 2 であり、ランク 3～4 は 0～3%に留まり、食害は小規模であった。（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、天王寺尾根、菰釣山、三国山では比較的枯死木や衰弱木の割合が小さいが、その他の地区では枯死木や衰弱木の累積がみられ、その傾向はとくに加入道山で顕著であった。

(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

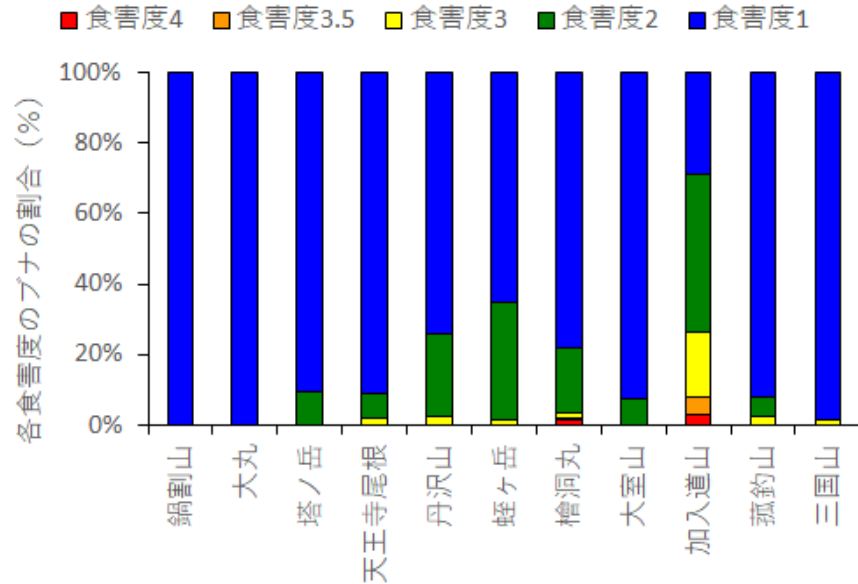


図-1 2020年度の各調査地区における各ブナハバチ食害度のブナの割合

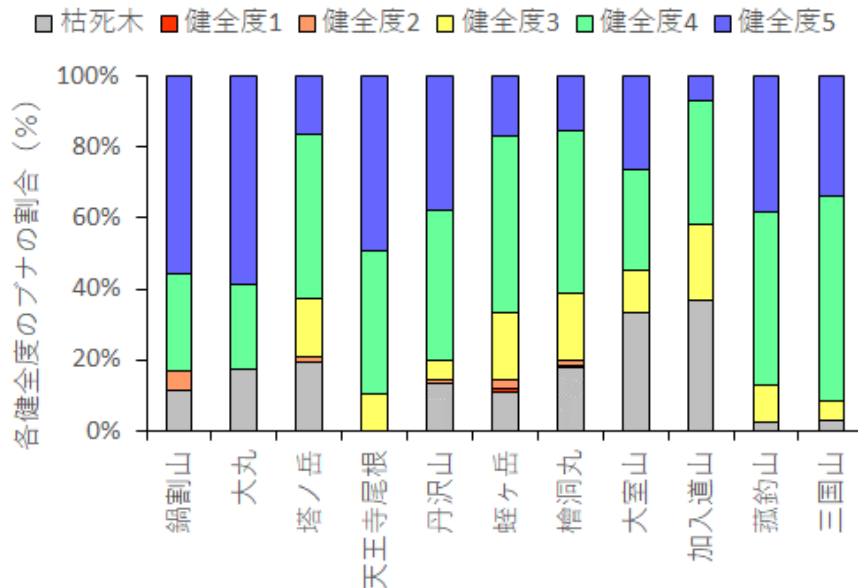


図-2 2020年度の各調査地区における各健全度のブナの割合

(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 大規模ギャップ森林再生試験
(2) 研究期間 令和2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 谷脇 徹

(5) 目的

2006年度から継続実施しているブナ林再生実証試験では、ブナ林が衰退している7ヶ所に天然更新試験地、そのうち3ヶ所に植栽試験地をそれぞれ設定し、光環境や散布種子量、更新木、林床植生を追跡調査してきた。天然更新についての調査から、シカ密度に関わらずギャップが大きいと散布種子量は少なく、ミヤマクマザサ等が繁茂することで実生が定着しないことがわかってきた。植栽木についての調査から、植栽木の生存率は丹沢山のサワグルミを除き高いこと、ブナの樹高成長は他の樹種に比べて緩やかであることが分かってきた。また、埋土種子の予備試験によって土壌中にニシキウツギなどの低木種の種子が含まれることも明らかとなった。

2020年度は、丹沢山山頂周辺の林冠ギャップのある冷温帯落葉広葉樹林において、植生と更新木の追跡調査を行った。現地調査はアジア航測(株)に委託して行った。

(6) 研究方法

① 調査地

本課題の試験地は、丹沢大山国定公園特別保護地区内の丹沢山山頂周辺の津久井側に2010年に柵が設置された1ヶ所であり、林床植生は高茎草本型である(表-1)。調査地は柵内外の試験区が3セット6地点あり、各試験区には2m四方枠が10個設定されている。

表-1 調査地の概要

項目	状況
ギャップ(調査開始時)	大
試験区数(柵内外)	3セット
標高	1,540~1,553m
林床植生型	高茎草本
調査開始年	2010年
植生保護柵設置年	2010年
最終調査年	2017年
天然更新木調査	2010年~

② 調査方法

各調査地の2m四方枠で、植生と更新木、光環境を調査した。植生調査では、およそ高さ1.5m以下を草本層として全体の植被率と出現種の被度・群度を測定した。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。光環境調査では、5地点で高さ1mのところ魚眼レンズ付デジタルカメラで天空写真を撮影した。植生調査は7~8月に、更新木調査は9月に実施した。

(7) 結果の概要

林床植生の出現種数には柵内外で目立った差はなかったが、柵内では低木層の発達が顕著であり、

柵内の群落高および植被率は柵外より高かった（表-2）。低木層の発達にともない、柵内の開空度（高さ 1m）は柵外より低下した（表-2）。更新木については、柵内のほうが柵外より樹高が高く、個体数が増える傾向が認められた（表-3）。柵外の群落高はほぼ横ばいで推移するのに対して、柵内では時間経過にともない増加する傾向が顕著に認められた（図-1）。

表-2 柵内外の開空度・植物出現種数・平均群落高・平均植被率

地点名	開空度 (%)	出現種数 (種/40 m ²)	平均群落高 (cm)		平均植被率 (%)	
			低木層	草本層	低木層	草本層
THS1-in(柵内)	34.8	63	252.0	91.0	70.0	39.0
THS1-out(柵外)	39.1	63	-	95.2	-	89.5
TMS1-in(柵内)	32.6	57	222.2	82.0	72.2	44.0
TMS1-out(柵外)	54.5	64	-	89.9	-	84.5
TMS2-in(柵内)	27.7	69	259.7	82.0	86.0	29.0
TMS2-out(柵外)	53.1	54	-	90.4	-	90.0

表-3 柵内外の更新木平均樹高・最大樹高・個体数

項目	THS1		TMS1		TMS2	
	柵内	柵外	柵内	柵外	柵内	柵外
平均樹高	77.2	20.9	86.6	34.7	75.7	23.1
標準偏差	58.8	19.0	54.4	24.5	65.4	24.4
最大樹高	250.0	103.0	243.0	94.0	320.0	102.0
最大樹高種名	マメザクラ	ミヤマイボタ	ミヤマザクラ	ミヤマイボタ	ミズメ	ミヤマイボタ
個体数	286	249	164	81	705	140
個体数最多樹種	イトマキイタヤ	ヒコサンヒメシヤ	ミヤマイボタ	ミヤマイボタ	アラゲアオダモ	ニシキウツギ

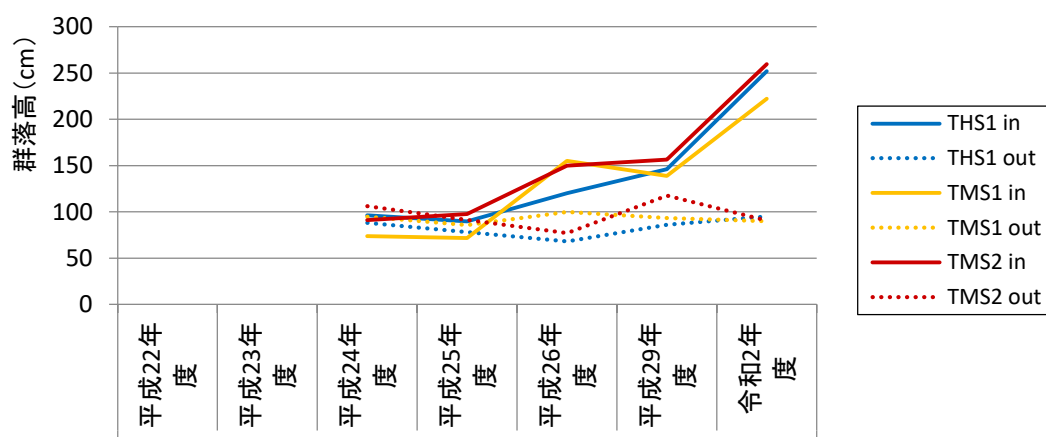


図-1 平均群落高の経年変化

(8) 課題

長期的な視点でブナ林再生に取り組む必要があることから、本調査地を含めて各地のブナ林再生試験を継続する必要がある。

(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
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食は、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。このため、大規模な被食を予察するにはブナの展葉時期を予測する技術が必要となる。そこで今年度は、過去の現地山岳気象観測値とブナの展葉フェノロジーのモニタリング結果を用いて、ブナ葉の発育開始温度と有効積算温度について検討し、有効積算温度による展葉段階別の時期を予測する方法を開発した。

(6) 研究方法

①展葉パターンと有効積算温度の検討

ブナ葉の展葉フェノロジーについて、2010年から2018年まで丹沢山(1,576m)と檜洞丸(1,580m)の山頂付近において、およそ1週間おきに決められた観察対象木を現地で目視判定して得た観測値を用いて、5段階の展葉ランクに達した中央日を求め、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($y = 5 / (1 + \exp((a-x)/b))$)で近似させ、両地点の各観測年の回帰式パラメータ値、 a 、 b を統計パッケージRにより推定した。そして、各観測年の回帰式からブナハバチの被食に適した展葉ランク2.5、3および3.5の各ランクの中央日の日付を求めた。

続いて、ブナ葉の発育開始温度について、既往研究から 0°C 付近との知見が示されていることを念頭に、発育開始温度を 0°C から 2.5°C まで 0.5°C 刻みとして、2010年から2018年までの各年の1月1日からの各イベント日付までの日平均気温を用いて、展葉ランク中央日に対応する有効積算温度を求め、発育開始温度ごとに平均値と変動係数を算出した。用いた日平均気温値は、両地点で観測されている時間気温測定値から算出した値である。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逓減率を考慮した補正值を用いた。

②有効積算温度による展葉フェノロジー予測の有効性検証

2002年と2003年の丹沢山地堂平(標高1,150m)、2004年と2005年の丹沢山山頂付近(1,500m付近)及び天王寺尾根(1,330m)の観測値と、檜洞丸と丹沢山山頂付近における2019年と2020年の観測結果を用いて、発育開始温度及び有効積算温度による展葉時期推定の有効性を検証した。

(7) 結果の概要

①展葉パターンと発育開始温度及び有効積算温度の検討

各年の観測結果から観測日と展葉ランク(5段階)に達した中央日の関係を図化し、ロジスティック回帰式で近似した結果(図-1)、展葉曲線は開始時期と展葉速度に応じて3タイプに分類できた(表-1)。

次に、発育開始温度別に、展葉ランク2.5、3、3.5の中央日までの有効積算温度を求めたところ、いずれの展葉ランクでも、両地点とも 0°C と 0.5°C で変動係数が最小で、展葉ランク3の中央日は丹沢山で 0.054 、檜洞丸が 0.073 であった(表-2)。発育開始温度を 0°C とした場合の、展葉ランク3の中央日の有効積算温度は、丹沢山では 370°C 前後、檜洞丸では 391°C と推定できた。

②有効積算温度による展葉フェノロジー予測の有効性検証

②-1) 2000年代前半時期への適用結果

2000年代前半時期の丹沢山一帯での山岳気象観測データを用いて発育開始温度を 0°C とした展

葉ランク 3 の有効積算温度（369℃）の到達日と、展葉フェノロジーの観測結果から算出したランク 3 中央日の有効積算温度を比較したところ、2003 年堂平を除いて誤差率 13%以下とおおむね一致しており、数日程度の誤差で各展葉ランクに到達する中央日を推定できた（表-3）。

②-2) 2019 年と 2020 年の適応結果

2019 年と 2020 年の展葉についても、発育開始温度 0℃の場合の有効積算温度を算出し、展葉ランク 2、3、4 の中央日を求めたところ、各ランクの実測の中央日における積算気温値との誤差率と日数差は、2019 年はそれぞれ 10%以下で 3 日以内、2020 年は 14%から-1%程度の誤差で 5 日以内とおおむね良好に推定できていた（表-4）。

以上から、ブナハバチの被食に適した展葉段階の中央日は、発育開始温度 0℃と 1 月 1 日以降の有効積算温度を用いることでおおむね予測できると考えられた。

(8) 課題

有効積算温度による成虫発生時期と展葉フェノロジーの予測の精度について現地観測結果を用いて確認し、併せて過去の山岳気象観測値を用いてブナハバチ発生時期にあたる 5 月から 7 月にかけての気温推移を予測する方法を検討し、ブナハバチの食害発生予察技術を開発する。

(9) 成果の発表

なし

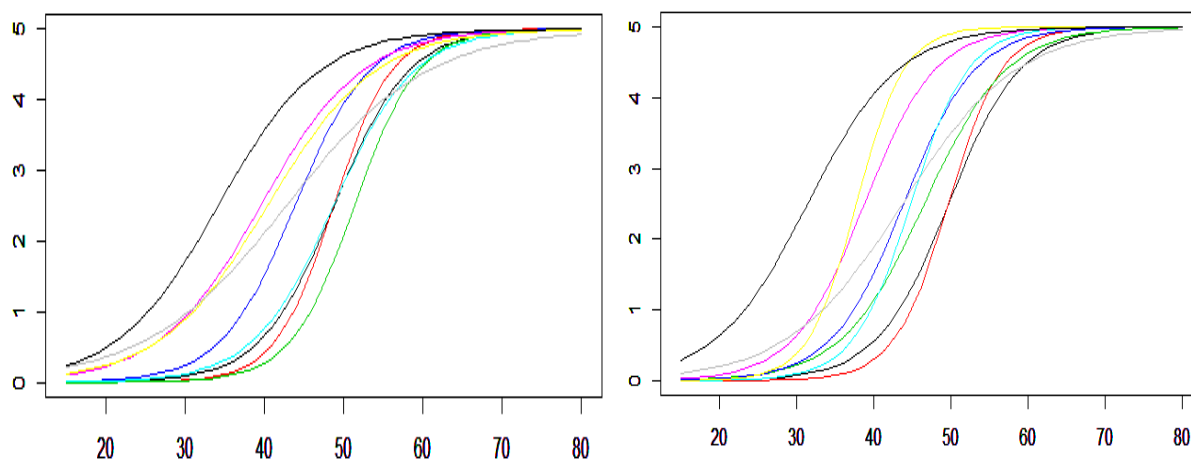


図-1 2010 年から 2018 年までの展葉フェノロジー曲線（左：檜洞丸、右：丹沢山）

x 軸は 4 月 1 日からの経過日数、Y 軸は展葉ランク

黒：2010、2018，赤：2011，緑：2012，青：2013，水色：2014，

紫：2015，黄：2016，灰：2017

表-1 2010年から2018年までの丹沢山と檜洞丸における展葉フェノロジーの推移パターン
数字は各パターンに該当する観測年を示す.

パターン	特徴	檜洞丸	丹沢山
1	展葉開始は5月に入ってで、5月中旬以降にランク3に達する。展葉スピード早い	2010、2011、2012、2014	2010、2011、2012
2	展葉は4月下旬から開始、5月中旬にランク3に達する	2013、2015、2016、2017	2013、2014、2017
3	展葉が4月中旬以降に早く始まり5月上旬にランク3に達する	2018	2015、2016、2018

表-2 山岳気象観測値（日平均気温値）を用いた丹沢山山頂付近と檜洞丸山頂付近におけるブナ展葉フェノロジーランク（展葉ランク）と
発育開始温度 0°Cの場合の有効積算温度(a度)及び変動係数(b).

展葉 ランク	発育零点温度	地区					
		丹沢山			檜洞丸		
		平均有効 積算温度 (°C)	変動係数	温度範囲 (±°C)	平均有効 積算温度 (°C)	変動係数	温度範囲 (±°C)
2.5	0	352	0.06	22	368	0.08	28
	0.5	321	0.06	20	337	0.08	25
	1	293	0.06	19	307	0.08	23
	1.5	266	0.07	17	279	0.08	21
	2	240	0.07	16	252	0.08	19
	2.5	216	0.07	15	227	0.08	18
	5	116	0.10	12	122	0.10	13
3	0	370	0.05	20	391	0.07	29
	0.5	339	0.05	18	359	0.07	26
	1	309	0.05	17	328	0.07	24
	1.5	281	0.06	16	299	0.07	22
	2	254	0.06	15	271	0.07	20
	2.5	229	0.06	14	244	0.08	18
	5	125	0.09	11	134	0.09	12
3.5	0	391	0.04	15	419	0.06	26
	0.5	359	0.04	14	385	0.06	24
	1	328	0.04	13	353	0.07	23
	1.5	299	0.04	13	322	0.07	23
	2	271	0.05	13	293	0.07	22
	2.5	245	0.05	12	265	0.08	21
	5	136	0.08	11	149	0.12	18

表-3 有効積算温度を用いたブナ展葉時期予測の検証結果(2002年から2005年)

地区	標高 (m)	斜面位置	年	ランク3 中央日	有効積算 温度(°C)	誤差率
堂平	1,150	平衡	2002	4月28日	390.3	5.8
			2003	4月28日	252.0	-31.7
丹沢山	1,500	南斜面	2004	5月12日	384.7	4.3
			2005	5月20日	365.3	-1.0
		北斜面	2004	5月7日	328.5	-11.0
			2005	5月17日	338.7	-8.2
天王寺尾根	1,330	南斜面	2004	5月8日	384.0	4.1
			2005	5月12日	332.0	-10.0
		北斜面	2004	5月1日	320.8	-13.1
			2005	5月9日	341.0	-7.6

表-4 有効積算温度を用いたブナ展葉時期予測の検証結果(2019年と2020年)

地区	年度	展葉 ランク	実測 中央日	積算気温 (°C)	中央日の有 効積算温度 予測値(°C)	温度に よる 予測日	気温 誤差率	日数差
丹沢山	2020	2	5月11日	347.4	325.5	5月9日	6.7	2
		3	5月17日	416	369.6	5月13日	12.6	4
		4	5月23日	470	420.9	5月18日	11.7	5
	2019	2	5月13日	312.8	325.5	5月15日	-3.9	2
		3	5月17日	344.4	369.6	5月20日	-6.8	3
		4	5月22日	394.4	420.9	5月24日	-6.3	2
檜洞丸	2020	2	5月14日	376.5	330.8	5月11日	13.8	3
		3	5月18日	416.9	391.3	5月15日	6.5	4
		4	5月22日	448.9	454.9	5月26日	-1.3	1
	2019	2	5月17日	345.1	330.8	5月16日	4.3	1
		3	5月21日	382.5	391.3	5月22日	-2.3	1
		4	5月26日	463.5	454.9	5月26日	1.9	0

(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 Cc ブナ帯人工林の枯損原因調査
(2) 研究期間 令和2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 谷脇 徹

(5) 目的

丹沢山地の高標高域には、明治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枯損原因に関する知見はほとんどない。2020年に三ノ塔(標高1,204.8m)、烏尾山(標高1,136m)、竜ヶ馬場(標高1,504m)等のヒノキ林において、枯れ上がり症状を示す集団的な枯損被害が確認された。そこで、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て、三ノ塔において枯損被害原因調査を行った。



図-1 枯れ上がり症状を示す集団的な枯損被害がみられる三ノ塔のヒノキ林

(6) 方法

調査地は三ノ塔山頂付近の80年生ヒノキ林(水源協定林)とした。2020年12月22日に枯れ上がり症状が顕著なヒノキ3本(A:胸高直径21cm、樹高8.5m、B:胸高直径17.5cm、樹高9.5m、C:胸高直径18cm、樹高9m)について、目視での病徴を確認し、チェーンソーを用いて伐倒し、1mごとに玉切りして木口面の被害状況を観察した。また、葉の変色がみられる枝葉や変色枝葉がついている樹幹部、地際近くの円盤等を持ち帰って被害状況を観察したうえで、これらサンプルからの病原菌の探索を(国研)森林総合研究所に依頼した。

(7) 結果の概要

樹幹部の外観上は、周辺の枯損木を含めて樹脂漏出や地際部の菌糸膜などの病徴は確認されなかった。また、伐倒した3本の樹幹部の木口面を1mごとに観察したが、一部にシミや腐朽は認められるものの、病徴と考えられる材の変色は認められなかった(図-2)。持ち帰ったサンプルの樹幹部の形成層を観察したが異常は認められなかった。

葉の変色がみられる枝葉(図-3)、樹幹部、円盤等のサンプルから、葉が変色した小枝の樹皮下



図-2 玉切りしたヒノキの木口面



図-3 変色が進んだヒノキ樹冠部

に壊死が進んでいる箇所があり、この壊死部から暗色枝枯病菌等の菌類が比較的高頻度で分離された。この結果から、今回の枯れ上がり症状は、何らかの環境要因によって衰弱したヒノキにおいて、暗色枝枯病菌等によって小枝が枯れることで生じているとみられた。

誘因となった環境要因については、次のような要因の関与が考えられる。まず、調査地のヒノキは80年生にもかかわらず成長が悪く（胸高直径20cm、樹高10m程度）、①もともと生育に適していない環境であること、そのなかでも被害は稜線部や南向き斜面で顕著であり、②乾燥のストレスを受けやすい立地条件であること、が背景としてある。そのうえで、三ノ塔と同様に南側に開けている鍋割山で観測された気象条件として、2018年9月の平成30年台風24号で最大瞬間風速39.9m/s（南東風）、2019年10月の令和元年台風19号で最大瞬間風速35m/s（東南東風）を記録しているように、③例年になく強い風が吹いたこと、2020年8月には④例年になく高温少雨であったこと、が累積的に影響している可能性がある。

(8) 課題

今後は、高標高域のヒノキ林において、現在の被害地で枯損が拡大しないか、新たに被害地が出てこないか、衰退に伴って新たな病害虫が蔓延しないか、などを注意してみていく必要がある。

(9) 成果の発表

なし