

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・増子和敬

(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、2021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3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3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3年度ブナ林再生研究プロジェクト打合せ

方法 スカイプ会議

期間 2022年1月13日（木）13時30分～15時00分

出席者 自然環境保全センター、環境科学センター、農業技術センターの関係者

内 容 2021 年度実施状況について情報交換し、2022 年度計画における檜洞丸のオゾンパッシブサンプラー観測および犬越路のオープントップチャンバー試験の進め方について議論した。

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 3 年度ブナ林再生に係る調整会議

日 時 2021 年 9 月 28 日（火）13 時 00 分～15 時 00 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、自然再生企画課の関係者 8 名

内 容 各課の次期 5 ヶ年計画と 2022 年度計画、重点対策地区の拡大と事業連携について調整・討議した。

③ 外部研究機関との連携

2021 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

丹沢山地森林変遷解析（ドローン活用）：酪農学園大学

ブナ林生態系調査（事業効果検証）：東京農工大学

○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

水源第 4 期の 5 か年計画の 1 年目にあたる 2022 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 4 期の新たな取組み、水源計画の最終とりまとめ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。2021年度は檜洞丸山頂付近の大ギャップにおいて設置後3～4年経過した植生保護柵内外での更新状況調査を行った。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、2017年に設置された柵内4地点（10in、14-1in、14-2in、30in）と柵外4地点（10out、14-1out、14-2out、30out）、および2018年に設置された柵内2地点（15-1in、15-2in）で調査を行った（図-1）。各地点には、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）。

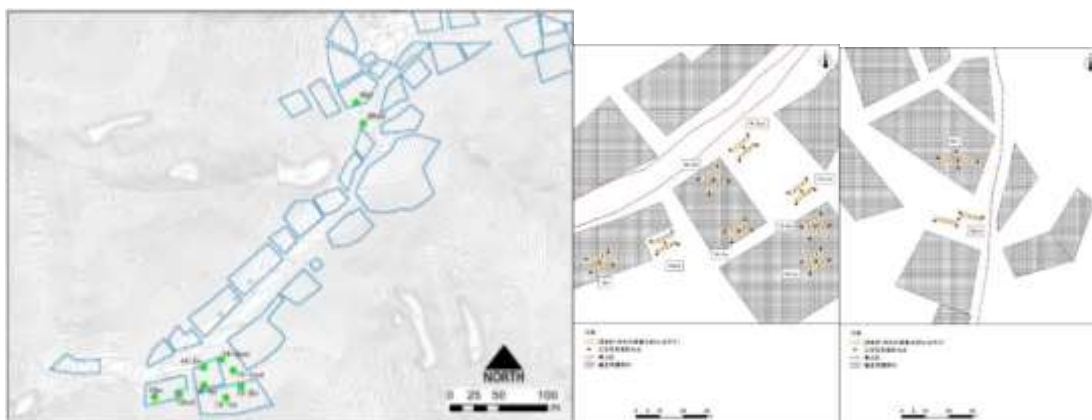


図-1 調査地点の位置図

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月上旬から10月上旬に実施した。

(7) 結果の概要 (表-1)

高さ 1m 地点の開空度は 43～65%であった。草本層の平均群落高は柵内 (1.0～1.5m) のほうが柵外 (0.9～1.2m) よりやや高く、平均植被率も柵内 (92.5～97.3%) のほうが柵外 (84.5～95.4%) よりやや高く、植物種数は柵内 (48～65種) のほうが柵外 (37～54種) より多くなる傾向があった。更新木の平均樹高は柵内 (26.5～65.8cm) と柵外 (23.5～51.9cm) で大きな差はなかったが、最大樹高は柵内 (114～222cm) のほうが柵外 (44～102cm) より大きく、個体数は柵内 (46～530 個体) のほうが柵外 (18～129 個体) より多くなる傾向があった。最大樹高の樹種としては、柵内ではイヌシデ、ニシキウツギ、マメグミ、カマツカが記録されたが、柵外ではミヤマイボタのみが記録された。

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1 m)	草本層			平均樹高 (cm)	更新木	個体数 (本/40m ²)
			平均群落高 (m)	平均植被率 (%)	種数 (種/40m ²)		最大樹高 (cm) 及び樹種	
10in	内	45.6	1.5	95.8	55	65.8	222 イヌシデ	120
10out	外	64.0	1.2	95.4	37	51.9	100 ミヤマイボタ	40
14-1in	内	64.7	1.4	97.3	51	43.6	170 ニシキウツギ	198
14-1out	外	52.1	1.2	85.5	37	35.7	65 ミヤマイボタ	18
14-2in	内	55.9	1.0	96.7	50	26.5	136 マメグミ	530
14-2out	外	56.8	0.9	84.5	39	23.5	44 ミヤマイボタ	47
15-1in	内	43.2	1.0	96.9	58	33.4	114 イヌシデ	310
15-2in	内	60.4	1.2	92.5	48	59.7	220 カマツカ	46
30in	内	51.9	1.4	95.5	65	33.7	186 ニシキウツギ	182
30out	外	59.2	0.9	94.4	54	26.0	102 ミヤマイボタ	129

(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

なし

(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～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・増子和敬**
(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、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ための UAV 使用機材と撮影方法を昨年度に引き続き検討した。

(6) 方法

ア ドローン空撮

- ・ 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 5 調査区 8 区画（一区画は約 20-25ha）で、ブナ葉の被食が終了した 7 月下旬以降に新日本環境株式会社への調査業務委託の一環でドローン空撮を行った。
- ・ 使用したドローン本体は DJI 社製「Mavic2Pro」を、メインの送信機には DJI 社製「スマート送信機」である。
- ・ 飛行ルート等は前年度と概ね同様とした。
- ・ 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 4 か所以上の対空標識を設置し、2 周波 RTK 搭載 GNSS レシーバー（DG-PR01RWS、BizStation Corp）と仮想基準局レシーバー（VRSC、BizStation Corp）を用いて PPP-RTK 方式で測位した。

イ 空撮画像の処理及び解析

- ・ 画像処理及び解析では、画像処理ソフトの MetaShape（Agisoft 社）と GIS ソフトの ArcGIS（ESRI 社）を用いて、対空標識位置を GCP（Ground Control Point）として位置精度を確認しながら、オルソ画像を作成した。

ウ 食害調査木の樹冠抽出

- ・ 丹沢山と檜洞丸の食害調査木追跡区画内を解析範囲として、DSM データと DEM データから CHM（Canopy Hight Model）データを算出した後、外れ値の除去及び解像度の調整う前処理により各調査地で計 12 パターンの CHM データを作成し、樹冠解析に適切な CHM データを検討した。
- ・ 続いて、この 12 パターンの CHM データを用いて林野庁が作成した UAV 立木調査マニュアル（https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/syuukaku_kourituka-2.pdf）に沿って樹冠を推定し、頂点の数、樹冠の形状の視点から樹冠抽出が適切にできているかを検証した。

(7) 結果の概要

- ・ Metashape により処理・出力したオルソ画像と対空標識との誤差は、撮影地区により誤差にばらつきがある（最小 0.09cm、最大 78.6cm）が、撮影の主目的である樹冠解析や現地調査との対応には大きな支障のない誤差であると考えられた。
- ・ ポイントクラウド画像について、垂直写真のみの場合と斜め写真も使用した場合で、3D 画像を比較したところ、斜め写真を使用して中品質以上の品質で作成することで樹冠形状の再現性が良いポイントクラウドが作成できた。さらに、食害調査木の位置座標を重ね合わせたところ、調査木と考えられる樹冠が抽出でき、時系列的な樹冠変化の追跡が可能で

あった。

- ・ 丹沢山と檜洞丸における樹冠推定に適切な DSM データを検討した結果では、比較的解像度の大きい DSM データが樹冠の推定には適切と考えられた。
- ・ 高密度ポイントクラウドを平滑化実行し 75cm グリッドでリサンプル抽出した樹冠のうち調査対象木の樹幹位置から 0.5m 範囲にある樹冠ポリゴンを、オルソ画像と DSM 及びポイントクラウド画像等を用いて目視で判定したブナ樹冠を重ね合わせたところ、樹冠形状は異なるものの、リサンプルによる樹冠抽出結果は目視判定による樹冠と重なる形で含まれており、リサンプル法でブナ食害調査木の樹冠を抽出できることがわかった。

2021丹沢山 樹冠抽出検討

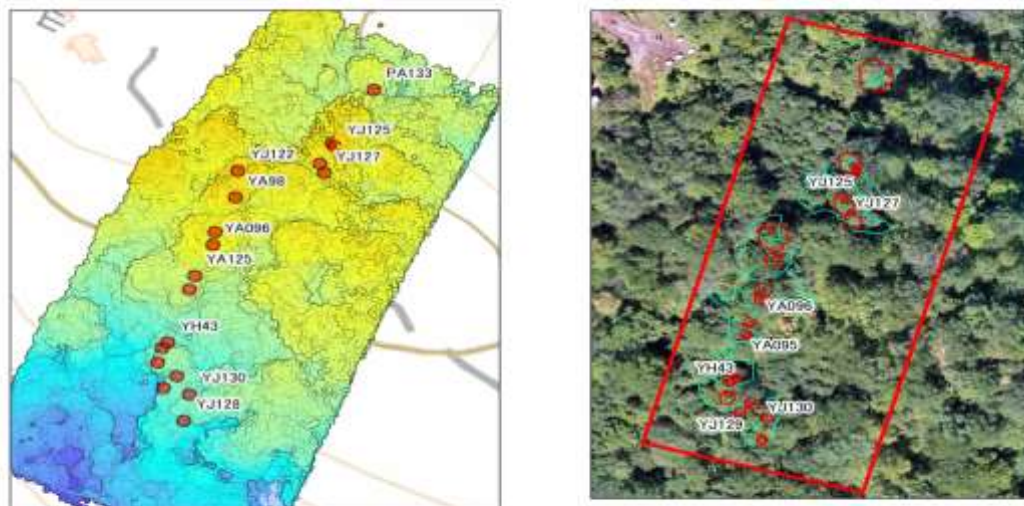


図1 食害調査木の樹冠抽出の結果（丹沢山食害調査区画）

左 ポイントクラウド 右：オルソ画像

緑線：リサンプル法抽出の食害調査木樹冠 赤線：目視で抽出した同樹冠

赤四角枠：食害調査木区画範囲

(8) 今後の課題

- ・ 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

- (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）、竜が馬場（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2021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2021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。

ア 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。

イ 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。

ウ 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

ア 観測地点の月平均気温

2021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（7.5℃）で前年より0.2℃低下した。鍋割山が（9.2℃）で最も高くなった。丹沢4か所は前年と比較すると0.2℃程度低くなったが、一昨年（2019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を図2に示す。2021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。

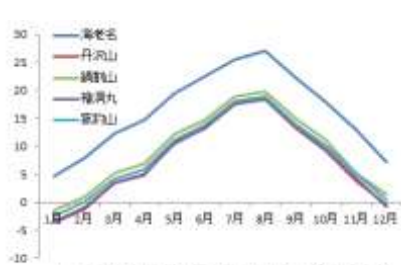


図-1 丹沢山地の月別平均気温(2021)

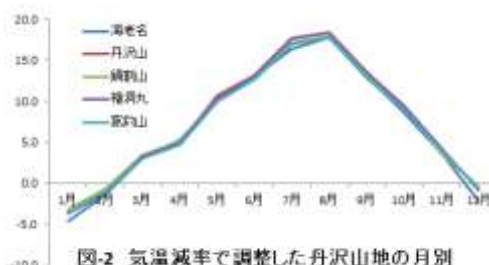


図-2 気温減率で調整した丹沢山地の月別平均気温(2021)

イ. 観測地点の月間降水量

2021年の月別の降水量を図2に示す。2021年の年間降水量は、いずれの地点で増加し、檜洞丸が2848mmで最も多く、丹沢山と鍋割山が2500mm程度で同様であり、海老名が2100mm程度、前年海老名と同程度であった菰釣山は1800mm程度で4か所のうち最も少なくなった。檜洞丸は8月に集中豪雨等で999mmに達するなど年間降水量が3000mm近くになり、内陸の菰釣山と比較し1000mm以上の差があり、地点間の差が大きくなった。丹沢各地点とも8月に降水量が最も多くなった。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る。

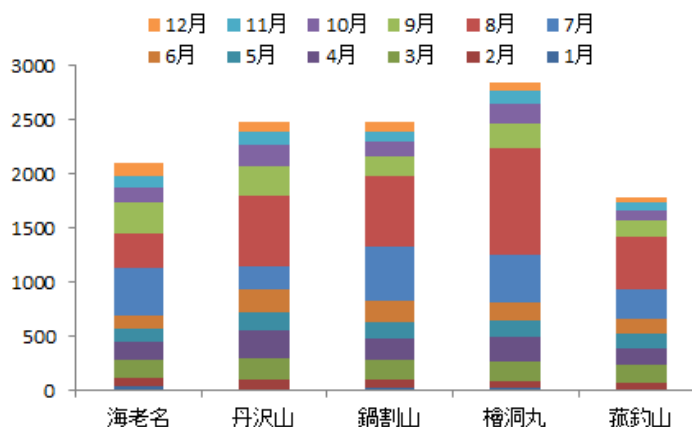


図-3 丹沢山地の降水量(2021)

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る。

ウ. 観測地点の積算日射量

2021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2021年は、前年に比較し各地点とも増加したが2019年からは下回った。前年は地点間の差はわずかであったが、鍋割山、丹沢山、檜洞丸、菰釣山の順で測定場所の周辺の立木の影響が考察された。

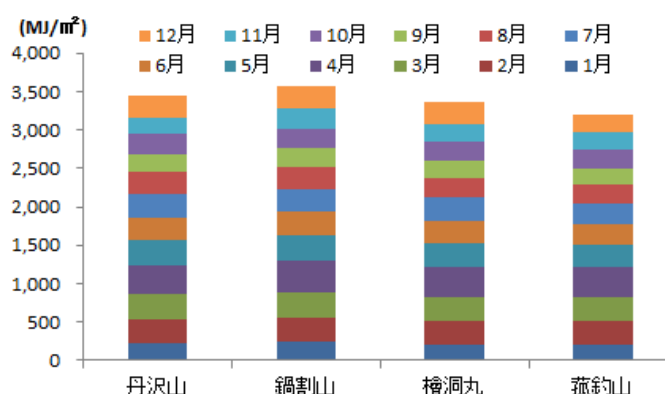


図-4 丹沢山地の積算日射量(2021)

(8) 今後の課題

2021年11月に機器の更新を実施した。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の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、2021 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。現地調査は新日本環境調査株式会社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～6 月下旬とし、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

2021 年の雌成虫捕獲数は、地点平均で 1～92 個体となり、檜洞丸と大室山ではこれまでの最小値を記録した。丹沢山、天王寺、菰釣山、三国山では雌成虫捕獲数は昨年とほぼ同水準であり、例年より目立って多い地点はなかった（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 43 個体となり、小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では全地点で目立った被食は確認されなかった。

(8) 今後の課題

依然として繭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 2012～2021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	2021年
丹沢山	82±40	237±119	73±38	399±183	36±26	20±15	35±33	36±23	24±20	26±15
天王寺尾根	12±10	54±30	8±5	37±19	14±10	3±2	8±7	36±30	9±8	12±6
檜洞丸	394±133	1,060±510	305±69	540±185	116±62	75±34	283±207	253±142	154±91	92±53
大室山	191±99	643±519	145±80	544±253	93±92	72±50	236±170	145±116	261±260	54±21
菰釣山	10±10	46±35	7±7	34±54	5±7	5±6	16±27	58±42	17±20	14±16
三国山	2±2	1±1	0±1	1±1	0±0	0±0	0±0	13±9	1±1	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	2021
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)	43 (34)
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	小
実際の被食規模	中	大	小	大	小	中	小	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 Bc 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新日本環境調査株式会社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、2021年の繭密度は18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、2021年は2020年（44個/m²）より増加し、107個/m²となった（図-3）。

一方、食害の規模が大きい大室山では、繭密度はピーク時に658個/m²（2015年）となったが、翌年以降は196～293個/m²で推移しており、2021年も249個/m²となった（図-3）。檜洞丸では、繭密度はピーク時に1,004個/m²（2015年）となり、178個/m²（2018年）まで減少したが、その後は増加傾向を示し、2021年には436個/m²となった（図-3）。

丹沢山では、繭密度はピーク時の489個/m²（2015年）から緩やかな減少傾向を示し、2021年に231個/m²となった（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

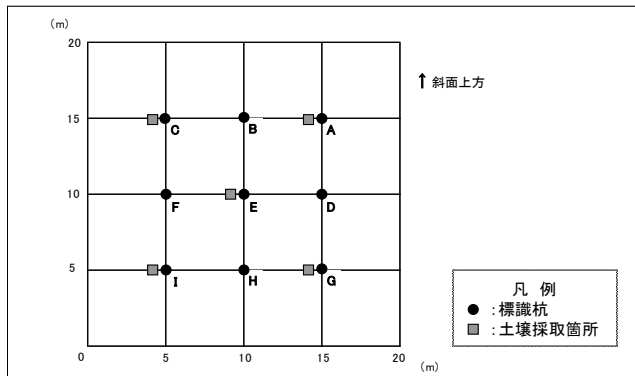


図-1 コドラート内の土壌採取箇所図

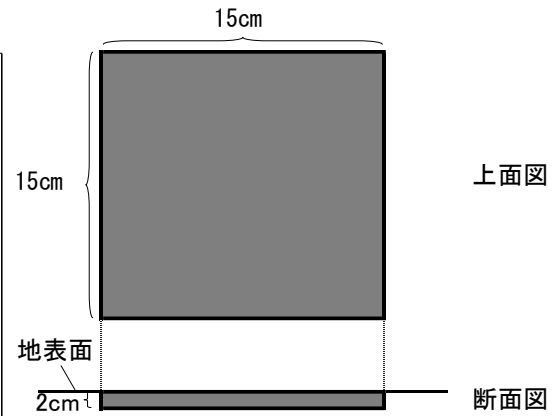


図-2 表層土壌の採取方法

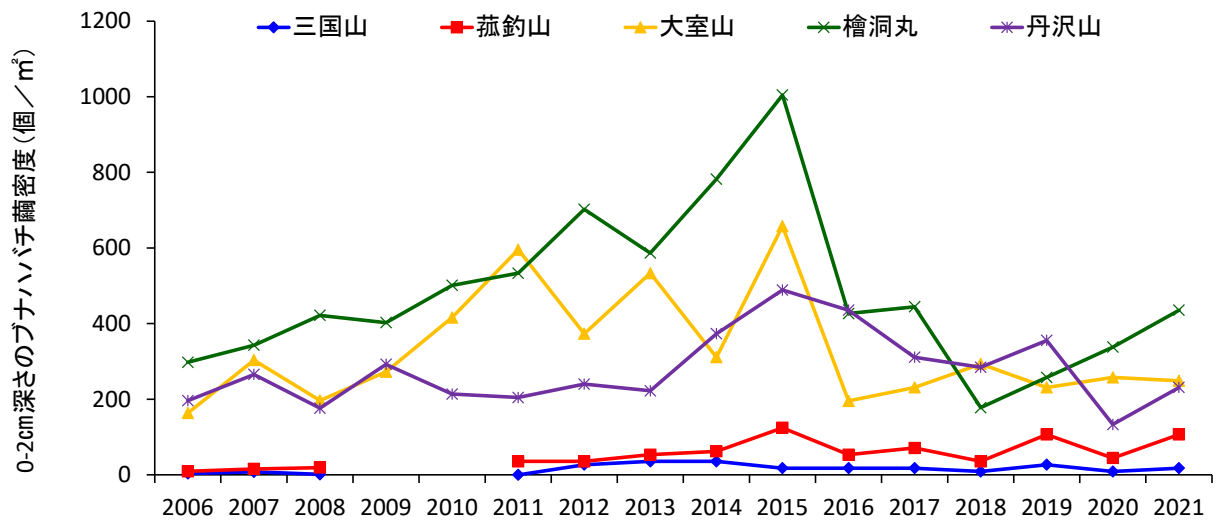


図-3 定点における地中0-2cmのブナハバチ繭密度の年次変動

(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 **Bd ブナハバチ天敵昆虫モニタリング**
(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、ブナ葉食性昆虫ブナハバチのブナ林衰退への関与が指摘されている。ブナハバチは不規則な間隔で突発的に大発生するが、どのような要因により大発生が生じているのかは不明であった。謎の多いブナハバチの大発生の要因を解明するにあたり、その主要な死亡要因である天敵昆虫がブナハバチの不規則な発生パターンにどのように反応するのかを解明する必要がある。

そこで、黄色の衝突板トラップを用いて、ジェネラリスト捕食者である捕食性甲虫（ジョウカイボン科）とスペシャリスト捕食者である寄生バチ（ヒメバチ科）の生息状況をブナハバチとあわせて経年でモニタリングした。あわせて、土中に形成されたブナハバチ繭の密度と寄生バチによる寄生率についても経年でモニタリングした。

(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。天敵昆虫の捕獲にはブナハバチ成虫捕獲用の黄色のサンケイ式昆虫誘引器（各地域 5 個ずつ）を用いた。トラップの設置期間は 4 月上旬～6 月下旬とし、およそ週 1 回の頻度で捕獲昆虫を回収した。天敵昆虫として、寄生蜂（キモンブナハバチヤドリヒメバチなどのヒメバチ類）と捕食性甲虫（クロジョウカイなどのジョウカイボン類）の個体数を記録した。寄生蜂については、別途実施しているブナハバチ繭モニタリング調査の際に寄生繭数を記録した。

(7) 結果の概要

1 ハバチと寄生バチの同調的な発生

ジェネラリスト捕食者である捕食性甲虫の生息数は、反応の程度は弱いながらも、ブナハバチの生息数が増えると、遅れて増えることが認められた。一方、スペシャリスト捕食者の寄生バチは、ブナハバチの発生に遅れることなく、同じ年に同じような程度で発生数が増加していた。さらに、ブナハバチ繭の寄生バチによる寄生率は、年や場所によってブナハバチの生息数（繭の数）が変化しても、おおむね一定の割合を維持していた。これらのことは、寄生バチは同調的な発生により、ブナハバチを長期にわたり、安定的に寄主として利用していることを強く示している。

2 ハバチと寄生バチにみられる長期休眠の生態

このようなブナハバチとスペシャリスト天敵昆虫の発生パターンに同調性が生じる要因として、長期休眠の生態が関与することが考えられる。ブナハバチは、土の中でつくった繭のなかで長期に（1年～4年）休眠し、このことがブナハバチに不規則な発生パターンが生じる要因となっている可能性がある。このような長期休眠が、繭の中でブナハバチを捕食した寄生バチの幼虫でも確認できることから、寄生バチはブナハバチの休眠期間や羽化のタイミングを何らかの方法で察知し、自身の発生の程度を調整している可能性がある。

(8) 今後の課題

- 1 天敵昆虫はブナハバチの大発生を抑えたり、その翌年にブナハバチを大きく減少させるよ

うに増えたりすることはないことがみえてきており、ブナ林の保全の観点からは、ブナハバチ大発生の際をできるだけ早めにつかむとともに、環境に負荷がかからない方法でブナハバチの発生数を抑えるなどの対応策を考えていく必要がある。

2 ブナハバチの低密度時には、ジェネラリスト捕食者である捕食性甲虫がブナハバチの密度にかかわらず一定の密度を維持することから、ブナハバチへの捕食圧が相対的に高まるため、スペシャリスト捕食者である寄生バチによる一定の寄生率とあわせて、ブナハバチを低密度に抑える捕食効果が期待できると考えられる。

(9) 成果の発表

Taniwaki et al. (2022) Response of specialist and generalist predators to nonprogressive annual fluctuations in herbivorous insect populations. Biological Control 165:104810.

[具体的データ]



図1 ブナハバチ成虫と寄生バチ、捕食性甲虫の捕獲数の年次変化

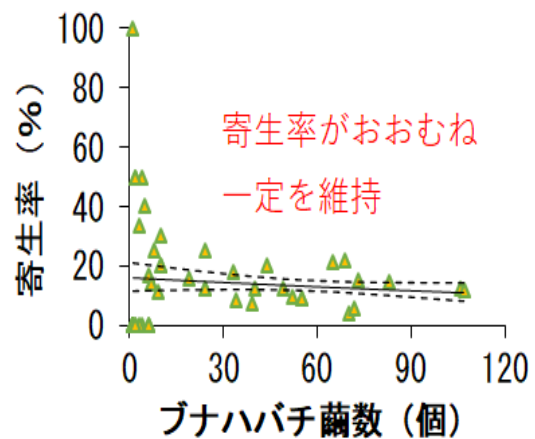


図2 ブナハバチ繭数と寄生バチによる寄生率の関係

(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 ブナハバチ天敵鳥類モニタリング
(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、ブナ葉食性昆虫ブナハバチのブナ林衰退への関与が指摘されている。ブナハバチは不規則な間隔で突発的に大発生するが、どのような要因により大発生が生じているのかは不明であった。謎の多いブナハバチの大発生の要因を解明するにあたり、その主要な死亡要因である天敵がブナハバチの不規則な発生パターンにどのように反応するのかを解明する必要がある。

そこで、ジェネラリスト捕食者である鳥類の生息状況をブナハバチとあわせて経年でモニタリングした。

(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。ブナハバチ幼虫期の 6 月に鳥類によるブナハバチ幼虫の捕食状況を観察するとともに、ブナハバチ幼虫の捕食が観察された種について、各地域でブナハバチ幼虫期に 15 分×2 回の定点観察を 1 週間間隔で 3 回ずつ行い、観察数を記録した。

(7) 結果の概要

ブナハバチ幼虫の捕食が確認された鳥類は、ホトトギス、アカゲラ、コゲラ、ビンズイ、コルリ、ルリビタキ、マミジロ、ソウシチョウ、ウグイス、エナガ、コガラ、ヒガラ、ヤマガラ、シジュウカラ、ゴジュウカラ、ホオジロ、イカルの 17 種であった。ブナハバチ幼虫捕食が 10 回以上観察されたのは、ヒガラ（35 回）、シジュウカラ（19 回）、ゴジュウカラ（17 回）、コガラ（16 回）、ヤマガラ（13 回）、アカゲラ（12 回）であった（表 1）。アカゲラの親鳥による巣へのブナハバチ幼虫の搬入状況を 24 時間（2018 年 6 月 7 日～8 日）観察した事例では、幼虫の搬入回数は 144 回中 85 回（59%）、搬入個体数は延べ 1,083 個体に及んだ。

ブナハバチのメス成虫数と鳥類観察数を比較すると、メス成虫数が少ない三国山や菰釣山では鳥類観察数はその他地点より少なかった。一方、大室山、檜洞丸、天王寺尾根、丹沢山では、メス成虫数にかかわらず、鳥類観察数は同程度であった。このように、天敵鳥類の観察数には明瞭なブナハバチへの反応はみられなかった。したがって、メス成虫数が多く、幼虫が多く発生している地点では、天敵鳥類による幼虫個体群への相対的な捕食圧が低下している状態にあると考えられる。

(8) 今後の課題

なし

(9) 成果の発表

なし

表1 ブナハバチ幼虫捕食が10回以上観察された鳥類種

種名	捕食の観察数 (6地点8年間の合計)
ヒガラ	35
シジュウカラ	19
ゴジュウカラ	17
コガラ	16
ヤマガラ	13
アカゲラ※	12

※育雛後期(2018年6月7~8日)に24時間で1083個体のブナハバチ幼虫の巣への搬入を観察(85/144回、59%)

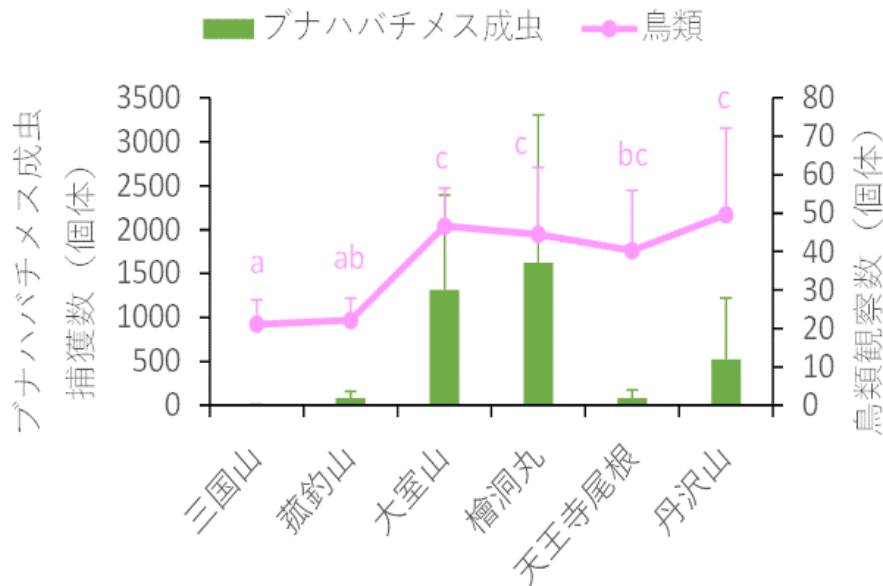


図1 ブナハバチのメス成虫数と鳥類観察数

(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。調査は新日本環境調査株式会社に委託して実施した。

(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き、2021年度(R3)はほぼすべての個体が食害度1となった。

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。2021年度(R3)に枯死が記録された個体は9本となり、2012年(H24)以降では最小値となった。枯死は、稜線

部や南・西向き斜面で進んでいた(図-2)。南東斜面では健全度 5 に回復するブナが散見された(図-2)。

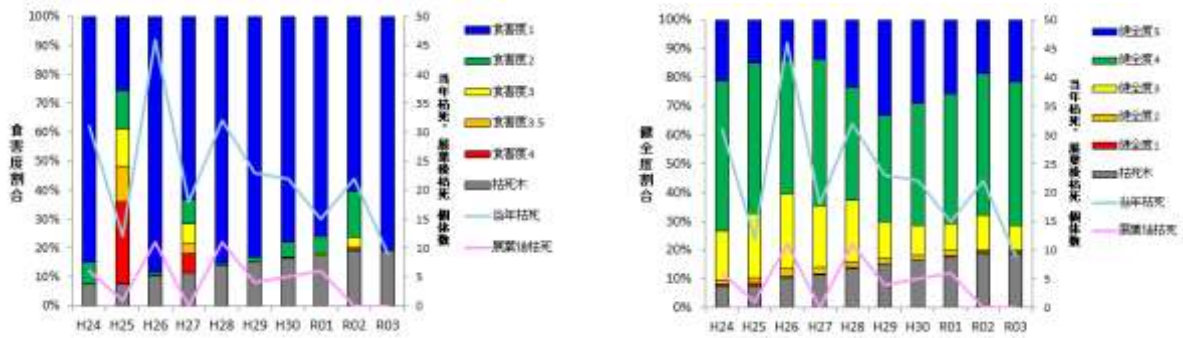


図-1 重点防除試験地における食害度(左)と健全度(右)の推移

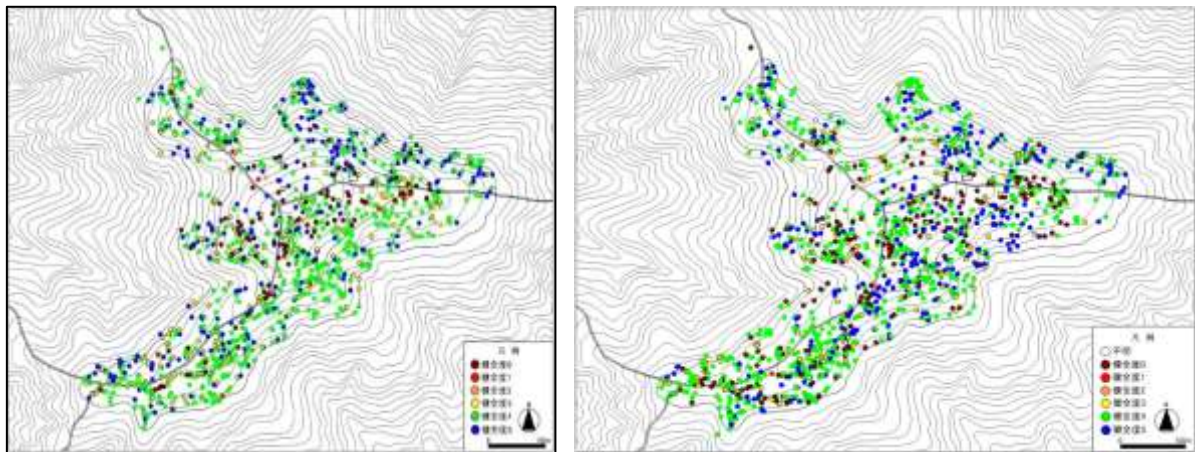


図-2 重点防除試験地における 2012 年度(左)と 2021 年度(右)の健全度の空間分布

(8) 今後の課題

今年度で調査を終了し、被食履歴や健全度履歴と枯死の関係についての総合解析を行う。

(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 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。調査は新日本環境調査株式会社に委託して実施した。

(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、およびフェノロジー調査木のブナを対象とし、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2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		フェノロジー調査木		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	調査区数	ブナ本数	
(1)丹沢山	3	81	—	—	2	67-18	130
(2)檜洞丸	7	130	—	—	1	50-4	176
(3)大室山	4	91	1	12	1	41-6	138
(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	115	—	—	—	—	115
合計	30	643	3	47	4	130	820

*枯死木を含む。フェノロジー調査木がコドラートのブナと重複している場合は計数していない。

(7) 結果の概要

食害度（被食ランク）は、加入道山ではランク2（食害率26～50%）が15%を占め、残りの85%がランク1（食害率1～25%）であった。その他の地区ではすべてランク1となり、丹沢山地広域の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

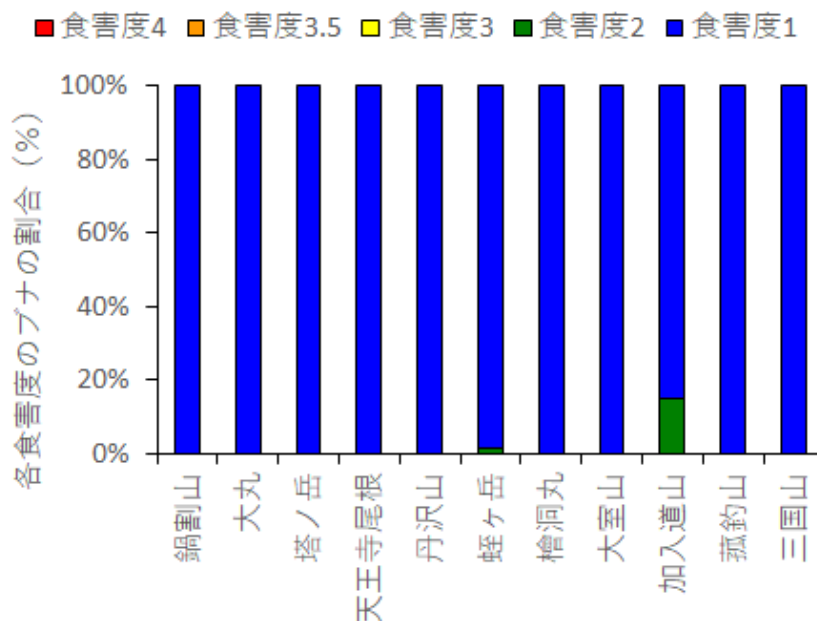


図-1 2021年度の各調査地区における各ブナハバチ食害度のブナの割合

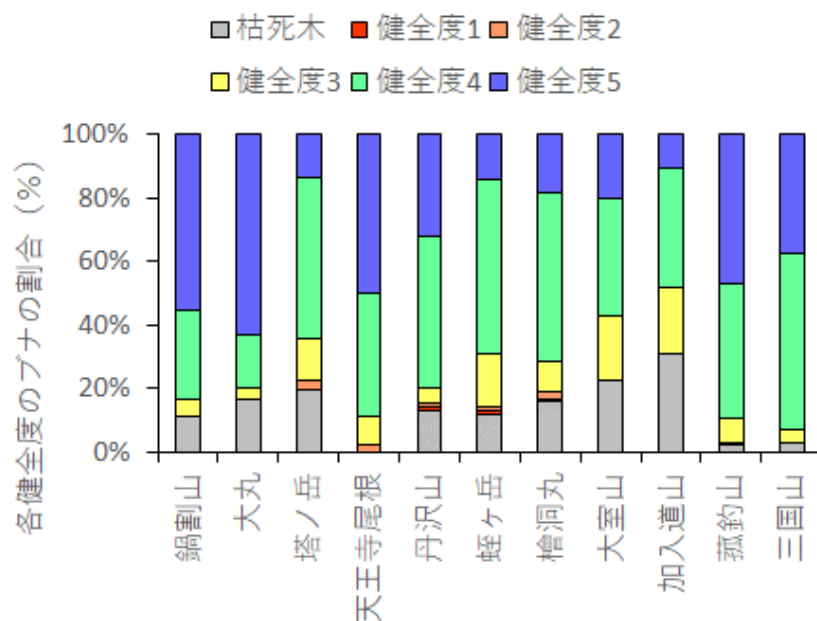


図-2 2021年度の各調査地区における各健全度のブナの割合

(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 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

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。2021 年度は、堂平の小ギャップのある冷温帯落葉広葉樹林において、植生、更新木および植栽木の追跡調査を行った。また、新たに大室山にも試験地を設定し、植生保護柵の設置予定地点において植生と更新木調査を行った。現地調査はアジア航測(株)および株式会社 CTI リードに委託して行った。

(6) 研究方法

① 調査地

調査地は、丹沢大山国立公園特別保護地区の堂平において、2006 年に設置された植生保護柵（15 年経過）の柵内 3 地点（B 柵の小ギャップと林冠下、E 柵の林冠下）と柵外 2 地点（B 柵外、E 柵外）が設定されている（図 1）。また、大室山では横浜市水道局水源林管理所との連携により、山梨県側の道志水源林地内において、2021 年に植生保護柵を設置する予定地内 1 地点（T4in）、予定地外 1 地点（T4out）に調査地を設定した（図 2）。各調査地には 2m 四方枠が 10 個設定されている。

② 調査方法

各調査地の 2m 四方枠で、植生と更新木、光環境、植栽木を調査した。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、5 cm 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 1 cm 単位で測定した。光環境調査では、5 地点で高さ 1m のところで魚眼レンズ付デジタルカメラで天空写真を撮影した。植栽木調査では、ナンバリングテープがつけてある植栽木の生残状況を記録するとともに、樹高を 1cm 単位で測定した。植生調査は 7～8 月に、更新木調査と植栽木調査は 9 月に実施した。



図 1 堂平の調査地位置図

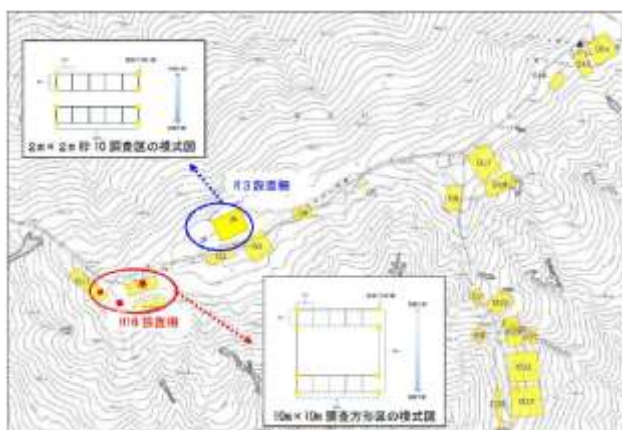


図 2 大室山の調査地位置図（R3 設置柵のみ）

(7) 結果の概要 (表-1)

①堂平

高さ1m地点の開空度は12~18%であった。林床植生の植物種数は柵内(50~76種)のほうが柵外(36~51種)よりやや多く、群落高は柵内(0.6~2.5m)のほうが柵外(0.4~0.4m)より高く、草本層の植被率は柵内(67~83%)のほうが柵外(59~59%)より高くなる傾向があった。更新木の個体数は柵内(150~920個体)のほうが柵外(30~91個体)より多く、平均高は柵内(0.1~0.3m)のほうが柵外(0.1~0.1m)よりやや高く、最大高は柵内(1.0~2.7m)のほうが柵外(0.1~0.2m)より高かった。最大高の樹種としては、柵内ではヤマボウシ、ミヤマイボタ、オオバアサガラ、柵外ではイヌシデ、ミヤマイボタが記録された。

②大室山

柵設置前の調査結果であり、開空度(27~28%)、林床植生の種数(41~45種)、群落高(0.9~1.1m)、植被率(72~75%)、更新木の個体数(67~70個体)、平均高(0.2~0.2m)、最大高(0.7~1.1m)に大きな違いは認められなかった。最大高の樹種としてはオオバアサガラとミヤマイボタが記録された。

地区名	柵 No.	開空度 (%)	林床植生				更新木			
			種数 (種 /40 m ²)	平均群落高(m)		平均植被率 (%)		個体数 (個体 /40 m ²)	平均高 (m)	最大高(m) 及び樹種
				低木層	草本層	低木層	草本層			
堂平 (柵設置後15年経過)	B-CC	13.4	76		0.6		66.5	920	0.1	1.0 ヤマボウシ
	B-GAP	13.7	67	2.2	1.3	8.0	82.5	846	0.3	2.2 ミヤマイボタ
	B-out	17.9	51		0.4		59.0	91	0.1	0.2 イヌシデ
	E-in	12.2	50	2.5	0.8	26.0	77.5	150	0.2	2.7 オオバアサガラ
	E-out	15.2	36		0.4		59.0	30	0.1	0.1 ミヤマイボタ
大室山 (柵設置前)	T4in	27.9	45		1.1		71.5	67	0.2	1.1 オオバアサガラ
	T4out	26.8	41		0.9		74.5	70	0.2	0.7 ミヤマイボタ

表-1 林床植生および更新木の調査結果概要

(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 ブナ林再生の長期的な効果検証
(2) 研究期間 令和2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

本研究は、丹沢山地の疎林化・草地化した衰退ブナ林における森林再生の可能性を検討するため、設置後に長期間経過し、面的な植生回復が生じている植生保護柵において、更新木の再生状況等の植生調査を行い、柵の長期的な効果を検証することを目的としている。

今年度は再生の将来像を予測する検討材料として、蛭ヶ岳の設置後24年経過した植生保護柵と大室山の設置後17年経過した植生保護柵の再生林分構造を調査した。現地調査はアジア航測(株)および株式会社CTI リードに委託して行った。

(6) 研究方法

調査地は、蛭ヶ岳の平成9年に設置された植生保護柵の柵内2地点と柵外1地点、および大室山の平成16年に設置された植生保護柵の柵内2地点と柵外1地点とした。いずれの地点も衰退が進んだ大ギャップに柵が設置されている。各地点には10m×10m 枠が設定してあり、枠内の樹高1.5m以上の立ち木（つる植物含む）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、その株において1.5mの高さを満たすすべての幹の胸高直径を測定した。樹高はバーテックスまたは測程で5本に1本程度の割合で測定し、残りは目測とした。測定したすべての立ち木について、樹高1.2mの位置にナンバリングテープをホッチキスで固定した。調査は9月に実施した。得られた結果について、各樹種を高木種（樹高10m以上）、小高木種（樹高5m以上10m未満）、低木種（樹高5m未満）、つる植物に分類して集計した。

(7) 結果の概要

蛭ヶ岳では、柵設置後24年が経過し、≤4m 階まで樹高成長が進んでいた。ただし、その樹種の大部分は風衝低木林を形成するニシキウツギなどの小高木種やフジイバラなどの低木種であり、将来高木林を形成することが期待される高木種の更新木はわずかであった。柵外では最大樹高が1mを越えられない事例が多いが、蛭ヶ岳の柵外ではフジイバラやウツギといった低木種が≤2m 階まで樹高成長する個体が複数みられた。

大室山では、柵設置後17年が経過し、≤6～9m 階まで樹高成長が進んでいた。その樹種としては小高木種や低木種が多く含まれるものの、高木種の更新木も少なくなく、この調査地においては高木種の樹高成長によるギャップ閉鎖の可能性が残された。大室山の柵外では樹高成長が進む個体が見られたが、その個体数は少なかった。

(8) 課題

他地点の調査結果とあわせて、再生の将来像・方向性について検討整理する必要がある。

(9) 成果の発表

なし

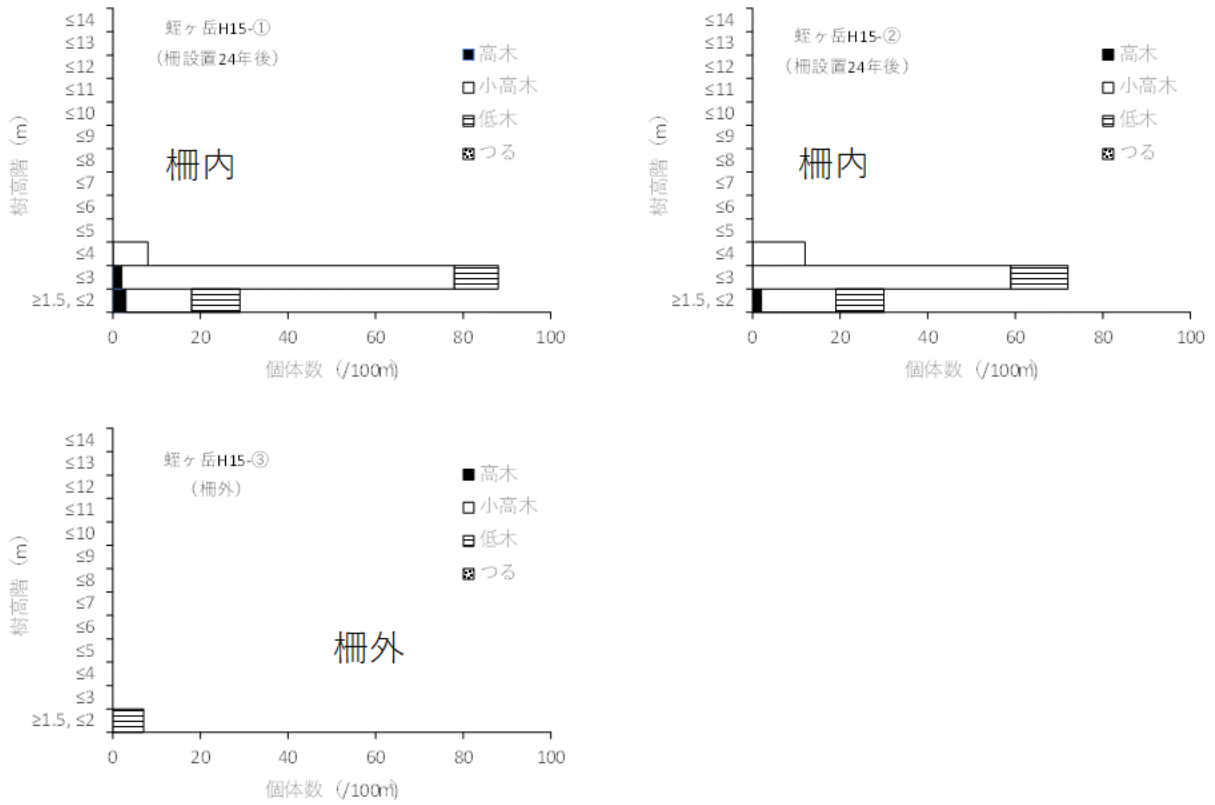


図1 蛭ヶ岳における設置後24年経過した植生保護柵内外の再生林分の樹高階分布

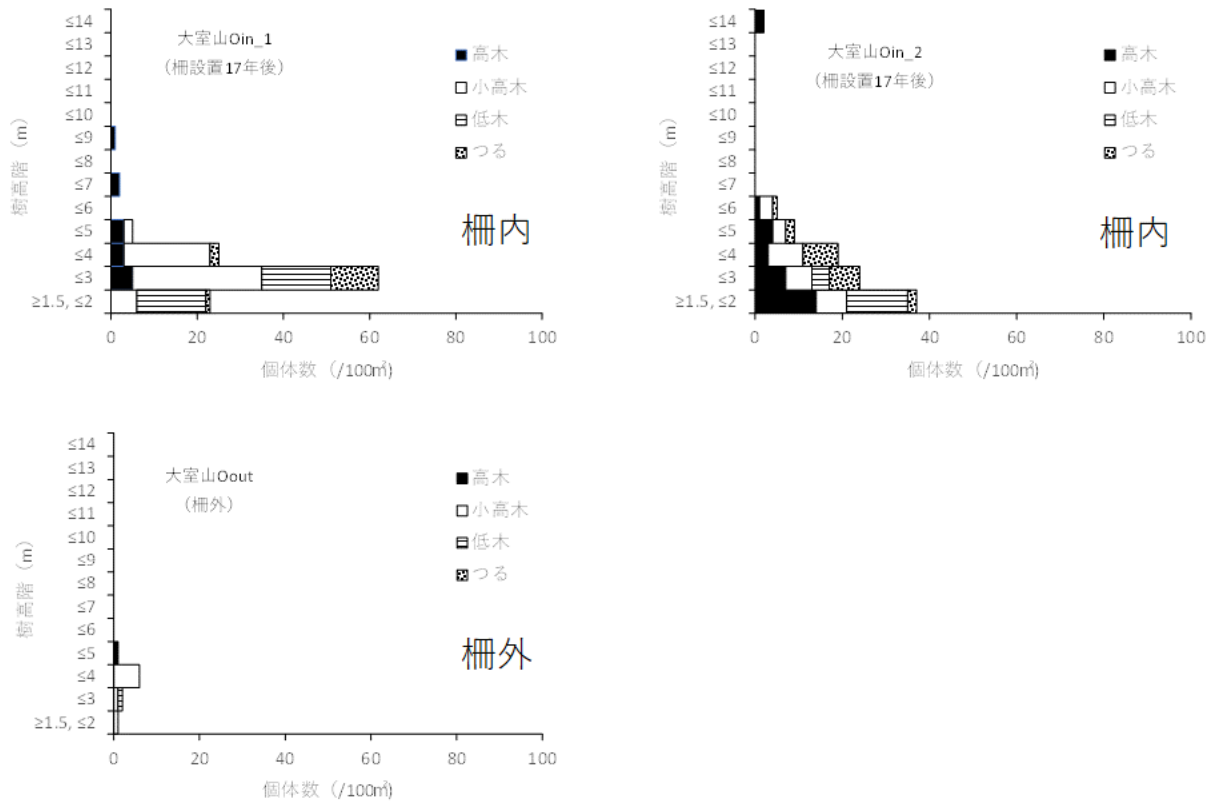


図2 大室山における設置後17年経過した植生保護柵内外の再生林分の樹高階分布

(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

有効積算温度法によるブナハバチ食害発生にかかる各種イベント発生日の予測に用いるため、簡便性やデータ入手の容易さなどを念頭に、現地で観測されている日平均気温値のみを使用して、ブナハバチ食害が発生する4月中旬以降2か月ほど先までの短期的な有効積算温度量の推移を予測できる手法を開発する。

(6) 研究方法

- ・ 「Dischel-D1 モデル」(Dischel, 1999) を用いて短期的な日平均気温予測値を求め、この推定気温値から有効積算温度量の時系列推移を予測する手法を検討した。
- ・ 有効積算温度量の推定値は、過去の実測平均気温値からモデルパラメータ値などを算出して、4月以降の日平均気温の推移を予測し、3月末までの日平均気温実測値と、4月以降の日平均気温予測値から1月1日を起算日として求めた。
- ・ パラメータ推定に用いた過去の日平均気温値は、2009年から2019年までの丹沢山山頂付近における実測日平均気温値で、ハバチ成虫メス及びブナ展葉の発育零点温度は昨年までの検討で得られた温度値とした。

$$T(i) = a \times \Theta(i) + (1-a) \times T(i-1) + \varepsilon(i) \quad (1)$$

ここで $T(i)$: 観測期間中の第 i 日目の気温

$\Theta(i)$: i 日目にあたる日付の平均気温

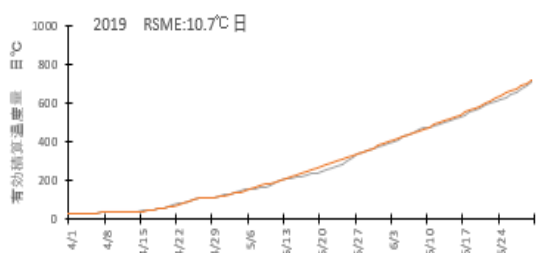
a : 係数

$\varepsilon(i)$: 平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布に従う独立な確率変数

(7) 結果の概要

- ・ 気温予測値から算出した有効積算温度値は、実測の平均気温値から算出した有効積算温度値に近い推移を示した
- ・ 2019年は当てはまりが良く、実測と1日から2日程度のずれの範囲で予測でき、2020年度も実測値と大きな隔たりはなかった。
- ・ 2021年度は発育零点温度 2°C の有効温度積算量でよく一致し、RMSE 値は 10.1°C 、発育零点温度 0°C ではやや過大に予測され RMSE 値は 27.3°C であった。

発病時点温度 2°C



発病時点温度 0°C

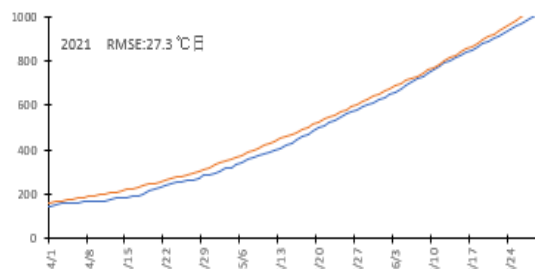
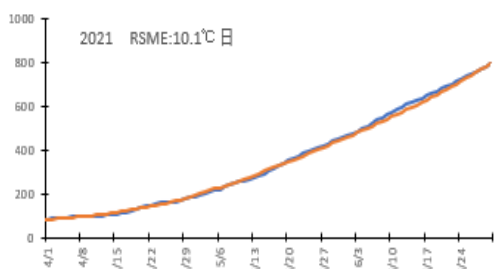
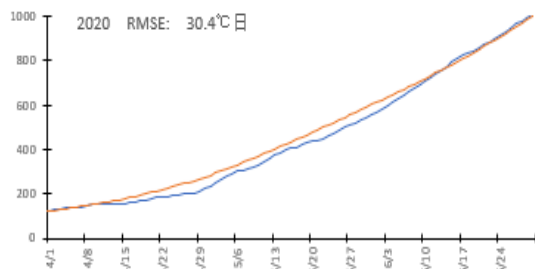
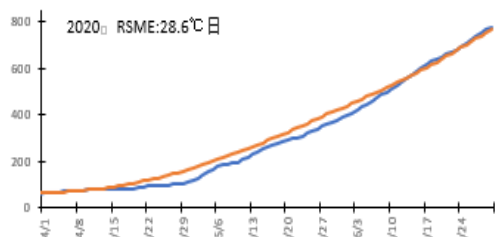
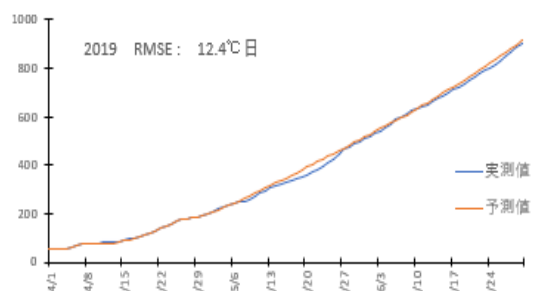


図 実測値と Dashel-D1 モデル予測値に基づく有効積算温度値の推移

(8) 課題

ここで検討した気温の短期予測モデルを用いてブナハバチの発生並びにブナ展葉に関する主なイベントに達する有効積算温度を事前に一定の精度で予測することが可能と考えられたので、モニタリング結果と比較することで予測精度や実用性について検討する必要がある。

(9) 成果の発表

なし