

(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 谷脇 徹・齋藤央嗣・田村 淳・内山佳美・倉野 修

(5) 目的

県民の水源と生物多様性の源泉である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 29～33 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、平成 30 年度は前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。

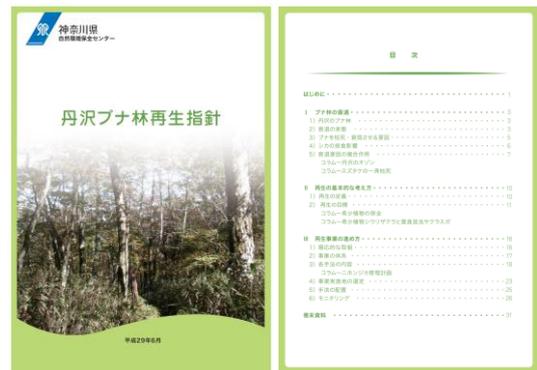


図 1 丹沢ブナ林再生指針

(6) 方法

ア. 平成 30 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、昨年度成果と今年度の計画および成果に係る打合せ会議を実施した。

イ. 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、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。

ウ. 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

ア. 平成 30 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。

○平成 30 年度ブナ林再生研究プロジェクト打ち合わせ会議

日 時 平成 31 年（令和元年）2 月 21 日 13 時 30 分～16 時 30 分

場 所 プロミティ厚木

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、桜美林大学の関係者 14 名

内 容 平成 30 年度実施状況と平成 31 年（令和元年）度計画についてプロジェクト全体の説明後、各個別課題（8 件）について議論した。

イ. 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。

○平成 30 年度第 1 回ブナ林再生に係る調整会議

日 時 平成 30 年 5 月 17 日 10 時 00 分～12 時 00 分

場 所 自然環境保全センター2 階会議室

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 12 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。

ウ. 外部研究機関との連携

平成 29 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：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

樹幹注入によるブナハバチ防除試験：長野県林業総合センター、サンケイ化学

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 3 年目にあたる平成 31 年（令和元年）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 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 田村 淳・谷脇 徹・近藤博史・遠藤幸子

(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、平成 30 年度には追跡調査を行った。

(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）。各調査区は 2m×10m の帯状区を 2 セット、帯状区を 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。

表 1 檜洞丸調査地の概要（田村ら 未発表より）

調査地名	柵	開空度(%)		草本層		植被率(%)		種数(/4m ²)	優占種(上位3種)
		高さ1m	高さ2m	高さ(m)					
HF10	内	40.6	41.3	1.1 ± 0.2		94.9 ± 6.6		30.0 ± 3.3	バライチゴ、ホソエノアザミ、ウツギ
〃	外	56.9	59.2	0.9 ± 0.2		95.4 ± 4.7		25.2 ± 3.0	バライチゴ、マルバダケブキ、イワニガナ
HF14-1	内	58.5	60.8	0.9 ± 0.2		97.8 ± 2.9		27.0 ± 3.5	バライチゴ、シロヨメナ、イワニガナ
〃	外	45.2	47.2	1.1 ± 0.1		96.9 ± 3.4		21.9 ± 2.3	バライチゴ、マルバダケブキ、シロヨメナ
HF14-2	内	46.9	46.2	0.8 ± 0.2		97.0 ± 2.4		26.1 ± 2.5	シロヨメナ、バライチゴ、マルバダケブキ
〃	外	47.9	48.2	1.0 ± 0.2		88.5 ± 5.8		24.5 ± 3.7	シロヨメナ、マルバダケブキ、バライチゴ
HF15-1	内	37.8	37.8	0.6 ± 0.1		95.5 ± 3.1		28.1 ± 4.2	ヤマカモジグサ、ヒメノガリヤス、イワニガナ
HF15-2	内	55.7	57.8	1.2 ± 0.2		97.0 ± 3.9		23.4 ± 3.1	シロヨメナ、バライチゴ、マルバダケブキ
HF30	内	44.5	46.7	1.0 ± 0.2		94.3 ± 2.9		24.4 ± 2.6	ホソエノアザミ、シロヨメナ、ヤマカモジグサ
〃	外	49.4	52.1	0.8 ± 0.1		93.9 ± 4.4		26.8 ± 3.0	ヒメノガリヤス、ホソエノアザミ、ヤマカモジグサ

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38~59%あり、平成29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0.8~1.2m程度、植被率は89%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(表1)。

樹木の稚樹では、ミヤマイボタとアオダモ、ヒコサンヒメシヤラの密度が高く、ブナの密度は低かった。稚樹の最大樹高は60~111cmで、全調査地においてミヤマイボタであった。最大樹高は草本層の高さを超えることなく、稚樹の樹高階分布を平成29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1)。

(8) 課題

・ 継続調査

(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.

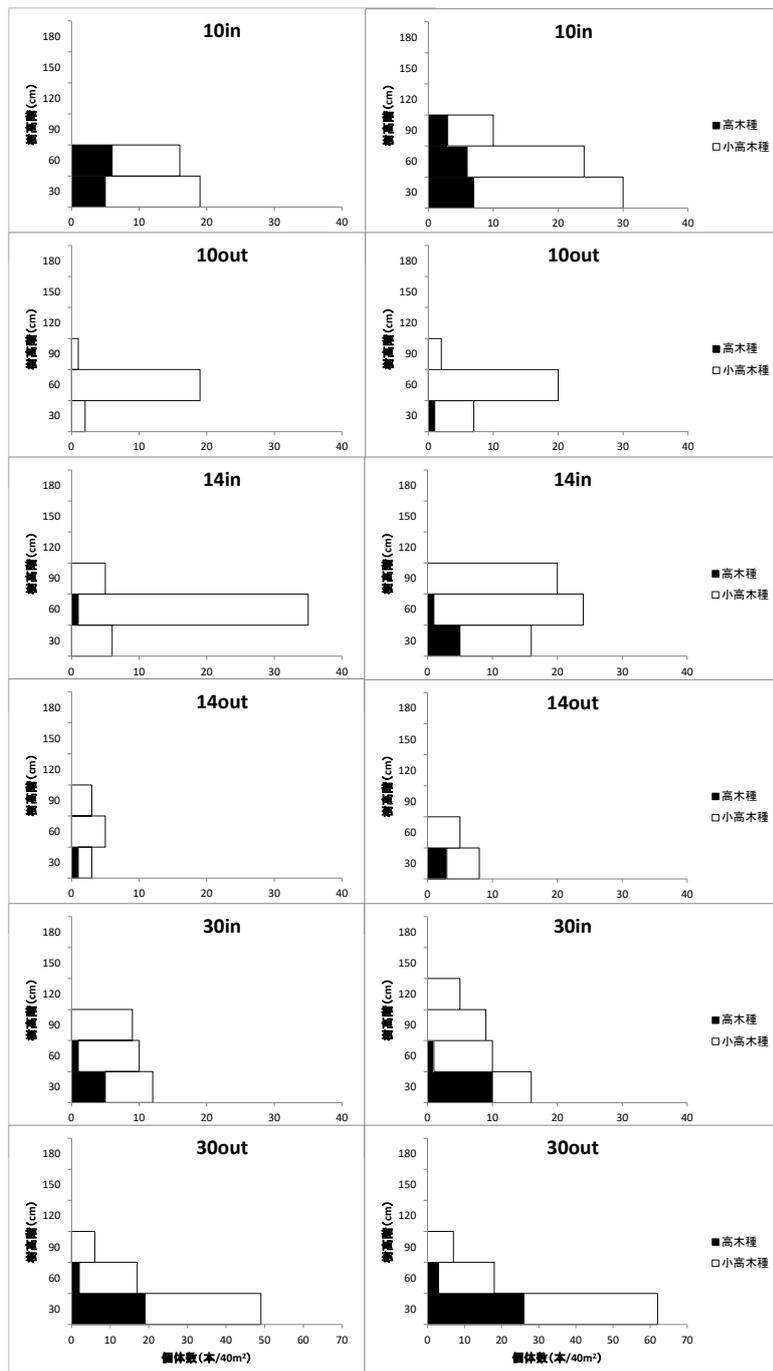


図1 檜洞丸の各調査区における樹木稚樹の樹高階分布(左がH29, 右がH30)(田村ら 未発表)

HF○は調査区名、inとoutはそれぞれ柵内、柵外を示す。

(1) ブナ林再生事業地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. ブナ林再生事業地におけるオゾンモニタリング
(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 谷脇 徹・田村 淳・倉野 修

(5) 目的

「丹沢ブナ林再生指針」において丹沢山地のブナ林では、高標高で衰退が進んでいる。疎林化が進み、林床植生が退行すると、林内の風通しが良くなり、ブナへのオゾンの影響が大きくなると考えられている。このことは、ギャップ林床ではブナ等の更新木へのオゾン影響が大きい可能性を示している。再生ロードマップでは、大ギャップの低木林を形成しつつ、種子供給の多い林縁から徐々に再生していくことを目指しているが、更新木へのオゾン影響については明らかになっていない。

そこで、ブナ林再生における更新木へのオゾン影響を評価することを目的として、平成 29 年度からブナ林再生事業を実施している檜洞丸にて、ギャップ内の様々な位置および周辺林内のオゾン濃度を、パッシブサンプラーによって観測した。なお、本研究はブナ林再生研究プロジェクト（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）の共同研究で実施しており、現地観測を自然環境保全センター、オゾン濃度の分析を環境科学センターが分担した。

(6) 方法

調査地は檜洞丸山頂付近のブナ林再生事業地とした。ここでは事業効果を検証するための植生モニタリングが実施されている。このうちオゾン観測地点として、山頂南西方向の比較的平坦な尾根上で南東斜面にある大ギャップ（約 100m×50m）を選定した（図 1）。このギャップ内の位置とオゾン濃度との関係を調べるため、林縁からギャップ中央、さらに反対側の林縁にかけて、等高線に沿うように観測箇所を設定した（図 2）。また、対照としてギャップのない林内にも観測箇所を設定した（図 2）。観測箇所数は合計 12 箇所とした。

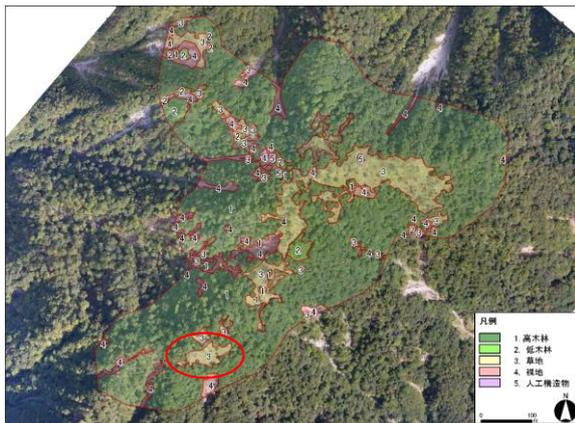


図 1 檜洞丸の調査地の位置図（○）

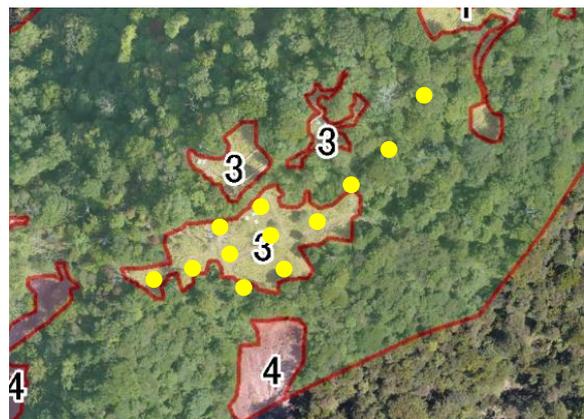


図 2 観測箇所の位置図（●）

オゾン濃度の観測にはパッシブサンプラーを用いた（図3）。このサンプラーは捕集用ろ紙にガス状大気汚染物質を捕集する仕組みとなっている。拡散型パッシブサンプラーとフラックス捕捉型パッシブサンプラーを組み合わせることで、風速の影響を加味したオゾン濃度を観測することができる（武田ら 2012）。サンプラーは高さ 1m と 2m に設置した。1 地点あたりのサンプラー設置数は拡散型、フラックス型の 2 種、高さ 2 種、反復 2 個として合計 8 個とした。反復 2 個は 1m の間隔をあけて設置した。設置期間は 2018 年 4 月 28 日～10 月 26 日で、交換日は 5 月 29 日、6 月 28 日、7 月 23 日、8 月 31 日、9 月 28 日、10 月 26 日（撤去、調査終了）の 1 ヶ月を目安とした。



図3 オゾンサンプラーの設置方法
拡散型とフラックス捕捉型のセットを高さ 1m と 2m に 1m 間隔で設置

(7) 結果の概要

回収したサンプラーは一時的に冷蔵保存したのち環境科学センターに渡し、分析結果については環境科学センターが集計・解析した。

なお、9 月 28 日の回収までは概ね順調に観測できていたが、9 月 30 日～10 月 1 日に訪れた台風により、支柱の倒壊やサンプラー・シェルターの脱落が多数生じるといった壊滅的な被害を受けたため、10 月分の観測は欠測とせざるを得なかった。

(8) 今後の課題

今後は得られたオゾン濃度の結果を、植生や開空度、地形等のデータとの関係について解析する必要がある。また、ギャップの位置とオゾン濃度の関係についても詳細に見ていく必要がある。

(9) 成果の公表

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 Ac. 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 谷脇 徹・雨宮 有・山根正伸・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。今年度は事業地の位置情報を高精度で取得するための基盤データ整備を行うため、上空からブナ樹幹の位置や林床の状況を把握できるよう、落葉後に対空標識を設置した撮影を行い、オルソ画像および数値表層モデル（DSM：Digital Surface Model）を作成する。撮影およびデータの作成は（株）CTI アウラへの委託で行った。

(6) 方法

・使用機材

■メイン撮影

使用機体：DJI PHANTOM4 Pro V2

撮影精度：1 ピクセル 5～8cm（高度 120m 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/2.8～11 オートフォーカス（1m～∞）

■補助撮影

使用機体：DJI PHANTOM4

撮影精度：1 ピクセル 10cm（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：FOV94° 20mm（35mm 換算）、f/2.8、∞フォーカス

・撮影条件

撮影場所：檜洞丸（標高 1,601m）の標高 1,500m 以上の地域

撮影日時：平成 30 年 12 月 13 日（曇り時々雪（霧あり）、風速 1.0m 以下）

平成 30 年 12 月 14 日（晴れ、風速 1.0m 以下）

平成 30 年 12 月 18 日（晴れ、風速 1.0m 以下）

撮影方法：事前に設定した飛行ルート上を時速 40km で移動しながら、地上高 100m からオーバーラップ 90%、サイドラップ 70%の重なりで 4,000×3,000 ピクセルの解像度にて 2 秒おきに撮影

・対空標識

設置方法：12 箇所 45cm×45cm の水色標識を杭の南東方向に設置（図 1）

測位方法：モバイルマッパー100（ジオサーフ社製）を用いて 120 秒の測位とし、誤差 50cm 以下の精度で測位

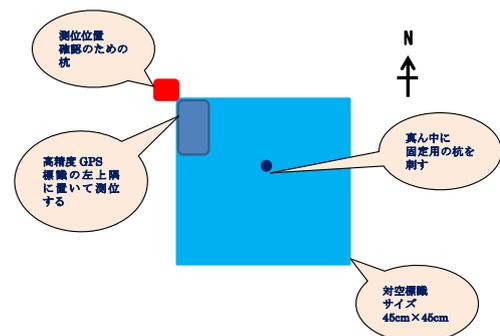


図 1 対空標識の設置方法

(7) 結果の概要

撮影枚数は4,286枚、撮影対象面積は32.4haであった(図2)。得られた画像一式からオルソ画像およびDSMデータを作成した。画像作成の際、対空標識を用いた高精度位置情報による補正を行った。補正済みのオルソ画像を用いて、平成29年度夏期撮影分の画像についても位置情報の補正を行った。以上のように、ブナ林再生事業地である檜洞丸山頂周辺の基盤データが整備された。あわせて、地形が複雑で環境条件の厳しさからアクセスの悪い山岳地や森林といった自然環境調査、及びそれに係る委託事業等での安全管理の参考とするため、今後ドローン等の無人航空機(UAV)を安全に飛行させる際、特に注意が必要な項目を列挙した安全管理チェックリストを作成した。



図2 撮影画像の例(大気・気象観測施設周辺)

(8) 今後の課題

なし

(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・谷脇 徹・丸井祐二・大内一郎

(5) 目的

丹沢山地のブナ林が衰退した影響・機構の解明を目的とした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）での気象観測を行っている。今回、2018 年の月平均気温、降水量及び積算日射量の月別変動について考察した。

(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°C ）により丹沢山の標高にあわせて比較を行った。

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

2018 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。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。前年の解析どおり 2018 年もグラフはほぼ重なっており、丹沢では気温減率どおりの気温の変動が起きていることが明らかになった。ただし、1～2 月の冬期の丹沢山地の気温は海老名の気温減率で調整した気温よりもさらに低い値となっており、より冷涼な気温になっていることが明らかになった。

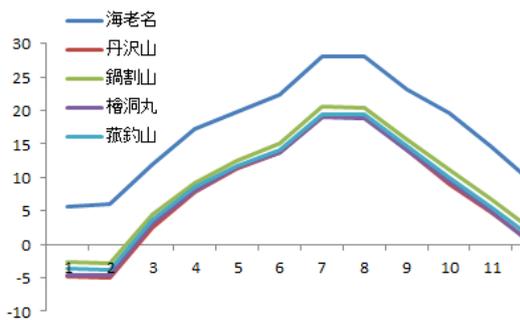


図1 丹沢山地の月別平均気温(2018)

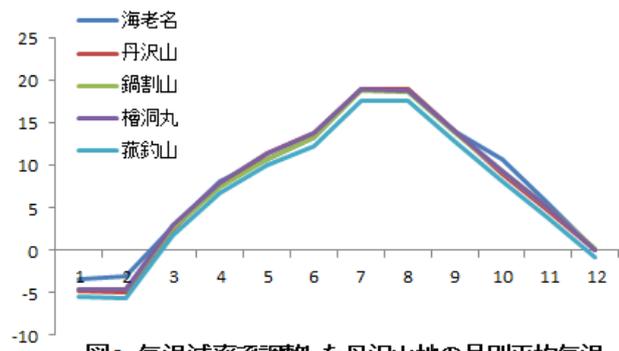


図2 気温減率で調整した丹沢山地の月別平均気温(2018)

イ. 観測地点の月間降水量

2018年の月別降水量を図3に示す。2018年の年間降水量は丹沢山が最も高く2599mmに達しており、菰釣山(1987mm)と比べて600mm以上も多く、低地の海老名(1820mm)と比較すると1.4倍以上も多かった。特に8月の降水量の差が大きく、丹沢の各地点は海老名の3倍以上多くなった。菰釣山の年間降水量は海老名との差が少なかった。

なお、使用している雨量計は融雪装置が無く、冬期は凍結の影響で降水量が減少している可能性があり、特に2月は各地点で海老名よりも少なくなった。

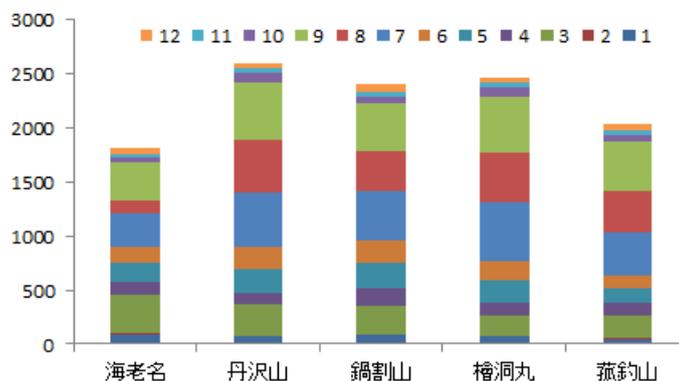


図3 丹沢山地の降水量(2018)

ウ. 観測地点の積算日射量

2018年の月別の積算日射量を図4に示す。2018年の積算日射量は鍋割山が最も高く、次いで丹沢山、菰釣山となり、檜洞丸が最も低くなった。これは、霧や雲の発生量が影響していると考えられ、内陸側の檜洞丸、菰釣山が鍋割山よりも2割程度低い値だったのは、雲霧が発生しやすい環境であったためと考えられた。対して鍋割山は、海に近く海風の影響等で霧が発生しにくい気象となっていると思われる。

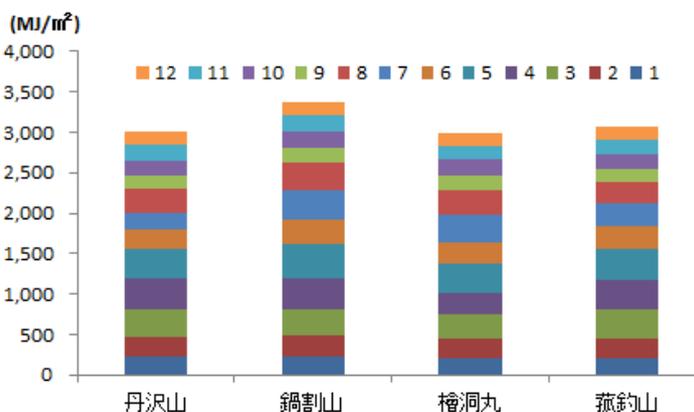


図4 丹沢山地の積算日射量(2018)

(8) 今後の課題

冬期の降水量については、雨量計に融雪装置がないため、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と遠隔地にあるため、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 29～33 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 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

丹沢山堂平地域を種子由来とする3年生ブナ苗木150個体を供試材料とした。2017年12月に京都府立大学苗畑に置いた50ポットに各3個体、個体サイズに偏りがでないよう植栽し（表1）、2018年5月7日にガラス室に移動させて摘葉処理を行った。摘葉処理として、ハサミを用いて各ポットの3個体が付けているすべての葉に3/4摘葉、1/2摘葉、無摘葉（対照区）処理を施した（図1）。摘葉処理後25ポットずつ分け、1週間に3回（湿潤区）と1週間に1回（乾燥区）の頻度で灌水を施す2種の灌水処理を行った。8月上旬まで灌水処理を行った後、湿潤区と乾燥区の7ポット・21個体（合計42個体）の当年枝を採取し、水分通道度を測定（図2）した後、横断切片を作成して木部の解剖学的観察を行った。また葉量と根量を測定するため、灌水処理2種から各6ポット・18個体（合計36個体）の全葉と地下部を採取し、乾燥重量を測定した。

(7) 結果の概要

これまでの調査から、ブナの展葉完了まもなくの摘葉は、当年枝木部の水分通道組織構造に影響を及ぼし、道管内径の低下と道管密度の上昇を生じさせ、その傾向は乾燥条件下において強くなるとされており、本研究でも同様の傾向が観察され、水分通道度にも影響したと考えられた。また、根量は葉量と関係する可能性が示された。

(8) 今後の課題

今後は、根量と葉量との関係を引き続き調査するとともに、摘葉後の水分通道組織構造の回復経過についても調査を行う必要がある。

(9) 成果の公表

なし

表 1 各試験区の調査木の個体サイズ

灌水条件	摘葉強度	平均地際直径 (mm±SE)	平均苗高 (cm±SE)
湿潤区	無摘葉	10.7 ± 0.4	67.3 ± 3.6
	1/2摘葉	10.5 ± 0.4	62.7 ± 4.1
	3/4摘葉	10.4 ± 0.5	63.6 ± 4.4
乾燥区	無摘葉	9.4 ± 0.5	63.8 ± 4.6
	1/2摘葉	9.4 ± 0.5	61.8 ± 4.0
	3/4摘葉	9.0 ± 0.5	62.9 ± 4.0

SEは標準誤差を示す。異なるアルファベットは有意な差があることを示す (Tukey HSD test, $p > 0.05$)。

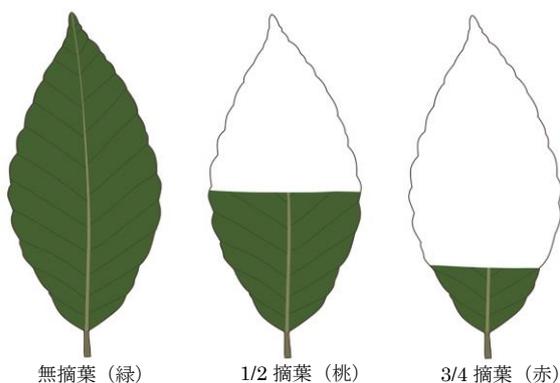


図 1 摘葉処理の模式図

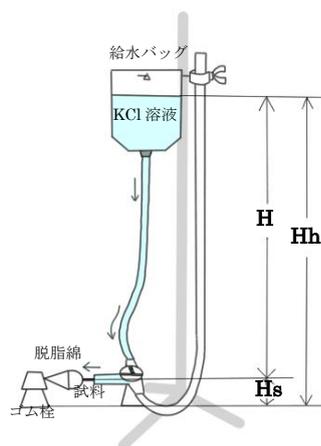


図 2 水分通道度の測定装置



図 3 湿潤区の当年枝木部横断面
左：無摘葉、中：1/2 摘葉、右：3/4 摘葉



図 4 乾燥区の当年枝木部横断面
左：無摘葉、中：1/2 摘葉、右：3/4 摘葉

(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、平成 16 年度からシカ影響による下層植生の衰退と土壤侵食実態調査、それに基づく新たな土壤保全対策手法の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、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

ア. 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。

イ. 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、平成 30 年 8 月 3 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 枚を対象として画像解析を行った。これらは、新日本環境調査（株）が受託して実施した。

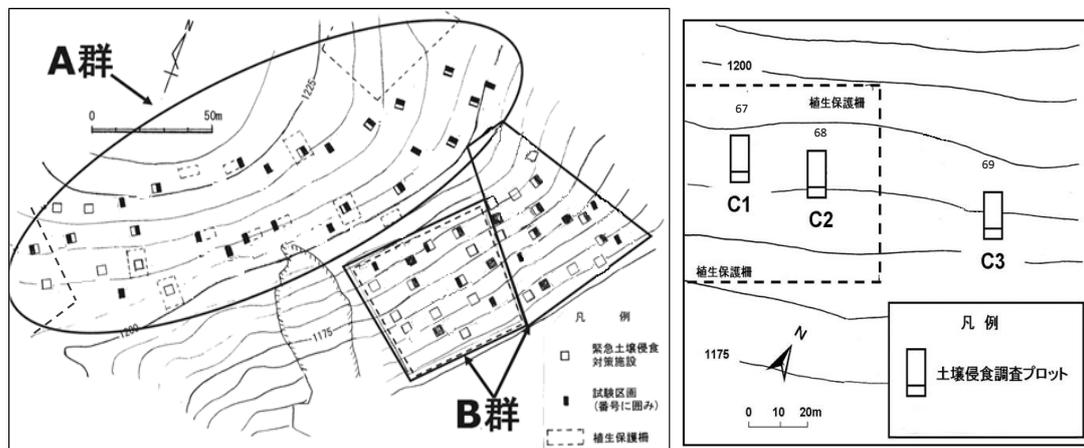


図 1 調査箇所位置（A 群、B 群と C 群）

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

画像解析の結果は次のとおり。（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	21.59	75.46	2.95	97.05
	02	27.20	67.12	5.68	94.32
2	03	21.84	74.89	3.26	96.74
	04	14.68	81.59	3.73	96.27
5	05	13.19	71.85	14.96	85.04
6	06	19.64	75.89	4.46	95.54
	07	31.09	65.19	3.72	96.28
7	08	20.18	76.64	3.17	96.83
	09	21.61	76.85	1.54	98.46
9	10	52.71	45.87	1.42	98.58
	11	39.04	59.84	1.12	98.88
10	12	5.24	90.97	3.79	96.21
11	13	47.02	49.62	3.35	96.65
	14	62.97	35.49	1.55	98.45
12	15	22.45	72.67	4.87	95.13
13	16	5.74	79.52	14.74	85.26
	17	10.11	87.23	2.67	97.33
14	18	23.71	73.00	3.30	96.70
	19	15.70	80.86	3.44	96.56
15	20	21.30	74.22	4.47	95.53
	21	33.97	62.76	3.27	96.73
16	22	33.48	58.78	7.73	92.27
17	23	45.14	52.57	2.29	97.71
	24	32.88	65.16	1.96	98.04
18	25	12.59	84.65	2.77	97.23
	26	13.32	84.95	1.73	98.27
19	27	35.16	63.84	1.00	99.00
20	28	17.81	78.02	4.18	95.82
	29	5.34	86.45	8.21	91.79
22	30	61.52	37.28	1.20	98.80
	31	51.53	47.03	1.44	98.56
23	32	22.07	72.63	5.30	94.70
24	33	30.57	67.44	1.99	98.01
	34	48.25	50.74	1.01	98.99
25	35	84.99	14.67	0.34	99.66
	36	37.97	61.28	0.75	99.25
26	37	51.49	43.87	4.64	95.36
27	38	64.72	33.49	1.78	98.22
	39	54.37	43.78	1.84	98.16
30	40	46.42	47.59	6.00	94.00

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	84.99%	90.97%	14.96%	99.66%
	(コドラートNo35)	(コドラートNo12)	(コドラートNo5)	(コドラートNo35)
最小値	5.24%	14.67%	0.34%	85.04%
	(コドラートNo12)	(コドラートNo35)	(コドラートNo35)	(コドラートNo05)
平均	32.02%	64.29%	3.69%	96.31%
標準偏差	18.59	17.29	3.12	3.12

(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

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
 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 **谷脇 徹**

(5) 目的

丹沢山地の高標高では、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。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

2018 年の雌成虫捕獲数は、地点平均で 0～283 個体となり、檜洞丸や大室山では小規模な食害が発生した過去 2 ヶ年（2016～2017 年）より多かったが、中規模の食害が発生した 2015 年よりは少なかった（表 1）。2018 年の檜洞丸での産卵期にあたる展葉期の雌成虫捕獲数は、過去 2 ヶ年よりやや多くなった一方、参考としている産卵密度はこれまでで最も低水準であった（表 2）。従って、2018 年は小～中規模の被食が予測されたが、実際の被食程度は予想よりも小規模であった。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。

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

表2 檜洞丸における展葉期のブナハバチ雌成虫捕獲数と産卵密度（平均±標準偏差）

項目	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
展葉中の雌成虫捕獲数(個体)	92±38	226±87	93±29	451±234	95±32	151±30	56±24	50±28	135±77
卵密度(個/100葉)	24±30	35±31	23±16	80±71	20±19	81±88	12±12	32±47	11±14
予測				大	小～中	中～大	小	小～中	小～中
実際の食害規模	中	大	小	大	小	中	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 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。土壌採取は（株）CTI アウラへの委託で行った。

(6) 方法

5 地点のブナ密度の高い林分の林床へ 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 15 cm×奥行き 15 cm×深さ 2 cm の土壌を採取した（図-2）。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、2018 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）。菰釣山の繭密度は一時的に 2015 年の 124 個/m²まで増加したが、2018 年には 2011～2012 年と同様の水準の 36 個/m²まで減少した（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/m²（2015 年）から 293 個/m²（2018 年）に、檜洞丸ではピーク時の 1004 個/m²（2015 年）から過去最小の 178 個/m²（2018 年）にそれぞれ減少した（図-3）。

なお、丹沢山の 2018 年の繭密度は 284 個/m²と、ピーク時の 489 個/m²（2015 年）と比べると小さいが、過去 2 年と比べると増加傾向もみられた（図-3）。

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、被食発生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

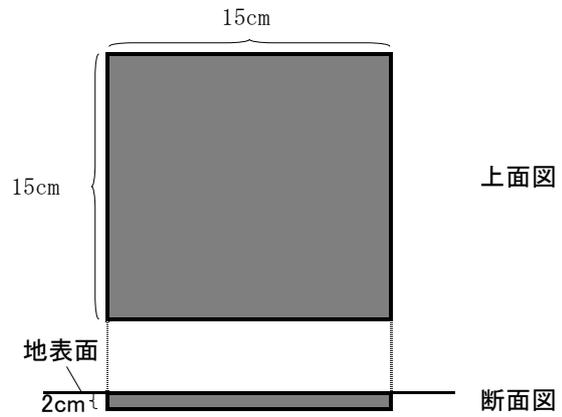
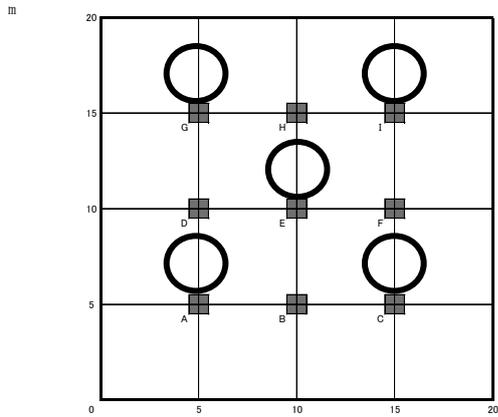


図1. コドラート内の土壌採取箇所図

図2. 土壌採取方法

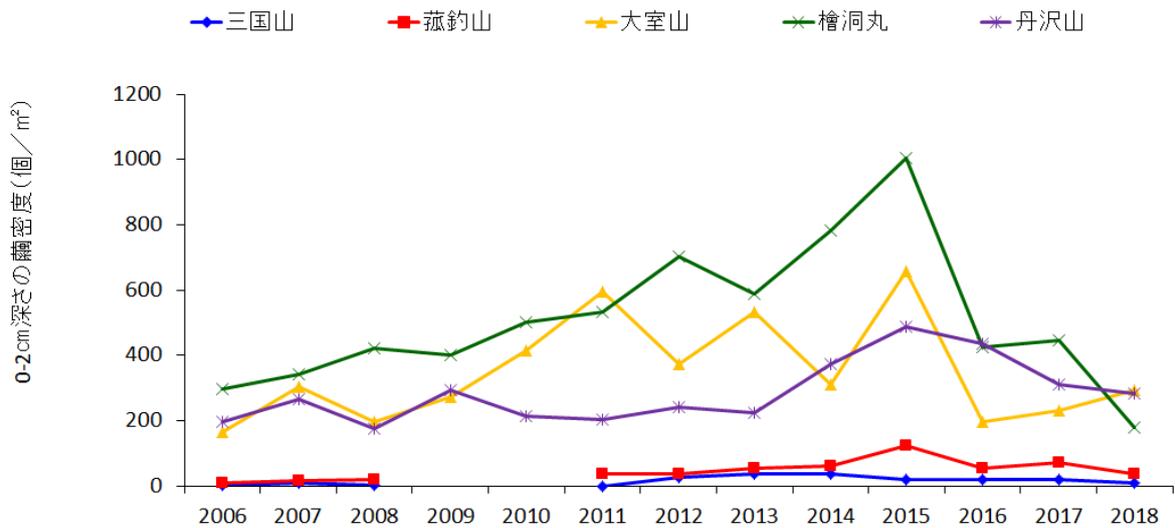


図3. 定点における0-2 cm深さのブナハバチ繭密度の年次変動

(1) ブナ林再生事業の順応的推進手法の開発
 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 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 田村 淳・谷脇 徹・三橋正敏

(5) 目的

平成 18 年度から継続実施しているブナ林再生実証試験では、ブナが衰退している 7 か所に天然更新試験地、3 か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、シカの多少に関わらず、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わかってきた。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。

平成 30 年度は、林冠ギャップのある冷温帯落葉広葉樹林とミヤマクマザサ草原の計 2 か所において、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㈱に委託して行なわれた。

(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 2 か所である（表 1）。ササ草原の「竜ヶ馬場」調査区では、柵、ササの刈取り、種子の播種（現地で採取したものに限る）の有・無を組み合わせた計 8 パターンの処理を行う試験区を設定した。試験区は 2m 四方枠で、各 10 個とした。

表 1 調査地の概要

	丹沢山(清川)	竜ヶ馬場
ギャップ	中～大	大
開空度(%)	26-43	79-82
試験区数(柵内外)	2セット	2セット
標高(m)	1,470-1,530	1,500
林床植生型	ミヤマクマザサ	ミヤマクマザサ
調査開始年	2008	2012
植生保護柵設置年	2008	2013
植栽木調査	○(2008-)	—
前回調査年	2015	2016

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。植生調査は高さ約 1.5m 以下を草本層とし、全体の植被率と出現種の被度・群度、ササの最大稈長(cm)を測定した。更新木調査は、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、樹高(鉛直高)を 1cm 単位で測定した。光環境調査は、5 地点にて地上高 1m で魚眼レンズ付デジタルカメラにて天空写真を撮影した。植生調査は 7～8 月、更新木調査は 9 月に実施した。

なお、「丹沢山」調査区では試験植栽を行っており、その追跡調査も実施した。「竜ヶ馬場」調査区における刈取りと播種は、2013 年から 2015 年まで実施した。

(7) 結果の概要

竜ヶ馬場調査区におけるミヤマクマザサの植被率は、各試験区で80%を越え、稈高は柵内で79～98cm、柵外で48～68cmであり、柵内外で稈高の差異はあるものの、どの試験区においても密生していた。稚樹高はササ刈取りや播種の処理に関わらず、柵内で高い傾向を示した(図1)。

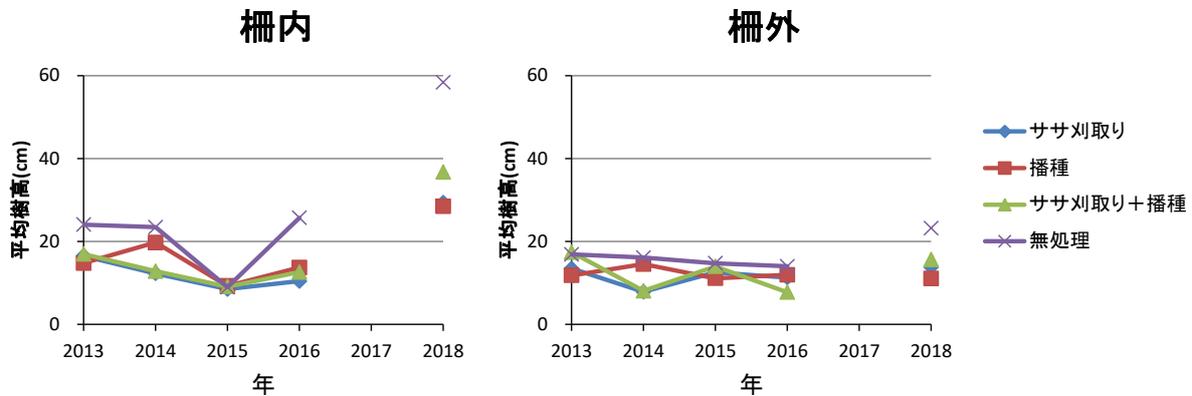


図1 竜ヶ馬場調査区における更新稚樹の樹高の変化

丹沢山調査区における植栽木は、サワグルミを除く各種の相対生存個体数が50%を越えていた。樹高はどの樹種も2mを越えており、ミズキはおよそ4mに達していた(図2)。サワグルミは植栽直後に水分ストレスの影響で枯死したものが多く、生存個体数は植栽時の3%に過ぎないが、生存している個体はミズキに次いで樹高が高くなっていた。

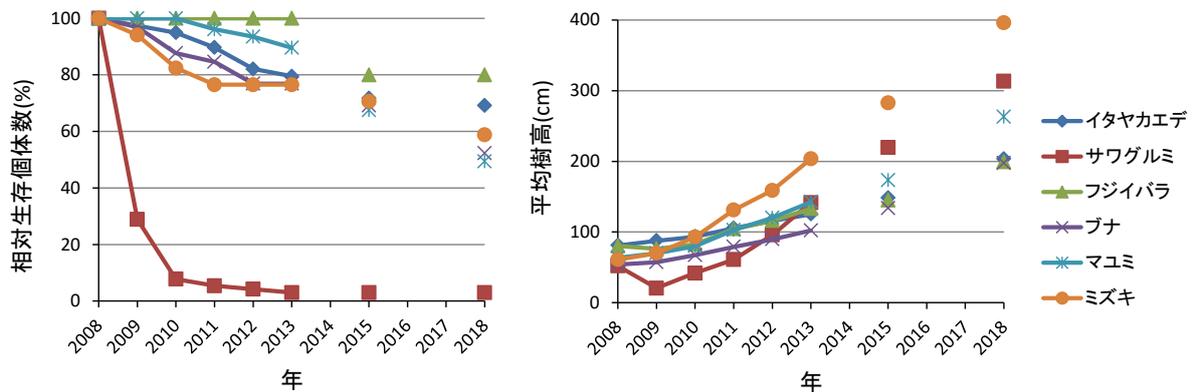


図2 丹沢山調査区における植栽木の相対生存個体数(左)と平均樹高(右)の変化

(8) 課題

・継続調査

(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
C. ブナ林再生手法の改良

- (1) 課題名 Cb. ブナハバチ等の葉食昆虫防除試験
 (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 谷脇 徹

(5) 目的

丹沢山地の高標高域のブナは、オゾンや水ストレスの影響を受けるなか、ブナハバチによる葉食被害を受けることで枯死・衰弱する可能性があり、食害の回避・軽減対策が求められている。そこで、昨年に引き続き平成 30 年度も檜洞丸山頂周辺のブナで薬剤の樹幹注入試験を行った(図 1)。また、生態系への影響についてのモニタリング手法を検討する一環として、これまでに実施してきたブナ樹冠昆虫のスウィーピング調査や昆虫によるブナの葉・種子の利用状況調査、巣箱による鳥類繁殖状況調査についてもとりまとめた。調査は新日本環境調査株式会社への委託で行った。



図 1 ブナの薬剤注入

(6) 方法

檜洞丸山頂周辺の標高 1,500m 以上の 21.4ha の中から、南西方向の約 5ha の試験地を設定した(図 2)。

2016 年～2018 年の各年の展葉直前(4 月下旬～5 月下旬)に、ブナ 28 本に対し、直径に応じた液量・周囲長 15～25cm 間隔で、薬剤を分割注入した。

樹冠昆虫のスウィーピング調査は、注入木 5 本、非注入木 5 本を選定し、口径 50cm、竿長 6m の捕虫網を用いて、ブナハバチの幼虫期に、週 1 回程度の頻度で 2016 年に 3 回、2017 年と 2018 年に 4 回、ストローク幅 2m 程度で 20 回スウィーピングを実施し(図 3)、ブナハバチ幼虫数、主要な植食性昆虫、樹冠訪問昆虫、捕食性昆虫等の個体数を記録した。

葉の昆虫利用状況の調査は、2018 年 6 月 22 日にスウィーピング調査木を対象とし、鎌付き 15m 測かんで樹冠 10 箇所ずつから 500 枚以上を目安に枝葉を採取し、ブナハバチ卵数(孵化卵・死亡卵)と虫えい形成の有・無を記録した。種子(殻斗)の利用状況調査については、2018 年 7 月 9 日に開花・種子生産した注入木 8 本と、非注入木 7 本から 10～20 個を目安に殻斗を採取し、内部調査により食害の有・無を記録した。

巣箱での鳥類繁殖状況の調査は、薬剤注入林分へ 11 個、対照林分(檜洞丸山頂直下)へ 16 個、標高 1,200m のつつじ新道へ 15 個、既設の巣箱(15cm×15cm×25cm、穴径 3cm)にて、2018 年 4～7 個に週 1 回程度の頻度で巣箱内を撮影し、ヤマガラとシジュウカラの利用状況と繁殖状況を記録した(図 4)。

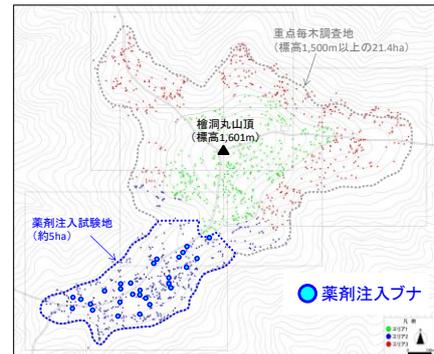


図 2 調査地



図 3 樹冠スウィーピング



図 4 巣箱調査

(7) 結果の概要

樹冠スウィーピング調査の結果、注入木ではブナハバチ幼虫数が若齢段階から少なく、防除効果（薬剤影響）が確認された。ハムシ科成虫、虫えい形成、種子食害についても、注入木は個体数や食害割合が少なかった。一方で樹冠を訪問したハエ目昆虫等の個体数に差はなかった。捕食性昆虫等の天敵昆虫については、注入木で少ない傾向があったものの、利用昆虫（ブナハバチ）の個体数との関係も認められた。鳥類による巣箱の利用・繁殖回数の割合、ヒナの数については、注入林分と非注入林分で差はなかった。以上の薬剤の移動経路について情報を整理した（図5）。

ブナの食物利用への影響を回避・軽減するため、種子をつける（花芽をつけた）ブナへの薬剤注入は回避する必要がある。また、薬剤を摂取したブナハバチ幼虫が天敵昆虫や鳥類に利用される可能性があり、これを回避・軽減するにはブナハバチを幼虫より前の卵や若齢段階で防除することが重要になる。

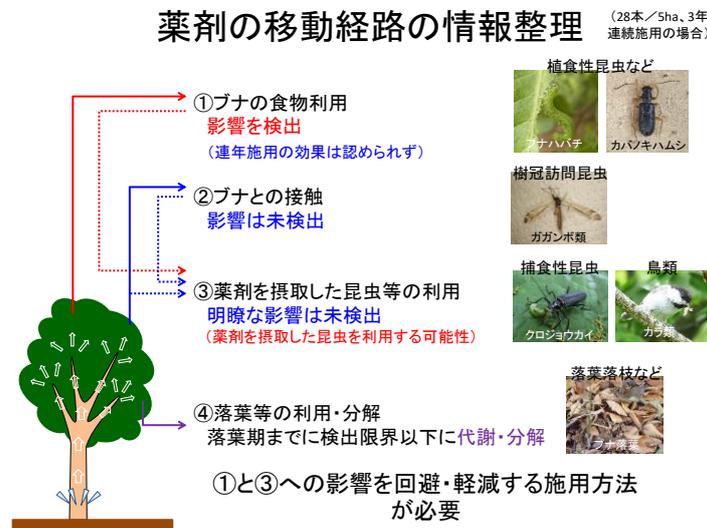


図5 薬剤の移動経路の情報整理

(8) 今後の課題

なし

(9) 成果の発表

谷脇徹（2019）薬剤を樹幹注入したブナ林の樹冠昆虫と鳥類の生息状況．第130回日本森林学会大会．