

(1) ブナ等冷温帯自然林の再生手法の確立

A ブナ林再生の順応的推進手法の改良

- (1) 課題名 Ag. ブナハバチ発生予察技術開発
(2) 研究期間 令和元年度～令和8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りブナの展葉とブナハバチ幼虫発生の各消長を推定する手法に、「Dischel-D1 モデル」(Dischel, 1999) を用いた有効積算温度量の時系列推移を予測する手法を組み合わせることで、4月上旬にブナハバチ食害発生の予察が可能かを検討する。

(6) 研究方法

- 表1に示した条件設定により2022年におけるブナハバチ成虫メス発生とブナ展葉の消長を推定するための有効積算温度量のデータセットを丹沢山山頂付近と檜洞丸山頂付近について作成した。このデータセットは、両地点の1月から3月末までは実測の過去10年間の日平均気温値を、4月以降6月末までは過去10年間の観測値に基づき「Dischel-D1 モデル」で予測した日平均気温を使用して算出した。
- 次に、このデータセットを用いて、両地区で成虫メスが発生を開始した日、発生中央量に達した日、発生が終了した日の3時点の有効積算温度量に達する日付を推定した。
- 同様に、このデータセットを用いて成虫メスの産卵に適したブナの展葉ランク2.5、3、3.5に対応した有効積算温度量に達する日付を推定した。

(7) 結果の概要

- 4月上旬時点の予察結果は、丹沢山は成虫メスの発生ピーク（1/2量発生時期）が5月12日前後で、産卵適期の展葉ランク2.5から3.5（5月6日から15日）の後ろの時期に位置しており、発生したメス成虫が累積する時期以降に産卵に適する葉は少ないと推定され中規模以上の食害発生の可能性は小さいと考えられた。一方、檜洞丸では成虫メスの発生ピーク（1/2累積発生）が5月11日前後で、産卵適期の展葉ランク2.5から3.5の時期（5月8日から14日）に重なるように位置し、累積的に発生している成虫メスは産卵に適した葉を利用できるタイミングにあるが5月26日までだらだらと発生すると予察され、中規模以上の食害発生の可能性は低いと推定された。
- 現地観測の結果、モニタリングに基づく成虫発生イベントの日付（モニタリングと回帰）と有効積算温度法によるイベント予測日の関係は、発生開始日で最大4日、中央発生日（1/2発生日）では2日、発生終了日は最大4日の日差で、概ね良い一致を示していた。
- 展葉消長に関しては、現地では、産卵に適したランク2.5に5月上旬に達しており、産卵に適した展葉ランク2.5から3.5の期間は1週間程度と短く、その期間は予測した期間とおおむね一致していた（表2）。
- 丹沢山と檜洞丸ともに中規模以上の食害発生はなかった。

(8) 課題

本手法、両イベントのタイミングの一致の程度から食害発生の可能性を予察するものなので、過去の成虫メスの発生量や繭の量などから成虫の発生量を予測するなどして、タイミングが重なった年の食害規模を予測する技術への改良が必要である。

(9) 成果の発表

なし

表1 ブナ展葉とブナハバチ成虫メスの発消長予察に用いた温度値、起算日、気温予測モデル

区分	項目	調査地	
		丹沢山	檜洞丸
展葉消長予測	発育零点温度	0°C	
	有効積算温度量起算日	1月1日	
	有効積算温度量 展葉ランク2.5 (°C日)	352	368
	有効積算温度量 展葉ランク3 (°C日)	370	391
	有効積算温度量 展葉ランク3.5 (°C日)	391	416
ハバチ成虫メス 発消長予測	発育零点温度	2°C	
	有効積算温度量起算日	1月1日	
	有効積算温度量 発生開始日 (°C日)	197	161
	有効積算温度量 発生中央日 (°C日)	300	268
	有効積算温度量 発生完了日 (°C日)	408	336
日平均気温予測	使用モデル	Dash1-D1 モデル	
	予測に用いる日平均気温データ	3月31日以前10年間	

表2 令和4年(2022)の予察および実測の結果

		丹沢山			檜洞丸		
		予測	実測	日差	予測	実測	日差
展葉	ランク 2.5	5月6日	5月8日	2	5月6日	5月11日	5
	ランク 3	5月10日	5月11日	1	5月13日	5月14日	1
	ランク 3.5	5月15日	5月14日	1	5月19日	5月18日	1
成虫発生	中央	5月12日	5月11日	1	5月11日	5月15日	4
	終了	5月26日	5月26日	0	5月25日	5月25日	0

(1) ブナ等冷温帯自然林の再生手法の確立
A ブナ林再生の順応的推進手法の改良

- (1) 課題名 Ah. ブナ林再生事業地の衰退状況モニタリング (令和5年報告)
(2) 研究期間 平成29年度～令和8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・鈴木透 (酪農学園大学)
(5) 目的

第4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、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を作成するための撮影方法及び画像処理方法を明らかにする。

(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30-50ha) で、ブナ葉の被食が終了した7月中旬以降に新日本環境株式会社への調査業務委託により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、飛行計画は「UGcS」により作成した。
- ・ 飛行ルート等は前年度よりやや広い範囲とし9mグリッド標高データで飛行計画を作成して空撮を実施した。
- ・ 撮影は地上解像度を3cm/pic、カメラを真下に向ける直下視平行撮影 (オーバーラップとサイドラップは80%と70%) とカメラを進行方向に斜め下向き30°傾けた斜め視撮影を北向きに対して45度、135度、215度、305度方向の平行撮影 (オーバーラップとサイドラップは50%と40%) に設定して実施した。
- ・ 撮影画像の緯度・経度の補正及び画像の精度確認に使用するため、各地区の撮影範囲内に4か所以上の対空標識と複数の既存工作物による検証点を設置し、これらの地点を標定点 (GCP: Ground Control Point) として用いた。

イ 空撮画像の処理及び解析

- ・ 空撮画像は画像処理ソフトのMetaShape (Agisoft社) を用いてオルソ画像を作成し、画像上の標定点の座標値と実測座標値の差 (=位置精度) を計測した。
- ・ 標定点の実測座標は、2周波RTK搭載GNSSレシーバーDG-PRO1RWS (ビズステーション (株) 社) と準天頂衛星「みちびき」のL6D信号を用いる仮想基準局 (VRSC; ビズステーション (株) 社) を連動させたPPP (Precise Point Positioning) - RTK方式により取得した。

(7) 結果の概要

- ・ 撮影は、令和5年7月17日から7月26日までの間の撮影条件が良好な日の午前中に行い、概ね良好な写真が撮影できた (表1)。
- ・ 令和5年度はブナハバチによる目立った食害は地上調査でも確認されておらず、撮影写真及びオルソ画像でもほとんど識別・確認できなかった。
- ・ 直下視と斜め視の両写真を用いて低品質で作成したオルソ画像の標定点に対するRSME誤差は0.1m~0.25mで、昨年度までの撮影結果と同様であった。

(8) 今後の課題

- ・ 主要なブナ林の食害調査地を含む地区で引き続き適期に 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

- ・ 山根 正伸・鈴木 透・雨宮 有(印刷中)山岳地のブナ樹冠変化追跡のための RTK 非搭載 UAV で撮影した写真による 3 次元表面点群作成：撮影方法と標定点設置の組み合わせにおける視認性と精度評価. 保全生態学研究 <https://doi.org/10.18960/hozen.2234>

表1 令和5年度夏季の丹沢山地の主要ブナ林でのドローン撮影結果

撮影地点	撮影日	カバー面積	飛行高度	撮影枚数	地上解像度	GCP地点数	ラ位置合計	GCP合計誤差
		ha	m	枚	cm/pic		m	m
丹沢山	2023/7/26	37.2	149	1,095	3.24	5	9.09	0.14
蛭ヶ岳	2023/7/26	55.7	171	820	3.79	5	4.30	0.01
檜洞丸-3	2023/7/18	36.6	146	926	3.15	5	6.99	0.25
檜洞丸-5	2023/7/18	47.3	154	1,357	3.41	8	7.50	0.16
檜洞丸-7	2023/7/18	44.7	150	1,327	3.27	6	7.27	0.10
大室山	2023/7/24	51.2	171	995	3.63	4	6.86	0.01
加入道山	2023/7/25	33.3	146	1,089	3.54	4	17.96	0.01
菰釣山	2023/7/17	40.0	162	1,012	3.63	4	5.84	0.01

注1：アライメント：低、高密度点群品質：最低

注2：撮影枚数は、直下視と斜め視の合計枚数



図1 檜洞丸-7撮影写真から作成した標定点5か所の位置精度
 ◎がGNSSで測位した標定点の位置。白色の□が標定点標識

(1) ブナ等冷温帯自然林の再生手法の確立
B ブナ林における大気・気象観測と気候変動の把握

- (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～令和8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2022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。なお2021年11月に機器更新を行い、2022年の測定からは、アネオス社の機器に移行した。

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

2022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。年間平均気温は最も低い丹沢山は（8.3℃）で前年（7.2℃）より1.1℃上昇し、過去6年で最も高く温暖であった。鍋割山が（10.1℃）で最も高くなった。丹沢4か所は前年と比較すると1℃程度低くなり4地点とも過去6年間で最高となった。標高による気温減率で調整した月平均気温の変動を図2に示す。2022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。

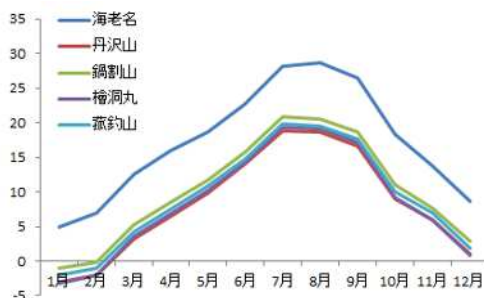


図-1 丹沢山地の月別平均気温(2023)

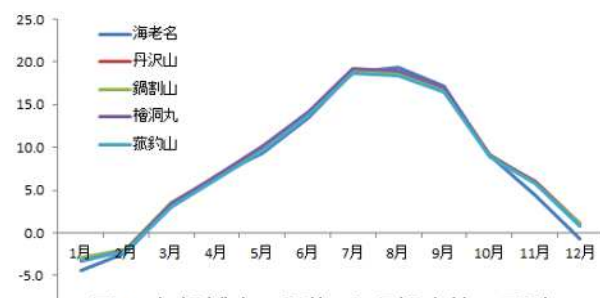


図-2 気温減率で調整した丹沢山地の月別平均気温(2023)

イ. 観測地点の月間降水量

2023年の月別の降水量を図3に示す。2023年の年間降水量は、檜洞丸のみ前年より増加し、他の4地点は減少した。いずれの地点も過去6年の平均を下回り5地点平均で1955mmであり、過去6年間で最低であり、降水量が少なかった。前年最も少なかった檜洞丸が2339mmで最も多くなったが丹沢山とほぼ同じであった。丹沢各地点とも2022年は9月が降水量が最も多くなったが2023年は8月に最も多く、上陸台風が8月のみであったこと、高温による雷雨の影響が考察された。

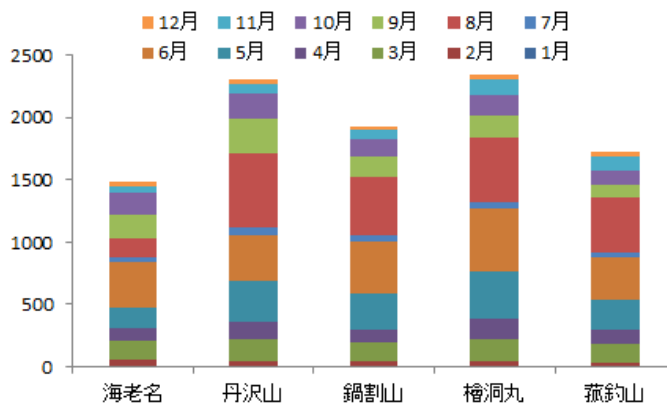


図-3 丹沢山地の降水量(2023)

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

2018年から2023年の年次別の積算日射量を図4に示す。2023年は、前年に比較し各地点とも増加しいずれの地点も5年間で最高であり、気温と同様の傾向であった。

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、菰釣山の順で特に菰釣山は、降水量が最も少ないにもかかわらず値が低いことから、測定場所の周辺の立木の影響が考察された。

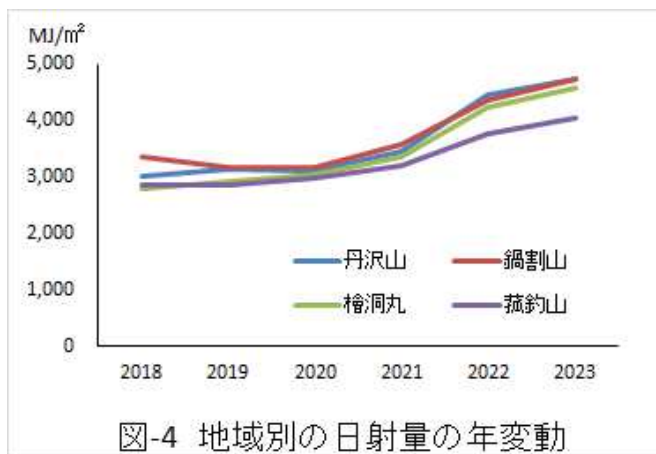


図-4 地域別の日射量の年変動

(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

齋藤央嗣・丸井裕二・大内一郎・谷脇徹 (2023) 丹沢山地4地点における4年間の気象観測結果と2019年台風19号の降雨について, 神奈川県自然環境保全セ報18:21-26

(1) ブナ等冷温帯自然林の再生手法の確立
C 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 Ca ブナ林再生事業地における重点的な更新モニタリング
(2) 研究期間 令和4年度～令和8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。2023年度は檜洞丸山頂付近の大ギャップにおいて設置後5～6年経過した植生保護柵内外での林床植生と更新木の生育状況調査を行った。調査は（株）環境地質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年設置柵の柵内4地点（10in、14-1in、14-2in、30in）と柵外4地点（10out、14-1out、14-2out、30out）、2018年設置柵の柵内2地点（15-1in、15-2in）の合計10地点で調査を行った（図-1）。各地点には、2m×2m小方形区が5個並んだ2m×10m調査区が等高線に沿って2列並んでおり、合計10個の小方形区が設定されている。

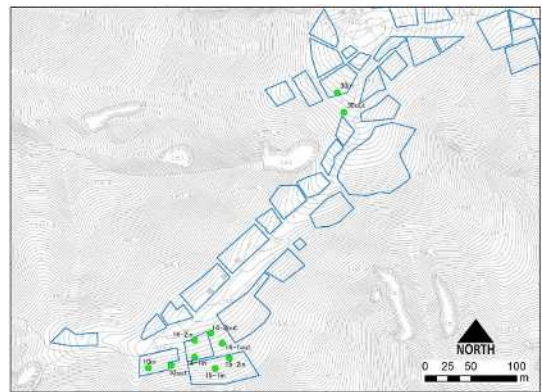


図-1 調査地点の位置図

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月上旬に実施した。

(7) 結果の概要（表-1）

地上高1mと2mの開空度は、地点や高さにより30～68%の幅があった。

草本層の平均群落高は、柵内（135～230cm）のほうが柵外（111～131cm）より高く、植物種数は柵内（32～50種）のほうが柵外（23～33種）より多かったが、草本層の平均植被率は柵内（66～96%）と柵外（69～94%）で大きな差はなかった。

更新木の平均樹高は、柵内（49～102cm）のほうが柵外（28～61cm）より大きく、最大樹高は柵内（220～385cm）のほうが柵外（63～115cm）より大きく、個体数も柵内（50～453個体）のほうが柵外（23～113個体）より多かった。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、ミズメ、カマツカが記録され、柵外ではミヤマイボタのみが記録された。

表-1 調査結果概要

調査地点	柵	地上高 1mと2m の開空度 (%)	林床植生			更新木		
			平均 群落高 (cm)	草本層の 平均 植被率 (%)	種数 (種/ 40m ²)	平均 樹高 (cm)	最大樹高 (cm) 及び樹種	個体 数 (本/ 40m ²)
10in	内	33 44	230	66	36	100	385 イヌシデ	114
10out	外	64 67	111	94	23	61	92 ミヤマイボタ	34
14-1in	内	43 68	186	86	46	67	240 ニシキウツギ	241
14-1out	外	53 57	119	88	25	34	68 ミヤマイボタ	23
14-2in	内	48 63	135	95	50	59	220 ニシキウツギ	453
14-2out	外	62 63	131	69	33	28	63 ミヤマイボタ	49
15-1in	内	38 44	149	96	45	65	235 ミズメ	309
15-2in	内	55 56	146	93	32	102	280 カマツカ	50
30in	内	30 54	214	71	47	49	240 ニシキウツギ	212
30out	外	56 61	120	88	33	30	115 ミヤマイボタ	113

(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的な更新木調査を継続する必要がある。

(9) 成果の発表

なし

(1) ブナ等冷温帯自然林の再生手法の確立
C 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 Cb ブナ林再生事業地の衰退状況モニタリング（森林変化の解析）
(2) 研究期間 平成 29 年度～令和 8 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 鈴木透（酪農学園大学）・山根正伸
(5) 目的

これまで解析してきた丹沢山地主稜線域における 1970 年代から 2020 年代までのブナ林の森林被覆状態を用いて、森林被覆の時系列変化の特徴、及び環境条件の影響や保全対策事業の効果を明らかにする。

(6) 方法

- ・ 昨年度までに解析してきた 1970 年代から 2020 年代の土地被覆のデータ(表 1)を用いて、森林劣化の指標である草地についてトレンドやその地域差、外的要因の関連分析を実施した。
- ・ 土地被覆のデータの作成範囲は、大室山から鍋割山にかけての主稜線部から 200m の範囲内で、土地被覆のデータの区分は「広葉樹林」、「針葉樹林」、「草地・裸地」、「崩壊地」、「人為改変地」の 5 区分とした。なお、「草地・裸地」についてはいくつかの理由から崩壊地内にある草地は「崩壊地」に、樹冠の草地を「広葉樹林」もしくは「針葉樹林」にそれぞれ修正し 5m² 以下のデータは削除してデータ精度を統一した。
- ・ 本課題は酪農学園大学との共同研究で実施したもので、森林被覆データの判読・解析作業は酪農学園大学の鈴木が担当した。

(7) 結果の概要

- ・ 東丹沢主稜線部全域における特徴を解析した結果、1970 年以降 2000 年代までに草地が急速に拡大し、その後 2000 年代以降は草地が拡大する速度は減少傾向し、2010 年代から草地の拡大が停止、もしくは減少する傾向がみられた(表 1)。
- ・ 東丹沢主稜線部における草地の動態の地域差の解析からは、地域により草地割合のトレンドは異なり、年代のよっても変化し、草地割合のトレンドは 6 つのパターンに分類できた(図 1)。
- ・ 草地の拡大は東丹沢主稜線部の約 22%の限られた地域で発生しており、過去に草地が拡大していた地域では近年草地の増加は停止、もしくは減少傾向であった。一方、2020 年代に急激に増加した地域も確認できた
- ・ 草地変化の地域差と外的要因の関係を解析したところ、地形やブナハバチによる草地拡大のリスクと植生保護柵による草地拡大の抑制効果に関する地域差が東丹沢主稜線部における草地動態の地域差と関連性があることが示唆された。
- ・ また、草地の拡大と外的要因の関係では、草地面積のトレンドと気温・オゾンに関する指標のトレンドとの間に有意な相関があり、2000 年以降の草地の拡大速度の低下が保全対策（シカの捕獲、植生保護柵）の継続的な実施とも関連していることが示唆された。

(8) 今後の課題

- ・ 引き続き 10 年程度の間隔で土地被覆状態を把握することで、今回明らかになった草地拡大の停止もしくは減少傾向が持続しているかを、ブナハバチ食害その他の要因や自然再生事業の進捗を踏まえて検討する必要がある

(9) 成果の発表

- 鈴木 透・山根 正伸・雨宮 有(2024)丹沢山塊東部主稜線部における 2020 年代土地被覆データの作成とブナ林の劣化指標に関する検討. 神奈川県自然環境保全センター研究報告

表-1 土地被覆データに使用したオルソ画像の撮影年と各年代における草地の面積と増加速度

土地被覆データの年代	オルソ画像の撮影年	草地面積 (ha)	増加速度 (m ² /年)
1970 年代	1975 年・1977 年	17	-
1980 年代	1985 年	19.2	2,462.60
1990 年代	1996 年	22.4	2,867.70
2000 年代	2004 年・2007 年	23.2	862.3
2010 年代	2010 年・2011 年	24	1,503.00
2020年代	2019 年・2020 年	23.9	-47.3

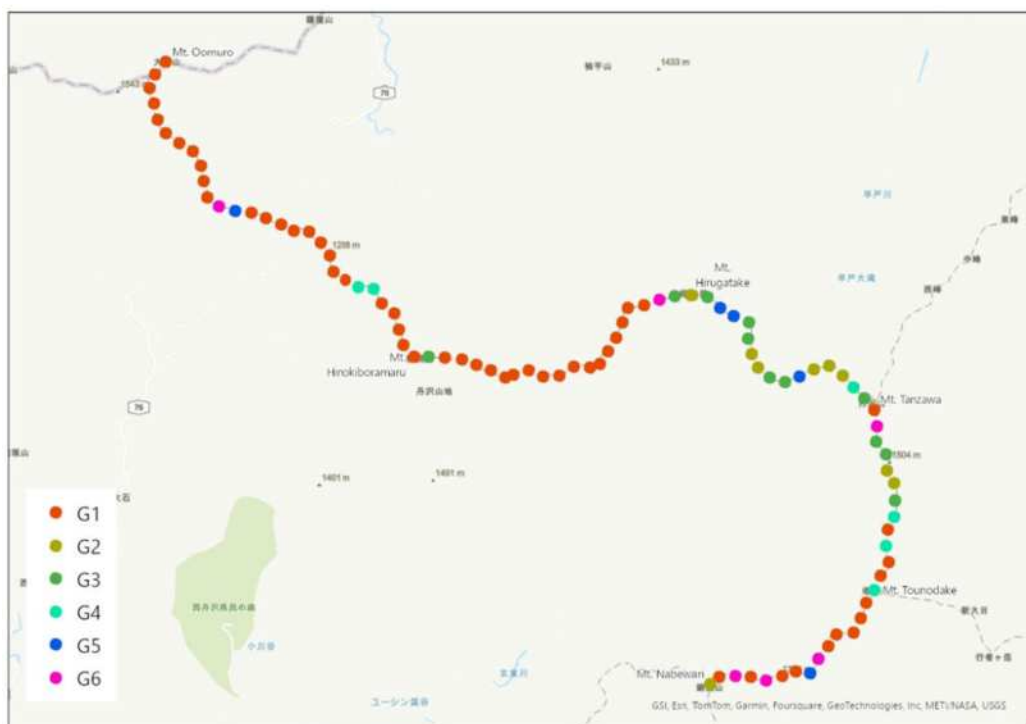


図1 東丹沢地域主稜線付近のブナ林における草地割合の変化を時系列クラスタリングして6パターンに分類した結果

注：図上の●は大室山から塔ノ岳までの主稜線部を200mごとに区切って地点(92地点)を設定し、各地点から半径50mの範囲の場所で、G1-G6は区分。

(1) ブナ等冷温帯自然林の再生手法の確立
C 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 Cc ブナ林再生事業の生態系保全効果検証
(2) 研究期間 令和4年度～令和8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

第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に係るブナ林再生事業の評価・総合解析の一環として、植生保護柵が隣り合って連続的に設置され、植生が面的・立体的に回復してきた環境において、植生回復への反応や生態系サービスの維持に果たす役割が異なることが想定される昆虫や動物の生息状況をモニタリングすることとしている。2023年度は鳥類、哺乳類および訪花昆虫の調査を実施した。本課題は東京農工大学の小池伸介教授との共同研究により行った。

(6) 研究方法

調査地は、丹沢山から三峰尾根にかけて1997年～2010年に設置された25基の植生保護柵内とした(図1)。鳥類の調査では、繁殖期(5～7月)と非繁殖期(8～10月)の鳴き声をICレコーダー(Song Meter Micro)(図2)で記録し、音声解析ソフトウェア(Kaleidoscope pro)により、種名と発声回数を記録した。また、食物資源として、鱗翅目幼虫の現存量を虫糞トラップ(図3)により、果実の現存量を目視調査により、それぞれ評価した。哺乳類の調査では、自動撮影カメラ(Lt1-6210WMC PLUS)を、4月25日から11月30日にかけて、柵内の柵沿いと人工水場に1台ずつ設置し、月1回の頻度でデータを回収し、撮影された哺乳類の種名と撮影回数を記録した。訪花昆虫については、調査手法の開発として、訪花昆虫を効率的に採集する方法、昆虫から花粉を採取する方法および採取した花粉の量を評価する方法を、それぞれ検討した。

(7) 結果の概要

鳥類は43種が確認され、繁殖期ではウグイス、シジュウカラ、ヒガラが多く、非繁殖期ではヒガラ、エナガ、ウグイスが多かった。植生の発達した柵で発生頻度が高くなる種群や、食物資源が多いと発生頻度が高くなる種群が認められた。周囲に柵が多いほど、発生頻度が高くなる種群と、低くなる種群があった。

哺乳類は7種と1種群(ツキノワグマ、タヌキ、キツネ、ハクビシン、アナグマ、テン、ノウサギ、げっ歯類)が確認され、多くの哺乳類が柵内を利用していることが明らかとなった。柵の出入りの様子も確認された(図4)。人工水場の設置により、利用実態を効率的に把握できたと考えられる。

訪花昆虫は、晴天時の午前中30分間のスウィーピングにより効率的に採集することが可能であった。採集した昆虫からの花粉の採取は、50%エタノールを入れた遠沈管で攪拌することで可能であった(図5)。花粉の量は、花粉が含まれる50%エタノールを方眼付きシャーレに入れ、モニターに映し出して撮影し、画像を解析することで、測定が可能であった。

(8) 課題

引き続き多様な機能群・分類群の生息状況をモニタリングし、柵の生態系への波及効果を総合的に解析する必要がある。

(9) 成果の発表

なし

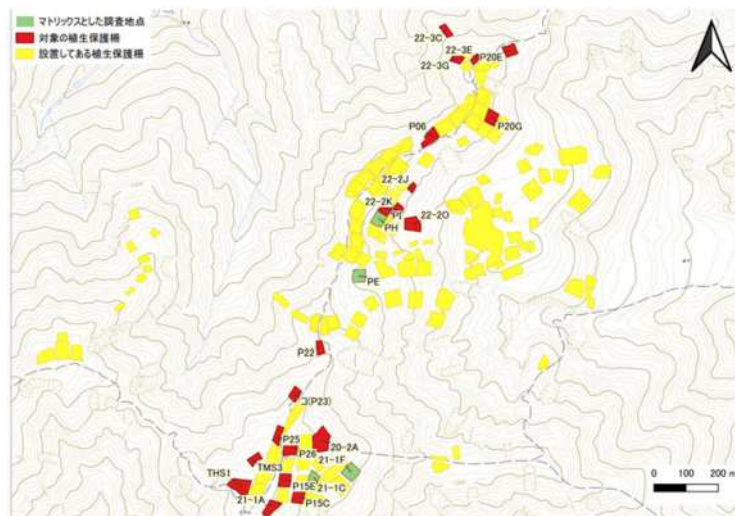


図1 調査地位置図



図2 鳥類調査のICレコーダー



図3 虫糞トラップ

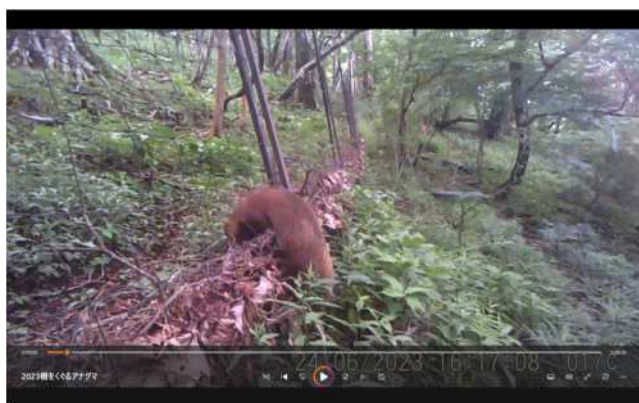


図4 柵を出入りするアナグマ

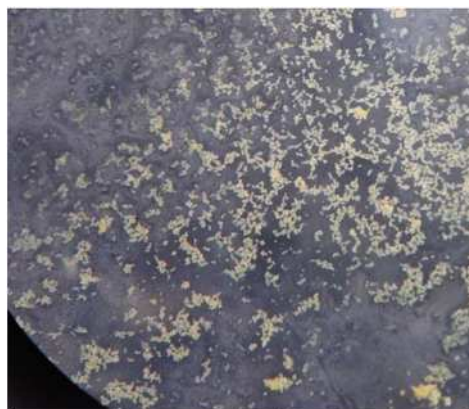


図5 昆虫から採取した花粉

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム
（水源かん養機能の向上）の検証—総括—
- (2) 研究期間 平成19年度～令和8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 本田美里・内山佳美・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画（R4～R8（2022～2026））では、施策の効果を検証するための「水環境モニタリング」が実施されている。本研究課題は、その中でも森林で行われる事業を対象として、対照流域法等の研究手法を用いて水源かん養機能にかかる事業実施効果を流量等の観測により検証し、県民に情報提供することを目的とする。

(6) 方法

県内の水源の森林エリアの4か所（東丹沢大洞沢、相模湖貝沢、西丹沢ヌタノ沢、南足柄フチジリ沢）に設定した各試験流域において、現地のモニタリング調査を継続するとともに、個別打合せ等を行いながらプロジェクトを推進した。

また、第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画をもって20年間の「かながわ水源環境保全・再生施策大綱」が終了することから、水源環境保全・再生かながわ県民会議においても施策の最終評価についての検討が開始された。このため、最終評価の検討に必要なモニタリング結果について総括して取りまとめるとともに、県民会議等への資料提供を行った。

(7) 結果の概要

① 県民会議における最終評価に向けた対応

令和4年度までのモニタリング結果を元に、森林における水源施策による成果を総括して取りまとめた。この一部は、施策調査専門委員会にて報告した。

② プロジェクト推進にかかる打合せ等の実施

プロジェクト推進に関する調整や調査結果の検討、外部研究者の助言を得るために、リモートによる個別打合せを行った。

③ 大洞沢試験流域における施設整備・森林整備の実施計画検討

令和元年東日本台風による被災後、気象・水文観測（常時観測）は一部再開しているものの、試験流域内の作業道や観測施設の一部は本格的な復旧工事が必要となっていた。このため、もともと計画されていた試験流域内の間伐時期等の調整を行うとともに、被災した観測施設の復旧を図った。

(8) 今後の課題

第1期5か年計画期間で各試験流域の施設整備と観測の開始、第2期では各試験流域における森林操作と短期的な検証を行ってきた。第3期では、短期的な検証の結果を総括して施策の中間評価に繋げるとともに、令和元年東日本台風の影響検証を通して水源かん養機能や水源環境の実態に関する理解が進んだ。第4期においては、計画してきた試験流域での間伐の効果検証を行い、施策効果の最終とりまとめと今後の取組みに向けた科学的知見の提供を行う必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

内山佳美・山根正伸・横山尚秀・山中慶久（2013）神奈川県における水源環境保全・再生施策の
 検証方法とその実施状況．神自環保セ報 10:1-12

内山佳美・山根正伸（2011）ニホンジカ影響が顕著な東丹沢大洞沢における水源かん養機能モ
 ニタリング．平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集 38-39 2011 年 5 月

内山佳美・山根正伸（2008）森林における水環境モニタリングの調査設計－大洞沢における検
 討事例－．神自環保セ報 5:15-24

表-1 対照流域モニタリング調査の実施体制（2023 年度）

試験地	試験流域 (地区)	フチジリ沢 (南足柄)	ヌタノ沢 (西丹沢)	大洞沢 (東丹沢)	貝沢 (相模湖)
施設	点検保守	委託	委託	保全C	東京農工大
試験流域調査	水流出 水質	委託 (一部保全C)	保全C	東京大 (一部保全C)	東京農工大 (一部保全C)
	土砂流出 土壌侵食			東京農工大	
	植生	—	—	東京農工大 (一部)	
	水生生物	—			
広域	水質	—	—	神奈川工科大	—
モデル解析		水循環モデル※宮ヶ瀬ダム上流解析			

保全C：自然環境保全センター

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 Da 大洞沢モニタリング調査・研究（1）水循環
(2) 研究期間 平成19年度～令和8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 本田美里・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

本研究は、第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づき、森林で行われる事業実施効果の検証に資するため、宮ヶ瀬湖上流の大洞沢流域における対照流域モニタリング調査の一環として、基本的な水循環の実態把握と森林整備による水源かん養機能への影響を把握することを目的とする。

(6) 方法

本研究は、東京大学への受託研究により実施した（研究成果詳細は、受託研究報告参照）。

○森林管理による水収支への影響評価

大洞沢においては、森林施策が河川の流量・水質に及ぼす影響の解明を目的として、2009年度より河川流量・水質の調査が本格的に開始された。2011年度に植生保護柵が設置され、柵内の植生・河川流量・水質が継続的に調査されている。さらに、2017年度より、新たに間伐が水資源に及ぼす影響の調査が開始され、現在は間伐前の事前データを得る段階にある。

本研究では、試験流域の河川流量や水質の基本的な観測を継続し、植生保護柵設置後の時系列変化を把握する。流域内に設置した小プロットにおいて、蒸発散量とその形成要因の詳細な観測を行う。また、UAVによる計測データを葉面積（LAI）空間分布に変換する放射伝達モデルの開発を行う。

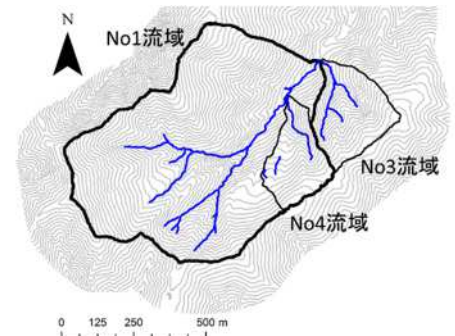


図-1 大洞沢流域

① 河川流量・水質のモニタリング

現地の気象・水文観測設備による観測に関しては、令和元年東日本台風の影響により被災した観測施設が2020年度末に復旧し主要な観測は再開したもの、その後の降雨により再び量水堰への土砂流入があり欠測が生じた。欠測期間の流量はHyCyモデルを用いて補完した。また、大洞沢流域内で水が土壌・基岩中を浸透し、流出するまでの水質形成過程を把握するため、一ヶ月に1回程度の頻度で定期的に降水・渓流水・湧水を採水し分析を行った。

② 蒸発散特性の観測

流域内の5つのプロットにおいて蒸散量・遮断蒸発量等の観測を行った。

③ 細根量観測

流域内の小プロットで、スキャナーを用いて土中の画像を2週間から1カ月に一度撮影した。撮影した画像から、機械学習の手法を用いて、根が占めるピクセル数を抽出した。

④ 森林施策が河川流量・水質に及ぼす影響の評価

各調査結果とこれまでの蓄積データより得られた流出特性・水質形成機構の知見をもとに、植生保護柵設置による流出特性・水質の時系列変化について検討した。

⑤ UAVを用いたLAIの推定

大洞沢流域で生態系の機能や動態に大きな影響を及ぼすLAIをモデルにより求め、各推定手

法の比較を行った。推定には Detto モデル (Model1) と Gap-Fraction モデル (Model2) の 2 つを用い、UAVLiDAR で取得した点群から LAI を求めた。同時にリタートラップによる LAI の計測を実施した。

(7) 結果の概要 (一部の結果のみ、他の結果は受託研究報告書参照)

① 2023 年の降水量・流量・蒸発散量・根量

2023 年の年降水量は例年より少なく 2511 mm だった。HyCy モデルで計算された河川流量はそれに対応して推移した (図 2)。

4 つの小プロットにおける樹冠通過雨量はそれぞれ林外雨量の 77.5%, 84.2%, 87.8%, 64.8% であった。林内雨・樹幹流を足し合わせた値は、プロットそれぞれで林外雨の 84.7%, 88.27%, 99.6%, 90.4% になり、遮断率はそれぞれ 15.3%, 11.7%, 0.4%, 9.6% となった。日蒸散量は夏季で 2.5 mm/day, 冬季で 1.5 mm/day ほどであり、前年度の計測値と同程度であった。蒸散量が夏に高く冬に低い傾向が捉えられていた。細根量については、4 月から 10 月にかけて抽出された根の面積が増加し冬季に減少するなど、根の生長枯死の様子を捉えることが出来た。

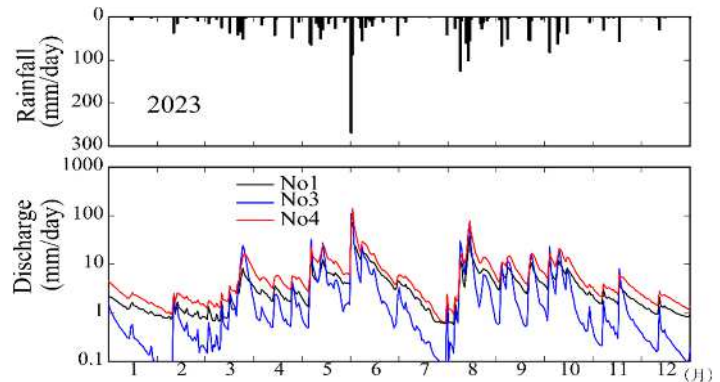
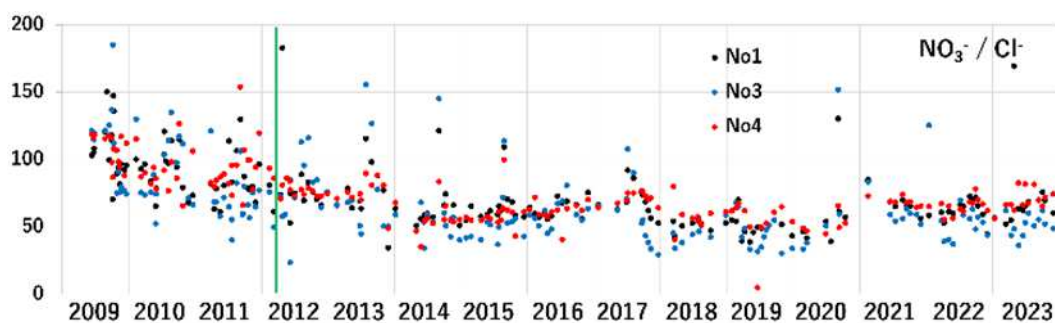


図-2 2023 年の日降水量・流量計算値

② 植生保護柵設置が河川水の水質に与える影響の検証

河川水の NO_3^- 濃度は 2009-2012 に比べ、その後の期間で減少していることが示された。2023 年もその傾向は継続しており、生物吸収を受けない Cl^- を用いて基準化しても明瞭な減少が確認された (図 6)。2009-2010 の平均値を 100 としたときの $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ 比を No1, 3, 4 流域で比較すると、2017 年後半から 2019 年にかけて植生保護柵が設置された No3 流域は他の 2 流域よりも低かったが、2020 年にはそのような傾向は見られなかった。従って、大洞沢全体では NO_3^- 濃度が近年減少したことは間違いないが、それは植生保護柵設置の影響とは考えにくい。

植生保護柵設置から 10 年が経過したが、河川流量・水質への明瞭な変化は確認されず、大洞沢の流量・水質形成過程への植生保護柵の影響は限定的であると考えられる。今後は降水量・流量・蒸発散量・細根量・水質などの観測を継続し、間伐に向けたデータを蓄積することが重要である。また、流域スケールでの蒸発散過程を解明する上で、斜面方位や林齢が蒸発散量に及ぼす影響の調査が今後必要である。



③ UAV を用いた LAI の推定

Detto モデル (Model1) により推定した LAI の値は、リタートラップによる計測値に比べてはるかに小さく、さらに時系列的な相関も見られなかった (図 4)。リタートラップでの直接的 LAI 計測により得られたデータとの比較から、Detto モデルで複数のリターンを用いて樹幹の不均一性を表現するよりも、Gap-Fraction モデル (Model2) でリターン数 1 のみを使用して LAI を推定した方が、実際の LAI を精度よく推定できることが示された。

Model2 はリタートラップと相関を示し、Model1 よりも良好に実際の LAI 減少を再現することができたが、その絶対値はやや過大評価となった。この結果は吸光係数の影響と考えられる。LiDAR で推定される Gap 率はレーザービームが針のように限りなく細いものとして仮定しているが、実際は葉と比べても大きなフットプリントを持っており、フットプリント内に葉が存在していれば反射波が検知されてしまうため、Gap 率の低下すなわち、吸光係数の増加につながる。正しい LAI を推定するためには、地上観測等による結果に適合するように吸光係数を決定する必要がある。

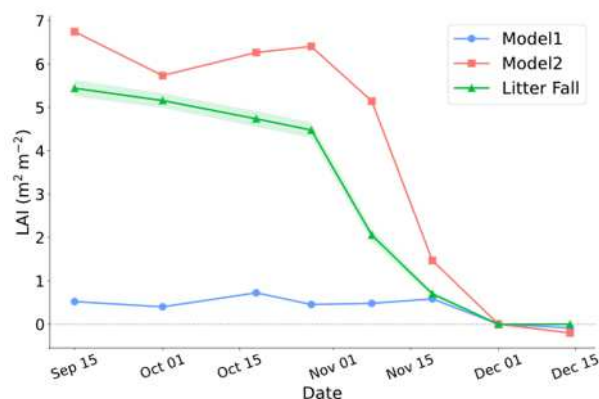


図 4： 各手法での推定 LAI 時系列変化

(8) 今後の課題等

本年度の結果から、大洞沢流域の水文過程・物質循環過程についての理解が深まった。今後は、降水量・流出量・水質・遮断蒸発量・蒸散量・土壌水分特性・細根量の計測を継続するとともに、UAV を用いた蒸散量・LAI 推定について更なる検討を行う。また、推定した LAI をモデルに組み込み、森林施業が河川流量に及ぼす影響の検討を行う。

(9) 成果の発表 (主なもの)

Hiroki Momiyama, Tomo'omi Kumagai, Tomohiro Egusa (2021) Model analysis of forest thinning impacts on the water resources during hydrological drought periods. Forest Ecology and Management 499 (2021) 119593

Tomoki Oda, Masakazu Suzuki, Tomohiro Egusa and Yoshimi Uchiyama (2012) Effect of bedrock flow on catchment rainfall-runoff characteristics and the water balance in forested catchments in Tanzawa Mountains, Japan. HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol. Process. 10.1002/hyp