

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良
C スギ・ヒノキの人工林の管理技術の改良

- (1) 課題名 Ca スギ・ヒノキ花粉発生源地域推定事業
(2) 研究期間 平成 20 年度～
(3) 予算区分 特定受託研究費
(4) 担当者 齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子

(5) 目的

社会的に大きな問題となっているスギ・ヒノキ等の花粉症に対し、発生源対策として花粉の少ないスギ品種の選抜等の育種的な改良は行われているものの根本的な解決には至っていない。近年、抗アレルギー薬が開発され、花粉飛散前の服用により症状を大幅に緩和できるようになった。このため、花粉飛散量や飛散時期を予測する必要性が増している。しかし、花粉を飛散する雄花の着花量は年次変動が大きい。そこで、雄花の着花量を直接観察することにより、花粉飛散量の予測を行った。なお、本事業は全国林業改良普及協会からの委託事業（林野庁発注）として実施した。

(6) 方法

① スギ雄花着花量調査

県内各地に成育するスギ林の中から、目視による調査に適した個体識別可能な見通しのよいスギ林を選定し調査林分とした。さらに設定にあつては県内山地のスギ林を対象に 5km メッシュで 500ha につき 1 箇所を目安に設定した。調査箇所は平成 9 年度に設定した 30 箇所と平成 14 年度に追加した 24 箇所の計 54 箇所である。

スギの花粉を飛散する雄花は、夏に花芽の分化が起こり、秋になると雄花の観察が可能となる。このため雄花着花調査は 11 月中旬に行った。調査は対象林分内の 40 本のスギを抽出し、双眼鏡またはフィールドスコープを用いて、次の 4 ランク区分により、1 本ごとに着花ランクを判定し着花点数を求めた。調査地ごとの着花点数は 40 本の合計点数を本数で除した平均値で示した。

A：雄花が全面に著しく多い	100 点
B：雄花が全面にみられるか、部分的に多い	50 点
C：雄花が部分的にみられるか、少ない	10 点
D：雄花がみられない	0 点

② 目視によるヒノキ雄花着花調査手法の確立

目視によるヒノキの調査手法確立のため、40 カ所のヒノキ林の目視調査と 2 カ所のトラップ調査を実施した。また目視調査の試行のため、2012 年 11 月に選定した調査地の着花量調査を実施した。調査を行った定点林は、丹沢から箱根地域にかけてのヒノキ林に 40 カ所である。これらの調査地は、目的とするヒノキ雄花量調査を展開するため、(1)一定の樹体サイズ、林齢、林分面積を持ち、林道等に面し樹冠部の下まで 10 本の目視調査が可能であること、(2)明確な年次変動を得るため、目視面が北向きを避け、豊作年である 2013 年(飛散年)に一定の着花が見られること、(3)神奈川県内のヒノキ林の分布を考慮し北部から西部にかけての林分をまんべんなく選ぶこと、などを考慮して選定した。いずれの調査地も林縁で固定した調査木(10 本)を設定し、継続して調査できるように設定した。調査地のうち 1～30 までは新規に設定したヒノキ調査林分、31：採種園、32～40：1991 年より雄花トラップ調査を継続している小田原市久野の 10 林分のうち 9 林分とした。このうち 1～30 までの調査地は今後の目視調査地、31～40 についてはこれまでの雄花量の継続試験による実証試験地と位置づけた。調査林分のうち久野のヒノキ林については、20 年以上にわたる雄花トラップデータの集積があり、雄花量に対する都市域の花粉飛散量との関係も把握されている。

雄花着生状況の目視観測は、12 月 3～11 日の 5 日間で実施した。観測には、倍率 10～12 倍の双

眼鏡と、必要に応じて 20 倍の野鳥観察用望遠鏡を使用した。調査地は、①の通り観察のしやすいことを条件に調査地を設定しており、ほとんどの林分を双眼鏡による観測によって調査を行い、32～40の当初からのトラップ調査地等について望遠鏡を使用した。観測は雨や霧、強風時をなるべく避けて行った。40カ所の定点林ごとの調査本数は10本、総観察本数は400本である。

(7) 結果の概要

① スギ雄花着花量調査

雄花着花量調査の平成9年度から令和元年度までの年次変動を図-1に示した。スギ林30箇所の着花点数の平均値(県内平均値)は、45.7点となり、やや多かった昨年(平成30年)の52.8点を下回った。本調査開始から21年間の平均値は44.6点で、今回の調査結果は平均値に近い値であった。このため、令和元年春の花粉飛散量は、多かった今年(平成31年春)と比べると減少するが、例年並と予測された。

地域別の着花点数は、図-2のとおり、地域別の着花点数は、県西部が54.7点と県内平均値より高く、県北部が41.0点と低くなった。地域的に温暖な県西部や日当たりのよい林分を中心によく着花しており、着花の多い地域ではより多く飛散する可能性がある。

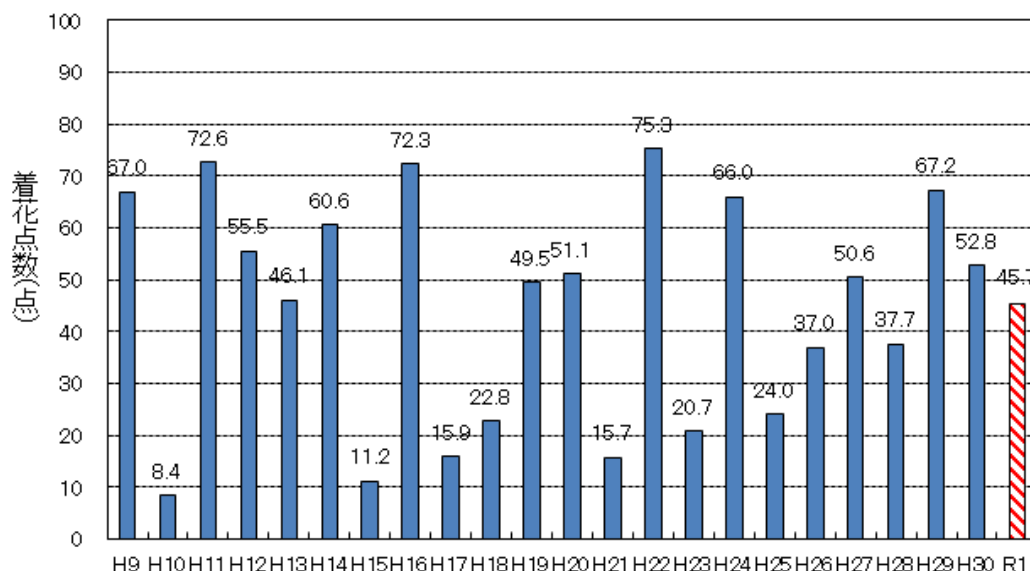


図1 県内スギ林30箇所の平均着花点数の年変化
(22年間の平均値:44.6点)

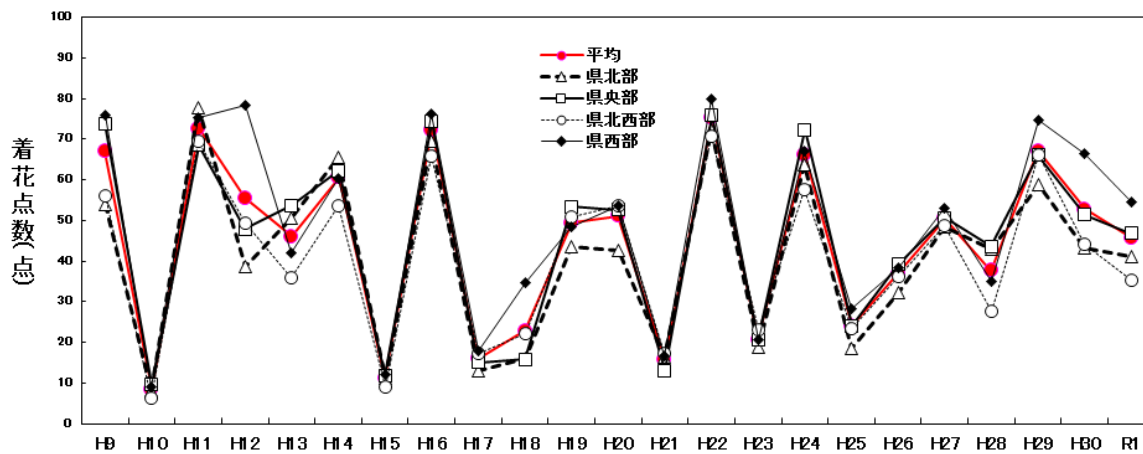


図2 地域別平均着花点数の年変化 (年度)
令和元年度は平均45.7点、県北部41.0点、県中部46.9点、県北西部35.3点、県西部54.7点

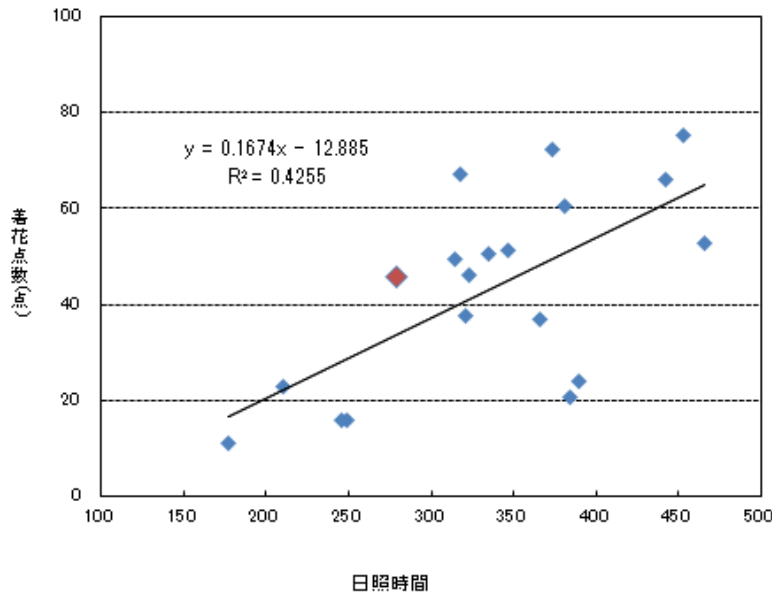


図3 7月と8月の日照時間と着花点数との関係
(横浜地方気象台:海老名観測所 赤点が令和元年)

雄花の花芽形成と気象との関係として一般にスギ雄花の花芽形成は、花粉が飛散する前年の夏(7月~8月)の気象条件との相関が高いとされる。高温少雨で、日照時間が多い気象条件であると花芽形成が促進され、雄花が多く着く傾向がある。令和元年夏の気象(横浜地方気象台「海老名観測所」)を見ると、7月の平均気温は平年の111%だが降水量は171%と平年より多く、日照時間は平年の58%と気温を除くと雄花の着花が少なくなる気象条件となった。一方、8月の平均気温は平年の105%と平年よりやや

や高く、降水量は平年の64%と少なく、日照時間は平年の104%と雄花の着花が多くなる気象条件となった。7-8月の日照時間では平年比84%だが平均気温は、108%と高く、着花点数は45.7点と平均を僅かに上回る値であった。着花点数は、7-8月の日照時間と相関があるが、今回の調査結果は、図-3のとおり回帰直線を上回る着花点数となった。

この原因として、日照時間や降水量は雄花が減少する条件であるものの、気温は7月も高く、8月は日照時間、平均気温ともに平均を上回ったこと、また9月は日照時間、平均気温ともに平年を大きく上回ったことから、雄花が長期間にわたって形成された可能性がある。

② 目視によるヒノキ雄花着花調査手法の確立

②-1 目視による雄花量(年次変動)

・観測条件

12月の雄花は、葉の先端がやや白っぽく見えるが年次により最適な調査時期が異なる可能性がある。今期は秋から高温が続く変化が少ないと推定されたが、昨年に引き続き雄花が全体に少なく、時期による雄花の変化自体よりも昨年の球果や脱落痕などが目立ち雄花を見分けるのがやや困難であった。

・観測結果(年次変動)

2014年度から、6段階の暫定基準案(3)から4段階の暫定基準案(4)に移行したことから、今年度も引き続き継続のため両方の評価を行った。これまでの6段階で判定した結果による過去8年間の変動を図-1、その林分ごとの変動を図-2、雄花着生度から計算した点数の変動を図-3に示した。図-1のとおり、2019年12月の調査結果では、ランクCの個体の割合が最も多くなり、正規分布に近い形のグラフであった。前回の2018年12月はAランクの割

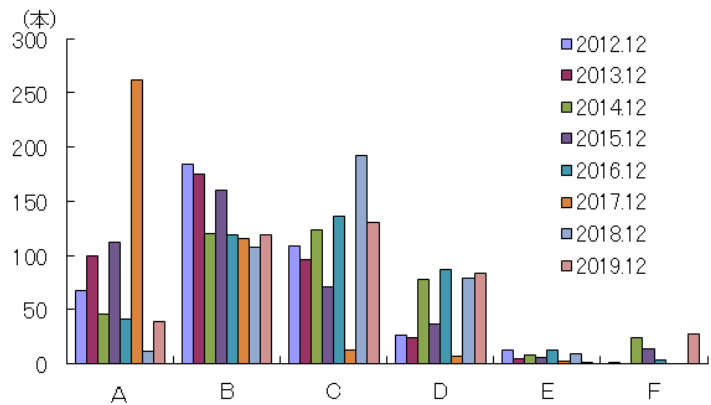


図1 2012~19年のヒノキ雄花着生度別本数

合が過去最低で僅か3%であったが、今回は、Aランクの割合が9.8%であり、前回よりは増加したものの低率であった。この結果、着花ランクにより重み付けした点数（6段階ではA→10点、B→5点、C→2点、D→1点、E、F→0点）による年次変動（図-3）は、過去8年間と比較して2番目に少なくなり、不作年であると推定された。林分ごとの年次変動を図-2に示した。おおむね前回と比較して横ばいかやや増加する傾向が認められた。50点を上回ったのは6林分で、前回の2林分から増加した。最高は定点林14であり、前回も最高点であり着花の多い林分であると推定された。

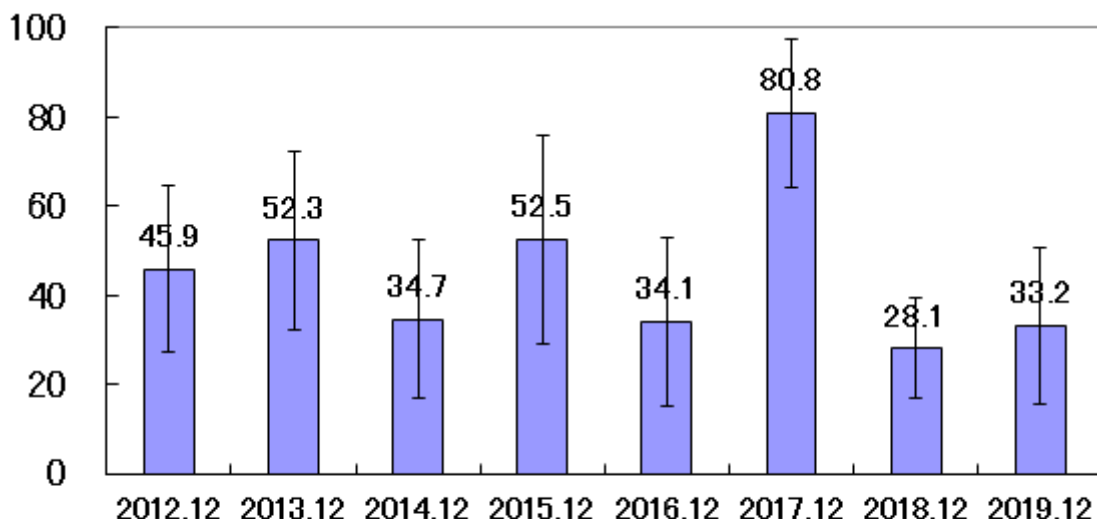
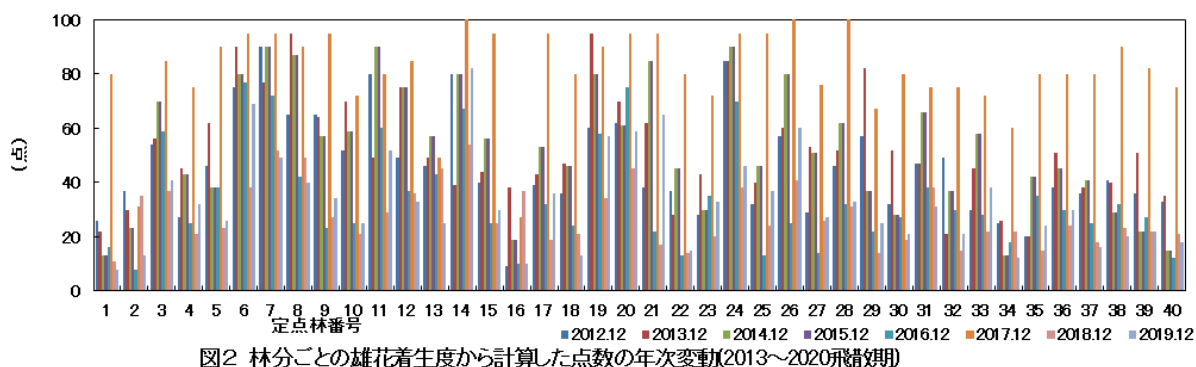
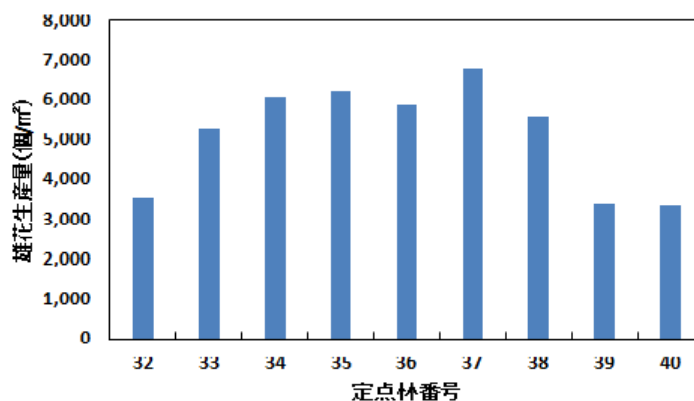


図3 神奈川県内のヒノキ林の雄花着花点数の年次変動

棒は標準偏差を示す

②-2) 雄花生産量調査の結果

2019年の定点林32～40における雄花生産量調査の結果を図-4に示した。雄花生産量は、2019年2月から6月に各5基の雄花トラップで捕捉された開花雄花、未開花雄花の雄花数を測定し、ヒノキ林1㎡当りに換算したものである。原則として直接個数をカウントしたが、試料が多い場合は乾燥重量を計量し、100個あたりの重量を計測して換算して求めた。ヒノキ雄花生産量は、5,279個/



m²となり、2018年の54,895個/m²、29年間の平均の11,679個/m²を下回り、目視調査の予想通り不作年であった。また、開花雄花に対する未開花雄花の割合は10.1%~19.5%、平均は12.34%であり、2018年は4.4%であったことから、その割合は増加した。これは2018年飛散期が大豊作年であり、豊作年ではより未開花の割合が減少する可能性を示唆した。ただし2019年の未開花の割合も2割未満で飛散への影響は大きくないと思われる。

②-3) 観測手法の検証

・2018年度の目視観測結果と雄花生産量との関係

図-1に示した2018年12月及び2019年4月の雄花着生度別本数(6段階)から計算した点数と図-4の2019年の雄花生産量との関係を図-5に示した。2018年12月では相関係数は0.01、4月調査時では0.19で低い値にとどまった。全体として雄花量が少なく、低い値になったものと思われる。

また調査を2013年飛散期からの7年間実施したことから、7年間の9林分の雄花着生度から計算した点数とトラップによる雄花生産量との関係を図-6に示した。12月と3-4月調査の相関係数は、それぞれ0.84、0.83で有意に高い相関関係が認められた(p<0.01)ことから、連年的な調査結果では、林縁の目視と林分の雄花生産量は一定の関係があることが示唆された。2019年開花期の単年的な調査では有意ではないが、連年的な結果で有意になることから、調査年ごとのぶれは少ないと考えられる。特に2018年の大豊作年の影響で相関係数が大きく向上したことが特筆され、結果として目的とする着花点数が年次変動を十分とらえていることを示唆した。

また着花点数と花粉飛散量との関係を図-7、8に示した。2017年までデータ数が少なく有意ではなかったが、2018年の大豊作の影響で所内ヒノキ林との相関係数が0.94、横浜市金沢区とは0.88、東京都内の大田区0.84、千代田区0.84といずれも0.8以上の高い相関関係が認められ、着花点数が花粉飛散を指標することが認められた。ただし所内以外は予測よりも飛散が多く、相関係数が2018年から低下し、他の地域のヒノキ林の花粉飛散の影響が示唆された。

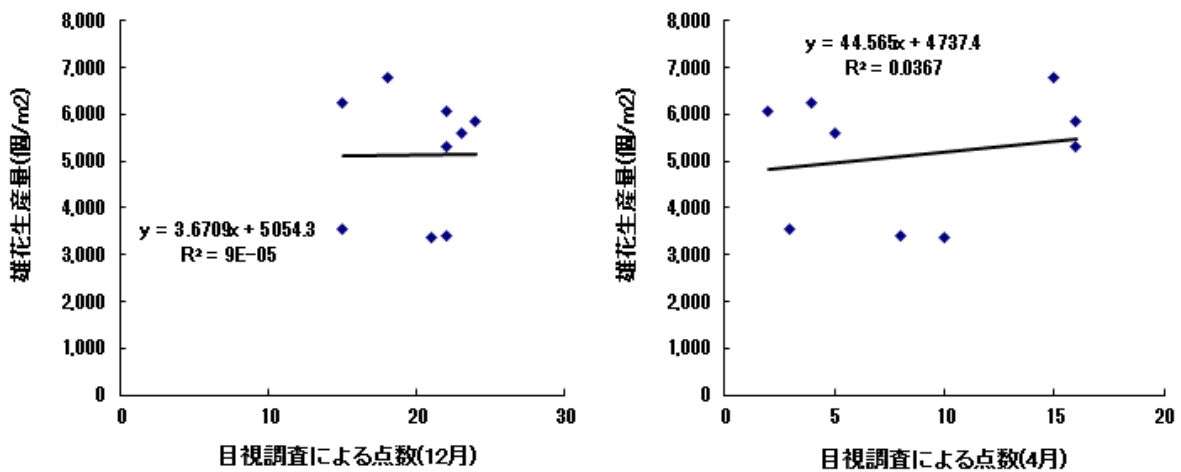
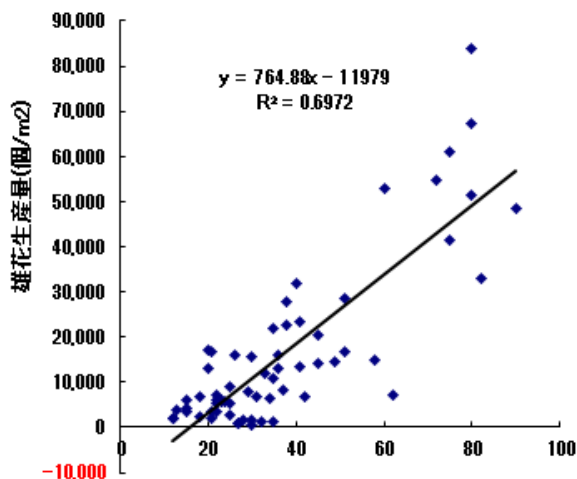
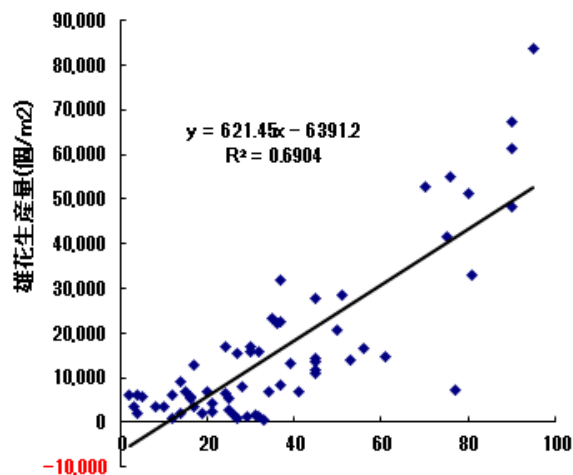


図-5 2019年開花期における雄花着生度から計算した点数と雄花生産量の関係



目視調査による点数(12月)



目視調査による点数(3-4月)

図-6 2013~2019年開花期における雄花着生度から計算した点数と雄花生産量の関係

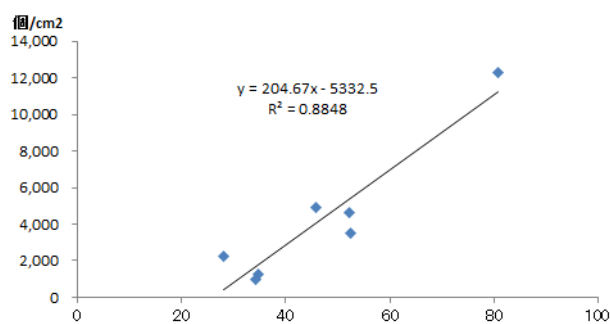


図7 ヒノキ雄花着花点数と所内スギ・ヒノキ林のヒノキ花粉飛散量の関係

縦軸は厚木市七沢の花粉飛散数、横軸は着花点数を示す。着花点数と花粉飛散数の相関は有意($p < 0.01, n = 7, df = 5$)

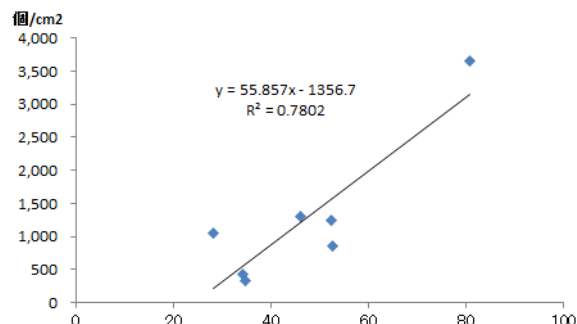


図8 ヒノキ雄花着花点数と横浜市金沢区のヒノキ花粉飛散量の関係

縦軸は花粉飛散数、横軸は着花点数を示す。着花点数と花粉飛散数の相関は有意($p < 0.01, n = 7, df = 5$)

(8) 今後の課題

スギでは長期の調査による雄花着花量の観察にあたり、周辺樹木の成長により見通しが悪くなる調査地がある。また、昨年度の第2東名高速道の工事の影響により、1林分を近隣のスギ林に変更した。

ヒノキでは、試行した調査手法が、花粉飛散と有意な関係が得られていることから、早期の論文執筆を目指す。

(9) 成果の発表

スギ雄花の着花調査の結果は、令和元年12月16日に県政、厚木・大和・相模原・秦野・小田原記者クラブにおいて同時発表した(令和2年春のスギ花粉飛散量は例年並み)。

ヒノキの目視調査の結果について、令和2年1月16日に県政、厚木・大和・相模原・秦野・小田原記者クラブにおいて同時発表した(令和2年春のヒノキ花粉飛散量は少ない)。

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良
C スギ・ヒノキの人工林の管理技術の改良

- (1) 課題名 Cb スギ・ヒノキ林の花粉削減研究
(2) 研究期間 平成 22 年度～
(3) 予算区分 一般試験研究費
(4) 担当者 齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子

(5) 目的

スギ等の花粉症に対して、その発生源となっている森林・林業側からも根本的な対策を検討していく必要がある。林木育種事業では、花粉の少ないスギ、ヒノキ品種の選抜や無花粉スギの選抜を進めている。本研究では、スギ・ヒノキの花粉量の年次変動などの基礎的な問題を検討するため、雄花生産量や花粉飛散量などについて調査する。

(6) 方法

① ヒノキ林の雄花トラップ調査

ヒノキの林齢や密度の違いによる雄花着花量の動態を明らかにするため、小田原市久野で林齢の異なる 10 箇所のヒノキ林において雄花トラップ（面積 0.1288cm²）を設置し、4 月から 6 月まで月 1 回トラップに落下した雄花等の試料を回収した。現地で回収した試料は室内でゴミを除去し、雄花数と雄花重を測定した。なお、うち 9 林分については前述の「Ca スギ・ヒノキ花粉発生源推定事業」のヒノキ目視調査地と同一の林分であり、この調査結果を目視調査の観測手法の検証に活用した。

② 採種園の着花動態調査

花粉の少ない系統選抜と種子生産量の予察に資するため、21 世紀の森地内のスギ採種園とヒノキ採種園において精英樹を対象に 4 段階または 5 段階の指数による目視により着花量を調査する。

③ スギ林分の花粉飛散量調査

スギ林内の雄花生産量と花粉飛散量の関係を明らかにするために、当センターのスギ林（1973 年植栽）内にダーク型花粉採取器を設置し、1 月 1 日から 4 月 30 日までの間、1 日当たりの花粉飛散量を測定した。また、スギ林内の雄花生産量を把握するため 1 月から 7 月まで雄花トラップを設置した。採取試料は小田原市久野のトラップと同様、雄花数と雄花重を測定する。なお、ダーク型の土・日および休日の試料回収は自然保護公園部自然保護課の協力により実施した。

(7) 結果の概要

① 久野ヒノキ林の雄花トラップ調査

雄花着花量の年次変動は、2019 年は 5,279 個/m²と 2018 年の 56,456 個/m²の 1/10 であり、平均値（11,679 個/m²）の半分程度で不作年であった（図-1）。年次変動は前年夏の日照時間と有意な関係がある（ $r=0.71$, $p<0.01$, 図-2）が、2018 年 7、8 月の日照時間が 464 時間で平均（331 時間）を大きく上回ったが、雄花量は平均以下になった（図-2 大丸）。このため相関係数が前年までと比較して減少した。前年の大量着花の影響で減少したと考えられる。

② 着花動態調査

21 世紀の森地内のヒノキ採種園における 1998 年からの雄花の着花指数と種子生産量の関係を図-3 に示す。2019 年の自然着花の指数平均は 2.24 となり前年の 2.32、平均の 2.45 を下回り、やや不作年であった。③の所内のヒノキ花粉飛散量と同様の結果になった。

③ スギ林分での花粉飛散量調査

令和2年春のスギの総花粉飛散量は、図-4に示したように10,870個/cm²となり前年値18,187個/cm²及び平均値(16,312個/cm²)を下回り、“例年並み”と予測した飛散予測よりも若干少ない値となった。ヒノキについては、1,740個/cm²となり前年値(2,274個/cm²)、平均値3,379個/cm²を大きく下回り“少ない”と予測した飛散予測通りの結果となった。スギの総花粉飛散量と雄花生産量との関係を見ると、高い相関がみられた。また別に実施している着花量調査との関係を調査したところ、目視による雄花着花点数と花粉飛散量との間にも強い相関関係が認められた(図-5)。

(8) 今後の課題

久野ヒノキ林の雄花トラップ調査地のヒノキ林の一部で、伐採と作業道の設置の計画があるため、目視調査も含め、調査地点の移動を検討する必要がある。また所内ヒノキ林についても市道拡幅の計画があり、調査結果への影響が最小限になるよう検討していく必要がある。

(9) 成果の発表

スギ林分での花粉飛散量調査結果について、花粉飛散情報として平成19年より、1日当たりのスギ、ヒノキの花粉飛散数をほぼ1週間おきに当センター研究連携課のホームページで公開した。

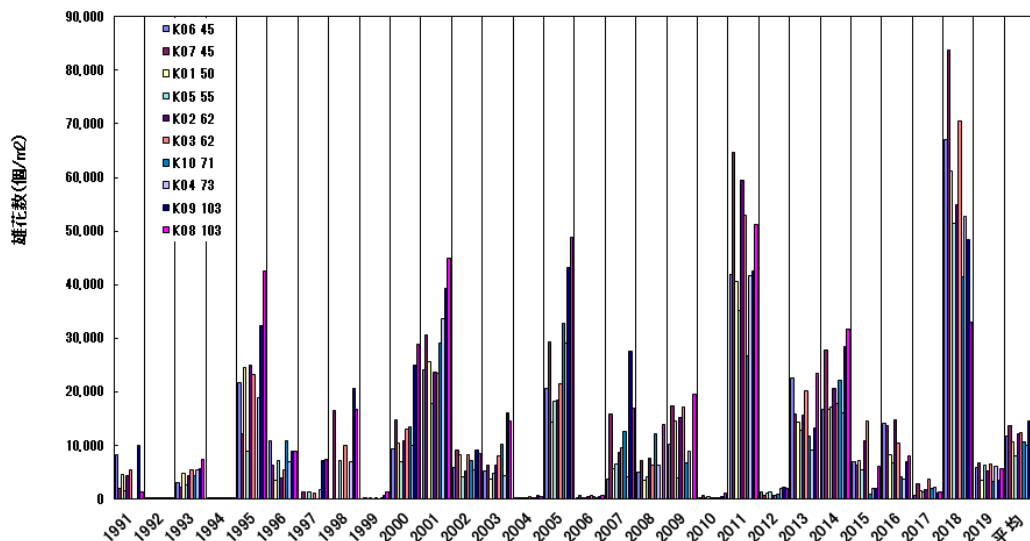


図1 神奈川県小田原市におけるヒノキ雄花数の年次変動

凡例の数字は2012年時点の林齢を示す。

91年K04・10、95年K10、97～99年K01・02・06・10、2008～09年K09欠測

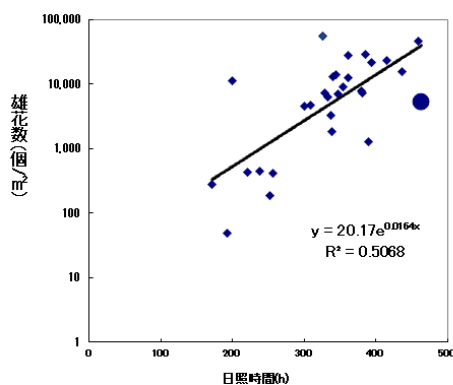


図2 前年夏の日照時間と雄花数の関係
日照時間は7・8月合計、指数回帰により有意な相関関係あり($r=0.71, n=29, df=27, p<0.01$)、大丸は2019年

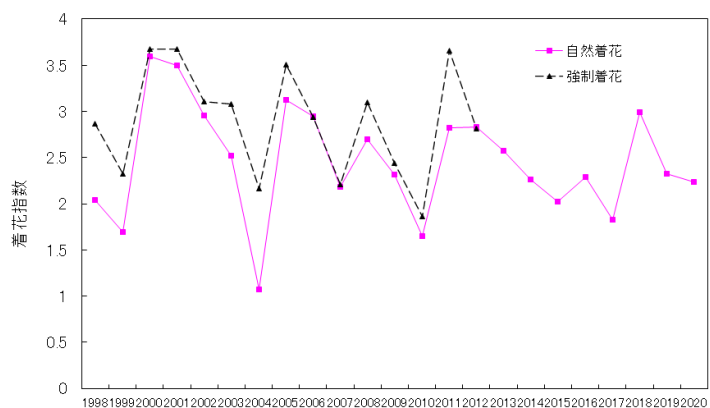


図3 21の森採種園の着花指数の年次変動

注) 2012年よりエリア別の強制着花を中止

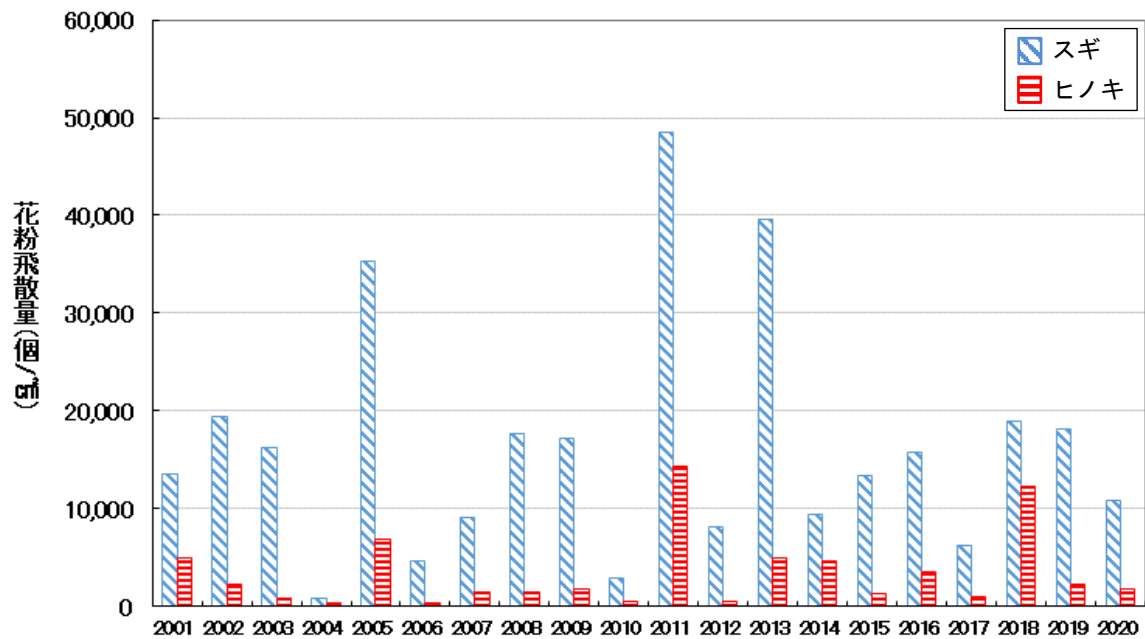


図4 スギ・ヒノキの花粉飛散量の年変化
自然環境保全センター所内スギ・ヒノキ林の調査

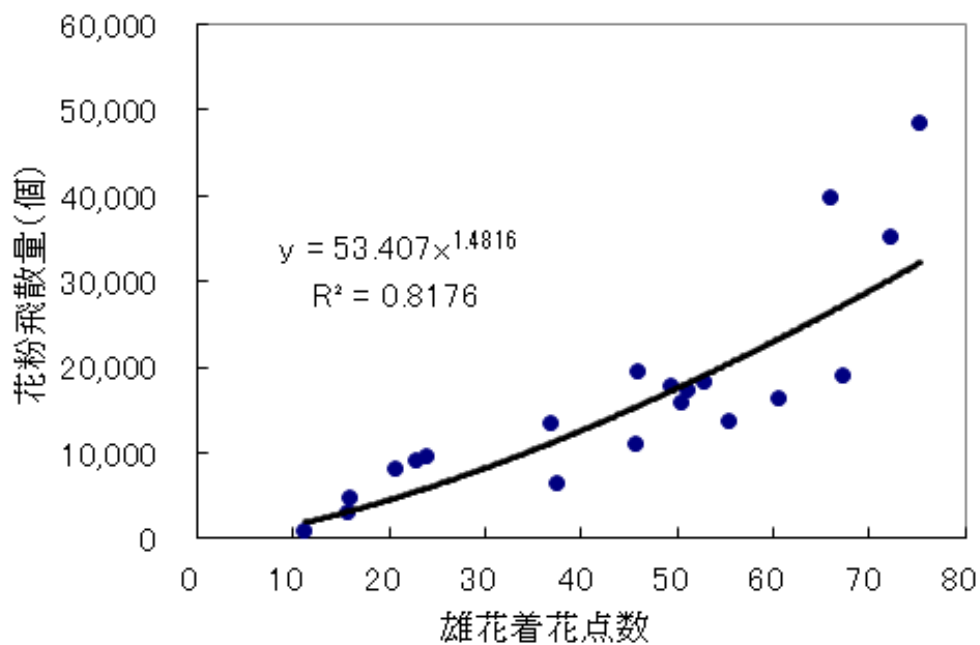


図5 雄花着花点数と花粉飛散量(厚木市七沢)との関係(n=20) **:1%水準で有意

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良
C スギ・ヒノキの人工林の管理技術の改良

- (1) 課題名 Cc 革新的技術による無花粉スギ苗木生産の効率化と無花粉品種の拡大
(2) 研究期間 平成 29 年度～令和元年度
(3) 予算区分 特定受託研究費
(4) 担当者 齋藤央嗣・山田翼・毛利敏夫・久保典子

(5) 目的

無花粉スギはメンデルの法則で劣性遺伝するため、無花粉スギ（劣性ホモ）にヘテロの個体の花粉を交配することにより、種子による苗木生産が可能であるが、1/2 は可稔となるため、苗木の検定が必要になる。神奈川県では、苗畑で雄花を着花させ、チャックつき袋内に雄花を入れてルーペで観察する簡易な検定法を開発し実用化しているが、無花粉スギ苗木の増産にあたってはその効率化が課題になっている。無花粉スギの増産を図るため、無花粉スギ検定手法の簡素化及び効率化、さらには苗木生産手法の改良により、無花粉スギ生産の課題となっている無花粉検定を効率化し、安定した無花粉スギ生産手法の確立を目指す。

また全国で初めて発見した無花粉ヒノキを早期に実用化するため、効率的な増殖手法を開発するとともに、品種登録に必要な特性の解明、さらには種子を生産可能な雄性不稔ヒノキを選抜する。

(6) 方法

① 簡易な無花粉スギスクリーニング技術の確立

無花粉スギ検定手法の改良として、目視による無花粉スギの判定により労力の軽減を図るため、雄花の成熟時期と雄性不稔の発現時期の検討を行うことで、目視で判断が可能な技術の確立を目指す。またそのマニュアル化の検討を行う。あわせて、判定時期の違いによる検定速度の検討を行うことで、より効率的な検定時期を明らかにする。

令和元年度は県内の苗木生産者 3 軒で平成 30 年春に播種した無花粉スギ実生苗約 15,000 本を昨年度に効率が高かったコンテナ育苗（生分解性コンテナ、一部にスリット付コンテナを使用）に移植し育苗を行うとともに、7 月に 50ppm のジベレリン（GA3）を散布し雄花の着花促進を行った。その後、枯死等を除く約 14,000 本の無花粉検定を行なった。雄花の発達を促進し、見た目での判定が容易な苗木を増やすため、3 軒の生産者を、A 区：無処理で 1 月中旬に検定（対照）、B 区：1 月中旬にビニールハウスに移し 1 月下旬に検定、C 区：2 月上旬にハウス内に移し 2 月中旬に検定の 3 処理区を設けて無花粉検定を行った。

① 無花粉ヒノキの早期実用化

①-1) 無花粉ヒノキ増殖手法の検討

無花粉ヒノキの普及のために必要な効率的な増殖手法の検討のため、さし木手法の検討とコンテナを用いた苗木生産法による増殖試験を行う。

①-2) 新たな無花粉ヒノキ選抜試験

ヒノキ林の調査と品種家系別の苗木による無花粉選抜試験により、系統の明らかな、花粉のみが飛散せず、種子の生産が可能な雄性不稔となる無花粉ヒノキの早期選抜を目指す。

(7) 結果の概要

① 簡易な無花粉スギスクリーニング技術の確立

苗木生産者において見た目での判定が可能だった苗木の割合は、対照区のA区では8.4%、B区では7.9%、C区では3.2%で今年はむしろ低下する傾向がみられた(図-1)。一部の苗木では花粉飛散も見られたが、昨年より処理を1週間程度前倒したことで、秋から高温が続いたことが目視判定の割合が増えなかった要因と考察された。ただし今年は秋飛散の割合は昨年(B区29.4%)より大幅に低率であった。検定効率はA区で37.2本/h/人であったのに対し、B区では43.0本/h/人(研修を除く)、C区では40.7本/h/人と、検定効率は温度処理を行った苗木で高くなった。(図-2)。このことから、苗木をビニールハウスに移し、雄花の発達を促進することは検定効率を高めるために有効と考えられた。

今年度の雄花の着花率は98.4%に達し、これまでで最高になった(図-3)。コンテナ苗によるジベレリン処理は、苗木よりも薬剤のロスが少なく、効率的に着花促進できる可能性があり、着花しないことによるロスを軽減できる可能性がある。無花粉個体の出現率は44.1%と期待値(50%)をやや下回ったが昨年度の46.7%とほぼ同等であった。期待値を下回るが交配の不良による発現率の低下は解消されていると考えられる。この結果無花粉スギ実生苗の生産本数は7,831本で、生産目標10,000本については、別途に実施しているさし木生産分を加えることでほぼ達成できる見込みである。

また、この無花粉検定手法を取

りまとめ、結果を日本森林学会誌に論文投稿を行った。さらに、成果のマニュアル作成を行った。

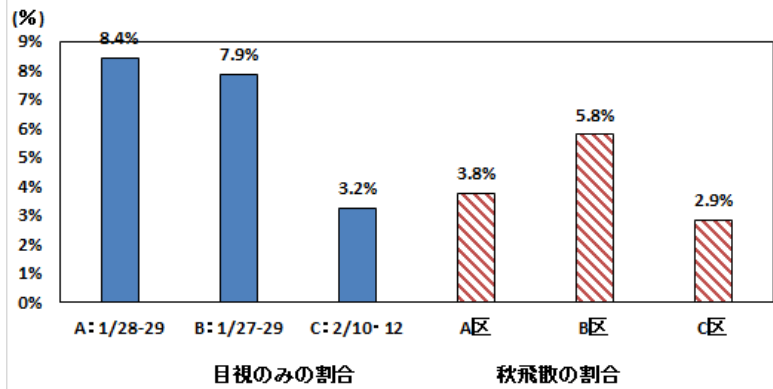


図-1 検定時期等の違いによる目視のみの判定が可能であった苗木の割合と花粉が秋飛散苗木の割合

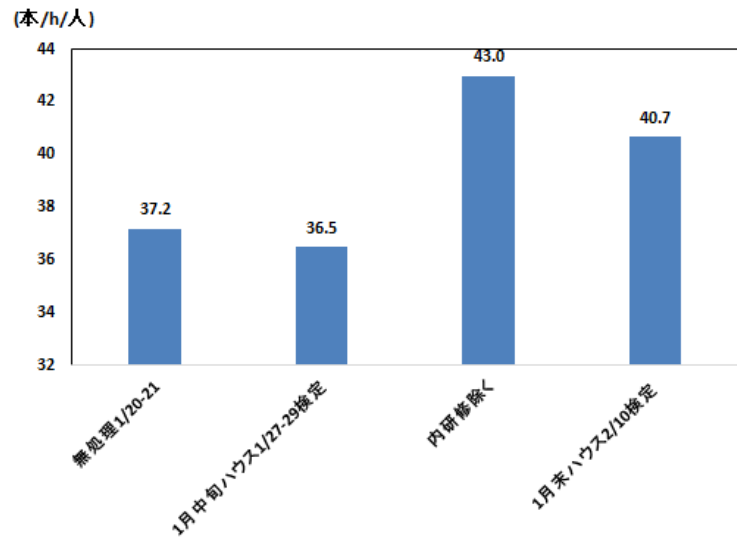


図-2 検定時期と処理の違いによる検定効率

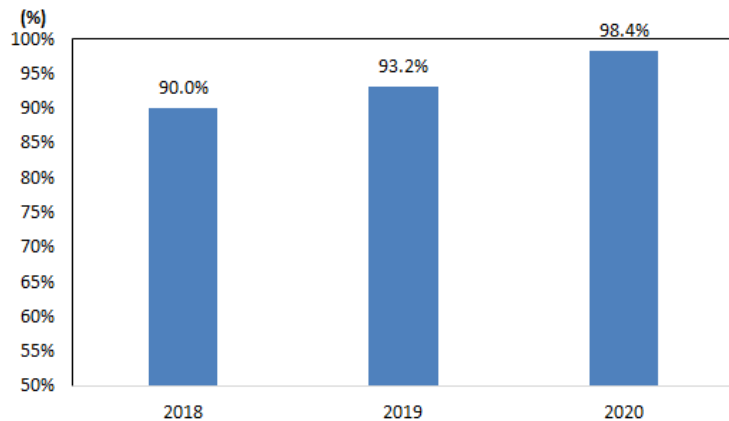


図-3 検定時期と処理の違いによる検定効率

② 無花粉ヒノキの早期実用化

②-1) 無花粉ヒノキ増殖手法の検討

無花粉ヒノキ生産のためのコンテナ直さし試験を行い、クローン増殖のためにさし木試験を実施した。前年コンテナ苗木の直さしでは発根率が46%にとどまったことから、ココピートオールドと鹿沼土または赤玉土を1:1で混合した用土を用いたところ、スリット付きコンテナでの発根率は88%となり、育苗箱と同等になり十分実用可能であることが明らかになった。ただし、Mスターコンテナでは38%に留まり、手法により異なる可能性を示唆した。2年後の県の苗木規格の得苗率は73.3%で(図-4)、ナンゴウヒ等の比較品種に比べて最も高くなり、苗木生産手法として普及可能であることが明らかになった(図-5)。

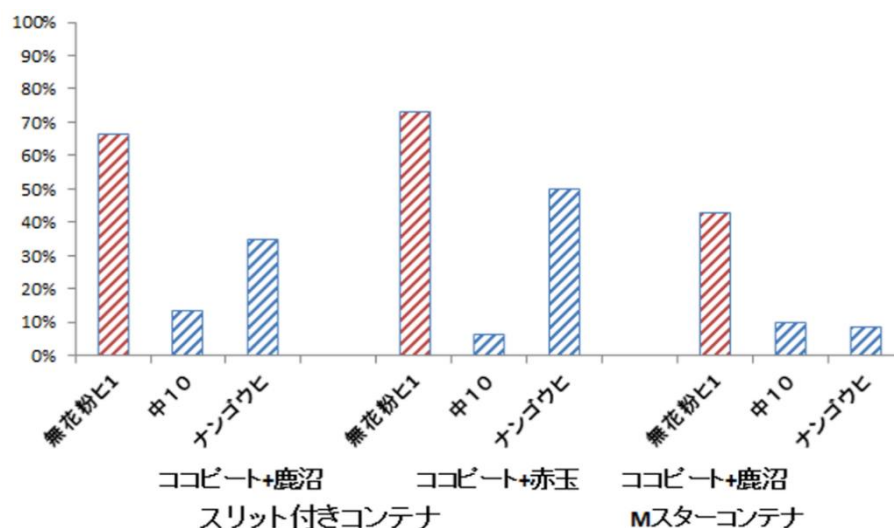


図-4 ヒノキ品種及び処理別のコンテナ直さし苗の得苗率
苗高30cm以上、根元径3.5mm以上の苗木本数の割合



図-5 高い得苗率となった神奈川無花粉ヒ1号(中央)

②-2) 新たな無花粉ヒノキ選抜試験

雄性不稔個体の選抜のために、ヒノキ林での雄性不稔個体の探索を行っているが、2020年春は雄花の着花が少なく実施することができなかった。

一方ヒノキ精英樹の自殖家系の精英樹 36 クローンの自殖家系苗木の着花促進を行い雄性不稔個体の探索を行った。さらに 16 クローンの精英樹の自殖を行ない、促成栽培し、コンテナに植栽、育苗を行った。

一方、2019年11月に実施された森林遺伝育種学会で、ヒノキ精英樹の自殖試験で神奈川県 of 精英樹丹沢 6、丹沢 7 号の自殖家系から雄性不稔個体が高い割合で発現し、これらの精英樹が雄性不稔遺伝子をヘテロで持つ可能性が高いことが明らかになった(幸・遠藤, 2019)。このため、雄性不稔個体の作出のため、県立 21 世紀の森採種園で丹沢 6、丹沢 7 号と他の精英樹との人工交配(60 組み合わせ)を行った。

(8) 今後の課題

無花粉スギの検定については、マニュアルを作成し一定の成果が得られた。今後、雄性不稔遺伝子を 2 本持った個体の育成により、雄性不稔発現率の向上を目指す。

無花粉ヒノキのコンテナ直ざしについては、発根率が 88% となり、早期の技術の確立のめどが立ったことからあわせて秋ざし試験を行って、マニュアル化を目指す。また 2018 年 7 月に無花粉ヒノキの品種登録を行ったことから神奈川県山林種苗協同組合に生産許諾契約を実施した。今後は、現地適用化試験とあわせて増殖のための採穂木育成をさらに進める。また雄性不稔となる新たな無花粉ヒノキについて、選抜を目指す。

(9) 成果の発表

齋藤央嗣 (2017) ヒノキ両性不稔個体の発見. 日本森林学会誌 99 (150-155)

齋藤央嗣 (2017) 両性不稔ヒノキ秦野 1 号 (仮称) の雄性不稔発現 日本花粉学会 58 回大会 (口頭発表)

齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子 (2017) 果樹用花粉交配機による無花粉スギ閉鎖系採種園での花粉散布 森林遺伝育種学会第 6 回大会 (ポスター発表)

齋藤央嗣 (2018) 無花粉ヒの発見と無花粉発現 神奈川の森林・林業 400

齋藤央嗣 (2018) スギ、ヒノキの花粉発生を減らす 神奈川県農林水産系研究機関研究成果発表会

齋藤央嗣 (2018) スギ・ヒノキ花粉を減らせ! KISTIC INOVATION HUB 2018 神奈川県ものづくり技術交流会(口頭発表)

齋藤央嗣 (2019) 簡易な無花粉スギスクリーニング技術の検討 日本森林学会第 130 回大会 (口頭発表)

齋藤央嗣 (2019) ヒノキ両性不稔品種“神奈川無花粉ヒ 1 号”の特性 森林遺伝育種学会第 9 回大会 (ポスター発表)

齋藤央嗣 (2020) 簡易な検定手法による雄性不稔スギの検定手法の開発と両性不稔ヒノキ「神奈川無花粉ヒ 1 号」の特性 日本森林学会第 131 回大会 (口頭発表)

齋藤央嗣・森口喜成・高橋誠・平岡裕一郎・山野邊太郎 (2020) ヒノキ両性不稔品種“神奈川無花粉ヒ 1 号”の特性 神奈川県自然環境保全センター報告 16 (印刷中)

齋藤央嗣 (2020) 雄性不稔スギ実生苗生産のための簡易な検定手法の開発と精度検証、日本森林学会誌 (投稿中)

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良
D 混交林の管理技術の改良

- (1) 課題名 D 混交林の管理技術の改良
 (2) 研究期間 平成 19 年度～
 (3) 予算区分 水源林整備事業費
 (4) 担当者 山根正伸・内山佳美・倉野 修

(5) 目的

平成 28 年度までの本課題の目的は、水源林整備事業の実施地における間伐後の下層植生の増加を検証することであった。その結果、シカが高密度に生息している丹沢山地においてもスギ、ヒノキ人工林では不嗜好性植物を主体とした下層植生が増加することを確認した。平成 29 年度からは、針広混交林を目標林型にかかげているスギ、ヒノキ人工林の既往調査地において、その誘導状況を把握することを主目的として林分構造を新たに調査することとした。平成 30 年度は 4 か所で調査した。なお、下層植生と更新稚樹、シカの生息状況は継続調査することとした。現地調査はすべて新日本環境調査㈱に委託して行った。

(6) 方法

林分構造の調査では、下層植生の既設コドラート (10m×10m) を含む 50m×50m または面積が 2500 m² の広さのプロットを新たに設置して、樹高 1.5m 以上の立木について、樹種と胸高直径、樹高、樹冠長 (2 方向)、樹冠幅 (4 方向)、通直・枯損状況を記録、測定した。

下層植生の調査では、2m×2m 四方の調査枠 10 枠 (既設) において、全体の植被率、各出現種の被度・群度を記録した。更新木調査では、各調査枠で木本種のうち、高木性樹種 (小高木種含む) で樹高 5cm 以上 150cm 未満の樹木のうち樹高の高い上位 5 個体について樹種と樹高を測定した。シカの生息状況調査は各地点にセンサーカメラを 2 台設置して、3 ヶ月間稼働させた。

表-1 調査地の一覧と調査プロット数

	1	2	3	4
契約地番号	H15-協-24	H15-協-08	H9-協-09	H14-立-01
場所	相模原市緑区青 根字長者舎	厚木市七沢	松田町寄	南足柄市雨坪字 二ツ沢
林相	ヒノキ	スギ・ヒノキ	スギ	ヒノキ
柵設置の有無	有	有	有	無
調査区画数	4	4	1	3
毎木調査区画数	1	1	2(分割)	1
下層植生調査区画数	4	4	1	3
更新木調査区画数	4	4	1	3
光環境区画	4	4	1	3
シカ生息状況調査 (台)	2	2	2	2

(7) 結果の概要

林床植生の植被率は、3 地点 (契約地 No H15-協-24、H15-協-08、H14-立-01) の 6 試験区では低木層が認められたが、そのうち 2 試験区では低木層と草本層の植被率を合計しても 20% 未満であった。他の試験区では低木層と草本層の合計植被率は 14～81% の範囲にあった。

地上高 1mでの平均開空度は 7%~14%の範囲にあった。

樹高階分布は、4 調査区ともに亜高木層が未発達であることが示された(図-1)。「相模原市青根調査区」と「厚木市七沢調査区」で針葉樹と広葉樹で構成される低木からなる二山型を示し、低木層がやや発達しつつあった。一方、「松田町寄調査区」は、草本層の植被率は平均で 97%と高いが、低木層の平均植被率は 0%と、階層構造の発達が進んでいないことが示された。

センサーカメラの撮影状況からみたシカの生息状況については、各地点ともシカが最も多く、「南足柄調査区」でも延べ 29 回撮影された。

表-2 調査結果の概要

場所	契約地No.	試験区 No.	柵 内 外	低木層(1.5m~)		草本層(0~1.5m)		シカ撮影頻度	
				平均 植被率	標準 偏差	平均 植被率	標準 偏差	頻度	撮影期間 カメラ・日
	H15-協-24	1	外	0.0	0.0	7.2	6.4	13	118*1
		1	内	7.9	14.9	69.2	12.8		
		2	外	0.0	0.0	1.1	0.3		
		2	内	5.8	6.5	75.5	10.8		
厚木市 七沢	H15-協-08	1	外	7.0	14.2	6.8	5.2	55	219
		1	内	0.0	0.0	61.8	27.4		
		2	外	2.0	6.0	18.3	8.9		
		2	内	13.5	15.5	28.6	15.4		
松田町 寄	H19-協-09	林外	-	0.0	0.0	97.0	3.1	132	222
		林内	-	0.0	0.0	94.0	2.0		
南足柄市 雨坪	H14-立-01	1	-	0.0	0.0	54.5	10.8	315	52*1
		2	-	2.1	4.7	54.5	25.3		
		3	-	0.0	0.0	7.8	6.4		

*1：台風 19 号による林道閉鎖のため撮影期間を短縮した。

注 1) 各試験区には 2m×2m 枠を 10 個配置

注 2) 自然環境保全センター研究連携課未発表資料

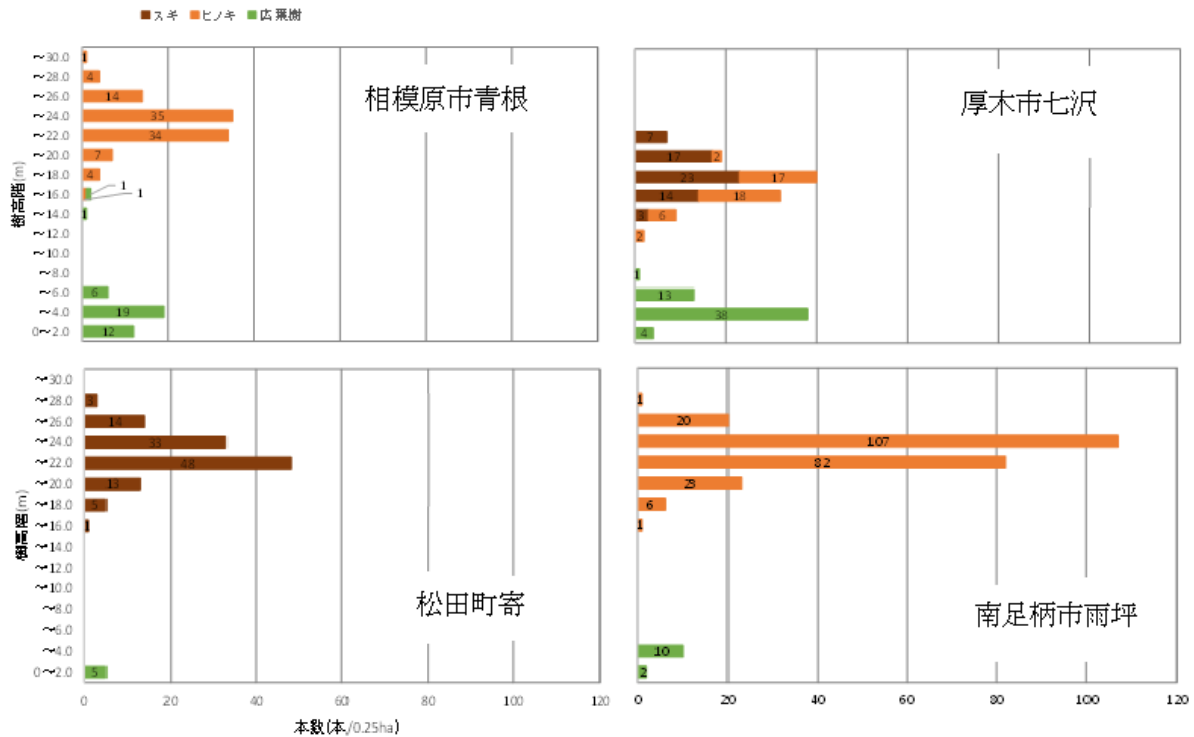


図-1 調査した4か所の樹高階分布

(8) 課題

5年程度の間隔で継続的に追跡調査を行い、低木層の発達状況などから、目標林型としている階層構造の発達した人工林への誘導状況を明らかにする必要がある。

(9) 成果公表

『水源林整備の手引き 改訂版』(2017) 水源環境保全課 (田村・内山 分担執筆)

Tamura A (田村 淳), Yamane M (山根正伸) (2017) Response of understory vegetation over 10 years after thinning in an old-growth cedar and cypress plantation overgrazed by sika deer in eastern Japan. *Forest Ecosystems* 4:1. DOI: 10.1186/s40663-016-0088-1

(2) 水源林の公益的機能の評価・検証と管理技術の改良
E ナラ枯れ対策の支援

- (1) 課題名 E ナラ枯れ対策の支援
(2) 研究期間 平成30年度～令和3年度
(3) 予算区分 国補1/2 (一般会計 森林病虫害等防除事業費)
(4) 担当者 松原 豊・大内一郎・三橋正敏・倉野 修

(5) 目的

「ナラ枯れ」は健全なナラ類やシイ・カシ類が盛夏～晩夏に突然枯死する現象であり、樹幹に穿孔した体長約5mmのカシノナガキクイムシ(以下、カシナガ)が持ち込んだブナ科樹木萎凋病菌(以下、ナラ菌)によって生じる。神奈川県におけるナラ枯れ被害は2017年(平成29年)に初めて確認され、その後急速に拡大している。被害木は翌年にはカシナガの新たな発生源となるため、被害の拡大防止には成虫発生前までの駆除や周辺木での予防対策が重要になる。しかし、各種対策を効果的に実施するにあたっては、カシナガの発生状況に関する情報が不足している現状があった。

そこで対策の一環として、2018年と2019年に県内5地点で誘引トラップを用いたカシナガ発生状況モニタリング調査を行った。

(6) 方法

調査地は、自然環境保全センター(厚木市七沢)、21世紀の森(南足柄市内山)、高麗山(大磯町高麗)、横浜川崎地区農政事務所(横浜市緑区中山)、札掛森の家(清川村煤ヶ谷)の5地点とした。調査期間は令和元年5～10月とした。カシナガの捕獲には、フェロモン剤を設置した透明の昆虫誘引器を用いた(図-1)。誘引器下部のバケツには、捕獲したカシナガを保存するために、プロピレングリコールを入れた。この誘引器を高麗山で4個、その他地点で2個ずつ屋根の軒先や木の枝に設置し、フェロモン剤を2ヶ月に1回交換した。捕獲昆虫は10日程度の間隔で回収し、ソーティングしてカシナガ捕獲数を計数した。



図-1 カシナガ誘引トラップ

(7) 結果の概要

① 捕獲消長

神奈川県では5月から11月の回収時までカシナガが捕獲され、およそ半年間にわたり発生していることが明らかとなった(表-1)。捕獲消長は地点によって異なり、大磯町(標高168m)では兩年とも捕獲の開始が5月と最も早く、捕獲数のピークが6月に認められたのに対して、清川村(標高480m)では兩年とも捕獲の開始が6月、捕獲数のピークが7月と遅くなった(図-2)。大磯町では捕獲数のピークが10月にも認められ、捕獲期間は最も長くおよそ半年に及んだ(図-2)。カシナガの発生時期は標高差等に起因する気温条件等の違いによって異なると考えられた。

② 初発日の予測

初発日は防除対策時期の目安として重要になる。4～5月の日平均気温から10℃を差し引いて積算した値を用いて計算する初発日の予測式(斉藤ら2003)が神奈川県でも当てはまるかを捕獲時期が最も早かった大磯町で試算した。その結果、2018年は予測日の5月22日に対して、実際の捕獲日(トラップ回収日)が5月21日、2019年の予測日は6月1日、捕獲日が5月30日となり、予測日と捕獲日がほぼ一致し、予測式が神奈川県でも当てはまると考えられた。

(8) 今後の課題

- ・神奈川県における初発日は地域によって異なり、とくに初発日が早いことが予測される温暖な地域では5月までに防除対策を終えておく必要がある。
- ・長期間捕獲が続く地域もあることから、5～11月に被害発生を警戒し、注意喚起を行うなどの対応も必要となる。
- ・今後も被害が拡大する可能性があることから、当センターでは引き続き、捕獲個体数などについて関係機関へ情報提供していく。

(9) 成果の発表

松原 (2020) 神奈川県のカシナノナガキクイムシの発生状況:トラップによるモニタリング調査. 関・中林試連情報 44: 29-30.

神奈川県森林協会 (2020) 地域の森林をみんなで守ろうー森林づくり活動フィールドのナラ枯れ対策Q&Aー. (協力・資料提供)

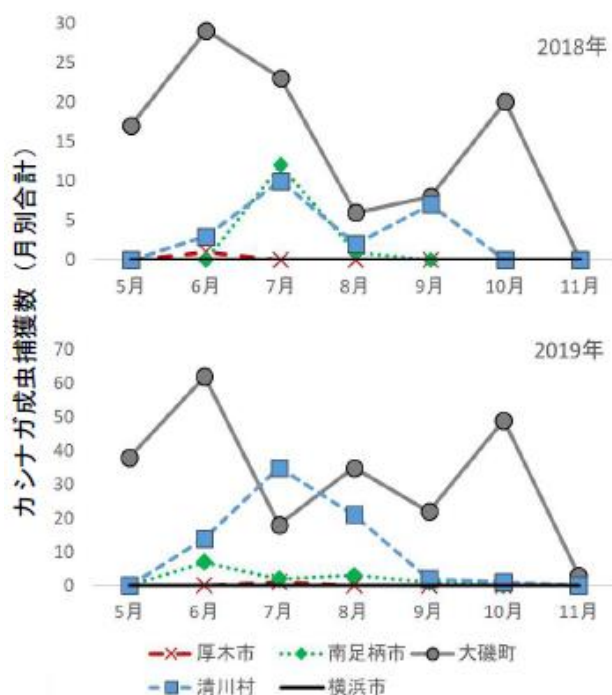


図-2 神奈川県でのカシナガ捕獲消長

表-1 カシナガ成虫の捕獲数

地点	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
2018年(調査期間:5/2～11/1)								
厚木市	0	1	0	0	0	0	0	1
南足柄市	0	0	12	1	0	0	0	13
大磯町	17	29	23	6	8	20	0	103
清川村	0	3	10	2	7	0	0	22
横浜市	0	0	0	0	0	0	0	0
2019年(調査期間:4/25～11/5)								
厚木市	0	0	1	0	0	0	0	1
南足柄市	0	7	2	3	1	0	0	13
大磯町	38	62	18	35	22	49	3	227
清川村	0	14	35	21	2	1	0	73
横浜市	0	0	0	0	0	0	0	0

(3) ニホンジカの統合的管理手法の確立

A. シカ密度低減下における生物多様性回復の評価手法の開発

- (1) 課題名 A. シカ密度低減下における生物多様性回復の評価手法の開発
(2) 研究期間 平成 29 年度～
(3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費（ニホンジカ管理捕獲等事業費）
(4) 担当者 山根 正伸・倉野 修

(5) 目的

丹沢山地ではシカの強い採食圧により自然植生の衰退や土壌流出といった森林生態系の劣化が問題化している。そこで 2003 年から神奈川県はシカ保護管理事業において植生回復のための管理捕獲を実施している。その効果もあって 2007 年度からシカの個体数が低減傾向にあることが、これまでの捕獲実績や密度調査結果をもとにしたバイズ推計モデルで確認されている。シカの密度低減に伴う植生回復については全国的にも事例がなく、以前の状態に戻る場合とそうでない場合があるといわれている。そこで、このことについて検証するために、植生保護柵内外の植生調査を 5 年間隔で実施している。2019 年度（令和元年度）は 11 地点の柵内外で植生を追跡調査するとともに、2014 年度（平成 26 年度）に水源林整備地モニタリング調査を行った 4 点を追跡調査した。これら 15 地点の現地調査は新日本環境㈱に委託して行った。

(6) 研究方法

2016 年度までは、丹沢山地の 56 の管理ユニットに各 1 地点の調査地を設置することを目標として、56 地点の調査地を設定した。2017 年度からは、水源林整備モニタリング等で同様の形式で調査してきた 15 地点も本調査に位置付けて、合計 71 地点で調査することとした。また、丹沢山地外にもシカが生息していることから、同じ形式の調査地を今後追加することとして、2017 年度には新たに 1 地点を追加した。各調査地には植生の劣化状況によらず植生保護柵が設置されている。これは、柵内外における時点間の林床植生の変化を比較することで、シカの影響と植生回復状況を把握する目的がある。調査地には柵内外に 2m×2m のコドラートが 10 個ずつ設置され、その内部において、林床植生全体の植被率と各出現種の被度・群度、高木性樹木稚樹の樹種名と樹高（上位 5 本）、ササの最大稈高を測定することになっている。各調査地は 5 年おきに調査している。また、センサーカメラを設置して、シカの撮影頻度を調査した。各箇所に 2 台のセンサーカメラを設置し、調査期間は秋期の 3 ヶ月間とした。

(7) 結果の概要

全体の傾向として、植被率や稚樹高、ササ稈高の植生指標は、柵の破損があった 2 地点を除いて柵内で高かった。柵の外側の植被率について、前回（5 年前）の結果と比較すると、4 箇所で植被率が 10% 以上増加し、2 箇所で 10% 以上低下し、南足柄調査地では 80% を超える大きな減少がみられた。

また、柵の外側の更新木（将来、樹冠を構成する高木性の樹種）の平均樹高について、前回の結果と比較すると、2cm 以上の増加は 6 箇所、2cm 以上の減少は 3 箇所、ばらつきはあるが増加する傾向が見られた。

(8) 課題

管理捕獲のデータと組み合わせて、捕獲による植生回復を評価する。また、捕獲後に植生が回復すると一般に考えられているが、回復の過程はいくつもの段階を踏むことが想定されるため、その段階と植生指標を示したわかりやすいモデルを作成する。

(9) 成果の発表

田村 淳・栗林弘樹・永田幸志・小林俊元・末次加代子・池谷智志・藤森博英・馬場重尚・羽太博樹・前嶋真一・片瀬英高 (2019) 丹沢山地におけるニホンジカ捕獲後の林床植生の変化. 第130回日本森林学会大会学術講演集, 101.

表-1 令和元年度の結果概要

No.	管理ユニット	調査地名	標高 m	圃 内外	林床植生型	植被率 %				更新木 平均 樹高	c m 変化量	ササ平均 高 cm	不嗜好性 植被率	採食耐性 植被率	備考 (旧調査名称・圃破壊)
						草本層	低木層	合計*1	変化量						
1	世附川A	切通沢	890	内	短茎草本	22.5	7.5	27.2	-18.3	17.6	-9.8	0	0.6	0.6	シカ植生影響
				外		4.2	-	7.4	-3.9	5.8	-2.1	0	0.0	4.6	あり
2	中川川上流B	大室山2	1550	内	高茎草本	58.5	70.5	100.0	1.5	46.8	-44.0	0	0.6	0.8	シカ植生影響
				外		86.0	-	94.6	42.1	10.4	-0.6	0	16.4	33.0	
3	中川川上流C	檜洞丸1	1530	内	高茎草本	90.5	0.5	100.0	7.5	66.1	23.3	0	16.9	25.2	シカ植生影響
				外		87.0	-	100.0	11.7	13.2	2.4	0	61.5	45.7	
4	丹沢湖A	丹沢湖南	435	内	要確認	28.5	-	24.4	-7.6	18.3	-0.2	0	0.6	0.0	シカ植生影響
				外		1.4	-	1.3	-1.7	6.2	-0.4	0	0.0	0.0	あり
5	丹沢湖B	丹沢湖	550	内	スズタケ	22.0	-	17.5	-15.1	22.2	-1.4	54.2	0.0	0.0	シカ植生影響
				外		3.4	-	0.9	-5.0	9.1	0.4	0	0.0	0.0	
6	神ノ川D	大室山東	1395	内	ミヤマクマザサ	80.0	28.1	100.0	9.0	94.7	26.1	170.6	0.0	11.1	シカ植生影響
				外		95.0	-	100.0	5.0	13.8	-4.3	33.3	0.0	63.3	
7	神ノ川E	檜洞丸2	1595	内	高茎草本	77.5	30.0	100.0	5.1	95.2	25.2	0	5.5	18.2	シカ植生影響
				外		92.5	-	100.0	8.2	21.5	5.3	0	27.3	36.0	
8	丹沢中央D	イタドリ頭	1190	内	短茎草本	72.0	2.0	84.3	21.8	57.8	33.6	0	13.3	11.3	シカ植生影響
				外		18.0	-	11.5	-28.5	6.9	-1.3	0	0.0	4.6	
9	丹沢南麓C	寄	450	内	短茎草本	73.5	2.5	97.9	17.9	43.9	-25.6	0	0.6	3.5	シカ植生影響
				外		73.5	-	85.5	5.0	6.7	-2.9	0	0.7	63.6	あり
10	中津川B	木ノ又2	1415	内	ミヤマクマザサ	75.5	41.5	100.0	18.7	135.9	7.6	35.6	0.0	10.6	シカ植生影響
				外		72.0	-	84.5	32.5	8.6	1.5	13.4	1.7	54.3	
11	中津川B	竜ヶ馬場1	1470	内	ミヤマクマザサ	93.7	-	90.2	4.2	7.3	0.6	121.8	0.0	87.5	シカ植生影響
				外		93.0	-	98.6	23.6	11.0	1.5	52.1	0.6	90.0	
12	早戸川C	奥野3 H15協19	1003	内	短茎草本	9.9	-	13.1	-66.9	10.6	5.9	0	5.5	1.2	水源林整備地モニタリング
				外		28.6	-	34.1	-5.9	34.0	31.3	0	22.1	4.5	あり
13	清川A	大山沢D H13協05	521	内	-	50.0	3.1	57.1	-2.9	23.5	20.0	0	5.4	0.0	水源林整備地モニタリング
				外		8.0	-	8.5	-2.5	8.9	6.1	0	4.4	0.0	あり
14	丹沢南麓A	玄倉竹本 H10協07	736	内	-	72.0	23.5	94.7	-5.3	55.8	53.8	2.6	0.6	0.1	水源林整備地モニタリング
				外		33.0	-	29.5	-4.5	7.2	5.8	0	12.6	1.9	
15	南足柄	萱刈場A H10協09	845	内	-	42.5	16.0	45.7	-54.3	35.1	32.5	0	1.2	1.7	水源林整備地モニタリング
				外		14.6	2.0	14.0	-86.1	40.0	38.6	0	0.0	2.4	

*1: 全出現種の被度合計値