

(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。そのため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う。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

ア. 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。さらに設定にあたっ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 月中旬に行う。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る。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す。

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

イ. 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、目視面が北向きの林分を避け、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 2～19 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、ア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

ア. スギ雄花着花量調査

雄花着花量調査の平成 9 年から 30 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、52.8 点となり、多かった昨年（平成 29 年）の 67.2 点は下回ったが、本調査開始から 20 年間の平均値は 44.2 点で、今回の調査結果は平均値を上回った。このため、平成 31 年春の花粉飛散量は、多かった今年（平成 30 年春）と比べると減少するが、例年よりも多いと予測された。

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 66.4 点と県内平均値より高く、県北部が 43.2 点と低くなった。地域的に温暖な県西部や日当たり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。

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。平成 30 年夏の気象（横浜地方気象台「海老名観測所」）では、7 月の平均気温は平年の 111%で、降水量は 171%と平年より多く、日照時間は平年の 153%と降水量を除くと雄花の着花が多くなる気象条件となった。一方、8 月の平均気温は平年

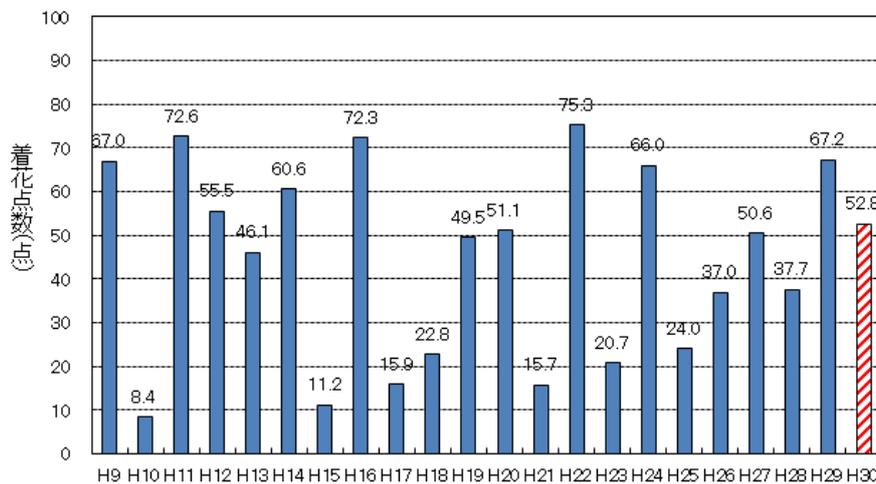


図1 県内スギ林30箇所の平均着花点数の年変化 (21年間の平均値:44.2点)

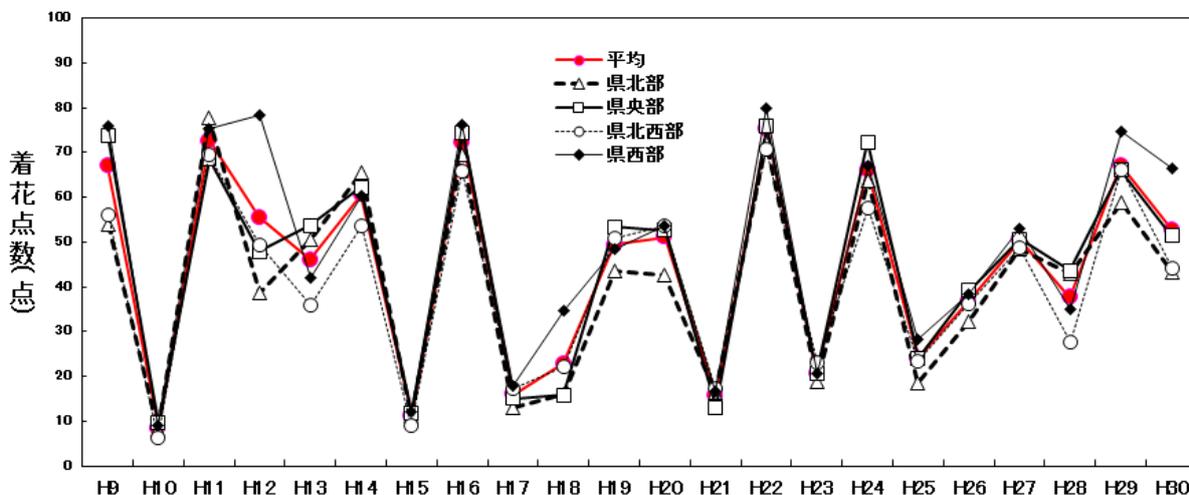


図2 地域別平均着花点数の年変化

H30は平均52.8、県北部43.2、県中部51.4、県北西部44.2、県西部66.4

の 105%と平年よりやや高く、降水量は平年の 64%と少なく、日照時間は平年の 128%と雄花の着花が多くなる気象条件であった。7 - 8月の日照時間では平年比 140%で猛暑だが、着花点数は 52.8 点と平均は上回るものの、図 3 のとおり 7 - 8月の日照時間に対して回帰直線を下回る着花点数となった。

この原因として、スギでは結実が多いと次期の雄花の着花が少なくなることが知られる。平成 29 年秋に多く着花し、翌 30 年春に花粉が多く飛散した影響で、今年の夏は結実も多く、丁度、雄花の分化する時期に球果が熟成するため、その結果猛暑にもかかわらず雄花の分化がそれほど多くならなかったと推定された。

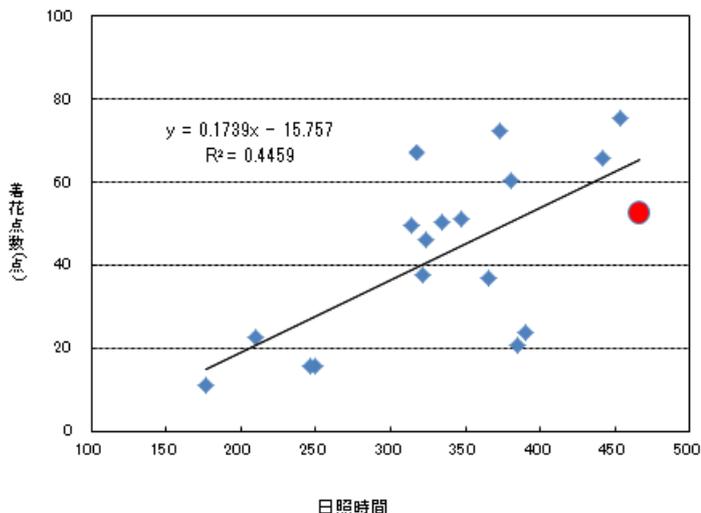


図3 7月と8月の日照時間と着花点数との関係
(横浜地方気象台:海老名観測所 赤点が平成30年)

イ. 目視によるヒノキ雄花着花調査手法の確立

(ア) 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、昨年の着花の影響で雄花が全体に少なく、時期による雄花の変化自体よりも前年の雄花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。6段階で判定した結果による過去7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、2018年12月の調査結果では、ランクCの個体の割合がもっとも多

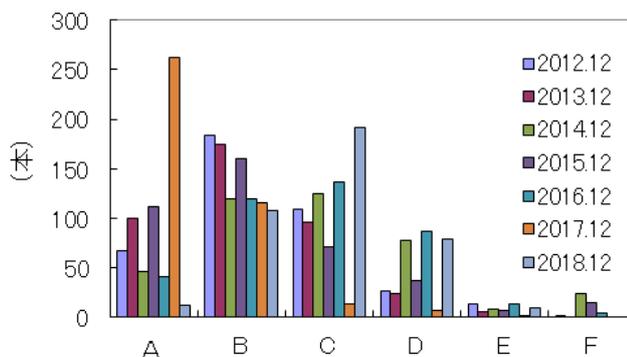


図1 2012~18年のヒノキ雄花着生度別本数

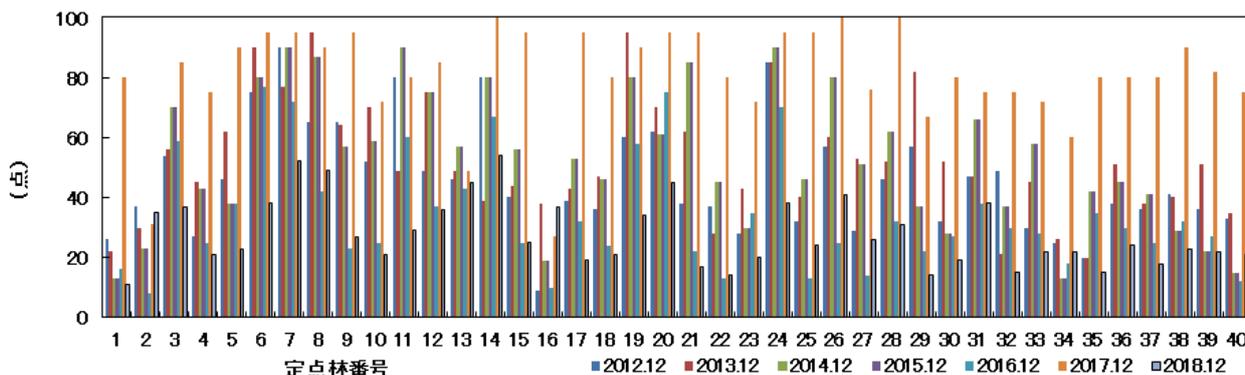


図2 林分ごとの雄花着生度から計算した点数の年次変動(2013~2019飛積期)

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ランクの割合が最も高く最も着花が多かったが、今回は、Aランクの割合が過去最低で僅か3%であり、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7年間と比較して最も少なくなり、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。おおむね過去7年間と比較して最も少なくなる傾向が認められた。50点を上回ったのは定点林7、14の2林分のみであり、このうち14は、前年も満点の100点であり着花の多い林分であると推定された。前年と比較してほとんどの林分が減少したが2林分のみ増加した。いずれも高海拔地で前年の雄花が少なく、前年の着花の影響が少なかったと推定された。

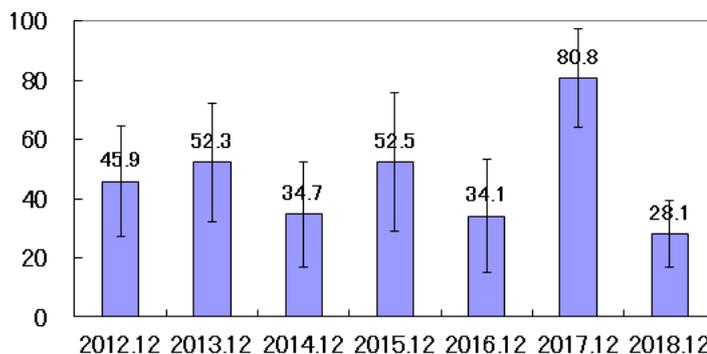


図3 神奈川県内のヒノキ林の雄花着花点数の年次変動
棒は標準偏差を示す

(イ) 雄花生産量調査の結果

飛散予測の前年となる2018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、2018年1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㎡あた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、54,895個/㎡となり、

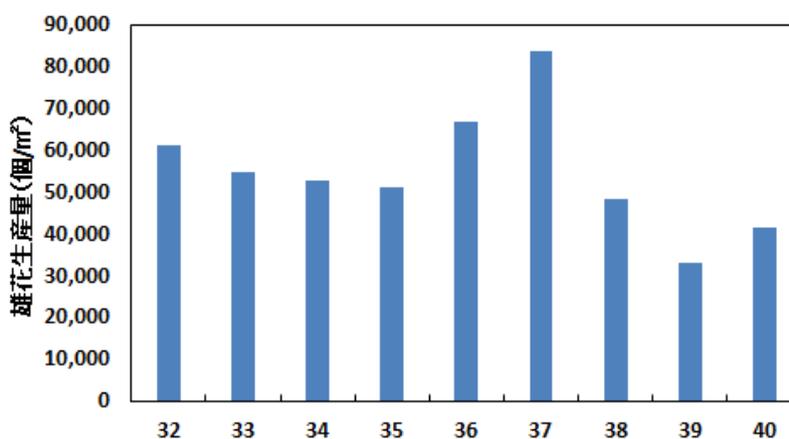


図4 雄花トラップによる雄花生産量(2018年)

前年の1,845個/㎡、28年間の平均の11,908個/㎡を大きく上回り、目視調査の予想通り大豊作年であり、28年間でも過去最大の豊作年であった。また、開花雄花に対する未開花雄花の割合は1.3%~9.1%、平均は4.4%であり、前年は16.8%であったことから、その割合が大幅に減少した。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。未開花は割合も少なく、花粉飛散量が多かったことから飛散への影響は大きくないと思われる。

(ウ) 観測手法の検証

・2017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2017年12月及び翌年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2018年の雄花生産量との関係を図5に示した。2017年12月では相関係数は-0.03とマイナスとなってしまった。4月調査時では0.61で有意ではないが高い相関が認められた。比較的雄花が多かった一昨年は0.87と高い相関が認められ、豊作年で相関が向上すると期待されたが、林縁の目視調査と林分全体の雄花量と解離があった可能性を示唆した。ただ、4月調査で相関が高くなったことから、12月時点の調査に問題があった可能性がある。

また調査を 2013 年飛散期からの 6 年間実施したことから、6 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 で有意な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。2018 年開花期の単年の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。特に昨年(2017)の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。これ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 0.97、横浜市金沢区とは 0.96、東京都内の大田区と 0.95、千代田区 0.92 といずれも 0.9 以上の高い相関関係が認められ、着花点数が花粉飛散の指標になることが認められた。

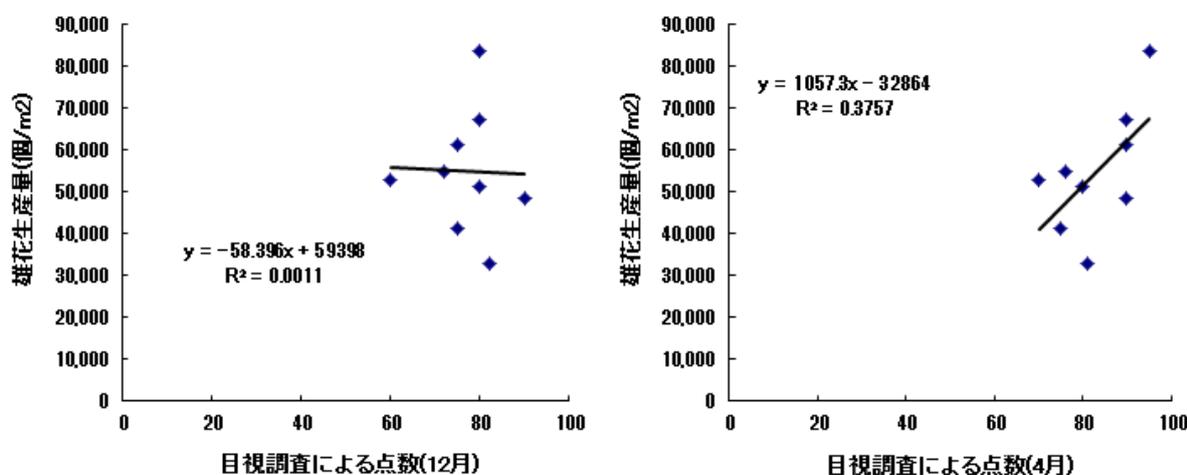


図 5 2018 年開花期における雄花着生度から計算した点数と雄花生産量の関係

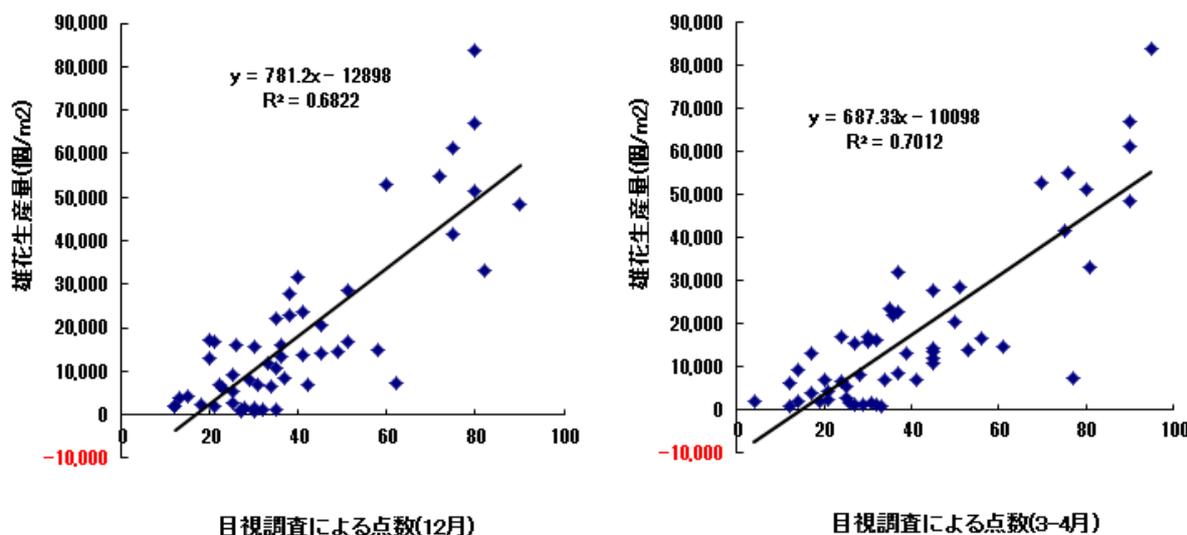


図 6 2013~2018 年開花期における雄花着生度から計算した点数と雄花生産量の関係

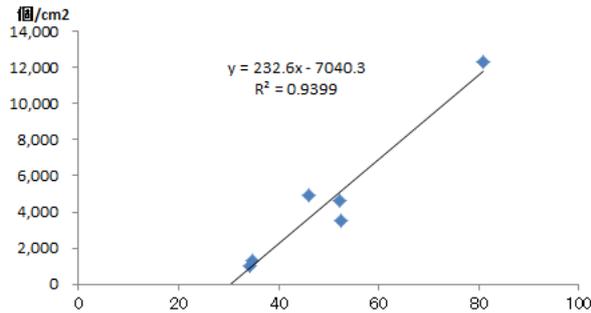


図7 ヒノキ雄花着花点数と所内スギ・ヒノキ林のヒノキ花粉飛散量の関係
縦軸は厚木市七沢の花粉飛散数、横軸は着花点数を示す。着花点数と花粉飛散数の相関は有意($p < 0.01, n = 6, df = 4$)

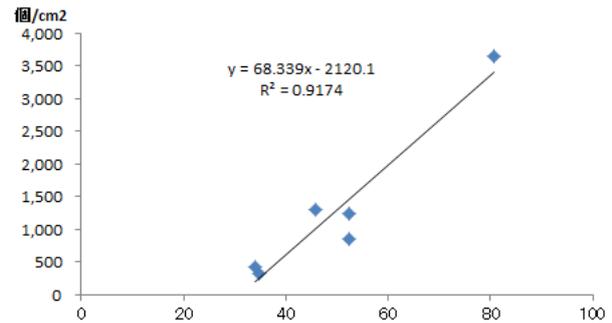


図8 ヒノキ雄花着花点数と横浜市金沢区のヒノキ花粉飛散量の関係
縦軸は花粉飛散数、横軸は着花点数を示す。着花点数と花粉飛散数の相関は有意($p < 0.01, n = 6, df = 4$)

(8) 今後の課題

スギでは長期の調査により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。また第2 東名高速道の工事の影響により 1 林分を近隣スギ林に変更した。

ヒノキでは、3 林分で満点になるなど、2018 年春は豊作が予測されたが、着花量の多いとされる林縁木で調査しており、さらに着花が多くなる場合、着花点数が頭打ちになって十分予測ができない可能性がある。またトラップとの関係では、不作年の昨年は、目視調査結果と逆の相関となり着花点数が雄花量を十分反映していない可能性がある。

(9) 成果の発表

- ・スギ雄花及びヒノキの着花調査の結果は、平成30年12月27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（平成31年春のスギ花粉飛散量はやや多い）。
- ・ヒノキの目視調査の結果について、平成31年1月25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（平成31年春のヒノキ花粉飛散量は少ない）。
- ・ヒノキの飛散予測の成果について平成30年9月に行われた日本花粉学会第59回大会において「ヒノキの目視雄花量による花粉飛散予測と2018年春の花粉飛散」として口頭発表を行った。

(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

ア. 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する。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 林分の結果については Ca スギ・ヒノキ花粉発生源推定事業のヒノキ目視調査地であり、調査結果を目視調査の観測手法の検証に活用した。

イ. 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。

ウ. 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) 内にダーラム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、ダーラム型の土・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

ア. 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、2018 年は 56,456 個/m² と 2017 年の 1,845 個/m²、平均値 (11,618 個/m²) を大きく上回り過去 28 年間で最も多く豊作年であった (図 1)。年次変動は前年夏の日照時間と有意な正の相関がある ($r=0.75, p<0.01$, 図 2) が、2017 年 7、8 月の日照時間が 327 時間で平均 (327 時間) 程度にかかわらず、雄花量は過去最高になった (図 2 大丸)。ここ数年冷夏がなく連年的に日照時間が長い夏がつづいており、そうした影響が考察される。

イ. 着花動態調査

21 世紀の森地内のヒノキ採種園において 1998 年からの雄花の着花指数と種子生産量の関係を図 3 に示した。2019 年の自然着花の指数平均は 2.32 と前年 2.99 を下回り、不作年であった。ウの所内のヒノキ花粉飛散量と同様の結果になった。

ウ. スギ林分での花粉飛散量調査

平成 30 年春のスギの総花粉飛散量は、図 4 に示したように 18,187 個/cm² となり前年値 18,999

個/cm²)は下回ったものの平均(16,599個/cm²)を上回り、“やや多い”と予測した飛散予測通りの結果となった。ヒノキについては、2,274個/cm²となり前年値(12,274個/cm²)、平均値3,466個/cm²を大きく下回り“少ない”と予測した飛散予測通り結果となった。スギの総花粉飛散量と雄花生産量との関係を見ると、高い正相関がみられた。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高い正相関が認められた(図5)。

(8) 今後の課題

ヒノキの雄花は花粉飛散の直前にならないと目視しにくい。花粉飛散量の予測のためにはスギのように早い段階で雄花着花量を把握する手法が必要とされている。その実証手法として雄花トラップの値を活用する。

環境省「はなこさん」のシステムのリアルタイム花粉モニターが、平成29年から都市域に移設され、花粉発生源の測定を実施することができなくなった。今後代替手段を検討する。

(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、平成19年から公開している花粉飛散情報として、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。

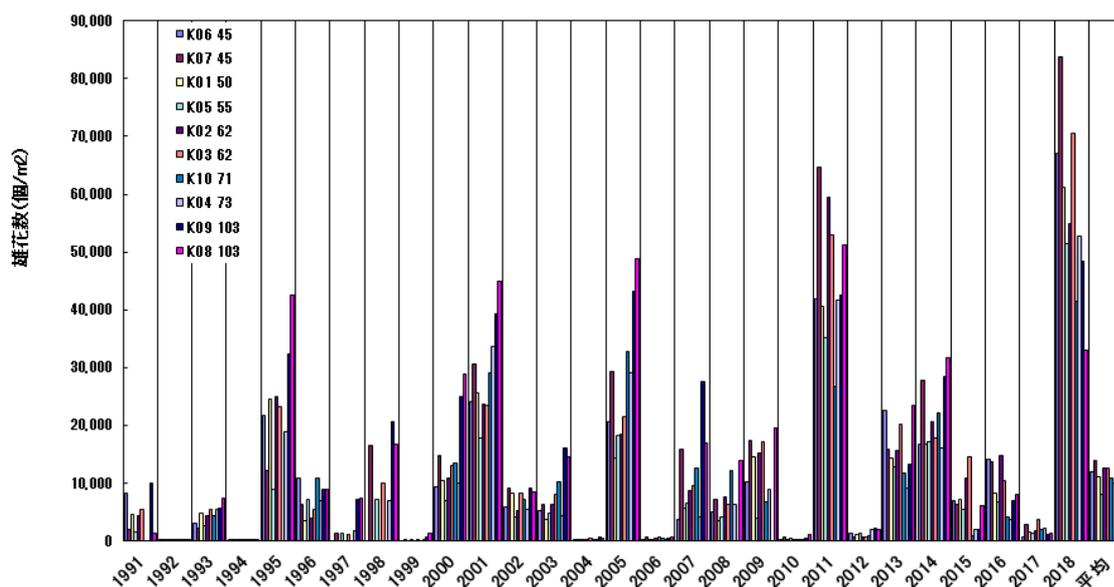


図1 神奈川県小田原市におけるヒノキ雄花数の年次変動

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

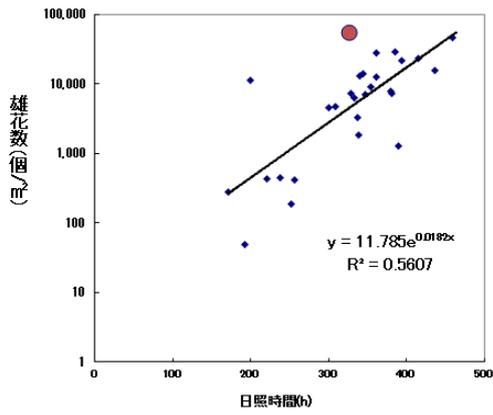


図2 前年夏の日照時間と雄花数の関係
日照時間は7・8月合計、指数回帰により有意な相関関係あり($r=0.75, r=26, df=24, p<0.01$)、大丸は2018年の雄花

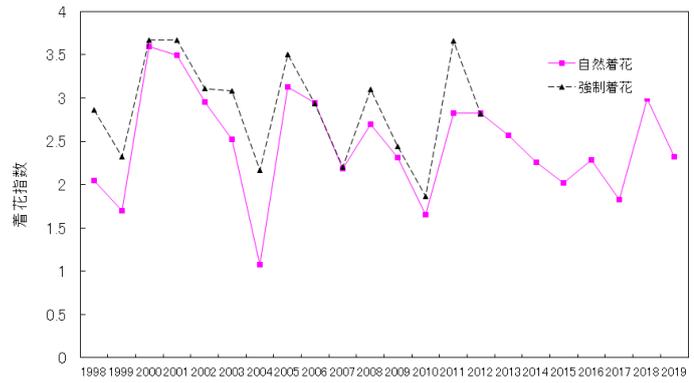


図3 21の森採種園の着花指数の年次変動
注)2012年よりエリア別の強制着花を中止

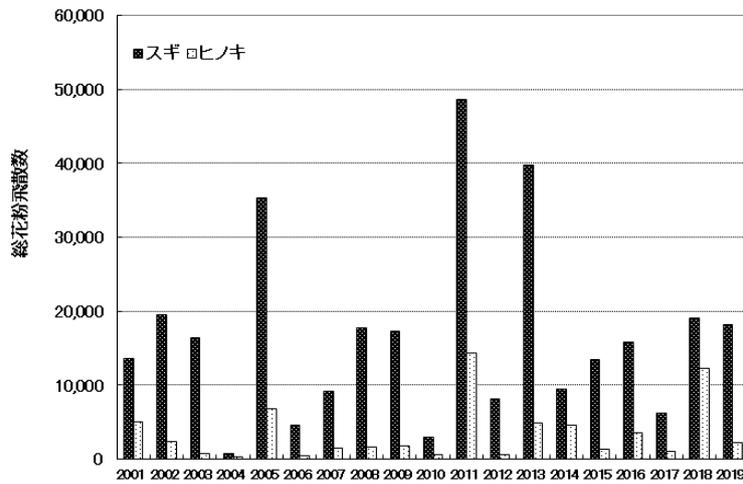


図4 スギ・ヒノキの花粉総飛散量の年変化

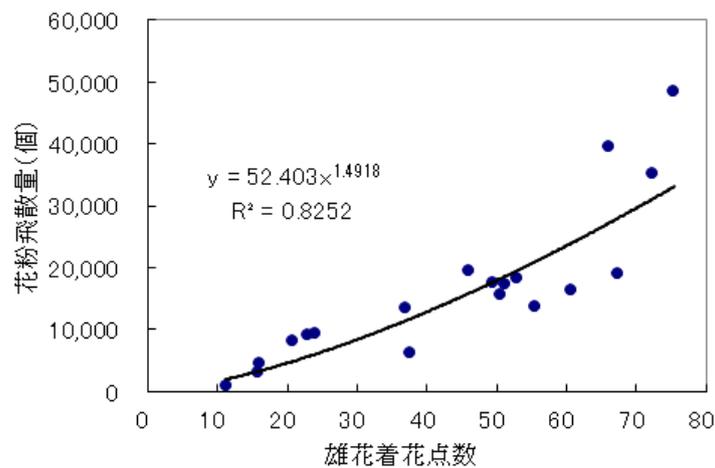


図5 雄花着花点数と花粉飛散量(厚木市七沢)との関係(n=19) **:1%水準で有意

(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・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

ア. 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。

平成 30 年度は県内の苗木生産者 3 軒で平成 29 年春に播種した無花粉スギ実生苗約 13,000 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 12,000 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 月中に検定（対照）、B 区：1 月中旬にビニールハウスに移し 2 月上旬に検定、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。

イ. 無花粉ヒノキの早期実用化

(ア) 無花粉ヒノキの特性解明

無花粉ヒノキの材質等の特性を評価するため選抜した無花粉ヒノキの材質特性を明らかにするため、材強度の指標として重要なヤング率の指標となる樹幹の応力波伝播速度をファコップで測定した。

(イ) 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。

(ウ) 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

ア. 簡易な無花粉スギスクリーニング技術の確立

県内の3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2.8%であったのに対し、B区では25.0%、C区では13.1%と大きく向上した(図1)。一部の苗木では花粉飛散も見られ、想定どおり苗木をハウスに移す処理により雄花の発達を促進できた。このため、検定効率はA区で33.3本/h/人であったのに対し、B区では43.4本/h/人、C区では37.9本/h/人と検定効率は苗木をハウスに移した処理区で大きく向上した(図2)。このことから、B区のように1月中旬に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。また、B区での検定効率は43.4本/h/人であったが、研修としての検定を除いた効率は49.8本/h/人で、昨年度の値(46.7本/h/人)や本課題での目標(2割以上の検定効率の向上)を大きく上回る検定効率であった。この他、今年度は秋が温暖であったために秋に一部の雄花が開花してしまった影響があり、B区では特に秋開花の苗木本数の割合(29.4%)が多かった

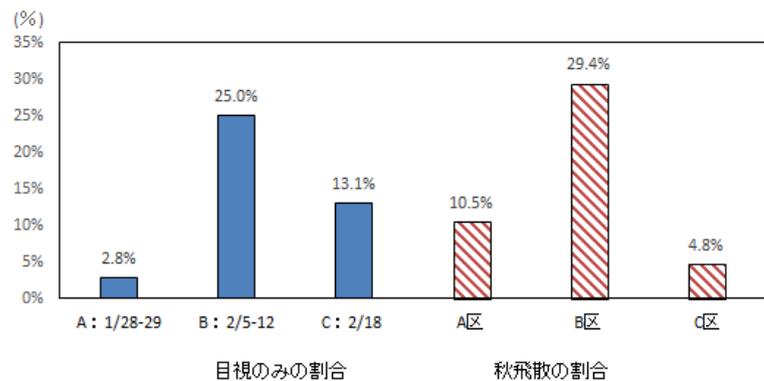


図1 検定期等の違いによる目視のみの判定が可能であった苗木の割合と花粉が秋飛散苗木の割合

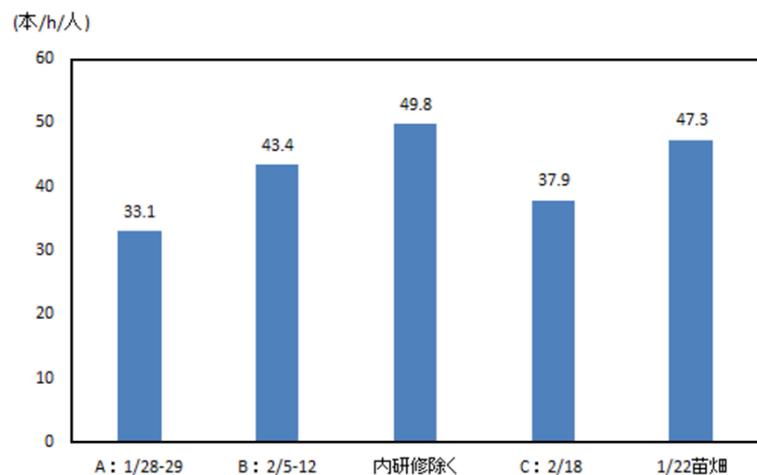


図2 検定期と処理の違いによる検定効率

ため、雄花がすべて秋開花してしまい検定ができない苗木も生じるなど検定に支障が出た(図1)。また今年度は、検定に従事した者の延べ人数の中で、研修として初めて検定を行った職員の割合が高く、C区はすべて初心者の研修での検定となり、検定効率に影響した。このようなことから、効率的な検定の実施のためには、一定程度のトレーニングが必要であることが改めて確認された。

一方、本県センター内の苗畑での検定効率は47.3本/h/人となった(図2の1/22苗畑)。検定作業は2人1組で行うが、作業を行う際に、作業分担を固定化せずに検定を行うことで効率が大幅に向上したと考えられる。このように従来課題となっていた苗畑の露地苗木の検定についても目標を大きく上回る高い効率で検定を実施可能であることが明らかになった。

今年度の無花粉個体の出現率は46.7%と期待値(50%)をやや下回ったが昨年度の41.6%を大きく上回る結果となっており、無花粉スギ苗木の得苗率の増加に寄与した。ただし無花粉個体については再確認のためにラベリングを行っているため、このことが検定効率に影響した可能性がある。生産目標7,000本については、別途に実施しているさし木生産分の約2,000本を加えることで達成できる見込みである。

なお、既往の検定手法(ビニール袋に入れ、ペンチ等で押し潰し、花粉を観察する方法)を改良するため、袋詰めをせずにセロテープで雄花を直接挟んで潰す手法を試みた。しかし、雄花がはみ出すことがあり観察しにくいなどの課題も明らかになったことから、今後さらに手法の改善を図っ

ていく。

また、この無花粉検定の精度確認のため、無花粉スギ植栽地の5年生個体と前年に検定を実施した苗木で再度検定を実施したところ、無花粉スギの割合はそれぞれ98.1%、99.0%で一定の精度が保たれていることが確認された。

イ. 無花粉ヒノキの早期実用化

(ア) 無花粉ヒノキの特性解明

無花粉ヒノキの材質特性を把握する目的で選抜した無花粉ヒノキ原木(42年生)を含む10本を調査した結果、樹幹の応力波伝播速度をファコップで測定した結果、239m/sとなり、周辺木(平均値:247m/s)との比較で遜色はなかった(図3)。昨年実施したPilodynによる値は2位の値であり、材質については通常ヒノキと比較して遜色はないと推定された。

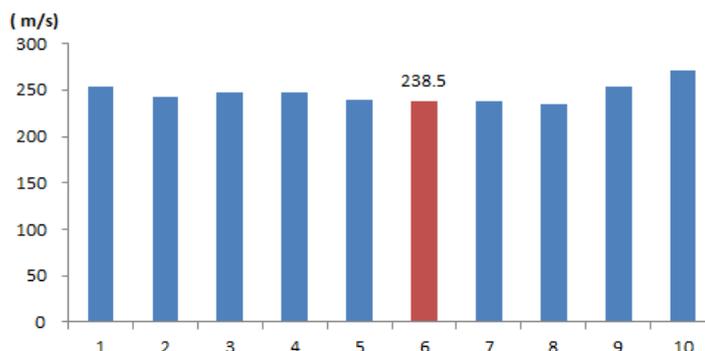


図3 FAKOPPによる応力波伝播速度
周辺木と比較し大差はない

(イ) 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結果を図4に示す。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。

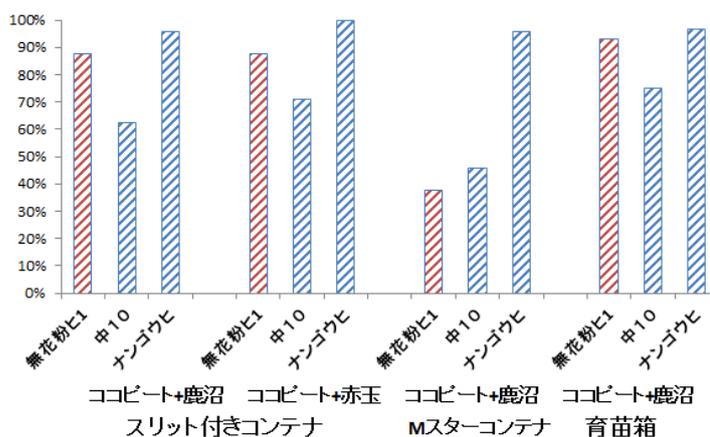


図4 品種及び処理別のコンテナ直さし木発根率

(ウ) 新たな無花粉ヒノキ選抜試験

2018年春に、湯河原町、大和市、相模原市、秦野市等のヒノキ林で3,364本のヒノキの雄花をたたき調査したが雄性不稔が疑われる個体を選抜することができなかった。2019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雄花では不稔が疑われる個体が多数認められた。これらは、当年及び2年生の苗木であり、雄花の発育上の問題である可能性があり、次年度以降再度着花させ再現性を検討する。また精英樹1クローンの自殖家系種子を促成栽培しコンテナに植栽を行うとともに、さらに34クローンの精英樹の自殖を行ない、育苗を行った。着花促進を行い2020年春に雄花の検定を行い無花粉ヒノキの発見を目指す。

(8) 今後の課題

無花粉スギについては、効率化の目標を達成したが、雄花の温度管理による開花促進を行って効率化の検討を行ない、2020年のマニュアル化を目指す。

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) 無花粉ヒノキ発見と無花粉発現 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)

(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 田村 淳・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

No.	管轄	契約地No.	場所	標高(m)	林相	柵の有無	試験区数	毎木調査	下層植生調査			シカ生息
									植生	更新木	光環境	
1	県西	H13-協-09	山北町山北	339	スギ	無し	4	1	4	4	4	1
2	県西	H13-協-10	山北町山北	269	スギ、ヒノキ	無し	4	1	4	4	4	1
3	県西	H13-協-13	南足柄市矢倉沢	352	広葉樹、スギ	無し	4	1	4	4	4	1
4	県西	H13-協-18	南足柄市荻野	804	アカマツ	無し	4	1	4	4	4	1
計							16	4	16	16	16	4

(7) 結果の概要

「山北 1」と「山北 2」において、スギ・ヒノキ上層木の立木本数は両方ともに約 350 本/ha であり、下層にはシロダモなどの高木性 (小高木種含む) 広葉樹が 30~100 本/ha 程度生育していたものの、最大樹高は 16m 階であり、ほとんどの広葉樹の樹高は 4m 以下であった (図 1)。

「矢倉沢」ではスギ・ヒノキ上層木が 10 本/ha 未満と少なかったが、シロダモやフサザクラ、イタヤカエデなどの計 23 種の高木性広葉樹が 4m 階から 24m 階まで連続して出現し、合計 900 本/ha あった。低木種を含めると、樹高階分布は L 字型を示した (図 1)。

「荻野」はアカマツ林であり、アカマツは 12~28m 階の範囲を占め、モード (最頻値) が 16m 階であった。高木性広葉樹はカジカエデやイヌシデなど 19 種が生育し、20m 階を最大にして 4m

階まで連続して出現した。

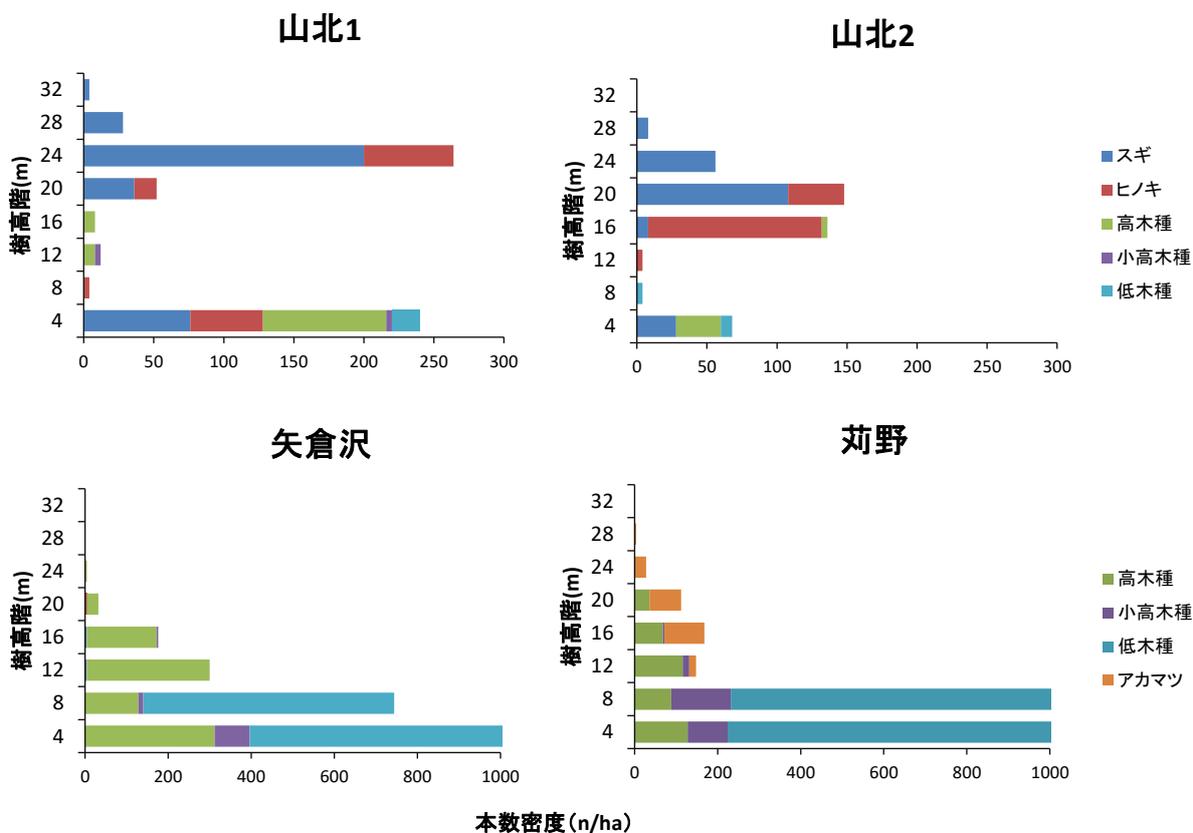


図1 調査した4か所の樹高階分布

地上高1mでの開空度は「山北2」は17%であったが、他の3地点は5~9%の範囲にあった。1.5m以下の下層植生は、樹高階分布がL字型を示した「矢倉沢」で植被率が16.9%と低かったが、他の3地点では32~56%の範囲にあった。

シカの生息状況については、すべての地点でシカがもっとも多く撮影された。シカの撮影頻度がもっとも少ない「矢倉沢」では80回(3ヶ月2台あたり)、頻度がもっとも多い「荊野」では315回(同)であった。

(8) 課題

樹幹幅と樹冠長の解析

(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 30～33 年度
 (3) 予算区分 国補 1 / 2 (一般会計 森林病害虫等防除事業費)
 (4) 担当者 谷脇 徹・倉野 修

(5) 目的

「ナラ枯れ」はカシノナガキクイムシが病原菌であるナラ菌を媒介することで被害が拡大する伝染病である。神奈川県内では平成 29 年に初めてナラ枯れが確認された。被害地は 5 市町 6 地点（横須賀市長沢及び津久井、三浦市三崎町小網代、鎌倉市二階堂、相模原市南区上鶴間、箱根町湯本、箱根町仙石原）であり（図 1）、被害の規模は、被害面積 2.49ha、被害本数 239 本、被害材積 239 m³に及んだ。

被害は県の南西部と南東部を中心に発生しており、今後北方向への被害拡大が予想される。初期対応を効果的に実施するためには、未被害地へのカシナガの侵入や個体数増加の状況を把握する必要がある。そこで平成 30 年には、これまで昆虫誘引器を用いてカシナガの生息状況調査を実施してきた地点のなかで、今後の被害拡大が予想される 3 地点（自然環境保全センター、21 世紀の森、高麗山）で引き続き調査を実施する。また、新たに 2 地点（横浜川崎地区農政事務所、札掛森の家）を加えて監視体制を強化する。

一方、被害地でのカシナガの生息状況は明らかではない。具体的には、被害地でのカシナガの発生規模（捕獲数）、初発日や発生の最盛期や発生期間などの情報は皆無である。これらの情報は今後の効果的な対策のための基礎資料になると考えられる。そこで、県有地の小網代の森をモデル地区として、被害地の生息状況調査を実施する。

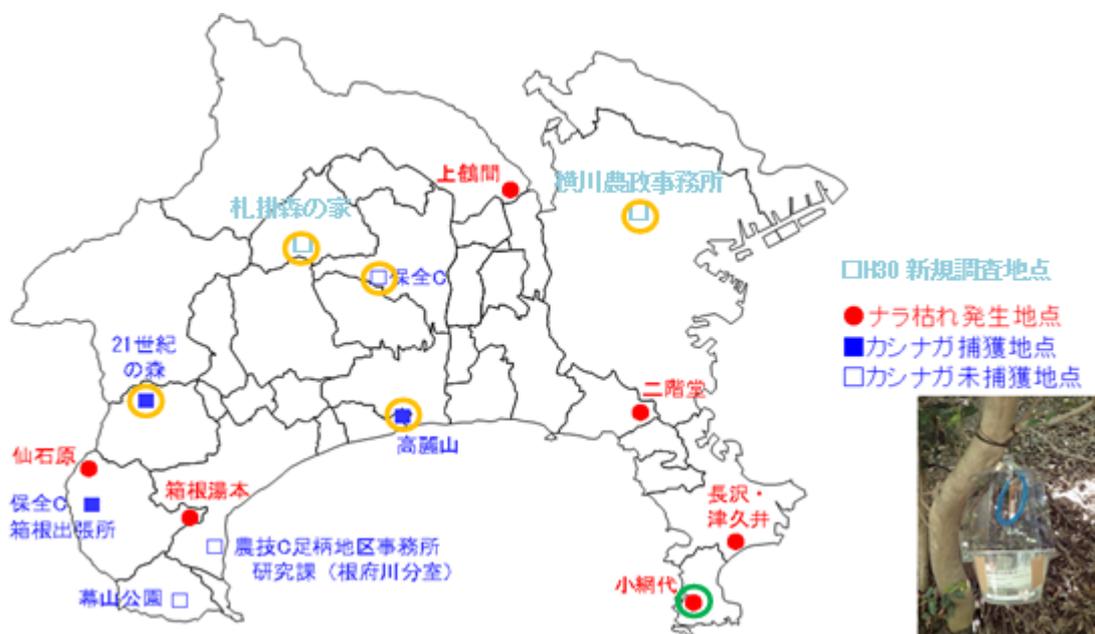


図 1 平成 29 年のナラ枯れ被害地とカシノナガキクイムシ生息状況調査地
平成 30 年は未被害地（○）と被害地（○）の生息状況調査を実施

(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）小網代の森（三浦市三崎町小網代）の6地点とした。調査期間は平成30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、バケツに保存液（プロピレングリコール）を入れた透明の昆虫誘引器を用いた。この誘引器を高麗山で4個ずつ、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1ヶ月半～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。

(7) 結果の概要

ナラ枯れ被害は全県的に拡大傾向にあり、カシナガ成虫の捕獲数も昨年から増加傾向にあった。その傾向は周辺で被害が発生している高麗山（18個体→101個体）で顕著であり、未被害地の21世紀の森（1個体→13個体）でも確認された。自然環境保全センター（0個体→2個体）でも初めて生息が確認された。

今年初めてトラップを設置した地点のなかで、本県でも被害が激しい小網代の森での捕獲数は412個体とこれまでで最多となり、未被害地との生息状況の違いが浮き彫りとなった。また、丹沢の山中の札掛森の家では、周辺の広い範囲をみても被害が確認されていないにもかかわらず、22個体と少なくないカシナガ成虫が捕獲され、潜在的にはすでに未被害地にも広く生息していることを示唆する結果となった。横川事務所のみ捕獲はされなかったが、周辺での被害拡大が確認されており、今後捕獲されるようになることは十分に考えられる。

捕獲期間は5～10月と6ヶ月にわたった。小網代の森と高麗山では全期間を通じて捕獲され、札掛森の家では6～9月と4ヶ月にわたり捕獲された。捕獲の開始時期は海に近く標高が低い小網代の森と高麗山が5月と早く、標高の高い札掛森の家が6月、21世紀の森は7月と遅かった。小網代の森では5月と9月にピークがある二山型の捕獲消長が示された。以上のように、標高等に起因する立地環境の違いによって発生パターンが異なると考えられる結果が得られた。

(8) 今後の課題

なし

(9) 成果の公表

なし

H30年度のカシノナガキクイムシ捕獲消長

地点	5月	6月	7月	8月	9月	10月	H30 合計 (5～10月)	H29 合計 (6～8月)
保全C	0	2	0	0	0	0	2	0
21Cの森	0	0	12	1	0	0	13	1
高麗山	14	30	24	6	8	19	101	18
横川事務所	0	0	0	0	0	0	0	未実施
札掛森の家	0	3	10	2	7	0	22	未実施
小網代の森	143	75	9	46	124	15	412	未実施
合計	157	110	55	55	139	34	550	20 (箱根出張所 1)

(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 田村 淳・谷脇 徹・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ベ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。2018 年度（平成 30 年度）は 14 地点の柵内外で植生を追跡調査するとともに、丹沢山地外で 2017 年度に新たに調査地を設定、調査した 1 地点で 1 年後の状態を追跡調査した。これら 15 地点の調査はアジア航測㈱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 のプラットが 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

5 年間隔で調査した 14 地点の結果を示す。全体の傾向として、柵内では植被率は定常状態に達したか、林床植生（木本）が発達して測定対象の 1.5m を越えたことで植被率が低下する傾向を示した。柵内の稚樹高は順調に成長していた。一部の地点で樹高が低下したのは、植被率と同じ理由で測定対象の 1.5m を越えた稚樹があったことによる。

柵外においても、植被率と稚樹高ともに二時点で大きな変化は見られなかったが、柵内と比較すると差が大きい地点が多数であった。

表 1 2018 年度の結果概要

No.	管理ユニット	調査地名	標高 (m)	林床植生型	柵 内外	植被率 (%)			稚樹高 (cm)		
						3次計画時	今回	増減	3次計画時	今回	増減
1	世附川B	金山沢	660	スズタケ	内	55.0	60.0	5.0	22.6	35.1	12.5
				スズタケ	外	1.0	0.0	-1.0	5.0	5.0	0.0
2	世附川E	大又沢下流	458	アズマネザサ	内	36.5	40.5	4.0	55.7	66.2	10.5
				アズマネザサ	外	1.6	0.7	-0.9	8.6	8.3	-0.3
3	中川川上流C	つつじ新道	1250	スズタケ	内	36.0	36.5	0.5	9.5	41.7	32.2
				スズタケ	外	18.0	14.5	-3.5	10.1	14.6	4.5
4	丹沢中央C	雨山2	1129	小型草本	内	80.0	76.0	-4.0	45.0	108.4	63.4
				小型草本	外	41.5	60.0	18.5	6.0	9.2	3.2
5	丹沢中央D	箒杉沢	940	小型草本	内	70.5	74.5	4.0	7.6	23.8	16.2
				小型草本	外	45.0	43.0	-2.0	6.0	9.6	3.6
6	丹沢南麓B	秦野峠	640	アズマネザサ	内	63.0	32.5	-30.5	41.7	44.2	2.5
				アズマネザサ	外	13.0	9.9	-3.1	13.0	11.6	-1.4
7	丹沢南麓B	雨山山稜1	1127	小型草本	内	90.0	80.0	-10.0	37.1	24.3	-12.8
				小型草本	外	93.0	77.5	-15.5	5.7	6.2	0.5
8	丹沢南麓E	栗ノ木洞	763	ミヤマクマザサ	内	71.0	72.5	1.5	13.3	11.0	-2.3
				ミヤマクマザサ	外	39.5	37.0	-2.5	8.4	9.5	1.1
9	早戸川B	奥野2-1	1134	小型草本	内	59.0	32.5	-26.5	56.0	34.3	-21.7
				小型草本	外	4.6	6.2	1.6	20.0	19.3	-0.7
10	早戸川D	蛭ヶ岳	1520	高茎草本	内	61.0	63.0	2.0	119.8	162.9	43.1
				高茎草本	外	38.0	39.0	1.0	59.3	70.2	10.9
11	中津川C	札掛	420	小型草本	内	46.5	83.0	36.5	18.2	22.0	3.8
				小型草本	外	4.8	4.1	-0.7	7.6	7.6	0.0
12	清川E	辺室山	533	小型草本	内	2.3	2.0	-0.3	5.0	5.0	0.0
				小型草本	外	1.0	0.1	-0.9	6.6	5.0	-1.6
13	宮ヶ瀬湖A	堤川	634	小型草本	内	54.5	53.0	-1.5	109.3	77.5	-31.8
				小型草本	外	10.1	4.5	-5.6	67.9	13.0	-54.9
14	宮ヶ瀬湖D	平成の森	437	小型草本	内	3.1	3.3	0.2	15.3	20.8	5.5
				小型草本	外	5.2	5.1	-0.1	7.5	13.7	6.2

(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.