

(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とから、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ことから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 1997 年度に設定した 30 箇所と 2002 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（野鳥観察用望遠鏡）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

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（定点林）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。今回、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であり、(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たこと、(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 は採種園、32～40 は 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とし、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倍のフィールドスコープを使用した。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フィールドスコープを使用した。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。着花状況はA～Fの6段階及びA～Dの4段階にランク付けし、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、4段階はスギと同じ）により評価した。この調査手法は（一社）全国林業改良普及協会（2014）による。

この調査の検証のため、トラップによる定点林32～40における雄花生産量を調べた。雄花生産量は、2020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㎡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、試料が多い場合は全体と100個あたりの乾燥重量を計量し、全体の個数を換算して求めた。この結果と前年の目視観測結果の比較を行った。

(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(1997)年度から令和2(2020)年度までの年次変動を図-1に示す。スギ林30箇所の着花点数の平均値（県内平均値）は、48.7点となり、例年並みであった昨年（令和元(2019年)）の45.7点を上回った。本調査開始から24年間の平均値は44.8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3(2021)年春の花粉飛散量は、多かった今年（令和2(2020)年春）と比べると増加するが、例年並と予測された。地域別の着花点数は、県西部が60.6点と県内平均値より高く、県北部が38.1点と低くなった（図-2）。地域的に温暖な県西部ではより多く花粉が飛散する可能性がある。

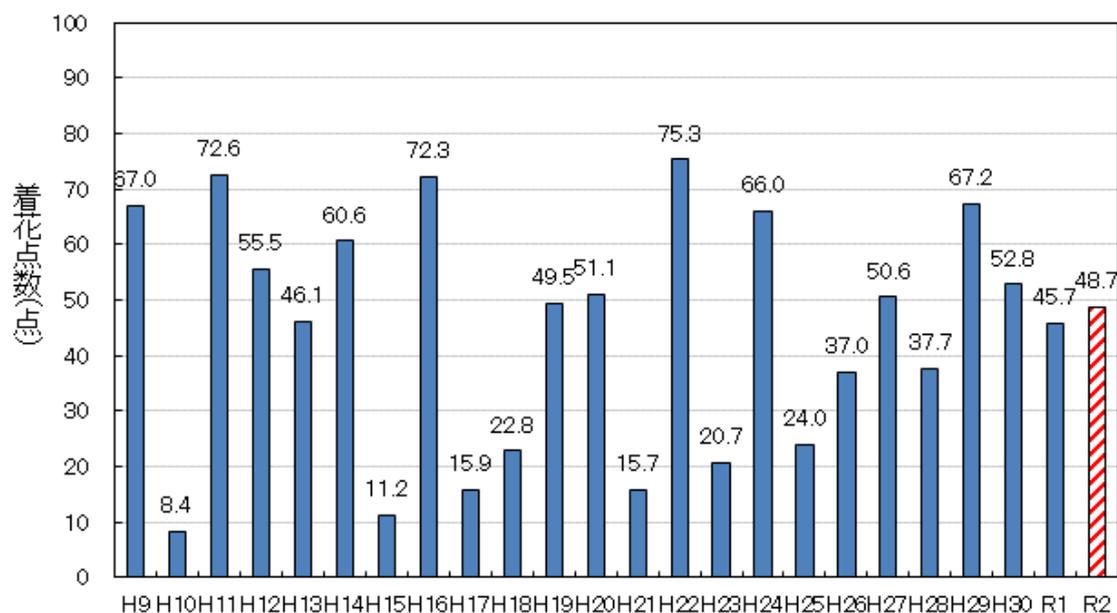


図-1 県内スギ林30箇所の平均着花点数の年変化
(24年間の平均値：44.8点)

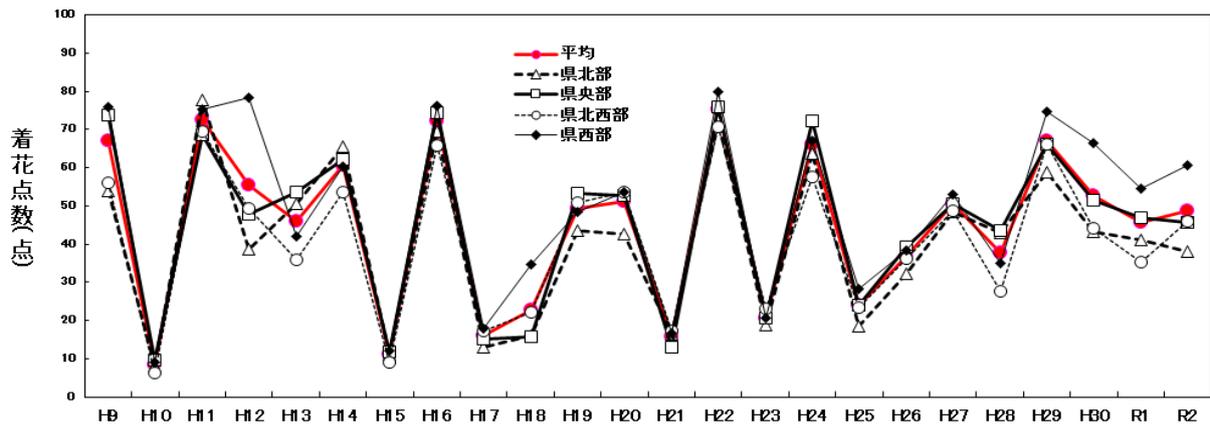


図-2 地域別平均着花点数の年変化

令和 2 (2020) 年度は平均 48.7 点、県北部 38.1 点、県中部 45.8 点、県北西部 46.0 点、県西部 60.6 点

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、雄花が多く形成される傾向がある。

令和 2 年夏の気象（横浜地方気象台「海老名観測所」）によると、7 月の平均気温は平年の 96%であるが、降水量は 217%と平年の倍以上で日照時間は平年の 33%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 147%と大幅

に高く、降水量は平年の 14%と極端に少なく、日照時間は平年の 147%と雄花の着花が多くなる気象条件となった。7～8 月の日照時間は平年比 96%だが、平均気温は 103%と高く、着花点数は 48.7 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やや上回る着花点数であった。今年、7 月と 8 月で極端に異なる気象要因だったが、結果的に平均程度の着花になったと推定される。

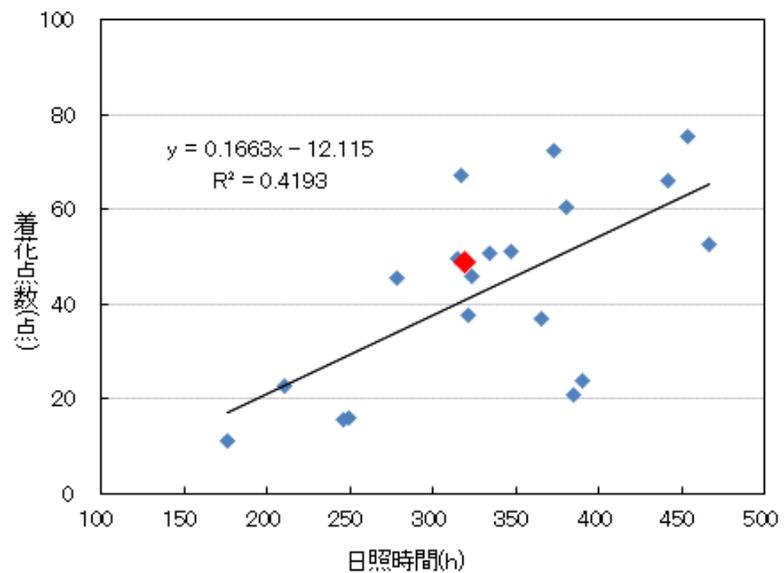


図-3 7 月と 8 月の日照時間と着花点数との関係

（横浜地方気象台：海老名観測所 赤点が令和 2 (2020) 年）

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き、変化が少ないと予想されたが、3 年間連続で雄花が全体的に少なく、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。

②-2) 雄花着生状況の目視観測結果

2014年度に6段階の暫定基準案(3)から4段階の暫定基準案(4)に移行してから、継続のため両方の基準案で評価を行っている。その測定結果について、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-4、その林分ごとの変動を図-5、雄花着生度から計算した点数の変動を図-6に示した。図-4のとおり、2020年12月の調査結果では、ランクBの個体の割合がもっとも多くなり、前年同様正規分布に近い形のグラフであった。前々回の2018年12月はランクAの割合が過去最低で僅か3%であったが、今回は、ランクAの割合が10.5%であり前年(9.8%)とほぼ同等で低率であった。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-6)は、過去9年間と比較して4番目であるが、平均(44.0点)を下回り、昨年引き続き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8林分で前回の6林分から増加した。最高は定点林番号24であり、前年は46点であったが過去にも着花の多い林分であった。

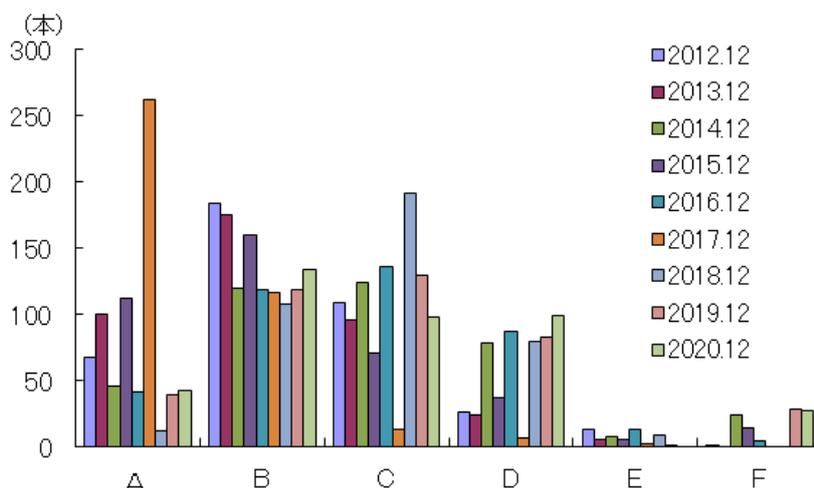


図-4 1 2012~20年のヒノキ雄花着生度別本数
A~Fは着花ランク

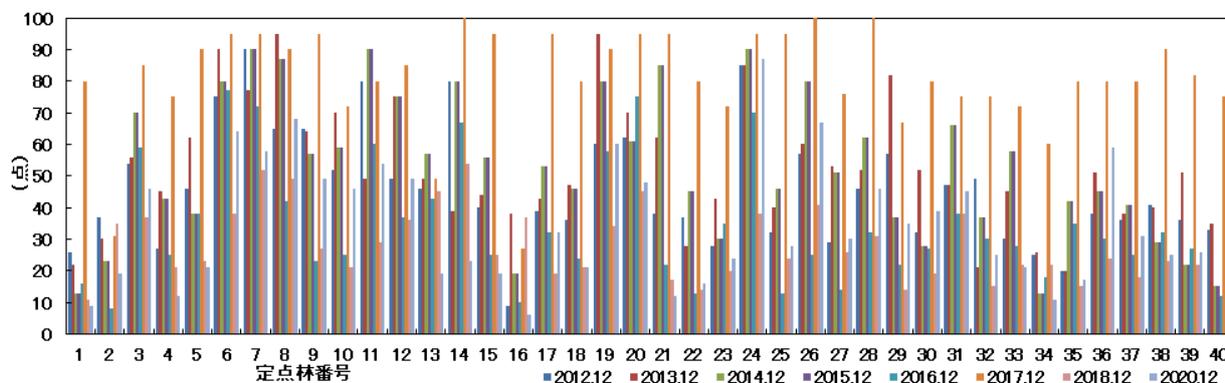


図-5 林分ごとの雄花着生度から計算した点数の年次変動(2013~2021 飛散期)

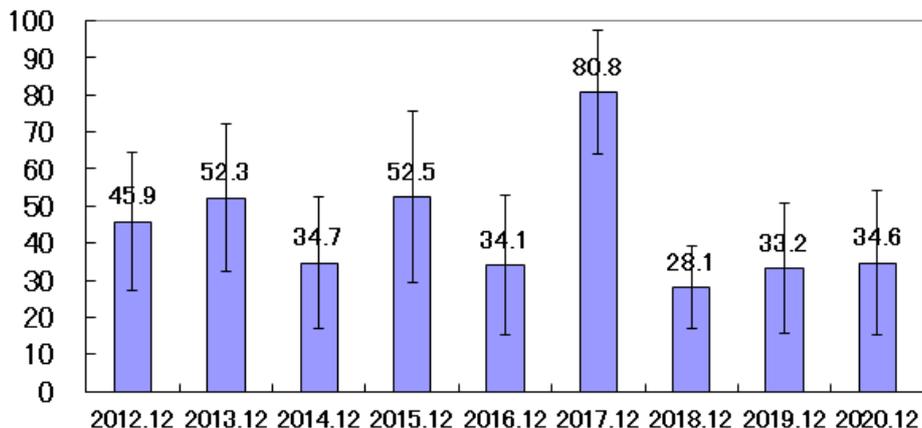


図-6 神奈川県内のヒノキ林の雄花着花点数の年次変動
棒は標準偏差を示す

②-3) 雄花生産量調査の結果

2020年の定点林32~40における雄花生産量調査の結果を図-7に示した。ヒノキ雄花生産量は、5,290個/m²となり、2019年の5,279個/m²とほぼ変わらず、30年間の平均の11,466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4.4%~9.8%、平均は6.3%であり、2018年は12.3%であったことから、その割合は低下した。これは2019年飛散期も雄花が少なく、不作年が連続すると未開花の割合が減少する可能性を示唆した。ただし、未開花の割合は1割未満で飛散への影響は大きくないと思われる。

②-4) 観測手法の検証

○2020年度の目視観測結果と雄花生産量との関係

図-7に示した2019年12月及び2020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-7の2020年の雄花生産量との関係を図-8に示した。2019年12月では相関係数は0.41、4月調査時では0.61で、有意ではないが雄花量は多くないにもかかわらず前年から大きく向上した。

また調査を2013年飛散期からの9年間実施したことから、8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-9に示した。12月と3-4月調査の相関係数は、それぞれ0.83、0.81で有意な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。2020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、調査年ごとの豊凶にかかわらず雄花量を指標していると考えられ、着花点数が目的とする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-10, 11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年の大豊作の影響もあり、所内ヒノキ林との相関係数が0.94、横浜市金沢区とは0.89、東京都内の大田区と0.85、千代田区0.85と、いずれも0.9に近い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。各地点とも回帰直線に近い値で前報より相関係数が向上した。

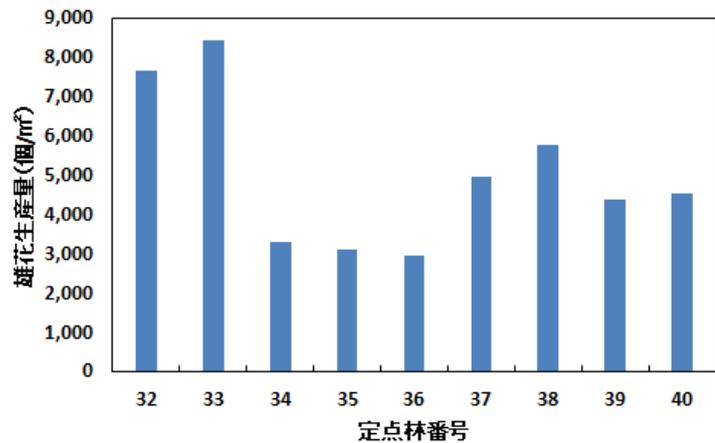


図-7 雄花トラップによる雄花生産量(2020年)

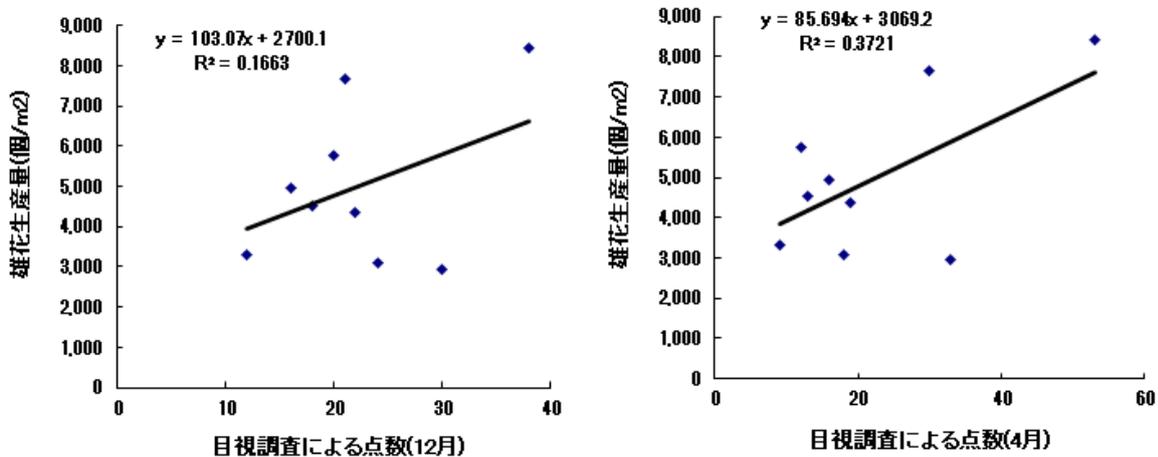
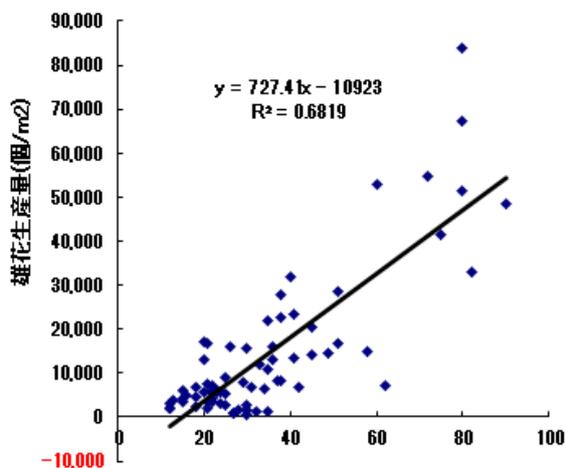
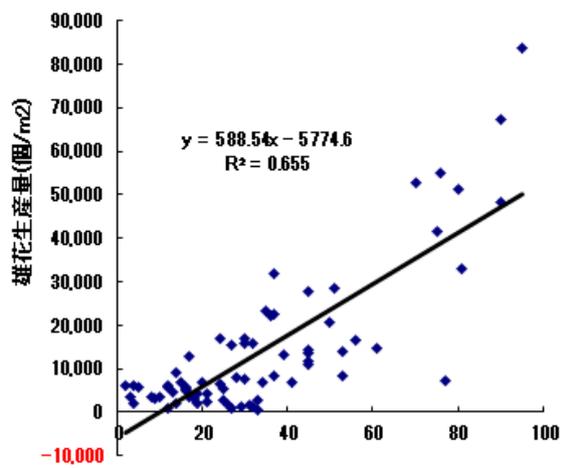


図-8 2020年開花期における雄花着生度から計算した点数と雄花生産量の関係



目視調査による点数(12月)



目視調査による点数(3-4月)

図-9 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

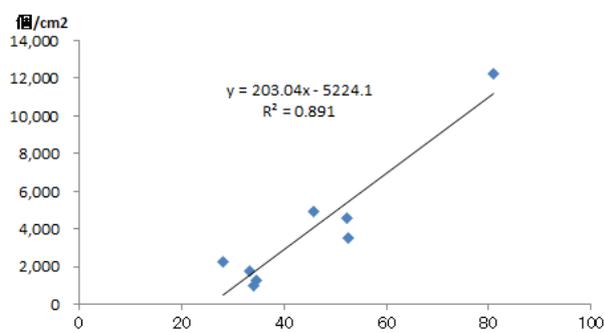


図-10 ヒノキ雄花着花点数と所内スギ・ヒノキ林のヒノキ花粉飛散量の関係

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 ($p < 0.01$, $n=8$, $df=6$)

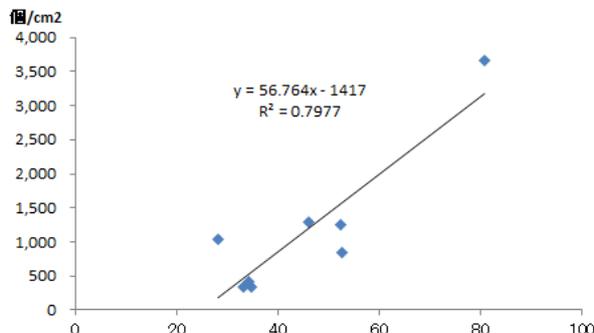


図-11 ヒノキ雄花着花点数と横浜市金沢区の花粉飛散量の関係

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 ($p < 0.01$, $n=8$, $df=6$)

○観測結果 (調査ランク)

2014年度から、6段階から4段階に移行したが、2つの方法の比較を行った。比較方法は、これまでの6段階と4段階を現地で判定したものを、その両者を比較するという方法で行った。林分ごとの観測結果を表2、図12に示した。6段階の雄花着生度別本数は、2019年に比べるとランクBと

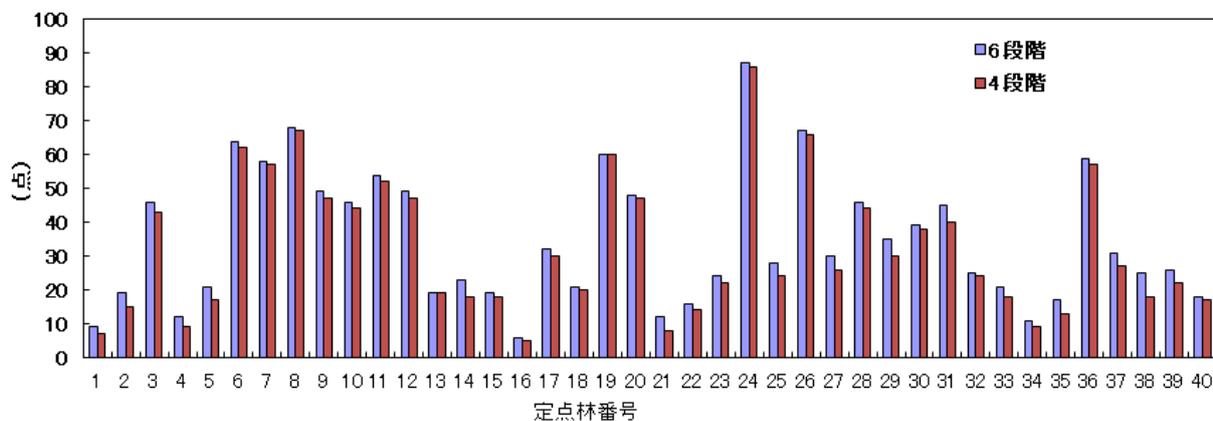


図-12 雄花評価ランク別の林分ごとの雄花着生度から計算した点数(2021年飛散期)

雄花の着生量が少ないDと判定された個体が多くなった。6段階と4段階の雄花着生度別本数に重みづけの点数(6段階ではA→10点、B→5点、C→2点、D→1点、E、F→0点、4段階ではA→10点、B→5点、C→1点、D→0点)をかけて合計し、調査本数10本当たりの点数を計算して比較したところ、両者は非常に高い相関が認められた($r=0.997$ 、 $p<0.01$ 、図-13)。このことから4段階は、6段階と同等の値が得られ、判定区分が少ない分、目視観測の労力軽減に有効と考えられた。

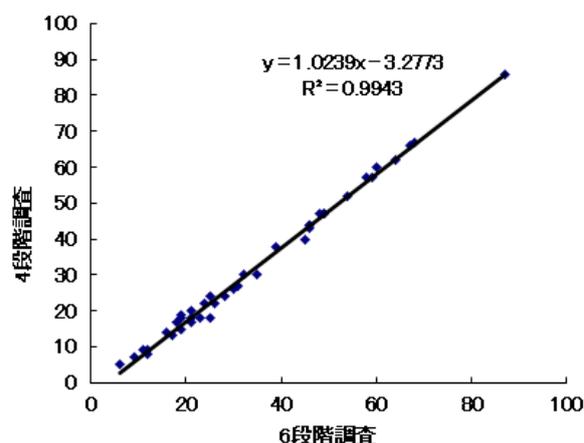


図-13 定点林における6段階と4段階の点数化した雄花着生量の関係(2020.12)

②-5) 球果着生状況の観測

各観測木について、雄花着生状況の調査と合わせて球果着生状況を調査した。球果着生状況は、樹冠に着生している球果の着生度を、3：上部の陽樹冠全体に着生しブドウの房状に垂れ下がる、2：上部の陽樹冠全体に着生、1：部分的に着生、0：着生なしの4段階に区分して記録した。球果着生度別の本数は、3が60本、2が179本、1が144本、0が17本となり、3と2が全体の約60%を占め前年よりもランク3が減少したもののランク2が増え、雄花同様の重みづけした点数(3→10点、2→5点、1→1点、0→0点)では前年と同程度であった。2020年開花シーズンは雄花の着生量が少なかったが、ランク3の割合は15.0%であった。単木ごとの雄花の着生度と球果着生ランクの相関係数は0.25と低い有意となった($p<0.01$, $n=400$, $d.f.=398$)。林分ごとの雄花と球果の着生度ランクの本数をデータとした相関係数は0.53で、有意な相関が認められた($p<0.01$, $n=160$, $d.f.=158$)。これらのことは、前年の着花が多く、球果が多い個体や林分は今年もよく着花していることとなり、連年的に着花が多い個体や林分がある可能性がある。

(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。また昨年度、第二東名高速道の工事の影響により1林分(26寄1)を近隣スギ林に変更した。

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、2019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(2020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、2020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(2020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・山田翼・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 0.1288m²）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、雄花数と雄花重量を測定した。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。

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、雄花数と雄花重量を測定した。なお、ダラム型の土・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

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、2020 年は 5,290 個/m²と、2019 年の 5,279 個/m²とほぼ同等の値であり、2 年続けて平均値（11,466 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った（ $r=0.70, p<0.01$, 図-2）が、2019 年 7、8 月の日照時間が 278 時間で平均（330 時間）を大きく下回り、雄花量も平均以下になったが回帰線を上回った（図-2 大丸）。これは、7 月は日照時間が短く雄花が少なくなる条件であったものの、平均気温はそれほど低下せず、8 月が猛暑であったためと考察される。

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 に示す。2019 年の自然着花の指数平均は 2.38 となり、前年の 2.24 と平均の 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

2020年春のスギの総花粉飛散量は、図-4に示すように9,685個/cm²となり、前年値10,870個/cm²及び平均値(15,997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、936個/cm²となり、前年値(1,740個/cm²)と平均値3,263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高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り、目視調査地も含め、今後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、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。

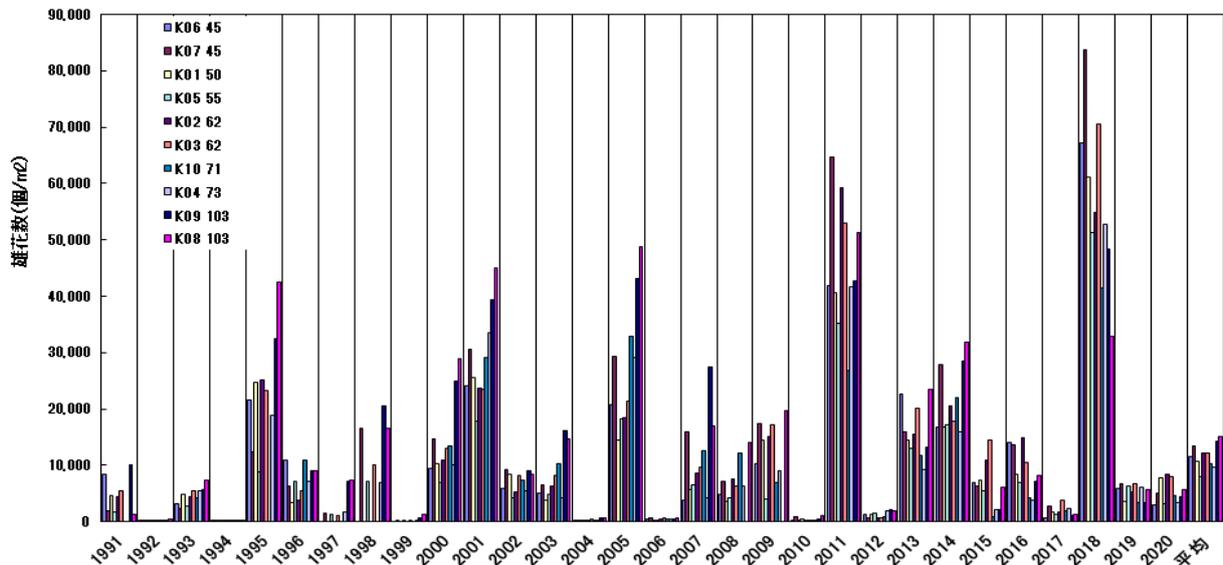


図-1 神奈川県小田原市におけるヒノキ雄花数の年次変動

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

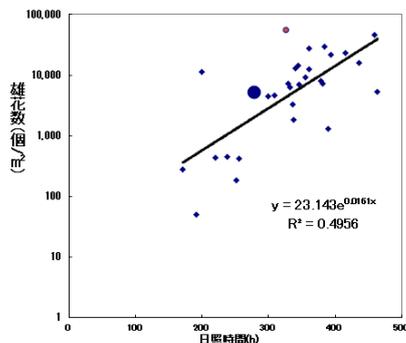


図-2 前年夏の日照時間と雄花数の関係

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 ($r=0.70, n=30, d. f.=28, p<0.01$), 大丸は2020年の雄花

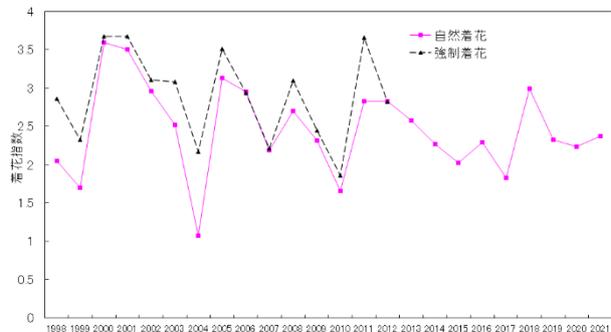


図-3 21世紀の森採種園の着花指数の年次変動

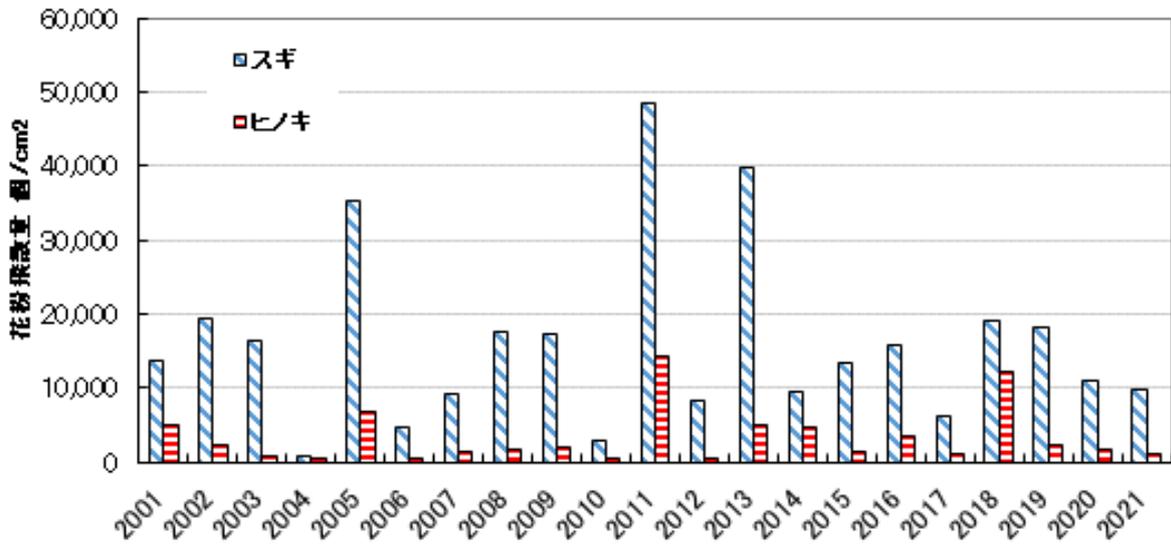


図-4 所内スギ林内のスギ・ヒノキの総花粉飛散量の年変化

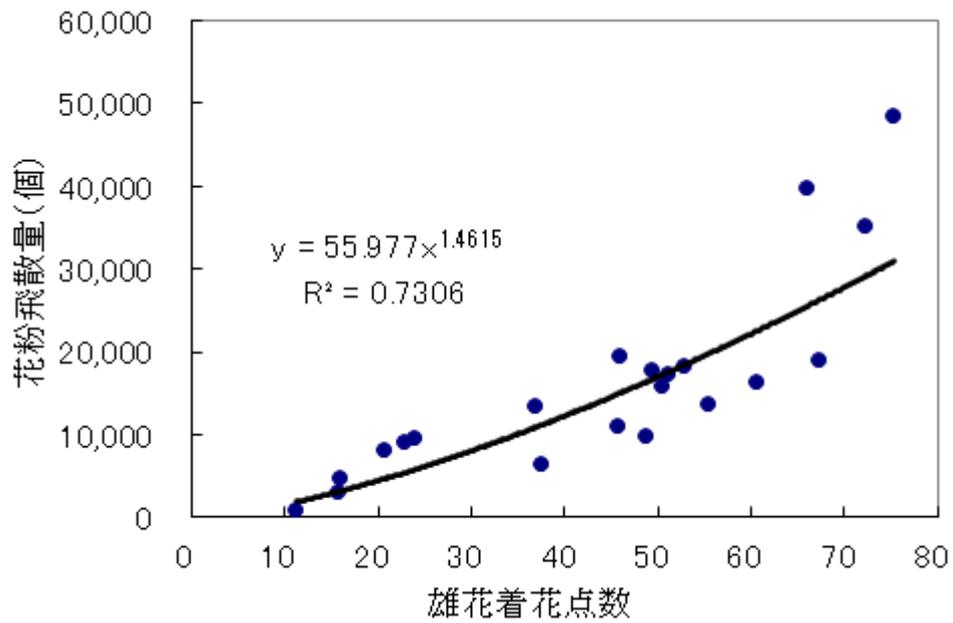


図-5 雄花着花点数と花粉飛散量(厚木市七沢)との関係
 (n=22) **:1%水準で有意

(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 菌類を活用したスギ花粉飛散防止技術の開発
(2) 研究期間 令和2年度
(3) 予算区分 シーズ探求型研究費（総合政策課）
(4) 担当者 齋藤央嗣・山田翼

(5) 目的

スギ花粉症は、神奈川県で有病率が4人に1人と推定され、国民病の一つといわれている。自然環境保全センターでは苗木の品種改良による花粉症対策の取組を先進的に進めている。しかし品種改良による対策は根本的であるが、現在のスギ・ヒノキ林を花粉対策の苗木に植え替えていくには長い時間が必要であることから、花粉飛散防止のための即時的な対策が求められている。一方国では、花粉症対策として品種改良とあわせて、菌類を活用した花粉飛散防止技術の検討が進められている。この技術は、子嚢菌の *Sydowia* 属の菌が雄花に感染すると花粉嚢に菌糸が蔓延し雄花の細胞が破壊され、花軸が伸長しないため、雄花が開花しなくなり、花粉が飛散しなくなること応用したものである。同属の菌は戦前に発見されていたが、無花粉スギ探索の過程で福島県内において再発見され（五十嵐・平・窪野 2006）、その後全国で発見されているが、神奈川県での発見の報告はない。そこで県内で *Sydowia* 属菌を発見し、それにより花粉飛散防止剤を作成し、スギ花粉の飛散防止に資することを目的とする。

(6) 方法

① 神奈川県内における *Sydowia* 属菌の探索

神奈川県内でこれまで報告のない *Sydowia* 属菌を探索するとともに、複数の *Sydowia* 属菌の感染スギ雄花の探索を行う。それにより、あわせて感染状況や感染スギ個体の頻度等の推定を目指す。

② 県内選抜の *Sydowia* 属菌によるスギ花粉飛散防止剤の作成

指導研究者の窪野らにより、*Sydowia* 属菌の分生子によるスギ花粉飛散防止剤がすでに開発されており（2014 特許登録）、神奈川県内で発見した候補株により *Sydowia* 属菌のスギ花粉飛散防止剤の生成を目指す。

③ スギ花粉飛散防止剤試験散布試験

生成したスギ花粉飛散防止剤をスギに散布し、その花粉飛散防止効果の実証試験を行う。散布スギ雄花の感染率及び、花粉飛散抑制効果を明らかにする。

(7) 結果の概要

① 神奈川県内における *Sydowia* 属菌の探索

神奈川県内でこれまで報告のない *Sydowia* 属菌の感染スギ雄花の探索を行なった。スギ林の多い県西部から湘南地区の森林を探索したところ、新たに22本の感染雄花序を確認した（図1）。この結果、前年の2個体を合わせると湯河原町から相模原市までの8市町24個体のスギから感染雄花が確認され、県内に広く分布していることが確認された（表1）。これらは、川沿いなどの湿ったところに生育するスギから多く発見され、山北町の四八瀬川流域など同一溪流の流域から複数の個体が確認されるなど、流域単位で広く分布し、再感染が起こっている可能性があると考えられた。

② 県内選抜の *Sydowia* 属菌によるスギ花粉飛散防止剤の作成

2019年9月の試行調査により発見した2個体から候補株の分離培養を森林総合研究所で実施し、同研究所が特許取得している *Sydowia* 属菌の分生子によるスギ花粉飛散防止剤を生成した。

③ スギ花粉飛散防止剤試験散布試験

生成したスギ花粉飛散防止剤をスギに散布し、その花粉飛散防止効果の実証試験を行なった。処理は自然環境保全センター内のスギ採穂園に定植された丹沢4号、丹沢8号、津久井2号の各精英樹3本を用いた。7月上旬にジベレリン協和100ppmを散布し、雄花の着花を促進した。11月に処理した3本のスギに対し、花粉飛散防止剤を分生子の濃度別に 10^6 個/ml処理区（以下、 10^6 個処理区）、 10^7 個/ml処理区（以下、 10^7 個処理区）、1本を対照区とし防止剤を散布した。処理区は各10本の処理枝、対照区に各5本の処理枝を設定した。3月上旬に処理枝に不織布の袋をかけ、3月下旬に処理区の各5枝について感染状況を調査した。

その結果、着花した雄花の感染率は 10^6 個処理区で8.4%、 10^7 個処理区で5.2%にとどまった（図-2）。この要因として今期は秋から年内に雄花が開花する秋開花の影響が処理個体に広く発生し、その割合が75%に達しており、花粉形成されず雄花に感染できなかった影響が考察されたため、秋開花を除いた感染率を求めたところ、 10^6 個処理区で45.5%、 10^7 個処理区で41.9%となった（図-3）。森林総合研究所で実施した今期の散布試験の結果でも2~5割程度の割合で、同様に低い割合であった（窪野ら、未発表）。ただし処理区内の標準偏差も大きく、秋飛散の割合に影響されていることから、再度確認の必要がある。

大雄山スギ林（県指定天然記念物）の南側の大雄川沿い、大雄山では駐車場に隣接するスギでも発見された。



図-1 新たに発見した *Sydowia* 菌に感染した雄花（南足柄市大雄町）

表-1 市町村別の *Sydowia* 菌を採取したスギ本数

採取年時	市町村	本数
2019	相模原市	2
2020	伊勢原市	1
2020	秦野市	1
2020	松田町	1
2020	山北町	5
2020	南足柄市	8
2020	小田原市	1
2020	湯河原町	5
計		24

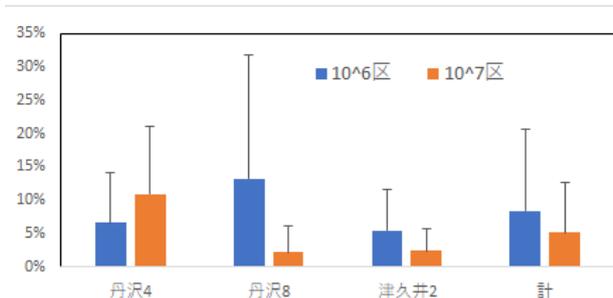


図-2 花粉飛散防止剤の散布による *Sydowia* 属菌の感染率（全体）

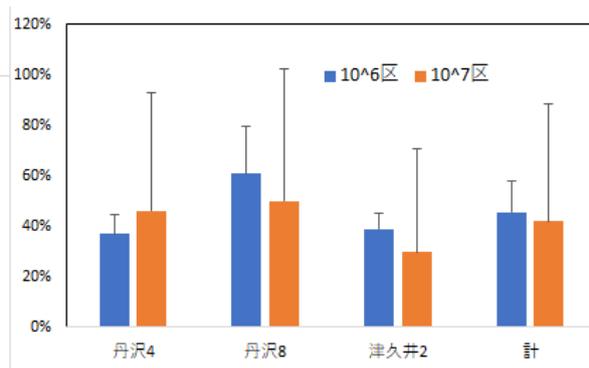


図-3 花粉飛散防止剤の散布による *Sydowia* 属菌の感染率（秋開花除く）

注) 棒はいずれも標準偏差を示す

(8) 今後の課題

今回の結果から、神奈川県産の *Sydowia* 属菌の花粉飛散防止剤で一定の感染、飛散防止効果が確認されたが、感染率が8割とされるこれまでの結果と比べ低率となった。今期の秋開花の影響が考察されたため、再度散布試験を行い、飛散抑制効果を確認する必要がある。

また、本格的な散布のためには、農薬登録の取得が必要となることから、その申請の前提として高い抑制効果を得ることが必要である。

(9) 成果の発表

なし

(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

2016 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。2017 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。2020 年度は 5 か所で調査した。現地調査はすべて新日本環境調査(株)に委託して行った。

(6) 方法

林分構造の調査では、下層植生の既設コードラート (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、胸高直径、樹高、樹冠長 (2 方向)、樹冠幅 (4 方向)、通直・枯損状況を測定・記録した。

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、7 月末から 11 月初旬まで 3 か月間稼働させた。

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	調査区数	調査項目				
								毎木調査	下層植生調査			シカ生息
									植生	更新木	光環境	
1	県央	H17-協-09	清川村宮ヶ瀬	425	スギ・ヒノキ	有り	2	1	20	20	10	2
2		H15-協-28	相模原市緑区小原	515	スギ・ヒノキ	無し	1	1	10	10	5	2
3	県西	H14-協-19	山北町向原	190	ヒノキ	無し	1	1	10	10	5	2
4		H17-立-01	小田原市久野	270	ヒノキ	無し	1	1	10	10	5	2
5		H17-立-02	小田原市久野	684	ヒノキ	無し	1	1	10	10	5	2

注 1) 毎木調査の数字は毎木調査区 (50m×50m 調査枠) 数を示す H17-協-09 は 30m×30m 調査枠と 40×40m 調査枠の 2 か所で 1 毎木調査区。

注 2) 植生及び更新木の数字は下層植生調査枠 (2m×2m 調査枠) 数。

注 3) 光環境の数字は全天空写真の撮影地点。

注 4) シカ生息の数字は設置するカメラの台数。

(7) 結果の概要

林床植生の植被率は、いずれも低木層が認められたが、H17-立-01 を除く 4 試験区の植被率はわずかであった。草本層の植被率は、平均で 32～62% であった。地上高 1m での平均開空度は 4%～10% の範囲にあった。

樹高階分布は (山北町向原、小田原市久野及び相模原市小原) 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。とくに小田原市久野は、草本層と低木層の植被率が平均で 30% を超えており、階層構造の発達が進んでいることが示された。

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、「山

北町向原」が最多で73回/200カメラ・日、箱根外輪山地区に位置する小田原市久野でも24回/194カメラ・日であった。

2017年度以降の調査結果から、調査した20地点のうち10地点では調査本数（樹高1.5m以上）の半数以上は、低木層を中心とした広葉樹（広葉樹その他）が占め、混交林化が進みつつあると考えられた。スギ、ヒノキの立木密度は376～960本/haと調査地によってばらつきがみられ、間伐がまだ不十分な林分がある。

階層構造の発達に関しては、調査地の大半でシロダモやアラカシなどが生育する低木層が認められ、現時点では、階層構造の十分な混交林への遷移初期段階のものがほとんどだが、一部の調査地では亜高木層が形成されつつある。

各調査地の草本層の植被率は0.5～97.0%で、試験区によってばらつきがあり、2時点でも下層植生を比較すると、シカの多寡にかかわらず植被率は増加したが、初回の整備から時間が経過すると頭打ちになる傾向があった。

表-2 調査結果の概要

場所	契約地No.	柵内外	スギ・ヒノキ成立本数 (haあたり)	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
清川村宮ヶ瀬	H17-協-09	外	808	0.0	0.0	39.0	10.2	19	200
		内		16.5	16.7	60.5	16.5		
相模原市緑区小原	H15-協-28	外	616	0.0	0.0	54.5	12.5	3	202
山北町向原	H14-協-19	外	516	0.0	0.0	44.5	22.1	73	196
小田原市久野	H17-立-01	外	616	46.0	30.1	31.5	13.0	10	196
小田原市久野	H17-立-02	外	656	0.0	0.0	56.5	15.2	24	194

注1) 各試験区には2m×2m 枠を10個配置

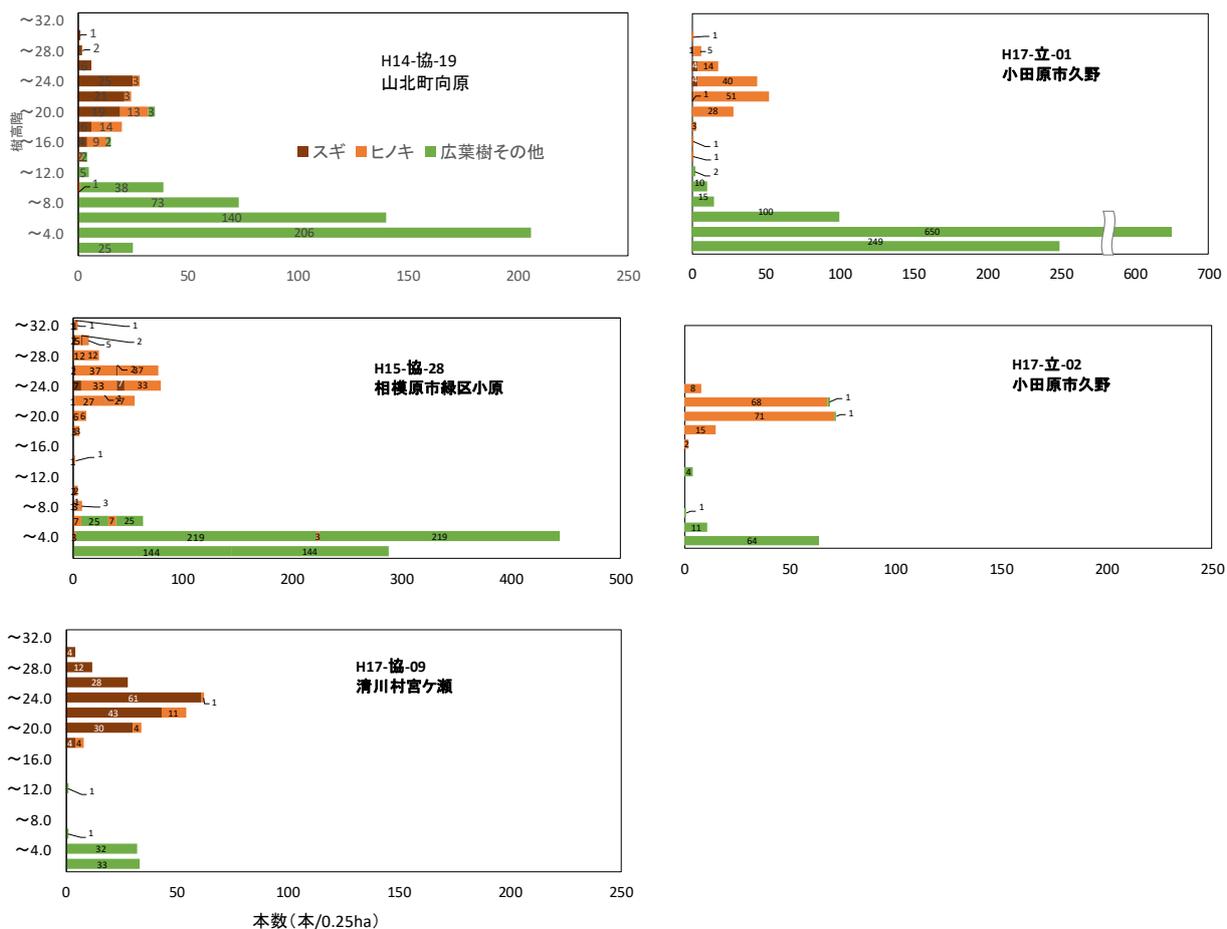


図-1 調査した5か所の樹高階分布

(8) 課題

継続的に5年程度の間隔で追跡調査を行い、成立本数、低木層の発達状況などを指標として、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 谷脇 徹・大内一郎・三橋正敏・増子和敬

(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、カシナガの生息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、2020年はそのうちの3地点で誘引トラップを用いたカシナガ生息状況モニタリング調査を行った。

(6) 方法

調査地は、2018年と2019年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、2020年は21世紀の森、高麗山、札掛森の家とした。調査期間は4月下旬か5月上旬～11月上旬とした。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、その他の地点で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(表-1、図-2)

カシナガは5月から11月の回収時まで捕獲され、およそ半年間にわたり発生していることが確認された。全調査地における初発日は3年間で5/21～30(いずれも高麗山)となった。

捕獲消長は地点によって異なり、高麗山(標高168m)では捕獲の開始が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、21世紀の森(標高550m)と札掛森の家(標高480m)では両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。カシナガの発生時期は標高差等に起因する気温条件の違いによって異なると考えられた。

高麗山では捕獲数のピークが10月にも認められた。カシナガには部分的に春と秋に発生する年二化の生態があるため、10月の捕獲ピークには、早い時期に穿孔してその年の秋のうちに羽化・脱出してきた個体が含まれている可能性がある。

自然環境保全センターと横浜川崎地区農政事務所では捕獲数が少ないか全く捕獲されず、捕獲消長は明らかではなかった。

② 捕獲数の経年変化（図-3）

神奈川県において、2015年以前は、「神奈川昆虫誌」や「丹沢大山動植物目録」等においてカシナガの採集記録はなく、フェロモントラップでもカシナガの捕獲数はゼロであった。高麗山では、被害発生前の2016年（県内初確認）から捕獲が始まり、捕獲数は被害の接近に伴って増加し、トラップ設置場所で被害が発生した2020年に急増した。21世紀の森や札掛森の家においても、被害の接近に伴って捕獲数が増加する傾向が認められた。

(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）

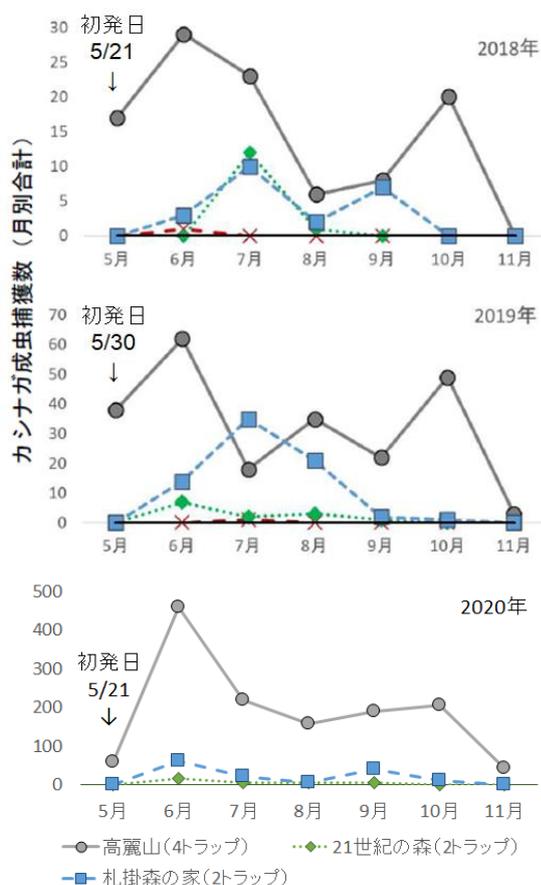


図-2 月ごとのカシナガ捕獲消長

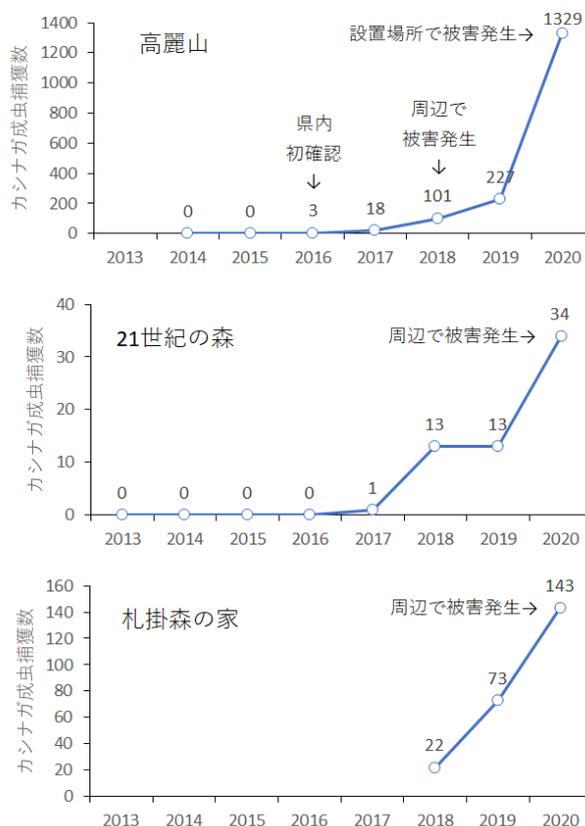


図-3 カシナガ捕獲数の経年変化

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)								
保全C	0	1	0	0	0	0	0	1
21Cの森	0	0	12	1	0	0	0	13
高麗山	17	29	23	6	8	20	0	103
札掛森の家	0	3	10	2	7	0	0	22
横川事務所	0	0	0	0	0	0	0	0
2019年(調査期間:4/25~11/5)								
保全C	0	0	1	0	0	0	0	1
21Cの森	0	7	2	3	1	0	0	13
高麗山	38	62	18	35	22	49	3	227
札掛森の家	0	14	35	21	2	1	0	73
横川事務所	0	0	0	0	0	0	0	0
2020年(調査期間:4/27~11/5)								
21Cの森	0	16	5	7	6	0	0	34
高麗山	58	458	219	157	190	205	42	1,329
札掛森の家	0	62	23	5	41	12	0	143

(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 Aa 林床植生評価における VR 活用手法の検討
- (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
- (4) 担当者 山根 正伸・雨宮 有・鈴木 透

(5) 目的

シカ密度低減化における生物多様性回復指標の一つとして、植生回復の指標となる土壤露出割合や植被率がある。これらの指標の評価は、現地での目視判定やデジタルカメラで撮影した画像の色情報を用いて画像編集ソフトより半自動計測する方法などがある。

VR 画像は撮影地点の 360 度画像が取得でき、画像に含まれる情報が通常のカメラ画像より多く、環境のアーカイブ画像としての利活用や各種環境情報を取得することができ、植生回復状況の記録に有効と考えられる。また、GPS 機能を搭載した VR 器材を使用することで、撮影条件、撮影時間などの撮影画像情報 (exif 情報) に加えて GPS による撮影位置情報も記録され、撮影地点や画像から得た情報を地図化することが比較的容易である。

そこで、今年度は、VR 画像を林床植生環境のモニタリングに活用するという観点で、exif 情報を取得しつつ、あわせて、撮影地点付近の林床被覆度、具体的には植被率、土壤露出度を計測する方法について検討した。

(6) 研究方法

① 調査地

植被率や土壤露出度などの林床状態の測定等を目的とした各種モニタリング調査で写真記録が行われている丹沢山地の堂平地区とした。

② 使用機材および撮影方法

使用機材は GoProMAX (GoPro 社製) で、2020 年 8 月 19 日に、堂平地区の野ネズミ捕獲地点 50 地点で高さ 2m から 50 枚の VR 画像 (360 度画像) を撮影した。撮影は、野ネズミ捕獲調査用のシャーマントラップ設置地点で行った。

また、デジタル画像からの林床被覆率の計測について、後述する方法と画像編集ソフト (Photoshop) を用いた方法の計測値の比較を行うため、今回堂平地区の土壤流出対策工施工地 30 地点でデジタルカメラを用いて垂直下向き写真を 40 枚撮影した。

③ VR 画像の切り出し手順及び方法

VR 画像に記録されている exif 情報から、ファイル名、撮影日時、撮影地点の位置 (緯度経度) を読み取り、テキストファイルを出力した。また、360 度画像は円筒正距法による画像データであるため、周囲の環境のリフレクションを表現する正方形テクスチャが 6 枚で一組になったキューブマップ (Cubemap: ワールド軸の各方向 (上・下・左・右・前・後) の景観画像) および、ある仰角で平面投影する画像 (撮影地点の足元の東西南北方向) に変換・切り出しする画像処理方法をまず検討し、半自動処理のプログラムを作成した。

④ 切り出した VR 画像からの林床被覆率の計測方法

次に切り出し画像の RGB 情報を用いて、一定の基準で画素情報を二値化し土壤被覆率と植被率を計測する方法と処理プログラムを作成した。

(7) 結果の概要

① VR 画像の切り出し手順及び方法

VR 画像の切り出し処理は、Python 言語 (ver. 3.8) を用いて、既存例を参考にしつつ、処理プログラムを作成した。

まず、exif 情報をファイル出力する処理プログラムは、VR 画像ファイルの exif 情報を読み取り、画像に付加されている TAG 情報から、ファイル名、撮影日時および緯度経度情報を取り出し、テキストファイルに出力した。次に、VR 画像から Cubemap と平面画像を切り出す処理を、Python プログラムとして公表されている convert360.py (<https://github.com/sunset1995/py360convert/blob/master/README.md>) を使用して、変換方式、入出力ファイル、変換処理条件 (出力画像のサイズ、平面画像の場合は、切り出し位置) のパラメータ値を指定してバッチ処理により行えるプログラムを作成した。

さらに、VR 画像 (Equirectangular) から平面画像の出力処理において、足元 4 方向の近似平面画像が切り出されるようにした。実際の処理では、VR 画像をフォルダにまとめて格納して、バッチ処理で連続処理を実行し、切り出し画像ファイルを、VR 画像を格納フォルダ下のフォルダに出力するかたちの連続処理を行えるようにした。

② 切り出した VR 画像からの林床被覆率の計測方法

②-1) 植被率の計測処理

植被率は、画像の色情報を植被 (緑色) とその他に二値化しその割合を求めることで算出した。緑色は RGB 色空間から変換できる HSV 値の H 値の範囲 75-125 が適当と考えられたので、この範囲値を植被として採用し、植被部分を二値化しその面積を求める Python 言語によるプログラム) を作成した。

②-2) 土壌露出率の計測処理

先に記載した HSV 色空間を利用して土色 (土壌) を検出する場合は、明るさを示す V の値だけに着目すればよく、 $0 \leq H \leq 80$ 前後の範囲内の値において土色となる。そこで、上記の HSV 空間を利用した緑空間のプログラムの一部を変更して、二値化画像を得て、土壌露出率を求めた。

②-3) 林床被覆率の出力

林床被覆率の計測は、上記の植被割割合計測で得た植被割合 (a%) と、土壌露出割合 (b%) の結果から、その他 (リター等) 被覆率 ($c\% = 100 - a - b$) を求め、ファイル名とともに出力した。なお、足元を切り出した平面画像には、撮影者の頭や腕などが映り込んでいるので、二値化する範囲を上下左右 20% トリミング処理して二値化画像を作り、面積割合の算出を行うよう改良した。

③ 現地目視判定と VR 画像を用いた判定結果の比較

堂平地区の土壌流出対策施工地 40 枚の画像を用いた、画像編集ソフト (Photoshop) を用いた方法の計測値と今回示した計測法による植被率測定値を比較すると、今回用いた方法の計測値がやや過大に判定されているが、両値は有意な相関が認められおおむね一致した (図-3、 $r=0.91$, $p < 0.001$)。リター被覆率の計測法は従来法とおおむね一致していた ($r=0.90$, $p < 0.001$)。

野ネズミ捕獲地点 50 地点の被覆率を、現地での目視判定値と VR 画像からの測定値を比較すると、目視がやや過大に判定されているが、両値は有意な相関が認められた ($r=0.78$, $p < 0.001$) (図-4)。目視が過大判定となる理由としては、目視判定が 5% 刻みであること、土壌露出部分が過少に評価されるためと考えられた。

以上から、VR 画像からの計測法は目視やデジタルカメラ画像を用いた計測法に代わる手法として問題ないと考えられる。

(8) 課題

植被率及び土壌露出割合の算出の精度向上や、操作の簡略化などを行い、モニタリングツールとしての品質を向上させる。

(9) 成果の発表
なし

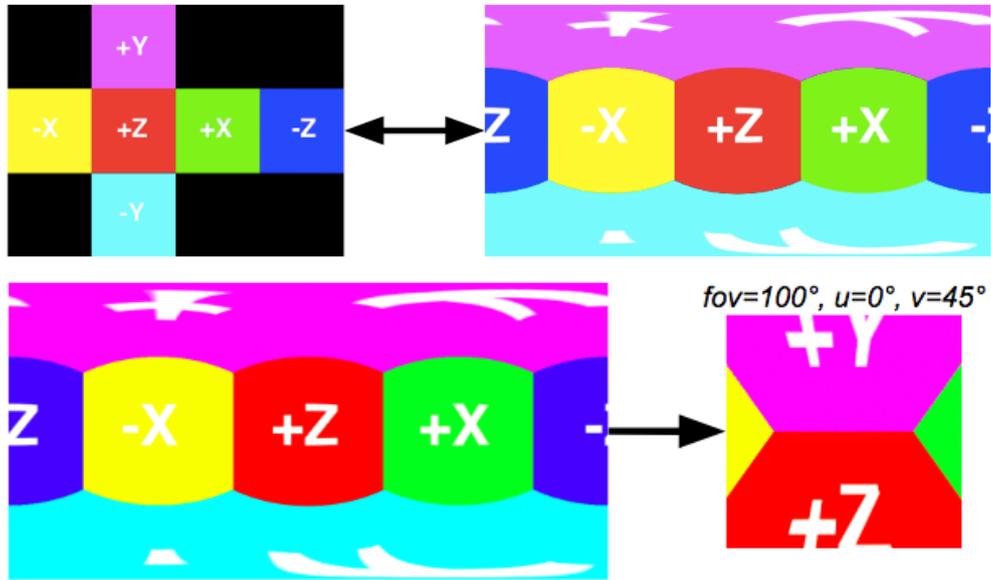


図-1 360度画像から Cubemap への変換（上）、360度画像から平面画像への変換（下）の例

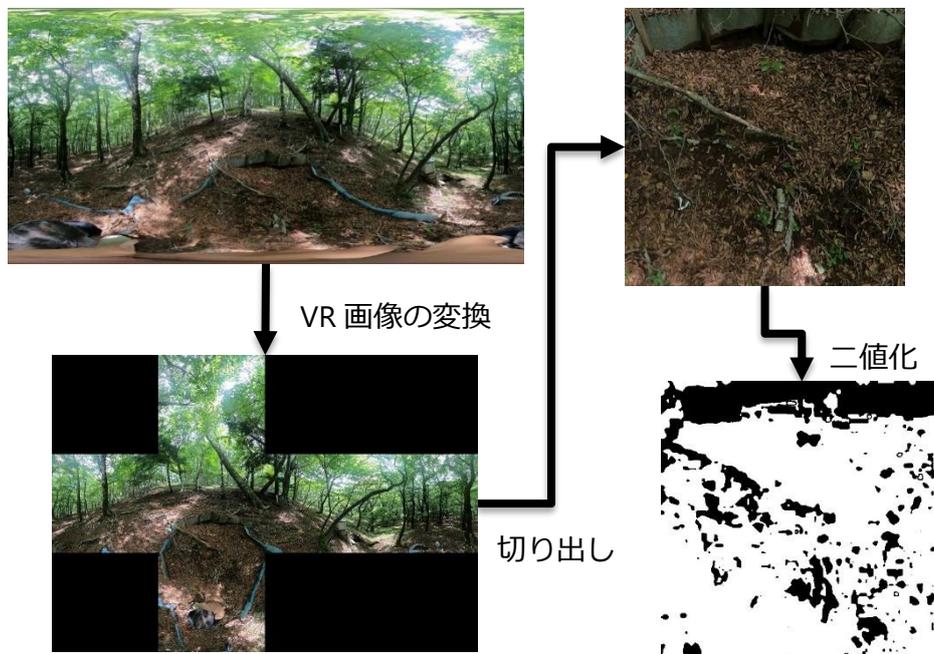


図-2 処理の流れ（画像では黒が植被）

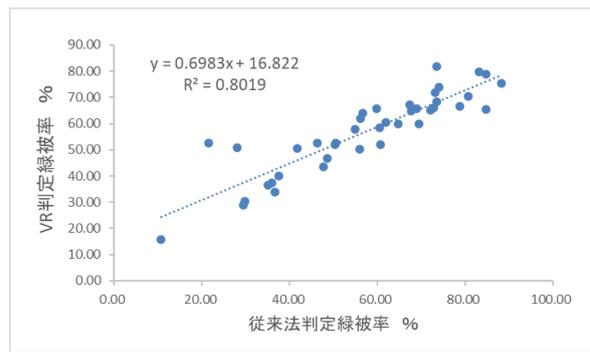
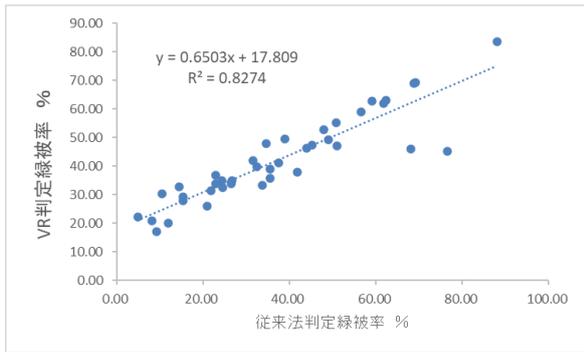


図-3 堂平地区の土壌流出対策工施工地での画像編集ソフトを用いた計測値と今回用いた計測法の測定値の比較
左：植被率 右：リター被覆率

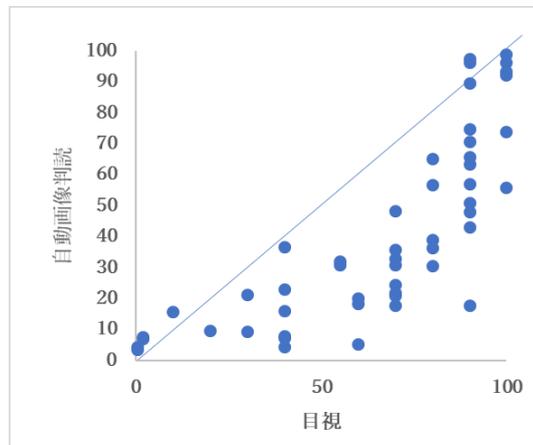


図-4 野ネズミ捕獲地点での植被率に関する目視判定とVR画像処理判定値の関係