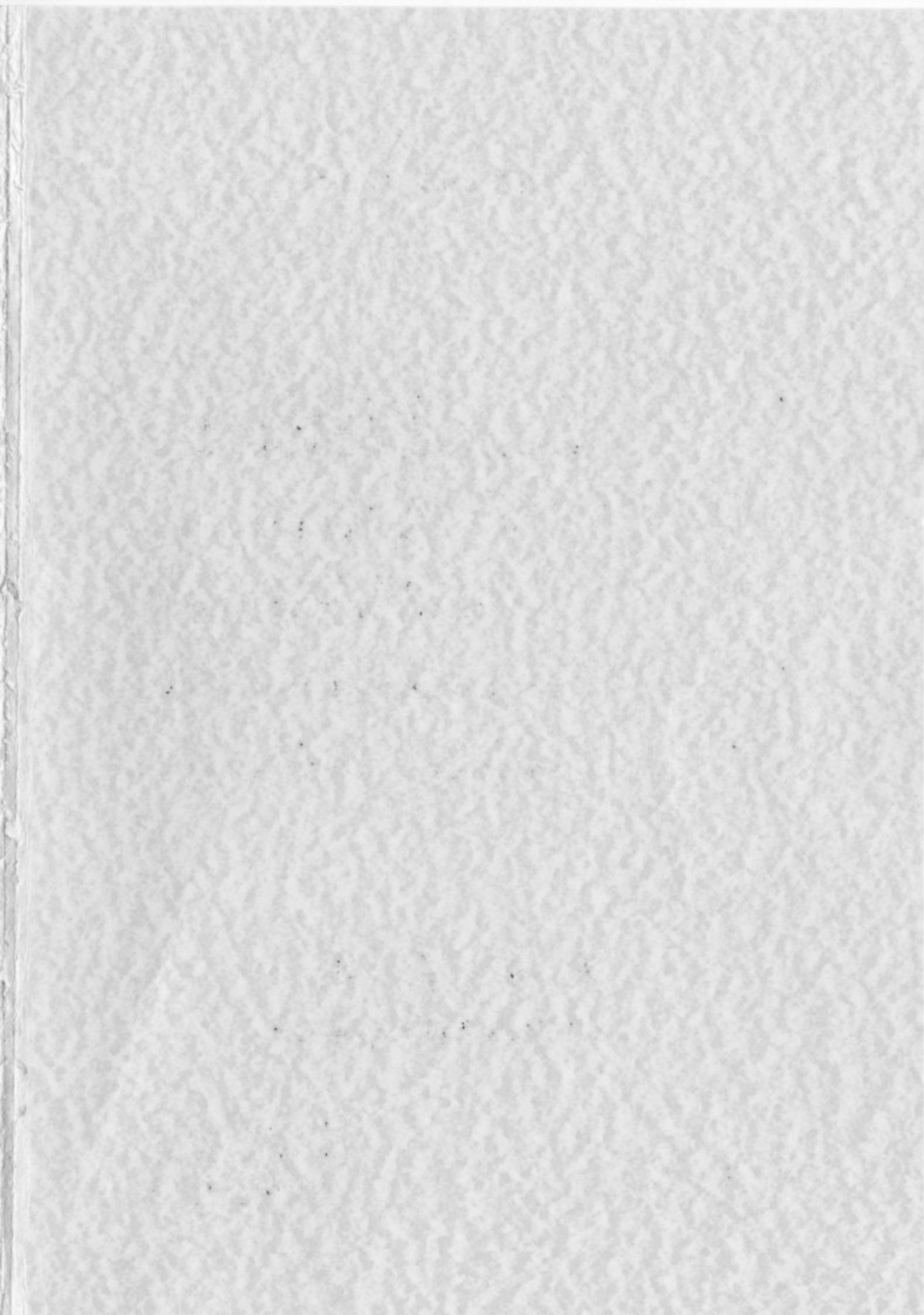


福岡県森林林業技術センター
研究報告

第10号

2009年3月

- 福岡県二丈町におけるイノシシの季節移動の一例
池田 浩一・桑野 泰光・仲谷 淳・・・・・・・・・・・・・・・・ 1~3
- 力学モデルを用いた風害の危険度評価に関する研究
茅島 信行・佐々木 重行・・・・・・・・・・・・・・・・ 4~10
- 福岡県における手入れ不足人工林の実態について
桑野 泰光・榎崎 康二・橋川 ひろみ・佐々木 重行・・・・・・・・ 11~16
- 京築ヒノキの品種化に関する研究
秋山 真孝・森 康浩・宮原 文彦・・・・・・・・・・・・・・・・ 17~22
- 診断キットを用いたキノコ栽培の害菌被害回避法の開発
—清掃効果の評価方法に関する研究—
谷崎 ゆふ・川端 良夫・・・・・・・・・・・・・・・・ 23~26



福岡県二丈町におけるイノシシの季節移動の一例¹⁾池田浩一・桑野泰光・仲谷 淳²⁾A record on seasonal movement of wild boar (*Sus scrofa*) in Nijo, Fukuoka Prefecture

Koichi IKEDA・Yasumitsu KUWANO・Jun NAKATANI

池田浩一・桑野泰光・仲谷 淳：福岡県二丈町におけるイノシシの季節移動の一例 福岡県森林研報 10：1～3, 2009 被害発生地である福岡県二丈町鹿家において、放獣時2才と推定されたオスの行動様式をテレメトリ法により明らかにした。その結果、2006年6月から2007年10月まで1か月ごとに昼間の位置を調べたところ、季節移動は少なく、行動圏面積は8.9haであることが明らかになった。また、2007年5月22日と8月20日に1時間ごとの位置測定をしたところ、両月とも夜間に山裾の森林や耕作地、耕作放棄地で活動していたことが明らかになった。
キーワード：ニホンイノシシ、季節移動、日周期行動、テレメトリ法

1. はじめに

福岡県ではイノシシによる農作物被害が県内各地で発生し、2006年(平成17年)の被害金額は6億8百万円に達した。捕獲の促進や電気柵、金網柵などによる防護など様々な対策により、2008年(平成19年)の被害金額は4億5千万円に減少しているが、被害の恒常的な発生、被害発生地の拡大など依然深刻な問題となっている。

イノシシ同様、農林業に深刻な被害を及ぼしているシカについては各地で様々な調査が行われ、地域によって行動様式や食性、被害形態が異なり(丸山, 1981; 高槻, 1992; 金森, 1993), 被害防除にあたってはこのような地域性に留意する必要があることが指摘されている(小泉, 2002)。しかし、イノシシについては全国的にもデータの蓄積が少なく、特に、本県をはじめ九州ではほとんどない(自然環境研究センター, 1999)。

そこで、被害発生地においてテレメトリ法を用いたイノシシの行動特性調査を行い、1頭ではあるが16か月にわたり継続して位置を測定できたので報告する。

II. 調査地および調査方法

調査地は福岡県西部の二丈町鹿家で、脊振山地西

端の十防(とんぼう)山(標高535m)の北側に位置し、北から西にかけては玄界灘に面している(図-1)。山地のほとんどはスギ・ヒノキの人工林で、標高250m以下ではミカン類を中心とした果樹園が広がっている。

この地域は、脊振山地東部からの分布拡大に伴って昭和50年代以降にイノシシが生息するようになった、県内では比較的新しいイノシシの分布域である(池田, 2007)。調査地を含む1/2.5万地形図を4等分した区画(約5km四方)内の狩猟と有害捕獲を合計したイノシシの捕獲数は、2005, 2006年度には年間200頭を超え、県内でも捕獲数の多い地域となっている。また、捕獲は主に箱わなで行われており、銃器は少ない。

調査に伴う捕獲は学術捕獲許可を受けて行い、



図-1. 調査地の位置

1) 本研究は、福岡県水産林務部緑化推進課委託調査「有害鳥獣対策調査(平成18年度)」および県単研究課題「野生鳥獣に関する研究(平成19年度)」の中で実施した。

2) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター

2006年6月20日にオス1頭(体重65kg)を捕獲した。捕獲した個体は麻酔保定し、外部計測後、耳標型発信機(ATSS社製)を装着し、その場で放獣した。

放獣した個体の追跡調査は、放獣後から2006年9月と2007年2月を除き、2007年10月まで毎月1~3回日中に行った。また、2007年5月22日9時から翌23日8時までと8月20日9時から翌21日8時までには、1時間間隔で行った。イノシシの位置は、八重洲無線製受信機(FT-817)と八木アンテナを用い、3地点からの信号の方向が交差した図形の重心とした。イノシシの移動距離と行動圏面積は、MapSource ver. 6.4 (Garmin Inc.)により計測した。

なお、この個体は2007年11月16日に初回捕獲時と同一箱わなで再捕獲されて殺処理された。再捕獲時の歯の状態を調べたところ、林ほか(1977)によるイノシシの歯牙の萌出と咬耗による年齢判定に基づき、再捕獲時が3.5才、放獣時が2才と推定された。

III. 結果

(1) 季節移動

調査期間中、2007年1月を除く調査月全てで位置を推定できた。月別の位置を図-2に示す。再捕獲時には発信機が折損し脱落していたが、2007年9月と10月に測定された位置は明らかに異なっていた。このことから、2007年9月の調査時まで発信機はイノシシに装着されていたと判断した。なお、脱落した発信機は、再捕獲地点近くのみカン園に隣接する常緑広葉樹林で発見された。回収地点のそばにはヌタ場があり、発信機を装着する部材が劣化し、泥浴びによって折損したのではないかと考えられた。

1か月あたりの移動距離は11~246mと短く、特

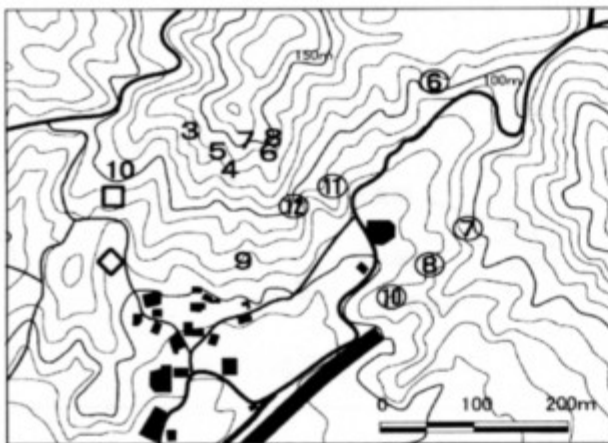


図-2. 月別の推定位置

丸数字は2006年、数字は2007年の月を、◇は放獣・再捕獲地を、□は発信機回収地を、■は建物を示す。

に、2007年4月から6月は11~42mであった。また、最外郭法で推定された調査期間中の行動圏面積は8.9haであった。調査個体がいた環境は、2006年7月から10月にかけては北向き斜面の竹林や広葉樹林、11月、12月は南向き斜面のシイ・カシ林であった。2007年3月以降は標高175mの山頂直下の南向き斜面のシイ・カシ林に集中していたが、2007年9月は里地に近い竹林であった。

(2) 1日の行動範囲

調査個体の5月22日および8月20日から翌朝までの1時間ごとの位置を、それぞれ図-3, 4に示す。8月20日は11時のみ位置を測定できなかった。最外郭法で推定される1日の行動範囲は、5月が1.8ha、8月が4.5haであった。日没約1時間後の20時から日の出約1時間前の5時までを「夜間」、それ以外を「昼間」と区分すると、夜間は5月、8月とも山裾に位置していた。しかし、昼間は5月は山頂直下から山裾にかけて位置していたが、8月は山の中腹から山頂直下に位置していた。いずれの月も夜間利用した位置の多くは、耕作地や耕作放棄地、竹林、ミカン園、手入れされていないミカン園であった。このうち耕作放棄地、竹林、手入れされていないミカン園には、1年を通してイノシシによる土の掘り起こし痕がみられた。一方、昼間利用した位置の多くは、いずれの月もシイ・カシ林、スギ林、竹林であった。

1時間ごとの移動距離(平均±標準偏差)は、5月が 55.3 ± 37.9 m、8月が 65.3 ± 41.5 mで、両月で差はなかった(Mann-WhitneyのU検定、 $p=0.613$)。また、夜間の移動距離は5月が 66.4 ± 35.1 m、8月が 72.5 ± 51.3 mで、昼間の5月の 48.6 ± 39.1 m、8月の 60.3 ± 34.4 mと比べて、いずれの月でも夜間と昼間で1時間ごとの移動距離に差はみられなかった(Mann-WhitneyのU検定、5月; $p=0.270$ 、8月; $p=0.570$)。

IV. 考察

発信機装着時2才と推定されるオスの行動について、断片的ではあるが約16か月間にわたり追跡できた。その結果、行動圏面積は8.9haで、島根県(小寺ほか、2006)や千葉県(房総のシカ調査会、2001)の行動圏面積(81.4~429.0ha)に比べ狭かった。小寺ほか(2006)は、生息地内に餌や水などの資源が十分であればイノシシの行動圏面積は縮小することを報告している。今回調査したイノシシの行動圏には、広葉樹林や竹林、果樹園、耕作地、耕作放棄地がモザイク状に配

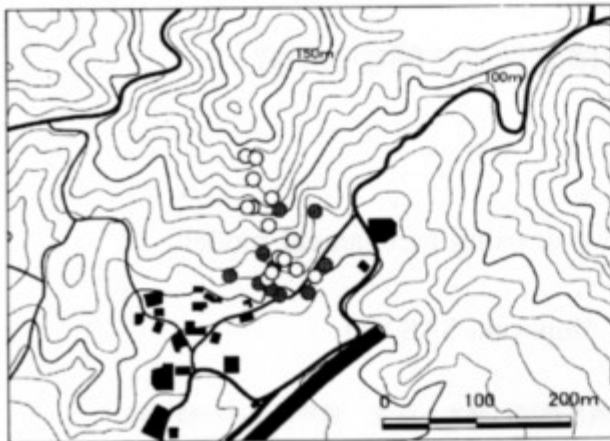


図-3. 2007年5月22日 (9:00) ~5月23日 (8:00) の1時間ごとの推定位置
○は6~19時, ●は20~5時の位置を, ■は建物を示す。

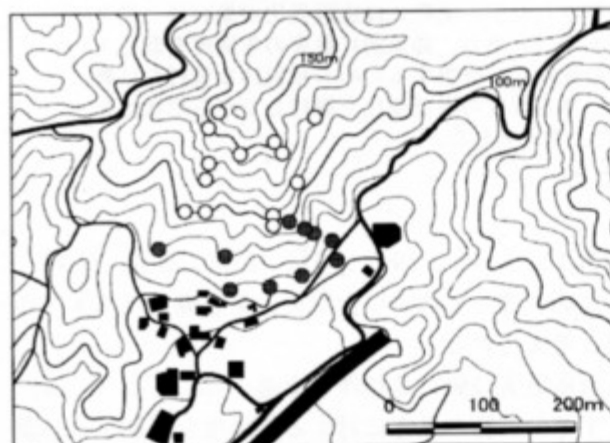


図-4. 2007年8月20日 (9:00) ~8月21日 (8:00) の1時間ごとの推定位置
○は6~19時, ●は20~5時の位置を, ■は建物を示す。

置され、それぞれの境界の多くにはメダケが帯状に生育しており、イノシシにとっての餌場や隠れ場が豊富であることが推測された。また、この地域では捕獲がほとんど箱わなで行われているため、イノシシは猟犬に追われることが少ない。このような好適な生息地とイノシシへの人的攪乱の少なさが行動圏を小さくしていると考えられた。

1日の行動は、5月は昼間でも山裾に移動していた時間があるものの、5月、8月とも昼間は山中の林地内で活動し、夜間に山裾へ移動していた。このような夜間における移動は、千葉県房総半島でも報告されている(房総のシカ調査会, 2001)。

昼間と夜間の移動距離に差がみられないことから、イノシシが昼夜とも活動している可能性が高い。調査地では昼間の調査時にイノシシを目撃することがあり、昼間の活動は調査した個体特有の習性では

なく、この地域のイノシシに普通にみられる行動と考えられた。イノシシが昼間に活動することは、他の地域でも知られている(仲谷, 2001; 小寺ほか, 2006)。

今回調査した地域は、捕獲のほとんどが箱わなで行われ、捕獲数が県内でも多くイノシシの生息密度が高い地域であり、このような生息環境の特徴がイノシシの行動特性に反映しているものと思われる。県内におけるイノシシの生息環境は多様であるため、それぞれの地域に適したイノシシの被害対策を考えるためには、今後様々な環境条件下で調査する必要がある。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、福岡県猟友会、二丈町、福岡県福岡農林事務所のご協力をいただいた。厚く感謝します。

引用文献

- 房総のシカ調査会(2001)千葉県イノシシ・キョン管理対策調査報告書 1.千葉県環境生活部自然保護課・房総のシカ調査会, 95pp.
- 林 良博・西田隆雄・望月公子・瀬田季茂(1977)日本産イノシシの歯牙による年令と性の判定. 日獣誌 39, 165-174.
- 池田浩一(2007)福岡県におけるイノシシ, シカの生息状況と被害対策. 福岡の果樹 42(9), 30-32.
- 金森弘樹(1993)増えるニホンジカの林業被害. 現代林業 9:6-11.
- 小寺祐二・長妻武宏・澤田誠吾・金森弘樹(2006)有害鳥獣(イノシシ)行動特性実態調査事業報告書. 島根県中山間地域研究センター・島根県農林水産部森林整備課鳥獣対策室, 28pp.
- 小泉 透(2002)ニホンジカ.(森林をまもる-森林防疫研究50年の成果と今後の展望-, 493pp. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京). 315-324.
- 丸山直樹(1981)ニホンジカ *Cervus nippon* Temminckの季節的移動と集合様式に関する研究. 東京農工大学農学部学術報告 23:1-85.
- 仲谷 淳(2001)知られざるイノシシの生態と社会.(イノシシと人間. 高橋春成編, 406pp. 古今書院, 東京). 200-220.
- 自然環境研究センター(1999)平成10年度有害鳥獣生息調査報告書(佐賀県委託調査). 63pp.
- 高槻成紀(1992)北に生きるシカたち シカ, ササそして雪をめぐる生態学. 262pp, どうぶつ社, 東京.

力学モデルを用いた風害の危険度評価に関する研究

茅島 信行・佐々木 重行

Study on evaluation of wind damage risk using mechanical model

Nobuyuki KAYASHIMA, Shigeyuki SASAKI

茅島信行・佐々木重行：力学モデルを用いた風害の危険度評価に関する研究 福岡県森林研報 10：4～10, 2009 近年我が国では台風による森林被害が急増しているため台風災害に強い森林作りが急務となっている。本研究ではスギ試験林において毎木調査を行い、外部形態のみを指標とした単木としての簡易な力学モデルを用いて、根返りや幹折れといった風害の危険度と形状比や樹冠長比の関係について評価検討した。その結果、風害の危険度は形状比の指数乗に比例し、形状比によって定量的に風害の危険度を評価できる可能性が示されたとともに、根返りよりも幹折れの方が形状比の影響を受けやすいことが分かった。枝打ちを行ったと仮定してシミュレーションを行った結果、幹折れ危険度はほとんど変化しないが、根返り危険度は改善されるということが示唆されたが、実際には樹冠長比が高いほど風害の危険度は低く、樹冠長比と形状比の間にも負の相関があることから、結果的に風害の危険度を低くするためには樹冠長比を高くすることが重要であり、風害の危険度を改善するための積極的な枝打ちは薦められない。従って、風害の危険度を低くするためには、ある程度の樹冠長比を維持しながら形状比を低く抑え、枯れ上がった枝は速やかに落とすことが重要だと考えられた。

キーワード：風害、力学モデル、危険度、形状比、樹冠長比

1. はじめに

近年木材価格の低迷などから伐期が延長される長伐期林分や、手入れの遅れた過密林分が増えている。長伐期林分の増加からは、台風災害に遭遇する頻度が高まること、また手入れの遅れた過密林分の増加からは、形状比の増加により台風による被害を受けやすい林分が増加する(櫻山ほか, 1974)ことが危惧される。実際、福岡県においては、1990年代以降森林における気象災害の中でも、主に台風によるものと見られる風水害の被害が急増しており(図-1)、台風災害に強い森林作りが急務となっている。

福岡県における最大瞬間風速50m/sを超える強風の再来周期が70年～80年(齊藤・小南, 2004)との報告や、台風が日本に上陸する季節が昔より長くなってきており、日本に接近する進路を取る台風が増加している(村山, 2006)との報告より、長伐期施業を行えば植栽木は、植栽から主伐までの間に少なくとも1回以上は林業に大きな被害をもたらす台風災害に遭遇する危険性があると考えられる。また台風災害は特に林齢25年頃から50～60年を中心とした壮齢林における被害率が大きい(櫻山ほか,

1974; 宮本ほか, 1992; 中尾, 1993; 藤森, 2006)、長伐期に関しては特に台風災害を意識した施業が必要と考えられる。

台風災害に強い森林作りを進めるにあたっては、まずその森林の風害に対する危険度を評価する必要がある。しかしながら風害の物理メカニズムは複雑

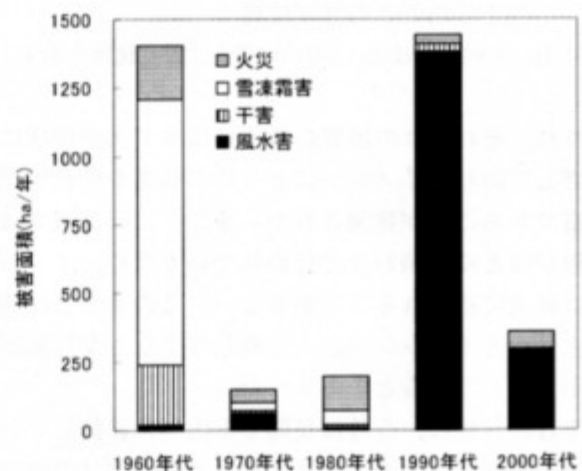


図-1. 福岡県の森林気象災害における年代毎の平均被害面積

(福岡県林業統計要覧 昭和42年度～平成18年度)

1) 本研究は、県単研究課題「森林の気象災害に関する研究」により、平成19年度～20年度に実施したものである。なお、報告の内容については九州森林研究(61)に発表した(茅島・佐々木, 2008)。

であり(檜山ほか, 1974; 森岡ほか, 1991; 中尾1993, ; 野々田ほか, 1993・2004), 風害の危険度を評価するために必要な立木の樹幹の曲げ強度や根系の強さを測定することは容易ではない。

一方で風害に対する危険度の指標として形状比が取り上げられることが多いが, 形状比だけでは樹冠形状や, 樹幹・根系の強さなどが反映されず, 必ずしも実際の危険度と対応した評価ができていないと言いき難い。従って本研究では樹冠形状や樹幹の曲げ強度, 根系の強さなどを考慮した上で, 根返り・幹折れといった風害の危険度を算出するための外部形態を指標とした単木としての簡易な力学モデルを設定した。そしてこのモデルを用いて風害の危険度を算出すると共に, 樹木形状の指標である形状比や樹冠長比と風害の危険度の関係について検討した。

II. 研究対象地

研究対象地は福岡県久留米市山本町にある福岡県森林林業技術センター内のスギ試験林(品種別試験林・傾斜別試験林)である(図-2)。品種別試験林にはホンスギ, オビアカ, ヤマグチ, アカバ, シチゾウの5品種が植栽されている。平成6年に同県黒木町より移転してきたときに植栽されたため, 植栽後13年が経過している。植栽時にはそれぞれ40本(東西4列×南北10列)植栽されており, 植栽間隔は1.5m, 植栽密度はおよそ4,400本/haであった(写真-1)。

また傾斜別試験林は斜面傾斜5度, 15度, 25度, 35度の4段階の斜面が人工的に設置されている。品種はすべてホンスギであり, 品種別試験林同様13年生である。植栽時にはそれぞれ27本(東西3列×南北9列)植栽されており, 植栽間隔は1.0m, 植栽密度は10,000本/haとかなり密植されている(写真-2)。

III. 研究手法

本研究では, 風害の危険度を評価するために被害形態として根返りと幹折れの2通りを想定した簡易な力学モデルを設定した(図-3)。このモデルにおいて評価に必要な測定項目は樹高, 枝下高, 胸高直径, 地上高20cmにおける根元直径, 樹冠幅の5項目であり, 外部形態のみを指標としている。またこのモデルは樹木を単木として扱っており, 樹冠投影面積は樹冠を二等辺三角形と近似, 樹幹は円錐と近似している。

この力学モデルにおいて, 木に作用する風の力で

ある風圧力は風速を一定と考えると樹冠投影面積の関数として表される。従って, 根返りを起こす力である根返りモーメントは樹冠投影面積(A)×風心高さ(H')の関数として表され, この AH' を, 根返りを起こす力の指標とした。一方で根返り抵抗力

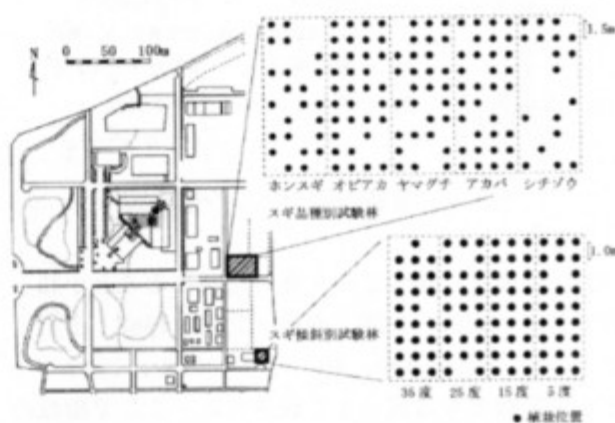


図-2. 研究対象地および試験林の植栽位置



写真-1. 品種別試験林

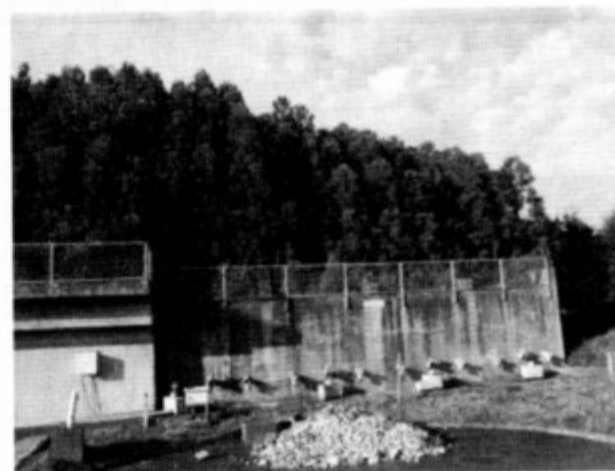


写真-2. 傾斜別試験林

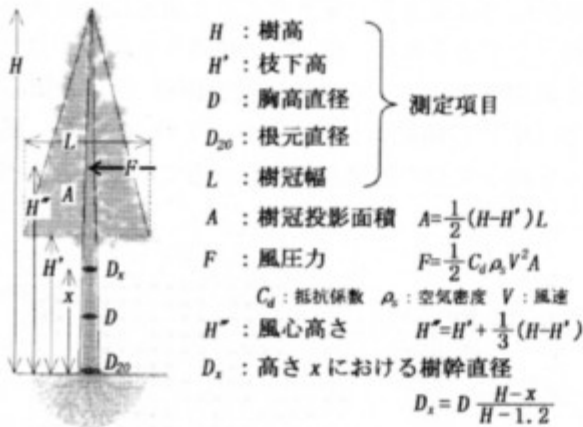


図-3. 簡易力学モデルの模式図

(T_x) は根元直径の2~3乗に比例することが知られており(苅住, 1979; 森岡・北川, 1987; 小沼ほか, 1988; 森岡ほか, 1991; 上村ほか, 2002), a と b を定数とする式-1で表される。ここで指数の b はおよそ2.0~3.0の値をとるとされており(苅住, 1979; 森岡・北川, 1987; 小沼ほか, 1988; 森岡ほか, 1991; 上村ほか, 2002), 本研究では平均値である2.5を用いて, 地上高20cmにおける根元直径(D_{20})の2.5乗である $D_{20}^{2.5}$ を根返り抵抗力の指標とした。以上より, 根返りを起こす力の指標(AH'')を根返り抵抗力の指標($D_{20}^{2.5}$)で割った値を根返り危険度(I_b)とした(式-2)。

また, 幹折れの場合も根返りと同様に風速を一定と考えると, 風圧力は樹冠投影面積の関数として表される。従って, 幹折れを起こす力である幹折れモーメントは樹冠投影面積(A)×風心から幹折れを起こすある高さ(x)までの距離($H'' - x$)の関数として表され, この $A(H'' - x)$ を, 幹折れを起

こす力の指標とした。一方で, ある高さ(x)における幹折れ抵抗力(T_x)は樹幹の最大曲げ強度を σ とすると式-3で表される。ここで σ を一定とすると, 幹折れ抵抗力はある高さにおける直径 D_x の3乗の関数として表されるため, D_x^3 を幹折れ抵抗力の指標とした。以上より, 幹折れを起こす力の指標($A(H'' - x)$)を幹折れ抵抗力の指標(D_x^3)で割った値を幹折れ危険度(I_t)とした。ただし, ある高さ x は変動するため, x の値を変えて I_t が最大値をとった時の値を I_{Tmax} として, これを最大幹折れ危険度(以下幹折れ危険度)として採用した(式-4)。

$T_x = aD_{20}^b$ 式-1

$I_b = AH'' / D_{20}^{2.5}$ 式-2

$T_x = (\pi/32) \sigma D_x^3$ 式-3

$I_{Tmax} = A(H'' - x) / D_x^3$ 式-4

式-2, 式-4で表される根返り危険度(I_b)および幹折れ危険度(I_{Tmax})は, 各々の数値が高いほど風害のリスクが高い, 即ち台風災害に弱いことを示しているが, この数値は相対的なものであり, その値がどの程度の風速まで耐えられるのかという絶対的な限界風速を示すものではない。

本研究では研究対象地であるスギ試験林において樹高, 枝下高, 胸高直径, 地上高20cmにおける根元直径, 樹冠幅の5項目について毎木調査を行い, 式-2, 式-4を用いて根返り危険度(I_b), 幹折れ危険度(I_{Tmax})を求めた。そしてこれら風害の危険度と, 形状比(H/D)や樹冠長比($(H-H')/H$)といった樹木の形状を表す指標との関係より, 風害の危険度と樹木形状の関係について評価検討した。

表-1. 品種別・傾斜別の毎木調査結果

	本数	樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直径 (cm)	根元直径 (cm)	樹冠幅 (m)	形状比	
品種別 試験林	ホンスギ	23	4.93±0.86	1.45±0.18	8.23±1.72	11.75±1.99	2.16±0.31	60.5±6.40
	オビアカ	34	8.10±1.05	2.18±0.51	13.23±2.24	16.65±2.79	2.33±0.37	62.0±6.60
	ヤマグチ	29	8.88±0.57	2.28±0.40	14.15±2.59	19.05±3.35	2.22±0.31	64.3±8.69
	アカバ	33	7.37±0.63	2.12±0.36	10.81±2.04	14.68±2.60	2.21±0.35	70.0±11.1
	シチゾウ	18	8.35±0.97	2.35±0.59	13.38±2.34	17.82±2.96	2.64±0.38	63.5±9.00
傾斜別 試験林	5度	26	5.00±0.52	1.75±1.05	7.48±1.12	9.95±1.70	1.73±0.32	67.8±9.06
	15度	27	4.73±0.48	1.71±0.62	6.08±0.81	8.61±1.00	1.46±0.17	78.4±8.35
	25度	24	4.26±0.67	1.18±0.41	5.24±1.41	8.10±1.61	1.52±0.25	84.6±15.1
	35度	24	4.21±0.75	1.01±0.35	5.57±1.63	8.70±2.11	1.59±0.35	79.7±15.8

※ 平均値±標準偏差

Ⅳ. 結果と考察

毎木調査の項目毎の平均値と標準偏差を表-1に示した。樹高、胸高直径などから品種別試験林ではホンスギが他の4種に比べて著しく成長が悪いことが分かる。形状比では成長の悪いホンスギも含めて60台と低い値を示しているが、アカバだけが70を超えており、やや高い値を示している。一方傾斜別試験林では傾斜が急になるほど成長が悪くなる傾向が見られた。形状比も傾斜が急になるにつれて高くなったが、傾斜35度では逆に低くなる傾向が見られた。

次に風害の危険度を評価する力学モデルを用いて根返り危険度、幹折れ危険度を求め、それぞれ品種別・傾斜別に比較を行った(図-4)。その結果、根返り危険度、幹折れ危険度ともに品種別試験林ではアカバで、傾斜別試験林では傾斜25度で最も高い値

を示し、形状比との関係が示唆された。そこで、形状比と根返り危険度、幹折れ危険度との関係を見てみると、双方ともに形状比との間に高い相関が得られた(図-5)。根返り危険度、幹折れ危険度ともに形状比の指数乗に比例しており、風害の危険度が形状比によって定量的に評価できる可能性が示された。ここで指数を比較すると幹折れ危険度の方が高い値を示しており、根返りより幹折れの方が形状比の影響を受けやすいことが示唆される。また、同じ形状比でも品種別試験林よりも傾斜別試験林で風害の危険度が低い傾向が見られたが、これは傾斜別試験林の方が樹冠幅が狭く、相対的に枝下高が高いといった樹冠形状の差異に起因するものと推測される。

また、品種別試験林で最も風害の危険度が高かったアカバのデータを用い、枝打ちを行った場合を仮定し枝下高と樹冠幅を変化させ、風害の危険度がど

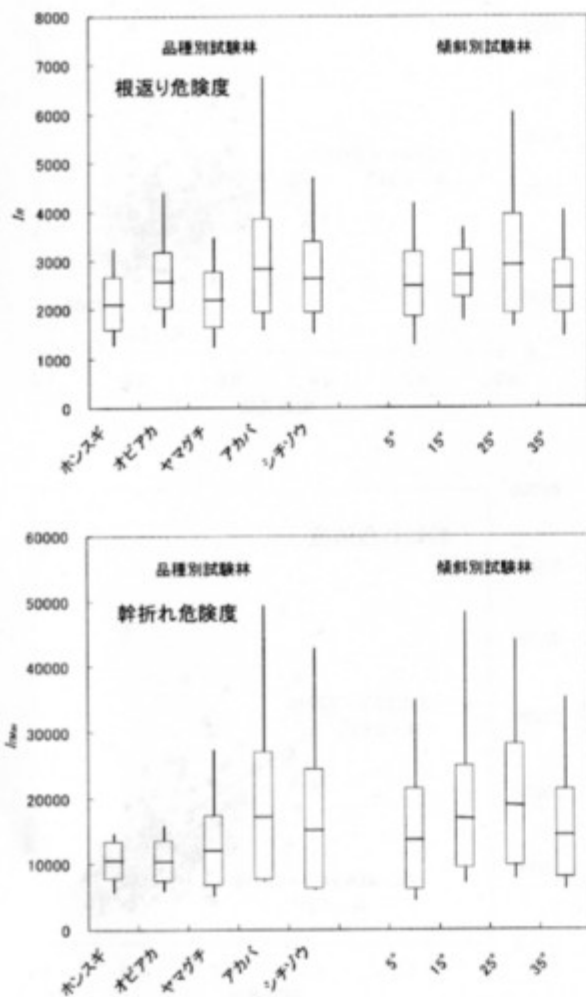


図-4. 品種別・傾斜別の風害危険度

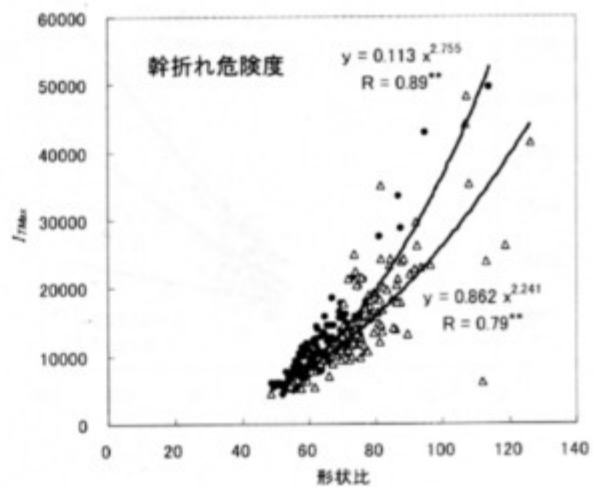
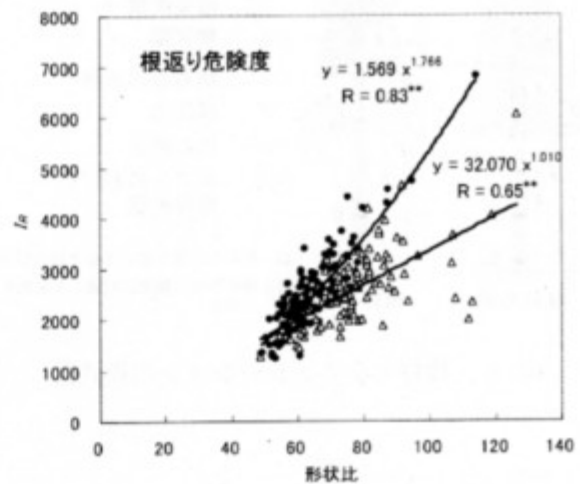


図-5. 形状比と風害危険度の関係

●：品種別試験林，△：傾斜別試験林

**危険率1%で有意を示す

のように変化するかシミュレーションを行った(図-6)。その結果、幹折れ危険度では全く変化が見られなかったのに対し、根返り危険度では枝打ちを行うことにより危険度が小さくなった(図-7)。このことは枝下高が低いほど(樹冠長比が高いほど)風害の形態として幹折れよりも根返りが発生しやすくなるという報告(中尾ほか, 1993)と一致する。

枝打ちにより根返り危険度は小さくなったのに対し、幹折れ危険度は変化しなかったことは、今回用いたモデルの性質でもあるが、樹冠投影面積を二等辺三角形、樹幹を円錐と近似していることに起因しているところが多い。根返り危険度では枝打ちにより樹冠投影面積が小さくなるが風心高さは高くなる。ここで枝打ちによる風心高さの増加率より樹冠

投影面積の減少率が大きいいため、根返りを起こす力の指標(AH^m)が小さくなるのに対し、根返り抵抗力の指標($D_{20}^{2.5}$)は変化しないので根返り危険度は小さくなる。一方幹折れ危険度では樹冠長が1/2になるまで枝打ちを行ったとすると、樹冠投影面積は1/4となり、また本モデルにおける幹折れ高さはほぼ枝下高の高さと一致するため(野々田ほか, 2004)、風心高さから幹折れ高さまでの距離は1/2となり、幹折れを起こす力の指標である $A(H^m-x)$ は1/8となる。ここで幹折れ高さにおける樹幹直径(D)も1/2となるため、幹折れ抵抗力の指標である D^3 も1/8となる、というように幹折れを起こす力の指標、幹折れ抵抗力の指標ともに3乗に比例して変化するため、幹折れ危険度では枝下高を

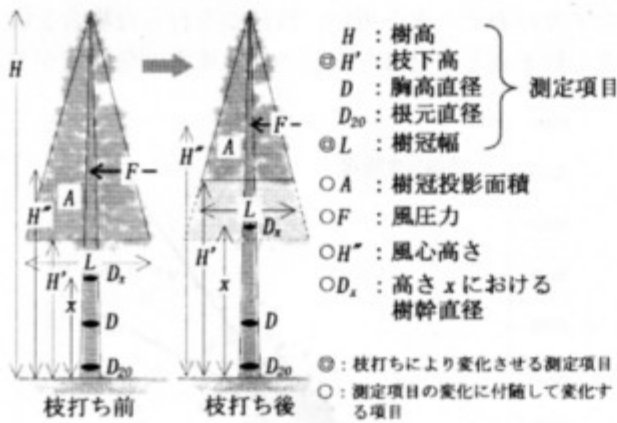


図-6. 枝打ちシミュレーションの模式図

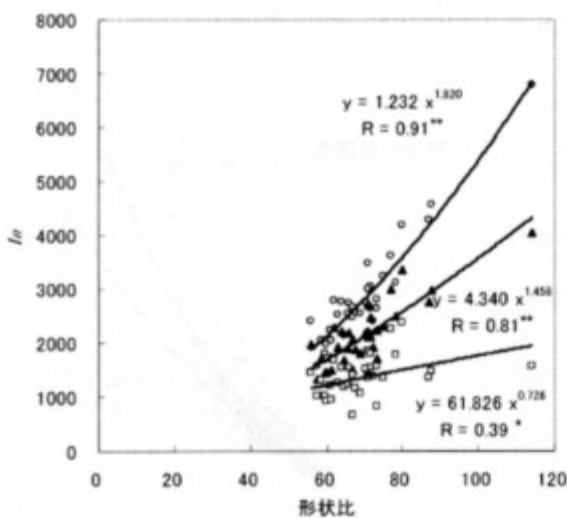
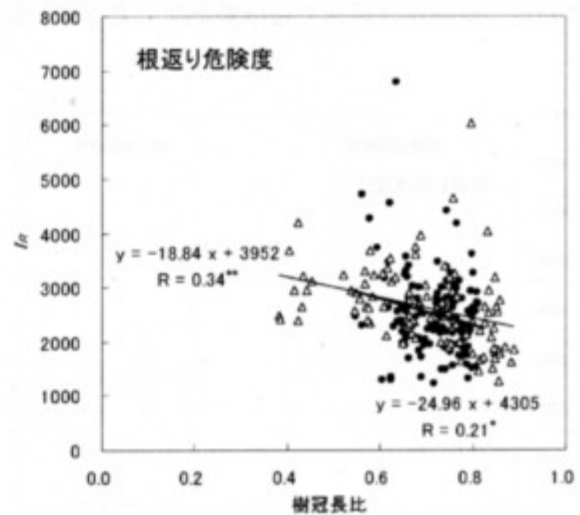


図-7. アカバにおける枝打ちを行ったと仮定した場合の根返り危険度の変化

○: 枝打ち前, ▲: 1.0m 枝打ち, □: 2.0m 枝打ち
 *危険率5%で有意, **危険率1%で有意を示す

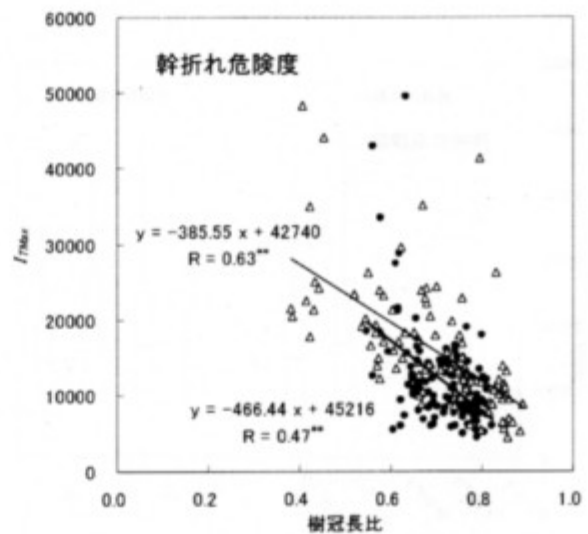


図-8. 樹冠長比と風害危険度の関係

●: 品種別試験林, △: 傾斜別試験林
 *危険率5%で有意, **危険率1%で有意を示す

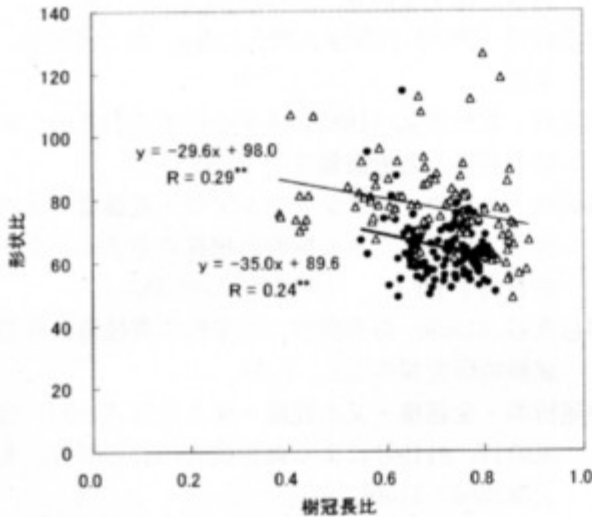


図-9. 樹冠長比と形状比の関係
 ●：品種別試験林，△：傾斜別試験林
 **危険率1%で有意を示す

化させても危険度が変化しないことになる。

以上のことより、今回用いたモデルでは、枝打ちによって枝下高を上げることで根返り危険度が改善されるが、幹折れ危険度は変化しないことが示唆された。従って、幹折れ危険度の改善のためには枝打ちなどによらない根本的な形状比の改善が必要だということが考えられる。

図-8は樹冠長比と根返り危険度、幹折れ危険度との関係を示したものであるが、形状比との関係ほど相関は高くないものの、樹冠長比と風害の危険度との間には負の相関が認められた。また、この相関は根返り危険度よりも幹折れ危険度の方が高いという結果が示された。

今回用いたモデルでは、形状比が一定であれば樹冠長比が高い値を示すほど枝下高が低くなるため、上述の理由により風心は低くなるが風を受ける面積が増え、根返り危険度は高くなるが幹折れ危険度は変わらないということが考えられる。従って、本来ならば樹冠長比と根返り危険度との間には正の相関が見られ、樹冠長比と幹折れ危険度との間には相関が見られないはずであるが、実際の樹冠長比と風害の危険度の間には、根返り、幹折れともに負の相関が得られた。図-9は樹冠長比と形状比の関係を示したものであるが、樹冠長比と形状比の間にはこの様な負の相関があり、そのため樹冠長比が高くなり風を受ける面積が増えたとしても、肥大成長によりその影響以上に形状比が小さくなるため、結果として風害の危険度は下がるものと推測される。

風害に強い樹形として、樹冠長比を高く（枝下高を低く）した方が好ましいということが言われているが（櫻山ほか，1974；藤森，2006），このことは風心を下げることで根返り・幹折れモーメントを小さくするだけでなく、肥大成長の促進により形状比を下げ、風害の危険度を改善させる上で重要だと考えられる。一方で枝打ちによって根返り危険度が改善されることが示されたが、長期的に見ると、枝打ちにより樹冠長比が低下すると、肥大成長が抑制され形状比が高くなると考えられる。結果として幹折れ危険度が増すだけでなく、根返り危険度の悪化を招くことになると考えられるため、風害の危険度を改善するために積極的に枝打ちを行うことは薦められない。従って、風害の危険度を低くするためには、ある程度の樹冠長比を維持しながら形状比を低く抑え、枯れ上がった枝は速やかに落とすことが重要だと考えられる。

V. まとめ

本研究では外部形態のみを指標とした単木における簡易な力学モデルを用いて風害の危険度を算出し、樹木形状の指標である形状比や樹冠長比と風害の危険度の関係について検討した。その結果、風害の危険度は形状比の指数乗に比例し、形状比によって定量的に風害の危険度を評価できる可能性が示されたとともに、根返りよりも幹折れの方が形状比の影響を受けやすいことが分かった。

枝打ちを行ったと仮定したシミュレーションにより幹折れ危険度はほとんど変化しないが、根返り危険度は改善されるということが示唆されたが、実際には風害の危険度は樹冠長比が高いほど低く、樹冠長比と形状比の間にも負の相関があることから、結果的に風害の危険度を低くするためには樹冠長比を高くすることが重要であると考えられた。従って風害の危険度を改善するための積極的な枝打ちは薦められず、風害の危険度を低くするためには、ある程度の樹冠長比を維持しながら形状比を低く抑え、枯れ上がった枝は速やかに落とすことが重要だと考えられた。

実際の台風被害においては品種や立地による被害率の違いが報告されているが（野田ほか，1992；福永ほか，1993；諫本，1993；宮原，1993；岡野・伊藤，1993），今回用いた力学モデルでは品種や立地による差異が考慮されていない。従って本来立地条件や品種が異なる場合、単純に危険度を評価、比較するには多少問題がある。また、今回示した風害の

危険度は相対的なものであり、その数値がどの程度の風速に耐えられるのかという限界風速を示すものではない。従って今後は根系の引き倒し試験や樹幹の曲げ試験などを通して、品種や立地を考慮した精度の高い風害の危険度評価を行うとともに、今回示した風害の危険度と実際の風速との対応についても検討する必要がある。

引用文献

- 藤森隆郎 (2006) 持続可能な森林管理と災害に強い森づくりをめざして. 林業技術シンポジウム39: 1-10.
- 福永寛之・増谷利博・今田盛生・加賀英昭 (1993) 風倒木被害発生と立地及び林分構造との関係解析. 九大演報69: 13-30.
- 諫本信義 (1993) 1991年9月19号台風被害におけるスギの品種間差異. 林木の育種167: 1-7.
- 樫山徳治・高橋啓二・土井恭次・坂上幸雄 (1974) 林木の気象被害. 114pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 茅島信行・佐々木重行 (2008) スギ試験林における風倒害の危険度評価. 九州森林研究61: 189-192.
- 苧住昇 (1979) 樹木根系図説. 1121pp, 誠文堂新光社, 東京.
- 小沼順一・柴田順一・今富裕樹・峰川三七三 (1988) 根株強度の回帰式. 日林関東支論40: 261-262.
- 宮原文彦 (1993) 1991年17・19号台風によるスギ被害の精英樹・在来品種間差異. 林木の育種167: 8-11.
- 宮本邦明・岡田寛・高濱淳一郎・三重野友親・岩男道也・中尾剛 (1992) 1991年台風19号による風倒木に関する調査. 新砂防45 (3): 18-23.
- 村山貢司 (2006) 台風学入門. 134pp, 山と溪谷社, 東京.
- 森岡昇・北川勝弘 (1987) スギ小径木の引き倒し試験の結果. 名大演報9: 1-5.
- 森岡昇・オンウォナアジマンシアウ・近藤稔・北川勝弘 (1991) 立木の樹幹と根株の力学的バランスを表すLT比. 日林誌73: 380-383.
- 中村英石 (1969) 林業機械の効果的作業技術. 林業試験場研究報告225, 1-29.
- 中尾博美・金錫権・又木義博・藤本登留 (1993) 台風9117, 9119号による森林被害の要因解析. 九大演報68: 11-48.
- 野田亮・小河誠司・佐々木重行・野中重之・廣田篤彦・福島敏彦・宮原文彦 (1992) 1991年に発生した台風17号・19号による森林被害調査報告. 福岡県林試研究資料18: 1-89.
- 野々田稔郎・林拙郎・川辺洋 (1993) 平成2年台風19号による三重県南部の森林被害について—根返りの発生機構—. 日林論104: 735-738.
- 野々田稔郎・林拙郎・近藤観慈・沼本晋也 (2004) 針葉樹の樹冠サイズか耐風性に及ぼす影響—枝打ちによる樹冠サイズの変化と樹幹曲げ応力の関係—. 日林学術講115: 824.
- 岡野哲郎・伊藤哲 (1993) スギ品種の台風被害抵抗性と感受性. 六演習林スギ品種試験地第I試験地における被害の分析. 九大演報68: 1-10.
- 齊藤哲・小南陽亮 (2004) 西南日本における強風の再現周期の広域的特徴. 日林誌86: 105-111.
- 上村巧・伊藤崇之・広部伸二・田中良明・毛綱昌弘・飯田富士雄 (2002) 小径木の根株強度について. 森林総研研報384: 181-184.

福岡県における手入れ不足人工林の実態について¹⁾桑野泰光・橋崎康二・橋川ひろみ²⁾・佐々木重行Field survey of unthinning artificial forest of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) in Fukuoka Prefecture

Yasumitsu KUWANO, Koji NARAZAKI, Hiromi HASHIKAWA, Shigeyuki SASAKI

桑野泰光・橋崎康二・橋川ひろみ・佐々木重行：福岡県における手入れ不足人工林の実態調査 福岡県森林研報 10:11~16, 2009 近年、木材生産機能のみならず森林の持つ公益的機能の低下が危惧されている手入れ不足林の実態を明らかにするために、毎木調査、下層植生調査、土壌侵食調査を行った。手入れ不足林の密度は、相対幹距比で平均14.4となっており、間伐指針に示されている管理密度よりも過密状態となっていた。その結果、形状比が高い、樹冠長比が小さい、不良木や被圧木、立枯れ木が多いなど林木の質の低下がみられた。また、下層植生も貧弱になっており、土壌侵食もみられた。特に、ヒノキ林では下層植生だけでなくA0層も消失していたためスギ林よりも土壌侵食が著しかった。

キーワード：手入れ不足林、相対幹距比、形状比、樹冠長比、樹型級、下層植生、土壌侵食

I. はじめに

近年、長期にわたる木材価格の低迷、間伐コストの増大、林業就業者の減少・高齢化、不在村所有者の増加等により、人工林管理において必要不可欠な間伐等の保育作業が放棄されたいわゆる「手入れ不足林」が増加している。間伐が適切に行われず過密状態になると、自然間引きが起こり、次第に林木相互間に競争、優劣、不整が生じる。その結果、林分全体としても、また個々の林木としても成長および形質を低下させることにつながり、生産材としての価値が低下し、本来の目的である木材生産機能を果たせない可能性がある。加えて、過密林分では、樹冠の衰退と共に根系の発達が阻害され、ひいては土壌緊縛力の低下により山地崩壊を招き(荒木・阿部, 2005)、また、林内が暗くなるため下層植生が貧弱となり土壌流亡を加速し、水質汚濁を招く恐れがある(武田, 2002)など、森林の持つ公益的機能の低下も危惧されている。

しかし、手入れ不足林について調査した事例は少なく(石井・中島, 2003)、十分なデータの蓄積があるとは言えない。そこで、本研究では、手入れ不足林において毎木調査、下層植生調査、土壌侵食状況調査を行い、手入れ不足林の密度を明らかにした

上で、①林木の形質、②下層植生、③土壌侵食との関係について考察したのでここで報告する。

II. 調査地および方法

調査地は、間伐が過去15年以上実施されていないスギ・ヒノキ人工林を条件とし、県内の6農林事務所管内(福岡、八幡、朝倉、飯塚、筑後、行橋)からそれぞれ3ヶ所以上選定した(図-1)。

2006年10月から12月にかけて、各調査地に100m²から400m²の調査プロットを設定し、毎木調査、下層植生調査および土壌侵食状況調査を行った。毎木調査では、プロット内の全立木について樹高、胸高直径、枝下高の測定および樹型級の区分を行った。樹高と枝下高の測定はVertex III (Haglof社製)を用いて0.1m単位で測定した。枝下高は最も下部にある生枝までの高さとした。胸高直径は直径巻き尺を用いて1mm単位で測定した。これらのデータを元に、調査プロットごとの平均樹高、平均胸高直径、平均枝下高、形状比(平均樹高/平均胸高直径)、樹冠長比((樹高-枝下高)/樹高*100)を算出した。

樹型級の区分は、寺崎式を参考にして健全木(寺崎式第1級木)、不良木(寺崎式第2級木)、劣勢木(寺崎式第3~4級木)立枯れ(寺崎式第5級木)の4段階とした。

1) 本研究は、県単研究課題「造林木に関する研究(平成18年度)」の中で実施した。
2) 福岡県筑後農林事務所林務課

下層植生調査については、木本植物と草本植物についてそれぞれプロット内の被覆度を7段階の被度階級で評価した。また、調査プロット内に生育している主な植物について記録した。

土壌侵食状況については、石井・中島(2003)を参考に土柱、雨裂、浮根の3つを指標として調査を行った。土柱とは、礫や球果の周囲の土壌が雨滴により侵食されてできた礫や球果を頭に載せた土の柱であり、土壌侵食危険度の指標としての有効性が認められている(梶原ら, 1999)。雨裂は、表面流により土壌表面が侵食された跡である。浮根とは、土壌侵食により、立木の根が露出している状態を示す。これら3つの指標について調査プロット内を踏査し、目視により「激」・「有」・「無」の3段階で評価した。また、A0層の堆積状況について、その被覆度を7段階の被度階級で評価した。

本報告では、相対幹距比(Sr)を密度の指標として、林木の形質、下層植生、土壌侵食について検討した。相対幹距比は、林木の平均樹幹距離(平均幹距)と林分の上層木の平均樹高との比であり、樹種や林齢、地位に関係なく、また、収量比数のように基準とする図表などを必要とせず、ほぼ絶対的な林分疎密度が簡単な計算で求められるなどの利点がある。なお、相対幹距比の計算式は次式の通りで、数値が小さいほど林分が混み合っていることを表す。

$$Sr = 100^2 / (H * \sqrt{N})$$

Sr=相対幹距(%) ; H:上層木樹高(m)

N:単位面積当たりの本数(本/ha)

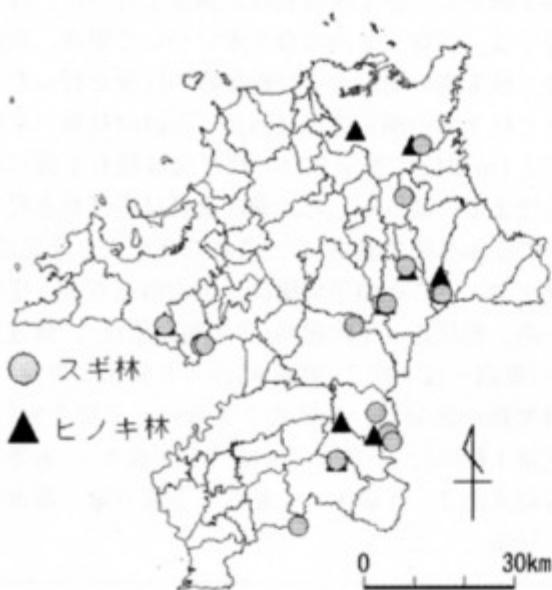


図-1. 調査地の位置

市町村の境界は2007年2月時点のもの

III. 結果と考察

1. 調査プロットの概要

調査プロットの概要について表-1に示す。調査プロット数はスギ13プロット、ヒノキ18プロット、合計31プロットであった。調査プロットの標高は100~600m、傾斜は0~40°、林齢は17~51年生、立木密度は953~3,733本/ha、平均樹高は9.7~24.0m、平均胸高直径は14.4~29.6cm、平均枝下高は1.9~17.8mであった。また、形状比は平均84.7(63.9~99.2)、樹冠長比は平均31.8(17.4~47.3)であった。なお、YA01は、地形が平坦で林冠がうっ閉しており枝下高の測定が困難だったため、枝下高と樹冠長比は欠測値とした。

2. 手入れ不足林の林分密度

図-2に調査プロットの相対幹距比と間伐指針(福岡県, 1977)による一般柱材生産モデルについて示す。相対幹距比の平均は14.4(10.6~20.7)であった。ヒノキ林よりスギ林で相対幹距比が小さい傾向がみられた。間伐指針による一般柱材生産モデルで

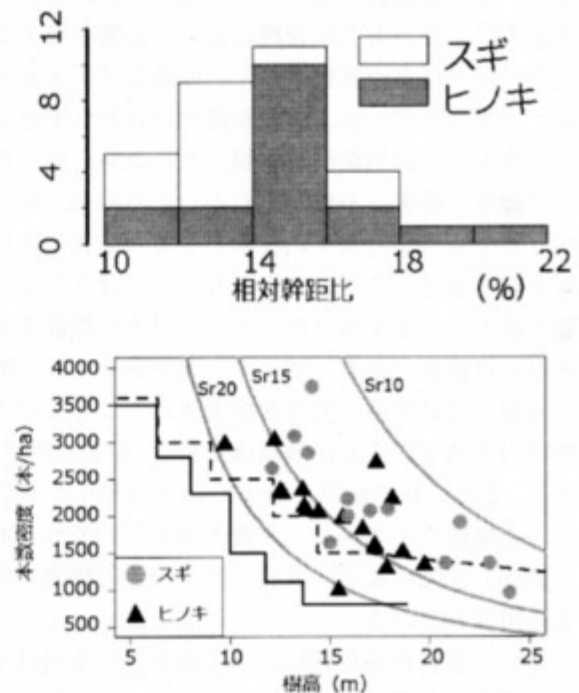


図-2. 調査プロットの相対幹距比と間伐指針による一般柱材生産モデル

点線は間伐密度指針(福岡県, 1977)より作成したスギ一般柱材生産(3600本植)モデル。実線は間伐密度指針(福岡県, 1977)より作成したヒノキ一般柱材生産(3500本植)モデル。Srは相対幹距比を表す。

は、相対幹距比で16~22の間で管理するよう示されており、今回調査した手入れ不足林のほとんどがそれより小さい値となっていた。

また、島崎 (1986) は、カラマツ林について、相対幹距比に基づいて林分密度を区分しており、相対幹距比16~17を過密、16以下を超過密と定義している。樹種は異なるが、この定義に当てはめると、今回調査した手入れ不足林の8割以上が超過密林となっていた。

3. 林木の形質について

図-3に、相対幹距比と形状比および樹冠長比との関係について示す。形状比は、相対幹距比が小さいほど大きくなる傾向がみられ、樹冠長比は相対幹距比が小さいほど小さくなる傾向が見られた。

図-4は、調査プロット別の樹型級を示す。健全木の割合は、スギ林で25~100%、ヒノキ林で27~88%となっており、プロット間のバラツキが大きかった。不良木は、曲がり木や先端折れが多くみられ、病木としてはヒノキ林においてとっくり病や漏脂病がみられた。一部の調査プロットでは、立枯れ木がみられ、YU01では30%以上となっていた。

一般的に、形状比や樹冠長比は風雪害に対する危険度の指標としてよく用いられており、形状比が高く、樹冠長比が低い林分ほど風雪害の危険が高くなると言われている (諫本・高宮, 1992; 櫻山ほか, 1974; 米丸, 1998)。米丸は、スギ、ヒノキ単層林における台風被害は、形状比が70程度を越えると大きくなり、樹冠長比が60%を越えると台風による被

害率が小さくなると報告している。今回調査した手入れ不足林の形状比は、平均84.7 (63.9-99.2) で、70以下はCH06のみであり、樹冠長比は平均31.8 (17.4~47.3) で、60%を越える調査プロットはなかった。

また、森田 (1982) は、林木の成長力を維持するためには樹冠長率を25%以上に維持することが望ましいとしている。本研究の調査プロットにおいて樹冠長率が25%以下のプロットは6プロットみられ、これらのプロットは間伐後の直径成長の回復は厳しいのではないかと考えられた。

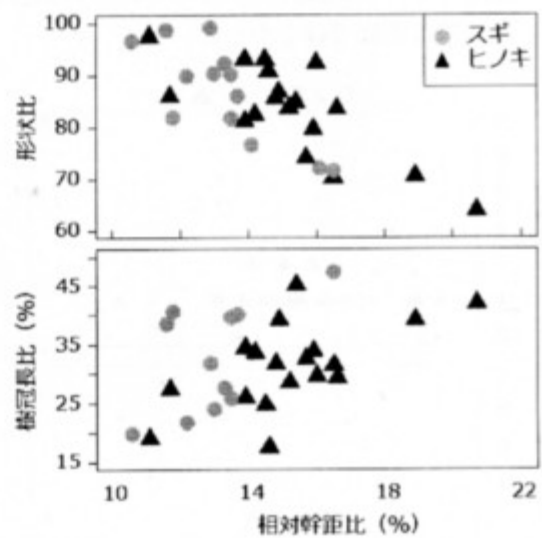


図-3. 相対幹距比と形状比および樹冠長比との関係

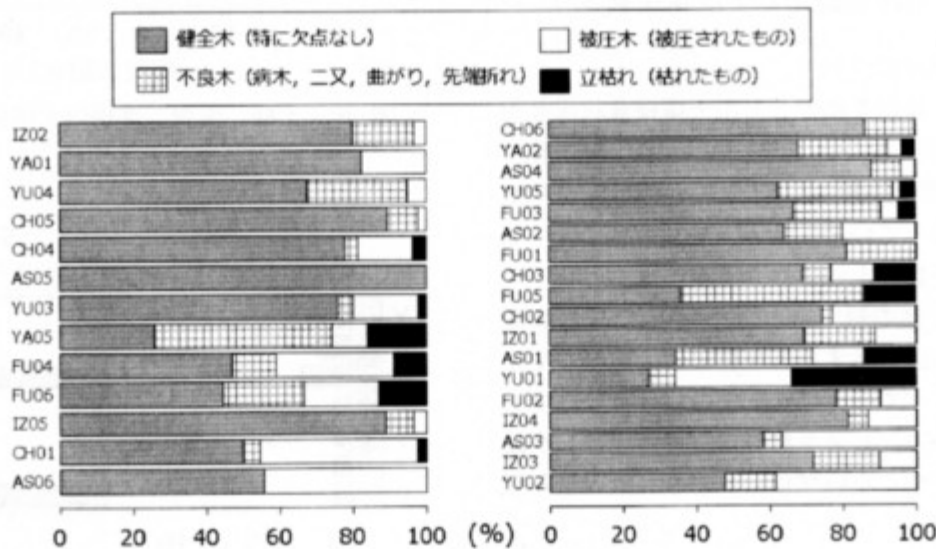


図-4. 調査プロットごとの樹型級割合

4. 下層植生について

調査プロットの下層植生被度は、木本被度、草本被度ともに被度「0」や「+」が多く、ほとんどのプロットにおいて全く無い、もしくは部分的に散生している程度であった(表-1)。

調査プロット内に生育していた主な植物は、木本植物ではヒサカキ、シロダモ、アオキ、チャノキ、タブノキ、ヤブツバキ、アラカシ、クロキ等の常緑樹が多く、草本植物では、シダ類、チジミザサ、イノコズチ、ドクダミ、ヒメバライチゴ等であった。図-6に相対幹距比と下層植生被度との関係について示す。木本被度、草本被度ともにほとんどのプロットが被度「0」または「+」であったため相対幹距比との相関は明確ではなかった。

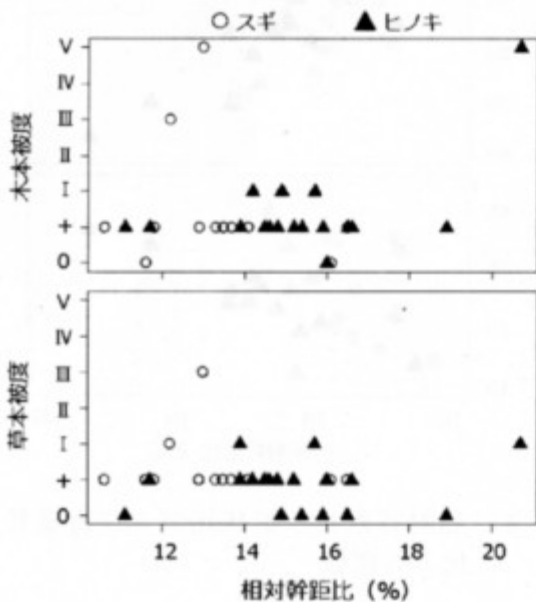


図-5. 相対幹距比と下層植生被度

5. 土壌侵食状況について

土柱、雨裂、浮根を指標とした土壌侵食状況と相対幹距比との関係について図-6に示す。スギ林では、すべての指標で「無」が最も多く、次いで、「有」、「激」の順となっていた。一方、ヒノキ林では、すべての指標で半数以上のプロットが「激」となっており、スギ林と逆の傾向を示した。図-7に、A0層被度の度数分布図を示す。スギ林では、被度「V」が最も多く、すべてのプロットで被度「Ⅲ」以上となっていた。一方、ヒノキ林では、被度「Ⅲ」が最も多く、A0層が全くないプロットが6プロットみられた。

三浦(2000)は、スギ林では林床被覆率が林齢によらず常に90%以上と高く、ヒノキ林では若齢期に林床被覆率が著しく低下すると報告している。岡山

県において間伐手遅れ林の実態について調査を行った石井・中島(2003)は、スギ林と比べて落葉落枝堆積物の少ないヒノキ林では浮根が「激」の林分が多かったと報告している。よって、本研究のヒノキ林の土柱、雨裂、浮根の指標において「激」が多かったのは、落葉落枝堆積物からなるA0層の被覆率が低いためだと考えられた。また、西山(2003)はヒノキ人工林における土壌侵食量には、斜面傾斜、立木密度、下層植生の被覆度が強く影響していると報告している。よって、これらの要因についても今後検討する必要がある。

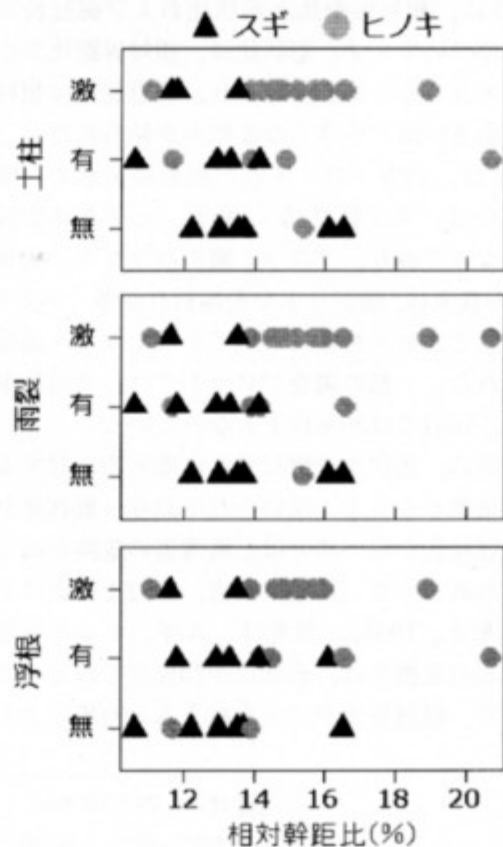


図-6. 土柱、雨裂、浮根の土壌侵食状況と相対幹距比との関係

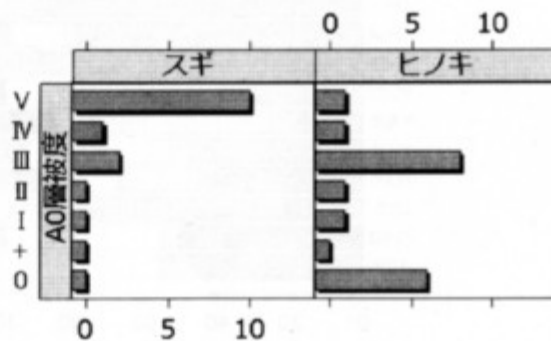


図-7. A0層被度の分布図

表-1 調査プロットの概要

plotID	市町村	地況			林況				下層植生状況			土壌保食状況						
		標高 m	傾斜 °	方位	傾斜方位	樹種	林齢 年	立木密度 本/ha	樹高 m	胸径 cm	枝下高 m	形状比 %	樹冠比 %	相対幹距 %	草本 ¹⁾	浮草 ²⁾	A0 ³⁾ 程度	
AS01	朝倉市	290	17	N	凸斜面	ヒノキ	29	1,963	15.6	17.2	11.7	93.1	24.7	14.5	+	+	激	III
AS02	うきは市	435	36	N	凸斜面	ヒノキ	21	2,064	13.8	15.3	9.7	92.4	29.7	16.0	0	+	激	I
AS03	うきは市	390	37	S	凹斜面	ヒノキ	35	1,494	18.6	20.9	13.7	93.0	26.0	13.9	+	+	激	III
AS04	うきは市	200	17	N	凹斜面	ヒノキ	17	2,323	12.5	15.1	8.8	83.6	29.3	16.6	+	+	激	III
AS05	うきは市	600	33	N	凸斜面	スギ	35	953	24.0	29.6	17.8	81.7	25.7	13.5	+	+	無	V
AS06	うきは市	360	35	N	平行斜面	スギ	42	1,910	21.5	22.6	17.3	96.6	19.7	10.6	+	+	有	V
CH01	黒木町	340	37	N	平行斜面	スギ	19	3,733	14.1	14.6	8.7	98.6	38.4	11.6	0	+	激	III
CH02	黒木町	390	16	N	尾根	ヒノキ	26	3,015	12.2	14.4	7.4	86.8	39.1	14.9	I	0	有	III
CH03	黒木町	380	5	N	尾根	ヒノキ	26	2,044	14.4	17.2	7.8	84.9	45.2	15.4	+	0	無	IV
CH04	黒木町	375	38	N	平行斜面	スギ	26	2,848	13.9	15.9	8.3	90.2	39.6	13.5	+	+	激	III
CH05	黒木町	375	22	N	平行斜面	スギ	26	3,077	13.2	15.5	7.9	86.0	40.0	13.7	+	+	無	V
CH06	立花町	200	27	S	平行斜面	ヒノキ	42	980	15.4	24.4	9.0	63.9	42.0	20.7	V	I	有	III
FU01	那珂川町	410	30	S	平行斜面	ヒノキ	43	1,280	17.8	24.4	12.0	74.2	32.6	15.7	I	I	激	0
FU02	那珂川町	390	24	E	谷	ヒノキ	37	1,809	16.6	20.5	11.1	82.5	33.6	14.2	I	+	有	II
FU03	那珂川町	430	40	N	平行斜面	ヒノキ	29	2,116	13.7	17.5	9.0	79.8	33.8	15.9	+	0	激	0
FU04	福岡市	330	25	N	尾根	スギ	28	2,067	17.0	17.7	11.5	99.2	31.7	12.9	+	+	有	V
FU05	福岡市	320	36	S	谷	ヒノキ	29	2,348	13.6	16.8	9.7	83.7	28.5	15.2	+	+	激	0
FU06	福岡市	270	20	E	凸斜面	スギ	45	2,086	17.9	20.7	14.0	89.9	21.7	12.2	III	I	無	V
I201	添田町	150	33	N	谷	ヒノキ	31	1,550	17.2	20.6	11.7	85.7	31.7	14.8	+	+	激	0
I202	添田町	215	18	E	尾根	スギ	24	1,625	15.0	21.5	7.9	71.6	47.3	16.5	+	+	無	V
I203	添田町	500	36	S	尾根	ヒノキ	41	2,225	18.1	21.5	13.1	86.0	27.4	11.7	+	+	有	III
I204	添田町	450	32	N	斜面	ヒノキ	43	1,325	19.7	24.9	12.9	81.2	34.4	13.9	+	I	有	III
I205	添田町	500	40	E	凸斜面	スギ	51	1,350	23.0	28.5	13.7	81.8	40.5	11.8	+	+	有	IV
YA01	北九州市	159	0	N	平坦地	スギ	39	2,641	12.1	17.1	-	72.1	-	16.1	0	+	無	V
YA02	北九州市	291	36	E	凸斜面	ヒノキ	18	2,962	9.7	14.4	5.9	70.6	39.1	18.9	+	0	激	V
YA05	北九州市	100	25	N	平行斜面	スギ	45	1,358	20.8	23.7	15.8	90.3	23.9	13.0	V	III	無	V
YU01	みやこ町	160	26	N	谷	ヒノキ	48	1,593	17.2	19.4	14.2	90.8	17.4	14.6	+	+	激	0
YU02	みやこ町	550	16	W	凸斜面	ヒノキ	29	2,716	17.3	18.0	14.0	97.6	19.0	11.1	+	0	激	0
YU03	みやこ町	340	17	N	平行斜面	スギ	25	2,225	15.9	17.5	11.5	92.2	27.6	13.3	+	+	有	V
YU04	みやこ町	360	14	S	谷	スギ	21	2,000	15.9	21.1	10.5	76.6	33.5	14.1	+	+	有	V
YU05	みやこ町	520	25	N	谷	ヒノキ	27	2,300	12.6	18.4	8.6	70.3	31.4	16.5	+	0	激	III

*7段階の被覆率で評価した(0, 被覆0%; +, 被覆1-10%; II, 被覆10-25%; 被覆III, 被覆25-50%; IV, 被覆50-75%; V, 被覆75-100%), *3段階で評価した(無, ほとんどみられないまたはまったくみられない; 有, 部分的にみられる; 激: 全体でみられる)。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、各農林事務所の担当者の方には、調査地の選定および現地での毎木調査において御世話になった。また、各森林組合の方には現地を案内していただいた。ここに御礼申し上げます。

引用文献

- 荒木誠・阿部和時 (2005) 間伐は森林土壌を守れるか, 森林科学 44, 26-31.
- 福岡県 (1977) 間伐技術指針, 20pp.
- 諫本信義・高宮立身 (1992) 1991年9月台風19号に発生した大分県における森林被害の要因解析, 大分県林試研報 18, 1-43.
- 石井哲・中島嘉彦 (2003) スギ・ヒノキ間伐手遅れ林の実体解明－岡山県の事例－, 岡林試研報 19, 45-58.
- 櫻山徳治・高橋啓二・土井恭次・坂上幸雄 (1974) 林木の気象被害, 114pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 梶原規弘・塚本次郎・入田慎太郎 (1999) ヒノキ人工林における下層植生のタイプと土壌侵食危険度との関係, 日林誌 81, 42-50.
- 三浦覚 (2000) 表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価, 日林誌 82, 132-140.
- 西山嘉寛 (2003) 岡山県北部のヒノキ人工林における水土流出実態の解明, 岡林試研報 19, 1-15.
- 島崎洋路 (1986) 高密カラマツ林の間伐に関する研究, 信州大学演習林報告 23: 1-117.
- 武田育郎 (2002) 針葉樹人工林の間伐手遅れが面源からの汚濁負荷量に与える影響 (1), 水利科学 65, 1-22.
- 米丸伸一 (1988) スギ, ヒノキ単層林の台風被害, 鹿児島県林業試験場研究報告 9: 1-23.

京築ヒノキの品種化に関する研究¹⁾秋山 真孝・森 康浩²⁾・宮原 文彦³⁾

Development of new cultivars from KEICHIKU HINOKI

Masanori AKIYAMA・Yasuhiro MORI・Fumihiko MIYAHARA

秋山真孝・森康浩・宮原文彦：京築ヒノキの品種化に関する研究 福岡県森林研報 10：17～22, 2009
 京築地区のヒノキは、心材色が紅いという特徴があり、「京築ヒノキ」と呼ばれブランド扱いされている。しかし、「京築ヒノキ」は京築地区で生産される上記の特徴をもつヒノキを表したもので、品種化がなされている訳ではない。そこで、確実に京築ヒノキらしさを再現できるよう「京築ヒノキ」の品種化を目指した。一般住民や森林組合、建築士などに対して、予め明度、色相、彩度を測定した製材品を見せ、その中から「京築ヒノキ」に相応しい紅色を選択してもらった。この結果から、求められている「京築ヒノキの紅さ」を数値化した。次に、京築地区から選抜された唯一の精英樹である「豊前2号」の実生個体林から、幹が通直で成長の良い8個体を新品種の候補として選抜した。これらから挿し木を行うとともに、製材品の心材色を測定した。先に定めた「京築ヒノキの紅さ」に適合した1個体を最終的に選抜し、挿し木クローンを確保した。

キーワード：京築ヒノキ、林木品種、精英樹、心材色

1. はじめに

京築地方のヒノキは、「心材が薄紅色で、年輪が詰まっている」などと言われ、昭和61年頃から「京築ヒノキ」と呼ばれブランド化されている。しかしながら、この「京築ヒノキ」は京築地方で生産されるヒノキを表したもので、栽培品種とは異なる。したがって、全ての京築ヒノキが再現性よく上記のような特性を示すとは限らないと考えられ、ブランドのアピールを難しくさせている。そこで、現存する京築ヒノキがこの特性をどの程度持ち合わせているかを調査し、他地域産のヒノキと差別化できるかどうかを検討した。さらに、心材が紅いという特性に着目し、将来流通する京築ヒノキがこの特性を安定して得られるよう、品種化を試みた。

II. 材料と方法

1. 京築ヒノキに関するアンケート調査

川上側と川下側の人々が京築ヒノキに対してどのようなことを考えているかを把握するためにアンケートを実施した。

対象は、製材業、森林組合および行政などとし、質問内容としては、①京築ヒノキにどのようなイメージを抱いているか？②京築ヒノキに何を期待するか？について、聞き取り調査を行った。

2. 京築ヒノキの材質

京築ヒノキの材質を調査し、他地域産のヒノキと差別化できるかどうかを検討した。

2003年11月に豊前市の経読岳国有林の伐採現場に立ち会い、任意に20本の立木を選んだ。また2004年4月に嘉穂町泉河内のヒノキ間伐現場に立ち会い、任意に30本の立木を選んだ。それぞれ、伐採直後の切株から厚さ5cmの円盤を採取した。伐採された立木から得られた丸太のうち1番玉と2番玉について、丸太の重量・末口径・元口径・心材部直径・材長・基本振動周波数（FFTアナライザによる）を測定した。これらの測定値から心材率、真円率、細り率、動的ヤング係数を求めた。また、円盤からは長径2方向と短径2方向の全年輪幅を測定した。個体ごとに算出した年輪幅の変動係数を平均し、年輪幅が均一といえるかどうかの指標とした。さらに、伐採から6ヵ月経過した時点で円盤から試験片をと

1) 本研究は県単研究課題「京築ヒノキの品種化に関する研究」により、平成15～19年に実施したものである。

2) 福岡県飯塚農林事務所林務課

3) 福岡県朝倉農林事務所林務課

り、板目面の任意の5点で心材色を測定した。測定には色彩色差計（ミノルタ CR-300）を用いてL*a*b*表色系を記録し、明度、色相、彩度を算出した。同時に試験片の含水率も求めた。

3. 地元住民に対する心材色の評価

1の調査結果から、京築ヒノキは心材色が紅色というイメージがあることが改めて確認された。そこで、地元の人々がどのような紅色を「京築ヒノキ」としてふさわしいと考えているかを数値化することとした。

対象者は、遠賀川・今川流域森林林業活性化センター主催の「エコツアー in 犀川」に参加した一般住民等とした。まず、対象者に京築ヒノキ材の心材色が紅色といわれていることを説明した後、屋外建物の壁に並べて立てかけた10本の供試材を見せた。その後、一人一人に京築ヒノキの心材色としてふさわしいと思う材を3本ずつ選んで投票してもらった。

供試材は、京築地方の豊前市上川底と築上郡上毛町東上の民有林のヒノキを製材した正角材（長さ3m、断面12cm×12cm）であり、これらは、当センターで40～60℃・556時間の人工乾燥後、豊築森林組合小径木加工場のモルダーにより表面を平滑に仕上げた。投票前に供試材の心材部10点について、前述の方法で明度、色相、彩度を測定した。

4. 次代検定林からの個体選抜と心材色測定

京築地方の築上郡上毛町冷水の次代検定林内には、京築地方から選抜された唯一の精英樹「豊前2号」の実生家系が植栽されており、これらは、成長形質などが遺伝的に良好であると考えられる。そこで、これら「豊前2号」の実生個体の中から素性のいいものを選抜した。

選抜対象は、上記次代検定林（1978年植栽）の豊前2号の3つのブロック内のすべての個体、つまり第1ブロック26個体、第2ブロック27個体、第3ブロック32個体の計85個体とした。また選抜は、2006年12月13日に京築地区にある3つの森林組合（豊築・みやこ・大平）の職員、行橋農林事務所職員、当センター職員の計8名が行った。

選抜メンバーには、ブロックごとに素性がいいと思われる個体を1位から3位まで選ばせ、投票用紙に記入させた。該当する個体がないと各人が判断すれば、必ずしも3本選ぶ必要はないことにした。また、選んだ理由を自由に記述させた。結果を集計し、

3位までの獲得票数と1位の獲得票数を基準に形質優良木を選抜した。選抜個体については、2007年3月7日に伐採し、各個体から長さ3mの1番丸太1本ずつを当センターに持ち帰り、屋外で養生した。同年10月22日に、9～10.5cm正角材に製材し、FFTアナライザで動的ヤング係数を計測するとともに、高周波水分計を用いて表面の含水率を計測した。その後、表面含水率がほぼ20%以下になるまで屋内でさらに養生した。2008年3月、表面をカンナ掛けし、4面それぞれで5箇所ずつ計20箇所の心材部の明度、色相、彩度を、前述の方法で測定した。

5. 選抜個体の挿し木

4で選抜した個体から挿し木を行い、クローン確保を試みた。

伐採時に、当年生枝2～3本を当センターに持ち帰り、1晩水あげを行った。これらの枝から15cm程度の長さの挿し穂を1個体あたり20本ずつ調製した。挿し穂の切り口をオキシベロン原液（有効成分：IBA 4000ppm）に5秒間浸漬後、直ちに挿し木を行った。挿し床は、鹿沼土：パーミキュライト（3：1）の混合土を敷き詰めた育苗箱とした。挿し付け後は、ガラス温室内で1日4回（3分/回）のミスト灌水を行った。2008年3月に生存調査を実施し、当センター内の苗畑に床替えをした。

III. 結果と考察

1. 京築ヒノキに関するアンケート調査

回答者の内訳は、農林事務所9名、役場1名、森林管理署1名、森林組合14名、林家2名、製材所5名、木材販売業1名、森林ボランティア2名、不明3名の計38名であった。

京築ヒノキに対するイメージを表-1に示す。成長や枝のつき方など造林に関する形質について、通直性を除いては回答者にとって印象の強い形質はなかった。一方、材質に関しては全般に良いイメージを持っているようで、特に心材色が紅いという人が多かった。また、京築ヒノキに期待することとしては、地元の特産品化と安定供給を望む声が多かった。その他、揃った品質に期待する声も多く、挿し木苗の供給を望む意見もあった。

2. 京築ヒノキの材質

豊前市産ヒノキ（京築ヒノキ）と嘉穂町産ヒノキ（他地域産）の材質について比較した（表-2）。両者の林齢や施業履歴が異なるため単純比較はできな

いが、ヤング率は嘉穂町産10.2kN/mm²、豊前市産10.5kN/mm²とほぼ同程度で、個体間のばらつきも同程度だった。真円率や細り率についても平均値やばらつきは同程度で、これらの項目では両産地間に有意差は認められなかった(危険率 $p > 0.05$)。一方、心材率は嘉穂町産63.4%に対して豊前市産74.8%と、後者が有意に高く($p < 0.01$)、ばらつきも小さかった。

円盤データに関しては、平均年輪幅が嘉穂町産2.8mmに対して豊前市産3.3mmと、前者が有意に小さく($p < 0.01$)、ばらつきも小さかった。年輪幅の均一性は、嘉穂町産が値が小さく年輪幅が揃った個体が多いと考えられたが、有意差は認められなかった($p > 0.05$)。心材色について、明度と彩度はいずれも両産地間に有意差は認められなかったが($p > 0.05$)、色相では有意差が認められた($p < 0.01$)。嘉穂町産は豊前市産に比べて心材色の赤みが強いと判断され、表-1で得られたような京築ヒノキの感覚的イメージと異なった。心材色の含水率には有意差が認められるため($p < 0.01$)、これが心材色に影響した可能性もあるが、ヒノキ心材の平均含水率と心材色(明度・色相・彩度)との関係にはいずれも有意な相関が認められていない(藤原・岩神, 1989)。竹内ら(1997)はヒノキ精英樹の心材色を調べた結果、明度、色相、彩度すべてに有意なクローン間差があることを認めている。また、津島(2005)は、異なる産地で育成したヒノキ栽培品種ナンゴウヒの心材色を測定した結果、産地は異なっても心材色の値はほぼ同じであることを報告している。したがって、色相の違いは含水率に依存するというより、個体が持つ遺伝的要因などに起因すると考えられた。

以上のことから、心材色が紅いという京築ヒノキのイメージを今後も維持するには、このような個体を見出し、品種化した「京築ヒノキ」材を安定的に市場に供給していく必要があると考えられた。

3. 地元住民による心材色の評価

回答者の内訳は、一般参加者51名、森林組合9名、建築設計士3名、行橋農林事務所5名、役場4名、指導林家1名の計73名であった。

各供試材の得票数、心材色パラメータおよび含水率を表-3に示した。得票数をみると、No1, 8, 9の3本に票が集中し、3本だけで全得票数の62%を獲得した。また、対象者の92%がこの3本のいずれかに投票した。そこで3本の心材色こそが地元

求められるヒノキの色であると考え、3本を込みにしてデータの99%信頼区間を求めた。その結果、明度73.37~75.55、色相2.44~2.81、彩度26.12~27.94となった。

そこで、心材色がこの信頼区間に入り、かつ形質が優良な個体を京築地区の次代検定林から選抜することとした。

4. 次代検定林からの個体選抜と心材色測定

メンバーが3位までに投票した個体をすべて表-4に示した。これらは合計で23個体となり、対象全体の27%であった。選抜の合格基準は、3位までに選ばれた票数が3票以上で、かつ1位に選ばれた票数が1票以上ある個体とした。その結果、表-4の網掛けで示した8個体が予備選抜合格個体となった。これは対象全体の9.4%であった。各個体を選んだ理由はメンバーの自由裁量に任せたが、通直性、完満性、枝の少なさ、枝の細さ、成長のよさという計5つが挙げられた。このうち通直性は最も頻りに登場しており、メンバーが最も重視する形質と考えられた。また、ヒノキはスギに比べて枝打ちに労力がかかかったり、間伐の際にかかり木になりやすいためか、枝の少なさや細さも選抜基準となっていた。

選抜個体の材質を表-5に示す。真円率は高く、これは成長や通直性等を重視して選抜したためと考えられる。材の強度を示す動的ヤング率において10kN/mm²以上の値を示したのは、個体No291, 361, 364および435であった。

選抜個体の心材色を表-6に示す。明度、色相および彩度の色彩3要素のすべてにおいて、測定値が信頼区間の範囲に入ったのは、個体No435のみであった。本個体はヤング率も10kN/mm²を超えており、品種化の母樹として有力と考えられた。

5. 選抜個体の挿し木

4で予備選抜した8個体から挿し木を行い、その生存率を表-7に示した。8個体の平均生存率は47.5%で、最も発根率が高かったのは個体No371で90%であった。母樹として有力な435は55%と平均より高く、増殖もしやすいと考えられた。

IV. まとめ

本研究では、現在の京築ヒノキの材質を調べた結果、市場評価や関係者が抱くイメージと必ずしも一致しない可能性があることがわかった。そこで、とくに心材色が紅いというこれまでの京築ヒノキのイ

メージに着眼し、この特徴をもったヒノキ材を現在よりも安定的に供給できるよう、品種化を検討した。地元住民に好まれる心材色を数値化し、これに合致する個体を、京築地区のヒノキ林から選抜した。現地での素性のよさから予備選抜した8個体のうち、心材色が目標値に合致し、ヤング率も高かったNo435を最終選抜合格個体とした。本個体は挿し木による増殖性も高く、品種化は十分可能と考えられる。435から増殖した挿し木クローンは当センター内の苗畑において、京築ヒノキの母樹として育成中である。

今後は、挿し木苗の増殖率を向上させ、安定的に生産できるようにする必要がある。さらに、ヒノキの品種は形態では見分けが付きにくい場合が多いので、品種保護の観点から将来的にはDNA識別技術の開発を検討したい。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、多くの方々のご理解と献身的なご協力を頂きました。馬場関生氏、江藤

索道・中津造林・(株)中津木材相互市場・(株)伊万里木材市場・(有)豊前木材市場・京都森林組合・大平森林組合・豊築森林組合(各々当時)・福岡森林管理署・同署合河森林事務所および行橋農林事務所の方々と、アンケートにご協力頂いた方々に対して、厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 藤原新二・岩神正朗(1989) スギおよびヒノキ材の生材含水率と心材色の関係について. 高知大学農学部演習林報告16:19-23
- 竹内寛興・千吉良治・戸田忠雄・田村明・宮田増男・田島正啓・西村慶二(1997) ヒノキ精英樹クローンの諸特性(Ⅱ)心材色のクローン間変異. 日林論108:341-342
- 津島俊治・藤岡良江・小田一幸・松村順司(2005) ヒノキ木材性質の林分内変動. 九州森林研究58:88-90

表-1. 両産地のヒノキ間伐材の材質比較 (上:丸太データ,下:円盤データ)

調査箇所	林齢 (年生)	供試数 (本)	元口 年輪数	末口 年輪数	動的 ヤング係数 (KN/mm ²)	心材率 (%)	真円率 (%)	細り率 (%)	
嘉穂町 泉河内	36-38	平均値	32.2	25.4	10.2	63.4	95.9	1.0	
		標準偏差	60	4.0	5.1	1.2	9.8	2.6	0.3
		変動係数(%)		12.4	19.9	12.0	15.4	2.7	32.3
豊前市 経読岳	44	平均値	39.2	32.8	10.5	74.8	95.8	1.1	
		標準偏差	34	3.5	4.6	1.2	4.7	3.2	0.4
		変動係数(%)		9.0	14.1	11.3	6.2	3.3	36.9
U検定結果			**	**	NS	**	NS	NS	

調査箇所	林齢 (年生)	供試数 (枚)	年輪数	平均 年輪幅 (mm)	年輪幅の 均一性 (%)	明度	色相	彩度	含水率 (%)	
嘉穂町 泉河内	36-38	平均値	36.6	2.8	61.3	80.1	3.5	21.4	13.8	
		標準偏差	30	2.1	0.3	9.0	1.4	0.5	1.3	0.4
		変動係数(%)		5.8	10.1	14.8	1.7	13.8	6.1	3.0
豊前市 経読岳	44	平均値	45.6	3.3	66.4	80.5	4.6	21.7	15.7	
		標準偏差	20	1.2	0.6	14.1	2.0	1.0	1.7	0.6
		変動係数(%)		2.7	18.4	21.3	2.5	21.8	7.7	4.0
U検定結果			**	**	NS	NS	**	NS	**	

※U検定 Mann-WhitneyのU検定で、NS:有意差なし(p>0.05)、**:有意差あり(p<0.01)を表す。

表-2 . 京築ヒノキに対するイメージ

項目	最も多かった回答	回答数	次に多かった回答	回答数
造林に関する形質	幹が真っ直ぐである	○	△	9/25
	成長が早い	△	×	3/24
	末口(梢端)の細りが大きい	△	×	3/24
	枝の量が多い	△	○	6/25
	枝が太い	△	?	3/23
	挿し木がしやすい	△	?	8/25
	とっくり病(根元肥大)が出やすい	△	○?	5/24
材質に関する形質	心材の色が赤い	◎○	?	3/26
	心材の色が濃い	○	◎△	6/22
	材に艶がある	○	◎	5/26
	材の香りがいい	○	◎	8/25
	強度が強い	○	◎	6/25
	年輪の目が詰まっている	○	◎	7/23

<凡例>◎:非常にそう思う、○:まあそう思う、△:あまりそう思わない
 ×:全然そう思わない、?:わからない
 ※、記号が2つ並記してある項目は回答数が同じであることを表す。
 ※、回答数の分母が回答者総数を下回るが、これは未記入があるため。

表-3 . 供試材の得票数と心材色パラメータ

材番号	得票数	順位	明度指数	クロマトイクネス指数		色相	彩度	含水率 (%)
			L*	a*	b*	b*/a*	(a* ² +b* ²) ^{0.5}	
1	38	第3位	73.9 ± 2.7	9.8 ± 2.5	25.6 ± 2.0	2.7 ± 0.6	27.4 ± 2.7	18.8 ± 1.7
2	7	第9位	76.5 ± 1.5	6.8 ± 1.0	23.3 ± 1.2	3.5 ± 0.5	24.3 ± 1.3	16.4 ± 1.9
3	21	第4位	73.1 ± 2.4	10.9 ± 1.9	25.4 ± 1.4	2.4 ± 0.6	27.7 ± 1.7	18.1 ± 1.1
4	3	第10位	81.1 ± 2.3	4.2 ± 1.5	21.6 ± 1.0	5.6 ± 1.4	22.0 ± 1.2	15.8 ± 0.9
5	9	第7位	76.6 ± 3.1	8.3 ± 2.6	23.8 ± 1.3	3.2 ± 1.2	25.3 ± 1.9	14.9 ± 0.7
6	15	第6位	79.7 ± 2.4	5.2 ± 1.5	23.1 ± 1.2	4.7 ± 1.1	23.7 ± 1.4	18.5 ± 1.3
7	20	第5位	78.1 ± 1.6	6.9 ± 1.0	23.2 ± 0.6	3.4 ± 0.5	24.2 ± 0.7	14.4 ± 3.2
8	42	第2位	73.0 ± 1.3	10.2 ± 0.6	25.2 ± 1.3	2.5 ± 0.1	27.2 ± 1.4	16.1 ± 1.7
9	53	第1位	76.4 ± 1.4	9.4 ± 1.3	24.7 ± 1.4	2.7 ± 0.4	26.5 ± 1.6	12.3 ± 1.9
10	8	第8位	78.0 ± 2.7	7.2 ± 2.3	23.1 ± 2.0	3.6 ± 1.3	24.3 ± 2.5	17.3 ± 1.9

値は平均値±標準偏差を表す。
 明度指数L*とクロマトイクネス指数a*、b*は、色を3次元で表現した場合の3軸を表す。

表-4 . 豊前2号の実生85個体からの選抜結果

個体No.	ブロックNo.	3位までの		3位までに選抜した理由とその票数 (票)				
		獲得票数 (票)	1位の獲得票数 (票)	満点	完満	枝が少ない	枝が細い	成長がいい
435	2	7	5	7	2	4		
306	1	6	3	5		1	1	
371	3	5	3	5	1			
364	3	5	2	3	1	3	2	
324	2	3	2	2	2			2
291	1	3	1	1	1	1		
321	2	3	1	2				2
361	3	3	1	1		1		2
292	1	3		3				
315	1	3		1	1		1	1
333	2	3		3		1		
346	3	3		2				3
294	1	2	2	1	1			1
365	3	2	1	2				
357	3	2		1				2
303	1	1	1			1		
370	3	1	1	1				
302	1	1		1				
298	1	1			1			
297	1	1						1
431	2	1		1			1	
340	2	1		1				
339	2	1						1

本表に示した85個体のうち、斜線付で示した8個体を選抜した。

表-5. 選抜された京築ヒノキ候補個体の材質

選抜木 個体No.	心材率 [%]	真円率 [%]	細り率 [%]	製材時		
				動的ヤング係数 [kN/mm ²]	比重	含水率 [%] (平均値 ± 標準偏差)
291	67.2	95.2	1.4	10.9	0.54	25.5 ± 3.06
306	63.7	100.0	1.0	9.2	0.51	20.9 ± 2.47
321	65.5	96.3	1.3	8.6	0.53	24.6 ± 3.90
324	74.1	90.3	1.4	9.6	0.52	23.5 ± 3.36
361	63.3	98.3	1.5	10.5	0.54	24.0 ± 2.75
364	65.7	97.6	1.5	13.3	0.56	22.7 ± 2.25
371	71.1	99.2	1.4	8.7	0.50	19.3 ± 2.73
435	65.4	92.5	1.4	10.6	0.57	24.6 ± 3.11
平均	67.0	96.2	1.4	10.2	0.53	
標準偏差	±3.7	±3.4	±0.2	±1.5	±0.02	

表-6. 選抜された京築ヒノキ候補個体の心材色パラメータ

材番号	明度指数	クロマティックネス指数		色相	彩度	計測時含水率 [%]
	L*	a*	b*	b*/a*	(a* ² +b* ²) ^{0.5}	
291	75.3 ± 2.4	8.1 ± 1.4	22.4 ± 1.0	2.3 ± 0.4	23.9 ± 1.3	18.8 ± 2.3
306	75.4 ± 2.0	6.9 ± 0.7	23.2 ± 1.4	3.4 ± 0.3	24.2 ± 1.4	17.6 ± 2.1
321	74.5 ± 2.4	7.6 ± 1.2	24.0 ± 1.5	3.2 ± 0.4	25.2 ± 1.7	19.0 ± 3.2
324	75.1 ± 1.8	7.0 ± 1.0	22.5 ± 1.1	3.2 ± 0.3	23.5 ± 1.3	16.5 ± 2.4
361	75.8 ± 1.2	7.8 ± 0.7	24.1 ± 1.2	3.1 ± 0.3	25.4 ± 1.1	18.3 ± 2.2
364	78.0 ± 1.6	6.0 ± 1.0	22.3 ± 1.1	3.8 ± 0.8	23.2 ± 1.2	20.0 ± 2.1
371	77.6 ± 2.1	6.2 ± 1.4	23.8 ± 1.2	4.0 ± 0.8	24.6 ± 1.5	16.3 ± 2.7
435	74.7 ± 0.9	9.7 ± 0.7	24.3 ± 0.5	2.5 ± 0.2	26.2 ± 0.6	18.5 ± 2.0

値は、平均値±標準偏差を表す。

明度指数とクロマティックネス指数は、色を3次元で表現した場合の3軸を表す。

網掛け太文字で表示した数値は、Ⅲ-3で得られた信頼区間の範囲内であることを示す。

表-7. 京築ヒノキ候補個体挿し木苗の生存率

個体No	291	306	321	324	361	364	371	435
生存数	1	11	6	15	2	12	18	11
生存率	5.0%	55.0%	30.0%	75.0%	10.0%	60.0%	90.0%	55.0%

2008年3月現在

診断キットを用いたきのこ栽培の害菌被害回避法の開発¹⁾ — 清掃効果の評価方法に関する研究 —

谷崎 ゆふ・川端 良夫²⁾

キーワード：菌床栽培，害菌，トリコデルマ，清掃効果

I. はじめに

現在、食用とされるきのこの多くは人工的に調整された培地を利用する菌床栽培で生産されており、空調設備のある施設で集約的に栽培される。

この菌床栽培は生産性が高い反面、同一施設を長期間利用するため、害菌類が定着して被害を与える「害菌問題」が発生することが多い。しかし、生産施設の規模が様々なため衛生基準が統一されておらず、生産者の害菌問題に対する防除対策は十分とはいえない状況である。

そこで、本研究では、生産者が現場で利用できる害菌調査キットを開発することとした。これは、菌床栽培における害菌防除対策を目的として、①栽培施設の汚染状況を調査する「落下菌調査プレート」、②害菌の種類を検索する「診断ソフトウェア」、③害菌の防除対策を講ずるための「害菌防除対策マニュアル」の三点で構成されている。

さらに、落下菌調査によりエノキタケ生産現場で採取した害菌 *Spicellum roseum* のエノキタケへの侵襲力を測定するため、*S. roseum* と県内生産者が保有するエノキタケ4品種について、培養温度調査を行った。

生産者自らがこの害菌調査キットを用いることで、害菌被害量の減少および、早期発見による農薬使用量の減少、病原微生物の混入の回避による安全性の向上が期待される。

なお、当センターでは、害菌調査キットの開発のなかで、清掃効果の評価方法に関する研究および害菌防除対策マニュアルの作成を行った。

II. 材料と方法

1. 栽培現地調査

県内のきのこ生産施設8カ所において、清掃および害菌被害発生防除の方策としてどのような薬剤・方法がとられているか、聞き取り調査を行った。また、対策を必要とする害菌を選定するために、県内のきのこ生産施設5カ所および当センターのきのこ発生試験施設において、被害発生の原因となる害菌類の菌株を採取した。採取は、①落下菌調査用培地（ペプトン・ローズベンガル培地）を用い、施設に5分間シャーレを開放して空中菌を捕捉②被害菌床から直接ペプトン・ローズベンガル培地に分離の二つの方法とした。

また、収集した害菌 *S. roseum* と被害を受けるエノキタケ4品種について、培養温度別菌糸伸長速度を測定し、害菌と被害菌の生育温度特性を調べた。接種原は PDA 培地で前培養した菌叢先端を使用し

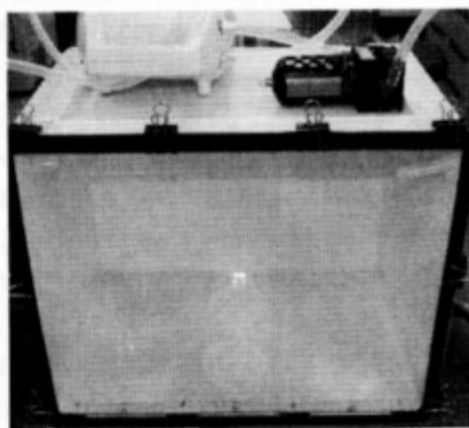


写真-1. 閉鎖型実験装置

1) 本研究は先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「診断キットを用いたきのこ栽培の害菌被害回避法の開発」(平成17~19年度)により実施したものである。

2) 福岡県福岡農林事務所林務課

た。各菌種ごと PDA 平板培地 5 枚にコルクボーラーで打ち抜いた接種原 (5 mm を中央に配し、5℃ 刻みで設定した温度勾配恒温機に静置培養した。蔓延直前までの日当たり菌糸伸長を測定し平均値を得た。

2. 清掃効果の評価方法に関する試験

(1) 閉鎖型実験装置の製作

使用薬剤の殺菌効果および持続時間等を調査するために閉鎖型の室内実験系を作製した (写真-1)。

実験装置は、コンテナボックス (305×460×258 mm) の正面部分 (通常使用時は上面に当たる) に、アクリルパネル (5 mm 厚) をシリコンコーキング剤とクリップを用いて密着させ、スライド型のサンプル設置用蓋付き引き出し (96×240×15 mm アクリル製) を設置した。コンテナ上部には、小型エアポンプ (写真左上, ASONE 製 MAS-1), とドライフィルタ (写真右上, KIT 2 製 DRYA 7) を配置した。コンテナの左側面から差し込まれたチューブ (内径 8 mm) からエアポンプで吸入した空気はドライフィルタを通して浄化され、右側面のチューブより庫内に排気される仕組みとし、コンテナ内の殺菌消毒後、定流量でクリーンな空気と置換できようにした。サンプル設置用引き出しは、コンタミネーションを最小限に抑えるためにスライド式とし引き出し口 (100×20 mm) をコンテナ正面に 3 カ所設け、内径 9 cm の濾紙およびシャーレを 2 枚ずつ設置できるものとした。

(2) 空間内の落下菌に対する清掃効果の検証

使用した菌株は、県内のきのこ生産施設および当センター内きのこ発生試験施設において採取した *Trichoderma* 属菌 3 菌株, *Penicillium* 属菌 3 菌株, *S. roseum* 菌 2 菌株のうち、侵害力が高く被害量が多かった *Trichoderma* 属菌 (*Trichoderma pleuroticola* (褐色) KRCF541) と生産施設での発生頻度が高かった *Penicillium* 属菌 (*Penicillium* sp. FRC0603) の 2 種類である。薬剤は現地調査で使用されていた 7 種の薬剤を用いた (表-1)。

まず、使用菌株を PDA 平板培地で前培養し、ポリペプトン 0.6%, デキストロース 1.0%, KH_2PO_4 0.05%, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.05%, ローズベンガル 0.0025%, ストレプトマイシン 0.004%, 寒天 1.6% のペプトン・ローズベンガル培地シャーレ (内径 90 mm) 上で 8 日間静置培養した蔓延直後の菌叢を 4 分割し汚染源として閉鎖実験系 (以下、庫内) に設置した。設置後、6 時間毎に 30 分間庫内の空気を循環させ、24 時間後、落下菌調査用培地 (ペプトン・ロ

ーズベンガル培地) 2 枚をふたを開放した状態で設置し、10 分間暴露し落下菌を補足し、汚染源シャーレを取り出した後に、庫内の清掃を行った。蒸留水及び薬剤の水溶液を浸した滅菌脱脂綿で庫内 6 面全てを拭き上げ、2 時間クリーンな空気を循環させた。

清掃効果と持続時間を測定するため、清掃後 1, 2, 24, 48 時間経過時に、同様の落下菌調査用培地 2 枚を設置し、10 分間暴露して落下菌を捕捉した。落下菌調査用培地は、25℃ で 5 日間培養し発生したコロニー数を計測した。

(3) 内装素材の違いによる清掃効果の検討

生産現場では、凸凹のある内装材であったり天井・壁面など拭き取り清掃できない構造の施設もあるため、薬剤噴霧による清掃効果を調査した。

疑似内装壁としてプラスチック製のトレーの底面 (22.5×32.5 cm) にウレタンフォーム (東レ製 シリコン HIGHVACCUMGREASE) を吹き付けた区 (ウレタンフォーム区), 表面に多少の凹凸がある 2 種類の壁紙を貼り付けた区 (抗菌壁紙区および凹凸壁紙区), 無処理の区 (トレー区) の 4 種類の区を作成した。

これら疑似内装区をドラフトチャンバー内に設置し一定範囲 (5 cm × 5 cm) に *Penicillium* 属菌 (*Penicillium* sp. FRC0603) の孢子懸濁液 (1 × 10⁶/ml) 約 0.1 ml を高圧殺菌した筆を用いて塗布した。1 時間放置した後、清掃用薬剤液 (表-1) を噴霧した。噴霧には工業用ハンドスプレー (環境機器 (株) 製 IK 1.5 l) を用い噴霧時間は 2 秒とした。噴霧後 2 時間および 24 時間後、塗布部位上に滅菌水 0.1 ml を滴下し、高圧殺菌した筆で塗布部位を攪拌した後、落下菌調査用培地シャーレ (ペプトン・ローズベンガル培地) に塗布し、同様の滴下攪拌塗布の操作でシャーレ 3 枚に害菌を収集した。

塗布後、25℃ で 5 日間培養し、発生したコロニー数を計測した。

III. 結果

1. 栽培現地調査

(1) 現地調査による薬剤と害菌の選定

きのこ生産施設において使用されていた薬剤は、イソプロパノール・ベンレート・オスバン・ヒビテン・アンチホルミン・オゾン・強酸性水 (電解水) であった。このうち、人体毒性のあるオゾンを除く 6 種類の薬剤 (表-1) 及び蒸留水を清掃剤として選定した。

表-1. 選定した薬剤

薬剤名	成分含有率	希釈濃度
イソプロパノール	70%	1倍
ベンレート	0.05%	1000倍
オスバン	0.10%	100倍
ヒピテン	0.05%	100倍
アンチホルミン	0.01%	1000倍
強酸性水	-	1倍
蒸留水	-	1倍

* 希釈濃度は生産施設の使用実態を参考に設定

(2) *S. roseum* とエノキタケ4品種の温度別菌糸伸長速度

図-1に、エノキタケ栽培施設から採取された *S. roseum* と県内生産者が保有しているエノキタケ品種4系統の培養温度別菌糸伸長速度を示す。本害菌は15℃以下の低温域ではエノキタケよりも菌糸伸長速度は劣るが、20℃以上の高温域ではエノキタケよりも菌糸伸長速度が速かった。

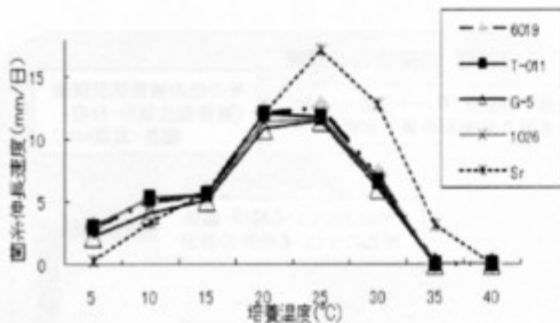


図-1. *S. roseum* とエノキタケ温度別菌糸伸長速度
*6019, T-011, G-5, 1026はエノキタケ品種, Srは *S. roseum* を表す。

2. 清掃効果の評価

(1) 空間内の落下菌に対する清掃効果試験

使用薬剤別清掃後の落下菌数の推移を図-3~5に示した。*Trichoderma pleuroticola* を汚染源とした試験では、水洗を含め全ての薬剤で清掃後汚染源菌が捕捉されることはなかった(図-2)。しかし、汚染源菌以外の落下菌が24時間以降に捕捉された(図-3)。経過測定時、落下菌調査用シャーレの出し入れで外気の混入があったためと考えられるが、捕捉数は少数であった。

Penicillium sp.を汚染源とした試験では、清掃前の落下菌数が *T. pleuroticola* の場合に比べ4倍以上になった(図-4)。このことにより、同程度の汚染源量があった場合でも、*Penicillium* 属菌の方が *Trichoderma* 属菌よりも飛散する量が多いことが示唆された。清掃後の落下菌の捕捉数は、清掃1時間後では全ての薬剤で0であった。2時間後からは若干量の落下菌が捕捉され、24時間後および48時間後ではさらに捕捉数は増加した。しかし、清掃後の落下菌の捕捉数は非常に少なく、使用薬剤の違いによる差はみられなかった。

以上の結果から、今回供試した薬剤の効果には大きな差はなく、水洗でも完全な拭き取り清掃が行われた場合は十分な清浄度が得られると考えられた。

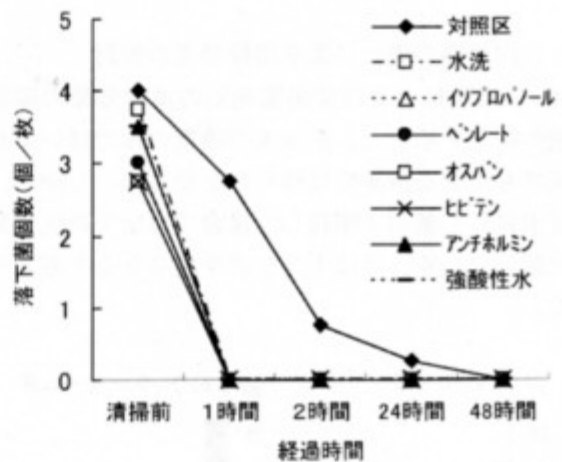


図-2. *Trichoderma pleuroticola* を汚染源とした使用薬剤別の落下菌捕捉数の推移

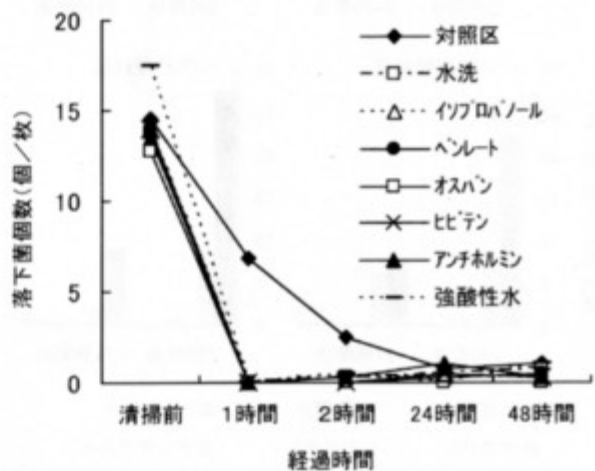


図-3. 汚染源菌(*T.sp.*)以外の落下菌捕捉数

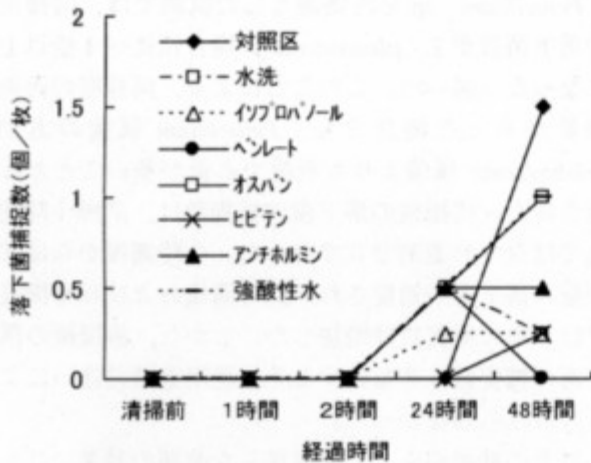


図-4. *Penicillium* sp.を汚染源とした使用薬剤別の落下菌捕捉数の推移

(2) 内装壁の違いによる清掃効果の検討

図-5に壁材および使用薬剤別の清掃効果の確認試験の結果を示した。蒸留水の噴霧のみではいずれの区でも十分な清浄度は得られなかった。しかし、蒸留水以外の薬剤を噴霧した場合では全ての区で発生菌数は少なく、ほぼ十分な清浄度になると考えられた。

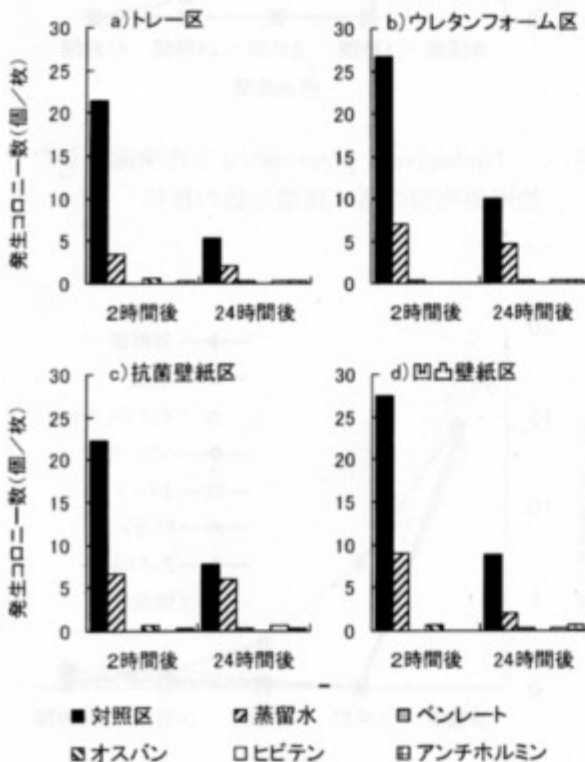


図-5. 壁材および薬剤別の菌の発生数

* イソプロパノールは全ての区で発生コロニー数が0であった。

IV. まとめ

図-6に、本課題で作成した、「診断キット」を用いた調査・診断・防除対策の流れを示す。

上記の清掃効果の評価方法に関する試験結果から、防除のための清掃方法として、対象施設が凹凸のないパネル等の場合は、水洗と乾燥で十分に汚染源の除去が可能であることと、凹凸のあるウレタンフォーム等の資材が使用されている場合でも、菌床を室外に移動せず使用できるイソプロパノールを噴霧することで必要な清掃効果が得られることが明らかとなった。

これらの結果をもとに、水洗と最小限の消毒用アルコール（イソプロパノール）のみを使用する清掃を中心とした、「きのこ菌床栽培施設における一害菌防除対策マニュアル」を作成した。マニュアルは下記に掲載している。

URL: <http://ffrec.pref.fukuoka.lg.jp/>

謝辞

本研究について、ご指導いただいた森林総合研究所九州支所の宮崎和弘氏に謝意を表します。

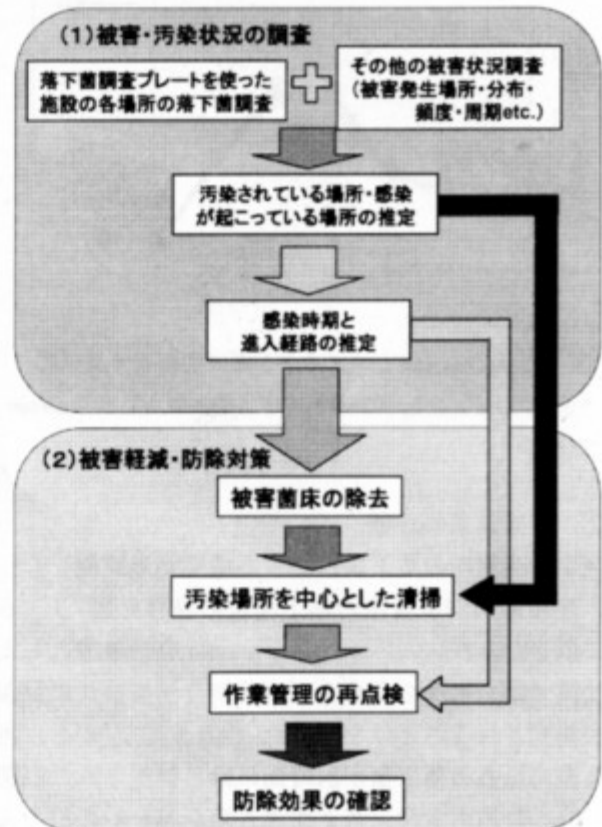


図-6. 「診断キット」による害菌調査・診断・対策のフローチャート

福岡県森林林業技術センター研究報告 第10号

平成21年3月31日発行

発行 福岡県森林林業技術センター
〒839-0827 福岡県久留米市山本町豊田1438-2
TEL 0942-45-7870
FAX 0942-45-7901

印刷 多田印刷株式会社
〒830-0037 福岡県久留米市諏訪野町四丁目2432
TEL 0942-35-3459
FAX 0942-36-1472

この研究報告は、古紙パルプを含む再生紙を使用しています。

- A record on seasonal movement of wild boar(*Sus scrofa*) in Nijo, Fukuoka Prefecture** 1~3
Koichi IKEDA , Yasumitu KUWANO , Jun NAKATANI
- Study on evaluation of wind damage risk using mechanical model** 4~10
Nobuyuki KAYASHIMA , Shigeyuki SASAKI
- Field survey of unthining artificial forest of Sugi(*Cryptomeria japonica*) and Hinoki(*Chamaecyparis obtusa*) in Fukuoka Prefecture** 11~16
Yasumitu KUWANO , Koji NARAZAKI , Hiromi HASHIKAWA , Shigeyuki SASAKI
- Development of new cultivars from KEICHIKU HINOKI** 17~22
Masanori AKIYAMA , Yasuhiro MORI , Fumihiko MIYAHARA
- Development of protection system from fungal contamination on mushroom cultivation by Diagnostic Kits** 23~26
— Research on the evaluation of cleaning method for cultivation room —
Yufu TANIZAKI , Yoshio KAWABATA

福岡県行政資料	
分類番号 PF	所属コード 4706205
登録年度 20	登録番号 0003