

福岡県民が木材に求める殺蟻性についてのスギ挿し木品種 特性

誌名	日本森林学会誌
ISSN	13498509
著者	森, 康浩 上田, 景子 大川, 雅史 宮原, 文彦
巻/号	94巻3号
掲載ページ	p. 127-134
発行年月	2012年6月

福岡県民が木材に求める殺蟻性についてのスギ挿し木品種特性

森 康浩^{*1}・上田景子¹・大川雅史¹・宮原文彦¹

木材のエンドユーザーのニーズを把握するため、一般の福岡県民にアンケートを行った結果、木材の嫌いな点も改善すべき点も「シロアリに弱い」が最多回答であった。そこで、DNA分析で品種を明らかにしたスギの心材木粉でイエシロアリまたはヤマトシロア리를飼育し、殺蟻性の高いスギ挿し木品種を探索した。供試品種の中ではアカバとイワオは死虫率が高く、半数致死日数も短かったことから、殺蟻性が高いと考えられた。特に、アカバは産地が異なっても高い殺蟻性を示した。これに対し、ホンスギは一貫して低い殺蟻性を示した。抽出成分を除去した木粉でヤマトシロア리를飼育すると、アカバをはじめ各スギ品種の殺蟻性は大きく低下した。一方、木粉は摂食できない揮発性成分には曝露される条件下でヤマトシロア리를飼育しても、イワオとアカバはコントロールに比べて高い死虫率を示した。以上のように、殺蟻性の品種特性は一定の再現性が得られ、これは揮発性成分を含む抽出成分の特性に左右されていることが示唆された。したがって、殺蟻性の高いスギ品種を用いた挿し木林業は、エンドユーザーの求める木材を持続的に供給するための選択肢の一つになりうると考えられた。

キーワード：エンドユーザー、挿し木品種、殺蟻性、シロアリ、スギ

Yasuhiro Mori,^{*1} Keiko Ueda,¹ Masafumi Okawa,¹ Fumihiko Miyahara¹ (2012) Sugi (*Cryptomeria japonica*) Cultivar Specificity of Termiticidal Activity, a Wood Property Preferred by Consumers in Fukuoka Prefecture. J Jpn For Soc 94: 127-134 We conducted two questionnaires on wood characteristics to understand the demands of end-users in terms of wood properties. We asked which properties were disliked, and which properties consumers hoped will be improved. In both questionnaires, the most common response was a preference for wood that is resistant to termites. Based on the responses from potential wood end-users, we conducted a study to select termite-resistant sugi (*Cryptomeria japonica*) cultivars. The termites *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes speratus* were cultured in Petri dishes with meals consisting of heartwood of various sugi cultivars, which were identified by DNA analysis. The cultivars Akaba and Iwao showed higher rates of termite mortality and fewer days to reach 50% termite mortality than those of the other tested cultivars. These results suggested that Akaba and Iwao had strong termiticidal activities. In Akaba, the termite mortality rates were equally high in two distinct ramets from different plantations. In contrast, Honsugi consistently showed weak termiticidal activities in all tests. When *R. speratus* was cultured with heartwood meals from which volatile compounds had been extracted, the termiticidal activities of all tested sugi cultivars including Akaba greatly decreased. Under culture conditions in which *R. speratus* was not fed sugi meals but exposed to volatile compounds extracted from the heartwood, Iwao and Akaba showed high termite mortality rates compared with the negative control. These results suggest that termiticidal activity of sugi is closely related to cultivar-specific extractives including volatile compounds. Together with reproducibility of cultivar-specific termiticidal activity, clonal forestry with termite-resistant sugi cultivars is one option for foresters to meet the demands of end-users.

Key words: *Cryptomeria japonica*, cultivar, end-user, termiticidal activity, termite

I. はじめに

挿し木林業は、挿し木由来の苗木を植栽するため、植栽木の遺伝子が林全体で同じという特徴がある。このことからクローン林業とも呼ばれている。一定量の均質な木材を生産できると考えられるため、特に挿し木林業が盛んな九州などでは、各挿し木品種の特性が調べられてきた。たとえば、家入ら(2004)や草野(2009)は、ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)の挿し木品種ナンゴウヒについて、動的ヤング率や応力波伝搬時間、真円率、完満率、密度、節径比などの特性を調べている。スギ(*Cryptomeria japonica*)の在来品種についても、小田(1995)や津島ら(2005, 2006)は心材含水率、容積密度、動的ヤング率などを調べ、アヤスギやアカバの心材含水率は相対的に低くてクモトオシやナカムラは高い、シャカインの動的ヤング率は高くヤブク

グリは低いなど、普遍的な結果も得られている。このような品種特性を生かせば、挿し木林業の強みを高度に発揮できると考えられる。このうち、真円率および完満率は丸太加工時の歩留まりを、含水率、容積密度、動的ヤング率、および応力波伝搬時間は丸太の強度や加工性を、節径比は製材品の意匠性などを大きく左右する。つまり、これらの特性を把握しておくことは、林家や素材生産業者など丸太生産者や、製材所など中間消費者のニーズに対応するためには意義深いことだと考えられる。

一方、木造住宅を購入するエンドユーザーは、一つの木材と最も永く付き合う消費者であるにも関わらず、彼らが木材のどんな特性に期待し、どんな価値を求めているのかはあまり把握されていない。このようにエンドユーザーのニーズが潜在化しているのは、住宅部材の決定権を工務店などの施工者が握っていて、施主には選択の余地が少ない

* 連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: mori-y9360@ffrec.pref.fukuoka.jp

¹福岡県森林林業技術センター 〒839-0827 久留米市山本町豊田1438-2 (Fukuoka Prefecture Forest Research and Extension Center, 1438-2 Toyoda, Yamamoto, Kurume 839-0827, Japan)

(2011年12月15日受付; 2012年5月2日受理)

こと(宮本ら 2009)も理由の一つかもしれない。しかし近年、消費者が農林水産物の生産履歴情報を求めるなど、林産物の特性や品質に対してもエンドユーザーの関心や要求は高まりつつある。したがって今後は、今までのように木材生産者や中間消費者の顕在的ニーズに着目するだけでなく、エンドユーザーの潜在的ニーズに応えられる基盤をつくっておくことも重要と思われる。

そこで本研究では、最初にエンドユーザーとなりうる一般の福岡県民が木材に対してどのようなニーズをもっているかをアンケート調査した。その結果、シロアリに対する抵抗性、すなわち耐蟻性の高い木材が求められていると判断された。耐蟻性については、これまでにスギ品種間によって差があることが報告されているが(落合 2005; 遠山ら 2008; 雉子谷ら 2011)、他の特性のように品種ごとに再現性が認められるかどうかの検討はほとんどされていない。そこで本研究では、耐蟻性が何に起因しているかを調べながら、地域のスギ品種の耐蟻性とその再現性を検討した。これらの結果をもとに、地域の品種で挿し木林業を行うことで、地域のエンドユーザーが求める耐蟻性の高い木材を持続的に供給できるかどうか、その可能性を探った。

II. 材料と方法

1. 木材に対する不満と改良についてのアンケート

本研究では、一般の福岡県民は木材のエンドユーザーになりうると考え、彼らが木材のどんな点に不満を抱き、どのような改良を望んでいるかを明らかにするため、アンケートを実施した。

2004年10月10~11日に行われた木材普及イベント「ウッドフェスタ」(福岡市動植物園, 福岡市中央区)および同年11月28日に行われた福岡県森林林業技術センターの一般開放イベント(久留米市)の来場者に対し、住宅用部材としての木材の嫌いな点をたずねた。さらに、2009年11月7~8日に行われた福岡県農林水産まつり(天神中央公園, 福岡市中央区)および同年11月14~15日に行われた科学イベント(アクロス福岡, 福岡市中央区)の来場者、ならびに2009年6月~2011年11月の福岡県森林林業技術センター来訪者に対し、住宅や家具用部材としての木材の改良すべき点をたずねた。アンケートは、いずれも質問票を直接手渡し、年代と性別を記入してもらった上で、あらかじめ用意した選択肢に○をつけさせる方法をとった(選択肢は、図-1, 2の各要素を参照)。○の数は制限せず、複数回答可とした。それぞれの有効回答者の属性および人数については、表-1にまとめた。

2. イエシロアリに対する殺蟻性

前項のアンケートでは、木材の嫌いな点も改良すべき点も「シロアリに弱い」が最多回答であった。そこで本研究では、以下に示すようにスギ品種の木粉内でのシロアリ飼育試験を行い、各品種の殺蟻性を評価した。

本研究のシロアリ飼育試験では、九州北部産のスギの在来品種および精英樹を供試した。これら供試品種は試験ご

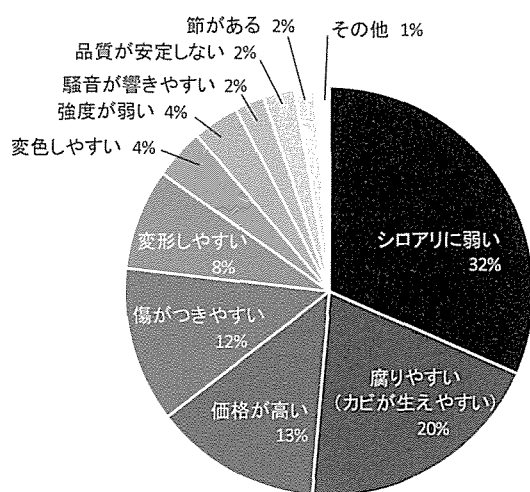


図-1. 405名が回答した「木材の嫌いな点」

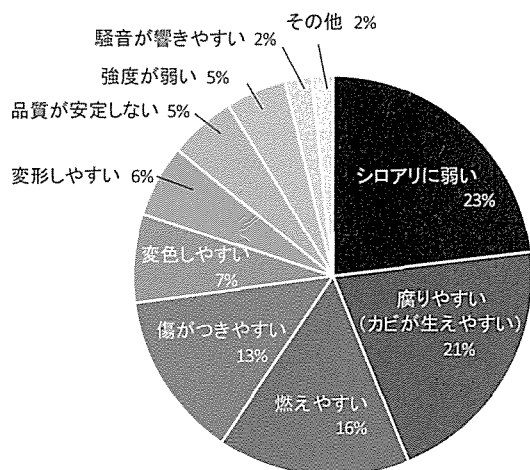


図-2. 410名が答えた「木材の改善すべき点」

とに変えたので、その概要を表-2にまとめた。イエシロアリの1回目の試験では、福岡県田川郡添田町にある九福第2号次代検定林(挿し木苗で構成)に植栽された36年生のスギ精英樹、県八女9号、県八女10号、県浮羽5号について、各5個体ずつの計15個体を供試した。以下、同じ品種の別個体をラメートと称する。2回目の試験では、福岡県小郡市にあるスギ在来品種遺伝子保存林に植栽された20年生のイワオ、リュウスギ、ヤマグチ、ヤイチ、ホンスギ、アカバの6品種について、各3ラメートずつ計18個体を供試した。

試験は、嘉手苺ら(2004)の方法に準じた。各スギ個体の胸高部位から厚さ10cm程度の円盤を採取し、実験室内で約1~2カ月間風乾した。その後、試験直前に心材部から粒度35~60 mesh (500~250 μ m)の木粉を調製した。これら心材木粉3gはラメートごとに直径90mmのガラスシャーレに入れ、蒸留水7mLとよくなじませ、シャーレの片側に寄せ置いた。イエシロアリ(*Coptotermes formosanus*)は、試験開始の前日に福岡県遠賀郡岡垣町の林内にあったクロマツ(*Pinus thunbergii*)丸太から採取し、

表-1. 木材の不満と改良についてのアンケートの回答者の属性

アンケート項目	アンケート会場	10代			20代			30代			40代			50代		
		男	女	不明	男	女	不明	男	女	不明	男	女	不明	男	女	不明
木材の嫌いな点	ウッドフェスタ	10	13	—	4	3	—	7	18	—	13	15	—	11	14	—
	一般開放イベント	1	8	—	8	7	—	15	19	—	13	24	—	20	52	3
	計	11	21	—	12	10	—	22	37	—	26	39	—	31	66	3
木材の改良すべき点	農林水産まつり	1	1	—	4	9	—	12	31	4	10	20	3	10	19	2
	科学イベント	13	6	4	2	2	—	12	44	1	27	38	3	5	6	—
	来訪者	1	1	—	—	6	—	5	1	—	5	3	—	6	7	3
	計	15	8	4	6	17	—	29	76	5	42	61	6	21	32	5

アンケート項目	アンケート会場	60代			70代			年代不明			合計			
		男	女	不明	男	女	不明	男	女	不明	男	女	不明	計
木材の嫌いな点	ウッドフェスタ	9	12	—	7	4	—	—	—	1	61	79	1	141
	一般開放イベント	32	30	7	10	10	3	1	—	1	100	150	14	264
	計	41	42	7	17	14	3	1	—	2	161	229	15	405
木材の改良すべき点	農林水産まつり	7	12	6	—	6	4	—	—	—	44	98	19	161
	科学イベント	2	4	2	1	1	1	—	—	—	62	101	11	174
	来訪者	22	3	2	5	1	4	—	—	—	44	22	9	75
	計	31	19	10	6	8	9	—	—	—	150	221	39	410

数字は各区分に属する人数を表す。—は、該当者なし。

職蟻 30 頭と兵蟻 3 頭を各シャーレに投与後、28℃暗所で飼育した。1 回目の試験では、14 日後まで毎日各シャーレの死虫数をカウントし、死虫率（死虫数/投与数）の経時変化を調べた。5 ラメート（5 シャーレ）の平均をその品種の死虫率とした。対照は、アカマツ（*Pinus densiflora*）5 個体の辺材木粉とした。2 回目の試験では、24 日後まで死虫率を調べた。1 個体につき 3 回ずつ反復をとり、3 ラメート（3 ラメート×3 反復=9 シャーレ）の平均をその品種の死虫率とした。対照は、クロマツ 3 個体（3 個体×3 反復=9 シャーレ）の辺材木粉とした。

3. ヤマトシロアリに対する殺蟻性と抽出成分の影響

ヤマトシロアリ（*Reticulitermes speratus*）についても、前項のイエシロアリと同様にスギ心材木粉内で飼育した場合の死虫率を経時的に調べた。また、抽出成分を除去した木粉でも飼育を行い、抽出成分が死虫率に及ぼす影響も調べた。

2 カ所の次代検定林に共通して植栽された、三つの供試品種について試験を行った（表-2）。1 カ所目は前述の九福第 2 号次代検定林（添田町）、2 カ所目は福岡県八女市にある九福第 1 号次代検定林（挿し木苗で構成）とし、両検定林に植栽された 40 年生のスギ精英樹、県八女 10 号、県浮羽 5 号、県佐賀 3 号をそれぞれ 3 ラメートずつ供試した。

試験は検定林ごとに 1 回ずつ行った。前項と同様の条件で、約 1~2 カ月間風乾した各個体の円盤から、直前に心材木粉を調製した。それぞれ半量の木粉に *n*-ヘキサン：ベンゼン（1：1, v/v）を加え、48 時間振とう抽出を行った。濾過して風乾後、ドラフト内で溶媒を十分に揮発させたものを抽出成分除去木粉とした。抽出処理を行わなかった残り半量の木粉は、抽出成分残留木粉とした。そのほかは 2 回の試験とも、投与したシロアリがヤマトシロアリである以外は、前項と同じ条件で飼育し、20 日後まで毎日死虫率を調べた。各木粉はそれぞれ 3 回ずつ反復をとり、

3 ラメート（3 ラメート×3 反復=9 シャーレ）の平均をその品種の死虫率とした。対照は、各回ともクロマツ 3 個体（3 個体×3 反復=9 シャーレ）の辺材木粉とし、スギと同様に抽出成分除去木粉および残留木粉を調製した。

4. シロアリの死亡要因の検討

前項までの飼育試験でシロアリが死亡するのは、木粉の摂食によるものか、木粉から揮発する成分への曝露によるものかを検討した。

前述のスギ在来品種遺伝子保存林（小郡市）にある 21 年生のイワオ、ニンジンバ、ホンスギ各 1 個体ずつを対象に（表-2）、前項と同様の条件で心材木粉を調製した。シロアリが揮発性成分には曝露されるが木粉を摂食できない実験系を構築するため、シロアリが網目の隙間から侵入できないと考えられる目合 0.8 mm の切片染色用ステンレス製網かご（直径 30 mm、厚さ 12 mm）（以下、かご）に、心材木粉 0.5 g を入れて蓋をした。中央を高さ約 13 mm の仕切りで隔てられた二分割滅菌シャーレ（直径 90 mm、Kord-Valmark 社製）の片側領域に 0.8% 素寒天培地 10 mL を注入し、固化後、もう片方に木粉の入ったかごを 2 個ずつ置いた。培地側にヤマトシロアリ（職蟻 30 頭+兵蟻 3 頭）を投与後、パラフィルムでシャーレの蓋と本体をシールした。28℃暗所で飼育を行い、28 日後まで各シャーレの死虫率の経時変化を調べた。なお、死虫数は毎回シャーレのパラフィルムを外してカウントし、その都度直ちに新しくシールし直した。1 品種あたり 9 シャーレ（3 シャーレ×3 反復）の平均をその品種の死虫率とした。対照は、2 個のかごに何も入れない場合（以下、空かご）とクロマツ 1 個体由来の辺材木粉を入れた場合の 2 種を用意した。一方、シャーレの仕切り上辺と蓋の間のわずかな隙間から、かご側へ移動した個体は、移動虫数として死虫数と同時にカウントした。移動個体はすべて、ダメージを与えないよう毎回培地側に戻した。なお、かご内に侵入した個体は観察されなかった。

表-2. 各シロアリ飼育試験で用いたスギ挿し木品種の概要

試験名	供試品種名	DNA分析後の統合品種名	ラメート数	植栽地	円盤採取日	関連図番号
イエシロアリ試験1回目	県八女9号	シチゾウ ¹	5	福岡県田川郡添田町 (九福第2号次代検定林)	2005年10月25日	図-3
	県八女10号	アカバ ²	5			
	県浮羽5号	ホンスギ ³	5			
イエシロアリ試験2回目	イワオ	イワオ ⁴	3	福岡県小郡市 (在来品種遺伝子保存林)	2009年6月8日	図-4
	リュウスギ	リュウスギ ⁵	3			
	ヤマグチ	ヤマグチ ⁶	3			
	ヤイチ	ヤイチ ⁷	3			
	ホンスギ	ホンスギ ³	2			
ヤマトシロアリ試験1回目	県八女10号	アカバ ²	3	福岡県田川郡添田町 (九福第2号次代検定林)	2009年10月5日	図-5
	県佐賀3号	アヤスギ ⁸	3			
	県浮羽5号	ホンスギ ³	3			
ヤマトシロアリ試験2回目	県八女10号	アカバ ²	3	福岡県八女市 (九福第1号次代検定林)	2009年12月15日	図-6
	県佐賀3号	アヤスギ ⁸	3			
	県浮羽5号	ホンスギ ³	3			
ヤマトシロアリ試験3回目 (木粉をかごに入れた試験)	イワオ	イワオ ⁴	1	福岡県小郡市 (在来品種遺伝子保存林)	2010年10月12日	図-7,8
	ニンジンバ	アカバ ²	1			
	ホンスギ	ホンスギ ³	1			

同じ遺伝子型を示した品種同士は、一つの在来品種名に統合した。統合品種名の右肩数字は通し番号で、同じ品種には同じ番号を付けた。イエシロアリ試験2回目において、ホンスギとして供した1ラメートがアヤスギの遺伝子型と一致した以外は、同一品種内のラメート間で異なる遺伝子型は検出されなかった。

5. DNA分析による供試材料の品種鑑定

本研究のシロアリ飼育試験に用いたすべてのスギ個体は、DNA分析による品種鑑定を行った。

供試個体の針葉または内樹皮からDNA分離・精製キット Plant Genomic DNA Mini (VIOGENE社製)を用いてDNAを抽出した。これらのDNAをテンプレートにして、後藤ら(1999)または久枝ら(2003)の条件でPCR増幅を行った。PCR産物は、2.0%アガロースゲルとUVトランスイルミネーター FAS-III (東洋紡績株式会社製)、もしくはマイクロチップ電気泳動装置 MCE-202 MultiNA (株式会社島津製作所製)を用いて多型を検出した。後藤ら(1999)のRAPD(Random Amplified Polymorphic DNA)マーカーもしくは久枝ら(2003)のMuPS(Multiplex-PCR of SCAR markers)マーカーの遺伝子型データベースに加え、同時に電気泳動したスギ在来品種の基準木(後藤ら1999;久枝ら2003)のバンドパターンとも照合しながら、品種鑑定を行った。

6. 本研究における品種名のルール

本研究の実験では、スギの精英樹および在来品種の挿し木個体を対象にした。挿し木林業が盛んな九州では、精英樹が在来品種の挿し木林分から選抜されたことや、遺伝的には同じでも異名で呼ばれる在来品種の存在が指摘されている(後藤ら1999)。したがって、前項のDNA分析で遺伝子型が一致した場合、品種名は違っても同じクローンである可能性が極めて高いと考えられる。そこで本研究ではこれ以降、混乱を避けるため、遺伝子型が一致した品種同士の名称を統合した。精英樹の県浮羽5号、県八女9号、県八女10号、県佐賀3号はそれぞれ在来品種ホンスギ、シチゾウ、アカバ、アヤスギと鑑定されたので、いずれも在来品種名で統一した。また、スギ在来品種遺伝子保存林のアカバはアヤスギ、ニンジンバはアカバと鑑定された。このようにDNA分析に基づいて統合した供試品種名を表-

2にまとめた。

III. 結 果

1. 木材に対する不満と改良についてのアンケート

2004年の木材の嫌いな点を問うたアンケートでは、「ウッドフェスタ」の141名と一般開放イベントの264名の間で回答結果はよく似た傾向を示し、有意差は認められなかった(χ^2 検定, $p=0.76$)。そこで、両イベントの結果をまとめて図-1に示す。木材の嫌いな点として最も多かった回答は、「シロアリに弱い」(32%)で、次に多かった回答は「腐れやすい(カビが生えやすい)」(20%)であった。つまり、生物的耐久性が劣る点を挙げる回答は半数以上に達した。以下、「傷がつきやすい」(12%)、「変形しやすい」(8%)、「変色しやすい」(4%)といった物理的耐久性が劣る点を挙げる回答が続いた。

2009~2011年の木材の改善すべき点を問うたアンケートでも、農林水産まつりの161名、科学イベントの174名、福岡県森林林業技術センター来訪者の75名の間で回答結果はよく似た傾向を示し、有意差は認められなかった(χ^2 検定, $p=0.63$)。そこで、3カ所の結果をまとめて図-2に示す。木材の改善すべき点として最も多かった回答は、「シロアリに弱い」(23%)で、次に多かった回答は「腐れやすい(カビが生えやすい)」(21%)であった。以下、「燃えやすい」(16%)、「傷がつきやすい」(13%)、「変色しやすい」(7%)、「変形しやすい」(6%)といった物理的耐久性の改善を挙げる回答が続いた。

2. イエシロアリに対する殺蟻性

イエシロアリ試験1回目における死虫率を図-3に示す。対照のアカマツ辺材と比べ、スギ心材で飼育した場合、いずれも死虫率のカーブは立ち上がりの傾斜が急であった。中でもアカバのカーブは最も急で、半数致死日数は7.0日と、ホンスギの10.0日およびシチゾウの12.4日に比べて

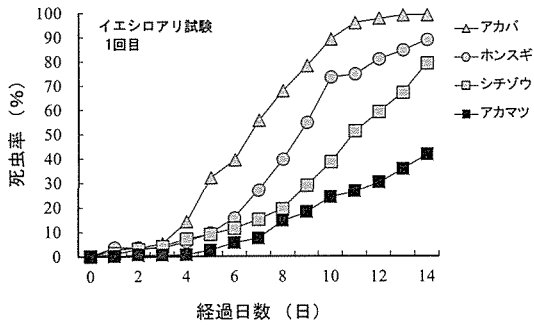


図-3. 添田町に植栽されたスギ品種で飼育したイエシロアリ死虫率の推移

5 ラメート (アカマツは5 個体) × 1 反復 = 5 シャーレの平均死虫率をプロットした。

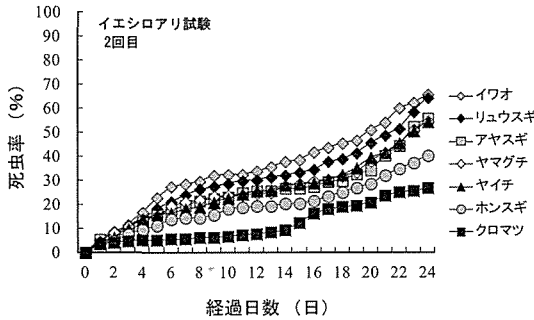


図-4. 小郡市に植栽されたスギ品種で飼育したイエシロアリ死虫率の推移

3 ラメート (クロマツは3 個体) × 3 反復 = 9 シャーレの平均死虫率をプロットした。

有意に短かった (Tukey の HSD 検定, $p < 0.05$)。試験終了時の死虫率をみると、シチゾウ (79%) はアカマツ (42%) との間に有意差は認められなかったが、アカバ (99%) とホンスギ (89%) はアカマツより有意に高かった (Tukey の HSD 検定 (逆正弦変換値), $p < 0.05$)。

イエシロアリ試験 2 回目における死虫率を図-4 に示す。対照のクロマツ辺材と比べ、スギ心材で飼育した場合はいずれも死虫率のカーブは高い位置で推移した。試験終了時の死虫率は、イワオが 66%、リュウスギが 64%、アヤスギが 56%、ヤマグチおよびヤイチが 54%、ホンスギが 40% と、品種ごとに差がみられ、イワオはクロマツ (27%) に比べて有意に高かった (Tukey の HSD 検定 (逆正弦変換値), $p < 0.05$)。

3. ヤマトシロアリに対する殺蟻性と抽出成分の影響

ヤマトシロアリ試験 1 回目における死虫率を図-5 に示す。抽出成分の有無に関わらず、クロマツ辺材よりスギ心材の死虫率は、カーブの立ち上がりの傾斜が急であった。抽出成分残留木粉については、特にアカバの半数致死日数は 4.1 日と、それぞれ 8.9 日と 9.0 日のアヤスギとホンスギに比べて有意に短かった (Tukey の HSD 検定, $p < 0.01$)。試験終了時の死虫率をみると、クロマツでは 27% であったのに対し、スギ 3 品種はほぼ 100% に達した。一方、抽出成分除去木粉については、いずれのスギ品種も同

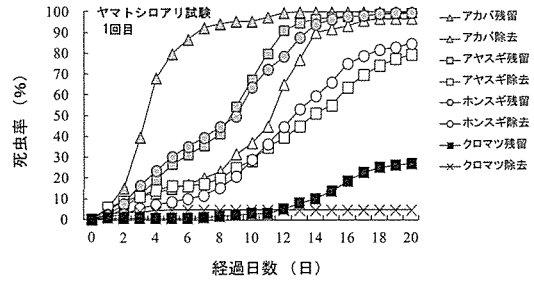


図-5. 添田町に植栽されたスギ品種で飼育したヤマトシロアリ死虫率と心材抽出成分の影響

3 ラメート (クロマツは 3 個体) × 3 反復 = 9 シャーレの平均死虫率をプロットした。「残留」とは抽出成分残留木粉, 「除去」とは抽出成分除去木粉を表す。

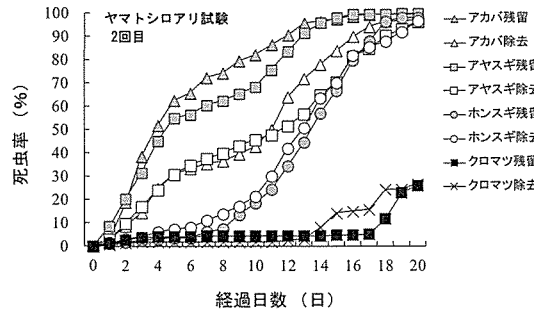


図-6. 八女市に植栽されたスギ品種で飼育したヤマトシロアリ死虫率と心材抽出成分の影響

3 ラメート (クロマツは 3 個体) × 3 反復 = 9 シャーレの平均死虫率をプロットした。「残留」とは抽出成分残留木粉, 「除去」とは抽出成分除去木粉を表す。

じ品種の残留木粉に比べて有意に半数致死日数が長くなった (Tukey の HSD 検定, $p < 0.05$)。

ヤマトシロアリ試験 2 回目における死虫率を図-6 に示す。抽出成分の有無に関わらず、クロマツ辺材よりスギ心材の死虫率は、カーブの立ち上がりの傾斜が急であった。抽出成分残留木粉については、ここでもアカバの半数致死日数が 5.2 日と最も短かった。アヤスギは 7.0 日、ホンスギ 14.1 日と、ホンスギは他の 2 品種より有意に長かった (Tukey の HSD 検定, $p < 0.01$)。試験終了時の死虫率をみると、クロマツでは 26% であったのに対し、スギ 3 品種はほぼ 100% に達した。一方、抽出成分除去木粉については、アカバとアヤスギは同じ品種の残留木粉に比べて半数致死日数がかなり長くなったが、ホンスギでは逆に若干短くなった。

4. シロアリの死亡要因の検討

木粉をかご内に入れ、摂食させないよう飼育したヤマトシロアリ試験 3 回目の死虫率を図-7 に示す。死虫率は、対照のクロマツにおいても、飼育 17 日後以降 90% を超え、試験終了時は、すべての試験区で 100% に達した。ネガティブコントロールである空かごに対して、ホンスギの死虫率は飼育 12 日後まで低く推移したが、イワオとアカバは試験期間全体を通して常に上回った。半数致死日数は、イワオが 8.4 日、アカバが 12.0 日、ホンスギが 13.3 日と、ス

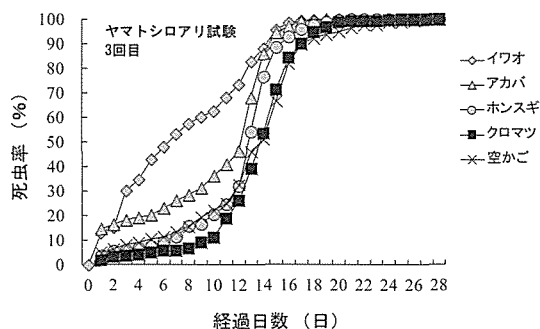


図-7. スギ品種を摂食させずに飼育したヤマトシロアリ死虫率の推移

1 ラメート (クロマツは1個体) × 9 反復 = 9 シャーレの平均死虫率をプロットした。

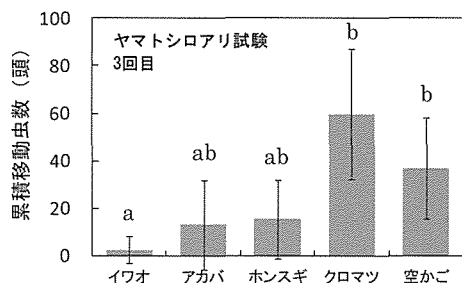


図-8. 寒天培地からスギ品種側へ移動したヤマトシロアリの累積頭数

1 ラメート (クロマツは1個体) × 9 反復 = 9 シャーレの平均値 ± 標準偏差を表す。異なるアルファベット間で有意差があることを表す (Tukey HSD 検定, $p < 0.01$)。

ギ品種間で有意差は認められなかったものの、イワオはクロマツ (13.8 日) および空かご (14.0 日) に比べて有意に短かった (Tukey の HSD 検定, $p < 0.05$)。

試験終了までに培地側からかご側へ移動したヤマトシロアリの累積頭数を図-8に示す。累積移動虫数はイワオが2.4頭と、アカバが13.1頭、ホンズギが15.4頭とスギ品種間で有意差は認められなかったものの、イワオはクロマツ (59.8頭) および空かご (37.0頭) に比べて有意に少なかった (Tukey の HSD 検定, $p < 0.01$)。

IV. 考 察

林業は、植栽から収穫までの期間が長く、製品の流通経路も複雑なことから、エンドユーザーのニーズが生産に反映されにくい特異な産業といえる。しかし近年、他の農林水産物と同様に、林産物の品質に対しても消費者の関心や要求が高まっていると思われる。そこで本研究では、これまであまり注目されてこなかった木材のエンドユーザーの要望を林業や林産業に反映させることを目指した。アンケートの回答者は実際には必ずしも木材のエンドユーザーになるとは限らないが、主な住宅購買層と思われる30～60代が約8割を占め (表-1)、アンケート結果は潜在的なエンドユーザーの要望を反映するものと考えられた。回答を集計した結果、木材の嫌いな点も改善すべき点も共通し

て「シロアリに弱い」が最も多かった (図-1, 2)。日本では、新築住宅の予防処理と既築住宅の駆除処理を合わせると、1,000億円規模のシロアリ対策が行われていると推測されている (吉村 2001, 2007)。回答者の意見の裏には、こうした処理費用がかさむこと、防蟻剤のような化学合成物質が健康や環境に及ぼす影響、シロアリ被害が地震による住宅破損を間接的に助長すること (吉村 1995) などへの不安が内在している可能性がある。エンドユーザーの多くが耐蟻性の高い木材で構成される、安全で安心な居住空間を求めているのかもしれない。

スギとヒノキは、国産材のうち最も素材供給量が多く、住宅部材として最も多く使われていると考えられるが、いずれも耐蟻性は大中小の三区分別のうち「中」とされる (独立行政法人森林総合研究所 2004)。大村ら (2011) が最近行った調査によると、国産および外国産の15樹種間で耐蟻性を比較した場合、スギはヒノキよりも低かった。しかし、スギは品種によって耐蟻性に差があり、耐蟻性の高い品種が存在することが報告されている (落合 2005; 遠山ら 2008; 雉子谷ら 2011)。これに対して、ヒノキにはスギのような挿し木品種は非常に少なく、個体間の遺伝的ばらつきが大きいと思われるため、どれもが一様に高い耐蟻性を示すとは限らない。本研究では、挿し木クローンの再現性に着眼し、高い耐蟻性をもつスギ挿し木品種の特性は普遍的吗かどうか、エンドユーザーの求める耐蟻性の高い木材を持続的に供給できるかどうかを検討した。耐蟻性の評価には、本研究のように死虫率を調べるほか、強制摂食させた試験材の質量減少率を調べる方法もある。これは、木材の硬さや密度などによる物理的な摂食されにくさを評価するが、雉子谷ら (2011) はヤマトシロアリ摂食後のさまざまなスギ品種の質量減少率は死虫率とほぼ同様の傾向であったと報告している。したがって、死虫率を調べれば、各品種の耐蟻性をおおよそ捉えることができると考えられた。

日本で経済的に重要なシロアリは、イエシロアリおよびヤマトシロアリの2種とされる (吉村 2001)。これらを木粉内で飼育し、死虫率を調べた結果、ラメート間での変動は小さく、スギ品種間で差が認められた (図-3～7)。アカバとイワオは試験期間中一貫して死虫率が高く、半数致死日数も短かったことから (図-3～7)、高い殺蟻性を有すると考えられた。特にアカバは、植栽地が異なっても同じように高い殺蟻性が確認された (図-3～6)。さらに遠山ら (2008) によると、後藤ら (1999) および本研究でアカバと鑑定された県八女10号は、野外においてもシロアリの食害指数が10以下と、スギ精英樹46クローン中第2位であった。このように、アカバの耐蟻性の高さはかなり普遍的なものだと考えられた。対照的に、ホンズギはすべての飼育試験に用いたが、いずれにおいても殺蟻性は低かった。既存研究 (落合 2005; 遠山ら 2008; 雉子谷ら 2011) では検討されなかったが、本研究ではこのように、殺蟻性という品種特性に一定の再現性があることを確認できた。これ

ら殺蟻性は、後述する Shibutani *et al.* (2007) が成分抽出に用いた *n*-ヘキサンとベンゼンの等量混合溶媒で抽出成分を除去すると、大きく低下した。低下の程度は、殺蟻性の高いアカバで最も大きく、殺蟻性の低いホンスギはより小さいか、低下そのものが認められなかった (図-5, 6)。本結果を支持するように、各スギ品種のシロアリによる被害の受けにくさや摂食されにくさはそれぞれ有機溶媒抽出物量 (遠山ら 2008) やテルペン含有量 (落合 2005) と有意な相関があることも報告されている。一方、木粉を摂食させずに飼育した条件下でも、イワオとアカバの死虫率はコントロールに比べて高かった (図-7)。本試験で用いた二分割シャーレは、蓋をしても上方のヘッドスペースを通して、シロアリのいる培地側にも揮発性成分は拡散できる設計になっている。したがって、シロアリが摂食することで死亡する成分が含まれるかどうかまではわからないが、摂食せずとも死亡に至る揮発性の殺蟻成分が両品種に存在することが示唆された。さらに、イワオはシャーレの仕切りを乗り越えた木粉側への移動虫数がコントロールに比べて有意に少なかったことから (図-8)、イワオの揮発性成分は殺蟻性だけでなく、忌避性も有するものと考えられた。

過去にスギからはテルペノイドなどの殺蟻成分や忌避成分が単離されている。たとえば、オビスギの一つであるタノアカからは、ジテルペノイドの 16-phyllocladanol と sandaracopimaranol, セスキテルペノイドの β -eudesmol が (曾我部ら 2000)、徳島県産スギからはこれら三つに加え、セスキテルペノイドの cryptomerione, cubenol, epicubenol, cubebol, T-cadinol, ジテルペノイドの 12-hydroxy-6,7-secoabieta-8,11,13-triene-6,7-dial が (在原ら 2004)、いずれもイエシロアリに対する殺蟻成分として報告されている。Shibutani *et al.* (2007) は、松山市と宮崎市に共通して植栽されているスギ精英樹について、殺蟻成分の cubebol, epicubebol, sandaracopimaranol およびヤマトシロアリの摂食忌避性が認められたジテルペノイドの ferruginol (狩野ら 2004) を定量した。その結果、県佐賀 3 号の殺蟻成分濃度は、cubebol と epicubebol は両植栽地で、sandaracopimaranol と ferruginol はいずれかの植栽地で、21 精英樹のうち最も高いことが判明した (Shibutani *et al.* 2007)。ここで、本研究で供試した県佐賀 3 号はいずれもアヤスギと鑑定されたが (表-2)、久枝ら (2003) はイワオと鑑定している。宮島 (1989) の針葉形態を基準とした場合も、本研究の県佐賀 3 号は「針葉接線、接触、先端鋭尖型」で、イワオとは明らかに異なるアヤスギのタイプに分類できた。一方、久枝ら (2003) の分析した (独) 森林総合研究所林木育種センター九州育種場の採穂園の県佐賀 3 号を本研究と同様の手法で鑑定した結果、イワオと同定された (森 未発表)。したがって、本研究や久枝ら (2003) の DNA 鑑定に問題はなく、本研究と久枝ら (2003) の県佐賀 3 号とは互いに異なるクローンであると考えられた。このような育種素材の人為的取違いと推測されるケースは、他にもいくつか報告されている (川内・後藤 1999 ;

森ら 2005 ; 森口ら 2005)。しかし、もしも Shibutani *et al.* (2007) の県佐賀 3 号がイワオと同じクローンだったとすると、揮発性の cubebol や epicubebol を含む複数の殺蟻成分濃度が非常に高かったことから、本研究で観察されたイワオの高い殺蟻性は説明できる。さらに、アカバと遺伝子型の一致した福岡署 1 号 (久枝ら 2003) についても、cubebol, epicubebol, sandaracopimaranol の濃度は他の精英樹に比べて相対的に高い (Shibutani *et al.* 2007)。これに対して、アヤスギと遺伝子型の一致した県阿蘇 1 号 (久枝ら 2003) の殺蟻成分濃度はいずれも中程度であり (Shibutani *et al.* 2007)、本研究で観察された中程度の殺蟻性 (図-4~6) と符合する。本研究では成分の同定や定量は行っていないが、以上のように、スギの殺蟻性は品種特有の殺蟻成分量によって決まっていることが強く示唆された。

九州で盛んな挿し木林業では、林全体に同じ品種を植えることで、その林から生産される木材の遺伝的ばらつきを小さくすることができる。本研究で確認したように、殺蟻性に品種特異性があるとすれば、殺蟻性の高い品種を植栽した挿し木林からは殺蟻性の高い木材を安定生産できる可能性がある。殺蟻性と耐蟻性は必ずしも同じとは限らないが、ひいては、エンドユーザーの望む耐蟻性の高い木材を安定生産できる可能性がある。ここで注意すべきは、本研究ではアカバやイワオの殺蟻性は高くホンスギは低いという相対的関係を見出すことはできたが、死虫率の絶対値は同じ品種でも試験や条件を変えると異なったということである。たとえば、イエシロアリ 2 回目の試験では、他の試験に比べてどの品種も死虫率がかなり低かった (ホンスギを例にとると、イエシロアリ 1 回目の試験では飼育 14 日後で 79%であったのに対し、2 回目は飼育 24 日後でも 38%であった)。半数致死日数についても、異なる植栽地の共通の 3 品種を供試したヤマトシロアリの 1 回目と 2 回目の試験データを用いて二元配置の分散分析 (「植栽地」と「品種」の二要因) を行うと、品種間および交互作用では有意差が認められ ($p < 0.01$)、植栽地間でも有意ではないものの、有意確率は 0.065 と低かった。一方、Shibutani *et al.* (2007) の報告では、殺蟻成分濃度について、品種間の順位関係は植栽地が異なってもあまり変わらないが (たとえば、順位相関係数は sandaracopimaranol で 0.85)、絶対値は植栽地間で有意差が認められている。このように殺蟻性の指標は、植栽地の環境条件の違いを主として、シロアリ側のコロニー・採取時期の違い、スギ側の伐採時期・樹齢・施肥履歴の違いなどにも影響を受けると考えられる。つまり、殺蟻性は遺伝要因だけではなく、環境要因によっても左右されるため、どんな環境に植栽されたアカバやイワオでも絶対的に高い殺蟻性をもつ木材を生産できるとは限らないという限界がある。しかし、少なくとも一ついえるのは、アカバやイワオから生産される木材は、殺蟻性が未評価あるいは低いスギ品種に比べると、殺蟻性が低くなる可能性は小さいということである。殺蟻性の高い木材を

生産するために、人為的に植栽木の環境要因を変えることは難しいが、育種的な観点から殺蟻性の高い品種を植栽したり、丸太を区別して取扱ったりするという対応は十分可能である。以上のように、エンドユーザーの求める木材を持続的に供給するために、耐蟻性の高い品種で挿し木林業を展開していくことは、絶対ではないがベターな選択なのかもしれない。

本研究を実施するにあたり、福岡県飯塚農林事務所、同朝倉農林事務所、同筑後農林事務所、添田町森林組合、朝倉森林組合、八女森林組合の職員の方々には試料採取にご協力いただきました。延べ815名の方々には、アンケートにご回答いただきました。当センターのスタッフには試料調製、実験補助などにご協力いただきました。ここに厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 在原重信・梅山明美・坂東真也・小武家聖哉・伊元信治・小野未架子・吉川和子・網田克明・橋本 茂 (2004) スギ (*Cryptomeria japonica*) 黒心材の殺蟻成分. 木材学会誌 50: 413-421
- 独立行政法人 森林総合研究所 (2004) 木材を食害するシロアリと耐蟻性. (改訂4版 木材工業ハンドブック. 丸善株式会社). 795
- 後藤 晋・家入龍二・宮原文彦 (1999) 福岡県におけるスギさし木品種と精英樹の RAPD 分析. 日林誌 81: 187-193
- 久枝和彦・白石 進・藤澤義武・宮原文彦・石松 誠・家入龍二・佐々木義則・三樹陽一郎・川内博文 (2003) 九州産スギ在来品種および精英樹の MuPS (multiplex-PCR of SCAR markers) 型. 九大演報 84: 59-71
- 家入龍二・岩下幸光・園田太志・池田元吉 (2004) 太枝系と細枝系に区分されたヒノキサシ木品種ナンゴウヒのクローン構成と材質. 日林誌 86: 245-250
- 嘉手苺幸男・金城一彦・屋我嗣良 (2004) 沖縄産材の生物劣化抵抗性. 木材学会誌 50: 404-412.
- 狩野仁美・澁谷 栄・林 和男・飯島泰男・土居修一 (2004) スギ心材の抗蟻性におよぼす高温乾燥の影響. 木材学会誌 50: 91-98
- 川内博文・後藤 晋 (1999) 鹿児島県のマツノサイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園におけるクローン管理のモニタリング. 日林誌 81: 338-340
- 雉子谷佳男・豊海 彩・北原龍士・藤本英人 (2011) オビスギ品種材のシロアリ抵抗性と抽出成分の組織内分布. 木材学会誌 57: 195-202
- 草野僚一 (2009) さし木在来品種ナンゴウヒの主要クローンの特性評価. 九州森林研究 62: 129-130
- 宮島 寛 (1989) 九州のスギとヒノキ. 九州大学出版会
- 宮本基杖・飯島泰男・立花 敏・川鍋亜衣子 (2009) 地域材が消費者ニーズほど使用されないのは何故か—秋田県の住宅に関するアンケート調査の分析から—. 林業経済研究 55: 56-64
- 森 康浩・松本麻子・津村義彦 (2005) 次代検定林の家系管理におけるマイクロサテライトマーカーの有効性. 林木の育種 214: 15-19
- 森口喜成・後藤 晋・高橋 誠 (2005) 分子マーカー情報に基づく採種園の遺伝的管理. 日林誌 87: 161-169
- 落合克紀 (2005) オビスギ心材の品種別耐蟻性能. 第55回日本木材学会大会研究発表要旨集: 218 (PQ610)
- 小田久人 (1995) 九州における主なスギ在来品種の材質特性. 林木の育種 特別号: 48-52
- 大村和香子・桃原郁夫・木口 実・吉村 剛・竹松葉子・源清英樹・野村 崇・金田利之・三枝道生・前田恵史・谷川 充 (2011) 異なる劣化環境下における日本産および外国産樹種の耐蟻性能. 木材学会誌 57: 26-33
- Shibutani S, Takata K, Doi S (2007) Quantitative comparisons of antitermite extractives in heartwood from the same clones of *Cryptomeria japonica* planted at two different sites. J Wood Sci 53: 285-290
- 曾我部昭好・金城一彦・阿部フミ子・山内辰郎・屋我嗣良 (2000) オビスギ心材 (*Cryptomeria japonica* D. Don) の殺蟻成分. 木材学会誌 46: 124-131
- 遠山昌之・池田元吉・荒木博章・前田貴昭・桃原郁夫・大村和香子・加藤 厚・藤澤義武 (2008) スギ精英樹の耐朽性および耐蟻性に関する試験結果について. 第58回日本木材学会大会研究発表要旨集: 735-736 (PN011)
- 津島俊治・古賀信也・小田一幸・白石 進 (2005) 九州産スギ在来品種の成長と木材性質. 木材学会誌 51: 394-401
- 津島俊治・古賀信也・小田一幸・白石 進 (2006) スギさし木品種の成長と木材性質へ及ぼす植栽密度の影響. 木材学会誌 52: 196-205
- 吉村 剛 (1995) 阪神大震災における破損木造住宅の腐朽及びシロアリ被害に関する一考察. 木材保存 21: 189-191
- 吉村 剛 (2001) シロアリから住宅を護る. (木材なんでも小事典. 木質科学研究所木悠会編, 講談社). 314
- 吉村 剛 (2007) シロアリ被害の現状と対策. 木材工業 62: 234-237