

スギ樹皮の抗菌活性とその関連成分*¹

小藤田久義*², 藤野陽治*², 佐々木達也*², 長谷部真*²,
太田路一*²; 鈴木幸一*²

Antifungal Activity of the Bark of *Cryptomeria japonica*
and its Relevant Components*¹

Hisayoshi KOFUJITA*², Youji FUJINO*², Tatsuya SASAKI*²,
Makoto HASEBE*², Michikazu OTA*² and Kouichi SUZUKI*²

Antifungal activity of the bark of *Cryptomeria japonica* D. Don was examined using four plant pathogenic fungi, namely *Alternaria alternata*, *Pyricularia oryzae*, *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum cucumerinum*. The growth of each fungus was inhibited by addition of the bark meal into the potato dextrose agar medium. Most of the antifungal activity disappeared from the bark after successive extractions with *n*-hexane, dichloromethane, ethanol and 70% aqueous acetone. All these extracts showed a certain extent of activity and the strongest activity was found in the hexane extract. By silica gel column chromatography and high performance liquid chromatography, an antifungal compound was isolated from the hexane extract and was identified as ferruginol. Quantitative analysis showed that a large amount of ferruginol was present in the commercially produced barks, ranging from 0.4 to 1.0% of dry weight. Therefore, ferruginol was assumed to play an important role in the antifungal activity of the bark.

Keywords: bark, *Cryptomeria japonica*, antifungal activity, ferruginol.

スギ樹皮の植物病原菌に対する抗菌活性について、4種の植物病原菌、すなわち、リンゴ斑点落葉病菌 (*Alternaria alternata*)、イネいもち病菌 (*Pyricularia oryzae*)、シバブラウンパッチ病菌 (*Rhizoctonia solani*) およびキュウリつる割り病菌 (*Fusarium oxysporum cucumerinum*) を用いて調べた。各菌株の生長はポテトデキストロース寒天培地に樹皮粉を加えることにより阻害された。*n*-ヘキサン、ジクロロメタン、エタノールおよび70%アセトン水溶液による逐次抽出後の残さ樹皮粉では抗菌活性の大部分が消失していた。これら全ての抽出物はある程度の活性を示したが、最も強い活性はヘキサン抽出物に認められた。シリカゲルカラムクロマトグラフィーおよび高速液体クロマトグラフィーにより、ヘキサン抽出物から抗菌化合物を単離し、フェルギノールと同定した。ガスクロマトグラフィーを用いた定量分析により、工業的に生産された樹皮中に多量のフェルギノールの存在が認められ、その範囲は乾燥重量の0.4~1.0%であった。以上より、フェルギノールは樹皮の抗菌活性において重要な役割を果たしていると考えられた。

1. 緒 言

原木丸太の製材工程においては多量の樹皮が排出される。このうち針葉樹の樹皮に関しては、パーク堆肥としての需要がある広葉樹とは対照的に用途が少なく、その多くが利用されることなく焼却処理されている。さらに、近年の廃棄物処理に対する規制の強化から焼却処理そのものが困難になってきていることを考慮すると、スギをはじめとする針葉樹皮

*¹ Received December 15, 2000; accepted May 28, 2001. 本研究の一部は、第50回日本木材学会大会(2000年4月, 京都)で発表した。

*² 岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, 020-8550

の有効な利用法を開発することは緊急の課題であるといえる。

針葉樹皮の用途として試みられているものに園芸用資材としての利用がある。例えば、マルチ資材として土壌の乾燥および流亡の防止に利用できることや、水耕栽培用メディアとしてピートモスなどの代替材になることが報告されている^{1,2)}。これらの資材にスギ樹皮を用いたときには、植物病原菌や害虫の発生が減少することなどのユニークな特性が経験的に認められている。スギ材中には多くのテルペノイド成分が含まれており³⁻¹⁰⁾、なかには α -テルピネオール¹¹⁾、カジノール^{12,13)}、ムロロール¹³⁾、セドロール¹⁴⁾ など抗菌性を示す化合物もいくつか存在する。樹皮成分についての報告例は少ないが、有機溶媒による抽出物は材部よりもむしろ多いことが知られている。樹皮は樹木の最外層をなす生体防御組織としての性格を持つことから、材部以上に多くの生理活性成分を含んでいるものと思われる。したがって、スギ樹皮が示す病害虫に対する抑制効果は、これらの成分によるものであることは想像に難くない。本研究ではまず、スギ樹皮そのものが有する抗菌活性について、いくつかの代表的な植物病原菌を用いて

検証を試みた。次いで数種の有機溶媒により逐次抽出を行い、得られた抽出物から抗菌化合物の単離・同定を行うとともに、スギ樹皮中のその含有量についても検討を加えた。

2. 実 験

2.1 供試試料

スギ樹皮には葛巻林業株式会社より提供された5種の試料、すなわち、複数の原木丸太よりはく皮、混合された資材用スギ樹皮2種（製造ロットの異なる試料1および2（商品名CCパーク））および県内産の異なる原木からそれぞれはく皮されたスギ樹皮3種（試料3～5）と、岩手大学附属御明神演習林由来のスギ原木をはく皮して得た樹皮（試料6）の計6種を用いた。これらの樹皮は風乾したのち、ウイリーミルで粉碎して樹皮粉とした。

2.2 有機溶媒抽出

試料1の樹皮粉600g（気乾）に対して4倍量の *n*-ヘキサン、ジクロロメタン、エタノールおよび70%アセトン水溶液を用いて、各々室温で24時間の逐次抽出処理を行った。これによりヘキサン抽出物21.0g、ジクロロメタン抽出物17.1g、エタノール抽出物

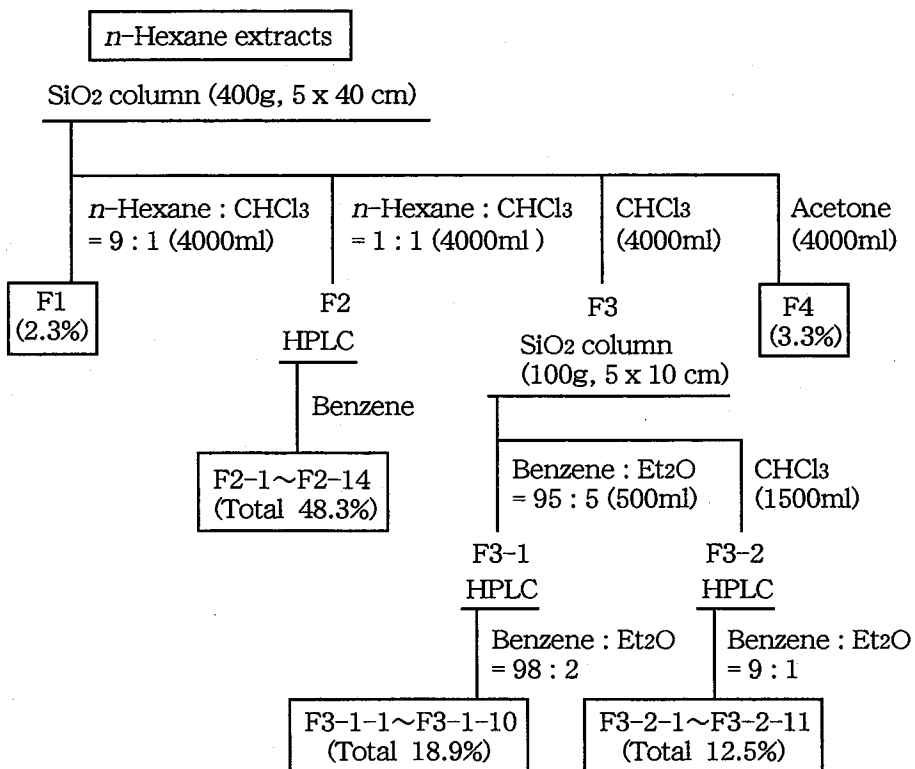


Fig. 1. Fractionation procedure for *n*-hexane extracts from *Cryptomeria japonica* bark.

9.6 g および70%アセトン抽出物6.0 g を得た。樹皮乾燥重量に対する全抽出物量の割合は約10%であり、このうちヘキササン抽出物が約40%を占めた。その他の試料(2-6)については抗菌化合物の定量分析のためにヘキササン抽出のみを同様の方法で行った。

2.3 ヘキササン抽出物の分画

ヘキササン抽出物の分画はシリカゲルカラムクロマトグラフィーおよび高速液体クロマトグラフィー(HPLC)により行った(Fig. 1)。シリカゲルカラムクロマトグラフィーの吸着剤にはワコーゲルC-300(和光純薬)を用い、溶出はヘキササン/クロロホルム混合溶媒、クロロホルム、アセトンにより順次行った。クロロホルム溶出物については、ベンゼン/エーテル混合溶媒およびクロロホルムを溶離液としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーでさらに分画した。特に収量の多かった画分を、さらにHPLCによりそれぞれ分画した。HPLCには分取用カラムとして島津PREP-SIL(H)(20 mm i.d.×25 cm)を用い、溶離液にはベンゼンまたはベンゼン/エーテル混合溶媒を適宜使用した。フラクションコレクターを用いて得られた各100本のサブフラクションを薄層クロマトグラフィー(TLC)により分析し、その結果をもとに成分の重複をできるだけ避けるようにまとめて、合計37の画分を得た。TLC分析はシリカゲル60薄層プレート(メルク)により行い、展開溶媒にはHPLCによる分画に使用したものとそれぞれ同じ溶媒系を用いた。

2.4 抗菌化合物の単離

活性画分F2-4から順相HPLC(カラムは上記と同じ。溶離液はヘキササン:クロロホルム=3:1)および逆相HPLC(カラムはInertsil ODS-80A, 4.6 mm i.d.×25 cm。溶離液はメタノール)により化合物1を単離した。化合物1の構造はマススペクトル(MS)および核磁気共鳴(NMR)スペクトルにより解析し、旋光度を含めた文献値との比較により同定を行った。MSは日立M-2000型スペクトロメーターによりEI法(70 eV)にて測定した。¹Hおよび¹³C-NMRスペクトルは内部標準物質にテトラメチルシラン(TMS)を、溶媒にはCDCl₃を用いて日本電子AL400型スペクトロメーターにより測定した。旋光度は日本分光DIP-1000型デジタル旋光計を用いて測定した。

2.5 定量分析

抗菌化合物の定量分析は、ガスクロマトグラフィー(GC)により内部標準法を用いて行った。内部標準(I.S.)にはヘプタデカンを用いた。分析条件は以

下の通りである。使用機種:島津GC-8A, カラム:HP-5(0.25 mm i.d.×30 m, ヒューレットパッカード社), カラム温度:60-240°C(3°C/min), キャリアガス:He(1.0 ml/min), 検出器:FID

2.6 抗菌試験

抗菌試験は寒天ディスク法および液体培養法により行った。供試菌には岩手県生物工学研究所より入手したリンゴ斑点落葉病菌 *Alternaria alternata* (Fries) Keissler Am 21-9/5-2, 国立農業環境技術研究所より入手したイネいもち病菌 *Pyricularia oryzae* Cavara P-2, 財団法人発酵研究所より入手したシバブラウンパッチ病菌 *Rhizoctonia solani* Kuhn IFO 30464およびキュウリつる割り病菌 *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen f. sp. *cucumerinum* IFO 31224を用いた。菌株はポテトデキストロース(PD)寒天培地にて25°Cの暗所で培養し、本実験に使用するまで4°Cで保存した。

2.6.1 寒天平板法

樹皮粉、有機溶剤抽出物および単離化合物の抗菌活性は、以下に示す寒天平板法により調べた。試験培地は1 mlのPD寒天平面培地を35×100 mmのシャーレに固化させることにより調製した。各試料の添加はそれぞれ下記のようにして行った。スギ樹皮粉(試料1)および抽出済みスギ樹皮粉は、プロピレンオキサイドによりガス滅菌した試料0.2 gをそのまま培地に浸漬して固化させた。有機溶剤抽出物はアセトン:DMSO=1:1溶液に溶解した後、界面活性剤(Tween80:終濃度1%)と共に培地に加えて分散・固化させた。単離化合物は、固化した培地の表面に所定濃度のアセトン溶液として50 μlずつ塗布し浸透させた。また、以上のそれぞれについて試料のみを除く対照培地を作成した。培地調製後、前培養した供試菌を直径5 mmのコルクボーラーでうちぬいて接種し、25°Cの暗所で培養した。静置培養後、菌叢直径を計測し、さらにその直角方向の直径も測定した。4回の測定値の平均をもとに生長面積をもとめたのち、対照培地での値に対する割合を相対生長面積(%)として算出し、100-相対生長面積(%)=生長阻害率(%)として抗菌活性を評価した。

2.6.2 液体培養法

ヘキササン抽出物の分画後の各試料については、リンゴ斑点落葉病菌を用いてそれぞれの抗菌活性を液体培養法により調べた。ガラスシャーレ内にPD液体培地を20 mlずつ分注し、放置冷却後、DMSOに溶解した試料をそれぞれ50 μlずつ注入した。また、

対照培地には DMSO のみを 50 μ l 注入した。各画分および分画前のヘキサン抽出物の培地への添加量は 2 mg (最終濃度 100 ppm) とした。それぞれの培地には、PD 液体培地にて前培養した菌体をワーリングブレンダーで粉碎して 0.1 ml ずつ加え、25°C の暗所で静置培養を行った。培養後、ナイロンメッシュシートにシャーレ内の菌体をすべて回収し、乾燥後の菌体重量を測定した。上記と同様に対照培地との比較により相対菌体重量 (%) を算出し、さらに各画分の試料による生長阻害の程度を 100 - 相対菌体重量 (%) = 生長阻害率 (%) として評価した。

3. 結果および考察

3.1 スギ樹皮および各種抽出成分の抗菌活性

スギ樹皮の抗菌試験は、各試料粉末を含む寒天培地に 4 種の供試菌を接種・培養して、生長面積を対照培地と比較することにより行った。Table 1 に示すように、スギ樹皮の各種植物病原菌に対する抗菌活性を調べた結果、菌の種類によって感受性に若干差が認められるものの、いずれも対照培地の 50~80% 程度の生長阻害が観察され、明白な抗菌作用が認められた。また、ヘキサン、ジクロロメタン、エタノールおよび 70% アセトンで逐次抽出処理した後の残さを試料として、抽出成分の除去による抗菌活性の

変化についても同様に調べた。抽出残さではイネイモチ病菌の生長が若干阻害されたことを除いて、本来の樹皮が持つ抗菌活性を完全に消失していたことから、スギ樹皮の抗菌活性には主として有機溶媒で抽出可能な成分が寄与していることが確認された。スギ樹皮抽出物の抗菌活性については、アセトン抽出物がいくつかの糸状菌に対する抗菌活性を示したことが報告されている¹⁵⁾。本研究では、先の逐次抽出により得られた各抽出物についてそれぞれの抗菌活性を評価した。それぞれの添加量は、培地あたりヘキサン抽出物 7.0 mg、ジクロロメタン抽出物 5.7 mg、エタノール抽出物 3.2 mg および 70% アセトン抽出物 2.0 mg としたが、これらは先の実験で培地に加えられた樹皮粉量 0.2 g より得られる各抽出物の量に相当する。Table 2 に示すように、試験を行った抽出物は全て何らかの生長抑制効果を示し、その強さはヘキサン > ジクロロメタン > エタノール > 70% アセトンの順であった。この傾向はいずれの菌株においても同様であったことから、ヘキサン可溶成分が他の抽出成分と比較してスギ樹皮の有する抗菌作用に最も大きく貢献しているものと考えられた。

3.2 ヘキサン抽出物の分画と各画分の抗菌活性

ヘキサン抽出物に含まれる抗菌化合物を検索するため、シリカゲルカラムクロマトグラフィーおよび HPLC による分画を行った。これらのクロマトグラフィーで得られた各フラクションを TLC 分析し、成分の重複をできるだけ避けるようにしてまとめることにより、合計 37 の画分が総回収率 85.3% で得られた。各画分の抗菌活性については、データの定量性を考慮して、液体培養における対照培地との菌体増殖量 (乾燥重量) の比較から生長阻害率 (%) を算出することにより評価した。各画分の試料濃度 100 ppm における生長阻害率は、分画前の抽出物が 30% であったのに対して 15~60% の範囲となっており、いずれの画分においてもある程度の活性が認められた (Table 3)。前述の各種有機溶媒抽出成分のみならず、ヘキサン抽出物から分離された画分について

Table 1. Antifungal activity of *Cryptomeria japonica* bark.¹⁾

Fungus	Inhibition rate (%) ²⁾	
	Bark meal	Extracted bark meal ³⁾
<i>A. alternata</i>	49	no inhibition
<i>P. oryzae</i>	78	42
<i>R. solani</i>	83	no inhibition
<i>F. oxysporum</i>	57	no inhibition

¹⁾ Each agar medium contained 0.2 g of the bark meal.

²⁾ Inhibition rate (%) = 100 - relative growth area (%)

³⁾ The bark meal was extracted successively with *n*-hexane, CH₂Cl₂, EtOH and 70% acetone.

Table 2. Antifungal activity of extracts from *Cryptomeria japonica* bark.

Fungus	Inhibition rate (%) ¹⁾			
	<i>n</i> -Hexane	CH ₂ Cl ₂	EtOH	70% Acetone ²⁾
<i>A. alternata</i>	73	58	41	32
<i>P. oryzae</i>	88	79	16	1
<i>R. solani</i>	87	31	24	4
<i>F. oxysporum</i>	60	53	40	23

¹⁾ Inhibition rate (%) = 100 - relative growth area (%).

²⁾ Each extract equivalent to 0.2 g of bark was added to the PDA medium.

も全ての試料に抗菌活性が認められたことは、スギ樹皮中にきわめて多岐にわたる抗菌物質が含まれていることを示している。このことからスギ樹皮抽出物に認められた抗菌活性は、ある単独の物質のみからもたらされるものではなく、多様な成分の複合的な作用によるものと推定された。なかでもヘキサン

Table 3. Yield and growth inhibition rate of each fraction separated by SiO₂ column chromatography and HPLC from *n*-hexane extracts of *Cryptomeria japonica* bark.¹⁾

Fraction	A ²⁾		A×B
	Yield (%)	Inhibition (%)	
F1	2.25	46	103
F2-1	1.19	60	71
F2-2	1.22	18	22
F2-3	1.91	13	25
F2-4	12.17	54	660
F2-5	3.23	36	115
F2-6	1.66	29	48
F2-7	3.41	14	48
F2-8	4.62	21	98
F2-9	2.10	20	41
F2-10	2.71	20	55
F2-11	4.06	52	211
F2-12	3.73	59	220
F2-13	2.95	42	125
F2-14	3.39	45	151
F3-1-1	1.39	37	52
F3-1-2	2.06	16	33
F3-1-3	3.54	43	153
F3-1-4	1.89	29	55
F3-1-5	1.48	35	52
F3-1-6	1.72	33	57
F3-1-7	2.58	59	152
F3-1-8	2.22	22	49
F3-1-9	1.15	15	18
F3-1-10	0.84	17	14
F3-2-1	0.81	33	27
F3-2-2	2.01	43	88
F3-2-3	1.73	31	53
F3-2-4	1.07	30	32
F3-2-5	1.49	37	55
F3-2-6	0.95	32	31
F3-2-7	1.23	33	41
F3-2-8	1.41	29	41
F3-2-9	0.79	32	25
F3-2-10	0.51	24	12
F3-2-11	0.51	24	13
F4	1.31	46	60
Hexane extracts	—	30	—

¹⁾ *A. alternata* was incubated on 20 ml of the PD liquid medium containing 2 mg of each test sample.

²⁾ Based on *n*-hexane extracts.

³⁾ Inhibition=100−relative mycelial weight (%).

抽出物には、他の成分との比較においてスギ樹皮の抗菌性への寄与が特に大きい化合物が含まれているものと考えられる。しかし、先に示したヘキサン抽出物を分画した各試料の抗菌試験では、収率の差が大きすぎるために試料を培地に等量添加して実験を行っており、生長阻害率には各成分の含有量が考慮されていない。そこで各画分の抗菌性への寄与の程度を評価するにあたり、各画分の抽出物全体に対する量比 (A%) と生長阻害率 (B%) を掛け合わせて A×B を算出し、それぞれについて比較を行った。その結果、Table 3 に示されたように、F2-4 の画分が他と比較して顕著に高い値を示すことが明らかとなり、この画分に含まれる成分が抗菌性にもっとも寄与していると判断された。

3.3 抗菌化合物の同定とその活性

画分 F2-4 からの抗菌化合物の単離は HPLC を用いて行った。順相および逆相 HPLC により量的に最も主要な成分であった化合物 1 が分離され、GC 分析により単一物質であることが確認された。さらに、旋光度、MS、¹H および ¹³C-NMR 分析データを、文献記載の値^{16,17)} と比較することにより、本化合物はフェルギノールと同定された (Table 4, 5)。フェルギノールの構造式を Fig. 2 に示した。フェルギノールはスギ樹皮に含まれるアビエタン系のジテルペノイドであることが既に報告されており¹⁸⁾、枯草菌 (*Bacillus subtilis*) や黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) などの細菌¹⁹⁻²¹⁾ や、椎茸をはじめとする担子菌²²⁻²⁴⁾ に対する生長阻害作用を示すことが見出されている。本研究では単離されたフェルギノールの各種植物病原菌に対する抗菌活性に

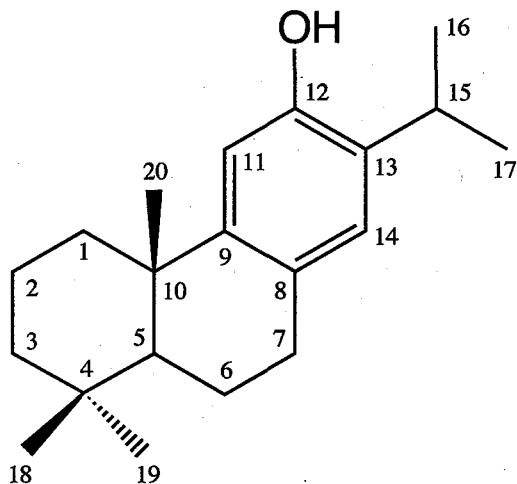


Fig. 2. Structure of ferruginol.

Table 4. Specific rotation and MS data for ferruginol and Compound 1 isolated from *n*-hexane extracts of *Cryptomeria japonica* bark.

	Ferruginol ^[Ref.16,17]	Compound 1
Specific rotation	$[\alpha]_D^{25} + 53.1^\circ$ (CHCl ₃ , c=0.09)	$[\alpha]_D^{25} + 56.2^\circ$ (CHCl ₃ , c=0.5)
EIMS m/z (relative intensity)	286 ([M ⁺], 84), 271 (76), 229 (10), 215 (14), 201 (33), 189 (76), 175 (62), 159 (21)	286 ([M ⁺], 100), 271 (82), 229 (11), 213 (22), 201 (40), 189 (40), 175 (51), 159 (15)

Table 5. ¹H- and ¹³C-NMR Data (δ ppm, *J* in Hz) for ferruginol and Compound 1 isolated from *n*-hexane extracts of *Cryptomeria japonica* bark.¹⁾

	¹ H				¹³ C	
	Ferruginol ^[Ref.16]		Compound 1		Ferruginol ^[Ref.16]	Compound 1
1	1.37	td	1.39	m	38.9	38.9
	2.15	dtd	2.17	m		
2	1.58	dq	1.57	m	19.4	19.4
	1.72	qt	1.73	m		
3	1.23	td	1.19	m	41.8	41.7
	1.46	dtd	1.47	m		
4					33.5	33.5
5	1.31	dd	1.32	dd	50.4	50.4
	(12.5, 2.0)		(12.4, 2.4)			
6	1.66	dddd	1.66	m	19.3	19.3
	1.85	ddt	1.84	m		
7	2.76	ddd	2.79	m	29.8	29.8
	2.85	ddd	2.83	m		
8					127.3	127.2
9					148.7	148.6
10					37.5	37.6
11	6.61	s	6.63	s	111.0	110.9
12					150.7	150.5
13					131.4	131.3
14	6.81	s	6.83	s	126.6	126.5
15	3.11	heptet	3.10	heptet	26.8	26.9
	(7.0)		(6.8)			
16 ²⁾	1.22	d	1.21	d	22.6	22.6
	(7.0)		(6.8)			
17 ²⁾	1.24	d	1.23	d	22.8	22.8
	(7.0)		(6.8)			
18	0.93	s	0.89	s	33.3	33.4
19	0.91	s	0.86	s	21.7	21.7
20	1.16	s	1.15	s	24.8	24.8

¹⁾ Solvent: CDCl₃.

²⁾ Assignments may be interchanged in each column.

ついて検討し、代表的な天然の抗菌化合物として知られているヒノキチオールとの比較を行なった (Table 6)。ヒノキチオールは培地あたり 100 μ g の塗布量でリング斑点落葉病菌、イネいもち病菌およびシバブラウンパッチ病菌の生長を完全に抑制し、キュウリつる割り病菌に対しても 80% 以上の生長阻害率を示した。これに対してフェルギノールでは、本実験の範囲内では生長が完全に抑制される菌株が存在せず、ヒノキチオールに比べると抗菌活性は低いレベルであった。しかしながら、100 μ g の塗布量

で全ての菌株において生長阻害効果が観察されたことから、フェルギノールがこれらの植物病原菌に対して一定の抗菌活性を有することが明らかとなった。

3.4 スギ樹皮のフェルギノール含量

フェルギノールの植物病原菌に対する抗菌活性は特に強いものではなかったが、その含有量が多い場合には、スギ樹皮の抗菌活性に大きく寄与すると考えられる。また、フェルギノールなどのテルペノイド成分をはじめとする樹皮の抽出成分は、同じ樹種

Table 6. Antifungal activity of ferruginol and hinokitiol.

Fungus	Dose ¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{culture}$)	Inhibition rate (%) ²⁾	
		Ferruginol	Hinokitiol
<i>A. alternata</i>	25	no inhibition	28
	100	52	100
	400	61	100
<i>P. oryzae</i>	25	43	54
	100	53	100
	400	68	100
<i>R. solani</i>	25	75	100
	100	83	100
	400	83	100
<i>F. oxysporum</i>	25	no inhibition	3
	100	37	84
	400	41	100

¹⁾ Samples dissolved in acetone were spread on PDA media.

²⁾ Inhibition rate (%) = 100 - relative growth area (%)

Table 7. Content of *n*-hexane extracts and ferruginol in *Cryptomeria japonica* bark.

Sample No.	Hexane extracts % of bark	Ferruginol ¹⁾	
		% of <i>n</i> -Hexane extracts	% of bark
1	2.54	16.4	0.42
2	4.07	13.7	0.55
3	2.15	21.9	0.47
4	5.12	19.1	0.98
5	1.99	28.1	0.56
6	1.18	6.8	0.08

¹⁾ The amount of ferruginol was determined by GC analysis using heptadecane as an internal standard.

であっても試料により大きく異なることも予想されたので、由来が異なる数種のスギ樹皮についてヘキサン抽出を行なうとともに抽出物のフェルギノール含有量を測定した (Table 7)。その結果、ヘキサン抽出物の収率 (対樹皮%) は、1~5% の範囲で大きく変動しており、用いた試料が違えば得られる抽出物量も異なっていた。樹皮のフェルギノール含有量に関しては、ある程度の試料差は認められたが、ほとんどのスギ樹皮試料において0.4~1% の範囲でテルペノイド成分としては比較的多量に含まれていることが明らかとなった。これらの結果から、フェルギノール自体の活性はヒノキチオールのような代表的抗菌化合物には及ばないものの、抽出物に占める割合が特徴的に高いことを考慮すると、スギ樹皮の有する抗菌作用へのフェルギノールの寄与は大きいと判断される。一方、例外的にフェルギノール含有量が低かった試料6の樹皮は、演習林由来の原木から伐採直後にはく皮して得られた試料である。これに対して、工業的に生産された他の試料では伐採されてからはく皮されるまで長期間放置されたも

のであることから、樹皮中へのフェルギノールの蓄積には一定の熟成期間が必要であるとも考えられる。このことは樹皮の成分利用にあたっての重要な示唆を含んでいると思われるので、伐採後の樹皮成分の変化については、今後検討を行っていく予定である。

文 献

- 1) 石井孝昭, 門屋一臣: 園芸学会雑誌 **62**, 295-303 (1993).
- 2) 岩尾俊男, 魏 亜玲, 林 圭完, 藤浦建史, 房 薇, 竹山光一, 霜里康浩, 浅尾俊樹: 島根大農研報 No. 28, 53-59 (1994).
- 3) Shieh, B., Iizuka, Y., Matsubara, Y.: *Agric. Biol. Chem.* **45**, 1493-1495 (1981).
- 4) Terauchi, F., Ohira, T., Yatagai, M., Ohgama, T., Aoki, H., Suzuki, T.: *Mokuzai Gakkaishi* **39**, 1421-1430 (1993).
- 5) 長濱静男, 田崎正人: 木材学会誌 **39**, 1077-1083 (1993).

- 6) 長濱静男, 田崎正人, 西村慶二, 田島正啓: 木材学会誌 **41**, 330-333 (1995).
- 7) 長濱静男, 田崎正人, 実近智明, 西村慶二, 田島正啓: 木材学会誌 **42**, 1121-1126 (1996).
- 8) 長濱静男, 田崎正人, 野村浩正, 西村慶二, 田島正啓, 岩下幸光: 木材学会誌 **42**, 1127-1133 (1996).
- 9) 長濱静男, 田崎正人, 実近智明, 西村慶二, 田島正啓: 木材学会誌 **44**, 282-286 (1998).
- 10) 長濱静男, 岩岡達矢, 芦谷竜矢: 木材学会誌 **46**, 225-230 (2000).
- 11) Saito, K., Okabe, T., Inamori, Y., Tsujibo, H., Miyake, Y., Hiraoka, K., Ishida, N.: *Mokuzai Gakkaishi* **42**, 677-680 (1996).
- 12) Nabeta, K., Katayama, K., Matsubara, M., Hatakeyama, C., Shimada, T., Tazaki, H., Okuyama, H., Miyake, M.: *Mokuzai Gakkaishi* **38**, 963-971 (1992).
- 13) Chang, S.-T., Wang, S.-Y., Wu, C.-L., Chen, P.-F., Kuo, Y.-H.: *Holzforschung* **54**, 241-245 (2000).
- 14) Shieh, J.-C., Sumimoto, M.: *Mokuzai Gakkaishi* **38**, 482-489 (1992).
- 15) Mori, M., Doi, S.: *Holz als Roh- und Werkstoff* **53**, 81-82 (1995).
- 16) Tezuka, Y., Kasimu, R., Li, J. X., Basnet, P., Tanaka, K., Namba, T., Kadota, S.: *Chem. Pharm. Bull.* **46**, 107-112 (1998).
- 17) Adams, R. P.: "Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy", Allured Publishing Co., Illinois, 1995, p. 444.
- 18) 善本知孝, 佐分義正, 鯨島正浩, 田岡三希, 小川勉: 木材学会誌 **30**, 335-339 (1984).
- 19) Fukui, H., Koshimizu, K., Egawa, H.: *Agric. Biol. Chem.* **42**, 1419-1423 (1978).
- 20) Muhammad, I., Mossa, J. S., El-Ferally, F. S.: *Phytotherapy Research* **6**, 261-264 (1992).
- 21) Moujir, L., Gutierrez-Navarro, A. M., Andres, L. S., Luis, J. G.: *Phytotherapy Research* **10**, 172-174 (1996).
- 22) 中島 健, 善本知孝, 福住俊郎: 木材学会誌 **26**, 698-702 (1980).
- 23) 河内進策, 目黒貞利, 稲田聡子: 木材学会誌 **37**, 971-975 (1991).
- 24) Chang, S.-T., Wang, S.-Y., Wu, C.-L., Su, Y.-C., Kuo, Y.-H.: *Holzforschung* **53**, 487-490 (1999).