林地におけるアカマツ丸太の青変に対する 防虫剤と防黴剤の効果^{*1}

谷内 博規^{*2}, 小岩 俊行^{*3}, 升屋 勇人^{*4}, 土居 修一^{*5}

Effectiveness of a fungicide and an insecticide on preventing blue-stain of Japanese red pine (*Pinus densiflora*) logs in a forest

Hironori TANIUCHI^{*2}, Toshiyuki KOIWA^{*3}, Hayato MASUYA^{*4} and Shuichi DOI^{*5}

Preventive efficacy of a fungicide and an insecticide against blue-stain in akamatsu (Japanese red pine, *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) logs was investigated in relation to mechanisms of fungal propagation in a forest. We observed two major routes of fungal invasion in logs-blue-stain. One route is through cross-cut surfaces stuck by fungal spores and the other is through the bark surfaces with fungal spread by bark beetles. The latter is the dominant cause of the logs-blue-stain. The blue-stain through the cross-cut surface was prevented with the fungicide and that through the bark surfaces was prevented with the insecticide.

Keywords : akamatsu, blue-stain, bark beetle, insecticide, fungicide

林地で、伐採したアカマツ丸太に対し防カビ剤と防虫剤を用いて青変を防止する効果を検討した。アカマツ青変の端緒として木口面への菌の接触、樹皮下キクイムシの穿孔による菌の接触の2種類が観察されたが、青変拡大の主因は樹皮下の材面におけるキクイムシの穿孔による菌の伝搬であった。木口面からの青変は防カビ剤で菌の生育を抑制し、材面の青変は防虫剤によりキクイムシの穿孔を抑制することでほとんど防止できることが明らかとなった。

*1 本研究の一部は第53回日本木材学会大会(2003年3月, 福岡)で発表した。

*2 岩手県林業技術センター Iwate Prefectural Forestry Technology Center, Iwate 028-3623

*3 岩手県久慈地方振興局林務部 Kuji Regional Development Bureau, Iwate 028-8042

*4 独立行政法人森林総合研究所 Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki 305-8687

*5 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572

1. 緒 言

アカマツ材の青変被害は、主に辺材部が黒から青に変色して化粧性などを低下させるものであり、*Ceratocystis*, *Ophiostoma*, *Ceratocystiopsis* 属菌とそのアナモルフ (*Leptographium* 属菌など) を主とする複数の変色菌類により引き起こされることが^{1,2)}知られている。アカマツ材は青変被害を避けるため、冬期に伐採・流通していることが多いが、春から夏にかけて伐採された場合には、その被害を高頻度で受ける。

われわれは、これら菌類のうち *Leptographium wingfieldii* Morelet について、寒天培地とアカマツ材を用いて菌糸伸長と青変域の伸展におよぼす温度、水分および酸素濃度の影響を検討した³⁾。その結果、菌糸は培養初期には無色であり、酸素条件により変色度合いが変化することを明らかにした。また、温度、酸素条件は菌糸の伸長速度に影響するが、高い水分状態が保持されれば菌糸は材内へ伸長し、経時変化に伴う木材の含水率低下により空隙が増加し、十分な酸素量を確保できると青変が起ることを明らかにした。これらのことから、青変菌がアカマツ材へ付着すると、菌糸は容易に材内部へ伸長し青変が起ることが推察され、青変被害の防止のためには、菌の侵入経路を把握し、木材への菌の付着抑制を行うことが一方策として考えられる。

青変菌の材への侵入経路はキクイムシ類などの穿孔性昆虫による菌伝搬、菌の胞子などの直接的な伝搬に分けられる^{4,5)}。このことから殺虫剤、殺菌剤の併用による青変防止効果が期待できる。実際に慶野⁶⁾は防虫防菌を目的とし、林内でアカマツ丸太へペンタクロロフェノール (PCP) とベンゼンヘキサクロライド (BHC) を併用した予備防腐により、青変防止に成功している。しかし、これらの薬剤は、今日では化審法上の制約などから事実上使用が不可能であり、同様の効果が現存の薬剤で得られるかどうか不明である。また、薬剤の防除効果を明らかにする際、青変の経時変化と薬剤の効果の関係について併せて明らかにしておく必要があるが、詳細はわかっていない。

そこで、本研究では、春から夏にかけて、青変菌、キクイムシ類が木材と最初に接触すると考え

られる伐採直後の林内で、防カビ剤と防虫剤をアカマツ丸太に散布したときの青変防止効果について、青変菌とその媒介者であるキクイムシ類の丸太への侵入の経時変化と併せて明らかにすることを目的とした。

2. 実 験

2.1 材料

2002年5月27日に岩手県岩手郡岩手町にある岩手県林業技術センター四日市試験地で生育した約30年生のアカマツ林内でアカマツを30本伐採し、枝を払い、直ちに長さ1mに玉切りし、直径8～15cmの供試丸太を120本調製した。

2.2 薬剤

防カビ剤として(株)サイエンス社製プレザリンBAM (主成分ベンゾチアゾール、メチレンビスチオシアネート)を、防虫剤には同社製サンプレザーWEL (主成分エトフェンプロックス)を、それぞれ30倍、50倍に水で希釈して用いた。

2.3 処理

処理は防カビ処理、防虫処理、防カビ・防虫処理併用の3条件とし、各条件について丸太30本を供試した。防カビ処理と防虫処理では、それぞれの薬剤を0.5リットル/本ずつ丸太全面に均一に散布した。防カビ・防虫処理併用の場合は最初に防虫剤を散布し、この水分が蒸発してから防カビ剤を同様に散布した。散布量はいずれも0.5リットル/本である。丸太は、条件ごとに3等分し10本ずつ同林内に暴露環境が偏らないよう山積みした。なお、比較のため無処理区も上記同様に設定した。

2.4 調査方法

供試丸太の青変および寄生するキクイムシ類などの調査は2002年5月27日から9月10日にかけて行った。伐採から0, 14, 28, 42, 57, 74, 85, 106日後に、各処理区から任意に3本選んで、木口の青変度合いを表1に示す目視基準で評価した。また、木口面以外の樹皮下の材面 (以下、材面) については丁寧に剥皮し、穿孔しているキクイムシを捕獲し、捕獲頭数、食痕数、青変箇所数を測定した。

捕獲したキクイムシは実験室へ持ち帰り、実体顕微鏡下で観察して同定⁷⁾した。なお、食痕数は剥皮後のキクイムシによる穿孔痕、交尾室、母孔の

表1 木口青変（変色）の目視被害度

Table 1 Criteria of blue-stain index on cross-cut surface

青変状況 Apperance	被害度 Index	判定基準 Criterion
0	なし Not stained
1	一部青変 Partially stained
2	全面が青変 Completely stained

数とし、穿孔の形態により単穿孔の場合は母孔の数を、放射穿孔の場合は交尾室の数を、穿孔初期のため形態が不明な場合は穿孔痕の数を記録した。また、キクイムシがいる食痕、いない食痕も併せて記録した。青変として数えた箇所は内樹皮と形成層を鉋で削った際に、辺材部が青変している部分である。青変が複数の食痕に重なっている場合にはその食痕数を青変数とした。

また、丸太1本当たりにおいて、食痕数、青変数が30箇所以上の場合、食痕、青変は全面に拡大していたため、それらの測定は30箇所を上限とした。なお、それぞれの青変部の原因菌については

同定しなかった。

測定したキクイムシ捕獲頭数、食痕数、青変箇所数はそれぞれの丸太の直径、長さを求めて算出した単位表面積当たりの数（1 m²当たりの数）とした。

3. 結果と考察

3.1 無処理区の青変の推移

3.1.1 木口面

無処理区における経過時間と木口青変の関係は次のようになった。伐採から14、28日後には青変は観察されなかったが、42日後には木口面の辺材部表面に緑色の糸状菌が観察され、その一部に直径1 cm程度の軽微な青変が観察され、青変目視被害度は1.7（平均値）となった。74日後には辺材部、心材部表層は黒変し、木口表面から材内部にかけて3～5 mm程度の黒、緑、褐色の変色が木口辺材部全面に観察され、青変目視被害度はすべて2（全面が青変）となった。慶野⁶⁾は木口の青変に関し、調査から76日後に観察される変色は木口表面から5 cm以下であり、152日以降の木口には腐朽と青変が混在し始め、変色が5 cm以上になることを報告している。本実験では慶野の行った76日後の結果と同様の傾向を示した。しかし、菌の種類によっては木口から材内部への菌糸の展開が予想されるため、今後、検討が必要である。

表2 無処理区の材面における経過時間と青変箇所数、食痕数と虫捕獲数の関係

Table 2 Relationships among storage period, number of caught bark beetle, gallery system and blue-stain on sapwood surface of untreated logs

経過日数 Storage period (day)	虫捕獲頭数 Caught bark beetle (Number/m ²) Min. - A. V. - Max. *	食痕数 Gallery system (Number/m ²) Min. - A. V. - Max.	青変箇所数 Blue-stain (Number/m ²) Min. - A. V. - Max.
0	0— 0— 0	0— 0— 0	0— 0— 0
14	3— 38—108	6— 17— 38	0— 0— 0
28	3— 56—130	13— 32— 61	0— 2— 6
42	107—185—282	64—109—159	0—46— 74
57	38—116—163	53— 93—119	8—78—119
74	25—111—267	87—109—121	16—74—119
85	— — —**	80— 95—119	80—95—119
106	— — —	87— 96—106	87—96—106

* Min. - A. V. - Max. : 最小値—平均値—最大値

Min. - A. V. - Max. : Minimum-Average-Maximum of blue-stain index

** 未調査

Not researched

(1) キクイムシによる食痕 (14日後)
(1) Galleries of a bark beetle (14days)

(2) 食痕付近から変色 (27日後)
(2) Discoloration near galleries (27days)

(3) 食痕に沿って青変部が拡大 (42日後)
(3) Extension of blue-stain along with galleries (42days)

写真1 材面におけるキクイムシの食痕、青変の拡大の様子

Photo 1 Extensions of blue-stains and of galleries of bark beetles on sapwood surfaces

写真2 丸太断面の青変 (42日後)

Photo 2 A blue-stain of a log section (42days)

3.1.2 材面

表2に経過時間と樹皮下キクイムシ類の食痕数、虫捕獲頭数および青変箇所数の関係を示す。また、写真1に材面におけるキクイムシの食痕、青変の拡大の様子を示す。伐採からの時間経過に伴い、食痕数が増加し、74日後には食痕数は109個/ m^2 となった。伐採初期(伐採から14日後)には内樹皮、形成層に直径0.5～3 cmの単縦孔、複縦孔からなる食痕が観察され、食痕の規模、数は時間の経過とともに拡大、増加し、57日後には長さ1～15 cm、幅3～10 cmの食痕が材全面に観察された。キクイムシ頭数は食痕数の増加とともに増え、42日後には185頭/ m^2 となり、その後、急激に減少した。

青変は伐採から28日後に発生したが、その初期には穿孔虫の食痕及びその周辺の辺材部の直径1～2 cmの青変が観察されるのみであった。時間経過に伴い増加、拡大した食痕に沿って青変が連な

り、85日後には丸太の材面全体に95個/ m^2 の青変が観察された。42日後の丸太中央断面では、材表面から深さ3～5 cmのくさび形の青変(写真2)が観察された。106日後には木口付近の樹皮が脱落し、白色の菌糸が青変と混じって観察された。これらのことから、材面の青変は、樹皮下キクイムシの穿孔が基点となり菌糸が材内へ伸展していくことと、樹皮下キクイムシの食痕が材面に拡大しその基点が拡大することが主要因であると考え

る。表3に捕獲されたキクイムシの種類とその頭数を、写真3にアカマツ丸太から捕獲されたキクイムシ類を示す。伐採から14日後にマツノキクイムシ(*Tomicus piniperda*)、マツノムツバキクイムシ(*Ips acuminatus*)が観察され、伐採から28、42日後にキイロコキクイムシ(*Cryphalus fulvus*)が観察された。捕獲したキクイムシのうち、マツノムツバキクイムシは数が多く、短期間で産卵、羽化、脱出が観察された。表2において捕獲したマツノムツバキクイムシ頭数が急激に増加し、その後減少に転じたのは産卵、羽化、脱出によるものである。樹皮下に侵入するキクイムシの種類は気温(季節)、アカマツ丸太の樹皮の厚さなどにより異なる⁸⁾といわれ、マツノキクイムシは気温15℃以上で飛翔し、東北地方では4月中旬よりその発生が観察される。マツノムツバキクイムシは東北では

表3 無処理区におけるキクイムシの頭数 (頭/m²)Table 3 Number of bark beetles caught from untreated logs (Number/m²)

経過日数 Storage period (day)	マツノキクイムシ (<i>Tomicus piniperda</i>) Min. -A. V. -Max. *	マツノムツバ キクイムシ (<i>Ips acuminatus</i>) Min. -A. V. -Max.	キイロコ キクイムシ (<i>Cryphalus fulvus</i>) Min. -A. V. -Max.	その他 Other sp. Min. -A. V. -Max.
0	0— 0— 0	0— 0— 0	0— 0— 0	0— 0— 0
14	0— 3— 6	0— 35—102	0— 0— 0	0— 0— 0
28	0— 0— 0	3— 53—122	0— 3— 9	0— 0— 0
42	0— 0— 0	104—171—261	0— 12— 21	0— 1— 4
57	0— 0— 0	38— 98—145	0— 0— 0	0— 18— 36
74	0— 0— 0	25—103—243	0— 0— 0	0— 8— 24

* Min. -A. V. -Max. : 表2 参照

Min. -A. V. -Max. : See Table 2

写真3 アカマツ丸太から捕獲されたキクイムシ類
Photo 3 Bark beetles caught from Japanese red pine logs

5月から飛翔し、夏期の発育期間は産卵から1ヶ月程度とされている⁹⁾。本実験は5月に開始しているため、マツノムツバキクイムシが多く観察されたが、その理由として季節の影響を強く受けていることがあげられる。また、表2、3において各データのバラツキが大きかった理由は、マツノキクイムシは樹皮の厚い部分に穿孔し、マツノムツバキクイムシは剥皮部、枝条部の樹皮下に穿孔する⁹⁾こと、キクイムシの種類によっては、集合フェロモンを放出し、より多くのキクイムシが穿孔を行う場合がある⁵⁾ことが考えられる。さらに、キクイムシの穿孔と青変に関しては、樹皮下キクイムシの種類により食痕の形態、関係する青変菌が異なること^{9,10)}、青変菌の種類により生育速度が異なること¹¹⁾が知られている。これらのことから、地域、季節(気温)により加害するキクイムシと関与する青変菌の種類が異なるため、アカマツ等の青変形態は大きく異なることが容易に推測される。

青変被害に関与する菌の材への侵入経路には、

木口面での直接接触、樹皮面からのキクイムシ類の穿孔に伴う接触の2つがあるとされ⁴⁾、本実験における木口、材面の青変状況の観察から、一見すると後者による場合が圧倒的に多いという結果になる。しかし、木口と材面の面積が異なること、材内の青変の頻度が不明であることから、今後、詳細な検討が必要であると考えられる。

3.2 防カビ処理の青変防止効果

3.2.1 木口面

防カビ処理区では、調査期間中(106日間)に青変が全く観察されず、青変目視被害度は0(平均値)であった。硫酸銅水溶液¹²⁾あるいはPCPを用いた⁶⁾場合と同様に処理効果は完全であると判断できた。したがって、防カビ成分を有する薬剤を木口へ散布することは木口面の変色に対しきわめて有効な手段であることが確認された。

3.2.2 材面

表4に防カビ処理区の伐採からの経過時間と樹皮下キクイムシ類の食痕数、虫捕獲頭数および青変箇所数の関係を示す。無処理区と比較すると伐採から28日後までは食痕は少ないが、伐採から42, 57日後では食痕数はそれぞれ54, 86個/m²となり無処理と同様の傾向を示した。キクイムシ頭数は食痕数と同様の傾向を示したが、42日後には184頭/m²と急激に増加し、57, 74日後にはそれぞれ153, 281頭/m²となった。青変は伐採から42日後に発生し、時間経過に伴い増加、拡大したが、無処理区と比較するとその数は少なく、伐採から57日以降で53~61個/m²で推移した。85日以降は虫を捕獲しなかった。

表5に防カビ処理区で捕獲されたキクイムシの

表4 防カビ処理区の材面における経過時間と青変箇所数、食痕数と虫捕獲数の関係
Table 4 Relationships among storage period, number of caught bark beetle, gallery system and blue-stain on sapwood surface of logs treated with the fungicide

経過日数 Storage period (day)	虫捕獲頭数 Caught bark beetle (Number/m ²) Min. -A. V. -Max. *	食痕数 Gallery system (Number/m ²) Min. -A. V. -Max.	青変箇所数 Blue-stain (Number/m ²) Min. -A. V. -Max.
0	0— 0— 0	0— 0— 0	0— 0— 0
14	0— 26— 73	0— 13— 35	0— 0— 0
28	0— 5— 11	3— 5— 8	0— 0— 0
42	101—184—301	37— 54— 73	0— 8— 24
57	124—153—186	73— 86—106	7— 53— 80
74	27—281—680	64— 79— 87	9— 61— 87
85	— — —**	73— 83— 96	20— 42— 80
106	— — —	68— 81— 87	26— 44— 68

* Min. -A. V. -Max. : 表2 参照

Min. -A. V. -Max. : See Table 2

** 表2 参照

See Table 2

表5 防カビ処理区における経過時間とキクイムシ類の捕獲頭数 (頭/m²)
Table 5 Number of bark beetles caught from logs treated with the fungicide (Number/m²)

経過日数 Storage period (day)	マツノキクイムシ (<i>Tomicus piniperda</i>) Min. -A. V. -Max. *	マツノムツバ キクイムシ (<i>Ips acuminatus</i>) Min. -A. V. -Max.	キイロコ キクイムシ (<i>Cryphalus fulvus</i>) Min. -A. V. -Max.	その他 Other sp. Min. -A. V. -Max.
0	0— 0— 0	0— 0— 0	0— 0— 0	0— 0— 0
14	0— 0— 0	0— 11— 32	0— 16— 41	0— 0— 0
28	0— 1— 3	0— 4— 13	0— 0— 0	0— 0— 0
42	0— 0— 0	0—203—414	0— 44— 81	0— 10— 24
57	0— 0— 0	0—155—241	0— 31— 74	0— 2— 7
74	0— 0— 0	0—283—732	0— 8— 24	0— 12— 20

* Min. -A. V. -Max. : 表2 参照

Min. -A. V. -Max. : See Table 2

種類とその頭数を示す。無処理区と比べると捕獲されるキクイムシの種類、頭数の推移は異なり、伐採から14日後に、マツノムツバキクイムシ、キイロコキクイムシが観察され、伐採から42日後以降にはマツノムツバキクイムシ、キイロコキクイムシが多く観察された。材面から侵入し青変被害の要因となるキクイムシとして養菌穿孔虫 (ambrosia beetle)⁴⁾や樹皮下キクイムシ (bark beetle)⁵⁾があげられているが、本実験では樹皮下キクイムシの穿孔が主であった。このことは慶野が東京都内林業試験場浅川試験林で2～9月に行った実験⁶⁾と一致する。

これらのことから、防カビ処理では材面のキクイムシの穿孔を止めることは出来ず、樹皮下の青変を阻止できないことが明らかとなった。一見す

ると防カビ処理区では無処理区より食痕数の増加が遅く、青変箇所数が少ないため、薬剤の濃度を増加させれば効果が期待できるように思われるが、林内に配置した丸太の位置の影響、単なる食痕のバラツキとも考えられるため、今後、検討が必要である。

3.3 防虫処理の青変防止効果

3.3.1 木口面

防虫処理区は無処理区と同様の結果となり、42日以降では、木口の辺材面が青あるいは黒変し、青変目視被害度はすべて2となった。防虫剤よりも防カビ剤が木口の変色抑制に大きく寄与していることから、木口面の変色はキクイムシなどの昆虫による菌の伝搬よりも、他の理由で木口面へ菌が付着することに起因していると考えられる。

3.3.2 材面

防虫処理区の伐採からの経過時間と樹皮下キクイムシ類の食痕数、虫捕獲頭数および青変箇所数の関係を調べた結果、42日後まで食痕は観察されず、57日後以降でも食痕数が1～6個/m²であった。また、青変も42日後まで観察されず、57～85日後で2～3個/m²、106日後でも15個/m²であった。これらの青変は、すべて木口付近の樹皮が脱落した部位で白色の菌糸と混合して観察された。また、防虫処理区では試験の全期間を通じてキクイムシが認められなかった。

これらのことから、防虫処理は材面におけるキクイムシの活動を制御し、穿孔を防止することにより青変を抑制するが、時間の経過に伴い木口付近の樹皮が脱落した部位に青変が発生することが明らかとなった。このことは、樹皮下キクイムシの穿孔が材面の青変発生の主要因であることを支持する。

3.4 防カビ・防虫処理併用の青変防止効果

3.4.1 木口面

防カビ・防虫処理併用区では防カビ処理区と同様の結果となったが、伐採から106日後に木口中央、木口材縁から木口付近の樹皮下にかけて軽微な青変が観察され、青変目視被害度は0.7(平均値)となった。これらのことから、木口面における青変はキクイムシが持ち込んだ菌が木口面に現れる場合と、木口面に直接菌が付着して発生する場合が想定される。後者の場合は防カビ剤で十分抑止可能であると考えられるが、キクイムシによって材内へ持ち込まれた青変菌を防カビ剤のみで抑制するのは困難である。

3.4.2 材面

防カビ・防虫処理併用区の伐採からの経過時間と樹皮下キクイムシ類の食痕数、虫捕獲頭数および青変箇所数の関係を調査した結果、材面の状況は防虫処理区と同様に推移し、食痕、青変はほとんど観察されず、キクイムシを捕獲することは出来なかった。また、85日後以降においても、木口付近の樹皮の脱落、菌糸の展開は見られず、106日後に木口付近の材面の樹皮が浮き上がり軽微な青変が観察されるのみであった。慶野⁶⁾は林地でのアカマツ生丸太のキクイムシ類、ゾウムシ類、カミキリ類の防虫、青変、腐朽の防止について、防

虫剤と防菌剤の併用が有効であることを報告している。本実験において、現存する薬剤のうち、人畜に対し低毒で、変色菌へ効果が高いベンゾチアゾール、メチレンビスチオシアネート、キクイムシ類に有効なエトフェンプロックスを用いても同様の効果が得られることが示され、さらに青変菌とその媒介者であるキクイムシ類の丸太への侵入の経時変化が明らかとなった。なお、本実験で用いた防カビ剤、プレザリン BAM は実験室的には(株)日本木材保存協会規格第2号「木材用防カビ剤の防かび効力試験方法」で供試される *Aspergillus*, *Aureobasidium* など5種のカビに効果があるとされている¹³⁾が、森林内での青変にも効果を持つことが明らかになったといえる。ただし、季節によりアカマツ材の青変挙動が異なることが推測されるため、季節別の青変防止効果についても今後の検討が必要と考える。

4. 結 論

春から夏にかけて、青変菌、キクイムシ類が木材と最初に接触すると考えられる伐採直後の林内で、防カビ剤と防虫剤を散布したときの青変防止効果について調査し、あわせて菌の伝搬形態に与える影響を調査した。

その結果、青変被害に関与する菌の材への侵入経路として、これまでも指摘されているように、木口面での直接付着、樹皮面からのキクイムシ類の穿孔に伴う伝搬の2形態が観察され、材面の青変は樹皮下キクイムシ (bark beetle) の穿孔が主要因であった。また、薬剤処理を用いて青変防止をするには木口面の青変は防カビ剤で菌の生育を抑制し、材面の青変は防虫剤によりキクイムシの穿孔を抑制することが有効であった。

文 献

- 1) 青島清雄, 小林 正: マツの青変材の耐朽性, 日本林学会誌, **34**, 289-293 (1952).
- 2) 山岡裕一, 升屋勇人, 金子 繁: 材の変色または生立木枯損等の樹木病害を引き起こす日本産オフィオストマ様 (Ophiostomatoid) 菌類 (1), 森林防疫, **48**, 3-9 (1999).
- 3) 谷内博規, 小岩俊行, 升屋勇人, 土居修一: *Leptographium wingfieldi* がアカマツ材を青変す

- る際の温度、水分、酸素濃度の影響，木材学会誌，**49**，446-451（2003）。
- 4）日本木材保存協会編：“木材保存学入門改訂版”，2001，pp. 59-63.
- 5）山岡裕一：“森林微生物生態学”朝倉書店，2000，pp. 148-162.
- 6）慶野金市：マツ生丸太の防虫・防菌，林業試験場研究報告，223，25-65（1969）。
- 7）野淵 輝：マツ類を加害するキクイムシについて，林業試験場研究報告，185，1-49（1966）。
- 8）小林富士雄：森林昆虫の密度および分布の調査法に関する研究（第1報）マツの穿孔虫類の樹体内分布，林業試験場報告，274，85-124（1975）。
- 9）井上元則：“松食い虫防除精説”，朝倉書店，1949，pp. 79-115.
- 10）山岡裕一：菌類の採集と検出と分離：木材変色菌（特にオフィオストマ科菌類）の採集と分離，日菌報，**39**，125-131（1998）。
- 11）Hayato Masuya, Shigeru Kaneko, Yuichi Yamaoka：Comparative virulence of blue-stain fungi isolated from Japanese red pine, *Journal of Forest Research*, **8**，83-88（2003）。
- 12）北島君三：アカマツ丸太材の青変防止試験，林業試験場集報，**47**，1-30（1939）。
- 13）野村安宏：木材用防かび剤の製剤化に関する研究－剤型による効力と作業液安定性の関係－，木材保存，**16**（5），236-244（1990）。
- (2006. 2. 13受付)
- (2006. 5. 8受理)