

奄美地域におけるリュウキュウマツ丸太の青変と

それに関与するキクイムシについて

住吉博和*・臼井陽介**・佐藤嘉一***

要旨 : 奄美地域においてリュウキュウマツへ青変菌を伝播するキクイムシとその防除時期を明らかにするため、リュウキュウマツ林分のキクイムシ相と材内に穿孔しているキクイムシ相、およびそれらの季節変化を調査した。また、キクイムシの活動状況や青変菌の保持状況、青変菌の温度特性を調査した。リュウキュウマツへ穿孔するキクイムシは年間を通して活動しており、キイロコキクイムシとマツノキクイムシの2種が大半を占めた。これらのキクイムシは極めて高い確率で青変菌を保持していた。温度別に青変菌の菌糸伸長を測定した結果、奄美地域では、一年中成長できると考えられた。また、伐採後1週間以内にはキクイムシの穿孔が確認された。そのため、青変を防止するには、伐採時期にかかわらず、伐採後すみやかに殺虫剤を散布する必要がある。

キーワード : リュウキュウマツ, 青変, キクイムシ

Relationship between Blue-stain of *Pinus luchuensis* and bark beetles living in the pine forest of the Amami Islands, Kagoshima Pref., Japan. Hirokazu SUMIYOSHI, Yousuke USUI and Yoshikazu SATO. *Bulletin of the Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center* 11 : 15-23 (2008)

Abstract: To identify bark beetles that transmit blue stain fungi to *P. luchuensis* and decide control timing of them in the Amami Islands, faunas of bark beetles in the forest of *P. luchuensis* and their seasonal variation were investigated. Further, attack patten, rate of the beetles possessing blue stain fungi, and thermal character of blue stain fungi were investigated. Bark beetles bored the cut logs of *P. luchuensis* acted throughout the year. The major bark beetles were *Cryphalus fulvus* and *Tomicus piniperda*. Both of them carried blue stain fungi at high rate. Effects of incubation temperatures on mycelial growth of blue stain fungi showed that blue-stain can be growth all the year round in Amami Islands. The bark beetle bored logs of *P. luchuensis* within 7 days after cut down. Thus, to control blue stain, adequate insecticides must be applied on the logs of *P. luchuensis* immediately after cut down in spite of the season.

Key Words : bark beetles, blue-stain, *Pinus luchuensis*

はじめに

奄美地域に自生するリュウキュウマツ (*Pinus luchuensis*) は材色・木目が美しく、家具材や工芸用材料として利用価値の高い森林資源である。しかし、他のマツ類と同様にリュウキュウマツも、辺材部が青色や黒色に変色する青変被害をうけやすく、材の経済的価値が低下しやすい。

この青変被害は *Ceratocystis*, *Ophiostoma*, *Ceratocystiopsis* 属菌とそのアナモルフ (不完全世代)

である *Leptographium* 属菌などを主とする複数の変色菌によって引き起こされ (青島・小林, 1952; 山岡ら 1999), 黒色や青色に変色するものは青変菌といわれている。

アカマツ (*P. densiflora*) の場合、これら青変菌の主要な媒介者はキクイムシ科 (Solytidae) の昆虫であることが知られ (青島・林, 1964), 12 種のキクイムシから 20 種の青変菌等の変色菌が分離されている (升屋ら, 1999)。そのため、青変被害の防除対策としてキクイムシを殺虫し、青変菌の侵入を抑止するとともに、

* 現 鹿児島県鹿児島地域振興局日置支所

* Present address : Kagoshima Pref. Kagoshima Regional Promotion Bureau, Hioki Branch, Kagoshima 899-2501 Japan.

** 鹿児島県森林技術総合センター

** Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center, Kagoshima 899-5302 Japan.

*** 現 鹿児島県森林整備課

*** Present address : Kagoshima Pref. Forestry Development Division, Kagoshima 890-8577 Japan.

防カビ剤の施用が効果的であるとされている(谷内ら, 2006)。

一方、リュウキュウマツの場合、青変菌の伝搬経路に関する知見は全くない。今後、青変防止の技術を確立するためには、青変被害に関与するキクイムシや青変菌を把握したうえで、それぞれの生態を解明していく必要がある。

本研究では、まず、奄美大島におけるリュウキュウマツ林やリュウキュウマツ丸太に穿孔するキクイムシ相を調査し、その発生生態等を調査した。同時に、それらキクイムシが伝搬している青変菌の特性を調査し、これらの結果をもとに、青変菌の侵入防止策を考察した。

材料と方法

1 調査地

調査は鹿児島県大島郡龍郷町仲勝にある 36 年生のリュウキュウマツ林(Alt.:約 12m)で実施した。

2 リュウキュウマツ林内で活動するキクイムシ

林内のキクイムシ相を調査するため、林内 3 箇所にエタノールと α -ピネンを誘引源とするサンケイ式黒色衝突板トラップを設置した。トラップのバケツ内には水、界面活性剤(家庭用洗剤)及び防腐剤(ソルビン酸)をいれた。調査は 2004 年 4 月から 2005 年 3 月まで実施した。約 10 日毎にトラップに捕獲された昆虫を回収し、捕獲されたキクイムシの同定と、種毎の捕獲数の計数を行った。なお、回収毎に誘引剤の量をチェックし、補充を行った。

3 リュウキュウマツに穿孔するキクイムシと材の青変状況

リュウキュウマツに穿孔するキクイムシと丸太の青変状況を調査した。2005 年 1 月から 2005 年 12 月まで、胸高直径約 20cm のリュウキュウマツを毎月 1~2 本伐採し、長さ約 50cm に切断した丸太を 9 本作製した。これらを林内に設置し、1ヶ月後、2ヶ月後、3ヶ月後に 3 本ずつ回収し、鹿児島県森林技術総合センター龍郷町駐在(大島郡龍郷町)に運搬した。樹皮を剥ぎ取ってキクイムシを捕獲、同定し、種毎の捕獲数の計数を行った。また、供試木 1 本当たりチェーンソーで 3 か所切断し、切断面に現れたくさび形の青変部を目視により確定した。その後、深さと幅を計測し、青変面積を求め、木口断面積に占めるその割合を青変率とした。

4 青変菌の分離、温度特性と青変の再現

2004 年 4 月 29 日にリュウキュウマツを伐採し、約 30cm の長さに切断した丸太を林内に設置し、約 1 ヶ月後、丸太 1 本を森林技術総合センターへ運び込み、丸太の樹皮下及び木口面にできていた子のお核および子のお孢子を検鏡し、青変菌の種類を確認した。また、同丸太を割材して採取したキイロコクイムシ 9 頭を個別に保管し、1%MA 培地上を歩行させて菌を分離し、樹皮下および木口面にできていた子のお孢子を 1%MA 培地上で培養したものとの比較を行った。

分離した青変菌の温度別の菌糸伸長速度を調べるため、直径 9cm のシャーレに作製した 1%MA 培地の中央に供試菌を接種し、10、15、20、25、30℃に設定したインキュベーター内に 5 個ずつ静置した。静置後約 2 週間、菌糸が伸長した直径を 2~3 日毎に測定した。

また、分離された青変菌を丸太に接種し、青変の再現を試みた。2006 年 4 月及び 7 月にリュウキュウマツを伐採し、末口直径約 20cm、長さ 30cm に切断した後、両木口面を防カビ剤(BAM 剤 100 倍希釈 ザイエンス社製プレザリン BAM)に漬け、木口から青変菌が侵入しないよう処理した。供試木は 6 本作製し、1 本当たり 4 箇所に彫刻刀で直径 1cm の円形に樹皮を剥ぎ、そこに分離された青変菌を接種し、ビニールで栓をした。接種後はキクイムシの穿孔を受けないように室内に保管し、処理後 60 日まで、10 日に 1 本ずつ供試木の接種部分をチェーンソーで切断し、前述と同様の方法で切断面の青変面積を測定した。

5 主要キクイムシの青変菌保持率とその活動状況

穿孔する頻度が高かったキイロコクイムシ及びマツノキクイムシの青変菌保持率を調べるため、1 頭ずつ 1%MA 培地上を歩行させ、青変菌を分離した。各 10 頭を供試した。

また、最も青変被害が顕著となる夏季に活動するキイロコクイムシのリュウキュウマツ伐採後の穿孔状況を調査した。2006 年 7 月 4 日にリュウキュウマツを伐採し、約 40cm の長さに採材した丸太 4 本(中心の直径:平均 14.8cm、最小 12.1cm、最大 17.2cm)をマツ林内に設置した。設置後 4 週間まで 1 週経過毎に供試丸太 1 本を回収し、樹皮を剥ぎながら穿孔するキイロコクイムシを計数した。

結 果

1 リュウキュウマツ林内で活動するキクイムシ

表1 衝突板トラップを用いたクイムシの月別捕獲結果

種名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
マツノクイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (Linnaeus)	11								58	17	41	18	145
<i>Cosmoderes</i> sp										2			2
キイロクイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (Nii jima)	17	4	10		8	2	3	2	15	6	2	4	73
タブノクイムシ <i>Scolytogenes expers</i> (Blandford)									1				1
カナクギノクイムシ <i>Indocryphalus pubipennis</i> (Blandford)	2								4	11	54	426	497
フイロピンクイムシ <i>Cyrtogenius brevior</i> (Eggers)	7	8	2	2	17	4	11	7	35		5	3	99
コヒキイムシ <i>Taphrorychus coffeae</i> (Eggers)		1											1
ウスキイロクイムシ <i>Cnestus murayamai</i> (Schedl)	32	23	20	5	19	2	2					35	138
ツヅミクイムシ <i>Xyleborus amputatus</i> (Blandford)					3								3
ホソバネクイムシ <i>Xyleborus andrewesi</i> (Blandford)	7							1	6		2		16
ニホンザイノクイムシ <i>Xyleborus japonicus</i> (Nobuchi)								1					1
クスのオオクイムシ <i>Xyleborus multilatus</i> (Blandford)	21	1			5								27
トドマツオオクイムシ <i>Xyleborus validus</i> (Eichhoff)	8	3	3	2	5	1	2	1	3			18	43
ハネミジカクイムシ <i>Xylosandrus brevis</i> (Eichhoff)	249	15	15	3	1	4					16	191	494
シイノクイムシ <i>Xyleborus compactus</i> (Eichhoff)		1											1
Unknown01	6	1	3										10
Unknown02	1												1
サクキクイムシ <i>Xylosandrus crassiusculus</i> (Motschulsky)	91	4	1		4		1	1	2		10	157	271
ハンノキ (トガ) <i>Xylosandrus germanus</i> (Blandford)					2								2
マツノクイムシ <i>Orthotomicus angulatus</i> (Eichhoff)	2	1							1			2	6
クニヨシクイムシ <i>Orthotomicus kuniyoshii</i> (Nobuchi)	2							1	2	2			7
ミカドクイムシ <i>Scolytoplatypus mikado</i> (Blandford)	138	265	242	37	49		20	16	194	114	86	300	1,461
X. sp01												2	2
X. sp02												5	5
X. sp03	17	2						11	18	5	7	2	62
合計	611	317	304	50	113	13	39	41	339	158	221	1,165	3,371

※7月中旬, 7月下旬, 9月上旬は台風のため未捕獲

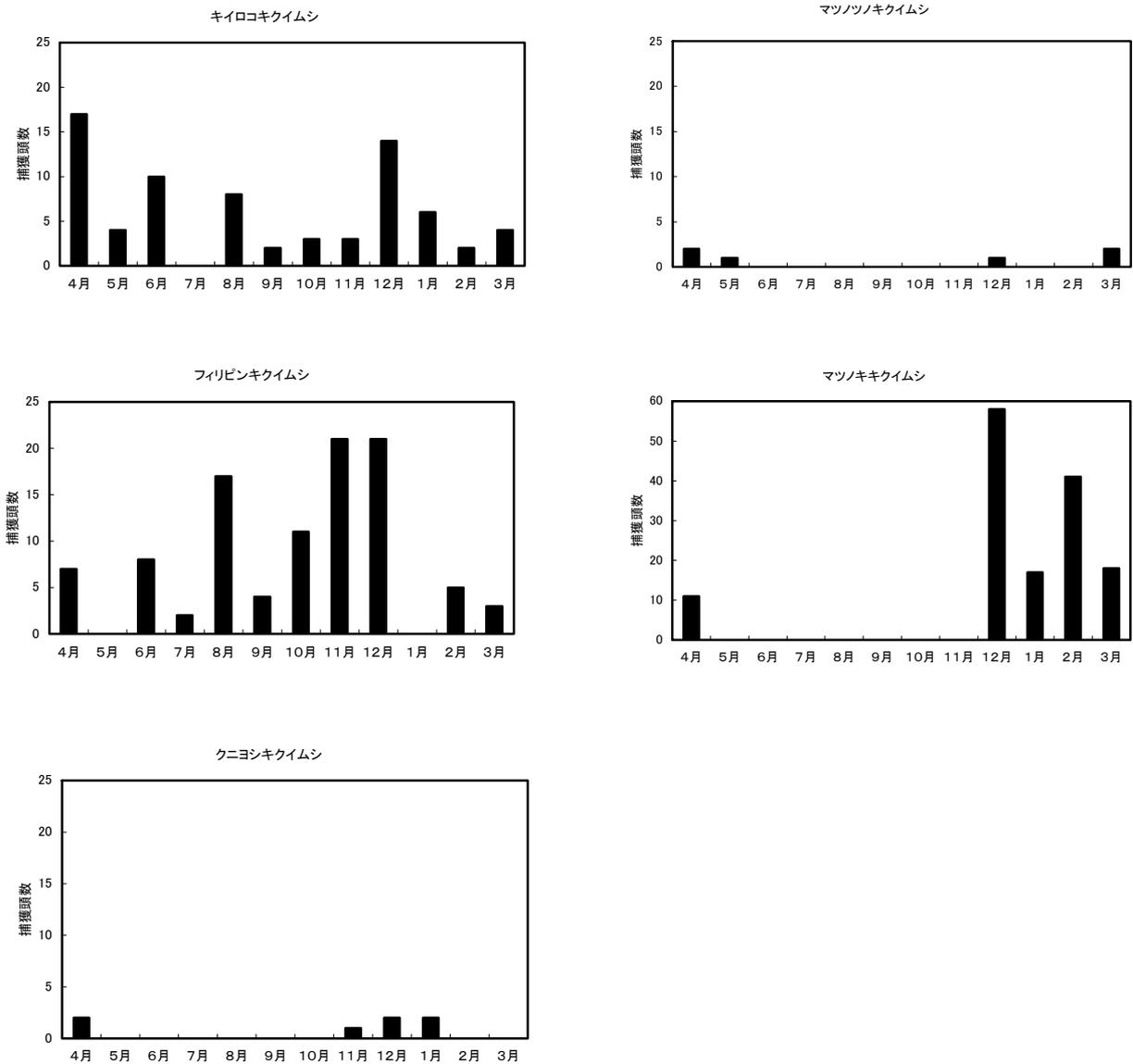


図1 衝突板トラップを用いたリュウキュウマツに寄生するキクイムシの捕獲消長 (※7月中旬, 7月下旬, 9月上旬は台風のため未捕獲)



キイロコキイムシ (体長 2mm)



マツノキクイムシ (体長 4mm)



フィリピンコキイムシ (体長 2.5mm)



Cossotrypes sp. (体長 2mm)

写真1 リュウキュウマツに穿孔していたキクイムシ

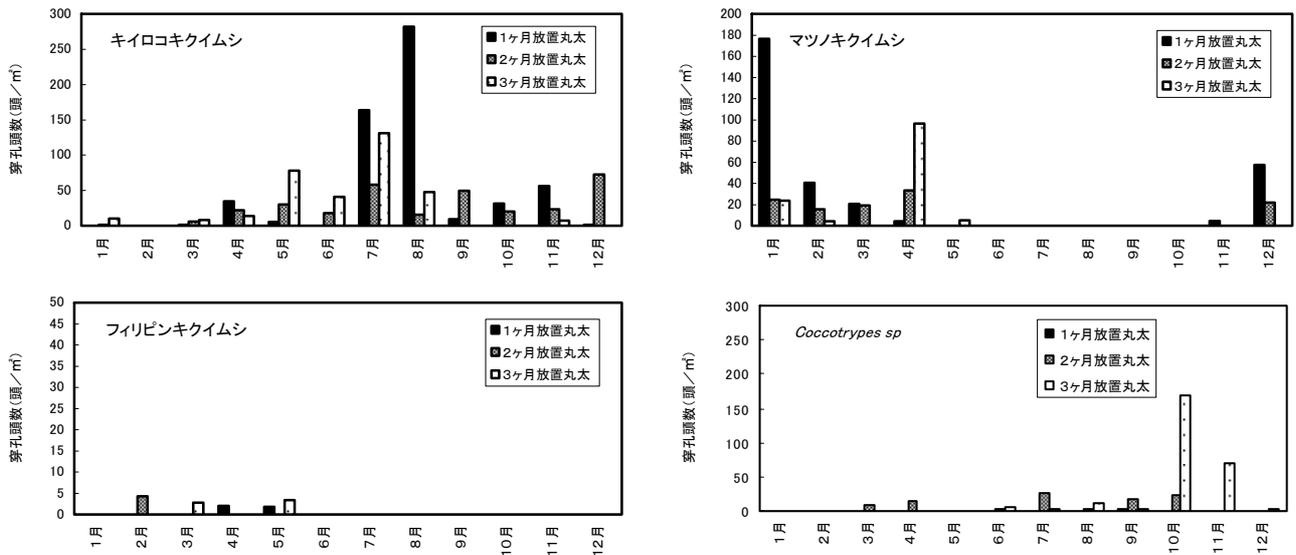


図2 丸太設置月及び設置期間別の穿孔クイムシ密度

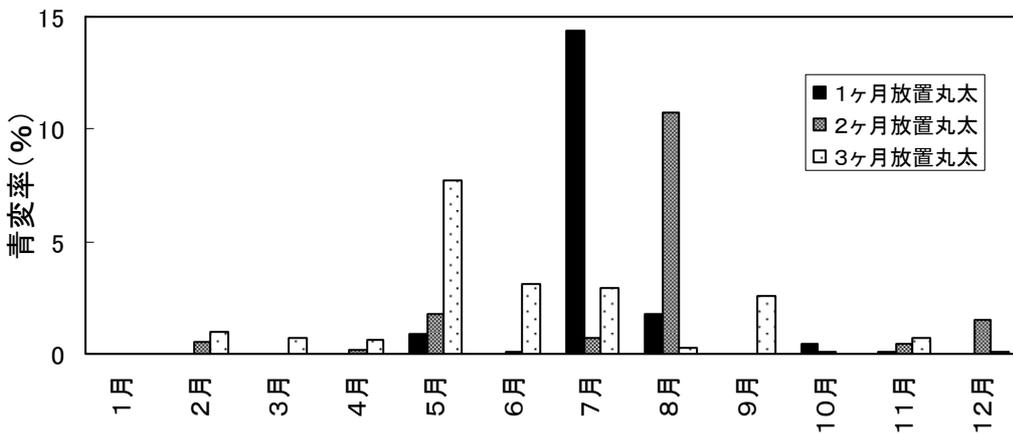


図3 設置月及び設置期間別の青変率

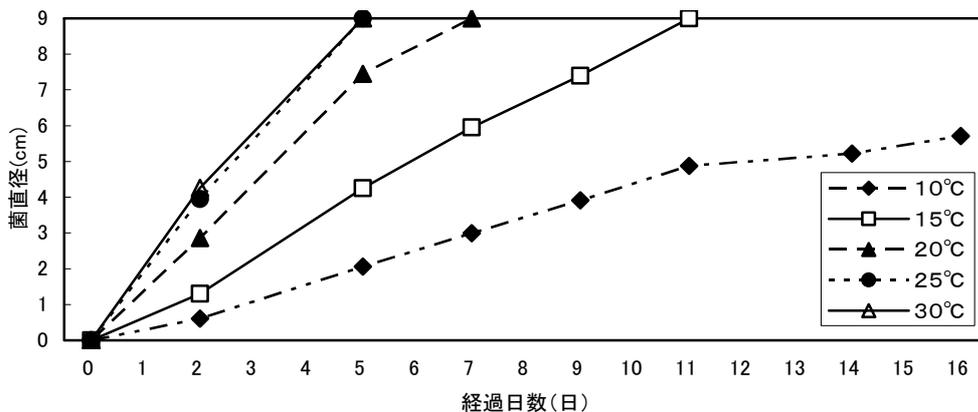


図4 温度別の青変菌伸長

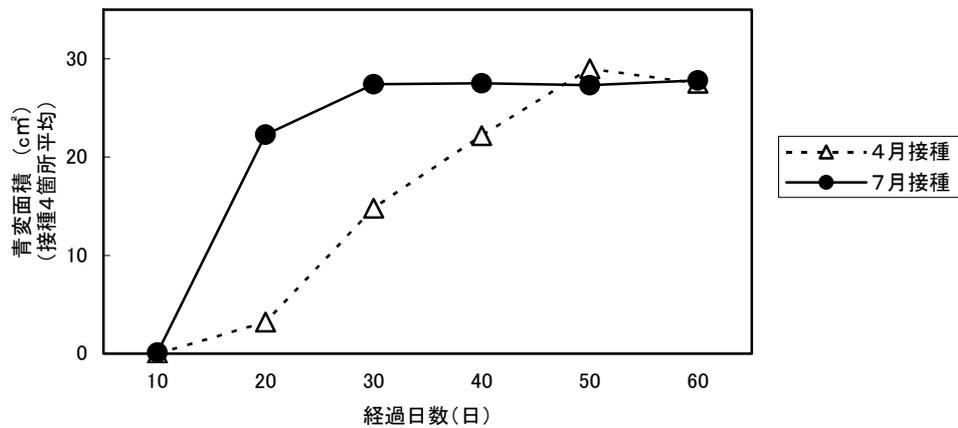


図5 青変菌接種丸太の青変面積の拡大状況

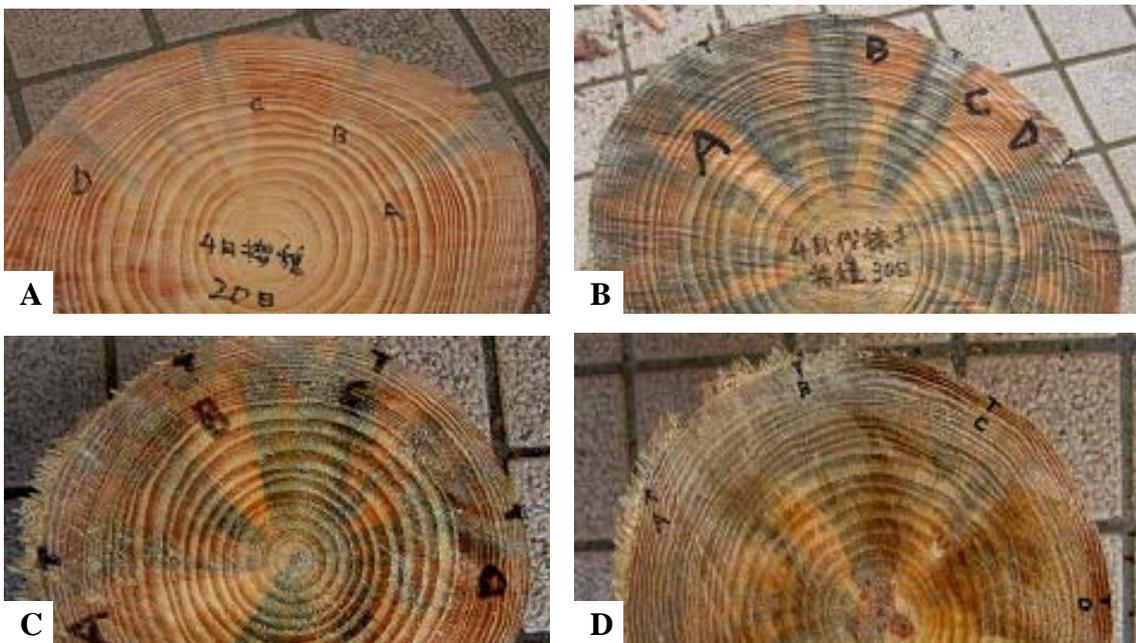


写真2 青変菌接種丸太の青変状況 (A: 4月接種 20日後, B: 4月接種 30日後, C: 7月接種 20日後, D: 7月接種 30日後)

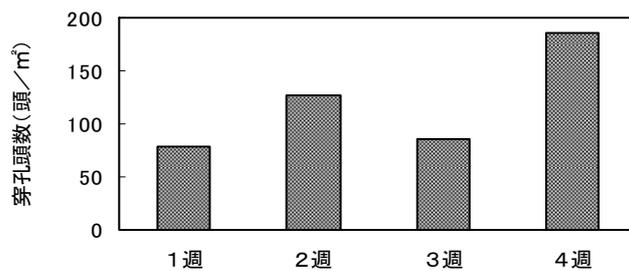


図6 7月に伐採したリュウキュウマツ内のキロコクイムシ穿孔頭数の変化

リュウキュウマツ林内に設置したトラップで捕獲されたキクイムシは、27種3,371頭であり、一年中断続的に捕獲された(表1)。このうちマツに寄生することが知られている種はキイロコキクイムシ *Cryphalus fulvus*、マツノキクイムシ *Tomicus piniperda*、フィリピンキクイムシ *Crytogenius brevior*、マツノツノキクイムシ *Orthotomicus anglatus*、クニヨシキクイムシ *O. kuniyoshii* の5種であった。

これら5種の捕獲消長を図1に示す。キイロコキクイムシとフィリピンキクイムシは、ほぼ周年にわたりそれぞれ73頭、99頭がほぼ断続的に捕獲された。フィリピンキクイムシとクニヨシキクイムシ、マツノキクイムシは11~4月の冬季にそれぞれ145頭、7頭、6頭が捕獲された。

2 リュウキュウマツに穿孔するキクイムシと材の青変状況

キクイムシの丸太への穿孔状況を図2に示す。リュウキュウマツへの穿孔が確認されたキクイムシはキイロコキクイムシ、マツノキクイムシ、フィリピンキクイムシ、*Coccotrypes sp.*の4種であった。キイロコキクイムシは年間を通じて最も多くの穿孔が認められ、春から秋の期間に増加し、7~8月にピークが見られた。ただし、6月に伐採し、1ヶ月放置した丸太への穿孔は見られなかった。マツノキクイムシは12月~4月の冬季に穿孔が確認され、夏季に穿孔したものはなかった。フィリピンキクイムシは2月~5月に穿孔が確認されたが、その数は極めて少なかった。*Coccotrypes sp.*は3月~11月に穿孔が確認されたが、伐採後1ヶ月の丸太への穿孔は確認されず、2ヶ月以上経過した丸太で穿孔が確認されたほか、他のキクイムシの穿孔痕に多く確認できた。フィリピンキクイムシと *Coccotrypes sp.*については、前述の2種と比べると極めて少ない数しか確認されなかった。

月別に伐採した丸太の1ヶ月~3ヶ月後の青変状況を図3に示す。木口の青変率は供試丸太の放置期間によるばらつきはあるものの、梅雨の6月を除き5月から8月に顕著に大きかった。また、12~4月の1ヶ月放置丸太の青変率は0%であり、2~3ヶ月放置した丸太の青変率もわずかであった。

3 青変菌の分離と材の青変の再現

材の樹皮下及び木口面にできていた子のう核や子のう胞子の形状から、*Ophiostoma ips* と判断された。本菌の子のう胞子をMA培地上で培養したものと、キイロコキクイムシから分離した菌相の発達状況は9頭中8頭が同様の傾向を示したことから、キイロコキクイ

ムシは高い割合で *O. ips* を保有していると考えられた。

温度別の青変菌伸長速度を図4に示す。温度が高いほど菌糸伸長は速く、25℃及び30℃でピークとなった。ただし、10℃~20℃でも菌糸は成長した。なお、菌糸は当初は無色で伸長し、5~7日遅れて黒青色に変色し始めた。

分離された青変菌を伐採時季別にリュウキュウマツ丸太に接種した場合の4月に接種した丸太と7月に接種した丸太の青変面積の拡大状況を図5、写真2に示す。4月に接種した丸太では20日に変色が現れ、50日で全体に広がった。7月に接種した丸太は10日以降急速に変色が広がり、30日で全体に広がった。

衝突板トラップや穿孔キクイムシの調査で多数捕獲されたキイロコキクイムシとマツノキクイムシの2種のキクイムシから青変菌を分離した。その結果、キイロコキクイムシでは10頭中8頭、マツノキクイムシでは10頭中10頭から青変菌が分離され、両キクイムシとも高頻度で青変菌を保持していた。

夏季のキイロコキクイムシの穿孔状況を図6に示す。伐採後1週目で78頭/m²が穿孔しており、2週目で126頭/m²に増加した。3週目には産卵後に死亡する成虫が出現するため85頭/m²に減少したが、4週目には繁殖した新成虫が加わり185頭/m²に激増した。この結果から、伐採後のマツ材にキイロコキクイムシが穿孔を始めるまでの期間は1週間以内であり、極めて短かった。

考 察

設置されたトラップでは、1年間を通してキクイムシが捕獲されており、奄美地域では年間を通していずれかのキクイムシが活動していることが知られた。このうち伐採されたマツ材にも穿孔していた種はキイロコキクイムシ、マツノキクイムシ、フィリピンキクイムシの3種であった。

キイロコキクイムシはトラップでの捕獲やマツ材への穿孔が確認され、奄美大島では一年中活動していることが知られた。しかし、トラップ調査では2004年7月、穿孔調査では2005年6月に全く捕獲や穿孔が見られなくなり、降雨が続く期間には活動が鈍る傾向があるものと考えられた。

マツノキクイムシは冬季に集中的な捕獲や穿孔が確認された。本種は日本本島では春~初夏にマツ材に穿孔し、冬季は新梢に入って翌春まで過ごすことが報告されているが(野淵, 1989)、奄美大島での生態はこれ

と大きく異なり、主に冬期に活動していることが知られた。これも、奄美大島の冬季の気温が日本本土より高いことがその原因と思われる。

フィリピンキクイムシの穿孔はキイロコキクイムシ及びマツノキクイムシと比較すると、極端に少なかった。衝突板トラップでは多数捕獲されていることから(図1)、フィリピンキクイムシのリウキュウマツへの嗜好性は低いと思われる。

なお、衝突板トラップで捕獲されたキクイムシ以外のキクイムシ(*Coccotrypes sp.*)の穿孔が確認された。本種は1ヶ月放置丸太での穿孔はほとんどなく、2~3ヶ月放置した丸太で確認された。本種は他の昆虫の穿孔痕を利用して侵入している可能性があることや、伐採後かなりの時間を経過した材を好む傾向があることから、青変被害には大きく関与していないものと考えられた。

これらの結果から、リウキュウマツの青変被害に最も強く関与しているキクイムシはキイロコキクイムシとマツノキクイムシの2種であると考えられた。

伐採後、林内に設置されたリウキュウマツ丸太では *O.ips* が確認されるとともに、リウキュウマツに穿孔していたキクイムシのうちキイロコキクイムシとマツノキクイムシは極めて高い確率で同種と考えられる菌を保持していた。また、マツノツノキクイムシ、フィリピンキクイムシ、マツノキクイムシからも *O.ips* と推察される1種の青変菌が優占して分離されており(住吉・佐藤, 未発表)、これらのキクイムシは青変菌の伝搬に深く関与しており、特に、リウキュウマツの青変には *O.ips* が深く関与していると考えられた。

O.ips の温度別発育状況を調査した結果、10~30℃の範囲では温度が高いほど早い成長を示した。谷内ら(2003)はアカマツに青変被害をもたらす *Leptographium wingfieldii* の温度別成長を調査し、25℃を超える温度では高温による成育阻害が起こったとしているが、今回調査した *O.ips* の場合、菌糸が最も速く伸長する温度は25~30℃であり、より高い温度に適応した菌であると考えられた。実際に4月と7月に丸太に *O.ips* を接種した結果や伐採後林内に放置した丸太での青変率も、夏季には極めて早い期間で材中に蔓延しており、夏の高温条件下では *O.ips* は侵入後急速に変色被害を拡大させ、夏季に青変被害が起こりやすいことを裏付けるものであった。

一方で、奄美の冬季の平均気温は15℃程度であるため青変菌の生育は可能であり、冬季に伐採したマツ材

もいったん青変菌が侵入すると、変色被害は進行すると考えられ、一年を通じた防除体制の確立が必要であろう。

今回得られた結果をもとに青変被害防止策を考察すると、まず第一にキクイムシを殺虫するなど、青変菌を材へ侵入させないことが重要である。奄美大島では冬期であってもキイロコキクイムシのほかマツノキクイムシが活動しており、青変菌の侵入は一年中発生している可能性が高い。キイロコキクイムシの場合、伐採された丸太に穿孔するのは1週間以内の短い期間と考えられ、伐採後迅速に殺虫剤の散布を行うなどキクイムシの穿孔を防止する必要がある。

おわりに

本研究を進めるにあたり、(独)森林総合研究所の升屋勇人氏には青変菌についてご教示いただいた。また、(独)森林総合研究所九州支所の後藤秀章氏にはキクイムシについてご教示いただいた。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 青島清雄・小林 正 (1952) マツの青変材の耐朽性, 日林誌 34: 289-293.
- 青島清雄・林 康夫 (1964) 松くい虫とマツの青変について. 森林防疫ニュース 13(5): 103-105.
- 升屋勇人・金子繁・山岡裕一 (1999) アカマツを加害する各種樹皮下穿孔性キクイムシが伝播するオフィオストマキン科菌類種類荘の比較. 第110回日林学術講: 669-670.
- 野淵 輝 (1989) キイロコキクイムシを運搬者とした天敵微生物によるマツ枯損防止の試み. 森林防疫 38(8): 5-10.
- 谷内博規・小岩俊行・升屋勇人・土井修一 (2003) *Leptographium wingfieldii* 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(6): 446-451.
- 谷内博規・小岩俊行・升屋勇人・土井修一 (2006) 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. 木材保存 32(4): 151-158.
- 山岡裕一・升屋勇人・金子 繁 (1999) 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 (I). 森林防疫 48(1): 3-9.

