

論文 (Original Article)

富士山麓シラビソ林に発生したトウヒツヅリハマキの天敵糸状菌調査

島津 光明^{1)*}・大澤 正嗣²⁾

Investigations on fungal pathogens of *Epinotia picea* (Issiki) (Lepidoptera: Tortricidae) in an outbreak population occurred at a plantation of *Abies veitchii* Lindl. on Mt. Fuji

SHIMAZU Mitsuaki^{1)*} and OHSAWA Masashi²⁾

Abstract

To investigate fungal pathogens of *Epinotia picea*, larvae were collected from an outbreak population occurred at a plantation of *Abies veitchii* at the foothills of Mt Fuji and reared in the laboratory. *Paecilomyces farinosus* was frequently found to infect on larvae died during rearing in the laboratory. A small number of infections with *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii* were also found. *Paecilomyces farinosus*, *B. bassiana*, and *V. lecanii* were isolated from the soil of outbreak site using selective media. Only *B. bassiana* was detected from the same soil by the bait method with *Galleria mellonella* larvae. A high infection rate of overwintered larvae with *P. farinosus* can be expected in the field.

Key words : *Epinotia picea*, outbreak, *Abies veitchii*, *Paecilomyces farinosus*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, pathogen

要旨

トウヒツヅリハマキの天敵となる昆虫病原性糸状菌を調査するため、山梨県富士山麓のシラビソ人工林における本種の大発生地で幼虫を採集し、実験室内で飼育した。幼虫は飼育中、特に7℃恒温室での越冬中に *Paecilomyces farinosus* に高率に感染して死亡した。その他、わずかに *Beauveria bassiana*、*Verticillium lecanii* の感染も認められた。大発生地の土壌から選択培地で昆虫病原性糸状菌を分離したところ *P. farinosus*、*B. bassiana*、*V. lecanii* などが分離された。同じ土壌からのハチミツガ幼虫による釣り餌法では、*B. bassiana* だけが分離された。野外で越冬虫が *P. farinosus* により高率に死亡する可能性が考えられた。

キーワード : トウヒツヅリハマキ、大発生、シラビソ、天敵微生物、昆虫病原性糸状菌

緒言

シラビソ(シラベ、*Abies veitchii* Lindl.)は、本州亜高山帯に生える針葉樹で、材は建築、器具、薪炭材、パルプ材などとして利用される(北隆館, 1985)。寒冷な火山灰地に適しており、苗の生産が容易なため、山梨県の富士山麓には大規模な人工林が作られ、現在でも造林が続けられている。この造林地で2001年からトウヒツヅリハマキ(*Epinotia picea* (Issiki))が突発的に大発生し、針葉をつぶって食害するため、多くの木が枯死に至っている(大澤・福山, 2004)。これまで、この虫による被害は奈良県におけるトウヒ、ウラジロモミ、コメツガの被害(柴崎, 1987)、長野県におけるドイツトウヒの被害(一



Photo 1. シラビソの針葉をつぶった中のトウヒツヅリハマキ幼虫に感染した *Paecilomyces farinosus* の分生子塊(矢印)。スケール=5mm。
Conidial mass of *Paecilomyces farinosus* (arrow) on a larva of *Epinotia picea* in needles of *Abies veitchii*. Scale bar = 5mm.

原稿受付: 平成16年1月7日 Received Jan. 7, 2004 原稿受理: 平成16年3月24日 Accepted Mar. 24, 2004

* 森林総合研究所森林昆虫研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

Department of Forest Entomology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan; e-mail: shimazu@ffpri.affrc.go.jp

1) 森林総合研究所森林昆虫研究領域 Department of Forest Entomology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) 山梨県森林総合研究所 Yamanashi Forest Research Institute

色・六浦, 1961)、および北海道におけるモミ属、トウヒ属の被害(鈴木・駒井, 1984)が知られている。この虫の生態についての研究はほとんどなく、大発生の記録もわずかに三重県大台ヶ原のトウヒ天然林の1例(柴崎, 1987)のみである。さらに、シラビソの被害は本事例が初めての知見である。この虫の被害が拡大すれば、シラビソの造林地はもちろん、周辺のシラビソ等針葉樹亜高山帯天然林にも重大な被害を及ぼすことが懸念される。このため、緊急な防除が求められているが、有効な方法は発見されていない。富士山の特有な生物相に悪影響を与えず、この虫の大発生を抑えるためには、天敵微生物の利用など、生態を利用した防除手段を講ずる必要がある。そこで、大発生地の子虫と土壌から天敵微生物を検索することを試みた。なお、現地調査、幼虫と餌木の採集にあたっては山梨県吉田林務環境部の功刀真彦氏に多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

材料と方法

1. 野外採集虫の罹病率

2002年10月18日に、山梨県南都留郡鳴沢村字富士山の山梨県有林シラビソ林28林班ち13小班からトウヒツヅリハマキ幼虫による被害部を含むシラビソの枝を採集した。針葉をつづった幼虫の巣を50ずつ、新しいシラビソ針葉とともに450 ml容プラスチックカップに入れ、つくば市の森林総合研究所構内の屋根のある屋外に置いて飼育した。幼虫採集地点で採集したシラビソの葉を餌として随時与えた。11月22～28日の間に死亡調査を行うとともに、生存虫のうち1150頭を50頭ずつ450 ml容プラスチックカップに分けなおし、枝から切り離したシラビソの針葉を隠れ家として入れ、7℃の恒温室で越冬させた。越冬後の死亡は2003年5月14日～6月2日にわたり調査した。すべての死亡虫は滅菌蒸留水で湿した濾紙を敷いたシャーレに入れて25℃で保温し、発生した糸状菌を検鏡して青木(1989)の検索表に従って同定した。

2. 被害発生地土壌中の病原菌の検索

幼虫を採集した場所の落葉層直下の土壌サンプルを採集し、以下の2方法により昆虫病原性糸状菌を検出した。

a. 選択培地による検出

土壌サンプル2.5 gを三角フラスコ内の滅菌したTween80水溶液(300 ppm)50 mlに入れ、試験管用ミキサーで1分間激しく攪拌して懸濁液を得た。この懸濁液0.2 mlを9 cmシャーレに固めたD0C2培地(Shimazu & Sato, 1996)に塗布、25℃で5日間培養した。生じたコロニーのうち明らかに目視で昆虫病原菌ではないと思われるものを除き計数し、そのうち30個までを1%酵母エキス加用Sabouraudブドウ糖寒天培地(以下SDYと略)に移植して分生子を形成するまで培養し、検鏡して菌を同定した。移植したコロニーの中の各昆虫病原菌の率を、計数した全コロニー数に乘じ、さらに希釈倍率を掛けて

サンプル中の昆虫病原菌密度(CFU/g)を推定した。5反復を行い平均を求めた。

b. ハチミツガ幼虫による検出

土壌サンプルを9 cm滅菌シャーレに入れ、ハチミツガ中齢幼虫をその上に放飼し、25℃で一晩放置した。幼虫は1シャーレに10頭ずつ入れ2反復を行った。翌日、土壌と接触させた幼虫を別の滅菌シャーレに回収し、ミツバチの巣を餌として与えて25℃で16日間飼育した。死亡虫は滅菌蒸留水で湿した濾紙を敷いたシャーレに入れて25℃で保温し、発生した糸状菌を検鏡して同定した。

結果

1. 野外採集虫の罹病率

11月に行った調査では、病死虫と思われるものの合計は136頭で、全体の5%であった。病原菌の種が判明したもののうちの最多は、*Paecilomyces farinosus*で、感染率は1.7%であった(Photo 1)。その他の昆虫病原菌としては、*Beauveria bassiana*、*Verticillium lecanii*が見られたが、いずれも3頭ずつで、感染率は0.1%であった(Table 1)。

越冬後の調査では、隠れ家材として与えたシラビソの針葉にカビが生じており、1150頭越冬開始した幼虫のうち、越冬後に発見できたものは762頭であった。越冬後に観察することができた幼虫の88%が死亡していた。特に、*P. farinosus*による死亡が多く、観察できた越冬虫の2/3、越冬前の虫数に対しては44%がこの菌に感染して死亡していた。その他*V. lecanii*、未同定の*Paecilomyces* sp.、*B. bassiana*による死亡も少数見られた。

Table 1. 採集したトウヒツヅリハマキ幼虫の死亡要因と死亡率

死亡要因	越冬前		越冬後		当初個体数 に対する死 亡率(%)
	個体数	死亡率 (%)	個体数	死亡率 (%)	
<i>Paecilomyces farinosus</i>	47	1.7	504	43.8	41.7
<i>Paecilomyces</i> sp.	0	0.0	4	0.3	0.3
<i>Verticillium lecanii</i>	3	0.1	89	7.7	7.4
<i>Beauveria bassiana</i>	3	0.1	3	0.3	0.2
その他死	81	3.0	67	5.8	5.5
生存	2587	95.1	95	8.3	7.9
行方不明			388	33.7	32.1
合計	2721	100.0	1150	100.0	95.1

2. 被害発生地土壌中の病原菌の検索

a. 選択培地による検出

幼虫採集地の土壌からは、*B. bassiana*、*P. farinosus*、*V. lecanii*、*Paecilomyces* sp.など、幼虫飼育によって検出されたのと同じ種類の菌が検出された(Table 2)。コロニー数から求めた土壌中の菌密度は、いずれも 10^4 CFU/g

前後の値であった。また、出現頻度は *B. bassiana* が最も多く、*P. farinosus* もこれに近い値であった。

b. ハチミツガ幼虫による検出

ハチミツガによる釣り餌法では *B. bassiana* のみが検出された。ハチミツガの感染率は 65 % であった。

Table 2. 幼虫採集地土壌から選択培地で分離された昆虫病原菌の種と密度

菌種	菌密度 (CFU / g)
<i>Paecilomyces farinosus</i>	2.1×10^4
<i>Paecilomyces</i> sp.	9.8×10^3
<i>Verticillium lecanii</i>	1.1×10^4
<i>Beauveria bassiana</i>	2.3×10^4
その他	3.4×10^3

考察

トウヒツヅリハマキは、三重県大台ヶ原のトウヒ天然林以外で大発生が記録されたことはなく、また、シラビソ林での大発生も知られていない。この虫の生態については柴崎 (1987) の研究が唯一のもので、大台ヶ原のトウヒ林における生命表が作られている。これによると、卵から幼虫が樹上にいるときまでの死亡率は低いが、地上に降下した終齢幼虫から成虫までの死亡率が極めて高い。死亡要因としては捕食やシカの皮剥による物理的死亡などが明らかになっているが、終齢幼虫以降の死亡率が高い要因は明らかにされていない。この虫は晩秋に地上に降り、地下の繭内で前蛹で越冬するので、柴崎 (1987) の研究において、高死亡率がもたらされた時期は、主として土中に入ってからのものであると考えられる。しかし、その研究において天敵微生物の役割は全くふれられておらず、大台ヶ原では病気による死亡は認められなかったのか、見落としていたのかは分からない。土中で越冬する虫が全く罹病しないということは考えがたいので、その研究では調査の対象とされていない可能性が高い。

また、この虫の天敵微生物は全く知られていない。トウヒツヅリハマキと同属では、ヒノキカワモグリガ (*Epinotia granitalis*) から、核多角体病ウイルス (三橋・島津, 1988) および *Paecilomyces fumosoroseus* と *P. cateniannulatus* の 2 種の糸状菌が (Mitsushashi et al., 1992; Shimazu, 2001)、大豆等の害虫 *E. aporema* から疫病菌類の *Zoophthora radicans* が (Alzugaray et al., 1999)、針葉樹害虫 *E. pygmaeana* から顆粒病ウイルスが (Maksymov, 1989)、同じく針葉樹害虫の *E. fraternana* から *P. farinosus* が (Munster-Swendsen, 1989) 発見されている。

今回の調査では、*P. farinosus* が越冬中の死亡要因として高い死亡率をもたらした。*P. farinosus* は昆虫病原性糸状菌としては比較的普通種といえるが、野外における

発生は *B. bassiana* ほど多くはない (国見, 1993)。しかし、本調査では *B. bassiana* による幼虫の感染は越冬前幼虫では 0.1 %、越冬後で 0.4 % であり、*P. farinosus* と比較すると著しく低かった。幼虫採集地の土壌からは、*B. bassiana* が *P. farinosus* よりやや高い密度で検出されており、また、ハチミツガ幼虫の土壌埋め込みでは、*B. bassiana* だけが検出されている。分離に用いた D0C2 培地は本来 *B. bassiana* の選択培地として開発されたものであるが、*Paecilomyces* をはじめとする他の硬化病菌には生育できるものもある。これらのことから、現地には *B. bassiana* も *P. farinosus* と同等以上に存在してはいるが、トウヒツヅリハマキが *P. farinosus* には特に感受性が高い一方、*B. bassiana* に対しては感受性が低かったと考えられた。また、釣り餌法のおとりに用いたハチミツガ幼虫の *P. farinosus* に対する感受性は低かったと考えられた。

本調査は、野外の発生地から幼虫を採集してきたとはいえ、実験室内での飼育結果なので、現地の幼虫の状態とは必ずしも一致するとはいえない。特に、幼虫が越冬したのは現地土壌ではなく、生きた木から採集したシラビソの針葉である。植物の葉上からも昆虫病原性糸状菌は分離されることがあるが、通常その密度は土壌に比べはるかに低い (島津, 未発表)。一方、今回の調査期間中、幼虫は土壌には接していないことから、越冬前および越冬後の調査で感染死亡していた幼虫は、採集時にすでに葉上で感染していたか、または後から与えた現地の針葉に接して感染した可能性が高い。野外のトウヒツヅリハマキは *P. farinosus* が多数検出された土中で越冬するため、その感染率は更に高いと考えられる。

以上のとおり、今回の調査は野外における直接観察ではないが、トウヒツヅリハマキは越冬中に *P. farinosus* に高率で感染する可能性が高いことが分かった。同属の針葉樹害虫 *E. fraternana* も、*Abies nordmanniana* の造林地での越冬中に *P. farinosus* に高率に感染することが報告されている (Munster-Swendsen, 1989)。*P. farinosus* が針葉樹林の *Epinotia* に高率にみられる天敵微生物であるならば、大台ヶ原のトウヒ林でトウヒツヅリハマキの終齢幼虫から成虫までの死亡率が極めて高い (柴崎, 1987)、という要因にこの菌が関与していることも考えられる。今後は、実際の発生現場でもこの菌が重要な死亡要因となっているかどうか、また、それが大発生の抑制にどの程度働いているかを調査する必要がある。越冬虫の殺虫が有効であるなら、この菌は容易に培養できるため、造林地の土壌にあらかじめこの菌を導入しておくなどの利用も期待できよう。

引用文献

Alzugaray, R., Zerbino, M. S., Stewart, S., Ribeiro, A. and Eilenberg, J. (1999) Epizootiologia de hongos Entomophthorales. Uso de *Zoophthora radicans* (Brefeld)

- Batko (Zygomycotina: Entomophthorales) para el control de *Epinotia aporema* (Wals.) (Lepidoptera: Tortricidae) en Uruguay. *Revista de la Sociedad Entomologia Argentina*, **58**, 307-311.
- 青木襄児 (1989) 昆虫病原菌の検索, 全国農村教育協会, 東京, 280p.
- 北隆館 (1985) 原色樹木大図鑑, 北隆館, 東京, 878p.
- 一色周知・六浦 晃 (1961) 針葉樹を加害する小蛾類, 日本林業技術協会, 東京, 47p.
- 国見裕久 (1993) 日本産昆虫の天敵微生物目録, 植物防疫特別増刊号「天敵微生物の研究手法」(岩花秀典ら編), 日本植物防疫協会, 東京, 192-215.
- Maksymov, J. K., Baechler, M. and Wehrli, E. (1989) A granulosis virus in larvae of *Epinotia pygmaeana* Hbn. *Lepidoptera Tortricidae*, *Anzeiger für Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, **62**, 123-127.
- 三橋 渡・島津光明 (1988) ヒノキカワモグリガの NPV, 40 回日林関東支論, 193-194.
- Mitsubishi, W., Shimazu, M. and H. Hashimoto (1992) Control of *Epinotia granitalis* (Lepidoptera: Tortricidae) with *Paecilomyces* spp. on cotton bands wrapped on the trunks of *Cryptomeria japonica*., *Appl. Entomol. Zool.*, **27**, 295-296.
- Munster-Swendsen, M. (1989) Phenology and natural mortalities of the fir needleminer *Epinotia fraternana* Hw. *Lepidoptera Tortricidae*, *Entomologiske Meddelelser*, **57**, 111-120.
- 大澤正嗣・福山研二 (2004) 富士山麓に発生したトウヒツヅリハマキの被害実態と今後の対策, *森林防疫*, **53**, 6-9.
- 柴崎篤洋 (1987) 梢の博物誌 大台ヶ原の森と昆虫をめぐって, 思索社, 東京, 310p.
- Shimazu, M. (2001) *Paecilomyces cateniannulatus* Liang, a commonly found, but an unrecorded entomogenous fungus in Japan, *Appl. Entomol. Zool.*, **36**, 283-288.
- Shimazu, M. and Sato H. (1996) Media for selective isolation of an entomogenous fungus, *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), *Appl. Entomol. Zool.*, **31**: 291-298.
- 鈴木重孝・駒井古実 (1984) 北海道における針葉樹を接種する小蛾類, *北海道林試研報*, **22**, 87 - 129.