

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450217

研究課題名(和文)材内穿孔虫スギカミキリの幼虫は温度で季節変化を予測して生活史を調節するのか？

研究課題名(英文) Does the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* larvae control the life cycle by using temperature as a cue of seasonal change?

研究代表者

北島 博 (KITAJIMA, Hiroshi)

国立研究開発法人森林総合研究所・森林昆虫研究領域・チーム長

研究者番号：70353662

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：スギカミキリは重要な人工林の害虫である。通常1年1世代であるが、2年1世代の個体も存在する。本研究では、幼虫が低温を感受すると蛹化が抑制され、そのような個体では1世代に2年を必要とすることがわかった。また、2年1世代の個体では、1年目に老熟した幼虫が蛹室の中で越冬し、2年目の夏に幼虫は摂食することなく羽化した後、成虫で越冬して、翌春脱出することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The sugi bark borer, *Semanotus japonicus* (Coleoptera, Cerambycidae), is an important pest of Japanese cedar and Japanese cypress. The life span of the borer is usually one year. However, some individuals require two years in one generation. We found out that the larvae stopped pupating under low temperature condition, and such larvae required two years in one generation. In this case, full-grown larvae pass the first winter in the pupal chambers. They develop to the adults in the chambers without eating next summer. The adults pass the second winter in the chambers, and they emerged next spring.

研究分野：森林昆虫

キーワード：穿孔性害虫 生活史 休眠 低温 カミキリムシ

1. 研究開始当初の背景

スギカミキリは、幼虫がスギ・ヒノキ生立木に穿孔して材質劣化を引き起こす害虫である。ほとんどの個体は1世代を1年で完了するが、2年を要する個体もいる。1年1世代の生活史は解明されており、春に孵化した幼虫はその年の秋には成虫になる。一方、2年1世代における越冬状態や越冬後の発育は解明されていない。

本種の幼虫を16時間明8時間暗の25°C条件下で飼育すると、すべての幼虫が蛹になる。しかし、16時間明8時間暗でも19°C条件下だと、すべての個体が幼虫で発育を停止する(北島、未発表)。このことは、本種は日長に関係なく低温を感受すると、蛹にならずに幼虫のまま越冬する可能性を示す。

温帯に生息する昆虫には、夏の暑さや冬の寒さなど発育に不適な季節を、休眠で乗り切るものが多い(Tauber et al., 1986)。休眠では、季節の変化を正確に察知し、自ら発育を停止する。季節変化の把握に、ほとんどの昆虫は日長を利用する。日長の変化は、年による違いもなく、規則的なとても信頼できる情報だからである。

それでは、スギカミキリの幼虫は本当に低温を感受して蛹化を抑制しているのだろうか。これまで、日長あるいは日長と温度の相互作用は詳細に検討されていない。さらに、昆虫では、温度だけを利用して季節変化を予測するという報告はほとんどない。このため、スギカミキリの幼虫でこれを検証する価値は高い。

2. 研究の目的

多くの昆虫は、日長を利用して、季節変化を予測し生活史を調節する。しかし、幼虫が生立木内部で発育するスギカミキリは、日長ではなく温度を利用する可能性が示されている。

これまで、昆虫では、温度だけで季節変化を予測して生活史を調節するという報告はほとんどない。このため、スギカミキリの幼虫が温度を利用して生活史を調節していることを検証するとともに、2年1世代の個体の発育経過を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 蛹化に与える日長と温度の影響を解明する。はじめに、日長が一定の場合の影響を明らかにするために、15時間明9時間暗(以下、長日と表記)と10時間明14時間暗(以下、短日と表記)、および25°Cと19°Cの4条件の組み合わせで、北島・五十嵐(1997)のスギ輪切り丸太による方法で幼虫を飼育した。25°Cでは60日間、19°Cでは80日間飼育後に丸太を割材して幼虫を取り出した。取り出した幼虫を管瓶(12ml)に収め、幼虫飼育と同じ条件下で蛹化率と幼虫期間を調べた。各処理において30個体ずつの孵化幼虫を用いた。

次に、季節の移り変わりによる日長や温度

の変化が、蛹化に与える影響を明らかにすることを試みた。本種の蛹化は、晩夏から秋に行われる。この時期の日長はだんだんと短くなり、気温も下がってくる。日長変化の影響を見るために、スギ輪切り丸太に孵化幼虫を接種し、25°C長日条件下で25、50、および75日間飼育した後、丸太を25°C短日条件下に移して飼育を継続し、割材して蛹化率を調べた。温度変化の影響を見るために、25°C短日条件下で、25、50、および75日間飼育した後、丸太を19°C短日条件下に移して飼育を継続し、割材して蛹化率を調べた。各処理において、30個体ずつの孵化幼虫を用いた。

(2) 2年1世代の生活史の詳細、特に幼虫で越冬後の発育経過を解明するために、2013年5月に孵化幼虫80個体をスギ輪切り丸太に接種し(1~5個体/丸太)、それを高標高寒冷地(宇都宮大学奥日光演習林、標高1400m)に置いて越冬幼虫を作出した。11月下旬に丸太を回収し、森林総合研究所(茨城県つくば市)構内の網室内に置いた。2014年3月に、50個体分の丸太を割材して幼虫を取り出し、管瓶に収めて毎日発育経過を観察した。残りの30個体分の丸太を網袋に入れ、2015年春に2~3日おきに成虫の脱出を観察した。成虫が脱出した丸太を剥皮して、越冬後に蛹室から出てきて再摂食の有無を観察した。成虫が脱出しなかった丸太も割材して、発育状態と生死を確認した。また、幼虫越冬の有無による蛹化・羽化消長の差異を比較するために、2014年4月および5月にスギ輪切り丸太に50個体のふ化幼虫を接種し、森林総合研究所構内網室に置いて飼育した。これらの丸太を7月に割材して幼虫を取り出し、管瓶に収めて蛹化・羽化を観察した。

4. 研究成果

(1) 幼虫を25°Cと19°Cおよび長日と短日を組み合わせた条件下で飼育して蛹化率を調べた結果、蛹化率は25°Cの長日で74%、短日で100%、19°Cの長日で7%、短日で0%であった(表1)。日長条件に関わらず温度が低い時に蛹化率が低くなったことから、蛹化抑制には日長よりも低温の影響の方が大きいことがわかった。

表1 温度と日長とを組み合わせた条件下におけるスギカミキリの蛹化(2014/4/21-22接種、2014/11/21結果)

飼育条件	供試数	蛹化率 (%)	未蛹化生存率 (%)	未蛹化死亡率 (%)
25°C長日	27	74.1	0	25.9
25°C短日	25	100.0	0	0
19°C長日	28	7.1	71.4	21.4
19°C短日	26	0	88.5	11.5

供試数: 割材時の死亡幼虫や人為死亡は除外

次に、長日から短日への変化の影響を見るために、温度を25℃にして、孵化後25、50、75日間長日で飼育してから短日に移したところ、日長変化の時期にかかわらず、いずれも蛹化率は100%となった(表2)。このことから、幼虫の発育段階の早晚に関わらず、長日から短日への変化、すなわち夏から秋への日長変化は、蛹化に影響を与えないことがわかった。

表2 幼虫期間中に日長を短くしたときのスギカミキリの蛹化率

25℃	供試虫数	蛹化率(%)
長日25日→短日95日	20	100.0
長日50日→短日70日	25	100.0
長日75日→短日55日	19	100.0
長日120日	20	100.0

供試虫数: 摂食不可、幼虫死亡個体を除く

さらに、高温から低温への変化の影響を見るために、日長を短日にして、孵化後25、50、75日間25℃で飼育してから19℃に移したところ、蛹化率はそれぞれ70%、94%、100%となった(表3)。このことは、幼虫の発育段階の早い時期から低温に晒された方が、蛹化が抑制されることを示す。一方、幼虫発育の終盤で低温に晒されても蛹化が抑制されなかったことから、幼虫のある発育段階に低温の感受期が存在することが示唆された。

表3 幼虫期間中に温度を低下させたときのスギカミキリの蛹化率

短日	供試虫数	蛹化率(%)	生存幼虫率(%)
25℃25日→19℃130日	23	69.6	30.4
25℃50日→19℃110日	17	94.1	5.9
25℃75日→19℃90日	22	100.0	0
19℃150日	20	5.0	95.0

供試虫数: 摂食不可、幼虫死亡個体を除く

これらのことから、スギカミキリの蛹化は日長より温度の影響を強く受け、幼虫の早い時期から低温を感受すると蛹化抑制されると考えられた。

(2) 高標高寒冷地で飼育した個体のうち、丸太を割材した50個体では、31個体が幼虫越冬していた。すべての生存幼虫は材内に形成された蛹室内におり、蛹室の入り口はフラスが固く詰められていた。蛹化、羽化の観察で

は、このうち17個体が蛹化し、8個体が羽化した。2014年4月に孵化幼虫を接種した個体では、50個体中29個体が割材時に生存していた。そのうち28個体が蛹化し、27個体が羽化した。同年5月に孵化幼虫を接種した個体では、50個体中43個体が生存していた。そのうち33個体が蛹化し、33個体が羽化した。

これらの個体の蛹化、羽化個体の消長を、図1に示した。越冬幼虫は7月上旬に一斉に蛹化し、7月下旬に一斉に羽化した。これに対して、茨城県における孵化時期である4月に丸太に接種して飼育を開始した個体は、越冬幼虫と同時期に蛹化、羽化した。ところが、孵化幼虫の飼育開始が1か月遅い、5月に丸太に接種して飼育を開始した個体では、前2者よりほぼ1か月遅れて蛹化、羽化が見られた。

前年に孵化した越冬幼虫は、当年に孵化した幼虫と同時期に蛹化・羽化するが、当年の孵化幼虫の接種時期が遅くなると、蛹化、羽化時期も遅くなった。このことは、日長や温度などの環境の変化が刺激となって蛹化が行われるのではなく、一定の有効積算温量に達した時点で蛹化が行われることを示唆する。したがって、越冬幼虫の蛹化には、当年の孵化幼虫の蛹化に必要な温量を、越冬後に再度経験する必要があると考えられた。

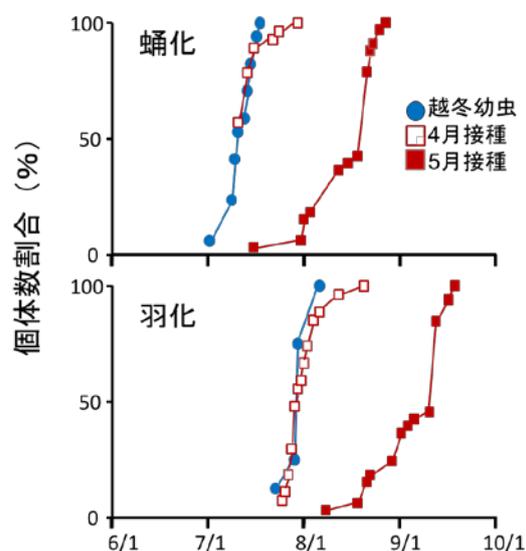


図1 2年1化の越冬幼虫および1年1化の当年幼虫のうち4月と5月に孵化幼虫をスギ輪切り丸太に接種して飼育を開始した個体における蛹化および羽化消長

網袋に入れた越冬幼虫の入った丸太からは、2014年の間には成虫は脱出せず、2015年3月26日～4月15日にかけて、9個体(4♂、3♀、1個体逃亡)が脱出した。成虫が脱出しなかった丸太を割材した結果、蛹室内での幼虫死亡が15個体、同成虫死亡が5個体、樹皮下での幼虫死亡が1個体であった。この

ことから、越冬幼虫は孵化後2年目に成虫で脱出することがわかった。成虫が脱出した丸太を剥皮したところ、一度蛹室を形成した幼虫がそこから出てきて、再度内樹皮を摂食した様子は観察できなかった。管瓶に収めた越冬幼虫も、越冬後に何も摂食せずに蛹化、羽化したことから、丸太内であっても越冬幼虫が越冬後に摂食することはないと推察された。

以上の結果を総合して、スギカミキリの1年1化と2年1化の生活史を図2に示した。スギカミキリは、孵化後1年目の幼虫期間に低温を感受せずに蛹化、羽化すれば、成虫で越冬して翌春脱出する、1年1化の生活史となる。一方、幼虫期間の早い時期に低温を感受した場合、蛹化が抑制されて幼虫で越冬することになる。この場合でも、幼虫は越冬前には蛹化に十分な発育を終えて、蛹室を形成し、その中で越冬する。越冬幼虫は、蛹室から出ることなく、また摂食することなく、当年の孵化幼虫と同じ時期に蛹化、羽化する。そのまま、蛹室内で成虫で越冬し、翌春脱出する。

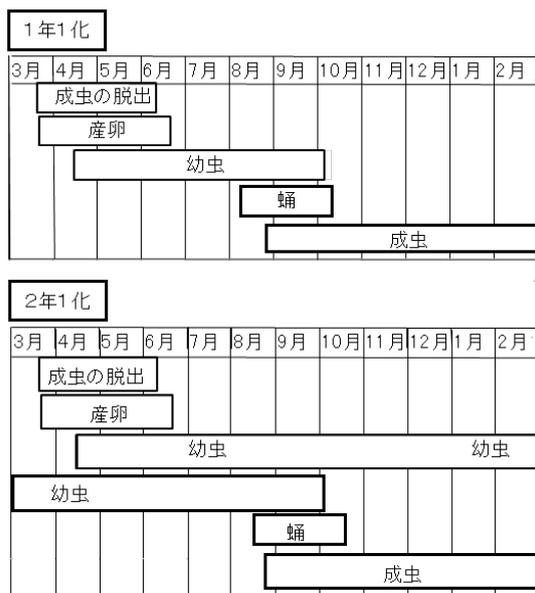


図2 スギカミキリの1年1化と2年1化の生活史

生活史の調節に温度を利用するのは、家屋害虫など自然光でない環境や、赤道直下など光条件に季節変化が少ない環境に生息する昆虫で見られる (Tauber et al., 1986)。カミキリムシのような材内穿孔性害虫の場合、日長に反応する種も報告されている (例えば本多ら、1981)。スギカミキリにおいては、今回の結果から日長よりも温度が生活史調節の要因として重要であることがわかった。

<引用文献>

① Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S, Seasonal adaptations of insects, Oxford

Univ. Press, New York, 1986, 411pp
 ②北島博、五十嵐正俊、スギ輪切り丸太を用いたスギカミキリ幼虫の飼育と低温処理による成虫休眠の打破、日本林学会誌、79巻、1997、186-190
 ③本多健一郎、阿久津喜作、新井茂、センノカミキリの光周反応 日長の変更が幼虫九間の誘起に及ぼす影響、日本応用動物昆虫学会誌、25巻、1981、108-112

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)
 ①榎原寛、北島博、クロカミキリの1世代に要する年数、森林防疫、査読有、65巻、2016、52-56
 [学会発表] (計 5 件)
 ①北島博、福沢朋子、逢沢峰昭、越冬中のカシノナガキクイムシ幼虫および成虫の過冷却点、第128回日本森林学会大会、2017年3月28日、鹿児島大学 (鹿児島県鹿児島市)

②北島博、逢沢峰昭、スギカミキリにおける低温による蛹化抑制の地域個体群間の比較、第6回関東森林学会大会、2016年10月18日、千葉市市民会館 (千葉県千葉市)

③北島博、逢沢峰昭、スギカミキリの蛹化に与える日長の影響、第127回日本森林学会大会、2016年3月29日、日本大学 (神奈川県藤沢市)

④北島博、榎原寛、クロカミキリの生態 (1) -1世代に要する年数-、第5回関東森林学会大会、2015年10月19日、茨城県立県民文化センター (茨城県水戸市)

⑤北島博、逢沢峰昭、スギカミキリ幼虫越冬後の発育、第126回日本森林学会大会、2015年3月28日、北海道大学農学部 (北海道札幌市)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者
 北島 博 (KITAJIMA, Hiroshi)
 国立研究開発法人森林総合研究所・森林昆虫研究領域・チーム長
 研究者番号：70353662

(2)研究分担者

逢沢 峰昭 (AIZAWA, Mineaki)

宇都宮大学・農学部・森林科学科・准教授

研究者番号： 7 0 4 3 6 2 9 4