

実験室におけるマツノマダラカミキリ幼虫の休眠打破の試み

富 樫 一 巳

富樫一巳：実験室におけるマツノマダラカミキリ幼虫の休眠打破の試み 石川林試研報 22 : 20~26, 1991 マツノマダラカミキリの休眠を打破する条件を明らかにするために、25°Cで飼育されて休眠に入った4齢幼虫を10°Cに4、8、または12週間置いたが、休眠から覚醒した幼虫はそれぞれ0%、0%、6%にすぎなかった。また、25°Cで飼育した1齢から4齢までの幼虫を10°Cに4週間次いで2°Cに16週間そして10°Cに4週間置いた結果、休眠に入る前の1齢から4齢までの幼虫はすべて死亡したが、休眠に入っていた4齢幼虫は生き残り、その33%が休眠から覚醒した。この結果は2~8箇月間10°Cに露すことによって100%の個体が休眠から覚醒するという従来の結果(木村、1974)と異なり、本実験で用いた幼虫は休眠が深いことを示した。

TOGASHI, Katsumi : **Trials for larval diapause termination of *Monochamus alternatus* HOPE (Coleoptera : Cerambycidae) under laboratory conditions** Bull. Ishikawa For. Exp. Stn. 22 : 20~26, 1991 To make clear conditions under which *M. alternatus* larvae terminate diapause, diapausing larvae reared at 25°C were chilled at 10°C during 4, 8, or 12 weeks. Only 6% of larvae terminated the diapause after a 12-week chilling, but no larvae after shorter periods of chilling. The 1st to 4th (final) instar larvae reared at 25°C were chilled at 10°C during first 4 weeks, at 2°C during next 16 weeks, and at 10°C during final 4 weeks. Pre-diapause larvae of 1st to 4th instars died during the period of chilling, but diapausing 4th instar larvae survived. Thirty-three percent of them terminated the diapause. Our results were different from KIMURA's (1974) that a 2-8 month chilling at 10°C was sufficient for larvae to terminate the diapause. Namely the comparison shows that our larvae enter deeper diapause than KIMURA's.

はじめに

マツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* HOPE はマツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* (STEINER et BUHRER) NICKLEの主要な伝播者である(MAMIYA and ENDA, 1972; 森本・岩崎, 1972)。本種の幼虫は終齢(4齢)で休眠に入り(遠田, 1975)、体色は黄色になる(木村, 1974)。宮城県産の個体群を用いて、木村(1974)は休眠が5~15°Cの低温によって打破されることを示した。さらに、木村ら(1975)は、気温を除々に低下させる処理を行うと、幼虫が比較的小さく(若く)てもそれらを25°Cに戻した時

休眠に入らずに羽化することを示した。

実験室内でマツノマダラカミキリとマツノザイセンチュウの相互関係を解析するためには本種の発育の調節機構を明らかにする必要があり、それに対して木村(1974)と木村ら(1975)の実験は非常に示唆的である。そこで、彼らの結果を確認するために、まず木村(1974)と類似の実験を行ったが、結果は非常に異なった。ここでは追試験の結果を記載し、異なった結果を導いた原因について考察する。

材料と方法

実験1 (休眠覚醒に及ぼす10°Cの効果)

昆虫：石川県の14地点（表-1）からクロマツ *Pinus thunbergii* PARL. またはアカマツ *P. densiflora* SIEB. et ZUCC. の枯死木を1987年の4月または5月に伐倒して1 mに玉切り、石川県石川郡鶴来町の石川県林業試験場構内の野外網室内に入れた。脱出成虫は毎日採集して1頭ずつプラスチック製容器（8.5cm×17.5cm×4.0cm）に入れ、25°C、90~100% R. H.、光周期16L-8Dの条件下で飼育した。6月18日から7月3日の間に脱出した22頭の雌と23頭の雄を産卵に供試した。それらの平均体重はそれぞれ299mgと277mgであった。

表-1 アカマツまたはクロマツの枯死木の採集地と採集丸太数（実験1）
Locations where logs of dead *Pinus densiflora* and *P. thunbergii* were collected (Experiment 1)

採 集 地 Location	採集丸太数 No. of logs
珠洲市正院町 Shoin, Suzu City	5
珠洲郡内浦町 Uchiura Town	6
輪島市町野町 Machino, Wajima City	2
輪島市三井町 Mii, Wajima City	4
鳳至郡穴水町 Anamizu Town	10
七尾市国分町 Kokubu, Nanao City	5
鹿島郡田鶴浜町 Tazuru-hama Town	5
羽咋郡志賀町 Shika Town	5
羽咋郡押水町 Oshimizu Town	12
羽咋郡七塚町 Nanatsuka Town	5
羽咋郡津幡町 Tsubata Town	6
石川郡鶴来町 Tsurugi Town	11
小松市安宅町 Ataka, Komatsu City	4
小松市花坂町 Hanasaka, Komatsu City	4

マツ小丸太：1本の健全なアカマツを1987年6月24日に伐倒し、幹を長さ25cmの小丸太に細断した。ただちに小丸太を室内に運び、16メッシュの金網の袋に入れて白布で被い、昆虫の産卵を妨げた。マツノマダラカミキリの産卵に用いるまで、小丸太は空調をしていない室内に置いた。

処理：脱出後10日以上たってから、2対の成虫を透明なプラスチック製容器（38.0cm×21.0cm×27.5cm）に入れ、上方を粗い金網で被った。産卵は7月10日から8月13日の間に行わせた。産卵用の小丸太は5日ごとに、餌用のアカマツまたはクロマツの小枝は2または3日ごとに取り替えた。

小丸太あたりの産卵かみ跡数は平均32.8個（S.D.=10.4個）であった。内樹皮の変質を遅らせるために、小丸太はすぐに深さ1~2cmの水を張った皿に立てた。なお、小丸太は25°C、90~100% R.H.、光周期16L-8Dの一定条件下に調節した室内に置いた。

産卵日は小丸太を成虫に与えた5日間の中央日として表した。産卵日から15週後に10本の小丸太を剥皮割材して、幼虫の発育ステージ、体重、体色、生息部位を記録した。幼虫の齢は、小島・片桐（1964）を改変した越智（1975）に従って、頭幅によって決定した。

産卵日の15週後に、27本の小丸太を10°Cで光周期10L-14Dの一定条件下に移した。この時、小丸太は水の張ってない皿の上に置いた。この低温処理開始の4、8、12週後にそれぞれ9本の小丸太を元の条件下に戻した（図-1）。その後成虫の脱出を毎日記録した。戻してから25~29週後に丸太を剥皮割材して中の個体を取り出し、発育ステージと生死、そして生存個体については体重、体色および腸内食下物の有無を記録した。なお、1本の小丸太は低温処理せずに25°Cに置いて対照とした。この丸太は産卵日から389日後に剥皮割材し、生存個体の測定を行った。

実験2（幼虫の発育に対する低温処理と幼虫の齢の影響）

昆虫：1988年1月5日に石川県羽咋郡志賀町でアカマツの枯死木を伐倒して玉切り、直ちに3°Cに制御された室内に入れた。同年の2月15日に丸太を25°C、16L-8Dの条件下に移した。1988年の3月28日から4月4日の間に7頭の雌と3頭の雄成虫がそれらの丸太から脱出した。この成虫を網箱（41.0cm×61.0cm×80.0cm）で飼育し、1~9日前に伐倒して室内に置いていた長さ70cmのアカマツ丸太に産卵させた。各丸太の産卵された期間は1~7日であった。成虫の飼育用網箱と産卵された丸太は25°C、90~100% R.H.、16L-8Dの一定条件下に置いた。乾燥を防ぐため、丸太は毎週1日間1~2cmの水を張った皿に立てて置いた。

マツ小丸太：幼虫の接種の2~13日前に健全なアカマツを伐倒し、幹を長さ20cmに細断した。小丸太は供試するまで2°Cで保存した。

処理：産卵後のいろいろな時期に丸太から幼虫を採集した。すなわち、樹皮下の1、2、3、4齢幼虫と蛹室内の4齢幼虫は産卵の8～21日後、13～21日後、27～34日後、27～34日後、82～89日後にそれぞれ採集した。幼虫は頭幅、体重、体色、腸内食下物の有無を記録した。

記録後すぐに各幼虫を長さ20cmのアカマツ小丸太に接種した。方法は次のとおりであった。まず小丸太の樹皮を矩形に剥ぎとり、材の表面に窪みを作ってそこに幼虫を置き、樹皮をかぶせて布製のガムテープで留めた。人工の窪みは幼虫の体サイズにあわせて作った。幼虫を接種した丸太は直

ちに10℃、10L-14Dの一定条件下に移した。

接種の4週後に幼虫を2℃、0L-24Dの条件下に、その16週後に、10℃、10L-14Dの条件下に、そして、その4週後に幼虫を25℃、16L-8Dの条件下に置いた(図-1)。幼虫の温度条件を変える度に、幼虫を小丸太から取り出して体重、体色、腸内食下物の有無、脱皮の有無、排糞の有無を記録し、新しい丸太に移しかえた。その後成虫の脱出を1990年4月25日までの68週間毎日調べた。成虫は性を記録し、体重を測定した。調査期間中に成虫が脱出しなかった小丸太は剥皮割材して生存個体がいるかどうかを調べた。

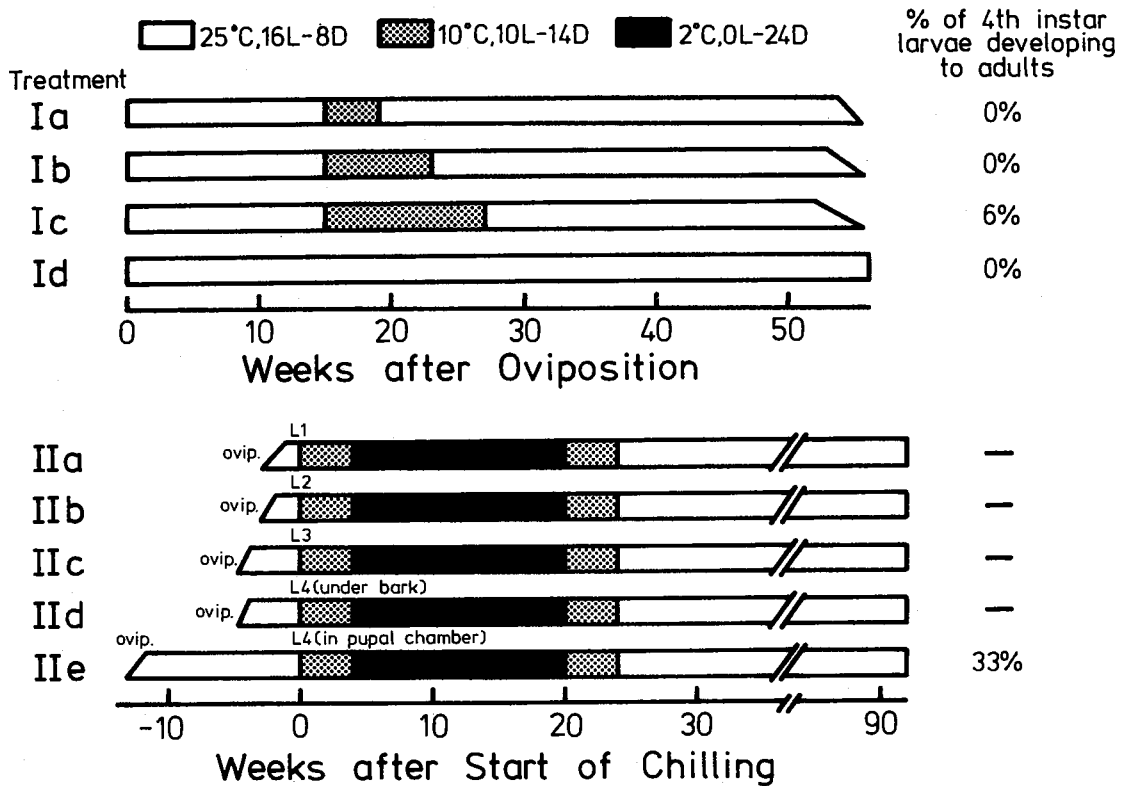


図-1 マツノマダラカミキリ幼虫の発育に及ぼす低温の影響。上図：25℃で飼育し、休眠に入った4齢幼虫を一定期間10℃に置いた(実験1)。処理Ia、Ib、Icは低温処理がそれぞれ4、8、12週間であり、処理Idは対照であった。下図：25℃で飼育された1齢から4齢までの幼虫を一定期間低温に置いた(実験2)。図中のLとその添え字は低温処理を始めた時の幼虫と齢を示す。蛹室内の4齢幼虫は休眠に入っていた。The effects of chilling on the development of *Monochamus alternatus* larvae. Upper figure: Diapausing larvae reared at 25℃ were chilled at 10℃ in Experiment 1. Treatments Ia, Ib, and Ic were different in the time of chilling. Treatment Id was served as control. Lower figure: Larvae of 1st to 4th instars reared at 25℃ were chilled in Experiment 2. L and its subscript in the figure represent larva and its instar at the start of chilling, respectively. Whenever the larvae were transferred between different temperatures, they were placed in fresh bolts of *Pinus densiflora*.

結 果

実験1 (休眠覚醒に及ぼす10°Cの効果)

産卵日の15週後にはすべての個体が4齢幼虫になっていた(表-2)。その33%は乳白色で内樹皮を摂食中であり、樹皮下または材内の穿入孔内にいた。残りの67%の幼虫は黄色で材内蛹室にいた。それらは食下物を腸内に持っていなかった。

実験1の結果を表-3および図-1に示した。幼虫の発育停止は25°Cでは4齢で起こった。幼虫が10°Cに4週間または8週間置かれた後でも同じ

であった。10°Cで12週間処理した後25°Cに戻した幼虫のうち1頭の雄が61日後に小丸太から脱出した。しかし、13頭の4齢幼虫は25°Cに戻してから25~29週後にも幼虫として生存していた。

産卵の52~56週後になっても小丸太には幼虫が生存していた。それらは黄色であったが、色の鮮やかさと萎縮の程度から3つのタイプに分けられた(図-2)。これらの頭幅を測定したところ、0から12週間という異なった期間10°Cで冷却した幼虫の平均頭幅は3.97~4.08mmで、それらの間には有意な差はなかった。(分散分析、 $P>0.05$)。

表-2 産卵の15週後のマツノマダラカミキリ (25°C, 実験1)

Monochamus alternatus larvae reared at 25°C during 15 weeks after oviposition
(Experiment 1)

発育ステージ Developmental stage	体 色 Body coloration	個 体 数 No. of insects			摂食を停止した 個体の割合(%) % of larvae ceasing feeding
		樹皮下 Under bark	穿入孔内 In tunnel	蛹室内 In pupal chamber	
4 齢幼虫 4th instar larva	乳白色 Milky white	6	1	0	14
	黄 色 Yellow	0	0	14	100

表-3 マツノマダラカミキリ 4 齢幼虫の発育に及ぼす10°Cの効果 (実験1)

Effect of chilling on the development of 4th instar larvae of *Monochamus alternatus* (Experiment 1)

処 理 ^{a)} Treatment ^{a)}	10°Cの期間 (週) Period of chilling at 10°C (weeks)	脱出成虫数 No. of adults emerging	4 齢幼虫の生存数 No. of live larvae			4 齢幼虫の 死 亡 数 No. of dead larvae	計 Total
			光沢のある 黄色(Y1) ^{b)} Glossy yellow ^{b)}	光沢のない 黄色(Y2) ^{b)} Dim yellow ^{b)}	光沢のない黄 色、腹部背面 に白点(Y3) ^{b)} Dim yellow ^{b)}		
I a	4	0	7	3	1	10	21
I b	8	0	14	6	4	2	26
I c	12	1	6	1	6	4	18
I d	0	0	2	0	1	0	3

a) 図-1参照 b) 図-2参照

a) For explanation, see Fig. 1. b) For explanation, see Fig. 2.

実験2 (幼虫の発育に対する低温処理と幼虫の齢の影響)

結果は表-4と図-1に示した。低温処理を開始した時の発育ステージ別に以下に詳述する。

1 齢: 25°Cから10°Cへ移す時、12頭の幼虫の平均頭幅は0.98mm (S.D.=0.07mm)、平均体重は6

mg (S.D.=3mg)であった。幼虫は乳白色で、その83%が腸内食下物を持っていた。10°Cに4週間置いた間に6頭が死亡した。生き残った6頭は平均体重が9mg (S.D.=4mg)になり、83%の個体が腸内食下物を持っていた。しかし、2齢に脱皮した個体はいなかった。これらは乳白色であり、

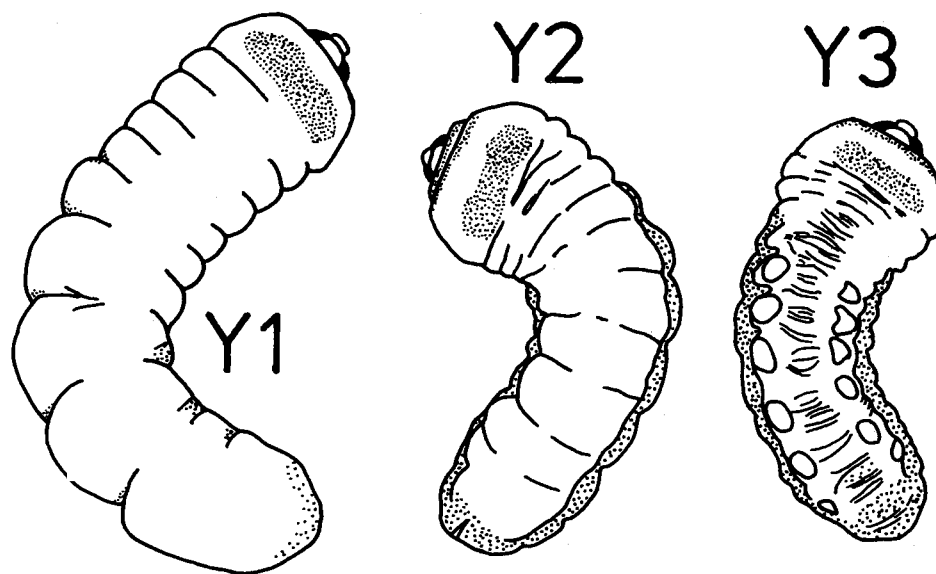


図-2 マツノマダラカミキリの休眠幼虫。Y1:黄色。皮膚に光沢がある。Y2:黄色。皮膚に光沢がない。少し縮む。Y3:黄色。皮膚に光沢がない。萎縮の程度はY2より大きい。腹部背面には対をなす白い塊が見られる。

Diapausing larvae of *Monochamus alternatus*. Y1: Glossy yellow. Y2: Dim yellow and slightly shriveled. Y3: Dim yellow with pairs of white spots on the dorsal abdomen, and shriveled.

表-4 幼虫の発育に及ぼす低温処理と幼虫の齢の影響 (実験2)

Effect of chilling and larval instar on the development of *Monochamus alternatus* (Experiment 2)

処理 ^{a)} Treatment ^{a)}	供試幼虫 Larvae used		接種時 At inoculation	生存幼虫数 No. of live larvae			25°Cにおける 脱出成虫数 No. of adults emerging after transfer to 25°C
	齢 Instar	生息部位 Location		10°C 4週後 4wks after transfer to 10°C	2°C 16週後 16wks after transfer to 2°C	10°C 4週後 4wks after transfer to 10°C	
IIa	1 First	樹皮下 Under bark	12	6	0	0	0
IIb	2 Second	樹皮下 Under bark	9	7	0	0	0
IIc	3 Third	樹皮下 Under bark	13	12	0	0	0
IId	4 Fourth	樹皮下 Under bark	12	12	0	0	0
IIe	4 Fourth	材内蛹室 In pupal chamber	27	27	27	27	9

a) 図-1 参照 a) For explanation, see Fig. 1.

樹皮下にいた。続いて2°Cに16週間置いたが、その間にすべての幼虫が死亡した。

2 齢：9頭の幼虫を実験に供試した。その平均の頭幅は1.56mm (S.D.=0.12mm) で体重は21mg (S.D.=18mg) であった。すべての個体は乳白色で、腸内食下物を持っていた。10°Cに4週間置いた間に2頭が死亡した。生き残った7頭の幼虫は平均体重が38mg (S.D.=23mg) になっていた。全幼虫は乳白色で、腸内食下物を持っており、樹皮下にいた。その後2°Cに16週間置いた間にすべての幼虫は死亡した。

3 齢：冷却開始の時、13頭の平均頭幅は2.60mm (S.D.=0.22mm) で平均体重は222mg (S.D.=99mg) であった。幼虫は乳白色で、その85%が腸内食下物を持っていた。10°Cに4週間置いた間に、7頭が4齢に脱皮したが、5頭は3齢のままであり、1頭は3齢で死亡していた。生存していた幼虫は脱皮の有無にかかわらず乳白色であり、材内に穿孔も蛹室も作らなかった。そして、92%の幼虫が腸内食下物を有していた。その後2°Cに16週間置かれた間にすべての幼虫が死亡した。

4 齢 (樹皮下)：12頭の供試虫の平均頭幅は3.59mm (S.D.=0.32mm) であり、平均体重は310mg (S.D.=106mg) であった。幼虫は乳白色で、その92%が腸内食下物を持っていた。10°Cに4週間置いた間に幼虫の死亡はなかった。そして、それらの平均体重は390mg (S.D.=117mg) になっていたが、どの個体も脱皮しておらず、乳白色のままであった。また、全幼虫は腸内食下物を持ち、樹皮下にいた。しかし、その後の2°Cの処理の間にすべての幼虫は死亡した。

4 齢 (材内蛹室)：27頭の幼虫の平均頭幅は4.12mm (S.D.=0.28mm)、平均体重は996mg (S.D.=229mg) であった。それらは白黄色 (37%) または黄色 (63%) で腸内食下物を有していなかった。それ故、これらの幼虫は休眠に入っていると判断された。2°Cと10°Cの低温処理の間すべての幼虫は生き残り、脱皮をしなかった。そして、この間、全個体は腸内食下物を有しておらず、体色の変化もなく、樹皮下にいた。25°Cに戻した後、5頭の雌と4頭の雄が成虫として小丸太から脱出した。25°Cに戻してから脱出するまでの平均期間は雌の場合40.6日 (S.D.=6.3日)、雄の場合38.5日 (S.D.=

1.7日) であった。また、雌の平均体重は650mg (S.D.=118mg) で雄は495mg (S.D.=128mg) であった。脱出した9頭のうち2頭の雌は25°Cに置かれている間に材内に蛹室を作ったが、他の7頭は作らなかった。残りの18頭の幼虫は25°Cに68週間置かれた間に幼虫態として死亡した。そして、それらは材内に蛹室を作らなかった。

論 議

木村 (1974) は25°C、12L-12Dの条件下でマツノマダラカミキリ幼虫を飼育し、材内に入った黄色の (休眠に入った) 幼虫を10°Cに2~8箇月間置くと100%の個体が休眠から覚醒することを示した。本実験1では体色から供試虫の66%が休眠に入っていると推定されたが、それらの休眠を打破するには10°Cで4~12週間の処理は不充分であった。

実験2では、温度条件を変えるたびに幼虫を新鮮な小丸太に移した。その結果、休眠に入る前の幼虫 (樹皮下にいた1齢から4齢の乳白色の幼虫) の大部分が10°Cで内樹皮を摂食した。しかし、2°Cでは摂食をしておらず、動けないようであった。これに対して、マツの小丸太では2°Cでも材に作った人工の窪みの壁面より樹脂が小滴となって滲出した。その結果、樹脂によって幼虫は死亡したのであろう。恐らく1齢や2齢幼虫の一部は10°Cでも樹脂によって死亡したのであろう。対照的に休眠に入った4齢幼虫は樹脂の小滴に対して耐性があるようであった。

実験2では4齢幼虫の休眠を打破するために、2°Cまたは10°Cに24週間置いた。木村 (1974) によれば0°Cに1~3箇月間幼虫を置いても休眠は覚醒せず、8箇月間置くと約15%の個体が覚醒するという。しかし、5°Cに3箇月間置けば約70%の個体が覚醒するという。もし、2°Cという温度が休眠発育にとって無効であるならば、実験2の場合休眠発育に有効な10°Cの期間は約2箇月ということになる。つまり、木村 (1974) によれば100%の個体が休眠から覚醒してもよいことになる。しかし、この実験2では33%の幼虫が休眠から覚醒しただけであった。

本実験で用いた幼虫は木村 (1974) の幼虫より休眠発育に長い時間がかかること、つまり休眠が

深い(強い)ことを示した。木村(1974)は宮城県産の成虫に室温で産卵させ、その若齢幼虫を25℃、12L-12Dの条件下で飼育した。幼虫の餌はアカマツの材片または樹皮であった。このように、木村(1974)の実験と本実験では、成虫と幼虫の飼育条件の相違に加えて、供試虫の産地も異なるので、それらの遺伝的な相違も考えられる。実際、台湾産のマツノマダラカミキリでは休眠しない個体が多い(遠田・北島、1990)。このため、今後は産地の異なる個体群を用いて、休眠の深さに及ぼす環境条件の影響を比較する必要があるだろう。

引用文献

- 遠田暢男(1975) マツノマダラカミキリの発育と温度との関係. 森林防疫24: 208-211.
- 遠田暢男・北島 博(1990) 人工飼料による台湾産マツノマダラカミキリの飼育. 101回日林論: 503-504.
- 木村重義(1974) マツノマダラカミキリの発育と温度(I) — 幼虫期の低温遭遇と蛹化 — 日林東北支誌26: 141-143.
- 木村重義・山家敏雄・五十嵐正俊(1975) 東北地方におけるマツノマダラカミキリの分布地域と生活史. 昭和49年度林業試験場東北支場年報16: 101-108.
- 小島圭三・片桐一正(1964) マツノマダラカミキリの幼虫の齢期と齢構成の動き. 日林誌46: 307-310.
- MAMIYA, Y. and N. ENDA (1972) Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Nematologica* 18: 159-162.
- 森本 桂・岩崎 厚(1972) マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割. 日林誌54: 177-183.
- 越智鬼志夫(1975) マツノマダラカミキリの生態学的研究(Ⅲ) — 1 齢幼虫の大きさ —. 86回日林講: 323-324.