

Studies on the Adult Diapause of the Broad Bean Weevil, *Bruchus rufimanus*. Naosi IKENO**
(Entomological Laboratory, Kyoto University, Kyoto, Japan) Received August 13, 1968, *Botyu-Kagaku* 33, 135, 1968. (with English Summary, 138).

18. ソラメゾウムシの成虫休眠と地理的変異* 池野直志** (京都大学農学部昆虫学研究室)

43. 8. 13 受理

- 1) ソラメゾウムシの生活史はその唯一の寄主植物と考えられるソラメの開花、結実期に適応するはずであり、9月に羽化後、卵巣は翌春まで発達しない。
- 2) 休眠から覚醒して、卵巣が発達するためには、少なくとも30日以上5°Cの低温期間を必要とし、その後高温長日条件下で摂食を行わなければならない。
- 3) 低温期間のない場合、あるいは適当な低温期間を過した場合でも蜂蜜のかわりに水を与えて飼育した場合、死亡率は非常に高い。
- 4) 地理的変異の傾斜は生態的にも、形態的にも、分布域の緯度2°以内の範囲では、認められない。

1. はじめに

ソラメゾウムシ *Bruchus rufimanus* Boheman は、主として温帯地域の世界各地に分布し、わが国には大正末期に、九州の三池港に侵入した。その後40年あまりの間に、北海道と東北の一部を除く本州、四国、九州の各地に分布するに至った。

ソラメゾウムシの生活史は、年1化性で成虫越冬を行ない、春になってソラメの花が咲くとこれに集まって、花粉や蜜を食べながら莢が着くの待つ。産卵は3cm以上になった莢に行なわれ、西日本では4月下旬から5月中旬、東日本では5月上旬から6月上旬まで続く。卵期間は10日あまり、幼虫期間は約2ヵ月、蛹期間は約1週間である。したがってその産卵期は、唯一の寄主植物と考えられるソラメの開花、結実に一致するはずである。日本に侵入後40余年の間に、地域によって異なるソラメの生育期に、その生活史を適応させたと考えれば、一般に気候適応調節として重要な役割を果たしていると考えられる休眠に地理的変異の方向が見出されるのではなかろうか。

貯穀害虫の“害虫化”について、ソラメゾウムシのような野外型では、卵巣の発達には産卵前期としての休眠と摂食活動があるとされている(桐谷, 1961)。この点に関してソラメゾウムシについて実験された記録はない。

また、昆虫の気候適応が体の大きさの地理的変異に現われてくる場合がある(Park, 1949; 正木, 1966; 長沢, 1954)。发育期に年間の最高気温期を過すソラメゾウムシに、この変異は現われてくるであろうか。

以上の点を明らかにするために、著者は日本各地よ

り、ソラメゾウムシを集め、ソラメの生育期に対するこの虫の生活史の適応性、そして日本に侵入後の気候適応の結果として、休眠期および体の大きさに地理的変異が生じたか、また卵巣の発達に休眠と摂食が必要であるか、等について実験観察を試みた。

この研究中終始御指導を賜った京都大学農学部昆虫学研究室の内田俊郎教授、および有益な助言や御批判をいただいた高橋史樹助教授、中村央氏はじめ研究室の諸兄姉に心から感謝する。また材料収集について御配慮いただいた諸氏に厚く御礼申し上げる。

2. 材料と方法

本実験に用いた材料のソラメゾウムシは千葉市畜試、滋賀県長浜市、島根県能登郡、京都市大原(以下洛北とする)、同丹波橋(洛南)、静岡県焼津市、同浜松市の各農家、島根県浜田市農試、香川県木田郡香川大学農学部および、和歌山県田辺市の農家から送られたソラメから羽化した成虫を用いた。地理的に北緯33°45'~北緯35°35'にわたる全国10ヵ所から材料を集めたわけである。

送られたソラメは自然日長、自然気温の部屋に植木鉢に入れ保管した。成虫の羽化は9月15日より始まり、9月24日までほとんど終わった。ただしできるだけ羽化の期間を短くするために、鉢をゆきぶり、豆から成虫が出現しやすくした。

羽化した成虫は径1.8cm、長さ18cmの試験管に入れ、9月24日に一括して全暗黒15°Cの恒温室に置き、24時間後に低温処理を行なうため、5°Cの恒温冷蔵庫へ、全暗黒の条件下で保管した。15°Cの恒温室へ24時間入れたのは急激な温度変化を緩和するためである。なお対照区として9月24日以後羽化した成虫を、低温処理をせず25°Cの恒温室および、自然条件下で飼育

* 京都大学農学部昆虫学研究室業績, 第401号。

** 現在は大正製薬KK研究部勤務。

しようとしたが、9月24日を境に成虫の羽化が、ほとんど停止したため、京都洛北の50頭を25°C恒温室で飼育したにとどまった。

以後、低温処理日数の卵巣発育におよぼす影響を調べるため、各地域とも、30日、60日、90日後に冷蔵庫より取り出し、25°C 16時間日長の恒温室で、各地ごとに径6.5 cm、高さ13 cmのガラスびんを用いて飼育し、餌として蜂蜜約5 ccを約100 ccの水にうすめ、径1.2 cm、長さ3.5 cmのチューブに入れ、綿栓をして与えた。餌は1週間に一度とりかえた。

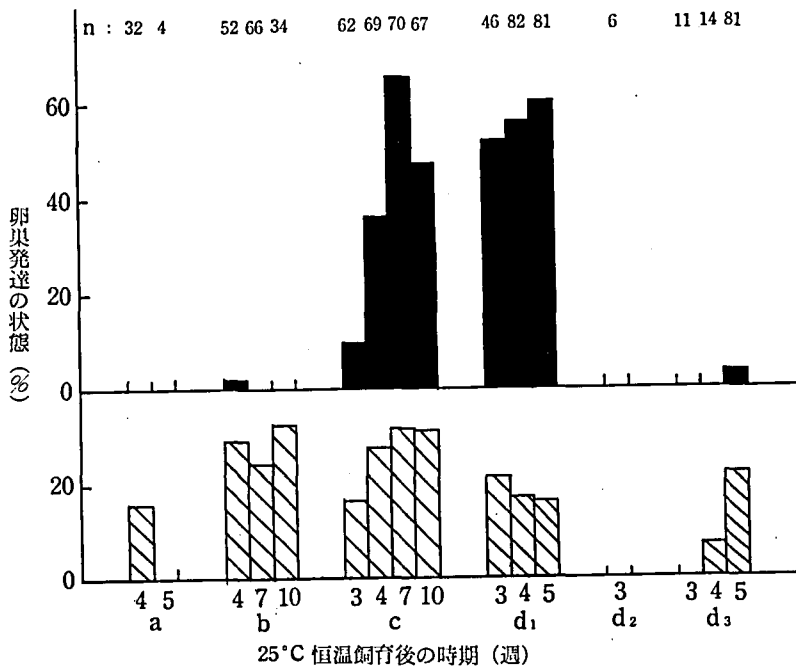
成虫個体数の多かった京都洛北と田辺のものについては別に卵巣の成熟におよぼす日長の影響を観察するために、90日低温処理後、8時間日長(短日)25°Cの恒温室に蜜を餌としたものと、卵巣の発達に摂食の必要があるかを見るため、25°C 16時間日長の室に水を与えて飼育したものとを作った。

実験1 25°Cの恒温室での飼育開始後、10日目ごろより、7日ごとに、解剖によって雌の卵巣の発達状

態を観察した。1日の間に観察しうる個体数に限度があるので、地域によって観察日に3~4日の開きが出たが、結果として週単位にまとめた。なお10日目ごとに死亡数を観察した。雄については精巣の発達を観察したが、発達、未発達の区別がつけにくく、個体数調査にとどまった。またソラメゾウムシは外観上雌雄の判別が困難であるので、死亡個体については性別を行なわなかった。

卵巣の発達状態の区分は、(i) 体内に脂肪が充満し、卵巣小管に変化が認められないものを未発達、(ii) 脂肪が減少し、卵巣小管に黄点が認められるものから卵が形成されているものを発達、(iii) 体内の脂肪がなくなり、各器官が著しく衰退したものを糞分吸収個体とした。なお(iii)については、これが未発達のまま吸収されたものか、発達した卵巣が再吸収されたものかは定かでない。

実験2 実験1と併行して、形態の地理変異を観察するため、万能投影機(20×)により、前翅長、同幅、



第1図 低温処理、日長、摂食が卵巣発達におよぼす影響。

上図は卵巣発達個体、下図は体内糞分吸収個体。

a: 低温処理0日後、25°C 16時間日長下に蜜を与えて飼育

b: " 30 " " " " " "

c: " 60 " " " " " "

d1: " 90 " " " " " "

d2: " " " " " " 水

d3: " " " " " 8時間日長下に蜜

図の上部に示したnは調査個体数

後翅長を測定した。用いた翅は、すべて生きている個体の左翅をとりはずし、スライドガラスの上に表向きに並べて測定した。

3. 実 験 結 果

(1) 卵巣の発達状態には、低温処理30日 (b区), 60日 (c区), 90日 (d₁区) のいずれの場合も地理的な変異を見ることはできなかった。そのため結果は各地域のものを集計して第1図に表わした。

(2) 低温処理0日 (a区), 30日間のものでは、卵巣発達がほとんど認められなかった。b区でわずかに1頭見られたにすぎない。c区, d₁区では卵巣の発達したものが、3週以後認められた。調査時点を比較してみると、c区の3週間とb区の7週間、および、c区の7週間とb区の10週間とはほぼ同じ頃であるが、いずれもc区の方が卵巣発達に良い結果を与えている。さらにc区の3, 4週間の調査時点では、b区の10週間とくらべて、早期であるにもかかわらず、b区10週間のそれより、卵巣がよく発達している。

(3) 90日の低温処理後、8時間日長で、蜜を与えて飼育したもの (d₂区), および16時間日長で水を与えたもの (d₃区) は、卵巣の発達が非常に悪かった。

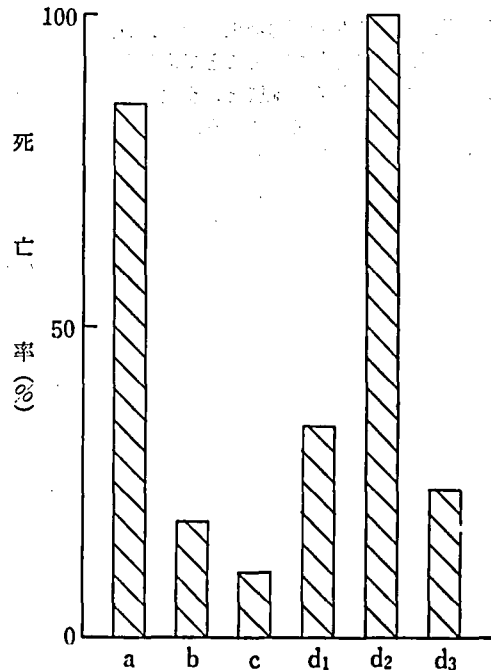
(4) 羽化直後に、すでに卵巣が発達しているかどうか調べた個体はすべて未発達であった。

(5) 低温処理0日で、蜜を与えて25°Cで飼育したもの (a区), および、低温処理を行なっても、蜜のかわりに水を与えたもの (d₂区) は、死亡率が非常に高かった (第2図)。

なおa区のものには1965年に著者が同様な実験を行なった時の結果を加えた。羽化直後のものは1965年の実験であり、羽化後自然条件下で餌を与えず、4~10日経た虫を解剖したものである。

(6) 前翅長, 前翅長と後翅長の比, 前翅長と同幅と

n : 206 599 563 522 121 262



第2図 25°C 恒温飼育後30日目の死亡率
a~d₃ は第1図に準ずる。

図上部のnは調査個体数

の関係の回帰直線の勾配を第1表に示した。地理的変異の傾斜はいずれにも見出すことはできなかった。雌雄の前翅長はどの地域でも明らかに雌の方が大きかった。前翅長と同幅の間にはかなり高い相関が認められた。

第1表 各地より採集されたソラメゾウムシの翅の長さ

	千葉	長 浜	能 義	洛 北	洛 南	浜 田	田 辺
個 体 数 ♂	39	53	45	95	47	46	100
♀	45	59	52	113	42	50	95
前 翅 長 ♂	645.3±5.2	649.8±4.8	649.4±3.9	647.1±4.6	647.4±6.4	645.7±6.3	651.9±3.8
♀	639.7±5.7	634.9±6.2	636.5±4.5	639.0±3.8	638.7±7.3	634.1±5.5	642.4±4.2
後 翅/前 翅 ♂	1.754±0.010	1.755±.010	1.754±.010	1.760±.007	1.768±.011	1.754±.013	1.760±.008
♀	1.746±0.013	1.752±.010	1.747±.009	1.752±.007	1.746±.011	1.745±.010	1.759±.007
前翅縦横比 ♂	0.398	0.444	0.596	0.351	0.431	0.476	0.372
♀	0.462	0.378	0.456	0.388	0.397	0.448	0.441
緯 度 N	35°35'	35°20'	35°20'	35°05'	35°00'	34°50'	33°45'
(年平均気温)	(14.7°)	(13.8°)	(14.1°)	(14.6°)	(14.6°)	(14.7°)	(15.5°)

前翅長の長さは 200=1 mm で表わされる。

4. 考 察

成虫休眠のもっとも大きな特徴の一つは、休眠状態に入るとその生殖系（卵巣）の生長が抑制され、栄養貯蔵組織が発達してくることであろう（Lees, 1955）。したがって休眠からの離脱という状態は卵巣の発達という現象で説明できるであろう。

ソラメの開花期に、ソラメゾウムシの休眠が終止し、産卵活動が開始されるはずであるという生活史の適応性は、第1, 2図に示した実験結果より説明される。すなわち9月に羽化した成虫は、羽化後卵巣が発達することなく休眠に入り、低温期間を経ずに高温条件下で餌を与えても、死亡率が非常に高く、生存しても卵巣は発達しない。このように休眠に入ったものを覚醒させるために低温が必要なことは、よく知られたことである。この休眠を覚醒させるための休眠発育を完了させるためには、少なくとも5°Cの低温下で30日以上期間が必要である。このことが昆虫の地理的分布を限定する要因となり得ることも考えられる。すなわち、三宅（1938）はソラメゾウムシと同様な生活史をもつエンドウゾウムシが台湾に分布しないことを、台湾における冬期低温の不足から、休眠が抑制され、それがエンドウゾウムシの生存に適さなくなると考えた。

適当な低温期間の後、高温条件下で餌を与えても、ソラメの開花に不適当な条件である短日のもとでは卵巣は発達しない。日長が休眠覚醒に影響をおよぼす例はヤサイゾウムシの実験でも示されている（松本, 1959）。

また、適当な低温処理後、長日高温条件下においても、餌を与えず水だけで飼育すると、死亡率が非常に高く、生存しても卵巣は発達しない。このことは、ソラメの開花時期に一致して休眠が終り、ソラメゾウムシが越冬場所から花に集まる必要性を示しているものと思われる。以上より、9月に羽化した成虫は、卵巣が発達することなく休眠に入り、適当な低温期間（冬の間に相当する）を経て、気温の上昇とともに長日条件下で摂食を行ない、卵巣を発達させるということがわかる。年1化性で寄主植物にソラメだけを選ぶと思われるソラメゾウムシが、自然条件下のソラメの開花に適応した生活史をもつことがよく理解される。

ソラメの開花時期に差のある国内の各地域から集めたソラメゾウムシは、それぞれの土地の開花に適応して、休眠期に地理的変異を示しているかという問題がおこる。本実験で用いた各地域の間には、必要とする低温期間の長さ、低温処理後卵巣発達までの日数、および卵巣発達期における発達個体数の割合のいずれ

にも、地理的変異の傾斜を見出すことはできなかった。各地域間の緯度の差は最大2°にも満たず、その日長時間にはほとんど差がなかった。したがって、ソラメの開花期に地理的な差があったとしても、その差がそれほど大きいとも考えられず、ソラメゾウムシがそれに適応していても、低温処理期間30日、60日、90日の区別では地域差による適応の臨界日数に影響をおよぼしていないものと考えられ、適応しているか否かの結論はさらに材料を広汎な地域に求めた実験に待たねばならない。

実験2の結果より、体の大きさには地理的変異の傾斜が現われていない。夏から翌春に至る長期間の休眠が存在する場合には、分布域の北と南で実際に1世代の発育に使う温量がほとんど変わらない場合が生じ、そのときには、気候淘汰による体型変異は生じない（正木, 1966）という点から考えれば、幼虫期を地理的にあまり差のない年間最高気温期間に過す範囲から集めたこの虫に、気候淘汰による変異があらわれないのも妥当である。この問題は特に分布北限地域の有効温量が小さくなる地域について考察されねばならない。

引 用 文 献

- 桐谷圭治：生態昆虫 9, 22~40 (1961).
 Lees, A. D.: The physiology of diapause in arthropods, (1955).
 正木進三：植物防疫 20, 243~249 (1966).
 松本義明：農学研究 46, 218~225 (1959).
 三宅利雄：応用昆虫 1, 61~70 (1938).
 長沢純夫：応用昆虫 10, 150~152 (1954).
 Park, O.: Physiol. Zool., 22, 359~372 (1954).

Summary

The life cycle of the broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boheman) is adapted to the growing season of the broad bean which seems to be only a host plant. The ovary of this weevil does not develop from the emergence of adult in August to the next spring. For the termination of the diapause of ovary, it is necessary to expose prolonged period of cold temperature (at least above 30 days at 5°C), and thereafter to be taken foods at the condition of high temperature and long day.

The mortality of adult becomes very high when adults are not exposed for a prolonged period of low temperature or do not take food.

The cline of geographic variation can not be seen ecologically and morphologically, within 2 degrees of latitude in distribution area in Japan.