

# 昆虫の温度反応について (第一報)<sup>\*</sup>

三 浦 正  
教授 近 木 英 哉

On the Thermal Reaction of Insects (No. 1)

Tadashi Miura and

Professor of Entomology Hideya Chikaki

## I 緒 言

昆虫の行動は常に環境条件に支配され、特に温度の影響は極めて大きいと考えられていて、応用昆虫学の分野においては、昆虫の活動性と温度との関係を明らかにすることが、極めて重要である。

筆者等は、これを目的として、昆虫の環境条件に関する生態学的な研究の一部として、緩慢な上昇温度が昆虫の活動にどのような影響を与えるかを、数種の昆虫について実験を行った。

温度と、昆虫の活動性に関する研究は、国外ではChapman (1926) が砂丘昆虫での実験を行い、Bodenheimer (1930) は温度の上昇或は下降に際しての昆虫の一般活動に対し、活動状態の区分の一般的原理を規定した。以後 Parker (1930)、Hussein (1937) 等の実験が行われている。国内では、元村 (1938) の直翅類での高温致死限界に関する研究の外、加藤 (1939)、が蓐花象虫と稻葉潜蝇 (1946) について、尾崎、山下 (1949) がイネノツトムシ (イチモンヂセセリ) について、前田 (1948) が数種の蚊の幼虫及び蛹について行った発表がある。これ等我が国に於ける研究は、すべて Bodenheimer の原理に基づいて行われて居り、このことは氏の実験が自然状態に於ける温度の上昇や下降に対する昆虫の反応を理解する上に、極めて適切であつて、多くの重要な解答を与えてきたからであると考えられる。これらの他、昆虫の活動性について、野外の観察や、一定温度に対する反応などの発表は極めて多い。

## II 実験の材料と方法

### 1、実験材料

実験は、我が国での極めて普通な害蟲である次の4種を選んで行った。<sup>\*</sup>

- 1) ウリハムシ *Aulacophora femoralis* Motschulsky

- 2) ダイコンサルハムシ      *Phaedon brassicae* Baly
- 3) ニカメイガ              *Chilo simplex* Butley
- 4) アワノメイガ            *Pyrausta nubilalis* Hübner

これらはすべて野外から採集し、約1晝夜室内で飼育の後、実験に供した。ウリハムシ、ダイコンサルハムシは成蟲のみ、ニカメイガ、アワノメイガでは幼蟲のみ使用した。而してこれらの成蟲、幼蟲は各個体共羽化又は孵化後の日数が一定していない。

2、実験方法

実験は元村(1933)が直翅類の高温致死限界について行つた方法にもとづいた。即ち直径3cm高さ6cmの硝子の管瓶に供試蟲を1頭宛入れ、瓶の口より少し内に金網を張り、これをビーカーに入れ水中に倒立し、水温を0°Cに冷却して実験を開始した。温度は0°Cから4分に1°Cづつ上昇するように加熱し、その環境の中で、温度上昇に伴い種々の活動段階を示す際の、その時の各温度を測定した。この実験中の管瓶内の空気の温度は4分間以内に水温と一致し、湿度は常に飽和であると考えられている。

実験を行つたのは何れも1951年で、

- アワノメイガ              8月5日
- ダイコンサルハムシ      9月20日
- ニカメイガ                9月21日
- ウリハムシ                11月13日

である。

活動段階の区分は、今迄に行われた他の各研究を参考とし、それらとの比較を考え、出来るだけそれ等に当てはまるよう、種々の予備実験による観察を行つた結果、今迄の区分に当てはめられない顕著な反応活動だけは、新にこれを区分した。

これらの区分を比較すれば第一表の通りである。

第一表 緩慢な温度の上昇下に於ける昆蟲の活動段階の比較

研究者 昆虫	三浦、近木					Chapman	Bodenheimer	Parker	Hussain	加藤		尾崎、山下	
	ウリハムシ	ダイコンサルハムシ	ニカメイガ	アワノメイガ	ガ	砂丘	飛蝗	米國産	飛蝗	稻葉潜蠅	梅花象虫	イネツシム	シ
活動段階	成虫	成虫	幼虫	弱齢	老熟	昆虫	蟻	飛蝗		成虫	幼虫	成虫	幼虫
寒冷麻痺								1					
微動	1	1	1	1	1	1	2		1	1	1	1	1
起立(正位)	2	2	2			2			2	2	2	2	2

※ 学名は日本昆虫図鑑(1950)北陸館に依る。

研究者 昆虫 活動段階	三浦、近木						Chapman	Bodenheimer	Parker	Husslein	加藤			尾崎、山下	
	ウリハムシ 成虫	ダイコンサルハムシ 成虫	ニコイ 幼虫	カメイガ 幼虫	アワノメイガ 弱齢	メイガ 老熟	砂丘 昆虫	飛蝗 及 蟻	米國産 飛蝗	飛蝗	稻葉 成虫	潜蠅 幼虫	蓴花 成虫	家 成虫	イネ 成虫
歩行開始	3	3	3	2	2	3	3	1	3	3		3	3	2	
寒冷による 不活潑な運動						4			4						
正常活動		4				5	4	2	5		3				
飛翔	4							3		4		4	4		
神経質	5						5		6						
興奮	6	5	4	3	3		6	4	7	5	4		5	3	
吐液		6		4	4										
暑熱による不 活潑								5	8						
不正位			5	5	5							5		4	
苦悶	7														
失力						6	7	6	9	6					
熱痺	8					7			10		5				
熱死	9	7	6	6	6	8	8			7	6		6	5	

この表に示したように、各活動段階を、ウリハムシでは9段階に区分し、興奮後の段階に於て、不正位や失力の区分が不明瞭な為、他より比較的明確に区分出来る苦悶の状態を一段階として取り入れた。ダイコンサルハムシでは7段階、ニコイ、カメイガ、アワノメイガでは6段階に区分することが出来るが、この内ダイコンサルハムシとアワノメイガでは、顕著に見られる吐液の現象を一段階として新に区分している。

之等段階の内、本実験に於て区分に用いたものについてのみ説明を加えると、

微動：低温による完全静止状態にあつた供試蟲が、不正位のまま成蟲では触角や脚を、幼蟲では胸部や腹部の屈曲又は伸縮の運動を極めて緩慢に行う。

起立：不正位のまま微動していたものが起き上つて正しい姿勢をとる。

歩行開始：緩かに歩行を始める。

正常活動：自然状態で見られるような、活潑な行動を起す。

飛翔：成蟲にのみ見られる。

神経質：本実験ではウリハムシにのみ見られ、飛翔運動を急激に停止して、触角を盛んに動かし、落ちつかぬ様子が緩かに或いは急激に歩行運動を起す。

興奮：成蟲では飛翔が見られ管壁に突き当つて落下し、或いは急激な歩行を起す。幼蟲

では急激な歩行や反転が起り、管壁の歩行は不可能となり、所謂、狂躁状態となる。

吐液：狂躁状態が続き、口から液を出す。ダイコンサルハムシ、アワノメイガではこれが顕著に見られるので、特にとりあげて区分することにした。

苦悶：ウリハムシで見られ、何時の間にか不正位となつた供試蟲が、触角や脚を振動させて苦悶を始め、これらの後、正位に復することはない。

熱痲痺：時々体の各部に微動の見られる他、全く活動することがない。

熱死：成蟲では脚を内側に強くかがめ、幼蟲では体が伸びきつて全然動かなくなり、直ちに常温に戻しても蘇生しない。

以上の区分に従つて、その活動段階又は状態に入つた時の温度を記録した。

### Ⅲ 實 驗 結 果

各段階を示す温度は、少数例の取扱<sup>※</sup>い法によつて、95%の信頼度により各段階の温度限界範囲を算定した。

1) ウリハムシ、第二表に示す通り、その活動は12.71°Cの微動に始まり、14.79°Cで歩行を開始し、40.33°Cで苦悶状態に入り、45.28°Cの熱死で終る。

第二表 ウリハムシ(成虫)の活動段階

活動段階	温度(信頼度95%)
微動	12.79 $\geq T \geq$ 12.71
起立(正位)	13.11 $\geq T \geq$ 13.00
歩行開始	16.86 $\geq T \geq$ 14.79
飛翔	25.46 $\geq T \geq$ 22.19
神経質	30.35 $\geq T \geq$ 30.19
興奮	37.94 $\geq T \geq$ 34.68
苦悶	43.44 $\geq T \geq$ 40.33
熱痲痺	44.47 $\geq T \geq$ 44.41
熱死	45.28 $\geq T \geq$ 45.14

第三表

ダイコンサルハムシ(成虫)の活動段階

活動段階	温度(信頼度95%)
微動	1.86 $\geq T \geq$ 1.12
起立(正位)	4.27 $\geq T \geq$ 2.31
歩行開始	4.59 $\geq T \geq$ 4.21
正常活動	11.97 $\geq T \geq$ 10.75
興奮	35.55 $\geq T \geq$ 33.77
吐液	39.83 $\geq T \geq$ 39.37
熱死	48.23 $\geq T \geq$ 45.43

※ 増山元三郎(1952) 実験計画法大要による。

2) ダイコンサルハムシ、第三表の如く1.12°Cの微動から活動が始り、4.21°Cで歩行を開始し、39.37°Cに於て吐液しはじめ全く不正位となり、48.23°Cで熱死の最高限界となる。

3) ニカメイガ、第四表の如く、3.31°Cで微動が始まり、歩行開始は10.24°Cであつて、45.49°Cで不正位となり、49.71°Cの熱死で終る。

第四表 ニカメイガ(幼虫)の活動段階

活動段階	温度 (信頼度95%)
微動	4.11 $\geq T \geq$ 3.31
起立(正位)	10.47 $\geq T \geq$ 8.35
歩行開始	12.24 $\geq T \geq$ 10.24
興奮	39.17 $\geq T \geq$ 33.13
不正位	45.71 $\geq T \geq$ 45.49
熱死	49.71 $\geq T \geq$ 48.39

4) アワノメイガ、弱齡幼蟲に於ては第五表(一)の如く、4.51°Cの微動に始まり、10.76°Cで歩行を開始し、47.91°Cで不正位となり、51°Cの熱死で終る。老熟幼蟲では、第五表(二)の通り、微動が10.45°Cで始まり、15.10°Cで歩行を始め、46.44°Cで不正位となり、熱死は50°Cである。

第五表(一)

アワノメイガ(弱齡幼虫)の活動段階

活動段階	温度 (信頼度95%)
微動	7.81 $\geq T \geq$ 4.51
歩行開始	14.24 $\geq T \geq$ 10.76
興奮	44.87 $\geq T \geq$ 31.45
吐液	47.02 $\geq T \geq$ 45.64
不正位	49.19 $\geq T \geq$ 47.91
熱死	51

第五表(二)

アワノメイガ(老熟幼虫)の活動段階

活動段階	温度 (信頼度95%)
微動	11.55 $\geq T \geq$ 10.45
歩行開始	16.22 $\geq T \geq$ 15.10
興奮	37.87 $\geq T \geq$ 34.13
吐液	44.89 $\geq T \geq$ 43.11
不正位	47.56 $\geq T \geq$ 46.44
熱死	50

### III 考 察

温度の上昇に伴う、昆蟲の活動段階の区分については、実験方法のところで述べた通りであるが、之にもとづいて、筆者等は、活動可能範囲を微動の最低温度から熱痺痺の最高温度まで

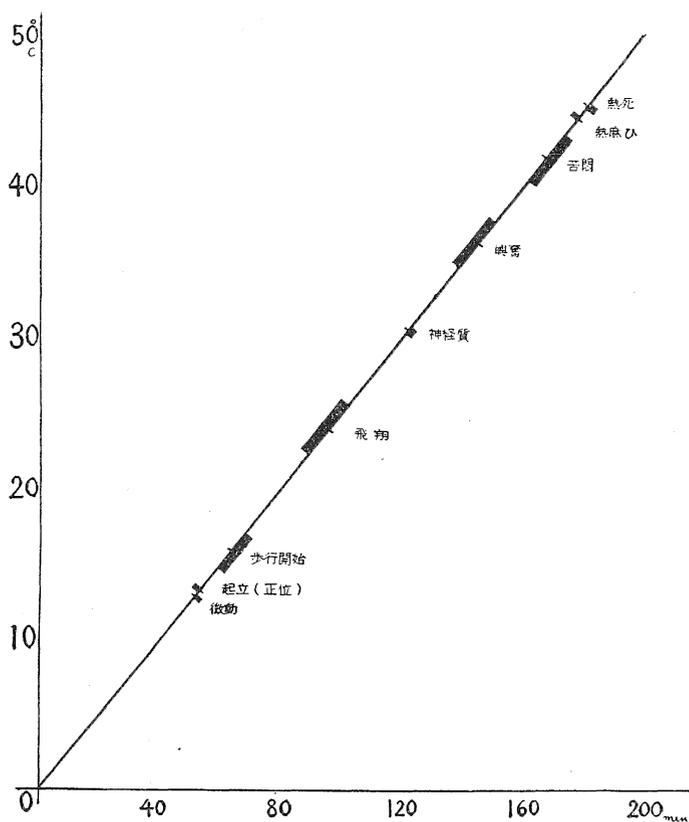
と考え、熱麻痺の現れないものでは熱死の最低温度までをその範囲と考えた。

更に正常活動範囲については、加藤(1948)は正位から極端な興奮までと考えて居り、尾崎、山下(1949)は歩行開始から興奮までとしている。本報告では、この正常活動範囲を、歩行開始の最高温度から興奮の最低温度までとし、神経質の段階が見られるものは、その最高限界までとした。

以上の観点から各種の昆虫に於ける実験結果を考察すると次の通りである。

1) ウリハムシ成虫、その活動可能範囲は、 $12.71^{\circ}\text{C}$ から $44.47^{\circ}\text{C}$ の間、約 $32^{\circ}$ 度の幅を有し、その正常活動範囲は $16.86^{\circ}\text{C}$ から $30.35^{\circ}\text{C}$ まで約 $14^{\circ}$ の間となる。(第一図参照)

第一図 ウリハムシ(成虫)の活動段階



この結果を因に島根県の  
 平年温度表に当てはめると、  
 4月中旬迄は正常活動を行  
 うことが出来ず、終日正常  
 活動の出来るのは、6月中  
 旬から9月中旬までであつ  
 て、11月上旬以降には再び  
 正常活動が出来なくなる。  
 この11月上旬から4月中旬  
 までの、理論的に正常活動  
 の出来ない期間は、自然状  
 態に於ける島根県のウリハ  
 ムシの越冬期間に略々一致  
 していることは見逃すこと  
 が出来ない。又夏季7月下  
 旬より8月下旬までの日最  
 高気温は、正常活動の温度  
 範囲より高くなるから、理  
 論的には此の期間の日中の  
 日最高気温時には正常活動

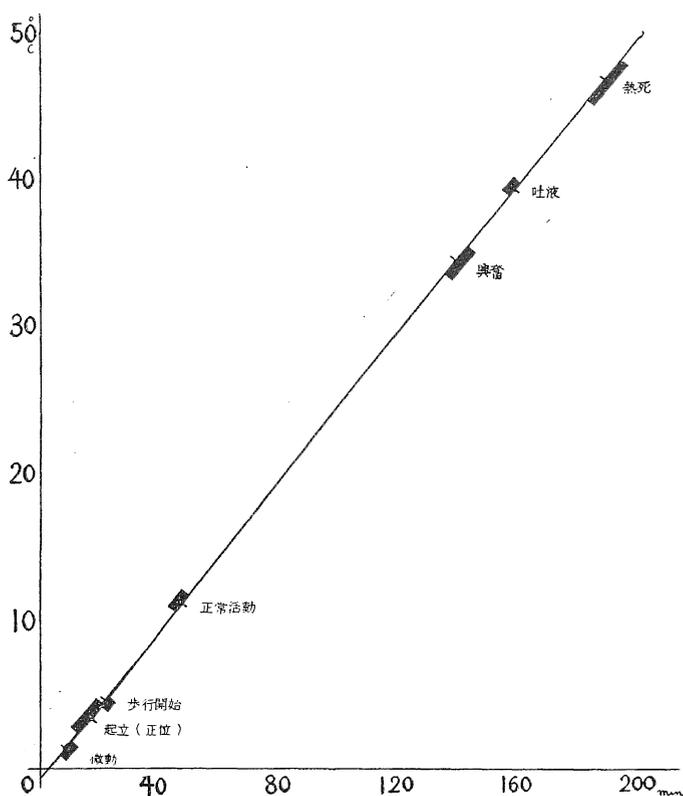
が妨げられることがあると解され、自然状態に於けるウリハムシの活動が、夏日午前中や夕刻に活潑であることと関連性があるのではないかと考えられる。

更に10月下旬よりは日最低温度に於て、全く活動の不可能な温度に下り、12月上旬より3月下旬までは終日活動範囲外温度に低下し、以後5月下旬まで日最低温度時に於ける活動範囲外

温度が続くことになる。(第六図参照)

2) ダイコンサルハムシ成虫、理論的活動可能範囲は $1.12^{\circ}\text{C}$ より $45.43^{\circ}\text{C}$ の間約44度の幅であつて、正常活動範囲は $4.59^{\circ}\text{C}$ から $33.77^{\circ}\text{C}$ でその幅は約29度となる。(第二図参照)

第二図 ダイコンサルハムシ(成虫)の活動段階



従つてこの結果から見ると、島根県に於ては、日中は年間を通じてすべて正常活動範囲内であつて、範囲外の低温に下る季節はなく、夜間の日最低温度時に於てのみ12月から3月迄の間に正常活動範囲外に気温の低下が見られるだけである。又活動可能範囲外に気温が低下するのは日最低温度時に於てのみ、1月上旬から2月中旬の間だけである。之を要するに、ダイコンサルハムシは島根県では年間を通じて正常活動が終日阻止されるという日は全くないということが出来る。(第六図参照)

3) ニカメイガの幼虫、活動可能範囲は $3.31^{\circ}\text{C}$ より $48.39^{\circ}\text{C}$ の約45度の間で、正常活動の範囲は $12.24^{\circ}\text{C}$ から $38.13^{\circ}\text{C}$ の約26度の間である。(第三図参照)

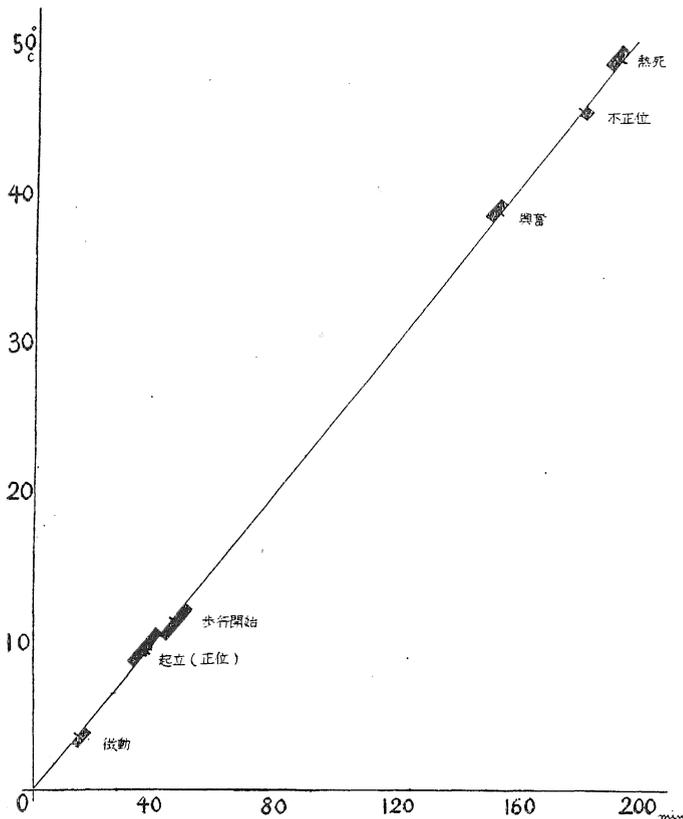
ニカメイガは、次のアワノメイガと共に、幼虫は植物体の内部でその生活の大部分を過すので、この活動範囲温度は、前のウリハムシ、ダイコンサルハムシのように気温と直接の関連性を考えることは出来ない。然しながら之等も間接的には勿論気温の影響を免れることは出来ず、又移動時等に於ては外気に直接の影響を受けることが考えられる。

4) アワノメイガ、これを弱齡幼虫と老熟幼虫<sup>※</sup>の二つに分けて実験した、

弱齡幼虫に於ては、活動可能範囲は $4.51^{\circ}\text{C}$ から $51^{\circ}\text{C}$ の間で、その幅は約46度であり、正常活動

※ 内田俊郎編 (1951) : 害虫ポケットブック(1)参照

第三図 カメイガ(幼虫)の活動段階



以上の実験の結果と、今迄行われた諸氏の実験の成績を綜合して、緩慢な上昇温度の下に見られる各種昆虫の活動段階を比較して見ると、低温に於ける各段階の活動開始の温度と、高温でのそれ等とは殆んど関連が認められないから、比較的低温で活動的な昆虫が、高温に対する抵抗力が強いとか弱いとかいう一般的な現象は見られず、低温或は高温に対する抵抗力は、夫々全く個々の種、本来の性質と考えられる。

このことは活動性の温度の幅について同様であつて、上下各温度と共に抵抗性の強いものが正常活動の範囲の広がることはいふ迄もない。

次に高温又は低温に対する抵抗力の強弱は昆虫の分布に直接関連がないと考える。このことは元村(1938)の考えと一致する。

然しながら、各昆虫について一般的に、高温に於ける興奮が遅く始まるもの、換言すれば、興奮が高温度で始まる昆虫は、概して熱死の限界も高くなる傾向が見られる。

更に鱗翅目の幼虫は、今迄の成績の範囲内では、他の目の成虫又は幼虫より高温に対して抵抗力が強いように見える。(以上第六表、第七図参照)

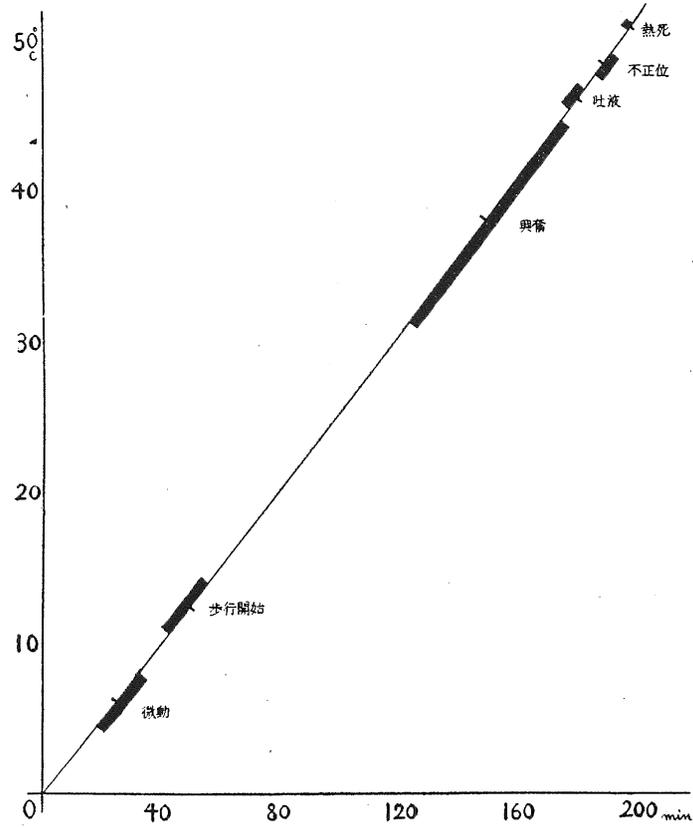
範囲は  $14.24^{\circ}\text{C}$  から  $31.45^{\circ}\text{C}$  まで約17度の間である。

(第四図参照)

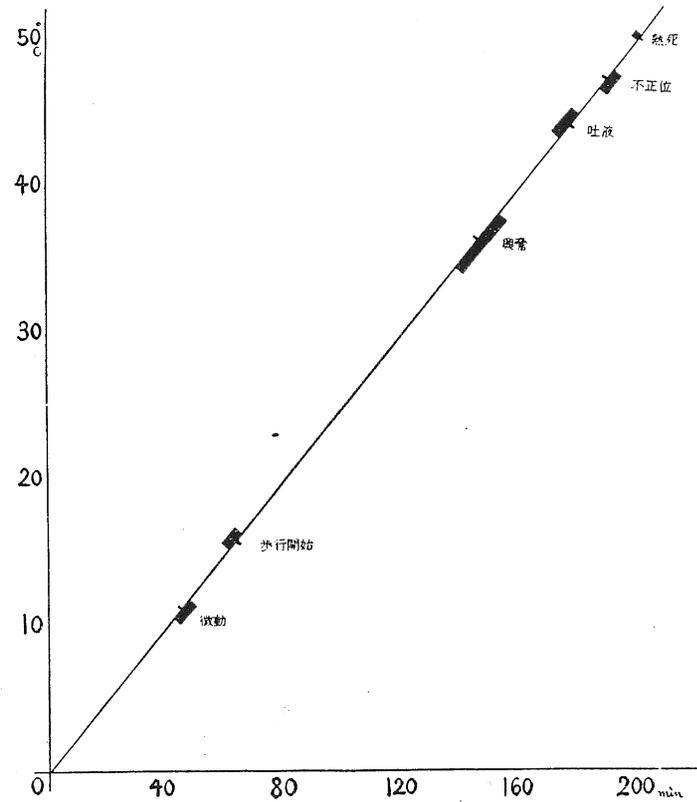
老熟幼虫に於ては、活動可能範囲は  $10.45^{\circ}\text{C}$  から  $50^{\circ}\text{C}$  で、その幅は約40度となり、弱齡幼虫に比して微動開始の温度が高く、従つてその幅もまた狭い。正常活動範囲は  $16.22^{\circ}\text{C}$  から  $34.13^{\circ}\text{C}$  であつて幅約18、度弱齡幼虫と比較して上下各限界共稍々高くなつている。

これを要するに老熟幼虫は弱齡幼虫よりも低温に於ては、より敏感であるということが出来、高温に対しては殆んど差がない様に思われる。(第五図参照)

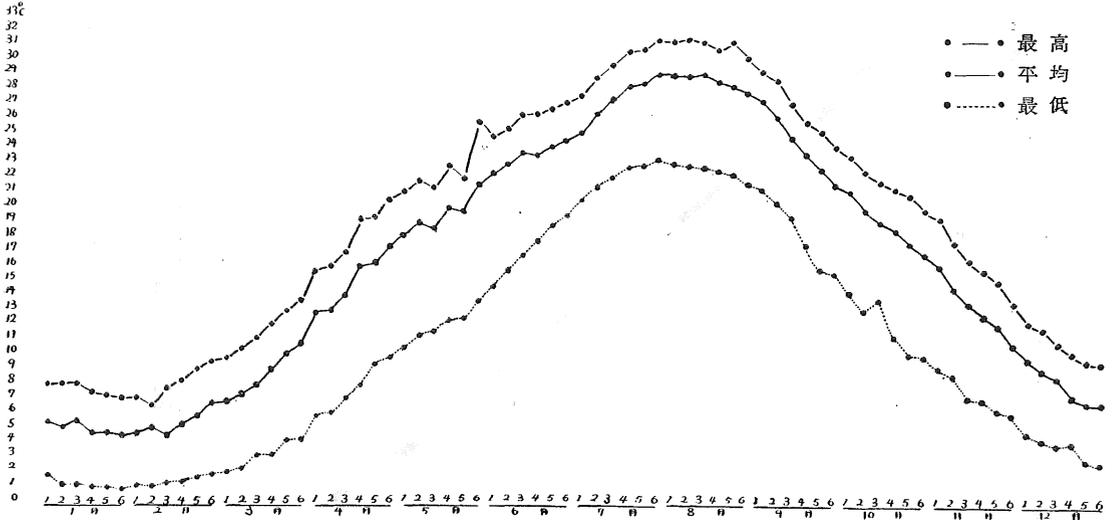
第五図 アワノメイガ(老熟幼虫)の活動段階



第四図 アワノメイガ(弱令幼虫)の活動段階



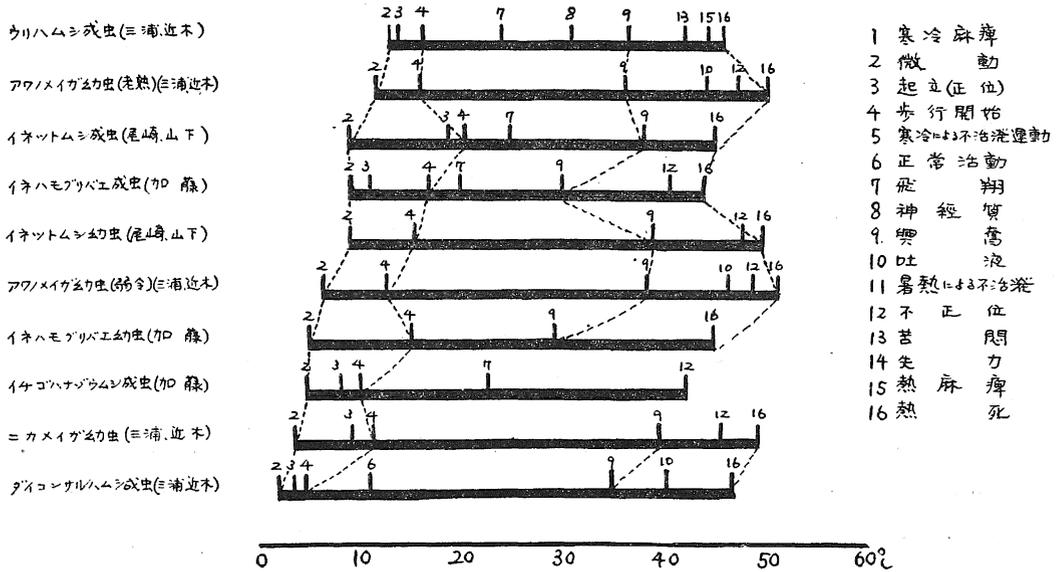
第六図 島根県平年気温



第六表 緩慢な温度上昇下に於ける活動段階の比較 (平均値)

研究者 種類 活動段階	加藤	尾崎、 山下	加藤	三浦、 近木	三浦、 近木	尾崎、 山下	加藤	三浦、 近木	三浦、 近木	三浦、 近木
	イチゴハ ナゾウム シ 成虫	イネツト ムシ 成虫	イネハモ グリバエ シ 成虫	ウリハム シ 成虫	ダイコン サルハム シ 成虫	イネツト ムシ 幼虫	イネハモ グリバエ 幼虫	ニカメイ ガ 幼虫	アワノメ イガ幼虫 弱令	アワノメ イガ幼虫 老熟
寒冷痲痺										
微動	4.7	8.8	8.7	12.75	1.49	8.6	5.0	3.70	6.16	11.0
起立(正位)	8.1	18.9	10.9	13.06	3.29			9.41		
歩行開始	9.7	19.7	16.7	15.83	4.40	15.4	14.9	11.24	12.50	15.66
寒冷による 不活動運動										
正常活動					11.36					
飛翔	22.8	24.5	19.6	23.83						
神経質				30.27						
興奮		37.8	29.6	36.31	34.66	38.6	28.9	38.65	38.16	36.0
吐液					39.60				46.33	44.0
暑熱による 不活動										
不正位	42.9		40.2			47.7		45.60	48.55	47.0
苦悶				41.88						
失力										
熱痲痺				44.44						
熱死		(仮死) 44.9	43.8	45.21	46.83	49.8	45.0	49.10	51.0	50.0

第七図 緩慢な温度上昇下に於ける活動段階の比較 (平均値)



V 要 約

1、緩慢な上昇温度下に於ける昆虫の活動段階を明らかにするため、極めて普通に見られる農業害虫ウリハムシ(成虫)、ダイコンサルハムシ(成虫)、ニカメイガ(幼虫)、アワノメイガ(幼虫)、を選んで実験を行なつた。

2、ウリハムシは島根県下に於ては理論的には11月上旬より4月中旬まで、正常活動の出来ない期間であつて、これは自然状態に於ける越冬期間と略々一致する。

3、ダイコンサルハムシでは、理論的に正常活動が全く出来なくなる期間が島根県では認められない。

4、ニカメイガ、アワノメイガ、イネノツトムシ等鱗翅目の幼虫は、之等の成虫、或は他の目の昆虫より高温に対して抵抗性が強いようである。

5、高温又は低温に対する抵抗性は、その反対の低温又は高温に対する抵抗性と殆んど関連がないようである。

6、高温或は低温に対する抵抗性は、その昆虫の分布に関係がないと思われる。

7、高温に於ける興奮が遅く始るものは、熱死の限界温度が高くなる傾向がある。

## Summary

(1) These experiments were made on some commonest injurious insect in order to investigate their actions in the air of ascending temperatures.

(2) In Shimane prefecture, for rather a long period from early November to the middle of April, intrinsic function of *Aulacophora femoralis* is impeded theoretically. This period roughly corresponds to the period of its over-yearing under the natural condition.

On the contrary, for *phaedon brassicae* there is on period during which its normal function is impeded.

(3) As for *pyrausta nubilalis*, the matured larvae are more sensitive than younger ones against low temperature.

(4) It was observed that such lepidopterous larvae of *Chilo simplex*, *pyrausta nubilalis* and *parnara guttata* are generally stronger than the imago of those and other insects against high temperature.

(5) The nature of resistance against high temperature has nothing to do with that against low temperature and distribution of insects. And so is it with the nature of resistance against low temperature.

(6) Insects of dull ecotabilities in high temperature are inclined to draw an upward curve in the hot-death rate.

## VI 文 献

- Chapman R.N : Animal Ecology 1931
- 浜井 生三 : 生態学研究 vol. 1. No. 2. 1935.
- 加藤陸奥雄 : 生態学研究 vol. 2. No. 1. 1936.
- 〃 〃 : 生態学研究 vol. 3. No. 2. 1937.
- 〃 〃 : 生態学研究 vol. 4. No. 3. 1938.
- 〃 〃 : 生態学研究 vol. 5. No. 2. 1939.
- 〃 〃 : 生態学研究 vol. 9. No. 4. 1943.
- 〃 〃 : 農事試験場彙報 vol. 4. No. 1. 1948.
- 加藤陸奥雄 : 生態学研究 vol. 11. No. 1. 2. 1948.
- 鳥海 哀
- 加藤陸奥雄 : 生態学研究 vol. 12. No. 1. 2. 1949.

鳥海 哀

尾崎 重夫 : 応用昆虫 vol. 5. No. 2. 1948.

山下 善平

前田登美男 : 生態学研究 vol.11. No.1.2. 1948.

元村 勳 : 生態学研究 vol. 2. No. 1. 1936.

〃 〃 : 生態学研究 vol. 2. No. 4. 1936.

〃 〃 : 生態学研究 vol. 4. No. 3. 1938.

〃 〃 : 生態学研究 vol. 6. No. 2. 1940.

〃 〃 : 生態学研究 vol. 6. No. 4. 1940.

〃 〃 : 生態学研究 vol. 7. No. 2. 1941.

〃 〃 : 生態学研究 vol. 9. No. 3. 1943.

素木 得一 : 昆虫と気候 1935.

高田 亘啓 : 生態学研究 vol.11. No.1.2. 1948.

安松 克三 : 生態学研究 vol. 4. No. 4. 1938.

吉岡 邦二 : 生態学研究 vol. 4. No. 3. 1938.