アメリカシロヒトリ成虫の斑紋の発現におよぼす温度・日長効果¹⁾

梅谷 猷²⁾・宮田 保³⁾

農林水産省果樹試験場保護部

Effects of Photoperiod and Temperature on the Maculation of the Fall Webworm Moth, *Hyphantria cunea* DRURY (Lepidoptera: Arctiidae). Kenji UMEYA and Tamotsu MIYATA (Fruit Tree Research Station, Yatabe, Ibaraki 300-21). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **23**: 17-21 (1979)

Hyphantria cunea has two generations per year in Japan, and there is seasonal polyphenism in the maculation of male forewings. The male moths emerging from diapause pupae of the overwintering generation are conspicuously maculated, while those from non-diapausing pupae of the summer generation are pure white. Our experiments showed that black spots were formed by combined effects of low temperature during the pupal stage and short day-length during the larval stage and further that the former was more important than photoperiod. Concerning the relation between diapause and the formation of the maculation, short day-length during the larval stage was likely to cause an increase in the black spots only under the low temperature treatment during the pupal stage. Temperature in the larval stage was not responsible for the appearance of speckles.

緒 言

アメリカシロヒトリ *Hyphantria cunea* DRURY は、日本において通常年 2 世代を経過し、蛹態で休眠越冬する。越冬世代の成虫は 5～6 月に、非休眠蛹に由来する夏世代の成虫は 7～8 月にそれぞれ出現するが、両世代の成虫はとくに雄において明瞭な季節的多型現象を示す。すなわち、越冬世代の雄成虫は前翅に黒褐色斑紋が多数発現し、個体によっては相互の斑紋が拡大接着して帯状を呈することもある。また、雌においてもまれに有斑紋個体を生ずる。これに対し、夏世代の成虫では雌雄いずれも無斑紋個体のみが出現する。

筆者らは、前翅斑紋にみられるこれらの季節的多型現象の発現要因を、蛹期の休眠との関係の有無、日長および温度効果の面から追求し、一応の結果を得たのでここに報告しておく。

材料および方法

1975, '76 年の春に、神奈川県平塚市内のプラタナス葉上から採集した越冬世代成虫の卵塊および飼育によるその次世代を材料として用いた。前者を第 1 世代、後者を

第 2 世代とよぶことにする。

ふ化幼虫を、透明プラスチック容器（直径 20 cm, 高さ 15 cm）を用いてプラタナス葉を与えて飼育した。齢期が進むに従って 1 容器当たりの個体数を漸次減らし、飼育密度を適量に調節した。幼虫は 27.5°C 長日 (16L・8D) の非休眠条件および同じく短日 (12L・12D) の休眠条件で飼育したほか、幼虫期の温度の影響を知るため、17.5°C 長日条件の飼育も行なった。得られた蛹は、ろ紙を敷き、水を含んだ脱脂綿の小片を置いてシャーレ（直径 9 cm）に入れ、それぞれの実験に供した。

蛹は高温 (27.5°C ± 0.5°C)、中温 (22.5°C ± 0.5°C) および低温 (17.5°C ± 0.5°C) に調節した定温器に保管し、それぞれ 20 W 蛍光灯によって長日、短日条件を与えた。また、一部の蛹は 4°C 暗黒条件下で一定期間前処理を行なった。

羽化した成虫は雄を選別し、右前翅における斑紋の有無を調査した。有紋の個体についてはさらに斑紋数をかぞえ、その数によって少 (1～9 個)、中 (10～19 個)、多 (20 個以上) に区分した (第 1 図)。

1) 果樹試験場業績番号 A-86

2) 現在、農林水産省農林水産技術会議事務局

3) 現在、神奈川県小田原市旭丘高校

1978 年 7 月 28 日 受領

第1図 雄成虫の斑紋変異.

上より無紋, 有紋 少 (右上翅斑紋数1~9),
有紋 中 (同 10~19), 有紋 多 (同20以上).

結 果

非休眠蛹

第1表は幼虫を高温・長日条件 (27.5°C, 16L・8D) で飼育し, 得られた非休眠蛹を各日長・温度条件で処理した場合の羽化雄成虫の斑紋を調査した結果である。

すなわち, 低温 (17.5°C) 区 (第1表A-1) では日長条件のいかに問わず多数の有紋個体が出現したが, 長日区では有紋個体の出現率は第2世代成虫でより高か

った。この世代の短日区ではすべての個体の有紋であった。中温 (22.5°C) 区 (A-2) では第1世代長日のみの実験であるが, 同様に有紋個体の出現率が高かった。しかし低温区と比べて斑紋数は少なく, 10個以上の個体は認められなかった。高温 (27.5°C) 区 (A-3) においては日長条件に関係なく, すべての個体は無紋であった。

第1表B-1, 2, 3, は, 上記と同様にして得られた蛹を蛹化後 10 日間 4°C に冷蔵したのち, 上記と同様の条件を与えた場合の結果である。

低温区 (B-1) においては日長には関係なく大部分の個体の有紋となり, 中温区 (B-2) においても頻度はやや低いが多数の有紋個体を生じた。しかし斑紋数はすべて 19 個以下であった。これに対し, 高温区 (B-3) においては無紋の個体のみが生じた。

第1表C-1, 2 は, 蛹の 4°C 前処理を 20 日間に延長した場合の結果である。

低温区においては第1, 2世代とも有紋個体が半数を越え, 斑紋数が 20 以上の個体もあった。これに対し, 高温区の第1世代においては7個体中有紋はわずか1個体にとどまった。しかし第2世代の場合は 23 個体中, 15 個体 (65%) が有紋であった。また, 高温区における有紋個体の斑紋数は少なく, すべて9個以下であった。

休眠蛹

第2表は幼虫を高温・短日条件 (27.5°C, 12L・12D) で飼育し, 得られた休眠蛹を用いた場合の実験結果である。

いずれの場合も休眠を消去するための冷蔵処理を行わなかったため, 羽化に長日時を要し, 羽化率もいちぢるしく低かったが, 低温・長日区 (D-1) では 14 個体中 12 個体 (86%) が有紋であり, それらはいずれも 20 個以上の顕著な斑紋を見せた。高温・長日区 (D-2) では, 2 反覆の一方はすべてが無紋個体となり, 他方は 21 個体中 5 個体 (24%) が有紋となったが, 斑紋数は少なくいずれも 9 個以下であった。

蛹を 2 日間 4°C で前処理した場合の結果を第2表E-1, 2, 3 に示した。この場合, 低温区 (E-1) においては長・短日区とも有紋個体のみ生じた。斑紋数は短日区においてはすべての個体が 20 個以上であったのに対し, 長日区においては 13 個体中 10 個体が 20 個以上, 3 個体が 9 個以下と分れ, 中間段階の斑紋を持つ個体は見出せなかった。中温区 (E-2) については長日処理のみであるが, すべてが有紋個体となったものの, 斑紋数は少なくいずれの個体も 9 個以下であった。高温

第1表 非休眠蛹の温度・日長処理による雄成虫の斑紋発現の有無

試験区	蛹の保管条件			羽化雄成虫 個体数(世代)	無 紋 個体数	有 紋 個体数	斑紋数別個体数 ³⁾		
	前処理	温度 ¹⁾	日長 ²⁾				(少	中	多)
A—1	な し	冷温	L	24 (I)	37%	63%	(21%	21%	21%)
			L	41 (II)	7	93	(25	29	39)
			S	34 (II)	0	100	(15	44	41)
A—2	な し	中温	L	16 (I)	6	94	(94	0	0)
A—3	な し	高温	L	82 (I)	100	0	(—	—	—)
			S	29 (II)	100	0	(—	—	—)
B—1	4°C10日間	冷温	L	20 (II)	10%	90%	(65%	10%	15%)
			S	10 (II)	0	100	(90	10	0)
B—2	4°C10日間	中温	L	9 (II)	33	67	(67	0	0)
			S	19 (II)	10	90	(79	11	0)
B—3	4°C10日間	高温	L	17 (II)	100	0	(—	—	—)
			S	6 (II)	100	0	(—	—	—)
C—1	4°C20日間	冷温	L	7 (I)	14%	86%	(43%	14%	29%)
			L	28 (II)	46	54	(36	14	4)
C—2	4°C20日間	高温	L	7 (I)	86	14	(14	0	0)
			L	23 (II)	35	65	(65	0	0)

1) 冷温: 17.5°C, 中温: 22.5°C, 高温: 27.5°C.

2) L: 長日 (16L・8D), S: 短日 (12L・12D).

3) 少: 斑紋数 1~9, 中: 同 10~19, 多: 同 20 以上.

第2表 休眠蛹の温度・日長処理による雄成虫の斑紋発現の有無

試験区	蛹の保管条件			羽化雄成虫 個体数(世代)	無 紋 個体数	有 紋 個体数	斑紋数別個体数 ³⁾		
	前処理	温度 ¹⁾	日長 ²⁾				(少	中	多)
D—1	な し	冷温	L	14 (II)	14%	86%	(0%	0%	86%)
D—2	な し	高温	L	21 (II)	76	24	(24	0	0)
			L	17 (II)	100	0	(—	—	—)
E—1	4°C2日間	冷温	L	13 (II)	0%	100%	(23%	0%	77%)
			S	12 (II)	0	100	(0	0	100)
E—2	4°C2日間	中温	L	12 (I)	0	100	(100	0	0)
E—3	4°C2日間	高温	L	27 (I)	74	26	(4	22	0)
			S	8 (I)	75	25	(25	0	0)

1), 2), 3) 第1表参照.

第3表 低温・長日 (17.5°C, 16L・8D) 飼育によって得られた非休眠蛹の温度処理による雄成虫の斑紋発現の有無

試験区	蛹の保管条件		羽化雄成虫 個体数(世代)	無 紋 個体数	有 紋 個体数	斑紋数別個体数 ³⁾		
	温度 ¹⁾	日長 ²⁾				(少	中	多)
F—1	冷温	L	11 (II)	0%	100%	(27%	9%	64%)
F—2	中温	L	32 (II)	16	84	(72	12	0)
F—3	高温	L	35 (II)	100	0	(—	—	—)

1), 2), 3) 第1表参照.

の長・短日区 (E—3) は似た結果を示し、いずれもほぼ 25% が有紋となった。しかし、斑紋の発現数は少なく長日区で 19 個以下、短日区で 9 個以下であった。

幼虫期の低温

第3表は幼虫を低温・長日 (17.5°C, 16L・8D) で

飼育して得られた非休眠蛹での実験結果である。

冷温区 (F—1) ではすべての羽化雄成虫は有紋となり、斑紋数 20 個以上の個体は半数を越えた。これに対し、高温区 (F—3) では逆にすべてが無紋の個体であった。中温区 (F—2) では 32 個体のうち 5 個体が

無紋, 他が有紋となったが, 斑紋の発現数は冷温区に比べて少なく 20 個以上の個体はなかった。

考 察

自然界においてアメリカシロヒトリは, 休眠蛹に由来する越冬世代の雄成虫が有紋となり, 非休眠蛹に由来する夏世代が無紋となることはよく知られている。

しかし, 以上の実験結果は, 本種の斑紋の発現が蛹の休眠性と密接に関連しているものではなく, 主として蛹期間の温度条件に支配されることを示している。すなわち, 蛹期の高温は斑紋の発現を抑制する効果を持ち, 低温はそれを促進する刺激として働らく。これはあくまでも蛹期のみの独立した温度効果であり, 幼虫期の温度はほとんど無関係である (第3表)。

斑紋の発現を左右する温度閾値は $21\sim 22^{\circ}\text{C}$ 附近と推定される。

休眠誘起の決定要因として重要な幼虫期の日長条件 (MASAKI, *et al.*, 1968) は, 単独では斑紋形成を支配する要因とはならない。ただし, ここで斑紋発現の条件, すなわち, 蛹期に冷温を与えた場合の休眠蛹 (幼虫期短日) と非休眠蛹 (幼虫期長日) から得られた雄について, 多斑紋 (20 個以上) 個体の出現率のみを比べると次のようになる。すなわち, 非休眠蛹 (第1表) の長日区では 21, 39% (A-1), 15% (B-1), 29% (C-1), 同じく短日区では 41% (A-1), 0% (B-1) といずれもほぼ 40% 以下にとどまった。これに対して休眠蛹 (第2表) の場合は, 長日区で 86% (D-1), 77% (E-1), 短日区で 100% (E-1) とその出現率は高い値を示した。このことから, 幼虫期の日長は, 蛹期を低温に置いた場合に, 斑紋の発現程度に影響を与えていることが推定される。しかし, これを支配するものは幼虫期の日長効果か, 休眠の直接的関与かは不明である。

他方, 蛹期には長短日いずれでも高温条件を与えた場合, 無紋の個体が出現する (第1表A-3, 第3表, F-3)。したがって, 高温が日長効果の発現を阻止する条件であると思われる。一方, 低温では短日で休眠・非休眠ともに無紋の個体はなく, すべて有紋となるのに対し, 長日では無紋の個体も一部出現する (第1表A-1, B-1, 第2表E-1) ことから推して, 蛹期における低温と短日の相乗作用または低温と長日の拮抗作用が多少とも存在していることは明らかである。

蛹期の温度が主要因となって多型を示す例は, ヤマモユガ科の *Actias* 属 (オオミズアオ *A. artemis* BREMER *et GREY*, オナガミズアオ *A. gnoma* BUTLER) が知ら

れている (宮田, 1977)。

一方, 多くの蝶類・タテハモドキ *Precis almana* L. (関, 1968), アカマダラ *Araschnia levana* L. (MÜLLER, 1955), キタテハ *Polygonia c-aureum* L. (日高・会田, 1963), ベニシジミ *Lycaena phlaeas daimio* SEITZ (SAKAI *et* MASAKI, 1965), キチョウ *Eurema hecabe mandarina* DE L'ORZA およびツマグロキチョウ *E. laeta bethesba* JANSON (矢田, 1974) 一などは温度よりも幼虫期の日長が, 季節的多型発現の主な要因となっている。アメリカシロヒトリの場合は, 前述のように *Actias* に近い現象と解されるが, 蛹期の低温条件下では幼虫期の日長も関与する両者の「複合型」と考えても良いであろう。

4°C の冷蔵効果については (第1表B, C), 接触期間が長いほど斑紋の形成が促される傾向があり, 20 日間接触の場合は, その後高温条件に移しても一部有紋個体が生じる (第1表C-2)。ただし, 休眠蛹の場合, 休眠覚醒のための冷蔵効果と斑紋形成との関係については明らかでない。

基本的には蛹期の温度条件が主条件となり, 部分的には日長効果も斑紋の発現に関与していると思われる。しかし, 第2表D-2にみられるように, 低温接触をしない休眠蛹から高温・長日条件下で有紋個体が多少なりとも生じていることは, 幼虫期の日長 (短日条件) が蛹期の低温条件のみでなく, 高温条件の場合にも働いた結果か, それとも休眠との強い結びつきによるものか本実験の結果からは定かでない。

なお, 中間温度 (22.5°C) では通常多くの有紋個体と少数の無紋個体を生じたが, 前者の斑紋発現数は冷温区に比べていずれも少ない。温度は斑紋発現の有無のみでなく, その程度も支配していると考えられる。

いずれにしても野外における斑紋の出現状況と世代との関連性については, 結果的には温度条件である程度説明のつく現象である。

摘 要

アメリカシロヒトリの雄成虫の前翅にみられる斑紋の出現要因について実験的に追求した。

蛹期における日長と温度の2条件の組み合わせでは, 低温・短日が斑紋の発現をもたらし, 高温・長日は逆に無斑紋の出現をうながすことがわかった。この場合, 温度条件は日長条件よりも支配的であるが, 両要因が拮抗的に働らくことも認められた。

幼虫期の日長または休眠の有無と斑紋の出現との関連

性については、蛹期を低温に置いた場合に斑紋数の増減に影響を与える現象が明らかに認められた。

野外における本種の斑紋の季節的多型については、結果的に温度要因のみでも説明は可能である。

引用文献

- 日高敏隆・会田重道 (1963) キタテハ *Polygonia c-aureum* の季節型決定要因としての日長. 動雑 72: 77—83.
- MASAKI, S., K. UMEYA, Y. SEKIGUCHI and R. KAWASAKI (1968) Biology of *Hyphantria cunea* DRURY (Lepidoptera: Arctiidae) in Japan III. Photoperiodic induction of diapause in relation to the seasonal life cycle. Appl. Ent. Zool. 3: 55—66.
- 宮田 保 (1977) ヤママユガ科オオミズアオ属の休眠に関する研究 III. 季節型の発現におよぼす日長と温度効果. 昆虫 45: 320—329.
- MÜLLER, H. J. (1955) Die saisonformenbildung von *Ara-schnia levana*, ein photoperiodisch gesteuerter Diapauseeffect. Naturwissenschaften 42: 134—135.
- SAKAI, T. and S. MASAKI (1965) Photoperiod as a factor causing seasonal forms in *Lycaena phlaeas daimio* SEITZ (Lepidoptera: Lycaenidae). Kontyû 33: 275—283.
- 関 照信 (1968) タテハモドキの季節型決定要因 (予報). 蝶と蛾 19: 1—11.
- 矢田 脩 (1974) 日本産 *Eurema* 属 2 種の季節型と成虫休眠性について. 蝶と蛾 25: 47—54.

新刊紹介

比較生態学 改訂 2 版 伊藤嘉昭著 (1978), 421 ページ, 岩波書店, 東京, 5,000 円。

第 2 版が完全改稿の形で上梓された。英米の進化生態学の成果に対する著者の関心も一段と増しており、文献案内としてはもちろんのこと、進化生態の独自の理論書としての利用価値もいっそう高くなっている。

著者にとって、比較 (= 進化) 生態学の理論的出発点は繁殖戦略の適応的分岐の問題である。繁殖の戦略を多産・無保護と少産・保護の 2 方向への分岐という視点で整理しようとする著者は、“子にとって相対的に餌の得やすい環境”では多産戦略が、一方それとは反対の環境では少産・保護戦略が進化し、しかもいずれの戦略を持つかに対応して、生存曲線から社会行動にいたる諸領域に対比的な特徴が現われるはずだと主張している。これらに比較しう見解は、近年 r-K 淘汰の観点からも論じられているが、著者はかなりのページをさいて r-K 的見地を批判しており、独自の理論に対する著者の自信は旧版にもまして強まっている様子である。しかし、著者の理論をめぐって、評者にはいくつか気になる点もある。以下 2 点に触れることにする。

まず第 1 の点は、上掲の理論を支持する証拠として著者の示す事実の一部無理がみられることである。一例を上げると、たとえば著者は、大卵少産型でかつ雄が卵を守るカワヨシノボリ (ハゼ科) に注目し、貧栄養環境下で少産・保護戦略が進化することの一例証としているが、これはやや早計ではあるまい

か。なぜなら、卵保護自体は、子にとっての食物条件の難易や卵サイズにかかわらずハゼ類の一般則とすらいえるものであるし、また大卵・少産タイプのハゼは富栄養的条件下にもかなり出現するからである。私の見るところ、ハゼ類は著者の仮説にとってむしろ不都合な存在である。

第 2 の気がかりは著者の“哲学”に関連するかも知れない。r-K 淘汰や LACK の理論に詳しく言及するにもかかわらず、自然淘汰論に対する著者の見解がいまひとつ不鮮明なのである。たとえば、繁殖戦略の分岐を決定する要因が“すべて”の生物において“子にとっての餌の得やすさ”だと断じる著者の見解は、多元的視野を特徴とする現代的自然淘汰論とうまく整合するのだろうか。さらに、変態による r-K 戦略の転換という主張や、個体数変動パターンまで適応戦略とする見解、あるいは HAMILTON の記念碑的論文の主旨を誤解している点などにも著者の自然淘汰観の若干の混乱が反映しているような気がする。

現代進化学には、適応戦略と環境の多元的把握を基礎とした自然淘汰論の演繹的理論枠がある程度確立している。このような理論枠自体の解説に一章を充てる余裕が著者が持っていれば、著者の表現はさらに統一され、その理論的構想力も多元的でもっと自由なものとなったはずだというのが私の卒直な感想である。

(慶応大 岸 由二)