

平成22年06月28日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19570075  
 研究課題名（和文）概日リズムの生理学的研究—土中で蛹化する昆虫の羽化の温度位相反応の解析  
 研究課題名（英文）Physiological study of circadian rhythm—analysis of thermoperiodic phase response curve in insect pupating in the soil.  
 研究代表者 渡 康彦  
 (Watarai Yasuhiko)  
 芦屋大学臨床教育学部教授  
 研究者番号：80240539

## 研究成果の概要（和文）：

タマネギバエの羽化は温度周期の低温相から高温相に移行する直前に起こる。そして、温度較差が小さくなるほど羽化時刻は前進する。この温度較差反応のしくみの解明のための手段の一つである温度位相反応をみるために蛹期の感受期に3時間の温度パルスを入れた。その結果、パルスを入れる時刻によって羽化の位相は異なる変位を示し、温度較差反応のしくみには、温度変化に対する位相変位がかかわっていることが示唆された。

## 研究成果の概要（英文）：

The pupae of onion fly, *Delia antiqua*, eclose as adults shortly before temperature rise in temperature cycle. The eclosion timing progressively advanced with decreasing amplitude of temperature cycle. To elucidate the physiological basis of this amplitude dependent control of adult eclosion timing, we tried to obtain thermoperiodic phase response curve of the eclosion rhythm by inserting 3h temperature pulse.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
年度	800,000	240,000	1,040,000
年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

## 研究分野：生物学

科研費の分科・細目：動物生理・行動

キーワード：概日時計、羽化、タマネギバエ、温度較差反応

## 1. 研究開始当初の背景

昆虫の羽化を支配しているのは概日時計である (Saunders 2002)。これまでの多くの研究により、概日リズムの同調因子としてもっとも強いものは光であるが、温度も重要な因子となる場合もあると考えられてきた。とく

に光の届かない環境で生活する生物にとっては、温度の日周変動がもっとも信頼できる時刻シグナルになる。しかし、概日リズム研究で用いられる同調因子はほとんどの場合光であり、温度変化に注目した研究は少ない (Dunlap et al. 2004)。昆虫の概日リズムに

においても、重要な同調因子は光と温度であることは半世紀前から知られていたにもかかわらず、温度変化が概日時計の位相にどのように影響するのかは、よくわかっていない (Saunders 2002)。

タマネギバエの羽化は明暗サイクル、温度サイクルの両方に同調する (Watari 2002a, b)。しかし、タマネギバエは土の中で蛹化するので、自然条件下では温度変化のみを時刻シグナルとして利用していると考えられる。本種は地下 5cm から 20cm ぐらいまで、さまざまな深さで蛹化する。土の熱伝導率があまり高くないために、蛹がさらされる温度環境 (最高および最低温度、地温の上昇・下降開始時刻) は蛹化深度によって異なる。そのため、野外条件下におけるハエの羽化時刻は大きくばらつくことが予想されるが、羽化の時刻のばらつきはそれほど大きくない。これはハエが蛹化深度に応じて羽化時刻を補正できるからである。補正は、深くなるほど小さくなる地温の日較差を利用して行われる (Tanaka & Watari 2003)。さまざまな温度サイクルのもとでタマネギバエは、低温相から高温相に切り替わる時間帯に羽化するが、温度較差が小さくなるほど羽化時刻が前進するのである。この性質が土深にとまなう温度変化の時間的なずれを補正し、さまざまな深さで蛹化した個体が自然条件下で早朝に羽化することを補償するが、その生理機構は明らかではない。また、土中で蛹化する他の昆虫にもこの「温度較差反応」が羽化を調節する機構として働くのかどうかは解明しなければならない問題である。

## 2. 研究の目的

本研究は、タマネギバエ、シリアカニクバエ、ダイコンバエ、ヨトウガなど土中で蛹化する昆虫が、温度を手掛かりにして羽化時刻を決める生理的メカニズムを解明するのが目的である。そのために、タマネギバエの羽化リズムと活動リズムにおいて、光パルスと温度パルスを、与える時間をさまざまに組み合わせて実験を行い位相変位量が足し算になるかどうか、位相反応曲線をもとに検証する。同時に、土中で蛹化する他の昆虫の羽化も、タマネギバエと同様に温度較差反応によって羽化時刻を補正しているかどうか、温度位相反応をするのかどうかを調べる。

## 3. 研究の方法

(1) タマネギバエの温度較差反応のしくみを解明する

いろんな温度条件での羽化リズムの正確な周期、温度変化後のリズムが安定するまでに

かかる時間、温度サイクルと明暗サイクルの概日時計に与える影響の違い (光パルスを用いた位相反応曲線の作製法が温度パルスを用いた位相反応曲線の作製法にどこまで応用できるかを調べるため)、温度較差による時刻補正が概日時計に影響を及ぼすかどうか、を詳細に調査する。

温度サイクルから一定温度条件に移した蛹に、温度サイクルでの温度較差と同じ温度変化をパルスとしてさまざまな時間に与える。十分な位相変位を得られる条件で位相反応曲線を作製する。このとき作製された高温パルス、低温パルスの位相反応曲線を基準とし、その後得られる位相反応曲線との比較に用いる。

温度サイクル、温度パルスの温度変化量をさまざまに変化させることで (20° C 条件に 21° C、25° C のパルスを与えるなど)、パルスのもつ時刻シグナルとしての役割、および位相反応曲線の形がどのように変化するかを調べる。

### (2) 温度感受部位の解明

温度感受部位を調べるために、処理方法として、高温または低温を帯びたワイヤーを用いる。両端を一定温度の溶液に浸したワイヤーを蛹の目的とする部位にあて、位相反応曲線で示される位相変位が起きるかどうかを調べる。

(3) 他の土中で羽化する昆虫の温度較差反応を調べる。

## 4. 研究成果

(1) タマネギバエの羽化は温度周期の低温相から高温相に移行する直前に起こる。そして、温度較差が小さくなるほど羽化時刻は前進する。この温度較差反応のしくみを解明するのが本研究の目的である。この解明のための手段の一つである温度位相反応をみるために蛹期の感受期に 3 時間の温度パルスを入れた。その結果、パルスを入れる時刻によって羽化の位相は異なる変位を示した。すなわち、低温一定 (①21°C または ②24.5°C) に移し高温パルス (①29°C または ②25.5°C) を与えたとき、位相は①では主観的高温相の前半で後退し、後半で前進し、②では主観的高温相の前半で前進し、主観的低温相の後半で後退した。一方、高温一定 (③29°C または ④25.5°C) に移し低温パルス (③21°C または ④24.5°C) を与えたとき、位相は③では主観的低温相後半から高温相にかけて後退し、主観的低温相の前半で前進し、④では主観的高温相の後半から主観的低温相の前半にかけて前進し、それ以外の時刻で後退した。これらの結果から、温度較差反応のしくみには、温

度変化に対する位相変位がかかわっていることが示唆された。

温度周期と光周期を組み合わせた条件において、2つの環境周期を徐々にずらしていくと、羽化位相は温度較差の大きさと、光周期の位相角に従って変化した。とくに、中間の温度較差（4℃）において、温度周期の高温相が光周期より 15～18 時間遅れたときに羽化の位相ジャンプが起こった。これらの結果は、タマネギバエの羽化が2振動体モデルによって説明できることを示している。したがって、温度位相反応曲線の変位はパルス後の位相が安定する前の移行期である可能性があり、今後詳細な検討を行わなければならない。

(2) に関しては、ほとんど進展がなかった。また、(3) に関しては、タマネギバエだけでなく、シリアカニクバエとヨトウガの羽化リズムにも温度較差反応があることを実験的に確認した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

Watari, Y. & Tanaka, K. (印刷中)  
Interacting effect of thermoperiod and photoperiod on the eclosion rhythm in the onion fly, *Delia antiqua* supports the two-oscillator model. Journal of insect physiology (査読有り)

Tanaka, K. & Watari, Y. (2009) Is early morning adult eclosion in insects an adaptation to the increased moisture at dawn? Biological Rhythm Research 40: 293-298 (査読有り)

[学会発表] (計 15 件)

[図書] (計 1 件)

田中誠二, 小滝豊美, 田中一裕 (共編著)、東海大学出版会、耐性の昆虫学、2008、440  
[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計◇件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡康彦 (芦屋大学・教授)

研究者番号: 80240539

(2) 研究分担者

田中一裕 (宮城学院女子大学・教授)

研究者番号: 00316415

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

