

アカヒゲホソミドリカスミカメ卵の休眠消去におよぼす低温の影響

高橋明彦・樋口博也

Akihiko TAKAHASHI and Hiroya HIGUCHI:

Effects of chilling temperature on diapause termination of eggs in the rice leaf bug,
Trigonotylus caelestialium (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae)

アカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵を-5~10℃に一定期間保存し、加温後の孵化率および卵期間を調査することにより、低温が休眠消去に与える影響を検討した。-5℃では処理期間の長短に関わらず、加温後に孵化は認められなかったが、0~10℃においては処理期間が長くなるに従い、孵化率は上昇した。0℃および5℃処理の場合、処理日数80日間以上で孵化率はほぼ100%に達し、120日間以上の処理で孵化が齊一となった。10℃処理では、孵化率は0℃および5℃処理とほぼ同じ傾向を示したが、処理日数が長くなっても卵期間にばらつきが見られた。以上の結果から、休眠消去のための適温は0~5℃付近にあり、同温度条件において休眠発育が完了するには120日以上期間が必要であると考えられた。10月下旬に休眠卵を半野外条件に保存し、定期的に加温して休眠状態を調査した結果、保存期間が長くなるにつれて孵化率が高まるとともに、加温後の卵期間は短縮した。野外保存開始から136日後の3月上旬以降は、孵化が齊一となり、休眠が完全に消去されていると考えられた。この結果は、120日以上低温処理が必要であるとする室内試験の結果を裏付けるものと考えられた。

Key words: アカヒゲホソミドリカスミカメ, 卵休眠, 休眠発育, 低温処理, *Trigonotylus caelestialium*, rice leaf bug, egg diapause, diapause development, cold treatment

緒 言

アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) は、秋季にイネ科植物に休眠卵を産下し、卵態で越冬する^{6,18)}。この卵休眠の誘起には、日長条件が主導的な役割を果たしている^{12,13,18)}。さらに近年、休眠卵の産下が温度条件に影響を受けることが報告され⁵⁾、休眠卵産下の実態ならびに関与する環境要因が解明されつつある。一方、越冬卵の休眠からの覚醒、すなわち休眠消去には、冬季の低温が関与していることが明らかにされている¹⁸⁾。奥山¹⁸⁾ は、4~5℃の温度条件で休眠消去に必要な低温期間について検討し、70日間の低温処理により、休眠は消去されるとしている。しかし、他の温度域については検討されておらず、休眠消去の適温範囲は明らかにされていない。また、野外において休眠が消去される時期に関しても調査は行われておらず、休眠消去の実態は未解明である。そこで、休眠

消去に必要な温度、期間について詳細な試験を行い、本種休眠卵の休眠消去条件について検討した。また、冬期間、半野外条件に置いた休眠卵について、休眠が消去される時期を調査し、上記試験結果と比較検討を行った。

材料および方法

(1) 休眠卵の採取

1999年7月に新潟県上越市にある北陸農業試験場(現:北陸研究センター、北緯37°06′, 東経138°16′)内の雑草地でアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫を採集し、樋口・高橋⁴⁾の方法により累代飼育を行った個体群を試した。

新潟県上越市の本種個体群が、休眠卵を産下する臨界日長は、25℃条件下では13時間と14時間の間である⁵⁾。また、日長の影響は生育ステージにより異なり、感受期は4齢以降であるとされている¹⁸⁾。本試験では、孵化幼虫を25℃, 12L12D条件下でコムギ芽出しを餌として飼

育し、得られた成虫に同条件下で、コムギ芽出しに産卵させた。産下卵は、実体顕微鏡下でコムギの茎から取りだし、水で湿らせたろ紙を敷いたプラスチックシャーレ（径9 cm）に移した。本種の非休眠卵は、25℃前後の温度において5日内外で眼点が形成されるが、休眠卵は眼点形成が認められない¹⁸⁾。そこで、産下卵を25℃で5～6日間保存し、眼点の有無により休眠卵であることを確認した後、実験に供した。

(2) 室内試験

休眠卵は、水で湿らせたろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内に約50個ずつ入れ、-5℃、0℃、5℃、10℃に設定したインキュベータ内（全暗条件）に保存した。シャーレは、乾燥を防ぐためパラフィルム[®]でシールした。処理開始から40日、60日、80日、100日、120日、140日後にシャーレを25℃、16L8D条件に移し、20日間毎日観察を行い、孵化状況を調査した。観察期間中に変形、変色等により死亡が確認された卵、卵内胚子の形態から発育異常と判断された卵は調査対象から除外した。

(3) 半野外条件における休眠消去

休眠卵は、水で湿らせたろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内に約50個ずつ入れ、パラフィルム[®]でシャーレをシールした。1999年10月26日にシャーレをプラスチックケース（20cm×30cm×5 cm）に入れて、直射日光が当たらず、降雨や降雪を直接受けない建物の軒下に置いた。2000年1月10日から4月20日まで約10日おきにシャーレを取りだし、25℃、16L8D条件に移して、20日間毎日観察を行い、孵化状況を調査した。観察期間中に死亡が確認された卵、発育異常と見られる卵は調査対象から除外した。

結 果

(1) 室内試験

各処理日数、各温度条件下に置いた本種休眠卵の25℃加温後20日間の孵化率を第1表に示した。0℃、5℃、10℃の3温度区では、処理日数が長くなるに従い、孵化率が高まる傾向が認められた。5℃処理の場合、処理日数40日では、孵化率は低く18.4%であったが、60日の処理では70%を越え、80日以上処理では、ほぼ100%であった。0℃処理および10℃処理では、処理日数40日、60日、80日で5℃処理に比べ孵化率はやや低い傾向が見られたが、100日以上処理では89.4～100%と高率であり、5℃処理と差異はなかった。-5℃処理では、いずれの処理日数においても全く孵化は認められなかった。

加温後の卵期間には、処理温度、処理日数間に顕著な違いが認められた。0℃処理および5℃処理における加温後の平均卵期間は、処理日数80日、100日では、10～11日間であったが、120日、140日では8～9日間と明らかに短くなった（第2表）。10℃処理においても、処理日数が長くなるに従って、卵期間が短縮する傾向が認められた。同一処理日数における処理温度間の違いは、処理日数140日でのみ認められ、10℃、140日処理の平均卵期間は7.0日間であり、0℃処理、5℃処理に比べて有意に短かった。

加温後の累積孵化率の推移を第1図に示した。0℃処理および5℃処理では、処理日数が長くなるに従って、孵化が斉一となる傾向が認められた。これに対して、10℃処理では、処理日数の長短に関わらず、孵化は不斉一であった。

(2) 半野外条件における休眠消去

2000年1月10日（半野外条件に76日間）および1月20

第1表 各低温処理条件におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の25℃加温20日間の孵化率

| 処理日数 | 孵化率 (%) | | | |
|-------|----------|----------------|----------------|----------------|
| | -5℃ | 0℃ | 5℃ | 10℃ |
| 40日間 | 0.0 (50) | 4.1 (49) a,A | 18.4 (49) a,A | 0.0 (50) a,A |
| 60日間 | 0.0 (50) | 69.4 (49) b,A | 70.7 (41) b,A | 30.0 (50) b,B |
| 80日間 | 0.0 (50) | 67.4 (46) b,A | 97.8 (46) c,B | 84.8 (46) c,A |
| 100日間 | 0.0 (50) | 89.4 (47) bc,A | 97.9 (47) c,A | 95.7 (47) cd,A |
| 120日間 | 0.0 (50) | 100.0 (47) c,A | 97.9 (48) c,A | 100.0 (41) d,A |
| 140日間 | 0.0 (50) | 100.0 (46) c,A | 100.0 (37) c,A | 88.9 (45) cd,A |

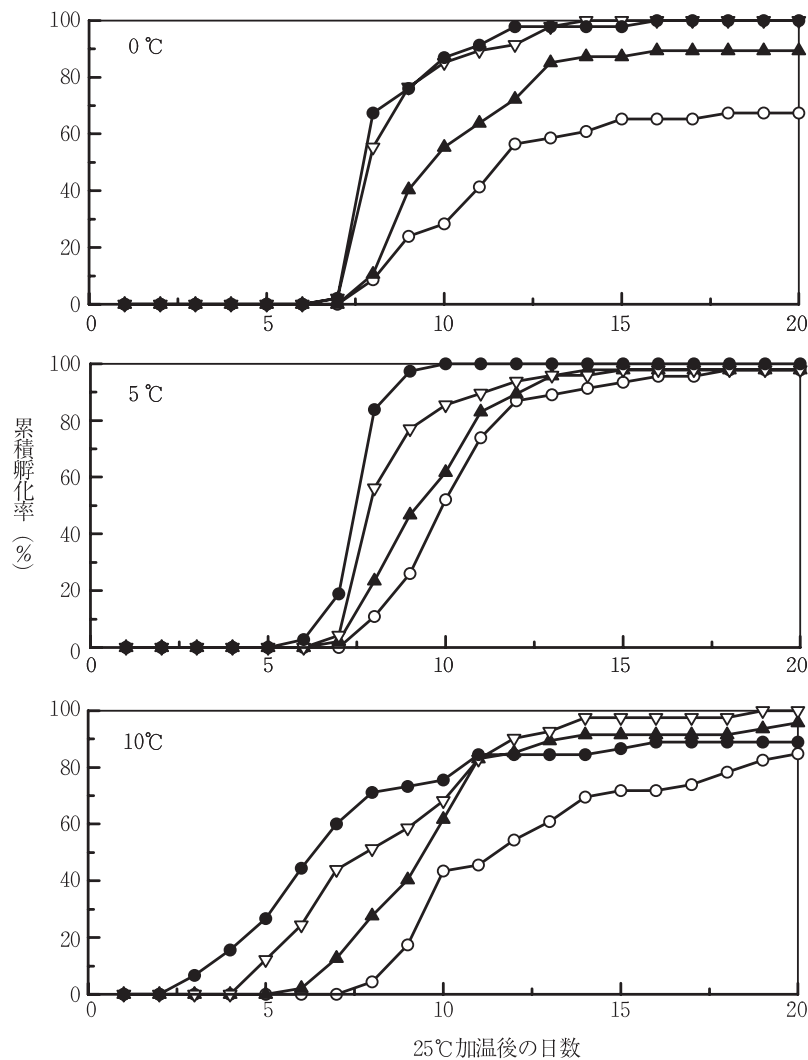
注1) 同一英小文字は、同一処理温度において処理日数間に有意差がないことを、同一英大文字は、同一処理日数において処理温度間に有意差がないことを示す（ χ^2 検定後、Tukey WSDによる多重比較、 $P>0.05$ ）。

2) () 内の数値は、供試卵数を示す。

第2表 各低温処理条件におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の25℃加温後の平均卵期間

| 処理日数 | 平均卵期間 (日±S.E.) | | |
|-------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | 0℃ | 5℃ | 10℃ |
| 80日間 | 11.0±0.42 (31) a,A | 10.7±0.31 (45) a,A | 11.9±0.50 (38) a,A |
| 100日間 | 10.4±0.30 (42) a,A | 9.9±0.25 (46) a,A | 10.0±0.40 (45) ab,A |
| 120日間 | 9.0±0.24 (47) b,A | 8.9±0.23 (47) b,A | 8.8±0.47 (42) bc,A |
| 140日間 | 8.8±0.24 (46) b,A | 8.0±0.12 (37) b,A | 7.0±0.47 (40) c,B |

注1) 同一英小文字は、同一処理温度において処理日数間に有意差がないことを、同一英大文字は、同一処理日数において処理温度間に有意差がないことを示す (Steel-Dwass検定, $P>0.05$)。
2) () 内の数値は、孵化卵数を示す。



第1図 各低温処理条件におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の25℃加温後の累積孵化率の推移
注) 各温度での処理日数: 80日 (○), 100日 (▲), 120日 (▽), 140日 (●)

日 (86日間) に加温を開始した休眠卵の加温後20日間の孵化率は、それぞれ63.8%, 76.5%であった (第3表)。1月31日 (97日間) 以降は、孵化率は93~100%と高率であり、加温開始時期による顕著な違いは認められなかった。加温後の平均卵期間は、半野外条件に置かれ

た期間が長くなるにしたがって短縮した。1月10日, 20日, 31日に加温を開始した卵では、平均卵期間は11日間前後であったが、2月10日 (107日間) 以降は、徐々に短縮し、4月20日 (177日間) では3.4日であった。加温後の累積孵化率の推移を比較すると、1月10日, 31日に

加温を開始した場合は、加温後日数が進むにつれ孵化率は徐々に高まるのに対し、2月20日（117日間）以降の加温では、孵化は極めて斉一であった（第2図）。

考 察

卵休眠を行う昆虫において、休眠消去を判断する指標として、一般に孵化率^{7,15)}、胚子発育率¹⁾、卵期間^{3,14)}などが用いられる。本研究では、室内試験において25℃加温処理後の孵化率と卵期間について調査を行ったが、両者は必ずしも一致しなかった。休眠卵を5℃に置いた場合、加温後20日間の孵化率は、80日以上処理でほぼ100%に達し（第1表）、孵化率を判断基準とすると、5℃、80日処理で休眠はほぼ完全に消去されると考えられる。しかし、加温後の平均卵期間については、孵化率がほぼ100%に達した80以上の処理区間に違いが認められた。すなわち、80日、100日処理に比べ、120日、

140日処理は卵期間が有意に短くなり、同様の傾向は、0℃処理においても認められた（第2表）。このことは、80日、100日処理では、加温開始時に休眠が完全に消去されておらず、加温後に休眠発育が進んだことを示唆している。低温処理後の加温処理が、休眠消去効果を持つことは、ウリハムシモドキ *Atrachya menetriesi* において報告されている¹⁾。本試験においても、25℃加温が休眠消去に働いた可能性が高く、孵化率を判断基準とした場合、休眠消去効果を過大に評価する恐れがある。そこで、ここでは加温後の卵期間や累積孵化率の推移を基準として、休眠消去の判断を行った。

本試験において検討を行った-5～10℃の温度域では、0℃以上の処理で休眠消去効果が認められた（第1表）。0℃処理および5℃処理の結果は、ほぼ同じ傾向を示し、処理日数120日、140日で卵期間のばらつきが減少し、孵化が斉一となった（第1図、第2表）。このこ

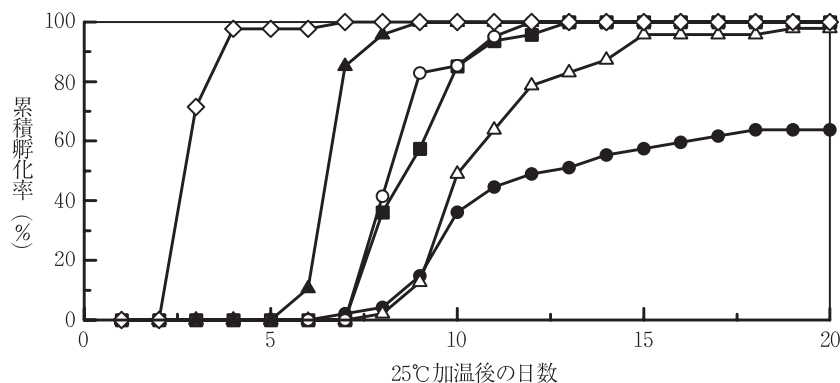
第3表 半野外条件下に置いたアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の25℃加温後の孵化率・平均卵期間

| 加温開始時期 | 供試卵数 | 孵化卵数 | 孵化率 (%) | 平均卵期間 (日±S.E.) |
|-------------|------|------|---------|----------------|
| 1月10日 (76) | 47 | 30 | 63.8 a | 11.2±0.48 a |
| 20日 (86) | 34 | 26 | 76.5 ab | 10.9±0.39 a |
| 31日 (97) | 47 | 46 | 97.9 c | 11.2±0.31 a |
| 2月10日 (107) | 44 | 42 | 95.5 bc | 9.9±0.23 ab |
| 20日 (117) | 47 | 47 | 100.0 c | 9.3±0.20 b |
| 3月1日 (127) | 43 | 40 | 93.0 bc | 9.3±0.25 bc |
| 10日 (136) | 41 | 41 | 100.0 c | 9.0±0.18 c |
| 20日 (146) | 43 | 43 | 100.0 c | 8.4±0.11 c |
| 4月1日 (158) | 47 | 47 | 100.0 c | 7.1±0.09 d |
| 10日 (167) | 42 | 42 | 100.0 c | 5.6±0.12 e |
| 20日 (177) | 42 | 42 | 100.0 c | 3.4±0.11 f |

注1) () 内の数値は、半野外条件に置いた日数を示す。

2) 孵化率において同一英小文字を付した数値は、有意差がないことを示す (χ^2 検定後、Tukey WSDによる多重比較, $P>0.05$)。

3) 平均卵期間において同一英小文字を付した数値は、有意差がないことを示す (Steel-Dwass検定, $P>0.05$)。



第2図 半野外条件に置いたアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の25℃加温後の累積孵化率の推移

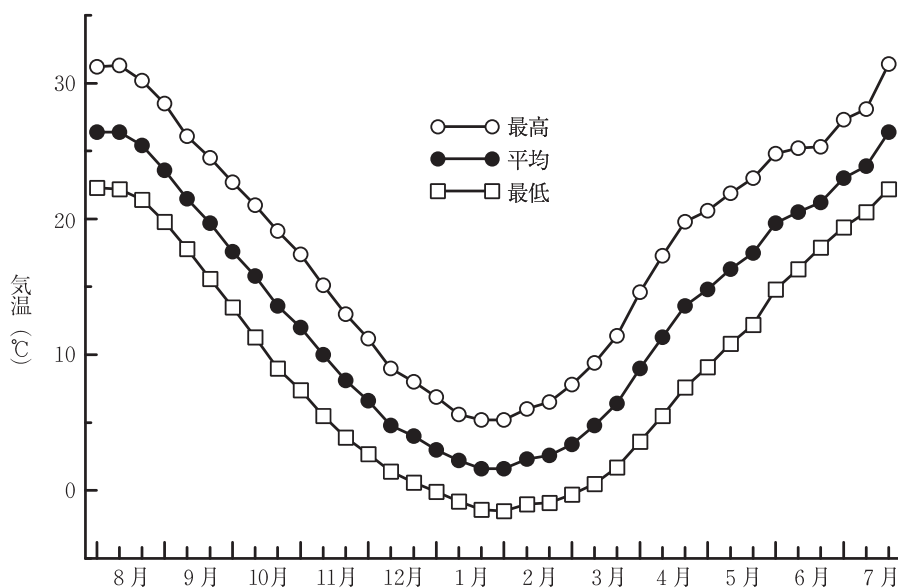
注) 加温開始月日: 1月10日 (●), 1月31日 (△), 2月20日 (■), 3月10日 (○), 4月1日 (▲), 4月20日 (◇)

とから、0～5℃の温度域において、休眠が完全に消去されるためには、少なくとも120日以上処理期間が必要であると考えられる。10℃処理は、これとは異なる傾向を示し、処理日数が長くなるに従い、最初の孵化が起こる時期が早くなった。これは、10℃処理では一部の卵が加温前に休眠から覚醒し、休眠消去後の発育を開始していたことを示している。すなわち、10℃においては、休眠発育と後休眠発育の両方が進行すると考えられ、本試験結果から休眠消去の効果を評価することは困難である。しかし、加温10日後の累積孵化率は、0℃あるいは5℃で120日以上処理では80%以上であるが、10℃処理ではこれらに比べやや低い。したがって、10℃処理の休眠消去効果は、0℃、5℃よりもやや劣るのではないかと考えられる。以上の結果から、休眠消去のための適温は0～5℃付近にあり、同温度条件において休眠発育が完了するには少なくとも120以上の期間が必要であると考えられる。なお、後休眠発育の発育零点は、10.4℃とされており²⁾、本試験結果と矛盾しない。

半野外条件に保存した卵は、1月31日には、加温後の孵化率がほぼ100%となったが、この時点では、まだ孵化は不斉一であり(第2図)、休眠は完全には消去されていなかったと考えられる。2月10日以降、加温後の卵期間は徐々に短縮し、3月10日、20日にはそれぞれ9.0、8.4日となった(第3表)。これは、室内試験における0℃あるいは5℃で120日、140日処理の卵期間とほぼ一致することから、3月上旬には休眠発育が完了して

いたと考えられる。3月10日は、前年10月26日の野外保存開始から136日後であり、この結果は、120以上の低温処理が必要であるとする室内試験の結果を裏付けるものと考えられる。

本試験において、アカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の休眠消去には、4ヵ月以上という長期間にわたって0～10℃の低温にさらされる必要があることが明らかになった。このことは、本種が、長い冬期間が続く寒冷地での越冬に適応した種であることを意味している。新潟県上越市における月平均気温は、11月から3月まで10℃以下であり、休眠発育に必要な10℃以下の期間が5ヵ月近く継続する(第3図)⁸⁾。上越市は、多雪地帯ではあるが、一般に積雪下では、地表面付近の温度は0℃以上に保たれる^{2,9,17)}ため、積雪は休眠発育の障害とはならないと考えられる。したがって、上越市と同等あるいはより寒冷な地域では、休眠消去の上で何ら問題は存在しないと考えられる。しかし、より温暖な地域においては、休眠消去に必要な低温期間が得られない可能性が高い。本種は北海道から鹿児島まで広く分布しており^{19,20)}、暖地における越冬実態については興味を持たれる。ウリハムシモドキ¹⁾、エンマコオロギ *Teleogryllus emma*¹⁶⁾ やハムシの一種 *Diabrotica virgifera*^{10,11)} など卵休眠を行う昆虫において、休眠性に地理的変異が存在することが報告されている。温暖な地域における本種の越冬に関して、このような休眠性の変異も視野に入れて検討する必要がある。



第3図 新潟県上越市における気温の旬別平年値 (1971～2000年) (気象庁, 2001)

引用文献

- 1) 安藤喜一 (1978) ウリハムシモドキの卵休眠に関する研究. 弘大農報 30 : 131~215.
- 2) 福田直子 (2000) ソラマメの雪害要因と耐雪性機構に関する生理・生態的研究. 北陸農試報 43 : 47~123.
- 3) Higaki, M. and Ando, Y. (2005) Effects of temperature during chilling and pre-chilling periods on diapause and post-diapause development in a katydid, *Eobiana engelhardti subtropica*. J. Insect Physiol. 51 : 709~719.
- 4) 樋口博也・高橋明彦 (2000) アカヒゲホソミドリカスミカメの小麦苗による飼育. 北陸病虫研報 48 : 23~25.
- 5) 樋口博也・高橋明彦 (2005) アカヒゲホソミドリカスミカメの休眠卵率の季節的な推移と休眠卵産下に関与する環境要因. 応動昆 49 : 113~118.
- 6) 樋口博也・高橋明彦・美馬純一 (2001) 秋季にアカヒゲホソミドリカスミカメが産卵を行う畦畔雑草. 北陸病虫研報 49 : 15~17.
- 7) James, B. D. and Luff, M. L. (1982) Cold-hardiness and development of eggs of *Rhopalosiphum insertum*. Ecol. Entomol. 7 : 277~282.
- 8) 気象庁 (2001) 平年値 (統計期間1971~2000年).
- 9) 小南靖弘・高見晋一・横山宏太郎・井上 聡 (1998) 季節的積雪地帯における積雪下のCO₂濃度. 雪氷 60 : 357~366.
- 10) Krysan, J. L. (1982) Diapause in the nearctic species of the *virgifera* group of *Diabrotica* : evidence for tropical origin and temperate adaptations. Ann. Entomol. Soc. Am. 75 : 136~142.
- 11) Krysan, J. L., Branson, T. F. and Diaz Castro, G. (1977) Diapause in *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): a comparison of eggs from temperate and subtropical climates. Entomol. Exp. Appl. 22 : 81~89.
- 12) Kudo, S. and Kurihara, M. (1988) Seasonal occurrence of egg diapause in the rice leaf bug, *Trigonotylus coelestialium* Kirkaldy (Hemiptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 23 : 365~366.
- 13) Kudo, S. and Kurihara, M. (1989) Effects of maternal age on induction of egg diapause in the rice leaf bug, *Trigonotylus coelestialium* Kirkaldy (Hemiptera: Miridae). Jpn. J. Entomol. 57 : 440~447.
- 14) Levine, E. (1988) Diapause termination and postdiapause development in eggs of *Hydraecia immanis* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 17 : 80~85.
- 15) Lushai, G., Hardie, J. and Hrrington, R. (1996) Diapause termination and egg hatch in the bird cherry aphid, *Rhopalosiphum padi*. Entomol. Exp. Appl. 81 : 113~115.
- 16) Masaki, S. (1963) Adaptation to local climatic conditions in the Emma field cricket (Orthoptera: Gryllidae). 昆虫 31 : 249~260.
- 17) 松本直幸・荒木隆男 (1982) 積雪条件下におけるイネ科牧草雪腐病菌の行動と発生推移. 北海道農試研報 135 : 1~10.
- 18) 奥山七郎 (1982) アカヒゲホソミドリメクラガメの休眠卵誘起と覚醒. 北日本病虫研報 33 : 89~92.
- 19) 佐藤貴子・安永智秀 (1999) 日本産 *Trigonotylus* 属 (異翅目, メクラカメムシ科) の分類学的再検討. *Rostria* 48 : 11~19.
- 20) 佐藤貴子・安永智秀 (1999) 日本産ホソミドリメクラガメ類の分類と同定. 植物防疫 53 : 265~267.
- 21) 高橋明彦・樋口博也 (2001) アカヒゲホソミドリカスミカメの発育に及ぼす温度の影響. 北陸病虫研報 49 : 19~22.

(2007年8月10日受領)