

光周期によるニジュウヤホシテントウ 卵巣発育の調節

河野 義 明

武田薬品工業(株)農薬研究所

Photoperiodic Control of Ovarian Development in the 28 Spotted Lady Beetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata*. Yoshiaki Kono (Research Laboratories, Agricultural Chemicals Division, Takeda Chemical Industries, Ltd., Ichijoji-Takenouchi-Cho, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **30**: 87-92 (1986)

Critical photophase for the vitellogenesis of *Henosepilachna* adults was 13 hr 50 min, and all the females developed their ovaries in photophases longer than 15 hr. In a short photophase of less than 13 hr, vitellogenesis was inhibited, but in very short photophases (0-2 hr) some females developed ovaries. Females in the oviposition period showed different reactions to short photophases. Most individuals ceased ovarian development under a 12 L-12 D regime but other short-day photoperiods lacked a complete inhibitory effect. It was estimated from the night interruption experiments that there were two light sensitive periods in the scotophase, i.e. 9-8 hr before dawn and 8-10 hr after dusk. It appeared that based on these data the measurement of the night duration could be performed so as to regulate the ovarian development. Adults were able to synchronize their ovarian development with photoperiodic cycles of more or less than 24 hr and showed typical photoperiodic-reaction curves in 28, 20, 16 hr cycles.

緒 言

ニジュウヤホシテントウ *Henosepilachna vigintioctopunctata* の成虫休眠は他の昆虫と同様に雌成虫の卵巣発育の停止、脂肪体の肥大などによって特徴づけられる (Kono, 1980, 1982; 河野, 1980)。この昆虫の休眠は幼虫期の飼育条件に関係なく、成虫期の短日日長によって誘起される。寄主植物を与えて飼育すると、羽化後5日間を短日日長に晒しただけで休眠誘起が決定されてしまい、その後の日長の長短にかかわらず、羽化後16日頃から摂食を停止して休眠状態にはいる (Kono, 1980)。羽化後から長日日長で飼育すると雌成虫の卵巣内で卵が徐々に発育し、9日後から産卵を開始する (Kono, 1980)。しかし、寄主植物の代りに羽化後からジャガイモ輪切りを餌として与えると産卵前期間は延長し、産卵開始は13日以後になる (Kono, 1980)。光周期による *Henosepilachna* 属の卵巣発育の調節に関しては古くから研究されており (三宅・田村, 1943; 牧ら, 1964; 安江・河田, 1964)、ニジュウヤホシテントウの臨界日長が約14時間であること (安江・河田, 1964)、卵巣発育が決定される日長感受期は羽化後数日間に限られること (安

江・河田, 1964; Kono, 1979) などが報告されている。

本論文では、この昆虫の光周性に関する詳細な性質を知るために行った、暗期の光中断、24時間以外の光周期に対する反応を見る実験などの結果を報告する。

材料および方法

供試したニジュウヤホシテントウは京都市左京区一乗寺においてナス科植物上から採集した群をジャガイモ生葉で累代飼育しているものである。この中から羽化直後の成虫を選んで実験に供した。

とくに述べる以外、成虫はジャガイモ輪切りを与えて飼育し (2, 3日おきに新しいものに換える)、直径9 cm のプラスチックジャーレに雌5頭、雄3頭を入れた。25±0.5 °C の下で飼育し、照明はタイマーに接続した6W 白色蛍光灯で行い、飼育容器内の照度は150~200 lux であった。

ジャガイモ輪切り飼育による産卵前期間は12~13日であるため、各種の条件で羽化直後から飼育した成虫は、13日後に解剖し、卵巣内の卵の発育程度を観察した。その結果は前報 (Kono, 1982) で示した卵巣発育段階に従って分類し、発育段階がⅢおよびⅣの個体を卵

巢発育個体と判定した。

結 果

1. 基本的な光周期反応

25°C において、24時間周期の光周期に対する反応を雌成虫の卵巣発育を指標にして調べた。羽化直後から13日間、同一光周期条件で飼育し、卵巣発育を開始している個体の割合を表わしたのが Fig. 1 である。明期が4時間から13時間までの光周期では、卵巣が発育する個体はまったく見られず、逆に、15時間以上の明期をもった光周期ではすべての雌で卵巣が発育した。50%の個体で卵巣発育が認められる明期の長さ、いわゆる臨界日長は13時間50分であった。2時間明期・22時間暗期の光周期（以後 2L-22D と表わす）のように明期の極端に短い場合や全暗条件では、卵巣が発育する個体が見られ、その割合は、それぞれ15%および、27.5%であった。

2. 産卵を始めた成虫の光周期反応

羽化後13日間は16L-8Dでジャガイモ生葉を与えて飼育し、産卵を始めた成虫を種々の光周期に移し、ジャガイモ輪切りでさらに13日間飼育して卵巣の状態を観察した。光周期を変更した後は3日ごとに産まれた卵塊数を数え、雌成虫1頭1日当りの卵塊数として表示し、その変化を調べた (Table 1)。

16L-8Dのままでは観察期間中に産まれる卵塊数はほとんど変化なく、ほぼ2日に1卵塊の割合であり、13日後の解剖の結果でもすべての雌成虫が発育した卵巣を保持していた。15L-9Dに移した場合も卵巣発育は維持され、卵塊数も変わらなかった。この昆虫の臨界日長である14L-10Dに移すと明らかに卵塊数が減少し、解剖時に発育した卵巣を持つ雌は42%になった。さらに明期の短い13L-11Dに移しても、やはり60%

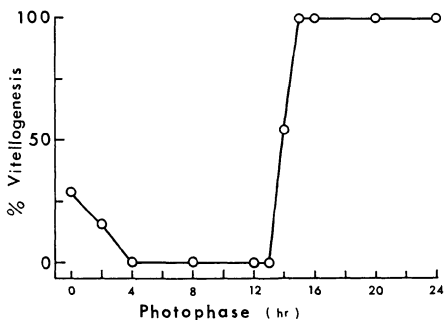


Fig. 1. Photoperiodic-response curve for ovarian development in *Henosepilachna vigintioctopunctata* at 25°C.

Table 1. Response of mature females to different short-day photoperiods

Photoperiod	No. of egg masses/female/day				% females developing ovaries
	1-3 days after the exposure	4-6	7-9	10-12	
16L-8D	0.52	0.56	0.46	0.43	100
15L-9D	0.47	0.47	0.44	0.36	95.8
14L-10D	0.38	0.36	0.26	0.11	41.7
13L-11D	0.50	0.47	0.17	0.21	60.0
12L-12D	0.32	0.25	0.04	0.06	16.6
10L-14D	0.50	0.31	0.22	0.13	52.2
8L-16D	0.49	0.44	0.25	0.17	65.2

Female which had been reared on host plant for 13 days under a 16L-8D regime and began oviposition were subjected to different photoperiod regimes. Egg masses laid were counted every three days and ovaries were observed at the end of the experiment.

の雌の卵巣は発達していたが、12L-12Dに移した場合にはその割合は17%に減少した。しかし、10L-14Dに移した場合には卵巣発育雌の割合は52%であり、8L-16Dではさらに高い割合となった。前節の結果では、同じように卵巣発育を抑制した13L-11Dから8L-16Dの短日光周期のなかでも、産卵期にはいった雌に対する作用は異なり、12L-12Dが最も強い短日効果をもちことが明らかになった。

また、短日光周期に移した場合には、卵巣内で卵の退行が観察され、短日の影響によりたんに卵巣の発育が停止するだけでなく、休眠に向かった種々の生理的変化が進行していることが伺われた。

3. 暗期の光中断

24時間周期で主明期を12, 10, 8時間とし、それぞれの暗期の各時刻に2時間の光パルスを挿入して卵巣発育に対する影響を調べた (Fig. 2a-c)。3実験とも主明期は短日光周期であるから、卵巣発育はまったく起こらない。主明期が12時間の場合には、暗期の2か所、すなわち、暗期終了時から逆に測って9~8時間のところに光パルスの終りが重なったときと、暗期開始から8~10時間に光パルスが与えられたときに、卵巣発育個体の割合が高くなった。しかも、この二つの反応ピークは明瞭で、前のピークではすべての個体で卵巣が発育した。主明期が10時間になると (Fig. 2b), 反応個体率は低下するが、暗期終了時から逆に測って9~8時間のところで卵巣発育のピークが観察された。また、暗期開始8~10時間後にきわめてわずかではあるが卵巣発育個体が認められた (Fig. 2b-H)。主明期が8時間の場合には暗期の半ばに割合は小さいがピークが出現した (Fig. 2c)。これは暗期終了9~8時間前のピークと暗期

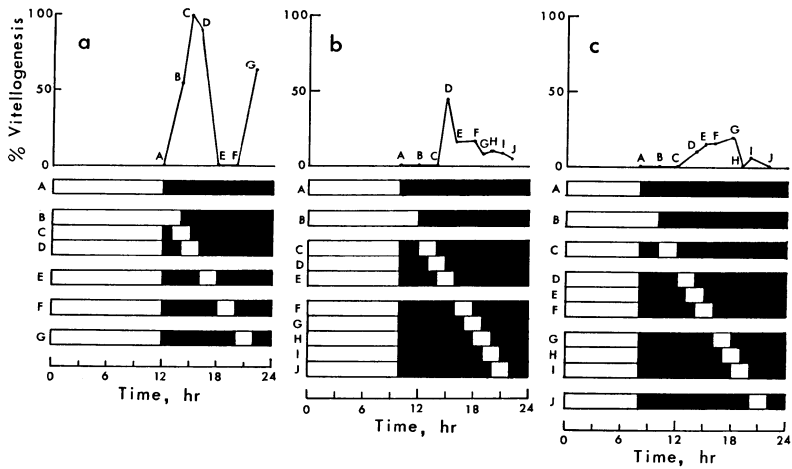


Fig. 2. Night interruption by 2 hr light pulse in various short-day photoperiods.
a : 12L-12D, b : 10L-14D, c : 8L-16D.

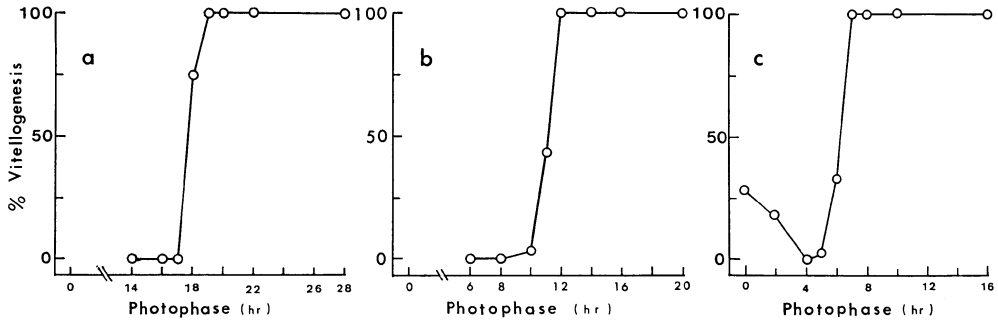


Fig. 3. Photoperiodic-response curve for ovarian development in *Henosepilachna* in photoperiodic cycles of more or less than 24 hr. a : 28 hr cycle, b : 20 hr cycle, c : 16 hr cycle.

開始 8~10 時間のピークとが重なってできたものと考えられる。ピーク時の反応個体率は 20% であった。

以上のように、光中断に対する感受性の高い時刻は主明期の長さに影響されず、暗期終了前 9~8 時間と暗期開始後 8~10 時間の 2 か所に存在することが明らかになった。さらに、光中断に対する反応性は主明期が短くなると低下することも明らかになった。

4. 24 時間以外の光周期に対する反応

28, 20, 16 時間の周期をもつ光周期に対する反応を調べた。12 時間周期の 4L-8D の実験も行った。

28 時間周期の場合 (Fig. 3a), 17 時間以下の明期では卵巣発育雌はまったく現われず、19 時間以上の明期ですべての雌が卵巣を发育させた。明期の長い部分の光周反応曲線は 24 時間周期の反応曲線を 4 時間分右側へ移動したものとほぼ一致し、臨界日長は 17 時間 40 分であった。20 時間および 16 時間周期の場合にも、同じよう

な光周反応曲線を描き (Fig. 3b, c), ただ、臨界日長が短くなるため、卵巣発育を抑制する短日日長の幅が狭まった形を示す。

4L-8D の実験は、この昆虫が 12 時間周期の光周期に同調して反応するのか、12 時間周期 2 回分を 1 周期とした 24 時間周期に同調するのかを検証するために行ったが、卵巣発育個体率は 32% であった。

おのおのの光周反応曲線で 50% 反応した点を臨界点として、各周期について臨界夜長を測定すると次のようになった。28 時間周期 : 10 時間 20 分, 24 時間周期 : 10 時間 10 分, 20 時間周期 : 8 時間 50 分, 16 時間周期 : 9 時間 40 分である。臨界夜長は周期が異なっても 1 時間 30 分の幅にすべてがはいった。ただ、20 時間周期において、とくに臨界夜長が短縮した。

5. 24 時間以下の光周期における卵巣発育速度

24 時間より短い周期の光周反応を実験した際に、産

卵開始が24時間周期で飼育した場合より早いことに気付いたので、この点について確認の実験を行った。

16L-4Dと16L-8Dの条件でジャガイモ輪切り、および、生葉を餌にそれぞれ飼育し、毎周期の明期開始直後に産み付けられた卵塊数を数えた。ジャガイモ生葉飼育で得た卵については同じ条件に保って孵化時期を調べた。さらに、10L-6Dの光周期においてもジャガイモ生葉を与え同様の実験を行った。結果はまとめてFig. 4に示した。

24時間周期すなわち16L-8Dの場合、ジャガイモ輪切りを餌にすると羽化11日後から産卵が見られ、生葉では8日後から産卵が始まった。16L-4Dの場合、いずれの餌で飼育しても、16L-8Dの産卵開始日より1日早く産卵が始まっており、これを光周期の周期数で数えると両光周期条件とも同じ周期数を経た後に産卵を開始したことがわかった。しかし、卵期間には16L-4Dの影響は認められず、どの条件でも産卵されて72時間以上経過した後に孵化が起こった。

10L-6Dで生葉を与えて飼育すると、産卵は羽化後10周期目に始まった。この産卵前期間を時間で表わすと160時間となり、16L-4Dと等しい。すなわち、この条件においても、24時間周期での飼育より明らかに産

卵前期間が短縮したが、20時間周期の飼育よりさらに短くなることはなかった。平均卵期間はわずかではあるが24時間周期の場合より延長する傾向にあった。この理由は、ニジュウヤホシテントウの孵化が明期開始後数時間に集中して起こり、10L-6Dでは2周期にわたって孵化が見られたためと考えられる。

考 察

ニジュウヤホシテントウ成虫は典型的な長日型の光周反応を示した。明期15時間以上の長日光周期ですべての雌成虫の卵巣が発育し、4~13時間の明期では卵巣発育が完全に抑制された(Fig. 1)。卵巣が発育しない個体は約16日間摂食を続けた後、休眠にはいるので、この光周反応曲線の縦軸を逆にする、休眠誘起についての反応曲線と見ることでもできる。

しかし、一度産卵を開始した雌の短日日長に対する反応は一様でなく、12L-12Dに最も強い卵巣発育抑制作用が認められたことは測時機構を考える上でも興味深い(Table 1)。

周期の異なる光周期に対する反応から(Fig. 3)、この昆虫が明らかに暗期の長さを測定し、これに基づいて卵巣発育を調節していると考えられる。そして、光中断実験(Fig. 2)によって明らかになった暗期終了前8~9時間と暗期開始後8~10時間とにある光感受性の高い点が測時の物差しとなり、臨界日長もこれらによって規定されていると考えられる。ただ、これらの感受性が光中断実験の結果に見るように(Fig. 2)、主明期の長さが12時間のときに最高で、10時間、8時間と短くなるに従って低下することから、測時機構の中に明期の長さに影響される部分も含まれていると考えられる。

暗期前半、すなわち、暗期終了前8~9時間にある光感受性の点はlight off信号を感知する部分で、いったん受容した主明期のlight off信号を打ち消し、光パルスのlight offのほうを信号として読み取ると考えられる。しかし、主明期が短く、主明期のlight off後に3~4時間以上の暗期が続くと光パルスをlight off信号に読み換えが困難になると考えられる。このように明期の長さが間接的に測時に影響する場合も考えられるが、主明期が短くなると、暗期後半の光感受性まで低下することや、明期が4時間以上ないと短日反応が完全には起こらないこと、および、前述した産卵虫に対しては、12L-12Dが最も強い短日作用があることなどは明期の長さが直接的に測時機構に影響することを示している。

各種の周期における光周反応をまとめると Fig. 5の

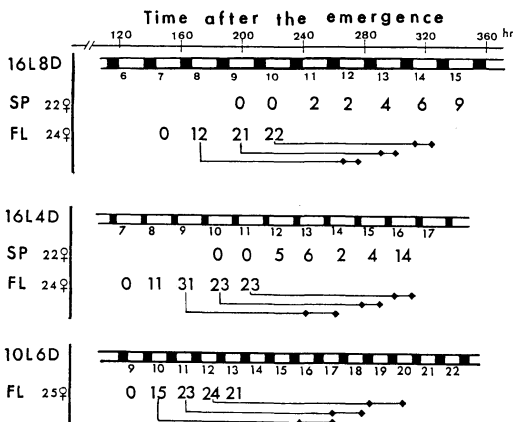


Fig. 4. Records of egg laying and hatching under various photoperiodic conditions (16L-8D, 16L-4D and 10L-6D). Time in hour and numbers of photoperiodic cycles after the adult emergence are indicated along with the photoperiodic schedules (white : photophase, black : scotophase). SP : adults were reared on sliced potato, FL : adults were reared on host plant foliage, numbers of the females used are indicated by the figures next to SP or FL. Large figures show the numbers of egg masses laid in the indicated cycle. ◆ shows hatch of eggs.

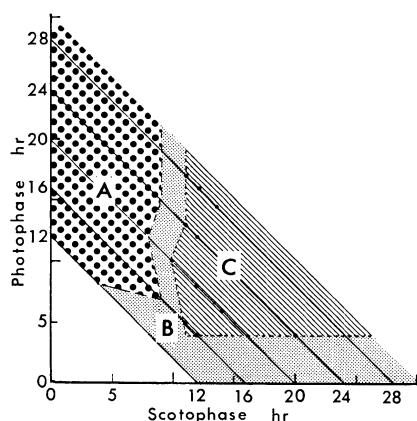


Fig. 5. Effects of scotophase and photophase durations on ovarian development in *Henosepilachna vigintioctopunctata*. A: vitellogenesis occurred in all the females, B: vitellogenesis occurred in some females, C: vitellogenesis was inhibited in all the females.

ようになる。かなり広い周期について、はっきりした臨界点をもって反応する点は、BECK (1968) がまとめたナンヒメシクイ *Grapholitha molesta* (DICKSON, 1949), アワノメイガ *Ostrinia nubilalis* (BECK, 1962) の様相とは異なり、ヨトウガ *Mamestra brassicae* (BONNEMAISON, 1975) やノシメマダラメイガ *Plodia interpunctella* (TAKEDA and MASAKI, 1976) の反応様相に類似している。ただ、20時間周期に限って臨界夜長が他の周期に比べ1時間以上短くなっていることは単純な内的符合モデル (DANILEVSKII et al., 1970) では説明しにくい現象であろう。

この昆虫が24時間以上の周期をもつ光周期にも同調したことは、短い周期 (16 L-4 D, 10 L-6 D) において産卵前期間が短縮したことから伺われる。ニジュウヤホシテントウ成虫の卵巣発育には幼若ホルモンの他に神経分泌も関与することが示唆されており (KONO, 1982; 河野, 未発表), これらの内分泌系の分泌リズムが24時間以下の周期にも同調し、卵巣発育が早まったと考えられる。光周反応曲線から判断すると16時間周期にも同調したと見えるが、産卵前期間は20時間周期のときよりさらに短縮することはなかった。これは、ホルモンの依存して伸縮可能な卵巣発育速度には限度があるためと考えられる。卵期間が短縮しなかったのも同じ理由によるものか、胚子発育に光周期に同調して促進的に働く内分泌要因が存在しないためのいずれかと考えられる。12時間周期の4 L-8 Dにおいて32%の卵巣発育個体が現われた。もし、成虫が12時間周期に同調すれ

ば、短夜に反応してほとんどの個体で卵巣が発育するはずである。また、2周期を24時間周期として同調したと仮定すれば、主明期の短い光中断実験に類似した光周条件になり、少数の個体のみで光中断に反応し卵巣が発育すると考えられる。結果はまさに24時間周期に同調したことを示している。すなわち、12時間以下の周期をもつ光周期には同調できないものと考えられる。

要 約

ニジュウヤホシテントウ成虫の卵巣発育を調節する光周条件について次のような結果を得た。

- 1) 臨界日長は13時間50分で、明期15時間以上ではすべての個体で卵巣が発育し、13時間以下の短日で卵巣発育が抑制された。明期が極端に短い条件 (0~2時間) では卵巣が発育する個体も現われた。
- 2) 産卵開始後の成虫は短日日長のなかでも明期の長さにより反応率が異なり、12 L-12 Dにおいて最も高率で卵巣発育が抑えられた。
- 3) 暗期中断実験から、暗期終了前9~8時間と暗期開始後8~10時間とに光感受性の点があり、これにより暗期の長さが測定され卵巣発育が調節されると考えられる。
- 4) 24時間以外の光周期に対しても明瞭な光周反応を示し、この昆虫がこれらの周期 (16~28時間) に同調しながら卵巣発育を調節していると考えられる。このことは、24時間より短い周期において産卵前期間が短縮することからも支持された。ただし、12時間周期の光周期には同調せず、24時間周期として反応すると考えられる。

引用文献

- BECK, S.D. (1962) Photoperiodic induction of diapause in an insect. *Biol. Bull.* **122**: 1-12.
- BECK, S.D. (1968) *Insect photoperiodism*. New York: Academic Press, 288 p.
- BONNEMAISON, L. (1975) Action de la photoperiode sur l'induction de la diapause chez *Mamestra brassicae*. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* **11**: 767-781.
- DANILEVSKII, A.S., N.I. GORYSHIN and V.P. TYSHCHENKO (1970) Biological rhythms in terrestrial arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* **15**: 201-244.
- DICKSON, R.C. (1949) Factors governing the induction of diapause in the oriental fruit moth. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **42**: 511-537.
- KONO, Y. (1979) Abnormal photoperiodic and phototactic reactions of the beetle, *Epilachna vigintioctopunctata*, reared

- on sliced potatoes. Appl. Ent. Zool. 14: 185—192.
- KONO, Y. (1980) Endocrine activities and photoperiodic sensitivity during prediapause period in the phytophagous lady beetle, *Epilachna vigintioctopunctata*. Appl. Ent. Zool. 15: 73—80.
- 河野義明 (1980) ニジユウヤホシテントウムシの前休眠期における脂肪体の発達と日長感受性. 応動昆 24: 98—104.
- KONO, Y. (1982) Change of photoperiodic sensitivity with fat body development during prediapause period in the twenty-eight-spotted lady beetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata* FABRICIUS. Appl. Ent. Zool. 17: 92—101.
- 牧 高治・栗原守久・安藤喜一 (1964) 光周期の影響によるオ

- オニジュウヤホシテントウ卵巣発育の可逆性について. 岩手大農学報 7: 7—17.
- 三宅利雄・田村国男 (1943) 二十八星瓢虫化性変化の原因. 応動 14: 186—191.
- TAKEDA, M. and S. MASAKI (1976) Photoperiodic control of larval diapause in *Plodia interpunctella*. Proc. Jt. US-Jap Semin. Stored Prod. Insects. Manhattan, KS, pp. 186—201.
- 安江安宣・河田和雄 (1964) ニジユウヤホシテントウムシの休眠と日長効果 (4). 長短日の組み合わせと休眠との関係. 応動昆中国支部会報 6: 8—9.

新 刊 紹 介

ミバエの根絶—理論と実際— 石井象二郎・桐谷圭司・古茶武男編 (1986) 農林水産航空協会, 東京, 391 pp., 9,000円

本書の目的は結論で述べられているように, 1968年に鹿児島県喜界島で開始され, その後琉球列島全域と小笠原列島で行われたミカンコミバエの三つの根絶事業と, 現在琉球列島で進められているウリミバエの二つの根絶事業に関する成果を集大成し, 関係者以外にもひろく知ってもらおうとするものである。

1章ではミバエの種の解説が手短かにされている。2章では雄除去法と不妊虫放飼法による根絶法の理論が簡潔に紹介されている。とくに, 雄除去法の理論的研究は外国でも皆無であり, 本書で初めて取り扱われた。仮定に難点もあるが, 今後の発展に期待したい。3章は飼育法と不妊化法, 4章は密度推定法と根絶の確認法にあてられている。

5章から7章ではミカンコミバエの根絶事業の経過が詳しく述べられている。とくに, 奄美と小笠原については成果のほとんどが役所の事業報告書で発表されているので, 関係者以外はこれを知る機会もなかったわけで, 一読の価値があろう。そこで, 鹿児島県, 東京都, 沖縄県がそれぞれ問題に直面したとき, どのように対処したかを見比べると興味ぶかい。そしてここでは, データにもとづいて防除の方針を決定することが, この種の事業を効率的に成功させるうえでいかに重要であるかを示している。

8章と9章ではウリミバエの根絶事業が喜界島と久米島の結果を中心に述べられている。そして, 10章はミバエの侵入防止, 11章は要約となっている。付表にミバエの防除年表がでており, これを参照しながら本文を読むとわかりやすい。

このような本が一冊あるとたしかに便利である。しかし, 便利さということからみると, 各章末の参考文献は引用文献として最後にまとめ, さらに索引をつけてくれるとよかった。執筆者が26人にも及んだことから, 同様の記述がくり返されたり, 書き方が不統一となったのはやむえないとしても, 出典は全員が明記すべきであった。また, 土生氏が小笠原のミカンコミバエで不妊虫放飼法を併用するに至った経緯を述べている (p. 299) のに対し, 井上氏は (根拠を示さずに) 誘殺板のまき方に問題があり, 不妊虫放飼法の併用は不要であったことを示唆している (p. 212)。編集者はどう考えているのだろうか。

本書を真に役立たせるためには, 第一には, すでに終わったミカンコミバエの根絶事業での経験が現在行われつつあるウリミバエの根絶事業に生かされること (p. 250)。第二には, 本書を英訳しミバエの防除を必要とする国々で使ってもらいたい。もちろん, 多忙な編集者諸氏にはかなりの骨を折っていただくことになるのだからうけれども。

私の研究室のY助手は表題だけで本書を買い, 支払い時に計算違いだろうと本気で怒ったとのこと。9,000円は高過ぎる!

(琉球大農 岩橋 統)