

原 著

ノシメマダラメイガを糞の色で識別可能か

今村太郎*・宮ノ下明大

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12

Can the color of feces be used to identify the Indian meal moth *Plodia interpunctella*?

Taro IMAMURA* and Akihiro MIYANOSHITA

National Food Research Institute, NARO,

2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

摘要. ノシメマダラメイガ *Plodia interpunctella* (Hübner) (チョウ目: メイガ科) 幼虫の糞は赤く, この特徴をもって他の貯穀害虫と識別できるとされているが, これが本当であるかどうかを確かめるために本種の糞を他のメイガ科の貯穀蛾類 (スジマダラメイガ, チャマダラメイガ, スジコナダラメイガ, ガイマイツツリガ) およびコクゾウムシの糞と比較した. ノシメマダラメイガの糞には赤い色素を確認できたが, スジマダラメイガ, チャマダラメイガ, スジコナダラメイガの糞も赤い色素を含んでいた. ノシメマダラメイガ, スジマダラメイガの発育による糞の色の変化を調べたところ, 発育の後期に赤い色素を含んだ糞を大量にするものの, 発育の前期の糞には赤い色素は含まれないことが分かった. よってノシメマダラメイガの糞には確かに赤い色素が含まれているが, ノシメマダラメイガ以外にも赤い色素を含んだ糞をするものがあり, またノシメマダラメイガの糞が常に赤い色素を含むわけではないことが明らかになった. したがって糞の色によって他の貯穀害虫と識別することは困難であると考えられた.

キーワード: ノシメマダラメイガ, 識別法, 糞, オモクローム, キサントマチン

Abstract. Some literatures describe that larvae of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), produce reddish fecal pellets, and that it may be possible to identify this species by this character. To ascertain whether this is true, feces deposited by larvae of several pyralid moths, *P. interpunctella*, *Cadra cautella* (Walker), *Ephestia elutella* (Hübner), *Ephestia kuehniella* Zeller and *Corcyra cephalonica* (Stainton), and larvae of *Sitophilus zeamais* Motschulsky were compared. Reddish feces were deposited not only by larvae of *P. interpunctella* but also by those of *C. cautella*, *E. elutella* and *E. kuehniella*. The fecal color changes with larval development in *P. interpunctella* and *C. cautella*; It was light-brown during early larval development and no reddish feces were produced, whereas most feces produced by later in larval development were reddish. Because early stadium larvae of *P. interpunctella* did not excrete reddish feces and those of *C. cautella*, *E. elutella* and *E. kuehniella* also excreted reddish feces, it was not possible to identify *P. interpunctella* by the color of feces alone.

Key words: *Plodia interpunctella*, identification, feces, ommochrome, xanthommatin

* E-mail: taroi@affrc.go.jp

2008 年 4 月 24 日受付 (Received: 24 April 2008)

2008 年 9 月 21 日受理 (Accepted: 21 September 2008)

はじめに

ノシメマダラメイガ *Plodia interpunctella* (Hübner) (チョウ目: メイガ科) は非常に食性の広い蛾であり, 極めて重要な貯蔵食品害虫である (西田, 1995; 緒方, 2000). 食品業界においては異物混入クレームの非常に大きな要因になり, 食品に混入する異物としての昆虫の中でもっとも高頻度な種である (小野ら, 1970; 小曾根・金山, 2002). その成虫は鱗粉がきれいに残っている場合は前翅の「熨斗目模様」によって簡単に識別できるが, 模様が鮮明に観察できない場合は交尾器を観察することによって識別可能である (広渡, 2004). 幼虫の識別は実体顕微鏡下で刺毛, 気門などを観察する必要がある (吉田, 1989). また虫体の一部しか得られない場合のために DNA によって識別する方法も開発されつつある (大類・原田, 2001).

ノシメマダラメイガの幼虫の糞の色について, 書籍を中心に様々な文献で目にすることができ, その色としては, 「赤い」, 「赤色」 (高橋, 1931; 近藤, 1935; 中山, 1939; 原田, 1956, 1971; 安富, 1995), 「赤褐色」 (全国菓子協会・日本チョコレートココア協会, 1968; 松崎・武衛, 1993; 日本家屋害虫学会, 1995; 西田, 1995; 佐藤, 2003), 「暗赤色」 (安富・梅谷, 1983; 安富, 1995; 広渡, 2004; 中村, 2005), 「赤さび色」, 「赤錆色」 (日本くん蒸技術協会, 1978; 上村, 1986), 「錆色」 (生沢ら, 1969; 原田, 1971), 「淡桃赤色」 (食糧庁, 1950), 「黄色」 (松村, 1917) などが記され, 赤系統の色を記述しているものが多く見られる. また, これらの文献には糞の色でノシメマダラメイガを識別できると書いているものが多く見られる (高橋, 1931; 中山, 1939; 食糧庁, 1950; 原田, 1956; 全国菓子協会・日本チョコレートココア協会, 1968; 生沢ら, 1969; 原田, 1971; 日本くん蒸技術協会, 1978; 安富・梅谷, 1983; 上村, 1986; 西田, 1995; 安富, 1995; 佐藤, 2003; 広渡, 2004; 中村, 2005). そこで我々は, ノシメマダラメイガの糞は全ステージを通じて赤いのか, また糞の色でノシメマダラメイガを他の貯蔵害虫と識別可能なのか, を確かめるためにノ

シメマダラメイガの糞を他のメイガ科の貯蔵蛾類およびコクゾウムシ *Sitophilus zeamais* Motschulsky (コウチュウ目: オサゾウムシ科) の糞と比較した.

方 法

供試虫

チョウ目, メイガ科のノシメマダラメイガ, スジマダラメイガ (*Cadra cautella* (Walker)), チャマダラメイガ (*Ephestia elutella* (Hübner)), スジコナマダラメイガ (*Ephestia kuehniella* Zeller), ガイマイツヅリガ (*Corcyra cephalonica* (Stainton)) とコクゾウムシを実験に用いた. 実験に用いた虫はすべて食品総合研究所にて維持されている系統である.

糞の色の種間比較

メイガ科の5種の蛾では, 茨城県産コシヒカリの玄米5gをプラスチック容器 (直径6 cm 高さ3.5 cm, フタには穴をあけて真鍮製メッシュを張ったもの) に入れ, そこに孵化後1日以内の蛾の幼虫5頭を導入した. これをそれぞれの蛾で6個作った. これらを25°C70%RHの恒温恒湿室に置き, それぞれの容器から最初の成虫の羽化が確認できた日に目開き2.0 mm, 線径0.9 mmのふるいでふるって糞を回収した. コクゾウムシでは, 300gの玄米をプラスチック容器 (直径15 cm 高さ9 cm, フタには穴をあけて真鍮製メッシュを張ったもの) に入れ, そこに100頭の成虫を入れた. それを25°C70%RHの恒温恒湿室に置き, 33日後に目開き2.0 mm, 線径0.9 mmのふるいでふるって糞を回収した. 回収した糞は虫ごとに一つにまとめ, そこから45 mgを取り出して黒色ろ紙の上に置き撮影した.

発育による糞の色の変化

この実験にはノシメマダラメイガとスジマダラメイガを用いた. 玄米5gをプラスチック容器 (直径6 cm 高さ3.5 cm, フタには穴をあけて真鍮製メッシュを張ったもの) に入れ, そこに孵化後1日以内の蛾の幼虫5頭を導入した. これをそれぞれの蛾で20個作った. これらを25°C70%RHの恒温恒湿室に置き, 幼虫を導入してから12日後, 16日後, 19日後とそれぞれの容器から最初

の成虫の羽化が確認された時点で目開き 2.0 mm, 線径 0.9 mm のふるいでふるって糞を回収した。回収した糞はそれぞれの調査区ごとに一つにまとめ、そこから 45 mg を取り出して黒色ろ紙の上に置き撮影した。

結果

表 1 は糞を回収するまでにかかった日数の平均と糞の総量である。ノシメダラメイガが蛾の中で一番発育が早く、ガイマイツツリガが遅かった (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$)。糞の量はガイマイツツリガが多かった。図 1 は実際の糞の写真である。全体的に真っ赤に見えるものはないが、ノシメダラメイガ、スジマダラメイガ、チャマダラメイガ、スジコナダラメイガで赤い色素が混じっているのが確認できた。ガイマイツツリガ、コクゾウムシでは赤い色素は確認できなかった。

図 2 はノシメダラメイガとスジマダラメイガの糞の量の推移である。発育の前期では糞の量

が少なく、後期では糞の量が非常に多かった。また、両種とも発育にともなって糞に赤い色素が混じるようになっていくようであった (図 3)。12 日目までの糞は米糠の色と大差ないようであった。ノシメダラメイガでは 13~16 日目の糞でも若干赤い色素が混じり始めているように見えたが、スジマダラメイガではこの期間の糞からは確

表 1 容器から最初の成虫が確認できるまでの日数と回収できた糞の総量

| | 発育日数 (日±標準偏差)* | 糞の総量 (mg) |
|-----------|-------------------|--------------|
| ノシメダラメイガ | 33.7±0.8a | 382.1 |
| スジマダラメイガ | 36.2±1.2b | 503.9 |
| チャマダラメイガ | 38.7±0.5c | 382.1 |
| スジコナダラメイガ | 44.0±1.7d | 262.8 |
| ガイマイツツリガ | 46.8±2.1e | 707.2 |
| コクゾウムシ | — | 728.9 |

* 容器 6 個の平均。異なる文字間で有意差有り ($(x + 0.5)^{1/2}$ 変換後, Tukey-Kramer 法による多重比較, $p < 0.05$)。

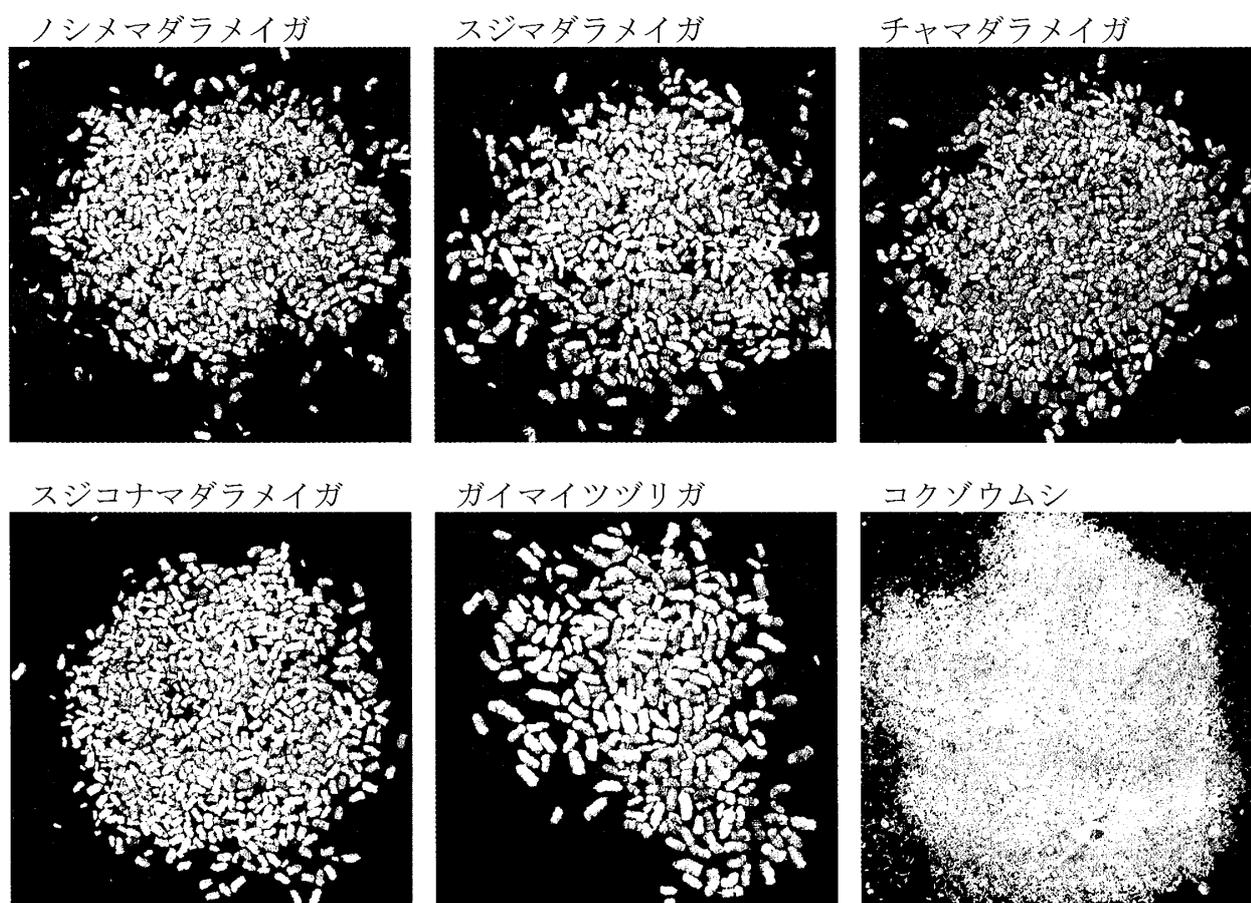


図 1 5 種のメイガ科の蛾とコクゾウムシの糞

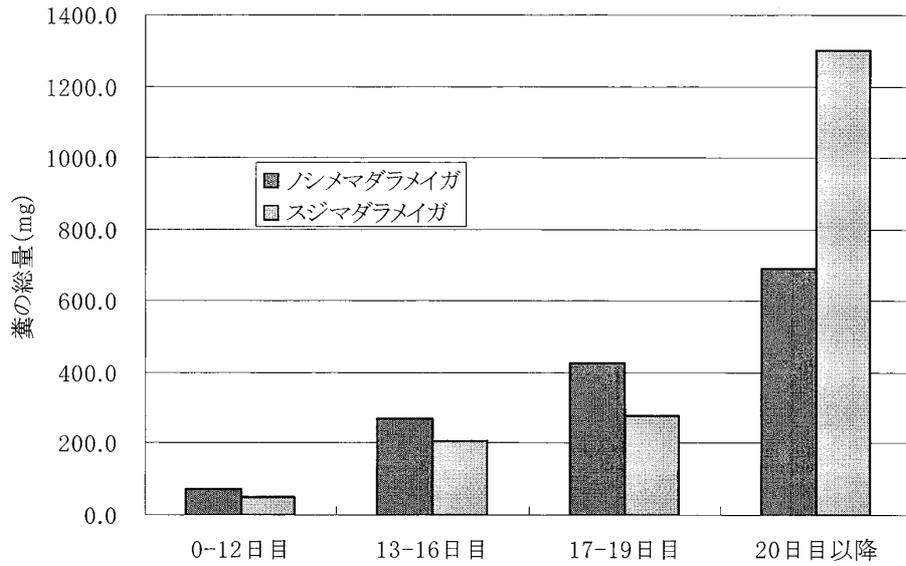


図2 発育によるノシメマダラメイガとスジマダラメイガの糞の量の推移

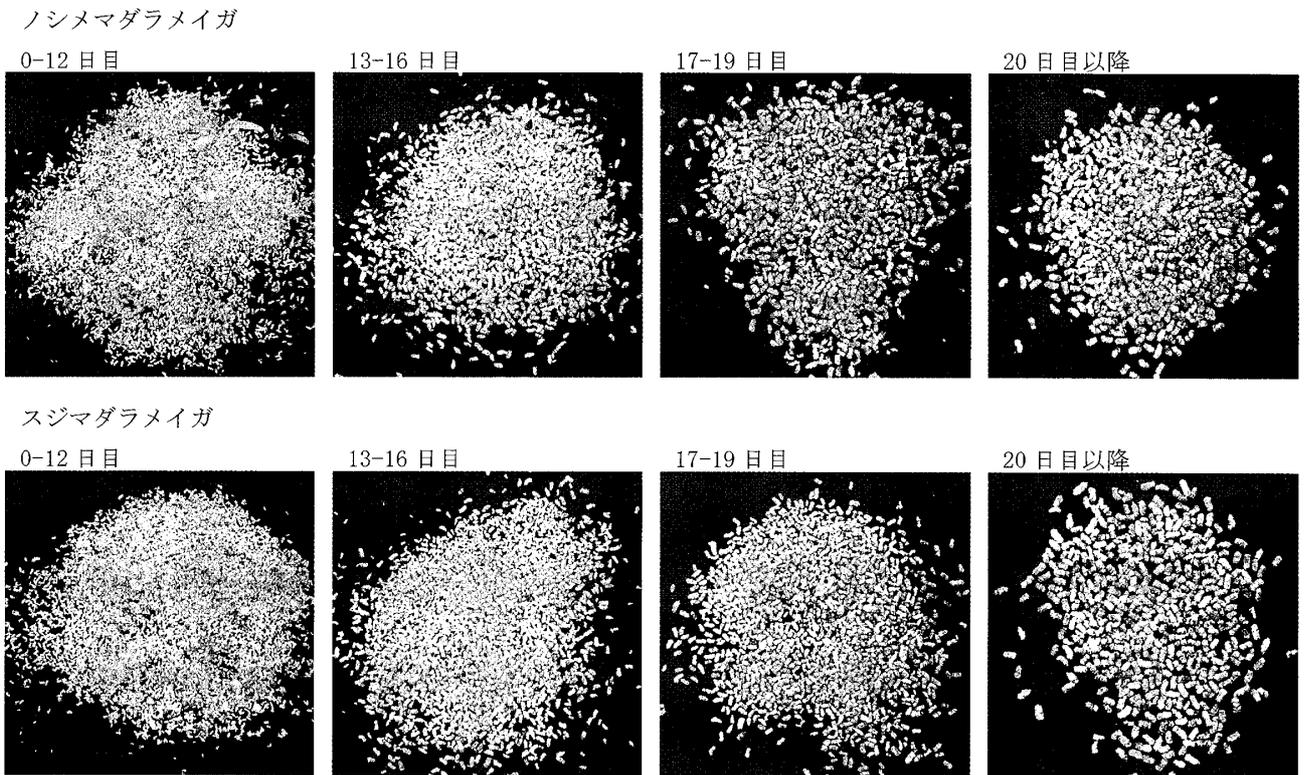


図3 発育によるノシメマダラメイガとスジマダラメイガの糞の色の变化

認できなかった。糞の粒の大きさは発育に伴い大きくなっていった。

考察

ノシメマダラメイガの糞には確かに赤い色素が含まれるが、他の蛾にも同様に赤い色素を含む糞をするものがあることが示された (図1)。本研究

で使った蛾で同様に赤い色素を含む糞をするのはスジマダラメイガ、チャマダラメイガ、スジコナマダラメイガであり、これらはノシメマダラメイガと同じくメイガ科の中のマダラメイガ亜科に属する。しかしながら赤い色素を含む糞をしなかったガイマイツツリガはメイガ科の中のツツリガ亜

科に属し、またコウチュウ目に属するコクゾウムシでも糞には赤い色素が含まれなかった。コクゾウムシは玄米の胚乳部分食べるので、胚乳の白色がそのまま糞に出るようであった。この実験では玄米を餌に用いたが、餌を変えれば異なった色が観察されると思われる。

ノシメマダラメイガとスジマダラメイガで発育による糞の色の変化をしらべたところ、発育の前期では米糠のような色であるが、後期に赤い色素を含んだ糞をすることが分かった(図3)。発育前期の赤い色素を含まない糞が少量であるために(図2, 3)、発育期間全体の糞からは赤い色素を確認することができる(図1)。

ノシメマダラメイガの幼虫は赤い色素を含んだ糞をすることが明らかになったが(図1)、これは発育の全期間に渡ってではなく発育の後期のみである(図3)。またノシメマダラメイガ以外にも赤い色素を含んだ糞をする蛾が存在する(図1, 3)。つまりノシメマダラメイガのみが赤い色素を含んだ糞をするわけではなく、またノシメマダラメイガが常に赤い色素を含んだ糞をするわけでもない。よって糞の中の赤い色素の有無は識別点としては不適當である。

ノシメマダラメイガにおいては赤い色素に関す

る既往の研究を確認できなかったが、スジコナマダラメイガの表皮に含まれる赤い色素がオモクローム(ommochrome)類であることが報告されており(Becker, 1939, 1942), Imura (1979)はその赤い色素がキサントマチン(xanthommatin)であると報告している。ノシメマダラメイガ、スジマダラメイガ、チャマダラメイガでも同様の物質であると思われる。スジコナマダラメイガでは、キサントマチンは蛹化前に糞として排出される(Stratakis and Egelhaaf, 1980)。ノシメマダラメイガ、スジマダラメイガでも幼虫の発育の後期に赤い色素を含んだ糞をすることが確認されたことから、これらの蛾でも同様であると思われる。Imura (1980, 1981, 1986)はスジコナマダラメイガの系統間で幼虫の体色の変異があり、また飼育条件によって幼虫の色素の量が異なることを報告している。他のマダラメイガ亜科の蛾でも同様の現象が存在する可能性があり、ノシメマダラメイガでも赤い色素の少ない糞をする系統がいたり、条件によっては赤い色素の少ない糞をしたりする可能性があるだろう。

「はじめに」で列挙したノシメマダラメイガの糞の色について記述のある文献を年代順に並べて整理したのが表2である。松村(1917)はノシメ

表2 ノシメマダラメイガの糞の色を記載している文献のリスト

| 年 | 著者 | 糞の色 | 糞の色を識別点に挙げているか |
|------|----------------------|--------|----------------|
| 1917 | 松村 | 黄色 | × |
| 1931 | 高橋 | 赤色 | ○ |
| 1935 | 近藤 | 赤色 | × |
| 1939 | 中山 | 赤色 | ○ |
| 1950 | 食糧庁 | 淡桃赤色 | ○ |
| 1956 | 原田 | 赤い | ○ |
| 1968 | 全国菓子協会・日本チョコレートココア協会 | 赤褐色 | ○ |
| 1969 | 生沢ら | 錆色 | ○ |
| 1971 | 原田 | 赤色(錆色) | ○ |
| 1978 | 日本くん蒸技術協会 | 赤錆色 | ○ |
| 1983 | 安富・梅谷 | 暗赤色 | ○ |
| 1986 | 上村 | 赤さび色 | ○ |
| 1993 | 松崎・武衛 | 赤褐色 | × |
| 1995 | 日本家屋害虫学会 | 赤褐色 | × |
| 1995 | 西田 | 赤褐色 | ○ |
| 1995 | 安富 | 赤い・暗赤色 | ○ |
| 2003 | 佐藤 | 赤褐色 | ○ |
| 2004 | 広渡 | 暗赤色 | ○ |
| 2005 | 中村 | 暗赤色 | ○ |

マダラメイガについての日本での最初の記載であり(マメマダラメイガ *Ephestia glycinivora* Mats. と記載), 糞の色を「黄色」と書いている。我々が探し出せた範囲において, ノシメマダラメイガの糞が赤いと書いてある最も古い文献は高橋(1931)の『米穀の害虫と駆除予防附一般貯穀の害虫』(明文堂)という本である。この本ではノシメマダラメイガの糞について, 「他の害虫は一般に其の蟲糞白色なるも, 此のものに限り赤色であるから, 米差を以て俵内の米粒を掌に取て見れば, 直ちに判然する」と記されている。これが何と比較して赤いと言っているのか本中を調べれば, コクゾウムシでは「白色」, コクゾウムシ *Sitophilus oryzae* (L.) (コウチュウ目: オサゾウムシ科) では「穀象と差が無い」, チビタケナガシクイムシ *Dinoderus minutus* (F.) (コウチュウ目: ナガシクイムシ科) では「白色」と記されている。つまり高橋(1931)は当時の米の害虫であったコクゾウムシ, コクゾウムシ, チビタケナガシクイムシと比べてノシメマダラメイガの糞は赤く, これらと区別ができると書いているのであり, 全ての昆虫もしくは全ての貯穀害虫の中でノシメマダラメイガの糞のみが赤いという意味では書いていないと思われる。近藤(1935)と中山(1939)は高橋(1931)を参考文献に挙げているが, これ以降, 高橋(1931)を参考文献, 引用文献に挙げているものは見当たらなかった。これは書籍では参考文献, 引用文献を明記していない場合が多いためでもある。よって, ノシメマダラメイガの糞のみが赤いと書いていたり, ノシメマダラメイガの糞の色を識別点として挙げていたりするのは, 参考文献, 引用文献を明記しなかったために元々の記述が分からなくなってしまったことが原因であると思われる。

引用文献

- Becker, E. (1939) Über die Natur des Augenpigments von *Ephestia kühniella* und seinen Vergleich mit den Augenpigmenten anderer Insekten. *Biologisches Zentralblatt* **59**: 597-627.
- Becker, E. (1942) Über Eigenschaften, Verbreitung und die genetischentwicklungsphysiologische Bedeutung der Pigmente der Ommatin- und Ommingruppe (Ommochrome) bei den Arthropoden. *Zeitschrift für Vererbungslehre* **80**: 157-204.
- 原田豊秋(1956) 害虫の部. 穀類貯蔵の考え方(食糧庁編). 食糧庁, 東京, pp.67-136.
- 原田豊秋(1971) 食糧害虫の生態と防除. 526 pp. 光琳書院, 東京.
- 広渡俊哉(2004) 屋内でみられる小蛾類—食品に混入するガのプロフィール. 105 pp. 文教出版, 大阪.
- 生沢満寿夫・田村正人・中尾舜一・原田豊秋・松沢寛・宮嶋弘衛・安江安宣・吉田敏治(1969) 食品害虫. 348 pp. 光琳書院, 東京.
- Imura, O. and Shibuya, N. (1979) Red pigment in the larval integument of the Mediterranean flour moth *Ephestia kühniella* (Z.) (Lepidoptera: Phycitidae). *Applied Entomology and Zoology* **14** (2): 221-223.
- Imura, O. (1980) Studies on the colour variation in larvae of *Ephestia kühniella* (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). 1. On the inheritance of colour variation. *Kontyû, Tokyo*, **48**(2): 248-258.
- Imura, O. (1981) Studies on the colour variation in larvae of *Ephestia kühniella* Zeller (Lepidoptera: Phycitidae). II. Effect of Environmental factors on the larval pigmentation. *Applied Entomology and Zoology*, **17**(1): 52-59.
- Imura, O. (1986) Studies on the colour variation in larvae of *Ephestia kühniella* Zeller (Lepidoptera: Phycitidae). III. Fitness of different larval color strains. *Researches on Population Ecology* **28**: 281-293.
- 上村 清(1986) 暮らしの中のおじさま虫. 224 pp. 井上書院, 東京.
- 近藤萬太郎(1935) 理論實際米穀の貯蔵. 206 pp. 養賢堂, 東京.
- 小曾根恵子・金山章宏(2002) 横浜市における食品の異物混入—昆虫類を中心に—(1993~2001年度). *ペストロジー学会誌* **17**: 87-92.
- 松村松年(1917) 応用昆虫学(前篇). 731 pp. 警醒社書店, 東京.
- 松崎沙和子・武衛和雄(1993) 都市害虫百科. 236 pp. 朝倉書店, 東京.
- 中村茂弘(2005) 食品産業の異物対策マニュアル. 179 pp. 工業調査会, 東京.
- 中山昌之助(1939) 熨斗目穀蛾 *Plodia interpunctella* Hübner の生態形態・防除に関する研究. 朝鮮総督府農事試験場彙報 **11**(1): 39-70.
- 日本家屋害虫学会(編)(1995) 家屋害虫事典. 468 pp. 井上書院, 東京.
- 日本くん蒸技術協会(1978) 豆類に付着する害虫と防除. 114 pp. 日本くん蒸技術協会, 東京.
- 西田 博(1995) 異物防除と食品衛生. 315 pp. 中央法規, 東京.
- 緒方一喜(2000) 昆虫異物としての侵入昆虫. 最新の異

- 物混入防止技術 (緒方一喜・光楽昭雄編). (株)フジテクノシステム, 東京, pp. 47-88.
- 小野泰正・塚 敬一・門間 洋 (1970) 宮城県における食品害虫, およびノシメマダラメイガの生態に関する研究 I. 食品衛生学雑誌 11 (臨時増刊): S1-6.
- 大類幸夫・原田晴康 (2001) PCR-RFLP 法による貯蔵害虫のマダラメイガ類 (Lepidoptera: Pyralidae) 4 種の識別. 環動昆 12(3): 121-129.
- 佐藤仁彦 (編) (2003) 生活害虫の事典. 352 pp. 朝倉書店, 東京.
- Stratakis, E. and Egelhaaf, A. (1980) A quantitative study of the colour change during the prepupal differentiation of *Ephestia kühniella* Z. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 65(4): 711-715.
- 食糧庁 (1950) 貯蔵食糧の病虫害とその防除. 83 pp. 食糧庁, 東京.
- 高橋奨 (1931) 米穀の害虫と駆除予防附一般貯穀の害虫. 201 pp. 明文堂, 東京.
- 安富和男 (1995) へんな虫はすごい虫. 188 pp. 講談社, 東京.
- 安富和男・梅谷献二 (1983) 衛生害虫と衣食住の害虫. 310 pp. 全国農村教育協会, 東京.
- 吉田敏治・渡辺 直・尊田望之 (1989) 図説貯蔵食品の害虫—実用的識別法から防除法まで—. 268 pp. 全国農村教育協会, 東京.
- 全国菓子協会・日本チョコレートココア協会 (1968) 菓子・食品害虫要覧. 138 pp. 全国菓子協会, 東京.