日本におけるアワヨトウ (チョウ目: ヤガ科) の発生生態と防除: 特に大発生と成虫の長距離移動に関連して

小山 重郎^{1,*}・松村 正哉^{2,†}

¹仙台市泉区

²農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター

Ecology and Control of Armyworm, *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) in Japan, with Special Reference to Outbreak and Migration. Juro KOYAMA^{1,*} and Masaya MATSUMURA^{2,†} ¹Izumi-ku, Sendai, Miyagi 981–3125, Japan. ²NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center; Suway 2421, Koshi, Kumamoto 861–1192, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 63: 39–56 (2019)

Key words: Armyworm; outbreak; migration; phase variation; Noctuidae

緒 言

アワヨトウ *Mythimna separata* (Walker) はヤガ科キョウトウ類に属し、イネ、ムギ、トウモロコシなどの穀類や、草地のイネ科牧草などの害虫で、アフガニスタン、パキスタン、インド、中国、朝鮮半島、日本、極東ロシアから東南アジア一帯、ニューギニア、オーストラリア北東部、ニュージーランドと太平洋上の諸島にわたって広く分布している (吉松, 1995)。

本種は幼虫が突発的に大発生し、1 枚も葉を残さずに食いつくしたのち、食草を求めて集団的に移動することでよく知られており、日本では古くは貞観 16 年 (874 年) 陰暦 8 月にイネを害したという記録があり (向川, 1918; 岡田, 1948)、明治期以降には多くの発生記録が残されてきた。

突発的大発生の原因は長い間わからなかったが、1960 年代に中国国内で成虫が長距離移動することが報告され (Lin et al., 1963)、日本にもその成虫が移動して大発生を起こしている可能性が極めて高いことが推測されている (Oku and Kobayashi, 1974)。

アワヨトウは 1987 年に北海道・東北地方を中心に多発生したあと、青森県や秋田県で年によって局地的に多発生するにとどまっていた。しかし、2017 年に中国地方を中心に多発生が起こったこともあり、再び注目されている。そこで、アワヨトウに関する発生生態と防除に関するこれま

での知見を取りまとめた。

文献収集にご協力いただいた小野 亨、大塚 彰、榊原 充隆、守屋成一、Feng Hong-Qiang, Jiang Xing-Fu の各氏と、原稿を校閲いただき貴重なご意見を賜った大塚 彰氏に感謝する。

発 生 生 態

1. 生 活 史

アワヨトウ成虫の羽化のピークは日没前後で、羽化した成虫は高く飛び上がって周囲に分散する。夜間活動性で日没後と日の出前に 2 つの活動ピークがある (田中, 1977; 神田・内藤, 1979; Hirai, 1984, 1991)。羽化後 2~4 日に吸蜜し、雌は吸蜜しないと産卵しないか産卵数が少ない (児玉, 1968; Hirai, 1984; 神田, 1987c; 齊藤・北村, 1995)。この吸蜜行動から、糖蜜による成虫の誘引トラップが考案された (小山, 1968)。交尾は羽化後 3~4 日目から前夜半に行われ、雌雄とも 2 回以上交尾する (田中, 1973, 1977; Hirai, 1977; 平井・三田, 1983)。幼虫期の栄養条件が悪い場合に交尾の成立に吸蜜が必要な場合がある (宮原, 1978a)。雌の産卵前期間は 25°C で 4~5 日であり (田中, 1973)、その後の 1~2 日が産卵のピークである (Kanda and Oya, 1985)。飛来源と考えられる中国における調査でも、産卵前期間は 24°C で 5.5 日、27°C で 4.5 日と、日本とほぼ同じ値が得られている (Jiang et al., 2000)。産卵は主

*E-mail: jkoyama@ca.wakwak.com

†現在 農業・食品産業技術総合研究機構本部

††Present address: Headquarters, National Agriculture and Food Research Organization (NARO), 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8517, Japan.

2018 年 10 月 3 日受領 (Received 3 October 2018)

2019 年 3 月 19 日登載決定 (Accepted 19 March 2019)

DOI: 10.1303/jjaez.2019.39

に枯れ葉に、生葉の場合は新葉抽出部と前葉の隙間に、数十から200個ほどの卵塊で行われる(奥山・富岡, 1963b; 田中ら, 1971; 田中, 1976b; 神田・内藤, 1982; 神田, 1985, 1987b)。

幼虫は孵化後1齢期に分散して摂食し、通常6齢まで経過して蛹化する。密度が低い場合には幼虫の体色は黄緑～赤褐色であるが、密度が高い場合には黒色になる(巖, 1956)。密度が低い場合には昼は植物の株元に潜んで、夜間に摂食するが、密度が高い場合には昼も夜も摂食する(田中, 1976a, b; 神田, 1988a, b, c)。終齢幼虫は植物の株や浅い土の中で土塊や糞などでつくられた蛹室の中で蛹化する(田中, 1975)。

2. 寄主植物

食草は主にイネ科植物である。かつてはアワ、キビ、ヒエ、ムギ類のようなイネ科畑作物に被害があり、イネでは突発的に被害がみられていたが(名和, 1916; 大森, 1960; 加藤・金井, 1961)、1960年頃から一般的にイネと各種のイネ科牧草で大発生が起こるようになった。イネ科植物が食い尽くされるとダイコン、ナタネ、ジャガイモ(加藤・金井, 1961; 梶野ら, 1988)、アズキ、ソバ、ダイズ、キャベツ(梶野ら, 1988)、ナス、スイカ、ネギ(藪, 2001)などイネ科以外の植物も摂食する。シロナ、イノコズチのようなイネ科以外の食草を与えた場合、終齢期までの日数が長く、蛹体重が減少し、死亡率が増加する(巖, 1959b)。イネについても第5葉が展開する以前の若いイネを与えた場合には死亡率が低い、出穂後のイネでは死亡率が高くなる(奥山ら, 1962)。出穂後のイネや不適な食草を与えた場合には、通常6齢で蛹化するものが7～8齢まで経過して蛹化し、死亡率が高くなる(奥山ら, 1966; 田中ら, 1970)。

3. 有効積算温度

卵、幼虫、蛹の発育臨界温度はそれぞれ8.56, 5.50, 9.64°C、有効積算温度はそれぞれ66.28, 416.72, 163.89日度で、幼虫の発育適温は20～25°Cであり、それ以上でも以下でも発育が劣る(奥山・富岡, 1963a)。長日条件と短日条件で集団飼育した終齢幼虫の過冷却点を調べた結果、長日は-9.5°C、短日は-12.2°Cで有意差がなく、凍結前は生存するが凍結後は死亡する(神田・内藤, 1984; 森本, 1991)。幼虫は短日条件下でも休眠せず、5°C以下では生存できない(神田・内藤, 1984)。日本における越冬可能な地域は1月の平均気温が4°C以上の地域で、これらの地方では主に幼虫で越冬し、春に蛹化、羽化する(田中, 1976b; 平井・三田, 1983)。有効積算温度から計算した年間発生可能回数は北海道、秋田、広島、長崎、鹿児島で、それぞれ2.3, 2.9, 4.1, 4.6, 5.0と推定され、実際の発生回数も、それぞれ2, 3, 4, 4, 5と推定値に近かった(田中, 1976b)。秋田県で大発生が起こる年には、通常6月中

旬～7月上旬と7月下旬～8月中旬に被害が認められるが、1961年には10月下旬～11月上旬に牧草で大発生が観察された(小山・渡辺, 1962)。

4. 生命表解析と天敵

畑苗代イネおよび本田イネにおいて、卵から出発した生命表の解析によると、卵から2齢までの死亡率が極めて高く、畑苗代イネでは82.8%、本田イネでは95～100%に達したことが報告されている(小山, 1966a, 1967)。その原因は、おそらく孵化幼虫が硬い葉に食いつけないためと考えられる。畑苗代イネにおいても4齢以降寄生者や捕食者によって死亡し、成虫まで発育したものは卵数の0.2%であった。この生存率は雌の産卵数が1,000であったと仮定した場合、個体群がようやく維持できるものである(小山, 1966a, 1967)。

これまでに日本で報告された天敵の種類について、第1表にまとめた。牧草地においてアワヨトウの密度抑圧に重要な役割を果たすのは、卵捕食者のアズマオオズアリ *Pheidole fervida* F. Smith と幼虫寄生者のカリヤサムライコマユバチ *Cotesia kariyai* (Watanabe) である(神田, 1997)。アワヨトウ幼虫の糞、嚙み跡、脱皮殻中にはカリヤサムライコマユバチを寄主生息域に留めておく定着因子(カイロモン)があることが認められている(Takabayashi and Takahashi, 1988)。中国では、アワヨトウの天敵としてヒメバチ科およびコマユバチ科を主体とする寄生蜂42種、ヤドリバエ科を主体とする寄生蠅33種が記録されている(Lin, 1990)。また、昆虫寄生性線虫の1種 *Ovomermis sinensis* Chen, Jian & Ren のアワヨトウに対する密度抑制効果が検証されている(Chen et al., 1991)。

5. 相変異

すでに述べたように、アワヨトウの幼虫は低密度のときには体色が淡いが、大発生したときに黒くなることは古くから知られている。このように密度が異なることによって生ずる変異は「相変異」と呼ばれ、幼虫期の飼育密度を変えた幼虫と成虫について、さまざまな形質について比較された(巖, 1956, 1958, 1959a, b, c, 1963, 1964, 1967a, b, 1968; Iwao, 1962, 1963, 1967a, b, c)。第2表はその結果をまとめたものである。この表から、幼虫では高密度型は低密度型よりも運動性が大きく、不適な環境への耐性が強く、移動に適した形質をもつものと考えられている。成虫においても、飛翔筋の発達がよく、翼加重が小さいことから移動に適した形質であると考えられたが、実際の移動との関係は明らかにされなかった。これに対して、低密度型の雌成虫と高密度型の雌成虫の飛翔能力を比較したところ、両者には差がないという結果が得られている(Hill and Hirai, 1986)。

1990年代以降は、日本ではアワヨトウの相変異に関する研究は行われていない。一方、中国では、幼虫期の飼育

第1表 アワヨトウの天敵（2次寄生者は除く）

天敵の種類	学名	和名	態	文献
寄生性	<i>Cotesia ruficus</i> Hal.	イネアオムシサムライコマユバチ	幼虫	小山 (1966a, 1967)
	<i>Cotesia kariyai</i> (Watanabe)	カリヤサムライコマユバチ	幼虫	小山 (1966a, 1967); 平井 (1984); 中松 (2002); 神田 (1997); Takabayashi and Takahashi (1988)
	<i>Meteorus naranyae</i>	ムギダワラコマユバチ	幼虫	小山 (1967)
	<i>Melanichneumon</i> sp.	シロイタヒメバチの1種	幼虫・蛹	小山 (1967)
	<i>Euplectrus</i> sp.	ヒメコバチ科の1種	幼虫	中松 (2002)
	<i>Pteromalis puarum</i> (Linné)	アオムシコバチ	幼虫・蛹	森津・浜崎 (1963)
	<i>Ichneumon intrudens</i> Smith	ツマボシヒメバチ	幼虫・蛹	森津・浜崎 (1963)
	<i>Strumia atropivora</i> Robinean-Desvoidy	イモムシヤドリバエ	幼虫・蛹	森津・浜崎 (1963)
	<i>Carcelia kockiana</i> (Townsend)	ナカジロハリバエ	幼虫・蛹	野田ら (1984)
	<i>Exorista japonica</i> (Townsend)	ブランコヤドリバエ	幼虫・蛹	野田ら (1984)
	<i>Pales pavida</i> (Meigen)	カイコノクロウジバエ	幼虫・蛹	野田ら (1984)
捕食性	<i>Pardosa laura</i> Karsh	ハリゲコモリグモ	幼虫	神田 (1987a, 1997)
	<i>Pheidole fervida</i> Fr. Smith	アズマオオズアリ	卵	神田 (1997)
他	<i>Nomuraea rileyi</i> (Farlow) Samson	緑きょう病菌	幼虫	満井・国見 (1988)
	GVH	アワヨトウ顆粒病ウイルス	幼虫	市川・戸田 (1991)
	PuNPV	アワヨトウ核多角体病ウイルス	幼虫	市川・戸田 (1991)

第2表 幼虫期の生息密度によるアワヨトウの形質の変化 (巖, 1963)

態	事項	低密度型	高密度型
幼虫	4 齢以後の体色	黄緑～赤褐	黒色
	発育速度	遅い	速い
	活動性	不活発	活動的
	機械刺激に対する反応	長い擬死	すみやかな逃避
	走光性	負または無定位	正
	飢餓に対する抵抗力	弱い	強い
	不適食草に対する耐性	弱い	強い
	呼吸量	少ない	多い
	体重 (終齢・蛹)	重い	軽い
	粗脂肪含有量	少ない	多い
	水分含量	多い	少ない
成虫	産卵前期間	短い	やや長い
	産卵数	約 1,500	約 1,500
	寿命	短い	長い
	翼加重	大	小
	飛しょう筋発達程度	わるい	よい
	呼吸量	少ない	多い
	脂肪含量	少ない	多い
	水分含量	多い	少ない

密度が成虫羽化後の飛翔力や増殖率に影響し、幼虫期の密度が中程度のときに成虫の移動性が高まること (Luo et al., 1995), 成虫の繁殖前期間 (羽化してから性フェロモンを初めて分泌するまでの期間) が遺伝的な背景をもっていること (Han and Gatehouse, 1991) などが明らかにされている。さらに、アワヨトウの移動を引き起こす原因として、第一段階として幼虫期の環境要因と遺伝的要因が関与して

いること、その後、第二段階として、成虫が羽化して1日後までに飢餓や低温、長日を経験することによって移動が誘発されることも明らかにされている (Jiang et al., 2011)。

高密度条件で黒化した幼虫の皮膚は緑きょう病菌の感染への抵抗性が高いことが知られている (満井・国見, 1988)。高密度条件で体色が黒化するの、幼虫の脳と食道下神経節から分泌される体色黒化赤化ホルモンの働き

第3表 「病蟲害雑誌」第1巻1号(1914)～第30巻11・12号(1943)に掲載されたアワヨトウ大発生の記事一覧

年	巻	号	発生年	発生県	作物名	発生面積	備考
1914	1	3	1912	青森	水稻	30 ha	
1914	1	3	1913	石川	水稻	30 ha (甚 10 ha)	洪水後
1915	2	11	1915	長野	アワ	285 ha	7 割減
1916	3	3	1915	長野	不明		
1916	3	8	1916	山梨	アワ, 稲, トウモロコシ		
1917	4	10	1917	満州関東州	不明		
1929	16	1	1928	山口	アワ, キビ		
1929	16	10	1929	北海道	水稻	150 ha	
1929	16	10	1929	和歌山	水稻	2 ha	
1929	16	10	1929	北鮮羅南	不明		
1929	16	12	1929	和歌山	水稻	100 ha<	
1930	17	9	1930	徳島	水稻	20 ha<	
1932	19	8	1932	広島	水稻		
1935	22	8	1935	徳島	水稻	20 ha	
1935	22	10	1935	朝鮮威南	アワ, ヒエ, 水稻	135,770 ha	
1939	26	8	1939	青森	水稻		畦畔雑草より移動
1940	27	10	1940	神奈川	アワ	50 ha	
1942	29	8	1942	満州蘭西, 巴彦, ハルピン	イネ科作物		

によるものであることが明らかにされている (Ogura et al., 1971; Ogura and Saito, 1972; Ogura, 1975a, b, 1976; Ogura and Mitsunashi, 1978; 小倉, 1979; Matsumoto et al., 1979; 松本, 1985; 小島ら, 1988; 小島・八木, 1989). しかし, 幼虫の行動の変化についての生理的機作は明らかにされていない.

大発生の記録

アワヨトウ老齢幼虫の発生密度が高く, 作物の全葉がほぼ食害されるような状態の発生を, 以下「大発生」と呼ぶ. 全国各都道府県のアワヨトウ大発生記録は, 1888 年から 1951 年までの 64 年間についてまとめられた (宮下, 1961). このうち水稻でのアワヨトウの大発生は, 1898 年 10 月に愛知県 (名和, 1916), 1915 年出穂期に三重県 (向川, 1918), 1916 年 8 月下旬に岐阜県 (名和, 1916), 1938 年 7 月下旬～8 月に埼玉県 (山崎, 1938) と茨城県 (河田, 1938), 1947 年に東京都 (岡田, 1948) と秋田県 (加藤, 1948) で報告されている. また, 1950 年 5 月下旬に東京都の三宅島で陸稲, トウモロコシなどでの大発生が記録されている (安藤, 1950). そのほか病蟲害雑誌に掲載された記録をまとめると, 第3表のようになる.

従来, アワヨトウの水稻での大発生は洪水による冠水田で起こることが多かったため, 上流の畑作物で発生した幼虫や卵が押し流されたものと解釈されてきた (名和, 1916; 向川, 1918). ところが, 1960 年の 6 月下旬から 7 月中旬にかけて, 東北地方でトウモロコシやイネ科牧草に, また 8 月上旬から下旬に水稻や陸稲に広範囲に, 洪水と関係

なく大発生が起こった (大森, 1960; 渡辺, 1961). また長野県では 1950, 1951, 1960 年の 6～7 月にアワ, ムギ, トウモロコシなどで洪水と関係のない大発生が記録されている (加藤・金井, 1961). 1941～1959 年について全国的な大発生記録を「病害虫発生予察二十周年記念誌」(農林省振興局植物防疫課, 1962) からみると, 1958 年から発生県数が急増している (小山, 1970a). このような大発生の頻発の要因としては, この頃から水稻に窒素肥料が多く施され葉が軟弱になった結果, 幼虫の生存率が高まったこと (小山, 1963, 1964, 1965, 1966b, 1970b) と, この頃から多く造成されるようになった牧草地上で, 播種後や刈り取り後に萌芽した柔らかい葉で幼虫の発育がよいこと (小林, 1971; 小林・奥, 1973, 1974) が挙げられている. そして, 従来の水害跡のイネでの大発生は, 水没した稲の柔らかい葉が幼虫の生存率を高めたものと考えられた (小山, 1970b). しかし, アワヨトウの水田における被害は, せいぜい数 ha の範囲内で局地的に起こり, その周りでは, 仮に稲が多肥条件でも被害が発生しないことから, 成虫が局地的に飛来して産卵したものと推定されている (小山, 1970a).

1960～1968 年について, 発生時期, 被害作物, 発生場所を全国各県農業試験場に依頼して集めたところ, 発生時期は, 北海道・東北・関東では 6～9 月, 中部・近畿では 7～9 月, 中国・四国では 5～10 月, 九州では 5～11 月で, 被害作物はイネよりも畑作物, 牧草が多かった. 大発生地点の分布 (第1図) をみると, 年ごとの大発生地点は地域的にかなり集中している (小山, 1970a).

第4表には, 1969 年から 2017 年までの全国道県別のア

第1図 1960～1968年における全国アワヨトウ大発生地点分布
発生時期は、○：5～7月，●：8～11月．（小山，1970a）

ワヨトウ大発生の報告をまとめた。これによると、1968年以前に比べて大発生の頻度は少なくなり、北海道、東北、北陸および中国地方の日本海側に多い傾向がある。1969、1971、1979、1981、1987年にはかなり広範囲の地域に大発生が起こったが、それ以後、2017年に中国地方を中心に多発生するまで広域的な大発生の報告は少ない。

1987年の山形県庄内地方におけるアワヨトウのイネでの大発生の有無は、カメムシ類防除のための薬剤散布の有無と密接に関係している（佐藤ら，1988）。1990年以降は、2014年の青森県を除いてイネでは大発生がない。この原因について考えられるのは、フィプロニルなどのチョウ目害虫に有効な苗箱施用剤の普及が関係している可能性がある。また、1970年以降をみても、西日本では1983年の島根県での冠水田以外ではイネでの大発生はなく、ほとんどが北日本での発生である。これは西日本ではイネのチョウ目害虫のコブノメイガ *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) などの防除が、北日本に比べて徹底されていたことと関係がある可能性があり、今後検討を要する。

第2図には、宮下（1961）、「病虫害発生予察二十周年記念誌」（農林省振興局植物防疫課，1962）、小山（1970a）お

よび第3表、第4表の記録に基づき1888～2017年の年ごとの大発生県数の推移を示した。これによると、アワヨトウ大発生県数は年によって変動が大きいものの、全体的な傾向としては、1888～1948年は中程度で、最大12県で起こっていたが、1949～1969年では急増し最大31県に達した。しかし、1970年以降は減少し6県以下となっている。

第3図には、同じ資料にもとづき1888～2017年の都道府県別の大発生年数を示した。これによると、大発生年数は都道府県によって変動が大きく、青森県、秋田県が突出して多い一方、群馬県、埼玉県、大阪府、奈良県のように少ない県がある。

長距離移動

1960年代には、中国でアワヨトウ成虫の長距離移動に関する研究が盛んに行われた。中国東部には南から北にかけて5つのアワヨトウの大発生地帯があり、このうち越冬が可能であるのは、北緯36°までの2つの発生地帯で、それより北の3つの発生地帯では、南方の地帯からの成虫の長距離移動によって発生が起こるものと推定されている（Lin et al., 1963; Lin and Chang, 1964; Chen et al., 1965; Li et

第4表 1969～2017年のアワヨトウ幼虫の大発生記録

発生年/月	発生道県	飼料作物・牧草	水稻	文献
1969/8～9	青森, 秋田, 岩手, 宮城, 山形	○		小林 (1971); 小山 (1970b)
1969/9～10	静岡	○		小林ら (1971)
1970/6	長崎	○		永野ら (1971)
1971/6～7	青森		○	藤田ら (1972)
1971/6	長崎	○		永野ら (1972); 永野 (1974)
1971/6～7, 8～9	青森, 岩手, 秋田, 山形, 福島	○		小林・奥 (1973); 奥ら (1982)
1972/6～7	青森, 秋田, 山形	○		小林・奥 (1974); 奥ら (1982)
1973/8	山形		○	藤橋 (1973)
1974/6～7	秋田	○		奥ら (1982)
1976/9	石川	○		富樫ら (1977); 神田ら (1977)
1977/6～7	青森	○	○	奥ら (1982)
1978/6	山形	○		布施ら (1979); 奥ら (1982)
1979/6～7, 8～9	青森, 秋田, 岩手, 山形, 宮城, 福島	○	○	奥ら (1982)
1981/6	福井, 島根, 広島, 山口, 鹿児島	○		平井 (1982)
1983/8	島根		○	野田ら (1984)
1984/7	北海道, 青森, 秋田	○		平井ら (1985)
1987/6～7, 9	北海道	○	○	北村・斎藤 (1988); 斎藤・北村 (1988); 梶野ら (1988); 奥山ら (1988a, b)
1987/6～7, 8～9	山形	○	○	布施・斎藤 (1988); 斎藤・布施 (1988a, b); 佐藤ら (1988)
1987/6～7, 9	青森	○	○	藤村ら (1988)
1987/6～7, 8～9	秋田	○	○	佐藤ら (1988); 木村・児玉 (1988)
1987/7, 8	岩手	○	○	中南ら (1988)
1988/6～7	青森, 秋田	○	○	小山ら (2011)
1990/6～7	秋田	○		小山ら (2011)
1991/6～7	青森	○		小山ら (2011)
1994/6～7	青森	○		小山ら (2011)
1997/6～7	秋田	○		小山ら (2011)
2000/6～7	青森, 秋田, 新潟, 石川	○		小山ら (2011); 薮 (2001)
2001/6～7	青森, 秋田	○		小山ら (2011)
2007/6～7	青森	○		小山ら (2011)
2009/6～7	青森, 秋田	○		小山ら (2011)
2014/8	青森		○	石岡 (2015)
2017/6～7	青森, 鳥取, 島根, 広島, 山口	○		青森県病害虫防除所 (2017); 鳥取県病害虫防除所 (2017); 島根県病害虫防除所 (2017); 広島県西部農業技術指導所 (2017); 山口県病害虫防除所 (2017)

al., 1965). その証拠として, 成虫が突然大量に発生すること (Lin et al., 1963), 渤海湾の海上で大量の成虫が捕獲されたこと (Hsia et al., 1963) や, 南の地帯で標識された成虫が北の地帯で捕獲されたこと (Li et al., 1964) が挙げられている. 秋には北から南への戻りの標識成虫も捕獲されている (Li et al., 1964).

アワヨトウ成虫が風によって運ばれることは, 中国東北部の各地で南西風の日に成虫が突然大量に出現することから推定されている (Lin et al., 1963). 各地における大量出現時の高度別の風向, 風速から, 成虫は低気圧の上昇気流

によって地上 1,000m 以上にも飛び上がり, 季節風に乗って 1,000km 以上も移動し, 寒冷前線の下降気流によって降下して大発生を引き起こすものと考えられている (Lin, 1963; Lin and Hsia, 1963). こうした移動は夜間におこなわれる (Hsia et al., 1963).

その後の研究から, 中国におけるアワヨトウの発生と移動は次のように要約される. 第1世代幼虫は, 北緯 21～27°の地域で1月から早生冬コムギで発育し, 成虫は3～4月に北に移動して, 第2世代幼虫が北緯 30～38°の地域において4～5月に中生冬コムギで発育する. ここから移動

第2図 アワヨトウの大発生都道府県数の年次的推移 (1888～2017年)

宮下 (1961), 農林省振興局植物防疫課 (1962), 小山 (1970a), 第3表および第4表の記録に基づき作図.

第3図 アワヨトウの都道府県別の大発生年数 (1888～2017年)

宮下 (1961), 農林省振興局植物防疫課 (1962), 小山 (1970a), 第3表および第4表の記録に基づき作図.

した成虫は5月末～6月はじめに北緯39～49°の地域で第3世代幼虫を生ずる。以上3つの世代においては、成虫は各地域のコムギの出芽期に産卵し、出穂期に幼虫が成熟する。すなわち、アワヨトウは各地の作物の発育期間を追いかけて移動することになる。8月に第4世代が発育し、9～

10月に第5世代幼虫が北緯21～31°の地域で発育する。しかし、それぞれの地域での密度は低く、これが北から南への戻りの長距離移動によるものかどうかについては完全には証明されていない (Chen et al., 1995)。

成虫の長距離移動はトラップによる捕獲や気象条件によって間接的に推定されてきたが、その後、昆虫レーダによって直接的な観察が試みられている。1985年から1991年にかけて中国の吉林省と遼寧省の3カ所にレーダが設置され、夜間に上空を通過する物体が上空の風向、風速とともに監視されている。この物体は100～200m上空にあげた凧にとりつけた網によって、アワヨトウ成虫を含むことが確かめられている。このレーダ調査の結果、成虫は高度200～1,000mを10～15m/s以上の強い南西風の風下に向かって移動していることが明らかにされている。この移動速度は成虫自身の飛翔力ではなく、風によるものである (Chen et al., 1989, 1995)。中国の渤海付近においては、レーダ調査とサーチライトトラップ (可視光の明るい光源を鉛直上方に放射して虫を誘引するトラップ) によって、アワヨトウの秋季の南西方向への戻りの移動があることが確認されている (Feng et al., 2008)。

アワヨトウが越冬できない北海道、東北地方において6月から大発生が起これ、また春に大発生がない年でも7～8月に大発生が起これることから、これらの大発生は中国から長距離飛来した成虫の産卵に由来することが推定されている (Oku and Kobayashi, 1974; 奥・小山, 1976)。

1960, 1969, 1971, 1972年の大発生の時期から有効積算温

度によって成虫の飛来時期を逆算し、その前後の気象条件を調べた結果、これらの大発生は中国の発生地域からの低気圧の移動に伴う南西風によって運ばれた成虫の産卵に由来するものと推測されている (Oku and Kobayashi, 1974; 奥・小山, 1976; 奥ら, 1976; 奥・小林, 1977; 奥, 1983, 1984). また、北海道、東北地方では主に日本海側で大発生が起こることと、奥羽山脈の標高の低い所から太平洋側へ成虫が侵入したと考えられることも、中国からの飛来の根拠となっている (奥・小山, 1976; 奥ら, 1979). 以上の結果から、北海道、東北地方の5~6月の大発生は中国華中から、7~8月の大発生は中国東北部からの飛来成虫によるものと推定されている (奥, 1984). 各地のアワヨトウの大発生についても、同様の気象分析が行われ、いずれも中国からの長距離飛来によるものであることが推定されている (神田ら, 1977; 奥山・奥, 1978; 宮原, 1987; 大内, 1987; 木村・児玉, 1988; 平井, 1988a, 1990b; 山本ら, 1993; Hirai, 1995).

韓国では1987~1991年に全国151地点において白熱灯あるいはブラックライトトラップによって成虫を誘殺したところ、1987, 1990, 1991年の5月下旬から6月中旬に北緯36°30'~38°の地域で多くの成虫が誘殺され、牧草、イネ、トウモロコシに大きい被害が確認されている。気象解析の結果、中国東部からの成虫の長距離飛来によるものと推定されている (Lee and Uhm, 1995).

気象観測船によって、南方定点 (北緯29°東経135°) において8~10月にアワヨトウ成虫が採集されたが、その数は少なかった (鶴岡, 1969; 朝比奈・鶴岡, 1969, 1970). 東シナ海定点 (北緯31°東経126°) では6~7月に頻繁にアワヨトウ成虫が採集され、これは中国中東部からの飛来と推定されている (吉松, 1991, 1992, 2010; 吉松・中村, 1992).

アワヨトウの移動については、日本国内においてマイグレーション・トラップによる調査事例がある。このトラップは横幅4.5m、高さ2.4mの網を地上に垂直に立て、ここを通過しようとする飛翔昆虫を捕獲するものである。1器のトラップによって相対する2方向の昆虫を別々に捕獲できるので、2器を東西、南北方向にそれぞれ設置すれば4方向の飛翔昆虫が捕獲できる。このトラップによって、9~11月に主として南西方向に飛翔する成虫が捕獲された (行徳ら, 1987). また、1943年5月に中国吉林省において、夕方から夜にかけて多数の成虫が地上約50cmの高さを3km以上にわたって集団で行列をなして移動したことが観察されている。この成虫の雌の卵巣は発達せず、糖蜜を与えても交尾、産卵はせずに死亡したことが観察されている (荻谷, 1984). これらの移動行動は自力飛翔と考えられ、上空を気流に乗って移動する長距離移動とは異なる性質のものと考えられる。

被害と防除

1. 被害の実態

アワヨトウの大発生は突然起こるため、発見されたときはすでに幼虫が老齢となり被害末期となっていることが多い。牧草地において終齢幼虫が150~160頭/m²いれば、葉が食い尽くされ、天敵がほとんどいない場合には卵が300~400個/m²でこの密度に達する。雌の産卵数を1,300個と仮定すると、雌1頭の産卵によって3~4m²の牧草が食い尽くされる (神田・内藤, 1978). イタリアンライグラスでは幼虫密度が130頭/m²、ソルゴーでは65頭/m²で約30%の被害となる (田中・脇門, 1974). イネでは生育のよい葉色の濃い穂数の多いイネほど被害が大きく収量も米の品質も低下する (斎藤・布施, 1988a, b; 佐藤, 1988). 激甚被害地では穂の落下による減収もみられる (石岡, 2015). 山口県ではアワヨトウが毎年発生するが、イネへの加害は第2世代による早植イネ、第3世代は慣行栽培イネであり、株当り幼虫2~3頭の場合には防除の必要がなく4~5頭以上の場合に防除を必要とする (児玉ら, 1963).

2. 発生予察

殺虫剤による防除では、若齢幼虫への効果は高いが老齢幼虫に対して効果が劣るため、発生予察が重要である (長谷川・渡辺, 1959; 石岡ら, 2002).

発生予察のための成虫の誘引には、糖蜜トラップ (小山, 1968), 誘蛾灯 (白熱灯, 水銀灯, ブラックライト) (宮原, 1978b; 平井・三田, 1983) が用いられた。雌が分泌し、雄を誘引する性フェロモンの成分が(Z)-11-hexadecenyl acetate と (Z)-11-hexadecenol の8:1の混合物であることがわかり (高橋ら, 1979), 合成されたこれらの成分の9:1あるいは4:1の混合物1mgをゴムキャップに浸みこませたものを入れた合成性フェロモントラップが用いられた (Sato et al., 1980; 法橋ら, 1983; 菊池ら, 1984). これらのトラップのうちでは糖蜜トラップが最も有効である。また、雌が枯れ葉の隙間に産卵する習性を利用して、圃場内にソルゴーの枯れ葉を設置して産卵数を数える「枯れ葉トラップ」も考案されている (田中ら, 1971).

これらのトラップにおいて成虫の誘殺数や産卵数が多い場合には、付近の圃場をよく見回って、幼虫を若齢のうちに発見できれば効果的な薬剤防除が可能である (山本ら, 1993). しかし、成虫の飛来は一般に局地的に起こるため、限られた数のトラップによって対象地域をカバーすることは難しい。1987~2009年に青森県内4地点、秋田県内5地点に設置された糖蜜トラップへの誘殺数と、両県内での大発生の頻度に相関があることから、多くのトラップを設置し、その誘殺数を総合的にみることによって大発生を予知することが可能である (小山ら, 2011).

成虫の飛来源である中国山東省のコムギ栽培地域では、

コムギの増収のために密植、多肥、灌水が導入されたことが幼虫の生存率を高め、これにより大発生が生じたものとされている(楊・平井, 1987)。また、成虫の越冬地の中国華南の1月の平均気温が2°C以上で、乾燥した年には大発生が起こりやすい。したがって、このような年には4月中旬から6月中旬に中国華中から東進する低気圧の中心が日本海側にあり、太平洋に高気圧があって強い南西風があり、日平均気温が20°C以上の日が続くときは成虫が飛来して大発生が起こりやすいので注意が必要である(Hirai, 1988; 平井, 1988b, 1990a, b)。

3. 防 除

殺虫剤による防除については、1950年代の調査ではディルドリン粉剤、ジクロロジフェニルトリクロロエタン(DDT)粉剤、アルドリン粉剤の効果が強く、メチルパラチオン粉剤、ベンゼンヘキサクロリド(BHC)粉剤の効果は劣った(友永ら, 1956)。また、フェントロチオン(MEP)およびトリクロロホン(DEP)の原体あるいは乳剤の微量散布は効果が強く、省力的で薬剤費も粉剤の半分であった(岡田・岡本, 1968)。1980年代後半に使用されている粉剤で効果の高いものは、フェントエート(PAP)、MEP、MEP・フェノブカルブ(BPMC)、エトフェンプロックス、DEP、フェンチオン(MPP)、ピリダフェンチオン・メトルカルブ(MTMC)、クロルピリホス・メチル・BPMC、ペンスルタップ・BPMCであり、ホスメット(PMP)、カルタップ、カルタップ・BPMC、ププロフェジン・BPMC、ジメチルピリホス・BPMCは効果が劣った(木村・藤村, 1988)。日本においては1990年代以降、アワヨトウの薬剤感受性に関する報告はみられないが、稲体散布法による老齢幼虫の薬剤感受性はDEP粉剤が高く、MEP粉剤とシラルフォン粉剤がやや高く、エトフェンプロックス粉剤とフィプロニル粒剤が低かった。牧草地での効果試験ではDEP乳剤とMEP乳剤とも効果が高いとの報告がある(石岡ら, 2002)。

中国においては、1990年代半ばにはデルタメスリン、フェンバレートに対する感受性が低下したこと(Yang et al., 1995)、2016年の調査ではエマメクチンベンゾエート、クロラントラニリプロール、 β -シベルメトリンに対する感受性は高く、クロルピリホス、ラムダ-シハロスリンに対する感受性が低下しているとの報告がある(Zhao et al., 2017)。

殺虫剤以外の防除法としては、トムロコシ畑においてアワヨトウがトムロコシには産卵せず、イネ科雑草の枯れ葉に産卵し、幼虫が老齢化してからトムロコシに移動することから、圃場内の雑草をよく除去することによって産卵を免れることができるという耕種的防除法が提案されている(神田, 1985, 1997)。

お わ り に

アワヨトウ幼虫が突発的に局地的に大発生する原因については長い間謎であったが、1960年代以降の研究によって、日本では中国から長距離飛来した成虫の産卵によって大発生が起こることがほぼ確実にになった。発生予察のために成虫の飛来を糖蜜誘殺などによって把握することはできるが、局地的にまれに起こる飛来のために、労力のかかる糖蜜誘殺を続けることには難しさがある。新型のライトトラップや昆虫レーダなど、より簡便な調査方法の研究が望まれる。

大発生が起こった都道府県数は年によって不規則に変動してきたが、1890~1950年代の平均的レベルはほぼ一定で、1960年代に急増し、1970年代以降は減少の傾向にある(第2図)。1960年代の急増は日本国内でのイネ科作物、牧草の栽培条件が幼虫の発育に好適になったことによるものと考えられたが、その後1970年代以降にアワヨトウの発生が減少した原因が日本国内では考えられない。

中国におけるアワヨトウの1950~2013年の発生面積の推移をみると、コムギでは1950年から1977年まで増加傾向にあったが、その後減少傾向にあり、かわりに1990年頃からトムロコシでの発生面積が増加している(Jiang et al., 2014)。日本に飛来するアワヨトウの発生源がコムギの栽培地であるとすれば、この減少が日本におけるアワヨトウ大発生の減少と関連している可能性があり、今後の検討が望まれる。

日本国内では中国大陆と同様に高密度化に伴って成虫の移動が起こるのか否かについて十分に解明されていない。本論文では中国の研究については一部を引用するとどめたが、中国においてはアワヨトウ個体群の増殖や移動についての研究が現在も進められている。これらの情報は、日本におけるアワヨトウ大発生の予測にとって参考になるものと考えられる。

引 用 文 献

- 安藤圭一(1950) 三宅島に於けるアワヨトウの異常発生について。応用昆虫 6: 132. [Ando, K. (1950) On the outbreak of armyworm in Miyake island. *Oyo-Kontyu* 6: 132.]
- 青森県病害虫防除所(2017) アワヨトウ幼虫の発生状況。平成29年畑作・野菜病害虫防除指導情報 第10号。青森県病害虫防除所, 青森。3pp. [Aomori Prefectural Pest Control Office (2017) "Occurrence of armyworms in Aomori Prefecture." *Guiding Information on Pest Control for Upland Farming and Vegetable Crop 2017*. Vol. 10. Aomori Prefectural Pest Control Office, Aomori. 3pp.]
- 朝比奈正二郎・鶴岡保明(1969) 南方定点観測船に飛来した昆虫類。第3報。昆虫 37: 290-304. [Asahina, S. and Y. Turuoka (1969) Records of the insects visited a weather-ship located at the Ocean Weather Station "Tango" on the Pacific, III. *Kontyu*

- 37: 290–304.]
- 朝比奈正二郎・鶴岡保明 (1970) 南方定点観測船に飛来した昆虫類. 第5報. 1968年度の飛来昆虫類. 昆虫 38: 318–330. [Asahina, S. and Y. Tsuruoka (1970) Records of the insects visited a weather-ship located at the Ocean Weather Station “Tango” on the Pacific, V. Insects captured during 1968. *Kontyu* 38: 318–330.]
- Chen, R. L., C. S. Leo, T. Y. Liu, M. C. Li and N. Y. Sien (1965) Studies on the source of the early spring generation of the armyworm, *Leucania separata* Walker in the Kirin Province. II. Studies on the original ground of the immigrant moths. *Acta Phytophyl. Sinica* 4: 49–58.
- Chen, R. L., X. Z. Bao, V. A. Drake, R. A. Farrow, S. Y. Wang, Y. J. Sun and B. P. Zhai (1989) Radar observations of the spring migration into northeastern China of the oriental armyworm moth, *Mythimna separata*, and other insects. *Ecol. Entomol.* 14: 149–162.
- Chen, G., H. Jian and H. F. Ren (1991) A 15-year study on the natural control of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Ovomeris sinensis* (Nematoda: Mermithidae). *Chinese J. Biol. Cont.* 7: 145–150.
- Chen, R. L., Y. J. Sun, S. Y. Wang, B. P. Zhai and X. Z. Bao (1995) Migration of the oriental armyworm *Mythimna separata* in East Asia in relation to weather and climate. I. Northeastern China. In *Insect Migration: Tracking Resources through Space and Time* (V. A. Drake and A. G. Gatehouse, eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 93–104.
- Feng, H. Q., X. C. Zhao, X. F. Wu, B. Wu, K. M. Wu, D. F. Cheng and Y. Y. Guo (2008) Autumn migration of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai sea in northern China. *Environ. Entomol.* 37: 774–781.
- 藤橋嘉一郎 (1973) アワヨトウ大発生仕末記. 農薬研究 75: 32–35. [Fujihashi, K. (1973) “Outcome of an outbreak of armyworms.” *Noyaku Kenkyu* 75: 32–35.]
- 藤村建彦・荒谷悦務・市田忠夫・木村利幸 (1988) 1987年に多発したアワヨトウの発生実態. 第1報. 成虫の誘殺消長及び誘殺成虫の卵巣発育, 交尾状況. 北日本病虫研報 39: 23–28. [Fujimura, T., E. Araya, T. Ichita and T. Kimura (1988) Ecological aspects of the army worm, *Pseudaletia separata* Walker, immigrated into Aomori in 1987. I. Seasonal trap catches of adults, with reference to ovarian development and proportion of mated females. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 23–28.]
- 藤田謙三・土岐昭男・藤村建彦 (1972) 休耕田におけるアワヨトウの発生実態について. 北日本病虫研報 23: 135. [Fujita, K., A. Doki and K. Fujimura (1972) “On the occurrence of armyworms in fallow paddy fields.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 23: 135.]
- 布施 寛・斎藤 隆 (1988) 1987年, 山形県庄内地方に異常多発したアワヨトウ. 1. 多発生の要因. 北日本病虫研報 39: 44–48. [Fuse, H. and T. Saito (1988) Outbreak of the oriental armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, in the Shonai Province, Yamagata Prefecture, 1987. I. Factors causing the outbreak. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 44–48.]
- 布施 寛・石黒清秀・佐藤政太郎・菅原一郎・斎藤敏一 (1979) 昭和53年に山形県庄内地方で特異的に多発した害虫について. 北日本病虫研報 30: 101. [Fuse, H., K. Ishiguro, M. Sato, I. Sugawara and K. Saito (1979) “On the insect pests peculiarly occurred in Shonai Province, Yamagata Prefecture, 1978.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 30: 101.]
- 行徳政比古・伊藤國彦・中筋房夫 (1987) マイグレーション・トラップを用いた鱗翅目昆虫の移動調査. 応動昆 31: 350–358. [Gyotoku, M., K. Ito and F. Nakasuji (1987) Monitoring of lepidopterous insect migrations using the migration trap. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 350–358.]
- Han, E. N. and A. G. Gatehouse (1991) Genetics of precalling period in the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), and implications for migration. *Evolution* 45: 1502–1510.
- 長谷川勉・渡辺忻悦 (1959) 昭和32年秋田県におけるアワヨトウの異常発生と防除について. 北日本病虫研報 9: 73–74. [Hasegawa, T. and K. Watanabe (1950) “Outbreak and control of armyworms in Akita Prefecture in 1957.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 9: 73–74.]
- Hill, M. G. and K. Hirai (1986) Adult responses to larval rearing density in *Mythimna separata* and *Mythimna pallens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 21: 191–202.
- Hirai, K. (1977) Observations on the function of male scent brushes and mating behavior in *Leucania separata* W. and *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera, Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 12: 347–351.
- 平井一男 (1982) 西日本各地におけるアワヨトウの大発生: 1981年6月世代の異常発生とその原因. 近畿中国農研 64: 66–68. [Hirai, K. (1982) Outbreaks of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, in and around West Japan in early summer of 1981, with the analyses of weather maps involved in the moth’s displacement. *Kinki Chugoku Agric. Res.* 64: 66–68.]
- Hirai, K. (1984) Migration of *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae): Considerations of factors affecting time of taking-off and flight period. *Appl. Entomol. Zool.* 19: 422–429.
- 平井一男 (1984) アワヨトウの寄生蜂カリヤサムライコマユバチの寄生状況. 北日本病虫研報 35: 154–156. [Hirai, K. (1984) Notes on *Apanteles kariyai* Watanabe (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 35: 154–156.]
- 平井一男 (1988a) 1987年6月に東北地方へ侵入したアワヨトウの飛来経路と飛来源. 北日本病虫研報 39: 52–57. [Hirai, K. (1988a) Possible source and route of migration of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, invaded to Tohoku district in June of 1987. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 52–57.]
- 平井一男 (1988b) アワヨトウの突発的多発生の予知法: 飛来成虫のモニタリング. 東北農業研究 41: 193–194. [Hirai, K. (1988) A method for forecasting outbreaks of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae), with special reference to monitoring immigrant adults. *Tohoku Agric. Res.* 41: 193–194.]
- Hirai, K. (1988) Sudden outbreaks of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker and its monitoring systems in Japan. *JARQ* 22: 166–174.
- 平井一男 (1990a) アワヨトウの多発と越冬期の気象との関

- 係. 応動昆 34: 189-198. [Hirai, K. (1990a) Relationship of weather in overwintering areas to outbreaks of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 34: 189-198.]
- 平井一男 (1990b) 長距離移動性害虫の移動・発生予測法. 農業技術 45: 97-102. [Hirai, K. (1990b) Forecasting methods for the mass-invasion and outbreaks of long-distance migratory pests. *J. Agric. Sci.* 45: 97-102.]
- Hirai, K. (1991) Ascending flights for migration of the oriental armyworm, *Pseudaletia separata*. *Entomol. exp. appl.* 58: 31-36.
- Hirai, K. (1995) Migration of the oriental armyworm *Mythimna separata* in East Asia in relation to weather and climate. III. Japan. In *Insect Migration: Tracking Resources through Space and Time* (V. A. Drake and A. G. Gatehouse, eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 117-129.
- 平井一男・三田久男 (1983) アワヨトウとクサシロヨトウの個生生態学的研究. 中国農試報 E21: 55-101. [Hirai, K. and H. Santa (1983) Comparative physio-ecological studies on the armyworms, *Pseudaletia separata* Walker and *Leucania loreyi* Duponchel. (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Chugoku Agric. Exp. Stn. Ser. E* 21: 55-101.]
- 平井一男・宮原義雄・佐藤正彦・藤村建彦・吉田 惇 (1985) 北日本における 1984 年 7 月世代のアワヨトウ多発生の解析. 応動昆 29: 250-253. [Hirai, K., Y. Miyahara, M. Sato, T. Fujimura and A. Yoshida (1985) Outbreaks of the armyworm *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) in Northern Japan in the mid-July of 1984, with analysis of weather maps involved in the moths' displacement. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 29: 250-253.]
- 広島県西部農業技術指導所 (2017) 水稲, 飼料作物, とうもろこし, アワヨトウの発生に注意. 平成 29 年度広島県病害虫発生予察情報. 技術情報 第 1 号. 広島県西部農業技術指導所, 東広島. 2pp. [Hiroshima Prefectural Western Agricultural Technology Guidance Office (2017) "Warning of Occurrence of Armyworms on Rice, Forage Crops and Maize. Information of Pest Forecasting in Hiroshima Prefecture." *Technical Information*. No. 1. Hiroshima Prefectural Western Agricultural Technology Guidance Office, Higashihiroshima. 2pp.]
- 法橋信彦・坂本守章・佐藤安夫・高橋正三 (1983) サトウキビ畑に設置したアワヨトウの合成性フェロモントラップによるヨトウガ類の誘引予備試験. 沖縄農試研報 8: 19-22. [Hokyo, N., M. Sakamoto, Y. Sato and S. Takahashi (1983) Preliminary trapping experiments of noctuid moths by using the synthetic sex pheromone of the army worm, *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Okinawa Agric. Exp. Stn.* 8: 19-22.]
- Hsia, T. S., S. M. Tsai and H. S. Ten (1963) Studies of the regularity of outbreak of the oriental armyworm, *Leucania separata* Walker. II. Observations on migratory activity of the moths across the Chili gulf and Yellow Sea of China. *Acta Entomol. Sinica* 12: 552-564.
- 市川 健・戸田幹彦 (1991) アワヨトウ顆粒病ウイルスの DNA 解析と感染増進効果. 静岡農試研報 36: 97-104. [Ichikawa, T. and M. Toda (1991) Restriction fragment pattern and synergistic activity of *Pseudaletia unipuncta* Granulosis virus Hawaii strain. *Bull. Shizuoka Agr. Exp. Stn.* 36: 97-104.]
- 石岡将樹 (2015) 青森県におけるアワヨトウによる水稲減収事例. 東北農業研究 68: 51-52. [Ishioka, M. (2015) A case of severe decrease in yield of rice injured by armyworm, *Mythimna separata* in Aomori Prefecture. *Tohoku Agric. Res.* 68: 51-52.]
- 石岡将樹・木村利幸・福土優子・市田忠夫・松田正利 (2002) 2001 年の青森県におけるアワヨトウの多発生と薬剤感受性. 北日本病虫研報 53: 178-182. [Ishioka, M., T. Kimura, Y. Fukushima, T. Ichita and M. Matsuda (2002) Outbreak of the armyworm, *Mythimna separata*, in Aomori in 2001 and its insecticide susceptibility. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 53: 178-182.]
- 巖 俊一 (1956) アワヨトウの相変異. 第 1 報. 個体群生態学の研究 3: 60-78. [Iwao, S. (1956) Phase variation in the true armyworm, *Leucania unipuncta* Haworth. (1). *Res. Popul. Ecol.* 3: 60-78.]
- 巖 俊一 (1958) アワヨトウの相変異. II. 相による成長過程のちがい. 応動昆 2: 237-243. [Iwao, S. (1958) Phase variation in the armyworm, *Leucania unipuncta* Haworth. II. Effect of population density on the larval growth pattern. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 2: 237-243.]
- 巖 俊一 (1959a) アワヨトウの相変異. 3. アワヨトウ幼虫の体色及び発育に対する棲息密度の働き方. 生理生態 8: 107-116. [Iwao, S. (1959a) Phase variation in the armyworm, *Leucania unipuncta*. III. Some analyses on the effect of population density on larval coloration and growth in the armyworm, *Leucania unipuncta* Haworth. *Physiol. Ecol. Japan* 8: 107-116.]
- 巖 俊一 (1959b) アワヨトウの相変異. IV. 不適な食草に対する幼虫の耐性は相によって違うか. 応動昆 3: 164-171. [Iwao, S. (1959b) Phase variation in the armyworm, *Leucania unipuncta* Haworth. IV. Phase difference in the range of food tolerance of the final instar larvae. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 3: 164-171.]
- 巖 俊一 (1959c) アワヨトウ及びその近縁種における密度依存の変異性の比較. 日生態会誌 9: 32-38. [Iwao, S. (1959c) Comparisons of the manifestation of density-dependent variabilities in *Leucania unipuncta* Haworth, *L. loreyi* Duponchel and *L. placida* Butler (Lepidoptera: Noctuidae). *Jpn. J. Ecol.* 9: 32-38.]
- Iwao, S. (1962) Studies on the phase variation and related phenomena in some lepidopterous insects. *Mem. Coll. Agric. Kyoto Univ.* 84: 1-80.
- Iwao, S. (1963) Some behavioural changes associated with phase variation in the armyworm, *Leucania separata* Walker. I. Reaction of larvae to mechanical stimuli. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 7: 125-131.
- 巖 俊一 (1963) 害虫個体数の変動と関連した個体形質の変異: 発生予察に対する 1 つのアプローチ. 応動昆 7: 273-274. [Iwao, S. (1963) "Variation of individual characteristics of pest insects associated with changes in their population size—An approach to forecasting occurrence." *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 7: 273-274.]
- 巖 俊一 (1964) 異常気象と病害虫: アワヨトウ. 植物防疫 18: 241-244. [Iwao, S. (1964) "Abnormal weather and insect pests: Armyworms." *Plant Prot.* 18: 241-244.]
- Iwao, S. (1967a) Differences in light reactions of larvae of the army-

- worm, *Leucania separata* Walker, in relation to their phase status. *Nature* 213: 941-942.
- Iwao, S. (1967b) Insect population quality and meteorological conditions. *Int. J. Biometeor.* 11: 33-37.
- Iwao, S. (1967c) Resistance to starvation of pale and black larvae of the armyworm, *Leucania separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Botyu-Kagaku* 32: 44-46.
- 巖 俊一 (1967a) 生息密度に依存した昆虫の多型: 定住型と移住型の分化. 植物防疫 21: 225-227. [Iwao, S. (1967a) "Polymorphism in insects associated with population density: Differentiation into resident and migrant types." *Plant Prot.* 21: 225-227.]
- 巖 俊一 (1967b) バッタ・ヨトウガ類の相変異. 植物防疫 21: 228-237. [Iwao, S. (1967b) "Phase variation of locusts and armyworms." *Plant Prot.* 21: 228-237.]
- 巖 俊一 (1968) 昆虫個体数の変動における生理的・行動的要因の役割: 相変異とも関連して. 個体群生態学会会報 14: 15-21. [Iwao, S. (1968) "Roles of physiological and behavioral factors in the fluctuation of insect populations: Assessment of phase variation." *Bull. Soc. Popul. Ecol.* 14: 15-21.]
- Jiang, X. F., L. Z. Luo and Y. Hu (2000) Influences of rearing temperature on flight and reproductive capacity of adult oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker). *Acta Entomol. Sinica* 20: 288-292.
- Jiang, X. F., L. Z. Luo, L. Zhang, T. W. Sappington and Y. Hu (2011) Regulation of migration in *Mythimna separata* (Walker) in China: A review integrating environmental, physiological, hormonal, genetic, and molecular factors. *Environ. Entomol.* 40: 516-533.
- Jiang, Y. Y., C. G. Li, J. Zeng and J. Liu (2014) Population dynamics of the armyworm in China: A review of the past 60 years' research. *Chinese J. Appl. Entomol.* 51: 890-898.
- 神田健一 (1985) アワヨトウの産卵習性とそれを利用した耕種的防除法. 植物防疫 39: 244-247. [Kanda, K. (1985) The oviposition habit of the armyworm, *Mythimna separata* Walker, and a cultural control method based on it. *Plant Prot.* 39: 244-247.]
- 神田健一 (1987a) 牧草への施肥がアワヨトウの生存とクモの捕食に及ぼす影響. 応動昆 31: 220-225. [Kanda, K. (1987a) Effect of fertilization of pasture on larval survival and development of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, and on its predation by the wolfspider, *Pardosa laura* Karsh. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 220-225.]
- 神田健一 (1987b) アワヨトウの牧草への産卵. 応動昆 31: 279-284. [Kanda, K. (1987a) Oviposition site and egg mortality of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, on orchardgrass. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 279-284.]
- 神田健一 (1987c) アワヨトウ成虫の吸蜜活動. 応動昆 31: 297-304. [Kanda, K. (1987c) Feeding activity of adults of the oriental armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 297-304.]
- 神田健一 (1988a) アワヨトウ卵のふ化およびふ化幼虫の分散時刻. 応動昆 32: 85-87. [Kanda, K. (1988a) Hatching time of eggs and dispersal time of resultant hatchling of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 32: 85-87.]
- 神田健一 (1988b) 牧草におけるアワヨトウ幼虫の生息部位. 応動昆 32: 266-271. [Kanda, K. (1988b) Location of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, on pasture grasses. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 32: 266-271.]
- 神田健一 (1988c) アワヨトウ幼虫の温度反応. 応動昆 32: 327-329. [Kanda, K. (1988c) Temperature responses of larvae of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 32: 327-329.]
- 神田健一 (1997) 飼料作物におけるアワヨトウの多発要因の解析と耕種的防除技術の開発. 草地試研報 55: 9-76. [Kanda, K. (1997) Studies on the factors causing the outbreak of the oriental armyworm, *Pseudaletia separata* (Walker), in forage crops, and its cultural control based on ecological characteristics. *Bull. Natl. Grassl. Res. Inst.* 55: 9-76.]
- 神田健一・内藤 篤 (1978) 牧草を食いつくすアワヨトウの幼虫密度. 応動昆 22: 205-207. [Kanda, K. and A. Naito (1978) Larval density of the oriental armyworm, *Leucania separata* Walker, causing the complete destruction of pasture grasses. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 22: 205-207.]
- 神田健一・内藤 篤 (1979) アワヨトウ成虫の羽化から産卵までの行動. 応動昆 23: 69-77. [Kanda, K. and A. Naito (1979) Behavior of oriental armyworm moth, *Leucania separata* Walker, from emergence to oviposition. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 23: 69-77.]
- 神田健一・内藤 篤 (1982) アワヨトウの産卵習性とトウモロコシ畑における耕種的防除への応用. 草地試研報 23: 31-41. [Kanda, K. and A. Naito (1982) Oviposition habits of armyworm (*Pseudaletia separata* Walker) and its application to cultural control in cornfield. *Bull. Natl. Grassl. Res. Inst.* 23: 31-41.]
- 神田健一・内藤 篤 (1984) アワヨトウの耐寒性と越冬. 草地試研報 27: 25-36. [Kanda, K. and A. Naito (1984) Cold-hardiness and overwintering of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Bull. Natl. Grassl. Res. Inst.* 27: 25-36.]
- Kanda, K. and S. Oya (1985) Effects of temperature on mating and oviposition of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Bull. Natl. Grassl. Res. Inst.* 30: 27-33.
- 神田健一・牧 俊郎・染谷憲秀 (1977) 石川県の草地に起ったアワヨトウの異常発生とその要因について. 日草誌 23: 166-168. [Kanda, K., T. Maki and K. Sometani (1977) Outbreak of armyworm, *Leucania separata* Walker, on grassland in Ishikawa Prefecture and factors which influenced it. *Jpn. J. Grassland Sci.* 23: 166-168.]
- 苅谷正次郎 (1984) アワヨトウ成虫の行列移動の観察. 植物防疫 38: 333-334. [Kariya, S. (1984) Observation on a processional migration of the armyworm moth. *Plant Prot.* 38: 333-334.]
- 加藤陸奥雄 (1948) "神蟲" 一つの思いあわせ. 新昆虫 1: 317. [Kato, M. (1948) "An assessment of the outbreak of armyworms." *Shin-Konchu* 1: 317.]
- 加藤米司・金井勝雄 (1961) 長野県佐久平に異常大発生したアワヨトウについて. 関東病虫研報 8: 50. [Kato, Y. and K. Kanai (1961) "On the outbreak of armyworms in Sakudaira, Nagano Prefecture." *Proc. Kanto Pl. Prot. Soc.* 8: 50.]
- 河田 党 (1938) 粟夜盗蟲発生加害状況並に大豆姫金龜子防

- 除試験観察記. 応用昆虫 1: 134-135. [Kawada, A. (1938) "Observation of armyworm damage and test of soybean beetles as control." *Oyo-Kontyu* 1: 134-135.]
- 梶野洋一・奥山七郎・佐藤 謙・春木 保・秋山安義・橋本庸三・鳥倉英徳 (1988) 1987 年のアワヨトウ異常発生と被害及び防除. 北農 55 (7): 1-49. [Kazino, Y., S. Okuyama, K. Sato, T. Haruki, Y. Akiyama, Y. Hashimoto and H. Torikura (1988) Outbreak of the oriental armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, in 1987, and their damage and control in Hokkaido. *Hokuno* 55 (7): 1-49.]
- 菊池秀夫・吉崎光一・坂本 晃・広田千秋・村田憲昭 (1984) 合成性フェロモントラップによるアワヨトウの捕獲消長について (予報). 東北農業研究 35: 183-184. [Kikuchi, H., K. Yoshizaki, A. Sakamoto, C. Hirota and N. Murata (1984) Seasonal prevalence of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker by the synthetic sex pheromone traps (Preliminary report). *Tohoku Agric. Res.* 35: 183-184.]
- 木村清幸・児玉浩一 (1988) 1987 年秋田県北部におけるアワヨトウの発生消長と水稻での被害. 北日本病虫研報 39: 35-40. [Kimura, S. and K. Kodama (1988) Seasonal abundance of the *Pseudaletia separata* Walker in northern district of Akita Prefecture in 1987 and the damage in rice plant. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 35-40.]
- 木村利幸・藤村建彦 (1988) アワヨトウ幼虫に対する水稻害虫防除用粉剤の効力について. 北日本病虫研報 39: 29-31. [Kimura, T. and T. Fujimura (1988) Effect of dusts applying to rice, on larvae of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 29-31.]
- 北村實彬・齊藤 修 (1988) 1987 年北海道におけるアワヨトウの異常発生. 1. 飛来時期の推定. 北日本病虫研報 39: 18-19. [Kitamura, C. and O. Saito (1988) Outbreaks of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker at Hokkaido in 1987. 1. Meteorological analysis of the migration. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 18-19.]
- 小林 尚 (1971) 牧草地における主要害虫の発生生態ならびに防除に関する研究. 第 2 報. 東北地方の牧草地および畑地における 1969 年のアワヨトウ, タマナヤガその他の牧草害虫の大発生の特徴. 東北農試研速報 42: 35-51. [Kobayashi, T. (1971) Studies on the ecology and control of insects in grasslands. II. Some features of outbreaks of the oriental army worm, the black cutworm, and other insect pests on forage and field crops in Tohoku district during 1969. *Bull. Tohoku Natl. Agric. Expt. Stn.* 42: 35-51.]
- 小林 尚・奥 俊夫 (1973) 牧草地における主要害虫の発生生態ならびに防除に関する研究. 第 4 報. 東北地方の牧草地における 1971 年のアワヨトウ, タマナヤガその他の牧草害虫の大発生の特徴. 東北農試研速報 14: 1-10. [Kobayashi, T. and T. Oku (1973) "Studies on the ecology and control of major insect pests in grasslands. IV. Characteristics of the outbreaks of armyworms, black cutworms, and other insect pests on forage and field crops in the Tohoku region during 1971." *Prt. Rep. Tohoku Natl. Agric. Expt. Stn.* 14: 1-10.]
- 小林 尚・奥 俊夫 (1974) 牧草地における主要害虫の発生生態ならびに防除に関する研究. 第 6 報. 東北地方の牧草地および畑地における 1972 年のアワヨトウ, タマナヤガその他の牧草害虫の大発生の特徴. 東北農試研速報 17: 59-66. [Kobayashi, T. and T. Oku (1974) "Studies on the ecology and control of major insect pests in grasslands. VI. Some characteristics of the outbreaks of armyworms, black cutworms and other insect pests on forage and field crops in the Tohoku region during 1972." *Prt. Rep. Tohoku Natl. Agric. Expt. Stn.* 17: 59-66.]
- 小林義明・佐野利男・尾崎 丞 (1971) 静岡県内の牧草地における害虫の発生について. 関東病虫研報 18: 111-112. [Kobayashi, Y., T. Sano and J. Ozaki (1971) "On the occurrence of insect pests in pastures of Shizuoka Prefecture." *Proc. Kanto Pl. Prot. Soc.* 18: 111-112.]
- 児玉 行 (1968) アワヨトウに関する研究. (I) 成虫の産卵に及ぼす食餌および湿度の影響. 中国農業研究 39: 39-41. [Kodama, T. (1968) "Studies on the armyworms. (I) Effects of foods and humidity on adult oviposition." *Chugoku Agric. Res.* 39: 39-41.]
- 児玉 行・武末克哉・大谷功令 (1963) アワヨトウ幼虫の摂食量よりみた一考察. 応動昆中国支会報 5: 2-3. [Kodama, T., K. Takesue and K. Ooya (1963) "An assessment of the amount of food eaten by the larvae of oriental armyworms *Leucania separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae)." *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. Chugoku Branch* 5: 2-3.]
- 小島研一・八木繁実 (1989) ヨトウガ類の相変異に関する内分泌学的研究. II. アワヨトウおよびクサシロヨトウ幼虫の体色黒化に果たす幼若ホルモンの役割. 応動昆 33: 69-75. [Kojima, K. and S. Yagi (1989) Endocrinological studies on phase variation in some armyworm species. II. The role of juvenile hormone in cuticular melanization in the larvae of *Leucania separata* and *Leucania loreyi*. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 33: 69-75.]
- 小島研一・八木繁実・山本正之 (1988) ヨトウガ類の相変異に関する内分泌学的研究. I. 幼虫の体色および行動の変化. 応動昆 32: 20-25. [Kojima, K., S. Yagi and H. Yamamoto (1988) Endocrinological studies on phase variation in some armyworm species. I. Changes in larval colouration and behaviour. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 32: 20-25.]
- 小山重郎 (1963) アワヨトウ多発についての 2・3 の調査. 北日本病虫研報 14: 88-90. [Koyama, J. (1963) "Several investigations for the armyworm outbreak." *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 14: 88-90.]
- 小山重郎 (1964) 秋田県のアワヨトウ第 2 世代発生様相の変化と考察. 北日本病虫研報 15: 93-94. [Koyama, J. (1964) "Changes in the outbreak pattern of the second generation of armyworms in Akita Prefecture and discussion." *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 15: 93-94.]
- 小山重郎 (1965) 稲の栽培条件とアワヨトウの发育について. 北日本病虫研報 16: 62. [Koyama, J. (1965) "Relationship between the cultivation conditions of rice and the development of armyworms." *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 16: 62.]
- 小山重郎 (1966a) アワヨトウの生命表について (予報). 北日本病虫研報 17: 74. [Koyama, J. (1966a) "Preliminary report on life table of armyworms." *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 17: 74.]

- 小山重郎 (1966b) アワヨトウの大発生とイネの多窒素肥料栽培との関係について. 応動昆 10: 123-128. [Koyama, J. (1966b) The relation between the outbreak of army worm (*Leucania separata* Walker) and the richly nitrogenous manured cultivation of rice plant. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 10: 123-128.]
- 小山重郎 (1967) 畑苗代および本田におけるアワヨトウの生命表. 北日本病虫研報 18: 92. [Koyama, J. (1967) "Life tables of armyworms on rice plants in upland nurseries and paddy fields." *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 18: 92.]
- 小山重郎 (1968) アワヨトウ成虫の糖蜜誘殺. 応動昆 12: 123-128. [Koyama, J. (1968) On the capture records of armyworm moths, *Leucania separata* Walker by molasses-traps. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 12: 123-128.]
- 小山重郎 (1970a) アワヨトウ大発生記録についての2・3の考察. 応動昆 14: 57-63. [Koyama, J. (1970a) Some consideration on the chronological records of outbreaks of the armyworm (*Leucania separata* Walker). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 14: 57-63.]
- 小山重郎 (1970b) 本年(昭和44年)の東北地方におけるアワヨトウ多発とその原因. 北日本病虫研報 21: 45. [Koyama, J. (1970b) "Outbreak of armyworms in the Tohoku region in 1969 and its causes." *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 21: 45.]
- 小山重郎・渡辺忻悦 (1962) 秋田県におけるアワヨトウの発生消長について. 北日本病虫研報 13: 97-98. [Koyama, J. and K. Watanabe (1962) "On the seasonal variation in emergence of armyworms in Akita Prefecture." *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 13: 97-98.]
- 小山重郎・藤村建彦・伊藤征司 (2011) 青森県と秋田県におけるアワヨトウの糖蜜誘殺による発生予察. 北日本病虫研報 62: 112-118. [Koyama, J., T. Fujimura and S. Ito (2011) Forecasting of oriental armyworm, *Mythimna separata*, by molasses trap method in Aomori and Akita Prefecture, Japan. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 62: 112-118.]
- Lee, J. H. and K. B. Uhm (1995) Migration of the oriental armyworm *Mythimna separata* in East Asia in relation to weather and climate. II. Korea. In *Insect Migration: Tracking Resources through Space and Time* (V. A. Drake and A. G. Gatehouse, eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 105-116.
- Li, K. P., H. H. Wong and W. S. Woo (1964) Route of the seasonal migration of the oriental armyworm moth in the eastern part of China as indicated by a three-year result of releasing and recapturing of marked moths. *Acta Phytophyl. Sinica* 3: 101-110.
- Li, M. C., R. L. Chen, T. Y. Liu and C. S. Leo (1965) Studies on the source of the early spring generation of the armyworm, *Leucania separata* Walker, in Kirin Province. I. Studies on the hibernation and problems of the source. *Acta Entomol. Sinica* 14: 21-31.
- Lin, C. S. (1963) Studies on the regularity of the outbreak of the oriental armyworm (*Leucania separata* Walker). IV. An analysis of meteorological conditions during the descending movement of the long-distance migration of the oriental armyworm moth. *Acta Phytophyl. Sinica* 2: 111-122.
- Lin, C. S. (1990) *The Physiology and Ecology of the Oriental Armyworm*. Beijing University Press, Beijing. 526 pp.
- Lin, C. S. and T. P. Chang (1964) Studies on the regularities of the outbreak of the oriental armyworm (*Leucania separata* Walker). V. A model for seasonal long-distance migration of the oriental armyworm. *Acta Phytophyl. Sinica* 3: 93-100.
- Lin, C. S. and T. S. Hsia (1963) Studies on the regularity of the outbreak of the oriental armyworm (*Leucania separata* Walker). III. A discussion of the relationship of migratory habit of the oriental armyworm and the concurrent air movement and of its possible mode of migration. *Acta Sci. Natl. Univ. Pekinensis* 3: 291-308.
- Lin, C. S., C. J. Sun, R. L. Chen and J. T. P. Chang (1963) Studies on the regularity of the outbreak of the oriental armyworm, *Leucania separata* Walker. I. The early spring migration of the oriental armyworm moths and its relation to winds. *Acta Entomol. Sinica* 12: 243-261.
- Luo, L. Z., G. B. Li, Y. Z. Cao and Y. Hu (1995) The influence of larval rearing density on flight capacity and fecundity of adult oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker). *Acta Entomol. Sinica* 38: 38-45.
- 松本正吾 (1985) アワヨトウ幼虫の体色黒化ホルモン (MRCH) の単離と構造解析. 日農化会誌 59: 1267-1272. [Matsumoto, S. (1985) Isolation and chemical elucidation of melanization and reddish coloration hormone (MRCH) of the armyworm, *Leucania separata*. *J. Agric. Chem. Soc. Japan* 59: 1267-1272.]
- Matsumoto, S., A. Suzuki, H. Yamamoto, N. Ogura and H. Ikemoto (1979) Cyclic nucleotides and hormonal control of cuticular melanization in the armyworm larva, *Leucania separata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 14: 159-163.
- 満井 順・国見裕久 (1988) アワヨトウ幼虫における相変異と緑きょう病菌感染抵抗性. 応動昆 32: 129-134. [Mitsui, J. and Y. Kunimi (1988) Effect of larval phase on susceptibility of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) to an entomogeneous deuteromycete, *Nomuraea rileyi*. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 32: 129-134.]
- 宮原義雄 (1978a) アワヨトウ, タマナヤガの成虫期における糖の摂取が交尾に及ぼす影響. 九病虫研会報 24: 101-104. [Miyahara, Y. (1978a) Effect of the intake of sugar at adult stage on the mating of *Leucania separata* and *Agrotis ipsilon*. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 24: 101-104.]
- 宮原義雄 (1978b) ブラックライトで調べた9種ヤガの筑後における季節的消長. 九州農試研報 19: 281-299. [Miyahara, Y. (1978b) Seasonal trends in blacklight-trap catches of nine noctuid moths in Chikugo. *Bull. Kyushu Agr. Expt. Stn.* 19: 281-299.]
- 宮原義雄 (1987) アワヨトウの盛岡における初飛来およびコナガの同時飛来. 応動昆 31: 138-143. [Miyahara, Y. (1987) Simultaneous trap catches of the oriental armyworm and the diamondback moth during the early flight season at Morioka. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 138-143.]
- 宮下和喜 (1961) 害虫の大発生年表. 植物防疫 15: 75-81. [Miyashita, K. (1961) "Chronology of the outbreaks of insect pests." *Plant Prot.* 15: 75-81.]
- 森本信生 (1991) アワヨトウ終齢幼虫の自発的過冷却点. 関東病虫研報 38: 171-173. [Morimoto, N. (1991) Supercooling points of final instar of armyworm *Pseudaletia separata* (Noctuidae,

- Lepidoptera). *Proc. Kanto Pl. Prot. Soc.* 38: 171-173.]
- 森津孫四郎・浜崎詔三郎 (1963) アワヨトウによる牧草の被害について. 応動昆中国支会報 5: 1. [Moritsu, M. and S. Hamazaki (1963) "Outbreaks of *Leucania separata* Walker on Italian ryegrass." *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. Chugoku Branch* 5: 1.]
- 向川勇作 (1918) アワヨトウ発生の歴史. 昆虫世界 22: 73-74. [Mukaigawa, Y. (1918) "History of armyworm outbreaks." *Konchu-Sekai* 22: 73-74.]
- 永野道昭 (1974) 大規模草地におけるアワヨトウの異常発生とその発生予察法. 長崎総農試研報 2: 38-45. [Nagano, M. (1974) Forecast at outbreak period of the armyworm *Leucania separata* Walker in grassland. *Bull. Nagasaki Agric. For. Exp. Stn. Sect. Agric.* 2: 38-45.]
- 永野道昭・吉岡庭二郎・板山俊夫・西野敏勝・山口孝之・永田康久 (1971) 大規模草地におけるアワヨトウの発生予察. 第1報. 1970年の異常発生とその経過. 九病虫研会報 17: 88-90. [Nagano, M., N. Yoshioka, T. Itayama, T. Nishino, T. Yamaguchi and Y. Nagata (1971) "Forecast of the occurrence of armyworms in large-scale grasslands. I. Outbreak in 1970 and its course." *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 17: 88-90.]
- 永野道昭・富尾孝雄・吉岡庭二郎 (1972) 大規模草地におけるアワヨトウの発生予察. 第2報. 1971年の異常発生とその経過. 九病虫研会報 18: 9-10. [Nagano, M., T. Tomio and N. Yoshioka (1972) "Forecast of the occurrence of armyworms in large-scale grasslands. II. Outbreak in 1971 and its course." *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 18: 9-10.]
- 中松 豊 (2002) アワヨトウ *Pseudaletia separata* に寄生する内部寄生蜂と外部寄生蜂. 日本比較内分泌学会ニュース 105: 5-8. [Nakamatsu, Y. (2002) "Endoparasitic and exoparasitic wasps in armyworms *Pseudaletia separata*." *JSCE Newsletter* 105: 5-8.]
- 中南 博・千葉武勝・伊藤正樹・藤岡庄蔵・千葉忠男 (1988) 1987年岩手県で多発生したアワヨトウの発生実態. 北日本病虫研報 39: 32-34. [Nakaminami, H., T. Chiba, M. Ito, S. Fujioka and T. Chiba (1988) Occurrence of the oriental armyworms, *Pseudaletia separata* Walker, in Iwate Prefecture, 1987. *Ann. Rept. Plant. Prot. North Japan* 39: 32-34.]
- 名和梅吉 (1916) 稲田大発生の粟の夜盗虫駆除の顛末. 昆虫世界 20: 365-368. [Nawa, U. (1916) "Circumstances of the outbreak of armyworms *Leucania unipuncta* Haw. in paddy fields." *Konchu-Sekai* 20: 365-368.]
- 野田博明・田中重義・浜 弘司 (1984) 冠水後水田でのアワヨトウ幼虫の異常発生. 応動昆 28: 94-96. [Noda, H., S. Tanaka and H. Hama (1984) Outbreak of armyworm, *Pseudaletia separata*, after flooding of paddy fields (Lepidoptera: Noctuidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 28: 94-96.]
- 農林省振興局植物防疫課(編) (1962) 病虫害発生予察事業二十周年記念誌. 農林省, 東京. 391 pp. [Ministry of Agriculture and Forestry (ed.) (1962) "Special Issue in Commemoration of the 20-year Anniversary of Agricultural Pests Forecasting Program." Ministry of Agriculture and Forestry, Tokyo. 391 pp.]
- Ogura, N. (1975a) Hormonal control of larval coloration in the armyworm, *Leucania separata*. *J. Insect Physiol.* 21: 559-576.
- Ogura, N. (1975b) Induction of cuticular melanization in larvae of the armyworm, *Leucania separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae), by implantation of ganglia of the silkworm, *Bombix mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Appl. Entomol. Zool.* 10: 216-219.
- Ogura, N. (1976) Role of oesophageal connectives in cuticular melanization in larvae of the armyworm, *Leucania separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 11: 70-74.
- 小倉信夫 (1979) アワヨトウ幼虫の体色黒化ホルモン. 化学と生物 17(1): 66-68. [Ogura, N. (1979) "Hormonal control of larval coloration in the common armyworm *Leucania separata* Walker." *Kagaku to Seibutsu* 17(1): 66-68.]
- Ogura, N. and J. Mitsuhashi (1978) *In vitro* cultures of the endocrine organs secreting melanization and reddish coloration hormone in the common armyworm, *Leucania separata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 13: 274-277.
- Ogura, N. and T. Saito (1972) Hormonal function controlling pigmentation of the integument in the common armyworm larva, *Leucania separata* Walker. *Appl. Entomol. Zool.* 7: 239-242.
- Ogura, N., S. Yagi and M. Fukaya (1971) Hormonal control of larval coloration in the common armyworm, *Leucania separata* Walker. *Appl. Entomol. Zool.* 6: 93-95.
- 岡田一次 (1948) 神蟲. 新昆虫 1: 24-25. [Okada, I. (1948) "Armyworms." *Shin-Konchu* 1: 24-25.]
- 岡田齊夫・岡本大二郎 (1968) 草地のアワヨトウに対するMEPおよびDEPの微量散布効果. 中国農業研究 39: 42-43. [Okada, M. and D. Okamoto (1968) "Control effect of the low volume spray of MEP and DEP on armyworms in grassland." *Chugoku Agric. Res.* 39: 42-43.]
- 奥 俊夫 (1983) 北日本におけるアワヨトウの発生様相の変動と移動侵入との関係. 東北農試研究資料 3: 1-49. [Oku, T. (1983) Annual and geographical distribution of crop infestation in northern Japan by the oriental armyworm in special relation to the migration phenomena. *Misc. Publ. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn.* 3: 1-49.]
- 奥 俊夫 (1984) 北日本におけるアワヨトウの発生様相の変動と移動侵入. 植物防疫 38: 9-14. [Oku, T. (1984) Annual and geographical distribution of crop infestation in northern Japan by the oriental armyworm in relation to immigration. *Plant Prot.* 38: 9-14.]
- Oku, T. and T. Kobayashi (1974) Early summer outbreaks of the oriental armyworm, *Mythimna separata* Walker, in the Tohoku district and possible causative factors. *Appl. Entomol. Zool.* 9: 238-246.
- 奥 俊夫・小林 尚 (1977) 東北地方における1960年のアワヨトウ大発生の原因. 特に中国大陸からの飛来可能性に関する考察. 東北農試研報 55: 105-125. [Oku, T. and T. Kobayashi (1977) The oriental armyworm outbreaks in Tohoku district, 1960, with special reference to the possibility of mass immigration from China. *Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn.* 55: 105-125.]
- 奥 俊夫・小山重郎 (1976) 東北地方における1969年のアワヨトウ第2回多発生の原因に関する考察. 応動昆 20: 184-190. [Oku, T. and J. Koyama (1976) Long-range migration as a possible factor caused the late-summer outbreak of the oriental armyworm, *Mythimna separata* Walker, in Tohoku district, 1969. *Jpn.*

- J. Appl. Entomol. Zool.* 20: 184–190.]
- 奥 俊夫・千葉武勝・土岐昭男・小林 尚 (1976) 東北地方の草地における1971年初夏のアワヨトウ異常発生原因, 特に成虫飛来日の再検討. 日草誌 22: 206–210. [Oku, T., T. Chiba, A. Doki and T. Kobayashi (1976) Further notes on the early summer outbreak of the oriental armyworm on grassland of Tohoku district, 1971. *J. Jpn. Grassl. Sci.* 22: 206–210.]
- 奥 俊夫・土岐昭男・小山重郎・藤村建彦 (1979) 北日本の草地における1972年のアワヨトウ第1世代の異常発生とその原因. 日草誌 24: 331–336. [Oku, T., A. Doki, J. Koyama and T. Fujimura (1979) Further notes on the first generation outbreak of the oriental armyworm in northern Japan in 1972. *J. Jpn. Grassl. Sci.* 24: 331–336.]
- 奥 俊夫・宮原義雄・小林 尚 (1982) 東北地方の草地における害虫多発生の概況. I. ヤガ類の発生概況. 日草誌 28: 117–121. [Oku, T., Y. Miyahara and T. Kobayashi (1982) Recent outbreaks of grassland pest insects in Tohoku district I. Outbreaks of noctuid pests. *J. Jpn. Grassl. Sci.* 28: 117–121.]
- 奥山七郎・奥 俊夫 (1978) 北海道におけるアワヨトウの異常発生の原因: 特に1962年の発生状況に関する考察. 北海道立農試集報 41: 71–82. [Okuyama, S. and T. Oku (1979) Possible cause of an extraordinary outbreak of the oriental armyworm in Hokkaido based on a study of its seasonal abundance in 1962. *Bull. Hokkaido Pref. Agric. Exp. Stn.* 41: 71–82.]
- 奥山七郎・富岡 暢 (1963a) アワヨトウに関する研究. 第2報. 各態の発育と温湿度との関係. 北日本病虫研報 14: 85–86. [Okuyama, S. and T. Tomioka (1963a) “Studies on armyworms. II. Effects of temperature and humidity on the development of eggs, larvae and pupae.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 14: 85–86.]
- 奥山七郎・富岡 暢 (1963b) アワヨトウに関する研究. 第3報. 産卵選択性について. 北日本病虫研報 14: 87–88. [Okuyama, S. and T. Tomioka (1963b) “Studies on armyworms. III. Preferential oviposition on different bait plants.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 14: 87–88.]
- 奥山七郎・富岡 暢・森川美智子 (1962) アワヨトウに関する研究. 第1報. 幼虫の発育と食草との関係 (1). 北日本病虫研報 13: 99–101. [Okuyama, S., T. Tomioka and M. Morikawa (1962) “Studies on armyworms. I. Relationship between larval development and bait plants.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 13: 99–101.]
- 奥山七郎・富岡 暢・井上 寿 (1966) アワヨトウに関する研究. 第4報. 幼虫期における頭部の成長と食餌植物との関係. 北日本病虫研報 17: 75. [Okuyama, S., T. Tomioka and H. Inoue (1966) “Studies on the armyworms. IV. Relationship between larval head development and different bait plants.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 17: 75.]
- 奥山七郎・梶野洋一・佐藤 謙 (1988a) 北海道における1987年のアワヨトウの異常発生. 1. 第1世代広域大発生の経過とその原因. 北日本病虫研報 39: 9–12. [Okuyama, S., Y. Kazino and K. Sato (1988a) Outbreak of oriental armyworm in Hokkaido, 1987. 1. Outbreak of the first generation and the causative factors. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 9–12.]
- 奥山七郎・梶野洋一・佐藤 謙・秋山安義・橋本庸三 (1988b) 北海道における1987年のアワヨトウの異常発生. 2. 第2世代の発生経過とその原因. 北日本病虫研報 39: 13–17. [Okuyama, S., Y. Kazino, K. Sato, Y. Akiyama and Y. Hashimoto (1988b) Outbreak of oriental armyworm in Hokkaido, 1987. 2. Occurrence of the second generation and the causative factors. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 13–17.]
- 大森秀雄 (1960) 本年東北地方に異常発生したアワヨトウについて. 植物防疫 14: 543–546. [Omori, H. (1960) “On this year’s armyworm outbreak in the Tohoku region.” *Plant Prot.* 14: 543–546.]
- 大内義久 (1987) アワヨトウの移動. 植物防疫 41: 548–550. [Ouchi, Y. (1987) Migration of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker. *Plant Prot.* 41: 548–550.]
- 齊藤 修・北村實彬 (1988) 1987年北海道におけるアワヨトウの異常発生. 2. 第1世代成虫の発生消長と交尾率. 北日本病虫研報 39: 20–22. [Saito, O. and C. Kitamura (1988) Outbreak of the armyworm, *Pseudaletia separata* Walker at Hokkaido in 1987. 2. Occurrence of the first generation and percentage of mating. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 20–22.]
- 齊藤 修・北村實彬 (1995) 札幌市におけるアワヨトウ多発世代成虫の発生圃場周辺での消長と性成熟程度および集団吸蜜行動の観察. 応動昆 39: 235–240. [Saito, O. and C. Kitamura (1995) Observation of oriental armyworm moth, *Pseudaletia separata* Walker in pasture with nectar sucking by congregating moths. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 39: 235–240.]
- 斎藤 隆・布施 寛 (1988a) 1987年に異常多発生したアワヨトウの発生要因とイネの被害解析. 山形農試研報 23: 47–57. [Saito, T. and H. Fuse (1988a) Outbreak and injury on rice plants of the oriental armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, in Yamagata Prefecture, 1987. *Bull. Yamagata Agric. Exp. Stn.* 23: 47–57.]
- 斎藤 隆・布施 寛 (1988b) 1987年山形県庄内地方に異常多発生したアワヨトウ. 2. イネに対する被害の影響. 北日本病虫研報 39: 49–51. [Saito, T. and H. Fuse (1988b) Outbreak of the oriental armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, in the Shonai Province, Yamagata Prefecture, 1987. 2. Effect of injury on rice plant. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 49–51.]
- 佐藤幸夫 (1988) 秋田県におけるアワヨトウによる水稻減収事例. 北日本病虫研報 39: 41–43. [Sato, Y. (1988) A case of severe decrease in yield of rice injured by armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, in Akita Prefecture. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 41–43.]
- Sato, Y., S. Takahashi, M. Sakai and T. Kodama (1980) Attractiveness of the synthetic sex pheromone to the males of the armyworm, *Leucania separata* Walker and the loyry leafworm, *Leucania loreyi* Duponchel (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 15: 334–340.
- 佐藤政太郎・富樫 博・谷口恵之助・石垣 仁 (1988) 庄内地方における長距離移動性害虫の飛来について. 北日本病虫研報 39: 135–139. [Sato, M., H. Togashi, E. Taniguchi and H. Ishigaki (1988) Migration of long-range migratory insects to Shonai district. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 39: 135–139.]
- 島根県病害虫防除所 (2017) アワヨトウの発生について. 平

- 成 29 年度病害虫発生予察情報, 技術資料 第 4 号. 島根県病害虫防除所, 出雲. 2pp. [Shimane Prefectural Pest Control Office (2017) “On the Occurrence of Armyworms.” *Guiding Information on Pest Control, 2017*. Vol. 4. Shimane Prefectural Pest Control Office, Izumo. 2pp.]
- Takabayashi, J. and S. Takahashi (1988) Effect of the kairomone on the parasitization rates of *Apanteles kariyai* to *Pseudaletia separata*. *J. Pestic. Sci.* 13: 283–286.
- 高橋正三・瓦谷光男・佐藤安夫・坂井道彦 (1979) アワヨトウおよびクサシロヨトウの性フェロモン. 応動昆 23: 78–81. [Takahashi, S., M. Kawaradani, Y. Sato and M. Sakai (1979) Sex pheromone components of *Leucania separata* Walker and *Leucania loreyi* Duponchel. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 23: 78–81.]
- 田中 章 (1973) アワヨトウの生態. 第 4 報. 卵巣成熟日数と交尾率. 九病虫研会報 19: 97–99. [Tanaka, A. (1973) “Ecology of armyworms. 4. Number of days to ovary maturation and mating rate.” *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 19: 97–99.]
- 田中 章 (1975) アワヨトウの生態. 第 6 報. 蛹化場所とスズメによる捕食実験. 九病虫研会報 21: 11–14. [Tanaka, A. (1975) “Ecology of armyworms. 6. Places of pupation and an experiment on predation by sparrows.” *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 21: 11–14.]
- 田中 章 (1976a) アワヨトウの生態. 第 7 報. 幼虫期における摂食活動の日周性. 九病虫研会報 22: 134–136. [Tanaka, A. (1976a) “Ecology of armyworms. 7. Diurnal rhythm of feeding in larval stage.” *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 22: 134–136.]
- 田中 章 (1976b) アワヨトウの発生生態: 通常発生時を中心として. 植物防疫 30: 431–437. [Tanaka, A. (1976b) “Ecology of armyworms: A focus on their normal range.” *Plant Prot.* 30: 431–437.]
- 田中 章 (1977) アワヨトウの生態. 第 8 報. 成虫の行動観察. 九病虫研会報 23: 112–115. [Tanaka, A. (1977) Ecology of the armyworm, *Mythimna (Leucania) separata* (Walker). VIII. Observations on adult behavior. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 23: 112–115.]
- 田中 章・脇門敏治 (1974) アワヨトウの生態. 第 5 報. 幼虫の摂食量. 九病虫研会報 20: 32–34. [Tanaka, A. and T. Wakikado (1974) “Ecology of armyworms. 5. Food intake by larvae.” *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 20: 32–34.]
- 田中 章・大内義久・脇門敏治 (1970) アワヨトウの生態. 第 1 報. 食草と幼虫の発育との関係. 九病虫研会報 16: 37–39. [Tanaka, A., Y. Ouchi and T. Wakikado (1970) “Ecology of armyworms. 1. Relationship between different bait plants and larval development.” *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 16: 37–39.]
- 田中 章・脇門敏治・大内義久 (1971) アワヨトウの生態. 第 2 報. 枯葉トラップによる産卵調査法. 九病虫研会報 17: 86–88. [Tanaka, A., T. Wakikado and Y. Ouchi (1971) “Ecology of armyworms. 2. Oviposition survey method using a dead leaf trap.” *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 17: 86–88.]
- 富樫一・牧 俊郎・染谷憲秀 (1977) アワヨトウ幼虫による草地の被害例. 北陸病虫研報 25: 80–81. [Togashi, I., T. Maki and K. Someya (1977) Damage of the grassland by the larvae of the oriental army worm, *Mythimna separata* Walker, in Ishikawa Prefecture. *Proc. Assoc. Plant Prot. Hokuriku* 25: 80–81.]
- 友永 富・小林達美・羽田忠夫 (1956) 水稻に発生したアワヨトウの薬剤防除について. 北陸病虫研報 4: 88. [Tomonaga, T., T. Kobayashi and T. Hada (1956) “Chemical control of armyworms in paddy fields.” *Proc. Assoc. Plant Prot. Hokuriku* 4: 88.]
- 鳥取県病害虫防除所 (2017) アワヨトウ (水稻, 野菜, 花き等). 平成 29 年度病害虫発生予察指導情報. 鳥取県病害虫防除所, 鳥取. 2pp. [Tottori Prefectural Pest Control Office (2017) “Armyworms (rice, vegetables, flowers, etc.).” *Guiding Information on Pest Control*. Tottori Prefectural Pest Control Office, Tottori. 2pp.]
- 鶴岡保明 (1969) 南方定点観測船に飛来した昆虫類について. (II) 昭和 43 年の飛来を中心として. 測候時報 36: 66–72. [Turuoka, Y. (1969) “Insects that flew into the weather-ship located at Ocean Weather Station “Tango” on the Pacific. (II) Records in 1968.” *Weather Service Bull.* 36: 66–72.]
- 渡辺忻悦 (1961) 昭和 35 年度秋田県におけるアワヨトウの異常発生と 2・3 の知見. 北日本病虫研報 12: 76–77. [Watanabe, K. (1961) “Some characteristics of the outbreak of armyworms in Akita Prefecture in 1960.” *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 12: 76–77.]
- 薮 哲男 (2001) 2000 年に多発したアワヨトウ被害と防除対策. 農薬グラフ 158: 6–9. [Yabu, T. (2001) “Damage caused by the outbreak of armyworms (*Pseudaletia separata*) in 2000 and control measures.” *Noyaku Graph* 158: 6–9.]
- 山口県病害虫防除所 (2017) アワヨトウの多発生と対策について. 平成 29 年度農作物病害虫発生予察技術指導資料 第 2 号. 山口県病害虫防除所, 山口. 2pp. [Yamaguchi Prefectural Pest Control Office (2017) “On the outbreak and control of armyworms.” *Guiding Information on Pest Control for Upland Farming and Vegetable Crop, 2017*: 2. Yamaguchi Prefectural Pest Control Office, Yamaguchi. 2pp.]
- 山本雅則・小嶋俊彦・長谷川美克・土井真也 (1993) 滋賀県におけるアワヨトウ発生の季節的消長. 滋賀農試研報 34: 53–64. [Yamamoto, M., T. Kojima, Y. Hasegawa and S. Doi (1993) Studies on the seasonal abundance of the armyworm, *Mythimna (Pseudaletia) separata* Walker, in Shiga Prefecture by using molasses bait traps and synthetic sex pheromone traps. *Bull. Shiga Agric. Exp. Stn.* 34: 53–64.]
- 山崎忠和 (1938) 埼玉県に於けるアハヨタウの発生. 応用昆虫 1: 132–134. [Yamazaki, T. (1938) “Occurrence of armyworms in Saitama Prefecture.” *Oyo-Kontyu* 1: 132–134.]
- 楊 徳義・平井一男 (1987) 第 1 世代アワヨトウの発生変動の解析: 中国山東省のコムギ栽培地帯の例. 応動昆 31: 1–5. [Yang, D. Y. and K. Hirai (1987) Analysis of the fluctuations in occurrence of the first generation of *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) in Shang Dong Sheng, China. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 1–5.]
- Yang, C. L., G. J. Gong, F. J. Tan and Z. P. You (1995) Preliminary studies on monitoring and mechanisms of the insecticide resistance in *Mythimna separata*. *Plant Prot.* 21 (3): 2–5.
- 吉松慎一 (1991) 東シナ海定点において 1981 年から 1987 年にかけて採集された鱗翅目昆虫. 昆虫 59: 811–820. [Yoshimatsu,

- S. (1991) Lepidopterous insects captured on East China Sea from 1981 to 1987. *Jpn. J. Entomol.* 59: 811–820.]
- 吉松慎一 (1992) 日本周辺の海上で採集された昆虫類：鱗翅目を中心に. *インセクトリウム* 29: 176–180. [Yoshimatsu, S. (1992) Insects captured on the seas around Japan, with special reference to Lepidoptera. *Insectarium* 29: 176–180.]
- 吉松慎一 (1995) アワヨトウとその近縁種の属名統一：アワヨトウは *Mythimna separata*, クサシロキヨトウは *Mythimna loreyi* に. *植物防疫* 49: 385–387. [Yoshimatsu, S. (1995) Generic treatments on the armyworms of the *Leucania*-complex (Lepidoptera, Noctuidae). *Plant Prot.* 49: 385–387.]
- 吉松慎一 (2010) 日本周辺における長距離移動性鱗翅類の研究. *やどりが* 227: 16–20. [Yoshimatsu, S. (2010) Research on migratory Lepidoptera around Japan. *Yadoriga* 227: 16–20.]
- 吉松慎一・中村 達 (1992) 東シナ海定点観測船で採集された鱗翅類. *昆虫と自然* 27(10): 8–14. [Yoshimatsu, S. and S. Nakamura (1992) Lepidoptera captured on the East China Sea by weather ships. *Nature and Insects* 27(10): 8–14.]
- Zhao, Y. Y., L. Su, S. Li, Y. P. Li, X. L. Xu, W. N. Cheng, Y. Wang and J. X. Wu (2017) Insecticide resistance of the field populations of oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in Shaanxi and Shanxi provinces of China. *J. Integr. Agric.* 17: 1556–1562.
-