南九州の水田におけるコブノメイガ成虫密度および 雌成虫交尾率の季節的消長[†]

井上 栄明^{*}・上和田 秀美[‡]・深町 三朗[§]

鹿児島県農業試験場

Seasonal Changes in Adult Density and Female Mating Status of the Rice Leaf Roller *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) in Paddy Fields of Southern Kyushu, Japan. Hideaki INOUE,^{*} Hidemi KAMIWADA^{‡‡} and Saburo FUKAMACHI^{§§} Kagoshima Prefectural Experiment Station; 5500, Kamifukumoto-cho, Kagoshima 891–0116, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 48: 177–183 (2004)

Abstract: Seasonal changes in adult densities and female mating frequencies of the rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* were observed from 1988 to 1992 in the rice fields of Southern Kyushu, Japan. The ratios of mated females in field populations were high at 75–100% in late June and early July, when adult immigrants invade fields probably from China. In late July and early August, the ratios suddenly dropped to below 50% simultaneously with a rapid rise in adult population density of the first generation. Thereafter, the ratios fluctuated from 25–75%. These seasonal changes were different from the previous report obtained in Northern Kyushu. Based on these results, possible migration of adults within the local habitats and further northward is discussed.

Key words: *Cnaphalocrocis medinalis*; adult density; mating; migration; Southern Kyushu

緒 言

イネを加害するコブノメイガは南九州では昭和初期から重要害虫としての記録があるが越冬形態および越冬地は不明であった(酒井ら, 1942; 長谷川ら, 1967)。しかし, 九州では毎年梅雨期に, コブノメイガ成虫密度のにわかな増加現象が観察され(永野ら, 1976; 山口ら, 1994), イネウンカ類と同様に本種も梅雨期に現れる温暖な南西風が連吹する気象条件によって, 中国大陸から東シナ海を越えて長距離移動飛来すると推定された(宮原ら, 1981)。本種は長距離移動飛来だけでなく, 寄主植物の種類や生育段階に依存した成虫個体群の交尾率変動など水田間の移出入を示唆する現象が示されている(宮原ら, 1981; Wada and Kobayashi, 1982; Wada et al., 1988)。鹿児島県では, 7月になると, 早期作(4月移植)と普通期作(6月移植)といった生育段階の異なる水田が混交する地域が随所にみられる。このような地域では, 6, 7月に海外から飛来したと

考えられる本種成虫は, 昼間は早期水田およびその周辺の繁茂した植物群落に潜み, 夜間に生育初期の普通期イネに産卵するなど, 生息地域内での移動が推定されている(深町, 1983)。また, 第1世代(飛来世代の次の世代, 後述)についても, 昼間の成虫密度の多寡とその圃場での産卵数の多少が一致するとは限らないことが報告されている(井上・深町, 1990)。本報では南九州における移植時期の異なる水田でのコブノメイガの成虫個体数, 雌成虫の交尾率および性比の季節的消長を調査し, これらの変動から産卵可能な雌の動態を知るとともに本種の水田間の移出入を推測した。さらにそれらの結果を北部九州における状況と比較検討し, その違いについて考察した。

本文に入るに先立ち, 本稿をとりまとめるうえで懇切な御指導, 御助言を頂いた九州大学大学院農学研究院 古賀克己教授, 河口 豊助教授, 並びに本稿の御校閲を頂いた佐賀大学農学部 藤條純夫教授に厚く感謝の意を表する。

[†]本報告の一部は第58回九州病害虫研究会(1993年2月, 福岡県福岡市)で発表した。

^{*}E-mail: pxw15610@nifty.com

[‡]現在 鹿児島県鹿児島農業改良普及センター

[§]現在 鹿児島市

^{‡‡}Present address: Kagoshima Agricultural Improvement and Advisory Center, 3–56, Ogawa-cho, Kagoshima 892–0817, Japan

^{§§}Present address: 2–10–2 Nishida, Kagoshima 890–0046, Japan

2002年8月8日受領(Received 8 August 2002)

2004年3月18日登載決定(Accepted 18 March 2004)

DOI: 10.1303/jjaez.2004.177

材料および方法

1. 調査圃場およびイネ栽培法

1988年から1992年まで鹿児島県農業試験場（北緯31°32′，東経130°30′）構内の作型が混交する水田群（早期2ha，普通期3ha）の一角において，コブノメイガの個体数と雌成虫の交尾率に関する調査を行った。イネの植栽は原則として播種後14日の稚苗を用いた機械移植とし，栽植密度2,000株/aで，各圃場の面積は約10aであった。早期水田調査圃場は品種「コシヒカリ」を用い，移植時期は4月15～20日，出穂期は7月上旬，収穫期は8月中下旬であった。普通期水田調査圃場は品種「ミナミヒカリ」を供試し，移植時期は6月20日頃で，1989年には6月9日，6月20日移植の2圃場を，1992年には，6月10日，6月17日，6月24日移植の3圃場を調査した。これらを，以下，それぞれ6/9，6/20，6/10，6/17，6/24移植区と記す。なお感光性品種を用いたため，このように移植時期が異なっても出穂期はいずれも9月上旬，収穫期は10月下旬であった。

2. 成虫生息密度調査

各調査圃場において昼間，原則として毎日，一定面積（下記）のイネ草冠部を棒ではらい，成虫を飛び立たせて成虫数を計測した。早期水田では6月から調べ始め，普通期水田でも予備的にイネを畦畔からはらった。普通期水田で成虫が認められた後は（7月中下旬以降），早期と普通期水田を併行して調査した。普通期水田での成虫密度が早期水田よりも明らかに高くなったり，または早期イネが倒伏した場合，その後は普通期水田のみ調査した。1988年から1991年の間は各圃場の1カ所（50～100m²）を調査した。1992年には調査圃場間での成虫生息密度の違いを検討するため，4月移植の早期水田を25m²ずつ4ブロックに分けてブロック単位に調査を反復し，普通期水田では6/10，6/17，6/24移植区をそれぞれ5, 3, 2ブロック（1ブロックあたりの面積は順に20, 36, 40m²）に分け調査した。早期と普通期水田それぞれについてブロックごとの日別生息虫密度を対数変換後，圃場間の差について分散分析し，有意差が認められた場合はTukey-Kramer法5%水準で多重比較検定を行った。また梅雨明けが遅延した年や梅雨明け後に梅雨前線が再度発生して南下した年には，7月末に新たに大陸から長距離移動してきたコブノメイガ成虫が第1世代成虫と混在して生息していることがある（上和田ら，1994）が，本報では，6月下旬から7月中旬までの成虫を飛来世代として，7月末から8月前半の成虫を第1世代（飛来世代の次の世代）として扱った。

3. 雌の交尾状況および性比の調査

成虫生息密度調査後，調査圃場全面の1/5を越えない範囲（20～200m²）のイネ草冠部から捕虫網で成虫をすくい

取った。これを室内に持ち帰り，雌雄鑑別後Wada et al. (1980)の手法に準じ，雌成虫を実体顕微鏡下で解剖し，精包の有無により既交尾または未交尾の判定を行った。調査期間は6月末から9月までとし，7月中下旬までは主として早期水田から採集した成虫について，7月中旬以降普通期水田で成虫個体数が十分得られる場合はそこから採集した成虫について調べた。調査は，成虫発生のピーク時期はほぼ2日に1回，成虫が少ない時期にはおよそ7日間隔で行った。調査サンプル数は成虫密度によって増減を避けられず，早期水田では雌2～30頭であり，普通期水田では100頭を上回る場合もあった。1988年は調査回数9回で平均39頭の雌を，1989年は12回，平均32頭，1990年は13回，平均57頭，1991年は15回，平均36頭，1992年は移植時期の異なる普通期水田3区のそれぞれから採取したため延べ54回，平均30頭の雌を解剖した。調査日や調査圃場ごとに雌交尾率を算出し，その値と標本数から正規分布として取り扱えるもの（池田，1983）について，近似的95%信頼限界（Snedecor and Cochran, 1967）を求めた。1992年の区間差については，日別の雌交尾率を逆正弦変換後，調査回数を反復として分散分析を行った。また，性比について季節的消長を検討し，逆正弦変換後，交尾率との相関を調べた。

4. 第1世代幼虫による被害葉数の調査

1992年7月22日に移植時期の異なる普通期水田3区のそれぞれ2または3ブロックについて，本種幼虫加害によるイネの株当たり被害葉数を調査した。調査株数は1ブロックにつき25株とした。区間差については調査株数を反復として分散分析を行い，Tukey-Kramer法5%水準で多重比較検定を行った。

結 果

1. 成虫生息密度の季節的消長（1988～1991）

調査圃場で観察した成虫生息密度の1988～1991年における季節的消長をFig. 1(A～D)にまとめた。1988年(A)は，早期水田において7月1半旬に最初のピークが認められ，普通期水田では最高分げつ期後から穂ばらみ期前にあたる7月末から8月1半旬にかけて最初のピークが観察された。1989年(B)は，早期水田において7月1半旬と3半旬の2回，普通期水田6/9移植区では7月末～8月1半旬に，6/20区では8月3半旬に，それぞれ成虫密度ピークが認められた。1990年(C)の調査では，早期水田において前年同様7月1, 3半旬に，普通期水田では8月2～3半旬に成虫密度ピークがみられた。1991年(D)は，早期水田で6月6半旬から7月3半旬にかけて複数回，普通期水田では7月末～8月2半旬に成虫密度ピークが複数みられた。

2. 雌交尾率の季節的消長（1988～1991）

1988～1991年における雌交尾率の季節的消長をFig. 2に

Fig. 1. Changes in numbers of *C. medinalis* adults counted in rice fields in 1988 to 1991 (panels A to D, respectively). Early-planted (middle April) fields (●), ordinarily-planted (late June) fields (○). In panel B, a field (▲) was planted in early June, 11 days earlier than the ordinarily-planted field.

示した。6月末から7月中旬にかけて採集した雌の交尾率は75%以上であった(B, C, D)。7月末から8月上旬に水田で羽化した成虫の密度上昇時には、雌交尾率は50%以下に低下した(A, B, D)。この成虫密度のピーク後、8月中下旬以降に雌交尾率は上昇傾向を示した。ただし9月における出穂前後でも75%前後に達した場合(A, D)と9月まで50%以下の値で推移した場合(B)があった。10月の雌交尾率は1991年の調査結果だけであるが53, 47%の2例であった(D)。

3. 移植時期を異にする水田間での成虫生息密度の差異(1992)

1992年に移植時期を異にする水田間での成虫生息密度の季節的消長を比較した(Fig. 3)。早期水田(A)における調査は6, 7月に行った。成虫ピークは7月6日で、その前後の調査結果を反復として分散分析したが、圃場内4ブロック間に有意差は認められなかった。この成虫の産卵に由来すると考えられる7月22日の普通期水田における被害葉数(Fig. 4)は、6/10移植区で株当たり平均7.8枚、6/17移植区で6.3枚であり、この2区間には有意差は認められなかった。6/24移植区は株当たり平均3.7枚の被害で、

Fig. 2. Changes in mating ratios of *C. medinalis* female adult populations in rice fields from 1988 to 1991. Early-planted (middle April) fields (●), ordinarily-planted (late June) fields (○). Vertical lines indicate the 95% confidence limits of the means according to an approximate formula (Snedecor and Cochran, 1967) that assumes the binominal distribution is a normal distribution (Ikeda, 1983). The numerals in the figure indicate the number of females dissected.

他の2区に比べて1/2程度で統計的に有意に少なかった。その後、普通期水田における成虫生息密度調査では、移植時期の異なる3区での昼間の成虫密度とその消長に大きな差異が認められた(Fig. 3B, C, D)。6/10移植区(B)では8月2~5日に50m²(1,000株)当たり平均300~500頭の大きな成虫ピークがみられた。標準偏差の大きさが示すとおり、5ブロック間の生息密度の偏差も大きかった。6/17移植区(C)でも明瞭な成虫ピークがみられたが、その平均成虫密度は50m²当たり44~130頭で、6/10移植区の1/3以下であった。6/24移植区(D)では全く成虫ピークはみられず、成虫密度は、50m²当たり平均6頭以下の低い値で推移した。この区の7月下旬の被害葉数は6/10移植区や6/17移植区の約1/2であり、成虫密度でも同程度の差が期待できたが、実際はそれよりも著しく低い値であった

Fig. 3. Changes in the number of *C. medinalis* adults counted in the rice fields with different transplantation dates in 1992. In panel A, plots (●) represent the average value in 4 blocks of an early-planted (middle April) field. In the panels B, C and D, plots (○) show average values in blocks 5, 3 and 2 of the fields, which were ordinarily transplanted on June 10, 17 and 24, respectively. Vertical lines indicate standard deviations of the means. Different letters on data within the same dates indicate significant differences of the means at the 95% confidence probability by the Tukey-Kramer's multiple-comparison method and 'ns' indicates no statistically significant differences in the means by ANOVA ($p > 0.05$).

Fig. 4. Comparison of the number of leaves (per hill) injured by *C. medinalis* in the three fields with different transplantation dates. The data were collected on July 22, 1992. Vertical lines indicate standard deviations of the means. Different letters on the bars indicate significant differences in the means at the 95% confidence probability by the Tukey-Kramer's multiple-comparison method.

(D). 7月31日から8月8日にかけて3区間の成虫密度に有意な差が認められ ($p < 0.02$), 多重比較の結果, 6/10移植区と6/24移植区の間で有意に成虫密度が異なった. 8月9~19日には6/10移植区の成虫密度が8月2~5日より大きく減じ, 3区間の生息密度差は小さくなり, 3区間の生息密度に有意差が認められにくくなった. 8月24日および第2世代成虫にあたる9月8, 13日の調査では再び成虫生息密度に区間差が認められ, 6/10移植区の密度が他の2区に比べ有意に低い結果となった.

4. 移植時期を異にする水田間での雌成虫の交尾状況 (1992)

1992年の普通期水田における雌交尾率の変動をFig. 5にまとめた. 3区の成虫生息実態を反映し, 6/10移植区(A)では安定的にサンプルが得られたが, 6/24移植区(C)では8月5日から検討しうるサンプル数が得られるようになった. 雌交尾率は季節変動が大きく, 特に6/10移植区では顕著であった. すなわち, 雌交尾率は, 成虫密度が低

Fig. 5. Changes in the mating ratios of *C. medinalis* female adult field populations in 1992. Plots (○) in panels A, B and C show average values in the three fields ordinarily-transplanted on June 10, 17 and 24, respectively. In panel A, data from the early-planted field was added (●). Vertical lines indicate 95% confidence limits of the means according to an approximate formula (Snedecor and Cochran, 1967) that assumes the binominal distribution is a normal distribution (Ikeda, 1983). The numerals in the figure indicate the number of females dissected.

い7月27日までは80%以上の高い値を示し、現地羽化個体と推定される明瞭な密度ピークが認められた8月3～5日には25%以下まで低下した。その後、成虫密度低下とともに雌交尾率は急速に回復上昇した。6/17、6/24移植区(B, C)でも同様に、8月上旬から中旬にかけて雌交尾率が上昇する傾向が認められた。移植時期の異なる3区で昼間の成虫密度の圃場間差 (Fig. 3B, C, D) が明瞭な8月3, 5, 7日 (6/24移植区は8月5, 7日) の調査結果を反復とし、雌交尾率の区間差を検討したが有意差は認められなかった ($p=0.189$)。また3区とも8月17日の高い交尾率から、8月19日には交尾率が大きく低下し、その後8月24日には回復する等の変動が生じた。一方、調査標本の性比は、ほぼ同率 (平均雌率: $46.6\% \pm 10.58$ (S.D.)) で推移し、時期による性比の大きな変動はみらず、雌交尾率との相関も認められなかった ($r=0.022$)。

考 察

1988年から1992年の5年間の調査を通して、南九州の普通期イネの最高分げつ期後から穂ばらみ期前にあたる7

月末～8月上旬に、コブノメイガ雌交尾率が50%以下に低下した。これは、7月にイネを加害した幼虫に由来する羽化成虫の密度が急激に高くなる時期と一致していた。続く8月中旬にかけて成虫密度が減じた時に雌交尾率は急激に高くなった。すなわち雌交尾率は成虫密度とみかけ上逆の関係にあると思われた。この現象は1992年の普通期水田6/10移植区において典型的に現われた (Fig. 3B, Fig. 5A)。また、成虫密度と雌交尾率の著しい変動にもかかわらず、成虫の性比の変化は、ほとんど認められなかった。そして雌交尾率の低い8月の成虫個体群は、移植時期の早い圃場に部分的に蟄集した (Fig. 3B, C, D)。

本種の羽化時刻は夕方から夜間であり (酒井ら, 1942)、雌雄の別による羽化時期の早晩は特に認められていない (酒井ら, 1942; 佐藤・岸野, 1978)。また、本種は羽化直後には卵巣が未成熟であり (Wada et al., 1980)、産卵前期間はその後約3日である (佐藤・岸野, 1978)。雌個体の性フェロモンの生産量についても羽化後2日間は3日目以降よりも明らかに少ない (Kawazu and Tastuki, 2002)。これらのことは、本種の性成熟には羽化後約3日を要すること

を示している。暗期に羽化した個体は、未交尾のまま雌雄ともに羽化場所から昼間の生息に好適な場所へ移動し、場合によっては移動を繰り返すことで、羽化場所に近い定点において羽化ピーク後性比の大きな変動を伴わずに、低い交尾率のまま成虫密度が低下するものと考えられた。

宮原ら (1981) は、6 月下旬から 7 月上旬に東シナ海上で捕獲された移動途中と思われる雌成虫の交尾率が 2.0~11.5% である (宮原, 1980) のに、同じ頃に北部九州で捕獲した雌個体はほとんど既交尾であったことを報告した。Wada and Kobayashi (1982) は、北部九州での調査結果から、本種の雌交尾率とイネの生育ステージは密接に関連し、穂ばらみ期以前の 7 月下旬から 8 月中旬の水田個体群では交尾率が 50% 以上で、出穂期を過ぎた 9 月中旬以降の個体群では雌交尾率が 10% 以下と著しく低下することを述べている。これに対し本研究に示された南九州における本種の雌交尾率は、普通期イネの分げつ期にあたる 6 月末から 7 月中旬は 75% 以上、穂ばらみ期前にあたる 7 月末~8 月上旬は 50% 以下であり、8 月中下旬以降は年によって高低がみられ 25~75% を示し、出穂期を過ぎた水田個体群で著しく低い値をとることはなかった。

これらのことに関連する調査として、張ら (1980) は、中国大陆の各地域での本種成虫発生量と雌交尾率の季節的消長を調査し、成虫個体群の移出入と雌交尾率の関係を、I. 基本遷入型 (移入成虫の個体群)・雌交尾率 80% 以上、II. 部分遷入型 (部分的に移入成虫で構成されている個体群)・雌交尾率 70~80%、III. 本地繁殖型 (現地で増殖している個体群)・雌交尾率 30~70%、IV. 大部分遷出型 (大部分が移出する個体群)・雌交尾率 30% 以下、の 4 つに類別した。さらに、各地域における本種の移動に関する性質と季節との関係をまとめ、成虫個体群の類型が 6 月下旬から 7 月中旬、7 月中下旬から 8 月上旬、8 月下旬から 9 月にかけて順に、鹿児島よりやや南にあたる欽県 (北緯 30°8') では II または III から IV に変化し、やや北方に位置する揚州 (北緯 32°25') では I または II から III, IV に変化することを述べている。このような緯度の異なる地点でコブノメイガ雌交尾率の季節的変化パターンが異なるという調査結果は、今回の我々の調査結果と北九州における研究結果 (Wada et al., 1980; Wada and Kobayashi, 1982) の相違に類似する。また張ら (1980) は、同一時期の異なる場所での成虫個体群類型の南北関連状況から、春から秋にかけて本種が中国大陆東半部を北方移動することを考察している。これに従うと、わが国においても 7 月末~8 月上旬には本種が南九州から北部九州へ北方移動している可能性が考えられる。

村田・藤條 (2001) は本種の移動飛翔と体脂肪酸の量や組成との関連に着目して、北部九州佐賀市において本種飛来世代では持続飛行時に消費されるトリアシルグリセロー

ル (TG) の残存量が少なく、第 1 世代、第 2 世代成虫になるにつれて増加するとともに TG の構成脂肪酸も変化すると報告している。南九州における本種の移動性の変化をより詳しく把握するには、雌交尾率の季節的消長とともに飛来世代と次世代とにおける TG 含量および脂肪酸組成の変動も測定し、既存データとこれらとを比較する必要がある。

摘 要

南九州におけるコブノメイガ成虫密度と雌成虫交尾率の季節的消長について早期・普通期水田で検討した。成虫の発生は 7 月上旬までは早期水田に多く、7 月末~8 月上旬には主に普通期水田で大きな密度ピークが認められた。大半が飛来成虫と考えられる 6 月末から 7 月中旬にかけての水田での雌交尾率は 75% 以上であった。しかし、イネが最高分げつ期後から穂ばらみ期前で、第 1 世代の羽化時期にあたる 8 月上旬においては 50% を下回った。その後は年によって高低がみられ 25~75% を示した。これらの雌交尾率の推移は概ね成虫密度とみかけ上逆の関係がみられた。本報告および北部九州における雌交尾率の調査結果などから、本種の成虫密度および雌交尾率の季節的消長は中国大陆における季節的変動に類似し、緯度の異なる地点では季節的变化が異なり、そしてそれには成虫が性成熟する間の移動分散行動が関与するものと推察された。

引 用 文 献

- 張 孝義・陸 自強・耿 濟国・李 国柱・陳 学礼・呉 学文 (1980) 稻縱卷葉螟遷移途徑的研究。昆虫学報 23: 130-140. [Chang, S. S., Z. C. Lo, C. G. Keng, G. Z. Li, X. L. Chen and X. W. Wo (1980) Studies on the migration of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée. *Acta Entomologica Sinica* 23: 130-140 (in Chinese with English summary).]
- 深町三朗 (1983) コブノメイガ成虫の日周行動。九病虫研会報 29: 71-74. [Fukamachi, S. (1983) Nocturnal activity of rice leaf roller moth, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 29: 71-74.]
- 長谷川仁・村田 全・川瀬英爾 (1967) 昭和 42 年度のコブノメイガの異常発生。植物防疫 12: 505-508. [Hasegawa, H., Z. Murata and E. Kawase (1967) Outbreak of the rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée in 1967. *Plant Protect.* 12: 505-508.]
- 池田三雄 (1983) 農学における統計学概論。農林統計協会, 東京。206 pp. [Ikeda, M. (1983) *Statistics Introduction for Agriculture*. Association of Agriculture and Forestry Statistics, Tokyo. 206 pp.]
- 井上栄明・深町三朗 (1990) 施肥・防除体系の異なる水田でのコブノメイガの発生生態と被害。九病虫研会報 36: 103-107. [Inoue, H. and S. Fukamachi (1990) Infestation and yield loss caused by *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée under differential fertilization and control procedure. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 36: 103-107.]

- 上和田秀美・田中 章・春口 剛 (1994) 鹿児島県における 1993 年のコブノメイガ大量飛来について. 九病虫研究会報 40: 98–101. [Kamiwada, H., A. Tanaka and T. Haruguchi (1994) Mass immigration and occurrence of the rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée in Kagoshima Prefecture in 1993. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 40: 98–101.]
- Kawazu, K. and S. Tatsuki (2002) Diel rhythms of calling behavior and temporal change in pheromone production of the rice leafroller moth, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Appl. Entomol. Zool.* 37: 219–224.
- 宮原義雄 (1980) 東シナ海で採集されたコブノメイガの交尾率. 北日本病虫研報 31: 107–109. [Miyahara, Y. (1980) The mating rate of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée collected on the East China Sea. *Soc. Pl. Prot. North Japan* 31: 107–109.]
- 宮原義雄・和田 節・小林正弘 (1981) 筑後におけるコブノメイガの早期水稲への飛来. 応動昆 25: 26–32. [Miyahara, Y., T. Wada and M. Kobayashi (1981) Appearance of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée in early planted rice fields in Chikugo. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 25: 26–32.]
- 村田未果・藤條純夫 (2001) コブノメイガにおける残存飛翔エネルギー源の季節的変異. 昆虫 (ニューシリーズ) 4: 1–9. [Murata, M. and S. Tojo (2001) Seasonal fluctuation of residual flight energy source in the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) adults. *Jpn. J. Ent. (N.S.)* 4: 1–9.]
- 永野道昭・樋口泰三・横溝徹世敏 (1976) コブノメイガの生態と防除 第 1 報 1975 年の発生経過と防除試験. 九病虫研究会報 22: 86–88. [Nagano, M., T. Higuchi and K. Yokomizo (1976) Biology and control of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée. 1. Occurrence in 1975 and effect of chemical control. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 22: 86–88.]
- 酒井久馬・池田米男・鯨島徳造 (1942) 瘤野螟蛾 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée の生態及び防除に関する研究. 應用昆蟲 4: 1–24. [Sakai, K., Y. Ikeda and T. Sameshima (1942) Studies on bionomics and control measures of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Preliminary report). *Oyo-kontyu* 4: 1–24.]
- 佐藤テイ・岸野賢一 (1978) コブノメイガの発生に関する生態学的研究. 東北農試研報 58: 47–80. [Sato, T. and K. Kishino (1978) Ecological studies on the paddy leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée. *Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn.* 58: 47–80.]
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran (1967) [畑村又好・奥野忠一・津村善郎 訳, 1972] 統計的方法 (原著第 6 版). 岩波書店, 東京. 546 pp. [Snedecor, G. W. and W. G. Cochran (1967) [Hata-mura, M., T. Okuno and Y. Tsumura Japanese translation, 1972] *Statistical Methods*. 6th ed. Iwanami Book Co., Tokyo. 546 pp.]
- Wada, T. and M. Kobayashi (1982) Mating status depending on the growing stage of the rice plant in the population of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Entomol. Zool.* 17: 278–281.
- Wada, T., M. Kobayashi and M. Shimazu (1980) Seasonal changes of mated females in the field population of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Entomol. Zool.* 15: 81–89.
- Wada, T., Y. Ogawa and T. Nakasuga (1988) Geographical difference in mated status and autumn migration in the rice leaf roller moth, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Entomol. Exp. Appl.* 46: 141–148.
- 山口卓宏・上和田秀美・田中 章 (1994) 鹿児島県における 1993 年のイネウンカ類・コブノメイガの多飛来. 植物防疫 48: 23–28. [Yamaguchi, T., H. Kamiwada and A. Tanaka (1994) Repeated massive immigration and occurrence of the rice planthoppers and the rice leafroller in Kagoshima Prefecture in 1993. *Plant Protect.* 48: 23–28.]