クモヘリカメムシ個体数と斑点米発生数との関係およびその変動要因

竹内 博昭[†]・渡邊 朋也・石崎 摩美・De-Ling Ma・鈴木 芳人

中央農業総合研究センター

Relationship between the Number of *Leptocoris chinensis* Dallas (Hemiptera: Alydidae) and Pecky Grains, and Factors Affecting the Relationship in Rice Fields. Hiroaki TAKEUCHI,^{††} Tomonari WATANABE, Mami ISHIZAKI, De-Ling MA and Yoshito SUZUKI National Agricultural Research Center; 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 63–69 (2005)

Abstract: In order to clarify the relationship between the number of rice bugs, *Leptocoris chinensis*, and number of pecky rice grains, we released eggs of the rice bugs, number ranging from 6 to 36, into 1.6×1.6×1.5 m cages covered with 1 polyethylene mesh (1 mm) at the milk ripening stage in a rice field. The numbers of hatched nymphs were estimated from the remaining egg shells. The actual number of rice bugs was counted at harvest time. Damaged pecky grains having a thickness of over 1.8 mm were counted in each cage after harvest. The number of pecky grains correlated highly with the number of hatched nymphs and rice bugs at harvest time, but not with the number of eggs released. The number of hatched nymphs correlated highly with the number of rice bugs at harvest time, but not with the number of eggs released. The egg survival rate was bimodal with peaks at 0–20 or 80–100%, suggesting that predators caused an all-or-none type mortality to the eggs masses. These results indicate that the estimation of the density of hatched nymphs is more important than those of immigrant adults in order to obtain a highly accurate estimation of pecky rice damage in rice fields.

Key words: Cage; *Leptocoris chinensis*; pecky rice; survival rate; predator

緒 言

クモヘリカメムシ *Leptocoris chinensis* Dallas は、ヘリカメムシ科 Alydidae に属し、イネ *Oryza sativa* L. を加害して米の外観品質の低下をもたらす斑点米カメムシ類の重要種である (清水, 1991; 林, 1997; 鈴木, 2001)。本種は出穂後の水田に侵入して産卵、増殖し、水田内で一世代を経過する消長を示す。また、本種による斑点米は主に乳熟期以降の幼虫による加害で生じ、防除適期は登熟初期から中期とされている (清水, 1978; 下元, 1999; 横須賀, 2001)。出穂後の水田におけるクモヘリカメムシの密度と斑点米発生数との関係およびその変動要因を明らかにすることは、本種の要防除水準策定上きわめて重要である。

水田内の斑点米カメムシ類密度と斑点米発生率との関係を求める場合、通常捕虫網を用いたすくい取り調査で得られるすくい取り個体数が利用されている。中沢ら (1972) は、クモヘリカメムシが主に発生している水田において、すくい取り個体数に対する斑点米発生率の回帰直線を求め、登熟前半に比べて登熟後半の捕獲数の寄与率が高いこ

とを見出した。そして、斑点米カメムシ類の密度と斑点米発生数との関係の変動要因として、カメムシの齢期による加害能力の差異や登熟段階が異なるイネに対する加害量の差異などを挙げているが、十分な検討は行われていない。

斑点米カメムシ類のすくい取り効率は、クモヘリカメムシ成虫では 8–31%、ホソハリカメムシ *Cletus punctiger* (Dallas) 成虫では 16–38% とされている (遠藤ら, 1977)。また、斑点米カメムシ類や斑点米の水田内分布には偏りがあるとされている (中沢ら, 1972; 岩田・葭原, 1976; 大沢ら, 1980; 福田・千代西尾, 1981; 小野塚・小幡, 1990; 新山・飯富, 2000; 湯浅・中野, 2001)。これらの報告から、斑点米カメムシ類の密度調査法ならびに斑点米発生数調査法の推定精度自体も、水田内の斑点米カメムシ類の密度と斑点米発生数との関係を不明確にしている要因の一つであると考えられる。

クモヘリカメムシの個体数と斑点米発生数との関係を精度良く調査することを目的として、小型の網枠を用いた短期間の放飼試験が行われており、齢期やイネの登熟状態によって発生する斑点米数が異なることが明らかにされてい

[†] 現在 九州沖縄農業研究センター

^{††} Present address: National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region; Nishigoshi, Kumamoto 861-1191, Japan

2004 年 9 月 30 日受領 (Received 30 September 2004)

2005 年 3 月 19 日登載決定 (Accepted 19 March 2005)

DOI: 10.1303/jjaez.2005.63

る(横山ら, 1972; 馬場口ら, 1973; 小川・川沢, 1981; 下元, 1998; 梅津ら, 2001; 竹内ら, 2004)。ただし, これらの放飼条件は, クモヘリカメムシの发育やイネの登熟の進行とともにクモヘリカメムシの生存率が変動する水田内の状態と大きく異なる。その結果を, クモヘリカメムシの密度推定に基づく斑点米発生数予測に直接反映させることは難しい。

そこで本研究では, カメムシの動態と斑点米の発生数との関係を実際の水田により近い状態で, かつできるだけ高い精度で調査することを目的として, 水田内に設置した網枠内にクモヘリカメムシの卵を放飼した後, ふ化卵数, 収穫時生存個体数を調査して斑点米発生数との関係を解析するとともに, 水田におけるこれらの関係の変動要因について考察した。

本文に入るに先立ち, 圃場調査ならびに斑点米発生数調査に際して助力をいただいた中央農業総合研究センター業務第2科吉田治男氏に深く感謝する。

材料と方法

実験に用いたクモヘリカメムシは, 2003年7月25日~8月8日に, 茨城県つくば市観音台のイネ科雑草地において数回に分けて100頭以上採集した。そして, 自然日長のガラス室内(気温20~30°C, 上限温度は空調装置により制御)に置いた網箱内(60×60×100cm, 目合1mmのポリエチレン製防虫網で作製)において, イヌビエ *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. var. *crus-galli*, エノコログサ *Setaria viridis* (L.) Beauv. およびメヒシバ *Digitaria adscendens* (H.B.K.) Henr. を与えて飼育した。3種のイネ科雑草は, 出穂している株を数日おきに野外から掘りとり, 1/5,000a ワグネルポットに植え替えて用いた。

放飼試験に適した産卵基質を選ぶために予備試験を実施した。上述の網箱内に, クモヘリカメムシ成虫と3種イネ科雑草および1/5,000a ワグネルポットで栽培した出穂しているイネを入れ, 2日間産卵させた。その後, 卵塊が付着した葉全体を葉と葉鞘の境から1~2cm下の部位で切り取り, 水に挿して同じガラス室内に3日間保持した。次に, これらの葉の卵塊が付着した部分を, 約1cmの長さに切り取り, ピンセットを用いて荷札用の薄いプラスチックラベル(2×4cm, 以下ラベルと呼ぶ)に接着剤(コニシ株式会社, ボンド木工用)で貼り付けた。これらの作業を進める間にイネの葉は乾燥により強く巻き込むことが多く, ラベルに貼付するためにピンセットで展葉すると葉上の卵が脱落することがあった。イヌビエ, エノコログサ, メヒシバでは, イネに比べて葉の巻き込みの程度が弱く, ラベルへの貼付作業中の卵の脱落は少なかった。そこで本研究では, 産卵基質として, これら3種のイネ科雑草を用いることにした。

放飼試験は2003年に茨城県谷和原村にある中央農業総合研究センター水田圃場で行った。圃場には5月8日にイネ(品種: コシヒカリ)を30×18cm間隔で移植し, 慣行に従って栽培したが, 殺虫剤は使用しなかった。7月上旬に全体を3ブロックに区切り(面積各6.6a), 鉄枠(1.6×1.6×1.5m)を各ブロックに7個, 1枠あたり40株が入るように設置した。出穂が始まる直前(8月1日)に鉄枠を目合1mmのポリエチレン製防虫網で覆って放飼試験に供した。防虫網で覆う際に, 枠内に生息する節足動物等の除去は行わなかった。圃場全体の穂の10~20%が出穂した日, すなわち出穂始め(星川(1975)の定義による)は, 8月6日であった。なお, 同時に出穂した隣接水田で登熟期間中にクモヘリカメムシをすくい取り調査したが, 自然発生した個体は捕獲されなかった。

網枠内に放飼する卵は以下のように準備した。クモヘリカメムシを飼育している網箱内に, 8月8日に3種イネ科雑草を入れ, 8月11日, 15日, 18日に, 卵塊が付着した葉全体を予備試験と同様の部位で切り取り, 水に挿してガラス室内に保持した。そして, 8月18日にこれらの葉の卵塊が付着した部分を, 予備試験と同じ方法でラベル(2×4cm)に貼り付けた。ラベル1枚あたりの卵数は6, 12, 18, 24, 30, 36の6段階とし, それぞれ3反復分準備した。ふ化日のばらつきを等しくするため, どのラベルにも, 8月11, 15, 18日に採集した卵塊を貼付し, それぞれの卵塊の卵数が全卵数の1/3になるように, 余分な卵はピンセットで除去した。その後, ラベルは湿らせたる紙とともに密閉可能なプラスチック容器に入れ, 上述のガラス室内に翌朝まで保存した。

水田では胚乳の生長が縦または幅伸長途中の段階の稲が最も多くなる時期からクモヘリカメムシ幼虫の発生が確認されるようになる(Takeuchi et al., 2005)。そこで, 試験水田のイネがこの登熟段階に到達したと推定された8月19日(出穂始めから13日後, 13日間の平均気温23.0°C)に卵の放飼を開始した。卵を貼り付けたラベルは, 付属している針金を用いて, 網枠内中央のイネ株の止葉葉鞘に1枚取り付け付けた。無放飼区としてラベルを取り付けない網枠も設定した。クモヘリカメムシのふ化は放飼当日から始まった。卵のふ化が終了していた8月25日(出穂始めから19日後)にラベルを回収した。ラベルをイネに取り付けていた期間中の平均気温は25.5°Cであり, 降雨はなかった。なお, 別途7日間室内で, ラベルに貼り付けた卵塊が付着した葉片を観察し, 葉片および卵の脱落がないことを確認した。

回収されたラベル上の卵を未ふ化卵, ふ化済みの卵および消失卵に分類して計数した。卵殻が開き, 内部が空の卵をふ化済みの卵, 未ふ化卵およびふ化済みの卵以外を消失卵とした。消失卵には卵殻が完全に消失した卵の他, 卵殻

の一部あるいは大部分が破損した卵が含まれる。消失卵のふ化の有無は判定できない。そこで本研究では便宜的にふ化済みの卵数を推定ふ化数とした。未ふ化卵は回収後、25℃の恒温室に2週間保持して卵寄生蜂の出現の有無を調査した。卵保持期間中に新たなクモヘリカメムシ幼虫のふ化はなかった。9月16日（出穂始めから41日後）に網枠内のクモヘリカメムシ生存個体数を全数調査し、イネを全株刈り取った。なお、全生存個体のうち成虫は69頭、5齢幼虫は1頭であった。そこで、網枠毎に羽化成虫数と5齢幼虫数を合計し、収穫時生存個体数として解析した。

刈り取ったイネは脱穀し、得られた籾を精玄米（粒厚1.8 mm以上）に調整した後、網枠ごとに全精玄米重とそこから抽出した精玄米2,000粒の重さを測定し、網枠内の精玄米粒数を推定した。さらに、全精玄米中の斑点米数を調査した。本研究では奈須田（1976）の報告を参考に、カメムシの加害による斑紋が認められた精玄米を斑点米と定義した。

クモヘリカメムシの各发育段階の個体数（放飼卵数、推定ふ化数、収穫時生存個体数）の間の関係、およびそれらと斑点米発生数との関係は単回帰分析を用いて検討した。また密度依存性は、推定ふ化率と収穫時生存個体数に0.5を加えて対数変換した後に、単回帰分析を用いて推定した。これらの解析には、統計解析ソフトウェア StatView for Windows ver. 5.0 (SAS Institute Inc.) を用いた。

結 果

推定ふ化率（推定ふ化数/放飼卵数）のヒストグラムは、0～20%と80～100%の階級の頻度が高い分布を示した（Fig. 1）。そのため推定ふ化数は、同じ放飼卵数の網枠間でも変動が大きくなった（Fig. 2）。推定ふ化率が0%に近い6つの網枠のデータを除くと、放飼卵数と推定ふ化数との間の単回帰分析結果は、回帰係数が0.87、切片が-1.02となり（ $R^2=0.93$, Fig. 2）、切片の値は $y=0$ との間に有意差が認められなかった（ t -検定、 $p>0.05$ ）。推定ふ化率が0%に近い6つの網枠では、ふ化済み卵以外は全て消失卵であり、ラベル上には、卵殻の破片の一部が残っている場合が多かった。また、放飼したいずれのラベル上にも卵寄生蜂に寄生された卵は観察されなかった。

幼虫生存率（収穫時生存個体数/推定ふ化数）は、20～40%の階級にピークを持つ分布を示した（Fig. 1）。推定ふ化数が0であった3つの網枠のデータを除いた場合の、推定ふ化数に対する収穫時生存個体数の回帰係数の値は0.96と1に近く（ $R^2=0.57$, Fig. 3）、本研究における放飼密度の範囲内では、密度依存的な死亡（久野, 1988）は検出されなかった。

放飼卵数に対する斑点米発生数の単回帰分析は有意であったが（分散分析、 $p<0.05$ ）、決定係数は0.20と低かつ

Fig. 1. Frequency of the hatchability and the survival rate of the hatched rice bugs, *Leptocoris chinensis*, in cages placed in rice fields. Hatchability: Number of hatched nymphs/the number of released eggs. Survival rate of hatched rice bugs: Number of rice bugs at harvest time/number of hatched nymphs. The number of hatched rice bug nymphs, *Leptocoris chinensis*, was estimated by counting the number of remaining egg shells.

Fig. 2. Relationship between the number of released rice bug eggs, *Leptocoris chinensis*, and number of hatched nymphs. The number of hatched nymphs was estimated by counting the number of remaining egg shells. The data indicated by arrows is excluded from the regression analysis.

た（Fig. 4 上段）。推定ふ化数に対する斑点米発生数の回帰直線の回帰係数は3.9、切片は8.5であった（ $R^2=0.68$ ）。切片の値は $y=0$ との間に有意差が認められなかった（ $p>0.05$ ）。そこで、原点を通る回帰直線をあてはめると、

Fig. 3. Relationship between the number of hatched nymphs and number of rice bugs at harvest time. The number of hatched nymphs was estimated by counting the number of remaining egg shells.

回帰係数は 4.4 となった ($R^2=0.86$, Fig. 4 中段). 収穫時生存個体数に対する斑点米発生数の回帰直線については, 回帰係数は 8.1, 切片は 15.2 となり ($R^2=0.81$, Fig. 4 下段), 切片の値は $y=0$ との間に有意差が認められた ($p<0.05$).

クモヘリカメムシの卵を放飼した網枠内に発生した斑点米の割合は, 0% から 0.35% の間であった. 無放飼区の網枠内には斑点米が発生しなかった (Table 1).

考 察

本研究では, 放飼したクモヘリカメムシ卵の推定ふ化率のヒストグラムは 0~20% と 80~100% の階級の頻度が高い分布を示した (Fig. 1). 放飼卵数に対する推定ふ化数の散布図では, 同じ放飼卵数の網枠間の推定ふ化数の変動は大きかった (Fig. 2). 推定ふ化率が 0% に近い 6 つの網枠のデータを除いた場合, 放飼卵数に対する推定ふ化数の回帰直線の回帰係数および決定係数は 1 に近かった. したがって, 推定ふ化率が高いこれらの網枠では, 放飼卵のほぼ全てがふ化したと考えられた. 一方, 推定ふ化率が 0% に近い 6 つの網枠では, ふ化済み卵以外は全て消失卵であった. したがって, 消失卵を発生させた要因が, 放飼卵数に対する推定ふ化数の変動を大きくしたと考えられた.

マレーシアの水田において, ヘリカメムシ科のカメムシの一種 *Leptocoris oratorius* Fabricius の卵の放飼試験を行った Ito et al. (1995) の報告では, 卵殻の破片を残して消失した卵が観察され, 捕食性天敵として, ササキリ類の一種 *Conocephalus longipennis* (de Haan) が重要である可能性が指摘されている. 本研究では, 収穫時の網枠内にササキリ類やコモリグモ類など複数種の捕食性天敵が生息していた. 回収したラベル上に, 卵殻の破片を残して消失した卵が多

Fig. 4. Relationship between the number of the rice bugs, *Leptocoris chinensis*, in different developmental stages and number of pecky rice grains in cages placed in rice fields. The number of hatched nymphs was estimated by counting the number of remaining egg shells.

数観察された. これらのことから, 消失卵の発生要因は捕食性天敵である可能性が高いと考えられる. ただし, その種類についてはさらに検討する必要がある.

ミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (Linnaeus) の卵期の死亡要因として, 卵寄生蜂や捕食者などの天敵類, 台風などの気象要因, ふ化前の生理的要因が挙げられており (Kiritani, 1964a), クモヘリカメムシについてもこの 3 つが考えられる. しかし, 推定ふ化率が 0% に近い 6 つの網枠では, 未ふ化卵および卵寄生蜂による寄生卵は認められなかった. さらに, 筆者らが 7~9 月の期間に, 定期的にクモヘリカメムシ卵を水田に設置した調査では, クモヘリカメムシ卵の消失率は, 卵寄生蜂による寄生率より高いことが明らかにされている (Ma et al., 未発表). これらの結果から, 卵寄生蜂やふ化前の生理的要因が, 水田におけるクモヘリカメムシの卵期の生存率の変動を大きくしている可能

Table 1. Weight of hulled rice grains and numbers of peckey rice in each cage

Number of released eggs	Weight of hulled rice grains ^a (g)	Number of hulled rice grains ^b	Number of pecky rice	Ratio of pecky rice (%)
6	910	45,255	24	0.05
	899	45,168	16	0.04
	988	48,890	2	>0.01
12	910	44,595	31	0.07
	966	46,792	62	0.13
	698	34,740	24	0.07
18	888	44,114	67	0.15
	863	43,062	28	0.07
	725	35,423	0	0
24	959	46,660	75	0.16
	768	38,152	96	0.25
	881	43,120	72	0.17
30	974	47,461	9	0.02
	854	41,460	48	0.12
	957	46,839	0	0
36	898	44,562	155	0.35
	956	47,757	49	0.10
	955	46,953	83	0.18
0	852	41,564	0	0
	892	42,650	0	0
	966	46,801	0	0

^a The weight was measured after removing small hulled rice grains with a 1.8 mm sieve.

^b Number of hulled rice grains: Weight of hulled rice grains/Weight of 2,000 hulled rice grain samples $\times 2000$.

性は低いと考えられる。なお、ラベルをイネに取り付けていた期間中に台風の通過はなく、天候は安定していたため、本研究では台風の影響について検討できなかった。

斑点米カメムシ類の幼虫期の水田内における死亡要因については、Kiritani (1964a) によって調査されたミナミアオカメムシ以外には詳細な報告はない。ミナミアオカメムシの幼虫期の死亡要因として、クモヘリカメムシ類などの天敵類、台風などの気象要因、脱皮の失敗等が挙げられ、老齢幼虫では密度依存的な死亡があることが報告されている (Kiritani, 1964a, b)。また、ミナミアオカメムシでは、幼虫期の生存率の変動は小さく、齢期別生存率の推定が可能であることが報告されている (Kiritani and Nakasuji, 1967)。本研究では、クモヘリカメムシ幼虫について個々の死亡要因は検討できなかったが、放飼した密度の範囲内では密度依存的な死亡は検出されなかった (Fig. 3)。また、幼虫生存率のヒストグラムは 20~40% の階級にピークを持つ分布を示し、半分以上の網枠がこの階級に含まれていた (Fig. 1)。さらに、推定ふ化数に対する収穫時生存個体数の回帰直線の決定係数は高かった (Fig. 3)。これらの結果は、クモヘリカメムシの幼虫期の生存率の変動が小さいことを示唆している。

推定ふ化数に対する斑点米発生数の原点を通る回帰直線を求めたところ、回帰係数は 4.4 であった。したがって、放飼から刈り取りまでの 29 日間に、ふ化幼虫 1 頭あたり 4.4 粒 (1 日あたり 0.15 粒) の斑点米が発生したと推定された。これまでに、1 日 1 頭あたり斑点米発生数のカメムシ種間の比較を目的として、小型の網枠を用いた放飼試験が行われている (横山ら, 1972; 馬場口ら, 1973; 小川・川沢, 1981; 梅津ら, 2001)。そして、クモヘリカメムシ成虫による 1 日 1 頭あたりの斑点米発生数は 0.09~1.3 粒であるとまとめられている (中筋, 1973; 川澤, 1993)。これらの値は特定の登熟段階のイネに短期間クモヘリカメムシを放飼して求められている。本研究で求めたふ化幼虫 1 頭あたり斑点米発生数の推定値は、水田内個体群のふ化幼虫期から成虫までの生存率も加味した斑点米発生数の推定値であり、ふ化幼虫期の密度推定による斑点米発生数予測に有効な情報である。

これまで、侵入世代成虫すくい取り調査に基づくふ化幼虫密度の推定が試みられている。しかし、清水・丸 (1978) は千葉県におけるすくい取り調査結果を解析して、クモヘリカメムシ、ホソハリカメムシでは、侵入世代成虫密度がピークとなる穂揃期から幼虫密度がピークとなる乳熟後期

への増加率の変動係数が高かったことを報告している。中筋(1973)も高知県におけるすくい取り調査結果を解析して、出穂期から乳熟期の斑点米カメムシ類密度の増加率の変動は大きく、出穂時の密度調査結果から以後の密度を予測することは難しいことを報告している。本研究では、網枠を用いた放飼試験を行って放飼卵数と推定ふ化数との関係を解析したが、同じ放飼卵数の網枠間で推定ふ化数の変動は大きく(Fig. 2)、この要因として捕食性天敵の効果が考えられた。これまで水田における侵入成虫密度と卵密度との関係の報告はないが、侵入成虫密度と侵入成虫すくい取り個体数との関係については、すくい取り時の水田の状態の違い等の影響が指摘されている(遠藤ら, 1977)。また、清水・丸(1978)は、千葉県内の水田において、斑点米カメムシ類すくい取り調査と抽出した精玄米の斑点米発生率調査を行っているが、穂揃期の侵入成虫すくい取り個体数と斑点米発生率との間に相関を認めていない。これらのことから、クモヘリカメムシ侵入成虫すくい取り個体数を用いて、ふ化幼虫密度および斑点米発生数を高い精度で推定することは難しいと考えられる。

本研究では、放飼卵数に対する斑点米発生数の回帰直線の決定係数は低かったが、推定ふ化数および収穫時生存個体数に対する斑点米発生数の回帰直線の決定係数は高かった(Fig. 4)。さらに、クモヘリカメムシの幼虫期の生存率には密度依存性は認められなかった(Fig. 3)。クモヘリカメムシによる斑点米は主に乳熟期以降の幼虫による加害で生じるとされている(横須賀, 2001)。清水・丸(1978)は、水田における4回のすくい取り調査結果から求めたクモヘリカメムシ延べ幼虫数と斑点米発生率との間に高い相関を認めている。これらのことから、斑点米発生数を予測する上で、侵入成虫密度の推定よりもふ化幼虫密度の推定が重要であると考えられる。

摘 要

水田におけるクモヘリカメムシの個体数と斑点米発生数との関係に影響を及ぼす要因を明らかにするために、目合1mmのポリエチレン製の防虫網で覆った1.6×1.6×1.5mの鉄枠を水田に設置し、クモヘリカメムシ卵を網枠あたり6~36個の6段階の密度で放飼した。ふ化幼虫数は、残された卵殻の観察によって推定し、生存個体数は収穫時に調べた。斑点米発生数は収穫後に粒厚1.8mm以上の全精玄米を対象に調査した。その結果、放飼卵数に対する斑点米発生数の変動は大きかったが、推定ふ化数および収穫時生存個体数に対する斑点米発生数の回帰直線の決定係数は高かった。放飼卵数と推定ふ化数との間には有意な相関は認められなかった。推定ふ化数と収穫時生存個体数との回帰直線の決定係数は高かった。推定ふ化率のヒストグラムは、0~20%と80~100%の階級の頻度が高い分布を示した。推

定ふ化率が0%に近かった網枠では、卵殻の一部を残して消失した卵が多数観察された。これらは捕食性天敵により捕食されたと推定された。以上から、水田においてクモヘリカメムシによる斑点米発生数を予測する上で、侵入成虫密度の推定よりもふ化幼虫密度の推定が重要であると考えられる。

引 用 文 献

- 馬場口勝男・深町三朗・瀬戸口脩(1973) クモヘリカメムシの発生生態ならびに被害解析. 鹿児島農試研報 1: 42-53.
- [Babaguchi, K., S. Fukamachi and O. Setoguchi (1973) The occurrence and ecology of *Leptocorixa corbetti* China and the analysis of damage done by it on rice plant. *Bull. Kagoshima Agric. Exp. Stn.* 1: 42-53.]
- 遠藤巨紀・清水喜一・丸 論(1977) 穂揃期から乳熟期の水田におけるホソハリカメムシとクモヘリカメムシの成虫のすくい取り効率. 千葉農試研報 18: 105-111. [Endo, T., K. Shimizu and S. Maru (1977) The sampling efficiency of sweeping method for estimating the number of adult *Cletus trigrinus* Thunberg and adult *Leptocorixa varicornis* Fabricius in grown paddy fields. *Bull. Chiba Agric. Exp. Stn.* 18: 105-111.]
- 福田博年・千代西尾伊彦(1981) カメムシ類に関する研究(第3報) 山間地水田に発生するトゲカメムシの発生経過と2, 3の生態について. 鳥取農試研報 19: 49-59. [Fukuda, H. and T. Chiyonishio (1981) Studies on the pentatomid bugs (3). Some ecological observations and the seasonal prevalence of *Carbula kumerigera* Uhler in the paddy fields of mountainous region in Tottori prefecture. *Bull. Tottori Agric. Exp. Stn.* 19: 49-59.]
- 林 英明(1997) 斑点米カメムシ発生相の変遷と防除対策. 植物防疫 51: 455-461. [Hayashi, H. (1997) Historical changes and control of rice sting bug complex causing the pecky rice. *Plant Protect.* 51: 455-461.]
- 星川清親(1975) イネの生長. 農山漁村文化協会, 東京. 317 pp. [Hoshikawa, K. (1975) *The Growing Rice Plant*. Noubunkyo (Rural Culture Association), Tokyo. 317 pp.]
- Ito, K., H. N. Kin and P. M. Chang (1995) *Conocephalus longipennis* (de Hann) (Orthoptera: Tettigonidae): a suspected egg-predator of the rice bug in the Muda area, west Malaysia. *Appl. Entomol. Zool.* 30: 599-601.
- 岩田俊一・葭原敏夫(1976) 斑点米を発生させるカメムシ類 全国アンケート調査より. 植物防疫 30: 127-132. [Iwata, T. and T. Yoshihara (1976) The rice bugs causing pecky rice, reports of nationwide questionnaire survey. *Plant Protect.* 30: 127-132.]
- 川澤哲夫(1993) カメムシによる作物の被害 斑点米の産出能力. 日本原色カメムシ図鑑(友国雅章 監修). 全国農村教育協会, 東京, pp. 276-277. [Kawasawa, T. (1993) Crop damage caused by stink bugs, the number of caused pecky rice by a rice bug during a day. In *A Field Guide to Japanese Bugs* (M. Tomokuni ed.). Zennoukyo, Tokyo, pp. 276-277.]
- Kiritani, K. (1964a) Natural control of populations of the southern green stink bug, *Nezara viridula*. *Res. Popul. Ecol.* 6: 88-98.
- Kiritani, K. (1964b) The effect of colony size upon the survival of larvae of the southern green stink bug, *Nezara viridula*. *Jpn. J. Appl.*

- Entomol. Zool.* 8: 45–54.
- Kiritani, K. and F. Nakasuji (1967) Estimation of the stage-specific survival rate in the insect population with overlapping stages. *Res. Popul. Ecol.* 9: 143–152.
- 久野英二 (1988) 発生予察・被害解析. 新応用昆虫学 訂正版 (斎藤哲夫・松本義明・平嶋義宏・久野英二・中島敏夫 共著). 朝倉書店, 東京, pp. 123–133. [Kuno, E. (1988) Forecasting and damage analysis. In *New Applied Entomology*. 2nd ed. (T. Saito, Y. Matsumoto, Y. Hirashima, E. Kuno and T. Nakashima). Asakura Book Co., Tokyo, pp. 123–133.]
- 中筋房夫 (1973) 稲穂を加害するカメムシ類の発生の特徴と要防除密度. 植物防疫 27: 372–378. [Nakasuji, F. (1973) The characteristics of occurrence of rice bugs and the control threshold. *Plant Protect.* 27: 372–378.]
- 中沢啓一・河野富香・梅田公治 (1972) 結実期の水稻から採集されたカメムシ類. 広島農試報告 32: 7–15. [Nakazawa, K., T. Kono and K. Umeda (1972) Pentatomid bugs and allied species collected from paddy fields in Hiroshima prefecture. *Bull. Hiroshima Agric. Exp. Stn.* 32: 7–15.]
- 奈須田和彦 (1976) 着色米・変質米とその種類について. 北陸病虫研報 24: 40–45. [Nasuda, K. (1976) A proposal for the naming of colorings of rice-grains based on their causal organisms. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Hokuriku* 24: 40–45.]
- 新山徳光・飯富暁康 (2000) 割れ粃および斑点米の水田内分布. 北日本病虫研報 51: 175–177. [Niiyama, T. and A. Iitomi (2000) Distribution of hull-cracked and pecky rice in a paddy. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 51: 175–177.]
- 小川 宏・川沢哲夫 (1981) 普通期稲の穂を吸収するおもなカメムシの斑点米産出能力について. 四国植防 16: 87–95. [Ogawa, H. and T. Kawasaki (1981) The ability of pentatomid bugs and allied species to induce the pecky rice in medium-maturing rice. *Proc. Assoc. Plant Prot. Shikoku* 16: 87–95.]
- 大沢守一・河辺信雄・斎藤 満 (1980) 福島県において斑点米を発生させるカメムシ類の生態と防除に関する研究 第2報 斑点米発生状況について. 福島農試研報 19: 65–71. [Ohsawa, S., N. Kawabe and M. Saito (1980) Studies on bionomics and control of bugs causing pecky rice in Fukushima prefecture (2). On the occurrence of pecky rice caused by bugs. *Bull. Fukushima Agric. Exp. Stn.* 19: 65–71.]
- 小野塚清・小幡武志 (1990) オオトゲシラホシカメムシの水田への侵入と分布. 北陸病虫研報 38: 18–22. [Onozuka, K. and T. Obata (1990) Immigration and distribution of *Eysarcoris lewisi*. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Hokuriku* 38: 18–22.]
- 清水喜一 (1978) 最近の稲作におけるカメムシ類の発生状況 千葉県の防除と対策. 今月の農業 22(9): 16–19. [Shimizu, K. (1978) Occurrence situation and control methods of rice bugs in Chiba prefecture. *Japan Agricultural Technology* 22(9): 16–19.]
- 清水喜一 (1991) コメのコスメティック虫害と防除対策. 植物防疫 45: 473–476. [Shimizu, K. (1991) Occurrence and control of cosmetic insect pests of rice. *Plant Protect.* 45: 473–476.]
- 清水喜一・丸 論 (1978) イネを加害するカメムシ類の要防除密度. 植物防疫 32: 325–330. [Shimizu, K. and S. Maru (1978) The control threshold of rice bugs. *Plant Protect.* 32: 325–330.]
- 下元満善 (1998) 吸穂性カメムシ類の生態と防除 第1報 加害時期, 加害ステージと斑点米発生との関係. 高知農技セ研報 7: 11–20. [Shimomoto, M. (1998) Ecology and control of rice ear bugs causing the pecky rice I. Effects of period and developmental stage of rice ear bugs infestation on occurrence of the pecky rice. *Bull. Kochi Agric. Res. Cent.* 7: 11–20.]
- 下元満善 (1999) 吸穂性カメムシ類の生態と防除 第2報 防除薬剤と防除体系. 高知農技セ研報 8: 5–11. [Shimomoto, M. (1999) Ecology and control of rice ear bugs causing the pecky rice II. The control effect of several insecticides on rice ear bugs and control system for the bugs. *Bull. Kochi Agric. Res. Cent.* 8: 5–11.]
- 鈴木芳人 (2001) イネにおける虫害防除のポイント. 今月の農業 45(1): 24–27. [Suzuki, Y. (2001) The point of insect pest control in rice. *Japan Agricultural Technology* 45(1): 24–27.]
- Takeuchi, H., T. Watanabe, M. Ishizaki, S. Oku and Y. Suzuki (2005) The relationship between developmental stages of rice spikelets and incidence of the rice bugs *Leptocoris chinensis*, *Lagynotomus elongatus*, and *Stenotus rubrovittatus* in rice fields. *Appl. Entomol. Zool.* 40: 351–357.
- 竹内博昭・渡邊朋也・鈴木芳人 (2004) クモヘリカメムシ, イネカメムシ, ホソハリカメムシ, アカスジカスミカメに加害される粃の登熟段階. 応動昆 48: 281–287. [Takeuchi, H., T. Watanabe and Y. Suzuki (2004) Ripening stages of rice spikelets selectively damaged by four species of rice bugs, *Leptocoris chinensis* Dallas (Hemiptera: Alydidae), *Lagynotomus elongatus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae), *Cletus punctiger* (Dallas) (Hemiptera: Coreidae) and *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) (Hemiptera: Miridae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 48: 281–287.]
- 梅津由美子・門間陽一・永野敏光 (2001) カメムシ類放飼による斑点米の形成. 北日本病虫研報 52: 146–148. [Umetsu, Y., Y. Monma and T. Nagano (2001) Occurrence of pecky rice caused by release of rice bugs. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 52: 146–148.]
- 横須賀知之 (2001) 斑点米の原因となるクモヘリカメムシの発生と防除対策. 植物防疫 55: 455–458. [Yokosuka, T. (2001) Biology and control of *Leptocoris chinensis* causing pecky rice. *Plant Protect.* 55: 455–458.]
- 横山佐太正・高崎登美雄・藤吉 臨・内田信義・近藤啓一・田中節男・吉武清晴 (1972) イネを加害するカメムシ類の発生予察に関する研究 第2報 被害について. 九州病虫研報 18: 53–55. [Yokoyama, S., T. Takasaki, N. Fujiyoshi, N. Uchida, K. Kondo, S. Tanaka and K. Yoshitake (1972) Studies on the forecasting of occurrence of rice bugs II. Damage analysis. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 18: 53–55.]
- 湯浅和宏・中野 学 (2001) 斑点米の水田内分布の一事例. 関西病虫研報 43: 61–62. [Yuasa, K. and M. Nakano (2001) A distribution pattern of pecky rice incidence in a paddy field. *Proc. Kansai Pl. Prot.* 43: 61–62.]