

第5章 総合考察

斑点米カメムシは玄米の品質低下, 買い取り価格の下落を招く重要害虫に位置づけられている。アカスジカスミカメは斑点米カメムシの一種であり, 同じカスミカメムシ類のアカヒゲホソミドリカスミカメとともに2000年代から被害が全国で増加した(渡邊・樋口, 2006)。その背景には水田周辺の牧草地や耕作放棄水田などの侵入源の増加があると考えられている(新山, 2000; 伊藤, 2004)。カスミカメムシ類については要防除水準の設定が進んでおらず, 侵入源となるイネ科植物群落の管理手法についても明確な基準はない。このため, 現状では予防的な薬剤散布に頼る傾向が強く, 防除面積が発生面積を大きく上回る状況が続いている。しかしながら, このような画一的で予防的な薬剤散布は, 環境負荷の増大, 労力・コストの非効率率, 薬剤抵抗性発達など様々な負の側面も大きい。また, 担い手の多様化による品種や作期の違い, また, 販売戦略に関係して防除方法・手段にたいする考え方の違いは, 一律の被害許容水準や防除手法ではなく様々な経営スタイルに使用可能な柔軟な防除戦略の提案が求められている。

このような中で, カスミカメムシ類の効率的防除のために二つの視点からのアプローチが求められている。一つは水田個々もしくは地域全体における発生源管理である。斑点米被害を増加させる水田周辺環境について, 時期, 範囲, 植生などの具体的な条件を明らかにすることにより, 除草や薬剤防除についての判断根拠を提示できる。もう一つは要防除水準の設定である。初期侵入量をもとに被害程度を推定できれば, 斑点米被害発生リスクの低い圃場では薬剤散布を省略し, リスクの高い圃場において重点的に散布を行うといった防除のメリハリ化が可能になる。これらのアプローチを組み合わせることで, 地域全体の薬剤使用量および被害の低減につながると考えられる。以上の視点から, 既存知見と本試験の結果をまとめ, 今後考えられるアカスジカスミカメの管理技術について考察する。

まず発生源管理手法確立へのアプローチにおいて, 水田周辺のイネ科植物群落はアカスジカスミカメの侵入源となり, その位置, 植生, 管理が水田への侵入に大きく係わることが示された。水田周辺の発生源を監視する際, まず考慮すべきは発生源が影響を及ぼす範囲である。本研究では, アカスジカスミカメの発生源からの分散距離は130 m程度と推定された。一方で, 700 m近く離れた水田においても発生源から侵入したと考えられる個体がわずかに捕獲され, 本種が数百メートル単位で分散していることを示唆していた。アカスジカスミカメの水田内密度に影響を与える雑草地の範囲をYasuda *et al.* (2011) は300 m程度, Takada *et al.* (2012) は400 m程度と推定しており, 本研究の結果を概ね支持していると考えられる。また, 水田への侵入量は発生源に近いほど指数関数的に増加することが示された。これらの結果から, 水田から130 m

以内に発生源が存在するかを考慮し, 存在する場合には除草等の管理を行うか, もしくは発生源に近い水田から優先して薬剤散布等の対策を講じる必要がある。この際の要防除範囲や経済的被害許容範囲は, 発生源における本種の発生密度に応じて変化することが推察され, 実際に被害がどの程度の範囲に及ぶかは水田への侵入状況をその都度把握する必要があると考えられる。

発生源においては草種, 出穂状況, 枯死や除草が発生源および水田におけるアカスジカスミカメの発生・侵入状況に大きな影響を及ぼしていた。調査した堤防法面では, 夏はイタリアンライグラス, 秋はメヒシバが両種のおもな寄主植物となっており, これらの出穂によりアカスジカスミカメおよびアカヒゲホソミドリカスミカメの発生量が増加した。一方, アカスジカスミカメと比較して穂への依存性の少ないアカヒゲホソミドリカスミカメは, これらのイネ科植物種が出穂していない場面でも増加が確認され, 両種の産卵・摂食部位の選好性の違いが現れていた。イタリアンライグラスの出穂は, 千葉県ではイネの出穂時期と重なるため, 水田侵入量や斑点米被害への影響も大きいと推察される。本種がアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの好適寄主であるという報告は多く(林, 1986; 菊池・小林, 2001; 長澤, 2007), 本県においてもこの両カメムシ種の発生量増加の大きな要因となっていると考えられた。このような植物種を最重点植生とし, 水田周辺の植生を調査することで斑点米被害リスクを捉えることが可能と考えられる。

一方, 両カメムシ種に共通の寄主植物にはナガハグサ(ケンタッキーブルーグラス) *Poa pratensis* L., コヌカグサ(レッドトップ) *Agrostis gigantea* Roth, コムギ, スーダングラス, カモガヤ(オーチャードグラス) *Dactylis glomerata* L., トウモロコシなどの飼料作物や普通作物も含まれている。また, そのほかにも水田周辺には様々なイネ科・カヤツリグサ科植生があり, そのすべての種について両カメムシ種の選好性が解明されているわけではない。したがって地域の水田周辺に存在する様々なイネ科植生について, カスミカメムシ類の発生量を増加させる可能性を明らかにし, 警戒すべき植生を特定しておく必要がある。

畦畔の除草は斑点米被害軽減に寄与するとされ(菊池・小林, 2001; 寺本, 2003; 小野ら, 2010), 本調査においても水田の出穂約10日前から収穫期において, 堤防法面で除草や寄主植物の枯死などによりカスミカメムシ類の発生量が少なくなっている場合には, 水田内への侵入量も少なくなると考えられる事例があった。一方, 除草や枯死のタイミングによっては, 逆にカスミカメムシ類にとって好適な出穂条件を助長してしまったり, 水田への侵入を促してしまったりする恐れのあることが示唆された。除草が頻繁になりすぎるとイネ科植物が優占種になりやすい

とされ（稲垣ら，2012），過度の除草はカスミカメムシ類の好適植生を増加させ，地域の発生源を増加させかねない．除草作業は労力的な負担が大きく，上述したようにタイミングや回数がカメムシの水田への侵入防止効果に大きく影響すると考えられるため，効率的で効果的な除草時期を明らかにすることが重要である．寺本（2003）は，イネ出穂3週間前頃と出穂期の2回除草が，安田ら（2013）は出穂前2～1週間および出穂後1～2週間の2回除草がカメムシの侵入防止効果が高いと報告しており，いずれも水田の出穂時に，事前に発生源における発生量を低くしておくこと，その状態をイネの収穫まで維持することが共通している．カスミカメムシ類が侵入・加害する時期に，事前に水田周辺の発生量を低く抑えることが重要と考えられる．また，Yasuda *et al.*（2013 a）は6月に水田周辺の雑草地を集中的に除草しておくことにより，その地域のアカスジカスミカメ個体群密度を減少させることが可能と述べており，イネの出穂に先駆けて地域の好適植生を減少させておくことで，地域全体の個体群密度を減少させ，被害の減少に繋がると示唆される．

このように，好適植生や分散能力など発生生態の解明により，水田周辺の発生源管理に活用可能な知見が得られた．一方，実際の発生量は気象条件や前年の産卵数，天敵生物の密度など様々な影響を受けると考えられる．よりきめ細かな対策を講じるためには個々の水田における初期侵入量を考慮して最終的な防除要否の判断を行うための被害予測手法の確立が必要である．

本研究では，千葉県において以前から推奨されていた穂揃期防除について，その効果を検証するとともに，防除要否判断に利用可能な被害推定モデルの開発に取り組んだ．その結果，出穂期におけるすくいとりおよびフェロモントラップの捕獲数により，被害が増加する前に2等落等確率を推定することが可能であった．出穂期におけるすくいとり捕獲数を用いた被害解析の結果，割れ籾の発生率が低いほど穂揃期防除に2等落等確率を低下させる効果が認められた．割れ籾率がカスミカメムシ類の被害に与える影響は大きいという報告は多く（高橋ら，2012），本研究における放飼試験においても割れ籾に側部斑点米が高い割合で生じることが示された．一方，割れ籾率は気温や施肥による影響よりも品種による影響が大きことが裏付けられ，千葉県において栽培されている主要3品種は割れ籾が発生しにくいことが示された．この3品種の割れ籾率を被害解析に考慮すると，穂揃期防除には2等落等確率を低下させる一定の効果が期待できると推定される．

一方，無防除条件下における推定の結果から，少発生条件下において穂揃期防除の有無を判断する場合に考慮すべき変数は捕獲数のみと考えられた．すくいとりによる捕獲数を用いた場合には50%逆推定値が1頭以下となり，防除を省略する判断に用いるためには，少発生条件下において調査精度の高いフェロモントラップ捕獲数を用いる方が適していると考えられた．併用フェロモントラップ

は，アカスジカスミカメおよびアカヒゲホソミドリカスミカメ混在化においても使用が可能であり，被害推定により2等落等リスクが低いと判断された圃場においては穂揃期防除を省略することが可能と推察された．

本研究の中で，様々な課題も見いだされた．一つ目は要防除水準の設定である．ある一定の基準を超えるか否かの確率を推定するモデルを用いて要防除水準を設定する場合，基準をどこに設定するか，また基準を超える確率が何%となる条件を要防除水準とするかについての入念な議論が必要となる．米の品質が重要視される現代においては要防除水準を低く設定せざるを得ない状況にあるとも言えるが，一方で色彩選別技術の発達・普及や環境保全型農業への関心の高まり，栽培面積の大規模化など多様な場面で利用可能な基準が求められている．そのような中ではある一定の考えの基に要防除水準を一つだけ設定するより，単純なモデルをもとにそれぞれの担い手が実情に合った判断を支援することが必要である．

二つ目の課題は2回目防除の必要性である．本研究では穂揃期防除要否の判断基準策定を目的とした解析を行ったが，アカスジカスミカメ多発条件下や割れ籾多発条件下では穂揃期防除による効果が十分に得られない場合が想定された．調査水田における捕獲数分布や栽培品種構成から考慮すると対象水田は少ないと考えられるが，このような場合には小野ら（2010）の様に2回目の防除や彩選別などの対策を追加する必要がある．

三つ目の課題はアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの生態の違いである．本研究では併用フェロモントラップを用いることにより，両種の出穂期前1週間における総捕獲数をもとに被害粒率が0.1%を超える確率の推定が可能であった．両種の捕獲数を別々にモデルに組み込むよりもはるかに単純なモデルであり，現場で利用しやすいという利点があるが，水田内生態の異なる両種を一まとめに扱うことには疑問が呈されるだろう．アカスジカスミカメは，雑草発生がない限り次世代幼虫の発生は稀であり（中田，2000；大友ら，2005；片瀬ら，2007），防除対象の主体は侵入成虫であるのに対し（小野ら，2010），アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の水田への侵入は長くは続かず，次世代幼虫が斑点米形成に大きく関与する（石本，2004）．このように両種は加害生態の異なるため，初期侵入量と最終的な被害の関係は両種で異なることが予想される．本モデルは千葉県内という限られた地域の限られた発生状況をもとに作成されており，両種それぞれが単独で優占している地域や，本県と混在条件が異なる地域におけるデータも加味する必要がある．現在までに検討されているアカヒゲホソミドリカスミカメ捕獲数による被害推定モデルでは，本モデルで用いた捕獲時期よりも後の捕獲数を用いた推定を目指しており，単純に比較はできない．より一般的な推定モデルを得るため，検証を重ねる必要がある．

四つ目はフェロモントラップと既存手法であるすくい

とりとの使い分けである。すくいとり調査はクモヘリカメムシなどほかの大型の斑点米カメムシ類、ウンカ類などの水稻害虫の調査にこれからも利用が続くと考えられる。すくいとり調査とフェロモントラップによる調査が混在する状況や、今まですくいとりで調査していた圃場ですくいとりになりフェロモントラップによる調査を行う場合も考えられる。先にも述べたがすくいとり捕獲数が少ない水田においてもフェロモントラップによる捕獲が認められ、低密度条件における発生状況の把握に適していると考えられたが、逆にすくいとり頭数が非常に多い圃場ではフェロモントラップ捕獲数が頭打ちになる傾向があった。このような傾向を示す理由は解明されておらず、今後原因の解明が期待される。フェロモントラップは大まかな発生消長の把握や混在状況の把握は可能と考えられるが、特徴を十分に認識した上での利用を普及するべきと考えられる。

五つ目の課題は雌雄による分散動態の違いである。本研

究では、移動分散能力や水田内における生態について、雌雄で性質が異なることを示唆する結果がいくつか得られた。このことは直接防除手法に活かせるかどうかは不明であるが、このような雌雄間における生態の違いを明らかにすることは、性フェロモントラップの利用手法の高度化のみならず、圃場—発生源間を移動する様々な害虫・天敵の管理手法を確立する上で重要な知見となる可能性がある。以上のように、水田および発生源をとりまくアカスジカシメカメおよびアカヒゲホソミドリカシメカメの発生生態の解明、被害推定、合成性フェロモントラップ利用方法の確立を通し、発生源管理と防除要否判断による防除のメリハリ化による管理体系の構築につながる知見が多く得られた。今後はこのような技術を導入した場合に変化する様々なリスクやコストについて、多様な担い手が利用するための経営的要因を考慮した調査も望まれる。

引用文献

- Bates, D., M. Maechler, B. Bolker, S. Walker, R. H. B. Christensen, H. Sigmann and B. Dai, (2014) 'lme4': Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7.
- Boivin, G. and R. K. Stewart (1983) Seasonal development and interplant movements of *Phytophagous Mirids* (Hemiptera: Miridae) on alternate host plants in and around an apple orchard. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76: 776-780.
- Bolker, B. (2014) 'bbmle': Tools for general maximum likelihood estimation. R package version 1.0.17.
- Busching, M. K. and F. T. Turpin (1976) Oviposition preferences of black cutworm moths among various crop plants, weeds, and plant debris. *J. Econ. Entomol.* 69: 587-590.
- 千葉県農林水産部安全農業推進課(2014)平成26年版 農作物病害虫雑草防除指針 pp. 19.
- 千葉県農林水産部生産販売振興課 (2013) 千葉の園芸と農産 pp. 25.
- 中場 勝・神保恵志郎・佐藤利美・永峯淳一 (2000) 水稲玄米の部分着色粒による品質低下要因とその対策. *東北農業研究* 53 : 29-30.
- Cleveland, T. C. (1982) Hibernation and host plant sequence studies of tarnished plant bugs, *Lygus lineolaris*, in the Mississippi delta. *Environ. Entomol.* 11: 1049-1052.
- Coaker, T. H. (1987) Cultural method: the crop. In: *Integrated pest management* (A. J. Burn, T. H. Coaker, and P. C. Jepson eds.). pp 79-80. Academic press, England,
- 遠藤亘紀・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とり効率. *千葉農試研報* 18 : 105-111.
- ESRI (2004) ArcGIS version 9.2. Environmental Systems Research Institute, Redlands.
- Fleicher, S. J., M. J. Gaylor and N. V. Hue (1988) Dispersal of *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) adults through cotton following nursery host destruction. *Environ. Entomol.* 17: 533-541.
- Fox, J., S. Weisberg, D. Adler, D. Bates, G. Baud-Bovy, S. Ellison, D. Firth, M. Friendly, G. Gorjanc, S. Graves, R. Heiberger, R. Laboissiere, G. Monette, D. Murdoch, H. Nilsson, D. Ogle, B. Ripley, W. Venables, A. Zeileis and R-Core (2014) 'car': Companion to Applied Regression. R package version 2.0-21.
- 後藤純子・伊東芳樹・宍戸 貢 (2000) 水田内におけるヒエ類とアカスジカスミカメ (旧称: アカスジメクラガメ) による斑点米との関係. *北日本病虫研報* 51: 162-164.
- 八谷和彦 (1985) アカヒゲホソミドリメクラガメの要防除水準. *北海道農試験報* 53 : 43-49.
- 林 英明 (1986) アカスジメクラガメの生態と防除. *植物防疫* 40: 321-326.
- 林 英明 (1989) アカスジメクラガメの生態と防除に関する研究 第2報 加害能力と斑点米症状の発現について. *広島農試報告* 52: 1-8.
- 林 英明 (2000) 広島県内のイネの虫害による部分着色粒の発生実態と問題点. *広島農技セ研報* 68 : 31-43.
- 林 英明・中沢啓一 (1988) アカスジメクラガメの生態と防除に関する研究 第1報 生息場所と発生推移. *広島農試報告* 51: 45-53.
- 樋口博也・高橋明彦・美馬純一 (2001) 秋季にアカヒゲホソミドリカスミカメが産卵を行う畦畔雑草. *北陸病虫研報* 49: 15-17.
- 本田浩央・遠藤秀一・渡辺和弘・阿部雄幸・永峯淳一 (2001) 山形県における斑点米カメムシ類の多発生と防除対策 1. 発生の特徴と多発生要因. *北日本病虫研報* 52: 149-153.
- Horton, D. R., J. L. Capinera and P. L. Chapman (1988) Local differences in host use by two populations of the Colorado potato beetle. *Ecology* 69: 823-831.
- 星川清親 (1975) 解剖図説 イネの生長. pp.262. 農山漁村文化協会, 東京.
- Hothorn, T., F. Bretz, P. Westfall, R. M. Heiberger and A. Schuetzenmeister (2014) 'multcomp': Simultaneous Inference in General Parametric Models. R package version 1.3-6.
- 稲垣栄洋・市原 実・松野和夫・濱木千恵子・山口 翔・水元 駿輔・山下雅幸・澤田 均 (2012) 水田畦畔の植生管理の違いが斑点米カメムシおよび土着天敵の個体数に及ぼす影響. *日緑工誌* 38 : 240-243.
- 石本万寿広 (2004) アカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発生消長. *応動昆* 48: 79-85.
- 石本万寿広 (2005) アカヒゲホソミドリカスミカメ合成性フェロモントラップの形状と設置高. *北陸病虫研報* 54 : 13-17.
- 石本万寿広・佐藤秀明・村岡裕一・青木由美・滝田雅美・野口忠久・福本毅彦・望月文昭・高橋明彦・樋口博也 (2006) 合成性フェロモントラップによるアカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発生消長の把握. *応動昆* 50: 311-318.
- 石岡将樹・木村利幸・木村勇司 (2000) 1999年に青森県で多発した斑点米 2. アカヒゲホソミドリカスミカメの多発に影響した気象要因と斑点米の発生特徴. *北日本病虫研報* 51:158-161.

- 伊藤清光 (2004) 近年の斑点米カメムシ類の多発生とその原因-水田の利用状況の変化. 北日本病虫研報 55: 134-139.
- 柿崎昌志 (2013) , アカヒゲホソミドリカスミカメの性フェロモンの長期間徐放性誘引製剤と網円筒トラップによるモニタリング. 植物防疫 67 : 296-299.
- Kakizaki, M. and H. Sugie (1997) Attraction of males to females in the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 32: 648-651.
- Kakizaki, M. and H. Sugie (2001) Identification of female sex pheromone of the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium*. J. Chem. Ecol. 27: 2447-2458.
- 菅 広和・大友令史・鈴木敏男 (2006) 2005年岩手県における斑点米多発要因. 北日本病虫研報 57: 118-121.
- 神名川真三郎・今関美菜子・門間陽一 (2004) 宮城県における斑点米多発とその要因. 北日本病虫研報 55: 125-127.
- 兼久勝夫 (1984) 昆虫類の防御物質とその分泌. 化学と生物 22: 156-163.
- 加進丈二・畑中教子・小野 享・小山 淳・城所 隆 (2009) イヌホタルイの存在が水田内のアカスジカスミカメ発生動態および斑点米被害量に与える影響. 応動昆 53: 7-12.
- 片瀬雅彦・清水喜一・椎名伸二・萩原邦彦・岩井 宏 (2007) 千葉県北部における斑点米カメムシ類の発生状況. 関東東山病虫研報 54: 99-104.
- 加藤静夫・長谷川仁 (1950) スーダングラスの害蟲アカスジメクラガメ. 應用昆蟲 6: 149.
- 河辺信雄 (1972) アカヒゲホソミドリメクラガメによる斑点米および芽ぐされ米の発生について. 北日本病虫研報 23: 134.
- 川村 満 (2007) 黒点米と斑点米. 152pp. 全国農村教育協会, 東京.
- 川沢哲夫・川村 満 (1975) カメムシ百種. 301pp. 全農協, 東京.
- 菊地淳志・小林徹也 (2001) 除草がアカヒゲホソミドリカスミカメの増殖に及ぼす影響. 北日本病虫研報. 52:143-145.
- 桐谷圭治 (2007) 地球温暖化と土地利用の変化によるカメムシ問題. 植物防疫 61: 359-363.
- 京谷 薫 (2002) 登熟期の時期別高温が割れ籾に及ぼす影響. 東北農業研究 55: 43-44.
- 小林徹也 (2007) アカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメの飛翔速度の測定. 北日本病虫研報 58: 96-98.
- Kogan, M. (1998) Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. Annu. Rev. Entomol. 43: 243-270.
- 小嶋俊彦 (2004) 斑点米の要因となる割れ籾の発生に及ぼす遮光・高温による影響. 関西病虫研報 46 : 79-80.
- Leal, W. S., Y. Ueda and M. Ono (1996) Attractant pheromone for male rice bug, *Leptocoris chinensis*: Semiochemicals produced by both male and female. J. Chem. Ecol. 22: 1429-1437.
- Maindonald, J. H. and W. J. Braun, (2014) 'DAAG': Data Analysis and Graphics data and functions. R package version 1.20.
- 松崎卓志 (2001) 富山県における斑点米カメムシ類の防除対策. 植物防疫 55: 451-454.
- 松浦欣哉・岩田忠寿 (1968) 水稲における開穎籾発生の早晩生間差異と気象条件について. 日作北陸会報 4: 1-4.
- 宮田将秀 (1991) アカスジメクラガメによる斑点米に対する割れ籾の影響. 北日本病虫研報 42: 106-108.
- 宮田将秀 (1992) アカスジメクラガメによる斑点米に対する割れ籾の影響 第2報 放飼時期および頭数についての検討. 北日本病虫研報 43: 93-95.
- 宮田将秀 (1994) アカスジメクラガメの加害時期と斑点米発生量との関係. 北日本病虫研報 45: 137-138.
- 望月文昭・安田哲也・樋口博也・高橋明彦・石本万寿広・中島具子・西島裕恵・佐藤正和 (2012) アカヒゲホソミドリカスミカメ用の新規フェロモン剤. 植物防疫 66 : 150-155.
- 望月文昭・安田哲也・武田藍・奥谷恭代 (2013) アカスジカスミカメの発生予察用フェロモン剤. 植物防疫 67: 300-303.
- 永井清文・萱嶋砂夫・浜砂武久 (1971) 数種カメムシの稲穂加害について. 九州病虫研報 17 : 137-139.
- 永野敏光 (1990) 4種のカメムシ類放飼による斑点米の形成. 北日本病虫研報 41: 125-126.
- 永野敏光・藤崎祐一郎・宮田将秀 (1988) 宮城県におけるアカスジメクラガメの発生消長. 北日本病虫研報 39: 167-169.
- 長澤淳彦 (2007) アカヒゲホソミドリカスミカメおよびアカスジカスミカメの産卵するイネ科雑草. 北陸病虫研報 56: 29-31.
- Nagasawa, A., A. Takahashi and H. Higuchi (2012). Host plant use for oviposition by *Trigonotylus caelestialium* (Hemiptera: Miridae) and *Stenotus rubrovittatus* (Hemiptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 47: 331-339.
- 中野勇樹・玉木佳男 (1986) ヒメコガネ (*Anomala rufocuprea* MOTSCHULSKY) の発生調査のための性フェロモントラップの利用. 応動昆 30: 260-267.
- 中田 健 (2000) 水田域におけるアカスジカスミカメの発生動向. 植物防疫 54: 316-321.
- Negron, J. F. and T. J. Riley (1991) Seasonal migration and overwintering of the chinch bug (Hemiptera: Lygaeidae) in Louisiana. J. Econ. Entomol. 84: 1681-1685.

- 新山徳光 (2000) アカヒゲホソミドリカスミカメ. 植物防疫 54: 309-312.
- Norris, R. F. and M. Kogan (2000) Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Sci.* 48: 94-158.
- 農林水産省 (2001) 農産物規格規定. 農林水産省告示第二百四重四号. pp.17.
- 農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 (1986) 農作物有害動物発生予察事業調査実施基準. (最終改訂 2014 年. 農林水産省消費・安全局植物防疫課). pp.6.
- Okutani-Akamatsu, Y., T. Watanabe and M. Azuma (2007) Mating attraction by *Stenotus rubrovittatus* (Heteroptera: Miridae) females and its relationship to ovarian development *J. Econ. Entomol.* 100: 1276-1281.
- 奥山七郎 (1974) アカヒゲホソミドリメクラガメの生活史に関する研究 第 1 報 発生消長について. 北日本病虫研報 25: pp 53.
- 奥山七郎・井上 寿 (1974) 黒蝨米に関する研究 (2) アカヒゲホソミドリメクラガメの成, 幼虫による黒蝨米の発現. 北日本病虫研報 25: pp 52.
- 奥山七郎・春木 保・八谷和彦 (1983) 北海道におけるアカヒゲホソミドリメクラガメによるコムギの被害. 北日本病虫研報 34: 26-29.
- 小野 亨・加進丈二・城所 隆 (2007) アカスジカスミカメの繁殖地の草刈りと斑点米被害の抑制. 北日本病虫研報 58: 75-79.
- 小野 亨・加進丈二・城所 隆・佐藤浩也・石原なつ子 (2010) アカスジカスミカメに対する繁殖地の密度抑制技術と新規殺虫剤による斑点米被害の抑制. 宮城古川農試報 8 : 35-45.
- 大友令史・菅 広和・田中誉志美 (2005) アカスジカスミカメの生態に関する 2, 3 の知見. 北日本病虫研報 56: 105-107.
- 大鷲高志・神名川真三郎・林かずよ・日向真理子 (2003) 宮城県における斑点米多発年の被害の特徴. 北日本病虫研報 54: 96-98.
- Panizzi, A. R. (1992) Performance of *Piezodorus guildinii* on four species of *Indigofera legumes*. *Entomol. Exp. Appl.* 63: 221-228.
- R Development Core Team (2011) R, a language and environment for statistical computing. R Foundation, Vienna. <http://www.R-project.org>
- Ripley, B., B. Venables, D. M. Bates, K. Hornik, A. Gebhardt and D. Firth (2014) 'MASS' : Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS. R package version 7.3-34.
- Roach, S. H. (1975) *Heliothis zea* and *H. virescens*: moth activity as measured by blacklight and pheromone traps. *J. Econ. Entomol.* 68: 17-21.
- 里田史朗・千田修治・福崎英一郎 (1997) 昆虫フェロモンの合成と害虫防除への応用. *化学と生物* 35: 35-40.
- 佐藤力郎 (1992) 発生予察利用のためのフェロモントラップの特質. 植物防疫 46 : 12-16.
- Scales, A. L. (1968) Female tarnished plant bugs attract males. *J. Econ. Entomol.* 61: 1466-1467.
- 鈴木敏男 (2005) 岩手県における発生環境 (水田雑草, 割れ粃の多少) に応じたアカスジカスミカメに対する薬剤散布適期. 北日本病虫研報 56: 102-104.
- 高田 真・田中英樹・千葉武勝 (2000) 岩手県における 1999 年の斑点米多発の実態. 北日本病虫研報 51: 165-169.
- Takada, M. B., A. Yoshioka, S. Takagi, S. Iwabuchi, and I. Washitani (2012) Multiple spatial scale factors affecting mirid bug abundance and damage level in organic rice paddies. *Biol. Contl.* 60: 169-174.
- 高橋明彦・石本万寿広・中島具子 (2012) 圃場単位の要防除水準の策定 (1) 斑点米被害予測モデルの構築. 植物防疫 66 : 419-422.
- 高橋富士男・永野敏光・佐藤智美 (1985) 宮城県北部におけるアカスジメクラガメによる斑点米の発生. 北日本病虫研報 36: 38-40.
- 滝田雅美 (2002) 準野外におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの加害時期と斑点米の発生. 北日本病虫研報 53: 173-175.
- 滝田雅美 (2005) アカヒゲホソミドリカスミカメ合成性フェロモントラップの種類の検討. 北日本病虫研報 56 : 108-110.
- 滝田雅美 (2006) 水田内におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ 合成性フェロモントラップの設置条件. 北日本病虫研報 57 : 126-128.
- 田中英樹・千葉武勝・藤岡庄蔵・千葉忠男・伊藤正樹・中南 博 (1988) 岩手県における斑点米の発生実態と原因カメムシの種類. 北日本病虫研報 39: 162-166.
- Taylor, R. A. J. (1978) The relationship between density and distance of dispersing insects. *Ecol. Entom.* 3:63-70.
- 寺本憲之 (2003) 斑点米カメムシ類の個体群抑制を考慮した畦畔管理技術. 滋賀農総セ農試研報 43: 47-70.
- 寺西敏子・大橋幸雄・山本尹男・松下真一郎 (1981) 水稲の割れ粃発生とその防止対策. 農業および園芸 56 : 661-665.
- Turchin, P. and K. S. Omland (1999) Quantitative analysis of insect movement. In: *Ecological entomology* (C. B. Huffaker, A. P. Gutierrez eds.). pp 479-488. Wiley, New York.
- Wallace, B. (1966) On the dispersal of *Drosophila*. *Am. Nat.* 100: 551-563.
- 渡辺和弘・山村光司・土門 清・阿部雄幸 (2003) アカヒゲホソミドリカスミカメすくいとり調査による斑点米多発発生確率の予測. 北日本病虫研報 54 : 110-112.

- 渡邊朋也・樋口博也 (2006) 斑点米カメムシ類の近年の発生と課題. 植物防疫 60: 201-203.
- Yamamura, K., M. Kishita, N. Arakaki, F. Kawamura and F. Sadoyama (2003) Estimation of dispersal distance by mark-recapture experiments using traps: correction of bias caused by the artificial removal by traps. Popul. Ecol. 43:149-155.
- Yasuda, M., T. Mitsunaga, A. Takeda, K. Tabuchi, K. Oku, T. Yasuda and T. Watanabe (2011) Comparison of the effects of landscape composition on two mired species in Japanese rice paddies. Appl. Entomol. Zool. 46: 519-525.
- Yasuda, M., A. Takeda, K. Tabuchi, T. Yasuda and T. Watanabe (2013) Effects of Japanese rice field boundary vegetation on *Stenotus rubrovittatus* (Hemiptera: Miridae) abundance. Appl. Entomol. Zool. 48: 289-294.
- 安田美香・武田 藍・安田哲也 (2013) 千葉県における斑点米カメムシ類 2 種の防除対策としての適切な畦畔除草管理時期の推定. 関東東山病害虫研究会報 60: 87-89.
- 安田哲也 (2004) カメムシ類のフェロモン—集合をめぐる—. 植物防疫 58: 304-308.
- Yasuda, T., S. Shigehisa, K. Yuasa, Y. Okutani-Akamatsu, N. Teramoto, T. Watanabe and F. Mochizuki (2008) Sex attractant pheromone of the sorghum plant bug *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) (Heteroptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 43: 219-226.
- Yasuda, T., K. Oku, H. Higuchi, S. Shigehisa, Y. Okutani-Akamatsu, T. Watanabe, A. Takahashi, W. Sugeno, M. Yamashita, T. Fukumoto and F. Mochizuki (2009) Optimization of blends of synthetic sex pheromone components for attraction of the sorghum plant bug *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) (Heteroptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 44: 611-619.
- Yasuda, T., K. Oku, H. Higuchi, T. Suzuki, J. Kashin, T. Kichishima, T. Watanabe, A. Takeda, M. Yasuda, K. Tabuchi, A. Takahashi, M. Yamashita, T. Fukumoto and F. Mochizuki (2010) A multi-species pheromone lure: A blend of synthetic sex pheromone components for two mirid species, *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) and *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 45: 593-599.
- Yasuda, T., F. Mochizuki, M. Yasuda, A. Takeda, H. Higuchi, T. Watanabe, M. Yamashita and T. Fukumoto (2013) Performance of polyethylene tubes as pheromone lures for the sorghum plant bug, *Stenotus rubrovittatus* (Hemiptera: Heteroptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 48: 325-330.
- 安田哲也・安田美香 (2013) フェロモン剤はどの程度の距離からアカスジカスミカメを誘引するのか? 第 60 回関東東山病害虫研究会講演要旨. 関東東山病害虫研報 60. pp.156.
- 吉村具子・池田泰子・竹田富一 (2007) 水田内におけるアカヒゲ ホソミドリカスミカメの発生消長と割れ籾および斑点米の発生推移. 北日本病虫研報 58: 80-83.
- 湯浅和宏 (2006) 水田畦畔雑草と斑点米カメムシ類および斑点米発生の関係. 植物防疫. 60 : 211-214.

謝辞

本研究のとりまとめに当り、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 情報利用研究領域長 渡邊朋也博士、千葉大学大学院 園芸学研究科 生物生産環境学領域 中牟田潔教授および野村昌史准教授には、終始懇切なご指導とご助言並びに御校閲を賜った。独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター 樋口博也氏（現在龍谷大学）、平江雅宏氏、安田哲也氏（現在農研機構本部）、安田美香氏（現在森林総合研究所）、光永貴之氏、田淵研氏（現在東北農業研究センター）、高橋明彦氏（現在東北農業研究センター）、菅野亘氏（現在農業生産法人株式会社 GRA）、奥圭子氏、石崎摩美氏には、本研究の現地調査および解析に当たり、多大なご尽力を賜った。千葉県農林総合研究センター病害虫防除課、香取農業事務所および生産者各位に

は、現地調査にあたり調査圃場選定やその提供に多大なご協力を賜った。千葉大学生物生産環境学領域各位および、各県の斑点米カメムシ担当者各位には本研究の計画およびとりまとめにご助言をいただいた。なお、本研究は千葉県農林総合研究センター在職中に行ったものであり、清水喜一氏（現在住友化学株式会社）、吉井幸子氏には本研究の初年度に当り、昆虫調査の基本をご教授いただいた。また、片瀬雅彦氏（現在千葉県立農業大学校）、大井田寛氏（現在千葉県立農業大学校）上遠野富士夫氏（現在法政大学教授）、牛尾進吾氏他、千葉県農林総合研究センター各位には研究の遂行にあたり多大なご助言とご配慮をいただいた。これらの方々のご厚意なくしては本研究の遂行は困難であった。ここに深く感謝の意を表する。

Summary

Studies on Ecology of *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) (Hemiptera: Miridae) and its Forecasting System in Chiba Prefecture

Ai TAKEDA

Key words : *Stenotus rubrovittatus*, sorghum plant bug, stained grain, sex attractant pheromone, monitoring

The sorghum plant bug, *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) (Hemiptera: Miridae) and rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (Hemiptera: Miridae), are principal pests of rice, *Oryza sativa* L., in Japan, causing pecky rice (kernel spotting). They usually breed and overwinter on gramineous plants in grassy fields or meadows, migrate to paddy fields just after rice heading. The management of these species depends on preventive pesticide spray because of serious damage even if in limited migration. For these reason, habitat manipulation and damage risk estimation were needed to be developed for pesticide reduction and damage suppression on landscape level. In this study, I clarified population occurrence of both Miridae species causing pecky rice on habitats and paddy fields in Chiba prefecture, determinate factors affects pecky rice damages, and made a damage estimation model.

1. Population occurrence and habitat manipulation

S. rubrovittatus and *T. caelestialium* abundances in habitats were greatly influenced by host plant; were increased by the heading of gramineous host plants, especially Italian ryegrass *Lolium multiflorum* Lam., and were decreased by weedings and withering of host plants vegetations. The occurrence in a habitat had a heavy impact on the immigration into paddy fields. Keeping habitat vegetation inadequate for Miridae species from some weeks before rice heading until harvest can decrease Miridae immigration into paddy fields. On the other hands, there is a possibility that overweeding induces luxuriation and heading of gramineous host plant or drives Miridae populations into paddy fields. The average dispersal distance during immigration of estimated to be about 130 m and its influence may be broader. The immigrant densities in paddy fields increased exponentially as they approached a large-scale habitat of the insect. These facts indicated that the large scale habitat a hundred meter within the paddies should be paid enough attention and demands improving management.

2. Factors affect pecky rice

The spotted rice was not caused by *S. rubrovittatus* infestation just after rice heading, the beginning immigration. The damage estimation by the immigration density at rice heading may in-

dicating farmers the necessity of pesticide control in rice heading completed. The damage caused by *S. rubrovittatus* differs according to the timing of infestation: infestation during the late grain-filling period caused heavier damage than earlier infestations because of split-hull paddies. Split-hull paddies are less likely to occur in 'Koshihikari', 'Fusakogane' and 'Fusaotome', main cultivars grown in Chiba prefecture. The possibility of downgrading quality rank was able to be estimated by immigration density captured by sweepings at rice heading period. The model indicated that the pesticide control in the end of rice heading can suppress the possibility of downgrading in low occurrence of split-hull paddies. The model also indicated that in non-pesticide field, the possibility of downgrading is above 50 % when only one *S. rubrovittatus* is captured at rice heading. The investigation method with higher precision than sweeping is needed to necessity decision of pesticide control at the end of rice heading.

3. The synthetic sex pheromone traps for prevalence reconnaissance and damage estimation

The combination lures of two mirid bugs within one trap could be useful for monitoring occurrence of these pests. Pheromone traps were suitable for low density situations when no bugs were caught by sweepings. The possibility of downgrading was able to be estimated by immigration density captured by pheromone traps for one week before rice heading. The estimation curve has a more gentle inclination than that with sweeping. This estimation model was useful for necessity decision of pesticide control at the end of rice heading.