

第1章 緒 言

1. 千葉県における斑点米カメムシの発生状況

アカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* (Matsushima) (カメムシ目:カスミカメムシ科, 写真1左) およびアカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (カメムシ目:カスミカメムシ科, 写真1右) は, イネ *Oryza sativa* L.の穂を吸汁することにより, 玄米表面が変色した「斑点米」を生じさせ, 品質の低下を引き起こす「斑点米カメムシ」の一種である. 玄米の品質を評価する米穀検査において, 斑点米を含む着色粒の混入率の最高限度は等級別品位基準の一つに規定されており, 混入率が 0.1 %以内であれば1等米, 0.1 %を超えると2等米, 0.3 %を超えると3等米, 0.7 %を超えると規格外へと等級付けされる (農林水産省, 2001). このため, 斑点米カメムシによる被害は玄米の品質および買い取り価格に大きな影響を及ぼし, 水稲における主要害虫として全国的に防除対象となっている (渡邊・樋口, 2006).

斑点米を生じさせるカメムシ類は 70 種以上が報告されているが (川沢・川村, 1975), その主要種は斑点米カメムシによる被害が顕在化した 1970 年代から現在までに大きく変化した. 1970 年代はクモヘリカメムシ *Leptocoris chinensis* Dallas (カメムシ目:ホソヘリカメムシ科) やホソハリカメムシ *Cletus punctiger* (Dallas) (カメムシ目:ヘリカメムシ科) といった大型で狭食性のカメムシによる被害が主であったが, 近年はアカスジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメなどの, より小型

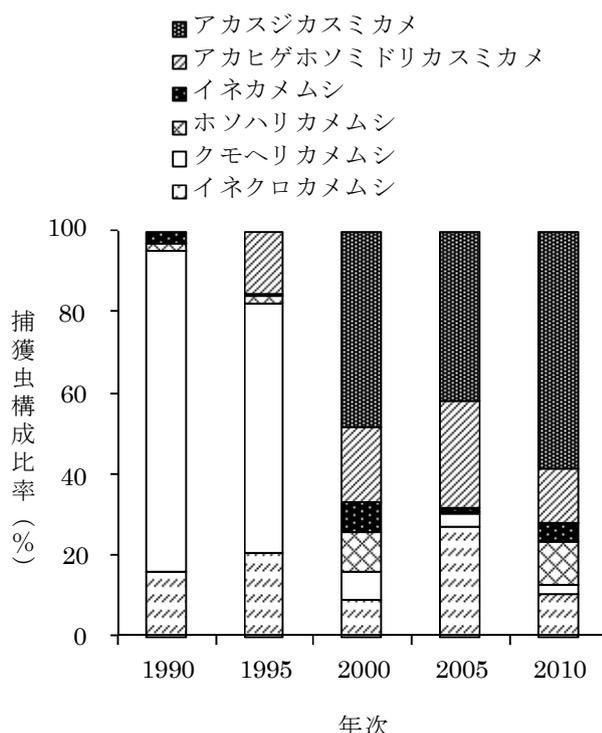
で広食性・多化性のカメムシに主要種が移り (桐谷, 2007), 加害種の変化に応じた発生予察・防除手法の確立が求められている.

アカスジカスミカメによる被害の最も古い報告は, イネにおける被害ではなく, 千葉県におけるスーダングラス *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.の不稔被害として行われている (加藤・長谷川, 1950). イネにおける斑点米被害が報告され始めたのは 1980 年代であり, 岩手県 (田中ら, 1988), 宮城県 (高橋ら, 1985) および広島県 (林, 1986) と, 時をほぼ同じくして日本国内の離れた地域で報告された. それ以降, 東北・北陸地方を中心に被害および分布域が拡大している (高田ら, 2000; 大鷲ら, 2003; 神名川ら, 2004; 菅ら, 2006; 渡邊・樋口, 2006). アカヒゲホソミドリカスミカメは 1970 年代から 80 年代に北海道で水稲, コムギ *Triticum aestivum* L.の害虫として報告されていた (奥山・井上, 1974; 奥山ら, 1983). この間, 北陸地域における本種の報告は少ないが, 近年は富山県, 青森県, 秋田県, 山形県, 新潟県など北日本の日本海側を中心に多発傾向が続いた (松崎, 2001; 石岡ら, 2000; 新山, 2000; 本田ら, 2001, 石本, 2004).

千葉県では 2000 年以降, 水田や周辺雑草地におけるアカスジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメの捕獲割合が急速に高まった (第1図, 千葉県農林総合研究センター病害虫防除課). 加藤・長谷川 (1950) はスーダングラスに隣接するトウモロコシ *Zea mays* L.等のイネ科



写真1 アカスジカスミカメ (左) およびアカヒゲホソミドリカスミカメ (右) 成虫



第1図 千葉県内4か所の予察灯で5～9月に捕獲された斑点米カメムシ類の構成比率 (千葉県農林総合研究センター病害虫防除課)

作物やイヌムギ *Bromus catharticus* Vahl 等のイネ科雑草においてアカスジカスミカメの若干の発生を認めているが、本県において斑点米被害が問題化し始めた1970から90年代の主要種は主にクモヘリカメムシなどの大型のカメムシであり(遠藤ら, 1977), ここ50年程の間にカスミカメムシ類が「ただの虫」から斑点米カメムシの主要種に変化したことが窺える。2005年には、県北部の主に利根川沿い地域において、水稻品種「あきたこまち」で斑点米被害が多発した。片瀬ら(2007)は、2006年に本地域のイネ科雑草地および水田における斑点米カメムシ類の発生調査を行い、雑草地ではアカスジカスミカメが優先種であり、水田内へ本種が侵入していることを述べた。しかしながら本調査は単年度の調査であり、雑草地と水田内

における発生状況の関連性は明瞭ではない。

2. カスミカメムシ類の生態と発生源管理

アカスジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメは通常、イネ科雑草地や牧草地を生息・繁殖・越冬場所としている(第1表, 奥山, 1974; 林・中沢, 1988)。イタリアンライグラス *Lolium multiflorum* Lam., メヒシバ *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel., スズメノテッポウ *Alopecurus aequalis* Sobol., スズメノカタビラ *Paspalum thunbergii* Kunth ex Steud.では両種の発生が確認されている(林, 1986; 菊地・小林, 2001)。また、アカスジカスミカメはイネ科植物以外にも、カヤツリグサ科のイヌホタルイ *Scirpus juncooides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama およびシズイ *Scirpus nipponicus* Makino への寄生や産卵が認められている(大友ら, 2005; 加進ら, 2009)。アカスジカスミカメはこれら寄主植物の穂への依存性が高く、成虫の発生は寄主植物が出穂している時にしか認められないほか(林・中沢, 1988), 産卵も小穂内へ行うことが観察されている(加藤・長谷川, 1950; 林, 1986; 長澤, 2007)。一方、アカヒゲホソミドリカスミカメは寄主植物が出穂していないときでも発生し、葉鞘や葉舌の内側にも産卵が認められている(樋口ら, 2001)。

アカスジカスミカメはイネが出穂すると水田内に侵入し、加害する(林・中沢, 1988)。水田内における本種の発生消長は、すくいとりによる調査では出穂期(4～5割の穂が出穂する時期)後7～14日後で捕獲数が最大となる報告が多い(片瀬ら, 2007; 永野ら, 1988)。イネへの産卵はまれであるとされているが(Nagasawa *et al.*, 2012), 水田内にヒエ類やカヤツリグサ類が繁茂・出穂している水田では、これらの寄主植物上でふ化したと考えられる幼虫が捕獲されている(後藤ら, 2000; 大友ら, 2005; 加進ら, 2009)。アカヒゲホソミドリカスミカメはアカスジカスミカメと同様にイネの出穂後に水田内に侵入するが、出穂期以前に第1世代成虫の侵入が認められること、出穂後に侵入した第2世代成虫がイネに産卵し、

第1表 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生態的違いに関する知見

	アカスジカスミカメ	アカヒゲホソミドリカスミカメ	文献
寄主植物	イネ科, カヤツリグサ科	イネ科	奥山, 1974 林・中沢, 1988 大友ら, 2005 加進ら, 2009
産卵場所	穂	穂, 葉鞘	Nagasawa <i>et al.</i> , 2012
水田への侵入時期	出穂後	出穂前および出穂後	林・中沢, 1988 石本, 2004
イネへの産卵	稀にしか認められない	葉鞘で認められる	Nagasawa <i>et al.</i> , 2012

次世代の幼虫、成虫の発生も認められる点が異なる(石本, 2004)。

このような生態から、カスミカメムシ類の水田への侵入源となるイネ科群落の管理が被害に与える影響は大きいと考えられる。一般的に、害虫・天敵の多くは様々なスケールにおいて作物と非作物間を移動しており、圃場内外にある雑草などの非作物植生は、害虫や天敵にとって代替寄主や餌 (e.g. Fleischer et al., 1988; Horton et al., 1988), 越冬場所 (e.g. Cleveland, 1982; Negron and Riley, 1991), 産卵場所 (e.g. Busching and Turpin, 1976; Boivin and Stewart, 1983) などの役割を果たすことで、圃場内における害虫や天敵の状態に著しく影響を及ぼすことが知られている (Norris and Kogan, 2000)。害虫の発生源になりうる雑草などの植生を圃場近辺から除去することは、すでに圃場衛生として IPM における重要な要素として認知され (Coaker, 1987), 雑草-害虫・天敵間の相互作用を利用した防除の一環として発生源管理手法に関する知見も蓄積されている (e.g. Fleischer et al., 1988; Panizzi, 1992)。しかしながら、景観構造を考慮した広域的な発生源管理の知見は乏しく、実際の利用は圃場単位で行われている場合がほとんどである (Kogan, 1998)。

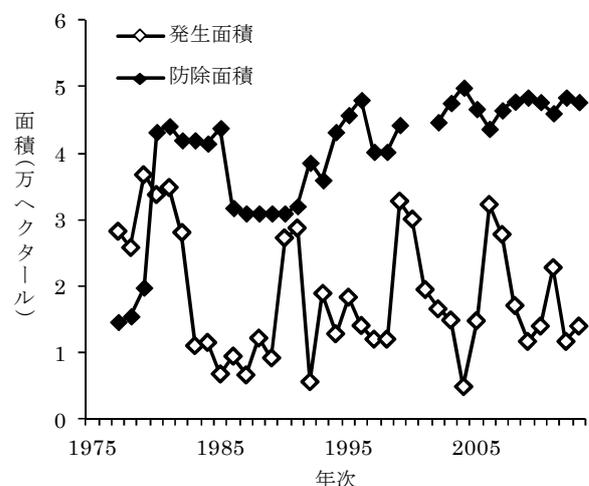
その理由の一つが、スケールの大規模化により複雑化する昆虫の移動・分布様式である (Fleischer et al., 1988; Kogan, 1998)。カスミカメムシ類においても、水田内侵入量や被害量には水田内および周辺の雑草地・牧草地の状態が大きく影響する事例が報告されており (加進ら, 2009; 小野ら, 2007), 圃場の畦畔雑草管理により被害軽減が可能とされている (寺本, 2003)。カスミカメムシ類の全国的拡大の要因としても、休耕田や牧草地などの寄主植物の増加が挙げられている (新山, 2000; 伊藤, 2004)。しかしながら、広域的発生源管理の必要性は強く認識されているものの、圃場レベルではなくより広域的な評価に関する知見は乏しい。水田地域における休耕田や牧草地、畑地などの土地利用分布をもとに、景観レベルに空間スケールを拡張した生態解明と被害低減に関する研究の取り組みは行われ始めたばかりである。このような中で、主な発生源となる雑草地管理を効果的に行うための基本的な情報となる、雑草地-水田間におけるカスミカメムシ類の移動パターンや移動範囲を詳細に調査した例はない。移動パターンや移動範囲を明らかにすることにより、周辺発生源の的確な評価が可能となり、それを利用した発生源管理手法や防除体系の確立につながると考えられる。

3. 被害推定による防除要否の判断

現在、斑点米カメムシ類防除に大きな役割を果たしているのが薬剤散布である。千葉県では主にイネ穂揃期におけ

る薬剤散布が推奨されているが(千葉県農林水産部安全農業推進課, 2014), 発生面積は年次間差が大きいにも関わらず防除面積は変動が少なく(第2図, 千葉県農林総合研究センター病害虫防除課), 実際には不必要な水田にも薬剤が散布されていると考えられる。しかしながら、アカスジカスミカメでは防除要否を判断するための基準は検討されておらず、要防除水準の設定が望まれている。カスミカメムシ類被害の予測は、主にアカヒゲホソミドリカスミカメにおいて、水田内侵入量をもとに過去にも試みられている。八谷(1985)はすくいとり捕獲数と出穂期の平年日数から重回帰により斑点米発生率の予測を試み、追加防除の要防除水準を設定した。渡辺ら(2003)は出穂期から収穫期までのすくいとり捕獲数の平均値を用いたロジスティック回帰モデルにより、斑点米率多発生確率の予測が可能としている。割れ籾発生率や地域・年次間差を踏まえた一回目防除の要否判断のための被害予測は高橋ら(2012)が取り組んでおり、出穂期後5日間のフェロモントラップ捕獲数により個々の圃場における斑点米率多発生確率の予測が可能としている。一方で、アカスジカスミカメについて穂揃期防除の要否を判断するための初期侵入量をもとにした被害予測についてはまだ知見が積み上げられていない。

より精度の高い被害推定のためには存在量を的確に把握する必要がある。現在、斑点米カメムシ類の発生予察の手段としては、予察灯および捕虫網を用いたすくいとり調査が広く用いられている。しかし、予察灯は設備や設置に経費がかかるために設置場所が限られ、すくいとり調査は風雨等の天候条件や調査者の経験・技術により捕獲効率に差が生じやすい。また、どちらの調査法も対象害虫の選別に多くの労力が必要という難点がある。そこで、これらの既存手法の欠点を補う手法として合成フェロモン剤を誘



第2図 斑点米カメムシ類発生面積と防除面積の推移 (千葉県農林総合研究センター病害虫防除課)

引源としたトラップの開発が期待されている。

昆虫のフェロモンはとくにチョウ目昆虫で発生予察や大量誘殺、交信かく乱への利用が進んでおり(e.g. 里田ら, 1997), 合成フェロモン剤を用いたトラップは設置や調査が簡単かつ安価であり安定的な調査が可能なることから、従来の手法にかわって発生予察に利用されている(佐藤, 1992)。カメムシ目についても多くの種においてフェロモンが同定され、一部が実用化されている(e.g. 安田, 2004)。斑点米カメムシ主要種の中ではクモヘリカメムシの集合フェロモンが同定されているが(Leal *et al.*, 1996), カスミカメムシ科のカメムシは、雌が性フェロモンを放出し、雄を誘引する例が報告されている(e.g. Scales, 1968)。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においても雌が性フェロモンを放出することにより雄を誘引しており(Kakizaki and Sugie, 1997; Okutani-Akamatsu *et al.*, 2007), それぞれの種において性フェロモン成分が同定されている(Kakizaki and Sugie, 2001; Yasuda *et al.*, 2008, 2009)。合成性フェロモンを利用したトラップを用いてカスミカメムシ類の水田内侵入量を早期に把握し、被害予測、防除要否判断につなげることができれば、本種の個体群管理上極めて重要な技術となる。そのためにはフェロモントラップ利用方法の最適化と基準化が不可欠である。既存手法である予察灯やすくいとりについても、全国および過去のデータとの比較を可能にするため、使用する器具や操作方法が細かく定められている(農林水産省農蚕園芸局植物防疫課, 1986)。また、複数の手法が混在する場合、それぞれの手法の特徴を把握した上で手法間のデータを比較する必要がある。アカヒゲホソミドリカスミカメの合成性フェロモントラップではトラップの形状が検討され、粘着板を2枚背中合わせにし、粘着板の底部とイネの草冠高がほぼ同じ高さになるように垂直に設置する方法が最も誘殺数が多くなる(石本, 2005; 滝田, 2005)。また、捕獲数は畦畔からの距離に関わらず一定であり、設置位置は水田内の任意の位置でよいとされた(滝田, 2006)。さらに、水田内における発生消長の把握に有効であることが示されている(石本ら, 2006)。一方、アカスジカスミカメでは、同様の器具を利用できることはわかっているものの(Yasuda *et al.*, 2008), 発生予察に利用可能かは評価されていない。また、アカヒゲホソミドリカスミカメの合成性フェロモントラップによる捕獲数は、既存手法であるすくいとりと比較した場合高密度条件下では頭打ちになるという報告があるが(石本ら, 2006), アカスジカスミカメの合成性フェロモントラップについてはこのような既存方法との比較はまだなされていない。

さらに、アカスジカスミカメにおいて被害推定に重要な

役割を果たすと考えられる要因の一つが割れ粃である(写真2)。カスミカメムシ類では、口吻で粃殻を貫通し吸汁することは難しく(河辺, 1972), 粃頂部の内穎と外穎のわずかな隙間あるいは粃側部の内穎と外穎の鉤合部の隙間から吸汁していると考えられており(林, 1989; 宮田, 1994), 吸汁場所が限られるため、鉤合部に隙間のある割れ粃の発生が多いほど斑点米被害が増加する(宮田, 1991, 1992; 鈴木, 2005; 吉村ら, 2007)。2005年に千葉県北部で発生した斑点米被害は、割れ粃が発生しやすい品種である「あきたこまち」(中場ら, 2000)でとくに多いことが報告されている(片瀬ら, 2007)。

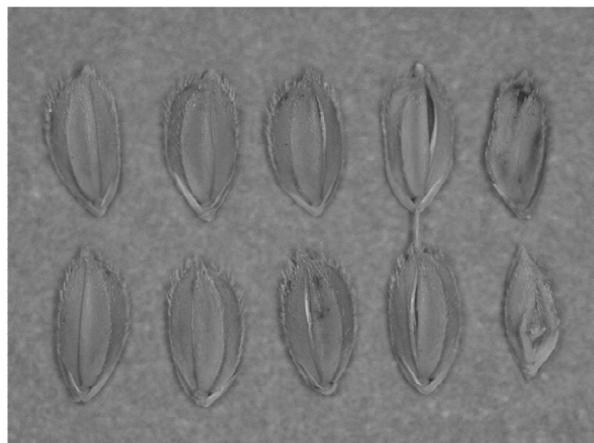


写真2 正常粃(左1列)および割れ粃(右4列)
注) 写真の品種は「あきたこまち」。

4. 本論文の主旨

本研究ではこれらの背景を踏まえ、発生源管理と被害予測の組み合わせにより、地域全体の農薬使用量の削減と被害の低減に繋がる防除体系の提案を大目的に据えた。この目的を達成するため、千葉県内の発生源および水田における斑点米カメムシ類の発生生態の解明、被害の推定に必要な要因の評価、合成性フェロモントラップの開発とそれによる被害推定モデルの構築に取り組んだ。第2章では発生源となる雑草地、水田、そして雑草地-水田間における斑点米カメムシ類の発生生態の解明を目的とし、アカスジカスミカメの水田への侵入時期や範囲、雑草地における寄主植物が水田侵入量に与える影響を調査した。第3章では、アカスジカスミカメの初期侵入量による被害推定を目的とし、第1節では加害時期と割れ粃が被害に与える影響を、第2節では初期侵入量と防除の有無が被害に与える影響を解析した。第4章で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の合成性フェロモントラップの利用方法確立を目的とし、第1節では水田内の設置位置の検討、第2節で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合成性フェロモンを併用したトラップ

について、発生消長および捕獲数をすくいとりと比較した。第3節では併用フェロモントラップを用いた被害推定手法の検討を行った。最後に第5章の総合考察において、

本研究において得られた知見と既存知見をもとに今後考えられる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管理技術について提言した。