

平成 24 年度発生予察の手法検討委託事業

「除草実施基準策定事業」

報 告 書

平成 2 5 年 2 月

(独) 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

目 次

除草実施基準策定事業

まとめ	1
7-1 水田周辺のイネ科植物管理状況把握による 斑点米カメムシ類発生量評価ならびに被害軽減手法の検討 (農研機構中央農業総合研究センター)	3
7-2 水田内雑草の繁茂量の簡易把握による被害発生予測、 除草剤散布時期の判断基準の策定 (宮城県古川農業試験場)	10
水田内雑草と畦畔雑草の発生量に基づくアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカ スミカメによる被害防止対策マニュアル	18

除草実施基準策定事業

1. 調査背景と目的

斑点米カメムシ類は、水田周辺のイネ科植物を餌として増殖し、主に水稻の出穂期以降に水田に侵入するため、水田への侵入量予測技術の開発とともに、水田周辺におけるカメムシ類の管理技術の開発が重要である。また、特定の水田内雑草の存在がカメムシによる斑点米被害を助長している可能性が指摘されている。そこで、斑点米の被害発生に与える水田内外雑草の影響を評価し、適切な管理手法を開発することで、より確実性の高い斑点米被害回避技術を提案する。

2. 調査内容

1) 水田周辺のイネ科植物管理状況把握による斑点米カメムシ類発生量評価ならびに被害軽減手法の検討

簡便な雑草調査手法(水田畦畔ならびに雑草地のイネ科植物の発生と出穂割合、管理状況など)を用いた調査を行い、斑点米発生リスク評価のための簡便な雑草調査基準を提示する。

2) 水田内雑草の繁茂量の簡易把握による被害発生予測、除草剤散布時期の判断基準の策定

水田内のアカスジカスミカメの発生に影響を及ぼす水田雑草イネホタルイの発生量と斑点米被害との関係を調査し、イネホタルイ発生量に基づいた斑点米被害発生リスクの評価手法を確立する。

3. 調査結果のまとめ

1) 水田周辺のイネ科植物管理状況把握による斑点米カメムシ類発生量評価ならびに被害軽減手法の検討

畦畔のイネ科植物の出穂割合を目視で調査する簡易な植生調査法により斑点米率の推定および除草管理の判断が可能であった。アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメによる斑点米被害を減少させるためには、イネ出穂2週から1週間までに畦畔の除草を行うことが重要であり、またイネ出穂1週から2週間までの除草も有効であることを示した。

2) 水田内雑草の繁茂量の簡易把握による被害発生予測、除草剤散布時期の判断基準の策定

水田内のイネホタルイ穂数が増加するにしたがって斑点米被害により落等する確率は高くなる。6月下旬のイネホタルイの発生株数から推定した穂数をもとにして、その水田の斑点米率が0.1%および0.3%を超える確率を推定することが可能であり、除草剤による追加防除の要否を判断する手法を確立した。

3) 水田内外雑草の発生量に基づくアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメによる被害防止対策マニュアルを提示した。

4. 今後の課題

畦畔の植生や斑点米カメムシ類の動態が異なる地域における適切な除草管理時期については別途検討する必要がある。また、より簡易な畦畔植生調査方法を検討する必要がある。

アカスジカスミカメの寄主となるイヌホタルイ以外の水田雑草に対しても同様の評価手法を確立する必要がある。

5. 要約

畦畔のイネ科植物の出穂割合を目視で調査する簡易な植生調査法を確立し、斑点米被害を抑制するために適切な畦畔管理時期を明らかにした。また、6 月下旬の水田内のイヌホタルイの発生株数から斑点米被害を予測し、除草剤による追加防除の要否を判断する手法を確立した。

水田周辺のイネ科植物管理状況把握による斑点米カメムシ類発生量評価 ならびに被害軽減手法の検討

安田哲也、安田美香、平江雅宏、渡邊朋也

農研機構 中央農業総合研究センター

[〒305-8666 つくば市観音台 3-1-1]

1. 調査背景と目的

斑点米カメムシ類は水田周辺のイネ科植物を餌として増殖し、主に水稻出穂以降に水田に侵入するため、水田への侵入量予測技術の開発とともに、水田周辺でのカメムシ類管理技術の開発が重要である。本課題では、水田畦畔におけるイネ科植物の割合と出穂割合を調査し、カスミカメムシ類の水田内への侵入状況や斑点米被害率との関係および適切な畦畔除草管理時期について明らかにする。

2. 調査方法

- 1) 2012年7月初旬～8月下旬に利根川下流域、千葉県香取市の水田地域のコシヒカリ（10圃場）とヒメノモチ（9圃場）栽培水田で調査を行った。
- 2) 水田内ではカスミカメムシ2種（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）の誘引剤併用トラップ（既存改良事業3.1.1参照）を設置し、水田内誘殺数を週1回調査した。
- 3) 畦畔では植生調査とカスミカメムシ2種の個体数調査を行った。
 - (1) 植生：各トラップ設置圃場の畦畔4辺にて50cm 正方枠をおよそ30m 毎に設置し（一畦畔あたりおよそ長辺3カ所、短辺2カ所）（図1）、枠内のイネ科植物および出穂の割合を目視で週2回観察した。
 - (2) カスミカメムシ2種の個体数調査：トラップを設置した場所からもっとも近い畦畔2辺ですくい取り調査（10回振り）を週2回行った。

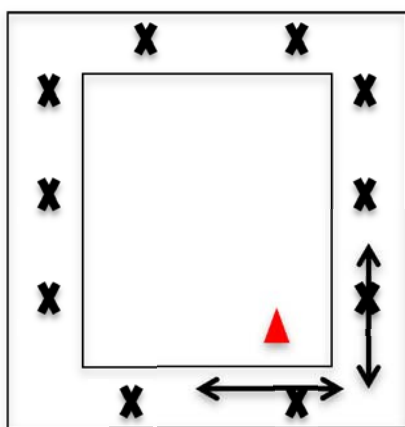


図1. 畦畔における植生調査地点（x）、トラップ設置地点（▲）、すくい取り（⇄）



図2. 植生調査に使った 50cm 正方枠

- 4) 斑点米率：成熟期に各圃場から 20 株を収穫し、精玄米（1.8mm 以上）全粒について、カスミカメムシ類による典型的な斑点米（頂部ならびに側部加害）の発生率を調査した。
- 5) 解析
 - (1) イネ出穂前後 2 週間における畦畔のイネ科植物出穂割合と斑点米率の関係から、適切な畦畔除草管理時期の推定
 - (2) 適切な畦畔管理時期における除草と斑点米率との関係
 - (3) 簡易植生調査法による斑点米率の推定
 - (4) 他県のデータ（岩手県）との比較

3. 調査結果

調査期間中にトラップで捕獲された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圃場あたりの平均総捕獲数は、コシヒカリ（74 頭）がヒメノモチ（55 頭）より多かった（ $p<0.05$ ）。またコシヒカリの平均斑点米率（%）（ 0.12 ± 0.07 ）はヒメノモチ（ 0.073 ± 0.05 ）よりも高かった（ $p<0.001$ ）。また、コシヒカリ調査水田 9 圃場中 6 圃場で落等した。一方、ヒメノモチでは 10 圃場中 2 圃場のみ落等した。出穂期から出穂 2 週間の畦畔すくい取り捕獲数と斑点米率に寄与していると考えられている水田内捕獲数の間には強い相関があった（ $r=0.80$, $p<0.01$ ）。

1) 斑点米率とイネ科植物出穂割合の関係

千葉県香取市のコシヒカリとヒメノモチ栽培水田における斑点米率と畦畔のイネ科植物出穂割合との関係について二項分布を仮定した一般化線形混合モデルで解析した結果（表 1）、イネ出穂 2 週前の出穂割合が低いほど斑点米率が高くなり、出穂 1 週前の出穂割合が高いほど斑点米率が高かった。同時に、イネ出穂 1 週後に畦畔イネ科植物の出穂割合が低ければ斑点米率が高くなり、イネ出穂 2 週後は逆にイネ科植物の出穂割合が高ければ斑点米率が高くなった。なお品種による有意な差はなかった。またイネ科植物の割合を用いて同様に解析した結果からも同じ結果が得られた。これらの結果から、適切な畦畔除草管理時期はイネ出穂 2 週から 1 週間前の間とイネ出穂後 1 週から 2 週目の間であると考えられる。

表 1. 畦畔におけるイネ科植物出穂割合と斑点米との関係を検討した一般化線形混合モデルの結果

イネ科植物出穂%	係数†	係数（選択）	Pr(> z)
出穂 2 週前	-0.07	-0.086	***
出穂 1 週前	6.64	5.96	***
出穂日	-0.005	-	n. s.
出穂 1 週後	-0.05	-0.077	***
出穂 2 週後	0.058	0.073	**
品種	0.29	-	n. s.
切片	-7.29	-7.1	***

† 正の係数は値が大きいと斑点米率が増加していることを示し、負の係数は値が大きいと斑点米率が減少していることを示している。係数（選択）は最適モデルとして選択されたもの。
n.s.: 有意ではない, **: $P<0.01$, ***: $P<0.001$

2) 畦畔除草管理による斑点米率への影響

上記で構築したモデルを使って、適切な畦畔除草管理時期に除草した場合としない場合の斑点米率を比較した。イネ出穂2週から1週間前までの徹底した除草管理が行われなかった場合、斑点米率(%)は0.07であるのに対し、除草した場合は0.05となり、斑点米率はおおよそ30%減少した。また、イネ出穂前の畦畔除草に加え、イネ出穂後1週から2週目の間にも除草管理を行った場合の斑点米率は0.04となり、2回とも除草管理を行わなかった場合と比べて斑点米率が43%減少した。

3) 簡易植生調査法による斑点米率の推定

推定された適切な畦畔除草管理時期における畦畔の簡易な植生調査(イネ科植物の出穂割合)を用いて斑点米率を推定した(図3)。イネ出穂1週前の畦畔では、少しでもイネ科植物が出穂していると斑点米率が0.1%を超えてしまう。また、イネ出穂2週後の畦畔にイネ科植物が約10%以上出穂していると斑点米率は0.1%を超すと推定された。

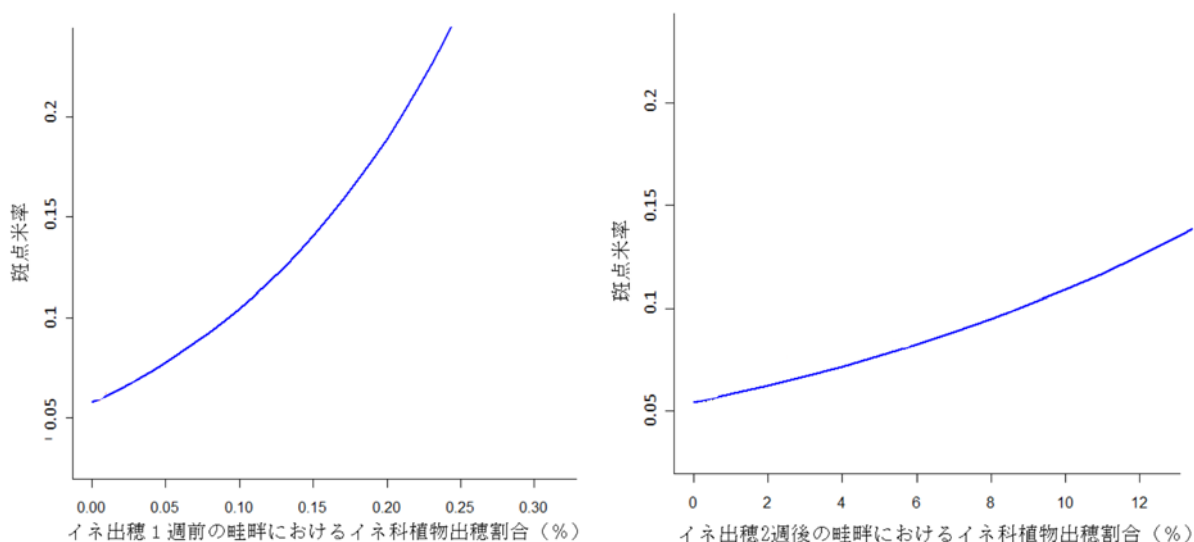


図3. イネ出穂1週前(左)と2週後(右)の畦畔イネ科植物の出穂割合と斑点米率との関係。

4) 他県データとの比較

岩手県奥州市におけるひとめぼれ栽培水田(18 圃場)で、畦畔1辺に2カ所 50cm 正方枠を設置して簡易な植生調査(イネ科植物出穂割合)を行い、二項分布を仮定した一般化線形モデルで解析した(表2)。その結果、イネ出穂1週前はすべての調査圃場でイネ科植物が出穂していなかったため、影響は検出されなかったが、千葉県同様イネ出穂2週前の除草は、斑点米率を増加させた。また、イネ出穂1週後はイネ科植物が出穂している割合が低いと斑点米率が高くなり、イネ出穂2週後はイネ科植物の出穂割合が高いと斑点米率が高くなると推定された。

表 2. 岩手県における畦畔のイネ科植物出穂割合と斑点米との関係を検討した一般化線形モデルの結果

イネ科植物出穂%	係数†	係数 (選択)	Pr(> z)
出穂 2 週前	-0.083	-0.08	***
出穂 1 週前	NA	-	-
出穂日	0.032	0.032	n. s.
出穂 1 週後	-0.05	-0.05	***
出穂 2 週後	0.02	0.02	**
切片	-6.72	-6.72	***

† 正の係数は値が大きいと斑点米率が増加していることを示し、負の係数は値が大きくと斑点米率が減少していることを示している。係数 (選択) は最適モデルとして選択されたもの。
n.s.: 有意ではない, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$

4. 考察

これまで斑点米カメムシ類による防除対策として、イネ出穂前後 2 週間は畦畔の除草は行わないよう指導されてきている。しかし今回の結果からイネ出穂 2 週前までに除草を行うと斑点米率が増加することが明らかになった。また、出穂 1 週間前の出穂割合が高いほど斑点米率が高かったことから、適切な畦畔除草管理時期はイネ出穂前 2 週から 1 週目の間であることがわかった。また、この時期の除草管理については、少しでもイネ科植物が出穂していると斑点米率が高くなることから、徹底した除草管理が必要であると考えられる。

イネ出穂後は、出穂 1 週後にイネ科植物の出穂割合が低く、出穂 2 週後にその割合が高いと斑点米率が増加することから、この時期のイネ科植物の出穂を抑えるためには、イネ出穂 1 週から 2 週間後までに再度畦畔の除草することが有効であると考えられる。また、この時期の除草管理については、イネ科植物の出穂割合が 10%を超えると斑点米率が 0.1%を超えることから、イネ科植物の出穂割合が 10%を超えないような除草管理が必要となる。

他県とのデータの検証からもほぼ同様の結果が得られたことから、簡易な植生調査法による斑点米率の推定、および出穂後 2 週目の除草管理の判断は可能であると考えられる。調査方法について、千葉県では畦畔 4 辺で調査をおこなったのに対し、岩手県では 1 辺のみの調査のため、イネ科植物の出穂割合の低い圃場ではデータが低く見積もられている可能性も否定できない。このため、簡易な植生調査は 4 辺全体をみる必要があると考えられる。

5. 今後の課題

各地方で畦畔における植物の種組成や生育状況、斑点米カメムシ類の動態が異なることから、地域ごとに適切な除草管理時期について検討する必要がある。また、イネ出穂 2 週後の畦畔除草の有効性については、斑点米カメムシのイネ出穂後の後期加害と畦畔除草管理の関係をより詳細に解明した上で検討する必要がある。さらに、より簡易な植生調査方法として圃場全体を達観的にみる手法について検討する必要がある。

6. 要約

千葉県利根川下流域の水田地域のコシヒカリとヒメノモチ栽培水田において、アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメによる斑点米率と水田畦畔のイネ科植物の出穂割合との関係を解析した。斑点米率を減少させるためには、イネ出穂2週から1週間前までに畦畔の除草を行う事が重要であり、またイネ出穂1週間から2週間後までの除草も有効であると考えられる。

7. 成果の公表及び特許

- ・北日本病害虫研究発表会（発表予定）
- ・日本応用動物昆虫学会（発表予定）

< 3 年分のまとめ >

これまでの知見からカスミカメムシ類の水田内侵入量には水田周辺における大規模な発生源の存在とともに、地域的な畦畔除草管理の重要性が指摘されている。これまで斑点米カメムシ類の防除対策として、イネ出穂前後 2 週間は畦畔の除草は行わないよう指導されてきている。しかし、地域的な畦畔除草管理の徹底には、さらに詳しい除草管理時期の提案が必要である。そこで、本課題では 1) 異なる地域におけるカスミカメ 2 種の水田内侵入量の比較から、畦畔管理の徹底が重要な地域を特定し、2) それらの地域で斑点米率を減少させるために管理すべき畦畔植生や適切な管理時期を推定し、3) 簡易な植生調査方法による要畦畔除草管理判断基準を構築した。

1) 周辺土地利用と水田内および畦畔における斑点米カメムシ類

あきたこまち、ふさおとめ、コシヒカリ栽培水田における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畦畔における発生量は、堤防法面近くの水田や田畑混在地域の水田畦畔で多いことがわかった(図 1)。つまり、堤防法面や畑は大発生源となり、そこから畦畔に飛来してきているものであると考えられた。したがって、これらの地域における畦畔管理は他の地域に比べさらに重要性が増すと考えられる。

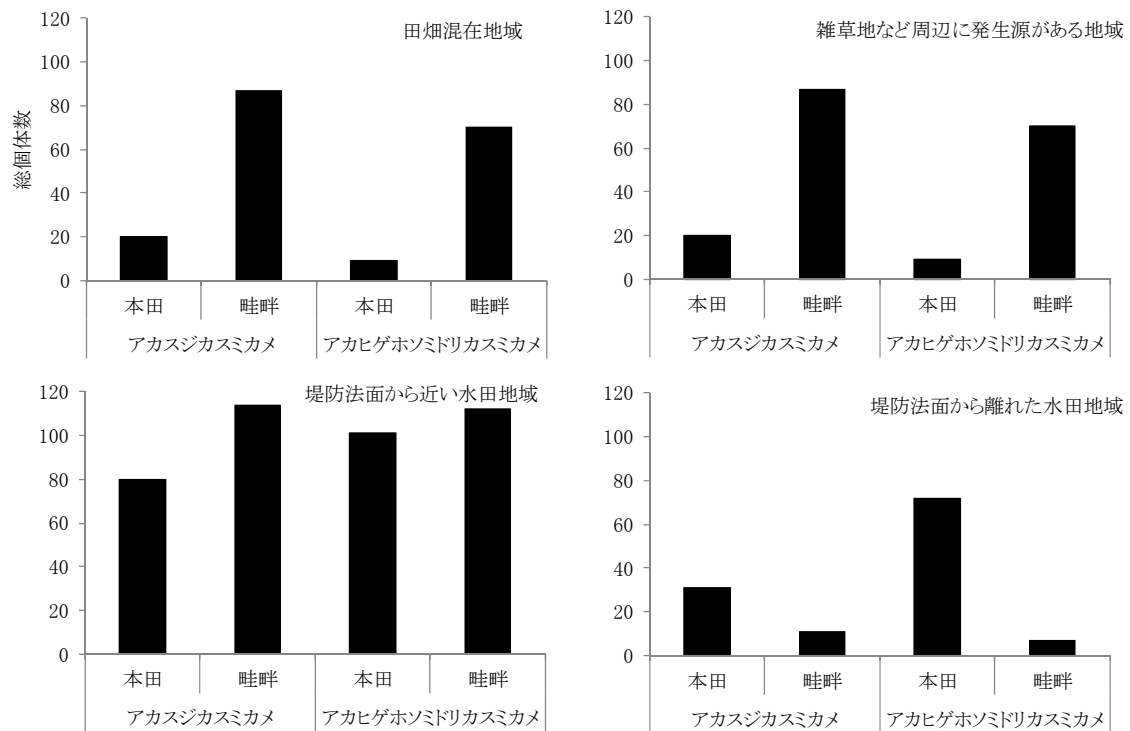


図 1. 地域別にみる調査水田と畦畔における主要斑点米カメムシ 2 種の捕獲状況の例

2) 適切な畦畔除草管理時期の推定と注意すべき植生

斑点米率にもっとも寄与しているのはイネ出穂 5 日前と出穂 10 日後の斑点米カメムシ 2 種の水田内個体数であり、この時期に斑点米率を増加させる危険な畦畔植生にならないような畦畔管理が重要であることがわかった。そのため、出穂 5 日前の危険な畦

畔植生（イタリアンライグラス、エノコログサ）を増やさないためには、出穂 17 日前から両種イネ科植物が優占する畦畔を重点的に管理することが重要である（図 2）。また、出穂 10 日後に危険な畦畔植生とならないような畦畔管理のためには、水田地域ではイネ出穂前からどんな植生であっても徹底した管理が必要であり、田畑混在地域では、イタリアンライグラスやイヌビエが優占する畦畔を重点的に管理することが重要となる（図 2）。しかし、イネ出穂後の畦畔管理に関しては、これまで本田への斑点米カメムシ 2 種の追い込みが示唆されており、十分な検討が必要である。

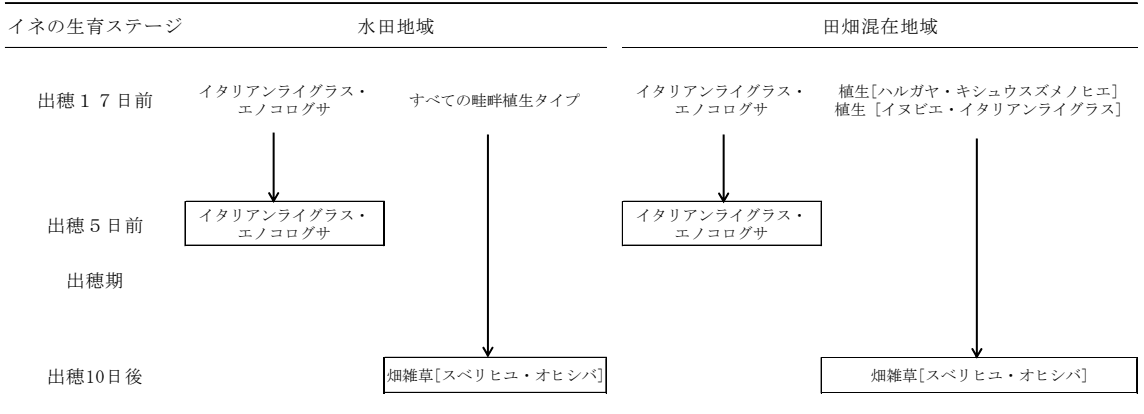


図 2. イネの生育ステージ（時期）における注意すべき畦畔植生とその前の植生状況
□で囲まれている植生は、イネの生育ステージにおける注意すべき植生タイプ

3) 簡易な植生調査方法による斑点米率の推定

畦畔 4 辺におけるイネ科植物の出穂割合調査から、斑点米率を減少させるためにはイネ出穂前 2 週から 1 週目までの畦畔除草管理がもっとも重要であるが、イネ出穂 1 週から 2 週間後までの除草管理も有効であることがわかった。特に、出穂前の除草管理時期については、滋賀県（那須ら、平成 23 年度発生予察の手法検討委託事業、除草実施基準策定事業報告書 p15 参照）が出穂 10 日前後のわずかなイネ科植物の出穂が斑点米率に影響する可能性を示唆している。また、イネ出穂前 2 週から 1 週目の間に除草を行うと、およそ 30%斑点米率が減少し、さらにイネ出穂 1 週から 2 週間後の間に除草を行った場合、2 度の除草管理を行わなかった場合と比べて 43%斑点米率が減少することがわかった。

同時に、斑点米率を増加させないために適切な時期に畦畔除草管理を行うかどうかの判断基準として、簡易な植物調査法（イネ科植物出穂割合）を検討した。これは、現場で判断基準として使用してもらうためには、従来行われてきた詳細な植生調査結果では植物に関する専門的知識と経験が必要になり困難であるためである。その結果、簡易な植生調査法によってイネ出穂 2 週間前（少しでも（0.1%）イネ科植物が出穂）および、イネ出穂 1 週間後（イネ科植物出穂割合 10%）を畦畔除草が必要となる判断基準として構築した。

水田内雑草の繁茂量の簡易把握による被害発生予測、 除草剤散布時期の判断基準の策定

加進丈二・小野 亨[※]・大槻恵太・相花絵里

宮城県古川農業試験場

([※]現宮城県農業・園芸総合研究所)

[〒989-6227 宮城県大崎市古川大崎字富国 88]

1. 調査背景と目的

水田内におけるイヌホタルイの発生は、アカスジカスミカメによる斑点米被害を助長する原因となる¹⁾。斑点米被害の抑制を目的としたイヌホタルイの除草を的確に指導するためには、その発生量に基づく除草要否の判断基準が必要となる。そこで、イヌホタルイの発生程度が異なる水田において発生量を調査し、アカスジカスミカメによる斑点米被害リスクとの関係を明らかにする。また、斑点米被害の低減に有効な除草剤の処理時期を明らかにする。

2. 調査方法

試験1 イヌホタルイの発生量に基づく斑点米被害リスクの推定

1) 調査場所

宮城県病害虫防除所が発生予察事業の調査対象としている水田のうち、①斑点米カメムシ類対象の薬剤防除を実施しなかった水田、②イヌホタルイ以外でアカスジカスミカメの寄主となる水田雑草（シズイ、ノビエ等）が多発した水田、③手取りや中後期除草剤の使用によってイヌホタルイを除草した水田、④斑点米データが欠測であった水田を除外し、2010年は50ほ場、2011年は47ほ場、2012年は46ほ場、3か年合計で143ほ場を調査の対象とした。

2) イヌホタルイの発生調査

各調査ほ場の長辺と短辺をそれぞれ均等に6分割、5分割し、ほ場内に20の調査地点を設置した（右図）。調査は6月下旬と7月下旬に行った。6月下旬には各調査地点上1m×1m内におけるイヌホタルイの発生株数を、7月下旬には各調査地点上1m×0.3m内におけるイヌホタルイ穂数を数えた。

3) 斑点米調査

各調査ほ場において、成熟期に任意の50株から各1穂、計50穂を採集した。乾燥、籾すり後に1.8mmの篩で調製し、斑点米を調査した。全精玄米粒に対する斑点米被害粒の割合を斑点米率とした。

1	10	11	20	
2	9	12	19	
3	8	13	18	
4	7	14	17	
5	6	15	16	

ほ場内調査地点の配置

4) 解析

- (1) 7月下旬のイヌホタルイ穂数を用いた斑点米被害リスクの推定
- (2) 6月下旬のイヌホタルイ株数を用いた穂数の推定

試験2 斑点米被害低減のためのイヌホタルイ除草時期

1) 試験場所：宮城県古川農業試験場内 5a×2ほ場

2) 試験区の構成

区名	除草剤散布時期 (移植後日数)	除草剤名	処理量
6月20日処理区	5月11日 (+1)	ペントキサゾン水和剤	500ml/10a
	6月20日 (+40)	ベントザン液剤	500ml/10a
7月11日処理区	5月11日 (+1)	ペントキサゾン水和剤	500ml/10a
	7月11日 (+61)	ベントザン液剤	500ml/10a
7月26日処理区	5月11日 (+1)	ペントキサゾン水和剤	500ml/10a
	7月26日 (+76)	ベントザン液剤	500ml/10a
無除草区	5月11日 (+1)	ペントキサゾン水和剤	500ml/10a

※1 ペントキサゾン水和剤：イヌホタルイを除く水田雑草対象

※2 ベントザン液剤：イヌホタルイ対象

※3 ベントザン液剤の使用基準上の使用時期：移植後15～50日、但し収穫50日前まで

※4 ノビエの抑草のため6月8日にシハロホップブチル粒剤1.5kg/10aを全試験区に散布した

※5 1区当たり面積120㎡(6m×20m)、2反復

※6 供試品種：ひとめぼれ、移植時期5月10日、出穂期8月8日

3) イヌホタルイ穂数の調査

6月20日～8月8日の期間、同じ調査場所(0.3㎡×1m、各試験区2か所)において約7日間隔で穂数を数えた。

4) アカスジカスミカメ発生調査

7月2日から9月11日の期間、約7日間隔ですくい取り調査(15回振り)を行った。成虫は種別に、カスミカメムシ類幼虫は種を判別せずに計数した。

5) 斑点米率

成熟期に各試験区において任意の100株から各1穂、計100穂を採集した。乾燥、籾すり後に1.8mmの篩で調製し、斑点米を調査した。全精玄米粒に対する斑点米被害粒の割合を斑点米率とした。

3. 調査結果

試験1

- 1) 水田内におけるイヌホタルイの有無と斑点米被害との関係について、2010、2011年は両者の間に明瞭な関係は認められなかったが、2012年と3か年を統合した場合の解析では、イヌホタルイが発生した水田において斑点米率が高まる傾向が認められた(第1表)。
- 2) 水田内における7月下旬のイヌホタルイ穂数と斑点米率との関係について、斑点米率の基準を0.1%と0.3%に区別し、ロジスティック回帰分析を用いて解析した。両者の関係に対して調査年の影響は小さいと判断できたことから、3か年のデータを統合して解析した(第2表)。その結果、穂数に上位4地点の平均値を用いた場合は、斑点米率が0.1%と0.3%を超える確率の推定モデルはいず

れも有意であったが、穂数に全 20 地点の平均値を用いた場合は 0.3%を超える確率の推定モデルのみ有意であった。この結果から、7 月下旬のイヌホタルイ穂数から斑点米率が 0.1%と 0.3%を超える確率の推定モデルには説明変数として上位 4 地点の平均穂数を用いるのがよいと判断できた。

- 3) 斑点米率が 0.1%と 0.3%を超える確率を推定する 2 つのモデルは、いずれも穂数の増加にともなって落等する確率が高まることを示した（第 1 図 A, B）。しかし、斑点米率が 0.1%を超える確率の推定モデルの回帰曲線の傾きは、同 0.3%を超える確率の推定モデルに比べて小さく、2 つの回帰曲線は穂数 300~400 本/m²の間で交差し推定値が逆転する問題が生じた。
- 4) 一方、目的変数を斑点米率 0.1%以下、>0.1%、>0.3%の 3 段階の順序尺度とした順序ロジスティック回帰分析（第 1 図 C）では、上記のような推定値の逆転は起こらず、推定モデルは有意であった（尤度比検定， $df: 1$ ， $\chi^2: 10.44$ ， $p=0.0012$ ）。このモデルの回帰式を用いて 7 月下旬の穂数から斑点米被害により 2 等以下または 3 等以下落等する確率を推定することができた（第 3 表）。
- 5) 6 月下旬における上位 4 地点のイヌホタルイ株数/m²（対数）と 7 月下旬における上位 4 地点の穂数/m²（対数）の間には高い正の相関が認められた（ $r>0.833$ ）。回帰分析の結果、6 月下旬の上位 4 地点の平均株数/m²から 7 月下旬の上位 4 地点の平均穂数/m²を推定するモデルは有意であり、6 月下旬の株数から 7 月下旬の穂数を推定することができた（第 2 図，第 4 表）。

第1表 水田内におけるイヌホタルイの有無と斑点米率の関係

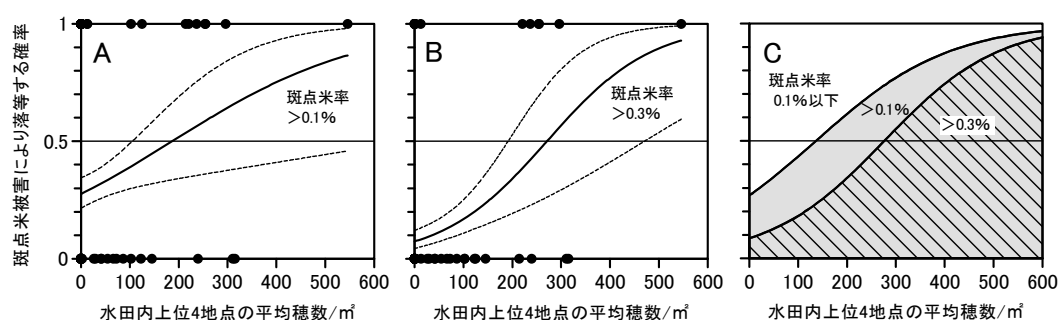
調査年	イヌホタルイの有無	ほ場数	斑点米率区分別のほ場数 (%)			
			<=0.1%	>0.1%	>0.3%	
2010	無	38	26 (68.4)	9 (23.7)	3 (7.9)	ns
	有	12	9 (75.0)	1 (8.3)	2 (16.7)	
2011	無	40	29 (72.5)	6 (15.0)	5 (12.5)	ns
	有	7	4 (57.1)	0 (0.0)	3 (42.9)	
2012	無	39	29 (74.4)	9 (23.1)	1 (2.6)	*
	有	7	2 (28.6)	3 (42.9)	2 (28.6)	
合計	無	117	84 (71.8)	24 (20.5)	9 (7.7)	*
	有	26	15 (57.7)	4 (15.4)	7 (26.9)	

*: $p<0.05$ (G 検定)

第2表 イヌホタルイ穂数と斑点米リスクのロジスティック回帰モデルの評価

斑点米率	要因	尤度比検定			斑点米率	要因	尤度比検定		
		df	χ^2	p 値			df	χ^2	p 値
0.1%	調査年	2	0.14	0.934	0.3%	調査年	2	2.56	0.278
	穂数/m ² (全20地点平均)	1	3.94	0.047 *		穂数/m ² (全20地点平均)	1	6.78	0.009 **
	交互作用	2	3.03	0.220		交互作用	2	3.29	0.194
	調査年	2	0.14	0.932		調査年	2	2.41	0.300
	穂数/m ² (上位4地点平均)	1	6.23	0.013 *		穂数/m ² (上位4地点平均)	1	9.46	0.002 **
	交互作用	2	1.58	0.454		交互作用	2	1.66	0.437
3か年統合	調査年	2	0.14	0.932	3か年統合	調査年	2	2.41	0.300
	穂数/m ² (全20地点平均)	1	3.28	0.070		穂数/m ² (全20地点平均)	1	10.70	0.001 **
	穂数/m ² (上位4地点平均)	1	5.44	0.020 *		穂数/m ² (上位4地点平均)	1	13.53	0.0002 **

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$



第1図 イヌホタルイ穂数を用いた斑点米被害により落等する確率の推定

A, B: ロジスティック回帰分析(実践は推定値, 破線は90%信頼限界)

斑点米率 > 0.1% $y = \exp(-0.968 + 0.00518x) / (1 + \exp(-0.968 + 0.00518x))$

斑点米率 > 0.3% $y = \exp(-2.529 + 0.00934x) / (1 + \exp(-2.529 + 0.00934x))$

C: 順序ロジスティック回帰分析

斑点米率 > 0.1% $y = \exp(-1.003 + 0.00734x) / (1 + \exp(-1.003 + 0.00734x))$

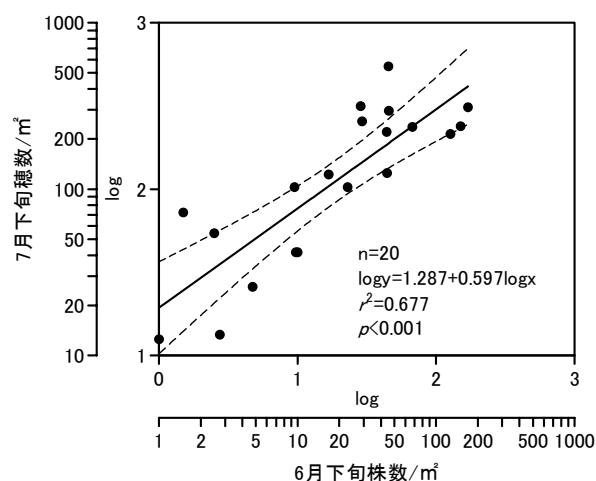
斑点米率 > 0.3% $y = \exp(-2.367 + 0.00734x) / (1 + \exp(-2.367 + 0.00734x))$

第3表 7月下旬のイヌホタルイ穂数と斑点米被害により落等する確率の関係

7月下旬の 穂数/m ²	落等する確率(%)	
	2等以下	3等以下
21	30	10
81	40	15
137	50	20
192	60	28
252	70	37
325	80	51
436	90	70
511	94	80

第4表 6月下旬のイヌホタルイ株数と7月下旬の穂数の関係

6月下旬の株数/m ²		7月下旬の 穂数/m ²
推定値	(95%信頼区間)	
1.2	(0.3 - 2.6)	21
11.1	(6.1 - 18.0)	81
26.5	(16.3 - 47.3)	137
46.8	(28.2 - 97.9)	192
73.9	(42.2 - 182.3)	252
113.5	(60.5 - 332.2)	325
185.3	(90.3 - 668.3)	436
242.1	(111.9 - 982.9)	511

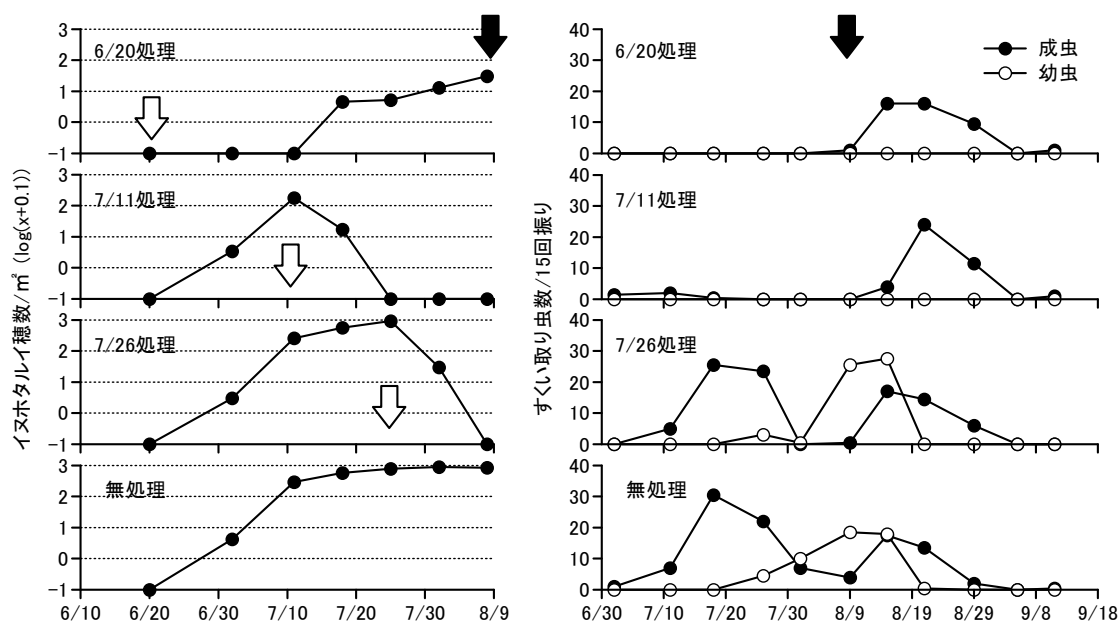


第2図 イヌホタルイの6月下旬株数から7月下旬穂数の推定
図中の実線は推定値, 破線は95%信頼限界を示す。

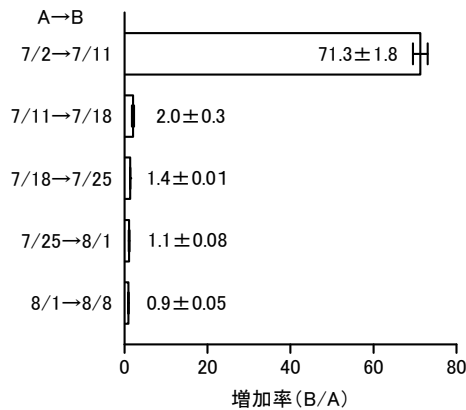
2010年は全12ほ場のうち6ほ場の発生株数は欠測である。

試験2

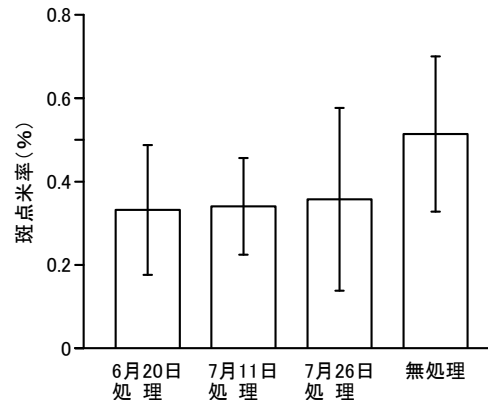
- 1) イヌホタルイの穂の抽出は7月上旬に始まった。穂数の増加率は7月上旬に高く、7月中旬以降は新たな穂の抽出は極めて少なかった（第3図左、第4図）。
- 2) 6月20日処理区では、処理後2週間はイヌホタルイの発生を完全に抑えたが、処理3週間後の7月中旬以降にわずかに発生した後期発生株から穂の抽出が認められた。7月11日処理区では、処理1週間後に穂数が1/10程度に減少した後2週間後には完全に枯死し、その後イヌホタルイの再発生は確認されなかった。7月26日処理区では、処理1週間後に穂数は1/10以下に減少し、2週間後には完全に枯死した（第3図左）。
- 3) すくい取り調査で捕獲されたカメムシ類の成虫はほとんどがアカスジカスミカメであった。無処理区では、7月中旬に1回目の成虫（第1世代）発生が現れ、7月下旬～8月中旬に幼虫が、イネ出穂期以降の8月中～下旬にかけて2回目の成虫（第2世代）の発生が認められた（第3図右）。6月20日処理区と7月11日処理区では1回目の成虫発生と幼虫の発生は抑えられたが、7月26日処理区では無処理区と同様の発生活消長となった。
- 4) 斑点米率は無処理区で最も高い値を示したが、試験区間において統計的に有意な差は認められなかった（第5図）。



第3図 ペンタゾン液剤の処理時期がイヌホタルイ穂数(左)およびアカスジカスミカメ(右)の発生に与える影響
穂数およびすくい取り虫数は2反復の平均値を示す。
白矢印はペンタゾン液剤の処理時期、黒矢印はイネの出穂期(各区共通)を示す。



第4図 イヌホタルイ穂数の増加率の推移
無処理区2反復の平均値±SE



第5図 ベンタゾン液剤の処理時期が斑点米発生量に与える影響
2反復の平均値±SE, $p > 0.05$ (逆正弦変換後, 一元配置分散分析)

4. 考察

- 1) 水田内のイヌホタルイ穂数増加にともない, 斑点米により落等する確率は高まる傾向が認められた. 両者の関係についてロジスティック回帰分析を用いて解析した結果, 説明変数としては場全体の平均穂数/㎡ (全 20 地点の平均値) を用いたモデルに比べて, 発生密度が高い地点の平均穂数/㎡ (上位 4 地点の平均穂数) を用いたモデルの当てはまりが良かった. そこで, 説明変数に上位 4 地点の平均穂数を, 目的変数に斑点米率 0.1%以下, $>0.1\%$, $>0.3\%$ の 3 段階の順序尺度を用いた順序ロジスティック回帰分析を行った結果, 7 月下旬の穂数から斑点米被害により 2 等以下または 3 等以下に落等する確率を推定することができた.
- 2) 7 月下旬の穂数/㎡ (上位 4 地点の平均穂数) は 6 月下旬のイヌホタルイ発生株数/㎡ (上位 4 地点の平均株数) を説明変数とした回帰分析により推定することが可能であった. ここで示された推定モデルと穂数から落等する確率を推定するモデルを組み合わせることによって, 斑点米被害の低減のための中後期除草剤による追加除草の要否判断の目安を作成することができた (第 5 表). なお, 宮城県内のイネでは大部分がカメムシ類を対象とした殺虫剤散布が行われていることを考慮し, 本試験では殺虫剤散布を行うことを前提として被害リスクを推定した. 殺虫剤散布を行わない水田においては第 5 表の確率より高めに被害リスクを見込む必要がある.
- 3) イヌホタルイの生育ステージに関わらず, ベンタゾン液剤処理はイヌホタルイに対して高い除草効果が認められた. 7 月中旬までに処理した場合はイネ出穂期以前のアカスジカスミカメの発生は抑えられた. しかし, 第 1 世代成虫の発生時期である 7 月下旬に処理した場合は, イネ出穂前の成虫発生とその後の幼虫発生を抑えられなかった. 本試験では処理時期と斑点米率の関係は判然としなかったため, 水田内でのアカスジカスミカメの増殖を抑えられたかどうかで判断した場合, ベンタゾン液剤処理の晩限は第 1 世代成虫が発生する前の 7 月上旬と考えられた.
- 4) イヌホタルイは 7 月中旬以降に発生する穂の数が少ないことから, 穂数から斑点米被害リスクを評価できる期間は 7 月中旬～下旬に広げることが可能であると判断できた. また, 移植後 50 日以内であれば 7 月上旬の穂数から第 5 表に基づいて斑点米被害リスクを評価し, ベンタゾン液剤による追加除草の可否を判断することも可能と考えられた.

第5表 イヌホタルイ発生量に基づく斑点米被害リスク

6月下旬の 株数/m ²	7月中下旬の 穂数/m ²	落等する確率(%)	
		2等以下	3等以下
0.3	21	30	10
6	81	40	15
16	137	50	20
28	192	60	28
42	252	70	37
61	325	80	51
90	436	90	70
112	511	94	80

5. 今後の課題

- 1) アカスジカスミカメの寄主となるイヌホタルイ以外の水田雑草（ノビエ、キシウスズメノヒエ、シズイ、コウキヤガラ等）に対しても同様の評価手法を確立する必要がある。
- 2) ベンタゾン液剤の使用基準上の使用時期は移植後 15～50 日である。宮城県の田植盛期は5月10日前後なので、本剤の使用期限は概ね6月下旬までである。本試験結果から斑点米被害リスク低減を目的としたイヌホタルイの除草晩限は7月上旬と示されたので、移植後 60 日頃まで本剤が使用可能となれば、6 月下旬時点のリスク評価から追加除草までの時間的な余裕ができる。本試験の成果を広く活用していくためには、本剤の使用基準の見直しが望まれる。

6. 要約

イヌホタルイ発生程度が異なる水田において、イヌホタルイ発生量を調査しアカスジカスミカメによる斑点米被害との関係を解析した。水田内のイヌホタルイ穂数が増加するにしたがって斑点米被害により落等する確率は高まる傾向が認められた。また、6 月下旬のイヌホタルイの発生株数からその穂数を推定できることから、これに穂数を説明変数とした斑点米被害リスクの推定モデルを組み合わせることで、除草剤による追加防除の可否を判断する手法を構築できた。

7. 成果の公表及び特許

- 1) 北日本病害虫研究会，日本応用動物昆虫学会大会において口頭発表予定。
- 2) 学会誌への投稿準備中。

8. 引用文献

- 1) 加進丈二・畑中教子・小野 亨・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.

＜3年分のまとめ＞

水田雑草イヌホタルイは水田における主要な雑草であるとともに、水田内におけるアカスジカミカメの発生量を増大させて斑点米被害を助長する原因となる。斑点米被害の抑制を目的としたイヌホタルイの適切な管理手法を構築するため、イヌホタルイの発生量を基にした除草要否の判断基準と除草適期について検討した。

調査は2010～2012年に宮城県内延べ143か所の水田で行った。各調査水田の短辺と長辺を等間隔に分割して格子状に20地点の調査場所を設けた。6月上旬にイヌホタルイ株数を、7月下旬にイヌホタルイの穂数を調査し、成熟期には各調査水田から50穂を採集して斑点米率を調べた。イヌホタルイ穂数と斑点米率との関係についてロジスティック回帰分析を用いて解析した。イヌホタルイ穂数は全20地点と上位4地点の2つの平均値を算出し、両者を説明変数に用いた。斑点米率は米の検査基準に準じて0.1%と0.3%を基準値とし、この値を超えた場合は「1」、以下の場合は「0」の二値データを与えて目的変数とした。解析の結果、イヌホタルイ穂数の増加にしたがって斑点米被害により落等する確率は高まる傾向が認められた。説明変数に全20地点平均穂数を用いたモデルに比べて、上位4地点平均穂数を用いたモデルの方が推定精度は高かった。そこで、上位4地点の平均穂数と斑点米率が0.1%、0.3%を超える確率の関係を順序ロジスティック回帰分析により再解析した結果、得られた回帰式より穂数から斑点米被害により落等する確率を推定できた。また、7月下旬の上位4地点平均穂数は6月下旬の上位4地点平均株数を説明変数とした回帰分析によって推定できた。これらの解析結果を組み合わせることによって、6月下旬のイヌホタルイ発生株数から斑点米被害リスクを推定する手法を構築した。

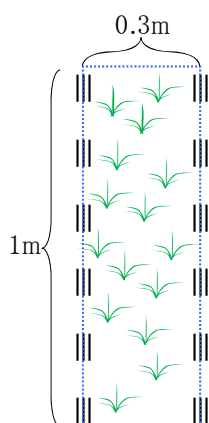
イヌホタルイ発生水田におけるアカスジカミカメの発生抑制を目的とし、除草剤ベンタゾン液剤を用いてイヌホタルイの除草適期を検討した。ベンタゾン液剤を6月20日、7月11日、7月26日に処理した結果、いずれの処理時期でもイヌホタルイに対する除草効果は高かった。6月20日と7月11日の処理ではアカスジカミカメ幼虫の発生は認められず成虫発生はイネ出穂期以降に現れた。7月26日処理ではイネ出穂前の成虫発生と幼虫発生が確認された。このことから、水田内におけるアカスジカミカメを防ぐためのイヌホタルイに対する除草剤散布時期は7月上旬が晩限であることが明らかとなった。

水田内雑草と畦畔雑草の発生量に基づくアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメによる被害防止対策マニュアル

[illegible]

イヌホタルイ発生量に基づく除草剤による追加除草の要否判断

- 1 調査項目 イヌホタルイの株数
- 2 調査時期 移植後 40～50 日
- 3 調査場所 水田内でイヌホタルイの発生量が多い場所
- 4 調査方法 イネの条間 0.3m×1m 内 (0.3 m²) のイヌホタルイ株数を 4 か所で数える。



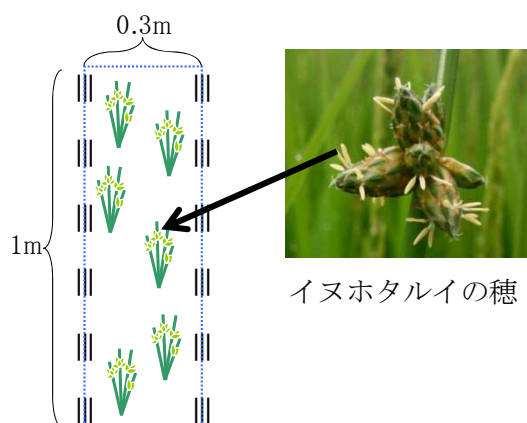
イヌホタルイ株数に基づく斑点米被害リスク

株数/m ²	落等する確率(%)	
	2等以下	3等以下
1	30	10
6	40	15
16	50	20
28	60	28
42	70	37
61	80	51
90	90	70
112	94	80

- 5 リスク評価の方法
4 か所で数えた株数の合計値を 1.2 で割って m² 当たりの値に換算し、表の株数/m² と比較して斑点米により落等する確率を推定する。
- 6 活用方法
上記のリスク評価によって落等する確率が 50% を超えることが見込まれる場合は、中・後期除草剤を用いてイヌホタルイを除草する。
- 7 留意事項
 - (1) 表の落等する確率はカメムシ類を対象とした殺虫剤散布を行った条件下での被害リスクを示している。殺虫剤散布を行わない場合は、落等する確率を表の値よりも高めに見込む必要がある。
 - (2) イヌホタルイと他のカヤツリグサ科雑草 (シズイ、クログワイなど) が混発している場合は雑草図鑑などを活用して草種を判別する。

イヌホタルイ発生量に基づく殺虫剤による早期防除の要否判断

- 1 調査項目 イヌホタルイの穂数
- 2 調査時期 イネ出穂期の2～3週間前
- 3 調査場所 水田内でイヌホタルイの発生量が多い場所
- 4 調査方法 イネの条間0.3m×1m内(0.3m²)のイヌホタルイ穂数を4か所で数える。

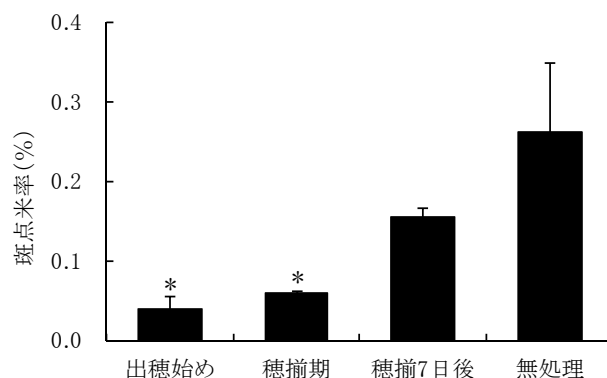


イヌホタルイ穂数に基づく斑点米被害リスク

穂数/m ²	落等する確率(%)	
	2等以下	3等以下
21	30	10
81	40	15
137	50	20
192	60	28
252	70	37
325	80	51
436	90	70
511	94	80

- 5 リスク評価の方法
4か所で数えた穂数の合計値を1.2で割ってm²当たりの値に換算し、表の穂数/m²と比較して斑点米により落等する確率を推定する。
- 6 活用方法
上記のリスク評価によって落等する確率が50%を超えることが見込まれる場合は、カメムシ類を対象とした殺虫剤散布を通常よりも早めのイネ出穂始め～穂揃期に行う(下図参照)。

- 7 留意事項
 - (1)表の落等する確率はカメムシ類を対象とした殺虫剤散布を行った条件下での被害リスクを示している。殺虫剤散布を行わない場合は、落等する確率を表の値よりも高めに見込む必要がある。
 - (2)イヌホタルイと他のカヤツリグサ科雑草(シズイ、クログワイなど)が混発している場合は雑草図鑑などを活用して草種を判別する。



(参考) イヌホタルイ発生水田において殺虫剤を異なる時期に散布した場合の斑点米発生状況の比較。加進(2009)を改変。
*は無処理との間に5%水準で有意差があることを示す(逆正弦変換後にDunnett法)。

(マニュアル3)

畦畔の簡易な植生調査によるイネ出穂前後の除草要否判断

- 1 調査項目 イネ科雑草出穂割合
- 2 調査時期 イネ出穂 2 週間前、イネ出穂 1 週間後
- 3 調査場所 畦畔 4 辺
- 4 調査方法 畦畔 4 辺のイネ科出穂の割合を目視で観察する



図 1. 植生調査で用いた50cm枠 穂

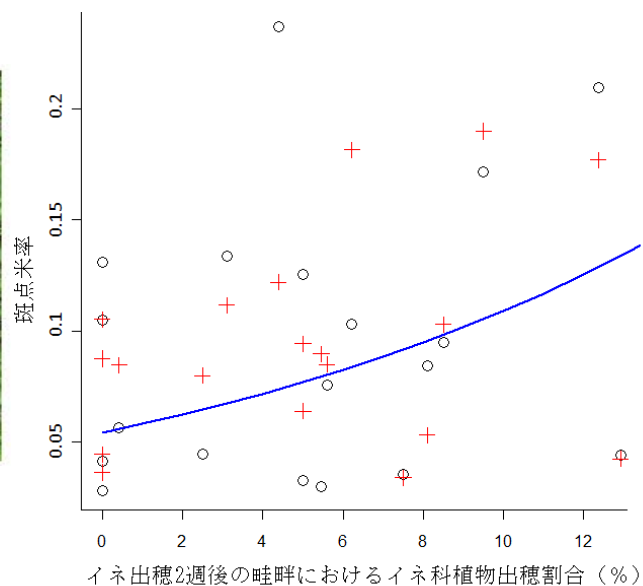


図 2. 出 2 週後のイネ科植物の出穂割合と斑点米率との関係

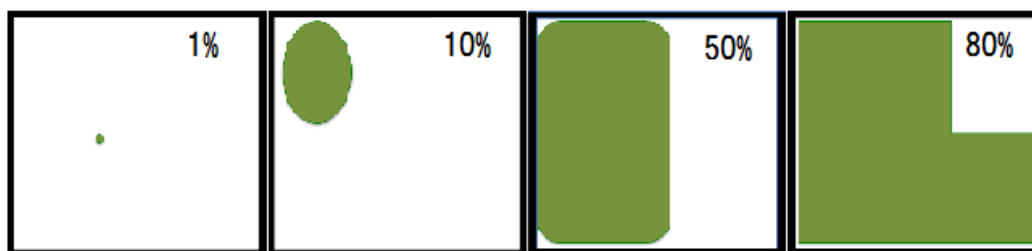


図3. 5cm 枠内のイネ科植物の出穂割合の目安

- 5 評価の方法
 - ・ イネ出穂前 2 週から 1 週目に出穂しているイネ科植生が生育していれば、斑点米率が高くなる。
 - ・ イネ出穂 1 週間後に、目視で観察したイネ科雑草の出穂割合を上図にあてはめ、斑点米が発生する確率を確認する。ちなみにイネ科雑草出穂割合が約 10%を超えた場合、斑点米率は 0.1%を超えると推定される。
- 6 活用方法

適切な畦畔除草管理時期に除草が必要かどうかの判断基準として利用する。