

東日本大震災による津波被災後復旧水田における 斑点米カメムシ類の発生状況

大江高穂¹⁾・加進丈二²⁾・大川茂範・大槻恵太³⁾・佐藤直紀⁴⁾

Occurrence of Rice Bugs Causing Pecky Rice in Paddy Fields that Restored after the Tsunami after the Great East Japan Earthquake

Takaho OE, Joji KASHIN, Shigenori OKAWA, Keita OTSUKI and Naoki SATO

抄 録

2011年3月、東日本大震災による津波の影響で壊滅的な被害を受けた宮城県沿岸地域の水田において、被災後復旧した水田における斑点米被害を抑制するための雑草管理や斑点米カメムシ類の防除対策を明らかにするため、2012～14年に宮城県名取市の復旧水田で、被災程度の異なる水田における水田雑草と斑点米カメムシ類の発生状況の違いを調査した。調査の結果、被災程度の比較的軽い内陸部における水田雑草の発生状況は震災前と比較して草種に大きな変化は認められなかった。しかし、復旧に時間を要した海岸部に近い地域では、ノビエとコウキヤガラが発生ほ場割合が高くなった。水田内の斑点米カメムシ類の発生状況は、内陸部においては水田内に発生したイヌホタルイが斑点米被害を助長していたが、海岸部に近い地域ではイヌホタルイの有無にかかわらず水田内の斑点米カメムシ類の発生量が多く、斑点米被害が発生していた。この水田周辺にはノビエとコウキヤガラを主としたイネ科・カヤツリグサ科雑草が繁茂した休耕地が点在しており、休耕地内で斑点米カメムシ類が多発生していたことから、この周辺休耕地から斑点米カメムシ類が水田に侵入したことで被害が発生したと推測された。また、水田周辺の土地利用が水田内の斑点米カメムシ類に及ぼす影響を解明するため、水田から半径300mの範囲内の土地利用状況と水田内の斑点米カメムシ類密度および斑点米発生量の関係を解析したところ、水田周辺のイネ科・カヤツリグサ科雑草が発生した休耕地の面積の増加にともない、斑点米被害の発生確率が高まっていた。以上より、被災地域における斑点米被害の対策として、水田内におけるイヌホタルイの除草に加えて、水田周囲のイネ科・カヤツリグサ科雑草が発生した休耕地の除草管理が重要であると考えられた。

【キーワード】 休耕地, アカスジカスミカメ, アカヒゲホソミドリカスミカメ, イヌホタルイ, コウキヤガラ, 東日本大震災
Key words : fallow, *Stenotus rubrovittatus*, *Trigonotylus caelestialium*, *Schoenoplectus juncooides* (Roxb.) Palla, *Bolboschoenus maritimus* auct. non (L.) Palla, great east japan earthquake

緒 言

2011年3月、東北地方太平洋沖地震により発生した大津波は宮城県内の農地面積の約1割を占める14,300haの農地に被害を及ぼした。被災直後の農地には海水や土砂・がれきの流入が認められ、海水が流入した影響によってコウキヤガラ *Bolboschoenus maritimus* auct. non (L.) Palla やノビエ *Echinochloa* sp.といった耐塩性の強い雑草が被災地域全域で優占・繁茂している状況であった(大川, 2011; 大川, 2013)。また、震災直後に実施された病害虫の発生実態調査で

は、被災地域の休耕地で繁茂したノビエ・コウキヤガラの雑草群落において斑点米カメムシ類が多発し、アカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* とアカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* によるイヌビエ *Echinochloa crus-galli* とコウキヤガラの穂への産卵が確認され、雑草が蔓延した休耕地が斑点米カメムシ類の発生源となる可能性が指摘されていた(佐藤ら, 2013)。

両種は宮城県における斑点米カメムシ類の主要種であり、とりわけアカスジカスミカメは全県的に発生し

ている最重要種である(大江ら, 2018)。既往の研究から, 水田からおおよそ半径 300m の範囲内に存在する発生源面積が水田内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発生源に影響を及ぼすことが知られており (Yasuda et al, 2011 ; Takada et al, 2012), 被災地域の休耕地におけるノビエ・コウキヤガラ群落の増加は両種の発生源の増加につながり, 被災地域の水田で斑点米被害が助長されることが危惧された。

これに加えて, ノビエ等のイネ科雑草, シズイ *Schoenoplectus nipponicus* (Makino) Soják やイヌホタルイ *Schoenoplectus juncooides* (Roxb.) Palla 等のカヤツリグサ科雑草は水田内に発生し, アカスジカスミカメの幼虫の増殖源となることが知られている (大友ら, 2005 ; 加進ら, 2009 ; 後藤ら, 2000)。そのため, 被災水田が復旧するまでの休耕期間中に雑草が繁茂し大量の種子を生産することで, 休耕地から水田へ復旧した際に水田雑草が多発し, 斑点米被害を助長する恐れがあった。

そこで, 一般的な水田と異なる様相を呈すると考えられる被災地域の水田において, 斑点米被害を抑制するために必要な雑草管理と斑点米カメムシ類の防除方法を明らかにすることを目的として, 津波被災からの復旧水田において, 水田雑草と斑点米カメムシ類の発生状況, 並びに両者の関係について調査すると共に, 被災によって生じた休耕地などの周辺環境が水田内の斑点米カメムシ類の発生に及ぼす影響について解析を試みた。

本文に先立ち, 現地調査の調査場所を提供していただいた宮城県名取市の有限会社耕谷アグリサービスの方々, 現地調査にてご協力を頂いた宮城県古川農業試験場の櫻田史彦氏, GIS を用いた解析手法についてアドバイスをいただいた農業・食品産業技術総合研究機

構東北農業研究センターの田淵研博士に対して, 厚く御礼申し上げる。なお, 本研究は復興庁・農林水産省の「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」にて実施したものである。

材料および方法

I 被災後復旧水田における水田雑草と斑点米カメムシ類の発生状況

1. 調査地点の概要

調査は 2012~14 年にかけて, 宮城県名取市内の津波被害を受けた水田で実施した。調査地域について, 復旧作業が完了して作付けを再開した年次別に, 調査地域をブロック分けした。すなわち, 除塩作業後, 2011, 2012, 2013, 2014 年に作付けを再開した各地域をそれぞれブロック 1, ブロック 2, ブロック 3, ブロック 4 とした (第 1 図, 第 1 表)。なお, 復旧作業は被害の少ない内陸部から甚大な沿岸部に向けて進められたため, 作付け開始時期が遅い地域ほど, 海岸部に近く復旧に時間を要している。

2012 年はブロック 1, 2 内において, 品種「ひとめぼれ」作付け水田 91 地点で調査を実施した。2013 年はブロック 1~3 内において「ひとめぼれ」作付け水田 30 地点, 「こがねもち」作付け水田 22 地点で調査を実施した。2014 年はブロック 1~4 内において「ひとめぼれ」作付け水田 10 地点, 「こがねもち」作付け水田 3 地点, 「つや姫」作付け水田 1 地点で調査を実施した。また, ブロック外の津波被災地域でひとめぼれ作付け水田 8 地点を調査した。

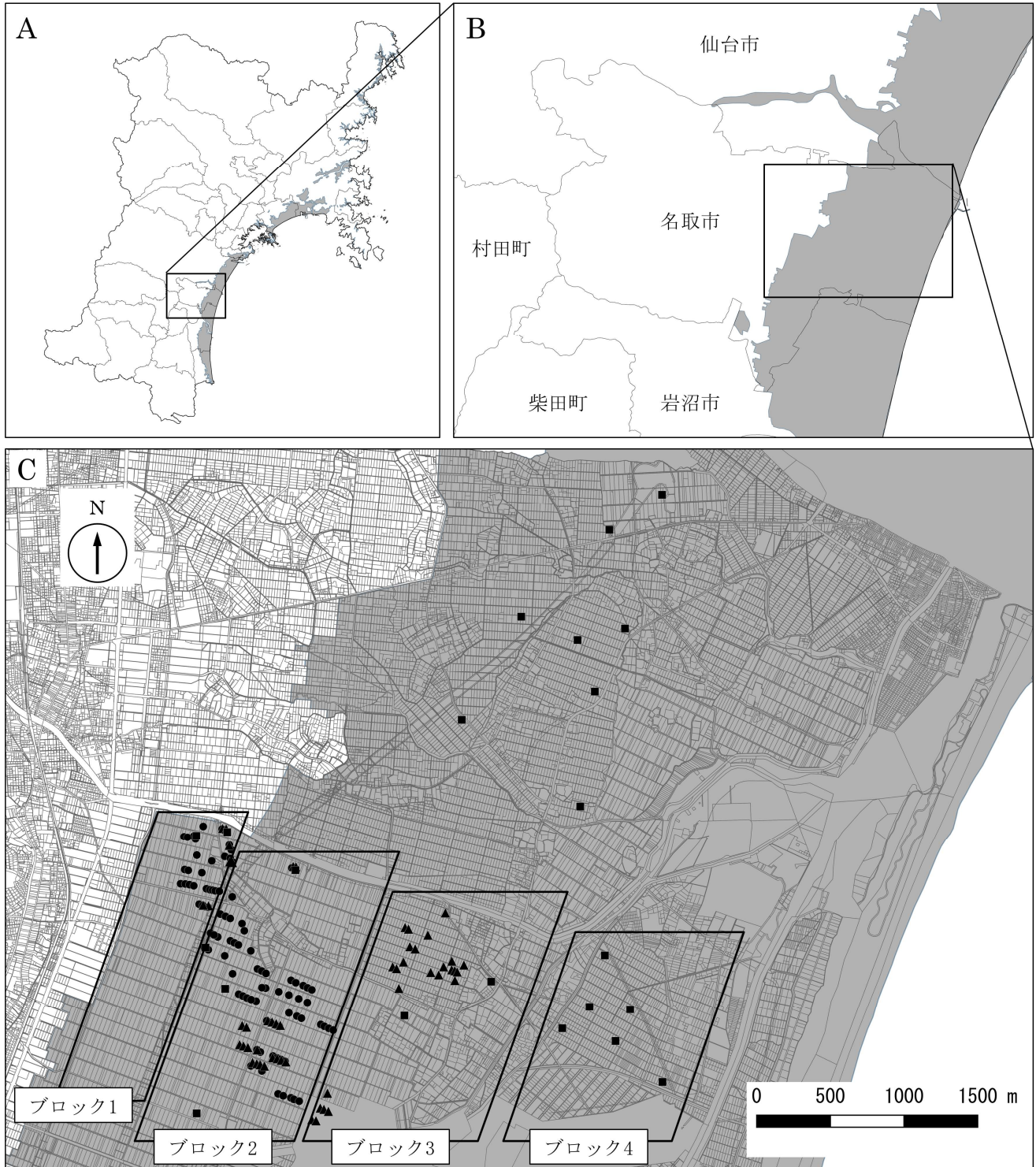
調査地点における水田雑草の防除は現地生産者の慣行とした。また, 斑点米カメムシ類を対象とした本田における薬剤防除は 2012~14 年の全ての調査地点で実施しなかった。ただし, 2013, 2014 年は全ての調査地点で水稻移植時に斑点米カメムシ類に適用登録があ

第 1 表 各ブロックにおける復旧過程

年	各年における復旧・作付け状況			
	ブロック 1	ブロック 2	ブロック 3	ブロック 4
2011	除塩後 作付け	除塩作業	除草作業	除草作業
2012	作付け	作付け	復旧工事 除塩作業	除草作業
2013	作付け	作付け	作付け	復旧工事 除塩作業
2014	作付け	作付け	北側：区画整備 南側：作付け	作付け

るチアメトキサム・ピロキロン粒剤（有効成分 8.0%, 12.0%, デジタルメガフレア箱粒剤）を処理した。処理方法は水稻移植前に育苗箱中の苗の上から育苗箱 1 箱あたり 50g を均一に散布した。本剤は 2015 年に今回の調査地域（宮城県名取市）において、防除効果を確

認したところ、カスミカメムシ類の発生密度および斑点米の抑制効果は認められなかった（加進ら, 2017）ことから、カメムシ類に対する薬剤処理の影響は小さかったと判断した。



第 1 図 調査地域と各ブロック

図中の灰色の網掛けは浸水域を示す。

A：宮城県全域，B：名取市周辺，C：調査地域全体を示す。

各プロットは調査年別の調査地点を示す。●：2012 年，▲：2013 年，■：2014 年調査地点。

枠線で囲まれた地域は各ブロックを示す。各ブロックの復旧過程は第 1 表と対応する。

市区町村境界：国土数値情報行政区域データ 宮城県 N03-14_04_140401 参照 (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>)

農地区画・浸水域：農地筆情報参照

2. 水田雑草の発生量調査

2012～14年にかけて7月中下旬(2012年:7月19日, 2013年:7月18～19日, 2014年:7月22～24日)に斑点米カメムシ類の寄主となる水田雑草の発生量を調査した。対象雑草はイヌホタルイ, ノビエ, コウキヤガラとし, 畦畔からの観察により各草種の発生分布域を確認し, 圃場面積に対する分布域面積の割合を達観で求めた。さらに圃場内の発生密度が中庸な地点を選び, m^2 当たりの発生株数を10倍区切りのランク分け(0.001～1,000株/ m^2)で評価した。発生量は以下の式で算出した。

発生量＝水田内1 m^2 当たり発生株数×水田内での分布域の面積割合

3. 水田内の斑点米カメムシ類と斑点米の発生調査

2012～14年にかけて斑点米カメムシ類の発生量を調査するため, 出穂期(2012年:8月7日, 2013年:8月12日, 2014年:8月12日)と8月下旬(2012年:8月24日, 2013年:8月22日, 2014年:8月27日)に捕虫網によるすくい取り調査を行った。調査には柄の長さ1m, 直径36cmの捕虫網を用い, すくい取り回数は20回振りとした。捕獲した斑点米カメムシ類は種別の成虫数とカスミカメムシ類の幼虫数を計数した。

斑点米率の調査は, 成熟期(2012年:9月13日, 2013年:9月12日, 2014年:9月9日)にはほ場内から無作為に50穂をサンプリングし, 乾燥・脱穀・籾摺り後に1.8mmの篩で調製した精玄米全粒(ブロック1～4内の157地点の平均値:3,948粒, 調査粒数の範囲:447～5,554粒)を目視で調査し, 斑点米カメムシ類による被害粒を被害部位別に計数した。

4. 水田雑草と斑点米被害の解析

水田内には斑点米カメムシ類が寄主とするイヌホタルイ, ノビエ, コウキヤガラが混発しており, どの草種が斑点米被害を助長しているか解析するため, 前述の「2. 水田雑草の発生量調査」で調査したブロック1～4のデータを用い, 水田雑草の発生量を説明変数とし, 斑点米被害の有無(斑点米率0.1%超:被害有り, 斑点米率0.1%以下:被害無し)を目的変数としてロジスティック回帰分析を行った。

その後, イヌホタルイの発生の有無を説明変数, 斑点米カメムシ類すくい取り虫数(出穂期, 8月下旬)と斑点米率を目的変数とし, ブロック毎にWilcoxonの順位和検定を行った。なお, ブロック4はイヌホタルイ発生ほ場が1地点のみであったことから, ブロック1～3でのみ解析を行った。統計解析には, これ以降に記述するすべてでJMP10.0.2(SAS Institute Inc.)を使用した。

II 水田周辺の休耕地における雑草発生量と斑点米カメムシ類の発生状況

水田周辺の休耕地における雑草と斑点米カメムシ類の発生状況を調査するため, 2014年にブロック4内の休耕地においてイネ科・カヤツリグサ科雑草と斑点米カメムシ類の発生量を調査した。

休耕地における雑草の発生調査は2014年7月21日にブロック4内の休耕地14地点で行い, 草種ごとに雑草の発生量を調査した。畦畔からの観察で圃場面積に対する分布域の面積割合を求め, さらに圃場内の発生密度が中庸な地点を選び, m^2 当たりの発生株数を10倍区切りのランク分け(0.001～1,000株/ m^2)で評価した。草種毎の発生量は以下の式で算出した。

発生量＝休耕地内数地点の1 m^2 当たりの発生株数×休耕地内全体での分布域の面積割合

休耕地における斑点米カメムシ類の発生量を調査するため, 雑草発生量を調査した地点と同一の休耕地で, 2014年7月15～16日に捕虫網によるすくい取り調査を行った。調査には柄の長さ1m, 直径36cmの捕虫網を用い, すくい取り回数は20回振りとした。捕獲した斑点米カメムシ類は種別の成虫数とカスミカメムシ類の幼虫数を計数した。

III 周辺環境を指標とした斑点米カメムシ類の発生リスク解析

水田周辺に存在する環境要因が水田内の斑点米カメムシ類と斑点米の発生に及ぼす影響を解析するために, 水田周辺の土地利用状況を調査した。調査は2012～14年にかけて, 毎年6～7月に調査水田周辺の土地利用状況調査を行い, 休耕地, 大豆作付けほ場, 水稻作付けほ場などの実際の土地利用状況を反映させた土地利

用図を作成した。なお、土地利用図の作成に当たり、農地の区画情報は水土里ネットみやぎ（宮城県土地改良事業団体連合会）の農地筆情報を使用した。

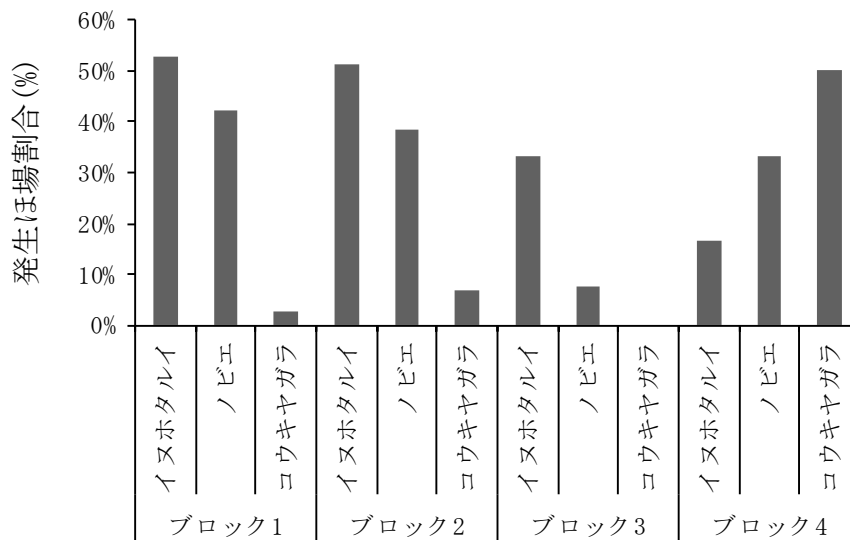
その後、調査水田ごとに水田中心から半径 300m の範囲内の各種土地利用面積を算出した。土地利用図の作成および土地利用面積の計算には ArcGIS 10.1(Environmental Systems Research Institute Inc.) を用いた。

水田内の斑点米カメムシ類と斑点米の発生量は材料および方法 I で得られたデータを用いたが、水田雑草による影響を除くために水田内にイヌホタルイが残草した地点は全て解析から除いた。また、品種間差による影響を除くために「ひとめぼれ」以外の品種も解析から除いた。調査ほ場同士が近接していると解析に影

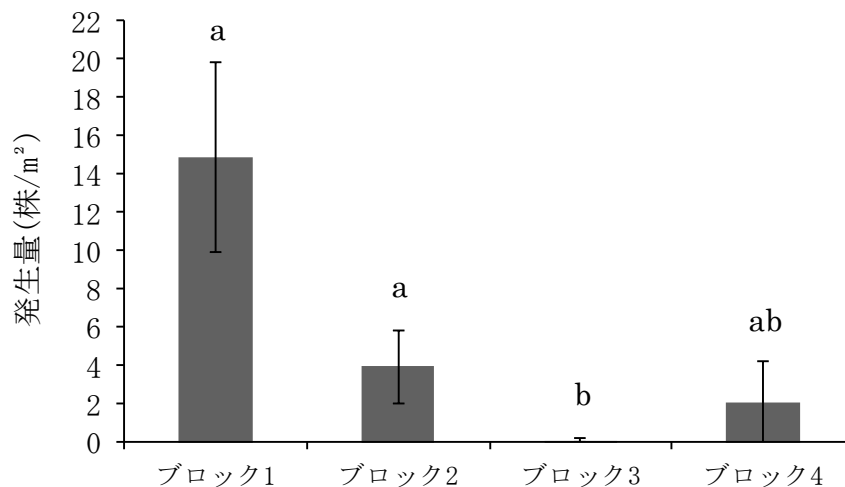
響を及ぼすため、ほ場間の距離が 200m 以上離れるようにほ場を選定し、ブロック 1～4 から 25 地点、ブロック外から 4 地点のデータを得た。

これらを用いて、各種土地利用面積を説明変数、斑点米カメムシ類と斑点米の発生量を目的変数とし、Spearman の順位相関係数により評価した。

その後、各種土地利用面積を説明変数、斑点米による格付け低下被害の有無（斑点米率 0.1%超：被害有り、斑点米率 0.1%以下：被害無し）を目的変数としたロジスティック回帰分析を行った。



第2図 各ブロックにおいて水田雑草が残草した水稲作付けほ場の割合
調査地点数はブロック 1：38 地点，ブロック 2：86 地点，ブロック 3：27 地点，ブロック 4：6 地点



第3図 各ブロックの水田内における水田雑草の発生量
残草量はイヌホタルイ、ノビエ、コウキヤガラの合計値。
バーは平均値±標準誤差
Steel-Dwass 検定 異符号間に 5%水準で有意差あり。
調査地点数はブロック 1：38 地点，ブロック 2：86 地点，ブロック 3：27 地点，ブロック 4：6 地点

結果

I 被災後復旧水田における水田雑草と斑点米カメムシ類の発生状況

1. 各ブロックの水田雑草の残草量

各ブロックの水田雑草の発生ほ場割合と発生量を第2図および第3図に示した。水田雑草の発生はブロックにより様相が異なり、発生ほ場割合が高い植物を順番にならべると、ブロック1～3ではイヌホタルイ、ノビエ、コウキヤガラの順になるが、海岸部に近いブロック4ではその順番は逆転していた。また、ブロック3では他のブロック1、2と比較し、有意に雑草の発生量が少なかった。

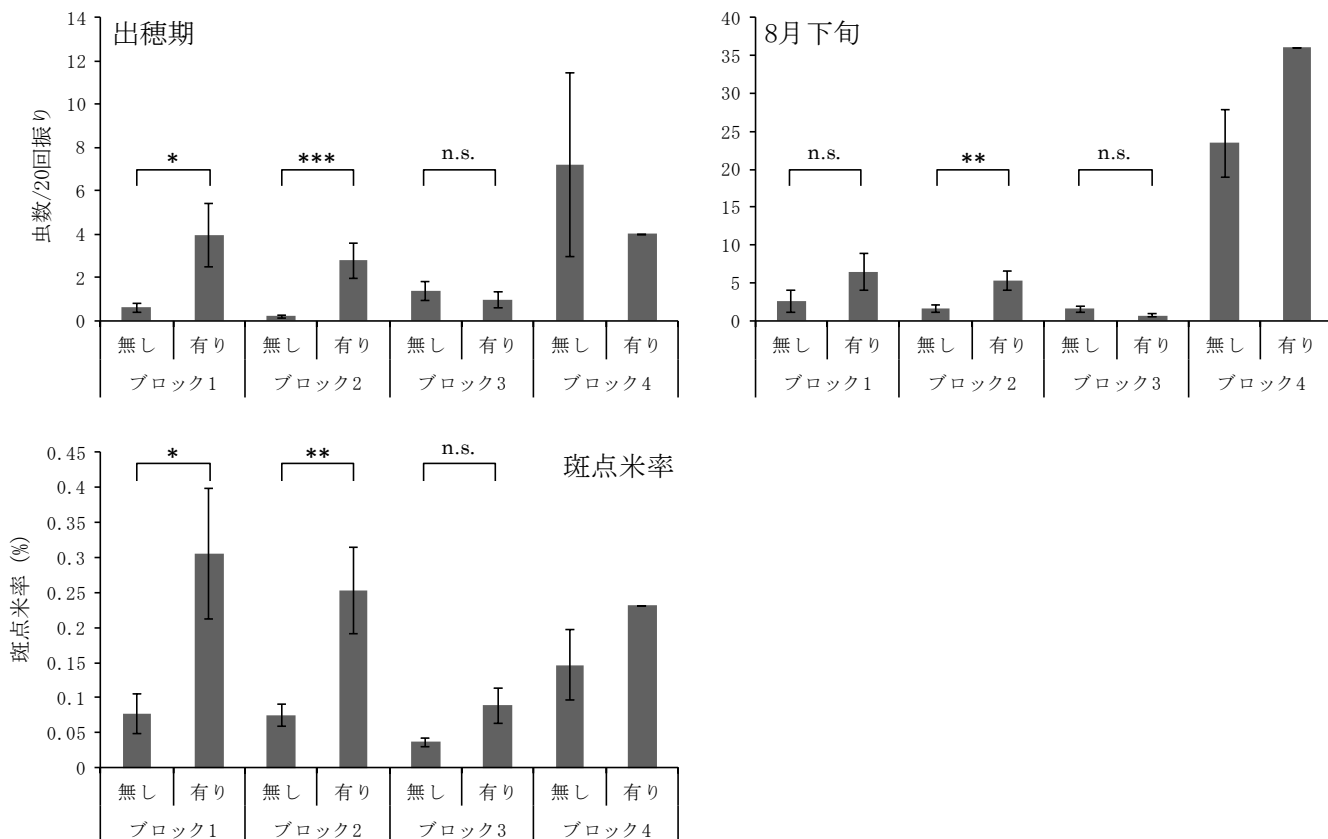
2. 各ブロックにおける雑草と斑点米カメムシ類、斑点米被害の関係

水田内に発生したイヌホタルイ、ノビエ、コウキヤガラの発生量と斑点米被害の関係を解析した結果、斑点米被害に影響を及ぼす要因として、イヌホタルイの発生量のみ有意となった(第2表)。そこで、水田内にイヌホタルイが発生した水田と無発生の水田の2つに分け、イヌホタルイの有無が斑点米カメムシ類の発生量と斑点米率に及ぼす影響をブロックごとにWilcoxonの順位和検定で解析した。その結果、ブロック1、2においてイヌホタルイが発生した水田では、イヌホタルイが発生していない水田に比べて斑点米率が有意に高かった。しかし、ブロック4ではイヌホタ

第2表 ロジスティック回帰分析による各係数の推定値

項	推定値	標準誤差	カイ2乗	p値(尤度比検定)
切片	-0.7967	0.1816	19.26	<.0001 ***
イヌホタルイ	0.0447	0.0177	6.4	0.0114 *
ノビエ	-0.0765	0.1193	0.41	0.5215 n.s.
コウキヤガラ	0.4121	0.6648	0.38	0.5354 n.s.

n.s.: 5%水準で有意差なし。*, ***はそれぞれ5%, 0.1%水準で有意差あり。



第4図 水田内におけるイヌホタルイの有無と斑点米カメムシ類すくい取り虫数および斑点米率の関係

斑点米カメムシ類の主要種はアサジカスミカメ。

調査地点数は、ブロック1: 38地点、ブロック2: 86地点、ブロック3: 27地点、ブロック4: 6地点。

図中のバーは平均値±標準誤差。

Wilcoxonの順位和検定 n.s.: 5%水準で有意差なし。*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意差あり。

ルイの有無に関わらず、出穂期および8月下旬の発生量は他のブロックに比べて多く、斑点米率が高かった(第4図)。ブロック1~4ののべ157地点の水田内で捕獲された斑点米カメムシ類成虫の種構成割合は、出穂期では206頭のうちアカスジカスミカメ73.3%(151頭)、アカヒゲホソミドリカスミカメ18.4%(38頭)、フタトゲムギカスミカメ *Stenodema calcarata* 8.3%(17頭)であった。また、8月下旬では478頭のうちアカスジカスミカメ96.0%(459頭)、アカヒゲホソミドリカスミカメ1.3%(6頭)、フタトゲムギカスミカメ2.7%(13頭)であり、発生種はアカスジカスミカメが主体であった。頂部と側部斑点米の比率は品種によって異なり、「ひとめぼれ」は頂部加害の比率が高く(頂部:側部=619:158)、「こがねもち」は側部加害の比率が高かった(頂部:側部=72:119)。斑点米率は「ひとめぼれ」で平均値0.15%、範囲は0~1.74%、「こがねもち」で平均値0.19%、範囲は0~1.28%であった。

II 水田周辺の休耕地における雑草発生量と斑点米カメムシ類の発生状況

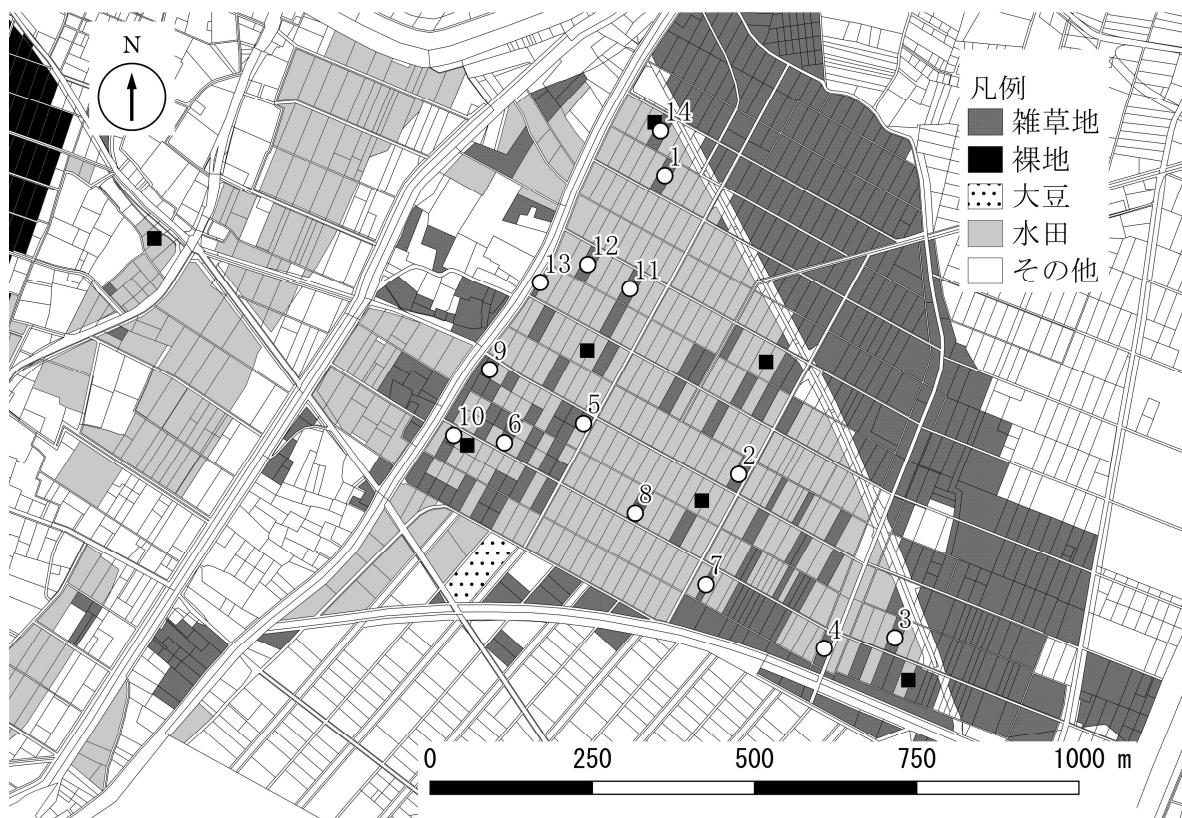
水田周辺の休耕地に発生した雑草と休耕地内の斑点

米カメムシ類の発生状況を調査した結果、ブロック4内の全ての調査地点でイネ科もしくはカヤツリグサ科雑草が発生しており、確認された草種としてはノビエ、コウキヤガラ、タマガヤツリ *Cyperus difforis*、ウキヤガラ *Bolboschoenus fluviatilis*が確認され、優占種はノビエとコウキヤガラであった。(第5図、第6図)

休耕地において斑点米カメムシ類の発生量を調査した結果、14地点中3地点ですくいとり頭数が11頭を上回る多発生、7地点で31頭を上回る甚発生であった(第7図)。休耕地で発生した斑点米カメムシ類成虫の種構成は、捕獲された285頭のうち、アカスジカスミカメ89.8%(256頭)、アカヒゲホソミドリカスミカメ8.4%(24頭)、フタトゲムギカスミカメ1.8%(5頭)であり、水田内と同様に休耕地における発生種はアカスジカスミカメが主体であった。

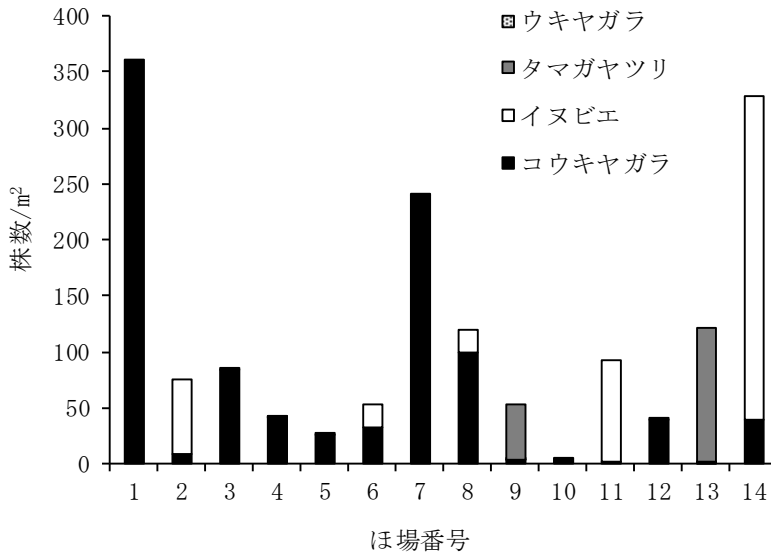
III 周辺環境を指標とした斑点米カメムシ類の発生リスク解析

斑点米カメムシ類の発生に関わる土地利用状況は、イネ科・カヤツリグサ科雑草地の面積とすくい取り虫数、斑点米率との間に正の相関関係が認められた(第

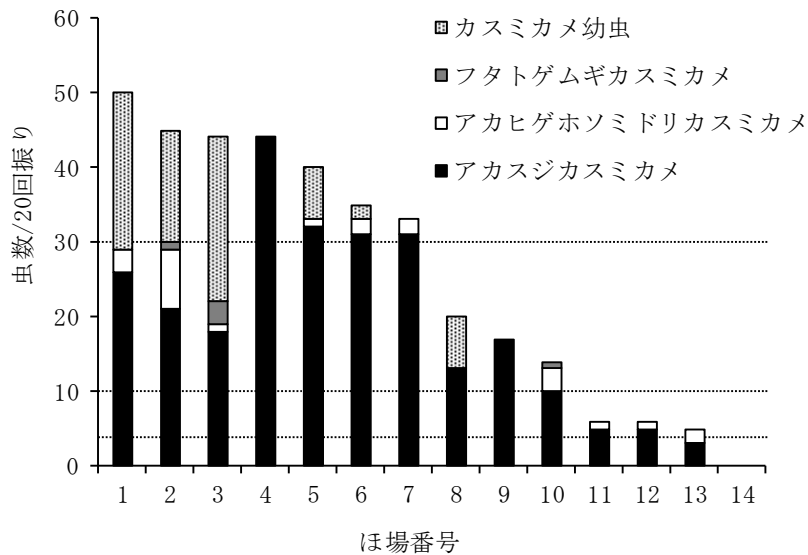


第5図 ブロック4の土地利用状況と調査地点

プロットはそれぞれ■：水田内調査地点，○：休耕地調査地点を示す。
雑草地：イネ科・カヤツリグサ科雑草地



第6図 ブロック4内のイネ科・カヤツリグサ科雑草地における雑草の発生状況
ほ場番号は第5図に対応している。



第7図 ブロック4内のイネ科・カヤツリグサ科雑草地における斑点米カメムシ類の発生状況
ほ場番号は第5図に対応している。
発生程度を判定する基準となるライン (虫数3, 10, 30)を図中に示した。
発生程度別基準 無発生：0, 少発生：1-3, 中発生：4-10, 多発生：11-30, 甚発生：31以上

第3表 半径300m範囲内の土地利用面積とすくい取り虫数および斑点米率の相関係数

土地利用	相関係数			
	すくい取り虫数		斑点米率	
	出穂期	8月下旬		
イネ科・カヤツリグサ科雑草地 ^{b)}	0.452 *	0.577 **	0.437 *	
裸地 ^{c)}	-0.122 n. s.	-0.264 n. s.	-0.373 *	
水田	-0.292 n. s.	-0.699 ***	-0.551 **	
ダイズほ場	-0.489 **	-0.238 n. s.	-0.039 n. s.	

a) Spearman の順位相関係数 n. s. : 5%水準で有意差なし. *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意差あり.
b) ノビエ・コウキヤガラなどのイネ科・カヤツリグサ科雑草が繁茂した休耕地を示す.
c) 除塩工事, 区画整備, 除草作業の影響により雑草が発生していない休耕地を示す.

3表)。また、裸地面積と斑点米率、水田面積と8月下旬すくい取り虫数および斑点米率、大豆ほ場面積と出穂期すくい取り虫数の間に負の相関関係が認められた。

すくい取り虫数および斑点米率と正の相関関係が認められたイネ科・カヤツリグサ科雑草地面積を説明変数とし、斑点米被害の有無を目的変数としたロジスティック回帰分析により、以下の式が得られた(第8図)。

$$y=1/(1+\exp(1.12-3.35\times 10^{-5}x))$$

y：斑点米被害発生確率

x：イネ科・カヤツリグサ科雑草地面積

自由度(df)=1 尤度比 $\chi^2=6.12$ $p=0.013$

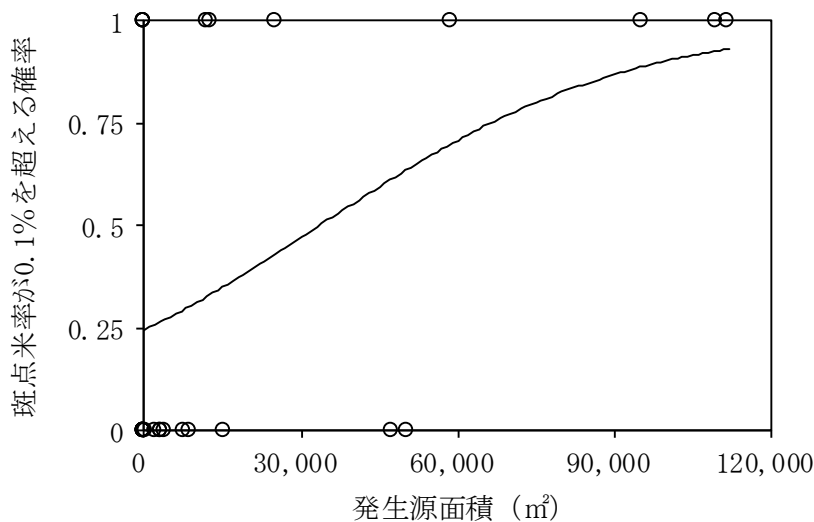
この推定式を用いて、水田から半径300m範囲内にイネ科・カヤツリグサ科雑草地面積が0, 10, 20, 30, 40%存在した場合の被害発生確率を第4表に示した。

考察

本考察ではまず、ブロック毎の水田雑草発生量の違いについて述べた後、水田雑草と斑点米カメムシ類、

斑点米の関係性について考察する。そして、水田周辺のイネ科・カヤツリグサ科雑草の繁茂した休耕地が水田内の斑点米カメムシ類と斑点米率に及ぼす影響について考察し、最後に被災地域の水田において、斑点米被害を抑制するために必要な対策について詳述する。

津波被害を受けた農地は、被災程度の比較的軽い内陸部から被害の甚大な沿岸部に向けて復旧が進められており、ブロック1から4へと数字が大きい地域ほど被害が甚だしいことを示している。こうしたブロックによる雑草発生の違い(第2図、第3図)は、被災前の元々の雑草分布や使用した除草剤の違いにも由来すると考えられるが、被災してから水田に復旧するまでの休耕期間や土壌の移動を伴う復旧工事の影響も少なからず受けていると考えられる。ブロック1, 2においては、イヌホタルイ、ノビエの発生ほ場割合が高いが、近年宮城県において問題となる水田雑草として、クログワイ、ノビエ、イヌホタルイが挙げられ(大川, 2015)、こうした特徴は被災地域以外の一般的な水田と特段の違いはない。ブロック1, 2は被災程度が比較的軽く、被災直後あるいは1年後には作付けが可能となったた



第8図 水田から半径300mの範囲内におけるイネ科・カヤツリグサ科雑草地面積を指標とした斑点米被害発生確率の推定
 発生源面積：イネ科・カヤツリグサ科雑草が繁茂した休耕地の面積
 n=29

第4表 発生源面積と斑点米被害発生確率の関係

半径300m範囲内で発生源 ^{a)} が占める割合(%)	半径300m範囲内の発生源 ^{a)} 面積(m ²)	斑点米率が0.1%を超える確率(%)
0	0	25
10	28,260	46
20	56,520	68
30	84,780	85
40	113,040	93

a) 発生源：イネ科・カヤツリグサ科雑草地

め、水田雑草の発生状況は被災前から大きく変化しなかったと考えられる。一方、ブロック4は各草種の発生ほ場割合の順番が他のブロックと逆転しており、この要因として発生草種の耐塩性の違いが挙げられる。コウキヤガラは他の雑草種と比べて高いことが知られている(千葉, 2005)。また、塩害ほ場を模して、乾土に海水を添加し様々な雑草を生育させた事例では、高塩濃度条件でノビエが優占することが確認されている(大川, 2013)。両草種の耐塩性の高さを裏付けるように被災直後の休耕地でイヌビエ・コウキヤガラが優占した事例が多数報告されている(佐藤ら, 2013; 大川, 2013; 原口ら, 2012)。ブロック4は被災から2年以上経過してから除塩作業が実施されており、休耕期間中の土壌塩分濃度が高いまま維持されたと推測される。このため、休耕地に耐塩性が高いノビエ、コウキヤガラが優占し、水田に復旧された後もこれら草種の発生するほ場割合が増加したものと考えられた。ブロック3における雑草発生量はブロック1, 2と比較して少ない結果となった。本報告と同一の地域・共通のブロック内で水田雑草の発生状況を調査した小林ら(2018)は、ブロック3の一部で被災後に繁茂したノビエの防除を目的に、ラジコンヘリによる非選択性除草剤の散布が実施され、雑草個体数と埋土種子量が減少したことを報告しており、この雑草管理が他のブロックと比較して雑草発生量が少なくなった要因と考えられた。

次に、復旧した水田内において、斑点米カメムシ類の増殖源となる雑草と斑点米カメムシ類の関係性を調査した。復旧水田内には斑点米カメムシ類の寄主となるイヌホタルイ、ノビエ、コウキヤガラが発生していたが、斑点米被害との関係性が認められたものはイヌホタルイのみであった(第2表)。これを踏まえて水田内にイヌホタルイが発生したほ場、無発生ほ場に別けて斑点米カメムシ類の発生量と斑点米率の関係を解析したところ、ブロック1, 2においてイヌホタルイの発生による斑点米カメムシ類と斑点米率の増加が認められた(第4図)。水田内でのイヌホタルイの発生が斑点米被害を助長することはすでに知られており(加進, 2009)、ブロック1, 2は被災地域以外のイヌホタルイ発生水田と同様の様相を示していると考えられた。このことから、一般的な水田と同様にイヌホタルイの除草(加進, 2014)によって、斑点米による被害を軽減

できると考えられた。一方、ブロック4においてイヌホタルイとすくい取り虫数、斑点米率の間には関係は認められず、またイヌホタルイ無発生水田における斑点米率は落等被害の基準となる0.1%を超えていた。このため、ブロック4はブロック1, 2とは異なる要因によって被害が発生したと考えられた。

ブロック4の休耕地における草種と斑点米カメムシ類の発生状況調査から、水田周辺の休耕地にはイネ科・カヤツリグサ科雑草が発生しており、こうした雑草群落内で斑点米カメムシ類の発生が認められた(第5図, 第6図, 第7図)。このことから、ブロック4における斑点米被害は、水田周辺のイネ科・カヤツリグサ科雑草地で発生した斑点米カメムシ類の侵入によるものと推測された。そこで、水田周辺の土地利用状況が水田内の斑点米カメムシ類に及ぼす影響について解析した結果、水田から半径300m内のイネ科・カヤツリグサ科雑草地の面積と斑点米カメムシ類の発生量、斑点米率との間に正の相関関係が認められ、発生源面積の増加に伴い、斑点米被害の発生確率が高まることが明らかとなった(第3表, 第8図, 第4表)。

以上のことから、津波被災地域において水田周辺のイネ科・カヤツリグサ科雑草の発生面積を抑制することが、水田内の斑点米被害の抑制につながると推測された。今回得られた知見はあくまでも津波被災後の復旧過程にある地域での事例である。調査地点ではカメムシ類に対する防除を実施していないことや、被災による大規模な休耕地の出現など特殊な条件での調査であることから、第4表に示したモデルを一般の水田や被災規模の異なる水田地帯においてそのまま当てはめることができるかは不明である。しかし、水田周辺における斑点米カメムシ類の発生源管理の重要性を示す際のひとつの根拠となる事例であると考えられる。Tabuchi et al. (2017)は、岩手県において水田周辺の発生源面積(牧草地とイネ科雑草地)を指標とした斑点米被害予測モデルを用いて、斑点米被害ハザードマップを作成した。今回の事例も、被災地域以外でのデータ収集や牧草地など様々な発生源での事例を蓄積していくことで、周辺環境の管理による斑点米カメムシ類の密度低減技術の開発につながると期待される。

最後に、今回の調査結果をもとに津波被災地域から復旧過程にある水田地帯における斑点米対策をまとめると、基本的な防除対策である穂揃い期とその7日後

の2回の薬剤散布による防除(小野ら, 2010)に加え, 以下の対策が重要である。水田雑草対策について, 被災程度が比較的軽い地域では, 雑草植生の変化は被災前と比べて小さいため, 被災前と同様にイヌホタルイを対象とした雑草対策(加進, 2014)をとることが重要である。一方で, 復旧までに時間がかかる被災程度の大きな沿岸部地域では, ノビエやコウキヤガラなどが優占する可能性が高いため, そうした草種に対応した防除体系を導入する必要がある。次に, 水田周辺の環境管理については, 適切に水田内の雑草を防除した場合でも, 水田周辺にカメムシの増殖源となるイネ科・カヤツリグサ科の発生した雑草が存在すると斑点米被害が発生するため, 水田周辺の雑草管理を徹底することが重要である。アカスジカスミカメの主要な繁殖地であるイタリアンライグラス牧草地において第1世代幼虫の発生盛期となる7月中～下旬に草刈りを行うと被害抑制に効果的であることが報告されている(小野ら, 2007; 小野ら, 2010)。今回, イネ科・カヤツリグサ科雑草が繁茂した休耕地における斑点米カメムシ類の発消長は未調査であり, アカスジカスミカメ第1世代幼虫の発生盛期は不明である。こうした休耕地における除草適期の解明は今後の課題であるが, 少なくとも7月中旬までには周辺の発生源の除草を行うことが, 被害抑制のために必要であろう。また, 周辺に発生源が多く存在し, 被害の抑制が困難な地域では, あらかじめ収穫時に発生源が少ない地域との刈分けを行った上で, 色彩選別機を用いて被害粒を除去する等の経営的判断も必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 千葉和夫. 2005. 水田多年生雑草コウキヤガラの生態, 雑草害および防除. 東北の雑草 5:3-8.
- 2) 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.
- 3) 原口暢朗, 北川 巖, 友正達美, 嶺田拓也, 瑞慶村知佳, 若杉晃介. 2012. 宮城県を中心とした東日本大震災による水田の津波被害状況と今後の課題について. 土壌の物理性 121: 11-17.
- 4) 加進丈二. 2014. アカスジカスミカメの防除を目的としたイヌホタルイの除草時期. 応動昆 58:263-268.
- 5) 加進丈二, 相花絵里, 鈴木智貴, 大江高穂, 大槻恵太. 2017. 水稲疎植栽培における育苗箱処理剤の害虫防除効果. 宮城古川農試報 12: 81-96.
- 6) 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.
- 7) 小林浩幸, 西村愛子, 好野奈美子. 2018. 雑草学入門(監修: 山口裕文, 編集: 宮浦理恵, 松嶋賢一, 下野嘉子). 東京. 講談社. 114-127.
- 8) 大江高穂, 加進丈二, 相花絵里, 横堀亜弥, 土屋稔. 2018. 宮城県における斑点米カメムシ類の近年の発生動向—2014~2016年の調査結果から—. 宮城古川農試報 13: 45-56.
- 9) 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.
- 10) 大川茂範. 2011. 東北地方太平洋沖地震による宮城県の農業被害と農地復旧に向けた取り組み. 東北の雑草 11:36-43.
- 11) 大川茂範. 2013. 東北地方太平洋沖地震による宮城県の農業被害と農地復旧に向けた取り組み(追録). 東北の雑草 12: 9-13.
- 12) 大川茂範. 2015. 宮城県における除草剤抵抗性水田雑草の現状と課題. 農業および園芸 90: 203-210.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 佐藤直紀, 加進丈二, 中畑庸子, 狐塚慶子, 辻 英明, 小野 亨, 大槻恵太, 鈴木智貴. 2013. 津波被災水田におけるイネ病害虫の発生実態. 宮城古川農試報 11: 47-68.
- 16) Tabuchi K, Murakami T, Okudera S, Furihata S, Sakakibara M, Takahashi A, Yasuda T. 2017. Predicting potential rice damage by insect pests using land use data: A 3-year study for area-wide pest management. Agriculture, Ecosystems and

- Environment 249 : 4-11.
- 17) Takada B. M, Yoshioka A, Takagi S, Iwabuchi S, Washitani I. 2012. Multiple spatial scale factors affecting mirid bug abundance and damage level in organic rice paddies. *Biological Control* 60 : 169-174.
- 18) Yasuda M, Mitsunaga T, Takeda A, Tabuchi K, Oku K, Yasuda T, Watanabe T. 2011. Comparison of the effects of landscape composition on two mirid species in Japanese rice paddies. *Appl Entomol Zool* 46 : 519-525.

Occurrence of Rice Bugs Causing Pecky Rice in Paddy Fields that Restored after the Tsunami after the Great East Japan Earthquake

Takaho OE, Joji KASHIN, Shigenori OKAWA, Keita OTSUKI and Naoki SATO

Summary

To investigate the occurrence of rice stink bugs causing pecky rice and weeds in paddy fields that were devastated by the tsunami caused by the Great East Japan Earthquake, we examined rice stink bugs, pecky rice, weeds in restored paddy fields and land-use types around paddy fields in Natori City, Miyagi Prefecture from 2014 to 2016. The occurrence of weeds in paddy fields in the inland area (damage was less serious and took a short time to recover) did not change significantly compared with that before the tsunami. However, in the coastal area (damage was serious and took a long time to recover), the percentage of paddy fields where *Echinochloa* sp. and *Bolboschoenus maritimus* occurred was higher than that in the inland area. Furthermore, the occurrence of rice stink bugs differed between the inland area and the coastal area. In the inland area, the pecky rice damage in rice fields with *Schoenoplectus juncooides* (Roxb.) Palla was more severe than that in fields without *S. juncooides*. However, in the coastal area, there was no difference in damage between fields with and without *S. juncooides*. Moreover, the population of rice stink bugs was high in paddy fields in coastal area. We suspected that rice stink bugs came from the area around paddy fields. We also confirmed that rice stink bugs were abundant in fallow areas with *Echinochloa* sp. and *B. maritimus*. We examined the relationships among the land-use types within a 300 m radius around paddy fields, the abundance of pecky rice bugs, and severity of pecky rice damage. As a result, the probability of pecky rice damage was found to be positively correlated with the area of land covered with Gramineae and Cyperaceae plants within a 300 m radius around each paddy field. Therefore, to minimize the severity of pecky rice damage in restored paddy fields, it is important to reduce the area of land covered with Gramineae and Cyperaceae plants around paddy fields and remove *S. juncooides* in paddy fields.