

斑点米カメムシの発生しにくい
植生管理技術の構築

岩田 大介

新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程
生命・食料科学専攻

斑点米カメムシの発生しにくい植生管理技術の構築

目次

第1章 緒言	3
第2章 新潟県の水田畦畔の植生と斑点米カメムシの発生実態	
第1節 水田畦畔のイネ科雑草種と植被率の推移	10
第2節 水田畦畔における斑点米カメムシの発生実態	22
第3章 雑草の管理方法が植生に与える影響	30
第4章 高刈りの現地実証試験	
第1節 高刈りによる植生の変化と斑点米カメムシの発生動態	44
第2節 高刈りの継続によるメヒシバ抑制効果	61
第5章 総合考察	70
引用文献	79
論文要旨	88
Summary	90
謝辞	93

第 1 章

緒言

1-1 斑点米被害と斑点米カメムシ

玄米の一部または全面が着色している粒を着色粒と呼び、農産物検査法に基づく農産物検査では、着色粒が混入した玄米は、混入率が 0.1%を超えると 2 等米、0.3%を超えると 3 等米、0.7%を超えると規格外に格付けされる。着色粒のなかでも、カメムシ類の吸汁により表面に黒色あるいは褐色の食害痕ができた玄米のことを斑点米と呼ぶ(第 1-1 図)。玄米の価格には等級間格差があり、斑点米はわずかな発生量で玄米の等級低下、すなわち経済的被害を引き起こす。斑点米被害を引き起こすカメムシは「斑点米カメムシ」と称され、現在イネにおける最重要害虫である(渡邊・樋口, 2006)。斑点米被害は 1970 年代から顕著化し、岩田・霞原(1976)によると、当時の斑点米カメムシの主要種は 10 数種であった。現在の主要種は、クモヘリカメムシ *Leptocorisa chinensis* Dallas, ホソハリカメムシ *Cletus punctiger* Dallas, アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) アカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) 並びにシラホシカメムシ類 3 種である。

新潟県では、1971 年に斑点米カメムシの生息調査が行われ、主要種はオオトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris lewisi* Distant, ホソハリカメムシ, コバネヒョウタンナガカメムシ *Togo hemipterus* Scoot であり、特にオオトゲシラホシカメムシが最重要種であることが明らかにされた(小嶋・江村, 1977)。その後 2000 年代に入るとアカヒゲホソミドリカスミカメ, 2010 年ころからはアカスジカスミカメの発生が確認され、これらを含めた近年の斑点米カメムシの密度は、過去最高と考えられている(石本, 2016)。



第1-1図 斑点米カメムシによる着色粒

1-2 斑点米カメムシの生態

新潟県の斑点米カメムシの主要種のうちアカスジカスミカメ，アカヒゲホソミドリカスミカメの生態について記述する。

アカスジカスミカメは，カメムシ目カスミカメムシ科に属し，卵態越冬して幼虫は5齢を経過して成虫となり，成虫の体長は約4.5～5.5mmである(林，1986)。本種による斑点米被害は，1980年代には宮城県(高橋ら，1985)や岩手県(田中ら，1988)，広島県(林，1986)で報告されている。現在は北海道道南地域を北限に九州までほぼ全域で分布が確認され，北陸地域でも2003年頃から急激な分布域の拡大が認められている(渡邊・樋口，2006)。アカスジカスミカメはネズミムギ(イタリアンライグラス)*Lolium multiflorum* Lam.，メヒシバ*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel.，ヒエ*Echinochloa* spp. などイネ科植物を寄主とする。さらに本種はカヤツリグサ科のイヌホタルイ *Scirpus juncoides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyamaやシズイ *Scirpus nipponicus* Makino にも産卵することが報告されている(大友ら，2005；何進ら，2009)。成虫の発生回数は新潟県では4回と考えられている(佐藤ら，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、カメムシ目カスミカメムシ科に属し、イネ科植物を寄主とし、卵態越冬して幼虫は5齢を経過して成虫となる。成虫の体長は4.5mm～6.4mmである(佐藤・安永, 1999)。分布域は日本のほぼ全域である(佐藤・安永, 1999)。本種の斑点米被害は、富山県では1996年頃から認められ始め(松崎, 2001), 1999年には本種による甚大な斑点米被害が、青森県(石岡ら, 2000), 秋田県(新山, 2000), 山形県(本田ら, 2001)などで報告されている。新潟県では2000年代に、本種に対する薬剤防除法(石本・永瀬, 2005; 石本, 2006; 石本, 2007)やフェロモントラップを用いた発生予察法(石本, 2008)が精力的に研究され、現在の本田における斑点米カメムシの防除は、これらの知見を基に行われている。



第1-2図 アカスジカスミカメ(左図)とアカヒゲホソミドリカスミカメ(右図)

1-3 斑点米カメムシの防除法

斑点米カメムシは、畦畔や農道、休耕田、空き地などの雑草で増殖し、イネ *Oriza sativa* の出穂を契機に水田に侵入する。そのため斑点米カメムシの防除法として、薬剤防除法と耕種的防除法があげられる。薬剤防除法は、水田に侵入した斑点米カメムシを防除対象とし、イネ出穂後に1回から複数回殺虫剤を散布することが一般的である。新潟県では、コシヒカリ BL の普及に伴い、本田でのい

もち病防除の必要性が低くなり、現在、本田における病害虫防除は斑点米カメムシを対象とした殺虫剤の1回散布が主流である(石本, 2016)。

これまで多くの農業害虫で殺虫剤抵抗性の発達が確認されており、アカヒゲホソミドリカスミカメでも、新潟県で有機リン系の MEP に対する抵抗性(石本, 2004b)、山形県では MPP に対する抵抗性(吉村・越智, 2010)が確認されている。さらに新潟県では、近年ネオニコチノイド系のクロチアニジンおよびジノテフランに低感受性のアカヒゲホソミドリカスミカメの発生が確認された(石本・岩田, 2020)。斑点米カメムシの防除を薬剤防除のみに依存することは、殺虫剤抵抗性のリスクマネジメントだけでなく、総合的病害虫・雑草管理(IPM)の考え方にも適さない。従って斑点米カメムシの防除法は、薬剤防除法だけでなく、後述する耕種的防除法も併せて実践することが極めて重要である。

耕種的防除法は、水田周辺のカメムシの密度を低下させることをねらいとし、増殖源となる雑草を管理する防除法である。雑草管理方法として、複数回の草刈り(山代ら, 1996; 寺本, 2003)や除草剤の使用(石川ら, 1995; 斎藤ら, 2010)は、斑点米カメムシおよび斑点米被害の低減に有効であることが示されており、現在、草刈りや除草剤による畦畔や農道の除草が広く行われている。別の雑草管理方法として、グランドカバープランツを植栽する方法も提案されている。滋賀県(寺本, 2003)では、シソ科のアジュガ *Ajuga reptans* L.を畦畔に植栽することで、畦畔雑草を安定的に抑制して、斑点米カメムシの個体数と斑点米被害が軽減した。アジュガ以外にもセンチピードグラス *Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack, ペパーミント *Mentha x piperita* L., オレガノ *Origanum vulgare* L.は、斑点米カメムシの発生抑制に有効であるとの報告(門間・菊池, 2004)がある。しかし、グランドカバープランツは、定植後の雑草管理や繁殖の維持が困難で、広範囲で実施することが難しいという課題もあり(上野, 2004)、広く普及しているとは言

い難い。

1-4 現在の雑草管理の課題

コメの生産における 10a 当たりの直接労働時間の合計は、平均 22.42 時間であり、そのうち畦畔等の雑草管理や水田の水管理を含む「管理」に要する時間は、平均 6.01 時間である(第 1-1 表)。「管理」に要する労働時間は、経営面積を問わず、直接労働時間に占める割合が最も高く、全体の 2~3 割にあたる。しかも作付け規模が 7ha 以上の層では、ほぼ同じ水準であり、規模拡大のメリットが生じていない。そのため、コメの生産現場では、効果的かつ効率的な雑草管理、すなわち雑草管理の最適化が強く求められている。

現在の雑草管理手法は、主に刈払機による草刈りと除草剤散布である。生産者は、草刈りのみ、除草剤散布のみ、あるいは草刈りと除草剤散布を併用して畦畔や農道の雑草を管理している(徐, 2001)。草刈りは、最も一般的な雑草管理方法であるが、多くの農業者が「危険できつい作業」と感じており、刈り刃に飛ばされた石などの接触や反動で跳ね返った刃の接触などの農作業事故も少なくない(松原, 1996)。草刈りの作業は、特に傾斜地では、肉体的な負担が大きく(木村ら, 1994)、水田畦畔・法面管理に要する労働費は、平坦地では 5,900 円/水田 30a であるのに対し、傾斜地では 26,400 円/水田 30a と試算される(鬼頭ら, 2010)。こうした労力的な課題から、草刈りの頻度を増やし、水田周辺の雑草を全て除去することは難しいと考えられる。

草刈りと並んで一般的な雑草管理手法は除草剤散布である。畦畔や農道で使用される除草剤は、大部分が非選択性茎葉処理除草剤であり、主に省力化を目的として使用される(徐, 2009)。新潟県では、イネ移植前に畦畔や農道に除草剤を散布するのが一般的であり、年間を通じて除草剤のみで畦畔を管理する場合もある

(徐, 2000)。一方で畦畔における除草剤の散布は, 裸地化による畦畔強度の低下を引き起こす。特に傾斜地では, 畦畔強度の低下は水田管理上の大きな問題となるため, 除草剤のみによる畦畔管理は避けるべきと考えられている(徐, 2000)。また非選択性除草剤の散布は, 「種の多様性」や「生態系の貧困化」などの環境保全に関する課題も挙げられる(佐合, 2007)。

第1-1表 作付規模別の米の作業別直接労働時間

区分	作業別直接労働時間 (h/10a)				
	平均	0.5ha未満	1.0~2.0ha	7.0~10.0ha	30.0ha以上
種子予措	0.24	0.35	0.24	0.25	0.13
育苗	2.82	3.50	2.97	3.06	1.68
耕起整地	3.28	7.05	3.85	1.89	1.84
基肥	0.72	1.45	0.85	0.37	0.40
直まき	0.03	0.00	0.02	0.00	0.17
田植	2.89	5.02	3.08	2.49	1.64
追肥	0.26	0.32	0.32	0.25	0.15
除草	1.12	2.48	1.20	0.62	0.72
管理	6.01	13.56	7.41	3.38	2.39
防除	0.48	1.46	0.43	0.27	0.23
刈取脱穀	2.88	5.95	3.20	2.19	1.58
乾燥	1.21	1.88	1.41	1.35	0.78
生産管理	0.48	0.78	0.56	0.47	0.30
合計	22.42	43.80	25.54	16.59	12.01

農林水産省 平成30年農業経営統計調査(米の作付規模別生産費)から作成

1-5 除草から植生(雑草)管理へ

佐合(2007)は, 畦畔や畑地周辺の緑地では, 「雑草」を必ずしも根絶する必要がなく, 雑草のなかで防除を必要とする「真の雑草はなにか?」を明確にし, 雑草の防除ではなく植生(雑草)管理することが必要であり, 「雑草ではない植物種」が優占する植生(理想的植生)へ誘導する雑草管理技術の開発が望まれると提唱している。

生産者が水田畦畔の管理を行う最も大きな理由は, 雑草が「病虫害の発生源になる」と「農作業の邪魔になる」である(徐ら, 1996; 徐・城戸, 2000; 徐, 2001)。

イネの最重要害虫は斑点米カメムシであり、これらの主な寄主はイネ科植物である。斑点米カメムシの発生には穂の有無も強く影響し、イネ科雑草が出穂すると個体数が増加する(寺本 2003; 石本・岩田 2019)。従って防除が必要な「真の雑草」は、出穂したイネ科雑草であり、理想的な植生はイネ科雑草以外の草種が優占する植生と考えられる。

現在の水田畦畔の雑草管理は、主に「除草」を目的に行われている。著者は水田畦畔の雑草管理の最適化には、「除草」ではなく「植生管理」が有効であり、斑点米カメムシの発生しにくい植生管理技術を開発する必要があると考えた。

1-6 研究の構成

これらの背景をふまえ、本研究では、新潟県の水田畦畔の植生と斑点米カメムシの発生実態を明らかにしたうえで、理想的な植生に誘導する雑草の管理技術、すなわち斑点米カメムシの発生しにくい植生管理技術を確立することを目的とした。

第2章では、新潟県の水田畦畔におけるイネ科雑草種と斑点米カメムシの発生実態を調査し、本研究が目指す「理想的」植生、すなわち斑点米カメムシの発生しにくい植生を検討した。

第3章では、第2章で明らかになった斑点米カメムシの発生が多いイネ科雑草、特にメヒシバに注目して、管理方法による植生の変化を検討した。

第4章では、第3章で得られた知見を基に、雑草を地際から10 cm程度高い位置で刈り取る「高刈り」のメヒシバ抑制効果を現地の畦畔で実証し、植生の変化と斑点米カメムシの発生動態を検討した。

第5章では、本研究で得られた知見から、斑点米カメムシの発生しにくい植生管理方法を示し、今後の展開を考察した。

第2章

新潟県の水田畦畔の植生と斑点米カメムシの発生実態

第1節 水田畦畔のイネ科雑草種と植被率の推移

2-1-1 はじめに

斑点米カメムシは、イネの出穂前は畦畔や農道、休耕地等の雑草で増殖し、イネの出穂を契機に水田に侵入する。斑点米カメムシの密度低減には、畦畔や農道の雑草を除去することが有効であり、畦畔や農道の雑草管理は、斑点米カメムシの耕種的防除法としても広く普及している。

佐合(2007)は、畦畔などの緑地では「雑草」を根絶する必要がないにもかかわらず、多労を要する機械除草や、ほとんどの植物を枯殺する非選択性の除草剤が使用されていることを指摘し、そのうえで、場面ごとに理想とする植生があり、「防除が必要な草種」と「残したい草種」を明確にし、「存在しても問題とならない植物種」が優占化する植生を、できるだけ省力省資源で管理することの必要性を唱えている。

水田畦畔の植生に関する報告は、京都府(大橋, 2000)や兵庫県(須藤・牛尾, 2000)、千葉県(有田・小林, 2000)などがある。新潟県では1990年代に農道、畦畔の雑草の調査が行われた(徐, 2000)が、その後は水田畦畔の植生に関する報告は見られない。さらに現在は、アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメが斑点米カメムシの重要種に加わり、これらのカスミカメムシはイネ科雑草を寄主としていることから、改めて水田畦畔の植生の実態を把握する必要がある。

そこで、水田畦畔の雑草管理を最適化するための基礎的知見を得ることを目的に、水田畦畔のイネ科雑草とその植被率を調査した。なお、一般的に農道および畦畔の雑草は、同時に管理されることから(徐, 2009)、本研究では水田に接する

農道脇の雑草地も水田畦畔として扱った。

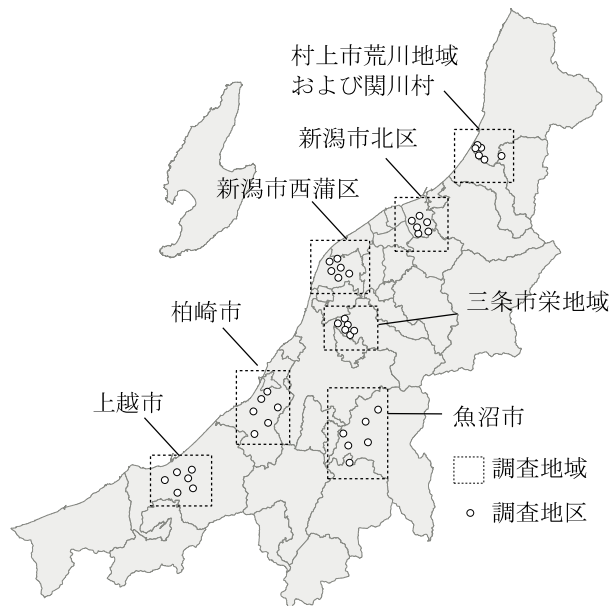
2-1-2 材料および方法

2-1-2-1 調査規模と調査畦畔の選定

2014 年は新潟市北区(以下, 北区), 三条市栄地域(以下, 三条), 柏崎市(以下, 柏崎), 上越市(以下, 上越), 2015 年は村上市荒川地域および関川村(以下, 村上), 新潟市西蒲区(以下, 西蒲区), 魚沼市(以下, 魚沼)を調査地域とし, 調査地域内で分散するように 1 地域当たり 6 つの地区を選定した(第 2-1 図)。地区のスケールは 20~50ha とした。

圃場の立地条件や区画の大きさは, 地域間あるいは地区間で違いがあり, 魚沼は山間部の地区が多く, 柏崎は平坦部と山間部が混在し, 他の地域は平坦部が多かった(第 2-1 表)。また上越は大区画の地区が多く, 柏崎, 魚沼は小区画の地区が多かった。

調査畦畔は期間中固定し, 1 地区当たりの調査畦畔数は, 農道に接する畦畔が 16 本, 圃場と圃場の間の畦畔が 8 本で, 合計 24 本とした(第 2-2 図)。調査畦畔の選定方法は, 地区内の 4 地点を無作為に選定し, 1 地点当たり農道に接する畦畔を 4 本, 圃場と圃場の間の畦畔 2 本を選定した。



第2-1図 調査地域および調査地区

第2-1表 調査地域および調査地区の概要

調査地域（略称）	標高 平均(レンジ)	環境別の調査地区数					
		平坦部			山間部		
		大区画	中区画	小区画	大区画	中区画	小区画
村上市荒川地域および関川村（村上）	10m(3-24m)	1	4	0	0	0	1
新潟市北区（北区）	1m(0-3m)	1	5	0	0	0	0
新潟市西蒲区（西蒲区）	4m(1-6m)	1	2	3	0	0	0
三条市栄地域（三条）	11m(9-15)	1	5	0	0	0	0
柏崎市（柏崎）	23m(5-64m)	0	2	1	0	0	3
魚沼市（魚沼）	145m(86-222m)	0	1	0	0	0	5
上越市（上越）	13m(5-25m)	3	1	1	0	0	1

標高は6地区の平均値。国土地理院の地理院地図(電子国土web) (<https://maps.gsi.go.jp/>) から求めた。

圃場区画は、調査地区で中庸と思われる圃場の面積から区分し、

大区画は概ね0.2ha以上、中区画は0.2ha以上0.5ha未満、小区画は0.2ha未満とした。



第2-2図 調査地区における調査畦畔の位置(例)
地図は、国土地理院の地理院タイル(全国最新写真(シームレス))
を加工して作成。

2-1-2-2 植生調査

4月から10月まで毎月下旬に1か月間隔で、農道に接する調査畦畔では歩きながら、圃場と圃場の間の調査畦畔では農道から見通しで雑草の植被率を調査した。出穂しているイネ科雑草は「出穂イネ科」、未出穂のイネ科雑草は「イネ科」、

イネ科以外あるいは草刈り直後で草種が判断できない雑草は「イネ科以外」、除草剤により雑草が枯死している、あるいは雑草が発生していない状態は「枯死・裸地」に分類し、「出穂イネ科」「イネ科」「イネ科以外」の植被率を10%刻みで評価した。「出穂イネ科」に分類した場合は、その草種も記録した。除草剤によると思われる黄化症状が見られる場合は「枯死・裸地」に分類したが、出穂したイネ科雑草が黄化している場合は「出穂イネ科」に分類した。

「出穂イネ科」の植被率が30%を超える畦畔を「出穂したイネ科雑草が存在する畦畔」(以下「出穂イネ科畦畔」)と定義し、その畦畔で最も植被率が高い出穂したイネ科雑草を代表種とした。なお出穂したイネ科雑草種の植被率が同じ場合、代表種は複数種とした。

2-1-2-3 データ解析

植被率は調査畦畔の平均値とし、地域ごとに集計した。調査畦畔数は、1地域当たり144本としたが、欠測が生じた2014年4月と9月の上越ではそれぞれ143本、136本、2015年4月の村上では120本、魚沼では114本であった。また「出穂イネ科畦畔」の数と調査畦畔数から、代表種別の「出穂イネ科畦畔」率を算出した。

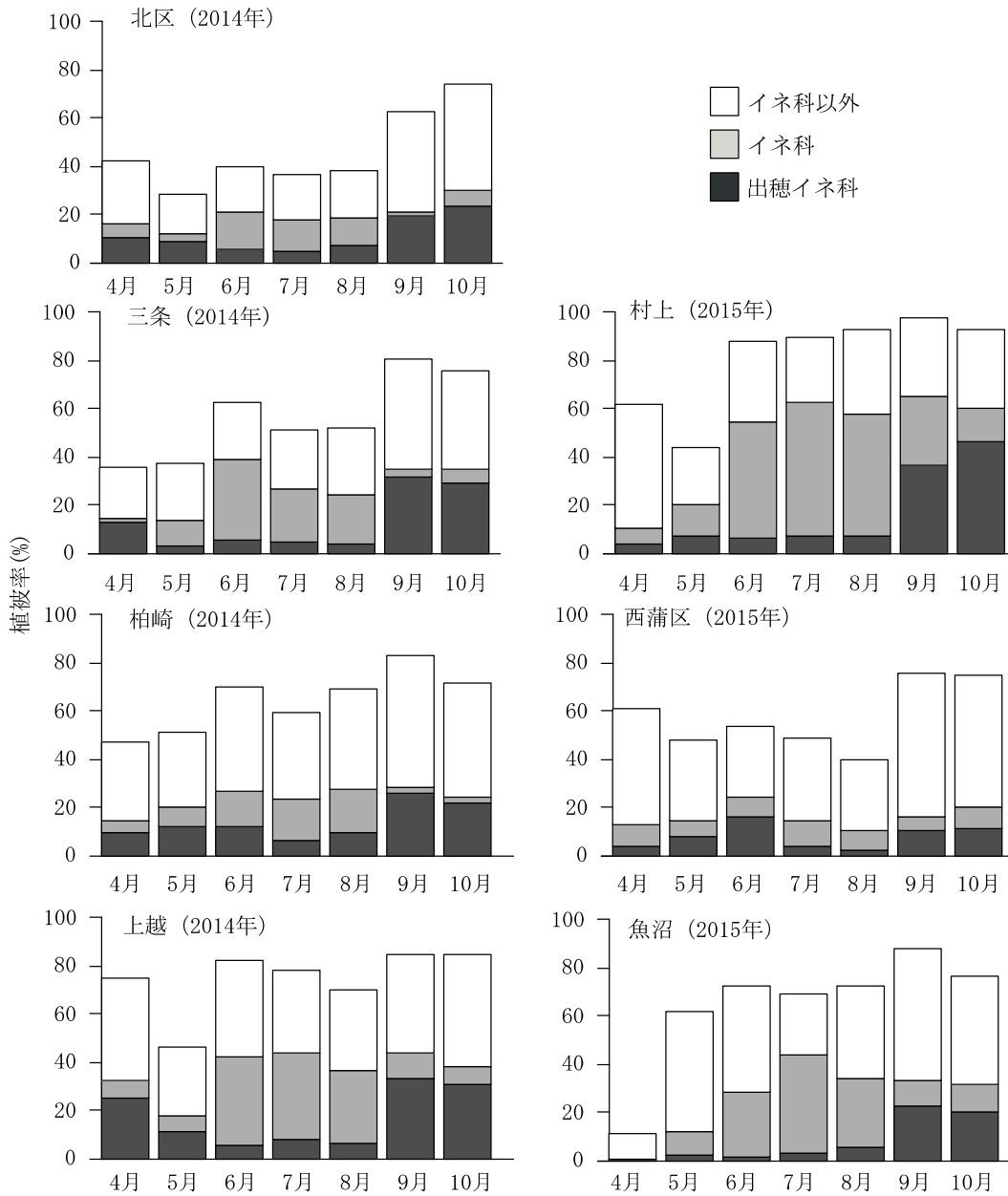
2-1-3 結果

2-1-3-1 植被率の推移

「出穂イネ科」の植被率は、北区では4月から8月は5~10%で低く推移し、9月は19.1%、10月は23.7%でやや高まった(第2-3図)。三条、柏崎、村上、魚沼でも、「出穂イネ科」の植被率は、4月から8月までは低く推移し、9月、10月に高まった。上越では、4月は25.0%で他の地域よりも高く、5月以降は他の地域

と概ね同じ推移を示した。西蒲区では，9月，10月の「出穂イネ科」の植被率はそれぞれ10.8%，11.0%で，他の地域よりも低かった。

「出穂イネ科」，「イネ科」，「イネ科以外」を合計した植被率(以下合計植被率)は，雪解けが遅かった魚沼では，4月は11.2%で低かった(第2-3図)。6月から8月の合計植被率は，地域によって差が見られ，北区，三条，西蒲区では低く，柏崎，上越，村上，魚沼では高い傾向が見られた。9月，10月の合計植被率は，いずれの地域も60%を超えていた。



第2-3図 畦畔の植被率の推移

植被率は、調査畦畔の平均値。

調査畦畔数 上越の4月は143本，9月は136本，村上の4月は120本，魚沼の4月は114本，他は144本。

出穂イネ科：出穂したイネ科雑草

イネ科：未出穂のイネ科雑草

イネ科以外：イネ科雑草以外あるいは草刈り直後で草種が判断できない雑草。

2-1-3-2 出穂したイネ科雑草の代表種とその季節的変化

代表種別の「出穂イネ科畦畔」率は、4月ではスズメノカタビラ *Poa annua* L.

が 15.0%で最も高く、5月ではスズメノカタビラ、スズメノテッポウ *Alopecurus aequalis* Sobol. var. *amurensis* (Komar.) Ohwi, ナギナタガヤ *Festuca myuros* L., ヌカボ *Agrostis clavata* Trin. var. *nukabo* Ohwi が 1.9~2.9%でほぼ同率であった(第 2-2 表)。6月ではナギナタガヤが 4.6%, メヒシバが 3.1%, ヌカボが 1.2%であり、5月と6月は代表種が複数認められた。7月以降の代表種は主にメヒシバであり、その畦畔率は7月から順に 7.2%, 6.1%, 26.5%, 33.3%で、9月以降に急増した。各地域の「出穂イネ科畦畔」率は、4月のスズメノカタビラでは 0~35.7%で、地域間で差が見られ、上越が高かった。

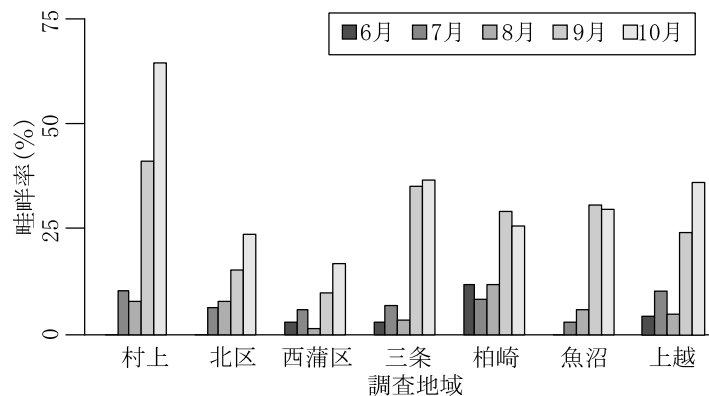
各地域の出穂したメヒシバが存在する畦畔率は、6月では柏崎が 11.8%でやや高く、西蒲区、三条が 2.8%, 上越が 4.2%, 他地域は 0%であった(第 2-4 図)。7月、8月はいずれの地域も数%~概ね 10%で、地域による大きな差は見られなかった。9月、10月ではメヒシバが存在する畦畔率に地域差が見られ、北区、西蒲区が低く、村上が高かった。

第2-2表 代表草種別の出穂したイネ科雑草が存在する畦畔の割合

調査 時期	イネ科雑草 代表種 ^{a)}	畦畔率(%) ^{b)}							
		7地域計	村上	北区	西蒲区	三条	柏崎	魚沼	上越
4月	スズメノカタビラ	15.0	6.7	18.1	7.6	18.8	13.9	0	35.7
	スズメノテッポウ	0.7	0	0	0.7	0	0	0	4.2
	他	0.1	0.8	0	0	0	0	0	0
	複数種	0	0	0	0	0	0	0	0.7
月計		15.8	7.5	18.1	8.3	18.8	13.9	0	40.6
5月	スズメノカタビラ	2.5	0	2.8	0	2.1	2.8	1.4	8.3
	スズメノテッポウ	2.5	0	2.1	4.2	0	9.7	0.7	0.7
	ナギナタガヤ	2.9	4.9	2.1	5.6	2.8	3.5	0	1.4
	ヌカボ	1.9	1.4	0	0	1.4	3.5	0.7	6.3
	他	2.7	5.6	5.6	4.9	0	0.7	0	2.1
	複数種	0.3	0.7	0	0	0	0.7	0	0.7
	月計		12.7	12.5	12.5	14.6	6.3	20.8	2.8
6月	スズメノテッポウ	0.5	0	1.4	2.1	0	0	0	0
	ナギナタガヤ	4.6	10.4	4.9	9.0	3.5	2.8	0	1.4
	ヌカボ	1.2	0	0	0	1.4	4.9	1.4	0.7
	メヒシバ	3.1	0	0	2.8	2.8	11.8	0	4.2
	他	1.1	0	0	4.9	0	0.7	1.4	0.7
	複数種	0.4	0	0	2.8	0	0	0	0
月計		10.8	10.4	6.3	21.5	7.6	20.1	2.8	6.9
7月	メヒシバ	7.2	10.4	6.3	5.6	6.9	8.3	2.8	10.4
	他	0.8	1.4	1.4	1.4	0.7	0	0.7	0
	複数種	0.3	0.7	0	0	0	0	0.7	0.7
月計		8.3	12.5	7.6	6.9	7.6	8.3	4.2	11.1
8月	メヒシバ	6.1	7.6	7.6	1.4	3.5	11.8	5.6	4.9
	他	2.1	2.8	2.8	0.7	1.4	0.7	3.5	2.8
	複数種	0.3	0.7	0.7	0	0	0.7	0	0
月計		8.4	11.1	11.1	2.1	4.9	13.2	9.0	7.6
9月	メヒシバ	26.5	41.0	15.3	9.7	35.4	29.2	30.6	24.3
	ノビエ類	5.6	7.6	3.5	3.5	2.8	4.2	1.4	16.9
	他	4.2	1.4	5.6	1.4	5.6	4.9	5.6	5.1
	複数種	3.2	5.6	3.5	2.1	3.5	1.4	1.4	5.1
月計		39.5	55.6	27.8	16.7	47.2	39.6	38.9	51.5
10月	メヒシバ	33.3	64.6	23.6	16.7	36.8	25.7	29.9	36.1
	ノビエ類	2.7	4.9	0.7	2.1	0.7	4.9	0	5.6
	他	3.6	1.4	6.3	0.7	6.9	2.8	2.1	4.9
	複数種	1.3	2.1	2.8	0.7	0.7	0	1.4	1.4
月計		40.9	72.9	33.3	20.1	45.1	33.3	33.3	47.9

a) 出穂したイネ科雑草が存在する畦畔で最も植被率が高いイネ科雑草種。畦畔率が低い草種は他にまとめ、2種以上の植被率が同じ場合は、複数種とした。

b) 調査畦畔数は、第3図の注を参照。



第2-4図 地域別の出穂したメヒシバが存在する畦畔率の推移
 調査畦畔のうち、出穂したイネ科雑草が存在する畦畔で、代表種が出穂したメヒシバの畦畔の割合。

2-1-4 考察

新潟県は全国で5番目に面積が大きく、下越地域、中越地域、上越地域、佐渡市に区分される。今回、佐渡市を除いた県内各地域から無作為に42地区を選定し、延べ1,008本の畦畔の植生を調査した。調査地区は平坦部から山間部、大区画の地区から小区画の地区など多様な条件で、調査畦畔数も多数であったことから、調査結果は佐渡市を除く新潟県の水田畦畔の植生の実態を反映しているものと考えられる。

徐(2000)が1990年代に新潟県で行った調査では、畦畔および農道の雑草管理方法は、平坦地と中山間地で大きく異なり、平坦地では主に除草剤散布、中山間地では主に草刈りであった。今回の調査では、合計植被率は、地域間でやや差が見られ、北区や三条、西蒲区で低く、上越や村上、魚沼で高かった(第2-3図)。水田畦畔で用いられる除草剤は、新潟県では一般的に非選択性茎葉処理除草剤である(徐, 2000)。非選択性茎葉処理除草剤の散布後はしばらく裸地化することから、合計植被率の地域間差は、雑草管理方法の違いを反映しているとみられる。また「出穂イネ科」の植被率および「出穂イネ科畦畔」率は、いずれの調査地域でも8月までは概ね低く推移し、9月以降に高まった(第2-3図、第2-2表)。このこと

は新潟県の畦畔では、イネの登熟期まで、草刈りや除草剤による管理が積極的に行われ、多くの畦畔は、斑点米カメムシ類の発生源にならないように雑草管理されていることを示唆している。また、新潟県におけるイネの収穫時期は早生品種は9月上旬、主力品種のコシヒカリは9月中旬であることから、コメの収穫作業と競合する9月、収穫後の10月では、畦畔の雑草管理の実施率が低下し、「出穂イネ科」の植被率が高まったと推察された。

石本・岩田(2019)は、新潟県長岡市の平坦な水田地帯に位置する地区の畦畔植物を6月から9月に調査し、主なイネ科雑草は、スズメノテッポウ、スズメノカタビラ、ナギナタガヤ、メヒシバ、ノビエ類で、7月以降は特にメヒシバが多いことを報告している。今回の調査では、出穂したイネ科雑草は、主に4月はスズメノカタビラ、5月はスズメノカタビラ、スズメノテッポウ、ナギナタガヤ、ヌカボ、6月はナギナタガヤ、メヒシバ、7月以降はメヒシバであり、出穂したメヒシバが存在する畦畔率は、いずれの地域でも9月以降に増加した(第2-2表、第2-4図)。メヒシバは1990年代の新潟県においても、地域や除草法を問わず水田畦畔の主要雑草であった(徐2000)ことから、新潟県の畦畔における主なイネ科雑草は、7月以降はメヒシバであると結論付けられる。また、石本・岩田(2019)は、4月から6月までのカメムシ類の発生量を評価するための指標草種の候補としてスズメノカタビラとスズメノテッポウを挙げている。今回の調査では、5月、6月ではナギナタガヤとヌカボも比較的多くの地域や畦畔で確認されたことから、カメムシ発生量を評価するための指標草種として、4月から6月までは、スズメノカタビラ、スズメノテッポウに加え、ナギナタガヤ、ヌカボが有効であると考えられる。

本調査により、斑点米カメムシの寄主となる出穂したイネ科雑草は、新潟県では、8月まで少なく、9月以降に増加することが明らかになった。そのイネ科雑草

は、6月までは複数種で7月以降はほぼメヒシバである(第2-5図)。斑点米カメムシの発生しにくい理想的な植生は、これらイネ科雑草の植被率が低く、イネ科雑草以外の草種が優占する植生と考えられた。理想的な植生に誘導する植生管理技術を構築するためには、イネ科雑草、特に夏季のメヒシバの発生を抑える管理方法を明らかにする必要がある。



第2-5図 新潟県の水田畦畔における斑点米カメムシの寄主となる主なイネ科雑草

第 2 節 水田畦畔における斑点米カメムシの発生実態

2-2-1 はじめに

新潟県における斑点米カメムシの重要種は、1970年代はオオトゲシラホシカメムシ、コバネヒョウタンナガカメムシ、ホソハリカメムシで、そのうちオオトゲシラホシカメムシが最重要種であった(小嶋ら, 1972; 小嶋・江村, 1977)。1990年代半ばからアカヒゲホソミドリカスミカメ, 2000年代に入ってからアサジカスミカメが発生し, 2種カスミカメムシは, その後県内全域に分布が拡大し, 現在は重要種となっている(石本, 2016)。

現在の新潟県の主な斑点米カメムシを第 2-6 図に示した。オオトゲシラホシカメムシは, 多食性のカメムシであり, 雑草地では多くの雑草種を寄主とする(小嶋・江村, 1977)。本種の移動性は低く, 水田へは主に歩行により侵入する。そのため防除は, 水田の畦畔部だけを防除する「額縁防除」が省力的とされている(小嶋ら, 1972; 榊原, 2014)。ホソハリカメムシは, イネ科を主な寄主とし, スズメノカタビラやスズメノテッポウ, ネズミムギやメヒシバが好適な寄主として報告されている(伊藤, 1989)。水田には, 越冬世代または第 1 世代成虫が飛翔により侵入し, 糞を吸汁加害して斑点米を作る(伊藤, 1989; 川東, 2019)。新潟県では, 佐渡島で発生が多いとの報告がある(小嶋ら, 1972)。アカヒゲホソミドリカスミカメ, アサジカスミカメも, イネ科を寄主とし, 特に出穂したイネ科雑草が存在する畦畔で発生量が多い(石本・岩田, 2019)。水田での発生生態は 2 種カスミカメムシで異なり, アカヒゲホソミドリカスミカメはイネ出穂前の水田でも発生する(石本, 2004a)のに対して, アサジカスミカメはイネ出穂前の水田ではほとんど発生しない(林・中沢, 1988)。また 2 種ともイネの出穂を契機に水田に侵入するが, アカヒゲホソミドリカスミカメはイネに産卵し, 次世代幼虫が発生する(石本,

2004a)のに対し、アカスジカスミカメは次世代幼虫が発生することはほとんどないと考えられている(中田, 2000; 大友ら, 2005; 片瀬ら, 2007)。また新潟県の事例(石本・岩田, 2017)では, 薬剤防除後のコシヒカリにおいて, アカヒゲホソミドリカスミカメはほとんど発生しなかったのに対し, アカスジカスミカメは防除の 2~3 週間後に発生が認められている。

このように斑点米カメムシの種によって発生動態が異なることから, 斑点米カメムシの発生実態を把握することは, 防除対策を講じるうえで非常に重要である。そこで, 新潟県の水田畦畔における斑点米カメムシの発生実態を調査した。



第2-6図 新潟県の主な斑点米カメムシ

2-2-2 材料および方法

2-2-2-1 調査方法

2014年と2015年に行った第2章第1節の植生調査において, 5月以降, 出穂したイネ科雑草の植被率が30%を超える畦畔(以下「出穂イネ科畦畔」)の中から,

任意に畦畔を抽出して、20回振りのすくい取りを行った。捕獲した斑点米カメムシのうちアカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメ、オオトゲシラホシカメムシ、ホソハリカメムシの4種を成幼虫別に計数した。降雨時や強風時はすくい取りを中止した。調査畦畔に「出穂イネ科畦畔」が少ない場合は、調査畦畔以外に出穂したイネ科雑草が存在する畦畔ですくい取りを行った。1地域当たりのすくい取り畦畔数は、調査時期や調査地域で変動し、平均が14.4本、最少が4本、最多が22本であった。

2-2-2-2 データ解析

調査月あるいは草種ごとに斑点米カメムシ類の成幼虫合計捕獲数を解析した。調査月ごとの解析では、降雨により調査を行わなかった場合や、すくい取り畦畔数が少ない場合があったため、2014年は4地域、2015年は3地域をまとめて集計した。草種ごとの解析では、調査年、調査月、調査地域をまとめて集計した。

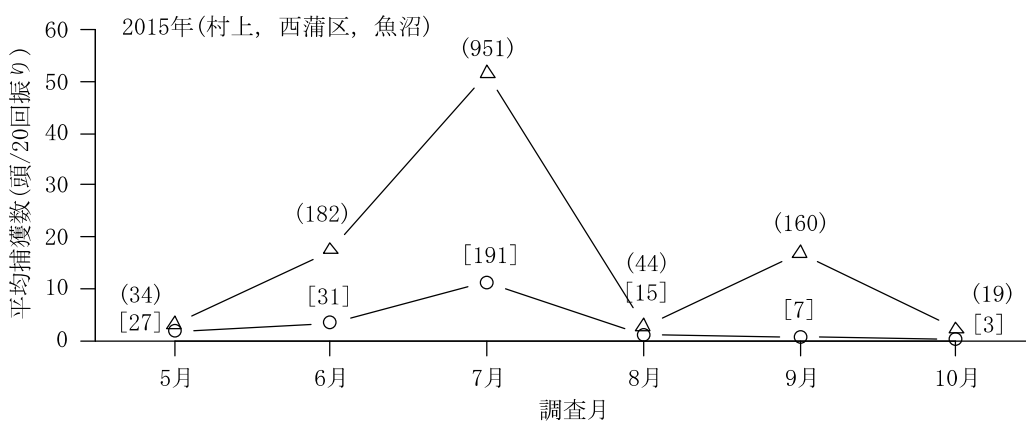
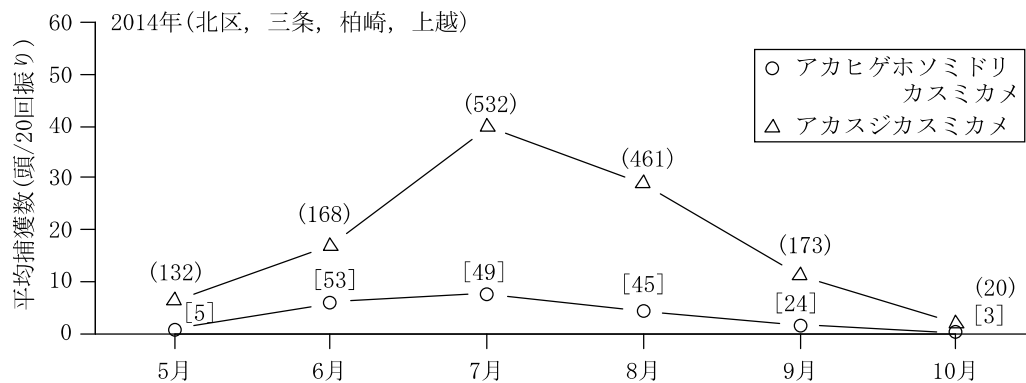
2-2-3 結果

捕獲された斑点米カメムシは、アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメ、オオトゲシラホシカメムシ、ホソハリカメムシであった。オオトゲシラホシカメムシ、ホソハリカメムシの総捕獲数は、順に63頭、51頭で少なかったことから、以下アカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメについて記述する。2014年では、アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメは、5月から10月までほぼすべての地域で捕獲された。平均捕獲数(成幼虫合計)は、アカヒゲホソミドリカスミカメは、5月から10月まで順に0.8, 6.0, 7.7, 4.2, 1.6, 0.2頭で、アカスジカスミカメは、6.2, 16.8, 39.9, 29.1, 11.3, 1.8頭であり、2種カスミカメムシとも7月が最多であった(第2-7図)。5, 6, 7月では、

2種カスミカメムシの捕獲数の間に有意な差が認められず(対数変換後 paired t-test, 5月: $n = 31$, $p = 0.13$, 6月: $n = 28$, $p = 0.40$, 7月: $n = 23$, $p = 0.21$), 8, 9, 10月では, アカスジカスミカメが有意に多かった(8月: $n = 33$, 9月: $n = 64$, 10月: $n = 71$, $p < 0.001$)。最多捕獲数は, アカヒゲホソミドリカスミカメは, 5月から順に 5, 53, 49, 45, 24, 3頭で, アカスジカスミカメは, 132, 168, 532, 461, 173, 20頭であり, いずれの月もアカスジカスミカメが多かった。

2015年の平均捕獲数は, 2014年と同様に, 2種カスミカメムシとも7月が最多で(第2-7図), 9, 10月では, アカスジカスミカメがアカヒゲホソミドリカスミカメよりも多かった(対数変換後 paired t-test, 9月: $n = 64$, 10月: $n = 60$, $p < 0.001$)。最多捕獲数は, いずれの月でもアカスジカスミカメがアカヒゲホソミドリカスミカメよりも多かった。アカスジカスミカメ最多捕獲数は, 7月が951頭で, 2014年, 2015年とも7月が極めて多かった。

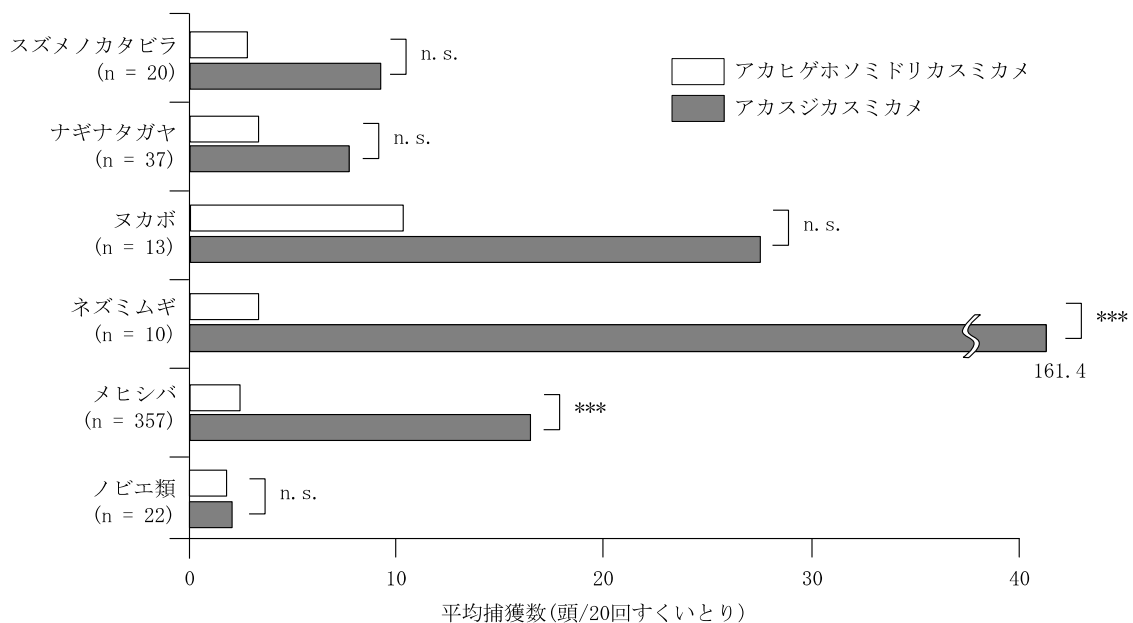
イネ科草種別の捕獲数は, スズメノカタビラ, ナギナタガヤ, ヌカボ, ノビエ類では, 2種カスミカメムシの間に有意な差は認められず(paired t-test, スズメノカタビラ: $n = 20$, ナギナタガヤ: $n = 37$, ヌカボ: $n = 13$, ノビエ類: $n = 22$, $p > 0.05$), ネズミムギ, メヒシバでは, アカスジカスミカメが有意に多かった(ネズミムギ: $n = 10$, $p < 0.001$, メヒシバ: $p < 0.001$)(第2-8図)。



第2-7図 畦畔におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ, アカスジカスミカメ捕獲数の推移

成幼虫合計捕獲数の平均値。プロット上の[]はアカヒゲホソミドリカスミカメの最大値, ()はアカスジカスミカメの最大値。

調査畦畔数は, 2014年では5月から順に31, 28, 23, 33, 64, 71本, 2015年では5月から順に27, 55, 54, 52, 64, 60本。いずれの月も下旬の調査。



第2-8図 イネ科雑草種別の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発生量
2014年と2015年のすくい取りの結果をまとめて解析した。成幼虫合計捕獲数の平均値。

2-2-4 考察

捕獲されたカメムシのほとんどが、アカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメであった。2種は同一畦畔で混発しており、すくい取り捕獲数は、2014年は8月以降、2015年は9月以降にアカヒゲホソミドリカスミカメよりもアカスジカスミカメが多かった(第2-7図)。新潟県(石本・岩田, 2017)や秋田県(高橋・菊池, 2015), 岩手県(斎藤ら, 2010)の報告でも、防除後の水田や畦畔では、アカスジカスミカメの個体数がアカヒゲホソミドリカスミカメを上回っており、今回の結果はこれらの報告と一致する。

メヒシバでのすくい取り捕獲数は、アカヒゲホソミドリカスミカメよりもアカスジカスミカメが有意に多かった(第2-8図)。アカヒゲホソミドリカスミカメの幼虫は、寄主となるメヒシバの採集時期によって発育に違いが見られ、5月に採集したメヒシバより6月以降に採集したメヒシバで発育が劣ることが示されている(Shintani, 2009)。これらのことから、夏季のメヒシバに対する寄主利用能力

は、アカスジカスミカメがアカヒゲホソミドリカスミカメよりも優れている可能性が考えられる。

ネズミムギは、各地でアカスジカスミカメ(林, 1986; 高田ら, 2000)やアカヒゲホソミドリカスミカメ(菊池・小林, 2004; 長澤, 2007)の好適な寄主として報告されており、新潟県でもアカスジカスミカメの捕獲数が極めて多かった(第2-8図)。第2章第1節の植生調査では、ネズミムギの畦畔率は低かったことから、ネズミムギは新潟県では、一部の水田畦畔でアカスジカスミカメの発生源になっていると考えられた。

今回、新潟県の畦畔では、アカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメが5月から10月まで継続して発生していることが確認された。さらに2種カスミカメムシの発生量は、7月が最も多く、アカスジカスミカメでは、メヒシバで7月以降も多い状態が維持されていることが明らかになった。これらのことから新潟県では、雑草管理による耕種的防除により、アカスジカスミカメの密度をより低く抑えることが重要であると考えられた。秋田県(高橋・菊池, 2015)は、本田薬剤散布後の草刈り、岩手県(斎藤ら, 2010)は、5月下旬および7月下旬の除草剤散布により、畦畔のイネ科雑草を出穂させず、アカスジカスミカメと斑点米の発生を抑制したことを報告している。またアカスジカスミカメは、越冬卵をイネ科雑草の穂に産下することから(林・中沢, 1988)、アカスジカスミカメの密度抑制には、生息期間を通じてイネ科雑草が出穂しないように管理することが有効と考えられる。

メヒシバ等のイネ科雑草が優占する畦畔は、コメの収穫後もイネ科雑草を出穂させないように管理し続ける必要があり、雑草管理の徹底は、草刈りでは大幅な労力の増加、除草剤の散布では畦畔強度の低下が懸念される。一方イネ科以外の雑草が優占する畦畔では、コメの収穫後に雑草管理をする必要性は極めて低い。

このことから、限られた作業で効率的に水田畦畔の雑草管理を行うには、画一的な管理をするのではなく、草種や状態すなわち植生に注目して管理することが重要と思われる。また植生は管理方法によって変化する。例えば、草を刈る高さを地際から 10 cm 程度離すことで、残った広葉雑草がイネ科雑草を抑制する(稲垣ら, 2012; 静岡県農林技術研究所, 2013)ことや、DBN 粒剤の使用によってシロツメクサ *Trifolium repens* L. の植被率が高まること(橘, 2015)が報告されている。斑点米カメムシが発生しにくい植生管理技術を開発するには、管理方法がイネ科雑草、特にメヒシバに与える影響を明らかにしていく必要がある。

第3章 雑草の管理方法が植生に与える影響

3-1 はじめに

近年の斑点米カメムシの主要種は、全国的にはアカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメとクモヘリカメムシであり(渡邊・樋口 2006)、これらの寄主はほぼイネ科に限られる。第2章の調査により、新潟県の水田畦畔では、出穂したイネ科雑草が4月から10月まで連続して発生し、その草種は、6月まではスズメノカタビラやスズメノテッポウ、ヌカボ、ナギナタガヤなど複数種、7月以降はほぼメヒシバであることが明らかになった。これら出穂したイネ科雑草が存在する水田畦畔では、アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメが5月から10月まで連続して発生し、アカスジカスミカメは、メヒシバで8月以降も多い状態が維持されている。

メヒシバは、全国に分布する代表的な夏生一年生イネ科雑草で、各地で夏季における斑点米カメムシ類の主な寄主と考えられている(林・中沢, 1988; 横田・鈴木, 2007; 石本・岩田, 2019)。メヒシバは草刈り後およそ3週間で再生出穂するため(寺本, 2003)、メヒシバの植被率が高い畦畔は、管理不足によりメヒシバが出穂し、斑点米カメムシの発生源になるリスクが大きい。そのためイネ科雑草、特にメヒシバの植被率を低く抑え、イネ科以外の雑草が優占する「理想的植生」に誘導する必要がある。

管理方法がイネ科雑草に及ぼす影響について、雑草を地際から10 cm程度高い位置で刈り取る「高刈り」を行うことで斑点米カメムシの寄主である一年生イネ科雑草を抑制する(稲垣ら, 2012; 静岡県農林技術研究所, 2013)報告や、非選択性除草剤の散布により一年生雑草が増加する(大塚ら, 2006)報告がある。さらにDBN 粒剤や6月のフルアジホップ乳剤の散布はシロツメクサの植被率を向上さ

せる(橘, 2015)ことから, 相対的にイネ科雑草の植被率を下げる可能性がある。植被率は, もともとの植生に依存すると考えられるため, 管理方法がイネ科雑草植被率に及ぼす影響は, 同一畦畔において比較・検討する必要がある。そこで, 同一畦畔において複数の管理方法を3年間継続し, 管理方法がイネ科雑草, 特にメヒシバの植被率に及ぼす影響を検討した。

3-2 材料および方法

3-2-1 試験畦畔

2013~2015年に新潟県長岡市長倉町の新潟県農業総合研究所作物研究センター(北緯37.44度, 東経138.87度, 標高27m)の水田畦畔4本(試験畦畔I~IV)を試験に用いた。試験畦畔Iは農道に接する畦畔で長さ22m, 幅1.5m, 試験畦畔IIは排水路側の畦畔で長さ30m, 幅1.6m, 試験畦畔IIIは排水路側の畦畔で長さ35m, 幅2.3m, 試験畦畔IVは農道に接する畦畔で長さ24m, 幅1mであり, それぞれ異なる水田に属するものとした。2013年4月に各試験畦畔に1区あたり2~4.6 m² (長さ2m × 幅1~2.3m)の処理区を設け, 試験畦畔I, IVでは平坦面, 試験畦畔II, IIIでは排水路側の斜面(西向)に50 cm × 50 cmの方形枠(コドラート)を各処理区に設置した。試験畦畔および処理区の配置は3年間変えずに固定した。試験地で基盤整備が行われた時期は50年以上前であり, 試験畦畔はこれまで刈払機または自走式除草機による草刈りで管理されていた。

3-2-2 処理区

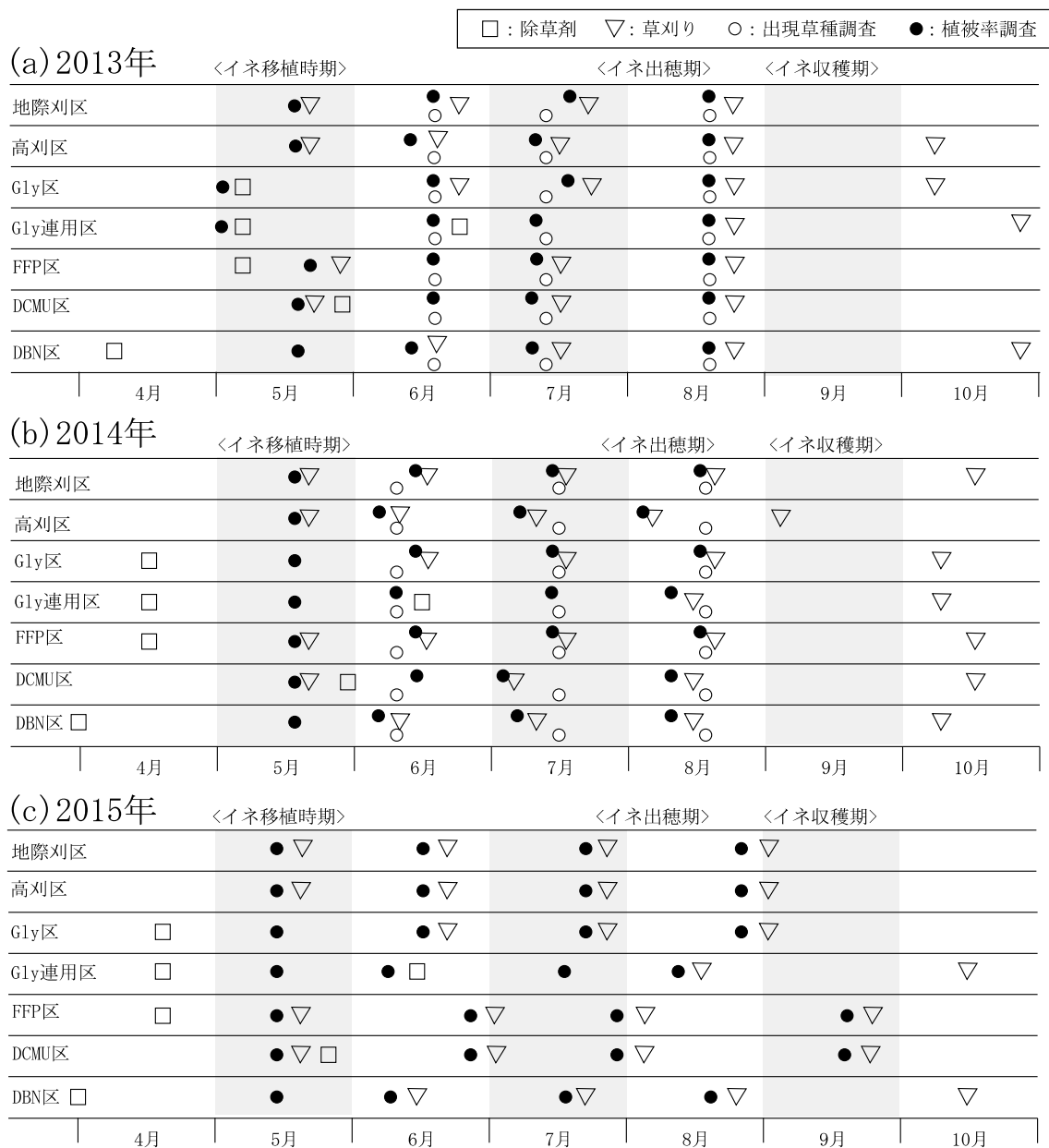
処理水準は合計7水準とし, 草刈りだけで管理する区として, 雑草を地際部から刈り取る「地際刈区」と, 雑草を地上から10 cm程度高い位置で刈り取る「高刈区」を設けた。除草剤と草刈りを組み合わせて管理する区として, 非選択性茎葉

処理除草剤のグリホサートカリウム塩液剤(有効成分含有率 48.0%, 薬量 1000mL/10a, 希釈水量 100 L/10a または薬量 500mL/10a, 希釈水量 50L/10a)をイネ移植前に 1 回散布する「Gly 区」, グリホサートカリウム塩液剤をイネ移植前と 6 月中旬に散布する「Gly 連用区」, イネ科に対して選択的に殺草効果を持つ茎葉処理除草剤のフルアジホップ P 乳剤(有効成分含有率 17.5%, 薬量 400mL/10a, 希釈水量 100L/10a)をイネ移植前に散布する「FFP 区」, 土壌処理効果と茎葉処理効果を持つ DCMU 水和剤(有効成分含有率 50.0%, 薬量 250mL/10a, 希釈水量 100 L/10a)を 1 回目の草刈りの後に散布する「DCMU 区」, 土壌処理除草剤の DBN 粒剤(有効成分含有率 6.7%, 薬量 6kg/10a)を雑草発生前または雑草発生初期に散布する「DBN 区」を設けた。除草剤の散布時期は, 現地で一般的に散布される時期を考慮して「Gly 区」ではイネ移植前, 「Gly 連用区」ではイネ移植前とその後雑草が再生した 6 月, 「DBN 区」では春季の雑草発生始期または雑草発生前とした。「FFP 区」ではフルアジホップ P 乳剤の使用期限が収穫 120 日前までであることからイネ移植前とし, 「DCMU 区」では, DCMU 水和剤の土壌処理効果と茎葉処理効果を期待して 1 回目の草刈りの後とした。また「Gly 区」, 「Gly 連用区」, 「FFP 区」, 「DCMU 区」, 「DBN 区」の草刈りの高さは地際部とし, いずれの処理区でも刈り取った雑草は持ち出さずにそのままにした。

3-2-3 管理回数

草刈りを行う時期と回数は, 処理区の雑草の繁茂状況から判断し, 同じ処理水準では同日に草刈りを実施した。草刈りを行う雑草の繁茂状況の目安は, 優占している草種の草高や全体の植生高が概ね 40~50 cmに達した状態とし, 同じ処理水準でも試験畦畔によって雑草の繁茂状況が異なる場合は, 最も雑草が繁茂する処理区の繁茂状況から判断した。

4月からイネ収穫期の9月までの管理回数は、「地際刈区」では草刈り4回、「高刈区」では2013年、2015年が草刈り4回、2014年が草刈り5回、「Gly区」では除草剤散布1回・草刈り3回、「Gly連用区」では除草剤散布2回・草刈り1回、「FFP区」では2013年が除草剤散布1回・草刈り3回、2014年、2015年が除草剤散布1回・草刈り4回、「DCMU区」では2013年、2014年が除草剤散布1回・草刈り3回、2015年が除草剤散布1回・草刈り4回、「DBN区」では除草剤散布1回・草刈り3回であった(第3-1図)。



第3-1図 処理区の管理時期と出現草種および植被率調査時期

3-2-4 調査方法

3-2-4-1 出現草種調査

2013, 2014, 2015年に4月から10月まで1~2週間間隔で、方形枠内に出現したイネ科雑草種と穂の有無を調査した。さらに第3-1図の白丸で示した2013年6月19日, 7月18日, 8月21日, 2014年6月10日, 7月16日, 8月20日

では、イネ科以外の雑草も調査対象とした。種の判別が困難な場合は属を記録した。

3-2-4-2 植被率調査

5月、6月、7月、8または9月の管理の直前(第3-1図の黒丸で示した時期)に、方形枠内の雑草を達観でイネ科雑草とイネ科以外に分類し、その植被率を調査した。メヒシバが確認された場合は、メヒシバの植被率も調査に加えた。

3-2-4-3 統計解析

それぞれの試験年において8月または9月のメヒシバ植被率について、角変換を行った後、管理方法を主要因、試験畦畔をブロック要因とした二元配置分散分析を行い、主要因に有意な効果が認められた場合は、Tukey法により多重比較した。解析には統計ソフトR version 3.5.2(R Core Team, 2018)を用いた。

3-3 結果

3-3-1 試験畦畔における出現草種

試験地は寒冷積雪地帯に位置し、消雪日は2013年では3月21日、2014年では3月13日、2015年では3月18日であり、雑草の発生開始時期および越冬雑草の再伸長時期は概ね4月中旬であった。試験畦畔では属として同定したものも含めて合計13種のイネ科雑草が確認され、スズメノカタビラ、スズメノテッポウ、ヒエ属、メヒシバ、キンエノコロ *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult., ギョウギシバ *Cynodon dactylon* (L.) Pers. は、全ての試験畦畔で出現した(第3-1表)。主なイネ科雑草の出穂時期は、スズメノカタビラが4~6月、スズメノテッポウ、ヌカボが5~6月、ヒエ属が7~10月、メヒシバが8~10月、エノコロ

グサ *Setaria viridis* (L.) Beauv.が 8～10 月, キンエノコロが 9～10 月であった。

2013 年および 2014 年の出現草種調査で確認された種数は, 試験畦畔 I, II ではイネ科雑草が 4 種, イネ科以外が 14 種, 試験畦畔 III ではイネ科雑草が 4 種, イネ科以外が 9 種, 試験畦畔 IV ではイネ科雑草が 5 種, イネ科以外が 4 種であり, 草種構成は試験畦畔によって異なった(第 3-2 表)。試験畦畔 IV はイネ科以外の出現草種が少なく, 代表的な出現草種は, シロツメクサであった。草種構成は同一畦畔でも処理区によって異なり, 試験畦畔 II と III では, 「高刈区」で小型の広葉雑草であるノチドメ *Hydrocotyle maritima* Honda が出現した。またイネ科以外の出現草種は, 「Gly 区」と「Gly 連用区」では他の処理区よりも少なく, 「高刈区」と「FFP 区」では多い傾向にあった。

第3-1表 確認されたイネ科雑草

種または属名	学名	出現畦畔	出穂 確認時期
スズメノカタビラ	<i>Poa annua</i> L.	I, II, III, IV	4～6月
ナガハグザ	<i>Poa pratensis</i> L.	I	5月
スズメノテッポウ	<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol. var. <i>amurensis</i> (Komar.) Ohwi	I, II, III, IV	5～6月
ヌカボ	<i>Agrostis clavata</i> Trin. var. <i>nukabo</i> Ohwi	I, II	5～6月
カモジグサ	<i>Elymus tsukushiensis</i> Honda var. <i>transiens</i> (Hack.) Osada	II	6～7月
ヒエ属	<i>Echinochloa</i> spp.	I, II, III, IV	7～10月
エノコログサ	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	II, III	8～10月
メシバ	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	I, II, III, IV	8～10月
オオクサキビ	<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	IV	9月
キンエノコロ	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. et Schult.	I, II, III, IV	9～10月
スズメノヒエ属	<i>Paspalum</i> spp.	I, IV	9～10月
ギョウギシバ	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	I, II, III, IV	—
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	II, III	—

エノコログサとアキノエノコログサは区別せずにエノコログサ、カモジグサとアオカモジは区別せずにカモジグサとした。

第3-2表 試験畦畔および処理区における出現草種

試験畦畔	類別	出現草種							出現種数
		地際刈区	高刈区	Gly区	Gly連用区	FFP区	DCMU区	DBN区	
I	イネ科雑草	スズメノテッポウ ヌカボ メヒシバ	ヌカボ	メヒシバ	メヒシバ	スズメノカタビラ メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	4種
	イネ科以外	オオバコ クサイ シロツメクサ ツユクサ ミゾカクシ	オオバコ コハコベ ツユクサ テンツキ ヒメクグ ミゾカクシ	ツユクサ	エノキグサ カタバミ コゴメガヤツリ ツユクサ ミゾカクシ	アキノノゲシ オオバコ クサイ シロツメクサ スギナ ツユクサ ヒメクグ ミゾカクシ	アキノノゲシ エノキグサ オオバコ シロツメクサ スギナ ミゾカクシ	オオバコ クサイ シロツメクサ ハルジオン ミゾカクシ	14種
II	イネ科雑草	エノコログサ メヒシバ	エノコログサ	エノコログサ メヒシバ	メヒシバ	スズメノカタビラ メヒシバ	メヒシバ	ギョウギシバ メヒシバ	4種
	イネ科以外	アリアケスミレ イヌガラシ属 オオバコ カタバミ シロツメクサ スギナ ハルジオン	アリアケスミレ イヌガラシ属 オオバコ カタバミ シロツメクサ スギナ ツユクサ ノチドメ	シロツメクサ スギナ ヒルガオ	イヌガラシ属 エノキグサ ヒルガオ	アリアケスミレ イヌガラシ属 エノキグサ オオバコ コゴメガヤツリ シロツメクサ スギナ スベリヒユ ツユクサ	アリアケスミレ エノキグサ オオバコ シロツメクサ スギナ ミゾカクシ	イヌガラシ属 エノキグサ コゴメガヤツリ シロツメクサ スギナ ヒルガオ	14種
III	イネ科雑草	ギョウギシバ メヒシバ	エノコログサ ギョウギシバ	ギョウギシバ ヒエ属 メヒシバ	ギョウギシバ メヒシバ	メヒシバ	ギョウギシバ	ギョウギシバ メヒシバ	4種
	イネ科以外	アリアケスミレ オオバコ シロツメクサ スギナ	イヌガラシ属 カタバミ シロツメクサ スギナ ノチドメ		エノキグサ	イヌガラシ属 シロツメクサ スギナ	アリアケスミレ イヌガラシ属 オオバコ シロツメクサ スギナ	イヌガラシ属 シロツメクサ ハルジオン	9種
IV	イネ科雑草	ギョウギシバ スズメノカタビラ スズメノテッポウ メヒシバ	ギョウギシバ メヒシバ	ギョウギシバ ヒエ属 メヒシバ	ヒエ属 メヒシバ	スズメノカタビラ ヒエ属 メヒシバ	ギョウギシバ メヒシバ	ギョウギシバ ヒエ属 メヒシバ	5種
	イネ科以外	エノキグサ シロツメクサ	カタバミ シロツメクサ		エノキグサ	エノキグサ シロツメクサ	シロツメクサ	オオバコ シロツメクサ	4種

2013年6月19日, 7月18日, 8月21日, 2014年6月10日, 7月16日, 8月20日に種, または属を判別した草種。

3-3-2 植被率の推移

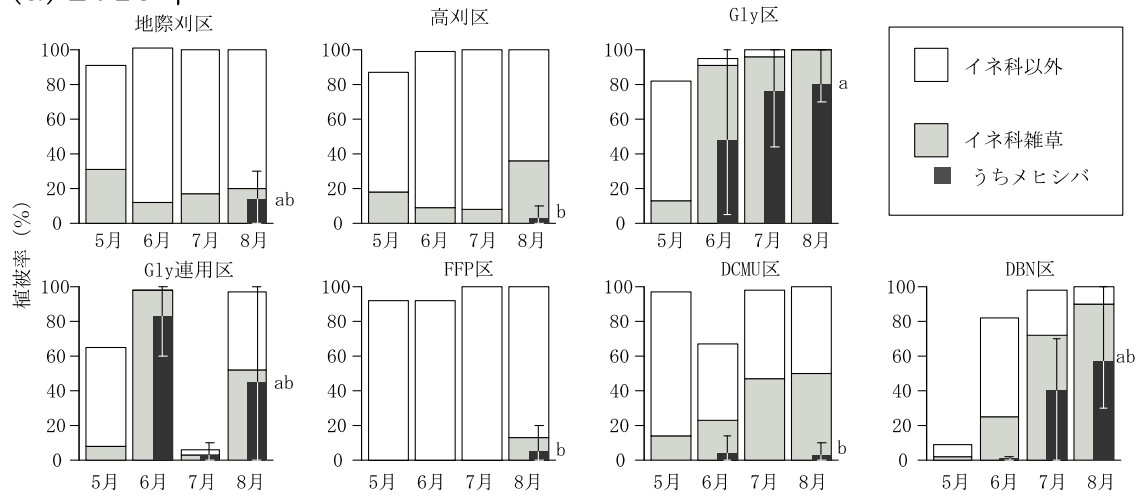
イネ科雑草およびイネ科以外の植被率を試験年次ごとに第 3-2 図に示した。2013 年におけるイネ科雑草植被率は、「地際刈区」では、5 月から 8 月までおよそ 10%~30%で推移し、「高刈区」では 8 月が 36%でやや高く、「FFP 区」では 5 月から 8 月まで「地際刈区」よりも低く推移した(第 3-2 図 a)。「Gly 区」, 「Gly 連用区」のイネ科雑草植被率は 6 月に 90%以上に急増し、「Gly 区」では 8 月まで高く維持された。「DCMU 区」のイネ科雑草植被率は、5 月から 8 月まで順に 14%, 23%, 47%, 50%, 「DBN 区」のイネ科雑草植被率は 2%, 25%, 73%, 90%であり、月が進むにつれてイネ科雑草植被率が増加した。メヒシバ植被率は「Gly 区」, 「Gly 連用区」では 6 月, 「DBN 区」では 7 月から高まり、8 月のメヒシバ植被率は、「高刈区」, 「FFP 区」, 「DCMU 区」が「Gly 区」よりも有意に

低かった($p < 0.05$)。

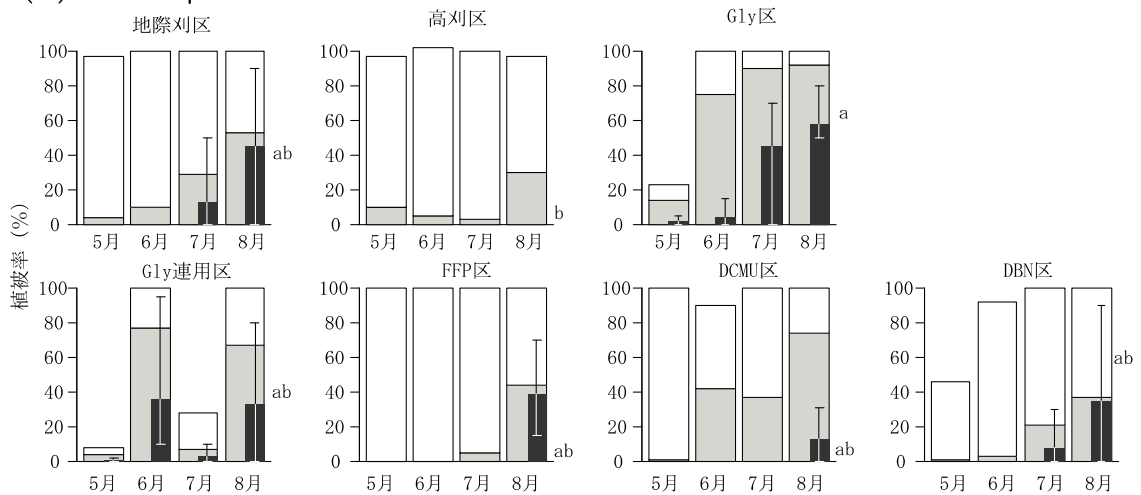
2014年におけるイネ科雑草植被率は、「地際刈区」と「DBN区」では、7月から8月にかけて徐々に増加し、「高刈区」と「FFP区」では8月に増加した(第3-2図b)。「DCMU区」のイネ科雑草植被率は、6月からやや高まり、6月から順に43%、38%、74%であった。「Gly区」と「Gly連用区」のイネ科雑草植被率は、2013年と概ね同様に推移した。すなわちイネ科雑草植被率は両区とも6月に急増し、「Gly区」ではその後も高く推移し、「Gly連用区」では一旦低下するが8月に再び高まった。8月のメヒシバ植被率は、「高刈区」が「Gly区」よりも有意に低かった($p < 0.05$)。また「地際刈区」、「FFP区」では、8月のメヒシバ植被率が2013年よりも高まった。

2015年におけるイネ科雑草植被率は、「Gly連用区」以外の処理区では、2014年と概ね同じ推移を示し、「Gly連用区」は、8月のイネ科雑草植被率が2013年、2014年よりも低く、過去2年と大きく異なった(第3-2図c)。8月または9月のメヒシバ植被率は、「高刈区」、「Gly連用区」が「Gly区」よりも有意に低かった($p < 0.05$)。また「DCMU区」では、9月のメヒシバ植被率は過去2年の8月のメヒシバ植被率よりも高く、試験畦畔による変動が大きかった。

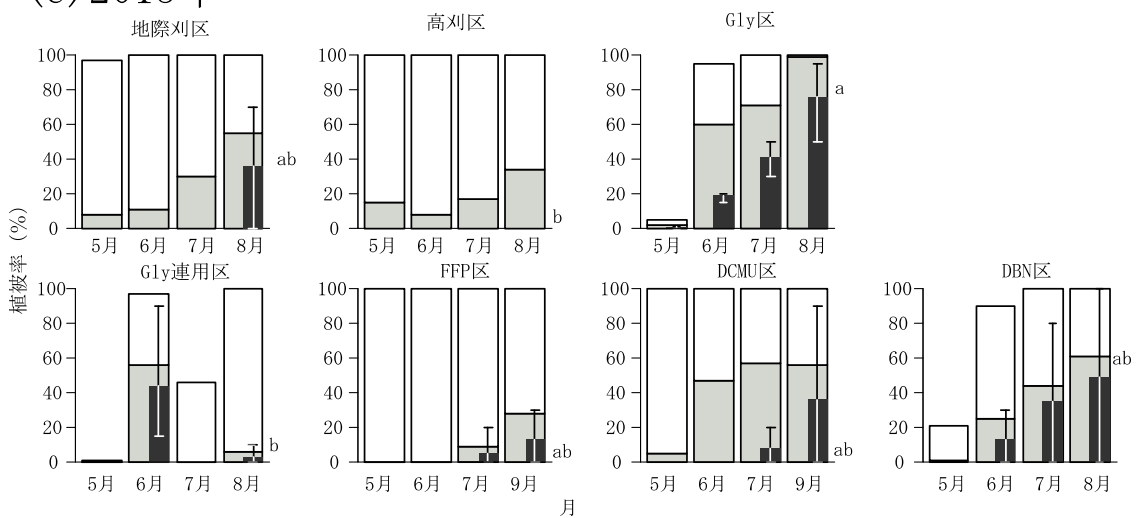
(a) 2013年



(b) 2014年



(c) 2015年



第3-2図 畦畔の管理方法がイネ科雑草の植被率に与える影響

植被率は、その月の管理直前の植被率。

植被率は、平均値 (n = 4)。エラーバーはメヒシバ植被率のデータ区間 (最小値-最大値) を示す。

アルファベットは、同一アルファベット間では8月または9月のメヒシバ植被率に有意差がないことを示す。(Tukey法, $p > 0.05$)

3-4 考察

高刈りは雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取ることで広葉雑草を残し、相対的に一年生イネ科雑草を抑制する(静岡県農林技術研究所, 2013) 方法であり、今回の試験でも「高刈区」では広葉雑草がメヒシバを抑制したと考えられる。佐合(2007)は、理想的植生管理のための手法として「残したい草種」の明確化を提唱し、その具体例として、小型越年生草種、匍匐植物、小型多年生植物、小型一年生植物などを挙げている。「高刈区」の出現草種(第 3-2 表)の中で、匍匐性のミゾカクシ *Lobelia chinensis* Lour. やノチドメ、多年草のカタバミ *Oxalis corniculata* L. は小型で管理上ほとんど問題とならない雑草である。高刈りによってこうした「残したい草種」の植被率を高めることで、理想的な植生に誘導できることが示唆された(第 3-3 図)。一方で高刈りによる管理は、既にイネ科雑草が優占する畦畔やタチスズメノヒエ *Paspalum urvillei* Steud. では抑制効果が望めないこと、セイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L. やアメリカセンダングサ *Bidens frondosa* L., クサネム *Aeschynomene indica* L. といった強害雑草も残してしまうため(稲垣ら, 2012; 静岡県農林技術研究所, 2013), これらが優占する畦畔では、別の対策が必要である。

非選択性茎葉処理除草剤を用いた「Gly 区」と「Gly 連用区」では、メヒシバ植被率は 6 月から高まり、その推移は他の処理区と大きく異なった(第 3-2 図)。これらの区では、春季の除草剤散布により裸地化し、メヒシバ等の夏生一年生イネ科雑草が発芽しやすく、発芽後も他種との競合が起きにくいため、植被率が高くなりやすかったと推察される。この結果は、除草剤の連用によりイネ科雑草が優占しやすくなるとした大塚ら(2006)の報告や、裸地区では刈取り区よりもメヒシバの発芽時期が早かったとした池田ら(2003)の報告と一致する。また、2015 年 8 月のメヒシバ植被率は「Gly 連用区」が「Gly 区」よりも有意に低く(第 3-2 図 c),

「Gly 連用区」は、いずれの試験畦畔でもエノキグサ *Acalypha australis* L. が出現していたことから、同一成分の除草剤であっても散布する時期や回数によって植生が大きく変化することが示唆された。水田畦畔における春季の非選択性茎葉処理除草剤の散布は、圃場にイネがないためイネに対するドリフト害の懸念がないことや、雑草の密度が小さいために除草剤散布が効率よく行えるメリットがあり、新潟県では広く普及している(徐, 2009)。その一方で、春季の非選択性茎葉処理除草剤の散布は、夏季に斑点米カメムシの寄主となるメヒシバ植被率を高めるデメリットがあると考えられた。またイネ移植前の除草剤の散布は、新潟県だけでなく、全国で広く行われていることから(徐ら, 1996; 高橋ら, 1997; 徐・城戸, 2000)、除草剤の散布とそれによる植生の変化は、日本における斑点米カメムシの発生に関与している可能性がある。

「FFP 区」のメヒシバ植被率は、2014 年 8 月にやや高まったが、概ね低く推移した(第 3-2 図)。フルアジホップ乳剤を 6 月に処理することで広葉雑草の植被率が高まることが報告されており(橘, 2015)、フルアジホップ P 乳剤を 4 月下旬に処理した「FFP 区」においても、イネ科以外の出現草種が多く(第 3-2 表)、5、6 月のイネ科以外の植被率がほぼ 100%であった。これらのことからフルアジホップ P 乳剤をイネ移植前に散布することで、広葉雑草を残しながら春季のイネ科雑草を除草し、残った広葉雑草がメヒシバ等の夏生一年生イネ科雑草を抑制する可能性が示唆された。今回確認されたスズメノカタビラやスズメノテッポウ、ヌカボ、ナガハグザ *Poa pratensis* L. は、カスミカメムシ類にとって春季の好適な寄主である(菊池・小林, 2004; Nagasawa and Higuchi, 2012; Nagasawa *et al.*, 2012)。今後は春季のイネ科雑草が優占する畦畔でフルアジホップ P 乳剤の有効性を検証する必要がある。

「DCMU 区」のメヒシバ植被率は、7 月まで低く推移し、2015 年 9 月では一

部の試験畦畔で高まった(第 3-2 図)。DCMU にビアラホスまたはグリホシネートを混合した製剤の効果持続期間は 55 日であったことから(佐合・松田, 1998), 「DCMU 区」では 8 月には土壌処理効果が切れていたと見込まれ, メヒシバの抑制効果を高めるには散布時期の検討が必要と考えられた。

「DBN 区」のメヒシバ植被率は, 試験畦畔による変動が大きかった(第 3-2 図)。DBN 粒剤処理は, 春季の一年生イネ科雑草を抑制し, 競合を減少させることでシロツメクサの植被率を向上させるが, 裸地の面積割合が高い場合では, 6 月以降にメヒシバの植被率が高まる事例が報告されている(橘, 2015)。DBN 粒剤処理は, 春季のイネ科雑草を抑制し, シロツメクサの植被率を高めることから, 斑点米カメムシ対策として有効であるが, シロツメクサの植被率が低い畦畔では, メヒシバの植被率が高まりやすく, 別の対策が必要と考えられた。

イネ科雑草の斑点米カメムシ類に対する好適性は, 穂の有無によっても大きく異なる。メヒシバは出穂習性に顕著な集団間変異があり, 出穂が日長条件に影響されない早生集団と出穂に短日条件を必要とする晩生集団が存在する(Kataoka *et al.*, 1986)。早生集団のメヒシバでは 6 月から斑点米カメムシ類の発生源になると考えられるが(石本・岩田, 2019), 今回の試験では 8 月まではメヒシバの出穂が確認されず(第 3-1 表), 斑点米カメムシ類の個体数は, いずれの処理区でも少なかったと推察される。メヒシバの出穂習性について露崎(2005)は, 隣接した生育地であっても個体群分化が起きることを示し, 遺伝的分化が保持される理由として耕起, 除草および他植物との競争が強い選択圧として働いているためと考察している。同じ管理方法を 3 年間継続した今回の試験では, 処理区による出穂時期の違いは見られず, 管理方法がメヒシバの出穂習性に及ぼす影響を明らかにするには, より長い期間で検討する必要がある。

今回の試験から, 高刈りはメヒシバの植被率を抑える効果があり, 斑点米カメ

ムシ対策として有効であること，春季の非選択性茎葉処理除草剤は，夏季のメヒシバ植被率を高めるデメリットがあることが示された。斑点米カメムシ対策としての高刈りの有効性をより明確にするためには，植生の変化と斑点米カメムシ類の発生動態を併せて検討する必要がある。



第3-3図 地際刈区と高刈区およびGly区の様子(試験畦畔Ⅱ)
2015年8月27日撮影

第4章

高刈りの現地実証試験

第1節 高刈りによる植生の変化と斑点米カメムシの発生動態

4-1-1 はじめに

高刈りは、雑草を地際から 10cm 程度高い位置で刈り取ることで、生長点の高い広葉雑草を残し、その広葉雑草によりイネ科雑草を抑制する方法である(静岡県農林技術研究所, 2013)。高刈りによって植被率が高まった草種は、第3章の試験では、多年生広葉雑草のシロツメクサやノチドメ、カタバミなどで、静岡県の事例(稲垣ら, 2012)では、多年生イネ科雑草のチガヤ *Imperata cylindrica* (L.) Beauv. var. *koenigii* (Retz.) Durand et Schinz やタチスズメノヒエである。高刈りによる植生の変化は、畦畔や農道の元々の植生に大きく影響されるとみられるが、高刈りによる植生の変化を検討した事例は、これらの他は見当たらない。「理想的植生」に誘導する植生管理技術を構築するためには、様々な植生条件の水田畦畔で、高刈りによる植生の変化を明らかにする必要がある。

水田畦畔の植生は、基盤整備を施工した畦畔(以降、基盤整備畦畔)と、基盤整備未施工の畦畔(以降、伝統的畦畔)で大きく異なり、基盤整備畦畔は、群落の多様性および多様性指数が低い(大窪ら, 1995)。第3章の試験は基盤整備が50年以上行われていない伝統的畦畔であったことから、基盤整備畦畔において、高刈りによる植生の変化を検討する必要がある。

他方、水田畦畔の植生と斑点米カメムシに関する報告は多数あり、カスミカメムシに関するものでは、岩手県(斎藤ら, 2010)や、秋田県(高橋・菊池, 2015)、新潟県(石本・岩田, 2019)、滋賀県(寺田, 2013)などがある。これらの報告は、管理方法や管理時期は異なるが、カスミカメムシの密度は、イネ科雑草が出穂すると

高まり、管理により穂または雑草そのものが除去されると減少する点は一致している。静岡県(稲垣ら、2012)では、高刈りによる植生の変化と斑点米カメムシの個体数を検討したところ、高刈りによって管理した試験区はイネ科雑草が少なく、8月上旬のカメムシの密度が他の区よりも低かった。静岡県の事例では、カメムシの調査は8月上旬の1度であり、調査前後のカメムシの発生動態は不明である。新潟県では、アサジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメは5月頃に越冬卵から孵化し、その後世代を重ねながら10月まで発生がみられる。高刈りによるイネ科雑草の抑制効果とそれによる斑点米カメムシの密度低減効果を明らかにするには、雑草およびカメムシの発生期間を通じて、これらの発生動態とその関係を明らかにする必要がある。

これらのことから第4章第1節では、高刈りによる植生変化とそれに伴う斑点米カメムシの発生動態を明らかにすることを目的に、現地の基盤整備畦畔において試験を行った。

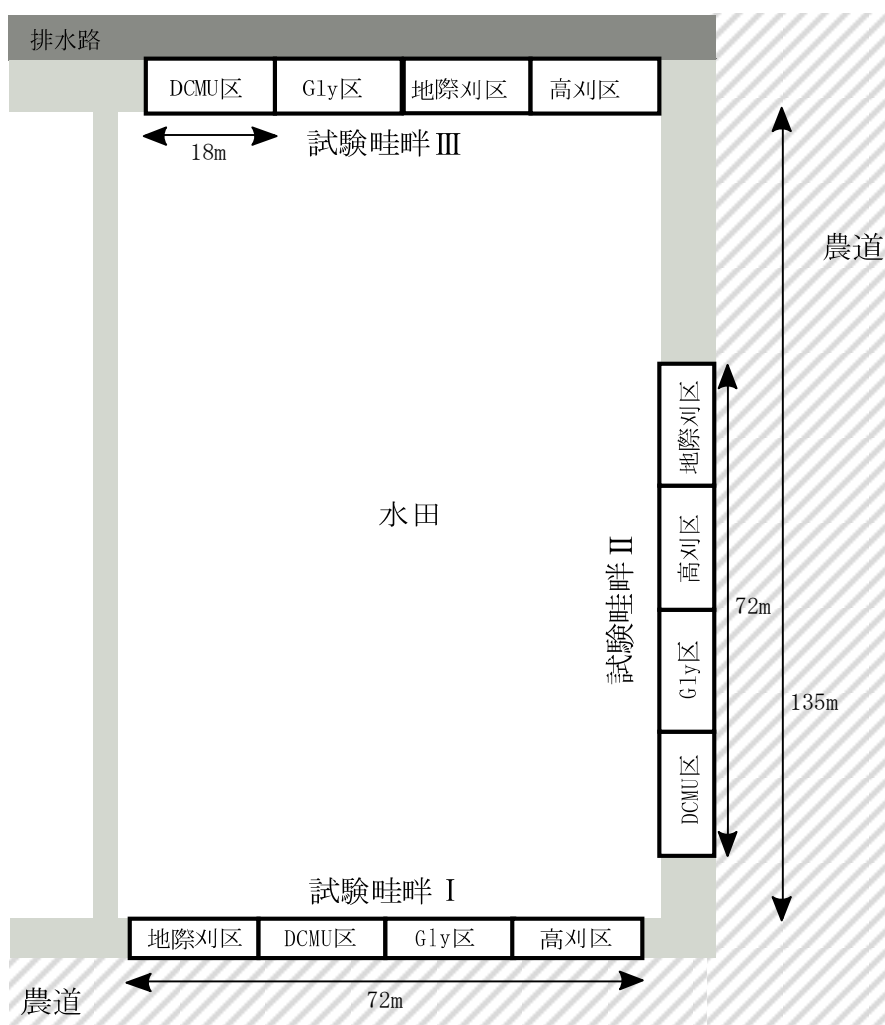
4-1-2 材料および方法

4-1-2-1 処理区の設定

2015年に新潟県長岡市横山(北緯37.54度、東経138.86度、標高13.8m)の現地圃場畦畔を試験に用いた。圃場面積は100aで、試験畦畔Ⅰは農道側の畦畔で、長さ72m、幅2mで砂利舗装されており、試験畦畔Ⅱは広域農道側の畦畔で長さ72m、幅1.2m、試験畦畔Ⅲは排水路側の畦畔で長さ72m、幅3.3mであった(第4-1図)。2015年4月に各試験畦畔に1区あたり長辺18m、短辺1.2~3.3m(面積21.6~59.4 m²)の処理区を設けた。試験圃場は7年前に基盤整備を行い、その後の畦畔と農道の雑草は、除草剤を散布せずに草刈りによって管理していた。斑点米カメムシを対象とした本田防除は調査期間中は行わなかった。

処理区は、雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取る「高刈区」の他に、雑草を地際から刈り取る「地際刈区」、非選択性茎葉処理除草剤のグリホサートカリウム塩液剤(有効成分含有率 48.0%，薬量 2000mL/10a,希釈水量 100 L /10a)をイネ移植前に 1 回散布し、その後発生した雑草は地際から刈り取る「Gly 区」、土壌処理効果と茎葉処理効果を持つ DCMU 水和剤(有効成分含有率 50.0%，薬量 250mL/10a, 希釈水量 100 L /10a)を 1 回目の草刈りの後に散布し、その後発生した雑草は地際から刈り取る「DCMU 区」とした。

管理を行う時期と回数は、「高刈区」と「地際刈区」では、草刈りが 5 月 27 日、6 月 25 日、7 月 22 日、8 月 20 日の合計 4 回、「Gly 区」は除草剤散布が 4 月 24 日の 1 回、草刈りが 6 月 25 日、7 月 22 日、8 月 20 日の 3 回、「DCMU 区」は除草剤散布が 6 月 5 日の 1 回、草刈りが 5 月 27 日、7 月 8 日、7 月 28 日、8 月 20 日の 4 回であった。草刈りは、優占している草種の草高や全体の植生高が 40～50 cm に達した状態をめやすにおおむね 1 カ月間隔で行い、試験畦畔によって雑草の繁茂状況が異なる場合でも、同じ処理水準は同日に草刈りを行った。



第4-1図 試験畦畔と処理区の配置図(2015年)

4-1-2-2 植生調査

西村・浅井(2013)の簡易植生調査法により、4月21日～11月24日まで概ね1週間間隔で、1処理区につきおよそ1.5m間隔で、合計10地点の出現草種とその草高を調査した。出現草種は1地点あたり1種とし、出現草種ごとに出現地点数に10を掛けてその植被率とした。イネ科雑草は穂の有無も記録し、種の判別が困難な雑草は属あるいは科を判別し、科の判別も困難な場合は、イネ科あるいはイネ科以外に判別した。

4-1-2-3 斑点米カメムシ調査

5月8日～11月13日まで植生調査時に直径36cm, 柄の長さ1mの捕虫網を用いて毎区10回振りのすくい取りを行い, 捕獲した斑点米カメムシを成幼虫別に計数した。降雨時はすくい取りを中止した。

4-1-3 結果

4-1-3-1 植生調査

試験畦畔では, 一年生雑草を中心に31種の雑草が確認された(第4-1表)。科ごとの出現種数は, イネ科が10種で最も多く, キク科が4種, シソ科, タデ科, ナデシコ科, マメ科が2種, 他が1種であった。イネ科雑草は4月から11月まで連続して出現し, 特にメヒシバは6~11月まで長期間出現した。試験畦畔別の出現種数は, 試験畦畔Ⅰでは17種, 試験畦畔Ⅱでは16種, 試験畦畔Ⅲでは16種で, いずれの試験畦畔も概ね同じであった。全ての試験畦畔で出現した草種は, メヒシバ, オオクサキビ *Panicum dichotomiflorum* Michx. ヒエ属, アキノノゲシ *Lactuca indica* L. ヒメムカシヨモギ *Conyza canadensis* (L.) Cronquist スギナ *Equisetum arvense* L. の7種で, 各試験畦畔で特異的に出現した種数は, 試験畦畔Ⅰではノハラムラサキ *Myosotis arvensis* (L.) Hill など6種, 試験畦畔Ⅱでは7種, 試験畦畔Ⅲではヒメジソ *Mosla dianthera* (Hamilt.) Maxim. , ミゾソバ *Persicaria thunbergii* (Sieb. et Zucc.) H. Gross など6種であった。処理区別の出現種数は, 「高刈区」が20種, 「地際刈区」が21種, 「Gly区」が10種, 「DCMU区」が16種で, 「高刈区」と「地際刈区」は同程度で, 「Gly区」が最も少なかった。

試験畦畔Ⅰについて, 「高刈区」の優占草種は, 7月まではスギナ, 8月以降は主にメヒシバであった(第4-2表)。「地際刈区」は6月まではノハラムラサキ, 7, 8月はメヒシバが優占し, 「Gly区」は5月, 「DCMU区」は6月までスギナが優

占し、以降はメヒシバが優占した。試験畦畔Ⅱの優占草種は、「高刈区」、「地際刈区」、「DCMU区」では、6月までは主にスギナ、7月以降は主にメヒシバであった。「Gly区」では、5月までは除草剤により枯死あるいは裸地状態であったが、6月以降メヒシバが優占した。試験畦畔Ⅲについて、「高刈区」の優占草種は、5月まではスギナ、6月はナギナタガヤ、10月はヒメジソとミゾソバであった。「地際刈区」は、スギナが優占する期間が長く、「Gly区」、「DCMU区」の優占種は主にスギナとメヒシバで、試験畦畔Ⅰ、Ⅱと概ね同調した。

メヒシバ植被率は、「高刈区」では6月が10.0%、7月が16.7%、8月は33.3%で、6月から徐々に高まった(第4-2図)。「地際刈区」、「DCMU区」のメヒシバ植被率は6月から8月にかけて高まり、「地際刈区」では8月のメヒシバ植被率が「高刈区」よりも有意に高かった。「Gly区」のメヒシバ植被率は、6月から8月まで高い水準で推移し、8月のメヒシバ植被率は「高刈区」よりも有意に高かった。

第4-1表 出現草種の一覧(2015年)

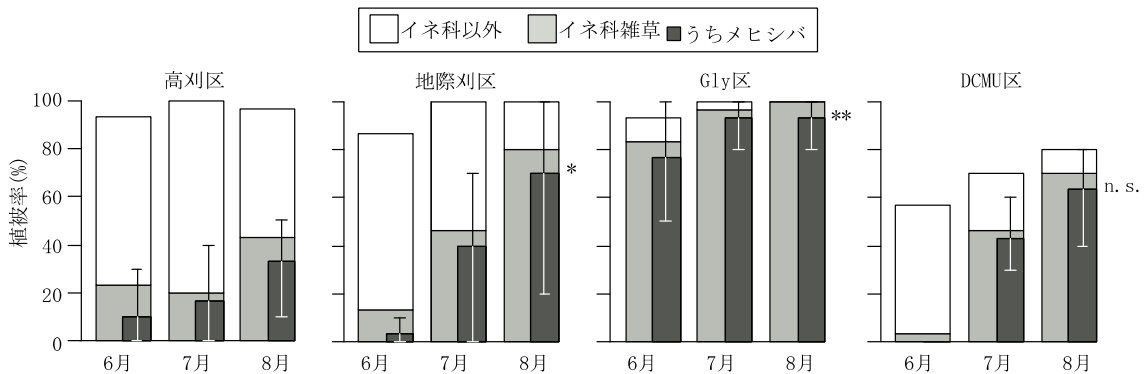
生活型	科名	種または属名	学名	出現時期	試験畦畔	処理区 ^{注)}
一年生	イネ科	スズメノカタビラ	<i>Poa annua</i> L.	4月	III	高
一年生	イネ科	スズメノテッポウ	<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol. var. <i>amurensis</i> (Komar.) Ohwi	5月	II	地
一年生	イネ科	ナギナタガヤ	<i>Festuca myuros</i> L.	5~6月	I	高地
一年生	イネ科	ヌカホ	<i>Agrostis clavata</i> Trin. var. <i>nukabo</i> Ohwi	5~7月	I	高地
一年生	イネ科	メヒシバ	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	6~11月	I	高地 G
一年生	イネ科	アゼガヤ	<i>Leptochloa chinensis</i> (L.) Nees	9~11月	II	地 G
一年生	イネ科	オオクサキビ	<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	9~11月	I	高地 G
一年生	イネ科	ヒユ属	<i>Echinochloa</i> sp.	9~11月	I	高地 G
一年生	イネ科	エノコログサ	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	10月	II	D
多年生	イネ科	コブナグサ	<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino	10月	III	地
多年生	イネ科	タンポポ属	<i>Taraxacum</i> sp.	5月	II	地
一年生	キク科	アキノノゲシ	<i>Lactuca indica</i> L.	5~11月	I	高地
一年生	キク科	ノボロギク	<i>Senecio vulgaris</i> L.	10月	III	高地
一年生	キク科	ヒメカシヨモギ	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	10月	I	高地
一年生	シソ科	ヒメオドリコソウ	<i>Lamium purpureum</i> L.	11月	I	高地 G
一年生	シソ科	ヒメジソ	<i>Mosla dianthera</i> (Hamilt.) Maxim.	4月	I	高地 G
一年生	タデ科	イヌタデ属	<i>Persicaria</i> sp.	9~11月	III	高地
一年生	タデ科	ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i> (Sieb. et Zucc.) H. Gross	8~11月	I	高地
一年生	ナデシコ科	オランダミミナグサ	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	10~11月	III	高地
一年生	ナデシコ科	ミミナグサ	<i>Cerastium holosteoides</i> Fries var. <i>angustifolium</i> (Franch.) Mizushima	5月	I	地
多年生	マメ科	シロツメクサ	<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino	4~11月	I	高地 G
一年生	マメ科	ヤハズエンドウ	<i>Vicia angustifolia</i> L.	5月	I	高地
一年生	アブラナ科	タネツケバナ	<i>Cardamine flexuosa</i> With.	4,11月	I	地
多年生	カタバミ科	カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i> L.	9~11月	II	高地
一年生	カヤツリグサ科	カヤツリグサ	<i>Cyperus microiria</i> Steud.	10~11月	II	地 G
多年生	スマシレ科	アリアケスマシレ	<i>Viola betonicifolia</i> Sm. var. <i>albescens</i> (Nakai) F. Maek. et T. Hashim.	6,8月	II	高地
一年生	ツユクサ科	ツユクサ	<i>Commelina communis</i> L.	8月	III	高地
一年生	トウダイグサ科	エノキグサ	<i>Acalypha australis</i> L.	8~9月	I	高地
多年生	トクサ科	スギナ	<i>Trifolium repens</i> L.	4~11月	I	高地 G
一年生	ハエドクソウ科	トキワハゼ	<i>Mazus pumilus</i> (Burm. f.) V. Steenis	5月	II	地
一年生	ムラサキ科	ノハラムラサキ	<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	4~6,11月	I	高地 G

注) 高: 高刈区、地: 地際刈区、G: G1y区、D: DCMU区の略。
 エノコログサとアキノエノコログサは区別せずにエノコログサとし、カヤツリグサとコゴメガヤツリは区別せずにカヤツリグサとし、
 ヒメカシヨモギ、アレチノギク、オオアレチノギクは区別せずにヒメカシヨモギとした。

第4-2表 試験畦畔および管理方法ごとの優占草種(2015年)

試験畦畔	調査日	優占草種			
		高刈区	地際刈区	Gly区	DCMU区
I	4/28	スギナ	ノハラムラサキ	(枯死・裸地)	スギナ
	5/27	スギナ	ノハラムラサキ	スギナ	スギナ
	6/24	スギナ	ノハラムラサキ	メヒシバ	スギナ
	7/22	スギナ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	8/20	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	9/22	メヒシバ・スギナ	-	メヒシバ	メヒシバ
	10/27	メヒシバ	-	メヒシバ	メヒシバ
II	4/28	スギナ	スギナ	(枯死・裸地)	スギナ
	5/27	スギナ	-	(枯死・裸地)	スギナ
	6/24	メヒシバ・スギナ	-	メヒシバ	スギナ
	7/22	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	8/20	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	9/22	-	-	-	メヒシバ
	10/27	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
III	4/28	スギナ	スギナ	(枯死・裸地)	スギナ
	5/27	スギナ	スギナ	(枯死・裸地)	スギナ
	6/24	ナギナタガヤ	スギナ	メヒシバ	-
	7/22	-	スギナ	メヒシバ	メヒシバ
	8/20	-	-	メヒシバ	メヒシバ
	9/22	-	スギナ	メヒシバ	ヒエ属
	10/27	ヒメジソ・ミゾソバ	ヒメジソ	メヒシバ	ヒエ属

植被率が30%以上の草種。太字は植被率が50%以上の草種。-は植被率が30%以上の草種なし



第4-2図 管理方法がイネ科雑草の植被率に与える影響

植被率は、6月が6月24日、7月が7月22日、8月が8月20日の値。平均値($n = 3$)。

エラーバーは、メヒシバ植被率のデータ区間(最小値-最大値)を示す。

**, *はそれぞれ、1%, 5%水準で、8月のメヒシバ植被率が高刈区と有意な差があることを表す(角変換後Dunnett法)。

4-1-3-2 斑点米カメムシ調査

4-1-3-2-1 5月から7月の捕獲数

捕獲された斑点米カメムシは、ほぼアカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジ

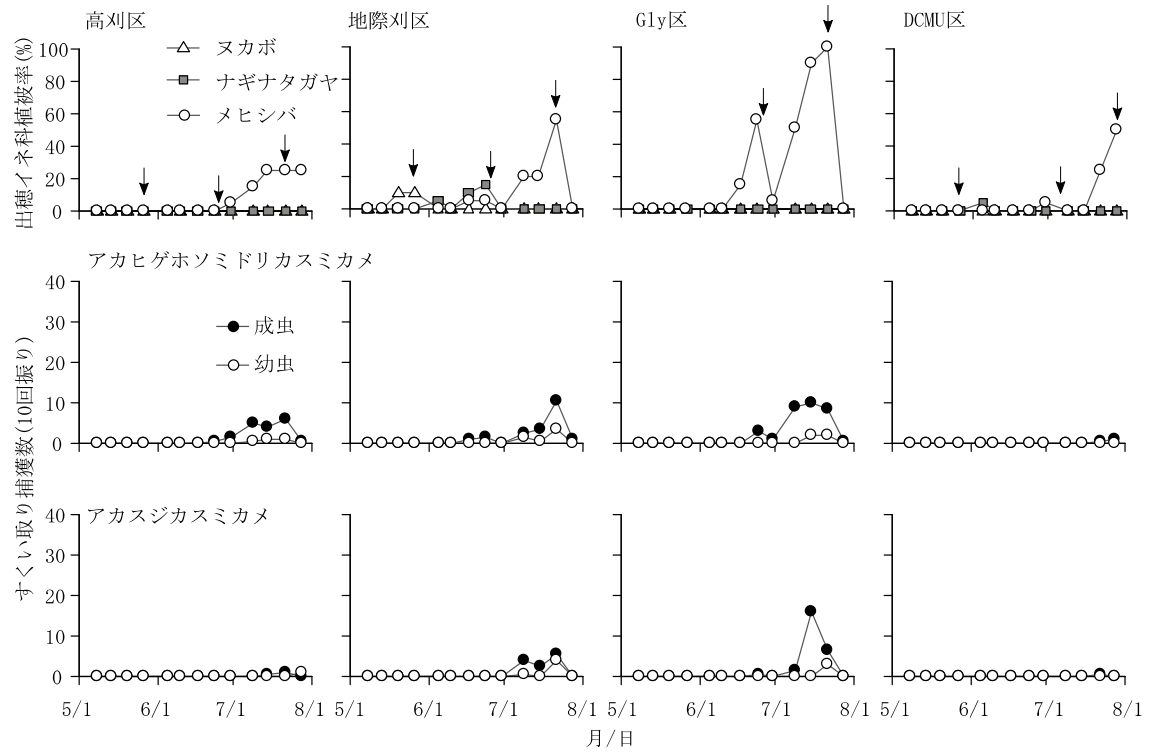
カスミカメで、オオトゲシラホシカメムシとアカヒメヘリカメムシ *Leptocoris augur* (Fieber) がわずかに捕獲された。またアカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメの発生動態が試験畦畔Ⅰ・Ⅱと試験畦畔Ⅲで大きく異なったため、試験畦畔ⅠとⅡは一つのデータ、試験畦畔Ⅲは独立したデータとして扱った。以降は、2種カスミカメムシについて5月から7月と、8月以降の調査結果を分けて記述する。

5月から7月について、試験畦畔Ⅰ、Ⅱでは、アカスジカスミカメは、「高刈区」、「DCMU区」ではほとんど捕獲されず、「地際刈区」、「Gly区」では、7月から主に成虫が捕獲された(第4-3図a)。アカスジカスミカメ捕獲数(平均値)は、「地際刈区」では7月22日が最多で成幼虫合計9.5頭、「Gly区」では7月15日が最多で成虫16.0頭であり、両処理区とも出穂したメヒシバの植被率が高まった時期に増加した。アカヒゲホソミドリカスミカメは、「高刈区」、「地際刈区」、「Gly区」では7月にやや増加し、多い時には成幼虫合計で7~14頭捕獲された。「DCMU区」では、アカヒゲホソミドリカスミカメはほとんど捕獲されなかった。

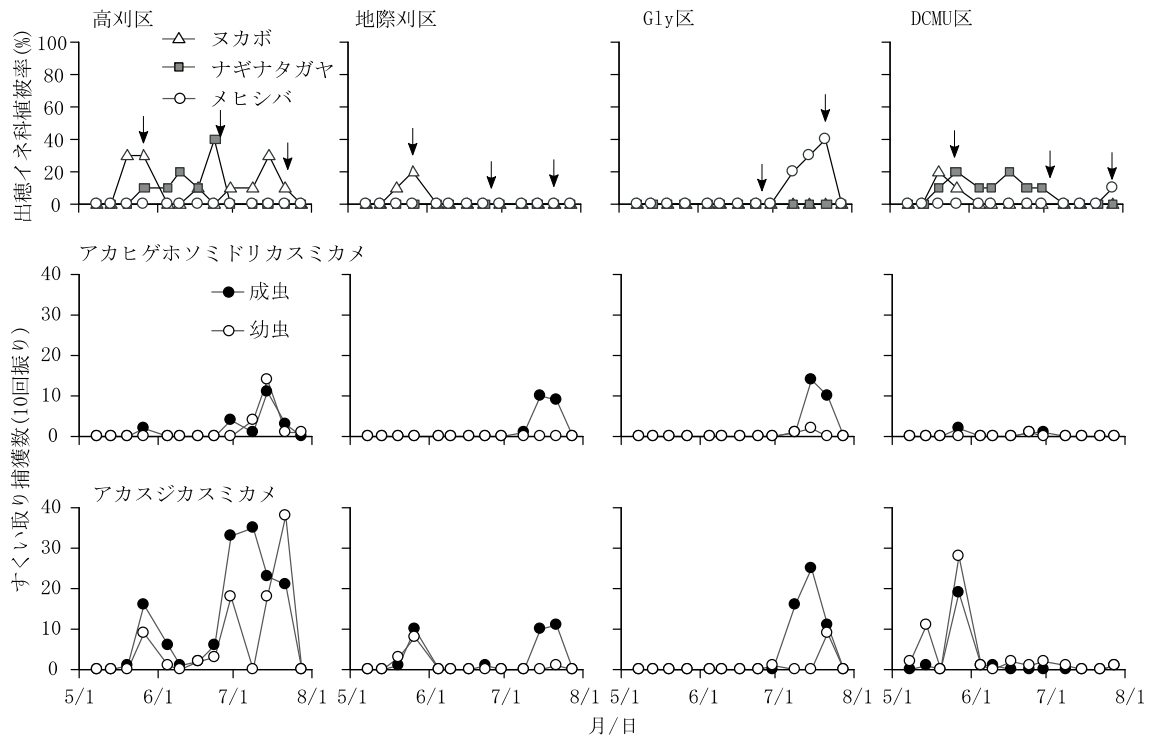
試験畦畔Ⅲにおいて、「高刈区」は、出穂したヌカボヤナギナタガヤが5月から7月まで発生していた。アカスジカスミカメは、「高刈区」では5月27日に幼虫9頭、成虫16頭が捕獲され、その後6月下旬~7月上旬には成虫、7月下旬には幼虫を中心に多数捕獲された(第4-3図b)。「地際刈区」では、5月下旬に成幼虫が捕獲され、その後しばらく捕獲数が少なかったが、7月中旬に成虫捕獲数が増加した。「Gly区」では、アカスジカスミカメは6月まで捕獲されなかったが、出穂したメヒシバの発生に伴って7月9日から成虫、7月22日には幼虫が捕獲された。「DCMU区」では、アカスジカスミカメは5月から幼虫が捕獲され、5月27日の成幼虫合計捕獲数は47頭が多かったが、その後は少なく推移した。アカヒゲホソミドリカスミカメは、「高刈区」では、5月下旬にわずかに成虫が捕獲さ

れ、7月には幼虫、成虫ともに捕獲数が増加した。「地際刈区」、「Gly区」では、7月中旬にアカヒゲホソミドリカスミカメの成虫捕獲数が増加し、「DCMU区」では5月から7月まで捕獲数が少なかった。

(a) 試験畦畔Ⅰ・Ⅱ



(b) 試験畦畔Ⅲ



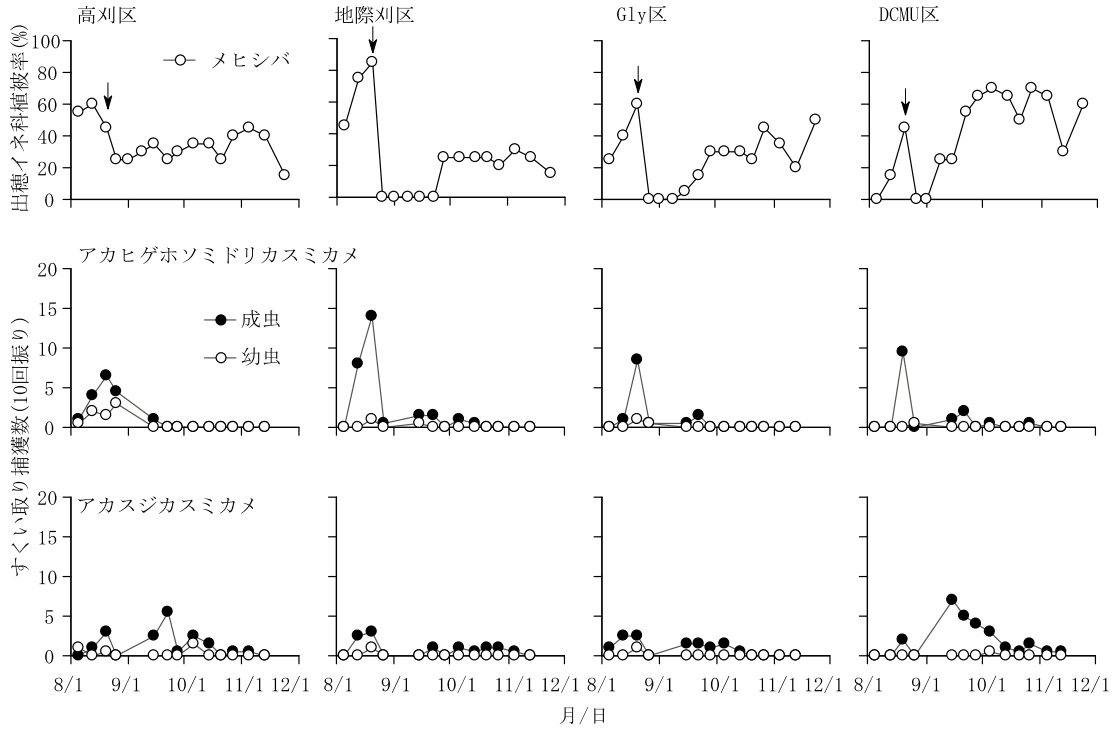
第4-3図 5月から7月のカスミカメムシ捕獲数と出穂したイネ科雑草植被率の推移
 試験畦畔Ⅰ・Ⅱのすくい取り捕獲数は、平均値 (n = 2)。
 矢印は、草刈りを行った時期を表す。

4-1-3-2-2 8月以降の捕獲数

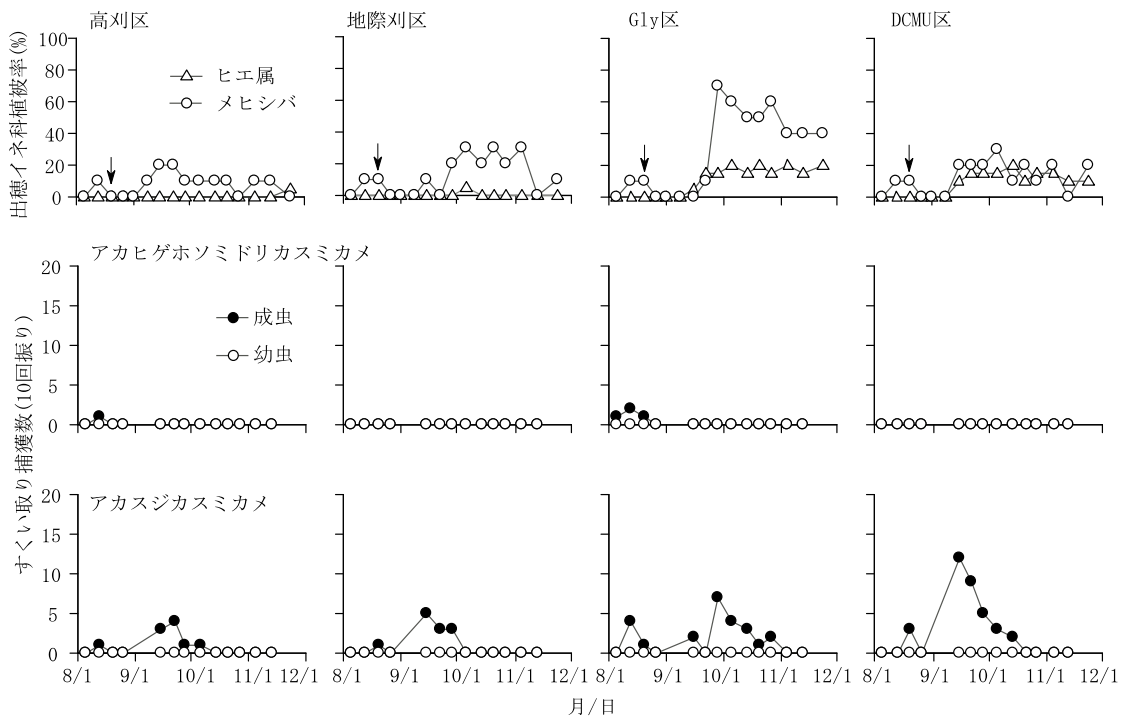
8月以降の試験畦畔ⅠとⅡにおいて、いずれの処理区でも、出穂したメヒシバが11月まで発生した。アカスジカスミカメは、いずれの処理区でも10月まで成虫が捕獲され、成虫捕獲数は、「DCMU区」がやや多く、9月中旬に増加し、その後漸減した。アカヒゲホソミドリカスミカメは、いずれの処理区でも8月中旬に捕獲数が増加し、8月20日の草刈り後はほとんど捕獲されなかった。

試験畦畔Ⅲにおいて、出穂したイネ科雑草は、「高刈区」と「地際刈区」ではほぼメヒシバ、「Gly区」と「DCMU区」ではメヒシバとヒエ属の混発であった。アカスジカスミカメは、いずれの処理区も成虫が捕獲され、9月中旬に増加し、その後漸減した。成虫捕獲数は、「DCMU区」が最も多かった。アカヒゲホソミドリカスミカメは、いずれの処理区でも、8月20日の草刈り後はほとんど捕獲されなかった。

(a) 試験畦畔Ⅰ・Ⅱ



(b) 試験畦畔Ⅲ



第4-4図 8月以降のカスミカメムシ捕獲数と出穂したイネ科雑草植被率の推移
 試験畦畔Ⅰ・Ⅱのすくい取り捕獲数は、平均値(n = 2)。
 矢印は、草刈りを行った時期を表す。

4-1-4 考察

基盤整備畦畔の植生は経過年数によって変遷し、基盤整備直後は一年生雑草が優占し、そこから徐々に多年生雑草へ置き換わっていく(山口ら, 1998; 伊藤ら, 1999)。第3章の試験畦畔が伝統的畦畔であったのに対し、今回の試験畦畔は、基盤整備後約7年経過した基盤整備畦畔であったことから、植生条件は、第3章の植生条件とは大きく異なると考えられた。

今回の試験では、イネ科雑草、特に一年生イネ科雑草が多く出現し、またアキノノゲシやヒメムカシヨモギといった大型の多年生キク科雑草も出現した(第4-1表)。伊藤ら(1999)は、基盤整備後数年経過した圃場では、一年生雑草がある程度優占するが、セイタカアワダチソウなどの大型種の被度も高いことを報告しており、今回の試験でも同様の傾向が見られた。またスギナとメヒシバが優占する処理区が多く(第4-2表)、試験畦畔の主な草種は、スギナとメヒシバと考えられた。出現種数は、「高刈区」と「地際刈区」はほぼ同数であったが、「高刈区」ではカタバミやアリアケスミレ *Viola betonicifolia* Sm. var. *albescens* (Nakai) F. Maek. et T. Hashim. といった管理上ほとんど問題とならない小型の広葉雑草が出現するなど、一部で出現草種の変化が見られた。除草剤を散布した処理区の出現種数は、散布前を含め、「Gly区」が10種、「DCMU区」が16種で、「Gly区」は植生の単純化・貧弱化が顕著であった。グリホサート系の除草剤は、地上部はもとより、根や地下茎など地下部まで雑草全体に行き渡る(菊岡, 1993)のに対し、DCMUは根から吸収され葉に集積する(湯山, 1980)。こうした除草剤の特性が植生に影響したと考えられた。

「高刈区」の8月のメヒシバ植被率は、「地際刈区」、「Gly区」よりも有意に低く、高刈りによるメヒシバ抑制効果が、基盤整備畦畔においても認められた(第4-2図)。今回「高刈区」の主な雑草は、5月では主にスギナであった。「高刈区」で

も夏季にメヒシバが優占する可能性があることから(第 4-2 表), 高刈りのメヒシバ抑制効果は, 残す雑草種によって異なる可能性があり, 今後検討が必要である。

「Gly 区」は, メヒシバ植被率が 6 月から高まり, 他の試験区よりも早くメヒシバが優占した(第 4-2 図)。このことから基盤整備畦畔においても, 春季の非選択性茎葉処理除草剤の散布は, メヒシバ植被率を高めることが確認された。DCMU の効果持続期間はおよそ 2 カ月と見込まれるが(佐合・松田, 1998), 「DCMU 区」のメヒシバ植被率は, 散布後 47 日にあたる 7 月 22 日には, 43.3%で地際刈区と概ね同じであり, DCMU 水和剤によるメヒシバの抑制効果は判然としなかった。

メヒシバは, 「Gly 区」では 6 月中旬, 他の処理区では 7 月中旬から出穂し(第 4-3 図), 11 月まで長期間出穂した状態で発生した(第 4-4 図)。また出穂したメヒシバの植被率は, 草刈り後大きく低下するが, すぐに増加した(第 4-3 図)。メヒシバは, 出穂に日長条件に影響されない早生集団と出穂に短日条件を必要とする晩生集団が存在する(Kataoka et al., 1986)ことから, 今回の試験で出現したメヒシバは早生集団と推察される。早生集団のメヒシバは, 水田畦畔で長期間発生し, 草刈り後もすぐに再生, 出穂するため, 出穂させずに管理するには大きな労力を必要とし, 管理不足により斑点米カメムシの発生源になるリスクが大きいと考えられた。

試験畦畔Ⅲにおいて, 5 月から 7 月のアカスジカスミカメの発生動態は, 処理区によって大きく異なり, 「高刈区」では, 5 月下旬に成幼虫, 7 月上旬に成虫, 7 月下旬に幼虫のピークが認められた(第 4-3 図)。「高刈区」では, ヌカボやナギナタガヤが 5 月から 7 月まで連続して出穂した状態で発生しており, アカスジカスミカメはこれらを寄主として増殖したと推察された。「地際刈区」, 「DCMU 区」では, ヌカボやナギナタガヤの出穂に伴い, 5 月下旬にアカスジカスミカメの密度が増加したが, 草刈り後は密度が低下し, その後は幼虫の発生を伴う明確な増

殖は見られなかった。これらのことから、高刈りは、ヌカボやナギナタガヤなどの春季のイネ科雑草が存在する場合には、これらイネ科雑草が残り、斑点米カメムシが増殖するリスクがあると考えられた。「Gly 区」では、4 月 24 日に除草剤を散布したことでヌカボやナギナタガヤは出現せず、アカスジカスミカメは 6 月までは捕獲されなかった(第 4-3 図)。しかし出穂したメヒシバが発生した 7 月には 2 種カスミカメムシが捕獲されたことから、春季の非選択性茎葉処理除草剤の散布は、春季のイネ科雑草を除草し、越冬世代のカスミカメムシの発生を抑制するメリットと、その後はメヒシバが優占し、カメムシの密度が高まるデメリットがあると考えられた。

いずれの処理区でも 8 月以降はメヒシバが出穂し、アカスジカスミカメは成虫が 10 月まで断続的に捕獲された(第 4-4 図)。9 月以降アカスジカスミカメ雌成虫は、休眠卵を産下していると考えられ(飯村, 2004; 重久, 2008), メヒシバはアカスジカスミカメの越冬源になっていると推察される。アカスジカスミカメは、新潟県では 2000 年ころに県内の一部で発生が確認され、その後分布は県内全域に拡大し、発生量も増加している(石本, 2016)。新潟県では、8 月までは斑点米カメムシ対策として畦畔の雑草管理が積極的に行われているが、コメの収穫時期にあたる 9 月や収穫後の 10 月は、雑草管理の実施率が低下していると推察され、今後秋季の雑草管理の最適化が求められる。またアカヒゲホソミドリカスミカメは、いずれの処理区でも 9 月以降は捕獲数が少なく、第 2 章の斑点米カメムシの発生実態調査の結果と一致した。

今回の試験により、高刈りは、基盤整備畦畔においても、メヒシバを抑制する効果があることが実証された。また、「高刈区」と「地際刈区」の出現草種はほぼ同数であり、試験畦畔によって「高刈区」であっても夏季のメヒシバ植被率が高まった。このことから高刈りは、植生を急激に変えるのではなく、徐々に広葉雑

草を増やし、メヒシバ等のイネ科雑草を減らすものとみられる。今後は高刈りによる管理を継続して、メヒシバ抑制効果や出現草種、種の多様性に与える影響を検討する必要がある。また、高刈りの課題として、春季のイネ科雑草が存在する場合、そのイネ科雑草が残り続け、斑点米カメムシが増殖することが示された。春季のイネ科雑草は高刈りをするのではなく、地際から刈り取って除草するなどの対策が必要と考えられた。

第 2 節 高刈りの継続によるメヒシバ抑制効果

4-2-1 はじめに

高刈りは、植生を徐々に変化させると考えられることから、高刈りによる管理を継続することで、メヒシバ抑制効果が高まる可能性がある。

また、第 1 節でイネ移植前に非選択性茎葉処理除草剤のグリホサートカリウム塩液剤を散布した「Gly 区」は、植生が大きく変化し、出現種数が「高刈区」や「地際刈区」と比べて大きく減少し、メヒシバ植被率が高まった。新潟県では、水田畦畔の雑草管理に除草剤が広く用いられていることから(徐, 2000)、除草剤の散布により植生の単純化・貧弱化が起こった畦畔に対しても、高刈りによる植生の変化を検討する必要がある。

これらのことから第 4 章第 2 節では、引き続き第 1 節の試験畦畔を用いて、高刈りによる植生の変化を検討した。

4-2-2 材料および方法

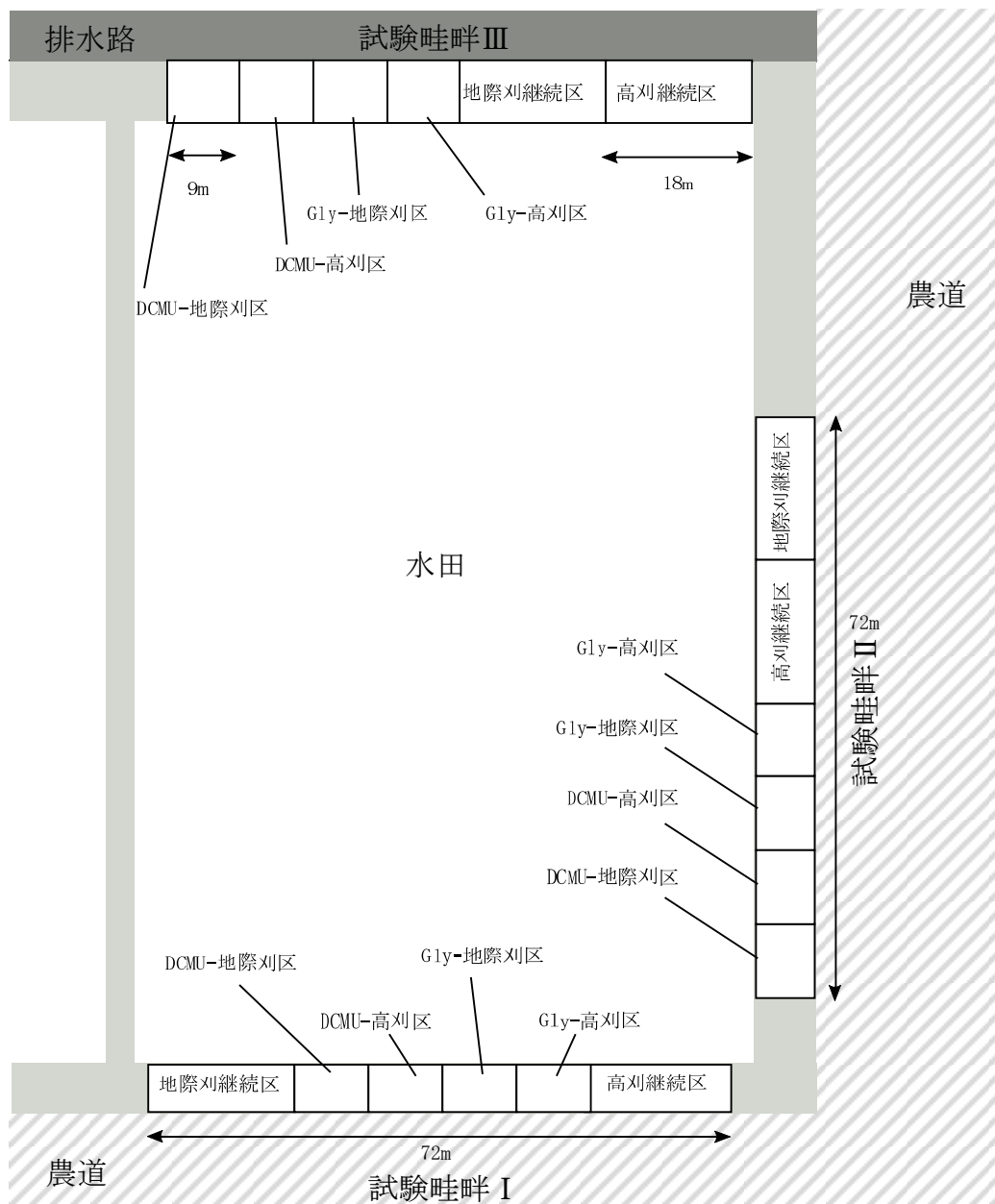
4-2-2-1 処理区の設定

2016 年、2017 年に、第 4 章第 1 節の新潟県長岡市横山(北緯 37.54 度、東経 138.86 度、標高 13.8m)の現地圃場の畦畔を用いて試験を行った。処理区について、2015 年の「高刈区」は、雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取る管理(高刈り)を継続して「高刈継続区」とし、2015 年の「地際刈区」は、雑草を地際から刈り取る管理を継続して「地際刈継続区」とした。

2015 年の「Gly 区」は、2016 年 5 月 13 日(1 回目の草刈り時)に、長辺 18m を 9m に 2 分し、雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取る「Gly-高刈区」と雑草を地際から刈り取る「Gly-地際刈区」を設置した(第 4-5 図)。2015 年の「DCMU

区」も同様に 2 分して、「DCMU-高刈区」と「DCMU-地際刈区」を設置した。

草刈りの時期と回数は、2016 年は 5 月 13 日、6 月 17 日、7 月 15 日、8 月 12 日、9 月 8 日、2017 年は 5 月 18 日、6 月 29 日、7 月 25 日、8 月 16 日、9 月 8 日で、年間 5 回草刈りを行った。草刈りは、優占している草種の草高や全体の植生高が 40～50 cm に達した状態で行い、試験畦畔によって雑草の繁茂状況が異なる場合でも、同日に草刈りを行った。



第4-5図 試験畦畔と処理区の配置図(2016年, 2017年)

4-2-2-2 植生調査

2016年は4月14日～11月16日, 2017年は4月14日～11月30日まで概ね1~2週間間隔で, 第4章第1節の植生調査に準じ, 各処理区の出現草種と草高を調査した。ただし, 「Gly-高刈区」, 「Gly-地際刈区」, 「DCMU-高刈区」, 「DCMU-

地際刈区」では、2016年はおよそ1.5m間隔で合計5地点、2017年は0.8m間隔で合計10地点の出現草種と草高を調査した。

4-2-3 結果

4-2-3-1 出現草種

一年生雑草を中心に、2年間で合計36種の雑草が出現した(第4-3表)。2016年の出現種数は、「高刈継続区」の22種が最も多く、「Gly-地際刈区」の11種が最も少なかった。「高刈継続区」と「地際刈継続」、「Gly-高刈区」と「Gly-地際刈区」、「DCMU-高刈区」と「DCMU-地際刈区」をそれぞれ比べると、出現種数は高刈りで管理した処理区の方が多かった。2017年の出現草種は、「高刈継続区」の25種が最も多く、「地際刈継続区」、「DCMU-高刈区」、「DCMU-地際刈区」の17種が最も少なく、最多と最少の差が2016年よりも小さかった。2016年よりも出現草種数が増加した処理区は、「高刈継続区」、「Gly-高刈区」、「Gly 地際刈区」、「DCMU-地際刈区」で、特に「Gly-高刈区」は出現草種数が7種増加した。「地際刈継続区」、「DCMU-高刈区」は出現草種がやや減少した。

試験畦畔Ⅲの「高刈継続区」は、2016年ではヒメジソ、2017年ではミゾソバが優占し、他の処理区では優占しなかった草種が優占した(第4-4表)。「Gly-高刈区」は、2016年の試験畦畔Ⅰ・Ⅱではメヒシバが優占したが、2017年の試験畦畔Ⅰではスギナ、試験畦畔Ⅱではシロツメクサが優占し、優占種が変化した。

「DCMU-地際刈区」と「DCMU-高刈区」は、2016年では、優占草種が同じであったが、2017年では優占草種に違いが見られた。全体では、スギナとメヒシバが優占する処理区が多かった。

第4-3表 出現草種の一覧(2016-2017年)

生活型	科名	種名	2016年				2017年						
			高刈		DCMU-		高刈		Gly-		DCMU-		
			継続区	地際刈	高刈区	地際刈区	継続区	地際刈	高刈区	Gly-	高刈区	DCMU-	地際刈区
一年生	イネ科	スズメノカタビラ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	スズメノテツボウ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	ナギナタガヤ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	スカサベ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	スズメノチャヒキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	メヒシバ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	オオクサキビ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	ノヒエ属	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	エノコログサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	イネ科	キンエノコロ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
多年生	イネ科	コブナグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
多年生	イネ科	タンポポ属	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	キク科	ハルジオン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	キク科	ヒメジョオン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	キク科	アキノノゲシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	キク科	セイタカアワダチソウ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	キク科	アメリカセンダングサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	キク科	オニノゲシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	シソ科	ヒメオドリコソウ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
多年生	シソ科	トウバナ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	シソ科	ヒメジン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	カヤツリグサ科	カヤツリグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
多年生	カヤツリグサ科	ヒメクダ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	タデ科	イヌタデ属	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	タデ科	ミゾソバ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	ツユクサ科	ツユクサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	ツユクサ科	イボクサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	マメ科	ヤハズエンドウ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
多年生	マメ科	シロツメクサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	アブラナ科	タネツケバナ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	オオバコ科	タチイヌノアグリ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
多年生	カタバミ科	カタバミ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	トウダイグサ科	エノキグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
多年生	トクサ科	スギナ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	ナデシコ科	オランダミミナグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
一年生	ムラサキ科	ノハラムラサキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○はその草種が出現したことを表す。

第4-4表 試験畦畔および処理区ごとの優占草種(2016年, 2017年)

年次	試験畦畔	高刈継続区	地際刈継続区	Gly-高刈区	Gly-地際刈区	DCMU高刈区	DCMU地際刈区
2016年	I	エノキグサ	ノハラムラサキ	スギナ	スギナ	スギナ	スギナ
	II	スギナ メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	III	スギナ ヒメジソ	スギナ	ヌカボ	メヒシバ	—	—
2017年	I	—	メヒシバ	スギナ	スギナ メヒシバ	ノハラムラサキ スギナ シロツメクサ エノキグサ	ノハラムラサキ スギナ メヒシバ
	II	—	メヒシバ	シロツメクサ	メヒシバ	—	スギナ メヒシバ
	III	スギナ ミゾソバ	スギナ	ヌカボ	ヌカボ メヒシバ	—	ヌカボ

2016年4月14日～11月16日または2017年4月14日～11月30日の間に、植被率が50%を越えた草種。

—は植被率が50%を超えた草種なし。

4-2-3-2 メヒシバ植被率

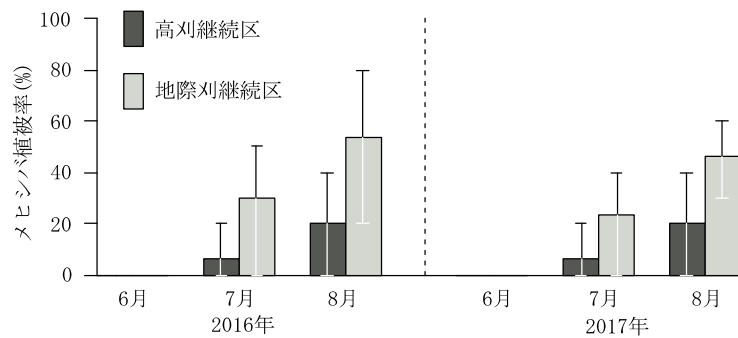
「高刈継続区」と「地際刈継続区」について、2016年のメヒシバ植被率は、両区とも8月にかけて高まり、「高刈継続区」は7月が6.7%、8月が20.0%、「地際刈継続区」は7月が30.0%、8月が55.3%で、7月、8月とも「高刈継続区」が「地際刈継続区」より低かった(第4-6図a)。2017年も同様の傾向を示し、メヒシバ植被率は「高刈継続区」が「地際刈継続区」よりも低く推移した。

「Gly-高刈区」、「Gly-地際刈区」について、2016年は両区とも6月からメヒシバが発生した(第4-6図b)。メヒシバ植被率は、6月から8月にかけて高まり、8月の植被率は、「Gly-高刈区」が40.0%、「Gly-地際刈区」が73.3%で、「Gly-地際刈区」が高かった。2017年の「Gly-高刈区」のメヒシバ植被率は、6月が0%、7月が3.3%、8月が20.0%で、いずれの調査時期も「Gly-地際刈区」よりも低く、また2016年よりも低く推移した。

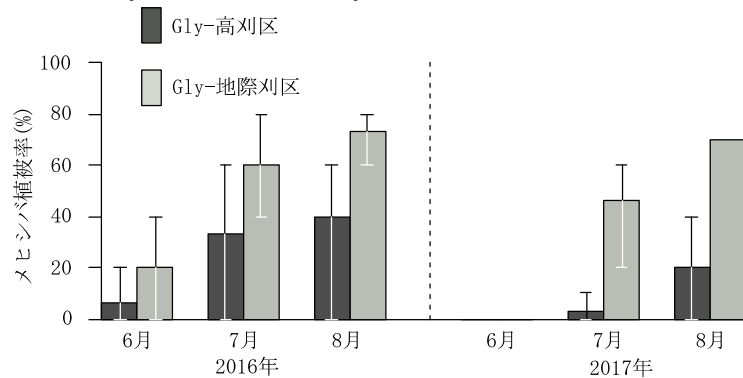
「DCMU-高刈区」、「DCMU-地際刈区」について、2016年のメヒシバ植被率は、「DCMU-高刈区」では6月が0%、7月が6.7%、8月が40.0%、「DCMU-地際刈

区」では6月が13.3%，7月が26.7%，8月が40.0%で，7月までは両区で差が見られたが，8月は同じであった(第4-6図c)。2017年のメヒシバ植被率は，「DCMU-高刈区」が「DCMU-地際刈区」よりも低く推移した。

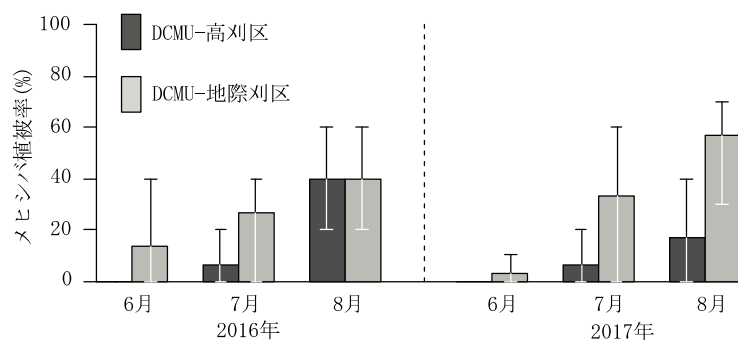
(a) 高刈継続区・地際刈継続区



(b) Gly-高刈区・Gly-地際刈区



(c) DCMU-高刈区・DCMU-地際刈区



第4-6図 草刈りの方法がメヒシバの植被率に与える影響
 平均値 ($n = 3$)。2016年6月は6月17日，7月は7月12日，8月は8月9日，
 2017年6月は6月26日，7月は7月24日，8月は8月16日の植被率。
 エラーバーは，データ区間(最小値-最大値)を示す。

4-2-4 考察

水田畦畔の雑草(植物)は、文化的、景観的な価値や、それが有する生物多様性保持機能の重要性が指摘されている(山口・梅本, 1996; 山口ら, 1998)。水田畦畔の「理想的植生」には、斑点米カメムシだけでなく、環境保全や種の多様性の観点も重要と思われる。高刈りによる管理を3年間継続した「高刈継続区」の出現種数は、2017年が25種で、「地際刈継続区」の17種を上回った(第4-3表)。また「Gly-高刈区」は、2015年に非選択性茎葉処理除草剤を散布したため種の多様性が低下し、植生が単純化していたと推察されるが、2016年の出現種数が15種、2017年が22種で、高刈りによる管理を2年間継続すること出現草種が増加した。これらのことから、高刈りによる管理を継続することで、種の多様性が高まることが示唆された。一方で、「DCMU-高刈区」と「DCMU-地際刈区」では、高刈りによる出現草種の増加は見られなかった。また伝統的畦畔で行った第3章の試験でも、「高刈区」と「地際刈区」では出現草種に大きな違いは認められなかった。水田畦畔における種の多様性は、基盤整備の影響を受けることが既に明らかになっている(大窪, 1996; 山口ら, 1998; 伊藤ら, 1999)。また除草剤を使用しない水田畦畔では、チガヤやスイバ *Rumex acetosa* L. などの多年生雑草が多く出現し、除草剤を使用する水田畦畔では、スギナやヨモギ *Artemisia princeps* Pampan. などの多年生雑草と、メヒシバ、スズメノテッポウなどの一年生雑草が多く出現することが報告されている(大塚ら, 2006)。基盤整備や除草剤散布と比較すると、高刈りなど草刈りの方法が種の多様性に与える影響は、十分に明らかにされておらず、引き続き検討が必要であろう。

「高刈継続区」と「地際刈継続区」、「Gly-高刈区」と「Gly-地際刈区」、「DCMU-高刈区」と「DCMU-地際刈区」をそれぞれ比較した場合、メヒシバ植被率は、高刈りで管理をした処理区の方が低かった(第4-6図)。さらにメヒシバ植被率は、

「Gly-高刈区」と「DCMU-高刈区」では、2016年よりも2017年が低かった。これらのことから、一度除草剤を散布して、植生が貧弱化した畦畔においても、高刈りのメヒシバ抑制効果が確認され、その効果は高刈りによる管理を継続すると高まることが示唆された。

3年間高刈りによる管理を継続した「高刈継続区」のメヒシバ植被率は、2017年8月では、最高が試験畦畔Ⅱの40%、最低が試験畦畔Ⅲの0%であり、高刈りによるメヒシバ抑制効果は、試験畦畔によって異なった。試験畦畔Ⅲでは、ヒメジソやミゾソバといった広葉雑草が優占しており、高刈りによりこれら広葉雑草が残ることで、メヒシバの発生が強く抑制されたと考えられる。高刈りによるイネ科雑草抑制効果は、既にイネ科雑草が優占する畦畔では、望めない(静岡県農林技術研究所, 2013)。水田畦畔の植生を「理想的植生」に誘導するには、画一的な管理をするのではなく、植生に注目して最も適した管理手法を選択する必要があるだろう。今後は、既にイネ科雑草が優占した畦畔や、高刈りによるイネ科雑草抑制効果が低い畦畔に適した植生管理手法の開発が期待される。

第 5 章

総合考察

畦畔や農道の雑草管理は、1980年代には斑点米カメムシの密度低下に有効であることが提示され(藤巻ら, 1980), 現在では斑点米カメムシの耕種的防除法として広く認知されている。この間に斑点米カメムシの発生相は変化し, 新潟県では, 1990年中頃からアカヒゲホソミドリカスミカメ, 2000年頃からアカスジカスミカメの発生が確認され, 現在の斑点米カメムシの発生量は過去最高レベルである(石本, 2016)。一方で稲作を取り巻く環境も大きく変化し, 農林業センサス累年統計(農林水産省, 2018)によると, 一経営体当たりの経営耕地面積(田)は, 1980年が 0.69ha, 2015年が 1.44ha であり, 35年間で倍増した。こうした状況の変化に対応するため, 効果的かつ効率的な雑草管理, すなわち雑草管理の最適化が求められている。

著者は, 雑草管理の最適化には, 佐合(2007)が提唱する理想的植生管理が有効と考えた。そして斑点米カメムシの主要種であ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寄主がほぼイネ科植物に限られることに注目し, 斑点米カメムシの発生しにくい植生管理技術を構築することを目的に本研究に取り組んだ。

5-1 新潟県の水田畦畔の現状

本研究では, まず現在の新潟県における水田畦畔の植生と斑点米カメムシの発生実態を調査し, 以下の 2 点を明らかにした。

○斑点米カメムシの寄主となる出穂したイネ科雑草は, 新潟県では 8 月まで少な

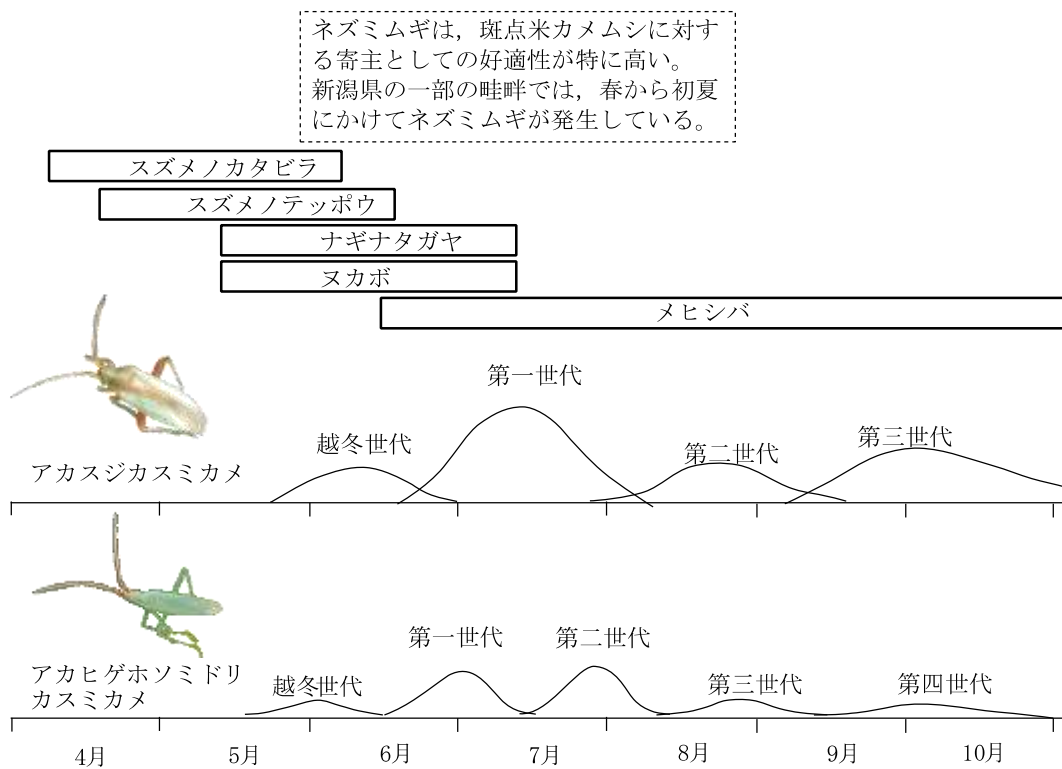
く、9月以降に増加する。そのイネ科雑草は、6月までは主にスズメノカタビラ、スズメノテッポウ、ナギナタガヤ、ヌカボで、7月以降はほぼメヒシバである。

○新潟県の畦畔では、アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメが5月から10月まで連続して発生している。発生量は7月が最も多く、アカスジカスミカメは、メヒシバで7月以降も多い状態が維持されている。

イネ科は巨大な植物グループのひとつであり、日本に限っても、亜種、変種まで入れると約320種にも及ぶ(長田, 1993)。斑点米カメムシの寄主として報告のあるイネ科雑草は、アカスジカスミカメでは、ネズミムギ、スズメノテッポウ、タイヌビエ、メヒシバ等(林・中沢, 1988)で、アカヒゲホソミドリカスミカメではスズメノカタビラ、スズメノテッポウ、ネズミムギ、ナガハグザ、コヌカグサ *Agrostis gigantea* Roth, カゼクサ *Eragrostis ferruginea* (Thunb.) Beauv. メヒシバ等(八谷, 1999; 菊池・小林, 2004)であり、多数存在する。そのため新潟県において、斑点米カメムシの増殖源となり、防除しなければならない「真の雑草」を明確にする必要があった。斑点米カメムシの増殖源となる「真の雑草」、すなわち出穂したイネ科雑草を時期ごとに明示した(第5-1図)。このうち、スズメノカタビラ、スズメノテッポウ、メヒシバは石本・岩田(2019)によって斑点米カメムシの発生源となっていることが報告されているが、ヌカボ、ナギナタガヤは、新潟県の複数地区を調査した本研究によって、斑点米カメムシの増殖源となっていることが明らかになった(第2-2表)。斑点米カメムシの密度抑制には、これらイネ科雑草に注目し、出穂させないように管理をすることが効果的であると考えられる。

アカスジカスミカメは、新潟県の斑点米カメムシのなかで、発生が認められた

時期が最も遅かったにも関わらず、現在では水田畦畔における発生量が最も多いことが明らかになった(第 2-5 図)。新潟県では、9 月以降は出穂したメヒシバが増加し(第 2-4 図)、メヒシバにおける発生量は、アカスジカスミカメがアカヒゲホソミドリカスミカメよりも有意に多かった(第 2-8 図)。このことは、アカスジカスミカメが新潟県の畦畔植生に適応していることを示唆しており、アカスジカスミカメの密度を抑制するには、メヒシバの発生を減らす必要があることが示された。



第5-1図 新潟県の水田畦畔における主なイネ科雑草の出穂時期と斑点米カメムシの発生消長(模式図)

5-2 管理方法による植生の変化

植生は管理方法によって変化することから、理想的な植生に誘導する管理方法を明らかにする必要がある。第 3 章では伝統的畦畔，第 4 章では基盤整備畦畔

において、特にメヒシバに注目して、管理方法が植生に与える影響を検討し、以下のことを明らかにした。

○雑草を地際から 10cm 程度高い位置で刈り取る「高刈り」は、メヒシバを抑制する効果がある。

イネ科雑草は、生長点が地表面付近にあるため、生長点の高い広葉雑草よりも草刈りによる攪乱に強く、再生が早い(浅井, 2015)。雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取る高刈りは、草刈りによる攪乱程度が小さいため、地際から刈り取るよりも広葉雑草が生き残り、相対的にイネ科雑草を抑制する(静岡県農林技術研究所, 2013)。高刈りによるメヒシバ抑制効果は、伝統的畦畔、基盤整備畦畔の両方で認められ(第 5-2 図)、本研究により高刈りの適用範囲が広いことが示された。第 4 章第 2 節では、非選択性茎葉処理除草剤の散布によって出現草種が減少した畦畔において、高刈りによる管理を 2 年間継続したところ、出現草種数が増加した。このことは高刈りはイネ科雑草を抑制するだけでなく、植生を回復させる効果があることを示唆している。畦畔雑草の草高は、そこに生息する生物に影響を与え、草刈りによって草高が短く、植生量が大きく低下した畦畔では、バッタ目(吉尾ら, 2009)やカエル類(大澤ら, 2005)の密度が低い。また斑点米カメムシを捕食する造網性クモ類は、高刈りにより個体数が増えることが報告されている(稲垣ら, 2012)。理想的植生は、生物多様性も考慮すべきであり、高刈りは生物多様性に配慮した雑草管理としても注目される。

また第 4 章の試験により、以下の高刈りの課題も明らかになった。

○春季のイネ科雑草は、高刈りするとその後の再生、出穂が早く、斑点米カメム

シの増殖源となる。

アカスジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメは、一年間に複数世代経過する多化性の害虫であり、水田に侵入して粃を加害する前に、雑草地で1~2世代経過する。コムギ苗を餌とした場合の雌の1頭当たりの生涯産卵数は、アカスジカスミカメでは128.7個(重久, 2004), アカヒゲホソミドリカスミカメは107.7個(樋口・高橋, 2003)程度であり、これらカメムシの増殖能力は高い。密度を抑制するには、越冬世代, 第1世代のころからイネ科雑草が出穂しないように雑草を管理し、増殖させないことが重要である。第4章第1節の試験畦畔Ⅲの「高刈区」では、ヌカボとナギナタガヤが草刈り(高刈り)後もすぐに再生, 出穂し、アカスジカスミカメは、これらを寄主にして増殖したと見られた。このことは、高刈りによる管理の注意点として特筆すべきであろう。またイネ科雑草が優占する畦畔では、高刈りのイネ科雑草抑制効果は期待できないとされ(静岡県農林技術研究所, 2013), 本研究においても、高刈りにより管理した処理区であっても、メヒシバが優占する場合があった。今後は、既にイネ科雑草が優占した畦畔や、高刈りによるイネ科雑草抑制効果が低い畦畔に適した植生管理手法の開発が期待される。



第5-2図 高刈りによりイネ科以外の雑草が優占した水田畦畔

5-3 斑点米カメムシの発生しにくい植生に誘導する植生管理方法の提示

以上のことを踏まえ、斑点米カメムシの発生しにくい植生に誘導する植生管理方法として、高刈りが有効であると結論付けた。ただし、春季に出穂したイネ科雑草、新潟県では主にスズメノカタビラやスズメノテッポウ、ヌカボやナギナタガヤが発生している場合、これらは選択的に地際から刈り取って除草する必要がある。

斑点米被害を抑制するには草刈りの時期も重要とされ、寺本(2003)は、イネの出穂3週間前頃と出穂期の2回、安田ら(2013)はイネの出穂2週から1週間前とイネの出穂1週から2週間後の間の2回が適切な草刈り時期と回数であるとしている。これらの報告は、畦畔雑草が斑点米カメムシの発生源になることを前提にしていると思われるが、草刈りが必要な時期や回数は、イネ科雑草が優占する畦畔と、イネ科以外の雑草が優占する畦畔では異なると考える。草刈りの時期はイネ科雑草の出穂や雑草の草丈に応じて判断すれば良く、イネ科以外の雑草が優占する植生に誘導することは、雑草管理の効率化にも寄与するものと思われる。

5-4 「理想的」植生管理に向けた今後の展開

雑草管理を行う理由は、斑点米カメムシの耕種的防除だけではない。斑点米カメムシの寄主にならずとも、イネの栽培の妨げになる畦畔雑草は、除草すべき「真の雑草」である。第4-1表、第4-3表の出現草種のなかでは、イボクサは、畦畔から水田内に侵入し、減収や収穫の支障となる強害雑草である。また「作業の邪魔になる」や「見た目」も生産者が草刈りをする大きな理由である(徐, 2001)ことから、セイタカアワダチソウやアキノノゲシ、ヒメムカシヨモギといった大型のキク科雑草も、場面によっては防除すべき「真の雑草」と言えるだろう。草を刈る高さは、刈払機では容易に変えることができる。除草が必要な雑草は地際部

から刈り取り，害のない雑草は高刈りによって 10 cm 程度残しておく。こうした管理が「理想的」植生管理の基本になると考える。

強害雑草が優占する畦畔では，その植生を早急に変える必要があり，除草剤の散布は有効な手段である。例えば，近年大きな問題となっている帰化アサガオ類の被害を防ぐには，畦畔から大豆圃場に侵入する前に，畦畔にグルホシネートを散布して除草することが重要である(農研機構，2011)。また，除草剤の特性を活かし，植生を誘導することも考えられる。橘(2015)は土壌処理剤の DBN 粒剤やイネ科雑草を選択的に枯殺するフルアジホップ乳剤によりシロツメクサの植被率が向上することを報告し，第 3 章でもその傾向が見られた。「理想的」植生管理には，除草剤の特性とメリットとデメリットを明確にし，その場面で最も適切な除草剤を用いることも重要であろう。

著者は 2019 年に生産者に対して「理想的」植生と「高刈り」について説明をして，高刈りによる管理を実践してもらう機会があった。その時の生産者の反応は様々であった。高刈りに興味を持ち，すでに実践しているという生産者からは，「石を跳ね飛ばす心配が少なく，スムーズに草刈りができる」といった，本研究では示すことができなかつたメリットも聞かれた。別の生産者からは「雑草の種類がよくわからないので，雑草を選んで刈るのは面倒」という声が聞かれた。「雑草」はいずれの畦畔にも発生するが，「植生」は畦畔ごとに異なる。そのため「除草」を主眼に置いた管理は，画一的な方法を示すことができるのに対し，「植生」に主眼を置いた管理(植生管理)は，画一的に示すことが難しく，管理実施者にいくつかの判断を要求する。すなわち管理実施者は，現在の植生を把握，評価し，理想とする植生に誘導する管理手法を選択する必要がある。このことが植生管理を実践する妨げになると思われる。植生管理が生産現場に普及するには，理想とする植生に誘導するための具体的な方法を明らかにしていく必要があると同時に，

簡便な植生の評価，判断手法も確立していく必要がある。近年，AI(Artificial Intelligence: 人工知能)を用いた雑草の判別手法が検討され始めている(新藤ら，2018; 犬丸ら，2020)。こうした技術が発展すれば，植生を容易に評価できるかもしれない。さらに雑草管理の省力化を目的とした小型除草用ロボットも開発されており(2017，中元)，これらの技術を組み合わせることで，植生管理のオートメーション化の可能性もある。雑草管理の最適化に向けた学問領域横断的な研究が今後期待される。また今後の重要なテーマとして，現場での実証が挙げられる。雑草管理の最適化を求めているのは生産者である。今回示した斑点米カメムシの発生しにくい植生に誘導する植生管理を生産者に実践してもらい，斑点米被害の低減や作業性も含めた総合的な検証を行うことが重要であろう。

引用文献

- 1) 有田ゆり子・小林達明 2000. 谷津田の土地利用変化と水田・畦畔植生の特性. ランドスケープ研究 63: 485-490.
- 2) 浅井元朗 2015. 植調雑草大鑑. 株式会社全国農村教育協会, 東京. 13-14.
- 3) 藤巻雄一・森山重信・小嶋昭雄 1980. カメムシ類による斑点米の防除法の再検討. 北陸病虫研報 28: 51-53.
- 4) 八谷和彦 1999. アカヒゲホソミドリメクラガメの水田への侵入と発生予測. 植物防疫 53: 268-272.
- 5) 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.
- 6) 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. 広島農試報告 51: 45-53.
- 7) 樋口博也・高橋明彦 2003. アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の飼育条件下での産卵能力と生存日数. 応動昆 47: 13-18.
- 8) 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.
- 9) 飯村茂之 2004. 岩手県におけるアカスジカスミカメの休眠性. 北日本病虫研報 55: 113-116.
- 10) 池田堅太郎・後藤貴文・飛佐学・下條雅敬・増田泰久 2003. 地表部の植被と刈取りがメヒシバ (*Digitaria adscendens* (H.B.K) Henr.) とイヌビエ (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) 種子の発芽時期に及ぼす影響. 日草誌 49: 373-378.
- 11) 稲垣栄洋・市原実・松野和夫・済木千恵子・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.
- 12) 犬丸康平・今村孝・石渡宏基 2020. 深層学習を用いた稲とヒエの画像識別器
の構築. 自動制御連合講演会講演論文集 63: 830–835.
- 13) 石川浩司・田中太一・駒形健二・関正利 1995. 農道畦畔の除草と殺虫剤散布
による斑点米の発生防止. 北陸病虫研報 43: 13–16.
- 14) 石本万寿広 2004a. 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
- 15) 石本万寿広 2004b. アカヒゲホソミドリカスミカメの fenitrothion 抵抗性
個体群の発生. 応動昆 48: 348–352.
- 16) 石本万寿広 2006. 水田におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの発生消長
と薬剤散布適期. 植物防疫 60: 208–210.
- 17) 石本万寿広 2007. ネオニコチノイド系殺虫剤 1 回散布によるアカヒゲホソ
ミドリカスミカメの防除技術 第 1 報 圃場単位の防除技術. 北陸病虫研報
56: 9–15.
- 18) 石本万寿広 2008. 新潟県におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの発生生
態の解明と防除技術の確立. 新潟農総研報 9: 1–71.
- 19) 石本万寿広 2016. 新潟県における斑点米カメムシ防除の実態とエチプロ
ール剤の実用性. 植物防疫 70: 787–791.
- 20) 石本万寿広・岩田大介 2017. アカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカス
ミカメの混発における広域防除の効果. 北陸病虫研報 66: 1–8.
- 21) 石本万寿広・岩田大介 2019. 水田畦畔の植生とその変化ならびに斑点米カメ
ムシ類(カメムシ目: カスミカメムシ科) 発生量との関係. 応動昆 63: 109–
121.

- 22) 石本万寿広・岩田大介 2020. クロチアニジンおよびジノテフランに低感受性のアカヒゲホソミドリカスミカメの発生. 北陸病虫研報 69: 1-5.
- 23) 石本万寿広・永瀬淳 2005. アカヒゲホソミドリカスミカメに対する薬剤散布適期. 北陸病虫研報 54: 29-38.
- 24) 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.
- 25) 伊藤清光 1989. ホソハリカメムシの生活史に関する研究. 農研センター研報 14: 39-103.
- 26) 伊藤貴庸・中山祐一郎・山口裕文 1999. 伝統的畦畔と基盤整備畦畔における植生構造とその変遷過程. 雑草研究 44: 329-340.
- 27) 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.
- 28) 加進丈二・畑中教子・小野亨・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.
- 29) Kataoka, M., K. Ibaraki and H. Tokunaga 1986. Differential Heading Behavior of Some *Digitaria adscendens* Henr. Populations. *Weed Research, Japna* 31: 36-40.
- 30) 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. 関東病虫研報 54: 99-104.
- 31) 川東拓就・中川義之・二軒谷匠・樋口博也 2019. 滋賀県におけるホソハリカメムシの年間世代数. 関西病虫研報 61: 145-148.
- 32) 菊池淳志・小林徹也 2004. 各種雑草とイタリアンライグラスにおけるアカヒ

- ゲホソミドリカスミカメの発育と産卵. 北日本病虫研報 55: 149–154.
- 33) 菊岡俊彦 1993. 除草剤解説 Glyphosate. 雑草研究 38: 52–53.
- 34) 木村和弘・有田博之・内川義行 1994. 急傾斜地水田の畦畔法面の形態と除草作業の実態 –畦畔除草に適した圃場整備技術の開発(Ⅱ)–. 農土論集 170: 1–10.
- 35) 鬼頭功・淡路和則・三浦聡 2010. 傾斜地水田における畦畔管理負担の評価. 農業経営研究 48: 67–72.
- 36) 小嶋昭雄・江村一雄 1977. 新潟県におけるカメムシ類による斑点米発生と防除. 新潟農試研報 26: 37–52.
- 37) 小嶋昭雄・江村一雄・永井三善・杵鞭章平 1972. 新潟県におけるカメムシ類による斑点米発生. 北陸病虫研報 20: 26–30.
- 38) 松原寿子 1996. 畦畔管理時間の軽減と作業モデル. 雑草とその防除 33: 65–67.
- 39) 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.
- 40) 門間由美子・菊池淳 2004. グランドカバープランツにおけるアカヒゲホソミドリカスミカメの発育, 産卵および選好性. 北日本病虫研報 55: 128–130.
- 41) 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.
- 42) Nagasawa, A., H. Higuchi 2012. Suitability of poaceous plants for nymphal growth of the pecky rice bugs *Trigonotylus caelestialium* and *Stenotus rubrovittatus* (Hemiptera: Miridae) in Niigata, Japan. *Appl Entomol Zool* 47: 421–427.
- 43) 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.
- 44) 中元陽一 2017. 小型ロボットによる除草作業の省力化技術の開発. 農業食料工学会誌 79: 206–210.
- 45) 中田健 2000. 水田地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.
- 46) 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.
- 47) 西村愛子・浅井元朗 2013. 農耕地における雑草植生の種組成と量的構造評価のための簡易植生調査法. 雑草研究 58: 52–59.
- 48) 農研機構 2011. 帰化アサガオ類まん延防止技術マニュアル: 帰化アサガオ類の地域全体へのまん延を防止するためのほ場周辺管理技術 ver.2. https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/publication_narc_kika_asagao_00.pdf (2021年1月閲覧)
- 49) 農林水産省 2018. 農林水産業センサス累年統計. https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500209&tstat=000001016170&cycle=0&tclass1=000001112708&tclass2=000001112709&stat_infid=000031676787&cycle_facet=tclass1%3Atclass2&tclass3val=0 (2021年1月閲覧)
- 50) 大橋善之 2000. 京都府の水田畦畔に優占する雑草の種類. 雑草研究 45: 34–38.
- 51) 大窪久美子・前中久行 1995. 基盤整備が畦畔草地群落に及ぼす影響と農業生態系での畦畔草地の位置づけ. ランドスケープ研究 58: 109–112.

- 52) 大澤啓志・島田正文・勝野武彦 2005. 平地水田地帯の畦畔利用におけるトウキョウダルマガエルの個体数密度を規定する要因. 農総計画学会誌 24: 91-102.
- 53) 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.
- 54) 大塚広夫・根本正之・榊田信彌 2006. 管理手法の異なる谷津の水田と畦畔の植生. 雑草研究 51: 229-238.
- 55) 長田武正 1993. 増補日本イネ科植物図譜. 株式会社平凡社, 東京. 6-8.
- 56) 佐合隆一 2007. 雑草防除から「理想的」植生管理へ. 雑草研究 52: 78-82.
- 57) 佐合隆一・松田照男 1998. 雑草草生園における土壌処理除草剤の使用適期. 農作業研究 33: 3-9.
- 58) 斎藤真理子・大友令史・藤澤由美子 2010. 斑点米発生量を軽減するための除草剤散布による畦畔イネ科雑草管理体系. 北日本病虫研報 61: 99-102.
- 59) 榊原充隆 2014. 斑点米カメムシ類の発生生態と防除対策. 植物防疫 68: 415-419.
- 60) 佐藤貴子・安永智秀 1999. 日本産ホソミドリメクラガメ類の分類と同定. 植物防疫 53: 265-267.
- 61) 佐藤秀明・石本万寿広・横山泰裕 2009. 新潟県におけるアカスジカスミカメの発生消長. 北陸病虫研報 58: 7-12.
- 62) 徐錫元 2000. 新潟県の水稲農家に学ぶ畦畔雑草防除技術 —新潟県における水田畦畔雑草防除の現状—. 関東雑草研究会報 11: 15-24.
- 63) 徐錫元 2001. 日本の水田畦畔管理について (2) 畦畔の雑草防除とその地域的特徴. 植調 35: 278-286.
- 64) 徐錫元 2009. 水田畦畔雑草の管理に関する現地情報の収集と除草剤使用指

- 針の提示. 雑草研究 54: 157-165.
- 65) 徐錫元・城戸淳 2000. 近畿地方における水田畦畔の雑草防除の現状 -アンケート調査結果-. 雑草研究 45: 43-52.
- 66) 徐錫元・高橋聡・藤原雅実・植田靖彦・竹重誠一 1996. 東日本の各地における水田畦畔雑草防除の実態. 植調 30: 438-442.
- 67) 重久眞至 2004. コムギを用いたアカスジカスミカメの継代飼育方法. 滋賀農研セ農試研報 44: 7-12.
- 68) 重久眞至 2008. アカスジカスミカメ産下卵の休眠卵率の季節的推移と休眠卵産下に関与する日長・温度条件. 応動昆 52: 229-232.
- 69) 進藤隆史・楊亮亮・星野洋平・曹羸 2018. AIによる画像認識を用いた植物種判別手法の基礎的検討. 自動制御連合講演会講演論文集 61: 175-179.
- 70) Shintani, Y. 2009. Effect of seasonal variation in host-plant quality on the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium*. *Entomol. Exp. Appl.* 133: 128-135.
- 71) 静岡県農林技術研究所 2013. 地域の植生管理. 社団法人農山漁村文化協会, 東京. 40-45.
- 72) 須藤健一・牛尾昭浩 2000. 兵庫県但馬・丹波および淡路地域の水田畦畔の雑草植生. 兵庫農技研報 48: 7-11.
- 73) 橘雅明 2015. 積雪寒冷地の農道・畦畔における除草剤処理と草刈りがシロツメクサ被度に及ぼす影響. 雑草研究 60: 43-49.
- 74) 高田真・田中秀樹・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.
- 75) 高橋良知・菊池英樹 2015. 本田薬剤散布後の畦畔草刈りによる登熟後期におけるアカスジカスミカメの発生抑制対策. 北日本病虫研報 66: 106-109.

- 76) 高橋富士男・長野敏光・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.
- 77) 高橋聡・近藤義典・徐錫元 1997. 東北地方における水田畦畔雑草防除の特徴. 植調 31: 13-20.
- 78) 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.
- 79) 寺本憲之 2003. 斑点米カメムシ類の個体数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.
- 80) 露崎浩 2005. メヒシバ(*Digitaria ciliaria* (Retz.) Koeler) の形態・生態的諸特性にみられる隣接した生育地への適応的分化. 雑草研究 50: 10-17.
- 81) 上野清 2004. 山形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. 山形農事研報 37: 53-78.
- 82) 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.
- 83) 山口裕文・梅本信也 1996. 水田畦畔の類型と畦畔植物の資源学的意義. 雑草研究 41: 286-294.
- 84) 山口裕文・梅本信也・前中久行 1998. 伝統的水田と基盤整備水田における畦畔植生. 雑草研究 43: 249-257.
- 85) 山代千加子・小嶋昭雄・藤巻雄一 1996. 畦畔の雑草管理による斑点米の発生抑制効果. 北陸病虫研報 44: 47-50.
- 86) 安田美香・武田藍・安田哲也・平江雅宏 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. 関東病虫研報 60: 87-89.

- 87) 横田啓・鈴木敏男 2007. 水田畦畔におけるイネ科雑草の出穂程度がアカスジカスミカメ密度に及ぼす影響. 北日本病虫研報 58: 88-91.
- 88) 吉村具子・越智昭彦 2010. 山形県におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの MEP および MPP に対する薬剤感受性. 北日本病虫研報 61: 121-124.
- 89) 吉尾政信・加藤倫之・宮下直 2009. 水田環境におけるバッタ目昆虫の分布と個体数を決定する環境要因 - 佐渡島におけるトキの採餌環境の管理にむけて. 応用生態工学 12: 99-107.
- 90) 湯山猛 1980. 除草剤解説(2) DCMU. 雑草研究 25: 60-61.

論文要旨

斑点米カメムシは全国的な水稻の最重要害虫であり、その耕種的防除法として、水田畦畔の雑草管理が挙げられる。斑点米カメムシの発生量の増加や、経営規模の拡大により、近年雑草管理の最適化が強く求められている。斑点米カメムシの多くは、イネ科植物を寄主とし、出穂したイネ科雑草を増殖源としている。このため、イネ科以外の雑草が優占するように植生を誘導する雑草(植生)管理が有効と考えた。そこで、新潟県における水田畦畔の植生と斑点米カメムシの発生実態を明らかにし、そのうえで斑点米カメムシの発生しにくい植生に誘導する植生管理方法を検討した。

2014年、2015年に新潟県内の7地域で、合計1,008本の畦畔を対象に、4月から10月まで1ヶ月間隔でイネ科雑草に注目して植生を調査した。5月以降は出穂したイネ科雑草が存在する畦畔を対象に、すくい取りによる斑点米カメムシの捕獲数を調査した。出穂したイネ科雑草の主な草種は、6月までは複数種、7月以降はほぼメヒシバであった。アカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメは5月から10月まで連続で発生し、その発生量は7月が最も多く、アカスジカスミカメでは7月以降もメヒシバで多発生状態が維持されていた。これらことから、斑点米カメムシの発生しにくい植生にするには、イネ科雑草、特に夏季のメヒシバの発生を抑える必要があることが示された。

2013～2015年に新潟県長岡市の作物研究センターの水田畦畔を異なる方法で管理し、植生の変化を調査した。処理区は、雑草を地際から刈り取る「地際刈区」、雑草を地際から10cm程度高い位置で刈り取る「高刈区」、春に非選択性茎葉処理除草剤のグリホサートカリウム塩液剤を散布する「Gly区」、土壌処理効果のあるDCMU水和剤を散布する「DCMU区」など合計7つとした。各区に50cm×50cm

のコードラート枠を設置して枠内の草種と植被率を概ね 1 週間間隔で調査した。メヒシバ植被率は、「高刈区」では低く維持され、「Gly 区」では 6 月から高まった。このことから、雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取る「高刈り」は、メヒシバを抑制する効果があり、斑点米カメムシの発生しにくい植生に誘導するために有効であると考えられた。

2015 年に新潟県長岡市の現地圃場畦畔において、「高刈区」、「地際刈区」、「Gly 区」、「DCMU 区」を設置して、草種と植被率に加え、すくい取りによる斑点米カメムシの捕獲数を調査した。メヒシバ植被率は、「地際刈区」よりも「高刈区」が低く、高刈りのメヒシバ抑制効果が現地圃場畦畔でも確認された。斑点米カメムシは、いずれの試験区でも、イネ科雑草が出穂すると捕獲されることが多かった。

「高刈区」では、草刈り後に春季のイネ科雑草であるヌカボとナギナタガヤが再生、出穂してアカスジカスミカメの捕獲数が多くなる場合があった。

「Gly 区」は 2015 年にメヒシバが優占したため、2016 年、2017 年では雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取る「Gly-高刈区」と雑草を地際から刈り取る「Gly-地際刈区」に分割して、草刈りによる管理を 2 年間継続した。メヒシバ植被率は、「Gly-地際刈区」よりも「Gly-高刈区」が低く、また 2016 年よりも 2017 年が低かった。このことから、一度メヒシバが優占した畦畔においても、高刈りのメヒシバ抑制効果が確認され、その効果は高刈りによる管理を継続すると高まることが示唆された。

これらのことから、斑点米カメムシの発生しにくい植生に誘導する植生管理方法として、雑草を地際から 10 cm 程度高い位置で刈り取る「高刈り」が有効であると結論付けた。ただし、春季に出穂したイネ科雑草が発生している場合は、これらは選択的に地際から刈り取って除草する必要がある。

Summary

The rice bugs causing pecky rice is the most serious pest that inhabits rice paddies throughout Japan and weed management along the rice paddy levees is followed as a cultivation control strategy. Recently, there has been a strong demand for the optimization of weed management owing to an increase in the number of rice bugs causing pecky rice and the expansion in farm size. Many rice bugs causing pecky rice are hosted by grasses (Poaceae), and sprouted grass weeds are said to be a source of proliferation. Therefore, weed (vegetation) management that promotes vegetation comprising weeds other than grasses is considered to be an effective means of controlling this insect. Therefore, we identified the vegetation growing on the paddy levees in Niigata prefecture and clarified the actual occurrence of the rice bugs causing pecky rice, and then, evaluated vegetation management methods that promote the growth of vegetation that impedes the occurrence of rice bugs causing pecky rice.

We surveyed the vegetation in seven regions within Niigata prefecture in 2014 and 2015 at monthly intervals from April to October, surveying a total of 1008 paddy levees, with a focus on grass weeds. From May onwards, we enumerated the number of rice bugs causing pecky rice using a sweep net over the sprouted grass weeds growing on the paddy levees. Up to June, among the sprouted grass weeds, multiple species comprised the main grass species, and from July onwards, *Digitaria ciliaris* was predominant. *Trigonotylus caelestialium* and *Stenotus rubrovittatus* appeared continuously from May through to October, with the highest numbers caught in July, and the *Stenotus rubrovittatus* maintained high numbers in *Digitaria ciliaris* even after July. These findings suggest the need to control the growth of grass weeds, especially of summer *Digitaria ciliaris*, to

encourage vegetation that is less susceptible to hosting the rice bugs causing pecky rice.

From 2013 to 2015, the paddy levees at the Niigata Crop Research Center in Nagaoka, Niigata prefecture were managed using different methods and the changes in vegetation were surveyed. A total of seven test plots were established, including a mown plot, where the weeds were cut at ground level; a high-cut plot, where the weeds were cut approximately 10 cm above the ground; a Gly plot, which was sprayed with the broad-spectrum foliar herbicide glyphosate-potassium salt in spring, and a DCMU plot, which was sprayed with the soil-applied herbicide DCMU wettable powder. A 50 cm × 50 cm quadrat frame was set up in each plot and the grass species and percentage of vegetation cover within each frame was surveyed at approximately weekly intervals. The percentage of crabgrass vegetation cover was maintained at a low level in the high-cut plot and increased from June in the Gly plot. This suggests that high cutting is effective for controlling crabgrass and may be effective in promoting vegetation that is less susceptible to hosting the rice bugs causing pecky rice.

In 2015, high-cut, mown, Gly, and DCMU plots were established in paddy levees local fields in Nagaoka, Niigata prefecture, and we surveyed the grass species and percentage of vegetation cover, and recorded the number of rice bugs causing pecky rice by sweeping the grass. The percentage of *Digitaria ciliaris* vegetation cover was lower in the high-cut plot than in the mown plot, which confirmed that high cutting was effective in controlling *Digitaria ciliaris* along the paddy levees local fields also. Rice bugs causing pecky rice were often caught in all the test plots once the grass weeds had sprouted. In the high-cut plots, there was regrowth and sprouting of the spring grass weed *Agrostis clavata* and *Festuca myuros* after cutting, and there was an increase in the number of *Stenotus rubrovittatus* caught in some of these plots.

In 2015, the Gly plot was dominated by crabgrass; therefore, in 2016 and 2017, this plot was divided into a Gly-high-cut plot, where the weeds were cut 10 cm above the ground, and a Gly-mown plot, where the weeds were cut at ground level, and we continued weed management with cutting for 2 years. The percentage of *Digitaria ciliaris* vegetation cover was lower in the Gly-high-cut plot than in the Gly-mown plot, and it was lower in 2017 than in 2016. These results confirmed that high cutting is effective in controlling *Digitaria ciliaris* even on paddy levees once dominated by the species and suggested that continued weed management with high cutting enhances this effect.

Based on these findings, we concluded that high cutting, where the weeds are cut 10 cm above the ground, is an effective vegetation management method that promotes the growth of vegetation that is not susceptible to hosting the rice bugs causing pecky rice. However, when sprouted grass weeds appear in the spring, it is necessary to selectively mow them at ground level and weed these plants.

謝辞

本論文は新潟県大学院自主研修において、新潟大学大学院自然科学研究科生命・食料科学専攻博士後期課程在籍中に、過去の研究成果をまとめたものである。博士後期課程の担当指導教官として、終始研究内容の御助言や論文内容の御指導を頂いた、同大学農学部教授の高橋能彦博士に満腔の謝意を表す。また、副指導教官として本論文の細部にわたり御指導していただいた、同大学理事の末吉邦博士、准教授の韓東生博士に深謝の意を表す。

本研究の現地試験を行うにあたり、2015～2017年の3ヶ年にわたり現地圃場を御提供下さった、新潟県長岡市の小野俊郎氏に心より御礼申し上げる。また、現地試験圃場の選定に御協力いただいた、長岡地域振興局農林振興部普及課課長代理阿部浩一氏（現・新潟県農林水産部農産園芸課副参事）に感謝の意を表す。

本研究の実施にあたり、終始暖かい御指導と御鞭撻をいただいた、新潟県農業総合研究所の田村良浩所長、原澤良栄前所長、新潟県農業総合研究所作物研究センターの石崎和彦センター長、有坂通展前センター長、同センター栽培科の南雲芳文科長、同センター育種科の重山博信科長に深く感謝申し上げます。また、本研究の共同研究者として多大なる御配慮と激励をいただいた、新潟県農業総合研究所作物研究センター石本万寿広博士（現・新潟県農業総合研究所）に厚く御礼申し上げます。さらに、現地および所内の圃場試験において作物の栽培管理や各種調査に尽力して下さった、同研究所の多くの技術員および農耕補助員の方々、そして調査・分析において数多くの補助をしていただいた研究補助員の方々に、深く感謝申し上げます。

最後に、大学院の入学を認め、日々の研究活動を支えてくれた妻と両親に深く感謝する。