



**BULLETIN
OF
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER**

Tohoku Nogyo Kenkyu Center Kenkyu Hokoku
No.117, March 2015

**東北農業研究センター
研究報告**



独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
東北農業研究センター
岩手県盛岡市

Tohoku Agricultural Research Center

National Agriculture and Food Research Organization
Morioka, Iwate 020-0198, Japan

本誌から転載・複製する場合は当研究
センターの許可を得てください。

東北農業研究センター研究報告 第117号

所 長 石 黒 潔

編集委員会

編集委員長	大 黒 正 道	
編 集 委 員	湯 川 智 行	熊 倉 裕 史
	押 部 明 徳	御子柴 義 郎
	持 田 秀 之	信 濃 卓 郎

BULLETIN OF
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

No.117

Director General
Kiyoshi ISHIGURO

Editorial Board

Editor
Masamichi DAIKOKU

Associate Editors

Tomoyuki YUKAWA	Hiroshi KUMAKURA
Akinori OSHIBE	Yoshiro MIKOSHIBA
Hideyuki MOCHIDA	Takuro SHINANO

東北農業研究センター研究報告 第117号 (平成27年3月)

目 次

東北地域の稲発酵粗飼料の生産に適した水稻品種「べこげんき」の育成 福 陽・太田 久稔・梶 亮太・津田 直人・中込 弘二 山口 誠之・片岡 知守・遠藤 貴司	1 - 13
パンに適した微細で低損傷デンプンの米粉ができる水稻新品種「ゆめふわり」の育成 太田 久稔・山口 誠之・福 陽・梶 亮太・津田 直人 中込 弘二・片岡 知守・遠藤 貴司・横上 晴郁・田村 泰章	15 - 27
北東北のオーチャードグラスとイタリアンライグラス優占の採草地を利用した冬季放牧が 翌年収量と栄養価に及ぼす影響 東山 雅一・高橋 繁男・近藤 恒夫・出口 新・村元 隆行	29 - 33
冬季屋外飼育への移行時における血中免疫、抗酸化能および代謝関連成分の推移 深澤 充・小松 篤司・東山 由美・佐藤 繁	35 - 43
日本短角種肥育牛への圧碎稲わら給与が血液成分および産肉性に及ぼす影響 小松 篤司・深澤 充・東山 由美・関矢 博幸・木村 俊之 木村 映一・大谷 隆二・押部 明德	45 - 50
日本短角種去勢牛の2シーズン放牧肥育における放牧中の適正な増体量 柴 伸弥・樋口 幹人・今成 麻衣・米内 美晴・東山 雅一 渡邊 彰	51 - 58
判別品種での反応によるダイズモザイクウイルス日米系統の比較 兼松 誠司・中野 正明	59 - 62
研究資料	
東北地域における斑点米カメムシ類：2003-2013年の発生動向と被害実態 田 研・市田 忠夫・大友 令史・加進 丈二・高城 拓未 新山 徳光・高橋 良知・永峯 淳一・草野 憲二・榊原 充隆	63 - 115

BULLETIN OF
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
No.117 (March 2015)

CONTENTS

FUKUSHIMA, A., OHTA, H., KAJI, R., TSUDA, N., NAKAGOMI, K., YAMAGUCHI, M., KATAOKA, T. and ENDO, T. :	
Breeding of a New Rice Cultivar, "Bekogenki", for Rice Whole Crop Silage in the Tohoku Region	1 – 13
OHTA, H., YAMAGUCHI, M., FUKUSHIMA, A., KAJI, R., TSUDA, N., NAKAGOMI, K., KATAOKA, T., ENDO, T., YOKOGAMI, N. and TAMURA, Y. :	
"Yumefuwari", a New Rice Cultivar for Rice Flour Bread	15 – 27
HIGASHIYAMA, M., TAKAHASHI, S., KONDO, T., DEGUCHI, S. and MURAMOTO, T. :	
Effect of Grazing on Yield and Nutrition of Meadow Herbage in a Winter Grazing System Utilizing a Spring-Autumn Orchardgrass-Italian Ryegrass Dominated Meadow in Northern Tohoku, Japan	29 – 33
FUKASAWA, M., KOMATSU, T., HIGASHIYAMA, Y. and SATO, S. :	
Changes in Immunity-, Antioxidative Potential- and Metabolism-Related Blood Composition with the Transition to an Outdoor Rearing System during the Winter Season	35 – 43
KOMATSU, T., FUKASAWA, M., HIGASHIYAMA, Y., SEKIYA, H., KIMURA, T., KIMURA, E., OHTANI, R. and OSHIBE, A. :	
Effects of a Macerated Rice Straw Diet on Blood Metabolites and Productivity in Japanese Shorthorn Steers	45 – 50
SHIBA, N., HIGUCHI, M., IMANARI, M., YONAI, M., HIGASHIYAMA, M. and WATANABE, A. :	
Appropriate Body Weight Gain for Japanese Shorthorn Steers during the Middle Fattening Stage in a Two-Season Grazing System	51 – 58
KANEMATSU, S. and NAKANO, M. :	
Parallel Comparison between Japanese and US Strains of Soybean mosaic virus Using Differential Soybean Cultivars	59 – 62
 Note	
TABUCHI, K., ICHITA, T., OHTOMO, R., KASHIN, J., TAKAGI, T., NIIYAMA, T., TAKAHASHI, Y., NAGAMINE, J., KUSANO, K. and SAKAKIBARA, M. :	
Rice Bugs in the Tohoku Region: Their Occurrence and Damage from 2003 to 2013	63 – 115

東北地域の稲発酵粗飼料の生産に適した 水稻品種「べこげんき」の育成

福 陽^{*1)}・太田 久稔^{*1)}・梶 亮太^{*1)}・津田 直人^{*1)}
中込 弘二^{*2)}・山口 誠之^{*3)}・片岡 知守^{*4)}・遠藤 貴司^{*5)}

抄 録：「べこげんき」は、飼料用イネ系統「羽系飼864」に稲発酵粗飼料用イネ系統「青系飼161号（うしゆたか）」を交雑した雑種後代から育成された水稻粳品種である。育成地の移植栽培における出穂期は「べこごのみ」よりやや遅く、「ふくひびき」より早い“かなり早”に属する。黄熟期は9月上旬で、食用品種の収穫が始まる9月下旬の前に黄熟期収穫が可能である。稈長は“やや短”で、稈は極めて太く、止葉が極めて長く、穂数は少ない。耐倒伏性は“かなり強”であり、多肥直播栽培においても倒伏はほとんど認められない。いもち病真性抵抗性遺伝子*Pia*、*Pib*を持つと推定され、いもち病圃場抵抗性は“不明”である。障害型耐冷性は“やや弱”、穂発芽性は“やや易”である。育成地の多肥移植栽培においては、粗玄米重は「べこごのみ」と同程度である。玄米は、やや大きく、外観品質が劣るので、食用品種と識別可能である。育成地の多肥直播栽培において、「べこげんき」の黄熟期の全乾物重およびTDN収量は、「べこごのみ」より大きい。普及予定地の秋田県平鹿地域の直播栽培において、「べこげんき」は黄熟期全乾物重が安定して大きく、サイレージ品質も良好である。本品種は、東北地域における稲発酵粗飼料向けとしての利用が期待できる。

キーワード：水稻、べこげんき、稲発酵粗飼料、黄熟期、東北地域

Breeding of a New Rice Cultivar, “Bekogenki”, for Rice Whole Crop Silage in the Tohoku Region : Akira FUKUSHIMA^{*1)}, Hisatoshi OHTA^{*1)}, Ryota KAJI^{*1)}, Naoto TSUDA^{*1)}, Koji NAKAGOMI^{*2)}, Masayuki YAMAGUCHI^{*3)}, Tomomori KATAOKA^{*4)} and Takashi ENDO^{*5)}

Abstract : “Bekogenki” is a new rice cultivar for whole crop silage (WCS) bred at the NARO Tohoku Agricultural Research Center in 2014. “Bekogenki” was selected from the progenies of a cross between the “Ukei-shi864” and “Aoeki-shi161 (Ushiyutaka)” rice lines. “Bekogenki”, which is classified as a rather early -heading group in the middle of the Tohoku region, could be harvested in the yellow ripe stage in early September before the harvesting of food rice. “Bekogenki” has a little, short and very thick culm, a very long flag leaf and a small number of panicles per area. Its resistance to leaf blast and panicle blast remain unknown, but it is believed to have the true resistance genes to blast, *Pia* and *Pib*. Its cold tolerance at the booting stage is a little weak. Its preharvest sprouting tolerance is a little low. The brown rice yield of “Bekogenki” does not differ from that of the WCS rice cultivar “Bekogonomi”. The brown rice can be easily discriminated from brown rice for food due to its larger grain size and worse appearance quality. “Bekogenki” produced a larger whole crop yield and total digestible nutrient (TDN) yield at the yellow ripe stage than “Bekogonomi” in high fertilization/direct seeding cultivation at the NARO Tohoku Agricultural Research Center. “Bekogenki” indicated a stable and high whole crop yield and received a good evaluation as silage

* 1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Daisen, Akita 014-0102, Japan)

* 2) 現・農研機構近畿中国四国農業研究センター (NARO Western Region Agricultural Research Center, Fukuyama, Hiroshima 721-8514, Japan)

* 3) 現・農研機構作物研究所 (NARO Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan)

* 4) 現・農研機構九州沖縄農業研究センター (NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, Chikugo, Fukuoka 833-0041, Japan)

* 5) 現・宮城県古川農業試験場 (Miyagi Pref. Furukawa Agricultural Experiment Station, Osaki, Miyagi 989-6227, Japan)

in a field test in the Hiraga area of Akita Prefecture. “Bekogenki” is expected to spread in the Hiraga area and the rest of the Tohoku region.

Key Words : Rice, Bekogenki, Whole crop silage, Yellow ripe stage, Tohoku region

I 緒 言

我が国においては、水稲の穂および茎葉をまとめて収穫し、ラッピング・発酵させて発酵粗飼料（ホールクロップサイレージ：WCS）として利用する耕畜連携の取り組みが奨励されている。WCS用の水稲品種に求められる特性としては、黄熟期全乾物重が大きいことおよびサイレージの栄養価や発酵品質が優れることが挙げられる。また、食用品種の移植作業との競合回避の点からは直播適性が、食用品種の収穫作業との競合回避の点からは早期収穫が求められる。これまで東北地域のWCS用の水稲栽培には、食用品種あるいは飼料用米とWCSの兼用品種の「べこあおば」（2005年農研機構東北農業研究センター（以下、東北農研）育成、中込ら2006）、「べこごのみ」（2007年東北農研育成、中込ら2008）、「夢あおば」（2004年農研機構中央農業総合研究センター育成、三浦ら2006）が用いられてきた。しかし、食用品種の多くは多肥条件において倒伏すること、兼用品種は消化率が低い籾の比率が高いことなどWCSに適した品種が利用されているとは限らない。

秋田県平鹿地域においては、食用品種「あきたこまち」の収穫が始まる9月下旬の前に黄熟期収穫できる品種が求められる。これまでは、「べこごのみ」が普及していたが、「べこごのみ」よりも、黄熟期乾物収量が安定して高く、消化率が低い籾の比率が低い品種が求められている。そこで、東北農研では、WCS用として有望な系統・品種の現地栽培試験およびそのサイレージの発酵品質の評価を行ってきた。その結果、「べこげんき」は、平鹿地域の現地試験において黄熟期全乾物重が安定して大きいこと、サイレージの発酵品質が良好であることが判明した。育成地においても概ね良好な試験結果が得られた。そこで、2014年4月3日に「べこげんき」として農林水産省に品種登録の出願を行った（出願番

号第29099号）。本報告では、「べこげんき」の普及と今後のWCS用品種の育成に資するため、本品種の育成経過および特性を紹介する。

本品種の育成は、農林水産省の委託プロジェクト研究「粗飼料多給による日本型家畜飼養技術の開発」および「自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発」において行われた。

特性検定試験および奨励品種決定調査は、各県や農研機構の担当者の方々にご協力いただいた。秋田県平鹿地域の現地試験においては、生産者、平鹿地域振興局農林部農業振興普及課、秋田県畜産試験場飼料・家畜研究部の皆様にご協力をいただいた。東北農研業務第3科の各位には、育種業務遂行にご協力をいただいた。これらの方々には深く感謝申し上げる。

II 来歴および育成経過

1. 来歴

「べこげんき」は、飼料用イネ系統の「羽系飼864」を母とし、出穂期が“かなり早”でWCS用に適するイネ系統「青系飼161号（うしゆたか）」を父として交雑した雑種後代から育成された水稲梗品種である（図1）。東北地域のWCS用品種を想定し、早生であること、耐倒伏性に優れ直播に適することおよび黄熟期全乾物重が大きいことを主な育種目標とした。

2. 選抜の経過

2005年に東北農研において人工交配を行った。2005年にF₁を養成し、2006年に国際農林水産業研究センター沖繩支所においてF₂、F₃を世代促進栽培で養成した（表1）。2007年にF₄を個体選抜、2008年に単独系統の選抜を行い、以降、系統として選抜・固定をはかってきた。2009年より「羽系1316」の系統名で生産力検定試験、特性検定試験、系統適応性試験を行った。その成績に見通しを得たので2010年より「奥羽飼414号」の地方系統名を付

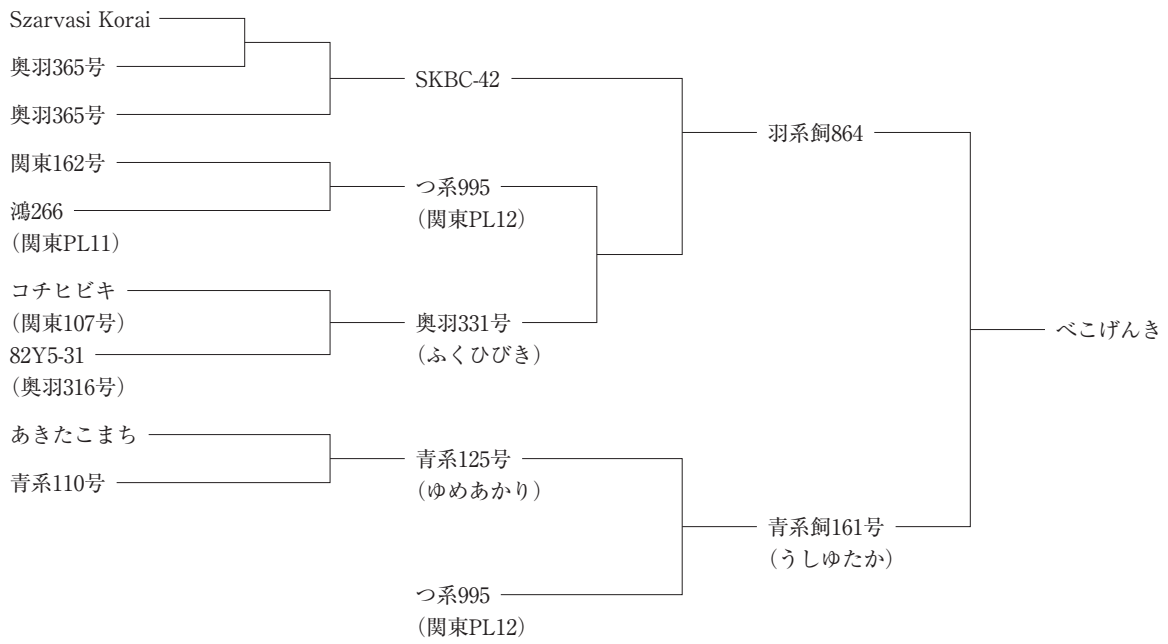


図1 「べこげんき」の系譜図

表1 「べこげんき」の育成経過

年次	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
世代	交配	F ₁	F ₂ F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
育成系統図	羽系飼864 × 青系飼161号 F1-18	05温室	06石垣-10	07BS-25	133	2206 2207	2061 2062	2056 2057	2246 2247	2006
					173	2208	2063	2058	2248	2007
					202	2209	2064	2059	2249	2008
						2210	2065	2060	2250	2009
栽植系統群数					1	1	1	1	1	
栽植系統数			1600*	60	5	5	5	5	5	
選抜系統数			60*	7	1	1	1	1	1	

注. 四角囲みは選抜系統、*は個体数を示す。

し関係県に配付した。2011年からは秋田県平鹿地域において直播の現地試験を実施してきた。その結果、既存のWCS用品種「べこごのみ」より黄熟期全乾物重が大きいことなど概ね良好な試験成績が得られた。また、秋田県平鹿地域において、黄熟期全乾物重が安定して大きく、サイレージとしての栄養価や発酵品質が良好であったことから、普及の見込みが得られた。そこで、種苗法に基づく品種登録の出願を行った（出願番号：第29099号、出願年月日：2014年4月3日）。

3. 命名の由来

牛（べこ）も生産者も元気になることを願って、「べこげんき」と命名した。

Ⅲ 特性の概要

1. 形態的および生態的特性

育成地において、玄米収量の評価のための成熟期収穫試験を多肥移植栽培、極多肥移植栽培および多肥直播栽培で行った。また、WCSの評価のための黄熟期収穫試験を多肥移植栽培および多肥直播栽培で行った。その耕種概要を表2に示す。以下、特に断らない限り多肥移植栽培の結果を示す。

移植時の苗丈は“中”で「べこごのみ」「ふくひびき」並である。葉色は“中”で「べこごのみ」「ふくひびき」並、葉形状は“やや立”で「べこごのみ」「ふくひびき」より立つ（表3）。

表2 育成地における「べこげんき」の耕種概要

栽培方法	試験年次	播種日 (月.日)	移植日 (月.日)	苗種類	堆肥 (kg/a)	基肥施肥量			追肥施肥量		栽植(播種)密度				1区面積 (m ²)	反復数
						N (kg/a)	P ₂ O ₅ (kg/a)	K ₂ O (kg/a)	N (kg/a)	K ₂ O (kg/a)	条間 (cm)	株間 (cm)	株数 (本/m ²)	1株 本数		
多肥移植	2009	4.23	5.20	中苗	90	0.9	0.9	0.9	0.6	0.2	30	15	22.2	3	6.0	2
	2010	4.22	5.18	中苗	90	0.9	0.9	0.9	0.6	0.2	30	15	22.2	3	6.0	2
	2011	4.21	5.20	中苗	90	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	30	15	22.2	3	6.0	2
	2012	4.19	5.18	中苗	90	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	30	15	22.2	3	6.0	2
	2013	4.25	5.23	中苗	90	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	30	15	22.2	3	6.0	2
極多肥移植	2012	4.19	5.18	中苗	120	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3	30	15	22.2	3	6.0	2
	2013	4.25	5.23	中苗	120	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3	30	15	22.2	3	6.0	2
多肥直播	2009	5.13			90	0.9	0.9	0.9	0.6	0.2	30	200粒/m ²		3.6	1	
	2010	5.14			90	0.9	0.9	0.9	0.6	0.2	30	200粒/m ²		3.6	2	
	2011	5.12			90	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	30	200粒/m ²		3.6	2	
	2012	5.10			90	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	30	200粒/m ²		3.6	2	
	2013	5.16			90	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	30	200粒/m ²		3.6	2	

- 注. 1) 堆肥は発酵鶏糞(N3%)。
 2) 直播栽培においては、催芽糶を焼石膏で粉衣し、表面条播し、以降、湛水管理した。
 3) 追肥の時期と回数：移植・標肥は7月中旬の1回、移植・多肥(2011-2012)、直播・多肥は7月中旬と7月下旬の2回、移植・多肥(2008-2010)、移植極多肥は6月下旬、7月中旬、7月下旬の3回。
 4) いずれの試験区も坪刈り面積1.8m²、玄米篩目1.8mm。

表3 「べこげんき」の特性観察調査成績(育成地)

品種名	移植時			稈		芒		ふ先色	穎色	粒着密度	脱粒性
	苗丈	葉色	葉身形状	細太	柔剛	多少	長短				
べこげんき	中	中	やや立	太	剛	極少	極短	白	黄白	やや密	難
べこごのみ	中	中	中	やや太	やや剛	極少	極短	白	黄白	密	難
ふくひびき	中	中	やや垂	やや太	やや剛	極少	極短	白	黄白	密	難

表4 「べこげんき」の生育・収量調査成績(育成地)

栽培方法	品種名	苗立率	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	倒伏程度	風乾全重	糶葉比	粗玄米重	同左比率	精玄米重	千粒重	外観品質
		(%)	(月.日)	(月.日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(0-5)	(kg/a)	(%)	(kg/a)	(%)	(kg/a)	(g)	(1-9)
多肥移植	べこげんき	-	7.28	9.08	90	21.0	297	0.0	193	89.0	73.9	99	72.1	25.8	7.0
	べこごのみ	-	7.25	9.08	90	21.0	322	2.2	183	102.8	74.5	100	71.8	22.1	7.2
	ふくひびき	-	8.02	9.16	85	20.5	386	1.9	195	106.8	83.9	113	82.1	24.3	6.1
極多肥移植	べこげんき	-	7.26	9.08	84	20.3	323	0.0	184	83.7	69.1	96	67.9	26.2	6.9
	べこごのみ	-	7.24	9.07	83	20.1	362	0.0	177	99.7	71.9	100	68.8	22.7	6.9
	ふくひびき	-	8.02	9.16	84	20.8	411	2.0	192	118.0	86.5	120	83.2	24.2	6.1
多肥直播	べこげんき	48.6	8.05	9.21	83	20.7	310	0.0	169	95.2	66.4	99	65.1	26.7	7.1
	べこごのみ	44.0	8.03	9.16	77	18.5	322	0.5	156	119.7	67.2	100	65.8	23.8	7.2
	ふくひびき	52.0	8.09	9.24	70	18.7	404	0.2	179	97.5	73.9	109	72.8	24.4	5.3

- 注. 1) 多肥移植栽培は2009, 2010, 2013年の平均値、極多肥移植栽培は2012, 2013年の平均値、多肥直播栽培は2012, 2013年の平均値。
 2) 倒伏程度：0(無) - 5(甚)、糶葉比 = 糶重 ÷ 葉重、外観品質：1(上上) - 9(下下)。
 3) 食用品種の千粒重および外観品質は、「まっしぐら」24.2g、4.6、「あきたこまち」23.0g、4.1、「ひとめぼれ」23.5g、4.0(2011～2013年の標肥移植栽培の平均値)。

稈長は“やや短”の90cmで「べこごのみ」並、「ふくひびき」よりやや長い（表4、写真1）。穂長は“やや長”で「べこごのみ」並で「ふくひびき」よりやや長い。穂数は“極少～少”の297本/m²で「べこごのみ」よりやや少なく、「ふくひびき」より明らかに少ない。草型は“穂重型”である。粒着密度は“やや密”である。ふ先色は“白”、穎色は“黄白”である。脱粒性は“難”である。



写真1 「べこげんき」の株標本

(左：べこげんき、中央：べこごのみ、右：ふくひびき)

玄米の粒形は“長円”である（写真2）。「べこごのみ」「ふくひびき」より粒がやや長い（表5）。玄米の千粒重は26g前後で、食用品種よりやや重く、玄米の外観品質は食用品種より明らかに劣る（表4、表4注3、写真2）。このため外観で食用品種と識別可能である。

葉身が長く、特に止葉の葉身は41.3cmと、「あきたこまち」の26.9cmより明らかに長い（表6）。このため、止葉が穂より高い位置にある特徴的な草姿となり、食用品種と容易に識別できる（写真3、写真4）。茎は、極めて太く、節間比率（上位2節間の長さが稈長に占める割合）が高い。すなわち、下位節間が相対的に短い。

「べこげんき」の出穂期は、「べこごのみ」より3日遅く、「ふくひびき」より5日早い“かなり早”である（表4）。成熟期は「べこごのみ」と同程度で、「ふくひびき」より8日早い“かなり早”である。多肥直播栽培においては、出穂期は「べこごのみ」より2日遅く、「ふくひびき」より6日早く、



写真2 「べこげんき」の玄米

(左：べこげんき、右：あきたこまち)

表5 「べこげんき」の玄米粒形調査成績（育成地）

品種名	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅
べこげんき	5.40	2.85	2.07	1.89	15.38
べこごのみ	4.98	2.80	2.09	1.78	13.94
ふくひびき	5.11	2.73	2.09	1.87	13.94

注. 2013年生産力検定試験（多肥移植栽培）の精玄米200粒2反復をサタケ穀粒判別器RGQ110で測定。



写真3 多肥移植栽培での「べこげんき」の草姿

(左：べこごのみ、右：べこげんき、育成地、2013年8月29日)

成熟期は「べこごのみ」より5日遅く、「ふくひびき」より3日早い。耐倒伏性は“かなり強”であり、極多肥移植栽培や多肥直播栽培で、「べこごのみ」や「ふくひびき」で倒伏が認められる場合でも、倒伏はほとんど認められない。粗玄米重は、多

肥移植栽培、多肥直播栽培では「べこごのみ」並で「ふくひびき」より少ない。極多肥栽培では「べこごのみ」よりやや少なく、「ふくひびき」より明らかに少ない。籾藁比は、移植栽培、直播栽培のいずれにおいても「べこごのみ」や「ふくひびき」より低い。

表6 「べこげんき」の葉・茎の形態的特性調査成績 (育成地)

品種名	葉身長 I (cm)	葉身長 II (cm)	葉身長 III (cm)	葉身幅 (cm)	稈長 (cm)	穂抽出程度 (cm)	節間比率	節間直径 (cm)
べこげんき	41.3	44.9	42.7	1.34	90.2	5.2	0.69	5.02
べこごのみ	31.4	40.8	41.8	1.45	90.3	3.3	0.61	4.36
あきたこまち	26.9	33.3	37.6	1.23	95.6	5.8	0.56	3.19
ふくひびき	25.2	34.5	41.3	1.24	86.1	1.5	0.57	3.32
タカナリ	35.9	45.4	45.9	1.48	60.4	-3.1	0.76	5.53

注. 1) 2013年、多肥移植栽培の試験結果。

2) 葉身長は止葉をI、下方向にII、IIIとした。葉身幅は上位3葉の平均値。穂抽出程度は止葉葉鞘から先に出ている穂首節間の長さ。マイナス値は穂が出すくむことを示す。節間比率は上位2節間の長さが稈長に占める割合。節間直径は上位2～4節間の直径の平均値。

3) タカナリの値は、2008、2009年に東北農研大仙北拠点で実施された標肥移植栽培 (Fukushimaら 2011) から算出した。

表7 「べこげんき」の生育・黄熟期収量調査成績 (育成地)

栽培方法	品種名	苗立率 (%)	出穂期 (月日)	黄熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 (0~5)	黄熟期全乾物重 (kg/a)	同左比率 (%)	穂重割合 (%)	株元10cm重 (kg/a)
多肥 移植栽培	べこげんき		7.27	8.29	87	21.0	301	0.0	148	107	56.1	11.1
	べこごのみ		7.26	8.26	87	20.7	338	0.0	139	100	57.1	9.0
	ふくひびき		8.03	9.04	85	20.1	408	0.0	152	109	58.2	11.9
多肥 直播栽培	べこげんき	57.9	8.05	9.08	89	21.4	337	0.8	155	106	52.4	13.2
	べこごのみ	54.3	8.01	9.05	87	20.9	353	1.5	147	100	60.1	11.0
	ふくひびき	59.6	8.09	9.12	81	18.9	460	1.7	156	106	54.3	14.9

注. 1) いずれの栽培方法も2009～2013年の平均値。

2) 倒伏程度: 0 (無) - 5 (甚)、穂重割合 = 黄熟期穂重 ÷ 黄熟期全乾物重、株元10cm重: 株元から上に10cm部分の乾物重。

表8 「べこげんき」の飼料成分調査成績 (育成地)

栽培方法	品種名	飼料成分 (%)							TDN-C	TDN-N	TDN収量 (kg/a)	同左比率 (%)
		CP	Ash	OCC	OCW	Oa	Ob	TDN-N				
多肥 移植栽培	べこげんき	5.4	8.9	45.2	44.8	1.5	43.2	60.2	49.1	89.1	109	
	べこごのみ	5.6	8.3	42.8	47.6	1.7	45.9	59.2	48.6	82.2	100	
	ふくひびき	4.5	7.6	46.0	44.3	1.4	42.9	60.3	49.6	91.4	112	
多肥 直播栽培	べこげんき	4.1	9.0	42.1	46.7	1.6	45.0	59.0	48.5	91.6	105	
	べこごのみ	4.5	7.4	43.9	46.2	1.4	44.7	59.5	49.0	87.3	100	
	ふくひびき	4.2	9.8	38.0	50.1	1.9	48.1	57.0	47.9	89.0	102	

注. 1) いずれの栽培方法も2009～2013年の平均値。

2) 飼料成分は農研機構畜産草地研究所における近赤外線分光分析による。CP: 粗蛋白質、Ash: 灰分、OCC: 細胞内容物質の有機部分、OCW: 細胞壁物質 (繊維質)、Oa: 高消化性繊維、Ob: 低消化性繊維。TDN-CはTDN回帰式 (小川の式)、TDN-NはTDN回帰式 (九州農研の式) による計算値。TDN収量 = TDN-C × 黄熟期全乾物重。

「べこげんき」の黄熟期全乾物重は、多肥移植栽培では148kg/aで、「べこごのみ」より7%大きく、「ふくひびき」より3%小さく、多肥直播栽培では155kg/aで、「べこごのみ」より6%大きく、「ふくひびき」並である(表7)。黄熟期の全乾物重に対する穂重の割合は、多肥移植栽培、多肥直播栽培ともに「べこごのみ」や「ふくひびき」よりやや低い。収穫ロスに関連する株元10cm重に大きな品種間差異は認められない。

飼料成分の含有率に大きな品種間差異は認められない(表8)。「べこげんき」のTDN収量は、多肥移植栽培では89.1kg/aで、「べこごのみ」より9%高く、「ふくひびき」より3%低い。多肥直播栽培では91.6kg/aで、「べこごのみ」より5%高く、「ふ

くひびき」より3%高い。

2. 病害抵抗性および障害抵抗性

「べこげんき」のいもち病真性抵抗性遺伝子は、*Pia*、*Pib*と推定される(表9)。葉いもち、穂いもちの圃場抵抗性は不明である(表10)。ただし、単年度のガラス室検定試験においては、葉いもち圃場抵抗性は“やや弱”である(表11)。障害型耐冷性は、育成地では新基準の“やや弱”、東北各県では旧基準の“やや弱～やや強”である(表12、表13)。総合的には、「べこげんき」の障害型耐冷性は新基準の“やや弱”に判定される。縞葉枯病抵抗性は“罹病性”である(表14)。白葉枯病抵抗性は“弱”である(表15)。穂発芽性は“やや易”である(表16)。押し倒し抵抗性は極めて強い(表17)。

表9 「べこげんき」のいもち病真性抵抗性検定試験成績 (中央農研)

系統・品種名	レースコード	レース (菌株名)																推定遺伝子型
		001.2 (Mu95)	007 (稲86-137)	007.2 (314-151-11-1)	033.7 (TH2000-53)	035.1 (TH68-140)	037.3 (愛79-142)	106.4 (IS72)	133.3 (Mu183)	137.1 (研53-33)	137.3 (TH87-06-1)	301.0 (稲93-3)	301.4 (Y55-33C)	307.2 (新080405)	337.3 (新090116)	477 (84R-62B)	477.1 (愛74-134)	
べこげんき	R	R	MS	S	R	S	R	MS	R	S	R	R	S	S	R	R	<i>Pia, Pib</i>	
新2号	1	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<i>Pish, Pik-s</i>	
愛知旭	2	R	S	S	S	R	S	S	S	S	R	R	S	S	S	S	<i>Pia</i>	
石狩白毛	4	R	S	S	R	S	S	S	R	S	S	R	R	S	S	S	<i>Pii, Pik-s</i>	
関東51号	10	R	R	R	S	S	S	R	S	S	S	R	R	R	S	S	<i>Pik</i>	
ツユアケ	20	R	R	R	S	S	S	R	S	S	S	R	R	R	S	S	<i>Pik-m</i>	
フクニシキ	40	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	<i>Piz, Pish</i>	
ヤシロモチ	100	R	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	R	<i>Pita</i>	
Pi No.4	200	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S	S	R	<i>Pita-2, Pish</i>	
とりで1号	400	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	<i>Piz-t, Pish</i>	
K60	0.1	R	R	R	S	S	S	R	S	S	S	R	R	R	S	R	<i>Pik-p, Pish</i>	
BL1	0.2	S	R	S	S	R	S	R	S	R	S	R	R	S	S	R	<i>Pib, Pish</i>	
K59	0.4	R	R	R	S	R	R	S	R	R	R	S	R	R	R	R	<i>Pit, Pik-s</i>	

注. 中央農研：農研機構中央農業総合研究センター病害虫研究領域。2013年試験。

表10 「べこげんき」の葉いもち圃場抵抗性および穂いもち圃場抵抗性検定試験成績 (育成地)

系統・品種名	葉いもち圃場抵抗性			穂いもち圃場抵抗性				
	推定遺伝子型	発病程度	判定	系統・品種名	推定遺伝子型	出穂期(月.日)	発病程度	判定
べこげんき	<i>Pia, Pib</i>	0.5	不明	べこげんき	<i>Pia, Pib</i>	7.30	0.9	不明
ふくひびき	<i>Pib</i>	0.0	不明	青系128号	<i>Pia</i>	8.01	2.9	強
べこごのみ	<i>Pib, Pik</i>	0.0	不明	まいひめ	<i>Pia</i>	7.29	4.9	中
奥羽320号	<i>Pia</i>	3.6	極強	ふ系94号	<i>Pia</i>	8.04	7.2	弱
中部45号	<i>Pii</i>	4.9	強	こころまち	+	8.03	4.3	やや強
				あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	8.02	6.4	やや弱

注. 1) 葉いもち圃場抵抗性：2009～2013年の平均値。罹病程度：0(無病)～10(全葉枯死)。

2) 穂いもち圃場抵抗性：2009、2010、2011、2013年の平均値。罹病程度：0(無病)～10(全粒罹病)。

表11 「べこげんき」の葉いもち圃場抵抗性検定試験成績－ガラス室検定（中央農研）

品種名	レース（菌株名）						総合判定
	307.2（新080405）			337.3（新090116）			
	病斑面積率	発病指数	判定	病斑面積率	発病指数	判定	
べこげんき	7.46	126	やや弱	4.13	134	やや弱	やや弱
日本晴	5.93	100	中	3.08	100	中	中
黄金錦	2.59	44	強	2.63	85	強	強
農林29号	9.08	153	弱	4.82	156	弱	弱

注. 中央農研：農研機構中央農業総合研究センター病害虫研究領域による2013年試験結果。シードリングケース（6cm×15cm×10cm）に1系統・品種当たり10粒×3反復を播種し、ガラス室で育成。7～8葉期に親和性いもち病菌菌株を噴霧接種し、接種後7日後に主茎の接種時展開葉とその次葉の病斑面積率を調査。

表12 「べこげんき」の障害型耐冷性検定試験成績（育成地）

品種名	2009～2012年		2013年		2013年		判定 (旧基準)	判定 (新基準)
	水温設定19.0℃		水温設定18.8℃		水温設定19.3℃			
	出穂期 (月.日)	稔実歩合 (%)	出穂期 (月.日)	稔実歩合 (%)	出穂期 (月.日)	稔実歩合 (%)		
べこげんき	8.05	14.0	8.07	5.0	8.05	18.0	中	やや弱
べこごのみ	7.31	0.5	7.28	3.0	7.30	10.0	弱	弱
ふくひびき	8.15	3.3	8.12	3.0	8.11	10.0	やや弱	弱
いわてっこ	8.09	37.5	8.11	35.0	8.09	90.0	極強	強
駒の舞	8.05	16.7	8.05	28.0	8.03	83.0	強	やや強
まっしぐら	8.08	14.2	8.09	15.0	8.07	83.0	やや強	中
むつほまれ	8.07	5.5	—	—	8.07	18.0	中	やや弱

注. 循環式冷水掛け流し圃場（恒温深水法）。達観・触手調査。水深は20cm。冷水掛け流し期間は2009年、2010年は7月1日～8月26日、2011年は7月1日～8月24日、2012年は6月29日～8月31日、2013年は7月1日～8月29日。判定は、旧基準と種苗登録における新基準によって示した。

表13 「べこげんき」の障害型耐冷性検定試験成績（青森藤坂、岩手、宮城古川）

品種名	藤坂			品種名	岩手			品種名	古川		
	出穂期 (月.日)	稔実歩合 (%)	判定 (旧基準)		出穂期 (月.日)	稔実歩合 (%)	判定 (旧基準)		出穂期 (月.日)	稔実歩合 (%)	判定 (旧基準)
べこげんき	8.06	20.5	中～やや強	べこげんき	8.05	21.1	中	べこげんき	8.01	21.8	やや弱～中
はまゆたか	8.03	49.2	極強	いわてっこ	8.08	59.9	極強	中母35	7.30	61.5	極強
まっしぐら	8.12	49.3	やや強～強	コイヒメ	8.02	39.7	やや強	ムツニシキ	8.03	49.3	やや強
ムツニシキ	8.11	44.3	やや強～強	駒の舞	8.01	28.3	やや強	レイメイ	8.04	29.3	中
レイメイ	8.10	26.4	中～やや強	ムツニシキ	8.07	34.6	やや強	アキヒカリ	8.04	13.7	やや弱
アキヒカリ	8.10	11.8	中	レイメイ	8.05	23.9	中				
あきたこまち	8.12	37.2	やや強	アキヒカリ	8.07	9.9	やや弱以下				

注. 1) 青森藤坂：青森県産業技術センター農林総合研究所藤坂稲作部。2009年、2010年、2013年試験の平均値。設定水温は18.9～19.2℃。水深は7月下旬まで15cm、以降8月下旬まで25cm。
2) 岩手：岩手県農業研究センター。2010年試験。設定水温は19℃。7月2日～7月14日は水深20cm、7月15日から8月31日は水深30cm。
3) 宮城古川：宮城県古川農業試験場。2010年、2013年試験の平均値。水温は19℃設定。水深は7月中旬まで15cm、以降9月上旬まで25cm。

表14 「べこげんき」の縞葉枯病抵抗性検定試験成績（岐阜、近中四）

品種名	出穂期	岐阜			近中四		
		罹病株率 (7/14調査)	罹病株率 (出穂期)	判定	系統・品種名	発病指数	判定
べこげんき	7.20	8.6	18.6	罹病性	べこげんき	3.3	罹病性
日本晴	8.12	6.5	40.3	罹病性	陸稲農林11号	0.0	抵抗性
あさひの夢	8.13	0.0	0.0	抵抗性	農林8号	2.9	罹病性
ハツシモ	8.22	8.2	47.9	罹病性	StNo. 1	0.0	抵抗性
					杜稲	1.8	罹病性
					日本晴	1.8	罹病性

注. 1) 岐阜：岐阜県農業技術センター。2010年試験。5月13日1株1本植え移植、70株を目視調査。罹病株率(%) = 罹病株数/調査株数×100。
2) 近中四：農研機構近畿中国四国農業研究センター。2013年試験。保毒虫による幼苗検定。縞葉枯病発病指数 = (100 × A + 80 × B + 60 × Bt + 40 × Cr + 20 × C + 5 × D) / 調査苗数。A、B、Bt、Cr、C、Dは病徴型の階級（A：著しい病徴～D：極軽微な病徴）。

表15 「べこげんき」の白葉枯病抵抗性検定試験成績（山形庄内）

系統・品種名	2012年				2013年			
	出穂期 (月.日)	接種日 (月.日)	病斑長 (cm)	判定	出穂期 (月.日)	接種日 (月.日)	病斑長 (cm)	判定
べこげんき	7.25	7.25	17.3	弱	7.26	7.26	22.0	弱
中新120号	8.03	7.25	5.5	強	8.03	8.02	3.3	強
庄内8号	7.29	7.25	8.3	中	7.25	7.26	9.7	やや弱
フジミノリ	7.23	7.25	6.6	やや強	7.22	7.26	8.2	中
ササニシキ	8.03	8.03	9.3	やや弱	8.02	8.02	8.4	中
ヒメノモチ	7.30	7.30	16.2	弱	7.25	7.26	16.8	弱
べこごのみ	-	-	-	-	7.23	7.26	12.1	やや弱
ふくひびき	-	-	-	-	8.01	7.26	14.1	弱

注. 山形庄内：山形県農業総合研究センター水田農業試験場。剪葉接種法により、穂ばらみ期にⅡ群菌およびⅢ群菌を止葉に接種。27、28日後に病斑長を測定。

表16 「べこげんき」の穂発芽検定試験成績（育成地）

品種名	穂発芽程度		判定
	2009年	2010～2013年	
べこげんき	5.5	6.0	やや易
あきたこまち	5.0	4.8	やや難～中
ふくひびき	4.5	5.8	中～やや易
べこごのみ	4.5	6.7	易

注. 成熟期に3穂採取。30℃湿室、6～7日後に達観調査。2009年は0（発芽粒なし）～10（全粒発芽、伸長大）で評価。2010～13年は2（極難）～8（極易）で評価。あきたこまちは異なる試験区の平均値。

く、黄熟期全乾物重は同程度かやや小さい。

2. 普及予定地における試験成績

秋田県平鹿地域の直播栽培試験において、「べこげんき」は出穂期が8月8日、黄熟期が9月上旬であり、「あきたこまち」の収穫が始まる9月下旬前に黄熟期収穫が可能である（表19、写真4、写真5）。黄熟期全乾物重は119～162g/aで、収穫時期が同じ他品種と同程度かやや大きい。サイレージの発酵品質の評価は良好である。

3. 栽培適地

「べこげんき」は、東北地域において“かなり早”に属するため、東北地域におけるWCS用の栽培に適する。

4. 栽培上の留意点

- 1) 障害型耐冷性がやや弱いので、冷害の常襲地帯での栽培は避ける。
- 2) 白葉枯病抵抗性は“弱”、縞葉枯病抵抗性は“罹病性”であるので、これらの病気の多

Ⅳ 栽培適地および栽培上の留意点

1. 配付先における試験成績

「べこげんき」の玄米収量は、対照の多収品種より少ない傾向にある（表18）。WCSとしては、対照品種の「ふくひびき」と比較して、黄熟期がやや早

発地帯での栽培は避ける。

- 3) いもち病真性抵抗性遺伝子 *Pib* を保有すると推定されるために、通常いもち病の発生は認められない。しかし、病原菌レースの変化

により発生が認められた場合は、適宜、薬剤防除を行う。

V 育成従事者

「べこげんき」の育成に従事した者およびその期間は表20に示したとおりである。

VI 考 察

「べこげんき」は、早生で、黄熟期乾物重が大きく、耐倒伏性が強いことから、直播栽培に適したWCS用品種として期待される。「べこげんき」の形態的特徴として、止葉が長く穂より高い位置にあり、下位の節間が短く太いことが挙げられる。このような葉および茎の形態的特徴は、インド型の多収品種「タカナリ」と類似している（Fukushimaら2011）。ただし、「タカナリ」と比べて稈が長く、また「タカナリ」のように穂が出すくむことはない。

表17 「べこげんき」の押し倒し抵抗試験成績（育成地）

品種名	出穂期 (月.日)	抵抗値 (g)	穂数 (本)	抵抗値/穂数 (g)
べこげんき	8.04	1352	15.7	90
べこごのみ	8.01	1041	16.5	65
ふくひびき	8.08	1188	22.3	55
うしゆたか	8.06	1177	15.8	77
まっしぐら	8.06	937	22.0	43
あきたこまち	8.08	986	23.6	43

注. 表面条播による直播栽培、2011～2013年の平均値。出穂約2週間後に、デジタルフォースゲージを高さ20cmの茎部分に押し当てて45℃まで押したときの値を測定。

表18 「べこげんき」の配付先における試験成績

試験地	試験年度	施肥水準	品種名	目的	移植期 (月.日)	出穂期 (月.日)	黄熟期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (mi)	全重 (kg/a)	玄米収量 (kg/a)	玄米品質 (%)	玄米千粒重 (g)	倒伏程度	概評	
青森 藤坂	2009	標肥	べこげんき		5.23	8.06		9.29	76.1	18.8	260	172	63.1	95	26.5	7.5	0.0	×
			まっしぐら	対照	5.23	8.07		10.01	75.2	17.9	401	163	62.5	94	22.5	4.5	0.0	(玄米)
			つがるロマン	比較	5.23	8.08		9.03	80.5	17.8	420	172	66.6	100	22.0	3.8	0.5	
岩手	2012	標肥	べこげんき		5.15	7.30		9.07	77.8	21.2	353	199	56.9	82	25.4	9.0	0.0	△
			つふみのり	対照	5.15	8.02		9.10	93.6	19.6	558	190	69.7	100	21.3	4.5	4.5	(WCS)
			つふゆたか	比較	5.15	8.07		9.15	89.5	20.9	465	174	62.7	90	23.5	3.5	0.5	
秋田	2011	標肥	べこげんき		5.11	7.24		9.13	74.0	20.1	269	147	56.6	76	27.2		0.0	×
			秋田63号	対照	5.11	8.06		9.21	76.9	19.0	416	161	74.2	100	30.4		0.0	(玄米)
			あきたこまち	比較	5.11	8.01		9.13	77.3	17.9	374	145	63.1	85	23.8	3.0	0.0	
		多肥	べこげんき		5.11	7.25		9.17	77.5	19.6	275	155	60.9	78	27.3		0.0	×
			秋田63号	対照	5.11	8.08		9.21	83.1	19.4	413	191	78.4	100	30.3		0.0	(玄米)
			あきたこまち	比較	5.11	8.01		9.14	80.0	17.5	427	160	65.8	84	23.3	3.0	0.0	
山形 庄内	2011	標肥	べこげんき		5.10	7.21		9.05	74.4	21.6	300	148	55.6	91	26.1	9.0	0.0	×
			ふくひびき	対照	5.10	7.27		9.04	64.5	18.4	329	153	60.9	100	24.3	9.0	0.0	(玄米)
福島	2011	極多肥	べこげんき		5.20	7.31	9.04		94.6	20.8	353	(521)	(170)			0.0	△	
			ふくひびき	対照	5.20	8.06	9.07		87.6	17.8	467	(461)	(164)			0.0	(WCS)	
	2012	多肥	べこげんき		5.21	7.31	9.02		80.0	19.6	320					0.0	△	
			ふくひびき	対照	5.21	8.06	9.07		79.0	20.2	480					0.0	(WCS)	
会津	2011	極多肥	べこげんき		5.17	7.25		8.28	83.0	20.4	272	(369)	(171)			0.0	△×	
			ふくひびき	対照	5.17	8.01		9.02	74.4	17.3	374	(341)	(173)			0.0	(WCS)	
福島浜	2011	極多肥	べこげんき		5.12	7.21	8.18	9.03	91.2	21.8	298	(496)	(155)			0.0	△	
			ふくひびき	対照	5.12	7.31		9.07	79.6	19.4	362	125	74.8		21.6	0.0	(WCS)	
	2012	標肥	べこげんき		5.11	7.30	8.23	9.09	84.6	21.5	287					0.0	△×	
			ふくひびき	対照	5.11	8.04	9.03	9.11	73.4	19.7	369	179	83.6	100	24.1	0.0	(WCS)	

注. 1) 青森藤坂は系統適応性試験、他は奨励品種決定試験。青森藤坂：青森県産業技術センター農林総合研究所藤坂稲作部、岩手：岩手県農業研究センター、秋田：秋田県農業試験場、山形庄内：山形県農業総合研究センター水田農業試験場、福島：福島県農業総合センター、会津：福島県農業総合センター会津地域研究所、福島浜：福島県農業総合センター浜地域研究所。

2) 作期はいずれも普通。全重は成熟期の風乾全重、全重の()は黄熟期生重、玄米収量の()は黄熟期全乾物重。玄米品質は1(上上)～9(下下)、倒伏程度は0(無)～5(甚)。概評は玄米収量あるいはWCSとしての評価。



写真4 普及予定地における「べこげんき」の草姿
(秋田県平鹿地区、2013年9月9日)



写真5 普及予定地における「べこげんき」の収穫作業
(秋田県平鹿地区、2013年9月12日)

表19 普及予定地（秋田県平鹿地域）における「べこげんき」の黄熟期収穫試験成績

試験年度	品種名	播種日 (月.日)	出穂期 (月.日)	収穫日 (月.日)	乾物重 (kg/10a)	TDN (%)	VBN/TN	V-score	発酵品質 の評価
2011	べこげんき	5.18	8.08	9.06	119	43.7	5.6	98.9	良
	べこごのみ	5.18	8.05	9.06	109	47.8	35.0	50.0	不良*
2012	べこげんき	5.21	8.09	9.15	138	51.4	5.3	92.3	良
	たちすがた	5.21	8.31	9.15	132	41.3	10.3	65.5	可
2013	べこげんき	5.20	8.07	9.13	162	46.3	1.9	90.0	良
	べこごのみ	5.20	8.04	9.13	159	53.1	1.8	90.0	良

- 注. 1) 生産者、秋田県平鹿地域振興局および秋田県畜産試験場の調査協力による。
 2) 播種様式：カルパーコーティングした催芽種子を潤土直播（条播）。
 3) 窒素施肥量：2011年は8kg/10a、2012年は7kg/10a、2013年N7.5kg/10a。
 4) VBN/TN（全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合）： ≤ 12.5 を優、12.5～15.0を良、15.1～17.5を中、17.6～20.0を不良、20.1 \leq を極度に不良。V-score（VBN/TN、VFA（揮発性脂肪酸）から算出）：80点以上で良、60～80点で可、60点以下で不良。粗飼料の品質評価ガイドブック（日本畜産種子協会）による。
 5) *2011年の「べこごのみ」はラップに穴があいて二次発酵が進み、発酵品質評価が不良になったと考えられる。

表20 「べこげんき」の育成従事者と従事期間

氏名	2005 交配・F1	2006 F2,F3	2007 F4	2008 F5	2009 F6	2010 F7	2011 F8	2012 F9	2013 F10	在任 月数	現在の 所属
太田久稔						④			③	48	現在員
山口誠之	④									60	作物研
福嶋 陽						④			③	48	現在員
梶 亮太				④					③	72	現在員
津田直人								④	③	24	現在員
中込弘二	④								③	84	近中四農研
片岡知守	④			③						36	九州沖縄農研
遠藤貴司	④			③						36	古川農試

注. 1) 丸囲み数字は異動した月を表す。

2) 作物研：農研機構作物研究所、近中四農研：農研機構近畿中国四国農業研究センター、九州沖縄農研：農研機構九州沖縄農業研究センター、古川農試：宮城県古川農業試験場。

「タカナリ」は高い乾物生産能力を持つことが報告されており（徐ら 1997）、「べこげんき」においても、「タカナリ」と類似した受光態勢あるいは形態的特性が高い乾物生産性と関連しているのかもしれない。また、「べこげんき」の下位節間が短く極めて太いことは、押し倒し抵抗が強く、耐倒伏性が極めて優れる一因と考えられる。この耐倒伏性に優れる品種特性は、表面播種の鉄コーティング直播（山内 2004）のように、苗立ちは優れるが倒伏しやすい直播栽培方法に適していると考えられる。

「べこげんき」の2015年の普及予定地は秋田県平鹿地域のみであるが、今後、直播栽培に適したWCS用品種として東北地域に広く普及していくことが期待される。また、「べこげんき」は早生品種であるので、関東以西における麦後のWCS用品種としての利用も期待できる。ただし、縞葉枯病に罹病性であるので、縞葉枯病の多発地帯での栽培は避ける必要がある。飼料用米あるいは加工・業務用米としての利用については、可能であるが、玄米収量が「ふくひびき」より明らかに低いことから、適しているとは言えない。

今後の東北地域のWCS用品種の育成に向けての課題としては、栄養成分の改良が挙げられる。水稻のWCSを牛に給与した場合、籾・玄米の一部は消化されずに排出されてしまう。このため、西日本においては、1穂籾数が極めて少なく、茎葉の割合の極めて高い「たちすずか」が育成された（松下ら 2012）。「たちすずか」は、牛に給与した場合の籾の排泄率が低くだけでなく、茎葉の糖含量が高く、リグニン含量やケイ酸含量が低いというサイレージ

として望ましい特性を持つ（河野 2011）。一方、「べこげんき」は「べこごのみ」や「ふくひびき」と比較して、籾葉比（表4）あるいは穂重割合（表7）がやや低いが、このことが牛に給与した場合に効果的であるかは明らかではない。これまでのWCS用水稲品種の育成においては、籾・玄米と茎葉を合わせた全体のTDN含量によって栄養成分を評価してきたが、今後は「たちすずか」の育成時のように、籾・玄米と茎葉を区別して栄養特性を評価する必要がある。そして、茎葉の乾物重が大きく、その糖含量やリグニン含量などの栄養特性が登熟期間を通じて優れた品種を育成することが望まれる。

引用文献

- 1) Fukushima, A.; Shiratsuchi, H.; Yamaguchi, H.; Fukuda, A. 2011. Varietal differences in morphological traits, dry matter production and yield of high yielding rice in the Tohoku region of Japan. *Plant Prod. Sci.* 14: 47-55.
- 2) 河野幸雄. 2011. 高糖分飼料イネ「たちすずか」の飼料特性と乳牛への給与. 飼料イネの研究と普及に関する情報交換会資料: 21-26.
- 3) 松下 景, 飯田修一, 出田 収, 春原嘉弘, 前田英郎, 田村泰章. 2012. 茎葉多収で消化性に優れ高糖分含量の飼料用水稲品種「たちすずか」の育成. *近中四農研研報* 11: 1-13.
- 4) 三浦清之, 上原泰樹, 小林 陽, 太田久稔, 清水博之, 笹原英樹, 福井清美, 小牧有三, 大槻

- 寛, 後藤明俊, 重宗明子. 2006. 水稻新品種「夢あおば」の育成. 中央農研研報 7: 1-23.
- 5) 中込弘二, 山口誠之, 片岡知守, 遠藤貴司, 滝田 正, 東 正昭, 横上晴郁, 加藤 浩, 田村泰章. 2006. 直播栽培に適する稲発酵粗飼料専用品種「べこあおば」の育成. 東北農研研報 106: 1-14.
- 6) 中込弘二, 山口誠之, 片岡知守, 遠藤貴司, 滝田 正, 東 正昭, 横上晴郁, 加藤 浩. 2008. 東北地域向けの早生の飼料イネ専用品種「べこごのみ」の育成. 東北農研研報 109: 1-13.
- 7) 徐 銀発, 大川泰一郎, 石原 邦. 1997. 水稻多収性品種タカナリの収量と乾物生産過程の解析 -1991年から1994年の4年間. 日作紀 66: 42-50.
- 8) 山内 稔. 2004. 水稻の鉄コーティング湛水直播. 農業および園芸 79: 947-953.

パンに適した微細で低損傷デンプンの米粉ができる 水稻新品種「ゆめふわり」の育成

太田 久稔^{*1)}・山口 誠之^{*2)}・福嶋 陽^{*1)}・梶 亮太^{*1)}
津田 直人^{*1)}・中込 弘二^{*3)}・片岡 知守^{*4)}・遠藤 貴司^{*5)}
横上 晴郁^{*6)}・田村 泰章^{*4)}

抄 録：「ゆめふわり」は、2002年に東北農業研究センターにおいて「たきたて」に「放育2号（のちの「エルジーシー活」）」を交雑した雑種後代から、東北農業研究センターで選抜し、育成した微細で低損傷デンプンの米粉ができるパン用の低アミロース米水稻品種である。「奥羽405号」の地方名で栽培特性、加工適性を検討し、優秀性が確認されたため、2013年に品種登録出願を行った。この品種の育成地（秋田県大仙市）での移植栽培における特徴は、出穂期は「あきたこまち」より1～3日程度早く、成熟期は「あきたこまち」と同程度で東北地域では“早生の晩”に属する。稈長は「あきたこまち」より10cm程度短く、穂長、穂数は「あきたこまち」と同程度で草型は“偏穂数型”である。倒伏は「あきたこまち」より明らかに少なく、耐倒伏性は“やや強”である。精玄米収量は標肥栽培では「あきたこまち」よりやや少なく、多肥栽培では「あきたこまち」並かやや多い。玄米は白濁し、「あきたこまち」と比較して粒長がやや短く、粒幅がやや広く、粒厚がやや厚い。白米のアミロース含有率は「あきたこまち」より明らかに低く、「スノーパール」と同程度である。玄米のタンパク質組成は、一般品種よりグルテリン、グロブリンが少なく、プロラミンが多い。湿式気流粉碎で製粉した米粉は、同製粉方法の「あきたこまち」の米粉と比較して、粒度分布が狭く粗い粒子が分布しない。平均粒径が小さく、損傷デンプンの含有率が低い。米粉混合小麦粉パンは、「あきたこまち」の米粉混合小麦粉パンと比較して、比容積がやや大きく、やわらかく、もちりとしている。いもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pii*”と推定され、葉いもち圃場抵抗性は“やや強”、穂いもち圃場抵抗性は“中”である。縞葉枯病に“罹病性”で、白葉枯病圃場抵抗性は“やや強”、穂発芽性は“やや難”である。障害型耐冷性は“弱”である。「ゆめふわり」は微細で損傷デンプンが少ない米粉を利用した加工用途、主に米粉混合小麦粉パンの用途に適すると考えられる。

キーワード：イネ、米粉、損傷デンプン、パン、ゆめふわり

“Yumefuwari”, a New Rice Cultivar for Rice Flour Bread : Hisatoshi OHTA^{*1)}, Masayuki YAMAGUCHI^{*2)}, Akira FUKUSHIMA^{*1)}, Ryota KAJI^{*1)}, Naoto TSUDA^{*1)}, Koji NAKAGOMI^{*3)}, Tomomori KATAOKA^{*4)}, Takashi ENDO^{*5)}, Narifumi YOKOGAMI^{*6)} and Yasuaki TAMURA^{*4)}

Abstract : A new rice cultivar for processing, “Yumefuwari” was developed from a cross between “Takitate” and “Hoiku2”. The cross was carried out in 2002 and resulted in a promising line named “Ouu405” that was distributed for performance tests in 2008. The superiority of “Ouu405” was confirmed in these tests, and the line was submitted to the Ministry of Agriculture, Forestry and

* 1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Daisen, Akita 014-0102, Japan)

* 2) 現・農研機構作物研究所 (NARO Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan)

* 3) 現・農研機構近畿中国四国農業研究センター (NARO Western Region Agricultural Research Center, Fukuyama, Hiroshima 721-8514, Japan)

* 4) 現・農研機構九州沖縄農業研究センター (NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, Chikugo, Fukuoka 833-0041, Japan)

* 5) 現・宮城県古川農業試験場 (Miyagi Prefectural Furukawa Agricultural Experiment Station, Osaki, Miyagi 989-6227, Japan)

* 6) 現・農研機構北海道農業研究センター (NARO Hokkaido Agricultural Research Center, Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan)

Fisheries in 2013 for official registration as “Yumefuwari”.

“Yumefuwari” belongs to an early-to-medium maturation group in the Tohoku region. Its heading date is 2 days earlier than that of “Akitakomachi”, and its ripening date is the same as that of “Akitakomachi”. “Yumefuwari” has a short-to-medium culms length and a medium-to-many panicle number, and is a semi-panicle-number type plant. Its grain yield is the same as that of “Akitakomachi”. Its resistance to lodging is medium to strong, its resistance gene to blast is “*Pii*”, its level of field resistance on leaves is medium to strong, and its level of field resistance on panicles is medium. Its cold tolerance is weak. Its resistance to bacterial leaf blight is medium to strong, and it is susceptible to rice stripe virus infections. Its preharvest sprouting resistance is medium to strong.

The amylose content in “Yumefuwari” endosperm is approximately 7%, which is approximately 10% lower than that of “Akitakomachi”. Its endosperm glutelin content is lower than that of “Akitakomachi”. The 26kDa globulin in its endosperm is deficient.

The particle size of “Yumefuwari” rice flour is smaller than that of “Akitakomachi” and the damaged starch content of the rice flour is lower. This profile of “Yumefuwari” rice flour suggests that it is suitable for making good quality bread.

Given its suitability for processing, “Yumefuwari” is expected to play an important role in rice flour bread production in Japan.

Key Words : Paddy Rice, Rice Flour, Damaged Starch, Bread, Yumefuwari

I 緒 言

現在、主食用米の需要は横ばいか穏やかな減少傾向にあり、水田の高度利用、米粉利用による需要拡大が必要と考えられる。米粉には様々な用途があるが、これまであまり利用されていなかったパンに利用することで米の需要拡大が可能と考えられる。小麦粉には、グルテンと呼ばれるタンパク質が含まれており、発酵で生じた気胞を包み込み、それが膨張することでふっくらとしたパンができる (Jongh, G. *et al.* 1968, Kim, J. C.・Ruiter, D. D. 1968)。グルテンが含まれていない米粉を利用してパンを作る場合には、米粉と小麦粉を混ぜたり、米粉にグルテンを添加することで膨らみのあるパンができる (Tanaka, Y. 1972、高野ら 1986)。しかし、団子やせんべい等に使用される米粉 (上新粉) では、粉の粒径が大きく、ふっくらとしたパンを作ることが困難であった。近年、製粉技術 (有坂ら 1994) 等の発達により粒径が小さい米粉を使用したパンの製造販売が行われるようになり、パンに必要なとされる粉の特性も徐々に明らかになってきている。ひとつに

は、「粉の粒径」が小さいこと、もうひとつは「損傷デンプン」が少ないことである (Araki *et al.* 2009)。

東北農業研究センターでは、低アミロース・タンパク質変異米品種の育成を目的に、低アミロース・タンパク質変異米系統「奥羽405号」を開発し、加工適性の評価を作物研究所米品質研究分野、敷島製パン株式会社に依頼した。その結果、「奥羽405号」の米粉は粒径が小さく、かつ損傷デンプンが少ない特性を有し、製パン適性の試験により有用と認められた。「奥羽405号」を使用したパンの販売を可能とするため、2013年に「ゆめふわり」として品種登録出願 (出願公表日：2013年8月30日、出願番号：第28236号) を行った。

敷島製パン株式会社は2009年から「ゆめふわり」の製パン適性に関する研究を行っている (2012年から共同研究)。2012年に「ゆめふわり」の米粉を使った大量機械生産販売用米粉パンの実証試験を行い良好な結果を得たことから、2014年に「ゆめふわり」の米粉を使用したパンを製造し、販売を開始した。

本品種の育成は主に農林水産省の委託プロジェクト「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発（加工プロ）」において行われ、「米粉に適した品種及び低コスト粉碎技術の開発（米粉プロ）」において米粉特性評価試験、生産力検定試験、特性検定試験を継続している。本品種の育成にあたっては、耐病性等の特性検定試験、系統適応性試験および奨励品種決定基本調査の実施について農研機構の関係機関並びに府県の関係者のご協力をいただいた。製粉試験では、作物研究所米品質研究分野の担当者の方々、製パン試験では、敷島製パン株式会社研究開発部の担当者の方々にご協力いただいた。現地栽培試験では、大潟村農業協同組合の担当者の方々にご協力いただいた。東北農業研究センター業務第3科の各位には圃場管理、調査にご尽力いただいた。深く感謝する。

Ⅱ 育成経過

1. 来歴

「ゆめふわり」の系譜を図1に示す。「ゆめふわり」は、低アミロースで低グルテリン・26kDグロブリン欠失のタンパク質組成を持つ品種を育成することを目標として、低アミロース米品種「たきたて（永野ら 2005）」と低グルテリン・26kDグロブリン

欠失のタンパク質組成を持つ粳品種「放育2号（エルジーシー活（Nishimura *et al.* 2005）」の交雑後代より育成された品種である。

2. 選抜経過

「ゆめふわり」の選抜経過を表1に示す。2002年に東北農業研究センター低コスト稲育種東北サブチーム（現 水田作研究領域）において人工交配を行った。2002年F₁を養成し、2003年に独立行政法人国際農林水産業研究センター沖縄支所においてF₂、F₃を世代促進栽培で養成した。2004年（F₄世代）に個体選抜、2005年（F₅世代）に単独系統選抜を行い、以後、系統栽培により選抜・固定をはかってきた。2006年（F₆世代）より「羽系969」の系統番号で生産力検定試験、特性検定試験に供試し、低アミロースでタンパク質変異米の特性を持ち、生産力、耐病性等に見通しを得たので「奥羽405号」の地方系統名を付し、2008年から低アミロースでタンパク質変異米の要望がある県に配付してきた。2009年から製パン特性の評価が行われ、製パン特性の優秀性を確認した。「ゆめふわり」を使用したパンの販売を可能とするため、2013年に種苗法に基づく品種登録に出願した（出願日：2013年5月30日、出願番号：第28236号）。2013年で雑種第13代である。

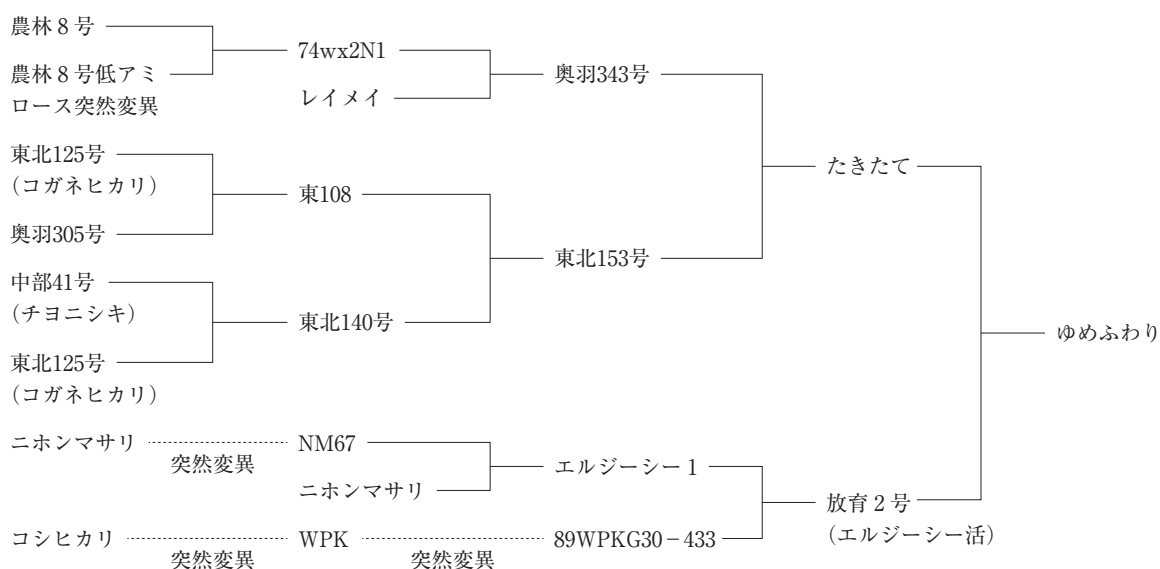


図1 「ゆめふわり」の系譜図

表1 「ゆめふわり」の選抜経過

年次	2002		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
世代	交配	F ₁	F ₂ -F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃
試験番号	奥交02-32	02温室F1-32	03石垣-10	BS-11	936	2391	2512	2427	2628	2968	2400	2411	3011
	(23粒)					(羽系969)		(奥羽405号)					
栽植系統群数						2	1	1	1	1	1	1	1
栽植系統数				1800*	28	15	5	5	5	5	5	5	5
選抜系統数				28*	2	1	1	1	1	1	1	1	1

注. *は個体数である。

表2 「ゆめふわり」の一般農業特性調査成績

品種名	移植時		止葉の			稈		芒		ふ先色	穎色	粒着密度	脱粒難易	糯梗の別
	苗丈	葉色	葉身	直立	細太	剛柔	多少	長短						
ゆめふわり	短	やや濃	立	やや立	中	中	稀	極短	白	黄白	中	難	梗	
あきたこまち	中	やや濃	やや立	やや立	やや細	やや柔	中	やや短	白	黄白	中	難	梗	
スノーパール	長	中	中	やや垂	中	やや柔	極少	短	白	黄白	中	難	梗	

注. 稲種苗特性分類調査報告書(昭和55年)の特性分類に基づく評価。

表3 「ゆめふわり」の移植栽培における生育調査成績

施肥水準	品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度	穂 いもち
標肥	ゆめふわり	7.30	9.13	77	17.7	460	0.4	0.3
	あきたこまち	7.31	9.13	87	18.2	451	1.7	0.4
多肥	ゆめふわり	7.29	9.15	79	18.4	495	0.8	0.0
	あきたこまち	8.01	9.16	93	18.6	515	2.8	0.0
	スノーパール	8.01	9.17	99	19.7	400	3.8	0.0

注. 東北農研における成績。倒伏程度、穂いもち: 0(無)～5(甚)の達観判定。
 標肥: 2006～2013年の標肥栽培平均値。多肥: 2011～2013年の多肥栽培平均値。
 標肥栽培(チッソ成分): 基肥7kg/10a+追肥2kg/10a(2006年～2010年)。
 基肥5kg/10a+追肥2kg/10a(2011年～2013年)。
 多肥栽培(チッソ成分): 基肥7kg/10a+追肥5kg/10a。

Ⅲ 特 性

1. 形態特性および生態特性

一般農業特性調査成績を表2、生育調査成績を表3、表4、収量調査成績を表5、表6に示す。「ゆめふわり」の移植時の苗は丈が短く、やや葉色が濃い。稈長は「あきたこまち」(「やや長」)より約10cm短い、「短」である。穂長は「あきたこまち」と同程度で、「やや短」である。穂数は「あきたこまち」と同程度で、「偏穂数型」に分級される(写真1)。粒着密度は「中」に分級され、「稀」に「極短」芒が認められる。ふ先色は「白」、ふ色(穎色)は「黄白」である(写真2)。脱粒性(難易)は「難」である。

「ゆめふわり」の出穂期は「あきたこまち」より

表4 「ゆめふわり」の表面条播栽培における生育調査成績

品種名	苗立ち率 (%)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度
ゆめふわり	64.2	8.06	9.21	70	16.2	496	0.3
あきたこまち	74.2	8.08	9.21	80	16.8	537	2.5
スノーパール	62.4	8.10	9.23	87	18.6	415	3.0

注. 土壌表面に条状に播種した湛水直播栽培。東北農研における2011～2013年の平均値。
 倒伏程度: 0(無)～5(甚)の達観判定。
 標肥栽培(チッソ成分): 基肥5kg/10a+追肥2kg/10a。

1～3日程度早く、成熟期は「あきたこまち」と同程度で、「早生の晩」に属する。移植多肥栽培、標肥直播栽培とも倒伏はほとんど認められず、耐倒伏性は「やや強」い(写真3)。精玄米重は移植、直播とも標肥栽培では「あきたこまち」よりやや少収

表5 「ゆめふわり」の移植栽培における収量調査成績

施肥 水準	品種名	風乾	精玄	同左	屑米重	玄米	
		全重 (kg/a)	米重 (kg/a)	比率 (%)	歩合 (%)	千粒重 (g)	品質 (1-9)
標肥	ゆめふわり	158	61.1	96	1.2	22.5	5.0
	あきたこまち	164	63.5	100	2.3	22.2	3.9
多肥	ゆめふわり	173	69.5	103	1.5	22.6	5.0
	あきたこまち	177	67.5	100	3.5	22.4	4.3
	スノーパール	184	74.9	111	2.5	24.8	4.6

注. 標肥：2006～2013年の平均値。多肥：2011～2013年の平均値。
玄米品質は1（上上）～9（下下）で評価。

で、移植多肥栽培では「あきたこまち」並かやや多収である。玄米千粒重は「あきたこまち」と同程度である。

2. 玄米品質および食味特性

1) 玄米品質

「ゆめふわり」の玄米は白濁し、「あきたこまち」と比較して粒長がやや短く、粒幅がやや広く、粒厚がやや厚く、粒厚が厚いものの分布が多い（表7、表8、写真2）。「ゆめふわり」の適搗精時までの搗精時間は「あきたこまち」と同程度であり、適搗精時の搗精歩合は「あきたこまち」と同程度で、胚芽残存歩合、精米白度は「あきたこまち」より高い（表9）。

2) 食味および成分

炊飯の食味は、「あきたこまち」と比較して、粘りが強く、柔らかく、もち臭が強い（表10）。タンパク質含有率は「あきたこまち」より1%程度高く、



写真1 「ゆめふわり」の草姿

(左：ゆめふわり、中：あきたこまち、右：スノーパール)



写真2 「ゆめふわり」の籾と玄米

(左：ゆめふわり、中：あきたこまち、右：スノーパール)



写真3 「ゆめふわり」の現地試験圃

(左：ゆめふわり、右：あきたこまち 秋田県大潟村 2011年9月26日撮影)

アミロース含有率は「あきたこまち」より低く、「スノーパール」と同程度である(表11)。タンパク質組成はグルテリン、グロブリンが少なく、プロラミンが多い(表12)。

表6 「ゆめふわり」の表面条播栽培における収量調査成績

品種名	風乾	精玄	同左	層米重	玄米	
	全量 (kg/a)	米重 (kg/a)	比率 (%)	歩合 (%)	千粒重 (g)	品質 (1-9)
ゆめふわり	155	57.0	95	1.1	22.9	5.0
あきたこまち	167	60.1	100	2.6	22.6	3.7
スノーパール	173	64.8	108	2.6	24.8	4.2

注. 2011～2013年の平均値。
玄米品質は1(上上)～9(下下)で評価。

3. 加工適性

1) 米粉特性

湿式気流粉碎で製粉した「ゆめふわり」の米粉は同製粉方法の「あきたこまち」の米粉と比較して、粒度分布の幅が狭く、平均粒径が小さく、損傷デンプンの含有率が低い(図2、表13)。

2) 製パン評価

「ゆめふわり」の米粉混合小麦粉パンは、「あきたこまち」の米粉混合小麦粉パンと比較して、比容積がやや大きく、やわらかく、もちりとしている(表14)。

3) パンの食味特性

「ゆめふわり」の米粉混合小麦粉パンは、湿式気流製粉、ロール製粉のいずれにおいても、100%小

表7 「ゆめふわり」の玄米形状調査成績

品種名	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅
ゆめふわり	4.72±0.46	2.93±0.23	2.01±0.18	1.61	13.8
あきたこまち	4.97±0.55	2.72±0.24	1.96±0.15	1.83	13.5
スノーパール	4.85±0.86	2.80±0.38	1.94±0.27	1.73	13.6

注. 2012年産玄米1000粒をサタケ穀粒判別器RGQ110Bを用いて測定した。

表8 「ゆめふわり」の玄米粒厚分布

品種名	縦目篩い目 (mm) 別の重量 (%)							
	2.2以上	～2.1	～2.0	～1.9	～1.8	～1.7	～1.6	1.6未満
ゆめふわり	90.6	5.0	1.6	0.9	0.4	0.7	0.2	0.6
あきたこまち	60.2	27.6	6.9	2.5	1.0	0.8	0.4	0.6
スノーパール	83.7	9.5	3.0	1.3	0.7	0.6	0.4	0.8

注. 2012年産玄米200gを縦目篩選抜機で5分間振とうした。2反復で試験を行った。

表9 「ゆめふわり」の搗精試験調査成績

品種名	調査項目	搗精時間 (秒)			
		40	50	60	70
ゆめふわり	搗精歩合 (%)	91.0	89.4	87.9	86.9
	精米白度	51.4	55.6	61.5	61.9
	胚芽残存歩合 (%)	13.3	8.5	2.3	1.0
あきたこまち	搗精歩合 (%)	91.9	90.2	89.3	88.2
	精米白度	35.8	40.9	43.5	43.7
	胚芽残存歩合 (%)	9.0	5.5	1.5	1.8
スノーパール	搗精歩合 (%)	91.4	90.2	88.8	87.7
	精米白度	48.1	49.3	54.7	54.8
	胚芽残存歩合 (%)	17.3	11.3	8.8	4.8

注. 搗精はKettパーレストを使用。2012年産玄米10g搗精、4反復。
精米白度はKett-C300により調査。胚芽残存歩合は1試験区100粒調査。
□は適搗精(背部および縦溝の糠、胚の残存程度で判定)を示す。

麦粉パンと比較して、やわらかく、もちり、しっとりとしている。「あきたこまち」の米粉混合小麦粉パンと比較した場合も同様である。凝集感（圧縮に対して潰れたままである好ましくない感覚）は100%小麦粉パンと比較すると強いが、パンの食感の特徴付ける適度な凝集感である（表15）。また、

「ゆめふわり」のロール粉碎米粉を用いた米粉混合小麦粉パンと「あきたこまち」の湿式気流粉碎米粉を用いた米粉混合小麦粉パンを比較したアンケート調査の結果では、「ゆめふわり」の米粉混合小麦粉パンの方がやわらかく、しっとり、もちりとした食感があり、おいしいと評価されている（図3）。

表10 「ゆめふわり」の食味官能試験調査成績

品種名	光沢 (-3~+3)	粘り (-3~+3)	柔らかさ (-3~+3)	もち臭 (-3~+3)	総合評価 (-3~+3)
ゆめふわり	-0.26	0.27	0.25	0.59	-0.19
あきたこまち	-0.19	-0.95	-0.77	-0.63	-0.65
スノーパール	-0.06	0.09	0.05	0.03	-0.01

注. 5点法で実施。パネル数は11～17名。2007, 2011, 2012年産で計5回の試験を行った平均値。
基準品種は「スノーパール」(2007, 2012年)「ミルキーサマー」(2011年)を用いた。
加水量は「あきたこまち」が1.35で、他は1.25にて炊飯を行った。
総合評価、光沢は+は基準より良く、-は基準より劣ることを示す。
粘りは、+は粘り、-は粘らないことを示す。柔らかさは、+が柔らかいことを示す。
もち臭は、+が強いことを示す。

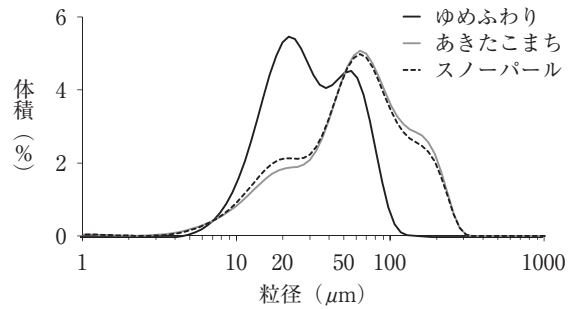


図2 湿式気流粉碎米粉の粒度分布

注. 2011年大湯村産米の結果（作物研究所稲研究領域米品質研究分野）

表11 「ゆめふわり」のタンパク質含有率およびアミロース含有率調査成績

品種名	試験年次	タンパク質含有率 (%)	アミロース含有率 (%)
ゆめふわり	2008~2012年	7.4	6.6
あきたこまち		6.5	17.2
ゆめふわり	2008, 2009, 2012年	7.5	7.7
スノーパール		6.9	7.1

注. タンパク質含有率：標肥栽培試験区の玄米を近赤外分光分析法により測定。
アミロース含有率：標肥栽培試験区の白米をプラン・ルーベ社オートアナライザーII型により測定。

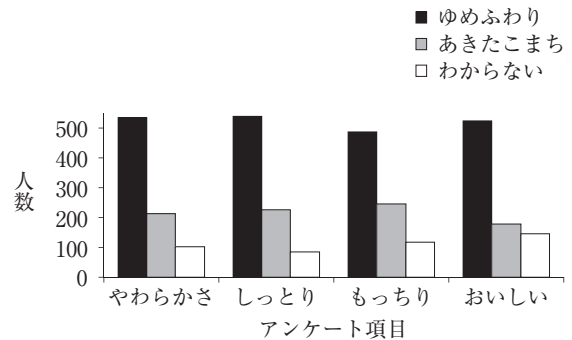


図3 米粉パン試食アンケート結果

注. 敷島製パン株式会社において小麦粉70%米粉30%グルテン添加の米粉混合小麦粉パン（角型食パン）を試作製造した。2種類のパンに使用した米の品種名を明示し、どちらが「やわらかい」「しっとり」「もちり」「おいしい」かについてアンケートを行った。「ゆめふわり」はロール製粉米粉、「あきたこまち」の湿式気流製粉米粉を使用した。東北農業研究センターおよび岩手県工業技術センターの一般公開において計848人が試食した結果。

表12 「ゆめふわり」の玄米タンパク質組成

品種名	前駆体		グルテリンα	αグロブリン	グルテリンβ	プロラミン	
	76kD以上 (%)	57kD (%)	37-39kD (%)	26kD (%)	22-23kD (%)	16kD (%)	13kD (%)
ゆめふわり	8.2	7.6	11.9	1.2	8.2	7.7	55.2
あきたこまち	4.6	6.7	28.9	7.3	27.0	6.6	18.9
春陽	4.8	4.5	14.3	10.2	15.8	12.9	37.5

注. 2011年標肥栽培試験区の「ゆめふわり」「あきたこまち」を分析。
(財)新潟県環境衛生研究所におけるSDS-PAGE法による分析結果。「春陽」は新潟県環境衛生研究所の標準品。

4. 病害抵抗性および障害耐性

1) いもち病抵抗性

「ゆめふわり」のいもち病真性抵抗性遺伝子型は「*Pii*」と推定される(表16)。「ゆめふわり」の葉いもち圃場抵抗性は「あきたこまち」よりやや強く、「やや強」、穂いもち圃場抵抗性は「あきたこまち」

表13 「ゆめふわり」の米粉特性
(作物研究所稲研究領域米品質研究分野)

品種名	生産地	生産年	平均粒径 損傷デンプン	
			(μm)	含有率 (%)
ゆめふわり	東北		36.6	2.8
コシヒカリ	北陸	2009	44.4	5.5
タカナリ	関東		50.0	3.5
ゆめふわり			38.5	2.2
あきたこまち	秋田県	2011	78.7	6.4
スノーパール	大潟村		75.3	6.6
ミルキープリンセス			73.9	8.3

注. 米粉調整は湿式気流粉碎。
平均粒径：レーザー回析法による測定。
損傷デンプン含有率：酵素法(Megazyme法)による測定。
東北：東北農業研究センター、北陸：中央農業総合研究センター北陸研究センター、関東：作物研究所。
2009年は「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」プロジェクトの結果。

よりやや強く、「中」と判定される(表17、表18)。

2) 白葉枯病抵抗性

「ゆめふわり」の白葉枯病抵抗性は「あきたこまち」よりやや強く、「やや強」と判定される(表19)。

3) 縞葉枯病抵抗性

「ゆめふわり」の縞葉枯病抵抗性は「罹病性」と判定される(表20)。

4) 穂発芽性

「ゆめふわり」は「あきたこまち」より穂発芽し難く、「やや難」と判定される(表21)。

5) 障害型耐冷性

「ゆめふわり」の稔実率は「あきたこまち」より低く、「弱」と判定される(表22)。

IV 配付先の試験成績

「ゆめふわり」は奨励品種決定基本調査を2ヶ所(3試験)および現地試験1ヶ所に供試した。奨励品種決定基本調査3試験の内、2試験が対照品種より玄米収量が劣り、1試験は対照品種と同程度の玄米収量であった(表23)。現地試験においては、「あきたこまち」よりやや多収であった(表24)。

表14 「ゆめふわり」の製パン評価(敷島製パン株式会社)

品種名	生産地	生産年	製粉方法	生地感	吸水 (%)	ホイロ時間 (分)	比容積 (cm^3/g)	かたさ		
								D+1 (g)	D+3 (g)	もっちりさ
ゆめふわり	東北		気流	-	-	63	4.5	129	175	-
コシヒカリ	北陸	2009	気流	-	-	63	4.5	136	222	-
タカナリ	関東		気流	-	-	59	4.5	165	253	-
			小麦粉(強力粉)	-	-	47	4.8	161	231	-
ゆめふわり			気流	ややべたつき	78	53	4.74	89	175	37.2
あきたこまち			気流	基準と同等	78	59	4.65	124	226	32.9
スノーパール	秋田	2011	気流	基準と同等	78	57	4.49	103	168	35.9
ミルキープリンセス			気流	ややべたつき	78	57	4.62	83	159	36.8
コシヒカリ	-	-	気流	基準と同等	78	54	4.58	110	236	31.3
			小麦粉(強力粉)	基準	70	53	5.17	122	220	32.8
ゆめふわり	秋田	2011	ロール	ややべたつき	79	56	4.41	97	144	38.4
コシヒカリ	新潟	-	ロール	基準と同等	78	54	4.30	120	275	32.7

注. 小麦粉70%、米粉30%、グルテン6%添加の製パンデータ。
東北：東北農業研究センター、北陸：中央農業総合研究センター北陸研究センター、関東：作物研究所、秋田：秋田県大潟村。
コシヒカリ(気流)は食品総合研究所標準米粉のデータ。
コシヒカリ(ロール)は新潟県産米の上新粉を使用。
ホイロ時間：成形後、最終発酵を行った時間
比容積(パン体積/パン重量)：レーザー体積計による測定
かたさ：50%圧縮試験による測定
もっちりさ：クラム貫通試験(TA-XTplus、SAS社製)の伸びと貫通力より算出。数値が大きいほどもっちり。
D+1は製パン後1日、D+3は製パン後3日のデータ。20℃保存。

表15 「ゆめふわり」のパン官能評価（敷島製パン株式会社）

品種名	製粉方法	やわらかさ		もちりさ		しっとりさ		凝集感		口溶け	
		D+1	D+3	D+1	D+3	D+1	D+3	D+1	D+3	D+1	D+3
ゆめふわり	気流	4.0	3.7	4.3	4.3	4.3	4.0	3.8	3.7	2.8	3.3
あきたこまち	気流	3.0	2.3	3.3	3.0	3.8	3.0	2.8	3.7	2.5	3.0
スノーパール	気流	4.0	3.0	4.5	3.0	3.8	4.3	3.8	3.3	3.5	2.7
ミルクプリンセス	気流	4.3	4.3	3.5	3.7	4.5	4.3	4.5	4.7	3.3	3.3
コシヒカリ	気流	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.5	3.5
ゆめふわり	ロール	4.3	4.3	3.8	4.7	4.5	4.3	4.5	4.3	3.3	3.3
コシヒカリ	ロール	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.5	3.5
基準	-	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

注. 小麦粉70%、米粉30%、グルテン6%添加の米粉混合小麦粉パンによる評価。基準は小麦粉100%パン。
 D+1は製パン後1日、D+3は製パン後3日のデータ。パネラーは5人。
 コシヒカリ（気流）は食品総合研究所標準米粉のデータ。
 コシヒカリ（ロール）は新潟県産米の上新粉を使用。
 評価は、小麦粉製品を3とした場合の5段階（1-5）評価で実施。
 数値が大きいほど各評価用語の感覚が強いことを示す。

表16 「ゆめふわり」のいもち病真性抵抗性遺伝子の推定

品種名 系統名	レース番号			推定 遺伝子型
	007.0	035.1	033.1	
ゆめふわり	S	S	R	<i>Pii</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	R	S	<i>Pia</i>
藤坂5号	S	S	R	<i>Pii</i>
関東51号	R	S	S	<i>Pik</i>
ツユアケ	R	S	S	<i>Pik-m</i>
フクニシキ	R	R	R	<i>Piz</i>
ヤシロモチ	R	R	R	<i>Pita</i>
Pi No.4	R	R	R	<i>Pita-2</i>
とりで1号	R	R	R	<i>Piz-t</i>
BL1	R	R	R	<i>Pib</i>
K59	R	R	R	<i>Pit</i>

注. 東北農業研究センターで2010年実施。
 噴霧接種による。Rは抵抗性反応、Sは罹病性反応。

表17 「ゆめふわり」の葉いもち圃場抵抗性検定調査成績

品種名 系統名	いもち 真性抵抗性 遺伝子	東北農研		愛知山間		総合判定
		2006~2012年		2010年		
		発病程度	判定	発病程度	判定	
ゆめふわり	<i>Pii</i>	5.8	やや強	7.5	中	やや強
あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	6.4	中	-	-	中
中部45号	<i>Pii</i>	5.3	強	-	-	強
藤坂5号	<i>Pii</i>	6.9	中	7.2	中	中
ひとめぼれ	<i>Pii</i>	7.7	やや弱	8.8	やや弱	やや弱

注. 愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所
 東北農研は2006～2012年の平均。愛知山間は2010年の成績。
 発病程度：0（無発病）～10（全葉枯死）の達観判定

表18 「ゆめふわり」の穂いもち圃場抵抗性検定調査成績

品種名 系統名	いもち 真性 抵抗性 遺伝子	東北農研			秋田			山形庄内			福島浜			愛知山間			総合 判定
		2006~2012年 出穂期 (月日)	発病 程度	判定	2006, 2008, 2010年 出穂期 (月日)	発病 程度	判定	2008, 2012年 出穂期 (月日)	発病 程度	判定	2006, 2008, 2010年 出穂期 (月日)	発病 程度	判定	2008, 2010, 2011年 出穂期 (月日)	発病 程度	判定	
ゆめふわり	Pii	8.01	5.7	中	8.03	8.1	やや弱	8.04	4.7	中	8.09	2.2	やや強	8.05	7.7	中	中
あきたこまち	Pia, Pii	8.03	6.3	やや弱	8.03	8.1	やや弱	8.06	5.3	やや弱	8.10	2.6	やや弱	-	-	-	やや弱
ヨネシロ	Pii	-	-	-	8.02	5.7	やや強	8.05	3.7	やや強	-	-	-	8.10	6.7	やや強	やや強
里のうた	Pii	-	-	-	8.04	6.7	やや強	8.06	4.4	やや強	8.10	2.1	やや強	-	-	-	やや強
つがるロマン	Pia, Pii	-	-	-	8.01	7.1	中	8.05	4.8	中	-	-	-	-	-	-	中
イナバワセ	Pii	-	-	-	8.04	9.4	弱	8.08	6.8	弱	8.10	3.4	弱	-	-	-	弱
アキヒカリ	Pia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.07	8.5	やや弱	やや弱
青系128号	Pia	8.02	4.1	強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	強
まいひめ	Pia	7.30	5.7	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	中
ふ系94号	Pia	8.01	7.6	弱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	弱

注. 秋田：秋田県農業試験場

山形庄内：山形県農業総合研究センター水田農業試験場

福島浜：福島県農業総合センター浜地域研究所

愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所

東北農研は2006～2012年の平均。秋田および福島浜は2006, 2008, 2010年、山形庄内は2008, 2010年、愛知山間は2008, 2010, 2011年の平均値。

発病程度：0（無発病）～10（全穂枯死）の遠観判定。

表19 「ゆめふわり」の白葉枯病抵抗性検定調査成績

品種名 系統名	出穂期 (月.日)	病斑長 (cm)	判定
ゆめふわり	7.27	8.2	やや強
あきたこまち	7.29	9.2	中
中新120号	8.04	5.5	強
庄内8号	7.29	10.0	中
ヒメノモチ	7.30	16.7	弱

注. 山形県農業総合研究センター水田農業試験場の検定結果。

2011, 2012年にⅡ群菌とⅢ群菌を接種した平均値。

表20 「ゆめふわり」の縞葉枯病抵抗性検定調査成績

品種名	罹病株率 (%)	判定
ゆめふわり	1.4	罹病性
日本晴	40.3	罹病性
あさひの夢	0.0	抵抗性
ハツシモ	47.9	罹病性

注. 岐阜県農業技術センターにおける試験結果。

2010年に栽培し、自然発病で評価。

表21 「ゆめふわり」の穂発芽性検定調査成績

品種名	穂発芽程度		判定
	2006～2009年	2011年, 2012年	
ゆめふわり	1.6	4.4	やや難
あきたこまち	3.3	5.0	中
ふくひびき	-	5.5	やや易
ひとめぼれ	-	2.9	難
スノーパール	-	7.0	易

注. 東北農研における標肥栽培区の成績の平均値。

成熟期に収穫した切り穂を30℃温水に6日間処理。

2011年、2012年は穂発芽程度：2（極難）～8（極易）の7段階評価。

2006～2009年は発芽率と伸長程度により0（発芽粒無し）から10（全粒発芽・伸長大）で評価。

表22 「ゆめふわり」の障害型耐冷性検定調査成績

品種名	東北農研			青森藤坂			岩手			宮城古川			総合判定
	2006～2012年			2010年			2006, 2008, 2010年			2011, 2012年			
	出穂期 (月日)	稈実率 (%)	判定	出穂期 (月日)	稈実率 (%)	判定	出穂期 (月日)	稈実率 (%)	判定	出穂期 (月日)	稈実率 (%)	判定	
ゆめふわり	8.10	6.4	やや弱	8.08	33.5	中	8.16	2.1	弱	8.09	8.7	弱	弱
イブキワセ	8.14	18.8	強	8.12	52.7	やや強	8.16	28.9	強	8.11	58.3	強	強
ヒメノモチ	8.10	7.0	中	8.10	29.7	中	8.13	12.5	中	8.11	17.7	中	中
あきたこまち	8.12	15.0	中	8.09	61.8	強	8.15	13.9	中	-	-	-	中
ササミノリ	8.13	6.0	やや弱	8.12	32.1	中	8.13	9.7	やや弱	8.10	22.8	-	やや弱

注. 青森藤坂：地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所藤坂稲作部

岩手：岩手県農業研究センター

宮城古川：宮城県古川農業試験場

東北農研は2006～2012年の平均。青森藤坂は2010年、岩手は2006, 2008, 2010年、宮城古川は2011, 2012年の平均値。

冷水かけ流しによる19℃処理。

表23 「ゆめふわり」の奨励品種決定基本調査試験成績

試験地	試験年度 施肥水準	品種名	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	全重	玄米	収量比	玄米	玄米	倒伏	葉い	穂い	有望度
			(月.日)	(月.日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(kg/a)	収量 (kg/a)	(%)	千粒重 (g)	品質 (1-9)	程度 (0-5)	もち (0-5)	もち (0-5)	
愛知	2008	ゆめふわり	7.10	8.07	61.9	16.8	408	-	38.4	78	21.8	5.0	0.0	-	0.0	△
	標肥	コシヒカリ	7.20	8.27	82.8	20.1	397	-	49.1	100	21.6	8.0	3.0	-	0.0	
鳥取	2008	ゆめふわり	7.19	8.29	73.5	17.8	468	151.1	66.0	101	22.8	9.0	0.0	0.5	0.0	△×
	標肥	ひとめぼれ	7.25	9.05	88.7	20.0	541	158.3	65.3	100	23.2	5.5	1.9	1.0	1.0	
		ハナエチゼン	7.19	8.28	75.9	17.7	525	151.5	69.4	106	23.7	6.0	0.3	0.0	0.0	
		アキヒカリ	7.17	8.27	75.4	17.8	439	140.4	67.6	104	23.2	6.8	0.6	0.5	0.0	
	2009	ゆめふわり	7.20	9.02	75.9	17.5	414	128.2	48.9	91	22.2	8.5	0.0	0.0	0.0	×
	標肥	ひとめぼれ	7.29	9.09	95.6	19.7	470	147.2	53.5	100	22.9	6.0	0.8	1.0	0.0	
	ハナエチゼン	7.19	9.01	78.0	16.9	461	130.9	48.2	90	22.5	6.0	0.3	0.0	0.0		
	アキヒカリ	7.17	8.30	80.9	17.3	431	123.5	48.2	90	22.2	6.5	1.1	0.5	0.0		

表24 秋田県大潟村における「ゆめふわり」の生産力検定結果

品種名	試験年度	出穂期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	精玄米重 (kg/a)	標準 比率	屑米歩合 (%)	千粒重 (g)
ゆめふわり	2011	-	77	17.6	457	66.6	106	1.6	23.9
あきたこまち		-	92	17.9	418	63.0	100	4.0	22.7
ゆめふわり	2012	8.05	72	16.3	-	-	-	-	-
あきたこまち		8.06	78	16.3	-	-	-	-	-
ゆめふわり	2013	-	-	-	-	61.2	104	2.5	22.0
あきたこまち		-	-	-	-	58.6	100	4.1	21.8

表25 「ゆめふわり」の育成従事者

年次	年次・世代		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	備考
	交配	F ₁	F _{2,3}	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂		
太田 久稔											○ 4月			現在員
山口 誠之											○ 3月			現 作物研
梶 亮太								○ 4月						現在員
福嶋 陽											○ 4月			現在員
津田 直人												○ 4月		現在員
中込 弘二	○ 8月												○ 3月	現 近中四農研
片岡 知守									○ 3月					現 九沖農研
遠藤 貴司									○ 3月					現 古川農試
横上 晴郁				○ 10月										現 北農研
田村 泰章				○ 9月	○									現 九沖農研

V 栽培適地および栽培上の留意点

- 1 耐冷性が弱いと、冷害の発生しやすい地帯では栽培をさける。
- 2 極端な多肥は倒伏の恐れがあるため、地力に合わせた施肥を行う。

VI 命名の由来および育成従事者

夢のような今までにないしっとりふんわりした米粉パンができることから「ゆめふわり」と命名した。

「ゆめふわり」の育成従事者は表25の通りである。

VII 考 察

「ゆめふわり」は、製造した米粉の損傷デンプンが少なく粒径が小さい製粉特性を備えた低アミロース米品種である。「ゆめふわり」の育成は2013年の農林水産研究成果10大トピック (http://www.saffrc.go.jp/docs/pdf/2013_08.pdf) に選ばれるなど大手製パンメーカーが使用した米粉用品種第1号として高く評価されている。鈴木ら (2013) の報告によると、米のタンパク質組成が一般品種と異なる一連の米は、同じ条件で粉砕した一般品種米よりも米粉の粒径が小さく、損傷デンプン含有率も小さくなることを明らかにしている。「ゆめふわり」の優れた製粉性はタンパク質組成の違いによるものと考えられる。

米は硬く粉砕しにくい穀物であるため、微粉砕するために圧力を加えると熱損傷で損傷デンプンが増加しやすい。そのため、損傷デンプンが増加しにくい湿式の気流製粉が望ましいとされている。しか

し、湿式の気流粉砕は手間と時間がかかるため製造コストがかかる。「ゆめふわり」は粉砕しやすい特性があるため、米粉の製造コストを抑える製粉方法を利用し、低コストで米粉を製造することが期待できる。

「ゆめふわり」の米粉混合小麦粉パンは、凝集感が適度に強く、やわらかく、しっとり、もっちりとした好ましい食感が特徴と考えられる。製造してからの時間経過とともに硬くパサパサになる米粉パンの問題は「ゆめふわり」の米粉を用いることにより改善されることが期待できる。また、「ゆめふわり」の米粉を使った商品が美味しいという認識が広く消費者に伝われば、多くの消費者が商品を繰り返し購入することを期待できる。

米粉は輸入小麦粉と比較して価格が高く、安価な米粉が求められている。「ゆめふわり」の栽培特性では、収量性が一般食用米と同程度であり、安価な米粉を生産することは難しい。今後、製粉方法の改良による安価な米粉の製造を期待するとともに、「ゆめふわり」と多収品種との交配後代から、高い加工適性と高い収量性をあわせ持つ品種を育成することが必要である。

引用文献

- 1) Araki, E.; Ikeda, T. M.; Ashida, K.; Tanaka, K.; Yanaka, M.; Iida, S. 2009. Effects of rice flour properties on specific loaf volume of one-loaf bread made from rice flour with wheat vital

- gluten. Food Sci. Technol. Res. 15:439-448.
- 2) 有坂将美, 中村幸一, 吉井洋一. 1994. 米粉の製造方法及びその利用食品. 特許第1866267号.
 - 3) Jongh, G.; Slim, T.; Greve, H. 1968. Bread without gluten. The Bakers Digest 42: 24-29.
 - 4) Kim, J. C.; Ruiter, D. D. 1968. Bread from non-wheat flours. Food Technology 22:867-878.
 - 5) 永野邦明, 松永和久, 滝沢浩幸, 早坂浩志, 薄木茂樹, 黒田倫子, 千葉文弥, 宮野法近, 佐々木都彦. 2005. 水稲新品種「たきたて」について. 宮城県古川農業試験場研究報告5: 15-30.
 - 6) Nishimura, M.; Kusaba, M.; Miyahara, K.; Nishio, T.; Iida, S.; Imbe, T.; Sato, H. 2005. New Rice Varieties with Low Levels of Easy-to-digest Protein, 'LGC-Katsu' and 'LGC-Jun'. Breeding Science 55: 103-105.
 - 7) 鈴木啓太郎, 濱田茂樹, 荒木悦子, 鈴木保宏. 2013. 気流式粉碎法による米粉の製粉特性に基づく米粉用水稲品種の選抜. 育種学研究 15(別2): 192.
 - 8) 高野博幸, 豊島英親, 小柳 妙, 田中康夫. 1986. 米粉高置換添加ライスブレッドの品質改善. 食総研報 48: 52-62.
 - 9) Tanaka, Y. 1972. Quality improvement of rice bread. JARQ6:181-187.

北東北のオーチャードグラスとイタリアンライグラス優占の採草地を利用した冬季放牧が翌年収量と栄養価に及ぼす影響

東山 雅一^{*1)}・高橋 繁男^{*2)}・近藤 恒夫^{*2)}・出口 新^{*1)}
村元 隆行^{*3)}

抄 録：北東北で山間放牧地を利用後、11–1月に沿岸部の採草地を利用した冬季放牧が、翌年の採草に与える影響を明らかにするために、オーチャードグラスとイタリアンライグラスが優占する採草地で放牧区と採草区を設置し、翌年の採草収量と栄養価を比較した。放牧区は1–2番草を採草し、3番草を日本短角種育成牛15–22頭/ha草地の放牧密度で利用し、放牧草の減少後にサイレージを給与し飼養場所として利用した。さらに全放牧期間中に濃厚飼料を給与した。採草区は1–3番草を採草した。1–3番草のイタリアンライグラスの収量は放牧区の方が採草区より低い傾向であった。これは、放牧がイタリアンライグラスの実生の生育を妨げたためと考えられる。オーチャードグラスの年間収量は放牧区の方が採草区より高かった。これは、イタリアンライグラスとの養分や光の競合が低下したためと考えられる。1–3番草の合計収量は放牧区の方が採草区より低い傾向であった。3番草の粗蛋白質含量は放牧区の方が採草区より低かった。以上から、冬季放牧により粗蛋白質含量の高いイタリアンライグラスの収量が低下したため、合計収量と全体の粗蛋白質含量は低下したと考えられる。

キーワード：イタリアンライグラス、オーチャードグラス、採草地、収量、冬季放牧

Effect of Grazing on Yield and Nutrition of Meadow Herbage in a Winter Grazing System Utilizing a Spring-Autumn Orchardgrass-Italian Ryegrass Dominated Meadow in Northern Tohoku, Japan : Masakazu HIGASHIYAMA^{*1)}, Shigeo TAKAHASHI^{*2)}, Tsuneo KONDO^{*2)}, Shin DEGUCHI^{*1)} and Takayuki MURAMOTO^{*3)}

Abstract : We compared the yield, total digestible nutrient (TDN) content and crude protein of the first to third crops between a meadow without winter grazing (M, 3.6 ha) and a meadow with winter grazing (MG, 2.6 ha) to determine the effect of grazing on meadow herbage in a winter grazing system utilizing spring-autumn meadow in northern Tohoku, Japan. These meadows were dominated by orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Meadow M was harvested three times per year, in June, August, and October. Meadow MG was harvested twice in June and August, and grazed from November to January. Forty to 58 Japanese Shorthorn heifers and steers were stocked in an area comprising MG (15 to 22 heads/ha MG), a forest (1.5 ha) and other areas (0.1 ha) and fed concentrate and grass silage. The annual yield of orchardgrass in MG exceeded that in M. The Italian ryegrass yields, the total yields and the crude protein content of the third crop were lower in MG than in M. These results demonstrate that winter grazing on a meadow dominated by orchardgrass and Italian ryegrass negatively affects yield and quality in the next season because of the decreased Italian ryegrass.

Key Words : *Dactylis glomerata* L., *Lolium multiflorum* Lam., Meadow, Yield, Winter grazing

* 1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

* 2) 元農研機構東北農業研究センター

* 3) 現・岩手大学農学部 (Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550, Japan)

2014年7月24日受付、2015年1月26日受理

I 緒 言

冬季放牧は牛舎における飼養管理と収容頭数制限が無くなるため、軽労化と増頭を比較的容易に可能とする方法の一つである。しかし、北東北の放牧草地は山間部に多く、道路と牧柵が草地より先に積雪で埋没し利用不能になる場所が多い。その期間は長い場合、10月中旬から5月下旬となる。それに対し、採草地は沿岸部の人里付近にも比較的多く存在し、多くの道路は少積雪で除雪が行われるため1年中利用できる。採草地の3番草の放牧利用は、家畜の採食と排泄による施肥効果(岩間ら 1992)や放牧前の施肥(早川・佐藤 1977)により翌年の収量を増加させることが報告されている。それらの報告によると、山地放牧地の利用後の11月から12月の間に1週から1ヶ月の放牧期間の延長ができる。

一方、北岩手の一部の日本短角種肥育農家は、肥育素牛を夏山放牧後の11月から1月まで、オーチャードグラス(*Dactylis glomerata* L.)とイタリアンライグラス(*Lolium multiflorum* Lam.)が優占する採草地と隣接する林地で放牧した。この冬季放牧は、採草地を3番草の放牧利用に続き、外部飼料(採草地の系外からの持ち込み飼料)を給与し飼養場所として利用することがこれまでと異なる。さらに、草地1ha当たり15頭以上の高密度で約3ヶ月間放牧する点も異なる。この方法の利点は、多くの牛の高密度飼養により一般管理が省力化され、外部飼料が排泄物を通して草地の肥料になることである。しかし、冬季放牧のほとんどの期間には牧草地上部は生育休止中で再生しないため地上2-3cmまで採食される。さらに、高密度の放牧は特に降雪初期に泥濘化を促進させ、牧草の根を傷める。したがって、牧草を弱らせ、裸地や雑草を増加させ、翌年の採草の収量と栄養価を低下させることが考えられる。

著者らは、採草地を3番草の放牧利用に続き牛を高密度で飼養する場所として利用する冬季放牧について、前記の生産現場で調査した。そして、放牧がイタリアンライグラスの実生数を減少させること(東山ら 2004)を明らかにした。さらに、牛は林地をほとんど利用しないこと(東山ら 2010)、冬季放牧期間の増体は濃厚飼料摂取量の影響が大きいこと(東山ら 2013)を明らかにした。しかし、採草地の収量と栄養価は具体的には検討していない。そこで、本報では北東北のオーチャードグラスとイ

タリアンライグラス優占の採草地を利用した冬季放牧が翌年の収量と栄養価に与える影響を検討した。

本研究は、農研機構の地域先端技術総合研究「地域内資源を用いた日本短角種による良質赤肉生産・流通システムの開発」により実施した。

岩手県岩泉町の日本短角種牛生産者の佐藤崇氏、佐藤徳蔵氏、佐藤安美氏、島山利勝氏には、牛の調査を協力して頂いた。岩泉農業振興公社大牛内育成牧場の工藤信彦氏、武田治氏、三浦賢吉氏、伊藤瑞枝氏、岩手県岩泉町役場の佐々木修二氏、佐々木光氏および宮古農業協同組合岩泉営農経済センターの佐々木守氏、川村巳都男氏には、調査の遂行に当たって多大なるご協力を得た(所属は当時)。東北農業研究センター業務科と山岸さゆり氏には、現地調査と植物選別に協力して頂いた。以上の方々に感謝する。

II 材料と方法

試験は2003-2005年に行った。調査地は岩手県沿岸北部の岩泉農業振興公社大牛内育成牧場(海岸から約1.5km、北緯39度52分、東経141度56分、標高120m)であった。2004年と2005年の年平均気温は10.9と9.8℃、年合計降水量は1570と1311mmであった。

1. 草地と処理

試験区は、1992年にオーチャードグラスとイタリアンライグラスが混播で造成された隣接する2つの草地を、放牧区の草地(2.6ha)と採草区(3.9ha)とした。2003年4月15日における0-5cm層の土壌成分は、放牧区と採草区で、それぞれ、pHが5.6と6.0、全窒素が0.8と0.9%、有効態リン酸が167と214 mg/100g、交換態カリウムが48と73 mg/100gであった。2003年の地際5cm以上の年間(1-3番草合計)収量は、放牧区と採草区で、それぞれ、オーチャードグラスが586と545gDM/m²、イタリアンライグラスが450と405 gDM/m²、枯死部が80と78 gDM/m²、合計収量が1288と1181 gDM/m²であった。すなわち、試験開始時の放牧区と採草区の土壌成分、植生および牧草生産量は同様であったと考えられる。

放牧区は追込み施設と盛土0.1haおよび樹齢約40年のアカマツ林地1.5haを草地に加えて合計4.2haであった(東山ら 2010)。放牧区は1、2番草が採草され、3番草が当年生まれの日本短角種育成牛の

放牧に利用された。放牧期間、平均放牧頭数（密度）および放牧開始時体重は、2003-2004年には10月28日から1月22日の87日間、58頭（22頭/ha草地）および226kg、2004-2005年には10月30日から1月24日の87日間、40頭（15頭/ha草地）および205kgであった。2003年10月28日から11月20日には成雌牛1頭が同時に放牧された。外部飼料は濃厚飼料（可消化養分草量（TDN） \geq 70%、粗蛋白質含量（CP） \geq 12%）を毎日、オーチャードグラス主体のロールバールサイレージ（TDN49%、CP7-11%）を草量が減少してから、草架と地面置きで適宜与えた（東山ら 2013）。放牧期間中の濃厚飼料とサイレージの総乾物給与量は、それぞれ、2003-2004年には8.8tと18.8t、2004-2005年には7.0tと10tであった。採草区は1-3番草を採草した。

2004年と2005年の4月中旬に化成肥料としてN:P₂O₅:K₂O=40:20:20kg/ha、土壌改良材としてMgO:CaO=13:52kg/haを両区で散布した。2003年12月に堆肥13t/ha（N:P₂O₅:K₂O:CaO:MgO=110:110:40:50:200kg/ha、トラック台数と成分分析から推定）を採草区で散布した。

2. 調査

冬季放牧翌シーズンの2004年と2005年に1-3番草を、両区で5カ所ずつ、1カ所当たり0.25m²で地際から高さ5cmで刈取った。刈取場所は草地への平均的な放牧の影響を見るために、放牧施設付近の裸地化またはサイレージ残食によって植生がない場所を除いた。1、2および3番草は、それぞれ、2004年には6月2日、8月2日および10月6日、2005年には6月6日、8月3日および10月17日に刈

取った。試料は緑部の草種別と枯死部の乾物重および全体の栄養価を測定した。CPはケルダール法で、TDN（%）は阿部（1988）の酵素法を用いて、次式で推定した（TDN=0.674×（OCC+Oa）+0.217×Ob+18.53、細胞内容有機物（OCC、%）、高消化性繊維（Oa、%）、低消化性繊維（Ob、%）（大槻 2001））。

3. データ解析

草種、部位および合計の収量は刈取番草と年間収量を、合計収量のTDNおよびCPは刈取番草を、放牧区と採草区と比較した。検定方法は年を反復（n=2）とした従属t検定を用いた。

III 結果と考察

1-3番草のイタリアンライグラスの収量は放牧区の方が採草区より低い傾向であった（表1）。調査地の1番草の刈取時にはイタリアンライグラスは自然下種しており、多くの実生が2-3番草の刈取後に観察された。これは、調査地の生産体系では、1年生のイタリアンライグラスは自然下種更新によって維持されていたためと考えられる。しかし、冬季放牧はその実生の生育を妨げたと考えられる。すなわち、放牧区のイタリアンライグラスは採食と蹄傷によって実生数が減少し（東山ら 2004）、生存実生も大きな損傷を受け、越冬分げつ数や翌春の生長が小さくなり、翌年の収量が採草区より低くなったと考えられる。

それに対し、オーチャードグラスの年間収量は放牧区の方が採草区より高かった。Baker・Chard（1961）は冬季放牧ではペレニアルライグラス

表1 冬季放牧翌シーズンの草種・部位別収量（gDM/m²）、TDNおよび粗蛋白質含量^{a)}（2004年と2005年の平均値）

	1番草			2番草			3番草			年間（1-3番草合計）		
	放牧	採草	P ^{b)}	放牧	採草	P	放牧	採草	P	放牧	採草	P
オーチャードグラス	391 (78)	344 (113)	0.31	88 (45)	117 (31)	0.21	125 (45)	110 (17)	0.59	604 (168)	571 (161)	0.09
イタリアンライグラス	116 (124)	200 (107)	0.09	68 (37)	158 (52)	0.39	52 (26)	147 (35)	0.04	236 (135)	504 (20)	0.19
シロクローバ	51 (38)	88 (58)	0.69	58 (28)	79 (70)	0.61	22 (1)	20 (6)	0.68	131 (8)	187 (134)	0.68
その他草種	10 (8)	18 (9)	0.62	9 (7)	21 (2)	0.28	6 (2)	8 (5)	0.50	24 (1)	47 (11)	0.21
枯死部	20 (0)	36 (22)	0.50	51 (18)	89 (29)	0.13	80 (38)	106 (20)	0.29	152 (20)	231 (43)	0.27
合計	589 (16)	686 (66)	0.22	274 (31)	464 (16)	0.04	286 (110)	391 (71)	0.16	1148 (63)	1540 (11)	0.08
TDN含量 (%)	58.7 (2.9)	59.6 (1.4)	0.53	57.1 (0.6)	57.5 (2.4)	0.78	54.5 (0.9)	54.6 (2.1)	0.91			
粗蛋白質含量 (%)	12.0 (0.7)	11.9 (0.4)	0.98	14.5 (0.5)	13.6 (1.5)	0.63	16.7 (2.0)	17.4 (2.0)	0.03			

a) 括弧内はSD.

b) 従属t検定による危険率.

(*Lolium perenne* L.) が腐りやすくオーチャードグラスが適しているという。以上から、オーチャードグラスは、イタリアンライグラスより冬季放牧下で生存分げつ数が多く、さらにイタリアンライグラスとの養分や光の競合が低下したため収量が増加したと考えられる。

シロクローバ、その他草種および枯死部は差が見られなかった。冬季放牧は翌春の枯死部を減少させる (Lockhart *et al.* 1969、Frame 1970、早川・佐藤 1972) というが、本試験ではそれらの現象は見られなかった。

1-3番草の合計収量は放牧区の方が採草区より低い傾向であった。冬季放牧はオーチャードグラスを増加させたがイタリアンライグラスの減少分は補えず、その結果、合計収量を減少させたと考えられる。

また、放牧区では給与された外部飼料と3番草が採食されて、糞尿として草地に排泄された。摂食窒素量に対する排泄窒素量の割合は、家畜の品種や生理状態で異なり、340-350kgの肥育牛で0.73-0.77である (築城・原田 1997、長命ら 2006)。ロールバール利用率は品質が低いと草架給与で70%以下となる (名久井 1996、玉城ら 1997)。そこで、窒素排泄割合を0.75、ロールバール利用率を60% (東山 2013)、濃厚飼料と3番草を完食とすると、ロールバールサイレージ、濃厚飼料および3番草由来の窒素供給量は、それぞれ2003-2004年には29、30および34、2004-2005年には15、24および36kg/haであった。牛の草地部分での滞在割合は、平均で88%であった (東山 2007)。したがって、放牧区の草地部分への窒素供給量は、2003-2004年には106 kg/ha、2004-2005年には85 kg/haと推定された。

しかし、合計収量は放牧区の方が採草区より低い傾向であった。これは、外部飼料と3番草由来の糞尿還元では、採食と蹄傷によるイタリアンライグラスの分げつ数の減少を補えなかったためと考えられる。

3番草のCPは放牧区の方が採草区より低かった。これは、再生草の出穂前のイタリアンライグラスのCPがオーチャードグラスより高く (農業・食品産業技術総合研究機構 2010)、そのイタリアンライグラスが放牧区で少なかったためと考えられる。しかし、TDNは両区で差がなかった。

冬季放牧による翌年の収量の減少への対策としては、早春の施肥と1番草の刈取日を遅くすることがあげられている (Lockhartら 1969、Frame 1970)。しかし、これらは、放牧によって弱った個体における早春の生育の遅れを取り戻すための方法であり、イタリアンライグラスの分げつ数の減少を補うことはできないと考えられる。したがって、放牧方法を変えずに収量を維持するためには、イタリアンライグラスを早春に追播する必要があると考えられる。

以上のように、オーチャードグラスとイタリアンライグラスが優占する採草地を3番草の放牧利用に続き牛を高密度で飼養する場所として利用する冬季放牧は、翌年の草種構成を変化させ、収量や栄養価を低下させることが示された。

また、本試験では家畜の集中分布や給餌機械の作業が影響したと考えられるサイレージ置場、飲水場および追込み施設付近は調査対象外としたが、裸地の形成やイヌビエ (*Echinochloa crus-galli* L.) など雑草の侵入が観察されており、それらの対策は別途考える必要がある。

引用文献

- 1) 阿部 亮. 1988. 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養評価法への応用. 畜試研究資料 2 : 20-40.
- 2) Baker, H. K.; Chard, J. R. A.; Hughes, G. P. 1961. The production and utilization of winter grass at various centers in England and Wales, 1954-60. J. Brit. Grassl. Soc. 16 : 185-189.
- 3) 長命洋佑, 寺田文典, 広岡博之. 2006. 乳牛と肉牛における窒素排泄量の予測と比較. 日畜会報 77 : 485-494.
- 4) Frame, J. 1970. The effect on winter grazing by sheep on spring and early summer pasture production. J. Brit. Grassl. Soc. 15 : 167-171.
- 5) 早川康夫, 佐藤康夫. 1972. 放牧期間の延長. 第3報. 延長利用草地における翌春の収量と家畜の利用. 北海道農試研報 102 : 117-124.
- 6) 早川康夫, 佐藤康夫. 1977. 放牧期間の延長. 第8報. 採草地刈跡を利用する晩秋放牧. 北海道農試研報 117 : 11-16.
- 7) 東山雅一, 近藤恒夫, 村元隆行, 高橋繁男.

2004. 採草地への冬期放牧が草地生産に与える影響. 1. 放牧がイネ科実生に与える影響. 日草誌 50 (別) : 34-35.
- 8) 東山雅一. 2007. 沿岸地域の立地条件を活用した草・林地の周年的利用技術の開発. 地域先導技術「地域内資源を用いた日本短角種による良質赤肉・流通システムの開発」(平成14年-平成18年) 研究成果集. 農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター. 20-25.
- 9) 東山雅一, 出口善隆, 成田大展, 近藤恒夫, 高橋繁男, 村元隆行. 2010. 北東北の採草地を利用した冬季放牧における牛の滞在場所と摂食場所の選択性に影響する要因. 日草誌 56 : 203-210.
- 10) 東山雅一, 近藤恒夫, 高橋繁男, 村元隆行. 2013. 北東北の採草地を利用した冬季放牧における日本短角種育成牛の日増体量. 日草誌 59 : 206-210.
- 11) 岩間秀矩, 村上弘治, 北原徳久, 岡本恭二. 1992. 採草地への放牧導入による養分循環促進と生産力向上. 草地試研報 46 : 61-71.
- 12) Lockhart, D. A. S.; Herriott, J. B. D.; Cunningham, J. M. M.; Heffle, R. G. 1969. The effects of winter grazing on subsequent production from pasture. J. Brit. Grassl. Soc. 24 : 146-150.
- 13) 名久井 忠. 1996. ロールベールラップサイレージ調整と利用 (酪農学園大学, 酪農ジャーナル特集別刷). 江別. 酪農学園大学. p.29-35.
- 14) 農業・食品産業技術総合研究機構. 2010. 日本標準飼料成分表 (2009年版). 東京. 中央畜産会. p.287.
- 15) 大槻和夫. 2001. TDNの推定 (自給飼料品質評価研究会編, 粗飼料の品質評価ガイドブック). 東京. 日本草地畜産種子協会. p.77-83.
- 16) 玉城政信, 島袋宏俊, 知念雅昭, 金城寛信. 1997. 粗飼料を有効利用するためのロールベール用草架の改善. 沖縄畜産研報 35 : 65-67.
- 17) 築城幹典, 原田靖生. 1997. 家畜の排泄物量推定プログラム. システム農学 13 : 17-23.

冬季屋外飼育への移行時における血中免疫、 抗酸化能および代謝関連成分の推移

深澤 充^{*1)}・小松 篤司^{*1)}・東山 由美^{*1)}・佐藤 繁^{*2)}

抄 録：黒毛和種繁殖雌牛の血中の免疫、抗酸化能および代謝に関連する成分について、寒冷下での屋内飼育から屋外飼育への移行に伴う変化を明らかにした。黒毛和種妊娠牛8頭を2群に分け、屋内および屋外飼育の2期の反転試験を行った。試験開始日(0日目)、1、4、8、11日目に採血を行い、血中の免疫関連成分(血漿中イムノグロブリンG、白血球数、好中球/リンパ球比率(N/L比)、好中球貪食能)、抗酸化能関連成分(酸化度、抗酸化力)および代謝関連成分(血漿中グルコース、総コレステロール、遊離脂肪酸、総蛋白質、コルチゾル)を測定した。平均気温は屋外では屋内に比べて4-8℃低かった。免疫関連成分は、いずれの成分でも飼育方法間に有意な差は認められなかった。抗酸化能関連成分は、酸化度は飼育方法間で有意な差はなかった。一方、抗酸化力は屋外で有意に高かった。抗酸化力が上昇した理由として運動の影響が考えられた。代謝関連成分は、グルコース、遊離脂肪酸、コルチゾルが屋外飼育で高く、代謝が亢進していたと考えられた。

キーワード：冬季屋外飼育、黒毛和種繁殖雌牛、免疫、抗酸化能

Changes in Immunity-, Antioxidative Potential- and Metabolism-Related Blood Composition with the Transition to an Outdoor Rearing System during the Winter Season : Michiru FUKASAWA^{*1)}, Tokushi KOMATSU^{*1)}, Yumi HIGASHIYAMA^{*1)} and Shigeru SATO^{*2)}

Abstract : We investigated changes in the blood composition of Japanese Black cows associated with the transition to an outdoor rearing system during the winter season. Eight pregnant Japanese Black cows were divided into 2 groups. We compared blood compositions during indoor and outdoor rearing using a 2-term reversal test design. We collected blood sample at 0, 1, 4, 8, and 11 days after the test started. Immunoglobulin G, white blood cell counts, neutrophil phagocytosis, and the ratio of neutrophils to lymphocytes were measured as immunity-related factors; degree of oxidation and antioxidative ability were measured as antioxidative potential factors; and glucose, cholesterol, non-esterified fatty acids, total protein, and cortisol were measured as metabolism-related factors. Outdoor temperatures during the period of the test were approximately 4-8 degrees centigrade lower than those indoors. There were no significant differences between indoor- and outdoor-reared cows with respect to any of the immunity-related blood factors. The antioxidative ability of outdoor-reared cows was significantly higher than that of indoor-reared cows. In contrast, the degree of oxidation showed no significant difference between indoor and outdoor rearing. The higher antioxidative ability under outdoor conditions could be attributable to an increase in activity. Glucose, non-esterified fatty acids, and cortisol were all higher under outdoor conditions. These results indicate that cows reared under outdoor conditions have an enhanced energy metabolism to cope with the lower temperature environment.

Key Words : Outdoors, Winter, Japanese Black Cows, Immunity, Antioxidative Potential

*1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

*2) 岩手大学農学部 (Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550, Japan)

2014年11月25日受付、2015年1月26日受理

I 緒 言

飼養戸数の減少にともない1戸あたりの黒毛和種繁殖雌牛の飼養頭数は全国的に増加している。東北地方においても、1戸あたりの飼養頭数は2003年から2013年の間に8.5頭から14.4頭と約6頭増加している(農林水産省 2013)。しかし、1戸あたりの飼養頭数は他の地域よりも少なく、規模拡大の余地があると考えられる。

東北地方における黒毛和種繁殖雌牛飼育農家での飼養頭数増加を制限する要因の一つとして、冬期間の牛舎利用が挙げられる。春から秋にかけては公共牧場などへの放牧が行われるものの、寒冷な積雪地域では冬季にはすべての牛を牛舎に収容する機会が多く、その収容頭数が飼養頭数の制限要因となっている。九州などの温暖な地域では、周年放牧の利用によって増頭を実現している経営事例が報告されている(九州地域飼料増産推進協議会 2004)。それらの経営では、周年放牧により牛舎での飼育を子牛や分娩前後の母牛のみにすることで、牛舎建設コストの削減や糞尿処理などの作業の省力化を可能にしている。

これまで東北地方の寒冷積雪地帯においても、冬季の屋外飼育による肥育牛や子牛の発育の検討がされている(西村ら 1981、常石ら 1985、常石ら 1986、豊田ら 1986)。しかし、冬季に黒毛和種雌牛を屋外飼育している農家の数は多くない。農家が冬季に屋外飼育をしない理由として、出生した子牛の低成長や母牛の発情回帰の遅れなどの生産への悪影響に加えて、健康など牛の福祉状態についての懸念を挙げている。竹田(2007)は、飼育動物の福祉状態については、「5つの自由」の観点からの検討が必要であるとしている。家畜福祉の基本原則である5つの自由とは、「飢えと渇きからの自由」「不快環境からの自由」「痛み、怪我、病気からの自由」「正常行動を発現する自由」および「恐怖、苦悩からの自由」である。

そこで本研究では、5つの自由の一つである「痛み、怪我、病気からの自由」に関連すると考えられる、黒毛和種繁殖雌牛の血中の免疫、抗酸化能および代謝に関連する成分について、寒冷下での屋内飼育から屋外飼育への移行に伴う変化を明らかにした。

II 材料と方法

1. 供試家畜および飼養環境

試験は農研機構東北農業研究センター内にある試験牛舎および建物に隣接するパドック(24.5m×10.5m)で行った。供試牛の詳細を表1に示す。妊娠した黒毛和種雌牛8頭を体重と年齢が同程度の2群(AおよびB群)に分け、屋内および屋外飼育の2期の反転試験を行った。

表1 供試牛の体重(kg)、月齢、授精後日数

群	頭数	試験開始時平均			飼育方法	
		体重	月齢	授精後日数	1期	2期
A	4	494	71.2	94	屋外	屋内
B	4	508	66.1	64	屋内	屋外

試験期間中は飼育方法に関わらず配合飼料を体重の2%量給与し、グラスサイレージを飽食とした。給餌は8:30と16:00に行った。屋内飼育時には給餌と同時に除糞を行い、8:30の除糞後にバークリナーを稼働して糞尿を屋外へ搬出した。コンクリート製の牛床(1.3m×1.7m)にゴムマットを設置し、その上におがくずを散布した。牛舎の南北壁にある窓は終日閉めきり、東西壁にある出入り口は、日中開放した(8:00-16:30)。牛舎内に暖房設備は無かった。屋外飼育を行ったパドックは床面がアスファルトで、期間中除糞および除雪は行わなかった。また屋外の給餌場には雨雪除けの屋根が設置されていた。

ロガー付き温湿度計(HOBO-U12-012、Onset、Massachusetts、アメリカ)を用いて、調査時の牛舎内およびパドックの気温および湿度を10分間隔で測定・記録した。測定機器は屋内ではチェーンストールの前方の空き牛房(高さ約2.0m)に設置した。屋外では雨雪除けの屋根の庇下のパイプ(高さ約2.0m)に設置した。いずれも風通しが良く、直射日光の当たらない場所であった。屋内のアンモニア濃度の測定は、除糞前に屋内で飼育する牛の前方0.7m、高さ約1.2mの位置で、ガス採取器(AP20、光明理化学工業(株)、神奈川)および検知管(105SD、光明理化学工業(株)、神奈川)を用いて行った。屋外パドックでは任意の4地点において、高さ約1.2mの位置で同様にアンモニア濃度を測定

した。積雪量および風速については東北農業研究センター内の気象観測施設の記録を用いた。

2. 試験のスケジュール

10日間以上の予備期間と屋内および屋外飼育の11日間の試験期間を1つの期とした。予備期間には屋内で8頭一列のコンフォースタイル牛床に繋留飼育した。試験期間中は、屋内飼育では採血などの作業をしやすいように、左右のストールに牛を配置しない状態で繋留した（牛間の間隔は約2m）。一方屋外飼育では牛をパドックに24時間放飼した。1期目の試験期間は2013年1月7日から1月18日、2期目の試験期間は同年1月28日から2月8日であった。

採血は試験開始日（0日目）、1、4、8、11日目に行った。採血はそれぞれの日の午前10時に実施した。速やかな保定後に熟練者がシリンジ（30ml、テルモ、東京）と採血針（18G1/2、テルモ、東京）を用いて、頸静脈から手早く10–25ml採血した。血液は測定項目にあわせ、それぞれヘパリンもしくはEDTA-2Na入りの真空採血管に分注し、氷冷または常温保存した。採取した血液の一部は採取後2時間以内に遠心分離をして血漿を得た。血漿は測定まで-40℃で凍結保存した。

3. 測定

血中の免疫関連成分、抗酸化能関連成分および代謝関連成分については、以下の通り測定を行った。

1) 免疫関連成分

血漿中イムノグロブリンG (IgG) はヘパリン加血漿を用いて、ウシIgGプレート（メタボリックエコシステム研究所、大崎市、宮城）により測定した。白血球数はEDTA-2Na加全血を用いて、採取後24時間以内に自動血球計測装置（pocH-100iV DIFF, シスメックス、兵庫）により測定した。好中球貪食能はヘパリン加全血を用いて、採取後24時間以内に市販のキット（Fluoresbrite YG Carboxylate Microspheres 2.00μm, Polysciences, Inc., Pennsylvania, アメリカ）を用い、貪食陽性率をFACSCalibur (Becton Dickinson, New Jersey, アメリカ) により測定した。好中球/リンパ球比率 (N/L比) はEDTA-2Na加血漿を用いて血液塗抹標本を作成し、ギムザ染色後、検鏡してリンパ球と好中球（分節核球と桿状核球）の比率を求めた。

作業の都合のため、白血球数については、0、1、4、11日目に、好中球貪食能については、0、1、11日目に測定を行った。

2) 抗酸化能関連成分

血液の酸化度と抗酸化力の測定はフリーラジカル評価装置（F.R.E.E. : Free Radical Elective Evaluator、ウイスマー、東京）を使用した。測定にはヘパリン加血漿を用いた。酸化度測定はDiacron-reactive oxygen metabolites（以下、d-ROMs）によった（Cornelli *et al.* 2001）。本テストは生体における活性酸素の代謝産物であるヒドロペルオキシド濃度をクロモゲンによる呈色反応で計測する。血中ヒドロペルオキシド量（過酸化された脂質、蛋白質、アミノ酸、核酸など）=生体内活性酸素・フリーラジカル量であるため、生体内の酸化ストレス度を総合的に評価する値である。抗酸化力の測定はOXY吸着テストによった（Vassalle *et al.* 2004）。次亜塩素酸は生体内の白血球が異物を攻撃する際に産生する最も強力な活性酸素の一種であり、総抗酸化バリア測定値（以下、OXY-adsorbent）は次亜塩素酸を消去する能力を測定する。OXY-adsorbentは有機液体の抗酸化力を総合的に示した値である。

3) 代謝関連成分

ヘパリン加血漿を用いて、グルコース（GLU）、総コレステロール（TC）、遊離脂肪酸（NEFA）、総蛋白質（TP）について自動分析装置（7070、（株）日立製作所、東京）を用いて、市販試薬（テストワコー、和光純薬、大阪）を使用し、常法により測定した。また、ヘパリン加血漿を用いて血漿中コルチゾル濃度（COLT）をEIA法（クオルタス、カインス、東京）により測定した。

4. 統計解析

血中の免疫関連成分、抗酸化能関連成分および代謝成分について、飼育方式の比較をSASのMIXEDプロシージャを用いた混合モデルの分散分析により行った（SAS Institute 2008）。分析モデルには、変量効果として群内の個体の効果を加え、母数効果として試験期、試験日、飼育方式および群を加えた。交互作用については予備分析でいずれの効果にも有意差が認められなかったためモデルから除外した。有意な効果については、Tukey法によって水準間の比較を行った。

Ⅲ 結 果

1. 環境

試験期間中の気象環境を表2に示した。試験期間

表2 試験期間中の気温、湿度、風速、日照時間、日射量および積雪深

飼育方式	試験期 採取日	1					期間 平均	2				
		1	4	8	11	1		4	8	11	期間 平均	
屋内	平均気温 (°C)	4.1	2.2	3.9	2.7	3.2	5.1	5.8	4.8	4.0	4.9	
	最高気温 (°C)	6.2	3.5	5.3	5.7	5.2	6.3	6.7	6.7	5.3	6.2	
	最低気温 (°C)	1.9	0.8	2.3	-0.8	1.0	3.0	3.1	3.3	2.3	2.9	
屋外	平均気温 (°C)	-5.0	-5.1	-2.7	-6.1	-4.7	0.2	-1.6	-0.4	-1.5	-0.8	
	最高気温 (°C)	2.6	0.4	1.6	4.6	2.3	9.6	9.9	3.9	1.6	6.2	
	最低気温 (°C)	-10.1	-10.4	-6.3	-13.3	-10.0	-5.5	-9.2	-4.6	-5.2	-6.1	
	平均湿度 (%)	73.7	66.2	81.3	78.3	74.9	70.3	83.9	78.2	94.1	81.6	
	平均風速 (m/s)	1.9	2.5	3.9	1.6	2.5	1.8	1.3	3.8	3.9	2.7	
	日照時間 (h)	4.9	7.8	2.0	6.3	5.3	5.5	4.7	4.3	0.3	3.7	
	日射量 (MJ/m ²)	8.8	10.8	3.4	11.0	8.5	10.7	8.9	9.2	3.6	8.1	
	10:00時点の積雪深 (cm)	18	20	24	23	21.3	37	34	32	45	37.0	

中の屋外飼育の気温は1期で-4.7°C、2期で-0.8°Cであり、屋内飼育の気温は1期で3.2°C、2期で4.9°Cであった。両方式の間には調査日の平均気温で4.9度から9.0度の差があり、期間平均で1期に7.9°Cおよび2期に5.7°Cの気温差があった。1期と2期では、屋外の平均、最高および最低気温は1期の方が4°C程度低かった。一方、屋内の平均気温は1期で1°C程度低かったが、最高および最低気温はほぼ同じだった。屋外で相対湿度は70.3-94.1%と日間差が大きかった。平均風速は1期で2.5m/s、2期で2.7m/sであり、比較的風いだ状態だった。日照時間および日射量は日間差が大きかったが、平均では両期に大きな差は無かった。積雪深は2期において1期よりも10cmほど深くなった。空気中のアンモニア濃度は、屋内飼育では平均1.85ppmであり、屋外飼育では検出されなかった。

2. 免疫関連成分

各飼育方式における血漿中IgG、白血球数、好中球貪食能、N/L比の試験期間中の推移を図1に示した。血漿中IgG (図1-1) は飼育方式間に有意な差は認められず、期間中15.1から18.2mg/mlの間で推移した。試験期の効果に有意性が認められ、1期は2期に比べて有意にIgG濃度が低かった (1期: 15.4mg/ml、2期: 17.4 mg/ml)。白血球数 (図1-2) は飼育方式間に有意な差は認められず、期間中9000から10175個/mlの間で推移した。好中球貪食能 (図1-3) は飼育方式間に有意な差は認められず、44.3から45.5%の間で推移した。N/L比 (図1-4) は飼育方式間に有意な差は認められなかったが、試験

期および採取日の効果に有意性が認められた。試験期については、1期は2期に比べて有意に高かった (1期: 0.77、2期: 0.45)。

3. 抗酸化能関連成分

各飼育方式におけるd-ROMsおよびOXY-adsorbentの試験期間中の推移を図2に示した。d-ROMs (図2-1) は、飼育方式間に有意な差は認められなかったが、採取日に有意な効果が認められた。OXY-adsorbent (図2-2) は、屋外飼育において、屋内飼育よりも有意に高かった (屋外飼育: 210.0 μ mol、屋内飼育198.2 μ mol)。また、試験期および採取日についても有意な効果が認められた。試験期については、2期において、1期よりも有意に高かった (1期: 143.2 μ mol、2期: 265.0 μ mol)。

4. 代謝関連成分

各飼育方式におけるGLU、TC、NEFA、TPおよびCOLTの試験期間中の推移を図3に示した。GLU (図3-1) は、飼育方式間に有意差が認められ、屋外飼育は屋内飼育に比べ高かった (屋外飼育: 63.8 mg/dL、屋内飼育: 60.8 mg/dL)。また、試験期に有意な効果が認められ、2期において、1期よりも有意に低かった (1期: 64.1mg/dL、2期: 60.5mg/dL)。TC (図3-2) は、飼育方式間では差が認められなかったが、群、試験期および採取日に有意な効果が認められた。試験期については、2期において、1期よりも有意に高かった (1期: 83.5 mg/dL、2期: 90.0 mg/dL)。NEFA (図3-3) は飼育方式間に有意な差が認められ、屋外飼育は屋内飼育に比べて有意に高かった (屋外: 127.8 μ

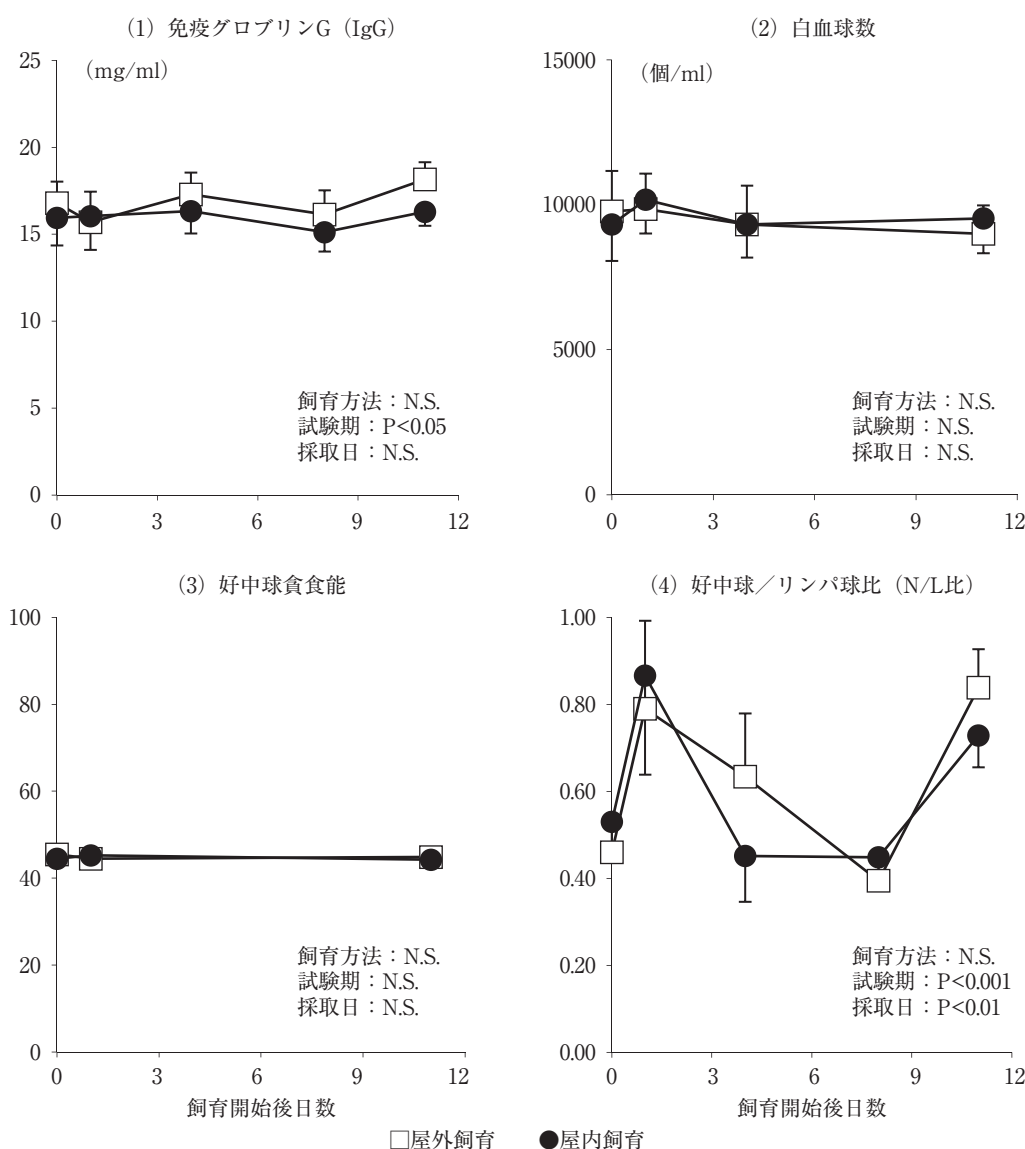


図1 試験期間中の屋内飼育および屋外飼育における血中免疫関連成分の推移 (誤差線は標準誤差を示す)

Eq/L、屋内：74.5 μ Eq/L)。TP (図3-4) は、飼育方式間には有意な差は認められなかった。試験期および採取日に有意な効果が認められた。試験期については、2期において1期よりも高かった (1期：8.02mg/dL、2期：8.16mg/dL)。COLT (図3-5) は、飼育方式間に有意な差が認められた。屋外飼育は屋内飼育よりも有意に高かった (屋外：1.10 μ g/ml、屋内：0.83 μ g/ml)。試験期および採取日にも有意な効果が認められた。試験期については、2期において1期よりも有意に低かった (1期：1.08 μ g/ml、屋内：0.85 μ g/ml)。

IV 考 察

一般的に成牛は寒さに強いと言われる (Van laer *et al.* 2014)。環境温度は生存のための体温調節に重要であり、著しい低温もしくは高温になると動物は疲弊、死亡する。黒毛和種雌牛では、最小限の代謝量で体温を維持できる熱的中性圏は5 - 30℃とされている (農林水産省農林水産技術会議事務局 2000)。本試験期間中は、平均気温は屋内、屋外ともに5℃以下であり、どちらの飼育方式においても体温維持のために代謝を亢進させる必要がある状態だった。しかし、屋内と屋外の間には大きな気温差

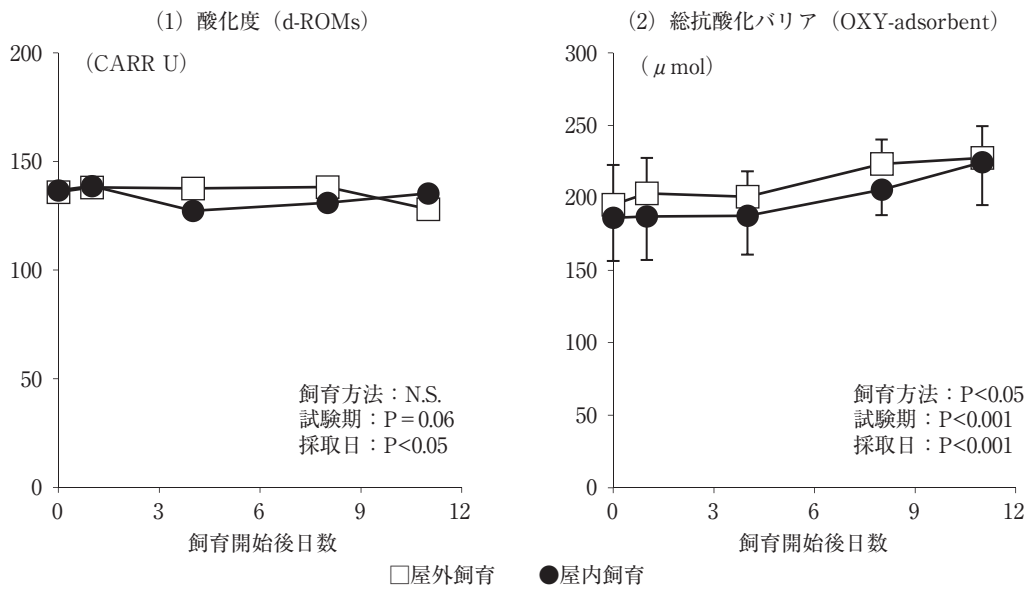


図2 試験期間中の屋内飼育および屋外飼育における血中抗酸化関連成分の推移
(誤差線は標準誤差を示す)

があり、調査日の平均気温で4.9度から9.0度の差があった。また、1期は2期よりも気温が低かった。そのため、いくつかの測定項目について飼育方式や試験期に有意な差が認められたものと考えられた。気温以外の気象項目については極端な悪条件ではなく、測定項目への影響は小さい、もしくは無かったものと考えられた。アンモニアは有害な物質で高い濃度で目や喉に炎症を起こすため、その濃度は多くの国で25ppm以下にすることを義務付けられている (Groot Koerkamp *et al.* 1998)。本研究での畜舎内での濃度はそれを大きく下回り、影響は無かったと考えられた。

本研究では、馴致することなく一年のうちでも最も寒さが厳しくなる時期に屋外方式に移行したものの、短期的なIgGや白血球の動態への影響は認められなかった。これは飼料が変化しなかったこと、平均気温が屋内でも熱的中性圏以下であったことなど、環境の変化の程度が比較的小さかったことも影響していると考えられる。ただし、仮屋ら (2003) は、放牧時には飼養環境が急変するため、気象環境や飼料にあらかじめ馴致を行うことで呼吸器病や消化器病による損耗が少なくなることを明らかにしている。そのため、一般農家での実施の際には、寒さが厳しくない時期から屋外飼育を始めることや、あらかじめ群飼育をするなどの馴致を行うことが望ま

しい。

試験期間中、屋外飼育では屋内飼育に比べて有意に高いCOLTを示した。COLTは環境変化などの刺激に対する視床下部-下垂体-副腎系の反応の指標とされるホルモンであり、糖新生や脂肪分解を亢進させる (津田 1994)。本研究においても、エネルギー代謝に関連するGLUおよびNEFAは屋外飼育で屋外飼育に比べて有意に高くなった。このことから、屋外の寒冷環境下において牛は体温を維持するために代謝を亢進していたものと考えられた。しかし、GLU、NEFAについては屋外飼育の牛について黒毛和種雌牛の乾乳期における血清成分の標準値 ± 2 SDの範囲内であり、正常な反応の範囲内での変動であると言える (岡田 1999)。また、0日目には屋内外ともに高いGLU、NEFAおよびCOLTを示したが、一度にまとめて全頭を取り扱うことに加え、処理開始初日で行動測定のための機器の装着などの作業が立て込んでいたことが供試牛にとってストレスとなり、どちらの飼育方式においても代謝が亢進したためではないかと推察される。

抗酸化能関連物質については、d-ROMsは飼育方式で違いが認められなかった。一方、体内の抗酸化力を示すOXY-adsorbentは屋外飼育によって高くなった。Piccione *et al.* (2011a) は、ヒツジは毛刈り作業によって酸化度 (d-ROMs) と抗酸化力

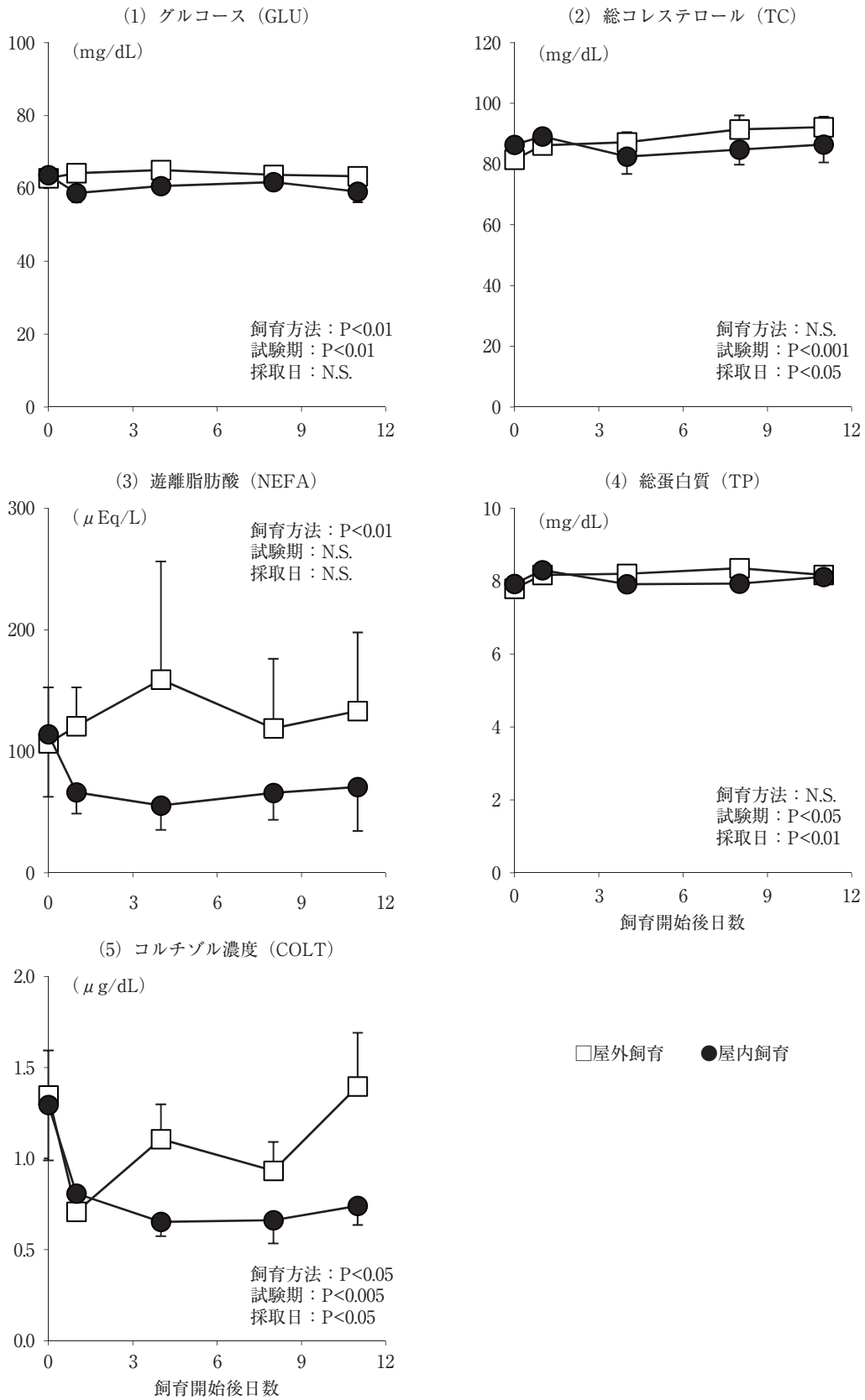


図3 試験期間中の屋内飼育および屋外飼育における血中代謝関連成分の推移 (誤差線は標準誤差を示す)

(OXY-adsorbent) の両方が上昇することを報告している。その際の抗酸化力の上昇については、酸化度の上昇に対する代償的な反応であるとしている。本研究では寒冷な屋外での飼育への移行によって抗酸化力のみが上昇した。サラブレッド種においては、継続的な運動によってd-ROMsの上昇を伴わずに、OXY-adsorbentの上昇が見られる (Piccione *et al.* 2011b)。本研究では屋内飼育時には繋留によって動きが制限されており、OXY-adsorbentの上昇は放飼状態への移行により運動量が増加した可能性が考えられる。しかし、運動強度との関係や他の要因による影響については不明である。また、本実験で確認された程度の屋内外のOXY-adsorbentの差が牛に与える影響は不明であり、今後さらなる検討が必要である。

COLTと同様にN/L比やd-ROMsはストレスの指標として用いられる。N/L比は輸送や離乳などの飼育ストレスによって変化する (Stockman *et al.* 2011, O'Loughlin A *et al.* 2011)。またd-ROMsやOXY-adsorbentも毛刈り作業によって変化的ことが明らかにされている (Piccione *et al.* 2011a)。本試験ではN/L比とd-ROMsについては、飼育方式間では差が認められなかった。本試験における寒冷刺激は、COLTの上昇を通じてGLUやNEFAの上昇を引き起こした。しかし、GLUやNEFAの上昇は正常な範囲内での反応であり、他のストレス指標であるN/L比や酸化度の影響を与えるような強度のストレスでは無かったことが考えられる。

以上の結果から、屋外の平均気温が -5°C の寒冷環境下で、屋内外の温度差が 5°C 程度の場合、屋外飼育では屋内飼育に比べてCOLTが上昇し代謝が亢進している状態ではあるものの、GLUやNEFAは正常値の範囲内であり、IgGや白血球の動態などには影響が認められなかった。屋外飼育によって、血中のOXY-adsorbentが上昇したが、この点については、変動を与える要因や牛体に与える影響について更なる精査が必要である。今後は屋外飼育による中・長期的な疾病・怪我の発生や生産への影響についての検討に加えて、喜びやリラックスなどの正の情動の評価も必要であると考えられる (竹田 2007)。

引用文献

- 1) Cornelli, U.; Terranova, R.; Luca, S.; Cornelli, M.; Alberti, A. 2001. Bioavailability and antioxidant activity of some food supplements in men and women using the D-Roms test as a marker of oxidative stress. *J. Nutr.* 131: 3208-3211.
- 2) Groot Koerkamp, P. W. G.; Metz, J. H. M.; Uenk, G. H.; Phillips, V. R.; Holden, M. R.; Sneath, R. W.; Short, J. L.; White, R. P. P.; Hartung, J.; Seedorf, J.; Schröder, M.; Linkert, K. H.; Pedersen, S.; Takai, H.; Johnsen, J. O.; Wathes, C. M. 1998. Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. *J. Agric. Eng. Res.* 70 : 79-95.
- 3) 仮屋喜弘, 石崎 宏, 花房泰子. 2003. 放牧馴致と呼吸器病などの疾病や日増体量との関係. 畜産草地研究所成果情報 3 : 109-110.
- 4) 九州地域飼料増産推進協議会. 2004. 九州地域における放牧事例集. 熊本, 103p.
- 5) 西村宏一, 常石英作, 吉田正三郎, 竹下 潔, 西田 朗, 佐藤 博. 1981. 屋外飼養が肥育牛の成長及び枝肉正常に及ぼす影響. 東北農業研究 29 : 141-142.
- 6) 農林水産省. 2013. 畜産統計調査. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/index.html> (最終閲覧日 : 2013年10月25日)
- 7) 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 2000. 日本飼養標準肉用牛. 農林水産省農林水産技術会議事務局. 221p.
- 8) 岡田啓司. 1999. 第5章代謝プロファイルテスト. 生産獣医療システム肉牛編 (全国家畜畜産物衛生指導協会企画). 農山漁村文化協会. 東京. p.181-194.
- 9) O'Loughlin, A.; McGee, M.; Waters, S. M.; Doyle, S.; Earley, B. 2011. Examination of the bovine leukocyte environment using immunogenetic biomarkers to assess immunocompetence following exposure to weaning stress. *BMC Vet. Res.* 7 : 45-57.
- 10) Piccione, G.; Fazio, F.; Casella, S.; Pennisi, P.; Caola, G. 2011a. Influence of shearing on oxidative stress and some physiological parameters in ewes. *Anim. Sci. J.* 82 : 481-485.

- 11) Piccione, G.; Giannetto, C.; Marafioti, S.; Faggio, C.; Alberghina, D.; Fazio, F. 2011b. Training-induced modifications of circadian rhythmicity of peroxidative parameters in horses. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 96 : 978-984.
- 12) SAS Institute. 2008. SAS/STAT 9.2 User's Guide. NC, USA. 7861p.
- 13) Stockman, C. A.; Collins, T.; Barnes, A. L.; Miller, D.; Wickham, S. L.; Beatty, D. T.; Blache, D.; Wemelsfelder, F.; Fleming, P. A. 2011. Qualitative behavioural assessment and quantitative physiological measurement of cattle naïve and habituated to road transport. *Anim. Prod. Sci.* 51 : 240-249.
- 14) 竹田謙一. 2007. 畜産における環境エンリッチメントの活用によるアニマル・ウェルフェアの向上. *北信越畜産学会報* 94 : 1-15.
- 15) 豊田吉隆, 吉川恵郷, 山田和明. 1986. 冬期飼養管理法の差が子牛の発育に及ぼす影響. *東北農業研究* 39 : 201-202.
- 16) 津田恒之. 1994. *家畜生理学*. 養賢堂. 310p.
- 17) 常石英作, 佐藤 博, 滝本勇治, 西村宏一, 武田尚人. 1985. 寒冷期における哺乳子牛の育成に伴う血液性状の変化. *東北農業研究* 37 : 203-204.
- 18) 常石英作, 滝本勇治, 武田尚人, 西村宏一. 1986. 寒冷期におけるホルスタイン種哺乳子牛の血しょう成分. *東北農業研究* 39 : 193-194.
- 19) Van laer, E.; Moons, C.P.H.; Sonck, B.; Tuytens, F.A.M. 2014. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livest. Sci.* 159 : 87-101.
- 20) Vassalle, C.; Masini, S.; Carpeggiani, C.; L'Abbate, A.; Boni, C.; Zucchelli, G. 2004. In vivo total antioxidant capacity: comparison of two different analytical methods. *Clin. Chem. Lab. Med.* 42 : 84-89.

日本短角種肥育牛への圧砕稲わら給与が血液成分 および産肉性に及ぼす影響

小松 篤司^{*1)}・深澤 充^{*1)}・東山 由美^{*1)}・関矢 博幸^{*1)}
木村 俊之^{*2)}・木村 映一^{*1)}・大谷 隆二^{*1)}・押部 明徳^{*1)}

抄 録：汎用コンバインの脱穀機能により稲の穂先から茎まで圧砕された稲わら（圧砕稲わら）は自脱コンバインから排出された稲わらよりも短時間で乾燥する。このため、天候不順により調製が難しかった地域においても有効な粗飼料としての供給が可能と考えられる。しかし、圧砕稲わらの家畜に給与した研究はこれまで行われていない。そこで、本研究では広く普及している乾燥稲わらと圧砕稲わらを用い、乾燥処理の違いが飼料成分に及ぼす影響と、肥育期の日本短角種去勢牛に給与した際の血液性状や産肉性に及ぼす影響について比較検討した。稲わら中の一般成分については乾燥処理の違いによる有意な差は認められなかった。圧砕稲わら中のビタミンE含量は乾燥稲わらに比べて処理直後が高く、貯蔵30日以降は両稲わらとも低いレベルで推移した。また、乾燥稲わら区および圧砕稲わら区の血漿中ビタミンE濃度については、試験期間中の推移に有意差は認められなかった。血漿中の代謝産物では、圧砕稲わら区の遊離脂肪酸濃度が給与後30、90および120日において乾燥稲わら区に比べて低い値（ $P<0.05$ ）を示した。一方でグルコース、尿素態窒素およびコレステロール濃度は、両区ともに同レベルの変化を示した。抗酸化性との関係については、酸化ストレスの指標である血漿中d-ROMs値が圧砕稲わら給与により低下する傾向が認められた。試験期間における増体および屠畜後の産肉成績については、両区に違いは認められなかった。日本短角種肥育牛への圧砕稲わら給与は、従来の乾燥稲わらに比べて血漿成分への特徴的な影響は認められず、増体並びに産肉性にも遜色ない事が明らかになった。よって圧砕稲わらは乾燥稲わらの代替粗飼料として有効利用が可能である。

キーワード：圧砕稲わら、ビタミンE、日本短角種、遊離脂肪酸、抗酸化

Effects of a Macerated Rice Straw Diet on Blood Metabolites and Productivity in Japanese Shorthorn Steers : Tokushi KOMATSU^{*1)}, Michiru FUKASAWA^{*1)}, Yumi HIGASHIYAMA^{*1)}, Hiroyuki SEKIYA^{*1)}, Toshiyuki KIMURA^{*2)}, Eiichi KIMURA^{*1)}, Ryuji OHTANI^{*1)} and Akinori OSHIBE^{*1)}

Abstract : We investigated the chemical composition and vitamin E content of a macerated rice straw diet prepared by a quick-dry technique with a screw-type threshing combine, and compared its effects on productivity and blood metabolites, as well as on antioxidation, with a normal rice straw diet in Japanese Shorthorn steers. No difference in chemical composition was observed between macerated rice straw and normal rice straw. The vitamin E content of macerated rice straw in storage for a short time was higher than that of macerated rice straw stored over time after preparation. No difference was observed in the plasma vitamin E levels of the steers. In steers on a macerated rice straw diet, plasma free fatty acid concentrations remained low compared to those in steers on a normal rice straw diet. There were no differences in plasma glucose, urea nitrogen, or cholesterol concentrations. A plasma reactive oxygen metabolites test showed that oxidative stress was decreased by the macerated rice straw diet. No difference was found between the macerated rice straw and normal rice straw diets in either meat productivity or live body weight gain. Thus, a macerated rice straw diet can be substituted for a normal rice straw diet for the maintenance of health and meat production in Japanese Shorthorn steers.

Key Words : Macerated Rice Straw, Vitamin E, Japanese Shorthorn Steer, Free Fatty Acid, Antioxidation

*1) 農研機構東北農業研究センター（NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan）

*2) 現・農研機構中央農業総合研究センター（NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan）

2014年7月31日受付、2014年12月8日受理

I 緒 言

我が国の畜産は自給飼料の生産基盤が限られることから、乾草や稲わらのような粗飼料も輸入に頼っている。持続可能な飼料循環型の生産構造への転換を図るためには国内の飼料生産基盤の有効利用による飼料自給率の向上が不可欠である。近年は食用米の作付面積が制限されていることから、水田機能を維持しながら飼料自給率を向上させる方策として、飼料用稲の栽培が全国的に増えている。しかしながら、養豚や養鶏農家において輸入濃厚飼料の代替として飼料用米の子実だけを給与することが多くなってきたため、利用されない稲わらの排出量が年々増加している。

稲わらは肉牛経営において有用な粗飼料源であるが、日本の気象条件では乾燥調製が難しく利用は十分に進んでいない。国内における稲わらの年間生産量に対して、その利用割合は約10%に留まっている(農林水産省 2013)。特に、東北地域では秋の刈り取り後における天候不順が日常化しており、稲わらの調製条件はさらに厳しく、乾燥が不十分となるリスクが高い。

このような東北地域特有の気候に対応するため、東北農業研究センター(以下、東北農研)においてスクリュウ型脱穀機能を有する汎用コンバインで稲わらを圧砕して(圧砕稲わら)、迅速乾燥後に収集する一体化技術が開発された(大谷ら 2013)。具体的には圧砕した稲わらを刈株上に排出し、通気性を高めることにより2日間程度で乾燥させる技術である。この調製技術により東北地域でも乾燥した稲わらの安定的生産が期待できる。しかしながら、圧砕稲わらは磨り潰されて乾燥した形態であり、このような物理的特性が成分バランスに及ぼす影響は明らかではない。加えて、長期給与試験による飼料評価に関する知見もないことから、圧砕稲わらの利用は未だ普及には至っていない。押部らは(2011)、日本短角種および黒毛和種繁殖牛に圧砕稲わらを給与した場合、従来の乾燥稲わらと比較して圧砕処理の影響により採食時間は短くなるが、反芻時間は変わらないため十分な粗飼料評価指数(RVI)を確保できることを報告している。

本研究では稲わらの圧砕処理が成分構成に及ぼす影響を明らかにするとともに、日本短角種去勢牛の肥育期に圧砕稲わらの給与を行って、増体量、血漿

中代謝産物と酸化指標物質濃度および産肉成績への影響について検討を行った。

II 材料と方法

1. 供試飼料

東北農研内の圃場で栽培された飼料用米を収穫して2つの乾燥処理を行った。対照区の稲わらは「べこごのみ」の粃を収穫した後、立毛状態で圃場に放置し、8日間乾燥させてロールベラとラップにより梱包・ラップした。試験区の圧砕稲わらは同一の圃場で栽培された「べこごのみ」をカッティングユニットを取り外して、ウィンドローウを取り付けた汎用コンバインにより粃収穫時に圧砕処理された稲わらを1日間圃場に放置し、翌日に梱包・ラップした。貯蔵開始日から30日間隔で圧砕稲わらおよび乾燥稲わらからそれぞれ3点ずつ採取し、ビタミンEの測定に用いた。また、150日間貯蔵後の圧砕稲わらおよび乾燥稲わらからそれぞれ3点ずつ採取し、一般飼料成分の分析に用いた。

2. 給与試験

日本短角種去勢牛6頭(平均体重454kg、平均月齢17ヵ月)を用いた。粗飼料として従来法である天日処理による乾燥稲わらを給与する対照区と、圧砕稲わらを給与する試験区を設定し、上記6頭を体重と月齢を参考にそれぞれの区に各3頭ずつ配置した。両区とも1日1回、14:00に飽食量となる稲わらと体重の2%量となる市販の育成用配合飼料(TDN 72%、CP 13%)を給与し、翌日に稲わらと配合飼料の残量を測定して、それぞれの採食量を算出した。飲水および固形塩の摂取は自由とした。屠畜は21.9~23.0ヵ月齢に、岩手県内の食肉処理センターで行った。なお、供試動物の取り扱い、東北農研における動物実験等実施要領に従って行った。

3. 化学分析

稲わらは、70℃で、48時間加熱乾燥した後に水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分、細胞壁成分、中性デタージェント繊維および酸性デタージェント繊維を常法により分析した(自給飼料利用研究会 2009)。

4. 採血および筋肉サンプルの採取

試験開始から終了まで30日間隔で頸静脈血をヘパリン含有真空採血管に採取し、直ちに遠心(3,200rpm、1,950×g、20min、4℃)して血漿を分取、測定まで-20℃で凍結保存した。

5. 血漿中抗酸化機能関連項目の測定

血漿中の酸化ストレス度と抗酸化力の測定はフリーラジカル評価装置 (F.R.E.E. : FreeRadical Elective Evaluator; ウィスマー、東京) を使用した。酸化ストレス度は、Diacron-reactive oxygen metabolites test (d-ROMsテスト) により測定した (Cornelli *et al.* 2001)。抗酸化力の測定は、OXY absorbent test (OXY吸着テスト) を用いた (Vassalle *et al.* 2004)。

6. 血漿中代謝産物測定

血漿中のグルコース、尿素体窒素、尿酸、遊離脂肪酸、トリグリセライド、リン脂質、総コレステロールおよび遊離コレステロール濃度は血液自動分析装置 (日立7070型、東京) を用い、常法の試薬 (テストワコー、和光純薬、大阪) により測定した。

7. 飼料および血漿中ビタミンEの測定

トコフェロールおよびトコトリエノール含量の合計をビタミンE含量とし、Sookwong (2001) らの方法に準じて、稲わらは外部標準法、そして血漿中濃度は内部標準法で定量した。稲わらは裁断後、粉碎した。HPLC分析は、カラム：シリカゲルカラム (Inertsil SIL 100A-3、4.6 × 250 mm、3 μm GLサイエンス)、カラム温度：40 °C、移動相：ヘキサン/1,4-ジオキサン/2-プロパノール (1,000 / 40 / 5, v / v / v)、流速：1.0 mL / minで分離を行い、蛍光検出：RF-10AXL FLD 検出器 (ex 294 nm, em 326 nm 島津製作所) にて検出を行った。試料中のトコフェロールおよびトコトリエノール量は各々の標準物質を用いた濃度曲線により定量した。

8. 統計解析

全ての統計処理はR (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を視覚的に操作できるプログラムであるEZR (自治医科大学附属さいたま医療センター、埼玉) を利用した (Kanda *et al.* 2013)。飼料中のビタミンE含量については対応のない、また、血漿中の代謝産物濃度については対応のある反復測定二元配置分散分析を行い、試験期間と処理との間に交互作用のあるものについては各経過日数時点で比較し、studentのt検定を行った。また、各処理区において0日を基準としてDunnettの多重比較検定を行った。稲わら中成分における分析値の比較についてはstudentのt検定を用いた。なお、数値は平均値 ± 標準誤差で示し、有意水準はP<0.05とした。

Ⅲ 結 果

対照区の乾燥稲わらおよび試験区の圧砕稲わらに含まれる成分含量の割合を表1に示した。いずれの項目についても両稲わらに有意な差は認められなかった。図1には梱包・ラップ調製直後から150日後までにおける稲わら中ビタミンE含量の推移を示した。試験区のビタミンE含量は調製直後から30日目にかけて大きく減少した。一方で対照区においては同期間で若干の低下は認められたが、貯蔵期間を通じてビタミンE含量に有意な変動は認められなかった。

供試牛の開始時および終了時体重と試験期間内の

表1 乾燥稲わらおよび圧砕稲わら中の一般成分含量¹⁾ (乾物中%)

	対照区 (乾燥稲わら)	試験区 (圧砕稲わら)
DM	76.1	74.4
TDN	44.1	43.8
CP	3.6	3.9
EE	1.3	1.2
CA	19.9	20.5
ADF	41.4	42.1
NDF	66.1	66.8
OCW	63.7	64.2

1) 各稲わらから採取したサンプル (3点) の平均値
DM: 乾物率、TDN: 可消化養分総量、CP: 粗タンパク質、EE: 粗脂肪、CA: 粗灰分、ADF: 酸性デタージェント繊維、NDF: 中性デタージェント繊維、OCW: 細胞壁成分

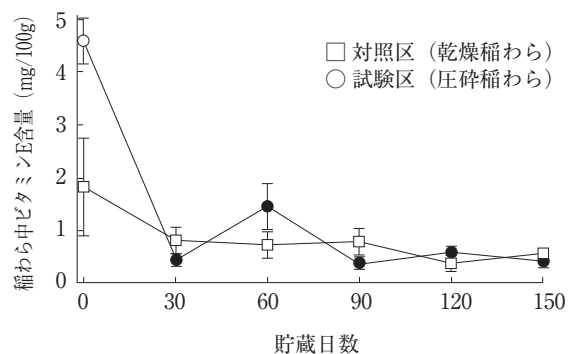


図1 稲わらおよび圧砕稲わらにおけるビタミンE含量の変化

注. 平均値 ± 標準誤差、●: 給与0日と比較して有意差有 (P<0.05)

表2 乾燥稲わらまたは圧砕稲わらを給与した日本短角種去勢牛の試験期間における体重および日増体量¹⁾

処理区	頭数	開始時		終了時		日増体量 (kg/day)
		体重 (kg)	月齢	体重 (kg)	月齢	
対照区 (乾燥稲わら)	3	453.0 ± 35.2	16.4 ± 0.5	598.0 ± 39.0	21.3 ± 0.58	0.80 ± 0.04
試験区 (圧砕稲わら)	3	454.0 ± 32.5	16.8 ± 0.9	593.7 ± 37.9	22.0 ± 1.00	0.74 ± 0.06

1) 平均 ± 標準誤差

表3 供試牛の産肉成績¹⁾

	対照区 (乾燥稲わら)	試験区 (圧砕稲わら)
出荷月齢	21.3 ± 0.58	22.0 ± 1.04
枝肉重量 (kg)	333.7 ± 22.5	332.7 ± 22.5
ロース芯面積 (cm ²)	42.3 ± 6.50	39.7 ± 7.23
バラ厚さ (cm)	5.8 ± 0.58	5.9 ± 0.85
皮下脂肪厚 (cm)	1.9 ± 0.36	2.2 ± 0.10
歩留基準値 (%)	72.9 ± 1.10	72.4 ± 1.31
BMS	2	2
BCS	5	5
等級	B2-1頭 A2-2頭	B2-2頭 A2-1頭

1) 平均 ± 標準誤差

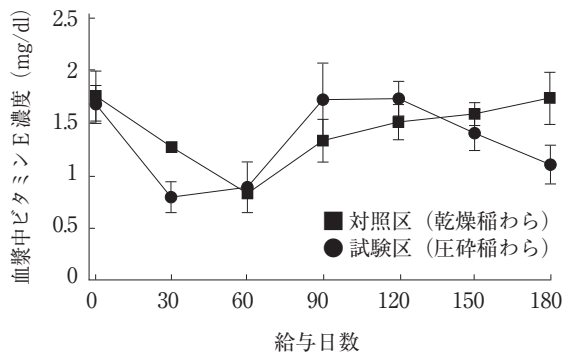


図2 血漿中ビタミンE含量の変化

注. 各区3頭の平均値 ± 標準誤差

日増体量を表2に示した。両区の終了時体重および日増体量は同様であった。また、採食量についても両区に差は認められなかった（データ非掲載）。供試牛の枝肉成績を表3に示した。枝肉重量、ロース芯面積、バラ厚さ、皮下脂肪厚および歩留基準値いずれの項目についても、圧砕稲わら給与は対照区の乾燥稲わらとの差はなく、同様の肥育成績であった。

血漿中ビタミンE濃度の推移を図2に示した。試験期間を通じて両区のビタミンE濃度に差は認められなかった。血漿中のグルコース（図3 a）、尿素

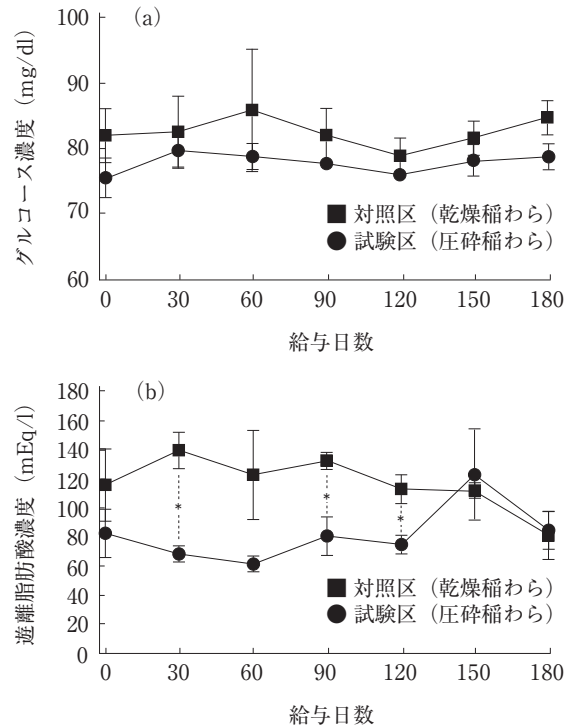


図3 稲わらおよび圧砕稲わら給与時の血漿中グルコース (a) および遊離脂肪酸 (b) の変化

注. 各区3頭の平均値 ± 標準誤差、*：給与日数で比較して有意差有 (P < 0.05)

体窒素、タンパク質、尿酸、コレステロールおよびリン脂質濃度も両区に違いは認められなかった（図非掲載）。一方で、遊離脂肪酸濃度の変化では、給与開始30、90および120日後において、対照区と比較して試験区で有意に低い値を示した（図3 b）。

図4に血漿中のd-ROMs値およびOXY吸着能の変化を示した。生体の酸化ストレスレベルの指標であるd-ROMs値は、給与開始日と比較した場合、試験区では60日および180日後において有意に低い値となった（図4 a）。血漿中の総抗酸化力を示すOXY項目については試験区および対照区において有意な違いは認められなかった（図4 b）。

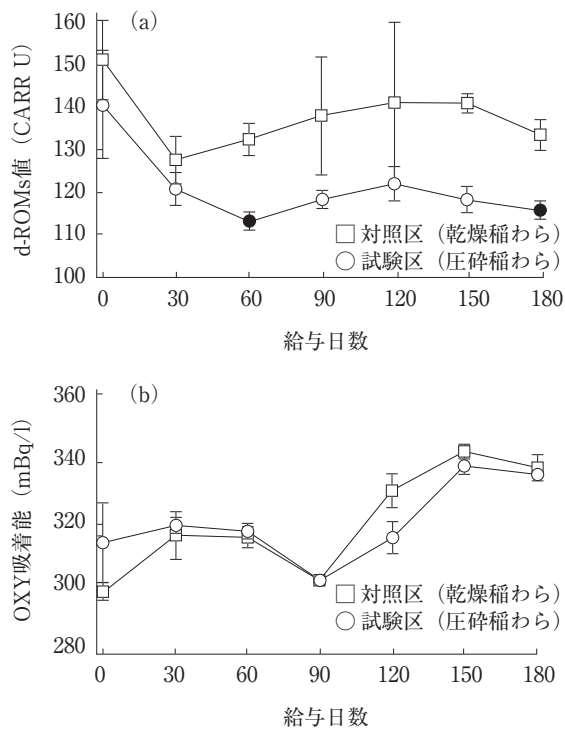


図4 稲わらおよび圧砕稲わら給与時の血漿中酸化ストレス (a) および抗酸化力 (b) の変化

注. 各区3頭の平均値±標準誤差、●: 給与0日と比較して有意差有 ($P < 0.05$)

IV 考 察

16ヵ月齢の日本短角種肥育牛に乾燥稲わらおよび圧砕稲わらを6ヵ月間給与した試験において、両稲わら区の日増体量に違いは見られなかった。また、採食量にも違いは見られなかったことから、圧砕処理による稲わらの物理的特性は影響しなかったと考えられた。押部ら (2011) は黒毛和種繁殖牛を用いた圧砕稲わら給与試験において採食時間が減少する傾向が認められたが、反芻時間は変わらないことから、結果として粗飼料評価指数 (RVI) は乾燥稲わらと同様であることを明らかにしている。本研究では、屠畜成績においても乾燥稲わら区と圧砕稲わら区に有意な違いは認められなかった。したがって、日本短角種去勢牛に乾燥稲わらの代替として圧砕稲わらを給与しても、成長および肉質に関して同等の成績を得られることが明らかになった。

稲わら中のビタミンE含量は、調製直後では圧砕稲わらにおいて高く、貯蔵期間を経ると、両区ともに低いレベルで推移した。ビタミンEは酸化性を

示す機能性ビタミンであるが、光や空気に触れるとその含量が低下することが知られている (梶本 1989)。調製直後のビタミンE含量が圧砕稲わらで高かったのは、圧砕稲わらは乾燥稲わらと比較して短時間で乾燥させるため、ビタミンE含量の損失が少なかったと考えられる。しかしながら、両区の稲わらは日数経過とともに光と空気に触れることでビタミンE含量は低下したと考えられる。また、圧砕稲わら区における血漿中のビタミンE濃度が有意に増加することはなかった。

血漿中の遊離脂肪酸濃度は乾燥稲わら区よりも圧砕稲わら区で低く推移した。遊離脂肪酸濃度の増加は、エネルギー不足に伴う体脂肪動員を反映する (Hart *et al.* 1979)。また、遊離脂肪酸は飼育環境の変化などのストレスによっても血漿レベルが上昇する成分である (Reynaert *et al.* 1976)。遊離脂肪酸濃度が乾燥稲わら区と比較して圧砕稲わら区で低いレベルで推移したこと、また、グルコース濃度は両区で違いが認められなかったことから、圧砕稲わら区では乾燥稲わら区のエネルギー水準と遜色なかったと考えられる。

生体の酸化ストレスを評価するd-ROMs試験では、圧砕稲わらを給与した区で血漿中d-ROMs値が低くなった。血漿中d-ROMsレベルは疾病などの重篤な酸化ストレス環境下では著しく上昇するが (関 2009)、生理的状況では抗酸化機能を持った栄養素の摂取で変化する (Cornelli *et al.* 2001)。したがって、圧砕稲わらは乾燥稲わらに比べて抗酸化物質が多く含まれている可能性がある。稲わら調製時の違いが抗酸化物質の含量や活性に及ぼす影響について今後検討する必要がある。

OXY試験は血漿中の次亜塩素酸消去能を測定することにより判断される抗酸化能試験であるが、飼料による違いは見られなかった。抗酸化能は、運動など肉体的な要因で変化的ことが報告されているが (Cases *et al.* 2006)、本研究では給与飼料以外の飼養条件は同じである。また、OXY吸着テストは主にビタミンCや尿酸など比較的低分子量の因子が関与する抗酸化能を測定するものであり、全ての抗酸化について測定することはできない (Jansen *et al.* 2013)。このため、圧砕稲わらに含まれる高分子量の抗酸化物質の摂取により、圧砕稲わら区においてd-ROMsテストで示される酸化ストレスが低いレベルを示す一方、OXY吸着テストで示される抗酸

化能に違いが認められなかったと考えられる。

以上より、日本短角種去勢牛に圧砕稲わらを給与しても、増体、肉質、遊離脂肪酸を除く血漿中の代謝産物には違いは見られず、稲わらの代替として問題なく利用できることが明らかとなった。一方で血漿中の酸化ストレスを示すd-ROMs試験では低い傾向であったことから、圧砕稲わら中の機能性成分が血漿中の酸化ストレスを低下させる可能性が示唆された。圧砕稲わら調製技術は東北地域の過酷な天候不順に影響されず、また、家畜に給与しても慣行の乾燥稲わらと同等の成績を得られることから、地域資源を有効に利用できる技術である。

引用文献

- 1) Cases, N.; Sureda, A.; Maestre, I.; Tauler, P.; Aguiló, A.; Córdova, A.; Roche, E.; Tur, J. A.; Pons, A. 2006. Response of antioxidant defences to oxidative stress induced by prolonged exercise: antioxidant enzyme gene expression in lymphocytes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 98 : 263-269.
- 2) Cornelli, U.; Terranova, R.; Luca, S.; Cornelli, M.; Alberti, A. 2001. Bioavailability and antioxidant activity of some food supplements in men and women using the D-Roms test as a marker of oxidative stress. *J. Nutr.* 131 : 3208-3211.
- 3) Hart, C.; Bines, A.; Morant, V. 1979. Endocrine control of energy metabolism in the cow: correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation. *J. Dairy Sci.* 62 : 270-277.
- 4) Jansen, E.; Tatjana, R. 2013 Comparative analysis of serum (Anti) oxidative status parameters in healthy persons. *Int. J. Mol. Sci.* 14 : 6106-6115.
- 5) 自給飼料利用研究会. 2009. 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会.
- 6) 梶本五郎. 1989. 油脂の変質とその防止対策. *油科学* 38 : 545-552
- 7) Kanda, Y. 2013. Investigation of the freely-available easy-to-use software "EZ" (Easy R) for medical statistics. *Bone Marrow Transplant.* 48 : 452-458.
- 8) 農林水産省. 2013. 飼料をめぐる情勢 (平成25年6月).
- 9) 大谷隆二, 金井源太, 天羽弘一, 関矢博幸, 冠秀昭, 押部明德. 2010. 汎用コンバインとスワースコンディショナを用いた稲わらの乾燥・収集体系. 東北農業研究成果情報.
- 10) 押部明德, 大谷隆二, 福重直輝, 小松篤司, 池田堅太郎, 関矢博幸, 田中 治, 木村俊之, 木村映一, 中込弘二. 2011. 汎用コンバインを用いた圧砕処理が黒毛和種雌牛における稲わらの粗飼料価に及ぼす影響. 東北農業研究センター研究報告 113 : 29-32.
- 11) Reynaert, R.; Marcus, S.; De Paepe, M.; Peeters, G. 1976. Influences of stress, age and sex on serum growth hormone and free fatty acid levels in cattle. *Horm. Metab. Res.* 8 : 109-114.
- 12) 関 泰一. 2009. d-ROMsテストによる酸化ストレス総合評価. *生物試料分析.* 32 : 301-306
- 13) Sookwong, P.; Nakagawa, K.; Murata, K.; Kojima, Y.; Miyazawa, T. 2007. Quantitation of tocotrienol and tocopherol in various rice brans. *J. Agric. Food Chem.* 55 : 461-466.
- 14) Vassalle, C.; Masini, S.; Carpeggiani, C.; L'Abbate, A.; Boni, C.; Zucchelli, G. 2004. In vivo total antioxidant capacity: comparison of two different analytical methods. *Clin. Chem. Lab. Med.* 42 : 84-89.

日本短角種去勢牛の2シーズン放牧肥育における 放牧中の適正な増体量

柴 伸弥^{*1)}・樋口 幹人^{*2)}・今成 麻衣^{*1)}・米内 美晴^{*1)}
東山 雅一^{*1)}・渡邊 彰^{*1)}

抄 録：日本短角種去勢牛を2シーズン放牧に供試し、肥育中期における放牧中の適正な日増体量を検討した。2004～2013年に農研機構東北農業研究センターにて飼養された通年舎飼い牛（対照区、29頭）と2シーズン放牧牛（放牧区、24頭）を比較した結果、放牧期間中に両区の平均体重差は最大で62kgとなるが、放牧終了後の肥育により半分程度の33kgまで回復し、肥育後期における代償性発育が確認された。代償性発育は放牧終了後4～20週の約4ヵ月間に認められ、このとき肥育中期の日増体量が約0.6kg/日で、肥育期間中の総増体量が最大となることが示された。したがって、枝肉重量への影響を考慮すると、放牧中の日増体量の目標を0.6kg/日以上として放牧牛の管理を行うべきである。2シーズン放牧は肉質に明らかな差を及ぼさなかったが、枝肉の重量を小さく、枝肉中の赤肉組織割合を大きくする傾向が認められ、従来の枝肉評価基準とは異なる基準で評価されるべきと考えられた。

キーワード：日本短角種去勢牛、2シーズン放牧、代償性発育、日増体量、枝肉形質、肉質

Appropriate Body Weight Gain for Japanese Shorthorn Steers during the Middle Fattening Stage in a Two-Season Grazing System : Nobuya SHIBA^{*1)}, Mikito HIGUCHI^{*2)}, Mai IMANARI^{*1)}, Miharuru YONAI^{*1)}, Masakazu HIGASHIYAMA^{*1)} and Akira WATANABE^{*1)}

Abstract : We studied optimal body weight gain during the middle fattening stage in Japanese Shorthorn steers in a two-season grazing system. Specifically, body weight gain in steers given access to grazing (n=24; grazed group) was compared to that of steers kept in a pen for the entire fattening period (n=29; control group). Body weight gain in all steers was raised on the first, middle and finishing stages. All steers were maintained at the NARO Tohoku Agriculture Research Center from 2004 to 2013. In the experimental group, grazing was allowed during the middle fattening stage. The difference in average body weight between the two groups was a maximum of 62 kg at the middle fattening stage, before recovering to 33 kg by the end of the fattening stage after grazing. These findings indicate that compensatory growth occurred in the grazed group; this compensatory growth was observed for 4-20 weeks after grazing stopped. When the daily body weight gain of the middle fattening stage was approximately 0.6 kg/day, the largest daily weight gain was observed by fattening stage. Consequently, body weight gain should be maintained at a minimum of 0.6 kg/day in order to avoid the adverse effects of grazing in the middle fattening stage on carcass weight. Although the meat quality between the two groups was not significantly different, a tendency towards reduced carcass weight and an increase in the ratio of meat to carcass weight was observed. The carcasses of grazed steers should be evaluated according to criteria that differ from the conventional Japanese carcass evaluation system.

Key Words : Japanese Shorthorn Steers, Two-Season Grazing System, Compensatory Growth, Body Weight Gain, Carcass Characteristics, Meat Quality.

* 1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

* 2) 現・農研機構畜産草地研究所 (NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Nasushiobara, Tochigi 329-2793, Japan)

I 緒 言

日本における肉用牛生産では、黒毛和種をはじめとして穀物を主体とした配合飼料を多給する肥育方法が一般的であり、食料自給率の低下を招くだけでなく、畜産経営としても穀物価格の不安定化による影響を強く受ける。東北地域における公共牧場の草地面積は2011年度で21,896haあり、全国の24.1%と豊富であり（東北農政局生産部畜産課 2013a）、その有効利用の観点からも、草地を利用して配合飼料の給与量を抑制することが重要である。北東北地域で飼養されている日本短角種は、まき牛による季節繁殖が主流であるために出産が春に集中する。この春産子を親子放牧し、翌年の夏季にも放牧する飼養方法が2シーズン放牧肥育と呼ばれる肥育方式である。その普及にあたって様々な問題が考えられるが、舎飼いで配合飼料を多給された牛と比較すると、牧草のみを採食している放牧牛は日増体量が劣るため、と畜時体重の低下や肥育期間の延長が懸念されている。肥育後期の代償性発育によって肥育中期の放牧中に生じる舎飼い牛との体重差が回復するとする報告（滝本ら 1975、円山ら 1979、田崎ら 1980）があるが、その回復程度については報告により様々である。代償性発育は家畜の品種や生育ステージ、低栄養条件の強度や期間、その後の回復期の栄養条件や期間などによって反応が異なるために、これら報告の違いが現れるものと考えられる。しかしながら、日本短角種の2シーズン放牧肥育に限って考えれば、生育ステージは肥育中～後期、低栄養条件の期間は肥育中期、低栄養条件は放牧草のみから得られるエネルギーに限定されるといったように、限られた範囲となる。

そこで本報告では、日本短角種2シーズン放牧肥育における肥育中期の日増体量と肥育後期における代償性発育の関係を検討することにより、2シーズン放牧における目標とするべき適正な肥育中期の日増体量を明らかにすることを目的とした。

本試験を実施するにあたって、試験牛の管理、と殺解体作業および分析補助に多大なる助力を頂いた、当センター業務第2科職員および畜産飼料作研究領域契約職員の皆様に深く感謝する。

II 材料および方法

1. 供試家畜

2004～2013年に農研機構東北農業研究センターにて飼養された日本短角種去勢牛53頭を対象とした。対照区に振り分けた29頭は、肥育期間を通して舎飼いし、放牧区の24頭は肥育中期に所内の放牧地へ放牧した。牛舎内にて飼養している期間の給与飼料は、両区とも粗飼料多給型肥育（日本飼養標準2000）を基本とした。すなわち、9ヵ月齢から肥育を開始し、肥育前期（5ヶ月間）、肥育中期（5ヶ月間）、肥育後期（6ヶ月間）のそれぞれに配合飼料を体重あたり1.2、1.4、1.6%給与し、粗飼料として所内産チモシーサイレージを飽食給与した。放牧区の放牧開始は13.8～14.7ヵ月齢、放牧終了は18.0～19.8ヵ月齢に行った。また、両処理区のと殺は24.5ヵ月齢～25.5ヵ月齢に行った。と殺2日後に、日本食肉格付け協会の牛枝肉取引規格に基づいて研究員が格付けを行った。また、枝肉重量、第6胸椎部の筋肉、脂肪、骨組織割合および大腿部の7つの筋肉（大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋、大腿四頭筋、中殿筋、副殿筋、内転筋）の合計重量を計測した。胸最長筋を採取してと殺後10日目まで2℃の冷蔵庫にて熟成した後、理化学特性の分析に供した。

2. 理化学分析

剪断力価を測定するため、Watanabe *et al.* (1996)の方法に準じて胸最長筋（LT筋）より、5cm四方の立方体型の筋肉片を切り出してポリ袋に入れ、80℃のウォーターバスにて中心温度が75℃になるまで加熱した。水中にて1時間冷却後、断面が1辺1cmの太さの正方形となるように筋肉片を筋線維の方向に沿って切り出した。それぞれのサンプルはWarner-Bratzler式剪断応力測定機を用いて剪断力価を測定した。

LT筋の残りのサンプルはミンチして化学分析に供した。水分は乾燥減量法、粗蛋白質はケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出法にて測定した（AOAC. 1990）。

3. 統計処理

各項目について処理区を因子とした一元配置分散分析を、SASのGLMプロシジャーを用いて行った（SAS Institute Inc. 1994）。

Ⅲ 結果および考察

1. 増体成績

放牧期間中に両区の平均体重差は次第に広がり、最大で62kgの差となっている（図1）。両区の平均体重差は16ヵ月齢時点から有意となり、試験終了まで有意差は解消されなかった（図1 両矢印）。しかしながら、放牧終了後、両区の平均体重差は徐々に小さくなり、最小で33kgと半分程度にまで回復しており、肥育後期に代償性発育が現れていたものと推察される。代償性発育により終了時体重に差がなくなったとする過去の報告では（滝本ら 1975、円山ら 1979、田崎ら 1980）、栄養制限の期間が育成期から肥育前期と早期であり、その後の栄養水準を回復した期間が栄養制限期間と比較して相当の長期にわたっている。これらのことから、肥育中期に放牧を行うことにより生じた舎飼い牛との平均体重差を肥育後期の6ヶ月間で完全に埋めることは、代償性発育が起きたとしても難しいと考えられる。

放牧終了後から処理区間の平均体重差の推移を4週間毎に区切って見ていくと、放牧終了後0～4週における平均体重差の変化は+9.5kgと増加している（図2）。これは、放牧区において放牧草から配合飼料およびサイレージへと飼料が変化することに

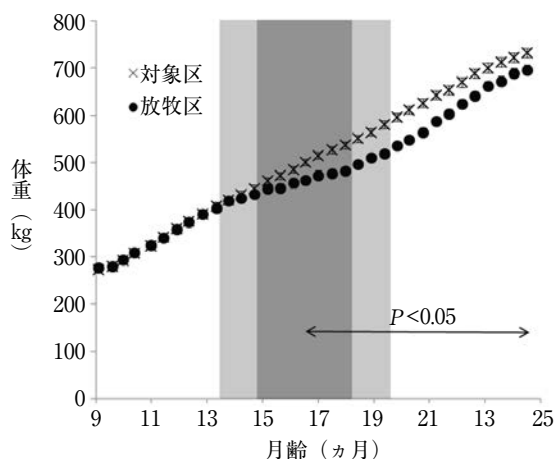


図1 対象区 (×) および放牧区 (●) の平均体重 ± 標準誤差の推移

試験実施年度により放牧開始および終了の月齢が異なっているため、放牧区の全ての牛が放牧されていた期間 (■) と、放牧区の一部の牛が放牧されていた期間 (□) を示している。両矢印は区間に有意差 ($P < 0.05$) があった期間を示す。

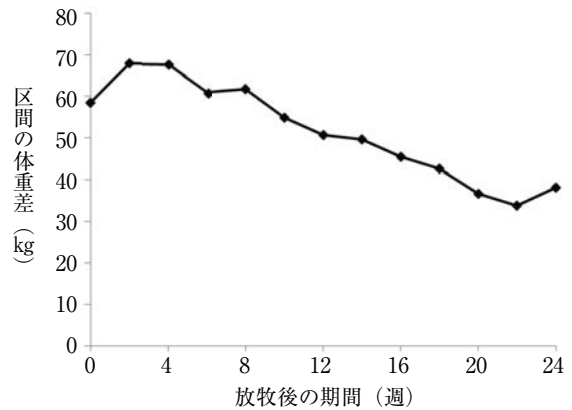


図2 放牧終了時点をもととした対照区と放牧区の平均体重差の推移

伴い、2週目までの日増体量が停滞したことの影響と考えられる。その後、両区の平均体重差は減少し、特に放牧終了後8～12週においては平均体重差の変化が-11.1kgと大きくなっている。その一方で、と殺前の4週間（放牧終了20～24週）における平均体重差の変化は+1.6kgとほぼ横ばいとなっている。つまり、代償性発育の発現が顕著な期間は、放牧終了後4～20週の約4ヵ月間であったと考えられる。これは、代償性発育による増体亢進の持続期間を4ヶ月までとする報告（Hornick *et al.* 2000）や、長期の栄養回復期間のうち、顕著な体重差の回復は栄養回復期の前半に認められ、終了時体重に差がなくなったとする試験（滝本ら 1975、円山ら 1979、田崎ら 1980）とも一致している。両区の最大の平均体重差は放牧終了2週間後の68.0kgである。この差は放牧終了22週後には33.8kgとなっており、20週間で34.2kgを回復したことになる。肥育中期の放牧期間中に生じる両区間の平均体重差をこの34.2kg以内に抑制できれば、放牧後の代償性発育で平均体重差を回復できる可能性がある。北東北の公共草地で放牧が可能な期間は5～10月の約5ヶ月間である。放牧期間を150日間として、舎飼い牛と比較して1日あたり0.23kg/日の日増体量の差に抑えることができれば、放牧期間中の体重差を34.2kgまでに抑えられる。つまりこれは、舎飼い牛の肥育中期における日増体量は0.92kg/日であったので、代償性発育によって終了時体重が舎飼い牛と同等になるためには、放牧期間に0.69kg/日以上の日増体量が必要であることを示している。

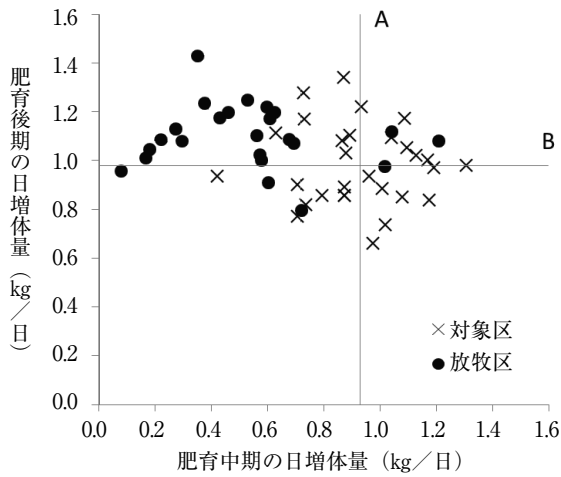


図3 対照区 (×) と放牧区 (●) の肥育中期の増体に対する肥育後期の増体
A、B: 対照区の肥育中期 (A) および肥育後期 (B) の平均増体

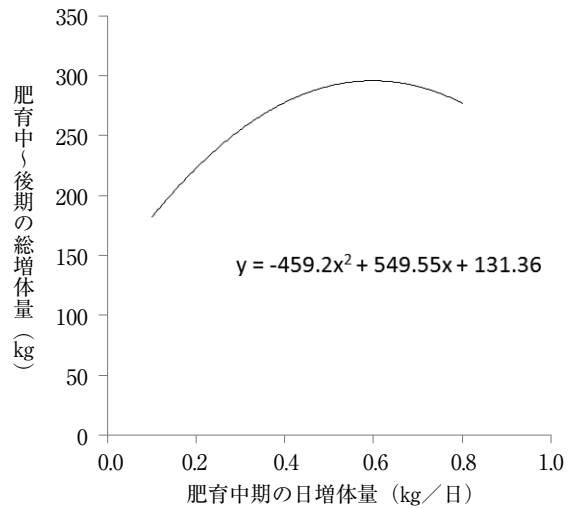


図5 代償性発育のモデルに当てはめた場合の肥育中期の日増体量に対する肥育中～後期の増体量

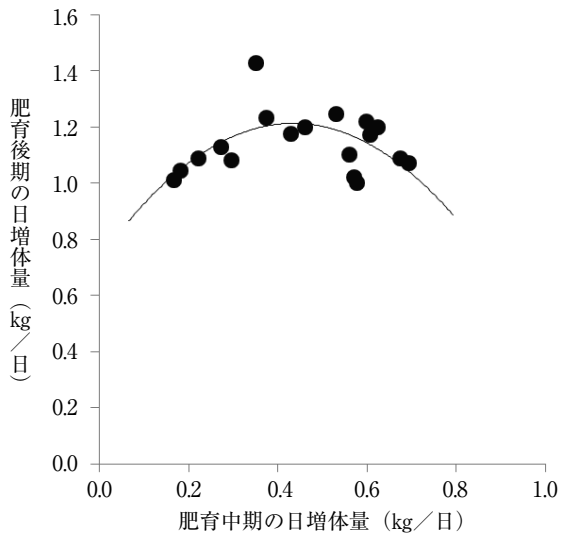


図4 代償性発育が生じた放牧区牛の肥育中期の増体に対する肥育後期の増体 (●) と近似曲線およびその多項式

図3において、肥育中期の日増体量の違いにより、放牧区は図の左側に、対照区は右側に多くプロットが集まっている。代償性発育の定義を、発育期のある時期に飼料給与量の不足などによって発育を抑制された動物が、給与量の充足にともない発育の遅れを取り戻す急激な増体 (日本畜産学会2001) とすると、放牧区の牛において、肥育中期の日増体量が対照区の平均よりも劣り、かつ肥育後期

の日増体量が対照区の平均よりも優っている牛に代償性発育が生じていたものと推定できる。すなわち、対照区における肥育中期の平均日増体量 (0.92kg/日) と肥育後期の平均日増体量 (0.98kg/日) である直線A、Bで区切られた左上の領域にプロットされた個体に、代償性発育が生じていたと定義できる。

上記の代償性発育が生じていた可能性のある放牧区牛のデータを抽出すると、曲線回帰により $x=0.44$ に変曲点を持つ $y = -2.55x^2 + 2.22x + 0.730$ 、 $R^2=0.311$ で表すことが可能で、これは肥育中期の日増体量が0.44kg/日のとき、後期の日増体量が1.21kg/日と最も大きくなることを示している (図4)。

2シーズン放牧において代償性発育が発現した場合、図4の曲線のような日増体量パターンを示すと仮定し、肥育中期を150日間、肥育後期を180日間として、肥育中期の日増体量ごとの肥育中期以降と畜までの総増体量を計算した (図5)。肥育中～後期間の総増体量は、肥育中期の日増体量 $x=0.59$ を変曲点とした $y = -459.2x^2 + 549.6x + 131.4$ で表される曲線となる。これは肥育中期の日増体量が約0.6kg/日のとき、肥育期間を通じた総増体量が最も大きくなることを示している。

以上のように、代償性発育が起きた場合に総増体量が最大になるのは肥育中期の日増体量が約0.6kg/日のときと推察される。一方、と畜時体重における

表1 給与飼料摂取量の比較

	対照区	放牧区
肥育前期		
配合飼料(現物kg/日)	4.8 ± 0.3	4.3 ± 0.1
粗飼料(現物kg/日)	8.5 ± 0.5	9.2 ± 0.4
肥育中期		
配合飼料(現物kg/日)	6.5 ± 0.2	0.0
粗飼料(現物kg/日)	7.0 ± 0.4	0.0
肥育後期		
配合飼料(現物kg/日)	9.6 ± 0.2	9.1 ± 0.1*
粗飼料(現物kg/日)	5.6 ± 0.3	7.5 ± 0.4**

注. * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$
 放牧区においては肥育中期の放牧中に補助飼料の給与を行わなかったことから、肥育中期における給与飼料摂取量は0となっており、対照区との統計処理は行っていない。

処理区間差を無くすために必要な肥育中期の日増体量という視点では、前述したように0.69kg/日以上が求められ、効果的に代償性発育が誘発されたとしてもこの値には及ばない。竹中ら(2001)は、2シーズン放牧における肥育中期の日増体量が0.6kg/日を下回ると格付けが1等級となるものが増加するとしており、肥育中期の低すぎる日増体量は体重増加だけでなく枝肉格付けも低下させる可能性がある。よって、2シーズン放牧における放牧中の日増体量の目標は0.6kg/日以上として、代償性発育のみに期待するのではなく、良好な草地を維持・利用し、草地の状態によっては補助飼料の給与も検討することが、肥育期間を通じた総増体量を考えた場合に望ましい。

2. 飼料摂取量

肥育前、中、後期それぞれで給与した飼料の1日あたり現物摂取量(表1)において、肥育後期の配合飼料摂取量は対照区が、粗飼料摂取量は放牧区が有意に大きな値を示した。肥育後期の配合飼料は現物で体重あたり1.6%を給与したため、後期開始時に有意に大きな生体重を示していた対照区で給与量が大きくなり、それによって対照区の配合飼料摂取量が放牧区より有意に大きくなったものであろう。配合飼料とは逆に粗飼料摂取量は放牧区において有意に大きな値となっていることから、肥育後期の放牧区における代償性発育は、旺盛な粗飼料摂取により発現していたものと推察される。小山ら(1981)は、日本短角種を仕上げ期に飽食飼養した場合、体重の1.7~1.9%の配合飼料を摂取したと報告してお

表2 肥育中期以降のコスト試算

	対照区	放牧区
配合飼料(kg)	2,623	2,009
粗飼料(kg)	1,647	1,306
飼料代+預託料(円)	237,716	211,046

給与飼料量は肥育中期を150日間、肥育後期を180日間として試算した。
 放牧のための牧野への預託料を400円/日(東北農政局生産部畜産課2013b)、配合飼料価格を60円/kg(農林水産省畜産振興課2014)、自給粗飼料生産費を40円/現物kg(續2002)として試算した。

り、本試験でも給与量を制限しなければ、さらに配合飼料摂取量が大きくなったものと考えられる。粗飼料よりも高エネルギー濃度である配合飼料の摂取量が増えれば、さらに代償性発育が促進された可能性があるが、飼料コストの増大や肉質への影響も予想されることから、配合飼料多給の有用性については慎重に判断する必要がある。

本試験における両区の給与飼料摂取量を用いて試算した2シーズン放牧における肥育中期以降における両区の配合飼料および粗飼料摂取量は表2のようになる。対照区および放牧区の飼料代+預託料のコストはそれぞれ、237,716円および211,046円となる。両区のコストの差は26,670円で、放牧区のほうが低コストとなっている。さらに、対照区の場合に考慮しなければならぬ労働力費用が放牧区では減少することを考えあわせれば、放牧区のコスト削減効果はさらに大きなものとなる。

3. 枝肉形質

と畜時体重、枝肉重量、枝肉歩留りは放牧区が対照区に比較して有意に小さな値であった(表3)。放牧区における小さな枝肉重量は、生体重の差だけではなく、枝肉歩留りの低下が影響していることが示された。しかし枝肉性状においては、第6胸椎部の筋肉組織および骨組織割合は放牧区が対照区よりも有意に大きく、大腿部の7筋肉重量には有意な差が認められなかった。また、BMS、BCS、BFSにも有意な差は認められず枝肉格付上も明瞭な影響はないものと推察された。ロース芯面積や筋間脂肪の厚さにも有意な差が認められなかったものの、ばらの厚さおよび皮下脂肪の厚さは有意に放牧区が小さな値となった。放牧区の皮下脂肪の厚さが小さかったことは、第6胸椎部の組織割合において脂肪組織割合が小さかったこととも一致している。しかし、

表3 枝肉成績と格付け項目の比較

	対照区	放牧区
と畜時体重 (kg)	745.2 ± 13.0	698.2 ± 9.2**
枝肉重量 (kg)	469.8 ± 5.9	431.1 ± 6.5**
枝肉歩留り (%)	63.2 ± 0.6	61.7 ± 0.4*
第6胸椎部組織割合		
骨組織 (%)	14.0 ± 0.3	15.3 ± 0.5*
筋肉組織 (%)	45.8 ± 0.8	49.6 ± 0.5**
脂肪組織 (%)	38.9 ± 0.8	33.8 ± 0.9**
大腿部筋肉重量 (kg)	26.7 ± 0.5	26.6 ± 0.4
BMS No.	2.4 ± 0.1	2.2 ± 0.1
BCS No.	5.1 ± 0.1	5.0 ± 0.2
BFS No.	4.5 ± 0.2	4.4 ± 0.2
ロース芯面積 (cm ²)	44.5 ± 1.3	43.8 ± 1.0
「ばら」の厚さ (cm)	6.7 ± 0.1	6.0 ± 0.2**
筋間脂肪の厚さ (cm)	5.6 ± 0.2	5.7 ± 0.2
皮下脂肪の厚さ (cm)	3.4 ± 0.2	2.5 ± 0.1**
歩留基準値	68.9 ± 0.3	69.4 ± 0.2

平均値 ± 標準誤差

* ; p<0.05, ** ; p<0.01

放牧区のばらの厚さが小さい値を示したにもかかわらず、第6胸椎部の筋肉組織割合が対照区よりも大きかったことや大腿部の7筋肉重量に区間差がなかったことは、放牧区は対照区よりも、枝肉中筋肉組織の重量は小さいとしても割合は大きく、筋肉組織重量差は枝肉重量の差ほど大きなものではないことを示唆している。格付けにおける歩留基準値において有意差が認められないことは、この算出式が放牧牛に対応していないためであろう。代償性発育と枝肉形質との関係を調査した過去の報告では、影響なしとする報告(片山ら 1978、滝本ら 1971、1975)がある一方、BMSが優れた(田崎ら 1980)、背脂肪厚が薄くなった(滝本ら 1969、田崎ら 1977)、枝肉歩留、BMSが低下した(滝本ら1969)、ロース芯面積が低下した(久利ら 1977)、ばら厚が小さくなった(田崎ら 1977)などの報告がある。報告ごとの結果の違いは、供試品種や栄養制限とその後の代償性発育の時期、期間、摂取飼料の違いなどによるものと推察される。しかしながら、枝肉重量やばら厚など、枝肉の大きさが小さくなる傾向と、背脂肪厚が小さくなるなど枝肉の脂肪組織割合が低下する傾向は、代償性発育の影響が現れた場合の結果として共通している。

本報告における対照区と放牧区の枝肉重量の差は38.7kgあり、和牛の枝肉単価(日本食肉市場卸売協会 2014)を参考に枝肉単価を1,500円/kgとした場

合には枝肉の販売価格差は58,050円となる。放牧区の枝肉単価を上げて両区の枝肉販売価格を同等とするには、放牧区は130円/kg程度高い枝肉単価が必要になる。一方で、第6胸椎部における筋肉組織割合は放牧区で有意に大きく、大腿部の7筋肉合計重量に処理区間差が無かったことから、枝肉中の筋肉組織割合は放牧区で大きいことが示唆される。従って、枝肉に含まれる筋肉組織重量の区間差は枝肉重量の区間差と比較して小さいものと推察される。このことは、放牧区の枝肉単価は対照区のそれよりも高く評価されるべきであることを示しており、2シーズン放牧牛は一般的な枝肉格付けとは異なる枝肉評価基準を用いる必要がある。

4. ロース芯の理化学特性

ロース芯の水分、粗脂肪および粗蛋白質組成、剪断力価は、いずれの項目においても両区間に有意な差は認められず、2シーズン放牧は生産される牛肉の化学成分組成やかたさに影響を及ぼさないものと推察された(表4)。代償性発育が肉質に及ぼす影響を調べた報告においては、ホルスタイン種雄牛を用いた試験で剪断力価が胸最長筋で大きく、半腱様筋で小さくなったとするもの(Therkildsen *et al.* 2008)や、ホルスタイン種去勢牛を用いた試験で剪断力価は変化がなかったものの、官能評価ではかたくなったとするもの(Moloney *et al.* 2008)がある。これらの試験ではそれぞれ6および8週間の代償性発育期間の後、と畜して肉質を調査している。この期間は増体成績の項で述べたとおり、代償性発育が盛んな時期と一致している。Therkildsen *et al.* (2008)は、代償性発育が牛肉のかたさに影響した理由として、結合組織の代謝回転の増進により結合組織中の架橋構造が減少したためではないかと考察しており、そのため結合組織含量の多い半腱様筋でやわらかくなったとしている。本報告ではと畜時にはすでに代償性発育は減退しており(図2)、これ

表4 ロース芯における化学成分組成と剪断力価

	対照区	放牧区
水分 (%)	65.7 ± 0.7	67.0 ± 0.8
脂肪 (%)	11.1 ± 0.8	9.9 ± 0.7
蛋白 (%)	20.3 ± 0.2	20.4 ± 0.1
WB剪断力価 (kg/cm ²)	4.1 ± 0.2	4.1 ± 0.1
平均値 ± 標準誤差		

らの報告のような影響が現れなかったものと考えられる。

肥育中期に放牧を行うことによって肉質に悪影響があった場合、それは枝肉単価へ反映され、枝肉価格の低下を引き起こすことになる。しかしながら本報告においては胸最長筋の化学成分含量や剪断力価、あるいはBMS No.などの格付け指標にも有意な差が認められなかったことから、日本短角種去勢牛に対する2シーズン放牧は肉質に悪影響を及ぼさず、枝肉価格を低下させるような要因も認められなかった。

IV 摘 要

日本短角種去勢牛の2シーズン放牧における放牧中の適正な増体量を検討するため、2シーズン放牧牛を通年舎飼い牛と比較した。放牧期間中に最大で62kgとなった両区の平均体重差は、肥育終了時で33kgまで回復し、肥育後期における代償性発育が確認された。このとき、肥育中期の日増体量が約0.6kg/日で、肥育期間中の総増体量が最大となることから、放牧中の日増体量の目標は0.6kg/日以上として放牧牛の管理を行うべきであることが示された。また、2シーズン放牧は肉質に明らかな差を及ぼさず、枝肉の重量を小さく、枝肉中の赤肉組織割合を大きくする傾向が認められたことから、従来の枝肉評価基準とは異なる基準で評価されるべきであることが示唆された。

引用文献

- 1) Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official methods of analysis. 15th edition. AOAC. Washington, DC, USA.
- 2) Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Gerard, O.; Dufresne, I.; Istasse, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domest. Anim. Endocrin.* 19: 121-132.
- 3) 片山政男, 金山 聖, 梶並嘉芳, 嘉寿頼栄, 阿部富士郎. 1978. 自給飼料多給による去勢牛の肥育試験(第1報). *岡山和試研年報* 9: 37-40.
- 4) 久利俊二, 天野 武, 溝淵一彦, 中西 武. 1977. 肥育牛の代償性成長に関する試験 (I). *香川畜試研報* 15: 41-51.
- 5) 小山錦也, 獄 肇. 1981. 放牧をとりいれた日本短角種(春産子)の肥育法の確率 第I報. *青森畜試報告* 13: 1-36.
- 6) 円山 繁, 松本道夫, 岩下秀逸, 吉村征弥, 赤星達正, 井 迪. 1979. 肥育前期生草多給による仕上げ月齢別肥育試験. *九州農業研究* 41: 120-121.
- 7) 續 省三. 2002. 畜産経営安定のための自給飼料増産. *牧草と園芸* 50: 1-4.
- 8) Molony, A. P.; Keane, M. G.; Mooney, M. T.; Rezek, K.; Smulders, F. J. M.; Troy, D. J. 2008. Energy supply patterns for finishing steers. Feed conversion efficiency, components of bodyweight gain and meat quality. *Meat Sci.* 79: 86-97.
- 9) 日本食肉市場卸売協会. 2014. 牛枝肉市場別取引情報. http://www.jmma.or.jp/j_02_BefRepSrh.asp [2014年8月22日参照]
- 10) 日本畜産学会. 2001. 新編畜産用語辞典. 養賢堂. P.208.
- 11) 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 2000. 日本飼養標準 肉用牛. 農林水産省農林水産技術会議事務局. P.64-66.
- 12) 農林水産省畜産振興課. 2014. 流通飼料価格等実態調査. http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_siryu/#chousa [2014年7月28日参照]
- 13) SAS Institute Inc. 1994. SAS/STAT user's guide version 6. 4th edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. p.893-996.
- 14) 竹中昭雄, 澁谷幸憲, 須山哲男, 篠田 満, 近藤恒夫. 2001. 日本短角種の放牧育成中の増体量が肉質に大きく影響する. *東北農業研究成果情報*.
- 15) 滝本勇治, 黒肥地一郎, 岩成 寿, 美濃貞治郎. 1969. 若齢牛の代償性成長に関する研究. *九州農試年報*: 54-59.
- 16) 滝本勇治, 黒肥地一郎, 美濃貞治郎, 中西雄二, 岩成 寿. 1971. 若齢牛の代償性成長に関する研究. *九州農試年報*: 54-61.
- 17) 滝本勇治, 黒肥地一郎, 中西雄二, 美濃貞治郎. 1975. 若齢牛の代償性成長に関する研究. *九州農試年報*: 63-67.
- 18) 田崎道弘, 安田三郎, 川畑 孟, 田之上悠石,

- 内山正二, 財部祐至, 宮内泰千代, 楠本薩男. 1977. 代償性成長が増体肉質に及ぼす影響. 鹿兒島畜試研報 10 : 22-36.
- 19) 田崎道弘, 安田三郎, 川畑 孟, 内山正二, 田之上悠石, 宮内泰千代, 楠本薩男. 1980. 代償性成長が増体肉質に及ぼす影響 (第II報). 鹿兒島畜試研報 12 : 1-21.
- 20) Therkildsen, M.; Houbak, M. B.; Byrne, D. V. 2008. Feeding strategy for improving tenderness has opposite effects in two different muscles. Meat Sci. 80 : 1037-1045.
- 21) 東北農政局生産部畜産課. 2013a. 東北地方における公共牧場の現状 (平成23年・24年調査結果 : 平成23年度実績データ). 東北農政局生産部畜産課. p.1.
- 22) 東北農政局生産部畜産課. 2013b. 東北地方における公共牧場の現状 (平成23年・24年調査結果 : 平成23年度実績データ). 東北農政局生産部畜産課. p.14.
- 23) Watanabe, A.; Daly, C. C.; Devine, C. E. 1996. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during aging. Meat. Sci. 42 : 67-78.

判別品種での反応によるダイズモザイクウイルス日米系統の比較

兼松 誠司*¹⁾・中野 正明*²⁾

抄 録：ダイズモザイクウイルスの日本系統とアメリカ系統について、両者の判別品種に対する反応性を試験することで比較した。両判別品種で完全に同じ反応を示した系統の組み合わせは、アメリカのG3系統と日本のA系統で、両者は極めて似ているか同一系統であると考えられた。他の系統についての対応関係は明らかとならなかった。

キーワード：ダイズモザイクウイルス、系統、判別品種

Parallel Comparison between Japanese and US Strains of Soybean mosaic virus Using Differential Soybean Cultivars : Seiji KANEMATSU*¹⁾ and Masaaki NAKANO*²⁾

Abstract : A parallel comparison between Japanese and US strains of Soybean mosaic virus was performed using differential soybean cultivars. The results showed that the US G3 strain and the Japanese A strain might be quite similar or the same.

Key Words : Soybean mosaic virus, Strain, Differential cultivar

I 緒 言

ダイズモザイク病は日本全土で発生が見られ、ダイズ生産の上で最も大きな被害をもたらすウイルス病である。ダイズにモザイク病を引き起こすウイルスには複数種の記載があるが、広範な地域で最も大きな被害を与えるのはダイズモザイクウイルス (Soybean mosaic virus: SMV) である。その被害の態様としては、収量減に加え、感染成熟粒が特定の頻度で黒や茶褐色のまだら模様を呈することがあり、これにより商品価値が著しく低下することにある。

本ウイルスは圃場でアブラムシの吸汁により高率に水平伝搬されるとともに、種子を介して時に高率に垂直伝搬される (飯塚 1998)。被害回避の方策として抵抗性品種の育成と導入が最も効果的であり、近年では育成される品種のほとんどに「ウイルス病抵抗性」としてSMV抵抗性が付与されている。その結果、昨今はかつてほどの大きな被害に見舞われることは少なくなった。

ダイズの育種を事業化している国においては、最重要病害のひとつであるモザイク病の抵抗性育種は以下のように進められる。すなわち、異なるSMV抵抗性遺伝子を有すると考えられるダイズ品種数種に対して、その国内で発生するSMV分離株の感染性試験を行い、その反応性 (感染の成否) のパターンによってSMV分離株を系統分けする。この系統分けにより、国内で優先するSMV系統が明確化し、抵抗性を導入あるいは集積すべき遺伝子を絞り込むことができる。日本では1960年代から (高橋ら 1980)、アメリカでもほぼ同時期から (Cho・Goodman 1979) このような育種戦略を基にモザイク病の抵抗性育種を進めてきた。

こうした育種戦略を背景として、SMVは日本では5系統に (高橋ら 1980)、アメリカでは7系統に (Cho・Goodman 1979)、各々、分類されてきたところであるが、ウイルス学的な見地からは、これらSMV系統の対応関係に興味を持たれてきた。また、これら系統の対応関係が明らかになれば、両国間でSMV抵抗性遺伝資源の相互利用が容易になると期

1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

2) 農研機構近畿中国四国農業研究センター (NARO Western Region Agricultural Research Center, Zentsuji, Kagawa 765-8508, Japan)

待されてきた。

近年は物流のグローバル化が進んでおり、日本国内未発生の植物病原が外国から侵入・蔓延する危険に常にさらされていると言える。ダイズに関しては輸入時の検疫体制に加え、輸入品のほとんどが搾油と加工に利用されている事情もあり、そうした危険性は比較的低いとされるが、万一に備えた知見を集積しておくことは重要であろう。SMVに関して言えば、輸入ダイズの60%がアメリカ産であることから、アメリカ系統と日本系統の異同を比較し、侵入について特段の注意をすべき系統を特定することは最低限の備えと思われる。また、現在国内で栽培されている抵抗性品種を打破するような新規のSMV系統が現れた場合、アメリカ系統と日本系統の異同についての知見を基に、新発生のSMV系統との異同を試験することで、外国のダイズ品種から抵抗性を導入することが容易になると考えられる。

こうした考えから、重盛 (1991) は日本系統のアメリカ判別品種に対する反応を調査し、日本系統の日本判別品種に対する反応およびアメリカ系統のアメリカ判別品種に対する反応と比較することでアメリカ系統と日本系統の異同を報告している。本研究では、重盛の報告で欠落していた、アメリカ系統の日本判別品種に対する反応を試験し、重盛の報告と総合することでアメリカと日本のSMV系統の比較試験を完成し、両者の異同を明確にすることを目的とした。

II 材料と方法

本試験に供試したSMVのアメリカ系統G1～G7についてはAmerican Type Culture Collection (ATCC) より分譲を受けた。系統それぞれのATCC番号は以下の通りである。G1：PV571、G2：PV717、G3：PV718、G4：PV572、G5：PV720、G6：PV721、G7：PV722。

判別品種に対するSMVの反応性は、各品種につ

いて1系統あたり4～8の複数個体に接種することにより試験した。すなわち、判別品種のダイズ初生葉に600メッシュのカーボランダムをふりかけた後、SMV感染葉に対して約10倍量の0.1Mリン酸緩衝液 (pH7.0) で磨砕した汁液を摩擦接種することにより行った。接種後1～2週間を経て、接種葉から上位の本葉に現れる病徴を観察した。病徴の判定では、上位葉にモザイク症状を呈したものをモザイク (M) と判定し、上位葉にえ死を生じた場合をネクロシス (N) と判定した。

III 結 果

日本の判別品種におけるSMVアメリカ系統の反応性について、接種試験により得た結果を表1に示した。病徴のモザイクでは多くの場合、接種後数日のうちに上位葉の葉脈が透明となり、1～2週間後にはモザイク症状を呈し、葉脈沿いの水泡状隆起や巻葉を伴うことが多かった。一方ネクロシスでは、接種数日後に接種葉にえそ斑点を生じ、その後上位葉における頂部え死を経て枯死に至る場合が多かった。なお、モザイクにおいても接種葉や上位葉に葉脈え死などの部分え死を伴うことがあったが、これらについてはネクロシスとは判定しなかった。

「十勝長葉」ではアメリカ産の全系統が感染し、全接種個体でモザイクを呈した。「白豆」および「Harosoy」ではG1およびG4系統が感染し、全接種個体でモザイクを呈した。「奥羽13号」ではG5系統のみが感染し、高率にネクロシスを生じた。接種試験により各品種で発現した病徴は品種毎でほぼ安定しており、「奥羽13号」に対するG5系統の試験の場合を除いて個体間で異なることは無かった。

IV 考 察

ダイズのSMV抵抗性育種を目的とした同ウイルスの系統分類では、これまでアメリカ系統の分類にはアメリカのダイズ品種を用い、日本系統の分類に

表1 日本の判別品種におけるSMVアメリカ系統の反応性

判別品種	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
十勝長葉	4/4 (M)	8/8 (M)	5/5 (M)	5/5 (M)	7/7 (M)	6/6 (M)	5/5 (M)
奥羽13号	0/5	0/8	0/8	0/5	7/9 (N)	0/6	0/5
白豆	5/5 (M)	0/6	0/7	5/5 (M)	0/8	0/7	0/5
Harosoy	5/5 (M)	0/8	0/6	5/5 (M)	0/8	0/8	0/5

注. 表中のカッコ内は病徴、M：モザイク、N：ネクロシス

は日本のダイズ品種を用いてきた。各国が個別に抵抗性育種を進める場合には、この方法で特段の不都合は生じないが、各国間で相互に抵抗性遺伝資源を利用しようとする場合には、各国間のウイルス系統および抵抗性の異同が不明であるために、どの抵抗性を利用すべきかの情報が全く存在せず、大きな不都合が生じる。さらに、各国のウイルス系統の異同については、病原ウイルスの進化という観点から学術的な興味も持たれてきたところである。

上記を背景とし、本研究では、SMVアメリカ系統の日本判別品種に対する反応を試験し、過去報告された3つの試験結果すなわち、SMV日本系統の日本判別品種に対する反応、SMVアメリカ系統のアメリカ判別品種に対する反応およびSMV日本系統のアメリカ判別品種に対する反応と総合することで、両国で発生しているSMV系統の異同についての結論を得ることを目的とした。表2では、表1に示した本研究の結果を含めて過去の3試験報告(Cho・Goodman 1979、高橋ら 1980、重盛 1991)を並列して記載した。これによると、アメリカ判別品種と日本判別品種の両方において完全に同じ反応を示した系統の組み合わせは、アメリカG3系統と日本A系統であり、両者は同一か極めて類似した系統であると考えられた。

日本判別品種だけで判定した場合、A系統はG

2、G3、G6、G7系統と同じ反応、B系統はG1、G4系統と同じ反応であった。D、E系統と同じ反応を示すアメリカ系統は無く、C系統はG5系統と極めて似た反応を示した。すなわち、日本の判別品種のみでは7つのアメリカ系統の反応は3つの類型として整理され、全ての系統を判別することはできなかった。

一方、重盛の報告(表2の3)によれば、アメリカ判別品種を用いた場合の5つの日本系統の反応は、3つの類型、すなわちAとB、CとDはそれぞれ同じ類型として整理され、全系統を判別できないことが示されている。以上のように、異国間の組み合わせでは判別体系として不十分であることが明らかであるが、両国がそれぞれ自国の系統判別の体系を確立していることにより、それぞれの国内の実用面においては十分に機能していると考えられる。

本研究の結果から、既存の判別品種を用いる方法ではSMV系統の対応関係を明らかにすることは非常に困難と考えられる。判別品種を用いる方法でSMV系統の対応関係を明らかにする方法として有効と考えられるのは、ダイズ品種ではなくSMV抵抗性遺伝子に対する反応性から整理する方法である。すなわち、独立した遺伝子座のSMV抵抗性遺伝子は現在までに、Rsv1、Rsv3、Rsv4が知られて

表2 日米両国の判別品種におけるSMV日米系統の反応性

判別品種	日本産 SMV 系統					アメリカ産 SMV 系統						
	A	B	C	D	E	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
十勝長葉	M ¹⁾	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
奥羽13号	-	-	M	M	N	-	-	-	-	N	-	-
白豆	-	M	-	M	M	M	-	-	M	-	-	-
Harosoy	-	M	-	-	M	M	-	-	M	-	-	-
Clark	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Rampage	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Marshall	N	N	N	N	-	-	N	N	N	-	N	N
Ogden	N	N	N	N	-	-	-	N	N	-	-	N
Kwanggyo	-	-	M	M	N	-	-	-	-	N	N	N
Davis	-	-	M	M	N	-	-	-	M,N	M	M	M
York	-	-	M	M	N	-	-	-	M,N	M	M	M
Buffalo	-	-	N	N	-	-	-	-	-	-	-	N

1) 病徴-：無病徴、M：モザイク、N：ネクロシス
 2) 高橋ら(1980)による試験結果
 3) 重盛(1991)による試験結果
 4) Cho・Goodman(1979)による試験結果

いるため、これらの抵抗性を各SMV系統が打破できるかどうかで系統判別を行う方法がアメリカでは一部で試みられている (Saghai Maroof, *et al.* 2008)。なお、Rsv2については、その後の研究によって単一の遺伝子座には無く、Rsv1 + Rsv3の抵抗性であることが示されている (Gunduz 2000)。ところが、SMV抵抗性は、同一座に座乗していても抵抗性の由来によってSMV系統に対する反応性が異なっているため、それぞれの遺伝子記号を細分化する形で整理を行わざるを得ない (重盛 1991、Saghai Maroof, *et al.* 2008)。結果として、SMV系統の対応関係を最終的に明らかにするためには、細分化した抵抗性遺伝子それぞれに対する反応性を膨大な判別試験によって確認する必要に迫られることが予想される。

より直接的なSMV系統の比較としては、ウイルス遺伝子の塩基配列比較、とりわけ、ダイズの抵抗性遺伝子に対応する非病原性遺伝子領域の比較を行うことが有効と考えられる。Rsv1に対するウイルス側の非病原性領域は、SMV遺伝子のHC-Pro領域の3'側からP3領域の5'側までであることが示されており (Eggenberger *et al.* 2008)、Rsv4に対するウイルス側の非病原性領域は、SMV遺伝子のP3領域中にあることが示されている (Khatabi *et al.* 2012)。Rsv3に対する非病原性領域に関する知見は未だ得られてはいないものの、HC-Pro領域からP3領域の構造比較を行うことで既存のタイプ系統を整理することが可能ではないかと推察される。しかし、当該領域内でアミノ酸置換を伴った未記載の変異系統が見いだされた時、それが新系統なのか既存系統なのかを判断するためには、判別品種への接種試験による反応性の確認に加えて、逆遺伝学的手法によりアミノ酸変異との関係性を解析することが必要となろう。

以上のように、SMVの系統比較はウイルス学的、遺伝学的に非常に興味深いテーマであるが、系統間の同一性を厳密に追求し過ぎれば、大きな労力をかけて系統を細分化するだけに終わることが強く示唆され、抵抗性育種という実用面での貢献は期待できないと遺伝育種研究者からは指摘されてきた (重盛 1991、Gunduz 2000)。本研究の結果はこれらの指摘をさらに強く支持するものとなった。結局、実用面で重要なことは、既存の抵抗性を打破するウイルス系統の出現に留意し、その場合に備えて、特異な

抵抗性様式や遺伝様式を持つ抵抗性遺伝子についての知見をできる限り多く集積するとともに、各地域において実用的な判別品種を明らかにし、遺伝資源の確保に努めることと考えられる。

引用文献

- 1) Cho, E. K.; Goodman, R. M. 1979. Strains of soybean mosaic virus: classification based on virulence in resistant soybean cultivars. *Phytopathology* 69 : 467-470.
- 2) Eggenberger, A. L.; Hajimorad, M. R.; Hill, J. H. 2008. Gain of virulence on Rsv1-genotype soybean by an avirulent Soybean mosaic virus requires concurrent mutations in both P3 and HC-Pro. *Mol. Plant Microbe Interact.* 21 : 931-936.
- 3) Gunduz, I. 2000. Genetic analysis of soybean mosaic virus resistance in soybean. Ph. D. thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- 4) 飯塚典夫. 1998. ダイズウイルス病, ダイズモザイク病 (岸 国平編, 日本植物病害大事典.). 全国農村教育協会. p.136-138.
- 5) Khatabi, B.; Fajolu, O. L.; Wen, R. H.; Hajimorad, M. R. 2012. Evaluation of North American isolates of Soybean mosaic virus for gain of virulence on Rsv-genotype soybeans with special emphasis on resistance-breaking determinants on Rsv4. *Mol. Plant Pathol.* 13 : 1077-1088.
- 6) Saghai Maroof, M. A.; Tucker, D. M.; Tolin, S. A. 2008. Genomics of viral-soybean interactions. In G. Stacey, (ed.) *Genetics and genomics of soybean*. Springer. New York.
- 7) 重盛 勲. 1991. ダイズモザイクウイルス (SMV) によるダイズモザイク病の抵抗性育種に関する研究. 長野中信農試報 10 : 1-61.
- 8) 高橋幸吉, 田中敏夫, 飯田 格, 津田保昭. 1980. 日本におけるダイズのウイルス病と病原ウイルスに関する研究. 東北農試研報 62 : 1-130.

研究資料

東北地域における斑点米カメムシ類： 2003-2013年の発生動向と被害実態

田 淵 研^{*1)}・市田 忠夫^{*2)}・大友 令史^{*3)}・加進 丈二^{*4)}
高城 拓末^{*5)}・新山 徳光^{*6)}・高橋 良知^{*7)}・永峯 淳一^{*8)}
草野 憲二^{*9)}・榊原 充隆^{*1)}

抄 録：東北地域において斑点米カメムシ類は依然として水稻の最重要害虫である。近年ではこれまで被害報告の見られなかった日本海側地域を中心にアカスジカスミカメが多発して優占種となり、主要な加害種の変化が確認されている。現在も分布拡大は続いており、今後の発生状況が注目される。今後の斑点米カメムシ類とその被害の発生動向予測に資するため、2003年から2013年にかけて東北地域における斑点米カメムシ類の発生状況と斑点米被害を調査し、特に主要種の変遷に着目して実態を取りまとめた。また斑点米カメムシ類への防除対策の最適化を図るため、これまでに東北各県の農業試験場で開発された防除関連技術を取りまとめた。斑点米カメムシ類の発生と被害は年により変動し、最近10年では2003年、2005年、2010年に落等率が高く、特に2005年に被害の多発が広く認められた。また、アカスジカスミカメの急激な増加は2007年以降に青森・秋田・山形・福島各県で起こったことが明らかになった。その他、斑点米被害に影響する要因、色彩選別機の普及状況、注意報・警報発表の推移、今後の問題点について解説や議論を行った。

キーワード：イネ、斑点米、カメムシ類、防除、アカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、クモヘリカメムシ、ホソハリカメムシ

Rice Bugs in the Tohoku Region: Their Occurrence and Damage from 2003 to 2013: Ken TABUCHI^{*1)}, Tadao ICHITA^{*2)}, Reishi OHTOMO^{*3)}, Joji KASHIN^{*4)}, Takumi TAKAGI^{*5)}, Tokumitsu NIYAMA^{*6)}, Yoshitomo TAKAHASHI^{*7)}, Junichi NAGAMINE^{*8)}, Kenji KUSANO^{*9)} and Mitsutaka SAKAKIBARA^{*1)}

Abstract: Rice bugs are the most important pests in rice cultivation. Six prefectural agricultural experiment stations in the Tohoku region together with the NARO Tohoku Agricultural Research Center conducted a regional survey to determine the occurrence of rice bugs and pecky rice damage from 2003 to 2013. We focused particularly on the transition of species composition of rice bugs in the last decade: the sorghum plant bug *Stenotus rubrovittatus* has become a dominant species among rice bugs in prefectures along the Sea of Japan and in several other locations. The management options addressed by the six prefectural agricultural experiment stations were also reviewed to improve rice bug management. In the last decade, rice damage varied, with high levels of damage in

-
- *1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)
 - *2) 青森県産業技術センター農林総合研究所 (Agriculture Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center, Kuroishi, Aomori 036-0522, Japan)
 - *3) 現・岩手県農業研究センター (Iwate Agricultural Research Center, Kitakami, Iwate 024-0003, Japan)
 - *4) 宮城県古川農業試験場 (Miyagi Prefectural Furukawa Agricultural Experiment Station, Osaki, Miyagi 989-6227, Japan)
 - *5) 宮城県病害虫防除所 (Miyagi Prefectural Plant Protection Office, Sendai, Miyagi 981-0914, Japan)
 - *6) 秋田県病害虫防除所 (Akita Plant Protection Office, Akita, Akita 010-1231, Japan)
 - *7) 秋田県農業試験場 (Akita Agricultural Experiment Station, Akita, Akita 010-1231, Japan)
 - *8) 山形県農業総合研究センター (Yamagata Integrated Agricultural Research Center, Yamagata, Yamagata 990-2372, Japan)
 - *9) 福島県農業総合センター (Fukushima Agricultural Technology Centre, Koriyama, Fukushima 963-0531, Japan)
- 2014年9月29日受付、2015年1月26日受理

2003, 2005 and 2010. Range expansion and a population increase in *S. rubrovittatus* started in 2007 in the Prefectures of Aomori, Akita, Yamagata and Fukushima. Factors enhancing pecky rice damage, the diffusion of rice grain graders, a high incidence of rice bug advisories, and future directions were also discussed.

Key Words : Rice, Pecky rice, Stink bugs, Control, Sorghum plant bug, Rice leaf bug, *Leptocoris chinensis*, *Cletus punctiger*.

目 次

I 緒言	64	C 宮城県	
II 東北各県における斑点米カメムシ類の発生推移と被害実態	65	D 秋田県	
A 青森県		E 山形県	
B 岩手県		F 福島県	
		III まとめ	107
		IV 防除資料：東北各県の防除スケジュール	113
		V 付録：発生資料	115

I 緒 言

斑点米は、東北地方では1999年から全域的な問題になった。それ以前には局地的な問題にはなっても、発生面積は全作付面積の10%未満にすぎず、東北産米はより以南の米作地帯に対して品質面の有利さを誇ってさえていた。ところが、比較的高温年であった1999年に発生面積が17.6%と急増し、斑点米による落等率も青森県で10.3%、秋田県で21.4%になった。翌2000年も同様な気象条件になったが、注意報や警報による注意喚起がなされ、防除対策も十分とられたため、発生は抑制された。しかし、2002年には夏季の長雨・寡照にもかかわらず、かなりの斑点米被害がみられた。このため、東北6県の試験研究機関と東北農業研究センターは協力して、1999年から2002年にかけての斑点米カメムシ類の発生と被害の実態とを、おもに気象条件との関係から解析し、本誌102号にとりまとめた(菊地ら 2004)。

それから10年余を経過した現在、斑点米カメムシ類の発生量は以前にもまして増加し、斑点米カメムシ類を対象とした薬剤防除がほぼ確実に行われているにもかかわらず、斑点米による落等は無視できない水準で高止まりしている(榊原 2014)。また、アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* が優占種であった秋田・山形両県ではアカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* が優占

種としての地位を奪い、青森県では従来確認できなかった地域からもアカスジカスミカメが確認されている。

これらの原因として、近年の冬季の温暖化傾向や夏季の高温・少雨傾向が関与しているのはほぼ間違いないと思われるが、越冬・増殖しやすい休耕地・雑草地の面積が増大したことや、高齢化や人手不足によって畦畔の草刈りが満足に実施されないことも関与しているはずである。しかし、これらの斑点米被害に関する寄与率を推定することはなかなか困難である。このためには複数の同一地点で、長期間にわたって継続して得られたデータが必要である。

このほか、近年の調査技術面の特筆すべき変化として、東北地域の斑点米カメムシの主要種である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フェロモン製剤が市販されたことがある。すくい取りなどと比較して簡便であり、調査者による差異も少ないため、今後、両種の予察ではフェロモントラップによる捕獲数が主たる指標となるだろうが、トラップ使用以前の発生量との比較が難しくなるという問題が残る。予察灯やすくい取りによって得られた過去のデータは、発生量の長期的な推移を検討するうえで貴重である。

また、その時点では気づかず、時間が経過しなければ見えてこない事実というものがある。たとえば、今回明らかになったように、秋田・山形両県で

アカスジカスミカメがアカヒゲホソミドリカスミカメを発生個体数で凌駕しはじめた時期も、それから数年を経て、明らかに優占しはじめた時期を迎え、過去データを見直さないと判断できなかった。2011年3月に東北地方を大震災が襲い、多くの農地が未耕作のまま放置されているが、広域に放任された雑草が斑点米被害に及ぼす影響を検証することもこれからの作業である。大規模営農化が病害虫の発生に及ぼす影響も、年次変動の要素を消去できるような長期データを確保したうえで、大規模化が進む前の病害虫発生量データと比較しなければ見えてこないだろう。

こうした観点から、今回は2003年から2013年にかけての東北6県の斑点米カメムシ類の発生と被害の実態をとりとまとめ、資料として報告することとした。まず各県ごとの状況を示し、最後に東北6県全体を概観して、斑点米被害の現状や予測・課題点についてとりまとめた。本資料が斑点米カメムシの現状を報告するにとどまらず、将来の斑点米カメムシの全国的動向を検証する際の基礎資料となることも期待したい。東北地域の農業害虫研究者のみならず、東北地域外の研究者や普及・行政関係者にも広く活用していただければと思う。

本資料の刊行にあたり、元データの収集にあたられた山端直樹氏（青森県病害虫防除所）、川崎聡明氏（山形県病害虫防除所）をはじめとする東北各県の虫害防除関係者のほか、色彩選別機の普及状況について（株）サタケや（株）みちのくクボタ、（株）五十嵐商会、（株）秋田クボタ、（株）南東北クボタにも情報を提供していただいた。厚くお礼申しあげたい。

引用文献

- 1) 菊地淳志, 菅野洋光, 木村利幸, 後藤純子, 小野 亨, 新山徳光, 滝田雅美, 松木伸浩, 大場淳司, 堀末 登. 2004. 東北地域における斑点米カメムシ類の発生と被害実態調査. 東北農研研報 102: 101-180.
- 2) 榎原充隆. 2014. 斑点米カメムシ類の発生生態と防除対策. 植物防疫 68: 40-44.

（農研機構東北農業研究センター 榎原充隆）

Ⅱ 東北各県における斑点米カメムシ類の発生推移と被害実態

A 青森県

1 2003～2013年のカメムシ類の発生推移

1) 主要カメムシ種の動向

(1) 1990年代までの主要種

斑点米カメムシによる被害は、減反政策により休耕田面積が増加した1970年ごろより全国的に顕在化したとされる。青森県では土岐ら（1976）により全県的なカメムシ調査が実施され、県内いずれの地域でも優占種となっているものはアカヒゲホソミドリカスミメであることがわかった。これに次ぐ種として、青森以西の津軽地域ではオオトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris lewisi*、津軽平野を除いた県内多くの地域でコバネヒョウタンナガカメムシ *Togo hemipterus* が多く確認されていた。後2種は主に歩行により水田に侵入するとされ、ほ場の大区画化が進んでいない当時には実害があった。以上の3種に加え、アカヒメヘリカメムシ *Rhopalus maculatus*、ナカグロカスミカメ *Adelphocoris suturalis*、アカスジカスミカメが斑点米を形成することが放飼試験により確認された（土岐ら 1976）。

その後は土地改良事業により30 a ほ場への大区画化が進行したのに伴い、水田地帯の畦畔率は低下していった。このため、主に歩行により水田内に侵入する種の相対的重要性は低下し、青森県内で問題となる種はほぼアカヒゲホソミドリカスミメに限られる期間が続いた。

(2) アカスジカスミカメの分布拡大

青森県にアカスジカスミカメが分布していることは、既に述べた土岐ら（1976）の調査でわかっていた。この報告からは具体的な生息確認地点がわからないので、当該年の試験成績を参照したところ、1972年に八甲田山麓西側標高約400mの平賀町摺毛（現平川市）と津軽半島を縦断する中山山地西側の中里町今泉（現中泊町、標高約10m）でそれぞれ1頭ずつ、また陸奥湾に面したむつ市大曲（標高10m未満）では複数の個体が採集されていた（環境部害虫班 1973）。その後1975年まで継続されたこの試験の試験成績検討会資料及び記述範囲が若干異なる試験成績概要集を参照したが、むつ市大曲以外では、既記録地を含めて採集されたことはなかった。

筆者は斑点米とは特に関係なく、青森県内のカメ

ムシ類の分布調査を1986年から行っていた。アカスジカシカメは大間町大間崎とむつ市大曲で確認され(市田 1988)、1988年には六ヶ所村尾駁沼でも採集したが(市田 未発表)、いずれの地点もヒウラカメムシ *Holocostethus breviceps*、オオナガマキバサシガメ *Nabis ussuriensis* といった海浜湿地性希少種の生息地であったことから、アカスジカシカメについても特殊な環境に依存する種と認識していた。その後の調査で、ヒウラカメムシやオオナガマキバサシガメは津軽半島の海浜湿地にも生息することがわかったが、アカスジカシカメは下北半島以外ではまったく確認できなかった。

1999年には青森県全体での部分着色粒による落等率が10%を越え、斑点米の多発が問題となった。これに先立つ1997年、津軽半島の陸奥湾に面した蓬田村で斑点米被害が多発し、青森県農業試験場(現青森県産業技術センター農林総合研究所)に相談が寄せられた。そこで、1998年6月に蓬田村内で調査を行ったところ、村内の全域でアカスジカシカメの発生が確認された(青森県、1999)。1999年8月の調査では北隣の蟹田町・平館村(ともに現外ヶ浜町)にも分布していることがわかった(青森県2000)。それらの生息環境は、下北半島でみられたような海浜湿地ではなく、通常の水田畦畔や休耕田であった。

アカスジカシカメが害虫として再認識された時

点での、青森県内の発生予察定点は、日本海側である津軽地域の黒石・青森・鶴田・木造(現つがる市)、太平洋側の県南(南部)地域のむつ、十和田、八戸の7か所であった(図1)。このうち、むつ(2010年廃止)のみは1970年代からアカスジカシカメの生息が確認されていたが、予察灯の誘殺数が病害虫発生予察事業年報に掲載されているのは1995年分以降である。その他の発生予察定点での本種の初誘殺を記録した年度は以下のようになる。青森2002年、十和田・八戸2004年、木造2010年、黒石・鶴田2012年であり、初誘殺された年の年間誘殺数は1~2頭にすぎない。ただし黒石では初誘殺年でも4頭捕獲されたが、これは予察灯を設置している農林総研内のは場に、本種が好むとされる牧草のイタリアンライグラス *Lolium multiflorum* を播種して、誘引と増殖を図ったためである。発生確認後、青森では初発4年後から、十和田・八戸・木造では翌年から安定した誘殺がみられるようになっていく。

アカスジカシカメの青森県での分布域の変遷について、文献から引用できるものは上記に述べた範囲に限られる。しかしながら、病害虫防除所の巡回調査結果などにより、陸奥湾沿岸の平内町・横浜町で2000年、日本海側秋田県境に近い深浦町と岩手県境奥羽山脈東側の田子町2002年、太平洋側南部の八戸市は予察灯初誘殺前年の2003年、太平洋側南部内陸の五戸町・三戸町で2009年、津軽平野では金木町で2003年、五所川原市・藤崎町で2011年に初めてすくい取りされていたことがわかった。

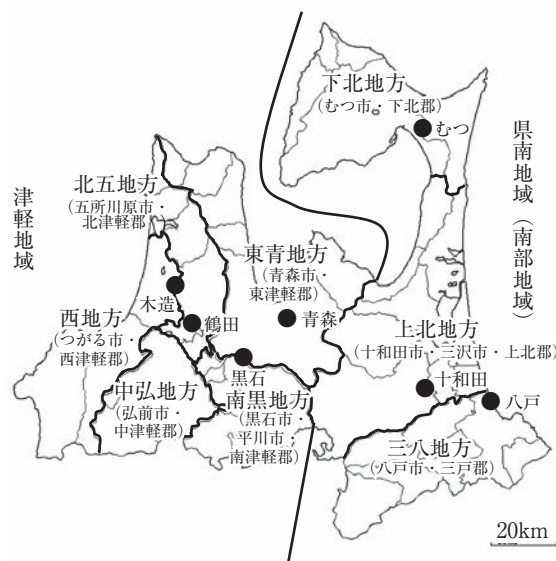


図1 青森県の行政区分と予察灯設置地点 (●)

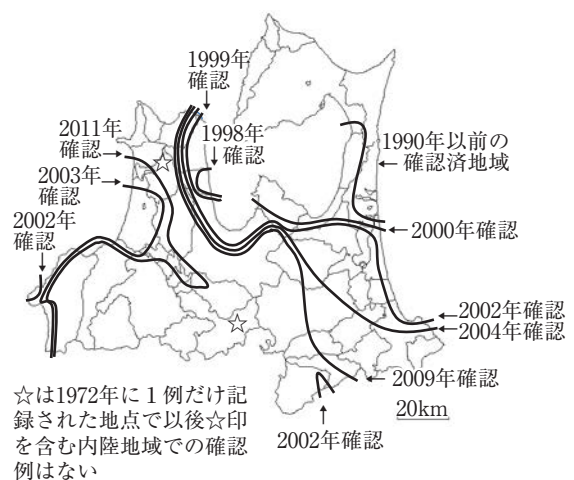


図2 青森県におけるアカスジカシカメ分布拡大の様子



図3 カモノハシ（左）とケカモノハシ（右）の穂にいるアカスジカスミカメ雌成虫

以上で述べた、アカスジカスミカメの確認分布拡大の様子を図2に示した。なお、本種の侵入が遅かった津軽平野の内陸部では道路脇などにイタリアンライグラスを見いだせることは少ない。これが、津軽平野への進出が他の東北地方日本海側の2県と比べても緩慢である理由のひとつと考えられる。アカスジカスミカメが定着している地域であっても、アカヒゲホソミドリカスミメも変わらず発生しており、いずれがより重要な害虫となっているかの確認はされていない。

(3) アカスジカスミカメの野生寄主は何か

分布拡大前の下北半島の湿地で、アカスジカスミカメが利用していた野生の寄主植物は何なのであろうか。2013年8月17日に六ヶ所村尾駈沼周辺の湿原を調査した。出穂しているイネ科やカヤツリグサ科を、なるべく純群落となっているところを選んですくい取りした。本種が得られた植物の穂を丁寧に見ていくことにより、カモノハシ *Ischaemum aristatum* var. *crassipes* (イネ科 キビ亜科 ヒメアブラススキ連) の穂に成虫がいることがわかり、その多くは雌であった(図3左)。翌週8月25日、日本海側の砂浜海岸である深浦町の追良瀬川河口で同様の調査を行い、ケカモノハシ *Ischaemum antheophoroides* の穂上に成虫を発見した(図3右)。ケカモノハシの穂では、やはり斑点米カメムシとされるホソハリカメムシ *Cletus punctiger* とクロアシホソナガカメムシ *Paromius jejunus* の成虫・幼虫も多かった。ホソハリカメムシやクロアシホソナガカメムシが深浦

地方に生息することは以前から知られていたが(市田 1988など)、2000年代以前にはアカスジカスミカメは確認されていなかった。両地点ともアカスジカスミカメの幼虫を確認することはできなかったものの、カモノハシ属が第2世代の野生寄主となっているのではないかと考えられた。砂浜海岸にケカモノハシが多くみられることは、深浦町へのアカスジカスミカメの侵入・定着に有利に働いたのかもしれない。また、2013年8月11日には、つがる市平滝沼でほぼ純群落とよんでいるチゴザサ *Isachne globosa* (イネ科 キビ亜科 チゴザサ連) から、アカスジカスミカメ雌成虫1頭と終齢幼虫1頭がすくいとられている。いずれにしろ、越冬世代、第1世代を含めた、農耕地以外で本種が利用している野生寄主の解明が待たれる。

2) カメムシ類の発生推移

(1) 予察灯

1) で述べたカメムシの試験と関連して、1973年から発生予察の調査として黒石市の青森県農業試験場本場で予察灯に誘殺されるアカヒゲホソミドリカスミメの計数が始められた。1973~74年の年間誘殺数は200頭前後あったが、1975~1993年は100頭未満の年がほとんどで、100頭を越えたのは1985年の159頭だけであった。全国的な大冷害となった1993年は年間18頭の誘殺に留まったが、翌1994年からは連年100頭以上誘殺されるようになった。未曾有の斑点米被害を受けた1999年には、誘殺が多かったはずの8月第1~2半旬が欠測であったにもかかわらず、

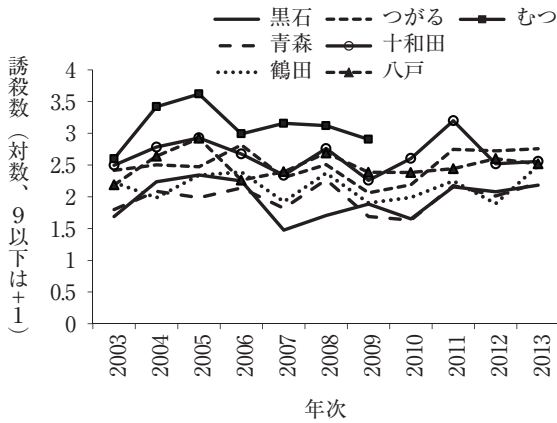


図4 青森県内各発生予察地点でのアカヒゲホソミドリカスミメ年間誘殺数の年次推移

注. むつは2010年以降調査中止

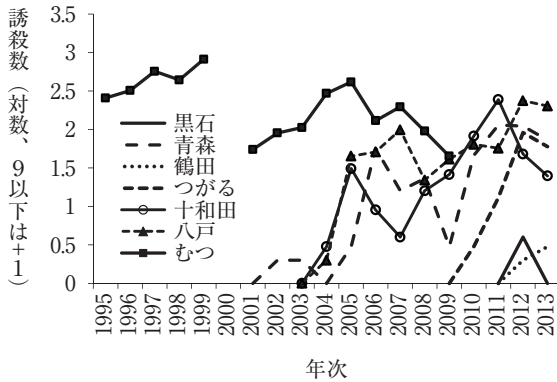


図5 青森県内各発生予察地点でのアカスジカスミメ年間誘殺数の年次推移

注. 2000年のむつはほ場整備事業により調査なし、2010年以降調査中止

年間748頭と平年の6.8倍にも達した。

本報の主な対象期間である2003年以降に関しては、誘殺数の年次間差はあまり顕著ではないが、2005、2008、2011年に各地点とも誘殺数が多い傾向が認められた(図4)。

アカスジカスミカメの誘殺推移については、前報(菊池ら 2004)ではむつの3年分しか触れられていないので、データがある1995年以降分について示す(図5)。むつの2000年はほ場整備事業により、予察灯を撤去していたのでデータがなく、2007年以降は水田耕作がない牧草地となり、2009年で調査を終了している。むつ以外は調査開始後にアカスジカスミカメが侵入したと考えられるが、それらの地点では初誘殺以降の急激な誘殺数の増加がみてとれる。

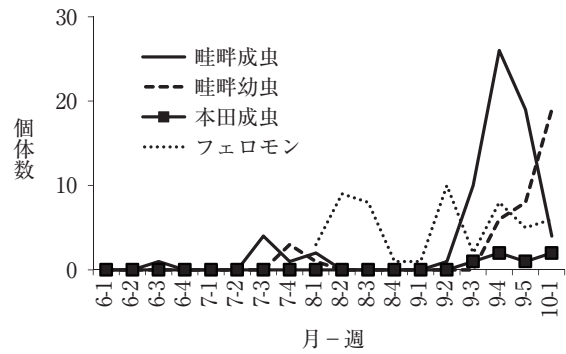


図6 青森県農林総研内の発生予察ほ場におけるすくい取り(20回振り)とフェロモントラップによるアカヒゲホソミドリカスミメ捕獲消長(2011年)

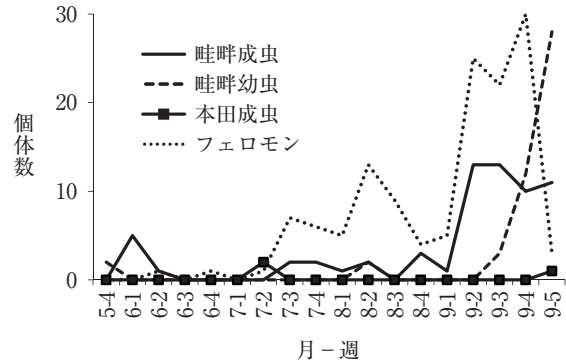


図7 青森県農林総研内の発生予察ほ場におけるすくい取り(20回振り)とフェロモントラップによるアカヒゲホソミドリカスミメ捕獲消長(2012年)

(2) すくい取り・フェロモントラップ

図6～8に2011～2013年の青森県産業技術センター農林総合研究所水田ほ場での、アカヒゲホソミドリカスミメ幼虫・成虫の畦畔すくい取り数(20回振り)、本田内成虫すくい取り数(同)、本田畦畔際でのフェロモントラップ(粘着板背合わせ垂直設置)誘殺数の推移を示した。発生時期に若干の年次変動がみられるが、畦畔では6月前半に越冬世代成虫がすくい取られ、7月中旬以降は連続的に成虫がすくい取られるが、第1世代と第2世代の境界は、図示した3年間では判然としていた年はなかった。フェロモントラップでの誘殺数(2011年は8月以降のみ調査)は、各年度ともすくい取りより多く、成虫の発生推移・発生量調査のためにはより効

率的と考えられた。

アカスジカスミカメについては、10 a ほ場を半分
に区切り、それぞれにイタリアンライグラスとケン

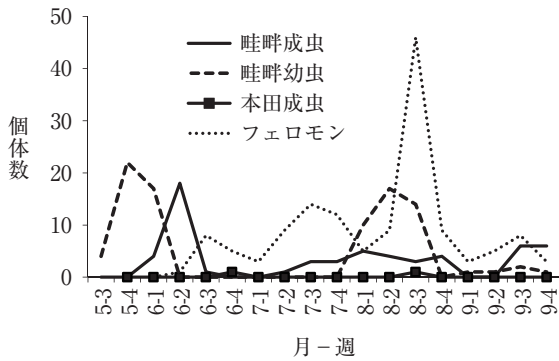


図8 青森県農林総研内の発生予察ほ場におけるす
くい取り（20回振り）とフェロモントラップ
によるアカヒゲホソミドリカスミメ捕獲消長
（2013年）

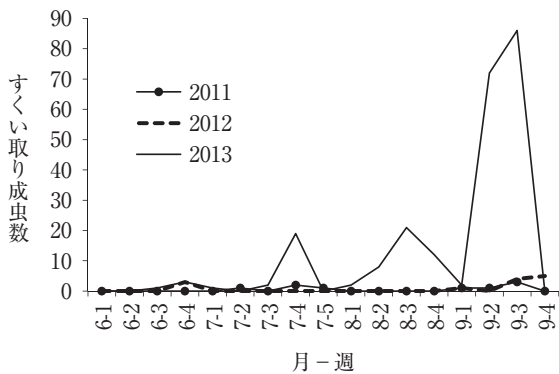


図9 青森県農林総研内の牧草地ほ場におけるす
くい取り（50回振り）によるアカスジカスミメ
捕獲消長

タッキーブルーグラス *Poa pratensis* を播種した牧
草地での、成虫のすくい取り推移を図9に示した。
すくい取り回数は、それぞれの牧草種で25回ずつ
振って1回の調査とした。2011～2012年のすくい
取り数は少なく、その消長ははっきりしないが、6
月下旬～7月上旬、9月にすくい取られており、そ
れぞれ越冬世代、第2世代に当たるのではないかと
考えられた。2011年には7月下旬にもわずかの個体
が得られており、これが第1世代と考えている。
2013年にはすくい取り数が急増し、そのピークは6
月下旬、7月下旬、8月下旬、9月下旬であり、そ
れぞれが越冬世代～第3世代に相当するものと考え
られた。すくい取り数は、世代を重ねるに従い増加
し、その世代ごとの増加率は2～4倍となった。蓬
田村での調査ではアカスジカスミカメの年間発生回
数は3回とされていた（本稿3，1）参照）。黒石
市は、ヤマセの影響を受けやすい蓬田村より温量が
多く、発生世代数が1世代多いものと考えられる。

2 斑点米被害の実態と特徴

1) 主要品種の作付け状況

表1に2003～2013年の水稻作付面積、主要品種の
作付割合、部分着色粒の混入を理由とする落等率を
示した。期間を通して「つがるロマン」の作付けが
ほぼ半分を占めている。第2位の品種は2006年ま
では夏季冷涼な県南地域等向けの「ゆめあかり」
であったが、良食味・多収で栽培特性が良い「まっ
しぐら」が普及されると置き換わり、加えて津軽地
域での栽培も多くなり、昨今では「つがるロマン」との
差がなくなり、2013年には6割の作付けとなった。

上記の主要品種は、いずれも良食味化のための遺
伝資源として「あきたこまち」を先祖としている

表1 青森県的水稻作付面積（ha）と主要品種の作付割合（％）ならびに部分着色粒を理由とする落等率

	水稻作付面積	つがるロマン	ゆめあかり	まっしぐら	むつほまれ	落等率
2003年	52,100	44	28		25	3.7
2004年	53,600	53	32		11	3.9
2005年	53,800	53	33		10	9.5
2006年	53,300	56	23	9	8	4.3
2007年	52,200	53		41	4	2.2
2008年	49,200	56		39	4	1.7
2009年	49,100	54		43	3	1.2
2010年	49,400	50		46	2	9.4
2011年	46,900	44		44	1	3.8
2012年	47,800	42		42		2.1
2013年	49,600	38		60		2.5

(高館ら 1997、三上ら 2000、三上ら、2007)。そのためか、割れ糶の発生は全般的に高く、十分に調査はされていないものの、例年10~30%程度の割れ糶率となる。「つがるロマン」に比べると「まっしぐら」のほうが、やや割れ糶の発生が多い傾向がみられる。

2) 玄米の検査成績

部分着色粒による落等率は2005年には9.5%と高かった。この年は全県的にアカヒゲホソミドリカスミメの発生が多く、また県南地域では十和田と八戸でアカスジカスミカメの誘殺が急増していた。当時は、カスミカメムシ類に対する防除効果が高いネオニコチノイド系やフェニルピラゾール系の殺虫剤が登録されて間もないことから、使用した農家が少なく、かつ防除適期も十分に検討されていなかったため、被害を効果的に抑制するには至らなかった。

2008年は全県的にアカヒゲホソミドリカスミメの発生が多かったが、既発生地点でのアカスジカスミカメ誘殺数はむしろ前年より少なかった。2011年はアカヒゲホソミドリカスミメ、アカスジカスミカメとも、八戸を除いて誘殺が多かった(図4、5)。落等率は2008年は1.7%と低く、2011年はやや被害が多かったものの3.8%の落等率に留まった。これは防除効果の高い薬剤が普及し、防除適期も周知されてきたためと考えられる。

2010年の落等率は9.4%と高かった。アカスジカスミカメ発生地点では前年より誘殺数が増えていた地点が多く、斑点米発生が多かった原因のひとつと考えられる。一方では、この年はくさび米(イネシンガレセンチュウによって生じる黒点米に類似した症状)を部分着色粒とする落等が多く、斑点米と十分識別されてなかった。くさび米の原因は登熟初期の高温障害ではないかと考えられており(新山ら 2001、石岡・清藤 2011)、それを裏付けるように登熟期の気温が高い津軽地域で多くみられた。アカヒゲホソミドリカスミメの誘殺数は過去10年の平均値である平年値と同程度で、特に多い地点はなかったことから、実際に斑点米により落等した割合はそれほど高くはないと考えられた。

3 青森県における斑点米カメムシ類の研究事例と今後の課題

1) 研究成果

2003年以降の研究で、農業指導者・農家のための指導参考資料として、まとめることができた研究成

果について簡単に紹介する。

- (1) アカヒゲホソミドリカスミメとアカスジカスミカメの発生活長(2003年、青森県農林総合研究センター 平成16年度技術情報資料 第16号:17-18.)

2001~2003年に、アカヒゲホソミドリカスミメは津軽地域の4地点、アカスジカスミカメは蓬田村で定期的なすくい取り調査を行い発生活長を明らかにした。アカヒゲホソミドリカスミメは年4回発生し、各世代成虫の発生最盛期は、越冬世代から第3世代まで順に、6月第2半旬、7月第4半旬、8月第3半旬、9月中旬であった。アカスジカスミカメは年3回発生で、各世代成虫の発生最盛期は、6月第6半旬、8月第2半旬、9月第3半旬であった。

- (2) 水稲のカメムシ類に対する水面施用剤の防除効果(2003年、青森県農林総合研究センター 平成16年度技術情報資料 第16号:19-20.)

ジノテフラン粒剤の穂揃期散布、クロチアニジン粒剤の出穂期散布は2002年に斑点米発生抑制効果が認められた。

- (3) 水稲のカメムシ類に対するクロチアニジン0.5%粉剤(ダントツH粉剤DL)の1回散布の防除効果(2004年、青森県農林総合研究センター 平成16年度技術情報資料 第16号:9-10.)

従来斑点米カメムシ防除には穂揃期以降2~3回の茎葉散布が行われていたが、ネオニコチノイド剤であるクロチアニジンの成分含有量を高めた、0.5%粉剤の穂揃期~穂揃7日後の1回散布で斑点米の抑制効果が認められた。

- (4) アカヒゲホソミドリカスミカメの発生は性フェロモントラップで簡単に調査できる(2008年、青森県農林総合研究センター 平成20年度技術情報資料 第20号:69-70.)

斑点米被害をもたらすアカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発生調査は技術や労力を要するすくい取りにより行われてきたが、性フェロモン剤が開発、市販され、誰でも簡単に調査できるフェロモントラップが利用できるようになった。フェロモントラップの使い方を検討したところ、成虫を効率的に調査できることがわかった。

- (5) アカヒゲホソミドリカスミカメによる斑点米発生程度は200穂のサンプリングで評価で

きる（2008年、青森県農林総合研究センター
平成20年度技術情報資料 第20号：71-72.）

斑点米の発生程度を評価するための調査方法の精度は十分検討されてこず、効率的で精度の高い調査用試料のサンプリング法は確立していなかった。ほ場内での被害株、被害株内での被害穂の分布を検討したところ、特定の株に被害が集中することがわかり、20株以下の調査ではサンプリングによる振れが大きくなった。落等しているかどうかの判断には1株1穂で200穂を採取して調査するのが、もっとも省力で精度のよい調査法であった。

（6）斑点米カメムシ類（カスミカメムシ類）による加害時期別の被害粒の特徴（2013年、（地独）青森県産業技術センター農林総合研究所 平成25年度技術情報資料 第25号：10-11.）

県内の主要品種「つがるロマン」「まっしぐら」のいずれにおいてもカスミカメムシ類（アカヒゲホソミドリカスミカメ・アカスジカスミカメ）の加害時期で玄米の褐変程度は変化し、登熟が進むにつれて加害されても褐変しづらくなり、特に登熟終期頃の加害では褐変せず白斑粒となるものが多いことを明らかにした。

（7）水稻出穂後の畦畔等の草刈りは斑点米カメムシ類の薬剤防除後に行うとよい（2013年、（地独）青森県産業技術センター農林総合研究所 平成25年度技術情報資料 第25号：12-13.）
出穂後の被害晩限を調査したところ、斑点米被害は収穫期後でも起こることが明らかとなり、出穂から収穫期における畦畔などの草刈りは斑点米被害を助長する可能性が示唆された。このため、出穂後の草刈りを行う場合は、本田にカメムシ類の防除剤が散布された後、薬剤の残効があるうちに行うことが適当と推察された。

2) 今後の課題

アカスジカスミカメの分布拡大は太平洋・陸奥湾側からと日本海側からが独立したルートとして起きていると考えられることから、殺虫剤に対する感受性などに違いがないかを検討する予定となっている。登熟期以降の水田侵入が多い場合の、追加防除要否の判断基準と侵入量のモニタリング方法の検討が必要である。

引用文献

- 1) 青森県. 1999. イ) 斑点米発生事例. 平成10年度有害動植物発生予察事業年報：189-190.
- 2) 青森県. 2000. c 蓬田村におけるカメムシ類の発生状況. 平成11年度有害動植物発生予察事業年報：183-184.
- 3) 環境部病虫班. 1973. 斑点米の発生原因に関する試験. 昭和47年度（青森県農業試験場）試験成績検討会資料 病虫班：35-41.
- 4) 菊地淳志, 菅野洋光, 木村利幸, 後藤純子, 小野 亨, 新山徳光, 滝田雅美, 松木伸浩, 大場淳司, 堀末 登. 2004. 東北地域における斑点米カメムシ類の発生と被害実態調査. 東北農研研報 102：101-180.
- 5) 市田忠夫. 1988. 青森県のカメムシ（I）. *Celastrina* 20：113-145.
- 6) 石岡将樹, 清藤文仁. 2011. 2010年の青森県における黒点症状米の発生特徴. 東北農業研究 64：35-36.
- 7) 三上泰正, 川村陽一, 横山裕正, 高館正男, 小林 渡, 館山元春, 前田一春, 中堀登示光, 小山田善三. 2007. 水稻新品種‘まっしぐら’の育成. 青森農試研報 41：23-44.
- 8) 三上泰正, 高館正男, 小林 渡, 館山元春, 前田一春, 横山裕正, 工藤龍一, 中堀登示光, 小山田善三, 工藤哲夫. 2000. 水稻新品種‘ゆめあかり’の育成. 青農試研報 37：31-47.
- 9) 新山徳光, 杏澤朋裕, 佐藤正彦. 2001. 秋田県における黒点症状米の発生実態. 北日本病虫研報 52：154-158.
- 10) 土岐昭男, 藤村建彦, 不破みはる, 藤田謙三. 1976. 斑点米の原因となるカメムシ類に関する研究 1. 青森県内の水田ならびにその付近において採集されたカメムシ類. 青森農試研報 21：13-20.
- 11) 高館正男, 三上泰正, 横山裕正, 小林 渡, 立田久善, 前田一春, 工藤龍一, 川村陽一, 津川秀仁, 館山元春, 中堀登示光, 浪岡 實, 工藤哲夫, 小山田善三. 1997. 水稻新品種‘つがるロマン’の育成について. 青森農試研報 36：1-17.

（青森県産業技術センター農林総合研究所 市田忠夫）

B 岩手県

1 2003年～2013年のカメムシ類の発生推移

1) 主要カメムシ種の動向

(1) 岩手県における主要種

岩手県では、水田におけるすくい取り調査から主要カメムシ種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であることが確認されている。田中ら(1988)はとくにアカスジカスミカメがすくい取られた水田における斑点米発生率が高いことから、岩手県においては、アカスジカスミカメが最重要種であろうとした。

その後の岩手県病害虫防除所による出穂期の水田すくい取り調査においても、アカスジカスミカメが優占しており(図10)、やはり斑点米の原因となる主要カメムシ種はアカスジカスミカメと推測される。

(2) 岩手県北におけるアカスジカスミカメ分布の拡大

1985年に遠野市でアカスジカスミカメによる斑点米の局地的多発がみられた後、1986年から1987年にかけて岩手県病害虫防除所により県内の水田およびその周辺におけるカメムシ類のすくい取り調査が実施された。このときの調査ではアカスジカスミカメは滝沢村(現 滝沢市)以南の内陸部に分布していた。その後2000年の調査では内陸北部でもすくい取られるようになった。そこで2000年前後の岩手郡以北(八幡平市、岩手町、葛巻町、久慈市、九戸村、一戸町、二戸市、軽米町、洋野町)の7月下旬の畦畔すくい取り調査、8月上旬の水田すくい取り調査および二戸市に設置した予察灯におけるアカスジカ

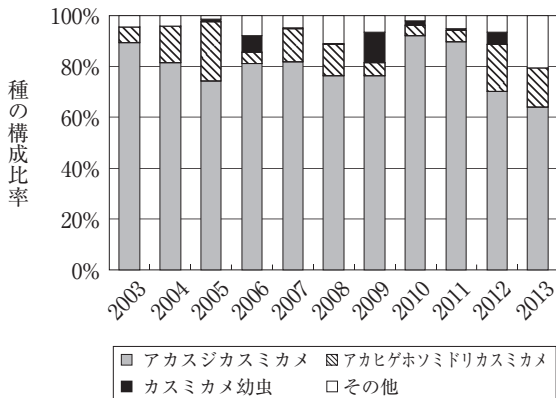


図10 岩手県の水田すくい取り調査(8月上旬)におけるカメムシの種構成

注. 調査ほ場数は80~104ほ場、20回振りのすくい取りによる

スミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメそれぞれの種の構成を整理した(図11)。

7月下旬の畦畔におけるすくい取り調査では、アカスジカスミカメは2001年からすくい取られるようになってきた。また、出穂期である8月上旬の水田におけるすくい取り調査では、アカスジカスミカメは2000年になりすくい取られる虫数が急激に増加し、主要種に置き換わったと考えられる。予察灯でもアカスジカスミカメが誘殺されるようになったのは2000年からである。

今となっては確認するすべもないが、これらのことから岩手県北部で斑点米カメムシの主要種がアカヒゲホソミドリカスミカメからアカスジカスミカメに置換されたのは1999年から2000年にかけてのこと

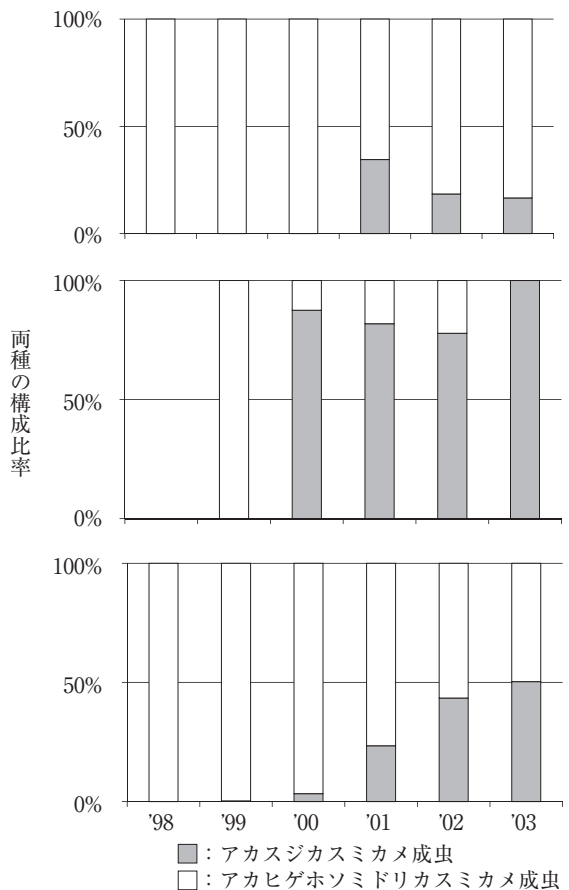


図11 岩手県北部地域(岩手郡以北)におけるアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの構成比率(上:7月下旬の畦畔におけるすくい取り、中:8月上旬の水田におけるすくい取り、下図:予察灯による年間総誘殺虫数)

注. 調査ほ場数11~22ほ場、20回振りのすくい取りによる

であろうと推測された。二戸農業改良普及センター軽米地域普及所（現中央農業改良普及センター軽米普及サブセンター）による調査でも2000年からアカスジカスミカメが水田ですくい取られるようになっており（宍戸私信 2000）、これらのデータと一致した。

2) カメムシ類の発生推移

(1) 予察灯

県北の二戸市の現地に設置した予察灯では、2003年にアカスジカスミカメがアカヒゲホソミドリカスミカメとほぼ同じ割合で誘殺されているものの、その他の年次はアカヒゲホソミドリカスミカメが優占

している（図12）。アカスジカスミカメは2007年ごろから再び誘殺され始め、その割合も次第に高くなってきている。過去においては2000年から2003年にかけて比較的多くのアカスジカスミカメが誘殺されている。

県央の盛岡市の現地に設置した予察灯では、2005年まではアカヒゲホソミドリカスミカメの割合が高かったが、その後アカスジカスミカメの割合が半分、年によってアカスジカスミカメの割合が高くなっている。

県南の奥州市（旧江刺市）の現地に設置した予察灯では、2004年以前はアカヒゲホソミドリカスミカ

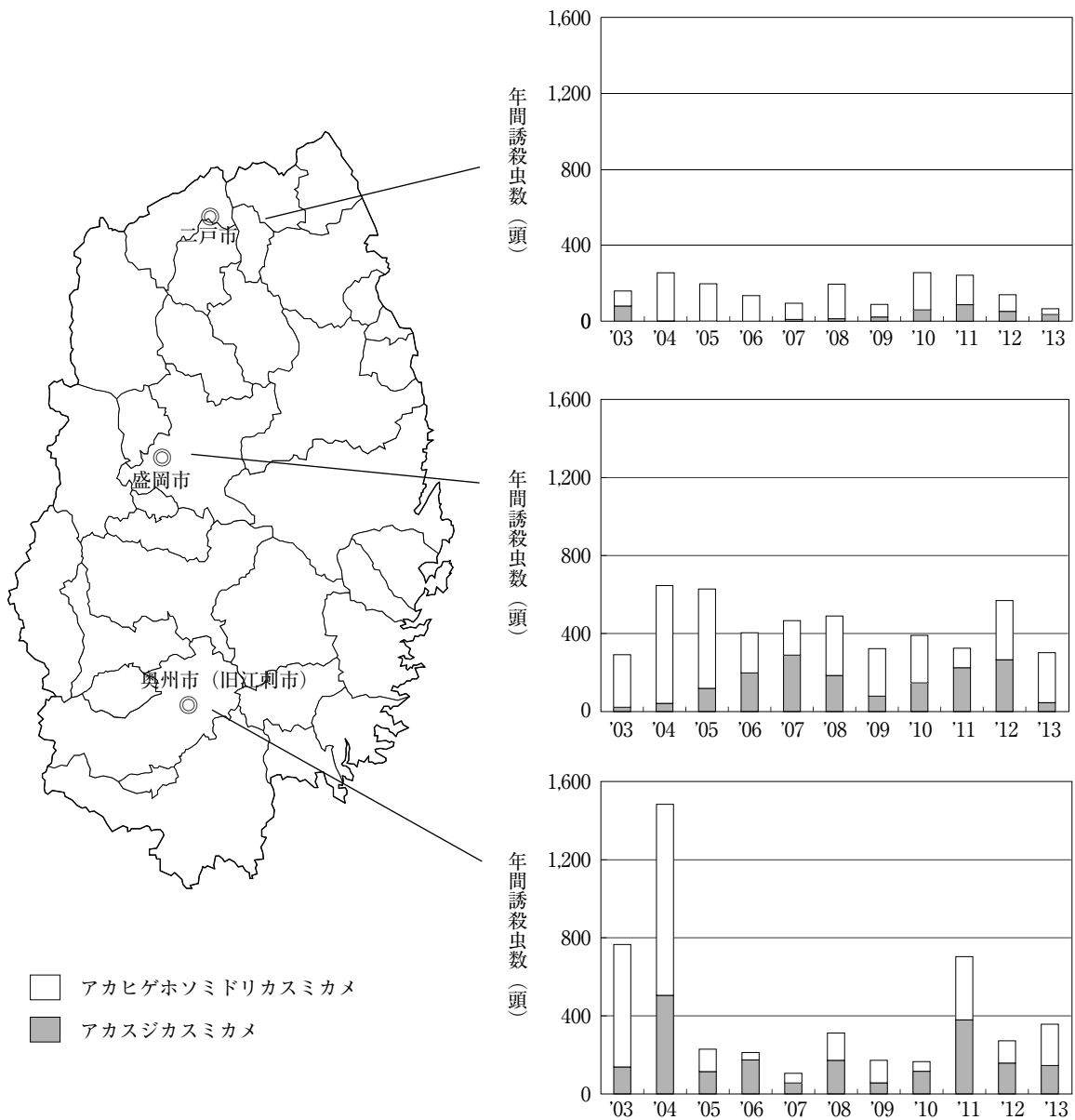


図12 岩手県における予察灯の年間総誘殺虫数の年次推移

メの割合が高かったが、2005年以降はアカシカスミカメの割合が高くなっている。

このように予察灯における誘殺虫数の割合を見ると、2005年ころからアカシカスミカメの誘殺数の増加がみられた。また、県北はアカヒゲホソミドリカスミカメの割合が高く、県央から県南にかけて、アカシカスミカメの割合が高くなる傾向がみられた。

予察灯における年間総誘殺頭数も県南で多く、県央から県北に行くに従って少なくなる傾向がみられた。予察灯は、昆虫の持つ正の走光性を利用し、夜間に対象種を誘殺する方法である。そのため、ある

程度の距離内にいる対象種は誘殺するものの、夜温が低い場合等は誘殺が見られず、逆に夜温が高い場合は多く誘殺されるのであろう。

(2) すくい取り

予察灯では、どの地点も一定量のアカヒゲホソミドリカスミカメが誘殺されていたが、水田のすくい取りの様子は異なる(図13)。すなわち、どの地点でもアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫のすくい取り数は極めて少なくほとんどがアカシカスミカメである。また、すくい取り虫数も県南よりも県北が多い傾向が見られる。この原因については不明であるが、県北地域では田耕地面積に対する作付け割合が

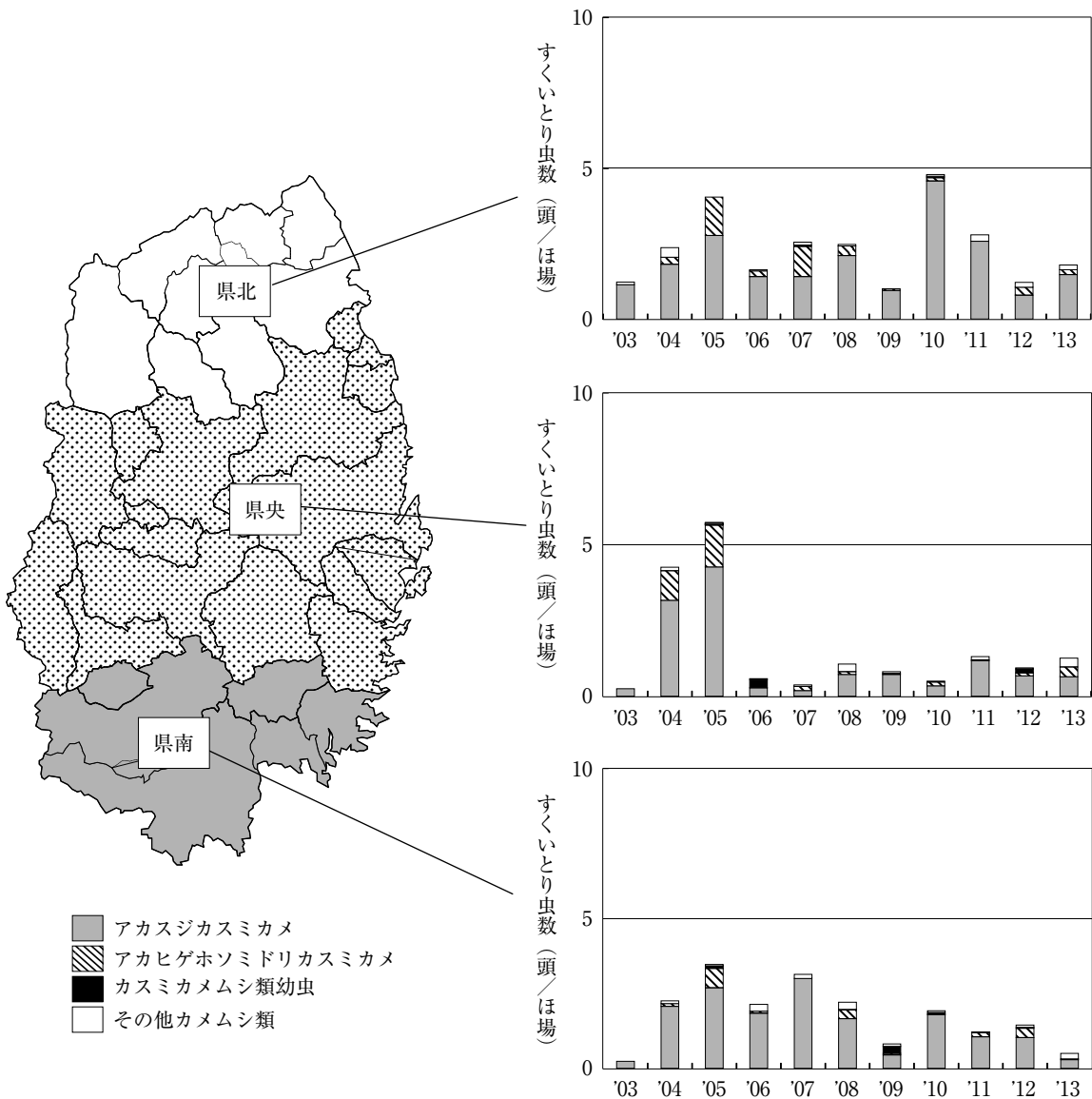


図13 岩手県におけるすくい取り調査(20回振り)の種別頭数の年次推移(8月上旬水田)

注. 調査ほ場数は県北19~22ほ場、県央37~45ほ場、県南24~37ほ場

県南と比較して低い、つまり畦畔等の割合が高いことなども一つの原因となっているのかもしれない。

なお、後述するように多発年である2005年およびその前年は県南でのすくい取り虫数が他年次と比較して著しく多かった。

(3) フェロモントラップ

アサジカスミカメの性フェロモンはYasuda *et al.* (2008) により同定されており、発生予察への活用については検討されているところである。

岩手県でも村上ら (2012) が、水田内、畦畔、イタリアンライグラスを主体とした牧草地などにフェロモントラップを設置し、すくい取りや予察灯などの既存の調査値と比較しながら発生予察への活用について考察している。村上ら (2012) はフェロモントラップによる捕獲虫数は他の調査法に比較して極めて少なく、発生量の評価は困難であろうとしている。フェロモントラップを密度の推定に用いることは困難であることは武田ら (2012) も報告している。その一方、村上ら (2012) は予察灯とフェロモントラップの消長のピークは概ね一致し、なおかつそのピークは有効積算温度による各世代の羽化盛期と一致していることから、予察灯の代替としての利用の可能性を示唆している。

2 斑点米被害の実態と特徴

1) 主要品種の作付け状況

岩手県における1980年代の主要品種は「ササニシキ」であった。その後1990年代に入ると「あきたこまち」が、1990年代なかばから「ひとめぼれ」の作

付けが増加してきた。ここ10年をみると岩手県の主要品種は「ひとめぼれ」が60%前後、「あきたこまち」が20%前後、両品種あわせた作付面積割合は80%を超える (図14)。この傾向は1999年から大きくは変わっていない。

中場ら (2000) は割れ粳が多いほど、カメムシによるとみられる部分着色粒が多く、割れ粳の発生には品種間差があり、「あきたこまち」で多いことを明らかにした。岩手県の「あきたこまち」の作付面積率は2004年から2013年までそれほど大きな変化はなく、作付面積も1992年をピークに減少している。一方、斑点米カメムシによる被害面積は年次間差が大きいものの、近年は高水準で安定しており (図15)、「あきたこまち」の作付面積と斑点米被害面積の間には一見して関連性が認められない。

割れ粳に関しては、品種の特性として割れ粳の出やすさはあるものの、一般的には幼穂形成期の日照不足等による粳殻形成の不良や登熟期間の日照や気温が十分に登熟が急激にすすむことによる粳殻と玄米の大きさのアンバランスが原因と報告されている (二瓶・橋本 1992、中場ら 2000)。そのため、同一品種でも、気象や肥培管理等により割れ粳の発生は年次により異なると推測される。

このことから、斑点米被害において割れ粳はカメムシ類による着色被害発生の助長要因の一つに過ぎず、割れ粳の発生が多い品種の作付けが広域的な斑点米の多発と直接は関係してはいないと推測される。

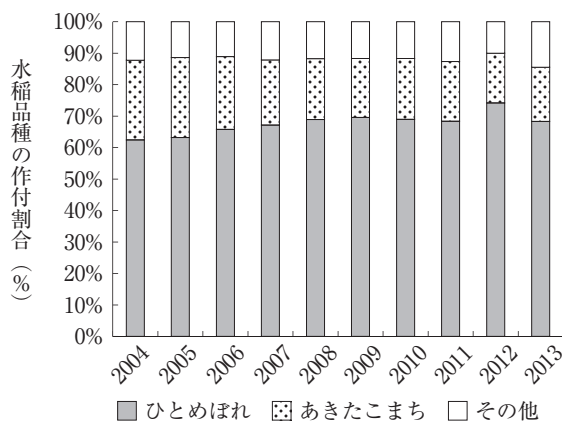


図14 岩手県における水稲主要品種の作付状況の年次推移 (「岩手県農林水産部業務資料」より一部改変)

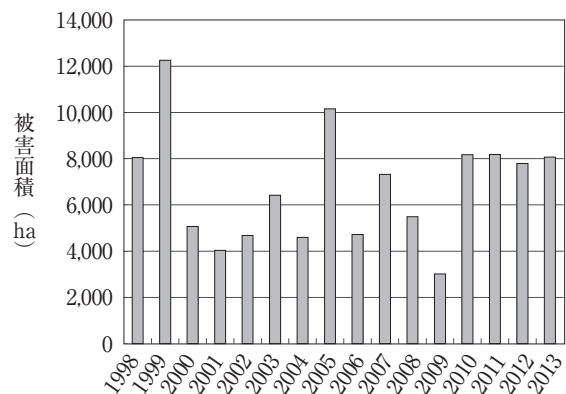


図15 岩手県における斑点米被害面積の年次推移 (被害面積は岩手県病害虫防除所が発行する「発生予察事業年報」による)

表2 岩手県における1等米比率の推移

年次	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1等米比率(%)	88.5	77.2	91.7	92.7	89.6	85.8	88.4	89.4	92.0	92.2	91.9	94.1	90.5	94.5	94.1
全数量に対する 斑点米原因割合 (%)	1.2	8.6	3.6	1.0	3.8	7.7	3.2	8.2	4.3	4.2	4.4	2.4	6.4	2.9	3.2

注. 東北農政局発表の農産物検査結果による

2) 玄米の検査成績

米の品質は一般的には玄米の検査等級で示される。等級検査に際しては、落等原因も公表されるが、例年斑点米カメムシ類に起因する着色米が高い比率でみられる。

1998年からの検査等級を見ると1等米比率が90%を下回ったのは1998年、1999年、2002年、2003年、2004年、2005年の6年間であった。さらに、全数量に対する斑点米原因割合を見てみると、1999年と2005年は8%を超えており、ついで2003年の7.7%であった。これらのことから、斑点米被害が玄米の検査成績に影響を及ぼしたのは1999年と2005年、ついで2003年であったと推測される。

3) 過去の被害多発年の概況

(1) 全県的な多発

過去の被害多発年について記載するにあたり、まずは被害多発年をどのように定義するかが問題となる。米の品質は一般的には検査等級で示されるものの、検査には色彩選別機などで着色米を除去した後の米も提供されていることに加え、カメムシ類以外の黒点症状米(くさび米)などもカメムシによる着色粒とされている可能性も考えられる。さらに、近年では着色を伴わない被害粒の発生も報告されており(櫻井・榊原 2009、吉村・越智 2009)、これらが高温障害などで生じる背白米や腹白米と混同され落等要因となっている可能性も考えられる。このように検査等級の数値のみからカメムシによる被害を評価するのは難しい。

また、カメムシ類の発生が多くとも被害の少なかった事例もある(齋藤ら 2002)ことから、カメムシ類に起因する斑点米被害多発を評価するにあたっては、いくつかの要因も含めて総合的に判断する必要がある。

1999年は1等米比率が77.2%と極めて低く、全数量に対する斑点米原因割合は8.6%と高く、斑点米被害面積も10,000haを超えていた(図15)。2003年は1等米比率が低く、斑点米原因割合も7.7%と高

かったものの、出穂期の水田内におけるすくい取り虫数が少なく、斑点米被害面積も少なかった。2005年の1等米比率は1999年や2003年と比較してそれほど低かったわけではないが、全数量に対する斑点米原因割合は8%を超え、斑点米被害面積も10,000haを超えた。また、出穂期における水田内のすくい取り虫数も、例年と比較して全県で極めて多く、特に県南では過去に例を見ないほど多かった(図13)。

以上のことから、1等米比率、米穀検査における斑点米原因割合、出穂期における水田内すくい取り虫数や斑点米被害面積等から総合的に判断して、岩手県における被害多発年を1999年と2005年とした。

a. 1999年

この年は東北各県で、斑点米被害が多発した。岩手県でも1等米比率は77.2%と過去に例を見ないほど低く、全数量に対する斑点米原因割合も8.6%と極めて高い値であった(表2)。

特に斑点米の多かった地域は雫石町、県南部、遠野市および沿岸であった。これらの地域では「あきたこまち」における被害が多く、盛岡食糧事務所の検査結果でも格付理由でカメムシによる着色米の割合が高かったのは「あきたこまち」であった。この年は、全県的には割れ糲は多くなかったが、割れ糲の目立つほ場では側部加害粒が多くみられた。

巡回調査ほ場において、斑点米の混入率が高いほ場では頂部加害粒より側部加害粒の多い傾向がみられた。また、出穂期のみにかスミカメムシ類がすくい取られたほ場では斑点米の発生程度は比較的軽く糊熟期以降にかスミカメムシ類のすくい取られたほ場では、ほとんどのほ場で斑点米の発生が見られ、程度も高かった。

b. 2005年

7月下旬の巡回調査で、畦畔におけるかスミカメムシ類の発生ほ場率は67.4%(平年比220%)、8月上旬水田のすくい取り調査における発生ほ場率は49%(平年比232%)といずれも平年より非常に多く、同年8月10日には岩手県から発生予察情報・警

報が発表された。

斑点米被害も非常に多くみられた。同年9月の東北農政局の米検査結果によると2等以下に格付けされた理由の80%はカメムシによる着色粒の混入で、特に「あきたこまち」の1等米比率は76.3%と極端に低かった。

胆沢町（現奥州市）では、同町出荷数量のほぼ30%が検査保留になり、胆沢町議会は「米のカメムシ被害等に関する調査特別委員会」を設置するなどした。JA岩手ふるさと管内では斑点米被害による落等が生産目標数量の16%弱に相当する11万6千俵にも及んだ。江刺市（現奥州市）はカメムシによる被害が大きいとして被害農家に対し3等米以下の米1俵につき200円の助成を、JA江刺市も同様に米1俵につき200円の助成を行った。

2005年の被害多発要因については、本県の主要種であるアカスジカスミカメ越冬世代孵化盛期の6月上旬の降水量が極めて少なく生育に適しており、越冬世代の密度が高まったこと、また、第1世代の孵化盛期の7月上中旬にも降水量が少なく増殖に適しており、結果本種の個体群密度が高まったこと、加えて割れ籾の発生が2005年以前10年間で最も多かったことなどが考えられている（菅ら 2006）。

(2) 局地的な多発

局地的な多発については明確な定義を設けず、岩手県病害虫防除所が発行する植物防疫事業年報に記載のあった事例を抜粋した。

a. 遠野市におけるアカスジカスミカメによる被害

1985年に遠野市の水田5haでアカスジカスミカメによる斑点米被害が多発した。発生の多いほ場では被害粒率が20%以上に達した。

b. 沿岸部におけるチャイロナガカメムシ

Neolethaeus dallasi による被害

1996年に岩泉町、田老町（現宮古市）、新里村（現宮古市）、山田町、宮古市、川井村（現宮古市）、住田町、釜石市、大槌町においてチャイロナガカメムシが異常多発した。宮古市に設置した予察灯には8月第5半旬に336頭が誘殺された。これらの地域では防除の有無にかかわらず斑点米混入率は10~30%程度みられた。食糧事務所による川井村の玄米の調査結果では、全数量に対する斑点米の原因割合は、「かけはし」で15%以上にもものぼった。また、新里村墓目の多発ほ場で、8月30日に病害虫防除所が20回振りによるすくい取り調査を行ったところ

800頭を超えるチャイロナガカメムシが捕獲された。当該ほ場で9月12日にサンプリング調査を行ったところ、斑点米混入率は15~27.5%と極めて高く、収量が低下したところも多くあったものと推測された。

チャイロナガカメムシの局地的な多発は1968年に花巻市で初めて確認されて以来、沿岸部の山沿いのほ場でしばしば見られている。このほかにも1977年には新里村（現宮古市）、川井村（現宮古市）、釜石市、住田町、宮古市、陸前高田市で、1986年には新里村（現宮古市）で、2001年には沿岸部山沿い（詳細な市町村名の記録は無し）で、2012年には住田町、大槌町で確認されている。

3 岩手県における斑点米カメムシ類にかかる研究成果等および今後の問題点

1) 斑点米カメムシ類にかかる研究成果

斑点米カメムシ類の防除については現場から求められている緊急の課題である。既知見や現地実証に基づく、よりすみやかな技術の提示が望まれる。岩手県農業研究センターでは、これに対応して斑点米カメムシ類にかかる研究成果を公表している。近年10年程度の研究成果を以下にとりまとめた。

(1) 発生環境（水田雑草、割れ籾の多少）に応じた斑点米防止対策（平成16年度試験研究成果（2004））

水田雑草または割れ籾が多いほ場では1回の薬剤散布は落等しやすい傾向にある。カメムシ類密度を低く抑えるため、水稲出穂期までの周辺雑草の管理および水田雑草の防除を徹底し、条件によっては2回防除が必要であることを示した。

(2) アカスジカスミカメの水田内侵入様式（平成18年度試験研究成果（2006））

アカスジカスミカメが水田畦畔のイネ科雑草等に由来することなどは生産現場でもよく知られており、現地では畦畔および水田の周辺にだけ薬剤を散布している事例が散見された。そこで水田内におけるアカスジカスミカメの分布および斑点米の発生状況等を調査し、アカスジカスミカメは水田中央部まで進入することから本種を対象とした防除は全面散布とすることを取りまとめた。

(3) アカスジカスミカメ越冬世代幼虫の密度低減に効果的な草刈時期（平成19年度試験研究成果（2007））

平成18年度試験研究成果（2006）においてアカスジカスミカメの重要な繁殖場所である水田畦畔にお

ける本種幼虫密度を低く維持するためには、越冬世代の孵化時期にあたる6月から第1世代の孵化時期にあたる7月にかけてイネ科雑草を出穂させない畦畔管理が重要であることが示された。その後、越冬世代幼虫密度低減のために効果的な草刈時期の具体的な目安は孵化時期の前後5日間であることが示された。

(4) アカスジカスミカメに対する地域一斉防除が有効となる防除時期 (平成20年度試験研究成果 (2008))

岩手県におけるアカスジカスミカメの薬剤防除適期は穂揃1週間後としているが、生産現場においては作業の効率性の観点から、地域内で水稻の出穂期に幅がある場合でも地域一斉防除が行われており、必ずしも穂揃1週間後の防除になっていないのが実状であった。このため出穂期に幅のある地域での防除適期についての指導が十分に行われていなかった。そこで出穂期に幅のある地域での防除適期について仮説をたて、現地でも試験を行った。その結果、薬剤防除を検討している地域の穂揃期の幅が7日以内の場合、半数のほ場が穂揃期に達した時期の7日後に一斉防除を実施することにより、斑点米被害を抑えることが可能であることを示した。その際に、出穂した水田雑草(ノビエ*Echinochloa* spp.、シズイ *Schoenoplectus nipponicus*、ホタルイ類*Scirpus* spp.)が確認されるほ場では、1回の防除では斑点米発生を抑えるのは難しいことから水田内の除草を徹底することもあわせて示された。

(5) 7~8月の高温がアカスジカスミカメの発生に及ぼす影響 (平成22年度試験研究成果 (2010))

2010年のカスミカメシ類の発生ほ場率は、7月下旬の畦畔では平年より低く、8月上旬の水田でも平年並みであったが、8月下旬に平年より高くなった。その結果、病害虫防除所の調査における斑点米発生ほ場率は1999年以降もっとも高くなった。2010年は例年にない高温で推移したことから有効積算温度をもとにアカスジカスミカメの発生消長を解析した。その結果、アカスジカスミカメ第2世代孵化盛期の早い(北上市で8月5日以前)高温年には第2世代成虫の発生が早まるため、7月や8月の発生が少ない場合でも8月下旬以降に水田における発生密度が高まる可能性が高いため、追加防除が必要となることが示された。

(6) 水稻出穂期以降のアカスジカスミカメの防除対策 (平成24年度試験研究成果 (2012))

斑点米カメシ類の耕種的防除対策として畦畔除草が指導されている。出穂期以降の畦畔管理については水田にカメシ類を追い込むことになるとの理由から除草しないよう、または除草する場合はすくい取りなどをしてカメシ類がいなくても確認した後除草するよう指導されていた。しかし、除草の影響による水田へのアカスジカスミカメの飛込みなどの具体的な知見はなく、出穂期以降の畦畔除草の可否については不明であり、現場から明確な判断を求められていた。

この要望に対応する形で試験が実施され、2012年に、穂揃期約1週間後に薬剤散布し、散布後おおむね1週間以内(薬剤の残効期間内)に畦畔除草を実施すると、アカスジカスミカメを水田内に定着させずに斑点米被害を低く抑えることができることが示された。

また、この試験とあわせて、ジノテフラン剤の残効が約2週間であることが確認され、穂揃期1週間後にジノテフラン剤を散布したほ場において追加防除が必要な場合には、穂揃期3週間後に茎葉散布することで斑点米被害を低く抑えることができることも示された。

2) 防除技術情報

岩手県では病害虫防除所が病害虫発生予察調査や植物防疫推進事業等で得られた成果で、病害虫防除指導に有効な情報を2001年から「岩手県病害虫防除技術情報」として取りまとめ、公表している。

以下に斑点米カメシ類にかかる防除技術情報名とその概要を記載する。

(1) 平成13年にカメシ類による斑点米被害が少なかったのはなぜか (2002)

2001年は8月上旬まで斑点米カメシ類の発生が多かったが、斑点米被害は少なかった。この原因として、1999年、2000年の斑点米被害多発により防除意識が高まり、薬剤防除や畦畔管理が徹底されたこと、7月下旬から8月中旬の低温により、アカスジカスミカメ第2世代成虫の発生時期が遅れて8月下旬以降になり、後期加害が少なかったためと解析している。

(2) イヌホタルイ・シズイはアカスジカスミカメの産卵場所となる (2004)

アカスジカスミカメがイネ科雑草以外にもカヤツ

リゲサ科のホタルイやシズイにも産卵し、幼虫が孵化してくることを確認した。

(3) 平成17年に斑点米被害が多発した要因(2006)

2005年に斑点米カメムシ類、特にアスジカスミカメによる斑点米被害が多発した要因について、越冬世代および第1世代孵化時期の降水量が極めて少なく増殖に適していたこと、8月上旬の高温によりカスミカメムシ類の行動が活発化したこと、割れ糶が多かったことなどが原因であると解析した。

(4) 除草剤を利用した畦畔雑草管理による斑点米カメムシ被害軽減事例：2006年

草刈および除草剤の使用によって7月上旬から収穫期まで畦畔管理を徹底したところ、殺虫剤を使用しなくとも慣行防除と同等に被害を軽減できることを現地で実証した。

(5) 斑点米被害を軽減する水稲出穂期前後の畦畔雑草管理(2008)

2006年の防除技術情報をもとにさらに雑草管理方法を明確にして現地実証した。すなわち、水稲出穂期10日前に水田畦畔に除草剤を散布、もしくは水稲出穂期10日前と穂揃期頃に水田畦畔の草刈を実施することで、水田および畦畔のカスミカメムシ類の密度が抑制され、斑点米被害が軽減された。

(6) 斑点米被害の要因解析(2010)

斑点米被害の要因について2003年から2008年のデータを元に多変量解析を行ったところ、斑点米被害の要因としてカスミカメムシ類の密度と同じくらい水田雑草や割れ糶の有無が重要であることが明らかとなった。また、これらの要因は相互に関連していると考えられることから、斑点米被害防止対策は発生源対策を柱とした取り組みが薬剤防除と同様に重要であるとされた。

3) 今後の問題点

(1) 斑点米被害の把握

岩手県における2013年産の水稲うるち米の米穀検査(2013年12月末現在)結果は、1等米比率95.7%と最近5年間ではもっとも高い数値となっている。また、落等数量に対する斑点米原因割合は41.2%と2009年の40.2%に次いで低い値となっている。検査全数量に対する斑点米割合も1.8%と最近10年間ではもっとも低い値となっている。しかし、病害虫防除所で実施している斑点米調査では、斑点米発生は場率、発生程度とも2010年度から高水準で安定して

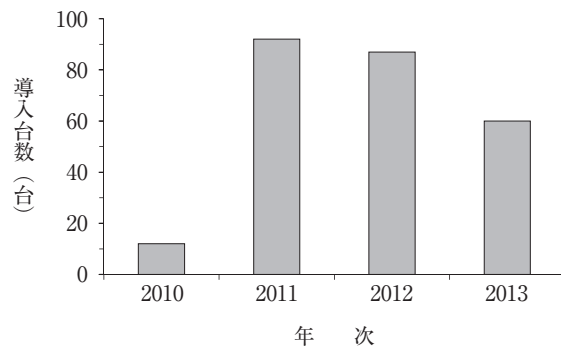


図16 岩手県内における色彩選別機(サタケ社製)の導入台数(数値はサタケ社からの聞き取り調査による)

おり、2013年の斑点米の発生は平年より多くなっている。これら農林水産省で行う米穀検査と現場における斑点米被害に対する認識の違いの原因として、色彩選別機が導入され、検査には色彩選別機などで着色米を除去した後の米が提供されているためと考えられる。岩手県においては2011年から色彩選別機の導入台数が急激に増加しており(図16)、農協の米穀集荷場のみならず大規模農家でも色彩選別機が導入されている。実際、2013年産米においても普及指導員や農業協同組合職員からは、地域によっては例年以上に色彩選別機が稼働しているとの声も聞かれる。2の3)の(1)で述べたように、カメムシ類以外の黒点症状米(くさび米)がカメムシによる着色粒とされていたり、着色を伴わない被害粒が背白米や腹白米と混同され落等要因となっている可能性も考えられる。

このように、現段階では斑点米被害の正確な把握が困難であり、このことは斑点米カメムシ類の加害生態をより詳細に解明する上で課題になると考えられる。

(2) 発生予察上での問題点

岩手県では現在、アスジカスミカメの発生予察は主に水田およびその周辺、牧草地などのすくい取り調査および予察灯により行われている。特に牧草地のすくい取り調査は草地管理による個体数変動はあるものの成虫のみではなく幼虫もすくい取られることから、これらの調査はアスジカスミカメの発生予察の有効な手段であると考えられる。

近年フェロモントラップによる発生予察技術についてさまざま検討されているところである。しかし、本種のフェロモントラップについては、チョウ

目等害虫のフェロモントラップと比較して、粘着板の設置等の取り扱いが簡易とは言い難く誘殺数も少ない。今後、フェロモントラップによる発生予察技術を確立する上では、すくい取り調査との相違点および優位性を明確にする必要があると考えられる。

(3) 効果的な防除を行う上での課題

高橋ら(1985)は、イタリアンライグラスの栽培が斑点米多発の要因になり得ることを、後藤ら(2000)は水田内におけるヒエ類の発生が、加進ら(2009)は水田内におけるイヌホタルイ *Schoenoplectus juncooides* の発生が、いずれも斑点米被害を助長する原因となることを明らかにした。このように、アカスジカスミカメによる斑点米被害については本種を防除することだけではなく、周辺牧草や水田内雑草、畦畔雑草を適切に管理するような耕種的対策が極めて重要である。しかし近年、イヌホタルイにおいて、スルホニルウレア系除草剤に対する抵抗性が東北各県で確認されている(内野ら 2005)ことから、アカスジカスミカメによる被害防止の観点からもこれらの雑草管理は重要な課題となっている。

また、斑点米被害の助長要因のうち、割れ糶の有無も被害に与える影響は大きい(大友ら 2010)、割れ糶の発生はイネの品種などによっても異なる(中場ら 2000)ことから、対策を講じることが難しい。

そして、水田雑草と割れ糶の両者が多発している場合は2回散布でも防除効果は不十分であったとする報告もある(鈴木 2005)。斑点米カメムシ類の防除については、畦畔および水田雑草の管理と薬剤防除をあわせた体系防除を地域で導入していく必要があるのかもしれない。

引用文献

- 1) 中場 勝, 神保恵志郎, 佐藤利美, 永峯淳一. 2000. 水稲玄米の部分着色粒による品質低下要因とその対策 第1報 「あきたこまち」における割れ糶の発生実態. 東北農業研究 53: 29-30.
- 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) 菅 広和, 大友令史, 鈴木敏男. 2006. 2005年岩手県における斑点米多発要因. 北日本病虫研報 57: 118-212.
- 4) 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.
- 5) 村上太郎, 大友令史, 横田 啓. 2012. 発生予察におけるアカスジカスミカメのフェロモントラップの有効性. 北日本病虫研報 63: 141-144.
- 6) 二瓶信男, 橋本和博. 1992. 水稲の割れ糶に関する諸問題 [1]. 農園 67: 1089-1200.
- 7) 大友令史, 斎藤真理子, 岩館康哉. 2010. アカスジカスミカメによる斑点米被害発生要因の解析. 北日本病虫研報 61: 125-128.
- 8) 齋藤誉志美, 富永朋之, 中南 博. 2002. 2001年岩手県で斑点米が少なかった要因. 北日本病虫研報 53: 158-161.
- 9) 櫻井民人, 榊原充隆. 2009. 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加害で発生するイネの白斑粒の頻度に及ぼす登熟時期の影響. 北日本病虫研報 60: 167-169.
- 10) 鈴木敏男. 2005. 岩手県における発生環境(水田雑草, 割れ糶の多少)に応じたアカスジカスミカメに対する薬剤散布適期. 北日本病虫研報 56: 102-104.
- 11) 高橋富士夫, 永野敏光, 佐藤智美. 1985. 宮城県北部におけるアカスジメクラガメによる斑点米の発生. 北日本病虫研報 36: 38-40.
- 12) 武田 藍, 奥 圭子, 菅野 亘, 安田哲也, 渡邊朋也. 2012. 合成性フェロモントラップによるアカスジカスミカメ(カメムシ目: カスミカメムシ科)の水田内消長の把握. 応動昆 56: 26-29.
- 13) 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.
- 14) Yasuda, T.; Shigehisa, S.; Yuawa, K.; Okutani-Akamatsu, Y.; Teramoto, N.; Watanabe, T.; Mochizuki, F. 2008. Sex attractant pheromone of the sorghum plant bug *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) (Heteroptera: Miridae). Appl. Entomol. Zool. 43: 219-226.
- 15) 吉村具子, 越智昭彦. 2009. アカヒゲホソミドリカスミカメの登熟後期の稲穂吸汁による着色

を伴わない被害粒の発生。北日本病虫研報 60：170-173.

(岩手県病害虫防除所 大友令史)

モヘリカメムシ *Leptocoris chinensis*、コバネヒョウタンナガカメムシ、アカヒゲホソミドリカスミカメの5種が主要種であることが明らかにされた(藤崎 1982)。1980年代に入ると、これまで重要視さ

C 宮城県

1 2003年～2013年のカメムシ類の発生推移

1) 主要カメムシ種の動向

1970年代初頭に斑点米被害が問題化し、1974～1977年に行われた全県的な発生実態調査によって、オオトゲシラホシカメムシ、ホソハリカメムシ、ク

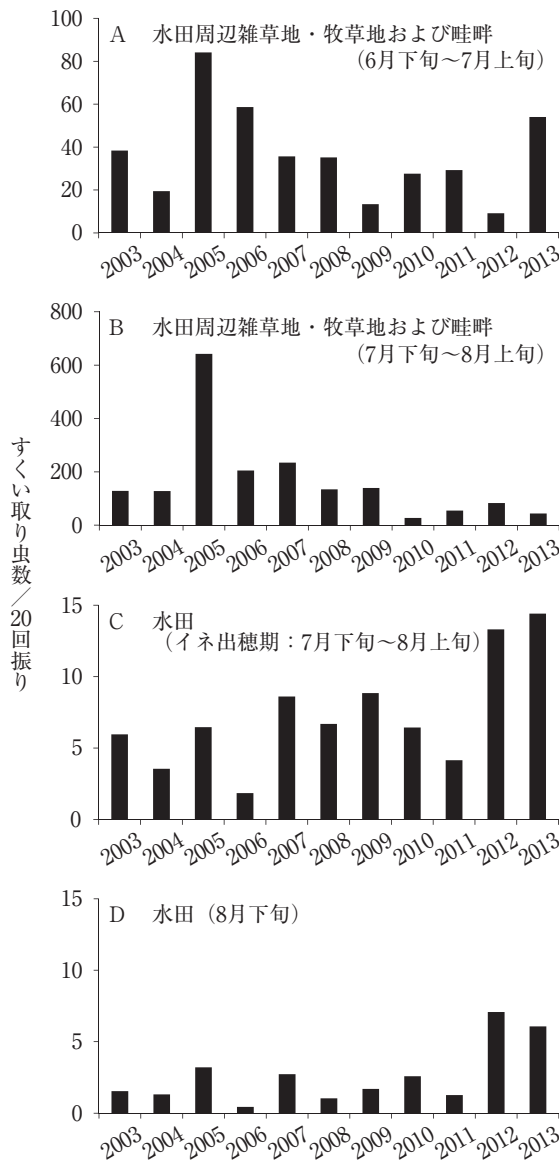


図17 宮城県における斑点米カメムシ類の発生量の年次推移

注. 宮城県病害虫防除所のすくい取り調査 (20回振り) による。虫数は全調査地点の平均値。

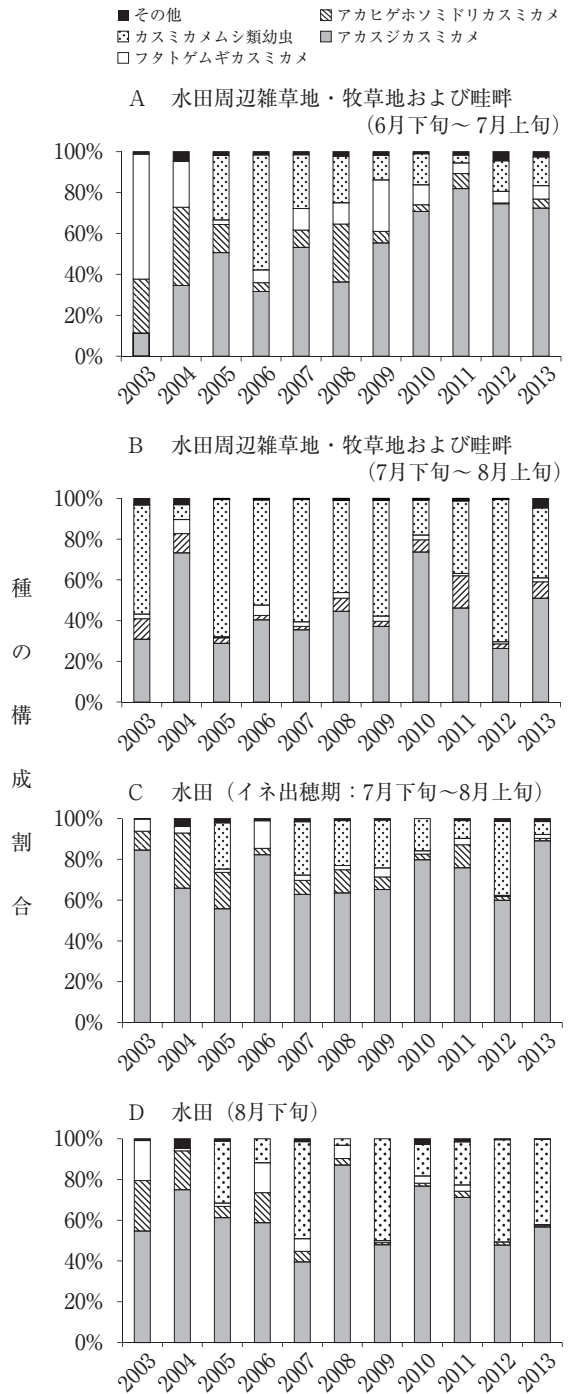


図18 宮城県における斑点米カメムシ類の種構成の年次推移

注. 宮城県病害虫防除所のすくい取り調査 (20回振り) による。2003、2004年のA、C、Dはカスミカメムシ類幼虫を成虫と区別せずに数えた。

れてこなかったアスジカスミカメによる斑点米被害が問題化し(高橋ら 1985)、1987~1988および1991年に行われた調査によって、主要種はアスジカスミカメ、フタトゲムギカスミカメ *Stenodema calcarata*、アカヒゲホソミドリカスミカメのカスミカメムシ科3種であることが判明し、なかでも種の構成割合および発生地点率をもっとも高かったアスジカスミカメは最重要種に位置付けられた(永野ら 1992)。

発生源(雑草地、牧草地および畦畔)および水田内における斑点米カメムシ類のすくい取り調査結果を図17、図18に示した。発生源におけるカメムシ類の発生量は年次によって変動が認められたが、種構成は1996~2002年の調査結果(菊地ら 2004)と比較しても大きな違いはなく、カスミカメムシ科3種が優占し、そのうちアスジカスミカメの発生をもっとも多かった。カスミカメムシ科以外ではホソハリカメムシの発生をもっとも多く、クモヘリカメムシは県南部のみで発生が確認された。

水田内では、イネの出穂期(7月下旬~8月上旬)に比べて登熟中後期にあたる8月下旬のほうがカメムシ類の発生密度は低下する傾向が認められた(図17)。いずれの時期でもアスジカスミカメの割合がもっとも高かったが、カスミカメムシ類幼虫の割合は出穂期に比べて8月下旬のほうが高かった(図18)。

2) カメムシ類の発生推移

(1) 予察灯

宮城県古川農業試験場(宮城県大崎市)内の予察灯に誘殺されたアスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの消長を図19に示した。アスジカスミカメの初誘殺は6月上中旬で、これは越冬世代成虫を捉えたものと考えられる。誘殺数は6月中旬~7月上旬にかけて1回目の山が現れた後、7月中旬~8月下旬にかけてもっとも誘殺数が多くなり、この期間に第1世代と第2世代が連続して誘殺されたものと考えられた。アカヒゲホソミドリカスミカメの越冬世代成虫は5月中旬頃に誘殺される

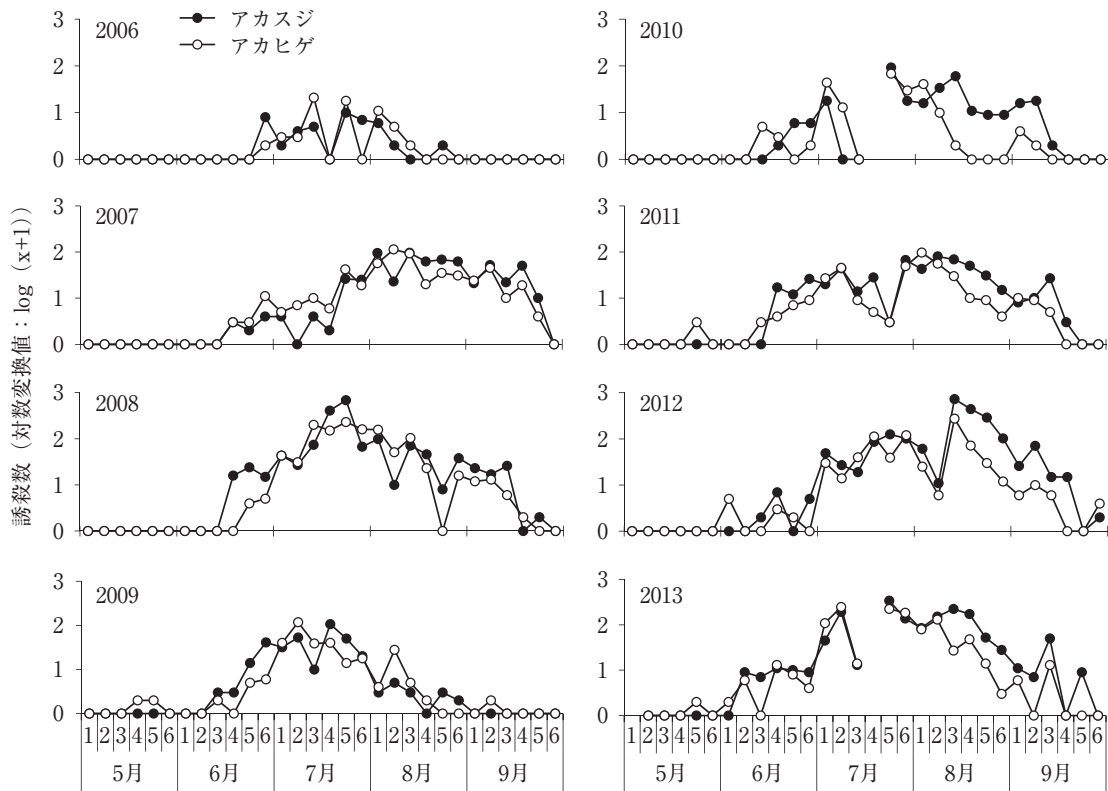


図19 宮城県における予察灯のカスミカメムシ類誘殺消長

- 注. 1) アスジ: アスジカスミカメ、アカヒゲ: アカヒゲホソミドリカスミカメ
 2) 調査場所: 宮城県大崎市(宮城県古川農業試験場内)
 3) 2010年および2013年の7月第4半旬は欠測

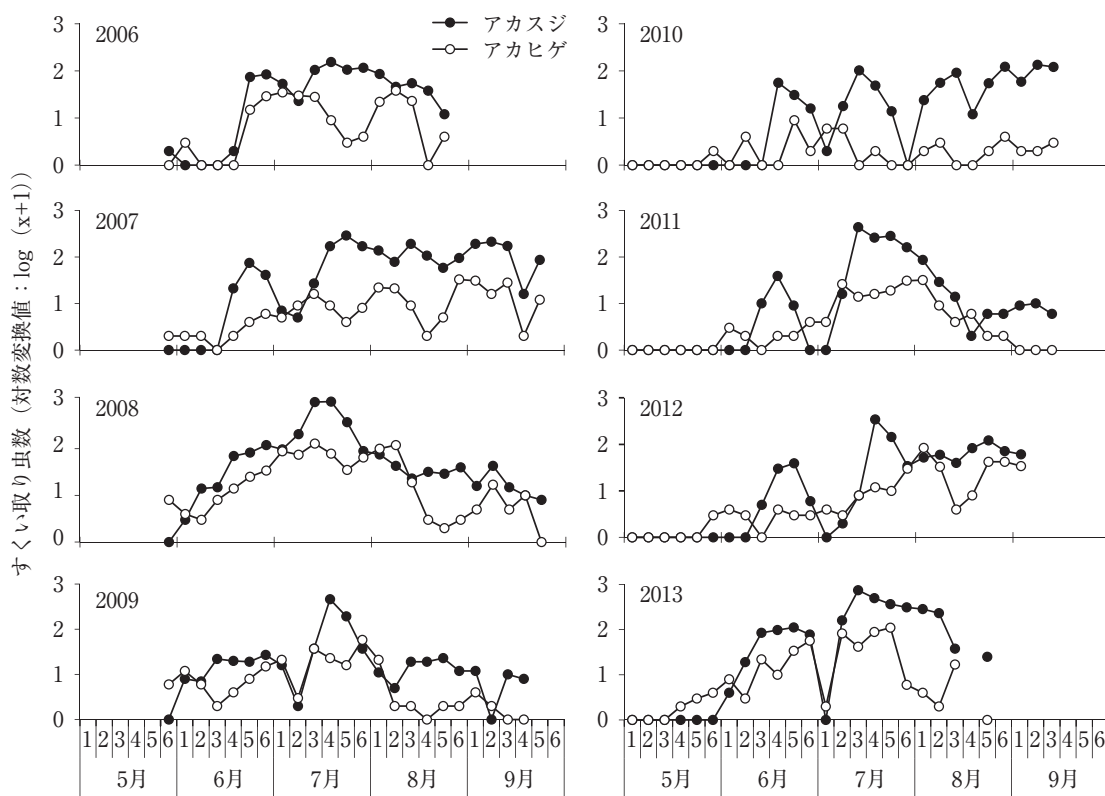


図20 宮城県の牧草地におけるすくい取り（20回振り）によるカスミカメムシ類の捕獲消長

- 注. 1) アカスジ：アカスジカスミカメ、アカヒゲ：アカヒゲホソドリカスミカメ
 2) 調査場所：宮城県大崎市（宮城県古川農業試験場内）
 3) 2013年の8月第4半旬は欠測

表3 宮城県における水稲奨励品種の年次別作付面積

年	作付面積 (ha)	作付面積割合 (%)					
		ひとめぼれ	ササニシキ	まなむすめ	コシヒカリ	つや姫	みやこがねもち
2003	78,300	74.5	14.8	4.3	1.8		2.2
2004	79,200	80.8	11.2	1.8	2.1		2.5
2005	79,500	82.7	10.3	0.8	2.0		2.6
2006	78,300	80.3	10.6	2.7	1.7		3.2
2007	76,700	79.7	10.0	4.1	1.6		3.1
2008	72,400	81.1	8.9	3.9	1.7		2.9
2009	73,300	80.3	9.3	4.4	1.6	0.0	3.4
2010	73,400	81.0	8.6	4.4	1.6	0.1	3.3
2011	66,400	79.5	8.4	5.7	1.6	0.5	3.1
2012	70,200	77.5	8.3	5.8	1.5	2.3	3.4
2013	72,200	77.4	7.3	5.5	1.5	3.9	3.3

が、誘殺数は少なく誘殺されない年もあった。6月下旬～8月中旬の誘殺は第1～第3世代成虫とみられるが、連続的に誘殺されるため各世代の発生盛期は判然としない場合が多かった。誘殺数は両種間で明瞭な差は認められなかった。

(2) すくい取り

アカスジカスミカメの成虫数は、6月中旬～7月

上旬に越冬世代による1回目の山が現れ、7月中旬～8月上旬には第1世代による2回目の山が現れた(図20)。8月中旬以降は第2世代とそれ以降の成虫とみられるが、各世代の発生盛期は判然としなかった。アカヒゲホソドリカスミカメの越冬世代は5月中旬～6月上旬、第1世代は6月中旬～7月上旬に捉えられた。その後8月下旬頃まで捕獲されたが、

表4 宮城県における地域別の割れ籾率 (%)

年	地域							県平均
	大河原	仙台	大崎	栗原	登米	石巻	気仙沼	
2003	0.3	0.7	1.6	0.7	3.5	2.1	0.3	1.4
2004	0.4	0.9	1.8	1.9	4.9	0.4	2.4	1.2
2005	1.1	0.6	1.8	0.3	0.8	1.0	0.2	0.9
2006	1.2	3.2	2.0	2.6	1.5	1.7	2.1	2.2
2007	1.4	3.6	1.9	2.6	1.6	2.0	2.4	2.2
2008	0.9	1.1	3.1	1.7	1.6	2.8	5.7	2.1
2009	0.9	1.5	1.6	1.1	1.0	1.5	1.3	1.3
2010	1.5	0.8	0.7	0.5	0.5	0.2	0.3	0.7
2011	1.4	1.2	1.2	0.8	1.1	0.8	6.7	1.2
2012	2.3	0.7	0.3	0.8	1.5	0.3	0.9	1.0
2013	2.8	1.9	3.7	1.8	1.4	1.5	1.2	2.2
平均値	1.3	1.5	1.8	1.4	1.8	1.3	2.1	1.5

注. 宮城県病害虫防除所の調査ほ場データ (1ほ場につき任意10穂をサンプリングし割れ籾率をカウント) による。品種は主に「ひとめぼれ」、一部「ササニシキ」と「まなむすめ」を含む。



図21 宮城県の地域区分

各世代の発生盛期は不明瞭に現れた。発生密度はアカヒゲホソミドリカスミカメに比べてアカスジカスミカメのほうが高く推移する傾向が認められた。

2 斑点米被害の実態と特徴

1) 主要品種の作付け状況

宮城県における主要品種「ひとめぼれ」は1999年以降作付面積で70%以上を占めている。2013年の作付面積割合は「ひとめぼれ」が77.4%と最も高く、次いで「ササニシキ」が7.3%、「まなむすめ」が5.5%と、いずれも中生品種が上位を占めた (表3)。近年、晩生の「つや姫」の作付けが増加傾向にあり、2013年の作付面積比率では3.9%に達した。

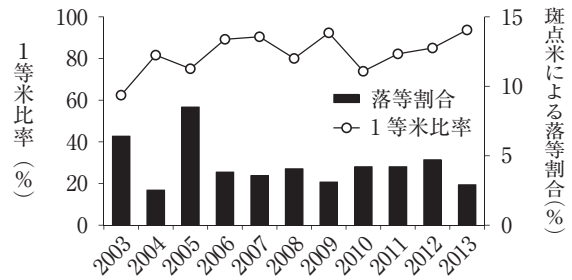


図22 宮城県産米の1等米比率と斑点米による落等割合の年次推移

注. 東北農政局発表データより作図、落等割合は全検査数量に対する割合を示す。

表5 宮城県における斑点米率 (%) の地域別の年次推移

年	地域							県平均
	大河原	仙台	大崎	栗原	登米	石巻	気仙沼	
2003	0.06	0.04	0.24	0.06	0.18	0.07	0.00	0.11
2004	0.11	0.03	0.07	0.06	0.11	0.01	0.17	0.07
2005	0.19	0.14	0.04	0.07	0.14	0.03	0.01	0.10
2006	0.02	0.04	0.07	0.07	0.47	0.03	0.11	0.10
2007	0.16	0.04	0.07	0.11	0.30	0.05	0.82	0.15
2008	0.25	0.03	0.09	0.05	0.18	0.02	0.02	0.10
2009	0.08	0.10	0.03	0.11	0.13	0.02	0.08	0.08
2010	0.37	0.04	0.04	0.13	0.16	0.02	0.06	0.12
2011	0.31	0.09	0.05	0.08	0.24	0.14	0.27	0.15
2012	0.22	0.05	0.14	0.39	0.26	0.02	0.12	0.18
2013	0.98	0.08	0.08	0.56	0.36	0.01	0.00	0.31
平均値	0.18	0.06	0.08	0.11	0.22	0.04	0.17	0.11

注. 宮城県病害虫防除所の調査ほ場データ (1ほ場につき任意50穂をサンプリングし斑点米率をカウント) による。品種は「ひとめぼれ」、一部「ササニシキ」と「まなむすめ」を含む。

「ひとめぼれ」は割れ籾の発生が少ない品種であるため、県平均の割れ籾率は概ね1~2%の低水準で推移した (表4)。ただし、割れ籾率は年次や地域区分 (図21) によって差があり、登米地域では2004年に4.9%、気仙沼地域では2011年に6.7%に達した。

2) 玄米の検査成績

宮城県産米の1等米比率は、2003~2013年の平均で81.6%であった。同比率は年次変動が大きく、2003年は62.4%でもっとも低く、2013年は93.7%でもっとも高かった (図22)。全検査数量に対して斑点米が原因で落等した数量は、2013年が2.9% (2013年12月末現在)、過去10か年の平均は4.5%であり、2003年と2005年を除けば3~4%前後で推移した。一方、病害虫防除所が実施している斑点米調

査では、2010年以降斑点米の発生は年々増加しており、2013年は過去最多の斑点米率であった（表5）。農林水産省で行う米穀検査における斑点米による落等率の傾向と、病虫害防除所巡回調査地点における斑点米発生率の傾向が異なってきた要因として、近年県内の農協や一般農家において色彩選別機の導入が進んでいることが要因として挙げられる。色彩選別機の導入によって着色米を除去した後に検査を受けている数量が増加していることから、今後は米穀検査の数値だけでは被害の実態を十分に把握できな

3) 過去の被害多発年の概況

宮城県において、2000年以前は斑点米の発生が少なく、斑点米による落等割合も1%以下であった。しかし、2002年にはその割合が4%を上回り（大鷲ら 2003）、以降、落等割合は3~4%で推移し被害が常態化している。このなかで、特に被害が大きかったのは2003年と2005年であり、総検査数量に対する落等割合はそれぞれ6.4%、8.5%に達した。

本県で発生が多いカスミカメムシ類は口器が弱く、稲を通して刺すことができないため、通常は稲の先端のわずかな隙間から加害する。このため、被害粒は主に頂部加害型となる。しかし、幼穂形成期の低温によって稲のサイズが小さくなると割れ稲が発生しやすくなり、この割れ稲が加害されると被害粒は側部加害型となる。頂部加害と側部加害の割合は、年次変動があるものの、過去10カ年の平均では頂部：側部は1.8：1程度であった（図23）。

2003年は夏期に低温が続き、イネに障害不稔が生じる典型的な冷害年であった。この年の斑点米の多

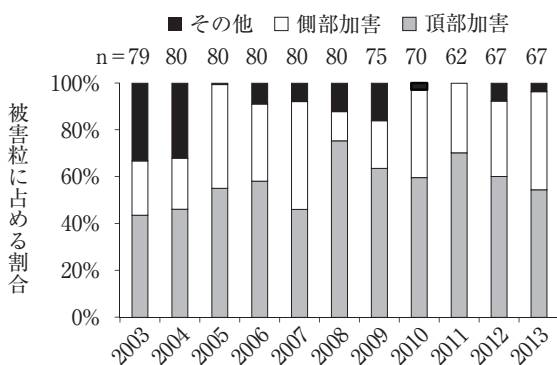


図23 加害部位別にみた斑点米の割合

注. 宮城県病虫害防除所調査（50穂の抽出調査）による。nは調査ほ場数。

発について、神名川ら（2004）は、①水田内におけるアカスジカスミカメの発生量が多く、登熟後半まで密度が高かったこと、②低温の影響により割れ稲が例年より多く発生し加害を助長したことを要因として挙げた。また、被害の地域差について、被害がもっとも大きかった迫・気仙沼地域（図21の登米地域と気仙沼地域）ではカメムシ類の発生源である転作牧草の作付割合が他地域と比べて高く、防除圧も低かったことを要因として挙げた。表4をみると、2003年の登米地域の割れ稲率は県全域のなかでもっ

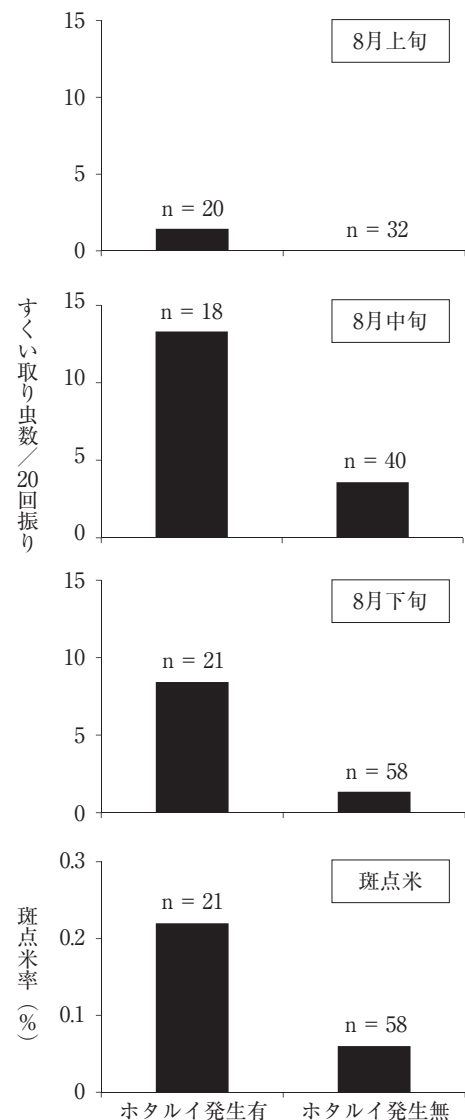


図24 2005年の宮城県における水田内のイヌホタルイの有無とカメムシ類の発生量および斑点米率の関係

注. 宮城県病虫害防除所巡回調査結果より作図。nは調査ほ場数。

とも高く、被害の地域差にも割れ糶の発生が多寡が関与していた可能性は高い。

2005年もまた、イネの幼穂形成期に低温が続き、2003年のような障害不稔の多発には至らなかったものの、割れ糶が発生しやすい気象条件であった。表4をみると、2005年は割れ糶の多発年とは言い難いが、小野(2006)は割れ糶を加害した場合に増加する側部加害の割合が高かったことから、割れ糶の発生による影響を指摘した。また、同年は水田周辺の発生源においてアカスジカスミカメを主体にカメムシ類の発生密度が高く、出穂期以降の発生密度も例年より高い状態が登熟後半まで続いた(図17、図18)。また、イヌホタルイの発生にともなう斑点米の増加も認められた(図24)。このように、2005年は割れ糶の発生だけではなく、水田周辺におけるカメムシ類の発生量の増加やイヌホタルイの発生など、いくつかの要因が複合的に関与して斑点米の多発につながったものと考えられた。

4) 被害の地域性

2003～2013年の斑点米率を地域別にみると、斑点米率が高いのは県北部の登米地域、これに県南部の大河原地域、沿岸部の気仙沼地域と続き、石巻地域と仙台地域は他地域と比較して低水準であった(表5)。出穂期におけるカメムシ類の発生密度は、気仙沼地域、石巻地域および仙台地域は、他地域と比較して低水準であった(表6)。このように、出穂期のカメムシ類の密度が高い地域では斑点米の発生

表6 宮城県の出穂期の水田における斑点米カメムシ類のすくい取り虫数の地域別の年次推移

年	地域							県平均
	大河原	仙台	大崎	栗原	登米	石巻	気仙沼	
2003	0.6	0.1	11.7	7.0	9.9	0.6	—	0.9
2004	3.9	0.8	3.9	3.1	14.8	0.2	0.0	3.6
2005	4.1	4.8	4.4	18.7	8.0	0.4	0.3	6.5
2006	0.9	1.1	2.3	2.4	7.0	0.0	0.7	1.8
2007	2.3	2.1	21.2	6.6	15.1	1.3	0.3	8.6
2008	12.4	2.3	8.6	3.8	14.1	0.3	1.5	6.7
2009	4.0	7.7	13.2	19.7	6.9	1.3	4.3	8.9
2010	5.1	9.5	7.4	0.8	13.0	1.0	0.0	6.4
2011	13.6	0.8	2.8	0.4	5.5	5.3	0.0	4.1
2012	25.0	2.8	15.7	22.3	11.6	9.7	2.0	13.3
2013	16.8	0.3	23.5	17.6	25.3	3.6	2.0	14.4
平均値	7.2	3.2	9.1	8.5	10.6	2.0	1.0	6.1

注. 宮城県病害虫防除所の調査は場データ(すくいとり数は20回振り)による。

量が多く、カメムシ類の密度が低い地域では斑点米の発生も少ない傾向が認められた。

3 宮城県における斑点米カメムシ類の研究事例と今後の課題

1) 周辺環境

アカスジカスミカメは卵で越冬し、越冬世代成虫は6月下旬～7月上旬に現れる。次の第1世代は幼虫の発生盛期が7月中旬～下旬、成虫の発生盛期が7月下旬に現れる。イタリアンライグラスの牧草地では、この第1世代が高密度に発生してイネが出穂すると周辺の水田へ飛来して加害するが、その影響は発生源から100m離れた水田にまで及ぶ(小野ら2010)。転作牧草の作付割合が高い地域で斑点米被害が多かった2003年の事例(神名川ら2004)から、牧草地の存在が斑点米被害に強く影響することがうかがえる。

2) 割れ糶の発生

アカスジカスミカメによる斑点米被害は、割れ糶の発生によって増大する(宮田1991)。割れ糶の発生には品種間差があり、本県の主要品種である「ひとめぼれ」や「ササニシキ」では比較的発生しにくい(大場・小野2004)。しかし、糶殻が發育する7月に低温や日照不足に遭遇すると糶殻が小さくなり、割れ糶が発生しやすくなる(二瓶・橋本1992)。冷害年の2003年には割れ糶の発生にともなう斑点米被害が増加したことは先に述べたとおりである。

3) 雑草管理

水田雑草のうち、イネ科のノビエ、カヤツリグサ科のイヌホタルイやシズイが発生した水田ではアカスジカスミカメの発生密度が高まって斑点米が増加することが知られている(後藤ら2000、大友ら2005、加進ら2009)。宮城県では、特にイヌホタルイの発生が目立っており、このような水田では斑点米率が高い傾向がみられている(図24)。

4) 殺虫剤防除

斑点米カメムシ類を対象とした防除面積は、2003年以降増加傾向にある(図25)。2011年は東日本大震災で津波被災した沿岸部(気仙沼、石巻、仙台地域)を中心に作付面積が減少し、防除面積はいったん減少した。しかし、2012年は作付面積の回復にともなう再び増加した。防除手段として無人ヘリコプターの利用割合が高く、2013年には防除面積に占める割合が59%に達した。無人ヘリコプターによる

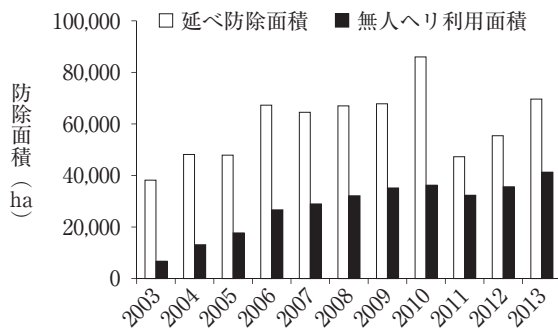


図25 宮城県における斑点米カメムシ類の防除面積の年次推移

注. 宮城県病害虫防除所の農薬流通量調査および無人ヘリコプター実績調査による。

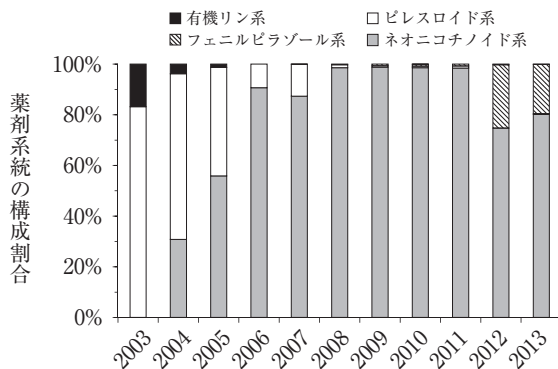


図26 宮城県の水稲において無人ヘリコプター防除に利用される薬剤系統の年次推移

注. 宮城県病害虫防除所の無人ヘリコプター実績調査による。

防除で使用される薬剤は、過去には有機リン系とピレスロイド系が多用されたが、ここ10年でネオニコチノイド系が8～9割を占めるようになり、最近では、フェニルピラゾール系の使用も増加傾向にある(図26)。

小野ら(2010)は系統の異なる殺虫剤を用いて試験をした結果、防除効果はネオニコチノイド系のジノテフランがもっとも高く、防除時期を穂揃期とその7日後の2回とすることで防除効果が安定することを報告した。ただし、アカスジカスミカメの水田への侵入時期や水田内の消長は一樣ではなく、散布時期や散布回数について、さらに事例を集めて検討する必要があると指摘した。

5) 東日本大震災の影響

2011年3月11日の大震災で津波被災した沿岸部では、海水とともに瓦礫や泥土が農地に流入した。復旧作業が間に合わず休耕した水田の多くは雑草が繁

茂した状態となった(大川 2012)。特に、イヌビエ *Echinochloa crus-galli* やコウキヤガラ *Bolboschoenus maritimus* が群生した場所は、アカスジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメの繁殖場所となっていた(佐藤ら 2013)。このような被災地の雑草対策として、同年10月に無人ヘリコプターによる除草剤散布が可能となり、また、2012年以降は地域で組織化された復興組合によって雑草管理が行われ、復旧には進展がみられた。しかし、2014年現在も未復旧農地では雑草が繁茂してカメムシ類が発生している状態が確認されており、このような休耕田周辺でイネを耕作した生産者のなかには、斑点米が多く発生したため色彩選別機を利用した事例もみられた。

6) 今後の対策

アカスジカスミカメの主要な発生源であるイタリアンライグラス牧草地では、植生管理によって発生を抑制することが重要である。小野ら(2010)は、第1世代幼虫発生盛期の7月中～下旬に草刈りを行うことで第1世代成虫の密度を低下させ、周辺水田における斑点米被害を低減できることを明らかにした。宮城県では、この技術を基本として適期の草刈りを指導している。ただし、アカスジカスミカメの発生時期は地域や気象条件によって変動するため、より正確に草刈り時期を判断する方法としてフェロモントラップの利用技術を検討中である。また、転作牧草として有望視されているフェストロリウム *Festulolium* spp. はアカスジカスミカメの発生源となることがわかっており(大概ら 2011)、普及に当たってはカメムシ類の発生源としてのリスクに注意が必要である。

水田内におけるイヌビエやイヌホタルイの発生は、アカスジカスミカメの発生量や被害量に影響を及ぼす(後藤ら 2000、加進ら 2009)。イヌホタルイは、2000年ごろからスルホニルウレア系除草剤抵抗性の発達によって多発生が問題となった(内野ら 2005)。その後、抵抗性対策の除草剤が普及したが、現在も多発生は場は広い範囲で確認されており、新しいタイプの抵抗性個体群も確認されている(大川ら 2013)。有効な除草剤の選択と追加除草の実施(加進 2014)、水管理の適正化など雑草管理上の基本技術を改めて励行する必要がある。

図25および図26に示したとおり、無人ヘリコプターを利用した広域散布が主流となっており、同

一系統の薬剤が連年使用されることも少なくない。斑点米カメムシ類では薬剤感受性に関する知見は少ないが、アカヒゲホソミドリカスミカメでは有機リン系殺虫剤のMEP、MPPに対する感受性低下が報告されている(石本 2004、吉村・越智 2010)。今後はアカスジカスミカメにおいても抵抗性の発達に注意する必要がある。Kashin and Watanabe (2012) はアカスジカスミカメにおける感受性検定手法を提示した。この手法を利用した感受性のモニタリングを進めていく必要がある。

引用文献

- 1) 藤崎祐一郎. 1982. 宮城県における水田に生息するカメムシ類と斑点米発生の検討. 宮城農セ研報 49 : 45-58.
- 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) 石本万寿広. 2004. 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.
- 4) 神名川真三郎, 今関美菜子, 門間陽一. 2004. 宮城県における斑点米多発とその要因. 北日本病虫研報 55 : 125-127.
- 5) 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.
- 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) Kashin, J.; Watanabe, T. 2012. Method of testing insecticide susceptibility of *Stenotus rubrovittatus* (Hemiptera: Miridae) by topical application. Appl. Entomol. Zool. 47 : 467-473.
- 8) 菊地淳志, 菅野洋光, 木村利幸, 後藤純子, 小野 亨, 新山徳光, 滝田雅美, 松木伸浩, 大場淳司, 堀末 登. 2004. 東北地域における斑点米カメムシ類の発生と被害実態調査. 東北農研研報 102. 101-180.
- 9) 宮田将秀. 1991. アカスジメクラガメによる斑点米に対する割れ粃の影響. 北日本病虫研報 42 : 106-108.
- 10) 永野敏光, 藤崎祐一郎, 宮田将秀. 1992. 宮城県における斑点米の原因となるカメムシ類の発生状況. 宮城農セ研報 58 : 10-24.
- 11) 二瓶信男, 橋本和博. 1992. 水稻の割れ粃に関する諸問題 (1). 農業および園芸 67 (10) : 1089-1093.
- 12) 大場淳司, 小野 亨. 2004. 冷害年における割れ粃の発生が斑点米カメムシ類の加害に与える影響. 北日本病虫研報 55 : 122-124.
- 13) 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.
- 14) 大川茂範. 2012. 東日本大震災により被害を受けた農地の現状と復旧に向けた取り組み. 植調 46 (4) : 127-142.
- 15) 大川茂範, 北川誉紘, 青木大輔, 内野 彰. 2013. 宮城県の水稲作圃場におけるALS阻害剤交差抵抗性イヌホタルイの確認. 雑草研究 58 (別) : 94.
- 16) 小野 亨. 2006. 2005年宮城県における斑点米カメムシ類の発生状況と防除. 今月の農業 50 (7) : 20-26.
- 17) 小野 亨, 加進丈二, 城所 隆, 佐藤浩也, 石原なつこ. 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.
- 18) 大槻恵太, 鈴木智貴, 加進丈二, 小野 亨. 2011. 牧草種フェストロリウムにおけるアカスジカスミカメの産卵と発生消長. 北日本病虫研報 62 : 199-203.
- 19) 大鷲高志, 神名川真三郎, 林かずよ, 日向真理子. 2003. 宮城県における斑点米多発年の被害の特徴. 北日本病虫研報 54 : 96-98.
- 20) 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.
- 21) 高橋富士男, 永野敏光, 佐藤智美. 1985. 宮城県北部におけるアカスジメクラガメによる斑点米の発生. 北日本病虫研報 36 : 38-40.
- 22) 内野 彰, 渡邊寛明, 菊池晴志, 三浦嘉浩, 尾形 茂, 白井智彦, 吉田修一, 谷なつこ, 三浦恒子, 田口奈穂子, 矢野真二, 伊藤博樹, 新田靖晃. 2005. 東北6県における2003年までのス

ルホニルウレア系除草剤抵抗性水田雑草の確認状況. 東北の雑草 5:24-28.

- 23) 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.

(宮城県古川農業試験場 加進丈二、宮城県病害虫防除所 高城拓未)

D. 秋田県

1 2003年～2013年のカメムシ類の発生推移

秋田県内6か所に設置されている予察灯におけるアサジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの平均誘殺数の年次推移を図27に、同データの両種の割合を図28に示した。2003～2006年におけるアサジカスミカメの割合は3%未満であったが、2007～2009年は約10～20%、2010～2013年は約30～50%となっており、近年はアサジカスミカメの占める割合が高くなっている。

本県では病害虫発生予察事業の調査において、県

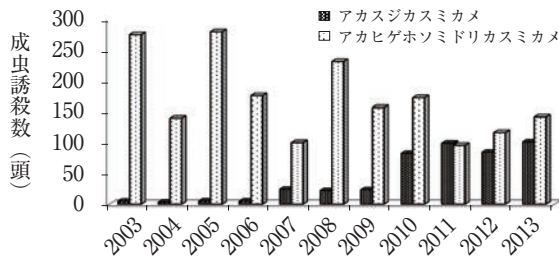


図27 予察灯誘殺数の年次推移

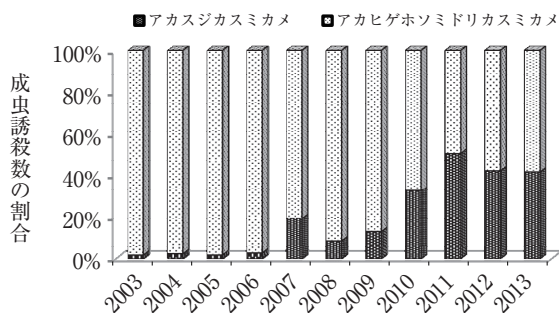


図28 秋田県におけるカスミカメムシ2種の予察灯誘殺数割合の年次推移

内100～120地点の水稲ほ場で、畦畔では捕虫網による40回振り調査、水田内では20回振り調査を実施している。畦畔におけるカスミカメ2種の平均すくい取り数の年次推移を図29-31に、水田内にお

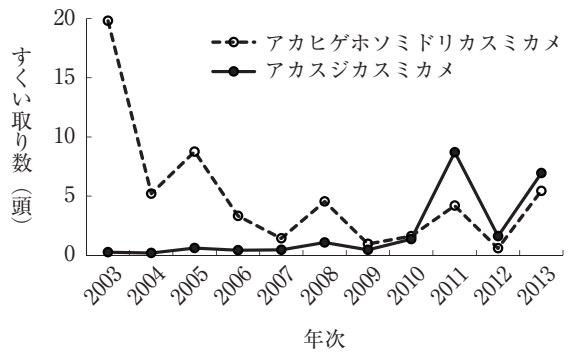


図29 秋田県における7月上旬の畦畔におけるすくい取り数(40回振り)年次推移

注. 2003～2008年の調査は120ほ場、2009～2013は100ほ場

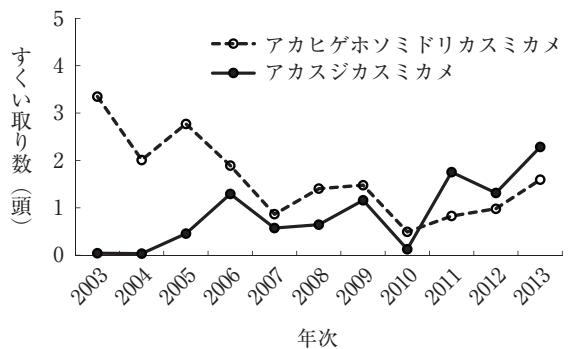


図30 秋田県の7月下旬の畦畔におけるすくい取り数(40回振り)年次推移

注. 2003～2008年の調査は120ほ場、2009～2013は100ほ場

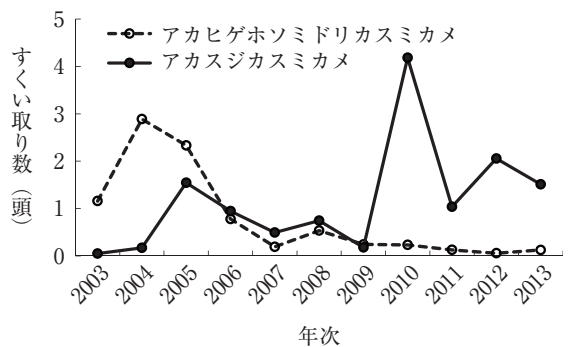


図31 秋田県の9月中旬の畦畔におけるすくい取り数(40回振り)年次推移

注. 2003～2008年の調査は120ほ場、2009～2013は100ほ場

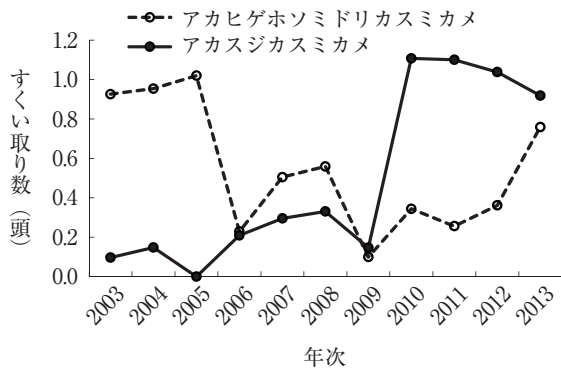


図32 秋田県の8月上旬の水田内におけるすくい取り数(20回振り)年次推移

注. 2003~2008年の調査は120ほ場、2009~2013は100ほ場

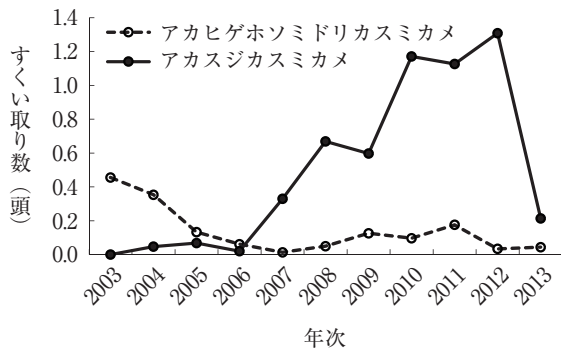


図33 秋田県の8月中下旬の水田内におけるすくい取り数(20回振り)年次推移

注. 2003~2008年の調査は120ほ場、2009~2013は100ほ場

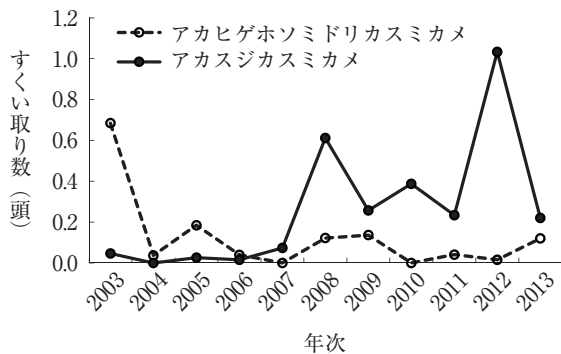


図34 秋田県の9月中旬の水田内におけるすくい取り数(20回振り)年次推移

注. 2003~2008年の調査は120ほ場、2009~2013は100ほ場

る両種の平均すくい取り数の年次推移を図32-34に示した。

7月上旬と7月下旬の畦畔では、2003~2010年はアカヒゲホソミドリカスミカメがアカスジカスミカ

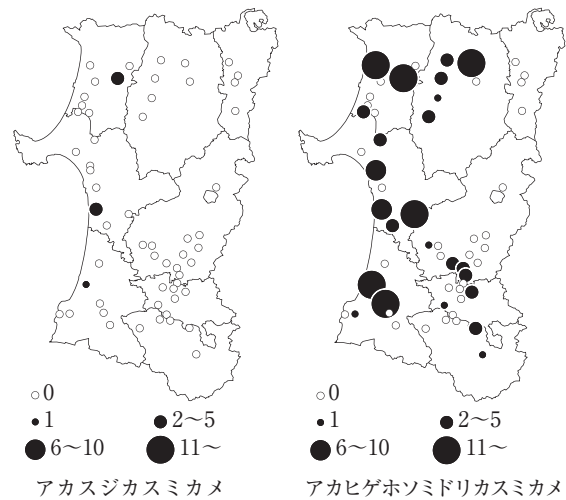


図35 秋田県の畦畔におけるすくい取り数の分布(2004年9月中旬)

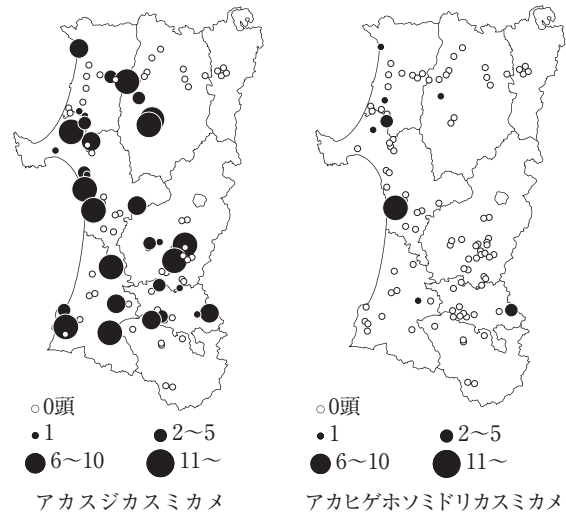


図36 秋田県の畦畔におけるすくい取り数の分布(2010年9月中旬)

メを上回っていたが、2011~2013年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を上回った。9月中旬の畦畔ではこれとはやや傾向が異なり、2006~2009年にアカスジカスミカメがやや上回り、2010~2013年は明らかにアカスジカスミカメがアカヒゲホソミドリカスミカメを上回った。

8月上旬の水田内において、2003~2008年はアカヒゲホソミドリカスミカメがアカスジカスミカメより多かったが、2009~2013年は逆の傾向だった。8月中下旬と9月中旬の水田内も似た傾向であり、2003~2006年はアカヒゲホソミドリカスミカメがアカスジカスミカメより多かったが、2007~2013年は

アサジカスミカメのほうが多かった。

カスミカメ2種の県内分布の変化を見るために、2004年と2010年の畦畔におけるすくい取り数の分布を示した(図35、36)。2004年はアカヒゲホソミドリカスミカメがほぼ県内全域に分布し、アサジカスミカメは一部の地点に限られた分布であったが、2010年は2004年とは逆にアサジカスミカメがほぼ県内全域に分布し、アカヒゲホソミドリカスミカメは一部の地点に限られた分布状況となっていた。

以上のことから、甚大な斑点米被害となった1999年以降、本県における斑点米カメムシ類の主要種はアカヒゲホソミドリカスミカメであったが、徐々にアサジカスミカメの割合が高くなり、2010年ごろを境にアサジカスミカメが優占種になったと考えられる。

2 斑点米被害の実態と特徴

1) 主要品種の作付け状況

2003～2011年は作付けの80%以上を「あきたこまち」が占めていたが、2012～2013年は割合が低下している。その他、「ひとめぼれ」が約7～10%、「めんこいな」が約2～7%となっている(表7)。「あきたこまち」は県内全域で栽培され、「ひとめぼれ」は県南部日本海側の由利地域を中心とした沿岸南部での栽培が多い。

品種ごとの割れ糶率を系統的に調査したデータはないが、抽出ほ場調査における地域ごとの割れ糶率の年次推移を表8に示した。秋田県では「あきたこまち」の作付け割合が高いことから、ほぼ「あきたこ

まち」の割れ糶率と考えられるが、由利地域では比較的割れ糶率が低い「ひとめぼれ」の作付けが多く、このために県中央部の割れ糶率は相対的に低いのであろう。年次間差も大きく、全県平均で30%を超える年もあれば、2004年のように台風による潮風害を受けたため登熟不良により極端に割れ糶率が低い年もある。

2) 玄米の検査成績

2003年以降の1等米比率では2004年が76.1%、2010年が72.9%で比較的低く、その他の年次は90%前後を確保している。1等米比率低下の主な原因は、2004年では台風がもたらした潮風害による充実度不足であり、2010年では主に高温障害による品質低下(心白・腹白)であった。総検査数量に対するカメムシ被害で落等した割合は、2003年が6.2%、2005年が6.5%、2010年が4.4%、2012年が5.3%で、比較的高かった(表9)。

3) 過去の被害多発年の概況

過去30年間における総検査数量に対するカメムシ被害で落等した割合を見ると、1999年が21.4%でもっとも被害が大きかった(表9)。1998年以前のカメムシ被害は、地域的に見ると県南部を中心とした発生で落等率もそれほど大きくなかったが、1999年は県内全域で被害が発生し、抽出ほ場調査における斑点米混入率は平年の10倍以上であった。このような大きな被害をもたらした要因として、①アカヒゲホソミドリカスミカメの異常発生、②アカヒゲホソミドリカスミカメの糊熟期以降の加害、③割れ糶

表7 秋田県における主要品種の作付面積率
(単位：%)

年次	あきたこまち	ひとめぼれ	めんこいな	その他
2003	81.4	7.1	7.0	4.5
2004	85.0	7.8	4.1	3.1
2005	87.3	7.5	2.9	2.3
2006	87.9	7.5	2.4	2.2
2007	86.7	8.7	2.9	1.7
2008	84.0	9.8	4.5	1.7
2009	81.2	10.2	6.5	2.1
2010	81.0	9.0	6.0	4.0
2011	80.0	9.0	6.0	5.0
2012	79.0	9.0	6.0	6.0
2013	75.3	8.4	6.3	10.0

注. 2003～2009年は農林水産省、2010～2013年は種子からの推計

表8 秋田県の抽出ほ場調査における割れ糶率
(単位：%)

年次	県北部	県中央部	県南部	全県
2003	42.4	19.8	45.2	36.1
2004	4.0	1.1	2.7	2.5
2005	28.0	19.8	28.4	25.5
2006	41.5	18.4	48.6	36.9
2007	27.9	5.7	27.4	20.4
2008	6.6	4.1	13.6	8.8
2009	12.3	2.6	17.5	11.3
2010	14.5	11.9	30.3	20.4
2011	20.2	15.2	17.2	17.3
2012	9.6	9.7	22.2	15.1
2013	2.3	5.9	13.1	8.2
平均	19.0	10.4	24.2	18.4

注. 秋田県病害虫防除所による抽出ほ場の平均値。2003～2007年は各ほ場10穂、2008～2013年は5穂の調査結果

表9 秋田県の過去30年間の落等理由に占めるカメムシ被害の割合 (単位: %)^a

年次	1等米比率	カメムシ被害		年次	1等米比率	カメムシ被害	
		落等理由 ^b	落等率 ^c			落等理由 ^b	落等率 ^c
1984	82.0	1.0	0.2	1999	51.4	44.1	21.4
1985	85.2	2.7	0.4	2000	84.6	33.2	5.1
1986	92.0	9.2	0.7	2001	86.3	33.7	4.6
1987	83.9	2.3	0.4	2002	80.3	28.2	5.6
1988	80.9	20.1	3.8	2003	86.0	44.0	6.2
1989	83.8	4.2	0.7	2004	76.1	2.3	0.5
1990	90.7	3.4	0.3	2005	87.5	52.1	6.5
1991	91.4	14.0	1.2	2006	92.0	25.2	2.0
1992	93.1	10.5	0.7	2007	92.5	14.1	1.1
1993	86.5	14.2	1.9	2008	94.3	29.7	1.7
1994	89.7	11.1	1.1	2009	94.8	18.5	1.0
1995	94.5	4.8	0.3	2010	72.9	16.3	4.4
1996	96.0	14.2	0.6	2011	90.9	31.4	2.9
1997	94.3	13.3	0.8	2012	87.0	40.9	5.3
1998	86.9	11.4	1.5	2013	91.8	34.8	2.9

a : 東北農政局発表データより作成

b : 落等理由に占める割合

c : 全検査数量に占めるカメムシ類による落等率

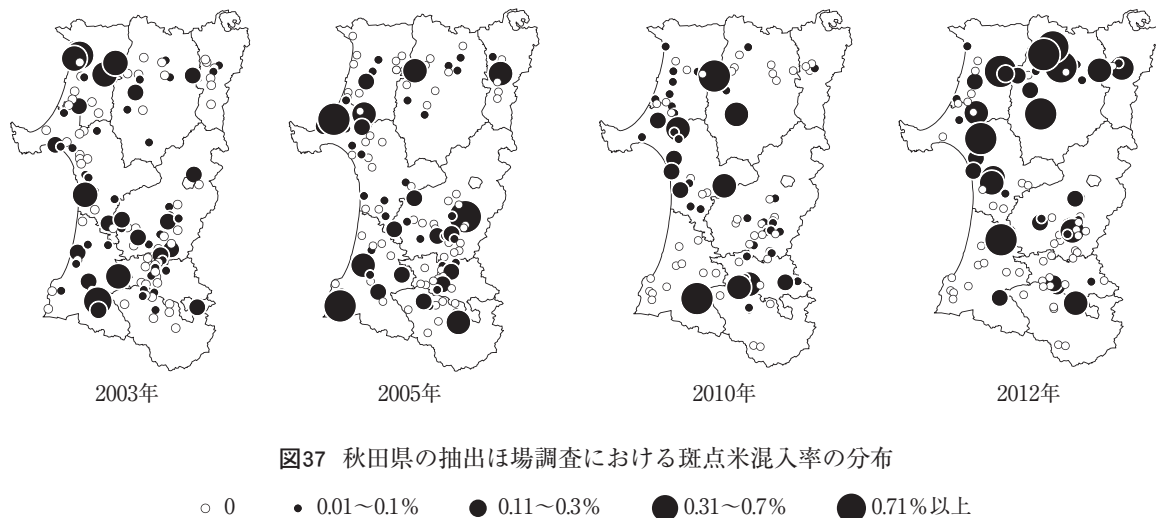


図37 秋田県の抽出ほ場調査における斑点米混入率の分布

の多発、④防除の不備が考えられた。アカヒゲホソミドリカスミカメの異常発生の原因については、6～7月の気温が高く、適度な降水量があったため増殖に適していたこと、カメムシ類の生息地となる雑草地や牧草地が増加したことが考えられた。糊熟期以降の加害については、水田内の発生種がアカヒゲホソミドリカスミカメの幼虫が主体であったことから、稲での増殖が大きく関与していると考えられた。8月の気温が非常に高かったことも、アカヒゲホソミドリカスミカメの増殖や加害を助長したと考えられた。また、糊熟期以降の加害はそれまで想定されていなかった加害時期であり、出穂期～乳熟期

に行っていた薬剤防除では十分な効果を発揮できなかったと考えられた。斑点米の大部分は側部斑点米であったことから、さらに割れ籾の多発の影響も示唆された。薬剤による防除は航空防除が主体で、有機リン剤や合成ピレスロイド剤を出穂期頃に1回散布する程度であった。

4) 被害の地域性

斑点米の発生が比較的多かった2003年、2005年、2010年、2012年における抽出ほ場調査の斑点米混入率の分布を見ると、2012年は県北部で多い傾向があるが、その他の年次は県全域で被害が発生しており地域的な偏りは大きくなかった (図37)。

3 秋田県における斑点米カメムシ類の研究事例と今後の課題

1) 畦畔管理による斑点米カメムシ類防除

アカヒゲホソミドリカスミカメが優占する一般ほ場において、発生源となる畦畔・農道を対象に第1世代発生盛期である6月下旬～7月上旬に除草剤を散布すると8月上旬の水田侵入を抑制し、発生源への除草剤散布だけで斑点米被害を回避できる可能性が示唆された(新山・糸山 2006)。

1 ha 程度の大区画圃場では7月中旬までに畦畔の草刈りを行い、その後、出穂期の6～8日前にジノテフラン液剤を用いて畦畔防除を行うと、出穂期ころの畦畔のカスミカメムシ類の発生が抑制された。そのため出穂期以降の水田内のカスミカメムシ類の発生が少なくなり斑点米被害が低減できた(高橋・菊池 2010)。

また、20～30a規模の水田では、畦畔草刈り後のジノテフラン剤を用いた畦畔防除に加えてチアマトキサム(8%)・ピロキロン(12%)箱粒剤を施用

することで出穂期ころの畦畔および出穂期以降の水田内のカスミカメムシ類密度を低下させ、斑点米混入率が0.1%未満となった事例が確認された(高橋・菊池 2011)。

2) 水田内雑草管理と斑点米カメムシ類防除

ア. ノビエ発生田のアカスジカスミカメ多発事例と薬剤防除対策

近年秋田県では、8月中旬以降にノビエの穂が多発生するほ場が多い。このようなほ場では、アカスジカスミカメ幼虫の発生盛期が8月中旬に認められ、8月下旬のノビエ穂数が多いほどアカスジカスミカメによる側部加害を主体とした斑点米が増加することが明らかになった(高橋・菊池 2013)。

そこで8月中旬以降にノビエが多発した場合の防除体系について検討を行った。その結果、出穂期や出穂期9日後の1回散布の斑点米抑制効果は低いが、出穂期9日後+出穂期23日後の2回散布は斑点米抑制効果が高かった(表10)。

イ. イヌホタルイ多発田の事例と薬剤防除対策

2008年に県南部のほ場において、イヌホタルイを主体とした雑草多発田が一部で確認された。そこで、雑草発生程度別のアカスジカスミカメによる斑点米被害について解析を行った。作付品種は「あきたこまち」、出穂期は8月5日、薬剤防除は8月25日にジノテフラン液剤が散布された。

水田内のすくい取り調査を8月7日に実施した結果、水田内雑草程度が「多」のほ場では、「無」または「少」のほ場に比べてアカスジカスミカメ成虫とカスミカメムシ類幼虫が多く確認された(図38)。斑点米混入率は、水田内雑草「無」または「少」のほ場に比べて「多」のほ場では頂部加害を主体とした斑点米が多かった(図39)。

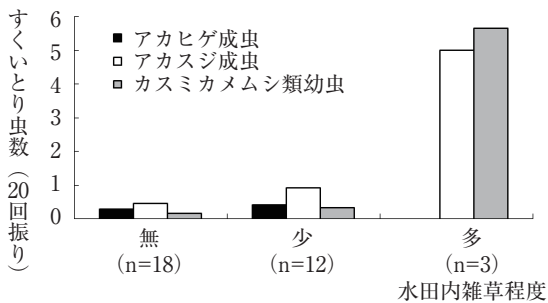


図38 秋田県南部における水田内雑草発生程度別のすくい取り虫数

注. 雑草種はイヌホタルイが主体。すくい取り調査:8/7。n: 調査ほ場数

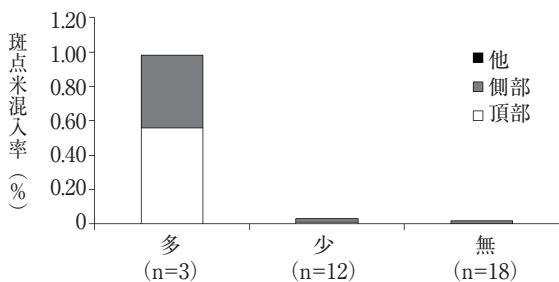


図39 秋田県南部における雑草発生程度別の斑点米混入率

注. n: 調査ほ場数

表10 秋田県農試内のほ場におけるノビエ多発時の斑点米調査結果

試験薬剤	散布時期 (出穂期後日数)	加害部位別斑点米混入率 (%)			
		頂部	側部	他	計
ジノテフラン液剤 ^{a)}	0	0.022	0.375	0	0.396
ジノテフラン液剤 ^{a)}	9	0.044	0.172	0	0.216
ジノテフラン液剤 ^{a)}	9	0.050	0.006	0	0.056
+					
エチプロールフロアブル ^{b)}	23				
無処理	-	0.039	0.597	0	0.636

a) 1,000倍液150L/10a散布

b) 2,000倍液150L/10a散布

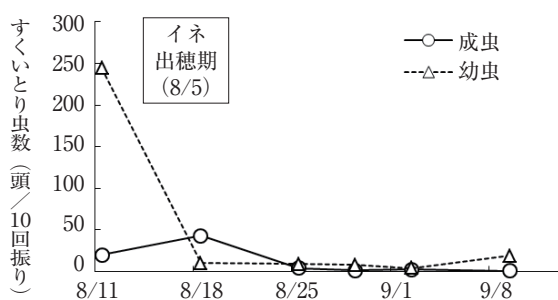


図40 秋田県農試内のイヌホタルイ多発田におけるアカスジカスミカメ発生消長

表11 秋田県農試内のほ場におけるイヌホタルイ多発時の斑点米調査結果

試験薬剤	散布時期 (出穂期後日数)	加害部位別斑点米混入率 (%)			
		頂部	側部	他	計
ジノテフラン液剤 ^{a)}	6	0.04	0.09	0	0.12
ジノテフラン液剤 ^{a)}	10	0.05	0.02	0	0.06
無処理	-	1.52	0.93	0	2.45

a) 1,000倍液150L/10a散布

イヌホタルイ多発田におけるアカスジカスミカメ発生消長調査では、イヌホタルイの出穂は7月から認められ、成虫が稲の出穂前の早期から水田内に侵入し、小穂に産卵したことによると推察される幼虫多発が8月11日に確認された(図40)。この時、薬剤散布は出穂期6日後よりも出穂期10日後の斑点米抑制効果が高かった(表11)。

3) 残された課題と今後の展望

本県では、斑点米カメムシ類の主要種がアカヒゲホソミドリカスミカメからアカスジカスミカメに変化している。両種の発生生態には異なる点があるため、防除対策も異なったものとなる。アカヒゲホソミドリカスミカメは防除対策として水田内雑草管理の必要性は低かったが、主要種がアカスジカスミカメに変化した現在では、適正な除草剤の使用等による水田内雑草対策が重要なポイントである。そのため、加害種の変化に伴う防除対策について関係機関と連携した啓発活動が必要である。また、アカスジカスミカメには有効な薬剤が少なく、従来とは系統の異なる有効薬剤の検索も必要である。

発生予察の面では、水田内のノビエやホタルイ類の発生密度とアカスジカスミカメの発生量や斑点米によって落等する確率等の関係が明らかにされているため、今後は水田内雑草密度を調査し、アカスジ

カスミカメ発生量や斑点米発生量の予測に活用できるか、検討する必要がある。

引用文献

- 1) 新山徳光, 飯富暁康. 2003. 秋田県におけるアカヒゲホソミドリカスミカメに対する薬剤散布適期. 北日本病虫研報 54: 99-101.
- 2) 新山徳光, 糸山 享. 2004. アカヒゲホソミドリカスミカメに対するネオニコチノイド系薬剤1回散布の防除効果. 北日本病虫研報 55: 131-133.
- 3) 新山徳光, 糸山 享. 2005. ジノテフラン剤1回散布によるアカヒゲホソミドリカスミカメ防除の現地実証. 北日本病虫研報 56: 111-112.
- 4) 新山徳光, 糸山 享. 2006. 発生源への除草剤散布によるアカヒゲホソミドリカスミカメの防除. 北日本病虫研報 57: 129-133.
- 5) 高橋良知, 菊池英樹. 2010. カスミカメムシ類による斑点米被害を低減する畦畔管理技術の検討. 北日本病虫研報 61: 116-120.
- 6) 高橋良知, 菊池英樹. 2011. 中・小区画水田における畦畔管理による斑点米抑制技術の検討. 北日本病虫研報 62: 106-111.
- 7) 高橋良知, 菊池英樹. 2013. 水田内における8月以降のノビエ出穂がアカスジカスミカメによる斑点米発生に及ぼす影響. 北日本病虫研報 64: 126-129.

(秋田県病害虫防除所 新山徳光、秋田県農業試験場 高橋良知)

E 山形県

1 2003年～2013年のカメムシ類の発生推移

1) 主要カメムシ種の動向

山形県では1999年の斑点米被害の多発以降、アカヒゲホソミドリカスミカメが加害の主要種で、次いでオトゲシラホシカメムシが少数ながら発生している状況であったが、2008年からは、アカスジカスミカメが分布を拡大し、全体の発生量に占める割合も増加している(図41)。

アカスジカスミカメは山形県病害虫防除所の調査により1999年に数十年ぶりに発生が確認され、2000年には分布の拡大が確認されたが(本田ら 2001)、2001年以降、発生は確認されていなかった。しかし、2007年に県内44の調査地点のうち、3地点で発

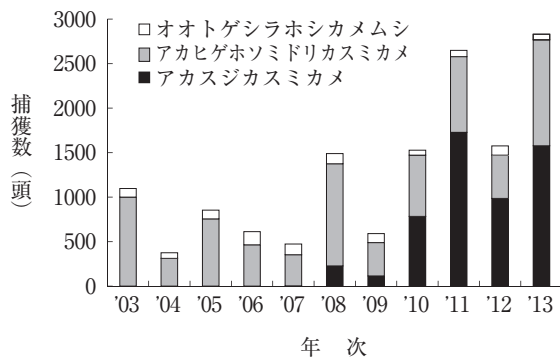


図41 畦畔等におけるすくい取り捕獲総数の推移 (山形県病害虫防除所調査)

注. 県内42地点、捕虫網(直径36cm、鋼鉄製四折式枠、柄の長さ1m)20回振り、5月後半から9月前半まで8回調査の成虫・幼虫(若齢も含む)の総数

生が確認されると、2009年には13地点、2011年には36地点と拡大し、2013年には44地点全てで本種の発生が確認された(図42)。本県を4つに分けた地域別に分布の拡大をみると(図43)、県北部の最上地域がもっとも早く、2007年から2008年にかけて確認地点率が急増した。ついで県南部の置賜地域で2009年から2010年にかけて、県中央部の村山地域では2010年から2011年にかけて急増がみられた。一方、日本海沿岸部の庄内地域では他地域に見られるような急増はなく、2007年から2012年にかけて、ほぼ直線的に地点率が増加した(図44)。

捕獲される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よりも多くなった調査地点は2009年に最上地域に現れ、その後増加し、最上、置賜、庄内地域では2011年までにそれぞれ調査地点

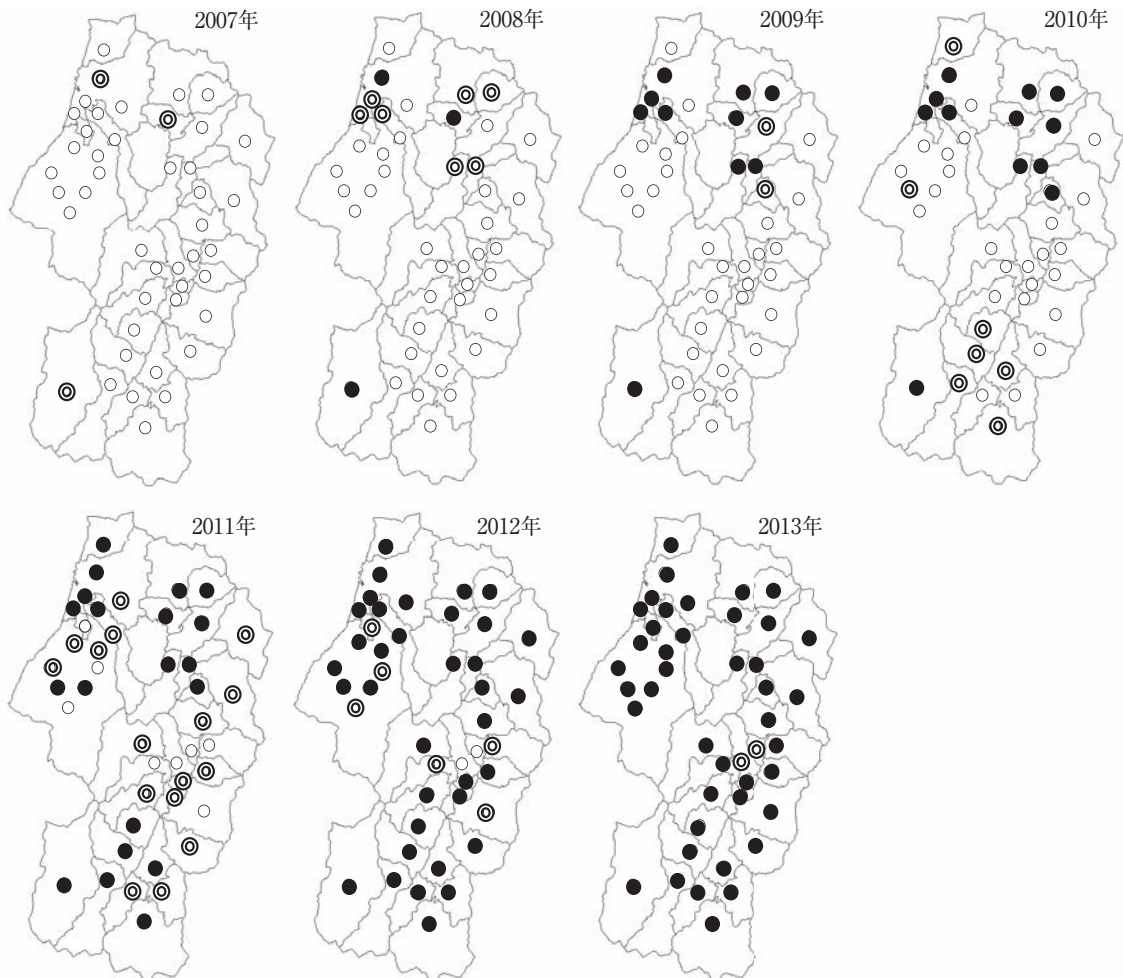


図42 2006年以降のアカスジカスミカメ確認地点の推移(山形県病害虫防除所調査)

◎：初確認地点、○：未確認地点、●：既確認地点

注. 県内44地点、5月後半から9月前半までのすくい取りによる調査

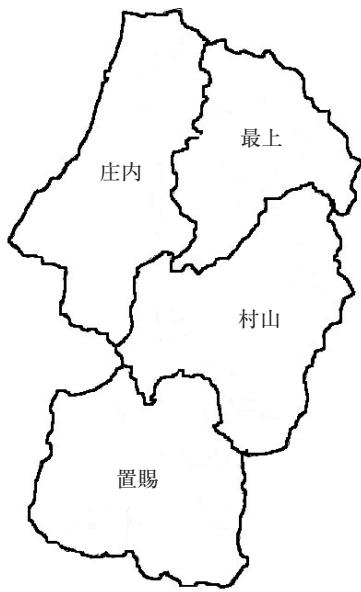


図43 山形県の地域区分

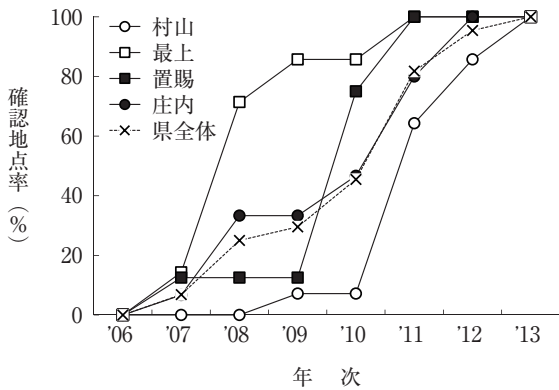


図44 蛙畔等におけるアカヒゲカスミカメ確認地点率の推移 (山形県病害虫防除所調査)

注. 調査地点数はそれぞれ村山14、最上7、置賜8、庄内15、県全体44

数の50%を超えた。また、村山地域は2013年で40%程度だが斬増傾向にある (図45)。

2) カメムシ類の発生推移

アカヒゲカスミカメが分布を拡大する以前の2004年と2005年、拡大以降の2009年と2012年の4か年について、山形県病害虫防除所が行ったすくい取り調査と予察灯における、2種カスミカメの発生活消をそれぞれ図46、図47に示す。各年の斑点米カメムシ類の発生量は平年比で、2004年が並み、2005年がやや多い、2009年が少ない、2012年がやや多い、となる。また、フェロモントラップによる水田内の発生活消として2012、2013年度の「発生予察の手法検討

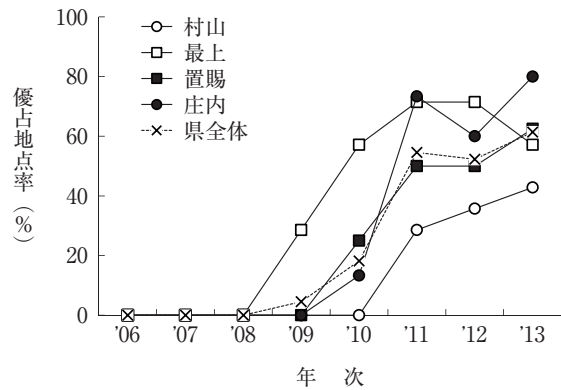


図45 蛙畔等におけるアカヒゲカスミカメ優占地点率の推移 (山形県病害虫防除所調査)

注. 捕獲された成幼虫数がアカヒゲホソミドリカスミカメよりも多い地点を優占地点とし、全調査地点に占める割合を示した。調査地点数はそれぞれ村山14、最上7、置賜8、庄内15、県全体44。

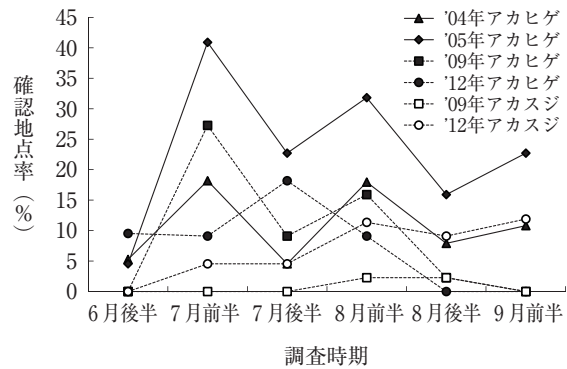


図46 水田内の2種カスミカメ確認地点率の推移 (山形県病害虫防除所調査)

注. 1) 調査地点数は'04年37地点、'05および'09年44地点、'12年42地点。1地点につき捕虫網 (直径36cm、鋼鉄製四折式枠、柄の長さ1m) 20回振りによる調査。
2) 凡例のアカスジはアカスジカスミカメを、アカヒゲはアカヒゲホソミドリカスミカメを示す。

委託事業」(農林水産省)での成果を紹介する。

(1) すくい取り

水田内における確認地点率の推移を図46に示した。アカヒゲホソミドリカスミカメについてみると2004年と2005年は7月前半、8月前半そして9月前半に確認地点率が高くなった。これに比べ、2009年は8月前半までは同様の傾向にあったが、9月前半の地点率の増加はみられなかった。2012年は期間を通して地点率が低く、8月後半以降は水田内での発生を確認できなかった。一方、アカスジカスミカメは、2009年は期間を通じて確認地点率が低かったものの、2012年には8月前半から10%前後の地点率を

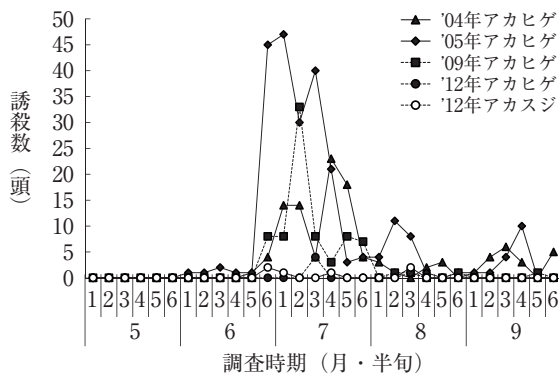


図47 2種カスミカメの予察灯への誘殺数の推移 (山形県病害虫防除所調査)

注. 1) 山形県農業総合研究センター（山形市）の水田ほ場に設置した、60W白熱灯への誘殺数。
 2) 凡例のアカスジはアカスジカスミカメを、アカヒゲはアカヒゲホソミドリカスミカメを示し、'04、'05、'09年のアカスジの誘殺はなかった。

維持し、同年のアカヒゲホソミドリカスミカメとは対照的に8月前半以降、9月前半にかけ、地点率が高くなった。

(2) 予察灯

山形県農業総合研究センター内の水田ほ場に設置した予察灯における誘殺数の推移を図47に示した。アカヒゲホソミドリカスミカメの発生がやや多かった2005年は6月第1半旬から本種の誘殺があり、6月第6半旬から7月第4半旬まで連続的に多数誘殺され、また、8月第2半旬と9月第4半旬にも誘殺のピークが現われた。2004年（平年並みの発生）と2009年（少発生）は6月第6半旬から7月第6半旬まで誘殺が多く、その後2004年のみ8月第5半旬、9月第3半旬にピークがみられた。一方、アカスジカスミカメは2011年まではまったく誘殺がなく、2012年に6月第6半旬以降8月第3半旬まで計4回、それぞれ1～2頭誘殺された。なお、図に記載していないが2013年も誘殺があり、6月第3半旬に3頭、7月第3半旬に5頭など、2012年よりも多くなっている。

(3) フェロモントラップ

山形県天童市の約180haの水田地帯から約25筆のほ場を抽出し、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合成性フェロモンを併用したトラップを2012年、2013年に設置し、水田内での発生

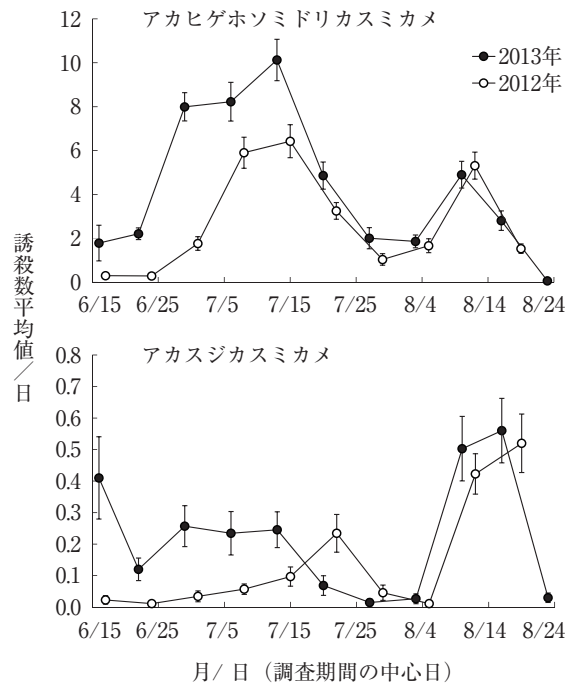


図48 2種カスミカメのフェロモントラップへの誘殺数の推移 (上図：アカヒゲホソミドリカスミカメ、下図：アカスジカスミカメ)

注. 1) 山形県天童市の水田地帯約180haから抽出した25ほ場に、2種の合成性フェロモンを誘引源として併用して設置。
 2) 農林水産省「発生予察調査実施基準改良事業」で得られた成果を含む。

消長を調査した。天童市は村山地域のほぼ中央に位置し、アカスジカスミカメは2011年ごろから確認されており、本種が山形県内で増加しつつある時期の調査である。アカヒゲホソミドリカスミカメは7月上旬に第1世代成虫による大きなピークがあり、その後、8月上旬の出穂期頃にも第2世代成虫によるピークがある（図48）。一方のアカスジカスミカメは全体の誘殺数はアカヒゲホソミドリカスミカメよりも少なく、また、2か年で6、7月の消長が異なっているが、2か年とも8月中旬にもっとも大きなピークがあり、アカヒゲホソミドリカスミカメよりもやや遅い時期に水田内に侵入していることが示された（図48）。

2 斑点米被害の実態と特徴

1) 主要品種の作付け状況

山形県における主要品種は熟期が中生の晩の「はえぬき」であり、作付面積の約60%（2012年）を占めている。次いで同じく中生の晩の「ひとめぼれ」、ともに晩生の「つや姫」と「コシヒカリ」がそれぞれ

れ10%前後の作付けである (図49)。

過去10年間の動向では、前述した「はえぬき」、「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」の作付け比率は横ばいであるが、「あきたこまち」(早生の晩)が10%から5%に減少しており、これは主な栽培地である最上地域および村山地域で作付けが大きく減少したことによる。さらには、1970年代前半から1990年代初めまで本県の主要品種であった「ササニシキ」(中生

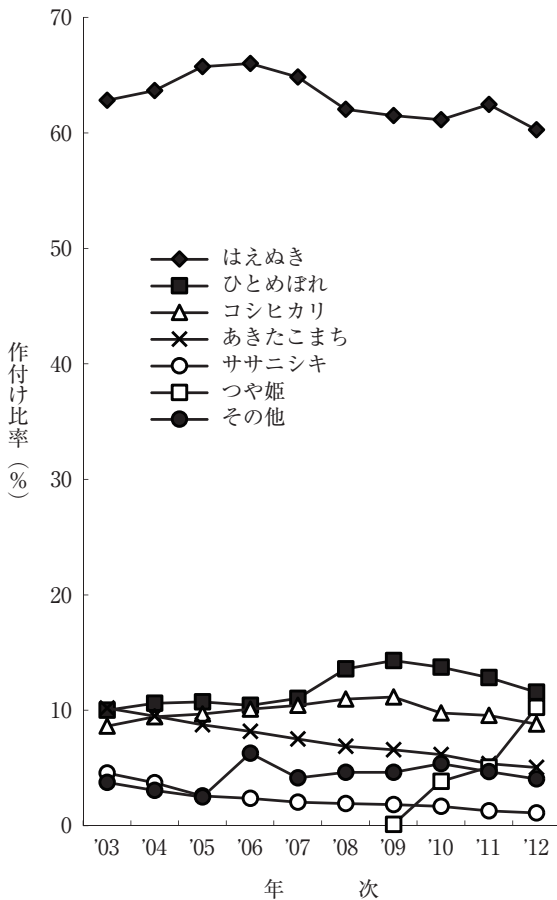


図49 山形県における水稲作付け品種の変遷
注. 山形県農林水産部「米に関する資料」より作図

の晩)が、ピークとなった1990年には県内の作付面積の約76%を占めていたが、2007年以降は2%以下にまで減少している。他方、2010年から本格的に作付けを開始した「つや姫」は年々面積が増加し、2012年には「コシヒカリ」を上回った (図49)。

2) 玄米の検査結果

山形県の1等米比率は概ね85~95%で推移している (表12)。1等米比率が85%より低い年次の落等の主な原因は、2004年は庄内地域で台風による潮風害の発生で充実度不足が多かったこと、また、2010年は登熟期間の高温による白未熟粒および充実度不足が多かったことである。品種別では特に「ササニシキ」、「あきたこまち」で過去10年間の1等米比率が低く (表13)、「ササニシキ」は充実度不足等による落等が多いと考えられるが、「あきたこまち」は割れ粳の発生しやすい品種であるため (表15)、斑点米による落等が多いと考えられる。

検査総数量に占める斑点米による落等率は2003年が6.5%、2005が7.9%と高く、次いで2010年が4.0%であった。地域別にみると、2003年は村山、最上、置賜地域で高く、2005年は村山地域と置賜地域、2010年は最上地域で特に高くなった (表14)。

3) 過去の被害多発年の概況

カメムシによる着色粒の落等率が3%を超えた年は、過去10年 (2003~2012年)では2003年、2005年、2010年の3か年、さらに10年遡ると1998年から2002年の連続した5年が該当し、過去20年間で8回発生している (図50)。1998~2002年は先の報告 (菊地ら 2004)より、2003年以降の概況については山形県病害虫防除所業務年報より抜粋し、概要を紹介する。

1998年から2001年はカメムシによる着色粒により総検査数量の3~9%が落等した。特に1999年は9.1%と高く、品種では早生品種の「あきたこまち」

表12 山形県における地域別1等米比率の推移^{a)}

	'03年	'04年	'05年	'06年	'07年	'08年	'09年	'10年	'11年	'12年	平均
村山地域	85.5	94.2	85.2	94.4	95.5	93.5	94.5	77.8	94.5	89.4	90.5
最上地域	78.2	89.2	84.6	89.6	91.2	92.4	91.9	72.3	89.9	85.0	86.4
置賜地域	80.7	92.7	78.9	93.8	92.0	94.1	95.7	79.4	95.4	92.0	89.5
庄内地域	92.2	66.6	93.2	89.2	93.2	96.3	97.0	73.3	92.9	87.6	88.2
県計	86.1	82.9	87.0	91.4	93.1	94.6	95.3	75.8	93.3	88.5	88.8

a) 山形県農林水産部「米に関する資料」による

(早生の晩)、「はなの舞」(早生)で1等米比率が低くなった。この頃の主な加害種はアカヒゲホソミドリカスミカメで、特に1999、2000、2001年の3か年は夏季の高温が影響して発生が多く、また、前出の両品種は割れ糶が発生しやすいため、斑点米の発生につながったと考えられた。

2002年は夏季低温で、斑点米カメムシ類の発生量は平年並みであったにもかかわらず、落等率は7.9%と被害が多くなった。この原因としては、水田内でのカメムシ類の確認地点率が7月後半～8月後半は低いものの、9月前半に高くなっていること、水稻の生育では、夏季低温により糶殻が小さく形成されたところに、8月後半からは一転して高

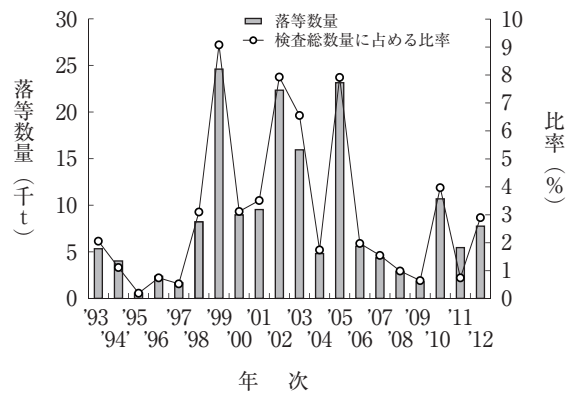


図50 山形県における斑点米被害の推移
注. 山形県農林水産部「米に関する資料」より作図

表13 山形県における品種別1等米比率の推移^{a)}

	'03年	'04年	'05年	'06年	'07年	'08年	'09年	'10年	'11年	'12年	平均
はえぬき	89.0	86.7	88.7	92.5	94.8	96.1	96.8	74.8	95.1	89.5	90.4
つや姫	- ^{b)}	-	-	-	-	-	-	-	92.0	96.7	94.4
ひとめぼれ	91.6	75.9	91.7	91.8	92.5	93.6	94.9	84.7	94.9	87.9	90.0
コシヒカリ	93.3	84.4	93.3	97.4	96.5	96.4	95.6	84.6	95.3	89.0	92.6
あきたこまち	60.9	85.9	71.4	85.6	87.5	90.4	89.2	64.4	84.9	79.9	80.0
ササニシキ	81.1	51.5	73.7	60.8	68.5	72.2	88.1	93.8	-	-	73.7
うるち計 ^{c)}	86.1	82.9	87.0	91.4	93.1	94.6	95.3	75.8	93.3	88.5	88.8

- a) 山形県農林水産部「米に関する資料」による
- b) 表中の「-」は出典に記載なし
- c) うるち計にはその他うるち米品種の検査結果も含む

表14 山形県における斑点米による落等率の推移^{a)}

	'03年	'04年	'05年	'06年	'07年	'08年	'09年	'10年	'11年	'12年	平均
村山地域	9.0	2.4	16.2	2.1	2.2	0.8	0.5	4.3	2.5	4.0	4.4
最上地域	9.7	3.5	7.8	4.6	3.8	2.9	2.9	15.2	6.2	7.8	6.4
置賜地域	10.9	2.6	13.1	1.3	1.4	1.5	0.6	2.9	1.2	2.5	3.8
庄内地域	1.9	0.1	0.8	1.3	0.4	0.3	0.1	0.4	0.4	0.2	0.6
県計	6.5	1.8	7.9	2.0	1.5	1.0	0.6	4.0	2.1	2.9	3.0

- a) 山形県農林水産部「米に関する資料」に記載された検査数量より算出

表15 山形県の主要な品種における割れ糶率の推移^{a)}

	'03年	'04年	'05年	'06年	'07年	'08年	'09年	'10年	'11年	'12年	平均	調査地点数
はえぬき	16.1	4.1	10.5	19.7	16.9	7.8	12.3	17.1	14.1	10.0	12.9	27-34
ひとめぼれ	21.7	1.8	9.2	5.6	4.7	2.0	2.0	8.3	2.5	7.8	6.6	2-5
あきたこまち	54.6	28.3	56.8	72.3	37.0	27.2	63.1	43.8	26.2	38.4	44.8	1-5
コシヒカリ	3.4	1.0	1.2	4.8	2.1	2.2	4.0	4.0	4.3	9.6	3.7	4-9
ササニシキ	2.0	0.6	7.0	48.9	22.3	27.4	37.7	-	-	-	20.8	1-5
つや姫	- ^{b)}	-	-	-	-	-	-	2.8	2.5	12.4	5.9	5-9

- a) 山形県病害虫防除所調査
- b) 表中の「-」は調査を行っていない

表16 山形県における地域別の割れ籾率の推移^{a)}

	'03年	'04年	'05年	'06年	'07年	'08年	'09年	'10年	'11年	'12年	平均
内陸 ^{b)}	20.9	7.4	15.7	27.4	14.3	10.4	19.9	18.2	14.4	13.6	16.2
庄内 ^{c)}	6.5	1.0	4.4	13.5	5.9	3.2	2.0	8.7	3.4	1.5	5.0
県計	15.7	5.1	11.6	22.4	11.2	7.8	13.5	14.8	10.5	9.3	12.2

a) 山形県病害虫防除所調査

b) 内陸は庄内以外の3地域を指し、調査地点28-30か所(年次により変動)の平均値

c) 調査地点15-20か所(年次により変動)の平均値

表17 山形県の8月第2半旬の水田内におけるアカヒゲホソミドリカスミカメのすくい取り成虫数と気象要因との相関計数

時 期	気温			降水量	降雨日数	積算日照時間
	平均	最高	最低			
7月1半旬	0.1928	0.2279	0.1086	0.1018	0.2860	0.2346
7月2半旬	0.4111	0.3804	0.3729	0.1766	0.1514	0.0143
7月3半旬	-0.0619	-0.0162	-0.1451	0.3754	-0.2980	0.1427
7月4半旬	0.6999*	0.7234*	0.4745	-0.1896	-0.2963	0.3013
7月5半旬	0.3248	0.3232	0.2951	-0.6460	-0.6523	0.3002
7月6半旬	0.3145	0.2704	0.3038	-0.6778*	-0.0068	0.1648
7月1~4半旬	0.4529	0.4343	0.3821	0.2295	-0.1246	0.2705
7月1~5半旬	0.4206	0.4123	0.3742	-0.0860	-0.3739	0.2998
7月2~4半旬	0.5099	0.4842	0.4035	0.2080	-0.2380	0.2210
7月2~5半旬	0.4487	0.4354	0.3968	-0.1072	-0.4581	0.2823
7月2~6半旬	0.4635	0.4511	0.4196	-0.2993	-0.4477	0.3114
7月3~5半旬	0.3654	0.3804	0.2404	-0.3585	-0.5760	0.3547
7月3~6半旬	0.3977	0.4077	0.2888	-0.6327	-0.6010	0.4041
7月4~5半旬	0.4975	0.5060	0.4055	-0.8274**	-0.6493	0.4179
7月4~6半旬	0.4783	0.4791	0.4152	-0.8894**	-0.6840*	0.4263
7月平均・合計	0.5537	0.5650	0.4794	-0.2869	-0.3600	0.3178
8月1半旬	0.2156	0.1697	0.2803	0.2426	0.2459	-0.0154
8月2半旬	-0.0375	-0.1848	-0.0254	0.2881	0.4511	-0.4363
7月1半旬~8月1半旬	0.4577	0.4415	0.4368	-0.2210	-0.3158	0.3056
7月2半旬~8月1半旬	0.4740	0.4544	0.4607	-0.2339	-0.4287	0.2967
7月3半旬~8月1半旬	0.4098	0.4129	0.3436	-0.5138	-0.5742	0.4032
7月4半旬~8月1半旬	0.4666	0.4596	0.4431	-0.7214*	-0.5471	0.3761

*: 5%水準、**: 1%水準で有意な相関がある。

注. 川崎ら(2007)より

温・多照で経過し、登熟が急激に進んだため、割れ籾が多発したことが考えられる。加害部位別の割合も頂部9%に対し側部は84%と多く、登熟後半の加害が多かったと考えられた。

2003年のアカヒゲホソミドリカスミカメの発生量は平年よりやや多かった。各品種とも割れ籾の発生が多く、特に「あきたこまち」は55%と高かった(表15、表16)。また、出穂期以降、低温で経過し、開花期がばらつき、登熟期間が長くなったことにより、加害期間も長くなり、加害部位は頂部、側部とも同じ割合であった。

2005年は前述したように(1-2))、アカヒゲホソミドリカスミカメはやや多い発生であり、特に9月前半の水田内におけるすくい取り成虫数が多かった。割れ籾率は各品種で高く、「あきたこまち」では57%であった(表15)。加害部位も側部が多かった。

2010年はアカヒゲホソミドリカスミカメの発生量は平年並みだったが、アカスジカスミカメは平年よりも多く発生し、特に最上地域で9月前半に急増がみられた。「あきたこまち」の割れ籾率は44%であり(表15)、このことより最上地域での被害が多くなった(表14)。

4) 被害の地域性

斑点米カメムシ類による被害は村山、最上、置賜の内陸地域で多く、中でも最上地域は山間部、中山間部での作付けが多いことや、割れ籾の発生しやすい「あきたこまち」の作付け比率が20~30%と他の地域よりも高いことなどから被害が多くなっている。また、内陸地域では庄内地域と比べ割れ籾の発生が多くなる傾向にあることも、被害発生の違いにつながっていると考えられる(表16)。

3 山形県における斑点米カメムシ類の研究事例と今後の課題

1) 気象条件がアカヒゲホソミドリカスミカメの発生に及ぼす影響

川崎ら(2007)は、山形県病害虫防除所の調査で得られたアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の8月第2半旬の水田内での発生量と、アメダスデータから得られた7月第1半旬から8月第2半旬までの気温、降水量等の気象要因との関係を解析した。その結果、8月第2半旬の水田内成虫発生量は7月第4半旬の平均気温および最高気温との間に強い正の相関があり、また7月第4半旬から7月第6半旬までの積算降水量との間に高い負の相関があると報告した(表17)。また、同報告で室内飼育条件下においてアカヒゲホソミドリカスミカメ1齢幼虫への蒸留水の噴霧試験を行い、噴霧処理を行わなかった個体に比べ生存率が有意に下がったとしている。この試験では、餌植物としたコムギの葉身に背面を付けたまま死亡している個体を観察し、野外条件での多雨による1齢幼虫の死亡率の増加も推察されるとしている。

2) 割れ籾の発生とアカヒゲホソミドリカスミカメ幼虫の加害

アカヒゲホソミドリカスミカメによる斑点米の発生において、水田内で増殖した幼虫による加害が大きな要因となっていることは新潟県や秋田県で明らかにされていた。吉村ら(2007)は「はえぬき」と「あきたこまち」における出穂後のアカヒゲホソミドリカスミカメの発生量調査と、割れ籾、斑点米の調査から、本県においても水田内で発生した幼虫が斑点米の発生に関与していることを明らかにし、さらに、割れ籾発生率のより少ない「はえぬき」において幼虫の齢期の進行が遅くなること、また、「はえぬき」において出穂期後28日目から35日目に割れ籾率と斑点米率が高まり、幼虫の密度も高まったこ

とから、割れ籾の発生推移が幼虫の発生に影響を及ぼしていると推測した。

3) アカスジカスミカメの増加

1の1)、2)で述べたように、近年のアカスジカスミカメの増加が、本県の斑点米の発生に影響を及ぼしていると考えられる。

川崎ら(2009)は山形県病害虫防除所における調査結果から、2000~2001年よりも2007~2008年は発生量も多く、発生の地域も県内全域に広がっていることを示し(図51)、また、有効積算温度と休眠卵産下に関する臨界日長から、本県では少なくとも年3回は発生していること、過去の気温の推移から温暖化が本種増加の一因であること、高温年の連続が本県における本種の発生要因であることを報告している。

山形県農業総合研究センターでは、2012年から本種の発生実態等について試験を行っており、本種が好むとされるイタリアンライグラスが栽培されてい

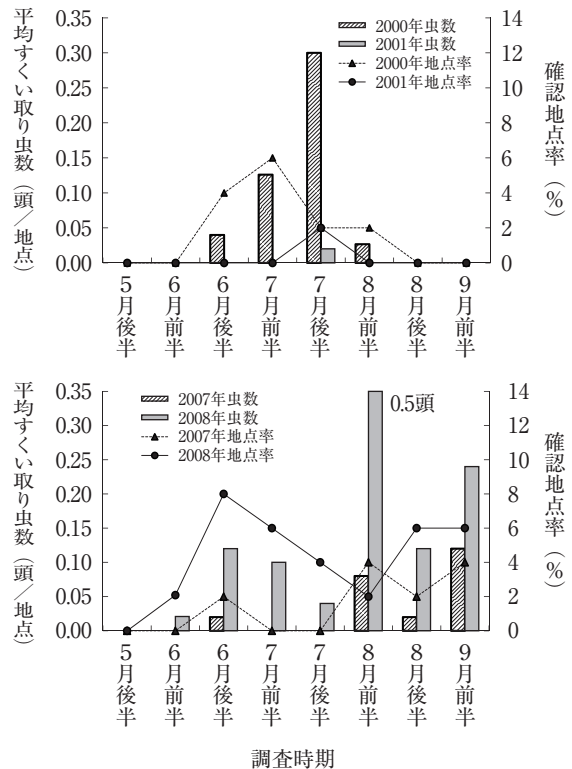


図51 山形県の水田畦畔等におけるアカスジカスミカメすくい取り成虫数および確認地点率の推移。上：2000年、2001年、下：2007年、2008年。注：川崎ら(2009)を一部改変

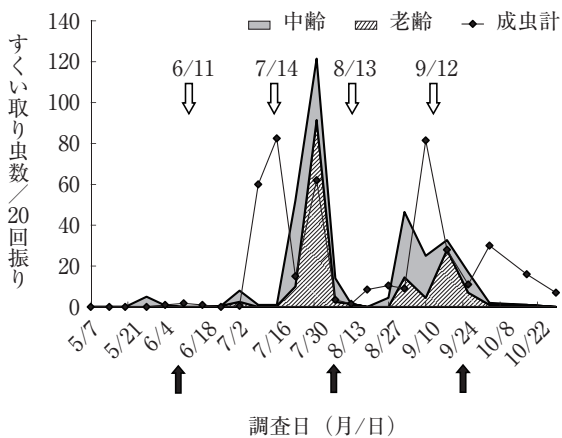


図52 牧草地におけるアカシジカスミカメのすくい取り虫数の推移 (2013年)

- 注. 1) 山形県天童市の水田地帯内にある約300m離れた2つの牧草地 (ともにイタリアンライグラスを栽培) における調査結果の平均値
 2) 図中の黒矢印は採草時期を示し、白矢印はアメダス山形の気温データから重久 (2004) の有効積算温度により越冬世代成虫の確認日6/11を起点として推定した各世代成虫の発生盛期を示す。

る牧草地等ですくい取りによる調査を行っている。2013年の結果の一部を図52に示した。採草により一時的な虫数の減少が見られるが、越冬世代成虫の発生盛期は6月中旬、同じく第1世代は7月中旬、第2世代は8月上旬、第3世代は9月中旬と考えられ、年4回発生していた。2013年は5月中旬から6月が高温で経過したため、2012年の結果よりも第2世代までの発生が1旬程度早まっていた。また、本種はアカヒゲホソミドリカスミカメの発生に上乗せになる形で発生しており、斑点米カメムシ類全体の増加につながっている。

4) 今後の課題

本県でのアカヒゲホソミドリカスミカメとアカシジカスミカメの発生は今後数年、その動向に注意し、防除対策を講じていかなければならない。当面は混発して斑点米の被害を出していることから、両種の加害実態に対応した薬剤の選択や防除時期の検討が必要となるものと考えられる。

引用文献

- 1) 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.

- 2) 菊地淳志, 菅野洋光, 木村利幸, 後藤純子, 小野 亨, 新山徳光, 滝田雅美, 松木伸浩, 大場淳司, 堀末 登. 2004. 東北地域における斑点米カメムシ類の発生と被害実態調査. 東北農研研報 102: 101-180.
 3) 川崎聡明, 渡辺和弘, 土門 清, 小形恵美, 吉村具子. 2007. 気象条件がアカヒゲホソミドリカスミカメの発生に及ぼす影響. 北日本病虫研報 58: 84-87.
 4) 吉村具子, 池田泰子, 竹田富一. 2007. 水田内におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの発生消長と割れ糶および斑点米の発生推移. 北日本病虫研報 58: 80-83.
 5) 川崎聡明, 吉村具子, 土門 清. 2009. 山形県におけるアカシジカスミカメの近年の発生状況. 北日本病虫研報 60: 163-166.

(山形県農業総合研究センター 永峯淳一)

F 福島県

1 2003年～2013年のカメムシ類の発生推移

1) 主要カメムシ種の動向

2003～2013年にすくい取り調査により確認された斑点米カメムシ類は6科29種で、主要な種について県内各地における発生状況を示した (表18)。この他に、モンシロナガカメムシ *Panaorus albomaculatus*、シロヘリナガカメムシ *Panaorus japonicus*、ヒラタヒョウタンナガカメムシ *Pachybrachius luridus*、ウズラカメムシ *Aelia fieberi*、クサギカメムシ *Halyomorpha halys*、イネクロカメムシ *Scotinophara lurida* 等が確認されている。また、茨城県で絶滅危惧Ⅱ類に指定されているヒウラカメムシが、1例だけではあるが2013年に太平洋沿岸北部の水田内のすくい取りで確認された。1999～2002年の4年間に確認された6科22種 (菊地ら 2004) と比較して7種多かった。

福島県における斑点米カメムシ類の主要種は、2002年以前と同様に、アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカシジカスミカメ、ホソハリカメムシ、クモヘリカメムシの4種である。アカヒゲホソミドリカスミカメとホソハリカメムシの2種は、以前から県内全域で発生が確認されている。

クモヘリカメムシは、浜通り全域と中通り南部にほぼ限定して発生が認められており、多発すると青立ち症状を引き起こすほどの被害が生じることもあ

表18 福島県内で2003～2013年に確認された主要な斑点米カメムシ類

種名	地帯区分とすくい取り場所							
	会津		中通り		阿武隈		浜通り	
	畦畔	水田	畦畔	水田	畦畔	水田	畦畔	水田
カスミカメムシ科								
アカヒゲホソミドリカスミカメ	○	○	○	○	○	○	○	○
アカスジカスミカメ	●	●	○	○	●	●	○	○
ナカグロカスミカメ	○	○	○	○	○	-	○	○
フタトゲムギカスミカメ	○	○	○	○	○	●	○	○
ナガカメムシ科								
ヒメナガカメムシ類	○	-	○	○	○	-	○	○
コバネヒョウタンナガカメムシ	○	○	○	○	●	○	○	
キベリヒョウタンナガカメムシ	●	●	-	●	-			
ヘリカメムシ科								
ホソハリカメムシ	○	○	○	○	○	○	○	○
ホソヘリカメムシ科								
クモヘリカメムシ			○	○		○	○	○
ヒメヘリカメムシ科								
アカヒメヘリカメムシ	○	○	○	○	○	○	○	○
ブチヒゲヘリカメムシ	○	-	○	-	●	○	○	○
カメムシ科								
オオトゲシラホシカメムシ	○	○	○	○	○	○	○	○
トゲシラホシカメムシ			●				●	
シラホシカメムシ	●		●					
イチモンジカメムシ	●		●	-			○	●
チャバネアオカメムシ	-				●	●		
ブチヒゲカメムシ	●	○	●		●	●	●	●
アオクサカメムシ				●	●		○	

注. 1) 畦畔には、雑草地や転作田等を含んでいる。
 2) フタトゲムギカスミカメは、従来のムギカスミカメ。
 凡例 ○：前回（1999～2002年）も確認、●：今回確認、-：前回確認されたが今回未確認

る（藤田ら 2000）。阿武隈高地の中南部において、本種の多発した2003～2004年や2008年に、例数は少ないが水田内で確認されている。

アカスジカスミカメは、1974～1978年の調査により、浜通り北部と中通り中部でわずかに確認されていた（河辺ら 1980）。水稻害虫の主要種として認識されるようになったのは、浜通り中北部において1990年代半ばとされている（岡崎、私信）。本県を3つに分けた地域別に分布の拡大を見ると（地域区分は図53参照）、1990年代後半には、浜通り中北部においてすくい取り虫数が増加し、恒常的に発生するようになっていたが、中通りや会津ではほとんど見ることができなかった。2003年以降、中通りや会津でもアカスジカスミカメが確認される地点が徐々に増え（図54）、2009～2013年にかけて急激に確認地点率が増加し、2011年以降は県内ほぼ全域で見られるようになった（図55）。



図53 福島県の地域区分

注. 細分すると上記8地域に区分される。通常は浜通り、中通り、会津（会津+南会津）の3地域。

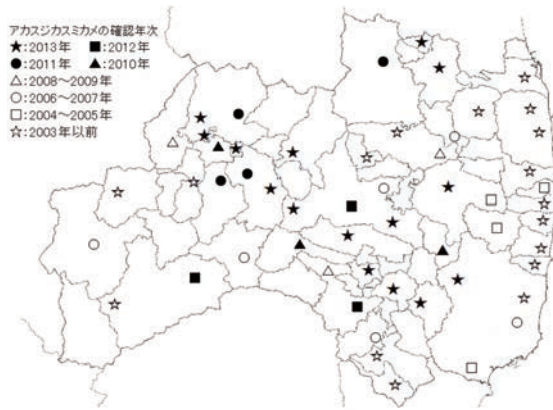


図54 アカスジカスミカメ確認年次 (福島県病害虫防除所調査)

注. 県内56地点、5月後半から9月前半までのすくい取りによる調査

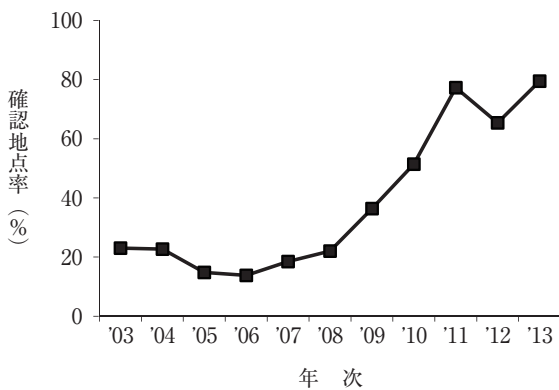


図55 蛙畔等におけるアカスジカスミカメ確認地点率の推移 (福島県病害虫防除所調査)

注. 調査地点数は年次により異なる (22~66地点)。

2) カメムシ類の発生推移

福島県病害虫防除所が行った予察灯における、2種のカスミカメムシの発生活消長について、浜通りと会津の2地点の代表的な年次をそれぞれ図56、図57に示す。また、フェロモントラップによる水田内の発生活消長として、アカヒゲホソミドリカスミカメ (郡山市) とクモヘリカメムシ (いわき市) について紹介する。

(1) 予察灯

福島県農業総合センター浜地域研究所 (浜通り) および会津地域研究所 (会津) 内の水田ほ場に設置した予察灯における誘殺数の結果を見ると (図56、57)、浜通りでは、アカヒゲホソミドリカスミカメ

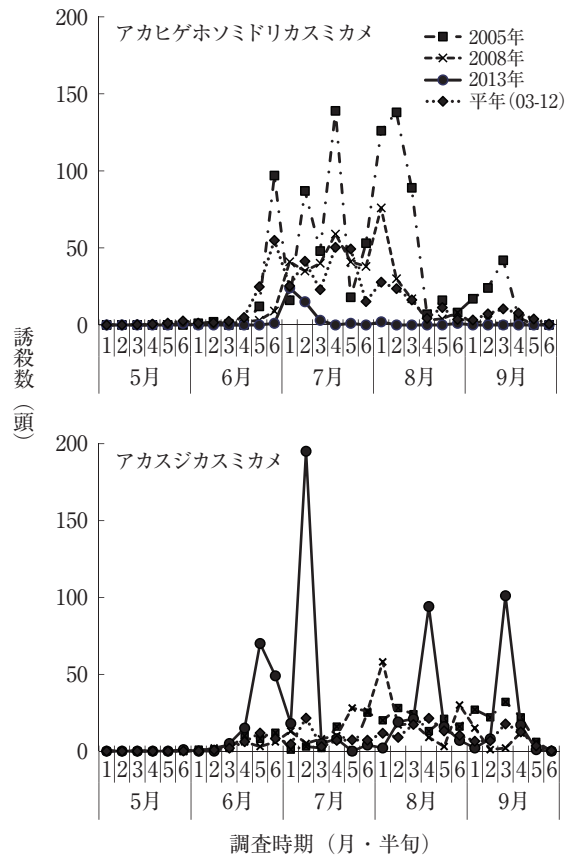


図56 浜通りにおける2種のカスミカメの予察灯誘殺数の推移 (福島県病害虫防除所調査)

注. 福島県農業総合センター浜地域研究所 (相馬市) の水田ほ場に設置した、60W白熱灯への誘殺数。

およびアカスジカスミカメともに、6月下旬~9月中旬にかけて、5~6回の誘殺ピークが見られる。これに対し会津では、6月下旬~7月中旬には大きな誘殺ピークが認められ、9月上旬にも小さな誘殺ピークが見られる。

なお、浜通りではクモヘリカメムシも予察灯に誘殺されており、斑点米カメムシ類の発生量が多い年次には8月上旬に誘殺数が若干増えるが、7月中旬~9月中旬に少数が誘殺される程度である。

(2) フェロモントラップ

会津坂下町にある福島県農業総合センター会津地域研究所内に、アカヒゲホソミドリカスミカメの合成性フェロモンを用いたトラップを、また浜通り南部のいわき市勿来にある現地ほ場にクモヘリカメムシの合成性フェロモンを用いたトラップを設置し、発生活消長を調査した。

アカヒゲホソミドリカスミカメは通常7月上旬に

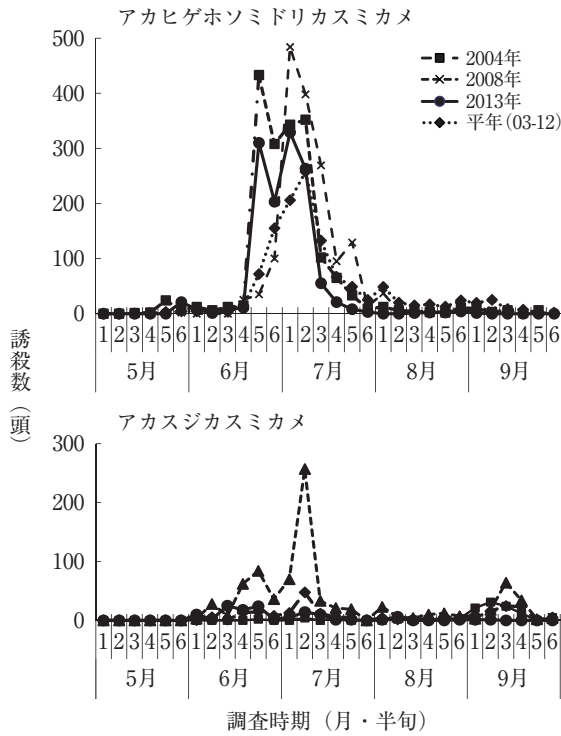


図57 会津における2種のカスミカメの予察灯誘殺数の推移（福島県病害虫防除所調査）
 注. 福島県農業総合研究センター会津地域研究所（会津坂下町）の水田ほ場に設置した、60W白熱灯への誘殺数。

第1世代成虫による大きなピークがあり、その後、8月上旬の出穂期頃にも第2世代成虫によるピークがある（図58）。その後9月上中旬にもピークが認められる。田植え時期の5月中旬以降7月中旬まで気温が高く降水量の少なかった2013年は、アカヒゲホソミドリカスミカメの発生が早まったようで、6月下旬に大きなピークが認められた。

クモヘリカメムシは、7月中旬から誘殺が見られるようになるが、7月下旬に大きなピークを示し、8月～9月中旬にかけて数は少ないが継続して誘殺される（図59）。

2 斑点米被害の実態と特徴

1) 主要品種の作付け状況

福島県における主要品種は、熟期が中生の晩の「コシヒカリ」であり、作付面積の65%前後を占めており、次いで同じく中生の晩の「ひとめぼれ」が20～25%で推移していて、この傾向は最近10年間ほとんど変わっていない。

2) 玄米の検査結果

本県の1等米比率は概ね84～95%で推移している

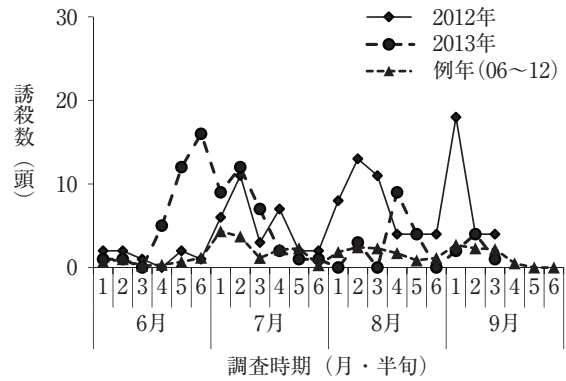


図58 アカヒゲホソミドリカスミカメのフェロモントラップへの誘殺数の推移（郡山市）
 注. 福島県農業総合センター（郡山市日和田町）内に、合成性フェロモンを誘引源として設置。

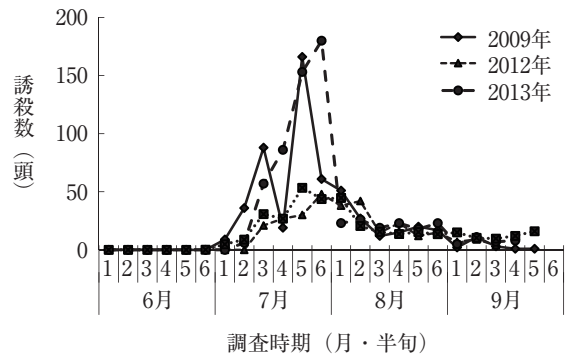


図59 クモヘリカメムシのフェロモントラップへの誘殺数の推移（いわき市）
 注. 福島県いわき市の現地ほ場（いわき市勿来町）に、合成性フェロモンを誘引源として設置。

（表19）。1等米比率が84%より低かった2010年については、登熟期間が高温であったため、白未熟粒および充実度不足が多かったことによる。

検査総数量に占める斑点米による落等率は2013年が3.8%、2010が3.7%で、次いで2005年が3.0%であった。地域別にみると、対象年次すべてにおいて浜通りで高いが、2010年以降は中通りと会津でも斑点米による落等率が高くなった（表20）。

3) 過去の被害多発年の概況

カメムシによる着色粒の落等率が3%を超えた年は、過去10年（2003～2012年）では2005年、2010年、2013年の3か年であるが（表19）、2003年以降の概況について、福島県病害虫防除所業務年報より

表19 福島県における地域別1等米比率の推移(単位:%)

地域	'03年	'04年	'05年	'06年	'07年	'08年	'09年	'10年	'11年	'12年	'13年
浜通り	66.0	82.9	61.0	85.3	83.7	79.8	91.3	57.4	88.6	91.2	83.0
中通り	86.9	88.6	86.1	94.3	93.0	92.4	94.3	80.3	95.4	89.9	91.6
会津	89.0	94.9	92.0	93.4	97.7	94.6	94.3	69.3	95.7	86.0	92.9
県計	84.8	89.4	84.2	92.8	92.9	91.5	93.9	74.4	95.2	88.7	91.6

注. 東北農政局発表データより作成。

表20 福島県における斑点米による落等率の推移(単位:%)

地域	'03年	'04年	'05年	'06年	'07年	'08年	'09年	'10年	'11年	'12年	'13年
浜通り	5.7	3.2	7.0	10.0	8.2	10.0	5.1	9.2	6.4	6.9	8.7
中通り	0.9	0.7	1.4	1.2	1.6	1.2	0.9	3.0	1.5	2.2	3.7
会津	3.7	1.2	4.0	1.9	1.4	1.1	0.4	2.8	1.5	2.9	3.5
県計	2.7	1.2	3.0	2.7	2.5	2.3	1.3	3.7	1.7	2.6	3.8

注. 東北農政局発表データより作成。

抜粋し、概要を紹介する。

2005年は、8月の高温によりカスミカメシ類の発生量が多くなり、特に浜通りでは水稻の出穂期とカスミカメシ類の発生盛期が重なったため、落等率が高くなった。

2010年は、8月以降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が平年よりも多く、またクモヘリカメシも常発地で発生が多かったため、全県的に落等率が高くなった。

2013年は、5月下旬～7月中旬に高温少雨で経過したため、6月下旬からカスミカメシ類を中心に発生が多く、8月にはホソハリカメシの発生も目立った。9月には特にアカスジカスミカメの発生が多く、落等率が高くなった。

4) 被害の地域性

斑点米カメシ類による被害は、中通りや会津よりも浜通りで恒常的に大きい。これは、平野部が少なく、水田周辺に斑点米カメシ類の増殖源となるイネ科雑草の存在が多いためと考えられる。

3 福島県における斑点米カメシ類の研究事例と今後の課題

1) クモヘリカメシの県内分布と越冬成虫の耐寒性

松木ら(2008)は、クモヘリカメシ成虫の本県における越冬について、成虫の過冷却点や50%致死温度から検討した。その結果、50%致死温度が -7.8°C であり、既分布地においては十分に越冬可能で、暖冬年にはその越冬量が多くなると考えられる。ま

た、暖冬後に夏の気象が高温少雨で経過すると、クモヘリカメシの発生量がさらに多くなると考えられ、2004年や2008年にはこうした気象経過を示したことから、通常は発生が見られない阿武隈高地においてクモヘリカメシが、水田内すくい取りで確認された。

2013年現在、クモヘリカメシの分布は、浜通り全域と中通り南部に限られているが、地球温暖化の進行に伴って、今後中通り中北部へ分布域が拡大する可能性は高いと考えられる。

2) アカスジカスミカメの増加と発生盛期、イネ出穂期との関係

1の1)で述べたように、近年のアカスジカスミカメの増加が本県の斑点米の発生に影響を及ぼしていると考えられる。特に、中通りや会津では2010年以降、1等米比率の低下および落等率の上昇と、アカスジカスミカメの発生が大きく関係していると考えられる(図54、表19、20)。

岸ら(2012、2013)は、将来の温暖化条件下におけるイネ出穂期とアカスジカスミカメの発生盛期についての予測から、温暖化が進行するとアカスジカスミカメの被害は、第2世代が中心になるとした。害虫の発生量は、通常越冬世代から世代を重ねるごとに多くなるが、将来的にアカスジカスミカメの被害が第2世代中心になるのであれば、被害は現在よりも深刻になると考えられる。

3) 今後の課題

本県での斑点米カメシ類の主要な4種、アカヒ

ゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメ、クモヘリカメムシ、ホソハリカメムシについては、今後もその動向に注意し、防除対策を講じていかなければならないが、耕種的防除対策としての水田内外の除草や、薬剤選択および防除時期等については、他県と同様にさらなる検討が必要である。

本県独自の課題として、東京電力福島第一原子力発電所事故に起因して、避難が解除された地域において、営農再開に伴って斑点米カメムシ類の多発が問題となっている。2011年3月に、原発事故によって浜通り中部の全住民が国の命令に基づき避難し、今もって帰還の見通しが立たない所もある。こうした中で、徐々に帰還が進み、営農が再開されつつある。この営農再開地域においては、水田周辺の多くがイネ科雑草に覆われているが、こうした雑草で増殖した斑点米カメムシ類により出穂したイネが集中加害を受け、甚大な被害が生じているという情報が、普及機関から寄せられた。営農再開地域における病害虫発生動向については、福島県農業総合センターで調査に取り組んでいるところである。

引用文献

- 1) 河辺信雄, 大沢守一, 斎藤 満. 1980. 福島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. 第1報 斑点米を発生させるカメムシ類について. 福島農試研報 19: 53-63.
 - 2) 藤田智博, 玄葉哲男, 竹内 恵, 遠藤あかり. 2000. 福島県におけるクモヘリカメムシによる水稲青立ち症状の発生. 北日本病虫研報 51: 151-154.
 - 3) 菊地淳志, 菅野洋光, 木村利幸, 後藤純子, 小野 亨, 新山徳光, 滝田雅美, 松木伸浩, 大場淳司, 堀末 登. 2004. 東北地域における斑点米カメムシ類の発生と被害実態調査. 東北農研研報 102: 101-180.
 - 4) 松木伸浩, 三田村敏正, 田中一裕, 渡邊朋也. 2008. 福島県におけるクモヘリカメムシの分布と越冬成虫の耐寒性. 北日本病虫研報 59: 240.
 - 5) 岸 正広, 松木伸浩, 藤田智博, 岡崎一博. 2012. 有効積算温量を利用したアカスジカスミカメ各世代の発生盛期の推定. 北日本病虫研報 63: 256.
 - 6) 岸 正広, 藤村恵人, 松木伸浩, 常盤秀夫. 2013. 将来の温暖化条件下におけるイネ出穂期とアカスジカスミカメ発生盛期の予測. 北日本病虫研報 64: 246.
- (福島県農業総合研究センター 草野憲二)

Ⅲ ま と め

1 2003～2013年における東北地域の斑点米カメムシ類の発生動向と被害

1) 太平洋側、日本海側における斑点米カメムシ類の発生動向と斑点米被害

これまでに報告のあるうち、東北地域における斑点米カメムシの共通した主要種はカスミカメムシ類2種（アカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメ）であった（大友 2013）。1990年代から2000年代前半まで、太平洋側の岩手県と宮城県ではアカスジカスミカメ、日本海側の秋田県と山形県ではアカヒゲホソミドリカスミカメが主要種であり、青森県もアカヒゲホソミドリカスミカメが主要種であった（Ⅱ-A）。福島県では、アカヒゲホソミドリカスミカメに加えて比較的大型のクモヘリカメムシやホソハリカメムシが斑点米カメムシ類の主要種であった（Ⅱ-F）。2000年代後半～2013年における目立った傾向として、アカスジカスミカメの分布域拡大が挙げられる（大友 2013）。青森、秋田、山形、福島の4県では2007年から2009年にかけてアカスジカスミカメの確認地点率やすくい取り数、予察灯の誘殺数が急激に増加した（Ⅱ各章参照、図5、27、28、70、73、84など）。アカスジカスミカメが増加した青森県と山形県、福島県においては2種の競合によってアカヒゲホソミドリカスミカメが大きく減少した傾向は見受けられないものの、秋田県においてはアカヒゲホソミドリカスミカメがやや減少しているような傾向がある（Ⅱ-D、図35、36）。現在ではアカヒゲホソミドリカスミカメなど、これまでの主要種に上乘せになる形でアカスジカスミカメが水田へ侵入している地域が多く、これらの地域では斑点米被害の発生リスクが高まっているといえよう。アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメでは水田への侵入時期と回数が異なり、イネやその他イネ科植物に対する嗜好性も異なる（樋口 2010）。アカスジカスミカメの発生量が増加し続け、被害が増加するようならこれまでの防除体系を見直し、2種の混発に対応する防除体系の再構築を行う必要に迫られるだろう。今後の発生動

向についても警戒していくべきである。

東北地域において斑点米被害が多発したのは1999年と2005年である(大友 2013)。最近10年では2003年と2010年も落等率が比較的高かった(図60)。2010年を除くと、2006年から2013年までは1998年から2005年にみられたような落等率の大きな変動はみられないが、秋田県と山形県ではやや上昇傾向が見られる。

2) 注意報・警報数の推移

東北地域と日本全国における斑点米カメムシ類に対する注意報と警報の発表回数を図61に示した。東

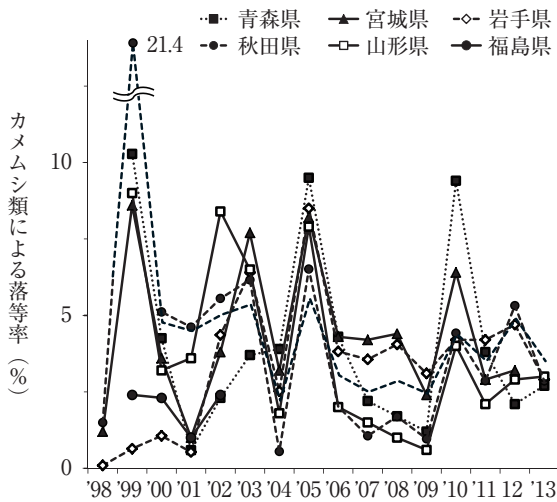


図60 1998年から2013年までの東北6県における落等率の推移

注. 出典元はII章のデータと菊地ら(2004)のデータ。落等率は全検査数量に占めるカメムシ類の割合を示す。

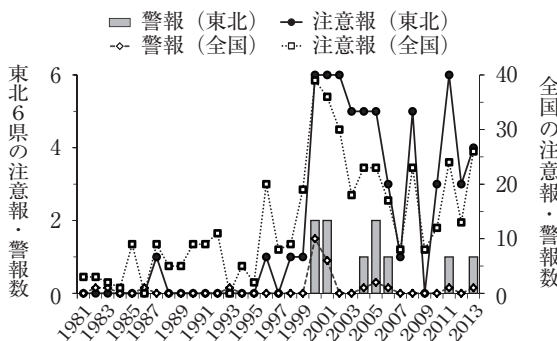


図61 1981年から2013年までの東北6県と全国における斑点米カメムシ類に対する注意報と警報の発表数の推移

北地域で深刻な斑点米被害の発生した1999年以降、注意報と警報の発表数は増加した。年によって異なるものの2003年から2013年までの発表数は依然として多く、1996年以降は注意報、警報発表の増減が東北地域と全国合計が同じように推移している傾向が読み取れる。

年によって増減はあるものの、注意報・警報の発表と斑点米被害は必ずしも一致するわけではない(図60、61)。これは以下に挙げる複数の要因によると考えられる。①注意報、警報は発生地点数やすくい取り数の多さを元に発表されているが、各県の斑点米カメムシに対する意識の高さと警戒度合いも反映しているために、1999年以前と比較してその数が増加している。②注意報と警報発表後、普及機関による注意喚起や指導強化によって防除が徹底され、被害が抑制されている。③各県において斑点米カメムシ類への耕種的、物理化学的防除対策が整理されてきており、適切な防除によって以前ほど被害が起きにくくなっている。

実際に2003~2013年までの注意報・警報発表の有無と東北6県における斑点米被害の平年差を比較すると、注意報・警報の発表時に斑点米被害が多い傾

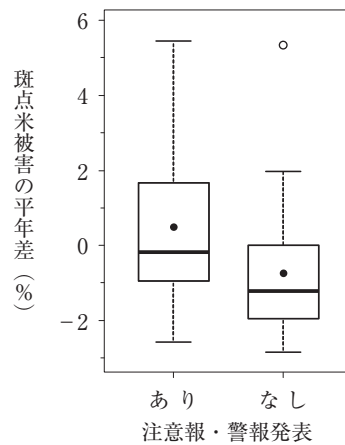


図62 注意報発表の有無と斑点米被害の平年差

注. 1) 東北6県のデータを統合した結果を示す。2003~2013年の斑点米被害(II章のデータ)の平年値から各県ごと平年差を算出。注意報発表の有無によって斑点米被害率に有意差あり(斑点米被害率の平年差(角変換値)を応答変数、注意報・警報発表の有無、県、年を説明変数として、正規分布を仮定した一般線形モデルで解析、 $p=0.03$)

2) 箱の下端、上端はそれぞれ第一四分位点、第三四分位点。箱内の太線は中央値。●は平均値。○ははずれ値。ヒゲの下端、上端は外れ値を除外した際の最小、最大値。

向があり（図62）、注意報・警報発表の有無に対する斑点米被害や県、年それぞれに有意差が認められた（斑点米被害率を角変換後に一般線形モデルで解析。斑点米被害： $F = 4.90$ 、 $p = 0.03$ 、県： $F = 5.83$ 、 $p < 0.001$ 、年： $F = 10.05$ 、 $p < 0.001$ ）。注意報・警報の発表とその後の斑点米被害には、気象要因や薬剤散布など斑点米カメムシ類の発生に関わる数多くの生物的・非生物的要因が関与しているので一概に考察できないが、注意報や警報の発表がない年には被害率とそのばらつきが少なくなることが示された（図62）。また発表された年と発表がない年の差が大きくないことから、注意報・警報の発表による被害の抑制効果があったものと推察される。

2 斑点米カメムシによる被害に影響する要因

1970年代に斑点米カメムシによる被害が報告され始めてから、主要なものだけで187編の論文が出版されている（2014年5月現在、和文119編：JASIで「斑点米、カメムシ」をキーワードに検索して計数。英文68編：Web of Scienceで「pecky rice」「rice bugs」をキーワードに検索、日本の斑点米カメムシに関する英文論文のみを計数）。現在ではカメムシ類による斑点米被害の発生に影響する要因が整理されてきており、個々の要因に関して複数の研究事例が報告されている。これら斑点米被害に影響する要因群を図63にまとめた。まず直接的な要因としては水田内に侵入するカメムシ数が挙げられ（宮田1992、渡辺ら2003、竹内2006）、それを規定す

る間接的な要因として水田外におけるカメムシ発生数がある（一守ら1990、小野ら2010）。その他、間接的に被害を助長する生物的要因としては水田内や畦畔・水田周辺のイネ科・カヤツリグサ科の雑草量（加進ら2009、高橋・菊池2013）、イネの割れ糶率（宮田1991、中場ら2000、大友ら2010）が挙げられる。人為的な水田内要因としては作付けする品種、イネの栽培時期や栽培体系、使用する殺虫剤が、水田外要因では雑草管理の時期や回数が挙げられる。非生物的要因としては水田内土壌のケイ酸含有量（農研機構東北農業研究センター2014）があり、気温や降水量は斑点米カメムシ類の成長・個体群増殖やイネの発育・出穂時期などを通じて被害に影響する（大鷲・鈴木2002、川崎ら2007）。

近年では景観生態学的手法を用いて水田の周辺環境とカメムシ侵入量の関係が検討され、侵入量に影響する空間スケールが定量化されている。ある水田に侵入するカメムシ数への影響評価に適した空間スケールはアサジカスミカメでは300m（Yasuda et al. 2011）や400m（Takada et al. 2012）、アカヒゲホソミドリカスミカメでは200～300m（Yasuda et al. 2011）と報告されている。

3 色彩選別機の普及状況

色彩選別機の普及度合いは10年前（菊地ら2004）と比較して大きく変化しており、これまで大型工場向けの製品であった色彩選別機が一般の生産者まで広く普及している。2014年2月に岩手県病害虫防除員41人（生産者・農協営農指導員19、農業共済組合員16、普及員6）を対象として管理管内における色彩選別機の所有状況を聞き取りした結果、アンケートに回答があった26人のうちJAは81%、管理管内の営農法人では42%、個人の生産者は65%の所有状況であり、色彩選別機が広く普及していることが伺えた。また、（株）サタケ（私信）によると、2009年末に糶すり・精米の工程ラインに組み入れられるタイプの色彩選別機を販売開始し、2013年度までに約8,000台が全国で販売された。そのうちおよそ20～25%（1,600～2,000台）が東北地域への販売だという。2009～2013年の全メーカーの色彩選別機の販売台数について東北地域の販売代理店（クボタ各社）への聞き取り調査を行った結果を図64に示した。これによると、2009年から販売台数は右肩上がりであり、2010年からは毎年200台前後の色彩選別機が東北6県へ導入されている。各県別に見ても、細かい変動

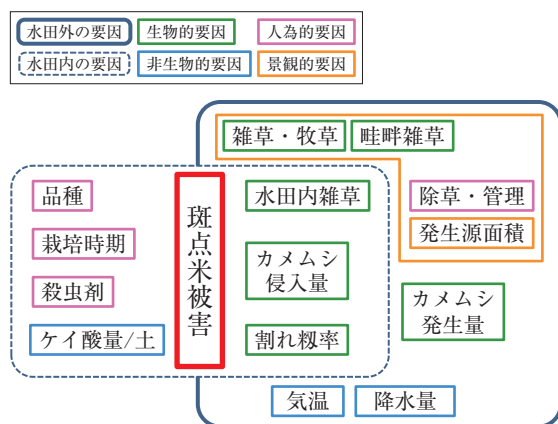


図63 斑点米被害に影響する各種の要因

注. 水田内の要因は点線、水田外の原因は実線の枠で囲んであり、要因は種類別に色分けしている。それぞれの要因間には影響があるが、それぞれの関係性は含めていない。

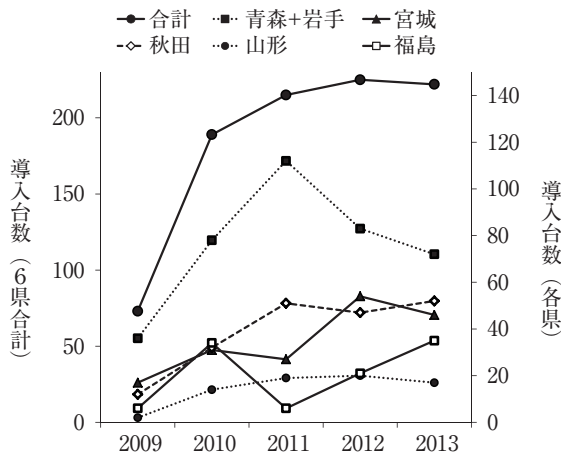


図64 2009年から2013年までの東北各県における色彩選別機の導入台数の推移

注. 東北各県のクボタ各社による聞き取り調査の結果を示す。導入台数は各社で取り扱っている全メーカーの合計値。

はあるものの突出した傾向はなく、各県にそれぞれ安定して普及している。10年前と比較して製品が小型化され性能が高まり、価格も200万円台の購入しやすい金額になってきたため、現在の状況があると言えるだろう。このように、色彩選別機は斑点米被害などの着色粒を除去するために非常に有用であり、有効な斑点米対策として定着しつつある。ただし斑点米カメムシ対策に限らず、害虫個体群管理は複数の防除手段を適切に組み合わせて行われるのが望ましい。色彩選別機に過度に依存して栽培期間中の対策を怠ることで周囲のは場へ影響が及ぶ可能性も考えられるため、色彩選別機は斑点米対策の一技術としてとらえ、栽培期間中の耕種的・物理化学的対策を軽視しないようにすべきだと考えられる。

4 今後の問題点と課題

これまで述べたように、今後もアカスジカスミカメを中心とした斑点米カメムシ類の発生と被害の動向に注視していく必要があり、いくつか研究や防除対策上の課題も挙げられる。

第一に、アカスジカスミカメの分布拡大の要因解明である。この傾向は東北地域のみならず北陸地域やその他の地域でも確認されており、今後の発生動向を占ううえで発生や被害の見られなかった地域で本種の分布と発生がなぜ拡大しているのかを解明する必要がある。市町村、県、地域区分(地方)など、様々な単位の広域スケールで分布拡大パターンを特定し、共通する分布拡大要因を検討することで原因

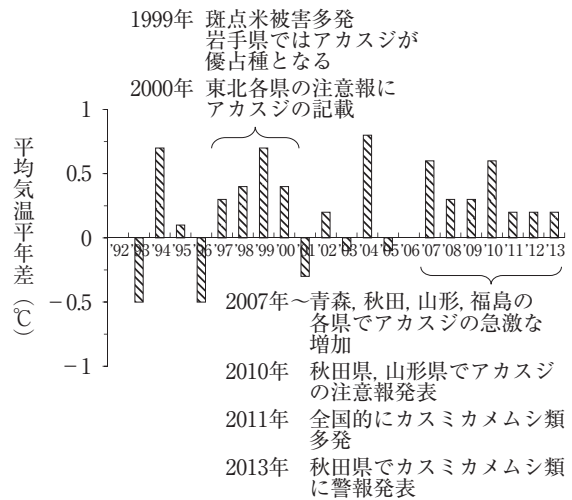


図65 東北地域の年間平均気温の平年差

注. 気象庁「気象統計情報」より作成。

究明の糸口がつかめるかもしれない。広域スケールで影響すると考えられる主要な要因としては寄主植物の分布パターンと気象要因が挙げられる。これまでは生産調整による耕作放棄地の増加に伴って斑点米カメムシ被害の報告が全国的に増加したことが知られており (Kiritani 2007)、転作牧草地面積(後藤ら 2000)などの分布や面積が一つのカギとなるかもしれない。また気象要因については大友(2013)が詳しい。大友(2013)は東北地域において2007年前後からの数年に起こったアカスジカスミカメの広域的な増加について、当該年の個体群密度に影響すると考えられる6~8月の平均気温平年差から考察を行い、6~8月の平均気温が平年値を上回る年が複数年続いた場合に密度が高まった傾向があることを示した。年間の平均気温平年差においても同様の傾向が見られ、高温年の連続とアカスジカスミカメの増加にはある程度の関連性が認められる(図65)。一方で大友(2013)は気象要因のみでは分布拡大の説明がつかないため、他の諸要因を加味した解析のほかにも、なぜアカスジカスミカメだけ増加しているのかについても検証が必要だとしている。前述したように秋田県ではアカスジカスミカメの増加後、アカヒゲホソミドリカスミカメが減少している傾向も認められるため、今後はアカヒゲホソミドリカスミカメの減少傾向が秋田で続く、もしくは他地域でも確認されるのか、また減少が起こった際には種間競争の有無、競争の起こる条件や原因につい

でも検討していく必要がある。

分布拡大原因究明のほかには、防除や管理対策についても改善や新規技術の開発が必要だと考えられる。今後は年ごとの気象条件などの変化に対応しつつ、多発生時にも確実に被害をおさえる総合的な技術体系を構築していくとともに、少発生時に防除の有無を柔軟に判断するなど、コストを低減するための基準を策定することが必要になるだろう。

耕種的管理のさらなる最適化についても今後検証が必要である。畦畔などの除草は生産者が自ら管理できる重要な斑点米カメムシ対策の一つであるが、その時期については出穂の2週間前を目処に畦畔などの除草を終えるよう東北各県で指導されている(大友 2013)。一方で出穂後や秋期～春期にかけての除草時期についてはさらなる検討の余地がある。現在、各県が除草の最適な時期と回数の解明に取り組んだ成果が公表されはじめているため、効果的な除草体系の確立に期待したい。

将来的な展開として、斑点米カメムシの予察手法と対策についても検討が必要である。東北地域の主要3種であるアカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、クモヘリカメムシではフェロモン製剤が市販され、これらを用いた省力的な発生数調査手法の研究が精力的に行われている。従来のすくい取りとの併用方法なども含め、今後よりよい方法を検討していく必要があるだろう。また、今後の栽培体系の変化に伴い、斑点米カメムシ対策も対応していく必要がある。2014年度からは農業政策の見直しが行われ、規模拡大や増収・多収が推奨されるとともに、飼料用米など新規需要米の生産への支援が強化される(農林水産省 2014)。これら規模拡大と飼料用米の増加は、斑点米カメムシ類の発生に影響することが予想される。規模拡大と斑点米カメムシ類については、農地の大規模化に伴い、地域内の移動分散パターンに影響が出ることが予想される。地域内のほ場サイズが斑点米カメムシ類の移動分散に与える影響についてはこれまでに研究事例がないが、一般的に害虫や天敵昆虫類の移動分散はほ場サイズや土地利用形態の複雑さによって影響することが知られている(Marino and Landis 1996, Al Hassan *et al.* 2013, Pasher *et al.* 2013)。斑点米カメムシ類、とくにカスミカメムシ類はイネが主要な増殖源となっていないため、移動分散の中継地点となる畦畔が少なくなることで、発生が抑制されるか

もしれない。また、飼料用米は主食用米とは異なりコスト削減のために病虫害防除を省略する場合も多いため、周辺の主食用米への影響も今後検討する必要があるかもしれない。また、主食用米についても、直播栽培によるコスト低減が各地で普及してきており、移植栽培とは異なる直播栽培における病虫害への防除体系の構築が課題となるだろう。

引用文献

- 1) Al Hassan, D.; Georgelin, E.; Delattre, T.; Burel, F.; Plantegenest, M.; Kindlmann, P.; Butet, A. 2013. Does the presence of grassy strips and landscape grain affect the spatial distribution of aphids and their carabid predators? *Agric. For. Entomol.* 15 : 24-33.
- 2) 中場 勝, 神保恵志郎, 佐藤利美, 永峯淳一. 2000. 水稻玄米の部分着色粒による品質低下要因とその対策 第1報「あきたこまち」における割れ粒の発生実態. *東北農業研究* 53 : 29-30.
- 3) 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.
- 4) 樋口博也. 2010. 斑点米被害を引き起こすカスミカメムシ類の生態と管理技術. *応動昆* 54 : 171-188.
- 5) 一守貴志, 千葉武勝, 田中英樹, 伊藤正樹. 1990. アカスジメクラガメの発生源からの距離と斑点米発生量の関係. *北日本病虫研報* 41 : 121-124.
- 6) Kiritani, K. 2007. The impact of global warming and land-use change on the pest status of rice and fruit bugs (Heteroptera) in Japan. *Global Change Biol.* 13 : 1586-1595.
- 7) 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.
- 8) 川崎聡明, 渡辺和弘, 土門 清, 小形恵美, 吉村具子. 2009. 山形県におけるアカスジカスミカメの近年の発生状況. *北日本病虫研報* 58 : 163-166.
- 9) 菊地淳志, 菅野洋光, 木村利幸, 後藤純子, 小野 亨, 新山徳光, 滝田雅美, 松木伸浩, 大場

- 淳司, 堀末 登. 2004. 東北地域における斑点米カメムシ類の発生と被害実態調査. 東北農研研報 102 : 101-180.
- 10) Marino, P. C.; Landis, D. A. 1996. Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecol. Appl.* 6 : 276-284.
- 11) 宮田將秀. 1991. アカスジメクラガメによる斑点米に対する割れ糶の影響. 北日本病虫研報 42 : 106-108.
- 12) 宮田將秀. 1992. アカスジメクラガメによる斑点米に対する割れ糶の影響 第2報放飼時期および頭数についての検討. 北日本病虫研報 43 : 93-95.
- 13) 農林水産省. 2014. 今般の施策の見直し (経営所得安定対策).
http://www.maff.go.jp/j/kobetu_ninaite/keiei/26minashi.html
- 14) 大友令史. 2013. 東北地方におけるアカスジカスミカメの発生と防除. 応動昆 57 : 137-149.
- 15) 大友令史, 斎藤真理子, 岩館康哉. 2010. アカスジカスミカメによる斑点米被害発生要因の解析. 北日本病虫研報 61 : 125-128.
- 16) 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. 古川農試研報 8 : 35-45.
- 17) 大鷲高志, 鈴木芳人. 2002. 気象条件が斑点米の発生に及ぼす影響. 北日本病虫研報 53 : 162-164.
- 18) Pasher, J.; Mitchell, S.; King, D.; Fahrig, L.; Smith, A.; Lindsay, K. 2013. Optimizing landscape selection for estimating relative effects of landscape variables on ecological responses. *Landscape Ecol.* 28 : 371-383.
- 19) Takada, M. B.; Yoshioka, A.; Takagi, S.; Iwabuchi, S.; Washitani, I. 2012. Multiple spatial scale factors affecting mirid bug abundance and damage level in organic rice paddies. *Biol. Cont.* 60 : 169-174.
- 20) 竹内博昭. 2007. クモヘリカメムシの発生動態ならびに斑点米被害予測に関する研究. 中央農研研報 9 : 17-74.
- 21) 渡辺和弘, 山村光司, 土門 清, 阿部雄幸. 2003. アカヒゲホソミドリカスミカメすくい取り調査による斑点米多発生確率の予測. 北日本病虫研報 54 : 110-112.
- 22) 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.
(農研機構東北農業研究センター 田淵 研)

Ⅳ 防除資料：東北各県の防除スケジュール

A 青森県（品種：つがるロマン、まっしぐら）（青森県産業技術センター農林総合研究所 市田忠夫）

月	5月			6月			7月			8月			9月			備考
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
成虫発生消長 (牧草・雑草地) (主要種に◎)				アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			主な寄主牧草・雑草 イタリアンライグラス イヌホタルイ ノビエ
成虫発生消長 (水田) (主要種に◎)	アカヒゲホソドリカスミカメ			アカヒゲホソドリカスミカメ			アカヒゲホソドリカスミカメ			アカシカスミカメ						
水稻生育 ステージ	田植え (5月中下旬)			最高分けつ期 (6月下旬)						出穂期(8月上～中旬) 穂揃期(8月上～中旬)			成熟期 (9月中下旬)			田植最盛期(平均)：5/20 出穂最盛期(平均)：8/8
防除体系Ⅰ ジノテフラン剤 クロチアニン剤 エチプロロール剤				① 草刈り						② 1回目散布			③ 追加散布			① 出穂2週間前までに終える ② 穂揃期～穂揃14日後に1回散布 ③ 多発時
防除体系Ⅱ 有機リン系統剤 合成ピレスロイド 系統剤				① 草刈り						② 1回目散布			③ 2回目散布 ④ 追加散布			① 出穂2週間前までに終える ② 穂揃期 ③ 穂揃7～10日後 ④ 多発時

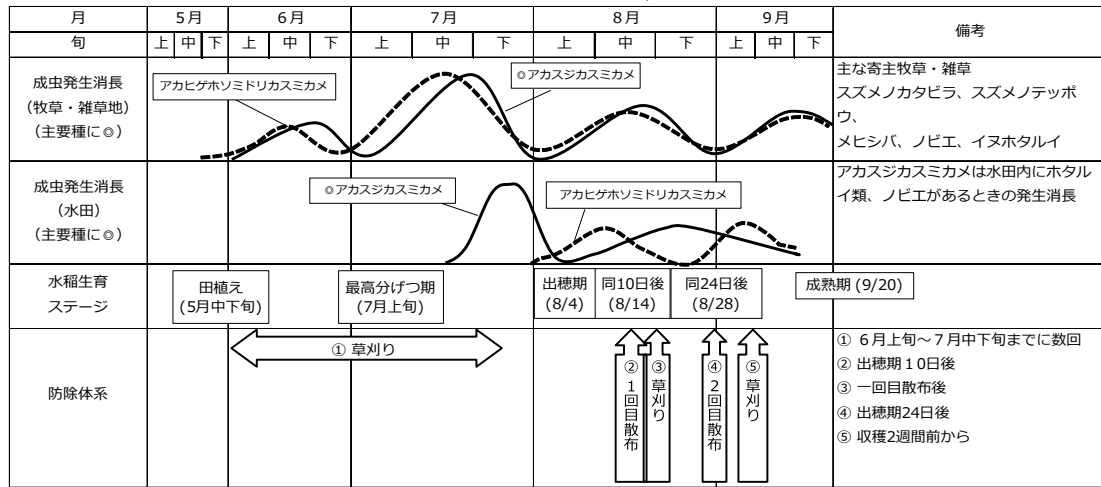
B 岩手県（品種：ひとめぼれ）（岩手県病害虫防除所 大友令史）

月	5月			6月			7月			8月			9月			備考
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
成虫発生消長 (牧草・雑草地) (主要種に◎)				アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			主な寄主牧草・雑草 イタリアンライグラス イヌホタルイ ノビエ
成虫発生消長 (水田) (主要種に◎)				アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ						主な寄主牧草・雑草 シズイ イヌホタルイ ノビエ
水稻生育 ステージ	移植期 (5/18)			分けつ盛期 (6月中旬)						出穂期(8/6)			成熟期(9/15)			H24岩手県農業研究成果より
防除体系	① 一斉草刈り						② 一斉草刈り			③ 1回目散布			④ 2回目散布			① アカシカ越冬世代の孵化盛期 ② 出穂の10日～15日前まで ③ 穂揃7日後 ④ ③の7日後(多発時のみ)

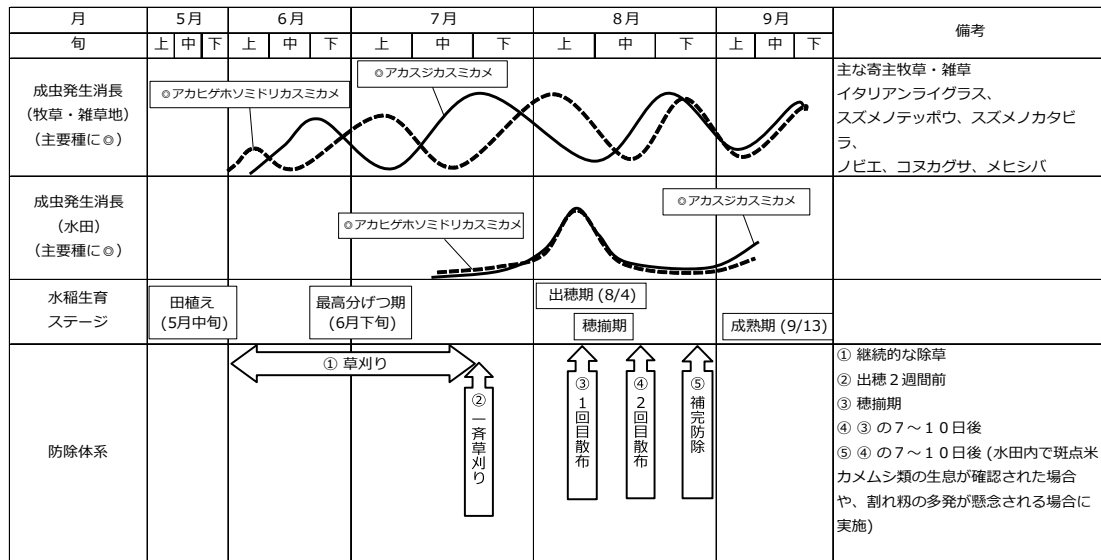
C 宮城県（品種：ひとめぼれ）（宮城県古川農業試験場 加進丈二, 宮城県病害虫防除所 高城拓末）

月	5月			6月			7月			8月			9月			備考
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
成虫発生消長 (牧草・雑草地) (主要種に◎)	アカヒゲホソドリカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			主な寄主牧草・雑草 イタリアンライグラス イヌホタルイ ノビエ
成虫発生消長 (水田) (主要種に◎)				アカシカスミカメ			アカシカスミカメ			アカヒゲホソドリカスミカメ						
水稻生育 ステージ	田植え (5/9)			最高分けつ期 (6月下旬)						出穂期(8/6) 乳熟期(8/19頃)			成熟期(9/20頃)			
防除体系				① 草刈り			② 一斉草刈り			③ 1回目散布			④ 2回目散布			① 6月～7月中旬までに2回 ② 出穂の10日前まで ③ 穂揃期 ④ ③の7～10日後(多発時のみ) ※本田内にイヌホタルイが発生している場合は、1回目の防除時期を「出穂始め～穂揃期」に早める。

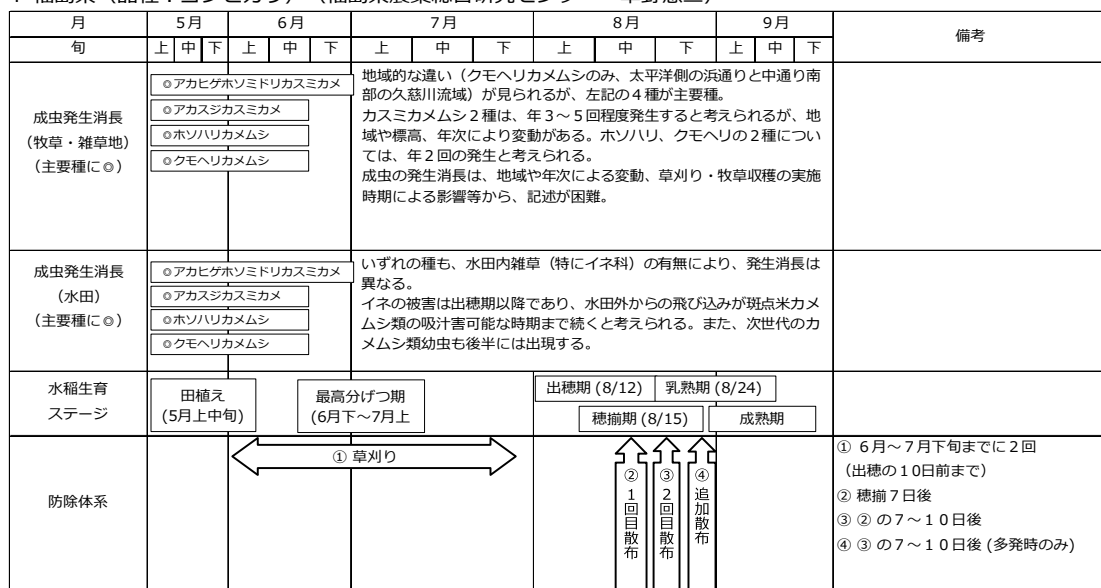
D 秋田県 (品種: あきたこまち) (秋田県病害虫防除所 新山徳光, 秋田県農業試験場 高橋良知)



E 山形県 (品種: はえぬぎ) (山形県農業総合研究センター 永峯淳一)



F 福島県 (品種: コシヒカリ) (福島県農業総合研究センター 草野憲二)



V 付録：発生資料

東北農業研究センターのウェブサイト内に「刊行物一覧」サイトがあり、研究報告 No. 117が掲載されている。その中に、V. 付録として、東北各県の発生資料（Excel形式）を掲載した。内容は以下のとおりである。

V-1 予察灯の誘殺数

V-2 本田、畦畔・雑草地・牧草地などすくい取り調査結果

東北農業研究センター研究報告 第 117 号

平成 27 年 3 月 発 行

編集兼発行 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
東北農業研究センター

代表者 石 黒 潔

〒 020-0198 盛岡市下厨川字赤平 4

電 話 (019) 643-3414, 3417

(情報広報課)

印 刷 所 河北印刷株式会社

〒 020-0015 盛岡市本町通 2 - 8 - 7
