

**BULLETIN
OF THE
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER**

Tohoku Nogyo Kenkyu Center Kenkyu Hokoku
No.114, March 2012

**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114号

所 長 小 卷 克 巳

編集委員会

編集委員長	松 田 長 生	
編 集 委 員	大 黒 正 道	田 村 有 希 博
	押 部 明 徳	御 子 柴 義 郎
	持 田 秀 之	近 藤 恒 夫

BULLETIN OF THE
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

No.114

Director General

Katsumi KOMAKI

Editorial Board

Editor

Nagao MATSUTA

Associate Editors

Masamichi DAIKOKU

Yukihiro TAMURA

Akinori OSHIBE

Yoshiro MIKOSHIBA

Hideyuki MOCHIDA

Tsuneo KONDO

東北農業研究センター研究報告 第114号 (平成24年3月)

目 次

ハトムギ新品種「はときらら」の育成

加藤 晶子・本田 裕・由比真美子・川崎 光代・山守 誠 石田 正彦・千葉 一美	1 - 10
--	--------

ソバ新品種「にじゆたか」の育成

由比真美子・山守 誠・本田 裕・加藤 晶子・川崎 光代	11 - 21
-----------------------------------	---------

寒冷地向け菓子用小麦新品種「ゆきはるか」の育成

谷口 義則・中村 和弘・伊藤 裕之・平 将人・中村 俊樹 石川 吾郎・吉川 亮・八田 浩一・前島 秀和・伊藤美環子 中村 洋・伊藤 誠治	23 - 37
--	---------

うるち性およびもち性小麦のポリフェノール含量の品種・系統間差異並びに ポリフェノール含量と製粉性・品質との関係

吉川 亮・中村 和弘・伊藤美環子	39 - 54
------------------------	---------

連続戻し交雑による品種育成における DNA マーカー選抜の効率的適用に関する一考

齊藤 美香・小林 史典・伊藤 裕之・新畑 智也・乙部千雅子 石川 直幸・藤田 雅也・石川 吾郎・中村 俊樹	55 - 65
--	---------

研究資料

東北地域における2010年産米の品質低下要因と対策技術

白土 宏之・清藤 文仁・市田 忠夫・木村 利行・石岡 将樹 菅原 浩視・吉田 宏・浅野 真澄・菅野 博英・佐藤 一良 松本 眞一・佐藤 雄幸・三浦 恒子・金 和裕・結城 和博 早坂 剛・本間 猛俊・今田 孝弘・藤田 智博・神田 英司 大平 陽一・山口 弘道	67 - 117
--	----------

BULLETIN OF THE
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
No.114 (March 2012)

CONTENTS

KATO, M., HONDA, Y., YUI, M., KAWASAKI, M., YAMAMORI, M., ISHIDA, M. and CHIBA, I. : A New Job's-tears Cultivar "Hatokirara"	1 - 10
YUI, M., YAMAMORI, M., HONDA, Y., KATO, M. and KAWASAKI, M. : "Nijiyutaka" a New Buckwheat Cultivar	11 - 21
TANIGUCHI, Y., NAKAMURA, K., ITO, H., TAIRA, M., NAKAMURA, T., ISHIKAWA, G., YOSHIKAWA, R., HATTA, K., MAEJIMA, H., ITO, M., NAKAMURA, H. and ITO, S. : A New Winter Soft Wheat Cultivar "Yukiharuka"	23 - 37
YOSHIKAWA, R., NAKAMURA, K. and ITO, M. : Genotypic Variation in Polyphenol Content of Nonwaxy Wheat and Waxy Wheat, and Relationships between Polyphenol Content and Milling Characteristics or Flour Qualities	39 - 54
SAITO, M., KOBAYASHI, F., ITO, H., SHIMBATA, T., OTOBE, C., ISHIKAWA, N., FUJITA, M., ISHIKAWA, G. and NAKAMURA, T. : A Study of the Application of Recurrent Backcrossing Using DNA Marker Selection to a Wheat Breeding Program	55 - 65
Note	
SHIRATSUCHI, H., SEITO, F., ICHITA, T., KIMURA, T., ISHIOKA, M., SUGAWARA, H., YOSHIDA, H., ASANO, M., KANNO, H., SATO, K., MATSUMOTO, S., SATO, Y., MIURA, C., KON, K., YUKI, K., HAYASAKA, T., HONMA, T., KONTA, T., FUJITA, S., KANDA, E., OHDAIRA, Y. and YAMAGUCHI, H. : Factors and Technologies Affecting Rice Grain Quality in the Tohoku Region in 2010	67 - 117

ハトムギ新品種「はときらら」の育成

加藤 晶子^{*1)}・本田 裕^{*1)}・由比真美子^{*1)}・川崎 光代^{*1)}
山守 誠^{*2)}・石田 正彦^{*3)}・千葉 一美^{*4)}

抄録：「はときらら」は1995年に東北農業試験場資源作物育種研究室（現 東北農業研究センター）において、早生・短稈の「東北1号」を母本とし、極早生・極短稈の「オホーツク1号」を父本として交配し、早生・短稈で多収の品種の育成を目標として、系統育種法によって選抜・固定を図ってきたものである。

本品種の成熟期は“早の早”で、東北地方の標準品種「はとじろう」より熟期が早いため、寒冷地で早霜や夏期の低温の影響を避けられるため安定して成熟期を迎えることができ、短稈であるため機械収穫適性が高い。穀実収量は「はとじろう」と同程度かやや多い。お茶加工適性は「はとじろう」と同程度である。栽培の適応地帯は北海道南部、東北地方と本州高冷地である。

キーワード：ハトムギ、新品種、早生、短稈

A New Job's-tears Cultivar "Hatokirara" : Masako KATO^{*1)}, Yutaka HONDA^{*1)}, Mamiko YUI^{*1)}, Mitsuyo KAWASAKI^{*1)}, Makoto YAMAMORI^{*2)}, Masahiko ISHIDA^{*3)} and Ichimi CHIBA^{*4)}

Abstract : A new Job's-tears cultivar "Hatokirara" was developed at the NARO Tohoku Agricultural Research Center in 2011. "Hatokirara" was selected from the progenies of the cross between "Tohoku 1/Ohotsuku-1", with the aim of developing a new cultivar with early maturity and short culm.

The major agronomic characteristics of "Hatokirara" are as follows. The maturity is early, 10 days earlier than that of "Hatojirou" and 14 days earlier than that of "Hatoyutaka". Its yield ability is the same as or higher than those of "Hatojirou" and lower than those of "Hatoyutaka". The plant height is shorter than those of "Hatojirou" and "Hatoyutaka". "Hatokirara" is able to mature with stability because its date of maturity is earlier than that of the standard variety "Hatojirou" in the Tohoku region in the cold district, and because it has a short culm, the machine harvest aptitude is high.

Its grain-setting layer is wider than that of "Hatojirou", and about the same as that of "Hatoyutaka". Its lodging resistance is the same as those of "Hatojirou" and "Hatoyutaka". Its shattering is as easy as "Hatojirou" and "Hatoyutaka", while its resistance to leaf blight is the same as that of "Hatojirou". "Hatokirara" is suitable for tea processing.

"Hatokirara" is adapted to the southern part of the Hokkaido region, the Tohoku region and the Honshu cold upland of Japan.

Key Words : Job's tears, New cultivar, Early maturity, Short culm

* 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 作物研究所 (NARO Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan)

* 3) 現・農研機構 野菜茶業研究所 (NARO Institute of Vegetable and Tea Science, Ano, Mie 514-2392, Japan)

* 4) 元・東北農業試験場 (Retired, Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

I 緒 言

ハトムギは耐湿性があり、湿田でも栽培可能なことから水田転作作物として栽培されている。東北地域はハトムギの栽培が多く、特に岩手県は作付面積が234haと全国で最も広い産地である。多くの産地では商品開発により特産化を図っており、「はとじろう」や「はとゆたか」が作付けされているが、安定供給、収益向上の面から生産力の高い品種が要望されている。ハトムギは生育適温が比較的高いため、寒冷地では夏期の低温により生育が遅延して成熟期に達しない場合がある。東北地方において収量を安定させるためには、早霜や夏期の低温に対応できるように、普及品種より早生であることが望ましい。また、水稲などの他作物との作業の競合から、ハトムギの播種が遅れる傾向があるため、生育期間のより短い極早生品種のほうが収量の安定性が高まると考えられる。近年、北海道においてもハトムギの導入が始まっており、北海道でも栽培可能な極早生品種の育成によって北海道におけるハトムギ生産振興に貢献できると考えられる。

また、ハトムギは元来長稈の作物であり、在来種では草丈が2mを超える。草丈が長いと倒伏しやすく、機械収穫に適さないため、栽培管理が困難である。そこで、これまで在来種よりも短稈な「はとじろう」が育成・栽培されているが、さらに草丈の短い極短稈品種を育成することによって、栽培管理や収穫作業が省力化できるとともに、密植栽培適性を高めることができるため、単収の増加も期待できる。

東北農業研究センターで新たに育成した「はときらら」は「はとじろう」や「はとゆたか」より熟期が早く、草丈が短い。収量性は「はとじろう」と同程度かやや優れる。これらの優れた特性から、2011年5月12日に品種登録出願が受理された(写真1)。そこで、本品種の来歴、育成経過と特性について明らかにし、今後の普及の参考に供したい。

本品種の育成にあたり、優良品種選定試験などを実施し、地域適応性及び諸特性の調査に当たられた北海道檜山農業改良普及センター、上ノ国町農業指導センター、みやぎ登米農業協同組合及び古川農業試験場、岐阜県中山間農業研究所、氷見市農業協同組合、斐川町農業共同組合、鳥取県農業試験場、九州沖縄農業研究センターの担当者各位に謝意を表す



「はときらら」 「はとじろう」

写真1 「はときらら」の草姿

2010年9月撮影 東北農業研究センター産
生検・標準栽培(畦幅:70cm 株間:15cm)

る。特に、北海道斐川農業改良普及センター及びみやぎ登米農業同組合、岐阜県中山間農業研究所の担当者各位には特段のご協力を頂いた。また、東北農業研究センター研究支援センター(元・企画調整部、旧・東北農業試験場企画連絡室)業務第1科 齊藤 進、佐藤卓見、高橋博貴、小林正志、伊東健二、齋藤文隆、藤澤敏彦、後藤正幸、齊藤真一、藤澤 忠、中嶋浩之の諸氏には栽培管理や調査などにおいて多大な協力を頂いた。さらに、当所の歴代の作物開発部長、作物機能開発部長、研究管理監にはご指導を頂いた。ここに記してこれらの方々に感謝の意を表す。

II 来歴及び育成経過

「はときらら」は1995年度に東北農業試験場資源作物育種研究室(盛岡試験地)において、早生・短稈の「東北1号」を母本とし、極早生・極短稈の「オホツク1号」を父本として交配し(表1)、同研究室(2001年より東北農業研究センター資源作物育種研究室、2006年より寒冷地特産作物研究チーム)において、早生で短稈・多収系統を目標として、系統育種法によって選抜・固定を図ってきた系統である(図1)。2003~2006年度の生産力検定予

備試験において収量が高く良好な成績であったので、2007年度より「東北4号」の地方番号を付け、育成地において生産力検定試験、北海道、宮城県、岐阜県等において地域適応性を検討してきた（表2）。2010年までに宮城県および岐阜県において良好な成績が得られたので品種登録を出願した（出願

番号第25901号、出願受理年月日2011年5月12日）。2010年の世代は雑種第15代である。

Ⅲ 特性概要

1. 形態的特性

成熟期における草丈は“短”に属し、「はとじろう」、「はとゆたか」より短い。稈径は「はとじろう」、「はとゆたか」よりやや細い。葉身の大きさ（長さ×幅）は「はとじろう」よりやや小さい。鞘状苞数は「はとじろう」と同程度である。着粒層は「はとじろう」、「はとゆたか」より広い。殻実の百粒重は「はとじろう」より少なく“中”であり、形は楕円で、色は茶褐色である。茎数は「はとじろう」、「はとゆたか」と同程度である（表3、写真1、写真2、写真3）。

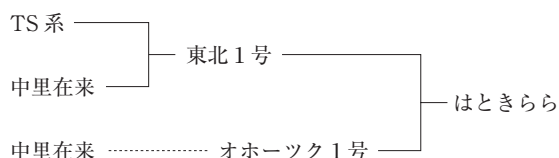


図1 「はときらら」の系譜

TS系：外国導入品種に放射線を照射した系統

表1 「はときらら」の両親の特性

項目	熟性	草丈	茎数	着粒層	稈径	葉鞘色	殻実の			脱粒性	葉枯病
							粒重	形	光沢		
東北1号(♀)	早	短	中	狭	細	淡褐	軽	長楕円	良	易	やや弱
オホーツク1号(♂)	早の早	短	中	中	細	赤紫	軽	長楕円	良	易	やや弱

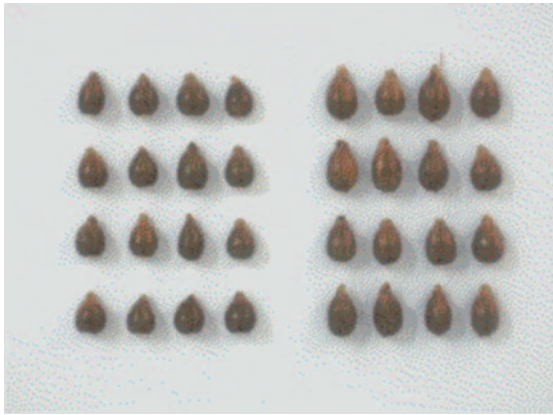
表2 「はときらら」の育成経過一覧

年次	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
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	F ₁₄	F ₁₅	
栽植	系統群数			10	7	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	
	系統数		22	42	35	20	21	21	21	21	21	21	7	7	7	7	
	個体数	23	550	1050	875	500	1050	1050	1050	1050	1050	1050	350	350	350	350	
選抜	系統群数			2	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	
	系統数		10	7	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	
	個体数	39	22	42	35	20	21	21	21	21	21	21	7	7	7	7	
生産力検定試験													○	○	○	○	
生産力検定予備試験								○	○	○	○						
優良品種選定試験等実施箇所														1	2	4	2
優良品種選定試験等現地調査実施箇所														2	3	1	

表3 「はときらら」の形態的特性

品種名	草丈	稈径	葉身の長さ	葉身の幅	鞘状苞数	着粒層	百粒重	粒形	粒色	茎数
はときらら	短	細	短	やや狭	中	やや広	中	楕円	茶褐	中
はとじろう	短	やや細	やや短	やや狭	中	狭	やや重	長楕円	茶褐	中
はとゆたか	短	やや細	中	中	やや多	中	やや重	長楕円	茶褐	中

注. 1) 特性調査成績は、はとむぎ種苗特性分類調査報告書による。原則として育成地（標準栽培）での観察・調査による。
 2) 2007～2010年の4カ年の平均
 3) 肥料設計は N-P₂O₅-K₂O (kg/10a) で示すと基肥が6.6-4.5 (2009～2010年は4.4-3)、追肥が標肥区で9.9-6.75 (2回) である。
 4) 栽植密度は畦幅×株間 (cm) が標植区で70×15、密植区で35×15で、1株2本立てである。



「はときらら」 「はとじろう」

写真2 「はときらら」の殻実

2010年12月撮影 東北農業研究センター産



写真3 収穫期の「はときらら」

(育成地 試験圃場)
2010年9月撮影

2. 生態的特性

標準栽培における殻実の収量は「はとじろう」と同程度かやや多い。出穂期は「はとじろう」、「はとゆたか」より早い。成熟期は「はとじろう」、「はとゆたか」より早い、“早生の早”に属する。耐倒伏性は「はとじろう」、「中里在来」並であり、脱粒性は両品種並の易である。葉枯病に対して「はとじろう」、「はとゆたか」と同程度罹病する(表4)。

3. 品質特性

殻実の硬さは「はとじろう」、「はとゆたか」より硬い。子実歩留は「はとじろう」、「はとゆたか」より低い。蛋白質含有率は「はとじろう」よりやや高いが同じ“高”、脂肪含有率は“やや低”である(表5)。

表4 「はときらら」の生態的特性

品種名	殻実重	出穂期	成熟期	耐倒伏性	脱粒性	葉枯病抵抗性
はときらら	中	早の早	早の早	中	易	やや弱
はとじろう	中の少	早	早	中	易	やや弱
はとゆたか	中の多	早	中の早	中	易	やや弱

- 注. 1) 特性調査成績は、はとむぎ種苗特性分類調査報告書による。原則として育成地(標準栽培)での観察・調査によった。
2) 2007~2010年の4カ年の平均
3) 肥料設計は N-P₂O₅-K₂O (kg/10a) で示すと基肥が6-6-4.5 (2009~2010年は4-4-3)、追肥が標肥区で9-9-6.75 (2回)である。
4) 栽植密度は畦幅×株間(cm)が標植区で70×15、密植区で35×15で、1株2本立てである。

表5 「はときらら」の品質特性

品種名	殻実の硬さ	子実歩留	蛋白質含有率	脂肪含有率
はときらら	中	やや低	高	やや低
はとじろう	やや軟	中	高	中
はとゆたか	やや軟	中	やや高	中

- 注. 1) 特性調査成績は、はとむぎ種苗特性分類調査報告書による。原則として育成地(標準栽培)での観察・調査によった。
2) 蛋白質含有率、脂肪含有率は(財)日本食品分析センターでの分析結果による。蛋白質含有率はケルダール法で、脂肪含有率はソックスレー法で分析した。

表6 「はときらら」のお茶加工適性に関する調査(岩手県K社)

品種名	加工適性	製品歩留	香り	色調	味わい	苦み	総合
はときらら	良	同等	良	良	良	良	良
はとじろう	良	同等	良	良	良	良	良

- 注. 2010年度東北農業研究センター産の「はときらら」と「はとじろう」を比較した。

「はときらら」は小粒で殻が固いため、殻を剥く時、子実が砕け易く、製品歩留が「はとじろう」より低い。そのため、精麦としての加工適性は「はとじろう」より劣ると評価された。

しかし、お茶加工適性は「はとじろう」と同等であり、お茶品質も同等の“良”である(表6)。

IV 生産力と栽培特性

1. 育成地における成績

生産力検定試験を2007~2010年の4年間実施した。各年次とも標播標植、晩播標植、標播密植、晩播密植、水田移植の5種類の試験を行った。生育調査及び収穫物調査の結果を表7、表8に示した。「はときらら」の特性を以下に記す。

表7 育成地における「はときらら」の生育調査成績

栽培 条件	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	稈径 (mm)	着粒層 (cm)	鞘状 苞数 (個/株)	葉身		葉枯病 発生程 度 ^{※3}	倒伏程 度 ^{※4}
									長 (cm)	幅 (cm)		
標播	はときらら	7.18	9.20	174	9.2	9.6	88	123	37.0	3.8	微	微
標植	はとじろう	7.25	9.30	193	9.0	10.5	78	122	42.4	3.6	微	微
	はとゆたか	7.28	10.4	202	8.3	10.5	81	122	46.0	3.9	微	微
晩播	はときらら	7.26	9.30	166	7.6	9.2	84	105	36.8	3.6	微	少
標植	はとじろう	8.2	10.7 ^{※1}	185	7.8	9.9	79	117	39.4	3.4	少	少
	はとゆたか	8.4	10.15 ^{※1}	190	7.3	10.3	81	123	43.9	3.8	微	少
標播	はときらら	7.18	9.20	177	6.4	9.2	71	63	36.1	3.6	微	無
密植	はとじろう	7.24	9.27	192	5.7	9.8	70	55	40.8	3.3	微	微
	はとゆたか	7.27	10.2	198	5.6	9.7	67	58	42.4	3.6	少	微
晩播	はときらら	7.28	9.29	168	5.4	8.6	70	52	34.5	3.3	微	微
密植	はとじろう	8.3	10.7	190	5.3	9.4	75	54	38.2	3.2	少	少
	はとゆたか	8.5	10.12 ^{※1}	197	4.8	9.6	72	56	40.8	3.5	微	少
水田	はときらら	7.11	9.30	91	9.2	6.7	60	122	21.1	2.4	無	無
移植	はとじろう	7.25	10.7 ^{※1}	131	7.1	9.2	68	157	27.3	2.7	無	無
	はとゆたか	7.25	10.8 ^{※2}	122	6.8	8.4	64	135	27.7	2.8	無	無

- 注. 1) 2007～2010年の4カ年の平均。播種時期は4カ年の平均で、標播は4月24日、晩播は5月24日である。
 2) 肥料設計はN-P₂O₅-K₂O (kg/10a) で示すと基肥が6-6-4.5 (2009～2010年は4-4-3)、追肥が標肥区で9-9-6.75 (2回) である。
 3) 栽植密度は畦幅 × 株間 (cm) が標植区で70×15、密植区で35×15で、1株2本立てである。
 4) 水田移植区は肥料設計と栽植密度が標肥標植区と同じである。播種と移植時期は4カ年の平均で、播種は4月23日、移植は5月25日である。
 ※1: 2009年度未成熟だったため2007、2008、2010年度3カ年の平均。
 ※2: 2008、2009年度未成熟だったため2007、2010年度2カ年の平均。
 ※3: 評価は無、微、少、中、大、甚の6段階評価。
 ※4: 評価は無、微、少、中、大、甚の6段階評価。

表8 育成地における「はときらら」の収穫物調査成績

栽培 条件	品種名	茎葉重 (kg/a)	穀実重 (kg/a)	標準比 (%)	百粒重 (%)	リットル重 (g)	子実歩留 (%)	成熟粒歩合 (%)
標植	はとじろう	120.7	43.1	100	12.9	506	61.6	96.9
	はとゆたか	136.4	51.5	119	13.7	502	61.8	95.5
晩播	はときらら	77.4	37.4	104	11.9	490	60.0	95.3
標植	はとじろう	110.5	36.0	100	12.5	485	62.3	94.4
	はとゆたか	134.5	44.0	122	13.2	481	61.6	92.8
標播	はときらら	105.2	49.7	118	12.5	515	60.2	96.3
密植	はとじろう	135.5	42.1	100	12.9	507	62.3	95.6
	はとゆたか	144.2	53.1	126	13.5	502	62.3	95.7
晩播	はときらら	88.3	37.8	113	12.1	498	60.3	95.7
密植	はとじろう	134.6	33.5	100	12.6	490	61.6	94.7
	はとゆたか	155.5	42.9	128	13.1	480	62.4	93.6
水田	はときらら	50.0	32.6	80	11.5	507	60.1	97.8
移植	はとじろう	97.2	40.9	100	12.5	513	61.6	98.1
	はとゆたか	101.3	48.2	118	13.2	498	61.8	95.9

- 注. 1) 2007～2010年の4カ年の平均。播種時期は4カ年の平均で、標播は4月24日、晩播は5月24日である。
 2) 肥料設計はN-P₂O₅-K₂O (kg/10a) で示すと基肥が6-6-4.5 (2009～2010年は4-4-3)、追肥が標肥区で9-9-6.75 (2回) である。
 3) 栽植密度は畦幅 × 株間 (cm) が標植区で70×15、密植区で35×15で、1株2本立てである。
 4) 水田移植区は肥料設計と栽植密度が標肥標植区と同じである。播種と移植時期は4カ年の平均で、播種は4月23日、移植は5月25日である。
 5) 子実歩留 (%) = (子実重 / 穀実重) × 100
 6) 成熟粒歩合 (%) = (成熟した穀実粒重 / 脱穀・風選後の全粒重) × 100

標播標植区では、出穂期は「はとじろう」より7日早く「はとゆたか」より10日早い。成熟期は「はとじろう」より10日早く、「はとゆたか」より14日早い。草丈は「はとじろう」より19cm短く、「はとゆたか」より26cm短い。莖数は「はとじろう」、「はとゆたか」よりやや多い。稈径は「はとじろう」、「はとゆたか」よりも細い。着粒層は「はとじろう」、「はとゆたか」より広い。鞘状苞数は両品種と同程度で、葉身長は短く、葉枯病発生程度と倒伏程度は同程度である。穀実収量は「はとじろう」と同程度かやや多く、「はとゆたか」より少ない。百粒重は「はとじろう」、「中里在来」より軽く、リットル重は「はとじろう」、「はとゆたか」と同程度である。子実歩留は「はとじろう」、「はとゆたか」よりやや少ない。

晩播標植区では標播標植区と比較して成熟期が10日遅くなり、草丈が8cm短くなり、倒伏が多くなった。穀実収量は7kg/a減収し、百粒重も軽くなった。

標播密植区では標播標植区と比較して、成熟期は変わらず、草丈は3cm長くなり、倒伏が少なくなった。穀実収量は5.3kg/a増収し、百粒重とリットル重も増加した。

晩播密植区では標播標植区と比較して、成熟期が10日遅くなり、草丈は6cm短くなり、葉枯病と倒伏が少なくなった。穀実収量は11.8kg/a減収し、百粒重も減少した。

水田移植区では標播標植区と比較して、出穂期は7日早くなるが成熟期が10日遅くなった。草丈は

83cm短くなり、穀実収量は11.8kg/a少ない。葉枯病と倒伏は見られなかった。

「はときらら」は直播栽培ではいずれの栽培法でも成熟期が早く、草丈が短い。また、「はとじろう」より穀実重が多く、密植によって穀実収量は増加する。移植栽培では「はとじろう」、「はとゆたか」より穀実収量が低く、移植栽培に適していないと考えられる。

2. その他の試験地の成績

1) 北海道檜山郡上ノ国町農業指導センター

2007～2010年の4年間試験を行った。「はときらら」は北海道の標準品種「オホーツク1号」と比較して、成熟期は7日遅く、草丈が12cm長く、穀実重は6.6kg/a多かった(表9)。倒伏と葉枯病は両品種とも見られなかった。「はときらら」は標準品種に比べて10%程度穀実重が多かったため、有望とみられ、栽培条件として収量・品質を高めるためには5月中旬播種、10月中旬収穫が望ましいと評価された。

2) 宮城県古川農業試験場

2009年に試験を行った。「はときらら」は「はとゆたか」と比較して、成熟期は11日早く、草丈は26cm短く、穀実重は5.3kg/a少なかった(表10)。

3) 宮城県登米市

2008～2010年の3年間試験を行った。標準品種「はとじろう」と比較して、成熟期は9日早く、草丈は40cm短く、穀実重は9.5kg/a多かった(表11)。「はときらら」は「はとじろう」と比べて短稈で生育量が少ないため機械収穫作業が容易であり、収量性も高いため有望である、と評価された。

表9 北海道上ノ国町農業指導センターにおける「はときらら」の試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	稈径 (mm)	莖数 (本/株)	鞘状苞数 (個/株)	着粒層 (cm)	生育中の障害		茎葉重 (kg/a)	穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)	リットル 重(g)
								倒伏	葉枯					
はときらら	8.4 ^{※1}	10.10 ^{※2}	143	9.3	10.6	163	83	無 ^{※2}	無 ^{※2}	204.1	44.3	118	11.8	490
オホーツク1号	7.31 ^{※1}	10.3 ^{※2}	131	7.6	12.6	146	80	無 ^{※2}	無 ^{※2}	166.1	37.7	100	11.9	511

注. 2007～2010年度の4カ年の試験成績

※1 2009～2010年度の成績

※2 2008～2010年度の成績

表10 宮城県古川農業試験場(大崎市)における「はときらら」の調査成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	稈径 (mm)	莖数 (本/株)	鞘状苞数 (個/株)	着粒層 (cm)	生育中の障害		穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)
								倒伏	葉枯			
はときらら	7.23	9.25	146	9.3	11.6	150	62	無	少	29.8	85	12.5
はとゆたか	7.28	10.6	172	11.2	10.8	148	83	無～少	無～少	35.1	100	15.1

注. 2009年度の調査成績

4) 岐阜県中山間農業研究所（岐阜県飛騨市）
2009年に試験を行った。「はときらら」は「はとじろう」と比較して、成熟期は4日早く、草丈は37cm短く、穀実重は4.6kg/a少なかった（表12）。

5) 岐阜県飛騨市神岡町（現地試験）
2009～2010年の2カ年試験を行った。「はときらら」は、「はとじろう」と「はとゆたか」が成熟期に達しなかったのに対し、成熟期に達し、穀実重も「はとじろう」より3.6kg/a多く、「はとゆたか」より5.0kg/a多かった（表13）。「はときらら」は早生で他品種に比べ収量が高いことから、標高が高く、

10月に降霜の心配のある当地では有望な品種であると評価された。

6) 富山県氷見市（現地試験）

2008年に試験を行った。「はときらら」は熟期が早く、草丈が短い、穀実収量が「はとゆたか」や「あきしずく」より少なく、葉枯病の発生が多かった（表14）。

7) 鳥取県農業試験場

2008～2009年の2カ年試験を行った。「はときらら」は熟期が早く、草丈が短く、穀実収量が「はとじろう」より多いが、「はとゆたか」や「はとむすめ」、

表11 宮城県登米市（現地）における「はときらら」の試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	稈径 (mm)	茎数 (本/株)	鞘状苞数 (個/株)	生育中の障害		穀実重 (kg/a)	収量比 (%)
							倒伏	葉枯		
はときらら	8.1	10.1	140	15.0	15.0	40	微	微	33.5	140
はとじろう	8.10	10.10	180	20.0	9.0	30	少	少	24.0	100
はとゆたか	8.4	10.10	173	20.0	11.0	30	少	少	28.5	119

注. 2008～2010年度の3カ年の平均値

表12 岐阜県中山間農業研究所（飛騨市）における「はときらら」の試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	稈径 (mm)	茎数 (本/株)	鞘状苞数 (個/株)	着粒層 (cm)	生育中の障害		全重 (kg/a)	穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)	リットル 重(g)
								倒伏	葉枯					
はときらら	7.11	9.28	111	6.0	10.0	37	72	無	微	72.7	33.8	88	11.5	504
はとじろう	7.16	10.2	148	9.0	5.0	40	73	無	微	105.0	38.4	100	12.3	494
はとゆたか	7.21	未成熟*	142	8.0	6.0	37	71	無	微	120.5	45.0	117	13.9	490

注. 2009年度の試験成績。

*成熟期は全穀実の8～9割が成熟色になった時期。「はとゆたか」は成熟期に達しなかった。

表13 岐阜県飛騨市神岡町（現地）における「はときらら」の試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	稈径 (mm)	茎数 (本/株)	鞘状苞数 (個/株)	着粒層 (cm)	生育中の障害		全重 (kg/a)	穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)	リットル 重(g)
								倒伏	葉枯					
はときらら	7.24	10.3	160	8.0	5.6	20	71.5	無	無	89.6	26.1	116	12.0	507
はとじろう	8.2	-*	155	7.0	4.7	23	63.9	無	無	81.1	22.5	100	12.3	467
はとゆたか	8.7	-*	140	7.0	3.3	26	62.2	無	無	90.5	21.1	94	11.8	444

注. 2009～2010年度の試験成績

*成熟期は全穀実の8～9割が成熟色になった時期。「はとじろう」と「はとゆたか」は成熟期に達しなかった。

表14 富山県氷見市（現地）における「はときらら」の試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	着粒層 (cm)	穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)	葉枯病 発生程度	倒伏 程度
はとじろう	7.16	9.12	200	12.4	73	47.6	80	12.4	微	微
はとゆたか	7.17	9.15	205	9.6	88	71.9	121	12.8	微	微
あきしずく	7.20	9.20	198	10.2	66	59.3	100	11.6	無～微	無

注. 2008年度の成績。

表15 鳥取県農業試験場（鳥取市）における「はときらら」の試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	着粒層 (cm)	穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)	葉枯病 発生程度※1)	倒伏 程度※2)
はときらら	7.10	9 5	131	8.5	82	36.0	92	9.4	4.3	0.0
はとじろう	7.14	9 8	158	7.3	76	33.0	84	9.8	4.5	0.0
はとゆたか	7.19	9.14	174	7.3	85	46.4	118	11.8	4.2	0.0
はとむすめ	7.22	9.14	172	6.5	88	39.2	100	10.2	4.0	0.0
あきしずく	7.27	9.18	149	6.5	75	39.3	100	10.4	2.7	0.0

注. 2008～2009年度の成績。

※1：葉枯病発生程度：0（無）－5（甚）。

※2：倒伏程度：0（無）－5（甚）。

表16 鳥根県斐川町（現地）における「はときらら」の試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	着粒層 (cm)	穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)	葉枯病 発生程度	倒伏 程度
はときらら	7 8	9.12	127	55	76	30.6	58	11.6	甚	無
はとじろう	7.10	9.18	154	51	63	28.8	55	13.3	甚	無
はとゆたか	7.12	9.20	144	49	64	41.1	78	13.1	多	無
はとひかり	7.14	9.22	180	56	72	52.4	100	13.9	中	無
あきしずく	7.18	9.23	160	78	58	44.6	85	11.2	少	少

注. 2009年度の成績。

表17 九州沖縄農業研究センター（熊本県合志市）における試験成績

品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	茎葉重 (kg/a)	穀実重 (kg/a)	収量比 (%)	百粒重 (g)	不稔粒 発生程度
はときらら	7.14	9.11	106	46.0	23.4	59	9.8	極多
はとじろう	7.15	9.13	113	69.2	37.8	95	10.9	極多
あきしずく	7.23	9.26	121	70.9	39.9	100	9.5	中

注. 2010年度の成績。

「あきしずく」より少なく、葉枯病の発生も「はとむすめ」や「あきしずく」よりも多かった（表15）。

8) 鳥根県斐川町（現地試験）

2009年度に試験を行った。「はときらら」は熟期が早く、草丈が短く、穀実収量は「はとじろう」より多いが、「はとゆたか」や「はとひかり」、「あきしずく」より少なかった。葉枯病の発生は「はとじろう」と同程度で、「はとゆたか」や「はとひかり」、「あきしずく」より多かった（表16）。

9) 九州沖縄農業研究センター

2010年に試験を行った。「はときらら」は熟期が早く、草丈が短い、「はとじろう」と「あきしずく」より穀実収量が少なく、葉枯病による不稔粒の発生が「あきしずく」よりも多かった（表17）。

V 固定度

「はときらら」の出穂期、草丈、稈径、葉身長、百粒重について、系統間及び個体間の変異を調査し

た結果、変異は既存品種「はとじろう」と同程度であり、実用的に支障のない程度に固定していると認められた（表18）。

VI 適応地帯

育成地及び配布先の成績と、熟期が“早の早”の特性と温暖地における葉枯病に対する抵抗性がやや弱いことから、「はときらら」の栽培適地は北海道南部と東北地方、本州高冷地であると考えられる。

VII 栽培上の注意

「はときらら」は「はとじろう」と同程度に葉枯病に罹病するため、葉枯病の発生する地帯での栽培には注意する。葉枯病発生時には初期にロブラール水和剤（イプロジオン水和剤）を散布する。前年に葉枯病が発生した圃場では連作を避ける。

「はときらら」は水田に移植する栽培では、直播よりさらに短稈化し、低収となるために適さない。

表18 「はときらら」の固定度調査成績

系統・ 品種名	系統 番号	調査 個体数	出穂期 月日	草 丈			稈 径			葉 身 長			百 粒 重		
				平均 値	標準 偏差	変異 係数	平均 値	標準 偏差	変異 係数	平均 値	標準 偏差	変異 係数	平均 値	標準 偏差	変異 係数
は と き ら ら	1	16	7.11	138.1	8.2	5.9	10.0	0.6	6.2	31.4	4.1	13.1	9.7	0.7	7.4
	2	16	7.12	137.9	6.1	4.5	9.4	0.6	6.6	27.4	3.8	13.7	9.0	0.5	6.0
	3	16	7.11	137.0	6.3	4.6	10.0	0.6	6.2	29.2	2.6	8.9	9.6	0.7	7.1
	④	17	7.12	141.9	10.8	7.6	8.8	0.7	8.0	28.5	2.9	10.2	9.4	1.0	10.2
	5	15	7.12	145.5	6.1	4.2	9.1	0.8	8.3	30.0	2.9	9.6	9.6	0.6	6.7
	6	15	7.11	138.5	6.3	4.5	9.2	0.7	7.5	26.9	2.7	10.1	9.5	0.9	9.4
	7	17	7.12	139.6	8.0	5.8	9.0	0.4	4.4	28.1	3.1	11.1	9.6	0.8	8.4
	平 均		7.12	139.8	7.4	5.3	9.4	0.6	6.8	28.8	3.2	11.0	9.5	0.7	7.9
は と じ ろ う	1	14	7.16	176.0	7.7	4.4	10.2	0.8	7.8	28.4	3.6	12.6	10.5	0.5	4.9
	2	12	7.15	176.1	14.9	8.5	10.2	0.7	7.3	27.8	3.2	11.6	10.5	1.1	10.7
	3	12	7.15	184.5	10.4	5.6	10.1	0.7	6.6	34.1	2.9	8.5	10.8	0.9	8.7
	4	15	7.17	176.1	14.8	8.4	10.2	0.8	7.9	28.0	4.9	17.6	11.0	1.2	11.2
	5	14	7.16	169.1	9.2	5.5	10.2	0.6	5.7	26.1	4.2	16.0	11.7	0.8	7.0
	平 均		7.16	176.4	11.4	6.5	10.2	0.7	7.1	28.9	3.8	13.3	10.9	0.9	8.5

注. 2010年度の成績。栽植様式は70×15cm、1本立、その他は標準栽培法による。④を選抜した。

表19 「はときらら」の育成従事者

年 次	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
担当者/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	F ₁₄	F ₁₅
加藤 晶子	○															○
本田 裕																○
由比真美子								○								○
川崎 光代											○					○
千葉 一美	○			○												
山守 誠						○									○	
石田 正彦	○						○									

上記の他に業務1科職員が調査等に従事した。

「はときらら」は「はとじろう」などと同程度に脱粒し易いので刈り遅れに注意する。

ハトムギは他家受精しやすく、他の品種や自生しているジュズダマと容易に自然交雑する。したがって、品種の特性を維持するために採種栽培においては他の品種やジュズダマから隔離して栽培する。

VIII 命名の由来

熟期が早く、草丈が短いなどきらりと光る特性を持つことを示し、産地で光り輝く特産作物になり、生産者に愛されることを願って命名した。

IX 育成従事者

「はときらら」の育成に従事した研究員の担当した世代を表19に示す。

X 考 察

東北農業研究センター（東北農業試験場）では1980年にハトムギ育種を開始し、これまでに「はとむすめ」（奥山ら 1995）、「はとひかり」（石田ら 1997）、「はとじろう」（加藤ら 1997）、「はとゆたか」（加藤ら 2007）の4品種を育成した。このうち、「はとむすめ」と「はとひかり」は温暖地での栽培に適しており、関東以西で栽培されてきた。「はとじろう」と「はとゆたか」は寒冷地での栽培に適し、東北地方で最も栽培されているのは「はとじろう」であり、「はとゆたか」の普及も順調に進み栽培面積が伸びている（全国ハトムギ生産協議会調べ）。

近年、ハトムギは抗腫瘍活性（Shih *et al.* 2004）や抗酸化能（Kuo *et al.* 2002）、抗アレルギー作用（Hsu *et al.* 2003）、抗高脂血症作用（Huang *et al.*

2005) など、様々な薬理作用が報告されており、健康的なイメージからハトムギの需要が増えたことや国産指向が強まったこと、岩手県花巻市や富山県氷見市、島根県斐川町などの新たな産地が増えたことにより、ハトムギの栽培面積は1900年代は400ha前後から、2010年には800haに増えてきている。今回育成した「はときらら」はこれまでハトムギの生産が不安定であった北海道や東北地方、本州の高冷地においても栽培可能であるため、国産ハトムギの振興に役立つものと期待している。

一方、ハトムギの重要病害である葉枯病 (*Bipolaris coicis*) は発病地域が拡大しつつあり、「はときらら」は葉枯病に対する抵抗性が弱いため、現在葉枯病の発生が見られない地域においても葉枯病の発生により生産が不安定になる可能性がある。葉枯病抵抗性の品種の育成は喫緊の課題である。

また、「はときらら」の脱粒性は「はとじろう」並の易であり、収穫時期の台風害などにより収量が激減する可能性があるため、収量の向上と安定化のためには難脱粒性品種の育成が必要である。

引用文献

- 1) Hsu, H.Y.; Lin, B.F.; Lin, J.Y.; Kuo, C.C.; Chiang, W. 2003. Suppression of allergic reactions by dehulled adlay in association with the balance of TH1/TH2 cell responses. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 3763-3769.
- 2) Huang, B.W.; Chiang, M.T.; Yao, H.T.; Chiang, W. 2005. The effect of adlay oil on plasma lipids, insulin and leptin in rat. *Phytomedicine* 12 : 433-439.
- 3) 石田正彦, 千葉一美, 加藤晶子, 奥山善直, 菅原 俐, 田野崎真吾, 進藤幸悦, 石倉教光, 関寛三, 遠藤武男, 柴田悖次. 1997. ハトムギ新品種「はとひかり」の育成. *東北農試研報* 92 : 43-52.
- 4) 加藤晶子, 千葉一美, 石田正彦, 奥山善直, 田野崎真吾, 進藤幸悦, 石倉教光, 関 寛三, 菅原 俐, 遠藤武男, 柴田悖次. 1997. ハトムギ新品種「はとじろう」の育成. *東北農試研報* 92 : 53-62.
- 5) 加藤晶子, 山守 誠, 由比真美子, 石田正彦, 千葉一美, 奥山善直, 遠山知子, 田野崎真吾, 菅原 俐, 遠藤武男, 柴田悖次. 2007. ハトムギ新品種「はとゆたか」の育成. *東北農研研報* 107 : 43-51.
- 6) Kuo, C.C.; Chiang, W.; Liu, G.P.; Chien, Y.L.; Chang, J.Y.; Lee, C.K.; Lo, J.M.; Huang, S.L.; Shih, M.C.; Kuo, Y.H. 2002. 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazylradical-scavenging active components from adlay (*Coix lachrymal-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf) hulls. *J. Agric. Food Chem.* 50 : 5850-5855.
- 7) 奥山善直, 菅原 俐, 進藤幸悦, 関 寛三, 石倉教光, 田野崎真吾, 遠藤武男, 柴田悖次, 石田正彦. 1995. はとむぎ新品種「はとむすめ」の育成. *東北農試研報* 89 : 1-10.
- 8) Shih, C.K.; Chiang, W.; Kuo, M.L. 2004. Effects of adlay on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Food Chem. Toxicol.* 42 : 1339-1347.
- 9) 日本特産農産物種苗協会. 1986. 種苗特性分類調査報告書 はとむぎ.

ソバ新品種「にじゆたか」の育成

由比真美子*¹⁾・山守 誠*²⁾・本田 裕*¹⁾・加藤 晶子*¹⁾
川崎 光代*¹⁾

抄 録：「にじゆたか」は耐倒伏性が「強～極強」で東北地域で栽培されている既存品種に比べ倒れにくく、大粒で子実外観に優れるソバ新品種である。2001年度に「葛生在来」と「戸隠在来（秋）」を交配し、雑種第2世代で個体選抜を行った後、系統選抜により育成された。主に東北地域以南の夏播き栽培に適する。育成地（岩手県盛岡市）における本品種の成熟期は「階上早生」より数日遅く「岩手早生」並の「やや早」で、草丈は「階上早生」より10cm程度長く、収量は「階上早生」をやや上回る。子実は黒く千粒重は約36g、容積重は約630gである。実需試験により、加工適性や食味について「階上早生」より「やや優る」との総合評価を得ている。2011年に秋田県、岩手県、宮城県で栽培に着手したほか、2012年以降は東北各地をはじめ関東・中部地方においても栽培予定となっており、今後広範囲に普及することが期待される。

キーワード：ソバ、新品種、耐倒伏性、大粒

'Nijiyutaka', a New Buckwheat Cultivar : Mamiko YUI*¹⁾, Makoto YAMAMORI*²⁾, Yutaka HONDA*¹⁾, Masako KATO*¹⁾ and Mitsuyo KAWASAKI*¹⁾

Abstract : The Tohoku Agricultural Research Center of Japan's National Agriculture and Food Research Organization (NARO) has released a new buckwheat cultivar 'Nijiyutaka'. 'Nijiyutaka' was derived from a line selected from the progeny of a cross between 'Kuzuu-zairai' and 'Togakushi-zairai'. 'Nijiyutaka' has the following major agronomic characteristics: high to very high lodging resistance, black hull color, and large seed size. 'Nijiyutaka' also matures a few days later than 'Hashikami-wase' and at the same time as 'Iwate-wase' in the Morioka area of Iwate prefecture, in northern Honshu. Plant height is about 10cm more and seed yield is a little higher than in 'Hashikami-wase'. The thousand-grain weight is about 36g, and 1 L of seeds weighs about 630g. In processing tests by three flour milling companies, 'Nijiyutaka' was judged to be more suitable than 'Hashikami-wase' for making buckwheat flour and noodles. 'Nijiyutaka' appears to be most suitable for the Tohoku region and southern Japan, and can be sown in summer for harvesting in autumn.

Key Words : Buckwheat, New cultivar, Lodging resistance, Large seed size

I 緒 言

ソバは播種から60～70日程度で成熟期に達する生育期間が短い作物である。主要穀物に比べ収量は少ないが、肥沃な土地がなくても栽培でき、省力栽培が可能で、栄養的にも優れるという利点をもつ。古くは飢饉の際の救荒作物となり、また栽培条件が厳しい土地での食糧生産に貢献してきた(菅原 1981、長瀬 1981、日本蕎麦協会 2000)。近年は水田転

作作物としても栽培され、地域特産作物として存在感を發揮している事例も少なくない。わが国のソバ作付面積は1976年に15千haまで減少したが、その後増加に転じた。特に1994年以降はコメの生産調整目標面積と連動して大きく伸び、近年は47千ha前後で推移している(高橋 2011)。東北地域でも同様の傾向がみられ、1994年の約4千haから1999年には約11千haに達し、近年は13千ha前後で推移している(日本蕎麦協会 2001、2010)。これは全国

* 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 作物研究所 (NARO Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan)

2011年11月17日受付、2012年1月16日受理

の作付面積の30%近くに相当し、東北地域はソバの重要産地となっている。このように作付面積が増加する一方、全国平均の反収は60kg前後のまま長年向上せず、気象条件の影響で大きく落ち込んだ年もあり、生産性は不安定である。とりわけ東北地域の反収は全国平均の約70%にとどまっているため、収量性の向上が大きな課題となっている。

このような背景から、課題解決策の一つとして東北地域向けの新品種育成を求める機運が生じ、東北農業研究センターでは2000年にソバ育種試験を新たに開始した。当時、山形県立農業試験場で新品種「でわかおり」が育成されたところであったが(1999年11月品種登録)、東北地域のその他の県では育成品種がないか、あっても育成後相当の年数を経過していた(林 2004)。東北地域では、他県あるいは遠く北海道や長野県など他地域の育成品種を導入したり、未改良の在来種を栽培している事例も少なくない。なお、2009年3月に福島県農業試験場会津支場(現福島県農業総合センター会津地域研究所)育成の「会津のかおり」が新たに品種登録されている。

東北地域は寒冷地でありソバが霜に弱いこと、収量性が低いこと、栽培面積が拡大し転作田など平坦地での機械化栽培が普及していること等から、東北農業研究センターでは当面の育種目標を早生・多収・耐倒伏性として優良系統の選抜を進めてきた。その結果、初の育成品種として「にじゆたか」を2011年6月に品種登録出願し、普及を開始した。そこで新品種の今後の普及拡大に役立てられるよう、本報告に育成経過と品種特性をまとめることとした。

本品種の育成にあたり、系統適応性検定試験を担当された青森県産業技術センター野菜研究所および鹿児島県農業開発総合センターの担当者各位、諸特性の調査にご協力いただいた長野県野菜花き試験場(ソバ育種指定試験地)および農研機構作物研究所の担当者各位に、謝意を表す。また秋田県羽後町および岩手県滝沢村での現地試験関係者各位には特段のご協力を頂き、加工適性試験には製粉メーカー3社にご協力いただいた。ここに厚く御礼申し上げます。なお、岩手県、山形県、宮城県の各試験場には「にじゆたか」の地域適応性把握に関し、様々な情報交換によるご支援ご協力をいただいた。ここに記して担当者各位に謝意を表す。

東北農業研究センターにおいては企画管理部業務

第1科・齊藤 進、佐藤卓見、高橋博貴、小林正志、伊東健二、齋藤文隆の諸氏に栽培管理、特性調査などで多大な協力を頂いた。また「にじゆたか」の耐倒伏性に関する調査研究は、福島研究拠点カバークロップ研究チームの村上敏文氏、業務第4科の井沢憲行氏、東北水田輪作研究チームの天羽弘一氏の協力により実施し、所内研究活性化プロジェクト予算の配分を受けた。ここに記して謝意を表す。

II 来歴及び育成経過

「にじゆたか」は2002年に東北農業研究センター資源作物育種研究室において、早生・多収・耐倒伏性品種の育成を目標として行った「葛生在来」と「戸隠在来(秋)」の交配に由来する(図1)。育成地において「葛生在来」は多収であるが成熟期が「階上早生」より遅く、「戸隠在来(秋)」は収量が劣るものの成熟期は「階上早生」より早い。耐倒伏性はいずれも「階上早生」より優れている。雑種第2代で個体選抜を行い、2004年に雑種第3代を個体別系統として栽培し、特性を比較して7系統を選抜した。2006年から3系統について生産力検定予備試験を開始し、2007年に台風による倒伏発生程度が軽微だった1系統を選抜して「盛系4号」の系統名を付与した。2008年には青森県及び鹿児島県の各試験場において系統適応性検定試験を開始するとともに、ソバ育種指定試験地(長野県)においても特性調査を開始した。それらの試験成績が良好であったことから地方番号「東北1号」を付与し、2009年から生産力検定試験を開始するとともに、岩手県、秋田県、茨城県において地域適応性の検討を開始した。また2009、2010年の育成地産ソバを実需による加工適性試験、食味試験に供試して評価を受けた(表1)。これらの試験成績を総合的に判断した結果、優良特性が安定していること、また栽培を希望する産地があることから、2011年6月に「にじゆたか」の名称で品種登録を出願した。2011年の世代は雑種第9代である。

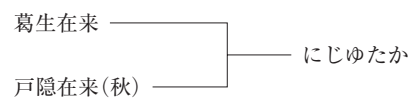


図1 「にじゆたか」の系譜

表1 「にじゆたか」の育成経過

年 度	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
世 代	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	
栽 系統数				13	7	3	3	1	1	1
植 集団個体数	各々100	300	6,500							
選 選抜集団・系統数		1	1	7	3	3	1	1	1	1
抜 選抜個体数			13							
生産力検定予備試験						○	○	○		
生産力検定試験									○	○
系統適応性検定試験								○	○	○
地域適応性検定試験								○	○	○
栽培予定地における現地試験									○	○
加工適性評価（実需3社）									○	○
系統名									盛系4号	東北1号

表2 「にじゆたか」の形態的特性

品種名	伸育性	草型	草丈	主茎節数	葉の形	花色	花房数	第1次分枝数	子実粒形	完熟粒の果皮色
にじゆたか	無限	直立・短枝型	やや短	やや少	中	白	少	中	三角形	黒
階上早生	無限	直立・短枝型	短	やや少	中	白	少	中	三角形	濃褐
岩手早生	無限	直立・短枝型	やや短	やや少	中	白	少	中	三角形	濃褐

注. 特性調査成績は、「平成14年度種苗特性分類調査報告書 そば（見直し）」に基づき、育成地の試験成績（標準栽培）により分類した。

Ⅲ 特性の概要

1. 形態的特性

伸育性は“無限”、草型は“直立・短枝型”で、「階上早生」と同じである。草丈、主茎長は「階上早生」より長いが、主茎節数は同程度である。完熟粒の果皮色は黒く、「階上早生」より濃い。その他の形態的特性（葉の形、花色など）は「階上早生」と同様の特性値に分類される（表2、写真1、2）。

2. 生態的特性

生態型は“中間秋型”で階上早生とは異なる。開花期、開花最盛期は「階上早生」と同等であるが、成熟期はやや遅れる。耐倒伏性は“強～極強”で「階上早生」より倒伏しにくい（表3、写真3）。

3. 品質特性

千粒重、容積重が「階上早生」より大きく、子実の外観品質に優れる。製粉歩留り、製麺性、食味は「階上早生」と同程度である（表4）。

4. 加工適性

2009～2010年の育成地産ソバの実需による加工適性試験では、「にじゆたか」が「階上早生」より“やや優る”との総合評価を得ている（表5）。



「にじゆたか」 「階上早生」 「岩手早生」

写真1 成熟期の草姿



写真2 「にじゆたか」(上)と「階上早生」(下)の子実



写真3 「にじゆたか」と「階上早生」の倒伏程度
(2010年9月6日、散播圃場、開花最盛期頃)

表3 「にじゆたか」の生態的特性

品種名	生態型	開花始	開花期	開花最盛期	成熟期	生育日数	耐倒伏性	脱粒の難易	子実の収量
にじゆたか	中間秋型	中	中	やや早	やや早	やや短	強～極強	中	中
階上早生	中間夏型	中	中	やや早	早	短	中	中	中
岩手早生	中間夏型	中	中	やや早	やや早	やや短	中	中	中

注. 特性調査成績は、「平成14年度種苗特性分類調査報告書 そば(見直し)」に基づき、育成地の試験成績(標準栽培)により分類した。

表4 「にじゆたか」の品質特性

品種名	千粒重	容積重	子実の外観品質	製粉歩留り	製麺性	食味
にじゆたか	大	やや大	良～極良	中	中	中
階上早生	中	中	良	中	中	中
岩手早生	中	中	良	中	中	中

注. 特性調査成績は、「平成14年度種苗特性分類調査報告書 そば(見直し)」に基づき、育成地の試験成績(標準栽培)および実需試験成績により分類した。

表5 「にじゆたか」の加工適性に関する評価

評価者	2009年産				2010年産				総合評価
	製粉適性	製麺適性	食味	概評	製粉適性	製麺適性	食味	概評	
A社(長野県)	同等	同等	優る	やや優る	同等	同等	やや優る	やや優る	やや優る
B社(栃木県)	やや優る	やや優る	やや優る	やや優る	やや優る	同等	やや優る	やや優る	やや優る
C社(北海道)	やや優る	やや劣る	やや優る	やや優る	やや優る	同等	同等	やや優る	やや優る

注. 東北農業研究センター産「にじゆたか」を標準品種「階上早生」と比較した。評価方法は各社の基準による。

IV 生産力と栽培特性

培方法により生産力を調査し、また2008～2010年の3年間は晩播試験を、2009～2010年の2年間は播種密度および施肥量に関する試験を、それぞれ実施した（表6、表7、表8）。

1. 育成地における栽培成績

2006～2010年の5年間、標準的な播種期および栽培

表6 育成地における「にじゆたか」の生育調査成績

栽培条件 ^{a)}	品種名	播種期	開花始 (月・日)	開花期 (月・日)	開花 最盛期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育日数	倒伏程度 ^{b)}
標準	にじゆたか	7.28	8.21	8.24	8.29	10. 5	69	1.0
	階上早生	7.28	8.19	8.21	8.26	10. 1	65	2.3
	岩手早生	7.28	8.20	8.22	8.28	10. 5	69	2.5
晩播	にじゆたか	8.15	—	—	9.14	10.23	69	2.2
	階上早生	8.15	—	—	9.12	10.18	64	4.0
	岩手早生	8.15	—	—	9.13	10.23	69	3.7
疎植	にじゆたか	7.28	8.21	8.24	8.30	10. 5	69	1.4
	階上早生	7.28	8.18	8.21	8.27	10. 3	67	2.2
	岩手早生	7.28	8.20	8.23	8.29	10. 5	69	3.0
密植	にじゆたか	7.28	8.20	8.24	8.28	10. 4	68	1.8
	階上早生	7.28	8.18	8.21	8.25	10. 3	67	3.4
	岩手早生	7.28	8.19	8.22	8.27	10. 5	69	3.1
多肥	にじゆたか	7.28	8.21	8.24	8.30	10. 5	69	2.7
	階上早生	7.28	8.19	8.21	8.25	10. 2	66	2.7
	岩手早生	7.28	8.20	8.23	8.28	10. 5	69	3.5

注. a) 標準は2006～2010年、晩播は2008～2010年、疎植・密植・多肥は2009～2010年の試験成績の平均値である。標準栽培は、播種量150(粒/m²)、施肥量N-P₂O₅-K₂O:1.8-7.5-5.4(kg/10a)、条間70cm、1区面積11.2m²、3反復(2007,2008年は2反復)で試験した。疎植では標準の1/2量を播種、密植では標準の2倍量を条間35cmで播種した。多肥では窒素のみ標準の2倍量を基肥として施用した。
b) 6段階評価:0(無)～1(微)～2(少)～3(中)～4(多)～5(甚)

表7 育成地における「にじゆたか」の形態調査成績

栽培条件 ^{a)}	品種名	草丈 (cm)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節/株)	第1次分枝数 (本/株)	1株花房数 (個)
標準	にじゆたか	121	119	12.8	2.6	16.6
	階上早生	111	109	12.2	2.6	19.0
	岩手早生	123	121	12.9	2.6	19.0
晩播	にじゆたか	88	87	8.8	2.7	11.4
	階上早生	78	76	8.4	2.5	13.1
	岩手早生	87	85	8.9	2.6	12.4
疎植	にじゆたか	112	110	12.3	2.9	16.4
	階上早生	106	102	12.3	2.7	20.8
	岩手早生	117	114	13.2	3.0	22.1
密植	にじゆたか	115	113	12.3	2.3	13.7
	階上早生	107	105	12.1	2.3	16.1
	岩手早生	116	115	12.7	2.8	17.9
多肥	にじゆたか	117	115	12.5	2.7	16.6
	階上早生	107	105	12.6	2.6	19.2
	岩手早生	115	113	12.9	2.8	19.0

注. a) 標準は2006～2010年、晩播は2008～2010年、疎植・密植・多肥は2009～2010年の試験成績の平均値である。標準栽培は、播種量150(粒/m²)、施肥量N-P₂O₅-K₂O:1.8-7.5-5.4(kg/10a)、条間70cm、1区面積11.2m²、3反復(2007,2008年は2反復)で試験した。疎植では標準の1/2量を播種、密植では標準の2倍量を条間35cmで播種した。多肥では窒素のみ標準の2倍量を基肥として施用した。

表8 育成地における「にじゆたか」の収量調査成績

栽培条件 ^{a)}	品種名	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	同左「階上早生」 (標準)比 (%)	千粒重 (g)	容積重 (g/l)
標準	にじゆたか	-	19.7	104	36.2	631
	階上早生	-	19.0	100	30.9	605
	岩手早生	-	19.1	101	31.3	602
晩播	にじゆたか	-	10.9	78	35.1	582
	階上早生	-	13.9	100	31.5	562
	岩手早生	-	12.4	89	30.2	525
疎植	にじゆたか	46.1	20.6	111	36.2	615
	階上早生	41.3	19.0	102	31.1	583
	岩手早生	43.1	18.0	97	31.2	594
	(標準)階上早生 ^{b)}	42.0	18.6	100	30.9	586
密植	にじゆたか	51.5	20.6	111	35.5	627
	階上早生	58.2	22.4	120	30.6	587
	岩手早生	52.3	19.7	106	30.9	598
	(標準)階上早生 ^{b)}	42.0	18.6	100	30.9	586
多肥	にじゆたか	55.3	20.1	108	36.2	620
	階上早生	56.5	20.7	111	31.3	584
	岩手早生	53.6	19.4	104	31.0	595
	(標準)階上早生 ^{b)}	42.0	18.6	100	30.9	586

注. a) 標準は2006～2010年、晩播は2008～2010年、疎植・密植・多肥は2009～2010年の試験成績の平均値である。標準栽培は、播種量150(粒/m²)、施肥量N-P₂O₅-K₂O:1.8-7.5-5.4(kg/10a)、条間70cm、1区面積11.2m²、3反復(2007、2008年は2反復)で試験した。疎植では標準の1/2量を播種、密植では標準の2倍量を条間35cmで播種した。多肥では窒素のみ標準の2倍量を基肥として施用した。
b) 子実重比較のため、2009～2010年の2か年の標準栽培における平均値を算出した。

標準栽培において「にじゆたか」の開花最盛期は「階上早生」より3日遅く、成熟期は4日遅く「岩手早生」と同等であった。草丈は「階上早生」より10cm高く第一次分枝数は同等で花房数は若干少なかった。また「階上早生」「岩手早生」より明らかに倒伏が少なかった。千粒重および容積重は「階上早生」よりかなり多く、「にじゆたか」は子実が大きかった。子実重は「階上早生」を4%上回った。一方、晩播試験では「階上早生」に比べ「にじゆたか」の成熟期は5日遅く、千粒重と容積重は多いが子実重はかなり下回った。また「にじゆたか」の草丈は10cm高く、花房数は若干少なく、倒伏しにくかった。

播種密度試験では、「にじゆたか」の草丈は播種密度に関わらず「階上早生」より高いが、倒れにくかった。子実重は「階上早生」「岩手早生」では密植区で増加し、播種密度を下げると減る傾向にあったが、「にじゆたか」では密植と疎植で同等の子実重が得られ、播種量による影響が少なかった。

施肥量試験では標準肥区と多肥区で成熟期は変わらなかったが、多肥区では「にじゆたか」が倒伏しやすくなり「階上早生」と同等になった。子実重は多

肥区で増加したが「にじゆたか」と「階上早生」は同程度であった。

2. 耐倒伏性に関する試験成績

「にじゆたか」の耐倒伏性について検証するため、育成地の機械播種圃場において倒伏程度の調査および主茎の引き倒し抵抗値と根の形態特性調査を行った。「にじゆたか」は条播でも散播でも、茎を根こそぎ引き倒す際にかかる抵抗力が「階上早生」より大きかった(表9)。また散播では播種密度に関わらず「にじゆたか」は「階上早生」より倒れにくく、多収となった(表10)。散播圃場で採取した根の形態として、「にじゆたか」では側根数が「階上早生」より多かった(表11)。

3. 系統適応性試験成績

青森県産業技術センター野菜研究所および鹿児島県農業開発総合センター大隅支場での試験成績を表12に示す。

青森県において「にじゆたか」の成熟期は「階上早生」より8日遅く、草丈は4cm高く、倒伏は少なかった。千粒重、容積重は多いが子実重は5%下回り、累年評価は「中または再検討」であった。

鹿児島県において「にじゆたか」の成熟期は「常

陸秋そば」より3日遅く、草丈は同等で、子実重は10%上回った。倒伏程度には年次間差が見られ、同等または倒れにくかった。千粒重、容積重は多かった。累年評価は対照品種「鹿屋在来」との比較にお

いて「同等またはやや有望」とされた。

4. その他の配布先における試験成績

1) 長野県における成績

ソバ育種指定試験地の長野県野菜花き試験場で2008～2010年の3年間実施した栽培試験結果を表13に示す。「にじゆたか」の成熟期は「信濃1号」より7日早く、「階上早生」より3日遅かった。草丈は「信濃1号」と同程度で「階上早生」より12cm高かったが、「にじゆたか」は倒伏しにくかった。千粒重、容積重ともに大きく、子実重は「信濃1号」「階上早生」をそれぞれを27%、24%上回った。

2) 茨城県における成績

つくば市の作物研究所圃場における試験成績を表13に示す。「にじゆたか」の成熟期は「信濃1号」「常陸秋そば」とほぼ同時期だった。草丈は「常陸秋そば」と同程度で「信濃1号」より高かったが、「にじゆたか」は倒伏しにくかった。千粒重は「常陸秋そば」より少なかったが「信濃1号」より多く、子実重は「常陸秋そば」を下回ったが「信濃1号」

表9 茎引き倒し抵抗値の品種および播種法間差 (2009年)

品種名	調査 個体数	引き倒し抵抗値(N) ^{a)}		播種法 間差 ^{c)}
		条播 ^{b)}	散播 ^{b)}	
にじゆたか	80	6.98	12.32	***
階上早生	80	4.00	5.55	***
品種間差 ^{c)}	-	***	***	-

注. a) 播種日8月4日、調査日9月25日・28日。
地上10cmの高さで主茎にデジタルフォースゲージのフックを固定し、水平方向に引いて完全に倒す際にかかる抵抗力を測定した。
b) 条播：チゼル有芯部分耕（浅耕条播）、条間48cm、1条2列（10cm間隔）。
散播：チゼルプラウシード簡易耕起・施肥同時散播。
播種量目標は200粒/m²で、実際の苗立概数は条播172本、散播125本。
施肥量(N-P₂O₅-K₂O)は、条播1.3-5.6-4.0、散播1.5-6.3-4.5(kg/10a)。
c) ***: 0.1%レベルで有意差あり

表10 散播圃場における生育および収量調査成績 (2010年)

品種名	播 ^{a)} 種 量	草丈 (cm)		第1次分枝 数(本/株)		総分枝長 (cm/株)		主茎長径 (mm)		倒伏 ^{b)} 程度 9/6	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	千粒重 (g)	容積重 (g/l)
		9/10	10/7	9/10	9/10	8/26	10/7							
		少	中	多	少	中	多							
にじゆたか	少	126	125	3.7	136	6.68	6.29	0.3	48.3	16.0	34.3	623		
	中	121	125	2.0	72	5.20	5.88	0.3	49.9	16.3	33.9	620		
	多	109	116	2.3	61	5.35	5.13	0.3	56.2	17.2	33.5	621		
階上早生	少	115	124	3.3	142	6.59	6.35	5.0	36.2	11.9	27.4	581		
	中	120	130	2.8	115	6.02	6.32	5.0	40.3	13.1	27.4	581		
	多	110	114	2.2	81	5.80	4.92	5.0	40.1	12.0	27.2	574		

注. a) ロータリ浅耕同時散播、施肥量(N-P₂O₅-K₂O): 1.8-7.5-5.4(kg/10a)、1区面積120m²で3反復試験。播種量(少、中、多)は、にじゆたか: 3.5、7.0、10.5、階上早生: 3.0、6.0、9.0(kg/10a)で、播種用種子の千粒重(にじゆたか39g、階上早生33g)を反映させた。
b) 6段階評価: 0(無)～1(微)～2(少)～3(中)～4(多)～5(甚)。「階上早生」が全面なびき倒伏したため直後に判定し、草丈・第1次分枝数・総分枝長も計測した。

表11 散播圃場における根の形態調査成績

品種名	調査年および調査日(播種後日数) ^{a)}							
	2009(62日目)		2010(29日目)			2010(71日目)		
	主根直径 (mm)	側根数 (本)	主根長 (cm)	主根直径 (mm)	側根数 (本)	主根長 (cm)	主根直径 (mm)	側根数 (本)
にじゆたか	5.19	19.5	4.84	4.67	39.4	6.21	5.25	57.3
階上早生	3.27	6.4	4.98	4.70	29.1	6.11	5.08	38.3
品種間差 ^{b)}	***	***	ns	ns	**	ns	ns	**

注. a) 各年の散播方法、栽培条件は表9および表10の脚注参照。調査数は2009年が13個体、2010年が90個体。
b) ***, **: それぞれ0.1%、1%レベルで有意差あり。

より多かった。

3) 栽培予定地における成績

秋田県雄勝郡羽後町および岩手県岩手郡滝沢村における試験成績を表14に示す。それぞれの標準品種「階上早生」「岩手早生」に比べ、「にじゆたか」は草丈は高いが倒伏しにくかった。成熟期は「階上早

生」より3日程度遅れるが、「岩手早生」とはほぼ同時期であった。秋田県では天候の影響で播種期が遅れた2009年の子実重は「階上早生」より少なかったが、2010年は「階上早生」より多かった。岩手県では「岩手早生」に比べ千粒重、容積重が大きく、子実重は16%上回った。

表12-1 系統適応性検定試験の成績

(試験担当機関名) 品種名	播種期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育日数	倒伏程度 ^{a)}	草丈 (cm)	主茎節数
(青森県産業技術センター野菜研究所)							
にじゆたか	8. 4	8.30	10.15	72	0.5	108	10.5
階上早生	8. 4	8.27	10. 7	64	2.5	104	10.8
(鹿児島県農業開発総合センター大隅支場)							
にじゆたか	9.10	10. 4	11. 8	58	1.5	67	6.8
常陸秋そば	9.10	10. 5	11. 5	55	3.0	68	6.7
鹿屋在来	9.10	10. 6	11.29	79	3.0	93	9.0

注. a) 6段階評価: 0 (無) ~ 1 (微) ~ 2 (少) ~ 3 (中) ~ 4 (多) ~ 5 (甚)。
両機関とも3年間の平均成績だが、鹿児島県の倒伏程度については評価方法に変更があり平均できないため2010年の評価成績のみを掲載した。

表12-2 系統適応性検定試験の成績 (続き)

(試験担当機関名) 品種名	第1次分枝数	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	同左標準比 (%)	千粒重 (g)	容積重 (g/l)
(青森県産業技術センター野菜研究所)						
にじゆたか	2.5	57.2	24.5	95	39.2	631
階上早生	2.7	53.4	25.8	100	33.1	600
(鹿児島県農業開発総合センター大隅支場)						
にじゆたか	4.7	87.0	11.3	110	36.3	584
常陸秋そば	4.8	88.0	10.3	100	31.6	545
鹿屋在来	6.4	128.4	8.5	83	30.4	566

表13-1 地域適応性試験の成績

(試験担当機関名、試験年次) 品種名	播種期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育日数	倒伏程度 ^{a)}	草丈 (cm)	主茎節数
(長野県野菜花き試験場、2008~2010年平均)							
にじゆたか	8. 5	8.29	10. 4	60	1.7	113	9.7
信濃1号	8. 5	8.29	10.11	67	3.7	114	10.5
階上早生	8. 5	8.27	10.01	57	2.8	101	9.6
(農研機構作物研究所、2009年)							
にじゆたか	8.20	9.12	10.19	60	2.3	110	-
常陸秋そば	8.20	9.10	10.20	61	2.8	112	-
信濃1号	8.20	9.11	10.21	62	4.0	107	-
(農研機構作物研究所、2010年)							
にじゆたか	8.23	9.18	11. 9	78	1.0	94	-
信濃1号	8.23	9.17	11. 9	78	2.5	88	-

注. a) 長野県は6段階評価: 0 (無) ~ 1 (微) ~ 2 (少) ~ 3 (中) ~ 4 (多) ~ 5 (甚)、
作物研は5段階評価: 0 (無) ~ 1 (少) ~ 2 (中) ~ 3 (多) ~ 4 (甚)。

表13-2 地域適応性試験の成績（続き）

(試験担当機関名) 品種名	第1次分枝数	花房数	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	同左標準比 (%)	千粒重 (g)	容積重 (g/l)
(長野県野菜花き試験場、2008～2010年平均)							
にじゆたか	2.3	17.6	67.5	22.4	127	35.0	622
信濃1号	2.3	22.8	71.8	17.7	100	29.8	590
階上早生	2.7	22.9	54.0	18.1	102	28.6	588
(農研機構作物研究所、2009年)							
にじゆたか	1.7	-	-	9.6	91	34.7	-
常陸秋そば	2.4	-	-	10.6	100	35.0	-
信濃1号	2.0	-	-	9.6	91	29.5	-
(農研機構作物研究所、2010年)							
にじゆたか	2.4	14.5	-	11.1	-	34.7	-
信濃1号	2.8	15.3	-	9.6	-	29.5	-

表14-1 秋田県および岩手県における「にじゆたか」の調査成績

(試験地) 品種名	試験 年次	播種期 (月・日)	開花最盛期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育日数	倒伏程度 ^{a)}	草丈 (cm)	主茎節数
(秋田県雄勝郡羽後町)								
にじゆたか	2009	8.12	9.10	10.13	62	0.5	74	7.4
	2010	7.20	8.24	9.30	72	0.5	97	11.8
	2010	8.3	9.2	10.3	61	0.5	90	10.3
階上早生	2009	8.12	9.9	10.14	63	2.5	70	7.4
	2010	7.20	8.20	9.27	69	3.0	88	11.7
	2010	8.5	9.1	9.30	58	2.5	80	9.7
(岩手県岩手郡滝沢村)								
にじゆたか		7.31	-	10.5	66	1.8	66	12.2
岩手早生		7.31	-	10.4	65	2.5	65	11.9
階上早生		7.31	-	10.2	63	3.0	63	11.4

注. 滝沢村は2009～2010年の試験成績の平均値である。

a) 6段階評価：0（無）～1（微）～2（少）～3（中）～4（多）～5（甚）

表14-2 秋田県および岩手県における「にじゆたか」の調査成績（続き）

(試験地) 品種名	試験 年次	第1次 分枝数	花房数	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	同左標準比 (%)	千粒重 (g)	容積重 (g/l)
(秋田県雄勝郡羽後町)								
にじゆたか	2009	2.7	-	24.0	3.4	58	-	-
	2010	3.0	-	13.1	3.3	150	-	-
	2010	2.5	-	12.8	4.7	124	-	-
階上早生	2009	2.8	-	22.3	5.9	100	-	-
	2010	2.5	-	9.5	2.2	100	-	-
	2010	2.6	-	10.1	3.8	100	-	-
(岩手県岩手郡滝沢村)								
にじゆたか		2.9	15.8	35.3	14.0	116	36.9	618
岩手早生		3.4	19.3	31.9	12.1	100	31.2	588
階上早生		2.9	17.5	30.0	13.2	108	31.6	589

表15-1 「にじゆたか」の固定度調査成績 (2010年)

品種名	草丈			主茎長			主茎節数		
	平均値 (cm)	標準偏差	変異係数 (%)	平均値 (cm)	標準偏差	変異係数 (%)	平均値 (cm)	標準偏差	変異係数 (%)
にじゆたか	95	9.20	9.68	94	9.17	9.76	11.1	1.15	10.36
階上早生	84	8.46	10.07	83	8.55	10.30	10.8	1.43	13.24
岩手早生	95	10.46	11.01	94	10.32	10.98	11.5	1.59	13.83

注. 育成地で標準方法により栽培された90個体を調査した(播種日8月4日)。

表15-2 「にじゆたか」の固定度調査成績 (続き)

品種名	第1次分枝数			花房数		
	平均値 (cm)	標準偏差	変異係数 (%)	平均値 (cm)	標準偏差	変異係数 (%)
にじゆたか	3.0	0.81	27.00	13.6	5.76	42.35
階上早生	2.5	0.67	26.80	14.9	5.83	39.13
岩手早生	3.0	0.72	24.00	17.7	8.05	45.48

表16 「にじゆたか」の育成従事者

担当者	年度 世代	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	
由比真美子		○									○
山守 誠		○							○		
本田 裕										○	○
加藤 晶子		○									○
川崎 光代					○						○

注. 上記の他に業務第1科職員が調査等に従事した。

V 固定度

「にじゆたか」の形態の固定度について、標準偏差および変異係数を調査し、標準品種「階上早生」及び比較品種「岩手早生」と比較した(表15)。「にじゆたか」の変異係数は草丈、主茎長、主茎節数では最も小さく、第一次分枝数および花房数では標準品種をやや上回る程度であった。従って、「にじゆたか」は実用上支障がない程度に固定していた。

VI 適応地帯

育成地及び各地での栽培試験成績から、「にじゆたか」は東北地方以南の夏播き栽培に向く品種と考えられる。留意点として、育成地を含む北東北各地の試験成績から、「にじゆたか」の子実を十分成熟させ多収を得るためには、登熟期間中あまり冷涼な条件に遭遇させないことが望ましいと考えられる。栽培地の緯度や標高と気象条件を考慮し、早めの播種計画をたてることが望ましく、岩手県平野部の場

合は7月中の播種を目標としたい。育成地で播種期を変えて行った小規模試験(2009年、データ略)では、6月中旬、7月上旬、8月上旬播種の場合の生育日数は、それぞれ80日、71日、61日となり、収量もその順に多かった。ただし、6月中旬播種における収量性は、生態型が夏型のキタワセソバのほうが優っていた。

普及見込みとしては、秋田県南地域で本格栽培への取り組みが始まっているほか、2012年以降は同県北部も加わり、広く東北各県および関東・中部圏においても栽培に着手する予定となっている。

VII 栽培上の注意

栽培上の注意点は次の通りである。①耐湿性は付与されていないので、既存品種と同様に圃場の排水対策に努める。②播種が遅くなると子実の成熟が不十分となり収量が低下するので、適期播種に努める(岩手県平野部の場合、遅くとも8月5日頃までを目標に播種する)。③耐倒伏性を有するが、窒素過

多により倒伏しやすくなるので施肥量に注意する。
④脱粒性は改善されていないので、既存品種と同様に適期収穫に努める。⑤隔離採種により特性を維持し、計画的な種子更新を行う。

VIII 命名の由来

2011年3月11日、東日本大震災が発生して太平洋沿岸部に大津波が襲来し、東北地域はもとより日本各地で甚大な被害が発生した。当時、品種登録出願にむけ現地試験関係者を交えて新品種名を相談中であつたが、この大災害を長く記憶にとどめ被災地復興への願いをこめたいと考え、品種名を検討した。「にじ(虹)」で希望や夢のイメージを表現し、被災地が再び「ゆたか(豊か)」な郷土として復興することを祈念して、「にじゆたか」と命名した。

IX 育成従事者

「にじゆたか」の育成に従事した研究員の担当した世代を表16に示す。

X おわりに

東北農業研究センターにおけるソバ育種試験は、2000年に資源作物育種研究室が当時所在していた盛岡市東安庭地区圃場において、育種素材選定を目的とした既存品種およびソバ遺伝資源の比較栽培試験から始まった。しかし同年度中に盛岡市下厨川の本部地区へ研究室を移転させる計画となつていたため、移転直後はソバ育種試験用圃場の確保が大きな課題となつた。ソバは虫媒他殖性作物であり、生産力検定試験用の圃場に加えて複数の隔離選抜圃場の設置が必要であつた。業務科職員各位のご尽力により新規開墾地を含め6箇所の隔離選抜圃場が2003年から利用可能となり、交配後の初期世代の個体・系統選抜に間に合わせる事ができた。

「にじゆたか」には育種目標とした耐倒伏性を付与できたが、より一層の生育期間短縮と収量性向上が課題として残されている。そのほか、ソバで一般的な課題となつている湿害、脱粒、穂発芽、成熟不齊一などの問題への対応、成分改良や高品質化への対応なども、今後の課題である。また、栽培面積が大きい産地では播種期や収穫期の分散が必要になる場合もあり、「にじゆたか」とは播種適期が異なる品種の育成も必要である。需要の面からも、暑い夏に新蕎麦を出荷できれば消費者ニーズに応えること

が可能となり、最近九州沖縄農業研究センターが育成した「春のいぶき」(2010年3月品種登録)は、西日本の温暖な気象を活用し5月下旬～6月上旬に収穫可能な春まき栽培用の新品種である(手塚2011)。ソバは品種固有の生態型の違いに応じて播種適期、栽培適地が異なる作物であり、生産者と消費者の様々な要望に対応できるよう、東北地域向けにも様々な生態的特性をもつ品種を育成することが今後の課題であろう。大澤(2011)は最近のわが国のソバ育種研究の状況と展望をまとめ、ソバの育種技術に関する興味深い提言を行っている。今後の研究の進展により、優良特性を集積させた画期的新品種育成への道が開かれることを期待したい。

引用文献

- 1) 林 久喜. 2004. 日本におけるソバ品種の現状(日本蕎麦協会編, そばの品種). 日本蕎麦協会. p.4-8.
- 2) 長瀬嘉迪. 1981. ソバ「基礎編」(農文協編, 畑作全書 雑穀編). 農山漁村文化協会. p.649-654.
- 3) 日本蕎麦協会編. 2000. そばの栄養. 日本蕎麦協会. 57p.
- 4) 日本蕎麦協会編. 2001. そば関係資料. 平成13年版. 日本蕎麦協会. p.3-5.
- 5) 日本蕎麦協会編. 2010. そばデータブック(そば関係資料). 平成22年版. 日本蕎麦協会. p.4-5.
- 6) 大澤 良. 2011. 日本におけるソバ育種の現状(日本特産農作物種苗協会編, 特産種苗第10号 特集ソバ). 日本特産農作物種苗協会. p.12-17.
- 7) 菅原金治郎. 1981. ソバ「基礎編」(農文協編, 畑作全書 雑穀編). 農山漁村文化協会. p.639-645.
- 8) 高橋貴典. 2011. そばをめぐる情勢(日本特産農作物種苗協会編, 特産種苗第10号 特集ソバ). 日本特産農作物種苗協会. p.6-11.
- 9) 手塚隆久. 2011. 九州沖縄農業研究センターにおけるソバ品種育成(日本特産農作物種苗協会編, 特産種苗第10号 特集ソバ). 日本特産農作物種苗協会. p.25-28.

寒冷地向け菓子用小麦新品種「ゆきはるか」の育成

谷口 義則^{*1)}・中村 和弘^{*1)}・伊藤 裕之^{*1)}・平 将人^{*2)}
 中村 俊樹^{*1)}・石川 吾郎^{*1)}・吉川 亮^{*3)}・八田 浩一^{*4)}
 前島 秀和^{*5)}・伊藤美環子^{*6)}・中村 洋^{*2)}・伊藤 誠治^{*7)}

抄録：「ゆきはるか」は穂数が多く多収で、スポンジケーキ適性の優れた薄力小麦である。1997年5月に廻用小麦の「東山30号（後のキヌヒメ）」と「関東117号（後のきぬあずま）」との人工交配を行い、派生系統育種法で選抜・固定をはかり、2010年8月に育成を完了し、2011年1月に品種登録申請を行った。

播性はIV、出穂期および成熟期は寒冷地の基準で“やや早”であり、寒冷地で薄力粉の原料として使用されている「キタカミコムギ」より出穂期は6～8日早く、成熟期は4～6日早い。叢生は中程度で株は開き、葉色はやや淡い。稈長が90cmの中稈種で「キタカミコムギ」より短く、穂型は紡錘状、白ふ、有芒で穂長はやや短い。子実重は「キタカミコムギ」より約10%多く、千粒重は「キタカミコムギ」と同じ中程度、容積重も中程度であるが「キタカミコムギ」より小さい。子実の形、大きさとも中程度の赤粒種で、外観品質は“中の上”である。粒質は粉状質で製粉歩留はやや低い。蛋白質含量は原麦、60%粉共に“やや少”で「キタカミコムギ」と同程度で、灰分含量は原麦、60%粉共に“やや少”で「キタカミコムギ」より少ない。粉の明度は「キタカミコムギ」と同程度で、赤み、黄色みは少ない。アミログラムの最高粘度が大きく、ブレイクダウンは中程度である。フェリノグラムのバリロメーター・バリューは“低”で、エキステンソグラムの生地力の程度は“やや小”、伸張抵抗は“やや弱”でいずれも「キタカミコムギ」より数値が小さく、薄力的な特性を示す。スポンジケーキの容積は「キタカミコムギ」より大きく、官能評価の点数も高い。耐寒性は“やや強”だが、耐雪性は「キタカミコムギ」と同じく“やや弱”である。耐倒伏性は“やや強”で、穂発芽性は“やや難”である。縞萎縮病、うどんこ病および赤さび病の各抵抗性は“やや強”で、赤かび病抵抗性は“中”である。

栽培適地は東北・北陸地域の根雪期間80日以下の平坦部で、菓子原料としての普及が期待される。

キーワード：コムギ、薄力小麦、スポンジケーキ、寒冷地、新品種、ゆきはるか

A New Winter Soft Wheat Cultivar "Yukiharuka": Yoshinori TANIGUCH^{*1)}, Kazuhiro NAKAMURA^{*1)}, Hiroyuki ITO^{*1)}, Masato TAIRA^{*2)}, Toshiki NAKAMURA^{*1)}, Goro ISHIKAWA^{*1)}, Ryo YOSHIKAWA^{*3)}, Koichi HATTA^{*4)}, Hidekazu MAEJIMA^{*5)}, Miwako ITO^{*6)}, Hiroshi NAKAMURA^{*2)} and Seiji ITO^{*7)}

Abstract: The new winter soft wheat cultivar "Yukiharuka" shows improved cake baking quality with a high panicle number and a high-yielding ability. "Yukiharuka" was bred by the derived line method at the National Agricultural Research Center for the Tohoku Region in 2010. It was selected from a cross between "Tosan 30 (Kinuhime)" and "Kanto 117 (Kinuzuma)".

"Yukiharuka" is an early to middle maturing cultivar in the Tohoku region, and its growth habit is

* 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 作物研究所 (NARO Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan)

* 3) 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)

* 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・長野県農業試験場 (Nagano Agricultural Experiment Station, Susaka, Nagano 382-0051, Japan)

* 6) 現・農研機構 北海道農業研究センター (NARO Hokkaido Agricultural Research Center, Memuro, Kasai-gun Hokkaido 082-0071, Japan)

* 7) 現・農研機構 中央農業総合研究センター北陸研究センター (NARO Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center, Joetsu, Niigata 943-0193, Japan)

2011年11月24日受付、2012年1月16日受理

degree IV (winter type). "Yukiharuka" has a medium culm length (90cm) with awns and white-glumes. The panicle number of "Yukiharuka" is greater than that of the standard winter wheat cultivar "Kitakami-komugi" in the Tohoku and Hokuriku regions, and its yield is about 10% higher than that of "Kitakami-komugi". Its 1000 grain weight and test weight are intermediate. "Yukiharuka" has a red and floury grain, and its flour yield is slightly low. The protein content and ash content of "Yukiharuka" are slightly low. Compared with "Kitakami-komugi", "Yukiharuka" is characterized by a low valorimeter value in farinograms, poor dough extension quality and weak resistance to extension in extensograms. The volume and quality scores of cake made with "Yukiharuka" are higher than those of cake made with "Kitakami-komugi". "Yukiharuka" has a slightly high cold tolerance and slightly low snow mold tolerance. Its lodging resistance, sprouting resistance, resistance to yellow mosaic virus, resistance to powdery mildew and resistance to leaf rust are slightly high. Its resistance to scab is intermediate.

"Yukiharuka" is considered to be adapted to plains with less than 80 days of continuous snow cover in the Tohoku and Hokuriku regions in Japan.

Key Words : Winter wheat, Soft wheat, Sponge cake, New cultivar, Yukiharuka

I 緒 言

2008年度の小麦粉需要は工業用・飼料用等を除く食用509万トンの内、菓子用は72万トンを占める。この内、国産の占める割合は2割程度で、日本麵用の7割に比べると国産比率は低く(2011年2月農林水産省生産流通振興課資料)、国産小麦の生産拡大が期待できる。一方、これまで菓子専用に育成された品種はなく、麵用の品種で、蛋白質含量の少ないものが菓子用として利用されている。東北地域においても国産菓子用粉の需要は多く、麵用品種である「キタカミコムギ」(大谷ら 1972)と「ネバリゴシ」(吉川ら 2002)が菓子用として利用されている。しかし、「キタカミコムギ」は蛋白質含量が少ない割には生地の伸張抵抗が強い特性があり、「ネバリゴシ」はアミロース含量が少なく、両品種とも菓子用として最適の品質を有しているわけではない。栽培面でも「キタカミコムギ」の穂発芽性は“やや易”で穂発芽の発生により品質や収穫量が低下する場合があります。東北地域における菓子用小麦の安定供給の制限要因となっている。さらに現在の国の規則に定める用途区分には「菓子の製造用」の区分がないため、「キタカミコムギ」等は菓子原料として栽培されたとしても、「日本麵の製造用」として扱われている。麦の所得補償交付金においては、品質項目の達成度に応じて加算額が4ランクに区分されているが、品質項目の1つである蛋白質含量の基準値が麵用の用途区分では9.7~11.3%であり、菓子用に適す

るとされる蛋白質含量よりも高い(2011年4月1日農業者戸別所得補償制度実施要綱 別紙5)。このため、菓子用に適した蛋白質含量の小麦は品質基準値からはずれ、価格面で不利になる事が多く、菓子用小麦生産の制限要因となっている。「菓子の製造用」区分が策定されない理由の1つとして、日本に菓子専用品種がない事が上げられている。以上のような状況の下、岩手県の実需者から高品質菓子用小麦の安定生産と「菓子の製造用」区分の制定のため、東北地域向けの菓子用品種の早期育成が求められた。そこで、育成中の系統から、最も製菓適性の高い系統を選抜し、2011年1月に「ゆきはるか」の名称で品種登録出願を行った。本報告では「ゆきはるか」の普及に資するため、本品種の育成経過や特性について紹介する。

本品種の育成に当たり、特性検定試験、系統適応性検定試験、奨励品種決定調査を実施していただいた関係機関および担当者各位に厚く御礼申し上げます。また、農事組合法人アグリパーク舞川の皆様には現地試験栽培に御協力を頂いた。さらに、東北農業研究センター研究支援センター(旧東北農業試験場企画連絡室)業務第1科の関村良蔵、藤沢敏彦、齋藤文隆、古澤久男、齊藤真一、谷藤 彰、佐藤敏幸、松橋克也、熊谷常三、齊藤 進、佐々木猛の諸氏には栽培管理や生育・収量調査および品質分析など育種業務の遂行にご尽力いただいた。ここに記して各位に厚く御礼申し上げます。

II 来歴および育成経過

1. 育種目標および来歴

「ゆきはるか」は1996年度（1997年5月）に東北農業試験場にて「東山30号」を母とし、「関東117号」を父として人工交配を行い、以後、派生系統育種法

により選抜・固定を図ってきたものである（図1）。両親の特性を表1に示した。「東山30号」は後に「キヌヒメ」（牛山ら 2009）として品種登録された播性“Ⅳ”の麵用系統で、麵の色相が優れる特性を持ち、「関東117号」は同じく後に「きぬあずま」（吉田ら 2001）として品種登録された播性“Ⅰ～

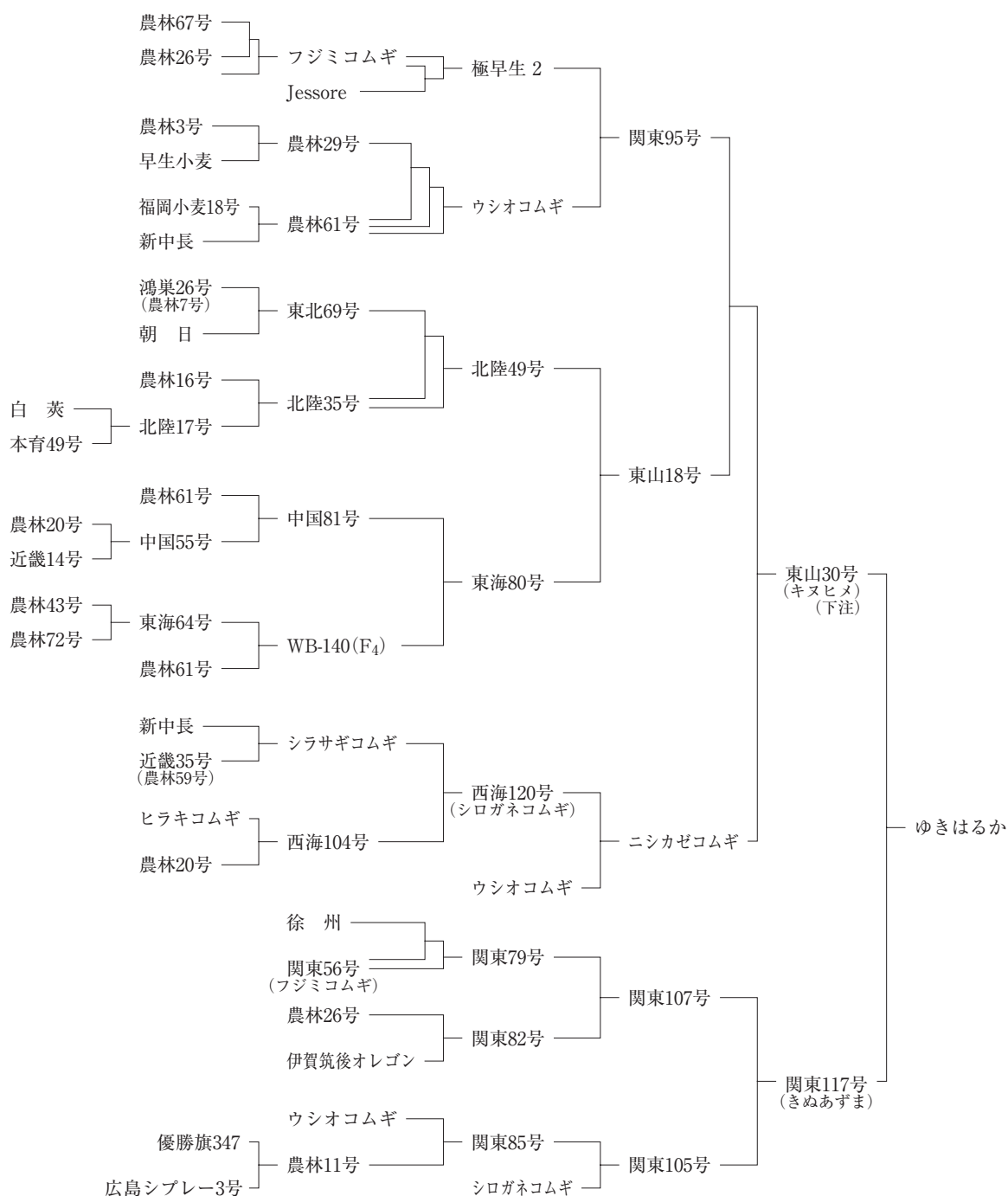


図1 「ゆきはるか」の系譜図

注. 東山30号は *H. bulbosum* (NaganoHb2) による半数体倍加により育成

表1 「ゆきはるか」の交配親の特性

品種名	叢性	稈長	穂長	穂型	芒の多少	ふ色	播性	出穂期	耐雪性	穂発芽性	赤さび病	縞萎縮病
ゆきはるか	中	中	やや短	紡錘状	やや多	淡黄	Ⅳ	やや早	やや弱	やや難	やや強	やや強
キヌヒメ (東山30号)	やや匍匐	やや短	中	紡錘状	やや少	褐	Ⅳ	極早*	やや弱*	難	-	-
きぬあずま (関東117号)	やや直立	中	中	紡錘状	中	黄	Ⅰ-Ⅱ	極早*	弱*	やや難	強	やや強

注. 「キヌヒメ」と「きぬあずま」の特性は品種登録時の値をのせたが、*印は寒冷地における基準に当てはめた。

表2 「ゆきはるか」の選抜経過

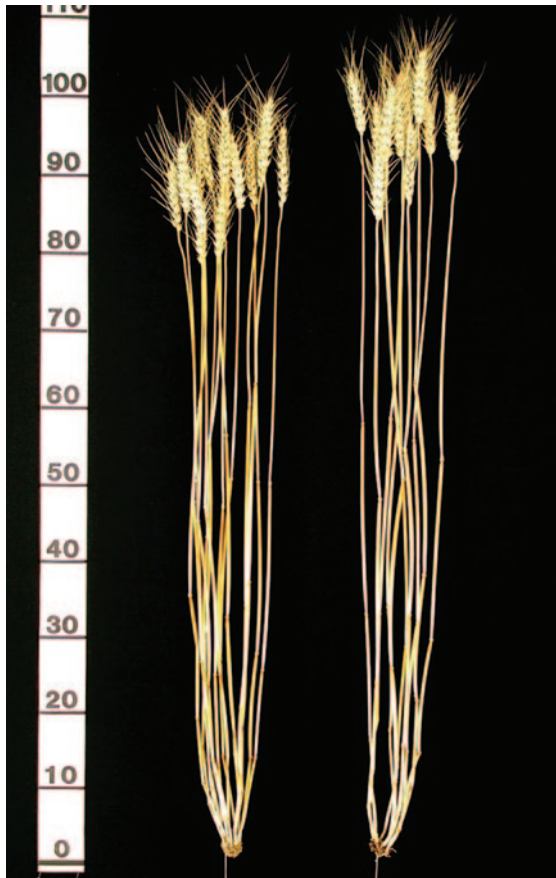
		試験年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
		世 代	交 配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃
供試数	系統群										4	2	2	1	1	1
	系 統			28個体	68.6g	31.9g	58.8g	184	20	7	20	10	10	10	10	10
選抜数	系統群										2	2	1	1	1	1
	系 統							20	7	4	2	2	1	1	1	1
	個 体		28粒	28個体	約200穂	約200穂	184穂			20	10	10	10	10	10	10
生産力検定予備試験(条播)										○	○					
同	本試験ドリル播											○	○	○	○	○
同	本試験条播											○	○	○	○	○
特性検定試験 箇所数										1	7	9	10	11	12	12
系統適応性検定試験 箇所数											2	4	7			
奨励品種決定調査 箇所数														8	7	5
備 考			点播	散播	散播	散播	散播	穂播	散播	以後二条千鳥点播						
			盛交C-636							盛系C-B4038			東北224号			

Ⅱ”の麵用系統で、麵の食感が優れる特性を有している。両品種とも寒冷地の基準では出穂期は“極早”で、耐雪性はそれぞれ“やや弱”、“弱”で、穂発芽性はそれぞれ“難”、“やや難”である。当初は麵用品種の育成を目指していたため、育種目標は早生、安定多収、耐寒雪性、耐病性、難穂発芽性、強稈、外観品質良、高製粉性、良粉色、高製麵適性であった。

2. 育成経過

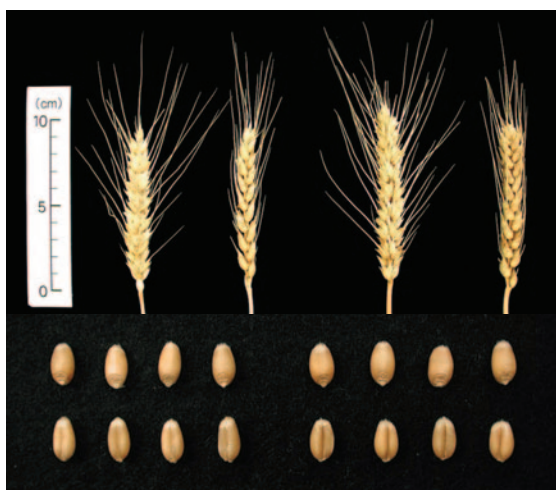
「ゆきはるか」の選抜経過を表2に示した。F₁世代は点播で28個体を栽植し、全個体を収穫した。F₂世代からF₇世代までは、前年度に収穫した種子を全て混合した後、7kg/10aの播種量で播幅15cmに散播して雑種集団を養成し、稈長、穂長、穂型等を指標として約200穂を選抜した。F₅世代は前年度選抜した184穂を、派生系統として条間40cm、株間25cmの二条千鳥に穂のまま播種し、草型を指標として20系統を選抜した。F₆世代は7kg/10aの播種量で播幅15cmに散播し、7系統を選抜すると共に、選抜系統については全刈りとし、品質分析を行うと同時に次年度の種子とした。F₇世代で盛系C-B4036

～盛系C-B4042の系統名をつけ（「ゆきはるか」は盛系C-B4038）、条間・株間12cmの二条千鳥点播に播種すると共に、生産力検定試験および穂発芽性検定試験に供試した。生産力検定試験と穂発芽性検定試験の結果および前年度の品質分析結果に基づき有望系統4系統を選抜し、さらに個体調査により各系統から5個体ずつを選抜した。また、アミロース合成遺伝子が正常型の系統または1つ欠失型の系統を選抜するために、DNAマーカー（Nakamura *et al.* 2002）分析を行い、盛系C-B4038のアミロース合成遺伝子がWx-A1欠失型である事を確認した。F₈～F₁₀世代は1系統群5系統、F₁₁世代以降は10系統で系統選抜を行った。この間、F₈世代以降は特性検定試験および系統適応性検定試験、F₉世代以降は生産力検定試験を行うと共に、その収穫物を用いて品質分析を行った。その結果、盛系C-B4038は蛋白質含量と灰分含量が低く、粒度が細かく、スポンジケーキの膨らみが大きく、菓子用として有望であったことから、2007年度、F₁₁で地方番号「東北224号」を付し、各県における奨励品種決定調査



「ゆきはるか」「キタカミコムギ」

写真1 「ゆきはるか」の株標本



「ゆきはるか」

「キタカミコムギ」

写真2 「ゆきはるか」の穂（正面・側面）と子実

に供試した。

奨励品種決定調査の成績は概ね良好であったが、菓子専用品種は普及の実績がない事から、普及に移すには、実需者による加工適性評価が必須であると判断された。特に実需から菓子用品種育成の要望があった岩手県において、現地試験と試験販売を含む実需者評価を受ける事とし、未譲渡性を担保するために2011年1月に品種登録申請を行った。なお、育種終了は2010年8月（F₁₃世代）である。

3. 命名の由来

漢字表記は「雪晴香」で、「雪」は積雪地帯である東北・北陸の気候に適することを表し、「晴香」は厳しい冬を乗り越えたのち、晴れ渡った青空の下で豊かな恵みがもたらされ、香り高いお菓子が消費者の元に届けられることを願って名付けた。

Ⅲ 特 性

1. 形態的特性

「ゆきはるか」の株、穂および粒の形態を写真1、写真2に示した。また、生産力検定試験の形態的な特性成績を東北地域の主力品種である「キタカミコムギ」および「ネバリゴシ」と共に表3に示し、そのデータを元に判定した形態的特性を「平成9年度種苗特性分類調査報告書（1998年3月）」の基準に従って分類し、表4に示した。特性の分類に当たってはドリル播栽培の値を主として用い、条播栽培の値を参考とした。



写真3 「ゆきはるか」を使用した試作品

左：ロールケーキ
 右上：白あんを小麦生地で包み、ホワイトチョコレート
 をコーティングした焼き菓子
 右下：コーティング前の半製品

表3 生産力検定試験における「ゆきはるか」の形態的特性成績

播種法	品種名	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	粒の形	粒の大小	粒の色	黒目粒	外観品質	千粒重 g	容積重 g
ドリル播	ゆきはるか	90	8.5	647	4.9	4.7	3.4	1.0	5.2	38.7	798
	キタカミコムギ	98	8.8	551	4.5	4.7	3.9	1.5	5.4	39.6	813
	ネバリゴシ	87	8.7	622	4.0	3.7	3.2	1.0	5.3	34.9	817
条播	ゆきはるか	87	9.2	419	5.2	5.3	3.2	1.2	5.0	42.0	817
	キタカミコムギ	96	9.4	361	4.7	4.8	3.8	1.8	4.0	40.6	818
	ネバリゴシ	84	9.0	423	4.0	4.0	3.2	1.4	5.5	36.6	826

注. ドリル播：2005-2009年度平均。条間20cmの6条播。播種量250粒/m²。前作水稲。堆肥100kg/a。基肥(kg/a) N:0.8、P₂O₅:2.7、K₂O:2.0、追肥N:0.4kg/a(融雪期)。
 条播：2003-2009年度平均。畦間70cm、播幅15cm。播種量500g/a(2003年度は600g/a)。前作ひまわり。堆肥100kg/a。基肥(kg/a) N:0.4、P₂O₅:1.35、K₂O:1.0(2003年度は60%増量、2004-2005年度は25%増量)、追肥N:0.2kg/a(融雪期)。
 調査基準：粒形1(極短)~3(短)~5(中)~7(長)~9(極長)、粒の大小1(極小)~3(小)~5(中)~7(大)~9(極大)、粒の色1(淡黄)、2(黄)、3(黄褐)、4(褐)、5(赤褐)、6(赤)、粒質1(粉状)、2(中間質)、3(硝子質)黒目粒1(無~極少)、3(少)、5(中)、7(多)、9(極多)、外観品質1(下下)、2(下中)、3(下上)、4(中下)、5(中中)、6(中上)、7(上下)、8(上中)、9(上上)。

表4 「ゆきはるか」の形態的特性

形質番号	形質	ゆきはるか	キタカミコムギ	ネバリゴシ
1-1	叢性	5(中)	5(中)	6(やや匍匐)
1-2	株の開閉	7(開)	5(中)	5(中)
1-3	葉鞘の色	1(無)	1(無)	1(無)
2-4	稈長	5(中)	7(長)	4(やや短)
2-5	稈の細太	5(中)	5(中)	5(中)
2-6	稈の剛柔	5(中)	5(中)	5(中)
2-7	稈のワックスの多少	4(やや少)	3(少)	2(かなり少)
3-8	葉色	4(やや淡)	6(やや濃)	4(やや淡)
3-9	葉鞘のワックスの多少	6(やや多)	3(少)	3(少)
3-10	葉鞘の毛の有無と多少	1(無~極少)	1(無~極少)	1(無~極少)
3-11	葉身の下垂度	6(やや大)	5(中)	5(中)
3-12	フレッケンの有無と多少	4(やや少)	6(やや多)	2(かなり少)
4-13	穂型	2(紡錘状)	3(棒状)	2(紡錘状)
4-14	穂長	4(やや短)	5(中)	4(やや短)
4-15	粒着の粗密	5(中)	6(やや密)	5(中)
4-16	穂の抽出度	5(中)	6(やや長)	5(中)
4-17	穂のワックスの多少	4(やや少)	3(少)	2(かなり少)
4-18	ふ毛の有無	1(無)	1(無)	1(無)
4-19	葍の色	1(黄)	1(黄)	1(黄)
5-20	芒の有無と多少	6(やや多)	7(多)	1(無~極少)
5-21	芒長	6(やや長)	6(やや長)	1(極短)
6-22	ふの色	1(淡黄)	2(黄)	1(淡黄)
7-23	粒の形	5(中)	5(中)	4(やや円)
7-24	粒の大小	5(中)	5(中)	4(やや小)
7-25	粒の色	3(黄褐)	3(黄褐)	3(黄褐)
7-26	頂毛部の大きさ	5(中)	5(中)	5(中)
8-27	粒の黒目の有無・多少	1(無~極少)	1(無~極少)	1(無~極少)
9-28	千粒重	5(中)	5(中)	4(やや小)
9-29	容積重	5(中)	6(やや大)	6(やや大)
10-30	原麦粒の見かけの品質	6(中の上)	5(中の中)	7(上の下)
11-31	粗蛋白質含量	4(やや少)	4(やや少)	5(中)
11-32	灰分含量	4(やや少)	5(中)	4(やや少)
12-33	うるち・もちの別	1(うるち)	1(うるち)	1(うるち)

注. 「ゆきはるか」の形質を「平成9年度種苗特性分類調査報告書(1998年3月)」の基準に従って、寒冷地北部(東北)の主力品種である「キタカミコムギ」と「ネバリゴシ」と比較して階級値に分級した。「キタカミコムギ」は「平成9年度種苗特性分類調査報告書(1998年3月)」に記載された階級値、「ネバリゴシ」は品種登録出願書類の「特性表」に記載された階級値である。

表5 「ゆきはるか」の生態的特性

形質番号	形質	ゆきはるか	キタカミコムギ	ネバリゴシ
13-34	播性の程度	4 (Ⅳ)	5 (Ⅴ)	5 (Ⅴ)
15-36	出穂期	4 (やや早)	6 (やや晩)	5 (中)
15-37	成熟期	4 (やや早)	6 (やや晩)	4 (やや早)
17-41	耐寒性	6 (やや強)	4 (やや弱)	6 (やや強)
17-42	耐雪性	4 (やや弱)	4 (やや弱)	5 (中)
17-44	耐凍上性	5 (中)	4 (やや弱)	5 (中)
18-45	耐倒伏性	6 (やや強)	5 (中)	6 (やや強)
19-46	穂発芽性	6 (やや難)	4 (やや易)	7 (難)
20-47	脱粒性	5 (中)	4 (やや易)	5 (中)
21-48	収量性	7 (多)	5 (中)	6 (やや多)
23-70	縞萎縮病抵抗性	6 (やや強)	5 (中)	7 (強)
23-71	赤かび病抵抗性	5 (中)	5 (中)	5 (中)
23-72	うどんこ病抵抗性	6 (やや強)	5 (中)	4 (やや弱)
23-73	赤さび病抵抗性	6 (やや強)	5 (中)	7 (強)

注. 「ゆきはるか」の形質を「平成9年度種苗特性分類調査報告書(1998年3月)」の基準に従って、寒冷地北部(東北)の主力品種である「キタカミコムギ」と「ネバリゴシ」と比較して階級値に分類した。播性の程度、穂発芽性、縞萎縮病抵抗性、うどんこ病抵抗性、赤さび病抵抗性は2004年度(穂発芽は2003年度)～2009年度に育成地で実施した特性検定試験成績(具体的データは省略)に基づいて区分し、耐凍上性は2005年度～2009年度に長野県農業試験場で実施した特性検定試験(具体的データは省略)に基づいて区分した。耐雪性は表6、赤かび病は表7に基づき、それ以外は生産力検定試験成績に基づいて区分した。

表6 生産力検定試験における「ゆきはるか」の熟期、収量性、障害及び病害調査成績

播種法	品種名	出穂期 月/日	成熟期 月/日	寒雪害	倒伏 程度	収量 kg/a	対標準比 %	縞萎縮病	赤かび病	うどん こ病	赤さび病
ドリル 播	ゆきはるか	5.16	7.2	0.6	0.6	63.4	113	0.0	0.1	0.1	0.0
	キタカミコムギ	5.24	7.8	0.7	0.4	56.0	100	0.1	0.0	1.0	0.0
	ネバリゴシ	5.21	6.30	1.1	1.3	57.5	103	0.1	0.0	2.8	0.0
条 播	ゆきはるか	5.19	7.6	0.6	0.5	62.4	123	0.1	0.2	0.4	0.5
	キタカミコムギ	5.25	7.10	1.5	1.3	50.9	100	1.4	0.4	1.4	1.8
	ネバリゴシ	5.24	7.5	1.1	1.5	50.2	99	0.6	0.2	2.9	0.3

注. 栽培方法は表3に同じ。

寒雪害、倒伏程度、病害：0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)

稈長は育成地の生産力検定試験ドリル播では90cmで、「キタカミコムギ」より短く、「ネバリゴシ」よりやや長く、種苗特性分類では「中」に区分される。穂長は「キタカミコムギ」よりやや短く「やや短」で、穂数も「キタカミコムギ」より多い。粒の形と粒の大小は「中」で、赤粒種であるが粒の色は赤みが少なく「黄褐」である。原麦粒の見かけの品質(外観品質)はドリル播では他の品種とほぼ同等であるが、条播では種苗特性分類で「中の中」の「キタカミコムギ」より優れ、「上の中」の「ネバリゴシ」よりやや劣るため、「ゆきはるか」は「中の上」に区分される。千粒重は「ネバリゴシ」より大きく、「キタカミコムギ」と同程度で、容積重は「キタカミコムギ」と同程度か小さく、「ネバリゴシ」より小さい。千粒重、容積重とも「中」に

区分される。

その他の形態的特性として、叢性は「中」、株の開閉は「開」、葉色は「やや淡」である。稈と穂のワックスは「やや少」であるが、葉鞘のワックスは「やや多」である。葉身の下垂度は「やや大」、フレッケンの有無・多少は「やや少」である。穂型は「紡錘状」で粒着粗密は「中」である。芒の有無・多少は「やや多」、芒長は「やや長」でふの色は「淡黄」である。

2. 生態的特性

播性程度は「Ⅳ」で「キタカミコムギ」や「ネバリゴシ」より1ランク低い(表5)。表6の生産力検定試験ドリル播では「ゆきはるか」の出穂期は5月16日で「キタカミコムギ」より6～8日早く、「ネバリゴシ」より5日早い。成熟期は7月2日で

表7 「ゆきはるか」の耐雪性

品種名	試験年度	育成地				岩手農研			上川農試	
		根雪期間 日	越冬株率 %	被害 程度	判定	根雪期間 日	越冬株率 %	判定	発病度	判定
ゆきはるか	2004	81	100.0	2.5	やや弱	107	5.9	弱	-	-
	2005	93	54.0	4.0	弱	124	0.0	弱	-	-
	2006	0	66.2	2.8	中	118	21.6	弱	100.0	弱
	2007	88	-	-	-	110	15.0	弱	99.3	弱
	2008	78	92.3	0.8	中	89	27.3	やや弱	100.0	弱
	2009	75	96.9	1.3	中	111	15.5	弱	97.2	弱
ゆきはるか	平均	69	81.9	2.3	やや弱	110	14.2	弱	99.1	弱
キタカミコムギ			81.6	2.2	やや弱		42.9	やや弱	90.0	弱
ネバリゴシ			88.3	1.6	中		65.0	中	84.5	弱
ゆきちから			95.7	1.4	中-やや強		93.1	強	63.7	やや弱
ナンブコムギ			94.3	1.1	やや強		96.4	強	52.8	中

注. 根雪期間と比較するため「ゆきはるか」は各年の成績を記載。他の品種は平均値のみ記載した。育成地の被害程度は0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)。被害程度は寒害と雪害の両方を含むが、根雪期間の無かった2006年度を除き、被害の主体は雪害である。2004-2009年度平均。2006年度は気象庁定義による根雪期間は無い(0日)が、合計40日の積雪日があった。2007年度は欠測。
岩手県農業研究センターは越冬株率を主に、葉枯れ面積率、被害程度、回復率(いずれも記載略)を参考に強から弱の5段階に評価。2004-2009年度平均。
北海道立上川農業試験場は発病度を0(健全)~4(枯死)の5段階で調査し、「発病度(0~100) = (各発病度 × 当該株数)の総和 / 調査株数 × 25」で発病度を算出、ホロシコムギを“やや強”として極強~弱の6段階に評価。2006-2009年度平均。

表8 「ゆきはるか」の赤かび病抵抗性

品種名 系統名	北見農試		北農研		長野農試	
	発病度	判定	発病度	判定	発病度	判定
ゆきはるか	3.8	中	5.7	やや弱	3.0	やや弱-中
キタカミコムギ	3.8	やや強	3.5	やや強	3.0	やや弱-中
ネバリゴシ	5.2	やや弱	5.4	やや弱	3.3	やや弱

注. 北海道立北見農業試験場(2005-09年度)、北海道農業研究センター(2007-09年度)、長野県農業試験場(2008-09年度)で実施した特性検定試験成績を記載。北見農試のキタカミコムギは熟期が遅いため、発病度に対する判定基準が他の品種と異なる。
発病度は0(無)~8(穂全体に発病)
「平成9年度種苗特性分類調査報告書(1998年3月)」による「キタカミコムギ」の赤かび病抵抗性は「中」、品種登録時の「ネバリゴシ」の赤かび病抵抗性は「中」である。

「キタカミコムギ」より4~6日早く、「ネバリゴシ」より1~2日遅い。種苗特性分類では出穂期、成熟期とも“やや早”に区分される(表5)。子実重は「キタカミコムギ」や「ネバリゴシ」と比べ、ドリル播では1割程度、条播では2割程度多く、収量性は“多”である(表5、表6)。

耐雪性は表7に示したように根雪期間が長い北海道立上川農業試験場と岩手県農業研究センター圃場では“弱”、育成地圃場では“やや弱”であるが、生産力検定試験の結果も加味して、各標準品種との比較から判断すると「キタカミコムギ」と同程度の

“やや弱”と判定される。根雪日数と比較すると、例外もあるものの根雪日数が80日以下では、越冬株率が90%以上であるのに対し、根雪日数が90日を越えると越冬株率が極端に低下する。

他の障害抵抗性として、耐寒性は“やや強”、耐倒伏性は“やや強”であり、穂発芽性は“やや難”で「ネバリゴシ」より1ランク劣るが、「キタカミコムギ」より2ランク優る(表5)。

赤かび病は表8に示したように北見農業試験場の判定では“やや弱”、北海道農業研究センターでは“中”、長野県農業試験場では“やや弱~中”であった。耐病性の比較のため供試している抵抗性“中”の「キタカミコムギ」が本成績では“やや強”~“やや弱-中”で、同じく“中”の「ネバリゴシ」が本試験では“やや弱”であるので、「ゆきはるか」の種苗特性分類は“中”に判定される。他の病害抵抗性として、縞萎縮病、うどんこ病、赤さび病の各抵抗性は“やや強”である(表5)。

3. 品質特性

品質分析成績を表9~11に、これらのデータを元に判定した生態的特性の区分値を表12に示した。

粒は硝子率が低く粒質は“粉状質”である(表9)。「キタカミコムギ」や「ネバリゴシ」と比較して、製粉歩留が低く、BM率が高く、セモリナ生成率と粉砕率が低く製粉性が劣る。しかし、粉の灰分が少

ないことから、「キタカミコムギ」よりミリングスコアや灰分移行率は優れ、「ネバリゴシ」と同程度である（表9）。菓子用としては蛋白質含量と灰分含量の少ないものが適しているが、原粒および60%粉粗蛋白質含量は「キタカミコムギ」と同程度で

「ネバリゴシ」より少なく、原粒および60%粉灰分は「キタカミコムギ」より少なく、「ネバリゴシ」とほぼ同じである（表10）。「ゆきはるか」は蛋白質含量と灰分含量の両方が少なく、菓子用の原料として優れている。

表9 「ゆきはるか」の製粉性（2005-2008年平均）

品種名 銘柄名	硝子率 %	ビューラー製粉機による製粉試験							
		製粉条件	製粉歩留 %	BM率 %	セモリナ 生成率 %	セモリナ 粉碎率 %	ストレート 粉灰分 %	ミリング スコア	灰分 移行率 %
ゆきはるか	10	軟質	69.2	49.3	59.1	78.6	0.38	85.2	49.1
キタカミコムギ	12	軟質	71.8	45.3	60.2	82.2	0.48	82.9	48.5
ネバリゴシ	53	軟質	70.4	40.6	61.5	81.5	0.40	85.4	49.4
農林61号	-	軟質	68.9	45.4	60.1	78.8	0.42	83.0	52.2
WW	-	軟質	74.6	38.3	64.0	84.3	0.47	86.3	49.7
ASW	-	中間質	74.1	27.4	64.8	89.8	0.49	84.7	45.5

注. 農林61号は群馬県、WWとASWは総合食料局から試験用に譲渡されたものである。（表10、11、14、15も同じ）
製粉条件の軟質：加水目標水分 14.5%、フィード速度 25 分/kg、プレーキロール間隙 0.1-0.08mm、ミドリングロール間隙 0.06-0.03、プレーキ側篩目 30W-36W-40W、8XX-9XX-9XX、ミドリング側篩目 40W-50W、10XX-10XX-11XX
製粉条件の中間質：加水目標水分 15%、フィード速度 20 分/kg、プレーキロール間隙 0.1-0.08mm、ミドリングロール間隙 0.05-0.02、プレーキ側篩目 30W-36W-40W、9XX-10XX-10XX、ミドリング側篩目 40W-50W、10XX-10XX-11XX

表10 「ゆきはるか」の原粒および60%粉品質（2005-2008年平均）

品種名 銘柄名	原粒		60%粉				粉の色 (Lab 表色系)			
	蛋白 含量 %	灰分 含量 %	蛋白 含量 %	灰分 含量 %	澱粉中のアミ ロースの割合 %	比表 面積 cm ² /cm ³	明度 L*	赤み a*	黄色み b*	白度 W*
	ゆきはるか	9.6	1.32	7.8	0.36	25.3	3538	88.7	0.38	13.9
キタカミコムギ	9.6	1.48	8.1	0.45	26.3	3290	88.9	0.47	14.4	81.8
ネバリゴシ	10.0	1.35	8.5	0.38	20.5	3488	87.7	0.53	15.9	79.9
農林61号	8.7	1.72	7.3	0.38	25.7	3943	88.6	0.41	14.5	81.5
WW	10.4	1.40	9.0	0.44	26.5	3238	89.2	0.40	15.5	81.1
ASW	10.7	1.26	9.4	0.45	24.1	3040	89.1	0.33	14.7	81.7

注. 分析にはビューラー製粉機で製粉した60%粉を使用した。
粉の色はミノルタ CM-3500d で測定した。

表11 「ゆきはるか」の生地物性（2005-2008年平均）

品種名 銘柄名	ファリノグラム					エキステンソグラム(135分)				アミログラム			
	吸水 率 %	生地の 形成時間 min	生地の 安定度 min	生地の 弱化度 B.U.	バリメ ーター・ パリュウ	生地の 力の程度 cm ²	伸長 抵抗 B.U.	伸長 度 mm	形状 係数	糊化開 始温度 ℃	最高粘度 時の温度 ℃	最高 粘度 B.U.	ブレイク ダウン B.U.
ゆきはるか	57.1	1.3	0.9	129	32	56	227	155	1.5	62.0	88.2	1059	282
キタカミコムギ	55.7	1.7	1.8	119	35	85	383	157	2.5	59.7	88.8	790	198
ネバリゴシ	56.2	2.1	2.9	100	40	65	232	182	1.3	60.6	86.4	975	453
農林61号	55.7	1.2	1.2	114	34	72	293	154	1.9	59.3	89.1	966	222
WW	54.6	1.5	2.2	107	37	73	321	160	2.0	60.0	89.5	566	70
ASW	59.7	4.8	7.1	47	58	113	459	181	2.5	58.7	87.4	818	267

注. 分析にはビューラー製粉機で製粉した60%粉を使用した。

表12 「ゆきはるか」の品質特性

形質番号	形質	ゆきはるか	キタカミコムギ	ネバリゴシ
22-49	粒の硬軟	4 (やや軟)	4 (やや軟)	4 (やや軟)
22-50	粒質	1 (粉状質)	1 (粉状質)	1 (粉状質)
22-51	製粉歩留	4 (やや低)	5 (中)	5 (中)
22-52	ミリングスコア	5 (中)	5 (中)	5 (中)
22-53	60%粉粗蛋白質含量	4 (やや少)	4 (やや少)	5 (中)
22-54	60%粉灰分含量	4 (やや少)	5 (中)	5 (中)
22-55	60%粉アミロース含量	5 (中)	5 (中)	3 (少)
22-59	粉の明度	6 (やや高)	6 (やや高)	5 (中)
22-60	粉の赤み	4 (やや低)	5 (中)	6 (やや高)
22-61	粉の黄色み	4 (やや低)	5 (中)	6 (やや高)
22-62	吸水率	5 (中)	4 (やや低)	4 (やや低)
22-63	バリロメーター・バリュー	3 (低)	4 (やや低)	4 (やや低)
22-64	生地の力の程度	4 (やや小)	6 (やや大)	6 (やや大)
22-65	生地の伸張抵抗	4 (やや弱)	5 (中)	4 (やや弱)
22-66	生地の伸張度	5 (中)	5 (中)	6 (やや長)
22-67	生地の形状係数	4 (やや小)	5 (中)	4 (やや小)
22-68	最高粘度	7 (大)	4 (やや小)	7 (大)
22-69	ブレークダウン	5 (中)	4 (やや小)	7 (大)

注. 「ゆきはるか」の形質を「平成9年度種苗特性分類調査報告書(1998年3月)」の基準に従って、寒冷地北部(東北)の主力品種である「キタカミコムギ」と「ネバリゴシ」と比較して階級値に分類した。

表13 「ゆきはるか」の W_x および Glu 遺伝子の構成

品種名	W_x-A1	W_x-B1	W_x-D1	$Glu-A1$	$Glu-B1$	$Glu-D1$	$Glu-A3$	$Glu-B3$	$Glu-D3$
ゆきはるか	b	a	a	c	b	f	c	g	a
キタカミコムギ	a	a	a	c	b	b	d	g	a
ネバリゴシ	d	d	a	a	e	b	f	g	a

注. W_x 遺伝子の a は正常、b は欠失。
 Glu 遺伝子の分析は近畿中国四国農業研究センター池田氏に依頼した。

表14 「ゆきはるか」のスポンジケーキ適性 (2005-2008)

品種名 銘柄名	スポンジケーキ			官能評価		
	重さ g	体積 ml	比容積	すだち・きめ	口当たり	総合
ゆきはるか	294.6	1197	4.06	0.1	0.8	0.7
キタカミコムギ	298.8	1149	3.85	-0.2	0.4	0.2
ネバリゴシ	295.1	1090	3.69	-0.2	0.3	0.2
市販薄力粉	296.1	1250	4.22	1.6	1.8	1.7
WW	296.7	1156	3.90	0.0	0.0	0.0

注. スポンジケーキの原料配合は小麦粉 100g、卵 100g、砂糖 100g、水 40g とした。泡立てはキッチンエイドーを使用し、種比重 0.25 とした。粉合わせはボールと木しゃもじを用い 40 回+40 回+25 回行った。焼成は 180℃で 30 分間。官能評価は WW を標準 (0 点) として -4 ~ +4 で評価した。

「ゆきはるか」はアミロース合成遺伝子の W_x-A1 を欠くが (表13)、 W_x-A1 と W_x-B1 の 2 つを欠く「ネバリゴシ」より明らかにアミロースの割合が高く、全て正常型の「キタカミコムギ」と大差は見られない。比表面積は「ネバリゴシ」と同程度で、粉の粒子がやや細かく「やや軟質」である。粉の明度は「キタカミコムギ」と同程度であるが、赤みと黄

色みは低い (表10)。

ファリノグラフの吸水率は「キタカミコムギ」より高く「中」である。ファリノグラムのパロリメーターバリューおよびエキステンソグラムの生地の力の程度、伸長抵抗、形状係数はいずれも「キタカミコムギ」より値が小さく、薄力としての特性が強く、菓子用として適している。なお、「ゆきはるか」の

表15 「ゆきはるか」の製めん適性（2005-2008）

品種名 銘柄名	製めん 作業性	色 (20)	外観 (15)	食感			食味 (15)	合計 (100)
				かたさ (10)	粘弾性 (25)	なめらかさ (15)		
ゆきはるか	やや不良	14.5	10.7	7.0	18.2	11.4	10.3	72.1
キタカミコムギ	やや不良	14.4	10.4	6.9	17.3	10.8	10.2	70.0
ネバリゴシ	普通	12.2	10.3	6.6	19.3	12.2	10.7	71.2
ASW	やや良	16.3	11.5	7.3	18.4	11.2	10.6	75.3
農林61号	やや不良	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0

注. 製めんは小麦の品質評価法-官能検査によるめん適性-(1985) 農林水産省食品総合研究所に準じた。
ただし、ミキサーは縦型（キッチンエイダー）を用いた。

表16 岩手県における栽培試験成績

試験地	品種名	試験 年度	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/mi)	寒雪 害	倒伏 程度	うどん こ病	縞萎 縮病	子実重 (kg/a)	標準 比率	容種重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質
農研セ ンター	ゆきはるか	2007-	5.11	6.27	79	7.8	408	0.8	0.2	0.0	0.3	45.5	126	809	39.8	2.0
	ナンブコムギ	2009	5.13	6.28	88	10.2	303	0.6	0.2	0.0	1.4	36.0	100	809	43.0	3.8
	キタカミコムギ		5.18	7.4	96	8.7	368	1.3	0.0	0.0	0.6	51.1	142	783	42.1	2.7
一 関 現地 I	ゆきはるか	2008-	5.8	6.25	96	9.4	677	-	1.9	0.0	0.0	59.2	168	777	39.0	3.0
	ナンブコムギ	2009	5.14	6.27	91	10.1	594	-	3.0	0.0	1.5	35.3	100	753	38.5	4.3
矢 巾 現地	ゆきはるか	2008-	-	6.23	86	7.9	571	-	0.4	0.0	0.3	47.0	122	769	38.2	2.3
	ナンブコムギ	2009	-	6.25	86	9.2	535	-	1.8	0.0	1.5	38.4	100	783	40.0	3.0
県 北 研究所	ゆきはるか	2007-	5.13	7.7	89	8.1	721	1.3	1.0	0.0	0.0	59.7	157	789	39.5	2.7
	ナンブコムギ	2009	5.17	7.7	84	9.3	558	1.0	1.7	0.0	3.3	38.0	100	782	40.4	3.3
二 戸 現地	ゆきはるか	2008	-	-	77	8.7	146	4.0	0.0	0.0	0.0	20.5	43	721	35.8	4.0
	ナンブコムギ	2008	-	-	97	11.0	445	1.0	0.0	0.0	0.0	47.5	100	729	39.8	3.0
一 関 現地 II	ゆきはるか	2009	5.18	7.1	90	9.2	899	0.0	1.3	0.0	0.0	92.0	117	816	35.3	5.0
	ネバリゴシ		5.20	6.29	87	8.7	978	0.0	0.3	1.2	0.0	78.3	100	813	33.8	6.0

注. 一関現地 II 以外は奨励品種決定調査として岩手県農業研究センターまたは同 県北農業研究所で実施。畑圃場、条間 30cm のドリル播、播種量 6 ~ 8kg/10a、基肥窒素 4 ~ 6kg/10a、融雪期及び減数分裂期窒素追肥各 2kg/10a。
一関現地 II は東北農業研究センターで調査。水田圃場、条間 25cm のドリル播、播種量 10 ~ 11kg/10a、基肥窒素 4kg/10a、融雪期窒素追肥 2kg/10a。
寒雪害、倒伏および病害：0（無）、1（微）、2（少）、3（中）、4（多）、5（甚）。
外観品質：1（上上）、2（上下）、3（中上）、4（中中）、5（中下）、6（下）。
試験期間中、赤かび病の発生は見られず、赤さび病も 2008 年に岩手県農業研究センターで微発生しただけである。

Glu 遺伝子を表13に示した。アミログラフの最高粘度は“大”で、「キタカミコムギ」より大きく、ブレークダウンは“中”で「キタカミコムギ」と「ネバリゴシ」の間である（表11）。

4. 加工適性

「ゆきはるか」のスポンジケーキの比容積は4.06で、「キタカミコムギ」より5%、「ネバリゴシ」より10%膨らみが大きい。官能評価も両品種より口当たりが良く、総合点も高い（表14）。写真3は「ゆきはるか」を原料にした試作品である。これらを試作した加工業者を含め、多くの実需者からは「キタカミコムギ」等従来品種より品質がよいとのコメントが得られている。反面、いくつかの実需者からは

「生地に粘りが出る」、窯出し後、スポンジケーキがへこむ等のマイナス評価を得ている。

製麺適性は色で「ネバリゴシ」に優り、粘弾性、なめらかさで「キタカミコムギ」に優るため、合計点は両品種より高い（表15）。

5. 岩手県における栽培特性

「ゆきはるか」の作付が想定される岩手県各地における成績を表16に示す。岩手県の主力品種である「ナンブコムギ」と比べ出穂期は2~6日早い。成熟期は「ナンブコムギ」と同じか2日程度早く、「キタカミコムギ」より7日早く、「ネバリゴシ」より2日遅い。稈長は縞萎縮病が発生した「ナンブコムギ」との比較は判然としないが、「キタカミコム

表17 奨励品種決定調査の配付先における成績概評

試験地	栽培法	標準品種	試験年度		
			2007	2008	2009
青森県産業技術センター 農林総合研究所	標播	ネバリゴシ	△127	※130	
	遅播	ネバリゴシ	109	127	
	五所川原市現地	ネバリゴシ		111	
青森県産業技術センター 野菜研究所	標播	ネバリゴシ	△70	※100	
	遅播	ネバリゴシ	136	103	
	南部町現地	ネバリゴシ		83	
	十和田市現地	ネバリゴシ		128	
岩手県農業研究センター	標準	ナンブコムギ	△124	○131	○121
	一関市現地	ナンブコムギ		163	173
	矢巾町現地	ナンブコムギ		106	142
岩手県農業研究センター 県北農業研究所	標準	ナンブコムギ	○164	△139	○171
	二戸市現地			43	
秋田県農林水産技術センター	標準	ネバリゴシ	×99		
山形県農業総合研究センター	標肥	ナンブコムギ	△114	△126	○138
	多肥	ナンブコムギ		126	139
福島県農業総合センター	標準	きぬあずま	△88	○97	△122
福井県農業試験場	標播	ナンブコムギ	△128		
	疎播	ナンブコムギ		×150	
長野県農業試験場	標準	シラネコムギ		-114	△124

注. 数字は子実重の対標準比率(%)

◎:極有望、○:有望、△:再検討、×:打ち切り、※:特性把握に付き中止

ギ」より短く、「ネバリゴシ」よりやや長い。穂長は「ナンブコムギ」、「キタカミコムギ」より短く、「ネバリゴシ」よりやや長い。穂数は「ナンブコムギ」、「キタカミコムギ」より多く、「ネバリゴシ」より少ない。二戸市現地圃場で寒雪害の発生が多く、一関市現地で「ネバリゴシ」より倒伏程度が大きかった以外は他品種と比較して目立った障害、病害の発生は見られなかった。子実重は「ナンブコムギ」や「ネバリゴシ」より多く、「キタカミコムギ」より少なかった。容積重は概ね「ナンブコムギ」や「ネバリゴシ」と同程度で、「キタカミコムギ」より大きく、千粒重は「ナンブコムギ」や「キタカミコムギ」より小さく、「ネバリゴシ」より大きい。粒の外観品質は概ね他の品種より良好であった。

IV 適地および栽培上の留意点

1. 奨励品種決定調査の概評

奨励品種決定調査では7県9カ所の研究機関で3年間にわたり、のべ21回調査が行われた(表17)。このうち、有望が6回、再検討が10回、打ち切りが2回、特性把握につき中止が2回、評価無し1回であった。特に岩手県で有望評価が多かった。有望の概評及び再検討概評の長所としては早生、穂数多、多

収、外観品質が並または良の評価が多く、打ち切りの概評、再検討概評の短所として、寒雪害にやや弱い点、千粒重や容積重が小さい点が指摘されていた。

2. 生育および収穫物調査成績

各県で実施された奨励品種決定調査成績を表18に示した。「ゆきはるか」の出穂期は福島県と福井県を除き、「ナンブコムギ」、「ネバリゴシ」、「キタカミコムギ」等各県の標準・比較品種より早く、成熟期も同等か早い。寒雪害の発生は「キタカミコムギ」並みで「ネバリゴシ」よりやや多いが、倒伏、病害等は他の品種より特に多く発生したものは無い。子実重は青森県野菜研究所と同研究所が実施した南部町現地圃場を除き、標準・比較品種より多収または同等であった。容積重は試験地により異なるもの、おおそ「キタカミコムギ」や「ナンブコムギ」と同等で、「ネバリゴシ」より小さく、粒の外観品質は概ね各県の標準・比較品種と同等か優れていた。

3. 栽培適地

奨励品種決定調査成績および特性検定試験における耐雪性および熟期から判断し、耐雪性と梅雨期の雨害回避の面から栽培適地は寒冷地(東北・北陸地域)の平坦部で、根雪期間が80日以下の地帯と判断される。

表18 奨励品種決定調査における栽培試験成績（岩手県を除く）

試験地	系統名 品種名	試験 年度	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	寒雪 害	倒伏 程度	赤さ び病	うどん こ病	赤か び病	子実重 (kg/a)	標準 比率	容積重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質
青森本場	ゆきはるか	2007-	5. 8	6.28	84	8.0	477	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.4	129	797	40.5	3.0
標準播	ネバリゴシ	2008	5.15	6.30	80	7.8	457	0.5	0.0	0.0	1.5	0.0	46.2	100	812	36.2	3.0
	キタカミコムギ		5.17	7. 6	95	8.4	364	1.5	0.0	0.5	0.5	0.0	47.1	102	787	42.2	4.0
青森本場	ゆきはるか	2007-	5.11	7. 1	76	8.2	388	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	119	796	40.2	3.0
標準播	ネバリゴシ	2008	5.17	7. 1	69	7.8	345	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	36.8	100	808	36.7	4.0
晩播	キタカミコムギ		5.19	7. 9	83	8.0	274	1.5	0.0	0.5	0.0	0.5	36.5	99	789	43.3	4.5
青森野菜研	ゆきはるか	2007-	5.16	7.14	81	8.0	639	0.3	0.0	0.8	0.0	0.2	48.8	88	810	38.1	3.5
標準播	ネバリゴシ	2008	5.20	7.15	91	7.4	667	0.0	0.0	0.9	4.2	0.4	55.4	100	828	38.1	3.5
	キタカミコムギ		5.23	7.18	101	8.6	449	0.3	0.7	0.0	0.5	0.6	50.2	91	811	44.6	3.0
青森野菜研	ゆきはるか	2007-	5.19	7.16	81	8.3	584	0.4	0.0	0.5	0.0	0.4	54.9	117	815	43.7	4.0
標準播	ネバリゴシ	2008	5.22	7.15	85	8.4	547	0.2	0.4	0.5	3.7	1.0	47.0	100	822	38.5	4.0
晩播	キタカミコムギ		5.24	7.22	102	9.5	459	0.2	0.5	0.0	1.9	1.0	44.4	94	802	44.3	4.9
青森五所川原	ゆきはるか	2008	5. 9	6.29	71	7.6	463	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.5	111	772	35.6	3.0
現地	ネバリゴシ		5.17	7.10	71	8.1	486	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	40.0	100	777	32.5	4.0
	キタカミコムギ		5.20	7. 2	83	7.9	346	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	37.3	93	783	37.9	4.0
青森野菜南部町	ゆきはるか	2008	5.10	7. 1	81	8.1	523	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	43.5	83	792	39.2	4.0
現地	ネバリゴシ		5.16	7. 5	87	7.4	673	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	52.3	100	826	33.5	3.0
	キタカミコムギ		5.18	7.11	100	8.9	527	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	58.2	111	815	41.9	2.5
青森野菜十和田	ゆきはるか	2008	5.17	7. 7	87	8.5	483	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	49.2	128	776	40.9	4.0
現地	ネバリゴシ		5.20	7.12	93	8.3	557	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	38.3	100	786	36.0	4.0
	キタカミコムギ		5.23	7.18	112	9.5	408	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	49.1	128	795	44.5	4.0
秋田	ゆきはるか	2007	5. 8	6.24	88	8.6	342	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	99	859	46.1	3.0
	ネバリゴシ		5.12	6.24	85	8.7	396	3.0	0.0	0.0	2.0	0.0	52.6	100	885	40.8	3.0
	ナンブコムギ		5.10	6.27	101	10.6	315	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.2	75	854	47.5	5.0
山形標肥	ゆきはるか	2007-	5.11	6.24	91	8.5	611	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	65.4	124	801	39.0	1上
	ナンブコムギ	2009	5.15	6.25	97	10.5	545	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	52.6	100	811	42.7	1下
	ネバリゴシ		5.16	6.25	82	8.8	469	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	50.6	96	809	36.9	1下
山形多肥	ゆきはるか	2008-	5.14	6.27	93	8.5	595	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	68.3	131	790	38.2	1中
	ナンブコムギ	2009	5.16	6.27	102	10.7	565	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	52.0	100	775	40.8	2上沖
福島	ゆきはるか	2007-	5. 5	6.18	88	8.7	501	0.0	0.7	0.0	0.3	0.0	60.2	98	766	38.4	1上沖
	きぬあずま	2009	5. 3	6.15	82	8.6	420	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	61.2	100	790	40.2	1中
	アブクマワセ		4.21	6.10	76	6.5	450	1.3	1.0	0.0	0.3	0.0	43.0	70	774	38.5	2上
福井	ゆきはるか	2007-	4.18	6. 9	90	10.0	344	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.2	138	791	39.5	3.2
	ナンブコムギ	2008	4.23	6.10	96	11.5	282	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	39.9	100	804	42.7	3.6
	キヌヒメ		4.15	6. 6	89	8.9	311	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.9	118	809	39.8	3.5
長野	ゆきはるか	2008-	5. 8	6.24	85	8.4	600	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	80.3	118	822	40.6	3.8
	シラネコムギ	2009	5. 9	6.24	87	7.8	504	0.0	0.0	0.5	0.8	0.0	68.0	100	826	40.3	4.0

注. 寒雪害、倒伏および病害：0（無）、1（微）、2（少）、3（中）、4（多）、5（甚）。
 外観品質：1（上上）、2（上下）、3（中上）、4（中中）、5（中下）、6（下）、ただし山形県と福島県は農産物検査による等級。
 試験期間中、縞萎縮病の発生はなく、穂発芽は2007年に青森県野菜研究所の「キタカミコムギ」に微発生した。

4. 栽培上の留意点

菓子用なので、蛋白質含量が増加しないように施肥管理に留意する。耐雪性がやや弱いので、根雪期間の長い地帯では薬剤により雪腐病を防除する。

V 考 察

「ゆきはるか」の出穂期を育成地の生産力検定試験成績、岩手県およびその他の奨励品種決定調査成

績を総合して判断すると「キタカミコムギ」、「ネバリゴシ」、「ナンブコムギ」のいずれの品種よりも早く、東北農業研究センターで育成した品種の中では最も早生に分類される。一方、成熟期については「キタカミコムギ」より早いが、「ナンブコムギ」との比較では同等か、早い場合でも出穂期より差が小さくなっている事が多く、「ネバリゴシ」に対しては遅い地域も多い。「ネバリゴシ」は登熟期間の短

付表 「ゆきはるか」の育成従事者と担当世代

氏名 育成従事期間	試験年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	現所属
	世代	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄ 個体 選抜	F ₅ 派生 系統	F ₆ 派生 系統	F ₇ 予検	F ₈ 系適	F ₉ 系適	F ₁₀ 系適	F ₁₁ 生検	F ₁₂ 生検	F ₁₃ 生検	
谷口 義則	03.4.1~10.8.31															現在員
中村 和弘	96.9.1~04.3.31 08.4.1~10.8.31															現在員
平 将人	03.4.1~10.8.31															作物研
伊藤 裕之	02.8.1~10.8.31															現在員
中村 俊樹	03.9.1~04.8.31															現在員
石川 吾郎	03.9.1~04.8.31															現在員
前島 秀和	04.4.1~08.3.31															長野農試
伊藤美環子	00.4.1~03.3.31															北農研
中村 洋	97.10.1~99.8.31															作物研
吉川 亮	96.9.1~03.3.31															中央農研
八田 浩一	96.9.1~00.3.31															九農研
伊藤 誠治	96.9.1~97.3.31															中央農研

い品種であるが、「ナンブコムギ」と比較しても「ゆきはるか」の登熟期間は長いといえる。

「ゆきはるか」は「キタカミコムギ」や「ネバリゴシ」より収量が多い多収品種である。「キタカミコムギ」と比較すると、全般に穂長が短く、千粒重が小さい一方で、穂数が多いので、「キタカミコムギ」より多収の要因は穂数の多さと推察される。このため、例外もあるものの両品種間の穂数の差が少ない試験地では、収量は同程度または「キタカミコムギ」より低収となっている。一方、「ネバリゴシ」も穂数の多い品種であるので、「ネバリゴシ」に対しては、千粒重等の穂数以外が多収の主要因と考えられる。

緒言で述べたように現在の国の規則に定める用途区分には「菓子の製造用」の区分がないため、「ゆきはるか」は菓子原料として栽培されても、「日本麵の製造用」として扱われる。日本麵用の基準では容積重が740g以上と定められている（2011年4月1日 農業者戸別所得補償制度実施要綱 別紙5）。「ゆきはるか」の容積重は全般に低く、栽培普及上の短所となっている。しかし、他の品種と同等か高い試験地もあり、栽培法によってある程度の改善の余地があると推察され、今後、容積重を高める栽培技術の開発が必要と思われる。

「ゆきはるか」と「キタカミコムギ」の60%粉粗蛋白質含量は0.3%異なるだけだが、スポンジケーキ比容積と官能評価点は大きく異なる。スポンジケーキ適性には種々の要因が関係しているが、「キタカ

ミコムギ」については、エクステンソグラムの生地力の程度が大きい事が、60%粉粗蛋白質含量が低い割に比容積が小さい原因の一つと推察される。Nishio *et al.* (2009) はアミロース合成遺伝子に関する準同質遺伝子系統および糯性系統とのブレンドにより、アミロース含量が低い小麦粉ほどスポンジケーキおよびクッキーの膨らみが低下する事を報告している。「ゆきはるか」はWx-A1欠失型で、「キタカミコムギ」よりアミロースの割合がやや低いのが、スポンジケーキの膨らみは「キタカミコムギ」より良い。これはアミロースの低下がわずかであるため、Nishio *et al.* の報告でもWx-A1欠失型と正常型の間で有意差は見られていない。一方、「ネバリゴシ」はWx-A1とWx-B1が欠失しており、アミロースの割合が明らかに低く、スポンジケーキの膨らみも小さい。Nishio *et al.* の報告ではWx-A1とWx-B1の欠失型でも有意差は見られていないが、「ネバリゴシ」ではアミロース低下の影響も考慮する必要があると思われる。

一部の実需者に「ゆきはるか」を使用したスポンジケーキや焼き菓子等を試作してもらった結果、「キタカミコムギ」等従来品種より膨らみが良い、食感が良い等品質が良いという業者も多い反面、生地に粘りがある、焼成後ケーキがつぶれる等マイナスの評価の業者もあった。現在、東北農業研究センターでは岩手県での現地試験栽培と、工場製粉で得られた小麦粉を使用した実需者による加工品質評価を行っており、これらの結果から改善点を見だし、

「ゆきはるか」の栽培普及に努めているところである。幸い、品種登録出願以降、東北地域を中心として多くの農家、農業団体から試験栽培の申し出があり、また、岩手県の製菓会社から安定して原料が供給されるなら「キタカミコムギ」に代えて使用したいとの申し出を受けており、今後の普及が期待される。

引用文献

- 1) Nakamura, T.; Vrinten, P.; Saito, M.; Konda, M. 2002. Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers. *Genome* 45 : 1150-1156.
- 2) Nishio, Z.; Oikawa, H.; Haneda, T.; Seki, M.; Ito, M.; Tabiki, T.; Yamauchi, H.; Miura, H. 2009. Influence of Amylose Content on Cookie and Sponge Cake Quality and Solvent Retention Capacities in Wheat Flour. *Cereal Chemistry* 86 : 313-318.
- 3) 大谷庄太, 浅沼清太郎, 藤原秀雄, 相野谷和吉, 松島 正, 米田秋作, 田野崎真吾, 渡辺昌幸, 上田邦彦. 1972. 小麦品種「キタカミコムギ」・「シモフサコムギ」の育成について. *東北農試研報* 43 : 151-179.
- 4) 牛山智彦, 桑原達雄, 斎藤 稔, 久保田基成, 井ノ口明義, 羽田丈夫, 前島秀和, 土屋宣明, 近藤武晴, 細野 哲, 酒井長雄, 田淵秀樹, 後藤和美, 中澤伸夫. 2009. 小麦新品種「キヌヒメ」について. *長野農事試報* 50 : 32-39.
- 5) 吉田 久, 乙部(桐渕)千雅子, 柳澤貴司, 山口勲夫, 瀬古秀文, 牛山智彦, 天野洋一, 小田俊介, 宮川三郎, 黒田 晃, 星野次汪. 2001. 小麦新品種「きぬあずま」の育成. *作物研報* 1 : 71-83.
- 6) 吉川 亮, 中村和弘, 伊藤美環子, 星野次汪, 伊藤誠治, 八田浩一, 田野崎真吾, 谷口義則, 佐藤暁子, 中村 洋. 2002. 高製めん適性, 早生・多収の小麦新品種「ネバリゴシ」の育成. *東北農研研報* 100 : 1-26.

うるち性およびもち性小麦のポリフェノール含量の品種・ 系統間差異並びにポリフェノール含量と製粉性・品質との関係

吉川 亮^{*1)}・中村 和弘^{*2)}・伊藤美環子^{*3)}

抄 録：1998、1999および2002年の3カ年のうるち性およびもち性の品種・系統を用いて、全粒粉のポリフェノール含量（以下WPO）と60%粉のポリフェノール含量（以下FPO）の品種・系統間差異を調査した。また、WPOまたはFPOと製粉性、小麦粉品質、生地物性および製めん・製パン適性との関係について検討した。

WPO、FPOはいずれも品種・系統間差異が大きく、これらは一般にもち性品種・系統の方がうるち性より高い傾向がみられた。また、WPO、FPOともに年次間および栽培様式間の相関が高く、環境に対する安定性を示した。

うるち性、もち性および全材料ともに、FPOと製粉歩留、ミリングスコア、セモリナ粉碎率、60%粉灰分含量および粉色との間にいずれも有意な負の相関が認められた。FPOとファリノグラムおよびエクステンソグラム特性との関係の結果から、一般にFPOが低くなるにつれ、生地が強力的な傾向になることが示唆された。一方、FPOと製めん適性または製パン適性との関係はほとんど認められなかった。WPOと製粉性、小麦粉品質等との間の相関係数は、一般にFPOより低かった。

キーワード：小麦育種、全粒粉、小麦粉、ポリフェノール含量、うるち性、もち性、製粉性、小麦粉品質、製めん適性、製パン適性

Genotypic Variation in Polyphenol Content of Nonwaxy Wheat and Waxy Wheat, and Relationships between Polyphenol Content and Milling Characteristics or Flour Qualities. : Ryo YOSHIKAWA^{*1)}, Kazuhiro NAKAMURA^{*2)} and Miwako ITO^{*3)}

Abstract : Genotypic variation in whole meal flour polyphenol content (WPO) and 60% extraction flour polyphenol content (FPO) using nonwaxy and waxy wheat cultivars and lines was investigated at NARO Tohoku Agricultural Research Center (Morioka, Iwate, Japan) for three years in 1998, 1999, and 2002. Moreover, the relationships between WPO or FPO and wheat qualities (milling characteristics, flour quality, Japanese noodle quality, and bread-making quality) were examined.

Genotypic variation in the WPO and FPO of nonwaxy wheat and waxy wheat was large, and the WPO and FPO of waxy cultivars and lines were generally higher than those of nonwaxy cultivars and lines. Both WPO and FPO had significant high correlation coefficients between crop years and between cultivation methods, and showed stability for various cultivation conditions.

There were significant negative correlation coefficients between FPO and flour yield, milling score, flour yield from semolina, 60% flour ash content, R455 (whiteness of flour color), and flour color L* (brightness), and significant positive correlation coefficients were found between FPO and color value in each of the nonwaxy, waxy and overall cultivars for three years. Also, there was a significant negative correlation coefficient between FPO and R554 (brightness of flour color) with the exception of the waxy sample from 1999. In the waxy samples in 1999 and 2002, there were significant, negative and high correlation coefficients between FPO and maximum viscosity or the break-

*1) 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)

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

*3) 現・農研機構 北海道農業研究センター (NARO Hokkaido Agricultural Research Center, Memuro, Hokkaido 082-0081, Japan)

down of amylogram. There were significant correlation coefficients between FPO and Wk or VV on farinogram in most samples. The relationships between FPO and A, R or R/E on extensogram had significant negative correlations when the results for 2002 were removed. Thus, generally, the lower the FPO was, the stronger the dough properties became. On the other hand, the relationships between FPO and the Japanese noodle qualities or bread-making qualities were difficult to identify.

The correlation coefficients between WPO and wheat qualities were generally lower than those between FPO and wheat qualities.

Key Words : Wheat breeding, Whole meal flour, Wheat flour, Polyphenol content, Nonwaxy, Waxy, Milling characteristics, Flour quality, Japanese noodle quality, Bread-making quality

I 緒 言

ポリフェノールは食品に含まれる色素やあくの成分、褐変反応の原因物質として知られ、最近では抗酸化性のある機能性成分として脚光を浴びている。穀類でもっとも豊富に存在するポリフェノールはフェルラ酸で、小麦粒には0.8-2g/kg(乾物)含まれ、総ポリフェノールの90%はこの形で存在する(Sosulski *et al.* 1982, Lempereur *et al.* 1997)。フェルラ酸は主に小麦粒の外皮部分に存在し、アリュエロン層と果皮には全フェルラ酸量の98%が含まれている。このため、ポリフェノールは主にふすまに含まれており、フェルラ酸量は各製粉段階で採取される小麦粉により異なる(Lempereur *et al.* 1997)。小麦のポリフェノールは、小麦外皮からの重量で20%以内の部分に集中して存在している(Beta *et al.* 2005)。

小麦粒のポリフェノール含量の品種間差異に関しては、原粒、ふすまについては多くの報告(原粒: Lachman *et al.* 2003, Chloupek *et al.* 2008, 伊藤 2009, Heimler *et al.* 2010, Masum Akond *et al.* 2010, Lackman *et al.* 2011, ふすま: Verma *et al.* 2008, Jonnala *et al.* 2010)があるが、小麦粉については少なく、我が国の研究者による報告(Yanagisawa and Amano 1996, 小綿ら 2000, 吉川ら 2001, 伊藤 2009)がほとんどである。

ポリフェノール含量と小麦品質との関係の報告では、原粒のポリフェノール含量またはフェルラ酸量と抗酸化活性との関係の報告(Adom *et al.* 2003, Beta *et al.* 2005, Verma *et al.* 2008, Masum Akond *et al.* 2010, Heimler *et al.* 2010)は多くあるものの、小麦粉のポリフェノール含量と小麦粉品質との関係の報告は、著者ら(小綿ら 2000, 吉川

ら 2001)とChloupek *et al.* (2008)、不溶性結合フェルラ酸量と小麦粉品質ではHatcher and Kruger (1997)の報告があるに過ぎない。

そこで、本報告では、東北農業研究センターで育成したうるち性、もち性の小麦育種材料を用いて、原粒(全粒粉)または小麦粉のポリフェノール含量と製粉性、小麦粉品質および製めん・製パン適性との関係について検討した。なお、本報告の一部の概要は著者らがすでに報告しているが(小綿ら 2000, 吉川ら 2001)、今回は年次、分析材料および品質分析項目を増やしている。

II 材料と方法

1. 材料および栽培方法

供試材料は、東北農業研究センターにおける、1998、1999および2002年(年次は収穫年、以下同じ)の生産力検定予備試験および生産力検定試験で栽培された小麦品種および育成中の系統である。これらの材料はもち・うるち性、硬軟質性が異なり、うるち性品種・系統はパン用、めん用(日本式めん)と用途が異なる。品種・系統数は、1998年はうるち性43、もち性4の計47、1999年はうるち性50、もち性12の計62、そして2002年はうるち性44、もち性9の計53である。品質選抜に関しては、うるち性系統は主に製めん適性または製パン適性により選抜され、もち性系統は主に製粉性、粉色により選抜されている。うるち性品種・系統の中には低アミロース含量、やや低アミロース含量および通常のアミロース含量というWx蛋白質が異なるものが含まれている(Table 3)。また、もち性品種・系統の中で、1998年材料は世界で初めて育成したもち性小麦品種「はつもち」、「もち乙女」で、これらは製粉性と粉色がかなり劣る(吉川ら 2009)。1999、2002年のもち

性材料は、これら2品種と、製粉性と粉色を大幅に改良した系統「東北糯216号」、「東北糯217号（後の「もち姫）」を含んでいる。なお、これらのもち性特性は、「関東107号」/「白火」または「西海173号」/「白火」の交配組合せから由来している。

栽培様式は、生産力検定予備試験が標準畦立栽培、生産力検定試験が標準畦立栽培およびドリル播栽培の2様式で、播種期は両試験とも9月下旬播き（9月24～29日）の適期播であったが、1999年のドリル播のみ長雨のため10月5日の晩播となった。播種量は標準畦立栽培が6 kg/10a、ドリル播栽培が7 kg/10aとした。施肥量は、堆肥2 t/10a（1999年は施用なし）、石灰50kg/10a、重過リン酸石灰（アメリカハイリン酸）55kg/10aとともに、元肥は成分量でN 4.8～6.4kg/10a、P₂O₅ 16.2～21.6kg/10a、K₂O 12～16kg/10a、追肥は1998～1999年はN 2kg/10a、2002年はN 2kg/10a、P₂O₅ 1.43kg/10a、K₂O 2.29kg/10a、ホウ素40g/10aを施用した。

2. 品質試験法

原麦はビューラー式テストミルで製粉し、製粉試験は農林水産技術会議事務局（1968）の方法に準じた。なお、もち性品種・系統はうるち性に比べて粉のふるい抜けが劣る傾向があるため、硬質、軟質ともテストミルのプレーキロールの間隙およびふるい目は軟質の製粉条件とした。製粉試験では製粉歩留、BM率、セモリナ生成率、セモリナ粉碎率、ミリングスコアおよび灰分移行率を調査した。品質試験用小麦粉として60%粉を用いた。60%粉は、製粉により6種類にふるい分けされた小麦粉のうち、灰分含量の少ない上級粉から計り取って製粉歩留が60%になるように調製した粉である。

ポリフェノール含量の測定には、全粒粉（原麦を粉碎機で粉碎したもの）と60%粉を用いた。なお、2002年は60%粉のみを用いた。ポリフェノールの測定時期は製粉・粉碎後、1998年は約15ヶ月（その間約12ヶ月は4℃で低温保存）、1999年と2002年はいずれも約3ヶ月とした。ポリフェノール含量はブルシアンブルー法（栃木県農業試験場栃木分場ビール麦醸造用品質改善指定試験地 1998）で測定した。なお、測定に当たっての改良点は、サンプル抽出液とフェリシアン化カリウム+塩化鉄混合試薬が反応する段階では、光により敏感に反応し、データが攪乱されるので、実験室を暗くして試薬を迅速に入れた（栃木分場の方法では記載なし）。その後、直ち

に25℃にセットした暗黒下の定温器に入れ、1.5時間静置したところである（栃木分場の方法では20℃20分～25℃16分）。ポリフェノール含量は（+）-カタキン当量で表し、生重1g当たりの重量で示した。

全粒粉、60%粉の灰分含量、60%粉のセディメンテーション値、60%粉の色（反射率）、ファリノグラム、エキステンソグラム（うるち性のみ）およびアミログラムの測定は、農林水産技術会議事務局（1968）の方法に従った。全粒粉および60%粉の蛋白含量は元素分析装置（パーキンエルマー社PE2410型）で窒素含量を測定し、蛋白質係数は5.70を用いた。また、60%粉について、アミロース含量はJuliano（1971）に準じた方法で、比表面積はブレン空気透過粉末測定器で、カラーバリューはKent-Jones and Martinフラワーカラーグレーダーで、そして粉色のL*（明度）、a*（赤み程度）およびb*（黄色み程度）は分光測色計（コニカミノルタ社製CM-3500d）で、それぞれ測定した。澱粉を用いたWx蛋白質の有無は、Nakamura *et al.*（1992）に準じた方法で調査した。

うるち性品種・系統については製めん適性および製パン適性を調べるため、製めん適性は食糧庁（1997）に準じた方法、製パン適性は60%粉300gを用いた吉川ら（1999）の方法で調査した。

3. データ解析法

データ解析に当たっては、各年次とも試験および栽培様式をこみにして行った。全粒粉ポリフェノール含量（以下WPO）、60%粉ポリフェノール含量（以下FPO）および製粉によるポリフェノール含量の低減率（FPO/WPOにより算出）のそれぞれについて、うるち性品種・系統の平均値ともち性品種・系統の平均値の差を最小有意差により検定した。また、うるち性品種・系統においては、WPO、FPOおよびFPO/WPOのそれぞれについて硬質、軟質の各平均値の差を最小有意差により検定した。さらに、1998～1999年両年に供試されたうるち性およびもち性品種・系統を用いて、WPO、FPOおよびFPO/WPOの年次間相関係数および栽培様式間相関係数を算出した。

次に、WPOおよびFPOと製粉特性、全粒粉・60%粉品質特性、生地の物理性および製めん・製パン適性との相関係数を算出した。

Ⅲ 結 果

Table 1 にWPO、FPOおよびFPO/WPOにおけるうるち性 (Nonwaxy) 品種・系統 (以下、うるち性) ともち性 (Waxy) 品種・系統 (以下、もち性) の各平均値、標準偏差、最大値、最小値並びにレンジを示した。各年次のうるち性、もち性とも、WPO、FPOのいずれにも大きな品種・系統間差異が認められた。うるち性ではWPOは1998年が0.272~0.499mg/g、1999年が0.343~0.516mg/gと約1.5~1.8倍の差が、FPOは1998年が0.071~0.264mg/g、1999年が0.107~0.263mg/gそして2002年が0.146~0.234mg/gと約1.6~3.7倍の差がみられた。FPOのレンジは2002年は他の年次に比べて小さかった。一方、もち性ではWPOは1998年が0.509~0.546mg/g、1999年が0.412~0.607mg/gと約1.1~1.5倍の差が、FPOは1998年が0.266~0.357mg/g、1999年が0.218~0.382mg/gそして2002年が0.163~0.316mg/gと約1.3~1.9倍の差がみられた。うるち性ともち性を込みにした場合は、WPOは1998年が0.272~0.546mg/g、1999年が0.343~0.607mg/gと約1.8~2.0倍の差が、FPOは1998年が0.071~0.357mg/g、1999年が0.107~0.382mg/gそして2002年が0.146~0.316mg/gと約2.2~5.0倍の差がみられた。

また、各年次ともに、WPO、FPOの各平均値はもち性の方がうるち性より高く、うるち性平均値ともち性平均値の差の検定はすべて1%水準で有意差が認められた。

製粉によるポリフェノール含量の低減率を表すFPO/WPOも大きな品種・系統間差異がみられ、うるち性では1998年が0.260~0.664、1999年が0.240~0.663と2.5~2.7倍の差異が、もち性では1998年が0.501~0.702、1999年が0.487~0.788と1.4~1.6倍の差異がみられ、うるち性の方がもち性より差異が大きかった。また、FPO/WPOの平均値をうるち性ともち性の間で比較すると、明らかにもち性の方がうるち性より高く、これら平均値の差の検定でも1%水準で有意差が認められた。

Fig. 1に各年次におけるWPOおよびFPOの度数分布を示した。「はつもち」、「もち乙女」を供試した1998年では、いずれの度数分布もうるち性ともち性の方に明確に差がみられ、WPOではうるち性ともち性の度数分布に重なりがなく、FPOも1系統が重なったのみであった。一方、品質のうちで特に製粉性および粉色を改良したもち性系統「東北糯216号」、「東北糯217号 (もち姫)」等を含む1999、2002両年では、WPO、FPOとももち性の度数分布はうるち性の度数分布と重なり、2002年のFPOでは、半数のもち性系統はうるち性の度数分布内に入っていた。

Table 2 にうるち性品種・系統を硬質 (Hard)、軟質 (Soft) に分けた場合のWPO、FPOおよびFPO/WPOのそれぞれの平均値、標準偏差などを示した。硬質と軟質の平均値の差については、WPOは1998、1999年ともその差は小さく、有意差は見られなかった。これに対し、FPOは1998、1999年と

Table 1 Differences of whole meal flour polyphenol content (WPO), 60% extraction flour polyphenol content (FPO), and FPO/WPO between nonwaxy wheat and waxy wheat in 1998, 1999 and 2002.

Statistic	1998						1999						2002	
	WPO		FPO		FPO/WPO		WPO		FPO		FPO/WPO		FPO	
	Nonwaxy	Waxy	Nonwaxy	Waxy	Nonwaxy	Waxy	Nonwaxy	Waxy	Nonwaxy	Waxy	Nonwaxy	Waxy	Nonwaxy	Waxy
Number of cultivars and lines	43	4	43	4	43	4	48	12	50	12	48	12	44	9
Mean	0.365	0.531	0.154	0.316	0.418	0.595	0.417	0.491	0.183	0.329	0.444	0.671	0.179	0.247
Standard deviation	0.049	0.016	0.046	0.045	0.097	0.092	0.038	0.057	0.043	0.057	0.099	0.101	0.022	0.055
Maximum value	0.499	0.546	0.264	0.357	0.664	0.702	0.516	0.607	0.263	0.382	0.633	0.788	0.234	0.316
Minimum value	0.272	0.509	0.071	0.266	0.260	0.501	0.343	0.412	0.107	0.218	0.240	0.487	0.146	0.163
Range	0.193	0.091	0.193	0.091	0.404	0.201	0.174	0.196	0.157	0.164	0.392	0.301	0.088	0.153
Mean difference and test of significance	0.166**		0.162**		0.177**		0.074**		0.146**		0.227**		0.068**	

Note. ** indicates significance at P<0.01.

も軟質の方が硬質より有意に高かった。なお、2002年ではその差はほとんどなく、有意差は見られなかった。FPO/WPOは、FPOと同様に、1998、1999年とも硬質と軟質の平均値の差に有意差が認められ、軟質は硬質より高い傾向が見られた。

Table 3に主な品種・系統のWPO、FPOおよびFPO/WPを示した。うるち性では、「キタカミコムギ」に比べて、WPOはめん用の「東北204号」、「東

北212号」が特に高いのに対し、パン用の「ハルイブキ」は低かった。FPOはめん用の「東北208号」、「東北212号」、「東北213号」および「ネバリゴシ」が高いのに対し、パン用の「東北221号」、「ハルイブキ」、めん用の「あきたっこ」は低かった。その結果、WPO、FPOともに「東北212号」は高く、「ハルイブキ」は低かった。FPO/WPOはパン用の「東北221号」とめん用の「あきたっこ」が低いのに

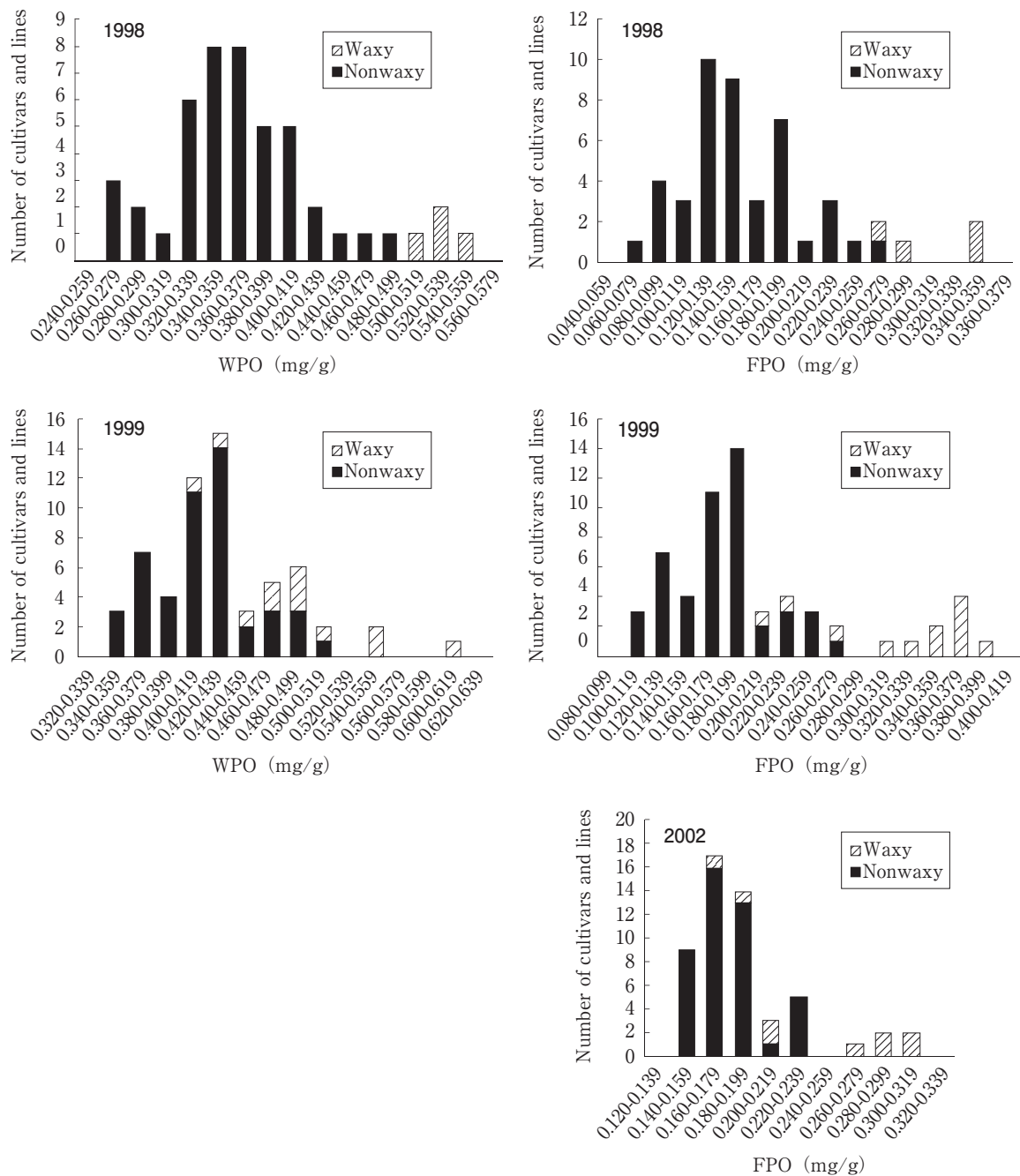


Fig. 1 Frequency distributions of WPO and FPO of wheat cultivars and lines in 1998, 1999, and 2002.

Table 2 Differences of WPO, FPO, and FPO/WPO between hard wheat and soft wheat in nonwaxy wheat in 1998, 1999 and 2002.

Statistic	1998						1999						2002	
	WPO		FPO		FPO/WPO		WPO		FPO		FPO/WPO		FPO	
	Hard	Soft	Hard	Soft	Hard	Soft	Hard	Soft	Hard	Soft	Hard	Soft	Hard	Soft
Number of cultivars and lines	21	22	21	22	21	22	25	23	27	23	25	23	18	26
	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g			mg/g	mg/g	mg/g	mg/g			mg/g	mg/g
Mean	0.359	0.371	0.132	0.175	0.363	0.471	0.416	0.419	0.159	0.212	0.385	0.508	0.178	0.179
Standard deviation	0.062	0.033	0.043	0.038	0.073	0.089	0.045	0.029	0.037	0.031	0.077	0.079	0.026	0.019
Maximum value	0.499	0.470	0.241	0.264	0.563	0.664	0.516	0.483	0.263	0.263	0.539	0.633	0.234	0.223
Minimum value	0.272	0.326	0.071	0.122	0.260	0.349	0.343	0.370	0.107	0.148	0.240	0.352	0.145	0.108
Range	0.227	0.144	0.170	0.143	0.303	0.315	0.174	0.113	0.157	0.123	0.299	0.280	0.087	0.077
Mean difference and test of significance	0.012 ^{NS}		0.043 ^{**}		0.108 ^{**}		0.003 ^{NS}		0.053 ^{**}		0.123 ^{**}		0.001 ^{NS}	

Note. 1) See Table 1 for WPO and FPO. As for these abbreviation, following Table 3–11 and Fig. 1–3 are also similar.

2) * and ** indicate significance at P<0.05 and P<0.01, respectively. NS indicates nonsignificance.

Table 3 WPO, FPO, and FPO/WPO of main wheat cultivars and lines.

Cultivars or lines	Nonwaxy or waxy	Kernel hardness	Main end-use	Wx protein ^{***}			Amylose content %	WPO mg/g	FPO mg/g	FPO/WPO
				Wx-A1	Wx-B1	Wx-D1				
Tohoku 204*	Nonwaxy	Soft	Noodle	+	+	+	25.8	0.444	0.191	0.391
Tohoku 208*	Nonwaxy	Soft	Noodle	+	+	+	25.5	0.386	0.208	0.493
Tohoku 221*	Nonwaxy	Hard	Bread				27.7	0.360	0.126	0.344
Haruibuki*	Nonwaxy	Hard	Bread	+	+	+	27.8	0.308	0.126	0.396
Akitakko*	Nonwaxy	Hard	Noodle	+	+	+	28.1	0.346	0.125	0.340
Kitakamikomugi*	Nonwaxy	Soft	Noodle	+	+	+	27.1	0.360	0.172	0.456
Koyukikomugi*	Nonwaxy	Hard	Bread	+	+	+	27.1	0.385	0.162	0.404
Nanbukomugi*	Nonwaxy	Soft	Noodle	+	+	+	25.1	0.399	0.196	0.469
Yukichikara*	Nonwaxy	Hard	Bread	+	+	+	26.9	0.394	0.161	0.395
Tohoku 207*	Nonwaxy	Soft	Noodle	+	–	+	25.1	0.364	0.186	0.483
Tohoku 209*	Nonwaxy	Soft	Noodle	–	–	+	21.2	0.391	0.170	0.392
Tohoku 212*	Nonwaxy	Hard	Noodle	–	–	+	21.9	0.462	0.208	0.431
Tohoku 213*	Nonwaxy	Soft	Noodle	–	–	+	22.1	0.404	0.226	0.536
Nebarigoshi*	Nonwaxy	Soft	Noodle	–	–	+	22.2	0.384	0.212	0.529
Hatsumochi*	Waxy	Hard	Variety	–	–	–	0.0	0.542	0.303	0.531
Mochiotome*	Waxy	Soft	Variety	–	–	–	0.0	0.534	0.349	0.625
Haruibuki**	Nonwaxy	Hard	Bread	+	+	+	27.9	0.378	0.160	0.371
Kitakamikomugi**	Nonwaxy	Soft	Noodle	+	+	+	27.8	0.423	0.177	0.475
Koyukikomugi**	Nonwaxy	Hard	Bread	+	+	+	27.9	0.447	0.185	0.420
Nanbukomugi**	Nonwaxy	Soft	Noodle	+	+	+	26.1	0.457	0.201	0.503
Nebarigoshi*	Nonwaxy	Soft	Noodle	–	–	+	23.3	0.444	0.211	0.546
Tohokumochi 216**	Waxy	Hard	Variety				0.0	0.430	0.203	0.507
Tohokumochi 217 (Mochihime)**	Waxy	Hard	Variety				0.0	0.481	0.199	0.487
Hatsumochi**	Waxy	Hard	Variety	–	–	–	0.0	0.555	0.334	0.668
Mochiotome**	Waxy	Soft	Variety	–	–	–	0.0	0.546	0.340	0.690

Note. 1) * : Mean in 1998 and 1999, ** : Mean in 1999 and 2002, *** : Data in 1999.

2) + : Presence, – : Absence.

Table 4 Correlation coefficients between production years and between cultivation methods in WPO, FPO, and FPO/WPO.

Year	Cultivation method	Number of cultivars and lines	WPO	FPO	FPO/WPO
1998 vs 1999	Ridge	12	0.906**	0.923**	0.649*
	Drill	7	0.910**	0.935**	0.760*
Cultivation method	Year	Number of cultivars and lines	WPO	FPO	FPO/WPO
Ridge vs Drill	1998	11	0.978**	0.956**	0.507
	1999	8	0.866**	0.852**	0.719*

Note. * and ** indicate significance at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

対し、めん用の「東北208号」、「東北213号」、「ネバリゴシ」は高かった。一方、もち性では、「はつもち」、「もち乙女」はWPO、FPOともにうるち性の「キタカミコムギ」よりかなり高く、うるち性の最も高い系統（WPOは「東北212号」、FPOは「東北213号」）よりさらに高かった。製粉性・粉色がうるち性並までに改良された「東北糯216号」と「東北糯217号（もち姫）」のWPO、FPOおよびFPO/WPOのいずれも「はつもち」、「もち乙女」に比べて低く、うるち性の「ナンブコムギ」並であった。

1998、1999年のうるち性・もち性品種・系統を用いて、WPO、FPOおよびFPO/WPOについて年次間および栽培様式間の相関係数を算出して、Table 4に示した。WPOとFPOは、年次間においては標準畦立栽培（Ridge）、ドリル播栽培（Drill）ともに有意で高い正の相関を示し、また標準畦立およびドリル播の栽培様式間でも、1998年では0.956~0.978、1999年は0.852~0.866と両年次とも有意で高い正の相関を示した。一方、FPO/WPOでは、年次間および栽培様式間の相関は、1998年の栽培様式間を除き、WPO、FPOに比べ低かった。

1998、1999年の各年次別に、うるち性品種・系統におけるWPOとFPOとの関係をFig. 2に示した。1998年は相関係数が0.676（ $P < 0.01$ ）とやや高かったが、1999年では0.334（ $P < 0.05$ ）と低かった。

うるち性、もち性およびこれらを合わせた全材料について、WPOまたはFPOと製粉特性との相関係数をTable 5に示した。製粉歩留（Flour yield）においてはWPO、FPOともに3カ年のすべての材料で有意な負の相関を示し、またセモリナ粉砕率（Flour yield from semolina）とミリングスコア（Milling score）も同様に、FPOにおいて有意な負の相関を示した。これらの相関係数の中で、特にも

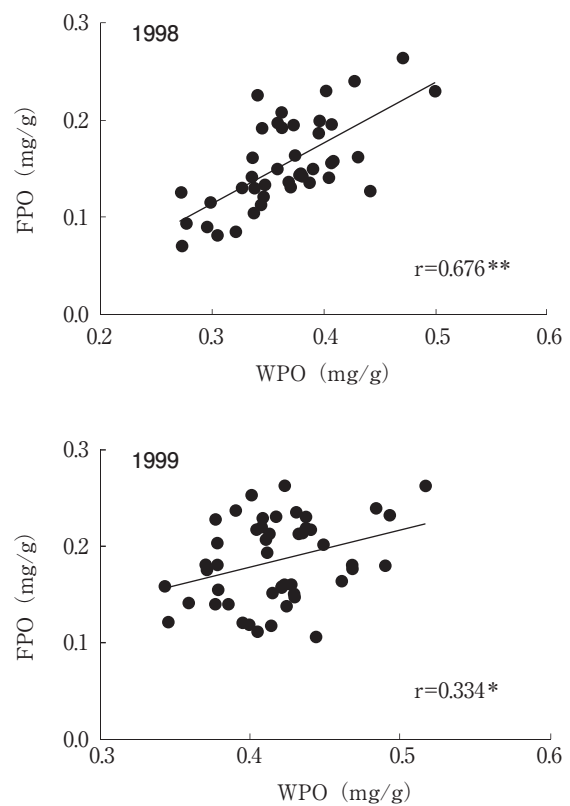


Fig. 2 Relationships between WPO and FPO in nonwaxy wheat cultivars and lines of 1998 and 1999.

Note. * and ** indicate significance at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

ち性材料とうるち性、もち性を合わせた全材料（Overall、以下全材料）のほとんどは、 -0.7 以下の高い相関を示した。Fig. 3に1999、2002両年におけるFPOとミリングスコアの関係を示したが、両年とも全材料では相関係数は $-0.832 \sim -0.839$ （いずれも $P < 0.01$ ）と高く直線的な関係がみられた。一方、B/M率（B/M ratio）、セモリナ生成率（Semorina

Table 5 Correlation coefficients between WPO or FPO and milling characteristics using the Buhler Laboratory Mill.

Year	WPO or FPO	Sample	Number of cultivars and lines	Flour yield	B/M ratio	Semorina yield	Flour yield from semolina	Milling score	Milling efficiency index
1998	WPO	Nonwaxy	43	-0.468**	0.079	-0.058	-0.268	-0.618**	-0.158
		Overall	47	-0.704**	0.061	0.132	-0.526**	-0.763**	-0.463**
	FPO	Nonwaxy	43	-0.406**	-0.400**	-0.318*	-0.525**	-0.573**	-0.162
		Overall	47	-0.710**	0.301	-0.061	-0.700**	-0.785**	-0.475**
1999	WPO	Nonwaxy	49	-0.303*	0.041	-0.040	-0.111	-0.162	0.086
		Waxy	11	-0.727*	-0.313	0.493	-0.604*	-0.530	-0.252
		Overall	60	-0.669**	0.091	0.398**	-0.474**	-0.546**	-0.353**
	FPO	Nonwaxy	50	-0.567**	0.583**	-0.195	-0.653**	-0.638**	-0.460**
		Waxy	12	-0.701*	-0.215	0.595*	-0.678*	-0.782**	-0.263
		Overall	62	-0.822**	0.430**	0.419**	-0.789**	-0.839**	-0.715**
2002	FPO	Nonwaxy	44	-0.419**	-0.152	0.394**	-0.328*	-0.597**	-0.653**
		Waxy	9	-0.842**	-0.187	0.186	-0.810**	-0.875**	-0.837**
		Overall	53	-0.767**	-0.115	0.472**	-0.661**	-0.832**	-0.835**

Note. * and ** indicate significance at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

yield) および灰分移行率 (Milling efficiency index) では、有意な相関はみられるものの、相関は灰分移行率の一部の材料 (2002年材料) を除いて全般に低かった。

Table 6 にWPOまたはFPOと全粒粉および60%粉の品質特性との相関係数を示した。全粒粉、60%粉の各灰分含量 (Ash content) は3カ年ともに有意な正の相関を示す材料が多く、特に1999、2002年のもち性はFPOにおいて0.75以上の高い相関を示した。また、60%粉のアミロース含量とうるち性および全材料において有意な負の相関が見られ、FPOにおいてはうるち性が-0.499~-0.692と相関がやや高く、全材料では-0.700~-0.842と相関が高かった。一方、全粒粉、60%粉の各蛋白含量 (Protein content) は相関が全般に低く、有意な相関がほとんど見られなかった。また、60%粉のセディメンテーション値 (Sedimentation value) および比表面積 (Specific surface area) においては、有意な相関が見られる材料があるものの、相関は灰分含量、アミロース含量に比べて全般に低かった。

WPOまたはFPOと粉色の各特性との相関係数をTable 7 に示した。粉色 (Flour color) においては、R455 (粉色の白さ) および反射率R554 (粉色の明るさ) とともに、WPOおよびFPOは3カ年のほとんどの材料で有意な負の相関を示し、特に全材料におけるFPOとR554との相関は-0.763~-0.832 (いずれも $P < 0.01$) と高かった (Fig. 3)。1998、1999年

でのWPOとFPOとの比較では、1999年のもち性を除いてFPOの方がWPOより相関が高かった。一方、D455-D554 (粉の色づき程度で黄色み程度を表す) は材料により有意な相関があるものの、全般に相関が低かった。2002年のFPOにおいては、カラーバリュー (Color value) はうるち性、もち性および全材料とも0.6以上の有意でやや高いまたは高い正の相関を示した。また、色彩色差計 (Color-difference meter) による L^* (明度) も同様にこれらの材料とも有意で高い負の相関を示した。一方、 a^* (赤み程度) と b^* (黄色み程度) は a^* の全材料を除いて有意な相関を示さなかった。

Table 8に、WPOまたはFPOとアミログラム、ファリノグラムおよびエキステンソグラムの各特性との相関係数を示した。アミログラムのMV (最高粘度) とBD (ブレイクダウン) においては、一定した傾向は見られなかったものの、1999、2002年のFPOのもち性において-0.702~-0.870の有意で高い負の相関が認められた。一方、1998年のWPOのうるち性および1999年のFPOのうるち性では、MV、BDともに相関係数が0.5前後の有意でやや高い正の相関を示し、もち性と逆の関係となった。

ファリノグラムでは、特にWk (生地の弱化度) は、1999年のWPOのもち性材料を除いて有意な正の相関が認められ、各年次の全材料ではWPO、FPOともに0.6以上のやや高いまたは高い相関を示した。また、VV (バリロメーターバリュウ) も多く

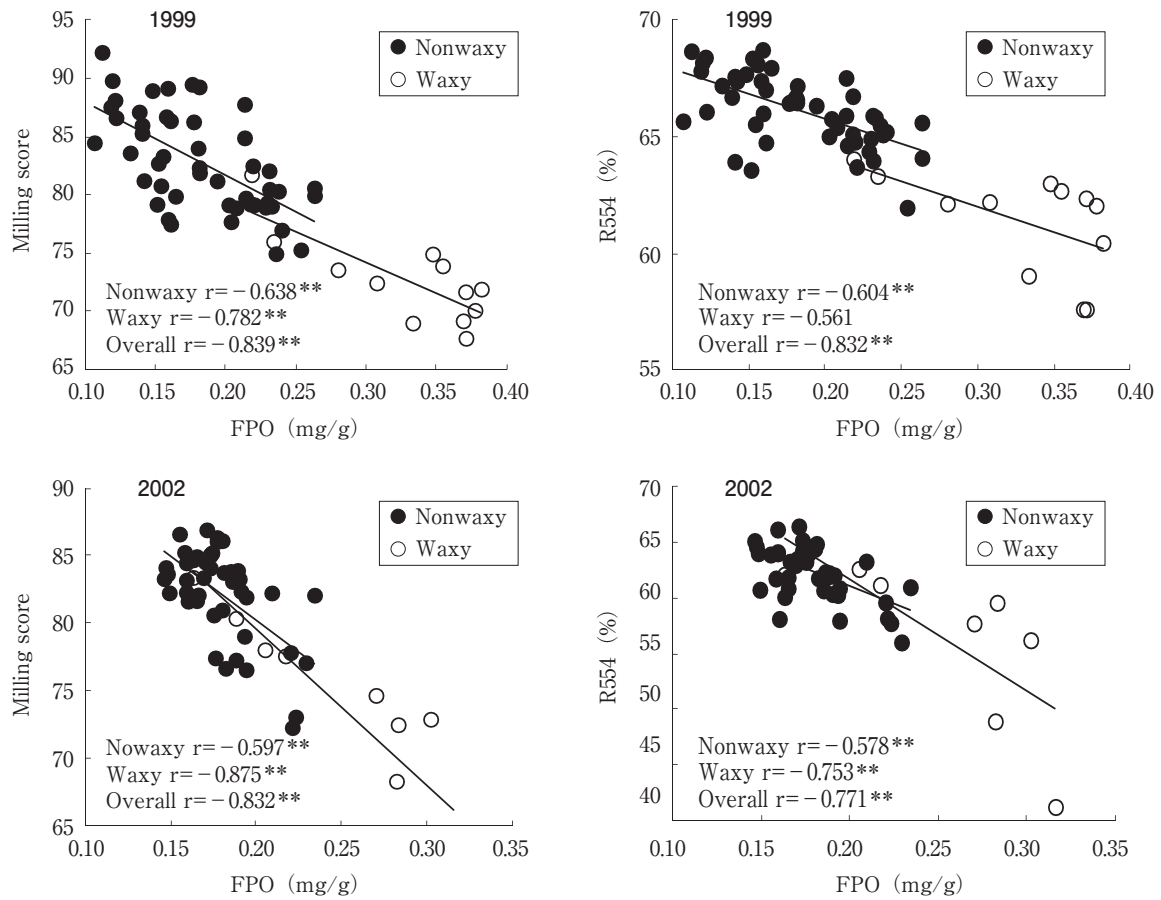


Fig. 3 Relationships between FPO and milling score or R554 (brightness of flour color) in 1999 and 2002.

Note. ** indicates significance at P<0.01.

Table 6 Correlation coefficients between WPO or FPO and flour characteristics.

Year	WPO or FPO	Sample	Number of cultivars andlines	Whole meal flour		60% extraction flour				
				Protein content	Ash content	Protein content	Amylose content	Sedimentation value	Ash content	Specific surface area
1998	WPO	Nonwaxy	43	-0.014	0.548**	-0.084	-0.649**	-0.148	0.474**	0.236
		Overall	47	0.079	0.546**	0.143	-0.804**	-0.164	0.616**	0.289*
	FPO	Nonwaxy	43	-0.071	0.520**	-0.220	-0.523**	-0.427**	0.392**	0.473**
		Overall	47	0.028	0.585**	0.055	-0.781**	-0.352*	0.614**	-0.033
1999	WPO	Nonwaxy	49	0.092	0.372**	0.037	-0.370**	-0.016	0.008	-0.169
		Waxy	11	0.413	0.621*	0.567	-0.067	0.219	0.256	-0.026
		Overall	60	0.154	0.371**	0.193	-0.622**	-0.075	0.351**	-0.026
	FPO	Nonwaxy	50	-0.092	0.315*	-0.243	-0.692**	-0.368**	0.344*	0.624**
		Waxy	12	0.162	0.776**	0.158	0.406	-0.323	0.758**	0.220
		Overall	62	0.001	0.299*	0.015	-0.842**	-0.347**	0.642**	0.309*
2002	FPO	Nonwaxy	44	0.291	0.002	0.248	-0.499**	0.161	0.506**	-0.223
		Waxy	9	0.583	0.760*	0.537	0.000	-0.346	0.885**	0.428
		Overall	53	0.341*	0.127	0.375**	-0.700**	0.108	0.656**	-0.111

Note. * and ** indicate significance at P<0.05 and P<0.01, respectively.

Table 7 Correlation coefficients between WPO or FPO and flour color characteristics.

Year	WPO or FPO	Sample	Number of cultivars and lines	Flour color			Color value	Color-difference meter		
				R455	R554	D455-D554		L*	a*	b*
1998	WPO	Nonwaxy	43	-0.302*	-0.465**	0.022	-	-	-	-
		Overall	47	-0.591**	-0.729**	0.149	-	-	-	-
	FPO	Nonwaxy	43	-0.556**	-0.628**	0.254	-	-	-	-
		Overall	47	-0.692**	-0.763**	0.290*	-	-	-	-
1999	WPO	Nonwaxy	49	-0.175	-0.086	0.174	-	-	-	-
		Waxy	11	-0.701*	-0.584	0.689*	-	-	-	-
		Overall	60	-0.564**	-0.539**	0.294*	-	-	-	-
	FPO	Nonwaxy	50	-0.597**	-0.604**	0.366**	-	-	-	-
		Waxy	12	-0.630**	-0.561	0.456	-	-	-	-
		Overall	62	-0.785**	-0.832**	0.345**	-	-	-	-
2002	FPO	Nonwaxy	44	-0.384*	-0.578**	-0.126	0.606**	-0.602**	0.215	-0.084
		Waxy	9	-0.757**	-0.753**	0.663	0.771*	-0.728*	0.635	0.476
		Overall	53	-0.682**	-0.771**	0.036	0.783**	-0.776**	0.621**	0.192

Note. 1) R455 : Whiteness, R554 : Brightness, D455-D554 : Yellow degree, L* : Brightness, a* : Red degree, b* : Yellow degree.

2) * and ** indicate significance at P<0.05 and P<0.01, respectively.

Table 8 Correlation coefficients between WPO or FPO and characteristics of amylogram, farinogram, and extensogram.

Year	WPO or FPO	Sample	Number of cultivars and lines	Amylogram		Farinogram					Extensogram (135min)			
				MV	BD	Ab	DT	Stab	Wk	VV	A	R	E	R/E
1998	WPO	Nonwaxy	43(40†)	0.505**	0.506**	0.116	-0.057	-0.185	0.335*	-0.160	-0.161	-0.322*	0.626**	-0.444**
		Overall	47(44)	0.190	0.571**	0.525**	-0.010	-0.312*	0.669**	-0.340*	-0.270	-0.360*	0.419**	-0.424**
	FPO	Nonwaxy	43(40)	0.233	0.333*	-0.218	-0.226	-0.314*	0.374*	-0.355*	-0.417**	-0.478**	0.378*	-0.518**
		Overall	47(44)	0.100	0.469**	0.348*	-0.113	-0.393**	0.672**	-0.444**	-0.426**	-0.450**	0.252	-0.466**
1999	WPO	Nonwaxy	48(36)	0.153	0.264	0.113	-0.284*	-0.269	0.429**	-0.281	-0.317	-0.456**	0.259	-0.505**
		Waxy	11(0)	-0.476	-0.393	0.256	0.024	0.033	0.097	0.032	-	-	-	-
		Overall	60(36)	-0.268*	-0.268*	0.538**	-0.332**	-0.401**	0.637**	-0.424**	-0.317	-0.456**	0.259	-0.505**
	FPO	Nonwaxy	50(38)	0.474**	0.595**	-0.309*	-0.583**	-0.559**	0.474**	-0.594**	-0.453**	-0.478**	0.088	-0.417*
		Waxy	12(0)	-0.831**	-0.702*	-0.085	-0.213	-0.387	0.652*	-0.325	-	-	-	-
		Overall	62(38)	-0.256	0.437**	0.536**	-0.514**	-0.588**	0.820**	-0.646**	-0.453**	-0.478**	0.088	-0.417*
2002	FPO	Nonwaxy	44(26)	-0.185	0.216	0.323*	-0.129	-0.210	0.377*	-0.264	-0.050	0.084	-0.084	0.100
		Waxy	9(0)	-0.870**	-0.854**	-0.464	-0.758	-0.629	0.691*	-0.755*	-	-	-	-
		Overall	53(26)	-0.414**	-0.216	0.520**	-0.212	-0.373**	0.648**	-0.472**	-0.050	0.084	-0.084	0.100

Note. 1) MV : Maximum viscosity, BD : Breakdown, Ab : Absorption, DT : Dough development time, Stab : Stability, Wk : Weakness, VV : Valorimeter value, A : Area, R : Maximum resistance, E : Extensibility.

2) † The number in a parenthesis is the number of cultivars and lines which investigated extensogram.

3) * and ** indicate significance at P<0.05 and P<0.01, respectively.

の材料で有意な負の相関がみられた。Ab (吸水率) と Stab (生地の安定度) は WPO、FPO とも各年次の全材料で有意な正または負の相関が認められた。

エキステンソグラムの R (伸張抵抗) と R/E (形状係数) では、1998年、1999年 (うるち性のみ) の全材料、A (面積) ではこの両年のうち FPO において、有意な負の相関を示したものの、その値は -0.317 ~ -0.518 とやや低かった。E (伸長度) は 1998年の

WPO を除いて相関は低かった。一方、2002年は各特性との相関は極めて低かった。

以上の Table 4~7 の結果、同じ年次および材料で比較した場合、製粉性、小麦粉品質等との相関は、一般に FPO の方が WPO より高い傾向を示した。

次に、うるち性において、FPO と製粉特性または品質特性の相関の内、3カ年とも有意な相関がみられた製粉歩留を含む 8 特性について、硬質と軟質

Table 9 Correlation coefficients between FPO and milling characteristics or flour qualities in hard wheat and soft wheat of nonwaxy cultivars and lines.

Year	Kernel hardness	Number of cultivars and lines	Flour yield	Flour yield from semolina	Milling score	60% extraction flour		Flour color		Farinogram Wk
						Amylose content	Ash content	R455	R554	
1998	Hard	21	-0.670**	-0.720**	-0.736**	-0.577**	0.483*	-0.427	-0.688**	0.475*
	Soft	22	0.084	0.094	-0.160	-0.330	0.259	-0.386	-0.369	0.110
1999	Hard	27	-0.682**	-0.329	-0.517**	-0.654**	0.215	-0.230	-0.426	0.536**
	Soft	23	-0.218	-0.238	-0.524**	-0.528**	0.240	-0.641**	-0.272	0.408
2002	Hard	18	-0.334	-0.506*	-0.589**	-0.351	0.630**	-0.114	-0.388	0.377*
	Soft	26	-0.643**	-0.721**	-0.664**	-0.661**	0.617**	-0.672**	-0.847**	0.289

Note. * and ** indicate significance at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

Table 10 Correlation coefficients between WPO or FPO and sensory evaluation of boiled udon noodles in nonwaxy wheat cultivars and lines.

Year	WPO or FPO	Number of cultivars and lines	Flour color R554	Sesory evaluation of boiled udon noodles						Total score
				Color	Surface appearance	Firmness	Elasticity	Smoothness	Taste	
1998	WPO	27	-0.582**	0.253	0.135	0.094	0.140	0.170	0.158	0.188
	FPO	27	-0.648**	-0.164	-0.014	-0.020	0.238	0.168	0.261	0.095
1999	WPO	17	-0.128	0.039	-0.166	0.094	0.248	0.417	0.356	0.313
	FPO	17	-0.537*	-0.397	-0.234	-0.195	0.227	0.140	0.100	-0.020
2002	FPO	36	-0.683**	-0.435**	-0.483**	-0.321	-0.117	-0.112	-0.196	-0.406*

Note. * and ** indicate significance at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

Table 11 Correlation coefficients between WPO or FPO and bread-making qualities in nonwaxy wheat cultivars and lines.

Year	WPO or FPO	Number of cultivars and lines	Flour color R554	Farinogram VV	Loaf volume	Dough absorption score	Dough handling score	Sesory evaluation of bread		Bread-making score
								Crumb color	Total score	
1998	WPO	19	-0.238	-0.177	0.128	-	-0.074	-0.257	0.024	-
	FPO	19	-0.481	-0.101	0.272	-	-0.228	-0.345	-0.033	-
1999	WPO	29	-0.118	-0.346	0.450*	0.159	0.036	0.037	0.261	0.250
	FPO	31	-0.376*	-0.372*	0.267	0.127	-0.126	0.077	0.258	0.168
2002	FPO	21	-0.427	-0.177	-0.146	-0.075	0.000	-0.299	-0.263	-0.179

Note. 1) Bread-making score=dough absorption score+dough handling score+ total score of sesory evaluation of bread.

2) * indicates significance at $P < 0.05$.

に分けて相関係数を算出し、Table 9に示した。硬質、軟質に分けても、ミリングスコアはほとんどの材料で有意な負の相関を示した。次いで、アミロース含量も有意な負の相関を示す材料が多かった。ファリノグラムのWkは3カ年とも硬質のみで有意な正の相関を示した。製粉歩留、セモリナ粉碎率、60%灰分含量は半分の材料で有意な相関を示した。一方、粉色のR455とR554は有意な相関は2材料にとどまった。年次では1998年は硬質、2002年は軟質で、1特性を除いたすべての特性で有意な相関を示

した。

うるち性材料について、WPOまたはFPOと二次加工適性、粉色等との相関係数を算出し、製めん適性（ゆでめん官能評価）をTable 10に、製パン適性をTable 11に示した。Table 10の製めん適性との相関では、2002年のFPOと色（Color）、外観（Surface appearance）および合計（Total score）の間でいずれも-0.4台の有意な負の相関を示したものの、これらを除く相関は低くて有意でなかった。

Table 11の製パン適性では、1999年でWPOとパ

ン体積 (Loaf volume) では有意な負の相関を示したが、その他の項目はいずれも、相関は低く有意でなかった。

IV 考 察

うるち性小麦に関するWPOの品種間差異の報告は多くある。Lachman *et al.* (2003) は、普通系小麦の5品種の原粒 (全粒粉) ポリフェノール含量は600~960mg/kg (0.60~0.96mg/g) (乾物) の差異があるとした。また、Lachman *et al.* (2011) は、一粒系小麦 (*Triticum monococcum*) 2品種、エンマー小麦 (*T. dicoccum*) 2品種および普通系春小麦 (*T. aestivum*) 3品種を用いてWPOを調査した結果、各小麦属に品種間差異があり、小麦属間ではエンマー小麦品種が高いことを報告した。さらに、伊藤 (2009) は、WPOは北海道産「キタノカオリ」が低く、北海道産「春よ恋」、オーストラリア産「PH」、アメリカ産「HRW」の3つのサンプルは高い傾向を示すと報告している。一方、Heimler *et al.* (2010) はデュラム小麦および普通系小麦のWPOには、年次間差異はあるものの、新旧の品種間には差が見られないとしている。また、Masum Akond *et al.* (2010) は、小麦9品種を用いたWPOの品種間差異は統計的に有意でないと報告した。以上の報告から、WPOの品種間差異はあるという報告と、それが無いという報告に分かれるが、これはいずれの報告もうるち性品種のみでしかも供試品種が少ないことによると考えられる。本報告ではWPOはうるち性だけに限っても最小値と最大値では1.5~1.8倍の差異があり (Table 1)、しかも年次および栽培様式が変わっても安定していた (Table 4) ので、WPOの品種・系統間差異は明らかにあると考えられる。

一方、FPOの品種間差異の報告はWPOに比べて少ない。Yanagisawa and Amano (1996) は、北海道産品種 (うるち性) のFPOは0.085~0.122mg/gと報告している。伊藤 (2009) は、FPOは「キタノカオリ」および「PH」は「春よ恋」、「HRW」より低い値を示すことを報告した。本報告ではうるち性のFPOは3カ年込みにするると0.071~0.264mg/gの約3.7倍の差異がみられ (Table 1)、Yanagisawa and Amano (1996) の報告より差が大きかった。

ふすまのポリフェノール含量の品種間差異については、Verma *et al.* (2008) は小麦51品種の間に

3,406.4~6,702.7 μ g/g (3.4064~6.7027mg/g) の有意な差異があり、平均5,197.2 μ g/g (5.1972mg/g) であったと報告している。本報告ではうるち性のFPOは3カ年込みでは上記のように0.071~0.264mg/g (平均0.173mg/g) の差異があるが、上記の報告を参考にすると、ふすまは60%粉に比べて極めて多くのポリフェノールを含んでいると考えられる。

うるち性ともち性の比較では、WPO、FPOとももち性の方がうるち性より有意に高かった (Table 1)。Takata *et al.* (2007) は、春播小麦「春のあけぼの」および「春よ恋」のWx蛋白質を異にする準同質遺伝子系統4系統 (Wx蛋白質B、AB、BD、ABD各欠失) を用いて、WPOおよびFPOについて検討したところ、WPOには系統間に有意差はなかったが、FPOはもち性系統が有意に高いことを報告している。この報告は、WPOに関しては本報告と一致しなかったが、FPOに関しては本報告の結果と一致した。なお、本報告で用いたもち性材料数は4~12と少ないので、材料数を増やして更に検討する必要がある。

うるち性の硬質、軟質の比較では、WPOでは有意差はみられないものの、FPOは2カ年において軟質の方が硬質より高い傾向を示した (Table 2)。ポリフェノール含量の硬質と軟質とを比較した研究報告はないが、今後、準同質遺伝子系統を用いて検討する必要がある。

うるち性材料においては、WPOとFPOとの相関は1998年はやや高かったものの、1999年はあまり高くなかった (Fig. 2)、2カ年を通じては両者はあまり密接な関係でないと言える。この原因は、主に粉へのふすま切れ込みの多少を含む製粉性の品種・系統間差異に起因すると考えられる。

同じ品種のポリフェノール含量が栽培環境により変動するという報告はいくつかある。登熟温度については、Heimler *et al.* (2010) は、普通系小麦およびデュラム小麦の収穫前30日の温度条件が原粒のポリフェノール含量を決定する主な要因で、高温はポリフェノール含量の低下を引き起こすと報告した。また、小林ら (2010) も紫黒糯米品種「紫宝」のポリフェノール含量は登熟気温が高いほど低かったと報告している。栽培条件では、Punia and Khetarpaul (2008) は、有機栽培と非有機栽培の小麦品種のポリフェノール含量を比較したとこ

ろ、非有機栽培の方が有機栽培より有意に高いことを明らかにしている。本報告では品種・系統のポリフェノール含量は年次、栽培様式のような環境に対して相対的に安定した特性を示した (Table 4) が、上記の報告のように、登熟温度や栽培条件によるポリフェノール含量の変動は調査していないので、今後は栽培場所、播種期、施肥量などの栽培条件を変えてさらに検討する必要がある。

製粉によるポリフェノール含量の低減率を表す FPO/WPO は WPO、FPO と同様に品種・系統間差異が認められ、もち性の方がうるち性より高かった (Table 1)。伊藤 (2009) は、FPO の低い「PH」の場合は製粉時のアリューロン層や皮部の混入が少ないため、同じく低 FPO の「キタノカオリ」は小麦粒自体に含まれる量が少ないためであると報告し、製粉によるポリフェノール含量の低減における製粉性の重要性を示唆した。また、もち性はうるち性に比べて、一般に製粉歩留、ミリングスコア、BM 率、セモリナ粉碎率、灰分移行率が低く、セモリナ生成率が高い (吉川ら 1998)。もち性はうるち性より FPO/WPO が高いことは、もち性においてはこれらの製粉特性のうち、特にセモリナ粉碎率が低いことが原因となっていると考えられる。

Jonnala *et al.* (2010) は普通系小麦の Wx 蛋白質の異なる準同質遺伝子系統を用いて、もち性、部分的もち性およびうるち性系統 (Wx 蛋白質欠失なし) のふすまの総ポリフェノール含量 (BPO) を調査したところ、BPO は Wx 蛋白質 1 つ欠失 > Wx 蛋白質 2 つ欠失 > 完全もち性 > うるち性の順となることを明らかにした。また、Lempereur *et al.* (1997) はポリフェノールは主にふすまに含まれていると報告し、Beta *et al.* (2005) はポリフェノールは小麦外皮からの重量で 20% 以内の部分に集中して存在していると報告した。さらに、本報告では、もち性はうるち性より WPO が高い傾向にあるという結果が得られた (Table 1, Table 3)。よって、FPO は、一般にもち性 \geq Wx 蛋白質 1 つまたは 2 つ欠失 (低・やや低アミロース) > Wx 蛋白質欠失なし (正常アミロース) の順の傾向になると推察される。本報告では、うるち性、もち性を含む全材料において、WPO、FPO とともにアミロース含量との間に有意な負の高いまたはやや高い相関 ($-0.622 \sim -0.842$) があった (Table 6) ので、これらの推察を裏付けていると考えられる。

ポリフェノール含量と製粉性との関係では、FPO とうるち性、もち性および全材料ともに、製粉歩留、ミリングスコアおよびセモリナ粉碎率との間に有意な負の相関がみられ、そのうち特にミリングスコアの相関が高かった (Table 5, Fig. 3)。また、特にもち性および全材料におけるこれらの相関は高かった。1998~1999 年では製粉性の各項目とも、一般に FPO の方が WPO より相関が高かった。以上の結果から、FPO は製粉性良否の指標になるものと推察される。もち性小麦はうるち性に比べて、上述のように製粉性が劣る傾向があるので、FPO の遺伝的低減は製粉性向上に特に有効であると考えられる。ちなみに、製粉性の優れたもち性小麦「東北糯 216 号」、「東北糯 217 号 (もち姫)」の FPO は、うるち性品種並に低くなっている (Table 3)。

加藤ら (2002) は、硬質小麦および軟質小麦ともに、小麦粉のアラビノキシラン含量と製粉歩留との間に有意で高い負の相関があることを報告している。また、乙部 (桐湖) ら (2002) は、もち性小麦系統の製粉歩留向上のためには、低アラビノキシラン含量で高製粉性の系統を反復親とすれば、より製粉歩留の高いもち性系統が育成できる可能性を示唆した。さらに、Lempereur *et al.* (1997) は、デュラム小麦においては、総アラビノキシラン含量とフェルラ酸含量との間に有意で高い正の相関があることを報告した。以上の 3 報から、アラビノキシラン含量は製粉歩留とともに、フェルラ酸含量とも密接に関係していると考えられることから、アラビノキシランはフェルラ酸が大部分を占めるポリフェノール含量とも密接に関係していることが推察される。よって、本報告の FPO と製粉歩留、ミリングスコアとの密接な関係はポリフェノール含量と関係の深いアラビノキシランによるものと考えられる。今後、普通系小麦のうるち性、もち性におけるポリフェノール含量とアラビノキシランとの関係を明らかにする必要がある。

Hatcher and Kruger (1997) は、小麦銘柄間において、不溶性の結合フェルラ酸量 (小麦粉中の全総フェノール酸量 (ポリフェノール含量) の 80% 以上) は粉灰分含量との間に有意で高い正の相関があり、カラーバリューとの間にも、灰分含量との相関よりやや低いものの、有意で高い正の相関が認められたと報告している。本報告でも、上記のように FPO と 60% 粉灰分含量およびカラーバリューとの

間に有意な相関がみられたので、この報告とよく一致していると考えられる。

大麦では、搗精麦のポリフェノール含量は、加熱褐変との間に高い正の相関（神山・藤田 2000）、搗精麦（大麦粉）加熱後白度との間に高い負の相関（藤田ら 2000、吉川ら 2000）、生地 of 明るさ（L*）と高い負の相関（Quinde *et al.* 2004）があることが、それぞれ報告されている。このため、小麦、大麦共通してポリフェノール含量は色に強い影響を及ぼす特性であると考えられる。

WPOまたはFPOとアミロース含量の関係では、各年次ともうるち性と全材料において有意な負の相関がみられた（Table 6）。また、うるち性を硬質、軟質に分けた場合でも、同様に負の相関が認められた（Table 9）。従って、うるち性の場合には低ポリフェノール化は高アミロース化を招く傾向がある。アミロース含量はめん of 食感、特に粘弾性と密接な関係がある（Oda *et al.* 1980）ので、めん用小麦 of 食感向上には低アミロース化は欠かせない。アミロース含量とポリフェノール含量の関係を打破し、アミロース、ポリフェノールのどちらも低い系統選抜は、めん用小麦 of 高品質化に必要であると考えられる。

WPOまたはFPOと生地物性との関係では、1999、2002年 of もち性において、FPOとアミログラムのMVまたはBDの間に高い負の相関を示したことから、もち性ではFPO of 低い系統選抜により、製粉性向上とともにアミログラム特性 of 改良にもつながると考えられる。うるち性、もち性を含めて、本報告ではポリフェノール含量が低くなるにつれ、生地が強力的な傾向になった。これは、うるち性においては、硬質が軟質よりFPOが高いこと（Table 2）と密接に関係していると考えられる。

WPOまたはFPOと製めん適性、製パン適性との相関はほとんどなかった（Table 10、Table 11）ので、これら加工適性へのポリフェノール含量の影響は小さいと考えられる。Chloupek *et al.* (2008) は、製パン性 of 高い品種は低い品種に比べて原粒 of ポリフェノール含量が高いと報告しているが、本報告 of 1999年 of 結果ではその傾向が得られたものの、1998年ではその傾向は認められなかった。

なお、本試験に用いた系統は、製めん適性または製パン適性 of 選抜を少なくとも1回以上行い、加工適性が比較的優れた材料であるとともに、製めん適性は軟質、製パン適性は硬質 of 材料が主体という、

遺伝的変異が狭い材料であったため、ポリフェノールとこれらの加工適性との関係がほとんどみられなかった可能性がある。従って、今後、製めん適性、製パン適性について無選抜 of 育種材料を用いて、ポリフェノールとこれらの加工適性 of 関係を更に検討する必要がある。

FPOとめん色またはパン内相色との相関係数 of 絶対値はFPOと粉色R554との相関係数 of 絶対値より低かった（Table 9、10）。これは、めんやパンに加工する場合、生地を一定時間ねかせるので、その段階でポリフェノールオキシダーゼ（PPO）が働いてポリフェノールが酸化され変色するが、品種・系統間ではFPOとPPO活性との関係は必ずしも高くないためと考えられる。McCallum *et al.* (1990) も、小麦品種間では、全粒粉の場合、可溶性フェノール類（ポリフェノール）含量とPPO活性との間に関係がみられないと報告している。一方、粉色は粉と水とを混ぜ1～2分内に測定するので、PPOが働く余地が少ないため、粉色へのFPOの影響が強く出ると考えられる。小麦で報告されているフェノール類にPPOを添加した場合、ポリフェノールであるシナピン酸、カフェイン酸およびクロロゲン酸は色を悪くするのに寄与するが、同じポリフェノールのフェルラ酸とバニリン酸は色を悪くするのに寄与しないと報告がある（Fuerst *et al.* 2010）。このため、ポリフェノールのうち、PPOにより変色するシナピン酸、カフェイン酸およびクロロゲン酸 of 含量の品種間差異についても、今後検討が必要であろう。

謝辞：本試験に当たり、東北農業研究センター企画調整部業務第1科 of 技術専門職員および契約職員には研究支援の面で、麦育種研究室 of 契約職員には研究補助の面でそれぞれご尽力いただいた。これらの方々に感謝を申し上げる。

引用文献

- 1) Adom, K. K.; Sorrell, M. E.; Liu, R. H. 2003. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 7825-7834.
- 2) Beta, T.; Nam, S.; Dexter, J. E.; Sapiirstein, H.

- D. 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chem.* 82 : 390-393.
- 3) Chloupek, O.; Both, Z.; Dostál, V.; Hrstková, P.; Středa, T.; Betsche, T.; Hrušková, M.; Horáková V. 2008. Better bread from vigorous grain? *Czech J. Food Sci.* 26 : 402-412.
- 4) Fuerst, E. P.; Anderson, J. V.; Morris, C. F. 2010. Effects of polyphenol oxidase on noodle color: mechanisms, measurement, and improvement. (Hou, G. G., ed., *Asian noodles: science, technology, and processing*) John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, U.S.A., p.285-312.
- 5) 藤田雅也, 武田和義, 神山紀子, 土門英司, 土井芳憲. 2000. オオムギにおける穀粒の加熱褐変とポリフェノール含量の品種間差異. *四国農試報* 65 : 9-16.
- 6) Hatcher, D. W.; Kruger, J. E. 1997. Simple phenolic acids in flours prepared from canadian wheat: Relationship to ash content, color, and polyphenol oxidase activity. *Cereal Chem.* 74 : 337-343.
- 7) Heimler, D.; Vignolini, P.; Isolani, L.; Arfaioli, P.; Ghiselli, L.; Romani, A. 2010. Polyphenol content of modern and old varieties of *Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf. grains in two years of production. *J. Agric. Food Chem.* 58 : 7329-7334.
- 8) 伊藤美環子. 2009. 硬質コムギの二次加工適性の評価及び品質改善のための選抜法に関する研究. *北海道農研研報* 191 : 1-40.
- 9) Jonnala, R. S.; Irmak, S.; MacRitchie, F.; Bean, S. R. 2010. Phenolics in the bran of waxy wheat and triticale lines. *J. Cereal Sci.* 52 : 509-515.
- 10) Juliano, B. O. A. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today.* 16 : 334-360.
- 11) 加藤常夫, 小松 晃, 小前幸三. 2002. 小麦の製粉歩留と細胞壁多糖類の含量との関係. 平成14年度作物研究成果情報 (http://www.affrc.go.jp/seika/data_nics/h14/nic046.html).
- 12) 小林和幸, 城斗志夫, 高橋能彦, 福山利範. 2010. 紫黒糯米品種「紫宝」の収量, ポリフェノール含量および餅加工適性を高める栽培法の検討. *日作紀* 79 : 518-527.
- 13) 神山紀子, 藤田雅也. 2000. オオムギ粉の加熱褐変におけるポリフェノール成分の影響. *四国農試報* 65 : 1-7.
- 14) 小綿美環子, 中村和弘, 吉川 亮. 2000. コムギの粉色およびめん色に及ぼすポリフェノール含量の影響. *日作紀* 69 (別2) : 314-315.
- 15) Lachman, J.; Dudjak, J.; Orsak, M.; Pivec, V. 2003. Effect of accelerated ageing on the content and composition of polyphenolic complex of wheat (*Triticum aestivum*) grains. *Plant soil environ.* 49 : 1-7.
- 16) Lachman, J.; Miholova, D.; Pivec, V.; Jiru, K.; Janovska, D. 2011. Content of phenolic antioxidants and selenium in grain of einkorn (*Triticum monococcum*), emmer (*Triticum dicicum*) and spring wheat (*Triticum aestivum*) varieties. *Plant soil environ.* 57 : 235-243.
- 17) Lempereur, I.; Rouau, X.; Abecassis, J. 1997. Genetic and agronomic variation in arabinoxylan and ferulic acid contents of durum wheat (*Triticum durum* L.) grain and its milling fractions. *J. Cereal Sci.* 25 : 103-110.
- 18) Masum Akond, A. S. M. G.; Khandaker, L.; Hossain, K. G.; Furuta, Y. 2010. Total polyphenol, polyphenol oxidase, antioxidant activity and color profiles of some wheat varieties from Bangladesh. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.* 6 : 186-190.
- 19) McCallum, J. A.; Walker, J. R. L. 1990. O-diphenol oxidase activity, phenolic content and colour of New Zealand wheats, flours and milling streams. *J. Cereal Sci.* 12 : 83-96.
- 20) Nakamura, T.; Yamamori, M.; Hidaka, S.; Hoshino, T. 1992. Expression of HWM Wx protein in Japanese common wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Japan. J. Breed.* 42 : 681-685.
- 21) 農林水産技術会議事務局. 1968. 小麦品質検定方法 - 小麦育種試験における -. 研究成果 35 : 70p.
- 22) Oda, M.; Yasuda, Y.; Okazaki, S.; Yamauchi, Y.; Yokoyama, Y. 1980. A method of flour quality assessment for Japanese noodles. *Cereal Chem.* 57 : 253-254.

- 23) 乙部 (桐測) 千雅子, 加藤常夫, 柳沢貴司, 藤田雅也, 小前幸三. 2002. アラビノキシラン含量の低減化によるもち性小麦の製粉歩留改良. 育種学研究 4 (別1) 200.
- 24) Punia, N. D.; Khetarpaul, N. 2008. Physico-chemical characteristics, nutrient composition and consumer acceptability of wheat varieties grown under organic and inorganic farming conditions. *Inter. J. Food Sci. Nutr.* 59 : 224-245.
- 25) Quinde, Z.; Ullrich, S. E.; Baik, B. -K. 2004. Genotypic variation in color and discoloration potential of barley-based food products. *Cereal Chem.* 81 : 752-758.
- 26) Sosulski, F.; Krygier, K.; Hogge, L. 1982. Free, esterified, and insoluble-bond phenolic acids. 3. Composition of phenolic acids in cereal and potato phenolic acids. *J. Agric. Food Chem.* 30 : 337-340.
- 27) 食糧庁. 1997. 国内産小麦の評価に関する研究会報告書 - 小麦のめん (うどん) 適性評価法 -. p.16-25.
- 28) Takata, K.; Yanaka, M.; Fujita, Y.; Ishikawa, N. 2007. Evaluation of the grain and flour quality in near-isogenic wheat lines with waxy and double-null Wx proteins. *Breeding Science* 57 : 79-83.
- 29) 栃木県農業試験場栃木分場ビール麦醸造用品質改善指定試験地. 1998. 品質改良のためのビール麦品質検定法 第3版. p.22-23.
- 30) Verma, B.; Hucl, P.; Chibbar, R. N. 2008. Phenolic content and antioxidant properties of bran in 51 wheat cultivars. *Cereal Chem.* 85 : 544-549.
- 31) Yanagisawa, A.; Amano, Y. 1996. Degradation of flour color in wheat damaged by rain in Hokkaido. (Noda, K.; Mares, D. J. ed., *Proc. Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995*). CASJO Press. Osaka, Japan. p.19-26.
- 32) 吉川 亮, 八田浩一, 中村和弘, 中村 洋. 1998. もち性小麦「東北糯210号」, 「東北糯211号」の製粉性及び品質の地域間差. 東北農業研究 51 : 95-96.
- 33) 吉川 亮, 中村 洋, 中村和弘, 八田浩一. 1999. 中種生地法による小麦製パン適性の品種・系統間差異. 東北農業研究 52 : 87-88.
- 34) 吉川 亮, 中村和弘, 伊藤美環子, 八田浩一. 2000. 大麦の精麦白度, 炊飯白度及びポリフェノール含量の品種・地域間差異. 東北農業研究 53 : 79-80.
- 35) 吉川 亮, 伊藤美環子, 中村和弘. 2001. 小麦品種・系統における小麦粉のポリフェノール含量と製粉性及び小麦粉品質との関係. 育種学研究 3 (別1) : 140.
- 36) 吉川 亮, 中村和弘, 伊藤誠治, 八田浩一, 中村俊樹, 山守 誠, 中村 洋, 伊藤美環子, 星野次汪. 2009. もち性小麦品種「はつもち」および「もち乙女」の育成とその特性の遺伝的改良. 東北農研研報 110 : 45-66.

連続戻し交雑による品種育成におけるDNAマーカー選抜の 効率的適用に関する一考

齊藤 美香^{*1)}・小林 史典^{*2)}・伊藤 裕之^{*1)}・新畑 智也^{*2)}
乙部千雅子^{*3)}・石川 直幸^{*4)}・藤田 雅也^{*5)}・石川 吾郎^{*1)}
中村 俊樹^{*1)}

抄録：3つのWxタンパク質と3つのSSIIaタンパク質を欠く甘味種コムギおよびその育成過程で分離してくる姉妹系統は、新たな食品素材として期待されており、早期の品種育成が望まれている。そのため、DNAマーカーを用いた効率的な連続戻し交雑により国内各地域に適するそれらの実用品種の迅速な育成を進めている。短期間で品種育成を進めるために、DNAマーカーを用いた連続戻し交雑の効率性について検討した。その結果、変異型GBSSI、SSIIaそれぞれ3遺伝子ずつを導入し、それぞれの準同質遺伝子系統同士を交雑する方法が、交配および選抜の作業効率が良いと考えられた。また、播性の高い系統を反復親とした場合、未熟胚を発芽させることで1回の戻し交雑期間を短縮させ、年3回の交雑が可能になった。さらに、DNAマーカー選抜の効率化に資するマルチプレックスPCR用のマーカーを開発した。

キーワード：コムギ、DNAマーカー選抜、連続戻し交雑

A Study of the Application of Recurrent Backcrossing using DNA Marker Selection to a Wheat Breeding Program : Mika SAITO^{*1)}, Fuminori KOBAYASHI^{*2)}, Hiroyuki ITO^{*1)}, Tomoya SHIMBATA^{*2)}, Chikako OTOBE^{*3)}, Naoyuki ISHIKAWA^{*4)}, Masaya FUJITA^{*5)}, Goro ISHIKAWA^{*1)} and Toshiki NAKAMURA^{*1)}

Abstract : Sweet wheat (SW) was selected from a cross between two starch mutants, waxy (Wx) and high amylase (HA). Wx and HA lack the functions of three homoeologous GBSSI and SSIIa genes, respectively, and SW possesses six totally null alleles, three null alleles for each of the two genes. SW was selected by using six co-dominant markers to detect each null allele. Its seed compositions are very distinct features mainly characterized by high sugar content. In addition, from the crossing, not only SW but 63 other haplotypes with different combinations of wild and null alleles of the two genes are selected by the markers. It was revealed that some of the haplotypes also possess starch with unique properties. Along with SW, these new lines were thought to be useful materials for food industries throughout the world. However, to prove this possibility, it is necessary to develop new commercial cultivars adaptable to a wide range of Japanese environments and provide their flour to food industries as soon as possible. Therefore, we planned to use recurrent backcrossing with marker-assisted selection (MAS) and conducted several trials to adapt the MAS breeding for this selection effectively. We discussed the following three points: first, the number of flowers required to be crossed to save labor; second, how to save the time needed for one generation of winter wheat, which requires a long low-temperature treatment for vernalization; third, the re-design of primers for multiplex PCR to save time and cost in the marker selection process. In this case, we concluded that introgression of the three null alleles, either Wx or HA, separately into the same

* 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) 日本製粉株式会社 (Nippon Flour Mills Co. Ltd., Atsugi, Kanagawa 243-0041, Japan)

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

* 4) 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)

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

recurrent parent could save labor in the crossing compared with simultaneous introgression of the six alleles using SW as a donor parent. Whereas low vernalization cultivars (class I or II) could run three generations in a year without any rescue process, in a variety that required high vernalization (class V), the germination of immature embryos, 14 days after crossing, on agar medium made it possible to reduce the time required to run a single generation from six months to around four months. Furthermore, although a multiplex PCR assay for all six loci could not be performed, success in a multiplex assay for three *SSIIa* loci reduced the total number of PCRs from five to three in a single generation and could save time and cost in the screening process.

Key Words : Wheat, Marker-assisted selection, Recurrent backcrossing

I 緒 言

農研機構・東北農業研究センターにおいて、コムギ (*Triticum aestivum* L.) 胚乳デンプン中のアミロース合成を司る顆粒結合型デンプン合成酵素I型 (Granule-bound Starch synthase I; GBSSI) 3種を欠くモチコムギ (W_x) およびアミロペクチン合成に関与する可溶性デンプン合成酵素IIa型 (Starch Synthase IIa; *SSIIa*) 3種を欠く高アミロースコムギ (high amylose; HA) の交雑により、計6つの酵素を欠失した甘味種コムギ (sweet wheat; SW) を開発した (Nakamura *et al.* 2006)。このSWは皺粒になり、マルトースや多糖類のフルクタンおよび遊離アミノ酸を多く含むという従来のコムギにない特徴を持つ (Nakamura *et al.* 2006, Shimbata *et al.* 2011)。さらに、 W_x とHAの交雑の過程において、各酵素の有無により64タイプのコムギができる (図1)。SWの育成過程で得られる姉妹系統には、そ

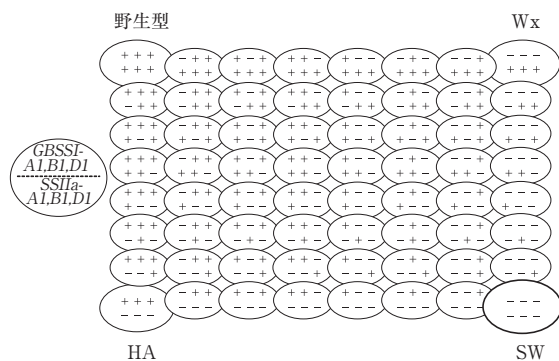


図1 モチコムギ (W_x) と高アミロースコムギ (HA) の交雑により得られる甘味種コムギ (SW) と姉妹系統

注. +, - はそれぞれ野生型、変異型を表す。

れぞれ3つのGBSSIおよびSSIIaの発現の組み合わせの違いによりデンプン特性が微妙に異なるものが存在し、その詳しい特性解明が進められ、用途開発が期待されている (新畑・中村 2010)。このように、SWおよび姉妹系統はコムギの新たな需要を生み出す可能性があるものの、これらはまだ実験系統であり、耐病性や収量性などの農業特性に関しては不十分な状態である。そのため、用途開発を進める上で実用品種の迅速な育成が望まれている。

迅速に品種育成を行う方法の一つとして、戻し交雑育種法がある。この方法は、優良品種の遺伝子をほぼそのままにして、ピンポイントで形質を改良したい場合に有効である。イネではササニシキやコシヒカリにイもち病抵抗性遺伝子や早生化のための遺伝子領域を導入するために同手法が用いられ、実用品種が育成されている (佐々木ら 2002, 小島ら 2003, 竹内ら 2008, 石崎 2007)。また、戻し交雑育種法の長所として、扱う個体数が比較的少なく済み、労力を節約できるという点が挙げられる。この利点を生かし、温室等での栽培により世代促進をすることで、育種年限の短縮が可能となる。

近年、コムギにおいて利用できるDNAマーカーの数は増加し、品種育成の際の選抜への利用が増えている。SWの育成にも、3つのGBSSIおよび3つのSSIIaをコードする遺伝子に生じた変異部分を検出可能なDNAマーカーが選抜に用いられた (Nakamura *et al.* 2006)。DNAマーカー選抜 (marker-assisted selection; MAS) の利点の一つとして、表現型による選抜をすることなく、目的の形質を持つ個体を選抜できることが挙げられる。例えば、小麦粉の品質に関わる成分や、病害抵抗性などの選抜は、胚乳成分の分析や、圃場試験や接種試験による検定が必要であり手間と時間がかかるが、

MASを用いることで、植物組織を選ばず、幼苗などから抽出したDNAを用いて選抜ができる。また、測定誤差も生じないことから正確な選抜ができ、初期世代においても個体選抜が可能となる。さらに、DNAは一度抽出すると、複数の形質の選抜が可能であり、効率的である。以上から、DNAマーカーは品種育成において欠かすことのできないツールになりつつある。

DNAマーカーのもう一つの利点として、共優性マーカー化が可能となり、ヘテロ接合体を正確に判定できる点も挙げられる。前述の戻し交雑育種法において、導入する形質が1遺伝子支配の優性形質であれば BC_nF_1 世代での表現型による選抜が可能であるが、SWのように劣性遺伝子が原因の劣性形質の場合、目的とする遺伝子型について BC_nF_2 世代を用いた後代検定により確かめる必要がある。しかしながら、共優性のDNAマーカーを用いることで劣性形質であっても BC_nF_1 世代でのヘテロ接合体の選抜が可能となり、連続戻し交雑に供することができ、育成期間の短縮に有効である。

以上より、共優性のDNAマーカーを用いた連続戻し交雑育種法（Marker-assisted backcrossing；MABC）は、SWおよびその姉妹系統の迅速な品種育成に有効な手段と考えられた。そこで我々は、農研機構・東北農業研究センター、作物研究所、近畿中国四国農業研究センター、九州沖縄農業研究センターと共同で、それぞれの地域に適した品種・系統を反復親としてMABCにより迅速な実用品種の育成を計画した。しかしながら、その効率的適用にあたり、いくつかの考慮すべき点が浮かび上がってきた。第一に、1回の戻し交雑あたりの導入遺伝子数および1回の戻し交雑における交配額花数である。選抜対象遺伝子数（マーカー数）が増えると同時に、それによって必要な交雑額花数が増加する。この問題に関しては、戻し交雑において導入遺伝子をヘテロに持つ個体の頻度を p とすると、 α の確率で少なくとも1個体以上のヘテロ型を含むために必要な個体数 (m) は $m \geq \log(1-\alpha)/\log(1-p)$ により求められるという報告がある（菊池・藤巻 1974）。コンピュータシミュレーションによる導入遺伝子数や交雑手順の指標が提唱されている（Ishii and Yonezawa 2007）が、コムギにおいてその実証はされていない。事業育種にこの手法を適用するためには、より効率的に作業を進めるための交配作業量

やMASの作業量に関する考慮は必要不可欠であり、そのような体系を確立する必要がある。第二に、従来の育種においても連続戻し交雑を行う場合に利用される世代促進についての考慮である。コムギの世代促進としては、播性が低い場合は年3世代程度の世代促進が可能である。しかしながら、北海道や東北地域で栽培される秋播き品種・系統は、高い播性を持っており、低温処理に必要な日数が長期化することにより、播性が低い品種系統と同様な世代促進効果は望めない。これは、寒冷地の場合、温暖地に比べ、MABCを用いれば迅速な品種育成を図れるという利点を最大限に活用することができないということになる。第三として、MASを行う際に、用いるマーカーの数が作業効率やコストに影響を与える点が挙げられる。現在広範囲に用いられているPCRによるマーカーを考えた場合、それぞれの選抜マーカー毎に遺伝子型判定を行えば、PCR作業及びその結果の解析回数がマーカー数とともに増加し、それに伴って作業時間やコストも大きくなるという問題が予想される。特に、コムギはA、B、Dゲノムからなる6倍体のため、 W_x やHAのように一つの形質の発現に3つの遺伝子が関与する場合が多く、一つの形質の発現を確認するのに3つのマーカーが必要になる。また、今後マーカーによる選抜可能な形質も増えることが予想される。そこで一度のPCRで複数の遺伝子型を判定できるDNAマーカーのマルチプレックス化は選抜の効率化に大きな役割を果たすものと考えられる。

本稿では、以上の点について効率化を検討し、その結果を踏まえて行った実用品種の育成経過について報告する。

本研究は農林水産省「新農業展開ゲノムプロジェクト（FBW1203）」の支援を受けて実施した。

II 材料と方法

1. 植物材料

一度に6遺伝子座の選抜を行った場合の交配数と選抜個体数の関係に関しては、実験系統である「Chinese Spring (CS)」(播性I~II)を反復親に、甘味種小麦を1回親として用いた。戻し交雑種子は、96穴のセルトレイに播種し、その実生を遺伝子型調査に用いた。

甘味種およびその姉妹系統の育成には、東北農業研究センター、作物研究所、近畿中国四国農業研究

表1 連続戻し交雑に用いたコムギ品種・系統

育成研究所	反復親	播性	W _x 形質供与品種・系統	HA 形質供与系統
東北農研 作物研	盛系 D-B004 バンドウワセ	V I~II	もち姫 あけぼのもち	東北農研育成実験系統 東北農研育成実験系統
近中四農研	ミナミノカオリ	I	モチ性春のあけぼの	東北農研育成実験系統
九州沖縄農研	シロガネコムギ	II	モチ性チクゴイズミ	東北農研育成実験系統

W_x:モチ
HA:高アミロース

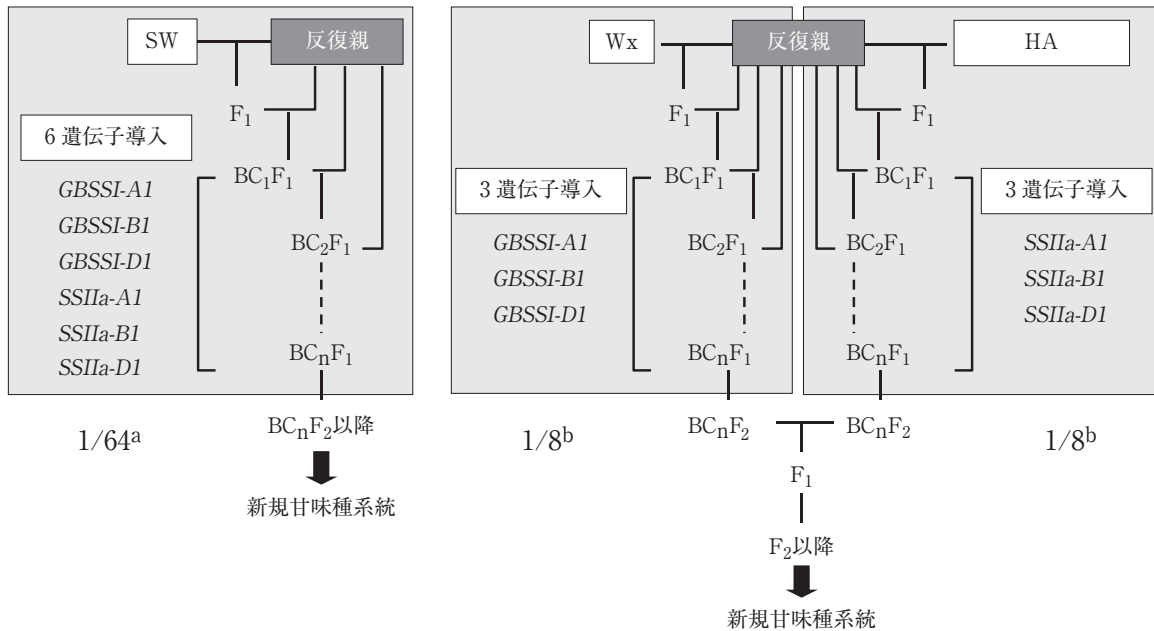


図2 交雑組み合わせによる導入遺伝子数とヘテロ接合体出現率

SW: 甘味種コムギ, W_x:モチコムギ, HA:高アミロースコムギ

a: 6 遺伝子全てがヘテロ接合である個体が得られる確率

b: 3 遺伝子全てがヘテロ接合である個体が得られる確率

センターおよび九州沖縄農業研究センターにおいて、それらの地域に適した主要品種・系統を反復親とし、W_xあるいはHA系統を1回親として用いた(表1)。

2. 連続戻し交雑

連続戻し交雑は図2に示す手順で行った。BC_nF₁について、DNAマーカーにより、GBSSI、SSIIaの6遺伝子座全てヘテロ接合体(1回親がSWの場合)、または3つのGBSSI(1回親がW_x)もしくはSSIIa(1回親がHA)遺伝子座が全てヘテロ接合の個体を選抜し、次の花粉親とした。BC_{n-1}F₂において3遺伝子全てヘテロ接合の個体が得られなかった場合、3遺伝子全てヘテロ接合のBC_{n-1}F₂より3遺伝子のnull変異個体を選び出し花粉親として用いることでBC_nF₁種子を得た。材料の栽培は温室内で行い、およそ4か月のサイクルで播種から交配、収

穫を進めた。なお、作物研究所のW_x準同質遺伝子系統(near-isogenic line; NIL)の育成については、モチ品種である「あけぼのもち」を1回親、バンドウワセを反復親としたNILが先行して育成されていたため、本研究での戻し交雑および選抜は行わなかった。また、「シロガネコムギ」を反復親としたHA系統については、先行して戻し交雑を1回行い、変異型SSIIa遺伝子であることを確認済みのBC₁F₄をBC₂F₁の花粉親として用いた。

3. 世代促進のための改良

播性Vの「盛系D-B004」系統に関しては、他の系統に合わせて年3回の戻し交雑を行うために、世代促進法の改良を図った。交雑後14~20日目の種子を1.5%次亜塩素酸ナトリウムにより滅菌し蒸留水で洗浄した後、胚を取り出し、MS培地上に無菌的に置床した。胚は23℃、24時間照明のインキュベーター

表2 SSIIa 遺伝子変異判定用プライマーセット

遺伝子	プライマー名	塩基配列 (5'-3')
SSIIa-A1	SSII-AF1 ^{a)}	GCGTTTACCCACAGAGC
	SSII-AR5	AGGTCCGGAATCATGGTTCTGGTGA
SSIIa-B1	SSII-BF1L	ACAGTTATTCAATTTCTTCGGTACACATTGGCTA
	SSII-BR4	GCTTGCCGGAGTCCAGCGTCCC
SSIIa-D1	SSII-DF2	AAGGGGAGCTGAAATTTTATTGCTTATTGTC
	SSII-DR2	AGGTTGTCAATTGAGTTGGAGAGATACCTCA

注. a) Shimbata *et al.* (2005)

内において発芽させた。20日程度培地上で生育を続け、3～4葉が展開した後、園芸用粒状培土に移植した。生育の状況を見て、移植後約10日から15日に低温処理（10℃、9時間、7℃、15時間）を開始した。低温処理終了後、ガラス室において長日条件下（16時間日長）で栽培した。

上記系統の春化に必要な最適期間の検討には、25、30、35、40、45日間の低温処理の後、長日条件下（16時間日長）で栽培し、出穂までの日数を算定した。

4. DNAマーカーの改良および選抜

3葉期のコムギからのDNA抽出は、Gene Prep Star PI-80X（クラボウ）を用いた。3GBSSI遺伝子の選抜は、Nakamura *et al.* (2002)、Saito *et al.* (2009)にて報告されているマーカーおよび反応条件により行った。SSIIa-A1、-B1、-D1遺伝子の選抜は、Shimbata *et al.* (2005)の塩基配列情報より、一部のプライマーを新たに設計し、マルチプレックスPCR用のマーカーとした（表2）。PCRは、25μLあたり50ng DNA、1×ExTaq Buffer、0.2mM dNTPs、0.05% DMSO、0.625U ExTaq Hot Start Version（Takara）、0.4μM SSII-AF1、0.4μM SSII-AR5、0.28μM SSII-BF1L、0.28μM SSII-BR4、0.2μM SSII-DF2、0.2μM SSII-DR2を含む反応系で行った。反応サイクルはGBSSI遺伝子判定用マーカーと同じ条件を用いた。PCR産物の確認は、4%（GBSSI）または2%（SSIIa）アガロースゲルを用いた電気泳動により行った。

III 結 果

1. 6遺伝子導入における必要穎花数の検討

MABCによる品種育成において複数の遺伝子を導入する場合、1回の戻し交雑で導入する遺伝子数と、それに応じて、目的の遺伝子を持つ個体を得るために必要な交配数が、育成期間や交配作業の効率性に大きく影響することが予想される。そこで、甘

表3 6遺伝子導入時の分析個体数と全遺伝子ヘテロ接合体数

	1 ^{a)}	2	3	4	計	P ^{c)}
BC ₂ F ₁	1/96 ^{b)}	4/95	5/96	2/95	12/382	0.013
BC ₃ F ₁	3/96	4/92			7/188	0.017
BC ₄ F ₁	1/95	4/94	0/95		5/284	0.789
BC ₅ F ₁	1/96	2/96	5/94		8/286	0.092
BC ₆ F ₁	0/96	3/96	1/82		4/274	0.891

注. a) 戻し交雑種子を播種したトレイの整理番号
 b) GBSSI-A1、GBSSI-B1、GBSSI-D1、SSIIa-A1、SSIIa-B1ならびにSSIIa-D1が全て6遺伝子ヘテロ接合体数/分析個体数
 c) 6遺伝子座について期待値を野生型：ヘテロ接合=63：1とした場合のχ²乗検定による確率

味種コムギを1回親として3つのGBSSI遺伝子および3つのSSIIa遺伝子の計6遺伝子を「CS」に戻し交雑により導入する場合について検討した（図2A、表3）。

選抜に用いた交雑種子数は1回あたり188～382（平均282.8）個であり、6遺伝子ヘテロ個体は4～12個得られた。1遺伝子座の野生型：ヘテロ接合の割合は1遺伝子（BC₄F₁のGBSSI-B1座）を除く全ての世代で1：1に分離している（データ省略）。また、全遺伝子座ヘテロ接合である個体の出現率は、BC₄F₁、BC₅F₁およびBC₆F₁では1/64に適合し（P>0.05）、またBC₂F₁およびBC₃F₁においては有意水準1%ではあるものの上記分離比に適合していると考えられた。（表3）。

表3に示す通り、遺伝子型決定の際に96個体毎に管理したセルトレイ別に結果を検証すると、6遺伝子ヘテロ接合体が5個体得られた場合があったが、1個体も得られない場合も見受けられた。

2. 未熟胚利用による交配期間の短縮

上記で反復親として用いた「CS」は播性がI～IIと低く、また、品種育成に用いた関東以南の反復親についても全て播性I～IIであり、年3回の戻し

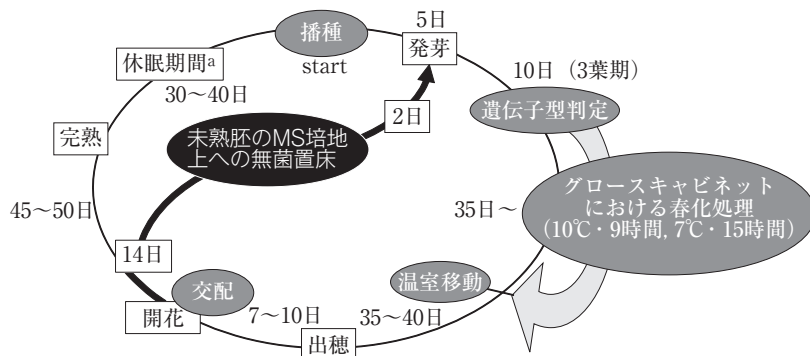


図3 未熟胚利用による交配期間の短縮

a: 過酸化水素を用いた休眠打破により短縮可能

表4 低温処理日数を変化させた場合に出穂に要する日数

低温処理 (日数)	低温処理終了-出穂 (日数)	低温処理開始-出穂 (日数)
25	53	78
30	48	78
35	39	74
40	40	80
45	37	82

交雑を行うことが可能である。ところが、東北農業研究センターにおいて反復親として用いた「盛系D-B004」は播種Vであることから、他の品種に比べ長期間の低温処理を必要とする。そのため、通常は播種から交配、採種まで5か月～6か月程度を要し、他の反復親を使った系統に比べ育成が大幅に遅れることが予想された。これは、MABCが迅速に進められるという利点の制約となる部分である。そこで、この問題を解決するために、1回の戻し交雑期間の短縮を目的に、交配後の未熟胚を培地上に置床し発芽させることで登熟期間の短縮を図った(図3)。交配後14日目の胚を培地上で発芽させることで、完熟に要する期間のうち約1か月を短縮することができた。

また、「盛系D-B004」の春化に要する日数を正確に把握するため、25日～45日の低温処理を行った後、出穂までの日数を調査した。表4に示す通り、35日間の低温処理を行ったものが、低温処理開始から出穂までの日数が74日と最も短いことが判明した。

以上により、「盛系D-B004」を反復親に用いる場合においても、未熟胚からの発芽と適切な低温処理期間を組み合わせることにより、1世代が123日～

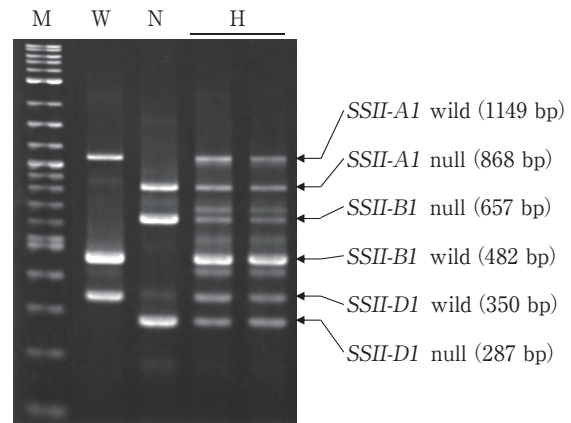


図4 SSIIa 遺伝子型のマルチプレックス PCR による判定

W: 3 遺伝子ともに野生型、N: 3 遺伝子ともに変異型、H: 3 遺伝子ともにヘテロ接合、M: 2-Log DNA Ladder (NEB)。

126日程度となり、年に3回の交雑が可能となった。

3. SSIIa 遺伝子選抜用マーカーの改良

本研究で用いた *GBSSI-B1* および *GBSSI-D1* 遺伝子選抜用マーカーは、マルチプレックスPCRにより1度のPCRで両遺伝子座の判別が可能である。一方、従来の3種の *SSIIa* 遺伝子選抜用マーカー (Shimbata *et al.* 2005) を用いてマルチプレックスPCRを試みた結果、増幅が不均一であった(データ省略)。そこで、遺伝子配列情報を基に、同一のアニーリング温度で利用可能なマルチプレックスPCR用の新たなプライマーを設計した(表2)。これらのプライマーにより *SSIIa-A1* の野生型では1149bp、null変異型で868bp、*SSIIa-B1* の野生型で482bp、null変異型で657bp、*SSIIa-D1* の野生型で350bp、null変異型で287bpの断片が増幅される(図4)。こ

れにより、*SSIIa-AI*、*-BI*、*-DI* 遺伝子全ての遺伝子型を1度のPCRで判定することが可能であり、また、ヘテロ接合体も正確に判定できた。

4. 甘味種および姉妹系統の育成におけるMABC利用

前述のとおり、SWを1回親とし、一度に6遺伝子の導入を図った場合、その交配作業や選抜に多大の労力を必要とするため非効率的であると考えられた。そこで、実用品種の育成においては作業の効率性を重視し、Wx、HA系統を1回親として用い、3遺伝子ずつの導入を行い、最終的な両者のNILの交雑によりSW、および姉妹系統を選抜するという手順を計画した(図2B)。この中で、全ての交雑組み合わせで年3回のMABCを行い、3年で5回以上の戻し交雑を行ったWx、HA特性を持つNILを作出できるか検討した。

反復親は各育成者により選定されたそれぞれの地域に適した主要品種・系統を用い、各育成地で戻し交雑・採種を進め、東北農業研究センターもしくは日本製粉にてDNAマーカー選抜を行った。17粒~125粒の交雑種子から、2つの交配組み合わせ(反復親が「盛系D-B004」、1回親が「もち姫」のBC₄F₁および反復親が「バンドウワセ」、1回親が「高アミロース実験系統」のBC₄F₁とBC₆F₁)を除いた全ての組み合わせで、1~21個体の3遺伝子のヘテロ接合体が得られた(表5)。なお、「盛系D-B004」のWx_BC₄F₁については、余剰のBC₃F₁種子を用いて戻し交雑を再度行い、3遺伝子ヘテロ接合体が6個体得られた(表5)。また、「バンドウワセ」のBC₄F₁およびBC₆F₁に関しては、それぞれBC₃F₃およびBC₅F₂より3つの変異型*SSIIa*遺伝子をホモ接合体で持つ個体を選抜し、それらを「バンドウワセ」との交配で花粉親として用いることでBC₄F₁およびBC₆F₁とした。一遺伝子座について野生型ホモ接合体：ヘテロ接合体の分離比は、一部系統・世代を除き、期待値に適合した(表5)。また、*GBSSI*遺伝子座または*SSIIa*遺伝子座における3遺伝子座全てヘテロ接合体である確率は、期待通り1/8であった。

交配の失敗や3遺伝子座について全てヘテロ接合体である個体得られなかった場合を除き、全ての組み合わせにおいて1世代あたり約4か月のサイクルで連続戻し交雑を進めることができた。例として表6に播性Vの「盛系D-B004」および播性Iの「ミ

ナミノカオリ」系統の戻し交雑の工程を示した。両者ともに3年間で5回以上の戻し交雑を終えたWxおよびHAに関するNILを作出、および甘味種および姉妹系統作成のための交雑まで進めることができた。

IV 考 察

連続戻し交雑は、有用形質を優良品種・系統に迅速に導入するための方法として有効である。近年、コムギにおいてさまざまな形質の原因遺伝子もしくは連鎖する領域が明らかになり、それらの形質を判別できるDNAマーカーの開発が進められていることから、マーカー選抜により複数の形質(遺伝子)を集積することが可能となっている(Gupta *et al.* 2010)。このような集積系統を1回親とし、栽培する地域に適した品種・系統を用いてMABCを行うことにより、複数の有用形質(遺伝子)を一度に導入することができ、迅速に品種育成が進められる。本研究ではMABCを実際の品種育成に適用するに当たり、その効率性を上げることを目的に問題点を考慮した交配および選抜手順を検討した。今回の場合に考慮すべき点の一つとして、導入する遺伝子数が挙げられる。導入遺伝子が1、2、3、・・・、*n*と増えるに従い、目的の遺伝子型の頻度は1/2、(1/2)²、(1/2)³、・・・、(1/2)^{*n*}と減少する。ゆえに、導入遺伝子数の増加に伴い、交雑顕花数を相乗的に増やす必要がある。本研究において、6遺伝子を導入する場合、1回親の数としては最大で目的遺伝子を1つずつ持つものを6個体、最小で6つ持つ1個体の使用が考えられたが、既に6遺伝子変異が集積された甘味種コムギ、もしくは3遺伝子変異が集積されたWx、HA系統をそれぞれ1回親として利用することができたため、両者の検討のみ実施した。また、1もしくは2遺伝子を持つ1回親を3~6個体使う場合に比べ、3もしくは6遺伝子の集積系統を1、2個体用いる方が目的系統の育成に必要な世代数が少なくて済むことから、迅速な品種育成を行うという点で前者の検討をする必要はないと判断した。ただし、あらかじめ集積系統が存在していない場合には、遺伝子の集積作業に入る前に各系統別に戻し交雑を並列に進める方法が効率的であろう(Ishii and Yonezawa 2007)。

本研究において、全ての目的遺伝子でヘテロ接合体が得られる確率は6遺伝子導入で1/64、3遺伝子導入で1/8と期待値通りであった(表3、表5)。

表5 戻し交雑第1世代におけるGBSSI及びSSIIa各遺伝子型の個体数

反復親	遺伝子	世代	分析数	全ヘテロ 個体 ^{a)}	$P^{b)}$	AI		$P^{c)}$	BI		$P^{c)}$	DI		$P^{c)}$
						W	H		W	H		W	H	
盛系 D-B004	GBSSI	BC ₁ F ₁	72	9	1.00	40	32	0.35	32	40	0.35	40	32	0.35
		BC ₂ F ₁	44	6	0.83	29	15	0.03	19	25	0.37	17	27	0.13
		BC ₃ F ₁	35	1	0.11	20	15	0.40	18	17	0.87	22	13	0.13
		BC ₄ F ₁	17	0	0.14	15	2	0.00	8	9	0.81	6	11	0.23
			37	6	0.52	17	20	0.620	18	19	0.87	19	18	0.87
		BC ₅ F ₁	42	3	0.33	25	17	0.22	24	18	0.35	24	18	0.35
		BC ₆ F ₁	46	4	0.47	24	22	0.77	23	23	1.00	22	24	0.77
	BC ₇ F ₁	32	7	0.11	15	17	0.72	12	20	0.16	12	20	0.16	
	SSIIa	BC ₁ F ₁	60	7	0.86	25	35	0.20	42	18	0.00	30	30	1.00
		BC ₂ F ₁	39	10	0.02	20	19	0.87	8	31	0.00	19	20	0.87
		BC ₃ F ₁	35	4	0.86	21	14	0.24	11	24	0.01	17	18	0.87
		BC ₄ F ₁	21	3	0.82	9	12	0.51	6	15	0.05	13	8	0.28
		BC ₅ F ₁	46	6	0.92	20	26	0.38	28	18	0.14	25	21	0.56
		BC ₆ F ₁	40	8	0.18	18	22	0.53	15	25	0.11	16	24	0.21
BC ₇ F ₁		47	7	0.64	25	22	0.67	23	24	0.88	22	25	0.66	
BC ₈ F ₁	45	5	0.78	24	21	0.66	23	22	0.88	24	21	0.66		
バンドウワセ	SSIIa	BC ₁ F ₁	37	4	0.77	26	11	0.01	19	17	0.71	20	17	0.62
		BC ₂ F ₁	25	5	0.29	9	16	0.16	9	16	0.16	11	14	0.55
		BC ₃ F ₁	20	2	0.75	6	12	0.16	11	9	0.65	12	8	0.37
		BC ₄ F ₁ ^{d)}												
		BC ₅ F ₁	63	7	0.76	37	26	0.17	37	26	0.17	30	33	0.71
		BC ₆ F ₁ ^{e)}												
		BC ₇ F ₁	17	1	0.44	11	6	0.23	11	6	0.23	10	7	0.47
ミナミノカオリ	GBSSI	BC ₁ F ₁	120	12	0.44	61	59	0.86	66	54	0.27	72	48	0.03
		BC ₂ F ₁	124	13	0.53	62	62	1.00	58	66	0.47	72	52	0.07
		BC ₃ F ₁	123	20	0.24	63	60	0.79	57	66	0.42	62	61	0.93
		BC ₄ F ₁	125	11	0.24	68	57	0.33	73	52	0.06	56	69	0.24
		BC ₅ F ₁	120	14	0.80	64	56	0.47	61	59	0.86	61	59	0.86
		BC ₆ F ₁	120	12	0.44	65	55	0.36	53	67	0.20	57	63	0.58
		BC ₇ F ₁	93	9	0.44	37	56	0.08	47	46	0.92	49	44	0.60
		BC ₈ F ₁	90	8	0.33	48	42	0.53	44	46	0.83	44	46	0.83
	SSIIa	BC ₁ F ₁	120	11	0.30	68	52	0.14	65	55	0.36	57	63	0.58
		BC ₂ F ₁	115	19	0.22	48	67	0.08	57	58	0.93	52	63	0.31
		BC ₃ F ₁	123	15	0.92	55	68	0.24	66	57	0.42	57	66	0.42
		BC ₄ F ₁	125	17	0.73	62	63	0.93	64	61	0.79	54	71	0.13
		BC ₅ F ₁	120	10	0.20	60	60	1.00	61	59	0.86	56	64	0.47
		BC ₆ F ₁	120	21	0.12	52	68	0.14	65	55	0.36	51	69	0.10
BC ₇ F ₁	96	8	0.25	55	41	0.15	46	50	0.68	50	46	0.68		
BC ₈ F ₁	90	10	0.71	43	47	0.67	45	45	1.00	45	45	1.00		
シロガネコムギ	GBSSI	BC ₁ F ₁ ^{f)}												
		BC ₂ F ₁	32	3	0.62	18	14	0.48	18	14	0.48	17	15	0.72
		BC ₃ F ₁	40	4	0.65	26	14	0.06	18	22	0.53	24	16	0.21
		BC ₄ F ₁	37	7	0.27	14	23	0.14	19	18	0.87	15	22	0.25
		BC ₅ F ₁	32	3	0.62	19	13	0.29	18	14	0.48	19	13	0.29
		BC ₆ F ₁	44	10	0.06	18	26	0.23	22	22	1.00	16	28	0.07
		BC ₇ F ₁	43	8	0.26	17	26	0.17	20	23	0.65	21	22	0.88
	SSIIa	BC ₃ F ₁	62	7	0.79	33	29	0.61	27	35	0.31	31	31	1.00
		BC ₄ F ₁	74	13	0.22	34	40	0.49	30	44	0.10	38	36	0.82
		BC ₅ F ₁	40	5	1.00	15	25	0.11	29	11	0.00	21	19	0.75
		BC ₆ F ₁	39	3	0.40	19	20	0.87	24	15	0.15	20	19	0.87
		BC ₇ F ₁	38	4	0.73	18	20	0.75	24	14	0.10	23	15	0.19
		BC ₈ F ₁	44	10	0.06	18	26	0.23	16	28	0.07	24	20	0.55
		BC ₉ F ₁	38	7	0.30	18	20	0.75	12	26	0.02	21	17	0.52

注. a) 3つのGBSSIもしくはSSIIa遺伝子がヘテロ接合である個体数

b) 3遺伝子座について期待値を野生型：ヘテロ接合=7:1とした場合の χ^2 二乗検定による確率

c) 1遺伝子座について期待値を野生型：ヘテロ接合=1:1とした場合の χ^2 二乗検定による確率

d) BC₃F₃より選抜したHA個体を花粉親としたため、全てヘテロ接合

e) BC₅F₂より選抜したHA個体を花粉親としたため、全てヘテロ接合

f) F₂より選抜したWx個体を花粉親としたため、全てヘテロ接合

W:野生型

H:ヘテロ接合

表6 「盛系 D-B004」および「ミナミノカオリ」系統の戻し交雑行程

	交配年月						
	F ₁	BC ₁ F ₁	BC ₂ F ₁	BC ₃ F ₁	BC ₄ F ₁	BC ₅ F ₁	BC ₆ F ₁
盛系 D-B004							
Wx	2008.6	2008.10	2009.2	2009.8	2010.5	2010.9 ^{a)}	
HA	2008.6	2008.10	2009.2	2009.8	2009.12	2010.5	2010.9 ^{a)}
ミナミノカオリ							
Wx	2008.6	2008.9	2009.1	2009.5	2009.9	2010.1	2010.5 ^{b)}
HA	2008.6	2008.9	2009.1	2009.5	2009.9	2010.1	2010.5 ^{b)}

注. a) Wx_BC₅F₁/HA_BC₆F₁より甘味種および兄弟系統を作成

b) BC₆F₂よりWx、HAの準同質遺伝子系統を選抜

99%の確率で6遺伝子または3遺伝子座のヘテロ接合体を少なくとも1個体得るためには、前出の計算式(菊池・藤巻 1974)により、それぞれ293個体、35個体の交雑種子が必要であると試算される。実際には6遺伝子を導入する場合においては200粒弱の交雑種子からも目的個体が得られた。しかし、選抜に用いた個体数を比較すると、次の戻し交雑に用いる個体を確実に選抜するためには、6遺伝子導入系統では3遺伝子導入系統に対して5倍以上の多くの交雑種子が必要であった(表3、表5)。交配による結実数を1穂あたり10から20粒程度を前提とすると、6遺伝子導入系統では最低でも15~30穂以上の交配が必要であるのに対し、3遺伝子導入系統では各系統2~4穂(2系統合わせて4~8穂)以上の交配で失敗なく次の戻し交雑に必要な個体が得られ、より省力的であることがわかる。

MASを用いない戻し交雑によるNILの育成(藤田ら 1995)には、温室での世代促進を組み合わせても、最初の交配からBC₅F₂を得るまでに約5年を要した。これは、F₂もしくはF₃世代を用いた後代検定を行った結果によるもので、本研究では、2年以内で5回の戻し交雑を完了できた(表6)。WxやHAのような劣性形質を戻し交雑により導入する場合は、後代検定による劣性遺伝子の確認が必須であったが、MASを用いることでその作業が不要となり、連続的な戻し交雑を進めることができた。そのため、研究開始3年半の現在、5回以上の戻し交雑により遺伝的背景が反復親の90%以上まで置換されたWx、HAのNIL同士を交雑したF₂が得られており、目標のSW及びその姉妹系統の選抜が可能となっている。従って、今回の方法が育種現場のコムギの品種育成期間の短縮に大いに役立つ手法と確信する。

MABCにより迅速に品種を育成するに当たり、

もう一つ大きな問題点がある。前述の通りDNAマーカーを使うことで、圃場検定や後代検定をする必要がないため世代促進に有効であるが、播性程度がそのスピードの制約事項となる。本研究では、播性Vの「盛系D-B004」において、未熟胚を培地上で発芽させることで1世代の生育期間を短縮させ、約4か月で次の交配に供することができた。百足ら(1975)により、播性IVの「アオバコムギ」を反復親とした連続戻し交雑において、高温による強制的な登熟、過酸化水素による発芽、ならびに1葉期緑体春化処理などを組み合わせることによって、1世代を平均79日で年間4.5世代進められたことが報告されている。また、上記の春化方法よりも止葉展開までの日数が少ない種子-緑体春化法により、促進世代数をさらに高めることができる可能性を示唆している。これらの方法は、世代促進には有効であるが、1穂あたりの採種数が極端に少なく(平均4.2粒程度)、また、反復親である「盛系D-B004」を用いた予備調査により発芽率が低いことが判明し、本研究における連続戻し交雑にそのまま適用できないと判断されたため、培地上での発芽法を採用した。しかしながら、上記方法を改良することで、1世代の育成期間を短縮し、かつ十分な量の種子を得ることが可能になるであろう。このような方法は、播性の高い東北の品種・系統を反復親に用いる場合、播性程度の低いものと同じスピードでMABCを進めるための一助になると考えられる。

MASによる育種を行う場合、複数の形質(遺伝子)を同じDNAサンプルを用いて選抜できるという利点があるが、マーカー数が増えるにつれ、そのコストや作業時間が増えるという問題が出てくる。複数遺伝子の同時選抜には、マルチプレックスPCRによりPCRと電気泳動の回数を減らすことで低コスト化・省力化を図ることができ、実際にマルチ

ブレックスPCRに適したマーカーが開発されている (Zhang *et al.* 2008, Wang *et al.* 2010)。マルチブレックスPCRを行う際には、それぞれのプライマーセットから増幅される断片がアガロースゲルで簡単に分離できること、単一のアニーリング温度で利用可能なプライマーを用いること、それぞれのプライマー量が最適化されていることが重要な点である (Zhang *et al.* 2008)。本研究においても、上記条件を満たす3遺伝子を一度のPCRで判定できるマーカーを作成できた (図4)。これにより、通常3回のPCRの後に3回の電気泳動により遺伝子型判定を行うところを、3分の1に減らすことでコストの削減および作業効率の向上を図ることができた。また、アガロースゲルを用いた電気泳動に比べ多少コストがかかるものの、遺伝子型の判定をQIAxcel (QIAGEN) などのDNA電気泳動自動化装置を用いることで作業効率はさらに上がり、分析個体数の増加にも耐えられると考える (Saito *et al.* 2011)。

以上より、本研究では既に3遺伝子ずつの集積系統を1回親として利用可能なこと、また、マルチブレックスPCRによる選抜が可能になったことを考慮すると、3遺伝子ずつ並列に戻し交雑を進め、最終的に6遺伝子を集積する方法が、扱う個体数が少なく、より迅速に育成を進められるという点で効率的であると結論付けられた。数多くの系統、世代を同時に扱う現在の品種育成の現場における交配作業の効率性と品種育成のスピードのバランスを考慮すると、この方法が実情に即したものであると考えられる。

戻し交雑による品種育成では、反復親の一部を改良することを目的に1回親に由来する優良遺伝子を導入するため、できるだけ反復親に遺伝的背景を近づけ、目的優良遺伝子に関係のない1回親のゲノム領域を排除し、不良形質を持ちこまないことが重要となる。近年、染色体全域に分布するDNAマーカーを用いた選抜法 (marker-assisted background selection; MABS) を用いた海外におけるコムギ品種育成法が報告されている (Kumar *et al.* 2010, Randhawa *et al.* 2009, Xue *et al.* 2010)。通常、2回の戻し交雑における1回親に由来する染色体領域は12.5%であり、反復親への置換程度は87.5%である。しかし、MABSにより目的遺伝子に加え、多数のマーカーにより反復親に由来する染色体領域を選抜することで、2回の戻し交雑で97%の反復親ゲ

ノムを持つ個体を選抜できる (Randhawa *et al.* 2009) など、少ない回数の戻し交雑で理想とする反復親ゲノムをより多く持つ系統を選抜でき、既存優良品種を用いて新たな形質を付与した品種育成を迅速に進めることが可能になる。しかしながら、この手法を国内のコムギ品種育成に適用するためには、染色体全体のマーカー情報と、低コストかつ高効率な選抜方法が必要不可欠である。国内においては、「コシヒカリ関東HD1号」(竹内ら 2008) など水稲品種での適用例はあるものの、コムギでの報告はなされていない。SWおよびその姉妹系統の育成にあたっては、各育成地で戻し交雑を行い、DNAの抽出から遺伝子型の判定は1か所で行うことで、育成者の負担が少なくコストの面でも効率的に進められたと感じる。今後、MABSのようにさらに進んだゲノム情報に基づく選抜方法を利用した品種育成法の発展が予想され、国内の事業育種にそれらを適用していくためには、育成部門とMASを専門に行う部門の分業体制の必要性が考えられる。高額な分析機器に関しては、後者に集約し各育成系統のMASを行うことで、育成者は少ない負担で効率的な選抜法を利用でき、品種育成がより加速すると予想される。

引用文献

- 1) 藤田雅也, 谷口義則, 氏原和人, 佐々木昭博. 1995.コムギ極早生品種の秋播型準同質遺伝子系統における幼穂分化と節間伸長. 育種 45: 97-104.
- 2) Gupta, P.; Langridge, P.; Mir, R. 2010. Marker-assisted wheat breeding: present status and future possibilities. Mol. Breed. 26: 145-161.
- 3) Ishii, T.; Yonezawa, K. 2007. Optimization of the marker-based procedures for pyramiding genes from multiple donor lines: I. Schedule of crossing between the donor lines. Crop Sci. 47: 537-546.
- 4) 石崎和彦. 2007. 新潟県におけるコシヒカリのいもち病真性抵抗性マルチラインの実用化に関する研究. 新潟農総研報 8: 1-37.
- 5) 菊池文雄, 藤巻 宏. 1974. 戻し交雑育種法 (松尾高嶺監修, 育種ハンドブック). 養賢堂

- p.635-641.
- 6) 小島洋一郎, 蛭谷武志, 金田 宏, 土肥正幸, 石橋岳彦, 木谷吉則, 向野尚幸, 山口琢也, 表野元保, 石本良孝. 2003. 水稲新系統「コシヒカリ富山BL」の育成と有効活用 I. 「コシヒカリ富山BL 1号~6号」の育成. 富山県農技七研報 20 : 13-32.
 - 7) Kumar, J.; Mir, R. R.; Kumar, N.; Kumar, A.; Mohan, A.; Prabhu, K. V.; Balyan, H. S.; Gupta, P. K. 2010. Marker-assisted selection for pre-harvest sprouting tolerance and leaf rust resistance in bread wheat. *Plant Breed.* 129 : 617-621.
 - 8) 百足幸一郎, 神尾正義, 細田 清. 1975. 耐さびコムギ育種における世代促進技術の開発研究. 東北農試研報 51 : 1-50.
 - 9) Nakamura, T.; Shimbata, T.; Vrinten, P.; Saito, M.; Yonemaru, J.; Seto, Y.; Yasuda, H.; Takahama, M. 2006. Sweet wheat. *Genes. Genet. Syst.* 81 : 361-365.
 - 10) Nakamura, T.; Vrinten, P.; Saito, M.; Konda, M. 2002. Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers. *Genome* 45 : 1150-1156.
 - 11) Randhawa, H. S.; Mutti, J. S.; Kidwell, K.; Morris, C. F.; Chen, X. M.; Gill, K. S. 2009. Rapid and targeted introgression of genes into popular wheat cultivars using marker-assisted background selection. *Plos One* 4 : 11.
 - 12) Saito, M.; Vrinten, P.; Ishikawa, G.; Graybosch, R.; Nakamura, T. 2009. A novel codominant marker for selection of the null *Wx-B1* allele in wheat breeding programs. *Mol. Breed.* 23: 209-217.
 - 13) Saito, M.; Vrinten, P.; Ishikawa, G.; Nakamura, T. 2011. Marker-assisted selection (MAS) of wheat lines for udon noodle production. *QIA-GEN Application Note* 1067972 : 4p
 - 14) 佐々木武彦, 阿部眞三, 松永和久, 岡本栄治, 永野邦明, 丹野耕一, 千葉芳則, 狩野 篤, 植松克彦, 滝沢浩幸, 早坂浩志, 涌井 茂, 黒田倫子, 薄木茂樹, 千葉文弥, 宮野法近, 佐々木都彦, 遠藤貴司. 2002. ササニシキの多系品種「ササニシキBL」について. 宮城古川農試報 3 : 1-35.
 - 15) Shimbata, T.; Inokuma, T.; Sunohara, A.; Vrinten, P.; Saito, M.; Takiya, T.; Nakamura, T. 2011. High levels of sugars and fructan in mature seed of sweet wheat lacking GBSSI and SSIIa enzymes. *J. Agric. Food Chem.* 59 : 4794-4800.
 - 16) 新畑智也, 中村俊樹. 2010. 甘味種コムギの開発と利用. 創立50周年記念・澱粉研究懇談会資料集 : 7-14.
 - 17) Shimbata, T.; Nakamura, T.; Vrinten, P.; Saito, M.; Yonemaru, J.; Seto, Y.; Yasuda, H. 2005. Mutations in wheat *starch synthase II* genes and PCR-based selection of a SGP-1 null line. *Theor. Appl. Genet.* 111 : 1072-1079.
 - 18) 竹内善信, 加藤 浩, 根元 博, 太田久稔, 佐藤宏之, 平山正賢, 平林秀介, 出田 収, 青木法明, 坂井 真, 蛭谷武志, 田口文緒, 山本敏央, 矢野昌裕, 井辺時雄, 安藤郁夫. 2008. コシヒカリと同質の遺伝的背景を持つ極早生の水稲品種「コシヒカリ関東HD1号」の育成. 作物研報 9 : 1-25.
 - 19) Wang, L. H.; Li, G. Y.; Pena, R. J.; Xia, X. C.; He, Z. H. 2010. Development of STS markers and establishment of multiplex PCR for *Glu-A3* alleles in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cereal Sci.* 51 : 305-312.
 - 20) Xue, S. L.; Li, G. Q.; Jia, H. Y.; Lin, F.; Cao, Y.; Xu, F.; Tang, M. Z.; Wang, Y.; Wu, X. Y.; Zhang, Z. Z.; Zhang, L. X.; Kong, Z. X.; Ma, Z. Q. 2010. Marker-assisted development and evaluation of near-isogenic lines for scab resistance QTLs of wheat. *Mol. Breed.* 25 : 397-405.
 - 21) Zhang, X. K.; Liu, L.; He, Z. H.; Sun, D. J.; He, X. Y.; Xu, Z. H.; Zhang, P. P.; Chen, F.; Xia, X. C. 2008. Development of two multiplex PCR assays targeting improvement of bread-making and noodle qualities in common wheat. *Plant Breed.* 127 : 109-115.

研究資料

東北地域における2010年産米の品質低下要因と対策技術

白土 宏之^{*1)}・清藤 文仁^{*2)}・市田 忠夫^{*2)}・木村 利行^{*2)}
 石岡 将樹^{*2)}・菅原 浩視^{*3)}・吉田 宏^{*4)}・浅野 真澄^{*5)}
 菅野 博英^{*5)}・佐藤 一良^{*5)}・松本 眞一^{*6)}・佐藤 雄幸^{*6)}
 三浦 恒子^{*6)}・金 和裕^{*6)}・結城 和博^{*7)}・早坂 剛^{*7)}
 本間 猛俊^{*8)}・今田 孝弘^{*9)}・藤田 智博^{*10)}・神田 英司^{*11)}
 大平 陽一^{*1)}・山口 弘道^{*1)}

抄 録：東北地域における2010年の1等米比率は岩手県を除き70%から75%であり、過去10年の東北地域の平均87%に対して低かった。今後の高温障害対策のために、東北各県の2010年産米の品質の実態を示した上で、品質に影響した要因を解析し、対策技術について検討した。2等以下の主な格付け理由は、青森県や秋田県では玄米の充実度不足で、宮城県、山形県、福島県では、白未熟粒であった。東北地域における2010年夏季の気温は平年差+2.3℃と1950年以来第1位の高温であった。米の主要産地の多くで、8月の平均気温が26℃を超えており、高温が品質低下の主要因と考えられた。しかし、県間の1等米比率の違いは気温だけでは説明できず、各県の主要品種の高温障害に対する耐性の違いがその一因と推察された。有効な対策技術として、高温耐性品種の栽培、遅植え、穂肥施用、斑点米カメムシ対策、登熟期の掛け流し灌漑、早期落水防止、適期収穫等が挙げられた。2010年の特徴として、草丈が長く推移したため穂肥施用が控えられて品質低下を助長したことがあったことと、8月の高温と収穫期の降雨により、出穂期から刈取期の積算気温が1,200℃・日を大きく超え、刈遅れの事例が認められたことが指摘された。

キーワード：水稻、高温障害、品質、1等米比率、充実度不足、心白、腹白、積算気温

Factors and Technologies Affecting Rice Grain Quality in the Tohoku Region in 2010 : Hiroyuki SHIRATSUCHI^{*1)}, Fumihito SEITO^{*2)}, Tadao ICHITA^{*2)}, Toshiyuki KIMURA^{*2)}, Masaki ISHIOKA^{*2)}, Hiromi SUGAWARA^{*3)}, Hiroshi YOSHIDA^{*4)}, Masumi ASANO^{*5)}, Hiroei KANNO^{*5)}, Kazuyoshi SATO^{*5)}, Shinichi MATSUMOTO^{*6)}, Yuko SATO^{*6)}, Chikako MIURA^{*6)}, Kazuhiro KON^{*6)}, Kazuhiro YUKI^{*7)}, Tsuyoshi HAYASAKA^{*7)}, Taketoshi HONMA^{*8)}, Takahiro KONTA^{*9)}, Satohiro FUJITA^{*10)}, Eiji KANDA^{*11)}, Youichi OHDAIRA^{*1)} and Hiromichi YAMAGUCHI^{*1)}

- * 1) 農研機構 東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Shimofurumichi, Yotsuya, Daisen, Akita 014-0102, Japan)
- * 2) 青森県産業技術センター農林総合研究所 (Aomori Prefectural Industrial Research Center Agricultural Research Institute, Tanaka, Kuroishi, Aomori 036-0522, Japan)
- * 3) 岩手県農業研究センター (Iwate Agricultural Research Center, Narita, Kitakami, Iwate 024-0003, Japan)
- * 4) 岩手県農業研究センター県北農業研究所 (Iwate Agricultural Research Center Kenpoku Agricultural Institute, Sannai, Karumai, Kunohe, Iwate 028-6222, Japan)
- * 5) 宮城県古川農業試験場 (Miyagi Prefectural Furukawa Agricultural Experiment Station, Fukoku, Oosaki, Furukawa, Miyagi 989-6227, Japan)
- * 6) 秋田県農林水産技術センター農業試験場 (Akita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center Agricultural Experiment Station, Genpachizawa, Aikawa, Yuuwa, Akita 010-1231, Japan)
- * 7) 山形県農業総合研究センター水田農業試験場 (Yamagata Integrated Agricultural Research Center Rice Breeding and Crop Science Experiment Station, Yamanomae, Fujishima, Tsuruoka, Yamagata 999-7601, Japan)
- * 8) 山形県庁 (Yamagata Prefectural Government, Matsunami, Yamagata, Yamagata 990-8570, Japan)
- * 9) 山形県農業総合研究センター (Yamagata Integrated Agricultural Research Center, Minorigaoka, Yamagata, Yamagata 990-2372, Japan)
- * 10) 福島県農業総合センター (Fukushima Agricultural Technology Centre, Shimonakamichi, Takakura, Hiwada, Koriyama, Fukushima 963-0531, Japan)
- * 11) 農研機構 東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Akahira, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

2011年9月21日受付、2012年1月16日受理

Abstract : Except in Iwate prefecture, the percentage of first-grade rice grains was lower throughout the Tohoku region in 2010 than the average for the past 10 years. This study examines grain quality and factors affecting grain quality, with a discussion of methods to improve grain quality in the Tohoku region. The reason for the assignment of the second or lower grade was the presence of immature grains in Aomori and Akita, while in Miyagi, Yamagata, and Fukushima, the rice crop had many white-core and white-belly grains. The mean air temperature in the summer of 2010 in Tohoku was higher than normal by 2.3°C. The mean air temperature was higher than 26°C in most of the main rice production areas, suggesting that high temperatures degraded the grain quality. In some cases, top-dressing was applied insufficiently because the shoots were longer than usual, which seemed to exacerbate the grain damage caused by high temperatures. Differences in grain quality among the six prefectures are apparently attributable to differences in the high-temperature tolerance of the main varieties in each prefecture as well as to differences in temperature. Moreover, the cumulative air temperature from heading to harvest in 2010 was much higher than 1200°C·day, reflecting a late harvest. Methods that improved grain quality include the use of high-temperature-tolerant varieties, late transplanting, top dressing, control of rice-ear bugs, continuous irrigation, late drainage, and harvest at the proper time.

Key Words : Rice, High temperature damage, Grain quality, First grade percentage, Immature grain, White-core grain, White-belly grain, Cumulative air temperature

目 次

I 青森県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	68	VI 福島県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	93
II 岩手県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	76	VII 東北地域における2010年夏季の気象経過と その特徴	101
III 宮城県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	80	VIII 東北地域における2010年産米の品質低下要因 ...	106
IV 秋田県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	84	IX 東北地域における高温障害対策技術と今後の 課題	111
V 山形県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	88	X 用語の定義	116

I 青森県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

青森県の2010年産米の品質は近年では最も劣り、2等米以下に格付された理由は「充実度」、「着色粒(カメムシ類)」、「着色粒(その他)」の順であった。また、品種別の1等米比率は、例年、良質米生産実績が高い津軽地域(日本海側)での主要作付品種である「つがるロマン」が低くなり、津軽地域より気象条件が厳しい南部・下北地域(太平洋側、県南地域)の主要作付品種「まっしぐら」では「つがるロマン」ほどの品質低下はみられなかった(表1~3)。収量についても、津軽地域が10a当たり586kgの

表1 水稲うるち米の1等米比率

年度	2010年度	2009年度	2008年度	2007年度	2006年度
1等米比率(%)	71.7	91.6	89.1	83.0	81.2

青森農政事務所(2011年3月末日現在)。

表2 主な格付け理由

格付け理由	2等以下(%)	総検査数量に対する割合(%)
充実度	36.0	10.2
着色粒(カメムシ類)	33.9	9.6
着色粒(その他)	10.8	3.1

青森農政事務所(2011年3月末日現在)。

作況指数「97」、南部・下北地域が10 a 当たり566kgの作況指数「105」であったように、2010年は例年、収量・品質の年次変動の小さい津軽地域で品質低下が大きく、減収が目立った（表4）。

2 気象

2010年の稲作期間（4月～10月）の半旬別気象図を示した（図1、黒石アメダス：農林総合研究所、十和田アメダス：農林総合研究所藤坂稲作研究部）。両地点とも5月は寒暖の差が大きかったが、6月第3半旬以降9月上旬までの最高及び最低気温は平年

表3 品種別検査結果（%）

品種	1等	2等	3等	規格外
つがるロマン	63.4	35.2	1.4	0.1
まっしぐら	79.4	18.7	1.7	0.2

青森農政事務所（2011年3月末日現在）。

表4 水稻の作柄表示地帯別収量

区分	収量 (kg/10 a)	作況指数
青森	578	100
（青森）	571	101
（津軽）	586	97
（南部・下北）	566	105

東北農政局（2010年）。

を大きく上回った。また、この間の日照時間は、黒石では6月第3半旬以降8月第1半旬まで連続的に平年を下回ったのに対し、十和田では少照傾向ではあったものの平年を上回る時期もみられた。降水量は十和田で6月第4半旬が平年に比べかなり多く、大部分の圃場で刈取適期となった9月中旬では両地点ともかなり多かった。

黒石（農林総合研究所作況試験）の「つがるロマン」及び十和田（藤坂稲作部作況試験）の「まっしぐら」を基に、水稻の生育時期別の気象推移をみると、黒石で幼穂分化期から出穂へと生育が進むにつれ、高温・少照に遭遇する日が多い傾向がみられた。

登熟期では両地点とも出穂後40日間の平均気温が25.0℃となり、アメダス観測史上最高となった。また、日照時間も両地点とも平年より多く、特に十和田ではかなり多かった（図1、表5）。

3 品質に影響した要因

1) 充実度不足

2010年は津軽地域で主要作付品種である「つがるロマン」の作柄が不良で1等米比率も低かった。また、作況試験及び県生育観測圃の調査結果では、津軽地域で稈数レベルの割には登熟歩合が低くなっており（表6）、これらの原因を農林総合研究所有機

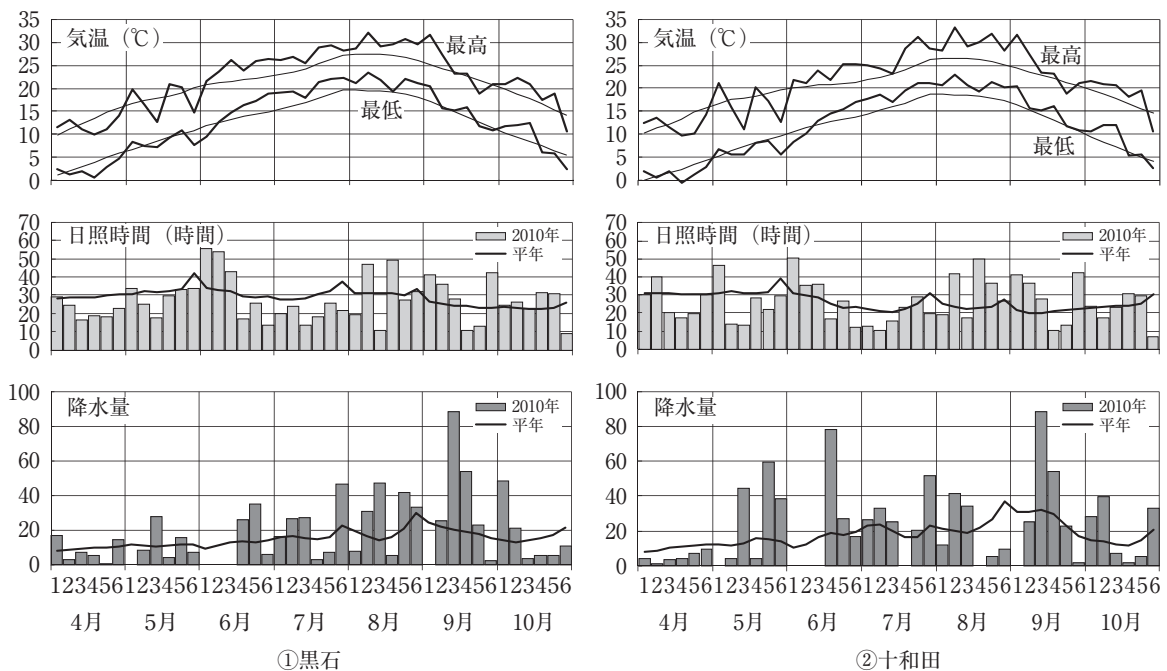


図1 半旬別気象図

気象データはアメダスデータ。

表5 作況田の水稲生育ステージと気象

地点名	項目	年度	幼穂分化期		登熟期 (出穂後日数)		
			穂分期～幼形期	幼形期～出穂期	1～20	21～40	1～40
黒石	平均気温 (°C)	2010年	22.4	24.7	25.8	24.2	25.0
		平年	19.9	22.3	22.9	20.5	21.7
		平年差	2.5	2.4	2.9	3.7	3.3
	日照時間 (時間)	2010年	30.8	71.2	143.5	117.9	261.4
		平年	44.5	142.5	123.9	105.0	228.9
		平年比	69	50	116	112	114
十和田	平均気温 (°C)	2010年	20.7	22.9	25.1	24.9	25.0
		平年	18.6	21.2	21.9	19.5	20.7
		平年差	2.1	1.7	3.2	5.4	4.3
	日照時間 (時間)	2010年	15.7	92.2	106.8	137.2	244.0
		平年	34.1	125.7	91.9	84.0	175.9
		平年比	46	73	116	163	139

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験。
 品種：つがるロマン (黒石)、まっしぐら (十和田)。
 平年値は黒石が2007～2009年、十和田は2005～2009年までの平均値。
 気象データはアメダスデータ (黒石、十和田)。

表6 収量調査結果

場所	年次	全重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	精糶重 (kg/10a)	糶/わら比	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒)	総粒数 (百粒/m ²)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	収量 (kg/10a)	屑米重 (kg/10a)	検査等級
黒石	2010年	1,754	804	785	98	422	85.8	352	22.5	76.6	608	41	1中～1下
	平年	1,528	667	764	115	379	76.4	290	22.9	90.8	606	17	1中～1下
	平年比・差	115	121	103	85	111	112	121	98	-14.2	100	241	-
十和田	2010年	1,630	715	823	115	411	91.4	376	22.0	75.5	624	45	1中～1下
	平年	1,609	755	788	104	431	83.4	360	21.9	79.4	623	43	3上
	平年比・差	101	95	104	110	95	110	104	100	-3.9	100	105	-

青森県産業技術センター農林総合研究所 (黒石) 及び藤坂稲作部 (十和田) における作況試験 (中苗移植、穂肥1回 (幼穂形成期)、中干しは幼穂形成期前10日程度)。
 品種：つがるロマン (黒石)、まっしぐら (十和田)。
 収量は、粗玄米を1.9mmのふるいで選別した値。十和田の玄米千粒重は、2008・2009年は1.9mmのふるいで選別した値で、2006・2007年は1.8mmのふるいで選別した値。

物連用試験「つがるロマン(慣行区)」より解析した。

まず、2010年は穂揃期の窒素吸収量の割には総粒数 (m²当たり粒数) が少なかった (図2)。これは、幼穂形成期から穂揃期にかけて気温が高かったものの日照時間が少なく、幼穂形成期では過去3か年を上回っていた乾物重が、穂揃期ではこれを下回るなど乾物生産の増加が抑制されたことが要因と考えられた (表7、県南地域はデータなし)。

さらに、糶へのデンプン蓄積の量的指標となる充填率が、登熟期が低温・少照となり登熟が遅延した1996年及び1997年と同様に粒数レベルの割には他の年次に比べ低い傾向を示していた (図2、図3、表8)。

充填率と穂揃期後10日の穎果が利用可能なデンプン量との間には高い正の相関がみられることから、登熟向上のために穎果のデンプン受容能力を高めるためには、この時期に利用可能なデンプン量を増加

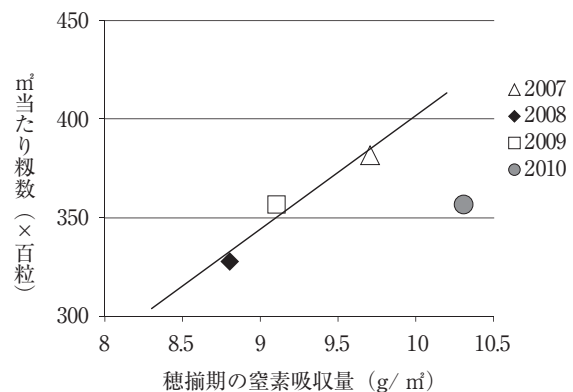


図2 穂揃期の窒素吸収量と粒数

青森県産業技術センター農林総合研究所における有機物連用試験 (堆肥連用区、2007年～2010年)。
 品種：つがるロマン。
 移植日：5/21、中苗手植え (24.3株)、窒素施肥：基肥6kg/10a、追肥2kg/10a (幼穂形成期)、りん酸及びカリは基肥にそれぞれ10kg/10a。堆肥は1,000kg/10a。中干しは幼穂形成前10日程度。
 直線は2007年～2009年の結果による回帰直線。

させることが重要であるとされている（塚口ら、1996）。さらに、出穂前の遮光処理により1穂粒数の減少、登熟歩合の低下、千粒重の減少がみられ、その程度は高温年で大きくなる（小谷ら、2006）。

これらのことから、県南地域に比べ出穂前の高温・少照の影響が大きかった津軽地域では、出穂期にかけて乾物生産の停滞がみられ、既に登熟不良を起こしやすい生育となっていたことに加え、登熟期の高温が稲体の老化を促進し、早期に登熟が停止し

充実の劣る粒が多くなったものと考えられた（図4）。

2) 着色粒（カメムシ類）

(1) 2010年の防除実態

斑点米カメムシ類に対する防除は水稲作付面積の97%で実施され、平均防除回数は1.6回であり、当初計画以外の追加散布はほとんど実施されていない。2回散布は航空防除や無人ヘリによる委託防除が主体であり、個人防除では1回散布の場合が多かった。

表7 幼穂分化期の気象と乾物重

年次	幼穂形成期～出穂期		時期別乾物重(g/m ²)	
	平均気温(°C)	日照時間(時間)	幼穂形成期	穂揃期
2007	22.5	114	338	1,097
2008	22.9	115	375	678
2009	21.1	69	346	917
2010	24.1	80	398	848
前3か年平均	22.2	99	353	897

農林総合研究所における有機物連用試験（堆肥連用区）。
品種：つがるロマン。
気象データはアメダスデータ（黒石）。

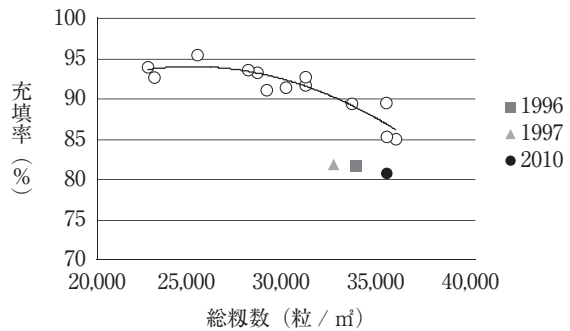


図3 総粒数と充填率

充填率(%)：粗玄米重(g/m²) / (総粒数(粒/m²) × 千粒重(g)/1,000) × 100。
青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験(1996～2010年)。
品種：つがるロマン。

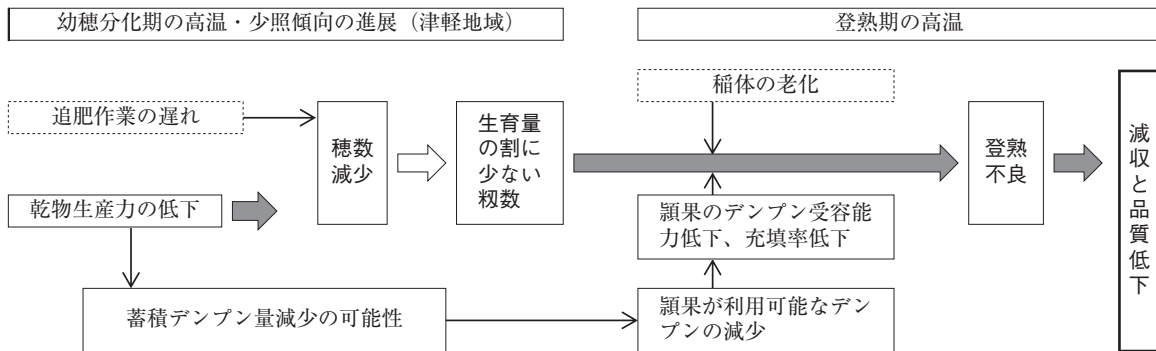


図4 幼穂分化期の高温・少照、登熟期の高温が作柄等に及ぼした影響

表8 県生育観測圃の収量調査結果（平均）

地域	品種	穂数(本/m ²)		1穂粒数(粒)		総粒数(百粒/m ²)		登熟歩合(%)		千粒重(g)		収量(kg/10a)	
		2010年	平年比	2010年	平年比	2010年	平年比	2010年	平年差	2010年	平年差	2010年	平年比
津軽	つがるロマン	348	88	93.6	112	326	99	77.2	-7.2	23.2	0.3	573	92
	まっしぐら	354	89	83.2	102	293	91	86.9	1.9	23.5	0.8	585	90
県南	つがるロマン	362	100	78.2	93	284	93	85.6	2.9	23.0	0.4	571	99
	まっしぐら	381	100	82.9	102	318	103	89.1	7.1	23.9	1.5	621	108

青森県農林水産部農林水産政策課による調査。
ふるい目は1.9mm。



①2010年にみられたくさび米
(つがるロマン、青森県産業技術センター農林総合研究所)



②イネシンガレセンチュウによる黒点症状米
(1995年、農業環境技術研究所提供、品種不明)



③斑点米カメムシ類による着色粒
(上段：頂部加害、下段：側部加害)
(つがるロマン、2008年、青森県産業技術センター農林総合研究所)

写真1 水稻に発生した着色粒

使用薬剤はネオニコチノイド系剤が主流で、エチプロール剤の使用も多い。航空防除における薬剤割合はネオニコチノイド系剤60%、エチプロール剤27%、合成ピレスロイド系13%で、2回防除の場合ではいずれかの1回にネオニコチノイド系剤が使用されていた例がほとんどであった。

津軽地域の農業普及振興室で調査を行っている生育観測圃にアカヒゲホソミドリカスミカメのフェロモントラップを設置し、誘殺数の推移と防除履歴、斑点米の発生状況を調査した。岩木、田舎館、平賀といった津軽平野南部では出穂期を含む週かその翌週に、1週間当たり15～40頭の誘殺が認められた。エチプロール剤やネオニコチノイド系剤の適期散布が実施されたことにより、明瞭な誘殺数の減少がみられ、調査を継続していた8月中の密度回復はみられなかった。その結果、これら、いずれの地点でも1回防除のみでも落等することはなかったと言える。

(2) カメムシ防除の問題点

出穂期以降の薬剤散布の適期として、エチプロール剤は出穂期～出穂1週間後、ネオニコチノイド系剤では出穂1～2週間後と指導しているが、航空防除事業の計画・実績でこれらの順番が逆転している場合がある。

ピレスロイド系や有機リン系を使用する場合は2回防除を徹底するよう指導しているものの、ほとんどの場合は1回散布で終わっている。この場合は、本年のようなカメムシ多発年では落等するおそれが高い。特に県南地域の個人防除では依然として、ピレスロイド系剤や有機リン系剤の使用例が少なくなく、実際に落等した事例が多かった。

3) 着色粒 (その他)

(1) 発生状況

2010年産米には、玄米の腹側に横の亀裂が入り、亀裂周辺部が黒褐色に変色した着色粒(くさび米)の発生が目立ち、特に津軽地域で発生が多かった。この着色粒はイネシンガレセンチュウやイネアザミウマ等による「黒点症状米」に類似しているが、2010年の農林総合研究所病虫部の調査の結果、本年多発したくさび米は虫害等による「黒点症状米」とは異なるものと考えられた。また、農林総合研究所への問い合わせ状況からみて、検査開始当初は斑点米カメムシ類による着色粒と混同されていた可能性もある(写真1)。

奨励品種決定試験圃場におけるくさび米の発生は、「つがるロマン」及び「ユメコガネ」が他の品種に比べ発生率が高く、品種間差が認められた(図5)。

くさび米の発生は、上部から数えて5～9本目の枝梗に多かった。また、枝梗の中で開花が早い第1次及び第2次小穂より、開花が遅い第3次小穂で発生が多かった。また、くさび米は粒厚の薄い玄米で発生が多く、発生が多い場合は粒厚が薄い粒での発生に加え、粒厚が厚い粒でもみられた(表9、表10)。

出穂後積算気温とくさび米率との関係は、出穂後積算気温が高くなるほど、くさび米率が高くなる傾向を示した(図6)。出穂～収穫日までの積算気温が約1,000℃・日以上でくさび米率が着色粒の落等基準となる0.2%以上を超えた。出穂後積算気温が1,100℃・日以上では、ほとんどの場合で0.2%以上のくさび率となっていた(図6)。

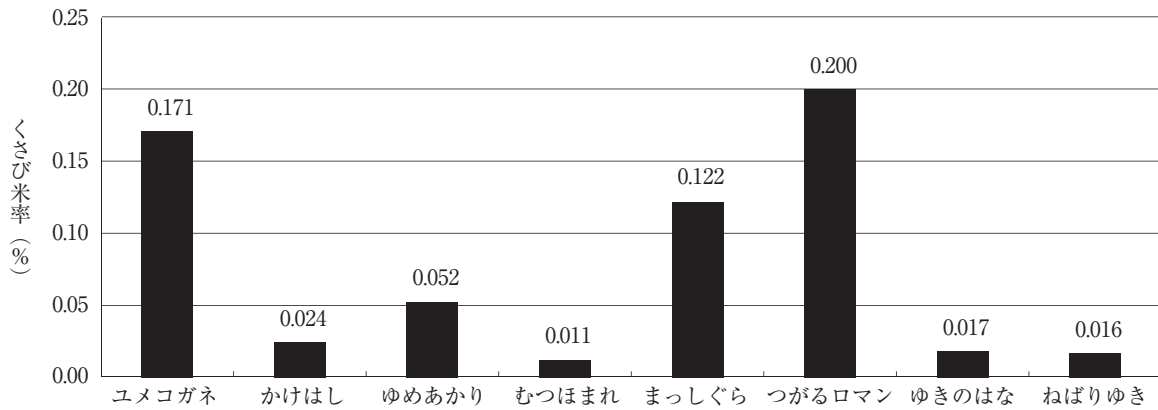


図5 品種ごとのくさび米率

青森県産業技術センター農林総合研究所によるあおり米優良品種選定試験（2010年）。ふるい目：1.9mm。

表9 枝梗位置別のくさび米率 (%)

枝梗位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第1～2次小穂	0	0	0	0	0.30	0	0.32	0	0.46	0.90	1.82	0
第3次小穂	0	0	1.20	0	6.25	3.77	2.63	5.13	3.70	0	0	0

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験（2010年）。

品種：つがるロマン。

中庸株3株について、遅れ穂を除いた全穂を調査。枝梗位置は穂の上部からの順番。くさび米率は精玄米について調査。ふるい目：1.9mm。

表10 粒厚分布とくさび米発生状況

区分	精玄米* (1.9mm以上)	粗玄米粒数に対する階層別くさび米率 (%)						
		2.2mm以上	2.2mm未満 ～2.1mm以上	2.1mm未満 ～2.0mm以上	2.0mm未満 ～1.9mm以上	1.9mm未満 ～1.8mm以上	1.8mm未満	全階層
多発生	0.29	0.02	0.01	0.08	0.10	0.16	0.13	0.50
少発生	0.12	0.00	0.01	0.05	0.05	0.15	0.16	0.42

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験（2010年）。

品種：つがるロマン。

*精玄米に対するくさび米の粒数比。

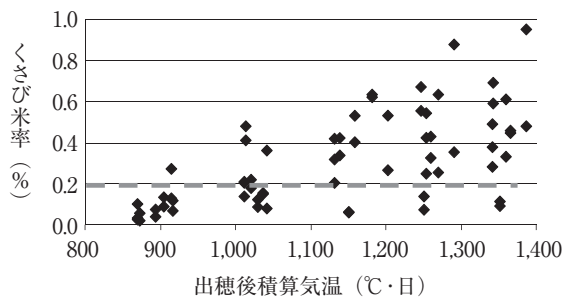


図6 出穂後積算気温とくさび米率との関係

青森県産業技術センター農林総合研究所による作期移動試験（2010年）。

品種：つがるロマン。

ふるい目：1.9mm。

破線は1等米における混入限界。

(2) 気象からみた要因の推定

くさび米率は出穂期が遅いほど低く、特に出穂期が8月10日では、0.1%以下と他に比べ発生は少なかった。平均気温との関係は、出穂後1～10日間で相関が高く ($r=0.921^{**}$)、出穂後1～10日間の平均気温が26℃を下回ると発生が少なかった。また、日照時間との関係は、出穂後11～20日間で高い相関がみられ ($r=0.983^{***}$)、出穂後11～20日間の日照時間が65時間以下の時に発生が少なかった。

以上より、2010年のくさび米の発生については出穂直後の高温に加え、登熟期の日照の関与も示唆された(表11)。そして、これら気象条件と降雨等による刈遅れが精玄米中のくさび米の増加につながり、特に「つがるロマン」で、この傾向が顕著であ

表11 出穂期とくさび米率

出穂期	移植日 (播種日)	くさび米粒数 (約1,150℃)			平均気温 (℃)			日照時間 (時間)		
		調査粒数 (粒)	くさび米 (粒)	率 (%)	出穂前 10~1日	出穂後 1~10日	出穂後 11~20日	出穂前 10~1日	出穂後 1~10日	出穂後 11~20日
8月1日	5月17日	18,107	72	0.398	25.3	26.3	24.7	39.1	66.9	68.2
8月3日	5月25日	19,388	92	0.475	24.8	26.8	25.3	34.4	69.5	73.2
8月6日	6月4日	15,167	59	0.389	25.1	26.2	24.9	34.5	53.8	68.2
8月8日	(5月12日)	3,193	8	0.251	25.6	25.2	25.0	48.4	47.3	65.0
8月10日	6月11日	17,190	11	0.064	26.1	24.8	25.5	55.3	60.1	58.3

青森県産業技術センター農林総合研究所における水稲直播作柄試験、作期移動試験 (2010年)。

品種：つがるロマン。

5月12日播種は直播栽培。その他は移植栽培。くさび米は精玄米について調査。ふるい目：1.9mm。

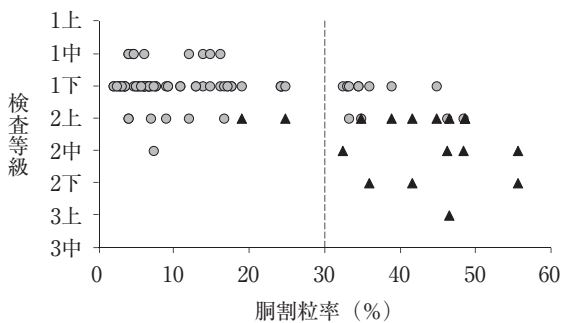


図7 胴割粒率と検査等級

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験 (2009年)

品種：つがるロマン。

ふるい目：1.9mm。

凡例の▲は、格付け理由が胴割粒過多によるもの。

胴割粒率は、微細な薄割れも含めてグレインスコープ (TX-200：ケット社製) により目視で調査し、その重量割合とした (以下、同じ)。

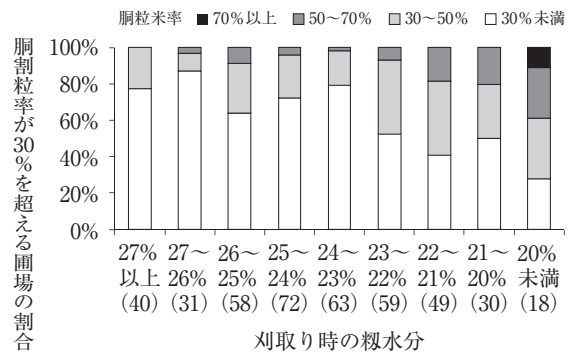


図9 刈取り時の籾水分と胴割粒率の相対度数

青森県産業技術センター農林総合研究所による調査 (JA津軽みらい管内、2010年)。

品種：つがるロマン。

括弧内の数値は該当した圃場数。

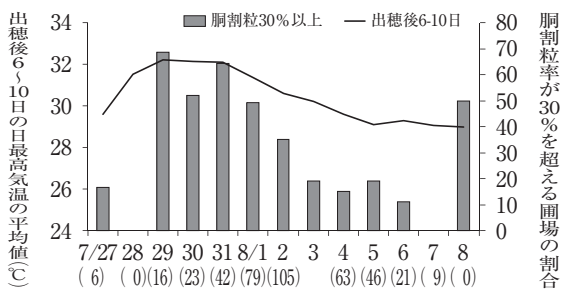


図8 出穂後6~10日の日最高気温の平均値と胴割粒率が30%を超える圃場の割合

青森県産業技術センター農林総合研究所による調査 (JA津軽みらい管内、2010年)。

品種：つがるロマン。

図中の括弧内の数値は胴割粒率が30%を超えた地点数。

ったものと考えられた。

4) 胴割米

2010年の出穂後の気温は平年より高い日が多く、登熟初期の気温は高く推移した。

胴割米による落等は、胴割粒率が30%を超えるとこれによる落等が増加する傾向がみられた (図7)。胴割粒率が30%を超える圃場は、出穂後6~10日の日最高気温の平均値が30℃を超える地点でその割合が高かった (図8)。

また、胴割粒は刈取り時の籾水分が23%より低い圃場で、胴割粒率が30%を超える圃場の割合が高まった (図9)。

4 効果が確認された対策技術

1) 適期刈取り

出穂後の積算気温 (平均気温) と品質を表12に示した。「つがるロマン」の刈取り適期である積算気温960~1,150℃・日では整粒歩合が高かったが、刈取りが遅くなるにつれ胴割粒や未熟粒等が増加し整粒

表12 刈取り時期と精粒歩合、未熟粒別及び被害粒率等 (%)

収穫日 (月/日)	出穂後積 算気温 (℃・日)	整粒	胴割粒	乳白・ 心白粒	基部 未熟粒	腹白・ 背白粒	青未 熟粒	その他 未熟粒	部分着 色粒	砕粒	茶米	青死米	白死米
9/ 2	869	80.6	0.1	1.2	1.1	0.5	5.6	9.7	0.1	0.2	0.0	0.6	0.0
9/ 8	1,011	81.7	3.8	0.7	0.7	0.5	3.8	7.8	0.1	0.1	0.0	0.5	0.0
9/14	1,131	82.0	6.6	1.1	0.8	0.8	1.3	6.2	0.1	0.8	0.0	0.0	0.2
9/20	1,253	78.9	6.2	2.5	1.4	0.7	1.1	7.9	0.0	0.8	0.0	0.1	0.3
9/26	1,341	71.9	9.3	2.7	2.2	1.1	0.5	9.5	0.3	2.1	0.3	0.0	0.0
10/ 2	1,438	67.8	9.2	3.0	3.2	0.9	0.0	11.2	0.1	2.2	1.3	0.0	0.6
10/ 8	1,537	64.5	17.0	1.2	1.7	1.6	0.0	8.1	0.0	5.1	0.6	0.0	0.0
10/14	1,639	57.9	16.8	4.1	3.3	0.9	0.0	9.5	0.1	6.1	0.7	0.0	0.2

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験 (2010年)。

品種：つがるロマン。

品質判別器 (サタケRCQI20) による結果。

ゴシック体は刈取り適期での結果。

歩合が低下した。

現場では、刈取り適期に降雨日が続き、結果として刈遅れとなった事例が多かったが、2010年のような高温年においても、出穂後の積算気温を目安とし適期に刈取りが実施できるような体制づくりが重要と考えられる (表12)。

2) 掛け流しによる収量と品質の確保

青森県つがる市車力町S氏は、7月末の出穂後から8月中旬にかけて、2日に1回の割合で掛け流し灌漑による水田内の水の入れ替えを行った。また、落水も例年より遅めとした。

その結果、収量は660kg/10a (地域の平均540kg/10a)、検査等級は適期に刈取りを行ったところ、地域と同等の出穂期でありながら90%の一等米比率であった。

5 まとめ

- ① 2010年産米の品質は近年で最も劣り、2等格付け理由は「充実度」、「着色粒 (カメムシ類)」、「着色粒 (その他)」であった。中でも、例年、作柄の良好な津軽地域の主要作付品種「つがるロマン」で品質及び収量の低下が目立った。
- ② 2010年の稲作期間の気象は津軽地域及び県南地域とも6月第3半句以降から収穫時まで概ね高温で経過した。しかし、幼穂分化期から出穂期にかけては日照時間が平年より少ない時期が多く、津軽地域でこの傾向が強かった。また、9月中旬 (刈取り適期) の降雨により収穫作業が遅延した。
- ③ 津軽地域では幼穂分化期の連続した日照不足により乾物生産の停滞がみられ、出穂時で登熟不良となりやすい生育であったものと考えられた。さ

らに登熟期の高温も加わり、登熟が不十分になり米粒の充実が劣ったものと考えられた。

- ④ 「着色粒 (カメムシ類)」による落等は、有効な殺虫剤の適切な使用条件ではみられなかったが、残効の短い有機りん剤や合成ピレスロイド剤を穂揃期に散布したのみであったり、エチプロール剤やネオニコチノイド剤を選択してしながら防除適期を外して散布したなど、不適切な散布条件でみられた。
- ⑤ 「着色粒 (その他)」はいわゆるくさび米がほとんどである。これは穂の下部や第3次小穂等、弱勢な穎果での発生が多かった。品種では「つがるロマン」が多く、刈取り時期が遅くなるほど精玄米中への混入が増加した。
- ⑥ 本年の夏季高温条件下で、有効であった対策としては、これまでどおり出穂後の積算気温による適期刈取りである。しかし、2010年は降雨のため収穫作業が遅延し、品質の低下を助長したものと考えられる。また、登熟期の掛け流しも有効であった。

引用文献

- 1) 小谷俊之, 松村洋一, 黒田 晃. 2006. 出穂後の遮光処理が水稻品種「ゆめみずほ」の収量及び品質に及ぼす影響. 石川県農業総合研究センター研究報告 27:1-9.
- 2) 塚口直史, 堀江 武, 大西政夫. 1996. 水稻の登熟に及ぼす登熟初期の非構造的炭水化合物の影響. 日作紀 65(3):445-452.
(清藤文仁・市田忠夫・木村利行・石岡将樹)

II 岩手県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

岩手県の2010年産米の農産物検査によるうるち玄米の1等米比率は、2011年1月末日現在、89.3%と過去5年間で最も低くなっている(表13)。しかし、全国的に高温の影響で品質が低下している中では、本県は高品質を確保している。うるち玄米の2等以下に格付けされた主な理由は、「カメムシ類による着色粒」が最も高く、以下「形質(その他)」、「着色粒(その他)」となっている。心白等による落等は、夏季高温年だった1999年や2000年に比べて低く、高温年に発生が多い白未熟粒による落等は少なかった(表13)。

県内の生育診断圃、作況試験の品質調査でも心白、乳白等の白未熟粒の発生は例年よりやや多く見られるものの、高温年で白未熟粒の発生が多かった1999年に比べその品質低下の程度はかなり軽微であった(データ省略)。

2 気象

2010年は夏季に高温が続き、6～8月の月平均気温が平年より3℃程高く、県南部をはじめ県北部、沿岸部でもかなり気温が高かった(図10)。盛岡のアメダス観測地点では、2010年は、6～8月の日平均気温が1924年からの観測史上最高を記録し、日最高気温が35℃を超える猛暑日も例年より多かった。夏季高温の影響で白未熟粒が多発し品質が低下した1999年と比較すると、2010年の日平均気温の6～8月は1999年より高いが、9月はやや低かった。

3 品質に影響した要因

1) カメムシ類による着色粒の発生

過去の高温年同様にカメムシ類による着色粒が発生した。2010年の場合、水稻の出穂期前まではカメムシ類が少発生であり、かつ薬剤防除も実施されたが、カメムシ類による着色粒が多い点が特徴である。2010年は8月下旬になって本田内における、カメムシ類の発生は場率が平年より高くなった。これは高温で経過したことにより、カメムシ類の成育が促進されたためと考えられる。2010年は高温による影響で世代を追う毎に成育期間が短くなり、第2世代の成育は10日ほど早まったと推察される。このため、休眠に入らない卵が増え、8月中旬からアカスジカスミカメの個体が急激に増加した。また、第3世代

と考えられる発生も多く、平年とは発生消長が異なった(図11)。

加害部位は側部加害が頂部より多かった。これは、割れ糶の発生が平年より多く、側部加害が発生しやすい条件であったことに加え、8月中旬以降のカメムシの発生量が多く、かつ登熟期が高温でカメムシの活動に好適な条件となったことから、登熟後半の加害が多かったためと考えられる。

以上のように、カメムシ類による着色粒の多発は、高温に経過したため8月中旬以降にカメムシの個体数が増加し、加害が登熟後半も多かったこと、さらには割れ糶の多発が着色粒の発生を助長したことが要因と考えられる(岩手県病害虫防除所 2011)。

2) 白未熟粒の発生

2010年は高温登熟により1999年と同様に白未熟粒の発生による品質低下が懸念されたが、その影響は軽微であった。

出穂後20日間の日平均気温は、2010年は高温年の1999年と比べ、平均気温、最高気温は並みからやや高いが、最低気温は低かった(表14、図12)。登熟期の高温による品質低下は、出穂後20日間の気温、特に最低気温の影響が大きいと言われている(寺島2001)。したがって、2010年の気象条件は過去の高温年である1999年に比べ、登熟期間の夜温が低く、高温による稲体の消耗は軽微であったと考えられる。また、1999年は登熟期の日照時間が少なかったが、2010年は日照時間が多かったことも登熟が促進された一因と考えられる(表14)。

出穂後20日間の最低気温が23℃を越えると、白未熟粒が多くなる傾向は、1999年と同様に2010年も観察された。しかし、その発生程度は同じ最低気温の条件下のサンプルにおいて、1999年より軽微であった(図13)。この要因は登熟期の栄養状態が1999年より良好であったためと考えられる。出穂期前後の栄養不足は、高温年には登熟期の生育の凋落を招き、白未熟粒の発生を助長する傾向が見られており、登熟期を良好に経過させることが白未熟粒の発生を軽減することが報告されている(中川ら 2006)。2010年は出穂期および成熟期における稲体の地上部窒素濃度、窒素吸収量は、平年および1999年を上回っていた。このことから1999年に比べ、登熟期の栄養状態が良好であり、登熟能力が維持され、白未熟粒の発生が少なかったと考えられる。

また、登熟期は葉色の低下が遅く、下葉の枯れ上

表13 1等米比率と主な格付け理由

年産	1等米 比率 (%)	品位格付け理由、2等以下に対する割合						備考
		第1位		第2位		第3位		
		理由	比率(%)	理由	比率(%)	理由	比率(%)	
2010	89.3	カメムシ着色	71.5	その他形質	7.1	その他着色	6.0	夏季高温
2009	94.1	カメムシ着色	40.2	整粒不足	2.4	その他形質	18.1	
2008	91.9	カメムシ着色	50.9	整粒不足	17.1	その他形質	14.6	
2007	92.2	カメムシ着色	69.1	その他形質	10.2	整粒不足	6.5	
2006	92.7	カメムシ着色	55.3	胴割粒	15.8	その他形質	10.9	
2000	92.1	カメムシ着色	43.4	発芽粒	18.6	その他未熟	8.9	夏季高温
1999	79.1	乳白・心白	38.5	カメムシ着色	37.9	胴割粒	6.9	夏季高温

岩手県農政事務所による調査（2010年産は2011年1月末日現在）。

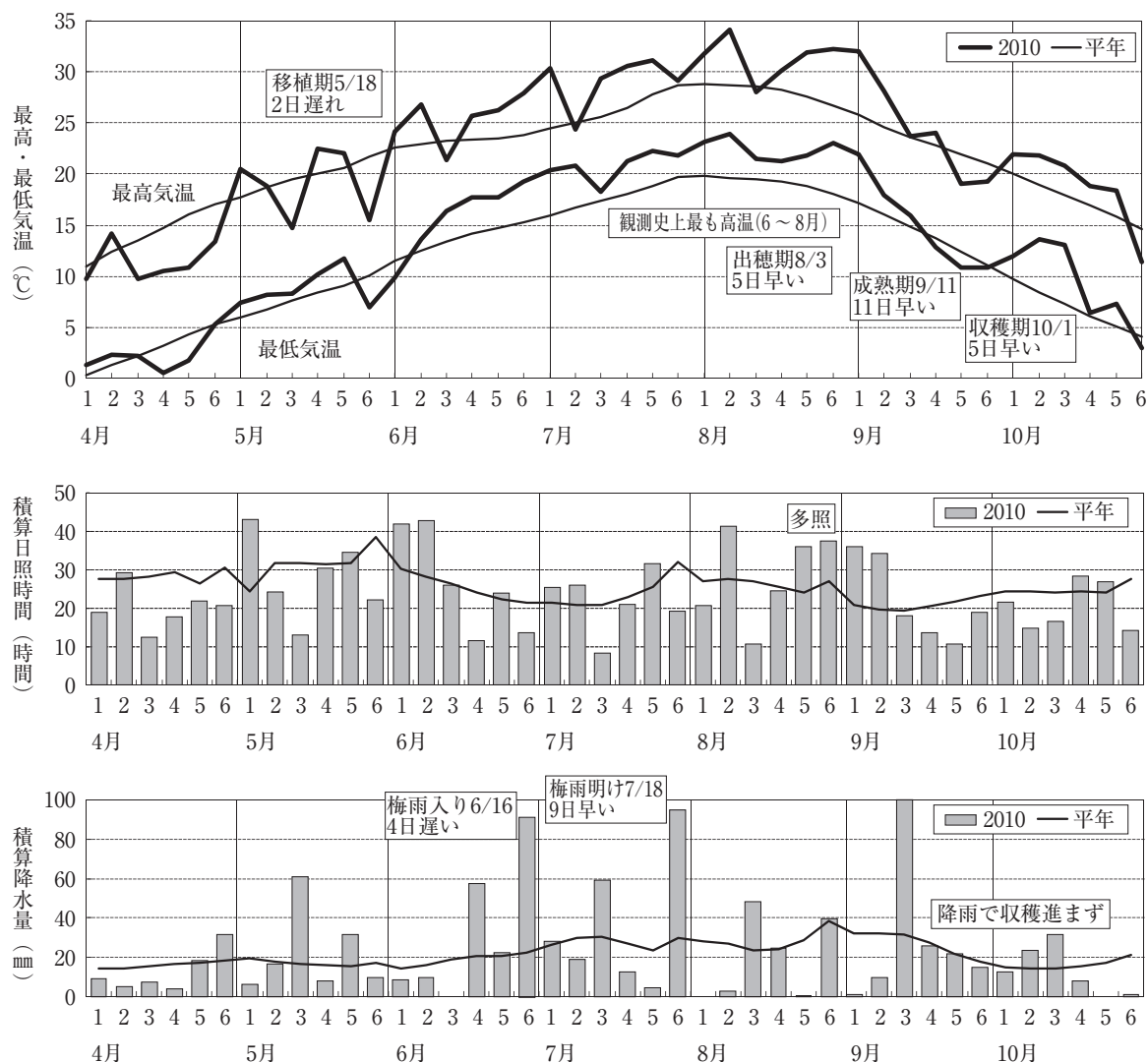


図10 気象経過

気象データは半旬別のアメダスデータ（盛岡、2010年）。

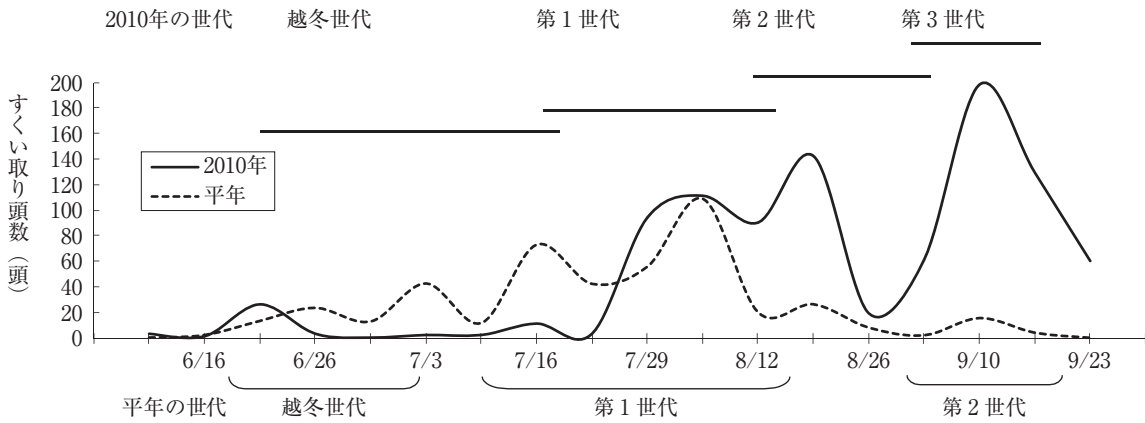


図11 イタリアンライグラスにおけるアスジカスミカメの発生消長
岩手県病害虫防除所による調査 (北上市)。

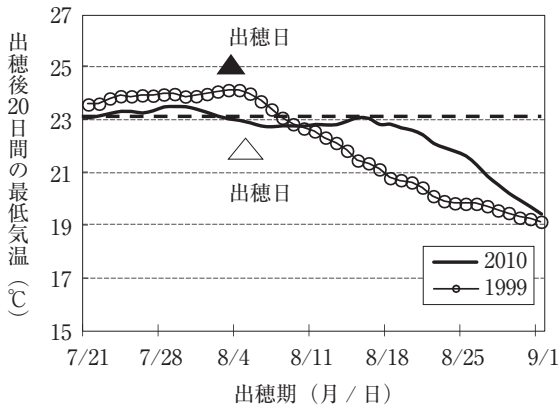


図12 出穂後20日間の最低気温移動平均の推移
気温はアメダスデータ (一関)。
出穂日の翌日を起点とした20日間の最低気温の平均値。

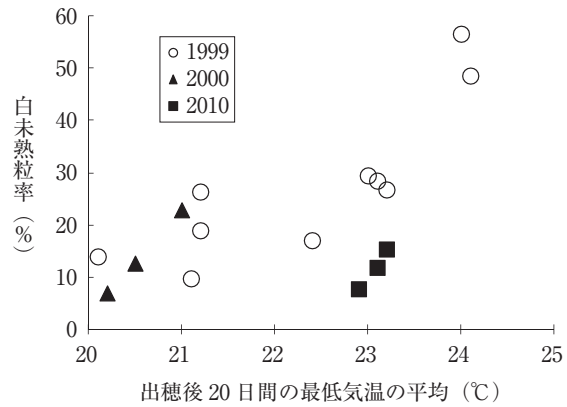


図13 出穂後20日間の最低気温と白未熟粒率の関係
岩手県農業研究センターによる作況・作期試験。
1999年は北上市・現奥州市・一関市の現地調査を含む。
品種：ひとめぼれ。
ふるい目：1.9mm。
白未熟粒率は目視による。

表14 出穂後20日間の気象条件

年次	出穂期 (月/日)	出穂後20日間平均値			積算日照 時間 (時間)
		平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	
2010	8/3	26.7	32.4	22.9	98
平年	8/7	23.8	28.4	20.4	88
差	-4	+2.9	+4.0	+2.5	+10
2000	7/30	25.5	31.0	21.6	88
1999	8/4	26.9	31.4	23.9	86

気象データはアメダスデータ (一関)。
出穂期は一関農業改良普及センターによる。
1999年県南地域で最も高温であった。

がりがや枝梗及び穂軸の枯れ上がりも遅かったこと、
収穫時にひこばえの発生が目立ったことなどが観察
されており、このことは地上部の稲体および根の活
力が登熟期の後半まで維持されていたことを裏付け

る現象と見られる。

登熟が維持された要因としては、6月以降高温に
経過したことにより地力窒素の発現が例年より多か
ったこと、追肥が適正に実施されたこと、高温対策
の水管理として早期落水の防止、間断灌漑を励行し
たことなどにより、稲体の窒素濃度が高く、また根
の活力も維持されたためと推察される。

4 効果が確認された対策技術

品質低下を軽減する効果が認められた技術とし
て、1) 適切な追肥、2) 有機物施用、3) 適期移
植、4) 周到的な水管理、5) カメムシの追加防除が
あげられる。

1) 追肥

追肥を実施した場合は、無追肥より玄米品質、整

表15 移植時期、追肥の有無と玄米品質

品種名	移植時期 (月/日)	追肥有無 ・時期	精玄米重 (kg/10a)	m ² 稈数 (千粒)	玄米粒率 (%)			玄米品質	格付け理由他
					整粒	白未熟	胴割粒		
ひとめぼれ	5/7	幼穂形成期	755	37.0	67.3	7.0	4.6	2等上	乳白, 青未熟
	5/14	幼穂形成期	739	36.8	69.7	5.5	2.8	1等下, 2等上	乳白
	5/14	減数分裂期	730	32.0	79.6	2.9	4.3	1等中	-
	5/14	追肥なし	651	31.1	76.1	6.3	4.1	1等下, 2等上	乳白
あきたこまち	5/7	幼穂形成期	617	37.7	65.0	4.8	4.5	2等上	青死米, 発芽, 未熟
	5/14	幼穂形成期	735	39.8	73.3	4.1	5.4	1等下, 2等上	乳白, 青未熟
	5/14	減数分裂期	641	31.1	69.0	2.5	10.5	2等中	着色粒
	5/14	追肥なし	570	26.4	72.4	3.7	7.4	2等中, 2等下	発芽, 整粒不足

岩手県農業研究センターにおける作況・作期試験 (2010年)。
ふるい目: 1.9mm。
窒素成分施肥量は基肥 6kg/10a、追肥がある場合は 2kg/10a。
玄米粒率は目視による。
玄米品質は登録検査機関の農産物検査員による。2区の値、2区が同一の場合は1つを記入。

表16 有機物の有無と玄米品質

有機物有無	精玄米重 (kg/10a)	m ² 稈数 (千粒)	玄米粒率 (%)			玄米 品質
			整粒	白未熟粒	胴割粒	
有機物なし	481	21.5	76.9	11.0	1.9	1等中
牛ふん 1t	505	23.1	79.8	12.9	2.6	1等中
牛ふん 2t	535	23.5	85.4	10.6	0.9	1等中
稲わらすきこみ	574	28.7	82.1	9.1	2.7	1等中

岩手県農業研究センターによる有機物連用試験 (2010年)。
品種: ひとめぼれ。
ふるい目: 1.9mm。
玄米粒率はサタケ社品質判別器 RGQ10B による。
玄米品質は登録検査機関の農産物検査員による。

粒歩合がやや良好である (表15)。1999年同様の傾向が明確に見られており、高温の条件下で登熟期の栄養状態を維持するため、生育状況にあった適切な穂肥の実施が重要である。

2) 有機物施用

堆肥等の施用で品質が良好であった事例が見られた (表16)。有機物の施用は、本来の土づくりや、緩効性肥料の施用とともに高温年などの生育後期、とくに登熟期の稲体の活力維持には有効であると考えられる。

3) 適期移植

移植時期が早いと出穂期が早くなり、そのため高温の影響が増幅されて、白未熟粒の発生が多くなる傾向が見られた。特に5月7日移植 (標準の移植時期5月14日) では、品質が低下する事例が見られた (表15)。一方、遅植えは低温年の遅延が懸念されるので、適期移植が重要である。

4) 周到な水管理

間断灌漑等による積極的な水の入れ替えを指導

表17 防除回数と落等ほ場割合

防除回数	落等ほ場率 (%)
1回防除	38.0
2回防除	6.3

岩手県病害虫防除所の巡回調査とは場防除実績より (2010年)。

し、用水が充分確保できるところでは掛け流しの実施で高品質を確保した事例も見られた。また根の活力維持のため早期落水の防止を呼びかけたが、一部で早期落水によって屑米の増加を招いた事例も散見された。

5) カメムシ追加防除

病害虫防除所の調査によると、カメムシの薬剤防除は無防除が13%、1回防除が63%、2回防除が24%であった (岩手県病害虫防除所 2011)。2回防除による落等ほ場率は6.3%と1回防除より低かった (表17)。2010年のように高温で8月中旬以降カメムシの発生量が多い年は追加防除等の対策が必要である。

5 まとめ

2010年は、6~8月の平均気温が観測史上最も高く、厳しい暑さであった。過去に夏季高温で品質が低下した1999年と同様に、白未熟粒の発生による品質低下が懸念されたが、最低気温が1999年より低く、また稲体の栄養状態も良かったことから、稲体の消耗は軽微で登熟が良好となり、白未熟粒の発生は少なかった。高温の対策としては、登熟期の栄養状態を維持する追肥等の適切な肥培管理、間断灌漑、掛け流しおよび早期落水防止による根の活力維持が対応技術として重要である。予防的な対策として、適

期移植による適期の出穂確保、有機物施用による地力維持があげられる。一方、夏季高温により8月中旬以降にカメムシが多発生し、着色粒が主な落等要因となった。今後高温によりカメムシ類の多発生が予測される場合には追加防除等の対策が必要と考えられる。

引用文献

- 1) 岩手県病害虫防除所. 2011. 平成22年度植物防疫事業年報. 岩手県. “印刷中”
- 2) 中川博視, 白川美翠, 永島秀樹. 2006. 炭水化物供給可能量と穂揃期窒素追肥がイネの白未熟粒の発生に及ぼす影響. 日作紀 75 (別2): 12-13.
- 3) 寺島一男. 2001. 平成11年, 12年の夏期高温が水稲生育と米品質に及ぼした影響の解析と今後の課題 (寺島一男, 鶴町昌市編, 東北地域における夏季の異常高温が水稲生育およびコメ品質に及ぼす影響の解析と今後の対策). 盛岡. 東北農業試験場. p.67-78.

(菅原浩視・吉田宏)

III 宮城県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

2010年における1等米比率は70.4%で、過去13年間の中で4番目に低い年次となった(図14)。これまで1等米比率が低下した年次は、冷害年か又は高温年であり、1998年、2003年は冷害年、1999年、2000年及び2010年は高温年であった。

2010年度の主要品種別の1等米比率は、「ひとめぼれ」が73.8%、「ササニシキ」が36.0%、「まなむすめ」が84.0%、「コシヒカリ」が39.5%であった(図15)。本年のような高温年における1等米比率は、「ササニシキ」、「コシヒカリ」が低く、「まなむすめ」が高くなるなど、品種間格差が認められた。

主な格付け理由は、白未熟が55.1%、充実度不足が26.2%、着色粒(カメムシ類)が14.1%となっており、高温等による玄米外観品質の低下が顕著であった(図16)。

主な格付け理由である白未熟粒の発生状況を、県内生育調査ほ37地点について地帯区分別に見てみると、南部平坦が最も高く、西部丘陵が最も低かった

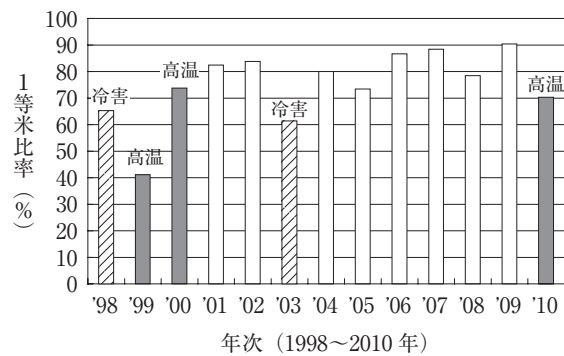


図14 宮城県における年次別の1等米比率
東北農政局。

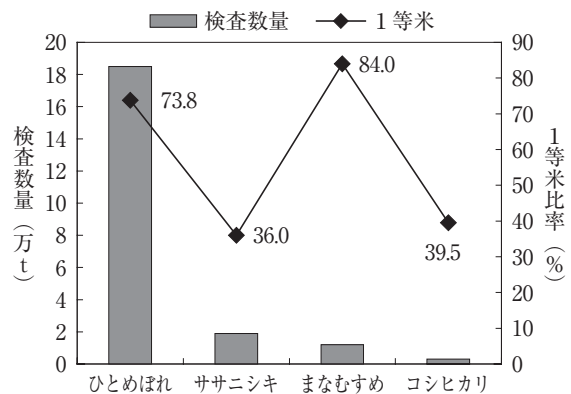


図15 宮城県の品種別1等米比率
東北農政局 (2011年1月末現在)。

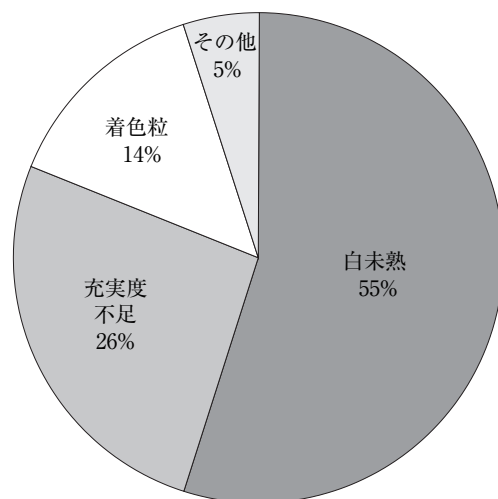


図16 宮城県産米の2等以下の格付け理由
東北農政局 (2011年1月末現在)。

(図17)。最も白未熟粒発生が高かった南部平坦の内訳は、基部未熟粒の割合が高く、他の地域と比較しても特異的であった。

品種別に白未熟粒の発生を見ると、「コシヒカリ」、「ササニシキ」が高く、「まなむすめ」、「やまのしずく」で低かった(図18)。白未熟粒の内訳は、「コシヒカリ」では基部未熟粒の割合が高く、「ササニシキ」では乳白粒の割合が他の品種に比べ比較的高かった。

2 気象

2010年の出穂期前25日間の気温(最高・最低・平均)を見ると、いずれも平年に比べ高く、特に県南地域の最高気温は平年差+3.7℃と最も差が大きかった(表18)。出穂期はいずれの地域でも平年に比べ早く、特に県南地域では9日も早くなった。

出穂期後20日間の気温を見ると、いずれの地域においても高く、特に県南地域では平均気温で平年差+4.2℃、最高気温で平年差+5.6℃と平年より高くなった。

2010年はいずれの地域においても、同期間の気温の日較差は平年値と比較すると大きく、日平均日照時間は長かった。

3 品質に影響した要因

1) 出穂後20日間の気象条件等

前述したように、主な品質低下要因は「白未熟粒」であり、その内訳は基部未熟粒、乳白粒が大半を占めていた。最高気温及び平均気温が高かった丸森地域では基部未熟粒の発生が、日較差の小さい亘理、名取及び石巻地域では乳白粒の発生がそれぞれ多くなったことで1等米比率が低下したと考えられた

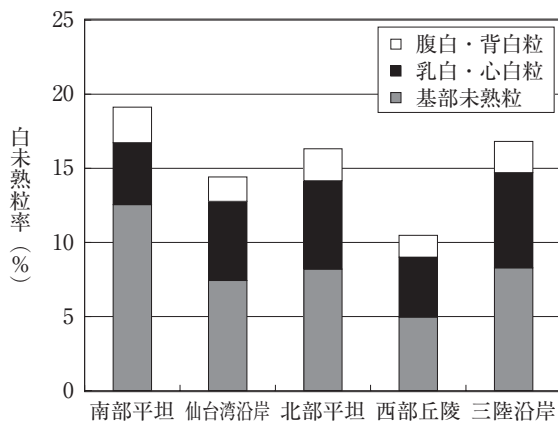


図17 地域別白未熟粒の内訳

宮城県内生育調査ほ(2010年)。
ふるい目: 1.9mm。
玄米品質: サタケ社穀粒判別器(RGQI10A)を使用。

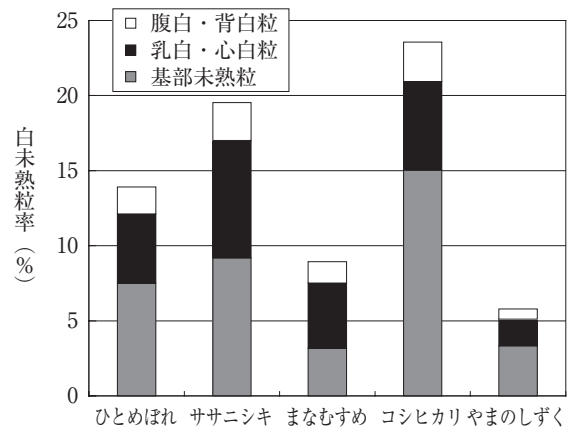


図18 品種別白未熟粒の内訳

宮城県内生育調査ほ(2010年)。
ふるい目、玄米品質は図17と同様。

表18 出穂前25日間及び出穂後20日間の気象

アメダス地点	年次	出穂前25日間					出穂期	出穂後20日間				
		平均気温(℃)	最高気温(℃)	最低気温(℃)	日較差(℃)	日平均日照時間(時間)		平均気温(℃)	最高気温(℃)	最低気温(℃)	日較差(℃)	日平均日照時間(時間)
丸森(県南)	2010年	25.3	30.4	21.1	9.3	6.5	7月29日	27.8	33.2	23.8	9.5	5.9
	平年	22.9	26.7	19.7	7.1	4.5	8月7日	23.6	27.6	20.2	7.5	5.1
	差	2.4	3.7	1.4	2.2	2.0	-9	4.2	5.6	3.6	2.0	0.8
仙台	2010年	25.8	30.1	22.5	7.7	5.9	8月2日	27.1	31.2	24.2	7.1	6.3
	平年	23.5	27.3	20.7	6.7	4.8	8月8日	23.9	27.6	21.1	6.6	4.9
	差	2.3	2.8	1.8	1.0	1.1	-6	3.2	3.6	3.1	0.5	1.4
築館(県北)	2010年	25.0	30.3	20.9	9.4	5.0	8月4日	26.1	31.8	22.1	9.7	5.6
	平年	22.9	27.2	19.5	7.7	3.9	8月9日	23.3	27.8	19.8	8.0	4.3
	差	2.1	3.1	1.4	1.7	1.1	-5	2.8	4.0	2.3	1.7	1.3

表19 各アメダス地点における品質低下・維持に及ぼした要因

アメダス 地点	1等米 比率	出穂後20日間					青未熟 (%)	タンパク質 含有率 (乾物%)	品質調査 点数	その他
		平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	日較差 (°C)	日平均 日照時間 (時間)				
丸森	低	27.8	33.2	23.8	9.5	5.9	0.2	6.6	10	
亘理	低	26.4	30.1	23.4	6.7	6.4	0.4	6.3	3	
名取	低	26.4	30.2	23.7	6.6		0.1	6.6	7	
仙台	中	27.1	31.2	24.2	7.1	6.3	0.3	7.0	7	
大衡	高	26.2	31.8	22.6	9.2	5.2	0.2	7.0	7	
古川	低	26.1	31.5	22.8	8.7	5.7	1.2	7.2	11	倒伏等
鹿島台	高	25.9	30.7	22.7	8.0	6.2	0.3	6.8	9	
築館	高	26.1	31.8	22.1	9.7	5.6	0.1	6.5	11	
米山	中	26.3	31.9	22.7	9.2	6.7	0.5	6.6	5	
石巻	低	25.5	29.2	23.2	6.0	7.1	0.2	6.3	8	
気仙沼	低	25.5	30.3	22.0	8.3	6.7	0.2	5.8	3	

地域別1等米比率及び最も近いアメダスによる出穂後の気象結果。水稻玄米品評会の調査結果(2010年)。

品種：ひとめぼれ。

1等米比率：高(80%以上)、中(70~80%)、低(70%未満)。

品質を低下させた要因、品質を維持した要因。

(表19)。1等米比率の高かった地域の気象条件は、鹿島台地域では平均気温が低く、大衡地域では日較差が大きく、築館地域では最低気温が低く、かつ日較差が大きかった。最高気温及び平均気温が高かった地域では、デンプン等の転流に関わる器官が早期に老化することで基部未熟粒が多くなり、日較差の小かった地域では、呼吸によるデンプンの消耗等により乳白粒が発生し、品質を低下させたと考えられた。

その他の要因から見ると、玄米タンパク質含有率の低い亘理、石巻及び気仙沼地域では1等米比率が低く、比較的タンパク質含有率が高い大衡、鹿島台地域では高かった。このことから、1等米比率が低かった地域では、出穂後の窒素栄養が低いことが、光合成による同化量の不足及び転流器官の早期老化につながったと考えられた。

古川地域では、9月上旬のダウンバースト等の暴風による倒伏のために青未熟粒が多く、タンパク質含有率が高く、1等米比率は低くなったと考えられた。

2) 稲体窒素栄養

本年度の葉色は、6月20日~7月1日頃まではほぼ目標葉色値並みに推移していた。しかし、7月10日以降の幼穂形成期頃から7月20日以降の減数分裂期に葉色が急激に低下し、目標値より4~5ポイント、平年値より2~3ポイント低下した(図19)。これは7月中旬以降の高温による乾物重の急激な増加が原因と思われた。さらに高温・多照が継続し、

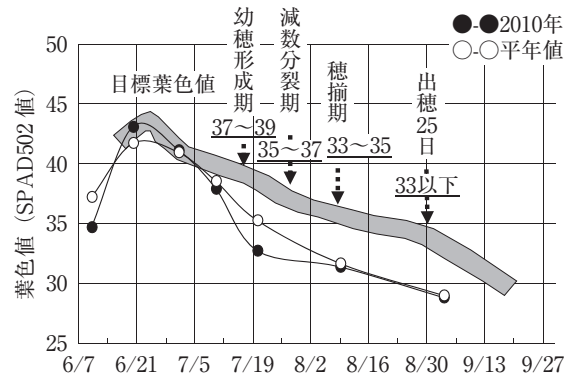


図19 ひとめぼれの目標葉色値と本年の葉色の推移
宮城県内生育調査は26地点。

穂揃期及び出穂後25日においても目標葉色値より低く推移した。出穂前後の高温による稲体の窒素栄養不足も、光合成によるデンプン等同化産物の低下や転流器官の早期老化を助長し、玄米品質低下につながったと考えられた。

4 効果が確認された対策技術

1) 出穂期の遅延による高温回避

各地域の出穂期と本県の落等の主要因である白未熟粒は、出穂が遅くなるにつれて減少する傾向が見られた(図20)。また、白未熟粒は、出穂後20日間の平均最低気温23℃以上になると多くなる傾向が見られた(図21)。このことから出穂期を遅らせることで、登熟期の高温をできるだけ回避させることが重要と考えられた。

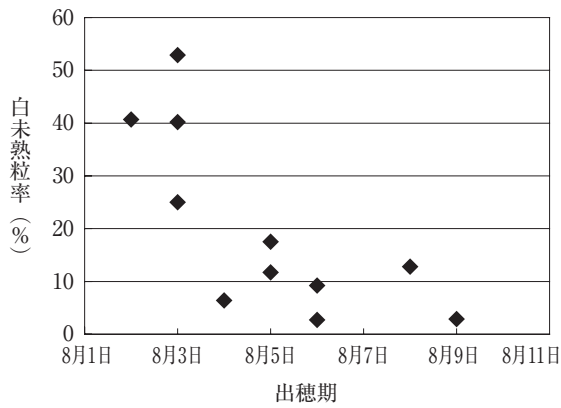


図20 出穂期と白未熟粒率の関係

地域別の検査結果と出穂期調査 (2010年)。
 品種：ひとめぼれ。
 ふるい目：1.9mm。
 玄米品質：検査官による目視判定

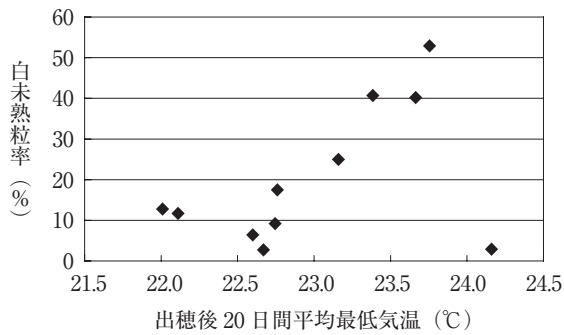


図21 出穂後20日間の最低気温と白未熟粒率の関係

注は図20と同様。

播種期及び移植期と出穂期を見ると、播種期及び移植期を遅らせることで、多少であるが出穂期を遅らせることが可能であった (図22, 23)。また、播種期及び移植期を遅らせたことで品質が維持される背景には、出穂期を遅らせたことの影響だけでなく、 m^2 当たりの総粒数の減少や有効茎歩合の向上などのその他の要因も大きく影響していると考えられた。

2) 追肥 (穂肥) による葉色の維持

穂揃期の葉色値と白未熟粒率には負の相関関係が見られ、窒素の栄養状態が維持されると白未熟粒の発生は抑制された。(図24)。登熟期間の同化能力を高めるためには穂肥、特に減数分裂期 (出穂前15日~10日頃) の追肥が有効とされており、減数分裂期に窒素追肥をした結果、穂揃期及び登熟期の葉色は高まり、整粒歩合は向上する傾向にあった (図25)。

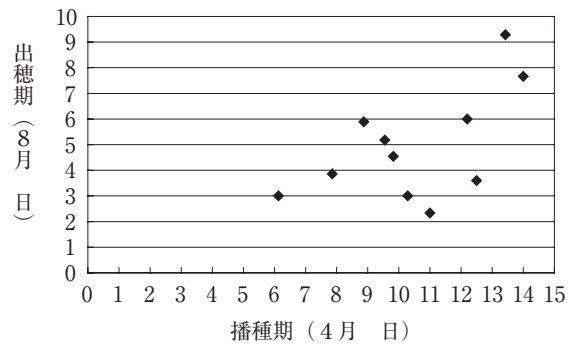


図22 播種期と出穂期の関係

注は図20と同様。

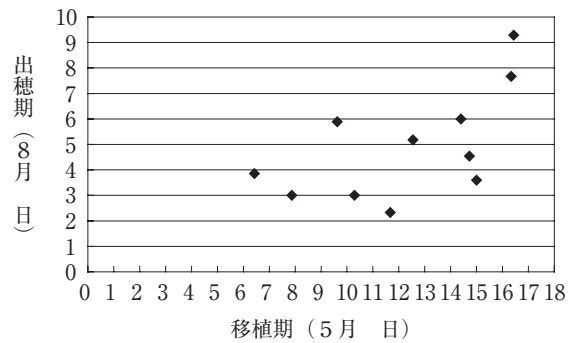


図23 移植期と出穂期の関係

注は図20と同様。

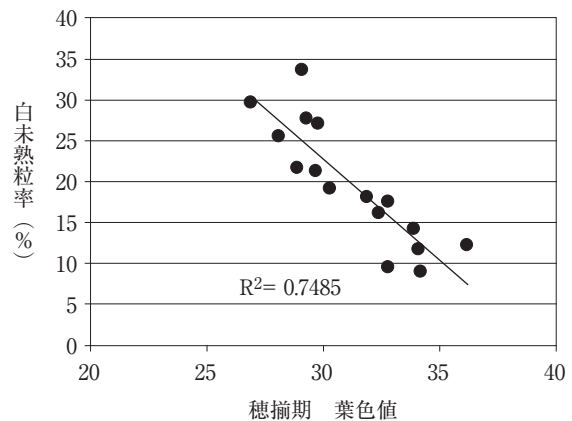


図24 穂揃期葉色値と白未熟粒率の関係

宮城県古川農業試験場による環境保全米試験 (2010年)。
 品種：ひとめぼれ。
 移植日：5月18日。
 ふるい目：1.9mm。
 玄米品質：サタケ社穀粒判別器 (RGQII0A) を使用。

玄米のタンパク質含有率は追肥量が多いと高まる傾向にあったが、食味を下げるほどの上昇ではなかった。発生した未熟粒の内訳は、追肥の有無にかかわらず乳白粒が最も多く、次いでその他未熟粒、基部未熟粒の順であった。窒素追肥が未熟粒率に与える影響は、乳白粒及び基部未熟粒で大きかった(図26)。

白未熟粒は、稲体の窒素栄養が不足すると助長される。したがって、玄米の品質向上のためには、目標葉色値に基づき、適切な追肥を行うことで穂揃期以降の葉色を維持することが重要である。特に高温時ほどこの効果は高いと見られ、穂肥施用することが望ましいと考えられた。

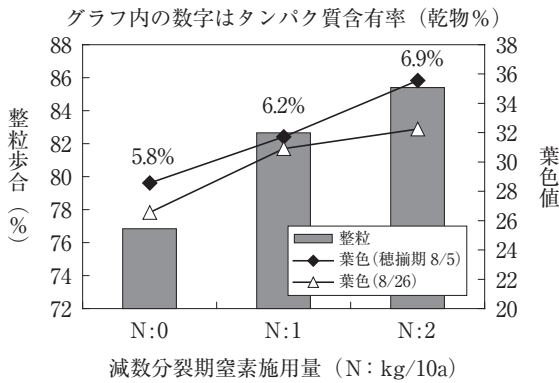


図25 追肥量と整粒歩合、葉色値及びタンパク質含有率の関係

宮城県古川農業試験場による登熟期の気象と玄米品質試験 (2010年)。
 品種：ひとめぼれ。
 移植日：5月11日。追肥時期：7月23日
 ふるい目：1.9mm。
 玄米品質：サタケ社穀粒判別器 (RGQI10A) を使用。
 玄米タンパク質含有率：ニレコ社近赤外測定器 (6500SHON) を使用。

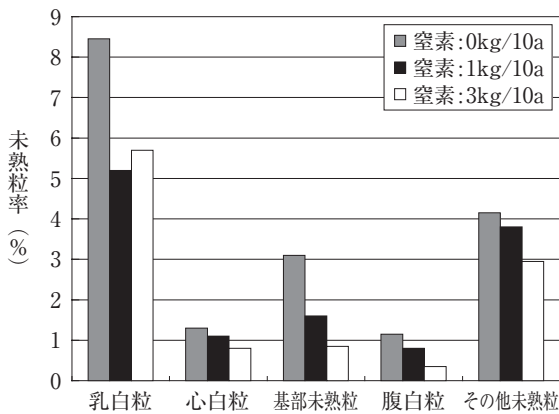


図26 追肥量 (窒素(N)kg/10a) と未熟粒率の内訳
 注は図25と同様。

5 まとめ

2010年における水稲玄米の品質低下要因は、出穂期が早く登熟温度が高かったことや、稲体の葉色が7月の中下旬に急激に低下したことによる光合成産物の供給不足や、転流器官の早期老化と考えられた。これらの対策として、播種期及び移植期を遅くして出穂期を遅らせ登熟気温を高温から回避させること、減数分裂期頃の追肥を実施することで、それ以降の葉色を維持し、出穂期以降の同化能力を維持するとともに転流器官の早期老化を防止することが有効と考えられた。

(浅野真澄・菅野博英・佐藤一良)

IV 秋田県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

東北農政局秋田農政事務所が発表した水稲うるち玄米の1等米比率 (12月末日現在) は、70.1%で、前年同期 (94.7%) に比べ大幅に低下した (表20)。

品種別の1等米比率は、「あきたこまち」が68.6%、「ひとめぼれ」が92.7%、「めんこいな」が72.5%となっている。2等以下に格付けされた主な理由は、充実度37.5%、着色粒 (その他) 19.9%、着色粒 (カメムシ類) 16.3%となっている。

J Aへの聞き取りでは、着色粒 (その他) は、黒点症状米 (通称：くさび米) が大部分を占めている。

本年は、高温条件下での登熟であったため、稲体の消耗や水分ストレス等により登熟がうまく進まなかったこと及び斑点米カメムシ類の活動も活発であったことから、1等米比率が大幅に低下した。

表20 2010年産米の検査状況

	検査等級比率 (%)			
	1等米	2等米	3等米	規格外
県平均	70.1	27.4	1.6	0.8
2009年度	94.7	4.1	0.6	0.6
品種別				
あきたこまち	68.6	29.0	1.7	0.8
めんこいな	72.5	26.0	1.3	0.2
ひとめぼれ	92.7	6.8	0.4	0.1
参考				
東北	74.0	24.1	1.4	0.5
全国	61.9	32.8	3.2	2.0

秋田農政事務所 (2010年12月末日現在)。

表21 高温年の平均気温と日照時間の平年差及び期間内の合計

気象要素	年次	7月		8月			9月			期間内の合計	作況指数	1等米比率(%)
		中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬			
気温(℃)	2010	1.5	1.5	2.7	1.6	3.3	3.5	2.0	-0.7	15.3	93	70.1
	2006	0.3	-1.7	1.1	3.5	1.6	0.9	0.9	0.0	6.6	96	92.0
	2005	-0.1	-1.2	2.2	1.7	0.7	1.3	2.0	0.0	6.5	101	87.5
	2000	1.5	1.9	2.2	1.6	3.3	1.1	3.6	0.9	16.0	104	84.6
	1999	3.0	2.7	4.9	3.5	0.6	1.4	1.4	3.1	20.5	101	51.4
日照(時間)	2010	-22.2	-36.4	-4.8	-18.0	19.0	26.9	-11.6	-10.0	-57.1		
	2006	-30.2	-24.5	25.2	17.3	6.7	7.2	-3.9	25.3	23.1		
	2005	-18.6	-22.1	4.9	-9.5	1.1	-18.7	-7.5	15.0	-55.4		
	2000	-27.7	-6.2	30.1	39.3	22.5	-14.4	10.4	-15.7	38.3		
	1999	-11.8	-18.4	52.9	1.3	-41.7	8.4	-39.0	2.1	-46.2		

気象データはアメダスデータ(秋田)。

□内は2010年の特徴的な気温・日照。

2 気象

表21は、近年における高温登熟年を例にとり、平均気温と日照時間を平年と比較し、その差を示したものである(期間は7月中旬から9月下旬まで)。

2010年の平均気温は、7月中旬～9月中旬までの2か月間が高く推移しており、特に8月上旬は2.7℃、8月下旬～9月上旬は3℃以上高い状態で推移した。

2010年の日照時間は、7月中旬～8月中旬、9月中旬～下旬に少なく、8月下旬～9月上旬は多く推移した。本年は、気温の高い状態が出穂前から継続したことに加え、7月中旬～8月中旬の日照時間が平年に比べて大きく低下したことが特徴であった。

3 品質に影響した要因

1) 充実度不足・白未熟粒

2010年は、登熟期間を通して気温(特に最低気温)が高かったことから、稲体の消耗が大きかった。また、登熟後半は高温・多照であったが、穂への乾物の蓄積は小さく、茎葉への蓄積が大きかったことから、出穂30日頃から転流が滞り、登熟歩合が大きく低下したと考えられた(図27)。このことは収量だけでなく、充実度不足や白未熟粒の発生など、品質にも大きく影響したものと考えられる。

充実度不足については、明確な発生要因を指摘することは難しいが、2010年については登熟期の高温(特に夜温)による稲体の消耗や転流の停滞が大きく影響したものと推察される。

白未熟粒は、出穂後20日間の平均気温が26℃を超えると発生が多くなり(図28)、26～27℃を閾値とする森田(2008)の報告と一致した。

J Aを対象とした地域事例調査においても、2010年は中山間地域の品質が良い傾向にあり(データ省略)、登熟期の気温が品質に大きく影響したものと考えられた(図29)。

白未熟粒や充実度不足の発生には、登熟期後半の葉色(光合成能力)も影響するが、2010年は草丈が長かったことから追肥を控えた生産者も多く、充実度不足や白未熟粒の発生を助長したものと推察された。

2) その他着色粒について

2010年の「その他着色粒」の大部分は、黒点症状米(以下:くさび米)である。秋田県におけるくさび米の発生原因は、生理的(高温・水分ストレス)なものであり、弱勢穎果(2次枝梗及び下位の1次枝梗)で発生が多いことが分かっている(新山・飯富 2001)。2010年は高温条件下での登熟となり、くさび米が発生しやすい気象状況であったことに加え、1穂粒数が多く、2次枝梗が平年に比べ多かったことが発生を助長したものと考えられる。また、登熟期間の水管理(間断灌漑、掛け流し等)の徹底の有無も、くさび米の発生に影響したものと考えられる。

3) 着色粒(カメムシ)について

秋田県の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(以下、アカヒゲ)とアカスジカスミカメ(以下、アカスジ)である。病害虫防除所による抽出調査(100地点調査)では、8月中下旬の水田内の斑点米カメムシ類、特にアカスジの発生が多かったため注意報を発表した(表22)。斑点米カメムシ類は、夏期の高温で加害活動が活発化し、割れ粳が多いと斑点米の発生が助長される。

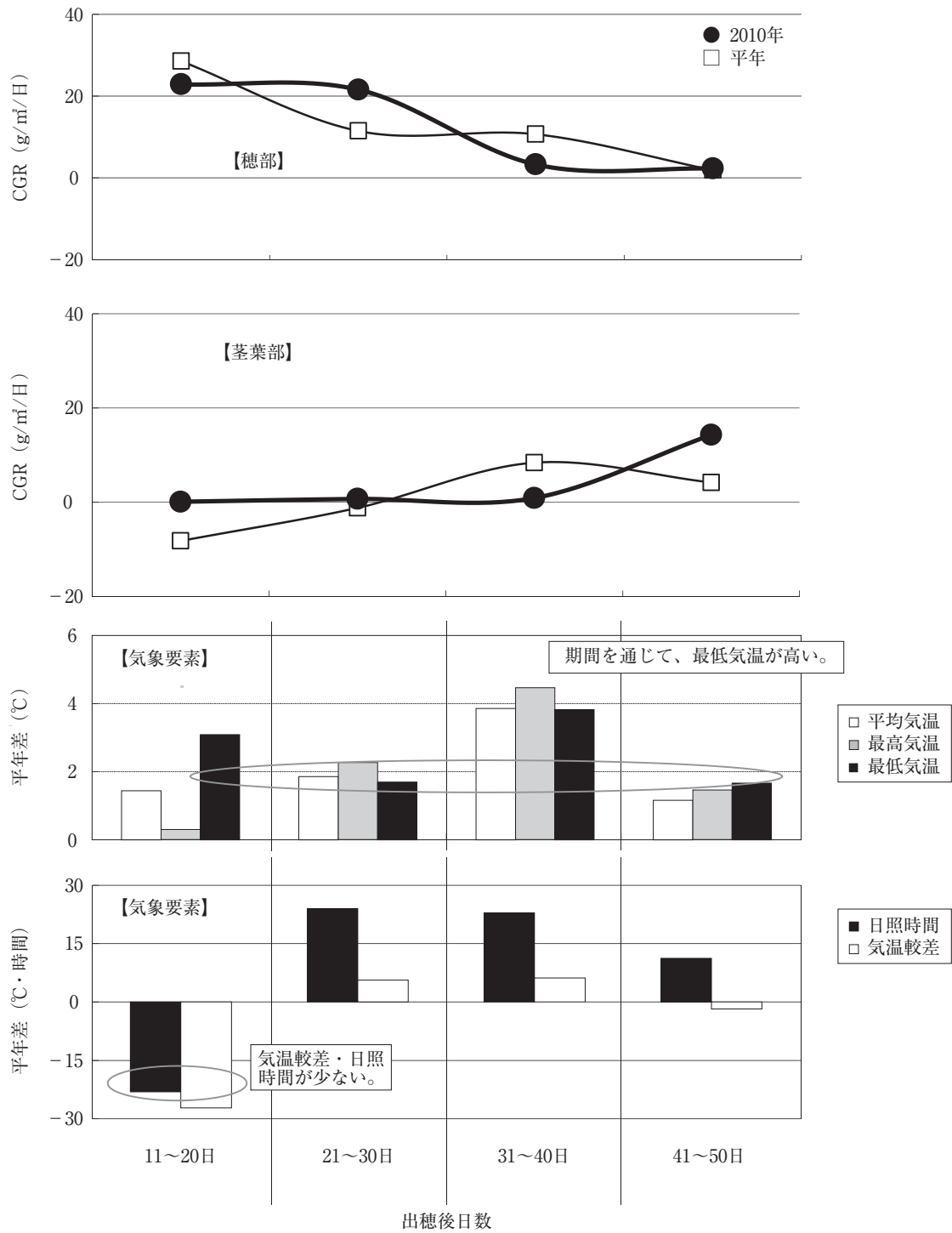


図27 出穂後10日間毎の気象要素と出穂後の穂部・茎葉部の乾物増加量

秋田県農林水産技術センター農業試験場による水稻の時期別生育解析試験。
 気象データはアメダスデータ（秋田）。
 品種：あきたこまち。
 出穂期：7月29日。
 CGR：個体群成長速度。
 図中の○は本年の特徴的な経過。
 平年は2000～2009年の平均値。

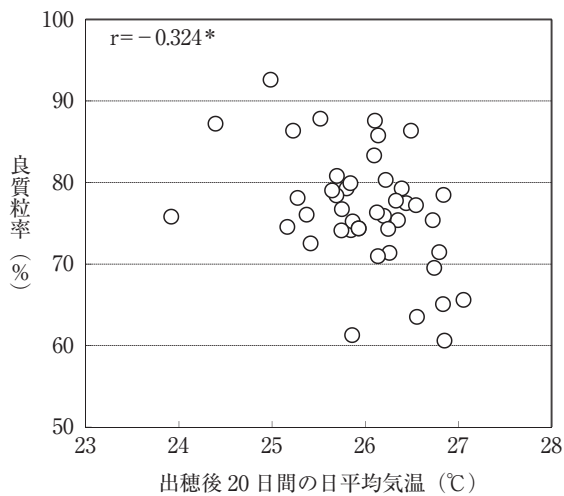


図28 出穂後20日間の日平均気温と良質粒率の状況
各地域振興局普及指導課による定点圃場調査。
県内43地点調査。
品種：あきたこまち。
ふるい目：1.9mm。
気温は1kmメッシュ。
良質粒率は品質判定機（静岡製機RS-2000）の判定。
良質粒：精玄米から白未熟粒、青未熟粒、茶米、着色粒を除いた米。
図中の*は相関係数が5%で有意差があることを示す。

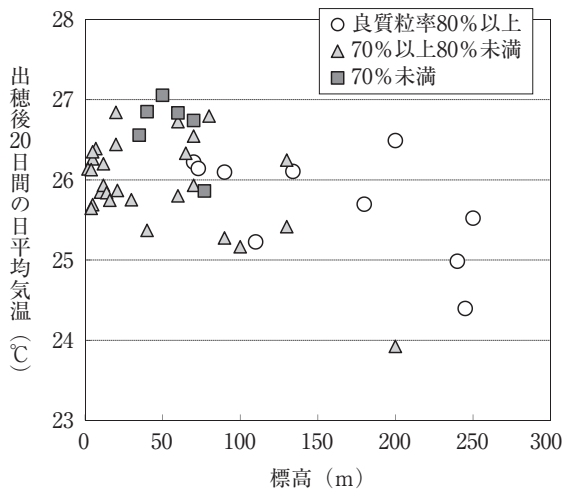


図29 出穂後20日間の日平均気温と標高別の良質粒率の状況
各地域振興局普及指導課による定点圃場調査。
県内43地点調査。
品種：あきたこまち。
ふるい目：1.9mm。
気温は1kmメッシュ。
良質粒率は品質判定機（静岡製機RS-2000）の判定。
良質粒：精玄米から白未熟粒、青未熟粒、茶米、着色粒を除いた米。

表22 水田内すくい取り結果（8月中下旬）

	斑点米カメムシ類		アカヒゲ		アカスジ	
	すくい取り数(頭)	地点率(%)	すくい取り数(頭)	地点率(%)	すくい取り数(頭)	地点率(%)
2010年	1.30	26	0.10	8	1.20	20
平年	0.44	18	0.18	11	0.14	5
概評	多	やや高	並	並	多	高

病害虫防除所による調査。
アカヒゲ：アカヒゲホソミドリカスミカメ。
アカスジ：アカスジカスミカメ。
県内100地点調査。
捕虫網で10往復20回振り。

2010年はアカスジの発生量が多かったことに加え、割れ粃が発生する登熟期後半まで高温が継続したため、被害が増加したものと考えられた。

4 効果が確認された対策技術

各JA稲作担当者に対して行ったアンケート結果において、品質の良かった事例の特徴としてあげられた点は以下の通り。回答数が多い順番に記載した。

- ① 掛け流し、落水時期を遅らせる等、出穂後に積極的に水を入れた。
- ② 斑点米カメムシの適期防除を徹底した。
- ③ 土壌改良資材を施用した。
- ④ 肥効調節型肥料を使用した。
- ⑤ 栄養診断に基づく適切な追肥を行った。
- ⑥ 斑点米カメムシの追加防除を行った。
- ⑦ 堆肥を施用した。

5 まとめ

2010年は5月の低温、6月～9月の異常高温という気象変動の大きな一年で、秋田県では作況指数93、1等米比率70.1%と、収量・品質ともに大きく低下した。品質低下の要因としては充実度、着色粒（その他）および着色粒（カメムシ類）であった。低温と高温が隣り合う異常な気象は、温暖化による地球的な気候変化も一因と報じられ、今後も同様の気象が出現することが懸念されている。本年の収量・品質低下要因の解析からとりまとめた、稲作りの技術ポイントは以下のとおりである。

① 田植え時期と出穂時期

高温登熟を避けるため、「あきたこまち」の出穂の目安を8月5～10日頃とし、極端な早植えを避ける。

② 栽植密度（70株以上）の確保

安定的に穂数を確保するために、70株/坪以上で田植えを行う。

③ 肥料（葉色の維持）と土作り

高温にはケイ酸質肥料の効果が高い。粘土が多い土壌では排水対策と代かきで練りすぎないようにする。粘土が少ない土壌では作土深を確保する。穂肥えは、生育・栄養診断に基づいて行う。

④ 水管理（田植え後・中干し・登熟期）

田植え後の低温時には深水を徹底する。有効茎を確保したら直ちに中干しを開始し、溝掘りを行う。落水時期は、出穂30日以降とする。登熟期間中の高温時には「掛け流し」かん水を実施する。

謝 辞

本稿は「水稲作高温対策プロジェクトチーム」がとりまとめた「平成22年の水稲作柄低下要因と今後の技術対策」から、主に品質低下に関わる部分について抜粋・加筆した。調査・とりまとめに協力して頂いた関係各機関の各位には、ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 新山徳光, 飯富暁康. 2001. 黒点症状米（くさび米）の発生原因調査と発生部位. 秋田農試研究報告 41: 33-34.
- 2) 森田 敏. 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77: 1-12.
(松本眞一・佐藤雄幸・三浦恒子・金 和裕)

V 山形県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

山形県における2010年産米の検査結果（2011年1月末日現在、山形農政事務所）は、水稲うるち玄米の検査数量が前年同期比97.0%で、1等米比率は74.7%で2009年産同期より20.4%、2008年産同期より19.6%低下している（表23）。

2等以下に格付けされた主な理由は、①白未熟粒39.5%、②充実度不足35.7%、③着色粒（カメムシ類）17.5%、以下④整粒不足、⑤形質、⑥発芽、そして、⑦胴割れの順となっている。

主な産地品種銘柄別の1等米比率は、「はえぬき」73.5%、「ひとめぼれ」83.1%、「コシヒカリ」84.1%、「あきたこまち」63.9%、「ササニシキ」11.1%で、2010年本格デビューした「つや姫」は

表23 水稲うるち玄米の等級別比率

年産	等級別比率 (%)			
	1等	2等	3等	規格外
2008年	94.3	4.7	0.4	0.5
2009年	95.1	4.0	0.4	0.4
2010年	74.7	23.2	1.3	0.8
2010年-2009年	-20.4	19.2	0.9	0.4
2010年-2008年	-19.6	18.5	0.9	0.3

山形農政事務所（2011年1月末日現在）。

表24 主な産地品種銘柄の等級別比率と検査数量（水稲うるち玄米）

品種名	等級別比率 (%)				検査数量 (t)
	1等	2等	3等	規格外	
はえぬき	73.5	25.1	1.0	0.3	158.386
ひとめぼれ	83.1	16.3	0.4	0.2	31.753
コシヒカリ	84.1	15.3	0.3	0.2	22.782
あきたこまち	63.9	30.0	4.2	1.9	14.966
つや姫	98.2	1.6	0.0	0.2	11.762
ササニシキ	11.1	74.8	12.7	1.3	3.554

山形農政事務所（2011年1月末日現在）。

98.2%と高品質を保った（表24）。

作況解析試験における整粒歩合では、水田農業試験場の「はえぬき」76.7%、「つや姫」84.1%、「コシヒカリ」81.6%、農業総合研究センターの「はえぬき」82.8%、「つや姫」84.8%、「コシヒカリ」89.6%と地域間、品種間差が認められる（表25）。また、水田農業試験場の奨励品種決定調査における検査等級では、乳白粒及び発芽粒の発生によって「はなの舞」「あきたこまち」「どまんなか」「ササニシキ」「はえぬき」が2等以下であった（表26）。なお、1等に格付けされた「ひとめぼれ」「コシヒカリ」「つや姫」の中では、「つや姫」の品質が最も優れていた。

2 気象

育苗期～活着期は低温・日照不足で4月17日には降雪が認められ、移植期も低温・強風に見舞われた。さらに、一部発芽不良苗の発生や苗の生育不良により移植期が分散した。

分けつ初期～後期において、分けつ初期は低温で経過し、降水量も多かった。分けつ中期は高温・多照・少雨で、後期は高温で経過した。なお、梅雨入りは6月14日ごろ（平年6月10日ごろ）であった。

表25 収量と品質

試験場所	品種名	移植期 (月・日)	栽植密度 (株/m ²)	窒素施肥条件 (kg/10a)		出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	精玄米重 (kg/10a)	m ² 当穂数 (千粒)	整粒歩合 (%)	未熟粒 (%)	白未熟粒 (%)	白 色 不完全粒 (%)
				基肥	追肥								
農業総合研究センター	はえぬき	5.20	22.2	6.0	2.0	8.03	9.10	629	36.8	82.8	16.9	2.0	45.2
山形市みのりが丘	つや姫	5.14	22.2	4.0	2.0	8.07	9.15	650	34.6	84.8	14.9	0.5	18.4
	コシヒカリ	5.14	22.2	3.0	1.0	8.06	9.10	561	30.0	89.6	10.2	1.2	24.0
水田農業試験場	はえぬき	5.10	20.8	6.0	2.0	8.03	9.12	615	31.0	76.7	22.8	7.7	57.4
鶴岡市藤島	つや姫	5.10	20.8	4.0	2.0	8.10	9.20	616	31.8	84.1	15.6	0.7	18.7
	コシヒカリ	5.10	20.8	3.0	1.5	8.09	9.15	505	25.6	81.6	17.9	3.8	24.8

作況解析試験（2010年）。

整粒等の測定方法：目視による玄米構成調査（ふるい目1.9mm、重量%）。

表26 奨励品種の品質

品種名	出穂期（月・日）		精玄米重（kg/10a）		品質（検査等級）		2等以下の格付理由	
	標肥	多肥	標肥	多肥	標肥	多肥	標肥	多肥
はなの舞	7.24	7.23	531	500	2下	2中	乳白粒	乳白粒
あきたこまち	7.27	7.28	601	503	2下	2中	乳白、背白粒	乳白粒
どまんなか	7.28	7.29	632	634	3上	2中	乳白粒	乳白粒
ササニシキ	8.02	8.01	597	516	2中	規格外	乳白、発芽粒	発芽粒
ひとめぼれ	8.03	8.04	609	581	1下	1下		
はえぬき	8.02	8.03	617	686	2上	1下	背白粒	
コシヒカリ	8.09	8.11	636	620	1下	1下		
つや姫	8.09	8.10	633	596	1中	1中		
ふくひびき	7.30	7.31	639	694	3中	3下	乳白、背白粒	乳白粒

水田農業試験場における奨励品種決定調査（2010年）。

品質（検査等級）は、山形農政事務所の農産物検査員による。

移植期（手植え）：5月10日、栽植密度：22.2株/m²、窒素施肥条件（kg/10a）：標肥7.0、多肥10.0。

幼穂形成期～穂孕期は高温、日照時間は平年並で経過した。なお、梅雨明けは7月18日ごろ（平年7月23日ごろ）であった。

出穂・開花期は高温・多照・少雨で経過した。

登熟前期～終期は期間を通して高温で経過した。特に、中期（平年差+3.3℃）、後期（同+3.5℃）と気温が高く、日照時間もそれぞれ153、139%と多かった。登熟前期は8月12日に台風4号が上陸・通過し、その後多雨となった。登熟終期は、前線や低気圧の影響によりかなり多雨となった。

3 品質に影響した要因

気象の特徴（平均気温、日照時間の半旬別気象図含む）、生育の特徴、懸念事項及び対応からなる2010年の作柄要因図を図30に示した。

育苗期の低温・少照及び断続的な降雨に伴い本田耕起作業が遅れ、最大連続無降雨日数は2日で、生土の構成比率が高く、乾土効果は小さかった。また、発芽揃いも加わって移植時の苗質も劣った。さらに、移植期、分けつ初期の低温と6月上旬に土壤還

元が進んだため、初期生育の確保が十分には行なえなかった。低温・強風時の保水的な水管理、土壤還元時の落水管理で茎数不足を回避した事例が見られた。分けつ期の葉色は、平年より濃く経過した。

分けつ後期の高温により分けつ発生が停止し、最高茎数が少ない中で、適期適量の穂肥施用により有効茎歩合が向上し、穂数は平年並～やや少なかった。さらに、1穂穂数を平年並～やや多く確保し、m²当たり穂数の不足を回避することができた。また、長草少げつの生育相では、耐倒伏性の劣る品種は稈長を抑えることが求められた。

平年より早い梅雨明けとともに高温で経過したため、出穂の早期化、品種の高温登熟性、刈取り態勢準備の遅延が懸念された。出穂期は平年より、「はえぬき」「コシヒカリ」で4日早まった。また、「はえぬき」の平均稈長は長いものの、穂揃いは良好で遅れ穂もなかった。

出穂が早まったこと、引き続き登熟期間が高温で経過したことから、成熟期は平年より「はえぬき」

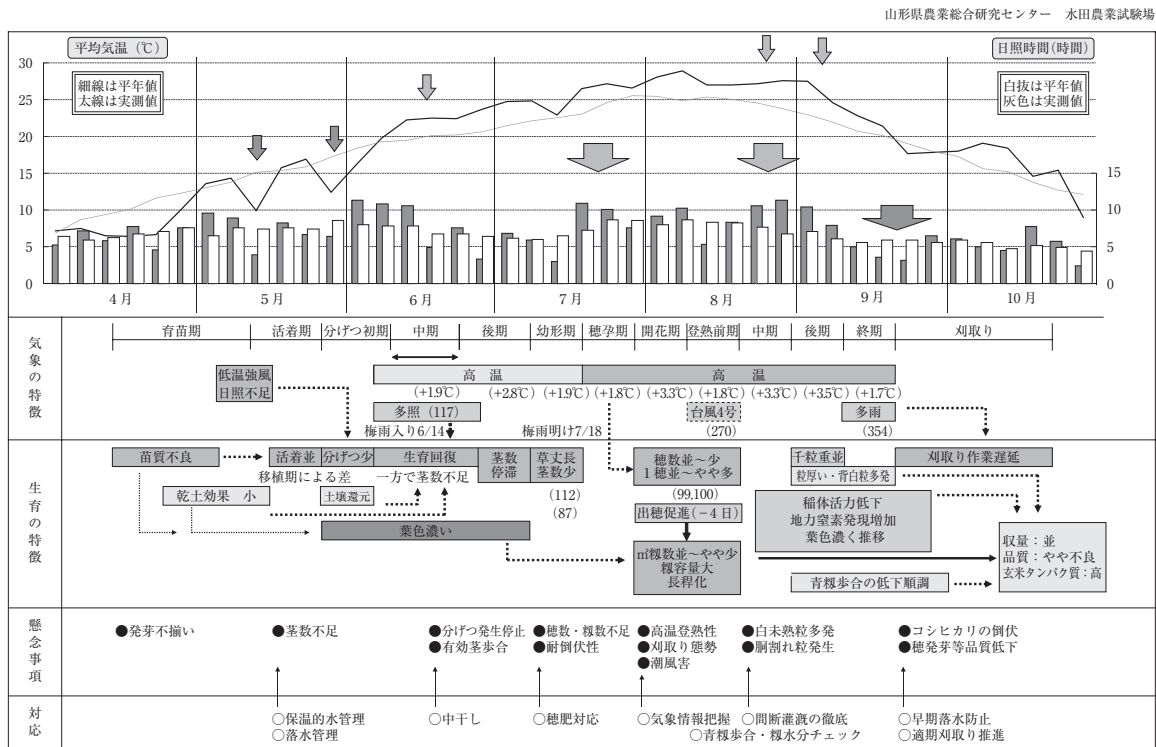


図30 2010年の作柄要因図

で7日、「コシヒカリ」で12日早まった。穂揃期以降の葉色は「はえぬき」では濃く推移したものの、「コシヒカリ」は淡く経過し凋落が認められた。登熟期の高温による品質低下（白未熟粒、胴割粒）が危惧される中、早期落水の防止と間断灌溉の徹底が呼びかけられた。同時に、適期刈取りに向けて青穂歩合、籾水分のチェックや籾共同乾燥調製（貯蔵）施設の荷受態勢整備が急がれた。しかし、刈取り始期から前線、低気圧の影響による降雨が続き、適期刈取りが行なえなかった。

出穂後40日間の気温は平均27.1℃、最低23.2℃で、平年（2003～2009年平均値）よりそれぞれ3.6℃、3.8℃高く、過去に登熟期の高温によって品質が低下した1994年、1999年より高かった。また、腹白・背白粒の発生は出穂後21～35日の気温と関係が強く（横山ら 2002）、2010年は27.3℃とかなり高く背白粒が多発した（図31）。

庄内地域で登熟期の高温により1等米比率が大幅に低下した年次（2010年を含む）は出穂後20日間の平均気温が、「はえぬき」では27℃以上で1等米比率が90%以下となり、「ササニシキ」では25℃以上で1等米比率が80%以下となることを明らかにした

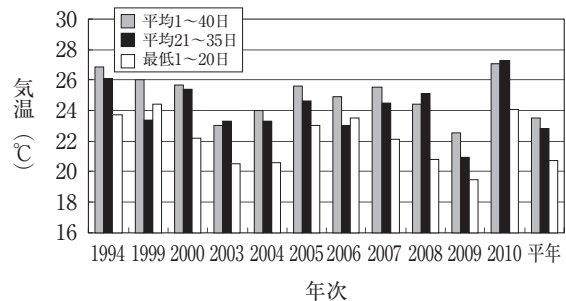


図31 登熟期間（出穂後日数）の気温の比較

水田農業試験場における作況解析試験。

品種名：はえぬき。

気温は水田農業試験場観測データ。

平年は2003年～2009年の平均値。

移植期：5月10日、栽植密度：21株/m²、窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 6.0、追肥 2.0。

（図32）。登熟期の高温処理（ビニール被覆）によって無処理に比べ、何れの品種も整粒歩合が低下し、白未熟粒率、その他未熟粒率が増加した（表27）。また、無処理の白未熟粒率は、「ササニシキ」「あきたこまち」で高く、品種間差異が認められた。

出穂後の夜間高温処理（5～7日間）によって、胴割粒の発生が増加し、特に出穂後2週目（8～14日目）における処理で発生が多くなった（表28）。

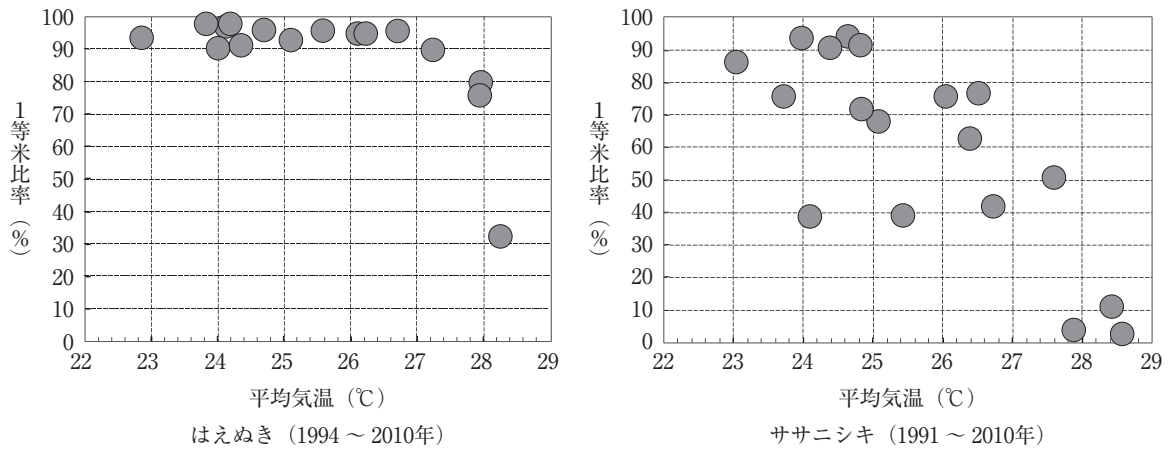


図32 庄内地域における1等米比率と出穂後20日間の気温の関係

1等米比率は山形農政事務所による調査（米に関する資料：山形県農林水産部）。
 平均気温は酒田測候所観測データ、出穂期は水田農業試験場における作況解析試験による。
 2004年（潮風害）、1993年（大冷害）を除く。

表27 登熟期の高温処理と品質

品種名	移植期 (月・日)	出穂期 (月・日)	整粒歩合 (%)		白未熟粒率 (%)		その他未熟粒率 (%)	
			無処理	高温処理	無処理	高温処理	無処理	高温処理
あきたこまち	5.25	8.02	50.3	35.7	7.8	18.6	15.6	22.3
ササニシキ	5.11	8.01	41.4	20.2	16.6	28.1	16.1	22.9
ひとめぼれ	5.11	8.02	71.1	49.0	4.3	17.7	20.6	30.6
はえぬき	5.11	8.02	62.7	36.3	4.6	11.4	12.9	19.5
コシヒカリ	5.11	8.08	67.3	38.5	4.5	17.8	19.1	24.7
つや姫	5.11	8.08	66.8	54.0	3.6	10.1	20.9	25.5

水田農業試験場における「高温登熟性品種の育成」試験。
 高温処理：8月3日～8月31日、ビニール被覆。
 処理期間の平均気温：無処理 26.8℃、高温処理 28.4℃。
 窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 5.0、追肥 2.0。
 栽植密度：22.2株 / m²、5本 / 株（手植え）。
 整粒等の測定方法：ふるい目 1.9mm、穀粒判別機 Kett 社 RN-300。

表28 高温と胴割粒の発生

夜間処理温度	出穂後1週目(処理日数)			出穂後2週目(処理日数)			出穂後3週目(処理日数)			出穂後4週目(処理日数)		
	3日	5日	7日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	3日	5日	7日
26℃	1.9	2.6	3.3	2.3	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6	2.6	1.9	1.7
28℃	2.0	3.7	4.6	2.5	3.5	5.3	2.1	3.1	3.9	1.9	2.9	3.2

水田農業試験場による「高温障害の危険期における温度と継続時間の解明」試験。
 品種名：ひとめぼれ。
 胴割粒の調査方法：ふるい目 1.9mm、穀粒判別機 Kett 社 RN-300。
 高温処理：夜間（18：00～6：00）にビニール被覆し、園芸用ヒーターで加温（8月6日～9月2日に1週間単位で4時期）、日中は被覆を除去。
 移植期：5月11日、栽植密度：20.3株 / m²、窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 4.0、追肥 1.5。
 出穂期：8月6日、刈取り：9月15日。

表29 移植時期による品質の違い

移植時期	移植期 (月.日)	栽植密度 (株/m ²)	出穂期 (月.日)	精玄米重 (kg/10a)	m ² 当粒数 (千粒)	整粒歩合 (%)	白未熟粒 (%)	玄米 タンパク質 (%)
標植 (機械移植)	5.10	20.8	8.03	615	31.0	76.7	7.7	7.8
晩植 (手植え)	6.04	22.2	8.14	599	30.3	84.2	1.4	7.3

水田農業試験場における作況解析試験 (2010年)。

品種名：はえぬき。

窒素施肥条件 (kg/10a)：標植基肥 6.0、追肥 2.0、晩植基肥 5.0、追肥 2.0。

整粒等の測定方法：目視による玄米構成調査 (ふるい目 1.9mm、重量%)。

表30 刈取り時期別の品質

品種名	刈取り日 (月.日)	積算温度 (℃・日)	整粒歩合 (%)	未熟粒率 (%)		薄茶米 (%)	着色粒 (%)
				白	その他		
はえぬき	9.06	941	82.5	5.9	9.2	4.9	0.2
	9.10	1036	84.0	4.2	10.3	7.4	0.2
	9.15	1150	84.1	4.0	10.9	7.3	0.4
	9.21	1281	76.6	7.7	14.5	12.0	0.4
	9.27	1381	70.1	13.8	15.6	12.7	0.6
	10.03	1489	67.5	12.7	19.5	17.5	0.6

水田農業試験場における作況解析試験 (2010年)。

移植期：5月10日、栽植密度：20.8株/m²、窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 6.0、追肥 2.0。

出穂期：8月3日。

整粒等の測定方法：目視による玄米構成調査 (ふるい目 1.9mm、重量%)。

標準より移植期を遅らせた場合 (+25日)、出穂期が11日遅れ、m²当たり粒数がやや不足し (標準比 98%)、玄米重はやや減収 (同97%) したものの、整粒歩合が向上し、玄米タンパク質含有率が低下した (表29)。発芽不良苗が発生し、再播種となった地域では、結果的に品質、食味面で晩植の効果が認められた。

9月中旬以降の降雨により刈取りが遅れた場合 (出穂後の積算温度1,200℃・日以上) は、白未熟粒、薄茶米等其他未熟粒が増加し、玄米の光沢が劣り、品質が低下した (表30)。また、糯品種を中心に発芽粒の発生による品質低下が認められた。

さらに、高温登熟年次に見られやすいとされる黒点症状米の発生や早期落水による品質低下も見られた。

4 効果が確認された対策技術

以下、主に農業技術普及課への聞き取り調査によるものである。

1) 水管理による高温障害回避

間断灌漑 (2湛2落) を確実にを行った圃場では、品質低下が少なかった。また、山間部等の自然水が豊富な地域では掛け流し灌漑により品質の低下が軽

減された。

2) 直播栽培による品質低下の回避

直播栽培では移植栽培に比べ出穂が7~10日遅くなり、高温下での登熟を回避し、品質の低下を防止した事例が多く見られた。さらに、出穂期の遅れに伴い成熟期も遅い直播栽培では、9月の断続的な降雨後に適期に刈取りが行われ、品質の低下が少なかった。

3) 適切な追肥による高温障害回避

穂肥は、品種毎の診断基準に基づき、地域の気象条件や土壌条件等を勘案して実施し、粒数過剰による品質低下を防止した。さらに、適期に適量の穂肥が実施された圃場で、収量の低下を回避した事例が見られた。一方、施肥量が過剰でm²当たり粒数が多い圃場では、品質低下した事例が認められた。

5 まとめ

移植期の適正化 (特に、高温登熟により品質低下しやすい庄内地域)、過剰な粒数着生の防止、出穂後の間断灌漑の徹底と早期落水の防止に努めた。高温下で登熟した2010年は、籾水分や青粒歩合の推移を調査し、刈遅れによる品質低下の防止を喚起した。

また、晩生で高温登熟性の高い新品種「つや姫」

は、生産者並びに関係機関が一体となった栽培管理によって、98.2%の1等米比率を達成した。

引用文献

- 1) 横山克至, 高取 寛, 藤井弘志, 渡部幸一郎, 安藤 正, 小南 力, 松田裕之, 柴田康志, 長谷川 愿, 2002. 庄内地域における登熟期の高温条件が米粒品質に及ぼす影響. 山形農試研報 36: 51-66.

(結城和博・早坂 剛・本間猛俊・今田孝弘)

VI 福島県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

2010年産の米検査結果は会津（福島県西部）と浜通り（太平洋側）で1等米の比率が低く、特にコシヒカリは白未熟粒の混入が多く品質が劣った（表31）。

過去に1等米比率が低かったのは冷害年が多いが、1979年、1982年そして1994年は高温登熟で品質が低下している（表32）。

そこで、各農業振興普及部・所で設置している2010年度作柄判定用の玄米を用いて気象との関係、品種間差等について調査し下記の結果が得られた。

- ①整粒歩合は、地域別では会津、品種においてはコシヒカリで低かった（表33）。②コシヒカリの整粒歩合低下要因は、会津で乳白粒が多かったことと、浜通り中部の南相馬市原町区と双葉郡浪江町では腹白・背白粒が多かったこと等によるものである（表34）。③白未熟粒の発生は、出穂後20日間の最高気温が平均気温より相関が高く、最高気温30℃以上で増加する傾向が見られた（図33）。④コシヒカリでは、基部未熟粒と腹白・背白粒は出穂後の最高気温の上昇にともない発生率が高くなった（図34）。⑤乳白粒は出穂後の最高気温が低くても発生が多い場合も見られ、高温以外で発生を助長する栽培要因等があると考えられた（図34）。

2 気象

2010年の気象は、生育の前半は低温で気象変動が大きく冷夏が懸念されたが、6月以降は一転して高温多照に経過し記録的な高温年となった（図35）。特に8月は月平均気温が過去最高を気象官署及び特別地域気象観測所の福島、若松、白河で記録した。

このため、出穂期前後だけでなく、登熟期の気温

表31 品種・地域別の米検査等級別比率（%）

品種名	地域	1等	2等	3等
コシヒカリ	会津	54	44	1
	中通り	90	10	0
	浜通り	51	44	5
ひとめぼれ	会津	89	11	1
	中通り	86	13	1
	浜通り	79	19	2

JA 全農福島県本部による米検査結果（2010年2月14日現在）。

表32 過去の高温年における福島県の1等米比率（%）

年次	1等米比率	気象概況
1994年	64.2	高温登熟、長雨による穂発芽
1982年	55.2	冷害、高温登熟、低温、日照不足
1979年	37.7	高温登熟、長雨による刈遅れ

福島食糧事務所における米検査結果。

表33 地域・品種別の整粒歩合

地域と品種	整粒歩合（%）	
地域	中通り	64.7
	会津	61.5
	浜通り	67.5
品種	コシヒカリ	59.9
	ひとめぼれ	67.8
	あきたこまち	72.7
	チヨニシキ	63.8

各農林事務所農業振興普及部・所による作柄判定用の調査（2010年）。

耕種概要：県内現地慣行法による。

ふるい目：1.8mm。

整粒歩合は Kett 社穀粒判別器 RN-300 で測定。

表34 地域別の乳白粒と腹白・背白粒の発生

地域	粒数割合（%）		
	乳白粒	腹白・背白粒	基部未熟粒
中通り	7.7	5.6	1.4
会津	16.4	7.2	1.9
浜通り	6.3	8.9	1.7
（原町、浪江）	（8.1）	（11.4）	（2.1）

各農林事務所農業振興普及部・所による作柄判定用の調査（2010年）。

品種：コシヒカリ。

耕種概要：県内現地慣行法による。

ふるい目：1.8mm。

粒数割合は Kett 社穀粒判別機 RN-300 で測定。

も平年より2℃～4℃高く経過した。この記録的な高温が品質低下につながったと考えられる（表35）。

なお、各気象観測所の真夏日の年間日数はどの地

表35 出穂期前後と登熟期間の気象状況

場所 (移植日)	品 種	年 次	出穂期前20日 ～出穂期前日		出穂期 (月日)	出穂期～出穂後+19日		出穂後+20～+39日	
			平均気温 (℃)	積算日照 時間		平均気温 (℃)	積算日照 時間	平均気温 (℃)	積算日照 時間
本部 (5.14)	ひとめぼれ	2010年 (平年差比)	25.5 (2.1)	147 (193)	8/ 1 (-5)	26.7 (2.1)	117 (103)	26.2 (4.6)	147 (176)
	コシヒカリ	2010年 (平年差比)	26.9 (2.3)	176 (160)	8/ 8 (-6)	26.5 (3.6)	118 (139)	24.2 (3.1)	120 (122)
会津研 (5.20)	ひとめぼれ	2010年 (平年差比)	25.3 (0.2)	140 (99)	8/ 1 (-4)	26.8 (1.9)	130 (85)	26.0 (3.1)	165 (122)
	コシヒカリ	2010年 (平年差比)	26.7 (1.2)	162 (109)	8/ 7 (-3)	26.6 (1.9)	152 (103)	24.8 (2.6)	138 (117)
浜研 (5.10)	ひとめぼれ	2010年 (平年差比)	25.3 (2.2)	119 (143)	7/31 (-6)	27.4 (3.2)	120 (131)	26.2 (4.1)	137 (144)
	コシヒカリ	2010年 (平年差比)	27.6 (3.5)	160 (146)	8/ 8 (-6)	26.7 (3.5)	116 (132)	24.1 (2.1)	112 (126)

福島県農業総合センター（本部、会津、浜地域研究所）における作柄解析試験。

本部は移植日：5月14日、栽植密度：20.8株/㎡。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 4.0)、追肥 (幼穂形成期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月1日、コシヒカリ 8月8日。

成熟期：ひとめぼれ 9月5日、コシヒカリ 9月15日。

会津地域研究所は移植日：5月20日、栽植密度：20.8株/㎡。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 3.0)。

追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月1日、コシヒカリ 8月7日。

成熟期：ひとめぼれ 9月9日、コシヒカリ 9月15日。

浜地域研究所は移植日：5月10日、栽植密度：23.8株/㎡。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 3.0)。

追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 7月31日、コシヒカリ 8月8日。

成熟期：ひとめぼれ 9月7日、コシヒカリ 9月18日。

堆肥は本部は牛糞堆肥、会津と浜地域研究所は稲わら堆肥 1000 kg/10a。

生育ステージの平年値は本部は過去4年間、会津と浜地域研究所は5年間の平均。

本部と浜地域研究所の気象データはアメダスデータ（郡山、相馬）地点。

会津地域研究所の気象データは会津地域研究所にて観測。

気象データの平年値は本部は過去4年間、会津と浜地域研究所は5年間の平均。

本部の2010年の日照時間でデータの欠測値は、二本松の値から回帰式で推定した。

会津地域研究所は観測機器はバイメタル方式、2010年は太陽電池式のため参考値。

域でも最多となり、猛暑日の日数は県北の福島では観測史上最も多かった。他の地区では1994年が1位（小名浜は2位）であった。

1994年の品種別1等米比率はササニシキと初星は低く、ひとめぼれは比較的良く、出穂の遅かったコシヒカリでも70%台と品質の低下が少なかった。

しかし、2010年は8月下旬まで気温が高く推移したため、ひとめぼれは出穂期～19日後の気温が1994年より低いのにに対し、コシヒカリは逆に、出穂後の気温が高く今年の品質の低下をまねいたと考えられる（表36）。

3 品質に影響した要因

1) 生育概況

出穂期は平年より3～6日早く、調査年次において最も出穂が早かったのは2000年と2004年、次いで

2010年だった。

成熟期は会津研（農業総合センター会津地域研究所、会津坂下町）で1週間程度、本部（郡山市）と浜研（農業総合センター浜地域研究所、南相馬市）では約2週間早かった（表37）。特に登熟初期に粗玄米千粒重の増加が平年より5日程度早く、この高温による急激な玄米の肥大が白未熟粒等の品質低下を助長したと考えられる（図36）。

成熟期の稈長は会津研と浜研で平年より長かった（表38）。倒伏は本部と会津研で平年より多く、浜研のコシヒカリは平年より少なかった。

2) 浜通りの品質低下の要因解析

浜通りのコシヒカリの品質低下要因は、浜通り北部（新地町、相馬市、南相馬市鹿島区まで）では乳白・心白粒の混入が主であるのに対し、中部（南相

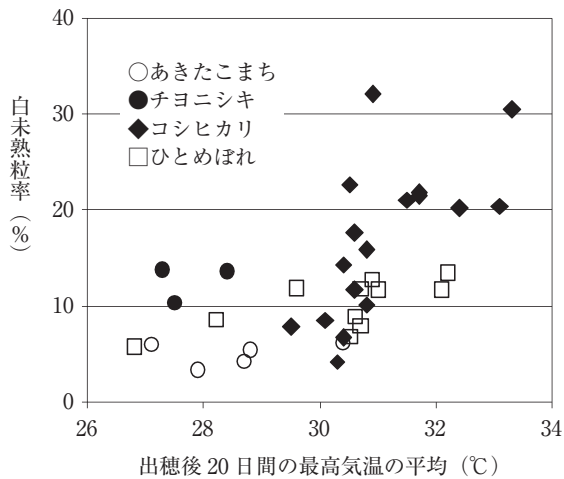


図33 出穂後の20日間の最高気温の平均と白未熟粒率の関係

各農林事務所農業振興普及部・所による作柄解析試験への調査（2010年）。
 耕種概要：県内現地慣行法による。
 ふるい目：1.8mm。
 気象データ：「東北地方 1km メッシュ気温データ表示・検索システム」（農研機構 東北農業センター）を使用した。
 白未熟粒率は Kett 社穀粒判別器 RN-300 で測定。

馬市原町区と双葉郡）では腹白・背白粒による落等が多かった（図37）。

この現象をアメダス観測や県の水・大気環境課が町村別に設置した観測器のデータを用いて検討した。2010年8月15日～17日、24日及び9月3日は最高気温が高く、乾燥した西風が吹いている。特に、8月24日は、阿武隈山間は最高気温が高く、湿度の低い西風が浜通り中部を中心とした地方に吹き込んだ（図38）。

この時期はコシヒカリの出穂後16日頃に当たり、腹白・背白粒の発生しやすい時期であったと考えられた。

3) 会津地域の品質低下の要因解析

2010年は9月上旬に台風（7、9号）から変わった熱帯低気圧の風と雨の影響で、県内で倒伏が発生した。

会津地域では9月初旬から倒伏が始まり倒伏程度の高い3～4の面積割合が前年より多くなった（表39）。

会津研では2010年は稈長が伸びて倒伏した（図39）。節間長も会津研のコシヒカリは第3～5節が平年を上回った（表38）。

9月上旬に倒伏した本部の同一ほ場で倒伏株と健全株を調査したところ、倒伏株は収穫が遅くなると

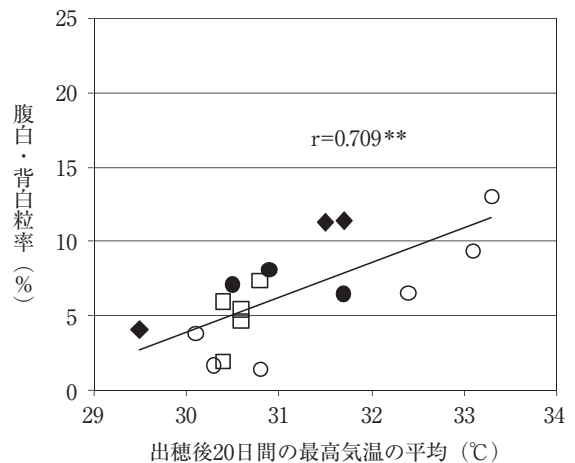
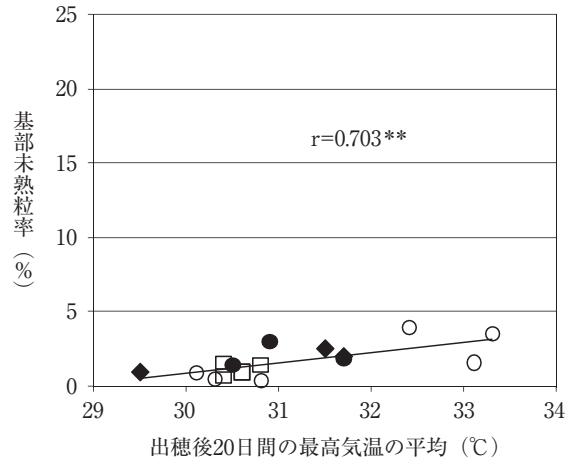
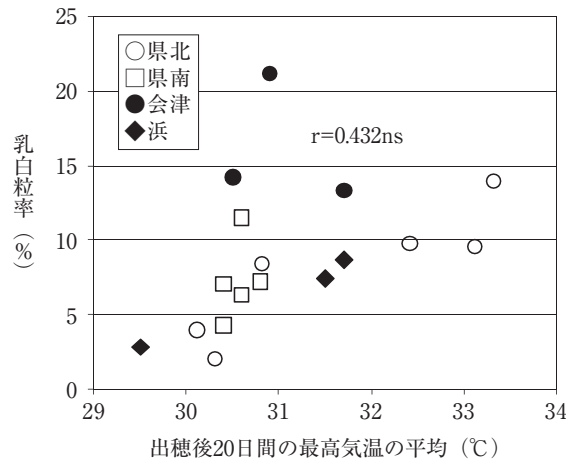


図34 出穂後の20日間の最高気温の平均と乳白粒、基部未熟粒、腹白・背白粒の関係

**は1%水準で有意差あり。
 品種：コシヒカリ。
 耕種概要と気象データ等は図33と同じ。

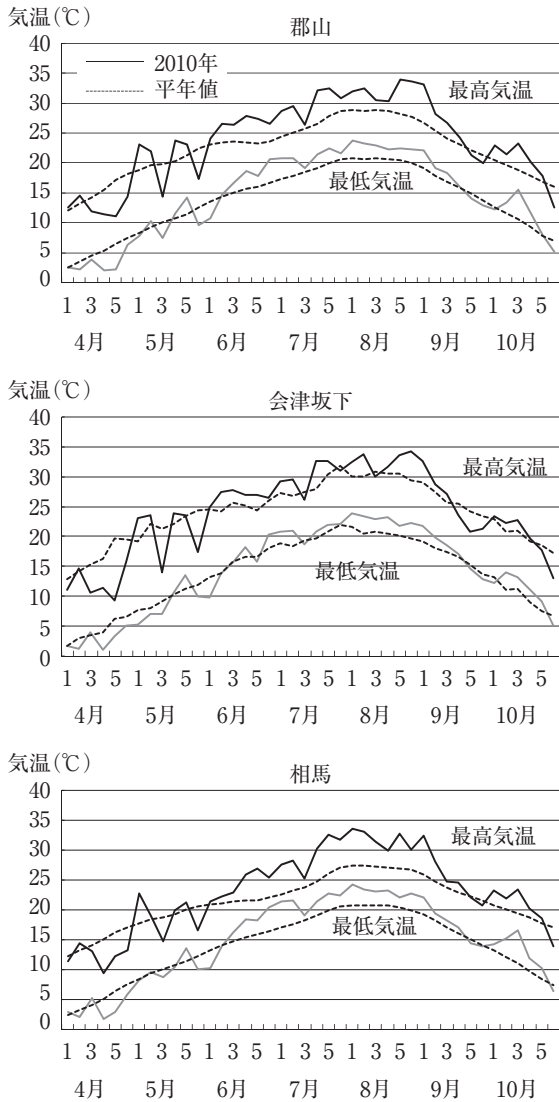


図35 2010年水稻栽培期間の気象

気象はアメダスデータ(郡山、相馬)と会津地域研究所による観測値(会津坂下)。平年値：郡山、相馬は1979年～2000年、会津坂下は1991～2000年。

乳白粒と腹白・背白粒及び胴割粒が増加し整粒歩合が低下した(図40)。

会津地域では、倒伏と収穫時期の降雨による刈り遅れにより品質が低下した。

また、倒伏を懸念して追肥を控えたり、8月の猛暑で稲体が消耗していたこともさらに品質を低下させた要因と考えられる。

4 効果が確認された対策技術

1) 今年の試験結果から確認された技術対策
15.2株/m²程度の疎植栽培で、背白粒の発生が少なかった(図41)。また、追肥を実施し栄養条件を向上させることで背白粒の発生を軽減することがで

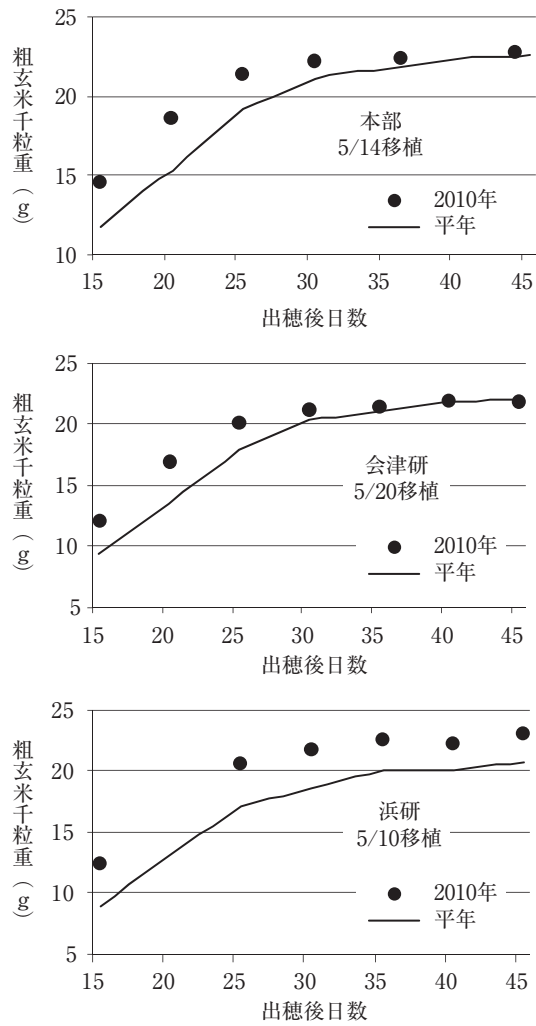


図36 粗玄米千粒重の推移

福島県農業総合センター(本部、会津、浜地域研究所)における作柄解析試験。

品種：コシヒカリ。
本部は移植日：5月14日、栽植密度：20.8株/m²。
窒素施肥条件(Nkg/10a)：基肥40、追肥(幼穂形成期)20。
出穂期：8月8日、成熟期：9月15日。
会津地域研究所は移植日：5月20日、栽植密度：20.8株/m²。
窒素施肥条件(Nkg/10a)：基肥30、追肥(減数分裂期)20。
出穂期：8月7日、成熟期：9月15日。
浜地域研究所は移植日：5月10日、栽植密度：23.8株/m²。
窒素施肥条件(Nkg/10a)：基肥30、追肥(減数分裂期)20。
出穂期コシヒカリ8月8日、成熟期：9月18日。
堆肥は本部は牛糞堆肥、会津と浜地域研究所は稲わら堆肥1000kg/10a。
平年値は本部は過去4年間、会津と浜地域研究所は5年間の平均。

きた。

2010年は出穂が早く、成熟期は平年より1、2週間早かった。コシヒカリでは、成熟期の整粒歩合が高かったが、出穂後50日以降は乳白・心白粒が増加して整粒歩合が減少した(図42)。夏季異常高温年でも適期に収穫することで品質の低下を防ぐことが

表36 2010年と1994年の出穂期前後及び登熟期間の気象状況

品 種	年 次	出穂期前20日 ～出穂期前日		出穂期 (月日)	出穂期～出穂後+19日		出穂後+20～+39日	
		平均気温 (℃)	積算日照 時間		平均気温 (℃)	積算日照 時間	平均気温 (℃)	積算日照 時間
ひとめぼれ	2010年	25.5	147	8/ 1	26.7	117	26.2	147
	1994年	26.8	101	8/ 3	27.1	151	24.8	135
コシヒカリ	2010年	26.9	176	8/ 8	26.5	118	24.2	120
	1994年	27.8	125	8/12	25.6	138	22.9	104

福島県農業総合センター（本部）における作柄解析試験。
 移植日：5月14日、栽植密度：20.8株/m²。
 窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥6.0（コシヒカリは4.0）、追肥（幼穂形成期）2.0。
 気象データはアメダスデータ（郡山）。
 2010年の日照時間でデータの欠測値は、二本松の値から回帰式で推定した。

表37 出穂期と成熟期

場 所 (移植日)	品 種	出穂期			成熟期			登熟日数		
		2010年 (月日)	平 年 (月日)	平年差 (日)	2010年 (月日)	平 年 (月日)	平年差 (日)	2010年 (日)	平 年 (日)	平年差 (日)
本部 (5.14)	ひとめぼれ	8/ 1	8/ 6	-5	9/ 5	9/17	-12	35	42	-7
	コシヒカリ	8/ 8	8/14	-6	9/15	9/30	-15	38	47	-9
会津研 (5.20)	ひとめぼれ	8/ 1	8/ 5	-4	9/ 9	9/15	-6	39	41	-2
	コシヒカリ	8/ 7	8/10	-3	9/15	9/24	-9	39	45	-6
浜研 (5.10)	ひとめぼれ	7/31	8/ 6	-6	9/ 7	9/18	-11	38	43	-5
	コシヒカリ	8/ 8	8/14	-6	9/18	10/ 3	-15	41	50	-9

耕種概要等は表35と同様。

表38 稈長と倒伏

場 所 (移植日)	品 種	稈長 (cm)			節間長の平年比 (%)					倒伏 (0～400)		
		2010年	平 年	平年比 (%)	1 節	2 節	3 節	4 節	5 節	2010年	平 年	平年差
本部 (5.14)	ひとめぼれ	80.1	79.9	100	102	88	99	92	173	135	0	135
	コシヒカリ	89.0	87.7	101	108	88	93	96	106	180	100	80
会津研 (5.20)	ひとめぼれ	89.4	86.9	103	105	104	104	96	105	275	136	139
	コシヒカリ	97.4	93.6	104	105	96	107	106	116	318	186	132
浜研 (5.10)	ひとめぼれ	92.2	88.7	104	101	89	104	109	195	230	220	10
	コシヒカリ	97.9	96.9	104	103	87	93	106	124	160	190	-30

耕種概要等は表35と同様。

倒伏=倒伏程度(0～4)×倒伏面積割合(%)。

できた。

乳白・心白粒は粒厚の薄い米に多く含まれることが多く、これらの粒が多く発生した場合はふるい目を1.9mmにすることで、特に乳白粒と青未熟粒の混入を防ぎ、品質の向上を図ることができる(図43)。

直播栽培の品質は、移植栽培と比較して乳白粒の発生が少なく良かった(表40、図44)。なお、直播栽培の出穂は移植栽培より遅かった(表41)。出穂後の気温は、浜研では移植栽培より低かったが、本部と会津研では移植栽培と差がなかった。m²当たりの籾数は移植栽培より少なく(表42)、収量が減少

したことも直播栽培の乳白・心白粒の発生が少ない要因の一つと考えられた。

過去の高温年次では、移植時期を遅らせて出穂を遅くし高温を回避することができたが、2010年は移植時期を2週間遅らせてもコシヒカリの出穂は3日(平年は5日)しか遅れず、玄米の外観品質には差が認められなかった(表43)。なお、移植時期を遅くすると乳白粒がやや減少しているが、腹白・背白粒の発生が多く整粒歩合に差は無かった(図45)。

2) 現地の技術対策と優良事例

県内の普及指導機関を通じ異常高温対策として実

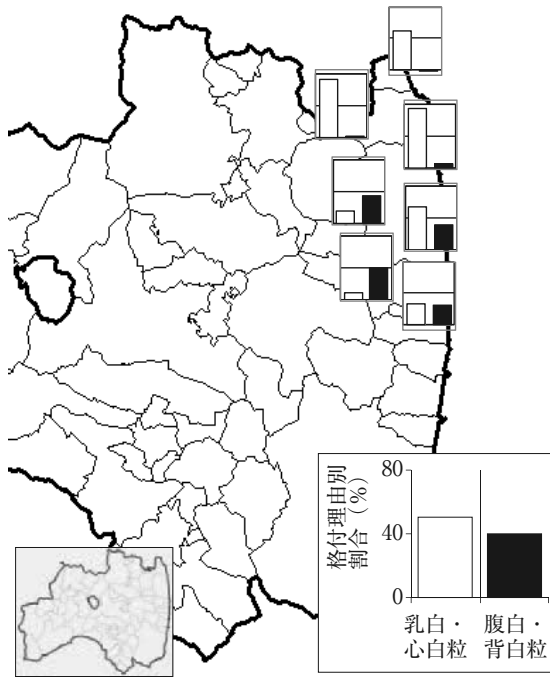


図37 浜通りにおけるコシヒカリの2等以下の格付け理由

各地区のJA 取りまとめ (2010年11月20日現在)。品質は各農産物検査機関による。

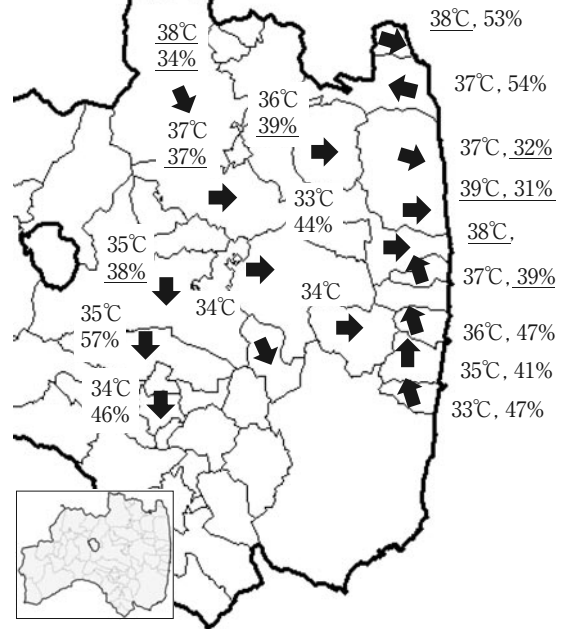


図38 2010年8月24日の最高気温と最低湿度及び13時の風向

アメダスデータ及び県水大気環境課による参考値。—は最高気温は38°C以上、最低湿度は34%以下。

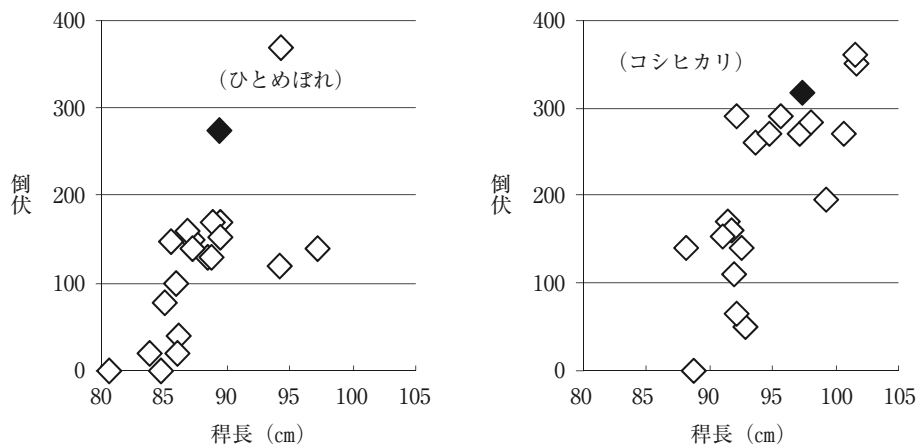


図39 稈長と倒伏

会津地域研究所における作柄解析試験 (1991年~2010年、◆は2010年)。

品種：ひとめぼれ、コシヒカリ。

倒伏 = 倒伏程度 (0~4) × 面積割合 (%)。

移植日：5月20日、栽植密度：20.8株/m²。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 3.0)、追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

表39 地域、倒伏程度別面積割合

調査年	倒伏程度(1~2)(%)				倒伏程度(3~4)(%)			
	県全体	中通り	会津地域	浜通り	県全体	中通り	会津地域	浜通り
2010年	37	47	27	32	32	20	64	13
2009年	23	22	45	60	6	4	9	5

各農林事務所農業振興普及部・所における調査。
倒伏程度は0~4の5段階評価。
面積割合は管内の水田面積を倒伏程度別に分けた割合。

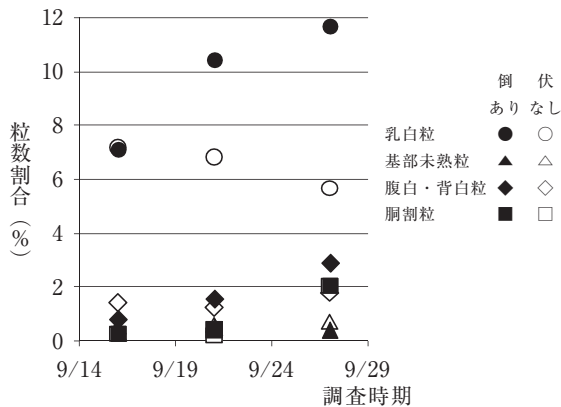


図40 倒伏後の収穫時期別玄米品種

福島県農業総合センター（本部）における栽培試験（2010年）。
品種：コシヒカリ。
移植日：5月13日、出穂期：8月9日、成熟期：9月16日。
窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥 5.0、追肥 2.0。
倒伏（あり）は9月上旬の強風で発生し、倒伏は350。
倒伏 = 倒伏程度（0~4）× 面積割合（%）。
ふるい目：1.9mm。
粒数割合は Kett 社穀粒判別機 RN-300 で測定。

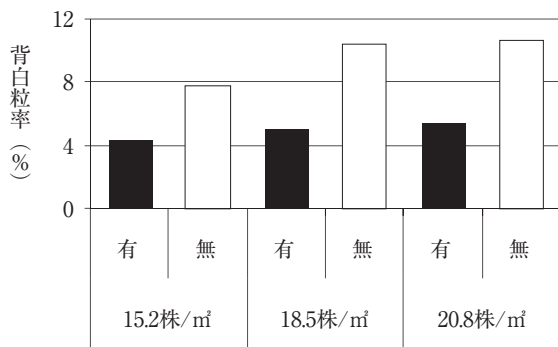


図41 栽植密度、追肥の有無と背白粒率

会津地域研究所における栽培試験（2010年）。
品種：ひとめぼれ。
移植日：5月6日。
出穂期：15.2 株 / m²は 8月1日、18.5 株 / m²は 7月31日~8月1日、20.8 株 / m²は 7月31日~8月1日。
窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥 6.0、追肥（追肥区のみ）2.0。
背白粒率は会津地域研究所職員の内観による調査。

施され、品質低下の抑制に効果的であったと判断された内容は以下の通りである。しかし、技術対策を実施する上で問題点も指摘された。

(1) 水管理

高温時水管理（掛け流し、日中深水湛水・夜間落水）は白未熟粒の発生を完全に防止するには至らなかった。この要因として、掛け流しにおける水利問題、用水の水温・水量等の問題が指摘されている。

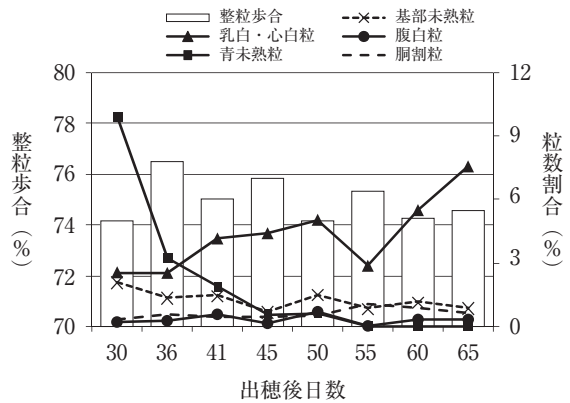


図42 出穂後日数と玄米品質

浜地域研究所における作柄解析試験（2010年）。
品種：コシヒカリ。
移植日：5月10日、栽植密度：23.8 株 / m²。
窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥 3.0、追肥（減数分裂期）2.0。
堆肥は稲わら堆肥 1000kg/10a。
ふるい目：1.85mm。
品質は静岡精機社穀粒判定器 ES-1000 で測定。

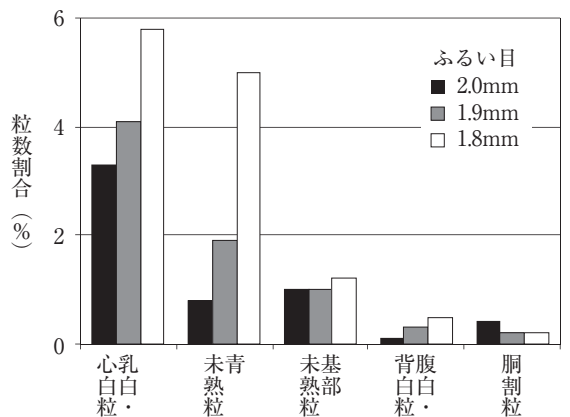


図43 粒厚別玄米品質
耕種概要は図42と同様。

表40 移植栽培と直播栽培の玄米品質

品種	移植・直播	玄米の品質 (ふるい目)					
		本部 (1.9mm)		会津研 (1.7mm)		浜研 (1.8mm)	
		2010年	平成	2010年	平成	2010年	平成
ひとめぼれ	移植	4.5	4.3	5.5	3.6	9.0	4.8
	直播	3.0	2.5	3.3	2.4	5.0	3.8
コシヒカリ	移植	4.0	2.5	3.3	3.3	-	-
	直播	4.5	2.0	3.0	2.6	-	-

福島県農業総合センター (本部、会津、浜地域研究所) における作柄解析試験。

耕種概要は、移植は表35と同様。

直播は、

本部はカルパー 1.5 倍重による湛水直播。

播種日：5月7日、播種量：乾籾 4.0kg/10a、畦間：30cm。窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 4.0、追肥 (減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月6日、コシヒカリ 8月11日。

成熟期：ひとめぼれ 9月14日、コシヒカリ 9月20日。

会津地域研究所はカルパー 2 倍重による湛水直播。

播種日：5月10日、播種量：乾籾 4.0kg/10a。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 4.8 (コシヒカリは 2.4)。

追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月8日、コシヒカリ 8月14日。

成熟期：ひとめぼれ 9月16日、コシヒカリ 9月21日。

浜地域研究所は傾斜ベルト式小型播種機による乾田直播。

播種日：5月3日、播種量：乾籾 8.0kg/10a。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 (LP70) 8.0、追肥 (幼穂形成期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月9日、成熟期：ひとめぼれ 9月21日。

堆肥は本部は牛糞堆肥、会津と浜地域研究所は稲わら堆肥 1000 kg/10a。

平年値は本部は過去 4 年間、会津と浜地域研究所は 5 年間の平均。

品質は各農産物検査機関による 10 段階評価、1 (1 等上) ~ 9 (3 等下)、10 (規格外)。

表41 移植栽培と直播栽培の出穂期と出穂後20日間の平均気温

品種	移植・直播	出穂期			出穂後20日間の平均気温(℃)		
		本部	会津研	浜研	本部	会津研	浜研
ひとめぼれ	移植	8/1	8/1	7/31	26.7	26.8	27.4
	直播	8/6	8/8	8/9	26.6	26.5	26.6
コシヒカリ	移植	8/8	8/7	-	26.5	26.6	-
	直播	8/11	8/14	-	26.4	26.7	-

福島県農業総合センター (本部、会津、浜地域研究所) における作柄解析試験 (2010年)。

移植は、

本部は移植日：5月14日、栽植密度：20.8 株/m²。

会津地域研究所は移植日：5月20日、栽植密度：20.8 株/m²。

浜地域研究所は移植日：5月10日、栽植密度：23.8 株/m²。

直播は、

本部はカルパー 1.5 倍重による湛水直播。

播種日：5月7日、播種量：乾籾 4.0kg/10a 畦間：30cm。

会津地域研究所はカルパー 2 倍重による湛水直播。

播種日：5月10日、播種量：乾籾 4.0kg/10a。

浜地域研究所は傾斜ベルト式小型播種機による乾田直播。

播種日：5月3日、播種量：乾籾 8.0kg/10a。

本部と浜地域研究所の気象データはアメダスデータ (郡山、相馬) 地点。

会津地域研究所の気象データは会津地域研究所にて観測。

表42 移植栽培と直播栽培のm²当たり籾数 (百粒/m²)

品種	本部		会津研		浜研	
	移植	直播	移植	直播	移植	直播
ひとめぼれ	305	275	354	286	339	270
コシヒカリ	301	272	345	287	296	-

耕種概要は表41と同様。

表43 移植時期と玄米品質

品種	移植日	出穂期	玄米の品質
ひとめぼれ	4月30日	7月27日	5.5
	5月14日	8月1日	5.5
コシヒカリ	4月30日	8月5日	4.0
	5月14日	8月8日	4.0

福島県農業総合センター (本部) における作柄解析試験 (2010年)。

移植日：4月30日、5月14日、栽植密度：20.8 株/m²。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 4.0)、追肥 (幼穂形成期) 2.0。

出穂期：4月30日移植は、ひとめぼれ 7月27日、コシヒカリ 8月5日。

5月14日移植は、ひとめぼれ 8月1日、コシヒカリ 8月8日。

成熟期：4月30日移植は、ひとめぼれ 9月2日、コシヒカリ 9月13日。

5月14日移植は、ひとめぼれ 9月5日、コシヒカリ 9月15日。

ふるい目：1.9mm。

品質は各農産物検査機関による 10 段階評価、1 (1 等上) ~ 9 (3 等下)、10 (規格外)。

(2) 適切な施肥

品種や地力に応じて適切に基肥を施用することが重要であり、登熟期の栄養凋落による品質の低下を防止するための生育診断に基づく穂肥 (窒素) の指導は、品質低下を防ぐ対策として一定の成果を上げた。しかし、本年は草丈が長めに推移し、倒伏を助長する懸念もあったことから穂肥の施用には慎重な対応をする農家が多かった。

(3) 早期落水防止

今年は、収穫時期に降雨が連続したため、落水しても結果的に湿潤状態が続き、排水不良田では収穫作業が遅れる場面が見られたが、早期落水の防止は品質低下を防止する重要な技術として励行された。

(4) 適期刈穫

適期刈取に関する技術としては、出穂後積算気温及び籾の黄化状況等から刈取適期を診断する技術は一般化しており品質改善に一定の効果を上げた。しかし、2010年は成熟期が異常に早まったことに加え、収穫時期の降雨や倒伏に阻まれ、一部で刈取

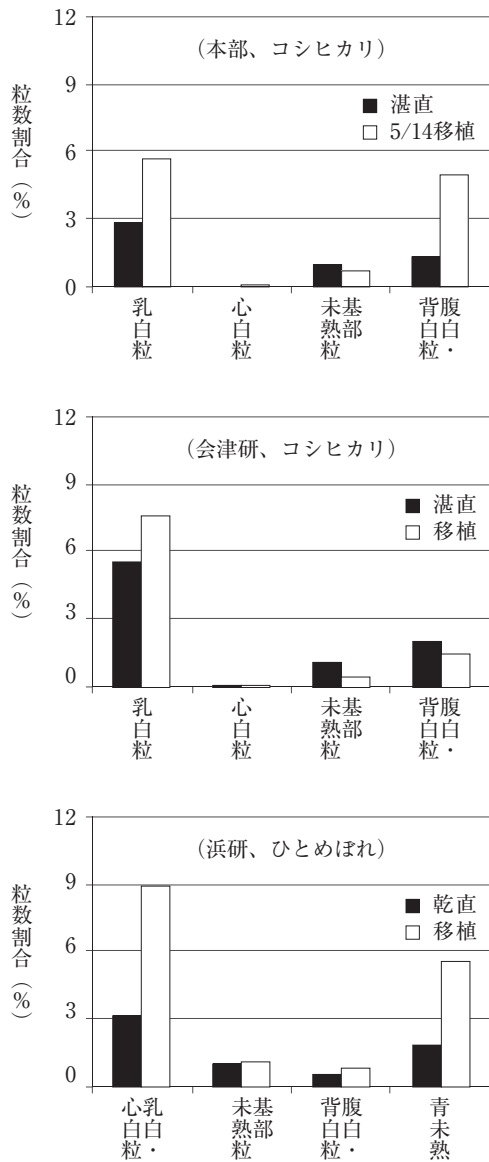


図44 移植栽培と直播栽培の玄米品質比較

耕種概要は表40と同様。
 ふるい目：本部と会津地域研究所は1.9mm、会津地域研究所は1.8mm。
 品質は本部と会津地域研究所は Kett 社穀粒判別器 RN-300、
 浜地域研究所は静岡精機社穀粒判定器 ES-1000 で測定。

作業に遅れが見られた。

(5) 事例

また、農業振興普及部と普及所から報告された現地の1等米を確保した事例では、土作り、健苗の適期移植、高温時の水管理、適切な施肥体系（基肥＋穂肥）、適期刈取等の基本的な技術の徹底が結果的に高温障害を軽減させ、品質・収量の確保に結びついた。

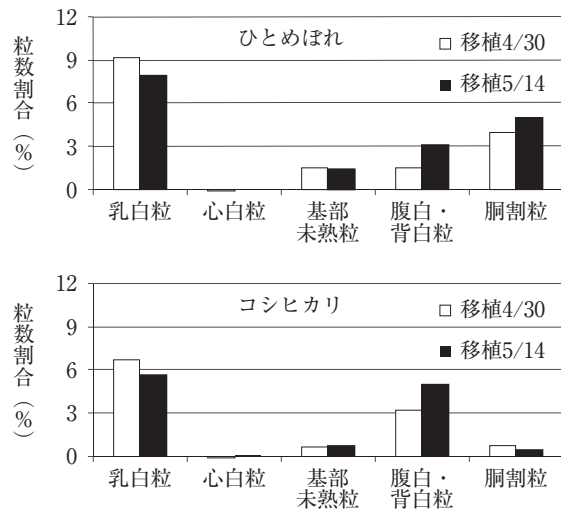


図45 移植時期と各種白未熟粒等の粒数割合
 耕種概要は表43と同様。

引用文献

- 菅野洋光. 1997. ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象 53: 11-19. (藤田智博)

VII 東北地域における2010年夏季の気象経過とその特徴

1 地球温暖化と2010年夏の気温の特徴

東北地域における2010年夏季（6月～8月）の気温は記録的な高温となったが、2010年は世界の年平均気温でもその平年差は+0.34℃で、1998年の+0.37℃に次ぐ高い値となった。図46に世界（全球）の年平均気温平年差の変化を示す。世界の年平均気温は周期的な寒暖を繰り返しながら、長期的には100年あたり約0.68℃の割合で上昇している（気象庁 2011）。特に1990年代半ば以降、高温となる年が多くなっている。図47に日本の年平均気温平年差の経過を示す。全球と同様に気温は上昇傾向にあり、100年あたり約1.15℃と全球よりもその程度が大きい（気象庁 2011）。特に1980年代後半以降の気温上昇は大きく、1990年代以降高温となる年が頻出している。

図48に東北地域の夏季の平均気温平年差の経年変化を示す。北日本においても年平均気温平年差は上昇傾向にあるが、夏季の経年変化には、明瞭な上昇

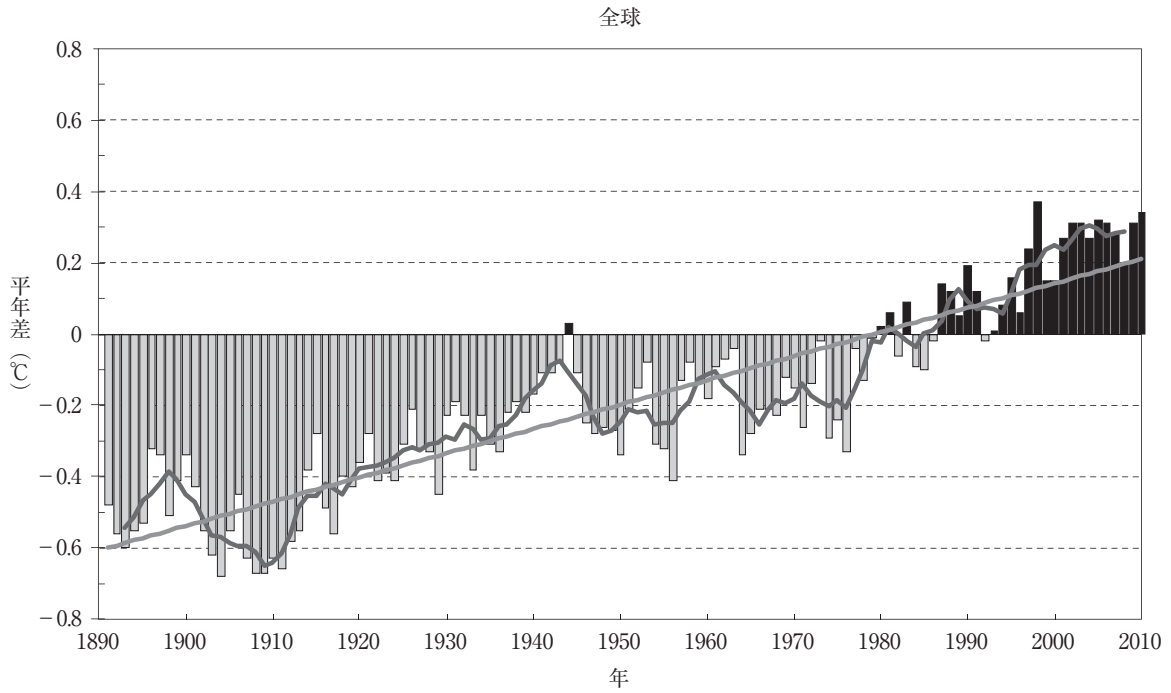


図46 世界の年平均気温（全球）の平年差の経年変化

棒グラフは年々の値、実線は5年移動平均値、直線はトレンドを表す1次回帰直線。
 平年値の期間は1971～2000年。データは気象庁HPより。

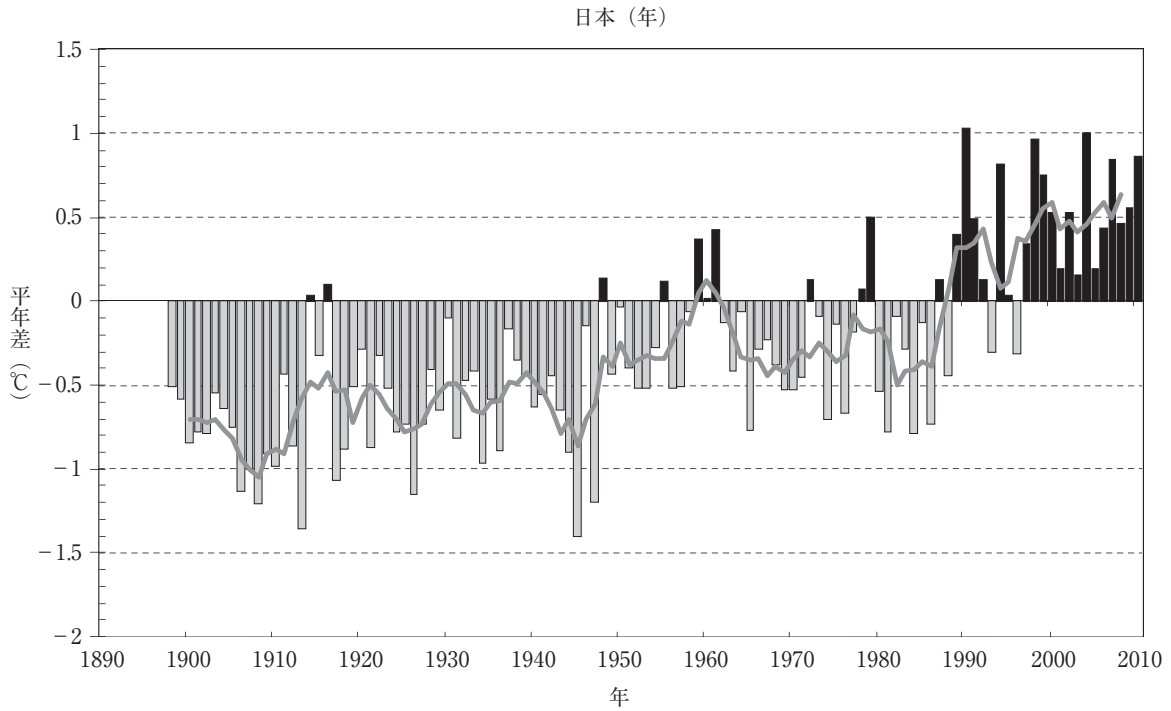


図47 日本の年平均気温の平年差の経年変化

棒グラフは年々の値、実線は5年移動平均値。
 平年値の期間は1971～2000年。データは気象庁HPより。

傾向はみられない。1950年代半ばから1970年代半ばまでは気温変動が少なく気象が安定しているが、1976年以降に注目すると冷夏だけでなく、猛暑も頻発している。2010年夏季も気温が平年を大幅に上回る状況が続き、平年差は+2.3℃と1950年以来第1位の高温となった。この高温の程度は、2031～2050年の温暖化気候シナリオMIROC、RCM20（20年間平均）と比較してもほぼ同じか上回っていた（図49）。また、菅野（1997）の手法によりアメダスデータに基づき日別の1km気候値メッシュを作成し、出穂期から登熟初期にあたる8月の平均値を算出したところ、平年（1979～2008年の30年平均）よりも高い地域が多く（図50）、一等米比率の低下につながった。

2 東北地域の2010年の天候

春は、本州付近を低気圧や前線が頻繁に通過し、曇りや雨または雪の日が多かった。4月中旬から下旬、5月中旬や下旬、6月上旬に寒気の影響で気温が平年を大幅に下回った時期があるなど、気温の変動が大きかった。

梅雨入りは、東北南部は6月14日ごろ、東北北部は6月16日ごろで、いずれも平年より遅かった。梅雨入り後は、日本付近に暖かい空気が入った影響や南からの暖かい空気の流れ込み、高温となることが多かった。また、6月16日～7月16日までの期間は梅雨前線や暖かく湿った風の影響により曇りや雨の日が多くなった。梅雨明けは、東北南部、東北北部

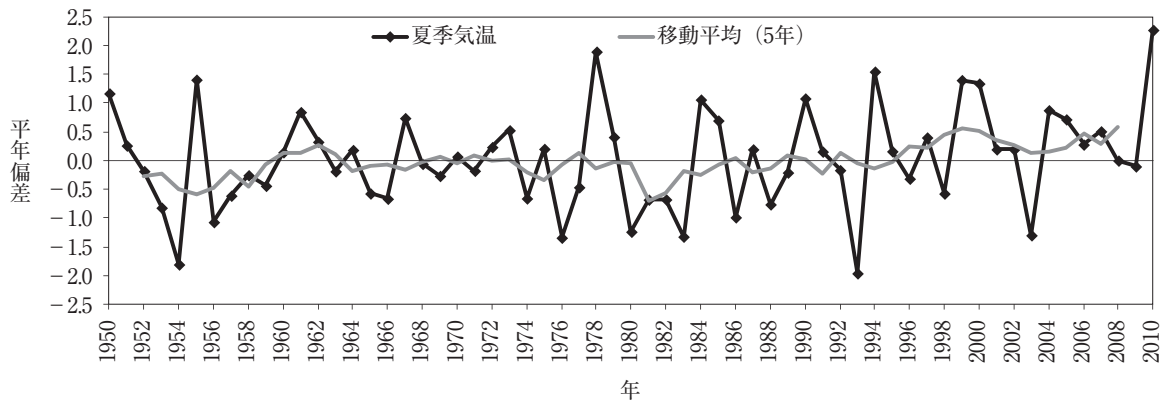


図48 北日本における夏季（6～8月）平均気温の経年変化

黒線は年々の値、灰線は5年移動平均値。
北日本の39気象官署のデータを平均した。

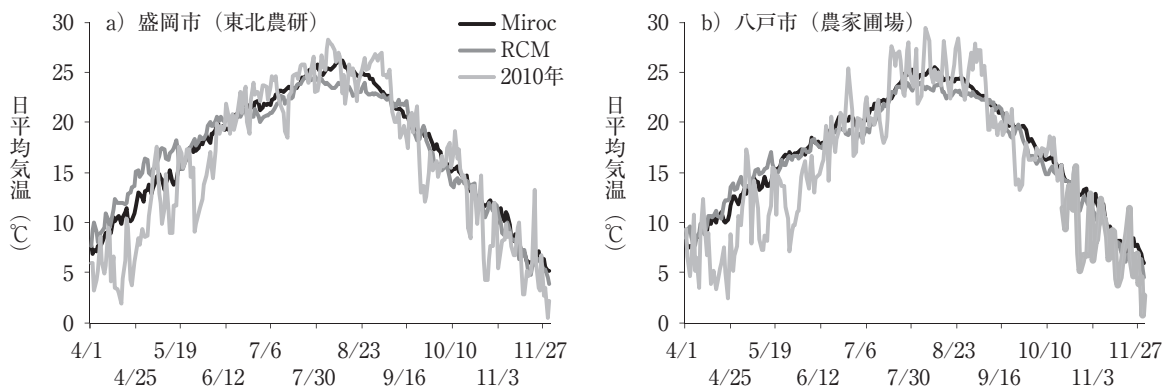


図49 2010年と気候シナリオ（2031年～2050年の平均）の日平均気温の推移

MIROC（東大・海洋研究開発機構・国立環境研 2004）。
RCM（気象庁・気象研究所 2004）。

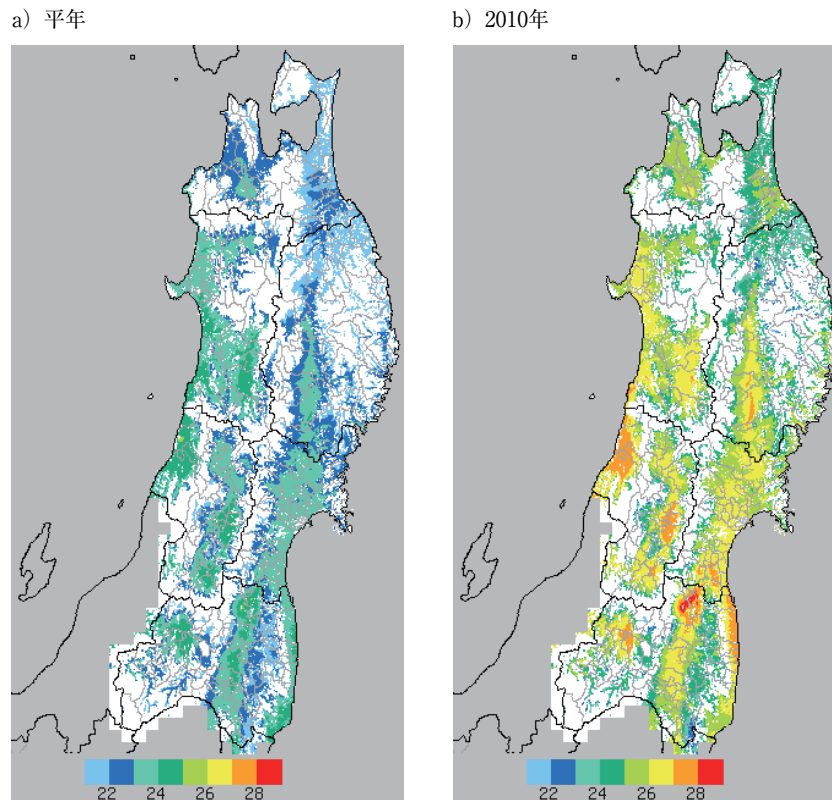


図50 東北地域における平年と2010年の8月の平均気温分布

菅野 (1997) の手法により、アメダスデータから

a) 平年 (1979～2008年)、b) 2010年の日別の1km気候値メッシュを作成し、平均した。

ともに7月18日ごろで、いずれも平年より早かった。梅雨明け後は、日本付近で太平洋高気圧の勢力が強まり、晴れの日が多かったものの、日本海側を中心に前線や南からの湿った気流の影響を受け曇りや雨の日が続く時期があった。

夏を通して、オホーツク海高気圧の影響がほとんどなく、日本付近には南から暖かく湿った空気が流れ込んだ。8月12日には秋田に台風4号が上陸するなど、8月9日～17日までの期間は低気圧や前線、台風の影響で曇りや雨の日が多かったが、東北南部の8月の降水量は少なかった。9月上旬も太平洋高気圧におおわれて晴れて暑い日が多かった。

各地の夏の気象経過について以下に述べる。図51に八戸、秋田、盛岡、仙台、酒田の2010年6月から8月までの日平均気温と平年偏差および日照時間の経過を示す。5地点とも気温の平年偏差が正の時期が長く、全域で高温となった。とくに太平洋側沿岸の八戸、盛岡、仙台でより高い傾向にあり、この3地点では日最高気温の平年偏差も高かった。とくに梅雨

明けの7月18日から8月31日までの期間は、太平洋高気圧に覆われて晴れたことや、南から暖かい空気が流れ込んだ影響で、日平均気温の偏差が $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の日がそれぞれ56%、53%、60%となった。

日本海側の秋田では7月19日～8月4日は日照時間が少なく、とくに7月23日～25日および7月29日～8月3日は日照時間が少ないか全くない状態であった。8月9日～17日までの期間は5地点とも日照時間が少なく、東北北部の八戸、秋田、盛岡で降水量が多かった。

引用文献

- 1) 気象庁. 2011. 気温・降水量の長期変化傾向.
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/index.html> 2011/3/14 閲覧.
- 2) 菅野洋光. 1997. ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象 53: 11-19.

(神田英司)

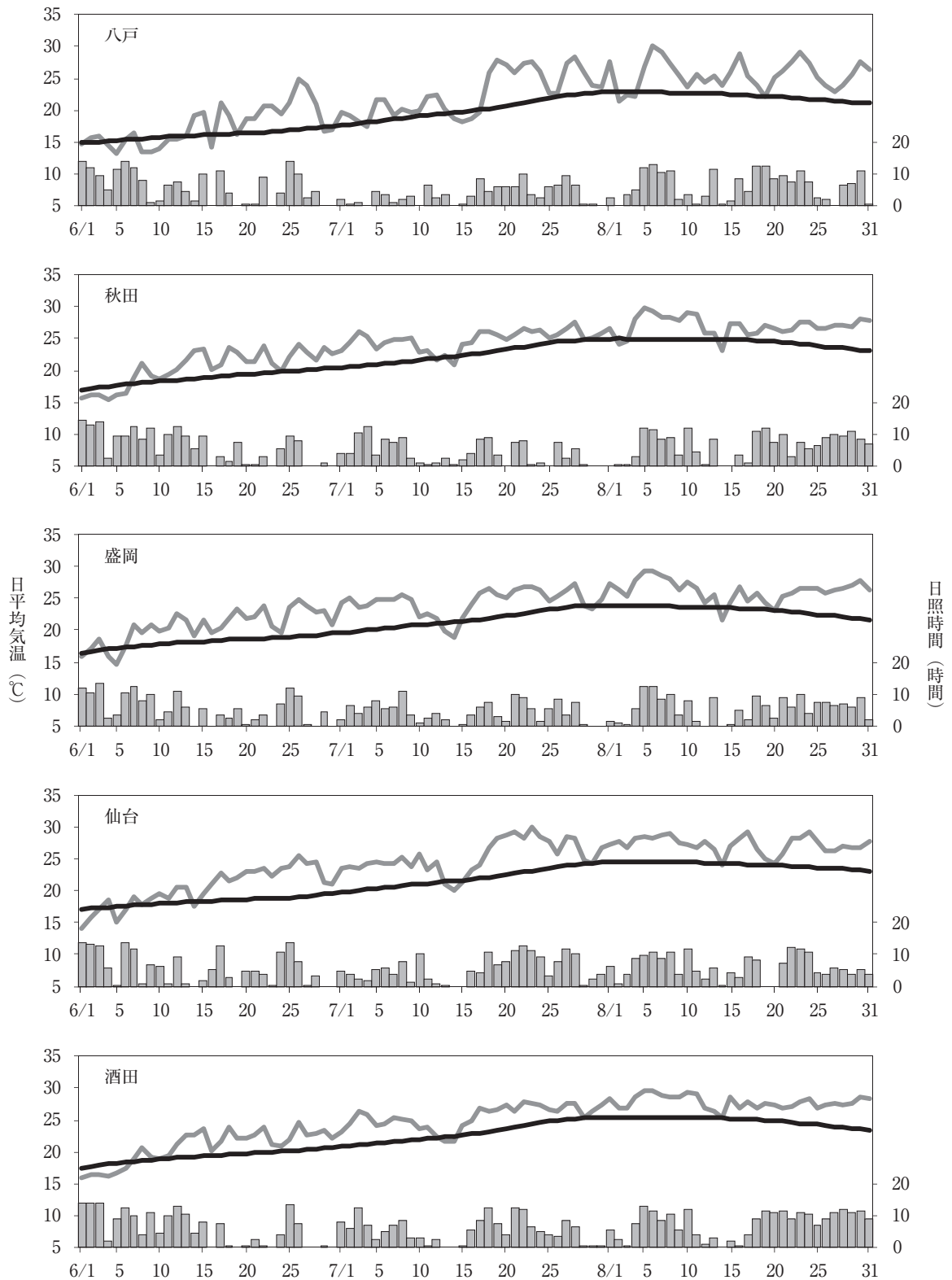


図51 八戸、秋田、盛岡、仙台、酒田の2010年6月から8月の日平均気温（灰線）と平年値（黒線）および日積算日照時間（棒グラフ）の経過
アメダスより。

VIII 東北地域における2010年産米の品質低下要因

1 緒言

2010年は全国的に1等米比率が平均62%（2011年1月末日時点）と記録的に低かった。東北地域も例外ではなく、冷害年であった2003年を除くと過去10年間では最も1等米比率が低い年であった。2010年の夏季は記録的な猛暑であったことから、1等米比率の低下の主要因は登熟期の高温障害によると推察される。その一方、高温障害を助長する要因の存在も報告されていることから、今後東北地域における1等米比率の高位安定化を図るためにも詳細な検討が必要である。そこで、まず東北各県における1等米比率と登熟気温との関係を検討し、さらに登熟気温だけで説明できない1等米比率の低下要因について考察した。

2 東北地域における2010年産米の1等米比率と登熟気温

2010年の県別の1等米比率は、岩手県が89%であった以外、70~75%であり、近年では玄米の外観品質が低い年であった（図52）。2等以下の主な格付け理由は県によって異なり、青森県や秋田県、山形県では玄米の充実度の不足が大きな要因であった（図53）。また、宮城県、山形県、福島県では、白未熟粒が多いことで1等米比率が低下した。いずれの県もカメムシによる着色粒が2等以下格付け理由の14%以上を占め、特に青森県では35%、岩手県では72%と高かった。秋田県では、その他着色粒が2等以下格付け理由の20%を占め（図53）、このほとんどは黒点症状米（くさび米）と考えられている（IV）。また、青森県でもその他着色粒として「くさび米」が多発した（I）。

一般に、出穂後20日間の日平均気温が26~27℃を超えると、生理的な障害によって穎果のデンプン蓄積が不足し、白濁した玄米や充実不足の玄米が増加することで外観品質は低下するとされている（森田2008）。2010年は8月中下旬になっても気温が7月下旬や8月上旬とほとんど変わらなかったことから（図51）、8月の1ヶ月間における平均気温は東北地域のほとんどの品種の出穂後20日間の平均気温とみなして差し支えないと考え、東北地域の8月の気温の分布（図50）と1等米比率との関係を検討した。その結果、岩手県の北上川流域、秋田県の県南地域

や山形県の庄内地域、村山地域、宮城県の南部地域、福島県の中通り地域など東北地域における多くの米の主産地で、8月の平均気温が26℃を超えていた。また、平均気温の高い地域は最低気温や最高気温も高かった（データ省略）。したがって、2010年は東北の多くの地域が玄米外観品質の低下を引き起こしやすい温度域にあったと考えられる。

岩手県の北上川上流地域および北上川下流地域は、水稻の作付面積あるいは収穫量（子実用）が岩手県全県の90%以上を占める（データ省略）。したがって、この地域の1等米比率は岩手県の1等米比率を反映するが、8月の平均気温が26℃以上の領域が大きいにも関わらず、岩手県の1等米比率は89%と隣県の秋田県や宮城県よりも19ポイント高かった。また、青森県は東北の他県と比較して8月の平均気温が26℃を超える領域が小さかったが、1等米比率は71%と高くなかった（図52）。このように、県間で比較すると登熟気温だけでは1等米比率の差異を説明できない点が認められた。そこで、以下、登熟気温以外の1等米比率の低下要因を考察する。

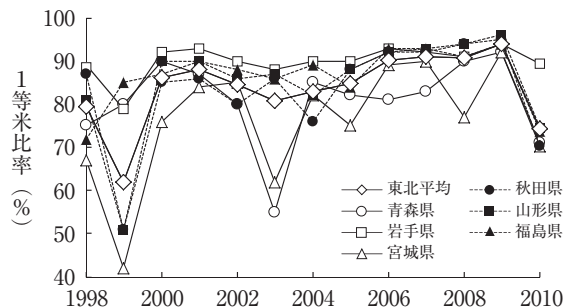


図52 東北6県における1等米比率の推移

東北農政局。
2010年のデータは2011年1月末日現在。

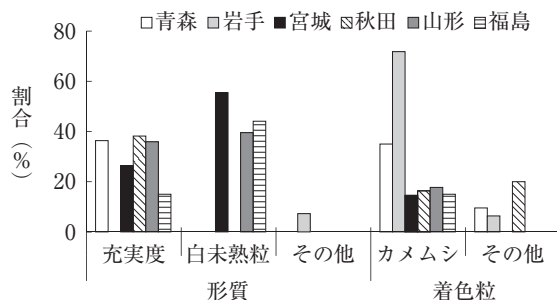


図53 2010年における2等以下格付け理由

東北農政局（2011年1月末日現在）。
県ごとに格付け理由の上位3位を表示。

3 品種の差異が1等米比率に及ぼす影響

登熟期の高温に対する耐性には品種間差異のあることが報告されている(福井ら 2002、石崎 2006、若松ら 2010、高田ら 2010)が、東北地域で行われた高温耐性の品種間差異に関する研究は多くない。そこで、東北6県において多く作付けられている主要品種(図54)を、登熟期間の気温が適温であった2009年と高温であった2010年に東北農研センター

大仙拠点で栽培し、玄米の外観品質を調査した結果を表44に示した。青森県の主要品種「まっしぐら」と「つがるロマン」は出穂後20日間の平均気温が26.5~26.7℃で他品種よりも外観品質が明瞭に低下しやすかった。このことから、2010年8月の気温が他県より低かった青森県で1等米比率が71%であったのは、品種の高温耐性の差が要因の一つである可能性がある。ただし、青森県の黒石や十和田におけ

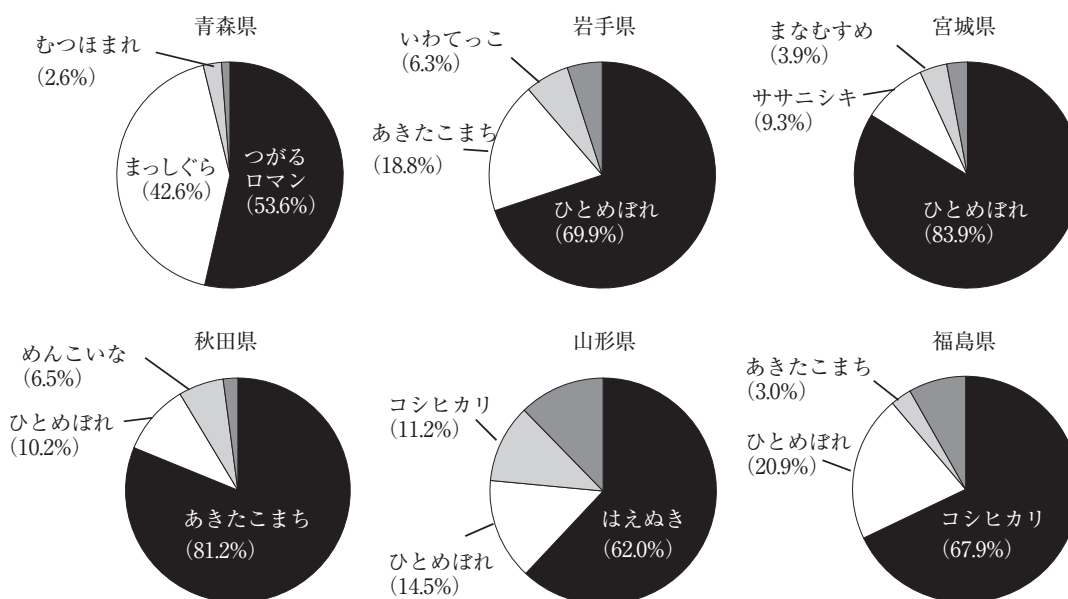


図54 東北6県における主要3品種の県内作付面積シェア
東北農政局(2010年)。
データは2009年の数値。

表44 2009年と2010年における玄米外観品質の品種間差異

品 種	2009年			2010年		
	出穂期	出穂後20日間 平均気温 (℃)	外観品質 総合評価 (1良-9悪)	出穂期	出穂後20日間 平均気温 (℃)	外観品質 総合評価 (1良-9悪)
まっしぐら	7/30	24.2	4.0	7/23	26.6	7.0
つがるロマン	7/30	24.2	4.0	7/26	26.5	7.0
あきたこまち	8/ 1	24.2	5.0	7/28	26.6	5.5
はえぬき	8/ 5	23.5	4.0	8/ 1	26.6	5.5
ササニシキ	8/ 5	23.5	5.0	8/ 1	26.6	6.5
ひとめぼれ	8/ 7	23.3	4.0	8/ 4	26.7	4.0
コシヒカリ	8/14	21.9	5.0	8/11	26.0	4.5

東北農業研究センターにおける生産力検定試験(秋田県大仙市)。
外観品質は、東北農業研究センターにより、玄米の腹白、心白、乳白、背白、光沢、色沢から評価。
ふるい目：1.8mm。
移植日は5月18日~19日。栽植密度は条間30cm・株間15cm、1株3本植え。
施肥は、基肥として速効性肥料を窒素リン酸カリそれぞれ成分で7kg/10a、苦土ケイカル150kg/10a、発酵鶏糞(N3%)60kg/10aを施用した。また、追肥として窒素とカリをそれぞれ成分で2kg/10aおよび2.3kg/10a施用した。

る出穂後20日間の平均気温は25℃台であった(表5)ことから、25~26℃において東北地域で育成された品種が高温障害を受けるか否かについては今後の検討課題である。宮城県と岩手県では「ひとめぼれ」の作付面積が最も広い(図54)が、宮城県では「ササニシキ」のシェアが9%程度あり、「ササニシキ」は高温条件で外観品質が低下しやすかったことから(表44)、宮城県の1等米比率が岩手県のそれより低い要因の一つと推察された。

冒頭で記述したように、秋田県では「くさび米」と思われるその他着色粒によって1等米比率が低下した。「くさび米」の発生は、カメムシやアザミウマ類、シンガレセンチュウに起因する可能性は極めて低く(新山・飯富 2000、水稲作高温対策プロジェクトチーム・秋田県農林水産部 2011)、登熟期の高温や水分ストレスが要因と考えられている(金田ら 2004、水稲作高温対策プロジェクトチーム・秋田県農林水産部 2011)。また、柴田・佐藤(2003)は、「ひとめぼれ」と比較して「あきたこまち」は「くさび米」を生じやすいことを報告している。青森県でも、2010年に津軽地域で栽培された「つがるロマン」で「くさび米」が多発したことが確認されている(I)。したがって、「あきたこまち」を多く作付けしている秋田県および「つがるロマン」を多く作付けしている青森県(図54)では、「ひとめぼれ」を多く作付けしている岩手県よりも「くさび米」を生じやすく、1等米比率が低下した可能性がある。

4 日射条件が1等米比率に及ぼす影響

図55に8月の1ヶ月間における東北地域の平均日照時間の分布を示した。日照時間は一般に日射量と高い相関関係を示し、日射量が高いほど光合成による同化産物の生成量は増加して米粒内のデンプン蓄積を容易にし、玄米の外観品質は高まりやすい。また、高温登熟条件下での玄米外観品質の低下は低日照で助長されることが知られている(若松 2010)。したがって、8月の気温が高かったにも関わらず1等米比率が高かった岩手県、特に北上川流域では、日照時間が長かったことで外観品質の低下が抑制されたと推測したが、必ずしも登熟期の日照時間が他県の米の主産地と比較して長くはなかった。また、8月の気温が東北6県で最も低かったにも関わらず1等米比率が高くなかった青森県では、津軽や弘前、南部地域といった米の主産地で8月の日照時間が長かった。これらのことから、登熟期間の日照時間の

みで県間の1等米比率の差異を説明するのは困難と考えられた。ただし、一定以上の日射条件でも、葉色が薄いと光合成能力は劣ることが知られており(津野ら 1991)、登熟期間の稲体の窒素栄養条件が不良であったために登熟期間の日射を有効利用できず、高温の影響が助長された可能性がある。岩手県と同様に「ひとめぼれ」の作付面積が最も広い宮城県では、穂揃い期および出穂後25日における葉色が目標値よりも低く(図19)、稲体の窒素栄養条件が不良であった。一方、岩手県では稲体の窒素栄養条件が良好に保たれていた(II)。したがって、このような稲体の窒素栄養条件と日射量との交互作用が県間の1等米比率の差異を生じさせた一つの要因と推察された。

登熟期間の日射条件について前述したが、出穂前の低日照が1等米比率に影響を及ぼした可能性がある。青森県津軽地域では、幼穂形成期から出穂期にかけての日照時間が平年の1/2であった(表4)。ま

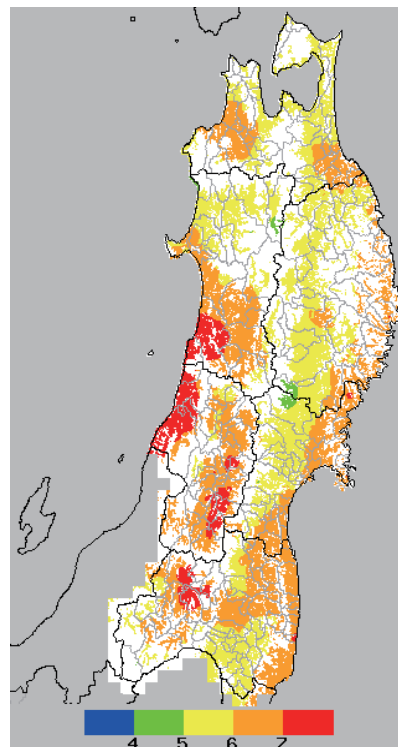


図55 8月の1ヶ月間における東北地域の平均日照時間の分布

東北農業研究センター・神田英司氏より提供。
菅野(1997)の手法により、アメダスデータから日別の1km気候値メッシュを作成し、平均した。

た、秋田県では、出穂前の7月中旬および下旬における日照時間が平年を大きく下回っていた(表21)。山口ら(2006)は、「コシヒカリ」を供試して、出穂前の日射量が多い条件で稈・葉鞘部の非構造性炭水化物(NSC)の含有量が高まること、出穂期から成熟期にかけて稈・葉鞘部のNSC含有量が大きく減少して穎果に転流した場合に玄米の外観品質が向上することを報告している。この報告に基づくと、青森県津軽地域や秋田県では、出穂前の低日照によって出穂期までに稈・葉鞘部にNSCを十分に蓄積できなかったことで登熟不良を生じやすい稲体になっていたことが1等米比率を低下させた要因の一つと推察された。なお、玄米外観品質に及ぼす登熟期間の温度と出穂期までに稈・葉鞘部に蓄積するNSC量との交互作用については、品種の高温耐性も含めて今後検討の必要がある。

5 まとめと考察

2010年産米の1等米比率が岩手県を除く5県で大きく低下した主要因は、夏季の高温によって登熟障害を生じたことによると考えられたが、その一方で、気温だけでは説明できない1等米比率の県間の差異が認められた。そこで、各県で栽培されている主要品種の玄米外観品質の年次間差や地域ごとの日照時間等を検討した結果、1等米比率の県間の差異を生じた気温以外の要因としては、①各県で栽培されている主要品種の高温に対する耐性の違い、②稲体が登熟期間の日射を十分に活用できる窒素栄養条件にあったか否か、③出穂前の日射量の差異に起因する出穂期の稈・葉鞘部のNSC含有量の違いが推測された。

若松(2010)は、穂肥を窒素成分で平米当たり0、2、4g処理し、登熟気温が異なる条件で玄米の外観品質を調査したところ、出穂後20日間の日平均気温が28.9℃と著しく高い条件では、いずれの窒素施用量でも高温条件で発生しやすい背白米の割合が一律に高かったが、27.0~27.9℃では、窒素施用量が多いほど背白米の割合が減少して外観品質は向上したことを報告している。この結果は、高温障害が顕著になり始める温度域では、稲体の窒素栄養条件を良好にすることで外観品質の低下を大きく抑制しうることを示唆している。また、各県の取りまとめにおいても適正な追肥は外観品質の低下を防ぐ上で有効である旨が指摘されている。しかしながら、2010年の結果から一点留意すべきことが抽出できる。そ

れは、生育初期の気象条件などから長草となった場合でも、倒伏させずに適正量の追肥を実施できるか否かである。秋田県では6月の気温が平年より高く推移して草丈が平年より高くなり、追肥を控えた生産者が多かったことで高温障害を助長した可能性が指摘されている(IV)。したがって、草丈が高い状態で追肥を実施しても倒伏を生じさせない水管理や生育調整剤の利用などの技術開発が今後必要と考えられる。

稲体の窒素栄養条件以外に、登熟期の高温による玄米外観品質の低下を助長する栽培要因として、早期落水(今野ら 1991)、刈り遅れ(吉田ら 2001)も推測される。しかし、本稿では、県間の1等米比率の差異を生じる要因を検討する上で、落水時期や刈り取り時期に関するデータを東北6県について統一的に収集することはできなかった。ただし、一点特筆すべき点として、2010年は全国的に8月下旬になっても気温が低下せず、東北地域も例外ではなかった(データ省略)ことから、出穂後日数で考えた場合には収穫適期が例年より早まっていたことが挙げられる。収穫時期と外観品質の関係としては、刈り遅れると白濁粒の増加によって整粒歩合の低下を生じることが報告されている(吉田ら 2001)。また、「つがるロマン」は出穂後積算気温が960~1,150℃・日(高城 1998)(ただし、登熟気温が21℃前後で平米当たり粒数が35,000粒程度の場合)、「ひとめぼれ」・「ササニシキ」は出穂後積算気温がそれぞれ940~1,100℃・日・930~1,150℃・日(広上ら 1997)など、外観品質等の調査結果から収穫許容範囲の目安が示されている。これらのことから、適期収穫が重要であるが、2010年は収穫適期と降雨が重なって刈り遅れを生じたことが東北の各県で指摘されている。2010年9月中旬の合計降水量は、東北地域の主要アメダスポイントと比較して100mm以下のポイントもあれば200mm以上のポイントもあった(データ省略)ことを考え合わせると、刈り遅れが2010年産米の1等米比率の低下および1等米比率の地域間差異を生じた要因の一つである可能性がある。

生理的な高温障害以外に、高温条件で玄米の外観品質を低下させる要因としてカメムシによる着色粒の発生が挙げられた(図53)。一般に高温条件でカメムシの発生は多くなると言われており、カメムシが多発する年の気象の特徴は、6月の降水量が

100mm以下、7～8月の降水量が200mm以下で、8月の平均気温が26℃を越える条件とされ（飯富2000）、寺島ら（2001）は、1999年の夏季高温年における1等米比率の低下要因の一つは、6～8月に強い降雨がなく、登熟後期に増殖したカメムシによる被害を十分に防げなかったためとしている。2010年の場合、2等以下格付け理由でカメムシ被害粒の割合が高かった地域の降水量は必ずしも全て前述した条件に当てはまる訳ではなかったが、8月下旬と9月上旬の降水量が例年と比較して低い地域が多く（データ省略）、登熟中期以降の追加防除の実施如何で地域によって1等米比率が変動した可能性がある。

以上より、2010年産米の品質低下は、登熟期間の高温障害が主要因であり、さらに高温の影響を助長する稲体の低窒素栄養条件などの複数の要因が複合的に影響を及ぼした結果と考えられた。高温障害を助長する要因のいくつかは、栽培管理方法によって排除できることから、後述する高温障害対策技術に関係機関を通じて生産者が確実に実施することが重要と考えられた。

謝 辞

2009年・2010年産米の外観品質の品種間差異に関するデータは東北農業研究センター水田作研究領域・中込弘二氏に提供頂いた。記して感謝します。

引用文献

- 1) 福井清美, 桑原浩和, 佐藤光徳. 2002. 水稲品種系統の高温登熟性検定について. 九州農業研究 64 : 8.
- 2) 広上佳作, 藤井 薫, 三上雄史, 鶴田広身. 1997. ササニシキ・ひとめぼれの収穫所要日数に応じた収穫適期指標. 東北農業研究成果情報 平成9年度. p.19-20.
- 3) 飯富暁康. 2000. 秋田県における斑点米カメムシ類の発生と今後の対応. 農業研究 46 : 1-5.
- 4) 石崎和彦. 2006. 水稲の高温登熟性に関する検定方法の評価と基準品種の選定. 日作紀 75 : 502-506.
- 5) 金田吉弘, 加藤雅也, 佐山 玲, 保坂 学. 2004. 高温登熟期の節水管理は黒点症状米の発生を助長する. 日作東北支報 47 : 13-15.
- 6) 今野 周, 今田孝弘, 中山芳明, 宮野 齊, 三浦 浩, 高取 寛, 早坂 剛. 1991. 登熟期の環境要因及び生育条件が水稲の登熟、収量及び品質に及ぼす影響. 山形農試研報 25 : 7-22.
- 7) 森田 敏. 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77 : 1-12.
- 8) 新山徳光, 飯富暁康. 2000. 黒点症状米（くさび米）の発生原因調査と発生部位. <http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1131617972644/files/12081.pdf> 2011/2/24 閲覧.
- 9) 柴田 智, 佐藤 馨. 2003. 黒点症状米発生率の品種間差. 日作東北支報 46 : 59-60.
- 10) 水稲作高温対策プロジェクトチーム, 秋田県農林水産部. 2011. 平成22年の水稲作柄低下要因と今後の技術対策. p.5,19-22. <http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1297165054677/files/H22sakugarateikatotaisaku.pdf> 2011/2/24 閲覧.
- 11) 高田 聖, 坂田雅正, 亀島雅史, 山本由徳, 宮崎 彰. 2010. 西南暖地の早期栽培における水稲品種の寡照条件下での高温登熟性の評価法. 日作紀 79 : 142-149.
- 12) 高城哲男. 1998. 水稲新品種「つがるロマン」の高品質・安定栽培技術の確立. 東北農業研究別号 11 : 21-30.
- 13) 寺島一男, 梅本貴之, 荻原 均. 2001. 東北地域における1999年の夏季高温とコメの品質低下. 北陸作物学会報 36 : 106-109.
- 14) 東北農政局. 2010. 平成21年度東北食料・農業・農村情勢報告. II 農業・食品産業の持続的な発展. 4 農業生産の動向（品目）(1) 米. p.36-37.
- 15) 津野幸人, 山口武視, 面地 理, 甲斐宏一. 1991. 水稲の葉色と気孔開度ならびにその日変化. 日作紀 60 : 475-483.
- 16) 若松謙一. 2010. 暖地水稲の登熟期間の高温が玄米外観品質に及ぼす影響. 鹿児島農総セ研報（耕種） 4 : 91-125.
- 17) 山口泰弘, 塚口直史, 井上健一. 2006. コシヒカリの稈・葉鞘の非構造化炭水化物（NSC）の動態と穂重増加および品質の関係. 北陸作物学会報 41 : 35-38.
- 18) 吉田 宏, 臼井智彦, 小野寺郁夫, 高橋政夫. 2001. 岩手県における品質低下の実態解析と今後の対策. 寺島一男・鶴町昌市編, 東北地域における夏季の異常高温が水稲生育およびコメ品

質に及ぼす影響の解析と今後の対策. p.25-31.
(大平陽一・白土宏之)

IX 東北地域における高温障害対策技術と今後の課題

1 緒言

東北における直近の高温登熟年だった1999年以降、高温障害対策技術の研究が精力的に進められてきた。遅植え、穂肥等による稲体の窒素栄養維持、早期落水の防止などの有効性が指摘され（寺島ら 2001、松村 2005、森田 2008）、暖地では「にこまる」等の高温耐性品種（坂井ら 2007）が普及を始めた。しかし、有効とされている技術が必ずしも広く実施されているわけではない。

東北地域は、2010年においても8月の日平均気温平均値が28℃を超えた地域は福島盆地のみであった（図50）。1999年の東北地域では出穂後20日の平均気温が27℃～28℃で高温障害が生じた（寺島ら 2001）。また、等級が下がる程度に白未熟粒が増加する出穂後20日間の平均気温の閾値は26℃～27℃と見られている（森田 2008）。若松ら（2008）は出穂後20日間の平均気温が28℃以下では窒素施肥量の増加により背白粒が減少したが、28℃以上では窒素施肥量を増加させても背白粒は減少しなかったと報告している。水管理等他の技術についても、窒素施肥と同様に高温障害の閾値温度付近でより効果的である可能性が高い。東北地域は高温年においても登熟気温が高温障害の閾値を大幅に超えることは少ないので、暖地や温暖地より対策技術の効果は高いと思われる。2010年においても対策技術が徹底されれば、玄米外観品質の低下を抑えられた可能性がある。

2010年に東北地域で実施された高温障害対策技術を大きく2つに分けた。すなわち、有効事例が多く効果がほぼ確実な技術と、有効な場合もあるが効果が安定していない技術である（表45）。前者については実施率を上げる方策が重要であり、後者については有効性の証明や有効になる条件の解明が重要である。このような視点で、それぞれの技術について、実施する上の問題点、考えられる今後の研究課題、実施率を上げるための方策について整理してみた。各技術は友正・山下（2009）を参考に、「予防的」技術と「対症療法的」技術に分類した。

2 有効な事例が多い対策技術

1) 高温耐性品種

2010年は、白未熟粒と斑点米カメムシによる着色粒ともに「ひとめぼれ」が「あきたこまち」より少なかった。また、「ササニシキ」は白未熟粒、発芽粒が多発した。宮城県、福島県では「コシヒカリ」の、青森県では「つがるロマン」の1等米比率が他品種に比べて低かった。これらは表44と概ね同じ傾向である。熟期や作付地域の異なる品種間の比較には注意が必要だが、高温時の白未熟粒や斑点米カメムシによる着色粒の発生には品種間差があるといえる。また、胴割程度にも品種間差があることが知られている（滝田 2002、長田ら 2004）。今後このような高温耐性形質を、東北地域向けの良食味品種にも導入していく必要がある。高温耐性の検定は、東北地域でも積極的に研究が行われている（神田・須藤 2005、神田ら 2007）。胴割れについては、胴割難品種「塩選203号」（滝田 2002）を用いた育種研究が東北農研で進められている。斑点米は晩生品種や割れ粳の少ない品種で少ないことが知られているが（黒蝕米対策研究班 1975）、その他の形質による斑点米カメムシ抵抗性については知見が不足しているため、まず品種間差の解明や抵抗性品種の探索の必要がある。倒伏は直接的に外観品質を低下させるだけでなく、収穫作業能率の低下を通じて刈り遅れの原因にもなりうるので、耐倒伏性の強化も必要である。その他に、熟期の遅い品種を作付けることによって高温を回避することも有効である。

2) 遅植え

2010年は青森県、岩手県、宮城県、山形県で遅植えによる外観品質の向上効果が確認された（表15、表30）。しかし、2006年以降の実際の田植時期は、宮城県で1999年より4～6日遅くなっているものの、他の5県はほとんど変わっていない（図56）。

遅植えが普及しない理由は、水利慣行や規模拡大による移植期間の長期化などがある。また、気象変動が激しい中で、遅延型冷害を含めた収量低下の懸念もあると思われる。

東北地域の出穂期を気候登熟量示数による好適出穂期（内島・羽生 1967）と比較すると、青森県、岩手県は一致するが、宮城県、山形県、福島県は約10日早く、秋田県は約5日早い（図57）。移植時期を収量、品質、作業分散などを含めて総合的に再検討する価値はあると考えられる。

表45 高温障害対策技術と実施上の問題点、今後の研究課題、実施率向上対策

技術	技術の性格	実施上の問題点	今後の研究課題	実施率向上対策
2010年に有効事例が多かった技術				
高温耐性品種	予防的	・ブランド確立	・ひとめぼれを上回る高温耐性の付与（白未熟粒） ・胴割耐性の付与 ・カメムシ抵抗性の付与 ・熟期の遅い品種	・品種の開発と普及
遅植え	予防的	・水利慣行 ・大規模化による移植期間の長期化 ・減収への不安	・移植時期の総合的再検討	・地域的取り組み
穂肥施用	予防的	・草丈が長い場合の穂肥施用回避 ・穂肥散布の労力、散布手段	・生育量不足で草丈が長い場合の穂肥施肥法の開発 ・大規模農家向け生育診断法の開発 ・流入施肥等簡易な追肥技術の開発	・生育診断に基づく穂肥施用の指導
斑点米カメムシ防除・畦畔の適期除草	予防的	・周辺非耕作地の除草 ・一斉防除体制	・追加防除要否の判定方法開発 ・色彩選別機の性能向上と低コスト化	・一斉防除体制と非耕作地を含めた除草体制 ・漏水対策等を含めた総合的雑草対策
掛け流し	対症療法的	・灌漑水の確保	・水利用効率の高い掛け流し法の開発 ・掛け流しによる品質改善効果と灌漑水量データの集積 ・灌漑水温と掛け流し効果の関係の解明	・実施可能地域における高温時の指導
早期落水防止	対症療法的	・スケジュールによる灌漑水停止 ・排水不良による不十分な地耐力	・灌漑延長コストと品質改善による販売価格向上の比較 ・排水性改善技術開発 ・地耐力から見た圃場ごとの落水日判定方法 ・無代かきによる排水改善・地耐力向上効果の確認 ・地下灌漑による地耐力と水分供給の両立	・柔軟に灌漑水供給を延長できる体制作り ・暗渠等による排水改善 ・中干し、作溝徹底の指導
適期収穫	対症療法的	・品種の集中 ・収穫期の降雨 ・収穫作業能率 ・共同乾燥施設の受け入れスケジュール		・収穫適期予想の周知 ・生育診断に基づく倒伏しない穂肥施用の指導 ・直播や熟期の異なる品種による収穫適期分散 ・湿材適応性コンバイン
選別ふるい目幅の拡大	対症療法的	・収量の減少		
色彩選別機	対症療法的	・料金 ・収量の減少	・色彩選別機の性能向上と低コスト化	
2010年に有効事例があった技術				
有機物施用	予防的	・散布手段 ・有効な条件が不明確	・有機物施用で品質が向上する条件の解明	
ケイカル施用	予防的	・コスト ・有効な条件が不明確	・ケイカル施用で品質が向上する条件とメカニズムの解明	
直播	予防的	・収量減 ・倒伏	・直播向き品種の開発	・直播栽培の安定化 ・収穫適期分散技術として提案
緩効性肥料	予防的	・割高 ・溶出時期の変動	・効果的肥料配合と施肥量の決定	
疎植	予防的	・収量性への不安	・疎植で品質が向上する条件の解明	
出穂前後3週間灌水	予防的 対症療法的	・データがない	・出穂前灌水、出穂後灌水の品質向上効果の解明	・効果が明らかになれば実施は容易

友正・山下（2009）を参考に技術の性格を分類した。

遅植えを行う場合、水利や共同乾燥施設の受け入れスケジュールを考えると、地域的な取り組みが必要となる。

3) 穂肥施用

穂肥の施用により外観品質を向上させるには、適正な粒数になるように生育を制御し、倒伏を起さず、登熟に必要な葉身窒素含量を維持し、食味に悪影響を与えないような施用時期と施用量を、生育診断に基づき決める必要がある。穂肥施用による外観品質の向上効果は暖地での報告(若松ら 2008)と

同様に、青森県以外の5県で確認された(図20、図21、図39)。

2010年は生育量不足ながら草丈は長く、倒伏を恐れて生育診断通りに穂肥施用が出来ない場合があった(表21)。このような場合にも対応できる生育診断法の開発と農家を納得させられる裏付けデータの集積が必要である。また、大規模農家でも実施が可能な簡易な生育診断法の開発も必要である。1ha圃場の増加により、背負式動力散布機による追肥が困難になっている。流入施肥法の改善や簡易な追肥方法の開発も必要である。

4) 斑点米カメムシ対策

穂揃7日~10日後のネオニコチノイド系殺虫剤散布と出穂2週間前までに畦畔除草をし、その後出穂4週間後まで畦畔除草をしないという基本技術は出来上がっている。追加防除要否の判断基準や周知方法、薬剤散布の効果を高める一斉防除体制の確立や、周辺非耕作地の除草、本田の雑草対策が必要となる。

5) 掛け流し

圃場への水の掛け流しは、白未熟粒の発生抑制(荒井・伊藤 2001)や胴割粒の発生抑制(長田ら 2005)、整粒歩合向上(今野ら 1991)に効果がある数少ない対症療法的技術であり、青森県、岩手県、秋田県、山形県で効果が認められた。しかし、灌漑水量の制約上実施できる地域は限られている。また、福島県では灌漑水温が上昇したためか、効果が安定しなかった。

研究課題としては、品質改善効果のデータ集積と

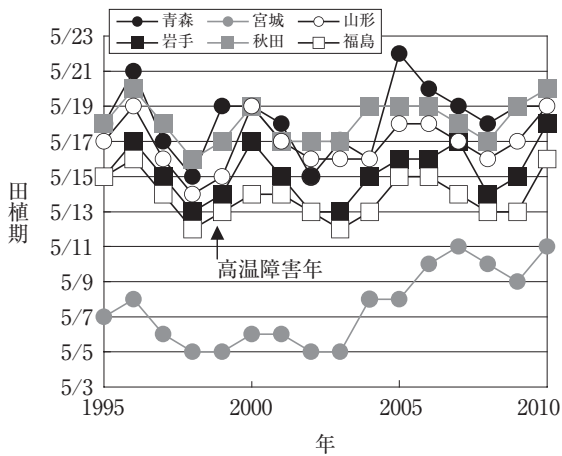


図56 東北地域の田植期の推移

農林水産省の作物統計と「平成22年産水稲の8月15日現在における作柄概況」を元に作図。

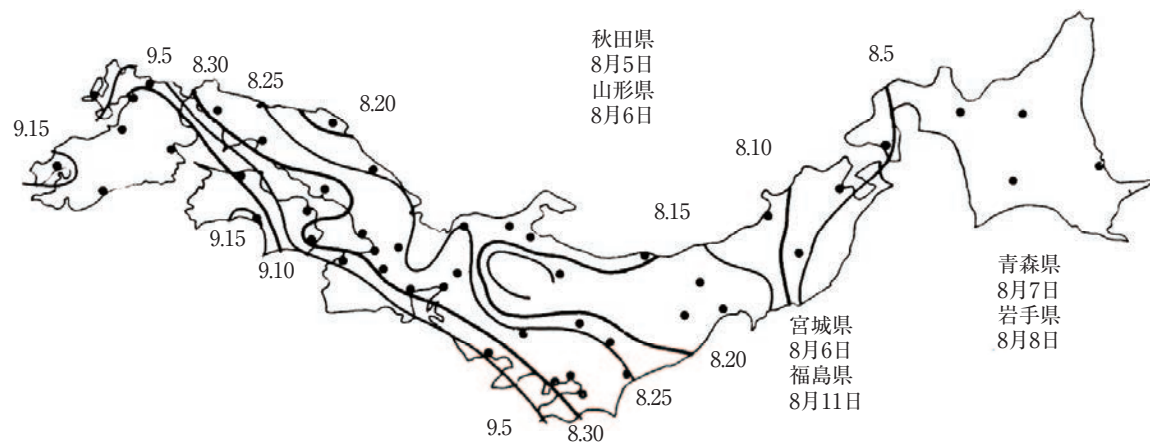


図57 気候登熟量示数による好適出穂期(内島・羽生1967、一部改変)と1995年~2010年の出穂期の平均値(農林水産省の作物統計と「平成22年産水稲の作付面積及び9月15日現在における作柄概況」より計算)。

水の利用効率が高い掛け流し法の開発が挙げられる。たとえば夜間掛け流しで乳白粒や胴割粒が減少した例がある(永島ら 2005)。東北地域の低水温を活かせる技術であり、掛け流しの実施が可能な地域の把握や灌漑水温と掛け流し効果の関係の解明も必要であろう。

6) 早期落水防止

早期落水防止の外観品質の向上効果はこれまでも報告があり(今野ら 1991)、青森県、岩手県、秋田県、山形県で認められた。数少ない対症療法的技術であるが、スケジュールによる灌漑水の停止や、収穫時の土壌水分過剰による地耐力低下を懸念して、実施出来ない状況も多い。灌漑水停止に対しては、灌漑期間延長のコストと品質改善による販売価格向上の比較や、柔軟に灌漑を延長できる体制作りが必要である。

排水不良による不十分な地耐力の問題を解決するには、排水性改善技術の開発、収穫時の地耐力を基準とする圃場ごとの落水日判定技術の開発、無代かきによる排水改善と地耐力向上効果の確認、地下灌漑による地耐力と水分供給の両立などが考えられる。さらに、柔軟に灌漑水供給を延長できる体制づくり、暗渠等の排水改善事業や中干し、作溝の励行が求められる。

7) 適期収穫

適期より遅い収穫で胴割粒、白未熟粒、茶米が増加し、整粒歩合が低下した(表9、表30)。刈遅れによる白未熟粒増加と整粒歩合低下は吉田ら(2001)も報告している。

多くの品種で収穫適期は出穂後の積算気温(日平均気温の積算値)950~1,100℃・日の間にある。青森県では積算気温1,200℃・日以上で整粒歩合が低下した(表12)。

高温障害年の1999年の出穂から収穫までの積算気温は東北地域の平均で1,297℃・日と試算され、1,200℃・日を大きく超えた(図58)。その後積算気温は全体的に減少したものの、岩手県、秋田県、山形県では1,200℃・日を超える頻度が高かった。2010年は福島県以外は1999年より積算気温が高かった。積算気温は高温障害年で高く、冷害年で低い傾向が見られた。大部分を1,200℃・日以内に収穫するには、平均値を1,100℃程度に早める必要があると思われる。100℃・日減らすには収穫を約1週間早める必要がある。

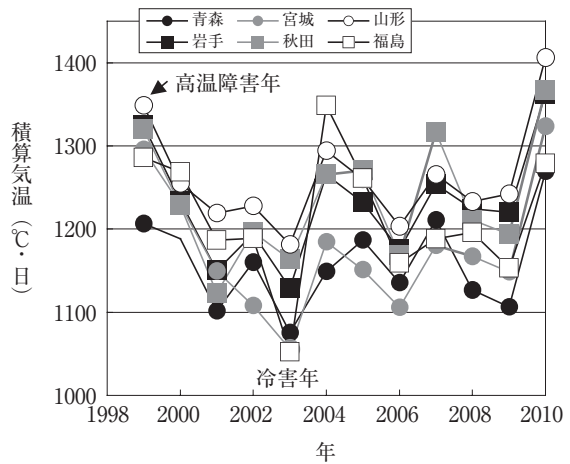


図58 出穂期から刈取期の積算気温の推移

出穂期最盛期翌日から刈取期最盛期までの日平均気温の積算値を計算した。出穂期と刈取期は農林水産省の作物統計、「平成22年産水稲の作付面積及び9月15日現在における作柄概況」、「平成22年産水稲の作付面積及び予想収穫量(10月15日現在)」の値を用いた。日平均気温は黒石(青森県)、北上(岩手県)、古川(宮城県)、大曲(秋田県)、鶴岡(山形県)、郡山(福島県)のアメダスデータ。

表46 2010年の出穂期と刈取期

県	出穂期				刈取期			
	始期	最盛期	終期	最盛期対平年	始期	最盛期	終期	最盛期対平年
青森	7月29日	8月2日	8月5日	7日早	9月16日	9月26日	10月6日	9日早
岩手	7月31日	8月4日	8月10日	5日早	9月16日	10月1日	10月14日	5日早
宮城	7月31日	8月3日	8月7日	5日早	9月19日	9月29日	10月9日	3日早
秋田	7月31日	8月3日	8月8日	3日早	9月22日	9月30日	10月10日	2日早
山形	7月31日	8月4日	8月12日	5日早	9月18日	9月29日	10月8日	4日早
福島	8月02日	8月8日	8月15日	6日早	9月20日	10月7日	-	4日早

農林水産省「平成22年産水稲の作付面積及び9月15日現在における作柄概況」、「平成22年産水稲の作付面積及び予想収穫量」より。

1999年の経験により、2010年は各県で適期収穫の準備が整えられていたものの、降雨により結果として刈り遅れになってしまった事例があった。8月の気温が平年より高かったにもかかわらず、青森県以外は平年に対する刈り取りの早まりが出穂の早まりと同等か、より少なかった（表46）。1999年は8月上中旬の気温が2010年以上に高い地点があるものの8月下旬には平年値に近くなっていた。一方、2010年は8月下旬になっても気温が低下しなかった。高温障害の程度は登熟初中期で概ね決まることが報告されているが、2010年はそれだけでなく、登熟後期の水管理や収穫時期によって外観品質が低下したことも1等米比率の低下要因となった可能性がある。

適期収穫の制限要因としては、品種の集中による収穫適期の集中や収穫期の降雨の他に、圃場の排水不良、コンバインの作業能率や共同乾燥施設の受け入れスケジュールがある。倒伏も直接品質を低下させるだけでなく、収穫作業能率を低下させるので適期収穫の制限要因になりうる。

適期内刈取りに向けて、収穫適期予想の周知、適切な肥培管理による倒伏の防止、直播や熟期の異なる品種、飼料米品種の作付けによる収穫適期分散、稼働可能時間が長い、湿材に対応したコンバインの導入等が考えられる。

8) 選別ふるい目幅の拡大・色彩選別機

外観品質低下後の対症療法的技術で、収量が減る、料金がかかる、という問題点がある。どちらも品質が悪い米の再選別時に農協等で行われている。色彩選別機が高効率化、低価格化すれば着色粒は実際上問題ではなくなる可能性もある。

3 有効な事例があった対策技術

1) 有機物・ケイカル等土壌改良資材施用

岩手県では有機物の施用により、整粒歩合は上がった（表16）。しかし、有機物施用は青森県や山形県では効果が判然としなかった。秋田県や福島県ではケイカル施用により品質が向上した。

土壌改良、土づくりは作物生産の基本であるが、特に有機物は散布手段などの問題があるし、土壌改良資材は一定のコストがかかる。有機物やケイカル等土壌改良資材施用により外観品質や収量が向上する条件を明らかにすることが必要である。

2) 直播

直播栽培は移植栽培より出穂期が遅く稈数が少ないため、外観品質が向上することが東北地域の連絡

試験で明らかになっている（吉永ら 2008）。しかし、2010年では移植栽培より品質がよかった事例とそうでない事例があった。実施上の問題点としては、収量減や倒伏、雑草制御がある。

研究課題としては、直播向き品種の開発がある。移植との組み合わせにより、作期分散による適期収穫の実施率の向上効果も期待できる。一方、倒伏すれば登熟不良や穂発芽を引き起こし、ノビエやホタルイなどの雑草が残れば斑点米カメムシによる品質低下の原因にもなりうる。直播栽培の安定化が重要である。

3) 緩効性肥料

全量基肥栽培においては、収量と品質が維持できる施肥量と溶出特性の異なる肥料の配合割合が明らかになれば、高温対策技術としても普及していくと考えられる。一方で、溶出時期の変動による品質の変動も懸念される。研究課題としては、出穂前の稲体消耗と登熟期間中の葉色低下を抑制する緩効性肥料の利用技術の開発などが考えられる。

4) 疎植

通常の栽植密度でも穂数が減少した2010年は、疎植栽培で慣行栽培より減収した場合が多かった。温暖地では外観品質が向上した事例も報告されているが（井上ら 2004）、外観品質が低下した事例も報告されている（杉山 2004）。福島県では背白粒が減少し（図39）、青森県でも品種によっては外観品質が向上した。しかし、外観品質の向上効果ははっきりしない場合もみられた。省力・低コストの点で疎植栽培に対する農家の関心は高いので、これから東北地域における収量や外観品質のデータを積み重ねていく必要がある。

5) 出穂前後3週間湛水

カドミウム対策として出穂前後3週間湛水している圃場で外観品質がよかった例が見られた。今のところ通常の水管理と比較したデータがないので、出穂前と出穂後の湛水の品質向上効果を明らかにする必要がある。高温年においても間断灌溉が適するのかが再検討する必要がある。有効であることが示されれば、実施は比較的容易である。

4 その他の技術

1) イネ紋枯病防除

2010年は8月後半からのイネ紋枯病病斑の急速な垂直進展が東北各県で認められ、収量に影響した地域もあった。高温条件による白未熟粒の発生には、

間接的に紋枯病が関与することを示すデータも報告されている(宮坂・中島 2010)ことから、登熟期の高温が予想される場合には適切な紋枯病防除が必要である。

引用文献

- 1) 荒井義光, 伊藤博樹. 2001. 高温登熟時の用水掛け流し処理による水田地温の低下と玄米品質の向上. 日作東北支部報 44: 89-90.
- 2) 井上健一, 林 恒夫, 湯浅佳織, 笈田豊彦. 2004. 水稲品質食味要因の安定性に関する解析的研究第2報 疎植条件が水稲の物質生産と収量品質に及ぼす影響. 福井県農試研報 41: 15-28.
- 3) 神田伸一郎, 須藤 充. 2005. 青森県中生熟期水稲におけるガラス温室を利用した高温登熟性検定法の確立. 東北農業研究 58: 7-8.
- 4) 神田伸一郎, 清野貴将, 須藤 充. 2007. 青森県における水稲高温登熟性の早生・中生同時検定法と基準品種の選定. 東北農業研究 60: 9-10.
- 5) 黒蝕米対策研究班. 1975. 北海道における黒蝕米に関する研究. 北農 42: 1-90.
- 6) 今野 周, 今田孝弘, 中山芳明, 宮野 齊, 三浦 浩, 高取 寛, 早坂 剛. 1991. 登熟期の環境要因および生育条件が水稲の登熟, 収量および品質に及ぼす影響. 山形農試研報 25: 7-12.
- 7) 松村 修. 2005. 高温登熟による米の品質被害 - 背景とその対策 -. 農業技術 60: 437-441.
- 8) 宮坂 篤, 中島 隆. 2010. イネ紋枯病は地球温暖化による水稲の白未熟粒発生増加を助長する. 植物防疫 64: 301-303.
- 9) 森田 敏. 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77: 1-12.
- 10) 永島秀樹, 中村啓二, 猪野雅哉, 黒田 晃, 橋本良一. 2005. 高温登熟条件における乳白粒および胴割粒の発生軽減技術. 石川農総研報 26: 1-10.
- 11) 長田健二, 滝田 正, 吉永悟志, 寺島一男, 福田あかり. 2004. 登熟初期の気温が米粒の胴割れ発生におよぼす影響. 日作紀 73: 336-342.
- 12) 長田健二, 小谷俊之, 吉永悟志, 福田あかり. 2005. 胴割れ米発生におよぼす登熟初期の水管管理条件の影響. 日作東北支部報 48: 33-35.
- 13) 坂井 真, 岡本正弘, 田村克徳, 梶 亮太, 溝渕律子, 平林秀介, 深浦壮一, 西村 実, 八木忠之. 2007. 玄米品質に優れる暖地向き良食味水稲品種「にこまる」の育成について. 育種学研究 9: 67-73.
- 14) 杉山高世. 2004. 水稲ヒノヒカリの疎植栽培における収量及び玄米品質. 奈良農技セ研報 35: 23-25.
- 15) 滝田 正. 2002. 胴割れ米発生の品種間差異と関連形質および遺伝. 東北農研研報 100: 41-48.
- 16) 寺島一男, 齋藤祐幸, 酒井長雄, 渡部富男, 尾形武文, 秋田重誠. 2001. 1999年の夏期高温が水稲の登熟と米品質に及ぼした影響. 日作紀 70: 449-458.
- 17) 友正達美, 山下 正. 2009. 水稲の高温障害対策における用水管理の課題と対応の方向. 農工研技報 209: 131-138.
- 18) 内島立郎, 羽生寿郎. 1967. 本邦における水稲の気候登熱量示数の地域性について. 農業気象 22: 137-142.
- 19) 若松謙一, 佐々木 修, 上蘭一郎, 田中明男. 2008. 水稲登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施肥量の影響. 日作紀 77: 424-433.
- 20) 吉田 宏, 白井智彦, 小野寺郁夫, 高橋政夫. 2001. 岩手県における品質低下の実態解析と今後の対策(寺島一男, 鶴町昌市編, 東北地域における夏季の異常高温が水稲生育およびコメ品質に及ぼす影響の解析と今後の対策). 盛岡. 東北農業試験場. p.25-31.
- 21) 吉永悟志, 白土宏之, 長田健二, 福田あかり, 中林光文, 横山裕正, 木村利行, 日影勝幸, 小田中温美, 浅野真澄, 三上雄史, 島津裕雄, 木川裕美, 三浦恒子, 若松一幸, 山川 淳, 井上由紀, 浅野日謙之, 中山芳明, 島宗知行, 鈴木幸夫, 木田義信, 佐々木園子. 2008. 東北地域における直播水稲の登熟特性と収量・品質関連形質. 東北農研研報 109: 41-82.
(白土宏之・大平陽一・山口弘道・清藤文仁・菅原浩規・浅野真澄・佐藤雄幸・結城和博・藤田智博)

X 用語の定義

1 白色不透明部分を有する未熟粒

白色不透明部分を有する未熟粒については格付け理由や品質を測定する機械によって、同じ名称でも

その内容が異なる場合があるため、「国内農産物等の被害粒の取扱要領」と寺島・鶴町（2001）を参考に本研究資料における用語を定義することにした。なお、本研究資料は主食用の粳品種のみを対象としているので、用語の定義も主食用の粳品種のものとした。

1) 乳白粒

胚乳部の横断面に白色不透明な部分がリング状となっているもの。なお、その白色不透明な部分の大きさが粒平面の1/2以上のもの。

2) 心白粒

胚乳部の横断面に白色不透明な部分が平板状又は紡錘状となっているもの。醸造用玄米以外の心白粒は、中心部に白色不透明な部分のあるもので、その白色不透明な部分の大きさが粒平面の1/2以上のもの。

3) 基部未熟粒

基部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の1/5以上のもの。

4) 腹白粒

腹部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の2/3以上でかつ、粒幅の1/3以上のもの。なお、「国内農産物等の被害粒の取扱要領」では「腹白未熟粒」となっているが、一般的な「腹白粒」を使うことにした。

5) 背白粒

背部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の2/3以上でかつ、粒幅の1/3以上のもの。

6) 白未熟粒

上記1)から5)の総称（寺島・鶴町 2001）。農産物検査における2等以下の主な格付け理由の「心白・腹白粒」は心白粒と腹白粒以外の白未熟粒も含まれているので、「白未熟粒」と表記することとした。

7) 白色不完全粒

白未熟粒で白色不透明部分が小さく整粒と判断されるものも含む場合の総称（寺島・鶴町 2001）。

8) 乳白・心白粒、腹白・背白粒

玄米品質を測定する機械では「乳白粒」と「心白粒」、「腹白粒」と「背白粒」が同じ区分に分類される場合がある。その場合は、それぞれ「乳白・心白粒」と「腹白・背白粒」と表記することにした。

2 白未熟粒等の「率」

特別に断りなく未熟粒「率」等と表記する場合は、粒数の割合を示す。

引用文献

- 1) 寺島一男, 鶴町昌市編. 2001. 東北地域における夏季の異常高温が水稻生育およびコメ品質に及ぼす影響の解析と今後の対策. 盛岡. 東北農業試験場. p.1-88.

(白土宏之)

東北農業研究センター研究報告 第 114 号

平成 24 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 小 卷 克 巳
〒 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



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。