



**BULLETIN  
OF  
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER**

Tohoku Nogyo Kenkyu Center Kenkyu Hokoku  
No.115, March 2013

**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115号

所長 小巻克巳

編集委員会

編集委員長 今川俊明

編集委員 大黒正道

押部明德

持田秀之

田村有希博

御子柴義郎

近藤恒夫

BULLETIN OF  
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

No.115

*Director General*

Katsumi KOMAKI

*Editorial Board*

*Editor*

Toshiaki IMAGAWA

*Associate Editors*

Masamichi DAIKOKU

Akinori OSHIBE

Hideyuki MOCHIDA

Yukihiro TAMURA

Yoshiro MIKOSHIBA

Tsuneo KONDO

# 東北農業研究センター研究報告 第115号 (平成25年3月)

## 目 次

精米時に胚盤が残りやすく栽培特性が優れる良食味水稻品種「きんのめぐみ」の育成 梶 亮太・太田 久稔・福寫 陽・山口 誠之・片岡 知守 中込 弘二・滝田 正・横上 晴郁・遠藤 貴司・加藤 浩 市場 茂夫・辻内啓次郎 .....	1 - 10
越冬性が優れる無エルシン酸ナタネ新品種「キタノキラメキ」の育成 川崎 光代・本田 裕・山守 誠・加藤 晶子・由比真美子 石田 正彦・千葉 一美・遠山 知子 .....	11 - 20
寒冷地向け超強力小麦新品種「銀河のちから」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 .....	21 - 36
ダイアレル交配による小麦製パン特性および大麦精麦特性の組合せ能力とヘテロシス 吉川 亮・中村 和弘・伊藤美環子 .....	37 - 62
くず大豆の飼料成分とサイレージ発酵特性、タンパク質画分 河本 英憲・増田 隆晴 .....	63 - 69
四倍体イタリアンライグラス ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.) における高乾物率選抜の効果 久保田明人・上山 泰史・秋山 征夫・藤森 雅博 .....	71 - 76
種子付きマットを用いた水稻の箱なし育苗法 白土 宏之 .....	77 - 110

BULLETIN OF  
TOHOKU AGRICULTURAL RESEARCH CENTER  
No.115 (March 2013)

CONTENTS

- KAJI, R., OHTA, H., FUKUSHIMA, A., YAMAGUCHI, M., KATAOKA, T., NAKAGOMI, K.,  
TAKITA, T., YOKOGAMI, N., ENDO, T., KATO, H., ICHIBA, S. and TSUJUCHI, K. :  
A New Rice Variety for Milled Rice with Scutellum "Kinnomegumi",  
with Good Eating Quality and Resistance to Blast and Bacterial Blight ..... 1 – 10
- KAWASAKI, M., HONDA, Y., YAMAMORI, M., KATO, M., YUI, M., ISHIDA, M., CHIBA, I.  
and TOYAMA, T. :  
A New Winter Zero Erucic Acid Rapeseed [*Brassica napus* L.] Cultivar  
"Kitanokirameki", with High Wintering Ability ..... 11 – 20
- 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 Hard Winter Wheat Cultivar "Ginganochikara" ..... 21 – 36
- YOSHIKAWA, R., NAKAMURA, K. and ITO, M. :  
Combining Ability and Heterosis in Diallel Crosses for Bread-making  
Qualities in Wheat and Pearled Grain Qualities in Barley ..... 37 – 62
- KAWAMOTO, H. and MASUDA, T. :  
Chemical Composition, Silage Fermentation, and Protein Fraction of  
Soybean Waste ..... 63 – 69
- KUBOTA, A., UHEYAMA, Y., AKIYAMA, Y. and FUJIMORI, M. :  
Effects of High Dry Matter Ratio Selection in Tetraploid Italian Ryegrass  
(*Lolium multiflorum* Lam.) ..... 71 – 76
- SHIRATSUCHI, H. :  
"No-Box Nursing" Using Rice "Seed-Mats" ..... 77 – 110

## 精米時に胚盤が残りやすく栽培特性が優れる 良食味水稻品種「きんのめぐみ」の育成

梶 亮太\*<sup>1)</sup>・太田 久稔\*<sup>1)</sup>・福嶋 陽\*<sup>1)</sup>・山口 誠之\*<sup>2)</sup>・片岡 知守\*<sup>3)</sup>  
中込 弘二\*<sup>4)</sup>・滝田 正\*<sup>5)</sup>・横上 晴郁\*<sup>6)</sup>・遠藤 貴司\*<sup>7)</sup>・加藤 浩\*<sup>8)</sup>  
市場 茂夫\*<sup>9)</sup>・辻内啓次郎\*<sup>9)</sup>

**抄録**：「きんのめぐみ」は、「おきにいり」を母とし、「あそみのり」を父とした雑種第一代を母に、「おきにいり」を父として戻し交配した組合せに由来する。東北農業研究センターとトーヨーライス株式会社との共同育成による品種で、2011年に品種登録出願された。育成地における出穂期、成熟期は「ひとめぼれ」に比べて1～2日早く、寒冷地中部では“中生の中”に属する。「ひとめぼれ」と比較して、稈長は同程度、穂長は同程度で穂数はやや少ない。草型は“穂重型”である。いもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pia*、*Pii*”と推定され、葉いもち圃場抵抗性、穂いもち圃場抵抗性ともに“強”である。白葉枯病真性抵抗性遺伝子 $Xa1$ を有し、白葉枯病圃場抵抗性は“強”である。障害型耐冷性は“強”である。耐倒伏性は“強”である。穂発芽性は“やや易”である。収量性は「ひとめぼれ」並である。玄米品質は「ひとめぼれ」よりやや劣る。食味は「ひとめぼれ」並の良食味である。搗精時の胚盤残存率は「ひとめぼれ」よりも高い。

本品種は胚盤が残るように精米をした商品「金芽米（きんめまい）」の原料米として利用できる。栽培適地は寒冷地中南部および温暖地中山間部である。

**キーワード**：水稻、きんのめぐみ、中生、いもち圃場抵抗性、白葉枯病圃場抵抗性、良食味、胚盤、金芽米

**A New Rice Variety for Milled Rice with Scutellum "Kinnomegumi", with Good Eating Quality and Resistance to Blast and Bacterial Blight** : Ryota KAJI\*<sup>1)</sup>, Hisatoshi OHTA\*<sup>1)</sup>, Akira FUKUSHIMA\*<sup>1)</sup>, Masayuki YAMAGUCHI\*<sup>2)</sup>, Tomomori KATAOKA\*<sup>3)</sup>, Koji NAKAGOMI\*<sup>4)</sup>, Tadashi TAKITA\*<sup>5)</sup>, Narifumi YOKOGAMI\*<sup>6)</sup>, Takashi ENDO\*<sup>7)</sup>, Hiroshi KATO\*<sup>8)</sup>, Shigeo ICHIBA\*<sup>9)</sup>, Keiji TSUJUCHI\*<sup>9)</sup>

**Abstract** : A new rice variety, "Kinnomegumi", was developed in 2011 by a cooperative breeding program between Tohoku Agricultural Research Center and TOYO RICE Co., Ltd. "Kinnomegumi" belongs to the moderate maturity group in the Tohoku region. Its plant type is classified according to panicle weight. The culm length is similar to that of "Hitomebore", and the lodging tolerance is "strong". "Kinnomegumi" is estimated to have true resistance genes to blast, *Pia* and *Pii*. The leaf and panicle field resistance to blast are classified as "strong". "Kinnomegumi" also has a true resistance

- 
- \* 1) 農研機構 東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Daisen, Akita 014-0102, Japan)
  - \* 2) 現・農研機構 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)
  - \* 3) 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)
  - \* 4) 現・農研機構 近畿中国四国農業研究センター (NARO Western Region Agricultural Research Center, Fukuyama, Hiroshima 721-8514, Japan)
  - \* 5) 現・国際協力機構 (JICA, Tsukuba, Ibaraki 305-0074, Japan)
  - \* 6) 現・農研機構 北海道農業研究センター (NARO Hokkaido Agricultural Research Center, Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan)
  - \* 7) 現・宮城県古川農業試験場 (Miyagi Pref. Furukawa Agricultural Experiment Station, Osaki, Miyagi 989-6227, Japan)
  - \* 8) 現・農研機構 作物研究所 (NARO Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan)
  - \* 9) トーヨーライス株式会社 (TOYORICE Co., Ltd.)

2012年11月29日受付、2013年2月4日受理

gene to bacterial blight, *Xa1*, and its field resistance to bacterial blight is "strong". Its cool-weather tolerance during the reproductive stage is "high".

The grain yield of "Kinnomegumi" is almost the same as that of "Hitomebore". The grain appearance is slightly lower than that of "Hitomebore", and the eating quality is superior to and similar to that of "Hitomebore". The ratio of grains with scutellum after rice polishing of "Kinnomegumi" is higher than that of "Hitomebore".

"Kinnomegumi" is available as an ingredient of "Kinmemai", the milled rice product with scutellum and high nutritional value. "Kinnomegumi" is considered to be adaptable to the Tohoku region and semi-mountainous area of the warm regions of Japan.

**Key Words** : *Oryza sativa* L., Kinnomegumi, Moderate maturity, Blast field resistance, Bacterial blight resistance, Eating quality, Scutellum, Kinmemai

## I 緒 言

国内における米の消費量が減少している中で米の需要拡大を図るためには、健康志向等の消費者ニーズに応える商品の開発が必要である。そのような商品の一つとして、トーヨーライス株式会社では独自の精米法によって胚盤と亜糊粉層を残した白米より栄養価が高い「金芽米」を開発して、米袋やコンビニエンスストアのおにぎり等で販売している。東北農業研究センターでは2007年よりトーヨーライス株式会社との間で共同研究契約を結び、「金芽米」に適した良食味水稻品種を育成することを目的に共同育成を行ってきた。「きんのめぐみ」は、東北農業研究センターで栽培特性試験・収量試験・特性検定および系統養成・固定を分担し、トーヨーライス株式会社で金芽米に適する胚盤残存性の高い系統の選抜を分担して育成した品種である。良食味が搗精時に胚盤が残りやすい特性を持つため金芽米の原料米としての加工適性が高く、普及見込み地帯における現地試験の結果が良好であったことから、2010年に品種登録出願を行った。2012年現在、秋田県と長野県で産地品種銘柄に設定され、「金芽米」の原料米として普及を開始しているところである。

本報では「きんのめぐみ」の来歴、育成経過、特性の概要等について報告する。なお、本文中で使われている「金芽米」はトーヨーライス株式会社の登録商標である。

本品種の育成にあたっては、各府県の特性検定試験および系統適応性試験の担当者の方々にご協力をいただいた。現地試験では、JA秋田おぼこ、JAあづみ、JAつくば市の担当者の方々にご協力いただいた。東北農業研究センター業務第3科の技術専門職員ならびに非常勤職員、低コスト稲育種研究東

北サブチーム（現：稲育種担当）の非常勤職員各位には、本品種育成のために圃場管理、調査等で尽力していただいた。ここに心から厚く御礼申し上げる。

## II 来歴および育成経過

### 1. 来歴

「きんのめぐみ」は、いもち病圃場抵抗性・耐冷性が強く良食味の「おきにいり」（東ら 1997）を母とし、いもち病圃場抵抗性・白葉枯病圃場抵抗性が強い「あそみのり」（杉谷ら 1974）を父とする雑種第一代を母に、「おきにいり」を父として戻し交配した組合せから育成された（図1）。この交配組み合わせの当初の目標は、東北地域の品種とは遺伝的背景の異なる「あそみのり」のいもち病圃場抵抗性および白葉枯病圃場抵抗性を「おきにいり」に導入することによって、病害複合抵抗性で栽培特性の優れる東北地域向け良食味品種を育成することであった。

### 2. 育成経過

「きんのめぐみ」の育成経過を表1に示す。1998年に東北農業試験場水田利用部稲育種研究室（現・東北農業研究センター水田作研究領域稲育種担当）において人工交配を行い、1999年春にガラス室内でBC<sub>1</sub>F<sub>1</sub>を養成、同年BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>系統を圃場にて養成し、以後、系統育種法により選抜、固定を図ってきた。2004年BC<sub>1</sub>F<sub>7</sub>世代より「羽系854」の系統名で生産力検定試験、特性検定試験を行った。2006年にトーヨーライス株式会社から胚盤残存率の高い良食味米の育成を要望されたため、同年BC<sub>1</sub>F<sub>9</sub>世代に生産力検定試験、特性検定試験に加えてトーヨーライス株式会社において胚盤残存率の調査を行った。2007年よりトーヨーライス株式会社との間で共同研究契約を結び、「金芽米」に適した良食味水稻品種を育成



することを目的に共同育成を開始した。2009年より現地試験を行い、2010年のBC<sub>1</sub>F<sub>13</sub>世代から「奥羽411号」の系統名を付した。その結果、精米特性、栽培特性が優れる点が評価され、2011年に品種登録出願され、「きんのめぐみ」と命名された（出願番号：25882）。

### 3. 命名の由来

「きんのめぐみ」は、胚芽部分がしっかりと残りやすく、その部分が金色に見えることから得られる栄養が大きなめぐみとなること、また、収穫量も多いことから命名した。

## Ⅲ 特 性

### 1. 形態的および生態的特性

「きんのめぐみ」の育成地における特性観察調査の結果を表2に示す。移植時の苗丈は「ひとめぼれ」並の“中”で、葉色は「ひとめぼれ」より“やや濃”い。稈の細太は“やや太”で、稈の剛柔は“やや剛”である。穎色は“黄白”、ふ先色は“白”で、やや短い芒が中程度生じる。粒着密度は“やや疎”、脱粒性は“難”である。

「きんのめぐみ」の稈長は「ひとめぼれ」と同程度の“やや長”で、穂長は「ひとめぼれ」と同程度

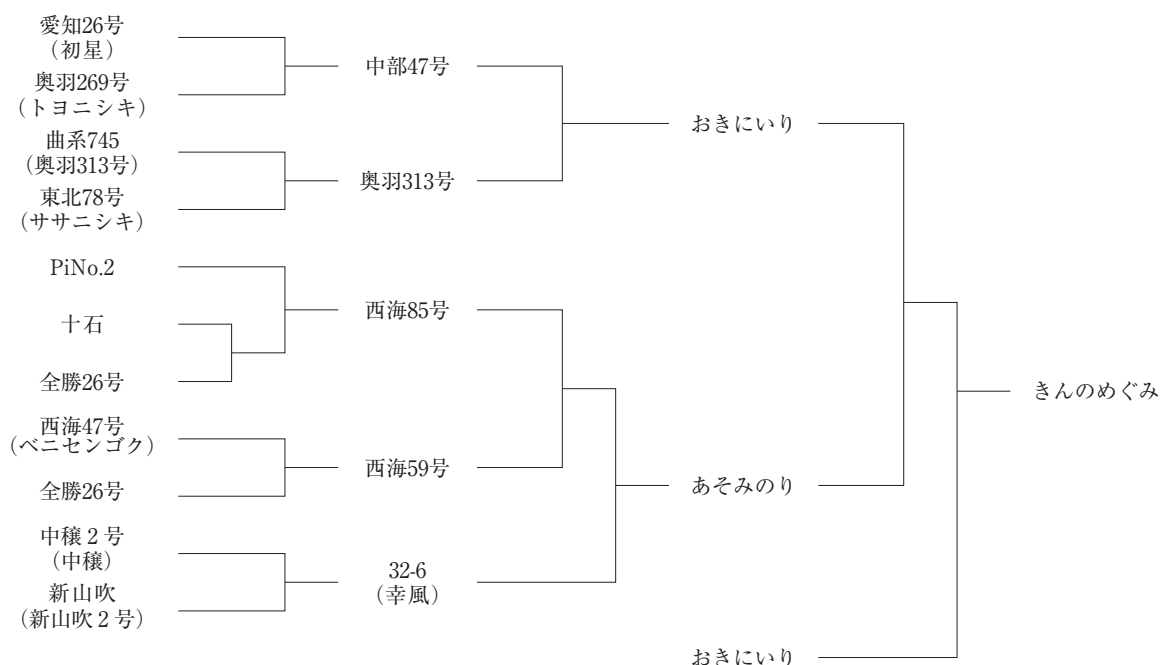


図1 「きんのめぐみ」の系譜図

表1 「きんのめぐみ」の育成経過

年次	1998	1999	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
世代	(交配)	BC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>4</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>5</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>6</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>7</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>8</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>9</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>10</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>11</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>12</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>13</sub>
育成系統図			YoL	YoL	YoL	YoL								
	奥交98 211	温横 B <sub>1</sub> F <sub>1</sub> 2	287 · <u>306</u> · 385	1 · <u>19</u> · 90	<u>11</u> 12 13 14 15	312 313 314 <u>315</u> 316	3121 3122 <u>3123</u> 3124 3125	2611 2612 <u>2613</u> 2614 2615	2526 2527 2528 2529 2530	2611 2612 2613 2614 <u>2615</u> 2615	2531 2532 <u>2533</u> 2534 2535	2436 2437 2438 2439 2440	<u>2951</u> 2952 2953 2954 2955	2636 2637 2638 2639 2640
養成系統群					12	13	8	5	1	1	1	1	1	1
養成系統数			89	88	60	61	40	25	5	5	5	5	5	5
選抜系統数		10	88	12	13	8	5	1	1	1	1	1	1	1

注. 育成系統図のアンダーラインは選抜系統を示す。

表2 「きんのめぐみ」の特性観察調査成績 (育成地)

品種名	移植時		稈		芒		穎色	ふ先色	粒着密度	脱粒性	止葉の直立
	苗丈	葉色	細太	柔剛	色	長短					
きんのめぐみ	中	やや濃	やや太	やや剛	黄白	やや短	黄白	白	やや疎	難	やや立
ひとめぼれ	中	中	やや細	やや柔	黄白	短	黄白	白	やや疎	難	中
あきたこまち	やや短	やや濃	やや細	やや柔	黄白	やや短	黄白	白	やや密	難	やや立

表3 「きんのめぐみ」の生育調査成績 (育成地)

品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	倒伏程度	穂いもち
きんのめぐみ	8.4	9.17	88	19.1	366	0.1	0.1
ひとめぼれ	8.6	9.18	87	18.9	478	1.5	0.2
あきたこまち	8.1	9.13	85	18.0	418	1.4	1.1

注. 移植栽培、2004～2010年の平均。

耕種概要：移植日5月17～22日、栽植密度：30cm×15cm 1株3本植え、窒素施肥量：7kg/a。

倒伏程度、穂いもち：0(無)～5(甚)。

表4 「きんのめぐみ」の収量調査成績 (育成地)

品種名	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	比較比率 (%)	屑米重歩合 (%)	収穫指数 (%)
きんのめぐみ	165	62.7	101	0.7	38.0
ひとめぼれ	161	62.0	100	2.0	38.5
あきたこまち	156	58.2	93	1.7	37.3

注. 移植栽培、2004～2010年の平均。精玄米重は篩目1.8mmで選別。

収穫指数：精玄米重/全重。

表5 「きんのめぐみ」の玄米の粒形調査成績 (育成地)

品種名	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅
きんのめぐみ	5.22	2.94	2.24	1.78	15.34
ひとめぼれ	5.18	2.79	2.14	1.86	14.45
あきたこまち	5.14	2.77	2.10	1.86	14.23

注. 移植栽培、2010年産玄米1000粒をサタケ穀粒判別器RGQ110で測定。

で、穂数は「ひとめぼれ」よりやや少ない“やや少”である(表3、写真1)。草型は“穂重型”である。止葉の直立性は“やや立”で、草姿・熟色は良好である(表2、写真2)。耐倒伏性は“強”で、倒伏は「ひとめぼれ」より明らかに少ない。「きんのめぐみ」の出穂期および成熟期は「ひとめぼれ」よりも1～2日早く、「あきたこまち」よりも3～4日遅く、寒冷地中部では“中生の中”に属する。

## 2. 収量性

「きんのめぐみ」の移植栽培における収量調査成績を表4に示す。地上部全重は「ひとめぼれ」「あ

表6 「きんのめぐみ」の玄米粒厚調査成績 (育成地)

品種名	粒厚別重量比率 (%)							
	2.2mm 以上	2.1mm	2.0mm	1.9mm	1.8mm	1.7mm	1.6mm	1.6mm 未満
きんのめぐみ	61.7	25.8	7.2	2.7	1.9	0.5	0.1	0.1
ひとめぼれ	12.6	43.6	29.4	8.7	4.5	0.9	0.2	0.1
あきたこまち	11.0	42.2	35.2	7.9	2.9	0.6	0.1	0.1

注. 移植栽培、2010年産玄米200gを5分間縦目篩にかけ2反復で試験を行った。  
アンダーラインは最頻値。

表7 「きんのめぐみ」の外観品質調査成績 (育成地)

品種名	玄米	玄米形質					
	千粒重 (g)	品質	腹白	心白	乳白	背白	光沢
きんのめぐみ	24.9	4.7	1.2	1.2	0.7	1.3	4.7
ひとめぼれ	22.7	3.8	0.6	0.4	1.1	0.7	4.8
あきたこまち	21.7	3.9	0.4	0.4	0.9	0.9	4.9

注. 移植栽培 2004～2010年の平均、品質は1(上上)～9(下下)、腹白、心白、乳白、背白は0(無)～9(甚)の9段階評価。光沢は3(良)～7(否)の5段階評価。

きたこまち」と同程度である。精玄米重は「ひとめぼれ」並で「あきたこまち」よりやや多収である。収穫指数は、「ひとめぼれ」並である。

## 3. 品質および食味特性

「きんのめぐみ」の玄米の粒形調査成績を表5に示す。粒形は“中”で粒長/粒幅の値は「ひとめぼれ」並である。粒大は“やや大”で、粒長×粒幅の値は「ひとめぼれ」より大きい。「きんのめぐみ」の玄米の粒厚調査成績を表6に示す。粒厚の最頻値は2.2mm以上で、「ひとめぼれ」「あきたこまち」より厚い。「きんのめぐみ」の玄米千粒重は「ひとめ

ぼれ」より2g程度重い（表7）。「ひとめぼれ」「あきたこまち」と比較して、腹白、心白の発現がやや多いため、外観品質はやや劣る（表7、写真3）。「きんのめぐみ」の白米の食味は「ひとめぼれ」「あきたこまち」並の「上中」である（表8）。「きんのめぐみ」の玄米タンパク質含有率を表9に、白米ア

ミロース含有率を表10に示す。玄米タンパク質含有率は「ひとめぼれ」「あきたこまち」並で、白米アミロース含有率は「ひとめぼれ」並で「あきたこまち」よりやや高い。

4. 搗精特性および胚盤残存性

育成地における家庭用精米機を用いた「きんのめぐみ」の搗精試験成績を表11に示す。白度および縦溝残存で判定した適搗精に要する時間は「ひとめぼれ」並である。また、この時の胚芽残存歩合は「ひとめぼれ」「あきたこまち」より高い。トーヨーライス株式会社に独自に開発した亜糊粉層を残す搗精が可能なテスター精米機を用いた胚盤残存性試験成績を表12に示す。胚盤残存率は「ひとめぼれ」「あきたこまち」より高い。刈り取り時期の異なる「きんのめぐみ」の胚盤残存率を図2に示した。早刈り、適期刈りと比較して刈り遅れでの胚盤残存率は大きく低下する。

表8 「きんのめぐみ」の基準品種に対する食味総合値（育成地）

基準品種名	試験年次	試験回数	食味総合値		
			外観	粘り	総合
ひとめぼれ	2003,04,06年	5	-0.05	-0.02	-0.16
あきたこまち	2005,07~10年	7	-0.06	-0.02	-0.08

注. 食味試験は5点法で実施。パネル数は9~16名。食味総合値は、基準品種0に対して-3（かなり劣る）~+3（かなり優る）の7段階評価

表9 「きんのめぐみ」の玄米タンパク質含有率（育成地）

品種名	玄米タンパク質含有率 (%)					
	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	平均
きんのめぐみ	6.7	7.2	5.9	5.7	6.1	6.3
ひとめぼれ	6.0	6.9	5.8	5.9	5.9	6.1
あきたこまち	6.7	7.2	5.9	6.1	6.5	6.5

注. 近赤外分光分析装置（FOSS 社 infratec1241）で測定。

表10 「きんのめぐみ」の白米アミロース含有率（育成地）

品種名	白米アミロース含有率 (%)				
	2007年	2008年	2009年	2010年	平均
きんのめぐみ	16.8	19.9	19.4	16.9	18.3
ひとめぼれ	17.8	19.8	19.5	16.2	18.3
あきたこまち	16.2	18.6	18.0	16.9	17.4

注. ブラン・ルーベ社オートアナライザーⅡ型で測定。

表11 「きんのめぐみ」の搗精試験成績（育成地）

品種名	玄米水分 (%)	調査項目	搗精時間(秒)			
			140	160	180	200
きんのめぐみ	15.6	搗精歩合 (%)	90.6	90.3	89.0	88.0
		白度	39.0	40.4	44.4	44.9
		胚芽残存歩合 (%)	24.0	20.5	18.7	14.8
ひとめぼれ	15.9	搗精歩合 (%)	91.7	90.5	90.0	89.5
		白度	37.8	41.1	42.4	41.9
		胚芽残存歩合 (%)	17.8	12.5	7.8	6.0
あきたこまち	15.6	搗精歩合 (%)	90.5	89.1	89.3	88.6
		白度	39.7	43.7	43.2	43.9
		胚芽残存歩合 (%)	12.3	11.3	8.7	6.3

注. 移植栽培、2010年産玄米340gをサタケSKM-5で精米後、300粒2反復を調査。白度はKettC-300で測定。□は適搗精時間の搗精歩合。白度40.0以上で縦溝の糠が溝全長の2分の1程度残っている状態を適搗精と判定した。

表12 「きんのめぐみ」の胚盤残存性試験成績（トーヨーライス株式会社）

品種名	年次	2006年	2007年	2008年	2009年	平均1	平均2
		きんのめぐみ	胚盤残存率 (%)	35.2	2.0	25.0	91.0
	搗精歩合 (%)	91.8	91.8	91.8	93.4	91.8	92.3
ひとめぼれ	胚盤残存率 (%)	14.0	-	11.5	86.0	-	37.2
	搗精歩合 (%)	91.8	-	91.8	93.8	-	92.5
あきたこまち	胚盤残存率 (%)	25.3	0.6	13.5	-	13.1	-
	搗精歩合 (%)	91.8	91.8	91.8	-	91.8	-

注. 育成地産玄米をテスター精米機MC90A（東洋精米機）で搗精後、正常粒5gを手選別で測定。平均1：2006~2008年の平均。平均2：2006、2008、2009年の平均。2007年の玄米の胚盤残存率が低いのは、過乾燥が原因と考えられる。

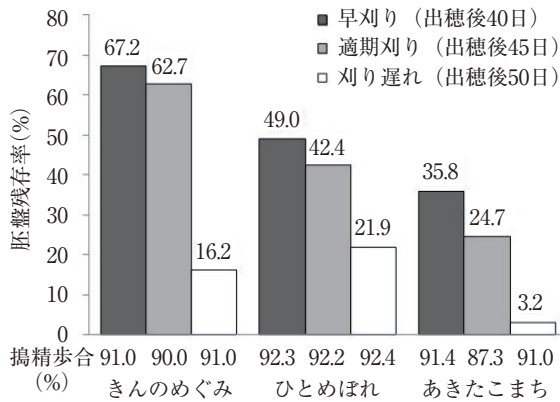


図2 刈取時期の異なる「きんのめぐみ」の胚盤残存率

注. 2010年育成地産玄米をテスター精米機 MC90A (東洋精米機) で搗精後、正常粒 5gを手選別で測定。

表13 「きんのめぐみ」のいもち病真性抵抗性遺伝子型検定結果 (育成地)

品種名	レースコード	レース				推定遺伝子型
		007.0	033.1	035.1	037.1	
きんのめぐみ		S	R	R	S	<i>Pia, Pii</i>
新2号	1	S	S	S	S	<i>Pik-s</i>
愛知旭	2	S	S	R	S	<i>Pia</i>
石狩白毛	4	S	R	S	S	<i>Pii</i>
関東51号	10	R	S	S	S	<i>Pik</i>
ツユアケ	20	R	S	S	S	<i>Pik-m</i>
フクニシキ	40	R	R	R	R	<i>Piz</i>
ヤシロモチ	100	R	R	R	R	<i>Pita</i>
PiNo.4	200	R	R	R	R	<i>Pita-2</i>
とりで1号	400	R	R	R	R	<i>Piz-t</i>
BL1	0.2	R	R	R	R	<i>Pib</i>
K59	0.4	R	R	R	R	<i>Pit</i>

注. 噴霧接種による。表中のSは罹病性反応、Rは抵抗性反応を示す。

表14 「きんのめぐみ」の葉いもち圃場抵抗性検定試験成績

育成地				愛知県農業総合試験場山間農業研究所				総合評価
品種名	推定遺伝子型	2004~2010年		品種名	推定遺伝子型	2004, 2007, 2010年		
		発病程度	評価			発病程度	評価	
きんのめぐみ	<i>Pia, Pii</i>	4.0	極強	きんのめぐみ	<i>Pia, Pii</i>	5.4	やや強	強
奥羽320号	<i>Pia</i>	4.1	極強	奥羽320号	<i>Pia</i>	3.0	極強	
中部45号	<i>Pii</i>	5.1	強	中部105号	<i>Pia, Pii</i>	3.6	強	
はたじるし	<i>Pia, Pii</i>	5.3	やや強	峰ひびき	<i>Pia, Pii</i>	5.3	やや強	
あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	6.3	中	ホウレイ	<i>Pia, Pii</i>	6.0	中	
ひとめぼれ	<i>Pii</i>	7.3	やや弱	東北IL2号	<i>Pia, Pii</i>	8.5	やや弱	
イナバワセ	<i>Pii</i>	7.2	やや弱	黄金晴	<i>Pia, Pii</i>	8.6	やや弱	
				ミネアサヒ	<i>Pia, Pii</i>	8.4	やや弱	

注. 畑晩播法による検定、発病程度：0 (無発病)~10 (全茎葉枯死)。

表15 「きんのめぐみ」の穂いもち圃場抵抗性検定試験成績

品種名	推定遺伝子型	育成地		秋田農試		愛知山間農研		山口徳佐分場		福島浜研		山形水田農研		総合評価
		2004~2010年	2004.06, 09, 10年	2004, 2010年	2005, 2007年	2010年	2010年							
		発病程度	評価	発病程度	評価	発病程度	評価	発病程度	評価	発病程度	評価	発病程度	評価	
きんのめぐみ	<i>Pia, Pii</i>	3.8	強	3.8	強	4.8	強	3.7	強	0.4	極強	1.9	強	強
奥羽357号	<i>Pia</i>	2.9	極強	3.1	極強					0.3	-	0.5	極強	極強
まなむすめ	<i>Pii</i>	4.8	強	6.0	強					0.6	-	1.6	強	強
キヨニシキ	<i>Pia, Pii</i>			6.9	中					1.4	-	3.0	中	中
ひとめぼれ	<i>Pia</i>	6.3	中	8.0	中	6.9	弱	5.2	やや弱	1.2	-	3.0	中	中
ササニシキ	<i>Pii</i>	7.1	やや弱	8.6	弱					0.7	-	4.4	弱	やや弱

注. 発病程度：0 (無発病)~10 (全穂罹病)。

秋田農試：秋田県農林水産技術センター農業試験場、愛知山間農研：愛知県農業総合試験場山間農業試験場、山口徳佐分場：山口県農業試験場徳佐寒冷地分場、福島浜研：福島県農業総合センター浜地域研究所、山形水田農研：山形県農業総合研究センター水田農業研究所。

### 5. 病害抵抗性および障害抵抗性

「きんのめぐみ」のいもち病真性抵抗性遺伝子型は、接種菌株に対する反応から“Pia、Pii”と推定される（表13）。「きんのめぐみ」の育成地および特性検定試験地における葉いもち圃場抵抗性検定試験成績を表14に、穂いもち圃場抵抗性検定試験成績を表15に示す。葉いもち圃場抵抗性、穂いもち圃場抵抗性ともに“強”である。「きんのめぐみ」の白葉枯病抵抗性群は、接種菌種に対する反応から“黄玉群”で、白葉枯病真性抵抗性遺伝子Xa1を有すると推定される（表16）。「きんのめぐみ」の山形県農業総合研究センターにおける白葉枯病圃場抵抗性検定結果を表17に示す。白葉枯病圃場抵抗性は“強”である。「きんのめぐみ」の岐阜県農業技術センターにおける縞葉枯病抵抗性検定結果を表18に示す。縞葉枯病の発病が見られることから縞葉枯病には“罹病性”である。「きんのめぐみ」の育成地および特性検定試験地における障害型耐冷性検定試験成績を表19に示す。障害型耐冷性は“強”である。表20では、「きんのめぐみ」の育成地における穂発芽性検定結果を示す。穂発芽程度は「ひとめぼれ」より大きく「ふくひびき」と同程度で、穂発芽性は“やや易”である。

### IV 栽培適地および栽培上の留意点

#### 1. 配付先における試験成績

「きんのめぐみ」の現地試験成績を表21に示す。「あきたこまち」と比較して、出穂期および成熟期は1～5日遅い。稈長は同程度かやや長く、穂長はやや長く、穂数はやや少ない。収量は、秋田県仙北郡美郷町と茨城県つくば市では多収で、長野県安曇

表16 「きんのめぐみ」の白葉枯病抵抗性群の推定（育成地）

品種名	白葉枯病抵抗性群	接種菌株（菌系群）		
		T7174 （Ⅰ群菌）	T7147 （Ⅱ群菌）	T7133 （Ⅲ群菌）
きんのめぐみ	黄玉群	R	S	S
ひとめぼれ	金南風群	S	S	S
あそみのり	黄玉群	R	S	S

注. 剪葉接種による。Sは罹病性反応、Rは抵抗性反応を示す。

表17 「きんのめぐみ」の白葉枯病抵抗性検定試験成績

品種名	山形県農業総合研究センター水田農業試験場	
	病斑長 (cm)	総合評価
きんのめぐみ	4.3	強
中新 120 号	4.5	強
庄内 8 号	8.0	やや強
フジミノリ	9.2	中
ササニシキ	9.8	やや弱
ヒメノモチ	16.1	弱

注. 2004～2010年の平均。穂ばらみ期に止葉にⅡ群菌Ⅲ群菌を剪葉接種して、22～27日後に剪葉部からの最大病斑長を測定した。

表18 「きんのめぐみ」の縞葉枯病抵抗性検定試験成績

品種名	岐阜県農業技術センター	
	罹病株率 (%)	総合評価
きんのめぐみ	6.1	罹病性
日本晴	52.3	罹病性
あさひの夢	0.0	抵抗性

注. 2009、2010年の平均。各品種72株について出穂期に調査。

表19 「きんのめぐみ」の障害型耐冷性検定試験成績

品種名	育成地		青森藤坂稲作部		岩手農研		宮城古川農試		総合評価
	2004～2010年		2005年		2010年		2005,09,10年		
	不稔歩合	判定	不稔歩合	判定	不稔歩合	判定	不稔歩合	判定	
きんのめぐみ	64.3	強	49.3	極強	49.8	強	54.6	強	強
ひとめぼれ	27.4	極強	—	—	30.6	極強	16.6	極強	極強
オオトリ	63.6	強	67.3	強	62.9	強	57.7	強	強
コガネヒカリ	—	—	76.0	中	78.9	中	67.5	やや強	やや強
めんこいな	82.9	中	—	—	—	—	—	—	中
トヨニシキ	89.2	やや弱	—	—	—	—	—	—	やや弱

注. 循環式冷水掛け流し圃場（恒温深水法）による。  
 不稔歩合は育成地は達観調査、その他は実測値。  
 青森藤坂稲作部：青森県産業技術センター農林総合研究所藤坂稲作部、  
 岩手農研：岩手県農業研究センター、宮城古川農試：宮城県古川農業試験場。

野市では同程度、大阪府泉南市ではやや少収である。千粒重は2g程度重く、品質は美郷町と安曇野市では同程度だが、つくば市と泉南市では劣る。胚盤残存率は、ほとんどの現地で「あきたこまち」より高いが、2010年の美郷町と泉南市では「あきたこまち」より低い。これらの現地で、「きんのめぐみ」の胚盤残存率が「あきたこまち」より低かったのは、2010年の美郷町では、収穫期の悪天候による刈り遅れ、泉南市では、外観品質が劣っていたために搗精歩合が低下したことが原因と考えられる。

## 2. 栽培適地

温暖地平坦部では、品質が著しく低下する恐れがあることから、寒冷地中南部および温暖地中山間部に適すると考えられる。

表20 「きんのめぐみ」の穂発芽検定試験成績（育成地）

品種名	穂発芽程度	穂発芽程度	総合評価
	2004~2009年	2010年	
きんのめぐみ	4.3	6.5	やや易
あきたこまち	3.8	4.8	中
ふくひびき	4.5	5.0	やや易
ひとめぼれ	1.4	3.5	難

注. 穂発芽程度 (2004~2009年) : 0 (0%発芽)~10 (100%発芽)。穂発芽程度 (2010年) : 2 (極難)~8 (極易)。

## 3. 栽培上の留意点

- 1) 胚盤残存率が著しく低下するため、刈り遅れを避ける。
- 2) 高温登熟条件下では白未熟粒が多発する恐れがあるため、栽培適地以外での作付けを避ける。

## V 育成従事者

「きんのめぐみ」の育成従事者は表22に示すとおりである。

## VI 考察

本品種の育成当初の目的は、いもち病圃場抵抗性・白葉枯病圃場抵抗性で栽培特性の優れた良食味品種の育成にあった。「きんのめぐみ」は、いもち病圃場抵抗性、白葉枯病圃場抵抗性、障害型耐冷性、耐倒伏性のいずれも“強”で、食味も「ひとめぼれ」「あきたこまち」並の“上中”であり、当初の目標は概ね達成している。「あそみのり」を一回親に用いた効果としては、「きんのめぐみ」には「あそみのり」の持つ白葉枯病真性抵抗性遺伝子 *Xa1* といもち病圃場抵抗性遺伝子 *Pias* (t) が導入されていることが明らかになっている (Endo *et al.* 2012)。

さらに、「きんのめぐみ」の大きな特長として、胚盤残存性が挙げられる。胚盤残存性は特殊な精米

表21 「きんのめぐみ」の現地試験成績

試験地	年次	系統・品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	倒伏 程度 (0-5)	精玄 米重 (g)	比較 比率 (%)	玄米 千粒重 (g)	玄米 品質 (1-9)	胚盤 残存率 (%)	搗精 歩合 (%)
美郷町 (秋田)	2009	きんのめぐみ	8.4	9.22	86	19.5	264	0.0	52.5	112	25.3	3.5	96.0	94.0
		あきたこまち	7.31	9.18	81	18.9	309	0.0	47.1	100	23.0	3.8	85.0	93.3
	2010	きんのめぐみ	8.4	9.17	92	21.0	324	0.0	76.5	119	24.5	5.8	49.1	91.2
		あきたこまち	8.1	9.14	96	20.3	338	2.0	64.4	100	22.1	4.9	56.0	90.9
	平均	きんのめぐみ	8.4	9.20	89	20.3	294	0.0	64.5	116	24.9	4.7	72.6	92.6
		あきたこまち	8.1	9.16	89	19.6	324	1.0	55.8	100	22.6	4.4	70.5	92.1
安曇野市 (長野)	2009	きんのめぐみ	8.6	9.20	91	19.0	329	0.0	55.5	99	24.2	4.0	99.0	93.2
		あきたこまち	8.5	9.19	92	18.4	382	0.0	56.2	100	21.7	4.0	87.0	93.1
	2010	きんのめぐみ	8.2	9.15	89	20.0	380	0.0	61.2	105	23.8	4.3	36.1	92.0
		あきたこまち	7.31	9.13	83	18.1	375	0.0	58.2	100	21.9	3.9	34.3	91.0
	平均	きんのめぐみ	8.4	9.18	90	19.5	355	0.0	58.4	102	24.0	4.2	67.6	92.6
		あきたこまち	8.2	9.16	88	18.3	379	0.0	57.2	100	21.8	4.0	60.7	92.1
つくば市 (茨城)	2010	きんのめぐみ	7.25	9.7	98	20.9	285	0.0	56.5	122	24.7	6.4	48.0	89.7
		あきたこまち	7.22	9.4	91	18.2	338	0.0	46.5	100	22.2	4.9	34.7	90.6
泉南市 (大阪)	2010	きんのめぐみ	7.19	8.25	77	19.8	320	0.0	56.5	94	23.3	7.0	47.8	87.4
		あきたこまち	7.14	8.20	78	19.4	369	0.0	60.2	100	21.6	5.0	54.2	90.4

注. 倒伏程度：0 (無)~5 (甚)、玄米品質：1 (上上)~9 (下下)。胚盤残存率は、テスター精米機 MC90A (東洋精米機) で搗精後、正常粒 5g を手選別で測定。2010年美郷町の「きんのめぐみ」は収穫期の悪天候のため刈り遅れた。

表22 「きんのめぐみ」の育成従事者

氏名	年次・世代	1998 交配	1999 BC <sub>1</sub> F <sub>1</sub> ・F <sub>2</sub>	2000 BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	2001 BC <sub>1</sub> F <sub>4</sub>	2002 BC <sub>1</sub> F <sub>5</sub>	2003 BC <sub>1</sub> F <sub>6</sub>	2004 BC <sub>1</sub> F <sub>7</sub>	2005 BC <sub>1</sub> F <sub>8</sub>	2006 BC <sub>1</sub> F <sub>9</sub>	2007 BC <sub>1</sub> F <sub>10</sub>	2008 BC <sub>1</sub> F <sub>11</sub>	2009 BC <sub>1</sub> F <sub>12</sub>	2010 BC <sub>1</sub> F <sub>13</sub>	在任 月数
(室長)															
太田久稔														④……③	12
山口誠之					⑩									③	102
滝田 正		④			⑨										42
(室員)															
福寫 陽														④……③	12
梶 亮太												④		③	36
中込弘二						⑧								③	104
片岡知守		④												③	120
遠藤貴司							⑩							③	54
横上晴郁		④								⑨					66
加藤 浩			②		⑨										20
山口誠之		④			⑧										17
(トーヨーライス株式会社)															
市場茂夫											④			③	48
辻内啓次郎											④			③	48

法で精米した米について調査する必要があるが、精米法を開発したトーヨーライス株式会社で精米試験を行うことにより「きんのめぐみ」の長所として明らかにすることができた。また、刈り取り時期の異なる玄米の胚盤残存率を調査した結果から、胚盤残存率が刈り遅れによって低下することが明らかとなった。「きんのめぐみ」においても「あきたこまち」「ひとめぼれ」と同様に、刈り遅れによる胚盤残存率の低下が見られることから、刈り遅れを避けて適期刈りを行うことが、栽培上の重要な留意点となる。胚盤残存性のメカニズムや遺伝についてはまだ明らかになっておらず、今後の研究が必要である。

「きんのめぐみ」の残された問題点として、外観品質の改良が挙げられる。現地試験の結果から、登熟期間に高温条件に当たる地域では、特に外観品質が低下しやすいと考えられる。「きんのめぐみ」の栽培適地である東北地域においても、2010年、2012年と高温年が頻発していることから、外観品質の改良にあたっては高温耐性も十分に考慮した選抜が必要である。

### 引用文献

- 1) Endo, T.; Yamaguchi, M.; Kaji, R.; Nakagomi, K.; Kataoka, T.; Yokogami, N.; Nakamura, T.; Ishikawa, G.; Yonemaru, J.; Nishio, T. 2012. Close linkage of a blast resistance gene, *Pia5(t)*, with a bacterial leaf blight resistance gene, *Xa1-as(t)*, in a rice cultivar 'Asominori'. *Breed. Sci.* (in press).
- 2) 東 正昭, 山口誠之, 春原嘉弘, 小山田善三, 小綿寿志, 田村泰章, 横上晴郁, 齊藤 滋, 池田良一, 井上正勝, 松本定夫. 1997 いもち病抵抗性・良食味水稻新品種「おきにいり」の育成. 東北農試研報 92: 15-33.
- 3) 杉谷久任, 田嶋修治, 西山台司, 松本壘士, 岡田正憲, 西山寿, 本村弘美, 志村英二. 1974 水稻新品種「あそみのり」について. 九州農業研究 36: 45-46.



写真1 「きんのめぐみ」の草姿  
 (左：きんのめぐみ、中：ひとめぼれ、  
 右：あきたこまち、2010年育成地産)



写真2 圃場における「きんのめぐみ」の草姿  
 (左：きんのめぐみ、右：あきたこまち、2010年9月育成地)



写真3 「きんのめぐみ」の糙および玄米  
 (左：きんのめぐみ、中：ひとめぼれ、右：あきたこまち、2010年育成地産)



写真4 胚盤が残るように精米した「きんのめぐみ」

左：胚盤が残る精米（2010年美郷町産米をトーヨーライス株式会社で精米、搗精歩合：91.2%）  
 右：通常の精米（2010年育成地産米、搗精歩合：88.9%）



## 越冬性が優れる 無エルシン酸ナタネ新品種「キタノキラメキ」の育成

川崎 光代<sup>\*1)</sup>・本田 裕<sup>\*1)</sup>・山守 誠<sup>\*2)</sup>・加藤 晶子<sup>\*1)</sup>・由比真美子<sup>\*1)</sup>  
石田 正彦<sup>\*3)</sup>・千葉 一美<sup>\*4)</sup>・遠山 知子<sup>\*4)</sup>

**抄 録**：「キタノキラメキ」は東北農業試験場（現東北農業研究センター）において、寒地および寒冷地向きの無エルシン酸で多収のナタネ品種育成を目標に1996年に「キザキノナタネ」を種子親、「Onyx」を花粉親として人工交配を行い、以降、系統育種法により選抜と固定を進め、2011年に育成した品種である。

「キタノキラメキ」は「キザキノナタネ」と同じ無エルシン酸品種である。成熟期は「キザキノナタネ」よりやや遅いが、越冬性が優れている。育成地において寒雪害の被害指数が「キザキノナタネ」より低い。また、北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場において、「キザキノナタネ」より越冬株率が高いためやや多収である。

栽培適地は北海道十勝地域であり、「キタノキラメキ」の導入によって厳寒地域におけるナタネの安定多収生産および産地拡大が期待される。

**キーワード**：ナタネ、*Brassica napus* L.、無エルシン酸、新品種、越冬性、寒雪害抵抗性

**A New Winter Zero Erucic Acid Rapeseed [*Brassica napus* L.] Cultivar “Kitanokirameki”, with High Wintering Ability** : Mitsuyo KAWASAKI<sup>\*1)</sup>, Yutaka HONDA<sup>\*1)</sup>, Makoto YAMAMORI<sup>\*2)</sup>, Masako KATO<sup>\*1)</sup>, Mamiko YUI<sup>\*1)</sup>, Masahiko ISHIDA<sup>\*3)</sup>, Ichimi CHIBA<sup>\*4)</sup> and Tomoko TOYAMA<sup>\*4)</sup>

**Abstract** : A new rapeseed [*Brassica napus* L.] cultivar, “Kitanokirameki”, was developed at the NARO Tohoku Agricultural Research Center in 2011. This cultivar was selected from the progenies of the cross between “Kizakinonatane” and “Onyx”, with a goal of developing a high-yield cultivar free from erucic acid and adaptable to Hokkaido and the Tohoku region in Japan.

The seeds of this cultivar are free from erucic acid, similar to the seeds of “Kizakinonatane”. This cultivar matures slightly later than “Kizakinonatane” and has high wintering ability. At Morioka, Iwate, the index of cold and snow damage to this cultivar was lower than that of “Kizakinonatane”. At Memuro, Hokkaido, the ratio of over-winter survival of this cultivar was higher than that of “Kizakinonatane”; therefore, the yield of this cultivar was more than that of “Kizakinonatane”.

These data suggest that “Kitanokirameki” is adaptable to the Tokachi district at Hokkaido. This cultivar will help gain stable and high yield production and expansion of the production area in the Tokachi district.

**Key Words** : Rapeseed, *Brassica napus* L., Zero erucic acid, New cultivar, Wintering ability, Cold and snow resistance

\* 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, Tsu, Mie 514-2392, Japan)

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

2012年12月12日受付、2013年2月4日受理

## I 緒 言

セイヨウナタネ *Brassica napus* L. (以下、ナタネと表す) は世界的に重要な油糧作物の一つであり、国内において明治時代以降広く栽培、利用されてきた。国内における作付面積は、1957年には約26万haまで増加したが、その後は貿易自由化による輸入増加などの影響を受けて激減し、1990年代には1000ha以下まで落ち込んだ。しかしその後、ナタネ栽培、搾油、廃食油の回収およびバイオディーゼル燃料への変換までの多段階活用を行う生産団体や市町村によって各地で新興産地が形成された(石田2003)。近年、海外から輸入される遺伝子組換えナタネに対する消費者の不安などから国産ナタネの需要は回復傾向にあり(小野ら 2013)、2011年産の作付面積は1700haまで回復した。また、平成22年閣議決定の食料・農業・農村基本計画の対象作物の一つであり更なる生産拡大が期待されている。

現在、北海道は全国の都道府県の中で作付面積および生産量が最も多く、2011年産の作付面積は502haであり、生産量は国内の約49%に相当する949tに達している。北海道のナタネ生産は空知地域を中心に拡大し、近年新たな産地が道内各地に形成されている。北海道では、1992年に優良品種に選定された無エルシン酸品種「キザキノナタネ」(奥山ら 1994) が主に栽培されている。「キザキノナタネ」は全国で最も作付面積が多いナタネ品種であり、東北農業研究センターで育成した他の無エルシン酸品種「アサカノナタネ」(奥山ら 1993)、「菜々みどり」(石田ら 2006)、「ななしきぶ」(加藤ら 2005)、およびグルコシノレート含量も低減させたダブルロー品種「キラリボシ」(石田ら 2007) と比較すると越冬性に優れる品種であり、北東北および北海道の平坦地での栽培に適している。しかし、冬季の気温が特に低い北海道東部地域においては「キザキノナタネ」の寒雪害による収量低下が問題となっており、さらに越冬性が優れる無エルシン酸品種が求められてきた。

「キタノキラメキ」は「キザキノナタネ」と同じく、子実にエルシン酸を含まない無エルシン酸品種である。「キザキノナタネ」と比較して、育成地において寒雪害の被害指数が低く、北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場において越冬株率が高くやや多収である。これらの結果により「キタ

ノキラメキ」は優れた越冬性を持つと考えられることから、2012年6月に品種登録出願を行った。本報告では今後の普及に資するため、来歴と育成経過、特性などについて記述する。

「キタノキラメキ」の育成にあたり、北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場、青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場(現青森県産業技術センター野菜研究所)および山形県農業総合研究センターの担当者各位には品種比較試験、系統適応性検定試験等を実施し、栽培適性および諸特性の把握にご尽力いただいた。また、北海道更別村での現地試験においては関係各位にご協力いただき、実需業者の関係各位には子実品質評価にご協力いただいた。さらに、東北農業研究センター(旧東北農業試験場)の技術専門職員の木村力也、齋藤文隆、熊谷常三、佐々木猛、佐藤卓見、齊藤進、高橋博貴、小林正志、伊東健二、後藤正幸、藤澤敏彦、藤澤忠、齊藤真一の諸氏には栽培管理や生育調査など育種業務の遂行にご尽力いただいた。これらの方々には深い感謝の意を表す。

なお、「キタノキラメキ」の育成の一部は農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」および農研機構「交付金プロジェクト研究」の助成を受けて行った。

## II 来歴および育成経過

「キタノキラメキ」は1995年度(1996年5月)に東北農業試験場において、寒地および寒冷地向きの無エルシン酸で多収のナタネ品種育成を目標として、「キザキノナタネ」を種子親、「Onyx」(ジーンバンクJP番号146926)を花粉親として行った人工交配に由来する(図1、表1)。「キザキノナタネ」は中晩生の無エルシン酸品種であり、収量性や耐倒伏性などの生育特性が優れている国内の主力品種である。一方、「Onyx」は中晩生のダブルロー(無エルシン酸かつ低グルコシノレート)品種であり、越冬性と収量性が優れている。1996年度にF<sub>1</sub>個体を養成し、1997年度にF<sub>2</sub>の収量性や越冬性等について個体選抜を行い、1998年度に選抜個体種子の脂肪酸組成分析により無エルシン酸を確認した。1999年度より系統育種法により無エルシン酸系統の選抜と固定を進めた。2001年度より生産力検定予備試験に供試した結果、収量性等の成績が良好であったので、2005年度に「東北97号」の系統名を付し、育成地に

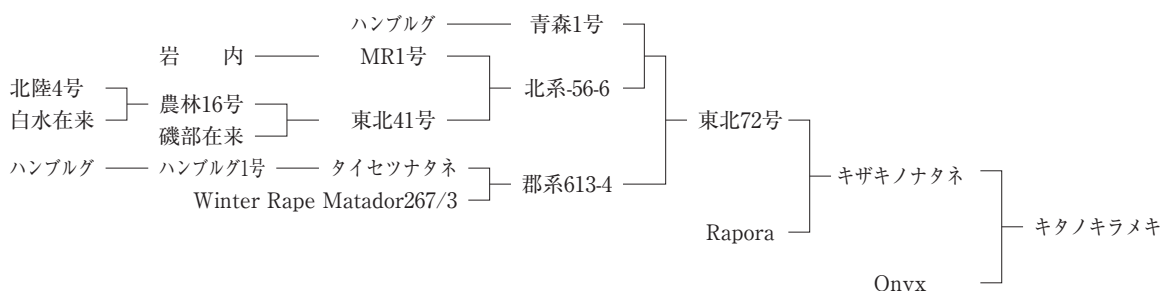


図1 「キタノキラメキ」の系譜

表1 「キタノキラメキ」の育成経過

年次	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
世代	交配	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>		F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>	F <sub>14</sub>
供試	系統群数					10	6	4	3	2	1	1	1	1	1	1
	系統数	80	個体	集団	61	30	18	12	9	6	5	5	5	5	1	1
選抜	系統群数					5	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	系統数				10	6	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1
	個体数	2	個体	1200	199	30	18	12	9	6	5	5	5	5	480	480
備考				脂肪酸組成分析							東北97号					

表2 「キタノキラメキ」の形態的特性および生態的特性

品種名	葉			花卉の主な色	草丈	側枝を含む草丈	莢		開花期	春まき抽だい性
	緑色の濃淡	白粉の有無	小葉の有無				長さ	嘴部の長さ		
キタノキラメキ	中	有	有	黄	かなり高	かなり長	中	中	晩	弱
キザキノナタネ	中	有	有	黄	高	長	やや短	中	やや晩	弱
ななしきぶ	中	有	有	黄	やや低	やや短	中	中	中	強

注. 標準播種期・点播試験について、農林水産植物種類別審査基準「なたね種」(2008)に基づき調査を実施。

おける生産力検定試験、青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場における現地選抜試験および系統適応性試験、北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場における品種比較試験などに供試した。これらの試験成績から総合的に判断し、栽培を希望する産地があることから2012年6月に「キタノキラメキ」の名称で品種登録出願を行った。

### Ⅲ 特性の概要

#### 1. 形態的特性

「キタノキラメキ」の葉の緑色の濃淡は中、白粉の有無は有、小葉の有無は有、花卉の主な色は黄である(表2)。草丈はかなり高で「キザキノナタネ」より高く、側枝を含む草丈はかなり長で「キザ

キノナタネ」より長い(写真1)。莢の長さは中で「キザキノナタネ」より長く、嘴部の長さは中である。

#### 2. 生態的特性

開花期は晩で「キザキノナタネ」より遅い。春まき抽だい性は弱である(表2)。

#### 3. 品質的特性

子実に含まれる油中の脂肪酸組成におけるエルシン酸含有率は「キザキノナタネ」や「ななしきぶ」と同様に0%であり、種子のエルシン酸含有の有無は無である(表3)。また、オレイン酸含有率は64.4%であり「キザキノナタネ」や「ななしきぶ」と同程度である。乾物重あたりの含油率は「キザキノナタネ」よりやや低い「ななしきぶ」より高い。



「キタノキラメキ」

「キザキノナタネ」

写真1 「キタノキラメキ」の成熟期の草姿

表3 子実品質調査成績

品種名	種子の エルシン酸 含有の有無 <sup>1)</sup>	脂肪酸組成 <sup>2)</sup> (%)				乾物重当り の含油率 <sup>3)</sup> (%)	総グルコシノ レート含量 <sup>4)</sup> ( $\mu$ mol/g)
		オレイン酸	リノール酸	リノレン酸	エルシン酸		
キタノキラメキ	無	64.4	19.0	8.1	0.0	45.2	89.7
キザキノナタネ	無	63.5	19.6	8.3	0.0	46.4	131.7
ななしきぶ	無	64.9	19.3	7.4	0.0	42.8	126.7

注. 1) 「種子のエルシン酸含有の有無」は、農林水産植物種類別審査基準「なたね種」(2008年)による。  
 2) 脂肪酸組成は自殖種子を用いてガスクロマトグラフィで分析した。2005～2010年度の平均値。  
 3) 乾物当たりの含油率の分析はソックスレー法を用いた。2005～2010年度の平均値。  
 4) 総グルコシノレート含量は自殖種子を用いて HPLC で分析した。「キタノキラメキ」と「キザキノナタネ」は2008年度および2010年度の平均値。「ななしきぶ」は2010年度のみ。

グルコシノレート含量は89.7  $\mu$ mol/gであり「キザキノナタネ」や「ななしきぶ」より低い、低グルコシノレート品種ではない。

#### 4. 病害抵抗性

「キタノキラメキ」の菌核病 (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) 罹病指数は「キザキノナタネ」と同程度であるが、同罹病株率は「キザキノナタネ」よりやや高い(表4)。

#### 5. 耐寒雪性

「キタノキラメキ」の越冬株率は「キザキノナタネ」と同程度であるが、寒雪害の被害指数は14.76であり「キザキノナタネ」の17.95より低い(表5)。

#### 6. 固定度

2010年度における世代は $F_{11}$ であり、主要な形質について標準偏差および変異係数を調査し、実用上支障の無い程度に固定していると認められた(表6)。

### IV 生産力と栽培特性

#### 1. 育成地における試験成績

育成地(岩手県盛岡市)において生産力および栽培特性調査のために以下の試験を実施した。標準播種期については、点播試験を2005～2010年度の6年間、密播試験を2005～2008年度および2010年度の計

表4 菌核病抵抗性検定試験成績

品種名	菌核病罹病指数	菌核病罹病株率(%)
キタノキラメキ	20.1	65.6
キザキノナタネ	18.4	48.3
ななしきぶ	16.6	54.9

注. 1) 2005～2010年度の平均値。点播栽培（畦幅70cm、1条、株間10cm、1株1本立て）において調査を実施。

2) 「菌核病罹病指数」= $(X_0+X_1+2X_2+3X_3+4X_4+5X_5)/n \times (100/5)$   
 $n$  = 全個体数、 $X$  = 個体数、  
 $X_0$  : 無（主茎の被害程度が0%）、  
 $X_1$  : 微（5%未満）、 $X_2$  : 少（5～10%）、  
 $X_3$  : 中（10～15%）、 $X_4$  : 多（15～20%）、  
 $X_5$  : 甚（20%以上）

表5 耐寒雪性検定試験成績

品種名	越冬株率(%)	寒雪害の被害指数
キタノキラメキ	97.8	14.76
キザキノナタネ	96.6	17.95
ななしきぶ	98.1	34.35

注. 1) 2005～2010年度の平均値。点播栽培（畦幅70cm、2条、株間10cm、1株1本立て）において調査を実施。

2) 「寒雪害の被害指数」= $(100A+70B+50C+30D+20E+F)/(A+B+C+D+E+F)$   
 $A$  : 株全体が枯死している  
 $B$  : 葉は全く枯死し、芯にも一部枯死がみられる  
 $C$  : 葉は全く枯死しているが、芯がいききている  
 $D$  : 葉の枯死が1/2以上  
 $E$  : 葉の枯死が1/10～1/2  
 $F$  : 葉の枯死が1/10以下

表6 固定度調査成績

品種名	草丈			穂長			第一次分枝数		
	平均 (cm)	標準偏差	変異係数 (%)	平均 (cm)	標準偏差	変異係数 (%)	平均 (本)	標準偏差	変異係数 (%)
キタノキラメキ	133	12.25	9.20	43.8	5.33	12.17	6.2	2.79	44.92
キザキノナタネ	129	9.95	7.74	49.7	6.35	12.78	5.9	2.12	35.79
ななしきぶ	85	8.79	10.39	40.7	8.31	20.44	5.8	2.47	42.72

注. 2010年度の標準播種期・点播試験の60個体を調査した。

表7 育成地における生育調査成績

栽培条件 <sup>1)</sup>	品種名 <sup>2)</sup>	播種期	抽苔期	開花期	成熟期	倒伏 程度 <sup>3)</sup>	倒伏 程度 <sup>3)</sup>	草丈	第一次 分枝数	穂長	一穂 莢数	莢長	一莢 結実数	着莢 密度
		(月日)	(月日)	(月日)	(月日)	(茎)	(穂)	(cm)	(本)	(cm)	(莢)	(cm)	(粒)	(cm)
標準播種期	キタノキラメキ	9.9	4.25	5.9	7.7	0.3	0.6	154	7.1	46.3	47.4	6.3	27.7	6.9
	キザキノナタネ	9.9	4.21	5.6	7.4	0.4	0.2	147	6.5	58.4	58.5	5.6	21.7	8.1
	ななしきぶ	9.9	4.7	5.5	6.29	0.6	0.3	114	6.8	45.7	41.2	6.5	26.3	7.5
	キタノキラメキ	9.9	4.22	5.9	7.6	0.3	0.3	136	2.1	38.5	33.3	-	-	-
	キザキノナタネ	9.9	4.20	5.6	7.3	0.1	0.3	136	3.5	49.6	45.9	-	-	-
	キタノキラメキ	9.12	4.16	5.4	7.6	0.0	0.5	127	0.6	38.6	32.1	-	-	-
晩播	キタノキラメキ	9.24	4.16	5.6	7.7	0.0	0.0	138	4.0	48.0	45.0	-	-	-
	キザキノナタネ	9.24	4.14	5.3	7.1	0.0	0.0	138	5.0	57.0	57.0	-	-	-

注. 1) 標準播種期・点播試験は2005～2010年度の平均値。標準播種期・密播試験は2005～2008年度および2010年度の平均値。

標準播種期・散播試験は2007～2008年度の平均値。晩播・点播試験は2008年度のみ。

点播：畦幅70cm、2条、株間10cm、1株1本立て 密播：畦幅35cm、10000本/a 散播：播種量50g/a

2) 「キザキノナタネ」を標準品種、「ななしきぶ」を比較品種とした。育成地試験成績について以下同じ。

3) 倒伏程度 0：無、1：微、2：少、3：中、4：多、5：甚

5年間、散播試験を2007～2008年度の2年間、晩播については点播試験を2008年度に実施した。生育調査成績を表7、収穫調査成績を表8に示す。

標準播種期・点播試験において、「キタノキラメキ」の抽苔期と開花期は「キザキノナタネ」よりやや遅く、成熟期は「キザキノナタネ」より3日、「ななしきぶ」より8日遅かった。草丈は「キザキ

ノナタネ」より高いが、穂長はやや短かった。一穂莢数は「キザキノナタネ」より少ないが、莢長がやや長く、一莢結実数はやや多かった。倒伏程度は「キザキノナタネ」並であった。子実重は36.5kg/aであり、「キザキノナタネ」よりやや少ないが「ななしきぶ」より多かった。「キザキノナタネ」と比較して容積重はやや軽く、千粒重はやや重く、外観

品質は同程度であった(写真2)。

標準播種期・密播試験において、点播試験と比較して草丈は低く、穂長は短く、第一次分枝数は少なかった。子実重は34.4kg/aであり、「キザキノナタネ」より少なく、点播試験よりやや少なかった。

標準播種期・散播試験において、点播試験と比較して草丈および穂長は短く、第一次分枝数はかなり少なかった。子実重は38.8kg/aであり、「キザキノナタネ」よりやや多く、点播試験よりやや多かった。

晩播・点播試験において、成熟期は標準播種期・

表8 育成地における収穫調査成績

栽培条件 <sup>1)</sup>	品種名	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	標準比 (%)	容積重 (g/l)	千粒重 (g)	外観品質 <sup>2)</sup>	
標準播種期	点播	キタノキラメキ	110.4	36.5	96	645	4.3	6.5
		キザキノナタネ	112.0	37.9	100	681	4.0	6.3
		ななしきぶ	93.6	31.3	84	666	3.6	6.5
	密播	キタノキラメキ	113.2	34.4	86	636	4.7	6.4
		キザキノナタネ	123.2	39.9	100	673	4.1	5.9
		散播	キタノキラメキ	121.1	38.8	105	638	5.5
晩播	点播	キザキノナタネ	114.6	37.1	100	670	4.5	6.0
		キタノキラメキ	97.5	31.9	101	630	4.5	7.0
		キザキノナタネ	145.8	31.5	100	673	4.3	6.0

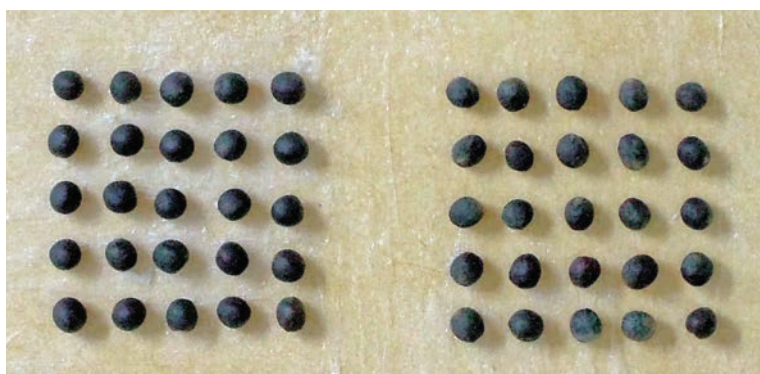
注. 1) 試験実施年次および栽培条件は表7と同じ。

2) 外観品質 9: 上上、8: 上中、7: 上下、6: 中上、5: 中中、4: 中下、3: 下

表9 北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場における試験成績

栽培条件	品種名	播種期	開花期	成熟期	越冬株率	菌核病罹病株率	草丈	子実重	標準比	容積重	千粒重	乾物重当たりの含油率
		(月日)	(月日)	(月日)	(%)	(%)	(cm)	(kg/a)	(%)	(g/l)	(g)	(%)
標準播種期	キタノキラメキ	9. 5	5.29	7.23	85	20.5	180	24.3	116	654	3.8	45.3
	キザキノナタネ	9. 5	5.28	7.20	74	3.5	161	20.9	100	655	4.0	39.8
晩播	キタノキラメキ	9.20	6. 1	7.26	91	20.0	193	31.2	138	657	4.3	44.6
	キザキノナタネ	9.20	5.31	7.23	61	1.0	159	22.6	100	677	4.3	42.4

注. 標準播種期は2009~2010年度の平均値。晩播は2010年度のみ。点播栽培(畦幅60cm、1条、株間9cm)。キザキノナタネを標準品種とした。



「キタノキラメキ」

「キザキノナタネ」

写真2 「キタノキラメキ」の子実の形態



「キタノキラメキ」



「キザキノナタネ」

写真3 「キタノキラメキ」の越冬後の状態

注. 2011年4月19日、北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場における品種比較試験（標準播種期）圃場において撮影。所在地は北海道芽室町。十勝農業試験場からの提供。

表10 北海道更別村における現地試験成績

栽培条件	品種名	播種期 (月日)	菌核病 罹病株率 (%)	子実重 (kg/a)	標準比 (%)	容積重 (g/l)	千粒重 (g)	乾物重当たり の含油率 (%)
標準 播種期	キタノキラメキ	8.31	10	37.6	84	659	4.4	45.2
	キザキノナタネ	8.31	4	44.7	100	675	4.6	44.3
晩播	キタノキラメキ	9.16	4	37.3	132	655	4.0	46.4
	キザキノナタネ	9.16	2	28.2	100	671	4.0	45.2

注. 2010年度のみ。点播栽培（畦幅60cm、1条、株間9cm）。  
「キザキノナタネ」を標準品種とした。

点播試験と同程度であり、「キザキノナタネ」より6日遅かった。標準播種期・点播試験と比較して草丈は低いが穂長はやや長く、第一次分枝数は少なかった。子実重は31.9kg/aで、「キザキノナタネ」と同程度であり、標準播種期・点播試験より少なかった。

## 2. 北海道における試験成績

### 1) 北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場における試験成績

北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場において2009～2010年度の2年間、品種比較試験に供試した。試験成績を表9に示す。

標準播種期において、「キタノキラメキ」の開花期は「キザキノナタネ」と同程度であるが、成熟期は7月23日であり「キザキノナタネ」より3日遅かった。越冬株率は85%であり「キザキノナタネ」の74%よりも高かった（写真3）。草丈は「キザキノナタネ」より高く、子実重は24.3kg/aであり「キザ

キノナタネ」より多かった。晩播において、「キタノキラメキ」の成熟期は7月26日であり「キザキノナタネ」より3日遅かった。越冬株率は91%であり「キザキノナタネ」の61%よりかなり高かった。子実重は31.2 kg/aであり「キザキノナタネ」より多かった。標準播種期、晩播のいずれにおいても菌核病罹病株率は「キザキノナタネ」より高かった。また、標準播種期、晩播における乾物重当たりの含油率はそれぞれ45.3%、44.6%であり、いずれにおいても「キザキノナタネ」よりやや高かった。

### 2) 北海道更別村における現地試験成績

2010年度に北海道更別村における現地試験を実施した。試験成績を表10に示す。

標準播種期において、「キタノキラメキ」の子実重は37.6 kg/aであり「キザキノナタネ」より少なかった。菌核病罹病株率は「キザキノナタネ」よりやや高かった。晩播において、「キタノキラメキ」の子実重は37.3 kg/aであり「キザキノナタネ」よ

表11 青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場における試験成績

品種名 <sup>1)</sup>	播種期 (月日)	抽苔期 (月日)	開花期 (月日)	成熟期 (月日)	越冬 株率 (%)	寒雪害 被害 程度 <sup>2)</sup>	菌核病 被害 程度 <sup>3)</sup>	倒伏 程度 (茎) <sup>4)</sup>	倒伏 程度 (穂) <sup>4)</sup>	草丈 (cm)	第一次 分枝数 (本)	穂長 (cm)
キタノキラメキ	9. 9	4.25	5.12	7.12	98	19	0.7	0.7	1.2	168	6.9	50
キザキノナタネ	9. 9	4.22	5. 8	7.11	97	26	0.5	0.8	1.0	152	6.5	57
ななしきぶ	9. 9	4.10	5. 6	7. 7	94	33	0.5	0.3	0.3	120	7.5	48

品種名 <sup>1)</sup>	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	標準比 (%)	容積重 (g/l)	千粒重 (g)	外観 品質 <sup>5)</sup>
キタノキラメキ	140.8	40.4	88	671	4.3	2.5
キザキノナタネ	141.3	45.9	100	699	4.0	2.7
ななしきぶ	110.5	33.5	73	674	3.6	3.5

注. 1) 2005～2010年度の平均値。点播栽培(畦幅70cm、1条、株間10cm、1株1本立て)。

「キザキノナタネ」を標準品種、「ななしきぶ」を比較品種とした。

2) 寒雪害被害程度は育成地における寒雪害の被害指数と同様の方法で算出した。

3) 「菌核病被害程度」=(株ごとの発病程度の総計)/ (調査個体数)

0:無、1:微、2:少、3:中、4:多、5:甚

4) 倒伏程度 0:無、1:微、2:少、3:中、4:多、5:甚

5) 外観品質 1:下上～下中、2:中下、3:中中、4:中上、5:上中～上下

表12 山形県農業総合研究センターにおける試験成績

品種名	播種期 (月日)	抽苔期 (月日)	開花期 (月日)	成熟期 (月日)	草丈 (cm)	第一次 分枝数 (本)	穂長 (cm)	一穂 莢数	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	標準比 (%)	千粒重 (g)
キタノキラメキ	9.12	4. 3	4.30	6.27	142	7.3	44.9	43.0	71.6	21.2	102	3.9
キラリボシ	9.12	4. 3	4.27	6.21	141	7.8	60.2	52.1	73.4	20.8	100	3.1
キザキノナタネ	9.12	4. 2	4.27	6.24	140	6.1	60.3	52.6	76.2	23.1	111	4.1

注. 2005～2008年度の平均値。点播栽培(畦幅40～70cm、1条、株間10cm)。

「キラリボシ」を標準品種、「キザキノナタネ」を比較品種とした。

り多かった。また、標準播種期、晩播における乾物当たりの含油率はそれぞれ45.2%、46.4%であり、いずれにおいても「キザキノナタネ」よりやや高かった。

### 3. その他の県における試験成績

1) 青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場(現青森県産業技術センター野菜研究所)における試験成績

青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場において2005～2010年度の6年間、現地選抜試験および系統適応性試験を実施した。試験成績を表11に示す。

「キタノキラメキ」の抽苔期と開花期は「キザキノナタネ」よりやや遅いが、成熟期はほぼ同程度であった。草丈は「キザキノナタネ」よりやや高く、穂長はやや短かった。越冬株率は98%と「キザキノナタネ」と同程度であるが、寒雪害被害程度は19であり「キザキノナタネ」の26より小さかった。子実

重は40.4kg/aであり「キザキノナタネ」より少なかった。

### 2) 山形県農業総合研究センターにおける試験成績

山形県農業総合研究センターにおいて2005～2008年度の4年間、地域適応性検定試験に供試した。試験成績を表12に示す。

「キタノキラメキ」の成熟期は「キラリボシ」および「キザキノナタネ」より遅かった。草丈は「キラリボシ」および「キザキノナタネ」と同程度だが、穂長は短かった。子実重は21.2kg/aであり「キラリボシ」よりやや多く、「キザキノナタネ」よりやや少なかった。

## V 実需業者による子実品質評価

育成地における2011年産子実を用いた搾油業者A社による油脂品質分析結果を表13に示す。「キタノ



表13 搾油業者A社による油脂品質分析結果

品種名	乾物重当たり					脂肪酸組成 (%)			
	の含油率 (%)	酸価	ヨウ素価	ケン化価	過酸化 物価	オレイン酸	リノール酸	リノレン酸	エルシン酸
キタノキラメキ	45.1	0.55	106.8	188.1	0.4	67.1	17.7	6.9	0.0
キザキノナタネ	44.1	0.56	107.6	187.9	0.5	66.8	18.2	7.1	0.0
ななしきぶ	41.8	0.75	110.9	188.0	0.3	65.4	19.0	7.4	0.0

表14 「キタノキラメキ」の育成従事者

氏名	年度 世代	1995 交配	1996 F <sub>1</sub>	1997 F <sub>2</sub>	1998 分析	1999 F <sub>3</sub>	2000 F <sub>4</sub>	2001 F <sub>5</sub>	2002 F <sub>6</sub>	2003 F <sub>7</sub>	2004 F <sub>8</sub>	2005 F <sub>9</sub>	2006 F <sub>10</sub>	2007 F <sub>11</sub>	2008 F <sub>12</sub>	2009 F <sub>13</sub>	2010 F <sub>14</sub>	
	本田 裕																	
川崎光代												○						○
加藤晶子		○																○
由比真美子								○										○
山守 誠						○									○			
石田正彦		○							○									
千葉一美		○			○													
遠山知子						○		○										

キラメキ」の子実は「キザキノナタネ」および「ななしきぶ」と同様にエルシン酸を含んでおらず、他の分析項目についても「キザキノナタネ」および「ななしきぶ」と同程度の値を示した。

## Ⅵ 適応地域

「キタノキラメキ」の栽培適応地域は、北海道十勝地域などの厳寒地域である。

## Ⅶ 栽培上の注意

栽培上の注意は以下の3点である。

- ① 種子増殖は、他品種およびアブラナ科植物との交雑を回避するため、隔離された採種圃場で実施する。一般栽培は、採種圃場由来の無エルシン酸が保証された種子を使用し、アブラナ科植物との交雑によるエルシン酸の混入に留意する。
- ② 生産は「キザキノナタネ」の栽培法に準じ、北海道においては「畑作地帯におけるなたねの導入法と栽培条件」(梶山ら 2010)を順守する。
- ③ 菌核病罹病指数は「キザキノナタネ」と同程度だが、罹病株率は高い傾向があり、菌核病対策として、過度の密植および多肥栽培を避け、輪作等の耕種的防除に努める。

## Ⅷ 命名の由来

「キタノキラメキ」は寒地に適し、春の開花の状況がきらめいていることを表現したものである。

## Ⅸ 育成従事者

「キタノキラメキ」の育成従事者を表14に示す。

## X 考察

「キタノキラメキ」は、育成地において「キザキノナタネ」より寒雪害の被害指数が小さく、北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場において「キザキノナタネ」より越冬株率が高いことから、越冬性が優れていると考えられる。また、標準播種期における子実重は育成地において「キザキノナタネ」よりやや少ないが、十勝農業試験場において多い。これらの結果から、「キタノキラメキ」は北海道十勝地域など厳寒地域に適していると考えられる。十勝地域において、ナタネは秋まき小麦の重要な輪作作物であり、ナタネの生産や搾油およびバイオディーゼル燃料への変換までを行う搾油業者が先導し、ナタネの生産拡大が進められている。「キタノキラメキ」の導入は寒雪害による収量低下を軽減できることから、十勝地域におけるナタネの安定多

収生産および厳寒地域における産地拡大に寄与すると期待できる。また、「キタノキラメキ」は十勝農業試験場および更別村において、晩播栽培における越冬株率が「キザキノナタネ」より高く、子実重が多いことから、晩播適性が高いと考えられる。北海道におけるナタネの播種適期は8月下旬から9月上旬であるが(梶山ら 2010)、夏作物との作業競合や播種直後の降雨による播き直し等により適期に播種できないケースが多く見られるため、生産者から晩播が可能な品種への要望は強い。「キタノキラメキ」を用いることにより、現在の播種適期から2週間程度遅い晩播作付体系が構築される可能性がある。

東北農業研究センターは現在、油糧用ナタネ品種育成を継続的に取り組んでいる日本で唯一の公的機関である。これまでに全国各地に適する品種を育成してきた。ナタネは元来、子実中に不飽和脂肪酸の一種であるエルシン酸を約50%程度含んでいるが、食油用には栄養学的に問題視されるエルシン酸を含まない特性が望まれている(金田 1980)。東北農業研究センターでは国産ナタネの無エルシン酸化を実現するための品種育成に取り組み、これまでに「キタノキラメキ」を含む無エルシン酸5品種およびダブルロー1品種の計6品種を育成し、普及に努めてきた。しかし、国内におけるナタネの栽培環境は多様であり、既存の無エルシン酸品種やダブルロー品種では全国各地をカバーできないために、多くの産地が生育不良や低収の問題を抱えている。「キタノキラメキ」の普及が見込まれる北海道十勝地域もそういった産地の一つであった。また、九州地域では既存の無エルシン酸品種を用いると成熟期が遅いため、収穫期が梅雨時期と重なることによる子実の品質低下や後作との作業競合が生じている。今後、全国各地に適した多様な無エルシン酸品種やダブルロー品種を育成することにより、産地が抱えるこのような問題を解決することが可能となり、ナタネの更なる生産拡大につながっていくと考えている。

## 引用文献

- 1) 石田正彦. 2003. わが国におけるナタネの生産・利用と品種開発. 農業技術 58(5) : 13-18.
- 2) 石田正彦, 山守 誠, 加藤晶子, 千葉一美, 奥山善直, 田野崎真吾, 菅原 俐, 遠山知子, 遠藤武男, 柴田悖次. 2006. ナタネ新品种「菜々みどり」の育成. 東北農研研報 105 : 49-62.
- 3) 石田正彦, 山守 誠, 加藤晶子, 由比真美子. 2007. 無エルシン酸・低グルコシノレートナタネ品種「キラリボシ」の特性 東北農研研報 107 : 53-62.
- 4) 梶山 努, 白井康裕, 松永 浩, 原 圭祐, 西村直樹, 沢口敦史. 2010. 畑作地帯におけるなたねの導入条件と栽培法. 研究成果情報 北海道農業 2009 : 80-81
- 5) 金田尚志(監訳). 1980. FAO/WHO合同専門家委員会報告 人間の栄養における食用油脂の役割. 医歯薬出版. p.81-83.
- 6) 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. 2005. 温暖地に適した無エルシン酸なたね新品种「ななしきぶ」の育成. 東北農研研報 103 : 1-11.
- 7) 農林水産省. 2008. 農林水産植物種類別審査基準「なたね種」.
- 8) 奥山善直, 遠藤武男, 菅原 俐, 柴田悖次, 平岩 進, 金子一郎, 斎藤正志, 馬場 知, 杉山信太郎. 1993. ナタネ無エルシン酸新品种「アサカノナタネ」の育成. 東北農試研報 87 : 1-20.
- 9) 奥山善直, 柴田悖次, 遠藤武男, 菅原 俐, 平岩 進, 金子一郎. 1994. ナタネ無エルシン酸新品种「キザキノナタネ」の育成. 東北農試研報 88 : 1-13.
- 10) 小野 洋, 野中章久, 古川茂樹. 2013. ナタネ助成制度と価格変動. 関東東海農業経営研究 103 : 印刷中.

## 寒冷地向け超強力小麦新品種「銀河のちから」の育成

谷口 義則<sup>\*1)</sup>・中村 和弘<sup>\*2)</sup>・伊藤 裕之<sup>\*1)</sup>・平 将人<sup>\*3)</sup>  
 中村 俊樹<sup>\*1)</sup>・石川 吾郎<sup>\*1)</sup>・吉川 亮<sup>\*4)</sup>・八田 浩一<sup>\*5)</sup>  
 前島 秀和<sup>\*6)</sup>・伊藤美環子<sup>\*7)</sup>・中村 洋<sup>\*3)</sup>・伊藤 誠治<sup>\*8)</sup>

**抄録**：「銀河のちから」は超強力特性を持つ硬質小麦である。1996年5月に「盛系C-138（後の東北209号）」と「東北205号（ハルイブキ）」との人工交配を行い、派生系統育種法で育成した。2010年8月に育成を完了し、2011年1月に品種登録出願を行った。

播種はⅣ、出穂期および成熟期は寒冷地の基準で“やや早”であり、寒冷地の硬質主力品種「ゆきちから」より出穂期は1日、成熟期は2日遅い。叢生はやや匍匐し株はやや開き、葉色は濃い。稈長が88cmのやや短稈種で、穂型は紡錘状、褐ふ、有芒で穂長は中程度である。「ゆきちから」と比較して収量は同程度で、千粒重はやや小さく容積重は大きい。子実は硬質でやや短く、中程度の大きさの赤粒種で、外観品質は“上の下”である。蛋白質含量は原麦で“やや多”、60%粉で“多”であり、「ゆきちから」と同程度である。灰分は原麦、60%粉共に“やや少”で「ゆきちから」より少ない。Wx-A1欠失型であるがアミロースの割合は「ゆきちから」と大差がない。製粉歩留は高く、粉の色相は明度、赤み、黄色み、白度共に「ゆきちから」と同程度である。アミログラムの最高粘度とブレイクダウンは「ゆきちから」と同程度である。ファリノグラムの吸水率とバリロメーター値はやや高い。グルテニンの遺伝子型はグルテンの質を強くする*Glu-D1d*と*Glu-B3g*を有する超強力型で、エキステンソグラムの伸張抵抗は“かなり強”で「ゆきちから」の3倍あり、生地力の程度は“大”である。伸長度は逆に「ゆきちから」より小さく“やや小”である。製パン適性は「ゆきちから」よりやや優れ、中華麵適性は食感が「ゆきちから」と同程度で、色相はやや劣る。耐寒性は“やや強”だが、耐雪性は「ゆきちから」より劣る“やや弱”である。耐倒伏性は“強”、穂発芽性は“難”で「ゆきちから」に優る。縮萎縮病抵抗性は“強”、赤かび病、うどんこ病および赤さび病の各抵抗性は“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、パン・中華麵用およびブレンド用としての普及が期待される。

キーワード：コムギ、超強力小麦、*Glu-D1d*、*Glu-B3g*、寒冷地、新品種、銀河のちから

**A New Hard Winter Wheat Cultivar “Ginganochikara”**: Yoshinori TANIGUCHI<sup>\*1)</sup>, Kazuhiro NAKAMURA<sup>\*2)</sup>, Hiroyuki ITO<sup>\*1)</sup>, Masato TAIRA<sup>\*3)</sup>, Toshiki NAKAMURA<sup>\*1)</sup>, Goro ISHIKAWA<sup>\*1)</sup>, Ryo YOSHIKAWA<sup>\*4)</sup>, Koichi HATTA<sup>\*5)</sup>, Hidekazu MAEJIMA<sup>\*6)</sup>, Miwako ITO<sup>\*7)</sup>, Hiro NAKAMURA<sup>\*3)</sup> and Seiji ITO<sup>\*8)</sup>

**Abstract**: The new winter hard wheat cultivar "Ginganochikara" has high bread-baking quality. It has extremely strong dough properties according to the effect of glutenin subunit gene *Glu-D1d* and *Glu-B3g*. "Ginganochikara" was bred by the derived line method at the National Agricultural Research Center for Tohoku Region in 2010. It was selected from a cross between "Morikei C-138"

\* 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 九州沖縄農業研究センター (NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, Chikugo, Fukuoka 833-0041, Japan)

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

\* 4) 現・農研機構 中央農業総合研究センター (NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan)

\* 5) 現・農林水産省 (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8950, Japan)

\* 6) 現・長野県農業試験場 (Nagano Agricultural Experiment Station, Susaka, Nagano 382-0051, Japan)

\* 7) 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)

\* 8) 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)

2012年12月27日受付、2013年2月15日受理

(Tohoku 209) and "Tohoku 205" (Haruibuki).

"Ginganochikara" is an early to middle maturing cultivar in the Tohoku region, and its growth habit is degree IV (winter type). "Ginganochikara" has slightly short culm length (90cm) with awns and red glumes. The yield of "Ginganochikara" is the same as that of the standard winter wheat cultivar "Yukichikara" in the Tohoku and Hokuriku regions, though its test weight is higher than that of "Yukichikara". "Ginganochikara" has red and glassy grains, with a protein content matching that of "Yukichikara". Compared with "Yukichikara", "Ginganochikara" is characterized by high flour yield, high farinogram valorimeter value, large dough extension quality and very strong resistance to extension in extensogram. The volume and quality score of bread made with "Ginganochikara" are slightly greater than those of bread made with "Yukichikara". "Ginganochikara" has somewhat high cold tolerance and somewhat low snow mold tolerance. Its lodging resistance, sprouting resistance and resistance to yellow mosaic virus are high. Its resistance to scab, powdery mildew and leaf rust are intermediate.

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

**Key Words :** Winter wheat, Hard wheat, Extra strong, Bread, New cultivar, Ginganochikara

## I 緒 言

2009年度の小麦粉需要は工業用・飼料用等を除く食用521万トンの内、主に硬質小麦が用いられるパン用および日本麺以外の麺用は274万トンを占める。この内、国産の占める割合は4%程度で、日本麺用の60%に比べると国産比率は低く(2012年8月農林水産省資料「国産麦の生産・利用の拡大に向けて」)、農林水産省では自給率向上のため、特にパン・中華麺用小麦の作付け拡大を誘導している。しかし、東北地域では1951年に育成された「ナンプコムギ」(栽培第2部作物第1研究室 1970)が軟質ながら、蛋白質含量が多いため、麺用に加え、パン・中華麺用としても多く利用されてきた。また、2002年に育成された硬質小麦「ゆきちから」(吉川ら 2009)がパン・中華麺用として栽培面積を増やし、両品種を合わせると2011年産で東北地域の小麦栽培面積の53%を占め、他地域よりパン・中華麺用品種の占める割合が多く、需要に対し生産過剰となっている。需要拡大の制限要因として両品種とも蛋白質含量がパン・中華麺用として低く、グルテンの質が弱めである点が上げられ、よりグルテンの質を強くした品種の育成が急務となっている。また栽培面では「ナンプコムギ」は倒伏しやすく、縞萎縮病に弱く、収量性が低いという短所が、「ゆきちから」は耐穂発芽性が不十分という短所があり、収量・品質の不安定要因となっている。

一方、北海道や関東・東山地域では「勝系33号

(2001年品種登録出願、2010年に改めて北海260号として品種登録)」を始めとして、「ハナマンテン」(中村ら 2007)や「ゆめちから」(田引ら 2011)など超強力小麦が普及している。これらの超強力小麦はグルテニンの遺伝子構成を改良し、グルテンの質を強靱にした品種で、パン等の原料として単独でも利用できるほか、グルテンの質の弱い他の小麦とブレンドして利用することも可能なため、需要が増加してきている。特に「ゆめちから」の普及と平行して様々な利用方法が開発され、東北地域でも超強力小麦の利用を検討する業者が増えてきた。

そこで東北農業研究センターではパン・中華麺用小麦として、超強力特性を持ち、耐倒伏性、縞萎縮病抵抗性、難穂発芽性を持った系統を選定し、2010年に「銀河のちから」の名称で、品種登録出願を行った。本報告では「銀河のちから」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、有限会社盛川農場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(故)関村良蔵、(故)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

「銀河のちから」は1995年度（1996年5月）に東北農業試験場にて「盛系C-138」を母とし、「東北205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。「盛系C-138」は後の「東北209号」でアミロース含量が低く、麺の色相や粘弾性が優れる麺用系統である。「東北205号」は後に「ハルイブキ」（吉川ら 2004）として品種登録された耐倒伏性に優れ、赤さび病、うどんこ病、縞萎縮病に抵抗性のパン用品種である。「盛系C-138」と「東北205号」の出穂期は寒冷地の基準ではそれぞれ“やや早”、“中”で、耐雪性は共に

“やや弱”、穂発芽性はそれぞれ“やや難”、“中”である。当初は超強力小麦ではなく、麺用品種の育成を目指していたため、主要育種目標を低アミロース特性と高製麺適性とし、他に早生、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、良粉色を目標とした。

### 2. 育成経過

「銀河のちから」の選抜経過を表2に示した。雑種第1代（F<sub>1</sub>、以下同様に略称）は10個体を点播で栽植し、全個体を収穫した。F<sub>2</sub>とF<sub>3</sub>は、前年度に収穫した種子を混合して播幅15cm、7kg/10aの播種量で散播して雑種集団を養成し、選抜集団は全刈りを行った。この間、F<sub>1</sub>を温室で、F<sub>2</sub>を春播することにより、世代促進を図り育種年限を1年間短縮した。

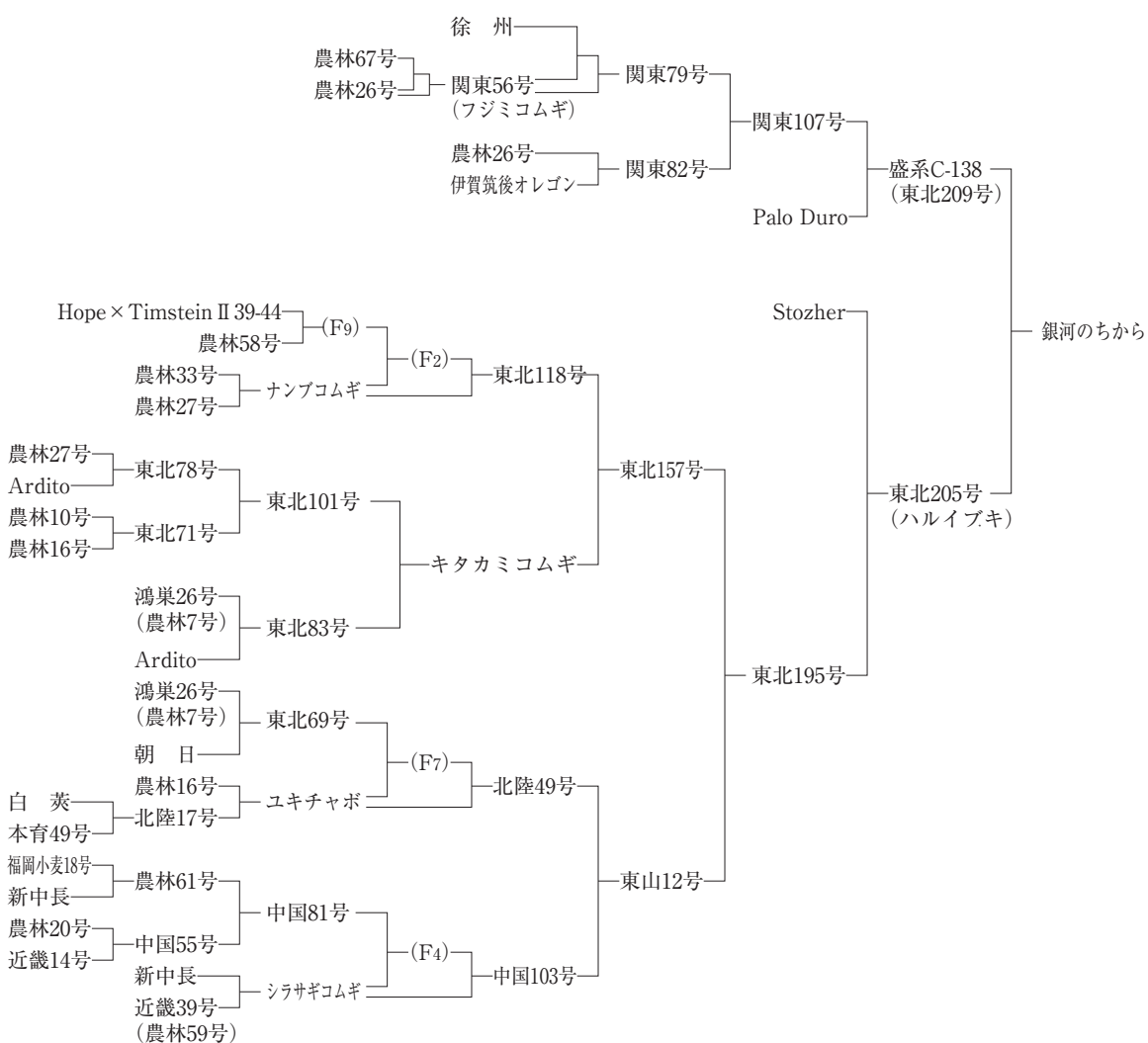


図1 「銀河のちから」の系譜図

表1 「銀河のちから」の交配親の特性

品種名	叢性	稈長	穂長	穂型	芒の有無	ふ色	播性	成熟期	耐雪性	穂発芽性	赤さび病	縞萎縮病
銀河のちから	やや匍匐	やや短	中	紡錘状	有	褐	Ⅳ	やや早	やや弱	難	中	強
母：盛系C-138 (東北209号)	やや匍匐	長	やや短	紡錘状	有	褐	Ⅳ-Ⅴ	やや早	やや弱	やや難	やや弱	強
父：東北205号 (ハルイブキ)	やや匍匐	やや長	やや短	紡錘状	有	黄	Ⅴ	中	やや弱	中	強	強

表2 「銀河のちから」の選抜経過

試験年度	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
世代	交配	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>	F <sub>14</sub>	F <sub>15</sub>
供試数	系統群	条播						3	1	1	1	1	1	1	1	
	系統	10個体	○	78.4g	63.7g	272	17	5	9	5	10	10	10	10	10	
選抜数	系統群							2	1	1	1	1	1	1	1	
	系統		全刈り	全刈り		17	5	3	2	1	1	1	1	1	1	
	個体	21粒	10個体	○	○	272穂		9	10	5	10	10	10	10	10	
生産力検定予備試験							○	○								
生産力検定試験									○	○	○	○	○	○	○	
特性検定試験	箇所数							1	1	8	10	12	12	11	12	
系統適応性検定試験	箇所数									3	3	7				
奨励品種決定調査	箇所数												10	7	4	
備考		点播	散播	散播	散播	穂播	散播	以後点播	育種目標変更							
		盛交C-454	温室	春播				盛系C-B3734	めん→パン				東北223号			

注. 上表で記載を省略したが、交配で得た 21 粒の内、11 粒は世代促進をせずに圃場に播種し、その後代から 2002 年に盛系 C-B3900 と盛系 C-B3901 を作出した。  
2003 年度以降の供試数と選抜数は後に「銀河のちから」になる系統のみを記載し、他は省略した。

F<sub>4</sub>の雑種集団をF<sub>3</sub>と同じ栽培様式で養成し、稈長、穂長、穂型等を指標として289穂を選抜した。F<sub>5</sub>は前年度選抜した289穂の内、272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17系統を選抜した。F<sub>6</sub>は7kg/10aの播種量で播幅15cmに散播し、立毛調査で有望な5系統を選抜した。選抜系統は全刈りを行い、次年度種子とすると共に、品質分析を行った。F<sub>7</sub>以降の世代は全て畦幅70cm、条間15cm、株間12cmの二条千鳥点播に播種した。F<sub>7</sub>で盛系C-B3732～盛系C-B3736の系統名をつけた5系統を栽植すると共に、生産力検定予備試験および穂発芽性検定試験に供試した。その結果、熟期が遅く、穂発芽し易い盛系C-B3732と倒伏の見られた盛系C-B3735を除く3系統を選抜し、それぞれの系統から3個体を選抜した。F<sub>8</sub>は3系統群、各3系統を栽植し、生産力検定予備試験と前年収穫物による品質分析結果に基づき、後に「銀河のちから」になる盛系C-B3734と後に東北225号となる盛系C-B3736を選抜した。

盛系C-B3734については、F<sub>9</sub>以降は1系統群5系

統(F<sub>11</sub>以降は10系統)に栽植して系統選抜を行うと共に、生産力検定試験と特性検定試験および系統適応性検定試験を実施した。この間F<sub>7</sub>～F<sub>8</sub>の品質分析から、盛系C-B3734は硬質で、蛋白質含量が高いことが判明したため、F<sub>10</sub>以降は育種目標を高製麺適性から高製パン適性に変更した。また、F<sub>9</sub>での高分子量グルテニンサブユニット組成の分析から、製パン適性を向上させる *Glu-D1d* (5+10) (Payne *et al.* 1981; 1987) を有することが判明し、その後低分子量グルテニンサブユニットの遺伝子型も製パン適性を高める *Glu-B3g* (Branlard *et al.* 2001) で、両方の遺伝子の組み合わせが超強力型 (Funatsuki *et al.* 2006) であることが判明した。実際にF<sub>9</sub>以降の分析から、グルテンが強靱で、製パン適性も「ゆきちから」と比較して同等または優れている事が明らかとなったため、以後、超強力小麦として扱うこととした。さらに倒伏し易く、縞萎縮病に弱いという「ナンブコムギ」の短所や耐穂発芽性が不十分な「ゆきちから」の短所が改良されていることから、2006年にF<sub>12</sub>で「東北223号」の系統名を付して東北および周辺各県における奨励品種決定

表3 生産力検定試験における「銀河のちから」の形態的特性成績

播種法	品種名 系統名	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m <sup>2</sup>	粒の形	粒の 大小	粒の色	赤か び粒	外観品質	千粒重 g	容積重 g
ドリル 播	銀河のちから	88	9.0	565	4.6	4.5	4.6	0.0	中中	36.8	830
	ゆきちから	93	9.0	634	5.2	5.1	4.1	0.3	中下-下上	38.3	811
	ナンブコムギ	100	10.4	551	5.9	6.1	4.1	0.1	下上	42.0	817
条 播	銀河のちから	89	9.3	427	4.8	4.8	4.8	0.1	中上-中中	38.2	833
	ゆきちから	91	9.3	474	5.4	5.3	4.2	0.4	中下	38.4	816
	ナンブコムギ	94	10.6	346	5.8	6.3	3.9	0.2	下上	42.6	814

注. ドリル播：2003-2009年度平均。条間20cmの6条播。播種量250粒/m<sup>2</sup>。前作水稲（2005年度は小麦連作）。堆肥100kg/a（2005年度を除く）。基肥（kg/a）N：0.8、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：2.7、K<sub>2</sub>O：2.0（2003年度のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は5.0kg/a）、融雪期追肥0.4kg/a（2003年度は0.2kg/a）。2006年度から穂孕み期～出穂期の追肥0.4kg/aも実施（2007年度は0.3kg/a）。

条播：2001-2009年度平均。畦間70cm、播幅15cm。播種量500g/a（2001-2003年度は600g/a）。前作ひまわり。堆肥100kg/a（2001年度200kg/a、2007年度から無施用）。基肥（kg/a）2001-2003年度N：0.64、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：4.58、K<sub>2</sub>O：1.6、2004-2005年度N：0.5、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：1.69、K<sub>2</sub>O：1.25、2006年度以降N：0.4、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：1.35、K<sub>2</sub>O：1.0、融雪期追肥N：0.2kg/a、2001-2002年度の融雪期はK<sub>2</sub>O：0.2kg/aも施肥

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）、赤かび粒0（無）、1（微）、2（少）、3（中）、4（多）、5（甚）、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）。

調査の材料として配付した。

東北223号は奨励品種決定調査で一定の評価を得ていたが、2009年度（F<sub>15</sub>）の時点では奨励品種採用には至っていなかった。しかし、前述のように実需から超強力小麦の生産を求められるようになったことから、実需に本系統の超強力小麦としての加工適性を評価してもらうこととし、未譲渡性を担保するために2011年1月に品種登録出願を行った。

なお、育種完了は2009年度（2010年8月）、世代はF<sub>15</sub>である。

### 3. 命名の由来

漢字表記は「銀河の力」で、パン・中華麺用小麦としてグルテンが強靱な特性を表すと共に、新品種が広く知れ渡るように願いを込めた。

### 4. 普及状況

2012年秋播より、岩手県では産地品種銘柄の申請を行い、花巻市と紫波町で推定6ha程度の栽培が開始され、秋田県では大湯村で推定3ha程度の栽培が開始された。岩手県ではパンや生パスタ用、秋田県では中華麺用としての用途が予定されており、今後栽培面積の拡大が期待されている。

## Ⅲ 特 性

### 1. 形態的特性

「銀河のちから」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特性に係わる成績を東北地域の主力品種である「ゆきちから」および「ナンブコムギ」と共に表3

に示し、そのデータを元に種苗特性分類調査報告書の基準（農林水産技術情報協会 1998）に従って分級した形態的特性の階級値を表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。

稈長は育成地の生産力検定試験ドリル播では88cmで、「ゆきちから」より5cm、「ナンブコムギ」より12cm短く、種苗特性分類では“やや短”に区分される。穂長は「ゆきちから」と同等の“中”で、穂数は少ない。粒の形は“やや短”、粒の大小は“中”で、粒の色は“赤褐”である。原麦粒の見かけの品質（外観品質）はドリル播で「中中」、条播で「中上～中中」で「ゆきちから」より優れ、種苗特性分類で「ゆきちから」が“中の上”であることから“上の中”に区分される。千粒重はドリル播では「ゆきちから」よりやや小さく、条播ではほぼ同等で、“中”に区分され、容積重は「ゆきちから」より大きく、“大”に区分される。

その他の形態的特性として、叢性は“やや匍匐”、株の開閉は“やや開”、葉色は“濃”である。稈と葉鞘のワックスは“多”であるが、穂のワックスは“やや少”である。葉身の下垂度は“中”、フレッケンの有無・多少は“かなり少”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“多”、芒長は“やや長”でふの色は“赤褐”である。葉色が濃く、稈と葉鞘ワックスが多いので、出穂期前でも「ゆきちから」や「ナンブコムギ」をはじめ、寒冷地の主要品種と容易に区別することができる。

表4 「銀河のちから」の形態的特性

形質番号	形質	銀河のちから	ゆきちから	ナンブコムギ
1-1	叢性	6 (やや匍匐)	5 (中)	7 (匍匐)
1-2	株の開閉	6 (やや開)	6 (やや開)	5 (中)
1-3	葉鞘の色	1 (無)	1 (無)	1 (無)
2-4	稈長	4 (やや短)	5 (中)	6 (やや長)
2-5	稈の細太	5 (中)	5 (中)	4 (やや細)
2-6	稈の剛柔	6 (やや剛)	5 (中)	4 (やや柔)
2-7	稈のワックスの多少	7 (多)	6 (やや多)	5 (中)
3-8	葉色	7 (濃)	6 (やや濃)	5 (中)
3-9	葉鞘のワックスの多少	7 (多)	6 (やや多)	5 (中)
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	5 (中)	6 (やや大)	6 (やや大)
3-12	フレッケンの有無と多少	2 (かなり少)	2 (かなり少)	2 (かなり少)
4-13	穂型	2 (紡錘状)	2 (紡錘状)	1 (錐状)
4-14	穂長	5 (中)	5 (中)	6 (やや長)
4-15	粒着の粗密	5 (中)	5 (中)	4 (やや疎)
4-16	穂の抽出度	5 (中)	5 (中)	5 (中)
4-17	穂のワックスの多少	4 (やや少)	6 (やや多)	3 (少)
4-18	ふ毛の有無	1 (無)	1 (無)	1 (無)
4-19	葯の色	1 (黄)	1 (黄)	1 (黄)
5-20	芒の有無と多少	7 (多)	2 (かなり少)	2 (かなり少)
5-21	芒長	6 (やや長)	2 (かなり短)	1 (極短)
6-22	ふの色	5 (赤褐)	2 (黄)	5 (赤褐)
7-23	粒の形	4 (やや短)	5 (中)	6 (やや長)
7-24	粒の大小	5 (中)	5 (中)	6 (やや大)
7-25	粒の色	5 (赤褐)	5 (赤褐)	4 (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)	6 (やや大)
9-29	容積重	7 (大)	6 (やや大)	7 (大)
10-30	原麦粒の見かけの品質	7 (上の下)	6 (中の上)	6 (中の上)
12-33	うるち・もちの別	1 (うるち)	1 (うるち)	1 (うるち)

注. 「銀河のちから」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「ゆきちから」と「ナンブコムギ」と比較して階級値に分類した。「ナンブコムギ」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、「ゆきちから」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。

## 2. 生態的特性

播性程度は「Ⅳ」で「ゆきちから」や「ナンブコムギ」より1ランク低い(表5)。生産力検定試験ドリル播では出穂期は5月19日で「ゆきちから」より1日遅く、「ナンブコムギ」と同じ、成熟期は7月5日で「ゆきちから」より2日遅く、「ナンブコムギ」より3日遅い(表6)。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)。耐雪性は表7に示したように育成地では「やや弱」、岩手県農業研究センターでは「中」、北海道立上川農業試験場では「弱」であるが、既存品種との比較から種苗特性分類は「やや弱」と判定される。岩手県農業研究センターのデータから得られた回帰式では越冬株率90%以上、被害程度30以下が期待される

根雪日数は80日以下と推定される(図2、図3)。

耐寒性については「やや強」である(表5)。

耐倒伏性は「強」、穂発芽性は「難」で「ゆきちから」より耐倒伏性は1ランク、穂発芽性は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「やや強」、北海道農業研究センターでは「中」、長野県農業試験場では「弱」であったが、総合判断として「中」に判定される。他の病害抵抗性として、縞萎縮病抵抗性は「強」、うどんこ病と赤さび病の抵抗性は「中」である(表5)。

子実重は「ゆきちから」とほぼ同等である(表6)。しかし、子実重を年度別に比較すると寒雪害が多い年は「ゆきちから」より低収になっており、少ない



表5 「銀河のちから」の生態的特性

形質番号	形質	銀河のちから	ゆきちから	ナンブコムギ
13-34	播性の程度	4 (IV)	5 (V)	5 (V)
15-36	出穂期	4 (やや早)	4 (やや早)	4 (やや早)
15-37	成熟期	4 (やや早)	4 (やや早)	4 (やや早)
17-41	耐寒性	6 (やや強)	7 (強)	7 (強)
17-42	耐雪性	4 (やや弱)	6 (やや強)	6 (やや強)
17-44	耐凍上性	5 (中)	7 (強)	7 (強)
18-45	耐倒伏性	7 (強)	6 (やや強)	3 (弱)
19-46	穂発芽性	7 (難)	5 (中)	7 (難)
20-47	脱粒性	5 (中)	5 (中)	6 (やや難)
21-48	収量性	5 (中)	5 (中)	4 (やや少)
23-70	縞萎縮病抵抗性	7 (強)	7 (強)	3 (弱)
23-71	赤かび病抵抗性	5 (中)	4 (やや弱)	5 (中)
23-72	うどんこ病抵抗性	5 (中)	7 (強)	6 (やや強)
23-73	赤さび病抵抗性	5 (中)	7 (強)	4 (やや弱)

注. 「銀河のちから」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「ゆきちから」と「ナンブコムギ」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2003年度(穂発芽は2001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2003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「銀河のちから」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	銀河のちから	5.19	7.5	1.2	0.3	54.0	102	0.1	0.0	0.7	0.2
	ゆきちから	5.18	7.3	0.6	1.1	52.9	100	0.1	0.2	0.1	0.1
	ナンブコムギ	5.19	7.2	0.6	1.7	40.2	76	0.3	0.0	0.1	0.8
条播	銀河のちから	5.20	7.7	1.1	0.3	53.4	101	0.1	0.1	1.3	1.2
	ゆきちから	5.19	7.5	0.6	1.1	52.6	100	0.2	0.2	0.1	0.4
	ナンブコムギ	5.21	7.6	0.7	1.4	28.9	55	1.9	0.1	0.5	2.7

注. ドリル播：2003-2009年度平均。条間20cmの6条播。播種量250粒/m<sup>2</sup>。前作水稲(2005年度は小麦連作)。堆肥100kg/a(2005年度を除く)。基肥(kg/a) N:0.8、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:2.7、K<sub>2</sub>O:2.0(2003年度のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は5.0kg/a)、融雪期追肥0.4kg/a(2003年度は0.2kg/a)。2006年度から穂孕み期～出穂期の追肥0.4kg/aも実施(2007年度は0.3kg/a)。  
 条播：2001-2009年度平均。畦間70cm、播幅15cm。播種量500g/a(2001-2003年度は600g/a)。前作ひまわり。堆肥100kg/a(2001年度200kg/a、2007年度から無施用)。基肥(kg/a)2001-2003年度N:0.64、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:4.58、K<sub>2</sub>O:1.6、2004-2005年度N:0.5、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:1.69、K<sub>2</sub>O:1.25、2006年度以降N:0.4、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:1.35、K<sub>2</sub>O:1.0、融雪期追肥N:0.2kg/a、2001-2002年度の融雪期はK<sub>2</sub>O:0.2kg/aも施肥。  
 調査基準：寒雪害、倒伏程度、病害：0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)。

表7 「銀河のちから」の耐雪性

品種名	育成地		岩手農研			上川農試	
	被害程度	判定	越冬株率%	被害程度	判定	発病度	判定
銀河のちから	2.4	やや弱	61.0	60.9	中	88.0	弱
ゆきちから	1.4	中-やや強	93.8	13.4	強	61.3	やや弱
ナンブコムギ	1.1	やや強	96.4	10.3	強	51.9	中-やや弱

注. 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被害の主体は雪害である。2004-2009年度平均(2007年度を除く)。平均根雪期間73日。  
 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(記載略)、被害程度、回復率(記載略)を参考に強から弱の5段階に評価。被害程度は5:病斑のみ、10:葉の枯死1/2以下、20:葉の枯死1/2以上、35:ほとんどの葉が枯死、50:茎の枯死1/2以下、75:茎の枯死1/2～2/3、90:茎の枯死2/3以上、100:ほとんどの茎枯死。2003-2009年度平均。平均根雪期間105日。  
 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、ホロシリコムギを「やや強」として極強～弱の6段階に評価。2004-2009年度平均。平均根雪期間138日。

表8 「銀河のちから」の赤かび病抵抗性

品種名	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
銀河のちから	3.6	やや強	5.4	中	3.9	弱
ゆきちから	4.7	中	4.9	中-やや強	3.5	弱-やや弱
ナンプコムギ	2.8	やや強	3.7	やや強	3.6	弱

注. 北海道北見農業試験場 (2004-2009 年度)、北海道農業研究センター (2006-2009 年度)、長野県農業試験場 (2005-2009 年度、2007 年度を除く) で実施した特性検定試験成績を記載。発病度は0 (無)~8 (穂全体に発病)

表9 「銀河のちから」における寒雪害と子実重の関係

試験年度	寒雪害		子実重 kg/a		同左対 ゆきちから比	
	銀河のちから	ゆきちから	銀河のちから	ゆきちから		
ドリル播	2003	0.0	0.3	49.2	45.5	108
	2004	0.8	1.0	32.7	31.6	103
	2005	0.5	0.3	61.1	56.7	108
	2006	0.2	0.3	59.5	53.5	111
	2007	2.5	1.0	56.6	62.8	90
	2008	1.8	0.3	66.2	63.8	104
	2009	2.8	1.0	53.0	56.5	94
	全平均	1.2	0.6	54.0	52.9	102
	寒雪害軽微年の平均	0.4	0.5	50.6	46.8	108
条播	2001	1.8	1.3	47.6	59.4	80
	2002	1.3	0.5	48.1	53.5	90
	2003	0.3	0.3	52.9	41.5	127
	2004	2.5	1.0	55.5	60.1	92
	2005	1.3	0.8	54.5	51.1	107
	2006	0.4	0.5	55.2	51.1	108
	2007	1.5	0.8	50.5	50.9	99
	2008	0.3	0.0	67.7	59.4	114
	2009	1.0	0.2	48.2	46.6	104
	全平均	1.1	0.6	53.4	52.6	101
	寒雪害軽微年の平均	0.5	0.2	56.0	49.6	113

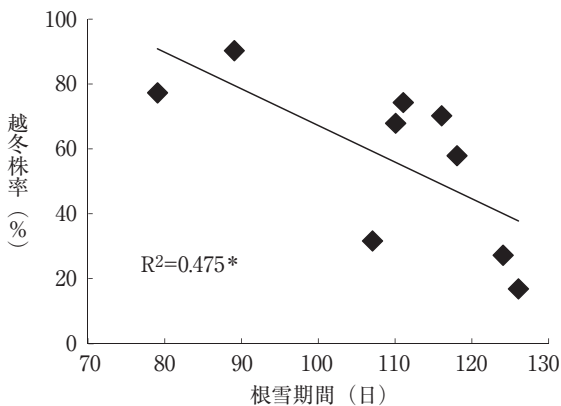


図2 「銀河のちから」における根雪期間と越冬株率の関係

2003-2009 年度の岩手県農業研究センターによる耐雪性検定試験データ根雪期間は気象庁の計算式による。  
\*印は5%有意水準で有意であったことを示す。

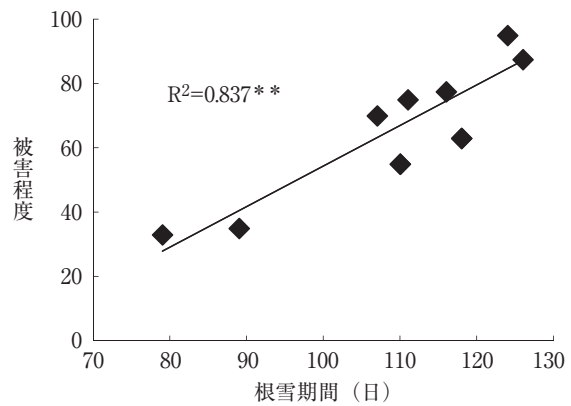


図3 「銀河のちから」における根雪期間と雪害被害程度との関係

2003-2009 年度の岩手県農業研究センターによる耐雪性検定試験データ根雪期間は気象庁の計算式による。  
被害程度は 5: 斑のみ、10: 葉の枯死 1/2 以下、20: 葉の枯死 1/2 以上 35: ほとんどの葉が枯死、50: 茎の枯死 1/2 以下、75: 茎の枯死 1/2 ~ 2/3、90: 茎の枯死 2/3 以上、100: ほとんどの茎枯死  
\*\*印は1%有意水準で有意であったことを示す。

年では多収であることから、収量性そのものは「ゆきちから」より優れていると推定される（表9）。ただし、階級値が異なるほどの差はなく、区分は「ゆきちから」と同じ“中”である（表5）。

### 3. 品質特性

1) 原粒成分、製粉性および小麦粉品質  
品質分析成績を表10～12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13に示した。

表10 「銀河のちから」の製粉性（2003-2008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							灰分 移行率 %
		製粉条件	製粉歩留 %	BM率 %	セモリナ 生成率 %	セモリナ 粉砕率 %	ストレート 粉灰分 %	ミリング スコア	
銀河のちから	77	硬質	73.6	26.2	63.7	91.5	0.43	87.0	51.6
ゆきちから	71	硬質	71.2	26.3	63.3	89.2	0.48	82.5	49.9
ナンプコムギ	40	軟質	66.7	42.2	60.9	77.1	0.45	79.4	48.5
1CW	-	硬質	74.6	23.1	66.6	91.0	0.50	84.5	50.8
HRW	-	硬質	72.5	22.3	65.6	90.3	0.47	84.0	49.7

注. 1CW と HRW は総合食料局から試験用に譲渡されたものである。  
製粉条件の硬質：加水目標水分 16%、フィード速度 16 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 40W-40W-45W、10XX-10XX-11XX、ミドリング側篩目 60W-70W、10XX-10XX-11XX  
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

表11 「銀河のちから」の原粒および60%粉品質（2003-2008年平均）

品種名 銘柄名	原粒		60%粉							
	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 <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup>	粉の色 (Lab 表色系)			
							明度 L*	赤み a*	黄色み b*	白度 W*
銀河のちから	11.5	1.45	10.4	0.40	26.3	2023	88.0	0.55	13.1	82.2
ゆきちから	11.7	1.59	10.2	0.44	26.6	2132	88.1	0.53	13.4	82.0
ナンプコムギ	11.6	1.64	10.2	0.42	26.3	3696	87.7	0.50	17.6	78.5
1CW	14.3	1.57	13.3	0.46	27.4	1798	88.3	0.63	14.2	81.5
HRW	13.0	1.49	11.3	0.44	27.8	2044	88.1	0.63	15.4	80.5

注. 1CW と HRW は総合食料局から試験用に譲渡されたものである。  
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12 「銀河のちから」の生地物性（2003-2008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・ バリュー	生地の 力の程度 cm <sup>2</sup>	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.	ブレーク ダウン B.U.
銀河のちから	65.5	2.6	-	55	57	135	680	153	4.4	57.6	88.2	623	191
ゆきちから	66.2	3.4	-	90	46	67	218	209	1.0	58.8	86.8	633	182
ナンプコムギ	57.8	2.4	-	103	41	57	179	212	0.9	61.0	89.9	803	256
1CW	67.8	9.8	-	21	77	142	508	209	2.5	59.4	90.5	642	166
HRW	63.3	9.3	-	28	74	137	618	166	3.7	58.9	89.0	594	138

注. 1CW と HRW は総合食料局から試験用に譲渡されたものである。  
分析にはビューラー製粉機で製粉した 60% 粉を使用した。  
ファリノグラム、エキステンソグラムは 2004 年度のデータが欠測につき 5 年間の平均値を示す。  
生地の安定度は「銀河のちから」の粘度が下がらず、値が無限大（生地の弱化度が 0）になる年があったので平均値が算出できなかった。

粒は硝子率が高く粒質は“硝子質”である(表10)。製粉歩留は「ゆきちから」より高く、階級値は“高”に区分される。また、セモリナ粉碎率、ミリングスコア、灰分移行率が高く、総合的に製粉性が優れる(表10)。原粒および60%粉粗蛋白質含量は「ゆきちから」と同程度で、原粒は“やや多”、60%粉は“多”に区分される。原粒および60%粉灰分は「ゆきちから」よりやや少なく、“やや少”に区分される(表11)。

「銀河のちから」はアミロース合成遺伝子の *Wx-A1* を欠くが(表14)、アミロース含量は全て正常型の「ゆきちから」とほぼ同等である。硬軟質性は比表面積の値が小さいことから“硬質”と判断され、粉の色相は明度、赤み、黄色み、白度、いずれも「ゆきちから」と同程度である(表11)。

## 2) 小麦生地特性

「銀河のちから」の高分子量および低分子量グルテンニンサブユニットの遺伝子構成は *Glu-D1d* と *Glu-B3g* を持つ超強力型である(表14)。このため「ゆきちから」よりファリノグラムの生地の弱化度が小さく、製パン適性の指標であるバロリメーター値が高い(ただし階級値は同じ“やや高”に区分)。吸水率は「ゆきちから」と同程度の“やや高”である。超強力特性はエキステンソグラムでより顕著に現れ、伸長抵抗の値は「ゆきちから」の約3倍で、階級値は3階級大きい“かなり強”に区分される。反面、伸長度は「ゆきちから」より小さく、“やや小”に区分され、そのため形状係数が“かなり大”に区分される。反面、生地の力の程度(面積)の階級値は“大”で「ゆきちから」より1階級大きいにとどまる。

表13 「銀河のちから」の品質特性

形質番号	形質	銀河のちから	ゆきちから	ナンブコムギ
11-31	粗蛋白質含量	6 (やや多)	6 (やや多)	6 (やや多)
11-32	灰分含量	4 (やや少)	5 (中)	5 (中)
22-49	粒の硬軟	7 (硬)	7 (硬)	5 (中)
22-50	粒質	3 (硝子質)	3 (硝子質)	2 (中間質)
22-51	製粉歩留	7 (高)	6 (やや高)	4 (やや低)
22-52	ミリングスコア	7 (高)	6 (やや高)	5 (中)
22-53	60%粉粗蛋白質含量	7 (多)	7 (多)	6 (やや多)
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)	5 (中)
22-59	粉の明度	6 (やや高)	6 (やや高)	4 (やや低)
22-60	粉の赤み	5 (中)	5 (中)	7 (高)
22-61	粉の黄色み	5 (中)	5 (中)	7 (高)
22-62	吸水率	6 (やや高)	6 (やや高)	4 (やや低)
22-63	バロリメーターバリュー	6 (やや高)	6 (やや高)	5 (中)
22-64	生地の力の程度	7 (大)	6 (やや大)	5 (中)
22-65	生地の伸張抵抗	8 (かなり強)	5 (中)	4 (やや弱)
22-66	生地の伸張度	4 (やや小)	5 (中)	5 (中)
22-67	生地の形状係数	8 (かなり大)	5 (中)	5 (中)
22-68	最高粘度	5 (中)	5 (中)	6 (やや大)
22-69	ブレークダウン	5 (中)	5 (中)	5 (中)

注. 「銀河のちから」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「ゆきちから」と「ナンブコムギ」と比較して階級値に分類した。

表14 「銀河のちから」の *Wx* および *Glu* 遺伝子の構成

品種名	<i>Wx-A1</i>	<i>Wx-B1</i>	<i>Wx-D1</i>	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>
銀河のちから	b	a	a	a	c	d	e	g	a
ゆきちから	a	a	a	a	b	c	c	b	a
ナンブコムギ	a	a	a	a	b	c	d	b*	a

注. *Wx* 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15 育成地における「銀河のちから」の製パン適性 (2003-2008)

品種名	加水量 ml	ミキシン グ時間 分秒	パン 体積 ml	比容 積	比容積 点数 (30)	官能評価								合計 (100)
						焼色 (10)	形の均整 (5)	皮質 (5)	すだち (10)	内色相 (5)	触感 (5)	香り (15)	味 (15)	
銀河のちから	63.8	5.24	616	4.29	13.0	6.0	3.2	3.4	6.8	3.5	3.2	10.5	10.2	60.7
ゆきちから	64.0	2.45	615	4.26	12.8	6.6	2.9	3.1	6.1	3.4	3.1	9.8	9.5	56.7
ナンプコムギ	57.1	2.47	606	4.45	14.7	6.6	3.1	3.0	5.7	2.9	2.9	9.4	8.5	56.3
1CW	66.4	4.35	788	5.50	24.8	7.7	3.8	3.8	7.7	3.8	3.8	11.5	11.5	78.7
HRW	62.9	5.17	747	5.27	22.8	7.5	3.7	3.7	7.6	3.7	3.5	10.8	10.6	74.0

注. 1CW と HRW は総合食料局から試験用に無償譲渡されたものである。  
 東北農業研究センタードリル播種材料を用いて、下記によりストレート法で製パンを行った。  
 原料配合：小麦粉 100g、食塩 2g、砂糖 5g、ドライイースト 1g、ショートニング 5g。2007 年度以降はこの倍量を配合。  
 ミキシング：ナショナル 100-200g ミキサー使用。2006 年度以降は調速機で東北 223 号は 117rpm、他は 90rpm に設定。  
 発酵：1 次発酵 30℃50 分-ガス抜き-2 次発酵 30℃30 分-ガス抜き-ベンチ 30℃15 分-成形-ホイロ発酵 38℃55 分。湿度は 85%。ガス抜きはシーティングモルダー使用。2007 年度以降は 2 次発酵前に生地を 2 分割。  
 焼成：200℃25 分。  
 官能評価：1CW を標準とし、2004 年度以前は 1CW の配点を満点の 70%、2005 年度以降は 80%とした。ただし、比容積の点数は日本イースト工業界の基準に従った。( ) 内数値は各項目の配点を示す。

表16 北海道農業研究センターにおける「銀河のちから」の製パン適性 (2006-2008)

品種名	加水量 ml	ミキシン グ時間 分秒	パン 体積 ml	比容 積	比容積 点数 (30)	官能評価								合計 (100)
						焼色 (10)	形の均整 (5)	皮質 (5)	すだち (10)	内色相 (5)	触感 (5)	香り (15)	味 (15)	
銀河のちから	65.0	10.06	730	4.96	19.7	6.7	2.7	3.2	6.3	4.0	3.5	10.0	9.7	65.7
ゆきちから	66.0	4.15	702	4.70	17.3	7.3	2.5	2.8	6.0	3.7	3.2	9.0	9.0	60.8
1CW	66.0	5.40	890	6.06	29.0	8.0	4.0	4.0	8.0	4.0	4.0	11.7	11.7	84.3
HRW	63.3	8.06	810	5.58	25.0	7.7	3.5	3.8	7.0	3.7	3.5	11.0	11.7	76.8

注. 1CW と HRW は総合食料局から試験用に無償譲渡されたものである。  
 東北農業研究センターで製粉した小麦粉を用い、北海道農業研究センターに製パン試験 (ストレート法) および官能評価を依頼した。製パン方法はナショナル 100g ミキサー使用し、1 回の仕込量を小麦粉 100g とし、生イーストを使用する以外はほぼ東北農業研究センターと同じ。  
 官能評価：1CW を標準とし、1CW の配点を満点の 80%とした。比容積の点数は日本イースト工業界の基準に従った。( ) 内数値は各項目の配点を示す。

表17 東北製粉協同組合における「銀河のちから」の製パン適性 (2004-2008)

品種名	加水量 ml	ミキシング時間 (下注参照)	パン 体積 ml	比容積 点数 (10)	官能評価								合計 (100)
					焼色 (10)	形の均整 (5)	皮質 (5)	すだち (10)	内色相 (10)	触感 (15)	香り (10)	味 (25)	
銀河のちから	65.8	L3M3 ↓ L2M4.4	1600	7.1	7.1	3.3	3.3	7.1	7.6	10.9	7.2	19.4	73.0
ゆきちから	65.8	L3M3 ↓ L2M3.4	1641	7.3	7.5	3.4	3.3	7.3	7.5	10.8	7.1	19.2	73.5
1CW	66.6	L3M3 ↓ L2M4.8	1836	8.0	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	12.0	8.0	20.0	80.0
HRW	66.2	L3M3 ↓ L2M4.2	1791	7.9	7.7	3.8	3.7	7.7	7.7	11.6	7.5	19.8	77.4

注. 1CW と HRW は総合食料局から試験用に無償譲渡されたものである。  
 東北農業研究センターで製粉した小麦粉を用いて、東北製粉協同組合 (阿部製粉株式会社) に製パン試験および官能評価を依頼した。  
 原料配合：小麦粉 100%、食塩 1.8%、砂糖 5%、脱脂粉乳 2%、イーストフード 0.1%、イースト 3%、ショートニング 5%。  
 ミキシング：30 コート、2006 年度以降 20 コート 縦型ミキサー使用。ミキシング時間は上表の通り。  
 (例) L3M3 ↓ L2M4 は低速 3 分、中速 3 分、ショートニング投入して低速 2 分、中速 4 分  
 ショートニング投入前及び投入後の低速時間は各品種、各年度共通。最後の中速時間は品種や年度により異なるため平均値を記載。  
 発酵：1 次発酵 20℃60 分-分割 190 ~ 200g × 2 個-ベンチ 15 分-ホイロ発酵 38℃60 分、2005 年度以降 55 分。  
 焼成：上火 180℃、下火 210℃、20 ~ 25 分。  
 官能評価：1CW を標準とし、1CW の配点を満点の 80%とした。( ) 内数値は各項目の配点を示す。

アミログラフの最高粘度およびブレイクダウンは「ゆきちから」と同程度で「中」に区分される(表12)。

### 3) 加工適性

製パン適性試験を3カ所で行った(表15~17)。東北農業研究センターおよび北海道農業研究センターではピンミキサーを用いたミキシングを行い、東北製粉協同組合は縦型ミキサーで高速ミキシングを加えないミキシングを行った点で製パン方法が異なる。「銀河のちから」は「ゆきちから」よりミキシ

ング時間が長く、特にピンミキサーを用いた東北農業研究センターおよび北海道農業研究センターでは「ゆきちから」の2倍以上の差があった。パン体積や比容積は「ゆきちから」と同程度かやや大きく、官能評価では「焼き色」が3カ所とも「ゆきちから」より劣るものの、その他は優れるか同程度で、官能評価の合計点は東北製粉協同組合が「ゆきちから」と同程度で東北農業研究センターおよび北海道農業研究センターでは高かった。なお、3カ所とも輸入銘柄である1CWやHRWと比べるとパン体積や比容積、官能評価合計点は劣っていた。

中華麺適性試験では「ゆきちから」と比べ、食感や食味は同程度だが、色相が劣るため、合計点もわずかに低い。しかし、輸入銘柄と比較すると中華麺用として最上級に位置するPHには劣るものの、パン・中華麺原料として幅広く利用されているHRWと比べると点数が高く、中華麺としても使用可能である(表18)。

表18 「銀河のちから」の中華麺適性(2003および2005~2008年度平均)

品種名	色相		ホシの程度 1日後 (20)	食感 直後 (20)	食味 直後 (10)	食感 7分後 (20)	合計 (100)
	当日 (10)	1日後 (20)					
銀河のちから	7.2	14.6	14.0	14.6	7.2	14.6	72.3
ゆきちから	7.5	15.1	14.6	14.6	7.3	14.3	73.3
ナンブコムギ	8.2	16.6	12.7	14.1	7.3	14.4	73.2
1CW	6.6	12.3	14.3	15.3	7.1	15.7	71.8
HRW	7.0	14.0	14.0	14.0	7.0	14.0	70.0
PH	7.5	14.6	15.2	15.3	7.3	15.8	75.6

注. 1CW、HRW、PH は総合食料局から試験用に無償譲渡されたものである。  
中華めんの製造および官能試験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。  
( )内の数値は各評価項目の配点を示す。

## 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

品種登録申請までに9県11カ所の研究機関で4年間にわたり奨励品種決定調査が行われ、のべ25回調査が行われた(表19)。このうち、有望が2回、再

表19 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			
			2006	2007	2008	2009
青森県産業技術センター	標播	ネバリゴシ	△113	×112		
農林総合研究所	遅播	ネバリゴシ	100	101		
青森県産業技術センター	標播	ネバリゴシ	△101	×73		
野菜研究所	遅播	ネバリゴシ		99		
岩手農業研究センター	標準	ナンブコムギ	△86	×99		
岩手県北農業研究所	標準	ナンブコムギ	○205	○164	※155	
宮城県古川農業試験場	田 転換畑	ゆきちから ゆきちから	△108	△101	△96	△97
秋田県農林水産技術センター	標準	ネバリゴシ	△113	×86	△74	※105
農業試験場	全面全層 遅播密播	ネバリゴシ ネバリゴシ	86	93	97	103
山形県農業総合研究センター	標肥 多肥	ナンブコムギ ナンブコムギ	△87	△126	※113	
福島県農業総合センター	標準	きぬあずま		106	117	
富山県農林水産総合技術センター	標準	ゆきちから	×112		△86	△113
農業研究所						
長野県農業試験場	標準	シラネコムギ	×105			
栃木県農業試験場	標準	農林61号	×112			

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

表20 「銀河のちから」の奨励品種決定調査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 (/㎡)	寒雪害	倒伏 多少	赤さ び病	うどんこ病	赤か び病	縞萎縮病	子実重 (kg/a)	標準 比率	容積重 (g)	千粒重 (g)	品質 概評
青森	銀河のちから	2006	5.11	6.30	78	8.0	424	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	38.5	113	821	38.8	4.0
本場	ネバリゴシ	2007	5.16	7.1	78	7.4	415	1.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	34.2	100	805	35.9	3.5
標準	ゆきちから		5.14	7.1	81	8.5	451	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	30.8	90	803	37.4	4.0
青森	銀河のちから	2006	5.16	7.2	72	8.6	294	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0	101	818	39.0	4.5
本場	ネバリゴシ	2007	5.18	7.1	66	7.8	299	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	33.8	100	805	36.8	4.0
遅播	ゆきちから		5.15	7.2	75	8.7	310	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	34.7	103	807	39.1	4.5
青森	銀河のちから	2006	5.18	7.18	86	8.2	669	0.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	51.0	90	806	38.6	4.3
野菜	ネバリゴシ	2007	5.21	7.17	95	7.7	702	0.0	2.5	0.9	3.0	0.4	0.0	56.5	100	788	36.4	4.0
標準	ゆきちから		5.20	7.19	95	8.6	737	0.5	2.4	0.0	0.0	0.5	0.0	45.2	80	791	41.0	3.8
青森	銀河のちから	2007	5.20	7.17	83	8.9	538	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	39.6	99	822	42.5	4.0
野菜	ネバリゴシ		5.21	7.16	82	8.2	468	0.0	0.0	1.0	3.0	1.0	0.0	40.2	100	817	39.9	4.0
遅播	ゆきちから		5.19	7.17	84	8.6	501	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	27.3	68	814	47.3	4.0
岩手	銀河のちから	2006	5.9	6.25	74	8.3	278	2.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.9	30.4	91	838	37.3	2.3
本場	ナンブコムギ	2007	5.11	6.28	86	9.8	311	0.8	0.3	0.3	0.0	0.0	2.5	33.5	100	816	41.4	4.3
標準	ゆきちから		5.10	6.27	81	8.5	356	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	35.1	105	814	37.4	3.5
岩手	銀河のちから	2006	5.14	7.7	89	8.1	763	0.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.3	172	798	35.8	2.2
県北	ナンブコムギ	2008	5.19	7.8	78	9.5	545	0.7	1.0	0.3	0.0	0.0	3.3	36.8	100	779	39.5	3.5
標準	ゆきちから		5.17	7.8	94	8.6	752	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	51.1	139	780	36.5	2.7
宮城	銀河のちから	2006	5.3	6.26	84	8.4	555	0.0	0.0	0.8	0.7	1.2	0.0	63.5	102	819	36.8	4.0
古川	ゆきちから	2008	5.6	6.28	89	8.8	558	0.0	0.0	0.2	0.0	1.9	0.0	62.5	100	805	37.7	3.3
田	シラネコムギ		5.4	6.26	83	7.7	497	0.0	0.0	1.0	0.0	0.6	0.0	59.9	96	817	40.2	3.3
	ナンブコムギ		5.4	6.26	92	9.4	445	0.0	0.0	2.2	0.7	1.2	0.0	51.9	83	808	44.7	4.0
宮城	銀河のちから	2009	5.11	6.28	84	9.0	581	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	53.9	97	820	37.1	4.0
古川	ゆきちから		5.16	6.26	93	9.0	563	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	55.8	100	806	38.3	3.0
転換畑	シラネコムギ		5.14	6.25	81	8.7	532	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	61.5	110	820	40.4	3.5
	ナンブコムギ		5.14	6.29	97	10.1	490	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	48.8	87	806	43.5	3.0
秋田	銀河のちから	2006	5.12	6.24	86	8.5	506	2.5	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	53.8	99	817	38.8	2.0
本場	ネバリゴシ	2009	5.15	6.24	90	8.3	496	2.5	0.8	0.0	2.0	0.6	0.0	54.1	100	800	38.6	3.3
標準	ナンブコムギ		5.14	6.25	97	10.4	446	1.8	2.4	0.0	0.0	0.8	0.0	44.6	83	798	44.6	4.4
秋田	銀河のちから	2006	5.10	6.25	88	8.4	473	3.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	58.1	89	850	39.3	2.0
本場	ネバリゴシ	2007	5.13	6.25	87	7.6	546	3.0	0.5	0.0	1.0	0.5	0.0	65.5	100	840	39.1	1.5
全層	ナンブコムギ		5.10	6.27	102	9.8	446	2.5	1.5	0.0	0.0	0.5	0.0	44.1	67	843	44.3	5.0
秋田	銀河のちから	2008	5.17	6.25	73	8.2	416	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	43.0	100	782	39.0	2.0
本場	ネバリゴシ	2009	5.21	6.27	70	7.7	387	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	43.0	100	774	37.4	2.8
ドリル	ナンブコムギ		5.18	6.26	85	9.7	388	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	39.3	91	760	44.7	3.3
山形	銀河のちから	2006	5.10	6.25	85	9.1	577	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.8	110	844	37.7	1.0
本場	ナンブコムギ	2008	5.11	6.25	94	10.8	529	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	55.2	100	818	42.4	1.5
標準	ゆきちから		5.10	6.25	83	9.2	460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.9	94	823	37.8	2.0
山形	銀河のちから	2006	5.10	6.25	88	9.2	613	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.4	104	846	37.3	1.0
本場	ナンブコムギ	2008	5.10	6.25	99	10.8	570	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	65.7	100	814	42.2	3.0
多肥	ゆきちから		5.10	6.26	88	9.6	593	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	97	824	38.0	2.0
福島	銀河のちから	2008	5.9	6.19	87	8.9	438	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	49.9	96	804	39.0	3.0
本場	きぬあずま	2009	5.4	6.14	78	8.4	347	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	52.0	100	786	39.4	2.0
標準	ゆきちから		5.8	6.20	86	9.0	382	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	41.0	79	778	38.0	5.0
富山	銀河のちから	2006	4.22	6.17	92	8.9	626	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.7	112	773	38.6	-
標準	ゆきちから		4.26	6.15	91	9.3	512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.5	100	772	36.7	-
長野	銀河のちから	2006	5.9	6.24	91	9.4	552	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	72.9	105	844	39.6	4.0
標準	シラネコムギ		5.9	6.27	94	8.4	573	0.0	1.0	-	0.7	0.0	0.0	69.2	100	829	44.5	3.0
	ハナマンテン		5.4	6.21	81	8.8	656	0.0	1.5	-	0.0	0.0	0.0	81.3	117	822	42.0	3.0
栃木	銀河のちから	2006	4.29	6.20	92	9.2	547	-	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	53.6	112	842	40.6	1.5
標準	農林61号		4.28	6.18	93	8.3	474	-	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	47.7	100	800	39.1	2.7
追肥	タマイズミ		4.25	6.16	88	9.1	447	-	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	55.5	116	846	43.0	1.8

注. 病害および諸障害0：無、1：微、2：少、3：中、4：多、5：甚  
品質概評 1：上の上、2：上の下、3：中の上、4：中の中、5：中の下、6：下





行われているほか、もち小麦「もち姫」とのブレンドも検討され、食パンでは「もち姫」の添加で比容積が低下したが、ベーグルではもち姫の40%以内の添加により比容積が増加し、クラムが柔らかくもちもち感があったと報告されている（長澤ら 2011）。「銀河のちから」においても米粉やもち小麦とのブレンドによる製品開発が期待されるが、「銀河のちから」と「ゆめちから」では同じ超強力特性を持つものの、前者が低分子量グルテニン遺伝子 *Glu-B3g* を持ち、アミロース合成遺伝子 *Wx-A1* 欠失型であるのに対し、後者は *Glu-B3b* を持ち *Wx-B1* 欠失型である点で異なり、「ゆめちから」の加工利用に係わる成果が、「銀河のちから」にそのまま適応できるとは限らない。今後、「銀河のちから」の普及を図る上で、ブレンド適性を中心とした加工適性を評価していく必要がある。

## 引用文献

- 1) Branlard, G.; Dardevet, M.; Saccomano, R.; Lagoutte, F.; Gourdon, J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. *Euphytica* 119 : 59-67.
- 2) Funatsuki, W. M.; Takata, K.; Tabiki, T.; Ito, M.; Nishio, Z.; Funatsuki, H.; Yamauchi, H. 2006. A specific combination of HMW and LMW glutenin subunits results in extra-strong dough properties. *Gluten proteins* 2006 : 1-5.
- 3) 池永幸子, 谷口義則, 中村和弘, 伊藤裕之. 2012. 超強力小麦品種「銀河のちから」を利用したブレンド粉の製パン適性. *作物学会誌* 81 (別2) : 296-297.
- 4) 長澤幸一, 田引 正, 西尾善太, 伊藤美環子, 中村和弘, 谷口義則, 山内宏昭. 2011. 国産もち小麦「もち姫」を含む国産小麦パンの製パン性および特徴的物性の解析. *日本調理科学会誌* 44 (3) : 214-222.
- 5) 中村和弘, 上原 泰, 細野 哲, 牛山智彦. 2007. 中華めん用硬質小麦新品種「ハナマンテン (華漫天)」の育成. *北陸作物学会報* 42 : 81-84.
- 6) 農林水産技術情報協会. 1998. 平成9年度種苗特性分類調査報告書 小麦.
- 7) Payne, P. I.; Holt, L. M.; Law, C. N. 1981. Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. Part I: Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat (*Triticum aestivum*). *Theor. Appl. Genet.* 60 : 229-236.
- 8) Payne, P.I.; Nightingale, M. A.; Krattiger, A. F.; Holt, L. M. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the breadmaking quality of British grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40 : 51-65.
- 9) 栽培第2部作物第1研究室. 1970. 小麦新品種「アオバコムギ」・「ナンプコムギ」・「ヒツミコムギ」の育成について. *東北農試研報* 40 : 19-48.
- 10) 田引 正, 西尾善太, 伊藤美環子, 山内宏昭, 高田兼則, 桑原達雄, 入来規雄, 谷尾昌彦, 池田達哉, 船附雅子. 2011. 超強力秋まき小麦新品種「ゆめちから」の育成. *北海道農研研報* 195 : 1-12.
- 11) Yamauchi, H.; Nishio, Z.; Takata, K.; Oda, Y.; Yamaki, K.; Ishida, N.; Miura, H. 2001. The Bread-Making Quality of a Domestic Flour Blended with an Extra Strong Flour, and Staling of the Bread Made from the Blended Flour. *Food Sci. Technol. Res.* 7 (2) : 120-125.
- 12) 山内宏昭, 高田兼則, 山木一史, 安孫子俊之. 2001. 北海道におけるパン用小麦 (高タンパク質硬質小麦) の生産, 育種, 用途開発の現状と将来. *日本食品科学工学会誌* 48 (11) : 798-806.
- 13) 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, 高野博幸. 2004. パン用小麦新品種「ハルイブキ」の育成. *東北農研研報* 102 : 1-22.
- 14) 吉川 亮, 中村和弘, 伊藤美環子, 伊藤裕之, 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, 藤原秀雄, 上田邦彦, 北原練一, 中島秀治, 後藤虎男. 2009. 製パン適性が高く、早生で耐寒雪性が強い小麦新品種「ゆきちから」の育成. *東北農研研報* 110 : 17-44.



「銀河のちから」 「ゆきちから」

写真1 「銀河のちから」の株標本



「銀河のちから」 「ゆきちから」

写真2 「銀河のちから」の穂（正面・側面）と子実

## ダイヤレル交配による小麦製パン特性および 大麦精麦特性の組合せ能力とヘテロシス

吉川 亮\*<sup>1)</sup>・中村 和弘\*<sup>2)</sup>・伊藤美環子\*<sup>3)</sup>

**抄 録**：品質特性が異なる小麦・大麦の品種・系統を用いて完全ダイヤレル交配（小麦 6×6、9×9、大麦 5×5）を行い、F<sub>1</sub> (F<sub>2</sub>種子)における小麦製パン特性および大麦精麦特性の一般組合せ能力 (GCA)、特定組合せ能力 (SCA)、狭義の遺伝率およびヘテロシスを調査した。小麦の製パン特性においては、GCA分散はほとんどの特性で有意であった。一方、SCA分散は小麦粉蛋白含量、ミキソグラム特性などは有意であったが、多くの特性は有意でなかった。GCA:SCA (GCA分散/SCA分散)はほとんどの特性で2以上の高い比率を示し、相加的遺伝子効果の方が非相加的遺伝子効果より非常に大きかった。高分子量グルテニンサブユニット5+10を持つ「Palo Duro」、「Recital」、「ハルイブキ」および「東北221号」はファリノグラムまたはミキソグラム特性で優れたGCA効果を示した。また、「ハルイブキ」と「東北221号」は製パン適性各特性のGCA効果も高かった。狭義の遺伝率は製粉歩留、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、ファリノグラムのDTとVV、ミキソグラム特性で0.71~0.88と高く、パン総合評価点も0.66とやや高かった。ヘテロシスは6×6ダイヤレル交配のファリノグラム特性で特に大きかった。

大麦の精麦特性では、GCA分散はほとんどの特性で有意であったが、SCA分散は有意な特性はなかった。GCA:SCAはすべての特性で4以上を示し、相加的遺伝子効果の重要性が示唆された。「シンジュボシ」は搗精時間、搗精白度、炊飯白度などの特性で最も優れたGCA効果を示した。狭義の遺伝率は搗精白度、精麦のL\*、炊飯白度および糊白度で0.81~0.89と高かった。ヘテロシスの程度は搗精時間、搗精白度で大きかった。

**キーワード**：小麦、大麦、育種、一般組合せ能力、特定組合せ能力、相加的遺伝子効果、狭義の遺伝率、ヘテロシス、製パン適性、精麦適性

### Combining Ability and Heterosis in Diallel Crosses for Bread-making Qualities in Wheat and Pearled Grain Qualities in Barley : Ryo YOSHIKAWA\*<sup>1)</sup>, Kazuhiro NAKAMURA\*<sup>2)</sup> and Miwako ITO\*<sup>3)</sup>

**Abstract** : Combining ability variances and effects, we investigated narrow sense heritabilities and heterosis for wheat bread-making quality and barley pearled grain quality in F<sub>1</sub>S (F<sub>2</sub> seeds) of 6x6 and 9x9 complete diallel crosses of wheat and a 5x5 complete diallel cross of barley.

In wheat, general combining ability (GCA) variances were significant in most bread-making traits. In contrast, specific combining ability (SCA) variances were not significant, except some traits of flour protein content, mixogram results (Ab, D, A), dough handling score and crumb color of bread-making quality, and the like. GCA:SCA (GCA variance/SCA variance) was greater than 2 in most bread-making traits. Therefore, the importance of additive gene effect was indicated in their inheritance. Varieties "Palo Duro", "Recital", "Haruibuki" and "Tohoku 221" with high molecular glutenin subunits 5+10 showed excellent effects of GCA in farinogram results (DT, Stab, VV) or mixogram results (D, A). Moreover, "Haruibuki" and "Tohoku 221" showed excellent effects of GCA in bread-making qualities. Narrow sense heritability was high in the flour yield, flour protein content, sedimentation value, farinogram results (DT, VV), mixogram results (Ab, D, A) and water absorption

\* 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) 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)

\* 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)

score of bread-making quality (0.71~0.88), and also was moderately high in the bread-making quality score (0.66). Mid-parent heterosis (MPH) was particularly high in farinogram characteristics, except Ab.

In barley, GCA variances were significant in most pearling quality traits, but SCA variances were not significant in any traits. GCA:SCA was greater than 4 in all traits, and the importance of additive gene effect in their inheritance was suggested. Variety "Shinjuboshi" showed the best effects of GCA in the important traits such as pearling time, pearled barley whiteness and boiled barley whiteness. Narrow sense heritability was high in pearled grain whiteness, L\* of pearled grains, boiled grain whiteness and paste whiteness (0.81~0.89). MPH was high in pearling time and pearled grain whiteness.

**Key Words** : Wheat, Barley, Breeding, General combining ability, Specific combining ability, Additive gene effect, Narrow sense heritability, Heterosis, Bread-making quality, Pearled barley quality

## I 緒 言

東北農業研究センター作物機能開発部麦育種研究室(現・畑作園芸研究領域畑作物育種担当)では、寒冷地向けの小麦・大麦の育種を行っている。特に近年は小麦育種、大麦育種ともに品質に重点化して選抜が行われ、小麦では製粉特性、製めん適性および製パン適性、大麦では精麦適性および炊飯適性が優れた、加工適性の高い品種を育成することが重要になってきている。しかし、これらの品質特性は一般に量的形質であり、小麦の製粉およびベーキング(製パン適性等)品質の遺伝は、収量性の遺伝と同様に非常に複雑であるため、品質の構成要素を整理して、各構成要素の遺伝を別々に分析する必要がある(Poehlman 1987)。

育種においては、第一に交配母本の選定と交配組合せが重要である。品種の組合せ能力は、Griffing (1956)の方法によって一般組合せ能力と特定組合せ能力が算出できる。一般組合せ能力は交配組合せの親品種の平均的成績を表して相加的遺伝分散の割合を示し、一方、特定組合せ能力はF<sub>1</sub>両親の一般組合せ能力だけでは説明できない表現型の残りの部分を表す(Brown and Caligari 2008)。また、一般組合せ能力分散は相加的遺伝分散ばかりでなく、相加的×相加的遺伝分散の一部分を含むが、特定組合せ能力分散は優性分散の全てとその残りはエピスタシス分散を含む(Roy 2000)。

小麦・大麦組合せ能力の報告については、出穂期、稈長、穂長、穂数、収量等の生理・生態的特性に関するものが多くあるが、小麦の製粉性、小麦粉品質、製パン適性等に関する報告は少なく(Perenzin *et al.* 1992, Borghi *et al.* 1988, Borghi and Perenzin

1994, Barnard *et al.* 2002 など)、製パン適性の官能評価まで検討した報告は全くない。また、大麦精麦適性の組合せ能力の報告は全くない。

そこで、本研究では、高品質の小麦・大麦品種を育成するための参考資料を得るため、東北農業研究センター麦育種研究室で交配母本によく用いられている小麦・大麦品種・系統を用いてダイアル交配を行い、小麦製パン特性および大麦精麦特性の組合せ能力とともにヘテロシスを調査した。

## II 材料と方法

### 1. 材料

小麦は、製粉特性、小麦粉品質特性および製パン適性が異なる品種・系統を用いて、1998年(年次は収穫年、以下同じ)は6×6、1999年は9×9のいずれも完全ダイアル交配を行った。1998年交配の親として、東北農業研究センター(以下、東北農研)育成の「コユキコムギ」、「ゆきちから」、「東北195号」の3品種・系統と、外国育成の「Palo Duro」、「Recital」、「SK-26」の3品種の計6品種・系統を用いた。また、1999年交配の親は、東北農研育成の「ナンプコムギ」、「コユキコムギ」、「ハルイブキ」、「ゆきちから」、「東北168号」、「東北212号」、「東北215号」、「東北221号」および「さび保20」の9品種・系統を用いた(Table 1)。1998年交配親の「Palo Duro」、「Recital」と1999年交配親の「ハルイブキ」、「東北221号」の計4品種・系統は高分子量グルテニンサブユニット5+10(以下、HMW-GS 5+10)を持つが、未調査の「東北168号」を除くその他の品種・系統はこれを持たない。また、1999年交配親のうち、「東北212号」はW<sub>x</sub>-A1、W<sub>x</sub>-B1の2つのW<sub>x</sub>蛋白質が欠失している低アミロースタイ

プの系統であるが、その他の品種・系統はWx蛋白質の欠失はなく正常なアミロース含量を示す。ダイアレル交配により1998年交配は36組合せ、1999年交配は81組合せの交配種子 (F<sub>1</sub>種子) を得た。

大麦は、1999年に精麦適性の異なる六条大麦「ミ

ノリムギ」、「シンジュボシ」、「会津6号」、「Banong」および「盛系C-262」の5品種・系統 (Table 2) を用いて、5×5の完全ダイアレル交配を行い、25組合せの交配種子 (F<sub>1</sub>種子) を得た。

以上の小麦・大麦親品種・系統の選定に当たって

Table 1 Pedigree, country of origin, and main quality characteristics in the parents of wheat varieties using diallel crosses.

Year	Varieties	Pedigree	Origin	Kernel hardness	Flour yield (%)	Flour protein content (%)	Sedimentation value (ml)	High molecular weight glutenin subunit composition			Glu-1 quality score	Absorption (%)	Development time (min)	Bread-making quality score †
								A1	B1	D1				
1999	Tohoku 195	Tohoku 157 / Tosan 12	Japan	Hard	68.1	16.1	55.8	1	7+9	2+12	7	65.6 ‡	6.4 ‡	-
	Palo Duro	4*Tascosa / Norin	USA	Hard	65.3	15.3	67.5	2*	7+8	5+10	10	69.6 ‡	23.9 ‡	-
	Yukichikara	Tohoku 141 / Sabikei 23	Japan	Hard	68.0	14.7	51.5	1	7+8	4+12	7	64.1 ‡	6.9 ‡	-
	Koyukikomugi	Tohoku 126(Hanagasakomugi) / Yukichabo	Japan	Hard	66.0	14.6	51.0	1	7+9	2+12	7	67.7 ‡	6.7 ‡	-
	Recital	Mexique-267 (R-267) / 9369	France	Hard	64.5	12.4	44.5	2*	6+8	5+10	8	64.5 ‡	19.0 ‡	-
	SK-26	Partizanka / Skopjanka // SK 302	Yugoslavia	Hard	57.6	14.8	60.0	1	7+9	2+12	7	67.4 ‡	6.2 ‡	-
LSD (5%)					3.4	0.8	2.8	-	-	-	-	2.8	7.8	
2000	Nanbukomugi	Norin 33 / Norin 27	Japan	Soft	62.2	15.7	67.0	1	7+8	4+12	7	70.0 ¶	2.7 ¶	68.0
	Koyukikomugi	Tohoku 126(Hanagasakomugi) / Yukichabo	Japan	Hard	67.8	13.7	47.3	1	7+9	2+12	7	76.0 ¶	3.1 ¶	68.1
	Tohoku 168	Tohoku 135 / Tohoku 129	Japan	Hard	66.6	10.8	35.5	-	-	-	-	64.0 ¶	4.6 ¶	65.9
	Haruibuki	Stozher / Tohoku 195	Japan	Hard	67.5	15.1	57.3	1	7+9	5+10	9	74.0 ¶	9.8 ¶	80.8
	Tohoku 212	Kanto 107 / Tohoku 187	Japan	Hard	67.9	15.6	55.0	2*	7+8	14&12	?	77.0 ¶	3.4 ¶	63.5
	Yukichikara	Tohoku 141 / Sabikei 23	Japan	Hard	66.4	15.6	50.5	1	7+8	4+12	7	76.0 ¶	3.2 ¶	71.3
	Tohoku 215	SK-26 / Morikei b-B6500	Japan	Hard	66.6	16.7	52.5	1	7+9	2+12	7	77.0 ¶	3.4 ¶	71.5
	Tohoku 221	Monopol / (Stozher / Tohoku 195)F3-8	Japan	Hard	70.8	15.6	66.5	1	7+9	5+10	9	75.0 ¶	6.1 ¶	80.5
	Sabiho 20	Aobakomugi / Agent // 6*Aobakomugi	Japan	Soft	59.4	17.9	61.5	1	17+18	2+12	8	77.0 ¶	2.6 ¶	78.0
	LSD (5%)					4.6	0.9	7.2	-	-	-	-	2.8	1.4

Note. 1) Year refers to the harvest year of the parent.

2) †: Bread-making score (100-point full marks) = Water absorption score (20-point full marks) + Dough handling score (20-point full marks) + Total score of sensory evaluation (60-point full marks) .

3) ‡: Frarinogram, ¶: Mixogram.

Table 2 Pedigree, country of origin, and main pearled grain quality traits in the parents of barley varieties.

Year	Varieties	Pedigree	Origin	55% pearled grain		50% pearled grain		
				Pearling time (sec)	Whiteness (%)	Whiteness of boiled grain (%)	Polyphenol content (mg/g)	Paste whiteness (%)
2000	Minorimugi	Tosankawa 1 / Kougenmugi	Japan	466	38.6	38.6	0.229	39.9
	Banong	unknown	unknown	577	35.3	44.4	0.209	45.5
	Aizu 6	Kenyoshi 1 / Iwateomugi 1	Japan	492	33.1	36.6	0.213	40.5
	Shinjuboshi	Tohokukawa 30 / Shunrai	Japan	446	44.1	43.6	0.216	45.0
	Morikei C-262	Tosankawa 91 / Miyukioomugi	Japan	445	40.5	42.1	0.209	45.3
	LSD (5%)				27.2	2.20	2.04	0.026

Note. 1) Year refers to the harvest year of the parent.

2) 55% pearled grain and 50% pearled grain present the grain of 55% and 50% yield pearled using the barley pearer (Satake corporation, Model TM-05).

3) Whiteness of 55% pearled grain, whiteness of boiled grain, and paste whiteness were measured using the whiteness (Kett Electric meter Laboratory, Model C-300).

4) Paste whiteness was measured using a paste sample cooled to room temperature after pasting property measurement by Rapid ViscoAnalyser.

は、①実際の品種育成の交配母本によく利用されている品種・系統であること、②品質特性が大きく異なり、またその年次間変動が小さく安定していること、③特定の品種に系譜が偏らないこと、④成熟期の差が小さいこと、を考慮して選定した。

## 2. 栽培法

以上の小麦・大麦交配種子は、東北農研試験圃場に秋播栽培してF<sub>1</sub>植物を養成した。小麦6×6ダイヤレルは1999年、小麦9×9ダイヤレルおよび大麦5×5ダイヤレルは2000年に収穫して所定の種子を得た。F<sub>1</sub>の栽培法は、畦幅70 cm、株間12 cm、条間15 cmの二条千鳥1粒播による畦立栽培で、播種期は1999年が9月28日、2000年が9月24日のいずれも適期播とした。施肥量は石灰50kg/10a、重過リン酸石灰55kg/10aとともに、元肥は1999年ではN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O各5.6、18.9、14.0 kg/10a、2000年ではN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O各6.4、21.6、16.0 kg/10a施用し、追肥は両年とも4月上旬にNのみを2kg/10a施用した。開花期頃（6月上旬）にプロピコナゾール乳剤1000倍液を散布し、赤かび病防除を1回行った。一区面積は1999年が0.6㎡、2000年が0.7㎡で、反復数は2反復とし、乱塊法で試験区を配置した。

出穂期後の生育概況は、両年とも登熟期間中の天候は平年並で、萎縮病、うどんこ病、赤さび病の発生は少なく、赤かび病の発生は薬剤防除により発生がほとんどみられなかった。また、成熟期頃の降雨はなく、登熟は良好であった。

## 3. 品質試験法

### 1) 小麦

品質試験は1999年、2000年の各材料ともに各試験区別に行った。製粉試験は農林水産技術会議事務局(1968)の方法に準じて、ブラベンダーテストミルを用いて行い、製粉歩留を調査した。製粉試験で採取したA粉（上級小麦粉）について、1999年材料は小麦粉蛋白含量、高分子量グルテニンサブユニット（以下、HMW-GS）、セディメンテーション値およびファリノグラム、2000年材料は小麦粉蛋白含量、HMW-GS、セディメンテーション値、アミロース含量、ミキソグラムおよび製パン適性を調査した。小麦粉蛋白含量は近赤外分光分析機で測定した。アミロース含量はJuliano (1971) に準じた方法で測定した。HMW-GSはBietz and Wall (1972) によるSDSポリアクリルアミド電気泳動法で泳動後、その構成をBlackman and Payne (1987)、Payne *et al.*

(1987) の方法により調査した。セディメンテーション値とファリノグラムは農林水産技術会議事務局(1968)に従い測定したが、ファリノグラフとしてマイクロファリノグラフを用い、A粉量は10 gとした。ミキソグラムはA粉量10 gを用いて、機械付属のマニュアルに従い、吸水率 (Ab)、生地形成時間 (D) (生地を捏ね始めてから生地抵抗が最大に達するまでに要する時間) および面積 (A) (グラフの立ち上がりからDの5分後の間で囲われる図形の面積) を調査した。そして、製パン適性は中種生地法によるA粉70gを用いた吉川ら (2011) の方法で調査し、官能評価は6~7名のパネラーで行った。

### 2) 大麦

品質試験は各試験区別に行った。搗精試験は原麦180gを供試して試験用小型搗精機（サタケ社製TM-05）を用いて行い、55%搗精および50%搗精における搗精時間、搗精麦の白度および色を調査した。なお、55%搗精、50%搗精は、それぞれはじめの原麦重の55%、50%歩留まで搗精したことを表す。通常55%搗精で完全搗精となるが、縦溝の深い材料は50%搗精でないと完全搗精に達しない場合があるので、55%搗精と50%搗精の両方を行った。

炊飯試験は、完全搗精の50%搗精麦30gを100 mlのピーカーに入れ、水を入れて箸でかき混ぜてよく洗った後、純水を100mlの目盛りまで入れ、4℃での定温器内に14時間静置し吸水させた。その後取り出して110 mlの目盛りまで純水を加え、蒸し器で35分間炊飯した。肉眼観察による炊飯麦の色の調査は炊飯後直ちに行い、色の良否を「ミノリムギ」を標準にして3（良）～0（中：「ミノリムギ」）～-3（不良）で調査した。炊飯麦の白度は炊飯後1～2時間後に、色は炊飯後2～3時間後にそれぞれ測定した。

また、ポリフェノール含量は50%搗精麦の粉碎粉を用いて、プルシアンブルー法（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。アミロース含量は小麦と同じJuliano (1971) に準じた方法で測定した。また、ラピッドビスコアライザー（以下、RVA）による糊化特性は、その粉碎粉3.5gに純水25 mlを加えて測定した。また、糊白度はRVA調査終了後、糊の入った測定容器を冷水に浮かべて冷却し、RVA終了1～2時間後に測定した。

上記の搗精白度、炊飯白度および糊白度は玄米・

精米白度計（ケット科学研究所製C-300）により測定した。また、搗精麦および炊飯麦の各色は分光測色計（コニカミノルタ社製CM-3500d）により、L\*（明度）、a\*（赤み程度）およびb\*（黄色み程度）をそれぞれ測定した。

#### 4. データ解析法

はじめに親自殖を含めた完全ダイアレル交配について、小麦・大麦品質の各特性を分散分析した。

組合せ能力の分析はGiffing（1956）のMethod 3およびModel 1の方法（親の自殖を含まない不完全ダイアレル）により、小麦・大麦品質の各特性について一般組合せ能力（以下、GCA）と特定組合せ能力（以下、SCA）の計算からGCA効果とSCA効果を算出した。これら効果はいずれも正逆交雑の平均値で示した。なお、この組合せ能力の分析方法はMethod 4およびModel 1の方法と同様に、組合せ能力および遺伝子効果の不偏な推定値を得るのに最も適している（Shattuck *et al.* 1993）。

一つの特性が主に相加的または非相加的（優性）遺伝子効果で制御されているかを調査するため、Giffing（1956）の分散分析におけるGCA、SCAの各分散の比、すなわちGCA:SCAはGCA分散/SCA分散により算出した。また、GCAとSCAの相対的重要性を知るために、相加的遺伝子作用（Additive gene action）はBarker（1978）の方法に従い、次式により算出した。

$$\text{相加的遺伝子作用} = 2 \times \text{GCA分散} / (2 \times \text{GCA分散} + \text{SCA分散})$$

なお、相加的遺伝子作用は1に近づくほど、ほとんどGCA単独によることを示す（Barker 1978）。

小麦・大麦品質特性について、親のGCA推定値と親の値との関係を確認するため、両者の相関係数を算出した。

小麦・大麦品質特性の狭義の遺伝率は、Frey and Horner（1957）の方法により、各特性における両親の平均値とF<sub>1</sub>値の相関係数を算出した。この相関係数は狭義の遺伝率と等しい。

ヘテロシスの算出は鶴飼（2002）に従い、平均親ヘテロシス（Mid-parent heterosis, 以下MPH）および優良親ヘテロシス（High-parent heterosis, 以下HPH）は次式により算出した。

$$\text{MPH} (\%) = 100 \times (F_1 - \text{MP}) / \text{MP}$$

$$\text{HPH} (\%) = 100 \times (F_1 - \text{HP}) / \text{HP}$$

ただし、F<sub>1</sub>は各交配組合せの値、MPは両親の平

均値、HPは優良親の値を示す。また、これら両特性が優性効果にどの程度支配されているかを知るため、各特性とSCA効果との相関係数を算出した。

### Ⅲ 結 果

#### 1. 小麦製パン特性の組合せ能力とヘテロシス

F<sub>1</sub>および親を含めた製粉歩留、小麦粉品質特性および製パン適性の分散分析表をTable 3に示した。遺伝子型（Genotype）では、1999年産は全特性で、2000年産は内相の色（Crumb color）を除いた全特性で有意差が認められた。反復（Replication）においては、1999年産ではファリノグラム（Farinogram）のAb（吸水率）のみで有意差が見られたに過ぎないが、2000年産では逆にミキソグラム（Mixogram）のAbを除いた全特性で有意差が認められた。

Table 4に、F<sub>1</sub>のみを用いた製粉歩留、小麦粉品質および製パン適性における組合せ能力の分散分析、GCA:SCA並びに相加的遺伝子作用を示した。GCA分散は1999年のファリノグラムのStab（生地の安定度）とWk（生地の弱化度）を除いたすべての特性で有意であった。一方、SCA分散では、1999年は小麦粉蛋白含量（Flour protein content）、2000年は製粉歩留（Flour yield）、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値（Sedimentation value）、ミキソグラムのAb（吸水率）、D（生地形成時間）、A（面積）および製パン適性の作業性（Dough handling score）・内相の色（Crumb color）で有意であったが、その他の特性は有意でなかった。正逆交雑差（REC）は2カ年ともすべての特性で有意でなかった（このため、REC効果の表は省略した）。GCA:SCAは2カ年の全特性とも1以上で、1999年StabとWk、2000年の製パン適性の作業性、表皮の焼色（Crust color）および内相の色を除いた特性は4以上の高い値を示した。また、相加的遺伝子作用もGCA:SCAと同様に、1999年StabとWk、2000年の製パン適性の作業性、表皮の焼色および内相の色を除いた特性は0.9以上の高い値を示した。

製粉歩留、小麦粉品質および製パン適性のGCA効果をTable 5に示した。各特性でイタリアック体数字は特性が優れる方から上位2位（1999年材料）、上位3位（2000年材料）を、その内下線が付いたものは1位を表す。1999年材料のGCA効果では、HMW-GS 5+10を持つ「Palo Duro」は製粉歩留、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、ファリ

**Table 3** Analysis of variance for milling characteristics, flour qualities and bread-making qualities of F<sub>1</sub> progeny (F<sub>2</sub> seeds) and the parents in wheat.

Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Farinogram					
							Ab	DT	Stab	Wk	VV	
1999	6×6	Replications	1	3.74	0.00	2.00	3.97 *	6.01	2.57	0.06	9.39	
		Genotypes	35	10.93 **	2.17 **	135.63 **	4.93 **	139.05 **	101.66 **	978.91 **	360.92 **	
		Error	35	1.54	0.08	6.62	0.55	4.75	29.67	187.26	15.99	
Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Amylose content	Mixogram				
								Ab	D	A		
2000	9×9	Replications	1	45.23 **	1.39 *	296.06 **	4.21 **	0.01	3.29 **	138.89 **		
		Genotypes	80	13.90 **	4.08 **	137.84 **	2.46 **	21.02 **	4.56 **	177.32 **		
		Error	80	1.80	0.20	12.10	0.22	1.24	0.29	25.05		
Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Bread-making quality								
				Water absorption score	Dough handling score	Loaf volume	Specific loaf volume	Sensory evaluation				
								Loaf volume	Crust color	Crust thickness	Symmetry of shape	
2000	9×9	Replications	1	8.31 *	12.39 **	48291.4 **	4.70 **	43.46 **	3.92 *	6.32 **	4.53 **	
		Genotypes	80	12.07 **	5.17 **	4507.4 **	0.28 **	4.06 **	0.87 *	0.32 **	0.32 **	
		Error	80	1.45	2.32	1871.2	0.13	1.68	0.59	0.19	0.17	
Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Bread-making quality								
				Sensory evaluation					Bread-making quality score			
				Crumb color	Fineness of cell structure	Crumb firmness	Flavor and aroma	Taste	Total score			
2000	9×9	Replications	1	5.34 **	19.57 *	8.77 **	8.00 **	25.44 **	284.81 **	335.12 **		
		Genotypes	80	0.15	0.98 **	0.40 **	0.80 **	2.51 **	19.45 **	60.27 **		
		Error	80	0.11	0.55	0.16	0.44	0.75	9.38	16.15		

Note. 1) Ab: Absorption, DT: Dough development time, Stab: Stability, Wk: Weakness, VV: Valorimeter value, D: Development time, A: Area.

2) Bread-making score = Water absorption score + Dough handling score + Total score of sensory evaluation.

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

ノグラムのDT、StabおよびVVという多くの特性において上位2位までの品種に入っており、セディメンテーション値とファリノグラムVVでは正の最大値を示した。また、同じくHMW-GS 5+10を持つ「Recital」も、ファリノグラムのDT、StabおよびVVは上位2位までの品種に入っており、DTとStabは正の最大値を示した。一方、HMW-GS 5+10を持たない「東北195号」は製粉歩留と小麦粉蛋白含量で正の最大値を示し、またファリノグラムWkでは負の最大値を示した。また、「SK-26」はファリノグラムAbで正の最大値を示した。

次に、2000年産材料のGCA効果においても、HMW-GS 5+10を持つ「ハルイブキ」はミキソグラムと製パンのうち、ミキソグラムのDとA、製パン

適性の吸水性、作業性、官能評価のパン体積を除く全特性において、正の最大値を示し、小麦粉蛋白含量、パン体積 (Loaf volume)、比容積 (Specific loaf volume) および官能評価のパン体積の各特性も上位3位以内に入った。また、同様にHMW-GS 5+10を持つ「東北221号」も製粉歩留で正の最大値を示し、セディメンテーション値、ミキソグラムのDとA、製パン適性の表皮の焼色を除く全特性で上位3位以内に入った。HMW-GS 5+10を持たない「さび保20」は小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値およびミキソグラムのAbで正の最大値を示した。また、同じくHMW-GS 5+10を持たない「ナンブコムギ」は、製パン適性のパン体積、比容積および官能評価のパン体積において正の最大値を示



**Table 4** Analysis of variances in combining ability analysis for milling characteristics, flour qualities and bread-making qualities in wheat.

Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Farinogram				
							Ab	DT	Stab	Wk	VV
1999	6×6	GCA	5	19.74 **	4.73 **	362.38 **	8.36 **	306.70 *	162.43	1229.44	666.03 *
		SCA	9	1.85	0.57 **	26.80	0.87	56.35	62.53	675.63	153.23
		REC	15	1.19	0.14	19.50	0.69	22.53	56.50	966.58	65.27
		Error	30	9.22	1.98	144.39	3.81	139.75	126.20	1001.38	331.85
		GCA:SCA		10.70	8.37	13.52	9.62	5.44	2.60	1.82	4.35
Additive gene action				0.96	0.94	0.96	0.95	0.92	0.84	0.78	0.90

Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Amylose content	Mixogram		
								Ab	D	A
2000	9×9	GCA	8	33.55 **	13.85 **	350.41 **	6.32 **	76.39 **	14.19 **	585.61 **
		SCA	27	7.08 **	0.76 **	62.81 **	0.37	2.75 **	0.95 **	28.36 **
		REC	36	1.77	0.21	6.92	0.23	0.85	0.38	11.90
		Error	72	11.67	3.70	132.91	1.86	19.47	4.02	165.46
		GCA:SCA		4.74	18.12	5.58	17.25	27.76	14.88	20.65
Additive gene action				0.90	0.97	0.92	0.97	0.98	0.97	0.98

Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Bread-making quality							
				Water absorption score	Dough handling score	Loaf volume	Specific loaf volume	Sensory evaluation			
								Loaf volume	Crust color	Crust thickness	Symmetry of shape
2000	9×9	GCA	8	35.98 **	9.79 *	14628.4 **	0.86 **	13.17 **	1.48 *	0.87 **	0.95 **
		SCA	27	2.75	3.27 *	1355.9	0.09	1.22	0.60	0.17	0.14
		REC	36	3.05	1.51	1612.1	0.10	1.45	0.43	0.16	0.10
		Error	72	10.89	6.77	6178.2	0.40	5.56	1.29	0.57	0.50
		GCA:SCA		13.08	2.99	10.79	9.95	10.79	2.46	5.23	6.91
Additive gene action				0.96	0.86	0.96	0.95	0.96	0.83	0.91	0.93

Year	Diallel cross	Sources	Degree of freedom	Bread-making quality						
				Sensory evaluation				Bread-making quality score		
				Crumb color	Fineness of cell structure	Crumb firmness	Flavor and aroma		Taste	Total score
2000	9×9	GCA	8	0.32 **	2.88 **	1.29 **	2.23 **	8.33 **	61.55 **	189.94 **
		SCA	27	0.10 *	0.42	0.13	0.36	0.56	7.15	17.28
		REC	36	0.05	0.37	0.14	0.33	1.11	6.29	12.48
		Error	72	0.30	1.69	0.61	1.24	3.17	29.80	71.97
		GCA:SCA		3.28	6.78	10.25	6.16	14.77	8.61	10.99
Additive gene action				0.87	0.93	0.95	0.92	0.97	0.95	0.96

- Note. 1) GCA=General combining ability, SCA=Specific combining ability, REC=Reciprocal.  
 2) GCA:SCA= GCA variance/SCA variance, Additive gene action= $2 \times \text{GCA variance} / (2 \times \text{GCA variance} + \text{SCA variance})$ .  
 3) \* and \*\* indicate significance at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

**Table 5** General combining ability effects for milling characteristics, flour qualities and bread-making qualities in wheat.

Year	Diallel cross	Varieties	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Farinogram				
						Ab	DT	Stab	Wk	VV
1999	6×6	Tohoku 195	<u>1.59</u>	<u>0.74</u>	<u>0.48</u>	-0.30	-6.35	-2.35	<u>-11.38</u>	-7.81
		Palo Duro	<u>1.26</u>	<u>0.53</u>	<u>12.57</u>	0.21	<u>7.42</u>	<u>3.78</u>	-4.50	<u>11.31</u>
		Yukichikara	1.24	0.26	-1.36	-0.82	-2.26	-0.81	<u>-5.31</u>	-0.81
		Koyukikomugi	-1.02	-0.31	-5.86	<u>0.86</u>	-2.30	-2.33	11.69	-6.13
		Recital	-1.11	-1.37	-5.36	-1.26	<u>7.54</u>	<u>5.77</u>	-1.06	<u>9.94</u>
		SK-26	-1.96	0.15	-0.46	<u>1.31</u>	-4.04	-4.06	10.56	-6.50
		LSD (5%)	0.95	0.17	2.45	0.38	2.52	3.43	14.04	3.48

Year	Diallel cross	Varieties	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Amylose content	Mixogram		
							Ab	D	A
2000	9×9	Nanbukomugi	-2.40	0.40	<u>5.64</u>	-0.28	-1.65	-0.63	-4.23
		Koyukikomugi	<u>0.90</u>	-1.02	-6.68	0.40	-0.29	-0.97	-7.44
		Tohoku 168	<u>1.51</u>	-2.12	-7.07	<u>0.58</u>	-5.36	<u>1.16</u>	<u>3.74</u>
		Haruibuki	-0.28	<u>0.46</u>	-0.32	0.07	0.46	<u>1.83</u>	<u>12.24</u>
		Tohoku 212	0.45	-0.16	0.56	-1.59	1.03	-0.12	0.02
		Yukichikara	0.52	0.15	-2.61	-0.16	<u>1.46</u>	-0.59	-3.76
		Tohoku 215	0.23	<u>0.92</u>	-3.03	<u>0.41</u>	<u>1.53</u>	-0.70	-4.55
		Tohoku 221	<u>2.09</u>	0.24	<u>6.31</u>	0.14	0.96	<u>0.91</u>	<u>7.10</u>
		Sabiho 20	-3.02	<u>1.13</u>	<u>7.20</u>	<u>0.44</u>	<u>1.85</u>	-0.89	-3.12
LSD (5%)	0.85	0.30	2.24	0.34	0.80	0.31	2.61		

Year	Diallel cross	Varieties	Bread-making quality							
			Water absorption score	Dough handling score	Loaf volume	Specific loaf volume	Sensory evaluation			
							Loaf volume	Crust color	Crust thickness	Symmetry of shape
2000	9×9	Nanbukomugi	-1.49	0.14	<u>41.86</u>	<u>0.32</u>	<u>1.26</u>	<u>0.03</u>	<u>0.15</u>	<u>0.29</u>
		Koyukikomugi	-0.70	-1.04	-46.64	-0.36	-1.40	-0.28	-0.23	-0.20
		Tohoku 168	-1.92	0.14	2.68	0.10	0.08	-0.20	-0.08	-0.04
		Haruibuki	<u>2.08</u>	<u>1.46</u>	<u>28.29</u>	<u>0.12</u>	<u>0.85</u>	<u>0.51</u>	<u>0.33</u>	<u>0.41</u>
		Tohoku 212	-0.87	-0.33	-20.50	-0.14	-0.61	<u>0.07</u>	-0.09	-0.10
		Yukichikara	0.73	-0.56	-19.61	-0.16	-0.59	-0.02	-0.15	-0.33
		Tohoku 215	-0.94	-0.74	-11.86	-0.04	-0.36	0.02	-0.15	-0.09
		Tohoku 221	<u>2.01</u>	<u>0.50</u>	<u>18.79</u>	<u>0.14</u>	<u>0.56</u>	-0.04	<u>0.22</u>	<u>0.07</u>
		Sabiho 20	<u>1.08</u>	<u>0.43</u>	7.00	0.01	0.21	-0.10	-0.01	0.00
LSD (5%)	0.78	0.80	25.25	0.22	0.76	0.39	0.26	0.25		

Year	Diallel cross	Varieties	Bread-making quality						
			Sensory evaluation					Total score	Bread-making quality score
			Crumb color	Fineness of cell structure	Crumb firmness	Flavor and aroma	Taste		
2000	9×9	Nanbukomugi	<u>0.14</u>	<u>0.45</u>	<u>0.26</u>	<u>0.48</u>	-1.49	<u>2.27</u>	1.00
		Koyukikomugi	0.01	-0.35	-0.33	-0.41	-0.70	-2.40	-4.06
		Tohoku 168	0.01	-0.10	-0.06	-0.18	-1.92	-0.52	-2.21
		Haruibuki	<u>0.16</u>	<u>0.77</u>	<u>0.44</u>	<u>0.53</u>	<u>2.08</u>	<u>3.02</u>	<u>6.65</u>
		Tohoku 212	-0.09	-0.17	-0.03	-0.20	-0.87	-0.89	-2.01
		Yukichikara	-0.14	-0.48	-0.32	-0.30	0.73	-1.86	-1.61
		Tohoku 215	-0.23	-0.27	-0.12	-0.19	-0.94	-0.95	-2.91
		Tohoku 221	<u>0.08</u>	<u>0.14</u>	<u>0.15</u>	<u>0.30</u>	<u>2.01</u>	<u>1.16</u>	<u>3.39</u>
		Sabiho 20	0.05	0.01	0.02	-0.04	<u>1.08</u>	0.17	<u>1.76</u>
LSD (5%)	0.18	0.41	0.29	0.45	0.78	1.89	2.35		

Note. A value which attached the underline presents the best. Also, the italic and boldface values present top two in 1999 and top three in 2000.

し、官能評価は味を除く全特性で上位3位以内に入った。低アミロースの「東北212号」は、アミロース含量 (Amylose content) においては負の最大値を示した。

Table 6に1999年材料の製粉歩留、小麦粉品質および製パン適性のSCA効果を示した。各特性でイタリアック体数字は上位3位を、その内下線は1位を表す。製粉歩留は「東北195号」/「コユキコムギ」、小麦粉蛋白含量は「Recital」/「SK-26」、セディメンテーション値は「ゆきちから」/「SK-26」がそれぞれ最大のSCA効果を示した。ファリノグラム特性においては、Abは「Palo Duro」/「コユキコムギ」、DTは「ゆきちから」/「SK-26」と「コユキコムギ」/「Recital」、Stabは「東北195号」/「Recital」、Wkは「Recital」/「SK-26」、そしてVVは「コユキコムギ」/「Recital」がそれぞれ最大のSCA効果を示した。また、「Palo Duro」/「SK-26」、「ゆきちから」/「SK-26」および「コユキコムギ」/「Recital」の3組合せはDT、Stab、VVの3特性はSCA効果が高かった。

Table 7に2000年材料の製粉歩留および小麦粉品質のSCA効果を示した。各特性でイタリアック体数字は上位5位を、その内下線は1位を表す (以下のTable 8も同様)。製粉歩留は「ナンブコムギ」/

「東北168号」、小麦粉蛋白含量は「コユキコムギ」/「東北221号」、アミロース含量は「さび保20」/「東北221号」、セディメンテーション値は「東北168号」/「さび保20」がそれぞれ最大値を示した。ミキソグラムにおいては、Abは「東北168号」/「東北212号」、Dは「ハルイブキ」/「さび保20」、Aは「ハルイブキ」/「東北221号」がそれぞれ最大値を示した。また、「東北168号」/「ハルイブキ」は小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、ミキソグラムのAb、Aの4特性、「東北168号」/「さび保20」は上記のセディメンテーション値とともに製粉歩留、小麦粉蛋白含量の3特性がそれぞれ上位5以内に入った。

Table 8に製パン適性のSCA効果を示した。「ナンブコムギ」/「東北212号」は全15特性の内12特性で上位5位以内に入っていて、パン体積、官能評価のパン体積、皮質、形の均整、触感、味および合計点では1位であった。また、「東北168号」/「さび保20」も12特性で上位5位以内に入っており、表皮の焼色、内相の色では1位であった。次いで、「東北215号」/「東北221号」は11特性 (作業性、香りは1位)、「コユキコムギ」/「ハルイブキ」は10特性、「ハルイブキ」/「東北215号」は9特性 (すだち、パン総合評価点は1位) で、それぞれ上位5位以内に入った。以上の5組合せはパン総合評価点も上位

Table 6 Specific combining ability effects for flour yield and flour qualities in a 6×6 diallel cross of wheat in 1999.

Crosses	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Farinogram				
				Ab	DT	Stab	Wk	VV
Tohoku 195/Palo Duro	-0.79	<b>0.54</b>	-3.27	0.14	-3.73	-2.47	5.38	-4.10
Tohoku 195/Yukichikara	-0.77	-0.42	0.79	-0.22	2.95	-1.56	<b>12.19</b>	3.28
Tohoku 195/Koyukikomugi	<u>1.31</u>	0.33	1.79	0.24	0.03	-0.69	-4.31	-1.16
Tohoku 195/Recital	0.08	-0.21	1.04	0.07	-0.75	<b>5.82</b>	-10.06	3.78
Tohoku 195/SK-26	0.18	-0.24	-0.36	-0.23	1.50	-1.10	-3.19	-1.79
Palo Duro/Yukichikara	-0.07	0.09	-1.55	0.16	-4.72	-0.01	<b>5.81</b>	-4.85
Palo Duro/Koyukikomugi	-0.18	0.38	<b>2.70</b>	<u>0.82</u>	1.64	1.64	1.56	6.71
Palo Duro/Recital	0.51	-0.41	<b>3.33</b>	-0.90	2.81	-2.41	-2.69	-6.35
Palo Duro/SK-26	<b>0.53</b>	-0.61	-1.21	-0.22	<b>4.01</b>	3.25	-10.06	<b>8.59</b>
Yukichikara/Koyukikomugi	<b>0.71</b>	-0.20	-1.36	-0.59	-4.56	-3.98	-8.38	-10.16
Yukichikara/Recital	-0.14	0.04	-1.24	<b>0.39</b>	1.39	0.02	-4.88	3.28
Yukichikara/SK-26	0.28	<b>0.49</b>	<u>3.36</u>	0.27	<b>4.94</b>	<b>5.53</b>	-4.75	<b>8.46</b>
Koyukikomugi/Recital	-0.66	-0.14	-2.24	-0.10	<u>4.94</u>	<b>3.64</b>	5.38	<u>9.59</u>
Koyukikomugi/SK-26	-1.19	-0.37	-0.89	-0.37	-2.06	-0.60	5.75	-4.97
Recital/SK-26	0.21	<u>0.72</u>	-0.89	<b>0.55</b>	-8.39	-7.07	<u>12.25</u>	-10.29
LSD (5%)	1.05	0.36	3.70	0.91	3.28	7.65	23.79	6.80

Note. A value which attached the underline presents the best. Also, the italic and boldface values present top three.

5位以内に入っていて、製パン適性については優れた特定組合せ能力を示した。一方、他の組合せでは0～5特性しか上位5位以内に入っておらず、全36組合せの内17組合せはすべての特性とも上位5位以内に入らなかった。その中でも、パン総合評価点は「コユキコムギ」/「東北221号」と「ゆきちから」/「さび保20」は上記5組合せに次いで高い

SCA効果を示した。

製粉歩留、小麦粉品質特性および製パン適性におけるGCA効果と親の値との相関係数および狭義の遺伝力をTable 9に示した。GCA効果と親の値との相関においては、1999年の材料では、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、ファリノグラムのDT、StabおよびVVにおいて、0.9以上の有意で高

Table 7 Specific combining ability effects for milling characteristics and flour qualities in a 9×9 diallel cross of wheat in 2000.

Crosses	Flour yield	Flour protein content	Sedimentation value	Amylose content	Mixogram		
					Ab	D	A
Nanbukomugi/Koyukikomugi	0.06	-0.61	-0.04	<b>0.40</b>	-1.22	<b>0.52</b>	1.50
Nanbukomugi/Tohoku 168	<b>2.35</b>	-0.86	-9.53	0.17	-2.15	-0.06	-2.18
Nanbukomugi/Haruibuki	0.06	0.36	3.22	-0.47	0.53	-0.40	-1.43
Nanbukomugi/Tohoku 212	0.56	0.20	2.85	<b>0.33</b>	-0.04	-0.41	-2.71
Nanbukomugi/Yukichikara	0.59	0.44	<b>5.51</b>	0.01	0.53	0.04	-0.18
Nanbukomugi/Tohoku 215	-1.37	0.25	3.94	-0.06	0.46	0.32	<b>3.86</b>
Nanbukomugi/Tohoku 221	-1.28	0.23	-1.15	-0.22	0.78	-0.11	1.21
Nanbukomugi/Sabiho 20	-0.97	-0.01	-4.79	-0.15	<b>1.13</b>	0.09	-0.07
Koyukikomugi/Tohoku 168	-0.93	-0.71	-8.58	<b>0.37</b>	-2.51	0.13	1.04
Koyukikomugi/Haruibuki	0.24	<b>0.46</b>	-1.33	-0.20	<b>0.92</b>	-0.11	-1.96
Koyukikomugi/Tohoku 212	0.46	-0.42	0.42	-0.11	0.35	0.38	2.25
Koyukikomugi/Yukichikara	0.41	0.24	<b>4.46</b>	-0.06	0.42	0.08	<b>3.29</b>
Koyukikomugi/Tohoku 215	0.23	0.10	0.13	0.09	0.35	-0.01	-0.68
Koyukikomugi/Tohoku 221	0.37	<b>1.05</b>	0.79	-0.34	0.67	-0.92	-2.32
Koyukikomugi/Sabiho 20	-0.85	-0.11	4.15	-0.15	<b>1.03</b>	-0.07	-3.11
Tohoku 168/Haruibuki	-0.85	<b>0.63</b>	<b>5.19</b>	-0.08	<b>1.74</b>	0.48	<b>3.61</b>
Tohoku 168/Tohoku 212	-1.12	0.20	-0.69	0.00	<b>1.92</b>	<b>0.67</b>	2.82
Tohoku 168/Yukichikara	0.55	0.31	0.22	-0.42	0.74	-0.36	-3.39
Tohoku 168/Tohoku 215	-0.08	-0.21	-1.72	0.16	0.17	-0.30	-1.61
Tohoku 168/Tohoku 221	-0.64	-0.10	<b>6.31</b>	-0.12	0.49	<b>0.47</b>	0.50
Tohoku 168/Sabiho 20	<b>0.72</b>	<b>0.76</b>	<b>8.79</b>	-0.08	-0.40	-1.03	-0.79
Haruibuki/Tohoku 212	<b>0.74</b>	0.00	-2.19	-0.06	-0.15	-0.27	-2.18
Haruibuki/Yukichikara	<b>0.72</b>	-0.39	-3.40	0.12	-0.33	-0.47	-3.14
Haruibuki/Tohoku 215	0.31	-0.29	0.28	<b>0.39</b>	-0.40	-0.49	-5.86
Haruibuki/Tohoku 221	-0.62	-0.13	-1.94	0.02	-0.58	<b>0.56</b>	<b>6.00</b>
Haruibuki/Sabiho 20	-0.59	-0.64	0.17	0.28	-1.72	<b>0.71</b>	<b>4.96</b>
Tohoku 212/Yukichikara	-0.73	-0.02	1.72	-0.05	-0.90	0.15	0.57
Tohoku 212/Tohoku 215	-0.19	0.01	-0.35	-0.05	-0.22	-0.07	-0.89
Tohoku 212/Tohoku 221	-0.32	0.13	1.12	-0.13	-0.65	-0.33	0.00
Tohoku 212/Sabiho 20	-0.97	-0.02	-0.83	-0.03	-0.29	0.08	0.68
Yukichikara/Tohoku 215	-0.34	-0.21	-2.19	0.18	-0.65	0.20	2.39
Yukichikara/Tohoku 221	-0.62	-0.38	-3.15	0.20	-0.08	0.30	-0.75
Yukichikara/Sabiho 20	-0.57	0.01	-3.17	0.04	0.28	0.05	1.21
Tohoku 215/Tohoku 221	-0.13	-0.19	2.15	-0.15	-0.15	0.21	0.79
Tohoku 215/Sabiho 20	<b>1.55</b>	<b>0.55</b>	-2.24	-0.56	0.46	0.13	2.00
Sabiho 20/Tohoku 221	<b>1.67</b>	-0.55	-2.08	<b>0.64</b>	-0.47	0.03	-4.89
LSD (5%)	1.96	0.53	3.76	0.59	1.31	0.71	5.10

Note. A value which attached the underline presents the best. Also, the italic and boldface values present top five.

い正の相関が認められた。また、2000年材料でも、製粉歩留、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、アミロース含量およびミキソグラム特性（Ab、D、A）で、0.9前後の有意で高い正の相関がみられた。また、製パン適性では吸水性とパン総合評価点は0.8以上の高い有意な正の相関を示し、パン体積、比容積、すだち、触感、味も0.6~0.7のやや高い有

意な相関を示したが、その他の特性は相関が有意でなく低かった。

次に、狭義の遺伝率に関しては、兩年とも小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、アミロース含量（2000年のみ）はいずれも0.8前後の高い遺伝率を示した。また、製粉歩留の遺伝率も0.71~0.72と高かった。生地特性では1999年のファリノグラムは

Table 8 Specific combining ability effects for bread-making qualities in a 9×9 diallel cross of wheat in 2000.

Crosses	Water absorption score	Dough handling score	Loaf volume	Specific loaf volume	Sensory evaluation										Bread-making quality score
					Loaf volume	Crust color	Crust thickness	Symmetry of shape	Crumb color	Fineness of cell structure	Crumb firmness	Flavor and aroma	Taste	Total score	
Nanbukomugi/Koyukikomugi	-1.24	0.30	-4.8	-0.04	-0.14	<b>0.67</b>	<b>0.20</b>	0.01	0.14	0.19	0.05	<b>0.40</b>	0.42	1.18	0.15
Nanbukomugi/Tohoku 168	-0.02	0.12	16.7	0.01	0.50	-0.56	-0.07	-0.16	0.12	0.15	-0.02	0.14	-0.03	-0.01	0.00
Nanbukomugi/Haruibuki	0.48	0.30	-18.5	-0.12	-0.55	-0.27	-0.26	-0.10	-0.28	-0.45	-0.15	-0.44	-0.55	-1.82	-1.13
Nanbukomugi/Tohoku 212	0.43	0.34	<u>42.1</u>	<b>0.27</b>	<u>1.26</u>	0.02	<u>0.47</u>	<u>0.55</u>	<b>0.24</b>	<b>0.67</b>	<u>0.35</u>	<b>0.56</b>	<u>1.20</u>	<u>3.17</u>	<b>3.85</b>
Nanbukomugi/Yukichikara	0.83	-0.68	4.7	0.09	0.14	0.06	0.12	0.09	-0.08	0.07	0.09	-0.03	-0.11	0.26	0.32
Nanbukomugi/Tohoku 215	-1.00	-0.49	-17.6	-0.08	-0.53	-0.20	0.00	-0.28	0.02	-0.21	0.06	-0.44	-0.45	-1.25	-2.47
Nanbukomugi/Tohoku 221	0.55	-0.48	-0.5	-0.08	-0.01	0.40	0.03	0.06	0.05	0.00	-0.08	0.04	-0.15	0.19	0.53
Nanbukomugi/Sabiho 20	-0.02	0.59	-22.2	-0.06	-0.67	-0.11	-0.49	-0.17	-0.22	-0.42	-0.30	-0.22	-0.33	-1.72	-1.25
Koyukikomugi/Tohoku 168	-0.81	<b>1.80</b>	2.2	-0.04	0.06	-0.21	0.01	0.08	0.05	0.14	0.09	-0.22	-0.09	-0.08	0.82
Koyukikomugi/Haruibuki	0.19	0.48	<b>28.0</b>	<b>0.29</b>	<b>0.84</b>	<b>0.73</b>	0.12	0.11	<b>0.26</b>	<b>0.41</b>	0.23	<b>0.44</b>	<b>0.77</b>	<b>2.35</b>	<b>2.94</b>
Koyukikomugi/Tohoku 212	-0.36	-0.73	-5.2	-0.03	-0.16	-0.33	0.10	-0.03	0.08	-0.14	0.01	-0.20	-0.23	-0.53	-1.71
Koyukikomugi/Yukichikara	0.05	-1.00	-18.3	-0.15	-0.55	-0.09	-0.25	-0.20	-0.25	-0.39	-0.28	-0.37	-0.54	-1.62	-2.66
Koyukikomugi/Tohoku 215	<u>1.72</u>	-2.32	-27.1	-0.20	-0.81	-0.50	-0.42	-0.21	-0.30	-0.42	-0.33	-0.23	-0.51	-2.40	-2.73
Koyukikomugi/Tohoku 221	-0.24	<b>1.69</b>	12.0	0.07	0.36	-0.19	0.07	0.07	0.06	0.15	0.13	-0.08	0.12	0.42	2.14
Koyukikomugi/Sabiho 20	0.69	-0.23	13.1	0.10	0.39	-0.08	0.17	<b>0.17</b>	-0.04	0.05	0.09	0.26	0.04	0.68	1.04
Tohoku 168/Haruibuki	<b>0.90</b>	-0.95	-30.0	-0.24	-0.90	0.10	-0.08	-0.21	-0.22	-0.60	-0.13	-0.06	-0.13	-1.38	-1.51
Tohoku 168/Tohoku 212	-0.64	0.34	6.0	0.12	0.18	0.19	0.05	0.10	-0.05	0.22	-0.03	0.07	-0.01	0.45	0.07
Tohoku 168/Yukichikara	0.26	0.57	-2.9	0.02	-0.09	-0.12	-0.02	0.08	0.00	0.15	0.08	0.10	0.10	0.20	0.94
Tohoku 168/Tohoku 215	-0.57	0.26	-7.6	-0.16	-0.23	0.37	0.13	0.07	0.00	-0.14	-0.02	0.12	-0.04	0.17	0.12
Tohoku 168/Tohoku 221	0.48	-2.23	-18.8	<b>0.17</b>	-0.56	-0.72	-0.29	-0.25	-0.24	-0.32	-0.21	-0.58	-0.36	-2.07	-3.56
Tohoku 168/Sabiho 20	0.40	0.09	<b>34.5</b>	0.12	<b>1.04</b>	<u>0.94</u>	<b>0.29</b>	<b>0.28</b>	<u>0.34</u>	<b>0.41</b>	<b>0.24</b>	<b>0.43</b>	<b>0.56</b>	<b>2.72</b>	<b>3.12</b>
Haruibuki/Tohoku 212	-0.14	0.02	8.2	0.14	0.24	<b>0.46</b>	-0.19	0.13	0.13	0.19	0.06	0.18	0.25	0.82	0.60
Haruibuki/Yukichikara	-0.24	0.25	16.3	-0.03	0.49	-0.35	-0.03	-0.03	-0.04	-0.01	0.00	-0.06	-0.06	-0.44	-0.52
Haruibuki/Tohoku 215	<b>0.93</b>	0.68	17.0	<b>0.17</b>	0.51	-0.04	<b>0.34</b>	<b>0.43</b>	<b>0.23</b>	<u>0.83</u>	<b>0.32</b>	0.28	0.42	<b>2.50</b>	<b>4.38</b>
Haruibuki/Tohoku 221	-1.52	-0.81	-19.1	-0.18	-0.57	-0.23	-0.10	-0.14	-0.09	-0.28	-0.37	-0.27	-0.52	-1.58	-3.64
Haruibuki/Sabiho 20	-0.60	0.02	-1.8	-0.03	-0.06	-0.39	<b>0.20</b>	-0.19	0.02	-0.09	0.04	-0.08	-0.18	-0.45	-1.12
Tohoku 212/Yukichikara	-0.78	0.67	2.0	0.11	0.06	0.44	-0.21	-0.18	0.05	-0.06	-0.07	-0.13	-0.19	-0.01	-0.22
Tohoku 212/Tohoku 215	0.21	-1.20	-6.7	0.01	-0.20	0.30	-0.33	-0.32	-0.23	-0.32	-0.25	-0.31	-0.40	-1.31	-2.01
Tohoku 212/Tohoku 221	0.00	<b>1.31</b>	-18.1	-0.20	-0.54	-0.24	-0.12	-0.10	-0.08	-0.14	0.07	-0.01	-0.04	-0.70	0.87
Tohoku 212/Sabiho 20	<b>0.86</b>	-0.94	-43.3	-0.47	-1.30	-0.63	-0.15	-0.36	-0.21	-0.65	-0.33	-0.52	-0.86	-3.01	-3.19
Yukichikara/Tohoku 215	-0.71	<b>1.20</b>	19.9	0.16	0.60	-0.53	<b>0.30</b>	<b>0.19</b>	0.10	0.08	<b>0.19</b>	0.07	0.38	0.73	1.49
Yukichikara/Tohoku 221	-0.17	-1.54	-33.0	-0.30	-0.99	0.32	-0.02	-0.10	0.03	-0.08	-0.13	0.02	-0.09	-0.60	-2.04
Yukichikara/Sabiho 20	0.76	0.53	11.3	0.11	0.34	0.26	0.11	0.15	0.19	0.23	0.13	0.41	<b>0.51</b>	1.48	2.69
Tohoku 215/Tohoku 221	<b>1.00</b>	<u>1.90</u>	<b>38.0</b>	<b>0.18</b>	<b>1.14</b>	<b>0.73</b>	0.08	0.13	<b>0.23</b>	0.07	0.14	<u>0.66</u>	<b>0.55</b>	<b>2.22</b>	<b>3.24</b>
Tohoku 215/Sabiho 20	-1.57	-0.03	-16.0	-0.07	-0.48	-0.13	-0.09	-0.01	-0.04	0.10	-0.12	-0.15	0.04	-0.67	-2.01
Sabiho 20/Tohoku 221	-0.52	-0.02	<b>24.4</b>	<u>0.30</u>	<b>0.73</b>	0.13	-0.03	0.12	-0.03	<b>0.36</b>	<b>0.26</b>	-0.14	0.22	0.99	0.72
LSD (5%)	1.74	1.74	49.38	0.38	1.48	0.93	0.53	0.45	0.37	0.89	0.45	0.72	1.06	3.35	4.74

Note. A value which attached the underline presents the best. Also, the italic and boldface values present top five.

DTとVVは0.8前後の高い遺伝率を示し、AbとStabは0.60～0.64とやや高かった。また、2000年のミキソグラムでは、Ab、DおよびAともに0.8以上の高い遺伝率を示した。一方、製パン適性では、吸水性は0.76、パン総合評価点は0.66と高いまたはやや高い遺伝率を示し、すだち、触感、味は0.5台の中位の遺伝率を示したものの、その他の官能評価項目とパン体積、比容積は0.20～0.47と低かった。

小麦品質および製パン適性のMPHおよびHPHの各平均 (Mean)、標準偏差 (Standard deviation)、最大値 (Maximum)、最小値 (Minimum)、最良組合せ (Best cross combination) とともに、これら各特性とSCA効果との相関係数 (SCA effect correlation)

をTable 10に示した。外国品種と日本品種・系統との組合せの1999年材料は、ファリノグラムのDT、StabではMPH・HPH平均値ともに正の極めて高いまたは高い値 (DT: 34.8%、9.6%、Stab: 76.7%、40.5%) を示し、VVもMPH平均値 (11.3%) で高かったので、これらの特性では強いヘテロシスを示した。一方、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値およびファリノグラムAbではこれらの平均値は負の値を示した。MPHおよびHPHが最も高い組合せは、すべて少なくとも片親に外国品種を用いた組合せであった。また、SCA効果との相関は、MPHでは小麦粉蛋白含量、DT、StabおよびVVが0.83～0.89と有意で高く、HPHではDT、StabおよびVVが

Table 9 Correlation coefficients between general combining ability effect and phenotypic value of parental variety, and narrow sense heritability estimates in wheat quality traits.

Wheat quality traits		Correlation coefficient		Narrow sense heritability		
		1999	2000	1999	2000	
Milling characteristics	Flour yield	0.78	0.93 **	0.71	0.72	
Flour characteristics	Flour protein content	0.97 **	0.96 **	0.87	0.88	
	Sedimentation value	0.90 *	0.92 **	0.84	0.76	
	Amylose content	—	0.98 **	—	0.86	
Dough mixing property	Farinogram	Ab	0.72	—	0.64	—
		DT	0.95 *	—	0.80	—
		Stab	0.90 *	—	0.60	—
		Wk	0.46	—	0.24	—
		VV	0.97 **	—	0.77	—
Mixogram	Ab	—	0.97 **	—	0.81	
		D	—	0.89 **	—	0.83
		A	—	0.93 **	—	0.86
Bread-making quality	Water absorption score	—	0.91 **	—	0.76	
	Dough handling score	—	0.54	—	0.32	
	Loaf volume	—	0.68 *	—	0.41	
	Specific loaf volume	—	0.69 *	—	0.36	
	Sensory evaluation	Loaf volume	—	0.68 *	—	0.41
		Crust color	—	0.36	—	0.20
		Crust thickness	—	0.66	—	0.42
		Symmetry of shape	—	0.54	—	0.38
		Crumb color	—	0.59	—	0.40
		Fineness of cell structure	—	0.74 *	—	0.53
		Crumb firmness	—	0.71 *	—	0.52
		Flavor and aroma	—	0.57	—	0.41
		Taste	—	0.71 *	—	0.53
		Total score	—	0.64	—	0.47
	Bread-making quality score	—	0.80 *	—	0.66	

Note. 1) Narrow sense heritability was calculated using the correlation coefficient of offspring and midparent.

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

**Table 10** Estimates of mid-parent heterosis (MPH), high parent heterosis (HPH), and correlation coefficient between MPH or BPH and SCA effect for wheat quality traits.

Year (diallel cross)	Statistic	Flour yield		Flour protein content		Sedimentation value		Farinogram										
		MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	Ab		DT		Stab		Wk		VV		
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1999	Mean	0.9	-2.6	-3.6	-8.2	-1.1	-8.7	-2.5	-4.4	34.8	9.6	76.7	40.5	-24.3	6.8	11.3	0.7	
(6x6)	Standard deviation	2.5	2.2	3.4	5.3	8.6	6.2	1.5	2.2	40.1	36.8	50.7	47.7	24.7	35.1	9.8	10.0	
	Maximum	6.2	1.2	2.0	0.0	16.7	-1.8	-0.2	-1.9	119.1	107.0	198.5	162.3	22.4	81.8	32.8	24.3	
	Minimum	-3.9	-7.1	-8.7	-17.7	-14.1	-20.5	-6.3	-9.8	-12.6	-43.6	16.0	-22.4	-67.4	-60.5	-1.8	-16.6	
	Best cross combination	P/S	P/S	Y/S	Y/S	P/R	P/R	Y/S	K/S	Y/S	Y/S	Y/S	Y/S	T/R	T/R	Y/S	Y/S	
	SCA effect correlation	0.42	0.44	0.83**	0.53*	0.44	0.34	0.45	0.41	0.77**	0.74**	0.83**	0.60*	0.47	0.45	0.89**	0.63*	

Year (diallel cross)	Statistic	Flour yield		Flour protein content		Sedimentation value		Amylose content		Mixogram						
		MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	Ab		D		A		
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2000	Mean	1.1	-1.5	0.2	-6.2	8.3	-1.1	1.5	-2.5	1.1	-2.1	1.4	-14.0	0.6	-7.4	
(9x9)	Standard deviation	2.0	2.7	4.0	6.7	10.3	8.1	2.5	2.9	1.7	3.2	17.2	21.3	5.3	9.0	
	Maximum	5.0	4.4	9.7	4.8	42.5	12.2	6.9	3.8	3.7	1.6	54.6	38.3	13.5	13.2	
	Minimum	-3.2	-7.6	-7.8	-19.4	-12.9	-26.7	-2.6	-9.8	-3.6	-12.5	-27.6	-49.6	-11.0	-26.4	
	Best cross combination	168/SA	168/Y	168/H	N/H	168/SA	168/SA	212/SA	SA/221	168/H	Y/SA	168/212	168/212	168/212	168/212	
	SCA effect correlation	0.66**	0.44**	0.80**	0.40*	0.74**	0.64**	0.33	0.44**	0.87**	0.30	0.50**	0.44**	0.59**	0.45**	

Year (diallel cross)	Statistic	Water absorption		Dough handling		Loaf volume		Specific loaf volume		Sensory evaluation							
		MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	Loaf volume		Crust color		Crust thickness		Symmetry of shape	
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2000	Mean	12.3	-3.7	7.4	0.2	0.7	-2.9	0.0	-3.7	0.7	-2.9	2.8	-4.5	3.2	-4.2	3.5	-3.4
(9x9)	Standard deviation	13.5	11.2	10.7	10.2	4.5	4.7	4.9	5.6	4.5	4.7	9.3	7.7	9.5	9.5	10.5	10.4
	Maximum	48.0	39.6	33.4	30.8	11.0	7.5	11.0	10.6	11.0	7.5	27.9	14.1	24.8	16.7	24.4	16.0
	Minimum	-6.7	-22.2	-22.2	-24.6	-9.1	-12.6	-10.0	-15.7	-9.1	-12.6	-15.3	-18.0	-19.2	-22.7	-14.3	-25.0
	Best cross combination	N/Y	N/212	N/SA	N/SA	H/212	H/212	H/212	H/212	H/212	H/212	168/SA	N/221	N/212	N/212	N/212	168/212
	SCA effect correlation	0.39*	0.22	0.63**	0.61**	0.51**	0.54**	0.53**	0.55**	0.51**	0.54**	0.61**	0.65**	0.68**	0.61**	0.57**	0.53**

Year (diallel cross)	Statistic	Sensory evaluation								Total score		Bread-			
		Crumb color		Fineness of cell structure		Crumb firmness		Flavor and aroma		Taste		of sensory evaluation		making quality score	
		MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2000	Mean	3.5	-2.6	1.8	-4.8	0.3	-7.9	2.7	-1.1	3.5	-4.1	2.0	-2.3	4.3	-0.7
(9x9)	Standard deviation	7.9	8.6	7.7	6.9	9.5	8.1	4.8	4.5	8.3	6.0	5.7	5.3	5.1	5.1
	Maximum	24.4	22.2	16.5	10.0	16.7	11.6	11.4	8.0	19.2	9.2	10.5	6.9	19.1	15.5
	Minimum	-14.9	-22.6	-13.5	-19.2	-19.4	-23.2	-6.1	-9.7	-11.7	-16.3	-11.8	-13.8	-7.2	-9.1
	Best cross combination	168/SA	168/SA	168/212	168/212	168/Y	168/Y	N/212	N/212	168/Y	N/212	N/212	168/212	N/212	N/212
	SCA effect correlation	0.66**	0.58**	0.63**	0.61**	0.57**	0.49**	0.06	0.07	0.49**	0.49**	0.58**	0.56**	0.61**	0.53**

Note. 1) Best cross combination: K="Koyukikomugi", P="Palo Duro", R="Recital", S="SK-26", Y="Yukichikara", T="Tohoku 195"  
168="Tohoku 168", 212="Tohoku 212", 221="Tohoku 221", SA="Sabiho 20", H="Haruibuki", N="Nanbukomugi

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

0.60~0.74と有意でやや高いまたは高く、いずれも正の相関を示した。次に、日本品種・系統同士の組合せの2000年材料は、MPH平均値においてセディメンテーション値、製パン適性の吸水性、作業性で7%以上の高い値を示し、パン総合評価点も4.3%とやや高かったが、ファリノグラムと同じ生地ミキシング特性のミキソグラム特性やパン体積では2%以下と低かった。MPHおよびHPHが最も高い組合せは、ミキソグラムのD、Aでは「東北168号」/「東北212号」、パン体積、比容積では「ハルイブキ」/「東北212号」、パン総合評価点では「ナンブコムギ」/「東北212号」であった。SCA効果との相関は、MPHでは製粉歩留、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、ミキソグラムAb、製パン適性の作業性、表皮の焼色、皮質、内相の色、すだちおよびパン総合評価点で0.6以上の有意で高いまたはやや高い正の相関を示した。また、HPHではセディメンテーション値、作業性、表皮の焼色、皮質、すだちが0.6以上のやや高い正の相関を示した。

遺伝率が高かった1999年、2000年の小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、ファリノグラム (Ab、DT、VV)、ミキソグラム (Ab、D、A) における両親の中間値と $F_1$ 値との関係を、Fig. 1に示した。図中の点線は両親の中間値と $F_1$ 値が同じである場合を示し、図右下の四角内の\*、\*\*、NSは両親の中間値平均と $F_1$ 値平均との差の有意差検定結果で、それぞれ5%、1%水準で有意および有意差なしを示す(以下のFig. 2、Fig. 3も同じ)。外国品種と日本品種・系統との組合せである1999年材料においては、小麦粉蛋白含量とファリノグラムのAbは、 $F_1$ は点線より下にある場合がほとんどで両親の中間値平均と $F_1$ 値平均との間に有意差が見られ、 $F_1$ は低蛋白化して、Abも低くなる傾向を示した。これに対し、ファリノグラムのDTおよびVVでは逆にほとんどの $F_1$ が点線より上に位置し、両親の中間値平均と $F_1$ 値平均との間に有意差が見られたことから、強いヘテロシスを示す組合せが多かった(図示はしなかったが、Stabも同じ結果であった)。セディメンテーション値では $F_1$ は点線の上下ほぼ半々に位置した。一方、日本品種・系統同士の組合せである2000年材料においては、セディメンテーション値を除いた特性では、点線の上下ほぼ半々に位置し、両親の中間値平均と $F_1$ 値平均との間に有意差が見られなかった。セディメンテーション値は $F_1$ が点線より上にあ

る場合が多いので、これらの平均値間に有意差が見られ、ヘテロシスを示す組合せが多かった。また、生地のミキシング特性である1999年のファリノグラムのDTとVV、2000年のミキソグラムのDとAにおいては、片親または両親にHMW-GS 5+10を持つ組合せはこれを持たない組合せより明らかに各値が高く有意差が認められた。従ってこれらのミキシング特性では、HMW-GS 5+10を持つ組合せはこれを持たない組合せより生地が強力な傾向を示した。また、2000年のセディメンテーション値はHMW-GS 5+10の有無による有意差が認められた。一方、小麦粉蛋白含量、ファリノグラム・ミキソグラムのAbなどは、HMW-GS 5+10の有無により差は明確には認められなかった。HMW-GS 5+10の有無によるヘテロシスの差異は1999年のファリノグラムAbでHMW-GS 5+10を持つ組合せはこれを持たないものより低くなる傾向を示したが、他の特性では明確でなかった。

2000年材料の製パン適性の吸水性、作業性、官能評価合計点およびパン総合評価点における両親の中間値と $F_1$ 値との関係をFig. 2に示した。吸水性、作業性およびパン総合評価点においては、点線より上にある $F_1$ 組合せの割合が多く、両親の中間値平均と $F_1$ 値平均の間に有意差があったので、これらの特性ではヘテロシスが見られる組合せが多かった。Table 10からMPH平均値はそれぞれ12.3%、7.4%および4.3%と吸水性が特に高かった。また、製パン適性の上記4特性とも、片親または両親にHMW-GS 5+10を持つ組合せはこれを持たない組合せより明らかに値が高い傾向があり、しかも両者に有意差が認められた。しかし、HMW-GS 5+10の有無によるヘテロシスの差異は見られなかった。

Table 11に2000年小麦の $F_1$ における品質間の相関係数を示した。小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値およびミキソグラムのD、Aは製パン適性の各特性とは、有意な正の相関を示す場合が多いものの、0.5以下と低かった。

## 2. 大麦精麦特性の組合せ能力とヘテロシス

Table 12に大麦精麦特性の分散分析表を示した。遺伝子型では、アミロース含量を除いたすべての特性で1%水準で有意であり、 $F_1$ および親品種間に差異がみられた。一方、反復では、50%搗精麦(50% pearled grain)の $a^*$ 、 $b^*$ 、ポリフェノール含量、アミロース含量およびRVAの最高粘度(Maximum



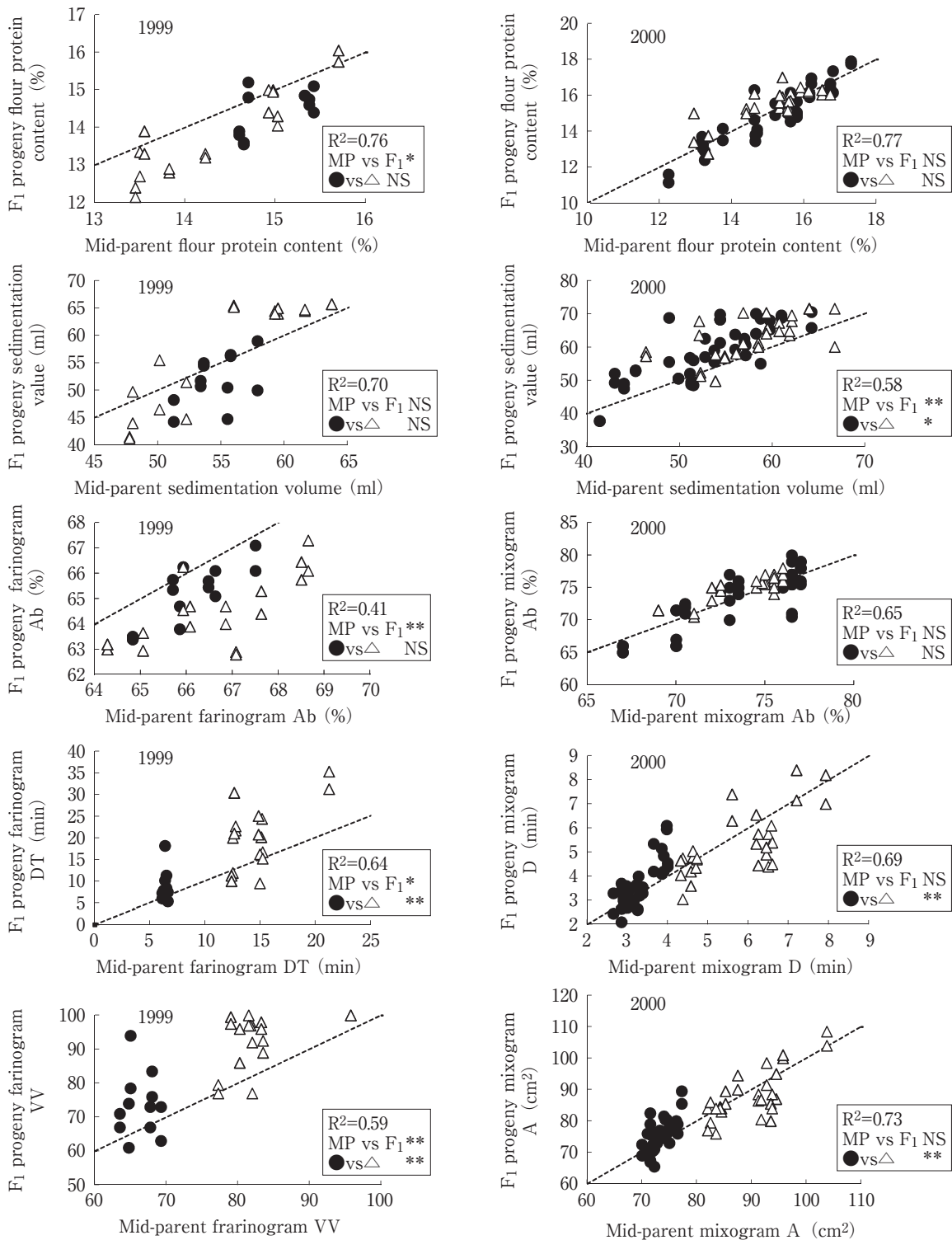


Fig. 1 Relationships between mid-parent value and F<sub>1</sub> progeny value on flour protein content, sedimentation value, and dough mixing property (farinogram, mixogram) in two diallel crosses of wheat in 1999 and 2000.

Note. 1) Mid-parent value= (P1 value+P2 value) /2

2) Presence or absence of HMW-GS 5+10 in one parent of a cross : △Presence, ●Absence.

3) A dotted line shows the case that mid-parent value and F<sub>1</sub> progeny value are equal.

4) MP vs F<sub>1</sub> and ●vs△ present t-test of mean differences between mid-parent mean and F<sub>1</sub> progeny, and between F<sub>1</sub> progeny with HMW-GS 5+10 and F<sub>1</sub> progeny without HMW-GS 5+10, respectively.

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

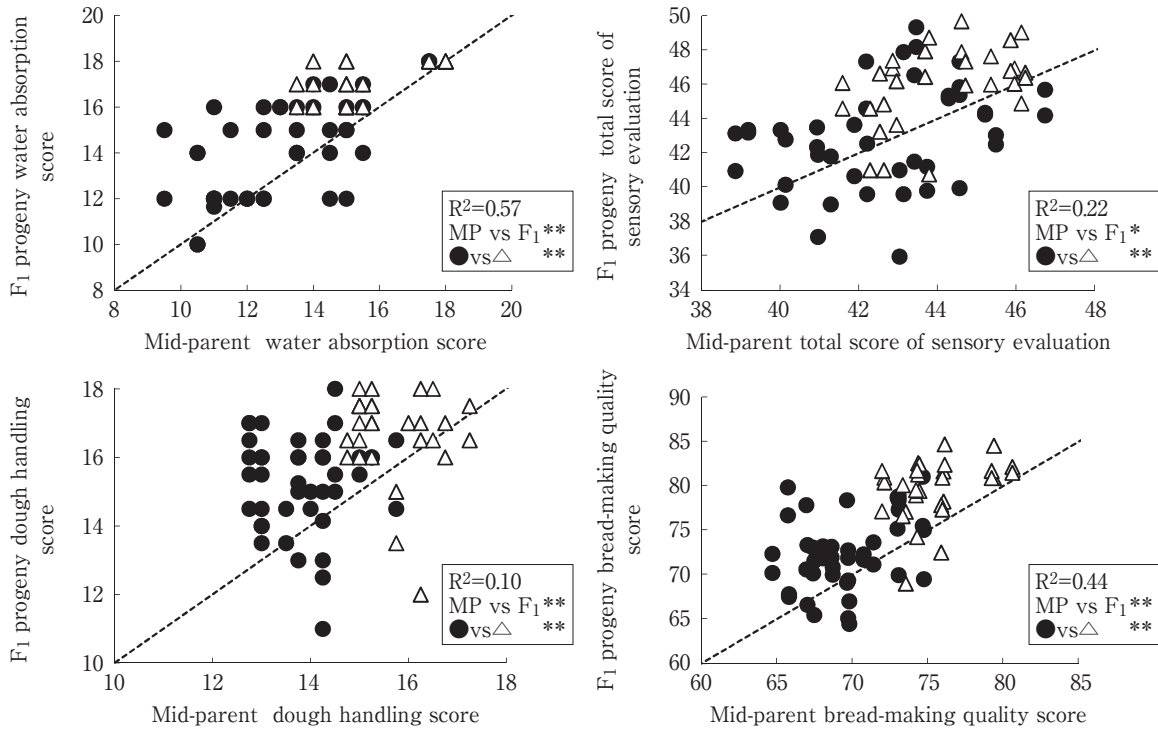


Fig. 2 Relationships between mid-parent value and F<sub>1</sub> progeny value on bread-making quality in a 9×9 diallel cross of wheat in 2000

- Note. 1) Mid-parent value= (P1 value+P2 value) /2  
 2) Presence or absence of HMW-GS 5+10 in one parent of a cross : △Presence, ●Absence.  
 3) A dotted line shows the case that mid-parent value and F<sub>1</sub> progeny value are equal.  
 4) MP vs F<sub>1</sub> and ●vs△ present t-test of mean differences between mid-parent mean and F<sub>1</sub> progeny, and between F<sub>1</sub> progeny with HMW-GS 5+10 and F<sub>1</sub> progeny without HMW-GS 5+10, respectively.  
 5) \* and \*\* indicate significance at P<0.05 and P<0.01, respectively.

Table 11 Correlation coefficients among wheat quality traits in F<sub>1</sub> progeny of a 9×9 diallel cross in 2000.

Wheat quality traits	Flour protein content (FPC)	Sedimentation value (SV)	Amylose content (AC)	Mixogram			Bread-making quality							
				Ab	D	A	Water absorption score (WAS)	Dough handling score (DHS)	Loaf volume (LV)	Specific loaf volume (SLV)	Total score of sensory evaluation (TCSE)	Bread-making quality score (BQS)		
FPC	1													
SV	0.58**	1												
AM	-0.14	-0.19*	1											
Ab	0.73**	0.32**	-0.24**	1										
D	-0.31**	-0.07	0.07	-0.26**	1									
A	-0.08	0.14	0.00	-0.13	0.87**	1								
WAS	0.41**	0.38**	0.02	0.47**	0.22*	0.30**	1							
DHS	0.12	0.09	0.04	-0.09	0.27**	0.33**	0.16	1						
LV	0.20*	0.22*	0.10	-0.07	0.24**	0.24**	0.17*	0.47**	1					
SLV	0.08	0.13	0.08	-0.14	0.23**	0.19*	0.02	0.33**	0.92**	1				
TCSE	0.23*	0.18*	0.07	-0.02	0.28**	0.32**	0.20*	0.50**	0.91**	0.80**	1			
BQS	0.34**	0.29**	0.07	0.14	0.35**	0.42**	0.56**	0.69**	0.81**	0.63**	0.88**	1		

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

viscosity)、ブレイクダウン (Breakdown) は1%水準で有意となり反復間に差がみられたが、その他の特性では有意ではなかった。

大麦精麦特性の組合せ能力の分散分析表をTable 13に示した。GCAはアミロース含量、RVAの最高粘度およびブレイクダウンを除いたすべての特性で

有意差が認められた。一方、SCAでは有意差が認められた特性はなかった。また、RECもSCAと同様に有意な特性はなかった。このため、SCA効果およびREC効果の表は省略した。GCA:SCAはGCAが有意でなかった3特性を除いて5以上の値を示し、特に55%搗精麦、50%搗精麦 (50% pearled

Table 12 Analysis of variance for barley quality traits of F<sub>1</sub> progeny (F<sub>2</sub> seed) and the parents in barley.

Sources	Degree of freedom	55% pearled grain					50% pearled grain				
		Pearling time	Whiteness	L*	a*	b*	Pearling time	Whiteness	L*	a*	b*
Replications	1	0.1	2.21	0.30	0.02	0.41	297.7	3.18	0.98	0.27**	2.97**
Genotypes	24	2739.6**	14.19**	6.44**	0.25**	3.06**	5180.3**	12.81**	4.80**	0.18**	2.55**
Error	24	153.9	0.75	0.46	0.02	0.17	247.1	0.97	0.37	0.02	0.17

Sources	Degree of freedom	50% pearled grain									
		Boiled grain					Polyphenol content	Amylose content	Rapid ViscoAnalyser		Paste whiteness
Whiteness	Color	L*	a*	b*	Peak viscosity	Break-down					
Replications	1	0.23	1.45	1.77	0.050	0.82	0.00073**	5.92**	2257.9**	848.7**	1.51
Genotypes	24	8.20**	2.69**	2.33**	0.118**	2.83**	0.00137**	0.78	1830.6**	713.4**	6.91**
Error	24	0.72	0.40	0.48	0.020	0.70	0.00008	0.77	137.7	86.4	0.40

Note. 1) L\* (Brightness), a\* (Red color degree), and b\* (Yellow color degree) were measured using color difference meter (Konica Minolta, Model CM-3500d).  
 2) Color was based on sensory evaluation.  
 3) \*\* indicates significance at P<0.01.

Table 13 Analysis of variances in combining ability analysis for barley quality traits in a 5×5 diallel cross of barley.

Sources	Degree of freedom	55% pearled grain					50% pearled grain				
		Pearling time	Whiteness	L*	a*	b*	Pearling time	Whiteness	L*	a*	b*
GCA	4	3332*	17.23**	10.24**	0.32**	2.64*	6608**	17.47**	7.75**	0.21**	1.81*
SCA	5	356	1.29	0.52	0.00	0.26	283	1.18	0.53	0.01	0.30
REC	10	632	0.76	0.73	0.05	0.58	1364	0.97	0.33	0.01	0.35
Error	20	1668	8.36	4.81	0.15	1.35	2994	8.63	3.80	0.12	1.14
GCA:SCA		9.35	13.32	19.69	209.46	10.20	23.32	14.77	14.67	15.94	5.94
Additive gene action		0.95	0.96	0.98	1.00	0.95	0.98	0.97	0.97	0.97	0.92

Sources	Degree of freedom	50% pearled grain									
		Boiled grain					Polyphenol content	Amylose content	Rapid ViscoAnalyser		Paste whiteness
Whiteness	Color	L*	a*	b*	Peak viscosity	Break-down					
GCA	4	13.11**	3.80*	4.05**	0.22**	3.03**	0.00336**	1.22	2874	1371.8	11.57**
SCA	5	0.20	0.71	0.26	0.02	0.19	0.00030	0.29	684	275.6	0.87
REC	10	1.43	0.49	0.45	0.05	0.20	0.00014	0.33	350	170.3	0.75
Error	20	6.05	2.41	2.33	0.12	2.10	0.00160	1.54	1686	789.5	5.45
GCA:SCA		66.53	5.33	15.72	12.38	15.59	11.27	4.27	4.20	4.98	13.29
Additive gene action		0.99	0.91	0.97	0.96	0.97	0.96	0.90	0.89	0.91	0.96

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

grain) および炊飯麦 (Boiled grain) のそれぞれの白度、L\*、a\*では10以上の高い値を示した。また、相加的遺伝子作用は最高粘度を除く特性で0.9以上と高かった。

精麦特性のGCA効果をTable 14に示した。各特性で下線入りの数字は最も優れていることを表す。55%搗精麦と50%搗精麦の各GCA効果は同様な傾向を示し、「シンジュボシ」は搗精時間 (Pearling time) が最も短く、白度 (Whiteness) とL\* (明るさ) が最も高く、a\* (赤み) が最も低いため、精麦適性の組合せ能力が最も優れていた。一方、「Banong」は搗精時間が最も長く、白度とL\*が最も低く、a\*が最も高かったため、これらの特性の組合せ能力が最も劣った。標準品種の「ミノリムギ」はこれら2品種の中間的な組合せ能力を示した。「盛系C-262」は、b\* (黄み) を除いて「シンジュボシ」に次いで精麦適性の組合せ能力が高かった。50%搗精麦の炊飯特性のGCAでは、「シンジュボシ」が白度、官能評価の色 (Color)、L\*ともに最も高く、a\*とb\*が最も低かったため、炊飯麦の白さという面での炊飯適性の組合せ能力が最も優れていた。逆に、「会津6号」は白度、色、L\*ともに最も低く、a\*とb\*が最も高かったため、この組合せ能力が最も劣った。「ミノリムギ」はこれら2品種の

中間よりむしろ「会津6号」に近い組合せ能力を示した。ポリフェノール含量のGCAは「会津6号」は最も高いのに対し、「シンジュボシ」が最も低かった。アミロース含量のGCAは「シンジュボシ」が最も高いのに対し、「盛系C-262」が最も低かった。RVAのGCAでは、最高粘度では「ミノリムギ」が最も高く、ブレイクダウンでは「盛系C-262」が最も大きく、糊白度 (Paste whiteness) では「シンジュボシ」が最も高かった。

精麦特性についてGCA効果と親値との相関係数および狭義の遺伝率をTable 15に示した。GCA効果との有意な相関は55%搗精麦の搗精時間、白度、L\*、50%搗精麦のL\*、a\*、炊飯の白度、b\*および糊白度において認められ、相関は0.9前後と高かった。55%搗精麦のa\*、50%搗精麦の搗精時間、白度、炊飯のL\*も相関は有意でないものの0.8台の高い相関を示した。一方、ポリフェノール含量、アミロース含量、RVAの最高粘度、ブレイクダウンにおいては相関は低かった。

狭義の遺伝率は、55%搗精麦、50%搗精麦とともに白度は0.82~0.87、L\*は0.87~0.89、a\*は0.76~0.83といずれも高く、搗精時間も0.67~0.75とやや高いまたは高かった。炊飯麦では白度は0.81、L\*は0.77およびb\*は0.82といずれも高く、色とa\*は0.61

Table 14 General combining ability effects for barley quality traits.

Varieties	55% pearled grain					50% pearled grain				
	Pearling time	Whiteness	L*	a*	b*	Pearling time	Whiteness	L*	a*	b*
Minorimugi	-0.9	-0.08	0.22	-0.10	0.43	-1.4	-0.07	0.20	-0.11	0.39
Banong	32.3	-1.98	-1.57	0.31	-0.31	43.4	-2.03	-1.33	0.26	-0.13
Aizu 6	-1.9	-1.00	-0.90	0.08	<u>-0.63</u>	-0.8	-0.95	-0.85	0.10	<u>-0.54</u>
Shinjuboshi	<u>-25.6</u>	<u>2.46</u>	<u>1.59</u>	<u>-0.21</u>	-0.19	<u>-35.3</u>	<u>2.44</u>	<u>1.52</u>	<u>-0.22</u>	-0.25
Morikei C-262	-4.0	0.59	0.66	-0.08	0.71	-5.9	0.62	0.46	-0.03	0.52
LSD (5%)	11.1	0.61	0.52	0.11	0.35	16.7	0.61	0.48	0.10	0.25

Varieties	50% pearled grain					Polyphenol content	Amylose content	Rapid ViscoAnalyser		Paste whiteness
	Boiled grain							Peak viscosity	Break-down	
	Whiteness	Color	L*	a*	b*					
Minorimugi	-0.94	-0.02	-0.77	0.04	0.12	0.0014	0.25	<u>24.1</u>	9.1	-1.53
Banong	0.55	0.03	0.22	0.10	-0.44	-0.0084	-0.09	-27.1	-20.9	0.57
Aizu 6	-1.58	-1.10	-0.82	0.18	0.41	0.0400	-0.29	14.5	10.0	-1.18
Shinjuboshi	<u>1.95</u>	<u>1.03</u>	<u>0.86</u>	<u>-0.22</u>	<u>-0.89</u>	<u>-0.0187</u>	0.60	-14.5	-8.6	<u>1.58</u>
Morikei C-262	0.01	0.07	0.51	-0.11	0.81	-0.0142	<u>-0.47</u>	3.0	<u>10.5</u>	0.57
LSD (5%)	0.76	0.44	0.57	0.13	0.52	0.0061	0.61	9.9	6.6	0.61

Note. A value which attached the underline presents the best.

**Table 15** Correlation coefficients between general combining ability effect and phenotypic value of parental variety, and narrow sense heritability estimates in barley quality traits.

Barley quality traits	Correlation coefficient	Narrow sense heritability
55% pearled grain		
Pearling time	0.91 *	0.75
Whiteness	0.92 *	0.87
L*	0.95 *	0.87
a*	0.87	0.76
b*	-0.05	0.03
50% pearled grain		
Pearling time	0.82	0.67
Whiteness	0.87	0.82
L*	0.93 *	0.89
a*	0.88 *	0.83
b*	0.05	0.04
Boiled grain		
Whiteness	0.88 *	0.81
Color	0.80	0.68
L*	0.87	0.77
a*	0.76	0.61
b*	0.90 *	0.82
Polyphenol content	0.07	0.05
Amylose content	0.27	0.22
RVA Peak viscosity	0.46	0.39
RVA Breakdown	0.56	0.47
Paste whiteness	0.93 *	0.84

Note. 1) RVA=Rapid ViscoAnalyser.  
 2) Narrow sense heritability was calculated using the correlation coefficient of offspring and midparent.  
 3) \* indicates significance at  $P < 0.05$ .

~0.68とやや高かった。また、糊白度も0.84と高かった。一方、ポリフェノール含量、アミロース含量およびRVAの最高粘度、ブレイクダウンは0.05~0.47と低かった。

大麦精麦特性におけるMPH、HPHの各平均、標準偏差、最大値、最小値および最良組合せをTable 16に示した。MPH、HPH平均値ともに高い特性は炊飯麦のa\* (20.0%、47.2%) とポリフェノール含量 (7.6%、11.0%) で、これらの特性では強いヘテロシスを示した。MPHでは55%搗精白度 (5.6%) がやや高く、HPHでは55%搗精麦a\* (12.2%)、炊飯麦b\* (9.4%) が高かった。一方、55%搗精および50%搗精の搗精時間、a\*、b\*の各MPHは負の高い値を示した。MPHが最も高い組合せは55%搗精・

50%搗精の搗精時間・搗精白度・a\*、炊飯白度および糊白度では「会津6号」/「シンジュボシ」で、この組合せは精麦適性が不良と良の組合せであった。

主な大麦精麦特性における両親平均値とF<sub>1</sub>値との関係を、Fig. 3に示した。55%搗精時間では全てのF<sub>1</sub>が点線より下にあるのに対し、55%搗精白度は点線より上にあった。従って、すべてのF<sub>1</sub>において搗精時間は短い方への、搗精白度は高い方への、明確なヘテロシスを示した。また、55%搗精麦L\*と炊飯麦a\*もほとんどのF<sub>1</sub>が点線より上にあったので、ヘテロシスを示す組合せが多かった。ポリフェノール含量で強いヘテロシスを示した組合せは、「会津6号」との組合せだけであった。以上の特性では両親平均値平均とF<sub>1</sub>値平均との間に有意差が見られた。一方、炊飯白度はF<sub>1</sub>が点線上近くに並んだので、ヘテロシス程度は小さく、炊飯麦L\*と糊白度は点線より下のF<sub>1</sub>が大部分で、F<sub>1</sub>の方が両親平均値より低い組合せが多く、ヘテロシスの見られる組合せは少なかった (いずれも上記平均間に有意差なし)。精麦適性が優れた「シンジュボシ」との組合せは他の親との組合せに比べて、55%搗精時間が短く、55%搗精白度、55%搗精麦のL\*、炊飯白度および糊白度が高く、炊飯麦a\*が低い傾向が見られ、両者の平均値間に有意差が認められた。

#### IV 考 察

小麦の組合せ能力の分散分析におけるGCA分散、SCA分散の有意性に関しては、製粉歩留ではGCA、SCA各分散ともに有意と報告されている (Labuschagne *et al.* 1996、Akram *et al.* 2001、Barnard *et al.* 2002)。本報告では2000年でGCA、SCA各分散ともに有意であり、上記の報告と一致したが、1999年はGCAのみが有意であった。原粒または小麦粉蛋白含量ではGCA、SCA各分散ともに有意である報告 (Brown *et al.* 1966、Raina *et al.* 1979 (F<sub>1</sub>のみ有意)、Kraljević-Balalić *et al.* 1982、Borghini and Perenzin 1994、Labuschagne *et al.* 1996、Perenzin *et al.* 1998、Joshi *et al.* 2004、Subhashchandra *et al.* 2010、Kamaluddin *et al.* 2011) が多く、GCA分散のみに有意であったのはBarnard *et al.* (2002) の報告のみであった。本報告でも、2カ年 (2つのダイアレル交配) とともに、小麦粉蛋白含量のGCA、SCA各分散ともに有意であったので、上記の多くの研究報告と一致した結果が

Table 16 Estimates of mid-parent heterosis (MPH) and high parent heterosis (HPH) of pearled barley traits.

Statistic	55% pearled grain										50% pearled grain									
	Pearling time		Whiteness		L*		a*		b*		Pearling time		Whiteness		L*		a*		b*	
	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Mean	-7.7	-1.5	5.6	-1.0	1.0	-1.3	-7.2	12.2	-10.2	-3.5	-7.7	0.7	3.8	-2.2	1.1	-0.8	-8.3	5.6	-9.5	-2.8
Standard deviation	3.3	4.9	3.2	3.8	0.9	1.6	6.9	20.0	7.6	9.9	4.7	7.6	3.1	2.7	0.8	1.3	5.3	10.6	7.2	8.2
Maximum	-3.0	4.9	10.7	6.4	2.8	1.2	6.5	54.0	-2.5	11.8	-1.2	13.0	9.9	2.4	2.5	0.8	-0.7	27.1	-1.1	10.1
Minimum	-13.7	-9.3	1.7	-8.5	-0.3	-3.7	-16.2	-14.6	-25.0	-18.4	-15.7	-11.0	0.9	-7.6	-0.1	-3.1	-14.1	-10.6	-19.9	-15.3
Best cross combination	A/S	A/S	A/S	B/A	A/S	B/A	B/A	B/A	B/A	B/A	A/S	A/S	A/S	B/A	A/S	B/A	A/262	B/A	B/A	A/262

Statistic	50% pearled grain																	
	Boiled grain								Polyphenol content	Amylose content	RVA				Paste whiteness			
	Whiteness		L*		a*		b*				Maximum viscosity		Break-down					
	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH		
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			
Mean	-0.3	-4.9	-0.6	-1.9	20.0	47.2	-3.8	9.4	7.6	11.0	0.4	1.1	2.4	0.2	1.5	-0.8	-1.1	-4.6
Standard deviation	2.1	3.3	0.8	0.8	15.7	26.6	4.6	10.1	12.3	13.5	2.4	2.3	4.7	5.1	4.5	5.9	1.9	2.5
Maximum	2.6	0.0	0.6	-0.7	52.7	92.9	3.4	20.2	29.8	32.2	4.9	4.2	9.8	7.3	8.7	9.3	2.4	-0.7
Minimum	-4.6	-9.4	-1.8	-3.0	-1.8	17.2	-10.3	-8.1	-4.3	-2.2	-3.2	-2.1	-4.0	-9.3	-5.4	-10.3	-4.3	-8.0
Best cross combination	M/S	M/A	A/S	S/262	M/S	S/262	M/A	M/A	S/262	S/262	A/262	A/S	A/262	A/262	A/262	A/262	A/S	S/262

Note. Best cross combination : M="Minorimugi", S="Shinjuboshi", A="Aizu 6", B="Banong", 262="Morikei C-262"

得られた。また、セディメンテーション値 (SDS-セディメンテーション値含む) ではBorghgi and Perenzin (1994) とSubhashchandra *et al.* (2010) はGCA、SCA各分散ともに有意であると報告している。本報告でも2000年でGCA、SCA各分散が有意であり、これらの報告と一致したが、1999年はGCAのみが有意であった。

生地物性のファリノグラムおよびミキソグラム特性では、Borghgi and Perenzin (1994) はファリノグラムのAb、DT、Stab、Wkの各GCA分散は有意であるが、SCA分散ではいずれも有意でないと報告しており、Labuschagne *et al.* (1996) もファリノグラムのAbとDT、ミキソグラムのDで同様の結果を報告している。本報告では、2000年のファリノグラムAb、DTおよびVVにおいてこれらの報告とよく一致した結果が得られた。しかし、1999年のミキソグラムのAb、DおよびAともにGCA、SCA各分散は有意となり、Labuschagne *et al.* (1996) の結果と異なった。これはダイアレル交配に用いた品種の違いによると考えられる。

なお、本報告では調査していないが、主にヨーロッパ諸国で製パン適性の指標に用いられているアル

ベオグラフについては、P (粘性) はGCA、SCA各分散とも有意であるが、L (展性) とW (焼結強度) はGCAのみ有意であると報告されている (Borghgi and Perenzin 1994, Perenzin *et al.* 1998)。

RECに関しては、Ekiz *et al.* (1998) は蛋白含量とSDS-セディメンテーション値は有意であり、*Aegilops cylindrica*、*Ae. variabilis*、および*Ae. uniaristata*細胞質は蛋白含量の向上に効果があり、*T. aestivum*細胞質は他の細胞質よりSDS-セディメンテーション値が優れ、また、普通系パン用小麦品種のBolal 2973、Kirac 66、およびBezostaja 1の細胞質はいくつかの交配でSDS-セディメンテーション値を増加させたと報告し、小麦品質への母親細胞質の関与を示唆した。Akram *et al.* (2011) も、製粉歩留のREC分散は有意で高かったため、交雑での母親の重要性を指摘している。本報告では、RECは2カ年とも全ての特性で有意でなかったため、品質への母親の細胞質による影響はほとんどないものと考えられるが、上記の報告のように普通系小麦品種でも品質に細胞質が関与する組合せがあるので、今後検討する余地はある。

GCA:SCAまたはGCA、SCA各分散の大小に関す

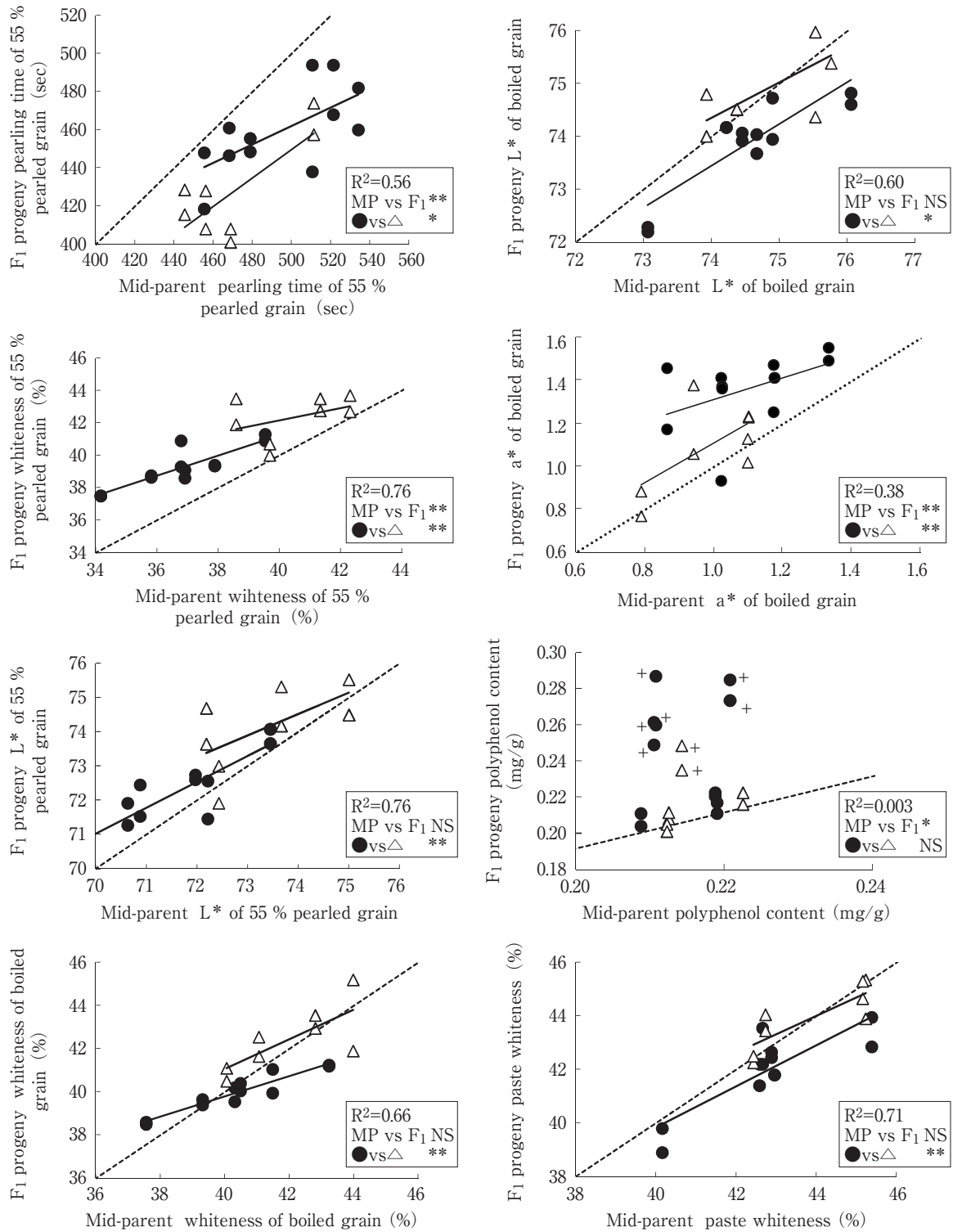


Fig. 3 Relationships between mid-parent value and F<sub>1</sub> progeny value on pearled grain qualities in a 5×5 diallel cross of barley.

- Note. 1) Mid-parent value= (P1 value+P2 value) /2  
 2) Presence or absence of one parent, "Shinjuboshi" in cross combination : △Presence, ●Absence.  
 3) "+" in polyphenol content figure shows the cross combination with one parent "Aizu 6"  
 4) A dotted line shows the case that mid-parent value and F<sub>1</sub> progeny value are equal.  
 MP vs F<sub>1</sub> and ●vs△ present t-test of mean differences between mid-parent mean and F<sub>1</sub> progeny, and between F<sub>1</sub> progeny with "Shinjuboshi" and F<sub>1</sub> progeny without "Shinjuboshi", respectively.  
 5) \* and \*\* indicate significance at P<0.05 and P<0.01, respectively. NS indicates nonsignificance.

る報告では、製粉歩留 (Labuschagne *et al.* 1996、Barnard *et al.* 2002)、原粒または小麦粉蛋白含量 (Brown *et al.* 1966、Borghgi and Perenzin 1994、Labuschagne *et al.* 1996、Ekiz *et al.* 1998、Akram *et al.* 2001、Barnard *et al.* 2002、Joshi *et al.* 2004、Iqbal and Khan 2006、Subhashchandra *et al.* 2010、Kamaluddin *et al.* 2011)、セディメンテーション値 (Subhashchandra *et al.* 2010)、SDS-セディメンテーション値 (Borghgi and Perenzin 1994)、ファリノグラム (Borghgi and Perenzin 1994、Labuschagne *et al.* 1996)、ミキソグラム (Labuschagne *et al.* 1996、Barnard *et al.* 2002)、アルベオグラフ (Borghgi and Perenzin 1994、Labuschagne *et al.* 1996) パン体積 (Barnard *et al.* 2002) の各特性はGCA分散の方がSCA分散に比べ非常に大きい (GCA:SCAが2以上) とされている。そして、いずれの報告も、これらの特性の遺伝は主として相加的遺伝子効果により制御されていると結論付けている。本報告でも、GCA:SCAは2カ年とも製粉・小麦粉特性および製パン適性のほとんどの特性でそれぞれ4以上の高い値を示したこと、上記の報告とよく一致した結果が得られた。また、相加的遺伝子作用もこれらの特性の大部分は0.9以上と高かった。従って、一般に相加的遺伝子効果の小麦品質の遺伝的制御への影響は非相加的遺伝子効果に比べ非常に大きいと考えられる。

小麦のGCA効果については、HMW-GS 5+10を持つ品種・系統の「Palo Duro」、「Recital」、「ハルイブキ」、「東北221号」はこれを持たない品種・系統に比べて、ファリノグラムおよびミキソグラムのAbを除く特性で正の高い値を示した。また、製パン適性の高い「ハルイブキ」と「東北221号」は、製パン適性の各特性でも全般にGCA効果は正の高い値を示した。以上の結果、HMW-GS 5+10を持つ小麦品種は、一般に製パン特性のGCA効果が高いと考えられる。HMW-GS 5+10を持つ系統はこれを持たない系統より、一般に製パン適性が優れる傾向にあることが報告されている (Takata *et al.* 2000、Pirozi *et al.* 2008) が、本報告の製パン特性のGCA効果も同様な傾向となった。

一方、Borghgi and Perenzin (1994) は、最適なHMW-GS構成 (5+10サブユニット有) で最高の品質スコアを持つ「Maestra」は製パン適性関連特性のアルベオグラフW、ファリノグラムStab、Wkで

正のGCA効果を示したが、これらの特性で最大のGCA効果を持つ品種は「Golia」(5+10サブユニット無) で、HMW-GSの品質スコアは「Maestra」が16点に対し「Golia」は11点と低かった。そして「Golia」の製パン適性関連特性のGCA効果が高い理由は、蛋白含量のGCA効果も最大であったことに起因するとした。本報告でも、1999年のHMW-GS 5+10を持たない「東北195号」は製粉歩留、小麦粉蛋白含量およびファリノグラムWkで、2000年のHMW-GS 5+10を持たない「さび保20」は小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値でそれぞれ最大値を示したにもかかわらず、Glu-1 品質スコアは「東北195号」は7点、「さび保20」8点とHMW-GS 5+10を持つ「Palo Duro」10点、「ハルイブキ」9点に比べて低かった (Table 1) ので、Borghgi and Perenzin (1994) と同様の結果が得られた。

GCA効果と親値との相関は、製粉歩留、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、アミロース含量、ファリノグラムのDT、Stab、VV、ミキソグラム特性および製パン適性の吸水性、パン総合評価点についていずれも0.8以上の有意で高い正の相関を示した。従って、これらの特性では相加的遺伝子作用により強く制御されているので、親値から一般組合せ能力を推定することができると考えられる。一方、製パン適性の多くの特性では相関が低い特性が多いので、親値からGCA効果を推定することができないと考えられる。

SCA効果においては、1999年材料の「Palo Duro」/「SK-26」などの3組合せで、ファリノグラムDT、Stab、VVの3特性において高いSCA効果を示した。また、2000年材料では、36組合せの内、「ナンブコムギ」/「東北212号」などの5組合せだけが、特異的に製パン適性の全15特性の内9~12特性 (パン総合評価点も含む) が上位5位以内に入り、製パン適性について優れた特定組合せ能力を示した。以上のように、多くの品質特性で特定の組合せのみにSCA効果が高かった。これらの親品種・系統の系譜からみて遺伝的に非常に遠い組合せであるため、多くの品質特性でSCA効果が高まったと考えられる。

狭義の遺伝率は、製粉歩留、小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、アミロース含量、ファリノグラムのDTとVV、およびミキソグラムのAb、DおよびAで高かったため、これらの特性では初期世代からの選抜が有効であると考えられる。一方、製



パン適性はやや高い遺伝率の吸水性とパン総合評価点を除いて、中位または低い遺伝率を示した。製パン適性は多くの品質特性が関係した複雑な特性であるため、遺伝率の高い個々の特性の選抜を積み上げた中期世代以降に選抜することが重要であると推察される。F<sub>1</sub>では小麦粉蛋白含量、セディメンテーション値、生地物性と製パン適性との相関は高くはないので (Table 11)、製パン適性関連特性の選抜は、最初に初期世代でHMW-GS 5+10の有無で選抜し、その後少量サンプルで測定できる蛋白含量、セディメンテーション値で選抜し、中期世代でミキソグラムのD、Aで選抜することが有効であると考えられる。

狭義の遺伝率の報告に関しては、製粉歩留は中位 (Pearson *et al.* 1981) または高い (Barnard *et al.* 2002)、蛋白含量は高い (Ekiz *et al.* 1998) または低い (Pearson *et al.* 1981)、セディメンテーション値は高い (Baker and Campbell 1971)、ミキソグラムのDは低い (Baker and Campbell 1971, Barnard *et al.* 2002)、そしてパン体積は低い (Barnard *et al.* 2002) とそれぞれ報告されている。これらの報告は本報告と製粉歩留、セディメンテーション値、パン体積についてはほぼ一致し、蛋白含量も高い方で一致したが、ミキソグラムのDは全く反対の結果となった。

小麦品質のヘテロシスに関しては、外国品種と日本品種・系統の組合せの1999年材料では、F<sub>1</sub>は平均親に比べて低蛋白化したにもかかわらず、ファリノグラムのDT、StabおよびVVのF<sub>1</sub>は平均親より高くなる組合せが大部分であり、F<sub>1</sub>の多くは生地がより強力になるというヘテロシスを示した。また、MPHおよびHPH最大値の組合せは、全特性において片親または両親が外国品種であった。一方、日本品種・系統同士の組合せの2000年材料は、小麦粉蛋白含量とミキソグラム特性ではヘテロシスはみられなかった。また、MPHとSCA効果との相関はファリノグラムのDT、StabおよびVVにおいて高かった。以上のことから、組合せには遺伝的にかなり異なる品種を用いた方が、生地ミキシング特性のヘテロシス程度が大きくなり、このヘテロシスは優性効果とエピスタシスによると考えられる。Falconer (1972) は、2系統または集団間の交雑によるヘテロシス程度は系統・集団間の遺伝子頻度差異の平方に依存するとした。このため、1999年材料においては、ファリノグラムのDT、StabおよびVVの遺伝子頻

度の差異が外国品種と日本品種・系統の間で大きかったため、強いヘテロシスが発揮されたものと考えられる。2000年材料では、セディメンテーション値と製パン適性の吸水性、作業性およびパン総合評価点にヘテロシスがみられた。しかし、これらの製パン適性とセディメンテーション値との相関は低く、しかもミキソグラムのD、Aとの相関も低かったため、これらの製パン適性のヘテロシスは製パン適性関連特性では十分説明ができなかった。このため、製パン適性のヘテロシス解析はファリノグラム、エキステンソグラムなどの新たな品質特性を加えて検討する必要がある。

小麦品質のヘテロシスの報告については、原粒蛋白含量ではF<sub>1</sub>平均が平均親対比で100%となり、有意に平均親より高いまたは低いというF<sub>1</sub>は見られなかった (Brown *et al.* 1966)。アルベオグラフのWから推定したF<sub>1</sub>の製パン適性は、両親の中間かまたは製パン適性の低い親品種により近い組合せが多かった (Borghi *et al.* 1988)。ハイブリッド小麦は親と比べて蛋白含量が高く、生地伸長性が大きくグルテンが弱い傾向であった (Perenzin *et al.* 1992)。以上の報告は本報告と一部一致している場合 (Brown *et al.* 1966の結果は1999年材料の小麦粉蛋白含量において一致) はあるものの、全く反対の結果となった。この原因は本報告で用いた2カ年の材料でも同じ特性で、ヘテロシスの差異があったので、供試品種の違いが品質特性のヘテロシスの差異を生み出したものと考えられる。

HMW-GS 5+10の有無は、Figs.1~2から明らかのように、1999年材料ではファリノグラムのDT、StabおよびVV、2000年材料ではセディメンテーション値、ミキソグラムのDとA、製パン適性の吸水性、作業性、官能評価合計点およびパン総合評価点で有意差があった。特に、ファリノグラムとミキソグラムの各特性ではHMW-GS 5+10の有無の差が明確に認められたため、HMW-GS 5+10は生地ミキシング特性に強く関係していると考えられる。

大麦精麦特性の組合せ能力の分散分析では、GCA分散はほとんどの特性で有意であったが、SCA分散とREC分散は逆に有意な特性はみられなかった。また、GCA:SCAはすべての特性で4以上、相加的遺伝子作用は最高粘度を除いて0.9以上といずれも高かった。従って、大麦の精麦特性の遺伝的制御には、小麦品質と同様に、主に相加的遺伝子効

果が関わっており、非相加的遺伝子効果や母親の細胞質の影響は小さいと考えられる。Hockett *et al.* (1993) は、GCA分散は $F_1$ および $F_2$ におけるビール大麦品質の全特性で有意であったが、SCA分散は $F_1$ の麦芽蛋白質と麦芽汁蛋白含量のみ有意で、REC分散は有意でないと報告した。また、Zhou *et al.* (2008) は、RVAによる大麦糊化温度はGCAは有意であったがSCAは有意でないとした。以上の報告はビール大麦品質の組合せ能力に関する報告であるが、本報告の精麦適性のGCA分散は有意、SCA・REC分散は有意でないという結果と比較的よく一致した。

大麦品種のGCA効果に関しては、「シンジュボシ」は搗精時間、搗精白度、炊飯白度およびポリフェノール含量などの多くの重要な特性で、最も優れたGCA効果を示した。「シンジュボシ」は早生で外観品質が優れ、精麦適性・炊飯適性ともに優れる品種であるが(吉川ら 2009)、精麦適性の一般組合せ能力も優れているので、高精麦適性母本として優れていると考えられる。一方、標準品種である「ミノリムギ」は、精麦適性・炊飯適性のGCA効果は中程度で「シンジュボシ」より劣るが、RVA最高粘度のGCA効果は最大値を示したので、最高粘度の改良のための母本として有用であると考えられる。Zhou *et al.* (2008) は、麦芽エキスと関係のあるRVAの糊化温度のGCA効果はビール大麦品種では負の値を示すが、飼料用大麦品種では正の値を示すことを明らかにし、糊化温度は初期世代から選抜が可能であるとした。本報告では糊化温度は調査していないが、RVAは少量サンプルかつ短時間で糊化特性を測定できるので、糊化温度、最高粘度、ブレイクダウンなどの特性の選抜に有効であると考えられる。

GCA効果と親値との有意で高い相関(相関係数0.9以上)は、55%精麦の搗精時間、白度、 $L^*$ 、炊飯白度および糊白度などで認められたので、これらの特性では親値から一般組合せ能力を推定することができると考えられる。

大麦の狭義の遺伝率は、搗精白度、搗精麦の $L^*$ 、炊飯白度、炊飯の $L^*$ と $a^*$ 、および糊白度が高かったことから、搗精麦および炊飯麦の色に関する選抜は初期世代から有効であると推測される。一方、加熱褐変および炊飯白度と関係のあるポリフェノール含量(藤田ら2000、吉川ら2000)は遺伝率が低い

め、初期世代からの選抜は有効でないと考えられる。中村ら(2008)は精麦白度そのものに有意な品種間差は認められず、遺伝率(広義)は0.26と低いと報告している。これは本報告との供試材料の違いによると思われる。

精麦適性のヘテロシスに関しては、55%搗精の搗精時間は短い方へ、搗精白度は高い方への明確なヘテロシスを示した。また、炊飯麦の $a^*$ およびポリフェノール含量は高い方へのヘテロシスを示したが、ポリフェノール含量でヘテロシスを示したのは「会津6号」との組合せに限られた。従って、 $F_1$ はヘテロシスにより平均親より精麦適性は向上するが、炊飯麦の赤味程度 $a^*$ が大きくなった。この $F_1$ の精麦適性が高まる品質要因として、粒質が親より軟質傾向になり精麦適性が向上したものと推察される。本試験では粒硬度および蛋白含量を調査しなかったが、1999年小麦では $F_1$ は平均親より低蛋白になったので、大麦でも同様なことが起こった可能性がある。今後、これらの特性を新たに調査することにより更に精麦適性向上の要因解析が進むと考えられる。ポリフェノール含量は「会津6号」の組合せで強いヘテロシスを示したことは、「会津6号」と他の品種とは遺伝的にかなりかけ離れていて、優性遺伝子効果によりポリフェノール含量が高まったと考えられる。

以上のように、小麦・大麦品質のダイアレル交配による組合せ能力およびヘテロシスの解析は、特性の相加的・非相加的遺伝子効果の遺伝情報のみならず、GCA・SCA効果、狭義の遺伝率、ヘテロシスの強弱などの情報も同時に得られる。従って、小麦および大麦の品質育種においても交配母本選定および選抜方法の強力な手法になると思われる。ただし、GCAおよびSCAの分散、効果などの推定値は個々のダイアレル交配特有なもので、ダイアレル交配に用いる親により変動することに注意する必要がある。

残された課題として、①東北農研(盛岡)の畑圃場は肥沃土が高いため、小麦が高蛋白で生地物性が強く製パン適性が高くなり、大麦は硬質ぎみになる傾向がある。このため、低蛋白で軟質傾向となりやすい水田圃場での検討も必要である。②1999年小麦材料は製パン適性が調査できなかったため、その調査が必要である。③大麦については精麦特性に加えて、粒硬度、蛋白含量の調査が必要である。

## 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科の技術専門職員および契約職員には研究支援の面で、麦育種研究室の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ます。

## 引用文献

- 1) Akram, Z.; Ajmal, S. U.; Khan, K. S.; Qureshi, R.; Zubair, M. 2011. Combining ability estimates of some yield and quality related traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Bot. 43 : 221-231.
- 2) Baker, R. J.; Campbell, A. B. 1971. Evaluation of screening tests for quality of bread wheat. Can. J. Plant Sci. 51 : 449-455.
- 3) Barker, R. J. 1978. Issues in diallel analysis. Crop Sci. 4 : 533-536.
- 4) Barnard, A. D.; Labuschagne, M. T.; van Niekerk, H. A. 2002. Heritability estimates of bread wheat quality traits in the Western Cape province of South Africa. Euphytica 127 : 115-122.
- 5) Bietz, J.; Wall, J. S. 1972. Wheat gluten subunits: molecular weights determined by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. Cereal Chem. 49 : 416-430.
- 6) Blackman, J. A.; Payne, P. I. 1987. Grain quality. (Lupton, F.G.H. ed., Wheat breeding-Its scientific basis.). London. Chapman and Hall. p. 455-485.
- 7) Borghi, B.; Perenzin, M.; Nash, R. J. 1988. Agronomic and qualitative characteristics of ten bread wheat hybrids produced using a chemical hybridizing agent. Euphytica 39 : 185-194.
- 8) Borghi, B.; Perenzin, M. 1994. Diallel analysis to predict heterosis and combining ability for grain yield, yield components and bread-making quality in bread wheat (*T. aestivum*). Theor. Appl. Genet. 89 : 975-981.
- 9) Brown, C. M.; Weibel, R. O.; Seif, R. D. 1966. Heterosis and combining ability in common winter wheat. Crop Sci. 6 : 382-383.
- 10) Brown, J.; Caligari, P. 2008. Predictions. (An introduction to plant breeding.) Oxford, UK. Blackwell Publishing. p.96-115.
- 11) Ekiz, H.; Safi Kiral, A.; Akcin, A.; Simsek, L. 1998. Cytoplasmic effects on quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 100 : 189-196.
- 12) Falconer, D. S. 1972. Heterosis. (Introduction to quantitative genetics.). New York. The Ronald Press Company. p.254-263.
- 13) Frey, K. J.; Horner, T. W. 1957. Heritability in standard units. Agron. J. 49 : 59-62.
- 14) 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.
- 15) Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9 : 463-493.
- 16) Hockett, E.A.; Cook, A. F.; Khan, M. A.; Martin, J. M.; Jones, B. L. 1993. Hybrid performance and combining ability for yield and malt quality in a diallel cross of barley. Crop Sci. 33 : 1239-1244.
- 17) Iqbal, M.; Khan, A. A. 2006. Estimation of combining ability effects for plant biomass, grain yield and protein content in wheat (*Triticum aestivum* L.). Int. J. Agri. Biol. 8 : 688-690.
- 18) Joshi, S. K.; Sharma, S. N.; Singhanian, D. L.; Sain, R. S. 2004. Combining ability in the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). Hereditas 141 : 115-121.
- 19) Juliano, B. O. A. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Sci. Today. 16 : 334-360.
- 20) Kamaluddin; Singh, R. M.; Khan, M. A. 2011. Combining ability analyses for protein content and maturity traits in spring wheat (*Triticum aestivum*). J. Phytol. 3 : 38-43.
- 21) Kraljević-Balalić, M.; Štajner, D.; Gašić, O. 1982. Inheritance of grain proteins in wheat. Theor. Appl. Genet. 63 : 121-124.
- 22) Labuschagne, M. T.; Coetzee, M. C. B.; van

- Deventer, C. S. 1996. General combining ability of six genotypes of spring wheat (*Triticum aestivum*) for biscuit-making quality characteristics. *Plant Breed.* 115 : 279-281.
- 23) 中村和弘, 細野 哲, 上原 泰, 牛島智彦. 2008. 六条オオムギの精麦白度関連形質の要因解析と品種特性. *育種学研究* 10 : 49-55.
- 24) 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 : 1-70.
- 25) Payne, P. I.; Nightngale, M. A.; Krattiger, A. F.; Holt, L. M. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40 : 51-65.
- 26) Pearson, D. C.; Rosielle, A. A.; Boyd, W. J. R. 1981. Heritabilities of five wheat quality traits for early generation selection. *Aust. J. Exp. Agric. Anim.* 21 : 512-515.
- 27) Perenzin, M.; Pogna, N. E.; Borghi, B. 1992. Combining ability for breadmaking quality in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 72 : 743-754.
- 28) Perenzin, M.; Corbellini, M.; Accerbi, M.; Vaccino, P.; Borghi, B. 1998. Bread wheat: F<sub>1</sub> hybrid performance and parental diversity estimates using molecular markers. *Euphytica* 100 : 273-279.
- 29) Pirozi, M. R.; Margiotta, B.; Lafiandra, D.; MacRitchie, F. 2008. Composition of polymeric proteins and bread-making quality of wheat lines with allelic HMW-GS differing in number of cysteines. *J. Cereal Sci.* 48 : 117-122.
- 30) Poehlman, J. M. 1987. *Breeding wheat and triticale. (Breeding field crops.)* Westport, Connecticut, USA. AVI Publishing Company, Inc. p.290-339.
- 31) Raina, R.; Singh, R. B.; Sharma, G. S. 1979. Combining ability for grain quality in spring wheat. *Indian J. Gen. Plant Breed.* 39 : 225-229.
- 32) Roy, D. 2000. Combining ability analysis. (*Plant breeding: analysis and exploitation of variation.*) UK. Alpha Science International Ltd. p.149-152.
- 33) Shattuck, V. I.; Christie, B.; Corso, C. 1993. Principles for Griffing's combining ability analysis. *Genetica* 90 : 73-77.
- 34) Subhashchandra, B.; Lohithasway, H. C.; Desai, S. A.; Kalapranavar, I. K.; Math, K. K.; Hanchinal, R. R.; Salimath, P. M. 2010. Combining ability analysis for yield, quality and other quantitative traits in tetraploid wheat. *Karnataka J. Agric. Sci.* 23 : 554-556.
- 35) Takata, K.; Yamauchi, H.; Nishio, Z.; Kuwabara, T. 2000. Effect of high molecular weight glutenin subunits on bread-making quality using near-isogenic lines. *Breed. Sci.* 50 : 303-308.
- 36) 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. ポリフェノール総量 (品質改良のためのビール麦品質検定法 第3版). p.22-23.
- 37) 鶴飼保雄. 2002. ヘテロシス (量的形質の遺伝解析). 東京. 医学出版. p.124-148.
- 38) 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.
- 39) 吉川 亮, 中村和弘, 伊藤美環子, 伊藤裕之, 佐藤暁子, 伊藤誠治, 八田浩一, 中村 洋, 星野次汪. 2009. 寒冷地向け大麦品種「シンジュボシ」の育成とその特性. *東北農研研報* 110 : 67-82.
- 40) 吉川 亮, 中村和弘, 伊藤美環子. 2011. 新形質小麦品種・系統の小麦粉ブレンドによる製パン適性の向上技術. *東北農研研報* 113 : 97-122.
- 41) Zhou, M. X.; Li, H. B.; Chen, Z. H.; Mendham, N. J. 2008. Combining ability of barley flour pasting properties. *J. Cereal Sci.* 48 : 789-793.

## くず大豆の飼料成分とサイレージ発酵特性、タンパク質画分

河本 英憲<sup>\*1)</sup>・増田 隆晴<sup>\*2)</sup>

**抄 録**：大豆の選別課程で発生する残渣「くず大豆」の飼料成分およびサイレージ発酵特性、タンパク質画分を明らかにすると共に、混合飼料（TMR）に配合して発酵させた場合の飼料成分や発酵品質に及ぼす影響を大豆粕と比較した。供試くず大豆は、不良子実が大部分を占め、茎や莢などの夾雑物の混入が5.4%認められた。くず大豆の粗タンパク質と粗脂肪、中性デタージェント繊維含量は、それぞれ39.2%と18.2%、20.0%（乾物中）であった。くず大豆を水に1時間浸漬後、実験室規模のサイレージに調製したところ、乳酸菌製剤添加の有無に関わらず乳酸発酵が優占する良好な発酵品質であった。一方、乳酸菌製剤添加区は無添加区と比べて粗タンパク質中の溶解性と分解性画分が高かった（それぞれ $P<0.01$ と $P<0.05$ ）。また、くず大豆または大豆粕を乾物比で4.1%配合した発酵TMRを調製して比較すると、いずれも良好な発酵品質であったが、くず大豆区の粗脂肪含量と粗タンパク質中の溶解性画分割合は大豆粕区よりも高かった（ $P<0.01$ ）。

**キーワード**：くず大豆、飼料成分、サイレージ、タンパク質画分、混合飼料

**Chemical Composition, Silage Fermentation, and Protein Fraction of Soybean Waste** : Hidenori KAWAMOTO<sup>\*1)</sup> and Takaharu MASUDA<sup>\*2)</sup>

**Abstract** : The chemical composition, silage fermentation, and protein fraction of soybean waste (refuse beans) were investigated, and the influence of the addition of soybean waste to fermented total mixed ration (TMR) was also examined. The soybean waste was composed of defective seed and 5.4% plant fragments. The content of crude protein, ether extract, and neutral detergent fiber in the soybean waste was 39.2%, 18.2%, and 20.0%, respectively. The silage fermentation qualities were good, with or without lactic acid bacteria inoculation, when the soybean waste was soaked in the water for one hour while making laboratory-scale silage. The inoculation of lactic acid bacteria raised the protein solubility and degradability of the silage ( $P<0.01$  and  $P<0.05$ , respectively). The fermentation quality of TMR to which the soybean waste was added (4.1% of dry matter) was good. The fermentation TMR including soybean waste had a higher ether extract content and soluble protein fraction than those of fermentation TMR to which soybean meal was added at the same quantity ( $P<0.01$ ).

**Key Words** : Chemical composition, Protein fraction, Silage fermentation, Soybean waste, Total mixed ration.

### I 緒 言

大豆の選別課程で発生する残渣「くず大豆」は、主に肥料用途に無償または安価で引き取られているが、一部は飼料としても利用されている。くず大豆の資源量は潤沢にあるとはいえないが、岩手県を例にとれば、奥州市のような転作組合による大豆作付面積が拡大基調にある地域では、各組合において毎

年数t程度は発生すると見積られる。よって、安価な利点を活かしつつ、地域飼料資源として効率よく活用すべきであろう。

くず大豆は全粒であるため、飼料として利用するためには消化性を改善する加工が必要である。このため、くず大豆を利用する畜産農家では、粉碎して給与する場合もあるが、吸水膨潤させて給与することが最も簡便・低コストな方法として用いられてい

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

\*2) 岩手県農業研究センター畜産研究所 (Iwate Agricultural Research Center Animal Industry Research Institute, Takizawa, Iwate-gun, Iwate 020-0173, Japan)

2012年10月19日受付、2013年1月15日受理

る。吸水膨潤（時として煮沸）した大豆は保存性が劣るため、毎日の作業が必要となり、手間をかけざるを得ない。この吸水膨潤処理に保存性を付与する方策として、吸水させたくず大豆を密封してサイレージに調製することが考えられる。そして、くず大豆のサイレージ調製を地域の混合飼料（TMR）センターにおける発酵TMR調製行程に組み込むことができれば、効率的にくず大豆の活用を図る事ができると考えられる。しかし、くず大豆の飼料利用に関しては、繁殖障害の原因となり得るホルモン様物質含量に関する報告（濱田・吉玉 2003）があるものの、その飼料成分含量に関しては標準飼料成分表2009年版（農業・食品産業技術総合研究機構2010）にも記載されておらず、不明な点が多い。同様に、そのサイレージ適性に関しても不明である。また、大豆や大豆粕の飼料利用において、そのタンパク質がルーメンで急速に分解してしまうことが知られており、加熱処理による分解抑制方策が盛んに研究されていることから（Mielke・Schinquoethe 1981、Faldet *et al.* 1991、McNiven *et al.* 1994）、くず大豆のタンパク質においても、その溶解性や分解性などの質的な特性を把握することが重要であると考えられる。そこで、本研究では、くず大豆の一般飼料成分およびサイレージ発酵特性と粗タンパク質中の溶解性、分解性、結合性画分の割合を明らかにすると共に、TMRに添加して発酵TMRに調製した場合の飼料成分や発酵品質に及ぼす影響を大豆粕と比較した。

## II 材料と方法

### 1. サイレージ材料と調製方法

#### 1) 実験1

岩手県内のIライスセンターから入手したくず大豆（普通品種のナンブシロメとスズカリの混合、一次選別品、写真1）を供試した。くず大豆20kgをよく混合し、飼料成分分析用および夾雑物割合測定用サンプル各2kgを採取した後、実験1と2のサイレージ調製に用いた。実験1では、12kgのくず大豆をその3倍量の水（くず大豆1kgあたり3Lの水）に1時間浸漬後、水分を軽く切って300gずつ200×300mmのパウチサイロ（ポリエチレン・ナイロンの積層フィルム製袋「飛竜 KN-210」、旭化成パックス株式会社、東京）に入れ、吸気性能-500mmHgのパキュウムシーラ（SQ-303、SHARP

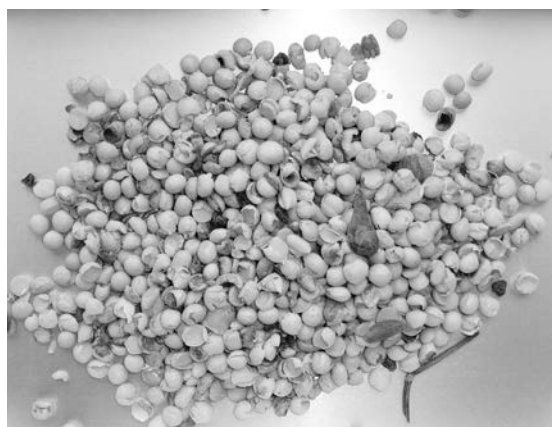


写真1 供試したくず大豆

表1 基本 TMR の構成

	乾物比率
トウモロコシサイレージ	39.1
牧草サイレージ	21.6
配合飼料 <sup>a)</sup>	38.9
重曹	0.2
塩	0.1

a) スーパーミルクキー+ハイホス+出光パワーミックス。

株式会社、大阪）で脱気して密封貯蔵した。また、密封貯蔵時に無添加区に加えて、2種類の乳酸菌製剤添加区を設定した。乳酸菌製剤添加区に用いたのは、製剤A（畜草1号、雪印種苗株式会社、札幌）と繊維分解酵素が加えられている製剤B（ニューサイプロラクトS、全国酪農業協同組合連合会、東京）の2種類で、それぞれメーカー推奨量を添加した。これらサイレージは、7、14、28、50日間の室温貯蔵（最低11.8℃、最高32.3℃）後にそれぞれ3個ずつ開封して発酵品質の経時の変化および50日貯蔵後のサイレージの飼料成分を調査した。

#### 2) 実験2

トウモロコシサイレージ、牧草サイレージ、配合飼料等からなる基本TMR（表1）へタンパク源としてくず大豆または同量の大豆粕（市販品、フレーク）を添加した。くず大豆のTMRへの添加割合にあたっては以下の点を考慮した。マメ科植物は、過剰摂取すれば繁殖障害を引き起こす植物性エストロジェン（イソフラボノイド）を含有する（萬田・高野 1980）。特に、感染や障害などのストレスを受けたマメ科植物は、イソフラボノイドの中でも発情ホルモン様活性が高いクメステロールなどの蓄積量

が増大するため、不良子実を含むくず大豆は一般的な大豆よりもホルモン活性が高いことが指摘されている（濱田・吉玉 2003）。このため、くず大豆に限っては飼料中の割合を5%以下にすることが繁殖障害防止の観点から推奨されている（柏崎 2003）。よって、本実験ではTMR中のくず大豆の添加割合を5%以下のTMR中4.1%（乾物比）とした。すなわち、基本TMR4,795gにくず大豆205gまたは大豆粕205gを加えてよく混合して飼料成分分析用サンプル各2kgを採取したのち、300gずつ実験1と同様にフィルム製袋に入れて脱気密封した。50日間の室温貯蔵後にそれぞれ3個ずつ開封して発酵品質と飼料成分を調査した。

## 2. 分析方法

60℃で72時間乾燥後に1mmメッシュで粉砕したサンプルを用いて、以下に示す一般飼料成分含量を分析した。乾物率、粗タンパク質、粗脂肪、粗灰分を常法（自給飼料利用研究会 2009）で定量した。中性デタージェント繊維（NDF）、酸性デタージェント繊維（ADF）はVan Soest *et al.* (1991)の方法で定量した。ただし、NDF分析では亜硫酸ナトリウムの添加は行わず、耐熱性アミラーゼを用いてaNDFとして定量した。また、aNDFとADFは残渣灰分を除いてaNDFomとADFomとして表示した。粗タンパク質中の溶解性画分（CPs）をKrishnamoorthy *et al.* (1982)の方法で、分解性画分（CPd）をRoe *et al.* (1991)の方法で定量すると共に、酸性デタージェント繊維中の粗タンパク質を結合性画分（CPb）として定量した（自給飼料利用研究会 2009）。サイレージpHはガラス電極pHメーターで、有機酸は高速液体クロマトグラフを用いて大桃ら（1993）の方法で定量した。揮発性塩基態窒素（VBN）は、微量拡散法（自給飼料利用研究会 2009）で定量した。発酵TMRにおいては、酢酸、プロピオン酸、n酪酸含量と総窒素に占めるVBNの割合（VBN/TN）からVスコア（自給飼料利用研究会 2009）を計算し、発酵品質を評価した。

サイレージの発酵品質および飼料成分の有意差検定は、サイロを反復とした一元配置分散分析によって行った。また、有意差（ $P<0.05$ ）が認められた場合にはTukeyのスクエードン化範囲検定で多重比較を行った。計算は、全てSAS Add-In 4.3 for Microsoft Office (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)を用いて、SAS9.2のANOVAプロシジャで行った。

## III 結 果

### 1. 実験1

供試したくず大豆は、くだけ粒、未熟粒、着色粒などの不良子実がほとんどを占めていたが、茎や莢などの明らかに子実とは異なる夾雑物の混入が原物1000gあたり53.8g認められた。供試くず大豆の一般飼料成分とタンパク質画分を表2に示した。くず大豆の飼料成分含量を大豆粕と比べると、粗タンパク質含量は低く、繊維含量は高い傾向があった。飼料成分含量の比較において、一番差が大きかったのが脂肪含量であった。当然、くず大豆は搾油後の副産物である大豆粕よりも粗脂肪含量が高かった。タンパク質画分においては、くず大豆の分解性画分は大豆粕に近似するものの、溶解性画分は大豆粕よりも高い傾向にあった。

くず大豆を水に浸漬すると急速に吸水膨潤して1時間で乾物率が41.8%に低下した。これを密封貯蔵してサイレージに調製した場合のpHおよび発酵産物の経時的変化を図1に示した。pHは、貯蔵期間を通して乳酸菌製剤添加区が無添加区と比べて低く推移した（ $P<0.05$ ）。乳酸含量は、貯蔵2週間後にピークとなり、製剤添加区が無添加区よりも高くなった（ $P<0.05$ ）。この乳酸のピーク含量においては、製剤間にも有意差が認められ（ $P<0.05$ ）、製剤A添加区の含量が製剤B添加区の含量よりも高まった。ただし、その他の貯蔵期間においては、製剤間およ

表2 供試したくず大豆、大豆粕、各混合飼料（TMR）の一般飼料成分含量（乾物中%）とタンパク質画分（粗タンパク質中%）

	くず大豆	大豆粕	くず大豆 配合TMR	大豆粕 配合TMR
乾物率	89.2	86.2	45.0	45.5
粗タンパク質	39.2	48.9	16.4	16.8
粗脂肪	18.2	2.9	5.2	4.0
粗灰分	6.1	6.7	7.7	7.6
aNDFom	20.0	14.0	39.0	37.6
ADFom	16.6	12.7	22.9	22.6
タンパク質画分				
CPs	47.9	20.2	31.4	29.0
CPd	68.8	70.7	69.7	72.0
CPb	7.8	7.2	5.5	5.5

すべてサイレージ発酵前の値。

aNDFom：中性デタージェント繊維、ADFom：酸性デタージェント繊維、CPs：溶解性画分、CPd：分解性画分、CPb：結合性画分。

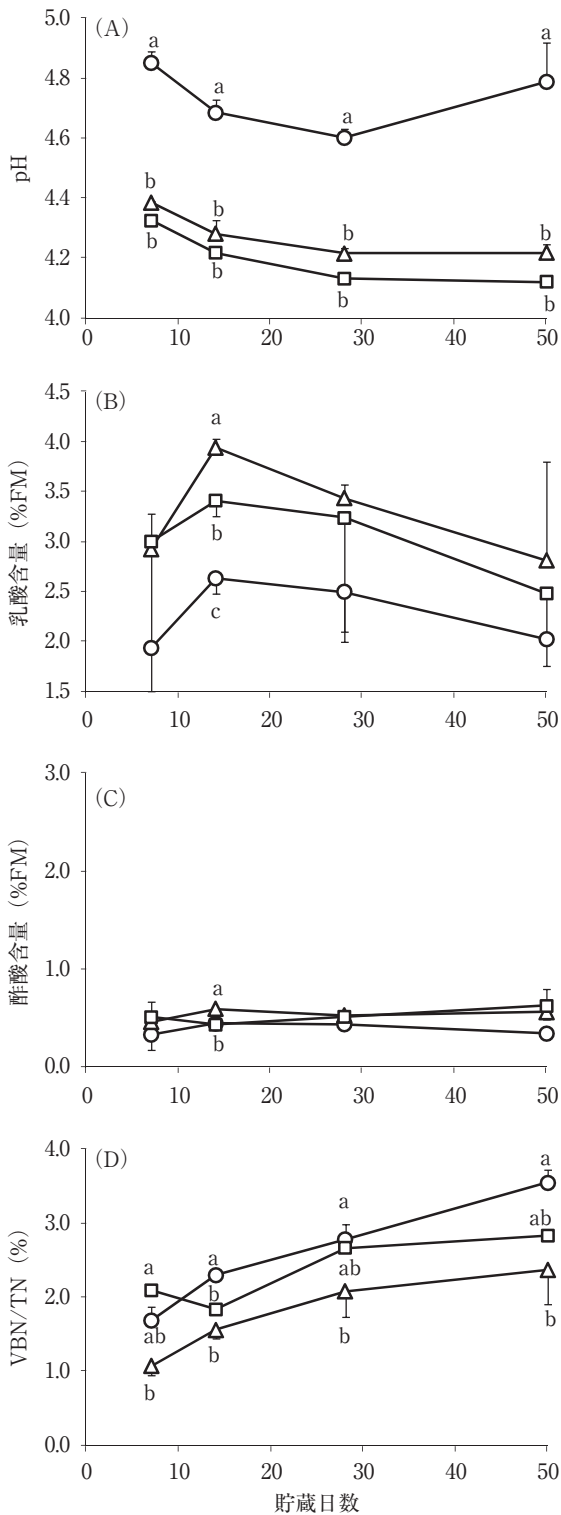


図1 くず大豆サイレージにおける (A) pH、(B) 乳酸含量、(C) 酢酸含量、(D) 総窒素 (TN) に占める揮発性塩基態窒素 (VBN) の割合の経時的変化

注. ○: 無添加区、△: 乳酸菌製剤A添加区、□: 乳酸菌製剤B添加区。  
 平均値±標準偏差、各貯蔵日における異文字間に有意差有り (P<0.05)。

び製剤添加区と無添加区間に有意差は認められなかった。酢酸含量は一部で有意差がみられたものの、乳酸と比べて著しく少なく、処理区間差も小さかった。プロピオン酸は、いずれのサイレージにも検出されなかった。酪酸は、無添加区の貯蔵50日後に微量 (原物中0.06%) が検出されたのみであった。VBN/TNは、貯蔵期間に伴って増加する傾向が認められた。また、貯蔵期間を通して製剤A添加区が無添加区よりも有意に低かったが (P<0.05)、いずれの処理区も4%に満たなかった。

くず大豆サイレージの一般飼料成分含量とタンパク質画分を表3に示した。一般飼料成分には、処理区間に有意な差が認められなかったが、タンパク質の溶解性画分と分解性画分は、乳酸菌製剤添加区が無添加区と比べて有意に高かった (それぞれP<0.01とP<0.05)。

## 2. 実験2

発酵TMRの発酵品質を表4に示した。くず大豆区と大豆粕区の両区ともVスコアで良 (>80) と判定される良好な発酵品質であり、pH、有機酸含量、VBN/TNに有意な差は無かった。発酵TMRの一般飼料成分含量とタンパク質画分を表5に示した。くず大豆区は大豆粕区と比べて有意な差ではないが繊維成分含量が高く、粗タンパク質含量が低かった。粗脂肪含量においては、くず大豆区は大豆粕区よりも有意 (P<0.01) に高くなった。両区のタンパク質の溶解性画分は、サイレージ発酵前 (表2) は大きな違いは無かったが、発酵TMRでは、くず大豆区

表3 くず大豆サイレージの一般飼料成分含量 (乾物中%) とタンパク質画分 (粗タンパク質中%)

	無添加区	乳酸菌製剤A区	乳酸菌製剤B区	SEM
乾物率	42.0	42.6	41.6	0.3
粗タンパク質	43.4	43.0	43.2	0.4
粗脂肪	18.5	19.5	17.6	0.5
粗灰分	6.4	6.4	6.5	0.1
aNDFom	16.4	15.9	15.4	0.5
ADFom	16.1	14.7	15.0	0.7
タンパク質画分				
CPs	50.9 <sup>B</sup>	63.2 <sup>A</sup>	68.8 <sup>A</sup>	1.6
CPd	68.8 <sup>b</sup>	78.6 <sup>a</sup>	79.6 <sup>a</sup>	1.9
CPb	4.4	4.6	4.3	0.2

SEM: 平均値の標準誤差、aNDFom: 中性デタージェント繊維、CPs: 溶解性画分、CPd: 分解性画分、CPb: 結合性画分。同一成分内の異文字間に有意差有り (abP<0.05, ABP<0.01)。



表4 発酵混合飼料 (TMR) の発酵品質

	くず大豆区	大豆粕区	SEM
pH	4.32	4.34	0.01
有機酸含量 (原物中%)			
乳酸	2.53	2.95	0.32
酢酸	1.15	1.19	0.06
プロピオン酸	0.14	0.12	0.01
n酪酸	0.07	0.07	0.01
VBN/TN (%)	7.81	6.72	0.63
Vスコア	83	80	2

SEM：平均値の標準誤差、VBN/TN：総窒素に占める揮発性塩基態窒素の割合。

が大豆粕区よりも有意に高くなった ( $P<0.01$ )。分解性画分においても、両区に有意な差がみられたが ( $P<0.01$ )、その差は小さく、サイレージ発酵前と同様の傾向であった。

## IV 考 察

### 1. 一般飼料成分

供試したくず大豆は、不良子実に莢・茎などの夾雑物が混合しており、明らかに高品質な大豆とは異なる外観を呈していたが、粗タンパク質含量が39.2%であり、一般的な大豆の粗タンパク質含量41.4% (日本標準飼料成分表2009年版) と比べて遜色なく、ヌカ・フスマ類 (粗タンパク質13-21%、標準飼料成分表2009年版) やトウフ粕 (同26-28%)、ビール粕 (同25%) などよりも高いタンパク含量を持つ飼料資源と考えられた。ただし、くず大豆を大豆粕の代替として利用する場合は、本実験2で得られた結果 (表5) のように、給与飼料中の粗タンパク質含量の低下や繊維含量の増加に注意を払う必要があると考えられた。一方、くず大豆の脂肪含量は大豆粕よりも高く、一般的な大豆の18.6% (標準飼料成分表2009年版) に近い値であった。本実験2では、くず大豆の配合割合をTMR中5%以下に抑える条件下であったが、同量の大豆粕を配合した場合よりも発酵TMR中の粗脂肪含量を高めることができた (表5)。乳牛用飼料においては、適度な脂肪含量の増加は乳生産に好影響を与えるとされ (Palmquist・Jenkins 1980)、特に大豆 (全脂大豆) はタンパク質の供給源のみならず脂質の供給源として泌乳初期のエネルギー摂取量を高めることに利用される (McNiven *et al.* 1994)。よって、くず大豆の脂肪含量が高い特性を活かせば、乳牛用TMRの

表5 発酵混合飼料 (TMR) の一般飼料成分含量 (乾物中%) とタンパク質画分 (粗タンパク質中%)

	くず大豆区	大豆粕区	SEM
乾物率	43.2	45.5	1.1
粗タンパク質	15.9	17.2	0.6
粗脂肪	4.9 <sup>A</sup>	3.9 <sup>B</sup>	0.1
粗灰分	7.7	7.3	0.2
aNDFom	39.1	35.1	1.82
ADFom	24.6	21.5	1.47
タンパク質画分			
CPs	50.7 <sup>A</sup>	42.0 <sup>B</sup>	0.8
CPd	75.1 <sup>B</sup>	77.9 <sup>A</sup>	0.4
CPb	6.3	5.6	0.2

SEM：平均値の標準誤差、aNDFom：中性デタージェント繊維、ADFom：酸性デタージェント繊維、CPs：溶解性画分、CPd：分解性画分、CPb：結合性画分。

AB同一成分内の異文字間に有意差あり ( $P<0.01$ )。

調製において、他の油実類の節約ができると考えられた。

### 2. サイレージ発酵品質

本実験1の結果から、くず大豆を水に1時間ほど浸漬して適切に密封すると、乳酸発酵が優占する良好なサイレージに調製できると考えられた。一般的に大豆子実は、平均16.6%の可溶性糖類を含むと報告されている (Hymowitz *et al.* 1972)。国産大豆に限れば、大豆油を抽出する用途ではなく、すべて豆腐や味噌、納豆、煮豆などの食品原料向けであり、その旨味や納豆の良発酵に欠かせない糖含量の平均値は28.3%と大変高いことが示されている (平ら1989)。糖分が高いという国産大豆の特性が、くず大豆サイレージに良好な発酵をもたらした一因と推察された。くず大豆には大豆皮が含まれており、この大豆皮は易消化性の繊維である (DeFrain *et al.* 2002)。本実験の乳酸菌製剤Bは、繊維分解酵素を含んでおり、これによって乳酸発酵のための基質供給がなされ、より多くの乳酸生成によるpH低下を期待した。しかしながら、繊維酵素を含まない乳酸菌製剤A区においても、製剤B区と同様に原物あたり3%を超える乳酸生成が認められ、両区に明確な差は認められなかった。くず大豆の糖含量、すなわち基質供給能が十分であることは、繊維分解酵素の効果がなかった事からも裏付けられた。

本実験条件では、無添加区でも乳酸発酵が優占しており、酪酸発酵はほぼ抑制されていたことから、不良発酵抑制に対する乳酸菌製剤添加の必要性については判断できなかった。マメ科牧草は、植物タン

パク質や有機酸などの緩衝作用を持つ成分を多く含むためにサイレージpHが下がりにくいことが指摘される (Playne・McDonald 1966)。本実験においても、乳酸生成量が最も低かった無添加区のpHは、酪酸発酵抑制の目標とされる4.2 (増子 1999) を上回っていた。一方、乳酸菌製剤添加区は、酪酸発酵抑制の目標pHにはほぼ達していた。実規模のトランスバックなどでの貯蔵では、本実験条件よりも気密性が劣る可能性がある。よって、乳酸菌製剤の添加の必要性に関しては、実規模試験において別途検討する必要がある。

### 3. タンパク質画分

本実験で供試したくず大豆のタンパク質は、大豆粕よりも溶解性が高い傾向があり (表2)、ルーメンでより急速に分解されやすいと考えられた。さらに本実験1では、水に浸漬したくず大豆をサイレージ調製した場合、乳酸菌製剤添加区で溶解性と分解性が高まるのが観察された (表3)。サイレージ発酵過程において、タンパク質は植物体の酵素作用ならびに微生物の作用によってアミノ酸やアンモニア、アミンに分解されるが、これらは乳酸発酵やギ酸添加によるpH低下によって抑制される (大山・榎木 1968, McDonald *et al.* 1991)。特に酪酸菌や腸内細菌による脱アミノ作用 (アンモニア生成) は、サイレージ発酵品質と深く関わっており、pH低下が十分でない劣質サイレージでは増加する (大山・榎木 1968)。しかし、実験1のくず大豆サイレージでは、溶解性が高まった添加区は無添加区よりもVBN/TNが低い傾向であり、より多くの乳酸生成による低いpH値であった。良質サイレージにおいても、乳酸菌をはじめとする様々な微生物によるタンパク分解や脱アミノ作用が観察されることが知られている (Kim・Uchida 1991)。よって、くず大豆サイレージにおけるタンパク質の溶解性、分解性は乳酸発酵が促進しても高まりやすいことが示唆されるが、そのメカニズムに関しては別途検討が必要である。本実験2では、くず大豆を添加したTMRのタンパク質の溶解性画分は大豆粕を添加したものよりも高く、サイレージ発酵を経ると差が広がる傾向であった (表2、5)。くず大豆区TMRの粗タンパク質に占めるくず大豆由来割合は約10%と計算されるが、発酵TMRのタンパク質溶解性において、くず大豆区と大豆粕区との間に差が認められた。よって、発酵TMR中の大豆粕をくず大豆で代

替する場合、粗タンパク質含量の低下のみでなく、ルーメン内でより急速に分解されやすいタンパク画分が増加することにも注意を払う必要があると考えられた。

## 引用文献

- 1) DeFrain, J.M.; Shirley, J.E.; Titgemeyer, E.C.; Park, A.F.; Ethington, R.T. 2002. A Pelleted Combination of Raw Soyhulls and Condensed Corn Steep Liquor for Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 85 : 3403-3410.
- 2) Falde, M.A.; Voss, V.L.; Broderick, G.A.; Saller, L.D. 1991. Chemical, *in vitro*, and *in situ* evaluation of heat-treated soybean proteins. *J. Dairy Sci.* 74 : 2548-2554.
- 3) 濱田真海, 吉玉國二郎. 2003. くず大豆が給与された褐毛和種雌牛に発生した無発情の原因調査. *日獣会誌* 56 : 722-727.
- 4) Hymowitz, T.; Collins, F.I.; Panczner, J.; Walker, W.M. 1972. Relationship between the content of oil, protein, and sugar in soybean seed. *Agron. J.* 64 : 613-616.
- 5) 自給飼料利用研究会. 2009. 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会. 195p.
- 6) 柏崎 守. 2003. 雌牛へのくず大豆飼料のくれ過ぎに注意. *技術の窓* No.1168. 日本政策金融公庫. <http://www.jfc.go.jp/a/information/technology/stock-l/pdf/1168.pdf> [2012年9月10日参照].
- 7) Kim, K.H.; Uchida, S. 1991. Comparative studies of ensiling characteristics between temperate and tropical species. 3. The effects of addition of glucose and formic acid on fermentation and proteolysis during ensilage. *J. Japan. Grassl. Sci.* 37 : 253-260.
- 8) Krishnamoorthy, U.; Muscato, T.V.; Sniffen, C.J.; Van Soest, P.J. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65 : 217-225.
- 9) 萬田富治, 高野信雄. 1980. 牧草中のエストロジェン様物質に関する研究 VIII. マメ科牧草のエストロジェン活性のサイレージ発酵による変化. *日草誌* 26 : 318-323.

- 10) 増子孝義. 1999. サイレージの発酵. (内田仙二編. サイレージ科学の進歩). デーリィ・ジャパン社. p.86-131.
- 11) McNiven, M.A.; Robinson, P.H.; MacLeod, J.A. 1994. Evaluation of a new high protein variety of soybeans as a source of protein and energy for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77 : 2605-2613.
- 12) McDonald, P.; Henderson, A.R.; Heron, S.J.E. 1991. The biochemistry of silage. Second edition. Chalcombe publications. Marlow. p.62-151.
- 13) Mielke, C.D.; Schingoethe, D.J. 1981. Heat-treated soybeans for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 64 : 1579-1585.
- 14) 農業・食品産業技術総合研究機構. 2010. 日本標準飼料成分表 (2009年版). 中央畜産会. 287p.
- 15) 大桃定洋, 田中 治, 北本宏子. 1993. 高速液体クロマトグラフィーによるサイレージ中の有機酸の定量. *草地試研報* 48 : 51-56.
- 16) 大山嘉信, 榎木茂彦. 1968. サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究. II. サイレージ発酵による可溶性炭水化物および蛋白質の量的変化. *日畜会報* 39 : 133-139.
- 17) Palmquist, D.L.; Jenkins, T.C. 1980. Fat in Lactation Rations: Review. *J. Dairy Sci.* 63 : 1-14.
- 18) Playne, M.J.; McDonald, P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food and Agri.* 17 : 264-268.
- 19) Roe, M.B.; Chase, L.E.; Sniffen, C.J. 1991. Comparison of in vitro techniques to the in situ technique for estimation of ruminal degradation of protein. *J. Dairy Sci.* 74 : 1632-1640.
- 20) 平 春枝, 田中弘美, 斎藤昌義. 1989. 国産大豆の全糖・遊離型全糖および遊離糖類の含量. *日食工誌* 36 : 968-980.
- 21) Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 : 3583-3597.



## 四倍体イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) における高乾物率選抜の効果

久保田明人<sup>\*1)</sup>・上山 泰史<sup>\*2)</sup>・秋山 征夫<sup>\*1)</sup>・藤森 雅博<sup>\*1)</sup>

**抄 録**：早生の四倍体イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) 系統「東北2号」(以下、TK2) から、3世代にわたり選抜した高乾物率選抜系統「TK2H-3rd」と、さらに1世代選抜した「TK2H-4th」を圃場に播種し、耐雪性、出穂始日、倒伏程度、1番草の草丈、乾物率、乾物重、NFC (Non fiber carbohydrate: 非繊維性炭水化物) を測定した。「TK2H-3rd」は「TK2」よりも乾物率とNFCが高かった。二倍体と同様に、四倍体についても乾物率で選抜できることが明らかとなった。「TK2H-4th」を用いて異なる播種量に対する反応を「TK2」と比較したところ、「TK2H-4th」は「TK2」に比べ、低播種量区でより乾物率とNFCが高まる傾向が認められた。「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」の高乾物率特性には、NFCの蓄積が関与していると考えられた。

**キーワード**：イタリアンライグラス、高乾物率、耐雪性、四倍体

**Effects of High Dry Matter Ratio Selection in Tetraploid Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.)** : Akito KUBOTA<sup>\*1)</sup>, Yasufumi UYEYAMA<sup>\*2)</sup>, Yukio AKIYAMA<sup>\*1)</sup> and Masahiro FUJIMORI<sup>\*1)</sup>

**Abstract** : The objective of this study was to evaluate the dry matter ratio and other agronomic characteristics in our Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) strain "TK2H-3rd," which was selected from the "TK2" tetraploid strain with a high dry matter ratio through 3 generations. We sowed "TK2H-3rd" and "TK2" for 3 years and investigated snow endurance, heading date, lodging tendency, plant length, dry matter ratio and weight, and amount of non-fiber carbohydrate (NFC). We confirmed that "TK2H-3rd" had a higher dry matter ratio and NFC than those of "TK2." "TK2H-4th," which was selected from "TK2H-3rd" for 1 more generation with a high dry matter ratio, was tested for responses to a low sowing rate. TK2H-4th had a higher dry matter ratio and NFC than those of "TK2," especially in low sowing plots. Therefore, we concluded that the higher dry matter ratio of "TK2H-3rd" and "TK2H-4th" was partially attributable to a higher accumulation of NFC than that by "TK2."

**Key Words** : High dry matter ratio, Italian ryegrass, Snow endurance, Tetraploid

### I 緒 言

温暖地においてイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) は、水田裏作や転作田における夏作飼料作物との輪作体系に取り入れられている。しかし、寒冷地においては耐雪性が他の寒地型牧草に比べて劣ることから(土屋・岡部 1962)栽培が難しく、旧北陸農業試験場を中心に耐雪性品種の育成が行われてきた。イタリアンライグラスにおいては、四倍体系統が二倍体系統よりも耐雪性に優

れており(岡部 1975)、耐雪性育種は四倍体が中心となった。その結果、耐雪性に優れた四倍体品種「ナガハヒカリ」が育成された(小林ら 1992)。しかし、「ナガハヒカリ」は中生品種であるため、寒冷な東北地域においては組み合わせ可能な夏作飼料作物が限られることから、作付面積は少ない(農林水産省大臣官房統計部 2007)。食用米の生産調整が進み、水田あるいは転換畑の他作物への利用が求められている昨今、主要な寒地型牧草の中で耐湿性が強く(有門 1964; 森・小川 1967)、良質で収量

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

\*2) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター (NARO Western Region Agricultural Research Center, Ohda, Shimane 694-0013, Japan)

性の高いイタリアンライグラスは、耐雪性を向上させることによって東北地域においても優良な粗飼料作物となりうる。そこで筆者らは早生の四倍体系統から耐雪性に関して選抜を行い「東北2号」(以下、TK2)を育成した。イタリアンライグラスは他の寒地型牧草に比べて乾物率が低く、四倍体は二倍体に比べてさらに低いため、良質なサイレージを作るために必要な乾物率まで予乾させるのに時間を要し、低温や降雨など春の不安定な気象条件の影響を受けやすい。二倍体では乾物率について選抜できることが報告されており(藤原ら 1999)、四倍体についても同様に選抜できるものと考えられた。二倍体においては、乾物率は葉鞘部搾汁液のBrix値と相関があることが知られており(深沢ら 1999)、筆者らは「TK2」を母材として、乾物率とBrix値を選抜指標として3世代にわたって選抜し、高乾物率選抜系統「TK2H-3rd」を育成した。本試験の目的は、早生四倍体イタリアンライグラスにおける乾物率に関する選抜効果を、「TK2H-3rd」の特性から確認することである。また、乾物率に関してさらに1世代選抜した「TK2H-4th」を用いて、倒伏を防ぐために播種量を減らした試験区を設け、高乾物率系統の各形質における反応を調査し、乾物率に寄与する要因を検討する。

圃場および温室管理において、東北農業研究センター研究支援センター業務第1科の加藤大輔、田村恒、角掛慶哉、吉澤信行の諸氏の、実験補助において高橋節子氏のご助力を頂き、ここに記して感謝する。

## II 材料と方法

### 1. 試験1

イタリアンライグラスの早生の耐雪性四倍体系統

である「TK2」と、これを母材として乾物率および葉鞘部搾汁液のBrix値を指標として、3世代にわたり選抜した高乾物率系統「TK2H-3rd」を供試した。乾物率については、1番草出穂始めから約2週間後に植物体全体を刈り取って生重を測定し、70度で48時間乾燥したあと乾物重を測定し、乾物率を算出した。Brix値については、刈り取る前に最長茎を1本地際で切り取り、葉鞘部をニンニク搾り器で搾って、汁液をデジタル糖度計(PR-101、株式会社 アタゴ、東京)で測定した。各世代の選抜率は、1世代目が5%(5/100)、2世代目が4.2%(10/240)、3世代目が3.3%(10/300)であった。同世代と比べて、乾物率については平均で1.0~1.7ポイント、Brix値については平均で1.6~4.7ポイント高い個体を選抜した。育成経過を表1にまとめた。

試験は岩手県盛岡市にある東北農業研究センター内の試験圃場(厚層多腐植質黒ボク土)で行った。試験区は各プロット長さ5m、条間0.5mの1条播きで、4反復乱塊法とし、2008年、2010年および2011年の9月中下旬に圃場に播種した。播種量は、2008年は各プロット7.5g(3.0g/m<sup>2</sup>)とした。2010年および2011年は、倒伏を予防するため播種量を減らし、各プロット5.0g(2.0g/m<sup>2</sup>)とした。基肥として化成肥料N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>Oを各成分で0.8kg/a、追肥として播種翌年の4月下旬に各成分0.3kg/aを施用した。

### 2. 試験2

「TK2」と、「TK2H-3rd」から乾物率についてさらに1世代選抜した系統である「TK2H-4th」を供試した(表1参照)。試験区は播種量と系統を要因とする4反復乱塊法で配置した。播種量は、標準区で各プロット5.0g(2.0g/m<sup>2</sup>)、少量区で各プロット1.5g(0.6g/m<sup>2</sup>)とした。2009年の9月18日に

Table 1 Breeding process of TK2H-3rd and TK2H-4th.

	First selection		Second selection		Third selection		Fourth selection		
	Dry matter ratio(%)	Brix value	Dry matter ratio(%)	Brix value	Dry matter ratio(%)	Brix value	Dry matter ratio(%)	Brix value	
Average of TK2	18.5	9.0	No data	No data	19.6	9.7	20.8	No data	
Average of population <sup>1</sup>	18.5	9.0	23.1	11.0	20.7	10.3	22.3	No data	
Average of selected plants	20.2	13.7	24.2	12.9	21.7	11.9	23.4	No data	
Selection rate	5.0%	(5/100)	4.2%	(10/240)	3.3%	(10/300)	3.3%	(10/300)	
Notes.						Their progenies are TK2H-3rd.		Their progenies are TK2H-4th.	

1. Average of plants pre-selected with heading date since second selection.

播種した。基肥として化成肥料N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>Oを各成分で1.0 kg/a、追肥として翌年の4月下旬に各成分0.3 kg/aを施用した。その他は試験1に準じて行った。

### 3. 調査方法 (試験1および試験2共通)

耐雪性、1番草出穂始日、倒伏程度、1番草刈り取り時の草丈、乾物率、乾物重を調査した(倒伏程度は2009年および2010年播種のみ)。耐雪性は融雪後に雪腐病による葉枯れ程度から評価した。乾物重の調査は各プロット全刈りによって行った。乾物率については、各プロットから生草重で1000 gから2000 gのサンプルを採取し、70度で48時間乾燥したあと乾物重を測定し、その乾物率をプロットの乾物率とした。2009年および2010年播種の試験については、乾物率の推定精度を高めるため、各プロット3箇所からサンプルを採取した。

2008年、2009年および2010年の試験については、乾物率推定のサンプルの一部で、飼料成分分析を行った。分析は十勝農業協同組合連合会に委託した。

### 4. 試験3

「TK2」および「TK2H-3rd」を用いて、個体植え試験を行った。試験区は「TK2」を10個体×3反復、「TK2H-3rd」を100個体×3反復(畝間0.75 m×株間0.75 m)の乱塊法とした。2008年9月24日に圃場に移植した。基肥として化成肥料N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>Oを各成分で0.8 kg/a、追肥として2009年4月下旬に各成分0.3 kg/aを施用した。出穂始日の平均か

ら約2週間後に、プロット毎に全個体から5茎ずつをサンプリングし、70度で48時間乾燥したあと乾物重を測定し、乾物率を算出した。

### 5. 統計解析

統計解析は、SAS ver. 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) を利用した。試験1および試験3の乾物率については、「TK2H-3rd」が「TK2」よりも高いという帰無仮説のもと、対応のある片側t検定を行った。試験2については、播種量と供試系統を要因とする二元配置分散分析を行った。

## III 結 果

試験地における2000年以降の平均積雪期間は70日不足であるのに対し、2010年および2011年播種の試験においては、積雪期間が約80日、100日と比較的長く、雪腐病による葉枯れが多くみられたが、被度が低下するほどの被害はなかった。また融雪後の低温や高温により、各年で出穂始日が変動したが(表2および3)、試験の継続を妨げるような致命的な事態は起こらず、概ね気象条件は安定していた。

表2に試験1の、各試験年における「TK2」および「TK2H-3rd」の耐雪性、出穂始日、倒伏程度、1番草の草丈、乾物率、乾物重、および飼料成分分析の結果を示した。耐雪性について有意差はみられなかったが、年次によっては「TK2H-3rd」がやや優れた。出穂始日については、2008年で「TK2H-3rd」がやや晩かったが、他の年では大きな差はみ

Table 2 Characteristics of tested strains in each test year.

Seeding year	Sowing rate (g/m <sup>2</sup> )	Strain	Snow endurance (1-9) <sup>3</sup>	Heading date (Days) <sup>4</sup>	Lodging tendency (1-9) <sup>5</sup>	Plant length <sup>1</sup> (cm)	Dry matter ratio (%)	Dry matter weight (kg/10a)	NFC <sup>2</sup> (%)
2008	3.0	TK2	4.0	6.0	No data	107	19.5	998	22.2
		TK2H-3rd	4.0	7.3		108	19.4	1015	25.5
		P value <sup>6</sup>	n.c. <sup>7</sup>	0.003		0.686	0.416	0.830	0.019
2010	2.0	TK2	2.8	15.5	3.5	105	19.3	410	23.9
		TK2H-3rd	3.0	15.3	4.0	106	20.6	530	26.5
		P value	0.356	0.537	0.705	0.702	0.015	0.029	0.165
2011	2.0	TK2	2.8	10.0	No data	119	20.3	590	No data
		TK2H-3rd	3.5	10.0		120	21.4	661	
		P value	0.097	n.c.		0.848	0.017	0.488	

1. At first heading stage.
2. Non fiber carbohydrate.
3. 1 means very poor and 9 means excellent.
4. Number of days from 1 May.
5. 1 means no lodging and 9 means completely lodged.
6. Probability of paired t-test. For dry matter ratio, values are one-tailed t-test.
7. Not calculated.

られなかった。倒伏程度については2010年のみのデータであるが、「TK2H-3rd」がやや倒伏する傾向であった。草丈については、各年とも有意差はみられなかった。乾物率については、播種量が3 g/m<sup>2</sup>である2008年には有意差はみられなかったが、2010年および2011年の試験においては、「TK2H-3rd」が「TK2」よりも有意に高かった (P<0.05)。乾物重については、2010年は「TK2H-3rd」が「TK2」よりも有意に高かった (P<0.05) が、2008年と2011年の試験においては有意差がなかった。飼料成分分析の結果、2008年は「TK2H-3rd」が「TK2」よりもNFC (Non fiber carbohydrate: 非繊維性炭水化物) が有意に高かった (P<0.05)。2010年は有意ではないが、同様の傾向がみられた。

表3に試験2の、「TK2」および「TK2H-4th」の異なる播種量における耐雪性、出穂始日、倒伏程度、1番草の草丈、乾物率、乾物重、および飼料成分分析の結果と、各形質における二元配置分散分析の結果を示した。耐雪性については、標準区が少量区よりも優れた (P<0.05)。有意ではないが、「TK2H-4th」が「TK2」よりも耐雪性に優れる傾向がみられた。出穂始日に有意差はなかった。倒伏程度については有意ではないが、標準区が少量区より倒伏する傾向がみられ、また「TK2H-4th」が「TK2」よりも倒伏する傾向であった。草丈に有意差はみられなかった。乾物率については、少量区が標準区よりも高く (P<0.01)、「TK2H-4th」が「TK2」よりも高かった (P<0.001)。また播種量と系統の交互

作用についても有意性がみとめられ (P<0.05)、「TK2H-4th」は「TK2」に比べ、少量区でより乾物率が高まった。乾物重については標準区が少量区よりも有意に高かった (P<0.05)。NFCについては少量区が標準区よりも有意に高かった (P<0.05)。系統間に有意な差は認められなかったが、「TK2H-4th」が「TK2」よりも高い傾向であった。乾物率と異なり交互作用は有意ではないが、「TK2H-4th」は「TK2」よりも、少量区で、よりNFCが高まる傾向であった。

試験3の個体植え試験においては、「TK2」の乾物率が21.2%であったのに対し、「TK2H-3rd」は22.0%であった。P値は0.006であり、有意差がみられた。

#### IV 考 察

試験1、試験2および試験3の結果から、高乾物率選抜系統「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」は、その選抜母材である「TK2」よりも乾物率が高いと推察された。2008年播種の条播試験の結果では乾物率に差が見られなかったが、個体植え試験においては有意差が確認できた。2008年播種の条播試験における飼料成分分析の結果は、他の試験年と同様にNFCが高かったことから、2008年の乾物率に差が見られなかった理由として、2008年の播種量が3.0 g/m<sup>2</sup>とやや多かったことによる倒伏のため、サンプルの表面が濡れていたことが考えられる。2008年の倒伏程度は調査していないが、2010年の試験にお

Table 3 Responses of tested strains in different sowing rate and P values of two-way ANOVA.

Sowing rate	Strain	Snow endurance (1-9) <sup>3</sup>	Heading date (Days) <sup>4</sup>	Lodging tendency (1-9) <sup>5</sup>	Plant length <sup>1</sup> (cm)	Dry matter ratio (%)	Dry matter weight (kg/10a)	NFC <sup>2</sup> (%)
Control plot (2.0g/m <sup>2</sup> )	TK2	4.3	13.0	2.8	120	20.0	724	30.4
	TK2H-4th	4.5	12.8	4.3	117	20.8	804	31.0
Low sowing rate plot (0.6g/m <sup>2</sup> )	TK2	3.8	12.8	2.3	123	20.2	683	31.3
	TK2H-4th	4.0	12.3	3.0	120	22.0	629	32.8
P value <sup>6</sup>								
Sowing rate		0.025	0.152	0.216	0.121	0.003	0.011	0.047
Strain		0.213	0.152	0.121	0.121	<0.001	0.705	0.121
Sowing rate * Strain		1.000	0.614	0.582	0.893	0.015	0.075	0.431

1. At first heading stage.
2. Non fiber carbohydrate.
3. 1 means very poor and 9 means excellent.
4. Number of days from 1 May.
5. 1 means no lodging and 9 means completely lodged.
6. Probability of two-way ANOVA.



いては、「TK2H-3rd」は「TK2」よりも倒伏する傾向がみられた。また「TK2H-3rd」からさらに1世代選抜した「TK2H-4th」においても、「TK2」よりも倒伏する傾向であった。1番草刈り取り時における草丈に有意差はなかったが、「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」は「TK2」に比べ、草姿が開帳気味であった。このことが倒伏に影響していると考えられる。倒伏防止のために播種量を2.0 g/m<sup>2</sup>とした2009年以降の試験においては、安定して乾物率に有意差がみられたことから、「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」の高乾物率選抜系統は、「TK2」よりも乾物率が高いと推察された。二倍体イタリアンライグラス（藤原ら 1999）と同様に、四倍体についても乾物率で選抜できることが明らかとなった。

藤原ら（1999）は二倍体イタリアンライグラス品種「ワセユタカ」を3世代選抜することにより、2.6ポイント乾物率が向上したと報告している。藤原ら（1999）の選抜率は各世代で10-25%であり、乾物率の算出は最長茎1本の測定によるものである。本試験における乾物率選抜はBrix値も選抜指標に加えており、乾物率の個体評価の精度は藤原ら（1999）と同等以上と考えられる。本試験においては、同じく3世代の選抜を経ても1ポイント程度しか向上しなかったが、これは四倍体が二倍体よりも、同一遺伝子座における遺伝子のホモ化、あるいは集積が遅いためと考えられた。既存の二倍体早生品種・系統の1番草出穂期における乾物率は20~22%程度であることから（データ未公表）、本試験で用いた「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」は二倍体と同程度の乾物率を既に獲得している。しかし、試験2の少量区や試験3の個体植え試験では22%まで乾物率が高まっており、乾物率選抜を重ね、さらに耐倒伏性を高めることで22%程度までは乾物率を高められる可能性がある。

飼料成分分析の結果から、「TK2H-3rd」は「TK2」よりもNFCが高かった。試験2において、「TK2H-4th」は「TK2」よりも少量区で、より乾物率が高まりやすかったこと、また有意ではないが、NFCも同様の傾向を示したことから、「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」の高乾物率特性は、NFCの蓄積が関与していると考えられる。表1や試験3の結果が示すように、条播試験よりも個体間の競合が小さい個体植え試験においては、「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」が、「TK2」よりも安定して高い乾物

率であったこともこれを支持する。Brix値と乾物率との間に相関関係がある（深沢ら 1999；久保田ら 2008）ことから、予想されたことである。なお、NFCの主成分は糖類であり、Brix値は水溶液中のシヨ糖濃度で定義されることから、アミノ酸や遊離脂肪酸を含むOrganic cellular contents (OCC)よりも、NFCの方が適切と考えOCCの値は省略したが、同様の傾向であった。

本試験の結果から、「TK2H-3rd」および「TK2H-4th」は母材である「TK2」と比べて、乾物率だけでなく耐雪性や収量性においても優れる傾向がみられるため、東北地域への導入が可能な早生の有望系統である。しかし、試験2の少量区においては、「TK2H-4th」および「TK2」ともに標準区に比べ乾物収量が少なかった。また播種量が3.0 g/m<sup>2</sup>であった2008年の試験に比べ、倒伏を予防するために2.0 g/m<sup>2</sup>とした2009年以降の乾物収量は少なかった。供試した圃場が異なり、気象条件も異なることから、単純に比較することはできないが、収量性を確保する観点からは播種量を少なくすることは望ましくない。実際の栽培において耐倒伏性は必須であり、本試験で育成した高乾物率系統には、耐倒伏性の改善が必要である。

## 引用文献

- 1) 有門博樹. 1964. 通気組織系の発達と作物の耐湿性との関係. 第13報 イタリアン・ライグラスとエン麦の耐湿性の差異. 日作紀 32: 353-357.
- 2) 藤原 健, 林 克江, 横島吉彦, 小橋 健, 水野和彦. 1999. イタリアンライグラスの出穂期における乾物率の簡易選抜法と選抜効果. 平成11年度近畿中国農業研究成果情報: 407-408.
- 3) 深沢芳隆, 矢萩久嗣, 上山泰史. 1999. イタリアンライグラスにおける水溶性炭水化物含量の簡易選抜法とその選抜効果. 茨城県畜産試験場研究報告 28: 1-5.
- 4) 小林 真, 田瀬和浩, 江柄勝雄, 大山一夫, 石黒 潔, 永田 保. 1992. イタリアンライグラス新品種「ナガハヒカリ」の育成. 北陸農試報 34: 141-154.
- 5) 久保田明人, 米丸淳一, 上山泰史. 2008. 4倍

- 体ライグラスの乾物率における両側選抜と遺伝率. 日草誌 54 (別) : 224-225.
- 6) 森 哲郎, 小川和夫. 1967. 土壤の物理的要因と作物の生育に関する研究. 第1報 土壤の空気量・硬度と作物の生育. 東海近畿農試研報 16 : 77-104.
- 7) 農林水産省大臣官房統計部. 2007. 平成18年耕地及び作付面積統計. 東京. 農林水産省大臣官房統計部. p.134.
- 8) 岡部 俊. 1975. イタリアンライグラスの育種に関する基礎的研究—とくに耐雪多収性選抜に対する作物学的考察—. 北陸農試報 17 : 129-284.
- 9) 土屋 茂, 岡部 俊. 1962. 牧草類の耐雪性に関する研究. 日草誌 8 : 153.

## 種子付きマットを用いた水稻の箱なし育苗法

白 土 宏 之\*<sup>1)</sup>

**抄 録**：水稻育苗の省力化と軽作業化を図る目的で、水稻の箱なし育苗法を開発した。まず、もみがら成型マットに、ハードニングした水稻種子と覆土を接着した、種子付きマットを開発した。種子付きマットは95%以上の出芽率を208日間維持した。種子付きマットを利用した箱なし育苗には、苗床被覆資材としてはポリマルチ、覆土量は300g~400g、育苗開始時の灌水量は1.5Lが適当であった。育苗期間が慣行苗より4日~8日長く、苗丈3cm~6cmの時に保温資材の被覆を除去すると慣行苗と同等の苗形質の箱なし苗が得られた。箱なし苗は、欠株率がやや高いことを除けば、苗生育、本田生育、収量、品質の点で、慣行苗と同等であった。最後に、現地試験において、箱なし育苗の作業性や移植精度などを慣行苗と比較した。箱なし苗は、育苗準備の作業時間が慣行の約1/3になり、苗箱の回収・洗浄・保管が不要となった。箱なし苗の重量は慣行の半分以下で軽作業化に効果があった。箱なし苗は慣行苗より欠株率が高かったが、苗運搬の欠株率に対する影響は小さいと考えられた。

**キーワード**：水稻、種子付きマット、ハードニング、箱なし育苗

**"No-Box Nursing" Using Rice "Seed-Mats"** : Hiroyuki SHIRATSUCHI\*<sup>1)</sup>

**Abstract** : The "no-box nursing" method was developed to save labor when raising rice seedlings and to reduce the burden of carrying heavy seedling mats. "Seed-mats" that consisted of molded rice-hull mats with hardened rice seeds, with covering soil glued onto them were developed. Polyethylene mulch was suitable as a substrate on which to place the seed-mats. The appropriate amount of covering soil ranged from 300 g to 400 g. At the beginning of raising no-box seedlings, 1.5 L of water per mat was recommended. The growth of the no-box seedlings was equal to or better than that of the conventional seedlings when the nursery period for the former was longer by four days to eight days compared to that of the conventional seedlings and covering sheets were removed when the seedlings ranged from 3 cm to 6 cm long. The no-box seedlings were equal to the conventional seedlings in growth in a paddy field, yield, and grain quality, but not in the missing percentage of transplanted seedlings. In farmers' field, the no-box seedlings decreased labor time needed to prepare for raising seedlings to about one third of that needed for the conventional seedlings. The weight of a seedling mat of the no-box seedlings was less than half of the conventional seedlings.

**Key Words** : Hardening, No-box nursing, Rice, Seed-mat

<b>目 次</b>	
I 緒言 .....	78
II ハードニング種子と覆土を接着した水稻種子付きマットの開発 .....	79
1. 材料および方法	
2. 結果	
3. 考察	
III 箱なし育苗に適した苗床被覆資材、覆土量、および灌水量の検討 .....	85
1. 材料および方法	
2. 結果	
3. 考察	
IV 箱なし苗の無加温平置育苗における被覆期間と育苗期間が苗形質、生育、および収量に与える影響.....	91
1. 材料および方法	
2. 結果	
3. 考察	
V 種子付きマットを用いた箱なし苗の作業性.....	103
1. 材料および方法	
2. 結果	
3. 考察	
VI 総合考察.....	106
1. 慣行育苗の問題点の解決	
2. 今後の応用と課題	
引用文献.....	107

\* 1) 農研機構 東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Daisen, Akita 014-0102, Japan) 2012年11月5日受付、2013年1月15日受理

## I 緒 言

わが国における農業生産の現場では、農家の高齢化と大規模農家の増加が進行している。農業就業人口（販売農家における農業従事者のうち、主に自営農業に従事した世帯員数）に占める65歳以上の割合は2005年の58.2%から2010年の61.6%に5年で3.4ポイントも増加している（2000世界農林業センサス、2010世界農林業センサス）。経営面積規模別の経営面積集積割合をみると、30 ha以上の割合が2005年の20.7%から2010年には26.2%に増加する一方、2 ha以下の割合は36.1%から30.2%に減少している。

水稻の移植栽培ではこのような担い手の高齢化や大規模化により、播種から移植の間の複数回にわたる重い苗箱の運搬が労働負荷の側面から問題となっている。梅本（1992）は稲作における労働負荷が大きい作業工程として、育苗・移植時の土や苗の運搬と収穫時の籾の運搬を挙げている。現在、籾運搬はグレンタンク付コンバインで機械化されたが、苗の運搬が手作業中心の重労働である状況は大きくは変わっていない。稚苗移植の場合10 aあたり20枚の育苗箱が必要で、育苗箱のハンドリング全てを累計した育苗箱運搬総重量は10 aあたり1 tを越える（大野ら 2001）。苗の運搬等の補助作業は高齢者や女性が担当することも多く、その軽作業化は依然として重要な課題のまま残されている。また、苗の枚数は作付面積に比例するため、大規模経営において効率的になるという性質のものではない。むしろ、取り扱う苗の枚数に比例して労働負荷が増えるため、大規模経営において軽作業化は一層重要な課題である。さらに、従来の育苗方法は育苗箱を用いるため育苗箱の回収・洗浄の手間や保管場所が必要であり、農作業が競合する春季に播種をしなくてはならないなどの問題もある。育苗箱の回収や洗浄が苦痛だという農家の声は多く、実際、育苗箱の洗浄が削減されることをロングマット水耕苗の導入理由に挙げる農家もいる（松本 2005）。佐々木ら（2004）によると、慣行移植体系では空の育苗箱回収に0.35時間/10 aから0.5時間/10 aも要している。梅本（1992）によると移植日の作業時間は苗補充、均平、空育苗箱片づけ、水管理の合計で10 aあたり0.98時間も要している。このように、使い終わった育苗箱の取り扱いには、かなりの労力的、心理的、時間的負担が生じているといえる。このような問題の根本

的解決は移植を行わず水田に直接播種する、すなわち、直播することである。しかし、収量が移植より1割低下する（鈴木 2006, 吉永ら 2008）、播種機を買う必要があるといった問題があり、2010年の直播栽培面積は21,690 ha（農林水産省速報値）で水稻作付面積の1.3%にすぎない。また、直播は移植より成熟期が遅れるため、収穫時期の分散も直播導入の重要な効果の一つであるが（鈴木 2006）、収穫時期の分散効果は移植栽培との組み合わせが前提である。したがって、直播栽培面積が伸びている現状においても、移植栽培の省力化・軽作業化は引き続き重要な課題であるといえる。

これまで、移植栽培の省力化技術としてロングマット水耕苗が開発され（Tasaka 1999, 北川ら 2004）、普及し始めている（松本 2005）。しかし、ロングマット水耕苗は種子予措から移植終了までの作業時間が慣行の約40%と省力化効果は大きいものの（佐々木ら 2004）、育苗施設への初期投資が10aあたり55,850円と大きく（松本 2005）、手軽には取り組めない。育苗方法と移植方法は基本的に従来のままとして、1枚の苗の重量を減らす方法としてはもみがら成型マット（成田・高城 2000、小笠原・鎌田 2002、星・高橋 2002、矢野・菊池 2002）や床土代替資材（平岡ら 1981、金・金田 1997、村上ら 2000、村上ら 2001、沼田ら 2001）の利用、および培土を減量する方法（藤井・佐々木 1993、大谷ら 2000、高橋 2003、高橋ら 2004b）がある。育苗箱の枚数を減らす方法としては疎植栽培（真鍋ら 1989、大野ら 2001）がある。乳苗栽培では軽いロックウールマットと、播種量の増加による苗の枚数減少を組み合わせることで苗の重量を減少させている（伊藤 1995）。これらの技術は、軽作業化という点では効果的であるが、育苗箱は必要であり、播種も育苗直前にする必要がある。

本論文では、これらの問題の解決のため、もみがら成型マットに種子を貼り付けた種子付きマットの開発と、種子付きマットを利用して育苗箱を用いずに育苗する箱なし育苗法の開発研究に取り組んだ。箱なし育苗としては、これまで育苗プール内に枠を設置し、床土を詰めて専用播種機で播種する方法が試みられている（横田ら 1997）。しかし、この方法は育苗箱を枠に代えただけであり、春季の作業競合や苗の重量といった課題は解決されていない。すなわち、育苗開始時に播種しなくてはならず、土

を培地としているため慣行の苗箱育苗と同程度の苗を育苗しようとする苗マットも慣行と同程度の重量になる。また、枠と専用播種機が必要であり、実用化には至っていない。一方、保存可能な種子付きマットを開発できれば、農閑期の播種や工場での製造が可能となる。もみがら成型マットを材料とすることにより軽量化も可能となる。さらに、育苗をする場合にも枠は必要なく、苗箱の回収・洗浄、保管場所も不要となる。

本研究は4つの研究から構成されている。第Ⅱ章では、種子付きマットの開発に取り組んだ。第Ⅲ章では、種子付きマットを利用して育苗箱を使わずに田植機用の苗を育成する箱なし育苗に適した育苗条件を明らかにした。第Ⅳ章では、箱なし苗と慣行苗の苗形質、移植精度、生育、収量を比較し、箱なし苗の評価を行った。なお、慣行苗とは、床土および覆土に育苗用の土を用い、催芽した種子を播種して苗箱で育成した苗を指すこととする。第Ⅴ章では、現地試験における箱なし育苗の作業性や移植精度を慣行苗と比較した。

本研究は、中央農業総合研究センター関東東海総合研究部総合研究第2チームならびに東北農業研究センター東北水田輪作研究チームにおいて行ったものである。本論文は既に公表した論文(Shiratsuchi *et al.* 2008、白土ら 2008、白土ら 2009)をもとに取りまとめたものである。本論文の作成においては、東京大学大学院農学生命科学研究科大杉立教授から懇切なご指導を賜った。中央農業総合研究センター関東東海総合研究部総合研究第2チーム小倉昭男チーム長(現(社)農林水産・食品産業技術振興協会)には、種子付きマット関連の研究テーマを与えて頂き、水稻苗の機械移植についてご指導を賜った。後任の岡田謙介チーム長(現東京大学大学院農学生命科学研究科教授)には、研究遂行に際して懇切なご指導を賜った。同チームの北川寿主任研究員(現九州沖縄農業研究センター水田作・園芸研究領域主任研究員)には、水稻苗の形質や移植精度の調査方法をご指導いただいた。東北農業研究センター東北水田輪作研究チーム吉永悟志上席研究員(現中央農業総合研究センター水田利用研究領域上席研究員)には、研究遂行に際して懇切なご指導を賜った。近畿中国四国農業研究センター稲収量性研究近中四サブチーム長田健二主任研究員(現水田作研究領域上席研究員)には学位論文作成についてご助言を頂いた。

J A全農営農技術センター中西一泰氏には、種子付きマットの材料であるもみがら成型マットとポリビニルアルコールを供給して頂くとともに、プール育苗についてご指導を頂いた。(株)山本製作所鈴木光則氏には、種子付きマット製造についてご助言と装置の提供をして頂いた。茨城県谷和原村(現つくばみらい市)農家中川ふみ子氏とつくば市農家一石司夫氏には現地試験に協力して頂いた。中央農業総合研究センター業務第1科、業務第2科、東北農業研究センター業務第3科の職員と契約職員の方々には育苗や移植、栽培管理、調査でご協力頂いた。中央農業総合研究センター関東東海総合研究部総合研究第2チームと東北農業研究センター東北水田輪作研究チームの契約職員の方々には調査にご協力頂いた。東京大学大学院農学生命科学研究科故石井龍一教授からは、折に触れて励ましの言葉を掛けて頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

## Ⅱ ハードニング種子と覆土を接着した水稻種子付きマットの開発

水稻の箱なし育苗技術を開発するに当たり、水稻の種子と覆土をマットに接着した種子付きマットを開発することを目的とした(図1A、B)。苗箱がなくても苗マットの形を維持できる種子付きマットを開発すれば、田植機用の苗を育苗箱なしで育成できると考えたからである(図1C、図2)。種子付きマットを実用化する場合、冬季に工場でもとめて生産し、春に農家が育苗に使うという方式が想定される。そのためには常温で数ヶ月保存可能でなくてはならない。これまで種子を固定した田植機用のマットはいくつか考案されているが(中谷 1981、桑原ら 2002、中橋ら 2003)、全て催芽種子を用いたマットで、育苗しないマットを田植機でそのままかき取って植え付ける直播を目的としたものであり、常温で保存できる移植用の種子付きマットはなかった。

常温での保存性以外に求められる種子付きマットの特性としては、出芽が早く苗の生育が良いことと、重量が軽いことが挙げられる。イネ種子の発芽を早めるために行う吸水による活性化処理として、浸透溶液に浸漬して乾燥するプライミング(Singh・Chatterjee 1980、落合ら 1995、Lee *et al.* 1998a、b、c、Lee and Kim 2000)、水に浸漬して乾燥するハードニング、(Singh and Chatterjee 1980、Lee *et al.* 1998a、b、Harris *et al.* 1999、Andoh・Kobata

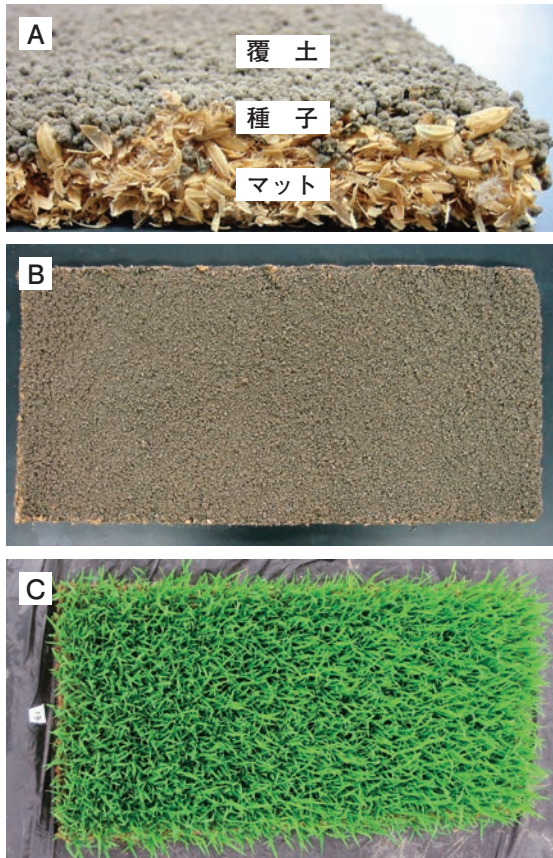


図1 覆土付の水稻の種子付きマット

横からの写真(A)、上からの写真(B)、育苗箱を使わずに種子付きマットで育苗した苗マットの上からの写真(C)。



図2 水稻の種子付きマットから育成した苗マットを田植機へセットする状況

2000、Lee・Kim 2000、安藤・小葉田 2002、山内 2002)、高湿度中で吸水させ乾燥するヒューミディフィケーション (Lee *et al.* 1998b) が報告されている。ここでは、数百キロの種子を処理することを想定して、均一な処理が容易なハードニングを採用した。その理由としては、プライミングでは大量の浸透溶液の作成と浸漬後の種子の洗浄が必要で労力がかかり、また、ヒューミディフィケーションは相対湿度を維持する装置が必要で、大量の種子を均一に処理するのが困難と予想されたためである。ハードニング種子は、自然状態で保存可能で (山内 2002)、50 % 発芽時間 ( $T_{50}$ ) が無処理種子の約60%~80%と短く (Lee *et al.* 1998a、b、Harris *et al.* 1999、Basra *et al.* 2005)、出芽率は無処理種子の約100%~約1700% (Andoh・Kobata 2000、安藤・小葉田 2002、Basra *et al.* 2004)、苗の乾物重 (山内 2002、Basra *et al.* 2004) が無処理種子の約150%~約240%と無処理種子より優れていると報告されている。また、イネでは種子が休眠している場合、ハードニングの前に乾熱処理による休眠打破が推奨されている (山内 2002)。しかし、乾熱処理が必要となる休眠程度や乾熱処理とハードニングの相互作用は明らかになっていない。

軽量化については、マットの素材として軽いもみから成型マットを使用すれば、慣行の苗よりも苗マットを軽くすることができる。このため、本章ではもみから成型マットを使用した。また、覆土が不要であればより一層の軽量化が可能である。種子がマットにしっかり接着されていれば、覆土がなくても根がマットに入るので、育苗は可能である。覆土が不要であれば製造コストも下がる。

本章では、①休眠程度の異なる種子の発芽に対する乾熱処理とハードニングの効果、②ハードニング処理が種子付きマットの苗の生育に与える影響、③ハードニング種子を用いた種子付きマットの常温での保存可能期間、④種子付きマットの覆土の有無が苗の生育に与える影響を検討した。

## 1. 材料および方法

### 1) 種子

日本型水稻品種コシヒカリを用いた。コシヒカリの種子の休眠程度は日本品種の中では強い (丸山・佐本 1977のデータ)。種子は茨城県において2002年 (試験4、5)、2003年 (試験1-3)、2004年 (試験6、7) の秋に収穫されたものを用いた。

### 2) ハードニングと乾熱が発芽に与える影響 (試験1-3)

休眠程度が異なる種子を用いて、活性化処理であるハードニング処理と休眠打破処理である乾熱処理が発芽に与える影響を調べるために3回の発芽試験を行った。ハードニング処理として種子を15℃の水に5日間浸した後、35℃で2日間(試験1、2)または45℃で1日(試験3)乾燥した(表1)。50℃7日間(試験1、2)または5日間(試験3)の乾熱処理を単独(乾熱処理)、またはハードニング処理前に行った(乾熱-ハードニング処理)。ハードニング処理後の乾熱処理も試験1で実施した(ハードニング-乾熱処理)。対照区として無処理種子を用いた。

1区あたり100粒の種子を、濾紙を敷いた9cmシャーレに入れて、水を加えて30℃暗黒条件で発芽させた。幼芽または幼根が2mm以上の種子を9日間毎日数えて、取り除いた。全発芽種子数を基準とした $T_{50}$ をFarooq *et al.* (2005) に従って計算した。試験区配置は5ブロック(試験1)または4ブロック(試験2、3)の乱塊法とした。

### 3) ハードニングが苗の生育に与える影響 (試験4)

ハードニングが種子付きマットの苗の生育に与え

る影響を調べるために、茨城県つくば市にある中央農業総合研究センター(北緯36度1分、東経140度6分)のビニールハウスで育苗を行った。種子付きマットは、N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 各1gを含むもみから成型マット(28cm×58cm×1.5cm、450g)に、15℃の水に5日間浸して35℃で2日間乾燥させたハードニング種子または無処理種子150gと覆土380g(N:0.18g、 $P_2O_5$ :0.36g、 $K_2O$ :0.32gを含む)をポリビニルアルコールで接着して作成した。2004年3月28日に種子付きマットを苗箱に入れずにポリエチレンフィルムの上に置き、灌水した後、出芽を促進させるために不織布付のシルバーポリエチレンフィルム(シルバーラプ#90、東罐興産、東京)で被覆した。苗丈が約4cmになったときに除覆した。4月5日に種子付きマット1枚につき100個体をサンプリングし、出芽数を数えた。4月18日に種子付きマット1枚当たりN、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 各1gを追肥した後、4月24日に種子付きマット1枚当たり20個体をサンプリングし、苗丈と葉齢を測定した。本研究では葉齢は全て不完全葉を1葉とした。苗から根と種子を除去し、80℃で3日間乾燥した後、重量を測定し、個体の茎葉乾物重を求めた。試験区配置は4ブロックの乱塊法とした。育苗期間中のハードニング種子の種子付きマットの温度は平均21.5℃、標準

表1 種子処理

試験	種子処理	ハードニング前 乾熱処理	ハードニング		乾熱処理前 ハードニング
			浸漬	乾燥	
1	乾熱	50℃、7日	- a)	-	-
	乾熱-ハードニング	50℃、7日	15℃、5日	35℃、2日	-
	ハードニング	-	15℃、5日	35℃、2日	-
	ハードニング-乾熱	-	15℃、5日	35℃、2日	50℃、7日
	対照	-	-	-	-
2	乾熱	50℃、7日	-	-	-
	乾熱-ハードニング	50℃、7日	15℃、5日	35℃、2日	-
	ハードニング	-	15℃、5日	35℃、2日	-
	対照	-	-	-	-
3	乾熱	50℃、5日	-	-	-
	乾熱-ハードニング	50℃、5日	15℃、5日	45℃、1日	-
	ハードニング	-	15℃、5日	45℃、1日	-
	対照	-	-	-	-
4	ハードニング	-	15℃、5日	35℃、2日	-
	対照	-	-	-	-
5	ハードニング	-	15℃、5日	35℃、2日	-
6,7	ハードニング	-	15℃、5日	40℃、2日	-
	対照	-	-	-	-

a. -は処理していないことを示す。

偏差5.1℃であった。

#### 4) 覆土の効果 (試験5)

覆土が苗の生育に与える影響を調べるために、試験4と同様のハードニング種子を使った種子付きマットと覆土なしの種子付きマットを用いて、試験4と同様にビニールハウス内で育苗を行った(表1)。種子付きマットを苗箱に入れずにポリエチレンフィルムの上に置き、低温で吸水させるために2004年3月27日に被覆せずに灌水し、4月1日に試験4と同じもので被覆した。苗丈が約4 cmになったときに除覆した。4月8日から半分の種子付きマットをプールに入れ、残りはそのまま上面から灌水した。育苗期間中の種子付きマットの温度は、上面灌水・覆土あり区が平均21.7℃、標準偏差4.1℃、プール・覆土あり区が平均21.6℃、標準偏差4.5℃であった。

試験4と同様の方法で、出芽数は4月13日に数え、苗形質は4月27日に調査した。試験区配置は水管理を主区、覆土の有無を副区とする4ブロックの分割区法とした。

#### 5) 保存性 (試験6、7)

試験6では、ハードニング種子の保存性を明らかにするために、ハードニング種子と無処理種子の貯蔵期間中の発芽率と $T_{50}$ を調べた。ハードニング処理として、2005年3月3日から15℃の水に5日間浸漬し40℃で2日間乾燥した(表1)。ハードニング種子と無処理種子は3月23日まで約7℃で保管し、2006年2月16日まで300日間、網袋に入れた後段ボール箱に入れて空調のない部屋で貯蔵する区と、プラスチック容器に入れて約7℃の冷蔵庫で貯蔵する区を設けた。貯蔵室内の日平均気温は $22.9 \pm 5.9$ ℃(平均±標準偏差)で、日平均相対湿度は $58 \pm 5\%$ であり、冷蔵庫の日平均気温は $7.2 \pm 0.5$ ℃であった(図3)。発芽率と $T_{50}$ は30℃24時間明条件で約30日おきに10日間ずつ貯蔵開始300日後まで調査した。

試験7では、ハードニング種子と覆土500 gを接着した種子付きマットを2005年3月14日に作成し、試験6と同じ部屋と冷蔵庫で貯蔵した。覆土にはNが0.24 g、 $P_2O_5$ が0.48 g、 $K_2O$ が0.42 g含まれており、もみから成型マットにはN、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ が各1.2 g含まれていた。約30日間隔で各処理4片(約6 cm×7 cm)の種子付きマットを採取した。種子付きマット片をプラスチック容器(12.5 cm×7 cm×5 cm)に1つずつ入れて、冠水しないように灌水した。試

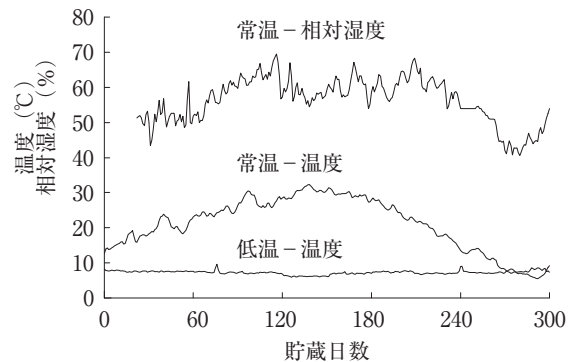


図3 水稻種子と種子付きマットを貯蔵している常温条件の部屋の日平均温度と日平均相対湿度および低温条件の冷蔵庫の日平均温度(試験6、7)。

験6と同じ条件で7日間育苗を行い、100個体をサンプリングし、出芽数を数えた。試験区配置は4ブロックの乱塊法とした。

#### 6) 統計解析

試験1-3では、SAS(ver. 9.1, SAS Institute Inc, Cary, NC)のGLMプロシジャーを使って、平方根変換した発芽率について処理間の比較をTukey法( $P < 0.05$ )でおこなった。試験4では、平方根変換した出芽率、苗丈、葉齢、および茎葉乾物重について分散分析(ANOVA)をSASのGLMプロシジャーでおこなった。試験5では、平方根変換した出芽率、苗丈、葉齢、および茎葉乾物重について分割区法の分散分析を行った。

## 2. 結果

### 1) 乾熱処理とハードニングが発芽に与える影響

試験1-3の種子を対照区の $T_{50}$ に基づいて、休眠強、休眠中、休眠弱に分類した(表2)。 $T_{50}$ が長い種子は深く休眠していると見なした。休眠強種子と休眠中種子は全ての処理(乾熱、乾熱-ハードニング、ハードニング、ハードニング-乾熱)で発芽率が増加したが、休眠弱種子では乾熱-ハードニング処理で発芽率が低下した(表2)。一方、 $T_{50}$ は休眠程度にかかわらず、全ての種子について全ての処理で短くなった。休眠弱種子では、ハードニング処理は乾熱処理より $T_{50}$ 短縮効果が大きかったが、休眠強種子と休眠中種子ではハードニング処理の効果は乾熱処理と同程度であった。しかし、休眠強種子と休眠中種子では、ハードニング処理の $T_{50}$ 短縮効果は、乾熱処理を事前に行うことで有意に増加した



(乾熱-ハードニング区)。休眠弱種子ではこの効果は認められなかった。さらに、休眠強種子ではハードニング-乾熱処理は乾熱-ハードニング処理よりT<sub>50</sub>短縮効果が小さかった。

表2 種子処理が水稻種子の発芽率と50%発芽時間(T<sub>50</sub>)に与える影響

試験	休眠程度	種子処理	発芽率 (%)	T <sub>50</sub> (日)
1	強	乾熱	99±0a	2.7±0.1b
		乾熱-ハードニング	96±1a	1.7±0.0d
		ハードニング	96±1a	2.7±0.1b
		ハードニング-乾熱	98±1a	2.3±0.0c
		対照	86±2b	4.3±0.1a
2	中	乾熱	99±0a	1.9±0.0b
		乾熱-ハードニング	99±1a	1±0.1c
		ハードニング	99±0a	1.7±0.0b
		対照	96±0b	3.6±0.2a
3	弱	乾熱	98±0a	2.2±0.0b
		乾熱-ハードニング	95±0b	1.5±0.0c
		ハードニング	99±0a	1.5±0.0c
		対照	99±0a	2.7±0.0a

データは平均 ± 標準誤差。  
 同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey法)。  
 発芽率は平方根変換後に検定した。

2) ハードニング処理が苗の生育に与える影響  
 試験4の結果、ハードニング種子は無処理種子より除覆が1日早かった (表3)。出芽率は両処理で差がなかった。ハードニング種子の種子付きマットの苗の茎葉乾物重は無処理種子より重かったが、苗丈と葉齢に両処理で差はなかった。

3) 覆土の有無が苗の生育に与える影響  
 覆土付の種子付きマットは覆土なしのものより1日早く除覆できた (表4、試験5)。覆土は、上面灌水の種子付きマットだけでなく、乾燥しないプール育苗の種子付きマットにおいても、苗丈、葉齢、茎葉乾物重を増加させた。

4) ハードニング種子の保存性  
 常温で貯蔵したハードニング種子の発芽率は186日間は94.8%以上であったが、その後低下した (図4、試験6)。一方、無処理種子は少なくとも240日間は95%以上の発芽率を維持した。

常温で貯蔵したハードニング種子のT<sub>50</sub>は120日間は小さい値を維持したがその後わずかに増加した (図5)。ハードニング種子のT<sub>50</sub>は120日間は無処理種子より小さかった。貯蔵期間208日以降はハードニング種子のT<sub>50</sub>は無処理種子より大きくなった。低温条件ではハードニング種子のT<sub>50</sub>は300日間上昇

表3 ハードニング処理が水稻の種子付きマットの苗生育に与える影響 (試験4)

処理	被覆日数	出芽率 (%)	苗丈 (cm)	葉齢 <sup>a)</sup>	茎葉乾物重 (mg)
ハードニング	7	96±2ns	12.1±2.3ns	4.1±0.0ns	13.6±0.1*
対照	8	94±3	12.5±1.0	4.0±0.0	12.8±0.3

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
 データは平均 ± 標準誤差。  
 \*は5%水準で有意差があることを示し、nsは有意差がないことを示す。  
 出芽率は平方根変換後に検定した。

表4 水管理と覆土の有無が水稻の種子付きマットの出芽率と苗の生育に与える影響 (試験5)

水管理	覆土量 (g)	被覆日数	出芽率 (%)	苗丈 (cm)	葉齢 <sup>a)</sup>	茎葉乾物重 (mg)
上面灌水	380	6	100±0	10.5±0.1	4.1±0.1	12.5±0.2
	0	7	92±3	7.8±0.2	3.9±0.0	8.9±0.2
プール	380	6	99±1	13.0±0.7	4.1±0.0	14.0±0.5
	0	7	97±1	11.0±0.4	3.9±0.0	11.5±0.2
分散分析						
水管理			ns	**	ns	**
覆土			*	***	***	***
水管理×覆土			ns	ns	ns	ns

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
 データは平均 ± 標準誤差。  
 \*、\*\*、\*\*\*はそれぞれ5%、1%、0.1%水準で有意差があることを示す。  
 nsは5%水準で有意差がないことを示す。  
 出芽率は平方根変換後に検定した。

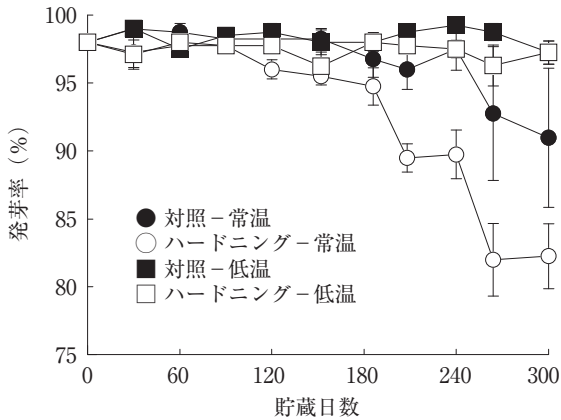


図4 水稻のハードニング種子と対照種子の常温条件と低温条件における貯蔵期間と発芽率 (試験6)  
バーは標準誤差を示す。

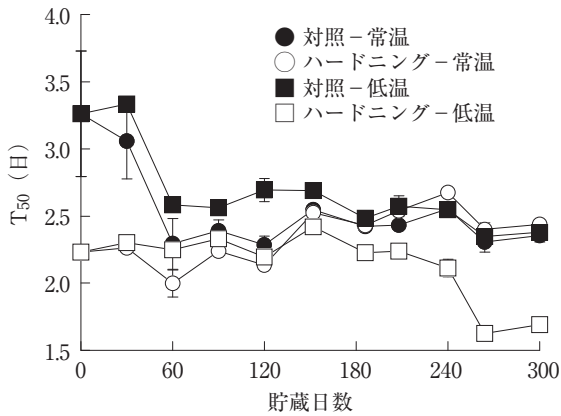


図5 水稻のハードニング種子と対照種子の常温条件と低温条件における貯蔵期間と50%発芽時間 (T<sub>50</sub>) (試験6)  
バーは標準誤差を示す。

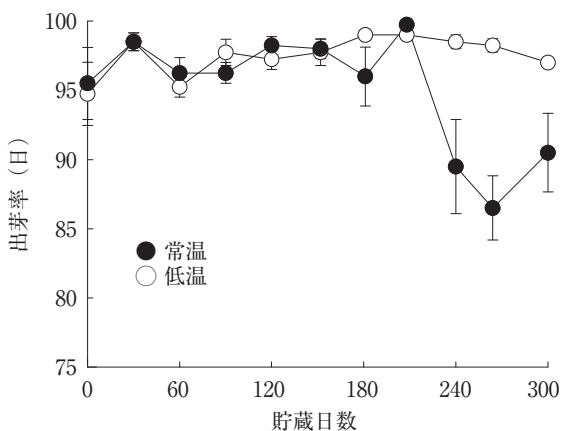


図6 水稻のハードニング種子を使った種子付きマットの常温条件と低温条件における貯蔵日数と発芽率 (試験7)  
バーは標準誤差を示す。

しなかった (図5)。

### 5) 種子付きマットの保存性

ハードニング種子を用いた種子付きマットの出芽率は常温保存で208日間は95%以上であり、貯蔵240日後に90%に低下した (図6、試験7)。出芽率の低下はハードニング種子の発芽率の低下より遅かった (図4)。低温条件では、ハードニング種子を用いた種子付きマットの出芽率は、少なくとも300日は95%以上を維持した。

### 3. 考察

ハードニング処理のT<sub>50</sub>短縮効果は、乾熱処理を事前に行うことで有意に増加した (表2)。また、ハードニング-乾熱処理は乾熱-ハードニング処理よりT<sub>50</sub>短縮効果が小さかった。これらの結果は、ハードニングによる活性化と乾熱処理による休眠打破の効果は独立ではなく、事前の休眠打破は効果的なハードニングに必要であることを示唆している。イネではこのような報告はないが、他の植物では同様な結果が報告されている。テラマツでは、休眠打破処理である湿潤低温処理 (stratification) または活性化処理であるプライミング処理単独よりもプライミング処理前の湿潤低温処理により発芽時間が短縮された (Hallgren 1989)。ジャガイモ真正種子の効果的プライミング処理には休眠打破が必要であった (Pallais 1989)。しかし、これらの研究では、休眠打破処理はプライミング処理後には行われていなかった。したがって、休眠打破とハードニング処理やプライミング処理といった活性化処理の効果が独立かどうかははっきりしていなかった。

休眠強種子において事前の乾熱処理による休眠打破がハードニングによる活性化処理の効果を高めるという結果は、休眠の強い種子に比べて弱い種子において活発である発芽代謝が活性化処理の効果に関与していることを示唆している。プライミング処理の効果はプライミング処理中の呼吸、ATP合成、酵素活性の増加 (Khan 1992)、RNA含量の増加 (Khan 1992、Bray 1995)、DNAの修復や合成 (Welbaum *et al.* 1998)、タンパク質合成 (Khan 1992、Bray 1995、Welbaum *et al.* 1998)、細胞伸長 (Khan 1992、Bray 1995)、細胞分裂の制御 (Bray 1995)、胚の成長 (Bray 1995、Welbaum *et al.* 1998)、種皮の軟化 (Welbaum *et al.* 1998)、種子からの溶質漏出の減少 (Welbaum *et al.* 1998) などに関係していると考えられている。ハードニ

グによる活性化処理をした種子でもプライミング処理と同様の生理的变化が生じていると予想されている (Khan 1992) が、本章の結果から休眠打破による種子内の発芽関連代謝の向上がハードニングによる活性化の向上に結びつくことが示唆された。しかし、活性化処理のメカニズム解明に繋がる非休眠種子でのみ生じている発芽代謝はまだ報告されていない (Bewley 1997)。

ハードニング種子の種子付きマットは苗の茎葉乾物重が無処理種子よりも重く、除覆が1日早かった (表3)。このことはハードニング処理が発芽だけでなく、出芽も早めていることを示唆している。すなわち、ハードニング種子は苗の生育の点でも種子付きマットに適しているといえる。

覆土付の種子付きマットが覆土なしのものよりも1日早く除覆できたことは (表4)、覆土によって出芽が促進されたことを示唆している。またプール育苗においても覆土が苗の生育を促進させたことは、覆土が水分を保持するだけでなく、他の効果も有していることを示唆している。覆土に含まれる窒素成分は0.18 gでマットに含まれる1.00 gよりかなり少ないため、覆土は肥料と水分保持以外の機能、例えば、pH緩衝能、農薬等化学物質の吸着機能、保温機能などを持っている可能性がある。

ハードニング種子は少なくとも常温で120日間は $T_{50}$ が無処理種子より短く (図5)、発芽率は95%以上であった (図4、図5)。水稻のハードニング種子が、95%以上の発芽率と $T_{50}$ における優位性を常温で維持できる期間はこれまで報告されていなかった。本章の結果は、プライミング種子は無処理種子より貯蔵中に早く劣化し (Khan 1992, Bray 1995)、プライミング効果は老化過程で速やかに消失する可能性がある (Bray 1995) という従来報告と定性的には符号している。一方、Basu・Pal (1980) は収穫1ヶ月後にハードニングしたインド型水稻品種の種子は無処理種子と比べて発芽率が大きく低下するが、収穫12ヶ月後にハードニングした種子は収穫12ヶ月後の無処理種子より発芽率の低下が小さいと報告した。これらの結果は互いに矛盾しているように見えるが、水稻種子の保存性に与えるハードニング処理の影響は、インド型品種と日本型品種で異なるとともに、種子の老化程度によって異なっていることを示唆している。同様に、プライミング処理が種子の保存性に与える影響についても互いに矛盾す

る結果が報告されているが、種 (Bray 1995) や種子の品質 (Hilhorst・Toorop 1997) の影響があると考えられている。

ハードニング種子を用いた種子付きマットの常温保存中の出芽率の低下は、ハードニング種子の発芽率の低下より遅かった (図4、図6)。このことは、種子付きマットの製造過程や種子付きマットとしての貯蔵がハードニング種子の品質に悪影響を与えないことを示している。ハードニング種子が低温条件下で300日間、常温で120日間高い発芽能力を維持することから、種子付きマットは12月から3月の冬期に製造し、4月から5月の育苗期まで高い発芽能力を維持したまま貯蔵できることが明らかとなった。

このように、苗の生育の点から、種子付きマットにはハードニング種子と覆土の使用が適していた。 $T_{50}$ が3.6日以上 of 休眠種子 (休眠程度中以上) では、事前の乾熱処理によりハードニング処理の発芽率と $T_{50}$ に対する効果が向上した。種子付きマットは常温で少なくとも120日間は高い種子活性を維持できた。つまり、冬期に製造した種子付きマットを春期に使うことが可能で、春期の労働ピークにおける播種をなくすことが可能である。以上の結果から、種子付きマットを用いることにより、育苗箱を使わずに田植機用の苗マットを育苗することが可能となり、育苗箱の保管場所や育苗箱の回収、洗浄が不要となることが明らかとなった。

### III 箱なし育苗に適した苗床被覆資材、覆土量、および灌水量の検討

前章では、もみがら成型マットにハードニング水稻種子と覆土を接着した種子付きマットを開発し、ハードニング前の乾熱処理と覆土の重要性および本種子付きマットが十分な貯蔵可能期間を持つことを明らかにした。本章では、その種子付きマットを用いて箱なし育苗する場合の育苗方法について検討した。

通常、機械移植用の水稻苗は育苗箱を用いて育苗される。育苗箱は側面が表面水の流去を防いで灌水を効率よく培土に導き、底面にある穴で過剰な水分を排水することにより、培土の水分を適切に保つ働きがある。ところが、箱なし育苗では育苗箱を使わないため、種子付きマットの水分を適切に保つために育苗箱とは別の方法が必要となる。本章では、種子付きマットの水分吸収と乾燥に影響を与える要因

として、苗床被覆資材、覆土量および育苗開始時の灌水量に着目し、種子付きマットを用いた箱なし育苗に適した条件を明らかにすることを目的とした。

まず、5種類の苗床被覆資材を用いて箱なし育苗を行い、出芽と苗の生育を比較した。次に、ポリエチレンマルチ（以下ポリマルチ）を苗床被覆資材に用いて低密度の小孔の有無、灌水量、覆土量を組み合わせて箱なし育苗を行い、苗の生育を比較した。これらの結果をもとに、箱なし育苗に適した苗床被覆資材、覆土量および育苗開始時の灌水量を明らかにした。

## 1. 材料および方法

### 1) 種子付きマット

実験には第1章で開発した種子付きマットに準じた種子付きマットを使用した（図1）。水稻品種コシヒカリの種子を15℃で5日間浸種した後、35℃～40℃の通風乾燥機に1日～2日間入れて十分に乾燥させた。この種子150gと覆土400g（くみあい粒状培土K、(株)クレハ）をもみがら成型マット（28cm×58cm×1.5cm、約400g）にポリビニルアルコールで接着して種子付きマットを製造した。試験10では覆土量300gと500gの種子付きマットも作成した。肥料はもみがら成型マット1枚当たりN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O各1.0g、1.0g、0.9g（試験8、9）または1.2g、1.2g、1.1g（試験10）相当の化学肥料水溶液を材料の粉碎粗穀に噴霧・攪拌混合して製造時に加えた。覆土400gにはN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oがそれぞれ0.19g、0.38g、0.34g含まれていた。

### 2) 苗床被覆資材がもみがら成型マットの吸水に与える影響（試験8）

箱なし育苗に適した苗床被覆資材を明らかにするために、透水性が異なる5種類の苗床被覆資材がもみがら成型マットの吸水・保水に与える影響を調べた。種子付きマットは灌水直後に移動させると損傷してしまい吸水量測定が困難なため、代わりに種子と覆土が接着されていないもみがら成型マットを用いた。苗床被覆資材として、平織りの防草シート（ダイオグランドシート、ダイオ化成（株））、不織布の根切りシート（パオパオ根切りシート100、三井化学ファプロ（株））、有孔ポリ（孔の直径1.5mm、孔の密度約2500m<sup>-2</sup>、有孔農ポリ、大倉工業（株））、有孔ポリ2重、透明ポリマルチを使用した。ポリマルチ以外は透水性である。被覆資材は長辺1.5m、短辺90cmに切断して1区分として用いた。

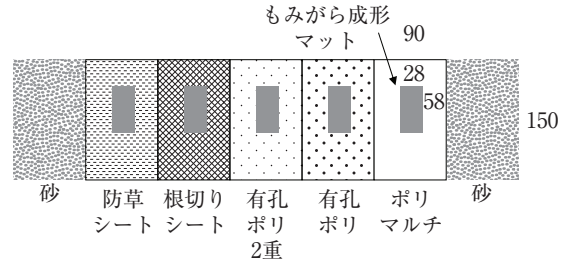


図7 苗床被覆資材ともみがら成型マットの配置（試験8）

図中の数値は長さ（cm）を示す。  
4ブロックの内、1ブロックについて示した。

2004年5月16日に茨城県つくば市の中央農業総合研究センターにあるビニールハウス内で、各苗床被覆資材片の長辺が幅約1.5mの砂でできたベッド状苗床の長辺と直交するように敷設した（図7）。重量（W0）を測定したもみがら成型マット1枚を、その長辺が被覆資材片の長辺と平行する向きに置いた。マットは短辺方向の中央部に置いたので、マットの長辺と被覆資材の長辺の間隔は約30cmとなった。このようにマットを配置した理由は、マットの底面だけではなく周囲の苗床被覆資材も吸水や保水に影響する可能性があるためと、マット間の間隔を空けて隣接区からの水の流入を防ぐためである。苗床の表面はトンボで均平にしておき、苗床被覆資材上の滞水がベッドの上から流去しない位置で試験を行った。じょうろで1回に0.5Lずつ灌水し、マット底面が全面濡れたときの合計灌水量を必要灌水量とした。灌水直後にもみがら成型マットの重量（W1）を測定し、水中で十分吸水させた後、裏返して水平に置いた中育苗育苗箱に一分間静置して余剰水を排除し、重量（W2）を測定した。このもみがら成型マットを元の被覆資材上へ戻し、翌日およそ19時間後に再度マットの重量（W3）を測定した。もみがら成型マットの灌水ロスと水分飽和率を次のように求めた。

灌水ロス =

$$(\text{必要灌水量} - W1 + W0) / \text{必要灌水量} \times 100$$

灌水直後の水分飽和率 =

$$(W1 - W0) / (W2 - W0) \times 100$$

翌日の水分飽和率 =

$$(W3 - W0) / (W2 - W0) \times 100$$

各資材につき4反復設けた。

### 3) 苗床被覆資材が苗の生育に与える影響 (試験9)

2004年5月24日に28 cm × 28 cmに切った種子付きマットを、前述のビニールハウス内の苗床に敷設した5種類の苗床被覆資材の上に試験8と同様に設置し、マット底面が濡れるまで灌水した。その後、無加温平置きで出芽させるためにアルミ蒸着シート（本州太陽シート、王子通商（株））で被覆し、成長の早い苗の苗丈がおよそ3～4 cmに達するのを目安として被覆を除去した。ポリマルチ区以外は被覆中にも種子付きマットが乾燥したため、育苗開始後3日目以降、被覆期間中は被覆を一時的に除去して、育苗終了時まで毎日全区に灌水した。育苗期間中のポリマルチ区の種子付きマットの温度は平均24.5℃、標準偏差3.8℃であった。試験区配置は5資材×4ブロックの乱塊法とした。

出芽勢は、育苗開始後5日目に種子付きマットの一部を採取し、各反復100個体調査した。育苗開始後11日目と22日目に種子付きマットの一部を採取し、各反復20個体について、苗丈と葉齢を測定し、20個体まとめて茎葉乾物重を測定した。葉齢は不完全葉を1葉とした。育苗開始後22日目にはさらに各反復20個体サンプリングし、反復ごとに合計40個体の苗丈を測定した。また、種子付きマット内の苗丈のばらつきの指標として各反復内の苗丈の標準偏差を求めた。育苗開始後22日目にはポリマルチ区以外で種子付きマットの外周部に乾燥による苗の枯死が带状に観察されたので、その幅を枯死幅として各反復3辺測定した。

ポリマルチ以外、特に有孔ポリと有孔ポリ2重では、平均的な個体に比べて苗丈が目立って高く葉の幅も広い個体がマット内で分散して発生した。これらの資材では根が貫通しているのが観察されたため、一部の苗が生育のよい理由は根が苗床に入っているためだと予想された。その確認のために有孔ポリにおいて育苗開始後22日目から灌水を中止し、根が苗床に入っていない個体を枯死させた。育苗開始後29日目に反復ごとに20個体ずつ枯死個体をサンプリングして苗丈を測定し、育苗開始後22日目と苗丈の頻度分布を比較した。

### 4) 苗床被覆資材の孔の有無、覆土量、灌水量が苗の生育に与える影響（試験10）

苗床被覆資材として用いたポリマルチの孔の有無、覆土量、育苗開始時の灌水量を組み合わせて箱

なし苗の育苗を行い、苗の生育を比較した。2005年5月24日に前述のビニールハウス内で苗床のポリマルチ上に、種子付きマットをその短辺が苗床の長辺と平行になるように30 cmの間隔をあけて1列に置き、灌水後アルミ蒸着フィルムで被覆して育苗を開始した。試験10では苗床の雑草抑制のため黒色のポリマルチを使用した。

処理としてポリマルチの孔の有無、覆土量300 g、400 g、500 g、育苗開始時の灌水量1.5 Lと3 Lを組み合わせ、さらに慣行苗を加えて、2ブロックの乱塊法として実験を行った。ポリマルチの孔は12 cm × 12 cmの間隔に細い釘であけた。慣行苗は、浸種、催芽したコシヒカリの種子を乾粒換算で150 g、育苗培土（くみあい育苗培土D、（株）クレハ）を約2.6 kg詰めた育苗箱に播種し、約0.8 kg覆土した。慣行苗の施肥量は苗箱当たりN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oがそれぞれ0.8 g、1.6 g、1.4 gであった。慣行苗は育苗開始後4日目、その他の区は7日目に被覆を除去した。育苗期間の灌水1.5L・孔なし・覆土400g区の種子付きマットの平均温度は24.2℃、標準偏差は3.2℃であった。

育苗開始後7日目に出芽不良部分の面積割合を基準として、出芽不良程度を遠観で調査した。出芽不良箇所なしを0、出芽不良面積が20%増えるごとにスコアを1ずつ増加させ、全面出芽不良を5として6段階で評価した。同時に、種子付きマットの乾燥程度を遠観で調査した。乾燥部分なしを0、乾燥面積割合が20%増えるごとにスコアを1ずつ増加させ、全面乾燥の5まで6段階で評価した。育苗開始後20日目に各反復から20個体サンプリングし、苗丈と葉齢を測定したのち20個体まとめて茎葉乾物重を測定した。

### 5) 統計処理

統計処理には統計解析ソフトウェアのSAS (ver. 9.1, SAS Institute Inc) を用いた。試験8と試験9ではGLM (General Linear Model) プロシージャを用いて苗床資材間の平均値の多重比較をTukey法にて行った。出芽勢については逆正弦変換を行ったのちTukey法で多重比較を行った。試験10では慣行苗を除いて、箱なし苗の処理間についてGLMプロシージャを用いて分散分析を行った。

## 2. 結果

1) 苗床被覆資材がもみから成型マットの吸水に与える影響（試験8）

苗床被覆資材上に置いたもみから成型マットの底面が全面濡れるまでに必要な灌水量は、灌水後表面に滞水する資材、すなわち防草シート、有孔ポリ2重、ポリマルチでは2.5 L程度と少なく、滞水しない根切りシートでは4.5 Lと多かった(表5)。短時間滞水する有孔ポリは両者の中間であった。滞水する資材では灌水直後の吸水量がおよそ1.6 L程度で、水分飽和率が95%以上あり、マットは十分吸水できていた。一方、十分に滞水しない根切りシートや有孔ポリは水分飽和率も低かった。同様に灌水ロスは、滞水する資材は約40%であった一方、十分に滞水しない根切りシートや有孔ポリではそれぞれ75%、58%と高かった。灌水翌日の水分飽和率は水分を全く通さないポリマルチでは91%と高く維持された。細かい間隔で空隙のある防草シートと根切りシートは、空隙の間隔が大きい有孔ポリに比べて翌日の水分飽和率が低かった。有孔ポリ2重は1重より翌日の水分飽和率が高かった。

## 2) 苗床被覆資材が苗の生育に与える影響 (試験9)

出芽勢は灌水翌日の水分飽和率が高かった資材、すなわちポリマルチ、有孔ポリ2重、有孔ポリで高く、水分飽和率が低かった防草シートと根切りシートで低かった(表6)。被覆期間は灌水翌日の水分飽和率が高い資材ほど短かった。

育苗開始後11日目の苗の生育も灌水翌日の水分飽和率が高い資材ほどよい傾向が見られた(表6)。すなわち、苗丈、葉齢、茎葉乾物重ともにポリマルチで最もよい傾向が見られ、防草シートや根切りシートはいずれも劣った。

育苗開始後22日目の苗の生育も基本的には育苗開始後11日目と同様の傾向だったが、処理間の差は小さくなった(表6)。苗丈と葉齢は有意差はなかったもののポリマルチ、有孔ポリ、有孔ポリ2重でよい傾向が見られた。茎葉乾物重はポリマルチが最も大きく、防草シートと根切りシートは有意に劣った。

表5 苗床被覆資材がもみから成型マットを飽和状態にするのに必要な灌水量と水分飽和率に与える影響 (試験8)

資材	表面滞水	必要灌水量 <sup>a)</sup> (L)	吸水量 (L)	灌水ロス (%)	水分飽和率 <sup>b)</sup>	
					灌水直後 (%)	灌水翌日 (%)
防草シート(平織り)	あり	2.6c	1.66a	37c	101a	13c
根切りシート(不織布)	なし	4.5a	1.11c	75a	69c	14c
有孔ポリ	少し	3.3b	1.36b	58b	84b	34bc
有孔ポリ2重	あり	2.5c	1.51ab	40c	96ab	56b
ポリマルチ	あり	2.6c	1.56ab	40c	95ab	91a

a) もみから成型マットの底面が全面濡れるまでの灌水量。

b) 完全飽和状態の水分に対する保持水分の率。

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す(Tukey法)。

表6 苗床被覆資材が水稻箱なし苗の被覆期間、出芽勢および苗の生育に与える影響 (試験9)

資材	出芽勢 <sup>a)</sup> (%)	被覆期間 (日)	育苗開始後11日目			育苗開始後22日目				
			苗丈 (cm)	葉齢 <sup>b)</sup>	茎葉乾物重 (mg 本 <sup>-1</sup> )	苗丈		葉齢	茎葉乾物重 (mg 本 <sup>-1</sup> )	枯死幅 <sup>d)</sup> (cm)
						(cm)	SD <sup>c)</sup> (cm)			
防草シート	16b	8	4.0bc	2.0ab	3.1bc	8.1a	2.0bc	3.4a	7.1c	2.1ab
根切りシート	0b	9	2.4c	1.5b	1.9c	8.1a	2.0bc	3.4a	7.6bc	2.6a
有孔ポリ	93a	6	5.6ab	2.3a	4.6ab	9.9a	3.4a	3.6a	9.4ab	1.2b
有孔ポリ2重	98a	6	6.0a	2.3a	5.0ab	9.3a	2.9ab	3.5a	9.7ab	1.2b
ポリマルチ	95a	5	6.7a	2.5a	6.3a	9.8a	1.3c	3.7a	11.4a	0.0c

a) 育苗開始後5日目に測定し、逆正弦変換後に検定した。

b) 葉齢は不完全葉を1とした。

c) 苗マット内の苗丈の標準偏差の平均値。

d) 苗マット端の苗が枯死した部分の幅。

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す(Tukey法)。

種子付きマットの外周部の枯死はポリマルチでは見られなかったのに対して、その他の資材は灌水翌日の水分飽和率が小さいほど枯死幅が広い傾向が見られた。同一マット内の苗丈の標準偏差は根が貫通しないポリマルチや、僅かしか貫通しない防草シートと根切りシートで小さく、苗丈が揃っていた。逆に根が貫通する有孔ポリと有孔ポリ2重は苗丈の標準

偏差が大きく、苗丈のばらつきが大きかった。有孔ポリでは、灌水停止前の苗丈分布は12 cm未満が80%であったが、12 cm以上24 cm未満の苗も20%あった(図8)。灌水停止後の枯死個体は全て苗丈が12 cm未満であり、灌水停止前に苗丈12 cm以上であった苗は枯死しなかった。

3) 苗床被覆資材の孔の有無、覆土量、灌水量が苗の生育に与える影響(試験10)

苗床被覆資材にポリマルチを用いて、低密度で小さい孔の有無、灌水量、覆土量を組み合わせて育苗試験を行った。除覆時の出芽不良は灌水量1.5 Lでは全く見られなかったが、灌水量3 Lの場合、覆土500 g孔なし区で著しい出芽不良が見られ、覆土400 gでも部分的に出芽不良が見られた(表7)。逆に、覆土300 g孔あり区では種子付きマットの乾燥が観察された。

育苗開始後20日目の苗の生育は分散分析の結果によると孔の有無と覆土量の影響を受けなかったことになる(表7)。しかし、著しい出芽不良が見られた灌3 L覆土500 g孔なし区を除くと、ほとんどの場合苗丈と茎葉乾物重は孔なしの方が孔ありより優れている傾向があった。葉齢も同様の傾向が見られ

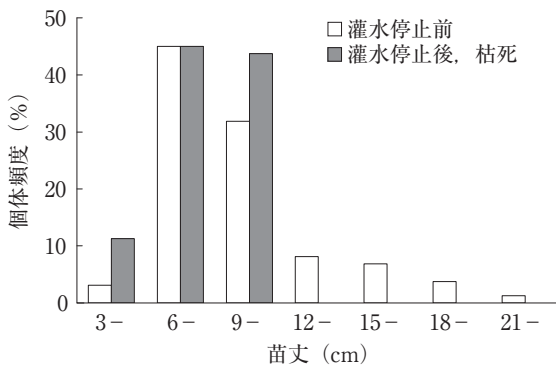


図8 有孔ポリを用いた場合の灌水停止前の苗丈と灌水停止後の枯死個体の苗丈の頻度分布(試験9)

育苗開始後22日目に苗丈を調査してから灌水を停止し、育苗開始後29日目に枯死個体の苗丈を調査した。

表7 灌水量、覆土量および苗床被覆用ポリマルチの孔の有無が箱なし苗の生育に与える影響(試験10)

苗	灌水量 (L)	覆土量 (g)	孔	除覆時		育苗開始後20日目		
				出芽不良 (0無-5甚)	乾燥程度 (0無-5甚)	苗丈 (cm)	葉齢 <sup>a)</sup>	茎葉乾物重 (mg 本 <sup>-1</sup> )
箱なし	1.5	300	あり	0.0	1.0	13.3	3.1	11.6
			なし	0.0	0.0	16.2	3.2	12.1
		400	あり	0.0	0.0	16.0	3.2	12.1
			なし	0.0	0.0	16.9	3.2	12.5
		500	あり	0.0	0.0	16.2	3.1	11.1
			なし	0.0	0.0	16.3	3.3	13.6
	3.0	300	あり	0.0	1.0	14.4	3.1	11.5
			なし	0.0	0.0	14.9	3.1	11.4
		400	あり	1.5	0.0	14.4	3.2	11.0
			なし	1.0	0.0	15.2	3.1	11.4
		500	あり	0.0	0.0	15.7	3.1	11.3
			なし	4.5	0.0	12.4	3.3	10.2
慣行				0.0	0.0	14.9	3.5	13.2
分散分析		孔	ns	ns	ns	ns	ns	
		覆土量	*	*	ns	ns	ns	
		灌水	**	ns	**	ns	ns	
		孔×覆土	*	ns	*	ns	ns	
		孔×灌水	*	ns	ns	ns	ns	
		覆土×灌水	*	ns	ns	ns	ns	

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
\*、\*\*はそれぞれ5%と1%水準で有意差があることを示す。  
nsは5%水準で有意差がないことを示す。

た。孔がある場合は覆土量が多いほど苗丈が長い傾向があったが、孔がない場合は苗丈への覆土量の影響は見られなかった。灌水量毎の苗丈の平均値は、灌水量が1.5 Lの場合は15.8 cmで、灌水量が3 Lの場合の14.5 cmより長かった。箱なし苗は慣行苗よりも茎葉乾物重と葉齢がやや劣る傾向がみられたものの、稚苗として移植可能な苗の形質であった。

### 3. 考察

本章の結果より、箱なし苗の育苗には苗床被覆資材は孔のないポリマルチ、覆土量は300 g~400 g、育苗開始時の灌水量は1.5 Lが適当と判断された。以下にその根拠について考察する。

育苗開始時の必要灌水量は十分滞水しなかった根切りシートや有孔ポリで多く、十分滞水した防草シート、有孔ポリ2重、ポリマルチで少なかった(表5)。これは、滞水する資材の場合、もみがら成型マット表面を流去した水が苗床被覆資材上に滞水することによりマット底面から吸収されるためである。根切りシートではもみがら成型マット表面を流去した水が直ちに苗床へ排水されたため、十分に吸水させることが困難であった。また、透水性のないポリマルチ区でさえ灌水ロスは40%もあった。育苗箱にもみがら成型マットを入れた場合の灌水ロスは手灌水で30%程度であり(星・高橋 2002)、育苗箱が灌水の効率を上げていることが分かる。ポリマルチでは、灌水翌日の水分飽和率が91%でありマット下面からは水分が失われないので、9%の水分損失(100% - 翌日の水分飽和率)がマット上面および側面から生じていると推定できる。他の資材でもマット上面および側面からの水分損失は同程度と思われるので、ポリマルチ以外の資材ではマット上面や側面からの水分損失よりも、マット底面からの水分損失の方が多いと考えられる。翌日の水分飽和率の違いは、苗床被覆資材を通しての水分損失の差なので、資材の透水性の違いが原因である。すなわち、翌日の水分飽和率が低い資材は透水性が高いといえる。防草シートは表面に滞水したものの翌日の水分飽和率は低かった。防草シートは撥水性なので滞水はするが、平織りのシートなので透水性は高いと考えられる。防草シートの灌水翌日までの水分損失からマット上面および側面からの水分損失を引いた78%の大部分はマットの粗孔隙に保持された重力水と考えられる。将来的には、毛細管に保持される水分割合を増加させるような粘土等の物質をもみ

がら成型マットに添加できれば、より安定的に水分を保持できる育苗に適した資材になり、箱なし育苗においてある程度透水性のある資材も苗床被覆資材として使えるようになる可能性がある。なお、実験8では種子なしのもみがら成型マットを使用しているためマット上面の吸水特性や乾燥特性が定量的には種子付きマットと異なる可能性がある。しかし、マットの底面はどちらも同じため、得られた結論は定性的には種子付きマットにも当てはまると考えられる。

5種類の苗床被覆資材で育苗した結果、出芽勢や被覆期間、苗の生育、枯死幅はポリマルチが優れていた(表6)。有孔ポリと有孔ポリ2重はポリマルチと苗丈や茎葉乾物重において有意差がなかったが、図8のように根が被覆資材を貫通した一部の生育のよい個体が平均値を上げており、これらの個体を除くとポリマルチより生育は劣ると思われる。ポリマルチ以外の透水性資材は被覆期間中にも種子付きマットが乾燥し灌水が必要となり、外周部の苗が乾燥により枯死した。このことはポリマルチの次に透水性の低い有孔ポリ2重でもなお透水性が過剰であることを示している。

有孔ポリと有孔ポリ2重では一部個体の根が苗床に入った。有孔ポリで灌水停止後枯死したのは苗丈12 cm未満の個体のみであったので(図8)、育苗開始後22日目に苗丈が12 cm以上あった一部の生育の良い個体は根が貫通していたが、苗丈が12 cm未満であった通常の個体は根が貫通していなかったと考えられる。つまり、一部個体の根が貫通したことが苗丈のばらつきが大きくなった原因である(表6)。試験8と試験9の結果をまとめると、箱なし育苗に用いる苗床被覆資材は透水性がないポリマルチか、あるいは透水性が有孔ポリ2重より低く、根が貫通しないものが適しているといえる。

苗床被覆資材にポリマルチを使う場合、灌水量が多いと過湿による出芽不良が生じる可能性がある。例えば高橋ら(2004a)はプール育苗において播種直後の湛水により出芽むらが生じたと報告している。そこで、試験10では苗床被覆資材として孔のないポリマルチと、低密度に小さい孔をあけたポリマルチを比較した。苗の生育は全体的には孔がない方がある場合よりよい傾向が見られたため(表7)、苗床被覆資材は孔のないポリマルチが適しているといえる。孔がない場合、灌水3 L、覆土500 gでは過



湿が原因と思われる著しい出芽不良を生じたが、灌水量と覆土量を減らすことで回避が可能である。慣行の稚苗育苗では苗床被覆資材には有孔ポリ等透水性のものが用いられることが多い。これは育苗箱が培土の水分を適切に保つ機能を持っているため、苗床被覆資材上に水を貯めるよりも、排水して湿害を防ぐ方が重要だからである。

育苗開始時の灌水量は1.5 Lが適切である。苗床資材に孔がない場合、灌水量3 Lでは出芽不良を生じる場合があったからである（表7）。表5の結果に基づくと、1.5 Lではマットが飽和まで吸水していないと思われるが、出芽には特に問題なかった。既往の報告によれば、もみから成型マットを床土代わりに使う場合、実吸水量で1 L、播種機に付属する灌水装置の場合は灌水量で1.25 L、手灌水の場合は1.5 L必要とされている（星・高橋 2002）。箱なし育苗では灌水ロスが多いことを考えると、灌水量を1.5 Lより少し増やした方がよい可能性もあり、今後さらなる検討が必要である。

覆土量は300 g~400 gが適切と判断した。覆土量の違いは苗の生育に大きな影響を与えなかったものの、覆土量500 gで苗床被覆資材に孔がない場合、灌水量が多いと出芽不良の恐れがあるためである（表7）。農家の育苗ハウス内で1枚当たり1.5 L灌水する場合、灌水むらや苗床の凹凸、傾斜によって灌水量が1.5 Lより多くなるマットが生じる可能性を考慮すると覆土量500 gよりも覆土量300 g~400 gがより望ましいと判断した。既報によればもみから成型マットを育苗箱に入れて床土の代わりに使う場合、覆土量1.2 kgでは根の伸長に伴って根が覆土の上に持ち上がる「根上り」が生じ（小笠原・鎌田 2002）、覆土量1 L（成田・高城 2000）、1.3 L（矢野・菊池 2002）、1.4 kg（星・高橋 2002）で根上りが抑えられるとされており、製造元の農協では1.3 kgを推奨している。農家調査によると、慣行育苗では覆土量は1 kgから1.2 kgが多い（高橋・吉田 2006b）。これらと比較すると覆土量300 g~400 gはかなり少ないが、種子付きマットでは覆土と種子がもみから成型マットに接着されているので、覆土が少なくても根上りはほとんど生じない。逆に接着剤が水を吸うとゲル状になるため500 gという少量の覆土でも通気性が悪くなり、過湿による出芽不良が生じやすいと考えられる。

本章の結果より苗床被覆資材はポリマルチ、覆土

量は300 g~400 g、灌水量は1.5 Lが箱なし育苗に適していることが明らかになった。しかし、箱なし苗の葉齢や莖葉乾物重は慣行苗より劣る傾向が見られた（表7）。

#### IV 箱なし苗の無加温平置育苗における被覆期間と育苗期間が苗形質、生育、および収量に与える影響

前章では箱なし育苗に適する苗床被覆資材は孔のないポリマルチで、覆土量は300 g~400 g、育苗開始時の灌水量は1.5 Lが適することを明らかにした。一方で、箱なし苗の乾物重は慣行苗より劣ることが明らかとなった。その一因として、慣行苗は催芽種子を播種するのに対して、箱なし苗は乾燥したハードニング種子を用いていることが考えられる。そこで、発芽の遅れによる生育不足を補償し、慣行苗に近い苗が得られる育苗期間と被覆期間を検討した。さらに、そのような箱なし苗を田植機で移植し、欠株率、初期生育、収量等を慣行苗と比較し、実用性を検討した。

##### 1. 材料および方法

###### 1) 耕種概要

育苗期間を5水準設けた試験11、被覆期間を6水準設けた試験12、育苗期間2水準と被覆期間2水準を組み合わせた試験13-14、箱なし苗と慣行苗の苗形質や移植精度、生育、収量の比較を行った試験15-16、同様の比較試験を現地で行った現地試験1-3の計10試験を行った（表8）。試験12を除き、除覆時の苗丈は箱なし苗では3 cm~6 cmを目標とし、慣行苗では2 cmを目標とした。育苗はビニールハウス内にポリマルチまたはハウス用ビニールを敷いた上で行い、育苗箱または種子付きマットの上から被覆資材を掛けて出芽させる無加温出芽法で行った。ただし、現地試験1では有孔ポリを敷いた。育苗は中央農業総合研究センター観音台地区（茨城県つくば市）、同谷和原水田圃場（茨城県つくばみらい市）、東北農業研究センター大仙拠点（秋田県大仙市）で行った。現地試験は茨城県つくばみらい市およびつくば市の農家の育苗用ビニールハウスで実施した。品種は茨城県での試験はコシヒカリを、秋田県での試験ははえぬきを用いた。播種量は箱なし苗、慣行苗ともに育苗箱または種子付きマット1枚当たり150 gとした。現地試験の慣行苗は農家の慣行播種量とした。水管理は主に上面からの灌水に

よったが、試験14では両苗とも、試験16では箱なし苗のみプール育苗とした。被覆資材は主に低発泡ポリエチレンシートを用いたが、試験15ではシルバーポリと不織布の複合資材を用いた。箱なし苗は生育が劣ることから、多くの試験では育苗の基肥は慣行苗と同量から2倍とし、必要があれば追肥をN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oの各成分量で0.5 g~1.0 g行った。第8表の追肥日は移植後日数で表示し、追肥量は合計量を

示した。一部試験区については、種子付きマットや慣行苗の床土の温度をサーミスタ温度センサーで測定し、育苗期間の平均温度と標準偏差を表8に示した。

移植・栽培試験は中央農業総合研究センター谷和原水田圃場（試験11-12、試験15）と東北農業研究センター大仙拠点場内水田（試験13-14、試験16）、茨城県つくばみらい市農家水田（現地試験1-2）

表8 育苗条件

試験年	育苗場所	品種	育苗箱	育苗日数	被覆日数	水管理	被覆資材	移植日	基肥(g 箱 <sup>-1</sup> )			追肥(g 箱 <sup>-1</sup> ) <sup>b)</sup>			マット・床土温度										
									N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	追肥日 <sup>a)</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	平均	SD								
11	2005	観音台 コシヒカリ	箱なし	20	9	上面	低発泡 ポリ	4/25	1.4	1.7	1.5	-8	1.0	1.0	1.0	21.6	5.2								
				24	10											21.6	5.4								
				28	11											20.8	5.7								
				32	12											20.5	5.4								
				36	15											19.7	4.6								
				慣行	20											4	0.8	1.6	1.4	-	-	-	-	20.9	5.2
12	2005	観音台 コシヒカリ	箱なし	25	7	上面	低発泡 ポリ	5/6	1.4	1.7	1.5	-2	0.5	0.5	0.5	22.2	6.0								
				8	-											-									
				9	-											-									
				10	-											-									
				12	-											-									
				14	23.0											5.1									
慣行	25	6	0.8	1.6	1.4	-	-	-	-	20.6	6.4														
13	2006	大仙 はえぬき	箱なし	24	10	上面	低発泡 ポリ	6/5	1.7	1.9	1.8	-11,-7	1.0	1.0	1.0	21.1	5.0								
				12	21.0											5.0									
				33	10											-	-								
				14	-											-									
				慣行	24											5	1.7	2.1	1.5	-	-	-	-	21.1	4.8
				14	2007											大仙 はえぬき	箱なし	28	15	上面	低発泡 ポリ	5/21	1.7	1.9	1.8
16	19.2	4.2																							
32	14	-	-																						
17	18.2	5.0																							
慣行	24	5	1.7			2.1	1.5	-	-	-	-	-	-												
箱なし	28	15	プール			低発泡 ポリ	1.7	1.9	1.8	-12	1.0	1.0	1.0	-	-			20.0	6.5						
32	14	-	-																						
17	18.9	5.2																							
慣行	24	5	1.7	2.1	1.5	-	-	-	-	-	-														
15	2004	観音台 コシヒカリ	箱なし	21	9	上面	シルバー +不織布	4/22	1.1	1.2	1.1	-4	1.0	1.0	1.0	22.9	6.1								
				慣行	21											6	-	-	-	-	22.3	6.6			
16	2008	大仙 はえぬき	箱なし	28	8	プール	低発泡 ポリ	5/26	1.7	1.9	1.8	-12	1.0	1.0	1.0	22.0	5.8								
				慣行	24											4	-	-	-	-	20.3	4.3			
現地1	2004	つくば みらい	コシヒカリ	箱なし	22	9	上面	低発泡 ポリ	5/2	1.1	1.2	1.1	-7	1.0	1.0	1.0	-	-							
					慣行	21											6	-	-	-	-	-	-		
現地2	2005	つくば みらい	コシヒカリ	箱なし	29	13	上面	低発泡 ポリ	5/3	1.4	1.7	1.5	-	-	-	-	19.8	3.7							
					慣行	23											7	-	-	-	-	-	-		
現地3	2005	つくば みらい	コシヒカリ	箱なし	28	10	上面	低発泡 ポリ	5/9	1.4	1.7	1.5	-	-	-	-	21.2	3.8							
					慣行	23											6	-	-	-	-	-	-		

a) 追肥日は移植日からの日数で表示。

b) 追肥量は合計値。

「低発泡ポリ」は低発泡ポリエチレンシート、「シルバー+不織布」はシルバーポリと不織布の複合資材を表す。

表9 耕種概要

試験	移植圃場	移植株数 (株 $m^{-2}$ )	苗	基肥(g $m^{-2}$ )			追肥(g $m^{-2}$ )			
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	追肥日	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
試験11	谷和原	21.2	共通	5.5	5.5	5.5	-	-	-	-
試験12	谷和原	21.2	共通	5.5	5.5	5.5	-	-	-	-
試験13	大仙	21.2	箱なし	5.0	5.0	5.0	7月27日	2.0	0.0	2.0
			慣行	5.0	5.0	5.0	7月25日	2.0	0.0	2.0
試験14	大仙	21.2	共通	5.0	5.0	5.0	7月17日	2.0	0.0	2.0
試験15	谷和原	18.2	共通	6.0	6.0	6.0	-	-	-	-
試験16	大仙	21.2	共通	6.0	6.0	6.0	7月17日	3.0	0.0	3.4
現地試験1	つくばみらい現地	18.2	共通	4.5	4.5	4.5	-	-	-	-
現地試験2	つくばみらい現地	18.2	共通	4.5	4.5	4.5	-	-	-	-
現地試験3	つくば現地	15.2	共通	4.8	18.0	6.4	7月13日	2.2	0.0	2.2

とつくば市農家水田(現地試験3)で行った(表9)。現地試験1-2では37aの水田を供試して、2004年と2005年に箱なし苗を25a、慣行苗を11a移植した。現地試験3では2005年に14aの水田に箱なし苗、13aの水田に慣行苗を移植した。移植は試験11-15は4条の、試験16は6条の、現地試験1-3は5条の乗用田植機で行った。場内試験は4ブロックの乱塊法とし、現地試験は反復を設けなかった。移植株数は15.2株 $m^{-2}$ ~21.2株 $m^{-2}$ であった。谷和原水田圃場とつくばみらい市農家圃場では基肥に緩効性肥料を含む肥料を用い、穂肥を施用しなかったが、その他の試験では基肥に化成肥料を用い、穂肥を施用した。

#### 2) 苗形質

除覆時に苗丈と葉齢を各処理20個体(試験11、試験14)または各処理苗マット4枚、各20個体(試験12-13)調査した。葉齢は不完全葉を1葉として数えた。

移植時に苗丈、葉齢、茎葉乾物重を各処理20個体(試験15、現地試験1)または各処理苗マット4枚、各20個体(試験11-14、試験16、現地試験1-2)調査した。試験12-14では、第2葉鞘長の長さも測定した。

試験11では移植時の苗マット質量と箱なし苗を丸めた場合の直径を4反復測定した。慣行苗の質量には苗箱も含めた。試験11-12では、7cm×28cmに切った苗マット片をデジタルフォースゲージで長辺方向に引張り、破断したときの値を28cm幅に換算して苗マットの引張強度とし、6反復測定した。

#### 3) 移植精度

1株本数は1区につき20株、移植後35日(試験11)または移植後34日(試験12)に測定した。欠株率は

1区につき200株(試験11-13、試験15)、320株(試験14)、480株(試験16)調査した。調査は試験11-12では移植後21日、試験13では移植後18日、試験14では移植後36日、試験15では移植後35日、試験16では移植後32日に行った。

#### 4) 生育

移植後約1ヶ月に1区あたり20株抜き取り、草丈(試験11-12、試験14-16)と個体当たりの茎葉乾物重(試験11-16)を測定した。測定は試験11と試験15は移植後35日、試験12-13は移植後24日、試験14と試験16は移植後32日に行った。

出穂期は1区ごとに判定した(試験11-16、現地試験1-3)。稈長は1区8株(試験11-14、試験16)または10株(試験15)の最長稈を測定した。現地試験1では1処理につき10株3箇所、現地試験2-3では8株5箇所測定した。倒伏程度は成熟期に達観で倒伏なしの0から全面完全倒伏の5まで6段階で、場内試験は1区ごとに、現地試験は処理毎に評価した。

#### 5) 収量

坪刈は60株(試験16以外)または70株(試験16)刈り取った。刈り取り面積はおよそ3 $m^2$ ~4 $m^2$ であった。現地試験では処理毎に5箇所坪刈を行った。さらに現地試験2-3の箱なし苗区については苗の継ぎ目で生じた連続欠株の箇所を選んで1箇所ずつ坪刈した。精玄米選別のふるい目はコシヒカリは1.80mm(試験11-12、試験15、現地試験1-2、現地試験3の坪刈)、または1.85mm(現地試験3の全刈収量)、はえぬきは1.90mm(試験13-14、試験16)とした。精玄米重と千粒重は水分15%に換算した。登熟歩合は全粒数に対する精玄米の粒数の割合とした。コシヒカリの品質は水戸食糧事務所

土浦支所（現茨城農政事務所地域第2課）による一  
等上の1から3等下の9までの9段階評価とした。  
はえぬきの整粒歩合は1区につき2000粒を穀粒判別  
機（サタケ、RGQI10A）で測定した。

## 2. 結果

### 1) 苗形質

育苗期間が長くなるにつれて、箱なし苗の草丈、  
葉齢、茎葉乾物重は大きな値となり、育苗期間24日  
で慣行苗の20日育苗と同程度の苗が得られた(表10、  
試験11)。

次に被覆期間の影響について検討した。まず除覆  
時の形質についてみてみると、被覆期間14日までは、  
被覆期間が長いほど箱なし苗の除覆時の苗丈は長くな  
った(表11、試験12)。被覆期間12日、除覆時苗  
丈8.2 cmまでは、被覆期間が長いほど箱なし苗の除

覆時の葉齢は大きくなった。一方、移植時の形質に  
ついては、苗丈と第2葉鞘長は被覆期間が長いほど  
長く、被覆期間9日、除覆時苗丈4.2 cmで苗丈が10  
cmを越えた。葉齢は被覆期間が長いほど小さかつ  
た。茎葉乾物重は被覆期間8日以上、除覆時の苗丈  
3 cm以上でほぼ一定の値となったが、慣行苗より  
小さい傾向であった。

育苗期間と被覆期間、およびその交互作用を検討  
するために、箱なし苗の育苗期間を慣行苗と同じ24  
日と33日の2水準、被覆期間は除覆時の苗丈3 cm  
と6 cmを目標に2水準組み合わせで試験を行った  
(試験13)。育苗期間が慣行苗と同じ24日の場合、除  
覆時の苗丈3.3 cmの被覆期間10日では移植時の苗丈  
と茎葉乾物重が慣行苗より劣る傾向が見られた。し  
かし、除覆時の苗丈が5.5 cmだった被覆期間12日では  
慣行苗と苗丈、葉齢、茎葉乾物重がほぼ同じであ  
った(表12)。育苗期間33日では、除覆時苗丈3.4  
cmだった被覆期間10日で慣行苗と苗丈が同程度、  
第2葉鞘長がやや短く、葉齢は大きく、茎葉乾物重  
はやや優る傾向が見られた。まとめると、育苗日数  
24日では除覆時苗丈5.5cmで、育苗日数33日では両  
被覆期間で慣行苗と同等以上の苗形質が得られた。

育苗期間を慣行苗の育苗期間24日より長い28日と  
32日、被覆期間は除覆時の苗丈3 cmと6 cmを目標  
に2水準組み合わせ、水管理として上面灌水とプ  
ール育苗の2水準を設けて試験を行った(試験14)。  
上面灌水では、育苗期間28日の箱なし苗はいずれの  
被覆期間でも苗丈、第2葉鞘長、葉齢、茎葉乾物重  
に慣行苗と有意差が見られなかった(表13)。育苗  
期間32日では、除覆時の苗丈3.5 cmだった被覆期間  
14日で葉齢が慣行苗より多かったことを除くと、苗  
丈、第2葉鞘長、葉齢、茎葉乾物重に慣行苗との有  
意差はなかった。プール育苗の場合、育苗期間28日  
の箱なし苗は、特に除覆時苗丈が4.3 cmだった被覆  
期間15日では、有意差はなかったものの苗丈、葉齢、  
茎葉乾物重が慣行苗より劣る傾向が見られた。育苗  
期間32日では除覆時苗丈3.5 cmだった被覆期間14日  
の茎葉乾物重が慣行苗より大きい傾向が見られた他  
は、苗丈、第2葉鞘長、葉齢、茎葉乾物重は慣行苗  
と同程度であった。プール育苗は上面灌水より苗の  
生育がよかった。プール育苗で最も生育の劣った育  
苗期間28日、被覆期間15日の箱なし苗でも上面灌水  
の慣行苗と苗丈、第2葉鞘長、葉齢は同程度であり、  
茎葉乾物重は優る傾向であった。まとめると、水管

表10 育苗日数が水稲箱なし苗の形質に与える影響  
(試験11)

苗	育苗 日数	被覆 日数	除覆時		移植時		
			苗丈 (cm)	葉齢 <sup>a)</sup>	苗丈 (cm)	葉齢	茎葉乾物重 (mg)
箱なし	20	9	3.8	1.9	9.2c	3.4bc	10.2c
	24	10	6.0	2.1	13.9a	3.5b	12.1b
	28	11	4.8	2.0	14.3a	3.8a	13.3ab
	32	12	4.0	1.9	14.2a	4.0a	13.6ab
	36	15	4.4	2.1	15.4a	4.0a	15.1a
慣行	20	4	-	-	11.4b	3.3c	12.4b

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す  
(Tukey法)。

表11 被覆日数が除覆時および移植時の箱なし苗の  
生育に与える影響(試験12)

苗	被覆 日数	除覆時		移植時			
		苗丈 (cm)	葉齢 <sup>a)</sup>	苗丈 (cm)	第2葉 鞘長 (cm)	葉齢	茎葉 乾物重 (mg)
箱なし	7	1.5f	0.6d	9.2c	2.4d	3.9a	12.2b
	8	3.0e	1.6c	9.5c	2.6cd	3.8a	13.0ab
	9	4.2d	2.0bc	10.9c	3.3bc	3.7ab	12.8ab
	10	5.9c	2.2b	13.2b	4.4a	3.5b	12.4b
	12	8.2b	2.9a	13.1b	4.3a	3.5b	13.1ab
	14	11.9a	2.9a	15.2a	4.9a	3.3c	12.8ab
慣行	6	1.8f	0.8d	13.2b	3.4b	3.8a	15.1a

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す  
(Tukey法)。

表12 被覆日数、育苗日数と箱なし苗の形質（試験13）

苗	育苗日数	被覆日数	除覆時		移植時			茎葉乾物重 (mg)
			苗丈 (cm)	葉齢 <sup>a)</sup>	苗丈 (cm)	第2葉鞘長 (cm)	葉齢	
箱なし	24	10	3.3c	1.9c	10.6c	2.9c	3.7cd	14.9b
		12	5.5b	2.2b	12.1ab	3.7a	3.6c	16.7ab
	33	10	3.4c	2.0c	11.5bc	2.4d	4.3a	19.0ab
慣行	24	14	7.9a	2.6a	13.2a	3.3ab	4.0b	19.4a
		5	2.1d	1.2d	12.1ab	2.9bc	3.9bc	17.1ab

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
 同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

表13 被覆日数、育苗日数と箱なし苗の形質（試験14）

水管理	苗	育苗日数	被覆日数	除覆時		移植時			茎葉乾物重 (mg)
				苗丈 (cm)	葉齢 <sup>a)</sup>	苗丈 (cm)	第2葉鞘長 (cm)	葉齢	
上面	箱なし	28	15	4.3	2.2	12.5a	3.3a	3.5c	12.4a
			16	6.2	2.5	12.8a	3.5a	3.4c	13.1a
		32	14	3.5	2.1	12.7a	2.8a	3.8a	13.2a
	慣行	24	17	5.2	2.3	12.8a	3.0a	3.8ab	12.7a
			5	2.2	1.2	12.3a	3.0a	3.6bc	12.7a
			28	15	4.3	2.2	12.7A	3.1A	3.7BC
プール	箱なし	28	16	6.2	2.5	13.7A	3.5A	3.6C	14.8B
			32	14	3.5	2.1	14.3A	2.9A	4.0A
		17	5.2	2.3	14.0A	3.0A	3.9AB	15.4AB	
	慣行	24	5	2.2	1.2	14.7A	3.1A	3.8ABC	15.4AB

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
 同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

理が上面灌水、プールともに箱なし苗すべての区で上面灌水の慣行苗と同等以上の苗形質が得られた。

箱なし苗と慣行苗を比較した試験15-16、現地試験1-3において、慣行苗と育苗期間が同じ試験15では箱なし苗の茎葉乾物重が慣行苗より少なかった(表14)。箱なし苗の育苗期間が慣行苗より1日だけ長かった現地試験1では箱なし苗の苗丈と茎葉乾物重が慣行苗より劣った。しかし、箱なし苗の育苗期間が慣行苗より4日~6日長いその他の試験では苗の生育は慣行苗と同等以上であった。試験15-16と現地試験1-3の平均で比較すると箱なし苗と慣行苗で苗丈、葉齢、茎葉乾物重に有意差は見られなかった。

2) 移植精度

箱なし苗の苗マットの引張強度は育苗期間28日までは育苗期間が長いほど大きく、育苗期間28日以上では104 N~129 Nで118 Nの慣行苗と有意差がなくなった(表15)。箱なし苗の移植後の一株本数は3.6本~3.9本で育苗期間によらず慣行苗と同程度であった。箱なし苗の欠株率は慣行苗とは有意差はなかつたものの、育苗期間36日を除けば7%~10%と6%の慣行苗より高い傾向が見られた。

表14 移植時の苗形質

試験	苗	苗丈		葉齢 <sup>a)</sup>		茎葉乾物重	
		(cm)	SD	SD	(mg)	SD	
試験15	箱なし	9.5	1.8	3.4	0.2	8.6	-
	慣行	9.4	1.0	3.5	0.3	9.9	-
試験16	箱なし	12.4	0.5	4.3	0.1	16.2	2.5
	慣行	12.4	0.5	3.4	0.1	13.8	0.5
現地	箱なし	9.4	2.2	3.2	0.2	7.8	-
	慣行	10.0	2.3	3.2	0.3	9.1	-
試験1	箱なし	10.7	0.8	3.7	0.2	11.2	0.6
	慣行	9.7	0.4	3.4	0.2	8.5	0.7
試験2	箱なし	15.0	1.0	3.3	0.2	13.1	0.5
	慣行	14.5	1.0	3.5	0.2	12.1	0.6
試験3	箱なし	11.4	ns	3.6	ns	11.4	ns
	慣行	11.2		3.4		10.7	

a) 葉齢は不完全葉を1とした。  
 苗丈、葉齢の標準偏差 (SD) は、試験15と現地試験1では個体間の標準偏差、その他は苗マット間の標準偏差。  
 nsは5%水準で有意差がないことを示す (分散分析)。

被覆期間7日~14日で比較すると、除覆時苗丈4.2cmの被覆期間9日(表11)までは被覆期間が長

表15 育苗日数が箱なし苗の苗マットの物性と欠株率に与える影響 (試験 11)

苗	育苗日数	引張強度 <sup>a)</sup> (N)	一株本数	欠株率 (%)
箱なし	20	35 b	3.9 a	7.4 a
	24	56 b	3.7 a	10.3 a
	28	104 a	3.8 a	6.9 a
	32	109 a	4.0 a	9.1 a
	36	129 a	3.6 a	5.5 a
慣行	20	118 a	3.8 a	5.9 a

a) 7cm 幅で測定した値を苗マット幅の28cmに換算した値。同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。欠株率は平方根変換後に検定した。

表16 被覆日数が箱なし苗の苗マットの物性と欠株率に与える影響 (試験 12)

苗	被覆日数	引張強度 <sup>a)</sup> (N)	一株本数	欠株率 (%)
箱なし	7	144 b	2.5 c	11.4 a
	8	153 b	3.1 abc	6.8 b
	9	169 ab	2.9 bc	7.8 ab
	10	169 ab	3.2 abc	6.9 b
	12	167 ab	2.9 abc	8.1 ab
14	151 b	3.3 ab	6.9 b	
慣行	6	195 a	3.7 a	5.0 b

a) 7cm 幅で測定した値を苗マット幅の28cmに換算した値。同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。欠株率は平方根変換後に検定した。

いほど苗マット引張強度が強くなり、被覆期間9日～12日では167 N～169 Nで195 Nの慣行苗と有意差が見られなかった (表16、試験12)。箱なし苗の一株本数は慣行苗よりやや少なく、被覆期間7日が2.5本、被覆期間8日以上では2.9本～3.3本であった。箱なし苗の欠株率は除覆時苗丈1.5 cmの被覆期間7日では11.4 %で5.0 %の慣行苗より有意に高かった。被覆期間8日以上では箱なし苗の欠株率は6.8 %～8.1 %でほぼ一定であったが、慣行苗より高い傾向が見られた。

箱なし苗の育苗期間を慣行苗と同じ24日と33日の2水準、被覆期間は除覆時の苗丈3 cmと6 cmを目標に2水準組み合わせた試験13では箱なし苗の欠株率は2.1 %～5.4 %であり、有意でない場合が多かったものの1.9 %の慣行苗より高い傾向を示した (表17)。

育苗期間を慣行苗の育苗期間24日より長い28日と32日、被覆期間は除覆時の苗丈3 cmと6 cmを目標

表17 被覆日数、育苗日数と箱なし苗の欠株率 (試験 13)

苗	育苗日数	被覆日数	欠株率 <sup>a)</sup> (%)
箱なし	24	10	4.5 ab
		12	2.1 b
	33	10	3.6 ab
		14	5.4 a
慣行	24	5	1.9 b

a) 欠株率は移植後18日に調査。同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。欠株率は平方根変換後に検定した。

表18 被覆日数、育苗日数と箱なし苗の欠株率 (試験 14)

苗	育苗日数	被覆日数	欠株率 <sup>a)</sup> (%)
箱なし	28	15	2.7 a
		16	3.5 a
		17	4.4 a
慣行	24	5	3.6 a

a) 欠株率は移植後36日に測定した。同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。欠株率は平方根変換後に検定した。

表19 箱なし苗の欠株率

試験	苗	調査日移植後 (日)	欠株率 (%)
試験15	箱なし	35	1.9 ns
	慣行		1.1
試験16	箱なし	32	8.4 ***
	慣行		1.5
平均 <sup>a)</sup>	箱なし		5.1 *
	慣行		1.3

a) 平均値は各試験のブロックをブロックとして分散分析。平方根変換後分散分析。  
\*と\*\*\*はそれぞれ5%と0.1%水準で慣行と有意差があることを示す。  
nsは5%水準で有意差がないことを示す。

に2水準組み合わせた試験14の上面灌水の箱なし苗の欠株率は、慣行苗と有意差はなかったものの、育苗期間32日では4.4 %～8.7 %と3.6 %の慣行苗より高い傾向を示した (表18)。

箱なし苗と慣行苗の比較試験では、欠株率は、箱なし苗が慣行苗に比べて、試験15では有意ではないが高い傾向であり、試験16では有意に高く、両方を合わせて検定すると有意に高かった (表19)。

3) 生育

育苗期間20日～36日で比較すると、箱なし苗の移植後35日の水田における草丈は育苗期間と一定の傾向は見られず、慣行苗と有意差がなかった（表20、試験11）。箱なし苗の茎葉乾物重は慣行苗と有意差はなかったが、育苗期間が28日より長くなると低下する傾向が見られた。

被覆期間7日～14日で比較すると、移植後34日の箱なし苗の草丈は被覆期間と一定の傾向は見られず、慣行苗と有意差がなかった（表21、試験12）。箱なし苗の茎葉乾物重は有意差はないものの慣行苗より大きい傾向が見られた。被覆期間と箱なし苗の茎葉乾物重には一定の傾向は見られなかった。

箱なし苗の育苗期間を慣行苗と同じ24日と33日の2水準、被覆期間は除覆時の苗丈3 cmと6 cmを目標に2水準組み合わせた試験13では、移植後24日の箱なし苗の茎葉乾物重は処理間で差は見られなかったが、慣行苗より大きい傾向であった（表22）。

育苗期間を慣行苗の育苗期間24日より長い28日と

32日、被覆期間は除覆時の苗丈3 cmと6 cmを目標に2水準組み合わせた試験14の上面灌水の箱なし苗の移植後32日の草丈は処理間で有意差がなく、慣行苗とも有意差がなかった（表23）。箱なし苗の茎葉乾物重は処理間で有意差がなく、慣行苗と比べて有意ではないものの大きい傾向が見られた。

箱なし苗と慣行苗の比較を行った試験15-16では、移植後32～35日の草丈は箱なし苗と慣行苗で有意差はなかった（表24）。茎葉乾物重は試験16で箱なし苗が慣行苗より有意に大きかったが、両試験を合わせると有意差はなかった。

4) 出穂と倒伏

出穂期を育苗期間20日～36日で比較すると、育苗期間20日～24日は箱なし苗の出穂期は育苗期間20日の慣行苗と同じであったが、それ以降は1日早かった（表25、試験11）。箱なし苗の稈長は育苗期間の影響を受けず、慣行苗と同程度であった。倒伏程度は育苗期間28日以上では慣行苗より有意に小さかった。

表20 育苗日数が箱なし苗の移植後 35 日目の生育に与える影響（試験 11）

苗	育苗日数	草丈 (cm)	茎葉乾物重 (mg)
箱なし	20	26.7 a	268 ab
	24	27.3 a	283 a
	28	26.2 a	246 abc
	32	25.9 a	216 c
	36	26.3 a	222 bc
慣行	20	27.7 a	243 abc

同じアルファベットは 5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

表22 被覆日数と育苗日数が箱なし苗の移植後 24 日目の茎葉乾物重に与える影響（試験 13）

苗	育苗日数	被覆日数	茎葉乾物重 (mg)
箱なし	24	10	491 a
		12	430 a
	33	10	482 a
		14	483 a
慣行	24	5	448 a

同じアルファベットは 5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

表21 被覆日数が箱なし苗の移植後 34 日目の生育に与える影響（試験 12）

苗	被覆日数	草丈 (cm)	茎葉乾物重 (mg)
箱なし	7	34.3 abc	365 a
	8	35.2 a	391 a
	9	34.0 bc	373 a
	10	33.7 c	366 a
	12	34.5 abc	377 a
	14	34.3 abc	374 a
慣行	6	35.1 ab	351 a

同じアルファベットは 5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

表23 被覆日数と育苗日数が箱なし苗の移植後 32 日目の生育に与える影響（試験 14）

苗	育苗日数	被覆日数	草丈 (cm)	茎葉乾物重 (mg)
箱なし	28	15	34.8 a	891 a
		16	34.7 a	842 a
	32	14	35.3 a	893 a
		17	33.8 a	772 a
慣行	24	5	34.0 a	747 a

同じアルファベットは 5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

表24 箱なし苗の初期生育

試験	苗	調査日 (移植後日数)	草丈 (cm)	茎葉乾物重 (mg)
試験15	箱なし	35	24.5 ns	130 ns
	慣行		25.5	143
試験16	箱なし	32	36.9 ns	737 *
	慣行		37.1	535
平均a)	箱なし		30.7 ns	434 ns
	慣行		31.3	339

a) 平均値は各試験のブロックをブロックとして分散分析。  
\*は5%水準で土付苗と有意差があることを示し、nsは有意差がないことを示す。

表25 育苗日数が箱なし苗の出穂期、稈長及び倒伏程度に与える影響 (試験 11)

苗	育苗日数	出穂期	稈長 (cm)	倒伏程度 (0無-5甚)
箱なし	20	7月31日 a	91.5 a	2.8 a
	24	7月31日 a	89.6 a	2.8 a
	28	7月30日 a	89.9 a	2.0 b
	32	7月30日 a	91.7 a	2.0 b
	36	7月30日 a	89.5 a	1.3 c
慣行	20	7月31日 a	91.8 a	2.8 a

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す(Tukey法)。

表26 被覆日数が箱なし苗の出穂期、稈長および倒伏程度に与える影響 (試験 12)

苗	被覆日数	出穂期	稈長 (cm)	倒伏程度 (0無-5甚)
箱なし	7	8月2日 a	87.3 a	3.0 a
	8	8月2日 a	89.4 a	3.0 a
	9	8月2日 a	88.9 a	3.0 a
	10	8月2日 a	88.1 a	3.0 a
	12	8月2日 a	88.2 a	3.0 a
	14	8月2日 a	88.9 a	3.0 a
慣行	6	8月2日 a	87.3 a	3.0 a

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す(Tukey法)。

表27 育苗日数と被覆日数が箱なし苗の出穂期、稈長、倒伏程度に与える影響 (試験 13)

苗	育苗日数	被覆日数	出穂期	稈長 (cm)	倒伏程度 (0無-5甚)
箱なし	24	10	8月17日 ab	76.6 a	0.0 a
		12	8月17日 a	73.3 a	0.0 a
	33	10	8月16日 abc	75.3 a	0.0 a
		14	8月16日 bc	74.7 a	0.0 a
土付	24	5	8月16日 c	73.9 a	0.0 a

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す(Tukey法)。

被覆期間7日~14日で比較すると、箱なし苗の出穂期は被覆期間にかかわらず同じで、慣行苗とも同じであった(表26、試験12)。箱なし苗の稈長も同様に被覆期間による有意差はなく、慣行苗とも有意差はなかった。箱なし苗の倒伏程度も同様に被覆期間による有意差はなく、慣行苗とも有意差はなかった。

箱なし苗の育苗期間を慣行苗と同じ24日と33日の2水準、被覆期間は除覆時の苗丈3cmと6cmを目標に2水準組み合わせさせた試験13の箱なし苗では、出穂期は育苗期間24日で慣行苗より1日遅く、育苗期間33日では慣行苗と同じであった(表27)。箱なし苗の稈長は被覆期間が長い方が短い傾向が見られたが、慣行苗を含めて有意差はなかった。箱なし苗、慣行苗とも倒伏はしなかった。

育苗期間を慣行苗の育苗期間24日より長い28日と32日、被覆期間は除覆時の苗丈3cmと6cmを目標に2水準組み合わせさせた試験14の上面灌水の箱なし苗の出穂期は、育苗期間と被覆期間によらず同じで、慣行苗とも同じであった(表28)。箱なし苗の稈長は育苗期間と被覆期間の違いによる有意差はなく、慣行苗とも有意差はなかった。箱なし苗、慣行苗とも倒伏はしなかった。

箱なし苗の育苗期間が慣行苗と同じ試験15、4日長かった試験16、6日長かった現地試験2、5日長かった現地試験3では、出穂期は慣行苗と同じだった(表29)。箱なし苗の育苗期間が慣行苗より1日長かった現地試験1では2日遅かった。これら一連の試験の平均出穂期は箱なし苗と慣行苗で差はなかった。試験15では箱なし苗の稈長が慣行苗より有意に長かったが、全体では有意差はなかった。倒伏程度は箱なし苗と慣行苗で有意差はなかった。

表28 箱なし苗の被覆日数と育苗日数が出穂期と倒伏に与える影響 (試験 14)

苗	育苗日数	被覆日数	出穂期	稈長 (cm)	倒伏程度 (0無-5甚)
箱なし	28	15	8月8日 a	66.5 ab	0.0 a
		16	8月8日 a	67.3 ab	0.0 a
	32	14	8月8日 a	70.2 a	0.0 a
		17	8月8日 a	65.4 b	0.0 a
慣行	24	5	8月8日 a	68.0 ab	0.0 a

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す(Tukey法)。慣行苗と箱なし苗各区との比較は何れも5%水準で有意差がなかった(Dunnnett法)。



5) 収量と品質

育苗期間20日～36日の箱なし苗と慣行苗で精玄米重、籾数、登熟歩合、千粒重、穂数、一穂籾数で有

意差はなかった(表30、試験11)。箱なし苗の育苗期間と品質には一定の傾向は見られず、慣行苗とも有意差はなかった。

被覆期間7日～14日で箱なし苗を比較すると、慣行苗を含めて精玄米重、籾数、登熟歩合、千粒重、品質に有意差はなかった(表31、試験12)。ただし、被覆期間7日の箱なし苗は精玄米重はやや少なく、登熟歩合もやや低い傾向が見られた。被覆期間が長いほど穂数が多く、一穂籾数が少ない傾向が見られた。

箱なし苗の育苗期間を慣行苗と同じ24日と33日の2水準、被覆期間は除覆時の苗丈3 cmと6 cmを目標に2水準組み合わせさせた試験13では、慣行苗も含めて、精玄米重、籾数、千粒重、穂数に有意差は見られず、登熟歩合では一部有意差があったものの差の大きさ自体は小さかった(表32)。一穂籾数は、有意ではないものの、育苗期間が長い方が多く、被覆期間が長い方が少ない傾向が見られた。整粒歩合も同様に、有意ではないものの、育苗期間と被覆期間

表29 箱なし苗の出穂期、稈長及び倒伏程度

試験	苗	出穂期	稈長 (cm)	倒伏程度 (0無-5甚)
試験15	箱なし	7月24日 ns	90.6 *	2.8 ns
	慣行	7月24日	88.3	2.5
試験16	箱なし	8月10日 ns	73.7 ns	0.0 ns
	慣行	8月10日	74.0	0.0
現地試験1	箱なし	7月28日 -	86.1 -	2.7 -
	慣行	7月26日	90.2	3.3
現地試験2	箱なし	8月1日 -	86.4 -	0.9 -
	慣行	8月1日	86.7	0.9
現地試験3	箱なし	8月5日 -	87.2 -	2.6 -
	慣行	8月5日	89.1	2.8
平均 <sup>a)</sup>	箱なし	8月1日 ns	84.8 ns	1.8 ns
	慣行	8月1日	85.7	1.9

a) 平均値は各試験を1ブロックとして検定した。  
\*は5%水準で慣行苗と有意差があることを示す。  
nsは5%水準で有意差がないことを示す。

表30 育苗日数が箱なし苗の収量構成要素と玄米品質に与える影響 (試験11)

苗	育苗日数	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (100粒 m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	一穂籾数	品質 (1上上-9下下)
箱なし	20	632 a	339 a	90 a	20.8 a	375 a	90 a	5.3 a
	24	625 a	332 a	91 a	20.7 a	368 a	90 a	4.3 a
	28	618 a	329 a	91 a	20.7 a	370 a	89 a	4.8 a
	32	620 a	329 a	91 a	20.6 a	357 a	92 a	7.3 a
	36	625 a	333 a	91 a	20.7 a	373 a	89 a	5.3 a
慣行	20	633 a	338 a	90 a	20.7 a	370 a	92 a	4.5 a

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey法)。  
登熟歩合は逆正弦変換後検定した。  
精玄米重と千粒重は水分15%換算。  
ふるい目は1.8mm。

表31 被覆日数が箱なし苗の収量構成要素と玄米品質に与える影響 (試験12)

苗	育苗日数	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (100粒 m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	一穂籾数	品質 (1上上-9下下)
箱なし	7	571 a	314 a	87 a	20.9 a	323 d	97 a	4.5 a
	8	597 a	315 a	91 a	20.8 a	339 bcd	93 ab	5.0 a
	9	580 a	308 a	91 a	20.7 a	331 dc	93 ab	3.5 a
	10	616 a	324 a	91 a	20.8 a	369 a	88 b	2.8 a
	12	592 a	311 a	92 a	20.8 a	345 bcd	90 ab	3.5 a
	14	607 a	321 a	91 a	20.8 a	358 ab	90 ab	4.3 a
慣行	6	592 a	311 a	92 a	20.7 a	347 abc	90 b	3.0 a

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey法)。  
登熟歩合は平方根変換後検定した。  
精玄米重と千粒重は水分15%換算。  
ふるい目は1.8mm。

が長い方が低い傾向が見られた。

育苗期間を慣行苗の育苗期間24日より長い28日と32日、被覆期間は除覆時の苗丈3 cmと6 cmを目標に2水準組み合わせさせた試験14の上面灌水の箱なし苗は慣行苗も含めて、精玄米重、籾数、登熟歩合、千粒重、穂数、一穂籾数、整粒歩合の有意差はなかった(表33)。ただし、精玄米重は育苗期間32日、被覆期間17日の箱なし苗が低い傾向が見られた。

試験15-16では、一部有意差のある項目もあるが、平均で比較すると箱なし苗と慣行苗で、精玄米重、

籾数、登熟歩合、千粒重、品質、整粒歩合に有意差はなかった(表34)。箱なし苗は慣行苗に比べて、有意差はないものの穂数が少なく、一穂籾数が多い傾向が見られた。

現地試験1-3では箱なし苗と慣行苗の全刈収量の平均値に有意差はなかった(表35)。欠株率が通常の箇所の坪刈では、箱なし苗は慣行苗に比べて、籾数が有意に少ないために精玄米重が少なかった。箱なし苗は慣行苗に比べて穂数が少ないために、籾数が少なかった。箱なし苗の品質は慣行苗と有意差

表32 箱なし苗の被覆日数と育苗日数が収量および収量構成要素に与える影響 (試験13)

苗	育苗 日数	被覆 日数	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (100粒 m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	一穂 籾数	整粒歩合 (%)
箱なし	24	10	578 a	292 a	87 b	22.8 a	434 a	67 ab	83 a
		12	575 a	289 a	88 ab	22.7 a	452 a	64 b	78 ab
	33	10	592 a	294 a	88 ab	22.9 a	423 a	70 a	81 ab
		14	572 a	285 a	88 ab	22.8 a	425 a	67 ab	75 b
慣行	24	5	580 a	286 a	89 a	22.9 a	435 a	66 b	81 ab

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

登熟歩合は平方根変換後に検定した。

精玄米重と千粒重は水分15%換算。

ふるい目は1.9mm。

表33 箱なし苗の被覆日数と育苗日数が収量および収量構成要素に与える影響 (試験14)

苗	育苗 日数	被覆 日数	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (100粒 m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	一穂 籾数	整粒歩合 (%)
箱なし	28	15	503 a	248 a	87 a	23.5 a	411 a	60 a	81 a
		16	498 a	253 a	85 a	23.2 a	429 a	59 a	81 a
	32	14	531 a	259 a	88 a	23.2 a	410 a	63 a	82 a
		17	456 a	233 a	84 a	23.2 a	390 a	60 a	76 a
慣行	24	5	484 a	249 a	84 a	23.1 a	424 a	59 a	78 a

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (Tukey 法)。

登熟歩合と整粒歩合は平方根変換後に検定した。

精玄米重と千粒重は水分15%換算。

ふるい目は1.9mm。

表34 箱なし苗の収量構成要素と玄米品質

試験	苗	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (100粒 m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	一穂籾数	品質 (1上上-9下下)	整粒歩合 (%)
試験15	箱なし	630 ns	337 ns	88 ns	21.4 ns	423 ns	80 ns	2.0 ns	-
	慣行	621	334	87	21.4	432	77	2.3	-
試験16	箱なし	623 ns	304 ns	87 ns	23.4 *	417 ns	73 ns	-	89 ns
	慣行	642	309	88	23.6	435	72	-	88
平均 <sup>a)</sup>	箱なし	626 ns	321 ns	88 ns	22.4 ns	626 ns	76 ns	2.0 ns	89 ns
	慣行	631	322	87	22.5	631	75	2.3	88

a) 平均値は各試験のブロックをブロックとして検定した。

\*は慣行苗と比べて5%水準で有意差があることを示し、nsは有意差がないことを示す。

登熟歩合と整粒歩合は平方根変換後に検定した。

精玄米重と千粒重は水分15%換算。

ふるい目は試験15は1.8mm、試験16は1.9mm。

表35 箱なし苗の全刈収量と坪刈の収量構成要素（現地試験1-3）

試験	苗	坪刈 箇所	全刈収量 (kg 10a <sup>-1</sup> )	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (100粒 m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	穂数 (粒 m <sup>-2</sup> )	一穂 籾数 (1上上-9下下)	品質	欠株率 <sup>a)</sup> (%)
現地	箱なし	通常	622	608	299	93	21.9	424	71	4.7	2
試験1	慣行	通常	573	654	329	91	21.8	461	71	5.7	0
現地	箱なし	通常	548	535	271	92	21.4	312	87	3.8	6
試験2		連続欠株	-	546	291	91	20.6	279	104	2.0	40
	慣行	通常	553	586	296	92	21.5	371	80	2.4	1
現地	箱なし	通常	539	569	292	91	21.3	283	103	2.0	6
試験3		連続欠株	-	568	294	92	21.1	267	110	2.0	30
	慣行	通常	575	643	316	94	21.7	335	94	2.6	1
平均 <sup>b)</sup>	箱なし		570 ns	571 *	287 **	92 ns	21.5 ns	340 *	87 *	3.5 ns	-
	慣行		567	627	314	93	21.6	389	76	3.6	

a) 欠株率は坪刈箇所の値。

b) 平均値は各試験を1ブロックとして検定した。

\*, \*\*は慣行苗と比べてそれぞれ5%、1%水準で有意差があることを示す。

nsは5%水準で有意差がないことを示す。

登熟歩合と整粒歩合は平方根変換後に検定した。

精玄米重と千粒重は水分15%換算。

ふるい目は現地試験3の全刈収量のみ1.85mm、他は1.80mm。

がなかった。箱なし苗の連続欠株のある箇所の坪刈の精玄米重は、欠株率が30%~40%と非常に高いにもかかわらず、欠株率6%の通常箇所と差は見られなかった。連続欠株箇所は穂数が少ないが、一穂籾数の増加により籾数が補償され、現地試験2ではむしろ通常箇所より籾数が多かった。連続欠株箇所の品質は通常箇所と同程度かやや良かった。

### 3. 考察

3章の目的は箱なし苗に適する育苗期間と被覆期間を明らかにすることである。一般に育苗条件が与える影響は苗形質に対しては比較的明瞭であるが、本田での生育、収量に対する影響は不明瞭になっていくので、苗形質と本田での形質を分けて検討することにする。まず慣行苗と同等以上の苗形質が得られる箱なし苗の育苗期間と被覆期間を明らかにし、「適正育苗条件」と呼ぶことにする。次に、適正育苗条件で育成した箱なし苗の移植精度、本田での生育、収量、品質等が他の箱なし苗より劣っていないことを示し、適正育苗条件が苗形質だけでなく、移植精度、本田での生育、収量等の面からも箱なし苗の育苗条件として妥当であることを示す。最後に、適正育苗条件の箱なし苗の移植精度、本田での生育、収量、品質等を慣行苗と比較し、箱なし苗の栽培面での評価を行う。

1) 苗形質から見た適正な育苗期間と被覆期間  
箱なし苗に適する育苗期間と被覆期間を苗の形質から検討した結果、育苗期間は慣行苗より4日~8

日程度長く、除覆時苗丈は3cm~6cm程度が箱なし苗の育苗に適していると考えられ、これを適正育苗条件とした。ここでは、その根拠について考察する。

本章では、苗形質の目標を、慣行苗と苗丈、葉齢、茎葉乾物重で有意差がないか、優ることとした。試験11では育苗期間が慣行苗より4日~16日長い、育苗期間24日~36日が当てはまった(表10)。試験12では目標の苗形質が得られなかった(表11)。被覆期間を長くしても草丈が伸びるだけであり、慣行苗並の茎葉乾物重を持った充実した苗は得られなかった。被覆資材の光透過率は低発泡ポリエチレンで約20%、シルバーポリ + 不織布とアルミ蒸着フィルムで5%以下と低いため、被覆期間中の温度は上昇して苗丈は伸びるものの、光合成速度は増加しないためと考えられた。試験13では育苗期間が慣行苗と同じ24日で、除覆時苗丈3.3cmでは苗丈が慣行苗より有意に小さかったが、その他の区は目標の苗が得られた(表12)。試験14では全ての区で目標の苗が得られた(表13)。箱なし苗の育苗期間は慣行苗より4日~8日長く、除覆時の苗丈は3.5cm~6.2cmであった。慣行苗との比較試験では、慣行苗と育苗期間が同じ試験15と1日長い現地試験1では慣行苗より茎葉乾物重が少なかった(表14)。試験16、現地試験2-3では育苗期間は慣行苗より4日~6日長く、目標の苗が得られた。

以上まとめると、育苗期間が慣行苗より4日以上

長いと目標の苗が得られた。第1章の結果、乾熱-ハードニング処理をした種子の30℃における $T_{50}$ は1.0日~1.5日であった(表2)。本章では、育苗開始後4日間の種子付きマット温度は平均温度 $20.1 \pm 1.9$ ℃、平均最高温度 $27.9 \pm 4.3$ ℃、平均最低温度 $14.6 \pm 1.7$ ℃であり、II章の発芽試験の温度30℃より約10℃低かった。そのため、慣行苗の播種時の状態である鳩胸催芽状態になるまでに、種子付きマットでは $T_{50}$ より長い4日程度必要だったと推察される。育苗期間は長くなるほど管理の手間が掛かり、高温障害や老化苗、徒長苗になる可能性が高まるので、上限は慣行苗より8日長い期間が妥当と考えられた。慣行苗より育苗期間が4日~8日長く、目標の苗が得られた試験区の除覆時苗丈は3.4 cm~6.2 cmであったので(表10~表13)、除覆時苗丈の目安を3 cm~6 cmとした。慣行苗の除覆の時期は、出芽時(後藤ら 2000、青森県稲作改善指導要領 2005、新潟県水稲栽培指針 2005、栃木県水稲栽培技術指針 2010)、苗丈3 cm(福島ら 1995)、苗丈4 cm~5 cm(稚苗、水稲栽培技術指針(福岡県) 1998)、苗丈6 cm~7 cm(佐竹ら 1980)とかなり幅がある。高橋ら(2004a)は除覆時苗丈1 cm~7.7 cmまで試し、育苗終了時には著しい生育差はないが、除覆時苗丈が長いと第2葉鞘高が伸びて徒長気味になると報告している。今回の苗丈3 cm~6 cmという値は慣行苗における除覆時苗丈の長い方の範囲内であった。以上の結果および考察から、慣行苗より育苗期間が4日~8日長く、除覆時苗丈が3 cm~6 cmを箱なし苗の適正育苗条件とした。試験11の育苗日数24日と28日、試験14の全区が該当した。また、試験16、現地試験2-3での育苗期間が該当し、除覆時苗丈の測定値はないものの除覆の目安を苗丈3 cm~6 cmとしたので、これらも適正育苗条件に該当するものとした。

## 2) 適正育苗条件による箱なし苗の本田での移植精度、生育、収量等

以上のように苗形質からみた適性育苗条件を明らかにしたが、本条件で得られた苗が本田での生育、収量などについても適正育苗条件でない箱なし苗と比べて少なくとも劣っていないことが求められる。このため、まず箱なし苗を用いて幅広い条件で実施されている試験11において、適正育苗条件とそれ以外の育苗条件での移植精度、生育、収量等を比較した。

育苗日数24日の箱なし苗の引張強度は育苗期間28日以上で箱なし苗より小さかったが、坂田ら(1993)が十分なマット形成と判断した47 Nより大きく、取り扱いに問題はなかった(表15)。育苗日数24日の箱なし苗は欠株率もやや高かったが、育苗期間と欠株率には一定の傾向は見られなかった。したがって、適正育苗条件の苗は他の苗より苗マットの取り扱い性や移植精度で特に劣ることはないと判断した。

適正育苗条件の箱なし苗の移植後約1ヶ月の草丈と茎葉乾物重は他の箱なし苗と比べて特に劣ることはなかった(表20)。適正育苗条件の箱なし苗の出穂期は、より育苗期間の長い箱なし苗と同じあるいは1日遅れであった(表25)。倒伏程度は、育苗期間24日で育苗期間28日以上で箱なし苗より有意に大きかった(表25)。しかし、その差は大きくなく、稈長に差はなかったので、大きな問題ではないと判断した。このように適正育苗条件の箱なし苗は初期生育、出穂期、倒伏程度で他の箱なし苗と大きな差はなく、問題はなかった。

適正育苗条件の箱なし苗の精玄米重や品質は他の箱なし苗と同程度であった(表30)。以上の結果を総合的に判断して、適正育苗条件の箱なし苗は移植精度、生育、収量、品質の面で他の箱なし苗より劣ることはなく、適正育苗条件は本田での生育などに関しても妥当であると結論した。

## 3) 適正育苗条件の箱なし苗と慣行苗の比較

適正育苗条件の箱なし苗は、欠株率がやや高いことを除けば、慣行苗と本田生育、収量、品質の点で同等であり、慣行苗と代替することができると判断された。

育苗期間24日の箱なし苗は引張強度が慣行苗より弱かったが(表15)、前述のように取り扱いに問題はなかった。適正育苗条件の箱なし苗の欠株率は慣行苗と比べて、試験11の育苗期間24日と28日、試験14の全区で高い傾向であり(表15、表18)、試験16で有意に欠株率が高かった(表19)。

これらの試験・処理区は移植後約1ヶ月の草丈は慣行苗と差がなく、茎葉乾物重は有意差なし(表20、表23)か有意に大きかった(表24)。これらの試験・処理区および現地試験2-3の出穂期は慣行苗と同じか1日早く、倒伏程度は慣行苗と有意差なしか、より軽かった(表25、表28、表29)。

適正育苗条件の箱なし苗は収量、品質あるいは整

粒歩合も慣行苗と有意差はなかった（表30、表33、表34）。現地試験では、全刈収量は差がなく、坪刈の精玄米重のみ慣行苗より低かった（表35）。現地試験の坪刈収量は坪刈箇所の影響を受けることと、多くの試験で箱なし苗と慣行苗で収量に有意差がないことから、収量には差がないと判断した。品質は慣行苗と差がなかった（表35）。

以上のように、箱なし苗は慣行苗と比べて欠株率はやや高かったが、収量に対する影響は見られなかった。また、欠株率30%以上の連続欠株箇所も通常箇所と坪刈収量に差はなかった（表35）。従来、収量に影響がない欠株率は5%（寺島 2002）、10%（森重・河内 2005）、16.7%（河内 2005）、3連続欠株・20%（前田ら 1972）と報告されており、許容限界は15%（渡邊ら 2005）または20%（北川ら 2004）と報告されている。今回の結果はこれらより欠株率が高くても収量には影響しない場合があることを示している。しかし、欠株によって移植時の見目が悪くなると本技術の導入を躊躇する農家も出ることが予想される。また、欠株率が高いと雑草が繁茂しやすくなる。このため、今後欠株率、特に苗の継ぎ目の連続欠株の発生を改善していく方策を検討する必要があると考える。

## V 種子付きマットを用いた箱なし苗の作業性

第Ⅱ章ではもみから成型マットに、ハードニングした種子と覆土を貼り付けた種子付きマットを開発した（図1）。第Ⅲ章では種子付きマットを用いた箱なし苗に適した覆土量、灌水量、苗床被覆資材を明らかにした。第Ⅳ章では箱なし育苗の適正育苗条件を明らかにし、慣行苗より欠株率は高いものの、慣行苗と同程度の苗形質、本田生育、収量、品質が得られることを示した。

本章では、前章で実施した主に現地試験において、箱なし苗の作業性を明らかにすることを目的とした。箱なし苗特有の作業が含まれる育苗準備と苗マットのビニールハウスからの搬出について作業時間を測定した。苗運搬の作業性に関する苗マットの特性を調査した。移植精度は、ビニールハウスで苗マットを丸めて搬出し（図9）、トラックで圃場まで運搬した苗を移植することにより、運搬の影響も含めたより実際の条件において検討した。なお、種子付きマットは工場で製造し農家はそれを購入するという想定であるので、製造についての検討は行わなかった。



図9 箱なし苗の運搬

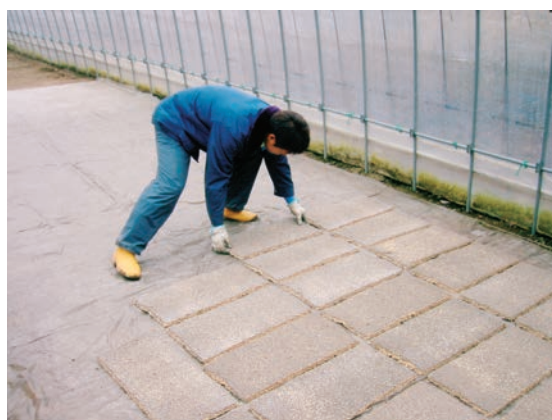


図10 種子付きマットを苗床に並べる状況

### 1. 材料および方法

#### 1) 試験の構成

試験は中央農業総合研究センター（茨城県つくば市）の育苗ハウスで2004年（表8、試験15）と2005年（試験11）、谷和原村（現つくばみらい市）の農家で2004年（現地試験1）と2005年（現地試験2）、つくば市農家で2005年（現地試験3）に行った。場内では育苗試験、現地では育苗試験と移植試験を行った。なお、試験11の箱なし苗は適正育苗条件である育苗期間24日のものを用いた。育苗条件と耕種概要は第3章で示した（表8、表9）。前章と同じく、現地試験2-3を適正育苗条件とみなした。

#### 2) 育苗試験

##### a) 作業時間

現地試験1-3では苗床準備から被覆まで1人で作業を行い、作業時間を調査した。図10に種子付

ットを苗床に配置する状況を示した。慣行育苗の値は苗箱の土詰めから被覆まで複数名で作業を行い、作業時間を聞き取りにより調査した。

#### b) 苗のサイズと重量

試験11、15、現地試験2、3では育苗終了時の箱なし苗の丸めた時の直径を測定した。反復は順に4枚、6枚、10枚、10枚とした。試験11と試験15では箱なし苗と慣行苗の重量も測定した。反復は順に4枚と6枚（慣行苗は4枚）であった。重量には苗箱も含めた。

### 3) 移植試験

#### a) 苗運搬

現地試験では、箱なし苗をビニールハウス内で丸めて台車に乗せてトラックまで運び、丸めたままトラックに載せて圃場まで運搬した。丸め方は、手前側短辺をめぐって奥へ長辺方向に丸めながら押した。丸めた箱なし苗を側面から見ると「の」の形状になった。現地試験3では1人で苗の運搬をし、作業時間を調査した。移植は各農家所有の5条乗用田植機で行った。

#### b) 移植精度

植付深さと植付本数は各処理20株調査した。欠株は移植日と活着後に調査した。1箇所500株調査し、現地試験1では各処理3箇所、ただし活着後の箱なし苗のみ6箇所、現地試験2、3では各処理5箇所調査した。

## 2. 結果

### 1) 作業時間

苗床シートの敷設から保温資材の被覆までに必要な作業時間は箱なし苗では20枚（10 a相当）当たり20.7分で、慣行苗の約1/3に減少した（表36）。箱なし苗では時間のかかる土入れや播種作業がなくなった。一方、新たに加わった灌水と薬剤灌注は播種ほど時間がかからなかった。

箱なし苗20枚（約10 a分相当）を丸めてビニールハウスからトラックに載せるまでの作業時間は7.3分で6.2分の慣行苗の場合より約1分長かった（データ未掲載）。

### 2) 苗の形質

箱なし苗の苗マットの重量は平均2.8 kgで慣行苗の半分以下であった（表37）。運搬のために丸めた箱なし苗の直径は22 cmであった。

### 3) 移植精度

箱なし苗の植付深さは慣行苗と変わらず、標準偏

表36 箱なし育苗の育苗開始までの延べ作業時間（分/20枚）

作業	現地試験			平均
	1	2	3	
箱なし苗				
苗床シート、風よけ等設置	2.8	2.8	下に含む	2.8
種子付きマット配置	5.2	3.0	3.7	4.0
灌水	6.6	3.8	12.2	7.5
薬剤灌注	3.0	4.8	5.2	4.3
保温資材被覆	2.2	3.3	3.4	3.0
合計	19.9	17.8	24.5	20.7
慣行苗				
苗床シート、風よけ等設置	2.8	2.8	-	2.8
土入れ	25.3	27.5	13.4	22.1
播種・箱並べ	45.2	38.3	29.0	37.5
保温資材被覆	2.2	3.3	3.4	3.0
合計	75.5	71.9	45.8	64.4

箱なし苗と慣行苗で共通の作業は同じ値を用いた。

表37 箱なし苗の重量と運搬時の苗直径

試験	苗	苗重量		苗直径		備考
		kg	SD <sup>a)</sup>	cm	SD	
試験11	箱なし	2.81	0.03***	22.8	1.5	
	慣行	5.53	0.26	-	-	苗箱含む
試験15	箱なし	2.80	0.04***	21.6	0.6	
	慣行	6.28	0.24	-	-	苗箱含む
現地試験2	箱なし			21.5	1.1	
現地試験3	箱なし			22.2	1.3	
平均	箱なし	2.81		22.0		
	慣行	5.91		-	-	

a) SD は標準偏差。

\*\*\*は0.1%水準で慣行苗と有意差があることを示す。

差も同程度であった（表38）。箱なし苗の植付本数は慣行よりやや少ない傾向が見られたが、標準偏差は同程度であった。つまり、植付深さや植付本数の精度は箱なし苗と慣行苗は同程度であったといえる。

現地試験における箱なし苗の欠株率は移植直後で2.0%～6.6%と慣行苗より高く、活着後には3.0%～7.0%とやや増加した（表38）。特に苗マットの継ぎ目では、前章試験16と同様に連続欠株が観察された（データ未掲載）。

## 3. 考察

箱なし苗の育苗準備の作業時間は慣行苗の約1/3に減少した（表36）。慣行育苗における作業時間は、育苗開始と時期的に切り離して行える床土調製を除く種子予措からハウスへの苗の搬入までで10 a

表38 箱なし苗の移植精度

試験	苗	植付深さ		植付本数		欠株率			
		cm	SD <sup>a)</sup>	本	SD	移植日		活着後	
						%	SD	%	SD
現地試験1	箱なし	2.6	0.6	5.9	2.7	2.0	0.2	3.0	2.1
	慣行	2.7	0.4	6.6	2.6	0.1	0.1	0.1	0.2
現地試験2	箱なし	2.7	0.5	4.6	1.9	4.4	2.6	6.0	3.9
	慣行	3.1	0.4	6.7	1.9	1.1	0.7	0.6	0.3
現地試験3	箱なし	3.3	0.5	6.0	2.2	6.6	1.3	7.0	1.2
	慣行	3.0	0.7	5.3	3.0	2.8	2.3	2.4	1.9
分散分析		ns		ns		**		*	

a) SDは標準偏差。欠株率では調査箇所間の標準偏差。

欠株率は平方根変換後に検定した。

\*,\*\*はそれぞれ5%、1%水準で苗間に有意差があることを示す。

nsは5%水準で有意差がないことを示す。

当たり66分(8.5ha規模、梅本1993)、40.2分～41.4分(6ha規模と9ha規模、佐々木ら2004)と報告されており、本研究の値と概ね同じ範囲である。これらの値と比べても箱なし苗の作業時間は大きく減少している。なお、現地試験3の結果では灌水時間が12.2分と長い、水道の水量が少なかったためである。その後の管理は慣行苗と同じであり、作業時間も基本的に同じである。

苗をビニールハウスから搬出する作業時間は箱なし苗の方が慣行苗より苗20枚当たり約1分長かった。箱なし苗は台車に7枚載せることができ、慣行苗の4枚より多かったが、苗マットを丸める作業のために慣行苗に比べて作業時間が長くなったと考えられる。ただし、増加が1分と短く、作業上大きな影響はない。

箱なし苗は苗箱の回収・洗浄が不要である点も大きなメリットである。洗浄そのものは苗箱洗浄機を使えば20枚を4分～6分で洗え、補助者が苗補給の待機時間に行うことも多い。しかし、回収や保管まで含めると作業時間はさらに伸び、苗箱の洗浄を負担に感じる農家も多い。保管場所も考慮すると、苗箱を使わないメリットは大きい。以上のように、箱なし苗は育苗準備の作業時間を短縮し、苗箱の回収・洗浄・保管が不要になるため、忙しい春季の作業時間を減少させる効果が期待できる。

箱なし苗の苗マットの重量は慣行苗の半分以下であり(表37)、苗のハンドリングの軽作業化に大きな効果があると考えられる。もみから成型マットは土に比べて軽量であるが、苗箱に入れて床土代わりに使う通常の方法では根上を防ぐために1.3kg程度

の多めの覆土が推奨されていることもあり、苗の重量は4.5kg前後である(苗箱含む、注意書きがない限り以下同様。小笠原・鎌田2002、矢野・菊池2002)。箱なし苗は覆土の量が少なく、苗箱もないことからもみから成型マットを苗箱に入れて育成した苗よりさらに1.5kg以上も軽量化することができた。これまで農業現場で利用されている最も軽い田植機用の苗は10枚分相当で12kgのロングマット水耕苗である(苗箱は使わない、Tasaka1999)。その他に軽い苗として報告されているのは、パーク堆肥使用で3.2kg(沼田ら2001)、パーミキュライトとピートモス使用で4.4kg(村上ら2000)、爆砕もみから使用で5.2kg(村上ら2001)、改良苗箱で5.3kg(高橋2003)、床土減量で5.6kg(高橋ら2004b)である。これらより箱なし苗は軽いので、苗のハンドリングの軽作業化に大きな効果があると考えられる。

丸めた箱なし苗の直径は22cmで(表37)、計算上は軽トラックの荷台には1段で約40枚、2段で約80枚積める。今後2段に積んでも苗に損傷がないことを確認する必要がある。

箱なし苗の欠株率は2.0%～6.6%で慣行苗より高かった(表38)。この値は前章における適正育苗条件による箱なし苗の場内試験の値である2.7%～10.3%と同程度なので(表15、育苗日数24日、28日、表18)、苗マットを丸めてトラックで運搬することの影響は小さいと考えられた。一方、もみから成型マットを苗箱に入れて育苗した中苗の欠株率は0.03%であった(小笠原・鎌田2002)、この苗の重量は4.4kgで、苗箱は約0.5kgなので苗マット自

体の重量は箱なし苗より約1 kg大きい。苗マットが軽いと苗送りが不十分になり移植精度が低下するので(高橋ら 2004b)、箱なし苗の欠株率が高い一因は軽いためであるといえる。苗マットの継ぎ目の連続欠株は、苗マットが軽いために上の苗マットによる押さえが効かず、苗マットの横転や変形、引きずりによって生じていることが観察された。欠株率低減のためには、苗マットを重くするか、軽量の苗マットを精度良く移植できる田植機の開発が必要と考える。これらについては総合考察で考察を加える。

## VI 総合考察

第Ⅱ章では、ハードニング種子と覆土をもみから成型マットに接着した種子付きマットを開発した。第Ⅲ章では、土壌水分を適切に保つ育苗箱の機能を、苗床にポリマルチを敷設し、覆土量を300 g~400 gにし、育苗開始時の灌水量を1.5 Lとすることで代替し、苗箱なしで育苗できることを示した。第Ⅳ章では、箱なし育苗は慣行育苗より育苗期間を4日~8日長くし、苗丈が3 cm~6 cmになったときに除覆することが適切であることを示した。また、このような適正育苗条件で育苗した箱なし苗は慣行苗より欠株率は高いものの、苗形質、生育、収量、品質は慣行苗と同等であることを示した。第Ⅴ章では箱なし育苗により、育苗開始までの作業時間が慣行育苗より短くなり、現地試験においても欠株以外は作業性に問題はないことを明らかにした。以上のように、本研究では種子付きマットを用いた箱なし育苗に関する種々の問題点を検討し、基本技術を開発した。総合考察では、本研究で開発した箱なし育苗法が緒言で指摘した慣行育苗法の問題点を解決できているか検討し、次に、今後の応用と課題について考察する。

### 1. 慣行育苗の問題点の解決

慣行苗の問題点は、重い苗を手で取り扱う作業が多いこと、忙しい春に播種作業をする必要があること、回収、洗浄、保管が負担になる育苗箱を使用することである。本研究で開発した箱なし育苗技術はこれらの問題を軽減できる。

慣行苗は灌水前でも育苗培土、育苗箱、種子の合計が約4 kgと重い。乾燥状態の種子付きマットは約1 kgである。慣行苗は播種前や播種後に育苗培土や播種した育苗箱のハンドリングが必要になるが、箱なし苗は乾燥した種子付きマットを苗床に置いて

いくだけで済み、労働負荷が小さい。育苗後の箱なし苗の重量は慣行苗の半分以下であり(表37)、従来報告されている軽量の苗の中で、ロングマット水耕苗の次に軽かった(Tasaka 1999、村上ら 2000、村上ら 2001、沼田ら 2001、小笠原・鎌田 2002、矢野・菊池 2002、高橋 2003、高橋ら 2004b)。箱なし苗技術は軽い苗を少ないハンドリングで育苗でき、育苗準備から移植までの苗や育苗資材のハンドリングの労働負荷を軽減できた。また、苗の運搬には最大積載量が350 kgである軽トラックが使われることが多いが、2.8 kg(表37)の箱なし苗なら工夫しだいで3段120枚積載できる。2段でも80枚積載できる。一方、約6 kgの慣行苗は60枚積載すると最大積載量を超える可能性がある。このように、箱なし苗は軽トラックによる苗運搬も効率的にできると考えられる。

箱なし苗は慣行苗より育苗準備の作業時間が短かった(表36)。これは種子付きマットが常温で保存できるため、工場等であらかじめ製造しておくことが可能であるからである。箱なし苗により忙しい春の時間を有効に使うことができる。この点は水稲の規模拡大や、野菜や果樹など収益性の高い作目との複合経営において有利になる。

箱なし苗の育苗期間は慣行苗より4日~8日長くすることが必要であった。移植日を慣行苗と同じにする場合は、育苗開始を慣行苗より4日~8日早くすることになる。この場合、低温に遭う危険性が高まるものの、被覆期間が慣行苗より長いので灌水が必要な期間は最大で1日しか増えず(表10 28日育苗)、むしろ短くなる場合もあった(表10 24日育苗、表13)。育苗期間延長に伴う灌水の手間は慣行苗とほぼ同じか、かえって減るといえる。ただし、被覆期間が長いとカビの発生する可能性が高まるため、被覆前の殺菌剤の散布が必要である。

箱なし苗は育苗箱を使わないため、移植後の使用済み育苗箱の回収、洗浄、保管が不要である。枠を作って育苗培土を詰める箱なし苗では(横田ら 1997)、苗箱の代わりに枠の組立、育苗後の回収、洗浄、保管が必要となる。本研究で開発した箱なし苗はそのような必要がなく、農家の負担を軽減できる。

以上、箱なし苗が実用化されれば、水稲の移植栽培の軽作業化や春の労働ピークの分散、育苗箱の取り扱いの負担軽減など、現在の移植栽培における間



題点を解決できる。このことで、水稻の移植栽培を大規模化や担い手の高齢化へ対応させることに役立つものと考えられる。

## 2. 今後の応用と課題

本研究で用いた種子付きマットは、水稻の箱なし育苗以外への応用の可能性が広がっている。ここでは2つの応用例を示す。

一つ目はロングマット苗への応用である。厚さ5 mm、長さ4 mの不織布付もみがら成型マットを用いて水稻の種子付きマットを試作し、箱なし育苗と同様に無加温平置育苗を行うことによりロングマット苗が育成できた（白土・中西 2006）。このロングマット苗は慣行苗7枚分相当で重量が12.3 kgであり、箱なし苗の約60%の重量で、非常に軽かった。欠株率は16%と高いものの、収量は慣行苗と同等であった。種子付きマットを用いることで、高価な水耕装置を導入することなく、通常のプール育苗用の苗床でロングマット苗を育成できる点が大きなメリットである。

2つ目は芝等緑化植物への応用である。センチピードグラス種子を用いた種子付きマットを使った緑化の研究が共同研究者の全農により行われている。マットを並べるだけなので施工が簡単であり、マルチ効果による雑草抑制も期待できる。使用できる土壌量に制約のある屋上緑化へも応用できる可能性がある。

一方、本研究で開発した箱なし苗には大きく2つの問題点が残されている。1つ目は苗の出芽や生育のむらであり、2つ目は欠株である。

箱なし苗の出芽や生育は苗床が均平な場合はよく揃うが、整地が不十分な場合は、部分的に出芽不良や生育不良になる場合が見られた。苗床に凹凸があると種子付きマットの水分にむらが生じるためだと思われる。第Ⅲ章で検討したように、水分は主に粗孔隙に保持されていると考えられる。そのため、苗床の高いところから低いところへ重力に従って水分が移動し易いといえる。苗の出芽や生育の安定化のためには、もみがら成型マットへ土等の微粒子を混入して毛細管に保持される水分を増加させるような改良が必要となるであろう。

もみがら成型マットへの土等の混入は苗マットの重量を増加させるが、ある程度の増加は欠株率の低減にも有効であると思われる。欠株率を低減できる苗マットの重量を検討する。沼田ら（2001）による

と、苗箱重量3.2 kgと3.5 kgでは慣行苗より欠株率が0.9%以上高かったが、4.0 kgでは0.3%高いだけであった。高橋ら（2004）の報告では、苗箱重量4.1 kg以下では慣行苗より欠株率が高い場合も低い場合もあった。小笠原・鎌田（2002）の報告では、苗箱重量4.4 kgで欠株率は0.03%と低かった。大まかにまとめると、苗箱を含めて4 kg～4.4 kg、苗マットでは3.5 kg～3.9 kgは欠株率の低減に必要と思われる。つまり、本研究の箱なし苗の重量を0.7 kg～1.1 kg増やす必要がある。土の厚さに換算すると約5 mm～7 mmに相当する（高橋ら 2004）。もみがら成型マットは厚さが15 mmであり、5 mm程度の土なら混入できる可能性はある。しかしながら、これ以上重くすると軽量化のメリットが失われてしまう。なお、覆土量を増やすことで苗マットの重量を増やすことも考えられるが、覆土は接着できる上限が500 g程度であり、500 gにすると、灌水量が多い場合には出芽不良を引き起こしたので（表7）、増量は困難であると考えられる。

軽いという箱なし苗のメリットを最大限活かすためには、軽量の苗マットでも高精度に移植できる田植機の開発が望まれる。これまで田植機の改良は植付精度の向上、自動化やノーブレイキターンなど操作性の向上、多条化や高速化、側条施肥や農薬同時散布による高能率化について行われてきた。しかし、これらの改良は苗を取り扱う補助者の労働負荷を軽減するものではなかった。予備苗のせ台を前方へ伸びるようにして、苗の補給を軽作業化する改良や疎植への対応により、苗補給の軽労化も行われてはいるものの、慣行の重い苗が前提になっていることに変わりはなく、十分とは言えない。慣行苗を対象に、苗送り機構もこれまで歯車式から、ベルト式、ベルトも短いものから長いものへと改良されてきている。軽い苗マットを確実に送るには苗送り機構のさらなる改良が必要である。苗載せ台の滑り改善や苗押さえの改善などを通して軽い苗マットを精度よく植えられる田植機の開発も可能と考える。

## 引用文献

- 1) Andoh, H.; Kobata, T. 2000. Does wetting and redrying the seed before sowing improve rice germination and emergence under low soil

- moisture conditions? Plant Prod. Sci. 3 : 161-163.
- 2) 安藤秀俊, 小葉田亨. 2002. ハードニング処理したコムギと水稲種子における乾燥土壌下での出芽およびアミラーゼ活性の促進. 日作紀 71 : 220-225.
  - 3) Basra, S. M. A.; Farooq, M.; Hafeez, K.; Ahmad, N. 2004. Osmohardening: a new technique for rice seed invigoration. Int. Rice Res. Notes 29 : 80-81.
  - 4) Basra, S. M. A.; Farooq, M.; Tabassam, R.; Ahmad, N. 2005. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). Seed Sci. Technol. 33 : 623-628.
  - 5) Basu, R. N.; Pal, P. 1980. Control of rice seed deterioration by hydration-dehydration pretreatments. Seed Sci. Technol. 8 : 151-160.
  - 6) Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell 9 : 1055-1066.
  - 7) Bray, C. M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. (Kigel, J.; Galili, G. ed., Seed Development and Germination). New York. Marcel Dekker. p.767-789.
  - 8) Farooq, M.; Basra, S. M. A.; Ahmad, N.; Hafeez, K. 2005. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. J. Integ. Plant Biol. 47 : 187-193.
  - 9) 藤井 薫, 佐々木次郎. 1993. 水稲プール育苗に関する試験. 宮城農七研報 59 : 20-67.
  - 10) 福島裕助, 松尾太, 中村晋一郎, 大賀康之. 1995. 早期水稲の平床育苗における被覆資材の適応性. 福岡農総試研報 14 : 18-21.
  - 11) 後藤雄佐, 新田洋司, 中村 聡. 2000. 育苗. (作物I〔稲作〕) (社) 全国農業改良普及協会. p.48-63.
  - 12) Hallgren, S. W. 1989. Effects of osmotic priming using aerated solutions of polyethylene glycol on germination of pine seeds. Ann. Sci. For. 46 : 31-37.
  - 13) Harris, D.; Joshi, A.; Khan, P. A.; Gothkar, P.; Sodhi, P. S. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. Exp. Agric. 35 : 15-29.
  - 14) Hilhorst, H. W. M.; Toorop, P. E. 1997. Review on dormancy, germinability, and germination in crop and weed seeds. Adv. Agron. 61 : 111-165.
  - 15) 平岡博幸, 星野孝文, 八木忠之. 1981. 床土代替資材「パルプ製育苗マット」による稚苗育苗と機械移植適性. 九州農業研究 43 : 20.
  - 16) 星 信幸, 高橋智恵子. 2002. 「もみから成型マット」の吸水特性と根上がり防止対策. 東北農業研究 55 : 19-20.
  - 17) 伊藤十四英. 1995. 乳苗で誰でも楽々小力・安定多収. (農文協編, 乳苗稲作の実際). 農文協. p.7-22.
  - 18) 河内博文. 2005. 水稲「ヒノヒカリ」の疎植栽培における欠株が生育・収量に及ぼす影響. 近中四農業研究 6 : 8-13.
  - 19) Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev. 13 : 131-181.
  - 20) 北川 寿, 白土宏之, 屋代幹雄, 小倉昭男. 2003. 水稲ロングマット水耕苗の機械移植栽培における欠株発生と収量. 日作紀 72 (別1) : 14-15.
  - 21) 北川 寿, 白土宏之, 小倉昭男, 屋代幹雄, 田坂幸平. 2004. 水稲ロングマット水耕苗の育苗・移植技術マニュアル. 中央農研研究資料 5 : 23-65.
  - 22) 金 和裕, 金田吉弘. 1997. 軽量人工床土を用いた水稲省力育苗技術. 東北農業研究 50 : 43-44.
  - 23) 桑原恵利, 末兼正倫, 中司祐典, 高橋一興, 藏重宏史. 2002. 田植機を利用したマット式水稲湛水直播システムの開発. 山口農試研報 53 : 1-13.
  - 24) Lee, S. S.; Kim, J. H.; Hong, S. B.; Kim, M. K.; Park, E. H. 1998a. Optimum water potential, temperature, and duration for priming of rice seeds. Korean J. Crop Sci. 43 : 1-5.
  - 25) Lee, S. S.; Kim, J. H.; Hong, S. B.; Yun, S. H. 1998b. Effect of humidification and hardening treatment on seed germination of rice. Korean J. Crop Sci. 43 : 157-160.
  - 26) Lee, S. S.; Kim, J. H.; Hong, S. B.; Yun, S. H.; Park, E. H. 1998c. Priming effect of rice seeds on seedling establishment under adverse soil conditions. Korean J. Crop Sci. 43 : 194-198.
  - 27) Lee, S. S.; Kim, H. 2000. Total sugars,  $\alpha$ -amylase

- activity, and germination after priming of normal and aged rice seeds. *Korean J. Crop Sci.* 45 : 108-111.
- 28) 前田博文, 松沢正知, 滝広徳男. 1972. 水稲の稚苗移植栽培における欠株の許容度について. *広島農試報告* 32 : 1-6.
- 29) 真鍋尚義, 原田皓二, 土居健一. 1989. 北部九州平坦地麦跡移植水稲の低コスト安定生産のための疎植の効果. *福岡農総試研報A* 9 : 17-22.
- 30) 丸山清明, 佐本四郎. 1977. 水稲種子の吸水性の品種間差に関する考察. *北陸作物学会報* 12 : 10-13.
- 31) 松本浩一. 2005. 水稲ロングマット水耕苗の育苗・移植技術の評価と普及実態. *農及園* 80 : 743-750.
- 32) 森重陽子, 河内博文. 2005. 株間拡大と苗かき取り量の削減が使用苗箱数と移植精度および水稲の収量に及ぼす影響. *愛媛農試研報* 39 : 10-13.
- 33) 村上 章, 金 和裕, 金田吉弘, 太田 健, 菅原修, 小林ひとみ. 2000. 軽量人工床土を用いた水稲育苗技術. *土肥誌* 71 : 893-897.
- 34) 村上 章, 戸枝一喜, 太田 健, 小林ひとみ, 藤井芳一. 2001. 爆砕糶がらを床土に用いた水稲育苗. *東北農業研究* 54 : 49-50.
- 35) 中橋富久, 中井 謙, 藤井吉隆, 高田 勇. 2003. 種子マットを利用した湛水直播技術. *滋賀農総セ農試研報* 43 : 1-6.
- 36) 中谷治夫. 1981. 田植機利用による水稲の湛水土壤中直播栽培に関する研究. *石川農試研報* 11 : 1-28.
- 37) 成田真樹, 高城哲男. 2000. 「もみがら成型マット」を利用した育苗法. *東北農業研究* 53 : 31-32.
- 38) 沼田益朗, 田近克司, 小池 潤, 伊藤純雄, 田村有希博. 2001. バーク堆肥を利用した軽量な水稲育苗用培地の開発. *土肥誌* 72 : 689-693.
- 39) 落合 宏, 林 久喜, 遠藤織太郎. 1995. 水稲種子におけるプライミング処理が低温条件下の発芽に及ぼす影響. *日作紀* 64 (別1) : 70-71.
- 40) 小笠原伸也, 鎌田易尾. 2002. 水稲中苗におけるもみがら成型マットの適用性. *東北農業研究* 55 : 21-22.
- 41) 大野高資, 杉山英治, 川崎哲郎. 2001. 水稲疎植栽培が省力・低コスト化に及ぼす影響. *愛媛農試研報* 36 : 1-5.
- 42) 大谷和彦, 菊池清人, 山口正篤. 2000. 新育苗箱を使用した水稲育苗の軽労化. *日作関東支部報* 15 : 14-15.
- 43) Pallais, N. 1989. Osmotic priming of true potato seed: effects of seed age. *Potato Res.* 32 : 235-244.
- 44) 坂田雅正, 松岡寿充, 猪野垂矢, 山岸 淳. 1993. 早期栽培における水稲乳苗機械移植栽培法. *高知農技セ研報* 2 : 55-64.
- 45) 佐々木豊, 金谷 豊, 建石邦夫. 2004. ロングマット苗移植作業の労働負担. *ファームングシステム* 5 : 59-62.
- 46) 佐竹治男, 鳥羽 清, 小松良行. 1980. 水稲機械移植用育苗における遮光性フィルムの利用に関する研究. 第1報 徳島県における遮光性フィルムの普及実態とその問題点. *日作四国支部紀事* 16 : 1-5.
- 47) Shiratsuchi, H.; Kitagawa, H.; Okada, K.; Nakanishi, K.; Suzuki, M.; Ogura, A.; Matsuzaki, M.; Yasumoto, S. 2008. Development of rice "seed-mats" consisting of hardened seeds with a cover of soil for the rice transplanter. *Plant Prod. Sci.* 11 : 108-115.
- 48) 白土宏之, 中西一泰. 2006. もみがら成型マットを利用した育苗技術の開発. *農及園* 81 : 212-217.
- 49) 白土宏之, 中西一泰, 鈴木光則, 北川 寿, 岡田謙介, 松崎守夫, 安本知子. 2008. 「種子付きマット」を用いた水稲の「箱なし育苗」に適した苗床被覆資材, 覆土量, および灌水量. *日作紀* 77 : 266-272.
- 50) 白土宏之, 北川 寿, 小倉昭男, 中西一泰, 鈴木光則. 2009. 種子付きマットを用いた水稲「箱なし苗」の作業性. *農作業研究* 44 : 21-28.
- 51) Singh, A. I.; Chatterjee, B. N. 1980. Effect of seed pretreatment on rainfed dryland rice production and on water saturation deficit in leaves. *Int. Rice Res. Newsl.* 5 : 19-20.
- 52) 鈴木富男. 2006. 水稲直播栽培の普及状況と今後の推進方向. *農業技術* 61 : 481-487.
- 53) 高橋行継. 2003. プール育苗における新育苗箱の適応性. *日作紀* 72 : 19-24.
- 54) 高橋行継, 佐藤泰史, 前原 宏, 阿部邑美. 2004a. 群馬県の水稲普通期露地育苗における平置き出

- 芽法の適用 - 被覆資材と出芽の関係について - 日作紀 73 : 253-260.
- 55) 高橋行継, 佐藤泰史, 加部 武, 栗原 清, 阿部 邑美, 吉田智彦. 2004b. 水稻育苗箱の培土量減量による軽量・低コスト化に関する検討 - 群馬県におけるプール育苗条件において - 日作紀 73 : 389-395.
- 56) 高橋行継, 吉田智彦. 2006a. 群馬県稲麦二毛作地帯における水稻育苗箱全量基肥栽培のプール育苗法に関する検討. 日作紀 75 : 119-125.
- 57) 高橋行継, 吉田智彦. 2006b. 群馬県稲作農家の低コスト・省力化技術導入に対する評価と意識及び普及に関する調査. 日作紀 75 : 542-549.
- 58) Tasaka, K. 1999. Raising and transplanting technology for long mat with hydroponically grown rice seedlings. JARQ 33 : 31-37.
- 59) 寺島一男. 2002. イネ (水稻、陸稻) 栽培, 管理, 収穫. (日本作物学会編, 作物学事典). 朝倉書店. p.304-319.
- 60) 梅本 雅. 1992. 稲作における規模の経済性. 東北農試研報 84 : 113-132.
- 61) 梅本 雅. 1993. 稲作コストダウンのための技術的課題と乳苗移植の経営的評価 (1). 農業技術 48 : 304-307.
- 62) 渡邊 肇, 佐々木倫太郎, 関口 道, 鈴木和美, 三枝正彦. 2005. 耕起側条施肥栽培及び不耕起栽培における欠株が水稻の生育・収量に及ぼす影響. 日作東北支部報 48 : 43-44.
- 63) Welbaum, G. E.; Shen, Z.; Oluoch, M. O.; Jett, L. W. 1998. The evolution and effects of priming vegetable seeds. Seed Technol. 20 : 209-235.
- 64) 山内 稔. 2002. 水稻の活性化種子の製造と湛水直播における利用. 日作紀 71 (別1) : 152-153.
- 65) 矢野真二, 菊池栄一. 2002. 水稻育苗用「もみがら成型マット」の育苗技術. 東北農業研究 55 : 23-24.
- 66) 横田喜尚, 千葉準三, 大泉眞由美, 藤井 薫. 1997. 水稻箱なし育苗 第1報 播種床の開発. 東北農業研究 50 : 41-42.
- 67) 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, 浅野目謙之, 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稻の登熟特性と収量・品質関連形質. 東北農研研報 109 : 41-82.

東北農業研究センター研究報告 第115号

---

平成25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

---





