

**BULLETIN
OF THE
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
FOR TOHOKU REGION**

Tohoku Nogyo Kenkyu Center Kenkyu Hokoku
No.100, March 2002

独立行政法人 農業技術研究機構

**東北農業研究センター
研究報告**



独立行政法人 農業技術研究機構

東北農業研究センター

岩手県盛岡市

**National Agricultural Research Center
for Tohoku Region**

National Agricultural 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100号

所長 杉 信 賢 一

編集委員会

編集委員長	八 卷	正					
編集委員	武 政	正 明	川 上	秀 和			
	榊 原	充 隆	山 守	誠			
	住 田	弘 一	小 柳	敦 史			
	渡 邊	彰	田 村	良 文			

BULLETIN OF THE
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
FOR TOHOKU REGION

No. 100

Director General
Kenichi SUGINOBU

Editorial Board

Editor
Tadashi YAMAKI

Associate Editors

Masaaki TAKEMASA	Hidekazu KAWAKAMI
Mitsutaka SAKAKIBARA	Makoto YAMAMORI
Hirokazu SUMIDA	Atsusi OYANAGI
Akira WATANABE	Yoshifumi TAMURA

東北農業研究センター研究報告 第100号 (平成14年3月)

目 次

高製めん適性、早生・多収の小麦新品種「ネバリゴシ」の育成 吉川 亮・中村 和弘・伊藤美環子・星野 次汪・伊藤 誠治 八田 浩一・田野崎眞吾・谷口 義則・佐藤 暁子・中村 洋	1- 26
低アミロース米良食味品種「シルキーパール」の育成 滝田 正・東 正昭・横上 晴都・片岡 知守・加藤 浩 山口 誠之・田村 泰章・小綿 寿志・小山田善三・春原 嘉弘	27- 39
胴割れ米発生の品種間差異と関連形質および遺伝 滝田 正	41- 48
寒冷地灰色低地土水田における堆肥長期連用試験からみた化成肥料及び 堆肥中の窒素の行方 住田 弘一・加藤 直人・西田 瑞彦	49- 59
黒毛和種及び日本短角種の乳量及び乳成分の変化 新宮 博行・甫立 孝一・櫛引 史郎・上田 靖子・渡辺 彰 松本 光人	61- 66
画像解析によるカット牛肉の水分、粗タンパク質および粗脂肪重量の高精度な推定 米丸 淳一・上田 靖子・川手 督也・渡邊 彰・篠田 満	67- 73
ヘラオオバコ (<i>Plantago lanceolata</i> L.) の機能性成分蓄積に及ぼす生育季節、 気象と栽培要因の影響ならびに遺伝的変異 田村 良文	75- 92
研究資料	
東北農研センターにおける稲育種および日本における稲品種普及システム 滝田 正・Renand O. Solis	93-117

BULLETIN OF THE
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
FOR TOHOKU REGION
No. 100 (March 2002)

CONTENTS

- YOSHIKAWA, R., NAKAMURA, K., ITO, M., HOSHINO T.,
ITO, S., HATTA, K., TANOSAKI, S., TANIGUCHI, Y., SATO A.,
and NAKAMURA, H. :
Breeding of a New Wheat Cultivar "Nebarigoshi" with Good
Noodle-Making Quality, Early Maturing and High Yielding 1- 26
- TAKITA, T., HIGASHI, T., YOKOGAMI, N., KATAOKA, T.,
KATO, H., YAMAGUCHI, M., TAMURA, Y., KOWATA, H.,
OYAMADA, Z. and SUNOHARA, Y. :
Breeding of a New Rice Cultivar with Low Amylose Content
"Silky-pearl" 27- 39
- TAKITA, T. :
Varietal Differences, Relative Traits and Inheritances of
Crack Formation in Rice 41- 48
- SUMIDA, H., KATO, N. and NISHIDA, M. :
Fate of fertilizer nitrogen and compost nitrogen in long-term
experiments on gray lowland soil in a cool region 49- 59
- SHINGU, H., HODATE, K., KUSHIBIKI, S., UEDA, Y.,
WATANABE, A. and MATSUMOTO, M. :
Profiles of Milk Yield and Milk Composition in Lactating Japanese Black
and Japanese Shorthorn Cows 61- 66
- YONEMARU, J., UEDA, Y., KAWATE, T., WATANABE, A.
and SHINODA, M. :
Precise estimation of moisture, crude protein and crude fat content of
beef cuts by image analysis 67- 73
- TAMURA, Y. :
Environmental changes and genetic variation of accumulation of
bioactive compounds in Plantain (*Plantago lanceolata* L.) 75- 92
- Note**
- TAKITA, T. and Renando O. S. :
Rice Breeding at the National Agricultural Research Center for
the Tohoku Region (NARCT) and Rice Varietal Recommendation
Process in Japan 93-117

高製めん適性、早生・多収の小麦新品種「ネバリゴシ」の育成

吉川 亮^{*1)}・中村 和弘^{*1)}・伊藤美環子^{*1)}・星野 次汪^{*2)}・伊藤 誠治^{*3)}
八田 浩一^{*4)}・田野崎真吾^{*5)}・谷口 義則^{*6)}・佐藤 暁子^{*5)}・中村 洋^{*1)}

抄録：「ネバリゴシ」は、1987年度、東北農業試験場（現 東北農業研究センター）において、早生、低アミロースでめんの食感が優れた「関東107号」を母とし、耐寒雪性が強く、赤さび病抵抗性で製めん適性が優れた「チホクコムギ」を父として人工交配を行い、雑種第3代（1990年度）において半数体育種法（トウモロコシ法）により半数体倍加系統を育成して、その後代から育成された品種である。

本品種は標準品種の「キタカミコムギ」に比較して、次のような特徴をもつ。播性はVで、出穂期で3日、成熟期で5日程度早い、「ナンプコムギ」並の早生種である。稈長は短く、穂長はやや短い、穂数は多い。耐寒雪性と耐倒伏性はやや強く、穂発芽性は難である。赤さび病と縮萎縮病に強く、赤かび病は中で同程度である。うどんこ病にはやや弱い。多収で、リットル重はやや大きい、千粒重はやや小さい。やや円粒で外観品質は優れる。製粉性は同程度である。粉の蛋白含量はやや高く、アミロース含量が低い。粉の白さ、明るさはともにやや低い。アミログラムの最高粘度は高く、ブレイクダウンが大きい。また、食塩水アミログラム（澱粉糊化特性）の最高粘度も高く、ブレイクダウンも大きい。製めん適性は、めん色は同程度であるが、食感のうち特に粘弾性、なめらかさが優れ、官能評価の合計点が高い。製パン適性は「ココキコムギ」よりやや劣るが、「ナンプコムギ」と同程度である。また、パン用品種とのブレンドにより製パン性の向上が期待できる。

「ネバリゴシ」の適応地帯は東北地域の根雪期間が110日以下の平坦地である。栽培上の注意点としては、うどんこ病にやや弱いので、適期防除に努める。

「ネバリゴシ」は2000年度に、青森、岩手、秋田及び山形の各県で奨励品種に採用された。

キーワード：小麦新品種、ネバリゴシ、早生・多収、難穂発芽性、赤さび病抵抗性、良質、高製めん適性

Breeding of a New Wheat Cultivar "Nebarigoshi" with Good Noodle-Making Quality, Early Maturing and High Yielding : Ryo YOSHIKAWA^{*1)}, Kazuhiro NAKAMURA^{*1)}, Miwako ITO^{*1)}, Tsuguhiko HOSHINO^{*2)}, Seiji ITO^{*3)}, Kouichi IATTA^{*4)}, Shingo TANOSAKI^{*5)}, Yoshinori TANIGUCHI^{*6)}, Akiko SATO^{*5)} and Hiro NAKAMURA^{*7)}

Abstract : A new wheat cultivar "Nebarigoshi" was developed at the Tohoku National Agricultural Experiment Station (Morioka city, Iwate Prefecture, Japan) in 2000. "Nebarigoshi" was selected from double haploid lines of the cross of "Kanto 107" / "Chihokukomugi", aiming at a new cultivar with early maturing, high yielding, pre-harvest sprouting resistance, leaf rust resistance and good noodle-making quality. A promising line was named "Tohoku 206" in the DH6 generation to be submitted to local adaptability trials at various locations. "Tohoku 206" was registered at "Wheat Norin

*1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan)

*2) 現・作物研究所 (National Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki, 305-8518, Japan)

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

*4) 現・九州沖縄農業研究センター (National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, Chikugo, Fukuoka, 833-0041, Japan)

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

*6) 現・栃木県農業試験場栃木分場 (Tochigi Branch, Tochigi Prefectural Agricultural Experiment Station, Tochigi, Tochigi, 328-0007, Japan)

2002年1月16日受付, 2002年3月25日受理

152” by the MAFF and named “Nebarigoshi” in 2000. “Nebarigoshi” was released in Aomori Prefecture, Iwate Prefecture, Akita Prefecture and Yamagata Prefecture as a recommended cultivar in 2000.

“Nebarigoshi” is characterized by early maturing, high yielding, good inspection grade, low amylose content of wheat flour and good noodle-making quality compared with the leading cultivar “Kitakamikomugi”. In addition, “Nebarigoshi” has moderate cold and snow resistance, pre-harvest sprouting resistance, leaf rust resistance and wheat yellow mosaic resistance. Judging from the characteristics of “Nebarigoshi”, it will be adapted to the plains with less than 110 days of continuous snow cover in the Tohoku and Hokuriku regions of Japan.

Key Words : New wheat cultivar, Nebarigoshi, Early maturing, High yielding, Pre-harvest sprouting resistance, Leaf rust resistance, Good noodle-making quality

I はじめに

「水田利用再編対策」以降、東北地域の小麦は水田転作を中心に作付けされてきたため、水稲の豊凶により小麦の作付面積の増減が大きかった。過去15年間で最も作付け面積が多かったのは1989年産で11,800haあったが、1993年の冷夏による水稲の不作により、1994年には2,840haまで激減した。その後、政府の施策により面積が回復し、2001年産では6,942haとなっているが、まだ1989年の水準には達していない。しかし、小麦は東北においても、大豆、ソバと同様に土地利用型作物として重要な位置を占めている。

1998年に「新たな麦政策大綱」が閣議決定され、2000年6月以降に生産された麦は、政府買い取りから、製粉会社買い取りによる民間流通に移行することが決定された。民間流通への移行に伴い、実需者のニーズに即した麦生産が急務となったため、1998年8月に各地域農試では「麦緊急開発の実行計画」を策定し、1999年度から国公立試験研究機関、大学、実需者などの連携の下、高品質麦の安定生産のための新品種と栽培技術の開発、用途開発・利用技術の開発を進め、新品種の普及を図るための「麦品種緊急開発」プロジェクト(吉田ら 1999)が開始された。また、1999年7月には、「食料・農業・農村基本法」が制定され、「基本計画」で自給率向上を目指した麦・大豆振興が位置づけられ、転作を越えた麦の本格的生産、すなわち本作化が収益性の高い水田農業を維持していくために重要になってきている。

こうした状況の中、東北地域では水田転作におけ

る本作化を可能にする高品質・安定多収の小麦品種の作付が必要である。しかし、北東北各県で長年栽培されてきた基幹品種の「キタカミコムギ」は、晩生で耐寒雪性・耐倒伏性が不十分で、穂発芽や黒かび粒が発生しやすいことが、同じく基幹品種の「ナンブコムギ」は長稈で耐倒伏性が弱く、低収で縞萎縮病・赤さび病に弱いことが問題となっている。また、秋田県奨励品種の「あきたっこ」は赤さび病に弱いため収量・品質が不安定であることが問題となっている(吉川 2001)。東北の実需者からは、「キタカミコムギ」と「あきたっこ」は、蛋白含量が低く製めん適性が劣ることが指摘されている。このため、これらの品種より早生・安定多収で、耐穂発芽性、赤さび病抵抗性が強く、製めん適性の優れた小麦品種の育成と早期普及が求められている。2000年度に東北農業試験場(現 東北農業研究センター)で育成しためん用小麦新品種「ネバリゴシ」は、これらの特性を合わせ持つため、多雪地帯の青森、岩手、秋田及び山形各県における今後の早期普及に大きな期待が寄せられている。そこで、本品種の育成経過、特性及び採用県における試験成績等について報告する。

本品種の育成にあたり、適応性検定試験、特性検定試験及び奨励品種決定調査については関係各県農業試験場の担当者各位、現地試験については関係各県農業改良普及センターの担当者各位の多大な御協力をいただいた。

育成を進める上では、東北農業試験場企画連絡室業務第1科職員の佐々木昭吉、武蔵マサ、小木田俊幸、斉藤幸次郎、広田雅昭、関村良蔵、木村力也、

斎藤文隆，藤沢敏彦，古澤久男，谷藤彰及び齋藤真一が圃場管理及び製粉・品質・製めん試験に従事した。また，多くの臨時職員が圃場管理補助，研究補助として従事した。前作物開発部長の番場宏治，酒井真次の諸氏からは多くの御助言・御指導をいただいた。品質評価では，東北製粉協同組合，東北の製粉各社及び食品総合研究所穀類利用研究室の御協力を得た。これらの方々に深甚の謝意を表する。

II 育種目標及び交配組合せ

育種目標は，早生（ナンブコムギ並），耐寒雪性，難穂発芽性，赤さび病・縞萎縮病抵抗性，安定多収，外観品質良及び高製めん適性（特にゆでめんの粘弾性・なめらかさが良）とした。1987年度（1988年5月），東北農業試験場（現 東北農業研究センター）において，早生，短強稈，縞萎縮病抵抗性，難穂発芽性で，小麦粉のアミロース含量が低く，ゆでめんの粘弾性・なめらかさが優れた「関東107号」を母とし，極晩生，耐寒雪性，赤さび病抵抗性で，アミロース含量がやや低く製めん適性が優れた「チホクコムギ」を父として，人工交配を行った（表1，図1）。以後，系統育種法及び半数体育種法により，選抜・固定を図ってきたものである。

III 育成経過

選抜経過は表2に示した。各世代の概略は次のとおりである。

交配（1987年度）：関東107号／チホクコムギの組み合わせの人工交配を行い，38粒の交配種子を得た。

F₁世代（1988年度）：38個体を栽植し，F₁植物を養成した。

F₂世代（1989年度）：1粒点播して3000個体を養成し，早生で立毛（草姿）の良い34個体を選抜した。

F₃世代（1990年度）：34の単独系統を養成した。その系統の内，耐寒雪性が強く，中生，短稈の系統番号F3-6（盛系B-8139）を母親に用いて，冬期に温室においてトウモロコシ花粉を人工授粉し，半数体育種法（トウモロコシ法）⁴⁾により10個体の半数体倍加系統（半数体倍加第1代（DH1））を作出した。

DH2世代（1991年度）：種子増殖を図るため，5系統を温室で養成し，4系統を選抜した。

DH3世代（1992年度）：4系統に盛系B-D9430，盛系B-D9431，盛系B-D9432及び盛系B-D9433の系

統名を付け，圃場で1粒点播して単独系統を養成した。早生で，穂数が多く倒伏が少なく立毛の良好な盛系B-D9431，盛系B-D9433の2系統を選抜し，各系統から10個体選抜した。

DH4世代（1993年度）：1粒点播の慣行栽培で2系統群・10系統を養成し，2系統群・2系統を選抜した。また，生産力検定予備試験で編入して生産力及び品質を調査した。また，青森県畑作園芸試験場，福島県農業試験場及び石川県農業総合試験場における系統適応性検定試験に配付して地域適応性を検討するとともに，岩手県立農業試験場の特性検定試験（耐寒雪性）に配付した。

DH5世代（1994年度）：2系統群・10系統を養成し，2系統群・2系統を選抜した。また，生産力検定試験の条播標準播栽培に供試して生産力及び品質を調査するとともに上記3場所の系統適応性検定試験，岩手県立農業試験場の特性検定試験（耐寒雪性）にそれぞれ配付した。

DH6～DH10世代（1995～1998年度）：上記の試験から良好な成績が得られた盛系B-D9431に「東北206号」の地方番号系統名を付け，東北・北陸各県の14の農業試験場及び岐阜県高冷地農業試験場の奨励品種決定調査に配付した。また，系統・個体選抜を行うとともに，生産力検定試験の条播標準栽培及びドリル播栽培において生産力及び品質を調査した。さらに，北海道立上川農業試験場（耐雪性），新潟農業総合研究所（耐雪性），岩手県農業研究センター（耐寒雪性）及び長野県中信農業試験場（凍上抵抗性）のそれぞれの特性検定試験に配付した。

DH11世代（1999年度）：青森県と秋田県で良好な成績が得られたので，命名登録を行い，2000年2月に小麦農林152号「ネバリゴシ」と命名された。2000年3月までに青森，岩手，秋田及び山形の4県で奨励品種に採用された。

IV 特性概要

種苗特性分類調査報告書（農林水産技術情報協会1998）の基準による形態的特性，生態的特性及び品質特性の概要を表3に示す。その特性概要は次のとおりである。

1. 形態的特性

叢性は“やや匍匐”，株の開閉は“中”，稈長は“やや短”である。稈の細太は“中”，稈のワックスの多少は“かなり少”である。葉色は“やや淡”，

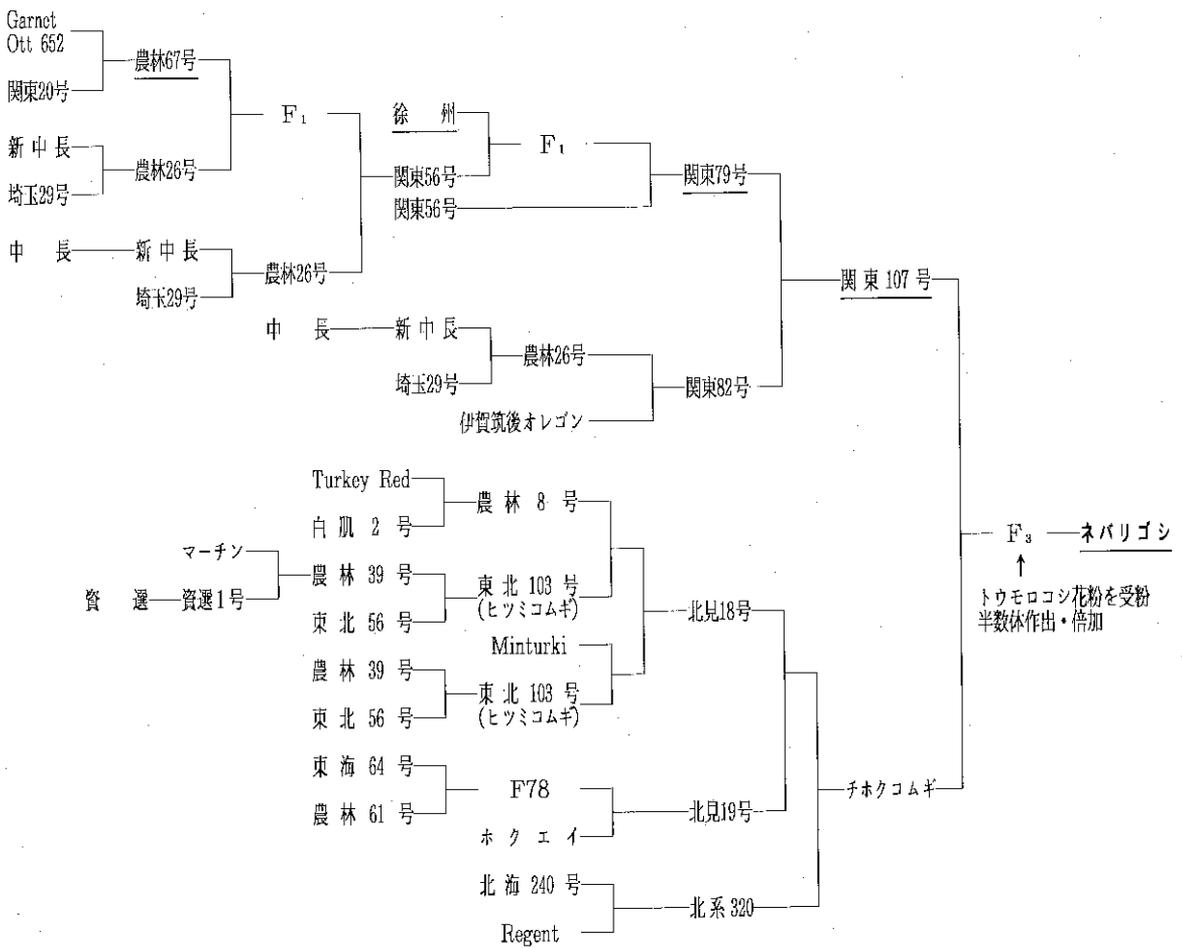


図1 「ネバリゴシ」の系譜図
 注. アンダーラインを引いた品種・系統は低アミロースの特性をもつ。

表1 ネバリゴシと両親の特性

(形態的特性)													
系統名 品種名	叢性	葉色	株の 開閉	稈長	穂長	穂型	ふ色	粒の 大小	粒の色	千粒重			
(母)関東107号	やや直立	中	やや開	短	やや短	紡錘状	淡黄	やや小	褐	やや小			
(父)チホクコムギ	匍匐	やや淡	やや閉	やや短	やや短	棒状	淡黄	やや小	黄褐	やや小			
ネバリゴシ	やや匍匐	やや淡	中	やや短	やや短	紡錘状	淡黄	やや小	黄褐	やや小			
(生態的特性)													
系統名 品種名	播性 程度	茎立性	出穂期	成熟期	穂発 芽性	耐倒 伏性	耐寒性	耐雪性	粒質	縮萎縮 病抵抗 性	うどん こ病抵 抗性	赤かび 病抵抗 性	赤さび 病抵抗 性
(母)関東107号	II	早	早	早	難	やや強	弱	弱	粉状質	強	やや弱	やや弱	やや弱
(父)チホクコムギ	VI	晩	晩	晩	やや易	やや強	やや強	中	粉状質	やや弱	中	中	強
ネバリゴシ	V	中	中	やや早	難	やや強	やや強	中	粉状質	強	やや弱	中	強
(品質特性)													
系統名 品種名	アミロース 含量	アミログラム		めん色	めんの食感								
		最高粘度	ブレイクダウン		粘弾性	なめらかさ							
(母)関東107号	少	大	大	やや不良	良	良							
(父)チホクコムギ	やや少	中	やや大	中	やや良	やや良							
ネバリゴシ	少	大	大	中	良	良							

表2 選抜経過

播種年度	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
世代	交配	F ₁	F ₂	F ₃ , DH ₁	DH ₂	DH ₃	DH ₄	DH ₅	DH ₆	DH ₇	DH ₈	DH ₉	DH ₁₀
系統群数				半数体育種法				2	2	2	1	1	1
供試系統数	38粒	38 個体	3000 個体	F3-6/トウモロコシ 交配数 4126		5	4	10	10	17	10	27	18
系統群数								2	1	1	1	1	1
選抜系統数				半数体 個体数	110	4	2	2	2	1	1	1	1
個体数			34	半数体倍 加系統数	10		10	10	17	10	20	27	18
生産力 予備試験 検定本試験								条播標準播					
								条播標準播	条播標準播	条播標準播	条播標準播	条播標準播	条播標準播
特性検定試験								ドリル播	ドリル播	ドリル播	ドリル播	ドリル播	ドリル播
系統適応性検定試験							3	3	5	8	9	9	10
奨励品種決定調査									11	14	11	14	14
備考	盛交 B-328		点播	トウモロコシ法 による半数体育 種により，冬期 に温室でF3-6に トウモロコシ花 粉を受粉し，半 数体，半数体倍 加系統を作出	温室 栽培	盛系B-D 9430	盛系B-D 9431	盛系B-D 9431	東北 206号 (盛系B-D 9431)				

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”，穂長は“やや短”，粒着の疎密は“中”，穂の抽出度は“中”，穂のワックスの多少は“かなり少”である。芒の有無と多少は“無～極少”，芒長は“極短”，ふ色は“淡黄”である。粒の形は“やや円”，粒の大小は“やや小”，粒の色は“黄褐色”である。千粒重は“やや小”で，“キタカミコムギ”よりやや小さい。容積重は“やや大”で，“キタカミコムギ”と同程度である。原麦粒の見かけの品質は“上下”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」よりやや優る。

2. 生態的特性

播性程度は“V”の秋播型，莖立性は“中”である。出穂期は“中”，成熟期は“やや早”で，成熟期は「ナンブコムギ」と同程度である。耐雪性は“やや強”，耐寒性は“中”で，いずれも「ナンブコムギ」よりやや弱い，「キタカミコムギ」よりやや強い。耐倒伏性は“やや強”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」より強い。穂発芽性は“難”で「ナンブコムギ」と同程度で，“キタカミコムギ”より優る。縞萎縮病抵抗性は“強”で，“キタカミ

コムギ」，「ナンブコムギ」より強い。赤かび病抵抗性は“中”，うどんこ病抵抗性は“やや弱”である。赤さび病抵抗性は“強”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」より強い。収量性は“やや多”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」より優る。

3. 品質特性

粒の硬軟は“やや軟”，粒質は“粉状質”である。原麦の粗蛋白質含量は“中”，灰分含量は“やや少”である。うるち・もちの別は“うるち”である。製粉歩留は“中”で，“キタカミコムギ”と同程度で「ナンブコムギ」より優る。ミリングスコアは“中”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」と同程度である。60%粉粗蛋白質含量は“中”で，“キタカミコムギ”よりやや高く，“ナンブコムギ”より低い。60%粉灰分含量は“中”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」と同程度である。60%粉アミロース含量は“少”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」より少ない。粉の白さは“やや低”で，“ナンブコムギ”と同程度である。粉の明るさは“中”で，“キタカミコムギ”，「ナンブコムギ」よりやや低い。粉の色づきは“やや高”である。吸水率は“やや低”で，“キタカミコムギ”と同程度である。

表3 特性概要 (形態的特性・生態的特性・品質特性)

形質番号	形 質	ネバリゴシ		キタカミコムギ		ナンブコムギ	
		階級(状態・区分)		階級(状態・区分)		階級(状態・区分)	
1-1	叢 性	6	(やや葡伏)	5	(中)	7	(葡伏)
1-2	株の開閉	5	(中)	5	(中)	5	(中)
1-3	鞘葉の色	1	(無)	1	(無)	1	(無)
2-4	稈 長	4	(やや短)	7	(長)	6	(やや長)
2-5	稈の細太	5	(中)	5	(中)	4	(やや細)
2-6	稈の剛柔	5	(中)	5	(中)	4	(やや柔)
2-7	稈のワックスの多少	2	(かなり少)	3	(少)	5	(中)
3-8	葉 色	4	(やや淡)	6	(やや濃)	5	(中)
3-9	葉鞘のワックスの多少	3	(少)	3	(少)	5	(中)
3-10	葉鞘の毛の有無・多少	1	(無～極少)	1	(無～極少)	1	(無～極少)
3-11	葉身の下垂度	5	(中)	5	(中)	6	(やや大)
3-12	フレッケンの有無・多少	2	(かなり少)	6	(やや多)	2	(かなり少)
4-13	穂 型	2	(紡錘状)	3	(棒状)	1	(錐状)
4-14	穂 長	4	(やや短)	5	(中)	6	(やや長)
4-15	粒着の疎密	5	(中)	6	(やや密)	4	(やや疎)
4-16	穂の抽出度	5	(中)	6	(やや長)	5	(中)
4-17	穂のワックスの多少	2	(かなり少)	3	(少)	3	(少)
4-18	ふ毛の有無	1	(無)	1	(無)	1	(無)
4-19	蒴 の 色	1	(黄)	1	(黄)	1	(黄)
5-20	芒の有無とその多少	1	(無～極少)	7	(多)	2	(極少)
5-21	芒 長	2	(極短)	6	(やや長)	2	(極短)
6-22	ふ の 色	1	(淡黄)	2	(黄)	5	(赤褐)
7-23	粒 の 形	4	(やや円)	5	(中)	6	(やや長)
7-24	粒の大小	4	(やや小)	5	(中)	6	(やや大)
7-25	粒 の 色	3	(黄褐)	3	(黄褐)	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	4	(やや小)	5	(中)	6	(やや大)
9-29	容積重	6	(やや大)	6	(やや大)	7	(大)
10-30	原麦粒の見かけの品質	7	(上の中)	5	(中の中)	6	(中の上)
11-31	粗蛋白質含量	5	(中)	4	(やや少)	6	(やや多)
11-32	灰分含量	4	(やや少)	5	(中)	5	(中)
12-33	うるち・もちの別	1	(うるち)	1	(うるち)	1	(うるち)
13-34	播性の程度	5	(V)	5	(V)	5	(V)
14-35	茎立性	5	(中)	5	(中)	4	(やや早)
15-36	出穂期	5	(中)	6	(やや晩)	4	(やや早)
15-37	成熟期	4	(やや早)	6	(やや晩)	4	(やや早)
16-38	遺伝子雄性不稔の有無	1	(無)	1	(無)	1	(無)
17-41	耐寒性	6	(やや強)	4	(やや弱)	7	(強)
17-42	耐雪性	5	(中)	4	(やや弱)	6	(やや強)
17-44	耐凍上性	5	(中)	4	(やや弱)	7	(強)
18-45	耐倒伏性	6	(やや強)	5	(中)	3	(弱)
19-46	穂発芽性	7	(難)	4	(やや易)	7	(難)
20-47	脱粒性	5	(中)	4	(やや易)	6	(やや難)
21-48	収量性	6	(やや多)	5	(中)	4	(やや少)
22-49	粒の硬軟	4	(やや軟)	4	(やや軟)	5	(中間)
22-50	粒 質	1	(粉状質)	1	(粉状質)	1	(中間質)
22-51	製粉歩留	5	(中)	5	(中)	4	(やや低)
22-52	ミリングスコア	5	(中)	5	(中)	5	(中)
22-53	60%粉粗蛋白質含量	5	(中)	4	(やや少)	6	(やや多)
22-54	60%粉灰分含量	5	(中)	5	(中)	5	(中)
22-55	60%粉アミロース含量	3	(少)	5	(中)	5	(中)
22-56	粉の白さ	4	(やや低)	6	(やや高)	4	(やや低)
22-57	粉の明るさ	5	(中)	6	(やや高)	6	(やや高)
22-58	粉の色づき	6	(やや高)	5	(中)	7	(中)
22-59	粉の明度	5	(中)	6	(やや高)	4	(やや低)
22-60	粉の赤色み	6	(やや高)	5	(中)	7	(高)
22-61	粉の黄色み	6	(やや高)	5	(中)	7	(高)
22-62	吸水率	4	(やや低)	4	(やや低)	4	(やや低)
22-63	バリリメーター・バリュー	4	(やや低)	4	(やや低)	5	(中)
22-64	生地の力の程度	6	(やや大)	6	(やや大)	5	(中)
22-65	生地の伸張抵抗	4	(やや弱)	5	(中)	4	(やや弱)
22-66	生地の伸張度	6	(やや長)	5	(中)	5	(中)
22-67	生地の形状係数	4	(やや小)	5	(中)	5	(中)
22-68	最高粘度	7	(大)	4	(やや小)	6	(やや大)
22-69	ブレークダウン	7	(大)	4	(やや小)	5	(中)
23-70	縞萎縮病抵抗性	7	(強)	5	(中)	3	(弱)
23-71	赤かび病抵抗性	5	(中)	5	(中)	4	(やや強)
23-72	うどんこ病抵抗性	4	(やや弱)	5	(中)	4	(やや強)
23-73	赤さび病抵抗性	7	(強)	5	(中)	4	(やや弱)

注. 種苗特性分類調査報告書小麦の種苗特性分類調査(小麦)の審査基準⁷⁾による。

表4 生育調査成績（育成地）

栽培 様式	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 程度	寒雪 害	凍上 害	縞萎 縮病	うどん こ病	赤さび 病	赤かび 病	フレッ ケン	立毛 評価
条播 標準 播	ネバリゴシ	5.23	7.06	83	8.6	364	1.4	1.7	0.5	0.2	2.9	0.3	0.8	1.2	5.8
	標)キタカミコムギ	5.26	7.11	95	8.8	349	2.0	2.0	1.0	1.3	1.5	1.3	1.0	2.7	6.0
	比)ナンブコムギ	5.23	7.08	85	10.2	354	2.4	1.9	1.0	2.9	1.4	2.1	0.7	0.2	3.2
ドリル 播	ネバリゴシ	5.23	7.06	88	8.6	612	1.1	1.4	1.1	0.7	1.8	0.3	0.7	1.0	5.0
	標)キタカミコムギ	5.25	7.12	100	9.5	544	1.3	1.6	1.3	0.9	1.1	1.5	0.5	3.9	6.0
	比)ナンブコムギ	5.23	7.08	91	10.3	517	2.5	1.5	1.2	2.9	0.5	1.2	0.5	0.7	4.0

注. 1)：条播標準播は1993～1999年度の7カ年平均値，ドリル播は1994～1999年度の6カ年平均値。
 2)：品種名の標は標準品種，比は比較品種を示す（以下の表も同じ）。
 2)：倒伏程度，寒雪害，凍上害及び病害は0（無）～5（甚）で判定。
 3)：フレッケンは，出穂後の葉に小さい淡黄色の斑点が多数生じる生理障害で，0（無）～5（甚）により判定。
 4)：立毛評価は，登熟後期における穂数・倒伏の多少，穂長，穂揃いの良否，病害発生を総合的に観察判定し，10（良）～1（不良）で評価。

表5 収穫物調査成績（育成地）

栽培 様式	品種名	子実重 (kg/a)	同左標 準比率 (%)	リット ル重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質	粒大	粒色	粒形	粒質	粒溝 深淺	赤か び粒
条播 標準 播	ネバリゴシ	35.7	108	781	33.6	3.6	中	黄褐	やや円	粉状質	中	0.3
	標)キタカミコムギ	33.0	100	771	36.0	4.8	中	赤褐-褐	中-やや円	中間質	中	0.7
	比)ナンブコムギ	22.6	68	772	37.8	4.9	中-やや大	赤褐-褐	中	中間質	中-やや深	0.5
ドリル 播	ネバリゴシ	44.2	107	764	32.8	4.2	やや小	黄褐	やや円	粉状-中間	中	0.3
	標)キタカミコムギ	41.5	100	761	33.6	4.8	中	赤褐	中-やや円	中間質	中	0.6
	比)ナンブコムギ	28.7	69	773	38.7	4.7	中-やや大	褐	中-やや長	中間質	中	0.7

注. 1)：条播標準播は1993～1999年度の7カ年平均値，ドリル播は1994～1999年度の6カ年平均値。
 2)：外観品質は1（上上）～9（下下），赤かび粒（赤かび病に罹病した粒の混入程度）は0（無）～5（甚）により判定。
 3)：ナンブコムギは縞萎縮病の多発ため低収となっている。

バリロメーター・バリューは“やや低”で、「キタカミコムギ」と同程度である。生地の力の程度は“やや大”で、「キタカミコムギ」と同程度である。生地の伸長抵抗は“やや弱”，伸長度は“やや長”で，生地の形状係数は“やや小”である。アミログラムの最高粘度及びブレークダウンはいずれも“大”で、「キタカミコムギ」，「ナンブコムギ」より大きい。めんの粘弾性・なめらかさが「キタカミコムギ」，「ナンブコムギ」より優り，製めん適性はやや高い。

V 育成地における試験成績

1. 生育調査成績及び収穫物調査成績

生産力検定試験における生育調査の結果を表4に示した。「ネバリゴシ」は，「キタカミコムギ」より出穂期は2～3日，成熟期は5～6日早かった。「ナンブコムギ」と比べた場合，出穂期は同じであ

るが，成熟期が2日早い。これは，「ナンブコムギ」に縞萎縮病が毎年多発したために出穂期及び成熟期がやや遅延したためで，「ナンブコムギ」に縞萎縮病が発生しない場合は，「ネバリゴシ」の出穂期は「ナンブコムギ」より遅く，成熟期は両品種ではほぼ同じであると思われる。稈長は「キタカミコムギ」より平均12cm短く，「ナンブコムギ」より2～3cm短かった。穂長は「キタカミコムギ」よりやや短く，「ナンブコムギ」より短かった。穂数は「キタカミコムギ」，「ナンブコムギ」より条播標準播でやや多い程度であるが，ドリル播では多かった。倒伏は「キタカミコムギ」，「ナンブコムギ」より少なかった。寒雪害は「キタカミコムギ」，「ナンブコムギ」よりやや少なかった。縞萎縮病の発生は「キタカミコムギ」，「ナンブコムギ」より少なかったが，うどんこ病の発生は多かった。赤さび病の発生は「キタ

表6 製粉及び品質試験成績 (育成地)

栽培 様式	品種名	原粒		製粉試験								60%粉						
		灰分 含量 (%)	蛋白 含量 (%)	製 粉 歩 留 (%)	B M 率 (%)	セ モ リ ナ 成 率 (%)	セ モ リ ナ 粉 碎 率 (%)	ス ト レ ー ト 粉 分 率 (%)	ミ リ ン グ ス コ ア	灰 分 移 行 率 (%)	灰 分 含 量 (%)	蛋白 含量 (%)	ア ミ ロ ー ス 含 量 (%)	セ テ ン ン 含 量 (ml)	比 表 面 積 (cm ² /g)	反射率		
																R455 (%)	R554 (%)	D455- D554 (%)
条播 標準 播	ネバリゴシ	1.30	13.1	67.5	48.0	60.4	75.7	0.46	79.6	42.3	0.44	11.8	22.3	38.7	3074	49.9	64.3	0.111
	標)キタカミコムギ	1.41	12.1	68.7	48.7	59.5	77.8	0.45	81.5	46.4	0.40	11.2	28.1	40.5	2770	52.7	65.6	0.095
	比)ナンブコムギ	1.53	13.7	63.7	55.3	56.7	72.4	0.46	75.9	44.3	0.43	13.2	25.9	43.4	3364	49.2	64.4	0.117
	比)コユキコムギ	1.32	12.4	70.9	27.7	63.9	87.2	0.43	84.5	47.4	0.40	12.3	27.6	43.6	1905	53.6	65.7	0.088
	参)ASW	1.22	10.0	71.2	39.1	63.0	81.5	0.48	82.4	42.8	0.45	9.2	26.4	33.0	2298	55.6	69.2	0.095
	参)農林61号	1.51	8.8	66.6	53.7	58.6	74.1	0.45	79.1	46.5	0.42	8.0	27.6	25.0	3430	54.0	67.8	0.099
ドリル 播	ネバリゴシ	1.25	12.4	64.7	48.6	58.7	74.2	0.47	76.1	39.1	0.46	10.9	22.5	36.6	3245	48.5	63.2	0.115
	標)キタカミコムギ	1.41	12.8	68.9	49.2	58.7	78.9	0.46	80.9	46.1	0.43	11.2	27.1	35.9	2917	51.6	65.6	0.097
	比)ナンブコムギ	1.47	14.3	63.5	58.4	56.2	71.3	0.41	77.8	45.5	0.38	12.9	25.2	39.1	3603	49.2	65.4	0.124
	比)コユキコムギ	1.23	12.9	70.5	28.6	64.3	85.3	0.46	82.2	43.2	0.44	11.6	26.6	39.1	1983	51.9	65.4	0.102
	参)ASW	1.17	10.3	70.2	38.1	62.3	81.8	0.47	82.9	42.1	0.44	9.2	25.5	32.6	2508	55.5	70.0	0.101
	参)農林61号	1.43	8.9	66.9	54.1	57.0	76.5	0.43	80.2	46.5	0.41	7.8	26.5	22.1	3407	53.4	67.3	0.099

- 注. 1): 条播標準播は1993, 1996~1999年度の5カ年平均値, ドリル播は1994~1995, 1997~1999年度の5カ年平均値。
 2): 農林61号(群馬県産)とASW(オーストラリア産)はいずれも食糧庁から移管された材料(以下の表も同じ)。
 3): 参は参考品種又は参考銘柄を示す(以下の表も同じ)。
 4): 製粉試験はビューラーテストミルによる。原粒・60%粉蛋白含量は元素分析装置(パーキンエルマー社 PE2410型)で測定し, 蛋白質係数は原粒では5.83, 60%では5.70を用いた。アミロース含量はJuliano(1971)³⁾に準じた方法, 比表面積はブレン空気透過粉末度測定器⁵⁾で測定した。その他の特性は「小麦品質検定方法³⁾」により測定した。表18, 表27も同じ方法である。

カミコムギ」, 「ナンブコムギ」よりかなり少なかった。赤かび病の発生は「キタカミコムギ」と同程度であった。フレッケンは「キタカミコムギ」より少ないが, 「ナンブコムギ」よりやや多かった。立毛評価は「キタカミコムギ」よりやや劣るが, 「ナンブコムギ」より優れた。

収穫物調査成績を表5に示した。「ネバリゴシ」の子実重は「キタカミコムギ」より7~8%多収で, 縞萎縮病が多発した「ナンブコムギ」に比べると約50~60%多収であった。リットル重は「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」と同程度であるが, 千粒重はやや小さかった。外観品質は「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」よりやや優れた。粒形は「やや円」で, 「キタカミコムギ」より粒がやや丸かった。

2. 製粉及び品質試験成績並びに生地物性試験成績

製粉及び品質試験成績を表6に示した。原粒灰分含量は「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」より低かった。原粒蛋白含量は「キタカミコムギ」と同程度であるが, 「ナンブコムギ」より低かった。製粉歩留は「キタカミコムギ」より低い, 「ナンブコムギ」より高かった。BM率は「キタカミコムギ」

と同程度で, 「ナンブコムギ」, 「農林61号」よりやや低かった。製粉性の指標であるミリングスコアは「キタカミコムギ」より低く, 「ナンブコムギ」と同程度かやや高かった。

60%粉灰分含量はやや高かった。60%粉蛋白含量は「キタカミコムギ」と同程度であるが, 「ナンブコムギ」より低かった。アミロース含量は「キタカミコムギ」より約5%低く, 「ナンブコムギ」より約3%低かったことから, 「チクゴイズミ」(氏原ら1995), 「あやひかり」(吉田ら1999)などの品種と同じ低アミロース品種であると言える。粉の反射率のR455(粉の白さ)は「ナンブコムギ」と同程度であるが, 「キタカミコムギ」より低かった。R554(粉の明るさ)は「ナンブコムギ」並かやや低く, 「キタカミコムギ」より低かった。D455-D554(胚乳色素の色づき)はナンブコムギと同程度でやや高かった。

生地物性試験(ブラベンダー試験)成績を表7に示した。ファリノグラムは, 「キタカミコムギ」に比べ吸水率(Ab)はやや高いが, 生地の弱化度(Wk)がやや大きかった。パロリメーター・バリュ

表7 生地の物性試験（ブラベンダー試験）成績（育成地）

栽培 様式	品種名	ファリノグラム					エキステンソグラム(135分)				アミログラム				食塩水アミログラム	
		Ab (%)	DT (min)	Stab (min)	Wk (B.U.)	VV	A (cm)	R (B.U.)	E (mm)	R/E	GT (°C)	MVT (°C)	MV (B.U.)	BD (B.U.)	MV (B.U.)	BD (B.U.)
条播 標準 播	ネバリゴシ	58.6	3.5	3.9	74	46	83	232	249	1.0	57.5	88.5	1097	467	1383	740
	標)キタカミコムギ	58.3	3.9	5.3	60	50	89	351	202	1.8	57.9	86.3	706	164	833	330
	比)ナンブコムギ	59.6	4.1	5.1	66	50	63	200	223	1.0	56.9	88.8	990	388	1040	420
	比)コユキコムギ	67.1	5.6	6.1	68	56	60	211	208	1.0	55.4	88.3	796	131	1157	409
	参)ASW	59.3	6.8	10.0	35	64	114	504	174	2.9	55.1	86.1	948	357	1240	568
参)農林61号	56.5	1.7	2.3	77	41	64	310	153	2.1	55.9	87.5	1048	341	1000	374	
ドリル 播	ネバリゴシ	59.4	3.5	5.7	61	50	86	266	234	1.2	56.6	84.8	836	400	1403	769
	標)キタカミコムギ	58.0	3.6	5.5	53	50	95	359	205	1.8	57.2	87.0	713	202	880	332
	比)ナンブコムギ	59.5	4.5	6.4	63	52	66	197	231	0.9	56.7	89.0	896	312	1040	379
	比)コユキコムギ	67.6	5.8	6.5	102	53	59	199	204	1.0	54.8	84.2	605	111	915	302
	参)ASW	59.9	11.5	18.1	24	74	117	524	171	3.1	54.7	85.3	1064	351	1257	569
参)農林61号	57.7	1.5	2.2	82	39	58	263	152	1.8	55.2	85.9	1037	304	997	370	

- 注. 1): 条播標準播は1993, 1996~1999年度の5カ年平均値, ドリル播は1994~1995, 1997~1999年度の5カ年平均値。
 2): 食塩水アミログラムは吉川(1990)¹⁰⁾の方法, その他の特性は「小麦品質検定方法⁹⁾」により測定。表19, 表28も同様である。
 3): Ab: 吸水率, DT: 生地の形成時間, Stab: 生地の安定度, Wk: 生地の弱化度, VV: パロリメーター・バリュウ, A: 面積, R: 伸張抵抗, E: 伸長度, R/E: 形状係数, GT: 糊化開始温度, MVT: 最高粘度時温度, MV: 最高粘度, BD: ブレークダウン

(VV) は同程度であった。エキステンソグラムは、「キタカミコムギ」より伸張抵抗 (R) は小さいが、伸長度 (E) は大きく、形状係数 (R/E) が小さかった。「ナンブコムギ」と比べて伸張抵抗、伸長度ともにやや大きかった。アミログラムの最高粘度 (MV)・ブレークダウン (BD) は「キタカミコムギ」より大きかった。澱粉糊化特性の簡易検定法である食塩水アミログラム (吉川 1990) の最高粘度 (MV)・ブレークダウン (BD) は、いずれも「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」よりかなり大きく、低アミロースの特徴をよく表していた。

製パン性に関係があると言われている高分子量グルテニンサブユニット (Blackman and Payne 1987, Payne et al. 1987) (以下HMGS) の構成を、表8に示した。染色体1A, 1BにおけるHMGS構成は父親の「チホクコムギ」と同じで、染色体1Bに製パン性改良に有効とされるサブユニット17+18 (Blackman and Payne 1987, Payne et al. 1987) を持っていた。各染色体におけるHMGS構成は「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」と全く異なっていた。製パン性良否の指標とされる Glu-1 quality score (Payne et al. 1987) は、「キタカミ

表8 高分子量グルテニンサブユニット構成 (育成地, 1999年度)

品種名	染色体			Glu-1 quality score
	1A	1B	1D	
ネバリゴシ	2*	17+18	2+12	8
標)キタカミコムギ	1	7+8	3+12	8
比)ナンブコムギ	1	7+8	4+12	7
比)コユキコムギ	2*	7+9	3+12	7
比)チホクコムギ	2*	17+18	4+12	7

- 注. 1): SDS ポリアクリルアミド電気泳動法¹⁾で調査した。
 2): 高分子量グルテニンサブユニットの判定及び Glu-1 quality score の算出は Blackman and Payne (1987)²⁾, Payne et al.(1987)³⁾に従った。

コムギ」と同じ8点であった。
 3. 製めん・製パン試験成績

1) 製めん適性

製めん試験成績を表9に示した。ゆでめんの色は「キタカミコムギ」と同程度であるが、「ナンブコムギ」よりやや劣った。外観は「キタカミコムギ」よりやや優れていた。低アミロースであるため、粘弾性となめらかさは「キタカミコムギ」, 「ナンブコム

表9 製めん適性試験成績 (育成地)

品種名	ゆでめん官能評価						
	色 外観		食感			食味	合計
	(20)	(15)	かたさ (10)	粘弾性 (25)	なめらかさ (15)	(100)	
ネバリゴシ	14.0	11.1	7.2	20.7	12.7	11.5	76.9
標)キタカミコムギ	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
比)ナンブコムギ	15.4	11.7	7.1	17.6	11.1	10.7	73.9
参)ASW	18.5	12.8	7.8	19.9	12.3	11.8	83.7

注. 1): 1993~1999年度の7カ年の平均値。1996、1998年度は条播標準播, その他の年度はドリル播の材料。

2): 製めん試験法は食糧庁の方法¹⁰⁾に従い, ゆで時間はゆでめん水分が約75%になるよう, ネバリゴシが18~22分, 他は22~25分とした。パネラー数は10~20名である。各項目の()内の数値が満点である。表20, 表29も同じ方法である。

3): 官能評価の標準はキタカミコムギで, 合計点70点とした。

ギ」より優れ, オーストラリア産「ASW」よりわずかに優れていた。合計点は「キタカミコムギ」より約7点高く, 「ナンブコムギ」より3点高いが, 「ASW」に比べると約7点低かった。

次に, 実需者である東北製粉協同組合における製めん試験成績を表10に示した。なお, 製めん試験の材料は東北農試で製粉した材料を用いた。生めんの製造しやすさの指標である製めん作業性は「キタカミコムギ」と同程度で, 「ナンブコムギ」よりやや優れていた。生めん色相は「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」と同程度であった。ゆでめん官能評価の色・外観は「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」よりやや優れていた。粘弾性・なめらかさも「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」より優れ, 「ASW」よりわずかに優れていた。その結果, 合計点は「キタカミコムギ」, 「ナンブコムギ」より7~8点高いが, 「ASW」に比べると約6点低かった。以上の色

表10 実需者 (東北製粉協同組合) における製めん試験成績

品種名	製めん 作業性	生めん 色相	ゆでめん 色相	ゆでめん官能評価						
				色 (20)	外観 (肌荒れ) (15)	食感			食味 (15)	合計 (100)
						かたさ (10)	粘弾性 (25)	なめらかさ (15)		
ネバリゴシ	普通	普通	普通	14.9	11.2	7.2	20.4	12.6	10.5	76.8
標)キタカミコムギ	普通	普通	普通	13.4	10.4	7.0	17.2	10.3	10.3	68.6
比)ナンブコムギ	やや不良	普通	普通	14.1	10.9	6.8	16.9	10.4	10.7	69.9
参)ASW	やや良	かなり良	かなり良	18.0	12.8	7.9	19.8	12.3	10.8	82.4
参)農林61号	普通	普通	普通	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0

注. 1): 供試材料は東北農試の生検材料で, 1993~1998年度の6カ年の平均値。白石興産(株)における試験成績。

2): 試験方法は食糧庁の方法¹⁰⁾に従った。官能評価の標準は1993, 1995~1997年度がキタカミコムギ, 1998年度は農林61号(群馬県産)で, 合計点70点とした。ゆで時間は20分。パネラー数は5~6名。

表11 製パン試験成績 (育成地, 1999年度)

品種名	吸水性 (a) (20)	作業性 (b) (20)	パン 体積 (c) (ml)	比容積 (d) (g/ml)	パン官能評価試験										官能 評価 (c) (60)	合計 点 (a+b+c) (100)
					パン 体積 (30)	表皮 の色 (10)	皮質 (5)	形の 均整 (5)	内相 の色 (5)	すだ ち (10)	触感 (5)	香り (15)	味 (15)	評点 合計 (100)		
ネバリゴシ	11.0	14.0	908	6.0	27.2	7.6	3.9	3.9	3.7	6.9	3.9	12.1	10.9	80.3	48.2	73.2
比)ココキコムギ	14.0	18.0	832	5.6	24.9	8.4	3.5	4.3	4.4	7.2	4.1	11.6	10.7	79.2	47.5	79.5
比)ナンブコムギ	10.0	12.0	982	6.7	29.5	8.6	3.6	4.4	4.0	7.9	4.4	12.4	11.0	85.7	51.4	73.4
比)アオバコムギ	14.0	12.0	886	6.0	26.6	8.7	3.5	4.0	3.7	6.6	3.8	11.7	9.7	78.3	47.0	73.0
参)1CW	20.0	19.0	842	5.6	25.3	8.4	4.4	3.9	3.3	6.7	3.8	12.1	11.6	79.4	47.6	86.6
標)市販強力粉	17.0	18.0	829	5.5	24.9	8.0	4.5	4.0	4.0	7.0	4.5	12.0	12.0	80.9	48.5	83.5

注. 1): 製パン試験法は60%粉を300g用いた中種生地法。パン体積は60%粉100g当たりの体積。官能評価のパネラー数は7名。

2): 官能評価の配点は日本イースト工業会パン用酵母試験法⁶⁾に準じたが, パン体積の評点はパン体積*0.03により算出した。

官能評価は評点合計*0.6。各項目の()内の数字は満点を示す。

表12 ネバリゴシとハルイブキ又は市販強力粉とのブレンドによる製パン試験成績（育成地，試験年度平均値）

ブレンド組合せ または品種名	ブレンド 比率 (%)	試験 年度	吸水 性 (a) (20)	作業 性 (b) (20)	パン 体積 (cm) (20)	比容 積 (ml/g) (30)	パン官能評価試験							高糖 糰 (c) (60)	パン 合計 点 (a+b+c) (100)			
							表皮 の 焼色 (10)	皮 質 (5)	形 の 均 整 (5)	内 相 の 色 (5)	す だ ち (10)	触 感 (5)	香 り (15)			味 (15)	評 定 点 (100)	
ネバリゴシ	100		10.0	13.8	816	5.7	24.5	6.9	3.5	3.4	3.1	6.3	3.2	10.4	10.3	71.6	43.0	67.3
ハルイブキ	100	1997	18.0	16.8	746	5.0	22.4	7.7	3.7	3.3	3.3	6.1	3.2	10.4	10.4	70.6	42.4	77.1
ネバリゴシ+ハルイブキ	50:50	↗	15.5	18.5	940	6.4	28.2	8.9	4.5	4.6	4.1	8.7	4.6	12.8	13.3	89.7	53.8	87.8
ネバリゴシ+市販強力粉	50:50	1998	16.0	18.8	909	6.3	27.3	8.8	4.6	4.6	4.3	8.6	4.6	12.8	13.6	89.2	53.5	88.3
市販強力粉	100		18.0	18.8	814	5.6	24.4	9.0	4.5	3.8	4.8	7.8	4.3	12.0	12.8	83.2	49.9	86.8

注. 製パン試験法と官能評価の配点・算出方法は表11と同じ。官能評価のパネラー数は7～9名。

表13 育成地及び各道県農業試験場における特性検定試験成績

特性 試験場所	耐雪性		耐寒雪性		凍上抵抗性		縮萎縮	うどん	赤さび	穂発芽	播性		
	北海道立 農業試験場	上川 新道農 業試験 場	新潟県農 業総合 研究所	岩手県農 業研 究セン ター	長野県中 信農 業試験 場	病	病	こ病	病	性			
品種名	発病度	判定	被害 指数	判定	被害 程度	判定	総合 基準	判定	判定	判定	判定	判定	
ネバリゴシ	73.8	やや弱	71	やや弱	61.4	中	78.5	やや弱	強	やや弱	強	やや難	V
市販強力粉	90.3	弱	85	やや弱	63.9	中	64.5	弱	やや強	中	中	やや易	V
市販強力粉	40.7	やや強	29	強	24.0	強	92.6	やや強	やや弱	やや強	やや弱	やや難	V

注. 1) : 1993～1999年度の平均値。

- 2) : 上川農試の耐雪性は耐小粒菌核病による判定で，個体単位で発病程度を0（健全）～4（枯死）の5段階で調査。次式で発病度を算出。発病度＝（各発病程度×当該株数）の総和／調査株数×25。
- 3) : 新潟農総研の耐雪性の判定基準は，葉腐面積率及び越冬茎率から被害指数を求め，耐雪性の強弱を判定。階級は7段階。
- 4) : 岩手農研センターの耐寒雪性の被害程度は，越冬株数，寒雪害による葉枯面積率及び雪腐病による被害面積割合から被害程度を算出。
- 5) : 長野県中信農試の凍上抵抗性は，越冬株数と葉枯れ程度を調査。葉枯れの程度は0%を無，10%以下を少，50%以下を中，90%以下を多，90%を超えるものを甚として，5段階に分類。判定基準は検定品種・系統の越冬株率を標準品種の越冬株率で除して標準比率を算出したもの。
- 6) : 育成地の縮萎縮病は早播栽培，うどんこ病と赤さび病は春播栽培で検定し，0（強）～5（弱）で判定。穂発芽性は成熟期及び成熟期5日後の穂を用いて，穂発芽検定器内で人工降雨処理し，10日後に穂発芽程度を穂別に調査し，平均穂発芽程度を算出。そして，2時期の平均値で穂発芽性を判定。播性は3月20日から10日おきに圃場に播種して，出穂の可否で播性程度を判定。

を除く官能評価の結果は育成地の結果とよく一致した。

2) 製パン適性

製パン試験成績を表11に示した。製パン試験法は中種生地法（吉川ら 1999）によった。「ネバリゴシ」は軟質小麦であるため，岩手県奨励品種でパン用硬質小麦の「コユキコムギ」に比べて吸水性，作業性がやや劣るものの，パン体積，比容積はやや大きく，官能評価はほぼ同程度であった。吸水性，作業性及び官能評価を合計したパン合計点は「コユキコムギ」よりやや低い，「ナンブコムギ」，「アオバコムギ」と同程度であった。一方，カナダ産「1CW」や市販強力粉に比べると，吸水性，作業性が劣り，パン

合計点が低かった。

表12にブレンドによる製パン試験成績を示した。「ネバリゴシ」とパン用の「ハルイブキ」との50%：50%のブレンドでは，吸水性は「ハルイブキ」単品よりやや劣るものの，作業性が向上し，パン体積と比容積は両品種よりかなり大きくなり，官能評価が高くなり，そしてパン合計点は高くなった。また，「ネバリゴシ」とパン用の市販強力粉との50%：50%のブレンドでも同様な結果が得られ，吸水性については市販強力粉よりやや劣るものの，全般的に製パン性が向上した。以上のように「ネバリゴシ」をパン用小麦にブレンドにすると，製パン性が向上したが，この向上要因については，今後，澱粉，グル

表14 雨濡れ処理日数と穂発芽粒率及び最高粘度
(育成地, 1998年度)

雨濡れ 処理 日数	ネバリゴシ		キタカミコムギ		ナンブコムギ	
	穂発芽 粒率 (%)	最高 粘度 (RVU)	穂発芽 粒率 (%)	最高 粘度 (RVU)	穂発芽 粒率 (%)	最高 粘度 (RVU)
0(無処理)	0.0	222(100)	0.0	225(100)	0.0	217(100)
1	0.0	223(100)	0.0	220(98)	-	-
2	0.2	231(104)	0.9	177(79)	0.0	223(103)
3	0.0	196(88)	5.9	111(49)	-	-

注. 1): 試験方法は、成熟期に収穫した各処理約300穂について、1日風乾後、穂発芽検定器を用いて17~18°Cで人工降雨処理を行った。そして、乾燥後脱穀して穂発芽粒率を調査するとともに、ブラベンダー製粉機で製粉し、A粉を用いてラピッドビスコアライザーで最高粘度を測定した。
2): () の中の数字は各品種・系統の無処理を100%とした場合の比数。

テンの両面から解明する必要がある。

4. 特性検定試験成績

「ネバリゴシ」の特性検定試験成績を表13に示した。耐雪性は“やや弱”で、「キタカミコムギ」よりやや強いものの、「ナンブコムギ」より弱かった。耐寒雪性は“中”で「キタカミコムギ」並であるが、「ナンブコムギ」より弱かった。凍上抵抗性は“やや弱”で「キタカミコムギ」よりやや強いが、「ナンブコムギ」よりやや弱かった。縮萎縮病抵抗性、赤さび病抵抗性はいずれも“強”で、「キタカミコムギ」、「ナンブコムギ」より強かった。「キタカミコムギ」に比べて、うどんこ病にはやや弱かった。穂発芽性は“やや難~難”で、「ナンブコムギ」よりわずかに強い。また、「ナンブコムギ」と同様に、

成熟期の人工降雨処理では、2日間の雨濡れ処理までは最高粘度の低下は全く起こらず、「キタカミコムギ」より雨濡れ耐性がかなり強かった(表14)。播性は“Vの”秋播型である。

なお、耐雪性、凍上抵抗性(耐凍上性)及び穂発芽性については、表3の結果と食い違いが、表3は本結果を踏まえ、基準品種の「キタカミコムギ」、「ナンブコムギ」の階級値で「ネバリゴシ」の階級値を補正したためである。

5. 系統適応性検定試験成績

3場所で実施された、「ネバリゴシ」の系統適応性検定試験の成績を表15に示す。成熟期は「ナンブコムギ」、「アオバコムギ」と同程度に早く、「ナンブコムギ」よりやや短程であった。穂数はやや多く、標準品種よりやや低収で、千粒重が小さく、外観品質がやや劣った。

6. 固定度調査成績

稈長、穂長及び1株穂数の変動係数(CV)からみて、「ネバリゴシ」は実用的に支障のない程度に遺伝的に固定しているものと推察される(表16)。

VI 採用県における試験成績

「ネバリゴシ」に「東北206号」という地方番号

表16 固定度調査成績(育成地, 1999年度)

品種名	出穂期 (月日)	稈長		穂長		1株穂数		調査個体数
		平均 (cm)	CV (%)	平均 (cm)	CV (%)	平均 (本)	CV (%)	
ネバリゴシ	5.23	82.4	4.8	9.7	6.9	15.7	20.7	30
キタカミコムギ	5.28	87.0	5.8	8.7	11.4	11.4	33.2	31
コユキコムギ	5.27	74.9	5.3	6.9	9.1	13.4	28.3	30

表15 系統適応性検定試験成績

試験場所	品種名	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	倒伏程度	赤さび病	うどんこ病	赤かび病	縮萎縮病	寒害	子実重	同左比率	リットル重	千粒重	品質概評
		(月日)	(月日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)							(kg/a)	(%)	(g)	(g)	
青森県畑作 圃芸試験場	ネバリゴシ	5.22	7.16	89	7.5	593	1.0	0.5	0.5	0.0	-	1.0	37.1	89	785	32.1	3.5
	キタカミコムギ	5.24	7.19	99	8.3	415	0.5	0.5	0.5	0.0	-	1.0	41.8	100	773	38.5	2.0
	ナンブコムギ	5.17	6.16	91	8.4	512	1.5	0.5	0.5	0.0	-	0.0	42.3	101	771	39.2	3.5
福島県農業 試験場	ネバリゴシ	5.11	6.24	94	9.2	486	2.0	0.5	0.5	0.0	0.0	-	41.8	99	736	31.8	3.5
	トヨホコムギ	5.06	6.22	81	8.2	465	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	-	46.1	100	760	39.8	3.0
	アオバコムギ	5.06	6.25	91	9.0	431	2.5	0.5	0.5	0.0	0.0	-	44.8	97	756	41.3	4.0
石川県農業 総合試験場	ネバリゴシ	5.02	6.15	87	8.0	253	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	94	792	40.2	3.5
	ナンブコムギ	5.01	6.14	100	10.0	236	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6	100	807	43.6	3.0

注. 1): 1993~1994年度の2カ年平均値。

2): 倒伏程度, 病害及び寒害は0(無)~5(甚)。品質概評は1(上上)~6(下)。

系統名を付けた1995年度以降、東北・北陸・東海の14県の農業試験場における奨励品種決定調査に配付して、地域適応性を検討してきた。また、同時に1995年度（1996年産）以降の奨励品種決定調査で得られた材料について、東北農業試験場作物開発部发育種研究室で製粉・品質試験及び製めん試験を実施してきた。その結果、根雪期間の長い東北の青森、岩手、秋田及び山形県の各県農業試験場において、早生、安定多収及び良質で製めん適性が良好であった。

1. 青森、岩手、秋田及び山形の各県農業試験場における奨励品種決定調査成績

表17に、1995～1999年度までの青森、岩手、秋田及び山形の各県農業試験場で実施された「ネバリゴシ」の奨励品種決定調査の成績を、試験年度の平均値で示した。出穂期については、晩生の「キタカミコムギ」と比べて、青森県畑作園芸試験場（以下青森畑園試）で2日早く、青森県農業試験場（以下青森農試）で4日早かった。また、やや晩生の「あき

たっこ」に比べて、秋田県農業試験場（以下秋田農試）で3～4日早かった。一方、早生の「ナンブコムギ」に比べて、岩手県農業研究センター（以下岩手農研セ）、岩手県農業試験場県南分場及び山形県農業試験場（以下山形農試）で2日遅く、秋田農試で2～3日遅いが、岩手県農業研究センター・東北農業研究所（以下岩手県北）で1日早かった。

成熟期は「キタカミコムギ」に比べ青森畑園試で8日早く、青森農試で5日早かった。秋田農試では「あきたっこ」に比べ4～5日早かった。「ナンブコムギ」と比べて、岩手の3場所では同熟、秋田農試では2～3日早く、山形農試では1日遅かった。

以上の結果、調査した全場所共通して、「ネバリゴシ」の出穂期は「ナンブコムギ」と「キタカミコムギ」又は「あきたっこ」の中間の中生種に入るが、成熟期は「ナンブコムギ」とほぼ同じ早生種に入ることが明らかになった。

稈長は「キタカミコムギ」、「ナンブコムギ」及び「あきたっこ」より10cm前後短稈の場所が多く、穂

表17. 青森、岩手、秋田及び山形の各県農業試験場における奨励品種決定調査成績（試験年度平均値）

試験場所	施肥水灌 播種期及び	品種名	試験年度	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏程度	赤さび病	うどんこ病	赤かび病	縞萎縮病	雪腐病	雪害	寒害	寒害	寒害	子実重 (kg/a)	同左標準比率 (%)	リットル重 (g)	千粒重 (g)	品質	
																							概評	等級
青森県畑作園 芸試験場	標準播 種肥	ネバリゴシ	1996～	5.22	7.06	89	8.1	598	0.5	1.0	1.8	0.5	-	-	0.0	-	-	-	55.2	119	778	35.4	2.0	1.0
	標準播 種肥	標)キタカミコムギ	1999	5.24	7.14	100	9.0	461	2.3	1.5	1.8	1.0	-	-	0.3	-	-	-	46.6	100	754	39.1	3.0	1.5
青森県農業試 験場	標準播 種肥	ネバリゴシ	1996～	5.20	7.05	83	7.7	425	0.8	0.3	1.3	0.0	-	-	1.3	-	-	-	37.7	112	769	35.2	1.5	1中
	標準播 種肥	標)キタカミコムギ	1999	5.24	7.10	93	9.2	336	0.3	0.3	0.5	0.0	-	-	1.8	-	-	-	33.7	100	753	42.1	3.0	1下
岩手県農業研 究センター	標準播 種肥	ネバリゴシ	1995～	5.18	7.02	84	7.9	547	1.0	0.6	0.8	0.8	0.0	0.6	-	-	-	-	49.2	119	783	35.2	2.6	-
	標準播 種肥	標)ナンブコムギ	1999	5.16	7.02	98	9.8	498	1.6	0.8	0.0	1.0	0.0	0.4	-	-	-	-	41.9	100	781	42.8	2.6	-
岩手県農業研 究センター	標準播 種肥	ネバリゴシ	1995～	5.21	7.10	76	7.3	503	0.7	0.4	1.2	0.6	0.4	0.2	-	-	1.2	44.5	137	757	33.3	2.2	-	
東北農業研究 所	標準播 種肥	標)ナンブコムギ	1999	5.22	7.10	76	8.6	449	0.9	1.2	0.4	0.4	2.0	0.2	-	-	1.2	32.4	100	759	38.5	3.0	-	
岩手県農業試 験場県南分場	標準播 種肥	ネバリゴシ	1995	5.26	7.04	95	9.1	601	4.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.9	128	845	32.2	4.0	2.0
	標準播 種肥	標)ナンブコムギ		5.24	7.04	103	9.1	395	2.0	1.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.2	100	810	42.2	5.0	規格外
秋田県農業試 験場	標準播 種肥	ネバリゴシ	1995～	5.17	6.24	88	7.2	556	1.2	0.2	0.0	0.2	0.0	-	-	-	2.4	43.6	110	781	32.9	2.4	1.2	
	標準播 種肥	標)あきたっこ	1999	5.20	6.29	94	9.2	442	2.0	2.8	0.0	0.2	0.0	-	-	-	2.6	39.9	100	748	36.2	2.8	1.8	
	標準播 種肥	比)ナンブコムギ		5.15	6.26	97	8.5	455	2.2	1.6	0.0	0.0	0.0	-	-	-	1.8	35.6	89	803	41.1	3.6	1.8	
	標準播 種肥	ネバリゴシ	1999	5.21	6.27	82	7.1	446	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	4.0	44.1	126	807	37.1	4.0	2.0	
	標準播 種肥	標)あきたっこ		5.24	7.01	89	8.0	397	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	4.0	34.9	100	821	44.0	2.0	1.0	
	標準播 種肥	比)ナンブコムギ		5.21	6.30	88	8.5	332	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	-	-	-	3.0	31.3	90	862	41.9	3.0	2.0	
	標準播 種肥	ネバリゴシ	1997～	5.11	6.21	89	7.5	523	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	2.5	52.7	126	808	35.3	2.5	1.5	
	標準播 種肥	標)あきたっこ	1998	5.15	6.26	94	9.8	346	2.5	2.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	1.5	42.2	100	767	39.8	5.0	2.0	
	標準播 種肥	比)ナンブコムギ		5.09	6.23	100	9.0	385	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	-	-	-	1.5	38.8	93	818	42.8	4.0	2.0	
山形県立農業 試験場	標準播 種肥	ネバリゴシ	1995～	5.18	6.26	89	8.4	474	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	50.8	110	813	36.2	2.5	-
	標準播 種肥	標)ナンブコムギ	1999	5.16	6.25	101	9.8	468	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	46.4	100	809	41.8	3.8	-

注. 1)：倒伏程度、病害程度、諸障害程度 0：無、1：微、2：少、3：中、4：多、5：甚
2)：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

長もこれらの標準品種より1~2 cm短かった。穂数は全場所で標準品種より多かった。以上のことから、「ネバリゴシ」の草型は、全場所共通してやや短稈・穂数型のタイプを示していた。

倒伏は標準品種より少ない場所が多かった。赤さび病と赤かび病の発生は少なく、標準品種より少ないか同程度であった。縮萎縮病は岩手県北しか発生していないが、「ナンブコムギ」よりかなり少なかった。一方、うどんこ病は青森農試、岩手農研セ、岩手県北及び山形農試で標準品種より発生がやや多く、青森畑園試でも「キタカミコムギ」並に発生がみられた。雪腐病は岩手農研セと山形農試で「ナンブコムギ」よりやや発生が多かった。寒害の発生が多い秋田農試では、「ナンブコムギ」より発生がやや多かった。

子実重は、全場所において標準品種より10~37%多収であった。5カ年にわたる7場所の試験の中で、収量が標準品種を下回った事例は2例しかないため、安定多収の特性を持っていると考えられる(図2)。リットル重は、全場所共通して、標準品種より大きいか同程度であった。千粒重は全場所で標準品種より小さかった。品質概評は、全場所共通して、標準品種に比べて良いか同程度であり、検査等級は標準

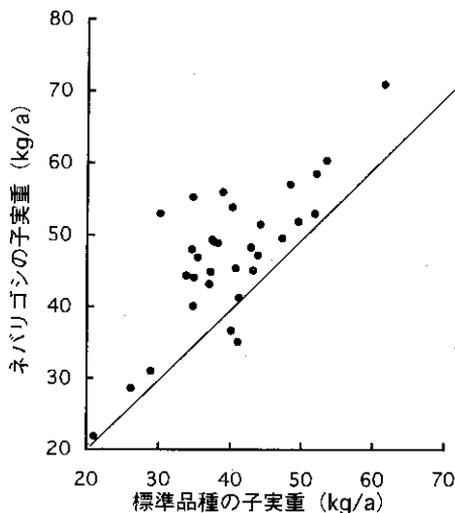


図2 青森、岩手、秋田及び山形の各県農業試験場の子実重における標準品種と「ネバリゴシ」との関係

- 注. 1): 1995~1999年度の奨励品種決定調査の全データを用いた。
 2): 標準品種は青森県が「キタカミコムギ」、岩手県と山形県は「ナンブコムギ」、秋田県は「あきたっこ」
 3): 図中の直線より上にある場合は「ネバリゴシ」の方が多収であることを示す。

品種よりやや良かった。

2. 品質試験成績

青森、岩手、秋田及び山形の各県農業試験場の奨励品種決定調査における「ネバリゴシ」について、「東北地域麦類品質連絡試験」の中で東北農業試験場で品質分析を実施してきた。また、1999~2001年度までは「麦品種緊急開発」プロジェクトの中で、東北製粉協同組合が「東北農試育成系統の品質評価」を担当し、東北農試からの委託材料(東北農試産、東北各県農業試験場産)の製めん試験や、青森、岩手及び秋田県の現地産の材料について製粉及び品質試験並びに製粉工場における一般製粉及び品質試験が実施された。

1) 育成地による品質試験

(1) 製粉及び品質試験成績

「ネバリゴシ」の製粉及び品質試験成績を表18に示した。原粒灰分含量は各場所とも標準品種より低かった。原粒蛋白含量は、青森の2場所とも「キタカミコムギ」よりやや高いが、岩手の2場所と山形農試では「ナンブコムギ」より約2%低かった。製粉歩留は青森の2場所では「キタカミコムギ」に比べやや低いが、岩手の2場所と山形農試では「ナンブコムギ」より2~4%高かった。秋田農試では「あきたっこ」に比べ標肥栽培では低いものの、多肥栽培では同程度であった。BM率は同じ軟質小麦の「キタカミコムギ」、「ナンブコムギ」よりやや低い傾向にあるが、硬質小麦の「あきたっこ」に比べると高かった。製粉性の指標であるミリングスコアは、青森の2場所では「キタカミコムギ」よりやや高く、岩手の2場所と山形農試でも「ナンブコムギ」より高いが、秋田農試では製粉性の優れた「あきたっこ」と同程度かやや低かった。なお、ミリングスコアは全場所とも80以上あり、軟質小麦である群馬県産「農林61号」、北海道産「チホクコムギ」と同程度であるため、これらの2品種と同程度の製粉性を持っていると考えられる。

60%粉灰分含量は標準品種よりやや低い傾向にあった。60%粉蛋白含量は、青森の2場所と秋田農試の標肥栽培では、低蛋白の「キタカミコムギ」又は「あきたっこ」に比べいずれの場所とも0.7%高かった。一方、高蛋白の「ナンブコムギ」に比べると、岩手の2場所と山形農試ともに2~3%低かった。なお、群馬県産「農林61号」、北海道産「チホクコムギ」と比べた場合、「ネバリゴシ」の蛋白含量は

表18 青森、岩手、秋田及び山形各県農試の奨励品種決定調査材料における製粉及び品質試験成績（試験年度平均値）

農試名 または 産地名	品種名	試験年度	原粒		製粉歩留 (%)	B M 率 (%)	セ モ リ ナ 生 成 率 (%)	セ モ リ ナ 粉 砕 率 (%)	ス ト レ ー ト 灰 分 (%)	ミ リ ン グ ス コ ア (%)	灰 分 移 行 率 (%)	60%粉					反射率		
			灰 分 含 量 (%)	蛋 白 含 量 (%)								ア ミ ロ ー ス 含 量 (%)	セ テ ィ ン 含 量 (%)	シ ョ ン 値 (ml)	比 表 面 積 (cm ² /g)	R455 (%)	R554 (%)	D455- D554 (%)	
青森県畑作 園芸試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1996~ 1999	1.33 1.44	9.9 9.4	69.6 70.5	48.7 57.1	60.1 57.1	78.1 78.9	0.48 0.51	80.5 79.8	44.1 44.9	0.45 0.47	9.4 8.7	23.1 27.8	34.4 27.9	3220 3060	51.6 53.8	65.8 66.8	0.105 0.094
青森県農業 試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1995~ 1999	1.36 1.57	10.0 9.3	67.9 68.7	47.8 58.2	59.3 56.6	77.9 77.2	0.46 0.49	80.2 79.0	45.1 46.7	0.44 0.47	8.7 8.0	23.1 28.0	31.1 24.2	2940 2872	50.9 54.5	65.7 68.1	0.111 0.097
岩手県農業 研究センター	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1997~ 1999	1.31 1.54	10.1 12.9	70.0 66.2	48.2 53.0	61.1 59.6	77.5 72.9	0.49 0.55	80.4 73.9	43.4 42.5	0.46 0.52	9.4 12.6	22.4 25.6	30.1 38.9	2908 3361	51.5 49.9	65.8 65.5	0.106 0.118
岩手農研センター	ネバリゴシ	1996~	1.27	10.0	70.1	48.9	59.6	80.0	0.44	81.8	45.4	0.42	8.4	23.0	28.5	3165	51.6	66.8	0.112
東北農業研究所	標)ナンブコムギ	1999	1.54	12.1	66.6	52.8	58.7	74.8	0.49	75.7	45.3	0.47	10.7	26.1	33.5	3418	50.1	66.7	0.124
秋田県農業 試験場	ネバリゴシ(標肥) 標)あきたっこ(標肥) ネバリゴシ(追肥) 標)あきたっこ(追肥)	1995~ 1999 1997~ 1998	1.37 1.46 1.25 1.45	9.2 8.4 9.5 9.8	67.3 70.0 70.2 70.3	47.7 34.5 50.7 29.3	58.8 60.4 61.5 64.8	77.5 86.9 75.9 84.3	0.44 0.47 0.50 0.50	80.1 81.7 80.5 80.4	45.0 47.5 42.3 46.3	0.42 0.44 0.46 0.45	7.9 7.2 8.5 8.5	22.5 28.3 22.2 27.8	22.2 23.3 21.6 27.8	3132 2405 2914 2214	50.1 53.3 51.2 53.7	65.9 68.3 66.9 67.5	0.119 0.108 0.117 0.099
山形県立農 業試験場	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1995~ 1999	1.33 1.66	9.3 11.0	69.6 67.5	50.5 48.8	58.5 58.9	64.9 77.0	0.46 0.49	81.9 77.8	45.1 46.6	0.43 0.47	8.3 10.0	22.6 25.6	26.1 29.4	3119 3290	51.8 49.6	67.2 66.9	0.113 0.130
群馬県	比)農林61号	1995~	1.52	9.5	67.0	54.4	57.9	75.3	0.44	80.2	47.5	0.41	8.1	27.4	23.2	3442	53.2	66.7	0.098
北海道	参)チホクコムギ	1999	1.34	9.7	70.6	57.2	56.8	79.3	0.48	81.8	44.9	0.44	8.3	26.1	23.8	2719	54.5	67.9	0.095
オーストラリア	参)ASW		1.21	10.5	71.1	38.3	63.4	81.2	0.47	82.4	42.8	0.44	9.5	26.3	31.9	2548	54.6	68.9	0.101

注. 1)：分析は東北農業試験場麦育種研究室による。

2)：農林61号，チホクコムギ及びASWは，いずれも食糧庁から移管された材料。以下の表19～表21も同じ。

表19 青森、岩手、秋田及び山形各県農業試験場の奨励品種決定調査材料における生地物性（ブラベンドー試験）成績（試験年度平均値）

農試名 または 産地名	品種名	試験年度	ファリノグラム					エキステンソグラム(135分)					アミログラム			食塩水アミログラム	
			Ab (%)	DT (min)	Stab (min)	Wk (B.U.)	VV	A (cm ²)	R (B.U.)	E (mm)	R/E	GT (°C)	MVT (°C)	MV (B.U.)	BD (B.U.)	MV (B.U.)	BD (B.U.)
青森県畑作 園芸試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1996~ 1999	58.2 57.6	2.1 1.5	3.2 3.4	76 76	41 40	83 80	354 376	167 156	2.1 2.4	58.1 56.7	86.2 86.8	1209 865	561 278	1303 938	661 390
青森県農業 試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1995~ 1999	56.8 57.6	1.6 1.5	1.5 0.9	84 112	38 32	69 68	268 339	191 147	1.4 2.4	57.3 56.4	85.6 86.6	1213 909	589 248	1358 1017	723 410
岩手県農業 研究センター	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1997~ 1999	59.0 62.7	2.9 4.1	3.3 5.5	76 67	46 50	63 56	231 193	193 210	1.3 1.0	56.7 56.7	85.6 87.1	1159 912	525 315	1321 1046	699 441
岩手農研センター	ネバリゴシ	1996~	56.9	1.5	1.8	87	37	71	302	181	1.7	57.9	86.0	1244	573	1333	693
東北農業研究所	標)ナンブコムギ	1999	58.6	2.7	3.3	79	43	63	214	193	1.1	57.3	87.7	1046	352	1017	409
秋田県農業 試験場	ネバリゴシ(標肥) 標)あきたっこ(標肥) ネバリゴシ(追肥) 標)あきたっこ(追肥)	1995~ 1999 1997~ 1998	57.8 59.8 57.1 62.9	1.4 1.4 1.7 1.8	0.8 1.1 2.2 1.7	104 114 74 104	35 31	60 54	250 308	164 131	1.5 2.4	57.5 56.1	85.0 86.8	1090 982	540 256	1331 1002	719 363
山形県立農 業試験場	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1995~ 1999	56.5 59.6	2.2 2.4	2.5 3.1	77 79	42 43	77 61	317 252	173 176	1.9 1.5	57.1 57.2	85.8 87.4	1245 1098	558 357	1335 1117	702 461
群馬県	比)農林61号	1995~	57.5	1.6	2.8	79	41	58	275	157	1.8	56.0	86.6	1061	318	1019	385
北海道	参)チホクコムギ	1999	54.0	1.9	2.1	111	38	72	321	167	2.0	57.3	86.0	856	276	1308	638
オーストラリア	参)ASW		59.5	6.3	9.2	37	62	112	482	176	2.7	55.5	85.7	1023	332	1240	557

注. 1)：分析は東北農業試験場麦育種研究室による。

2)：各特性の記号の説明は表7を参照。

やや高い場所が多かった。アミロース含量は全場所において各場所の標準品種より低く、「キタカミコムギ」、「あきたっこ」に比べて約5%、「ナンブコムギ」に比べて約3%低かった。60%粉比表面積は「キタカミコムギ」、「あきたっこ」より大きく、「ナンブコムギ」より小さかった。60%粉の反射率(粉色)は、青森の2場所ではR455(粉の白さ)、R554(粉の明るさ)ともに「キタカミコムギ」より低かった。また、秋田農試でもR455、R554とも良粉色の「あきたっこ」より低かった。一方、岩手の2場所と山形農試の「ナンブコムギ」と比べると、R455、R554とも同程度かやや高かった。群馬県産「農林61号」と比較すると、R455はやや低い、R554は同程度であった。D455-D554(胚乳色素の色づき)は黄色味の強い「ナンブコムギ」とそれが少ない「キタカミコムギ」の間であった。

(2) 生地物性試験成績

「ネバリゴシ」の生地物性試験成績を表19に示した。ファリノグラムの吸水率(Ab)は青森2場所では「キタカミコムギ」と同程度であるが、岩手2場所と山形農試の「ナンブコムギ」に比べると2~3%低く、秋田農試の「あきたっこ」より2~5%低かった。生地の形成時間(DT)と生地の安定度(Stab)は、青森2場所の「キタカミコムギ」、秋田農試の「あきたっこ」と同程度であるが、岩手2場所と山形農試の「ナンブコムギ」よりやや短かった。生地の弱体化(Wk)は「キタカミコムギ」、「あきたっこ」よりやや小さく、「ナンブコムギ」よりやや大きかった。パロリメーター・バリュー(VV)は「キタカミコムギ」、「あきたっこ」よりやや大きく、「ナンブコムギ」よりやや小さかった。

エキステンソグラムの面積(A)は全場所とも標準品種よりやや高く、群馬県産「農林61号」より高かった。伸張抵抗(R)は青森2場所の「キタカミコムギ」よりやや低い、岩手2場所と山形農試の「ナンブコムギ」より高かった。形状係数(R/E)は「キタカミコムギ」より小さいが、「ナンブコムギ」より大きかった。

以上の結果、「ネバリゴシ」は東北4県の場所においては、生地は中力的な傾向を示し、日本式めんに適した生地物性を持っていると考えられる。

アミログラムの最高粘度(MV)は各場所とも1000B.U.以上あり、標準品種の「キタカミコムギ」、「ナンブコムギ」などより100~300B.U.高かった。

また、ブレイクダウン(BD)も標準品種よりかなり大きかった。低アミロースであるため、食塩水アミログラム(澱粉糊化特性)の最高粘度(MV)はいずれの場所も1300B.U.台とかなり高く、標準品種より300~400B.U.高く、ブレイクダウン(BD)も標準品種よりかなり大きかった。以上のことから、「ネバリゴシ」の糊化特性は日本式めんとして良好な特性を持っていると考えられる。

(3) 製めん試験成績

「ネバリゴシ」の製めん試験成績を表20に示した。めんの色は秋田農試の標肥栽培を除いて、ほぼ各場所の標準品種と同等であった。外観は標準品種よりやや優れるか同等であった。食感のかたさは標準品種よりやや優れた。低アミロースで澱粉糊化特性が優れるため、粘弾性となめらかさはいずれの場所とも標準品種より優れ、北海道産「チホクコムギ」、オーストラリア産「ASW」に比べてもやや優れた。食味も標準品種より優れた。このため、合計点はいずれの場所も標準品種の「キタカミコムギ」、「ナンブコムギ」及び「あきたっこ」より安定して高く(3~9点高い)、特に青森農試、岩手県北、山形農試では約80点の高水準となっている。また、図3に

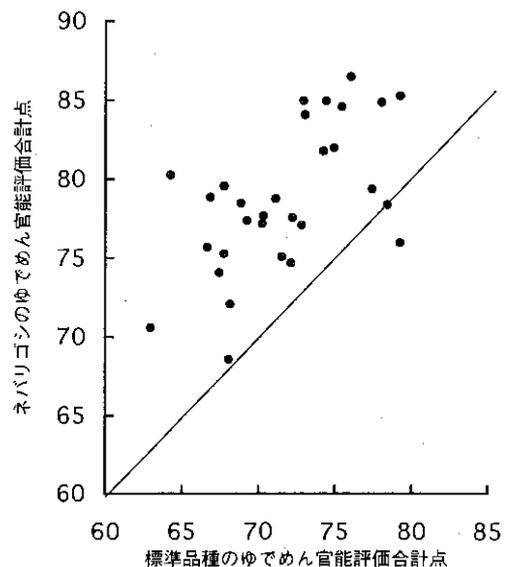


図3 青森、岩手、秋田及び山形の各県農業試験場材料のゆでめん官能評価合計点における標準品種と「ネバリゴシ」との関係

- 注. 1): 1995~1999年度の奨励品種決定調査の全データを用いた。
 2): 標準品種は青森県が「キタカミコムギ」、岩手県と山形県は「ナンブコムギ」、秋田県は「あきたっこ」
 3): 図中の直線より上にある場合は「ネバリゴシ」の方が合計点が高いことを示す。

表20 青森、岩手、秋田及び山形各県農試の奨励品種決定調査材料における製めん適性試験成績（試験年度平均値）

農試名 または 産地名	品種名	試験 年度	ゆでめん官能評価					合計 (100)	
			色 (20)	外観 (15)	食感				食味 (15)
					かたさ (10)	粘弾性 (25)	なめらかさ (15)		
青森県畑作 園芸試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1996~ 1999	13.3 13.7	10.7 10.2	7.9 7.2	20.3 17.5	12.2 10.5	11.7 10.7	75.8 69.8
青森県農業 試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1995~ 1999	14.8 14.7	11.8 10.6	7.6 7.2	21.1 17.6	13.2 10.5	12.1 10.6	80.6 71.4
岩手県農業 研究センター	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1997~ 1999	14.6 14.8	11.0 11.3	7.3 7.1	19.8 16.9	11.9 10.8	11.6 10.8	76.2 71.6
岩手県農業 研究センター	ネバリゴシ	1996~	15.5	11.7	7.5	21.0	12.8	11.7	80.3
東北農業研究所	標)ナンブコムギ	1999	15.7	11.7	7.1	17.5	10.9	10.7	73.5
秋田県農業 試験場	ネバリゴシ(標肥) 標)あきたっこ(標肥) ネバリゴシ(追肥) 標)あきたっこ(追肥)	1995~ 1999 1997~ 1998	13.4 16.3 14.1 14.0	11.6 11.2 11.2 10.1	8.0 7.1 8.0 6.9	20.7 17.6 20.9 17.0	12.6 10.8 12.5 10.2	11.7 10.8 11.9 10.4	77.9 74.1 78.5 68.5
山形県立農 業試験場	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1995~ 1999	14.9 15.5	11.9 11.6	7.7 6.8	21.4 16.8	13.1 10.8	12.0 10.6	80.9 72.3
群馬県	比)農林61号	1995~	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
北海道	参)チホクコムギ	1999	14.5	11.1	7.6	19.6	11.8	11.2	75.6
オーストラリア	参)ASW		18.2	12.7	7.7	19.3	12.2	11.9	82.2

注. 1)：分析は東北農業試験場麦育種研究室による。

2)：製めん試験法は表9を参照。官能評価の標準は農林61号(群馬県産)で、合計点は70点とした。

表21 実需者による青森、岩手、秋田及び山形各県農業試験場の奨励品種決定調査材料の製めん試験成績（試験年度平均値）

農試名 または 産地名	系統名 または 品種名	試験 年度	ゆでめん官能評価									
			製めん 作業性	生めん 色相	ゆでめん 色相	色 (20)	外観 (15)	食感			食味 (15)	合計 (100)
								かたさ (10)	粘弾性 (25)	なめらかさ (15)		
青森県畑作 園芸試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1998	良	普通	少し不良	13.3	11.2	7.7	20.8	13.3	11.5	77.8
青森県農業 試験場	ネバリゴシ 標)キタカミコムギ	1998~ 1999	やや良	少し良	普通	16.5 15.8	11.9 11.3	8.2 6.7	22.2 16.9	13.9 10.1	11.2 10.3	83.9 71.0
岩手県農業 研究センター	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1999	良	僅かに良	僅かに良	16.0	11.8	8.5	21.3	13.0	10.4	81.4
岩手県農業 研究センター	標)ナンブコムギ		少し良	かなり良	僅かに良	15.7	12.0	6.2	13.8	9.0	10.0	66.7
秋田県農業 試験場	ネバリゴシ 標)あきたっこ	1998~ 1999	僅かに良	少し良	僅かに良	16.0 17.6	12.5 12.5	7.2 7.1	21.4 16.8	13.3 10.6	11.1 10.5	81.3 74.9
山形県立農 業試験場	ネバリゴシ 標)ナンブコムギ	1999	僅かに良	僅かに良	僅かに良	15.7	12.3	6.7	22.1	13.0	10.3	80.1
山形県立農 業試験場	標)ナンブコムギ		普通	少し良	少し良	18.3	12.8	6.7	15.4	10.0	10.3	73.5
群馬県	比)農林61号	1998~1999	普通	普通	普通	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
オーストラリア	参)ASW	1999	少し良	かなり良	かなり良	20.0	13.8	7.5	18.8	12.3	9.8	82.2

注. 1)：製粉は東北農業試験場麦育種研究室、製めん試験は東北製粉協同組合で実施した。

2)：製めん試験法は食糧庁による方法で、ゆで時間は20分とした。パネラー数は8~10名。官能評価の標準は農林61号(群馬県産)で、合計点70点とした。

示すように、合計点が標準品種を下回った事例は1例しかなく、製めん性は安定して高い水準にあった。なお、合計点は全場所とも北海道産「チホクコムギ」より高いものの、色と外観が特に優れるオーストラリア産「ASW」を越えるまでは至っていない。しかし、日本品種の中で実需者による製めん適性の評価が高い北海道産「チホクコムギ」に比べて、安定してやや優れた製めん適性を示したことから、東北4県で栽培された「ネバリゴシ」は、日本品種の中でトップクラスの製めん適性を持っているのではないかと考えられる。また、「ネバリゴシ」は各県の標準品種より合計点が3～9点高かったため、「研究・技術開発戦略」のI期の達成目標（製めん評点を現状より3点向上）はほぼ達成できたと考えられる。

2) 実需者による品質評価

東北製粉協同組合による、東北農試の製粉材料を用いた「ネバリゴシ」の製めん試験成績を表21に示した。製めん作業性は、秋田農試を除いて、各場所の標準品種よりやや優れた。生めん色相は各標準品種よりやや劣る場所が多いが、ゆでめん色相は青森畑園試を除いてほぼ各標準品種と同等であった。ゆでめん官能評価では、色は青森2場所と岩手農研セではわずかに各標準品種を上回ったが、秋田農試と山形農試ではやや劣った。外観は青森2場所ではやや優れたが、他の場所では各標準品種と同等であった。かたさは青森2場所と岩手農研セでは各標準品種より優れ、他の場所も各標準品種と同程度であった。粘弾性となめらかさは、育成地の結果と同様に各標準品種より明らかに優れ、「ASW」に比べても優れた。食味も各標準品種よりやや優れた。以上のことから、合計点はいずれの場所でも標準品種を7～15点上回り、青森畑園試を除いて80点以上の高水準にあった。

次に、青森、岩手及び秋田各県の現地及び農試産の「ネバリゴシ」を用いたビューラーテストミルによる製粉試験及び品質試験結果を表22に、製めん試験成績を表23に示した。

原粒灰分含量は群馬県産「農林61号」、岩手県産「ナンブコムギ」より低い場所が多かった。原粒蛋白含量は場所によるばらつきがやや大きく、青森県より岩手県の現地の方がやや高い傾向にあるが、9.5～10.5%の適正値に入る場所が多かった。製粉歩留は概ね「ナンブコムギ」と同程度と考えられる。

60%粉灰分含量は0.4%以下の場所が多く、低い水準にあった。60%粉蛋白含量は「ナンブコムギ」より低いが、「農林61号」より高い傾向にあった。白度は場所による差は小さく、「ナンブコムギ」と同程度であった。アミログラム最高粘度は「農林61号」、
「ナンブコムギ」より高い傾向にあった。

製めん性のゆでめん官能評価は粘弾性、なめらかさが優れ、かたさ、食味もやや優れる傾向にあったため、合計点は全場所で「農林61号」、
「ナンブコムギ」を上回った。現地では岩手県米町、玉山村及び紫波町において優れた製めん性を示した。

1999～2000年産の青森、岩手及び秋田各県の現地産「ネバリゴシ」を製粉工場において一般製粉（工場における通常の製粉）した。その小麦粉の品質及び製めん試験成績を表24に示した。60%粉灰分含量は0.4%前後と、「農林61号」、
「ナンブコムギ」と同程度であった。60%粉蛋白含量は「ナンブコムギ」より低いものの、「農林61号」より高かった。白度は「ナンブコムギ」よりわずかに高かった。アミログラム最高粘度は600B.U.以上あり適正であった。ゆでめん官能評価は標準の「農林61号」、
「ナンブコムギ」に比べて、色・外観がやや優れ、かたさ、粘弾性、なめらかさが優れ、合計点が高かった。特に、1999年産青森+秋田県現地（両県材料のブレンド）及び岩手県現地、2000年産青森県現地の各材料は製めん性が優れた。

3) 食品総合研究所における製めん試験成績

表25に、食品総合研究所穀類利用研究室で行われた「ネバリゴシ」の製めん試験成績を示した。材料は青森農試と青森畑園試のものであるが、両場所とも標準品種の「キタカミコムギ」に比較して、めんの外観、粘弾性、なめらかさ及び食味が優れ、合計点が優れた。

VII 採用理由

1999年から麦の民間流通が始まり、高品質で早生・多収の新品種育成への要望が強い状況の中で、2000年に当初は青森県だけが奨励品種採用に向けて進んでいたが、2000年7月に秋田県も加わり、育成地ではこれを受けて2000年9月以降品種登録の手続きを行ってきた。2001年1月までに青森県と秋田県の奨励品種採用が決定し、2001年2月に「ネバリゴシ」と命名された直後、相次いで岩手、山形の両県でも奨励品種採用が決定された。2001年3月には、青森、

表22 実需者による青森、岩手、秋田各県の現地及び農試産材料のビューラーテストミル製粉試験及び品質試験成績（年産平均値）

現地名 または 農試名	品種名	年産	原粒			製粉 歩留	BM率	セモリナ 生成率	セモリナ 粉碎率	60%粉		白度	アミログラム 最高 粘度 (B.U.)
			リットル重 (g)	灰分 含量 (%)	蛋白 含量 (%)					灰分 含量 (%)	蛋白 含量 (%)		
青森県五所川原市	ネバリゴシ	1999~2000	807	1.36	9.3	63.3	66.5	44.9	84.7	0.38	7.9	89.6	1256
青森県木造町	ネバリゴシ	2000	816	1.28	8.5	66.7	63.2	46.1	88.6	0.38	7.2	89.0	1340
青森県十和田市	ネバリゴシ	2000	806	1.52	9.3	66.7	53.9	49.1	88.3	0.38	7.5	89.7	1218
青森県畑作園芸試験場	ネバリゴシ	2000	797	1.39	9.8	72.1	58.7	52.5	86.5	0.44	8.6	89.3	939
岩手県磐米町	ネバリゴシ	2000	781	1.34	8.8	65.7	93.1	39.0	87.1	0.34	7.1	89.6	1268
岩手県玉山村	ネバリゴシ	1999~2000	807	1.48	10.1	63.6	68.4	44.5	85.0	0.37	8.4	89.4	1151
岩手県紫波町	ネバリゴシ	2000	816	1.45	9.8	65.8	60.7	47.2	86.7	0.38	8.2	88.8	1066
岩手県紫波町	ナンブコムギ	2000	820	1.60	12.2	63.1	78.4	41.1	67.5	0.41	10.1	89.3	980
岩手県花巻市	ネバリゴシ	2000	820	1.60	10.9	64.6	65.7	45.0	86.6	0.43	9.5	89.3	1188
岩手県藤沢町	ネバリゴシ	1999~2000	738	1.53	9.6	63.1	83.2	40.4	85.1	0.36	7.6	89.3	778
岩手県農業研究センター	ネバリゴシ	2000	840	1.38	10.5	65.9	51.1	50.8	85.9	0.32	8.6	88.9	1210
秋田県大潟村	ネバリゴシ	1999~2000	828	1.70	10.6	64.7	81.1	42.2	84.8	0.37	8.1	89.3	870
群馬県	標)農林61号	1999	775	1.61	9.7	60.4	84.8	41.0	79.7	0.38	7.1	90.4	983
岩手県	標)ナンブコムギ	2000	806	1.59	12.3	66.6	64.6	45.7	88.6	0.37	10.8	88.9	860
オーストラリア	参)ASW	2000	833	1.26	10.7	70.4	40.4	57.3	87.4	0.42	9.2	89.3	939

注. 1)：東北製粉協同組合における試験結果。

2)：白度は測色色差計で測定し、数値が大きいほど、白度が高い。

表23 実需者による青森、岩手、秋田各県の現地及び農試産材料の製めん試験成績（年産平均値）

現地名 または 農試名	品種名	年産	ゆでめん官能評価						合計
			色	外観	食感			食味	
					かたさ	粘弾性	なめらかさ		
(20)	(15)	(10)	(25)	(15)	(15)	(100)			
青森県五所川原市	ネバリゴシ	1999~2000	10.0	10.5	8.0	20.0	12.0	9.8	70.3
青森県木造町	ネバリゴシ	2000	12.0	9.0	8.0	22.5	13.5	12.0	77.0
青森県十和田市	ネバリゴシ	2000	10.0	9.0	6.0	22.5	12.0	12.0	71.5
青森県畑作園芸試験場	ネバリゴシ	2000	10.0	10.5	8.0	20.0	13.5	10.5	72.5
岩手県磐米町	ネバリゴシ	2000	16.0	12.0	6.0	20.0	13.5	12.0	79.5
岩手県玉山村	ネバリゴシ	1999~2000	15.0	11.3	7.5	22.5	12.0	12.0	80.3
岩手県紫波町	ネバリゴシ	2000	16.0	10.5	8.0	22.5	12.0	10.5	79.5
岩手県紫波町	ナンブコムギ	2000	14.0	10.5	7.0	20.0	10.5	10.5	72.5
岩手県花巻市	ネバリゴシ	2000	12.0	10.5	8.0	20.5	12.0	10.5	73.5
岩手県藤沢町	ネバリゴシ	1999~2000	12.0	10.5	7.5	21.3	12.0	11.3	74.5
岩手県農業研究センター	ネバリゴシ	2000	14.0	10.5	8.0	20.0	10.5	10.5	73.5
秋田県大潟村	ネバリゴシ	1999~2000	12.0	10.5	6.5	20.0	11.3	11.3	71.5
群馬県	標)農林61号	1999	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
岩手県	標)ナンブコムギ	2000	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
オーストラリア	参)ASW	2000	18.0	13.5	7.0	20.5	12.0	10.5	81.5

注. 1)：東北製粉協同組合における試験結果。製めん試験と官能試験は食糧庁の方法に準じた。

2)：官能評価の標準は1998年度が群馬県産農林61号、1999年度が岩手県産ナンブコムギで、合計点を70点とした。

表24 実需者による青森、岩手、秋田各県現地産材料の一般製粉の小麦粉品質及び製めん試験成績

産地名	品種名	製粉方法	年産	60%粉		白度	アミログラム			ゆでめん官能評価			合計	
				灰分含量 (%)	蛋白含量 (%)		最高粘度 (B.U.)	色 (20)	外観 (15)	食感 (10)	食感 (25)	食感 (15)		食味 (15)
青森+秋田県現地	ネバリゴシ	一般製粉	1999	0.36	8.4	89.8	660	16.0	12.0	8.0	20.0	13.5	10.5	80.0
青森県現地	ネバリゴシ	一般製粉	2000	0.41	8.3	89.7	840	16.0	12.0	8.0	22.5	13.5	12.0	84.0
岩手県現地	ネバリゴシ	一般製粉	1999	0.35	8.1	90.0	785	16.0	12.0	8.0	20.0	12.0	12.0	80.0
岩手県現地	ナンブコムギ	一般製粉	1999	0.47	10.4	89.3	845	14.0	12.0	6.0	15.0	10.5	10.5	68.0
岩手県現地	ネバリゴシ	一般製粉	2000	0.41	9.5	90.3	902	12.0	10.5	8.0	20.0	10.5	10.5	71.5
秋田県現地	ネバリゴシ	一般製粉	2000	0.41	9.3	89.8	1042	16.0	12.0	8.0	20.0	13.5	9.0	78.5
群馬県	農林61号	テストミル	1999	0.38	7.1	90.4	983	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
岩手県	農ナンブコムギ	テストミル	2000	0.37	10.8	88.9	860	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0

注. 1): 東北製粉協同組合における試験結果。

2): 産地名の青森+秋田県現地は、両県の材料をブレンドしたことを表す。

3): 一般製粉とは製粉工場における通常の製粉を表し、原麦1t以上を製粉。標準の農林61号とナンブコムギはビューラーテストミルで製粉した60%粉を使用。

4): 官能評価の標準は1999年産が農林61号、2000年産がナンブコムギで、合計点を70点とした。パネラー数は8~10名である。

表25 食品総合研究所穀類利用研究室における青森県2場所の材料の製めん試験成績

農試名	品種名	色 (20)	外観 (15)	食感			食味 (15)	合計 (100)
				かたさ (10)	粘弾性 (25)	なめらかさ (15)		
青森県農業試験場	ネバリゴシ	14.0	11.4*	7.3	18.9	11.8**	11.1*	74.5*
	標)キタカミコムギ	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
青森県畑作園芸試験場	ネバリゴシ	14.6	11.6**	7.7**	19.5**	12.1**	11.5**	77.1**
	標)キタカミコムギ	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0

注. 1): 試験方法は食糧庁の方法¹⁰⁾に従った。

2): 標準品種は各場所のキタカミコムギで、合計点を70点とした。パネラー数は21名(男9名、女12名)である。

3): **, *はそれぞれ危険率1%及び5%でキタカミコムギと有意差あり。

岩手、秋田及び山形の4県で奨励品種となった。このように、「ネバリゴシ」は青森県と秋田県で最初に奨励品種に採用されたため、これら2県の採用理由を以下に記す。

1. 青森県

水田農業活性化対策及び麦の民間流通移行に伴い、麦作付面積の確保と高品質麦の生産拡大を図るために、実需者のニーズにあった需要度のより高い優良品種の作付を推進する事が重要となっている。

青森県的小麦基幹品種である「キタカミコムギ」は多収・良質品種であるため、約20年にわたって県内一円で作付され、本県の小麦作に大きく貢献してきた。1989年産には最大の5,750ha作付され、2000年産においても1,700ha作付されている。しかし、最近になって、越冬性が不安定で倒伏しやすいこと

と、成熟期が遅いため梅雨末期の大雨による穂発芽や黒かび粒の発生が多いことが問題となっている。また、低蛋白であるため、実需者による菓子用としての一定のニーズはあるものの、めん用としてのニーズは低くなっている。このため、今後麦作振興を図る上で、実需者ニーズにあった品質（やや高蛋白、低アミロース）と高製めん適性を有し、栽培特性も耐寒雪性が強く、短強稈、早生・安定多収、良質の新品種の採用が不可欠である。「ネバリゴシ」はこのような栽培及び品質特性を有しているため、奨励品種として採用し、基幹品種として普及を図っていく。

普及見込み地帯は重点振興地域として北地域、西地域及び中南地域地域の15市町村、準振興地域として上北三八地域の5市町で、2,000haの普及を見込

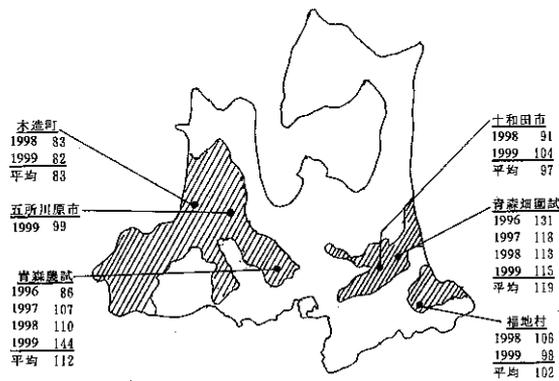


図4 青森県各農業試験場及び青森県現地における「ネバリゴシ」の収量対標準品種比
注. 1) : 年度の右の数字は標準品種「キタカミコムギ」に対する収量比 (%)
2) : 図の斜線の部分は普及見込み地帯

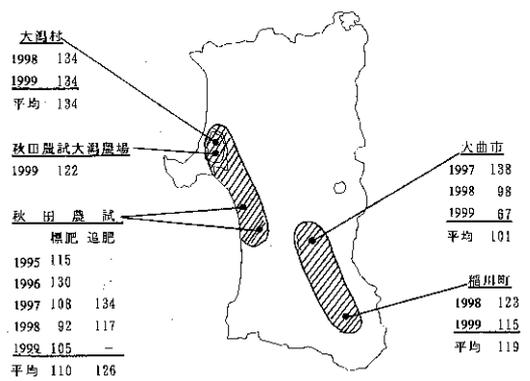


図5 秋田県農業試験場及び秋田県現地における「ネバリゴシ」の収量対標準品種比
注. 1) : 年度の右の数字は標準品種「あきたっこ」に対する収量比 (%)
2) : 図の斜線の部分は普及見込み地帯

表26 採用県を除くその他の県農業試験場における奨励品種決定調査成績麦の種類

試験場所	系統名 品種名	試験年度	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏程度	赤さび病	うどんこ病	赤かび病	縮萎縮病	雪腐病	雪害	寒害	寒害	寒害	子実重 (g/粒)	同定標準比率 (%)	リットル重 (g)	千粒重 (g)	品質	
																						概評	等級
宮城県農業センター	ネバリゴシ	1995~	5.12	6.28	93	8.6	866	3.0	1.0	1.0	2.0	0.0	-	-	-	-	-	46.3	78	762	28.6	4.3	-
	(標)ソラネコムギ	1997	5.08	6.27	94	9.0	724	3.0	1.5	1.5	2.0	0.0	-	-	-	-	-	57.7	100	795	34.2	3.7	-
福島県農業試験場	ネバリゴシ	1995~	5.12	6.20	87	9.4	546	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.2	98	771	34.4	5.0	-
	(標)トヨホコムギ	1997	5.07	6.23	87	8.5	564	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.1	100	788	37.8	4.0	-
福島農試	ネバリゴシ	1995~	5.13	6.21	88	8.1	324	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	1.0	-	0.0	0.0	34.8	95	805	38.9	2.5	-
会津支場	(標)しゅんよう	1997	5.10	6.23	85	8.5	353	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0	1.0	1.5	-	1.0	0.0	36.8	100	798	42.0	2.3	-
福島農試	ネバリゴシ	1995~	5.12	6.29	87	9.3	647	1.5	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	56.9	104	830	34.3	2.5	-
相模支場	(標)トヨホコムギ	1996	5.05	6.24	87	9.1	650	1.5	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	54.6	100	839	34.7	3.0	-
新潟県農業総合研究所	ネバリゴシ	1996~	5.07	6.16	86	8.4	424	0.0	-	-	0.3	-	-	1.0	-	-	-	44.7	96	796	35.1	2.5	-
	(標)コユキコムギ	1998	5.09	6.20	87	7.6	403	0.0	-	-	0.3	-	-	1.0	-	-	-	46.8	100	811	40.3	3.3	-
石川県農業総合試験場	ネバリゴシ	1996~	4.29	6.10	84	9.5	475	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	47.3	101	790	36.4	2.7	-
	(標)ナンソコムギ	1998	4.25	6.10	90	10.1	408	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	46.3	100	804	44.4	2.7	-
福井県農業試験場	ネバリゴシ	1996	4.30	6.17	94	9.0	533	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	52.2	126	801	33.0	4.0	-
	(標)ナンソコムギ		4.27	6.16	100	11.2	383	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	41.3	100	794	39.9	4.0	-
岐阜県高冷地農業試験場	ネバリゴシ	1996~	5.08	6.17	71	87	358	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	39.8	109	816	35.5	4.3	2.0
	(標)キタカミコムギ	1997	5.12	6.24	87	89	252	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	36.4	100	806	40.8	3.5	-

注. 1) : 倒伏程度, 病害程度, 諸障害程度 0 : 無, 1 : 微, 2 : 少, 3 : 中, 4 : 多, 5 : 甚
2) : 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

んでいる (図4)。

2. 秋田県

秋田県の小麦の作付け面積は、1984年産の7,730 haをピークに減少を続け、最近では1993年産の425 haを境に激減し、1999年産はわずか95haに過ぎない。現在残っている産地は大潟村のみで、ここでは「水稲-麦-大豆」の2年3作体系が確立しており、麦作は水田の畑地化促進による後作大豆の生産安定

に大きく貢献している。しかし、小麦作の衰退とともにロットの規模、品質の低下が顕著となりこれら諸要因が悪循環となって麦作拡大の障害となっている。1993年に多収良質の「あきたっこ」が奨励品種となり、それまでの「キタカミコムギ」に置き換わったが、作付け拡大までには至らなかった。「あきたっこ」は耐雪性が強く多収であるが、やや晩生で赤さび病に弱くて穂発芽しやすく、また低蛋白で実需者

表27 採用県を除くその他の県農業試験場の奨励品種決定調査材料における製粉及び品質試験成績

農試名 または 産地名	品種名	試験 年度	原粒		製 粉 歩 留 (%)	B M 率 (%)	セ モ リ ナ 生 成 率 (%)	セ モ リ ナ 粉 砕 率 (%)	ス ト レ ィ ト 灰 分 (%)	ミ リ ン グ ス コ ア (%)	灰 分 移 行 率 (%)	60%粉					反射率		
			灰 分 含 量 (%)	蛋 白 含 量 (%)								ア ミ ロ ー ス (%)	セ テ ィ ン 値 (ml)	比 表 面 積 (cm^2/g)	R455 (%)	R554 (%)	D455- D554 (%)		
																		灰 分 含 量 (%)	蛋 白 含 量 (%)
宮城県農業セ ンター	ネバリゴシ	1995~	1.48	8.5	65.0	49.8	53.3	81.5	0.43	78.5	45.9	0.42	8.7	22.4	29.6	-	50.5	65.8	0.115
	標)ソラネコムギ	1996	1.69	-	64.2	44.6	55.3	80.3	0.51	73.8	44.9	0.50	11.4	27.7	39.3	-	53.4	66.4	0.094
福島県農業試 験場	ネバリゴシ	1995~	1.61	11.4	66.6	40.7	58.2	81.4	0.45	79.1	47.9	0.44	9.7	21.8	32.7	-	51.5	66.8	0.114
	標)トヨホコムギ	1996	1.52	12.4	63.5	41.6	56.8	79.0	0.42	77.8	46.1	0.40	9.9	27.8	35.7	-	53.1	66.9	0.100
福島農試	ネバリゴシ	1995~	1.46	8.9	68.7	48.1	57.3	79.4	0.44	81.6	43.2	0.39	7.7	22.6	23.4	2528	53.4	68.7	0.110
	標)しゅんよう	1997	1.53	8.8	70.4	57.8	55.0	81.4	0.44	83.4	49.0	0.42	7.5	27.4	14.3	3056	51.8	69.0	0.125
新潟県農業総 合研究所	ネバリゴシ	1996~	1.24	9.9	69.5	49.2	60.9	76.9	0.48	80.7	42.3	0.45	8.5	22.6	30.4	2650	52.3	67.4	0.110
	標)コユキコムギ	1998	1.32	10.9	72.8	27.0	64.2	89.2	0.49	83.3	45.3	0.47	9.6	27.7	32.8	1639	55.7	68.8	0.092
石川県農業総 合試験場	ネバリゴシ	1996	1.37	-	67.9	42.4	56.7	84.1	0.43	81.6	46.8	0.41	7.8	22.5	30.4	-	53.0	69.4	0.117
	標)ナンブコムギ		1.54	-	66.0	44.7	56.5	80.6	0.45	78.7	46.8	0.43	9.1	26.6	28.5	-	50.1	67.2	0.128
群馬県	農林61号	1995~	1.50	9.1	67.1	54.2	57.2	76.3	0.43	80.5	47.4	0.40	7.9	27.0	22.3	3288	53.7	67.4	0.099
北海道	チホクコムギ	1998	1.34	9.7	70.6	57.2	56.8	79.3	0.48	81.8	44.9	0.44	8.3	26.1	23.8	2719	54.5	67.9	0.095
オーストラリア	ASW		1.22	10.4	70.6	38.5	62.9	81.3	0.47	82.3	43.0	0.44	9.4	25.8	32.6	2262	54.9	69.4	0.102

注. 1): 分析は東北農業試験場麦育種研究室による。品質検定法は表6を参照。

2): 農林61号, チホクコムギ及びASWは, いずれも食糧庁から移管された材料(表28, 表29も同じ)。

表28 採用県を除くその他の県農業試験場の奨励品種決定調査材料における生地物性(ブラベンダー試験)成績

農試名 または 産地名	品種名	試験 年度	フェリノグラム					エキステンソグラム(135分)				アミログラム			食水アミログラム		
			Ab (%)	DT (min)	Stab (min)	Wk (B.U.)	VV	A (cm)	R (B.U.)	E (mm)	R/E	GT (°C)	MVT (°C)	MV (B.U.)	BD (B.U.)	MV (B.U.)	BD (B.U.)
宮城県農業セ ンター	ネバリゴシ	1995~	59.4	3.2	4.9	76	45	-	-	-	-	55.5	85.5	1112	481	1435	762
	標)ソラネコムギ	1996	64.2	10.9	15.5	20	75	-	-	-	-	55.5	87.8	987	235	1058	394
福島県農業試 験場	ネバリゴシ	1995~	58.6	4.5	5.4	59	53	71	248	203	1.2	56.5	85.1	1197	555	1362	737
	標)トヨホコムギ	1996	59.7	1.9	3.2	78	41	61	243	182	1.3	56.6	85.9	941	285	1043	382
福島農試	ネバリゴシ	1995~	55.3	1.3	2.5	94	35	70	276	182	1.6	57.1	85.5	1291	628	1333	710
	標)しゅんよう	1997	56.2	1.2	1.5	85	36	37	149	173	0.9	54.8	86.8	1146	294	1130	430
新潟県農業総 合研究所	ネバリゴシ	1996~	56.7	1.4	4.1	83	38	98	369	134	2.0	55.8	84.8	1219	614	1286	690
	標)コユキコムギ	1998	64.3	4.7	7.1	43	56	64	303	152	4.0	54.6	87.0	1015	229	1109	396
石川県農業総 合試験場	ネバリゴシ	1996	56.2	1.7	6.0	90	36	78	362	177	2.1	56.2	88.1	1168	401	1332	687
	標)ナンブコムギ		58.6	2.7	3.9	80	41	48	195	170	1.1	55.5	87.0	940	250	1050	415
群馬県	農林61号	1995~	57.4	1.5	2.3	80	40	59	288	152	2.0	55.5	86.4	1099	328	1030	403
北海道	チホクコムギ	1998	54.0	1.9	2.1	111	38	72	321	167	2.0	57.3	86.0	856	276	1308	638
オーストラリア	ASW		60.3	6.8	10.5	28	65	117	503	176	2.9	55.0	85.5	1040	342	1241	565

注. 分析は東北農業試験場麦育種研究室による。各特性の測定法及び記号の説明は表7を参照。

の評価が低い。このため、生産現場からは「水稲-小麦-大豆」の作付体系上有利な早生性を有し、難穂発芽性で赤さび病抵抗性の良質品種に対する要望が高まっている。

一方、小麦の民間流通を控え、実需者ニーズを踏まえた高品質小麦を生産しなければならない状況にあり、この条件を満たす新品種で大幅に生産拡大を図らねば、秋田県の小麦作の生き残りはあり得ない。「ネバリゴシ」は、栽培及び品質特性は明らかに従

来の品種より優れている。特に、成熟期が「ナンブコムギ」並に早いため、「水稲-小麦-大豆」の作付体系に組み込みやすく、難穂発芽性、赤さび病抵抗性で短強稈、多収、良質である。また、低アミロースで蛋白含量がやや高く製めん適性が良好であるため、実需者ニーズに応えられる品質特性をもち、地域特産物としての新たな製品開発も期待できる。

普及見込み地帯は県内全域で、150haの普及を見込んでいる(図5)。

表29 採用県を除くその他の県農業試験場の奨励品種決定調査材料における製めん適性試験成績

農試名 または 産地名	品種名	試験年度	ゆでめん官能評価						合計
			色	外観	食感			食味	
					かたさ	粘弾性	なめらかさ		
(20)	(15)	(10)	(25)	(15)	(15)	(100)			
宮城県農業 センター	ネバリゴシ	1995～	14.1	11.2	7.3	20.6	12.1	11.3	76.0
	標)シラネコムギ	1996	11.8	10.4	6.2	14.5	9.9	10.5	63.0
福島県農業 試験場	ネバリゴシ	1995～	14.4	11.7	7.6	20.7	12.3	11.3	77.7
	標)トヨホコムギ	1996	13.3	10.8	7.1	18.0	10.7	10.7	70.4
福島農試 会津支場	ネバリゴシ	1995～	15.6	11.3	7.4	20.7	13.1	11.5	73.3
	標)しゅんよう	1997	18.0	11.1	7.5	18.2	11.5	11.1	77.6
新潟県農業 総合研究所	ネバリゴシ	1996～	13.7	12.1	7.7	20.9	12.5	11.5	78.4
	標)コユキコムギ	1998	16.4	10.8	7.2	16.9	10.2	10.7	72.2
石川県農業 総合試験場	ネバリゴシ	1996	14.6	11.5	7.1	19.8	12.9	11.4	76.7
	標)ナンブコムギ		13.1	10.4	7.1	17.1	11.0	10.8	68.9
群馬県	農林61号	1995～	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
北海道	チホクコムギ	1998	14.5	11.1	7.6	19.6	11.8	11.2	75.6
オーストラリア	ASW		17.9	12.6	7.7	19.1	12.1	11.9	81.6

注. 分析は東北農業試験場麦育種研究室による。製めん試験法は表9を参照。

VIII その他の配付先における試験成績

奨励品種決定調査(表26)においては、「ネバリゴシ」は各場所の標準品種に比較して、出穂期はやや遅い場所が多かった。成熟期は同程度かやや早かった。稈長は同程度かやや短く、穂数は同程度かやや多かった。耐倒伏性は同程度の場所が多かった。子実重は福島農試会津支場、石川県農業総合試験場、福島県農業試験場及び岐阜県高冷地農業試験場では多収であるが、その他の場所はやや低収であった。外観品質は同程度である場所が多かった。

製粉、品質及び生地物性試験(表27～28)では、「ネバリゴシ」は各場所の標準品種に比較して、福島県農業試験場を除いて、原粒灰分含量は低く60%灰分含量も低かった。製粉歩留、ミリングスコアは福島農試会津支場、新潟県農業総合研究所(新潟農総研)を除いた場所で高かった。60%粉蛋白含量は低い場所が多かった。アミロース含量は全場所で標準品種より4～6%低かった。反射率のR554(粉の明るさ)は標準品種並であった。エキステンソグラムの面積(A)は大きく、伸長抵抗(R)も大きいため、生地物性は中力的傾向にあった。アミログラムの最高粘度(MV)は高く、ブレークダウン(BD)も大きかった。また、食塩水アミログラム(澱粉糊化特性)の最高粘度(MV)が高く、ブレークダウン(BD)が大きかった。

製めん試験(表29)においては、「ネバリゴシ」は各場所の標準品種に比較して、めん色は福島農試会津支場、新潟農総研を除いた場所で優れた。めんの外観、かたさは各場所ともやや優れた。めん粘弾性となめらかさは優れていた。食味もやや優れていた。このため、合計点は安定して高かった。以上のことから、採用県成績も含めて、製めん適性に関しては総じて広域適応性があると考えられる(吉川ら1997)。

IX 栽培適地と栽培上の注意

寒冷地である東北・北陸地域の根雪日数110日以下の平坦地に適応する。

栽培上の注意としては、(1)うどんこ病にやや弱いので、赤かび病の防除を兼ねて開花期頃に薬剤防除を行う。出穂期前の早期にうどんこ病が発生した場合にも、同様に防除を行う。(2)倒伏にやや強いものの、極端な多肥栽培は避ける。また、水田転作では蛋白含量が低くなりやすいので、蛋白含量の向上を図るため、融雪期と減数分裂期の2時期に適量の追肥を行う(吉川2001)。

X 命名の由来

低アミロースでゆでめんの粘弾性、こしが優れることによる。また、東北人の粘り強いことにも因む。

XI おわりに

1960年頃までは東北の小麦・大麦あわせた麦作面積は10万ha以上維持されてきたが、2001年産は約1万haしかない。しかし、この6年で麦作面積は約2倍に増えた。転作強化の中、今後も水田転作麦から脱却して本作化麦として、確実に定着していくであろう。今回育成した小麦新品種「ネバリゴシ」が、この麦の本作化に少しでも貢献し、生産者、実需者及び消費者から愛される品種に育っていくことを願っている。また、東北の大地にしっかり根付い

て、「ねばり強く」栽培されることを期待している。

「ネバリゴシ」の用途はうどん、そうめんなどの日本式めんが主体であるが、パンやお好み焼・たこ焼き、ひつつみなどにも適しており、従来の品種より用途が広い。また、澱粉、グルテンの特性は「キタカミコムギ」、「ナンブコムギ」と異なるので、これらの特性を生かした地域特産物となるような新たな商品開発も期待できる。

今後の育種上の課題としては、栽培特性の面では、「ネバリゴシ」はうどんこ病にやや弱く、やや小粒であるので、うどんこ病抵抗性と粒大の改良が必要

付表1 「ネバリゴシ」の配布先における概評一覧

農試名	試験年度					標準品種
	1995	1996	1997	1998	1999	
青森県農業試験場		△ 86	○ 107	○ 110	◎ 144	キタカミコムギ
青森県畑作園芸試験場		○ 131	◎ 118	○ 113	◎ 115	キタカミコムギ
岩手県農業研究センター	△ 117	○ 139	○ 105	○ 121	○ 113	ナンブコムギ
岩手県農研センター東北農業研究所	△ 176	△ 104	○ 159	○ 132	◎ 112	ナンブコムギ, コユキコムギ
岩手県農業試験場泉南分場	△ 128	—	—	—	—	ナンブコムギ
宮城県農業センター	× 84	× 54	× 99	—	—	シラネコムギ, フクホコムギ
秋田県農業試験場	△ 115	○ 130	○ 108	○ 92	◎ 105	あきたっこ
山形県立農業試験場	△ 132	△ 100	○ 102	○ 113	◎ 105	ナンブコムギ
福島県農業試験場	△ 99	△ 117	× 78	—	—	トヨホコムギ
福島農試会津支場	△ 105	△ 111	△ 97	× 70	—	ワカマツコムギ, しゅんよう
福島農試相馬支場	△ 116	× 92	—	—	—	トヨホコムギ
新潟県農業総合研究所	—	△ 94	△ 89	○ 106	—	コユキコムギ
石川県農業総合試験場	—	△ 107	△ 81	△ 116	—	ナンブコムギ
福井県農業試験場	—	× 126	—	—	—	ナンブコムギ
岐阜県高冷地農業試験場	—	△ 101	× 116	—	—	キタカミコムギ

注. 概評は、◎：極有望、○：有望、△：再検討、×：打ち切り、数字は標準品種に対する収量指数(%)

付表2 「ネバリゴシ」の育成者と関係した育成世代

年度	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
世代	交配	F1	F2	F3,DH1	DH2	DH3	DH4	DH5	DH6	DH7	DH8	DH9	DH10
試験名	交配	F1	集団養成	半数体倍加	系統	系統	系適	特検	生検	生検	生検	生検	生検
氏名		養成	個体選抜	系統育成	養成	選抜		系適	(奨決)	(奨決)	(奨決)	(奨決)	(奨決)
吉川 亮								○	—————	—————	—————	—————	○
中村 和弘									○	—————	—————	—————	○
伊藤 美環子													
星野 次汪	○	—————	—————	—————	—————	—————	—————	○					
田野崎 眞吾	○	—————	—————	○									
谷口 義則	○	—————	—————	○									
佐藤 暁子				○	—————	○							
伊藤 誠治			○	—————	—————	—————	—————	—————	○				
八田 浩一								○	—————	—————	—————	—————	○
中村 洋											○	—————	○

注. 上記の他に、企画連絡室業務第1科職員が技官として圃場管理及び品質試験に従事した。

である。また、成熟期はナンブコムギ並に早いというものの、大麦に比べると遅いので、より一層の早生化を進める必要がある。品質面では、低アミロース化によりめんの粘弾性、なめらかさは大幅に改良できたが、製粉性及び粉色・めん色はオーストラリア産「ASW」に比べるとまだ劣るので、「ASW」に近い高製粉性の良色相品種の育成が大きな課題である。

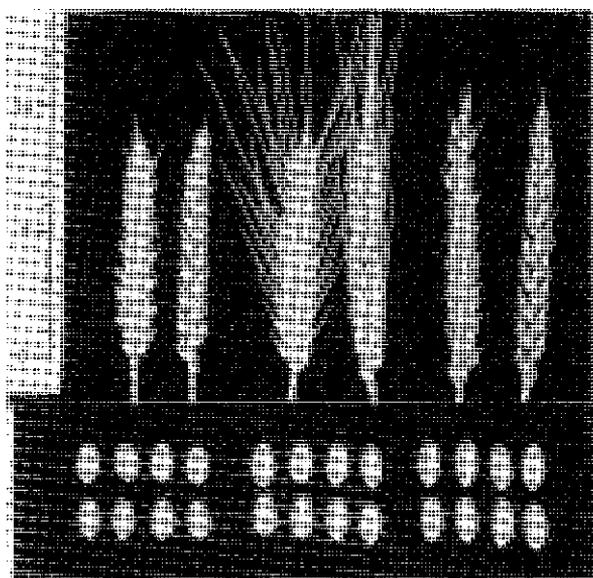
引用文献

- 1) Bietz, J.; Wall, J. S. 1972. Wheat gluten subunits: molecular weights determined by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. *Cereal Chem.* 49: 416-430.
- 2) Blackman, J.A.; Payne, P.I. 1987. Grain quality. (Lupton, F.G.H. ed., *Wheat breeding-Its scientific basis.*). Chapman and Hall. p. 455-485.
- 3) Juliano, B.O.A. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today.* 16: 334-360.
- 4) Laurie, D.A.; Bennett, M.D. 1986. The production of haploid wheat plants from wheat × maize crosses. *Canadian J. of Genet. and Cytology.* 28: 313-316.
- 5) 長尾精一. 1984. 小麦粉の品質評価法. (小麦とその加工). 建帛社. p.187-188.
- 6) 日本イースト工業会. 1990. パン用酵母試験法. イースト技報 60: 85-102.
- 7) 農林水産技術情報協会. 1998. 種苗特性分類調査(小麦)の審査基準(案). (平成9年度種苗特性分類調査報告書 小麦). p.4-45.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 食糧庁. 1987. うどん適性評価法. (国内産小麦の評価に関する研究会報告書-小麦のめん(うどん)適性評価法.). p.16-25.
- 11) 氏原和人, 藤田雅也, 吉川 亮, 谷口義則. 1995. 小麦新品種「チクゴイズミ」の育成. 九州農試報告 28: 195-217.
- 12) 吉川 亮. 1990. 食塩水アミログラフによる小麦のビスコグラム特性の簡易検定法. 口作紀 59(別2): 125-126.
- 13) 吉川 亮, 伊藤誠治, 八田浩一, 中村和弘. 1997. 小麦の低アミロース系統「東北206号」における製めん適性及びその関連形質の地域間差異. 東北農業研究 50: 87-88.
- 14) 吉川 亮, 中村 洋, 中村和弘, 八田浩一. 1999. 中種生地法による小麦製パン適性の品種・系統間差異. 東北農業研究 52: 87-88.
- 15) 吉川 亮. 2001. 寒冷地向け小麦新品種「ネバリゴシ」の育成. 米麦改良2001年8月号: 32-42.
- 16) 吉田 久, 桑原達夫, 吉川 亮, 田谷省三. 1999. 地域における栽培の特徴と今後の展開. 研究ジャーナル, 22: 34-46.
- 17) 吉田 久, 乙部(桐淵)千雅子, 柳澤貴司, 山口勲夫, 瀬古秀文, 牛山智彦, 天野洋一, 小田俊介, 宮川三郎, 黒田 晃. 2001. 小麦新品種「あやひかり」の育成. 農研センター研報 34: 17-35.



ネバリゴシ キタカミコムギ ナンブコムギ
(標準品種) (比較品種)

写真1 草姿(育成地)



ネバリゴシ キタカミコムギ ナンブコムギ
(標準品種) (比較品種)

写真2 穂及び子実(育成地)



写真3 育成地の育種圃場における「ネバリゴシ」の草姿
(2001年6月撮影)

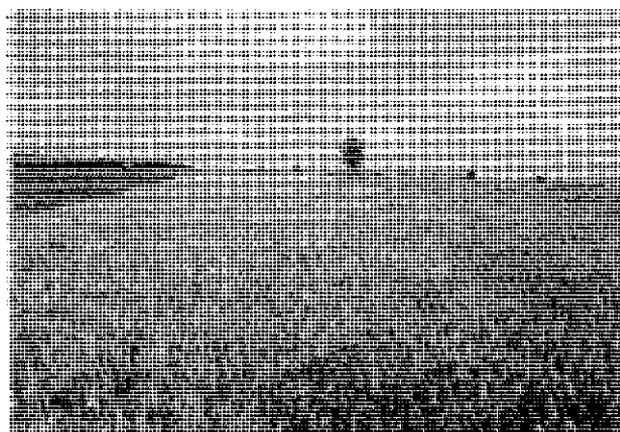


写真4 岩手県岩手郡玉山村における「ネバリゴシ」の現地試験圃場
(1999年6月撮影)

低アミロース米良食味品種「シルキーパール」の育成

滝田 正^{*1)}・東 正昭^{*2)}・横上 晴郁^{*3)}・片岡 知守^{*3)}・加藤 浩^{*4)}
 山口 誠之^{*3)}・田村 泰章^{*5)}・小綿 寿志^{*6)}・小山田善三^{*7)}・春原 嘉弘^{*2)}

抄録：「シルキーパール」は、低アミロース米系統「探系2019」（中間母本農14号）を母、短程、早生の粳系統「ふ系143号」（ヤマウタ）を父とする組合せから育成された低アミロース米品種である。出穂期と成熟期は「ひとめぼれ」と同程度で、育成地では“中生の晩”に属する。短程で耐倒伏性は“強”、耐冷性は“中”、穂発芽性は“中”である。いもち病良性状抵抗性遺伝子型は“*Pia*”と推定され、圃場抵抗性は葉いもち・穂いもちともに“中”である。また白葉枯病圃場抵抗性は“中”である。止め葉が立ち草姿は良好で、収量は「ひとめぼれ」より9%高く、「スノーパール」より4%高く、低アミロース米品種としては多収性である。玄米は、千粒重が20.7gのやや小粒で、低アミロース米特有の白濁があり、精米後の胚芽残存は少ない。アミロース含量は登熟気温により変動し、平年は7~9%であり、高温年は低く、低温年は高くなる。こうした特性は「スノーパール」と同じである。飯米は低アミロース米特有の強い粘りがあり、冷飯でも柔らかく良食味である。糯臭は「スノーパール」より少ない。このため混米による食味向上の原料、冷飯で流通する加工用米飯の原料として利用が予定されている。中生の晩の熟期と短強稈の特性から、「シルキーパール」は東北地域の平坦肥沃地に適する。

キーワード：水稲、低アミロース、良食味、米加工、東北、糯臭

Breeding of a New Rice Cultivar with Low Amylose Content “Silky-pearl”: Tadashi TAKITA^{*1)}, Tadaaki HIGASHI^{*2)}, Narifumi YOKOGAMI^{*3)}, Tomomori KATAOKA^{*3)}, Hiroshi KATO^{*4)}, Masayuki YAMAGUCHI^{*3)}, Yasuaki TAMURA^{*5)}, Hisashi KOWATA^{*6)}, Zenzo OYAMADA^{*7)}, Yoshihiro SUNOHARA^{*2)}

Abstract: “Silky-pearl” is a new rice cultivar with low amylose content developed at the National Agricultural Research Center for Tohoku Region, NARO, and was registered as “Norin 375” by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery (MAFF) in 2001. This cultivar was selected from the progenies of a combination of Tankei 2019/Fukei 143. “Tankei 2019”, one of the parents, is a strain with low amylose content derived from a mutant developed at the National Institute of Agrobiological Resources and named “Norin PL14” in 1991. On the other hand, “Fukei 143” is an early nonglutinous strain and became the cultivar named “Yamauta” in 1991.

The maturity of “Silky-pearl” is almost the same as that of “Hitomebore”, a nonglutinous leading cultivar and is classified as a medium group in the Tohoku region. When it is compared to “Hitomebore”, the culm height is shorter, the number of panicles are obviously more and lodging resistance is higher. It has a true resistance gene “*Pia*” to blast and the field resistance to leaf and panicle blights are moderate. Cold tolerance at the

- *1) 現・作物研究所 (National Institute of Crop Science, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8518 Japan)
- *2) 現・近畿中国四国農業研究センター (National Agricultural Research Center for Western Region, Zentsuji, Kagawa 765-0053 Japan)
- *3) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region)
- *4) 現・宮崎県総合農業試験場 (Miyazaki Agricultural Experiment Station, Sadowara, Miyazaki 880-0212 Japan)
- *5) 現・国際農林水産業研究センター沖縄支所 (Okinawa branch of Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Ishigaki, Okinawa 907-0002 Japan)
- *6) 現・岩手県一関農業改良普及センター (Iwate Ichinoseki Agriculture Extension Center, Ichinoseki, Iwate 021-0027 Japan)
- *7) 現・青森県農産物加工センター (Aomori Processing Center for Agricultural Products, Rokunohe, Aomori 033-0071 Japan)

2001年8月14日受付, 2001年12月21日受理

reproductive stage is moderate and seed dormancy is also moderate.

For grain yields, it is 9 % higher than “Hitomebore” and the 1000 grain weight is about 21 g. The grains look slightly white like those of a glutinous cultivar because of low amylose content which usually amounts to 7 – 9 %. The amylose content varies with the temperature during the ripening stage about 11–20 days after heading.

As for eating quality, the taste of warm rice is as good as that of “Hitomebore” which, like “Koshihikari”, has the best eating quality, while the taste of cold rice is obviously better than that of “Hitomebore”. It also has better eating quality than “Snow pearl”, which has low amylose content and was released in 1998, because unfavorable glutinous smell is weaker. Since “Silky-pearl” has low amylose content and good eating quality, it can be used for many purposes such as for mixing with unsticky rice and for processing instant foods.

Since it has moderate maturity and short stiff culms, it is adapted to fertile lowland areas in the Tohoku region.

Key Words : Rice, Low amylose content, Eating quality, Rice processing, Tohoku region, Glutinous smell

I 緒 言

低アミロース米特性を有する品種として東北地域では「スノーパール」が1998年に命名登録され、近年の低アミロース米人気もあり広く普及し始めている(東ら 1999)。しかし、「スノーパール」は長稈で耐倒伏性が弱く、肥沃地には適していない。また、チルド等の低温で流通する「スノーパール」の飯米については民間の特許(特開平9-322725)の枠がかけられ、その用途以外についてのみ利用に限られ、普及しにくい問題があった。このため生産者からは、「スノーパール」と異なる短強稈の低アミロース米系統育成の要望が出されている。そこで、こうした要望に応えるため、短強稈、多収の低アミロース米系統を目標に改良を進め、「シルキーパール」を育成することができた。そこで、本報告では、今後の改良および普及のための資料とするため、本品種の育成経過、特性等を紹介する。

本品種の育成に当たり、食品関係の研究機関には加工、利用、成分分析の協力をいただいた。また県の農業研究機関には特性検定の協力をいただいた。ご協力いただいた関係者の皆さんに厚くお礼申しあげる。

II 育種目標、育成経過、命名登録

1. 育種目標、育成経過

「シルキーパール」は、早生多収性の低アミロース米を目標に、低アミロース米の「探系2019」(後の「中間母本農14号」)を母、早生多収性の「ふ系143号」(後の「ヤマウタ」)を父とする組合せから育成された系統である(図1)。1989年に東北農業試験場水田利用部において人工交配を行い、同年冬季にF₁個体を温室で養成した(図2)。1990年はF₂、F₃集団を温室で養成したが、F₃集団については白濁した低アミロース米だけ選抜して玄米を播種した。1991年は、F₄集団を本田で養成し、47個体を選抜した。1992年F₅世代以降は系統育種法により選抜、固定を図ってきた。

1993年には「UK-45」の系統名で生産力検定試験、特性検定試験を行い、1994年のF₇世代から低アミロース米系統「奥羽354号」の系統名で、次世代プロジェクト研究の中で加工、利用適性を検討すると共に、希望する関係県に配布して地方適性を検討してきた。2001年の世代は雑種第14代である。

2. 命名登録

以上の検討経過の中で、JA大潟村から、「奥羽354号」は短強稈で大潟村の肥沃地に適していると思われるので作付けしたい、という要望が出された。

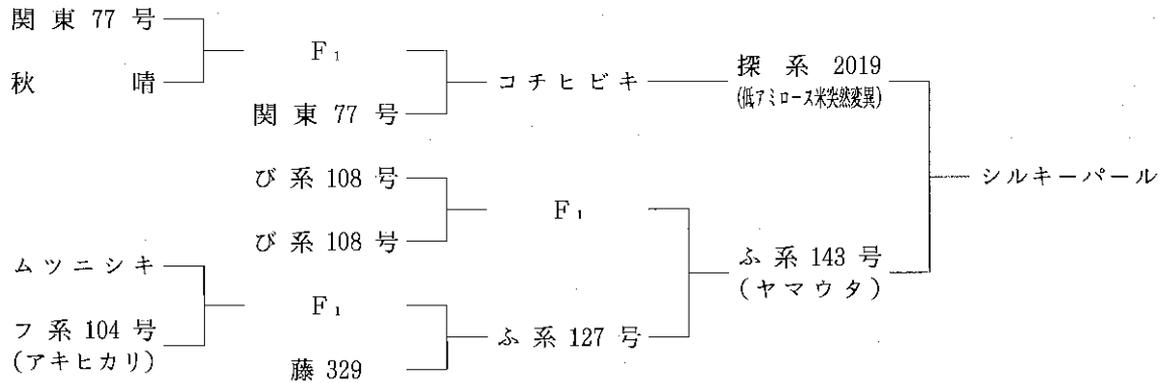


図1 「シルキーパール」の系譜

年次	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
世代	交配・F1	F2-3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
育成系統図		(温室)	集団	単独系統		奥羽354号						
				U1178-	(3)							
				U1180-	(3)			U2036-	U3037-	2041		
								U2037-	U3038-	2042		
								U2038-	U3039-	2043	3086	
					U2298-		U2061-	U2039-		2044	3087	
				U1196-	U2299-	U2074-	U2062-	U2040-	(3)	2045	3088	2391
					U2300-	U2076-	U2063-	(5)			3089	2392
		奥羽交				U2076-	U2064-				3090	2393
		89-211					U2065-					2394
		↓			U1196-	(3)-	(3)					2395
		F1-										
		AC125	-AC6									
	↓											
	-AC106-	UB24-	U1200-	(3)-	(3)							
		(2,700個体)										
				U1204-	(3)-	(3)						
				U1210-	(3)							
				U1224-	(3)-	(3)-	(3)					
選抜経過	養成系統群数				8	5	2	2	2	1	1	1
	養成系統数			47	24	15	8	10	6	5	5	5
	選抜系統数			8	5	2	1	2	1	1	1	1
	備考(生検番号)					UK-45	UK-10	UK-9	UK-7	UK-11	K2-6	K2-11

図2 「シルキーパール」の選抜経過
()内の数字は1系統群内の系統数である。

：シルキーパールの本系統

一方、「スノーパール」は高温登熟で精に近い低アミロース米となり糯臭が問題となっていたが、お茶の水女子大の糯臭の官能試験結果で「奥羽354号」は低アミロース米でありながら糯臭が弱いという判定をいただいた(表21参照)。そこで、採用県は無いが、低アミロース米関係の民間実需者の期待に応えるとともに、本系統を東北地域に普及することで米の用途拡大を図る目的で「奥羽354号」の命名登録(農林登録)を出願し、2001年10月9日に「シルキーパール」(水稲農林375号)と命名された。

命名の由来: 絹のように感触の良い飯米, パールのように輝く飯米の意味で「シルキーパール」と命名された。漢字では「絹真珠」, 英文字では「Silky-pearl」と表記する。

Ⅲ 特 性

1. 形態的特性

「シルキーパール」は、移植時の出丈は「ひとめぼれ」より短く、葉色は濃い(表1)。稈長は「ひとめぼれ」よりも短く「短」である。穂数は「ひとめぼれ」よりやや多く、穂長は短く、草型は「穂数型」である(表2, 写真1)。稈の太さは「やや細」で、稈質は「中」である。成熟期の止葉の直立程度は「やや立」で草姿は良好である(写真2)。粒着は「ひとめぼれ」より密で「やや密」、芒の多少は「中」で長さは「中」である。ふ先色は「黄白」、穎色も「黄白」で、脱粒性は「難」である。

2. 生態的特性

「シルキーパール」は、出穂期、成熟期とも「ひとめぼれ」と同程度で、「スノーパール」より出穂期は2日程度遅く、育成地では「中生の晩」に分類される(表2)。耐倒伏性は「強」で、収量性は「ひとめぼれ」よりやや高い(表3)。いもち病真性抵抗性遺伝子型は「*Pia*」と推定され、圃場抵抗性については葉いもち・穂いもちとも「中」である(表4~6)。白葉枯病抵抗性は「中」、縞葉枯病に「罹病性」である(表7, 8)。耐冷性は「中」で、穂発芽性は「中」である(表9, 10)。

表1 「シルキーパール」の形態的特性(1995~99)

品種名	移植時		稈			芒 長短	ふ先色	穎色	粒着 密度	脱粒性	葉立性
	出丈	葉色	細太	剛柔	多少						
シルキーパール	短	やや濃	やや細	中	中	中	黄白	黄白	やや密	難	やや立
スノーパール	やや長	中	中	柔	少	短	黄白	黄白	中	難	やや垂
ひとめぼれ	中	中	やや細	やや柔	稀	短	黄白	黄白	やや疎	難	中

表2 「シルキーパール」の生育特性

品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (0-5)	穂いもち (0-9)	試験 年次
シルキーパール	8.09	9.22	69	18.1	378	0.2	0.7	1993
スノーパール	8.07	9.18	84	19.5	287	1.0	1.5	~00
シルキーパール	8.11	9.26	69	17.9	380	0.3		1993
トヨニキ	8.10	9.24	82	18.9	329	0.8		~97
シルキーパール	8.06	9.15	68	18.4	373	0.0	0.7	1998
ひとめぼれ	8.06	9.14	80	20.3	356	0.7	0.7	~00

注. 倒伏は無(0)~甚(5)、穂いもちは1998~00の平均、播種日は4月18日、移植日は5月25日、元肥は0.7kgN/a、追肥は0.2kgN/a、栽植密度は30×15cmに3本植え、他の条件は慣行栽培に準ずる。

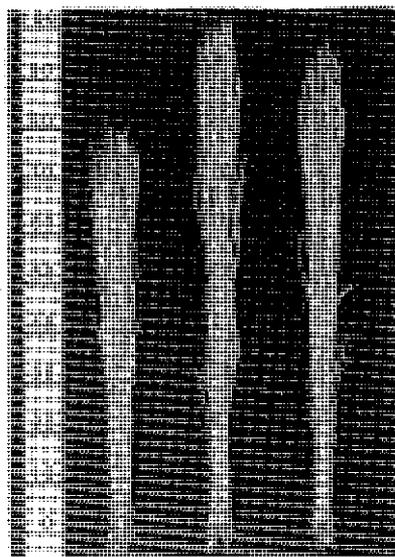


写真1 「シルキーパール」(左), 「スノーパール」(中央), 「ひとめぼれ」(右)の株標本



写真2 「シルキーパール」の草姿

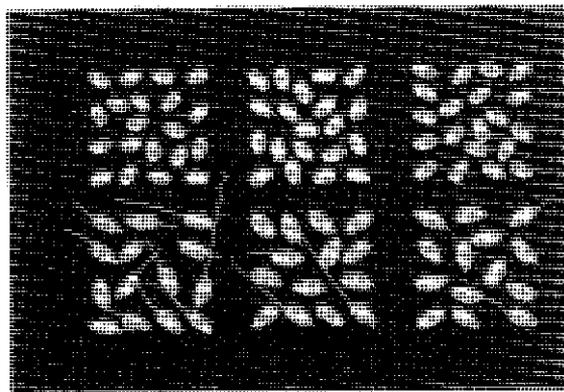


写真3 「シルキーパール」(左), 「スノーパール」(中央), 「ひとめぼれ」(右)の粳と玄米

表3 「シルキーパール」の収量および品質

品種名	全重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	比較 (%)	屑米重 (kg/a)	千粒重 (g)	品質 (1-9)	試験 年次
シルキーパール	135	56.3	104	0.3	20.7	5.0	1993
スノーパール	137	54.2	100	0.6	25.1	4.1	~00
シルキーパール	138	57.5	(104)	0.1	20.8	5.3	1993
トヨニシキ	141	55.5	(100)	0.2	22.0	4.0	~97
シルキーパール	131	54.5	(109)	0.4	20.7	4.4	1998
ひとめぼれ	131	50.0	(100)	0.7	23.6	3.3	~00

注. 耕種概要は表2と同

表5 葉いもち圃場抵抗性検定結果

品種名	真性抵抗性遺伝子	育成地		依頼先			総合判定
		大曲	藤坂	古川	相馬	愛知山間	
	伝子	93~00	95~96	95~96	96,00	96,00	
シルキーパール	<i>Pia</i>	6.8	5.6	6.6	3.2	6.1	中
トヨニシキ	<i>Pia</i>	6.3	5.2	5.1	3.1	5.3	強
キヨニシキ	<i>Pia</i>	6.4	5.4	5.7	3.1	6.6	やや強
ササニシキ	<i>Pia</i>	7.4		6.4			やや弱
スノーパール	+	6.6					中
ひとめぼれ	<i>Pii</i>	7.5					やや弱
あまたこまち	<i>Pia,i</i>	6.5			3.5	5.9	中

注. 数値は畑晩播検定の葉いもち発病程度
: 0 (無発病) ~ 10 (全茎葉枯死)
試験地の下の数字は試験年次を示す

表4 「シルキーパール」のいもち病抵抗性, 真性抵抗性遺伝子型の推定 (2000)

品種名	レース・菌株			抵抗性遺伝子型
	007 稲86-137	033.1 TH68-126	035.1 TH68-140	
シルキーパール	S	S	R	<i>Pia</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	S	R	<i>Pia</i>
石狩白毛	S	R	S	<i>Pii</i>
関東51号	R	S	S	<i>Pik</i>
ツユアケ	R	S	S	<i>Pikm</i>
フクニシキ	R	R	R	<i>Piz</i>
BL1	R	R	R	<i>Pib</i>

注. R: 抵抗性反応, S: 罹病性反応

表6 穂いもち圃場抵抗性検定結果

品種名	真性抵抗性遺伝子	育成地		依頼先			総合判定
		大曲	秋田	相馬	愛知山間	鳥根	
	伝子	93~00	96	00	98,00	96	
シルキーパール	<i>Pia</i>	4.0	3.4	2.6	7.0	5.5	中
トヨニシキ	<i>Pia</i>	3.6	2.7	2.3	6.7	4.5	強
キヨニシキ	<i>Pia</i>	4.5	4.4	3.0	8.3	5.5	中
ササニシキ	<i>Pia</i>	6.2	4.6	4.6	9.7	7.5	弱
あまたこまち	<i>Pia,i</i>	4.8	5.1	4.5	9.3	7.0	やや弱
ひとめぼれ	<i>Pii</i>	3.9	3.8	4.2			中
スノーパール	+	5.4					やや弱

注. 数値は検定圃場の自然感染による穂いもち発病程度: 0 (無発病) ~ 10 (全穂罹病), 試験地の下の数字は試験年次を示す

表7 白葉枯病抵抗性検定結果 (山形県農試庄内支場)

品種名	1994		1996		2000		総合 評価
	病斑長	判定	病斑長	判定	病斑長	判定	
	cm		cm		cm		
シルキーパール	10.6	中	9.0	中	10.4	やや弱	中
ヒメノモチ	13.1	弱	16.8	弱	15.2	弱	弱
ササニシキ	12.4	やや弱	10.6	やや弱	10.5	やや弱	やや弱
フジミノリ	11.3	中	10.0	中	9.0	中	中
中新120号	6.8	強	4.8	強	5.8	強	強
接種菌株 (混合)	T-7174(I) T-7133(III)		T-7174(I) T-7133(III)		T-7147(II) T-7133(III)		

注. 出穂期前に止葉に剪葉接種, 発病後に罹病程度(病斑長cm)を調査

表8 縞葉枯病抵抗性検定結果 (岐阜県農試 2000)

品種名	罹病株率(%)	判定
シルキーパール	5.5	罹病性
日本晴	23.1	罹病性
あさひの夢	0.0	抵抗性

注. 自然発病による罹病株率

表9 障害型耐冷性検定結果

品種名	育成地		古川		福島		総合 判定
	(93~99)		(95,96,00)		(94,96,00)		
	出穂	不稔%	熟期	不稔程度	出穂	不稔%	
シルキーパール	8.28	34	D	6.9	8.18	50	中
ひとめぼれ			D	3.0			極強
トヨニシキ	8.26	21	D	8.9	8.17	57	やや弱
イブキワセ	8.24	30	C	5.4			中
トドロキワセ	8.25	44	D	4.0	8.17	30	極強
キヨニシキ	8.25	22	CD	8.7			やや弱
コガネヒカリ			D	7.8	8.18	48	やや強
アキホマレ			D	8.5			中

注. 恒温深水法による穂ばらみ期耐冷性の検定, 水温19.0~19.5°C, 水深20cm, 出穂: 出穂期(月.日), 育成地の結果は1998を除く

C:早生, D:中生, 試験地の下の数字は試験年次を示す

3. 品質・食味・加工特性

「シルキーパール」は, 玄米の形状は“中”, 粒大は“やや小”である(表11)。また表3から品質は「ひとめぼれ」の“上中”より劣る“中中”で, 粒厚は「ひとめぼれ」と同等か厚く分布する(表11, 12)。「スノーパール」と比較し, 搗精歩合と白米白度はやや低く, 胚芽は落ちやすい(表13, 14)。

「シルキーパール」は, 「探系2019」(後の中間母

表10 穂発芽性検定結果

品種名	1996	1997	1998	1999	2000	平均	判定
シルキーパール	6.0	5.0	5.0	1.0	0.8	3.6	中
キヨニシキ	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	7.6	易
トヨニシキ	7.0	8.0	7.5	3.0	2.5	5.6	やや易
ひとめぼれ	2.5	3.0	1.0	1.0	0.1	1.5	難
スノーパール	7.5	6.0	3.5	6.0	4.3	5.5	やや易
イナバワセ	2.0	2.0	2.0	2.0	-	-	難
あきたこまち	4.0	4.0	1.5	2.0	1.3	2.6	やや難

注. 数値は穂発芽程度: 1(極難)~9(極易)

表11 「シルキーパール」の玄米の形状(2000)

品種名	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ/幅		判定
				長さ/幅	長さ/幅	
シルキーパール	4.74	2.80	2.17	1.69	13.27	中 やや小
スノーパール	5.26	3.13	2.37	1.68	16.48	中 中
ひとめぼれ	5.23	2.93	2.18	1.79	15.32	中 中

注. 1.8mmの篩を通した玄米30粒を調査(2区平均)

表12 「シルキーパール」の玄米の粒厚分布(2000, 重量比%)

品種名	1.7mm	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	合計
	未満						以上	
シルキーパール	0.0	0.1	0.6	3.4	12.4	20.8	63.0	100.3
スノーパール	0.1	0.1	0.5	1.8	4.9	8.0	84.7	100.0
ひとめぼれ	0.1	0.1	1.7	7.6	22.2	23.8	44.4	99.9

注. 玄米200gを縦目篩い(2区平均)

表13 KettのTP-2型使用による「シルキーパール」の搗精歩合

品種名	玄米水分 (%)	搗精歩合(%)				
		20秒	30秒	40秒	50秒	60秒
シルキーパール	13.7	94.9	89.8	88.4*	86.8	84.7
スノーパール	14.5	-	93.0	90.8	89.9*	87.6
ひとめぼれ	14.3	-	93.8	91.5	90.4*	89.9

注. 1回あたり粒厚1.8mm以上の玄米各100gを供試(2反復), *: 適搗精

本農14号)由来の低アミロース米品種であり, 玄米は白濁する(写真3)。アミロース含量は登熟温度に大きく影響され, 平年は6~8%であるが, 低温年(1993)は13.3%, 高温年(1994)は3.0%であり, 「スノーパール」と同程度のアミロース含量を有し, その登熟温度による変動も同程度である(表15, 図3)。白米のタンパク含量は「スノーパール」よりやや低い(表16)。

表14 「シルキーパール」の白度，胚芽残存率

品種名	白 度					胚芽残存率合 (%)				
	20秒	30秒	40秒	50秒	60秒	20秒	30秒	40秒	50秒	60秒
シルキーパール	32.7	45.2	46.6*	49.3	53.0	55.0	5.0	1.5*	2.5	3.0
スノーパール	—	42.4	46.9	48.6*	52.6	—	47.0	27.0	19.5*	13.0
ひとめぼれ	—	30.2	35.0	36.5*	37.4	—	54.0	16.5	13.0*	14.5

注. 白度の測定は KettC-300 を使用，胚芽残存は各200粒調査，*は適搗精
その他の条件は表13と同

表15 「シルキーパール」のアミロース含量

品種名	アミロース含有量(%)	年度
シルキーパール	7.9	93-00
スノーパール	8.4	
シルキーパール	9.1	93-97
スノーパール	9.4	
トヨニシキ	19.4	
シルキーパール	4.9	99-00
スノーパール	4.7	
トヨニシキ	16.9	
ひとめぼれ	16.6	

表16 白米タンパク含量調査結果

	農研センター			福山大学		
	シルキー パール	スノー パール	ミルク クイン	シルキー パール	スノー パール	コシヒカリ
1994	5.8	7.0	6.1	5.2	6.1	6.0
1995	6.1	6.4	6.7	5.4	5.7	5.4
1996	6.1	6.6	6.2	6.0	6.6	6.3
1997				6.0	6.3	6.1
平均	6.0	6.7	6.3	5.7	6.2	6.0

注. 材料は東北農業試験場（現東北農業研究センター）生産

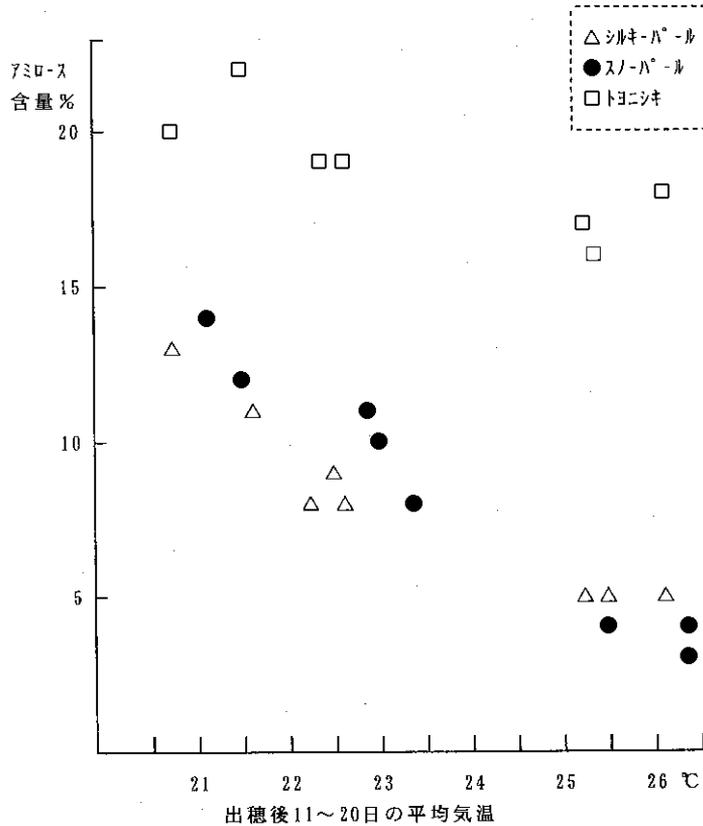


図3 登熟気温とアミロース含量の関係（育成地測定結果）

表17 「シルキーパール」の加水量と食味

年次	品種名	白米水分 (%)	加水量 (倍)	外観	粘り	柔らかさ	総合値	月 日 パネル
1993	シルキーパール		1.35	-0.33	0.91		-0.45	1.26
	シルキーパール		1.15	-0.42	1.00		0.58	24名
	スノーパール		1.35	-0.12	1.00		-0.29	
	スノーパール		1.15	-0.33	1.17		0.96	
	トヨニシキ		1.35	0.13	-0.17		-0.29	
	あきたこまち (標準)		1.35	0	0		0	
1997	シルキーパール	12.3	1.25	-0.20	1.07	0.60	0.20	1.28
	スノーパール	12.1	1.25	-0.80	0.27	-0.33	-0.40	15名
	あきたこまち (標準)	12.0	1.35	0	0		0	

注. 数値は食味官能値：-3 (不良, 粘らない, 固い) ~ 3 (良, 粘る, 柔い)

表18 「シルキーパール」と主要品種との食味総合値の差

対象品種	食味総合値の差 (シルキーパール-対照品種)								平均
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
スノーパール	-0.38	0.60	1.75	1.15	0.44	0.13	0.71	0.71	0.64
ひとめぼれ	0.29	0.44	0.26	1.71	-0.13	1.00			0.60
あきたこまち	0.58	-0.12	0.47	0.20	1.75				0.58

注. 数値は食味官能値：-3 (不良) ~ 3 (良), ①~⑧は回数

表19 「シルキーパール」の冷飯の食味

年次	品種名	白米水分 (%)	加水量 (倍)	温飯		冷飯		月 日 パネル
				柔らかさ	総合値	柔らかさ	総合値	
2000	シルキーパール	13.4	1.25	0.38	0.13	0.57	0.71	12.26
	ひとめぼれ	13.4	1.35	-0.63	-0.13	-1.00	-1.00	7~8名
	キヨニシキ	13.3	1.35	-1.63	-1.63			
	スノーパール (標準)	13.9	1.25	0	0	0	0	

注. 数値は食味官能値：-3 (固い, 不良) ~ 3 (柔い, 良)

冷飯：炊飯後3時間常温保存

低アミロース米のため通常の水量で炊飯すると柔らかくなりすぎるので、水量を10%程度少なくして炊飯すると、飯米は適度に固くなり、通常の粳米と同程度の触感が得られ、低アミロース米特有の柔く粘りの強い飯米となる (表17)。「スノーパール」と比較し、飯米は、外観、粘り、柔さ、食味総合値が優れ、食味は「スノーパール」の“上中”と同等以上の“上中”である (表18)。また、冷えた状態での食味は、外観と粘りが優れ、「ひとめぼれ」よりも良い (表19)。このため食味の劣る品種を混米により「ひとめぼれ」と同等以上にすることができ、混米の冷飯の食味も優れる (表20)。

飯米デンプンの耐老化時間は「スノーパール」と同程度に長く、低アミロース米品種の中でも最長の

「スノーパール」と同程度に長い (図4)。また飯米の精臭は「スノーパール」より弱く、ここが「スノーパール」との違いである (表21)。これらのことから「シルキーパール」は、単品利用では冷飯で流通するおにぎりやチルド米飯等の加工用米飯の素材に、一方混米利用では食味の劣る米の食味を向上させる材料に適する (表22)。

IV 適地及び栽培上の留意点

1. 配布先における試作結果

奨励品種決定基本調査に6年間供試したが、高知を除いてすべての場所で打ち切りとなった (表23)。打ち切りとなった主な理由は、低収、登熟劣る、品質不良、小粒等であった (表24)。

表20 「シルキーパール」の混米の食味試験結果(2000)

品種名	白米水分 (%)	加水量 (倍)	外観	粘り	柔らかさ	総合値	月 日 パネル
シルキー(20%) + ひとめ(80%)	13.2	1.35	0.38	0.63		0.50	12.25
ひとめぼれ(基準)	12.9	1.35	0	0		0	8名
シルキー(80%) + キヨ(20%)	12.9	1.30	0.25	1.25	1.13	0.25	1.9
シルキー(50%) + キヨ(50%)	12.8	1.30	0.00	0.25	0.13	-0.13	8名
ひとめぼれ(基準)	13.6	1.35	0	0	0	0	
シルキー(50%) + キヨ(50%)	12.8	1.30	-0.29	1.29	1.29	0.29	1.11
ヒメノモチ(20%) + キヨ(80%)	12.7	1.30	-0.14	-0.14	-0.29	-0.14	7名
キヨニシキ	12.1	1.35	-0.71	-1.71	-1.57	-1.71	
ひとめぼれ(基準)	13.5	1.35	0	0	0	0	
(冷飯)							1.11
シルキー(50%) + キヨ(50%)	12.8	1.30	-0.14	0.57	0.86	0.71	7名
ヒメノモチ(20%) + キヨ(80%)	12.7	1.30	-0.29	-0.14	-0.86	-0.43	
ひとめぼれ(基準)	13.5	1.35	0	0	0	0	
シルキー(50%) + キヨ(50%)	12.7	1.30	-0.13	1.25	1.00	0.00	1.29
ヒメノモチ(30%) + キヨ(70%)	12.9	1.30	0.13	0.88	0.38	0.25	8名
キヨニシキ	12.2	1.35	-0.88	-1.25	-1.00	-1.50	
ひとめぼれ(基準)	13.8	1.35	0	0	0	0	
(冷飯)							1.29
シルキー(50%) + キヨ(50%)	12.7	1.30	0.00	0.43	0.57	0.29	8名
ヒメノモチ(30%) + キヨ(70%)	12.9	1.30	-0.14	0.14	0.00	0.00	
ひとめぼれ(基準)	13.8	1.35	0	0	0	0	

注. 数値は食味官能値：-3（不良，粘らない，固い）～3（良，粘る，柔い）

シルキー：シルキーパール，ひとめ：ひとめぼれ，キヨ：キヨニシキ，冷飯：炊飯後3時間常温保存

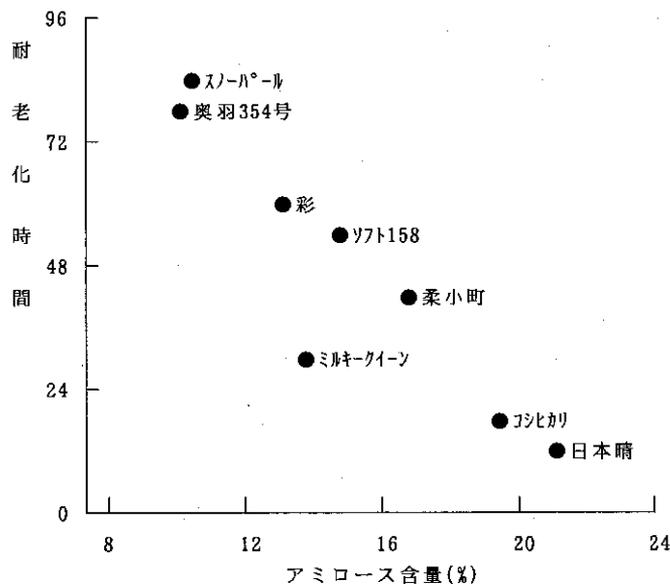


図4 低アミロース米寿司飯のアミロース含量と耐老化時間の関係(1994年産，味の素)
耐老化時間：糊化度90%を切る時間

表21 糯臭の官能調査結果

品種名	アミロース含量 (%)	糯臭の強さ	備考 (調査地等)
シルキーパール	9.2	0.97	お茶の水女子大
スノーパール	10.1	1.41	1996年産
ミルキークイーン	9.3	1.27	パネル9名
彩	15.6	2.30	
モチミノリ(基準)	—	4	
日本晴(基準)	21.7	0	
シルキーパール	4.7	-1.00	育成地
ひとめぼれ	17.2	-1.83	2000年産
スノーパール(基準)	5.0	0	パネル6名
シルキーパール(アミロース50%)		0.00	育成地
ヒメノモチ(アミロース70%)		0.43	2000年産, 冷蔵
ひとめぼれ(基準)		0	パネル7名

注. 糯臭の調査基準, 育成地: -2(弱)~2(強), お茶の水女子大: 0(日本晴)~4(モチミノリ)

表22 寿司飯の冷蔵保存による品質変化(1994年産, 味の素)

品種名	冷蔵時間	水分含量 (%)			糊化度 (%)			食感による許容の可否		
		24	48	72	24	48	72	24	48	72
シルキーパール	58	58	58	101	98	90	○	○	×	
スノーパール	59	59	59	97	93	92	○	○	×	
彩	58	56	58	98	90	89	○	○	×	
ミルキークイーン	59	59	59	91	82	77	○	×	×	
ソフト158	59	59	59	97	90	86	○	×	×	
コシヒカリ	58	58	58	87	78	72	×	×	×	
日本晴	58	59	58	79	75	69	×	×	×	

注. ○可, ×不可: 官能評価, パネル3名

2. 栽培適地

「ひとめぼれ」と同じ中生の晩の特性, 短稈の特性からみて, 東北中南部平坦肥沃地に適する。

3. 普及利用上の留意点

その特性からみて普及利用上の留意点は次の2点になる。

1) 短強稈で肥沃地に適する。

2) アミロース含量は, 「スノーパール」と同じ程度に, 登熟気温が高いと低くなり, 登熟気温が低いと高くなることに留意する。

V 育成従事者

室長では, 東正昭が交配から「奥羽354号」の系統名付とおよびF9系統選抜まで行い, その後, 滝田正が後代系統の選抜および命名登録のための成績と

りまとめを行った(表25)。研究員では, 加藤浩, 横上晴郁, 片岡知守の3名が命名登録のための成績のとりまとめに関係した。その他の研究員は, 育成従事期間の長い順に, 山口誠之, 田村泰章, 小綿寿志, 小山田善三, 春原嘉弘の5名である。

VI 考察

1. 期待される効果

低アミロース米特性を有する品種として東北地域では「スノーパール」が1998年に命名登録され, 近年の低アミロース米人気もあり広く普及し始めている(東ら 1999)。しかし, 「スノーパール」は長稈で耐倒伏性が弱く, 肥沃地には適していない。また1999~2000年の2年間は高温登熟年であり, 「スノーパール」のアミロース含量は5%以下となり, 糯臭が発生する問題が生じた。さらに, 「スノーパール」は, 耐倒伏性の他に, 穂発芽性, いもち耐病性, 耐冷性が不十分であり, これら栽培特性の改良も求められている。

新しく育成された「シルキーパール」は, これらの栽培特性が改良されているだけでなく, 低アミロース米でありながら糯臭が弱いという長所をもっている。このため食味は「スノーパール」や「ひとめぼれ」よりも優れている。したがって, 「シルキーパール」は, 混米による食味改良素材, 低温で流通するチルド寿司等の素材としての利用が期待される。

2. 残された問題点

「シルキーパール」の最大の欠点は小粒であることである。また白米白度が同じ低アミロース米の「スノーパール」よりやや劣る問題, 芒がやや多い問題, 痩せ地では短稈過ぎる問題もある。これらの改良が次の課題となる。一方, 「シルキーパール」は糯臭が弱いという他の品種に無い特性がある。この特性は有用であり, そのメカニズムや遺伝について調査する必要がある。

最近の気象変動は大きく, アミロース含量が安定しない傾向がある。先に育成された低アミロース米品種について登熟気温とアミロース含量の関係について注目すると, 「ソフト158」(上原ら 1995), 「彩」(丹野ら 1997), 「スノーパール」(東ら 1999), 「はなぶさ」(荒木ら 2001)は「シルキーパール」と同様に大きく変動する。一方, 「ミルキークイーン」(伊勢ら 2001)は変動が小さい傾向がある。また同じ低アミロース米遺伝子をもつ品種,

表23 奨励品種決定基本調査における「シルキーパール」の概評一覧

場所	有望度および収量比 (%)						対照品種 (供試年)
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
岩手本場	× 89						たかねみのり
県南	×106						ひとめぼれ
宮城センター	△ 91	× 98/ 95					ササニシキ, ひとめぼれ(96)
古川	△101	× 97					スノーパール
秋田本場	△103	△ 93	△107/102	△ 96/ 94	× 98/100		キヨニシキ
山形本場	×110						キヨニシキ
庄内	× 89						キヨニシキ
最上	× 96						キヨニシキ
福島本場	× 83/ 83						チヨニシキ
会津	×104/145						ササニシキ
相馬	× 94/108						ひとめぼれ
茨城本場	△ 97	×100					初星
栃木本場	× 95						ひとめぼれ
黒磯	× 92						ひとめぼれ
千葉北総	× 97						初星
新潟本場	△104	×104					わたぼうし, コシ(96)
富山本場	×102						ハナエチゼン
石川本場	△109	×107					コシヒカリ
山梨岳麓	○109						フクヒカリ
長野農事	× 93						トドロキワセ
岐阜高冷地	×106						フクヒカリ
静岡高冷地	△110	×105					ひとめぼれ
愛知作研	× 93						初星
滋賀湖北	× 88						コシヒカリ
滋賀湖西	× 94						コシヒカリ
京都丹後	× 96						コシヒカリ
兵庫センター	× 92						コシヒカリ
但馬	× 89						フクヒカリ
和歌山	×110						ミネアサヒ
鳥取本場	× 93						コガネヒカリ
島根本場	×102						チドリ
赤名	× 92						チドリ
岡山本場	× 83						コシヒカリ
北部	× 93						フクヒカリ
広島高冷地	× 89						初星
山口徳佐	×133						コシヒカリ
徳島本場	△101	△102	× 88				ハナエチゼン, コシ(96~)
香川本場	× 89						オオセト
愛媛本場	△111	×109					コシヒカリ
高知本場	× 85				△102	△ 89	コシヒカリ
佐賀三瀬	×103						コシヒカリ
長崎本場	× 86						コシヒカリ
熊本阿蘇	×103						コシヒカリ
天草	× 95						コシヒカリ
大分久住	△112	× 99					ひとめぼれ

注. 数値の上段/下段: 標肥/多肥, ○: 有望, △: 継続, ×: 試験打ち切り

表24 奨励品種決定基本調査における「シルキーパール」主要特性の短所と長所

形質	短所頻度	長所頻度	総合評価
熟期	7	0	△ 早生の晩の熟期(南では早すぎ)
草姿	3	1	△ 場所によっては短秆すぎ
秆長	2	9	○ 短強秆
穂数	0	5	○ 穂数多い
収量	27	12	△× 収量の劣る試験例多い
登熟	10	0	× 密粒型で登熟不良粉有り
穂発芽	5	1	△× 穂発芽性で不十分
品質	27	3	× 品質劣る(低アミロース米)
光沢	3	0	× 光沢劣る
粒揃	2	0	× 粒揃い劣る
粒大	21	0	× 小粒すぎ
食味	8	3	△ 低アミロース米
下葉枯	4	0	× 短秆穂数型で下葉枯れ出やすい
倒伏	5	6	○ 短強秆
いもち病	3	0	× いもち抵抗性不十分
葉いもち	1	2	△ 葉いもち中
穂いもち	5	1	× 穂いもち中で不十分
紋枯病	4	0	× 短秆穂数型で紋枯れ出やすい

注. 3回以上の指摘のある形質についてのみ記載。
総合評価は特性検定結果などを総合した評価である。○：良，△：中，×：不良

付表1 指定種苗品種特徴表示に基づく品種特性表示基準

品種名(育成場所)	シルキーパール(東北農業研究センター)
栽培適地	東北中南部
用途	食用(混米用等), 加工用
早晩性	中生の晩
秆長	短
草型	穂数
耐倒伏性	強
いもち病	中
白葉枯病	中
縞葉枯病	罹病性
障害型耐冷性	中
玄米のみかけの品質	中中
栽培上の注意	肥沃地に適する

表25 「シルキーパール」育成者の従事期間

年次	1989	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	在任	現在の所属
世代	F _{0.1}	F _{2.3}	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	月数	
(室長)															
滝田 正									④	○	○	○	③	48	作物研究所
東 正昭	④	○	○	○	○	○	○	○	②					95	近畿中国四国農研
(室員)															
加藤 浩												②	③	14	現在員
横上 晴郁					⑩	○	○	○	○	○	○	○	③	90	現在員
片岡 知守									⑧	○	○	○	③	44	現在員
山口 誠之	④	○	○	○	○	○	○	○	○	○	⑧			125	現在員
春原 嘉弘	④	○	③											24	近畿中国四国農研
田村 泰章					④	○	○	⑨						42	国際農水研
小山田善三	④	○	③											24	青森県農産加工セ
小綿 寿志			④	○	○	③								36	岩手県一関農改

注. ②, ③, ④, ⑧, ⑨, ⑩: それぞれその年度の2, 3, 4, 8, 9, 10月に始まりか終わり
現在の正式所属は抄録英文脚注参照

例えば「彩」と「はなぶさ」は同じように変動する傾向がある(滝田 2001)。これらを総合すると、アミロース含量が安定しているのは「ミルククイーン」の持つ遺伝子だけであり、この遺伝子も東北品種へ導入する必要があるだろう。

引用文献

- 1) 荒木 均, 斎藤 滋, 今野一男, 三浦清之, 永野邦明, 小林正男, 刈屋國男, 西村 実. 2001. 低アミロース米の水稻新品種「はなぶさ」. 北海道農研センター研報(投稿中).

付表2 品種登録における種苗特性分類一覧

重要な形質	シルキーパールの特性値									備考 測定値等	品種の特性値		
	01	02	03	04	05	06	07	08	09		(スノーパール)	(ひとめぼれ)	
草 型			○									05 中間	06 偏穂数
稈 長			○									07 長	06 やや長
稈の細太				○								05 中	04 やや細
稈の剛柔					○							06 やや柔	06 やや柔
止葉の直立程度				○								06 やや垂	05 やや立
穂 長				○								05 中	05 中
穂 数				○								05 中	06 やや多
粒着の密度						○						05 中	04 やや疎
穎 色	○											01 黄白	01 黄白
ふ先色	○											01 黄白	01 黄白
芒の有無と多少					○							02 極少	04 やや少
芒 長					○							03 短	03 短
芒 色	○											01 黄白	01 黄白
玄米の形					○							05 中	05 中
玄米の大小				○								05 中	05 中
玄米の粒色			○									03 白	03 白
玄米の粒重				○								06 やや大	06 やや大
水陸稲の別		○										02 水 稲	02 水 稲
粳糯の別		○										02 粳	02 粳
出穂期						○						05 中生の中	06 中生の晩
成熟期						○						05 中生の中	06 中生の晩
障害型耐冷性					○							06 やや弱	02 極強
穂発芽性					○							06 やや易	03 難
耐倒伏性			○									06 やや弱	06 やや弱
脱粒性			○									03 難	03 難
いもち病抵抗性	1.1		<i>Pia</i>									1-0 +	1-2 <i>Pii</i>
遺伝子型													
穂いもち												06 やや弱	05 中
圃場抵抗性													
葉いもち					○							05 中	06 やや弱
圃場抵抗性					○							06 やや弱	06 やや弱
白葉枯病					○							06 やや弱	06 やや弱
圃場抵抗性					○							06 やや弱	06 やや弱
縞葉枯病抵抗性										日本水稲型	00 日本水稲型	00 日本水稲	
品種群別													
アミロース含量		○										02 極少	05 中

2) 東 正昭・斎藤 滋・滝田 正・山口誠之・春原嘉弘・横上晴郁・池田良一・田村泰章・小山田善三・小綿寿志・井上正勝・松本定夫・片岡知守. 1999. 低アミロース米良食味品種「スノーパール」の育成. 東北農試研報 95, 1-12.

3) 伊勢一男・赤間芳洋・掘末 登・中根 晃・横尾政雄・安東郁男・羽田丈夫・須藤 充・沼口賢治・根本 博・古舘 宏・井辺時雄. 2001. 低アミロース良食味水稲品種「シルキーパール」の育成. 作物研報 2 (印刷中).

4) 滝田 正. 2001. 米加工品に適した原料米品種開発の最近の状況. 「米飯食品ビジネス2001」(2001, 6, 22) 講演資料 (未発表)

5) 丹野 久, 國廣泰史, 江部康成, 菊地治己, 新橋 登, 菅原圭一. 1997. 水稲新品種「彩」の育成について. 北海道立農試集報 72: 37-53.

6) 上原泰樹, 小林 陽, 古賀義昭, 福井清美, 清水博之, 太田久稔, 三浦清之, 堀内久光, 奥野員敏, 藤田米一. 1995. 水稲新品種「ソフト158」の育成. 北陸農試報 37: 133-153.

胴割れ米発生の品種間差異と関連形質および遺伝

滝田 正^{*1)}

抄録：水稲胴割れ米発生（胴割れ）の品種間差異と関連形質および遺伝を調べた。胴割れは、穂の先端部で多く発生し品種間差異も大きかったことから、穂の先端を用いて検定するのが効率的と判断した。刈遅れによる胴割れの品種間差異は大きく、成熟期から21日後には胴割れ易品種は胴割れが30%以上発生し、胴割れ難品種は数%しか発生しなかった。東北地域の品種では、「むつほまれ」や「トヨニシキ」で胴割れが多く、「こころまち」や「はたじるし」で胴割れが少なかった。胴割れの品種間差異と粒厚の品種間差異の関係をみた結果、正の相関関係が認められたが有意ではなかった。また酒米品種の「華吹雪」は粒厚が厚いにもかかわらず胴割れが著しく少なかった。この要因として「華吹雪」は登熟が遅いことが推察された。そこで、登熟の早さと胴割れとの関係を調査した結果、登熟の早い品種に胴割れが多い傾向が認められた。ついで遺伝についてみた結果、胴割れ易の「トヨニシキ」と難の「ハウネンワセ」の組合せでは難が劣性であり、F2世代は胴割れ難の個体は著しく少なく関連する遺伝子数は多いことが推察された。またインド型で胴割れ難の「塩選203号」と胴割れ易の日本型の組合せの場合も同じく難が劣性で、1粒重が重い、粒長が長い、粒幅が長い個体で胴割れが多い傾向が認められた。トヨニシキ/ハウネンワセの胴割れについてのF2個体とF3系統の世代間相関は $r=0.51^*$ と有意であるが、個体間の環境変異が大きいことから胴割れのF2個体選抜は効率的でないと判断した。

キーワード：水稲、品質、胴割れ、品種、遺伝、要因

Varietal Differences, Relative Traits and Inheritances of Crack Formation in Rice :

Tadashi TAKITA^{*1)}

Abstract : In general, crack formation of rice grains, which is a cause of the unfavorable cracked grains, occurs when rice plants are subjected to natural weathering in the field far after the maturing stage or when rice grains dry rapidly in the drying machine. In the present study, varietal differences of the crack formation and the relative traits are examined. In addition, the inheritance of crack formation is also examined.

Crack formation occurred more at the top part of panicles than the middle part of panicles and the varietal differences varied more at the top part of panicles than the middle part of panicles. Hence the top part is suitable for finding varietal differences.

The significant varietal differences of the crack formation were obviously observed. At 21 days after maturity, the cracked grains of the susceptible varieties were more than 30% while the cracked grains of the resistant varieties were very few. Among the varieties in the Tohoku region, Mutsuhomare and Toyonishiki were very susceptible to crack formation while Kokoromachi and Hatajirushi were resistant.

It is said that thick grains are likely to have crack formation. However there was no significant positive correlation between the percentage of cracked grains and grain thickness in the varieties. In addition, thick and large grain varieties which were used for sake brewery were examined. Although Hanafubuki had the thickest grains, it showed very few cracked grains. It seemed that the varieties with slow ripening speed such as the Hanafubuki were resistant to crack formation. So relationship between the ripening speed and the crack formation were examined. There was significant correlation between them. Hence it is concluded that rice grains are susceptible to crack formation when the ripening speed is higher. As well, crack formation occurs more in years when the temperature is higher and the ripening speed is higher.

*1) 現・作物研究所 (National Institute of Crop Science, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8518 Japan) 2001年8月14日受付, 2001年12月21日受理

Inheritance of resistance to crack formation was examined. In a combination, susceptible Toyonishiki and resistant Honen-wase, the resistant characteristic was recessive showing, that most of the individuals were susceptible in the F2 segregation. In the case of another combination, i.e. resistant indica Yan Xuang 203 and susceptible Japonica TML4, the resistant characteristic was also recessive in the F2 generation. The grains of resistant individuals were small, short or slender. In Toyonishiki/Honen-wase, there was a significant correlation ($r=0.51^*$) between F2 individuals and F3 lines in crack formation. However there was large variation in the percentage of cracked grains among individuals of a same variety. Hence it is concluded that F2 selection for crack formation is possible but not effective.

Key Words : rice, grain quality, crack formation, cracked grain, variety, inheritance, factor

I 緒 言

米の胴割れは刈遅れや急激な乾燥・吸湿条件で発生し、精米時に砕米発生の原因となることから、胴割れしにくい(胴割れ難)品種ほど望ましい。たとえば、成熟期に降雨が多かった1979年に青森県で刈遅れによる胴割れが発生し品質低下の要因となった(高城ら 1980)。さらに、1985年に新潟県で「新潟早生」に(佐藤ら 1987)、1986年には三重県で「ヤマヒカリ」に(渡辺・児玉 1991)胴割れが発生し問題となった。最近では1999年に秋田県で、高温登熟と刈遅れにより「あきたこまち」に胴割れが発生し、一等米率低下の一要因となった。一方、機械収穫、機械乾燥においては、籾水分が低下した条件、即ちやや刈り遅れた条件で刈り取るのがコンバインの負荷が少なく効率的であり、籾乾燥経費も少なく済む。また大規模経営においてはすべて適期条件で刈り取ることは困難で刈り遅れる場面も多くなる。さらに、無洗米においても、その精米後の処理として水洗あるいは研磨の過程があり、胴割れが発生しやすい。したがって、低コスト稲作、大規模稲作、ポストハーベットの条件においても胴割れ難品種が望ましい。

我が国における胴割れの品種間差異については、中村・原城(1966)、寺中・原城(1967)、木根淵(1968)、伴(1971)、佐藤ら(1987)、渡辺・児玉(1991)、滝田(1992)が報告している。外国のインド型品種でも胴割れは問題であり、Srinivas et. al.(1976, 1978)はその品種間差異について報告し、かつSrinivas et. al.(1981)は胴割れ難系統選抜の試みを報告している。しかし、伴(1971)、滝田(1992)を除くと供試品種数は数品種であり、また

最近の品種についてはほとんど情報が無く、育種の基礎となる遺伝についてはまったく報告が見られない。そこで、本研究では、最近の品種を含めた品種の胴割れ難易について明らかにし、その品種間差異と籾形態や登熟特性等の関連形質、さらにその遺伝について検討し、胴割れ難品種育成のための基礎的知見を得ることにする。なお本研究は農事試験場(埼玉県鴻巣市、現作物研究所)で1976-1977年に、および東北農業試験場水田利用部(秋田県大曲市、現東北農業研究センター)で1997-2000年に行った試験をまとめたものであり、とくに断らない限り試験年度はそれぞれの試験場所を示す。

謝辞：本研究の遂行にあたり叱咤激励いただいた故郷潤欽也室長(元農業研究センター所長)に深く感謝する。

II 材料及び方法

1. 胴割れの品種間差異

1) 胴割れ調査法の検討(1976)

温暖地における「日本晴」等の早晩32品種について、1区制により1品種当たり24株(2列)を6月25日に成苗1本植え標準栽培法で養成し、成熟期より15日遅い10月22日に各品種の主稈5穂を収穫し、穂を先端、中間、基部に3分割し、先端と中間について脱粒・籾摺りを行った。得られた100粒について玄米透視器により観察を行い1条の筋が見える粒を胴割れ粒と判断した。また1粒重は100粒重から算出した。なお特に断らない限り、以下の胴割れ調査は本方法に基づき、穂の先端部100粒について調査したものである。

2)刈遅れ胴割れの収穫期別品種間差異(1976)

早生5品種、晩生4品種(図1)について、1区制により1品種当たり100株(4列)を6月15日に成苗3本植え標準栽培法で養成した。成熟期以降7日ごとに各品種10穂を収穫し、胴割れを調査した。

3)最近の東北地域品種の胴割れの品種間差異(1997~1999)

一般の東北地域種24品種(表2)について、1区制により3年間(1997~1999)、1品種当たり120株(4列)を5月28日に中苗3本植え標準栽培法で養成した。収穫時期は予備調査で刈遅れによる胴割れが発生しているとみられる時期、すなわち1997年は10月9日、1998年は10月18日、1999年は10月8日に行った。なお1998年は出穂期は平年並みであったが、刈遅れ胴割れが少なかったため、品種間差異が現れるよう収穫期を遅らせた。

2. 胴割れの品種間差異と関連形質

1)インド型を含む品種における粒厚と胴割れの関係(1977)

胴割れは粒厚の厚い品種で多い傾向がある(伴1991)。そこで出穂期の差異が7日以内と熟期差が小さい18品種(図3)について、1区制により、粒厚と胴割れの関係を検討した。1品種当たり24株(2列)を6月23日に成苗1本植え標準栽培法で養成した。出穂67~73日後にあたる10月30日に、1品種当たり主稈10穂を収穫した。

2)東北地域品種における胴割れの品種間差異と粒厚の関係(1998)

本試験の栽培法は、1-3)と同じである。同材料を用い、粒厚を1品種当たり10粒調査し、粒厚と胴割れの関係を検討した(図4)。

3)粒厚の厚い酒米品種の胴割れ

酒米品種は大粒であり粒厚が厚く胴割れが多いことが予想される。そこで酒米用5品種を含む9品種(表3)について2年間(1997~1998)1区制により刈遅れ胴割れを調査した。栽培法、収穫時期、調査法は1-3)と同じである。

4)胴割れの品種間差異と登熟の早さの関係(1977)

胴割れが多い「ニホンマサリ」は登熟の早い特性がある。そこで、登熟の早さと胴割れの関係を調査した。早生13品種(図5)について、3作期(中苗5月24日植え、7月4日植え、7月13日植え)1区制により、1品種当たり100株(4列)を3本植え

標準栽培法で養成した。成熟期中様な16穂を収穫し、上限30℃に設定したガラス室で20日間天日乾燥を行い、胴割れを発生させた。登熟の早さをみるための形質として、出穂30日後に16穂を収穫し、登熟歩合と精玄米における青米歩合を調査した。さらに30株の坪刈りから精玄米重、1粒重は100粒重、全粒数は精玄米重と登熟歩合、1穂粒数は全粒数と穂数から推定した。

3. 胴割れの遺伝と関連形質

1)F2世代の分離(1999)

胴割れ易で中生の「トヨニシキ」と胴割れ難で早生の「ホウネンワセ」を交配し、F2は380個体(10列)親は38個体(2列)を成苗1本植え標準栽培法で養成した。成熟期を少し過ぎた9月12日に、F2は100個体、親は各10個体について1株当たり3穂を収穫し、5日間陰干し乾燥を行い、水分が15.2%になったところで、浸水処理法(滝田1999)により胴割れを発生させた。胴割れは穂の先端50粒について調査し、関連形質として1粒重を20粒から、外觀品質(1~9)を遠観で調査した。さらに、インド型で胴割れ極難の「塩選203号」(滝田1992)と日本型で胴割れ易の「TML4」を交配し、そのF2を上記組合せと同様に栽培した。なお、この組合せは遠縁交雑のため出穂期の変動が大きかったので、10月8日までに成熟期を迎えたF2個体90個体についてのみ一斉に収穫し上記組合せと同様に調査した。なお「TML4」は雑種不稔緩和遺伝子をもった系統であり、集団における雑種不稔は少なかった。また親については3個体だけ調査した。なお関連形質として、穂長、粒着、脱粒について遠観で調査し、さらに1粒重は20粒、粒幅と粒長は10粒について調査し、胴割れとの関係を検討した。

2)F2世代とF3世代の関係(2000)

F2個体世代とF3系統世代の関係を調べるため、トヨニシキ/ホウネンワセの組合せについて、F2世代で胴割れの発生程度が異なる22個体を選抜し、そのF3系統と親について、1区制により1系統当たり38株(2列)を成苗1本植え標準栽培法で養成した。成熟期に出穂期の分離が少ない19系統について、1系統・品種当たり10穂収穫し、浸水処理法により胴割れを発生させた(図8)。

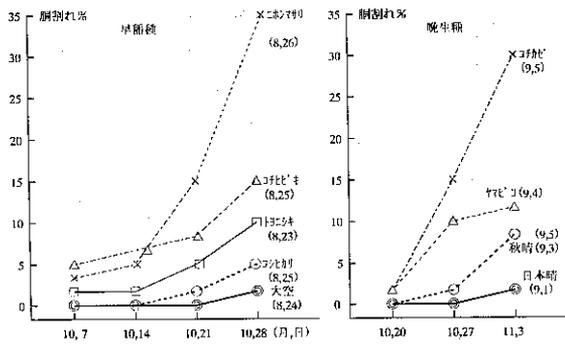


図1 収穫期と胴割れの関係 (1976)
() は出穂期

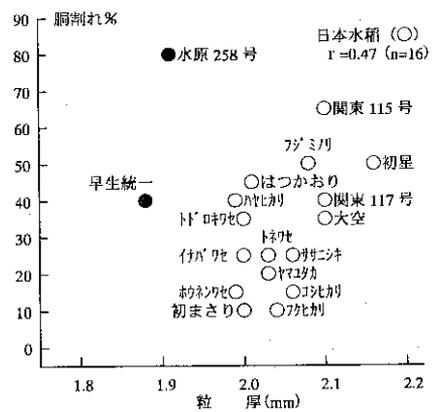


図3 粒厚と胴割れの関係 (1977)

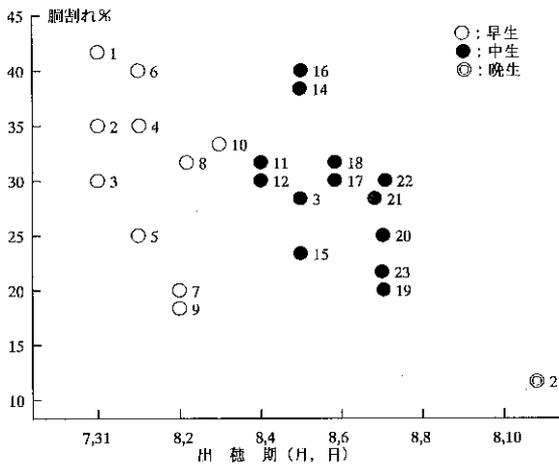


図2 東北地域品種の熟期と胴割れの関係 (3年平均)
数字は表2の品種を示す。

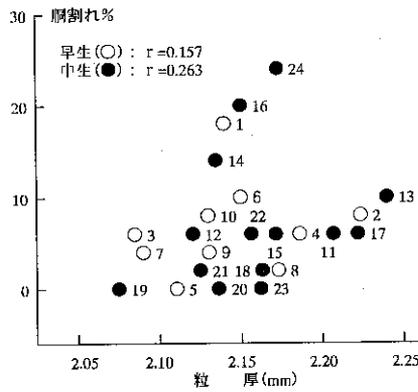


図4 粒厚と胴割れの関係 (1998)
番号は表2の品種を示す

III 結 果

1. 胴割れの品種間差異

1) 胴割れ調査法の検討 (1976)

胴割れは、穂の中間部より先端部で多く、かつばらつき (標準偏差) も先端部が多かった (表1)。また先端部は中間部よりも1粒重が0.5g重く大粒であった。これらのことから以降の調査は穂の先端部を用いて行った。

2) 刈遅れ胴割れの収穫期別品種間差異 (1976)

早生品種については、胴割れの品種間差異は成熟期後14日目頃から認められるようになり、その後急速に拡大した (図1)。成熟期21日後は2%の「大空」から35%の「ニホンマサリ」まで品種間差異は拡大した。晩生種についても同様な傾向が認められ、胴割れの品種間差異は成熟期後7日目頃から認められるようになり、成熟期14日後は2%の「日本晴」

から32%の「コチカゼ」まで品種間差異は拡大した。

3) 最近の東北地域品種の胴割れの品種間差異 (1997~99)

胴割れ発生は、8月の登熟期の気温が高かった1999年で著しく多く、ついで1997年に多く、1998年は収穫日が遅かったにもかかわらず著しく少なく、年次間変動が大きかった (表2)。しかし品種間差異は年次間で安定しており、早生では「むつほまれ」と「つがるロマン」、中生では「雪化粧」と「トヨ

表1 穂の部位と胴割れの関係 (1976)

穂の部位	胴割れ (%)		1粒重 (mg)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
先端	4.9	5.9	22.6	1.1
中間	2.3	3.5	22.1	1.0

注. 32品種を供試

表2 最近の東北地域品種の刈遅れ胴割れの品種間差異と関連形質

品 種 名	出穂期 (月,日)	1粒重 (mg)	胴割れ(%)		
			1997	1998	1999
(早生)		5.9	22.6	1.1	1.1
1 むつほまれ	7,31	23.1	25	19	86
2 でわひかり	7,31	23.9	23	7	76
3 たかねみのり	7,31	23.4	8	6	73
4 まいひめ	8,01	23.7	24	7	73
5 はなの舞	8,01	22.5	5	0	68
6 つがるロマン	8,01	23.1	28	10	81
7 こころまち	8,02	22.9	2	4	51
8 里のうた	8,02	23.4	14	3	77
9 はたじるし	8,02	24.1	17	5	32
10 あきたこまち	8,03	22.6	27	8	65
(中生)					
11 キヨニシキ	8,04	23.0	10	7	76
12 あきた39	8,04	22.9	12	7	72
13 ふくひびき	8,05	24.9	22	11	54
14 雪化粧	8,05	23.5	29	24	61
15 初星	8,05	24.3	10	6	53
16 トヨニシキ	8,05	22.6	20	20	75
17 おきにいり	8,06	24.8	36	6	46
18 ゆめさんさ	8,06	23.5	19	3	72
19 ササニシキ	8,07	22.4	4	0	60
20 ササニシキBL	8,07	22.7	8	1	67
21 まなむすめ	8,07	25.6	13	3	67
22 チヨニシキ	8,07	23.9	23	6	57
23 ひとめぼれ	8,07	23.5	9	1	56
(晩生)					
24 はえぬき	8,11	22.8	4	0	29
平均			16.3	6.8	63.6
収穫日(月日)			10,9	10,18	10,8
平均気温(°C)		8月	23.5	23.0	26.5
		9月	18.6	21.5	21.1

注. 出穂期と1粒重は3年平均値, 播種: 4月20日, 移植: 5月26日

表3 東北地域酒米用品種の刈遅れ胴割れの品種間差異と関連形質

品 種 名	出穂期 (月,日)	成熟期 (月,日)	登熟 日数	1粒重 (mg)	粒 厚 (mm)	胴割れ(%)	
						1997	1998
華吹雪(酒米)	8,02	9,11	41	31.7	2.47	2	1
むつほまれ	8,01	9,06	37	23.1	2.14	25	19
美山錦(酒米)	8,04	9,15	43	25.0	2.18	17	9
あきたこまち	8,05	9,14	41	22.4	2.13	27	8
吟の精(酒米)	8,06	9,18	44	29.6	2.37	26	5
歳の華(酒米)	8,08	9,19	43	25.9	2.27	8	2
出羽燦々(酒米)	8,09	9,18	41	26.5	2.29	7	4
トヨニシキ	8,07	9,17	42	22.2	2.15	20	20
ひとめぼれ	8,09	9,19	42	22.9	2.16	9	1

注. 出穂期, 成熟期, 1粒重は2年平均値(1997, 98), 粒厚は1998年の値である。

ニシキ」で胴割れが多かった(図2)。

一方, 胴割れの少ない品種は, 早生では「こころまち」と「はたじるし」, 中生では「ササニシキ」と「ひとめぼれ」であった。晩生の「はえぬき」も胴割れが少なかったが, 出穂期が遅いという熟期の影響もあるのでさらに検討が必要である。

2. 胴割れの品種間差異と関連形質

1) インド型を含む品種における粒厚と胴割れの関係(1977)

日本稲においては, 粒厚と胴割れとの間には $r=0.47$ という弱い正の相関関係がみられた(図3)。またインド型の「水原258号」と「早生統一」は日本稲よりも粒厚がやや薄いにもかかわらず胴割れが多かった。

2) 東北地域品種における胴割れの品種間差異と粒厚の関係(1998)

最近の東北の品種においては, 粒厚と胴割れとの間には早生品種で $r=0.16$, 晩生品種で $r=0.26$ という弱い正の相関関係しかみられなかった(図4)。

3) 粒厚の厚い酒米品種の胴割れ

大粒型で粒厚の厚い酒米用品種の胴割れは, 「吟の精」を除くと, 粒厚の薄い一般品種よりも少なかった(表3)。とくに粒厚の最も厚い「華吹雪」の胴割れが最も少なかった。酒米品種は「出羽燦々」を除くと登熟日数が長く登熟が遅かった。

4) 胴割れの品種間差異と登熟の早さの関係

胴割れと有意な相関関係が認められたのは, 普通期では登熟の早さ(出穂30日後の登熟歩合/成熟期の登熟歩合, $r=0.80^{**}$); やや晩植では出穂30日後の青米歩合($r=-0.81^{**}$), 晩植では出穂期($r=-0.79^{**}$)と籾数($r=-0.72^{**}$), 3作期こみでは出穂30日後の青米歩合($r=-0.67^*$)と登熟の早さ($r=0.68^*$)であった(表4)。1粒重との関係は認められなかった。品種でみると, 胴割れの多い品種は, 籾数が少なく登熟の早い「やまてにしき」と「ニホンマサリ」, 一方, 胴割れの少ない品種は, 晩生か登熟の遅い「ミネアサヒ」, 「トドロキワセ」, 「愛知20号」であった(図5, 6)。

3. 胴割れの遺伝と関連形質

1) F2世代の分離(1998)

トヨニシキ/ハウネンワセに由来するF2個体の胴割れの頻度分布は, 胴割れ易の個体が多く, 難個体は著しく少なく, TML4/塩選203号に由来するF2個体の胴割れの頻度分布も, 胴割れ易の個体が

表4 登熟関連形質とガラス室乾燥胴割れ(%)との単相関(1977)

作期 (移植月,日)	出穂期 (8月x日)	1粒重 (mg)	青米 (%)	1穂 粉数 (万/㎡)	登熟の 早さ	
普通期(5,24)	-0.05	0.06	-0.34	-0.12	0.21	0.80**
やや晩植(7,04)	0.09	0.20	-0.81**	-0.37	-0.15	0.12
晩植(7,13)	-0.79**	0.19	-0.45	-0.40	-0.72**	0.56
全平均	-0.44	0.08	-0.67*	-0.55	-0.12	0.68*

注. 青米: 出穂30日後の青米(%), 登熟の早さ: 出穂30日後の登熟歩合/成熟期の登熟歩合

表5 F2 個体における胴割れとその他の粒形質との単相関(1999)

組合せ	品質 (1-9)	1粒重 (mg)	穂長 (1-2)	脱粒 (0-1)	粒着 (1-2)	芒 (0-1)	粒長 (mm)	粒幅 (mm)
トヨニシキ/ハウネンワセ	-0.13	-0.10						
TML4/塩選203号	0.19	0.27	-0.09	0.13	0.05	0.06	0.24	0.26

注. 数値基準 穂長: 1(短) - 2(長), 脱粒: 0(難) - 1(易), 芒: 0(無) - 1(有)

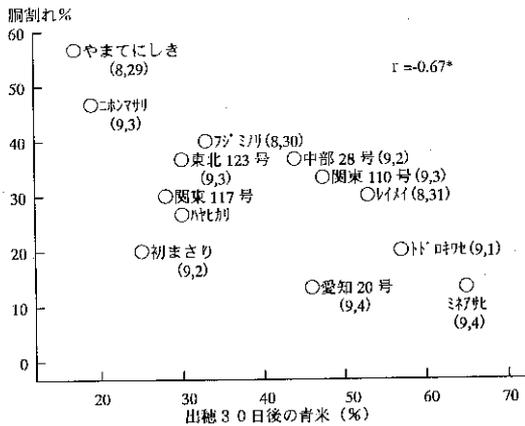


図5 出穂30日後の青米歩合と胴割れの関係(1977) データーは3作期平均値, ()内は出穂期(月, 日)

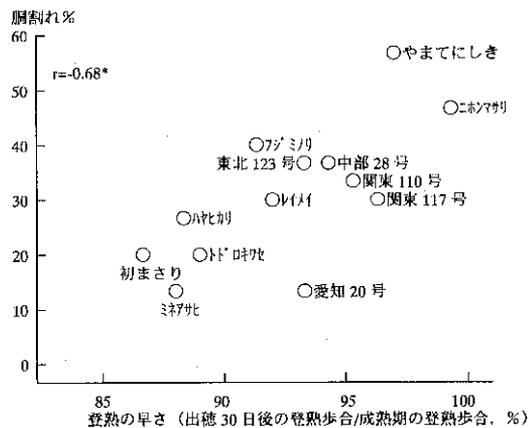


図6 登熟の早さと胴割れの関係(1977) データーは3作期平均値

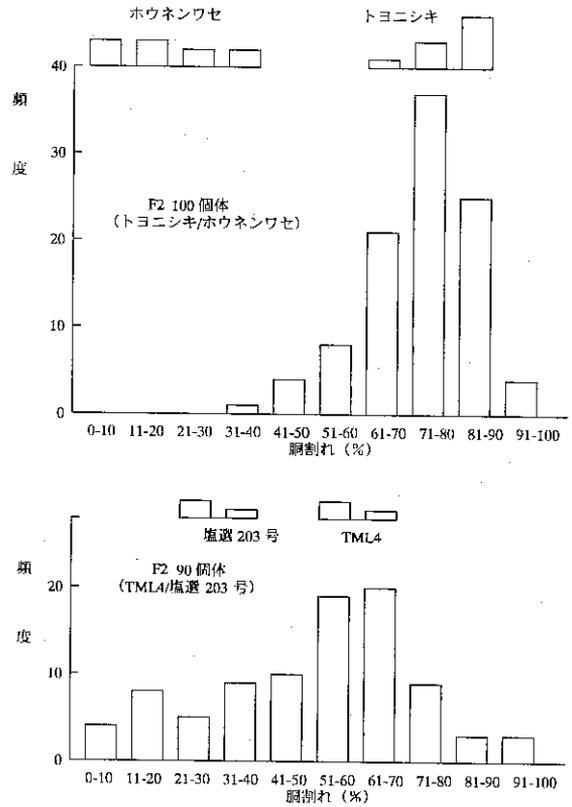


図7 F2 世代における胴割れの個体頻度分布(1999)

多く, 胴割れ易が優性であった(図7)。10個体調査した親品種の胴割れは, 「ハウネンワセ」が8~34%(平均18%), 「トヨニシキ」が58~76%(平均70%)であり, 個体間環境変異は大きかった。F2 個体における胴割れと相関関係のある形質は, トヨニシキ/ハウネンワセには認められなかったが, TML4/塩選203号では1粒重, 粒長, 粒幅に $r=0.3$ 以下の弱い正の相関関係が認められた(表5)。

2) F3 世代の分離 (2000)

トヨニシキ/ハウネンワセの組合せについて, F2 個体とF3 系統の間に弱い相関関係 ($r=0.51^*$) が認められた(図8)。

IV 考 察

1. 胴割れの品種間差異

刈遅れによる胴割れに大きな品種間差異があることが明らかになった。すなわち, 「トヨニシキ」は東北地域では胴割れの多い品種であり胴割れ易と分類されるが, 温暖地の「ニホンマサリ」はさらに易であり極易と分類される。一方, 「大空」は成熟期を21日以上過ぎてもほとんど胴割れが発生しない品

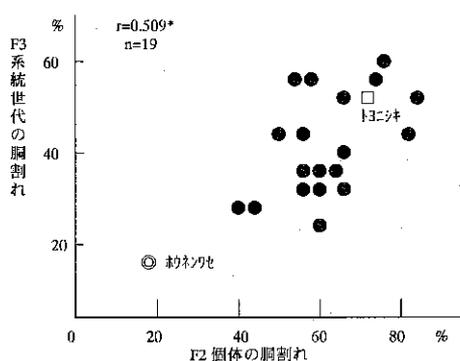


図8 トヨニシキ／ハウネンワセにおける F2-F3 世代間相関

種であり胴割れ極難と分類される。

2. 胴割れの品種間差異と関連形質

伴 (1971) は、胴割れは大粒品種に多い傾向があることを示した。胴割れは吸水または放水による米粒内の膨張または収縮のストレスによって発生する (長戸ら 1964, 佐藤 1964)。このことから一般に、粒厚の厚い粒ほどストレスは大きいことが予想されるので、粒厚の厚い粒ほど胴割れが発生し易いと推察される。しかし品種間差異についてみると、粒厚と胴割れの間には強い相関関係は認められなかった。また、最も粒厚が厚く大粒である「華吹雪」の胴割れが著しく少なかった。したがって、粒厚は胴割れの品種間差異の形態的 1 要因であるが、決定的な要因ではないと判断される。

さらに、本研究では登熟の早さとの関係を調査し、登熟の早い「ニホンマサリ」や「やまてにしき」は胴割れが多いことを明らかにした。この因果関係については不明であるが、同様な現象として、伴 (1981) は高温登熟条件の早期で収穫された米は低温登熟条件の後期に収穫された米よりも胴割れが多いことを認めている。さらに佐藤ら (1987) および渡辺・児玉 (1991) も胴割れの品種間差異と熟期の関係を認め、登熟の早い早生品種ほど胴割れが多かったことを確認している。本研究でも、登熟の年次間差異をみると、低温で登熟が遅かった1998年は胴割れが少なく、高温で登熟が早かった1999年は胴割れが多い現象が認められた。以上のことをまとめると、登熟の早い米や品種は胴割れし易い特性をもっていると判断される。そして胴割れ易品種においては、登熟の早い高温年のときは大発生の可能性が高く、特に注意が必要と考えられる。

また高城ら (1980) は玄米の挫折硬度を調べ、1979年は米粒の硬度が小さく脆かったため胴割れが多かったと推察している。1979年の登熟気温は高温であったことから判断すると、高温条件では登熟が早く米粒硬度が弱くなることが推察される。しかし高城ら (1980) は、この方面について品種間差異の検討はしなかった。

著者 (1992) は、粒厚 (粒幅) が異なるインド型品種の胴割れを調査し、細粒型は胴割れが少なく、粒幅大型は胴割れが多いことを多数品種を用いて明らかにした。本試験では2品種を供試しただけであるが、ほぼ同じ結果が示されたと思われる。なお Bautista and Bekki (1997) は、インド型は日本型より胴割れが少ないと報告しているが、これはもともと胴割れの少ない細粒型のインド型品種のみを用いた結果であり、粒幅大型のインド型品種を用いた上記の著者 (1992) の結果と矛盾しない。

一方、寺中・原 (1967) や木根淵 (1968) は、でんぶん比粘度の高い品種すなわち粘りが強く食味の良い品種は胴割れが少ないことを示した。著者 (1992) も、東北の品種について、藤坂5号に由来する食味の劣る「トヨニシキ」等の品種群と「ハウネンワセ」や「コシヒカリ」等の食味の優れる品種群を比較し、食味の劣る品種群は胴割れの多いことを明らかにした。また粘りの弱いインド型で胴割れが多いこともでんぶん特性と関係があると推察される。しかし、良食味の「ユメヒカリ」や「かりの舞」は胴割れが多い (滝田 1996)。また本研究の結果でも、良食味と言われる「つがるロマン」や「あきたこまち」は比較的胴割れが多かった。著者の観察によると、これら良食味で胴割れの多い品種は粘数が少なく登熟が早い特徴があり、登熟が早いため胴割れが多い可能性がある。したがってでんぶん特性も胴割れ難易を説明する 1 要因ではあるが、決定的な要因ではないと判断される。

以上の論議をまとめると、①登熟の早い米、②粒厚の厚い米、③粘りの弱いでんぶん特性をもつ米、の特性を有する品種は胴割れが発生しやすい要因をもっており、なかでも登熟の早さがとくに大きな要因と判断される。

3. 胴割れの遺伝

著者 (1992) は、胴割れは系譜からみて遺伝することを示した。また最近の育成品種では、胴割れ易の「かりの舞」の親は胴割れ易の「ユメヒカリ」で

ある(滝田 1996)。本研究においても、胴割れ易の「ニホンマサリ」の親は胴割れ易の「コチカゼ」であること、酒米で胴割れの多かった「吟の精」の親は胴割れ易の「トヨニシキ」であることから胴割れ易の形質は遺伝することが推察される。

本研究では、さらに、胴割れの遺伝様式を、胴割れ難と易の組合せのF₂、F₃世代の分離から調査した。この結果、胴割れ易が優性であることがわかった。また、トヨニシキ/ハウネンワセのF₂では胴割れ難のハウネンワセと同等の個体がほとんど無かったことから、関係する遺伝子数は多いことが予想される。一方、TML4/塩選203号のF₂では難と易の間にくびれが認められるので単因子分離の可能性もある。しかし、集団内の出穂期変動が大きいこともあり、さらに検討が必要であろう。

F₂ 個体とF₃ 系統の間に弱い相関関係($r=0.51^*$)が認められた。これはF₂ 個体選抜が有効である可能性を示すものであるが、品種内での個体間環境変異が大きいことも考慮するとF₂ 個体選抜は効率的でないと判断される。

引用文献

- 1) 伴 敏三. 1971. 人工乾燥における米の胴割れに関する実験的研究. 農業機械化研究所報告 8 : 1-80.
- 2) Bautista, R. C. ; Eiji Bekki. 1997. Grain fissures in rough rice drying, Differences in fissuring behavior of selected japonica and indica varieties. J. Japan. Society of Agricultural Machinery 59 (4) : 97-108.
- 3) 長戸一雄, 江幡守衛, 石川雅上. 1964. 胴割米の発生に関する研究. 日作紀 33 : 82-89.
- 4) 木根淵旨光. 1968. 胴割米の発生と刈り取り時期および乾燥法との関係. 農及園 43 : 1247-1968.
- 5) 中村公則, 原城 隆. 1966. 胴割米発生機構の解析に関する研究, 第1報 寒冷地における立毛胴割米発生の実態と加温乾燥に伴う胴割米発生の变化について. 東北農試研究速報 6 : 47-52.
- 6) 佐藤菊雄, 蟹井慶彦, 渡辺一男. 1987. 新潟県北蒲郡南部郷における胴割米の大量発生(1)発生の特徴的事項を中心として. 北陸作物学会報 22 : 25-26.
- 7) 佐藤正夫. 1964. 米の胴割機構について. 農及園 39 : 1421-1422.
- 8) Srinivas, T. ; Bhashyam, M. K. ; Mahadevappa M. ; Desikachar. H. S. R. 1977. Varietal differences in crack formation due to weathering and wetting stress in rice. Indian J. Agric. Sci. 47 (1) : 27-31.
- 9) Srinivas, T. ; Bhashyam, M. K. ; Mune Gowda, M. K. ; Desikachar, H. S. R. 1977. Factors affecting crack formation in rice varieties during wetting and field stress. Indian J. Agric. Sci. 48 (7) : 424-432.
- 10) Srinivas, T. ; Bhashyam, M. K. ; Narasimha Reddy, M. K. ; Desikachar, H. S. R. 1981. Development of a modified technique for intra-varietal selection for low crack susceptibility and milling breakage in rice. Indian J. Agric. Sci. 51 (4) : 228-232.
- 11) 高城哲男, 浪岡 実, 立田久善, 小野清治. 1980. 昭和54年水稲立毛胴割米発生の特徴. 東北農業研究 27 : 39-40.
- 12) 滝田 正. 1992. 日本型およびインド型稲における胴割米発生の品種間差異. 育雑 42 : 397-402.
- 13) 滝田 正. 1996. 水稲新品種決定に関する参考成績書「南海127号」(後の「かりの舞」). 宮崎県総合農業試験場. (未発表)
- 14) 滝田 正. 1999. 水稲における胴割れの品種間差異の検定法. 東北農業研究 52 : 15-16.
- 15) 寺中吉造, 原城 隆. 1967. 胴割米発生機構の解析に関する研究, 第2報 サンプルング時の気象条件並びにコメ澱粉の粘性と胴割率との関係. 東北農試研究速報 7 : 37-43.
- 16) 渡辺公夫, 児玉幸弘. 1991. 水稲ヤマヒカリの胴割れ米発生に関する研究(1)胴割れ米発生の実態. 三重県農技センター研報 19 : 13-20.

寒冷地灰色低地土水田における堆肥長期連用試験からみた 化成肥料及び堆肥中の窒素の行方

住田 弘一*¹⁾・加藤 直人*¹⁾・西田 瑞彦*¹⁾

抄録：有機物中の窒素の行方については、近年、重窒素標識法による解析が始められているが、長期連用下におけるその行方については差し引き法による推定が有効である。そこで、寒冷地灰色低地土水田（東北農業研究センター大曲研究拠点内）における、稲わら堆肥（1968年～）及び家畜ふん堆肥（1973年～）の長期連用試験において、堆肥の肥効が安定した1981年以降の19年間について、化成肥料及び堆肥中の窒素の行方を差し引き法により推定した。窒素無施用栽培における窒素収支からみると、毎年、系外から約3～4 kg/10aの窒素富化が認められた。10a当たり8 kgの化成肥料窒素の作土への集積は見かけ上認められず、水稻による収奪が約4 kg、系外への損失が約4 kgであった。10a当たり11 kg（堆肥現物2トン）の稲わら堆肥中の窒素は、見かけ上土壌への集積が2 kg弱、水稻による収奪が3 kg弱、系外への損失が約6.5 kgであった。稲わら堆肥の施用量が2 t/10a以上で水稻収量は一定（2割増収）になり、水稻による収奪割合が減少し、系外への損失割合が増大した。10a当たり17 kg（堆肥現物3.6トン）の家畜ふん堆肥中の窒素は、見かけ上土壌への集積が約5 kg、水稻による収奪が約6 kg、系外への損失が約6 kgであった。

キーワード：水田、長期連用試験、堆肥、化成肥料、窒素収支

Fate of fertilizer nitrogen and compost nitrogen in long-term experiments on gray lowland soil in a cool region : Hirokazu SUMIDA*¹⁾, Naoto KATO*¹⁾ and Mizuhiko NISHIDA*¹⁾

Abstract : Recently, the fate of nitrogen in some organic matter has been studied using organic matter labeled with ¹⁵N, however ¹⁵N labeling requires many expenditures and labor. In a long-term experiment, the comparison of nitrogen balance sheets between compost applied and non-applied plots is useful to estimate the fate of the applied nitrogen. In this report, the fate of applied fertilizer nitrogen and applied compost nitrogen during the last nineteen years (1981~1999) was estimated by long-term experiments with rice straw compost (1968~) and livestock waste compost (1973~) on gray lowland soil in a cool region (NARCT, Omagari, Akita). The nitrogen balance in the plot without nitrogen application indicated that about 3-4 kg/10a of nitrogen every year was supplied through irrigation water, rainfall and biological fixation. Fertilizer nitrogen applied at 8 kgN/10a as basal and supplement applications scarcely remained in the plow layer (topsoil), and about 4 kgN of that was taken up by rice plants, and about 4 kgN was lost. Nearly 2 kgN of rice straw compost nitrogen applied at 11 kgN/10a was accumulated in the topsoil. Nearly 3 kgN of that was recovered by rice plants and the remainder (about 6.5 kgN) was lost. When the application rate of rice straw compost was larger than 2 t/10a, rice grain yield leveled off (20% higher than without rice straw compost), and the nitrogen recovery by rice plants decreased and the nitrogen loss increased. About 5 kgN of the livestock waste compost nitrogen applied at 17 kgN/10a accumulated in the topsoil, about 6 kgN of that was recovered by rice plants and the remainder (about 6 kgN) was lost.

Key Words : Paddy field, Long-term experiment, Compost, Fertilizer, Nitrogen balance

*1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Omagari, Akita, 014-0102, Japan)

2001年12月10日受付, 2002年3月25日受理

I はじめに

消費者の有機農産物への関心の高まりや、化学肥料に由来する成分による環境汚染の危惧から、化学肥料偏重の農業を見直す機運が高まっている。しかし、化学肥料、特に窒素肥料の使用量を減らせば、農産物の生産量を維持することは難しくなる。そのため、不足する農作物への窒素供給源として、堆肥を施用するという考え方がある。その場合、堆肥からの窒素供給は、化学肥料と異なり遅いので、施用した年だけではなく翌年以降も徐々に効いてくる。こうした特性によって、堆肥を長く連用すると、農地の窒素肥沃度は向上し、農作物への窒素供給量が増えてくる。

現在、家畜ふん尿や生ごみといった窒素成分を多く含んだ有機性資源が大量にあふれ、その地域的な偏在もあり、その処理が大きな問題になっている。飼料生産をはじめ畑作農業ですでに堆肥が過剰に施用されているところも多く、水田農業での利用が期待されている。さらに、最近、水田での飼料用稲の生産が各地で取り組まれるようになってきており、飼料用稲と家畜ふん堆肥を通じた耕種部門と畜産部門との連携が期待されている。飼料用稲は、食用稲と異なり、多窒素栽培で生産される高栄養価の稲がむしろ望まれている。一般の良食味の食用米生産では、高タンパク化は敬遠され、窒素の発現が多い家畜ふん堆肥などの有機物を受け入れられる量は制限される。これに対して、飼料用稲の生産では、むしろ家畜ふん堆肥などの有機物の活用が期待される。

近年、重窒素で標識した稲わら堆肥や家畜ふん堆肥が入手できるようになり、これらを用いて堆肥中の窒素の動態解析が可能となった。すでに西南暖地では、いくつかのグループ (Matsushita et al. 2000, 松山ら1999, 西口・土屋1999, 柴原ら1998, 樽見・山室1997, 上之菌ら1998) により解析が進められている。この手法は、標識した試料由来の窒素動態が正確に測定でき、動態解析法としての信頼性

が高い。しかし、生産現場と同一の堆肥が利用できないことや、重窒素標識に多大な労力、あるいは購入に多額の資金が必要とされることから、その利用場面は制限される。また、重窒素の存在比が高い家畜ふん堆肥を作成することは困難であり、10年以上もの長期にわたる解析には活用できない。

一方、全国各地の農業関係試験研究機関には多くの有機物・肥料等の長期連用ほ場試験が継続されており (金森2000)、作物収量や養分吸収量、土壌肥沃度に関するデータが蓄積されている。これらを活用すれば、有機物中の窒素が作土の窒素肥沃度向上や水稻による窒素吸収の増加にどの程度貢献し、系外へのどの程度影響を及ぼしているかを推定することが可能である。上沢 (1993) は、環境保全型農業では、作物の生産・品質と環境へのインパクトの大きい窒素の環境容量の把握が最初に必要であり、諸先輩が残してくれた長期にわたる有機物連用試験における作物の窒素回収率や土層ごとの窒素含量の分布は、窒素環境容量の把握の大きなよりどころになる、としている。

そこで、約30年にわたって稲わら堆肥及び家畜ふん堆肥を連用してきた水田において、堆肥中の窒素を化成肥料窒素と比較しながらその行方を明らかにし、堆肥の肥効特性を評価した。

なお、本報告で取り上げた、稲わら堆肥連用試験及び家畜ふん堆肥連用試験は、どちらも約30年の長期にわたり、水田土壌管理研究室 (旧土壌肥料研究室) 及び業務科により管理され、膨大なデータが蓄積されてきた。歴代の関係者に深く感謝する。

II 材料と方法

1. 供試ほ場及び供試堆肥

東北農業研究センター大曲研究拠点内 (秋田県大曲市) の、1968年開始の稲わら堆肥連用試験ほ場、及び1973年開始の家畜ふん堆肥連用試験ほ場を供試した。どちらも、沖積水田土壌 (細粒灰色低地上, 金田統) で、土壌の主な理化学性は表1の通りである。

表1 供試ほ場の土壌の主な理化学性

(乾土kg当たり)

層位 (cm)	土性	pH (H ₂ O)	T-C (g)	T-N (g)	CEC (cmol)	交換性塩基 (cmol)				リン酸 吸収係数
						Ca	Mg	K	Na	
0~13	SiCL	5.32	20.2	1.74	23.5	11.6	1.8	0.6	0.6	1,120
13~25	L	5.75	11.6	0.90	26.5	15.7	2.7	0.9	0.8	1,200

注. 1968年5月に採取した土壌の分析値であり、住田ら(1990)の報告より抜粋引用。

供試した堆肥の現物当たりの水分及び全窒素含量を表2に示した。なお、堆肥の分析は次の通り行った。ほ場散布時の生状態（現物）の稲わら堆肥及び家畜ふん堆肥を70℃で数日間通風乾燥し、水分含量を求めた。この乾燥堆肥を粉碎して分析試料とし、ケルダール分解液を水蒸気蒸留法により、あるいは硫酸-過酸化水素水分解液をインドフェノール法により窒素量を定量した。

稲わら堆肥は大曲研究拠点内のほ場から産出された稲わらを堆肥化したものであり、1986年以前は1年半の堆積、1987年以降は半年の堆積期間である。そのため、1986年以前の稲わら堆肥の平均水分含量は約0.64 g/gであったのに対して、1987年以降のものは約0.76 g/gで水分含量が高まった。また、現物当たりの全窒素含量は、1986年以前が8.4 mg/g、1987年以降が4.2 mg/gであり、1987年以降のものはそれ以前の半量にとどまっている。

一方、家畜ふん堆肥は、秋田県畜産試験場で生産されたものである。1997年以降は、開放型攪拌方式の堆肥化施設によって製造されたものであるが、それ以前は堆積方式の堆肥含または野積み状態で堆肥化したものである。1990年代前半は副資材が多量に使用されたものと思われ、この間の全窒素含量は3 mg/g前後と低くなっている。

なお、風乾処理過程での窒素損失量を評価するため、2000年産の稲わら堆肥及び家畜ふん堆肥について、秋田農試の方法（秋田県農業試験場2001）を参考にして、生状態で形態別窒素を3反復で分別定量した。具体的な方法は次の通りである。生試料20 gを500 mlのポリ瓶に採取し、水200 mlを加えて往復振とう器により室温下で30分振とうした。次に、振とう液を30メッシュのポリエチレンネットですり過し、ネット上の固体残渣を水300 mlで十分に洗浄した。この残渣を風乾し、粗大未分解部とした。ろ液と洗浄液を合わせたものはよく振り混ぜてネット通過の沈殿物を懸濁し、一定量（40 ml）を素早く遠沈管に採取し、3500 rpmで20分間遠心分離した。この沈殿部を風乾し、微細未分解部とした。上清液にはタンパク質沈殿剤として酢酸鉛を0.7 g加え、3500 rpmで20分間遠心分離した。この沈殿部を風乾し、水溶性高分子部とした。上清液は水溶性低分子部とした。粗大未分解部、微細未分解部、水溶性高分子部の各画分は、硫酸-過酸化水素水分解し、インドフェノール法により窒素量を定量した。また、水溶性低分子

表2 施用有機物の現物当たりの水分及び全窒素含量

年次	稲わら堆肥		家畜ふん堆肥	
	水分 g/g	全窒素 mg/g	水分 g/g	全窒素 mg/g
1981年	0.700	7.0	0.781	5.1
1982年	0.690	6.6	0.805	5.4
1983年	0.643	9.7	0.847	3.1
1984年	0.610	9.4	0.781	4.5
1985年	0.541	6.2	0.830	4.0
1986年	0.639	11.7	0.790	3.2
1987年	—	—	0.730	4.3
1988年	0.803	4.8	0.793	3.1
1989年	0.773	6.5	0.791	4.9
1990年	0.794	2.6	0.933	2.6
1991年*	0.756	4.5	0.785	2.9
1992年	0.712	4.6	0.832	2.6
1993年*	0.756	4.0	0.785	2.3
1994年	—	—	—	—
1995年	0.645	3.3	0.790	2.7
1996年	0.770	3.8	0.721	4.4
1997年	0.735	4.7	0.701	5.7
1998年	0.791	4.9	0.699	6.0
1999年	0.777	2.6	0.730	4.5
平均	0.714	5.7	0.785	4.0
標準偏差	0.076	2.6	0.057	1.2
C. V.	10.6%	45.1%	7.3%	29.7%
最大	0.803	11.7	0.933	6.0
最小	0.541	2.6	0.699	2.3
’81-86				
平均	0.637	8.4		
標準偏差	0.058	2.2		
C. V.	9.1%	25.8%		
’87-99				
平均	0.756	4.2		
標準偏差	0.045	1.1		
C. V.	6.0%	26.8%		

注 * : 1991年、1993年は水分含量欠測のため、稲わら堆肥は1987年以降の平均水分含量を、家畜ふん堆肥は全期間の平均水分含量を用いて現物当たりの全窒素含量を推定した。

- 1) —は欠測値
- 2) 1981～1986年の稲わら堆肥は1年半堆積したものの、1987年以降は半年堆積したものである。
- 3) 1981～1996年の家畜ふん堆肥は牛ふん堆肥、1997年以降は牛ふん主体に豚ふんと鶏ふんを混合堆肥化したものである。

部の画分については、インドフェノール法によりアンモニア態窒素量を、AQUATEC 5400 Analyzer（カドミウム還元法）により硝酸態窒素量を定量した。

2. 試験区の設計と肥培管理及び作付品種

稲わら堆肥連用試験ほ場は、1968年以降、稲わら

表3 家畜ふん堆肥連用試験ほ場の窒素施肥設計 (kg/10a)

試験区名 (堆肥・化成肥料)	'73-75	'76-81	'82-85	'86-89	'90-99	平均窒素施肥量	
						'73-99	'81-99
無施用・少肥	4.8	3.6	6	0	0	2.2	1.5
無施用・標肥	9.6,14.4	7.2,10.8	8~13	6,13	6~10	8.6	8.0
無施用・多肥	19.2('75:0)	14.4	5~16	16	12~16	14.1	14.2
3.6トン・少肥	4.8	3.6	6	0	0	2.2	1.5
3.6トン・標肥	9.6,14.4	7.2,10.8	6~8	6	4~6	7.3	6.1
3.6トン・多肥	19.2('75:0)	14.4	5~8	6	6~10	9.1	7.2

注. 窒素施肥量は、基肥と追肥の合計量である。

堆肥(表2)を毎年10a当たり4トン、3トン、2トン、1トン及び0トン(無施用)連用してきた。化成肥料(硫酸)による窒素施肥量は10a当たり8kgで、1989年までは全量基肥、1990年以降は基肥6kgに加え幼穂形成期に追肥2kgを施用した。稲わら堆肥無施用には化成肥料の窒素を無施肥(無窒素)の区も設けている。1区の面積は40㎡で、2連制である。品種は、1968年から1972年まではフジミノリ、1973年以降はキヨニシキを作付けした。

一方、家畜ふん堆肥連用試験ほ場は、1973年以降、家畜ふん堆肥(表2)を毎年10a当たり3.6トン及び0トン(無施用)連用してきた。化成肥料による窒素施肥は、少肥(1986年から無窒素)、標肥及び多肥の3水準で、その年次別の施肥量は表3に示した。1区の面積は約110㎡で、単連である。品種は、1973年から1981年まではレイメイ、1982年から1985年まではアキヒカリ、1986年から1988年までは奥羽315号、1989年から1995年までは奥羽316号、1996年以降はふくひびきで、一貫して多収品種・系統を作付けした。ふくひびきは、極多収品種で飼料用稲として期待されている。

3. 水稻の窒素分析

成熟期の稲体の窒素分析試料は次の通り調整した。1989年以前は、各試験区から生育中庸な数株を抜き取り、1990年以降は、各試験区の坪刈り試料から適当量を抽出し、わらと穂に分けて乾燥・粉碎した。ただし、1985年以降は穂ではなく籾を粉碎しないでそのまま分析試料とした。窒素の定量は、ケルダール分解液あるいは硫酸-過酸化水素水分解液を水蒸気蒸留法により行った。

4. 作土の窒素分析

1981年の春及び2000年の春に、稲わら堆肥連用試験ほ場及び家畜ふん堆肥連用試験ほ場の各試験区より作土を採取し、風乾後メノウの乳鉢で微粉碎した

ものを全窒素分析の試料とした。1981年の作土の全窒素含量はケルダール法により、2000年はCNコーダー(ヤナコMT-700)により求めた。

また、2000年の春には、稲わら堆肥連用試験ほ場の各試験区における作土の深さと容積重を求めた。作土の深さは各区5地点調査した。容積重は、各区2地点から0~5cm、5~10cm、10cm~鋤床の各層位別に100ml試料円筒により土壌を採取して、作土全体の容積重を算出した。

III 試験結果及び考察

1. 堆肥施用に伴う窒素吸収増加量の経年変化

図1は、稲わら堆肥施用区と無施用区の水稲による窒素吸収量の差、すなわち、見かけ上の稲わら堆肥中の窒素吸収量について、稲わら堆肥連用開始年からの経年変化を示したものである。年次変動が大きいため、3次の多項式にあてはめて、その経年変化の傾向をみた。見かけ上の稲わら堆肥中の窒素吸収量のピークは1980年前後であり、堆肥の施用量が多いほど年数を要する傾向があった。その後、見かけ上の稲わら堆肥中の窒素吸収量は低下傾向がみられる。これは、施用された稲わら堆肥が、1987年前後で大きく異なっており(表2)、全窒素含量が8.4

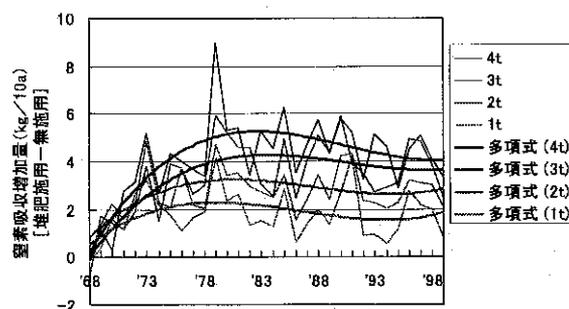


図1 水稻による見かけ上の稲わら堆肥中の窒素吸収量の推移

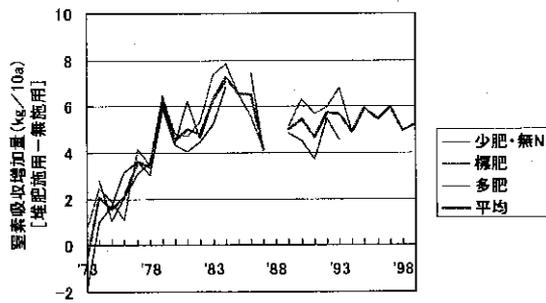


図2 水稲による見かけ上の家畜ふん堆肥中の窒素吸収量の推移

注. 1988年は欠測。また、標肥は1985年及び1994年以降、多肥は1985年以降、家畜ふん堆肥の有無に対応する試験区の窒素施肥量が異なるためデータがとれない。

表4 稲わら堆肥連用試験ほ場の作土深と容積重

堆肥化成 (/10a)	肥料	作土深 cm	容積重 g/cm ³	作土量 t/10a
無施用	標肥	16.3±0.9	1.03±0.05	168
1トン	標肥	16.5±0.7	0.99±0.01	163
2トン	標肥	16.9±0.9	0.90±0.02	152
3トン	標肥	17.3±0.7	0.85±0.02	147
4トン	標肥	18.3±1.0	0.86±0.03	157

注. 2000年春に調査。作土深と容積重は、平均±標準偏差。

mg/gから4.2mg/gと半分になったことも大きな原因と考えられる。しかし、各年次の見かけ上の稲わら堆肥中の窒素吸収量は、1980年頃から1987年頃まではほぼ一定と読み取れる。このことから、供試した稲わら堆肥中の窒素吸収量は、施用量4トンまでは連用12~13年の内に安定すると考えられる。

図2は、図1と同様に、家畜ふん堆肥施用区と無施用区の水稲による窒素吸収量の差である見かけ上の家畜ふん堆肥中の窒素吸収量について、家畜ふん堆肥連用開始年からの経年変化を示したものである。見かけ上の家畜ふん堆肥中の窒素吸収量も、連用12~13年目にやや高い値を示したが、7~8年目以降はほぼ一定とみてよい。

そこで、稲わら堆肥連用試験ほ場と家畜ふん堆肥連用試験ほ場のどちらでも見かけ上の堆肥中の窒素吸収量が安定した、1981年から1999年までの19年間を対象として、堆肥連用試験ほ場における窒素収支を求めることとした。

2. 堆肥連用に伴う作土の全窒素含量の変化

2000年春に調査した各試験区の作土深と容積重を表4に示した。作土深は、稲わら堆肥無施用区で浅

表5 稲わら堆肥連用試験ほ場の作土の全窒素含量の変化

堆肥化成 (/10a)	肥料	作土全窒素量 (g/kg)	作土の窒素増減量 (kg/10a)	19年間	年平均
無施用	無窒素	1.45	1.50	7.5	0.39
	標肥	1.59	1.67	12.0	0.63
1トン	標肥	2.04	2.23	28.5	1.50
2トン	標肥	2.40	2.70	45.0	2.37
3トン	標肥	2.63	3.07	66.0	3.47
4トン	標肥	2.99	3.53	81.0	4.26

注. 作土の窒素増減量は、作土量150t/10aとして計算した。

表6 家畜ふん堆肥連用試験ほ場の作土の全窒素含量の変化

堆肥化成 (/10a)	肥料	作土全窒素量 (g/kg)	作土の窒素増減量 (kg/10a)	19年間	年平均
無施用	少肥	1.30	1.21	-13.5	-0.71
	標肥	1.43	1.41	-3.0	-0.16
3.6トン	多肥	1.72	1.71	-1.5	-0.08
	少肥	1.94	2.50	84.0	4.42
3.6トン	標肥	2.06	2.59	79.5	4.18
	多肥	2.39	2.83	66.0	3.47

注. 作土の窒素増減量は、作土量150t/10aとして計算した。

く、堆肥施用量が多くなるに従い深くなる傾向にある。容積重は逆に、稲わら堆肥無施用区で大きく、堆肥施用量が多くなるにつれて小さくなっている。単位面積当たりの作土重を計算すると、各試験区ともおよそ150~160トン/10aである。

一方、稲わら堆肥及び家畜ふん堆肥連用試験ほ場の作土の全窒素含量の変化を表5、6に示した。2000年春の作土の全窒素含量は、19年前の1981年春に比べて、稲わら堆肥連用試験ほ場では堆肥無施用条件でもやや高まったが、家畜ふん堆肥連用試験ほ場の堆肥無施用条件では逆にやや低下した。それに対して、稲わら堆肥や家畜ふん堆肥の連用は、作土の全窒素含量を大きく上昇させた。

そこで、この19年間にどの程度窒素が作土で増減したかを計算した。ここでは作土量を次の通り仮定した。すなわち、表4に示したように、2000年春の稲わら堆肥連用試験ほ場の各試験区の作土量はおおよそ150~160トン/10aであることから、全試験区一律に150トン/10aとし、1981年春の作土量も同一量とした。

その結果、稲わら堆肥連用試験ほ場の作土では、

堆肥無施用区(無窒素, 標肥)で19年間に10a 当たり10kg前後の窒素が増加し, 稲わら堆肥1トン区で約30kg, 4トン区で80kg以上の窒素が増加した計算になる。1年当たりでは, それぞれ0.5kg前後, 約1.5kg, 4kg以上の増加となる(表5)。一方, 家畜ふん堆肥連用試験ほ場の作土では, 堆肥無施用の少肥区で19年間に10a 当たり13kg, 標肥区で3kgの窒素が減少したのに対して, 家畜ふん堆肥3.6トン施用の少肥区, 標肥区で80kg前後の窒素が増加した計算になる。1年当たりでは, 堆肥無施用でそれぞれ0.7kg, 0.2kgの減少, 家畜ふん堆肥3.6トン施用で4kg以上の増加となる(表6)。

3. 堆肥連用試験ほ場における窒素収支

1) 窒素無施用条件での見かけ上の系外からの窒素富化量

堆肥連用試験ほ場における窒素収支を表7, 8に示した。作土の窒素増加量は表5で計算したように, 稲わら堆肥無施用で化成肥料の窒素を無施肥のいわゆる窒素無施用条件では, 10a 当たり年平均0.4kgとほとんどない。一方, 1981年から1999年の19年間の水稲による年平均窒素収奪量は3.7kgである。そ

こで, 投入窒素量(0kg)から作土の窒素増加量と水稲による窒素収奪量を差し引いた残りの分を系外への窒素損失量とすると, 10a 当たり年平均-4.1kgになる。言い換えれば, 見かけ上, 毎年10a 当たり4.1kgの窒素が系外から富化されていることになる。

家畜ふん堆肥連用試験ほ場における少肥区では, 1986年以降の14年間は化成肥料の窒素は投入されていない。1981年から1985年の5年間の窒素少肥栽培に伴う作土の窒素増減はほとんどないと仮定して, 前述と同様に系外からの見かけ上の窒素富化量を計算した(表8の()内の数値)。その結果, 家畜ふん堆肥連用試験ほ場では, 見かけ上, 毎年10a 当たり3.0kgの窒素富化となった。大曲研究拠点内の両ほ場は, 作付品種に違いがあるものの, 土壌・栽培環境条件はほぼ同一である。以上のことから, 寒冷地の比較的痩せた沖積水田土壌(細粒灰色低地土)では, 窒素無施用条件で水稲を栽培すると, 見かけ上, 毎年10a 当たり3~4kgの窒素が富化されることが明らかとなった。この数値は, 安田ら(2000)が大曲研究拠点内の水田において, 上部開放で底面

表7 稲わら堆肥連用試験ほ場における窒素収支

(kg/10a/yr, kg/kgN)

堆肥 (/10a)	化成肥料	投入N量		作土の N増減量	水稲による N収奪量	系外への N損失量	水稲収量	窒素の玄米 生産効率
無施用	無窒素(A)	0.00	0.00	0.39	3.69±0.38	-4.08	254±29	68.8
無施用	標肥(B)	0.00	8.00	0.63	7.54±0.90	-0.17	534±42	70.9
1トン	標肥(C)	5.54	8.00	1.50	9.28±0.91	2.76	611±38	65.8
2トン	標肥(D)	11.07	8.00	2.37	10.37±0.78	6.33	634±47	61.1
3トン	標肥(E)	16.61	8.00	3.47	11.43±0.75	9.71	637±60	55.7
4トン	標肥(F)	22.15	8.00	4.26	12.12±1.22	13.76	636±69	52.5

注. 水稲によるN収奪量及び水稲収量は, 1981~1999年の年平均±標準偏差である。

系外へのN損失量は, 投入N量から作土のN増減量と水稲によるN収奪量を減じて求めた。

表8 家畜ふん堆肥連用試験ほ場における窒素収支

(kg/10a/yr, kg/kgN)

堆肥	化成肥料	投入N量		作土の N増減量	水稲による N収奪量	系外への N損失量	水稲収量	窒素の玄米 生産効率
無施用	少肥(G)	0.00	1.45	-0.71	4.31±0.38	-2.15	302±91	70.1
	(無窒素*)	(0.00)	(0.00)		(3.73±0.57)	(-3.02)	(264±45)	(70.9)
	標肥(H)	0.00	8.01		-0.16	7.98±1.38	0.18	547±86
3.6トン	多肥(I)	0.00	14.23	-0.08	11.28±2.15	3.03	657±91	58.2
	少肥(J)	14.00+2.87	1.45	4.42	10.08±1.90	0.95+2.87	616±83	61.1
	(無窒素*)	(14.00+2.87)	(0.00)		(9.27±0.88)	(0.31+2.87)	(601±73)	(64.8)
	標肥(K)	14.00+2.87	6.06		4.18	11.98±1.24	3.89+2.87	675±67
多肥(L)	14.00+2.87	7.18	3.47		12.87±1.22	4.84+2.87	686±90	53.3

注. 水稲によるN収奪量及び水稲収量は, 1981~1999年の年平均±標準偏差である。

系外へのN損失量は, 投入N量から作土のN増減量と水稲によるN収奪量を減じて求めた。

* : 1986年以降の無窒素栽培における水稲によるN収奪量に基づいて窒素収支を求めた。

+2.87: 家畜ふん堆肥中のアンモニア態窒素分を考慮したもの。

に網をつけたポリ容器に土壌を詰めてほ場に一定期間埋設し、表層と下層の窒素含量の差から算出した窒素富化量とほぼ一致する。

見かけ上の系外からの窒素富化は、雨水や灌漑水からの流入、大気中の窒素の生物的固定による供給から、下層への溶脱や大気中への脱窒による損失を差し引いたものである。雨水に含まれる窒素はおよそ $0.7\text{mg}/\ell$ とされる(岡本ら1992)ので、大曲における年間降水量 1800mm からは 10a 当たり 1.3kg が供給される計算になる。また、灌漑水の全窒素含量は $0.4\text{kg}/\ell$ であり(住田ら1990)、稲作期間の灌漑水量 1500mm からは 10a 当たり 0.6kg が供給されることになる。両者を合わせると毎年、 10a 当たり 1.9kg が供給されている。関矢(1987)がまとめた水田における窒素収支では、灌漑水と雨水からの供給が 10a 当たり 1.8kg 、大気中の窒素固定が 2.0kg 、田面水や浸透水による流出が 2.0kg 、大気中への脱窒が 4.00kg と見積もられているが、窒素固定と脱窒は信頼性を欠く推定値としている。

2) 化成肥料による窒素施用条件での見かけ上の系外への窒素損失量

稲わら堆肥無施用の標肥栽培でも、窒素無施用栽培と同様に、作土の窒素増加量は 10a 当たり年平均 0.6kg と少ない。一方、水稲による窒素収奪量は 7.5kg であり、系外への窒素損失量は、 -0.2kg になる(表7)。つまり、見かけ上、化成肥料による窒素施肥量にほぼ相当する窒素量が水稲に吸収され、作土への窒素集積はほとんどなく、系外との窒素収支も差し引きゼロということになる。

家畜ふん堆肥無施用の標肥栽培でも同様の結果である(表8)。しかし、窒素施肥量 $14\text{kg}/10\text{a}$ の多肥栽培では、見かけ上、窒素施肥量のほぼ80%に相当する窒素量の $11\text{kg}/10\text{a}$ が水稲に吸収されるが、残りは作土にはとどまらず、 $3\text{kg}/10\text{a}$ が系外に損失したと推定される。

水稲が吸収した窒素の玄米生産効率(玄米生産量/窒素吸収量)をみると、稲わら堆肥連用試験ほ場、家畜ふん堆肥連用試験ほ場のどちらのほ場でも、堆肥無施用の標肥栽培では窒素無施用栽培と同様に高く、窒素 1kg 当たり 70kg 前後である。これに対して、多肥栽培では、 $58\text{kg}/\text{kgN}$ の玄米生産効率にとどまった。この多肥栽培では、水稲がもはや吸収しきれないほどの窒素施肥量の水準にあるといえる。

3) 堆肥施用条件での見かけ上の系外への窒素損失量

稲わら堆肥による投入窒素量は次の通りである。表2に示したように、稲わら堆肥の窒素含量の欠測値(1987年と1994年)を、同じ堆積期間の稲わら堆肥の平均窒素含量と仮定すると、1981年から1999年の19年間の平均窒素含量は稲わら堆肥現物 1トン 当たり 5.5kg となる。これに化成肥料による窒素施肥量を加えた 10a 当たりの年平均投入窒素量は、稲わら堆肥 1トン 区では 13.5kg 、 2トン 区では 19.1kg 、 4トン 区では 30.2kg となる。この投入窒素量から作土の窒素増加量と水稲による窒素収奪量を差し引いて、見かけ上の系外への窒素損失量を計算すると、稲わら堆肥 1トン 区では毎年 10a 当たり 2.8kg 、 2トン 区では 6.3kg 、 4トン 区では 13.8kg となる。 4トン 区では水稲による収奪量よりも系外への損失量が多い。水稲が吸収した窒素の玄米生産効率も $3\sim 4\text{トン}$ 区では $56\sim 53\text{kg}/\text{kgN}$ に低下し、 2トン 区以上では増収は認められない。

家畜ふん堆肥による投入窒素量は次の通りである。家畜ふん堆肥の窒素含量も1994年に欠測値があるが、同じ性状の1990年から1993年と1995年の平均窒素含量で補正すると、1981年から1999年の19年間の平均窒素含量は、家畜ふん堆肥現物 3.6トン 当たり 14.0kg となる。これに化成肥料による窒素施肥量を加えた 10a 当たりの年平均投入窒素量は、 $3.6\text{トン}\cdot\text{少肥}$ 区では 15.5kg 、 $3.6\text{トン}\cdot\text{標肥}$ 区では 20.1kg 、 3.6

表9 2000年産堆肥の形態別窒素量

有機物	pH (H_2O)	水分 (g/g)	形態別窒素含量 (Nmg/g)					合計
			水抽出 $\text{NH}_4\text{-N}$	水抽出 $\text{NO}_3\text{-N}$	水溶性 高分子	微細 未分解	粗大 未分解	
稲わら堆肥	8.0	0.775	0.04 (1) ± 0.00	0.00 (0) ± 0.00	0.57 (18) ± 0.03	1.60 (51) ± 0.01	0.95 (30) ± 0.06	3.16 (100) ± 0.03
家畜ふん堆肥	7.8	0.747	0.88 (17) ± 0.06	0.00 (0) ± 0.00	1.03 (20) ± 0.01	1.71 (34) ± 0.10	1.45 (29) ± 0.04	5.08 (100) ± 0.12

トン・多肥区では21.2kgとなる。また、同様にしてこの投入窒素量から作土の窒素増加量と水稲による窒素収奪量を差し引いて、見かけ上の系外への窒素損失量を計算すると、3.6トン・少肥区では1.0kg、3.6トン・標肥区では3.9kg、3.6トン・多肥区では4.8kgである。

家畜ふん堆肥3.6トン（標肥・多肥）区の作土の窒素増加量や水稲による窒素収奪量については、稲わら堆肥3～4トン（標肥）区のそれらとほぼ同じ量である。それに対して、系外への損失量はかなり小さな値である。この理由の一つとして、家畜ふん堆肥として投入した窒素量を過少評価していることが考えられる。

表9に示したように、2000年産の堆肥について生状態で形態別窒素を分別定量すると、稲わら堆肥には水溶性のアンモニア態窒素がほとんど含まれていないのに対して、家畜ふん堆肥には全窒素量の17%がアンモニア態窒素であった。この家畜ふん堆肥のpHは7.8なので、アンモニア態窒素は風乾過程で揮散することが予想される。実際に、乾燥処理したものではありません。水抽出のアンモニア態窒素分にはほぼ相当する窒素量が損失した（表10）。表2で求めた全窒素含量は、乾燥堆肥を分析したものであるので、生状態で

表10 2000年産堆肥の乾燥処理による全窒素含量の変化

有機物	生状態の堆肥	乾燥処理堆肥	乾燥処理に伴
	の全窒素含量	の全窒素含量	う窒素損失率
	Nmg/g 乾物		(%)
稲わら堆肥	14.0	13.9	1
家畜ふん堆肥	20.1	16.1	20

含まれているアンモニア態窒素については、表2の数値には考慮されていないことになる。稲わら堆肥にはアンモニア態窒素がほとんど含まれていないことから問題は小さい。しかし、家畜ふん堆肥には多くのアンモニア態窒素が含まれており、表2では過小評価している。アンモニア態窒素の含有量（含有比）は製造方法や副資材の種類や混合割合によって変動が予想される（原田・山口1997）が、ここでは、2000年産の家畜ふん堆肥のアンモニア態窒素含有比である17%を用いて、投入窒素量を再推定してみると、家畜ふん堆肥現物3.6トン当たり16.9kgとなる。この再推定に基づいて系外への窒素損失量を計算したときの値は、2.9kg増える（表8のイタリック）。

4. 化成肥料及び堆肥中の窒素の行方

1) 化成肥料の窒素の行方

稲わら堆肥無施用・標肥区と同・無窒素区との差し引き [B-A] により、見かけ上の化成肥料の窒素の行方を推定した（表11）。10a 当たり8.0kgの化成肥料の窒素は、作土には0.2kgとほとんど集積せず、水稲による収奪が3.9kg、系外への損失が3.9kgとほぼ半々で、水稲による利用率は約50%である。この数値は、全量基肥（1981～1989年）と基肥+追肥（1990～1999年）からなる19年間の平均値であるが、本ほ場における全量基肥の場合の利用率もほぼ同様の値である（住田ら1990）。

この化成肥料の窒素の見かけ上の分配は、10a 当たりの水稲収量が250kg水準と550kg水準との差し引きにより得られたものであるが、同様に、家畜ふん堆肥連用試験は場のデータを用いて、10a 当たりの収量水準の差が250kg, 100kg, 50kgにおいて、化成

表11 化成肥料及び堆肥中の窒素の行方

(kg/10a/yr)

効果	事例*	堆肥中のN	化成肥料のN	作土へのN集積量	水稲によるN収奪量	系外へのN損失量	水稲収量の变化
化成肥料	B-A	0	8.00	0.24[3]	3.85[48]	3.91[49]	254→534
	H-G	0	6.56	0.55[8]	3.67[56]	2.33[35]	302→547
	I-H	0	6.22	0.08[1]	3.30[53]	2.85[46]	547→657
	K-J	0	4.61	-0.24[-5]	1.90[41]	2.94[64]	616→675
稲わら堆肥	C-B	5.54	0	0.87[16]	1.74[31]	2.93[53]	534→611
	D-B	11.07	0	1.74[16]	2.83[26]	6.50[59]	534→634
	E-B	16.61	0	2.84[17]	3.89[23]	9.88[60]	534→637
	F-B	22.15	0	3.63[16]	4.58[21]	13.93[63]	534→636
家畜ふん堆肥	J-G	16.87	0	5.13[30]	5.77[34]	5.97[35]	302→616
	L-H	16.87	-0.83[5]	3.63[22]	4.89[29]	7.53[45]	547→686

注. []内の数値は、化成肥料及び有機物中の窒素の行方の百分率を示す。

*: 事例の記号は、表7, 8と同一である。

肥料の窒素の行方を推定した(表11)。稲わら堆肥連用試験ほ場の [B-A] に相当する [H-G] (収量水準の差250kg) では、水稻による収奪の割合、すなわち水稻による利用率がさらに高い値となっている。また、地域の標準的な収量である600kgを挟んだ、収量水準の差が100kgの [I-H] でも、水稻による収奪の割合はほぼ50%である。このことから、本試験が行われた気象条件、土壌条件、栽培条件における化成肥料の窒素(基肥+追肥)の利用率は、標準的な施肥量ではほぼ50%が期待できると考えてよい。これは、一般にいわれている基肥窒素の利用率20~40%(庄子・前1984)よりもやや高い値となっている。一方、極多収や、高栄養価の飼料用種の生産をねらった、家畜ふん堆肥3.6トンに併用した化成肥料の窒素は、[K-J] の差し引き結果にみられるように、水稻による収奪の割合が低下し、系外への損失の割合が60%以上に増大した。

ところで、重窒素で標識した施肥窒素の一部は、有機化によって土壌に固定(作土への集積)されることはよく知られている(庄子・前1984, 山室1990)。このことは、施肥窒素が見かけ上作土に集積しないとの本報告の差し引き法の結果と一見矛盾するように思われる。しかし、蜂ヶ崎・相馬(1989)によれば、重窒素で標識した化成肥料(硫酸)を連用すると、水稻による施肥由来窒素の積算利用率は年々向上しており、連用10年目までのその利用率(Y)は、連用年数(X)と $Y=25.6+6.16\ln X$ ($R^2=0.99$) の関係が示されている。このことは、当年に施用された施肥窒素の一部は土壌に固定されるが、その窒素は再び無機化して、翌年以降にも水稻に利用されることを示している。つまり、化成肥料の窒素は、施用当年ばかりでなく、翌年以降にもごくわずかではあるが肥効がある。化成肥料の長期連用試験において、差し引き法により求められる施肥窒素の行方は、単に当年施用した施肥窒素の行方をみているのではなく、前年、前々年と過去に施用したすべての施肥窒素を加味したものになっている。

2) 堆肥中の窒素の行方

稲わら堆肥施用区(C, D, E, F)と無施用区(B)との差し引きにより、見かけ上の稲わら堆肥中の窒素の行方を推定した(表11)。10a当たり5.5kg~22.2kgの稲わら堆肥中の窒素は、作土への集積が0.9kg~3.6kg、水稻による収奪が1.7kg~4.6kg、系外への損失が2.9kg~13.9kgとなった。これを比

率でみると、堆肥の投入量にかかわらず作土には16~17%が集積した。一方、水稻による収奪率は、堆肥の投入量が増えるに従って低下し、10a当たり1トンでは31%あったものが、4トンでは21%にとどまった。逆に、系外への損失率は、堆肥の投入量が増えるに従って増大し、1トンでは53%であったものが、4トンでは63%にまで達した。

稲わら堆肥連用試験ほ場においては、化成肥料の標準的な窒素施肥量(標肥)に、稲わら堆肥を上乗せ施用している。前述したように、稲わら堆肥無施用でも収量は530kg/10aを超えており、稲わら堆肥を10a当たり1トン施用で610kg、2トンで630kgに達し、それ以上の施肥量では増収しなかった。水稻の窒素吸収量の増加も小さく、可給化した窒素の多くは系外へ損失した。

一方、家畜ふん堆肥3.6トン・少肥区と家畜ふん堆肥無施用・少肥区との差し引き [J-G] により、見かけ上の家畜ふん堆肥中の窒素の行方を推定した(表11)。ここでは、分析試料の乾燥調整過程で揮散したと予想されるアンモニア態窒素を補正した家畜ふん堆肥の窒素含量により計算した窒素収支の数値を用いた。その結果、10a当たり16.9kgの家畜ふん堆肥中の窒素は、作土への集積が5.1kg、水稻による収奪が5.8kg、系外への損失が6.0kgとなった。また、家畜ふん堆肥3.6トン・多肥区と家畜ふん堆肥無施用・標肥区との差し引き [L-H] により、見かけ上の家畜ふん堆肥中の窒素の行方を推定すると、10a当たり16.9kgの堆肥中の窒素は、作土への集積が3.6kg(22%)、水稻による収奪が4.9kg(29%)、系外への損失が7.5kg(45%)となった。なお、この差し引きでは、肥料による投入窒素量が異なるので、わずかではあるが0.8kg(5%)の施肥窒素の差があるため、堆肥中の窒素の作土への集積、水稻による収奪及び系外への損失の合計は100%とならない。

5. 総合考察

環境保全型農業の立場から土壌の環境容量(上沢1993)という概念があり、作土の堆肥受け入れ可能量の把握が重要である。本試験においては、堆肥の肥効(堆肥中の窒素吸収量)が安定している時期では、稲わら堆肥の施肥量にかかわらず堆肥中の窒素の作土への集積率はほぼ一定であった(表11)。このことは、連用する稲わら堆肥の施肥量がたとえ1トンと少なくとも、堆肥中の窒素の50%以上が系外

表12 稲わら堆肥30年連用に伴う作土と下層土の全窒素含量の変化

	全窒素含量 (g/kg)			土 壤 量 (トン/10a)	堆肥中の窒素の集積量 (kg/10a)	
	堆 肥 2 トン	堆 肥 無 施用	差		30 年 間	年 平 均
作 土	2.88	1.97	0.91	150	136.5	4.6
下 層 土	1.37	1.18	0.19	120	22.8	0.8

注. 全窒素含量は2000年春に調査。

へ損失することを意味する。

ところで、大山 (1993) は、この稲わら堆肥連用試験ほ場において、稲わら堆肥の連用開始から13年目までの堆肥中の窒素の行方を計算している。それによれば、作土への集積率は50% (1トン) ~39% (4トン) であり、本試験で求めたその後の19年間における作土への集積率16~17%と比較するとかなり高い値である。一方、水稲による収奪率は18% (1トン) ~14% (4トン) で、連用11年目から13年目の3年間ではすでに22%に達していることを示している。本試験で求めたその後の19年間における水稲による収奪率は31% (1トン) ~21% (4トン) で、3トン、4トン連用ではこの時期から水稲による収奪率はほぼ一定になっているとみられる。

このように、本試験で用いた稲わら堆肥中の窒素は、堆肥連用開始から10年程度は作土への集積に大きく寄与し、水稲による収奪は少ない。しかし、その後は水稲による収奪率が作土への集積率を上回っている。また、系外への損失率は、連用開始から13年目まで (32% (1トン) ~47% (4トン)) より、その後の19年間 (53% (1トン) ~63% (4トン)) の方が大きくなっている。すなわち、稲わら堆肥の長期連用によって、作土の窒素肥沃度が向上し、水稲への窒素供給も向上しているが、一方で系外への損失も大きくなると推定される。

この系外への損失のなかには、下層土への集積が含まれている。稲わら堆肥連用試験ほ場と同じ大曲研究拠点内に、1970年以降、毎年、同じ稲わら堆肥を10a当たり2トン及び0トン (無施用) 連用してきた試験ほ場がある。このほ場において、連用開始30年後にあたる2000年春に作土と下層土 (鋤床から約10cmの厚さ) の全窒素含量を分析した (表12)。作土では、堆肥2トンと無施用との間に0.91 g/kgの差があり、作土重150トン/10aとすれば、30年間の平均で、毎年、4.6kgの堆肥中の窒素が集積していることになる。これに対して、下層土でも同様

に0.19 g/kgの差があり、下層土重を120トン/10a (下層土の厚さ10cm×容積重1.2 g/ml) とすれば、毎年、0.8kgの堆肥中の窒素が集積していることになる。作土への集積量と比べれば少ないが、それでも作土への集積量の20%近くにはなる。このことから、系外への損失として扱っているうちのいくらかは下層土にとどまっていることになる。このように、下層土にとどまっている堆肥中の窒素は考慮すべき量ではあるが、それを除いた系外への損失は依然として多い。

この系外への損失としては、田面水や浸透水による流出、脱窒があげられる。水田では、多くは環境汚染にはつながらない窒素ガスによる脱窒であるが、この脱窒の過程で地球温暖化ガスやオゾン層破壊ガスとされている亜酸化窒素が発生する (楊1994)。また、畑地で大きな問題となっている硝酸性窒素の溶脱も少なからずある (関矢1987)。

以上みてきたように、稲わら堆肥や家畜ふん堆肥の長期連用は、どちらも作土の窒素肥沃度を向上させるものの、見かけ上の堆肥中の窒素の水稲による収奪率 (利用率) は、化成肥料の窒素のそれよりも低い。水稲による収奪率に作土への集積率を加えても、堆肥は肥料と同等かそれ以下である。なお、家畜ふん堆肥の一例 [J-G] を除いて、見かけ上の堆肥中の窒素の行方は、化成肥料の標準的な窒素施肥量に堆肥を上乗せ施用した条件で推定している。稲わら堆肥の施用量の増加に伴い、見かけ上の堆肥中の窒素の水稲による利用率が低下していることから、化成肥料の窒素についても同様に利用率が低下しているとすれば、化成肥料の窒素の利用率を一定としている差し引き法では、堆肥中の窒素の利用率を過少評価し、系外への損失率を過大評価している可能性がある。

現在、家畜ふん尿の処理という立場からその堆肥化物の水田での利用が期待されているが、こうした堆肥の肥効特性を踏まえて、その活用法を考えてい

く必要がある。

引用文献

- 1) 秋田県農業試験場生産環境部土壌基盤担当. 2001. 堆きゅう肥の水抽出による窒素成分分析法. 平成12年度研究成果情報(東北農業) p.89-90.
- 2) 蜂ヶ崎君男, 相馬駿春. 1989. 重窒素利用水田土壌における施肥窒素の動向. 土肥要旨集 35: 263.
- 3) 原田靖生, 山口武則. 1997. 家畜排泄物堆肥の品質の実態と問題点(西尾道徳監修, 環境保全と新しい畜産). 農林水産技術情報協会. p.229-246.
- 4) 金森哲夫. 2000. 国公立試験研究機関における有機物・肥料等の長期連用試験の現状について. 土肥誌 71: 286-293.
- 5) Mastushita, K.; Miyauchi, N.; and Yamamuro, S. 2000. Kinetics of ¹⁵N-labelled nitrogen from co-compost made from cattle manure and chemical fertilizer in a paddy field. Soil Sci. Plant Nutr. 46: 355-363.
- 6) 松山 稔, 牛尾昭浩, 桑名健夫, 山室成一. 1999. 水稲ポット栽培における有機物由来窒素の吸収利用率—有機物連用時の各施用年次別吸収割合—. 土肥要旨集 45: 177.
- 7) 西田瑞彦, 土屋成一. 1999. 暖地水田に施用した有機物由来窒素の移植水稲による吸収と土壌残存. 土肥要旨集 45: 178.
- 8) 大山信雄. 1993. 水田における施用有機物の分解・集積及び水稲に対する効果. 東北農業研究 30: 52-72.
- 9) 岡本玲子, 大嶋秀雄, 山口武則, 尾崎保夫, 川上一夫, 藤井國博. 1992. 筑波地区における降雨の化学的性状に関するモニタリングデータ(1985~1990年). 農環研資料 13: 1-308.
- 10) 関矢信一郎. 1987. 水田における養分動態と養分収支(農業技術体系土壌施肥編1. 土壌と根圏V). 農山漁村文化協会. p.1-12.
- 11) 柴原藤善, 小松茂雄, 長谷川清善, 犬伏和之, 山室成一. 1998. ¹⁵Nトレーサー法による稲わらおよび牛糞堆肥連用水田の窒素動態解析 第3報 有機物由来窒素の動態. 土肥要旨集 44: 134.
- 12) 庄子貞雄, 前 忠彦. 1984. 土壌中の窒素の動きとイネの窒素吸収(佐藤庚ら共著, 作物の生態生理). 文永堂. p.102-110.
- 13) 住田弘一, 大山信雄, 野副卓人, 佐藤智男. 1990. 要素欠除処理にみられる水稲の生育, 収量及び養分吸収特性と土壌養分の動態. 東北農試研報 82: 19-45.
- 14) 樽見美有希, 山室成一. 1997. 水田土壌中に施用した牛ふん堆肥と牛ふんオガ堆肥の窒素動態. 土肥要旨集 43: 432.
- 15) 上之蘭茂, 長友 誠, 山室成一. 1998. ¹⁵N標識有機物用いた植物由来窒素の動態解析—シラス水田における家畜ふん堆肥由来窒素の動態—. 土肥要旨集 44: 133.
- 16) 上沢正志. 1993. 物質循環機能が形成する環境容量はいかほどだろうか?. 農及園 68: 333-334.
- 17) 山室成一. 1990. 窒素動態に関する¹⁵Nトレーサー法の理論的展開と水稲吸収量予測(日本土壌肥料学会編, 水田土壌の窒素無機化と施肥). 博友社. p.169-181.
- 18) 安田道夫, 岡田泰明, 野副卓人. 2000. 東北地域における汎用水田の窒素富化機能の特徴. 土肥誌 71: 849-856.
- 19) 楊 宗興. 1994. 亜酸化窒素(陽捷行編著, 土壌圏と大気圏—土壌生態系のガス代謝と地球環境). 朝倉書店. p.85-105.

黒毛和種及び日本短角種の乳量及び乳成分の変化

新宮 博行*¹⁾・甫立 孝一*²⁾・櫛引 史郎*¹⁾・上田 靖子*¹⁾・
渡辺 彰*¹⁾・松本 光人*²⁾

抄録：肉用種である黒毛和種及び日本短角種の産乳性を明らかにするため、乳量及び乳成分（乳脂肪率、乳蛋白質率及び乳糖率）の変化をホルスタイン種と比較した。供試牛として黒毛和種（例数6）、日本短角種（例数5）及びホルスタイン種（例数7）の初産雌牛を用いて、分娩日から分娩後6ヶ月（26週）に至る乳量、乳成分の変化を調査した。分娩後6ヶ月間の黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種雌牛の機械搾乳による平均総乳量は、それぞれ486.0kg、1,724.0kg、4,859.2kgであった。泌乳ピークは黒毛和種及び日本短角種とも分娩後2-3週にみられ、前者は10週以降、後者はピーク到達後漸減した。一方、ホルスタイン種の泌乳ピークは分娩後7-8週に認められた。初乳中の乳脂肪率は品種間で大きな違いは認められなかった。分娩日の乳蛋白質率は分娩日以降の乳蛋白質率に比べて極めて高くなったが、乳糖率は逆に低くなり、これら結果は全ての品種で認められた。常乳の乳脂肪率は分娩後2週以降黒毛和種、日本短角種、ホルスタイン種の順に低くなった。乳蛋白質率は分娩後8日以降乳脂肪率と同様な傾向を示した。乳糖率の変化は黒毛和種、日本短角種で類似し、分娩後10週までホルスタイン種よりも高くなる傾向が認められたが、それ以降は品種による違いはみられなかった。以上の結果から、黒毛和種及び日本短角種ではホルスタイン種よりも早く泌乳ピークに到達すること、泌乳期の進行に伴う乳成分の変化は品種間で異なることが明らかとなった。

キーワード：黒毛和種、日本短角種、ホルスタイン種、初産、初乳、乳量、乳成分

Profiles of Milk Yield and Milk Composition in Lactating Japanese Black and Japanese Shorthorn Cows : Hiroyuki SHINGU*¹⁾, Koichi HODATE*²⁾, Shiro KUSHIBIKI*¹⁾, Yasuko UEDA*¹⁾, Akira WATANABE*¹⁾, and Mitsuto MATSUMOTO*²⁾

Abstract : The profiles of milk yield and milk composition (milk fat, milk protein, and lactose) milked by a milker for 6 months [26 weeks (wk)] postpartum (PP) in lactating primiparous 6 Japanese Black (JB : beef type) and 5 Japanese Shorthorn (JS : beef type) cows were investigated, as compared with those for 7 lactating Holstein (HS : dairy type) cows. During the experimental period, the average total milk yield in JB, JS, and HS cows was 486.0kg, 1,724.0kg and 4,859.2kg, respectively. JB and JS cows had peak lactation at 2-3 wk PP, whereas in HS cows daily milk yield reached a peak at 7-8 wk PP. In milk contents of colostrum, little differences in milk fat (%) were observed among the breeds. Regardless of breeds, the colostrum on parturition day was composed of higher milk protein (%) and lower lactose (%), as compared with the milk composition thereafter. After 2 wk PP, milk fat significantly differed among the breeds : JB > JS > HS. After 8 days PP, the change in milk protein was similar to the trend in milk fat. No significant differences in lactose were found between JB and JS cows. These beef cows tended to have higher lactose than HS cows till 10 wk PP, thereafter there were no differences in lactose among the breeds. These results suggest that JB and JS cows have peaks of milk production at earlier stages of lactation than HS cows, and that milk composition differs among the breeds as lactation progressed.

Key Words : Colostrum, Holstein, Japanese Black, Japanese Shorthorn, Milk fat, Milk protein, Milk yield, Lactose, Primiparous cows

*1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan)

*2) 現・畜産草地研究所 (National Institute of Livestock and Grassland Science, P.O. Box 5, Tsukuba Norin Kenkyu Danchi, Ibaraki, 305-0901, Japan)

2001年12月28日受付, 2002年3月25日受理

I 緒 言

東北地方では広大な草資源を利用して、肉用種の黒毛和種及び日本短角種の生産が行われている。黒毛和種は日本短角種に比べ日増体量は小さい(農林水産技術会議事務局1995)が、脂肪交雑が高い産肉特性を持っている。一方、南部牛とショートホーン種を交配して誕生した日本短角種(松川1976, 高安1983)は、脂肪交雑の少ない赤身肉であるが、放牧に対する順応性は高く、粗飼料の利用性も良好である。

近年、牛肉の輸入が自由化されたことで国内産牛肉よりも安価な輸入牛肉が我が国の市場を席卷し、国内産の牛肉価格の低落傾向がみられる。加えて、輸入飼料価格の上昇や子牛価格の低下等も相まって、肉用牛経営は一層の厳しさを増している。このような現状を打破するためには、放牧地や休耕地を利用した放牧や先端的繁殖技術を用いた双子生産の導入等の効率性の高いシステムを構築する必要がある。このようなシステム構築に際し、肉用牛の泌乳能力改善は重要な技術となり得る。子牛の初期発育は母牛の乳量に依存しているが、肉用牛の乳量は乳用牛に比べ極端に少ないため、その不足分を補助飼料の給与によって補っている場合が多い。子牛が健全に成長するために必要な乳量を肉用牛でも産生することが可能になれば、家畜飼養に係るコストの低減化に貢献する。しかし、我が国で飼養されている肉用牛の乳量(十勝種畜牧場1973, 久馬ら1979)や乳成分(十勝種畜牧場1973, Ishikawa et al. 1992)等に関する知見は乏しく、肉用牛の泌乳能力改善を図るためには、泌乳特性を明らかにしておく必要がある。

そこで、本実験では、黒毛和種及び日本短角種の乳量並びに乳成分(乳脂肪率, 乳蛋白質率及び乳糖率)に関する特徴を明らかにするため、乳用種であるホルスタイン種と比較, 検討を行った。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、乳成分を測定していただいた畜産草地研究所・品質開発部の三谷賢治氏(現所属: 動物衛生研究所・生物学的製剤センター)並びに成田卓美氏, 供試動物の管理及び実験の補助等に協力していただいた東北農業研究センター・企画調整部・業務第2科諸氏並びに大崎幸子氏(同センター・畜産草地部)の方々に対しまして深謝の意を表します。

II 材料と方法

1. 供試動物と飼養管理

本実験では、黒毛和種(例数6), 日本短角種(例数5)及びホルスタイン種(例数7)の初産雌牛を分娩日から分娩後6ヶ月(26週)まで供試した。これら供試牛の分娩時における平均月齢は、日本短角種が25ヶ月齢, 黒毛和種及びホルスタイン種が26ヶ月齢であった。供試牛の管理は「東北農業研究センターの農業研究における実験動物の保護及び利用に関する指針」に従い、コーンサイレージ, 乾草, アルファルファハイキューブ及び濃厚飼料(TDN 70.0%, DCP 15.5%)を日本飼養標準(1995)の養分要求量をTDN換算で100%満たすように調整して、一日2回(9:00, 16:30)給与した。また、試験期間中、供試牛が自由に飲水できるように配慮した。

2. 牛乳サンプリングと牛乳成分分析

分娩後6ヶ月間供試牛に対して一日2回(6:00, 16:00)機械搾乳を実施した。本実験では、分娩日から分娩後5日までの牛乳を初乳, 分娩後6日以降の牛乳を常乳とした。牛乳サンプリングは分娩日, 分娩後2, 4, 6, 8, 10, 14日に、また、分娩後14日以降10週までは毎週, 分娩後10週以降26週までは2週毎にそれぞれ実施した。採取した牛乳はそれぞれ合乳とし、赤外線ミルク分析機(Milko-Scan 134A/B: Foss Electric. 社, Denmark)を用いて乳成分(乳脂肪率, 乳蛋白質率及び乳糖率)を測定した。

3. 統計処理

本実験で得られたデータは平均値±標準誤差で表し、統計ソフト(Macintosh StatView version 5.0, Abacus, CA, USA)による分散分析法(ANOVA)を用いて処理した。泌乳期における乳量, 乳脂肪率, 乳蛋白質率及び乳糖率の各項目を品種間で比較する際、品種または品種×分娩後日数(週数)の効果がある(P<0.05)時には、Fisher's PLSD post-hoc testによって品種間の有意差をそれぞれ検定した。

III 結果と考察

1. 乳量の変化

表1は黒毛和種, 日本短角種及びホルスタイン種における初乳量の変化を示している。分娩翌日以降、

Table 1 Daily colostrum yield in Japanese Black, Japanese Shorthorn, and Holstein cows^{1, 2}

Days ³	Colostrum Yield (kg/d)		
	Japanese Black	Japanese Shorthorn	Holstein
0	0.25±0.05 ^a	1.65±0.86 ^{ab}	4.56±1.39 ^b
1	1.02±0.50 ^a	5.30±0.73 ^b	14.43±1.41 ^c
2	2.12±0.51 ^a	7.35±1.06 ^b	17.66±1.01 ^c
3	2.15±0.61 ^a	8.29±1.01 ^b	18.70±1.26 ^c
4	2.35±0.71 ^a	9.03±1.03 ^b	20.13±0.77 ^c
5	2.51±0.85 ^a	9.24±0.92 ^b	20.99±1.07 ^c

Note: ¹Data represent the mean ± SEM in Japanese Black (n=6), Japanese Shorthorn (n=5), and Holstein (n=7) cows.

²Values within a row without a common superscript differ significantly (P<0.05).

³postpartum

乳量が急激に増大したホルスタイン種に比べ、黒毛和種では微増し、日本短角種では両品種のほぼ中間で推移した。

分娩後6ヶ月(26週)間の総乳量は、黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種でそれぞれ486.0±97.0kg, 1,724.0±111.1kg, 4,859.2±163.6kgであった。黒毛和種は分娩後2-3週に泌乳ピークに到達し、以後10週までほぼそのレベルを維持した(図1)。

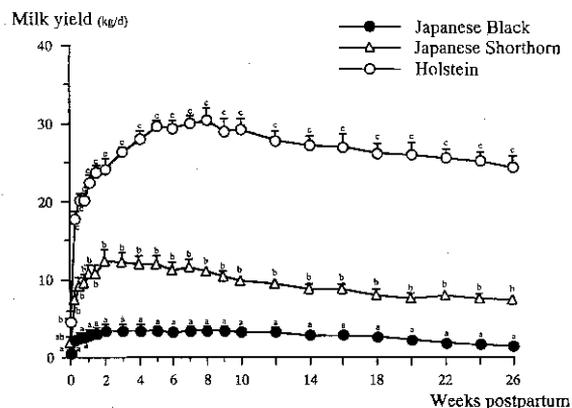


Fig. 1. Changes in daily milk yield in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean ± SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly (P<0.05).

日本短角種の泌乳ピークも分娩後2-3週でみられたが、以後漸減した。一方、ホルスタイン種では分娩後7-8週にピークがみられた。このように、本実験で得られた黒毛和種及び日本短角種等の肉用牛における乳量の推移の結果から、総乳量が少ない品種ほど泌乳ピークが早い時期に到来することが明らかになった。これら肉用牛の乳量推移の特徴は、久

馬ら(1979)の報告とほぼ一致している。

Shimada et al. (1988)は産歴数の異なる黒毛和種を供試して、体重差法によって分娩後1週から26週までの泌乳量を調べ、その平均日乳量は4.55kg、泌乳曲線は泌乳ピークのない右下がりの直線であったことを示している。この結果は、平均日乳量が黒毛和種で2.67kgで、泌乳ピークがみられた我々の結果と少し異なった。肉用牛(アンガス種、ヘレフォード種及びそれら交雑種等)の乳量は手搾りや機械搾乳よりも体重差法の方が高くなることが報告されており(Totusek et al. 1973, Mondragon et al. 1983), また、黒毛和種では、乳量は産次が進むにつれて増大し、3-7産次でピークになるといわれている(Shimada et al. 1988)ことから、この相違は給与飼料、産歴数、搾乳方法等の飼養環境や測定条件に起因していると考えられる。本実験における日本短角種の分娩後6ヶ月間の平均総乳量は寺田ら(1979)が報告している1,641kgとほぼ等しい値を示した。黒毛和種と比べて乳量の多い日本短角種は、乳用ショートホーン種と交配、改良された経過があり(松川1976, 高安1983), この背景が乳量に大きく関与していると考えられる。

2. 乳成分の変化

1) 初乳

表2は初乳中の各乳成分(乳脂肪、乳蛋白質及び乳糖)の変化を示している。乳脂肪率は分娩日を除き、品種間で大きな違いは認められなかった。分娩日の乳蛋白質率は各品種とも分娩日以降の乳蛋白質率に比べて極めて高い値を示した。一方、乳糖率は各品種とも分娩日の乳の方が分娩日以降の乳に比べて低い値を示した。

分娩後1日以内に採取された初乳に乳蛋白質が高濃度含まれることがホルスタイン(-フリージアン)

Table 2 Milk composition of colostrum in Japanese Black, Japanese Shorthorn, and Holstein cows^{1, 2}

Days ³	Japanese Black	Japanese Shorthorn	Holstein
Milk Fat (%)			
0	4.52±0.83 ^a	4.00±0.93 ^a	8.31±1.39 ^b
2	4.00±0.73 ^a	4.04±0.41 ^a	5.36±0.42 ^a
4	5.19±0.30 ^a	5.20±0.49 ^a	5.67±0.51 ^a
Milk Protein (%)			
0	11.40±1.41 ^a	18.20±1.58 ^b	13.88±1.26 ^{ab}
2	4.79±0.19 ^a	4.58±0.18 ^a	4.29±0.17 ^a
4	4.78±0.15 ^a	4.02±0.10 ^b	4.15±0.28 ^{ab}
Lactose (%)			
0	3.61±0.16 ^a	3.16±0.10 ^{ab}	2.65±0.26 ^b
2	4.35±0.10 ^a	4.26±0.04 ^a	3.68±0.17 ^b
4	4.26±0.13 ^{ab}	4.44±0.03 ^a	3.92±0.11 ^b

Note: ¹Data represent the mean ± SEM in Japanese Black (n=6), Japanese Shorthorn (n=5), and Holstein (n=7) cows.

²Values within a row without a common superscript differ significantly (P<0.05).

³postpartum

種(甫立ら1978, 農林水産技術会議事務局1982, Leveux and Ollier 1999)で報告されており, また, 初乳中の総蛋白質含量と免疫グロブリン(IgG)含量との間に正の相関があることが知られている(甫立ら1978)。黒毛和種でも, 分娩後2時間以内に採取された初乳は乳蛋白質率がよく, 特に, IgGやラクトフェリン(LF)等の免疫機能を持つ蛋白質が高いことが報告されている(Ishikawa et al. 1992)。反芻動物の新生子は受動免疫の獲得を初乳に含まれるIgGの吸収に依存していることから, 生後数時間以内における初乳の摂取が病原体による感染・発症を予防する上で不可欠である。日本短角種の初乳成分に関する報告はないものの, 日本短角種の分娩直後の初乳中にも, IgGやLF等の免疫機能付与に関連する一連の乳蛋白質成分が高濃度に含まれていると考えられる。

泌乳期における乳糖合成速度は泌乳開始時に低く, 泌乳期の進行に伴って増大することが明らかにされた(Kuhn et al. 1980), 実際には, 泌乳開始に伴い乳糖率が上昇していく傾向はホルスタイン種で報告されている(農林水産技術会議事務局1982)。本実験においても, 黒毛和種, 日本短角種及びホルスタイン種ともに分娩後上昇した。分娩日における初乳中の乳糖率が低いことは, 新生子牛の下痢を防止する上で有利に作用することがホルスタイン種で報告されている(上家1980)ことから, 黒毛和種や日本短角種でも同様な作用を発揮するよう, 低い乳糖率を示すと考えられる。

2) 常乳

黒毛和種の乳脂肪率は分娩後2週以降日本短角種及びホルスタイン種の乳脂肪率より極めて高い値を示し, 泌乳期の進行に伴って高くなる傾向を示した(図2)。日本短角種の乳脂肪率は分娩後9週以降ホ

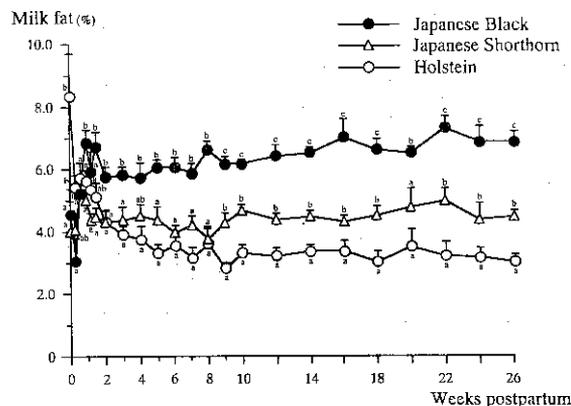


Fig. 2. Changes in the percentage of milk fat in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean ± SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly (P<0.05).

ルスタイン種より高値を示したが, 泌乳期の進行に伴う変化は認められず, ほぼ一定したレベルで推移した。一方, ホルスタイン種の乳脂肪率は分娩後5週頃まで漸減したが, その後はほぼ一定したレベルで推移した。乳脂肪率が「ホルスタイン種<日本短角種<黒毛和種」の順位であったことは, 乳量の多い品種ほど乳脂肪率が低く, 乳量の増減に反比例し

て推移することを示した十勝種畜牧場の結果(1973)を支持するものであった。

乳蛋白質率についても分娩後8日以降「ホルスタイン種<日本短角種<黒毛和種」の順で高いことが認められた(図3)。また、分娩後4週以降は各品種ともそれぞれほぼ一定したレベルで推移した。

黒毛和種の乳糖率は日本短角種の乳糖率と大きな違いを示さなかった(図4)。これら肉用牛の分娩後10週までの乳糖率はホルスタイン種の乳糖率より高値を示したが、それ以降は品種間で有意な違いは認められなかった。また、泌乳期の進行に伴って黒

毛和種、日本短角種の乳糖率は漸減したが、ホルスタイン種では、ほぼ一定の値を示した。

これら結果は品種によって乳成分の割合に違いがあることを示している。品種によって乳成分率の違いが生じる原因として、各品種が持つ遺伝的な形質や乳量の違いなどが考えられる。Mondragon et al. (1983)はアンガス種やヘレフォード種等の肉用種及びその交雑種における乳脂肪率は泌乳初期に高く、乳糖率は泌乳期で不変であることを報告している。

本実験で得られた結果から、肉用牛は乳量こそ少ないが、その分、乳脂肪率や乳蛋白質率が高い乳を子牛に与えることによって、子牛の成長に必要な不可欠な栄養素を補っていると推察される。加えて、黒毛和種では、他品種に比べ乳脂肪、乳蛋白質率は高いが、乳量は極めて少ない特徴を持つことから、親子放牧の実施や双子生産技術の導入等によって黒毛和種肥育素牛の低コスト生産を可能にするためには、黒毛和種の泌乳機能の改善が不可欠であり、生理・栄養学的視野から黒毛和種の泌乳機能を増進させる技術の開発が今後重要になる。一方、日本短角種は、黒毛和種に比べ乳量が多く、また、ホルスタイン種に比べて乳脂肪、乳蛋白質率も高い特徴を持つことから、その泌乳機能を利用した、日本短角種を借り腹にして黒毛和種の受精卵を移植し、誕生後の黒毛和種子牛を日本短角種が産する乳で飼養する方法が考えられる。また、日本短角種の乳から飲用乳や乳製品を製造し、付加価値をつけて活用する乳・肉一貫利用も将来の利用法として考えられる。

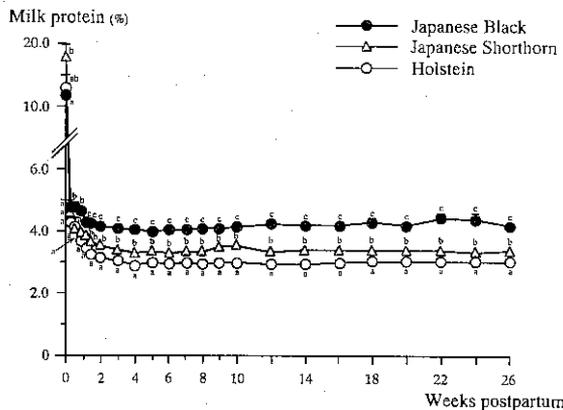


Fig. 3. Changes in the percentage of milk protein in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean \pm SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

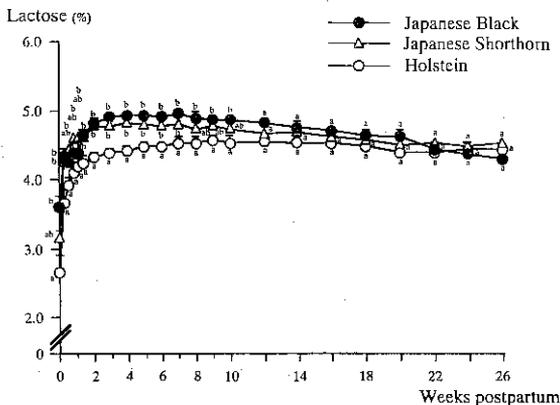


Fig. 4. Changes in the percentage of lactose in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean \pm SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

引用文献

- 1) 甫立孝一, 上家 哲, 大森昭一郎, 入江達彦, 森 正樹, 池田達雄. 1978. 分娩後の乳牛にみられる乳清蛋白質の変化. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 49 : 588-593.
- 2) Ishikawa, H.; Serizawa, A.; Ahiko, K.; Asai, Y.; Seike, N. 1992. Changes in the chemical composition of colostrum from Japanese Black cows. *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)* 63 : 1153-1156.
- 3) 上家 哲. 1980. 泌乳生理. (大森常良ら編, 牛病学). 東京. 近代出版. 114-143.
- 4) Kuhn, N. J.; Carrick, D. T.; Wilde, C. J. 1980. Lactose synthesis : The possibilities

- of regulation. *J. Dairy Sci.* 63 : 328-336.
- 5) 久馬 忠, 滝沢静雄, 高橋政義, 菊池武昭. 1979. 草地における肉用牛の泌乳性と哺乳子牛の発育に関する研究. *東北農試研報* 60 : 73-90.
- 6) Levieux, D. ; Ollier, A. 1999. Bovine immunoglobulin G, β -lactoglobulin, α -lactalbumin and serum albumin in colostrum and milk during the early post partum period. *J. Dairy Res.* 66 : 421-430.
- 7) 松川 正. 1976. 日本の短角種. 青森. 奥羽種畜牧場 11-13.
- 8) Mondragon, I. ; Wilton, J. W. ; Allen, O. B. ; Song, H. 1983. Stage of lactation effects, repeatabilities and influences on weaning weights of yield and composition of milk in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 63 : 751-761.
- 9) 農林水産技術会議事務局. 1982. 肉用牛生産技術の開発に関する総合的研究. 第2章 子牛の損耗防止技術の確立. 1. 新生子牛の免疫学的損耗防止技術. 研究成果. 140 : 123-127.
- 10) 農林水産技術会議事務局. 1995. 日本飼養標準・肉用牛. 東京.
- 11) Shimada, K. ; Izaike, Y. ; Suzuki, O. ; Oishi, T. ; Kosugiyama, M. 1988. Milk yield and its repeatability in Japanese Black cows. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 1 : 47-53.
- 12) 高安一郎. 1983. 日本短角種の成立と改良経過に関する研究. 弘前大学農学部研究報告 40 : 37-108.
- 13) 寺田隆慶, 吉田正三郎, 小野寺勉. 1979. 肉用牛の授乳量に及ぼす2, 3の要因の検討ならびに授乳量の推定法について. *中国農試報告 B24* : 23-36.
- 14) 十勝種畜牧場. 1973. 肉用牛の乳量乳質に関する試験 (第3年次). 十勝種畜牧場・肉用牛に関する試験調査成績書 8 : 143-152.
- 15) Totusek, R. ; Arnett, D. W. ; Holland, G. W. ; Whiteman, J. V. 1973. Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gains. *J. Anim. Sci.* 37 : 153-158.

画像解析によるカット牛肉の水分, 粗タンパク質 および粗脂肪重量の高精度な推定

米丸 淳一^{*1)}・上田 靖子^{*1)}・川手 督也^{*1)}
渡邊 彰^{*1)}・篠田 満^{*1)}

抄録: カット牛肉の成分を消費者に提示するため, 画像解析を用いて店頭で販売される牛肉の水分, 粗タンパク質および粗脂肪の重量を高精度に推定する方法を確立した。デジタルカメラによって得られた画像を赤身部分と脂肪部分に選別した後, 肉重量と比重値を用い赤身部分重量と脂肪部分重量を求め, 恒定法により得た水分, 粗タンパク質および粗脂肪含量から算出した各成分重量との相関を調査した。枝肉格付けにおいて2~5等級であったリブロース部分肉を供試した結果, 赤身部分重量と水分重量および粗タンパク質重量, また脂肪部分重量と脂肪重量にそれぞれ高い相関 ($R^2=0.98$, $P<0.01$), ($R^2=0.94$, $P<0.01$) および ($R^2=0.97$, $P<0.01$) があることが明らかとなり, 一次回帰式への近似が妥当であると考えられた。さらに, 画像における赤身部分と脂肪部分の面積比から成分含量パーセントを推定する従来の方法と比較した結果, 本方法の方が相関値が高く精度が高いことが示された。また, リブロース部分肉について推定されたロース芯の脂肪部分重と脂肪交雑 (BMS No.) の相関を調べたところ, 比較的高い相関 ($R^2=0.76$, $P<0.01$) がみられた。

キーワード: 画像解析, デジタルカメラ, 牛肉, リブロース, 成分重量推定

Precise estimation of moisture, crude protein and crude fat content of beef cuts by image analysis: Junichi YONEMARU^{*1)}, Yasuko UEDA^{*1)}, Tokuya KAWATE^{*1)}, Akira WATANABE^{*1)} and Mitsuru SHINODA^{*1)}

Abstract: Information about nutritional contents of beef would prevent consumers from taking fat in excess and getting fat-related diseases. A new technique using image analysis was developed to precisely determine the three component weights (moisture, crude protein and crude fat) in a beef cut of rib, which from the carcass, is classified between No. 2 and a No. 5 grade by the Japanese beef carcass grading standard. The areas of lean and fat were calculated from the digital image, then the weights of lean and fat portions were estimated from these areas, and the whole weights of the sample and specific gravities of lean and fat tissue were found. The estimated lean weight was highly correlated with both weights of crude protein ($R^2=0.94$, $P<0.01$) and moisture ($R^2=0.98$, $P<0.01$) calculated by chemical analysis. The correlation coefficient was also high ($R^2=0.97$, $P<0.01$) between the estimated fat weight and the weight of crude fat calculated by chemical analysis. For the correlation coefficient, the precision of the presented method was higher than the method hitherto which calculated between the fat area ratio estimated from the beef image and the percent fat contents. Furthermore, high correlation ($R^2=0.76$, $P<0.01$) was observed between the estimated fat weights and marbling score (BMS No.) in rib eye samples.

Key Words: image analysis, digital camera, beef, rib, component weight estimation

*1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan)

2001年5月10日受付, 2001年12月21日受理

I 緒 言

近年、消費者の健康に対する意識が高まり、食品においては加工食品に見られるように栄養成分表示が実施されている。しかし、牛肉等の生鮮食品においては、各々の商品を非破壊的に測定する必要があるため、栄養成分表示は困難であり現在までほとんど行われていない。牛肉の品質を測定するための非破壊測定技術は、光学的方法、力学的的方法、電磁気学的方法、放射線学的方法、バイオセンサーなどに大きく分類されている(小堤1994)。なかでも光学的方法は可視化しやすく情報量も多く取得できるため比較的多く利用されている。例えば、と殺後の牛肉品質評価には超音波、MR 画像、可視光および紫外線照射による蛍光画像などが用いられ、生体では超音波断層法やMR 画像(山口ら1992)などが用いられてきた。この中でも、近赤外分光光度計を用いた方法(Mitsumoto et al. 1998)では、精肉段階の牛肉の粗脂肪含量を含む各種の理化学的項目を高精度に推定できる利点がある。しかし、カット肉全体の成分を推定することはそのプローブの大きさに限界があるため困難であり、また装置自体が高額であるという難点がある。これらのことから、既存の研究はそれぞれに優れた特徴がありながら、カット肉全体を評価するには適していないため、消費者に対して牛肉の栄養成分を提示する技術として確立されていない。そこで、本研究では消費者が購入すると考えられるカット肉全体の評価を目的とし、非破壊法である画像解析を中心とした解析システムの構築を試みた。なお、本論文の作成にあたり、名久井忠畜産草部部長に御校閲の労を賜った。ここに厚くお礼申し上げる。

II 材料および方法

1. 解析装置

画像撮影部であるデジタルカメラ(Fuji Film: FUJIX DS-330+エクステンションユニット EU-D3)、データ処理部のノート型パーソナルコンピュータおよびデータ保存部である640MB 光磁気ディスク装置を使用し、重量測定用の電子天秤を組み合わせ、解析装置を作成した(図1)。なお、デジタルカメラとコンピュータをSCSIにより接続し、1280×1000画素(pixels)のデジタル画像の高速転送を可能にして撮影およびデータ取込み時間の短縮化を

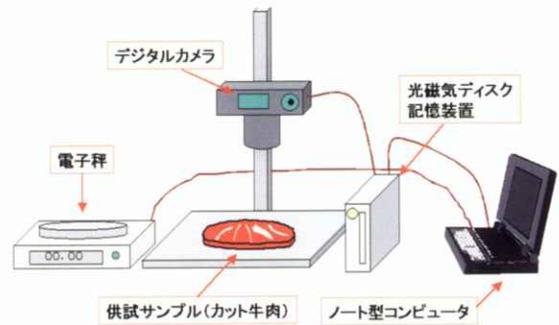


図1 試作した画像解析装置(照明装置は除く)

図った。画像解析用のプログラムは32ビットアプリケーション開発言語であるMicrosoft Visual C++を用い、Microsoft Windows 95/98上で動作可能なものを作成した。照明装置は、市販のコピースタンドに設置された家庭用照明装置2器に、発熱の少ない白熱電球100W相当の電球型蛍光灯(23W)を付けて使用した。

2. 材料および撮影方法

購入もしくは東北農業試験場で肥育した黒毛和種去勢牛16頭、日本短角種去勢牛15頭、およびホルスタイン種2頭のリブローズ部分肉を用いた。供試牛肉の第6～7肋骨間横断面を基準に1.5cm程度厚の肉片にスライスし、市場で売られるカット肉として調製した。カット肉の切断面を撮影した後、胸最長筋部分(ロース芯)を包丁で切り出し、ロース芯部分として再度撮影した。このことから、ロース芯部分のみを取り出した肉片とロース芯を含むカット肉全体の情報は独立した情報として取り扱うことができ、33個体のリブローズ部分より66点のサンプルが作成された。撮影後供試した牛肉全てをミンチして均一に混合し、この一部を用いて恒定法により重量、水分、粗脂肪および粗タンパク質の含量を測定し、重量換算を行った。撮影は条件を一定にするため、暗黒条件下で携帯型照度計を用いて光むらが出る限り少なくなるよう照明装置の位置を調整し2300 lux 条件下で行った。また、撮影時は牛肉の温度が上昇しないように冬期間に行い、無暖房の実験室において迅速に撮影を行った。またデジタルカメラ側の設定は、感度ISO400相当で絞りF11、シャッター速度1/90秒を固定して用いた。撮影により取得したデジタル画像はWindows標準のBMP形式(1280×1000 pixels)に変換した後、MOディスクに保存した。

3. 画像解析

画像解析の手順を図2に示した。最初に、取得されたBMP画像から背景と肉片部分を選別する方法として、肉片部分の一点をマウスで選択しR（赤）、G（緑）およびB（青）値のいずれかの許容誤差を入力し、許容誤差により選別する方法を用いた。この方法は、背景が真黒である場合はかなり正確な選別が可能であるが、背景雑音が多い場合もしくは選択部位が正確ではない輪郭部分などの微細部分については正確な選別ができない。このためマウス操作にて微修正を行い、正確に肉片画像部分だけを選択するようにした。その後、大津（1980）の動的2値化法を改変した方法を画像中の緑成分値に適用し、肉片として選択された画像部分内より正確な複数のしきい値を取得した後、対象画像をしきい値により赤身部分と脂肪部分について判別し、それぞれの面積を算出した。ここで、肉片の重量をMw、肉片の厚さをH、赤身部分の面積をLa、赤身部分の比重をLsg、脂肪部分の面積をFaおよび脂肪部分の比重をFsgとすると、赤身部分および脂肪部分の重量(LwおよびFw)は以下の計算式より導出される。

対象肉の重量=赤身部分の重量+脂肪部分の重量であるから、

$$Mw = Lw + Fw \quad -①$$

となる。ここで、撮影表面の脂肪交雑が肉片中においても連続し、さらに肉片の厚さが部位によらず一定と仮定すると、LwとFwはそれぞれ

$$Lw = La \times H \times Lsg \quad -②$$

$$Fw = Fa \times H \times Fsg \quad -③$$

と分解できる。さらに、厚さの影響を除くために①～③式を変形すると、それぞれ

$$\begin{aligned} Lw &= Lw / Mw \times Mw \\ &= (La \times H \times Lsg) / \\ &\quad (La \times H \times Lsg + Fa \times H \times Fsg) \times Mw \\ &= (La \times Lsg) / (La \times Lsg + Fa \times Fsg) \times Mw \end{aligned} \quad -④$$

$$\begin{aligned} Fw &= Fw / Mw \times Mw \\ &= (Fa \times H \times Fsg) / \\ &\quad (La \times H \times Lsg + Fa \times H \times Fsg) \times Mw \\ &= (Fa \times Fsg) / (La \times Lsg + Fa \times Fsg) \times Mw \end{aligned} \quad -⑤$$

となる。展開された④および⑤式を用いて、赤身部

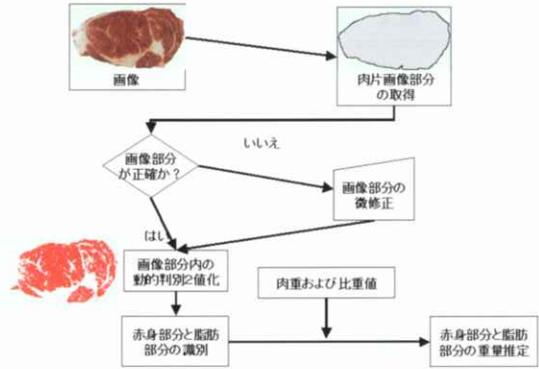


図2 解析の流れ図

分および脂肪部分の重量を推定した。なお、LsgおよびFsgについては、赤身部分（半腱様筋）と脂肪（皮下脂肪、腎脂肪）をそれぞれ水に沈め、比重測定法により実測しそれらの平均を算出し値として用いた（Lsg=1.02, Fsg=0.95）。全肉重は画像取得時に平行して電子天秤により計測した。

III 結果

表1に供試したりブローズ部分肉の成分および平均値を示した。水分および粗脂肪含量(%)は、広範囲に分布していた。画像解析から推定した赤身部分および脂肪部分の重量と恒定法を用いて分析した水分、粗脂肪および粗タンパク質含量より算出した各成分重量との間で回帰分析を行った。その結果、表2に示すように赤身部分重量と水分重量および粗タンパク質重量間で高い相関が認められた（水分：R²=0.9833, P<0.01, 粗タンパク質：R²=0.9399, P<0.01）。また、線形回帰による近似式においてその傾きはそれぞれ赤身部分重量に対する水分含量およびタンパク含量の平均値とほぼ一致していた（タンパク割合：26.5%，水分割合：86.5%）。また、脂肪部分重量と粗脂肪含量から算出した粗脂肪重量の間ではR²=0.9672（P<0.01）の高い相関が見ら

表1 供試りブローズ部分肉の重量、各成分含量(重量比)の範囲および平均値*

穂の部位	含量(%)	重量(g)
全肉重量	… ()	43.4~238.3(105.8)
水分	36.9~72.6(56.6)	25.5~125.3(57.8)
粗タンパク質	11.4~25.6(17.4)	7.2~ 40.3(17.7)
粗脂肪	5.8~47.8(25.9)	2.5~ 95.2(30.3)

注. *) 括弧内の数値は平均値

表2 画像解析から推定した重量と各分析値間における回帰係数と相関係数 (R^2)

x \ y	水分重量 (g)	粗タンパク質重量 (g)	粗脂肪重量 (g)
	赤身部分重量 (g)	a = 2.658 (± 0.992) b = 0.815 (± 0.013) $R^2 = 0.9833^{**}$ Jackknife 値 ^{a)} = 0.992 Jackknife-SE ^{b)} = 0.003	a = 0.513 (± 0.595) b = 0.254 (± 0.008) $R^2 = 0.9399^{**}$ Jackknife 値 = 0.970 Jackknife-SE = 0.008
脂肪部分重量 (g)	a = 31.017 (± 4.493) b = 0.702 (± 0.099) $R^2 = 0.4388^{**}$ Jackknife 値 = 0.662 Jackknife-SE = 0.067	a = 9.361 (± 1.457) b = 0.219 (± 0.032) $R^2 = 0.4198^{**}$ Jackknife 値 = 0.648 Jackknife-SE = 0.061	a = -5.492 (± 0.977) b = 0.937 (± 0.022) $R^2 = 0.9672^{**}$ Jackknife 値 = 0.983 Jackknife-SE = 0.004

注. 表中の a および b は, $y = a + bx$ の一次回帰式の係数を示し, () 内の数値は各係数の標準誤差を表す。

** : 1% レベルで有意であることを示す。a) Jackknife 法により算出された相関係数の平均値

b) Jackknife 法により算出された相関係数の標準誤差

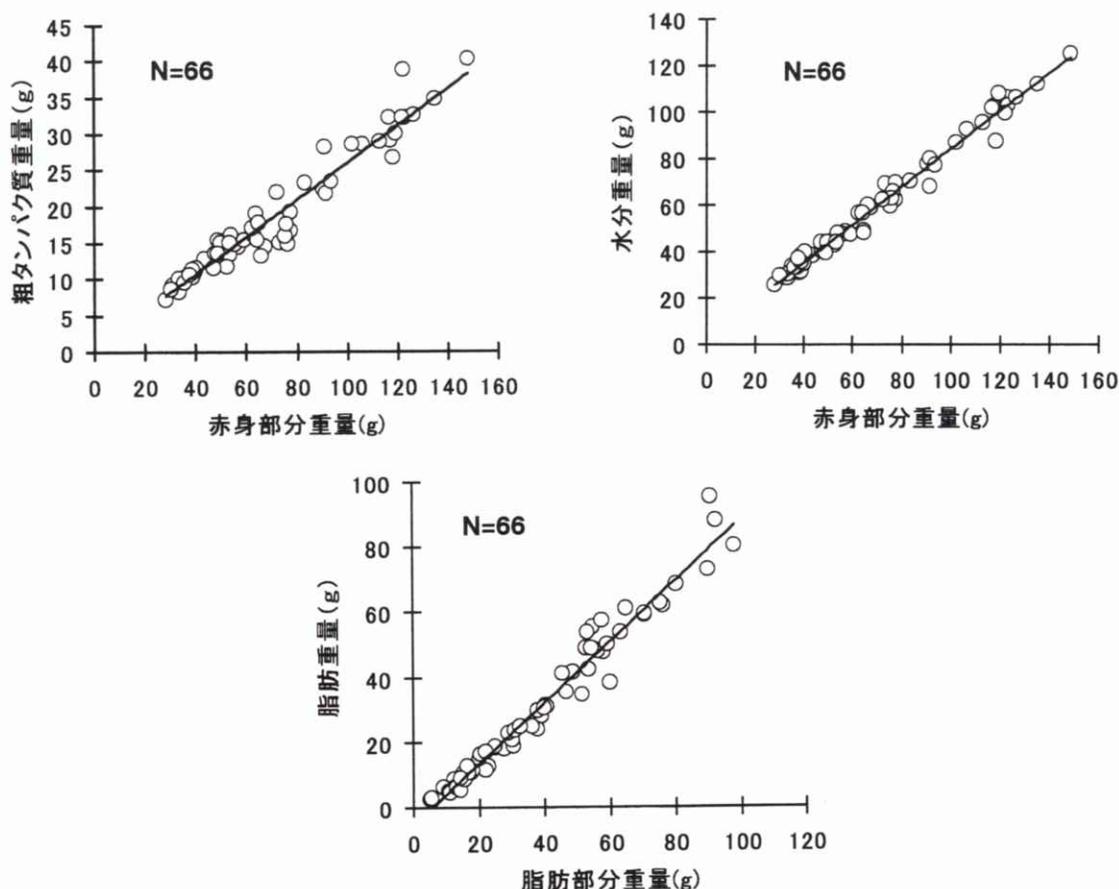


図3 画像解析により推定されたカット牛肉の赤身および脂肪部分重量と化学分析値より算出した粗タンパク質, 水分および脂肪重量間の関係

X軸: 画像情報をもとに, サンプル重及び赤身肉, 脂肪の比重値より算出した重量

Y軸: 恒定法により求めた粗タンパク質, 水分および脂肪含量より算出した各成分の重量

れ, 脂肪部分重量から粗脂肪重量を高い精度で推定できることが明らかになった。高い相関が見られた赤身部分重量と水分重量およびタンパク重量間, 脂肪部分重量と粗脂肪重量の間において, 分布を確認

するために散布図を作成し図3に示した。その結果, それらはほぼ直線上に乗っており一次回帰式への近似は妥当であると判断された。さらに, 表3に従来法で用いられている赤身部分と脂肪部分を用いた面

表3 画像解析から推定した面積比と各分析値の含量（重量比）間における回帰係数と相関係数（ R^2 ）

x \ y	水分重量/全肉重(%)	粗タンパク質重量 /全肉重(%)	粗脂肪重量/全肉重(%)
赤身部分面積 /全肉面積 (%)	a = 9.085 (±2.182)	a = 0.481 (±1.210)	a = 90.43 (±2.597)
	b = 0.740 (±0.033)	b = 0.264 (±0.019)	b = -1.004 (±0.040)
	$R^2 = 0.8847^{**}$	$R^2 = 0.7600^{**}$	$R^2 = 0.9088^{**}$
	Jackknife 値 ^{a)} = 0.941 Jackknife-SE ^{b)} = 0.012	Jackknife 値 = 0.872 Jackknife-SE = 0.021	Jackknife 値 = -0.953 Jackknife-SE = 0.010
脂肪部分面積 /全肉面積 (%)	a = 83.13 (±1.259)	a = 26.84 (±0.698)	a = -9.979 (±1.499)
	b = -0.740 (±0.033)	b = -0.264 (±0.019)	b = 1.004 (±0.040)
	$R^2 = 0.8847^{**}$	$R^2 = 0.7600^{**}$	$R^2 = 0.9088^{**}$
	Jackknife 値 = -0.941 Jackknife-SE = 0.012	Jackknife 値 = -0.872 Jackknife-SE = 0.021	Jackknife 値 = 0.953 Jackknife-SE = 0.010

注. 表中の a および b は, $y = a + bx$ の一次回帰式の係数を示し, () 内の数値は各係数の標準誤差を表す。

** : 1% レベルで有意であることを示す。a) Jackknife 法により算出された相関係数の平均値

b) Jackknife 法により算出された相関係数の標準誤差

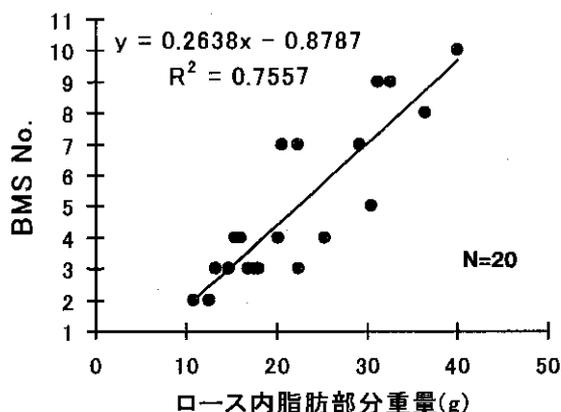


図4 画像解析により推定されたロース芯内の脂肪部分重量とBMS No.の関係

積比と成分含量間による回帰式近似を同サンプルに適用した結果を示したが、いずれも近似の精度が悪い傾向が見られた（水分： $R^2=0.8847$ ，粗タンパク質： $R^2=0.7600$ ，脂肪： $R^2=0.9088$ ）。これらは、赤身部分面積/全肉面積と脂肪部分面積/全肉面積の合計が100（%）になるため、傾きや切片が異なるものと同じY軸における相関係数 R^2 は同一の値を示したと考えられる。さらに、回帰式における外れ値や分布の影響を見るために、単純無作為抽出を利用したJackknife法を用い相関係数の平均値および標準誤差を計算したところ、いずれも R^2 に比例した値を示し外れ値や分布に大きな違いが無いことが明らかとなり、相関係数において比較する妥当性があることが示された。また、購入した日格協の格付け基準によるBMS No. (Beef marbling standard number) の範囲がNa2からNa10にある黒毛和種去

勢牛16頭および日本短角種去勢牛4頭のリブコース部分のカット肉を用い、ロース芯部分の脂肪部分重量とBMS No.をプロットした結果、 $R^2=0.7557$ の高い相関が見られた（図4）。

IV 考 察

画像解析を用いた肉質の非破壊的評価に関する研究は、情報処理機器性能の急速な進展とともに進められ、Cross et al. (1983) らは1980年代初頭にすでにこの種の研究を開始している。国内では、Hoshino (1988) が枝肉断面の脂肪面積と肉面積を識別し脂肪量推定を試み、また穴田ら (1993) はその画像解析を発展させ、多くの部位を識別することにより枝肉構成の予測式を推定している。しかしこれらの研究は、枝肉格付基準における歩留まりおよびロース芯面積等の計測を主に目的としており、牛肉の成分を推定するまでに至っていない。また、最近では口田ら (1997a) が、枝肉中のロース芯内脂肪交雑程度すなわちBMSを画像解析により推定している。このように、これまでの画像解析研究の多くは枝肉の格付けに関したものが多く、特にBMSの客観的評価法の開発に関連していた。本研究においても、ロース芯部分の脂肪部分重量がBMS No.と比較的高い相関があることが見られたが（図4）、一方でこれらの相関程度のみからBMS No.を完全に評価できるものではないことが確認できた。これは、BMSが筋肉内の交雑脂肪粒子の大きさや形状も考慮して判定されることを考えると当然であると言える。そのため、最近では脂肪交雑粒子の解析が主流となっており、口田ら (1997b) やYoshikawa et

al. (1999) を含める多くの研究者によって、BMS の客観的評価の精密化に関する研究が行われている。特に Yoshikawa et al. (1999) の手法は、高木・下田 (1991) の画像解析に関する解説書などにも紹介されているテクスチャ解析を発展させたものである。このように、筋肉内の脂肪交雑粒子の解析を行うために、様々な画像解析のアルゴリズムが利用されている。しかし、本研究で用いた画像解析による食肉成分の非破壊推定法の研究は少なく、小西ら (1995) の論文等に散見されるのみである。さらに、小西らの研究においても、ロース芯内の粗脂肪含量を面積比で推定しているため、絶対的な重量は把握できていない。また、本研究の結果、従来の方法である面積比を従属変数とした回帰式近似は推定重量による回帰式近似に比べ、その精度が落ちるという特性が明らかとなった (表2および表3)。その理由として、従来の方法による回帰式近似は、脂肪部分面積と赤身部分面積の比や色情報を用いて重回帰近似を行っているケースが多く、比重値の違いを利用していないため、大きな誤差が生じると考えられる。また、面積比を用いた場合は独立変数には重量比を用いるため、表1に見られるように推定重量に比べると数値範囲も狭くなり、回帰式の精度が落ちることも考えられる。これらのことから、カット肉のように全肉重量を測定できる場合、本方法はかなり有効な手法であると考えられた。しかし、本方法においても光むらによる誤差が見られたため、今後暗箱や面光源などを適用し照明装置などを工夫することが必要である。また、カット牛肉内の脂肪交雑は撮影表面より連続していると仮定しているが、肉片が厚い場合は誤差が大きくなる可能性があり、厚さによる誤差の効果や正確な比重値などについても検討する必要があると考えられた。今後、消費者の健康・安全志向の高まりとともに、食品のラベリングに対する要求が増加すると考えられる。川手ら (2000) のアンケートの調査結果からは、肉の味や風味の良さを重視する消費者の存在が確認され、さらに品質・来歴の提示を示した食味試験の結果では、脂肪やカロリーおよび牛の飼養法などの知識が消費者に不足していることが明らかとなっている。そのため、今後は画像解析を含めた非破壊測定法を活用し、脂肪やカロリーといった成分表示を行うと同時に家畜の飼養法などを含めた総合的なラベル提示を行うことによって、新たな牛肉マーケティング戦略を考える

必要がある。

引用文献

- 1) 穴田勝人, 佐々木義之, 中西直人, 山崎敏雄. 1993. 枝肉横断面ロース芯周辺の画像解析情報による黒毛和種去勢牛の枝肉構成予測. 日畜会報 64(1): 38-44
- 2) Cross, H. R.; Gilliland, D. A.; Durland, P. R.; Seideman, S, 1983. Beef carcass evaluated by use of a image analysis system. J. Anim. Sci. 57(4): 908-917
- 3) Hoshino, T. 1988. An evaluation of fat content via image analysis of the carcasses of three different beef steer breeds. Jpn. J. Zootech. Sci. 59(2): 152-160
- 4) 大津展之. 1980. 判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法. 電子通信学会論文誌 J63-D4: 349-356.
- 5) 川手督也, 篠田 満, 竹中昭雄, 須山哲男, 下山 禎, 安藤益夫, 米丸淳一. 2000. 良質赤身肉に対する消費者ニーズの解明 (第一報) 牛肉の食味評価と来歴・品質提示が及ぼす影響—日本短角牛を中心に—. 東北農試総合研究(A) 20 北東北の公共牧場と良質赤肉生産に関する調査報告 p.51-63.
- 6) 小堤恭平. 1994. 牛肉質の非破壊的測定技術の現状と展望. 第14回基礎育種シンポジウム報告 p.27-41.
- 7) 小西一之, 撫年 浩, 前田正志. 1995. 画像解析装置による牛ロース芯の粗脂肪含量の推定. 日畜会報 66(6): 548-554.
- 8) 口田圭吾, 栗原晃子, 鈴木三義, 三好俊三. 1997a. 画像解析によるロース芯断面内脂肪割合の正確な算出法の開発. 日畜会報 68(9): 853-859.
- 9) 口田圭吾, 栗原晃子, 鈴木三義, 三好俊三. 1997b. 画像解析によるロース芯断面内脂肪交雑粒子に関する客観的評価法. 日畜会報 68(9): 878-882.
- 10) Mitsumoto, M.; Maeda, S.; Mitsuhashi, T.; Ozawa, S. 1991. Near-infrared spectroscopy determination of physical and chemical characteristics in beef cuts. J. Food Sci. 56(6): 1493-1496.

- 11) 高木幹雄，下田陽久 監修. 1991. 画像解析ハンドブック. 東京大学出版会. p.775.
- 12) 山口高弘，大和田修一，米谷定光，鈴木 惇，小堤恭平，吉武 充，松本 恒，坂本澄彦，佐藤兎三，星野忠. 1992. MR 画像 (Magnetic Resonance Imaging) による牛枝肉の脂肪沈着の評価法. 日畜会報 63(4) : 437-439.
- 13) Yoshikawa, F. ; Toraichi, K. ; Wada, K. ; Ootsu, N. ; Nakai, H. ; Mitsumoto, M. ; Katagishi, K. ; Hing, K.W. 1999. Feature extraction Algorithm for beef marbling. IEEE PACRIM'99 proceedings : 209-212.

ヘラオオバコ (*Plantago lanceolata* L.) の機能性成分蓄積に 及ぼす生育季節、気象と栽培要因の影響ならびに遺伝的変異

田村良文*¹⁾

抄録：安全で安心な畜産物の生産のために抗生物質や動物用医薬品の投与低減が求められている。ハーブ(生薬)の利用はこの一つの方法として注目されている。そこで、飼料用ハーブであるヘラオオバコ(*Plantago lanceolata* L.)について、ニュージーランドで育成された2品種(Ceres Tonic及びGrasslands Lancelot)と東北地域の1エコタイプを用い、主要な3種の機能性成分、すなわち、利尿や抗炎症等の作用を有するCatalpolとAucubin及び抗酸化等の作用を有するActeosideの蓄積の季節変化、蓄積に及ぼす気象要因と窒素施用の影響及び蓄積の品種・エコタイプ間内変異を検討した。その結果、季節変化についてはCatalpolはAucubinとActeosideに比較して含有率が低く変化が少ないこと、AucubinとActeosideは夏期高温時に蓄積が停滞あるいは低下し、Aucubinは9月下旬に、Acteosideは10月下旬に含有率が最も高まることを認めた。人工気象室で生育気温(昼温/夜温)を20°C/18°Cと15°C/10°Cとした結果、CatalpolとAucubinは前者の気温条件で、一方、Acteosideは後者の気温条件で含有率が高まった。Catalpol、AucubinとActeosideでは気温に対する蓄積反応が異なることが示された。遮光による光量の低下及び多窒素施用によりAucubinとActeoside含有率は顕著に低下するが、Catalpolはほとんど変化しないことを認めた。さらに、Catalpol、Aucubin、Acteoside蓄積の品種・エコタイプ間内の遺伝変異が大きく、エコタイプはAucubinとActeoside蓄積に優れる品種育成の素材として有望なことを明らかにした。

キーワード：ヘラオオバコ、機能性成分、Catalpol、Aucubin、Acteoside、季節変化、気温、光量、窒素施肥、遺伝変異

Environmental changes and genetic variation of accumulation of bioactive compounds in Plantain (*Plantago lanceolata* L.). : Yoshifumi TAMURA*¹⁾

Abstract : Environmental changes and genetic variations in the concentrations of the bioactive compounds catalpol, aucubin and acteoside in plantain leaves were investigated using two cultivars and one ecotype. Aucubin concentrations were the highest in mid fall when air temperature was around 20°C, whilst acteoside concentrations increased as the air temperature declined to around 10°C in the late fall. There were no clear-cut seasonal changes in catalpol. The concentrations of aucubin were higher in the plants grown under 20/18°C day/night temperatures than in the plants grown under 15/10°C, whilst acteoside fluctuated in the opposite direction in relation to these temperature regimes. The plants grown under high light intensity and low nitrogen application accumulated more bioactive compounds than those grown under low light intensity and high nitrogen application. Therefore, plants containing high amounts of bioactive compounds will be produced by low nitrogen application and harvesting in late fall. Concentrations of catalpol, aucubin and acteoside displayed large genetic variation within and between cultivars and ecotype. Aucubin content in the ecotype was significantly higher than that in the cultivars. The ecotype used in this study will be useful for breeding cultivars containing high amount of bioactive compounds.

Key Words : *Plantago lanceolata*. Bioactive compounds, Catalpol, Aucubin, Acteoside, Seasonal changes, Air temperature, Light intensity, Nitrogen application, Genetic variation

*1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan)

2001年6月25日受付, 2002年3月25日受理

I 緒 言

安全で安心な食品の生産が消費者から強く求められ、農業等を使用しない有機農産物の生産が必要となっている。特に畜産物については、家畜の病気予防や治療のために用いられている抗生物質や動物用医薬品の食肉等への残留問題から、その投与を減らすことが世界的な動きとなっている。特に欧州連合ではこの規制が厳しく、抗生物質の家畜への投与が人の病原菌に薬剤耐性を生じる恐れがあることから1999年7月以降は、抗生物質については4種を残して投与が禁止されている。また、投与が認められているものについてもその残留性や人に対する影響について厳重な調査がなされることとなっている。

このような法的規制の動向に対応して、抗生物質の使用を減らすために民間飼料メーカーを中心として抗生物質に代わりうる有機酸、生菌剤、オリゴ糖、酵素剤の利用開発研究が進められている。さらに、近代的医薬品の起源であるハーブと植物エキスを用いる“オール自然 (all-natural) 飼料添加物”が注目されている (Gill 1999)。ハーブは生薬、香料、呈味料として利用される植物の総称である。さらに、家畜の健康を維持し、医薬品や抗生物質の利用を削減することができると考えられるため、その家畜への利用研究が進んでいる。既に、民間ではハーブを飼料に添加して抗生物質の使用を抑えた飼料も開発・利用している。

ヘラオオバコ (*Plantago lanceolata* L.) は古くより生薬として利用されているオオバコ属の植物である。人間に対する薬効と安全性が認められ、主にヨーロッパで医療薬あるいは健康茶として利用されている (Blumenthal 1998, Sticher 1976)。また、ニュージーランドでは家畜を健康にすると考えられていることから飼料用の2品種が育成され、利用されている (Rumball et al. 1997, Stewart 1996)。家畜の成長及び生理代謝等との関係については、増体はマメ科牧草やチコリーに比較して劣るが (Fraser and Rowarth 1996, Robertson et al. 1995)、腎機能の向上や脂肪含量と肉臭の少ない肉生産に役立ることが明らかにされている (Deaker et al. 1994, Fraser et al. 1996, Katoch et al. 1978)。さらに、佐野ら (1998) はヘラオオバコ給与により羊のインスリン作用が高まることを報告している。著者ら (2001) も、短期間の試験ではあるが、山羊の生理

代謝の改善に効果があることを認めた。また、寄生虫に対する殺虫効果についても研究が進められている (Barry 2001, Gustine et al. 2001)。

生薬における機能性の解明と機能性成分の探索については生薬学分野で極めて多くの研究が行われている (Chang et al. 1984, 原田1989, 石黒ら1982, Recio et al. 1993, Sticher 1976)。特にオオバコ属植物については、これまでに多くの詳細な研究が行われており、利尿作用、抗炎症作用、抗酸化作用、抗菌作用、抗アレルギー作用等が明らかにされている (川村ら1998, Marchesan et al. 1998, Murai et al. 1995, 西部・村井1995, 西部ら1999, 野呂ら1991, Toda et al. 1985)。ヘラオオバコについては利尿作用を有する Catalpol, 抗炎症等の作用を持つ Aucubin, 抗酸化や抗菌作用を有する Acteoside 等を蓄積することが明らかにされている (西部・村井1995)。Catalpol は日本薬局方に収載されているキササゲに含まれる利尿成分の一つである。Aucubin は尿酸の排泄を促進することも明らかにされている (加藤1944)。また、Acteoside は抗酸化活性が特に高いことが明らかにされている (Wang et al. 1996, Zhou and Zheng 1991)。なお、Catalpol と Acteoside はイリドイド配糖体に、Acteoside はフェニルエタノイド配糖体に属し、それぞれの化学構造は Fig. 1 の通りである。

このように生薬における機能性成分の探索とその作用特性・機作に関する研究は極めて多い。しかし、いずれの生薬についても、それを利用する上で極めて重要な意味を持つと考えられる機能性成分蓄積の季節変化や気象要因あるいは栽培条件による変動に

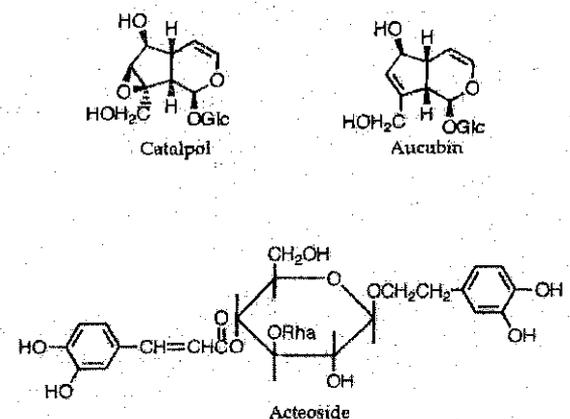


Fig. 1. The structures of catalpol, aucubin and acteoside.
Glc : glucosyl, Rha : rahnmosyl

についての農学的な研究は少ない。また、機能性成分蓄積の遺伝的な変異については、作物として栽培される生薬が少ないこともあり、ほとんど研究がなされていない。

ヘラオオバコが家畜の成長や生理代謝にどのような効果を持つかについては先に述べた報告があり、多種類の機能性成分を蓄積するヘラオオバコを家畜に給与して生理代謝を改善して健康にし、高品質で安全、安心な畜産物の生産を行うことが出来よう。

本研究では機能性の高いヘラオオバコを生産するために、本草種が蓄積する機能性成分のうち、主要な3種、即ち Catalpol, Aucubin 及び Acteoside について(西部・村井1995)、蓄積の季節変化、蓄積に及ぼす気象要因と栽培条件の影響、並びに蓄積力の遺伝的変異について検討した。得られた結果は機能性の高いヘラオオバコを生産する上で貴重な知見になると考えられるのでここに報告する。

本研究の実施に当たり、北海道医療大学の西部三省教授より有益な御助言を賜り、また、Acteosideの標準品を提供して頂いた。衷心より深く謝意を表したい。東京大学の海老原豊教授、岐阜薬科大学の井上謙一郎教授からは貴重な御教示を頂いた。東北農業研究センターの名久井忠畜産草地部長には論文取りまとめに当たり、懇切な御指導を賜った。これらの方々には、記して深謝の意を表する。また、本研究は東北農業試験場(現東北農業研究センター)の斉藤照雄氏、古澤信行氏、高橋正行氏の協力のもとに実施したものである。心より感謝申し上げる。

II 機能性成分蓄積の季節変化

1. 目的

ヘラオオバコを家畜の生理代謝を改善し、医薬品や抗生物質の利用を低減するための機能性飼料として利用するためには、機能性成分含量の高い時期に刈り取りを行うことが必要である。そして乾燥し、粉末や固形のペレットに調製加工して利用することが考えられる。このためには、生育季節の推移に伴ってヘラオオバコの機能性成分含有率がどのように変化するかを明らかにしておく必要がある。

そこで、本試験ではこれまでに育成された2品種を供試し、主要な3種の機能性成分である Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 蓄積の生育季節の推移にもなる変化を追跡調査した。

2. 材料と方法

ニュージーランドで育成された2品種; Ceres Tonic 及び Grasslands Lancelot (Rumball et al. 1997, Stewart 1996) を供試し、2000年4月26日に東北農業試験場試験圃場に10a 当たり1.5kgを播種した。施肥量は10a 当たりで N7.5, P₂O₅10.0, K₂O7.5kgである。試験区は1区6 m²の3反復とした。調査を各試験区の一部(20cm×20cm)につき、6月20日から10月24日まで2週間ごとに実施した。すなわち、調査期毎に試験区内の調査場所を変えてヘラオオバコを地上5cmで刈り取り、葉と花茎に分け、葉については Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の分析のために2~3mmに切断して凍結乾燥機で乾燥した。花茎については70℃に設定した通風乾燥機で恒量に達するまで乾燥して乾物重を秤量した。草丈を刈り取り前に調査した。

Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の分析を葉について、凍結乾燥試料を振動式粉碎器により微粉碎し、HPLCを用いて行った(原田1989, 川村ら1998)。すなわち、微粉碎試料250mgに、メタノール25mlを加えて室温で60分間振盪し、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside を抽出した。Catalpol と Aucubin は市販の標準品を用い絶対検量線法により定量した。HPLC条件は検出波長: 204nm, カラム: YMC-pack ODS-A, 100mm×6.0mm, カラム温度: 40℃, 移動相: 2%アセトニトリル, 流速: 1.0ml/min, 注入量: 20μl である。Acteoside はシナレンギョウ (*Forsythia viridissima* Lindl.) から単離したものを標準品として絶対検量線法により定量した。HPLC条件は検出波長: 330nm, カラム: YMC-pack ODS-A, 100mm×6.0mm, カラム温度: 40℃, 移動相: 水/メタノール/酢酸混液(14:6:1), 流速: 1.0ml/min, 注入量: 10μl である。装置は島津SCL-10Aシステムコントローラとオートインジェクター, LC-10ADポンプ, SPD-10A検出器, CTO-10Aオーブン, C-R7Aクロマトパックを用いた。この方法による標準品と分析試料のクロマトグラムをFig. 2及びFig. 3に示した。図に見られるように Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の分離は良好であった。

Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の蓄積と気象要因との関係を検討するために、東北農業試験場地域基盤研究部気象評価制御研究室測定の日平均気温及び日射量を利用した。

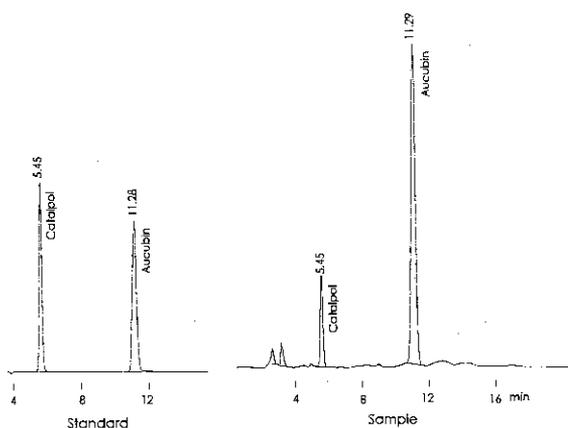


Fig. 2. High-performance liquid chromatography (HPLC) chromatograms of catalpol and aucubin for standard and a sample.

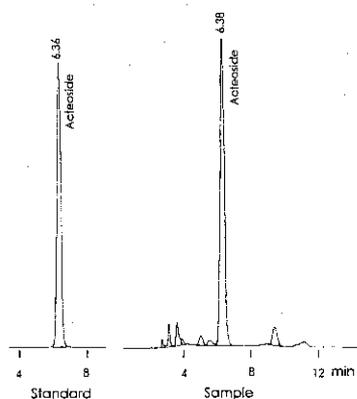


Fig. 3. High-performance liquid chromatography (HPLC) chromatograms of acteoside for standard and a sample.

3. 結果

調査日前14日間の日平均気温及び日射量を Fig. 4 に示した。日平均気温は6月20日調査時点では19℃程度であり、その後、夏季にかけて25℃程度まで上昇し、秋季に次第に低下した。最終調査時(10月24日)では10℃程度まで低下した。日射量は6月20日から盛夏期に高く、秋季に低下した。特に、8月29日調査から9月12日調査にかけて急激に低下したことが認められる。

調査期間中の草丈の推移を Fig. 5 に示した。両品種とも、6月20日では30cm程度であったが、その後、伸長を続け、8月1日には Ceres Tonic で47.7 cm, Grasslands Lancelot で52.3cmに達した。この後、10月24日を除き Ceres Tonic では41.7~51.0cm, Grasslands Lancelot では46.0~55.3cmの草丈で推移した。10月24日では、特に Ceres Tonic で草丈が

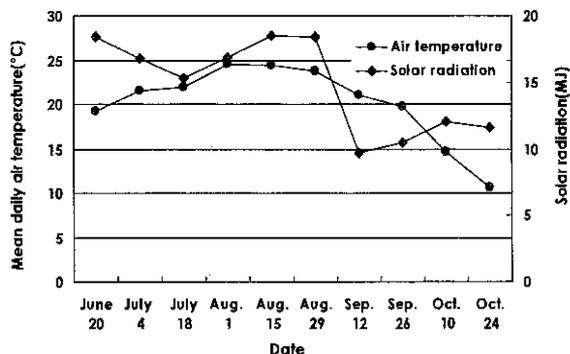


Fig. 4. Changes in mean daily air temperature during the experimental period, 2001. Means of 14 days before each harvest date are shown.

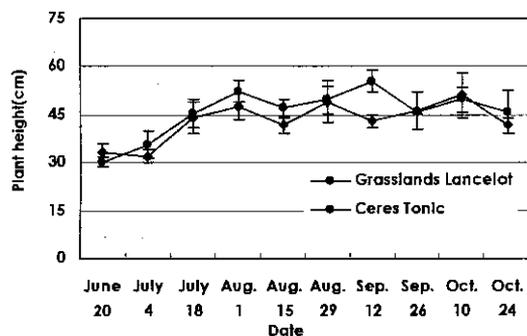


Fig. 5. Changes in plant height during the experimental period, 2001. Means of 10 plants. The vertical bars represent standard deviation of the mean.

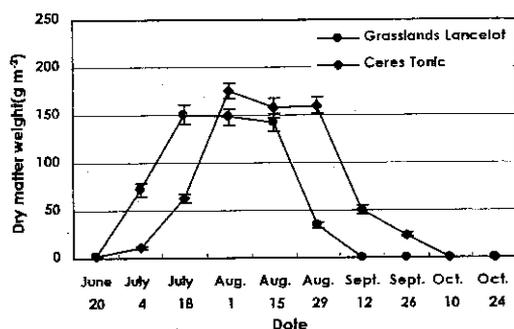


Fig. 6. Changes in dry weight of the reproductive stalks during the experimental period, 2001.

低かったが、これはこの時期の低温により葉の先端が枯死したためである。以上の草丈の推移から両品種とも8月1日には最大の生長に達したと考えられる。花茎重の調査期間中における推移を Fig. 6 に示した。両品種において、6月20日には花茎はほと

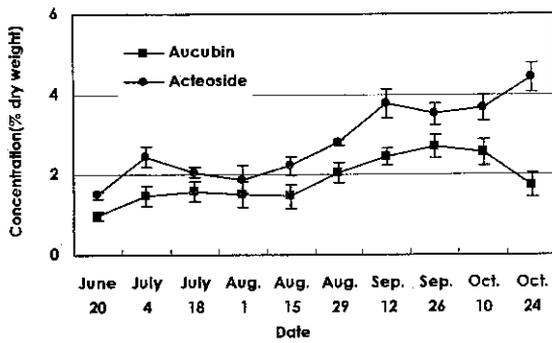


Fig. 7. Changes in the concentrations of aucubin and acteoside in leaves of *plantago lanceolate* L. cv Ceres Tonic during the experimental period, 2001. The vertical bars represent standard deviation of the mean.

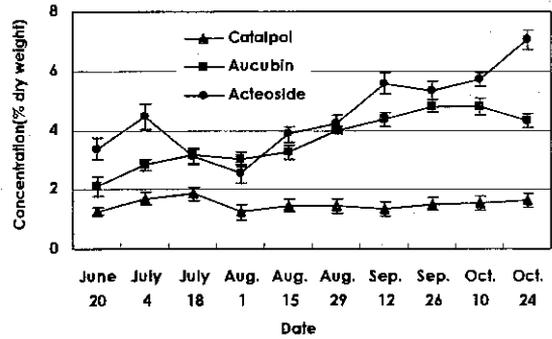


Fig. 8. Changes in the concentrations of catalpol, aucubin and acteoside in leaves of *plantago lanceolate* L. cv Grasslands Lancelot during the experimental period. The vertical bars represent standard deviation of the mean.

んど認められなかった。その後、Ceres Tonicでは急激な増加が見られ、7月18日に最大に達し、8月15日までほぼ一定の値を示した。以後、急激に低下し、9月26日では花茎はほぼ見られなかった。Grasslands Lancelotでも同様な推移の傾向であったが、Ceres Tonicに比較して2週間程度の遅れが見られた。Ceres Tonicは早熟であり、一方、Grasslands Lancelotは晩熟の品種であることが分かった。

Catalpol, Aucubin及びActeosideの含有率がCeres TonicについてFig. 7に、Grasslands LancelotについてFig. 8に示した。Ceres TonicはCatalpolを蓄積しない特異な品種であることがこれまでの報告(Toom and Poms 1988)と同様に認められた。また、AucubinとActeosideについても、同様に、Ceres Tonicに比較してGrasslands Lancelotで含有率が高いことが認められた。

季節変化について見ると、CatalpolはAucubin及びActeosideに比較して含有率が明らかに低く、1~2%の範囲で推移した。そして、6月20日から7月18日にかけて増加、8月1日に低下し、その後10月24日にかけて僅かながら増加する傾向を示した。この季節変化はAucubinとActeosideに比較して少なかった。Aucubin含有率は6月20日から7月18日にかけて高まり、この後、8月15日までほぼ一定の含有率を示し、8月29日から9月26日にかけて再び高まった。そして10月10日以降は減少を示し、10月24日には顕著に低下した。ActeosideはCeres Tonicでは調査期間中に1.5%から4.1%に、Grass-

lands Lancelotでは3.4%から7.1%に高まった。しかし、その増加は単調ではなく、7月18日から8月15日には明瞭に低下し、9月12日では他の調査期に比較して相対的に高い含有率を示した。この季節変化の傾向は両品種とも同様であった。

4. 考 察

機能性成分含量の高いヘラオオバコを生産するためには、機能性成分蓄積の季節変化を明らかにし、その含量の高い時期に収穫することが必要である。この季節変化には作物の生育段階や気温、日射量等の環境要因が関係していると考えられる。

そこで、本研究では、ヘラオオバコにおける主要な3種の機能性成分の季節変化を気象要因との関係で検討した。その結果、Catalpolの含有率は、Aucubin及びActeosideの含有率に比較して明らかに低く、季節変化も明瞭でなかった。先に述べたが、CatalpolとAucubinはイリドイド配糖体に属する。また、CatalpolはAucubinを先駆物質として生合成されることが明らかにされている(Damtoft et al. 1983)。本研究において、Catalpolの含有率が低く、季節変化も明瞭でなかったのはこのことに起因すると考えられる。すなわち、Catalpolの生合成はAucubinが生合成されるにと併に進行し、低濃度で飽和に達するためと考えられる。

Aucubinの含有率はほぼ一定の値で推移した盛夏期を除き、6月20日から9月26日にかけて上昇した。一方、日平均気温が10℃程度に低下した10月10日~10月24日にかけては顕著に低下した。そして、両品種とも気温が20℃程度に低下した9月下旬に最も高

い値を示した。後節で述べるが、著者らは、人工気象室で実験を行い、昼温/夜温が20°C/18°Cで生育したヘラオオバコは、15°C/10°Cで生育したヘラオオバコと比較してより高濃度に Aucubin を蓄積すること明らかにした。これらのことから、Aucubin は気温が20°C程度の条件でより高濃度に蓄積されると考えられる。

Bowers et al. (1992) はヘラオオバコにおける Catalpol 及び Aucubin 含有率の季節変化について検討している。ヘラオオバコは7月26日、8月10日と23日、及び9月5日に調査された。その結果、高温条件で含有率が低下する盛夏期を除き、Catalpol 及び Aucubin の含有率は調査期間を通して高まったことを報告している。この試験結果は極短期間についてであるが、本研究の結果と比較的良く一致している。Catalpol と Aucubin の蓄積は高温条件では劣ることが示された。

Acteoside 含有率は、高気温条件の夏季に低下したが、調査期間を通して概ね高まる傾向を示し、特に気温が10°C程度に低下した晩秋でこの傾向が明瞭であった。後節で述べるが、著者らは人工気象室で実験を行い、昼温/夜温が15°C/10°Cの条件で生育したヘラオオバコは20°C/18°Cで生育したヘラオオバコと比較してより高濃度に Acteoside を蓄積することを明らかにした。ヘラオオバコは低気温条件でより速やかに Acteoside を蓄積すると考えられる。一方、夏季の高温条件下では蓄積が進まないことも明らかである。9月12日に Acteoside 含有率が他の調査期に比較して相対的に高い値を示したのは、この時期に日射量が急激に減少していることから、低日射がヘラオオバコの葉温の低下をもたらし、結果的に Acteoside の蓄積を促進したためと考えられる。以上から、Acteoside の蓄積は秋季低温条件下で速やかに進むこと、一方、夏季の高温条件下では蓄積が抑制されることが分かった。

花茎重の推移の差から、品種の早晚性が Ceres Tonic と Grasslands Lancelot 間で大きく異なるものと考えられた。また、この両品種間で Aucubin と Acteoside の含有率に大きな差があった。しかし、それらの季節変化には両品種間で差が見られなかった。すなわち、本研究で示された Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率の季節変化は生育段階や品種の機能性成分蓄積力に影響されないことが示される。

以上から、春播種したヘラオオバコの適切な刈り

取り時期は東北北部では9月下旬から10月下旬と考えられる。しかし、秋播種した場合や、多年生草種であるヘラオオバコの2年目以降の季節変化については未解明であり、今後検討する必要がある。

5. 摘要

飼料用ハーブとして利用されているヘラオオバコの主要な3種の機能性成分、即ち、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside について蓄積の季節変化を検討した。得られた結果は以下の通りである。

1) Catalpol は夏季の高温時に含有率が低下し、秋季の低温条件下で増加する傾向を示したが、Aucubin と Acteoside に比較して含有率が顕著に低く、季節変化も明瞭でなかった。

2) Aucubin 含有率は6月20日から7月18日迄高まり、盛夏期には蓄積が停滞し、その後、9月下旬頃まで再び高まった。10月上旬は大きく変化せず、気温が10°C程度となった10月末に顕著に低下した。

3) Acteoside は6月20日から10月24日の調査期間を通して増加する傾向を示したが、その増加は単調でなく、夏季高温時には顕著に低下した。両品種で Acteoside 含有率は10月24日で最も高かった。

4) 以上から、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の3種の機能性成分含量の高いヘラオオバコの収穫適期は9月下旬から10月上旬であることが分かった。

III 機能性成分の蓄積に及ぼす気温、光量及び窒素施肥の影響

1. 目的

ヘラオオバコの機能性成分蓄積は気温や日射量等の気象要因、また、窒素施用量や栽植密度等の栽培条件の影響を受けて進むものと考えられる。即ち、機能性成分含量の高いヘラオオバコを生産するためには、それらの要因、条件と機能性成分蓄積の関係を明らかにし、機能性成分の蓄積に適した生育環境と栽培条件の下でヘラオオバコの生産を行うことが必要である。

このため、本章では、ヘラオオバコの主要な3種の機能性成分、即ち、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 蓄積に及ぼす気温と光量、並びに窒素施用量の影響を明らかにする。

2. 材料と方法

実験1. 気温の影響

ヘラオオバコにおける Catalpol, Aucubin 及び

Acteoside の蓄積に及ぼす気温の影響を、人工気象室で2段階の温度処理を設けて検討した。試験方法は以下の通りである。

ニュージーランド育成の2品種 (Grasslands lancelet 及び Ceres Tonic) を用い、2000年2月10日にクレハ園芸培土 (クレハ化学株式会社製) を充填した径9 cmのプラスチックポットに無施肥で播種した。出芽後に間引きを行い、1ポット当たりの個体数を1個体とし、このポットを昼温を20°C、夜温18°Cに設定した12時間日長の人工気象室に搬入して4月1日まで生育させた。

4月1日に各品種につき12個体を昼温15°C、夜温10°Cの人工気象室に移動して生育させた。また、12個体を同一人工気象室で昼温20°C、夜温18°Cの条件で生育を継続させた。ここでは前者の処理を15°C区、後者の処理を20°C区と称する。

4月19日にポットを人工気象室から搬出し、根を水洗した後に地上部 (葉) と根に分けて生育調査を行った。調査項目は草丈、葉数、生重である。生育調査終了後に凍結乾燥を行い乾物重を秤量した。Catalpol、Aucubin 及び Acteoside の分析を葉について、乾燥試料を振動式粉碎器により微粉碎し、メタノールで抽出し、HPLCを用いて行った。分析方法は前節と同様である。なお、本実験において、生育については調査を個体毎に実施したので統計検定を行ったが、Catalpol、Aucubin 及び Acteoside については試験区単位とし、分析を一括して行ったので、統計検定は行わなかった。実験2及び実験3においても同様である。

実験2. 光強度の影響

ヘラオオバコにおける Catalpol、Aucubin 及び Acteoside の蓄積に及ぼす光強度の影響を人工気象室で遮光処理を行って検討した。試験方法は以下の通りである。

2000年4月14日に2品種を播種し、実験1と同様に植物体を5月21日まで生育させた。5月22日に各品種につき12個体を供試して遮光率52%の黒色寒冷沙を2枚重ねて遮光処理を開始した。遮光率は実測値で72%である。また、同一人工気象室内で各品種につき12個体を無遮光で生育させた。以下、後者の処理を対照区、前者の処理を遮光区と称する。

6月6日にポットを人工気象室から搬出し、生育調査と分析を行った。調査と分析の方法は実験1及び前節と同様である。

実験3. 施肥窒素の影響

ヘラオオバコにおける Catalpol、Aucubin 及び Acteoside の蓄積におよぼす窒素施肥の影響を人工気象室で水耕液の窒素濃度を変えて検討した。試験方法は以下の通りである。

2000年12月6日に2品種を播種し、実験1と同様に植物体を12月26日まで生育させた。窒素施肥処理としては、対照区と窒素区とを設け、ヘラオオバコが生育しているポットの底部を水耕液に浸す方法で実施した。すなわち、水耕液が5リットル入るプラスチックトレーを用意し、各ポットの底部が水耕液に浸るようにポットをプラスチックラックにより保持した。そして、対照区は水道水のみを、窒素区は水耕液の窒素濃度が50mg/Lとなるように硝酸アンモニウムを定期的に補充した。処理開始は12月27日とし、各品種につき12個体を処理に供した。対照区も各品種につき12個体を供試した。

1月25日にポットを人工気象室から搬出し、地上部について生育調査と分析を行った。調査と分析の方法は実験1及び前節と同様である。

3. 結果

1) 気温の影響

Table 1 に気温がヘラオオバコの生育に及ぼす影響を示した。両品種において草丈と葉数については

Table 1 Effect of air temperature on the growth of *Plantago lanceolata* L.

Cultivars	Treatment	Plant height cm	No. of leaves /plant	Top DM wt. g/plant	Top DM cont. %	Root DM wt. g/plant
Grasslands	20°C	14.6	35.5	2.7	23.9	2.0
Lancelot	15°C	15.9	33.3	4.0	31.0	2.3
	t-test			**	**	
Ceres	20°C	24.4	22.3	3.5	21.3	2.9
Tonic	15°C	24.7	22.2	5.5	29.3	2.6
	t-test			**	**	

** : Significant at 1% level.

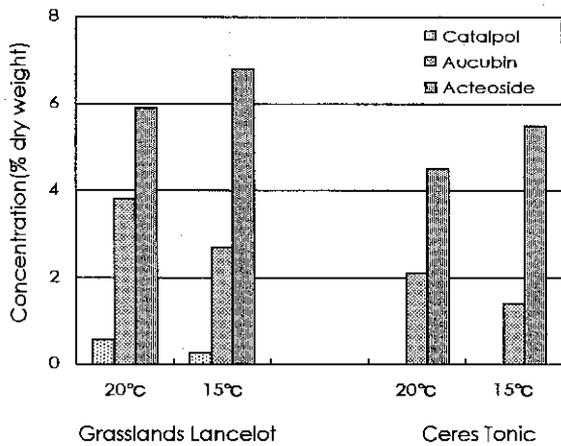


Fig. 9. Effect of air temperature on the accumulation of catalpol, aucubin and acteoside in leaves of *plantago lanceolata* L.

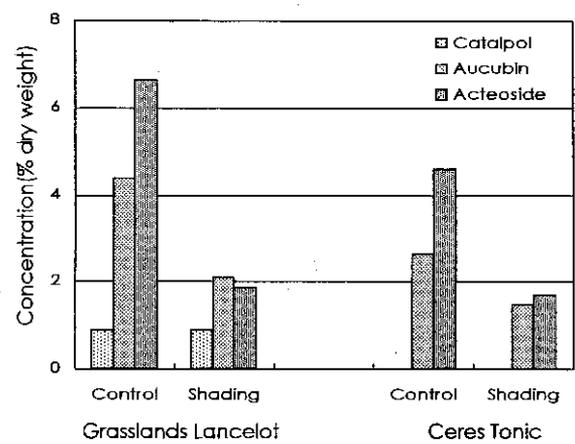


Fig. 10. Effect of shading on the accumulation of catalpol, aucubin and acteoside in leaves of *plantago lanceolata* L.

Table 2 Effect of shading on the growth of *Plantago lanceolata* L.

Cultivars	Treatment	Plant height cm	No. of leaves /plant	Top DM wt. g /plant	Top DM cont. %	Root DM wt. g /plant
Grasslands Lancelot	Control	23.3	33.2	2.4	12.7	0.9
	Shading	28.2	26.6	1.3	6.7	0.4
	t-test	**	*	**	**	
Ceres Tonic	Control	24.4	25.8	2.2	11.3	1.2
	Shading	28.4	20.7	1.0	6.0	0.6
	t-test	**	*	**	**	**

*, **: Significant at 5% and 1% level, respectively.

15°C区と20°C区間で差が見られなかった。一方、地上部の乾物重と乾物率は20°C区に比較して15°C区で有意に高かった。本試験では20°C区に比較して15°C区で両品種の生育が優れた。特に、15°C区で乾物率が高いことから、15°C区ではヘラオオバコの生長が頑健であったことが分かる。ヘラオオバコは寒冷なヨーロッパを原産としており、低温条件に対する適応性が高いためと考えられる。根重については両区間に明瞭な差は認められなかった。

気温が異なる条件下で生育したヘラオオバコの Catalpol, Aucubin, 及び Acteoside の含有率を Fig. 9 に示した。両品種において Catalpol と Aucubin の含有率は20°C区に比較して15°C区で低かった。一方、Acteoside の含有率は20°C区に比較して15°C区で高かった。本研究のII章では、ヘラオオバコにおける Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率の季節変化を検討し、Acteoside 含有率は秋季に気温が10°C程度に低下した時期に顕著に高まったことを述べた。本試験でもより低温条件の15°C区

で Acteoside 含有率が顕著に高まっており、Acteoside は低温条件で蓄積が進むことが分かった。一方、Catalpol と Aucubin は15°C区に比較して20°C区で含有率が高かった。II章でも Aucubin の含有率は日平均気温が20°C程度の9月下旬に最も高いことを認めた。これらのことから、Catalpol と Aucubin は、Acteoside に比較してより高い気温条件で蓄積が進むことが分かる。即ち、気温に対する蓄積反応が異なることが示された。

2) 遮光の影響

Table 2 に遮光処理がヘラオオバコの生育に及ぼす影響を示した。両品種において遮光処理により草丈は伸長したが、葉数及び地上部の乾物重と乾物率並びに根重は著しく減少した。すなわち、遮光処理によりヘラオオバコは軟弱に生長し、乾物重が低下した。次ぎに、遮光処理による Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率の変化を Fig. 10 に示した。両品種において、Aucubin と Acteoside の含有率は遮光により顕著に低下した。特に、Acteoside の低

Table 3 Effect of fertilizer nitrogen application on the growth of *Plantago lanceolata* L.

Cultivars	Treatment	Plant height cm	No. of leaves /plant	Top FM wt. g/plant	Top DM wt. g/plant	Top DM cont. %
Grasslands	Control	27.0	38.9	21.3	2.4	11.1
Lancelot	Nitrogen	27.4	36.7	31.7	2.8	8.7
	t-test			*		*
Ceres	Control	29.3	32.0	25.4	2.7	10.4
Tonic	Nitrogen	31.5	32.4	43.1	3.4	7.8
	t-test			*	*	**

*, **: Significant at 5% and 1% level, respectively.

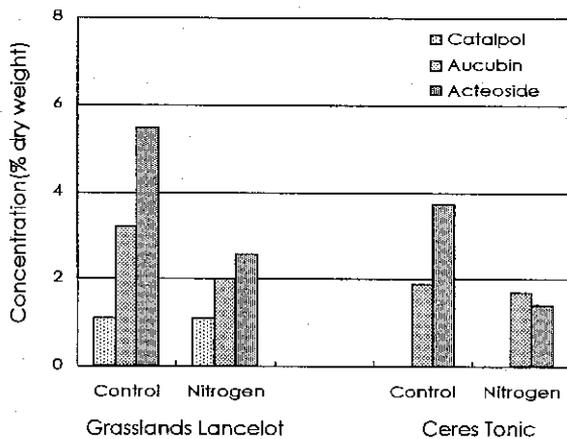


Fig. 11. Effect of fertilizer nitrogen application on the accumulation of catalpol, aucubin and acteoside in leaves of *plantago lanceolata* L.

下が著しかった。一方、Catalpolの含有率は対照区と遮光区で差が見られなかった。

3) 窒素施肥の影響

窒素施肥がヘラオオバコの生育に及ぼす影響をTable 3に示した。両品種において、草丈及び葉数は対照区と窒素区に有意な差は認められなかった。一方、地上部生重は窒素区で、地上部乾物率は対照区で有意に高かった。地上部乾物重は窒素区で高くなる傾向が認められ、Ceres Tonicでは有意な差があった。しかし、両区間の乾物重の差は僅かであった。以上から、窒素施肥により生長が促進され、生重が増加したことが明らかである。一方、水分含量の高い軟弱な生長のため、乾物生産には大きく反映されなかったことが分かる。窒素施肥によるCatalpol, Aucubin及びActeosideの含有率の変化をFig. 11に示した。両品種において、AucubinとActeosideの含有率は窒素施肥により顕著に減少した。特に、Acteosideの減少割合が高かった。一方、Catalpolの含有率については対照区と窒素区で差が見られな

かった。

4. 考察

機能性の高いヘラオオバコを生産するためには、II章で述べたように、機能性成分蓄積の季節変動を明らかにすることが必要である。さらに、生育環境を形成する個別の気象要因及び蓄積に影響を与える栽培条件と機能性成分蓄積との関係を解明し、栽培に応用することは一層重要である。このため、本章では、ヘラオオバコに蓄積される主要な機能性成分であるCatalpolとAucubin及びActeosideについて、蓄積と気温、光量及び窒素施肥量との関係を検討した。

その結果、生育気温との関係ではCatalpol, AucubinとActeoside間で蓄積反応が異なり、CatalpolとAucubinの蓄積は昼温/夜温が15°C/10°Cに比較して20°C/18°Cで、一方、Acteosideは20°C/18°Cに比較して15°C/10°Cでより高濃度に蓄積されることを明らかにした。これらの蓄積反応を栽培技術に応用することが必要である。

人工気象室内でヘラオオバコに照射する光の量を遮光により制限した場合、AucubinとActeosideの含有率が顕著に減少した。自然条件で十分な検討を行っていないので明確なことは述べられないが、日射量が低下する梅雨等では機能性成分の含有率が低下することが考えられる。長期に顕著に低日射となる時期を避けて収穫することなどが必要である。

水耕液の窒素濃度を高めた結果、AucubinとActeosideの含有率が明らかに減少した。一方、乾物重の増加は少なかった。著者らは、ヘラオオバコとチコリーについて、無窒素から極多窒素の5段階の窒素施肥試験を圃場で実施した。その結果、両草種とも乾物生産の窒素施肥反応が低いこと、即ち、窒素施肥用量を高めても乾物生産の増加は少ないことを明らかにした(田村ら2000)。さらに、この傾向

はチコリーに比較してヘラオオバコで顕著であることを認めた。この原因として、ヘラオオバコは栽培の歴史が浅く、長年にわたり生産性について選抜淘汰が加えられた作物のように施肥窒素に対する高い乾物生産反応を獲得していないためと考察した。本実験でも同様な結果が得られ、ヘラオオバコの乾物生産の施肥窒素反応が低いことが明らかであった。一般に、窒素施肥により目的とする成分の含有率がある程度低下しても、乾物収量が増加することにより結果的に成分収量を高めることができるという考えがある。しかし、ヘラオオバコでは窒素を多用しても乾物収量はさほど増加せず、一方、Aucubin及びActeosideの含有率は顕著に低下した。即ち、この理論はヘラオオバコのAucubin及びActeoside蓄積には適用できない。ヘラオオバコの実産では、窒素施用量を抑え、機能性成分含有率の高まる条件で栽培することが必要である。

遮光及び窒素施肥により、Aucubin含有率は大きく変化したが、Catalpol含有率は変化しなかった。先に述べたように、CatalpolとAucubinはいずれもイリドイド配糖体に属しており、CatalpolはAucubinを前駆物質として生合成される(Damtoft et al.1983)。また、これまでに報告したが、Catalpol含有率はAucubin含有率に比較して顕著に低く、季節による変動も少ない(Tamura and Yoshida 2000, 田村ら2001a, 田村ら2001b)。これは、Catalpolは前駆物質であるAucubinの蓄積が進むに伴って生合成され、植物体中で低濃度で飽和に達するためと考えられる。

以上、ヘラオオバコにおけるCatalpol, Aucubin及びActeosideの蓄積は気象要因と栽培条件によって影響を受け、特に、気温については機能性成分の種類によって蓄積反応が異なることが分かった。すなわち、抗酸化機能の高いヘラオオバコを生産するためには、抗酸化成分であるActeosideの含有率を高めるために低温の季節での刈り取りあるいは低温条件の施設での栽培が必要である。一方、利尿効果を持つCatalpolの含有率を高め、利尿による尿酸等老廃物の排泄により家畜を健全化することを目的とした場合には、窒素の施肥を抑えて栽培し、平均気温が20℃程度で、かつ、日射量の比較的多い時期に刈り取ることなどが必要と考えられる。

なお、著者らのこれまでの試験で、Acteosideは自然条件あるいは人工気象室のいずれでも、乾物当

たりで5%以上の値を示す場合が多かった。高い場合には6~7%にも達した(Tamura and Yosida 2000, 田村ら2001a, 田村ら2001b)。

5. 摘要

ヘラオオバコの主要な3種の機能性成分であるCatalpol, Aucubin及びActeosideの蓄積に及ぼす気温、光量及び窒素施肥の影響を、人工気象室内の試験により検討した。結果は以下の通りである。

1) 生育気温の影響について、CatalpolとAucubinは昼温/夜温が20℃/18℃で含有率が高まることを、一方、Acteosideは15℃/10℃で蓄積が進むことを認めた。Catalpol及びAucubinと、Acteosideでは気温に対する蓄積反応が異なることが分かった。

2) 遮光処理により、AucubinとActeosideの含有率は顕著に低下した。一方、Catalpolの含有率には大きな変化は見られなかった。

3) 窒素施肥により、AucubinとActeosideの含有率は顕著に低下した。一方、Catalpolの含有率については変化は見られなかった。

IV 機能性成分蓄積力の品種・

エコタイプ間内変異

1. 目的

ヘラオオバコについては、これまでにニュージーランドで飼料用の2品種が育成されている。これらの品種は葉幅や草型などの形態的特性ならびに低温生長性に大きな品種間差が見られる。また、早晚性についてもI章で明らかにしたように明瞭な品種間差がある。しかし、機能性成分蓄積特性の品種間差については全く検討されていない。これは、それらの品種の育成目標が収量性や環境適応性、牧草類との混播適性の向上にあったためと考えられる。即ち、ヘラオオバコの機能性についての知見はあったが、機能性以前に粗飼料としての利用に重きが置かれたためである。しかし、飼料用ハーブの機能性に着目し、抗生物質や動物用医薬品の投与を低減するためのオールナチュラル機能性飼料としての利用を考える場合には機能性成分の蓄積について追究する必要がある。

本章では、機能性成分の蓄積が優れる品種育成の基礎資料を得るために、既に育成されている2品種及び東北地域の1エコタイプを用い、主要な3種の機能性成分、即ち、Catalpol, Aucubin及びActeo-

Table 4 Yield characteristics of the cultivars and the ecotype of *Plantago lanceolata* L. at June 19.

		Plant height cm	No. of leaves /Plant	Dry matter wt. (g/plat)	
				Leaf	Stalk
Ceres Tonic	Average	35.3 ^a	203 ^a	44.6 ^a	14.0 ^a
	S. D.	4.9	85	19.4	6.8
	CV (%)	13.8	42	43.4	48.8
Grasslands Lancelot	Average	35.1 ^a	420 ^b	55.8 ^b	26.3 ^b
	S. D.	5.0	122	10.5	17.1
	CV (%)	14.1	29	18.8	65.0
Ecotype	Average	30.6 ^b	446 ^b	50.4 ^b	11.6 ^a
	S. D.	5.2	127	16.3	13.6
	CV (%)	17.1	29	32.3	117.1

Note : The average values bearing the different superscript differed significantly at 5 % level.

side 蓄積の遺伝変異を明らかにする。

2. 材料と方法

ニュージーランドで育成された2品種と1997年に東北農業試験場内に自生する30個体から採種したエコタイプの種子を2001年1月2日に径9 cmのプラスチックポットに播種し、最低温度を15°Cに設定した温室内で個体を養成した。培養土としてはクレハ園芸培土を用い、個体が生長するに伴い径の大きいプラスチックポットに数回の移植を繰り返した。2001年4月20日に、試験圃場に畝間2 m、株間50 cmで移植した。施肥量を個体当たりでN 3 g、P₂O₅ 6 g、K₂O 6 gとし、移植直後に施用した。移植個体数は1品種・エコタイプにつき72個体とし、24個体を1反復として3反復で植え付けた。

6月19日に移植後、第1回目の調査・分析を実施した。すなわち、各品種・エコタイプにつき1反復区から20個体を地上5 cmで刈り取り、葉と花茎に分けた。葉については、葉数を数えた後にCatalpol, Aucubin, 及びActeosideの分析用として生育中庸な15 gを採取し、凍結乾燥した。15 gを採取した残りの葉及び花茎については70°Cに設定した通風乾燥機で48時間乾燥し、恒量に達した後に乾物重を測定した。葉の乾物重は凍結乾燥した乾物重及び通風乾燥機で乾燥した乾物重の合計値とした。さらに、個体のCatalpol, Aucubin, 及びActeoside蓄積が遺伝的なものかどうかを検討するために6月19日に刈り取り調査したのちの再生個体について、7月27日に同様に調査・分析を行った。さらに、生育季節による変動を明らかにするために、8月28日に2反復目について、9月25日に3反復目について同様に調査・分析を行った。各刈り取り前に草丈の調査を行った。

Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の分析は凍結乾燥試料を振動式粉碎器により微粉碎し、メタノールで抽出し、HPLCを用いて行った。分析方法はI章と同様である。

3. 結果

Table 4 に、2001年6月19日の2品種及びエコタイプの生育調査結果を示した。まず、品種とエコタイプの平均値について見ると、草丈はCeres Tonic 及び Grasslands Lancelot の2品種はほぼ同様であり、これに比較してエコタイプは有意に低かった。一方、個体当たりの葉数はエコタイプと Grasslands Lancelot が多く、Ceres Tonic はこれらに比較して有意に少なかった。この結果、個体当たりの葉重は Grasslands Lancelot とエコタイプが優れ、これに比較してCeres Tonic は有意に劣った。花茎重は Grasslands Lancelot が優れ、Ceres Tonic とエコタイプは同様であった。次に、品種・エコタイプ内の個体変異について述べる。変異係数が草丈を除く全ての形質について28%以上であった。また、草丈の変異係数も13.8~17.1%と比較的大きい事が認められた。即ち、ヘラオオバコにおける生長の品種・エコタイプ内における個体間変異の大きいことが明らかである。この結果は、他の3回の調査期においても同様であった。

Table 5 に、2001年6月19日における2品種とエコタイプのCatalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率の個体平均値、標準偏差ならびに変異係数を示した。また、Fig. 12に各調査期におけるCatalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率の個体平均値を示した。個体平均値について見ると、Ceres Tonic ではCatalpol が認められず、Catalpol を蓄積しない極

Table 5 Concentrations of catalpol, aucubin and acteoside in leaves of *Plantago lanceolata* L. at June 19.

		Catalpol %DM	Aucubin %DM	Acteoside %DM
Ceres Tonic	Average	—	0.88 ^a	0.98 ^a
	S. D.	—	0.32	0.27
	CV (%)	—	36.1	27.1
Grasslands Lancelot	Average	0.75 ^a	1.35 ^b	1.54 ^b
	S. D.	0.35	0.41	0.37
	CV (%)	45.8	30.5	24.0
Ecotype	Average	0.55 ^a	2.08 ^c	1.76 ^b
	S. D.	0.24	0.63	0.38
	CV (%)	43.9	30.3	21.5

Note : The average values bearing the different superscript differed significantly at 5 % level.

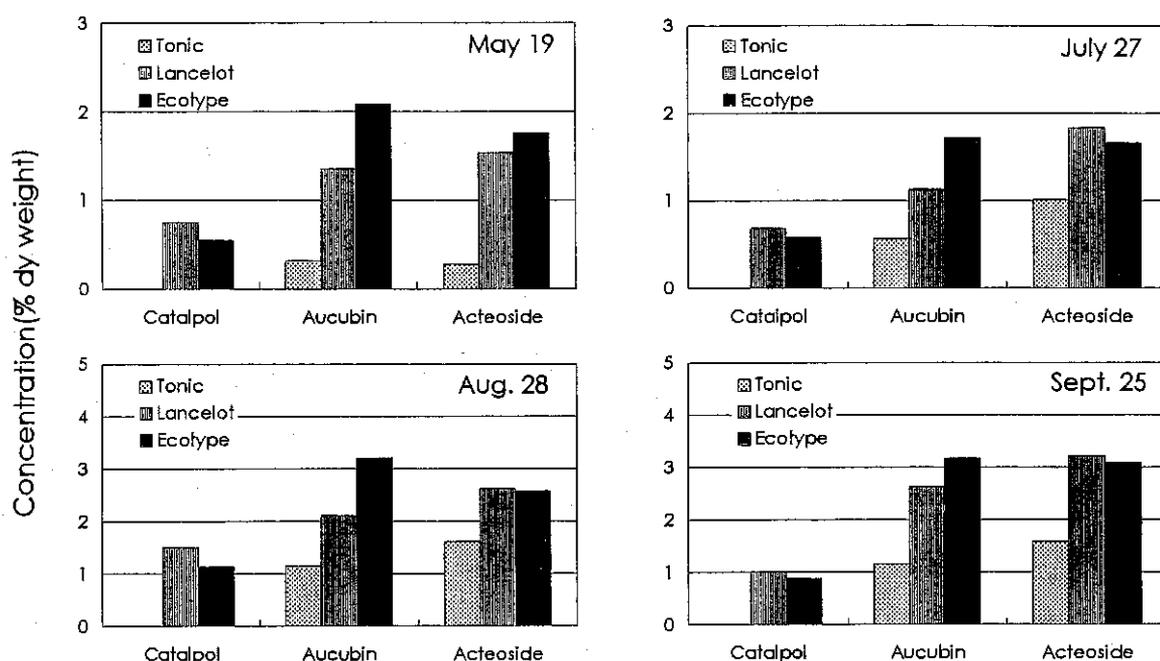


Fig. 12. Concentrations of catalpol, aucubin and acteoside in leaves of *plantago lanceolata* L. at different harvests, 2001. Columns bearing the same letter in each group are not significantly different at 5 % level by Turkey's t-test.

めて特異な品種であることが分かる。CatalpolはGrasslands Lancelotとエコタイプ間で有意ではないが前者で含有率の高い傾向が認められた。Aucubin含有率については品種・エコタイプの平均値に有意差が認められ、エコタイプが有意に高く、次いでGrassland Lancelot, Ceres Tonicの順であった。Acteoside含有率はGrasslands Lancelotとエコタイプが高く、Ceres Tonicではこれらに比較して有意に低かった。この傾向は、春から秋にかけて実施した4回の各調査期で同様であった。以上から、Ceres TonicはCatalpolを蓄積せず、また、Grass-

lands Lancelot及びエコタイプに比較してAucubinとActeosideの蓄積も劣ることが分かる。また、エコタイプはニュージーランドで育成された2品種に比較してAucubinの蓄積が優れることが分かる。次ぎに、品種・エコタイプ内における個体変異について述べる。変異係数がCatalpolで43.9%と45.8%, Aucubinで30.3~36.1%, Acteosideで21.5~27.1%であり、いずれの機能性成分についても品種・エコタイプ内における個体変異の大きいことが分かった。特に、Aucubinとこれを前駆物質として生合成されるCatalpolを比較すると、Catalpolの変異係

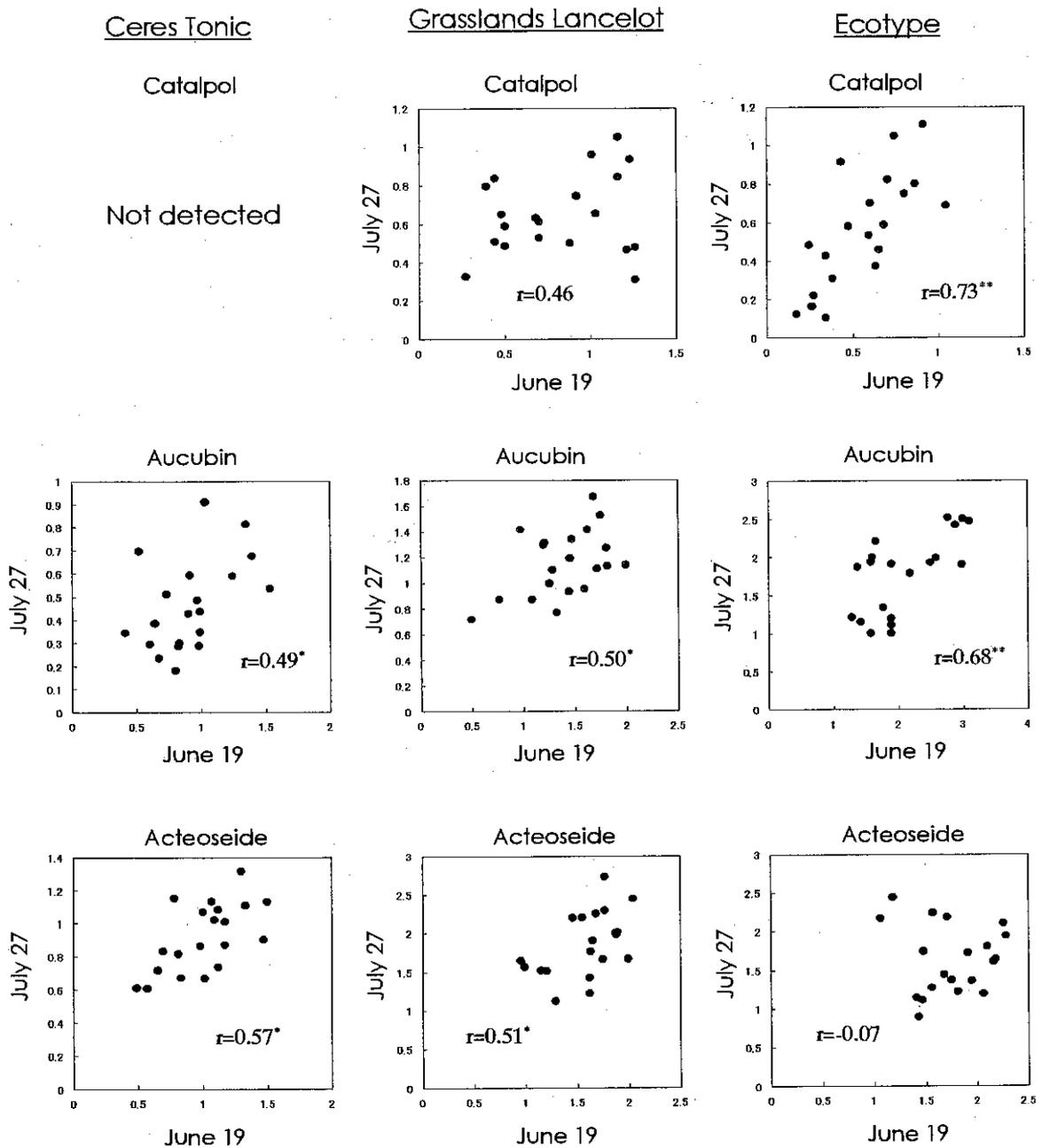


Fig. 13. Correlations of catalpol, aucubin and acteoseide between harvest dates, 2001.

数が大きいことが特徴的である。

Fig. 13に品種・エコタイプ毎に、Catalpol、Aucubin及びActeoseide含有率のそれぞれについて6月19日の個体分析値とこの刈取後再生個体について分析した7月27日分析値間の相関を示した。すなわち、同一個体について、異なる調査時期の分析値間相関を示したものである。その結果、ほとんどの場合に相関係数は有意であった。このことは、個体の持つCatalpol、Aucubin及びActeoseideの蓄積力

が遺伝的に支配されていることを示している。なお、エコタイプのActeoseideについては調査時期間に相関が認められなかったがその理由は不明である。

Table 6に、各品種・エコタイプ毎に、CatalpolとAucubin、CatalpolとActeoseide及びAucubinとActeoseideの含有率間相関を示した。表に見られるように、相関係数は正の値を示す場合がほとんどであり、有意な相関を示す場合もあった。一方、負の有意な相関は見られなかった。

Table 6 Correlation coefficients between bioactive components in leaves of *Plantago lanceolata* L. at different harvests.

Correlations between		Correlation coefficients			
		June 19	July 27	Aug. 28	Sept. 25
Ceres Tonic	Aucubin and Acteoside	0.42	0.59**	0.36	-0.05
Grasslands	Catalpol and Aucubin	0.27	0.14	0.46*	0.52*
Lancelot	Catalpol and Acteoside	0.39	-0.02	0.36	0.66**
	Aucubin and Acteoside	0.69**	0.38	0.14	0.41
Ecotype	Catalpol and Aucubin	0.59*	0.49*	-0.26	0.12
	Catalpol and Acteoside	0.62**	0.52*	-0.31	-0.07
	Aucubin and Acteoside	0.41	0.54*	0.2	0.55*

*, ** : Significant at 0.5 and 1 % level, respectively.

次に、図表は示さなかったが品種・エコタイプについて、いずれの調査期においても個体の草丈、葉重、花茎重、地上部重（葉重と花茎重の合計）と Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率間には一定の相関が認められなかった。即ち、一般的に知られている、化学成分の蓄積に優れる個体は生長量が劣るとする概念は、ヘラオオバコにおける Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 蓄積と生長との間では成立しないと言える。

4. 考察

機能性の高いヘラオオバコを生産するためには、その栽培に当たって機能性成分蓄積力の高い品種を選定することが必須である。しかし、ヘラオオバコにおいても、他の多くの作物と同様に機能性成分の向上に着目した品種育成はなされていない。機能性成分蓄積力の高い品種を育成するには品種・系統やエコタイプ、さらには個体間における機能性成分蓄積力の遺伝変異を明らかにすることが必要である。

既に、Tamura and Yoshida (2000) は東北地域の3カ所に自生するエコタイプを収集し、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率のエコタイプ間差及びエコタイプ内の個体間変異が大きいことを報告した。また、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率と地上部生長量とが一定の相関を示さないことを認めた。本章では、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 蓄積に優れる品種育成の知見を得るために、ニュージーランドで育成された2品種 (Grasslands Lancelot 及び Ceres Tonic) と東北農業試験場内で採集した1エコタイプを用い、生長及び Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 蓄積の品種・エコタイプ間及び同一品種・エコタイプ内における個体変異を検

討した。さらに、地上部生育量と Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率との関係についても検討を加えた。その結果、地上部生長量、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率のいずれについても品種・エコタイプ間・内の変異が大きいことが分かった。特に、機能性成分についてはニュージーランド育成の1品種である Ceres Tonic は Catalpol を蓄積せず、Aucubin 及び Acteoside の蓄積も他の品種及びエコタイプに比較して顕著に劣ること、エコタイプはニュージーランド育成の2品種に比較して高い Aucubin の蓄積力を持つことを認めた。さらに Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の3種の機能性成分間に正の有意な相関が認められる場合の多いこと、地上部生長量と Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 含有率間に一定の関係がないことを明らかにした。これらの結果を総合すれば、ヘラオオバコでは生育が優れて、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside を同時に高濃度に蓄積する品種の育成が可能であり、エコタイプはこのための素材として有望であることが示される。

Alder et al. (1995) はいくつかのエコタイプを用い、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside 蓄積についてエコタイプ間及びエコタイプ内における遺伝変異を明らかにしている。Bower and Stamp (1992) 及び Bower et al. (1992) もエコタイプの個体間に生長量と同様に大きい Catalpol 及び Aucubin 蓄積の遺伝変異を認めている。さらに、それらのいずれの報告でも、Catalpol 及び Aucubin の含有率と地上部の生育量とが一定の相関を示さなかったことを報告している。Darrow and Bowers (1997) も地上部生長量と Catalpol 及び Aucubin 含有率間に一

定の相関がないことを認めている。これらの結果は本報告と良く一致するものである。

なお、Catalpolについては、蓄積しない品種があった。また、その個体変異が前駆物質である Aucubin に比較して極めて大きかったが、これは、Aucubin から Catalpol への生合成経路に大きな遺伝変異があることを示している。即ち、Aucubin から Catalpol への生合成のための酵素の欠如、あるいは生合成に係わる酵素の量的変異などが考えられる。

5. 摘要

ヘラオオバコにおける生育と主要な3種の機能性成分、即ち、Catalpol、Aucubin及びActeoside蓄積の品種・エコタイプ間内遺伝変異を検討した。得られた結果は以下の通りである。

1) Ceres Tonic は、Grassland Lancelot 及びエコタイプに比較して Aucubin と Acteoside の蓄積が劣る、また、Catalpol を蓄積しない特異な品種である。

2) エコタイプは、Grassland Lancelot 及び Ceres Tonic に比較して Aucubin の蓄積が優れる。

3) Catalpol、Aucubin 及び Acteoside とともに品種及びエコタイプ内の個体変異が大きい。

4) 生育量の変異も大きい、これと Catalpol、Aucubin 及び Acteoside 含有率との変異は相関を示さない。

5) Catalpol、Aucubin 及び Acteoside を同時に高濃度に蓄積できる品種の育成が可能である。エコタイプはこの素材として有望と考えられる。

V 総合考察

安全な農産物の消費者への供給は農業生産において最も重要なものの一つとなっている。特に、畜産においては、抗生物質や動物用医薬品を投与しないで家畜を健康に育て、安全な畜産物を生産することに対する社会的な要請が強い。

このために、緒言で紹介したように、抗生物質や動物用医薬品に代わりうるいくつかの素材について研究が進められている。なかでも、近代的医薬品の起源となったハーブを用いるオール自然飼料添加物について注目が集まっている (Gill 1999)。

ハーブはその利用特性から数種の植物に分類されるが、その一つである生薬は古代より医薬品として用いられてきており、1種の生薬でも多様な効用を

持つことが知られている。そして、近年の生薬学の研究により多様な効用に関与する機能性成分が明らかにされている。例えば、オオバコ属の1種であるオオバコ (*Plantago asiatica* L.) にはフェニルエタノイド配糖体の Plantamajoside、フラボノイドの Plantagin, イリドイド配糖体の Aucubin などが含有され、抗酸化作用、抗アレルギー作用、抗菌作用、酵素阻害作用、抗炎症作用等を有することが明らかされている。同様に、ヘラオオバコ (*Plantago lanceolata* L.) にはフェニルエタノイド配糖体の Acteoside、イリドイド配糖体の Catalpol 及び Aucubin などが含有され、抗酸化作用、抗菌作用、抗炎症作用、鎮痛作用、利尿作用等が明らかにされている (西部・村井 1995)。このように多種で、かつ、生理機能の異なる機能性成分を含む生薬の利用は人のみならず、家畜の生理代謝の改善にも効果があり、家畜を健康にして安全な畜産物の生産に貢献できると考えられる。そこで、本研究では機能性の高い飼料用ハーブ生産に必要な実用及び基礎的知見を得るために、機能性成分蓄積の季節変動、蓄積と気象要因及び栽培条件との関係、蓄積力の遺伝変異について検討することとした。

対象ハーブとしてヘラオオバコを取り上げたが、これは第1に、ヘラオオバコはヨーロッパで古くより生薬として用いられており、含有する機能性成分が明らかにされているからである (Blumenthal 1998, 西村・村井1995)。第2に、ヘラオオバコでは既に飼料用の2品種が育成されており (Rumball et al. 1997, Stewart 1996)、実験のための斉一な材料が容易に得られたからである。また、研究対象の機能性成分としては、ヘラオオバコにおいて最も重要とされている Catalpol、Aucubin 及び Acteoside (西部・村井1995) を取り上げて研究を進めた。

実験の結果、早春に播種したヘラオオバコに蓄積される Catalpol、Aucubin 及び Acteoside は気温の比較的低い秋季に高濃度となること、Catalpol、Aucubin と Acteoside では気温に対する蓄積反応が異なること、人工気象室の栽培で光量が少ない場合には Aucubin と Acteoside 蓄積が低下すること、さらに自然条件でも低日射が長期に続く場合には Aucubin と Acteoside の蓄積が低下すると考えられること、多窒素条件は Aucubin と Acteoside 蓄積を低減することなどを明らかにした。これらの成果は、Aucubin と Acteoside を高めるための栽培技術

の開発や収穫時期の決定に応用することができる。なお、ヘラオオバコの栽培についてはこれまでに放牧地における牧草との混生適性と生産性 (Fraser and Rowarth 1996, Fraser et al. 1996, Rumball et al. 1997), また、窒素施肥反応 (田村ら 2000) などについて検討が行われているが、機能性成分含量の向上に着目したものはない。

次に、Catalpol, Aucubin 及び Acteoside いずれの含有率についても品種, エコタイプ間及び同一品種, エコタイプの個体間における遺伝的変異の大きいことが明らかとなった。また, Catalpol, Aucubin 及び Acteoside の含有率間には正の相関が認められ, 有意となる場合も比較的多かった。この結果は, 上記3種の機能性成分を同時に高濃度に蓄積できる機能性成分蓄積力の高い品種の育成が可能であることを示している。特に, 本研究で用いたエコタイプは生長及び機能性成分の蓄積力とも優れることから, このための有用な素材となろう。

このような, ハーブ (生薬) における機能性成分蓄積の農学的な研究は, 生薬を生産する上で極めて重要であると考えられるにも拘わらず, これまでにほとんど行われてこなかった。本研究は生薬学分野の多くの研究蓄積の上に初めて成り立ったものである。今後, このような蓄積反応が多くの生薬で明らかにされ, 機能性成分含量の高い生薬の生産に応用されることを期待したい。

引用文献

- 1) Alder, L. S. ; Schmitt, J. ; Bowers, D. 1995. Genetic variation in defensive chemistry in *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae) and its effect on the specialist herbivore *Junonia coenia* (Nymphalidae). *Oecologia*. 101 : 75-85.
- 2) Barry, T. N. ; McNeill, D. M. ; McNabb, W. C. 2001. Plant secondary compounds ; their impact on forage nutritive value and upon animal production. Proc. XIX Int. Grassl. Cong. Sao Pedro, Brazil. 445-452.
- 3) Blumenthal, M. 1998. The complete german commission E monographs. Therapeutic guide to herbal medicines. Developed by a special expert committee of the German Federal Institute for Drugs and Medical Devices. Published in cooperation with integrative medicine communications Boston, Massachusetts. American Botanical Council Austin, Texas, USA.
- 4) Bowers, M. D. ; Stamp, N. E. 1992. Chemical variation within and between individuals of *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae). *J. Chem. Ecol.* 18 : 985-995.
- 5) Bowers, M. D. ; Collinge, S. K. ; Gamble, S. E ; Schmitt, J. 1992. Effects of genotype, habitat, and seasonal variation on iridoid glycoside content of *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae) and the implications for insect herbivores. *Oecologia*. 91 : 201-207.
- 6) Chang, I. M. ; Yun, H. S. ; Kim, Y. S. ; Ahn, J. W. 1984. Aucubin : Potential antidote for Alpha-Amanitin Poisoning. *Clinical Toxicol.* 22 : 77-85.
- 7) Darroft, S. ; Jensen S. R. ; Nielsen, B. J. 1983. The biosynthesis of iridoid glucosides from 8-epi-deoxloganin acid. Proceedings of the Biochemical Society Transaction 603rd meeting, Liverpool, UK. p.593-594.
- 8) Darrow, K. ; Bowers, M. D. 1997. Phenological and population variation in iridoid glycosides of *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae). *Biochemical Systematics and Ecol.* 22 : 1-11.
- 9) Deaker, J. M. ; Young, M. J. ; Fraser, T. J. ; Rowarth, J. S. 1994. Carcass, liver and kidney characteristics of lambs grazing plantain (*Plantago lanceolata*), chicory (*Cichorium intybus*), white clover (*Trifolium repens*) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Proc. New Zealand Soc. Anim. Production.* 54 : 197-200.
- 10) Fraser, T. J. ; Rowarth, J. S. 1996. Legumes, herbs or grasses for lamb performance? *Proc. New Zealand Grassl. Assoc.* 58 : 49-52.
- 11) Fraser, T. J. ; Scott, S. M. ; Rowarth, J. S. 1996. Pasture species effects on carcass and meat quality. *Proc. New Zealand Grassl. Assoc.* 58 : 63-66.

- 12) Gill, C. 1999. Herbs and plant extracts as growth enhancers. *Feed Management* 50 : 29-32.
- 13) Gustine, D. L. ; Sanderson, M. A. ; Getzie, J. ; Donner, S. ; Gueldner, R. ; Jennings, N. 2001. A strategy for detecting natural anthelmintic constituents of the grassland species *plantago lanceolata*. *Proc. XIX International Grassl. Cong. Sao pedoro, Brazil.* 464-465.
- 14) 原田正敏. 1989. 繁用生薬の成分定量-天然薬物分析データ集-. 廣川書店, 東京. 430p.
- 15) 石黒京子, 山木正枝, 高木修三. 1982. イリドイド関連化合物に関する研究 (第1報) Aucubigeninおよび数種の Iridoid Aglycone の抗菌作用について. *薬学雑誌* 102 : 755-759.
- 16) Katoch, B. S. ; Katoch, R. C. ; Mahajan, N. C. ; Bhowmik, K. B. D. 1978. Utilization of indian horse-chestnut (*Aesculus indica*) kernels and wild isbgol (*Plantago lanceolata*) plant meal as poultry feed ingredients. *Indian Vet. J.* 55 ; 781-787.
- 17) 加藤義雄. 1944. Aucubin の尿酸排泄機構に就きて. *日本薬物学雑誌* 39 : 37-40.
- 18) 川村智子, 久田陽一, 奥田和代, 星野哲志, 野呂征男, 田中俊弘, 児玉朝香, 西部三省. 1998. 車前草の生薬学的研究 (第13報) オオバコ属植物の種子の成分と車前子の品質について. *Natural Medicines* 52 : 5-9.
- 19) Marchesan, M. ; Paper, D.H. ; Hose, S. ; Franz, G. 1998. Investigation of the Anti-inflammatory activity of liquid extracts of *Plantago lanceolata* L. *Phytotherapy Res.* 12 : S33-S34.
- 20) Murai, M. ; Tamayama, Y. ; Nishibe, S. 1995. Phenylethanoids in the herb of *Plantago lanceolata* and inhibitory effect on Arachidonic acid-induced mouse ear edema. *Planta Med.* 61 : 479-480.
- 21) 西部三省, 村井道子. 1995. ハーブ・オオバコの生理活性成分. *Foods & Food Ingredients Journal of Japan.* 166 : 43-49.
- 22) 西部三省, 川村智子, 野呂征男, 田中俊弘, 関田節子, 佐竹元吉. 1999. シャゼンシの基原と成分. 第12回天然薬物の開発と応用シンポジウム講演要旨集. 103-106.
- 23) 野呂征男, 久田陽一, 奥田和代, 川村智子, 笹原由美, 田中俊弘, 酒井英二, 西部三省, 笹原道子. 1991. 車前草の生薬学的研究 (第7報) オオバコ属植物のフェニルエタノイド含量について. *生薬学雑誌* 45 : 24-28.
- 24) Recio, M.C. ; Giner, R.M. ; Manez, S. ; Rios, J.L. 1993. Structural considerations on the iridoids as anti-inflammatory agents. *Planta Med.* 60 : 232-234.
- 25) Robertson, H. A. ; Niezen, J.H. ; Waghorn, G. C. ; Charleston ; W. A. G. ; Jinlong, M. 1995. The effect of six herbages on liveweight gain, wool growth and faecal egg count of parasitised ewe lambs. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Production.* 55 : 199-201.
- 26) Rumball, W. ; Keogh, R. G. ; Lane, G. E. ; Miller, J. E. ; Claydon R.B. 1997. 'Grasslands Lancelot' plantain (*Plantago lanceolata* L.). *New Zealand J. Agric. Res.* 40 : 373-377.
- 27) 佐野宏明, 有馬憲一, 篠田 浩, 田村良文, 志賀瑞郎. 1998. ヒツジにおけるインスリン作用に及ぼす寒冷暴露およびヘラオオバコ給与の影響. *東北畜産学会報* 48 : 43.
- 28) Stewart, A.V. 1996. Plantain (*Plantago lanceolata*)- a potential pasture species. *Proc. New Zealand Grassl. Assoc.* 58 : 77-86.
- 29) Sticher, O. 1976. Plant mono-, di- and Sesquiterpenoids with pharmacological or therapeutical activity. *Proc. of the first international congress on medical plant research.* p.137-176.
- 30) 田村良文, 的場和弘, 伏見昭秀. 2000. 飼料用ハーブ類の窒素施肥反応, 一般飼料成分ならびに無機元素含量. *日草誌* 46(別) : 84-85.
- 31) Tamura, Y. ; Yoshida, T. 2000. Assesment of bioactive compounds in *Plantago lanceolata* L. from Northern Japan and development a plant regeneration technique for temperate grasses in order to introduce

- forage grasses with higher functional properties. Proc. 3rd Int. Crop Sci. Cong. Hamburg. 223.
- 32) 田村良文, 西部三省, 魚住 順, 伏見昭秀. 2001. aヘラオオバコにおける機能性成分蓄積の季節変化. 日作紀 70 (別1): 96-97.
- 33) 田村良文, 魚住 順, 伏見昭秀. 2001. bヘラオオバコの品種・エコタイプにおける機能性成分の変異. 日草誌 47(別): 288-289.
- 34) 田村良文, Akbar, M. A. 2001. ヘラオオバコ給与が山羊の血液成分に及ぼす影響 (予報). 日草誌 47(別): 142-143.
- 35) 田村良文. 2001. ヘラオオバコ (*Plantago lanceolata* L.) の機能性成分蓄積に及ぼす気温, 光強度, 窒素施肥の影響. 日本作物学会紀事印刷中.
- 36) Toda, S.; Miyasi, T.; Arichi, H.; Takino, Y. 1985. Natural anti-oxidants. II. Anti-oxidative components isolated from seeds of *Plantago asiatica* L. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 33: 1270-1273.
- 37) Toon, J. V. D.; Pons, T. J. 1988. Establishment of *Plantago lanceolata* L. and *Plantago major* L. among grass. II. Shade tolerance to seedlings and selection on time of germination. Oecologia 76: 341-347.
- 38) Wang, P.; Kang, J.; Zheng, R.; Yang, Z.; Lu, J.; Gao, J.; Jia, Z. 1996. Scavenging effects of Phenylpropanoid Glycosides from *Pedicularis* on Superoxide anion and hydroxyl radical by the spin trapping method (95) 02255-4. Biochem. Pharmacol. 51: 687-691.
- 39) Zhou, Yan-Chun; Zheng, Rong-Liang. 1991. Phenolic compounds and an analog as superoxide anion scavengers and antioxidants. Biochem. Pharmacol. 42: 1177-1179.

Note

Rice Breeding at the National Agricultural Research Center for the Tohoku Region (NARCT) and Rice Varietal Recommendation Process in Japan

Tadashi TAKITA^{*1)} and Renando O. SOLIS^{*2)}

Abstract : This report, specifically, aims to introduce the breeding methodologies at the NARCT as much as the varietal recommendation process being used in Japan which is considerably different from that in other countries. In addition, it aims to provide new insights through broader experience in rice breeding. Vastly covered by mountains and forests, Japan cleared about 3 million hectares for rice cultivation. Despite the scarcity in arable land and the geographical limitation that allows Japanese farmers to grow a rice crop only once a year, the country has incredibly managed to stabilize the domestic rice production and grain supply. This remarkable achievement was largely due to the following factors : vast irrigation networks, improved rice cultivation techniques, efficient mechanized farming practices, and use of improved varieties that are highly suitable to local growing conditions. In the improvement of rice varieties, long before the advent of the Green Revolution, Japan already had a long history of rice varietal improvement through classical breeding. The integrated rice breeding program has been implemented by the Japanese government since 1903. Complemented by the presence of highly organized farmers' cooperative systems and rice distribution channels, backed up with strong government support through reasonable pricing policy, the country's breeding programs for rice have achieved meaningful contribution to rice self-sufficiency. At present, there are 13 paddy rice breeding centers funded by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). Among the breeding centers, the National Agricultural Research Center for the Tohoku Region (NARCT) has the oldest history. It started the breeding in 1910 and has developed some popular varieties such as Rikuu 132. The variety Rikuu 132 has become a basic variety to improve grain quality, giving rise to other varieties like Koshihikari. In addition, NARCT contributed to rice breeding works like the hot water treatment in crossing. Hence, for young breeders, it is best to gain knowledge and learn additional skills in rice breeding at NARCT. Furthermore, to have an understanding of how Japanese breeders carry out their breeding objectives in response to the problems faced by the local farmers, this report was made. This report includes the rice cultivation and the history of rice breeding in the Tohoku region, the breeding targets of rice breeding at NARCT, the breeding procedure and the screening methods of important traits such as cold tolerance, resistance to leaf blast, resistance to panicle blast, identification of true blast resistant genes, eating quality and so on. This report also covers the rice breeding in prefectures as well as varietal recommendation process in prefectures. Work sharing for breeding and related activities at the NARCT are also illustrated.

Key words : Rice, Variety, Breeding, Tohoku, Japan, English report

* 1) National Institute of Crop Science (NICS), Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8518, Japan
(〒305-8518 茨城県つくば市観音台2-1-18 作物研究所)

* 2) Philippine Rice Research Institute (PhilRice), Maligaya, Munoz, 3119 Nueva Ecija, Philippines
Accepted 7 August 2001, Received 21 December.

東北農研センターにおける稲育種および日本における稲品種普及システム：滝田 正^{*1)}・Renand O. Solis^{*2)}

抄録：これは、他国とは異なる方式で行われている東北農研センターの水稻育種および日本における水稻品種普及システムについて外国に紹介するための英文報告である。日本は山林に囲まれた狭い大地に300万 haの水田を切り開き、国民に十分に供給できる安定した米の生産を成し遂げた。これは、灌漑システムの確立、栽培的改良、機械化、それぞれの地域に適した品種育成の結果である。品種改良については、世界における緑の革命以前から、日本は独自に系統的に取り組んできた。そのシステム化された稲の品種改良は、政府によって1903年から始められたものであるが、良品種については県や農業協同組合の協力も得て種子供給体制も確立し、稲の品種改良は米の自給率向上に大きく貢献した。現在、農林水産省の水稻育種組織は13カ所あるが、なかでも東北農研センターの水稻育種は最も古い歴史をもっている。その育種は1910年に始まり、「陸羽132号」等の主力品種を数々育成し、日本の稲育種のリーダー的役割を果たしてきた。ちなみに「陸羽132号」は「コンヒカリ」のような良質・良食味品種のベースとなった品種である。また育種研究面では交配における温湯除雄法を開発したところである。したがって、東北農研センターにおける水稻育種を知ることは、若手ブリーダーに有意義であると思われる。さらに、日本の稲ブリーダーが個々の生産場面のニーズにどう対応しているかを知ることも参考になると思われる。そこで、ここではそうした観点から、東北地域における稲の栽培と品種改良の歴史、東北農研センターにおける稲の育種目標、育種方法、耐冷性、葉もち、穂もち、もち病真性抵抗性遺伝子、食味等の重要特性の検定法について論述した。次いで、県における品種改良、品種の普及システムについて論述した。最後に、東北農研センターの育種事業における具体的な任務分担、育種事業と関連した生産者との関係などその他の業務にも言及した。

キーワード：稲、品種、品種改良、東北、日本、英文報告

Contents

Introduction

- | | |
|--|---|
| <p>I. Rice cultivation in the Tohoku region and rice breeding at NARCT</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rice cultivation in the Tohoku region 2. History of rice breeding at NARCT 3. Present breeding targets and results at NARCT <p>II. Procedure of hybridization, selection and yield trials at NARCT</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Planning for hybridization and crossing method 2. Generation advance and bulk selection 3. Pedigree selection and family line selection 4. Yield trials and selection 5. Seed storage for advanced lines <p>III. Important traits and the screening methods at the NARCT</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cold tolerance | <ol style="list-style-type: none"> 2. Resistance to leaf blast 3. Resistance to panicle blast 4. Identification of true blast resistant genes 5. Viviparity 6. Physical grain quality 7. Eating quality 8. Adaptability for direct seeding 9. Adaptability for multi-location <p>IV. Breeding in prefectures and the varietal recommendation process</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breeding programs in prefectures 2. Process of rice varietal recommendation in prefectures 3. Seed propagation and patents under the Seeds and Seedlings Law <p>V. Work sharing for breeding and related activities at the NARCT</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Work sharing for breeding activities 2. Related activities and breeding research |
|--|---|

Literature Cited

Introduction

Vastly covered by mountains and forests, Japan cleared about 3 million hectares for rice cultivation. Despite the scarcity in arable land and the geographical limitation that allows Japanese farmers to grow a rice crop only once a year, the country has incredibly managed to stabilize the domestic rice production and grain supply. This remarkable achievement was largely due to the following factors : vast irrigation networks, improved rice cultivation techniques, efficient mechanized farming practices, and use of improved varieties that are highly suitable to local growing conditions.

In the improvement of rice varieties, long before the advent of the Green Revolution, Japan already had a long history of rice varietal improvement through classical breeding. The integrated rice breeding program has been implemented by the Japanese government since 1903. Consequently, the rice cultivars developed through this system became widely cultivated then. Further development of these cultivars led to the introduction of better high-yielding rice varieties.

Complemented by the presence of highly organized farmers' cooperative systems and rice distribution channels, backed up with strong government support through reasonable pricing policy, the country's breeding programs for rice have achieved meaningful contribution to rice self-sufficiency. At present, there are 13 paddy rice breeding centers funded by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) as shown in Fig. 1. In addition, there is one upland rice breeding center also funded by MAFF located near the National Institute of Crop Science (NICS). NICS has a role to coordinate and plan the research for rice breeding. Hence NICS is the center of rice breeding.

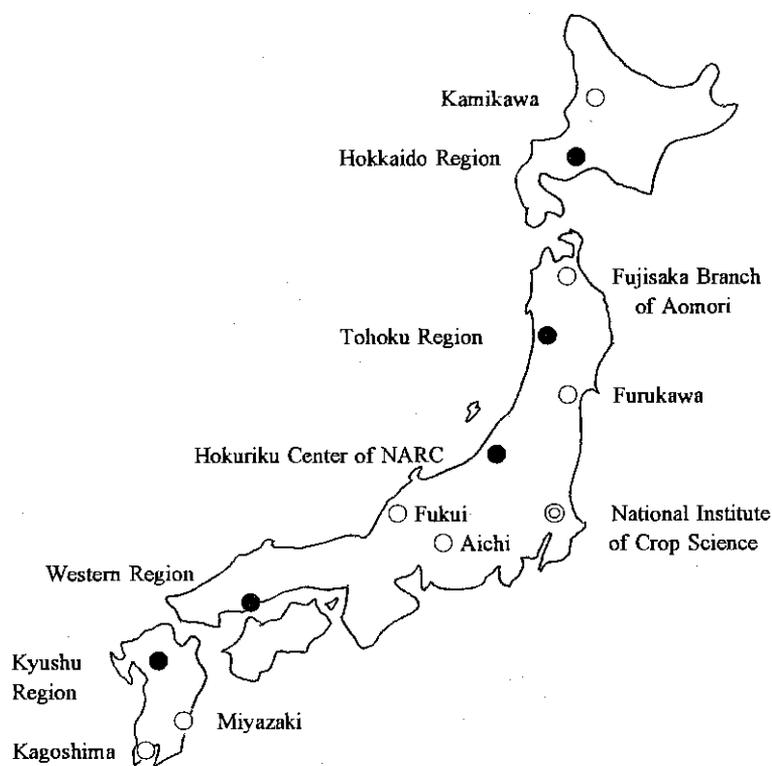


Fig. 1. Rice breeding center funded by the MAFF of Japan.
 ◎Planning and coordinating center for rice breeding,
 ●National Agricultural Research Center (NARC) and
 ○Prefectural Agricultural Experiment Station (AES)

Among the breeding centers, the National Agricultural Research Center for the Tohoku Region (NARCT) has the oldest history. It started the breeding in 1910 and has developed some popular varieties such as Rikuu 132. The variety Rikuu 132 has become a basic variety to improve grain quality, giving rise to other varieties like Koshihikari. In addition, NARCT contributed to rice breeding works like the hot water treatment in crossing. Hence, for young breeders, it is best to gain knowledge and learn additional skills in rice breeding at NARCT. Furthermore, to have an understanding of how Japanese breeders carry out their breeding objectives in response to the problems faced by the local farmers, this report was made.

This report, specifically, aims to introduce the breeding methodologies at the NARCT as much as the varietal recommendation process being used in Japan which is considerably different from that in other countries. In addition, it aims to provide new insights through broader experience in rice breeding.

Acknowledgements : The authors express their sincere thanks to Dr. Fe. A. dela Pena at the Philippine Rice Research Institute (PhilRice) for her valuable suggestions and assistance in this report.

I. Rice cultivation in the Tohoku region and rice breeding at NARCT

1. Rice cultivation in the Tohoku region

Tohoku region is about 200 km north of Tokyo and consists of six prefectures (Fig. 2). It extends almost 200 km from Pacific Ocean on the east to the Japan Sea on the west. In the south, Fukushima has relatively warm climate, and rice varieties with late maturity like Koshihikari are cultivated. In Aomori, which is more than 400 km to the north and has short summers and long cold winters, the early maturing varieties are cultivated.

On the coast of the Pacific Ocean, cold wind called Yamase sometimes blows from the north-east from the Pacific Ocean in summer. This causes spikelet sterility which is a serious cold injury in rice. The Ou mountains run through the center of the Tohoku region from north to south separating the Pacific Ocean side from the Japan Sea side. Since the mountains block the cold wind, the climate of the Japan Sea side is generally milder in summer. During winter, however, the mountains block the wet wind blowing from the west from the Japan Sea resulting in heavy snow on the Japan Sea side.

Rainfall in a year is about 1200 mm on the

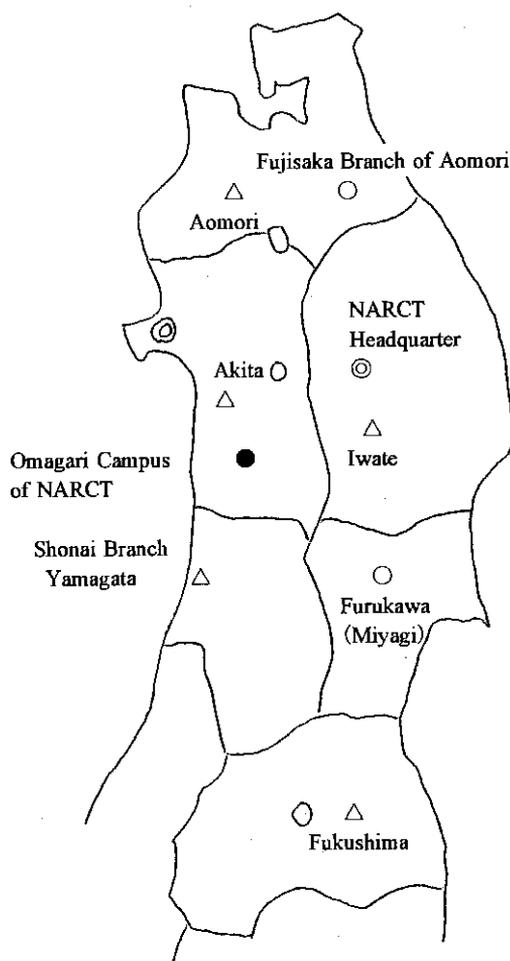


Fig. 2. Rice breeding laboratories in Tohoku.
 ●Region National Institute,
 ○Prefectural AES funded by MAFF,
 △Other Prefectural AES

Pacific Ocean side and about 1800 mm on the Japan Sea side. This is mainly due to the difference in winter snow. Since there are vast forests and lots of dams to hold the water from melting snow, and irrigation canals are completely constructed, drought injuries is unlikely in paddy rice.

Rice is usually transplanted in May and harvested in September. There are more sunshine hours during the rice season on the Japan Sea side than on the Pacific Ocean side, thus the yield is obviously higher and more stable on the Japan Sea side.

However, area planted to rice was decreased gradually from 630,000 ha in 1965 to 433,000 ha in 2000 (Table 1). This is due to the fact that farmers shifted to planting other crops in the 1970's after Japan attained self sufficiency in rice in 1970. Although the rice production decreased remarkably, the Tohoku region contributes about 30% of the total rice production. So the Tohoku region is still an important place as "the rice bowl" of Japan.

The leading rice varieties in 1970 were Sasanishiki, Reimei, Fujiminori and Toyonishiki which have high yielding ability (Table 2). Nowadays, we have Hitomebore, Akitakomachi, Koshihikari and Haenuki which have good eating quality (Table 3). Good eating quality of Hitomebore and

Table 1 Total area and production of rice in national Japan and the Tohoku region

Year	Area (x1000ha)		Production (x1000t)		Yield (t/ha)	
	National	Tohoku	National	Tohoku	National	Tohoku
1955	3222	567	12385	2428	3.96	4.31
1960	3308	604	12858	2730	4.01	4.59
1965	3255	630	12409	2864	3.90	4.63
1970	2923	618	12689	3258	4.42	5.35
1975	2764	631	13165	3475	4.81	5.53
1980	2377	571	9751	2342	4.12	4.10*
1985	2342	572	11662	3302	5.01	5.77
1990	2074	522	10499	2946	5.09	5.65
1991	2049	520	9604	2583	4.70	4.97*
1992	2106	534	10573	2904	5.04	5.45
1993	2139	545	7834	1654	3.67	3.04*
1994	2212	558	11981	3236	5.44	5.81
1995	2118	539	10748	2805	5.09	5.21
1996	1977	503	10344	2807	5.25	5.58
1997	1953	500	10025	2798	5.15	5.60
1998	1801	459	8960	2415	4.99	5.26
1999	1788	458	9175	2577	5.15	5.64
2000	1770	454	9490		5.37	
2001	1700					

Note. 1) Area and production : Total of paddy and upland rice.

2) Yield : Average of brown rice in paddy rice.

3) * : yield affected by cold injury.

Table 2 Leading rice varieties in Tohoku region and the area planted

1960		1970		1980		1990		1995		2000	
Variety	Area(%)	Variety	Area(%)	Variety	Area(%)	Variety	Area(%)	Variety	Area(%)	Variety	Area(%)
Sasashigure	16	Sasanishiki	24	Sasanishiki	32	Sasanishiki	41	Akitakomachi	23	Hitomebore	30
Towada	16	Reimei	19	Kiyonishiki*	18	Akitakomachi	15	Hitomebore	23	Akitakomachi	24
Norin	41	Fujiminori	15	Akihikari	15	Mutsuhomare	9	Sasanishiki	14	Koshihikari	12
Chokai	7	Toyonishiki*	7	Toyonishiki*	13	Koshihikari	6	Mutsuhomare	9	Haenuki	10
Hatsunishiki*	7	Yoneshiro	6	Sasaminori*	3	Hatsuboshi	4	Koshihikari	9	Tsugaru-roman	5

* : Variety developed at NARCT.

Table 3 Characteristics of leading rice varieties in Tohoku region

Variety	Maturity	Culm length	Lodging resistance	Grain yield	Eating quality	Cold tolerance	Blast resistance		
							Gene	Leaf	Panicle
Akihikari	Very early	M	◎	◎	△	△	<i>Pia</i>	◎	○
Akitakomachi	Early	ML	△	△	●	◎	<i>Pia, i</i>	○	△
Sasanishiki	Moderate	ML	△	◎	◎	△	<i>Pia</i>	△	△
Kiyonishiki	Moderate	ML	○	◎	○	△	<i>Pia</i>	◎	○
Toyonishiki	Moderate	ML	○	○	△	△	<i>Pia</i>	●	●
Hitomebore	Moderate	ML	△	△	●	●	<i>Pii</i>	△	○
Haenuki	Late	S	●	△	●	●	<i>Pia, i</i>	○	○
Koshihikari	Verylate	L	△	△	●	●	+	△	△

Note. Culm length, M : moderate, S : short, L : long, ML : between M and L.

● : Best, ◎ : Good, ○ : Acceptable, △ : Poor.

Akitakomachi is derived from Koshihikari known for its famous good eating quality (Fig. 4). However, Hitomebore and Akitakomachi have undesirable characteristics such as weak lodging and blast resistance.

2. History of rice breeding at NARCT

The Department of Paddy farming research at National Agricultural Research Center for the Tohoku region (NARCT) is in Omagari city of Akita prefecture while the NARCT headquarters is in Morioka city of Iwate Prefecture. The Omagari Campus was established in 1896 to develop technologies to increase the rice production in the Tohoku region. We celebrated the 100th anniversary in 1996. It is suitable to do research for rice cultivation and breeding at the Omagari campus because the climate represents the Japan Sea side of Tohoku (Fig. 3). In addition, the climate is favourable for blast disease development which is very serious in the Tohoku region.

Nowadays the Department of Paddy farming comprises six research laboratories. They are rice breeding, soybean breeding, crop eco-physiology, weed control, disease and pest control and soil management. The laboratory for soybean breeding is located in Kariwano town about 10 km west of the Omagari campus.

The rice breeding started in 1910. The famous varieties developed were Rikuu 132 and Toyonishiki. These were cultivated not only in the Tohoku region but also in other regions. Rikuu 132 which was released in 1921 became a representative variety. It was then early maturing, high yielding, with good eating quality, blast resistance and cold tolerance. In 1939 it was planted in about 200,000 hectares in the Tohoku region. However around 1963, it was replaced by the introduction of short culm varieties. But then, most of the leading varieties such as Sasanishiki, Akitakomachi, Hitomebore and Koshihikari as shown in Table 2 were offsprings of the Rikuu 132 (Fig 4). On the other hand, Toyonishiki which was released in 1969 was high yielding and resistant to blast, and with good physical grain quality (Table 3). Unfortunately, Toyonishiki had proved to have poor eating quality, and then the planting area decreased. However it contributed to the improvement of blast resistance as a parent material. For instance, Chiyonishiki and Manamusume, which are resistant to blast and have good eating quality, are the offspring of Toyonishiki.

3. Present breeding targets and the results at NARCT

There are seven prefectural breeding laboratories funded by the government or MAFF (Fig. 2) and these are concentrating on the improvement of eating quality (Chapter IV). However, at NARCT, we

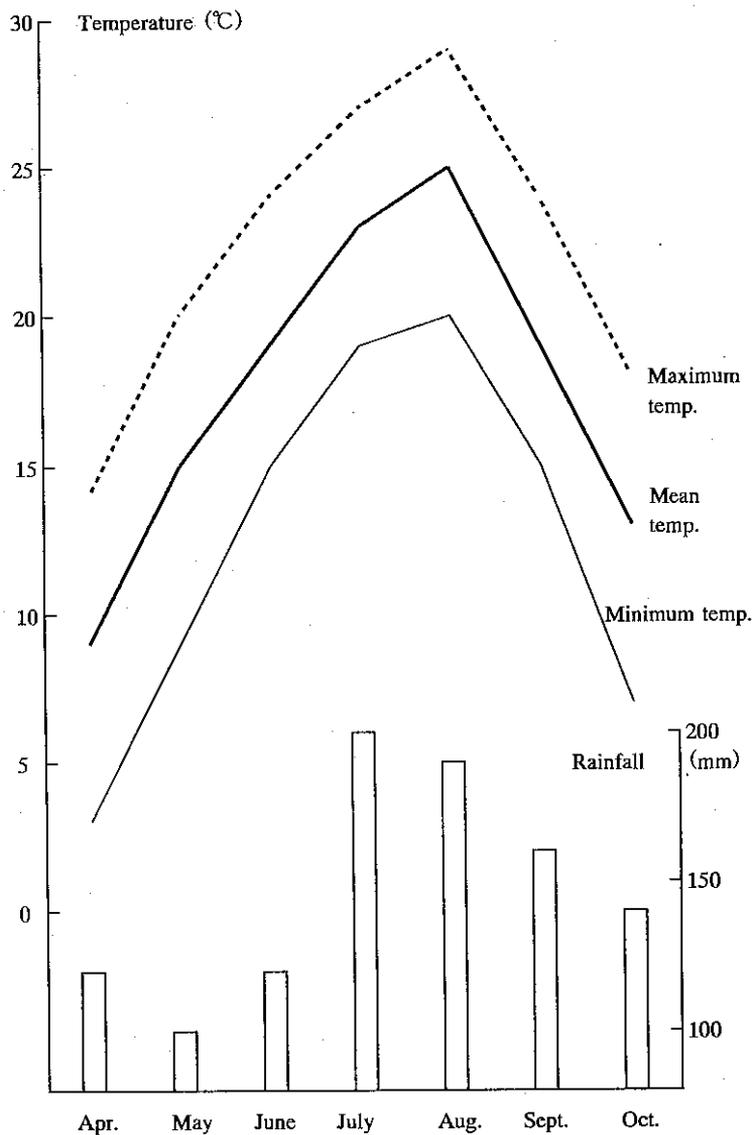


Fig. 3. Temperature and rainfall at Omagari during rice growing season.

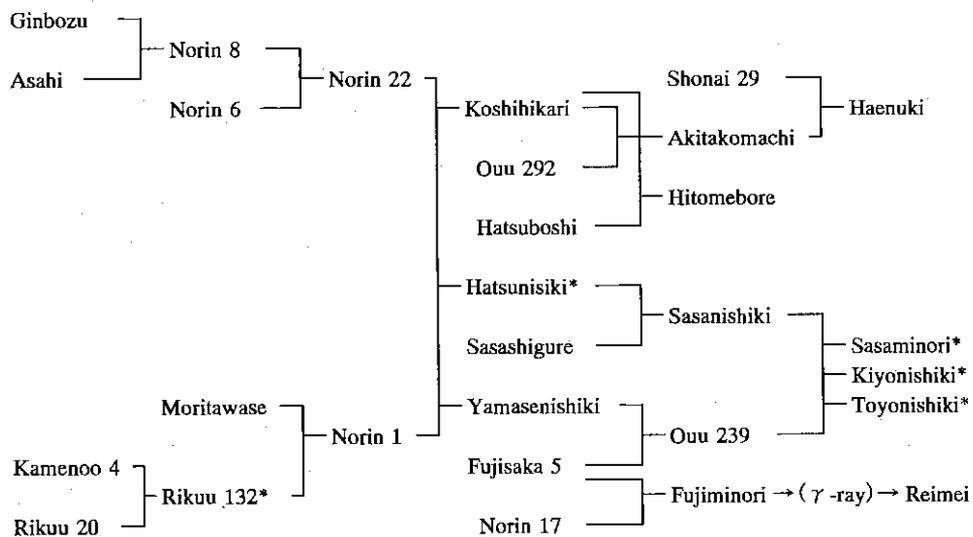


Fig. 4. Genealogy of leading rice varieties in Tohoku region.
* : Variety developed at NARCT.

Table 4 Rice varieties recently developed at NARCT (1993–2001)

Variety (Year released)	Maturity	Grain yield	Eating quality	Cold toleranc	Blast resistance			Others
					Gene	Leaf	Panicle	
Asamurasaki (1996)	Early	△	Glutin.	△	<i>Pia</i>	○	△	Purple grain
Okuno-murasaki (2000)	Early	○	○	△	<i>Pib</i>	?	?	Purple grain
Snow pearl (1998)	Early	○	●	△	+	△	△	Low amylose
Fukuhibiki (1993)	Moderate	●	○	△	<i>Pia, b</i>	○	○	High yielding
Okiniiri (1996)	Moderate	●	●	◎	<i>Pia, i</i>	◎	◎	Blast resistance
Ouuu 354 (2001)	Moderate	◎	●	○	<i>Pia</i>	○	○	Low amylose

Note. ● : Best, ◎ : Good, ○ : Acceptable, △ : Poor, Glutin. : Glutinous

Table 5 National breeding projects conducted at NARCT

Project	Term	Fund (yen) in 2001
Breeding for direct seeding	2001–2004	5,564,000
Breeding for hybrid rice and new characteristics*	2001–2005	5,564,000
Breeding for animal food	2001–2003	2,602,000

* : New characteristics include low amylose, colored rice and rice for ornamental.

have five main targets, which are associated with the national projects (Table 5). Blast resistance and cold tolerance are not included in the projects but are indispensable traits in any breeding targets. The five main targets of NARCT are the following.

First is direct seeding which is very important as one of the ways for low cost production. In breeding, resistance to root lodging and seedling establishment are most important. Breeding has been carried out since 1994, and then some improved strains for root lodging were developed but seedling establishment is yet to be satisfied so far. The use of DNA markers for the selection is now on its way.

Second is high yield which is important for animal foods. We developed Fukuhibiki in 1993 which has an ideal plant type and 10 % higher yield than Akihikari which was once one of the leading varieties with high yield (Table 2, 3, 4). Fukuhibiki consistently yielded more than 8 tons/ha of brown rice. Fukuhibiki even gave 10 tons/ha at Aidu valley in Fukushima Prefecture. Breeding effort is also devoted to develop rice strains with superior yield and biomass as whole crop silage or feed grains. At NARCT, strains that produce exceptionally large grains have been bred for this purpose. It is found that their grains are suitable for feed grains because large grains are associated with high yield, distinguished from ordinary varieties and broken easily.

Third is hybrid rice, which technology has become a very popular approach in many rice-growing countries to overcome the stagnating yield potential of the current inbred rice varieties. Although the technology itself has not been of prime interest among Japanese rice breeders, we have embarked on the study of hybrid rice and heterosis for generating more basic knowledge. Then we decided to go for indica-japonica hybrids. Takita et al. (2000) confirmed that yields of the hybrids are more than 20 % higher than Fukuhibiki. We also found that the japonica-indica hybrid can be high yielding on account of the effect pyramiding the good characteristics from both of the indica and japonica (Table 6). For instance, japonica is superior in cold tolerance and long ripening period, while indica is superior in plant type and photosynthetic ability. Luckily, indica-japonica hybrid can possess all of these superior characteristics. More research on this aspect are currently going on.

Fourth is colored rice, of which the grains seem to be good for health because the colored rice

Table 6 Pyramiding effects of important traits in japonica-indica hybrid (Takita et al. 2000)

Type	Tolerance to low temperature	Plant type	Sink size	Length of grain ripening	Leaf Senescence	Yielding ability
Hybrid(J/D)	○ tolerant	○	○	○ long	○ late	◎ stable
Japonica	○ tolerant	△	△	○ long	○ late	△
Indica	× susceptible	○	○	× short	× early	△

◎ : Very good, ○ : Good, △ : Moderate, × : Poor.

grains contain some physical functional matter such as anthocyanin. They have not been improved for a long time. So we developed glutinous Asamurasaki with purple grains in 1996. Since the grains have the attractive purple fresh color, they are used as natural color materials in the food industry. In addition we developed the nonglutinous Okuno-murasaki with purple grains in 2000. Since Okuno-murasaki has nonglutinous large grains, it can be used as material for colored rice, colored rice wine and others. The nonglutinous red rice strain Ou 370 will be released next year. Colored leaves and panicles are also interesting because they give beautiful scenery. We have already developed some strains which possess purple panicles or red panicles with conspicuous long awns.

Fifth is low amylose content which is useful for processing. We developed Snow pearl with low amylose content grains, which has good eating quality in cold rice condition and is suitable for instant food processing. It is also suitable as mixing material for low eating quality rice grains. We also developed Ou 354 with low amylose content grains, however its low amylose gene is different from Snow-pearl. Furthermore, it has short culms.

II. Procedure of hybridization, selection and yield trials at NARCT

1. Planning of hybridization and crossing method

It is very fundamental that plant breeders should have broad knowledge about the materials used in crossing and generating new populations. The genetic traits of the parental materials, especially the major resistance genes and the other major traits that they possess, should be properly recorded. This is to ensure that crossing work results in the desired complementation of these traits in the F1 generation.

New genetic resources such as mutant lines and back-cross inbred lines that have been developed and thoroughly characterized in other breeding stations and research institutions are a common source of novel genetic traits. Generally, breeders in Japan avoid the use of lines or varieties that have vague background or origin and lack proper characterization of the traits that they intend to utilize in the hybridization program. They are practically careful in introducing new traits into their cultivated germplasm. Also, knowledge on parental backgrounds will provide easier evaluation of the resulting progeny lines.

A discussion meeting for the cross planning is usually held in March just after the regional winter conference for rice research, in which new breeding lines are reported. About 50 combinations are planned for ordinary targets. But more than 100 combinations are planned for breeding research.

At the NARCT, hybridization work usually starts in late July and can be done continuously until the end of August. Although off-season hybridization is possible inside the greenhouse with a heating device, it is not efficient due to the unfavorable weather.

Parental materials are planted separately in the field and sometimes are from the observational

plots. Breeders opt for staggered planting to attain the synchronization of flowering. The main technique to sterilize the maternal plants prior to crossing makes use of an automated water bath that is commercially available.

At the heading stage, female plants that have unopened spikelets are potted out in late afternoon and taken inside a shaded area or cool dark room. This is to prevent the opening of flowers before sterilization time the next morning. One of the options is to store the potted plants inside an air-conditioned room, however this practice may cause difficulty in the opening of sterilized spikelets. On the other hand, male panicles are also taken in late afternoon and put in test tubes containing water, and then they are kept in a warm room to enhance the opening of flowers the next morning. Furthermore, there is another option to induce the opening of flowers in male parents. It is simply to immerse their panicles in a hot bath at 43 °C for 40-50 seconds which is used for sterilization. These treatments are very efficient for doing the crossing earlier. After the confirmation of spikelet opening in male panicles, the sterilization of female plants is achieved by immersing the panicles into the hot bath at 43 °C for 5 to 7 minutes. Heat-treated female spikelets are allowed to open soon after the treatment, and then spikelets that fail to open are removed using ophthalmology scissors and this requires lots of labor. Then the remaining opened spikelets are cross-pollinated in an isolated area with male parents as soon as possible.

2. Generation advance and bulk selection

Most of the F_1 seeds are sown in a green house in September soon after the cross-pollinated seeds have ripened. They are usually harvested in February, and then the F_2 seeds are sent to other stations for generation advance. F_1 seeds that are not sown in the green house are grown in a field next season. Then, the F_2 seeds either go to generation advance just one year later or to F_2 bulk selection the next year, which is not common in Japan.

The majority of the breeding stations in Japan have limited capability for rapid generation advance because of the unfavorable winter conditions. Through close collaboration with the Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS) in Okinawa, F_2 seeds are shuttled from the NARCT to JIRCAS station for early generation advance by bulk method. Bulk F_2 and F_3 populations are maintained without selection at JIRCAS, then the F_4 seeds are sent back to NARCT and planted as bulked populations (Fig. 5).

Individual plant selection is usually done for the F_4 generation according to breeding objectives. At this stage, selection is done for plant type, culm length, blast resistance and for highly heritable traits based on the criteria in the field. Three to four panicles are taken from each selected plant to constitute an individual line in the next generation. About 50 grain samples are dehulled for visual inspection of their physical grain quality. Plants that have poor grain quality are discarded.

3. Pedigree selection and family line selection

As illustrated in Fig. 5, the selected F_4 plants constitute single lines or pedigrees in the F_5 . The single lines are planted in 3 m long two-row plots. The distance between hills is 15 cm and the distance between single lines is 30 cm. About 36 seedlings are transplanted per single line. Each line is observed for maturity, plant type, yielding ability and segregation, and finally each of the single lines is selected by interests of the breeders. All of the selected lines are then evaluated for viviparity (tendency for early sprouting). Lines that exhibit a lesser extent of germination or strong dormancy are selected. Then three to four panicles are taken from each of the selected five plants in each

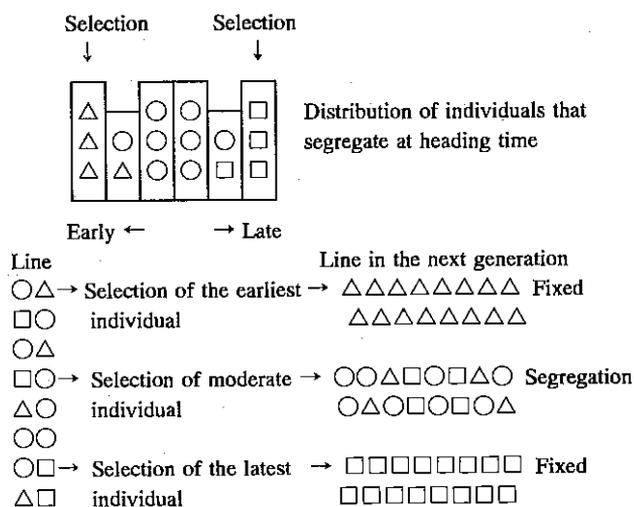


Fig. 6. A model of both ends selection in the segregating line at heading time (Takita 2000).

selected line. The physical grain quality of individual plants is examined from the harvested seeds in the same way as in bulk selection. As a result, some of the lines are further discarded and finally the five plants from each line will constitute one family lines in the next F_6 generation.

Once the single line is selected in F_5 , the remaining seeds are collected together, and are used for the preliminary yield trial (Y trial). Some tests for important traits such as cold tolerance, the resistance to leaf and panicle blast are concurrently conducted. Consequently, in the next F_6 generation, the selection is not only based on observation of the lines but also yield trial and other tests. As a result, families are selected first, then each of the superior lines in the selected families is selected in the same way as the single line selection. When the F_6 lines are segregated, the breeders select the most uniform line within a family. After field selection, data on yield, physical grain quality, grain size, eating quality in the grains are taken, and more undesirable families are discarded. Finally, only 10-20 % of families are maintained every year.

This progeny selection provides a good system for simultaneous purification of lines during performance tests. It further ensures the availability of breeder seeds for subsequent multi-location trials. At the NARCT, the progeny lines are maintained to achieve accurate purification and countercheck. Breeders constantly examine the segregation, maturity, plant type, panicle type, resistance to blast and overall phenotypic acceptability of each progeny line in the field and select for advance trials. If segregation of heading time or culm length are observed within the line or within the single family lines, breeders generally select the type on both ends, that is the earliest type or latest type, or shortest type which seem to be homozygote genotypes (Fig. 6, Takita 2000). It is confirmed that both end selection is reasonable and efficient to get fixed lines in the next generation. This process of progeny selection is continued until a line is discarded or stopped to maintain the high purity of breeder seeds.

4. Yield trials and selection

Entry lines in the Y trials are normally planted in 4-row plots, 5 m long, 30 cm apart and with 15 cm distance between hills which makes 19 hills/m². Single hill usually contains three to four seedlings. Fertilizer is applied at the rate of 60 kg N/ha before transplanting and 30 kgN/ha 20 days before heading time. Planted in one replication, the entries are grouped according to maturity and breeding

objectives. Observation of the lines is usually done at the tillering stage for evaluation of initial growth, at heading time for recording the heading date and at maturity for recording the date of maturation, lodging score and other pertinent information. When the line proved to have undesirable traits such as weak blast resistance and low yield, it is discarded right in the field and is never harvested in the yield trial.

For yield determination, the two-inner rows of 40 plants are harvested from the 1.8 m² portion of the plot, and their total weight and that of the threshed grains are measured on a hectare basis. The grains are dehulled and screened on a sieve with 1.8 mm mesh, then the yield of brown rice is measured at 15% moisture content. It is standard in Japan to express the grain yield in terms of brown rice yield per hectare.

After the yield determination, a portion is set aside for evaluation of the physical grain quality and 1000-grain weight, and the other portion is used to determine the eating quality of cooked rice, as shown in chapter III. Usually conducted in winter, this is a long process and it takes several months to evaluate all the entries.

All Y entry lines are also planted in the nursery for the evaluation of leaf and panicle blast resistance, and cold tolerance. A viviparity test using panicles in yield trials is also conducted in autumn. The results from these tests are integrated with the data from the yield trials to form the basis for elevating the lines to advanced yield trials designated as K trials. In addition, breeders also take note of the field performance of the corresponding family lines in the pedigree field. When the Y entries show extreme variation among lines within a family, they may either be discarded or further purified. Then, only 10-20 % Y entries remain every year.

At the NARCT, new lines that are to be evaluated in the advanced performance tests bear the Ukei name and code number (e.g. Ukei 343). Hence about more than 20 new Ukei lines are added every year. Then the Ukei lines become the candidates for new important lines bearing the Ouu name and code number subjected to varietal recommendation test (VRT) or multi-location test at the prefectural Agricultural Experiment Station (AES) as shown in chapter IV. In the K yield trials, all of the Ukei and the Ouu lines are planted together in the same field with two replications. In addition, another cultivation method such as high N condition or direct seeding are used to evaluate further field performances. At the NARCT, randomized complete block design is not adopted in the yield trials because it is too troublesome to plant and observe in the breeding testing lots of lines. Instead, one or two check varieties are planted in every ten entries to distinguish the difference between the checks and testing entries. Furthermore, Ukei lines are sent to other AESs to evaluate the local adaptability. Other treatments are the same as the previous Y trials.

In winter, after integrating all of the data, less than 10 Ukei lines are finally selected. Then only two or three Ukei lines, which are obviously outstanding in both of the check varieties and old Ouu lines, are selected and given the new Ouu code (e.g. Ouu 371). Thus, Ouu lines result from final selection in the breeding laboratories. On the other hand, the other remaining Ukei lines continue to be evaluated again with the same Ukei number. This must be done before the regional winter conference because the new Ouu lines are to be reported during the conference.

5. Seed storage for advanced lines

All of the Ouu lines generally must be sent to the prefectural AES for the VRT until they will be discarded or recommended for new release. In the Ouu line stage, the K yield trials and the tests for important traits are conducted concurrently. In addition, seeds must be propagated to prepare for

wide multi-location test in prefectures. When one of the Ouu lines is recommended for new release by prefectures, the breeders seeds or the lines are shared.

After the Ouu lines are finished in VRT, the seeds are stored as gene sources in two places. One is the breeding laboratory at the NARCT which developed the lines, and the other one is at the National Institute of Agro-biological Science which manages the research project on gene resources and possesses large long term seed storage rooms. The seeds are available and free of charge only by requests from researchers at the National Institute, otherwise they are not free but available.

III. Important traits and the screening methods at the NARCT

Japan has a considerably large breeding network for rice improvement that is distributed throughout the main archipelago stretching along a 2,000 km northeast to southwest axis. The different agro-ecological regions of Japan reveal some distinct characteristics and striking differences in climate pattern that necessitate the development of specifically adapted rice varieties. The NARCT is one of the five regional National Agricultural Research Centers funded by the MAFF to undertake specific breeding objectives for paddy rice. Among the regional centers, the important traits at the NARCT have been cold tolerance and blast resistance. The other ones such as viviparity and grain quality are important throughout the country. To select the superior varieties, breeders have made efforts to improve the screening method. The following methods are presently used to evaluate the important traits.

1. Cold tolerance

In the Tohoku region, tolerance to cool temperature is one of the most important traits that have to be incorporated into the lines of rice. Irrigation water coming from the mountains is supplied to the paddy at a temperature of about 15 to 18 °C from May to June. The low water temperature during this stage causes the typical yellowing of leaves and sometimes death of non-tolerant seedlings. In this tolerance, indica is very susceptible while japonica is very tolerant. Low temperature during the vegetative growth causes delayed heading due to growth retardation, resulting in yield decrease associated with incomplete grain ripening. However, the damage caused by delayed growth is no longer serious nowadays because farmers use the early maturing varieties.

The damage at the reproductive stage about 12 days before heading is most serious because it causes the yield decrease directly. Such severe cold injury caused by cold wind called Yamase occurred six times during the past 30 years (1971, 1976, 1980, 1981, 1988 and 1993). The damage in 1993 was the most serious with more than 50 % yield decrease in three prefectures (Aomori, Iwate and Miyagi) in the Tohoku region. Hence we are concentrating on the tolerance at the reproductive stage (Takita 1994).

Spikelet sterility is a result of cold damage during the reproductive stage. Researchers generally believe that the meiotic stage of pollen formation is most sensitive to low temperature. Abnormal growth of pollen mother cells and incomplete separation of tetrad microspores have been commonly observed as direct effects of cold damage. The genetics of cold tolerance has been intensively studied in Japan. On the other hand, some reports suggest that the damage at heading time is also associated with sterility. However, the evaluation has not been conducted in breeding.

In most breeding stations in Tohoku, screening the breeding lines for cold tolerance is done by means of an automated system where cold irrigation water at a temperature of 19–19.5 °C can be

Table 7 Check varieties for cold tolerance in Tohoku region

Maturity	Tolerance level				
	2(very tolerant)	3-4	5(moderate)	6-7	8(very susceptible)
Very early	Hamayutaka	Cyubo 36	Kitaou	Hayanishiki	
Early	Hananomai	Yamauta	Reimei	Akiahikari	Hideko-mochi
Moderate	Todoroki-wase	Koganehikari	Akihomare	Toyonishiki	
Late	Koshihikari	Ozora		Norin 21	

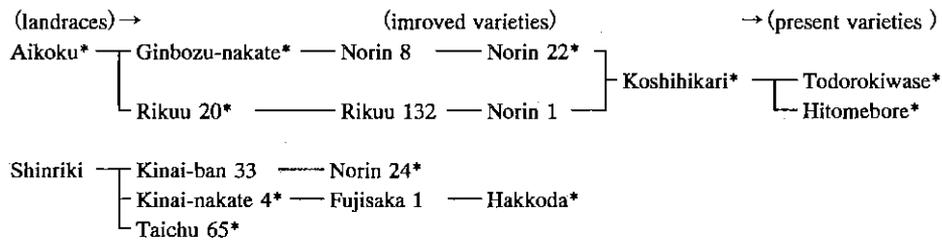


Fig. 7. Genealogy of cold tolerance in Japanese rice varieties.
* indicates tolerance (Sasaki and Matsunaga 1985).

maintained in the nursery. The facility makes use of thermo-sensors installed at several points in the nursery that are connected to the electronically controlled water pump unit. When the temperature in the nursery goes up, the pump automatically draws cold water from the well and supplies it to the nursery to maintain the screening temperature. The cold water is maintained at 20 cm depth from panicle initiation to the heading stage.

There are check varieties in each maturity group (Table 7). The evaluation is done together with the same maturity group. The degree of spikelet sterility is generally used to evaluate the tolerance of the entries with the scale 1 : 10 % to 9 : 90 %. For instance, 8 to 9 will be scored in susceptible varieties such as Akiahikari and Sasanishiki, and only 2 to 3 in more tolerant varieties such as Koshihikari and Hitomebore. By this method, tolerant lines can be separated from the non-tolerant ones by evaluating only five plants per entry.

In addition, breeding lines bearing the Ukei name or Ouu name are sent to several stations such as Furukawa where there are cold tolerance testing fields to evaluate the spikelet sterility. This evaluating system is very effective because breeders can have a general conclusion through the tests. Moreover, the data can be used directly when the breeder failed the test at their station. The same system is also being used in leaf and panicle blast tests.

Breeders take advantage of the high additive effect of the cold tolerance genes that allows them to pyramid these genes into the new varieties to increase their tolerance. For instance the most tolerant Hatajirushi (old name Jodeki) was released in 1997 and it showed a normal yield in the year 1993 when the most severe cold damage occurred. Since the tolerance was more than both of the parents, its tolerance is then the result of pyramiding effect. Sasaki and Matsunaga (1985) found that the cold tolerance is obviously inherited from the parents by descendants (Fig. 7).

2. Resistance to leaf blast

Rice blast caused by the fungal organism, *Pyricularia oryzae*, is the most serious disease in the region. The relatively high humidity during the growing season is very adaptable for blast disease development. Incidentally, the most popular varieties that are grown in Japan, such as Koshihikari

and Sasanishiki, are very susceptible to blast, so many farmers resort to extensive use of fungicides to control the disease.

In breeding for blast resistance, rice breeders emphasize the importance of field or partial resistance over true or complete resistance. Partial resistance has quantitative inheritance that is governed by polygenes with additive effect. On the other hand, complete resistance is qualitatively inherited and conferred by single genes with major effect. The latter is based on the ability of a pathogen race to infect a specific range of hosts. Massive deployment of complete resistance in the field is believed to result in rapid breakdown of the resistance when the pathogen evolves into a more virulent strain, thus giving rise to an endless arms race between the host and the pathogen. Partial resistance appears to be more stable against the changes in the pathogenicity of the blast fungus.

In 1963 and 1964, a well-known and massive outbreak of blast disease occurred in three prefectures of the Kanto region north of Tokyo. It resulted from the breakdown of the blast resistant gene *Pik* in Japanese cultivar Kusabue and this occurred just two years after its release. Since this was the first breakdown after the first use of complete resistant genes, breeders were shocked seriously. Subsequent introduction of the other major resistant genes showed similar patterns, i. e. they lasted for only a few years. This prompted rice breeders to utilize partial resistance as a strategy to develop varieties that are more durable to the blast disease. In this sense, Toyonishiki with strong partial resistance has illustrated a good example in durable resistance (Table 2, 3). Complete resistance should be combined with partial resistance, or used in the development of multi line varieties. There are now some multi-line varieties but only the Sasanishiki multi line is presently cultivated. However, it is likely that a breakdown of all of the resistant genes in the Sasanishiki multi-line may occur in the near future.

Breeding materials are rated for blast resistance according to a standard scoring system (to be described later) with scales from 1 (strongest) to 9 (most susceptible). Breeders normally recommend varieties with a partial resistance score of 3 to 4, that is resistant to moderately resistant, but a score of 5 to 6 is also acceptable when the variety possesses other excellent traits. Breeders never give the highest score of 1 because they always leave room for improvement. The partial resistance of breeding lines is also evaluated in different stations such as Fujisaka in the same way as the evaluation for cold tolerance.

For screening the lines for partial resistance to leaf blast, seedlings are raised in the nursery under upland conditions. The entries and check varieties are laid out in half-meter furrows. The susceptible spreader variety is sown on the border and along the middle of the one-meter-row plots. In the beginning of June, more than 2000 entries including the check varieties are sown to evaluate the resistance against blast race 037.3 at the NARCT. This blast strain is compatible with plants having the true resistant genes *Pii*, *Pia*, *Pik*, *Pib*, *Piks*, *Pikp* and *Pikm*. The susceptible variety Inabawase is used as the spreader. Check varieties that exhibit known reactions to the blast strain are planted in every 50 entries. Three weeks after sowing, when the seedlings reach the 4 to 5 leaf stage, inoculation of the susceptible border plants is done by spraying with spore suspension taken from pure culture of the blast fungus. The nursery is isolated from the other plots by putting a net fence around the area. The net also serves as a wind break to promote formation of dew on the leaves, which is favorable for rapid growth of the blast fungus. The humidity during the rainy season from June to July is also effective. The rate of development of blast lesions generally depends on the humidity in the area. The Inabawase plants that show susceptible lesions one week after the inoculation are pruned and the leaves are scattered all over the nursery to spread the disease through the spreader plants.

Table 8 Scale for blast evaluation (Asaga 1981)

Scale	General description	Diseased leaf area
0	No susceptible blast lesions	0%
1	Few susceptible blast lesions	1%
2	A few susceptible lesions	2%
3	Intermediate number of susceptible lesions	5%
4	Many susceptible lesions	10%
5	A great many susceptible lesions and few dead leaves	20%
6	A few dead leaves	40%
7	Intermediate number of dead leaves	60%
8	Many dead leaves	80%
9	Extensive dead leaves	90%
10	Majority of plants are dead	100%

Table 9 Check varieties for partial leaf blast resistance in Tohoku region

Resistance gene	Partial resistance level				
	2(very strong)	3-4	5(moderate)	6-7	8(very susceptible)
+ or <i>Pia</i>	Cyubu 32	Kiyonishiki	Norin 41	Sasanishiki	Koshihikari
<i>Pii</i> or <i>Pia</i> , <i>i</i>	Todoroki-wase		Fujisaka 5		Inba-wase
<i>Pik</i>		Himeno-mochi	Mangetsu-mochi		Kusabue

About 5 weeks after sowing, the entries begin to exhibit the susceptible lesions and scoring of all entries is done every three days using the Asaga scale (Table 8). The average of three consecutive readings is computed for assessment of partial resistance. There are check varieties in each group of true resistant genes (Table 9). The final evaluation is done by comparing the data with check varieties.

3. Resistance to panicle blast

Breeding emphasizes resistance to panicle blast because it causes severe damage to yield and no chemical control is available. At the NARCT, evaluation for resistance to leaf and panicle blast disease is being done in separate nurseries. For panicle blast evaluation, the nursery must be situated in more humid condition to achieve a higher infection rate. When the air condition is dry, the incidence of panicle blast may be very low to allow accurate evaluation of susceptibility level and selection of resistant lines. An option to increase the humidity, particularly the amount of dew on the panicles in the morning, is to install water sprinklers around the nursery and sprinkle in the evening or to put a net fence around it for a wind break.

At the NARCT, test entries are planted in two adjacent rows like the pedigrees. The whole plot is surrounded by the susceptible spreader variety Inabawase, planted at both ends of the rows. Check varieties are also planted at regular intervals. Evaluation is done when the grains are half-matured (about 20 to 30 days after heading) to easily distinguish the blast-damaged panicles. The entries are scored for resistance using the modified Asaga scale (from 0 to 9), which is based on the percentage of blast-damaged spikelets. This scoring system is good enough for the evaluation of susceptibility level although the evaluation is done only by observation.

4. Identification of true blast resistant genes

The majority of the rice varieties that are cultivated in Japan possess true resistant genes either *Pii*

or *Pia*. A few varieties contain *Pik*, *Pita-2* or *Pib* genes. When exposed to the blast fungi that are compatible with the resistant genes, some varieties would exhibit susceptible or resistance reaction at varying degrees due to the partial resistance. Before a promising line is to be recommended as a variety, breeders are normally required to submit information about the partial resistant and the complete resistant genes in the line.

On the other hand, prior to the evaluation of partial resistance of the breeding lines, it is an important prerequisite to identify the true resistant genes that they possess. It would be impossible to evaluate partial resistance of the lines without knowledge of the true resistant genes that they possess, and it could be extremely difficult when the lines possess so many true resistant genes. In Japanese varieties, only one or two major genes are normally maintained.

At the NARCT, pure cultures of the important blast races are maintained in the laboratory of disease and pest control for pathogenicity testing. Blast lesions taken from the differential cultivars are used for single spore isolation. The blast isolates are purified from single colonies and maintained in test tubes containing potato dextrose agar (PDA) medium. When inoculation is to be conducted, the fungi are serially propagated in oatmeal agar medium until they produce spores. The spores are harvested by brushing and then mixed with water to produce the inoculum. Inoculation is done by spraying the spore suspension on the test plants. True resistance is identified by determining the compatibility of the lines with a set of blast races through the pathogenicity test.

5. Viviparity

Viviparity (tendency for early sprouting) is an important trait that affects grain quality and storability. There is a rainy season from August to September when rice reaches the harvesting time (Fig. 3). In a spell of rainy days, grains of Japanese varieties have the tendency to sprout due to enough moisture and temperature.

For the test, three panicles are taken from each entry or plot or line with check varieties, and then they are kept in a moisture chamber at 30 °C for one week. The entries are scored for the germination rate from 0 : no germination to 9 : 90% germination and then evaluated by comparing them with the check varieties.

6. Physical grain quality

With the oversupply of rice in Japan, along with the declining rate in rice consumption, breeding efforts have given more importance to the generally preferred physical quality of grains and eating quality of cooked rice. The overall quality of rice is related to a number of factors like those of storability, nutrition value, eating quality and processing characteristics. However, at the present situation, breeding procedures for new rice cultivars give primary importance to the physical appearance of brown rice which is associated with milling recovery. The grains with large white belly or white core are not favorable. Grains susceptible to cracks are out of the question. Small grains are neither favorable because they are likely to fall down through the sieve.

During selection of individuals and the progenies in the subsequent generations, breeders at the NARCT evaluate the physical appearance of the grains according to their established scoring system for quality inspection (scale of 1 : best to 9 : worst). Generally, lines that have high frequency of white belly, white core, milky-white, white back and cracked grains are discarded during the evaluation. The glossiness of the grains is also considered in selection. Advanced lines in the yield trials are also subjected to grain quality inspection. When the advanced Ouu lines are sent to the

varietal recommendation test, confirmation is done at the different stations for grain quality of the entries by comparing them with a given control variety using the same criteria.

7. Eating quality

Eating quality is believed to be the most important trait in rice as far as Japanese consumers are concerned. Eating quality greatly affects the market value. Competition for eating quality in the market has triggered the development and production of new varieties with excellent grain appearance and taste. High demand for such varieties has led to the development of new cultivars in Tohoku such as Akitakomachi and Hitomebore. These varieties have earned high reputation in the market and became the leading varieties now in the region owing to their quality that is comparable with that of the popular Koshihikari and Sasanishiki. Generally, in the high-quality rice varieties, an average wholesale price is more than 300 yen/kg of brown rice.

The amylose content of the grain starch has been regarded as a major factor that determines the starch quality thus, eating quality of cooked rice, although it is believed that other factors may affect the overall palatability. Recently, the auto-analyzer system specified for starch analysis of rice grains, particularly amylose content, has been adopted for rapid evaluation. Most japonica cultivars have amylose content of about 20%. Koshihikari and Sasanishiki, which are highly preferred by Japanese consumers, have relatively low amylose content of 16% to 18%. They have sticky and glossy appearance when cooked. The prevalent temperature during the grain ripening period affects the amylose content of rice varieties, thus, the amylose content of rice grains produced in colder places like Hokkaido tends to be higher.

Although most breeding stations have the capability to quantify the amylose content, breeders rely mainly on sensory evaluation for selection. The reason is simply that there are no instruments which can compete with human senses. In addition, once the eating quality test is established, it is not laborious.

At the NARCT and other breeding stations, sensory evaluation of cooked rice is based on three criteria : physical appearance (whiteness and glossiness), stickiness and overall taste. Among the criteria, stickiness and glossiness are obviously associated with the overall taste. Since stickiness and glossiness are evaluated without eating, the overall taste is evaluated without much difficulty.

In the sensory evaluation, the samples taken from the yield trials are milled using a portable miller and boiled in electric rice cookers. Three entries are usually evaluated with two check varieties at one time. The two checks are usually one with good eating quality and the other one with poor eating quality. The scoring system has scales of +1 to +3 as better, 0 as equal, and -1 to -3 as poorer than the good check. The average score for each entry is calculated and used.

8. Adaptability for direct seeding

The declining price of rice in the Japanese market compels many farmers to expand their area of cultivation. Despite the remarkable increase in the rate of farm mechanization in Japan, problems such as the rapid ageing of the farmers and the diminishing amount of labor force in the field have confronted rice agriculture. On the average, the cost of rice production amounts to about 1.2 million yen per hectare, more than 10% of which accounts for the cost of raising and transplanting the seedlings. These important concerns are being addressed by rice breeders through approaches that reduce the amount of labor required for rice cultivation, and one of them is direct seeding technology.

In Japan, direct seeding is mainly divided into two methods i.e. dry seeding and water seeding.

Dry seeding was carried out a long time ago and is still carried out in some special places. However, since puddling and leveling are not conducted in dry seeding, it was found that there are problems for seedling establishment and weed control due to rapid water percolation. In addition, dry seeding tends to be considerably late in seedling emergence and therefore considerably late in heading time. Hence, we concentrate on water seeding which is being practiced in mechanized ways such as broadcast seeding (on the surface of flooded soil) and anaerobic drill seeding (under the surface of flooded soil). Farmers commonly facilitate the practice of anaerobic seeding by coating the pre-germinated seeds with oxygen-releasing chemical Calper (calcium peroxide) because it is effective for stabilizing seedling establishment and root lodging. However, since the coating technology requires additional labor and costs, many farmers demand varieties that can establish well in anaerobic condition upon sowing without any chemical treatment. More breeding effort is deemed necessary to improve the performance of rice varieties under this condition. However it is likely that it will take time to improve such characteristics.

On the other hand, root lodging is a serious problem when rice is seeded on a soil surface by an ordinary broadcast method. Shorter stature, stronger culms and greater root anchorage confer higher tolerance to root lodging. Aside from its importance in direct seeding, lodging tolerance is a valuable trait for mechanized harvesting and for maintaining good grain quality. Breeders have been trying to incorporate thick, non-bending culm and vigorous rooting characteristics from different sources into japonica varieties in order to impart better root lodging tolerance. Since there are some Japanese varieties with strong resistance to root lodging it is likely that the improvement will be achieved soon.

At the NARCT, the adaptability to direct seeding is mainly evaluated in the yield trials by water seeding. In the test, chemical Calper is not used. Germinated seeds are sown on a soil surface in five rows using the drill seeding method, and then water is supplied until it is 10 cm deep. The other method is almost the same as in yield trials by transplanting. In the test, seedling emergence is fast and good because the water contains enough oxygen and gets warm by the sun. The problems are lodging in the seedling stage and ripening stage. The lines showing good resistance to lodgings and high yields are selected.

9. Adaptability for multi-location

At the NARCT, a local adaptability test is necessary to evaluate the wide adaptability of each Ukei lines which are the candidates for new Ouu lines. Breeders consider that the performance in other places are very important in the selection of outstanding lines. Japanese breeders are convinced that the outstanding performance of a line should not be site specific. Therefore local adaptability trials are being conducted in Japan.

The NARCT has eight prefectural Agricultural Experiment Stations (AES) to do the local adaptability tests which are supported by the MAFF. In addition, the NARCT has five more AESs where breeders themselves exchange materials with each other. Thus, the NARCT has a total of 135 entries at 13 places. Each line is usually sent to two or three places. Since each place has a different environment, lines should be sent to the places suitable for evaluation of the line specific trait, e. g. blast resistant lines, for places suitable to evaluate the disease.

IV. Breeding in prefectures and the rice varietal recommendation process

1. Breeding programs in prefectures

Rice is normally grown in Japan from April to October, but growing conditions vary from the Northern to the Southern parts of the country. Even within a region or within a given prefecture, growing environments for rice may have considerable variation. Temperature regime, paddy soil condition, topography and rainfall distribution are some of the factors that contribute significantly to this variation. Therefore, specific rice varieties adapted to the prevalent conditions in the region or prefecture must be developed to attain stable rice production.

On the other hand, the highly localized approach to varietal development has evolved as a result of demands from local farmers' cooperatives. The largest farmers' cooperative system in Japan is the Japan Agriculture (JA). This organization has many functions, and one of them is to provide an effective channel through which farmers can send their produce to wholesale markets. Within a prefecture, there are several JA district units that purchase the brown rice produced by farmers in the district and transfer it to the prefectural JA connected with the nationwide JA. More than 70 % of the collected rice is distributed to wholesale markets throughout the country where the price of rice is decided by a bidding system or negotiations between selling and purchasing parties. About 20 % is bought directly by the government at a subsidized price in order to achieve stability in prices and demand. In the market, where competition is high, rice varieties that have excellent qualities are generally sold at higher prices. So, it is very important among the local producers and the JA to have a choice of varieties that are highly adapted in their locality and at the same time command higher price in the market.

The prefectural government responds to these demands of farmers by setting up localized breeding programs to develop locally adapted varieties that have greater competitive ability in the market. Many prefectural AES have developed their own flagship varieties through this system, such as Akitakomachi for the Akita Prefecture and Hitomebore in Miyagi Prefecture. Thus, each of the six prefectures that comprise the Tohoku region namely : Aomori, Akita, Iwate, Miyagi, Yamagata and Fukushima, has at least one established AES that undertakes a breeding program for rice and other important crops in the locality. The prefectural breeding is either funded by the prefecture or by the MAFF.

2. Process of rice varietal recommendation in prefectures

In Japan, the prefecture has a role to release new varieties and to supply the seeds to farmers. Seed committees for rice are designated under a law by the MAFF. Hence each prefecture has its own seed committee for rice. The committee members are usually leaders of the AES, JA, extension offices and administrative office in charge of rice. The set of the tests to release new varieties is called the varietal recommendation test (VRT), which is carried out independently from the breeding in each prefecture and is administered partly by the MAFF fund. Since the tests are conducted in most of the prefectures concurrently it is also called the multi-location test.

In the VRT, most of the newly released advanced lines are tested. Advanced lines produced in each breeding laboratory in Japan bear the each characteristic local line name instead of a lengthy pedigree number for the purpose of identification (eg. Ouu ### for lines bred at the NARCT, Akita ###' for the Akita AES lines, etc.). Most of them are sent to the prefectural AES and evaluated in the VRT. The local line information in the test is maintained by systematic recording and computerized

data base management. This system makes the identification of the lines and the evaluation of important traits more simple using data base analysis.

The tests to release the new varieties start from the VRT in the prefectural AES. In the first year, the AES selects the promising lines from those sent by the breeding laboratories. And this includes the breeding lines developed at their own AES. The lines that have shown outstanding performance or useful characteristics are elevated as promising lines. This is called preliminary yield trial in the VRT. The method of this test is almost the same as the yield trial in the breeding.

In the second year, selected lines are planted under two cultivations condition such as standard nitrogen (N) level and high N level. In addition, a few special outstanding lines, which are the candidates for new release, are planted at the various places in the prefecture. The latter is called to local adaptability test in the VRT and is carried out by extension officers and farmers in each district. Since the extension officers observe the growth and report the data about yield and grain quality in the district, they also have the responsibility to release new varieties. Then the same test must be continued for one more year. These sets of tests are called advanced yield trials in the VRT.

As the results over more than three years, in the prefecture where a line has shown consistent performance, or special characteristics that satisfy the preferences and demands of the local farmers and consumers, the line is recommended to the seed committee with all of the data including the VRT and the breeding. When the seed committee approves the line, it can be a variety for new release. The newly recommended line tends to be that developed in its own prefecture. But the recommended line can rarely be from other prefectural or national institutes. Hence, it is considered that the VRT is fairly conducted.

Once the recommendations have been made and approved by the committee, the prefectural AES starts to propagate the seeds. In addition, the breeders submit the reports to the regional conference in winter which is organized by the NARCT, and also submit the form with the new name to the MAFF for the registration of new varieties under the Seeds and Seedlings Law. If the prefectural breeding line was funded by the prefecture, the new name is given by the prefecture. If it was funded by the MAFF, the name is given by the naming committee under the MAFF, and the new name is published with a Norin number which certifies the excellent variety developed by the MAFF. In the committee, one of the names which breeders recommend is usually selected.

The function of the prefectural AES in the VRT is not only to evaluate and recommend new lines but to monitor the performance of previously released varieties. When a variety is proven to have deteriorated and lost its value in local production, the committee will have to revoke the recommendation that was previously granted and remove the variety from the pipeline. In this way, farmers maintain a reasonable number of recommendable varieties to choose from.

In the VRT, a group of breeders from different stations can monitor the performance of the entries that are being evaluated in the different AESs. During the field visit in autumn, breeders have the chance to observe the consistency of performance of the local name lines that they have developed. Maturity, crop stand, field resistance to blast and lodging tolerance are noted. The monitoring tour usually culminates in the regional breeding forum in autumn. This is participated in by all cooperators and breeders from the different prefectures to discuss the current results of the regional test as well as the recommendations that have to be made. Issues concerning the trends in rice production in the region and other matters are also discussed in the meeting.

3. Seed propagation and patents under the Seeds and Seedlings Law

The prefectural AES is also responsible for maintaining the breeder seeds of the released varieties, and ensuring enough supply of certified seeds for the farmers. The seed committee organizes a network of seed growers. The JA and extension officers are the members of this network that produce the certified seeds. Farmers usually order the seeds two years in advance through the JA. Then the seed committee will prepare the seeds the following year according to the demand. The plants are checked at heading time to eliminate the off-type plants and then the harvested seeds are again checked by the seed committee organized by extension officers. The seed price is two times higher than the brown rice in the market. Nowadays most of the farmers prefer the certificated seeds because it is laborious to produce pure seeds by themselves. When a variety is newly released, it is common that there are not enough seeds in the first year.

Under the Seeds and Seedlings Law, the seed committee must pay the patent to the prefectures or the National Agricultural Research Center which developed the variety. The patent is usually 0.16–0.32 % of the seed price which farmers buy. The patent term is 15 years in Japan.

V. Work sharing for breeding and related activities at the NARCT

1. Work sharing for breeding activities

In the breeding laboratory at the NARCT, there are four breeders and four field workers. In

Table 10 Work assignments at the rice breeding laboratory of NARCT

Assignment	Number of entries	Area (a)	Breeder in charge
1. Selection			
1) Crossing	50 combinations	5	B
2) F ₁ plants	50 combinations	5	B
3) Generation advancement	50 combinations	0	B
4) Individual selection	50 combinations	40	A, B, C, D
5) Line selection	3000 lines	40	A, B, C, D
2. Yield trial			
1) Preliminary test	150 plots	15	C
2) Advanced test	200 plots	20	A
3) Local adaptability test	60 plots	5	A
4) Direct seeding test	150 plots	10	D
3. Evaluation of physiological traits			
1) Cold tolerance	600 plots	10	C
2) Leaf blast	2000 plots	5	B
3) Panicle blast	1000 plots	20	B
4) Determination of true resistance gene	200 plots	0	D
5) Viviparity	300 plots	0	D
6) Amylose content	50 plots	0	C
7) Protein content*		0	
8) Eating quality	150 plots	0	D
4. Seed storage and propagation			
1) Varieties for genetic resources	200 varieties	5	B
2) Propagation of important lines	20 lines	20	D
5. Breeding research		40	A, B, C, D
6. Exhibition etc.		20	C

* : New trait which will be evaluated after introduction of the instrument.

addition, the laboratory employs two or three part time workers for assistance.

There are many work assignments at the breeding laboratory (Table 10). They are divided into four groups, namely : selections, yield trials, evaluations of physiological characteristics and seed propagation. The selections include crossing, checking of F_1 plants, generation advancement of F_2 and F_3 , individual selection, line selection and the evaluation of physical grain quality of harvested grains. Yield trials include preliminary tests, advanced tests, direct-seeding test, the other purpose yield trials, and evaluation at pre-harvesting and post harvesting. The traits recorded in the tests are heading time, lodging score, culm height, panicle length, panicle number, total weight, grain weight, 1000-grain weight and grain appearance. In addition, resistance to panicle blast must be scored when the blast disease is observed in the yield trial field. Evaluation of physiological characteristics includes tests for cold tolerance, leaf blast, panicle blast, identification of true resistant genes, viviparity, amylose content, protein content and eating quality. Seed propagation includes storage of many varieties for genetic resources and propagation of purified breeders seed for new release or varietal recommendation test. A total area of 2.6 ha is needed for all these breeding activities.

Japanese breeders generally do not rely on other laboratories. To evaluate important traits, all these are done by themselves. Assignments are fairly shared among them at th NARCT. But due to the bulk of work among breeders, the total lines are usually less than 3000 and total plots of yield trials are less than 600.

Table 11 Related activities and breeding research at NARCT

Assignment	Researcher in charge
1. Breeding activities	
1) Publishing	
Contribution of new varieties to Bulletin of NARCT	A
Information on new Ouu lines	B
Yearly breeding results	A
2) Reporting on breeding projects	
Direct seeding	D
Hybrid rice and new characteristic rice	B
Animal Food	A
Gene resources	C
3) Management of breeding	
Arrangement of field work	C
Administration of research budget	D
Control and distribution of seeds	B
2. Regional cooperation	
1) Organization of conference and forum	
Winter conference	A, B, C, D
Autumn forum	A
2) Construction of data base for varietal recommendation test	D
3) Consultation regarding varieties and breeding activities	A
3. Breeding research	
1) Analysis for varietal difference on crack formation	A
2) Gene analysis for partial blast resistance by QTL	B
3) Introduction of useful genes from wild rice	C
4) Utilization of DNA marker for selection of seedling growth	D

Note. A : Chief breeder, B : Senior breeder, C : Junior breeder, D : Fresh breeder.

2. Related activities and breeding research

Since breeders have the responsibility to rice varieties which not only farmers but also others are interested in, they have additional assignments (Table 11). These activities also should be carried out efficiently like those breeding assignments and are divided into three groups as follows :

First is the activity to conduct the breeding itself. This includes publication, reports for projects and management of the main breeding activities. The publication contains three copies about new release varieties, new Ouu lines and yearly breeding results. The reports for projects contain the report of annual results and the attendance of annual meetings for each of the four projects shown in Chapter I. The management of the main breeding activities includes the use of the research budget, arrangement of field work and efficient seed management.

Second is activity about regional cooperation and consultation. Cooperation includes organizing the forum in autumn for observation of rice performances in varietal recommendation test and the conference in winter for exchange of yearly results, and construction of a data base for varietal recommendation test. Consultation is mainly to give advice on the questions and needs of farmers and others.

Third is breeding research conducted by each breeder. This is analysis for varietal differences on crack formation in rice grains, gene analysis for blast resistance by QTL, introduction of useful genes from wild rice, and utilization of DNA markers for selection of seedling growth. With the bulk of breeding activities being handled by the four breeders at the NARCT, breeding research could no longer be accommodated, unfortunately.

Literature cited

- Asaga, K. 1981. A procedure for evaluating field resistance to blast in rice varieties. *J. Central Agric. Exp. Stn.* 35 : 51-138.
- Sasaki, T. and Matusnaga, K. 1985. Genealogical studies of cold tolerant rice varieties in the Tohoku districts. *Report of Tohoku Branch, Crop Sci. Soc. Japan* 28 : 57-58.
- Takita, T. 1994. Rice breeding in Japan with emphasis on high yield and cold tolerance. *Proc.(1) Temperate Rice-achievements and potential. Yanco Agr. Inst., Yanco, NSW, Australia*, pp.35-41.
- Takita, T. 2000. The effect of both end individuals selection on the fixation enhancement of rice segregating lines or bulks. *Tohoku Agric. Res.* 53 : 33-34.
- Takita, T., Terashima, K., Yokogami, N. and Kataoka, T. 2000. Stable high yielding ability of japonica-indica hybrid rice. In 4th International Rice Genetics Symposium (Abstract), pp176.

東北農業研究センター研究報告 第100号

平成14年3月 発行

編集兼発行 東北農業研究センター
代表者 杉 信 賢 一
〒020-0198 盛岡市下厨川字赤平4
電 話 盛岡(019)643-3414, 3415
(情報資料課)
印 刷 所 河 北 印 刷 株 式 会 社
〒020-0015 盛岡市本町通2-8-7
