

北海道立農試資料 第15号  
Misc. Pub. Hokkaido  
Prefect. Agric. Exp. Stn.  
No.15, p. 1-175 Dec. 1982

北海道立農業試験場資料 第15号

Miscellaneous Publication of Hokkaido  
Prefectural Agricultural Experiment Stations

No.15, December 1982

---

北海道における水稲・小麦の良質品  
種早期開発

—プロジェクト研究合同セミナー集録—

---

昭和 57 年 12 月

北海道立中央農業試験場

Hokkaido Central  
Agricultural Experiment Station  
(Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan)

## 序

本道の稲作は減反の大巾強化と品質較差の導入という厳しい状況におかれ、更に消費者からは道産米はまずいと批判を受けている。一方、道産小麦はここ数年来畑作地帯、転換畑ともその作付が急増し、生産量は全国の過半を占めるに至っているが、反面実需者からは用途に適した良質のものを供給せよとの声が強い。

これらの背景、実需者の要望のなかで、生産者は良質生産への認識をあらたにして、良質品種の導入、良質生産栽培への努力をしているところである。

幸い、水稲については昭和55年度から「優良米の早期開発」として、小麦については昭和56年度から「良質小麦の早期開発」として予算措置がはかられ、一方生産者からは小麦の育種強化関連施設、備品について多大の支援・協力をいただき、両者の良質化へ向けての育種試験が更めてスタートした。

この間、品質的にみて従来の品種に優る水稲の「しまひかり」、「みちこがね」、小麦の「チホクコムギ」が道の奨励品種として普及に移されているが、必ずしも生産者、実需者の要望に充分応えるものではない。このため、育種のスピードアップをはかるため、北海道立農試関係職員をもって夫々プロジェクトチームを編成し全力をあげて良質品種の早期育成に取り組んでいるところである。

たまたま、水稲、小麦とも試験のねらい、方法に共通面が多いところから、去る4月7～8日北見農試を会場に「水稲、小麦の良質品種早期開発に関する合同打合せ会議」を開催した。両チームメンバーが集り、品質検定、品質と重要形質の関係などについて得られた知見や情報の交換を行い、今後の良質化研究計画について率直な意見交換と協議を行った。また、この打合せ会議に御出席いただいた北大農学部の後藤寛治教授からは特別講演を、北海道農試の松本武夫場長からは今後の国の育種研究紹介で夫々有意義な御指導と御示唆をいただいた。

これらの内容はいずれも今後の研究推進に大いに役立ち得るものと考えられるので、担当者のハンドブックとしてとりまとめたものである。

併せて、本書が各関係者の指導上の参考資料として利活用いただければ幸いである。

編 集 委 員 長

長 内 俊 一\*

編 集 委 員

森 義 雄\*\*      中 村 文 士 郎\*\*  
仲 野 博 之\*\*      男 沢 良 吉\*\*  
馬 場 徹 代\*\*\*

- 
- 上川農業試験場
  - 中央農業試験場
  - 北見農業試験場

昭和57年12月

## 北海道における水稲・小麦の良質品種早期開発

—プロジェクト研究合同セミナー集録—

### 目 次

特別講演	稲・麦の育種の動向	後藤寛治	(1-5)
<b>I. 早期開発の現状</b>			
1.	優良米早期開発の現状	江部康成	(6-13)
2.	良質小麦早期開発の現状	尾関幸男	(13-19)
<b>II. 海外の研究紹介</b>			
1.	IRRIのワークショップから	土居晃郎	(20-32)
2.	穂発芽の国際シンポジウムから	土屋俊雄	(33-48)
<b>III. プロジェクト研究の知見</b>			
1.	米の食味検定		
(1)	食味の理化学性	稲津脩	(49-64)
(2)	インフラライザーの原理と測定	新井利直	(65-71)
2.	小麦の品質検定		
(1)	インフラライザーの小麦に対する実用化試験	及川敏之	(71-76)
(2)	製めん試験における感能評価とテクスチュロメーターによる測定値	大塚博志	(76-85)
(3)	粒度測定器、ミキソグラフ、アルベオグラフによる小麦粉の分析	前野眞司	(86-94)
3.	水稲における品質育種の知見		
(1)	米の品質、食味に関する選抜上の知見	佐々木忠雄	(94-103)
(2)	水稲品種「シオカリ」より誘発された低アミロース突然変異の利用	菊地治巳	(103-108)
4.	小麦における品質育種の知見	佐々木宏	(109-120)
5.	水稲の耐冷性育種	佐々木多喜雄	(121-130)
6.	耐冬性育種	天野洋一	(131-138)
7.	耐穂発芽性育種	土屋俊雄	(138-145)
<b>IV. 環境部門からのコメント</b>			
1.	秋播小麦の生産性	下野勝昭	(146-155)
2.	小麦雪腐病防除薬剤の開発の現状と研究手法上の問題点	斉藤泉	(155-157)

## V. 総合討論

1. 要約.....馬場徹代(158-159)
2. 薬培養の紹介と若干の知見.....相川宗殿(159-162)
3. 冷水田の計画.....佐々木多喜雄(163-165)
4. 良質小麦早期開発の具体的戦略
  - (1) 秋播小麦.....佐々木 宏(166-171)
  - (2) 春播小麦.....土屋俊雄(172-175)

## 特別講演

## 稲・麦の育種の動向

後藤 寛 治\*

お招きをうけて嬉しく思っています。今日は二つ三つ最近気のついたことについてお話したいと思います。はじめに水稻について述べ、次にコムギの話題を続けて申し上げます。昨年12月3日(札幌農林学会)に農作物の収量限界<sup>1)</sup>という話をしましたが、その内容が農業および園芸(5月および6月号)に掲載されると思いますので、それを参考にしてもらえれば幸いです。

最初に水稻育種であります。育種学最近の進歩の22巻に、内山田さん<sup>2)</sup>が最近の多収稲の情況を書いております。それを見ますと、外国から導入した品種の中には、特に日印交雑に由来するもので、耐倒伏性と耐肥性の優れたものが多数入ってきています。それらの品種はいもち病抵抗性などに問題があるけれども、窒素250kg/ha位のレベルでみますと、日本の例えば「トドロキワセ」に比し、耐肥性が強くて、収量もわれわれが予測していたよりも高いレベルになっています。ha当り8~9tのレベルになってきているわけです。

育種の材料を選ぶということは重要な問題であって、将来はもっと遠縁交雑(wide cross)を目指して行くべきではないかと思えます。オーストラリアのEvans(1980)<sup>3)</sup>によると、100年前のコムギの育種家のFarrer博士は、すでにライムギとの交配をするなど、積極的にwide crossをやっています。今後検討すべき問題と存じます。

つぎに研究設備が十分整った時点で何が大切かという、まず目的を明確化すること、よい材料を選ぶこと、育種方法を選ぶという3つになります。いずれも重要なわけですが、現在のよう情報化時代には非常に多くの情報がえられますから、われわれに必要な情報をいかに選択するかということの方が大切ではないかと思われま。

水稻については、一番問題になるのは多収性ではないかと、私はいつも思っています。われわれはいま6t/ha位のレベルで議論していますが、その2倍位のレベルを考えながら仕事をしてもいいのではないのでしょうか。

二番目のpriorityは耐冷性ではないかと思えます。多収を実現するためには、耐倒伏性がついてこなければいけないわけで、これが三番目の形質です「つまり稈の質の問題がイネ、ムギに共通して問題になるのではないかと思われま。その次に品質を持つてくるわけで、少なくとも7tレベルの収量をあげ、それに耐えるだけの耐倒伏性と耐肥性がついていて、耐冷性の品種であって品質が伴うというような目標を想定してみた次第です。

最近イタリーの品種の中に、蛋白含有率も高いし、リジン含量も高い品種が見出されています。私は品質の中に栄養もつけ加えていいのではないかと思えます。つまり、将来リジン含量の非常に高い米の育成を目標としてはどうかとも考えている次第です。

\*北海道大学農学部、060 札幌市北区北9西9

コムギになります。確かにコムギでも収量が一番で、つぎに水稲と同じように耐倒伏性が問題になってきます。耐倒伏性のつぎにくるのが、北海道の場合ですから、耐冬性です。越冬がもっと安全にならねばならないということです。そのつぎに品質が、さらにそのつぎに耐病性がでてくるということになります。要するに中山場長の言われるように、長期計画をきちんと決めて、これを確実にステップを踏むように進める必要があると思います。着実に階段を登って行くというふうなことを各研究室ごとに立てられれば、よろしいのではないかと、絶対にこれは確保したいんだというような目標を持っていることが必要に存じます。

去年の夏、ネブラスカに行ってきました。ネブラスカ州立農試は、コムギの育成場所として古くからよく知られており、非常に乾燥する、そして冬のきびしいところで、育種をやっているわけです。ここでは Johnson 博士と Schmidt 博士が育種事業をリードしています。長内場長が北見農試におられた頃に、秋播コムギの世界的なテストを手がけておられますが、その供試材料を集めて送るセンターがネブラスカ州立農試にあるわけです。ここで尾関科長から依頼された種子の分譲を Johnson 博士に頼んで参りましたので、近いうちに入手できると在じます。

現在テストは、38カ国、68カ所(1978)に及び、世界的な規模の収量検定試験(IWWPN)を繰り返しているわけです。彼等がやっている仕事はスケールが非常に大きくて、一年に交配する組合せは400です。彼が言うには、私の育種は典型的な古い方法(classical breeding procedure)<sup>5)</sup>だと言っていますが、確かにそれで、 $F_2$ で品質調査をやりまして、それを $F_3$ をもって行って、組合せ当り100~300位ずつ穂を取って、 $F_4$ で大体5~6万系統位栽培しています。たまには10万系統位と言っていましたけれど、それ以上になると観察や調査が不十分になると言っていました。このようにスケールメリットを追求しているように思われます。もし施設があれば、一年に何回か世代促進もできるが、スケールが大きいので一年に一つぐらいつつの割合で品種が育成されるので、必ずしも世代促進はやっていないとのこと。ただ、アリゾナ州のYumaでは冬季間に種子増殖をやっているようです。

非常に変わっているのは、できた品種がいずれも初期世代で選抜されていることです。Johnson博士の作った品種は、 $F_2$ で選んだと思われるのが3つあります。それから $F_3$ が9つ、 $F_4$ が2品種というぐあい。つまり初期選抜に重点を置いている。ですから、育成された品種はまだヘテロ(heterozygous)な状態にあります。例えば「Centurk」という品種が普及されると、その中からさらに「Centurk78」という品種が再選抜によって育成されます。いずれも、もとの品種に比し広域性を示すことはないが、ある地域にとくに適応を示す品種ができるわけです。彼が言うには、どれも非常に heterozygous な品種だけれども、それなりに広域性がある、現在はアメリカのコムギの作付面積の約25%はネブラスカ州立農試が作った品種というわけで、桁はずれに大きなシェアを占めています。具体的にいうと、1,670万 haの全面積中23.4%となっています。

品質についての研究を少々紹介してみましよう。Mattern博士が分析を担当しています。いろいろと彼の施設を見せてもらいましたが、温度を一定にした室に、常時分析に耐えるような状態で1万点のサンプルを用意してありまして、タンパクとリジン含量を測定しているわけです。日本産の機械は1台もないと、逆宣伝していましたが、確かに優れた機器を開発してありまして、特にリジンの含量を測定するのは、8分に7点できると言っています。そういったぐあいで2万点ばかりの世界のコレクションを分析した結果、タンパク含量は既存の材料より5%アップできることが明らかになり、最高の系統は大体23%位になっているんです。ですから、われわれの持っている13~14%位というものに比べると非常に高いものも用意してありますし、リジンも3.1%

から高く3.6%位までが目標なんだと言ってやっています。

北海道の品種は、「ホクエイ」が一番先にこの世界コンテストに参加し、収量はかなり上位を占めていたと思います。それから場所は現在の盛岡市に移っていますけれど、「キタカミコムギ」が参加し、それから「ハチマンコムギ」が参加していますけれども、収量は36品種の中で大体20番程度のところに位置しております。60カ所ばかりの平均ですから、試験場所が少し南へ片寄るとか、暖い地方に片寄っていますから、順位だけで何とも言えませんけれども、収量の高いものが続々として出ています。長内場長がもと担当していた頃に、「Bezostaya」が第1回、第2回、第4回で1位を占めました。ソ連の品種ですけれど、これは非常に広域的な品種で、1972～73年頃1,300万haぐらいに作付されたと思います。それから10年たちまして、新手の多収品種が続々と出ております。われわれが驚いた'69, '70, '72年頃の「Bezostaya」は大体4 t/ha程度で世界一になったわけですが、最近では東欧圏の品種、とくにブルガリア産の品種、ユーゴスラビア産の品種、それからオーストリア産の品種の中に、とてつもなく収量の多い品種があります。

表1 国際秋播コムギ適応性検定試験における上位5品種の成績、品種名と単収(t/ha)

	1977		1978		1979		1980	
1	Yubiley	4.5	Yubiley	4.9	Partizanka	4.8	WWP 4394	5.3
2	Sadovo-1	4.3	NR 72-837	4.8	Lovrin 24	4.8	Lovrin 24	5.2
3	Priboy	4.3	Slavia	4.7	Martonvasari 4	4.7	Clement	5.1
4	Bezostaya 1	4.3	Martonvasari 4	4.7	Doina	4.6	Tam W-105	5.1
5	Probst	4.2	Sadovo-1	4.7	Slavia	4.6	Adam	5.1
平均(場所数)	3.80(56)		4.15(52)		4.13(36)		4.39(35)	

表2 国際秋播コムギ適応性検定試験における多収事例、品種名と単収(t/ha)

年次 国 場所	1977 チェコスロバキア Male Ripnany		1978 西ドイツ Monsheim	
	1	Zg 4240/73	12.62	Slavia
2	Zg 887/73	12.22	Ticonderoga	9.31
3	Yubiley	11.94	Disponent	9.16
4	Zg 4364/73	11.51	Zg 887-73	9.12
5	Sadovo-1	11.35	NR 72-837	9.11
6	Zg 4293/73	11.33	Zlatoklasa	7.90
7	GKF-8001	11.25	Yubiley	7.75
8	Martonvasari 3	11.05	Martonvasari 4	7.64
9	Probstdorfer Karat	10.76	Mironovskaya 808	7.63
10	Odesskaya 51	10.60	Zg 4293-73	7.61
11	Bezostaya 1	10.47	Moslavka	7.61
12	Priboy	10.39	CI 13449/Centurk	7.50
平均(品種数)	9.83(30)		7.20(30)	



例えば、1979年は「Partizanka」というユーゴスラビアの品種が1位で4.83tになっていますけれども、最近6年の1位は、ソ連、フランス、ブルガリア、ユーゴスラビアの品種です。アメリカは「Blueboy」という品種を昔「農林10号」を使って育成していますが、この品種は何度もトップに近い成績を残しています。ソ連は「Priboy」を出品してよい成績を出し、さらにブルガリアは「Yubiley」という名前の品種を出し、1977、1978年と連続して1位を占めています。単収の実態を次にみてみましょう。

60カ所のうちで9カ所で5 t/ha 以上はとれています。一番多収なのをチェックしてみますと、1977年の成績で、チェコスロバキアの Male Ripnany という場所では、平均9.83t です。トップの品種は12.62t でユーゴスラビア品種、2 番目も12.22t でユーゴスラビア品種で、その次に、先に述べた「Yubiley」が入っております。それからユーゴスラビアが来て、その次に「Sadovo-1」（ブルガリア品種）がきます。いずれも10t/ha 以上です。

1962年頃に麦作日本一で1位になった収量は、10.11t です。それを越えるような記録がずっと並んでいるわけです。13点が10t を越えています。私、たまたま記録に凝って調べていますけれども、例の麦作日本一の北海道一は7.88t、十勝の増収記録会で6.51t (1973) がトップです。ところがオランダの平均が、1978年は6.57t になっています。だから十勝のトップよりオランダの平均が高いわけです。ヨーロッパに行ってみると、試験場の成績は7 t 台になっているわけで、ちょっと圧力を感じるような出来方になっております。世界コンテストのデータを見ますと、その次の年'78年も6 t 以上を捨ててみると、6カ所ありまして、60カ所のうちの1割が6 t を越えております。例えば、西ドイツの Monsheim の場合、9 t 以上が5点あります。

結論的に言えば、収量は非常に高いレベルになっていて、東欧圏の品種の中に目ぼしいものが育成されている。また多収場所では、9 ~ 12t/ha のレベルに達しているわけで、目標をやや高めにもつ必要があらうかと思えます。

先の Johnson 博士のところの研究は、ともかく栄養価の高いコムギを作るんだというわけで、タンパクが多いことと、リジン含量が高いということを目安としながら進めています。彼のまとめたデータを見ますと、事業を開始してから13年位しかやっていませんが、ステップをきちんと踏んでいるように思われます。

最後に、前述の William Farrer 博士の育種について、つけ加えさせていただきたいのです。彼が100年前にコムギの育種を始めた時、赤さび病抵抗性を育種目標にしています。Cobb 博士という病理学者と一緒に仕事をしております。それから食品化学者の Guthrie 博士とグルテン含量の改善をしようとしています。ビートで糖の含量が改善されるということのを参考にしてやっていたらしいのです。ほとんど一世紀前にコムギの良質化を企画したわけです。Evans (1980) は Farrer 博士をたたえて、Darwin のいう successful breeder の定義にあてはまる人物であるとしています。どうしたら breeding が成功するのか、私も時々考えたりしているのでここに引用します。1つには不屈の忍耐力というようなことが出てきます。2 番目は非常に鮮明な識別力、つまり物事を鮮明に識別する能力をあげています。3 番目が健全な判断力というふうに訳してみたいですけれども、健全な判断力というのは、priority を求めながら、総合的に何らかの判断を追求して行くというような、総合判断といえますか、そういったものではないかと思われます。結局は、明確な未解決の問題を粘り強く追求することであるというのが結論です。

参 考 文 献

- 1) 後藤寛治. "農作物の収量限界(1)". 農及園, 57(5), 321-325 (1982).
- 2) 後藤寛治. "同上(2)", 同上, 57(6), 737-744 (1982).
- 3) 内山田博士. "飼料用多収稲品種育成の可能性". 育種学最近の進歩, 22, 20-52 (1981).
- 4) Evans, L.T. "Response to challenge: William Farrer and the making of wheats." Jour. Aust. Inst. Agric. Sci. 46, 3-13(1980).
- 5) Johnson, V. A. ; Schmidt, J. W. "Role of classical breeding procedure in improvement of self-pollinated crops." World soybean research conference II, 1979, p. 179-190.

## I 早期開発の現状

## I-1 優良米早期開発の現状

江 部 康 成\*

## 1. 道産米の品質食味の現状

1981年の本道産梗米出荷数量532,784tのうち、品質格差制度による2類格付の「巴まさり(1, 2等)」は0.1%強, 3類格付の「ユーカーラ(1~3等)」と「巴まさり(3等)」は合せて3.4%に過ぎず, 全道の1等米出荷率も3.4%の低率であった<sup>1)</sup>。また, 農業団体等を中心に積極的に普及奨励を計っている「キタヒカリ」は1等米の出荷率が高く, 道内では食味の評価も高いが, 本州産の良質米と比較すればなお格段の差がある(表1)。

1970年頃から開始された中央農試稲作部と上川農試における研究の結果, 道産米の食味不良が理化学的に解明されつつある。すなわち, 一般に道産米は府県産米に比べてアミログラムの最高

表1 著名な良質米の食味試験成績(1982年2月, 上川農試)

項目 品種名	外 観		口あたり	味	粘 り	硬 さ	総 合 評 価	炊飯時内釜 <sup>2)</sup> 水量の基準
	白 さ	光 沢						
基：日本晴 (滋賀農試産)	0	0	0	0	0	0	0	120%
コシヒカリ (北陸農試産)	-0.72	1.33	1.06	1.53	2.06	-0.89	1.89	120
ササニシキ (古川農試産)	-1.11	0.56	0.28	0.50	0.59	-0.39	0.61	120
キタヒカリ (上川農試産)	0.17	0.17	-0.56	-0.33	-0.56	0.22	-0.44	135
基：日本晴	0	0	0	0	0	0	0	120
コシヒカリ	-0.65	1.18	1.06	0.79	1.77	-0.71	1.59	120
ササニシキ	-0.77	0.35	0.41	0.43	0.65	-0.41	0.65	120
しまひかり (上川農試産)	-0.35	-0.41	-0.47	-0.60	-0.82	0.47	-0.47	120

注1) 人数：上段 場員18名, 下段 場員17名。

2) 白米水分にかなりの差があったので, 炊飯時の内釜水量<sup>2)</sup>は含水率15%の白米の重量の120%を基準とし, 含水率に応じて算出した。但し, キタヒカリは同一基準水量では硬く炊飯されることが明らかに予想されたので, 水量算出の基準値を135%とした。

\*北海道立上川農業試験場, 078-02 旭川市永山

粘度とブレイクダウンが小さく、炊飯特性が劣り、米粒のアルカリ崩壊度が小さいなど、食味と関連が深いでんぷんや米粒の理化学的特性が劣ることが明らかにされ、更にこれらの理化学的特性が劣る大きな原因として、道産米と府県産米の間にはでんぷん中のアミロース含量に差があることが明らかにされた<sup>9)</sup>。

一方、蛋白含量が高いと食味が劣るとされているが<sup>2,7,11,18)</sup>、道産米は概して蛋白含量が高いことが報告されており<sup>17)</sup>、道産米の食味不良の一因が高蛋白含量にもあることが推測される。

## 2. 良質品種育成の可能性

これまでの研究結果から、米の食味は環境要因もさることながら、遺伝的要因すなわち品種のウエイトが極めて重いことが改めて確認されるに至り、道産米の食味改善は品種改良が第一であるとの合意を得たのは至極当然の結論である。

良質品種育成の方向付けとしては倉沢<sup>9)</sup>、Juliano, B. O.<sup>7)</sup>、稲津<sup>9)</sup>、佐々木<sup>15)</sup>の報告から低アミロース、低蛋白方向への選抜が有効であろうと考えられる。母本には府県の良質品種・系統を用い、時にはこれら良質品種を反復交雑し、可能な限り初期世代から、かつ可能な限り多くの材料についてアミロース含量と蛋白含量でスクリーニングすることが検討されてきた。

これは、過去の本道の稲育種において、府県の良質品種に匹敵する良質品種が育成されていないのは効果的かつ能率的な検定方法が無かったためとの考えによるものであるが、この点に関しては別の意見がある。

過去約60年にわたる府県良質品種との交雑から生れた本道の良質品種の食味が、いずれも「農林20号」「巴まさり」の水準を超えていないのは、府県良質品種の遺伝子の導入に失敗したためではなく、これらの遺伝子が本道の寒冷気象の下では府県産米並の食味特性を発現できないためであろうとする意見である。

生育環境要因特に登熟期間の気温と食味特性との関係について、稲津<sup>9)</sup>は登熟期間の気温が高いとアミロース含量が低く、低温で高まること、この時、アミロース含量とテフスチログラムのH/H<sub>1</sub>が平行的であったことを報告しているが、極く最近、同様な実験においてアミロースとアミロペクチンの鎖長区分から、アミロース合成酵素とアミロペクチン合成酵素の温度依存度が異なるのであろうと推論される研究が報告されている<sup>12)</sup>。

佐々木<sup>16)</sup>らは登熟期間の気温が同程度の条件下で「コシヒカリ」と本道の良質品種「巴まさり」との間にアミロース含量の差が無かったことを報告している。

表2は、道内外の代表的品種について、登熟温度に対する理化学的食味特性の反応を知る目的で、気温が異なる3試験地を設定し、各試験地内では品種間の出穂期が接近するように栽培した稲についての分析結果である。

各試験地とも供試品種が全て正常な生育と登熟を遂げたわけではないが、3試験地を通して推論すれば、1)「農林20号」は高蛋白であるがアミロース含量は「コシヒカリ」「ササニシキ」に比べて同程度かむしろ低い。2)「イシカリ」のテクスチャーは「トヨニシキ」にやや優る。3)「コシヒカリ」と「ササニシキ」を比較すれば前者がやや高蛋白、低アミロースに対して後者は低蛋白、やや高アミロースである。テクスチャーはともに優れているが「コシヒカリ」が若干優る。4)「農林20号」と「巴まさり」のテクスチャーは良く似ているが、前者が高蛋白、低アミロース、高アミログラムであるに対して後者は低蛋白、高アミロース、やや低アミログラムであり、佐々木<sup>15)</sup>らの道内での実験結果と一致する。更に本実験では両者の出穂期、登熟温度が近接した条件下での結果であるところから、両者の特性の違いは品種固有のものと思えることができよう。

表2 登熟温度と理化学的食味特性値 (1981)

栽培地	品 種 名	播 種 日	出 穂 期	収 穫 日	登 熟 温 度 ℃	蛋 白 含 量 %	アミロ ース含 量の比	アミログラム		テクスチログラム		
								MV	BD	H	H <sub>-1</sub>	$\frac{H}{H_{-1}}$
上 川 (旭川)	1. 農林20号(1)	4.21	8. 2	9.30	703	7.6	100	450	165	4.32	2.14	10.1
	2. イシカリ(1)	27	2	30	703	7.4	112	355	105	4.79	1.46	16.4
	3. キタヒカリ	21	4	30	683	6.9	104	420	120	4.52	1.90	11.9
	4. しまひかり	"	6	10. 3	675	6.8	104	420	130	4.45	2.23	10.0
	5. 巴まさり	"	12	12	653	6.0	113	350	110	4.37	1.75	12.5
	6. トヨニシキ	4.16	8. 8	9.30	665	9.2	105	280	65	4.55	1.60	14.2
	7. ササニシキ	"	8	10. 3	665	8.6	105	345	100	4.46	2.03	11.0
	8. コシヒカリ	3.24	5	9.30	680	9.4	100	385	120	4.34	1.91	11.4
	9. 農林20号(2)	5.13	8.11	10.12	655	7.5	105	400	135	4.36	2.25	9.7
	10. イシカリ(2)	"	11	12	655	6.8	113	310	80	5.09	1.83	13.9
古 川 (古川)	11. 農林20号(1)	6.17	8.19	10.27	783	8.0	102	435	140	4.41	1.67	13.2
	12. イシカリ(1)	"	25	27	736	5.9	113	360	90	5.21	1.90	13.7
	13. 巴まさり(1)	5.28	21	27	765	5.9	109	420	145	4.57	1.81	12.6
	14. トヨニシキ(1)	4.16	22	10	756	6.1	108	410	130	4.49	1.46	15.4
	15. ササニシキ(1)	"	24	27	743	5.2	106	435	145	4.37	2.21	9.9
	16. コシヒカリ(1)	"	26	27	724	5.3	105	425	150	4.08	2.49	8.2
	17. 農林20号(2)	5.28	8.10	9.27	820	7.2	91	545	145	4.25	2.18	9.7
	18. イシカリ(2)	"	15	10.10	797	6.4	104	460	160	4.64	1.99	11.7
	19. 巴まさり(2)	"	18	10	790	5.8	100	490	170	4.36	2.23	9.8
	20. トヨニシキ(2)	4.16	15	10	797	6.1	101	500	160	4.55	1.40	16.3
	21. ササニシキ(2)	"	17	27	790	5.2	101	510	180	4.33	2.22	9.8
北 陸 (上越)	22. 農林20号	6.12	8.10	9.30	910	10.6	80	490	195	4.07	2.11	9.6
	23. イシカリ	"	17	10. 7	880	7.5	94	460	195	4.59	2.18	10.5
	24. トヨニシキ	5.10	13	9.28	895	7.2	89	545	220	4.04	1.73	11.7
	25. ササニシキ	"	14	28	892	6.1	87	585	205	3.81	1.97	9.6
	26. コシヒカリ	4.10	6	30	930	7.5	81	590	250	3.97	2.43	8.2

注1) アミロース含量の比：上川産「農林20号(1)」を100とする比率

2) テクスチログラムの測定方法：3粒測定法、Hは1V当量、H<sub>-1</sub>は5V当量測定値、H/H<sub>-1</sub>は1V当量換算値

3) 登熟温度：出穂期後40日間の日平均気温の積算

特に1)の結果は、低アミロース育種の母本としての「コシヒカリ」「ササニシキ」の能力は「農林20号」以上のものではないとの推論もできよう。もしそうであれば、東北、北陸の良質品種からは「農林20号」に代表される本道既存の良質品種を越える低アミロース品種の育成が期待できないことになり、他に育種素材を求める必要性が生じる。

この点に関しては、従来比較的利用頻度が少なかった本州中部以西の良質品種の中から低アミロース母材を探し利用することと、低アミロース突然変異体の利用が考えられる。胚乳の糯性変異または低アミロース突然変異としては、EMS処理やガンマー線照射で得られた「しおかり」の変異体<sup>8)</sup>、「ニホンマサリ」の変異体、「農林8号」の変異体<sup>1,13)</sup>があり既に母本として使われている。これら変異体の有用性は間もなく判明するであろうが、更に蛋白変異体を含めて利用目的に

かなう変異体作出の試みが続けられている。

現在は以上の考え方を同時平行的に進めるべく、母材の選定も巾広くとられている。また「コシヒカリ」や「ササニシキ」および本道の「農林20号」と「巴まさり」に見る如く、良質品種は食味不良の品種に比べてアミロース含量と蛋白含量の両方が低いかもしくは一方が顕著に低いことが特徴的で、この点は良質品種育成の重要な指標と考えられる。

### 3. 育 種 計 画

1980年、道立農試は中央、上川、道南、北見農試の4場からなるプロジェクト研究「優良米早期開発」を発足させたが、その発足にあたっては前述の諸情勢に基づき、概ね下記の事項について検討された。

#### 1) 当面の育種目標—食味の目標水準—

- ①本州の中米を目標とし、中核地帯の品種群の品質食味を「クタヒカリ」並に揃える。
- ②良質米生産地帯を対象とした「コシヒカリ」「ササニシキ」に準ずる良質品種の育成を追求する。

#### 2) 当面の研究課題

①良食味遺伝子、低アミロース遺伝子、低蛋白遺伝子の探索と突然変異の利用。②育種年限の短縮：西南暖地に委託実施している世代促進事業の規模拡大と薬培養の実用化。③耐冷性など重要農業形質と食味特性の結合。④貯蔵性の研究と検定方法、選抜方法の確立。⑤食味検定法の改善と能率化。

#### 3) 検定、選抜対象形質

①玄米品質(粒形、粒大、粒色、光沢、透明度)、搗精歩合と精米白度：本道産米の外見品質は近年の品種改良の成果により、良質米地帯、多収地帯または高温年の産米は府県産米に比べてそれほど見劣りしないまでに改善されたが、冷涼な生育、登熟環境の地帯が多いため、なおかつ一般的には粒色が濃く、光沢と透明度が劣り、そのために搗精歩合と精米白度が劣る。また、一部の地帯では粒形、粒大も不満足であるところから、玄米品質の改善になお一層の努力が必要であるとされた。

②食味関連形質：アミロース含量、蛋白含量、米でんぷんの糊化特性と老化性、炊飯米のテクスチャーについて、それぞれ最も効果的な世代において検定する。

#### 4) 選 抜 の 手 順

とくに食味特性の選抜手順について育成の経過と関連させて図1に示す。

- (1) 交配組合せ：戻交配の多用や多系交配による遺伝子の集積や収斂を精力的に試みる。
- (2) 世代促進： $F_1$ 養成は冬期間に温室で実施し、 $F_2$ と $F_3$ は翌年鹿児島市郊外の委託圃場で養成する。この育種法は中央農試稲作部が鹿児島農試の協力の下に20年間実施してきた実績がある。
- (3) 選抜と育成：一般には $F_4$ で最初の選抜に入るが、熟期の分離巾が大きい組合せや多系交雑などで固定が遅れることが予想される組合せは、集団を展開して個体選抜を行う。しかし晩生個体の分離が低い組合せや戻交雑で固定が早い組合せは $F_3$ で穂選抜を行い、 $F_4$ はミニプロットの穂系統栽培(1穂1系統)で直ちに系統選抜を行って育種年限の短縮を計る(図1)。

(4) 各世代に対応する検定項目を図1の右側に示す。アミロース含量と蛋白含量の検定は個体にも適用できるが、環境による個体間変動や株内穂間変動が大きいので高い選抜効果が期待でき

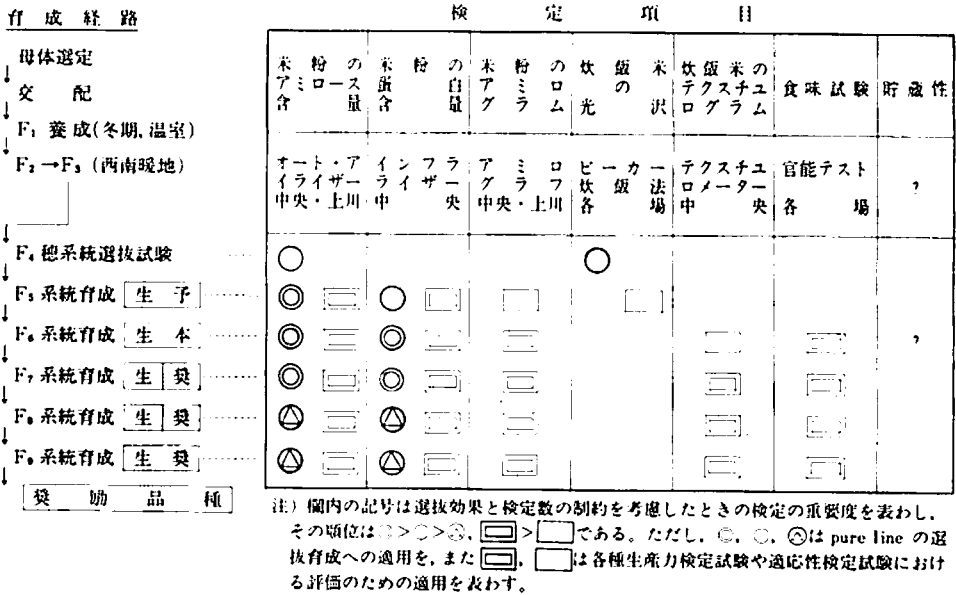


図1 選 抜 の 手 順

ない<sup>10)</sup>。したがって個体選抜への適用は、これら形質の分離中が極めて大きいことが期待できる組合せに限り、一般的には系統選抜から適用することになる。

アミログラム特性は食味を推定する有力な検定項目であるが、測定に長時間を要するので主に後代の有望系統の評価に適用する。

炊飯米の光沢による検定法<sup>3,10)</sup>は極めて簡便かつ能率的であるから、多数系統を扱う系統選抜試験や生産力検定予備試験に適用したいが、食味が接近している材料間の判定は必ずしも容易でない。

炊飯米のテクスチログラムの測定は比較的少量の白米量で済む上に官能試験との相関が高く<sup>14)</sup>、かつ客観的な飯の食味評価法であるから重要な検定項目であるが、炊飯や測定に極めて慎重さが要求され、また1日の検定能率も低いので有望系統の評価にとどめる。炊飯法を含む検定方法の改善が必要である。

#### 4. 成果および有望系統の概評

1981年には「しまひかり」が道南地帯の良質品種として、また1982年からは「みちこがね」が道央の中生の良質品種として奨励されることになった。

「しまひかり」は品質食味ともに「巴まさり」にも優る良質種であるが、食味が「巴まさり」に優る原因は、「巴まさり」よりも早熟のため蛋白含量が若干高いがアミロース含量が顕著に低く、アミログラムの最高粘度が高いためであろう(表2)。

表1は、現在の道内の代表的な良質品種の食味を府県産の著名品種の食味と比較した一例である。滋賀県産の「日本晴」は一類に格付けされており、食糧庁や日本穀物検定協会で食味試験を行う際の基準米にしばしば用いられる。「コシヒカリ」と「ササニシキ」の外観白度が(-)に評価されているが、これは「色合」がかっていることを示し、光沢は抜群に優る。

「キタヒカリ」は「日本晴」並の「白さ」を呈するが、他品種よりも多目の水量で炊飯したに

もかわらず「かたく」、「光沢」、「口あたり」および「粘り」が明らかに劣った。「しまひかり」は各項目とも「日本晴」との差が認められたが、栽培適地外の上川農試産であること、1981年の登熟期間の気温が平年より著しく低い条件であったことを考慮すると、栽培適地の平年の産米ならば「コシヒカリ」「ササニシキ」には及ばないまでも、中部や関西の「日本晴」にはかなり匹敵するのではないかと、もしそうであれば、関東の「日本晴」にももちろん優るであろうと推定される。

なお表1で、「ササニシキ」が「コシヒカリ」より大きく劣るのは1981年の東北地方の冷害のためであり、平年は極く小差である。

次に、本年配付されている有望系統のうち、特に品質食味が優れている系統の主要特性を表3～表5にまとめた。資料は道央地域担当3場の奨決基本調査事業成績によった。

道北36号：早生の耐冷、強稈、多収系統で食味が現在の早生～中生の早の品種に優り、ほぼ「キタヒカリ」並である。

道北37号：早生で品質と食味が「キタヒカリ」並の良質種。収量の変動がやや大きい。

上育382号：中生の早。「キタヒカリ」並の良質、良食味であるが、収量の変動がやや大きい。

空育111号：早生～中生の早。「キタヒカリ」並の良質、良食味であるが、やや小粒で収量の変動がやや大きい。

空育114号：中生の早～中生の中。品質、食味、耐冷性、耐病性が揃って優れている。収量も「イシカリ」並の多収である。

表3 有望系統の主要特性（その1、1982年度奨決現地調査2年目配付系統）

品種名 系統名	出穂 期	成熟 期	玄米 収量	検査 等級	玄米 品位	玄米 1,000 粒重	アミロ ース 含量比	蛋 白 含 量	アミログラム		テクス チャー H <sub>1</sub> /H <sub>1</sub>	食 試 評 価	味 験 価
									MV	BD			
道北36号	8.2	9.28	57.8	2等中	上下中	23.9	103	7.7	370	115	10.2	上下	
室育111号	8.2	9.30	54.4	2等上	上下上	21.9	101	8.1	400	120	10.6	上下	
はやこがね	7.31	9.27	54.8	2等中	上下中	21.3	101	8.4	345	80	-	中下	
しおかり	8.3	9.28	53.8	2等下	上下下	20.8	104	8.0	345	95	11.6	中上	
イシカリ	8.4	10.1	54.9	2等下	上下下	23.3	108	7.5	300	75	12.7	中中	
ともゆたか	8.3	10.2	58.2	2等下	上下上	23.4	108	7.1	-	-	-	中中	
キタヒカリ	8.7	10.3	51.8	2等中	上下上	22.7	103	7.6	380	105	11.0	上下	
しまひかり	(8.9)	(10.7)	-	-	-	-	107	8.6	410	120	9.9	上中	

注1) 農業形質：1980、1981年の中央農試稲作部、中央農試原原種農場および上川農試の奨決基本調査成績の平均値(n=17。但し、しまひかりはn=12)。

2) 食試験の評価と理化学的食味特性：稲作部と上川農試の2カ年の平均(n=4)。但し、テクスチャーは1981年の両場の平均。

3) アミロース含量比：農林20号のアミロース含量に対する比。

4) テクスチャー：テクスチュログラムのH(硬さ)とH<sub>1</sub>(粘り)の比。



図4 有望系統の主要特性(その2, 1982年度発決現地調査1年目配付系統)

品種名 系統名	出穂期	成熟期	玄米収量	検査等級	玄米品位	玄米1,000粒重	アミロース含量比	蛋白質含量	アミログラム		テクスチャー H/H <sub>-1</sub>	食味評 味価
									MV	BD		
道北37号	8.4	9.28	432	2等下	上下上	23.5	105	8.2	340	100	10.8	上下
上育382号	8.5	10.2	441	2等下	上下中	22.5	107	8.1	315	90	11.0	上下
空育114号	8.6	10.5	469	2等中	上中下	22.4	104	7.8	390	125	9.9	上下
はやこがね	8.3	9.30	461	2等中	上下中	21.7	101	8.8	345	85	-	中下
しおかり	8.4	9.30	462	3等上	中上	21.3	108	8.3	365	105	11.6	中上
イシカリ	8.5	10.3	468	3等上	上下中	23.8	109	7.7	300	80	12.7	中中
ともゆたか	8.5	10.4	497	3等上	上下上	23.9	108	7.2	335	90	-	中中
キタヒカリ	8.8	10.4	452	2等中	上下上	23.4	107	7.7	370	110	11.0	中上
しまひかり	(8.9)	(10.8)	-	-	-	-	106	7.7	405	125	9.9	上中

注1) 1981年。農業形質は3場(n=6。但し、しまひかりはn=5)の、食味に関するデータは2場の平均。その他は表3に同じ。

表5 有望系統の主要特性(その3)

品種名 系統名	耐冷性	耐病性		耐倒伏性	耐穂の多少	品種名 系統名	耐冷性	耐病性		耐倒伏性	耐穂の多少
		葉もち	穂もち					葉もち	穂もち		
道北36号	強	ヤ弱	中	強	中	はやこがね	強	中	ヤ強	中	ヤ少
空育111号	ヤ強	ヤ弱	中	ヤ強	ヤ少	しおかり	ヤ強	ヤ強	ヤ強	ヤ弱	少
道北37号	ヤ強	ヤ弱	ヤ弱	ヤ強	少	イシカリ	ヤ強	ヤ強	ヤ強	強	多
上育382号	ヤ強	中	ヤ強	ヤ強	中	ともゆたか	ヤ強	中	ヤ強	ヤ強	ヤ多
空育114号	強	ヤ弱	中	ヤ強	少	キタヒカリ	ヤ強	ヤ弱	ヤ弱	ヤ強	少

引用文献

- 1) 天野悦夫, "イネのEMS誘発モチ変異体の形質表現", 育雑, 27(別2), 4(1977).
- 2) 竹生新次郎, 遠藤 勲, 谷 達雄, "米の炊飯嗜好性に関する研究, (第3報), 北海道産米の特性について", 食研報, 25, 77-81(1970).
- 3) 藤巻 宏, 橋本欽也, "炊飯米の光沢による食味選抜の可能性", 農及園, 50, 253-257(1975).
- 4) 北海道米麦改良協会編, "北海道米麦改良", 1982(6), 14.
- 5) 稲津 脩, 渡辺公吉, 前田 巖, 伊藤恵子, 長内俊一, "北海道産米の品質改善に関する研究, 第1報, 米澱粉アミロース含有率の差異", 澱粉科学, 21, 115-119(1974).
- 6) 稲津 脩, "北海道産米の品質改善に関する研究", 澱粉科学, 26, 191-197(1979).
- 7) Juliano, B. O. "Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutritional value of rice". IRRI, Rice breeding, Los Banos, Philippines.1972.
- 8) 菊地治巳, 佐々木忠雄, 新井利直, 稲津 脩, "水稻品種「しおかり」より誘発された低アミロース突然変異について", 育雑, 31(別2),

- 190 (1981).
- 9) 倉沢文夫, “コメの味, (1)コメの味と精白米の理化学的研究”, 遺伝, **23**(8), 73-78 (1969).
- 10) 松永和久, 佐々木武彦, 鈴木啓司, “水稻品種の品質食味改善に関する育種の研究, II, 米の食味簡易検定法—炊飯米の光沢と粘りの関係について”, 日作東北支部会報, **17**, 18-19 (1975).
- 11) 南 松雄, 土屋晃郎, “北海道産米の品質に関する物理化学的研究, 第2報, 米の食味特性と蛋白質含量との関係”, 北海道立農試集報, **26**, 49-58 (1973).
- 12) 農林水産省農業研究センター編, “昭和56年度専門別(水田作)総括検討会議試験成績摘録集—育種部会—”, 1982.
- 13) 奥野具敏, 坂口 進, “イネの胚乳形質に関する突然変異”, 日作紀, **45**(別2), 41-42(1976).
- 14) 佐々木忠雄, 前田 博, 江部康成, 長内俊一, “米の食味と **Texturometer** の特性値”, 日育・日作北海道談話会会報, **14**, 13 (1974).
- 15) 佐々木忠雄, 長内俊一, 稲津 脩, 江部康成, “北海道水稻品種の理化学的食味形質についての育種的一考察”, 北海道立農試集報, **37**, 1-10 (1977).
- 16) 佐々木忠雄, 新井利直, 稲津 脩, “水稻品種系統ならびに雑種集団におけるアミロース含有率の変異と選抜上の知見”, 北海道立農試集報, **44**, 72-78 (1980).
- 17) 平 宏和, 平 春枝, 山崎一彦, “水稻玄米の無機質組成におよぼす土壌型および品種の影響”, 日作紀, **46**(3), 361-370 (1977).
- 18) 山下鏡一, 藤本堯夫, “肥料と品質に関する研究, 2, 窒素肥料が米の食味, 炊飯特性, テンブンの理化学的性質に及ぼす影響”, 東北農試報告, **48**, 65-79 (1974).

## I - 2 良質小麦早期開発の現状

尾 関 幸 男\*

良質品種の開発が主題であるが, 日本の小麦育種の柱には, ha 当たり平均収量が5tというヨーロッパの国を目標にした, 生産効率の高い多収品種の育成が重要にしかつ必須の条件である。

### 1. 収量の向上

全道の小麦の平均収量を, 表1に示した試験場の収量に対比するため, 作況に準じて平均値を試算すると, 10a 当り297kgで, 全国平均の288kgを上回る数字であるが, これは試験場の「ホロシリコムギ」の66%で, 「ハルヒカリ」に近い実数でしかない。その内容は, 最高404kgから最低はその52%の210kgまで, 極めて激しく変動して不安定なことが認められる。このことは時によっては, かなりの収量が期待されると共に, 低下させる要因の大きいことをも示すものである。安定化には, これらの障害排除が基本であり, 収量増加の方途は, その上に積み上げていくことの必要性を示すものと考えられる。

表1の将来目標は, 中生種の収量を600kg/10a, 現状の133%とかなり高い水準とした。試験場の成績では目標程度の育成系統が存在している現状から, 遠くない将来に到達する可能性が推察

\*北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町

表1 主要形質と目標

		主要形質の現状	良質小麦早期開発試験の目標	将来目標
取	向	単位収量		
		秋播早生 タクネコムギ 390kg/10a (作況平年値) " 中生 ホロシリコムギ 450kg/10a (作況平年値) " 晩生 イービス 353kg/10a (10ヵ年平均) 春播 ハルヒカリ 255kg/10a (作況平年値)	468kg (中生の85%, 現状87%) 550kg 550kg 300kg	510kg (中生の85%) 600kg 600kg 350kg
量	安	耐冬性		
		多雪地帯向け 北見播種 上川特検 ホロシリコムギ 58% 少~中 P.I.173438 18 ムービ	「チホクコムギ」並の品質特性を持つ 「ホロシリコムギ」程度の品種	上川農試の変動係数 (33.7%) を半減させ北見農試 (15.7%) 並に安定させる。
定	定	少雪地帯向け		
		昭和55年北見高畦 ホロシリコムギ 14%	同上	被害度 10%以下
品	向	用途別適性		
		秋播小麦の製めん試験 (昭54産) ホロシリコムギ 15.0点 タクネコムギ 13.7 チホクコムギ 19.4	・「チホクコムギ」並多雪地帯向け品 種 ・品質の品種間差を縮小する	ASW 並みのめん適性 (チホクコムギより色相30% 食感など10%アップ) 製粉性の向上
質	上	春播小麦の製パン性		
		ハルヒカリ総点 50~60点 強力粉市販品 71~75点	「ハルヒカリ」並+粉色改良	パン総点 70点 フェリノグラムのV.V.(昭47産) Manitou 89 ハルヒカリ 72
安	安	耐穂発芽性		
		ホロシリコムギ 成熟期後7日程度	「チホクコムギ」に「ホロシリコムギ」 並みの耐性付与	成熟期後10日以上 (早生 Satana 並) (中生 Lancer 並)
定	定	アミロの粘度		
		ホロシリコムギ 成熟期後7日程度 ハルヒカリ " 5日程度	同上 成熟期後7日程度	同上 ( " ) 同上 (伊賀筑後オレゴン)

される。中生種は北海道の小麦の中心となる熟期の品種であり、これに主力が注がれる。晩生種も、目標収量を中生種と同一水準に設定し、現状の1.7倍と飛躍を期待しているが、現在のところ遺伝子源に偏りがある。早生種については、熟期と収量の関係、および耐冬性やめん適性など新たな遺伝子源の集積を図らなければならない。

育種の実際からみて、予想外に遅れているのが春播小麦で、ようやく短強稈化による草型の改良に成功したところである。このため目標値の倍率137%は、必ずしも高い数字ではないが、収量とパン適性などが容易に符合していないうらみがある。母材の再点検とともに、材料数を拡大し、長内(1964)<sup>9)</sup>らの研究で提唱された「収量×沈降価」の指数による選抜が重要となるだろう。

2. 収量の安定化

北海道における最近10年間の収量の変動係数を求めると20.3%で、全国平均の1.7倍、世界の小

麦多収国の例にもみられない高い数値である。その内訳を、統計情報事務所の農作物被害で見ると、昭和40年からの総被害量のうちの51%が雪害で、30%が風水害であった。前者には冬損を含み、後者には収穫期の雨害を含むが、総体の81%が、これらの障害で占められており、北海道の麦作の豊凶を左右する主因とみられる。したがって、育種の目標としては、品種本来の生産力を上げると同時に、主要障害に対する耐性を強化し、高水準での安定化が附加されなければならない。

収量の安定化には、雪腐病をはじめとする主要病害虫、倒伏および収穫期の雨害に象徴される穂発芽被害など、多数の項目が含まれるが、後者の雨害に関連した穂発芽問題は、生産物の加工適性との関連で、品質対策として後段に譲ることとして、表1には耐冬性を主要課題として示した。多雪地帯または少雪地帯向け耐性の強化から、ひいては両地に共通した安全性の高い品種の育成へと目標水準を上げた。しかしながら、多雪地帯に発生が多い褐色または黒色小粒菌核病と、少雪地帯に発生が多い大粒菌核病の間には $-0.82$ というきわめて高い負の遺伝相関があり(天野(1982))<sup>1)</sup>、両者を結びつけることの難しさが示されている。したがって当面の育成には、それぞれの地帯での耐性を強化し、全体としての安全性を高める方向がとられようが、雪腐病菌の発生地帯は、前述のように常に特定されているものではなく、同一地区にあっても積雪下の条件により、年によっては両者による被害の様相が変化するため、本質的な耐冬性の強化には、両菌に対する抵抗性を付与することなくしては安定化の道は遠い。高度の耐冬性を獲得するためには、負相関の障壁を超える材料の育成への努力が蓄積されなければならない。

### 3. 品質の向上

北海道産小麦の生産量の増加とともに品質の問題が大きく提起されるに至った。製粉協会では、昭和54年に引続き同57年4月にも「国内産小麦の特性と品質上の問題点」として公表しているが、その中に特に北海道産小麦の項を起し、次のように述べている。

「北海道に栽培されている主要品種の「ホロシリコムギ」、「タクネコムギ」は、府県産小麦とは異質のハード的性格の小麦で、その粉からできるめんは硬い食感を持ち、おいしいめんとして必要な適度の弾力とソフトさに欠け、製めん性の点で好ましいとは云えない。また、これらの品種は、ハード的性格とはいうものの、蛋白の量と質の点からパン用などのハード小麦の用途にも向かない。しかし、新品種の「チホクコムギ」は、従来の品種と比較してめん用としての適性が改良されているので、このような品種の早期普及を要望する」とし、さらに道産麦の低アミロ問題と、水分の多いことなどにも言及している。

北海道における小麦栽培の基礎は、開拓使が米国から種子を輸入したことに始まり<sup>2)</sup>、その後の交雑育種の母材としても、冬損およびさび病などの耐性強化との関連で外国品種が重用され、本州品種と異なる遺伝的背景に立脚した。また、昭和36年に小麦の育種事業が全国的に整備強化された折には、北海道の用途別加工適性の目標は、パン用硬質小麦(春播)またはパン配合用および強力めん用冬小麦としていたため(作物育種基本計画第1次試案)<sup>3)</sup>、めん用としての二次加工試験も行われずに推移した。このようなことから、道産麦に対する製粉協会の指摘は当然でもあるが、昭和40年代後半からの北海道産麦の急増により、生産量の大半が本州に移出されるようになると、従来からの国内麦の主用途であるめん用に好ましくないとして大きな問題となるに至ったのである。

小麦の種類と用途別分類基準に附記した図1の小麦粉の生産量によると、パン用がもっとも多く、次いでめん用となっている。昭和45年を100とした同55年の小麦粉の生産量は123%であるが、



そのうちのめんは106%で他の用途より低い伸びとなっている。まためんの内訳を示した表2によると、国内産普通小麦を原料の対象とする日本めんは、約65万トでめん用全体の49%であった。ここ数年の間大きな伸びもみられない日本めんに対し、きわめて適性の高い外麦と、従来からの用途別適性の主目的とされていた本州麦に伍していく道産麦は、加工適性としてもきわめて高水準のものとなる。

また、道産麦の品質問題で、いつも指摘されている低アミロ小麦については、生産、実需の両者から対策の要望が強い。小麦粉の粘度低下は、収穫期の雨害に関係することで、極端な場合は、穂発芽被害として政府の買入れ対象外にされ、特殊用途に限定されてきわめて安価に取引されている。低アミロ問題もめん適性と密接に関係するが、育種母材の選定または材料の選抜など、育種操作としては異なる部分も多いので、ここではまず加工適性の向上を目標とした。

最初に、秋播小麦の加工適性は、主にめんであるため、将来的には現在のめん用原料として主流にあるオーストラリア、スタンダード・ホイート（ASW）を対象とすることとなろう。そのための母材はASWの原品種にも求めることとなろうが、ASWの多くは春播型品種であるため、北海道の秋播種への直接導入には耐冬性の低下がつきまとう。また本州の代表的なめん適性品種とされる「シラサギコムギ」等の導入についても同様であるが、さらにさび病、うどんこ病の罹病化を伴い易い。

当面の目標を「チホクコムギ」としているが、めん用の標準品種となる「農林61号」、および輪

表2 昭和55年度の小麦粉使用ベースによるめん類の生産量

種 類 別	数 量	構 成 比	昭55/50年	
生めん	うどん	228,740 <sup>1</sup>	37.1%	103%
	中華めん	334,843	54.4	122
	日本そば	52,384	8.5	115
	計	615,967	(46.7)	114
乾めん	太物(うどん, ひらめん)	74,180	27.9	83
	細物(ひやむぎ, そうめん等)	159,920	60.1	96
	日本そば	27,646	10.4	101
	干中華	4,173	1.6	67
計	265,919	(20.1)	92	
即席めん	中華めん	214,486	67.4	84
	和風めん	9,109	2.9	193
	スナックめん	94,586	29.7	127
	計	318,181	(24.1)	95
マカロニ類	スパゲッティ	89,245	74.6	127
	各種マカロニ	30,473	25.4	118
	計	119,718	(9.1)	124

注) (1) 製粉振興1981年11月から作表

(2) マカロニ類は製品トン

(3) 種類別計の構成比( )数字はめん類の合計に対する割合

入銘柄の「ASW」の品質配点を示した表3によると、「チホクコムギ」の配点が低い形質としては第1に色であり、次いで食味、食感とみることができる。ここで留意したいことは、「チホクコムギ」が試験用に生産管理されたものであるのに対して、「ASW」および「農林61号」は出回り品で、即原料品の実験値である。一般管理に移された場合の、いわゆる出回り品としての「チホクコムギ」の品質が、どこまで保持されるかが一つの問題点でもある。その上での改良計画が必要であり、収穫、管理体系への留意事項も示されねばならない。なお、粉色については、かなり広い幅を持った遺伝力で示されており、検定、選抜にかなり難しい形質である。本実験の「チホクコムギ」もやや劣るとされており、変動の大きい形質とみることができる。アミログラムの最高粘度との間には、0.58\*\*、0.7\*\*と高い相関を得たという成績<sup>3)</sup>にもみられるように雨害による影響を受け易い。

また、従来の道産品種がめん適性で低い配点しか得られなかった項目は、表3の「ホロシリコムギ」にもみられるように、食味、食感、歩留などの項目で、その特性は引張りヤング率やエクステンソの(R/E)に特異的に示されている(表4)。柴田(1982)<sup>5)</sup>によれば、その内容は、でん粉の差によるものであると説明している(図2)。でん粉の理化学的性質とめん適性との関係は、徐々に解明されつつあるが、育種試験のための「小麦品質検定方法」のような、めん試験に関連した選抜のための検定方法が確立されなければならない。

春播小麦の加工適性は、高蛋白の特性を活かして、パン用を目標にしているが、農業形質との関連が、今一つ符号せず「ハルヒカリ」の水準を脱していない。しかし、ここ10年来、一連のメキシコ小麦品種から短強稈と高い収穫指数の遺伝子を道内品種に導入し、メキシコ品種の欠点で

表3 ASWおよび主要品種の製めん試験

項 目		ASW	農林61号	チホクコムギ	ホロシリコムギ*
原 粒	容 積 重 (g)	817	801	757	798
	灰 分 (%)	1.30	1.68	1.39	1.56
	た ん 白 (%)	10.2	9.2	9.3	11.2
ミリングスコア		76.6	72.8	76.7	79.6
60 % 粉	灰 分 (%)	0.46	0.55	0.48	0.50
	た ん 白 (%)	9.0	8.3	7.9	10.3
	色 相 (R <sub>55</sub> )	78.0	76.9	73.5	77.7
	カラーグレーター値	-1.3	-0.1	+1.2	-0.6
めん 評 点	生めん色相 20	20	16	14	17
	ゆでめん色相 20	20	16	14	17
	食 味 20	18	16	17	14
	食 感 20	19	16	17	14
	歩 留 20	16	16	18	15
	計	93	80	80	77

注) (1) 昭和55年産試料について製粉協会の行った成績による。

(2) 但し、ASW-「チホクコムギ」はホクレンへの報告。「ホロシリコムギ」は北見農試への報告の合作による。

(3) 「農林61号」は群馬県産でコントロールとして供試。

表4 ムカコムギと農林61号のゆでめんの物性の比較 (柴田, 1980)

	引張り強度 (g/mm <sup>2</sup> )	引張りヤング率 (g/mm <sup>2</sup> )	伸び率	粉の蛋白質 (%)	エキステンソ (R/E)
ムカコムギ	2.44	4.66	0.70	8.75	3.57
N-61 (群馬)	2.05	3.61	1.09	9.95	1.23
N-61 (福岡)	1.85	3.50	0.96	8.10	0.93

食品の物性 “第5集” 別刷 柴田 (1980)

ある低温低取性を改良して、道内に適応した安定多収系統を多数育成することに成功した。これらをベースにして、もう一度最近のカナダ、アメリカの硬質パン用品種を見直し、パン適性の改良を図ることはそれ程困難なことではないように考えられる。

北海道における8月の降水日数はほぼ11日である。平均的にみて3日に1日は降雨日だということである。小麦の穂発芽耐性は、登熟後期および成熟期後の気象条件などによって変化するが、将来的には例示品種程度の水準に強化したい。またそこに至る過程において、休眠以外の穂発芽抵抗性として、ジベレリン不感受性遺伝子の導入、抑制物質の解明と育種の応用への検討などによって、高度の耐性を付与する素材の蓄積を図るべきであろう。

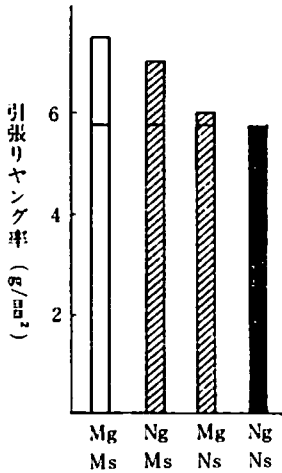


図2 成分組合せを変えた合成粉からのめんの物性 (柴田1982)

M: ムカコムギ, N: 農林61号  
g: グルテン, s: 澱粉

## 参 考 文 献

- 1) 天野洋一, “秋播小麦の雪腐病抵抗性と耐凍性育種, II, 片側二面交雑によって推定された抵抗性の遺伝的効果”, 北海道立農試集報, 47, 13-22 (1982).
- 2) 北海道農業試験場, “北海道農業技術研究史” 1967, p.162-194.
- 3) 農業省農事試験場, “昭和41年度麦類試験研究総括検討会議成績概要集” (1966).
- 4) 長内俊一, “パン用品種育成の問題点”, 生研時報, 16, 49-54 (1964).
- 5) 柴田茂久, “最近の国内産小麦の品質について” 製粉振興会叢書, 18, 1980.



## II 海外の研究紹介

### II-1 I R R I のワークショップから

土 居 晃 郎\*

国際イネ研究所（I R R I）では1970年代までは高収量を目標として研究が進められて、I R - 8 を代表とする多収性品種が育成されてきた。しかし、収量が確保されるとともに、品質、特に、食味のよい米が好まれるようになり、I R R I 構内でも昼食会などで、I R - 8 よりも低収ではあるが食味のよいC 4 - 63（フィリッピン大学育成）の方が供されるようになった。品質向上を指向する上での困難性は一つに米の一般的な良品質が必ずしも人の嗜好性と一致しないし、人の嗜好と米の栄養価とも一致しない。更に、米の味を判定する方法が不足していることである。

#### 1. 食味特性と化学成分

I R R I では、すでに従来行われている搗精度、粒形、粒の大きさ、外観等の品質に関する重要形質の他に、炊飯特性、食味特性として90%精白米でんぶんの糊化温度、米粒のアルカリ崩壊度、アミロース含量、ゲルコンシステンシー等が食味検定の手法として用いられている。また、主に栄養的観点より蛋白質含量についても同時に検定が行われている。米でんぶんの糊化温度は55~79℃の範囲にあり、55~69℃を低糊化温度、70~74℃を中位糊化温度、75~79℃を高糊化温度の品種に分けられる。糊化温度は作季中の登熟温度条件に左右され、登熟温度が高いと糊化温度が高い傾向にある。米粒のアルカリ崩壊度は糊化温度と関係深く、糊化温度が低い程、アルカリ崩壊度は大きい、糊化温度は米の炊飯時間の長短と関連深い、飯米の物性とは必ずしも一致しない。

アミロース含量について見ると、米の主成分であるでんぶんのアミロース：アミロペクチン比は食味にもっとも強く影響することから、アミロース含量の検定が取り入れられている。アミロース含量は0~50%の範囲にあり、糯米はアミロースをほとんど含有せず、粳米は10~20%含有の低アミロース米、20~25%の中位アミロース米そして25~50%含有の高アミロース米に分類される。アミロース含量の少ない米は炊飯時の米粒の膨張が少なく、光沢があり、粘りがある、一方、アミロース含量の多い米は炊飯時の膨張容積が大で、パサパサしており冷却後に飯米は硬くなりやすい、I R R I では育種過程のF 4 世代よりアミロース含量を選抜の項目に入れ、Juliano (1971)<sup>9)</sup>の方法を用いてテクニコンオートアナライザーにより定量分析している。

品種の中では、アミロース含量が同じでありながらパネルテストでは異ったスコアを示す場合がある。例えばI R - 5 と I R - 8 は同じアミロース含量でありながら、フィリッピン人によるパネルテストでは、常にI R - 5 がI R - 8 に比して高いスコアを出していた。Cagampang et al. (1973)<sup>9)</sup>は精白米粉の44%ペーストを用いてゲルコンシステンシーを測定し、同じアミロース含量でも、ゲルコンシステンシーの軟かい方が、より好まれることを見出し、I R R I ではF 4 世代よりこの測定を行なっている。ゲルコンシステンシーはアミロペクチン分子の大小と関係があり、アミロペクチンの分子が大きいと硬いゲルコンシステンシーを示し、小さいと軟

\*北海道立上川農業試験場、078-02 旭川市永山

らかいとされている。測定法としては一定の試験管に4.4%精白米粉けんだく液を入れ希アルカリ液中でボイルし、糊化後30～60分間冷却し、水平に倒し、ゲルの移動度を測る。移動度が20～40mmが硬いゲル、41～60mmが中位のゲル、61～100mmが軟らかいゲルに分類される。

## 2. アミロースおよび蛋白質含量の遺伝的変異と環境変化

米の品質を左右する最も大きな要因であるアミロース含量と蛋白質含量の遺伝的変異と環境変異についてみると、アミロース含量の場合、遺伝的支配力が大きく、高アミロースは低アミロースに対して不完全な優性であり、一個の主働遺伝子と数個の変異遺伝子に支配されている。IRRIで世界中の稲品種14,221点についてアミロース含量を調査した結果によると、中位のアミロース含量(20～25%)の品種がもっとも多く5,633点、高アミロース品種4,340点、ついで低アミロース品種2,218点の順であった(表-1)。アミロース含量0の糯品種は主にタイやラオスで主食として栽培され、粳品種のうち低アミロース品種(10～20%)は日本、韓国で栽培され粘りが強い。また、中位アミロース品種(20～25%)はフィリッピン、マレーシア、インドネシアで栽培されており、高アミロース品種(25～50%)はベトナム、ビルマ、インド亜大陸で栽培されている。

アミロース含量は一品種で変り得る範囲は約6%であり、このような環境による変異が比較的高い事が問題となっている。アミロース含量の変異に及ぼす栽培環境条件としては、まず登熟温度があげられ、藤坂5号(japonica)とIR-20(indica)を例にとると、藤坂5号は平均気温が高いほど低下し、IR-20では平均気温29℃以下で増加し、29℃以上では低下する。また、アミロース含量の異なる13品種による22～31℃の範囲で4段階の気温条件で調査した結果では、低アミロース米は温度が高いほどアミロース含量は低下するのに対し、中位及び高アミロース米は温度が上

がるにつれてアミロース含量はほとんど変化しないか極くわずかに増加する傾向が認められた。その他、アミロース含量はN増施肥により若干減少するが、N施肥時期には左右されないことが知られている。アミロース含量を定量する場合、圃場での株間の変異は2%であるのに対し、穂間では3～7%となっており、サンプリングの際に充分留意すべきであると思われる。

一方、蛋白質含量についても世界中の米17,587点について調査されており、玄米で4.3～18.2%(平均9.5%)の範囲にあり(図-1)、japonicaが11.1%(C.V.16%)、indicaが9.8%(C.V.21%)とjaponicaがindicaよりも高含量である。単一品種で様々な条件で栽培された米の蛋白質含量はIR-8で4.8～12.1%(C.V.13%)、BPI-76で9～15%と変異し、全変異における環境による変異は極めて大きく、遺伝的変異はあるものの小さい。

## 3. アミロース、アミロペクチンの鎖長分布

このワークショップでは米粒の成分としてはでんぷんのアミロース及び蛋白質についての議論が多くなされているが、それ等が形成されていく登熟期間のアミロース-アミロペクチンの合成分解に関与する酵素群についてはほとんど検討されていない。Baun et al. (1970)<sup>2)</sup>によれば米

表1 IRRIにおける世界の米14,261点のアミロースタイプの分布頻度

Amylose type	Range of amylose content (%)	No. of cultivars
waxy	0- 2.0	1,658
Very low	2.1- 8.9	412
Low	9.0-19.4	2,218
Intermediate	19.5-24.5	5,633
High	≥24.6	4,340
Total		14,261

IRRI (1978)

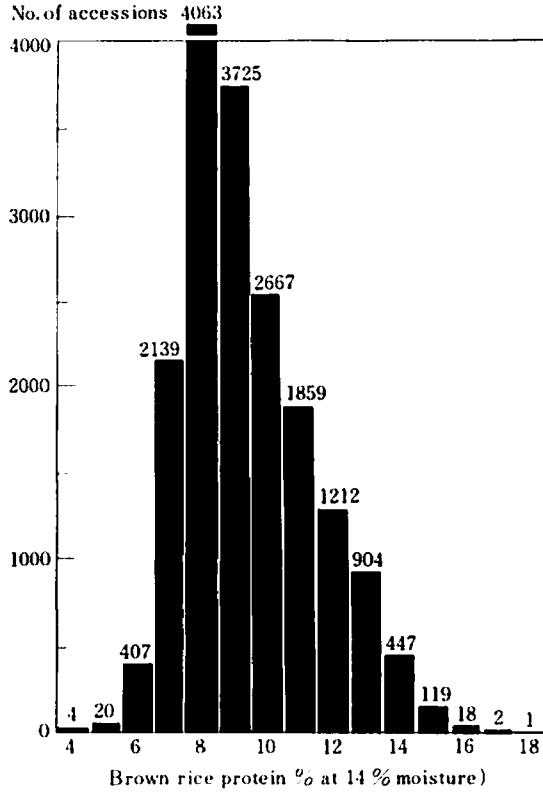


図1 世界の米17,587品種の蛋白含量の頻度分布, IRR1 (1978)

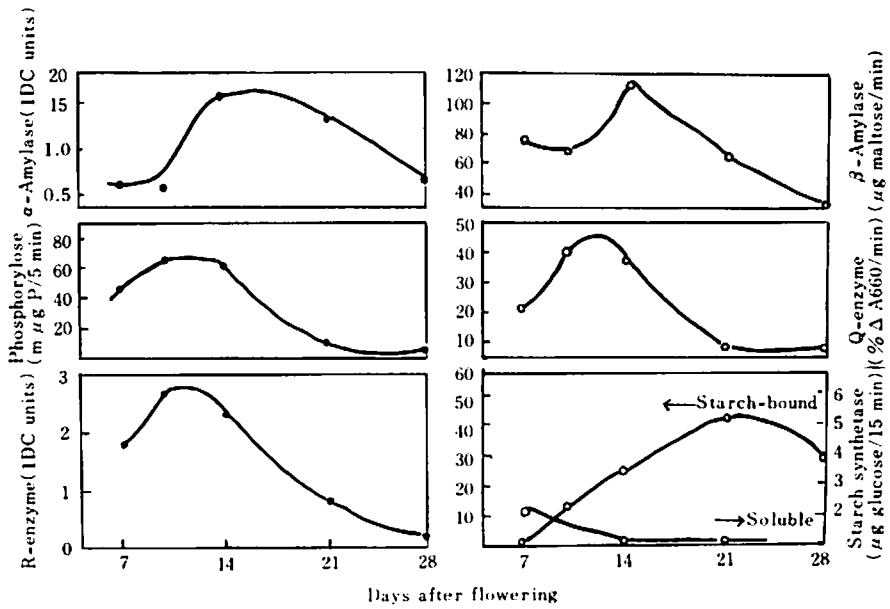


図2 登熟期間中の酵素活性の変化(IR-8, 活性粒当り) Baun et al. 1970)

粒中には図-2に示されるように様々な酵素が存在し、それぞれ登熟期間における推移が異なっており、これ等の酵素活性のちがいによるでんぷん性状の変化が予想される。特に、アミロースを合成するでんぷん合成酵素やアミロペクチンの分枝を合成分解に関与するQ-酵素、R-酵素の量的関係及びその性質について、品種間の検討を行う必要がある。また、登熟温度条件とそれぞれの酵素の最適温度との関係及び土壌のちがいや施肥成分の過不足が酵素活性に影響を与えてでんぷん性状の変化等についても検討すべきであると思われる。最近アミロペクチンの微細構造についての研究が進み、 $\beta$ -アミラーゼ、プルラーゼ、イソアミラーゼ等の酵素を用いて、でんぷんを特異的に分解し、ゲルろ過法で分子を分画してでんぷん分子の構造を知ることができる。例えば、イソアミラーゼにより分解されたでんぷんはゲルろ過によりアミロース(I)、アミロペクチンの長鎖部分(II)及び短鎖部分(III)に分画され、品種によりそのパターンが異なっている(図-3)。また、奥野・不破<sup>2)</sup>は登熟温度が低いほど短鎖部分が多くなると報告しており、北海道産米についても、府県米に比してIII/II比が高く、また $\alpha$ -1,6結合が少ないことが確かめられている(表-2)<sup>4)</sup>。このように、アミロースの構造ばかりではなく、アミロペクチンの構造についても、食味特性との関連で検討する必要がある。

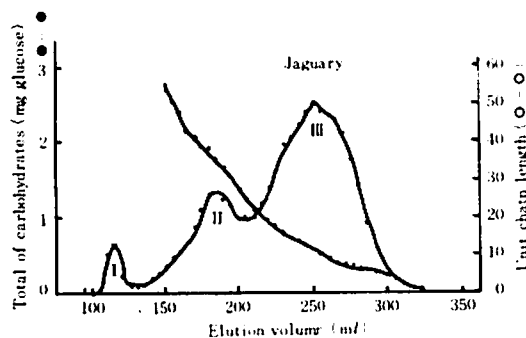


図3 イソアミラーゼ処理後、セファデックスG-57カラムで分画された糯米でんぷんの溶出パターン、奥野、不破(1982)

表2 道産米と府県産米のアミロペクチン鎖長分布及び分岐量

		III/II	プルラーゼ分解度(マルトース:r)
糯でんぷん	がいせん糯	1.69	9.43
	ミヤコガネ	2.08	9.03
	おんね糯	2.14	9.05
粳でんぷん	新 潟 米	1.98	7.86
	農 林 20 号	2.24	6.38
	イシカリ	2.25	6.26

土居(1980)

#### 4. ワークショップの抄訳

このワークショップ<sup>1)</sup>は1978年に国際イネ研究所の主催で世界の米生産国の研究者が集って行われた米の品質に対する化学的観点からの研究会であり、品質が従来の外観的なものよりも、米の食味及び栄養に重点がおかれているのが特徴的である。そして、米における成分育種とも言える程、遺伝的な見方が強調され、育種手法との関連性に焦点があわされている。内容は国際イネ研究所における食味、栄養を含む品質改善の育種研究の現況及び、オーストラリア、バングラデッシュ、フランス、日本、フィリピン、スペイン、タイ、スリランカ、アメリカ合衆国等各国の米の品質改善の育種目標が紹介され、更に、育種事業に供し得る米粒の成分分析、飯米の物性測定法等が発表されている。

上川農試では、この資料を場員が各々訳出を担当して討論会を行ったので、その講演要旨をここに紹介する。各要旨の文末に訳出者名を記してある。

1. Opening remarks: N. C. Brady, Director General, International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.

開会の辞：1960年、IRRIが設立された当時、研究の目的は収量に向けられていた。IR-8がIRRIから送り出されたが、短粒であること炊飯後の硬さに難点が指摘されていた。育種家は早くから消費者の嗜好を知っていたのである。人間は栄養学的に米を選んで食べるのではなく、嗜好によって選ぶものである。しかし、米質を正確に記述し区別することは簡単なことではない。現在、この米質を測定する方法、道具に不足している状態であるから、化学、生化学、栄養学、食品学、育種学、植物病理学等、各分野において学際的に米質に関係するであろういかなる提言をも期待するものである。(木村清)

2. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI: *G. S. Khush*, Plant Breeder and Head, *C. M. Paule*, Senior Research Assistant, and *N. M. de la Cruz*, Research Assistant, Plant Breeding Department, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

IRRIにおける米質評価と改良：IRRIの育種材料は全て搗精度、粒のサイズ形そして外観と炊飯及び食味特性が評価される。IRRIにおける育種目標は高収量と高上玄米収量を伴う良質な遺伝質の開発であり、その他透明で中長から細長な粒形で中位のアミロース含量で軟らかいゲルコンシステンシー等をその目標に含んでいる。現在までに改良された品種及び育成系統の多くは高アミロース含量であったが、大部分の熱帯及び亜熱帯地方の消費者は中位のアミロース含量の米を好むことが知られている。したがってIRRIでは、中位のアミロース含量を持った遺伝質の開発に力を入れている。更に、香り米は価格も高く、好まれるために、インドのBasmati米を親に用いて、育種事業が進められている。(江部康成)

3. IRRI's efforts to improve the protein content of rice: *J. S. Nande*, Visiting Plant Breeder, and *W. R. Coffman*, Plant Breeder, Plant Breeding Department, International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.

IRRIにおける米の蛋白質含量の改良：穀類の中で米の蛋白質はもっとも栄養価の高いものの一つであるが、精白米の蛋白質含量は比較的低い(水分14%で約7%)。アミノ酸のリジン含量を増加することは難かしいが、蛋白質含量を増加させる可能性はある。蛋白質含量の全変異の中では環境条件の占める割合が大きいが、遺伝的変異も明らかに存在する。今までの研究では、蛋白質含量の遺伝は複雑であり、低蛋白質含量が優性である。また、早期分離世代での蛋白質含量の遺伝力は低い。高蛋白質含量のための遺伝的要素を補強するために計画された自然変異及び育種手法の利用は次第に成功している。IRRIでは進んだ育種系統の中で蛋白質含量が数シーズンにわたって基準品種に比して高いものが見出されている。しかしながら、蛋白質含量の品種固有の増加は長い期間の確認を要する。(土居晃郎)

4. Genetic studies on the grain quality of rice: *T. T. Chang*, Geneticist, The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. *B. Somrith*, Rice Breeder, Khon Kaen Rice Experiment Station, Khon Kaen, Thailand.

米質の遺伝的研究：長く細い粒、色素の存在、強い休眠性の発見、高アミロース含量、非糯性澱粉、高糊化温度、低蛋白質含量は交雑で優性を示す。乳白性(Chalkiness)は主に相加的効果をもつ同義遺伝子に支配されている。初期の研究でメンデル式遺伝様式をあたえたものが最近の遺伝研究では多数遺伝子の作用による説明をあたえている。蛋白質含量、アミロース水準に母性効果が示される。というのは胚乳は三倍性の組織だからである。一方長粒と細い形、乳白性と太い形、休眠性と晩熟性、高蛋白質と小粒の結びつきがいくつかの例で見つけられている。育種計画にお

いて望ましい特性を幾つか結びつけるのに重大な障害は見つかっていない。(本間昭)

5. Effect of environment on protein and amylose content of rice: *K. A. Gomez*, Statistician and Head, Department of Statistics, International Rice Research Institute(IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines.

水稻の蛋白質とアミロース含量の環境の影響：水稻の蛋白質含量の全変異性の多くは、環境要因による。IRRIの17,587の水稲品種間の変異係数は20%と見られ、一つの品種IR-8の変異係数は13%であった。蛋白質含量は水稻が成長する条件によって深く影響される。収穫期(子実の発達の間の異なった太陽放射エネルギーと温度の差の影響が主である)処理、栽培条件(植物の密度、N施肥の時期と割合、水分、雑草)が、蛋白質含量に大きく反応する。株間、穂間、稈間でも変異が大きい。蛋白質含量と子実収量間に負の相関があった。しかし、その相関はふつう小さく、遺伝的よりはむしろ環境要因が主である。一つの水稲品種内のアミロース含量は6%くらい変りうる。アミロース含量に影響を及ぼす環境要因は、発熱温度が支配的な要因であり、N施肥がこれに続き、搗精程度でも異なる。穂間の変異は、個体間変異よりも高い。(沼尾吉則)

6. The chemical basis of grain quality: *B. O. Juliano*, Chemist and Head, Chemistry Department, International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.

米質の化学的基礎：米の貯蔵、搗精、商品価値、調理および食味特性、栄養価について検討した。玄米の性質は澱粉粒の化学的な特性よりも物理的なものとの関係が深い。とりわけ、澱粉の最終糊化温度は胚乳の熱水、カビの攻撃、KOH、HClなどに対する抵抗性は澱粉のアミロース/アミロペクチン比が密接に関与する。調理された米の硬軟はアミロース含有率に反比例する。アミロース含有率の近似した米については、ゲルコンシステンシヤや糊化温度の相違を検討するとよい。様々なタイプの米が各地域で好まれ、特有な加工をされた食物となっている。米の貯蔵中の品質の低下は形態(粳、玄米、精米)にかかわらず進行する。(坂本宣崇)

7. The nutritional value of rice in comparison with other cereals: *B. O. Eggum*, Department of Animal Physiology and Chemistry, National Institute of Animal Science, Rolighedsvej 25, DK-1968, Copenhagen, Denmark.

米と他穀類との栄養価の比較：小麦、とうもろこし、米、大麦、きび、こうりゃんの化学成分組成を比較し、蛋白質の品質と消化性の生物学的データについても検討する。全ての穀類は主要成分として、でんぷんを含有し、小麦が81.1%と最も多く、こうりゃんが最も少ない含有率(67.4%)である。

次に多い成分は蛋白質で、きびが最も多くて13.4%、米はわずかに8.5%である。一般に、穀類の蛋白質はアミノ酸であるリジンとスレオニンの含有が少ないために質的評価は低い。一方、穀物中のビタミンは加工中にかなりの量が失われる。特に、米の場合、常圧でのボイルにより失われる率が高い。また、穀類の外側は胚乳部よりも必須栄養素を多く含有するため、搗精の度合は穀類粉の栄養価に及ぼす影響が大きい。(土居晃郎)

8. Rice grain quality evaluation in Australia: *A. B. Blakeney*, Cereal Chemist (Rice), Yanco Agricultural Research Centre, New South Wales Department of Agriculture, Yanco, N. S.W. 2703, Australia.

オーストラリアにおける品質評価：オーストラリアにおける稲作は1920年代に始った。1960年代後半迄は種子の純度、搗精歩留が品質の要素と考えられていた。品質解析は現在はずべての育種材料についておこなわれている。品質に関する主要な育種目標は心白(white core)の除去とやや硬

く炊ける長粒の米を作ることである。最近の研究は心白について、搗精と蛋白質含量との関係、ぬかの遊離脂肪酸の新しい測定方法の開発などに焦点がしぼられている。(天野高久)

9. Studies on quality of rice in Bangladesh: *N. H. Choudhury*, Post-M.S. Fellow, Chemistry Department, Internanational Rice Research Institute, P.O. Box 933, Manila, Philippines, 1976-1978. Senior Scientific Officer, Rice Technology Division, Bangladesh Rice Research Institute, Joydebpur, Dacca, Bangladesh.

バングラディッシュにおける品質の研究：バングラディッシュでは米の栄養価について多くの研究がおこなわれている。また、炊飯特性、食味特性などについてもある程度研究されている。それらの研究は、普通、高価な機械を必要としない単純な方法でおこなわれている。バングラディッシュの人々は細長い半透明な粒を好む。糊化温度が低い中程度の高アミロース品種が一般に好まれる。種皮の赤い米は好まれない。人々はローライスよりもパーボイルライスを好む、水をいっぱい入れて炊き、煮えた後でその水を流し出す。Nizersall, Kataribhog, Balam BR 4, RedBiroi は好まれている品種である。すべて、粒形は細長く、すぐれた炊飯特性と食味特性は良好である。Bashful は短かくてつぶの大きい品種であるが、煮ると長くなるので好まれている。I R-8, B R-3, Rajiasail はつぶが大きく、炊飯特性、食味特性も悪い。(天野高久)

10. Rice breeding for grain quality in France: *P. Feillet*, Laboratoire de Technologie des Blés Durs et Du Riz, Institut National de la Recherche Agronomique, 9 Place Viala, 34060 Montpellier Cedex, and *R. Marie*, Station d'Amélioration des Plantes, Institut National de la Recherche Agronomique, 9 Place Viala, 34060 Montpellier Cedex, France.

フランスにおける稲の品質育種：稲はフランスではマイナークロップであり、地中海沿岸南部でしか栽培されていない。年生産量は玄米換算で1958年の12万tから1977年3万tに衰退した。現在までの品質育種の主要な成果は、長粒透明質の「Delta」の育成であり、最近の育種目標は「Arlesienne」と同程度の料理適性をもち、農家に歓迎されるに十分な収量性がある品種の育成である。そのために、F4系統という早い世代から料理適性を評価する Viscoelastograph method (膨張、固さ、弾力回復性、料理後の米の状態などを調査する)が強力な手段として考えられる。(国広泰史)

11. Status of rice breeding for grain quality in India: *K. R. Bhattacharya*, Discipline of Rice and Pulse Technology, Central Food Technological Research Institute, Mysore-570 013, India.

インドにおける稲の品質育種の状況：インドの稲育種プログラムは、収量性の向上、耐病耐虫性から最近では玄米品質に注目してきている。その育種プログラムは、腹白のない粒形品種をめざした細長粒品種育種、良品質在来種の収量性向上、高蛋白、良精白品種育種、さらに良品質をねらった突然変異育種などである。最近開始された興味ある研究は湿度抑制下での碎米抵抗性育種で、これは白米収量増加への重要なアプローチである。料理特性、食味特性に関しては、文献的研究によるとインドの稲育種家は(1)膨張率は品質全体の良い指標でありアミロース含量との関係が深い(2)ブルーバリュウはアミロース含量の良い指標である(3)低糊化温度品種はねばねばして望ましくない、との考えに強く影響されているとしているが、最近では粒形に関するきびしい選抜とアルカリスコアーによるスクリーニングが重要な要因と見られている。(国広泰史)

12. Rice grain quality evaluation in Japan: *H. Suzuki*, Professor, Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-cho, Kagawa-Ken, Japan

and *K. Kushibuchi*, Research Coordinating Officer, Agriculture, Forestry, and Fishery Research Council, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fishery, 1-2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan 100.

日本における米質評価：日本の米質評価は国営検査と育種では異なり、国営検査の場合は水分、整粒の品位と歩合などで定められる。それに対し、育種の分野では玄米の外観、搗精、食味によって評価する。以下、育種上の米質について述べる。

玄米の外観の良否は腹白や心白、溝の深さ、色や光沢、大きさや形などで定められ、その評価の個人差は少ない。また客観的測定法として透明度検定器が開発されている。搗精歩留な試験用搗精機で測定される。搗精は品種間差が大きく、外観が良く青米や腹白、心白の少ない品種など搗精歩留が高い。食味は重要な形質である。食味の評価はアミロース含量、粘りなどで定められる。アミロース含量については低アミロース即良食味とはいえない場合がある。光沢の良いものは良食味との報告も多く、光沢による選抜も試みられている。今後は粘りを簡単に早く測定できることが育種上必要とされる。(谷川晃一)

13. Rice grain quality evaluation in the Philippines: *F. E. Merca*, Department of Chemistry, College of Arts and Sciences, University of the Philippines at Los Baños. *T. M. Masajo*, Assistant Professor, Institute of Plant Breeding, College of Agriculture, University of the Philippines at Los Baños. *A. D. Bustrillos*, Associate Professor, Department of Chemistry, College of Arts and Sciences, University of the Philippines at Los Baños, College, Laguna, Philippines.

フィリッピンにおける米質評価：フィリッピンでは冷たくても柔らかい中アミロース品種が好まれるため中アミロース品種育成が重要である。従来の米質改良は玄米の外観などで行われたが、現在はその他にアミロース含量とゲルコンシステンシィ価が行われている。詳細に言えば搗精ロス、精米や飯米や飯米の外観水分、蛋白、アミロース含量、アルカリ崩壊度、ゲルコンシステンシィなどであり、これらは育種場であるフィリッピン大学と Plant-industry 省の他各地方でも検定される。(谷川晃一)

14. Rice grain quality evaluation in Spain: *S. Barber and E. Tortosa*, Cereals and Proteaginous Laboratory, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Jaime Roig 11, Valencia-10, Spain.

スペインにおける米質評価：スペインでは、短粒種と中粒種の米が好まれるが、長粒種も栽培されている。また、粘りのないパサパサした米が好まれる。育種の第一目標は、耐病虫性、耐倒伏性、収量性などの改善であり、玄米品質、炊飯、食味特性は第二義的な目標である。新系統は玄米品質に関して、観察や簡単な測定によって選抜された後、F6とF7で搗精歩留、炊飯、食味特性が検定される。しかし、現在用いられている検定方法には問題点が多い。また、米質に関する基礎研究は行われておらず、米糠から油や蛋白質を採る研究に力が注がれている。(相川宗蔵)

15. Rice grain evaluation in Sri Lanka: *C. Breckenridge*, Division of Food Technology, Central Agricultural Research Institute, Gannoruwa-Peradeniya, Sri Lanka.

スリランカにおける米質評価：スリランカでは、水稻育種の第一目標は収量性であり、品質は重要視されていなかったが、最近、政府の方針が変わり、増収と共に品質の向上が重要となってきた。品質検定は、搗精歩留(品質)、玄米品質、理化学特性、食味等について、形式的に行われてきたに過ぎないし、これらの検定結果は、奨励品種を出す場合に、若干考慮される程度であった。昔



からスリランカ人が好むのは、玄米果皮が赤色か白色の米、七分搗きの米、パーボイル米か生の米、高アミロースの米である。これらの米の品質がどのような要素で構成されているのかを明らかにすることが、現在必要である。赤米等の好まれる米については、より詳細な研究が必要であろうし、また、現在用いられている検定規準や方法も改善する必要があるであろう。(相川宗猷)

16. Physicochemical properties of Thai rice varieties and methodology : *N. Kongseree*, Seed Standard and Quality Branch, Rice Division, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand.

タイの稲品種の理化学的特性と品質改善法：タイで良質というのは細長い半透明な粒で、ふっくらとした軟らかいご飯の炊けるものである。この種のものは高価格なので農家に好まれている。古い奨励品種は大部分が細長く透明で、7mm以上のものがある。多くは高アミロースで中間は僅か、低アミロースはごく少ない。ゲルコンシステンシは品種間に広い変異がある。RD品種の品質特性は古い品種に似ている。Khao Dawt Mali 105は低アミロースより香りの方に人気がある。食味のパネルテストによると、中庸なアミロース品種が好まれる。古い糯品種は糊化温度が低く、逆にRD4は糊化温度が中～高で、食味はよくない。育種計画の品質検査は22の試験場の生産力検定試験の材料で行われている。(長内俊一)

17. Components of rice quality: their identification, methodology, and stage of application in United States breeding programs: *B. D. Webb*, Research Chemist and *C. N. Bollich*, Research Agronomist, Science and Education Administration, United States Department of Agriculture, Federal Research, Southern Region, Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center, Rt. 5, Box 784, Beaumont, TX 77706. *T. H. Johnston*, Research Agronomist, Science and Education Administration, United States Department of Agriculture, Federal Research, Southern Region, P.O. Box 287, Stuttgart, AR 72160. *W. O. McIlrath*, Research Agronomist, Science and Education Administration, United States Department of Agriculture, Federal Research, Southern Region, P.O. Box 1429, Crowley, LA 70529.

米の品質の構成要因：合衆国の育種計画における、構成要因の識別、方法論および応用場面：合衆国では、近年の新品種の第一の絶対的成立条件として、米の品質性があり、この遺伝的改良が継続して行われ、このための育種計画が組まれてきた。この結果、新品種は生産者や業者が望む品質特性を備えた理想に近いものとなっている。育種に利用される米の精米、料理および加工特性に関係する基本的な構成要因には、次のものがある：(1)穎と果皮の色、(2)米粒の大きさ、重さの均一性、(3)透明度、(4)腹白の型と量、(5)精米後の粃殻、糠、完全米および全精米量、(6)アミロース／アミロペクチン比、(7)糊化温度、(8)糊化粘性、(9)蛋白含量、(10)パーボイル罐詰製造の安定性、(11)醸造デアスターゼに関する米の料理能力。(佐々木多喜雄)

18. Outlook for rice milling quality valuation systems: *S. Barber and C. B. de Barber*, Cereals and Proteaginous Laboratory, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Calle Jaime Roig 11, Valencia-10, Spain.

搗精度評価の現状：食糧となる米は穀粒から稃、果皮および胚を除いて利用され、この精白米の諸特性によって市場価値が決定される。ここでは搗精の様式について分類を行い、さらに搗精度の判定法として残存糠層を検出する方法について(1)観察、(2)MG等の染色による、(3)多重染色あるいは抽出物の色素の光学的測定、(4)アルカリ崩壊性によるものなどを紹介した。(新橋登)

19. Methodology of assessing appearance of rice grain including chalkiness and whiteness: *H. Ikehashi*, Plant Breeder, and *G. S. Khush*, Plant Breeder and Head, Plant Breeding Department, International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines

米粒の外観評価の方法：精白米の乳白性(Chalkiness)と白度は流通上極めて重要な二大要素である。これら特性の観察による評価は最も一般的な方法であるが、個人差はさげられない。乳白性の数値的検定のための簡単な機器があるとはいえ、観察評価に比べて、より多くの時間を要するきらいがある。米の透明度および白度を正確かつ迅速に測定するための光学的方法が案出されてはいるが、コストが高いこともあって、広く用いられているわけではない。本報告では観察による評価に影響する要因と光学的评价による評価との相違を明らかにした。(新橋登)

20. Gelatinization temperature of rice starch and its determination: *K. R. Bhattacharya*, Discipline of Rice and Pulse Technology, Central Food Technological Research Institute, Mysore-570 013, India.

米でんぶんの糊化温度とその測定：従来より米でんぶんの糊化温度は米質研究の分野では試験中の全てのでんぶん粒がその複屈折性を失う時の温度とされている。この値は米品種でおよそ55~79℃の範囲にある。糊化により米でんぶんけんたく液はでんぶん粒の変形、粘度増加、光透過の増大そしてアミロース溶出等、米粒の膨潤、崩壊と同様に様々な変化をうける。これ等の現象は米の糊化温度測定に利用される。糊化温度は加熱あるいはアルカリ処理のどちらによっても観察される。これ等両方の処理で測定される数値は変化を生ずるに要する温度あるいはアルカリ濃度であり、また、観察される変化の大きさである。これ等の方法の中で米粒のアルカリ崩壊と吸水性、けんたく液の加熱あるいはアルカリ処理による光透過性及び希アルカリによる米粉からのアミロース溶出等に基づく方法が通常糊化温度測定にもっとも便利である。(土居晃郎)

21. Amylose analysis in rice - A review: *B. O. Juliano*, Chemist and Head, Chemistry Department, International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.

水稻のアミロース分析：ヨウ素と結合しているアミロースの測定法に比色法と滴定法がある。比色分析は速いが脂質とアミロペクチンの妨げを受けやすい。冷95%エタノール脱脂試料で得られた見かけのアミロース値は還流95%エタノール脱脂の白米より約2%低い。電流滴定法と電圧滴定法は、純粋に脱脂された澱粉サンプルで用いられ、ヨウ素結合値は比色法で得られた値と一致する。湯にとけるアミロースは、ハードゲルコンシステンス米を除いて、白米のトータルアミロースの良い指標である。アミロース含量は、白米を基礎として、もち(1-2%)、もちでない(>2%)、非常に低い(2-10%)、低(10-20%)、中間(20-25%)、適度に高い(25-27%)、高(27%<)に分類される。非常に低いアミロース含量の商業上の品種は見出されなかったが、「Adan Buda」は9-11%で一番低かった。(沼尾吉則)

22. Amylography and alkali viscography: *Hiroshi Suzuki*, Professor, Dept. of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Ikenobe, Miki-cho, Kagawa-ken, Japan 761-07.

アミログラフィとアルカリビスコグラフィ：日本における精白米粉および米でんぶんのアミログラフィとアルカリビスコグラフィー利用についてのべる。アミログラムの糊化温度、最高粘度、ブレイクダウン、コンシステンス及びセットバックはいろいろな要因(例えば、登熟温度、古米化及び品種等)により影響を受ける。最高粘度とブレイクダウンは正の相関、ブレイクダウンはセットバック並びにコンシステンスと負の相関々係を有する。定評ある新潟米は粘りのない

米に較べて最高粘度が高く、その到達温度は低く、ブレイクダウンが大きい。一方、北海道産のバサバサした米の場合、本州の良質な粘りある米に比して、最高粘度が低く、ブレイクダウンも低く、コンシステンシが高い。アルカリビスコグラフィは熱のかわりにアルカリ濃度変化によるでんぷん糊化性を観察する点がアミログラフィとことなる。(土居晃郎)

23. Assessing parboil-canning stability of rice in varietal improvement programs: *B. D. Webb*, Research Chemist, Agricultural Research, Science and Education Administration, U. S. Department of Agriculture, Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center, Rt. 7, Box 999, Beaumont, TX 77706.

品種改良計画における米のパーボイル罐詰の安定性評価について：パーボイル罐詰に適した米の少量試料による評価の最適条件としては：25～50mg Hg の真空前処理：水分含量が28～32%になるように糊化温度以下での水浸漬：10～15p.s.i.で10～20分間蒸らす：水分含量12～14%となるよう徐々に乾燥し精米し得る条件にする等を必要とする。またパーボイルされた精米の罐詰安定性評価のための最適条件としては：10～20分間の予備炊飯：急速に冷却：過剰の液中で12～15p.s.i.で1時間レトルトする等であり、罐詰の米粒安定性の評価法としては、米粒の外観や剪断圧測定及び罐詰中に失われる固形物の測定等がある。一方、パーボイル罐詰米の安定性と他の要因との関係としては、アミロース含量、ヨード呈色度、アルカリ崩壊度、米の幅及び蛋白質含量等が関係深い。(土居晃郎)

24. Gel consistency and viscosity of rice: *Consuelo M. Perez*, Assistant Scientist, Chemistry Department, International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.

米のゲルコンシステンシと粘度：稲の育種事業において、食味特性に関与するアミローステストを補完するため、精白米や米澱粉やゲルコンシステンシを200mgのサンプルで簡単な器具で測定する方法を紹介している。ゲルコンシステンシはゲル粘度と負の相関がある。食味特性値に代替し得るこの測定法による数値と測定に影響する実験上の要因（精白度、粉碎機の種類、粒度、アルカリ濃度等）が検討された。

#### 測定法の概略

全長130mm 試験管（パイレックス #9820）に100～120mgのサンプルを0.2ml, 95%エタノールで湿らせた後、0.2N KOH 2 mlを加え振とう後沸騰中につける。冷水水中で20分冷却後5分間室温に放置してから水平に横たえて管内に流れたゲルの長さを測定し、次式によりゲルコンシステンシ値とする。

ゲルコンシステンシ = 130ゲルの長さ (単位 mm) (木村清)

25. Quality test for waxy glutinous rice: *N. Kongseree*, Seed Standard and Quality Branch, Rice Division, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cozeroives, Bangkok, Thailand.

糯米の品質テスト：もち米は北、北東部タイの主食であり、本報告はタイのもち米の理化学的品質テストを試みた最初のものである。パネルテスト、米粒の形などではなく、アルカリ膨潤値、中位ゲルコンシステンシ、アミログラフ特性、粘着性などの品質テストは調理したもち米の軟らかさや粘りに関連性を示した。低いゲル化温度はもち米として最も一般的な好ましい特性である。タイ、日本、フィリピン、あるいは韓国における好ましい品種は糊化温度が低いこと(65～68℃)、中性ゲルコンシステンシが軟らかいこと(≥60mm)、アミログラフ最高粘度が400～700Bu、アミログラフコンシステンシが100 Bu以下であることなどである。(坂本宣崇)

26. Sensory assessment of cooked milled rice: *A. M. del Mundo*, Assistant Professor, Institute of Human Ecology, University of the Philippines at Los Baños, College, Laguna, Philippines.

飯米の官能検査：フィリピン大学の人類生態学研究室で行われている飯米の官能検査法について、収穫期、精米法、炊飯法、研究室と消費者テストとの比較、集計表及びデータの解析を関連させて紹介する。また、米の理化学性、炊飯特性と食味テストスコアとの関係についても論ずる。(土居晃郎)

27. Use of the texturometer for determining hardness stickiness of cooked rice: *Hiroshi Suzuki*, Professor, Dept. of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Ikenobe, Miki-cho, Kagawa-ken, Japan 761-07.

テクスチュロメーターによる飯米の硬さ及び粘り測定：日本では、ゼネラルフーズのテクスチュロメーターが食品の物性評価の簡単な方法として用いられている。炊飯米の硬さ(Hardness)と粘り(stickiness)が嗜好性ないし食味にもっとも重要な要素であると言われている。テクスチュロメーターによる飯米の品質評価について検討する必要がある。テクスチュロメーターは平行板プラスメーターの代りとして飯米の物性測定に用いられる。即ち、食味6要素の見かけの粘性及び弾性値はテクスチュロメーターで測定された粘り(adhesiveness)と硬さ/粘り(hardness/adhesiveness)と関連深い。また、育種の各段階における選抜にアミログラムのブレイクダウン、でんぷんのヨード呈色度と共に飯米の物性測定の手段として、テクスチュロメーターの測定値を充分活用できることが示された。(江部康成)

28. Instron measurement of cooked-rice texture: *A. B. Blakeney*, Cereal Chemist (Rice), Yanco Agricultural Research Centre, New South Wales Department of Agriculture, Yanco, N. S.W. 2703, Australia.

飯米物性のインストロンによる測定：飯米の食味は一般にその物性に基づくものである。飯米の物性は普通の場合パネルテストにより評価されるが、パネルテストは時間がかかり、多量の試料を必要とし、一定の基準がない。そのため、いくつかの機器による飯米の物性測定法が今までに用いられてきた。ここでは、インストロン試験機を用いているいろいろな試験容器との組合せを検討し、再現性のある結果が得られた。しかしながら更に、測定条件、官能テストによる物性とインストロン機による測定結果との関係についての研究を必要とする。(土居晃郎)

29. Use of viscoelastograph for measuring the texture of cooked rice: *B. Laigmelet and P. Feillet*, Laboratoire de Technologie des Bles et du Riz, Institut National de La Recherche Agronomique, 9 Place Viala, 34060 Montpellier Cedex, France.

飯米のビスコエラストグラフによる物性測定：炊飯中の米の変化を測定する方法について、流通上及び育種目的に適切なものを紹介する。飯米の粘弾性はショパン INRA ビスコエラストグラフによって測定され、結果は膨潤度、硬さ弾性回復力であらわされる。2通りの炊飯時間と6反復測定で2gの米があれば十分である。熟練した者であれば一日に30試料の測定が可能である。試料は一定時間、一定荷重で二枚の板の間で圧縮される。荷重による飯米の厚さの変化は時間経過と共に記録され、以下の係数が測定される。

$$F = 100 \times (I_1 / E) \cdots \cdots \cdots \text{飯米の硬さ}$$

$$ER = 100 \times (I_2 - I_1) / (E - I_1) \cdots \cdots \text{飯米の弾力回復}$$

E(mm)：最初の厚さ

$I_1$ (mm) : 荷重を除去する前の厚さ

$I_2$ (mm) : 最後の厚さ

(土居晃郎)

30. Tests For parboiled rice: *K. R. Bhattacharya*, Discipline of Rice and Pulse Technology, Central Food Technological Research Institute, Mysore-570013, India.

パーボイル米の検定：パーボイル米とは籾の中で予備的に加工された米である。パーボイリングにより二つの主要な変化、澱粉の糊化とそれに続いて老化が起こる。これ等の変化が以下の様なパーボイル米の検定法の基礎となる。(1)60℃と沸点(96℃)での水分吸収の比、(2)玄米を定温で水に浸したときの平衡水分量、(3)60℃と96℃、又は0.2Mと0.5MのKOHによる米の粉から抽出される可溶性アミロース含量の比、(4)ごく薄いアルカリにつけたときの玄米の反応、(5)冷えた糊の粘度とその沈降容積等、これらを検定するとパーボイル米が生米より多少高い。そして加工が厳しくなるにつれてその値は高まる。(本間昭)

#### 引用文献

- 1) The International Rice Research Institute. "Chemical aspects of grain quality workshop". 23-25 October(1978).
- 2) Baun,L.C.; Palmiano,E.P.; Perez,C.M.; Juliano,B.O. "Enzymes of starch metabolism in the developing rice grain". *Plant Physiol.* **46**; 429-434(1970).
- 3) Cagampang,G.B.; Perez,C.M.; Juliano,B.O. "A gel consistency test for eating quality or rice". *J. Sci. Food Agric.* **24**; 1589-1594 (1973).
- 4) 北海道立上川農業試験場. "昭和55年度、土壤肥料に関する成績書", P 22-29 (1980).
- 5) Juliano,B.O. "A simplified assay for milled-rice amylase. *Cereal Sci. Today.* **16**: 334-338, 340, 360 (1971).
- 6) 奥野貞敏, 不破英次. "イネの wx 座におけるアミロース, アミロペクチンの鎖長分布に関する分化". *日本育種学会誌.* **32**(別冊-1), 238 (1982).

## II-2 穂発芽の国際シンポジウムから

土 屋 俊 雄\*

### はじめに

近年、世界においても穂発芽問題は重要な位置を占めるに至っている。過去2回のシンポジウムが開催され、複雑な要素をもった穂発芽について、生理学・化学・育種・遺伝などの各分野の研究者から色々な知見がよせられ、論議されている。この中では穂発芽抵抗性についての考え方を、従来の休眠の概念では十分でないことが指摘され、雨害抵抗性(RCP; Robur contra pluvium = resistance to rain)としてとらえることの必要性が強調された。また雨害抵抗性として休眠の他に苞穎の中の抑制物質、 $\alpha$ -Amylase合成能力などの新しい要因も認められた。

小麦は収穫期の降雨によりしばしば穂発芽を起こし、あるいは穂発芽に至らなくても潜在的品質低下となって加工適性上問題となる。北海道において近くは昭和51年、52年と56年に穂発芽が発生し、小麦作の安定上大きな問題となっている。

穂発芽については古くから世界各国、日本でも研究が進められ穂発芽性に品種間差があること、穂発芽の難易は種子の休眠と関係があることなどが明らかにされ、育種の場面でも活用されている。しかし古くから研究が進められてきたが、穂発芽抵抗性について十分に解明されているものではない。

近年世界において、穂発芽は重要な問題としてクローズアップされ、北ヨーロッパ、チリ、アルゼンチン、ブラジル、南アフリカ、ケニヤ、カナダ、アメリカ合衆国、ニュージーランド、オーストラリアなどの一部の地域で問題が発生している。収穫期に遭雨する機会が多い地域はもちろん、特に後述する非休眠性の白粒種を栽培しているところでは危険性がさらに高いことになる。また、イギリス・日本などに輸出するオーストラリア、アメリカ、カナダ等の輸出国では、商品価値としての品質問題の占める位置が大きく、この様な背景からも重要な問題となってきた。

1973年、Dereraが中心となり Belderok, Stoy, Olered, Krugerらが会し穂発芽の問題について話し合った。その中で、色々な分野の研究者が集まり現在までの研究を含めて中広い論議をする必要性が強調され、第1回目は1975年に、スウェーデンの Röstanga, 第2回目は1979年、イギリスの Cambridgeと現在まで2回のシンポジウムが開催されている。今回の報告は、主としてこの2回のシンポジウムを中心に穂発芽について概説したものである。

### 1. 穂発芽研究の方向

図1は、穂発芽問題に対する主な研究方向についてまとめたものである。一点破線で囲まれた部分は従来の休眠の考え方で、一般的には種皮、胚での要因が考えられるが、小麦の栽培種では胚の休眠は発見されていない。また休眠については環境条件と休眠、二次休眠などの研究も進められている。

一方実線で囲まれた部分が、従来穂発芽抵抗性を休眠としてとらえていたことを雨害抵抗性としてさらに進めた考え方になる。これは休眠を解除した状態で穂発芽変質に貢献すると考えられ

\*北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町

る要因で、その要因には遺伝子的差異が存在し抵抗性要因として新しく認められてきたものである。以下、穂発芽研究の主なものについて説明を加えていきたい。

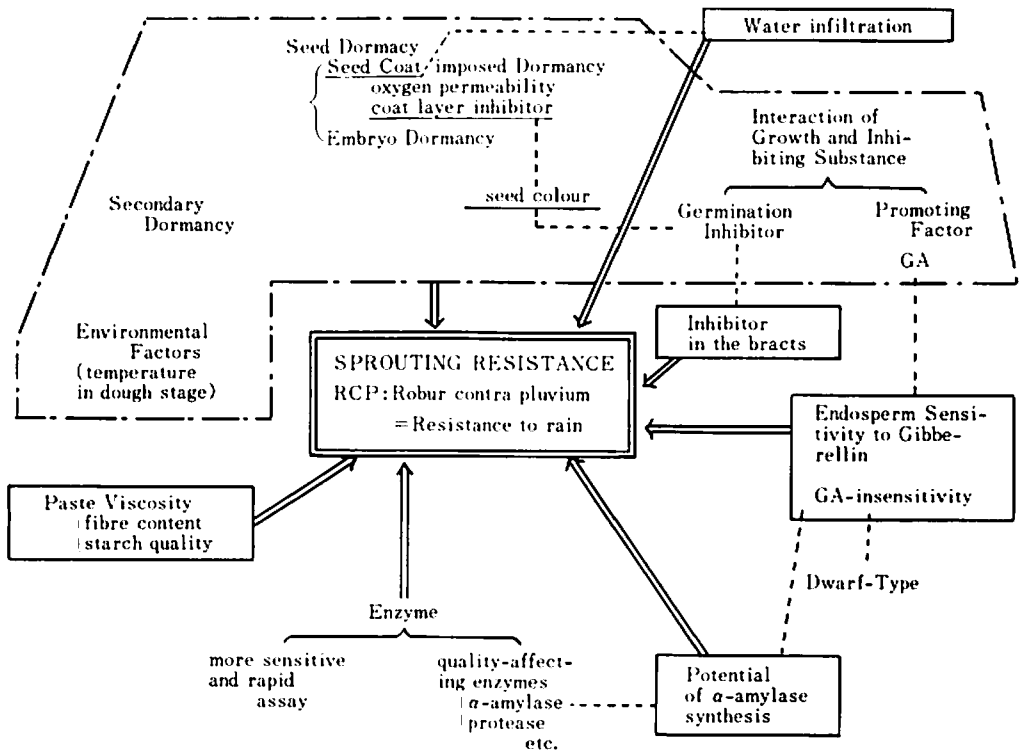


図1 穂発芽研究の方向性

## 2. 穂発芽研究の概要

### 1) 休眠・生理学的研究

種子の休眠は一般に大きく分けて、種皮・胚・胚乳に起因するものが考えられる。小麦の場合胚・胚乳による要因は認められていなく、種皮に関する研究が古くから進められてきた。

この研究は Nilsson-Ehle (1914)<sup>31)</sup>に始まり、赤粒種が穂発芽に抵抗性でしかも変異があること、白粒種は抵抗性を示さないことを見出した。その後の研究からも、粒色が発芽を抑制する効果があり、粒色の遺伝子数が多い程抵抗性を有するなど、粒色が小麦の穂発芽抵抗性に重要な意味をもつものと考えられ、2つの形質間には多面発現カリネージが存在すると主張されてきた<sup>3,13,24)</sup>。

また Miyamoto and Everson (1958)<sup>29)</sup>は粒色が穂発芽抵抗性に関係することに着目し、赤粒種の休眠機作について研究した結果、粒色が抑制効果を示すのではなく小麦種皮に含まれる粒色の前駆物質 Catechin および Catechin Tannin が発芽抑制効果を示すことが明らかになり、種皮による抵抗性要因の一つの裏付けとされている。その後 Miyamoto et al. (1961)<sup>29)</sup>は糊熟期の種皮の中に Catechin, Catechin Tannin を含めて4つの発芽抑制物質を認めている。

表1に最近の研究の一部を示したが現在のレベルからすると、粒色の程度と休眠については赤粒種内ではほとんど差がないこと、また赤粒遺伝子を2個もつものも1個のものと同じ位の休

表1 粒色の程度と休眠

(Reitan, 1980)<sup>37)</sup>

Seed colour classes*;	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0
Number of lines ;	249	69	60	555	441	543	671	115	50	52
Mean seed dormancy**;	27.5	33.9	45.6	51.2	54.1	55.1	55.5	55.1	55.5	58.1

\* Seed colour class ; 値が大きいほど粒色濃い。

\*\* Seed dormancy ; 休眠種子パーセント。

眠しか示さない結果も得られている<sup>37)</sup>。休眠については現在、白粒種でもかなりの休眠性をもったものがあるなど<sup>9)</sup>、上述の粒色の程度と、これを支配する遺伝子数からだけでは十分ではないことを示している<sup>25,37)</sup>。

休眠の生理学的関係からみると不適当なガス透過性などが指摘され、一般に休眠打破する場合果皮の除去、種皮の機械的損傷、発芽試験でのH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>処理などがなされ、休眠種子でもこれらの処理をすると発芽を始める。これは胚へのO<sub>2</sub>の透過性を容易にするためであると考えられているが、直接的にO<sub>2</sub>の透過性を測定した研究はない。

Belderok (1968)<sup>11)</sup>は休眠の終結から発芽に至る変化をSimpson<sup>38)</sup>の仮説とも関連づけて図2のように考え、後熟の進行とともにO<sub>2</sub>が供給される条件の必要性を説いた。O<sub>2</sub>が重要であるということは胚の中でのGA形成、あるいはGAの結合型から遊離型への変換、GAの誘導によって酵素

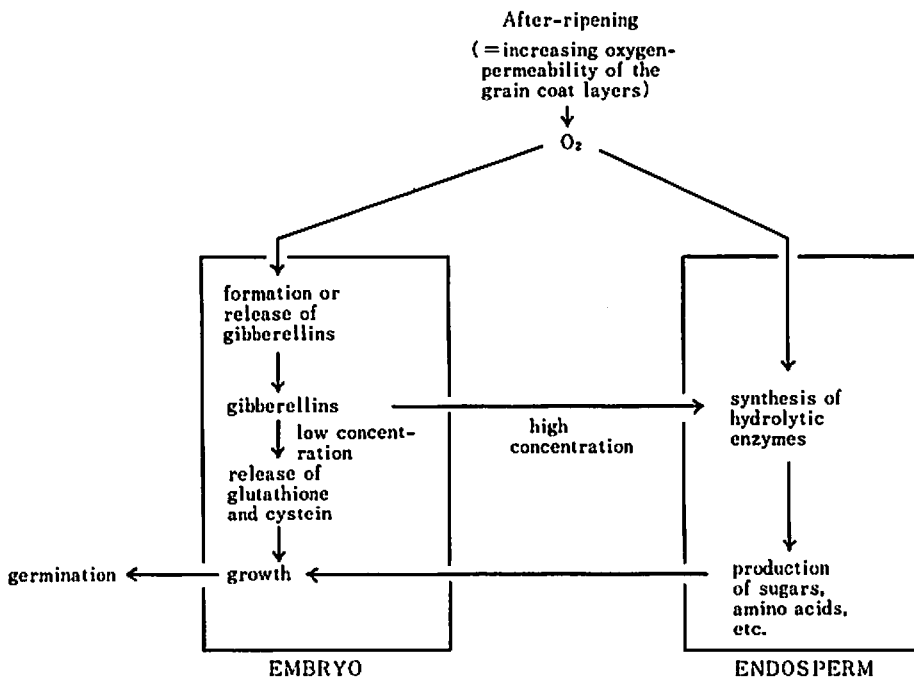


図2 休眠解除から発芽に向う変化の模式図 (Belderok, 1968)<sup>11)</sup>



が活性化されるといった化学変化で $O_2$ が必須の条件となることが認められているので、後熟の過程で $O_2$ の透過性が増加するという仮説は、胚の中で起こる生化学的変化からも裏付けされるということである。

また彼<sup>2)</sup>は、後熟が進行するにつれて遊離のSH基が多くなるS-S理論を提唱し、胚の中でdisulfide結合が減少することを認めている。これは、安永<sup>43,44)</sup>の研究にある内麦の品質劣化を雨害との関連でとらえ、その原因の1つに遊離のSH基含量が高く小麦粉生地の軟弱性をもたらすこと、またそれは小麦の胚乳部だけの变化では説明しにくく、雨害変質による皮部の軟弱化のため製粉の際に皮部や胚芽が小麦粉に混入するためであるとしたことと、ある程度共通性があると考えられる。

次に休眠と環境条件との関係であるが、休眠は環境に左右されやすいことがある。表2は高橋<sup>41)</sup>が、稲と麦についてまとめたものである。小麦についてのこの研究はBelderok<sup>1)</sup>を中心に世界でも進められていたし、日本でも農事試の桑原の最近の研究が表2に引用されている。特に温度と

表2 休眠に及ぼす環境要因の影響

(Takahashi, 1980)<sup>41)</sup>

	Environmental condition in maturing stage					
	Temperature		Photoperiod		Moisture	
	high	low	long	short	high	low
<u>Short day plants</u>						
Rice	D	ND	D	ND	D	ND
<u>Long day plants</u>						
Barley	ND	D	ND	D	—	—
Wheat	ND	D	—	—	—	—

D: dormancy; ND: non-dormancy

表3 小麦品種に及ぼす臨界積算温度

(Belderok, 1968)<sup>1)</sup>

Susceptibility to sprouting	Critical accumulated temperature			
	Winter wheat		Spring wheat	
Resistant to sprouting	Apollo	125	Peko	140
	Stella	120	Jufy I	80
	Sylvia	120		
	Manella	110		
Usually resistant, but susceptible after hot weather during the dough stage	Felix	70	Orca	70
	Flevina	70		
	Tadorna	70		
	Ibis	65		
	Hector	65		
	Eno	60		
Susceptible to sprouting	Heine's VII	50	Gaby	40
	Joss Cambier	35	Opal	40

の関係では小麦は稲と逆の関係にあり、糊熟期の高温が休眠期間を減少させる要因となることが認められている。

また休眠期間に与える温度の影響には表3に示したとおり品種間差が存在し、オランダでは積算温度をもとにその品種が危険期に達したかどうか Radio Sprouting Warning System で情報を流しているようである<sup>1)</sup>。最近の研究からすると品種によっては上述の理論が当てはまらないこと<sup>19,35)</sup>、温度以外の要因や二次休眠<sup>1)</sup>も含めての post-harvest の条件も重要であることなどがあり<sup>19)</sup>、実際の場面では困難さを伴うようである。西ドイツではさらに他の要因を含めてこの警報システムを改良し、実施しているようである<sup>1)</sup>。

休眠のメカニズムとも考えられる基本的な問題として Growth-regulator, 特にホルモンの関係があるが、これらについては色々研究がなされているが非常に複雑で不明な点が多いため、今回の報告からは除外した。

## 2) 生化学的研究

発芽を始めると酵素が活性化し、貯蔵物質を分解して生長のために使用する。またそれらの活性化された酵素が小麦粉の中に残存するため穂発芽小麦はその後の加工適性に大きな支障となる。

表4 穂発芽の内部的变化 (Kruger, 1976)<sup>17)</sup>

Stage 1. Onset of germination	Stage 2. Formation of enzymes	Stage 3. Breakdown of seed reserves
1. Protein synthesis in embryo after 30 min.	1. Very early release of latent enzymes	1. Slow breakdown of proteins, carbohydrates, lipids etc. in endosperm
2. Requirement for substrate and energy	2. Later formation of new enzymes by de novo synthesis	2. Transport of breakdown products to sites of resynthesis
3. Affected by light, temp. gas, etc.		
4. Migration of gibberellins etc. from embryo		

穂発芽の現象について表4に、Kruger<sup>17)</sup>の考え方を示した。Stage-1は発芽についての初期の段階ではあるが、前述した Growth Regulator との関係も含めて休眠の生化学については現在のところあまり明らかにされていない。

生化学的追求では Stage-2の問題が主体である。発芽にともない各種の酵素が活性化するが、活性化する場合  $\beta$ -Amylase に代表される潜在型から遊離型になる場合と、 $\alpha$ -Amylase のように新しく合成されるものがある。蛋白分解酵素は発芽時に重要な役割を演じるものと考えられ、活性化は上述の両方の存在の可能性が認められているが、小麦中には多くの異なった蛋白分解酵素が存在し、また穂発芽抵抗性を異にする品種間であまり相異が認められないことなど、多くの難

解な点があるようである<sup>17,18)</sup>。

酵素の研究の主体は  $\alpha$ -Amylase である。 $\alpha$ -Amylase は穂発芽小麦での主要なものは新しく合成されるという特徴的なことがあること、また GA による  $\alpha$ -Amylase 合成について大麦を中心として古くから研究が進んでいる背景がある。Olered and Jönsson<sup>32,33)</sup> は発芽小麦の中で電気泳動法により 2 つの異なった  $\alpha$ -Amylase のパターン (Green Amylase, Malted Amylase) を認めた。Green Amylase は小麦の登熟中に見られる主要なパターンで、Malted Amylase は発芽小麦にみられる新しく合成された主要なパターンである。Green Amylase は一般に粒水分の減少とともに消失し、また Malted Amylase より熱に不安定で分子量の大きいパターンである<sup>20)</sup>。

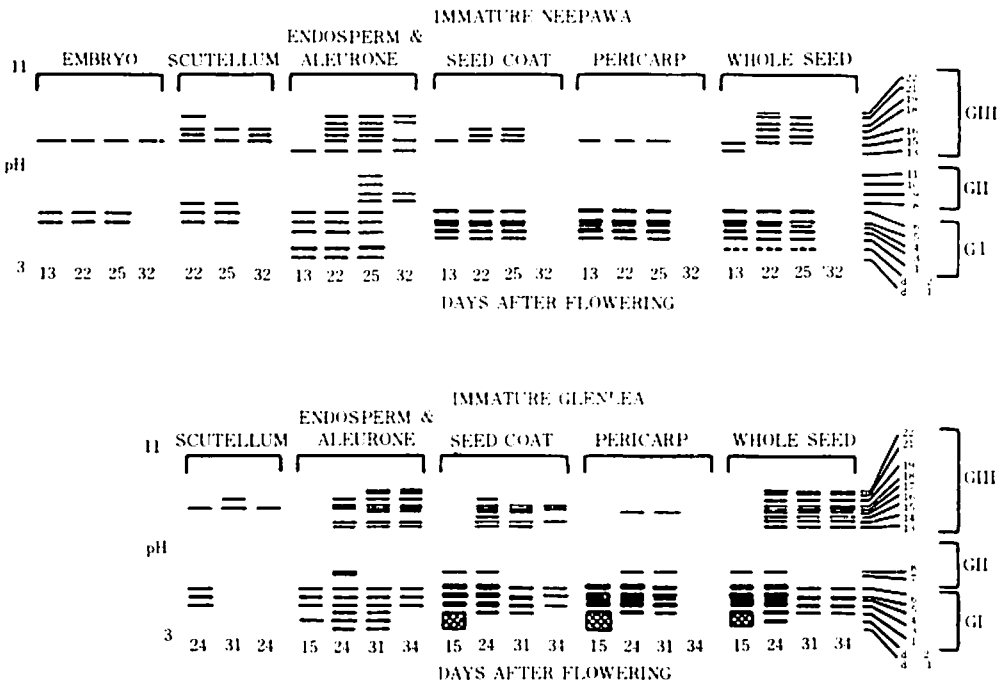


図3 各組織毎の  $\alpha$ -アミラーゼアイソザイムパターンの登熟過程での推移

(Marchylo, Lacroix and Kruger, 1980)<sup>21)</sup>

その後 Kruger ら<sup>21)</sup> は、登熟過程および発芽に至る追跡で、現在では 22 本の isozyme パターンを認め、大きく分けて G I, G II, G III と分類している (図 3)。この G III-Type は発芽小麦でみられる主要なパターンに相当するものである。登熟過程での消失、出現の関係では G I は登熟の初期に認められ後期には減少していくグループで、G III は後期に G I の減少につれて出現し、G II は主として登熟後期に少量認められるグループである。これらの  $\alpha$ -Amylase 合成の場所は各組織毎の isozyme パターンの有無から、Embryo-Scutellum, Endosperm-Aleurone と考えられている<sup>22)</sup>。

King (1976)<sup>16)</sup> は、種子の休眠のコントロールとしてアブサイシン酸の研究を進め、アブサイシン酸は登熟の初期に増加し、成熟期に近づき粒水分が減少していく過程でその量が減少することを認めた。これらのことから、GA によって誘導される  $\alpha$ -Amylase 合成の抑制物質であるアブサ

イシン酸の抑制効果が取り除かれた時点で、G IIIが活性化へと導かれる可能性を示唆し、G III isozyme パターンの強度が穂発芽抵抗性のよい指標になるのではないかとさらに研究が進められている<sup>21)</sup>。

また、この分野の他の研究目標<sup>17)</sup>としては、発芽によって活性化された  $\alpha$ -Amylase などの酵素について、育種家が選抜に使用できる定量方法の開発、さらにはそれらの酵素の特性を把握して穂発芽小麦中の他の成分に影響を与えないで、有害な酵素だけを不活性化させることなどを将来的に考える必要性を指摘している。

### 3) 遺伝・育種的研究

穂発芽抵抗性の遺伝的研究は、Nilsson-Ehle の粒色と休眠についての報告が最初である。彼は白粒種よりも赤粒種が穂発芽に抵抗性で、赤粒には少なくとも3つの独立遺伝子が関与し、相加的に抵抗性を示すことを認めた。この見解はその後多くの研究者に支持されたが、Freed and Everson (1972)<sup>12)</sup> は粒色には少なくとも6つの独立遺伝子が関与し、それらは休眠に対して直接的な因果関係をもつが、その効果はすべての遺伝子が同一ではないことを認めている<sup>42)</sup>。現時点での粒色と休眠についての概略は前述したとおりである。

休眠について Sander (1964) は、単一の場合によっては2つの遺伝子であること<sup>42)</sup>、Piech et al. (1970)<sup>36)</sup> は2つの遺伝子の相加性を認めている。また Olsson (1975)<sup>34)</sup> はいくつの遺伝子が関与しているかは不明であるが、休眠期間は優性的に遺伝することを報告している(Weilenmann (1980)<sup>42)</sup>)。

$\alpha$ -Amylase については Bingham and Whitmore (1966)<sup>5)</sup> は、高  $\alpha$ -Amylase 活性に対して2つの劣性遺伝子が関与していること、Bhatt et al. (1976)<sup>6)</sup> は白粒の春播小麦で  $\alpha$ -Amylase 合成は中位の遺伝力を示し、 $F_2$  の遺伝子分析で低  $\alpha$ -Amylase レベルで優性に働く2つの補足遺伝子が、また Gale (1976)<sup>15)</sup> は低  $\alpha$ -Amylase 活性に対し2つの優性遺伝子を認め、さらに組合せによっては優性に働く2つ以上の遺伝子が関与していることを認めている。

穂発芽抵抗性品種の育成に対しては選抜手法の研究が重要となるが、後述する GA-不感受性導入により抵抗性の系統を選抜しようという試みも Stoy and Sundin (1976)<sup>40)</sup> および MacMaster and Derera (1976)<sup>27)</sup> によりなされており、Bhatt et al.<sup>6)</sup> によれば、 $F_2$  世代の結果から GA に対する感受性は単一の優性遺伝子によって調節されていることが認められている。

穂発芽抵抗性と他の農業形質との関連では、早晩性と穂発芽抵抗性および  $\alpha$ -Amylase 活性は負の相互関係があることが Bhatt et al. および Derera et al.<sup>7)</sup> によって認められ、Derera et al. は稈長と成熟期後5日目の  $\alpha$ -Amylase 活性に負の相互関係を認めている。また Weilenmann (1980)<sup>42)</sup> は秋播小麦は春播小麦より穂発芽に抵抗性で、このことはスイスでの今迄の経験からも裏付けされるなどの報告がある。

従来から穂発芽は主として休眠についての問題がとり上げられ、現在でも多くの研究が進められている。育種の場面でも自然条件下あるいは発芽試験、Rainfall Simulation 処理などによって発芽の程度を観察したり、あるいはさらに進めてフォーリングナンバー法、Amylase の分析などにより品種系統間差を見出し、またそのような手法を用いた選抜方法が研究されている。Weilenmann<sup>42)</sup> は独自の選抜手法を開発し、Sprouting Index を用いて選抜実験を行なっている。さらに彼は、休眠は環境に左右されやすいことから環境条件を加味した Ecoanalytical Analysis を提唱している。

### 3. RCP について

#### 1) RCP の考え方とその背景

上述したように近年まで穂発芽研究の主流は休眠であった。Belderok<sup>1)</sup>は休眠あるいは後熟を次のように定義している。

休眠：種子は形態上成熟したとき、水分・温度・光の最適条件を与えても発芽しない。この現象を休眠という。

後熟：種子が休眠から脱する間に起る生理的、化学変化で、粒の内部的要因による。

後熟が進行するにつれてそれらの要因は変化するもの（休眠が解除されれば取り除かれる）であると考えられる。特に休眠は従来から種皮・粒色が重要な意味をもつと考えられていることからすると、白粒種に抵抗性を導入することは非常に困難なことになる。

Moss et al. (1972), Derera (1973) は白粒種の中で穂発芽（さらに進めて雨害変質）に抵抗性のものを探しているとき、白粒種でもある程度の休眠性を有するもの、また抵抗性の要因として休眠が解除されたときに加水分解酵素の合成を制限する、あるいは粉の粘度を減少させるなどの内的・外的要因が認められた<sup>8,9)</sup>。

同じ時期に Meyer and Shain (1974)<sup>23)</sup>は種子発芽のコントロールは現在の知識では不十分で、休眠についても同様であること、また Stoy and Sundin<sup>40)</sup>は種皮の発芽抑制物質 Catechin-Tannin の反応に対して胚の遺伝子的差異が存在することなど、穂発芽抵抗性は従来の休眠の概念をこえたより複雑な要因を内在している。

このような背景の中で、近年 Derera ら<sup>7,8,9)</sup>は穂発芽抵抗性を従来の休眠の考え方からさらに進めた RCP (Resistance to rain)の考え方を強調している。RCP には休眠の他に穂発芽に貢献する抵抗性要因として現在では、

- ① ジベレリンに対する胚乳の感受性
- ② 加水分解酵素、特に  $\alpha$ -Amylase 合成能力
- ③ 苞穎に含まれる発芽抑制物質
- ④ 繊維含量
- ⑤ 粒の水分吸収速度

などが考えられ、これらの抵抗性要因には遺伝子型的差異のあることが注目されている。

#### 2) RCP の要因

表5、表6は雨害抵抗性をみるため、成熟期後のそれぞれの時期に Rain simulation 処理をして、成熟期以降の穂発芽耐性の推移をフォーリングナンバーとアミラーゼ量でみたものである。この試験に供試されている材料の中には Kenya 321 sib., CT 932, Tordo (後述する矮性小麦 Tom Thumb から派生したもの)、Timgalen sib., Gamute, Ford, Songlen, SUN17F-11, C/S Timstein 3D などは白粒種である。この結果をみると品種の抵抗性の分類でフォーリングナンバーとアミラーゼとの関係では CT 932, Thatcher は両方の分類で傾向を異にしているが、他はよく適合している。また、従来の考え方からすると白粒種は抵抗性を有しないことになるが、本試験では Konya 321 sib., Ford は高い抵抗性を示し、また Tordo, Timgalen sib. では中程度の抵抗性を示す結果となっている。このことから穂発芽抵抗性は粒色以外の要因も十分考えられることを示唆するものである。

##### (1) 胚乳の GA-不感受性と $\alpha$ -Amylase 合成能力

発芽種子では  $\alpha$ -Amylase が重要な役割を演じ、加工適性にも多大の影響をもつ。また、 $\alpha$ -Amy-

表5 Rain Simulation 処理によるフォーリングナンバーの推移  
(Derera, Bhatt and McMaster, 1977)<sup>9)</sup>

Varieties	Untreated	5 days*		15 days*		25 days*	
		48h**	96h**	48h**	96h**	48h**	96h**
Kleiber	—	538	—	355	—	283	—
RL 4137	625	556	479	488	470	415	160
Kenya 321 sib.	480	450	385	448	282	337	152
CT 932	370	72	60	61	62	60	60
Tordo	606	345	260	206	214	120	103
Park	406	456	168	255	61	149	60
Timgalen sib.	421	280	61	230	60	138	60
Inia 66 sib.	430	222	85	157	60	64	60
Thatcher	487	494	148	334	63	280	61
Gamut	373	67	60	61	60	60	60
Sonora 64A	456	62	60	60	60	60	62
Ford	423	382	167	345	162	341	119
Songlen	485	211	61	97	60	136	60
Sun 17F-11	521	378	74	314	89	241	60
Chinese Spring	469	241	81	67	61	60	60
C/S/Timstein. 3D	521	144	60	67	60	60	60
LSD 5%	21	17	16	15	9	13	9

\* : HR(Harvest Ripeness)後の日数

\*\* : Rain Simulation 処理時間

laseはGAによって生合成されることから、GAに対する胚乳の感受性と $\alpha$ -Amylase合成能力の問題がある。

表7には水およびGA処理後のアミラーゼ量について測定したものである。この試験は1974年には成熟期後60日、1975年には230日経過した材料につき試験し、休眠が解除された状態で検討している。水による通常の発芽試験では $\alpha$ -Amylase合成は内性のGA量によって制限されるため apparent  $\alpha$ -Amylase synthesis (APS)を示し、GA添加は'real' potential  $\alpha$ -Amylase synthesis (PAS)と考えられる。この表から APS, PAS について有意な品種間差が認められ、特徴的なことは前述した中程度の抵抗性を示した Tordo が、GA に対して不感受性を示している。これは Gale and Marshall (1975)<sup>14)</sup>によって認められた Tom Thumb の GA—不感受性の特性が、それから派生した Tordo に受けつがれている結果である<sup>9,26)</sup>。また抵抗性を示した Kleiber は休眠を解除したこのような条件下では最も高いレベルの  $\alpha$ -Amylase 量となっており、育種材料を選抜する際には、この両方の特性が低いものを選ぶ必要性を説いている。

## (2) 苞穎に含まれる抑制物質

表8には苞穎の中に含まれる発芽抑制効果を示したが、この検定の条件は成熟期後80日目のサンプルで実施されている。水での発芽試験ではほとんどの品種が3~4日で発芽率が最高に達し、6日目では有意差は認められないが各品種の苞穎を添加した発芽試験では有意な品種間差が認め

表6 Rain Simulation 処理によるアミラーゼ量の推移  
(Derera, Bhatt and McMaster, 1977)<sup>9)</sup>

Varieties	5 days <sup>*</sup>		15 days <sup>*</sup>		25 days <sup>*</sup>		
	I <sup>**</sup>	T <sub>1</sub> <sup>***</sup>	T <sub>1</sub> -I	T <sub>2</sub> <sup>**</sup>	T <sub>2</sub> -I	T <sub>3</sub> <sup>**</sup>	T <sub>3</sub> -I
Kleiber	1.61	1.46	-0.15	1.63	0.02	1.68	0.07
RL 4137	1.41	1.49	0.08	0.12	-1.29	1.71	0.30
Kenya 321 sib.	1.47	1.55	0.08	1.85	0.38	1.83	0.36
CT 932	1.43	1.53	0.10	1.88	0.45	2.32	0.89
Tordo	1.50	1.91	0.41	2.15	0.65	2.40	0.90
Park	1.48	1.45	-0.03	2.16	0.68	2.46	0.98
Timgalen sib.	1.59	1.64	0.05	2.09	0.50	2.69	1.10
Inia 66 sib.	1.50	1.73	0.23	2.17	0.67	2.98	1.48
Thatcher	1.42	1.47	0.05	2.14	0.72	3.09	1.67
Gamut	1.46	2.31	0.85	2.71	1.25	3.13	1.67
Sonora 64A	1.58	2.70	1.12	3.12	1.54	3.37	1.79
LSD 5%	0.11	0.26		0.59		0.51	

\* : HR(Harvest Ripeness)後の日数

\*\* : 無処理のアミラーゼ量

\*\*\* : Rain Simulation 処理48時間後のアミラーゼ量

表7 GA-不感受性の品種間差  
(Derera, Bhatt and McMaster, 1977)<sup>9)</sup>

Variety	1974		1975	
	H <sub>2</sub> O <sup>*</sup>	GA <sub>3</sub> <sup>**</sup>	H <sub>2</sub> O	GA <sub>3</sub>
Kleiber	0.531	1.023	0.104	0.475
RL 4137	0.187	0.395	0.189	0.371
Kenya 321 sib.	0.176	0.493	0.068	0.344
CT 932	0.316	0.575	0.150	0.466
Tordo	0.171	0.196	0.100	0.064
Park	0.127	0.318	0.080	0.485
Timgalen sib.	0.197	0.491	0.080	0.310
Inia 66 sib.	0.263	0.416	0.092	0.210
Thatcher	0.211	0.432	0.146	0.395
Gamut	0.235	0.586	0.166	0.415
Sonora 64A	0.224	0.588	0.147	0.271
LSD 5%	0.096	0.199	0.035	0.074

\* : 水での発芽試験

\*\* : GA<sub>3</sub>添加の発芽試験

表 8 苞穎に含まれる発芽抑制物質の品種間差

(Derera, Bhatt and McMaster, 1977)<sup>9)</sup>

Varieties	2 days		3 days		4 days		5 days		6 days	
	W*	B**	W	B	W	B	W	B	W	B
Kleiber	83.4	16.0	90.0	16.0	90.0	16.0	90.0	16.0	90.0	31.1
RL 4137	45.8	17.2	84.6	28.1	90.0	45.7	90.0	67.6	90.0	76.4
Kenya 321 sib.	50.0	18.4	90.0	35.0	90.0	48.9	90.0	59.5	90.0	65.2
CT 932	47.3	42.7	74.5	60.8	90.0	86.2	90.0	87.3	90.0	90.0
Tordo	49.3	62.5	81.8	85.3	85.3	86.2	85.3	86.2	85.3	87.3
Park	50.1	14.0	81.8	25.1	87.3	45.6	87.3	67.3	87.3	74.7
Timgalen sib.	38.0	88.2	79.9	68.1	81.9	82.6	84.6	87.3	84.6	87.5
Thacher	67.0	14.0	90.0	24.6	90.0	44.2	90.0	66.3	90.0	73.7
Gamut	48.7	58.3	68.9	68.3	87.3	79.6	87.3	81.9	87.3	81.9
LSD 5%	10.0	8.5	8.7	14.5	5.8	12.3	6.3	11.4	6.4	8.7

\* : 水での発芽試験

\*\* : 苞穎添加の発芽試験

られ、Kleiberは最も高い発芽抑制効果を示している。また白粒種のKenya 321 sib.も中程度の抑制効果を示し、穂発芽抵抗性の要因として考えられている。

### (3) 繊維含量と粒の水分吸収速度

Moss and Kirby<sup>30)</sup>によると、小麦粉の粘度は $\alpha$ -Amylaseによって大きく影響されるが、この酵素に対する胚乳の感受性の問題として胚乳中に含まれる繊維物質・ペントザンの役割について指摘している。ペントザンは細胞膜に含まれ、厚い細胞膜のものはその含量が多く、 $\alpha$ -Amylase又は $\alpha$ -Amylaseのprecursorの動きを妨げ、あるいはその影響を抑制する方向に働く可能性があると考えられ、小麦粉の粘度にも貢献している。しかし、ペントザン含量と製粉歩留(Milling Yield)の両形質には負の関係が認められ、問題点とされている。

粉の水分吸収速度の問題は、製粉の際のテンパリング(加水)の研究の中で認められてきたものである。Stenvert and Kingswood<sup>39)</sup>によると、テンパリングは種皮と胚乳部を容易に分離させるなどの条件として重要であり、小麦粒に水分が浸透していく様式など製粉性との関連で興味をもたれていた。最近のAutoradiographの手法により、水分の浸透様式はどの品種も同じであるが水分吸収速度に品種間差が認められ、Krugerらが抵抗性の一要因として考えているものである<sup>9)</sup>。繊維含量あるいは粒の水分吸収速度の要因については、育種的にはまだ進められていない。

### 3) RCP育種の現況

ここでは上述したRCPの休眠以外の抵抗性の要因として育種的には苞穎の中にある抑制物質、あるいはGA-不感受性などを白粒種に導入しようと試みられているので、現況と問題点について若干ふれることにする。

#### (1) 苞穎に含まれる抑制物質の育種的導入

Dereraらは苞穎に抑制物質を含むKleiberの特性をGamutに導入しようと試みた。表9は後代についての分離を示しているが、苞穎の抑制物質の特性を導入することは比較的容易であると述べている。これらの特性が白粒種に導入できれば白粒種でさらに抵抗性をもった品種の育成が



可能となる。

(2) 胚乳の GA—不感受性要因の導入—Gai/Rht<sub>3</sub>の利用の可能性—

GAは $\alpha$ -Amylase合成に関与していることは古くから認められているが、Gale and Marshall, (1975)<sup>14)</sup>は2つの矮性冬小麦、Minister DwarfとTom ThumbがGAに対して不感受性であることを認め、Low $\alpha$ -Amylase合成能力との関係から矮性因子Gai/Rht<sub>3</sub>の導入の可能性について試みているので、可能性と問題点についてふれることにする。

表9 発芽抑制物質の後代の分離

(Derera and Bhatt, 1980)<sup>10)</sup>

Basis of analysis	Degree of inhibition	Gamut x Kleiber Frequency	Kleiber x Gamut Frequency
F <sub>3</sub> lines	High	7	9
	Medium	24	36
	Low	24	14
F <sub>4</sub> individuals	High	34	58
	Medium	86	93
	Low	144	121

High ; above 40%(Kleiber was in this group)

Medium ; 10-40%

Low ; Less than 10%(Gamut was in this group)

イギリスのGale一派<sup>14)</sup>は、矮性小麦のGA—不感受性因子を導入する際他の形質に与える影響を検討したものであるが、この交雑実験では矮性因子Gai/Rht<sub>3</sub>としてMinister Dwarf (MD), gai/rht<sub>3</sub>としてApril Bearded (AB)とCappelle Desprez (CD)が用いられている。

表10は各収量構成要素について示したが、Gai/Rht<sub>3</sub>集団は粒数は増えるが、千粒重、収量は減少するというのである。

表10 Gai/Rht<sub>3</sub> および gai/rht<sub>3</sub> 集団が収量とその構成要素に及ぼす影響

(Flintham and Gale, 1980)<sup>11)</sup>

	Grain Number	Mean Grain Weight (gms)	Spikelet Number	Tallest Tiller Yield (gms)	Tiller Number	Whole Plant Yield (gms)
Gai/Rht <sub>3</sub>	70.0	0.038	21.3	2.68	9.5	16.23
gai/rht <sub>3</sub>	49.1	0.051	20.0	2.54	10.3	20.05
Significance of Difference	***	***	*	N. S.	N. S.	***

また表11に品質の関係について示したが、Gai/Rht<sub>3</sub>集団は蛋白含量がやや低く沈降価は増加する傾向にあるが重要なことは穂発芽パーセントについてGai/Rht<sub>3</sub>とgai/rht<sub>3</sub>の両集団では差は認められないが、 $\alpha$ -Amylase量についてはGai/Rht<sub>3</sub>集団は低い値を示している。

図4には上述した穂発芽粒との $\alpha$ -Amylase量との関係を示したものである。両集団で穂発芽

粒と  $\alpha$ -Amylase 量はそれぞれ高い相互関係を示しているが、Gai/Rht<sub>3</sub> 集団は同一穂発芽粒パーセントに対して80%の  $\alpha$ -Amylase 活性の減少を示し、穂発芽についての根本的な問題である酵素活性が低いということは、穂発芽抵抗性付与の一つの要因として優利な点を示していると考えられる。

表11 Gai/Rht<sub>3</sub> および gai/rht<sub>3</sub> 集団が品質に及ぼす影響(Flintham and Gale, 1980)<sup>11)</sup>

	SPR	PLN	LAM	NIT	SED
Gai/Rht <sub>3</sub>	25	143	2.57	2.29	61.3
gai/rht <sub>3</sub>	23	345	3.15	2.43	58.0
Significance of Difference	N. S.	***	***	***	*

SPR : 穂発芽粒パーセント

PLN : Perten liquefaction number

LAM :  $\alpha$ -アミラーゼ活性

NIT : N含量

SED : 沈降価

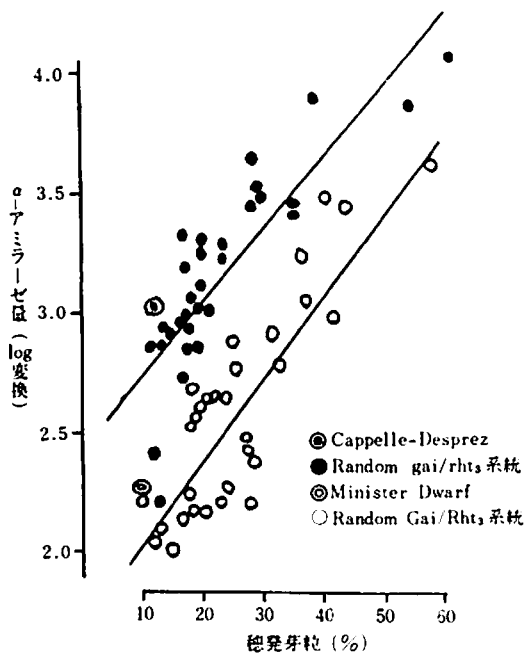


図4 各集団の穂発芽粒パーセントとアミラーゼ量  
(Flintham and Gale, 1980)<sup>11)</sup>

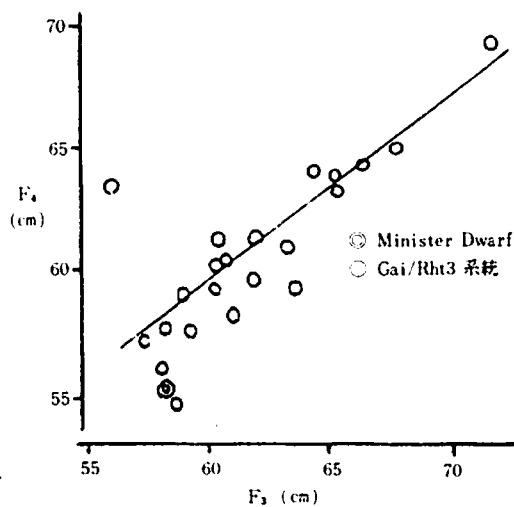


図5 Gai/Rht<sub>3</sub> 内における F<sub>4</sub> および F<sub>3</sub> の稈長の関係  
(Flintham and Gale, 1980)<sup>11)</sup>

上述した Gai/Rht<sub>3</sub> 導入についての農学的形質の問題は千粒重、収量の減少と極度な草丈の減少がある。第1点目の粒重の減少については、Gai/Rht<sub>3</sub> 遺伝子の主要な効果かあるいは粒数の増加のため、粒間の競合による二次的効果であるのかは不明である。第2点目の草丈の減少の問題については、図5に MD×AB の F<sub>3</sub> と F<sub>4</sub> の結果を示したが、Gai/Rht<sub>3</sub> 存在下で草丈が70cm 程度の

系統も得られており、また長稈の親の AB, CD について AB は CD にはない稈長促進遺伝子が認められているので、遺伝的背景の異なるものを有効に利用できる可能性を示している。

以上概説してきたとおり、穂発芽抵抗性は未だ十分に解明されていないがこれに貢献する休眠以外の要因も認められてきた。問題とされる地域で抵抗性をどの要因に求めるかが重要となるが、白粒種の小麦では新しく認められてきた休眠以外の抵抗性要因を付与することが最も大切となるし、またある程度休眠を保有している品種についてもさらに休眠を高めるとともにそれ以外の抵抗性要因を付与することが重要と考えられる。

従って穂発芽抵抗性をさらに解明するとともに、現在明らかにされている抵抗性要因を現有品種に導入し、さらにその抵抗性を集積する方向で将来的に育種計画を進める必要がある。

### 引用文献

- 1) Belderok, B. "Seed dormancy problems in cereals". *Field Crop Abs.* 21,203-211 (1968)
- 2) Belderok, B. "Changes in thiol and disulphide contents in barley embryos during dormancy and after-ripening". *J. Inst. Brew.* 74,333-339 (1968)
- 3) Belderok, B. "Physiological-biochemical aspects of dormancy in wheat". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),133-137 (1976)
- 4) Belderok, B. and Habekotté, A. "Induction of secondary dormancy in wheat crops by low temperatures and high relative humidities in the field". *Cereal Res. Commun.* 8 (1), 167-173 (1980)
- 5) Bingham, J. and Whitmore, E.T. "Varietal differences in wheats in resistance to germination in the ear and alpha-amylase content of the grain". *J. Agric. Sci.* 66,197-201 (1966)
- 6) Bhatt, G.M., Derera, N.F. and McMaster, G.J. "Breeding white-grained spring wheat for low alpha-amylase synthesis and insensitivity to gibberellic acid in grain". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),245-249 (1976)
- 7) Derera, N.F., McMaster, G.J. and Balaam, L.N. "Pre-harvest sprouting resistance and associated components in 12 wheat cultivars". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),173-179 (1976)
- 8) Derera, N.F. and McMaster, G.J. "New concepts in breeding for pre-harvest sprouting resistance". 3rd International Congress of the SABRAO, plant breeding paper I : 3 (a) 33-38 (1977)
- 9) Derera, N.F., Bhatt, G.M. and McMaster, G.J. "On the problem of preharvest sprouting of wheats". *Euphytica* 26,299-308(1977)
- 10) Derera, N.F. and Bhatt, G.M. "Germination inhibition of the bracts in relating to pre-harvest sprouting tolerance in wheat". *Cereal Res. Commun.* 8 (1),199-201 (1980)
- 11) Flintham, J.E. and Gale, M.D. "The use of Gai/Rht<sub>1</sub> as a genetic base for low  $\alpha$ -amylase wheats". *Cereal Res. Commun.* 8 (1),283-290 (1980)
- 12) Freed, R.D. and Everson, E.H. "Seedcoat colour and dormancy in wheat, *Triticum aestivum* L.". Annual meeting of American Society of Agronomy.
- 13) Freed, R.D., Everson, E.H., Ringlund, K. and Grullord, M. "Seed colour in wheat and the relationship to seed dormancy at maturity". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),147-149 (1976)
- 14) Gale, M.D. and Marshall, G.A. "The nature and genetic control of gibberellin insensitivity in dwarf wheat grain". *Heredity* 35, 55-65 (1975)
- 15) Gale, M.D. "High  $\alpha$ -amylase breeding and genetical aspects of the problem". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),231-243 (1976)
- 16) King, R.W. "Abscisic acid in developing wheat grains and its relationship to grain growth and maturation". *Planta (Berl.)* 132, 43-51 (1976)

- 17) Kruger, J.E. "Biochemistry of pre-harvest sprouting in cereals and practical applications in plant breeding". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),187-194 (1976)
- 18) Kruger, J.E. and Preston, K. "The nature and role of proteolytic enzymes during early germinations". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),213-219 (1976)
- 19) Lallukka, U. "The effect of the temperature during the period prior to ripening on sprouting in the ear in rye and wheat varieties grown in Finland". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),93-96 (1976)
- 20) Marchylo, B.A., Kruger, J.E. and Irvine, G. N. " $\alpha$ -amylase from immature hard red spring wheat. I. Purification and some chemical and physical properties". *Cereal Chem.* 53,157-173 (1976)
- 21) Marchylo, B.A., Lacroix, L.J. and Kruger, J.E. " $\alpha$ -amylase isozymes in Canadian wheat cultivars during kernel growth and maturation". *Can. J. Plant Sci.* 60,433-443 (1980)
- 22) Marchylo, B.A., LaCroix, L.J. and Kruger, J.E. "The synthesis of  $\alpha$ -amylase in specific tissues of the immature wheat kernel". *Cereal Res. Commun.* 8 (1),61-68 (1980)
- 23) Meyer, A.M. and Shain, Y. "Control of seed germination". *Ann. Rev. Plant Physiol.* 25, 167-193 (1974)
- 24) McEwan, J.M. "Relative sprouting resistance of closely-related wheats differing in grain colour". *Cereal Res. Commun.* 4 (2), 151-155 (1976)
- 25) McEwan, J.M. "The sprouting reaction of stocks with single genes for red grain colour derived from Hilgendorf 61 wheat". *Cereal Res. Commun.* 8 (1),261-264 (1980)
- 26) McMaster, G.J. "Response to GA<sub>3</sub> in  $\alpha$ -amylase synthesis of four wheat cultivars". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),227-230 (1976)
- 27) McMaster, G.J. and Derera, N.F. "Methodology and sample preparation when screening for sprouting damage in cereals". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),251-254 (1976)
- 28) Miyamoto, T. and Everson, E.H. "Biochemical and physiological studies of wheat seed pigmentation". *Agron. J.* 50,733-734 (1958)
- 29) Miyamoto, T., Tolbert, N.E. and Everson, E.H. "Germination inhibitors related to dormancy in wheat seed". *Plant Physiol.* 36 (6),739-746 (1961)
- 30) Moss, H.J. and Kirby, A. "A role for fibrous material in flour paste viscosity of wheat". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),221-225 (1976)
- 31) Nilsson-Ehle, H. "Zur Kenntnis der mit der Keimungs-physiologie des Weizens in Zusammenhang stehenden inneren Faktoren". *Z.Pflanzenzücht.* 2,153-187 (1914)
- 32) Olered, R. and Jönsson, G. "Electrophoretic studies of  $\alpha$ -amylase in wheat. II". *J. Sci. Fd.Agric.* 21,385-392 (1970)
- 33) Olered, R. " $\alpha$ -amylase isozymes in cereals and their influence on starch properties". *Cereal Res. Commun.* 4 (2) 195-199 (1976)
- 34) Olsson, G. "Breeding for sprouting resistance in wheat". *Proc. 2nd International Winter wheat Confer.* 108-113 (1975)
- 35) Olsson G. and Mattsson, B. "Seed dormancy in wheat under different weather condition". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),181-185 (1976)
- 36) Piech, J., Ruszkowski, W. and Jaworska, K. "Inheritance of the seed dormancy stage duration in winter wheat". *Genetica Polonica.* 11 (2),227-239 (1970)
- 37) Reitan, L. "Genetical aspects of seed dormancy in wheat related to seed coat colour in an 8 x 8 diallele cross". *Cereal Res. Commun.* 8 (1) 275-282 (1980)
- 38) Simpson, G.M. "Dormancy studies in seed of *Avena fatua*. 4. The role of gibberellin in embryo dormancy". *Can. J. Bot.* 43,793-816 (1965)
- 39) Stenvert, N.L. and Kingswood, K. "An autoradiographic demonstration of the penetration of water into wheat during

- tempering". *Cereal Chem.* 53,141-149 (1976)
- 40) Stoy, V. and Sudin, K. "Effects of growth regulating substances in cereal seed germination". *Cereal Res. Commun.* 4 (2),157-162 (1976)
- 41) Takahashi, N. "Effects of the environmental factors during seed formation on the pre-harvest sprouting". *Cereal Res. Commun.* 8 (1),175-183 (1980)
- 42) Weilenmann, F. "Plant breeding aspects of sprouting resistance and experience with the selection technique using sprouting index." *Cereal Res. Commun.* 8 (1): 209-218 (1980)
- 43) 安永 隆, 上村光男, "小麦生地の粘弾性からみた日本小麦の特異性に関連する諸要因, 第1報 小麦粉中のSH基の役割," *食糧研報*, 18, 88-93(1964)
- 44) 安永 隆, "同上, 第3報. 登熟中の降雨が小麦の加工適性に及ぼす影響(その2) 降雨処理による変質についての品種間差異" *日作紀*, 32(4), 358-361(1964)

### III プロジェクト研究の知見

## III-1 米の食味検定

### III-1-1 食味の理化学性

稲 津 脩\*

#### 1. 日本におけるこれまでの食味検定

日本人は、平安時代頃から米中心の食生活をつづけてきた。日本人が感ずる米の味は、現代までにおたる長い歴史のなかで作りつがれたものである。このような米の味は、定性的かつイメージとしてのものであり定量的なものではないので、米の味を各種の分析値から数値化しようとする研究がおこなわれてきた。先づ、その研究に使用された食味検定法がいかなるもので、どのような結論がえられているかを知っておく必要がある。

古く著名<sup>1)</sup>なものもあるがごく近年の代表的な研究は次の2つである。一つは新潟大学の倉沢文夫先生のグループがおこなっていたものであり<sup>2)</sup>、表1は必要な部分の要約である。新潟県産「コシヒカリ」などの美味な米は、アミロース含有量率がきわめて低く、これが主な要因となって澱粉の熱に対する糊化性が良い。飯の粘りは、流体が示す粘性率とはいくぶん異なり、むしろ飯つぶ間の付着性に近い。これを表現するためには、流体の粘性率を測定する機器では不十分であり、独自に粘性を測定できる機器を作った。さらに、こうした研究から良食味米を作るためには、低アミロース品種、栽培法の確立が必要であることを提言した。

もう一つは、農林水産省食品総合研究所の谷 達雄・竹生新治郎先生のグループがおこなった研究である<sup>3)</sup>。この研究の特徴は、米の食味に粘・弾性の概念を取り入れた所にある。飯の粘・弾性の測定は、プラスチックの粘・弾性を測定する平行板プラストメーターを用いた。すい飯時における熱糊化性の難易を知るためにアミログラフを用いて良い結果を得ている。さらに、すい飯時における米粒の吸水、膨脹する性質を知るためにすい飯特性の分析もおこなっている。これら理化学的測定と平行してパネルテストを行い、両者の相関性から、すい飯特性値のうち加熱吸水率、膨脹容積、アミログラム特性値のうち糊化温度、ブレイクダウン、米飯の粘性、弾性値が重要であることを認めた。これら食味に関係する6要素とパネルテストによる食味の総合評価との重相関係数は0.85であり、寄与率は72%である(表2)。米の食味は他の食品と異なり甘酸苦鹹などの味の4原味に支配されることが少なく、どちらかと言えば理化学的性質のテクスチャーによってきまることを示唆している。また米の食味は、米粒の大部分を占める澱粉の熱に対する糊化性と澱粉ゲルの老化する性質によって支配されることを示す。これは、食味検定法の研究、開発を進める上で大きな指針となる。

この両研究で使用された検定手法の中から主要なものを抜粋し、以下に説明する。

\*北海道立中央農業試験場稲作部、069-03 岩見沢市上幌向町

表1 米飯の食味特性とデンプンの性質

性 質	項 目	米飯の食味特性	
		高いスコア	低いスコア
米飯			
感能調査による食味特性			
総 合		100~87	72~61
粘 り		有	少ない
香 味		有	少ない
色 沢		光沢あり	白色光沢なし
粘着度 (改良上皿天秤)		64~27g	38~9g
かまふえ割合		235~244%	244~254%
精白米			
デンプンヨウ素呈色試験青色値*		0.297~0.444	0.389~0.574
アルカリテスト	拡散度	2~3	1~4
	透明度	2~3	1~4
デンプン粒			
デンプンの青色値		0.340~0.355	0.389~0.574
ブラベンダーアミログラム			
最高粘度		500~550 B U	350~480 B U
最高粘度時の温度		82~84℃	90~92.5℃
ブレークダウン (崩解度を示す)		160~260 B U	20~80 B U
セットバック (老化度を示す)		-5~+5 B U	50~60 B U
オストワルト粘度計			
粘度が急激に増加する温度			
10% (膨潤しはじめる温度)		56~58℃	53~55℃
2% (崩解しはじめる温度)		83~85℃	86~90℃
B型回転粘度計			
粘度が急激に増加する KOH 濃度 (膨潤しはじめる時の KOH の濃度)			
		0.26~0.28 N	0.24~0.27 N
アミロースの含量		17.5~18.2%	19.9~22.1%

\*は千秋楽、藤坂5号は例外を示した。

アミロース含有率は、Schochのn-ブタノール沈澱法または McCreadyのヨウ素呈色比色法によって検定していた。前者は1点分析するのにおよそ20時間と200gの試料が必要であり、また後者では10時間と100gであった。このままでは、育種のように5~10gの試料、年間1万点のアミロース含有率の検定・選抜を必要とする場合には不向である。

飯粒の粘着性の測定は、上皿天秤を改良したものでその原理は2枚のベニヤ板に飯粒をのせその上から500gの荷重を一定時間かけた時のベニヤ板の接着力を計る装置である。

すい飯特性は、20メッシュの網カゴに米を入れて95~97℃の熱水中に20分間浸漬し糊化後の吸水率、膨脹容積、溶出固形物、ヨウ素呈色度などを測定する。この方法は、1点分析するのに1~2時間を要し、分析値の再現性に難点がある。

米粒中の澱粉の熱糊化性は、アミログラフを用いて測定している。米粉40gを水450mlに懸濁し

表2 総合評価についての各主要理化学的測定値の重回帰係数と重相関係数

項 目	総 合 評 価				
	1960	1961	1960	1961	
炊飯特性	加熱吸水率		-0.680	2.775	
	膨張容積		-1.824	-3.766	
	炊飯液	pH	2.211	-9.241	
		ヨード呈色度	2.958	-1.580	
	溶出固形物	-1.413	0.524		
アミログラム	糊化温度		-2.241	-5.700	
	最高粘度	0.009	-0.989		
	ブレイクダウン		-0.172	-0.268	
	冷却粘度	-0.772	-2.450		
米 飯	粘 性		0.737	0.387	
	弾 性		0.453	0.281	
R (重相関係数)		0.410	0.864 **	0.881 **	0.832 **

備考：\*\*は危険率1%，\*は危険率5%で有意であることを示す

30℃～93℃まで測定し糊化温度、最高粘度、最低粘度、最終粘度、ブレイクダウン、コンシステンシーを測定する。この測定は、澱粉の熱糊化性を良く表現するが1点分析するのに2時間を要する。

飯の粘、弾性は、平行板プラストメーターで粘性率、弾性率を測定する。その原理は、あらかじめブロック状にすい飯したものを、平行板にはさみ荷重をかけ飯を押圧してゆき、変型の状態をダイヤルゲージでよみとる仕組になっている。この方法は、1点分析するのに1～2時間を要し、かつ再現性に難点がある。

以上のように米の食味そのものを研究するために用いられた食味検定手法は、それからの研究を進める上ではきわめて有効であるが、育種の場合で実用的に活用するためには不十分な点がある。育種のためには少量の試料で、きわめて簡易に、かつ短時間にしかも高い再現性が求められる。北海道産米を品種改良によって良質化するためには、まず第一に選抜過程で確実により多数の食味検定を行うことが不可欠である。そこで、前述した2つの研究で得られた知見を基本にすえながら、選抜に有効な検定手法を確立するための基本的方向や、その手順を明らかにするために、澱粉の構造と熱糊化性、老化性について整理しておく必要がある。

## 2. 米澱粉の構造と熱糊化性・老化性

うるち米の澱粉は、20%のアミロースと20%のアミロペクチンから出来ている。アミロースとは、D-グルコースが $\alpha$ -1, 4グルコシド結合によって直鎖状になっている分子で、道産米のアミロースはこのグルコースが400～500ヶ重合している。アミロペクチンとはアミロースのブドウ糖基のC<sub>6</sub>の位置からブドウ糖の枝が伸びた樹造構造と呼ばれる形で、この分子のブドウ糖の重合度は道産米で2,500～3,000である。



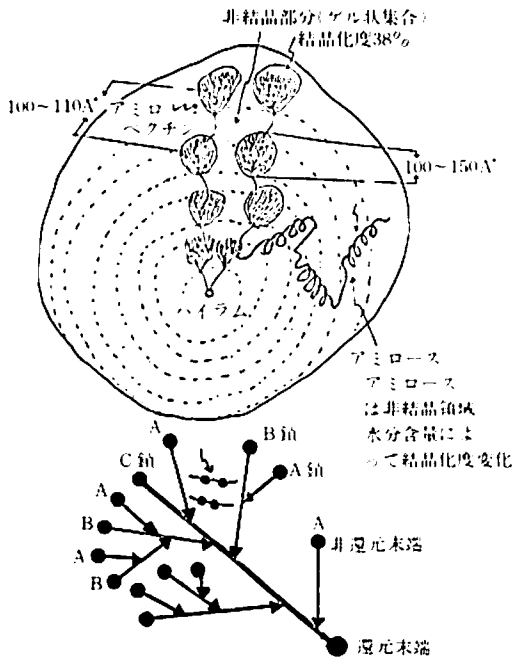


図1 澱粉の構造(房状構造)

この2つの成分が澱粉の中でいかなる形で存在しているかについては、幾つかの説があるがいまだに明らかとなっていない。近年種々の生化学的手法で徐々に解明されつつある。図1には、二國二郎先生の澱粉モデルを参考にした澱粉の房状構造を示した。澱粉は、たぶんある種のアミノ酸基をプライマーとしてADP-グルコースあるいはUPP-グルコースを有効な基質として外側へ外側へとブドウ糖の鎖を伸ばすものと考えられている。この澱粉の出来はじめた所は「ハイラム」または「澱粉のへそ」と呼ばれ、熱に対して最も弱い。アミロペクチン分子は、ハイラムから外へ向って同心円状に分子をそろえて伸びる。その途中で房状のかたまりの結晶を層状に作っている。この房の直径は、100~105Åで房の中心から次の房の中心まで100~150Åである。この間の粗な部分は非結晶構造の部分である。こうした澱粉の構造決定にはX線

回析図が多くの見解を与える。米澱粉はA型の回析像を示し、B型を示す馬鈴薯より安定である。X線回析図の4a, 4bの高さは、結晶の強度を示し、その巾や面積から球晶の大きさを計算する。また偏光顕微鏡で澱粉を見ると、光はハイラムを中心として十字形に屈折しているのが認められる。これは澱粉分子がハイラムを基点として外側に規則正しく伸びていることを示す。アミロペクチンについての情報は鎖の名前や構造についてずいぶん明らかにされているが、アミロースについての構造はいまだに不明の点が多い。

アミロースの構造を推定すると、まずその一つにあげられるのがアミロース脂質複合体であろう(図2)。このものは、6ケのブドウ糖が1巻きとなった形で、この穴の5~7Åの中へ脂肪酸を取り込んだ形で存在するものと考えられている。もう一つはアミロース同志あるいはアミロペクチンとからみ合っているものであり、これら双方いずれかまたは双方混在の形で存在すると考えられる。このアミロース脂質複合体が澱粉の大部分を占めた場合は100℃で熱糊化し難くなり、100℃で煮沸しても生のままの澱粉でとどまる。おそらく複合体やヘリックスのような堅い結合になっていないアミロースであれば、いくら多く澱粉の中に含まれていたとしても、馬鈴薯澱粉のようにきれいに透明な粘る糊になるはずである。このあたりは興味があると同時にきわめて複雑で、育種をする上で難解となる点であろう。

熱糊化性を理解する上で知っておかなければならないのは水素結合の概念である。水素結合とは、共有結合した2ケの原子核が、共有する価電子を引きつける力がそれぞれ異なれば、電荷の偏在が起こり強く引きつける原子がやや陰性になり、弱く引きつける原子がやや陽、陰双方の力によって両原子が引き合って安定化する結合を言う。

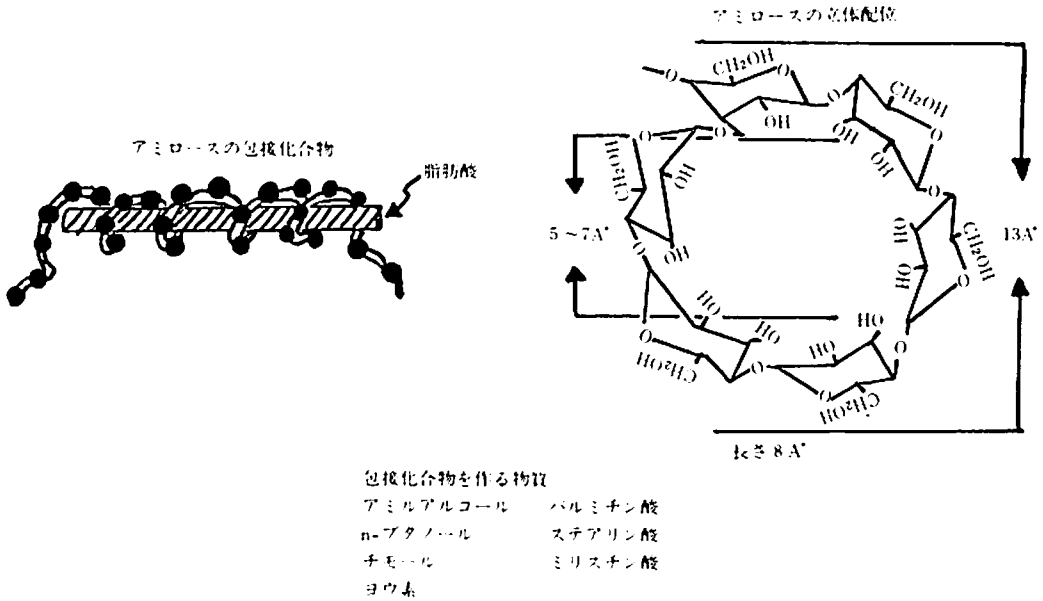


図2 アミロースの構造

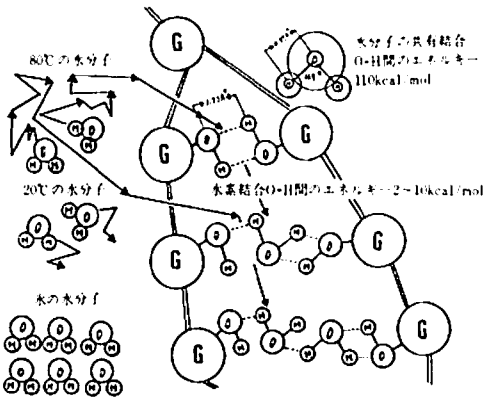


図3 水分子による澱粉分子の糊化

水分子は熱を加えると分子運動がはげしくなり、アミロペクチンの側鎖にぶつかり、ブドウ糖とブドウ糖の鎖の間に1.77Åの距離で入り込み安定な形となる(図3)。これに要するエネルギーは、2~10kcal/molで水のO-H間の共有結合の110.2kcal/molよりはるかに小さい。それだけに水分子はきわめて動きやすく、熱糊化してもまた動いて離水し老化することになる。澱粉に水が結合することを糊化と呼び、澱粉に水分子がどのような形でどれだけ結合するかによって糊の透明度、粘りなどの性質が変わる。澱粉の熱糊化性は、前述した澱粉の構造により強く支配されてい

る。

つぎに澱粉糊の老化のしくみについてふれる。図4は老化のしくみをわかりやすく知るために想定できる老化のモデルを示した。老化は水素結合した水分子の結合エネルギーが小さいためにアミロース、アミロペクチン分子が安定な構造へ動くことによってアミロース、アミロペクチン分子は、ごくわずかであるが安定な方向へと立体的に構造を変える。老化した澱粉は図4-Aに示したヘリックス型、Bに示したブドウ糖鎖の直接結合、Cに示した複合体のいずれかの硬い結合にもどると考えられる。また、この老化は分子量が大きい程また分枝が多い程少ない。

ヨウ素アミロース複合体を例にして老化を考えてみる。ヨウ素分子はアミロース6ヶの輪の中に1分子入り込み、青色に着色する。これに再び熱をかけ高温にすると、たちどころに水とアミ

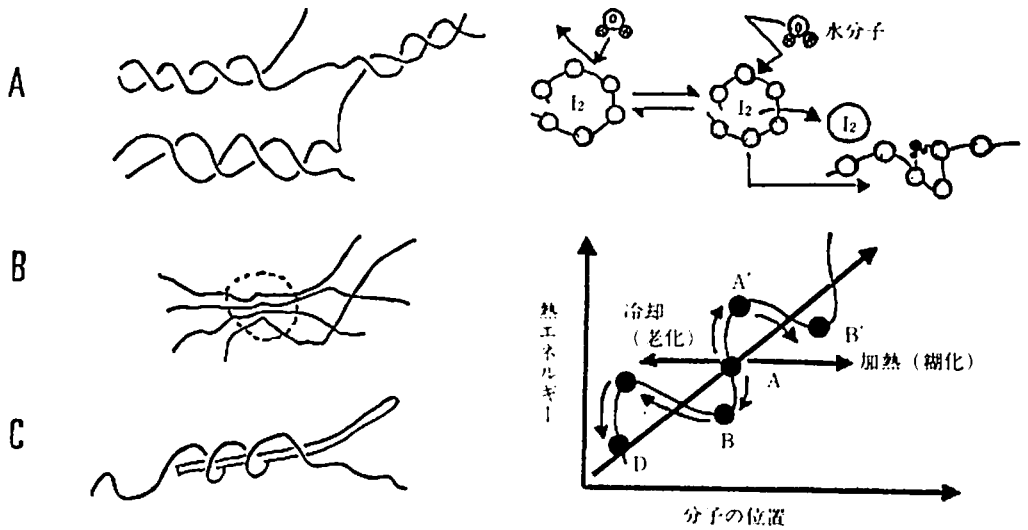


図4 老化のモデル

ローズの分子運動で、ヨウ素アミロース複合体はほどけてアミロースはヨウ素をはなしランダムコイルとなり溶液の着色は消える(図4-中段)。

飯の粘り、つや、弾力性などは、澱粉糊の性質に依存すると考えて良い。澱粉糊の性質を左右するのは澱粉の構造、熱糊化性、老化性が主要なものであり、食味検定法はこれからの性質をより簡易に迅速かつ正確に表現できるものが望ましい。

### 3. 澱粉の熱糊化性に関する他成分

これまではもっぱら澱粉側からみた熱糊他性についてふれてきた。しかし米粒中には、澱粉以外に多くの成分が含まれており、さらに米粒組織の影響も考えられる。したがって食味検定法は澱粉側の性質だけでなく、これらの性質も広く包含し、より高い精度でなければならない。

米粒中に澱粉以外の成分で最も多く含まれているのは、蛋白質で6~10%の含有率を示す。その70%がプロテインボディと呼ばれる2~3 $\mu$ の顆粒状の貯蔵物質であり、蛋白組成はグルテン62%、アルブミン12%、グロブリン12%、プロラミン9%などで構成されている。この蛋白質は澱粉の熱糊化性に他成分中で最も影響をよえるものと考えられる。

蛋白顆粒は、稲がちっ素成分を多く吸収すると、糊糊粉層とそれに近い内胚乳に多く蓄積され、米粒の腹部より背部により顕著である。また内胚乳細胞膜に付着するような形で存在する。この含有率が高まれば澱粉糊の性質より蛋白側の性質に近づき、飯の物理的性質にはきわめて不利と考えられる。プロテインボディが米澱粉の熱糊化にどのような影響を与えているのかについての研究は少なく不明の点が多い。しかしプロテインボディが澱粉粒より低温側で水を吸収することは明らかで、その意味では澱粉の熱糊化性に影響を与えようと考えられる。

白米中には0.7~1.0%の無機成分が含まれている。この主成分はリン酸であるが、このリン酸との関係も興味ある。無機成分は澱粉の熱糊化性に関係ないとする考え方もある。しかし加里を多く含む澱粉は明らかに熱糊化性が向上するし、逆に石灰を多く含む澱粉は熱化性がきわめて悪い。

内胚乳細胞の配列や細胞膜の強度、透水性も澱粉の熱糊化性に影響するものと考えられるので、これらの検討も必要となろう。

#### 4. 食味検定法

以上のことから米の食味検定は、まずアミロース含有率の測定が必要で、次に熱糊化性、これは熱糊化の過程における物理的性質の変化からその難易を判断する。老化度はアミロース、アミロペクチン分子の構造に由来すると考えられ、きわめて重要となるが、いまだ育種のための食味検定に有効な方法はない。蛋白含有率できれば灰分も必要な項目となろう。最も重要なのは飯のテクスチャーの検定であるが、これは現在までに2～3の検討を行い一応の方法を確立したが測定時間、再現性に難点がある。以下、現在までに導入あるいは確立した食味検定法についてふれる。

##### 1) テクニコン社オートアナライザーを用いたアミロース分析法

アミロースは、*n*-ブタノール、イソアミルアルコールなどと複合体を作り沈澱する性質を利用して重量法で測定していた。アミロースとヨウ素が複合体を作り、青色に発色する性質が発見されて以来、この性質を利用した分析法が開発された。われわれは、この分析法に従い手作業操作によって米のアミロース含量の定量法を確立しこれを実用化してきた。しかしこの方法では、1点の定量に約3時間を要し、年間処理能力はせいぜい200～300点が限度であった。育種にこの分析法を適用する場合は、著しく少数の材料に限定せざるを得ない。したがって良質米育成には、分析点数の限度が大きな制限因子となっていた。そこでアミロース分析を飛躍的に能率化し、良質米を育成することを目的に1978年10月にテクニコン社 (USA) のアミロース専用オートアナライザーを導入した。

オートアナライザーは、1950年に臨床検査用の血液自動分析装置として米国で開発されたもので、連続流方式を採用しているために、他の分析法と比較して迅速、正確、微量、省力を特徴としている。しかしながら、本機は、導入時点ではアミロース専用器として日本で初めてであったため、定量までの前処理法、測定条件、アミロース含有率の算出法など解決すべき点が多かった。以下、これらの解決すべき点について検討した結果を示す。

##### (1) 前処理法

米粒のアミロース定量に向けての前処理法としては、稲1株(700～1,200粒、10～20g 籾重)の少量試料について、脱穀、籾すり、精白、粉碎、篩別、乾燥の各作業が必要である。

###### <脱穀>

米麦小型脱穀機(白川農機)は、稈長、穂摘の相違に関わらず1株を0.5～1分で脱穀でき、本法に十分適用できる。

###### <籾すり>

風圧真空脱稈機(旋風号, A-10型)は、10～20gの籾を瞬間的にほとんど100%脱稈するので、本法に十分適用できることを認めた。

###### <精米>

小型精白機(ケット, パーレスト)は、7～10gを1分間精白しただけで十分適用できる。ただし、長時間連続運転すると、モーターが過熱する場合があるので2～3台を用意し交互に使用することが望ましい。

###### <粉碎>

粉碎はテストミル(西ドイツ, ブラベンダー社)を用いることが望ましい。この製粉機は、粉碎作業を連続的に行っても試料が加熱することなく微粉状となるのが特徴である。したがって本機で製粉した粉は、アミロースの分析だけでなく熱糊化性の測定に良い結果を示す。

多数の試料を迅速に粉碎する連続的な粉碎が必要となる。少量試料では、前後の試料の混入の

危険性が考えられる。このため「イシカリ」と「かむいもち」を交互に5回連続して製粉し、この時の「イシカリ」のアミロース含有率を測定した。また両品種の製粉は夫々5, 10, 15, 20gを供試した。表3はこの結果の分散分析を示した。「イシカリ」の反復間および5~20gの供試量間に有意差が認められず、平均値は各処理ともほとんど同じであった。このことから、白米試料量は5~10gの小量であっても前後試料の混入がほとんどなく本法に十分適用できることを認めた。つぎに、このようにして確立した前処理法の信頼度を知るために、従来の標準的な精白、粉碎、篩別法(A)によるものと、確立した少量試料の精白、粉碎、篩別法(B)によるものとのアミロース含量比を比較した(図5)。その結果はA法とB法の間には+0.871\*\*\* (n=21), 0.1%水準で有意な相関を認めた。このことは、少量試料の精白、粉碎、篩別によってもアミロース含量は変わらないことから、本法の前処理法として十分適用できることを認めた。

また、アミロース含有率は、93%までの搗精歩留でやや高まるがそれ以下ではほとんど一定の値となった。したがって、オートアナライザーでアミロースを分析する場合は、この含有率の安定する93%以下に搗精する必要がある。なお、ケットパーレストはほとんどの場合93%以下に搗精されている。

本法はヨウ素アミロース複合体の青色を測定しているため、アミロースが脂質複合体のままで不溶解のものがあればこの多少により含有率の低下をまねく。アミロース脂質複合体の影響を知るために、85%熱メタノールで結合脂質の大部分を抽出しアミロース含有率を測定した。脱脂米粉のアミロース含有率は平均値で0.6%高く、この値はアミロース含有比の2.9%に相当した。この値は比較少ないものと判断され実用面であまり影響されないと考えられる。

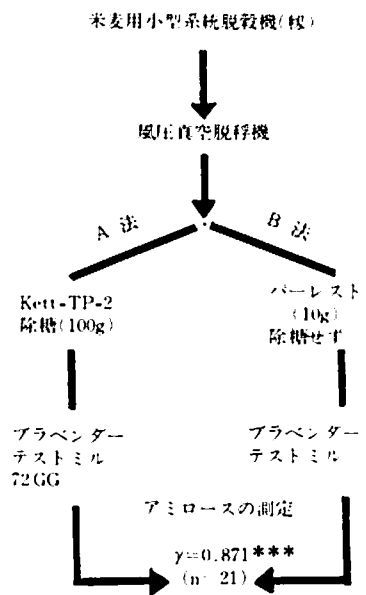


表3 製粉時の試料量とその混合程度

要因	d. f.	S. S.	M. S.	F
全体	19	126		
処理	3	41	13.667	2.83 n. s.
反復	4	27	6.750	1.40 n. s.
誤差	12	58	4.833	

試料量 (g)	イシカリ5反復平均値
5	111
10	110
15	112
20	110

図5 標準的前処理法との比較

## (2) 測定法

図6はオートアナライザーをわかり易く模式図として示した。本機の構造は固体処理サンプラー、秤量ポンプ、分析カートリッジ、カロリメーター、記録計からできている。

アミロース分析の作業手順は、米粉をアルカリ溶液で膨潤させ、固体処理サンプラーで均一な懸濁液としたものを秤量ポンプで一定量採取し分析カートリッジに送る。そこで稀釈後アルカリ液と混合し、95℃の加熱槽で糊化する。加熱槽を出た液は中和され、ヨウ素液と混合発色した後、フローセル中で発色の程度を測定し記録する(図7)。また、試薬は次のものを用意する。標準ヨウ素溶液、1.0N-水酸化ナトリウム、0.4N-水酸化ナトリウム、0.05N-水酸化ナトリウム(浸漬用)、酢酸・クエン酸混合液、ヨウ素・酢酸混合液。

## 〈ホモジナイズスピード〉

ホモジナイズスピードは2,000, 4,000, 6,000rpmについてアルカリ濃度4段階、浸漬時間3段階で検討した。アミロース含有率の差は、どのスピードでもアルカリ濃度および浸漬時間にかわりなく認められなかった。したがってホモジナイズスピードは4,000rpmで十分と考えられる。

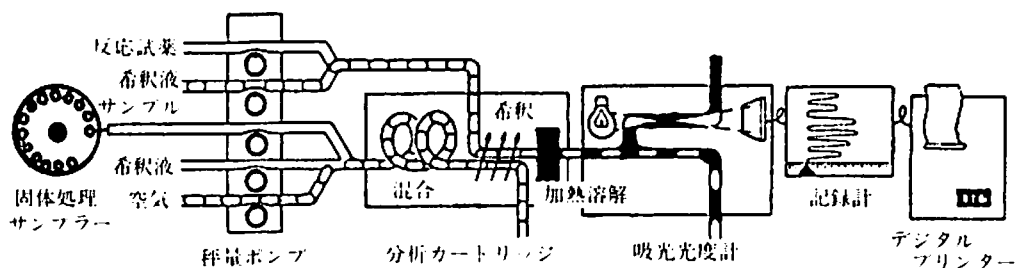


図6 アミロース専用オートアナライザー模式図

## 〈アルカリ濃度〉

浸漬するアルカリ濃度は水、0.01N, 0.05N, 0.10N, 0.15N - NaOHの5段階、浸漬時間4段階で検討した。アミロース含有率は浸漬するアルカリ濃度が0.05Nまでわずかに高まるがそれ以降は変わらない。したがって0.05Nで十分である。

## 〈浸漬時間〉

浸漬時間が長くなるとアミロース含有率は高まる傾向を示す。浸漬時間を統一することが望ましいが、現実にはきわめて難しいので2~12時間で測定すれば0.3%以内の差で測定できる。

## 〈試料量〉

農林20号とキタヒカリの差を判定した結果を表4に示した。農林20号とキタヒカリのアミロース含有率の差は10mgの試料量で十分認められたが、これ以下ではフローダイアグラム自体を変えないと困難である。いずれにしても現状ではこの量程度が下限と考えられる。また、安定した分析値を得るための試料量は100mgが最も良い。

## 〈中和酸の種類〉

表5は酸の種類について検討した結果を示した。オートアナライザーのチャートの波形は一つの波形が終了した後、次の波形が始まるまでにベースラインまで低下しない(テーリング)場合は、流れ分析のために前試料の影響が次の試料に重なり、この現象を次々くり返し最終的にはベースラインが高まり波形が高まる。

このような現象は、酸の種類とpH(濃度)によって異なる。最も望ましい波形の方からクエン酸≧リン酸>蔞酸≧酢酸=塩酸=硝酸≧酒石酸≧コハク酸>硫酸=蟻酸=過塩素酸>ほう酸>乳

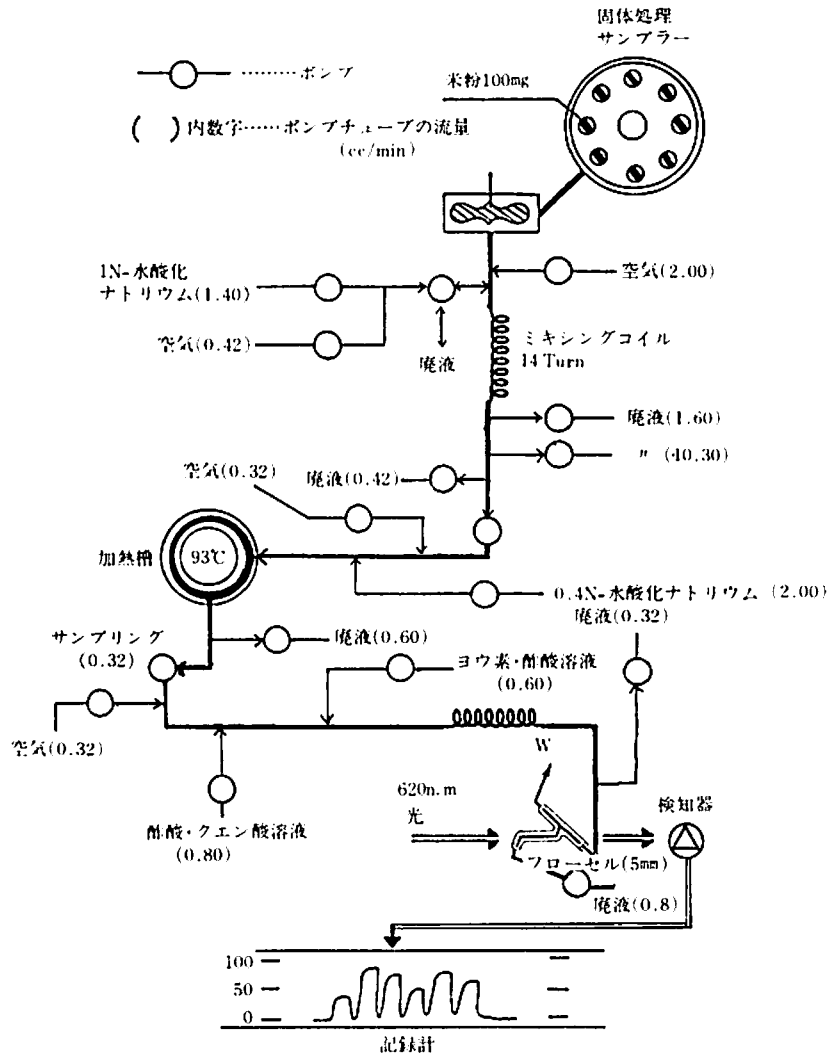


図7 アミロース分析用フローダイヤグラム

表4 分析試料の限界量

区分	200mg	150	100	75	50	25	10
農林20号	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
キタヒカリ	21.6	21.4	21.0	21.2	21.4	21.0	21.0
感度目盛	3.5	4	5	5	5	9	9

酸であった。この結果クエン酸が最も良いのでクエン酸単独かクエン酸を多く含む液が良いと考えられていた。

また酸のpHは5.0以下でチャートの波形はきわめて不良となる。5.0以上で測定することが望ましい。

表5 中 和 酸 の 種 類

類 別	分 子 式	価 数	% *
硫 酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2	3.7
塩 酸	HCl	1	2.9
硝 酸	HNO <sub>3</sub>	1	2.9
リ ン 酸	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3	0.3
過 塩 素 酸	HClO <sub>4</sub>	1	4.0
コ ハ ク 酸	H <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	2	3.3
酒 石 酸	H <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	2	3.1
ク エ ン 酸	H <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub>	3	0
酢 酸	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2	2.4
酢 酸	CH <sub>3</sub> COOH	1	2.8
蟻 酸	HCOOH	1	3.9
乳 酸	CH <sub>3</sub> (OH)COOH	1	14.8
ほ う 酸	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3	11.4

注) \*……%は  $\frac{B}{A} \times 100$  の値(大不良、小良) Aは波形の高さ、Bは波形の下端

(3) アミロースの算出法

アミロースのヨウ素複合体の呈色は、アミロースの平均重合度によって異なる。たとえば重合度20くらいで赤、30くらいで紫、40くらいで青紫、60以上で青と考えると良い。本法は、アミロースのヨウ素複合体の呈色を青色として、その吸光頂点を600nmとして測定している。したがって重合度の小さいアミロースは、この分析では吸光頂点が異なるためうまく定量できず常に低含量に表現されている。この問題を解決するためには、米澱粉からアミロースを分解しないように完全に分離し乾燥したものを、ふたたび混合し作成した検量線から算出しなければならない。しかしアミロースの絶対値はこの方法で定量し難い。そのため電流滴定法で定量するのが一般的である。いずれにしてもこのような理由から、本法で求められたアミロース含有率には、大部分がアミロース含有率と表現しているのにはちがいないが、一部にアミロースのブドウ糖の重合度の相違も加味されていることを知っておく必要がある。また、本法では米粉で測定するために、米粉中に含まれる澱粉の含有率の相違によっても異なる。しかし簡易かつ迅速に行う事を原則とする育種のための検定法であるから、澱粉の抽出あるいは澱粉含有率の測定はできない。以上の条件を加味し、なるべくこのままの方法で、アミロース含有率の絶対値に近くなるような検量線の作成法が必要となる。

〈馬鈴薯澱粉、米アミロースを用いた検量線の作成〉

図8には、馬鈴薯澱粉、米のアミロース、アミロペクチンを用いた検量線を示した。これによると③アミロース、⑤アミロースとアミロペクチンの混合の固体を使用したものは、アミロースの溶解が不十分であるため呈色度も小さく不規則となる。この検量線でアミロース含有率10%の試料は、20%と計算される。また、馬鈴薯澱粉の場合は、①固体も②液体にしたものも呈色度はきわめて高くなる。この検量線でアミロース10%の試料は、5%前後と計算される。④アミロース、⑥アミロースとアミロペクチンの混合の液体にしたものも呈色はきわめて安定し、検量線は



直線となる。この検量線でアミロース10%の試料はほぼ10%前後となりきわめて良い結果であった。しかし液体であるためアミロースが老化、変質する可能性がある。この検量線では米粉中の澱粉含有率を何らかの方法で分析しなければならない。以上の理由によって馬鈴薯澱粉米アミロースを用いたのでは、不十分である。

〈梗米、糯米混合による検量線の作成〉

道産米中で最もアミロース含有率の高い試料を、あらかじめアミロース含有率を正確に測定しておき、これと糯米を混合してアミロース含有率が5, 10, 15, 20, 24%となるようにする。この試料を100mg 秤量しオートアナライザーで測定するだけで検量線ができる(図9, 10)。

この方法は米粉であるため、水分管理さえ注意すればかなり長期間使用でき、簡易かつ分析試料と同じ操作をするだけで良い利点がある。さらに米粉をそのまま用いるため、アミロースの重合度分布が分析する試料ときめて良く似た状態である。このため、呈色の吸光頂点が試料とかなり近い状態で測定されるので、絶対値に近い含有率を計算することができる。さらに澱粉含有率は試料にきわめて近いため澱粉含有率の補正は実用上しなくても良いと考えられる。

図11は、この検量線を用いて分析したアミロース含有率と McCready 法によるアミロース含有率との相関を示した。相関係数は  $r=0.986^{***}$  ( $n=12$ ) ときわめて高く、十分に実用に耐え得ると判断される。

米粒中の澱粉含有率は粗蛋白含有率、水分、灰分の多少により増減する。澱粉含有率との相関係数は粗蛋白で  $r=-0.856^{***}$  ( $n=13$ )、水分で  $r=-0.598^*$  ( $n=13$ )、灰分で  $r=-0.705^{**}$  ( $n=13$ ) ときわめて高い。アミロース含有率の分析精度をより向上しようとする場合は、こうした関係をうまく利用して、分析試料と検量線を作成する試料の澱粉含有率を接近させる必要がある。実用的には検量線を作成する試料の水分含有率を調節することによって分析試料との澱粉含有率の差をなくすことが最も良い。

表6は、昭和56年、中央農試稲作部の163点の分析値の粗蛋白、水分の最高、最低、平均値を示した。粗蛋白、水分の最高、最低値の差を合せると3.8%となふ。この3.8%は澱粉含有率の差と仮定すると20.0%のアミロース含有率は  $20.0 \pm 0.76\%$  と計算される。この値は最大値であり一般

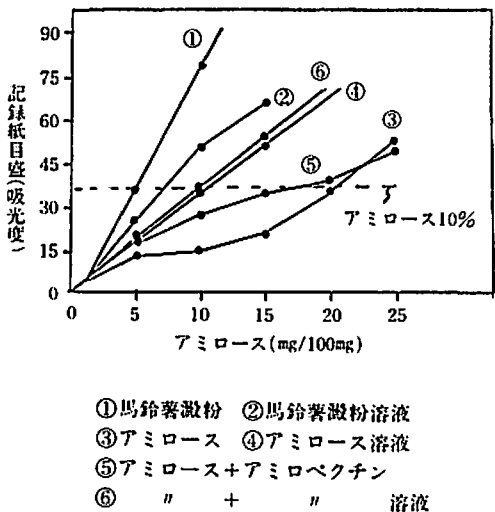


図8 馬鈴薯、米アミロースを用いた検量線

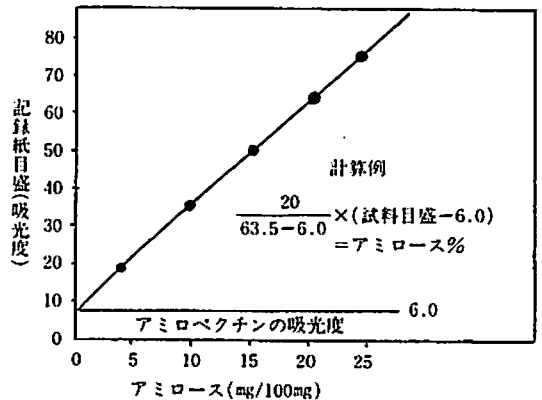


図9 梗米、糯米混合による検量線

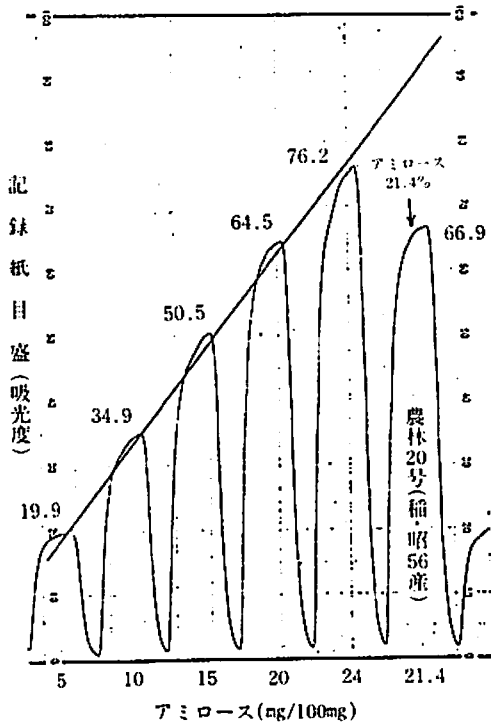


図10 検量線作成時のチャート

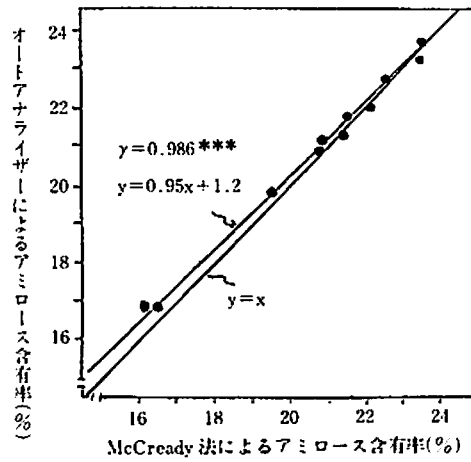


図11 アミロース含有率の比較

表6 蛋白、水分含有率の分布

項目	最高値(A)	最低値(B)	平均値	A - B
粗蛋白%	10.3	7.1	8.4	3.2
水分%	12.8	12.2	11.7	0.6
合計				3.8%

注) 昭和56年稲作部生産力予備試験試料(n=163)

にはこの半分の $20.0 \pm 0.38\%$ 程度となろう。

- ② 蛋白含有率、水分含有率、灰分含有率  
次項のインフラライザーによって分析する。
- ③ アミログラフ

ブラベンダーアミログラフは小麦澱粉の糊化性と酵素の活性を見るために作られた分析装置である。粳米の酵素の活性は小麦に比べてかなり弱いため、粳米のアミログラム特性値はおもに米澱粉の糊化性を示す。

堀内<sup>5)</sup>は、粘性の測定にブラベンダーアミログラフを用い、90%が50メッシュ以下の米粉乾物40gに蒸留水450mlを加え、30~93℃まで一定速度(1.5℃/min)で加熱し、93℃に10分間保った後、加熱と同速度で冷却しアミログラムを作成した。

北海道産米の澱粉と米粉のアミログラム特性値を比較検討し、前記した測定法が北海道産米にも十分適用し得ることを認めた。しかし前記した手法では1点2時間必要であるため育種のため

の検定法としては不十分であった。そこで各種の検討から最高粘度、ブレイクダウンのみ測定することによって熱糊化性をほぼ知り得ることが明らかとなり、1点約1時間に短縮した。同時に温度制御をセンサーによって行い操作も簡易にした。

#### ④ テクスチュログラフ

前述したように倉沢は、1962年上皿天秤の改良装置によって飯の粘着性の測定法を考案した。北海道産米の硬さ、粘りを知る目的でテクスチュログラフを利用した測定法の検討を行い、次のように測定条件を確立した。図12はテクスチュログラフの構造とテクスチュログラムを示した。

飯粒の粘り、硬さは流体の粘性率、弾性率とはイメージとして異なるものと考えられる。すなわち飯粒の粘りとは粘性率よりはむしろ付着性に近い。また飯粒の硬さは、弾性率よりはむしろ飯粒がつぶされる時に必要なエネルギー量に近い。

炊飯方法は、ガーゼを用いて除糠した20gの精白米をアルミゼリーカップ(底50mmφ、口径70mmφ、高さ40mm)に取り、水35mlを加え25℃で30分放置後、1.8ℓ電気炊飯器の中に炊飯時間が20分となる量の水を入れ、用意したアルミゼリーカップ5個を外釜の壁に接触しないように円形にならべて炊飯する。炊飯後10分間蒸らした飯は杉の箱(縦65mm、横65mm、高さ40mm)に移し20~25℃で1~3時間放置後測定に供する。

テクスチュログラフは付着性強張2本アーム、プランジャー22mm、受け皿100mm平皿、クリヤランス0.2mm、ホルダー2V、チャートスピード750mm/min、バイトスピード6回/minに設定する。飯粒は、平均的な3粒を取り出し平皿の中心部に放射線状にならべ測定する。試料の測定値は、前記した操作を5度繰り返しカップの測定値とし、2カップ以上の平均値をもって示す。表示法は、硬さ(H)1V当量値、粘り(-H)5V当量値、硬さ(H)/粘り(-1)1V当量値とする。

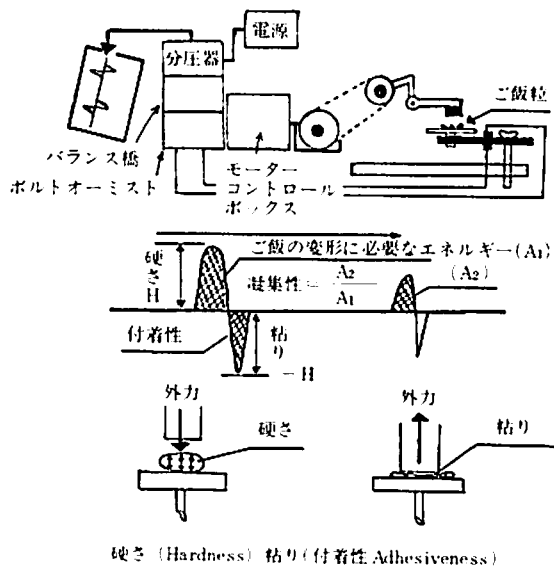


図12 テクスチュログラフ

⑤ フォトペーストグラフ

本機は、きわめて微量で澱粉の熱糊化性を知ることができ、測定時間も30分程度と短い。したがって本機を選抜のための食味検定法に組み込んだ場合の効果は十分期待できる。粳米の熱糊化は高温側のアミロース分子に支配されることがフォトペーストグラムから推定でき興味深い。しかしフォトペーストグラフをどのような条件で測定すれば品種間差異をより拡大して表現できるか現在検討中である。

5. 食味検定の方向

前章(I-1, 図1)には、優良米の早期開発研究のなかで計画した食味特性による選抜の流れが示されている。これは、育成の早い段階からアミロース、蛋白含有率の低いものを選び、合わせてフォトペーストグラフによって熱糊化性も検討しようとしている。育成の間では、これらの特性に加えて熱糊化性、テクスチャーを十分に検討し、後段にはそれら特性値の変動性と特性値間のバランスなども捉えつつ食味試験で示される総合評価値を補強する。

いずれにしても、選抜の流れは分析値の意味と重要度、試料の量、分析時間などを十分考慮しながら計画、実行しているものであるが、将来とも十分なものとは言えない。すなわち、この手法は、3類程度の米を選抜育成するための選抜需要には十分こたえられると考えている。現実に現在の食味検定システムで実力3類と考えられる食味特性の米が育成されつつある。もっとも、1~2類の米は、選抜出来ないと言う意味ではない。系統の中にそのような実力の米があれば現在の食味検定システムで確実に捉え得る。しかし、1~2類の米をより確実に早期に開発す

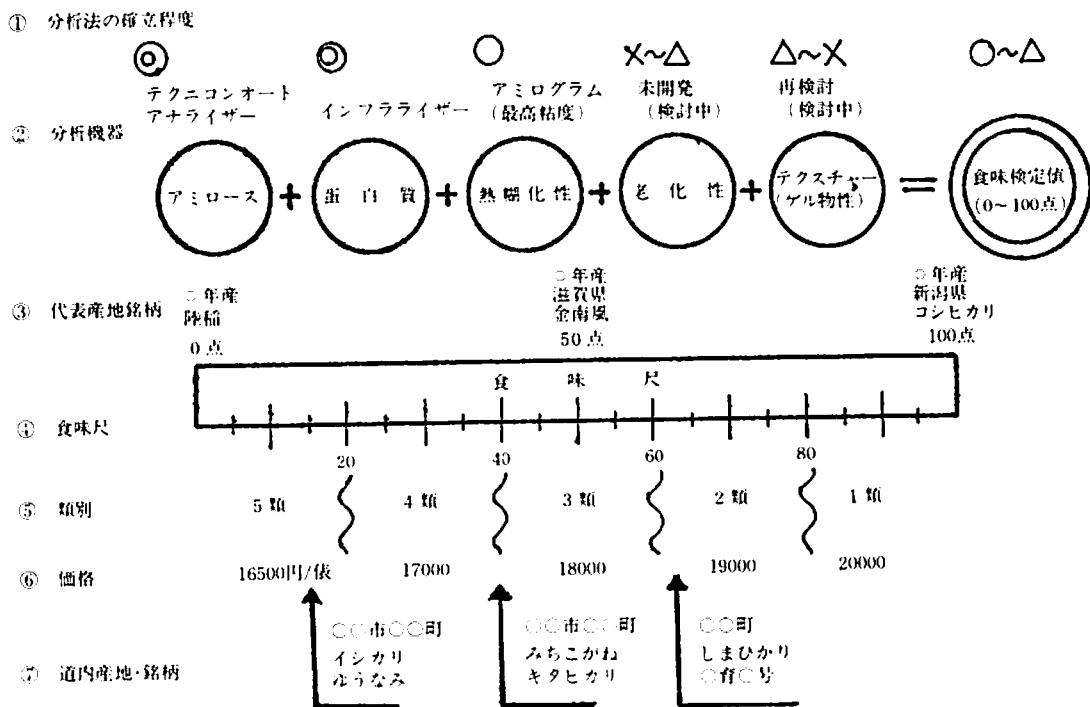


図13 食味尺の概念

るためには、それなりの検定手法を確立することが必要と考えられる。

1～2類の米を検定する方法はいったいどのようなものか。それは、オートアナライザー、インフラライザー程度の微量、迅速、正確、省力を有し熱糊化性、飯のテクスチャーを検定できる方法であろう。もっと具体的には、2g以下の量、1点3分以下の時間、アミログラム程度の再現性、秤量以外は流れ分析などの条件が必要と考えられる。

この検定方法の開発は、食味検定部門が優良米の早期開発研究の中ではたさなければいけない重要な役割の一つであろう。

もう一つは、育成された系統あるいは品種にの食味の全国的な位置付けをより適確に化学的、数量的に決めることにある。このためには、全国的規模における食味の変動要因を十分考慮した食味検定項目によって食味と総合評価値を決めなければいけない。

図13は、そのモデルを示した。全国的規模における食味の主要な変動要因を具体的に示せば、品種、登熟温度、ちっ素栄養と考えて良いのではなかろうか。モデルでは、特にそのような意味を含めてアミロース含有率、蛋白含有率を加えた5要素とした。現在までにこの需要に答え得るのは、アミロース含有率、蛋白含有率で、やや答え得るものとして熱糊化性を示すアミログラム特性値であろう。老化性は、この目的に合う分析方法は全くみあたらない。今後1年程度を期間として開発の予定である。最も困難なのは米飯のテクスチャーの分析である。これは、現在テクスチュログラフを使用しているがこの目的には不十分でなお安定した方法を確立する必要があろう。したがって現在のところ、これらの研究需要を満すまでに至っておらず、現在までに60%程度の手法を確立してきたと考えて良いであろう。

著者らは、食味検定の最終段階で目標としているのは図13の下に示した食味尺の考え方である。すなわち、日本で1番良食味の米を100点とする平面を作り、その面に産地、銘柄、類別、価格、成分値などのあらゆる価値観を入れた物差を作る。この食味尺の評細なデータはコンピュータに記憶させておき、食味特性値を入れるだけでその値が化学的、数量的に決まるというようなものである。

#### 引用文献

- |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1) 田所哲太郎。“米の研究”，1. 2. 3. 輯，東京，成美堂。(1929, 1931, 1932).</p> <p>2) 佐藤静一。“米および澱粉に関する研究”，大雅堂。(1944).</p> <p>3) 倉沢文夫。“コメの味(I, II)”，遺伝，23(8)，</p> | <p>23(12)，73-78，41-48 (1969).</p> <p>4) 谷 達雄，吉川誠次，竹生新治部，他3名。“米の食味評価に関する理化学的要因(I)，栄養と食糧，22(7)，452-461 (1969).</p> <p>5) 堀内久弥，竹生新治郎，谷 達雄。“穀類澱粉の性状に関する研究”，農化，35(6)，543-548 (1961).</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

III - 1 - 2 インフラライザーの原理と測定

新 井 利 直\*

1. インフラライザーの測定原理

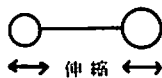
インフラライザー400は、近赤外分析を応用した、食品の成分測定器である。

光が物体内を通過する時、物体中の特定成分によって吸収される事は良く知られている。これを利用した吸光光度法（可視、紫外、赤外等）は分析化学の重要な手段となっている。これらの吸光光度法の進歩は、それまで抽出、蒸留、重量測定、滴定等に時間がかかり、熟練を要する分析を簡便なものに変え、有機化学及び無機化学の発展に寄与してきた。近赤外分析もまた、食品分析、その他の分野で同様な役割を果たしていくことが期待される。

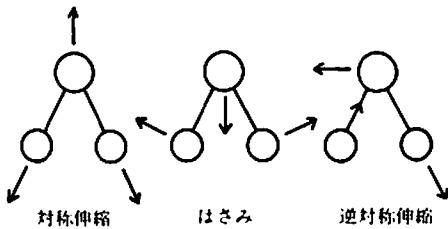
近赤外分析は、有機化学の研究に不可欠な赤外分析の1つである。図1に示した様に、分子は振動しており、それぞれ固有の振動数を持っている。赤外領域の吸収は、分子の振動のうちでも基準振動によって引き起こされるが、近赤外領域の吸収は、この基準振動を基にした倍振動や結合振動というものによって生じる。したがって、特定の官能基（ $-NH_2$ 、 $-OH$ 、 $-CH^2$ 等）を持てば、それぞれ特定の波長域に吸収が起こるので、赤外分析により物質の構造を調べることができる。一方、食品中の蛋白の様に複雑な構造を持った物でも、末端の $-NH_2$ 基による吸収を測定することによって定量できる。

近赤外領域の吸収は、赤外領域の吸収に比べて弱いので、従来はあまり利用されていなかったが、逆にサンプルを希釈しないで測れることから、K. Norris博士により食品分析に利用されるようになった。図2に、米とその主要成分の近赤外部の吸光度曲線を示したが、各成分ともに特定の波長域にピークがあり、それらの総合として米の吸光度曲線ができる。

A. 2原子分子



B. 非直線形3原子分子



C. 直線形3原子分子

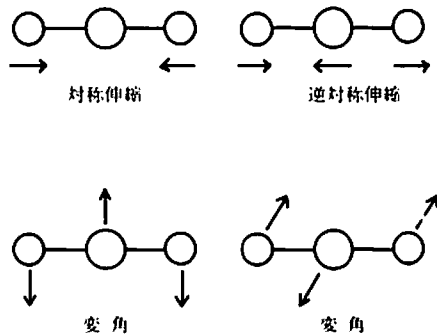


図1 2原子分子および3原子分子の振動

\*北海道立中央農業試験場稲作部、069-03 岩見沢市上幌向町

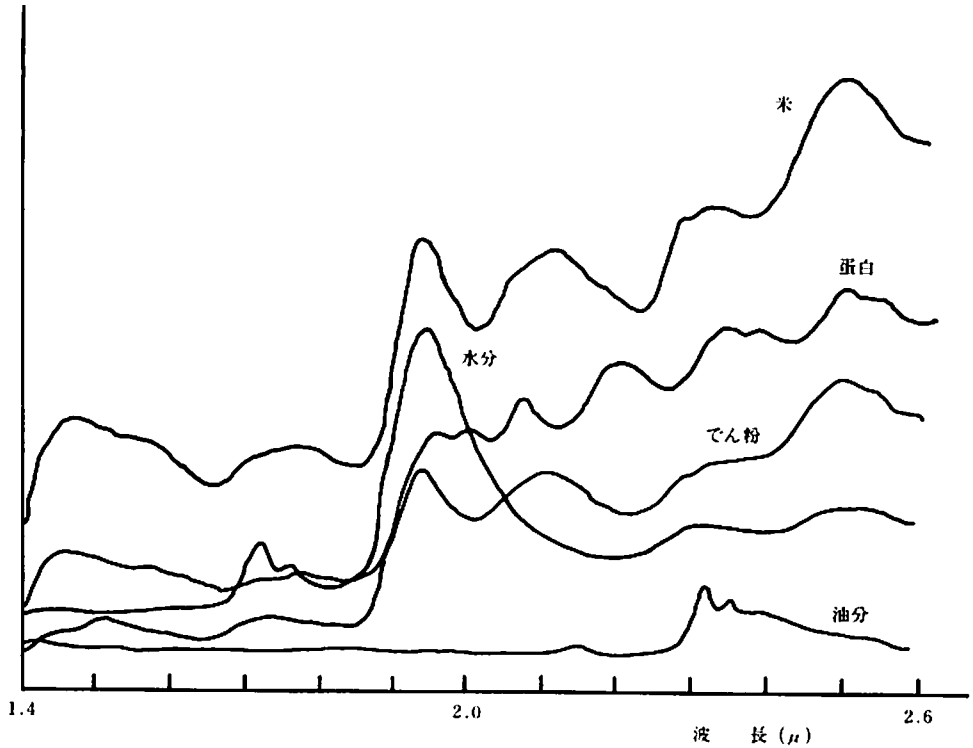


図2 米とその主要成分の近赤外部の吸光度曲線

## 2. インフラライザー400の構造

### 1) 光学系

サンプル毎の吸光度のわずかな差をとらえて正確な測定値を出すためには、精巧な光学系が不可欠である。インフラライザーは、図3に示した様な構造を持っている。光源から出た光はレンズを通った後干渉フィルターによって特定の波長の単色光となり、レンズによって平行光線となり反射鏡によって方向を変えられ、サンプルに其上から照射される。光はサンプルに一部は吸収されるが、その他の光は、反射し積分球によって集められ、積分球内部の検出器により強さを測定する。

### 2) 干渉フィルター

必要な単色光を得るには、干渉フィルターの他にプリズムを用いる方法がある。後者は、様々な単色光を連続的に得る事ができるが、傾斜角度によって半値巾が変化するという欠点がある。このため、インフラライザーでは常に精度の高い単色光を得るために、半値巾10nmの干渉フィルターを使用しており、これは最大19枚まで使用できる。これらの干渉フィルターは回転円盤に取り付けられており、1つの波長での測定が終わると円盤が回転し、次の干渉フィルターが光の通る位置にくる構造となっている。

### 3) 吸光度の測定法

吸光度法では透過光を測定する 경우가多く、サンプル調整が面倒となる。インフラライザーでは反射光を測定する方式を採用し、サンプル調整を簡単にしている。

図4-1に示した様に、サンプルに当たった光はAの様に粒子の表面でそのまま反射されるものも

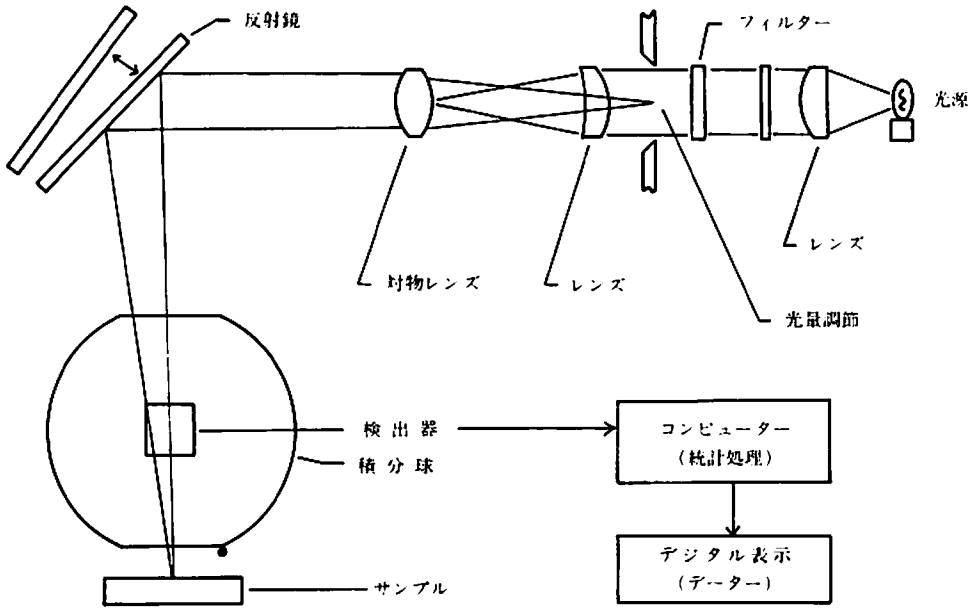


図3 インフラライザー400の構造

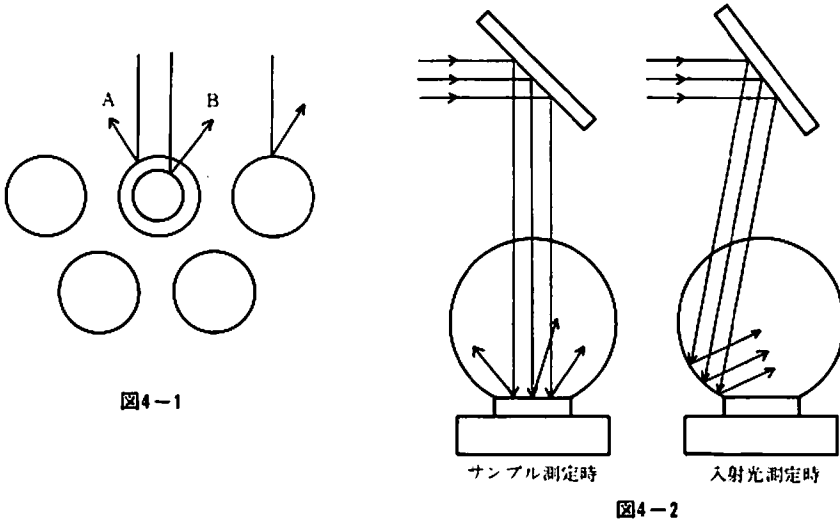


図4-1

図4-2

あるが、Bの様に粒子の表面から一定の深さまで入った後反射されるものもある。この場合、光が粒子の中に入って反射されて出てくるまでの間に、サンプルに含まれる成分によって特定の波長の光が吸収される。

吸光度を測定するためには、反射光を測定すると同時に、入射光を測定しなくてはならない。そのために、インフラライザーでは、図4-2に示した様に、積分球の頭上の反射鏡の角度を変える事により、各波長について入射光、反射光を測定している。



サンプルには真上から平行光線が当てられるが、反射光はいろいろな角度に進むため、一方に設置した検出器で検出しようとする有一部分の光しかとらえられない。そこで、インフラライザーでは積分球（内部が空で、内面に金メッキがしてある）によって大部分の反射光を検出器に導き、感度を良くしてある。このようにして入射光と反射光を測り、吸光度として次式の値を用いる。

$$\text{吸光度} = \log \frac{\text{入射光の強さ}}{\text{反射光の強さ}}$$

### 3. インフラライザーによる濃度の測定

インフラライザーでは、いくつかの波長の光の吸光度  $\log_i$  を測定し、あらかじめ定められた次の回帰式によって未知試料の濃度を求める。

$$\text{濃度} = F_0 + F_1 \cdot \log_1 + \dots + F_n \cdot \log_n$$

したがって、前もって回帰式を作り、本体に記憶させておく必要がある。

そのためには、手分析値の分ったいくつかのサンプルを用い、各波長での吸光度  $\log_i$  を測定し、重回帰分析を行なって回帰係数  $F_i$  を求めなくてはならない。この作業を標準化と呼び、最も重要かつ面倒な作業である。

この場合、大切な事が2、3ある。1つは、最初の標準化に用いたサンプルの分析値が基本になるわけであるから、手分析を行なう場合に正確な値を得なくてはならない。最初の分析値が不正確ならば、これを用いて作った回帰式による較正值も不正確となることは言うまでもない。

次には、求めようとする成分に特異的に吸収を示す波長を選ぶ事である。そのためには、図5に示したように、濃度の高いものと、低いものの吸光度曲線を描いてみて、特定の吸収帯を見つけると良い。しかし、物によっては、このようなはっきりしたピークが見つからない場合がある。この場合は、表1に示したように、これまでの研究によって波長と、特異的吸収をもつ物質の関係がわかっているので、これを参考にする。

これらの点に留意して、 $F_i$  が求まったら、次に未知のサンプルを用いて較正值と手分析値を比較し、データの変動がない事を確認してから分析を開始する。

### 4. インフラライザーによる白米成分の測定

#### 1) 吸光度に及ぼすサンプル調整、温度の影響

この種の近赤外分析では、サンプルの粒度が吸光度に影響を及ぼすと考えられる。また、吸光度は、サンプルの温度にも影響されることが予想される。ここでは、吸光度に及ぼすサンプルの調整方法、温度の影響を検討した。実験条件は以下の通りである。

温度 5、20、35°C

調整方法

- A 玄米
- B 白米
- C 白米粉 (52メッシュ篩通過)
- C<sub>1</sub> " (52~72メッシュ)
- C<sub>2</sub> " (72~86メッシュ)
- C<sub>3</sub> " (86~109メッシュ)
- C<sub>4</sub> " (109メッシュ篩通過)

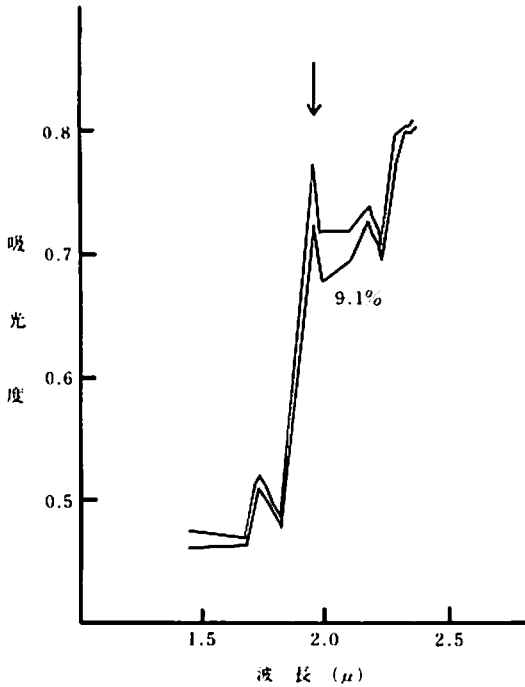


図5 水分の多少による吸光度曲線の差

表1

WAVELENGTH	SPECIFIC RESPONSE
1445	Moisture
1680	Reference
1722	Starch-cellulose
1734	Protein
1759	Oil
1778	Starch-cellulose fibre
1818	Cellulose
1940	Moisture
1982	Urea
2100	Starch
2139	Protein-Starch
2180	Protein
2190	Protein-Starch
2208	Urea-Lactose
2230	Reference
2270	Sugar-Starch, Cellulose, Lignin
2310	Oil
2336	Fibre Ash
2348	Cellulose (Forage)

表2に、温度、サンプル調整を変え、19波長を込みにした吸光度の分散分析表を示した。これを見ると、温度は吸光度に影響しない。サンプル調整によって吸光度は大きく変化する。図6に、各サンプルの吸光度曲線を示した。これによると、玄米、白米、白米粉では、曲線のパターンが異なっている。白米粉を粒度別に見ると、どれもパターンは同じであり、それぞれ平行移動した形となっており、各粒度間の吸光度の差は統計的に有意であった。

インフラライザーでは、重回掃式を用いるため、単回掃の場合と違って、この粒度による吸光度の差がそのまま測定値に影響することはない。しかし、安定した測定値を得るためには粒度を揃えるようにした方が良いと思われる。

温度については、5～35℃の範囲では吸光度に対する影響はなかった。しかし、温度は、水のO-H基の吸収に影響を及ぼすので、測定にあたっては20℃前後のなるべく一定した条件であることが望ましい。

2) 各成分の測定

水分については105℃5時間乾燥法、蛋白はケルダール法、灰分は硝酸マグネシウムで燻焼後、灰化炉による灰化法で、各手分析値を求めた。サンプルは、52メッシュ通過の白米粉を用いた。表3は、標準化作業により回掃式を作り、各種成分の測定精度を検討したものである。相関係数はどの成分もきわめて高く、育種上の選抜操作に十分使用できることが明らかとなった。水分は、反復間の誤差も少なく、標準誤差も約0.1で実用的に十分使える事がわかった。蛋白については、反復間の振れは水分の場合より大きかったが、実用的には十分使えることがわかった。ただし、精度の良い値を得るためには、水分の場合よりも反復を多くすることが望ましい。

灰分には近赤外の吸収はなく、米の場合は灰分の大部分を占める結合りんを間接的に測定することによって灰分量を知ることになる。また、白米中の灰分は1%以下と少ないため、特異的

な波長を見つける事はむずかしい。そこで、波長を変えて、最も高い相関となる波長を選択した結果、表3に示した8波長となった。

構造の簡単な物ほど少ない波長で測定でき、精度も高い傾向にある。また、用いる波長の数は、必要最低限にした方がよい事がわかった。

### 3) 実用性と問題点

中央農試稲作部では、インフラライザーを主に稲の蛋白含量の選抜に用いている。現在までに得られた結果では、十分に使える事がわかった。反復によって多少の振れが出るが、何回か反復を取るにより、より良いデータが得られた。前処理がいらす、測定時間もわずか30秒以内であり、ケルダール法に比べると1,000点の分析で77倍のスピードアップとなる。また、手分析の様な熟練を必要とはせず、誰でも操作さえ覚えれば出来ることも長所である。今後、脂質や澱粉含量についての回帰式が作られれば、これら成分を同時に測定できるので、わずかな時間にいくつかの成分について測定でき、成分育種の上では非常に能率的な選抜手段となる。

ただし、インフラライザーのサンプルカップの容量は7 mlであり、粉の量が十分にない時は詰め込みの圧が不安定となり、測定値も大きく振れる。したがって、これを個体選抜のように少量のサンプルしか得られない時はサンプル量不足となり測定できない。このためサンプル量が2~3 mlでも測定でき得る手法の検討が今後必要である。

表2 温度3段階、サンプル7種、19波長こみにした分散分析表

	df	MS
温度	2	0.037
サンプル	6	579.107 ***
交互作用	12	0.050
誤差	42	0.080

表3 各成分の測定精度

	水分	蛋白	灰分
n	88	68	38
r	0.987 ***	0.993 ***	0.971 ***
SE	0.101	0.138	0.022
	1940, 2310	1680, 2100	1680, 1940
波長		2180	1982, 2100
(nm)			2139, 2270
			2310, 2336

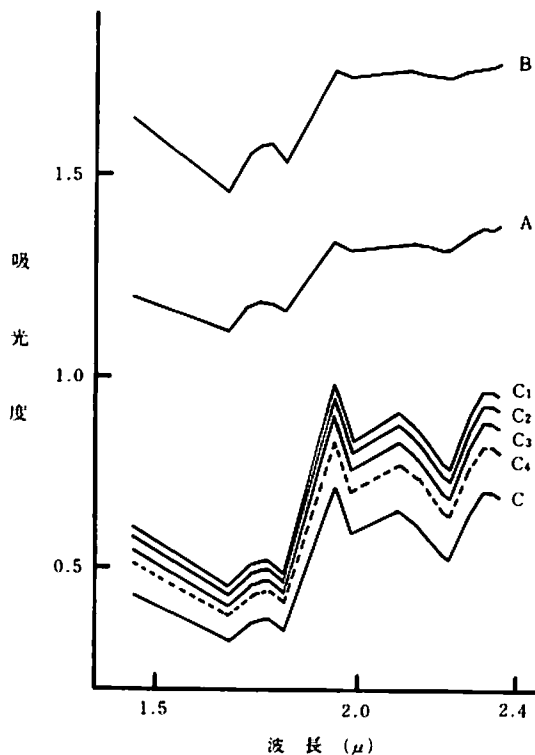


図6 サンプルによる吸光度曲線の違い

## 引用文献

- 1) 岩本睦夫.“近赤外分光法による食品成分の非破壊測定”. 日食工誌, 27(9), 46-54 (1980).
- 2) Law, D. P.; Tkachuk, R. “Near infrared diffuse reflectance spectra of wheat and wheat components”. Cereal Chem. 54(2), 256 - 265(1977).
- 3) Law, D. P.; Tkachuk, R. “Determination of moisture content in wheat by near infrared diffuse reflectance spectrophotometry”. Cereal Chem. 54(4), 874 - 881(1977).
- 4) Williams, P. C.; Thompson, B. N. “Influence of whole meal granularity on analysis of HRS wheat for protein and moisture by near infrared reflectance spectroscopy (NRS)”. Cereal Chem. 55(4), 1014 - 1037(1978).
- 5) Williams, P. C. “Screening wheat for protein and hardness by near infrared reflectance spectroscopy”. Cereal Chem. 56(3), 169 - 172(1979).

## III-2 小麦の品質検定

## III-2-1 インフラライザーの小麦に対する実用化試験

及川敏之\*

## 1. 緒言

1971年に実用機が現われた近赤外光分析機器(NIRS)は, 近年, 子実, 油料種子, その他の産物の成分分析に多く用いられるようになった。少量サンプルで, かつ大量に処理検定できる能力があるため, 育種の初期材料の検定選抜には極めて有効である。本試験は, 1981年北見農試に導入された InfraAlyzer400を用いて, 各産物, 各成分ごとに calibration(標準化)を進めるとともに, その精度を検討し, 初期世代における選抜品質検定の省力化に利用し得る項目の探索を目的として行った。

## 2. 材料および方法

## 1) 供試材料

昭和56年北見農業試験場産および依頼試験の秋播小麦206点。

## 2) サンプル調整

- (1) 原粒サンプル: 原粒45gを Retsch 式高速粉砕器-0.75mm screenで約10秒間で粉砕し, その後ポリエチレンフィルムで保管する。
- (2) 粉サンプル: ビューラーテストミルで製粉。製粉1週間後, 粉体混合用ミキサーで, 72GG, 8 XXの篩を数回通し, 約50gをポリエチレンフィルムで保管する。

\*ホクレン農業協同組合連合会米麦部, 060 札幌市中央区:(現・北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町に outward)

- (3) 末粉サンプル：製粉時に採取される粉のうち、60%粉を取った残りの粉を約50g、ポリエチレンフィルムで保管する。
- (4) 大越、小越サンプル：製粉時に得られる大越、小越、約20gを、ポリエチレンフィルムで保管する。
- (5) 葉の粉碎サンプル：乾物重にして約3g程度となる量の葉身を60°C、48時間熱風乾燥後、コーヒーミルで約2分間粉碎する。

### 3) 試験方法

調整した試料に対して、constituentの各項目について手分析値を求める。手分析の方法は、農林水産技術会議事務局、小麦品質検定方法によった。その後、各product, constituent毎に、測定範囲内で可能な限り均等な分布をもつ試料に対しcalibrationを行い、回帰式を設定する。その後、“unknown”なサンプル(calibrationに用いた以外のサンプル)10~20点をインフラライザーで分析し、その手分析値と推定値から、設定した回帰式の妥当性を検討した。現在、calibrationを計画しているproduct, およびconstituentは、表1の通りであるが、本試験において行ったものは、原粒について水分、灰分、蛋白、粉について水分、灰分、蛋白、カラーバリュー、フォーリングナンバー、 $\alpha$ -アミラーゼ量であり、大越、小越、末粉については、水分、灰分である。なお、粉水分、蛋白の検討試料には、粒度による影響を把握するため、「タクネコムギ」(平均粒度約2000 $\text{cm}^2/\text{g}$ )、「ホロシリコムギ」(同2200)、「チホクコムギ」(同3500)を用いて行った。特に水分については、吸湿処理により、粒度一定で水分含有率の異なる、3品種のシリーズを調整した。上述の2項目については、品種毎の手分析値と推定値で得られる回帰式について、有意性検定を行った。

表1 使用計画

Product	Constituent
1. 春小原粒サンプル	1. 水分
2. 秋小原粒サンプル	2. 灰分
3. 春小粉サンプル	3. 蛋白
4. 秋小粉サンプル	4. カラーバリュー
5. 末粉サンプル	5. アミロース
6. 大越サンプル	6. 損傷でん粉
7. 小越サンプル	7. でん粉
(8. 葉粉碎サンプル)	8. 脂肪
	(9. T-N含量)

### 4. 結果および考察

表2に、各product, constituent毎の、手分析値と推定値の相関係数、Williams<sup>9)</sup>の用いたRMSD(表中3)参照)、検討試料の手分析値と推定値の有意性検定結果と、その5%水準での最小有意差を示した。

#### 1) 原粒水分

$$\text{回帰式：水分含有率 (\%)} = 11.384 - 103.400 \log x_4 + 37.362 \log x_6 + 77.491 \log x_{16}$$

(39samples)

(添字はフィルタNaを示す。)

インフラライザーによる推定値が、手分析値と大きく異なる3つの試料を除くと、 $r=0.946^{***}$ となるのであるが、全体では $r=0.735^{***}$ と、Williams<sup>9)</sup>の報告と比較して低い値となった。これは、粉碎機種の違いが主たる原因であると思われる。原粒の場合、皮部の存在と、サンプルカップ内でのそのばらつき方が推定値に誤差をもたらすと考えられ、現段階では、製粉時の加水量の計算など、高い精度の要求されるものにはまだ不適である。今後、高速粉碎機のscreenを目の細かいものにして皮部を微量に粉碎する。さらには推定値を2回の測定の前平均とするなどして精度の向上に努める必要がある。

表2 インフラライザーの推定値と手分析値の関係

Product	Constituent	相関係数(M.V. <sup>1)</sup> vs.P.V. <sup>2)</sup>	RMSD <sup>3)</sup>	LSD(5%) <sup>4)</sup>	有意性 <sup>4)</sup>
2. 原粒サンプル	1. 水分	0.735*** (n=20)	0.53	< 0.78	-
	2. 灰分	0.636*** ( " )	0.11	< 0.16	-
	3. 蛋白	0.949*** ( " )	0.51	< 0.64	*
4. 粉サンプル	1. 水分	0.990*** ( " )	0.47	< 0.68	-
	2. 灰分	0.642*** (n=14)	0.04	< 0.05	-
	3. 蛋白	0.987*** (n=20)	0.30	< 0.32	-
	4. カラーバリュー	0.960*** ( " )	0.68	< 0.92	-
6. 大麩	1. 水分	0.951*** ( " )	0.27	< 0.39	-
	2. 灰分	0.870 * ( " )	0.19	< 0.28	-
7. 小麩	1. 水分	0.950*** (n=10)	0.36	> 0.26	**
	2. 灰分	0.953*** ( " )	0.38	< 0.47	-
5. 末粉	1. 水分	0.959 ** ( " )	0.15	< 0.23	-
	2. 灰分	0.944*** ( " )	0.06	< 0.09	-
8. 葉粉砕サンプル	9. T-N含量	M.C <sup>5)</sup> =0.989	-	-	-

- 1) M.V.=Manual Value: 手分析値  
 2) P.V.=Predict Value: 推定値  
 3)  $RMSD = \sqrt{\frac{\sum(x-y)^2}{N}}$ , x=M.V., y=P.V.  
 4) 検定 手分析値と推定値間の有意性及び5%LSD  
 5) Calibration 時の重相関係数
- 有意水準 \* 5%  
 \*\* 1%  
 \*\*\* 0.1%

2) 原粒灰分

回帰式：灰分含有率 (%) = 2.377 - 33.942log x<sub>2</sub> + 49.847log x<sub>4</sub> - 9.565log x<sub>6</sub> - 31.857log x<sub>1</sub> + 4.839log x<sub>16</sub> (86samples)

灰分は、いわゆる無機物であり、近赤外光には、顕著に反応しないと思われ、インフラライザーは、有機物の残渣として推定していると思われる。比較的高い相関が得られ、原粒灰分と粉灰分は相関が高いことから、ある程度選抜に利用できると思われ、今後フィルターを増設して精度の向上を図って行く必要がある。

3) 原粒蛋白

回帰式：粗蛋白含有率 (%) = 20.465 + 406.918log x<sub>10</sub> - 294.100log x<sub>14</sub> - 169.459log x<sub>20</sub> (94samples)

r=0.949\*\*\*の高い相関関係が認められ、比較的推定値は信頼できると考えられる。手分析値と推定値の関係を図1に示した。精度については、Watson et al<sup>4)</sup>の報告 r=0.98~0.99 (n=45~52) に比較するとやや低く、まだ向上の余地が残されている。原粒水分の場合と同様に、粉砕器の screen を変えるなどして検討を加えたい。

4) 粉水分

回帰式：水分含有率 (%) = 13.044 - 74.189log x<sub>4</sub> + 74.509log x<sub>16</sub> (22samples)

全サンプル：みの相関係数が r=0.990\*\*\*と、かなり精度の高い推定値が期待される。特に実際の測定域、9.0~15.0%においては±0.2%以内の誤差である。品種毎の相関係数とRMSDは、「タクネコムギ」(粒度1889cm<sup>2</sup>/g) 0.998\*\*\*, 0.52, 「ホロシリコムギ」(同2207), 0.998\*\*\*, 0.41, 「チホクコムギ」(同3672), 0.998\*\*\*, 0.54で、粒度の大きいものほど回帰直線

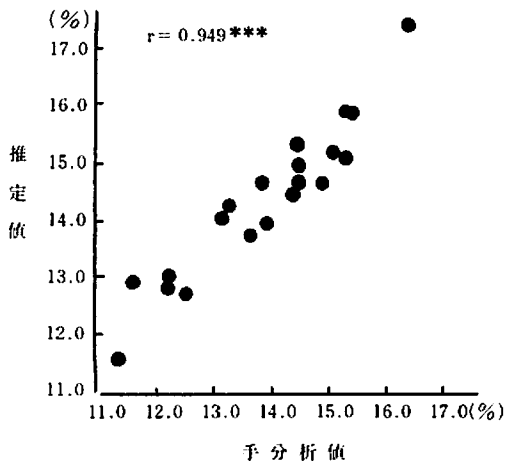


図1 原粒蛋白の手分析値と推定値の関係

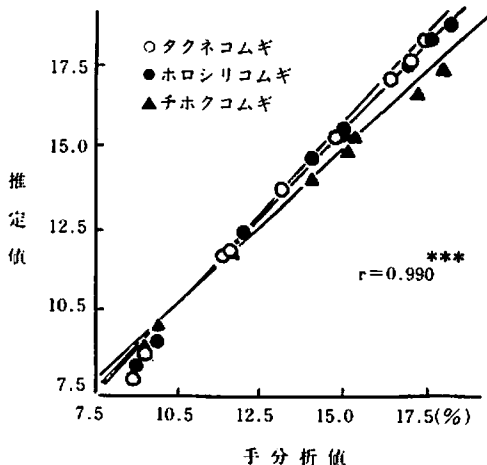


図2 粉水分の推定値に及ぼす粒度の影響

の傾きが小さくなる傾向があり、回帰分析の結果、1%水準で有意に異なる結果となった(図2)。過去の試験で、Williams<sup>7)</sup>、Watson *et al.*<sup>4)</sup>は、軟質、硬質ごとの calibration の必要性を、また Williams and Thompson は、calibration 試料の粒度の統一の重要性を指摘しているが、より精度を求めるなら、粒度毎の F 値を用いた方がよいと思われる。

5) 粉灰分

$$\text{回帰式：灰分含有率 (\%)} = 0.471 - 3.196 \log x_2 + 47.592 \log x_4 - 2.783 \log x_6 - 19.987 \log x_{10} - 28.981 \log x_{14} + 1.546 \log x_{16} \quad (83\text{samples})$$

灰分含量そのものの range が非常に狭いこともあり、高い相関係数は得られなかった。Watson *et al.*<sup>3)</sup>は同一機種で  $r = 0.968$  ( $n = 42$ ) の値を得ており、機械の持つ分析能力は十分であると思われる。原粒灰分の場合と同様に、フィルターを増やして、精度の向上を図ることが可能であると思われる。

6) 粉蛋白

$$\text{回帰式：粗蛋白含有率 (\%)} = 12.495 - 529.654 \log x_6 + 974.395 \log x_{10} - 391.122 \log x_{14} - 81.012 \log x_{20} \quad (83\text{samples})$$

図3に3品種の手分析値と、インフラライザーの推定値の関係を示した。水分の場合と同様に、品種毎の回帰直線が5%水準で有意に異なる結果となった。これは、Watson *et al.*<sup>4)</sup>が報告したように、本試験においても粒度の大きいもの程、各波長域の吸光度が低い結果となったためであると考えられる。吸光度は  $\log(\text{入射光の強さ}/\text{反射光の強さ})$  で表わされ、同一の蛋白含量でも粒度の大きいもの程反射光が強い傾向となった。これは主に澱粉と蛋白で作られている小麦粒の組成に関係していると思われる。Williams<sup>7)</sup>は、澱粉分子が光の吸収を阻害して

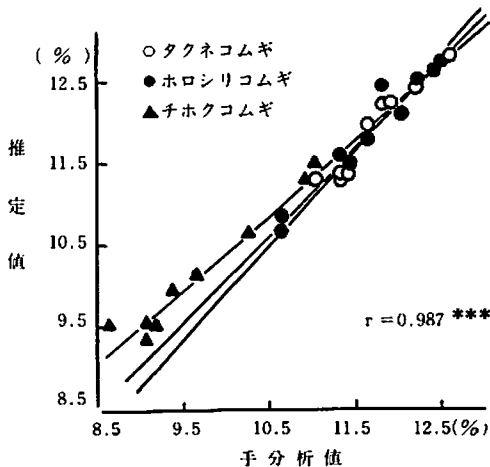


図3 粉蛋白の推定値に及ぼす粒度の影響

いると指摘しているが、粒の化学的組成と吸光度の関係の詳細な研究が待たれる。

また、3品種の手分析値と、推定値の回帰式が11.7%付近で交差し(図3)、両者の差が最小となるが、calibrationに用いた試料の平均値と一致している。この点を境として、「チホクコムギ」では低蛋白のものほど、推定値が手分析値より高くなっている。これらのことから、calibrationに用いる試料は比較的誤差の許容される広いレンジの測定の場合と、高い精度の求められる場合とに分け、粒度も考慮して慎重に選ぶ必要があるように思われる。しかし、日常の分析に支障をきたす程でなく、十分実用に耐えられると考える。 $r=0.987^{***}$ は、Watson<sup>2)</sup>の結果と同程度である。より正確な値を必要とするなら、水分の場合と同様に、粒度毎のF値を使用した方がよい。

#### 7) 粉カラーバリュー

回帰式：カラーバリュー $=53.360-37.335\log x_4-135.210\log x_6+110.193\log x_{14}+21.281\log x_{16}+317.044\log x_{18}-54.248\log x_{20}$   
(41samples)

当初行ったcalibrationでは $r=0.155$ であったが、その後、カラーフィルターを使用した結果、 $r=0.960^{***}$ の高い相関が認められた。今後、多数の製粉が可能なグラベンダー式テストミルで調整したサンプルに対しても、calibrationを行ない、選抜の際の一つの指標とできると思う。

#### 8) 大麩, 小麩, 末粉

(回帰式省略)

いずれの項目も、比較的よい結果が得られた。

#### 9) その他

フォーリングナンバーと、 $\alpha$ -アミラーゼ量については、何ら相関関係が得られなかった。両者とも、粉の質的な要因を含んでいる項目であり、また、加水状態で測定するものであるため、粉体では推定が困難であると思われる。今後、加水してペースト状態にしたサンプルについての検討を考えている。葉のT-N含量については、最初、温室育成の、生育ステージの異なる試料15についてcalibrationを行った結果、 $MC=0.995$ と粉蛋白より高い値を得た。しかし、圃場における同一ステージの試料を用い検討した結果、誤差が大きく、現在、ステージ毎のcalibrationを進めると共に、概ね全生育期に使用でき得る回帰式を検討中である。

### 4. 結 論

粉水分および蛋白については、粒度毎のF値を用いるなどすれば、日常の測定域で十分信頼できる値を推定することができると考えられる。また原粒水分については、粉碎機のscreen、測定法を考慮すれば、粉におけるレベルに近いものに精度を高めることができると考える。一方、原粒蛋白、粉カラーバリューについては、推定値の信頼性が高いことから、RMSDを考慮すれば、設定範囲内の値を持つ初期材料の選抜に有効に利用できると考える。一方灰分については、相関係数として低い値であるが、選抜の際に目標とするrangeを設定し、それにRMSDの値の分だけ許容範囲を広げれば、目標とする灰分含量のものは網羅できると考える。今後、以上の項目の精度を向上させて行きたいと考える。

InfraAlyzer400は、粉レベルにおいて、品質検定の際の作業の省力化を図ると共に、原粒粉碎レベルでの蛋白、灰分などの項目の測定精度を高め初期世代の選抜に使え得るようにしたいと考える。計画中の項目の精度の向上を図ると共に、小麦の粒度指数(MPS)の推定<sup>2)</sup>、トウモロコシの水分の原粒状態での分析<sup>3)</sup>が行われた試験があることなどから、今後、新しい項目の探索と、その実用化にも努めて行きたいと考える。



## 引用文献

- 1) Stermer, R.A.; Pomeranz, Y.; McGinty, R. J. "Infrared reflectance spectroscopy for estimation of moisture of whole grain". *Cereal Chem.* **54**, 345 - 351. (1976) .
- 2) Watson, C.A.; Carville, D.; Dikeman, E. Daigger, G.; Booth, G.D. "Evaluation of two Infrared instruments for determining protein content of hard red winter wheat". *Cereal chem.* **53**, 214 - 222 (1975) .
- 3) Watson, C.; Gloria Ftchevers, A.; Shuey, W.C. "Relation between ash and protein contents of flour mill streams determined with the InfraLyzer and by standard approved methods". *Cereal chem.* **53**, 803 - 804 (1975) .
- 4) Watson, C.A.; Shuey, W.C. Banasik, O.J.; DICK, J.W. "Effect of wheat class on near infrared reflectance". *Cereal Chem.* **54**, 1264 - 1269 (1977) .
- 5) Williams, P.C. "Spectroscopy to analysis of cereal grains and oilseeds". *Cereal chem.* **52**, 561 - 576 (1975) .
- 6) Williams, P. C. ; Thompson, B. N. "Influence of whole meal granularity on analysis of HRS wheat for protein and moisture by near infrared reflectance spectroscopy (NRS) ". *Cereal chem.* **55**, 1014 - 1037 (1978) .
- 7) Williams, P.C. "Screeing wheat for protein and hardness by near infrared reflectance spectroscopy". *Cereal chem.* **56**, 169 - 172 (1978) .

### III - 2 - 2 製めん試験における官能評価と テクスチュロメーターによる測定値

大 塚 博 志\*

#### 1. 緒 言

めんの食味評価には、①表面が滑らかでザラつかないこと、②ノビがあって切れ易くないこと、③食べた感じがソフトで適度の歯応えがあることなどが不可欠である<sup>10)</sup>。そのための必須条件となる小麦粉の特性は、蛋白質の量が中庸であり、その質も適度の柔軟性と伸展性を持つことが重要である。さらに、最近では澱粉の質（アミロースとアミロペクチンの構成量比）や澱粉粒子の硬さなども大切となってきている<sup>6,7,8,9,12)</sup>。

品質を向上させてゆく方法としては、上記の小麦粉の特性を改良する化学的方法とファリノグラフ、エキステンソグラフ、アミログラフなどによる生地の基礎的物理特性を改良する方法が現在まで主流を占めていた。一方、めんの食味は①～③で述べたような触感的な物理的性質（テクスチャー）、特に粘弾性に負うところが大きく、直接めんの物性を測定し、感覚的評価に近い数値を得ようとする装置が近年開発されてきている。

三木、福井ら<sup>13,14,15)</sup>はフードレオメーター、カードメーター、テクスチュロメーターなどを用い

\*ホクレン農業協同組合連合会米麦部

060 札幌市中央区：（現・北海道立北見農業試験場、099-14 常呂郡訓子府町に出向中）

て、茹めんの試験機として応用出来るかどうかを検討している。柴田<sup>10)</sup>は食品総合研究所で行われてきた種々の方法によるめんの物性測定値と品質との関連をまとめている。それらによると、めんの硬さはある程度測定可能であるが、一般的に言われている「こし」などの重要なファクターについては、適当な測定方法が見出されていない。又、上記の試験では、特定の試料を用いて製造条件の品質に及ぼす影響を調べたものがほとんどで、品質育種のように粉の特性が異なった多くの材料を用いて、官能評価と物性測定項目とを対応させたものではない。それ故、岡部<sup>2)</sup>が米飯で得たような品質選抜の指標は得られていない。

本実験では、製めん適性の選抜に対する物性測定機の有効性を検討するため、テクスチュロメーターを用いて、製めん試験における官能評価とテクスチュロメーターによる測定値との関係を調べ、粘弾性の指標となり得るパラメーターを見出そうと試みたものである。

## 2. 実験方法

### (1) テクスチュロメーターの構造およびパラメーターの説明<sup>3,5,17)</sup>

テクスチュロメーターの構造は、前章III-1-1、図12（稲津）に示されているように、そしゃく部に取り付けられた各種のプランジャーの上下運動により、食品支持台の試料を圧縮あるいは破碎することによって、生じた荷重の変化と仕事量を支持台に内蔵されたひずみ計で読みとり、忠実に記録する機構をもつ。すなわち生体の口腔をモデル化したそしゃく機構をもち、生体の側に立って物性を測定するところが特徴である。

めん試験に用いる場合のパラメーターには次のものがある。

- ① 硬さ (Hardness) — 物質を変形するのに必要な力
- ② 付着性 (Adhesiveness), 粘着性 (Stickiness) — 食品の表面或いは内部と他の物体 (歯口腔, プランジャー) とを付着させている引力に打ちかって両者を引き離すのに必要な力。
- ③ 凝集性 (Cohesiveness) — 食品の形態を形成している内部結合力の大きさ。
- ④ 軟らかくてこしのある性質 (Soft&Chewy) — しなやかでしかもこしの強い状態を現わし、凝集性的一种。

Soft&Chewy は、うどん特有の性質で、慣用的な言葉で「こし」とよばれているものである。一般にうどんの表面は水分を多く含んだ状態で軟らかく、内部は逆に水分が少なく硬いといった不均一な状態であることが、歯ごたえの良さとなって現われ、いわゆる「こし」の強さとして評価される。Soft&Chewy の測定原理は、上記のようなうどん特有な状態を把握するために、1回目と2回目のクリアランス (食品支持台とプランジャーとの間隙) を変えて、1回目は表面のみを圧縮し、2回目は内部までも圧縮させる。そしてその仕事量の比をとることで、こしの強さを数値化しようと試みたものである。

今回用いた測定項目と測定方法は、表1に示す通りで岡部による方法<sup>4)</sup>に準じた。各々の代表的なテクスチャープロファイルは図1に示した。反復は原則として1回のみである。

### (2) 実験内容と試料の調整

#### 実験1

1) 供試材料：表2に示した12材料で、大部分は当試験場における昭和56年度生産力検定試験の材料であるが、強力粉・中力粉・薄力粉は市販のものを用い、オーストラリア・スタンダード・ホワイト (A.S.W.)、コントロールは、工場製粉によるサンプルである。コントロールとして用いたものは、業務用中力1等粉でA.S.W.を多く含んでいる。各々300gを用いた。

2) 基本配合：小麦粉100%に対し、水33%、食塩2%の割合で、目標水分を35.7%とした。生地

表1 テクスチュロメーターの測定項目と測定方法

	I	II	III	IV	V	VI
測定項目	硬さ(H) 粘着性 (-H) 凝集性 (A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> )	硬さ(H)	凝集性 (A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> )	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , こし (A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> )	硬さ(H) 粘着性 (-H) 凝集性 (A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> ) Hと-Hの比	硬さ(H) こし(A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> )
試料の形状	巾1cmの うどん2本	長いうどん 2本	巾1cmのうどん2本		ペースト	2gのグルテン
Plunger	30mm dia	V字	30mm dia		50mm dia	
Plate Form	平皿				内径70mm	平皿
Clearance(mm)	0.5	0.2	太さ× $\frac{1}{1.55}$ 1.55	1回目-2 2回目-0.5	0.5	1回目-3 2回目-2
Voltage(V)	1	3	2			1回目-3 2回目-1
Chart Speed(mm/min)	750					
Bite Speed(bits/min)	6					
備考	2回連続	1回	2回連続でプランジャー とうどんの間にポリエチ レンフィルムはさむ		2回連続	2回

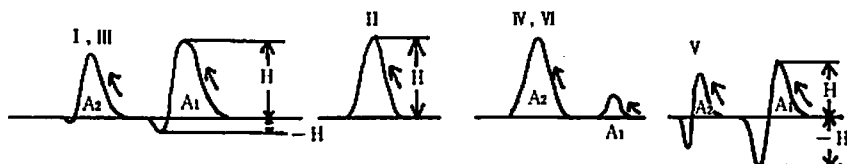


図1 各測定法によるテクスチャープロフィール  
注)←は進行方向を示す

表2 食味試験, 物性試験の結果と他の品質検定

測定項目 供試材料	I		II		III			IV			V				VI	
	H	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	H	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	H	-H	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	-H/H	H	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	H	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	
ホロシロコムギ	3.14	0.75	1.59	0.84	1.56	11.36	7.28	3.43	4.56	0.94	1.33					
北見47号	3.23	0.75	1.97	0.86	1.95	12.83	6.58	5.30	5.50	1.01	1.04					
北見45号	2.50	0.72	1.40	0.83	1.40	8.97	6.41	2.58	3.17	0.90	1.23					
北見53号	2.77	0.72	1.32	0.85	1.41	9.92	7.04	1.31	1.42	0.80	1.08					
タクネコムギ	2.88	0.72	1.41	0.85	1.45	10.51	7.25	2.96	3.71	0.90	1.25					
A. S. W.	2.50	0.70	1.42	0.79	1.23	9.95	8.09	3.78	4.80	0.98	1.27					
強力粉(1等)	2.87	0.75	1.71	0.86	1.37	10.88	7.94	2.51	3.01	0.86	1.20	2.38	2.93			
中力粉(2等)	2.76	0.71	1.56	0.85	1.19	10.06	8.45	1.83	2.43	0.85	1.33	1.71	2.67			
薄力粉(1等)	2.79	0.76	1.56	0.84	1.43	10.86	7.59	2.00	2.71	0.87	1.36	2.10	2.36			
農林61号	3.13	0.64	1.72	0.84	2.17	11.52	5.31	2.88	3.08	0.84	1.07					
チホクコムギ	2.23	0.78	1.20	0.86	0.60	7.67	12.78	1.24	1.33	0.83	1.07					
コントロール	2.75	0.82	1.74	0.87	1.22	9.80	8.03									
平均	2.80	0.74	1.55	0.85	1.42	10.36	7.73	2.69	3.23	0.89	1.20	2.06	2.65			
標準偏差	0.29	0.05	0.21	0.02	0.39	1.31	1.81	1.13	1.26	0.06	0.11	0.34	0.29			
変動係数	10.36	6.76	13.55	2.35	27.46	12.64	23.42	42.01	39.01	6.74	9.17	16.50	10.94			

測定項目 供試材料	2日後 I		2日後 N	めんの 太さ mm	粘弾性	60%粉 水分	茹めん の煮崩	滑らか さ	60%粉 蛋白%	S.V. ml	W.G. %	茹めん の歩留%	1日後 の食感
	H	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>										
ホロシリコムギ	2.38	0.75	5.86	2.85	21.0	13.3	9.0	9.0	10.7	50	31.1	329	6
北見 47 号	2.40	0.73	5.21	2.90	18.7	12.8	11.4	7.8	10.9	48	30.4	312	6
北見 45 号	2.04	0.72	6.85	2.70	25.7	13.4	7.2	7.8	10.7	40	28.3	338	8
北見 53 号	2.11	0.72	7.06	2.60	28.0	14.3	9.0	11.4	9.4	28	25.4	334	6
タクネコムギ	2.40	0.70	5.25	2.75	21.0	13.6	11.4	10.2	11.4	30	34.4	336	7
A. S. W	2.19	0.76	7.09	2.53	30.3	12.0	13.8	13.8	9.6	33	25.1	330	10
強力粉(1等)	2.62	0.75	6.27	2.78	23.3	12.9	12.6	12.0	11.6		27.3	351	7
中力粉(2等)	2.31	0.79	7.53	2.67	21.0	13.8	10.8	8.4	10.3		29.2	347	6
薄力粉(1等)	2.45	0.77	6.55	2.70	23.3	13.8	10.8	10.2	9.3		23.4	336	7
農林 61 号	2.93	0.79	5.66	3.03	30.3	13.1	10.2	12.0	12.1		26.2	342	8
チホクコムギ	2.06	0.98	14.21	2.46	30.3	11.9	8.4	11.4	8.6	27	27.1	369	9
コントロール	2.32	0.81	7.57	2.70	32.7	14.5	13.8	13.6				350	10
平均	2.35	0.77	7.09	2.72	25.5	13.3	10.7	10.7	10.5	36.6	27.9	340	7.5
標準偏差	0.25	0.07	2.39	0.16	4.71	0.81	2.08	2.11	1.09	9.52	3.0	14.11	1.51
変動係数	10.64	9.09	33.71	5.88	18.47	6.09	19.44	19.72	10.38	26.01	10.75	4.15	20.13

注) テクスチュロメーターのH, -H, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>は各Voltage 下でのTexturo Unit, 食味試験の各項目はそれぞれの評点を以て示した。

温度は約25℃である。

3) ミキシング：加水30秒+ミキシング3分（低速），ミキシング2分（高速）

4) 製めん：まとめ1回，合わせ2回（めん帯の厚さは4 mm）。室温で1時間熟成。圧延3回（めん帯の厚さ2.5mm，めん線の長さ25cm）。切刃#10。

5) 茹試験：6点ずつ（各135g）10倍以上の沸騰水で20~25分間茹でる（目標水分76%）。水洗3分，水切10分。

6) 官能試験：粘弾性（35点満点），茹めんの煮崩（15点満点），滑らかさ（15点満点），1日後の食感（10点満点）。1日後の食感，茹のび状態を見るもので，本実験では，2日間放置後，1分間再加熱し物性試験を行った（2反復）。なお表2のめんの太さは，2日後の茹前の太さを測定したものである。パネラーは3名である。

### 実験2

茹後のめんの太さが硬さ，こしに及ぼす影響を調べた。供試材料は，中力1等粉の「キンギョ」を用い，12段階のめん帯の厚さとなるように，製めん機のロール間隙を変えた。1点100gを供試し，試料の調整方法は実験1と同様である。測定に用いたうどんは，1本ずつである。

### 実験3

秋播小麦の品種保存の中から，硬質小麦も含めて現在保有している系統の交配親と過去4ヶ年の粉質が-~+の材料を88（外国品種系統47，国内品種系統41）選び出し，食味試験と物性試験を行い，食味特に粘弾性と各物性測定項目との関係を中心に検討した。比較材料として，「チホクコムギ」，「ホロシリコムギ」，「A.S.W.」，「キンギョ」を用いた。ただし品種保存の材料は，昭和55，56年産のものは，著しく変質していたので昭和54年産のものをブラベンダーテストミルを用いて製粉後供試した。比較材料は「A.S.W.」を除き，ビューラーテストミルで製粉したものをを用いた。

調整方法は，小麦粉10gに水約3.3ml，食塩0.2gを加え，すりばちを使って手でこねた後，まと

め・合わせを行い、約1時間熟成させた。その後、最終的な茹めんが4 mm程度となるように圧延して、20分間茹でた後、食味試験、物性試験を行った。測定項目としては表1の〔IV〕を用いた。ただし測定に用いたうどんは1本ずつである。

一方、ペースト状での物性測定も試みた。供試材料は、上記の中から小麦粉の不足した3品種を除いた89材料である。調整方法は、小麦粉15gをカップに入れて50℃の水20mlを加え匙で1分間攪拌した。すぐに50℃の恒温槽に10分程度浮かしておき、次に約15℃の水槽で10分程度冷却した。その後ペーストを20g測り、試料とした。なお、灰分、蛋白はインフラライザーを用いて測定したものである。

### 3. 結果および考察

#### (1). 食味試験と物性試験との比較 (実験1)

食味試験の各評点と物性試験の各測定項目および他の品質検定項目の測定値を表2に示した。それによると、粘弾性の秀れている材料は、①IのH(硬さ)が小さく②IVのA<sub>1</sub>(表面の硬さ)が小さく③IVのA<sub>2</sub>/A<sub>1</sub>(こし)が大きいという傾向が見受けられる。しかし、表3の各項目間の相関表において、12供試材料を用いて粘弾性と各物性測定項目との関係を見ると、何れも相関がなかった。一方、各物性測定項目と茹めんの太さとの間に高い正の相関があることから、太さの影響が粘弾性との関係を隠蔽していると考えられた。圧延ロール通過後のめん帯の厚さを一定にしたにもかかわらず、茹後のめんの太さに大きな差が生じたのは、材料(品種)によって茹めんの膨張率が異なるためである。表3において、茹めんの太さと蛋白との間に高い正の相関があることから、膨張率の差は蛋白量の差に由来すると考えられる。すなわち、高蛋白のものはめんが太くなり、低蛋白のものは細くなる傾向がある。

一方、各物性測定項目は茹めんの太さに大きく影響されると前述したが、中でもその影響が著しかったのは、IVの項目である。I、IIでは、クリアランスが0.5mm、0.2mmとめんの太さに対して比較的小さな値のため、太さの影響はそれ程大きくないと考えられるのに対し、IVの場合、1回目のクリアランスが2 mmであり、図2に示すように最も細い「チホクコムギ」に比べ最も太い「農林61号」の圧縮量はかなり大きなものとなる。それ故、同一の圧縮条件下での質的な物性の差異を測定することが困難となり、量的な差異が直接A<sub>1</sub>に現われ、A<sub>2</sub>/A<sub>1</sub>の値も決まってしまうこととなる。例えば、「チホクコムギ」のA<sub>1</sub>が0.60でA<sub>2</sub>/A<sub>1</sub>が12.78なのに対し、「農林61号」はそれぞれ2.17、5.31である。以上のように、両者は非常に太さの影響が著しく、かつ粘弾性の評点が同一であるため、粘弾性と物性測定項目との関係を特に乱していると考えられる。それ故、上記の2つの材料を除いた10供試材料で、両者の関係を見たものが表3の対角線の下段で、それによると、太さの影響は幾分小さくなり、粘弾性と硬さに有意な負の相関が生じた。

表2で比較的茹でめんの太さの近いものどうしを比べると、「ホロシリコムギ」、強力粉、「タクネコムギ」、「北見47号」の粘弾性の悪さは、高蛋白による硬さの増加とこしの低下によるもので、「北見45号」、「北見53号」、薄力粉は、全体の硬さは適当であるが、めんの表面がやや硬いため、こしが低下したと推察される。

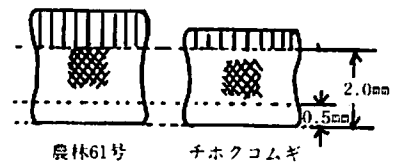


図2 農林61号とチホクコムギの太さの差による影響  
注) 縦線マークは、1回目の圧縮量  
横線マークは、硬い部分を示す

表3 各測定項目間の相関関係

項目番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	I H			○		○	○	▲					△		●	○					△		▲
2	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>										○												
3	II H	△				△	○		△				△		▲	●					△		
4	III A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	○	△																				
5	IV A <sub>1</sub>	○				○	●	△					△	▲	●	○					△		▲
6	A <sub>2</sub>					○	▲	○	△				△	▲	●	○							●
7	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>					▲								○	○	●					▲		△
8	V H					△	△			○	○												●
9	-H								○		○				▲								●
10	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>								○	○													●
11	-H/H																						
12	2日後 I H															○					○		
13	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>							△							○								○
14	2日後 IV A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>					●	▲							△		▲					▲		○
15	めん の 太 太 太	○		△		△	△								▲						○		
16	粘 弾 性	△					▲								△	▲				○			
17	60% 粉 水 分				△				▲	▲													
18	茹 め ん の 煮 崩																				△		
19	滑 ら か さ																	○	△				
20	60% 粉 蛋 白																						△
21	温 感 (WG)															△						△	
22	茹 め ん 歩 留					●			▲	▲	▲												

注) ○=(+) 1%水準で有意      △=(+) 5%水準で有意  
 ●=(-)                                      ▲=(-)                                      "

対角線の上段 n=12  
 " 下段 チホクコムギ、農林61号を除いた n=10

ペースト状での試験は、製めん過程を省けるため調整が簡単で、めんの太さも考慮しなくて良く、均一で再現性も高いという点などで製めん適性の簡易選抜法として使えないかを検討したのであるが、テクスチェロメーターの各測定値と粘弾性とは相関がなく、むしろ蛋白と1%水準で有意な正の相関があることから、蛋白量を現わす指標と言える。

グルテン状での試験は、今回全ての材料で実施出来なかったが、グルテンの質を示す1つの指標ともなり得ると考えられ、今後パン適性も含めて検討してゆきたい。ただし、試料を均一にして測定することが難しく、再現性の低いことが問題点である。

茹のびは、めん線中の水分分布の均質化と澱粉の老化によると考えられており、本実験でも硬さ、こしの著しい低下となって現われた。凝集性(I, IIIのA<sub>2</sub>/A<sub>1</sub>)の変動係数は何れも小さく、その差による一定の傾向は認められなかった。めん粘着性は、非常に小さく、その差も認めら

れないため、今回の結果から省いた。

(2) めんの太さの影響 (実験2)

実験1でめんの太さの差が、物性測定の大きな支障となることを述べたが、この実験では茹めんの太さの異なる同一材料 (すなわち同一の蛋白含量) を用いることにより、太さの影響のみを調べ、異なる太さのうどんを相対的に比較する方法を考えた。

図3に示すように、めんの太さが太い程、硬く現われることが明確となった。テクスチュロメーターによる硬さと試料の厚さの関係については、福井ら<sup>13)</sup>も同様な結果を得ている。また、こし ( $A_2/A_1$ ) の測定法において、異なる太さの茹めんの圧縮比率を同程度とするために、各試料ごと  $A_1$ 、 $A_2$  がそれぞれ0.6、3.6前後となるように、第1回・第2回のクリアランスを設定し、 $A_2/A_1$  を5.5~6.5の範囲に入るようにした。その結果、茹めんの太さに対し、各クリアランスの有意な回帰直線式が得られ、同一材料の  $A_2/A_1$  を一定にするための各クリアランス値が決定された。

回帰直線式によってえられたクリアランスを用いて、「チホクコムギ」、「ASW」のような粘弾性のすぐれた材料の各茹めんの硬さ (横軸) とこし (縦軸) との関係を図に現わすと、こしはほぼ一定となると推察され、それらに近いこしをもつ材料を選ぶことが可能となると考えられる。ただし、3.2mm 以下の細めんでは、微妙な試料の差が  $A_1$  に大きく現われるため、第1回、第2回のクリアランス値の変動が激しく、再現性が低い。実験1の調整法では、めんが細く、特に太さの影響が著しかったと考えられる。

一方、めんの太さは、茹めんの歩留にも影響し、細めん程歩留は高くなった (図3)。これは、細めん程単位重量当りの表面積が大きく、加水量が多くなるためと考えられる<sup>11)</sup>。

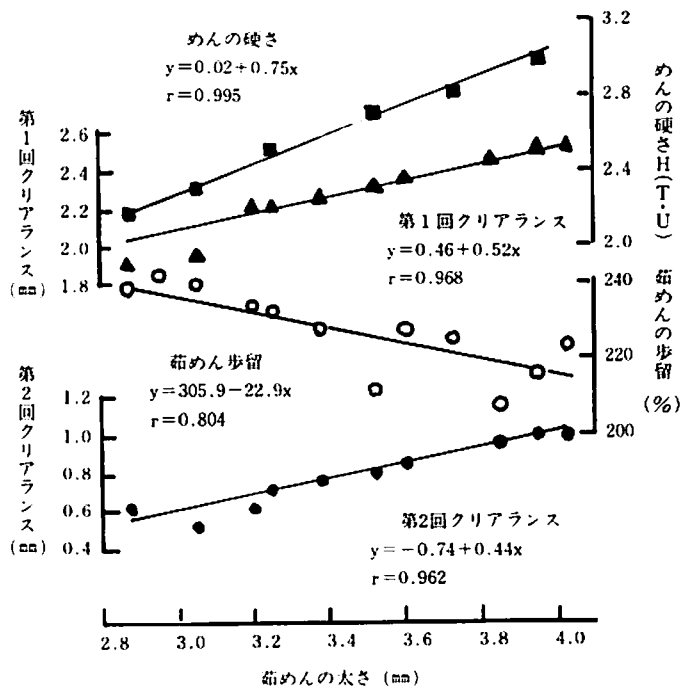


図3 茹めんの太さの物性測定に及ぼす影響

(3) 製めん適性の指標 (実験 3)

実験 1, 2 の結果をもとに、現在保存している品種・系統の中から、実験方法に述べた考え方で材料を抽出し、製めん適性の秀れた母材を探索するとともに、それが物性試験の項目にどのように現われるかを調べた。

食味試験、物性試験の各項目間の相関を表 4 に示した。表 4 の対角線の上段で粘弾性と関連があるのは、蛋白・茹めんの歩留・滑らかさ・1日後の食感・ $A_1 \cdot A_2 \cdot A_2/A_1 \cdot H$ であった。つまり低蛋白で軟らかくこしのあるものが美味しいと一般的に言える。表 4 の対角線の上段は、硬質小麦を多く含み、粉質と蛋白の相関が著しく高いため、硬質小麦の蛋白の高さが、粘弾性や硬さに影響を及ぼしている。それ故軟質小麦だけを用いて、蛋白量の影響力を除いた粘弾性の差が、物性測定項目にどのように現われるかをみたのが表 4 の対角線の下段である。前者と異なり、粘弾性と蛋白との間には有意な相関が生じなかった。ただし、軟質小麦でも著しく蛋白の高いものは、硬くて粘弾性も低下しており、低～中蛋白のものについて、粘弾性は蛋白量の影響を受けないと考えられる。一方、蛋白と  $A_1 \cdot A_2 \cdot H$  との関係を見ると、 $A_1 \cdot A_2$  とは相関がなかったのに対し、 $H$  とは非常に高い正の相関が認められ、蛋白含量はペーストの硬さとなって現われるが、うどんの硬さとは結びつかないことが解った。又、粘弾性と  $A_1 \cdot A_2 \cdot A_2/A_1 \cdot H$  との関係では、 $A_1 \cdot A_2$  (特に  $A_1$ ) とは高い負の相関を示すが、 $H$  とはそれ程高い負の相関を示さなかった。 $A_1/A_2$  とは 5%水準で有意な正の相関が得られた。

表 4 食味試験、物性試験の各測定項目間の相関

	粉質	60%粉		茹めん		滑らかさ	粘弾性	1日後食感	IV			V		
		灰分	蛋白	歩留	煮崩				$A_1$	$A_2$	$A_2/A_1$	H	-H	$-H/H$
粉質		***	***	***	**				***	*	**	**	***	
60%粉	灰分	**	***	***		*			***	**	**	***	**	***
	蛋白	**	***	***		**	*		***	***	**	***	***	**
茹めん	歩留		*			***	***		***	***	*	***	***	
	煮崩		**	**										
滑らかさ	*		**	*			***	***	**	***		**	*	
粘弾性	*			***		***	***	***	***	***	*	**	**	
1日後食感				*		***	***			*				*
IV	$A_1$	*		*		*	***		***	***	***	***	***	
	$A_2$			*		**	**		***	***	*	*		*
	$A_2/A_1$	***					*		***	***	***	***		*
V	H	***	***	*		*	*		**	**		***		
	-H	**	***	*	*	*	**	*	***	***		***	*	
	$-H/H$	*		*	*	*	*	*				*	*	
	$A_2/A_1$						*	*		*				*

注) 対角線の上段：硬質小麦を含む n=89

” 下段：軟質小麦 ” n=63

\*\*\*, \*\*, \* : 0.1%, 1%, 5%水準で有意



以上の結果から、粘弾性を推定する指標として、 $A_1 \cdot A_2/A_1$ が有効となることが解った。すなわち、めん表面が軟らかいことが第一で、しかも内部が適度の硬さをもちこしのあることが必要と考えられる。今回の材料のうち、薄力的傾向を持つ品種などは、総じて表面が軟らかいが、全体に均質化していてこしが足りないと思われた。比較材料として用いた「キンギョ」はウエスタン・ホワイトと道産小麦を配合したもので、粘弾性の秀れている「チホクコムギ」、「A.S.W.」に比べて、表面が少し硬く内部が軟らかいため、こしが低下している。

一方、粘弾性の秀れたものの中でも①チホクコムギタイプのもの②A.S.W.タイプのものに分けられ、②のタイプは①のタイプよりも蛋白(特にペースト状のH)が高く、 $A_1$ がやや高い傾向がある。単年度の結果で確定はできないが、

① チホクコムギ型：Alton, 4710-H-7, 7452-1-3-2C, Fredrick, Maris Nimrod.

② ASW型：北見22号, 北見38号, 北見40号, Arther.

のように大別された。しかし①・②の何れかに属しながら  $A_1$ ,  $A_2/A_1$ の良くないものもあり、第3の指標が求められる。例えば、粘着性(-H)・凝集性などが複雑に係わっている可能性もあり、今後各項目の相互関係を検討してゆきたい。

又、今回得られた指標が蛋白量と関連のないことから、めん線中での蛋白の量的分布・質的構造さらには、澱粉の質などと関連を持つことが推察され、その方面からのアプローチも必要と思われる。

#### 4. 今後の問題点

今回実施した実験1～3の結果をまとめると図4のようになり、粘弾性を想定する指標として、表面の軟らかさを示す  $A_1$  とこしを現わす  $A_2/A_1$  が有効であることが解った。しかし、微妙な粘弾

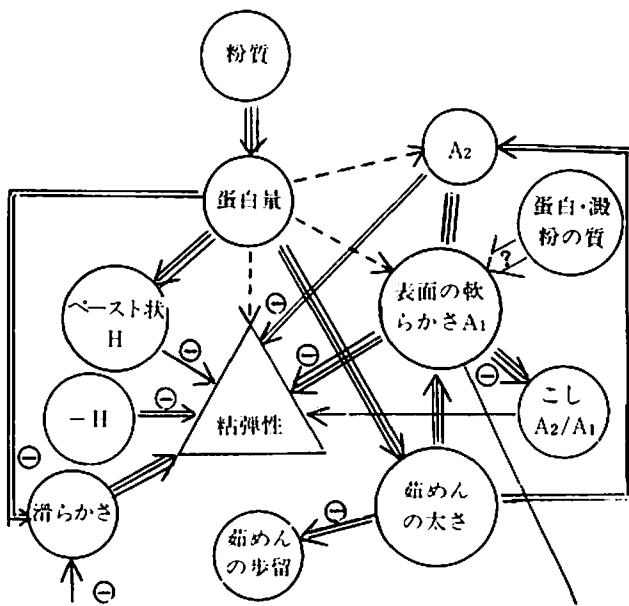


図4 各パラメーター間及び粘弾性との相関図

注)  $\equiv$ は0.1%で有意,  $\rightarrow$ は1%で有意,  $\dashrightarrow$ は5%で有意,  
 $\cdots$ は硬質小麦を含めると有意にてくるもの,  
 $\ominus$ は負の相関であることを示す。

性の差をその両者のみで予測するにはまだ不十分な点が幾つかある。第1に、調整方法・製造条件などに基づく測定精度（再現性）の問題があり、①大量サンプルによる機械製造と少量サンプルによる手作り製造の違い②ブラベンダーテストミルによる製粉とビューラーテストミルによる製粉の違い③小麦粉の性状による最適加水量・最適茹時間の違い④茹のびに伴う測定限界時間の決定などがこれに相当する。第2に、食味試験を行なうパネラーの精度に由来する問題も、これからの大量検定をする上で重要性を増す。第3に、粘弾性の秀れるタイプが「チホクコムギ」と「A.S.W.」の2つに分けられるため、その要因を把握すると共に、 $A_1 \cdot A_2 / A_1$ 以外の指標を探し出すことが要求される。さらに、それらの指標と蛋白・澱粉の質などの化学的要因および基礎物理特性との関連<sup>1)</sup>を把握することが育種上、重要と考える。

### 引用文献

- 1) 江口昭彦, 後藤虎男, “暖地産小麦品種のめん加工適性について, ゆでめんの食味と小麦粉の物理・化学性”, 中国農試報, A29 (1981).
- 2) 岡部元雄, “米飯の食味に関する研究, その1”, New Food Industry, 19(4), (1977).
- 3) 岡部元雄, “食品技術講習会テキスト, 食品の品質評価, 食感の科学”, 京都府立中小企業総合指導所, 1980.
- 4) 岡部元雄, “うどんのテクスチャー”, 全研.
- 5) 岡部元雄, “テクスチュロメーター”, 下田吉人, 松元文子, 元山正, 福島博保編 調理と物理・生理 朝倉書店, 1971, P.57-72. (新調理科学講座2).
- 6) 小田聞多編, “めんの本”, 食品産業新聞社, 1980.
- 7) 柴田茂久, “めんの品質と食味および最近の製造技術”, 食糧(その科学と技術)18, (1976).
- 8) 柴田茂久, “日本の小麦の品質”, 食糧(その科学と技術)22, (1982).
- 9) 柴田茂久, 今井徹, 豊島英親, 梅田圭司, 石間紀男, “照射小麦の製めん適性”, 日本食品工業学会誌21, (1974).
- 10) 柴田茂久, “めん類の物性と品質について”, 食品の物性5, (1980).
- 11) 柴田茂久, 豊島英親, 古堂久美子, “ゆでめんの製造法改良に関する研究, 第1報, 生めんの製造条件とゆで時の溶出損失について”, 食総研報30, (1973).
- 12) 長井恒綱, “うどんの技術”, 食品出版社, 1980.
- 13) 福井義明, 時井幸男, 中土井正史, 三木英三, “麺類に関する研究, I. 茹麺の物性試験について”, 香川大学農学部学術報告24, (1973).
- 14) 三木英三, 福井義明, “麺類に関する研究 II テクスチュロメーターによるめんの物性試験”, 香川大学農学部学術報告, 26, (1975).
- 15) 三木英三, 福井義明, “うどんのテクスチャー測定”, New Food Industry, 18(5), (1976).
- 16) 製粉協会編, “内麦の特性と品質上の問題点”, 製粉協会, 1979.
- 17) 全研編, “テクスチュロメーター説明書”, 全研.

### III-2-3 粒度測定器、ミキソグラフ、アルベ オグラフによる小麦粉の分析

前 野 眞 司\*

#### 1. 緒 言

粒度は粉体の構成粒子の大きさを表わす概念で、小麦粉においては特にめん適性と関連の深い品質項目の一つとされている。粒度は直径、面積、体積、重量、分布など色々の表わし方が知られているが<sup>1)</sup>、一つの便法として空気透過法による測定が一般的である。

小麦粉の生地物の性を調査する装置として、北見農試ではファリノグラフ、エクステンソグラフを用いているが、ミキソグラフはファリノグラフと同様の装置であり、小麦粉生地を一定の堅さ (consistency) になるまで加水量を調節してこね上げ、さらに5分間こね続ける際の生地の堅さの変化を記録するものである。粉の供試量がファリノグラフの1/10の30gであるので育種試験における利用の範囲が広がるのが期待できる。また、蛋白の少ない粉の測定にはファリノグラフよりも適切であるとされている<sup>2)</sup>。

アルベオグラフはパン適性を調べようとするもので、小麦粉生地を膨らませて製パンの際の生地のガス包蔵力の大小を直接見る装置である。

本報は北見農試において小麦の品質検定機器として新たに導入されたブレーン空気透過粉末度測定器、ミキソグラフ、アルベオグラフの試験結果と既存の分析機器の測定値との関係を調査したものである。

#### 2. 材料および方法

##### (1) 供 試 材 料

1) 粒度：北見農試における昭和55年度播種秋播小麦育種試験、栽培法試験に供試された材料に現地委託試験の材料を加えた227サンプル (但し、試験間で同一品種・系統の重複を含む)。

2) ミキソグラフ：粒度測定に供試した材料から現地委託試験の材料を除いた195サンプル (但し、試験間で同一品種・系統の重複を含む)。

3) アルベオグラフ：北見農試における昭和55年度播種秋播小麦育成系統生産力検定試験の材料から12品種・系統を供試し、加えて同年播種の「ハルヒカリ」、「北見春42号」、参考としてオーストラリア小麦の銘柄 ASW、市販の薄力粉、中力粉、強力粉の計18サンプルを供試した。

以上市販品以外は、いずれもビューラーテストミルの60%粉を実験に用いた。

##### (2) 試 験 方 法

1) 粒度：ブレーン空気透過粉末度測定器を用い、各材料から1.50gの粉を秤量し検体を作り、規程の体積に圧縮して空気を通し、その透過度から平均比表面積 (cm<sup>2</sup>/g) を算出した。一つの材料につきこの操作を4回行い、平均値をデータとした。

2) ミキソグラフ：各材量から30gの粉を秤量し、小麦粉生地が一定の堅さになるように加水量を調節し測定を行った。

\*北海道立北見農業試験場、099-14  
常呂郡訓子府町

3) アルベオグラフ：材料の粉に2.5%食塩水を加えミキサーでこね、ローラーで押し出し、一定条件の生地を作り、型を使って生地を円盤状に打抜き、25℃の保温箱で20分間程ねかせた後、測定器の空気穴の上に置き、シリンダーにより空気を押し出して生地を膨らませて破れるまでの空気の圧力の変化を記録した。

### 3. 実験結果

#### (1) 粒度

4つの生産力検定試験に供試された9品種・系統の粒度測定結果を平均比表面積として表1に示した。4試験をこみにした分散分析の結果はきわめて有意で、「チホクコムギ」の比表面積は他の品種・系統に比べ著しく大きく、粒度の細いことを示した。これに対し、「タクネコムギ」、「北見51号」の比表面積は小さく、粒度が粗かった。試験間でも有意差が示され、作況試験と比較するとドリル播の粒度は細い傾向にあり、晩播では「チホクコムギ」と「北見47号」が粗くなった。

施肥に関する栽培法に供試された3品種の結果を表2に示した。収穫時における雨ぬれの被害の影響などで反復間に有意差が生じたが、ここでも品種間差異は極めて有意で、「チホクコムギ」が高い値を示し、施肥のちがいによって品種間差異がかき消されることはなかった。

粒度と他の分析値との相関係数を表3に示した。粒度と粉質は極めて高い負の相関を示しており、粒度と粉蛋白との間にも有意な負の相関が存在することから、軟質の小麦粒は粉化され易いため粒度が細く、硬質の小麦は粉化されにくい粒度が粗い関係にある。このことを製粉性に関する分析値との間の相関で見ると、ブレーキ粉出力(B)、大麩、BM率に正の、ミドリング粉(M)、小麩、製粉歩留、セモリナ生成率に負の、それぞれ有意な相関が見られた。これは粒度の細くなるような小麦粒は軟質で粉砕され易いので製粉の前半で篩を抜け易く、そのためブレーキ粉出力が多くなり、BM率を高める反面、皮離れが良くないので大麩の出力が多くなる。一方粒

表1 品種試験における小麦粉の粒度(比表面積 $\text{cm}^2/\text{g}$ )

試験 品種・ 系統	作 況	ドリ ル 標 肥	ドリ 多 ル 肥	晩 播	平 均
チホクコムギ	3589	3631	3644	3225	3522
北見45号	2200	2526	2359	2186	2318
北見47号	2441	2532	2508	2065	2387
北見51号	1706	1889	1936	1739	1818
北見53号	3047	2987	2920	2836	2948
タクネコムギ	1889	2101	2151	1990	2033
ホロシロコムギ	2207	2213	2234	2172	2207
イービス	2478	2550	2700	2520	2562
ムカコムギ	2220	2261	2247	2254	2246
平均	2420	2521	2522	2332	2449

注1) ドリル多肥はドリル標肥と比べて基肥が1.5倍量、追肥が2倍量。

2) 晩播は10月5日播種。作況は9月13日、ドリル標肥・多肥は9月16日播種。

3)  $\ell.s.d.$ : 5%, 123, 1%, 179,

表2 栽培法試験における小麦粉の粒度  
(比表面積  $\text{cm}^2/\text{g}$ )

施 肥	チ ホ ク コ ム ギ	ム カ コ ム ギ	ホ ロ シ リ コ ム ギ	平 均
標 準 肥	3559	2165	2346	2690
1.5 倍 肥	3637	2254	2318	2736
2.0 倍 肥	3598	2291	2370	2753
起 生 期 追 肥	3238	2327	2422	2662
同 上 倍 肥	3790	2532	2604	2975
出 穂 期 追 肥	3506	2374	2172	2684
同 上 倍 肥	3575	2324	2478	2792
平 均	3558	2324	2387	2756

表3 粒度と他の品質特性との相関係数

原 粒 n=160		ビューラーテストミル出量 n=200					B M 率 n=200	ミ リ ン グ ス コ ア n=160	灰 移 行 率 n=160
灰 分	蛋 白	B	M	大 越	小 越	製 粉 歩 留			
-0.145	0.041	*** 0.413	-*** -0.673	*** 0.632	-* -0.180	-*** -0.500	*** 0.521	-0.151	-0.082

セモリナ n=200		灰 分 n=160				60 % 粉			
生成率	粉碎率	ストレート粉	末 粉	大 越	小 越	灰 分 n=160	蛋 白 n=160	SV n=220	WG n=220
-*** -0.673	-0.066	-*** -0.516	-** -0.264	-*** -0.706	-*** -0.455	-*** -0.494	-** -0.248	-*** -0.455	0.052

ファリノグラム n=220					アミログラム n=220			フ ン バ オ グ     ナ リ ン n=220	粉 質 n=102
A b	DT	Stab	Wk	V V	GT	MVT	MV		
-*** -0.716	-** -0.247	-** -0.282	** 0.235	-*** -0.311	** 0.234	-** -0.280	-0.124	-*** -0.392	-*** -0.850

注) n: サンプル数

度が粗くなるような小麦粒は硬質で粉碎されにくいので、これと逆の現象が起る。また、粒度は大越灰分、小越灰分、ストレート粉灰分、末粉灰分、60%粉灰分との間に有意な負の相関を示しているが、これは粒度の細い軟質の小麦粒は皮離れが悪く、皮に付着する胚乳部分が多いため越の灰分を低くし、またその分だけ粉への越の切れ込みが少ないので粉の灰分も低くしているものと思われる。

セディメンテーション値(SV)は本来蛋白質の量と質を示すのであるが、粒度との間に有意に

高い負の相関が見られる。このためSVを調べる時には粒度との関係を考慮し、粒度を一定にするように製粉を調整することが必要だとされている<sup>2)</sup>。ファリノグラフは、小麦粉を一定の堅さになるまでこね上げ、さらにこねつつける時の堅さの変化や、ミキシングに対する抵抗性を検討するもので、強力粉では吸水率(Ab)、生地の形成時間(DT)、生地の安定度(Stab)、バリロメーター・バリュー(VV)が大きく弱体化(Wk)が小さい方が良く、薄力粉ではその逆が良いとされている<sup>2)</sup>。粒度との相関より、今回供試した材料では粒度の細いものは薄力粉的、粒度の粗いものは強力粉的性質を持つことが示されている。アミログラムとの間では糊化開始温度(GT)と正の、最高粘度時の温度(MVT)とは負の有意な相関が見られたが、MVとの間には有意な相関は見られず粒度とアミロの関係は明らかに出来なかった。しかしフォーリングナンバーとの間には有意な負の相関が見られた。

## (2) ミキソグラム

作況(育成系統生産力検定試験)に供試した14品種・系統の測定値を表4に、そのうち2品種の図形を図1に示した(但し「チホクコムギ」は生産力検定予備試験1の材料)。Abは「チホクコムギ」の17.0ml~「北見47号」の23.0mlまで、Dは「イービス」1.6分~「北系947」の5.1分まで、Qは「タクネコムギ」の147~「北系947」の175まで、Wは「北系947」の2.5~「北見45号」、「ホロシリコムギ」の24.0まで、Aは「北見45号」の56cm<sup>2</sup>~「イービス」の162cm<sup>2</sup>まで変異した。変動係数(C.V.)の最も小さな形質はQの4.7%で、次いでAbの9.8%であった。またC.V.の大きな形質はWの83.6%で、次いでAの30.5%であった。195サンプルの測定値からの計算結果からでもC.V.の最も小さなものはQの7.9%で最も大きなものはWの54.5%であった。

ミキソグラムの各測定値と他形質との間の相関係数を表5に示す。AbはファリノグラムのAb

表4 品質・系統のミキソグラム特性

項目 系統	Ab (ml)	D (分)	Q (度)	W	A (cm <sup>2</sup> )
チホクコムギ	17.0	2.6	169	3.5	78
北見45号	20.0	3.4	155	24.0	56
北見47号	23.0	3.1	154	10.0	72
北見49号	16.5	3.5	167	5.0	78
北見51号	18.9	4.3	166	3.0	90
北見53号	17.0	2.6	161	10.0	72
北系947	19.5	5.1	175	2.5	105
北系948	19.5	2.9	165	5.5	76
北系1054	19.5	3.6	168	5.5	82
タクネコムギ	21.0	2.1	147	7.5	64
ホロシリコムギ	20.5	2.8	169	24.0	72
イービス	17.5	1.6	162	6.0	162
ムカコムギ	18.5	3.8	169	5.0	82
ホクエイ	17.0	3.3	172	5.5	76
平均	19.0	3.2	164	8.4	83
S. D.	1.86	0.89	7.71	7.0	25.4
C. V. (%)	9.79	27.8	4.7	83.6	30.5

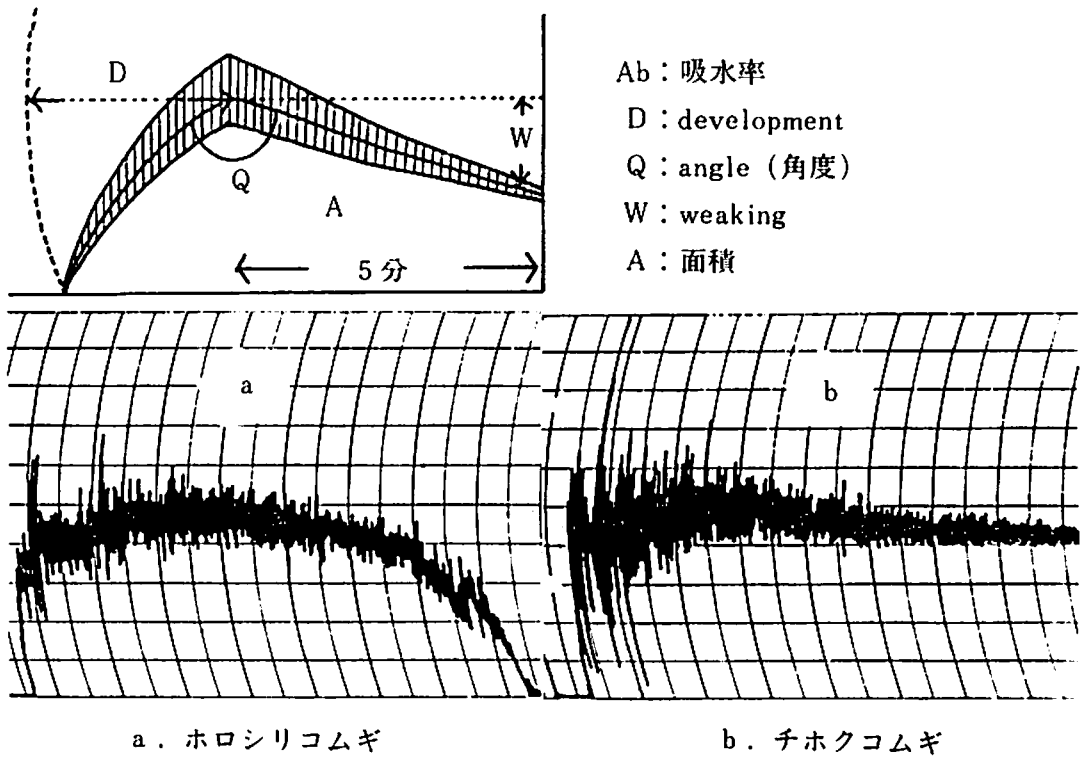


図1 ミキソグラム

表5 ミキソグラム特性と他の品質特性との相関係数

ミキソグラム	原粒 n=133		ビューラーテストミル出量 n=192					B M 率 n=192	ミリス コア n=133	灰 移行 率 n=133
	灰分	蛋白	B	M	大越	小越	製粉 歩留			
Ab	0.136	*** 0.424	-** -0.184	*** 0.405	-*** -0.540	** 0.282	*** 0.390	-** -0.258	-0.058	-0.063
D	0.006	-0.095	-0.131	0.233	-0.197	0.026	0.187	-0.177	* 0.219	0.180
Q	-0.024	-* -0.215	-*** -0.299	** 0.193	* 0.148	-0.082	-0.105	-0.275	0.088	0.037
W	0.134	0.113	0.002	0.016	-0.087	0.103	0.028	0.006	-0.092	-0.015
A	-0.036	-0.139	-** -0.184	** 0.210	-0.027	-0.084	0.078	-** -0.212	*** 0.340	*** 0.294

ミキソグラム	セモリナ n=192		灰分 n=133				60%粉			
	生成率	粉砕率	ストレート粉	末粉	大越	小越	灰分 n=133	蛋白 n=133	S.V. n=192	W.G. n=192
Ab	*** 0.440	-* -0.147	*** 0.459	** 0.268	*** 0.350	*** 0.310	*** 0.441	*** 0.633	*** 0.542	*** 0.435
D	** 0.210	0.058	0.027	-0.050	*** 0.296	0.064	0.012	-0.027	*** 0.477	-0.106
Q	* 0.141	* 0.170	0.046	0.028	0.089	0.099	0.029	-0.190	0.119	-0.456
W	0.047	-0.113	0.088	-0.038	0.056	-0.072	0.133	0.137	0.024	-0.125
A	0.155	0.175	-0.122	-0.134	** 0.288	0.169	-0.143	-0.123	** 0.232	-** -0.266

ミキソグラム	ファリノグラム n=192					アミログラム n=192			ファンバ イ グ ー ナ リ ン n=192	粉 質
	Ab	DT	Stab	Wk	VV	GT	MVT	MV		
Ab	*** 0.679	*** 0.626	*** 0.416	-0.072	*** 0.326	-*	-0.170	-** -0.189	0.033	*** 0.478
D	* 0.141	0.051	** 0.196	-** -0.258	** 0.237	-0.037	0.054	0.066	0.061	** 0.260
Q	0.045	-*** -0.209	0.026	-*** -0.300	* 0.164	-0.097	** 0.247	*** 0.303	*** 0.312	* 0.246
W	* 0.165	* 0.178	0.086	0.002	0.094	0.001	0.054	0.114	0.005	-0.052
A	0.033	-0.115	0.048	-** -0.262	* 0.160	-0.038	* 0.169	** 0.190	** 0.192	* 0.211

注) n: サンプル数

と極めて高い正の相関を示した。また、60%粉および、原粒の蛋白、ミリングスコアと灰分移行率を除く製粉に関する各項目、原粒を除く灰分などとの相関関係は、蛋白の高い硬質な小麦ほどAbが高い値となることを示している。DはファリノグラムのDTとの間には有意な相関は見られなかった。Ab, Stab, VVとの間に正の、Wkとの間に負の相関が有意であったが、相関係数は低かった。また、製粉性や大麩灰分との間の相関がかなり高いことから、Dは硬質の小麦ほど高い傾向を示す。WはファリノグラムのAb, DTとの間に正の相関が有意に示されたが、相関係数は低かった。Qはファリノグラムに該当するものはないが、VVとの間に正の、DT, Wkとの間に負の相関が見られ、アミログラムのMV, フォーリングナンバーとの間にも有意に高い正の相関が見られた。AはファリノグラムのVVと正の、Wkと負の相関を示し、アミログラムのMV, フォーリングナンバーとも正の相関を示したが、あまり高いものではなかった。

### (3) アルベオグラム

実験に供試した18サンプルの測定結果を表6に、そのうち2品種の図形を図2に示す。

P: 生地の強靱性を表す。

L: 生地の伸張性を表す。

G: 生地片に送り込まれた空気量の平方根。良く伸びる粉ほど大きい。

S: 面積

W: 生地を膨らませるのに要する仕事量。

$$W = 6.54 \times S \quad (10^{-4} \text{joules})$$

Pは「ホクエイ」が最高の121.00を、「北見53号」が最低の56.96を示した。L,Gは共に「北見春42号」が最高の102.9, 22.48を、「北見47号」が最低の34.9, 13.08を示し、P/Lも「北見47号」が最も高い2.46を、「北見春42号」が最も低い0.62を示した。これは、「北見春42号」の生地がよく伸び伸長性の大きいことを示し、「北見47号」は生地の伸長性が小さい性質を持つことを表わす。S, Wは共に市販強力粉が最高の48.6, 318を、「北見53号」が最低の13.3, 87を示した。

## 4. 考 察

### (1) 粒 度

小麦粉の粒度を測定するには標準篩を用いる篩分試験や、沈降法によるもの、サイクロンセレーターを用いるなどの方法があるが、簡単に行なえるものとして本試験に用いたブレーン空気透過粉末度測定器がある。これは一定容積中に同じ重量の粒体を詰めるとき、粒子が細かいほど密に詰まるため気体が通過しにくくなる原理を応用したもので、一定容積中に詰めた粉を規定圧



表6 アルベオグラフによる測定結果

材 料	項 目	P mm	L mm	G $\sqrt{\text{ml}}$	P/L	S cm <sup>2</sup>	W
北見45号		74.65	53.0	16.17	1.40	19.9	130
北見47号		92.27	34.9	13.08	2.64	20.0	131
北見49号		73.67	42.0	14.28	1.75	18.2	119
北見51号		85.44	42.4	14.35	2.02	23.0	150
北見53号		56.96	40.7	14.18	1.40	13.3	87
北系947		93.89	47.5	15.29	1.98	27.3	179
北系948		89.13	50.0	15.67	1.78	25.5	167
北系1054		68.92	41.2	14.24	1.67	16.6	109
タクネコムギ		59.18	57.0	16.77	1.04	15.8	103
イービス		69.19	45.3	14.94	1.53	15.3	100
ムカコムギ		102.00	65.0	17.87	1.57	36.5	239
ホクエイ		121.00	55.4	16.51	2.18	42.6	278
北見春42号		63.71	102.9	22.48	0.62	32.4	212
ハルヒカリ		71.13	82.0	20.11	0.87	31.6	207
A S W		67.89	52.0	15.97	1.44	18.7	122
市販・薄力粉		83.08	65.0	17.92	1.28	22.5	147
市販・中力粉		61.71	72.1	18.83	0.86	20.1	132
市販・強力粉		98.20	68.2	18.28	1.44	48.6	318

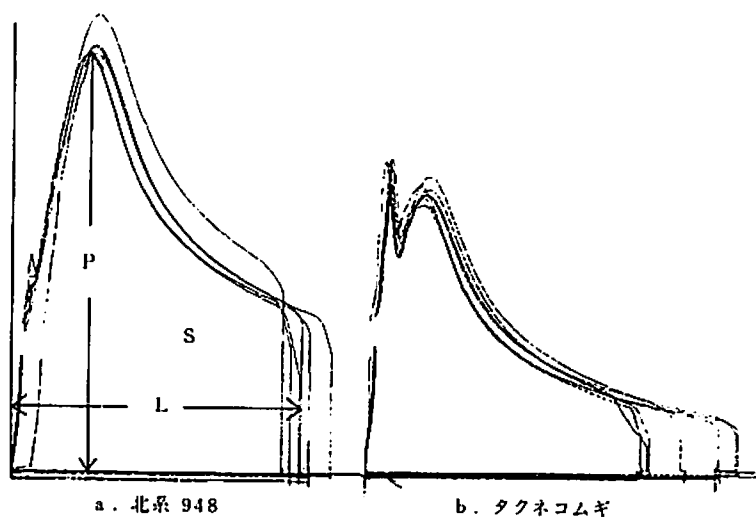


図2 アルベオグラム

方の一定量の空気が通過するのに要する時間(秒数)を測定し、比表面積を算定するものである。軟質小麦の胚乳は硬質小麦のものよりも、より粉状質で粉化され易く、そのため軟質小麦から作られた粉の粒子は細かく、しっとりした感じになる。パン用粉はあまり粒子が細かいものより粗めの方が加工適性がすぐれており、めん、菓子用粉は粒子が細かいものの方が良いとされている<sup>2)</sup>。

めん適性が高いとされている「チホクコムギ」の粒度が他の品種・系統と比べて著しく細いことから粒度がめん適性を構成する一つの要因であるとも考えられるが、一般にめんに適すると言われている ASW の粒度が $2632\text{cm}^2/\text{g}$ とそれほど高い値ではないことと考え合わせると、粒度の高いことがめん適性の必須条件とも即断できないようである。今後めん試験の結果と粒度の関係を検討することが必要である。

また粒度と粉蛋白の間には負の相関が見られ、一般に施肥量を増すと蛋白量が増加することが知られているが、本試験の結果では栽培法によって粒度が変化するという結果は示されたものの、施肥条件と粒度の関係は明らかに出来なかった。

## (2) ミキソグラム

Shuey<sup>3)</sup>によれば、小麦粉生地は粉からパン、菓子などの製品が作られる中間的なステージにあるので、重要であるが生地の物性を計測することは難しく、それを定義することは更に困難だとしている。生地の変形は弾性とと呼ばれる可逆的変形と流動と呼ばれる不可逆的変形の2つのタイプに分けられる。生地は液体ではないが流動し、固体ではないが弾性を持ち、この2つの特性が生地の物理特性とその役割に重要な役割を果たす。

ミキソグラフはファリノグラフと同様の装置であるが、ミキシング動作はファリノグラフよりも厳しく、温度コントロールの厳密性はファリノグラフよりも劣る。吸水率はファリノグラフの吸水率と極めて相関が高く、Development もファリノグラフの DT と似た傾向を示すが、W はファリノグラフの Wk とは相関が見られず、A、Q に相当する特性はファリノグラフにはないので、ミキソグラフをファリノグラフの試験に置き換えることは出来ないものと思われる。今後ミキソグラムの各分析値が、品質的にいかなる意味を持つかについて、追求を必要とするが、特に W は調査項目の中でも著しく変動係数が大きく、興味深い。図1は「チホクコムギ」の W が、「ホロシリコムギ」に比べて際立って小さいことを示している。

## (3) アルベオグラム

アルベオグラフを用いて生地を膨らませる際、生地膜の変化の様子を評価するための理論的モデルが Bloksma<sup>4)</sup>によって示され、Launay et al<sup>5)</sup>はそれがほぼ正しいことを認めている。Aitken et al<sup>6)</sup>は W、L の値と粉蛋白、パン体積との間に有意な相関があることを報告しており、Amos<sup>7)</sup>は S 値が製パン性の良い指標になるとしているが、Khattak et al<sup>8)</sup>の最近の研究では W、L 値と粉蛋白、パン体積との関係はあまりなく、S 値とパン体積の相関も W や P 値に比べて低いことが多いとされている。

本試験では供試材料数が少なく、明確な傾向はつかめなかったが、供試材料中で最もパンに適すると思われる市販強力粉が S、W 値で最高値を示し、P 値でも高い値を示したので、今後は供試材料数を増やし、製パン適性上の意味を明らかにすることが大切と思われる。

## 引用文献

- 1) 粉体工学研究会編“粒度測定技術”日刊工業新聞社, 1975, P.1-15.
- 2) 日本麦類研究会編“小麦粉・原料とその加工品”日本麦類研究会, 1964, P.622-683.
- 3) Shuey, W.C. “Practical instrument for rheological measurements on wheat products”. Cereal Chem. 52 II, 42r-81r. (1975).
- 4) Bloksma, A.H. “A calculation of the shape of the alveograms of some rheological model substances”. Cereal Chem. 34, 126. (1957).
- 5) Launay, B.; Bure, J.; Praden, J. “Use of the Chopin Alveographe as a rheological tool. I. Dough deformation measurements”. Cereal Chem. 54, 1042-1048. (1977).
- 6) Aitken, T.R.; Fisher, M.H.; Anderson, J. A. “Effect of protein content and grade on farinograms, extensograms, and alveograms”. Cereal Chem. 21, 465. (1944).
- 7) Amos, A.J. “Rheological methods in the milling and baking industry”. Analyst 74, 392. (1949).
- 8) Khattak, S., B.L.D'apponia and O.J. Bansik. “Use of the Alveograph for quality evaluation of hard red spring wheat”. Cereal Chem. 51, 355-363. (1974).

## III-3 水稲における品質育種の知見

## III-3-1 米の品質、食味に関する選抜上の知見

佐々木 忠 雄\*

北海道の水稲の品種改良においては、耐冷性や耐病性が重要な特性であることは、いうまでもない。これらの検定は、冷水掛流しや畑地晩播法あるいは本田多窒素栽培といった省力的、簡便な方法が確立されており、大量処理、早期選抜、検定が可能である。

一方、食味に関しては、10年ほど前までは、後期世代において（生本段階以降）実際に炊飯し食べ比べていた。当部に限って言えば、圃場展開時の雑種集団は十数万個体、数万系統である。それらのなかから食味に関して全く無選抜に選ばれた5系統ほどのなかに「巴まさり」クラスの味をもつものを期待するのは、宝クジの1等を夢みるようなものであろう。

従って育種サイドからは、選抜に使える食味を判定する物差しの確立が熱望されていた。

近年、食味の良否を理化学的測定により、判定する研究が著しく発展し<sup>2,8,9)</sup>、道産米に対しても、稲津等<sup>7)</sup>や南等<sup>11)</sup>によりその適用が始められた。そして、道産米は本州産米に比べて熱糊化しにくく老化し易い特徴があり、それは、檜作等<sup>3)</sup>や倉沢<sup>8)</sup>が指適したと同様に、アミロースの量と質のちがいであることが再認識された。このような研究を背景に、食味改善の方向を米でん粉の糊化・老化特性に求め、北海道の品種改良においては、低アミロース、低蛋白、高アミログラムを目標と

\*北海道立中央農業試験場稲作部、  
069-03 岩見沢市上幌向町

することになった。

それは、最近のいくつかの自動分析機器の導入により、はじめて具体化された。それ以前は手分析が主であったが、その時の成果の1つとして「しまひかり」をあげることができよう。これは、道南農試育成の品種であるが、1976年生本の時、当部栽培第1科で理化学性を測定し、その結果有望とみなされ、生き残ったといういきさつがある。

道産米を府県産米並の良食味に近づけるためには、食味に関する理化学性が両者でどれほど違うかを調査し、育種目標を設定するとともに、道産米におけるこれらの変異や遺伝様式、あるいは他形質との関係を知ることによって育種手順を考える必要がある。

1. 特性別にみた選抜上の知見

1) アミロース含量

著者等<sup>1)</sup>の試験によれば、アミロース含量を推定する簡便法としてのブルーバリュウ (BV) の変異は、千粒重よりも小さかったが、かなり高い遺伝力を示し、品種間差も明らかであった。

表1 諸形質の変異係数と遺伝力(佐々木ら, 1977)

形 質		変 異 係 数 (%)		遺 伝 力		
		'74年	'75年	h <sup>2</sup>	r	
出 穂 期	月 日	8.9	8.8	93	93	
穂 揃 日 数		20.1	24.3	47	47	
稈 長	cm	9.5	11.0	81	83	
穂 長	cm	8.4	7.5	79	79	
穂 数	本/株	18.1	13.7	59	62	
稈 重	kg/a	11.7	9.9	40	41	
玄 米 重	kg/a	13.1	10.8	58	62	
1 穂 粒 重	g	15.4	11.1	47	77	
モミ/ワラ	%	9.0	12.3	75	76	
1 ℓ 重	g/ℓ	0.8	0.7	42	42	
千 粒 重	g	4.8	5.9	87	88	
検 査 等 級		18.5	14.4	50	55	
玄 米 灰 分	%	6.8	4.8	72	74	
白 米 蛋 白	%	10.1	6.9	41	42	
アミログラム	最高粘度 (MV)	B. U.	6.0	5.2	55	56
	ブレークダウン (BD)	B. U.	15.0	11.6	35	36
テクスチュログラム	H (硬 さ)	%	4.9	4.7	63	63
	H-1 (粘 り)	%	9.1	6.9	45	45
	H/H-1	%	12.2	9.1	57	55
ブルーバリュウ (BV)	×10 <sup>3</sup>	3.3	2.9	57	57	

h<sup>2</sup> = σ<sub>G</sub><sup>2</sup> / (σ<sup>2</sup> + σ<sub>G</sub><sup>2</sup>), σ<sub>G</sub><sup>2</sup> : 品種と年次の交互作用分散  
 σ<sub>G</sub><sup>2</sup> : 品種の遺伝分散, γ = W'74 · '75 / V'74 · V'75

出穂期との遺伝相関は強く早生ほど低アミロースの傾向にある。また千粒重とも密接な関係で大粒ほど高アミロースの傾向にある。

耐冷性との関係については興味深い結果を得ている。“ささほなみ×農林20号”（以下㊟）と“ササニシキ×ささほなみ”（以下㊤）の雑種後代を用いた試験によれば、2カ年の結果とも㊤において耐冷性の弱いものに低アミロースのものが多くという傾向がみられた。㊟においては、このような傾向はみられない。府県の品種系統を使う時の大きな問題点であろう。

表2 ササニシキ×ささほなみの後代系統(F<sub>7</sub>, F<sub>8</sub>)における耐冷性と食味特性の関係(2カ年の平均値による)

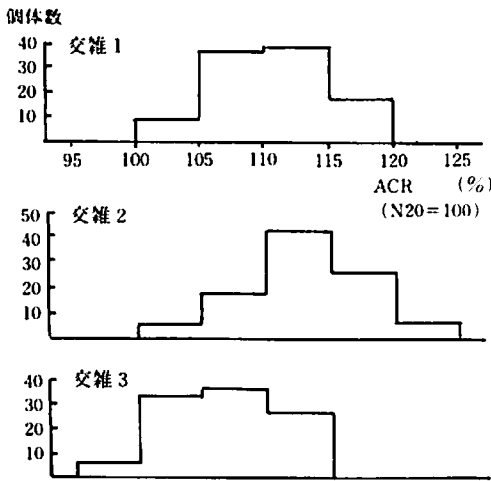
耐冷性評価	中 ~ 3.8																					
	3.0~3.7				4			4					4									
	2.2~2.9				3	9			1	7	4			1	5	5	1					
	1.4~2.1				2	14	4			1	4	15			5	12	3					
	劣 0~1.3				11	2	1			1	6	5	2			12	2					
					92	95	98	101	104				8.6	9.1	9.6	10.1			341	371	401	
					94	97	100	103					8.5	9.0	9.5	10.0			340	370	400	430
					アミロース含量比 %				白米蛋白質含量%				アミログラムのMV B.U.									

注. 数字は系統数を示す。

稈質については、㊟、㊤の材料を用いて、倒伏指数やcLrとの関係をみたが、はっきりした傾向は認められなかった。

1978年8月、当部にアミロース専用オートアナライザーが導入されたので、育成中の材料について分析し、次のような結果を得た<sup>15)</sup>。

- ① 栽培条件（苗質、施肥）が異なることによりアミロース含量はかわるが、栽培法と品種の交互作用は認められず、1つの栽培条件で十分品種間差をみだすことができる。
- ② 交雑5集団について各々100個体分析した結果、集団間に明らかな有意差がみられた。しかし低アミロースである府県の系統を片親とした後代からは、期待した低アミロース個体は得られなかった。



- ③ 環境変異がかなり大きく、1個体ではかなりの差がないと統計的には有意とはならなかった。
- ④ F<sub>4</sub>個体—F<sub>5</sub>系統, F<sub>4</sub>系統—F<sub>5</sub>派生系統, F<sub>5</sub>系統—F<sub>6</sub>派生系統の関係について親子相関をみた。いずれも0.1%水準で有意であったが、F<sub>4</sub>またはF<sub>5</sub>世代における系統選抜の一層有効なことがわかった。

②に記したように府県の低アミロースとされる品種系統の後代からは、17~20%のものは、でてこなかったが、農技研遺伝3研で開発した「農林8号」からの低アミロース突然変異体 (No. ES58) との交

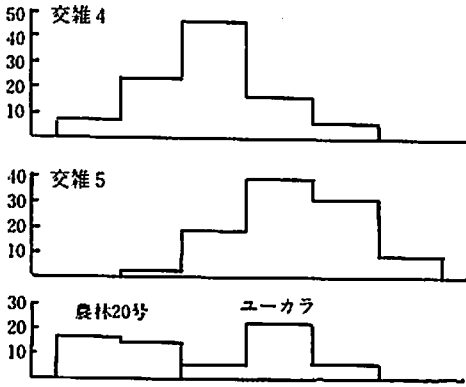


図1 雑種集団におけるアミロース含量比(ACR)の頻度分布(付々木ら, 1980)

- 交雑1 F<sub>4</sub> ユーカラ/空育100号
- 交雑2 F<sub>4</sub> 空系48054/コシヒカリ//空育102号育
- 交雑3 F<sub>4</sub> 空系48054/コシヒカリ//キタヒカリ
- 交雑4 F<sub>4</sub> 空系48054/コシヒカリ//空育99号
- 交雑5 F<sub>6</sub> 北陸100号/空育103号

雑後代からは17~18%程度の系統が得られている。当部で開発した、「しおかり」からの突然変異体(Ⓒ20117)との後代においても、低アミロースの系統を得た。

これらの系統は、いろいろな問題点を持っており、北海道においてどの程度のアミロース含量の時、他形質とのバランスをくずさず、食味能力が最大になるかが1つの問題点となってくるだろう。

表3 外見品質とACR  
N8, No. ES58/イシカリ(F<sub>4</sub>)

品質	良↑	7				1	7	1
		6			1	14	17	2
		5		1	1	10	16	
		4		2	5	11	17	1
		3			4	7	10	3
		2	2	1	2	7	12	3
	不良↓	1	8	1		1	3	
		~80	81~85	86~90	91~95	96~100	101~105	106~

注. 数字は系統数を示す。 ACR

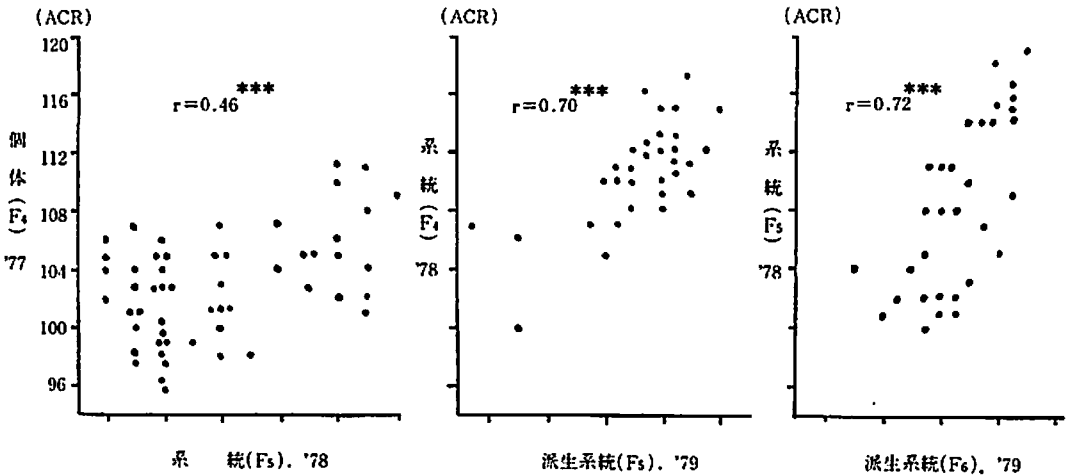


図2 アミロース含量比(ACR)の親子相関  
(佐々木ら, 1980)

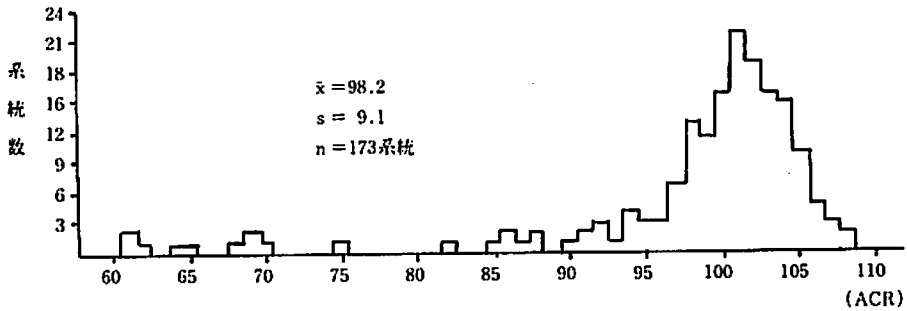


図3 N8, No.ES58×イシカリの後代系統(F<sub>4</sub>)におけるアミロース含量比(ACR)の頻度分布  
(1980年、早生固定系統)

## 2) 蛋白質含量

蛋白と食味との関係は、栽培サイドから施肥との関係で論じられてきた。それによると蛋白質の増加はでん粉粒の周辺に貯蔵蛋白質層を形成し、でん粉粒の炊飯時における特性をさらに劣悪化しているという<sup>12)</sup>。また山下ら<sup>16)</sup>によれば、蛋白質が9%以上の場合に、食味の劣化が問題になるだろうとしている。

すなわち食味改善の立場からは低蛋白の方向へ選抜していかなければならない。ただし高蛋白グループに属する「農林20号」は、「巴まさり」と並んで、北海道を代表する良食味品種であった。このことは、蛋白の量だけでなく、質的な面も考慮しなければいけないということを示唆しているのではないだろうか。

現在育成中であるが「農林20号」の低蛋白化をねらった後代系統について高蛋白群と低蛋白群に分けて比較すると（アミロース含量は同じ）明らかに低蛋白群のアミログラム特性は向上している。「農林20号」の食味を更にあげることができるのではないだろうか。

表4 巴まさり×農林20号<sup>1)</sup>のB<sub>3</sub>F<sub>2</sub>系統におけるアミログラム特性の差異('80)

	系統数	主 稈 出穂期	A C R	Pro.	M V	差	B D	差
低蛋白群	13	7月29.5日	97	10.1	492	23	195	16
高蛋白群	18	28.4	96	11.3	469		179	
高アミロース群	7	28.9	101	10.7	484	44	176	56
低アミロース群	8	27.6	92	10.8	528		216	
比	—	8月2日	97	10.2	440		154	
較	—	13	101	9.3	383		120	

著者等<sup>14)</sup>の試験によれば、白米蛋白含量の変異は出穂期または穂長程度でアミロース含量に比べるとかなり大きい。また品種間差も有意であるが遺伝力はアミロース含量よりも低く、1ℓ重程度である。

実用形質との関係では、早生ほど高蛋白の傾向にあり、さきのアミロースにとって早生化は食味の面で有利であったが、逆の傾向となった。ただ多収—低蛋白の関係があるので、早生で多収をねらっていくことによりバランスがとれるのではないかと考えられる。現実の問題として早

生・多収を結びつけることは非常に難しい。

千粒重との関係は高蛋白—小粒の傾向にあり、食味的にみると、アミロースとは逆の関係にあり、中粒程度にとどめるべきであろう。

㊦、㊧の集団でみると、短稈—高蛋白の傾向であった。弱いながらも長稈—高アミロースの傾向があるので、稈長も中庸とすべきであろう。

耐冷性との関係では、㊧の集団でのみ、低蛋白—耐冷性強という好ましい傾向にある。ただし㊦のような集団で、耐冷性がやや強以上の系統の確率は供試系統の1%未満であろう。このような集団においては、まず、道内に定着できるような形質をもつ系統を揃えることが先決となる。

3) アミログラム特性

農林省食糧研究所（現農水省食品総合研究所）で開発した6要素による食味評価法において、アミログラム特性の糊化温度とブレイクダウンの値が使われている<sup>2)</sup>。

道産米と府県産米の比較では、明らかに最高粘度（MV）は低くブレイクダウン（BD）は小さい<sup>4)</sup>。

糊化温度は、米でん粉のアミログラムでは読みとりやすいが、米粉の場合、徐々に上昇するため読みとりにくいことと再現性が低いため使用しなかった。

道内種の変異は、MVはBDよりはるかに小さくまた蛋白含量よりも小さく千粒重より若干大きい程度である。しかしMVの遺伝力は蛋白より高く検査等級、収量並であった。BDの遺伝力は蛋白より低く調査した食味特性のなかでは1番低い値であった。

実用形質との関係では、両方とも出穂期との遺伝相関が強く、早生になるほどアミログラム特

表5 実用形質と食味形質の遺伝相関および遺伝偏相関(佐々木ら, 1977)

変数 1	変数 2	r <sub>G1,2</sub>	変数 3 および r <sub>G12,3</sub>						
			出穂期	稈重	収量	千粒重	灰分	蛋白	
稈重	BV	.50	.29						
収量	"	.29	.07	.14			.16	-.04	.15
千粒重	"	.74	.66	.63	.72				
灰分	"	-.37	-.16	-.02	-.24	-.21			
蛋白	"	-.26	.17	-.07	.06	-.05		.20	
稈重	MV	-.34	.02						
千粒重	"	-.46	-.31						
千粒重	BD	-.52	-.47						
蛋白	"	-.28	-.76			-.54			
稈重	H	.48	.42			-.20			
千粒重	"	.90	.91	.87					
収量	H-1	.25	.13					.03	
灰分	"	-.28	-.16						
蛋白	"	-.43	-.35						
千粒重	H/H-1	.42		.28					
蛋白	"	.27		.97		.46			
もみ/わら	"	-.45		-.35					



性が良好になる傾向にある。

千粒重とは関係が密接であり、小粒ほどアミログラム特性が良くなる傾向にあった。

㊦、㊧の試験によれば、1976年のような出穂遅延年では、両者とも早生一高アミログラムの傾向であったが、1977、1978年といった比較的登熟条件が良かったような年は、そのような傾向は認められなかった。

耐冷性との関係では、㊧でのみ2ヵ年共、耐冷性が強いほどアミログラム特性としては悪くなるといった、アミロース含量との関係と同様の傾向が認められた。

#### 4) テクスチュログラム特性

炊飯した米飯の硬さや粘りを直接測定した値で、官能試験の物理的な調査項目とは、非常に相関が高い<sup>13)</sup>。さきの食味評価6要素の平行板プラストメーターによる粘性、弾性にとってかわり得るといわれている。

今のところ測定に数反復を要し、1日に数点しかできないので、多数の材料を扱えないのが難点である。

硬さ(H)と粘り(H<sub>-1</sub>)の比をとったH/H<sub>-1</sub>の道内種における変異や遺伝力は玄米収量程度であった。それは千粒重との遺伝相関が高く、小粒ほどH/H<sub>-1</sub>は小さな値、つまり食味的には良くなる傾向にあった。

#### 5) 食味形質相互の関係

今までは、個々の形質をとりあげ論じてきたが、食味形質は相互に密接な関係がある。

表6によればH<sub>-1</sub>とMVおよびH<sub>-1</sub>とBVの間で表現型的にも遺伝的にも関係が弱かったがそれ以外は相互に関連しあっている。

表6 食味特性値間の表現型相関( $\gamma_P$ )と遺伝相関( $\gamma_G$ )(佐々木ら, 1977)

$\gamma_G$	$\gamma_P$	アミログラム		テクスチュログラム			BV
		MV	BD	H	H <sub>-1</sub>	H/H <sub>-1</sub>	
MV			49 <sup>***</sup>	-5	10	12	-1
BD		78		-31 <sup>**</sup>	7	-21	-26 <sup>*</sup>
H		35	-48		-10	57 <sup>***</sup>	42 <sup>***</sup>
H <sub>-1</sub>		15	49	-34		-86 <sup>***</sup>	1
H/H <sub>-1</sub>		-28	-59	74	-88		19
BV		-73	-83	59	-4	33	

今までも述べてきたように食味形質は実用形質とも関係があるが、それらと独立に、MVとアミロース含量、BDとH<sub>-1</sub>とは密接な関係を示した。

米飯の光沢(ツヤ)は倉沢<sup>9)</sup>の指適および藤巻、榊湖<sup>1)</sup>や松永等<sup>10)</sup>が行なったように食味特性とは密接な関係が認められた。道内種を使った1年だけの成績であるが、蛋白と負の、H<sub>-1</sub>と正の関係が認められた。つまり光沢の良いものほど、蛋白が低く粘る傾向にあった。

㊦、㊧の集団においても、1976年のみの結果であったが、同様の傾向であった。

アミロースと蛋白の関係は遺伝相関は比較的高かったが表現型的には認められなかった。しかし㊦、㊧の集団では3ヵ年とも低アミロース—高蛋白の関係にあった。

「農林20号」の低蛋白化をはかる試験においても、低蛋白系統は高アミロースになりがちであ

る。

選抜にとって望ましい関係にあるのは、アミログラム特性とアミロース含量との関係で、後者と蛋白含量とは不利な関係にある。

米飯のツヤや  $H_L$  は、蛋白含量とは望ましい関係にある。

## 2. 新たに想定した品質選抜の手順

以上のような今まで得られなかった食味特性の知見や、新たに導入された分析機器の処理能力等を考慮し、われわれ<sup>14)</sup>が以前に想定した実行可能な品質選抜の手順の手直しを行なってみた。

### 1) 交配

試験年次の少ない交配親の食味特性は年次を揃えた形で比較しておきたい。例えば、空育 A 号と空育 B 号とを親に使いたい場合、年次の異なった過去のデータはあるにせよ、直接比較していずれが上位かみておく必要がある。できるだけ詳細な分析が望ましいが、最低、アミロース含量、蛋白含量、アミログラム特性については十分把握しておく。

### 2) 集団養成（世代促進）

$F_1 \sim F_4$  または  $F_5$  程度までは、食味特性に関する選抜は行わない。

但し、当部で1981年より行なっている方法であるが、穂別系統試験に圃場面積等の制約で全穂供試できない場合、1穂単位に半分の梗を使って玄米の腹白程度で選抜したものを供試している。まだ1年のみの結果だけであるがかなり有効であり、圃場には、品質的にレベルアップされた集団が供試されることになる。

### 3) 個体選抜試験

供試集団の世代は  $F_4$  が主体をなす。

アミロース含量に関する知見では、個体の環境変異が意外と大きく積極的な選抜は無理と思われる。蛋白に関しても同様に考える。余裕があるなら、外見品質で選抜された個体（次年度系統選抜）について、アミロース、蛋白のデータをとっておくのが望ましい。ただし、突然変異をねらったものとか、両親の特性から集団にかなりの変異が予想される場合、有効な方法である。

玄米の外見についてはこの試験以降行われる。外見品質に関しては、個人差は大きくないが、どのようなウェイトづけ、あるいは方向へ選抜するかで集団がかたよる恐れがある。

道産米は府県産米と比較して1番目につくのは玄米の色の濃いことである。「キタヒカリ」や「ユ一カラ」等の良質のものでもこのために見劣りがする。

現在、腹白や心白の程度、粒形といった形質は殆んど府県産米に見劣りしないまでに、向上してきている。今後更に玄米の色の淡い品種、あるいは光沢、透明感のある品種の育成が急務となろう。

玄米の大きさについては、大粒にするほど蛋白は低下するものの高アミロース、低アミログラムの傾向にあり食味特性はおちる。しかし小粒にすぎると消流面の評価を低めるばかりでなく、減収要因となりかねないので中粒にとどめる。

### 4) 系統選抜試験

集団からいきなり系統に展開した穂別系統と、個体選抜試験を経た系統とがある。

系統になると、数個体のサンプルをもとにした分析ができるのでデータの信頼性が高まる。アミロースの遺伝力は比較的高く、この世代の親子相関も高いので、外見品質を考慮しながらかなりきつい選抜を行なう。

次年度の種子も必要となるので、アミログラムを測定するまでのサンプルはとれない。それに

代りうる少量でも熱糊化性を測定できるフォトペーストグラフの利用をはかりつつある。

アミロース含量に蛋白含量を加味して選抜すべきと思うが、そこまど手が回らない場合でも、選抜した系統の蛋白はおさえておく。

府県品種との交雑後代は殆んど耐冷性がついてこない。通常の方法で生産力検定予備試験にあけていってもおとされるだけである。この段階までに工夫が必要となる。

さきにも述べたように、このような組合せにおいては耐冷性の弱いものに低アミロース、高アミログラムの傾向があるので、道内に定着できうるほどの耐冷性をもたせながら、更に良食味をくつつけるためにはどのような手段が必要か今後の大きな課題である。

#### 5) 生産力検定予備試験

この段階では、収量のほか、耐冷性、耐病性等の特性が検定される。理化学性としてはアミロース含量、蛋白含量はもちろんのことアミログラム特性が測定される。

最終的に10%程度の系統が選抜されるが、前年のアミロース含量が20%をきるような系統は、他の特性いかんにかかわらず、アミログラム等の特性も検定する必要がある。

諸特性がすべて希望以上という系統は、まずない。どのような基準で生本へあがるかが1番のキーポイントである。現在最優先しているのが外見品質である「キタヒカリ」、「ともゆたか」クラスを下回るものは、他によほど、すぐれた特性をもたなければ、まず生本へは進めないほど、きびしくなっている。

次に食味特性と耐冷性が同じウェイトで続きその次に耐病性、稈質が続く。

#### 6) 生産力検定本試験

この段階に入ると選抜というよりは、特性の確認が主となり、反復をとってより精度を高める。食味特性においても標肥区、多肥区、あるいは晩植区のサンプルを測定することにより反復とし系統評価を間違いないようにする。

有望系統がしばられるとそれらのテクスチュログラムを測定したり、官能試験の結果で新配付系統が決定される。

以上、縦の関係で手順の流れを示したが、これもいずれ手直しされるのは時間の問題であろう。

オートアナライザーやインフラライザーの導入により分析点数は飛躍的に増大し、それに比例してサンプルを作るための労力も増大したが、選抜の効果は徐々にではあるがあらわれつつある。

「巴まさり」や「農林20号」を上回るであろう「しまひかり」の育成は今後の良食味品種育成の足掛りになる。更に向上するための戦略は何か…。それは、これからの無駄と思われる試行錯誤のなかから生まれてくるのではないだろうか。

### 引用文献

- 1) 竹生新治郎, 遠藤勲, 谷達雄。"米の炊飯嗜好性に関する研究, (第3報), 北海道産米の特性について", 食研報, 25,77-81 (1970)。
- 2) 竹生新治郎, "米の食味改善に関する研究"。"米の食味評価法に関する研究"。農林水産技術会議事務局編, 1974. p.92-103, (研究成果77)。
- 3) 檜作進, 伊藤恵子, 前田巖, 二國二郎。"でんぶん糊の老化の温度依存性"。澱粉科学, 19, 70 (1972)。
- 4) 藤巻宏, 節瀨欽也。"炊飯米の光沢による食味選抜の可能性"。農及園, 50, 253-257(1975)。
- 5) 稲津脩, 渡辺公吉, 前田巖, 伊藤恵子, 長内俊一。"北海道産米の品質改善に関する研究, 第1報, 米澱粉アミロース含有率の差異"。澱粉科学, 21, 115-119 (1974)。
- 6) 稲津脩。"北海道産米の品質改善に関する研究"。澱粉科学, 26(3), 191-197, (1979)。

- 7) 小山八十八, 渡辺公吉, 稲津脩, 今野一男, “北海道産米に対する米質検定方法の適用について”, 北農, 38(5), 10-41 (1971).
- 8) 倉沢文夫, “コメの味, (1)コメの味と精白米の理化学的研究”, 遺伝, 22(8), 73-78 (1969).
- 9) 倉沢文夫, “同上, (2)コメの味と精白米の構成成分”, 遺伝, 23(9), 42-47 (1970)
- 10) 松永和久, 佐々木武彦, 鈴木啓司, “水稻品種の品質食味改善に関する育種的研究II 米の食味簡易検定法—炊飯米の光沢と粘りの関係について”, 日作東北支部会報, 17, 18~19 (1975).
- 11) 南松雄, 土居晃郎, “北海道産米の品質に関する物理化学的研究, 第1報, 米の食味特性値と栽培環境要因との関係”, 北海道立農試集報, 24, 43-55 (1971).
- 12) 南松雄, 土居晃郎, “同上, 第2報, 米の食味特性と蛋白質含量との関係”, 北海道立農試集報, 26, 49-58 (1973).
- 13) 佐々木忠雄, 前田博, 江部康成, 長内俊一, “米の食味と Texturometer の特性値”, 日育日作北海道談話会会報, 14, 13 (1974).
- 14) 佐々木忠雄, 長内俊一, 稲津脩, 江部康成, “北海道水稻品種の理化学的食味形質についての育種的一考察”, 北海道立農試集報, 37, 1-10 (1977).
- 15) 佐々木忠雄, 新井利直, 稲津脩, “水稻品種系統ならびに雑種集団におけるアミロース含有率の変異と選抜上の知見”, 北海道立農試集報, 44, 72-78 (1980).
- 16) 山下鏡一, 藤本堯夫, “肥料と品質に関する研究, 2, 窒素肥料が米の食味, 炊飯特性, デンプンの理化学的性質等に及ぼす影響”, 東北農試報告, 48, 65-79 (1974).

### III-3-2 水稻品種「しおかり」より誘発された 低アミロース突然変異体の育種の利用

#### 菊 地 治 己\*

米の食味はでんぷん中のアミロース含量と密接な関連があり, 一般に低アミロースのものほど炊飯米の粘りが強くおいしいとされている<sup>8,9,10,13)</sup>。

北海道品種のアミロース含量は20.5~24.3%で, 平均して3%前後府県品種より高く(稲津ら1974)<sup>20)</sup>, 低アミロース化に重点を置いた品種育成の重要性が指適されている(佐々木ら, 1977)<sup>17)</sup>。アミロース含量は比較的少数の主働遺伝子に支配されているものと思われる(Somrith et al. 1979)<sup>20)</sup>, また, これに対する変更遺伝子の関与も知られているが(Bolich and Webb, 1973)<sup>3)</sup>, アミロース含量は登熟温度や栽培条件による影響を強く受けるので<sup>2)</sup>, 北海道品種の高いアミロース含量の遺伝的な実態については不明の点が多い。いずれにしても, オートアナライザーの導入によって, アミロース含量の測定が容易となったので, 現在, 道内の各育成地ではアミロース含量による選抜が実際に行なわれている(佐々木ら, 1980)<sup>18)</sup>。

一方, 最近, EMS (エチルメタンサルフォネイト), MNU (メチルニトロソウレア) などの化学薬品を変異源として, イネでもトウモロコシの sugary や shrunken などに相当する胚乳突然変

\*北海道立中央農業試験場稲作部,  
069-03 岩見沢市上幌向町

異が得られており (Sato and Omura 1981)<sup>10)</sup>, アミロース含量を低下せしめる突然変異もいくつか誘発されている (Okuno 1976<sup>14)</sup>, 天津, 1977<sup>11)</sup>, Sato and Omura, 1981<sup>10)</sup>, 菊地ら, 1981<sup>11)</sup>). このような突然変異は, 強力な低アミロース遺伝子源として期待されている。ここでは, 水稻品種「しおかり」より誘発した低アミロース突然変異を中心に, 良食味育種における変異体の利用とその問題点について述べる。

### 1. 低アミロース変異体 (Ⓒ20117) の誘発

これまでイネではモチ性及び低アミロース突然変異は,  $\gamma$ 線, EMS, EI, MNU などによって誘発されているが, 我々は品種「しおかり」の  $\gamma$ 線照射後代 ( $M_2$ 正常種子) を EMS 処理 (0.5%, 30°C, 6h) して得られた  $M_2$ 集団を用いた。成熟期に外見が比較的正常的な1,000個体を選抜し, 個体毎に脱殻, 搦摺, 精白および粉碎して得られた米粉のアミロース含量をオートアナライザーで定量した。なおアミロース含量は標準品種の定量値に対する100分比 (ACR, Amylose Content Ratio) として表示した。

図1に調査563個体の測定結果を示す。大部分の個体は ACR100%を中心に90~110%の間に正規分布した。原品種の個体間変異の大きさから見て, これらの変異のほとんどは, 環境変異と思われたが, 90%未満のものが4個体生じた。うち3個体は胚乳が乳白色で, いわゆる dull 様突然変異 (Sato and Omura, 1981)<sup>10)</sup>と思われたが, 残る1個体は, ACRが80%で, 玄米外見は通常のウルチと大差なかった。これが今回報告する変異体で, サンプルNoにちなみ系統名をⒸ20117とした。

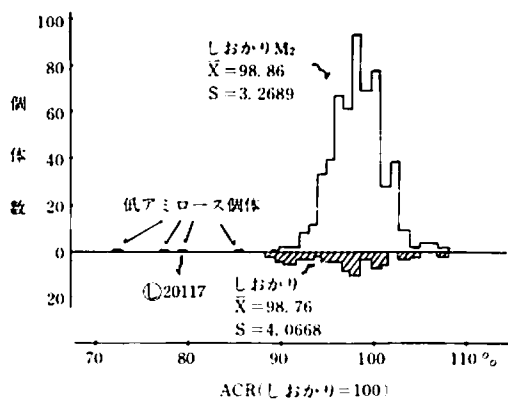


図1 EMS処理 $M_2$ 集団におけるACRの変異

高アミロース方向への極単な変異を示す個体はなかったが, ACRが110%前後のものからは, いくつかの固定系統が得られた。トウモロコシでは *ae* 遺伝子 (amylose extender) のようにアミロース含量を約60%まで高める遺伝子や, 同じく40%まで高める *du* 遺伝子 (dull) があるが, イネではまだ知られていないので, 今後も探索の必要がある。

今回,モチ性は誘発されなかったが, 乳白など, 米質に関連した変異体が多数得られた (表1)。中でも乳白, 心白, 大粒などの出現率が高かった。大粒の中には千粒重が28gのものがあり, 収量構成要素に対する影響が調べ

られている (菊地, 木下, 1981)<sup>12)</sup>。また千粒重が17g程度の小粒突然変異も得られた。これらを用いることにより, 粒大と収量性, 品質, 成分などの関係が, isogenic な遺伝背景の中で解析可能となる。

### 2. 変異体 (Ⓒ20117) の成分と遺伝

表2に  $M_2$ 以降の ACR, アミログラム (M, V) および白米蛋白質含量を示す。これによると変異体の ACRは原品種の約80%に低下していた。稲津 (1979)<sup>9)</sup>の方法による抽出でんぷんの Blue value も同様の傾向にあった。

蛋白質含量は, 玄米, 白米とも原品種より1%ほど高かった。後述するように変異体では早生, 短稈, 小粒化していたので, 高蛋白質化は早生, 小粒化によるものかも知れない。なお変異体の白

表1 EMS M<sub>2</sub>代における変異体の種類と出現率(米質関連のみ)

変異の種類		個体数*	出現率(%)
粒形	大粒	6	0.56
	長粒	2	0.19
	山粒	5	0.47
胚乳	乳白	12	1.13
	心白	7	0.66
	腹白	4	0.38
	扁平乳白	3	0.28
	低アミロース*	4	0.71
計		43	0.44

\* 総観察個体数=1065, ただしアミロース含量のみ563, 低アミロース4個体のうち3個体は乳白。

米蛋白質のアミノ酸組成は原品種と差がなかった。

アミログラムの最高粘度は年次による変動が大きく1979年は原品種より50単位ほど高かったが、1980, 1981の両年は原品種より低かった。アミロース含量の低下に見合うアミログラム特性値の向上が認められないのは、蛋白含量の増加によるものかも知れない。現在、変異体の後代より蛋白含量とアミロース含量の種々の組合せをもつ系統を育成中である。

図2と図3に変異体×北海241号(交雑A)と変異体×空育110号\*(交雑B, \*1981年より「みちこがね」)のF<sub>2</sub>集団におけるACRの変異を示した。交雑Aでは両親の中間型が多く、また交雑Bでは高アミロース親型の分離が多かった。何れの交雑組合せでもACRの変異は連続的であり、ACRによってF<sub>2</sub>個体を明確に群別することができなかつた。

表2 低アミロース変異体(◎20117)の食味関連形質

調査年次	形質 Blue value (@10mm)	ACR (%)			アミログラム最高粘度(B.U.)			白米粗タンパク含量(%)*		
		'79	'79	'80	'81	'79	'80	'81	'79	'80
◎ 20117	279×10 <sup>3</sup>	76	83	85	423	290	443	9.3	10.7	10.9
しおかり	334 "	106	101	105	380	310	457	8.4	10.0	9.5
農林20号	325 "	100	100	100	410	353	485	8.2	9.8	19.8

\* インフラライザーによる測定値

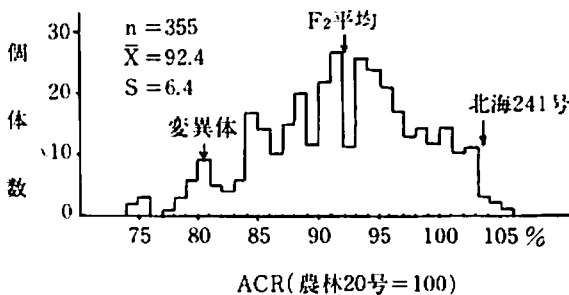


図2 交雑A ◎20117×北海241号(F<sub>2</sub>)におけるACRの変異

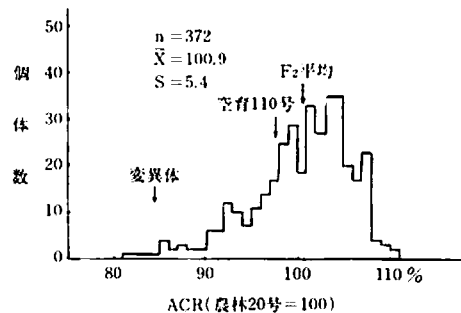


図3 交雑B ◎20117×空育110号(F<sub>2</sub>)におけるACRの変異

これは本突然変異の場合、低アミロース化の程度が比較的小さい(アミロース含有率で3~4%)なので、他の遺伝子の影響や環境変動を受けやすいためと思われた。また、胚乳形質のうち特にでんぷん組成はキセニア現象が見られることから、こうしたことも変異の連続性をもたらしたと考えられる。予備的に行なった実験によると、変異体のF<sub>1</sub>植物体に捻ったF<sub>2</sub>種子の胚乳のACRは、粒間で顕著に異なり、その変異巾は両親のそれを含むものであり、キセニアの存在が示唆された。

なお、これまで得られた他の低アミロース突然変異は、3:1のF<sub>2</sub>分離に適合する単純劣性遺伝子の関与するものが多く<sup>16)</sup>、農技研で「農林8号」より誘発された低アミロース突然変異や、九州大学で誘発された dull 突然変異は wx 座（第1連鎖群）とは独立で、dull に関しては少なくとも3つの遺伝子座が存在するという（大村、佐藤、1981<sup>15)</sup>。◎20117の場合も交雑Aのパタンは、1つの劣性、若しくは不完全優性遺伝子の関与を示唆するものと考えられるが、この点に関しては現在検討中である。

### 3. 変異体の交雑後代における ACR と他形質の関係

表3に変異体の成分以外の諸形質を示した。これによると変異体では原品種に比べ、明らかに早生、短稈、小粒化しており、くびれ米の発生が多く、このため玄米品位は原品種に比べ劣った。これらの同時変異は早生化を除きいずれも好ましくない。

そこで先のF<sub>2</sub>集団を用いて、ACRと他の形質との関係を見た(表4)。交雑Aでは、穂長、穂数以外のすべての形質とACRとの間に有意な相関係数が得られ、また交雑Bでも出穂日、穂長、穂数以外の形質が有意となり、交雑Aと同様の傾向を示した。即ち、いずれの交雑でも、ACRが低いほど、短稈で、千粒重が小さく、くびれ米の発生が多く、品質が悪い傾向にあった。ただし、相関係数の絶対値は小さく、低ACRでも長稈や大粒のものが分離しており、仮にこれらの好ましくない同時変異が、本変異体に関与する突然変異遺伝子の多面発現としても、その作用はそ

表3 低アミロース変異体(◎20117)の農業形質('80 M<sub>1</sub> 系統)

品 種	出穂期 (主稈)	成 熟 期			玄 米				品 質
		稈 長	穂 長	穂 数	千粒重	長	幅	長/幅	
◎20117	7月27日	51cm	14.3cm	20.6本/株	19.6g	5.09mm	2.99mm	1.70	中中
しおかり	8月4日	61	16.0	17.5	20.6	5.11	3.16	1.62	上下下

表4 F<sub>2</sub>集団におけるACRと他形質の相関係数

交 配 組 合 せ	出穂日	成 熟 期			玄 米				個体数	試 験 年 次
		稈 長	穂 長	穂 数	千粒重	粒 形	品 位	くびれ米歩合		
◎20117×北海241号	—	0.180*	0.023	0.031	0.365**	0.118*	0.156**	-0.323**	355	1980
〃 ×空育110号	0.087	0.343**	0.164*	0.124	0.323**	0.128	0.358**	-0.455**	230	1981

う強いものではないと思われた。

また、ACRとくびれ米歩合の間に見られた負の相関関係は、「農林8号」から誘発された変異体の後代においても認められ(図4)、新たにアミロース含量とくびれ米の発生の関係が示され、穎と子房の発育的アンバランスによってくびれ米が発生するという考え(武田、高橋、1972<sup>21)</sup>)との関連性が注目された。

### 4. ◎20117以外の変異体の利用と今後の問題点

現在、我々が保有する低アミロース変異体としては◎20117以外に、前述した「農林8号」からの低アミロース変異体(稲作部保存No. ES58、農技研の奥野博士より分譲を受けた)、及び「ニホンマサリ」からγ線によって誘発されたNM391(放育場で誘発後、古川農試を経て分譲を受けた)などがある。稲作部では1978年より、こうした変異体を母本として低アミロース育種を行って来たが、ES58の後代は1982年現在F<sub>6</sub>世代であり一部は生産力検定試験に供試されている。これらの

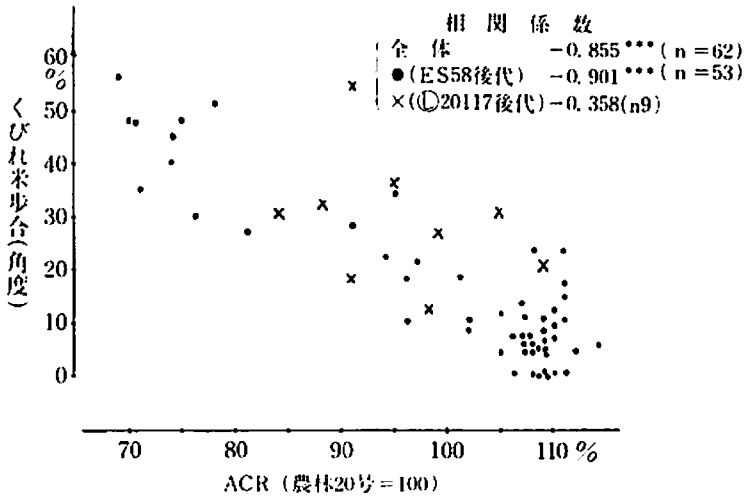


図4 系統選抜系統(ほ場)におけるACRとくびれ米の関係

中にはACRが80%以下のものが多数あるが、前述したように何れもくびれ米の発生が多く(図4)、また登熟性に劣るので、1981年には、これら育成系統の特性強化を目標とした交配を行なった。

NM391は1981年に交配に供試されたばかりであるので、諸特性については不明な点が多いが、玄米の外見は乳白状で、モチとウルチの間であり通常の糯と同様つくともチ状になるという。

でんぷん合成に関与する酵素や、でんぷんの分子構造を研究する上で、こうした変異体は好適な材料と思われる、今後新たな変異体の誘発をはかるとともに、既存の変異体もふくめ関与遺伝子を明らかにすることが重要と思われる。

近年、低アミロース遺伝子源として、変異体とともに外国稲の利用も高まり、総組合せ中に占める両者の割合はそれぞれ10%前後に達しておこなお増加傾向にある(表5)。成分育種においては特に成分の質や量が顕著に異なる変異体や近縁種の利用の有効性が指摘されているので(後藤, 1975)<sup>2)</sup>、今後もこうした特殊な材料に関する研究をすすめる必要がある。

表5 事業育種における交配内容の変遷(中央農試稲作部)

交配組合せの内容	交配組合せ数(%)				
	'77	'78	'79	'80	'81
一方の親が府県品種	5(10)	0	6(8)	29(38)	44(40)
"  外国稲	0	0	2(3)	6(8)	10(9)
"  mutant	1(2)	2(4)	3(5)	4(5)	12(11)
両親とも道内品種	44(88)	48(96)	47(81)	37(49)	44(40)
合  計	50(100)	50(100)	58(100)	76(100)	110(100)



## 引用文献

- 1) 天野悦夫, "イネのEMS誘発モチ変異体の形質表現". 育種, 28 (別2), 4~5 (1977).
- 2) 新井利直, 佐々木忠雄, 稲津脩, 菊地治己.  
"水稲における低アミロース品種の探索. 第1報. 道内種および北陸, 古川両農試の最近の系統について" 日育・日作北海道談話会報, 20, 23. (1980).
- 3) Bolish, C.N.; Webb, B.D. "Inheritance of amylose in two hybrid populations of rice". Cereal Chemistry, 50, 620-636 (1973).
- 4) Chang, T.T.; Somrith, B. "Genetic studies on the grain quality of rice". Chemical aspects of grain quality workshop. IRRI. 1978.
- 5) Dwivedi, J.V.; Nanda, J.S. "Inheritance of amylose content in three crosses of rice". Indian J. Agric. Sci. 49, 735 (1979).
- 6) Hajra, N. G.; Bairagi, P.; Dasgupta, P. "Rice improvement by means of induced mutations". SABRAO J.12, 125-138(1980).
- 7) 後藤寛治, "成分育種と収量性". 育種学最近の進歩, 15, 40-50. (1975).
- 8) 稲津脩, 渡辺公吉, 前田巖, 伊藤恵子, 長内俊一. "北海道産米の品質改善に関する研究, 第1報, 米澱粉のアミロース含有率の差異". 澱粉科学, 21, 115-119. (1974).
- 9) 稲津脩  
"北海道産米の品質改善に関する研究". 澱粉科学, 26, 191-197. (1979).
- 10) フリアーノ, B.O. "コメのデンプンの物理化学的性質とその生合成に関する研究". 澱粉工業学会誌, 18, 35-47. (1970).
- 11) 菊地治己, 佐々木忠雄, 新井利直, 稲津脩.  
"水稲品種「しおかり」より誘発された低アミロース突然変異について". 育種, 31(別2), 190-191 (1981).
- 12) 菊地治己, 木下俊郎, "稲の粒大に関する変異体の特性". 日育, 日作北海道談話会報, 22, 24 (1982).
- 13) 倉沢文夫, "コメの味 (II), コメの味と精白米の構成成分". 遺伝, 23, 42~47 (1969).
- 14) Okuno, K. "A low amylose mutant of rice". Div. Genet. Natl. Inst. Agric. Sci. Ann. Rep. 1, 28-29 (1976).
- 15) 大村武, 佐藤光 "米の成分育種の可能性". 育種学最近の進歩, 22, 10-19 (1981).
- 16) 奥野員敏, 大村武編, "VII. 粒成分に関する研究". イネ遺伝子分析の現状, イネ遺伝子研究班, p.46-53 (1981).
- 17) 佐々木忠雄, 長内俊一, 稲津脩, 江部康成.  
"北海道水稲品種の理化学的食味形質についての育種的一考察". 北海道立農試集報, 37, 1-10 (1977).
- 18) 佐々木忠雄, 新井利直, 稲津脩, "水稲品種系統ならびに雑種集団におけるアミロース含有率の変異と選抜上の知見". 北海道立農試集報, 44, 72-78 (1980).
- 19) Satoh, H.; Omura, T. "New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice, *Oryza sativa*, L.". Jpn. J. Breed. 31 (3), 316-326 (1981).
- 20) Somrith, B.; Chang, T.T.; Jackson, B.R. "Genetic analysis of traits related to grain characteristics and quality in two crosses of rice". IRRI (.1979 (Research paper series No.35)
- 21) 武田和義, 高橋萬右衛門, "イネの穎と子房の大きさの相対的關係, III. 分離集団で観察された遺伝的關係, (稲の交雑に関する研究, 第LI報)". 育種, 22, 67-74 (1972).

### III-4 小麦における品質育種の知見

佐々木 宏\*

#### 緒 言

「良質小麦の早期開発試験」では、春播、秋播小麦について、それぞれ具体的に品質の育種目標が設定された。春播小麦については、これまで通り「パン適性の向上」、秋播小麦は、新たに「製めん適性の向上」を目指すことになった。現在、育種事業の推進と併行して、新しい分析器機を含めた品質検定の体系化が急務となっている。このため、小麦品質に関する育種的知見を概括的に整理し、新しく加わった「製めん適性」についての育種試験における選抜、検定方法について検討した。

小麦の品質については、その流通、加工の多様性からきわめて広い内容を含んでいる。

昭和43年に作成された「小麦品質検定方法」<sup>46)</sup>では、①加工段階によって ②用途によって ③先天的品質と後天的品質に分けている。

①の加工段階による分類は、一次加工適性（製粉性）と二次加工適性（パン、めん等の製品加工）に分けられるが、一次加工適性は各用途に共通して求められる品質であり、二次加工適性は②の用途による分類と概略一致する。

したがってここでは、1.一次加工適性 2.用途別適性（(1) 春播小麦のパン適性、(2) 秋播小麦の製めん適性）に分類して稿を進めることにする。

#### 1. 製粉適性

小麦の一次加工適性とは、要するに二次加工の原料である小麦粉をどの程度得られるかということにつきる。

一次加工適性の検定方法はテストミルを用いて実際に製粉試験を行うものと、製粉の結果と関連の深い項目を検定して、それによって製粉適性を推定する方法に2大別される。後者には、整粒歩合、容積重(g/l)、千粒重、胚乳歩合、硝子率などがある。いずれも粒の充実度に関係するが、整粒歩合では粒揃い、容積重では粒の比重と粒形、表面の滑らかさが影響する。

Yamazaki and Briggles<sup>80)</sup>によれば、容積重の成分のうち、粒の密度は環境に関係し、粒のつまり方 (packing efficiency) に関与する粒形とくに粒の表面の性状は品種に関係するから、容積重の増加を目的とする選抜は、後者の形質を対象にすべきであるとしている。

容積重の品種と環境の交互作用は大きい<sup>15,19,80)</sup>、遺伝力は収量より高い方に属する<sup>10,55)</sup>。また、製粉性との相関も、 $0.33\sim 0.75^{15)}$ 、 $0.55^{*55)}$ 、 $0.72^{**61)}$ とかなり高く、製粉性の予備選抜の対象となり得ると考えられる<sup>60)</sup>。

硝子率については、粒の硬さとの関係は無視できず、製粉性との関連で見れば、硬い粒、つまり硝子率の高い粒では、皮部の混入や粉の粒度の粗さからくる粉色への影響は、白い粉を要求される製めん適性にとって不利になる<sup>45,46)</sup>。この遺伝性については、単性、重複、多数同義などの報告<sup>30)</sup>もあるが、中川、渡辺<sup>44)</sup>によれば、硝子率と粉質(粉状質)を支配する3個の対立遺伝子によって連続的に見える硝子率の変異をよく説明し得るとしている。

\*北海道立北見農業試験場、099 14 常呂郡訓子府町

原粉灰分含量の多少は、粉の灰分への影響を考えれば少ない方がよい。小麦粒の灰分は皮部に5.5%、胚乳部に0.28~0.39%と含有率のレンジは狭く、生育土壌、降雨その他の気象条件に左右され易い<sup>45)</sup>。このため、灰分の遺伝力は低く、選抜の対象とはなりにくい<sup>46)</sup>。

製粉性；試験用製粉機は、ビューラーテストミル（1~4 kg）、ブラベンダーテストミル（50~200g）の2機種が一般的である。前者は、製粉性の検定と2次加工適性を見るための小麦粉試料の作成の2つの目的に利用できるが、後者は、少量の試料から小麦粉試料を得ることを主目的に使用される場合が多い。

我々は、硬質春播小麦の3交雑の後代系統を用いて、一次加工適性の選抜方法の検討を行った<sup>41)</sup>。ビューラーテストミルを用いた4ヵ年の結果から製粉性に関与する7形質の遺伝力を比較すると下記のようになり、容積重がやや低く推定された。

製粉歩留 > 灰分 > 千粒重 > 容積重 > 粉灰分 > 収量  
 ミリングスコア > 移行率 > 原粒灰分

しかし、表2のように、容積重と製粉性との間には遺伝的にもかなり密接な関係が見られた。また表1、表2から言えることは、一つには、小麦粉の品位（低灰分が上位等級）を考える場合、灰分含量による選抜は、その遺伝力から見て困難であること、他の一つはそれにもかかわらず、製粉歩留のほかに粉の品位ないしは皮離れの良否を考慮したミリングスコアや灰分移行率の遺伝

表1 分散分析(h<sup>2</sup>)と親子回帰(b)による遺伝力(佐々木、長内、1974)

Characters	h <sup>2</sup>				b		
	'64, '65	'65, '66	'66, '67	'64-'67	F <sub>8</sub> , F <sub>9</sub>	F <sub>9</sub> , F <sub>10</sub>	F <sub>10</sub> , F <sub>11</sub>
Test weight	48	32	23	38	57	17	25
1,000 kernel weight	49	42	46	33	80	57	66
Flour yield	69	68	64	60	73	54	69
Milling score	60	61	54	62	90	46	86
Transferred ash	45	60	52	54	73	49	66
Grain ash	62	32	22	28	58	30	48
Flour ash	22	20	34	21	23	18	36
Crumb color of bread	61	31	56	41	56	22	39
Grain yield	-0.2	54	39	22	-0.2	59	40
Grain yield × Sedimentation value	47	76	82	62	51	60	99

表2 製粉性に関与する形質間の表現型および遺伝子型相関(佐々木、長内、1974)

r <sub>g</sub>	r <sub>p</sub>	Test weight	1,000 kernel weight	Flour yield	Milling score	Transferred ash	Grain ash	Flour ash	Crumb color
Test weight		0.64***	0.49***	0.72***	0.59***	-0.56***	-0.56***	-0.00	
1,000 kernel weight	-0.66		0.17	0.38***	0.30**	-0.48***	-0.51***	0.03	
Flour yield	0.62	-0.03		0.80***	0.78***	-0.12	0.01	-0.25*	
Milling score	0.60	-0.10	0.92		0.93***	-0.43***	-0.56***	-0.11	
Transferred ash	0.45	0.03	0.91	0.97		-0.15	-0.46***	-0.14	
Grain ash	-0.24	0.20	-0.20	-0.30	-0.04		0.54***	-0.04	
Flour ash	-0.35	0.25	-0.48	-0.83	-0.79	0.37		-0.19	
Crumb color	0.33	0.15	0.65	-0.10	-0.08	0.18	0.14		

\*, \*\*, \*\*\* Significant at the 5%, 1% and 0.1% level of probability, respectively.  
 Phenotypic correlations above the diagonal and genotypic correlations below the diagonal.

力が高いために、製粉性に関する選抜は容易と考えられたことである。

製粉性の選抜効果について検討した結果、原粒性状の容積重、千粒重、原粒灰分では明らかに容積重の選抜効果が高い。実際の製粉によるミリングスコアの選抜効果が高いことは当然であるが、サンプル量と労力の関係から、ビューラーテストミルによる選抜は、育成段階の後期からの適用にならざるを得ない。

一次加工適性向上のため、初期世代からの選抜を行うとすれば、容積重またはこれと関連する粒の形状と表面の特性による製粉性の予備選抜や集団養成に比重選<sup>57)</sup>を適用して容積重の高い個体の頻度を高める方法も有効であろう。またブラベンダーテストミルの製粉歩留についてもかなり高い遺伝力の報告<sup>10)</sup>もあり、Seeborg and Barmore (1957)<sup>62)</sup>は5 g サンプルによる5連式のマイクロテストミルを雑種F<sub>2</sub>代の製粉性の選抜に適用している。この度、ワシントン州立大学に依頼製作したマイクロミルは上記と同様に5 g以下のサンプルで一度に4点を1~2分で処理できるが、当然精度の高い製粉性の評価は無理で、返の量と状態によって判定するものである。

このマイクロミルによる製粉と硬質結晶粒子（後述）の検鏡を組合わせて、一連の流れ作業として実施すれば、省力的に初期世代における製粉性と用途別適性の予備選抜を同時に行い得る可能性が期待される。

## 2. 用途別品質の条件

小麦の二次加工品は、パン、めん、菓子の3種類に大別されるが、それぞれの品目数はきわめて多く、品目別の適性については、品種的対応は困難で、プレミックスのように他の穀粉を含めた配合や、各種特性の小麦粉の配合によって対応がはかられている。そのため、産出国・銘柄別に原料小麦の特性が規格化され、用途に応じた配合の目安が与えられている。

しかし、一般的に、原料小麦の用途別適性の評価は、それぞれ、パン=食パン、めん=(生)、茹めん、菓子=スポンヂケーキ、クッキーを対象に行っている。

これらの用途に要求される品質特性を拾って見たのが表3であるが、これまで我々が実施してきた品質検定方法と用途別適性との対応が十分なされていないものについては、あくまで目安と

表3 狭義の品質(用途別)の条件

	パ ン	め ん	菓 子
蛋白質含有率%	11.7~13.3	8.3~9.5	7.0~8.3
硬質結晶粒子の多少	卅	廿~十	—
グルテンの量%	34~52	24~36	14~26
グルテンの質	強力	中力	薄力
セディメンテーション値ml	70以上	30~70	30以下
ファリノグラムのVV	70以上	30~70	30以下
エキステンソグラムの面積cm <sup>2</sup>	140~160	60~80	50~50
アミログラムの最高粘度BU	350~600	600~800	600~800
	最低250以上	350以上	350以上
小麦粉の色	○	○	◎
小麦粉の粒度	粗	細	細
でん粉含量	少	中	多
小麦粉の灰分%	0.38~0.60	0.38~0.55	0.35~0.55

注) めんには中華めんを含む

して推定した。

二次加工適性の検定は、直接製品を作って評価する方法が最良であるが、育種試験においては、これらと関連の高い、少量サンプルで、迅速に大量検定できる、遺伝性の高い測定項目（形質）であることが望ましい。

### 3. 春播小麦のパン適性

小麦の蛋白質はその80%がグルテンを形成する。このグルテンの量と質が小麦粉の品質（加工適性）を決定する大きな要因である。パン用粉として要求されるグルテンは量的に多いことはもとより、その質が強じんでなければならない。これら蛋白質、グルテンを製パン適性の選抜手段とした研究は、これまで数多く実施され、その遺伝情報も蓄積されてきた。蛋白質の量に関しては、環境要因による変動、品種と環境の交互作用、遺伝力および遺伝様式等について報告されている。

環境要因については、個体間と個体内の粒蛋白質の変動が開花期と穂重に関連し<sup>74)</sup>、施肥窒素により直線的に増加する<sup>28)</sup>が、成熟期前の降水量 ( $r = -0.70^{**}$ ) と最高気温 ( $r = 0.74^{**}$ )、1.2~1.8 m 内の地下水水位 ( $r = -0.79^{**}$ )、土中の全窒素 ( $r = 0.82^{**}$ ) によって変動する<sup>72)</sup>との報告がある。また、これらの環境要因に対する変動は品種によってその程度に差があり、品種と環境との交互作用の大きいことが認められている<sup>12,16,28,77)</sup>。

蛋白質含量の遺伝力については、狭義の遺伝力で68%~83%<sup>75)</sup>との報告もあるが、広義の遺伝力では15~86%<sup>9,10,16,18,22,32,55,76)</sup>、と実験材料、年次、場所、栽培条件の違いによって大きく変動する。

蛋白質含量の遺伝様式についても、諸説があり、ポリゾーンに支配<sup>23,75)</sup>、優性効果が存在しない<sup>29)</sup>とするものから、低蛋白質の部分優性<sup>6,8,32)</sup>とするものまである。さらに Cowley and Wells (1980)<sup>7)</sup>は、高蛋白質品種「Hand」と低蛋白質の「Centurk」と「TX62A2522-8-2」との間の蛋白質レベルの差は、高蛋白質に働く1つの dominant gene によるとし、これを「pr Hand」と名付けている。

ネブラスカ大学においては、高蛋白質、高リジンを目指した実際育種を系統的に進め、具体的な成果(粒蛋白質20.6%、リジン2.9%)をあげている<sup>12,28,74,79)</sup>。また、選抜方法では、循環選抜法の適用が効果的であったと報告されている<sup>39)</sup>。

蛋白質の質（製パン適性）の評価方法としては、原粒性状、粉の粒度、生地物物理性、化学的評価法等間接的に評価する方法と直接製パンテストによるものがある。

原粒性状には、硝子率、粒の硬質度、硬質結晶粒子の多少等があり、粉の粒度もこれらに近い特性値と見られる。

粒の硬質度は硬質小麦と軟質小麦の粉砕に対する反応の差を見るもので、willy mill (28mesh screen)<sup>9)</sup>や Brafender SM 1 (5 g サンプル)<sup>31)</sup>等を用いて粉砕に要する時間 (sec) によって測定する。これは、図1に示すように硬質粒と軟質粒の混合割合と直線関係にあり<sup>31)</sup>、蛋白質含量、パン体積 (loaf volume)、クッキーの大きさ (width) と密接に関連し、製粉性の予測にも役立つとされている<sup>18,31)</sup>。

この測定値は再現性<sup>9)</sup>、広義の遺伝力(73%)<sup>10)</sup>とも高く、染色体置換系統を用いた研究では、これに関与する遺伝子が3 B, 1 D, 5 D, 7 Dの染色体上にあると推定された<sup>11)</sup>。

硬質結晶粒子の存在は、池田<sup>25)</sup>によって発見され、低倍率の顕微鏡下で粉粒子の結晶性<sup>26)</sup>を観察する方法である。硬質粉は、大部分角ばった硝子の破片状(透明で不定形)の結晶体で占められ、軟質粉では、この結晶はほとんど見られず、大部分が遊離した不透明な小粒(澱粉粒)となる。硬質粉は、一般に良いパンを作り、この性質は品種固有の遺伝的特性である<sup>27,36)</sup>。遺伝様式は明らかでないが、遺伝力は50%程度で主動遺伝子によるものと考えられている<sup>58)</sup>。

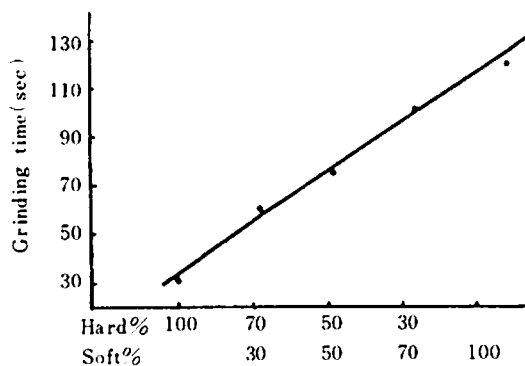


図1 硬質と軟質小麦の混合割合と Grinding time (粒の硬質度) (Kosmolak, 1978)

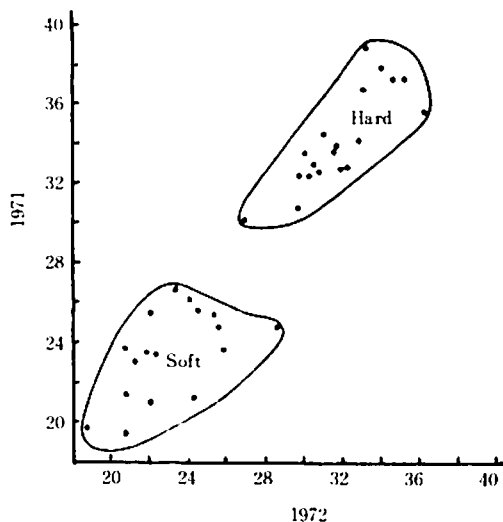


図2 春播小麦36系統の1971年と1972年の粒度の比較 (Baker and Dyck, 1974)

粉の粒度は、段別篩やサイクロンセパレーターによっても測定できるが、簡便な方法としてはブレン空気透過粉末度測定器による比表面積の測定がある<sup>43)</sup>。これは、図2に示されるように小麦粉の硬・軟質の判別に有用で、粉蛋白、mixographの生地形成時間、パン体積と相関が高い<sup>2)</sup>。

以上の原粒性状の加工適性との関連は、軟質～硬質の広いレンジの中で大まかに用途を判定する上ではかなり有効と考えられるが、同一用途を持つサンプルの優劣(加工適性)を知るには不十分である。したがって、育種への適用にあたっては、パンやめんの加工適性との関連の強さやサンプル量と測定時間を考慮していずれか1つを実施すれば良いと考えられる。

化学的な蛋白(グルテン)の質の評価法には pelshenke test (Wheat meal fermentation test), EXpansion test<sup>37,45)</sup>, 電気泳動による分析<sup>4,5)</sup>, Sedimentation Value<sup>56,82)</sup>, 水分保持力 (water-retention)<sup>38)</sup>等がある。これらは、小麦粉生地の醗酵力、ガス発生力、蛋白質の帯電性や酸に対する膨潤度、および、粉の吸水性の差をとらえてパン適性の評価を行うものである。Sedimentation value (SV)は、その少量サンプルと迅速さもあって最も広く研究されている。S.Vと製パン適性に関連して、パン体積との相関は0.53-0.87<sup>1,15)</sup>、フェリノグラムの mixing toleranceと0.61-0.74<sup>32)</sup>、flour evaluation score (パンと生地の総合点)と0.74-0.93<sup>84)</sup>と比較的高い関連を認める報告が多い<sup>83)</sup>。しかし、パン適性の指標としてはSVより蛋白の方がよいか少なくとも同程度とする報告もある<sup>63)</sup>。SVの遺伝力(h<sup>2</sup>)については、狭義のh<sup>2</sup>で50-92%<sup>29,73)</sup>、広義のh<sup>2</sup>で44-92%<sup>15,32,55,76)</sup>と比較的高く、環境と品種の交互作用の小さい形質である<sup>3)</sup>。

小型の遠心分離機を用いた粉の水分保持力 (Water-retention) の test では、粉サンプル4g、1点5分程度の測定時間である<sup>38)</sup>。これによって品質評価を行った結果では、春播小麦では、高い遺伝力が得られたが秋播小麦では低く、粒の硬度 (seed hardness) と蛋白含量によって推定し得ると考えられた<sup>15,16)</sup>。

グルテンの組成分析とパン適性との関連では、アルブミン、グロブリン、グリアジン、グルテニンおよび残りの蛋白質で見ると前4者の中ではグルテニンが最も関連が高いが、残りの蛋白の方がさらに高い関連を持っていた<sup>55)</sup>。しかし、製パン適性良の Neepawa と劣る pitic62のグリアジン蛋白を電気泳動法により比較すると、26バンド中19バンドが2品種間で異なり、それぞれが

1~2のgeneによってコントロールされているとした報告<sup>4)</sup>やグルテニンの一粒分析の育種への適用を提唱した報告<sup>5)</sup>がある。

生地<sup>6)</sup>の物理性から製パン適性の評価を行おうとする試みは古くからなされ、多くの測定器機が考案された。Shuey<sup>67)</sup>は流動学的な原理にとずく実用的な分析器機についてまとめて報告している。20機種以上がとりあげられているが、大別して、生地のミキシング特性と経時変化(醗酵力、ガスの発生と保持力)を測定するものと澱粉の粘性を測定するものである。これらの中で、育種の選抜に適用し得るものは、サンプル量や労力の面からかなり限定される。最も使用例が多いのは、mixsographで、サンプル量は30g~10g<sup>14)</sup>である。この機械のspringのセットと吸水率を変えてパン試験との関係を検討した結果や品種と環境の交互作用が大きいとする報告がある<sup>66,3)</sup>。また、パン適性との相関がpeak timeで0.61\*\*と最も高くpeak heightでは0.35と低く、春播小麦で得られた広義の遺伝力は63%-83%と高いが、秋播小麦では2%-27%と低い結果が報告されている<sup>16)</sup>。実際育種への有用性については、製パン適性の選抜効果がSVより劣るとする報告<sup>32)</sup>とF<sub>2</sub>世代の選抜に適用してパン評点やSVと良く相関したとする報告<sup>24)</sup>の両者がある。

この他、マックマイケルがパン体積と0.66\*\*、SVと0.92\*\*と比較的密接な関連を示した結果<sup>15)</sup>やFarinographのpeak timeがdough mixing timeやdough typeとの相関が最も密接(0.822\*\*、0.848\*\*)であったとの報告がある<sup>76)</sup>。

しかし、これらの関連の程度は供試材料の種類や環境条件によって異なることが指摘されている<sup>22)</sup>。直接製パン試験による方法としては、マイクロパン8gによる試験が行なわれ、標準法との間で0.86の相関を得ている<sup>64)</sup>。

我々もこれまでの20余年の育種試験の中で蛋白の量と質の遺伝性<sup>48,49,52)</sup>環境との交互作用<sup>51,53)</sup>製パン適性との関連<sup>50,58,59,60)</sup>を検討し、概略、次のような結果を得ている。

蛋白含量の遺伝力は比較的高いが変動がやや大きい(35, 58, 60, 44-79%)。また、収量との負の遺伝相関が強いが、SV×収量のIndexを用うれば、良質、多収両方に正の相関を持たせ得ること、また、収量と蛋白の環境変異を利用して多窒素、灌水条件での選抜によって、これらの負の関連をほぼ無の遺伝相関とし、多収、高蛋白の選抜の場としての有効性を提唱した<sup>51,53,54)</sup>。最近の報告でも収量と蛋白含量との間の負の関係は問題とされているが、遺伝的結びつきはそれ程強くないとしている<sup>21)</sup>。蛋白の量と質の関連で、蛋白量1%を蛋白の質(Mixogram area 8 cm<sup>2</sup>)に対応させているが<sup>34)</sup>、現在も蛋白量の増加が品質育種の1つの柱であることに変わりはない。

春播小麦を用いた4カ年の品質検定(パン試験含む)の結果から、初期世代の選抜に硬質結晶粒子の多少(個体選抜)とSV×収量(系統選抜)を適用した一連の春播硬質小麦における良質(パン用)、多収育種のモデルを提唱した。

表4に新しく加わった耐変質性の検定(ネフェロメーター)やアルベオグラフ(ガス包蔵力測定)を追加した品質検定体制によって十分対応し得るものと考えられる。

#### 4. 秋播小麦の製めん適性

この度、秋播小麦育種の当面の品質目標を「府県産の農林61号」程度以上の製めん適性におくこととなった。

北海道においては、少なくともこの20年間製めん適性を品質目標としたことがない。

したがって、秋播小麦における製めん適性の育種素材、検定方法、育種の知見は乏しい。また、全国的に見ても小麦の品質育種は、一次加工適性や生地の物理性の試験の段階で止まっている例が多く、初期世代からの選抜試験の報告はほとんどない。福永<sup>18)</sup>は、育成系統の製めん試験の結果

表4 硬質春播小麦のパン用良質多収育種のモデル(佐々木, 長内, 1970)

Year	Gene-ration	Trial	Planted			Selected	Method of selection and selecting traits
			No. of fami-lies	No. of lines	No. of plants	No. of plants or lines	
1	cross						a good hard spring wheat variety should be used as a parent
2	F <sub>1</sub>				20	20	
3	F <sub>2</sub>	Growing population			2,000		mass selection for specific gravity
4	F <sub>3</sub>	ditto			5,000		ditto
5	F <sub>4</sub>	ditto			10,000		ditto
6	F <sub>5</sub>	Individual selection			10,000	200	quality of visual kernel, much crystalloidal particles selection based on sedimentation value, if possible
7	F <sub>6</sub>	Line selection		200		100	yield test of small-scale like hill-plots, low intensity of selection for yield×sedimentation value
8	F <sub>7</sub>	Preliminary Performance test	100	400		40	high intensity of selection for yield×sedimentation value
9	F <sub>8</sub>	ditto	40	200		20	chemical analysis, flour color, milling quality, and farinograph analysis
10	F <sub>9</sub>	Performance test	20	100		10	ditto, Brabender test, and bread baking test
11	F <sub>10</sub>	ditto	10	100		5	ditto
12	F <sub>11</sub>	ditto	5	50		1-2	ditto

から、農林61号以上の製めん適性を持つ関東98, 99, 100号の3系統をあげている。江口、後藤<sup>13)</sup>は、生地のアリノグラムとエキステンソグラム特性やアミログラム、粉色、製めんテストの相互関係を検討し、シラサギコムギ、新中長のめんの食味試験の各評点が高いことを報告している。

めんに関する研究報告は食総研や製粉、食品業界からのものが多いが、これらのほとんどは、製めんの製造と物性や評価方法に関するものが多い。おいしいめんの条件として提唱されているもの<sup>43,64,68,69,70,71)</sup>、をまとめると次のとおりである。

- (1) めんの色調が明るくてきれいなこと
- (2) めんの表面がなめらかでザラつかない。
- (3) めんにノビがあって切れ易くないこと。
- (4) 食べた感じがソフトで適度の歯ごたえのあること。

Nagao *et al*<sup>41,42)</sup> は、日本で使用されている内外のソフト小麦の加工的性の評価を表5のようにまとめている。また、小田<sup>47)</sup>は、加工適性と小麦粉の化学、物理的適性についてのべ、澱粉の硬軟の差をビスコグラフの図形によってとらえている(図3)。硬質澱粉ではアミロース含量が高く、軟質澱粉ではアミロペクチンの含量が高いとしている。また蛋白の値については、めん加工の目的からグルテンの質は軟らかく、展開性(グルテンの網膜構造をつくる能力)のすぐれてい



表5 わが国で使われる外国小麦銘柄および国内産小麦の品質比較(Nagao et al. 1977)

Test	U. S. Wheat			Australian Wheat			French	Japanese
	Soft white	White club	Soft red winter	Victoria soft	Victoria F. A. Q.	W. Aust F. A. Q.		
<b>Wheat</b>								
Test wt(kg/hl)	80.0	78.5	77.5	80.5	79.0	80.0	77.0	78.5
Moisture(%)	9.5	10.4	11.7	11.4	10.1	9.4	11.5	12.4
Ash(%) <sup>a</sup>	1.28	1.36	1.64	1.26	1.35	1.34	1.53	1.64
Protein(%) <sup>a</sup>	10.8	10.0	10.7	9.0	10.4	10.0	10.0	10.5
Vitreous kernels(%)	40	32	22	46	48	56	27	10
Flour extraction(%)	72.5	73.9	74.6	71.3	71.8	71.9	74.5	69.2
<b>Flour</b>								
Ash(%) <sup>a</sup>	0.36	0.38	0.40	0.37	0.41	0.41	0.38	0.37
Color	0.9	0.1	1.3	0.6	1.0	0.9	2.1	2.3
Protein(%) <sup>a</sup>	8.6	8.0	8.6	7.5	8.8	8.6	8.2	8.8
Maltose value(mg/10g)	155	115	105	130	190	230	130	85
Specific surface(cm <sup>2</sup> /g)	2620	2680	3510	3070	2370	2340	2590	3590
MacMichael viscosity	87	32	55	39	64	81	61	82
Sponge-cake quality <sup>b</sup>	5	7	7	3	2	1	4	4
Cookie quality <sup>b</sup>	5	6	7	3	2	1	4	4
Noodle quality <sup>b</sup>	4	4	3	3	4	5	4	5

<sup>a</sup>As-is moisture basis.

<sup>b</sup>Scores are assigned over a 9-point range;1=much less preferable than a standard;5=standard(equal to a control); and 9=much better than the standard.

ること、水との親和性の良いことをあげている。ここでの澱粉の硬軟やグルテンの水との親和性について、「ハルヒカリ」の澱粉は軟質的であると言われていたこと、また、フアリノグラフの生地形成時間が早い(水との親和性がよい)ことなどは、製めん適性特有の品質項目に属すると考えられる。また、業界からの要望や Nagao<sup>40)</sup>の日本におけるソフト小麦の加工適性の評価法として、スポンジケーキと製めんテストの組合せによるのが良いとしていることから、グルテンの質は「かなり軟質的性格の強い中間質」と判断される。

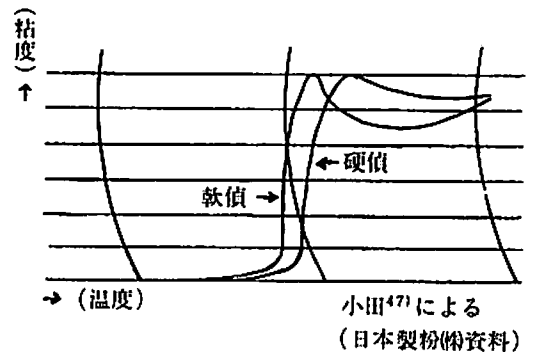


図3 澱粉アミロ硬軟比較図

クッキーの製品テストでは、粉の粒度の細かいことが要求され<sup>81)</sup>、スポンジケーキと共通の品質特性と考えられる。しかし、茹めんに対する粒度(粉)の影響は、これらクッキーやスポンジケーキの場合とやや異なり、内麦の粒度が Western white と同程度に細かいのに、Western white は製めん適性が低く、オーストラリア小麦(ASW)は、粒度がやや粗いが、良好な製めん適性を示している。したがって粉の粒度は、硬質結晶粒子の多少と共に1つの必要条件ではあるが、十分条件になり得ないものと考えられる。

江口、後藤<sup>13)</sup>は、各種の化学、物理的特性と製めんテストのデータを主成分分析にかけ、やや薄力的な品種と中力品種の比較を行って、第一主成分に食味試験の評点 (+)、湿麩含量 (+)、エキステンソグラムの面積 (+)、生めんの粗脂肪含量 (-) の結果を得ているが、これは、蛋白含量やグルテンの量が菓子用よりは多いことが望ましいことを示している。

茹めんの物性の測定法として、テクロスコロメーターの有用性が認められ<sup>17,39)</sup>、うどんに特有の“こし”の評価や茹のびの状態をとらえ得るとも見られている<sup>39)</sup>。

また、長井<sup>39)</sup>は、うどん用の小麦の条件として、①グルテンは28%あれば十分 ②グルテンの伸展性が中庸であること③ファリノグラフの吸水率50%台で生地形成時間3分程度④エキステンソグラムのあし (E) とこし (R) のバランス⑤テクスチュロメーター特性⑦澱粉の質 ⑧小麦粉の色等について詳しくのべている。

小麦粉の色については、胚乳の黄色味とふすまの混入による色づきが問題となるが、黄色味の遺伝力は高いが、ふすまの混入による色づきは低い<sup>19)</sup>との結果が得られている。また最も粉の色が白いことで知られるウエスタンホワイトを福山で栽培すると米国产のウエスタンホワイトの比較は言うに及ばず、国内品種系統より劣ったとの報告がある<sup>20)</sup>。これは粉の色の栽培条件・環境による影響の大きいことを示している。このため、降雨等の気象条件に影響されにくい性質に注目すると同時に、良好な条件での品種、系統本来の粉色を検定する努力が必要と考えられる。

具体的な検定、選抜方法は、総合討論にゆずるとして、基本的な進め方は、製めん適性の高い品種の特性を1つ1つ必要条件を積み重ねることによって、製めん適性の改善をはかることとする。

## 引用文献

- 1) Atkins, I.M.; Gilmore, E.C.; Scottino, P.; Merkle, O.G.; Porter, K.B.; "Evaluation of the sedimentation test in a wheat breeding program." *Crop Sci.* 5, 381-385 (1965).
- 2) Baker, R.J.; Dyck, P.L. "Relation of several quality characteristics to hardness in two spring wheat crosses". *Can. J. plant sci.* 55, 625-627 (1975).
- 3) Baker, R.J.; Kosmolak, F.G. "Effects of genotype-environment interaction on bread wheat quality in Western Canada". *Can. J. Plant Sci.* 57, 185-191 (1977).
- 4) Baker, R.J.; Bushuk, W. "Inheritance of differences in gliadin electro-phoregrams in the progeny of Neepawa and Pitic62 wheats". *Can. J. Plant Sci.* 58, 325-329 (1978).
- 5) Bietz, R.A.; Shepherd, K.W.; Wall, J.S. "Single kernel analysis of glutenin: Use in wheat genetics and breeding". *Cereal Chem.* 52, 513-532 (1976).
- 6) Chapman, S.R.; McNeel, F.R. "Gene effects for grain protein in five spring crosses". *Crop Sci.* 10, 45-46 (1970).
- 7) Cowley, C.R.; Wells, D.G. "Inheritance of seed protein in crosses involving 'Hand', a hard red winter wheat". *Crop Sci.* 20, 55-58 (1980).
- 8) Davis, W.H.; Middleton, G.K.; Hebert, T.T. "Inheritance of protein, texture, and yield in wheat". *Crop Sci.* 1, 235-238 (1961).
- 9) DeLa Roche, I.A.; Fowler, D.B. "Wheat quality evaluation, 1. Accuracy and precision of prediction tests". *Can. J. Plant Sci.* 55, 241-249 (1975).
- 10) DeLa Roche, I.A.; Fowler, D.B. "Wheat quality evaluation, 4. Variability in gross energy content". *Can. J. Plant Sci.* 56, 257-261 (1976).
- 11) Doekes, G.J.; Belderok, B. "Kernel hardness and baking quality of wheat: A genetic analysis using chromosome sub-

- stitution lines". *Euphytica* 25,565-576 (1976).
- 12) Diehl,A.L.; Johnson,V.A.; Mattern,P.J. "Inheritance of protein and lysin in three wheat crosses". *Crop Sci.* 18,391-395 (1978).
- 13) 江口昭彦, 後藤虎男. "暖地産小麦品種のめん加工適性について, ゆめめんの食味と小麦粉の物理, 化学性"中国農試報, A 29,33-70 (1981).
- 14) Finney,K.F.; Shogren,M.D. "A ten-gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flours". *Bakers Digest* 46 (2), 32-35, 38-42, 77(1972).
- 15) Fowler,D.B.; DeLa Roche,I.A. "Wheat quality evaluation, 2. Relationships among prediction tests". *Can.J. Plant Sci.* 55,251-262 (1975).
- 16) Fowler,D.B.; DeLa Roche,I.A. "Wheat quality evaluation, 3. Influence of genotype and environment". *Can.J.Plant Sci.* 55,263-269 (1975).
- 17) 福井義明, 時井幸男, 中土井正史, 三木英三. "麺類に関する研究 I 茹麺の特性試験について"香川大学農学部学術報告, 24,221-227 (1973).
- 18) 福永公平. "小麦育種の現場から一早生と品質について一米麦改良, 11, 2-10 (1981).
- 19) Ghaderi,A.; Euerson,E.H.; Cress,C.E. "Classification of environments and genotypes in wheat". *Crop Sci.* 20,707-710 (1980).
- 20) Gotoh,T.; Kainuma,N.; Eguchi,A.; Kashio,T. "Quality and agronomic characteristics of western wheat varieties grown in south-west Japan". *Jpn.J. Breed.* 19 (5), 32-38 (1969).
- 21) Halloran,G.M. "Grain yield and protein relationships in a wheat cross". *Crop Sci.* 21,699-701 (1981).
- 22) Haunold,A.; Johnson,V.A.; Schmidt,J.W. "Variation in protein content of the grain in four varieties of *Triticum aestivum* L". *Agron.J.* 54,121-125 (1962).
- 23) Haunold,A.; Johnson,V.A.; Schmidt,J.W. "Genetic measurements of protein in the grain of *Triticum aestivum* L". *Agron.J.* 54, 203-206 (1962).
- 24) Heyne,E.G.; Finney,K.F. "F<sub>2</sub> progeny test for studying agronomic and quality characteristics in hard red winter wheat". *Crop Sci.* 5,129-132 (1965).
- 25) 池田利良. "麩麵用小麦の簡易鑑定". 農及園, 10,2605-2608 (1935).
- 26) 池田利良. "硬質小麦胚乳の結晶性について". 日作紀, 25,88-89 (1956).
- 27) 池田利用. "日本における硬質小麦の研究"東海近畿農試特別報告, 2, (1961).
- 28) Johnson,V.A.; Dreier,A.E.; Grabouski,P. H. "Yield and protein responses to nitrogen fertilizer of two winter wheat varieties differing in inherent protein content of their grain".*Agron.J.*65,259~263(1973).
- 29) Kaul,A.K.; Sosulski,F.W. "Inheritance of flour protein content in a selkirk x Gabo cross". *Can.J.Genet.Cytol.* 7,12-17 (1965).
- 30) 木原均. "小麦の研究". 養賢堂, 1954. 753p
- 31) Kosmolak,F.G. "Grining time-A screening test for kernel hardness in wheat". *Can.J. Plant Sci.* 58,415-420 (1978).
- 32) Lebsack,U.L.; Fifield,C.C.; Gurney,G.M.; Greenaway,W.T. "Variation and evaluation of mixing tolerance, protein content, and sedimentation value in early generations of spring wheat, *Triticum aestivum* L". *Crop Sci.* 4,171-174 (1964).
- 33) McNeel,F.H.; Mcguire,C.F.; Berg,M.A. "Recurrent selection for grain protein in spring wheat". *Crop Sci.* 18,779-782 (1978).
- 34) Middleton,G.K.; Bode,C.E.; Bayles,B.B. "A comparison of the quantity of protein in certain varieties of soft wheat". *Agron.J.* 46,500-502 (1954).
- 35) 三木英三, 福井義明. "めんに関する研究, II. テクスチュロメーターによるめんの物性測定". 香川大学農学部学術報告, 26 (2), 142-149 (1975).
- 36) 三宅瑞穂, 末次勲. "暖地栽培小麦品種の品質

- 並びに製麩試験成績”農事試験報, 4 (2), 77-90 (1950).
- 37) Miller, H.; Edgar, J.E.; Whiteside, A.G.O. “An improved small-scale dough expansion test for the estimation of wheat quality”. *Cereal Chem.* 31, 433-438 (1964).
- 38) Miller, H. “A micro centrifuge to determine water retention properties of wheat flour”. *Cereal Chem.* 45, 109-114 (1967).
- 39) 長井 恒. “うどんの技術”. 食品出版社, 1980.
- 40) Nagao, S.; Imai, S.; Sato, T.; Kaneko, Y.; Otsubo, H. “Quality characteristics of soft wheats and their use in Japan, I. Methods of assessing suitability for Japanese products”. *Cereal Chem.* 53, 988-997 (1976).
- 41) Nagao, S.; Ishibashi, S.; Imai, S.; Sato, T.; Kanbe, T.; Kaneko, Y.; Otsubo, H. “Quality characteristics of soft wheats and their utilization in Japan, II. Evaluation of wheats from the United States, Australia, France, and Japan”. *Cereal Chem.* 54, 198-204 (1977).
- 42) Nagao, S.; Ishibashi, S.; Sato, T.; Kanbe, T.; Kaneko, Y.; Otsubo, H. “Quality characteristics of wheats and their utilization in Japan, III. Effects of crop year and protein content on product quality”. *Cereal Chem.* 54, 300-306 (1977).
- 43) 長尾精一. “国内産小麦の品質に期待するもの”. 製粉振興会叢書, 20, (1980)
- 44) 中川元興, 渡辺進二. “小麦品種の粒質に関する研究, 第1報, 小麦の粉質と硝子質を支配する遺伝子”. 育種学雑, 6 (4), 56-60 (1957).
- 45) 日本麦類研究会編. “小麦粉—その原料と加工品—”. 1976.
- 46) 農林水産技術会議事務局編. “小麦品質検定法—小麦育種試験における—”. 1968, 70p. (研究成果35)
- 47) 小田開多. “めんの本”株式会社食品産業新聞社, 1980.
- 48) 長内俊一. “小麦の蛋白含量と実用形質との関係”. 北農, 28 (4), 1-3 (1961).
- 49) 長内俊一. “パン用品種育成の問題点” Proceedings of the fourth wheat genetics symposium, Japan. *Seiken zihou.* 16, 49-54 (1964).
- 50) 長内俊一. “春播小麦の製パン適性”. 育種, 14, 203 (1964).
- 51) 長内俊一, 佐々木宏. “Nと灌水処理が秋播小麦の収量と蛋白に及ぼす影響”. 北農, 32 (7), 3-5 (1965).
- 52) 長内俊一, 伊藤平一. “小麦の製粉性とフェリノグラム特性の遺伝力”. 北農, 32 (7), 1-2 (1965).
- 53) 長内俊一, 佐々木宏. “遺伝相関の栽培条件による変化——多窒素, 灌水処理による小麦の収量と蛋白”. 育種, 15 (3), 215 (1965).
- 54) Osanai, S.I.; Sasaki, H.; Gotoh, K. “Selection experiment for combining high quality and yield in hard red spring wheat”. 3rd International Congress of SABRAO, Plant Breeding Papers: 2, 5 (a) 43-46 (1977).
- 55) Orth, R.A.; Baker, R.J.; Bushuk, W. “Statistical evaluation of techniques for predicting baking quality of wheat cultivars”. *Can. J. Plant Sci.* 52, 139-146 (1972).
- 56) Pickney, A.J.; Greenaway, W.T.; Zeleny, L. “Further development in the sedimentation test for wheat quality”. *Cereal Chem.* 34, 16-25 (1957).
- 57) 佐々木正剛, 長内俊一, 尾関幸男, 野呂耕造, 荒木博, 米谷道保. “良質小麦の育成方法, とくに育成環境と比重選の効果, 第2報, 原粒性状と小麦粉の品質”. 北海道農事試験報, 91, 14-25 (1967).
- 58) 佐々木宏, 長内俊一. “硬質春播小麦のパン適性と収量の選抜実験, 第1報, 選抜形質とパン適性”. 北海道立農事試験報, 19, 21-35 (1969).
- 59) 佐々木宏, 長内俊一. “パン適性と収量の選抜実験, II, 統計量と選抜効率”. 北農, 36 (2), 49-52 (1969).
- 60) 佐々木宏, 長内俊一. “硬質春播小麦のパン適性と収量の選抜実験, 第II報, 選抜形質の統計量と選抜効果”. 北海道立農事試験報, 20, 59-72 (1970).
- 61) 佐々木宏, 長内俊一. “硬質春播小麦における製粉性の遺伝的統計量と選抜方法”. 北海道立

- 農試集報, 30, 1-8 (1974).
- 62) Seeborg, E.F.; Barmore, M.A. "A new five-gram milling quality test and its use in wheat breeding". *Cereal Chem.* 34, 299-303 (1957).
- 63) Schlesinger, J. "Sedimentation studies". *Northwestern Miller* 268 (6), 41-48 (1963).
- 64) 製粉協会, "国内産小麦の特性と品質上の問題点". 製粉振興, 187, 15-17 (1982).
- 65) Shellenberger, J.A.; Shogren, M.; Laude, H. H. "Microtechnics applied to wheat quality evaluation". *Agron. J.* 50, 151-153 (1958).
- 66) Shuey, W.C.; Gills, K.A. "Effect of spring setting and absorption on mixogram for measuring dough characteristics". *Cereal Chem.* 43, 94-103 (1966).
- 67) Shuey, W.C. "Practical instruments for rheological measurements on wheat products". *Cereal Chem.* 52, 42r-81r (1975).
- 68) 紫田茂久, "めん品質と食味および最近の製造技術". 食糧—その科学と技術—, 18号別刷 (1976).
- 69) 紫田茂久, "最近の国内産小麦の生産の現状と品質について". *New Food industry.* 23 (2), (1981).
- 70) 紫田茂久, 今井徹, 豊島英親, 梅田圭司, 石間紀男, "照射小麦の製めん適性". *日本食品工業学会誌.* 21 (4), 161-167 (1974).
- 71) 紫田茂久, "日本の小麦の品質". 食糧—その科学と技術—, 第22号別冊, (1982).
- 72) Smika, D.E.; Greb, B.W. "Protein content of winter wheat grain as related to soil and climatic factors in semiarid central great plains". *Agron. J.* 65, 433-436 (1973).
- 73) Sosulski, F.W.; Kaul, A.K. "A note on the inheritance of sedimentation value in tow wheat crosses". *Cereal Chem.* 43, 623-625 (1966).
- 74) Stuber, C.W.; Johnson, V.A.; Schmidt, J.W. "Intraplant and interplant variation of grain protein content in the parents and F1 of a cross of *Triticum aestivum* L.". *Crop Sci.* 2, 286-289 (1962).
- 75) Stuber, C.W.; Johnson, V.A.; Schmidt, J.W. "Grain protein content and its relationship to other plant and seed characters in the parents and progeny of a cross of *Triticum aestivum* L.". *Crop Sci.* 2, 506-508 (1962).
- 76) Sunderman, D.W.; Wise, M.; Sneed, E.M. "Interrelationships of wheat protein content, flour sedimentation value, farinograph peak time, and dough mixing and baking characteristics in the F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> generations of winter wheat, *Triticum aestivum* L.". *Crop Sci.* 5, 537-540 (1965).
- 77) Terman, G.L. "Yield and protein content of wheat grain as affected by cultivar, N, and environmental growth factors". *Agron. J.* 71, 437-440 (1979).
- 78) Tipples, K.H.; Kilborn, R.H. "Baking strength index and the relation of protein content to loaf volume". *Can. J. Plant Sci.* 54, 231-234 (1974).
- 79) Vogel, K.P.; Johnson, V.A.; Mattern, P.J. "Protein and lysine contents of endosperm and bran of the parents, and progenies of crosses of wheat". *Crop Sci.* 18, 751-754 (1978).
- 80) Yamazaki, W.T.; Briggles, L.W. "Components of test weight in soft wheat". *Crop Sci.* 9, 457-459 (1969).
- 81) Yamazaki, W.T.; Donelson, D.H. "The relationship between flour particle size and cake-volume potential among eastern soft wheats". *Cereal Chem.* 49, 649-653 (1972).
- 82) Zeleny, L. "A simple sedimentation test for estimating the bread baking and gluten qualities of wheat flour". *Cereal Chem.* 24, 465-475 (1947).
- 83) Zeleny, L.; Greenaway, W.T.; Gurney, M. G.; Fifield, C.C.; Lebsack, K. "Sedimentation value as an index of dough mixing characters in early-generation wheat selections". *Cereal Chem.* 37, 673-678 (1960).
- 84) Zeleny, L.; Doty, J.M.; Kibler, W.E. "Sedimentation as a measure of wheat quality". *Northwestern Miller.* 268 (2), 19-25 (1963).

### III-5 水稻の耐冷性育種

佐々木 多喜雄\*

#### 1. 水稻の耐冷良質品種育成の現状

近年の米生産過剰基調の結果、良質、良食味を備えた優良米の早期開発が米関係各界から強く要望されるに致った。北海道における稲品種の改良は、民間育種に始って今日に至っている<sup>12)</sup>。この間、時代の社会的背景により、育種目標への力点の重みづけの違いはあるが、早熟耐冷良質品質の育成は、各時代の主要育種目標であった。更には、地球的視野からみると、稲の冷害は寒地のみでなく世界的共通問題である。また、北半球の寒冷化の問題も提起されており、耐冷性は今なお、ないがしろにできない重要特性である<sup>16)</sup>。このことから、優良米といえども、耐冷性は少なくとも現水準を下げることなく、良食味との結びつけを図らねばならない。従来から、耐冷性と良食味との間には(-)の強い遺伝的關係があるとされ<sup>9)</sup>、両特性の結合は、古くて新しい問題として、依然大きな壁として立ちだかっているようにみえる。

すなわち、従来の良食味品種の殆んどが、耐冷性は極弱であり(例えば早生錦、豊光、紅光、農林20号など)、昭和56年度より奨励品種となった「しまひかり」も耐冷性はやや弱とされ、同様の問題が残されている。ただ、「巴まさり」は耐冷性は中～やや強と例外的であるが、北海道では極晩生種で栽培地帯が極く一部に限定されている。

現在の育種技術では、「巴まさり」級の良食味性を有し、これに早熟性を加味すると、耐冷性は「しまひかり」程度が水準と考えられる。一方、早熟で耐冷性をやや強程度まで引き上げると、食味性は「キタヒカリ」級となり、「しまひかり」に比べて1～2ランク劣る。このような例は最近の育成系統に多くみられる(空育111号、道北36号、上育382号など)。今後は、早熟で耐冷性をやや強～強とし、食味性は「キタヒカリ」以上で「農林20号」ないしは「巴まさり」級が当面の目標であり、具体的には、「しまひかり」の早生化および耐冷性強化である。現在、この目標にほぼ近いとされる系統が育成中で(空育114号など)、目的に近ずきつつあると言えよう。将来的には、食味性を「ササニシキ」に近ずけ、耐冷性をやや強～強程度に水準を上げることが、実際の育種目標と考えられる。

#### 2. 耐冷性の選抜が品質およびその他の主要形質に及ぼす影響

水稻の耐冷性に関する試験研究は多いが、その多くは、栄養・生理・冷害および検定方法に関するもので、遺伝および育種に関するものは少ない<sup>18)</sup>。このうち、遺伝に関する研究は酒井<sup>10)</sup>の研究に始り、その後鳥山により統計遺伝学的手法により追求され<sup>21)</sup>、その結果はSawada<sup>20)</sup>により再確認された。しかしながら、耐冷性に関する選抜実験を含む育種的試験研究および耐冷性の選抜が品質へ及ぼす影響を検討した例は極めて少ない。

筆者は、水稻雑種初期世代における冷水灌漑処理が、耐冷性および品質を含む主要形質に及ぼす影響などについて検討を行い、耐冷性と品質の結合および耐冷性の水準向上について、いくつかの知見と問題点を得たので、ここに概要を記して参考に供したい。

\* 北海道立上川農業試験場、078-02 旭川市永山

1) 水稲雑種初期世代における冷水灌漑処理が後代の耐冷性、品質特性およびその他の主要形質に及ぼす影響

北海道における冷水掛流しによる耐冷性検定の嚆矢は、北海道立農業試験場上川支場において、昭和11年(1936)からであるが<sup>12)</sup>、これを初期世代に冷水灌漑処理して、耐冷性の集団選抜に利用したのは、昭和32年からであった<sup>6)</sup>。しかし、冷水灌漑処理が耐冷性およびその他の主要形質へ及ぼす影響を選抜実験的に検討した例は極めて少ない。

青森農試藤坂支場において、Futuhara and Toriyama<sup>11)</sup>は、耐冷性の遺伝と選抜に関する一連の研究を行った。この中で、冷水灌漑処理による耐冷性に対する個体選抜および系統選抜の効果を認め、併せていくつかの形質への影響を検討したが、品質については触れていない。

佐々木<sup>13)</sup>は、雑種初期世代における冷水灌漑処理の耐冷性に関する集団選抜の効果を、交雑親の耐冷性の強弱および冷水処理世代との関連で検討した。すなわち、第1表に示した耐冷性が比較的強い親およびやや弱親間の交雑により得た2組合せを供試しF<sub>2</sub>およびF<sub>3</sub>のいずれの世代に冷水灌漑処理を行った。処理効果を第2表に示した。

同一世代における処理の影響について、平均値では、不稔指数は組合せIのF<sub>2</sub>を除き処理区の値が有意に小さかった。その他の形質については、全体的にみると、出穂日、稈長および穂長が負の方向へ、穂数が正の方向へ偏った。分散では、両組合せで一定の傾向が認められたのは不稔指数で、処理区の値が有意に小さく、処理により変異の幅が小さくなっていることが示された。処理世代を異にした場合の平均値では、組合せIIにおいて、無処理区の不稔指数でF<sub>2</sub>、処理区でF<sub>3</sub>が有意に小さかった他は、全て有意性が認められなかった。

第1表 組合せと交雑親の主要特性

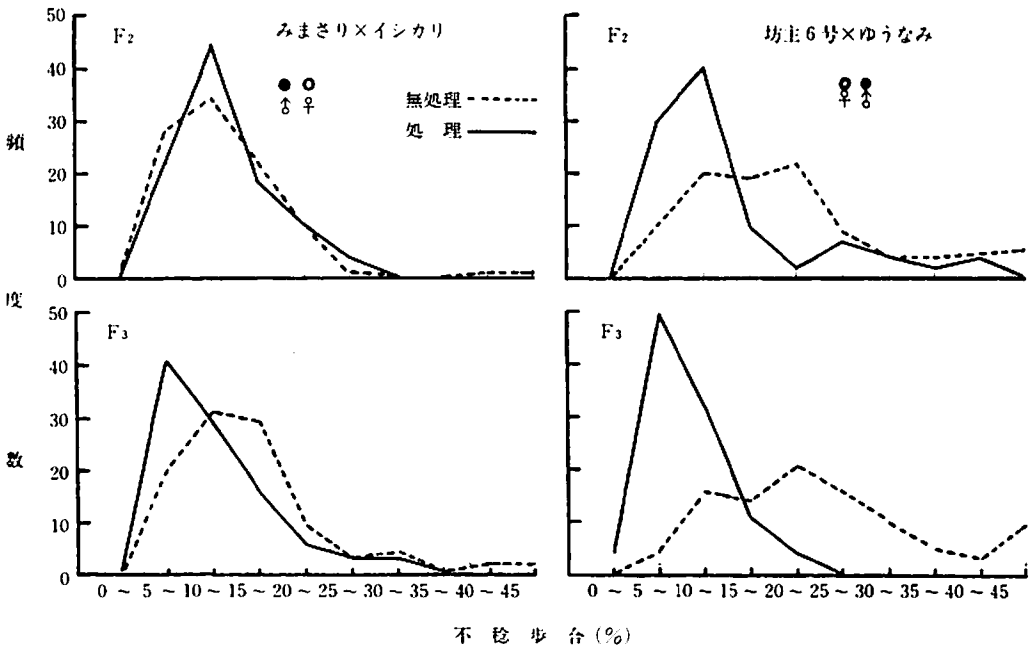
組合せNo	交 雑 親	出穂早晚	耐 冷 性	草 型	草 姿	芒 性	稈 長	穂 長
I	み ま さ り × イ シ カ リ	中生の中	強	穂数型	垂れ	無	中	やや短
		早生の晩	やや強	穂数型	直立	無	中	やや長
II	坊 主 6 号 × ゆ う な み	早生の晩	中	穂重型	垂れ	無	長	長
		中生の中	中~やや弱	穂数型	直立	無	やや短	中

第2表 有 意 性 の 検 定

区 別	組 合 せ No	世 代	不 稔 指 数		出 穂 日		稈 長		穂 長		穂 数	
			M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
無 処 理	I	F <sub>2</sub>	+0	+•	+••	-0	+••	-0	+••	-0	-0	-0
		F <sub>3</sub>	+••	+••	+••	+0	+••	+0	+0	-•	-0	+0
	II	F <sub>2</sub>	+••	+•	+•	+0	-0	-0	+0	-•	+0	+0
		F <sub>3</sub>	+••	+••	+••	+•	+0	-0	+0	+0	-0	-0
F <sub>2</sub>	I	無	-0	0	-0	-0	-0	-•	+0	-0	-0	-0
		処	+0	-0	+0	+••	+0	+0	+0	-0	+0	-0
F <sub>3</sub>	II	無	-••	-0	-0	+0	+0	+0	±0	-0	+0	-0
		処	+••	+••	+0	+•	+0	+0	-0	+•	-0	-0

••, •, 0 それぞれ、1%水準で有意、5%水準で有意および有意性なしを示す。  
 +, - それぞれ、無処理に対して処理の値が、または、F<sub>2</sub>に対してF<sub>3</sub>の値が、小さいおよび大きいを示す。  
 不稔指数 Sin<sup>-1</sup>、不稔%

以上より、耐冷性に対する冷水処理の集団選抜の効果が確認され、組合せによっては、F<sub>3</sub>の効果が高い結果であった。この結果は、水稻の耐冷性は量的遺伝行動を示し、その遺伝力はF<sub>2</sub>よりもF<sub>3</sub>で高くなるとした鳥山<sup>21)</sup>およびSawada<sup>20)</sup>の報告と一致した。また、本実験の結果のように、交雑親の耐冷性の強弱により、冷水処理の効果が異なる場合のあることが推察された。すなわち、第1図のように、交雑親の耐冷性が比較的弱い親間の組合せIIにおいて、冷水処理効果が高いことが明らかであった。なお、この組合せからは、不稔歩合の低い個体がいくつか得られ、その後代の耐冷性およびその他の形質を継続して検討した。最終的には1系統(永系80387)を選抜したが、耐冷性は強と判定された<sup>7)</sup>。



第1図 不稔歩合の頻度分布

このように、耐冷性が特に強くない交雑組合せから、耐冷性が強い後代を選抜した例は、育種の実験場面で少なからず経験されたことであった。すなわち、近年耐冷性が強いとして育成された、いくつかの品種系統について、交雑親の耐冷性との関係を見ると第3表のようである。

耐冷性品種育成上、交雑親に耐冷性の強い母本を用いることは当然のことである。しかし、従来の耐冷性強品種は、主要形質に劣悪形質を持ち、耐冷性で選抜すると、劣悪形質がついてくるものが多く、耐冷性とともにより主要形質を具備した品種の育成は、大変に困難なことであった。ところが、本実験の結果および第3表に示されたように、交雑親から期待されない耐冷性強系統が選抜されることが少なくない。すなわち、耐冷性に関して超越育種が期待されるのである。耐冷性が極強というような、著しく強い品種を育成する場合を除けば、やや強～強程度のものは、初期世代および系統選抜段階で、耐冷性に関する選抜を行いうるならば、他の主要形質を持つ耐冷性強品種系統の育成は充分可能であると考えられ、今後の良質耐冷性品種育成に一つの示唆を与えるものである。



第3表 耐冷性強の育成品種系統と交雑親の耐冷性

## 1. 耐冷性強または極強の交雑親を用いた例

品種系統名	組合せ(アンダーラインが耐冷性強または極強)
み ま さ り	巴錦/ <u>上育142号</u> ／大野中稲／農林34号
か ん ま さ り	農林15号／ <u>北見赤毛1号</u>
は や ゆ き	新栄／ <u>農林19号</u>
か ち ほ な み	豊光／大雪／ <u>上育161号</u>
そ ら ち	空育12号／ <u>みまさり</u>
ほ く せ つ	新栄／ <u>上育161号</u>
は や こ が ね	<u>北斗</u> ／上育272号
北海241号・北育70号	農林22号／ <u>はやゆき</u>
道北36号	<u>永系7361</u> ／道北5号

## 2. 耐冷性が強以下の交雑親を用いた例

品種系統名	組 合 せ
道北10号	ささほなみ／上育234号
道北楮18号	かむいもち／ささほなみ
みちこがね	空育99号／北海230号
空育114号	北海230号／巴まさり／空育99号
北育73・74号	道北14号／永系73301

第4表 冷水灌溉処理と耐冷性、外見の品質およびアミロース含量比(平均値)

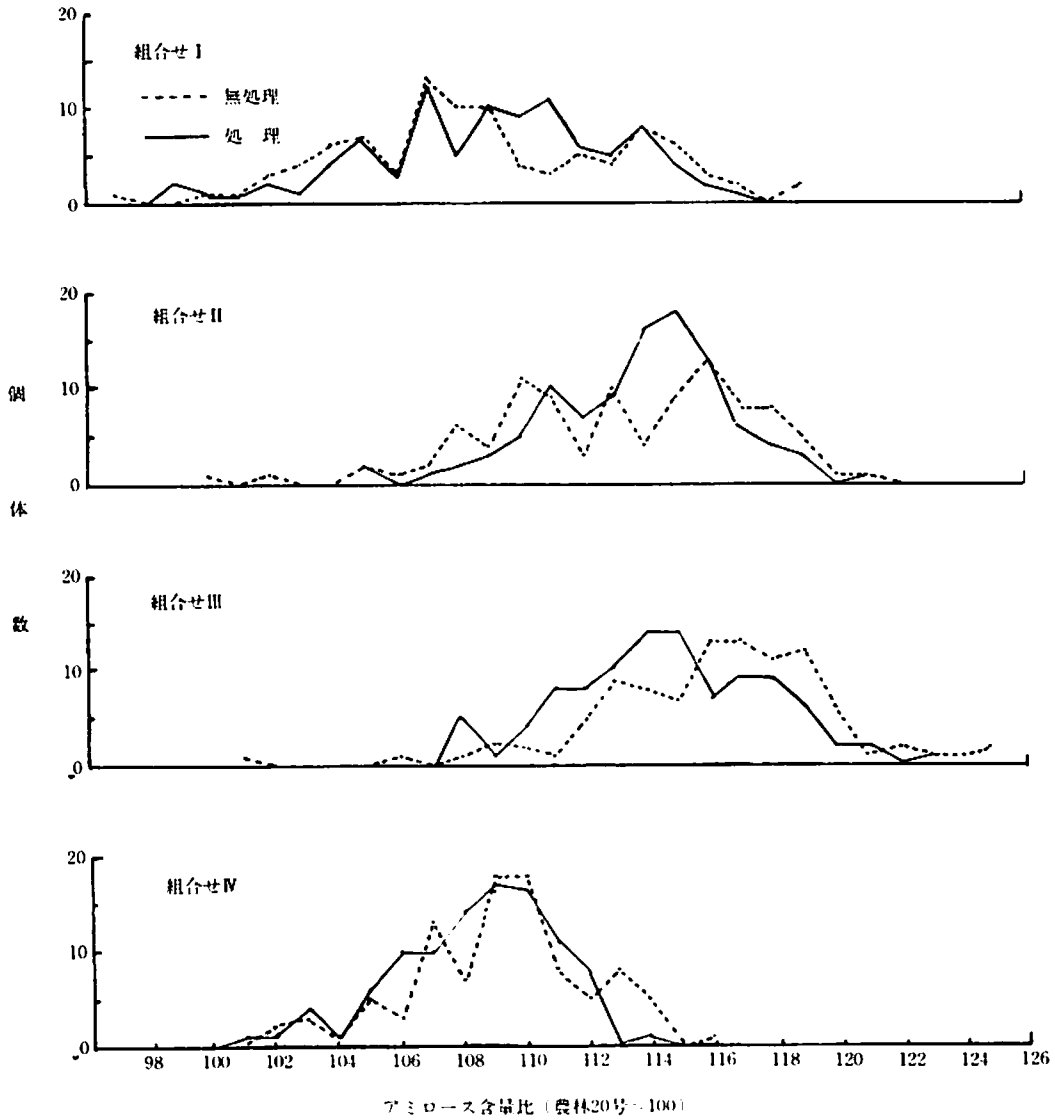
組合せ No 交雑親	不稔指数				外見の品質				アミロース含量比			
	C	T	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	C	T	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	C	T	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
I 道北35号 × 空育107号	47.27	44.01	57.29	48.20	3.85	3.67	3.90	2.98	108.97	109.57	107.22	105.74
II 道北31号 × 道北34号	47.33	44.23	52.61	52.61	2.27	1.85	2.80	2.12	113.19	113.76	113.90	106.41
III 道北31号 × 空育107号	44.59	41.33	52.61	48.20	2.84	2.78	2.80	2.98	116.04	114.55	113.90	105.74
IV キタヒカリ × 道北34号	46.64	45.49	35.01	52.61	3.59	3.62	1.16	2.12	108.92	108.35	109.84	106.41

不稔指数:  $\text{Sin}^{-1}\sqrt{\text{不稔}\%}$ , 外見の品質: 1(上中)~10(下)

アミロース含量比: 農林20号を100とした値。

筆者は、耐冷性、品質およびアミロース含量の異なる交雑親より得た4組合せのF<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>を2ヵ年冷水灌溉処理し、耐冷性、外見の品質およびアミロース含量に及ぼす影響を検討した(1981)。結果は未だ十分に整理されていないので、ここでは、その概略を第4表と第2図に示すに止めた。

第4表から、耐冷性に関する集団選抜の効果は、既に記したように、本実験でも認められた。この集団について、外見の品質への影響についてみよう。本実験における外見品質の表示には、1(良=ユーカラ級)~9(不可)のスコアを与えた。第4表によると、各組合せとも、標準区



第2図 冷水澆漑処理とアミロース含量比の頻度分布

との間には殆んど差はみられなかった。第2図には、アミロース含量比の頻度分布を示した。本実験を実施した1981年の出穂時期は好天に恵まれ、各組合せとも4～5日間に収穫したものが多かったので、出穂の早晩によるアミロース含量への影響はないものとみられた。第4表によると、交雑親のアミロース含量による組合せ間の差は明らかであったが、各組合せ内における無処理と処理との間における平均値には、大差はみられなかった。また、第2図によると、アミロース含量比の低い方の頻度も、処理による差はないものと考えられた。このことは、冷水処理によりア

ミロース含量が(-)の方向へ影響されなかったことを示しており、低アミロースの耐冷性品種育成への希望を与えるものといえる。しかし、アミロース含量の変異巾がより広い交雑親を用いた場合の冷水処理の影響の検討が、更に必要と考えられた。

佐々木<sup>13)</sup>および佐々木<sup>14)</sup>は、共通親に「ささほなみ」を、片親に良食味品種として北海道の「農林20号」と府県の「ササニシキ」を用いたF<sub>4</sub>個体とF<sub>5</sub>系統の耐冷性とアミロース含量との相関関係を検討した。その結果、「ササニシキ」を用いた組合せでは、有意な負の相関関係であったが、「農林20号」の組合せでは、有意でなかった。このように、耐冷性とアミロース含量との関係は、交雑親に影響される場合のあることが推定されるが、この結果は、冷水処理はなされていないので、本実験の結果と直接比較検討することはできない。

## 2) 北海道の耐冷性稲品種に関する母本能力の検定

育種一般において、育種目標の決定がその始まりであり、特に交雑育種では、目標にかなった交雑組合せを設定することが重要である。そのためには、交雑親の特性とともに、母本能力を知ることが必要である。しかし、耐冷性品種について母本能力を検定した例は殆んど見当たらない。ここでは、比較的近年育成されたものの中から、耐冷性交雑親として使用されてきた品種および後代に耐冷性強系統が選抜された品種を選定して、耐冷性、品質、出穂早晚性およびその他の主要形質に対する母本能力を検定し、今後の耐冷性向上のための交雑親選定上の資料を得ようとした。詳細はすでに報告したので<sup>16)</sup>、ここでは概要について記した。

共通母本として、良質、短稈系統「道北28号」を用い、父本に耐冷性品種「はやゆき」、「道北糯18号」、「ささほなみ」および「マツマエ」を供試した。母本能力の検定は酒井の方法<sup>17)</sup>によった。P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、F<sub>2</sub>およびF<sub>3</sub>各集団の平均値および分散推定値より、両親の遺伝的平均値および遺伝子の相加的効果による遺伝分散を得た。これらより、選抜強度5%の効果をも、耐冷性および品質など8形質について検討した。供試4品種の母本能力をまとめると次のようであった。「はやゆき」：耐冷性能力が高く、早生化の能力も高い。長穂および穂数多のものも、選抜可能である。片親に良質および短強稈品種を用いることにより、良質および短稈方向への効果が著しく大きい。特に良質性について、「はやゆき」は供試母本中最も劣る品種であったが、良質方向への選抜により品質のスコアは0.89(ユーカー級=1)となり、最も低い値であった。粒形については中で比較的大粒種の能力が高い。「道北糯18号」：「はやゆき」について耐冷性能力は高い。短稈化の能力が高い。長粒化および良質化の効果が期待できる。しかし、短穂で小粒化の方向性が強い。「ささほなみ」：耐冷性の能力は低い。早生化の能力が高く、品質良、やや短稈傾向である。粒形は、やや長粒で小粒化の傾向が強い。「マツマエ」：耐冷性の能力はやや高いが、「道北糯18号」より低いと推定された。長穂、穂数多の能力が認められるが、大粒で円粒化への能力が高いことは、品質上留意すべきことと考えられた。

以上の本実験の結果は、実際に育種の場で得られた経験的事実と符号する点が多かった。今後、耐冷性の水準向上を図り、良質性を結合させる上で、交雑材料を選定する場合の資料として応用できると考えられた。

## 3. 耐冷性向上のための育種戦略

Heu<sup>18)</sup>は世界的視野から、耐冷性を分類した。これによると、北海道品種は最も厳しい条件下での耐冷性を有するものとしている。北海道の耐冷性品種の血縁をたどると、多くは「赤毛」に達する。「赤毛」は今から約110年前に民間育種家中山久蔵により育成されたが、耐冷性に関しては、「赤毛」およびこれより純系分離育種された「北見赤毛1号」に比べて、現在の耐冷性品種は特

に著しく向上したとは言えない。ただ、その他の特性、特に耐もち病抵抗性、機械化適応性、収量性および外見の品質の改良が著しくなされたところに、現在の耐冷性品種育成の特徴があると言えよう。地球の寒冷化の傾向が一部気象学者より指摘されている現在、米生産過剰下とは言え、高度耐冷性品種育成の重要性は少しも低下していないと考える。耐冷性の水準向上のため、関係者の努力がなされており、その成果も積み重ねられつつあるが、ここでは二・三の耐冷性水準向上のための方策を提起してみたい。

## 1) 耐冷性遺伝子の集積

### (1) 北海道耐冷性品種間の交雑

従来から、耐冷性品種の育成には、北海道の在来種を含め、北海道で育成された耐冷性品種系統を主に、一部青森農試藤坂支場の育成材料を利用して進められてきた。組合せの多くは、他の重要特性を結合させる育種目標から、耐冷性の材料の一回交配が主なものであり、耐冷性遺伝子の集積については、未だ充分とは言えず、耐冷性品種間の多系交配などにより、耐冷性遺伝子集積の可能性は残されていると考えられる。しかし、これらの材料は、先に述べたように、血縁的に近いもの間の交雑であり、遺伝的背景は同じと考えられ、著しい耐冷性向上は望めえず、耐冷性の水準向上は、近い将来レッドエンドに乗り上げるとみるのが妥当であろう。

### (2) 早熟耐冷外国稲品種の利用

耐冷性遺伝子を集積して、一段と耐冷性の水準を向上させるには、北海道品種と遺伝的背景が異なるとみられる外国稲の利用が考えられる。近年、世界各国から収集された遺伝子源について耐冷性の検定結果より、北海道の耐冷性極強品種よりも強いとされるものが見出され<sup>1,10)</sup>、既に育種材料として利用されている<sup>9)</sup>。しかし、外国品種には、北海道品種と交雑親和性が低いものや、親和性が高くても、極晩生、脱粒性、極長稈、極細長粒および低温による稲体の褪色などの欠点があり、外国品種の耐冷性を北海道の実用品種に組み入れるには、北海道品種を反復親として使用するなど、今後一層のデータの積み重ねが必要であろう。

稲の冷害は、地球的視野からすると全世界の共通した問題であり、特に東南アジアにおける高地の水田地帯には冷害の常襲地帯がある<sup>16)</sup>。国際稲研究所 (IRRI) では、このような地帯に適する耐冷性品種の育成や収集に努めている。また、各国の冷害地帯に耐冷性検定の国際的ネットワーク (IRCTN) を設けている。このような国際的組織を通して、耐冷性や耐冷性品種系統に関する情報などを活用することも重要な方法手段である。上川農試では、1981年に IRCTN の検定材料の一部約50について耐冷性の検定を行った。その結果の一部を第5表に示した。材料を玄米によらねばならないので、発芽が悪く、移植期が6月10日となったため、生育が遅延し十分な検定をなしえなかった。しかし、「新栄」と同程度の出穂期で、相当耐冷性が強いとみられる1品種(K332, ネパール)が見出され、現在交雑母本として利用している。今後も IRRI との共同作業を通して、情報の入手交換に努めることが必要であろう。

## 2) 突然変異育種

### (1) $\gamma$ 線照射による水稻耐冷性の変異

耐冷性の水準向上のための一つの方法として、突然変異の利用が考えられる。稲の障害型耐冷性に対する突然変異の影響についての報告例は、いくつかあるが、そう多くはないようである。蓬原および田中<sup>3)</sup>は、いくつかの耐冷性についての突然変異の報告の結果を総説して、耐冷性については、耐冷性遺伝子突然変異誘起の有効性などに関する研究報告はないとしている。しかし、一方ではX線および<sup>32</sup>P処理により耐冷性極強変異や低温発芽性変異を認めた例を、蓬原<sup>2)</sup>は報告

第5表 IRCTN供試材料の耐冷性検定結果(上川農試, 1981)

品 種 系 統 名	出穂日数	葉色褪色程度*	不稔歩合
CI1561-1	97	5	100
IR2298-PLPB-3	88	4	100
K143-1-2	111	6	100
JC99	96	1	100
K39-96-1-1-1-2	90	6	100
Nga Kywe Yin	108	5	100
Gangweondo	113	2	100
K332	77	1	99.5
Shin-ei	78	1	100
Fuji 102	117	1	100
Jodo	96	1	100
Daegoldo	121	1	100
Heug Jo	121	3	100
Stejaree 45	113	1	100
IR9202-22-3-2	86	4	100

播種日：5月8日，移植日：6月10日

・1(良)~7(不良)

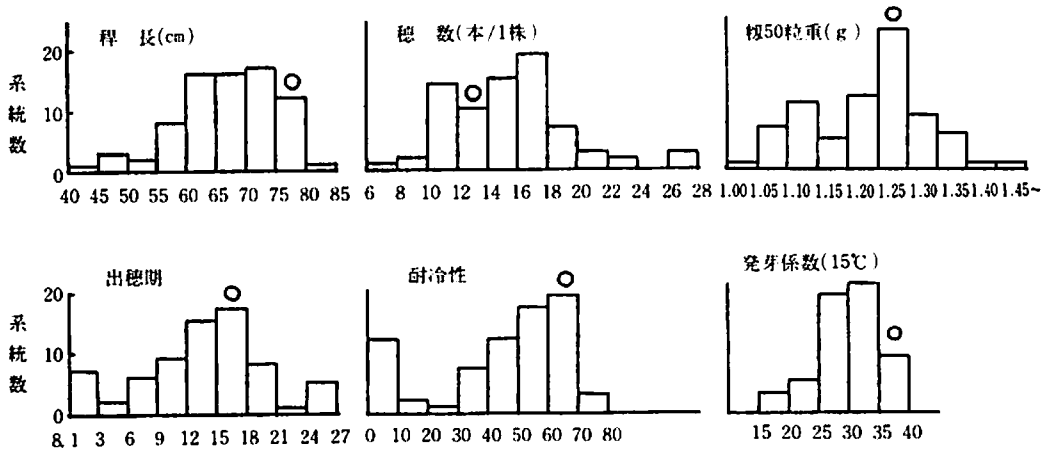
している。

本実験は、耐冷性の強弱が異なる2品種を供試して、 $\gamma$ 線照射による突然変異の誘起が、どの程度耐冷性の向上に効果があるか否かを、耐冷性の品種間差異との関連で検討し、実際の品種改良へ結びつけようとしたものである。得られた結果の一部は報告した<sup>17)</sup>が、ここにその概要を記して突然変異育種の利用について展望したい。

耐冷性極強・品質不良品種「はやゆき」とやや弱・良食味品種「農林20号」の乾籾を、 $\gamma$ 線20, 30KRで照射し、材料の養成と選抜を実施した。両品種とも長稈で耐倒伏性に問題があり、短稈化を突然変異選抜の指標とした。M<sub>2</sub>で穂別系統とし短稈系統を選抜し固定を図った。

第3図にM<sub>3</sub>における耐冷性など主要形質の変異を示した。短稈化の選抜効果が認められ、同時に穂数増、早生化の方向性が強かった。耐冷性および低温発芽性の変異は、極強の原品種では、極強以上の系統の出現率は低かった。M<sub>4</sub>以降耐冷性を主体に主要特性を加味して選抜を続けた結果、第6表のように、耐冷性稍弱品種を利用した場合に、耐冷性の向上効果が認められた。耐冷性極強品種利用の場合、効果は小さいようであったが、他の劣悪形質の改良には充分ではないが効果がみられた。良食味・耐冷性やや弱品種では、耐冷性の向上により、食味に与える影響は(-)の傾向が強いようであった。

以上から、 $\gamma$ 線照射による突然変異の誘起は、原品種が耐冷性極強の場合、極強以上の変異を得ることは困難であるが、弱い場合、1~2ランク程度向上した変異を得ることは、著しい困難性を伴うものではない結果を得た。これより、耐冷性以外の主要特性が優れた品種に対する $\gamma$ 線照射による突然変異の誘起が、耐冷性の改良に活用しうることが示唆された。しかし、良食味劣悪化が懸念されるので、今後は突然変異育種規模拡大などにより、耐冷性と良食味の結合に努めねばならないであろう。



第3図 Msにおける頻度分布(○は原品種「はやゆき」)

第6表 Msにおける耐冷性およびM6(生検本, 1971)における諸形質

1. Ms

2. M6

原品種名	耐冷性	系統数	平均 <sup>1)</sup> 不稔%	原品種名		農林20号			
				項目	はやゆき M6 <sup>3)</sup>	比	M6 <sup>4)</sup>	比	
はやゆき	ゴ強	3	26.0	出穂期(月・日)	8.3	8.4	8.3	8.4	
	強	4	36.3	稈長(cm)	72.7	75.1	62.7	70.0	
	ヤ強	3	46.0	穂長(cm)	15.8	15.9	15.8	15.3	
	中	3	55.9	穂数(本/1株)	20	17	20	17	
	弱	1	76.9	玄米重(kg/10a)	9.0	15.2	7.8	0.4	
	比	ゴ強 (5) <sup>2)</sup>	27.2	品質・等級	中中, 3	中下, 4	中中上, 3	中上, 4	
農林20号	Ms	ヤ強	1	47.4	耐冷性	やや強	強	やや強	やや弱
		中	5	57.2	耐いもち病	中	やや弱	やや強	やや弱
	比	ヤ弱 (2)	64.8	耐倒伏性	中	やや弱	やや弱	やや弱	

注 1) 冷水田の値, 2) ( )は反復数, 3) 北系4547, 4) 北系4549  
1971年は冷害年

引用文献

- 1) 阿部信行, 小高信一, “水稻の高度耐冷性遺伝子源の探索”, 日本育種学会, 作物学会北海道談話会会報, 21, 48 (1981).
- 2) 蓬原雄三, “突然変異個体の選抜”, 育種学最近の進歩, 第4集, 日本育種学会編, 1963, p.88-95.
- 3) 蓬原雄三, 田中幸彦, “実用形質の突然変異”, 育種, 23, 104-118 (1973).
- 4) Futsuhara, Y.; Toriyama, K, “Genetic studies on cool tolerance in rice, V. Effectiveness of individual and line selection for cool tolerance”. Jpn. J. Breed. 21,181-188 (1971).
- 5) Heu, M. H. “Breeding strategies for low temperature in rice”. Selected papers from the 1981 International Rice Research Conference, IRRI. (in press).
- 6) 北海道立農業試験場上川支場編, “昭和32年度事業成績書”, 1958.
- 7) 北海道立上川農業試験場編, “昭和56年度水稻新品種育成試験成績書”, 1982.
- 8) 松本定夫, 鳥山国土, 齊藤 滋, “水稻の耐冷

- 性遺伝子源としてのインドネシア稲 Silewah の評価”。育雑, 31 (別冊2), 6-7 (1981).
- 9) 農林水産技術会議事務局編, “耐冷性品種の育成”, “農林水産研究文献解題, 作物冷害編”, 農林統計協会, 1978, p. 4-6.
- 10) 酒井寛一, 島崎佳郎, “イネ「タペート肥大」の遺伝(予報)”, 寒地農学, 2, 93-95(1948).
- 11) 酒井寛一, “植物育種法に関する理論的研究, II. 自殖性作物の交配育種における組合せ検定法の理論”, 育雑, 5, 110-114 (1955).
- 12) 佐本四郎, “水稻育種”, “北海道農業技術研究史”, 北海道農業試験場編, 1967, p.103-135.
- 13) 佐々木忠雄, 新井利直, 稲津 脩, “水稻品種系統ならびに雑種集団におけるアミロース含有率の変異と選抜上の知見”, 北海道立農試集報, 44, 72-98 (1980).
- 14) 佐々木忠雄, “水稻品質の育種的知見”, “北海道における水稻・小麦の良質品種早期開発—プロジェクト研究合同セミナー集録—”, 北海道立農試編, 1982, 北海道立農業試験場資料, 第15号, p.94-103.
- 15) 佐々木多喜雄, “水稻雑種初期世代における冷水灌溉処理が後代の耐冷性およびその他の主要形質に及ぼす影響”, 育雑30 (別冊1), 88-89 (1980).
- 16) 佐々木多喜雄, “北海道の耐冷性稲品種に関する母本能力の検定”, 北海道立農試集報, 46, 51-60 (1981).
- 17) 佐々木多喜雄, “γ線照射による水稻耐冷性の変異”, 育雑, 32 (別冊1), 208-209 (1982).
- 18) 佐竹徹夫, “障害型冷害における雄性不稔——研究の歴史と現状——〔1-3〕”, 農及園, 46, 1534-1580; 47, 285-290 (1971).
- 19) 佐竹徹夫, “印度稻の穂孕期および開花期の耐冷性”, 日本育種学会, 作物学会北海道談話会会報, 21, 49 (1981).
- 20) Sasawada, S. “Study of sterile - type cool injury in rice plants with special references to the mechanism and inheritance of sterility”, Pesearch Bull. Obihiro Univ., Series I, 10, 837-883 (1978).
- 21) 鳥山国土, “水稻品種の耐冷性検定方法並びに耐冷性の遺伝に関する研究”, 青森農試報告, 7, 109-153 (1962).

## III-6 耐 冬 性 育 種

天 野 洋 一\*

### 1. はじめに

良質品種「チホクコムギ」の耐雪性（雪腐小粒菌核病類抵抗性）の改良、さらには耐冬性の優れた「ホロシリコムギ」等のレベルアップを目的とした耐冬性育種の課題を取り上げ、今までの主要な成果をまとめ、今後の進め方について論じた。既応の研究と成果のまとめは、初めに北海道で発生する雪腐病5種と凍害の発生概況と特性についてふれ、次に育種の観点から、冬損要因別の抵抗性母材、抵抗性の遺伝解析、さらに抵抗性素材の越冬体勢の特徴について概説した。育種の進め方については、初めに冬損要因個別の検定方法を検討した。検定精度あるいは処理可能量には一長一短があり、育種設計とあわせて検討すべき課題が残されている。育種の具体的設計として、一部進めているものも含め、検定圃場を相互に利用して淘汰する方法、世代短縮法を利用した戻し交雑の方法、同一個体で耐凍性と小粒菌病抵抗性を合わせて検定する複合選抜の方法の3課題について検討した。

道産小麦の生産の増大にともない、道産小麦のめん用粉としての欠点が露呈してきたが、その時期に育成された「チホクコムギ」の製めん適性は極めてすぐれ、「農林61号」に匹敵する。今後は「チホクコムギ」が道内の基幹品種となるであろう。

一方、「チホクコムギ」は雪腐小粒菌核病抵抗性が「ホロシリコムギ」に比較して劣る。そのため多雪地帯での「チホクコムギ」の作付が懸案となっている。多雪地帯向けの「チホクコムギ」並良質品種の早期育成が耐冬性育種の第一の課題である。

次に、「ホロシリコムギ」、「ムカコムギ」等の耐冬性はすぐれているとはいうものの、薬剤防除で安定した小麦生産をささえている。さらに安定した小麦生産を求めるためには、「ホロシリコムギ」以上に、耐冬性強品種の育成が望まれるであろう。

本報告は、特に上記2課題にしばって、どのような育種の進め方をすれば、能率的且つ適確に目的達成が成し得るかを検討したものである。1981年に北見農試に緑体春化施設ができ、上川農試には耐雪性検定のための現地選抜圃が設置された。当然ながら成果が期待されている。これらに応えるために、先進技術を駆使した育種の可能性、近縁種を含めた広い遺伝子源の利用の可能性等がこれからの検討課題として残されている。

品種改良は耐冬性育種だけで進められるものではなく、他の多くの形質を扱った育種と平行的に進められるものである。本研究会の主題も、全体の育種設計にあると考えられる。その意味において、耐冬性と他の形質の関係、全体計画のなかの耐冬性育種の位置づけも明確にされなくてはならない。

### 2. 既応の研究と成果

#### 1) 雪腐病5種と凍害

北海道において発生する雪腐病には下記の5種が認められており、その他に寡雪地帯で稀に凍

\*北海道立北見農業試験場、099-14 常呂郡訓子府町



害が発生する。しかし厳冬の秋播は $-25^{\circ}\text{C}$ 前後でないとう著しい被害を受けないため、12月中に積雪のある地帯ではほとんど問題にならない。雪腐病の発生生態については、それぞれ富山<sup>13)</sup>、佐久間<sup>12)</sup>、平根<sup>7)</sup>の報告に詳しいが、以下概説する<sup>8)</sup>。

a *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. : 他の雪腐病との混発が多く、多雪地帯の排水良好なところか凍結地帯の多雪年に発生が多い。

b *Typhula incarnata* Lasch ex Fr. : 衰弱老葉に限って侵害。病斑の進展は $5^{\circ}\text{C}$ で大きく、低温では病斑の進展小さい。

c *Typhula ishikariensis* S. Imai : *T. incarnata* に比較して病原力強く、マイナス温度でも侵害可能。

d *Sclerotinia borealis* Bub. & Vleug. : 土壌および生葉の凍結条件下で侵害する。

e *Pythium spp.* : 排水不良の低湿地で発生する。

Bruehl<sup>9)</sup>等は育種に利用できる接種検定を5種の菌で試み、*S. borealis* 以外は成功している。同時に温度および湿度条件と発病を検討している。*T. ishikariensis* は $-1.5^{\circ}\text{C}$ でも侵害できるのに対し、*T. incarnata* および *F. nivale* はマイナスでは侵害できない。また培地の水分ポテンシャルをかえた条件での菌の進展度をみた結果を図1に示したが、*S. borealis* だけが乾燥条件を好み、他の菌と傾向を異にしている。富山<sup>13)</sup>のいう凍結条件と深い関係があるとみられる。

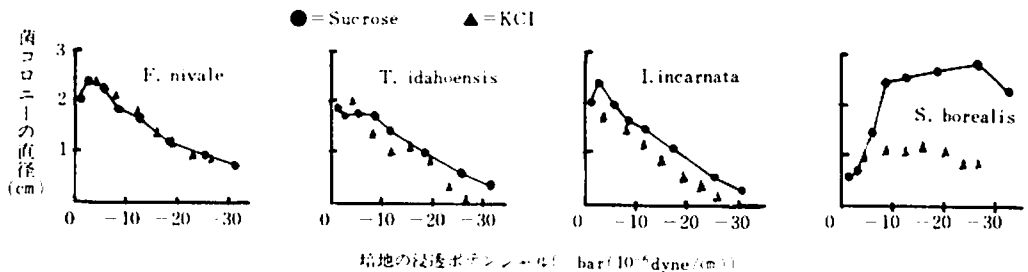


図1 異なる水ポテンシャル条件での菌糸の進展度

一方、自然条件下での発生生態の複雑さは培地での温度反応等と同一傾向は示さない。実際には、自然条件下では雪腐病原菌間あるいは他菌との間で拮抗現象が存在するからとみられる。富山<sup>13)</sup>が *S. borealis* と *T. incarnata* で検討している拮抗現象を自然条件下でより多く検討することが必要であろう。

## 2) 耐冬性の母材と農産形質および品質

「チホクコムギ」の *Typhula spp.* 抵抗性の付与、「ホロシリコムギ」の耐冬性のレベルアップを目標としたとき、最初に育種のための母材が問題となる。筆者等<sup>11)</sup>はその目的のために世界各国より材料を集め、その一部について要因別に検定を行った。詳細は報告にゆずるが、いずれの要因に対しても強いという母材は見い出せなかったものの、個別の要因に対しては強い素材を確認することができた。さらに「ホロシリコムギ」等の北海道育成の主要な品種は、比較的安定した耐冬性を有することが認められた。その結果を端的に示したのが図2であり、A群(耐冬性弱型)、B群(耐寒型)、C群(耐寒、耐雪の中間型)、D群(耐雪型)の4つのグループに類別できる。その結果、「チホクコムギ」、「ホロシリコムギ」にない抵抗性の母材としては、1つに *Typhula spp.*、*F. nivale* に強い「C.I.14106」、「P.I.173438」があり、いま1つは耐寒型の「valujevskaja」、

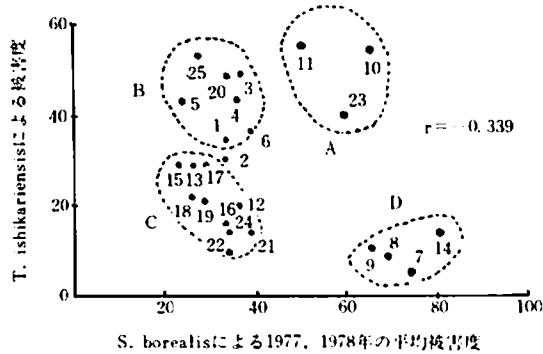


図2 *S. borealis*と*T. ishikariensis*の被害度の関係

「Lietescens329」、「Iohardi」等の材料が利用できる。*S. borealis* に対しては特に強い素材が見い出せなかったため、これからもさらに探索しなくてはならない。

次に、これらの母材の農業形質および品質が北海道品種と比較してどうか問題となる。その代表的材料について表1に示した。北海道品種を除くいずれの母材ともに稈が長く、赤さび病などの病害にも弱い。穂発芽に対しても弱いものも多く、めん用品質としても改良点が多い。「C.I. 14106」、「P.I.173438」については特に *Typhula* spp., *F. nivale* 抵抗性以外の形質については極めて劣ると判断される。

### 3) 耐冬性の遺伝機構

北海道での冬損現象の複雑さに比べて、*S. borealis*, *T. ishikariensis*, *T. incarnata* 抵抗性および耐凍性などの個別の遺伝機構は一定条件下で個別に検定する限り比較的単純のように思われる。したがって、耐冬性育種の目標はそれらの個別要因に対するそれぞれの抵抗性遺伝子の集積ということに帰結されるであろう。

耐冬性の遺伝的研究のうち、耐凍性に関しては、古く Nilsson - Ehle (1912) の同義因子説に始まり、Worzella<sup>14,15)</sup>によって数個の遺伝子が関与するとの解析がなされて以来、いくつかの研究が報告されている。北海道では、楠、長内<sup>9)</sup>が耐凍性育種を進めるなかで、遺伝力を70%と推定している。Granhall<sup>9)</sup>は種間交雑の材料から Law and Jenkins<sup>10)</sup>は染色体置換系統から耐凍性遺伝子を3個もしくはそれ以上存在することを確認している。

雪腐病抵抗性の遺伝を扱ったものは数少ないが、Bruehl等<sup>11)</sup>は *T. idahoensis* の強弱品種間の交雑のF<sub>2</sub>集団およびF<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>系統の結果から、ヘテロシス効果も認められるが、数個の遺伝子が関与するとしている。*S. borealis* についての遺伝解析は従来実施されていなかったが、北見農試では母材の探索とともに、実際の育種のなかで検討されている。特に札幌と北見の両地を利用し耐冬性のすぐれる母材の育成をめざした研究の遺伝的価値は高い。

筆者は耐冬性の主要因をなす雪腐病抵抗性と耐凍性について、前記の母材、北海道育成品種・系統を使って遺伝解析を試みた。ダイアレル分析の手法を用いたが *S. borealis*, *T. ishikariensis* および凍害のいずれもエピステーシス効果のない単純な相加一優性モデルの想定が可能であり、各F<sub>2</sub>集団は中間親によって左右された。各要因とも相加的遺伝子効果が高く、*S. borealis* と *T. ishikariensis* 抵抗性は劣性遺伝子が支配的とみられ、耐凍性では優性遺伝子との両者が関与する結果がえられた。狭義の遺伝力はそれぞれ90, 79, 82%と高く、有効因子数は2~3と推定された。

表1 耐冬性母材と育成系統の主要特性

番号	品種及系統名	大粒菌核病	黒色小粒菌核病	褐色小粒菌核病		紅色雪腐病	凍害	俾長	強稈度	赤さび病	うどんこ病	外見品質	耐穂発芽性	製粉性	製めん適性
				岩見沢	上別'82										
3	Valujevskaja	36	49	11	100	27	17	や長	や弱	(35)	38	中	や易		
4	Lietescens329	35	47	14	98	16	20	長	や弱	(35)	38	中上	や易		や良
5	Iohardi	24	43	26	100	28	31	長	弱	(20)	25	上下	や難	や良	や不良
7	C. I. 14106	72	6	5	75	6	67	中	や弱	73	25	中	易		
9	P. I. 173438	66	10	4	57	7	83	や長	弱	73	13	中	や易		
13	農林 8 号	27	29	10	100	47	52	長	弱	24	8	中上	中	良	中
14	農林 62 号	81	14	9	99	21	66	や長	や強	15	8	中	や易	や良	中
15	北海 48 号	24	29	11		17	70	長	中	(20)	0	上下	や難	中	
16	ホクエイ	32	18	10		19	52	や長	中	(15)	15	上下	中	や不良	中
21	ムカコムギ	39	14	13	99	18	56	や長	中	17	5	上下	中	や良	中
22	ホロシリコムギ	34	19	7	99	22	55	中	強	10	8	上下	中	中	中
23	タクネコムギ	60	40	14	100	37	87	短	強	35	5	上	難	中	中
24	北系 628	34	16	7	97	12	66	中	中	15	20	上下	中	中	
25	北系 840	27	53	14		26	41	短	強	(15)	5	中上	や難	中	中
	北見 45 号	(32)	(45)		100	(31)	(71)	短	や強	38	0	上	や易	良	や良
	北見 47 号	(48)	(18)		100	(23)	(57)	短	強	4	5	中上	中	中	や不良
	北見 49 号	(66)	(35)		100		(63)	や短	や強	(10)	8	上	中	や良	や良
	北見 51 号	(34)	(13)		98	(16)	(60)	や短	や強	5	0	上	中	良	中
	北見 53 号	(29)	(23)		100	(22)	(64)	や長	強	9	8	中上	中	中	や良
	チホクコムギ	(42)	(32)	(20)	100	(20)	(59)	短	強	0	15	上	や易	や良	良

注 1) 品種の番号は図2, 3の番号に対応する。

2) 大粒, '77, '78の平均; 黒色小粒, '77; 褐色小粒, '78; 紅色, '81; 凍害, '77, '79の平均; ( )はいずれも'82年の成績で被害度(%)を以て示した。

3) 赤さび病, うどんこ病は'82年の成績, 罹病度(%)を以て示す。( )は試験が別で「ホロシリコムギ」により補正した。

以上の遺伝解析はいずれも要因個別のものであり, 耐冬性育種への効果はほんの入口のものである。実際の育種が進められていくなかで, 耐冬性の遺伝もより明確になっていくであろう。

次に筆者<sup>3)</sup>は抵抗性の要因を明確にする目的で, 前記の検定を実施した25品種を用いて, 秋季から春季までの生育および養分蓄積のパターンの差異を分析した<sup>3)</sup>。分析の結果を使って主成分分析し, 第1-第2主成分の平面で25品種をプロットしたのが図3である。前記の図2の品種分類と極めて類似している。第1~第3主成分の因子負荷量を考慮するとそれぞれの群は次の特徴を有する。D群は耐雪型品種であるが, 炭水化物の蓄積が多いか, 乾物重が大きい。C群は北海道育成品種で, 生育量および体内成分量ともに中庸である。B群は耐寒型品種で, 草丈, 乾物重が小さく, 乾物率, 体内成分量は中庸からやや蓄積の多い方である。A群は非越冬型品種で, 乾物率低く, 炭水化物類の蓄積少なく, 窒素, 脂肪が相対的に多い。

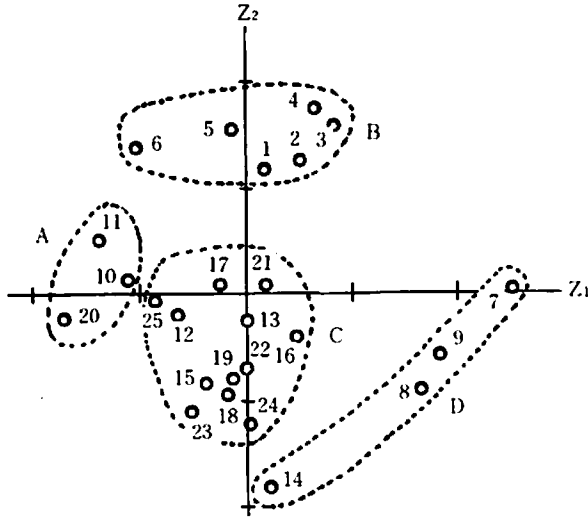


図3 主成分分析による品種の分類

以上の研究と成果に関する概説は、かなり偏ったものとなっている。北海道での耐冬性育種に関連しているということで、筆者等の北海道の品種系統が中心となっているからである。

### 3. 今後の研究の進め方

北海道で発生する雪腐病5種に対して強い品種、あるいは地帯別に適応性をもった良質品種をいかに育成するかという問題は古くて新しい。札幌と北見で明治より進められた秋播小麦育種の素材は、その長い育成経過のなかで極めて優れた耐冬性を獲得してきた。近年、他の農業形質あるいは品質向上を求めため、耐凍性のやや劣るものもみられているが、結局はよりよい検定技術で、数多く検定をくり返すことによって問題は解決されるであろう。最近改善された技術も含め、育種に利用しうる検定方法について概観し、今後の進め方を検討する。

- ① *F. nivale*・*Typhula* spp.：上川農試畑作科は毎年150日以上 of 積雪期間があり、*Typhula* spp.が常発する。数多い材料の淘汰、選抜が可能である。恒温室を利用した接種検定は、精度は優るが処理量に難点がある。密植での選抜法の検討が残る。ほ場での接種検定も再考の必要がある。
- ② *S. borealis*：北見農試で高畦栽培すると常時発生するが、年次により被害度が著しく異なり精度にも難点がある。大量処理は可能である。
- ③ 凍害：地表露出法および冠部凍結法ともに精度は高いが、処理量に制限がある。筆者は電気伝導度を利用した検定法（生葉1gを低温で凍結処理した後、脱イオン水に浸漬し、16時間後に水の電気伝導度を測定する）を予備的に試みたが、地表露出法および冠部凍結法と相関係数  $\gamma = 0.65, 0.77$  ( $n = 25$ ) の値がえられた。さらに少量のサンプルでも可能性は高いとみられる。

以上の他に *Pythium* spp.については Lipps<sup>11)</sup>等が接種、たん水処理で検定している。

雪腐病5種および凍害すべてに対して淘汰、選抜を行なうのは量的に制限を受ける。雪腐病4種と凍害に対する品種の反応からすると *T. ish kariensis*, *T. incarnata*, *F. nivale* の3雪腐病間および凍害と *S. borealis* 間には高い正の関係が認められている。*Typhula* spp.と *S. borealis* で淘

汰および選抜を繰り返すことによって、ある程度目標に近づくと推察される。以下3つの具体的設計について検討する。

1) 発生する雪腐病の種類が異なる2場所における相互選抜

上川農試畑作科の耐雪性検定圃と北見農試高畦の検定圃の両地を相互に利用するものである。すでに前記でもふれたが、札幌と北見の両地を利用して行われた方法である。基幹品種「チホクコムギ」に「ホロシリコムギ」「ムカコムギ」並の *Typhula spp.* に対する強さの付与が最も急がれ、さらに「P.I.173438」, 「C.I.14106」の *Typhula spp.*, *F. nivale* 抵抗性, 「Valujevskaja」, 「Lietescens329」等の耐凍性遺伝子の導入にも利用できるであろう。しかし後者については劣悪形質を多く有する母材から遺伝子導入が中心となるため、何段階かのステップをふむことが必要で、他の育種方法をあわせて進める必要がある。具体的な進め方の模式を図4に示した。

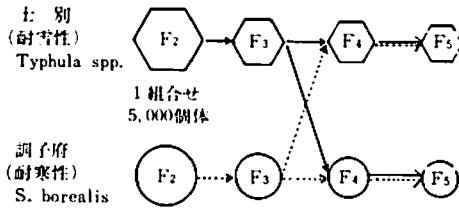


図4 現地選抜はの相互利用による抵抗性の集団選抜

基本的には  $F_2$  での遺伝的基盤の大きさとその後の確実な淘汰の操作が問題となる。

2) 戻し交雑育種の利用

「P.I.173438」, 「C.I.14106」の *Typhula spp.*, *F. nivale* 抵抗性, あるいは「Valujevskaja」, 「Lietescens329」の耐凍性遺伝子を「チホクコムギ」に導入する場合、これらの抵抗性母材の不良形質を除去する目的で、基幹品種の戻し交雑の方法が有効と思われる。仮に、抵抗性遺伝子をそれぞれ3個と考え、不良形質に関与する遺伝子を5, 10, 15, 20と考え、普通の交雑法と戻し交雑法を比較すると、すべて優良な遺伝子を有する希望型の出現頻度は第2表のとおりとなる。無論、それぞれの遺伝子は独立であり、同じ作用方向性と大きさを持つ前提であるが、戻し交雑

第2表 全ての遺伝子座に対して希望型の出現する頻度

総関与遺伝子数	8	13	18	23
戻し交雑回数				
0	$1.2 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-7}$	$1.2 \times 10^{-9}$	$1.2 \times 10^{-13}$
2	$3.7 \times 10^{-3}$	$8.8 \times 10^{-4}$	$2.1 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-5}$
4	$1.7 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-4}$	$9.3 \times 10^{-5}$	$6.7 \times 10^{-5}$

注) 抵抗性関与遺伝子数……(ヘテロ)  
他の形質の遺伝子数……5~20(ホモ)

を実施した方がはるかに出現頻度が高い。一般に戻し交雑育種は、交雑→検定→戻し交雑のパターンをくり返すが、劣性遺伝子支配の場合、この方法は直接利用できない。BF<sub>2</sub>で材料を展開して検定を行い、強材料について戻し交雑を行なう。しかしこの方法でも、単なる戻し交雑だけの方法よりは、はるかに希望型の出現頻度が高まるであろう。

戻し交雑を合理的に使うためには、緑体春化装置と低温恒湿室を利用しなくてはならない。緑体春化室で低温馴化した材料を用いた *Typhula spp.* の接種検定あるいは耐凍性検定はまだ実施していないが、使える可能性は高いと考えられる。その場合1年に3回程度の栽培が可能と考えられるため、育種年限はかなり短縮される。

戻し交雑, 世代短縮, 接種検定(凍結検定)等の技術を駆使することによって、理論的には耐

雪性チホクコムギ、耐寒性チホクコムギの育成が可能である。ただしそれを成功させるのに、実際に戻し交雑回数を何回にし、交雑および選抜に供する材料をどれほどにすれば良いかは、実際には独立を仮定した遺伝的基盤よりはるかに複雑であることが考えられるので、かなりのボリュームの仕事になるだろう。

### 3) チホクコムギの耐冬性強化

耐雪性チホクコムギと耐寒性チホクコムギが育成されると、次に両者間の交雑後代から両者の抵抗性遺伝子を併せもつ材料の選抜作業が続く。その作業量の大きさは、基本的には希望する組換え個体の出現頻度の問題に帰結される。筆者が遺伝解析に供試した材料では、耐凍性と *T. ishikariensis*, *S. borealis* と *T. ishikariensis* の間で極めて高い負の遺伝相関が認められている。この結果は、 $F_2$  集団の平均値を使って推定値であるため、どの程度の連鎖の強さを示しているのかの直接の指標とならないが、仮定した6個の遺伝子で、単純に64個体に1個体の理想型が出現するということでもなさそうである。

選抜作業において、同一個体で *T. ishikariensis* と凍害の両者をスクリーニングできれば、能率は倍加する。個体播きした材料の一部の生葉を切りとり凍結処理をする。そして脱イオン水に浸漬して一定時間後のその水の電気伝導度を測定して強弱を判定する。残っている小麦植物体の材料は *T. ishikariensis* の接種検定に供試する。その結果、両者に強い個体を選抜する。理想的には「P.I.173438」および「Valujevskaia」を比較品種として選抜できるはずであるが、仮に組換え頻度が極めて低いため、強個体の出現が稀としても、一ランクさげたスクリーニングで準強個体を選び、最終的には理想的な耐冬性チホクコムギの育成は可能であろう。

ここでとりあげたのは単に耐冬性だけであるが、実際の育種を考えると穂発芽、耐病性、多収性、強稈性、品質いずれも重要である。全体のバランス、相互関係についても十分検討されなければならない。

## 引用文献

- 1) 天野洋一、尾関幸男、"秋播小麦の雪腐病抵抗性と耐凍性育種、I、検定方法の改善と抵抗性品種分類への適用"、北海道立農試集報、46、12-21 (1981)。
- 2) 天野洋一、"同上、II、片面二面交雑によって推定された抵抗性の遺伝的効果"、北海道立農試集報、47、13-22 (1982)。
- 3) 天野洋一、"同上、III、秋季から冬季にかけての小麦の越冬体勢の抵抗力に対する影響"、(北海道農試集報投稿予定)
- 4) Bruehl, G. W.; Spragve, R.; Fischer, W. R.; Nagamitsu, M.; Nelson, W. L.; Vogel, O. A. "Snow mold of winter wheat in Washington". Wash. Agric. Exp. Stn. Bull. 677, 1 - 21(1967).
- 5) Bruehl, G. W.; Cunfer, B. "Physiologic and environmental factors that affect the severity of snow molds of wheat". Phytopath. 61, 792 - 799(1971).
- 6) Granhall, I. "Genetic and physiological studies in interspecific wheat crosses". Hereditas. 29, 269 - 373(1943).
- 7) 平根誠一、"麦類褐色雪腐病の防除に関する研究"、農林省農業改良局研究部、1955、p. 1 ~ 86 (農改技資第60号)。
- 8) 北海道植物防疫協会編、"北海道作物病害総覧" 1980、p.94 ~ 99
- 9) 楠 隆、長内俊一、"秋播小麦雑種初期世代の耐寒性に関する集団選抜の効果"、育種 9、1 - 5 (1959)。
- 10) Law, C. N.; Jenkins, F. "A genetic study of cold resistance in wheat". Genet. Res. 15,

- 197 - 208(1970).
- 11) Lipps, P. E.; Bruehl, G. W. "Reaction of winter wheat to *Pithium* snow rot". *Plant Disease*. 64, 555 - 558(1980).
- 12) 佐久間 勉, 成田武四、"イネ科牧草, とくにオーチャードグラスの雪腐大粒菌核病について". 北海道立農試集報, 11, 68-84 (1963).
- 13) 富山宏平, "麦類雪腐病に関する研究". 北海道農試報告, 47, 1-234 (1955).
- 14) Worzella, W. W. "Inheritance in winter wheat, with preliminary studies on the technic of artificial freezing tests". *J. Agr. Res.* 50, 25 - 638(1935).
- 15) Worzella, W. W. "Inheritance and interrelationship of components of quality, cold resistance, and morphological characters in wheat hybrids" *J. Agric. Res.* 65, 501 - 522(1942).

### III-7 耐穂発芽性育種

土 屋 俊 雄\*

#### はじめに

小麦の品質問題については、品種本来の特性と穂発芽の問題がある。「チホクコムギ」はその点品質特性としては優れた品種であるが、穂発芽耐性は十分ではない。

品種本来の特性がいかに高い品種でも、穂発芽の抵抗性が付与されなければ雨害の危険は大きい。実際の穂発芽問題には、品種と収穫・乾燥の問題が関係しており単純ではないが、第1に品種の穂発芽耐性強化を図ることとして、道産麦の品質の安定化と向上に努めなければならない。それ故、今後の耐穂発芽性育種はより重要性を増すものと考えられるが、従来からの育種の面での積極的取り組みには歳月が浅く、今後早急に着手しなければならない問題点が多い。

ここでは府県での穂発芽研究のあゆみについてふれ、内外での穂発芽問題についての研究紹介などから一応の考え方を要約してみた。また、現在までの北海道の穂発芽試験についての説明から、今後の耐穂発芽性育種の進め方について検討する。

#### 1. 日本における穂発芽研究のあらまし

日本での小麦の穂発芽に関する研究は、和田・秋浜(1934)<sup>28)</sup>の収穫直後の小麦の不発芽性と発芽促進の研究が始まりと考えられる。それと同時に休眠及び後熟性の研究が進められ、穂発芽には品種間差があり後熟性と密接な関係があること、赤粒種は穂発芽抵抗性の品種が多く白粒種には少ないこと、早生種は後熟期間が長く、硝子質種は穂発芽し易く粉状質種はしにくいこと、また外国種は穂発芽し易く、日本の品種では西南部の品種は後熟期間が長く、東北・北海道の品種は短いなどが報告されている<sup>1,9,10)</sup>。

後熟の生理的研究では、高橋(1938)<sup>20)</sup>による小麦粒の後熟と発芽温度との研究があり、後熟完了種子と未後熟種子では発芽最適温度が異なり、後熟が進むにつれてその最適温度は低温から高温に移行し発芽可能温度範囲も広まること、さらに竹上(1940<sup>21,22)</sup>, 1941<sup>23)</sup>)は、小麦粒の乾湿の

\*北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町

状態により後熟作用に及ぼす温度の影響が異なり、未後熟乾燥種子では高温が発芽を促進する方向に、低温は後熟作用を遅延する方向に働くこと、また未後熟湿潤種子では反対に低温が発芽促進に働くことを認めた。近藤・笠原（1943）<sup>13)</sup>は穂ならびに粒中に発芽抑制物質を認め、この抑制物質は10℃位の低温でその効果を失うことから、上述した未後熟湿潤種子の低温発芽促進と一致している。また彼らは後熟作用の進行は発芽抑制及び促進物質の交互作用によることと考え、穂発芽性の難易との関係を指摘している。

穂発芽と品質の関係は近藤・高橋（1938）<sup>14)</sup>研究に始まり、当初は外見品質・千粒重・立重などが中心であったが、三宅・末次（1950）<sup>15)</sup>による製粉および製パン適性、池田（1956）<sup>6)</sup>による粉質の消長などの研究から内部的な品質にも目が向けられるようになった。その頃、内麦の品質が輸入小麦より劣ることが利用者の間で定評となり、食糧研究所で全国的収集試料の概括的試験が実施され、製粉歩留の低さ及び低蛋白含量で代表される量的劣性の他に成分の質的面にも特異な性格が二、三認められた。これらの質的劣化をもたらす原因の大きな要因として収穫期の降雨の問題が考えられ、高温多湿型の雨害変質による麩質の軟弱性が指摘された<sup>24~27)</sup>。また、中国農試で登熟期間中の降雨が小麦の品質に及ぼす影響の研究が進められ、平野（1971）<sup>5)</sup>により遭雨による品質低下の機作として集大成された。その中では、品質低下の様相からみた遭雨時期の区分として成熟前10、3日を境として3期に分類し、成熟前10日以前の遭雨は千粒重・立重などの量的品質を低下させ、この時期の遭雨では穂発芽は発生しないこと、成熟前の3日前を経過してからの遭雨はアミラーゼ・プロテアーゼなどの活性が高まり小麦粉の粘弾性など質的品質を低下させる。また、その間は両品質の漸減あるいは増加期と考えられ、一部の抵抗性をもたない品種ではこの時期の後期から穂発芽が発生することを認めた。近年、北海道小麦の低アミロ問題で、加工適性の観点から食品総合研究所で研究が進められ<sup>17,18)</sup>、製めん適性でゆで時の溶出がやや増加し、ゆでめんの硬さが少し減少するなどゆで耐性の低下が認められ、ゆで時間の短い細いめんには比較的用いられ易いことが報告されている。

育種・遺伝の分野では、検定方法として収穫直後穂による検定（近藤・鴻巣法）、あるいは粒について収穫後適当な期間毎に発芽試験をおこない後熟を検定（和田・秋浜法）する方法、またアミラーゼ、プロテアーゼなど内部的品質低下をみるなどの方法がとられ、実際育種の場面では稲塚、浅沼<sup>7)</sup>、小島<sup>8)</sup>などの報告以来各研究機関を含めて多くの成績があり、品種・系統間差あるいは選抜に利活用されている。遺伝に関する報告は数が少なく、平野・橋本<sup>9)</sup>は白粒品種育成に当たっての穂発芽抵抗性導入の研究を進め Near - isogenic line により粒色と穂発芽性とは深い関係があり、同じ対同志では白色粒は穂発芽しやすいこと、また白色粒の系統間には穂発芽の程度に差があることを認め、さらに平野は穂発芽難白粒品種育成には錐状・褐稈・脱粒難の系統は穂発芽しにくく、また稈の発芽抑制物質を認めこの点も考慮する必要性を説いている。また、後藤・神前<sup>2)</sup>は小麦の穂発芽性の遺伝について、一般に白粒種は穂発芽しやすく、小麦の中では1粒小麦・チモフェービス系・リベット小麦・クラブ小麦は穂発芽難で、エンマー小麦はやや難、スベルト小麦・デューラム小麦・普通小麦は易〜難であること、穂発芽易はやや優性的に遺伝し広義の遺伝力は中程度であることを報告している。また穂発芽とアミラーゼ活性の間に異なる結果も認められ、雨害抵抗性として穂発芽のみでなくアミラーゼ活性増加による品質劣化の選抜の必要性も指摘している。

最近では桑原ら<sup>14)</sup>の登熟条件と休眠の研究があり、登熟後期の高温が休眠期間を短くすることを認め、さらに品種間差の検定で一般に播性の低い品種に穂発芽難があり、抵抗性の品種を分類



している。

北海道での研究は末松<sup>19)</sup>の報告、北農試での試験成績、および北見農試での成績があるが、数は限られたものである。

以上、日本でも古くから穂発芽の研究は多く、府県では梅雨時期を回避するための早生品種の育成および耐穂発芽性付与の努力を重ねられてきたものと考えられる。前述した世界での研究報告も合わせて、北海道の環境条件、品種・系統間差など現在までの経過についてふれ、さらに今後の北海道での耐穂発芽性育種をどのように進めていくかについて考えてみたい。

## 2. 北海道における穂発芽の発生と環境条件

穂発芽の発生条件として収穫期の降雨が重要なことはいまでもないが、上述したように降雨時期では成熟期前4～5日頃の降雨から穂発芽が発生する場合がある。現在の北海道の品種はある程度の抵抗性を有していることから、成熟期前の降雨で穂発芽が発生するようなことは現在までない。また穂発芽耐性と環境条件の問題では、登熟後期の高温が休眠にマイナスの要因となること、降雨により種子が吸水して発芽し始めるとき低温が発芽促進の方向に働くことがすでに認められている。北海道の小麦の収穫期は7月下旬～8月上・中旬で最も温度が高い時期に当り降雨がなければ収穫条件は最適となるが、このような真夏でも雨が降れば最低気温10℃以下、平均気温で15℃前後に低下することはめずらしいことではなく、特に最高気温の低下が著しい。

このことから北海道での穂発芽の発生と環境条件を考えると、登熟期後半の高温により穂発芽耐性は弱められる形になり易く、さらに降雨時の低温はより発芽を誘起する条件となり穂発芽を促す好適な条件が作り出される。

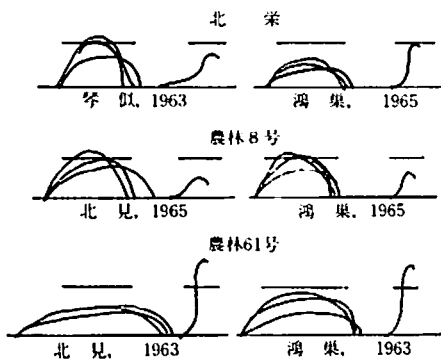


図1. 雨害年におけるエキステンソグラムとアミログラム(年次は生産年を示す)<sup>10)</sup>

従来、府県での穂発芽はどちらかという和高温・多湿型であるが、北海道では上述した環境条件から一般的には低温・多湿型もしくは混合型と考えられ、その傾向は品質面に顕著に示されている。それは、府県では特に麩質の軟弱性が指摘されているが、北海道の場合にはアミログラムの最高粘度が極端に低下していることがあり、酵素レベルでアミラーゼ・プロテアーゼの作用する温度条件が異なることを考え合わせると、北海道における穂発芽の発生は府県とは傾向を異にする特徴的なものと位置付けられようである(図1)<sup>10)</sup>。

## 3. 耐穂発芽性の品種間差と比較品種の設定

北海道における穂発芽問題の重要性は古くから指摘されていたが、育種の面ではなかなか定着してこなかった。

最近では、昭和48～51年春播小麦、同52～54年秋播小麦の品種・系統間差を検定した。図2は成熟期にサンプリングした春播小麦の穂発芽と温度の関係を示した。温度との関係では先に報告があるように低温が最も厳しく、品種間差も明らかに認められる。ここでは農事試の検定でも極難である「伊賀筑後オレゴン」が抵抗性を示し、「ハレヒカリ」は供試材料中では「中」程度と考えられる。また「伊賀筑後オレゴン」のような極難の抵抗性をもっているものでも、15℃検定では内部的に変化し始めている。

秋播小麦では、表1に昭和53年の中生の成績を示したが、供試材料中「ホロシリコムギ」は「中」

程度の抵抗性をもっているものと考えられ、これよりも抵抗性の品種・系統としては「Lancer」「Bridger」「Palo Duro」「NB68531」「北見18号」「北系934, 948, 953, 955, 985」などが考えられた。また2か年の後熟性の推移を図3に示したが、強・中・弱型は成熟期後約10日～2週間で比較的明瞭に認められた。内部的な変化では、図4に水浸・ムロ貯蔵における強・中・弱品種のアミログラムの最高粘度の推移を示したが、この年の条件では「ホロシリコムギ」では成熟期後約1週間程度は耐性を保持しているが、晩刈り条件では耐性弱化が明らかに認められ、また強型の「Lancer」でも成熟期後約2週間の3日処理でやや内部的品質変化を誘起している。

表1. 穂発芽抵抗性の品種・系統間差

系統および 品 種 名	フ ォ ー リ ン グ ナ ン バ ー					
	7/26			8/7		
	無 処 理	1.5 日	3.0 日	無 処 理	1.5 日	3.0 日
Bridger	333	330	332	321	263	290
Lancer	374	355	380	382	364	280
Chanute	266	325	324	353	292	228
Apache	353	324	179	310	312	271
Palo Duro	306	368	318	329	306	262
NB 68531	312	362	330	213	334	301
Timwin	283	291	229	283	283	213
銹 系 ~21	316	304	289	421	195	60
北 見 18号	324	329	322	358	334	331
北 系 688	333	344	347	331	305	232
" 905	329	326	321	327	258	116
" 914	369	336	178	323	89	60
" 920	174	262	296	293	285	168
" 934	252	293	276	335	304	255
" 948	288	336	345	361	349	288
" 952	343	325	275	341	159	69
" 953	183	264	285	317	308	258
" 954	280	328	313	334	347	180
" 955	324	358	331	353	320	239
" 962	177	248	202	286	64	60
" 969	134	254	279	294	253	60
" 985	310	301	332	336	294	262
" 991	422	411	353	436	337	212
北 見 44号	185	257	280	294	285	247
" 49号	112	192	230	288	245	88
ホロシリコムギ	297	348	321	345	305	216
ムカコムギ	296	290	332	358	151	63

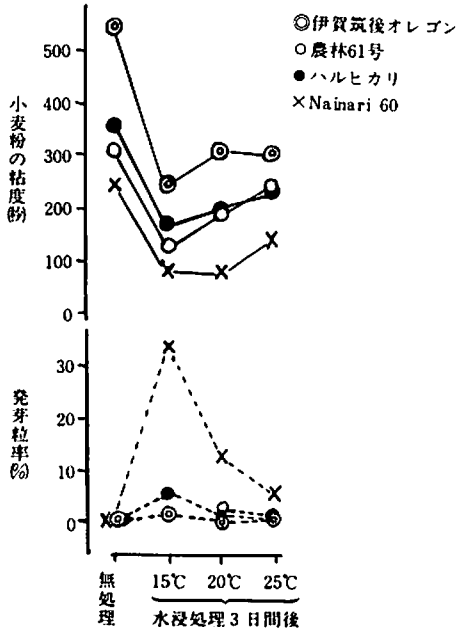
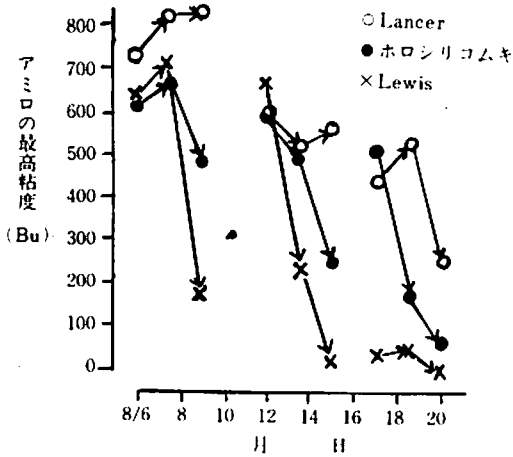


図2. 総発芽と温度 (春播小麦: 昭和48年)



注) ○→○ →○  
 水浸処理後ムロ貯蔵して発芽を誘起  
 矢印はそれぞれ1.5, 3.0日間の動きを示す  
 尚、期間中記録上の降水量はなし

図4. 刈取時期別雨処理によるアミログラムの最高粘度の推移

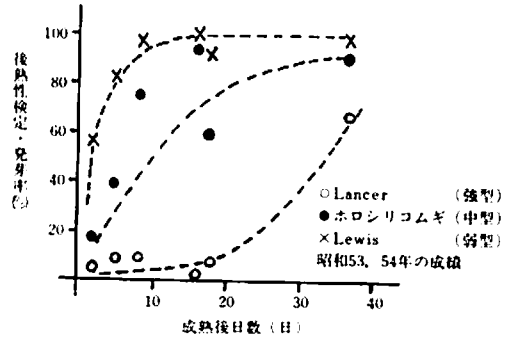


図3. 比較品種の後熟の推移

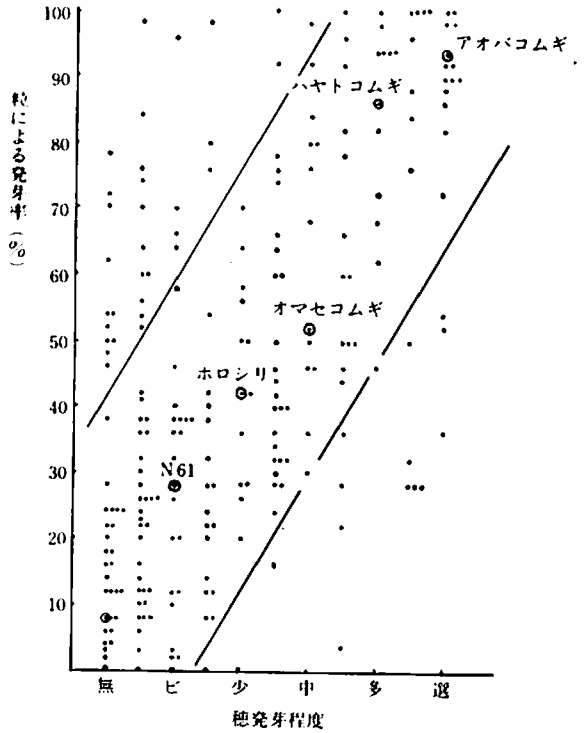


図5. 総発芽抵抗性品種のスクリーニング (農事試, 昭52)

注) 伊オ: 伊賀筑後オレゴン

秋播小麦は北海道の特異的環境条件のため、農事試ではなされている比較品種との直接的な検定は実施していないが、図5に農事試での品種の分類を示した。この検定では「ホロシリコムギ」は“中”程度で、「伊賀筑後オレゴン」などさらに数ランク抵抗性をもった品種が認められている。農事試における5ヵ年の検定結果によると、極難は農林4号(IV)、農林23号(II)、農林47号(II)、農林51号(I~II)、農林52号(II~III)、農林56号(IV)、農林65号(II)、センコウジコムギ(II)、トヨホココムギ(II~III)、関東69号(IV)、関東87号(II)、伊賀筑後オレゴン(II)、極早生4-15、赤坊主(III)である。ここで( )は秋播性程度を示したが、秋播型の難の品種としては、農林15号(IV)、農林50号(IV)、農林70号(IV)、農林72号(IV)、ユウヤケコンギ(IV)、エビスコムギ(IV)、関東58号(IV)、関東71号(IV)、赤小麦(IV)、西国穂揃(VI)、白ダルマ(IV)があり、これらは春播型の難品種農林61号(II)と同程度である。

農林番号全品種およびその他数十系統の系譜を検討すると、①優勝旗347×広島シプレー3号、②江島神力×新中長、③伊賀筑後オレゴン、④白ダルマの4つにその遺伝子源が由来している。上述した「Lancer」などの抵抗性品種系統がこれらの品種と比較してどの程度のものなのか、後述する外国から導入いた抵抗性品種を含めて早急に実施しなければならないと考えている。以上のことから北海道では現在表2の品種を比較品種と考えている。

表2. 穂発芽抵抗性のランキング比較品種

		強	中	弱
秋播	早生	Satana	タクネコムギ	東北138号
	中生	Lancer	ホロシリコムギ	Lewis
小麦	晩生	Etorle Clong	イービス	赤錆不知1号
	春播小麦	伊賀筑後オレゴン	ハルヒカリ	Nainari 60

#### 4. 検定方法と育種上の操作モデル

検定方法の考え方を大別すると、従来の穂発芽検定、後熟性検定の2つとなる。前者は成熟期の耐性を基準とするし、後者は成熟期後の耐性の推移を問題とする。検定方法としてはどちらも有効であるが、穂発芽耐性は環境条件に左右されやすいことから、品種・系統間差を最もよく判断できる条件を設定するため成熟期の検定では処理強度(温度と日数)が、後熟性の検定では検定日と上述の処理強度が関係してくる。

検定操作としては、自然条件下における成熟期後の耐性推移をとらえるために、後熟性の概念を加味した検定を育種の中に組み込みたいと考えている。すなわち図2に示したように、比較的明瞭に品種・系統間差が認められる成熟期後10~2週間目に恒温恒湿室(低温・多湿)を利用して検定する方法を中心に考えている。

育種操作上との関連では図6に示したモデルのように第一段階の初期世代では発芽に、第二段階の後期世代ではネフェロメーターによるアミラーゼの測定など内部的品質変化に重点をおいて選抜する必要がある。特に第二段階の特性検定試験では、適期→晩刈り→晩刈り処理の3つの処理強度で成熟期後10~2週間目までの自然条件下での変化とさらに処理による変化とから比較品種との間で分類することが考えられる。

#### 5. 穂発芽抵抗性母本の選定

抵抗性母材は、現在までに北海道で検定した材料の他に、農事試で検定した春播型17品種・系

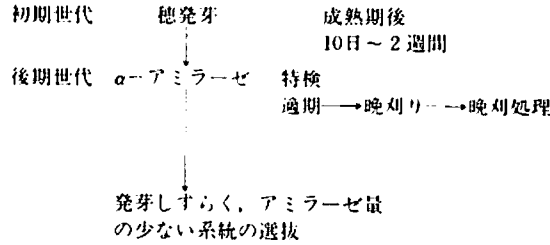


図6. 育種操作上のモデルと検定法

統、秋播型11品種・系統および世界から約40~50品種を導入した。導入した抵抗性品種・系統は春播型が多く、また秋播型の中にも播性が低い方に属するものが多い。

それらの品種・系統が、どの程度の抵抗性をもっているかは不明であるが、農事試での抵抗性母本はもちろん世界から導入したものの中にも秋播型でスウェーデンの「Helge」、スイスの「Zenith」など、春播型ではスウェーデンの「Pit」「U67653」「Br6825×Prins3」、ノルウェーの「Reno」「Runan」、いくつかの国で抵抗性が認められ母本として利用されている「RL4137」などが一応期待されるであろう。抵抗性の要因として十分に解明されているものは少ないが、稈の中に抑制物質が含まれる品種「Kleiber」や、Gai/Rht<sub>3</sub>として「Minister Dwarf」「Tom Thumb」「Tordo」などが含まれている。いずれにせよ、抵抗性品種が北海道の環境条件の中でどの程度のものなのか、また他の農業形質について不明な点も多いため、早急に調査する必要がある。

また、春播型の品種については本年播種されているので、抵抗性の分類はある程度可能であるし、さらに抵抗性の要因についても整理しておく必要がある。

#### 6. 耐穂発芽性「チホクコムギ」の育成

北海道における穂発芽耐性の強化は、高休眠性の付与が最も重要と考えられる。穂発芽についての現在の育成材料はF<sub>1</sub> 6組合わせ、F<sub>2</sub> 個体選抜、3組合わせ、集団養成、6組合わせ(F<sub>4</sub>)、系統育成、5組合わせ(F<sub>5</sub>)で、導入しようとする抵抗性の要因についてはまだ解明されていないが、おそらくは休眠であろうと推定している。「チホクコムギ」の耐性強化については「Lancer」の抵抗性導入を考えているが、「Lancer」は長稈種で実用上困難を伴うため「チホクコムギ」の戻交雑を行ない、「チホクコムギ Type - Lancer 抵抗性」の育成を進めている。

抵抗性母本の選定は、府県および各国から導入した素材の検定結果によるがこれらの品種・系統の多くは、播性の問題や「RL4137」「Kleiber」のように長稈種であるなど農業形質上マイナスの面もあるので、育種操作上の複雑さは加増してゆく。その点では、ある程度の抵抗性を持つ育成系統や、上述した「Palo Duro」や「Satana」などは比較的使用しやすい。「Palo Duro」「Satana」は「農林10号」の半矮性因子を導入した品種なので「半矮性チホクコムギ-穂発芽抵抗性」も可能であろう。

また、北海道の登熟後期の環境条件は休眠を弱める方向に働く面が多いので、将来的には休眠以外の抵抗性要因として、GA-不感受性因子、抑制物質などの要因を導入して、高度の耐性を付与し、安定化させることが必要となろう。

以上本報告を終えるに当たり、北海道での研究がいかに限られたものかを痛感する。

特に、世界的にみた遺伝子源としてどの程度の抵抗性があるのか、その抵抗性の能力として現在よりどの程度の耐性強化が可能か、また北海道の環境条件の中で、どれだけの期間耐性の延長

ができるのかといった今後の設計の部分での可能性について言及することができなかった。

品種育成に当っては、穂発芽問題にもっと積極的に取り組まなければ、容易に進歩、発展は期し得ないことであろう。ともあれ、今後とも一步一步前進して、成果を積み上げて行くしかない。

### 引用文献

- 1) 秋浜浩三, “小麦種子の後熟性に関する品種間差異” 農及園, 11, 2937-2942 (1936).
- 2) 後藤虎男, 神前芳信 “小麦穂発芽性の遺伝について” 育雑, 15(1), 54 (1965).
- 3) 平野寿助, 橋本 隆, “小麦白粒品種の育成に関する研究, 第1報, Near-isogenic lineによる赤色粒と白色粒の穂発芽性の差異”, 育雑, 15(1), 55 (1965).
- 4) 平野寿助, 橋本 隆 “同上, 第2報, 育成白粒系統の穂発芽性選抜について” 中国農研, 31, 16-17 (1964).
- 5) 平野寿助, “小麦登熟期の連雨による品質低下とその機作に関する研究”, 中国農試報, A-20, 27-78 (1971).
- 6) 池田利良 “硬質小麦胚乳の結晶性について”, 日作紀, 25, 88-89 (1956).
- 7) 稲塚権次郎, 浅沼清太郎 “小麦育成系統の穂発芽性検定法”, 農及園, 13, 1497-1501 (1938).
- 8) 小島一政, “小麦の穂発芽検定試験について”, 農及園, 14, 2507-2510 (1939).
- 9) 近藤万太郎, 一色重夫, 寺坂侑視, “小麦の穂発芽現象に就きて, (第1報)”, 農学研究, 26, 221-230 (1936).
- 10) 近藤万太郎, 高橋隆平, 一色重夫, “同上(第2報)”, 同上, 28, 85-103 (1937).
- 11) 近藤万太郎, 高橋隆平, “同上(第3報)”, 同上, 29, 69-86 (1938).
- 12) 近藤万太郎, 笠原安夫, “同上(第4報) 穂発芽と発芽抑制物質〔1〕”, 農及園, 18, 601-604 (1943).
- 13) 近藤万太郎, 笠原安夫, “同上〔2〕同上”, 18, 707-709 (1943).
- 14) 桑原達夫, 前田浩敬, “コムギの穂発芽抵抗性に関する研究, 1. 登熟中の温度条件と休眠形成の関係”, 育雑, 29(1), 26-27 (1979).
- 15) 三宅瑞穂, 末次 勲, “小麦品種における雨害, 特に穂上発芽が粒及び粉の品質に及ぼす影響”, 日作紀 19 (1, 2), 19-24 (1950).
- 16) 農林水産省農事試験場, “小麦品質の地域的変動に関する研究”, 農事試研資, 4 (最終号), (1981).
- 17) 柴田茂久, 今井 徹, 豊島英親, 土屋俊雄, “北海道小麦の製めん適性について” 食品工業学会第25回大会講演, 1978.
- 18) 柴田茂久, “最近の国内産小麦の生産の現状とその品質について” New Food Industry, 23 (2), 46-51 (1981).
- 19) 末松 格, “小麦の穂発芽”, 北農, 5 (8), 4-5 (1938).
- 20) 高橋隆平, “小麦粒の後熟に関する二, 三の実験”, 農学研究, 29(4), 146-170 (1938).
- 21) 竹上静夫, “小麦未後熟種子の発芽と発芽温度に就て〔1〕”, 農及園, 15 (6), 1261-1266 (1940).
- 22) 竹上静夫, “同上〔2〕”, 同上, 15 (7), 1445-1450 (1940).
- 23) 竹上静夫, “小麦未後熟種子の後熟作用と貯蔵温度との関係〔2〕”, 農及園, 16 (8), 1319-1322 (1941).
- 24) 安永 隆, 上村光男, “小麦粉生地の粘弾性からみた日本小麦の特異性に関連する諸要因, 第1報, 小麦粉中のSH基の役割”, 食糧研報, 18, 88-93 (1964).
- 25) 安永 隆, 丸山順子, 上村光男, 福永公平, 稲村 宏, “同上, 第2報, 登熟中の降雨が小麦の加工適性に及ぼす影響, (その1) 降雨による粒内酵素活性および二, 三の成分の変化”, 日作紀, 32, 152-156 (1963).
- 26) 安永 隆, “同上, 第3報, 同上(その2) 降雨処理による変質についての品種間差”, 日作紀, 32, 358-361 (1964).
- 27) 安永 隆, 大森芳子, “同上, 第4報, 少量試料による麩質の簡易評価法(その1) 酸懸濁液の見掛け粘度”, 日作紀, 33, 366-370 (1965).
- 28) 和田栄太郎, 秋浜浩三, “収穫直後の小麦の不発芽性並に発芽促進法”, 農及園, 9(4), 958-962 (1934).

## IV 環境部門からのコメント

### IV-1 秋播小麦の生産性

下 野 勝 昭\*

#### 1. 結 言

本シンポジウムの主旨である「品質に対する環境問題」については、ほとんど言及することができなかった。しかし、品種と環境の接点になる栄養生理的知見を集積していけばおのずと問題は解決できるように思われた。すなわち、source から sink への光合成産物や養分の転流と畜積の機構を明らかにし、環境条件との関係を具体的に解析できれば、生産性に対する育種上の、あるいは栽培環境改善上の有力な指針になり、波及的に品質の向上に結びつくと考えられた。その中でもとくに、子実の充実速度を支配する要因は未知な問題点が山積しており、検討を加えなければならない課題である。

近年、小麦栽培面積の急速な拡大とともに、量の確保に向けられていた試験研究上の視点が質の向上へと転換してきている。しかし、「品質」に含まれている内容は多岐に亘り、その実態は極めて複雑である。土壤肥料関係のいくつかの報告には<sup>9),10)</sup>、広義に解釈すれば、「品質」に関する検討もなされているが、小麦の「品質」を主題として積極的にとりあげた土壤肥料部門の試験研究は、ほとんど認められない。また、「品質」問題のうちの多くは、品種改良によって解決されうる可能性が強く、環境部門で積極的に課題としてとりあげにくい一面も持っている。

先述したように、収量や品質の向上に対する品種の改良効果は極めて大きいものがある。新品種が普及される段階で、土壤肥料部門としてとりくまねばならない課題の第1は、新品種の栄養生理的位置づけを既存の品種との比較で明らかにし、その長所、短所を把握することである。第2には、長所、短所を知った上で、環境に対する反応を検討し、長所をのばし、短所をカバーする環境条件を確立することである。要約すれば、生産力の制限要因を明らかにし、それを除去する環境条件が成立すれば、おのずと、安定多収、品質改善に向けた展望が開け、土壤肥料部門の果す役割が評価されるものと考えられる。

#### 2. 品種・系統と生育収量

##### 1) 収量を支配する要因

表1は、北見農試小麦科「小麦育種試験成績書<sup>11)</sup>」の主要品種特性調査結果から、子実重と各形質との相関係数を求めたものである。子実重と最も有意な相関を示す形質は各年次とも単位面積当たり整粒数（整粒数と略記、以下同じ）であり、1穂整粒数や子実重歩合がそれに続いている。しかし、穂数の子実重に及ぼす影響は比較的小さく、千粒重も年次間差が大きい。データは省略したが、整粒数に対する穂数と1穂整粒数の相関係数をとってみると、各年次とも1穂整粒数との間により有意な関係が認められ、整粒数は、1穂整粒数により強く規制されていることが明らかになった。また、登熟期間が高温であった1975年には、穂数と1穂整粒数との間に極めて有意

\*北海道立北見農業試験場、099-14 常呂郡訓子府町

表1. 子実重と各形質の相関係数( $\gamma$ )

年次 \ 形質	総重	子実重歩合	千粒重	穂数	m <sup>2</sup> 当り 整粒数	1穂 整粒数	1穂子実 穂重	穂長
1973	0.771**	0.695**	0.389*	0.332*	0.881**	0.666**	0.727**	0.091
1974	0.738**	0.620**	0.114	0.442	0.888**	0.778**	0.735**	- 0.047
1975	0.347	0.713**	0.608**	0.040	0.910**	0.555**	0.654**	- 0.234

n: 1973=40 1974=19 1975=21品種・系統 北見農試・小麦科

な負の相関が認められた。整粒数の構成要素であるこれら2形質の競合は、出穂期以降の茎葉部(穂数の多少を反映)と子実部(1穂粒数の多少による充実度を反映)との間に何らかの競合関係が存在することを示唆しているように思われる。

すなわち、子実重歩合で表わされる茎葉に対する子実の乾物重分配割合が高い品種ほど高収となっており、子実への分配効率の良否が収量を支配していると考えられる。収量に対して重要な形質となる子実重歩合は、表2に示されるように、整粒数、1穂整粒数、1穂子実重との関係が深く、穂数、千粒重、および穂長との間には有意性が認められなかった。以上の結果か

表2. 子実重歩合と各形質の相関係数( $\gamma$ )

年次 \ 形質	茎葉重	千粒重	穂数	m <sup>2</sup> 当り 整粒数	1穂 整粒数	1穂子実 穂重	穂長	穂長/全長
1973	- 0.300	0.319*	0.220	0.573**	0.401**	0.467**	- 0.171	0.204
1974	- 0.056	- 0.067	0.214	0.633**	0.619**	0.508*	- 0.429	0.413
1975	- 0.638**	0.420	- 0.127	0.662**	0.483*	0.501*	- 0.362	0.375

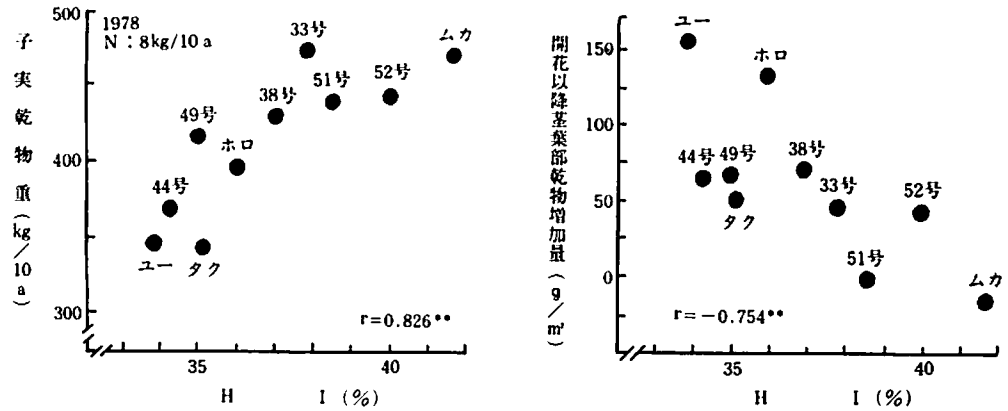
n: 表1に同じ

ら、多くの品種、系統を使用した試験では、整粒数や光合成産物の分布割合を示す子実重歩合が収量を規制する大きな要因であると指摘できる。続いて、現在の奨励品種である「ホロシリコムギ」を、主に北見農試育成の品種や系統と比較することにより、その問題点を明らかにしてみたい。

Donald<sup>2)</sup>が提案した収穫指数(HIと略記、以下同じ)は、収量=収穫指数×全乾物重で表わされ、表1、2の子実重歩合に近い概念である。小麦の品種改良による増収効果にはHIの向上が大きく関与しているとの報告<sup>1),4),2)</sup>もあり、HIを中心とした解析を試みる必要を感ずる。図1には各品種、系統のHIと子実重との関係を示した。その結果、HIの増加に伴って、子実重も直線的に増加することが明らかになり、多収品種を得るためにはHIの高い品種を育成する必要が認められた。Fishcerら<sup>6)</sup>によれば、HIは初期世代での選抜基準になりうると報告しており、かなり遺伝力の高い形質と考えられる。HIは表2で示されたように、整粒数や1穂整粒数の影響を強く受けているが、茎葉重との間には、負の相関があるものの、有意性は認められなかった。収穫期の茎葉重は、茎葉部と穂部に対する光合成産物の最終的な分配結果を示しており、分配の過程は無視されている。

分配の過程を知る一方法として、開花期以降の茎葉乾物重の増減とHIの関係を検討したところ、図1に示されるように、HIの高い品種、系統ほど茎葉増加量の少ないことが明らかになった。すなわち、開花期以降の光合成産物が茎葉部に蓄積せず、効率よく子実へ移行する品種ほど多収





註) ムカ:ムカコムギ, ホロ:ホロシリコムギ, タク:ククネコムギ, ユー:ユーコン, 33:北見33号, 38:北見38号, 45:北見44号, 49:北見49号, 51:北見51号, 52:北見52号

図1. 子実重および茎葉部増加量と収穫指数(HI)の関係

になると言える。また、この図のHIと整粒数との間には正の有意な相関が認められることから、いわゆる、容量因子が大きくて、子実部への光合成産物の転流能力が高い品種ほど多収を示すものと考えられる。次に、「ホロシリコムギ」の特性をみると、HIは低いグループに属し、茎葉増加量は大きいグループに属している。したがって収量性からみれば、育成系統の中には「ホロシリコムギ」よりも有望な系統が多数認められ、改良の余地は大きいものと考えられる。「ユーコン」は高品質小麦として知られているが、「ホロシリコムギ」と同様にHIが低く、茎葉増加量の多い特性を持っている。表3に示されるように、「ユーコン」の収量性は「ホロシリコムギ」程度であるが、立重で優り、さらに子実の養分濃度とNを除く養分移行率は低いので、原粒中の灰分が低下していると考えられる点からみて、良品質の条件を備えている。一方、「ホロシリコムギ」はHIが低いにもかかわらず、子実の養分濃度や移行率は高くなる特性が認められた。

以上のように、光合成産物や吸収された養分が効率よく子実へ移行すれば、多収になる可能性の強いことを指摘してきた。以下には光合成産物や養分の分配、蓄積がどのような因子により律

表3. 子実重および子実養分濃度の品種間比較(1976)

(N施用量平均)

項目 品種名	子実重* kg/10a	千粒重* g	立重* g	子実養分濃度(%)		子実養分移行率(%)			
				N	P+K+Mg	乾物	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
ムカコムギ	503	37.0	650	1.88	1.37	39.5	79.8	87.9	17.3
ホロシリコムギ	405	39.2	640	2.17	1.63	34.3	76.4	87.3	16.1
ククネコムギ	395	31.8	641	2.18	1.59	34.5	75.0	83.1	14.9
ユーコン	425	35.3	675	1.99	1.36	35.1	75.7	85.1	13.8
北見33号	516	42.0	653	1.84	1.38	39.3	78.7	88.7	17.2

乾物重で示されている。

せられているのか、その一端についてふれることにする。

2) 登熟期間の生育と乾物生産能力

Wilsonが提案した Source - Sink 関係による生育解析法は、田中<sup>19)</sup>が継承、発展させ、大きな

成果を挙げている。この解析法の特徴はすでに報告<sup>17)</sup>しているので省略するが、本報告では、秋播小麦の収量を Source 能, Sink 能のいずれが律しているのか検討してみたい。図2-1に子実重と出穂期直前の LAI との関係を示したが、両者には極めて有意な正な相関が認められた。しかし、年次によっては、LAI が6以上になると倒伏したり、減収する場合も認められ、また、既存の報告<sup>3,4)</sup>も考慮すれば、秋播小麦の出穂期ごろの最適 LAI は6前後になると考えられる。

村田ら<sup>13)</sup>は、葉面積を大きく、その上、できる限り遅くまで維持することと、登熟期の日射量の多いことが多収を得るための前提になるとしている。この仮定に従えば、登熟期間中の葉積 (LAD) が大きい品種ほど多収になる可能性が強いものと推定される。図2-2には、子実重と出穂期以降の LAD の関係を示したが、両者には有意な正の相関があり、LAI だけでなく、LAD も収量を支配する重要な因子になることが認められた。この結果は、現在の品種、系統が sink 能よりも Source 能に制限されている可能性の強いことを示しており、草姿や葉型の改善による

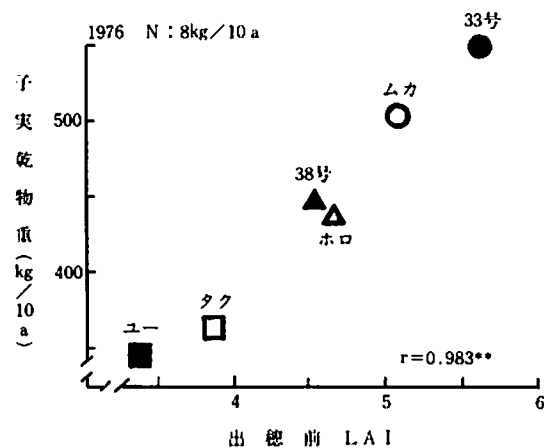


図2-1 子実重と LAI の関係

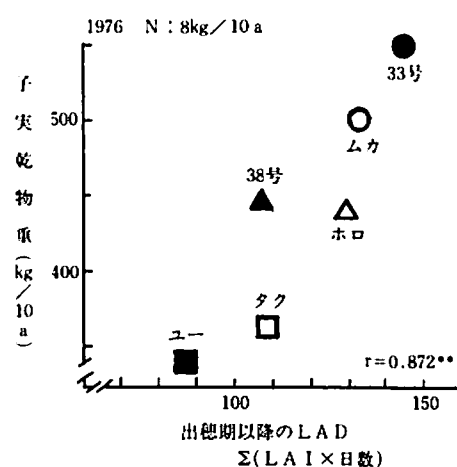


図2-2 子実重と葉積 (LAD) の関係

Source 能の向上が増収に結びつくものと考えられる。なお、Watson ら<sup>21)</sup>は、出穂後の LAD がほぼ等しいにもかかわらず、収量差のあることを認め、この理由として、同じ LAD でも grain : leaf 比に相違があり、この比が高いものほど多収になると結論している。そこで、grain : leaf 比と表現の仕方に差があるものの、ほぼ一致した内容を持つ形質と考えられる葉面積当り整粒数をとりあげ、前記の仮定に検討を加える。

図3には、葉面積当り整粒数と比葉面積 (SLA) との関係を示した。両者には負の有意な相関のあることが認められ、葉面積当り整粒数の多い品種を育成するには SLA の小さいもの、言い換えれば、葉厚の厚いものを選択すれば良いことになる。しかし、葉厚が厚く、葉面積当り整粒数の多い「ユーコン」、「タクネコムギ」は低収性品種であり、Watson らの考え方とは必ずしも一致していない。このように、草姿、葉型などの Source 能の改善を速かに達成しなければならないが、それ以外に残された問題点は山積している。すなわち、LAI や LAD が同一レベルにあるとしても、葉の受光態勢や単葉光合成能が異なれば、乾物生産力に差を生じるであろうし、同じ乾物生産力であったとしても、子実への転流効率、速度が異なれば、収量差が生じるであろう。とくに、光合成産物の転流機構を含めた物質の再生産システムの解析は重要な問題であるにもか

かわらず、あまり検討を加えられていない現状にある。収量性や品質の向上を計るには、よりダイナミックな研究が必要であり、今後の発展が期待される。最後になったが、「ホロシリコムギ」は、草型が非直立葉でなびきやすく、相互遮への影響を受けやすい品種である上に止葉のクロロフィル含量やN濃度も高い水準にあるとは言えない。したがって、葉の受光態勢や単葉光合成能の優れた品種とは考えられず、また、低 HI で光合成産物の子実への転流にも問題点が残されている品種であることをつけ加えておく。

3. 環境と生育収量

主に「ホロシリコムギ」を供試品種として、環境の変動に対する反応性を検討する。「ホロシリコムギ」の特性は前章で述べたとおりであり、それらの遺伝的要因をどこまで環境的要因でカバーできるかが重要なポイントになる。しかし、結論から言えば、多くの複雑な要因を含んでいて、環境条件の操作による改良は困難で、品種改良による遺伝的要因の向上が優先するように思われる。そこで、議論を進めるために環境条件の操作による HI などの向上が達成できなくても、生育を旺盛にし、HI を低めない条件を与えてやれば、増収するとの観点に立ち、以下の考察を進めることにする。

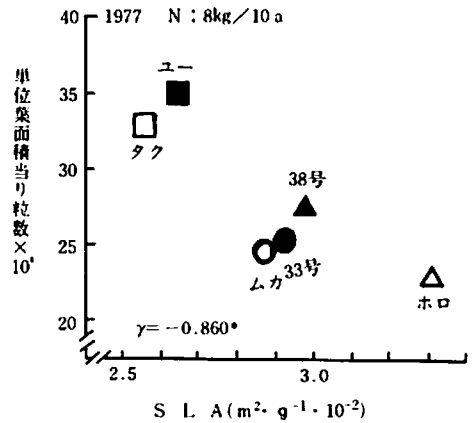


図3. 葉面積当り整粒数と比葉面積(SLA)の関係

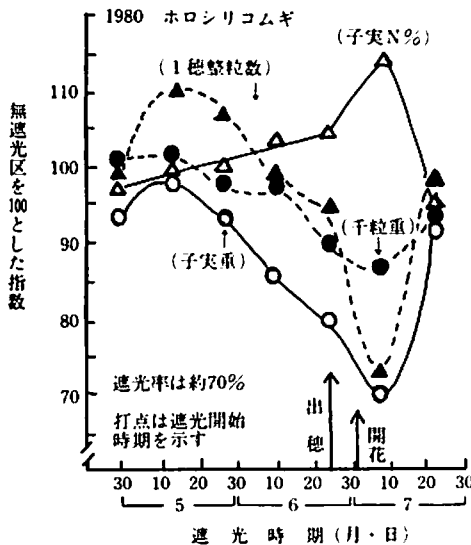


図4. 遮光処理の影響

1) 気象および土壌条件

図4は遮光試験の結果で、遮光期間は2週間に亘る。最も減収割合が著しいのは開花期の遮光であり、それは1穂整粒数や千粒重の低下と対応している。とくに、1穂整粒数の影響は大きく、減収の主たる要因と考えられる。出穂期前後の遮光処理区間に差はないとする Pendelton ら<sup>16)</sup>の報告と矛盾する面もあるが、2年間に亘りほぼ同一の結果が得られたので、北海道の「ホロシリコムギ」では、本報告のような傾向が認められるものと考えられる。したがって、登熟期間中前期の日射量の多少が収量に大きく影響を及ぼし、また、千粒重や1穂整粒数に対する影響も著しいことから、この期間にはとくに Sonrce 能を高く維持する必要性が認められる。続いて、日射量とともに登熟期の生育に大きな影響を及ぼす気温についてふれてみたい。登熟期間に対する温度効果は極めて大きく、これまでの報告<sup>20)</sup>では、登熟期間の日平均気温が15℃以上の場合1℃上昇するにつれ、登熟期間は2.8日短縮され、粒重は1.5mg減少すると言われている。

表4は、網走管内の4試験地で5ヶ年に亘って行われたN施肥試験の収量調査結果を平均値で

表4は、網走管内の4試験地で5ヶ年に亘って行われたN施肥試験の収量調査結果を平均値で

示したものである。清里と網走はオホーツク海沿海部に位置し、表5で認められるように、内陸部に位置する端野、訓子府にくらべて全般に低温で推移している。このような相違を反映して、清里、網走の成熟期は端野、訓子府よりも遅く、登熟期間は長くなる傾向にある。そして、清里、網走は総重と千粒重で端野、訓子府に優り、整粒数と1穂整粒数で劣るために、収量差はほとんど認められない結果となった。このように、気温は、その他の環境条件に比して登熟期間と粒大に強く影響することが明らかになった。一方、土壤条件をみると、4試験地とも火山性土壤であるが、清里、網走はT-Nが低く、排水の良好な土壤であるのに対して、端野、訓子府はT-Nが高く、保水性の良好な土壤であるといえる。端野、訓子府は高温による登熟期間の短縮と粒大の減少があるにもかかわらず、登熟期のN供給力と水分供給力が良好なために1穂整粒数を高く維持し、粒重の大巾を減少を防止してHIを高め、清里、網走と同一収量水準に達したものと考えられる。以上の結果をまとめると、登熟期間中の日射量が多く、比較的冷涼で、Nと水分の供給力が良好な場合に生育が旺盛で、多収をえることができるものと考えられる。

表4. 収量および各形質の試験地間比較 (1977~1981, 5ヶ年平均)

試験地	項目 土壤T-N %	子実重* kg/10a	H I		千粒重* g	1 穂 整粒数	穂 数 本/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> 当り整 粒数 ×10 <sup>4</sup> /m <sup>2</sup>	子実N %	立 重** g
			%	%						
清 里	0.30	380	34.3		38.4	19.8	505	100.0	2.20	624
網 走	0.24	410	33.2		37.3	20.5	542	111.1	2.20	627
端 野	0.35	438	35.5		36.6	22.0	553	121.7	2.18	640
訓 子 府	0.50	395	35.3		35.4	21.2	536	113.6	2.26	635

\* 乾物重で示した。  
\*\* 1年のみの結果である。

表5. 各試験地の最高気温の推移 (1977~1981, 5ヶ年平均)

試験地	月 旬	5			6			7		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下
清 里		13.4	14.2	14.6	20.5	17.9	20.9	21.1	22.9	24.9
網 走		12.0	12.6	12.9	18.4	15.4	19.0	19.8	21.5	22.7
端 野		15.4	16.5	16.1	22.2	19.6	22.9	23.0	24.5	26.6
訓 子 府		14.6	15.7	15.3	21.6	19.4	22.4	21.7	24.2	26.3

## 2) 栽 植 条 件

播種量と畦巾の問題について検討を加える。図5には播種量と生育収量との関係を示したが、倒伏年、非倒伏年にかかわらず、111~700粒/m<sup>2</sup>の播種量間に収量差は認められなかった。収量差のない原因を要約すると、生育初期から開花期までの生育は播種量の多い区ほど旺盛であるが、子実生産に直結する開花期以降の生育は、むしろ、播種量の少ない区で旺盛となり、これらが補完的に作用し合うために生じる現象であると結論される。播種量のある水準以上に増しても収量増にならないことは、多くの研究者<sup>7,8)</sup>も認めており、また、播種量増による倒伏の助長も一般に認められている現象である。

図6には倒伏年の子実中養分濃度を示したが、播種量間に収量差がないのに対して、養分濃度は播種量増により顕著な上昇を示した。非倒伏年の子実N濃度は播種量間に差がないので、倒伏年の養分濃度の上昇は倒伏の程度に対応しているものと考えられる。子実養分濃度の上昇は一般に灰分の増加となり、色相をはじめとした品質に悪影響を及ぼすことが知られている<sup>15)</sup>。したがって、播種量間に収量差はないが、播種量増によって倒伏が助長されて子実養分濃度は上昇し、品質の低下が予想されるので、播種量は現行の標準量(340粒/m<sup>2</sup>)か、それ以下で良いものと考えられる。なお、上記試験は、適期播種と徹底した雪腐病防除を前提として行われており、条件が変われば、異なった結果を生じる可能性もある。

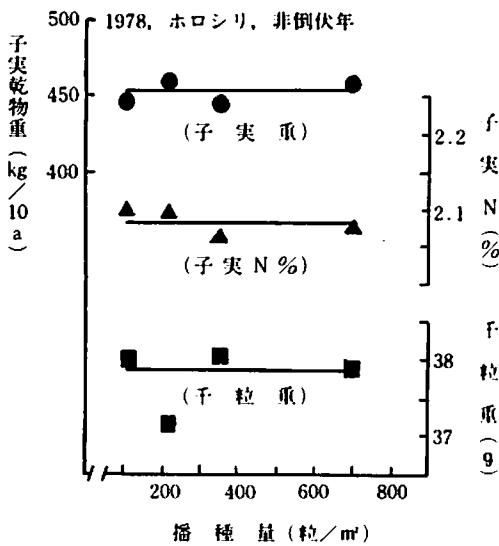


図5. 播種量と生育収量の関係

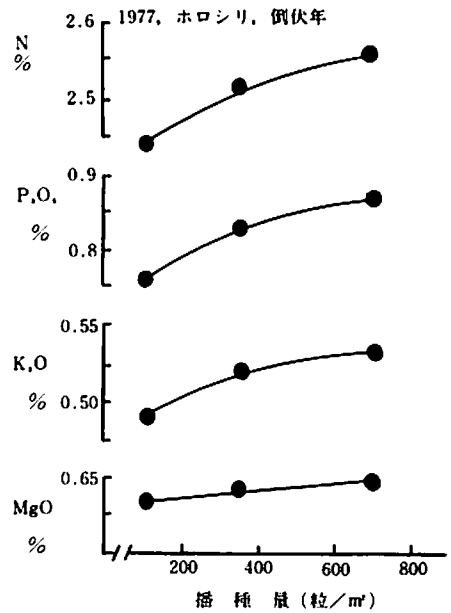


図6. 播種量と子実中養分濃度の関係

図7-1, 図7-2には畦巾と子実重, 千粒重および子実N濃度との関係を示した。供試した2品種とも広畦になるほど子実重は減少し, 子実N濃度は上昇することが認められた。また, 「ホロシコムギ」では広畦による千粒重の減少は認められないが, 新品種である「チホコムギ」では明らかに減少していた。多くの報告<sup>5,18)</sup>によると, 麦類の畦巾は狭畦になるほど増収することが認められており, 増収の主たる要因は穂数増に基づくものと考えられている。したがって, 収量, 品質の両面からみて, 畦巾は狭いほど有利で, 現行のドリル播による狭畦化を広く普及すべきであろう。以上の結果, 適期播種と雪腐病防除の徹底が計られるならば, 播種量は現行量かそれ以下, 畦巾は狭畦化するほど増収し, 品質面でも改善効果が期待できると思われる。

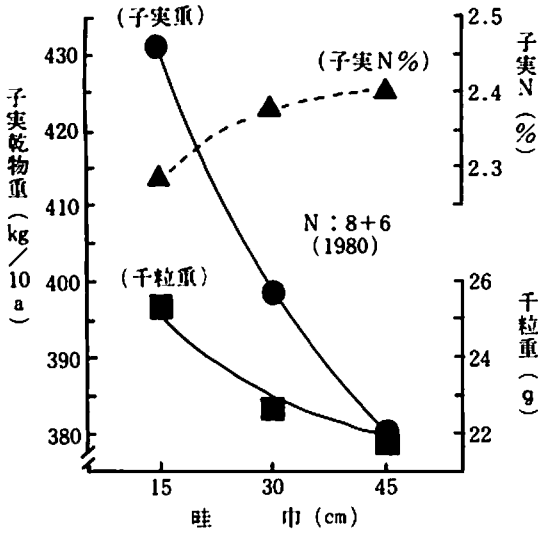


図7-1 チホクコムギの生育収量と畦巾

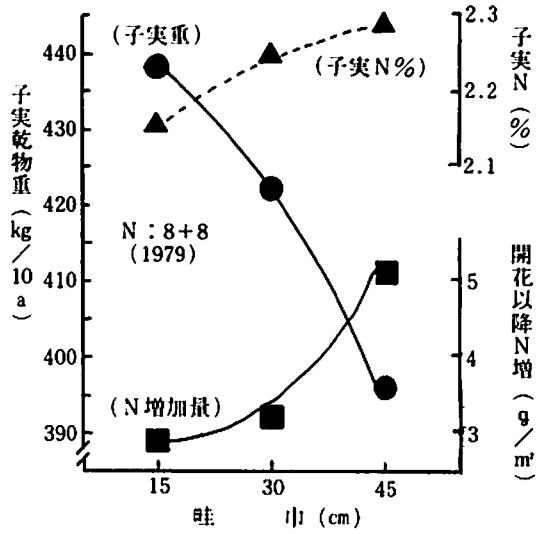


図7-2 ホロシリコムギの生育収量と畦巾

3) 施肥条件

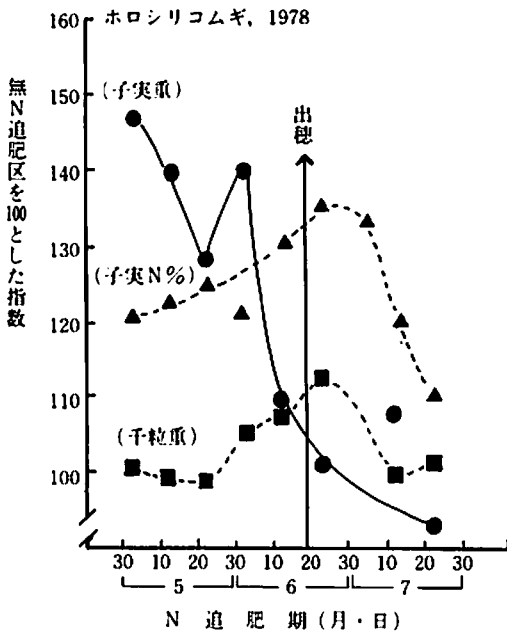


図8. 生育収量に対するN追肥時期の影響

主としてNの施肥法と施肥量について検討する。図8には時期別N追肥試験の結果を示した。子実重はN追肥期が早いほど多収であるのに対して、子実N濃度と千粒重は出穂期前後の追肥をピークとする山型の曲線を示した。一般にN追肥期が早ければ早いほど穂数増となるのに対して、千粒重や子実N濃度は出穂期に近づくにつれて高くなる傾向が認められている<sup>10)</sup>。したがって、穂数が収量制限要因となる年次では、図8のように早期追肥によって著しく増収するが、「ホロシリコムギ」で700本/m<sup>2</sup>を超えるような穂数の多い年次では、むしろ、止葉期や出穂期などの中後期追肥で増収する可能性が強い。言いかえれば、sink能が制限要因になる場合には早期追肥が、source能が制限要因になる場合には後期追肥が有効であると言える。N追肥とともにN分肥の研究も実施されており、結果を要約すれば、基肥にN：4～8 kg/10a、起生期から止葉期までにN：6 kg/10aを上限として分肥すれば安定多収となることが認められている<sup>12)</sup>。その原因を述べると、施肥Nの全量を基肥として施与した場合には、硝酸化成を受けたN肥料が越冬前後の多水分条件により根系域外に流亡し、起生期以降の生育に有効利用されないのに対して、一部を起生期以降に分肥すれば、施肥N利用率と生育が向上するため安定多収を得ることが可能になるものと考えられる。

無N追肥区を100とした指数

N追肥期(月・日)

一方、基肥Nを有効に利用するための施肥法も検討されている<sup>12)</sup>。すなわち、播種、覆土後Nを地表面に均一に散布するN表面施肥法は、初期生育と施肥Nの根系内残存率を高めるため、現行の作条施肥にくらべて著しい増収となることが主として火山性土や洪積土で認められている。言うまでもなく、施肥Nの流亡は土壌の物理性、地形、あるいは降水量などの水分条件によって変動するものであるし、N分肥効果やN表面施肥効果も、前記の水分条件の他に土壌のN供給力や residual-N 含量によって変動を受け易いものである。したがって、与えられた環境条件を十分に掌握することが重要で、その後にN施肥量や施肥法を決定すべきであろう。

#### 4. 結 語

秋播小麦をめぐる品種と環境の問題についてふれてきたが、両者には密接な相互関係があるにもかかわらず、問題点を明確にすることはできなかった。これは、両者の接点になると思われる栄養生理的な知見があまり豊富でないことに起因していると考えられる。例えば、現在の品種の HI と source 能を高めれば多収品種を得られるであろうが、えられた品種の HI や source 能を高めるための環境や栄養生理的条件は明らかでなく、技術的な対応に困難を伴う場合が多い。また、気象条件によっては、むしろ、sink 能を高めなければならない場合もあり、多種多様な対応をせまられている。このような状況を解決するには、栄養生理的知見の強化、とくに、source から sink への光合成産物や養分の転流機構と環境条件との関係を重視して検討を加えるべきであろう。

言いかえると、grain filling rate (子実充実速度) を支配する要因を解析すれば、育種上のあるいは栽培環境改善上の有力な指針になるものと考えられる。はじめにも述べたように、本シンポジウムの主旨である「品質に対する環境問題」についてはほとんど言及することができなかった。多収を得るための環境条件が、ただちに品質の向上に結びつくとは思わないが、養分や光合成産物の転流や蓄積の問題を検討していけば、おのずと道は開かれるように考えられる。

#### 引 用 文 献

- 1) Dobben, W. H. van. "Influence of temperature and light conditions on dry matter distribution rate of development, and yield in arable crops". *Neth. J. Agric. Sci.* 10, 377 - 389(1962).
- 2) Donald, C. M. "In search of yield". *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 28, 171 - 178(1962).
- 3) Evans, L. T. "Crop physiology". Cambridge Univ Press. 1975. p. 101 - 149.
- 4) Evans, L. T.; Wardlaw, I. F. "Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals". *Adv in Agron.* 28, 301 - 355. (1976).
- 5) Finlay, R. C.; Reinbergs, E.; Daynard, T. B. "Yield response of spring barley to row spacing and seeding rate". *Can. J. Plant Sci.* 51, 527 - 533(1971).
- 6) Fischer, R. A.; Kertesz, Z. "Harvest index in spaced populations and grain weight in microplots as indicators of yielding ability in spring wheat". *Crop Sci.* 16, 55 - 59(1976).
- 7) Fischer, R. A.; Aguilar, I. M.; Maurer, O. R.; Rivas, A. S. "Density and spacing effects on irrigated short wheat at low latitude". *J. Agric. Sci. Camb.* 87, 137 - 147(1976).
- 8) Gebre - Martin, H.; Larter, E. N. "Effects of plant density on yield, yield component and quality in triticale and glenlea wheat". *Can. J. Plant Sci.* 59, 679 - 683(1979).
- 9) 長谷部俊雄, "秋播小麦の子実および葉身中の窒素濃度の品種間差異". 北海道立農試集報.

- 18, 67-75 (1968).
- 10) 北見農試土壤肥料科, “秋播小麦に対する窒素施肥法改善試験”, 北海道農業試験場会議資料, 1977, p.1-46.
- 11) 北見農試小麦育種指定試験地, “主要品種の特性調査”, 小麦育種試験成績書, 1975-1977.
- 12) 北見農試土壤肥料科, “秋播小麦に対する効率的な窒素施肥法試験”, 北海道農業試験場会議資料, 1982, p.1-34.
- 13) 村田吉男, 玖村敦彦, 石井龍一, “作物の光合成と生態”, 農文協, 1976, p.200-206.
- 14) Nass, H. G. “Determination of characters for yield selection in spring wheat”. Can. J. Plant Sci. 53, 755 - 762(1973).
- 15) 尾関幸男, 佐々木宏, 天野洋一, “北海道の畑作技術—麦類編—”, 農業技術普及協会, 1981, p.235.
- 16) Pendelton, J. W.; Weibei, R. O. “Shading studies on winter wheat”. Agron. J. 57, 292 - 293(1965).
- 17) 下野勝昭, “秋播小麦の窒素栄養と施肥”, 北海道土壤肥料研究通信, 第23回シンポジウム, 26-44 (1977).
- 18) Steskopf. “Yield performance of upright - leaved selection of winter wheat in narrow row spacing”. Can. J. Plant Sci. 47, 597 - 601(1967).
- 19) 田中 明, “Source - Sink 関係よりみた多収性の解析—水稻およびトウモロコシについて—”, 育種学最近の進歩, 15, 29-39 (1973).
- 20) Wiegand, C. L.; Cuellar, J. A. “Duration of grain filling and kernal weight of wheat as affected by temperature”. Crop Sci. 21, 95 - 101(1981).
- 21) Watson, D. J.; Thorne, C. M.; French, S. A. W. “Analysis of growth and yield of winter and spring wheat”. Ann. Bot. 27, 1 - 22(1963).

## IV - 2 小麦雪腐病防除薬剤の開発の

### 現状と研究手法上の問題点

齊 藤 泉\*

品質に関しては病理部門も対応すべき問題が決して少なくないが、目下のところ我々が直面しているのは生産量の安定にかかわる病害の対策である。そこで良質小麦開発にも関係の深い雪腐病について、その防除薬剤の開発の現状と研究手法上の問題点について述べ、病理部門からのコメントに替えたい。

雪腐病には5種類の病原菌が知られているが、そのうち *Typhula ishikariensis* による黒色小粒菌核病と *T. incarnata* による褐色小粒菌核病に対して PCP 剤による防除法が指導されていた。ところが PCP 剤は水質汚濁性農薬であるばかりでなく、散布時の気温が高いと薬害を生ずると言う欠点がある。このためこれに替わる防除薬剤の開発が急がれていたのである。一方、最近開発される殺菌剤のなかには第1表に示すように特定の病原菌群に特異的に効果を発揮するものが少なくない。このうちメプロニル、フルトルアニルおよびトリクロホスメチルの3剤は稲紋枯病菌、麦類さび病菌、てん菜立枯病 (*Rhizoctonia*) などの担子菌類による作物病害に対して卓効を示すことが知られていた。したがって担子菌である雪腐小粒菌核病菌類 (*Typhula* spp.) にも当

\*北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町弥生



第1表 糸状菌の特定の群に対する特異的殺菌剤

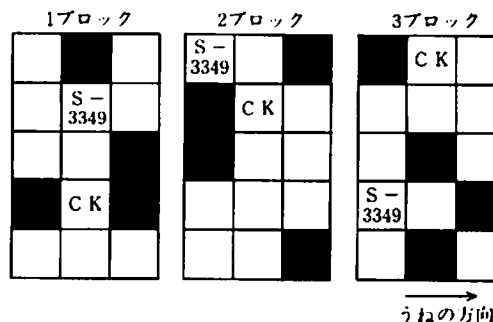
分類上の群	殺菌剤名
菌核病菌科	イプロジオン、ビクロゾリン、プロシドロン
担子菌類	メフロニル、フルトルアニル、トリクロホスメチル
藻菌類(疫病菌)	メトラキシル

然有効のはずであり、数年来各地域においては場効果の検討がなされている。ところが、病害発生量の年次変動や地域差によって、多くの労力と時間を費やしたにもかかわらず薬剤の効果を確認できた試験例は少ない。

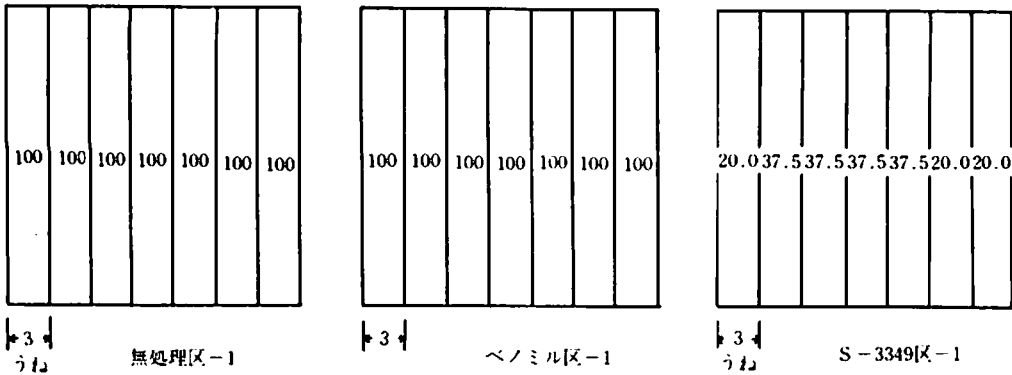
小粒菌核病類の伝染方法には空気伝染と土壌伝染が知られている。すなわち、土壌中の菌核が晩秋に発芽して子実体を作り、それからの担子胞子による空気伝染と、菌核が積雪下で菌糸を生じ(菌糸発芽)、直接侵入する土壌伝染とがある。問題はどちらの伝染方法が重要であるかという事であって、富山(1955)<sup>2)</sup>の報告にもこのことは明確に示されていない。しかし、ほ場において黑色小粒菌核病がスポット状に発生すること(坪木の未発表観察)、連作ほど発生量が増加することは明らかに土壌伝染の重要性を示唆しているのである。もっとも、Bruehlら<sup>3)</sup>は早くからこのことを認識していたようである。

そうすると積雪量、期間などの環境要因は別として(非常に重要な要因であることは筆者も充分認識しており決して無視しているのではない)、土壌伝染性病害であるならば、当然感染源の密度と分布が、黑色小粒菌核病の発生量と発生の均一性に影響を及ぼすと考えられるのである。すなわち黑色小粒菌核病を土壌伝染病の一つとして再認識する必要がある。

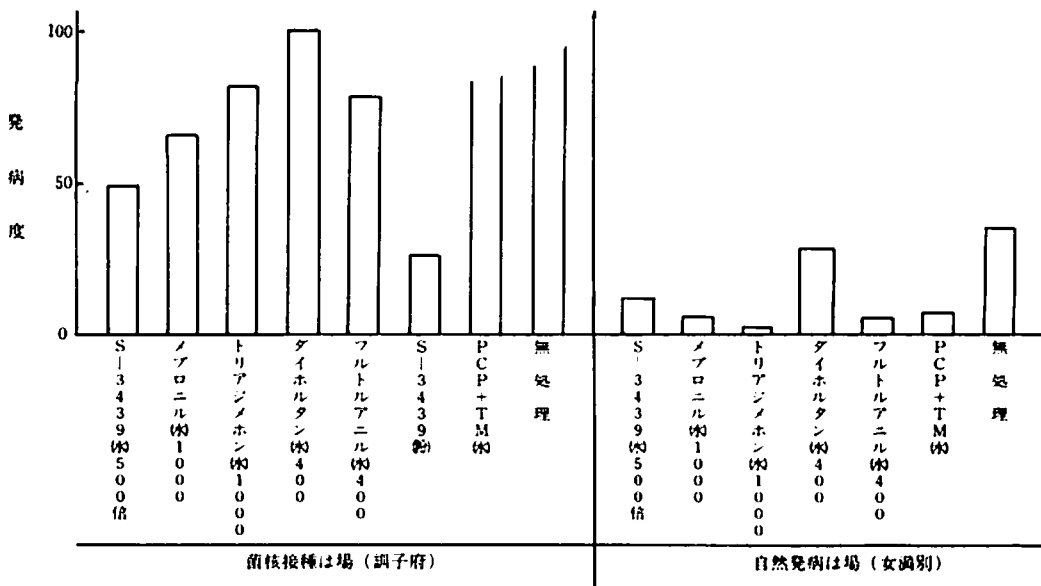
そこで初冬(1980年)に、目的とするほ場全面にわたって黑色小粒菌核病の菌核を散布接種した結果、激甚な発病が認められた。第1図および第2図にみられるようにほ場における発生は均一であり、発病の殆んどが接種菌核の菌糸発芽による感染に基づくことは明らかである。また、各種薬剤の接種ほ場における効果をみると菌発生のため、自然発病ほ場における効果に較べると劣る傾向がみられる(第3図)。このため薬剤の実用効果を確認することのみを目的とするなら更に接種菌核量を検討する必要がある。要するに卓効を示す一薬剤のみで対応していると耐薬性の問題が生ずる恐れがあり、あまり過酷な条件下でスクリーニングを行うと効果は多少劣るが実用性のある薬剤を落すことになるからである。なお、1981年度冬期間の気象は大粒菌核病の発生に



第1図 無処理および無効薬剤処理によって発病良が100となった区的位置 (CKは無処理)



第2図 1区内における発病度分布



第3図 各種殺菌剤の黒色小粒菌核病に対する効果

とって好適であったが、接種は場における病菌別個体調査では黒色小粒菌核病の発生が多かった。この事実はある程度以上の菌量があれば不適當な気象条件下でも本病を発生させ得ることを示している。

以上はさし当り黒色小粒菌核病に対して適用し得る手法であって褐色小粒菌核病、紅色雪腐病さらには大粒菌核病の常時発生をねらった接種法については今後の検討を必要とするところである。

引用文献

1) Bruehl, G. W.; Sprague, R.; Fischer, W. R.; Nagamitsu, M.; Nelson, W. L.; Vogel, O. A. "Snow molds of winter wheat

in Washington". Washington Agric. Exp. Stn. Bulletin. 677, (1966).

2) 富山宏平, "麦類雪腐病に関する研究". 北海道農業試験場, 1955, p.234 (北海道農試報告第47号).

## V 総 合 討 論

### V-1 要 約

座 長 馬 場 徹 代

(北海道立北見農業試験場)

米麦の品質に関係する物質、品種、環境及び測定方法等非常に多岐に渡る問題について、短時間で盛沢山な発表が集約的に行われたが、これらのすべてを総合して討論し、結論の方向づけをすることは不可能である。

それ故、ここでは主たる質疑の要点を要約して記述し、併せて、水稻については麦で行われていない優良米早期開発技術として薬培養と冷水利用の耐冷性検定を、また小麦については今後展開を予定している良質麦（秋播、春播）早期開発試験の具体的戦略の考え方について述べ、総括としたい。

猶、この合同セミナーは現行の農業試験研究に益するところ大であったことから、今後も何等かの形で継続実施することを確認し、散会したことを付記する。

#### 1. 質 疑 の 要 点

- 1) 小麦粉の粉色関連問題
- 2) 小麦穂発芽耐性の品種間差判定基準

#### 2. 薬培養技術の応用

優良米早期開発のための育種年限短縮方法の一環として、薬培養による半数体の利用の実用化を昭和55年から実施してきた。供試材料は交配組合せした $F_1$ 又は $F_2$ 段階のもので、1試験管当たり約20個の薬を置床し、1回に約5,000~5,500本の試験管を用いているが、分化個体が得られる確率は1~2%である。第1年目（昭和55年）実施で得られた分化個体（ $A_1$ と呼称）は5組合せの262個体で、これらは現在生産力又は特性検定調査を実施中である。第2年目（昭56年）は13組合せ、第3年目（昭57年）は11組合せを実施する。これらについての実用性の判断は近年中に一応明らかとされよう。

小麦における薬培養の技術は、日本では京都大学で研究中であるが、未だ成果の報告はない。昭56年「北見42号」の異型出現に対して、薬培養法の適性を上川農試で試みたが、これは失敗に終わった。しかし57年には低率ながらもカルスの形成をみている。ただし目下のところ緑色個体の再分化には至っていない。

#### 3. 耐冷性強化

寒冷地稲作においては、如何に米が良質であっても、耐冷性の弱い稲は画餅に過ぎない。また、冷涼年に著しい品質低下を起す米では、北海道米の評価を上位に安定させることは出来ない。それ故、優良米の条件は良質であると同時に強耐冷性であることである。

この耐冷性検定及び選抜の目的をもって、昭和56年度北見農試水稻試験地に地下冷水を汲み上げて灌漑し、定常的に冷水田を利用出来る施設を設置した。勿論中央、上川農試でも耐冷性の検定は実施されているが、これによって今後耐冷性試験は一層強化され、従来集団又は系統選抜の

段階が主体で行われていた耐冷性検定を個体選抜の段階にまで拡大して行うことが出来よう。

当面の育種目標は「はやゆき」程度の耐冷性能力を持つ良品質のものであるが、今後国内外の遺伝子及び $\gamma$ 線照射変異利用を強化した育種に発展して行くものである。

#### 4. 良質小麦早期開発の具体的戦略

- 1) 秋播小麦
- 2) 春播小麦

## V - 2 薬培養の紹介と若干の知見

相 川 宗 巖\*

薬培養における花粉起源の分化植物は、花粉が半数性であることから、理論上半数体である。この半数体を何らかの方法で染色体倍加できれば、得られた二倍体は純系である。このように、短期間で純系（固定系統）が得られるのが薬培養法の最大の利点であり、自殖性作物では育種年限の短縮に結びつく。

Guha と Maheshwari (1964<sup>8)</sup>, 1966<sup>9)</sup> がチョウセンアサガオで初めて薬培養に成功して以来、わが国でもタバコ（中田ら1968<sup>12)</sup>）およびイネ（Niizeki et al. 1968<sup>14)</sup>）で半数体が作出されている。このように新技術として開発された薬培養も、わが国ではタバコで（中村ら1975<sup>11)</sup>）品種育成に成功したに過ぎない。タバコなど特定の植物を除くと、植物体の分化率が極端に低いことが原因である。

一方、中国における薬培養技術の進歩は著しく、現在では世界的水準にあるといえる。中国における薬培養技術の進展については、福井(1980<sup>4)</sup>, 1981<sup>5)</sup>, 1981<sup>6)</sup>が詳しく紹介している。これによれば、薬培養に供された植物は20余種にのぼり、このうちイネ、コムギ、タバコおよびナスで新品種が育成されている。

中国での成功の基礎として、培地の研究・開発が挙げられる。中でも代表的なN<sub>2</sub>培地は、朱至清らによってイネ用に開発されたもので、蔗糖・ホルモンの含有量を変えれば、イネ科植物全般に適用し得る応用範囲の広い培地である（Chu et al. 1975<sup>2)</sup>, Chu 1978<sup>3)</sup>）。

上川農試では1980年から薬培養を始めた。本稿では成果の概要と若干の知見を紹介する。

薬培養において、植物体が分化するには、二通りの過程がある。一つはタバコの如く、花粉から直接胚嚢体が分化する場合である。もう一つは、花粉からカルスを経て植物体が分化する場合で、イネ・コムギなどはこれに属する。

イネの薬培養で植物体の分化率を向上させるには、まず花粉（厳密には1核期の小孢子、以下花粉と称する）からのカルス形成率を向上させる必要がある。

近年、材料の低温による前処理（以下、低温処理と称する）が、カルス形成率を向上させるこ

\*北海道立上川農業試験場、078-02 旭川市永山

表1. 葯置床前の低温処理がカルス形成ならびに器官形成に及ぼす影響 (1981, 上川農試)

永80交53: F, (中部17号×道北36号)

処理時間 (7~10℃)	処理開始日 (置床日) 1981	葯		カルス 形成数 (b)	供試 カルス数 (c)	器官形成			b/a %	d/a %	d/c %
		試験管数	置床数 (a)			アルビノ のみ	根 のみ	緑色 植物 (d)			
0	(9.12, 24)	82	2,493 <sup>•</sup>	126 <sup>•••</sup>	301	48	60	125	5.05	5.01	41.5
15	9.6 (9.7) 9.9 (9.10)	174	5,431 <sup>•</sup>	516	1,166	124	251	421	9.50	7.75	36.1
24	9.14 (9.15)	159	4,732 <sup>•</sup>	414	841	108	192	277	8.75	5.85	32.9
40	9.9 (9.11)	139	4,224 <sup>•</sup>	369	1,045	102	287	342	8.74	8.10	32.7
48	9.16 (9.18)	89	2,690 <sup>•</sup>	317	550	42	141	194	11.78	7.21	35.3
計		643	19,570	1,742	3,903	424	931	1,359			

上80交66: B, F, (コシヒカリ×道北栞18号<sup>2</sup>)

0	(9.21, 26)	200	6,474 <sup>••</sup>	289 <sup>•••</sup>	455	193	68	81	4.46	1.25	17.8
15	9.17 (9.18) 9.25 (9.26)	223	7,219 <sup>••</sup>	368	821	338	137	177	5.10	2.45	21.6
24	9.17 (9.18) 9.25 (9.26)	151	4,888 <sup>••</sup>	378	653	263	127	114	7.73	2.33	17.5
40	9.19 (9.21)	40	1,295 <sup>••</sup>	127	294	148	62	47	9.81	3.63	16.0
48	9.18 (9.20)	60	1,942 <sup>••</sup>	284	395	153	54	85	14.62	4.38	21.5
計		674	21,818	1,446	2,618	1,095	448	504			

- 試験管全数調査による。
- 試験管200本抽出調査による平均値からの推定値。
- 葯置床後約3ヶ月目までの形成数。

とが明らかになってきた (Genovesi et al.1979<sup>7)</sup>)。上川農試でも1981年夏期に材料の低温処理を行い、葯培養に供試した (表1)。この結果では、無処理区のカルス形成率がかなり高いものの、低温処理によるカルス形成率の向上が認められた。さらに、処理時間を延ばしたり、置床葯を厳選することにより、カルス形成率が40%を越える結果も得られている (1982, 上川農試)。一方、植物体分化に関しては、カルス移植の時期やアルビノの分化を抑制することが問題であり、今後の検討が必要である。

葯培養における低温処理の効果は、タバコ、チョウセンアサガオ、オオムギ等多くの植物でも報告されている。

Horner et al. (1978<sup>10)</sup>) はタバコの Burley の成熟花粉には2種類あり、N (正常, 多量のデン粉を含む) および S (デン粉含量少なく, 核の見分けがつかない) 花粉とし、幼植物は S 花粉に由来するとしている。さらに、S 花粉は減数分裂の異常に基づくとしている。中田 (1974<sup>13)</sup>) は、これらの知見から、葯培養における供試植物の環境条件の重要性を指摘している。

前述の低温処理も、これら環境条件の1つと考えるならば、供試植物の栽培条件 (前歴) は、種々の方向から検討する必要がある。

上川農試で薬培養を始めた当初は手探り状態であったが、低温処理等の新知見により、現在では一定の割合で分化植物が得られるようになった。

1980年夏期に薬置床した第1回目の培養においては、5組合せの $F_1$ および2組合せの $F_2$ の平均値で、カルス形成率（カルス形成試験管数/薬置床試験管数）32.4%、緑色植物体分化率（緑色植物体分化試験管数/カルス移植試験管数）6.9%であった。1981年春期の場合には、10組合せの $F_1$ の平均値で、カルス形成率（同上）70.1%、緑色植物体分化率（同上）17.0%、同年夏期の場合には、12組合せの $F_1$ 、2組合せの $F_2$ の平均値で、それぞれ56.7%、24.2%であった。

薬培養における分化植物は“理論上”半数体である。一方、現実には、イネ花粉から脱分化したカルスは染色体数の変異が大きく、二倍体の分化率も高い（大野1975<sup>15)</sup>）。

上川農試の1981年春期薬置床の場合では、カルス移植試験管中1513本の試験管に緑色植物体が分化した。これを温室内のベッドに移植した結果、958個体が生存し、うち観察により372個体が二倍体、586個体が半数体、異数体あるいは倍数体と判定された。二倍体中324個体が採種可能であった。

カルスから分化した緑色植物体は、通常 $A_1$ 植物と呼ばれる。二倍性の $A_1$ 植物上に稔実した種子は $A_2$ 系統となる。（1980年夏期に薬置床された $A_1$ の後代 $A_2$ 73系統は、翌年（1981）圃場で特性検定に供され、うち46系統は収量比較試験に供された。これらの系統について、成熟期の稈長を調査した結果、変動係数はほとんどの系統で5%以下であった。また、出穂および成熟期も整一で、純系であることが裏付けられた。

このように、分化の過程で自然倍加する二倍体は、直ちに圃場検定に供試し得るが、一方、“理論通り”分化した半数体は、染色体を倍加する必要がある。染色体の人為倍加には、コルヒチンの生長点処理が知られているものの、イネ科植物では生長点の位置が根際にあることから処理に困難を伴う。イネの場合、株分けによる腋芽の自然倍加も可能とされている。上川農試では1981年夏期、圃場において株分けによる半数体の自然倍加を試みた。結果は406個体中8個体に稔性の回復が認められたに過ぎなかった。現在、半数体の倍加頻度が低いため、利用し得る分化植物は二倍体に限られている。半数体の倍加法は今後の検討が必要であろう。

最近、九州東海大学農学部新聞関丈夫教授を通じて、陳英氏の *The Advances of Studies on Anther Culture and Pollen Culture of Rice in China*<sup>1)</sup> というレポートを入手した。これには最近中国で行なわれた様々な実験結果および知見がまとめられている。陳氏はこの中で、低温処理が非常に有効な方法であることを紹介している。また、薬壁細胞の役割にも触れ、花粉の脱分化に必要な養分の供給源、および培地と花粉との間の物質代謝上の連絡橋となっていることを指摘している。さらに、アルビノの分化は、遺伝的な要因よりも、培地組成および培養中の温度条件が主要な要因であるとしている。最後に、中国では最近100の置床薬に対して5及至10、平均6.3%の緑色植物体が得られるまで植物の分化率が向上し、この結果、薬培養による品種育成に、明るい見通しを持っているとしている。

この様に、薬培養技術は中国での精力的な研究の結果、著しい進歩を遂げつつある。一方、依然残された問題として、1)低温処理を含む供試植物の前歴、2)カルスの移植時期、3)アルビノの分化、4)半数体の染色体倍加等が挙げられる。これらの問題が解決されれば、薬培養による植物体の分化率はさらに向上するであろう。

薬培養の最大のメリットは短期間で純系が得られることであり、通常育種に比して最大3年の年限短縮も可能である。一方、最大のデメリットは、植物体の分化率が低いことである。それ故、通常育種と比肩するには、現状では規模拡大とそれに伴う労働力の投入が必要である。

## 引用文献

- 1) Chen, Y. "The advances of studies on anther culture and pollen culture of rice in China". (1981).
- 2) Chu, C.C.; Wang, C. C.; Sun, C. S.; Hsü, C.; Yin, K. C.; Chu, C. Y.; Bi, F. Y. "Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources". *Scientia Sinica*. 18, 659 - 668 (1975).
- 3) Chu, C.C. "The N<sub>6</sub> medium and its applications to anther culture of cereal crops". *Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture*. 1978. p.43 - 50.
- 4) 福井希一. "中国における半数体育種の進展〔1〕薬培養培地の研究". *農及園*. 55(2), 15 - 19 (1980).
- 5) 福井希一. "中国における半数体育種の進展〔2〕種々の作物における半数体の作出". *農及園*. 56(2), 16-20 (1981).
- 6) 福井希一. "中国における半数体育種の進展〔3〕新品種の育成". *農及園*. 56(3), 10-14 (1981).
- 7) Genovesi, A.D.; Magill, C.W. "Improved rate of callus and green plant production rice anther culture following cold shock". *Crop Sci*. 19, 662 - 664 (1979).
- 8) Guha, S.; Maheshwari, S.C. "In vitro production of embryos from anthers of *Datura*". *Nature*. 204, 497 (1964).
- 9) Guha, S.; Maheshwari, S.C. "Cell division and differentiation of embryos in the pollen grains of *Datura in vitro*". *Nature*. 212, 97 - 98 (1966).
- 10) Horner, M.; Street, H.E. "Pollen dimorphism-origin and significance in pollen plant formation by anther culture". *Ann. Bot.* 42, 763 - 771 (1978).
- 11) 中村明夫, 山田哲也, 岡 克, 立道美朗, 江口恭三, 綾部富雄, 小林 清. "薬培養によるタバコの半数体育種法に関する研究, 第5報. 半数体育種法による緩和性黄色品種 F211の育成". *磐田たばこ試報*. 7, 29-39 (1975).
- 12) 中田和男, 田中正雄. "薬の組織培養による花粉からのタバコ幼植物の分化". *遺伝学雑誌*. 43, 65-71 (1968).
- 13) 中田和男. "薬および花粉培養とプロトプラスト". *遺伝*. 33(3), 27-34 (1979).
- 14) Niizeki, H.; Oono, K. "Induction of haploid rice plant from anther culture". *Proc. Jpn. Acad.* 44, 554-557 (1968).
- 15) 大野清春. "イネの薬培養による半数体の作出とその育種的利用". *農研報告*. D26, 139-222 (1975).

## V-3 冷水田の計画

佐々木 多喜雄\*

酒井<sup>2)</sup>は雑種後代の養成法について、集団育種法では、 $F_2$ 以後、集団としてそのまま、または特別に選んだ環境に連続栽培し、あるいはその間に適当な集団選抜を加える方法を提示した。この考えに基づいて、初期世代の集団養成中に自然淘汰を利用する試みが育種の実験場面で行われ、雑種集団の性質が、その集団を養成した場所により違うことが確かめられている<sup>3)</sup>。すなわち、集団における淘汰は主として到穂日数に働き、ほかの形質の変化の大きな部分は到穂日数との高い相関によって、もたらされたものであった。そうして、北海道のような北の試験地では、到穂日数が早くなることが明らかにされている。

北海道立農試では、北海道の気象条件を利用して、晩生および耐冷性弱個体の自然淘汰のための集団選抜を実施してきた。しかし、気象条件は年次により異なり、集団選抜の効果の変動も大きいので、その効果を安定させ更には選抜の強度を高めるために、冷水掛流し田を利用した集団養成がなされるようになった、すなわち、上川農試では、冷水田における集団養成は昭和32年(1957)から開始された。北見農試においては、その立地条件から、試験田の水口部分が冷水田と考えられ、これを利用した集団養成が実施されていたが、冷水掛流し田における集団養成は昭和38年(1963)からであった。中央農試では、「耐冷性緊急育種試験」の実施に伴い、昭和52年(1977)から開始された。

冷水掛流し処理による集団選抜の効果は、経験的にも認められるところであるが、特に早生化、短稈および穂数多の方向<sup>4)</sup>および耐冷性の強化<sup>5)</sup>で明らかに認められ、実際の育種場面でも早生耐冷性品種の育成に貢献してきたと考えられる。ここで、一つの例を示すことにしよう。上川農試では昭和44年から50年まで、一時冷水田における集団養成が中止され、再び冷水処理が復活されたのは昭和51年からであった。表1は、集団養成中における冷水処理の有無と、後代により耐冷性強系統を選抜した系統数を比較したものである。これによると、冷水田において集団選抜を経た後代では、交雑親の耐冷性が特に強くない組合せから、地方番号を附した19系統のうち2系統が耐冷性強系統であった。これに対し、冷水処理を経ずに育成された20系統のうち、交雑親に耐冷性強品種を2回用いている「道北36号」を除くと、特に強い系統は育成されなかった。

表1. 集団養成における冷水灌漑処理効果の1例

集団養成中に冷水処理を受けた系統	耐冷性強系統
道北1号～道北19号	道北10号(ささほなみ/上育234号) 道北18号(かむいもち/ささほなみ)
集団養成中に冷水処理を受けなかった系統	耐冷性強系統
道北20号～道北39号 (但し、道北38号は風連町現地選抜圃で集団養成)	道北36号(水系7361/道北5号) (水系7361(Cody/2*そらち))

注) 上川農試

\*北海道立上川農業試験場, 078-02 旭川市永山



このように、早生耐冷性品種の育成にとり、冷水田による集団選抜の効果が高いことが認められるのである。近年の耐冷性品種の育成は、この他に兼備しなければならない特性が多く、これらの特性を備えた個体および系統の選抜には、極めて多くの材料を供試しなければならず、従来の冷水田面積(20a)では、必要集団を希望通りに処理できずにいた。また、ほ場周辺の環境の変化で、冷水田としての効率が低下しつつあった。幸いに、昭和47年に地下水汲み上げポンプ利用による冷水井戸が設置され、冷水(約11.5℃)を灌漑水に混合使用することにより、冷水処理および耐冷性検定の効率が向上した。加えて、昭和57年には、更に地下水汲み上げ施設を含めた冷水田の増設が実現し、その面積は40a増加し従来の20aを加えて60aとなった。この結果、表2に示すように、冷水田増加前の最近3ヵ年昭和54~56年の平均と、昭和57年の冷水田供試材料を比較すると、特に集団養成と系統選抜において、供試組合せ数および1組合せ当り供試数が増加している。これらが総合されて、耐冷性選抜の効果が一段と高まることが期待される。なお、個体選抜および系統選抜に対する冷水処理の効果は、すでに明らかにされているが<sup>2)</sup>、現有面積では1組合せ当り供試数を多く必要とする個体選抜には、殆んど利用できず、今後、これに必要な冷水田の増設が望まれる。中央農試においては、昭和52年度に「耐冷性緊急育種試験」のスタートに伴い、冷水井戸が新設された。この結果、冷水掛流しによる耐冷性系統の選抜および後代系統の耐冷性検定が可能となった。表2には、最近3ヵ年の平均値について、冷水田における育種試験の規模を示した。冷水田利用の基本操作は、各場間に大差はないので、ここに中央農試の例を示す。

育成初期の雑種集団(F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>)を密植条件下で養成し、稔実度の高い穂を選抜する。翌代これを系統に展開し冷水田で養成し、耐冷性に関して選抜を加える。一般に冷水田では、冷水処理期間の長い晩生種は、早生種に比べて稔実が劣り、この結果、冷水田では晩生種が淘汰されることになる。かつ、この種の集団について穂選抜を行うことにより、この傾向は助長される。更に、昭和54年度から集団養成については、箱マット稚苗・晩植を行っており、早生種選抜のチャンスが一層増大していると考えられる。

このように、冷水掛流しにより育成の早い段階から、早生および耐冷性に関して淘汰または選抜が可能となった結果、後代系統の耐冷性の水準は向上し、「強」系統の出現頻度も高まっている。すなわち、育成中の系統「空育114号」および「空育119号」は、「イシカリ」、「ともゆたか」および「キタヒカリ」の基幹品種に比べ、その耐冷性は上位で「強」と判定されているが、これは冷水田利用の成果と言えよう。

北見農試では、昭和56年度に冷永井戸(自然湧水方式)が新設されるとともに冷水田が整備された。これにより、雑種集団の耐冷性に関する集団選抜と育成系統の耐冷性検定の規模の拡大が可能となった。すなわち、表2に示したように、昭和57年度の集団養成の供試組合せ数を、過去3ヵ年平均に対して、増加させることができた。これと同時に、冷水田の拡大整備により冷水掛流し水量の調節、冷水井戸利用による水温の計画的な調整が可能となり、この結果、雑種集団の組合せによる育種目標に応じた冷水掛流し処理が可能となった。更に、冷水田の水温コントロールにより、耐冷性検定結果の再現性が向上した。

以上3場における冷水田の合計面積は、昭和57年度より120aとなり、北海道以南における耐冷性品種育成および耐冷性検定のセンターともいえる青森県農試藤坂支場における冷水田面積約60a(昭57)を上まわった。

今後の耐冷性品種は、単に早熟、耐冷性のみでなく、従来から必要とされた耐病性、耐倒伏性、

表2. 冷水田における育種材料の規模

供試材料	場所 年次 供試数	上川農試 (56年まで20a, 57年60a)				中央農試 (30a)		北見農試 (30a)	
		指定試験		道 単		54~56	57	54~56	57
		54~56	57	54~56	57	54~56	57	54~56	57
集団養成	組合せ数	12	12	14 2	37	20	11	33(1) 5(3)	12(1) 33(2)
	1組合せ当り	2,600	3,600	1,500 704穂	4,800	6,000	8,500	2,500	3,500
個体選抜	組合せ数	-	3	-	-	1	-	13	12(3)
	1組合せ当り	-	5,800	-	-	8,700	-	4,500	4,500
系統選抜	組合せ数	-	23	5	13	12	9	17 1(2)	18
	1組合せ当り	-	169	230	271	132	150	72	82
耐冷性検定 (生子以降)	系統数	-	-	934	1,213	591	532	444	770

注) 冷水処理強度 (1): 強 (2): 中 (3): 軽

収量性および外見の品質などとともに良食味性を備えていなければならない。更には、耐冷性の水準を一段と高めねばならない。規模の拡大、加えて精度の向上がなされた冷水田の効率高い活用が、以上のような、多くの重要特性を兼備した優良米の早期開発に、大きく寄与することが期待される。

なお、本稿は中央農試および北見農試の各担当者からの資料提供に負うところが多かった。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 明峰英夫, 菊池文雄. "日本稻雑種集団の遺伝子構成におよぼす環境の影響". 植物の集団育種法研究. 酒井寛一, 高橋隆平, 明峰英夫編. 養賢堂. 1958. p.52-61.
- 2) Futsuhara, Y.; Toriyama, K. "Genetic studies on cool tolerance in rice. V. Effectiveness of individual and line selection for cool tolerance". Jpn. J. Breed. 21, 181 - 188 (1971).
- 3) 酒井寛一. "イネムギ育種法の理論的組立て". 植物の集団育種法研究. 酒井寛一, 高橋隆平, 明峰英夫編. 養賢堂. 1958. p. 3-18.
- 4) 佐々木一男, 柳川忠男. "水稻雑種集団の養成方法が主要形質に及ぼす影響". 北海道立農試集報. 28, 52-61 (1973).
- 5) 佐々木多喜雄. "水稻雑種初期世代における冷水灌漑処理が後代の耐冷性およびその他の主要形質に及ぼす影響". 育種. 30 (別冊1), 88-89 (1980).

## V-4 良質小麦早期開発の具体的戦略

### V-4-1 秋播小麦

佐々木 宏\*

#### 1) 育種目標

日本のめん用小麦の標準とされる、群馬県産「農林61号」以上のめん適性を有する秋播小麦の耐冬、強稈、耐病、多収品種を熟期別に育成することを目的とし、当面「チホクコムギ」の耐雪性と耐穂発芽性の強化、ならびに「タクネコムギ」に代るめん用早生品種の育成に重点をおく。

#### 2) 重要特性の段階的結びつけ

具体的な目標値はI-2、表1(尾関)に示されている。育種目標通りの理想型品種を一気に育成することは、ひとしく切望されるところであるが、そうは簡単に行かないところに問題がある。このため、迂遠のようではあるが、重要特性を一つずつ結合させて、それを着実に積み重ねることによって、目標に近づけることがより現実的である。この考えの単純なモデルを図1に示した。

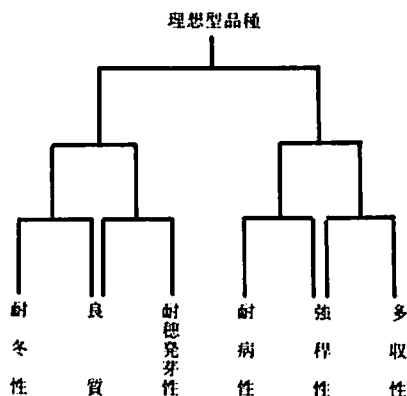


図1. 重要特性の段階的結びつけ

ここで、それぞれの特性には、それ自体が複雑でしかも重要な問題を抱えていることは、すでに各章で述べられている通りである。また、このトーナメント方式には幾通りもの組合せがあるし、すでに2つ以上の特性を兼ね備えた材料もないわけではない。しかし、例えばめん適性と耐穂発芽性と兼備したものとなると、目下道内の材料には見当たらないし、これらと耐冬性をあわせもつものの育成もこれからの課題である。したがって、こうした中間母本を多数用意することが、先づ以て第1段階の仕事になる。これが達成されると、第2、第3段階での集積は比較的容易に行えるはずである。

\*北海道立北見農業試験場、099-14 常呂郡訓子府町

道産の秋播小麦をすべてめん用原料として考えるならば、道内のどこの産地においても、「チホクコムギ」並のめん適性が要求される。また、めん適性の道内地域の変動は明らかではないが、少なくとも早・中・晩生の各品種が、外見的にも内容的にも区別しにくい程度と同質なめん適性をもたせることは、遠隔地にある本道の物流対策からも必要である。この意味からも、当面「チホクコムギ」のめん適性をベースとした、一連の改良計画を推進することになる。

### 3) 母材の選定

これまでの知見と情報から、手持ちの材料を母本に選定できそうなものは以下のようである。もちろん、これらの中の幾つかはすでに使われている。

耐冬性：耐寒、耐雪性の中間型として、ムカコムギ、ホロシリコムギ、北見51号、北系628、840等があるが、詳細はIII-6に譲る。

めん用良質：チホクコムギ、北見22、38、40号、関東99号\*、シラサギコムギ\*、Gamenya\*、再検討を要するが Alton, 4710-H-7, 7452-1-3-2C, Fredrick, Arther, Maris Nimbred.

耐稈発芽性：Lancer, Bezostaja I, Satana, Tom Thumb, Minister Dwarf (III-7 参照)。

耐病性：赤さび病にはチホクコムギ、北系811、東北農試のさび系番号の系統；赤かび病に対しては、延岡坊主\*、蘇麦3号\*；うどんこ病に対しては、北見51号、北系811；黄さび病と黒さび病には春播小麦の外国品種\*；条斑病には農林61号、ナンブコムギ。

強稈性：秋播性程度の高い半矮性型として Etoe clong, Maris Hustman, Mardler, Hustler, Hobbit.

多収性：IWWYN の多収品種として Yubiley, Zg4240/73, Zg887/73, Disponent

ただし、上記品種の\*印は春播型なので、導入にあたっては耐冬性との結びつけが先決である。

### 4) 育種操作の概要

#### (1) 種子一緑体春化法による世代促進

百足 (1974)<sup>2)</sup>は、高度な耐さびコムギの育種上、種属間交雑法は長期の育種年限を要し、さらにさび病菌新レースの分化による耐病性の逆転現象など、多くの問題を抱え、その対応策の一つとして最短の育種年限で、各種の抵抗性遺伝子を1品種に組合せ、集積するため、連続戻交配と集団育種法を行う場合について、省力、効率的な世代促進法を開発した。すなわち、未成熟種子催芽法と緑体および種子一緑体春化の組合せによって、年間を通じて冷温室と温室施設内だけで材料を操作する新しい世代促進法である。

未成熟種子の催芽は、開花ないし交配後15~20日で収穫した種子を、3日目には90%以上を確保して播種可能なもので、45℃の定温乾燥、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1%液に浸種して25℃に17時間、液をとりかえて11℃に30時間置床する。また春化処理の新法は表1に示すように、従来の種子春化に比べると、秋播性程度VI~VIIのもので2週間の短縮となる。

この方法は、催芽種子を播種し、覆土をしないまま、8℃の冷温下におき、ビタルツクスAの24

表1. 新処理法によるコムギ品種の春化処理所要期間の短縮 (百足, 1974)

秋播性程度 春化処理法	VI-VI	V	IV	III	II	I
	(慣行法) 発芽期：種子春化	7週	7	6~5	4	1
(新法) 発芽期：種子一緑体春化	5	5~4	3	2	1	0



て、耐雪性はもとより耐寒性をも兼ね備える系統の選抜・育成を期待するわけである。

十勝農試の強稈性、中央農試の赤さび病は、従来同様の特性検定的取扱いであり、さらにこれら3場の地域適応性検定が充実された。ここで望まれるのは、収量を500~600kg/10aの高水準の下で検定されることである。そのための肥培管理が必要である。

(3) めん用のための品質検定

めん用の良質品種を目標とする以上、表2の育種試験の流れの中で、品質の検定と選抜は重大なウエイトを占めるはずであるが、今のところその全貌は明らかでない。何故ならば、めん適性に対する理化学的根拠はパン適性に比べてきわめて弱いからである<sup>7)</sup>。にもかかわらず表3の検定計画を示したのは、無計画で育種は出来ないことと、情報と器機の強い部分に焦点を合わせたまでのことである。したがって、めん適性に関する理化学的ならびに遺伝的情報は蓄積されるに従って、この計画は逐次改善されうるものであり、われわれもまたその一翼を荷うものである。以下強い部分の試験別に育種の操作を略述する。

〈個体選抜〉

通常の農学的実用形質の中でも、個体選抜が有効とされるものは少いけれども、逆にこの段階で不良なものが、後代に至って良くなることはきわめてまれであろう。したがって、草型、熟期、耐病性等について、ほ場で選抜された個体は、先ずその1穂を以て穂発芽検定を行い、残余の穂は脱粒してストックしておく。チャンパー方式の穂発芽検定装置の収容能力は20,000穂であるから、かなりのスペースが個体選抜に使われ、ここで選抜された難穂発芽個体は、ストックの種子で外見品質のよいものと、硬質結晶粒子の少ないものを顕鏡して選抜する。

硬質結晶粒子の多少は monogenic と考えられ、多いものはパン適性と関係するが、少ないものがどの程度めん適性と関連するかは、今後検討を要する。なお、遭雨によって消失するので、多雨年には予めその対策を用意しなければならない。

インフラライザーによって、灰分、蛋白の測定は容易になったが、個体単位では環境変異を大きく伴うので、決定的な選抜は避けた方がよい。試料の作成は手動の粉砕器を用いていたが、導入された高速粉砕機が偉力を発揮する。これらは原粒を対象とするよりも、小麦粉の精度が高い。

めん用、パン用の用途を問わず、一次加工の品質、つまり製粉性が優れていなければ良質小麦とはいえない。しかし、従来小型のテストミルといえどもブラベンダー式小型テストミル (Brabender Experiment Mill Quadrumat junior) しかなかったため、少量サンプルを製粉することはできなかった。以下、今回導入された5gの超小型ミルと、これによる個体選抜への利用を概説する。

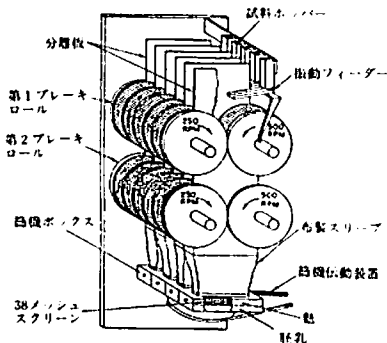


図2. 超小型製粉機 (Micro Mill) の構造略図  
(ワシントン農試西部小麦品質研究所作製)

Shoup et al. (1957)<sup>8)</sup>は、初期世代の育種材料を予備的に評価することによって、大量の製粉試験を補完しようとして5gのMicro Millを開発試作した。構造の概略は図2のように、2対のブレイキロールを1ブロックにまとめ、各ロールと、これに続く篩機が5つにセパレートされて、一度に5点の試料が3分以下で製粉され、38メッシュスルーの粉と、麩がそれぞれのひき出しに受けら

Seeborg and Barmore (1957)<sup>9)</sup>は、F<sub>4</sub>, 399系統を用い、このミルで分離された麩の量の頻度

分布を調べた。最低1.1gから最高2.3gにおよび、モードは1.6g、僅かに歪んだがほぼ正規線に近く、麩の量ないし bran cleanup は量的な遺伝形質で、数個の遺伝子に支配されるのではないかと考えた。図3は彼等がF<sub>2</sub>の1,715個体を挽砕し、麩の量によって製粉性を評価したものである。2人のオペレーターが4日間で行っている。

製粉性の評価にはビューラー式テストミルが最も工場の大型挽砕に近いものとされているが、これは表3にも示したように、むしろ育種の最終段階でなければ実際には行われぬ。これを補完する意味で、初期世代から製粉性の予備的評価で選抜されるならば、生産力検定試験には製粉性の優れた材料を集中されることができよう。

今回、ワシントン州立農業試験場にある Western Wheat Quality Laboratory に特に依頼して、1年がかりで作製してもらった本機が、漸く北見農試に到着した。外国小麦に比べると日本内地の小麦は、製粉性のよくないことはよく知られている。これが改良のために本機の利活用が大いに期待される所である。

#### 〈系統選抜〉

ほ場で選抜された系統の種子は、翌代に進める個体と、比較的よく固定されている場合の生産力検定予備試験、あるいは派生系統選抜試験に供試の種子を除けば、すべて品質検定用に使いたいところである。ただし、マスにされた試料は翌代に進められる個体と必ずしも遺伝的に同質ではないというらみがあるので、ここでも個体選抜と同じ扱いによって、後代検定を行わねばならない。

試料が100gもあれば、ブラベンダー式テストミルで製粉性を見ることができ、えられた小麦粉は粉色と澱粉の変質検定に用いられる。ただし、フォーリングナンバーは多数材料をこなすのが、マックマイケル粘度計ではそうはいかない。

#### 〈生産力検定予備試験〉

系統育成試験の材料は、なお個体単位の後代検定を継続する。生子で生産された種子は系統群単位としての品質評価に用いられる。原料が少ないときはブラベンダー式テストミル、多いときはビューラー式テストミルで製粉されるが、最少限アミログラフ、ミキソグラフおよびカラーグレーダーによる粉色を必要とし、生子2年目の材料で生検並に製めんテストとテクスチャーの検定を行うべきである。つまり、地方番号をつける時には、めん適性の評価が整っていなければならないからである。品質検定の重点はこの段階におくべきであって、次の生産力検定試験は評価の確認であってよいものと思われる。

#### 〈生産力検定〉

地方番号がつけられ、奨励品種決定調査に配付され、また標準栽培以外の栽培法試験も併行されるので、材料の数がふえて来るし、検討可能な項目が網羅され、かなりのウエイトがこの段階にかかってくる。しかし、ここへ来て品質的に望ましくないものが多いようではナンセンスであ

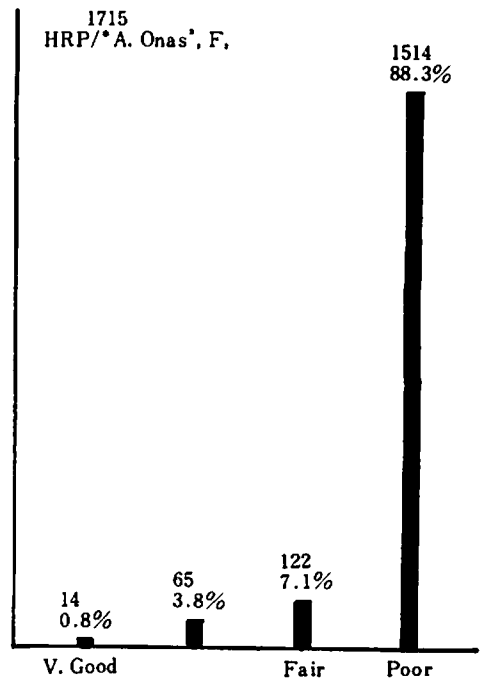


図3. F<sub>2</sub> 個体の●重量による製粉性評価 (Seeborg and Barmore, 1957)

表3. 育種試験におけるめん適性の検定計画

検 定 項 目	分 析 器 機	個 選	系 選	生 子	生 検	必要な試料の量 g
耐穂発芽性	穂発芽検定チャンバー	○	○			1穂以上
澱粉の変質	フォーリングナンバー		○			粉 7
α-アミラーゼ量	ネフェロメーター			○		" 5
小麦粉の物理化学性	マックスイケル粘度計		○			" 4
"	アミログラフ			○		" 65
"	セディメンテーションテスト		○			" 3.2
硬質結晶粒子の多少	顕微鏡	○	○			全粒粉 0.5
灰分・蛋白	インフラライザー	○	○			7 ml
製粉性子備試験	マイクロミル	○	○			原料 5
製粉試験	ブラベンダーテストミル		○	○		" 100
"	ビューラー "			○	○	" 1 kg以上
小麦粉の色	ベッカーテスト		○			粉 5
"	カラーグレーダー			○		" 30
"	反射率用分光光度計				○	" 6
生地の物理性	ミキソグラフ			○		粉 30
"	ファリノグラフ				○	" 50
"	エキステンソグラフ				○	" 300
製めんテスト	製めん機			○	○	粉 300
	テクスチュロメーター			○	○	めん少々

注) ○印は可能な限り早い世代に実施できるものとしたから、それ以降の試験には当然実施可能であることを示す。

る。むしろ品質の地域的、あるいは栽培条件による変動を確かめる方が重要となる。

### 引 用 文 献

- 1) 江口昭彦, 後藤虎男. "暖地産小麦品種のめん加工適性について, ゆでめんの食味と小麦粉の物理・化学性". 中国農試報, A29, 33-70 (1981).
- 2) 百足幸一郎. "コムギの世代促進に関する基礎研究". 育種, 24 (別1), 2-5 (1974).
- 3) Seeborg, E.F.; Barmore, M.A. "A new five-gram milling quality test and its use in wheat breeding". Cereal Chem. 34, 299-303 (1957).
- 4) Shoup, N.H.; Pell, K.L.; Seeborg, E.F.; Barmore, M.A. "A new micro mill for preliminary milling-quality tests of wheat". Cereal Chem. 34, 296-298 (1957).



## V-4-2 春 播 小 麦

土 屋 俊 雄\*

## 1) 育種目標

北海道はわが国唯一の硬質パン用小麦の産地として知られ、これにふさわしい品種として、古くは「硬質春蒔小麦農林35号」があり、近くは強力小麦銘柄の「ハルヒカリ」がある。世界的にも軟質の春播小麦は多くあるが、硬質パン用となると硬質の秋播小麦ではとうてい春播小麦に敵わない。北海道の場合、同じ中間質ないし軟質でめん用に向けられるなら、春播小麦の収量ではとても秋播小麦に太刀打つことができない。また、若しも外国小麦の輸入が途絶えるようなことが起った時、わが国で硬質パン用小麦の生産が全くないようであってはならない。これらのことを考えると、われわれの春播小麦の育種は、当然従来通りの良質で多収な硬質パン用品種の育成が目標となる。

## 2) 育成系統の概評と当面の改良

かつて、硬質パン用春播小麦の育種は、北見農試に農林省指定小麦育種指定試験地の設置をみた当初の表看板であった。しかし、時すでに遅く、道東の春播小麦は「ホクエイ」に席卷されて、姿を消しつつあった。当然育種の重点は秋播小麦に移された中で、辛うじて「ハルヒカリ」、「ハルミノリ」を育成し、その後は育種の灯を消さぬ程度に細々と継続されて来た経緯がある。

「農林10号」の半矮性遺伝子をとりこんだ一連のメキシコ小麦品種は、“緑の革命”にふさわしい多収性を上げ、世界の眼はこれに注がれた頃、IBPの一貫として、昭和44年以降メキシコ小麦を導入して、その適応性や品質を検定するとともに<sup>3)</sup>、「ハルヒカリ」の草型改良と多収化に、これらの遺伝子源を活用してきた。表1に示した育成系統は、いずれもメキシコ小麦に由来したものである。

表1に明らかのように、われわれの育成系統は「ハルヒカリ」に比べて、稈長で約20cm短く、収量では10aあたり確実に30kg、年次の浅いものの中では最高90kgの増収におよんでいる。当初の目標はほぼ達成されたと見られるが、最高収量が2ヶ年平均で315kgでしかないのは残念である。

ISWYNの1978~'79の成績によると、世界各地の74ヵ所の試験地平均で、トップの「Veery “s”」は448kgであり、最も多収なメキシコのGuanajato、同じくメキシコのSonora、西ドイツのBaden-Wuttembergにおける試験地では1tを越えている。ところが、「Veery “s”」のわれわれの成績(昭55年)は194kg、「ハルヒカリ」より13%低収であった。どうしてかかる大差を生ずるかについて、明解に答えられないが、近代的草型と北海道に馴化した適応性をもつわれわれの育成系統について、積極的な多収栽培に挑戦し、そのポテンシャルを明らかにする必要がある。

品質の方は、ミリングスコアに見られるように製粉性はよくなって、さらにアミログラムの最高粘度(MV)も若干高くなっているが、パンの総点で「ハルヒカリ」を上廻るものがない。「ハルヒカリ」はわが国の硬質小麦としては、ほぼ標準的と見られていたが、その出廻品の比較によると、アメリカの「D, H, W」並か、粉色についてはさらに劣ると評価され、また雨害による

\*北海道立北見農業試験場、099-14 常呂郡訓子府町

表1. 春播小麦育成系統の収量と品質

系統及 品種名	稈長 cm	収量 kg/10a	収割 割合 %	ミリング スコア %	60%粉		アミロ MV BU	フェリノ VV	パン 総 点	試 験 年 次
					蛋 白 %	S V ml				
北見春 47号	77	276	115	78.2	12.5	51	285	56	54	昭52~56
ハルヒカリ	102	241	100	74.0	13.1	44	168	52	61	"
北系春 460	77	297	132	77.2	13.5	68	440	63	56	54~55
" 461	70	276	123	76.7	13.0	56	200	54	56	"
" 464	94	255	113	74.7	14.0	66	365	59	51	"
" 465	78	315	140	77.9	12.5	55	295	52	52	"
" 467	78	277	123	78.5	13.4	52	305	53	43	"
" 447	89	269	120	74.8	12.9	63	320	66	44	"
ハルヒカリ	99	225	100	74.8	13.9	51	245	54	58	"
北系春 421	79	281	122	74.6	12.5	47	450	50	56	52~56
ハルヒカリ	99	231	100	74.0	13.1	44	168	52	68	"
ハルミノリ	99	244	106	73.1	13.9	42	295	56	43	"

低アミロによって、ますます芳しからざる状況がある。したがって、われわれの育成系統の品質が「ハルヒカリ」より劣るようではならないはずである。

具体的目標値はI-2、表1(尾関)に示されているが、当面、収量は秋播小麦の60%として300kgを確保し、パン適性は「D, H, W」級を目標とする。さらにこれを次の段階で、収量350kg、「Manitou」級のパン適性にまで高める必要がある。

### 3) 母材の選定

多収性：半矮性型の多収品種として、「Veery "s"」, 「Pavon 76」, 「Nacozari 76」, 「Cuckoo "s"」, 「Anza」, 「Era」, 「Mexifen」, 西南暖地の春播型早生多収品種として、「チクシコムギ」, 「アサカゼコムギ」, 育成系統では「北見春42号」, 「北見春47号」, 「北系春460」, 「同465」。

パン適性：「Manitou」級の一級品として、「Neepawa」, 「Napayo」, 「Glenlea」(以上カナダ), 「Angus」, 「Tioga」, 「Moran」(以上U.S.A.)。

耐病性：赤さび病、うどんこ病については「北見春4「号」の水準を維持すればよいが、黄さび病、黒さび病を含めて、いつでも抵抗性母本が使えるように、ISWRNの検定を再開してなく必要がある。赤かび病は秋播小麦に同じ。

耐穂発芽性：休眠性だけを考えれば「RL 4137」, 「センコウジコムギ」, 「トヨホコムギ」でよいが、耐変質性のためには、抑制物質をもつ「Kleiber」, さらにGA<sub>3</sub>不感受性のRht<sub>3</sub>遺伝子をもつ「Tordo」を使いこなして行かねばならない。

### 4) 育種操作の概要

#### (1) 世代促進

昭和47年以来、関東以西の育成材料を、夏季北見農試で世代促進を分担する代わりに、沖縄県石垣島の沖縄農試八重山支場で、冬季間1作の促進を行ってきた。5組合せ程度の集団養成であっ

たが、56年からは熟研沖繩支所で10組合せを担当してもらえるようになった。生育期間100日の春播小麦でも、自然条件下では年間2作が限度であるが、新しい施設を利用すれば、秋から春までに2世代、施設だけなら3回の利用は無理なく行える。ここでも耐穂発芽性を目標とした戻交雑の利用度が高くなる。

## (2) パン適性の検定と選抜

決め手となるパンテスト関係の備品、施設が用意されなかったため、この部分は外注せざるをえないが、ここでも、いかに初期世代からパン用良質のものを選抜するか、またその時、負の関係の強い多収性との同時選抜をどう行うか、育種の成否はこれにかかっている。育種操作は秋播小麦の場合とほぼ同様であるが、特異点を上げれば次のようである。

### 〈個体選抜と系統選抜〉

硬質結晶粒子は断然多いものを選びねばならない。このものがすべてパン適性がよいとは限らないが、「ハルヒカリ」程度のものであれば、約半数は該当するかもしれない。したがって、「ハルヒカリ」以下の結晶粒子はすべて捨て去ってよいように思われる。

Micro Millによる製粉性の予備評価のためには、個体単位の種子量では不足すると思われるので、系統選抜の方が無難である。またこの時、同時にセディメンテーションテストの小麦粉を用意したい。Fasoulas *et al.* (1972)<sup>1)</sup>は、Brabender Laboratory Test Mill “Sedimat”を用いて、4gの原粒を2gずつに分け、一つはテストミルの掃除用に、他の一つからは測定用の小麦粉をえている。このテストミルは9××の篩機をつけて、セディメンテーションテスト用に改良したものであるから、Micro Millとは製粉の目的を異にするが、本格的にセディメンテーションテストをやるとすれば、彼らのように改良するか、あるいはMicro Millで9××スルーの粉を確実にとるかいずれかになる。

かつて、われわれはパン適性と収量の同時選抜に“SV×収量”なる選抜指数を提唱した(SVはセディメンテーション値の略)。従来通り、この方法で選抜しようとする、生産力検定予備試験の段階になってしまう。それではよいものを選抜するチャンスを大きく失う危険がある。“SV×収量”の選抜を2回反復の系統選抜試験で行えないかどうか、大いに検討を要する。

Fasoulas *et al.*<sup>1)</sup>は、“Ze/59 Mixer” (Chemic - Glass - Technick, W.Germany)を用いて、われわれの行っているGreenaway *et al.*<sup>2)</sup>のMicro Sedimentation Testをさらに改良し、4人のチームで1日8時間に800点のF<sub>2</sub>個体を検定している。試料の小麦粉は0.16gである。彼等はこれをRapid Microsedimentation Testと称しているが、装置自体はわれわれの手でも作れそうなものである。前記テストミルの改良とともに是非用意する必要がある。

### 〈生産力検定試験〉

ミニパンテストは各国の常識になっているのに、われわれにこれがないのは極めて遺憾である。“SV×収量”で選ばれた材料についてはパンテストを行うべきである。もちろん、この段階になれば一連のブラベンダーテストが行われるが、これらの機械は詳細な検定には役立つが、選抜のための機械でないことをよく弁えておく必要がある。

冒頭、後藤教授の特別講演にもあったように、この合同セミナーのあと間もなく、V.A.Johnson博士から下記の品種の種子が送られて来た。これだけまとまって、種子の導入が出来たのは1970年以後のことである。そしてこの10年余りの間に、カナダおよびU.S.A.の品種は一変しつつあるようである。送られて来た品種の中にも半矮性型が目立っているが、カンサス州ではここ5年間で、半矮性品種の栽培が急速に増加し、1982年には65%に達したようである。こうして品種交替

は早くなり、5年経つと品種が全く変わってしまう状態にある。カナダでは流石の「Thatcher」も姿を消し、1971年まで首位を占めていた「Manitou」は1981年には僅か3.7%に落ち、「Neepawa」がこの10年に30%から65%に増加した。プライムハードとして名高い濠洲クインスランド州では、硬質、白粒の春播小麦「Flinders」と「Hartog」が本年から普及に移され期待をよんでいる。

道産小麦もいずれ近いうちに、半矮性の良質・多収品種で一変することを期待し、その素材の導入に力を貸していただいた後藤、Johnson 両博士に深甚なる謝意を表する。

V.A.Johnson から送られた品種一らん

#### Winter wheat

Agate	Gent	Larned	Roy	Tom Thumb
Barbee	Hausel	Mcdermid	Stephens	Trison
Bean	Hiplaines	Osage	Stoddard	W - 335
Bronze	Holley	Parker 76	Sullivan	
Capitan	Homestead	Potomac	Sundance	
Cardon	Houser	Racine	Tam W - 101	
Cloud	Key	Raeder	Tam W - 103	
Daws	Kirwin	Rall	Tecumseh	
Doublecrop	KS 78 H 8209	Rew	Ticonderoga	
Faro	KS 78 H 9233	Roughrider	Titan	

#### Spring wheat

Angus	Juliana	Napayo	Sawtell
Downy	Kenya 321	Newana	Tioga
Eureka	Kitt	Park	Tordo
Fieldwin	Kleiber	Purcell	Urquie
Glenlea	Lancota	RL 4137	Wared

#### 引用文献

- 1) Fasoulas,A. ; Papathanasiou,G.A. ; Goulas,C.K. "Screening 800 F<sub>2</sub> wheat plants for sedimentation value in eight hours". Crop Sci. 12, 453 - 455 (1972).
- 2) Greenaway,W.T. ; Hurst,N.S.; Newstadt, M.H. ; Zeleny,L. "Micro sedimentation test for wheat". Cereal Sci. Today. 11, 197 - 199 (1966).
- 3) Ozeki,S. ; Sasaki,H. "Adaptability of Mexican wheat varieties in the northern area of Japan". JIBP Synthesis.6, 93 - 103 (1975).

## 既刊「北海道立農業試験場資料」一覧

- 第7号 昭和51年北海道立稲冷害要因の技術解析  
北海道立中央農業試験場（昭和52年8月）
- 第8号 北海道農用地の土壤成分  
北海道立中央農業試験場（昭和52年12月）
- 第9号 農作物優良品種の解説  
北海道立中央農業試験場（昭和54年3月）
- 第10号 北海道の農牧地土壤分類第2次案、北海道土壤分類委員会編  
北海道立中央農業試験場（昭和54年7月）
- 第11号 北海道の有機性廃棄物の性状と化学成分  
北海道立中央農業試験場（昭和55年3月）
- 第12号 「昭和56年8月豪雨」の農作物被害解析  
北海道立中央農業試験場（昭和57年2月）
- 第13号 タイズわい化病抵抗性品種の探索  
北海道立中央農業試験場（昭和57年7月）
- 第14号 北海道農業の現状と将来—試験研究からの展望—  
北海道立中央農業試験場（昭和57年9月）

## 北海道立農業試験場資料 第15号

---

### 北海道における水稲・小麦の良質 品種早期開発

—プロジェクト研究合同セミナー集録—

昭和57年12月20日 発行

発行者 北海道立中央農業試験場

069-13 北海道夕張郡長沼町

印刷所 正文舎印刷株式会社

札幌市白石区菊水2条1丁目

TEL (0) 811-7151

---