

## 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の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)

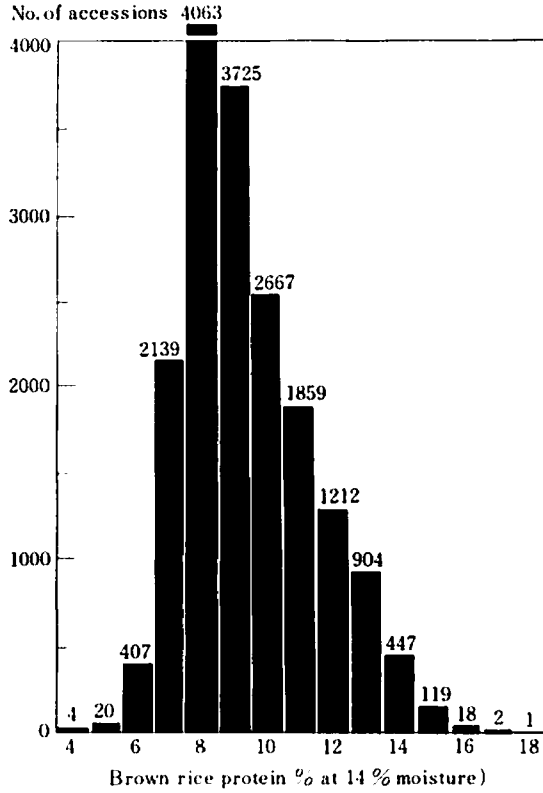


図1 世界の米17,587品種の蛋白含量の頻度分布, IRR1 (1978)

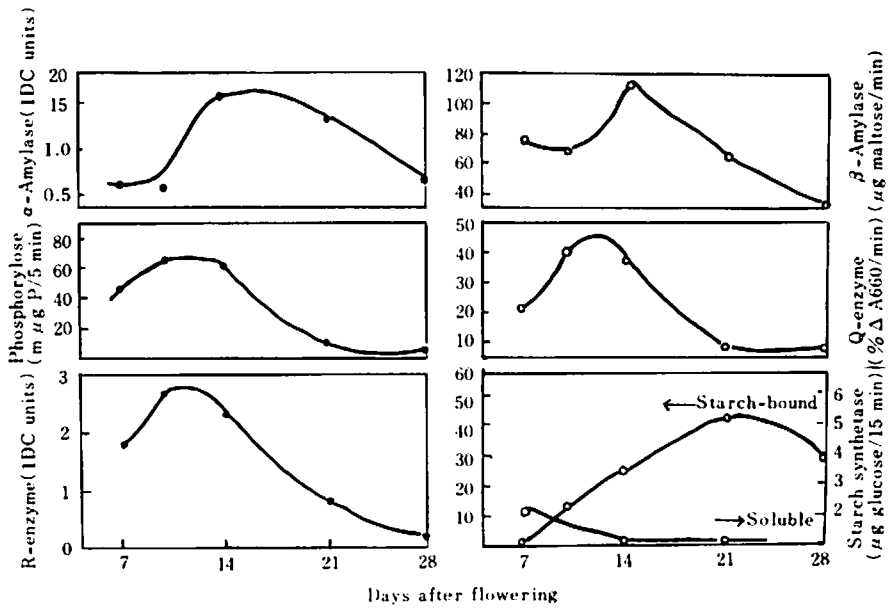


図2 登熟期間中の酵素活性の変化(IR-8, 活性粒当り) Baun et al. 1970)

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参与する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。

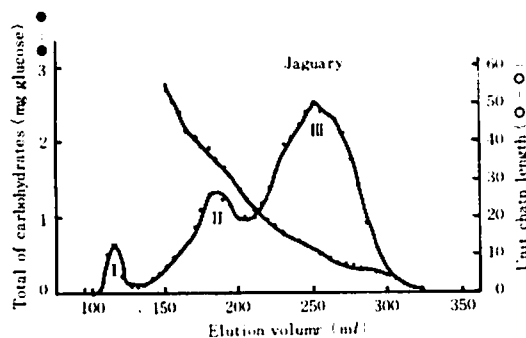


図3 イソアミラーゼ処理後、セファデックスG-57カラムで分画された糯米でんぷんの溶出パターン、奥野、不破(1982)

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.

フィリピンにおける米質評価：フィリ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：フィリッ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(adhessiveness)と硬さ/粘り(hardness/adhessiveness)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 measurment 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。

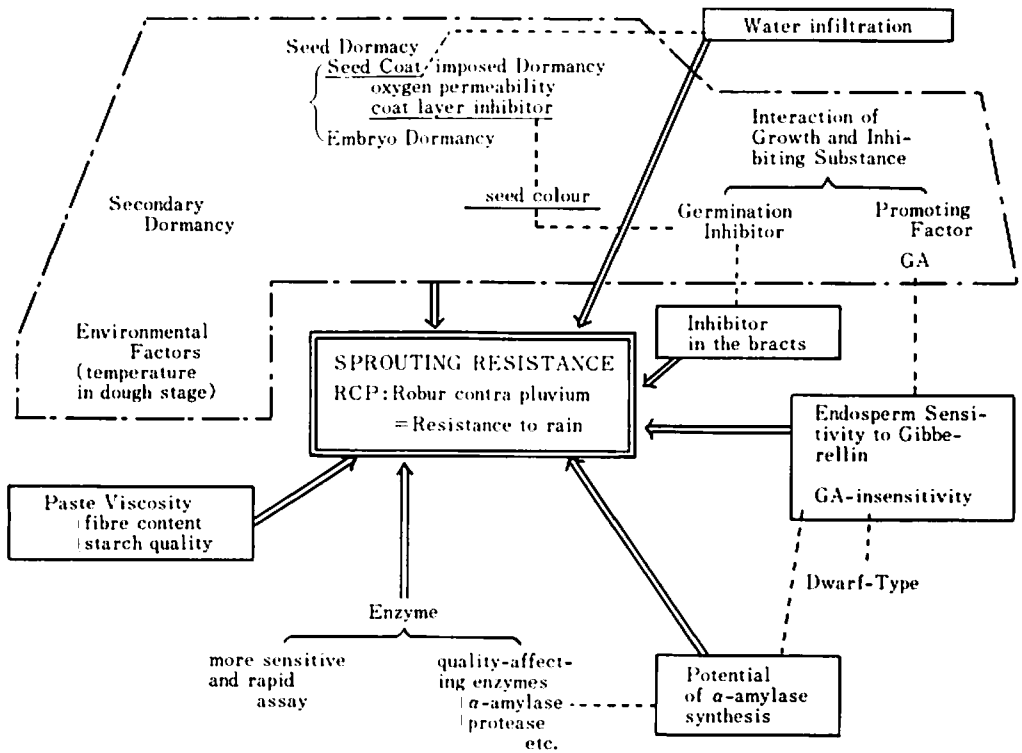


図1 穂発芽研究の方向性

## 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 ; 値が大きいかほど粒色濃い。

\*\* 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

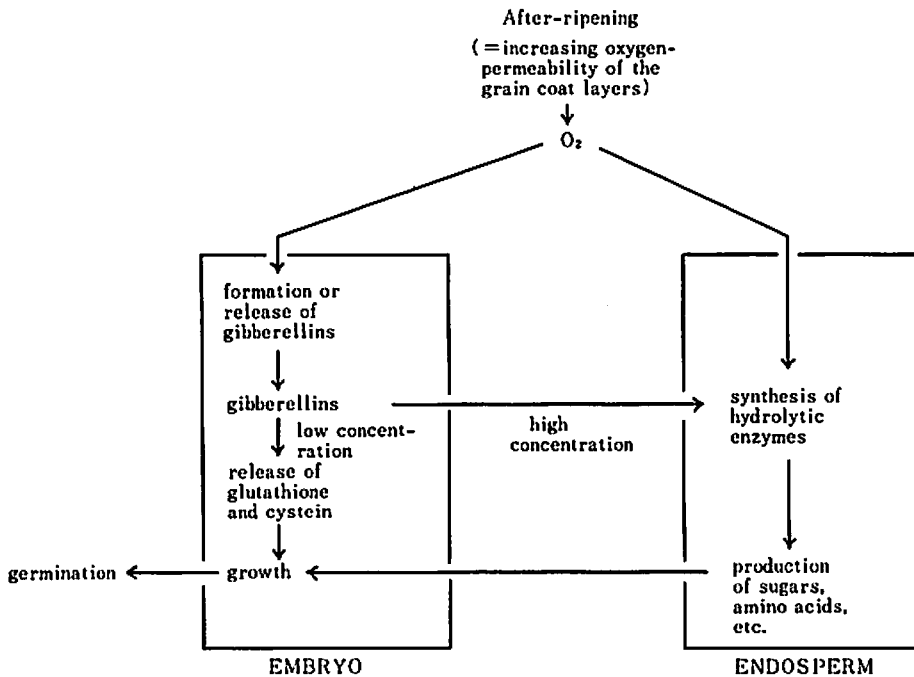


図2 休眠解除から発芽に向う変化の模式図 (Belderok, 1968)<sup>11)</sup>



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>。

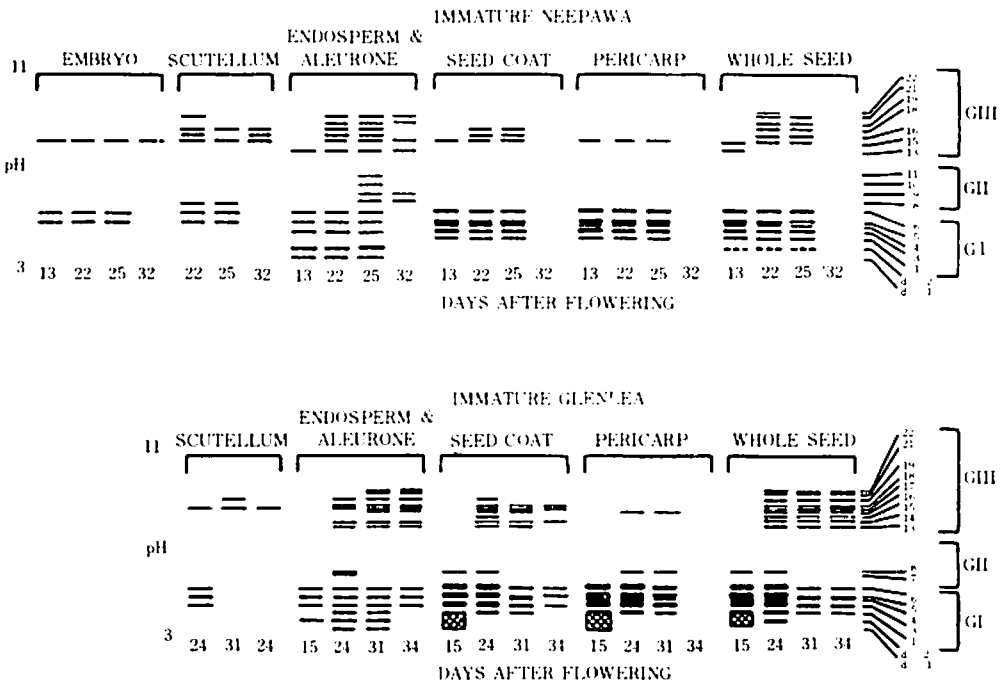


図3 各組織毎の  $\alpha$ -アミラーゼアイソザイムパターンの登熟過程での推移

(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/Rht3 および gai/rht3 集団が品質に及ぼす影響

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

	SPR	PLN	LAM	NIT	SED
Gai/Rht3	25	143	2.57	2.29	61.3
gai/rht3	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

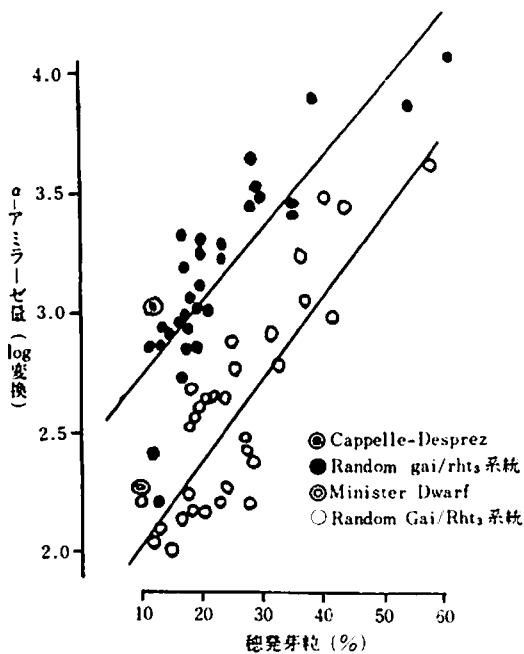


図4 各集団の穂発芽粒パーセントとアミラーゼ量 (Flintham and Gale, 1980)<sup>11)</sup>

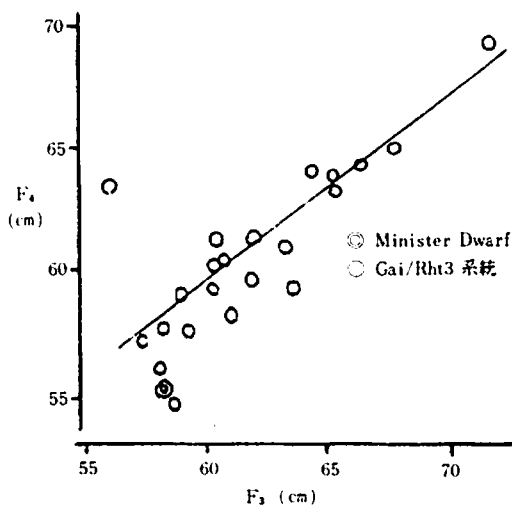


図5 Gai/Rht3 内における F<sub>4</sub> および F<sub>3</sub> の稈長の関係 (Flintham and Gale, 1980)<sup>11)</sup>

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は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)