

米のタンパク質と脂質の成分育種

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	奥野, 員敏 久保田, 基成
巻/号	44巻7号
掲載ページ	p. 325-330
発行年月	1989年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



米のタンパク質と脂質の成分育種

奥野員敏* 久保田基成**

はじめに

イネは、コムギやトウモロコシと並ぶ主要な穀類である。とりわけアジア・モンスーン地帯で生活を営む民族にとって、イネはかけがえのないカロリー源作物である。これらの地帯では、稲作を基盤とする独特な米の食文化が培われてきた。わが国においては、2千年以上にわたって、稲作を主体とする農耕が営まれ、米は日本人の主食としての地位を築いてきた。

しかし、昨今のわが国の稲作や米をめぐる情勢はきわめて厳しい。食生活の多様化・簡便化および輸入農産物への需要が高まる中で、米の消費量は減退し続けている。日本人が消費する米の量は、1962年の年間118kgを境に減少傾向に転じ、現在では72kg程度になり、米から摂るカロリーは全摂取カロリーの約25%にすぎない。米は、かつての圧倒的な主役の座から新しい加工食品へ転換を迫られている。このような機会に登場してきたのが、冷凍米飯、レトルト米飯など新しい米加工食品である。これらの加工食品は、多様化する消費者ニーズに対応してその販路を拡大しつつある。ところが、全摂取カロリーが年々減少している今日、米の需要を一層拡大するためには、新規食品や新原材料に向く米の開発が不可欠である。

最近、米の需要拡大をめざす研究開発の重要性が強く叫ばれ、米の成分育種についての研究が活発に行われるようになった。本稿では、米のタンパク質と脂質に焦点を当て、それらの遺伝的改変の方向と育種の可能性について展望する。

米のタンパク質の成分育種

1) 米のタンパク質の栄養価

白米中のタンパク質含量は6~8%であり、穀類の中では低い方に属するが、生体内での利用率は他の穀類より優れている。白米と小麦粉のタンパク質の栄養価を比較すると、小麦粉のアミノ酸価が44であるのに対して、

Kazutoshi OKUNO, Motoshige KUBOTA: Rice Breeding for Improvement of Storage Protein and Lipid Properties. 農業技術 44 (7), 1989.

白米のアミノ酸価は62であり、米のタンパク質は比較的良好質である。しかし、両者の制限アミノ酸はリジンであり、アミノ酸組成からみると、米も改善の余地を残している。

近年、イネの種子貯蔵タンパク質の一次構造や米粒内での集積機構が明らかになり、グルテリン・タンパク質産生遺伝子の単離や構造解析、その遺伝子を取り込んだ遺伝子組換えイネの作出および貯蔵タンパク質関連の突然変異遺伝子の発見がなされた。これらの研究成果を駆使して、米タンパク質の高リジン化やタンパク質顆粒の消化性の改善をめざす研究開発が、米の成分育種における課題の一つとなっている。

2) 米のタンパク質の特徴

種子に貯蔵されるタンパク質は、植物の代謝系を支えているタンパク質とは、明らかに異なる性質をもつ。内海¹⁾の定義によれば、種子貯蔵タンパク質とは、①酵素活性をもたない、②登熟期に、タンパク質顆粒(プロテインボディ)中に多量に集積する、③発芽の際に、窒素源となるタンパク質である。

また、種子貯蔵タンパク質は、人間にとっても、きわめて貴重なエネルギー源である。日本人の場合、全摂取タンパク質の約15%を、米やその加工品から摂取している。食生活が多様化した今日でも、米は日本人にとって重要なタンパク質源である。

種子貯蔵タンパク質は、溶解性に基づいてアルブミン、グロブリン、プロラミン、グルテリンの4種に分類される。イネではグルテリンが80%を占め、プロラミンが主成分であるトウモロコシ、コムギ、オオムギとは異

第1表 主要穀類のタンパク質含量

作物	タンパク質含量(重量%)	アルブミン*	グロブリン*	プロラミン*	グルテリン*
イネ	8	5	10	5	80
トウモロコシ	9	5	5	50	40
コムギ	12	5	10	45	40
オオムギ	12	5	15	40	40
エンバク	13	1	13	18	68
ソルガム	10	8	8	52	32

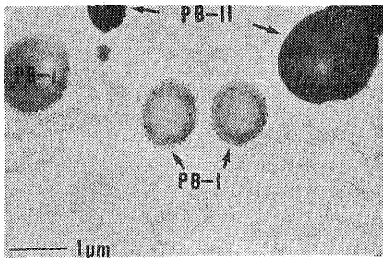
* タンパク質100g当たりの重量(g)で示す。

なる特徴を示す(第1表)。これらのタンパク質は、直径1~5 μm のタンパク質顆粒中に集積し、非常に安定な形で胚乳中に存在する。タンパク質顆粒の存在は、多くの植物で確認されており、電子顕微鏡による形態観察やタンパク質の集積機構について数多くの研究がなされている。

3) 米のタンパク質の集積機構

田中ら²⁾は、存在形態や生化学的特性および米粒内の分布状態から、イネのタンパク質顆粒を3種類に分類した。それらは、胚乳中に存在するタンパク質顆粒I(PB I)とII(PB II)および糊粉層に存在するアリューロン顆粒(AP)である。

PB Iは、球形で年輪状の構造を示し、非常に安定なタンパク質顆粒である(第1図)。



第1図 米の胚乳中に存在する2種類のタンパク質顆粒
(九州大学農学部 佐藤光氏原図)

タンパク質顆粒である(第1図)。

PB Iは、炊飯中でもほとんど変性しない³⁾。

従来から、米のタンパク質顆粒

が、人間の糞便中に多量に含まれることが報告されていた^{4,5)}。その後、この顆粒はPB Iであることが確認され、人間はPB Iを消化できないことが判明した⁶⁾。PB Iに集積するタンパク質は全貯蔵タンパク質の20~25%を占め、10kd, 13kdおよび16kdのポリペプチド群から成るプロラミンであると推定された⁶⁾。PB Iが安定な構造を示すのは、プロラミン・ポリペプチドの疎水結合による年輪状の層が形成されるためである。PB Iは粗面小胞体内で発達し、ポリソームがその外膜に結合することにより合成されたタンパク質がPB Iに集積すると考えられている⁷⁾。

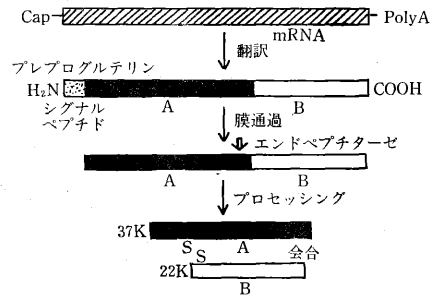
PB IIは非球形であり、内部は層状構造を示さず、ブロックが集合した構造をとる。PB IIは易消化性の顆粒であり、20~22kdと37~39kdのポリペプチドから構成されるグルテリンと、26kdのグロブリンを集積する⁸⁾。イネの登熟過程では、PB IIはPB Iより先に形成される。PB IIには液泡で合成されたタンパク質が不溶化された後、集積する⁹⁾。

APに集積する主たるタンパク質はアルブミンである。APの内部にはタンパク質結晶体や電子線を透過しない物質が存在するが、生合成の機構には不明な点が多い^{2,10)}。APは糊粉層に存在するため、精米の過程では

ほとんど除去されてしまう。したがって、APは白米のタンパク質の栄養価にあまり関係しない。

4) 米のグルテリンの生合成機構

米タンパク質の主成分であるグルテリンの生合成機構¹¹⁾を第2図に示す。



第2図 イネ・グルテリンの生合成機構¹¹⁾

A: 酸性サブユニット
B: 塩基性サブユニット

グルテリンは、20~22kdと37~39kdのサブユニットがジスルフィド結合を介して会合したものである。まず、mRNAから57kdのグルテリン前駆体が翻訳される。その後、プロセッシング(修飾)を受けて、上記のサブユニットが形成される。PB II内でグルテリンは数種のポリマーを形成し、比較的安定な状態で存在する¹²⁾。グルテリン前駆体は開花後4日目から合成され、2種類のサブユニットは6日目から出現し、完熟期にいたるまで増加する¹³⁾。また、グルテリンの生合成は転写レベルで制御され、mRNAの濃度は開花後3週間で最大となる¹⁴⁾。

グルテリン産生遺伝子は、Takaiwaら¹⁵⁾によってクローニングされた。この遺伝子は、3つの短いイントロンを介在して、グルテリン前駆体の499個のアミノ酸をコードしている。グルテリンは多重遺伝子族を形成し、制限酵素による切断パターンから2つのサブ・ファミリーに分類された。

またPadhyeら¹⁶⁾によると、米グルテリンのリジン含量は2.3%と低い値である。グルテリンが米タンパク質の80%を占めることを考えると、今後、グルテリンのアミノ酸組成を遺伝的に改変するための育種が重要な課題となる。

5) 米のタンパク質の遺伝的改良法

(1) 交雑育種

わが国の在来種や育成品種のタンパク質含量には変異が認められるものの、その幅は狭い。一般に、収量とタンパク質含量の間には高い負の相関関係が存在するため、多収で高タンパク質含量の品種を育成することはそれほど容易なことではない。

東ら¹⁷⁾は、高タンパク質で収量水準も低くない品種を見だし、穂へのタンパク質の集積能力が遺伝的に高い品種を育成できる可能性を示唆した。さらに、高タンパク質のフクニシキと低タンパク質のフジミノリの雑種後代での検定から、フクニシキの高タンパク質性は相加的に働く複数の遺伝子により支配され、初期世代での選抜も有効であることを明らかにした¹⁸⁾。上林ら¹⁹⁾は、フクニシキと高タンパク質系統の雑種集団を解析し、タンパク質含量の遺伝率は54.7%であり、関与する遺伝子数は6~7であると推定した。

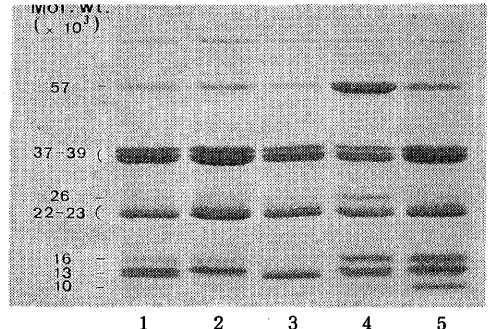
しかし、高タンパク質の個体や系統を選抜する場合、タンパク質含量を支配する遺伝子と草型や出穂性を支配する遺伝子との連鎖に留意する必要がある¹⁸⁾。続ら^{20,21)}は、日本晴と高タンパク質のネパール品種を交配し、F₂からF₆まで高タンパク質性と実用形質について繰り返し選抜した。その結果、高タンパク質でかつ穂重がほとんど低下しない系統を育成することに成功した。これは、収量とタンパク質含量との負の相関関係を打破し、高タンパク質の多収品種を育成できる可能性を示した。

わが国の水稻品種におけるタンパク質含量の変異は限られているが、世界に広く分布する品種には幅広い変異がある。そこで、これらの遺伝資源を活用して高タンパク質の実用品種を育成することは、米の栄養価の向上や新用途の開発にとって重要な課題である。また、前に述べたように、タンパク質顆粒には消化性に大きな違いが存在するので、易消化性顆粒であるPB IIを多量に含む遺伝資源を発掘することも今後の課題である。

(2) 突然変異育種

高タンパク質米の育成をめざして突然変異の誘発が試みられてきた。Tanaka and Tamura²²⁾は、ガンマー線照射の後代で、タンパク質含量が原品種の2倍近くに増加し、穂重があまり低下しない系統を選抜した。片岡²³⁾は、エチレンイミン処理のM₄代で、原品種に比べてタンパク質含量が約30%増加し、他の農業形質も原品種と大差のない系統を選抜した。これらの結果は、タンパク質含量の変異の拡大に突然変異育種が有効な方法であることを示した。しかし、その後の研究によって、ただタンパク質含量を増大させるだけでは、必ずしも栄養価の向上につながらないことが明らかにされた。

Laemmli²⁴⁾によって開発されたSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動法(SDS-PAGE)は、タンパク質研究の進展に多大の貢献を果たした。Kumamaruら²⁵⁾は、SDS-PAGEを用いて、米貯蔵タンパク質の突然変異体を選抜した(第3図, 第2表)。これらの変異体は、いずれもPB I とPB II を構成するポリペプチドが増減した



1. 金南風, 2. 13kd-b減少変異体, 3. 10kdと13kd-a減少変異体, 4. 57kd増加変異体, 5. 10kdと16kd増加変異体

第3図 SDS-PAGEによるイネ貯蔵タンパク質変異の検出²⁵⁾

第2表 イネ貯蔵タンパク質の突然変異

遺伝子	座乗染色体	特 性
<i>esp-1</i>	10	13kd-bポリペプチド(プロラミン)の減少
<i>esp-2</i>	9	57kdポリペプチド(グルテリン)の増加
<i>esp-3</i>		10kd, 13kd-a ポリペプチド(プロラミン)の減少
<i>Esp-4</i>		10KD, 16KD ポリペプチド(プロラミン)の増加

ものであった。PB I 中のプロラミンを減少させる遺伝子を *esp-1* と *esp-3*、プロラミンを増加させる優性遺伝子を *Esp-4*、およびPB II 中のグルテリンを増加させる遺伝子を *esp-2* と命名した²⁶⁾。トリゾミックス分析の結果から、これらの遺伝子の中で *esp-1* と *esp-2* はそれぞれ第10染色体と第9染色体に座乗すると推定された²⁶⁾。また熊丸ら²⁷⁾は、グルテリンとプロラミンの酵素免疫測定法(ELISA)による定量法を開発し、貯蔵タンパク質変異の効率的なスクリーニングを可能にした。

種子貯蔵タンパク質に関する研究は、多くの穀類や豆類で目覚ましく進展した。穀類ではトウモロコシのゼイン、コムギのグルテニンやグリアジン、オオムギのホルディンの解析が活発に行われている。これらの穀類に比べて、イネにおける研究の歴史は浅いが、近年、貯蔵タンパク質の生合成や集積機構の遺伝的調節について急速に研究蓄積が図られている。また、ポリペプチドの増減に関与する遺伝子の発見や簡便な検定法の確立により、米タンパク質の遺伝的改良への新しい展開が期待される。

(3) 遺伝子操作による成分育種

プロトプラストからの再分化系の確立およびエレクトロポレーション等の遺伝子導入法の開発により、イネにおいても遺伝子操作によるトランスジェニック植物の作出が可能になった。最近、わが国や欧米諸国で相ついで

遺伝子組換えイネの作出に成功した。

イネの主要な貯蔵タンパク質であるグルテリンとプロラミンの産生遺伝子が単離され、塩基配列が解読された^{18,20)}。米のタンパク質を改良する場合、グルテリンが集積する易消化性顆粒PB IIを増加させる一方、プロラミンが集積する難消化性顆粒PB Iを減少させるための工夫が必要である。高PB II化、低PB I化を図るには、グルテリンやプロラミンの産生遺伝子のプロモーター領域を改変し、それぞれのmRNAの転写活性を調節することが考えられる。しかし、これらの遺伝子の転写レベルにおける調節機構は明らかになっていない。

そこで、高PB II化をねらうには、微生物で行われているように、グルテリン遺伝子を適当なベクターに組み込むか、あるいはエレクトロポレーション等により、イネの細胞に遺伝子を導入してコピー数を増幅する。また、グルテリンのプロモーターを他種の活性の高いプロモーターに替えたり、既存のプロモーターの上流域に複数のプロモーターをタンデムに連結したり、あるいはエンハンサーを利用して転写活性の増大を図る。

一方、低PB I化させる方法としては、アンチ・センスRNAの利用が考えられる。これは、mRNA (センスRNA) と相補的なRNA (アンチ・センスRNA) を合成する遺伝子を細胞内に形質転換させ、センスRNAとアンチ・センスRNAの二重鎖RNAを形成させることにより、タンパク質合成を抑える方法である²⁹⁾。現在、この方法は新しい遺伝子発現の制御法として注目されている。植物への適用例として、ペチュニアやタバコの花色素発現に重要な働きをしているカルコン合成酵素³⁰⁾およびトマトのポリガラクトクトロナーゼ³¹⁾の生合成の抑制が知られている。アンチ・センスRNAの発現調節によりペチュニアやタバコの花色素変異体が作出されたり、トマト果実の保存性が向上した。この方法を活用して、プロラミン生合成を完全にあるいは部分的に抑制することも夢ではない。

また、タンパク質の質的改良を図るには、制限要因であるグルテリン遺伝子中のリジンのコドンの頻度を増加させることが考えられる。その場合、グルテリンの立体構造が変化する可能性があるため、PB II中に安定してグルテリンが集積するように遺伝子を改変する必要がある。一方、PB Iの非消化性を改変するためのモデルも提唱されている²⁾。親水性タンパク質の構造遺伝子上流域に、プロラミンのシグナルペプチドの遺伝子を連結してキメラ遺伝子を作り、それをイネの細胞内に形質転換させる。その結果、シグナルペプチドの働きにより、親水性タンパク質をプロラミンとともにPB Iの中に集

積させる。このモデルが実現すると、プロラミン・ポリペプチドの疎水結合によるPB Iの年輪状の層の形成が妨げられるので、易消化性に改変されたPB Iを集積するイネを作出することが可能になる。

以上、述べてきたように、遺伝子操作を活用してイネの貯蔵タンパク質を量的にも質的にも改変することが期待できる。その達成のためには、外来遺伝子が確実に後代へ伝達されるように、遺伝的に安定なベクター系の開発や形質転換法の確立をめざさなければならない。

6) 今後のタンパク質育種のポイント

動物性タンパク質の摂取量が増大した今日でも、米は日本人にとって重要なタンパク質源であることに変わりはない。米を主食とする発展途上国においては、米への依存度は一層高い。それゆえ、量と質の両面から米のタンパク質を改良して栄養価を向上させることは、イネ育種にとって重要な課題である。

最近、広範な遺伝資源の活用や遺伝子操作をはじめとする育種技術の進歩により、米タンパク質を飛躍的に改良できる道が開かれつつある。タンパク質含量と収量や食味の間にみられる負の相関関係を克服し、高タンパク質・高リジンで、収量性や食味に優れた画期的なイネを創出することも期待できる。

一方、米菓や清酒等の伝統的な加工食品に適性の高い米を育成するには、低タンパク質化が目標となる。また新規加工食品の開発ならびに機能性ペプチドや生理活性物質の利活用を実現するためには、多様なニーズに対応して多種多様な貯蔵タンパク質の特徴を備えたイネを創出することが求められる。

米の脂質の成分育種

1) わが国における植物性油脂生産の現状

わが国で生産される植物油のうち国内産油脂源は米糠のみであり、わが国で消費される全植物油の約5%を占めているにすぎない。大半の植物油は海外に依存し、原料用種子や油脂として輸入されている。主要な油脂源はナタネ、ダイズおよびトウモロコシである。世界全体で見ると、米糠油の生産量は過去10年間で倍増し、約40万tに達している。

一方、わが国での米糠油の生産量は減少傾向にあり、現在、年間約9万tが生産されている。精米の過程で除かれる糠が、油脂源として充分には活用されていない。その原因の一つとして、米糠中には活性の高いリパーゼが存在することが考えられる。この酵素の存在下で、精米時に脂質は急速に加水分解される。

2) 米の脂質の特徴

油脂源としての価値を決める主な要因は、含油率と脂肪酸組成である。したがって、脂質の成分育種を進める上で、含油率の増大と脂肪酸組成の改良が目標となる。

代表的な油料作物であるナタネ、ゴマおよびヒマワリの種子の含油率は40~50%である。米の含油率はきわめて少なく、2~3%にすぎない。米に含まれる脂質は糠に局在し、その含油率は約20%であり、ダイズやワタの種子の含油率にほぼ匹敵する。それゆえ、糠の含油率からみると、米は貴重な油脂源である。

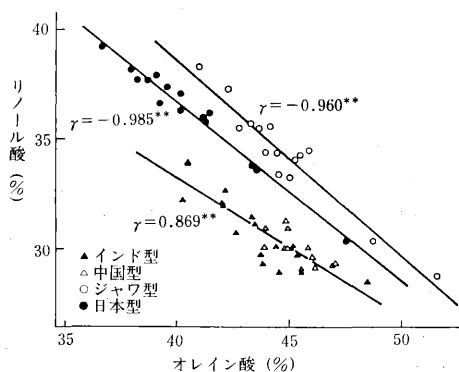
一方、米糠油の脂肪酸組成は、植物油の中で良質の部類に属する。米糠油には血液中のコレステロールを低下させるリノール酸が比較的多く含まれるからである。米のリノール酸含量は約30~40%であり、玄米、胚芽および糊粉層の間でほとんど差がない³²⁾。このことは、米に占める糠の比率を増やすことにより、脂肪酸組成を変更させることなく、高含油米を育成できることを示す。

3) 米の脂肪酸組成の品種群間差異

米に含まれる主要な脂肪酸は、パルミチン酸、オレイン酸およびリノール酸であり、全脂肪酸の約95%を占める。最近、米の脂肪酸組成は、日本型やインド型等の生態型間で異なることが明らかにされた。

Taira ら³³⁾は、イネの生態型と脂肪酸組成との関係を調べ、以下に示すような結果を得た。①パルミチン酸含量は、生態型間で有意に異なる。②オレイン酸含量は、日本型を除くと生態型間で大差ない。③リノール酸含量はインド型と中国型との間で有意差はないが、他の生態型間では相互に差がある。

また、不飽和脂肪酸であるオレイン酸とリノール酸の含量の間には高い負の相関が認められている³³⁾。第4図に示すように、オレイン酸とリノール酸の関係から、インド型、日本型およびジャワ型を区別することができ



第4図 インド型・中国型・ジャワ型および日本型うち品種玄米のオレイン酸とリノール酸含量の関係³³⁾

る。不飽和脂肪酸組成からみると、日本型はインド型とジャワ型の中間に位置すると考えられる。

以上のように、栄養面から重要なリノール酸の含量には、明らかに生態型間で違いがある。幅広い遺伝資源を活用して、さらに良質な脂肪酸組成をもつ日本型品種を育成することも可能であろう。

4) 米の含油率と脂肪酸組成の環境変動

平ら³⁴⁾は、品種の晩晩性や栽培時期の違いにより、米の含油率や脂肪酸組成が変動することを明らかにするとともに、その主要因が登熟気温であることを示した。すなわち、登熟気温が高いほど、含油率やリノール酸とリノレン酸以外の脂肪酸の含量が増加した。このような傾向は、玄米や白米や糠の間で差がなかった。

また、オレイン酸とリノール酸の間には、登熟気温による変動パターンに明瞭な違いが認められた³⁴⁾。登熟気温が高いほどオレイン酸含量は増加するが、リノール酸含量は減少した。わが国の水稻品種におけるオレイン酸とリノール酸の平均的含量を基に計算した結果、これらの脂肪酸が同量になる登熟気温は20~22°C付近であると推定された³⁴⁾。したがって20~22°Cの登熟気温を境に、それより高温ではオレイン酸が、それより低温ではリノール酸が、米に最も多量に含まれる脂肪酸である。

米の含油率や脂肪酸組成を改良するためには、育種操作と合わせて環境変動に対する配慮が必要である。

5) 米の脂質の遺伝的改良

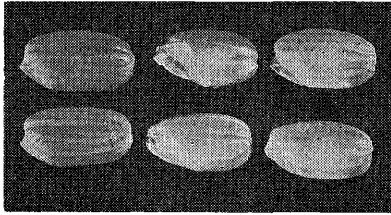
(1) 含油率の向上

油脂原料用に適したイネを開発するには、まず、米の含油率を飛躍的に向上させることが課題である。以下に含油率を高めるための育種法について述べる。

第1は、多数の微動遺伝子を集積して、種子全体の含油率を増大させる方法である。その成功例として、米国イリノイ大学におけるトウモロコシの選抜試験が知られている。76世代にわたり含油率に対する選抜が行われた結果、20%程度の高含油系統が育成された。トウモロコシの含油率には、50以上の遺伝子座が関与すると推定されている。それゆえ、長い世代にわたって選抜を加えることにより、脂質合成に関連した遺伝子を集積する必要がある。

第2は、米の中に占める糠の比率を増やし、含油率を増大させる方法である。近年、通常の品種に比べて、胚芽の重量が2~3倍に増大した系統が作出された³⁵⁾ (第5図)。この系統の米と胚芽の含油率は、原品種に比べて、それぞれ1.5倍と2倍に増加した³²⁾。巨大糠の特性は第10染色体に座乗する *ge* 遺伝子により支配されると推定された。また、糊粉層の厚さには品種間差異が認め

られている。糠を構成する胚芽や糊粉層の比率を増大させ、オイルライスともいうべき油脂用イネ



第5図 巨大胚変異系統の玄米
左端は原品種、他は巨大胚米
(九州大学農学部 佐藤光氏原図)

を開発することは、米の需要拡大をめざすイネ育種にとって重要な課題である。

(2) リポキシゲナーゼ欠損イネの作出

先に述べたように、米糠にはリノール酸が比較的多く含まれる。したがって、栄養面からみると、米糠の脂肪酸組成は必ずしも好ましいものではない。そこで、米糠の有効利用を図るためには、リノール酸の酸化を抑える技術開発が必要である。米の胚芽にはリノール酸の酸化に関係するリポキシゲナーゼが存在する。この酵素には3種類のアイソザイムが存在する³⁶⁾ので、いずれのアイソザイムも含まないイネを作出することが今後の課題である。

しかし、リノール酸は酸化されやすく、製品の劣化を招くおそれがあるので、加工利用上、米糠の脂肪酸組成は必ずしも好ましいものではない。そこで、米糠の有効利用を図るためには、リノール酸の酸化を抑える技術開発が必要である。米の胚芽にはリノール酸の酸化に関係するリポキシゲナーゼが存在する。この酵素には3種類のアイソザイムが存在する³⁶⁾ので、いずれのアイソザイムも含まないイネを作出することが今後の課題である。

また、リポキシゲナーゼの作用により脂肪酸が酸化されて、古米臭の原因となる成分が生成されると考えられている。それゆえ、米の貯蔵性を改善するためにも、リポキシゲナーゼ欠損イネの開発が待たれる。

おわりに

実需者や消費者のニーズが多様化する今日、ニーズに対応して多種多様な特徴をもつ米を開発することが、イネ育種にとって重要な課題となっている。その達成のためには、米の中に内在する遺伝変異を発掘して、新用途に向くイネを作出するとともに、それらを活用した加工利用技術を開発する必要がある。

本稿では、タンパク質や脂質について、それらの遺伝的分岐の可能性を検討してきた。米の需要拡大のためには、従来にない高付加価値をもつ米を作り出すことが育種目標となる。これまで述べてきたように、新しいタイプの米を作り出すための研究開発は、着実に進展している。近い将来、新たに発見された遺伝資源やバイオテクノロジー等の先端技術を活用して、画期的なイネ品種が誕生することを期待して止まない。

(*農林水産技術会議事務局研究調査官, **長野県農事試験場研究員)

引用文献

- 1) 内海成, 鬼頭誠 1987. 種子タンパク質 I. 化学と生物 25: 60~67.
- 2) 田中國介, 増村威宏 1988. 化学と生物 26: 543~550.
- 3) 田中國介, 小川雅広 1986. 化学と生物 24: 756~758.
- 4) 田中米実, 林田策, 本江元吉 1975. 農芸化学会誌 49: 69~74.
- 5) TANAKA, Y., S. HAYASIDA and M. HONGO 1975. Agric. Biol. Chem. 39: 515~518.
- 6) OGAWA, M., T. KUMAMARU, H. SATOH, N. IWATA, T. OMURA, Z. KASAI and K. TANAKA 1987. Plant Cell Physiol. 28: 1517~1527.
- 7) YAMAGATA, H. and K. TANAKA 1986. Plant Cell Physiol. 27: 135~145.
- 8) YAMAGATA, H., T. SUGIMOTO, K. TANAKA and Z. KASAI 1982. Plant Physiol. 70: 1094~1100.
- 9) 山形祐士, 田中國介 1987. 化学と生物 25: 118~126.
- 10) 田中國介 1976. 別冊: 129~133.
- 11) 高岩文雄, 大野清春 1986. 化学と工業 39: 675~677.
- 12) SUGIMOTO, T., K. TANAKA and Z. KASAI 1986. Agric. Biol. Chem. 50: 3031~3035.
- 13) 高岩文雄 1987. 蛋白質核酸酵素, 別冊: 247~260.
- 14) 阿部哲子, 榎森康文, 近藤平人, 川崎博史, 鈴木敏一, 荒井縁一 1988. 農芸化学会誌 62: 420.
- 15) TAKAIWA, F., H. EBINUMA, S. KIKUCHI and K. OONO 1987. FEBSLETTERS 221: 43~47.
- 16) PADHYE, V. W. and D. K. SALUNKHE 1979. Cereal Chem. 56: 389~393.
- 17) 東正昭, 柳淵欽也, 伊藤隆二 1974. 育種 24: 88~96.
- 18) 東正昭, 柳淵欽也 1976. 育種 26: 17~24.
- 19) 上林美保子, 鶴見功, 笹原健夫 1984. 育種 34: 356~363.
- 20) 統栄治, 古庄雅彦 1986. 日作紀 55: 7~14.
- 21) 統栄治, 大島深 1986. 宮崎大学農学部研報 33: 229~235.
- 22) TANAKA, S. and S. TAMURA 1968. JARQ 3: 32~35.
- 23) 片岡勝美 1973. 育種 23: 125~130.
- 24) LAEMMLI, U.K. 1970. Nature 227: 680~685.
- 25) KUMAMARU, T., H. SATOH, N. IWATA, T. OMURA, M. OGAWA and K. TANAKA 1988. Theor. Appl. Genet. 76: 11~16.
- 26) KUMAMARU, T., H. SATOH, N. IWATA, T. OMURA and M. OGAWA 1987. Jpn. J. Genet. 62: 333~339.
- 27) 熊丸敏博, 白石真貴夫, 佐藤光, 大村武, 小川雅広, 田中國介 1986. 育種 36(別2): 93~94.
- 28) KIM, W. T. and T. W. OKITA 1988. FEBS LETTERS 231: 308~310.
- 29) MIZUNO, T., M. CHOU and M. INOUE 1984. Translational Proc. Natl. Acad. Sci. USA 81: 1966~1970.
- 30) van der KROL, A. R., P. E. LENTING, J. VEENSTRA, I. M. van der MEER, R. E. KOES, A. G. M. GERATS, J. N. M. MOL and A. R. STUITJE 1988. Nature 333: 866~869.
- 31) SMITH, C. J. S., C. F. WATSON, J. RAY, C. R. BIRD, P. C. MORRIS, W. SCHUCH and D. GRIERSON 1988. Nature 334: 724~726.
- 32) 松尾巧, 佐藤光, 伊景民, 大村武 1987. 育種 37: 185~191.
- 33) TAIRA, H., M. NAKAGAHARA and T. NAGAMINE 1988. J. Agric. Food Chem. 36: 45~47.
- 34) 平宏和, 平春枝, 藤井啓史 1979. 日作紀 48: 371~377.
- 35) SATOH, H. and T. OMURA 1981. J. Breed. 31: 316~326.
- 36) IDA, S., Y. MASAKI and Y. MORITA 1983. Agric. Biol. Chem. 47: 637~641.