

平成 17 年 7 月 14 日(水)

平成 17 年度「高度先進技術研修」
水稲研究開発の現状と今後の方向

米の品質構成要素の特性

作物研究所 稲研究部 米品質制御研究室
鈴木保宏

Tel/Fax 029-838-8951

コメの一人当たりの消費量は 60Kg をきり、水田面積の 40% にあたる 100 万 ha で転作が行われている。そこで、コメの需要拡大を図るために、コメの品質を多様化した種々の「新形質米」品種－低アミロース米や高アミロース米、香り米、有色素米、低アレルギー米等－が育成されてきた¹⁾。また、炊飯用途ばかりでなく、非食用も含めた新しいイネの利用の検討も行われている^{2,3)}(図 1³⁾)。本稿では、コメの成分とその特性、ならびに改良についての試みを幾つか紹介する。

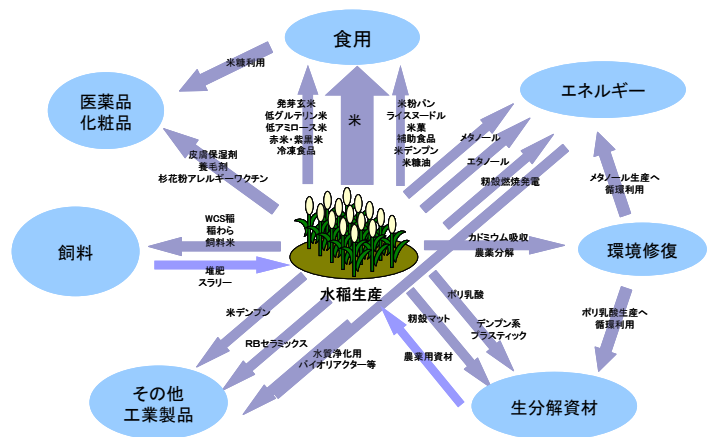


図1 非食用を含めた新たな稲の利用への道

森田 敏. 新用途をめざしたイネの研究・技術開発. 農林水産技術研究ジャーナル、26(10): 5-10 (2003)。

米の構成成分と栄養

表 1 に示すように玄米の主要構成成分は、水分、糖質、タンパク質と脂質で

表1 米の成分と栄養価

	エネルギー (kcal)	水分 (g)	デンプン (g)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	食物繊維 総量 (g)	灰分 (g)	β-カロ テン当量 (μg)	α-トコ フェロール (mg)
水稲穀粒/玄米	350	15.5	73.8	6.8	2.7	3.0	1.2	1.0	1.2
陸稲穀粒/玄米	348	15.5	70.6	10.0	2.7	3.0	1.2	1.0	1.2
水稲穀粒/精白米	356	15.5	77.1	6.1	0.9	0.5	0.4	0.0	0.1
水稲めし/精白米	168	60.0	37.1	2.5	0.3	0.3	0.1	0.0	Tr

食品成分データベース (http://food.tokyo.jst.go.jp/)
『五訂増補 日本食品標準成分表』 対応

ある。この他に微量の無機成分やカロテン、トコフェロール等が含まれている。なお、精白米の主要成分はデンプンとタンパク質であり、それ以外の成分の含量は極めて少ない。

1. **デンプン**：デンプンは白米や玄米の70%以上を占めるもっとも主要な成分であり、アミロースとアミロペクチンからできている。これらの比率、アミロース含量が炊飯米の粘りや食味に大きな影響を及ぼすことは、よく知られている^{4,5)}。
 - 1) **アミロース**：アミロースは、100~2000個のグルコースが α -1,4結合で直鎖状に結合した高分子多糖であるが、最近、アミロース分子の還元末端側に分枝した糖鎖の存在が認められている。アミロースの合成は、デンプンのもち・うるち性を支配する「もち(*wx*)座」の遺伝子産物であるデンプン結合性デンプン合成酵素(*Wx*タンパク質)によりなされる。高アミロース米品種と日本うるち品種のアミロース含量の差異は、*wx*座の優性遺伝子であるうるち性遺伝子(*Wx*)の違いによる。高アミロース性(アミロース含量25%以上)は Wx^a により、日本型うるち性(15~20%)は Wx^b により、それぞれ支配される。*Wx*タンパク質量とアミロース含量の間には相関があり、 Wx^a 品種では*Wx*タンパク質の生成量が Wx^b 品種よりも多い。これは前者が完全な*Wx*タンパク質のmRNAが生成されるのに対して、後者では不完全なmRNAも生成される結果、完全なmRNAが少ないことに起因する。
 - 2) **アミロース含量と炊飯・加工利用**：アミロース含量はデンプンの熱糊化性や老化性に関係し、アミロース含量が少ない米ほど炊飯時に糊化しやすく、冷めると老化しにくい(硬くなりにくい)特徴がある。このため、低アミロース米は炊飯米として通常のうるち米よりも粘りが著しく強く、炊飯後に冷えても硬くなりにくい特徴をもつ。それゆえ、冷凍おにぎり等の中食用加工米飯や粘りの少ない米への補助米として利用されるほか、膨化性に優れるのでソフト米菓への用途も期待されている。低アミロース米品種の遺伝資源としては、もち(*wx*)座に座乗するものと*wx*座以外の遺伝子座に座乗するものがある。前者には「ミルキークイーン」や「スノーパール」が、また後者には *dull* 変異体など数多くの低アミロース米系統が見いだされている。
 - 3) **アミロース含量の変動**：アミロース合成は Wx^a や Wx^b 、*du*遺伝子などの遺伝子のみにより制御をされるのではなく、登熟温度によっても影響を受ける。一般的な日本型の品種(Wx^b)は、高温登熟でアミロース合成は低下し、低温登熟でアミロース合成は増大するが、低アミロース米品種(ミルキークイーンや彩、スノーパール等)でもうるち品種と同様に登熟温度に応答したアミロ

ース含量の変動が生じる。低アミロース品種によりアミロース含量の登熟気温による変動幅が異なるが、複数の低アミロース性母本に由来する系統等を用いて解析から、母本が保有する低アミロース性遺伝子の違いにより系統間に見られるアミロース含量の温度による変動幅が定まると考えられる。低アミロース米品種では、アミロース含量の変動とこれに起因する精米白度の変動が問題となっているが、白度はアミロース含量ばかりでなく水分含量にも大きく影響される。従って、コメの水分含量の調整の徹底を図ることで、栽培年度内の白度(品質)の変動を少なくすることができる。なお、アミロース含量が登熟温度に応答して変動しない系統の作出が試みられている。

2. **タンパク質**：玄米には5～10%のタンパク質が含まれ、タンパク質の栄養価の指標であるアミノ酸スコアは61で、小麦(アミノ酸スコア39)と比較し高く、必須アミノ酸含量も高い栄養的に優れた食品である。ところが、タンパク質は炊飯米の食味に影響を及ぼし、タンパク質含量と炊飯米の食味の間には負の相関が認められていることから、タンパク質含量を低下させる方向で育種がなされている⁴⁾。

1) 総タンパク質含量：胚乳の総タンパク質含量の測定は、コメの総タンパク質含量は、総窒素量にコメ特有のケルダール換算計数5.95を掛けて計算する。非破壊測定法としては、近赤外分光分析計を用いた測定方法がある⁶⁾。

「食味関連測定装置」として市販されている近赤外分光分析計の多くは、米粒中(玄米粒および粉、白米粒および粉)のタンパク質含量を推定可能である⁷⁾。

2) 貯蔵タンパク質組成^{4,8)}：米の貯蔵タンパク質は、その大部分がタンパク顆粒I(PBI)とタンパク顆粒II(PBII)に局在し、PBIにはプロラミンが、またPBIIにはグルテリンがそれぞれ主要な貯蔵タンパク質として集積する。グルテリンは希酸および希アルカリに可溶性タンパク質の、またプロラミンはアルコール可溶性タンパク質の総称であり、それぞれ総タンパク質含量の50%弱と15～20%を占める。この他、塩溶液可溶性タンパク質のグロブリンが総タンパク質の約20%を占めている。

3) 低グルテリン米：最近話題になっている「春陽」⁹⁾は、グルテリンが通常の品種と比べて少ない突然変異系統LGC1(農業生物資源研究所放射線育種場で作出)を遺伝資源として育成した品種である。LGC1の総タンパク質含量は原品種・ニホンマサリと同じであるが、プロラミンの割合が倍近くの30%程度に増加し、代わりにグルテリンの割合が30%程度に減少している。つまり、ペプシンによる消化に対し難消化性であるPBIの割合が高いため、タンパク質の摂取が制限される腎臓病患者の食事療法に普通の米よりは適する

と考えられる（注）。なお、この特性は1つの優性突然変異遺伝子Lgc1の作用による。（注：健康増進法により、腎臓病患者用あるいは低グルテリン米といった効能に関する表示は、特別用途食品の認可を受けなければいっさい表示できない。）

4) 米品質制御研究室が担当する「（実習）コメ胚乳タンパク質の分離・同定」では、春陽やLGC1に特異的なタンパク質の同定を行う。詳しくは、実習のテキストを参照のこと。

3. 脂質等の胚芽・糊粉層に含まれる成分：玄米の10%近くを占める胚芽・糊粉層には脂質の他、トコフェロールやγ-オリザノール、γ-アミノ酪酸（GABA）等の医薬品・健康食品成分が含まれている¹¹⁾。

1) 玄米には2~3%の脂質が含まれており、その多くは胚芽・糊粉層に局在する。米油（中性脂質）は淡白な味から、サラダオイル等の生食用やマヨネーズの原料用として、またスナック食品や揚げ物用に利用されている。このように米油の利用価値は高いが、胚芽・糊粉層には多量のリパーゼが存在する

ため中性質は遊離脂肪酸へと分解され、デンプンの物性に影響を与える。また、遊離脂肪酸のうち不飽和脂肪酸には脂質酸化酵素・リポキシゲナーゼ（LOX）が作用して過酸化物となり、その後、古米臭成分である種々の揮発性の低分子量化合物へと変換される。そこで、コメのLOXが欠けて脂質の酸化活性が低下した、貯蔵性に優れたコメを結実するイネの作出を目的とした研究が行われてきた¹⁰⁾（図2）。

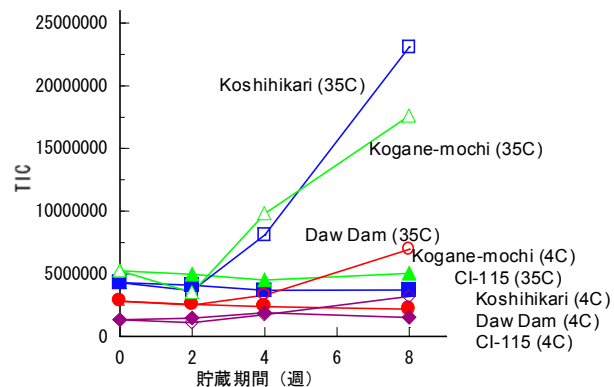


図2 LOXの有無と貯蔵した米に蓄積する古米臭成分（ヘキサナール）の関係。Daw DamはLOX欠、モチ品種。CI-115はLOX欠、ウルチ品種。（Suzuki et al. 1999）

2) γ-アミノ酪酸（GABA）他¹⁰⁾：発芽玄米の目玉成分として知られているGABAは、非タンパク質性のアミノ酸であり、神経刺激伝達物質として知られる。そのため、医薬品として頭部外傷後遺症にともなう諸症状の治療に使われほか、精神安定作用や血圧上昇抑制作用なども期待できるといわれている。玄米を水浸漬しておく、発芽のためにタンパク質の分解が起き、グルタミン酸よりGABAに変換されることが知られている。この他、コメに含まれる有用成分として、γ-オリザノールや、フィチン酸（IP6等）が知られている。

4. **参考文献**：一般的な文献のみを載せた。
- 1) 堀末登・石谷孝佑。新しい形質を導入した新形質米品種の開発と利用の展望。櫛淵欽也監修、美味しい米、第3巻、21世紀に向けた美味しい米の開発戦略、p.115-135。農林水産情報協会(1996)。
 - 2) 石谷孝佑。世界の米料理と米加工品。石谷孝佑編、米の事典－稲作からゲノムまで－、p.151-204。幸書房(2002)。
 - 3) 森田敏。新用途をめざしたイネの研究・技術開発。農林水産技術研究ジャーナル、26(10): 5-10(2003)。
 - 4) 奥野員敏。成分からみた新形質米とその特性。竹生新治郎監修、米の科学、p.61-77。朝倉書店(1995)。
 - 5) 根本博・井邊時雄。新しい米の特徴と利用。石谷孝佑編、米の事典－稲作からゲノムまで－、p.83-114。幸書房(2002)。
 - 6) 農業研究センター編。近赤外法による穀類タンパク質の簡易定量。幸書房(1995)。
 - 7) 米の食味の改良に関する検討会編。米の食味評価最前線。全国食糧検査協会(1997)。
 - 8) 小川雅広・佐藤光。イネ種子貯蔵タンパク質に関する突然変異。種子生理生化学研究会編、種子のバイオサイエンス、p.163-168。学会出版センター(1995)。
 - 9) 上原泰樹・小林陽・太田久稔・清水博之・福井清美・三浦清之・大槻寛・小牧有三・笹原英樹。水稻新品種「春陽」の育成。中央農業総合研究センター研究報告、1: 1-22(2002)。
 - 10) 大坪研一。穀類が持つ生理機能。農業および園芸、74: 89-94(1999)。
 - 11) 鈴木保宏。コメの貯蔵性を改良する試み－種子リポキシゲナーゼが欠失したイネの探索とその利用－。農業技術、56: 444-448(2001)。