

日本水稻品質・食味研究会  
記念講演会要旨集

2009年11月13日  
東京大学農学部

## 日本水稻品質・食味研究会記念講演会

日 時 2009年11月13日(金) 14:00~17:45

場 所 東京大学農学部3号館4階大会議室

共 催 東京大学・天津市政府共同プロジェクト

14:00 開 会 日本水稻品質・食味研究会会長

14:10 講 演 平山裕治(北海道立中央農業試験場水田・転作科長)  
北海道における水稻良食味品種の開発

14:40 講 演 崔 晶(天津農学院教授・東京大学特任)  
東京大学・天津市政府共同プロジェクトにおける食味研究

15:00 挨 捶 大杉 立(日本作物学会会長・東京大学教授)、

15:10 講 演 梅本貴之(作物研究所主任研究員)  
デンプン合成系の多様性と食味・加工適性

15:40 休 憩

15:55 講 演 大坪研一(新潟大学農学部教授)  
米の食味の理化学的評価及びDNAマーカーによる食味推定

16:25 講 演 九州沖縄農業研究センター上席研究員)  
水稻高温障害の軽減に向けた良質米生産技術の開発

16:55 総合討論

17:50 閉 会 日本水稻品質・食味研究会副会長

18:00 懇親会 農学部生協食堂

## 北海道における水稻良食味品種の開発 北海道立中央農業試験場 平山裕治

北海道は新潟県と1,2位を争う米の収穫量を誇るが、「コシヒカリ」のような全国ブランド米はなかった。そこで、北海道の水稻育種では、1980年から始まった「優良米の早期開発試験」以来、4期28年間の継続的に実施されてきたプロジェクトなどにより25の優良品種が育成された(図1、図2)。ここでは、これまでの北海道米の食味向上に関する育種の背景を概説する。

### 1. 道内良食味遺伝子の集積と「コシヒカリ」の良食味遺伝子の導入

これらプロジェクトの開始以前では、北海道米は東北以南の米に比べ食味が明らかに劣っていた。これを改善するため、主として、デンプン成分の一つであるアミロース含有率の低下を重視した選抜を行ってきた結果、「粘り」が改善され、食味が大きく向上した(図3)。同時に、タンパク質含有率も食味に大きく影響するため、低い系統を選抜した。その結果、道内良食味品種を改良して1984年に育成された「ゆきひかり」等が開発された(図4)。

その後、遺伝資源として「コシヒカリ」の後代を活用して1988年に育成された「きらら397」は、それ以前の北海道米にはない良食味性を備え、精力的な販売戦略もあって、北海道で初めての良食味米として全国区のブランド米になった。同品種は、現在となっては耐冷性がやや劣るが、収量の安定性にも優れており、今まで長期間にわたり全道で広く作付けされている。さらに、「きらら397」の欠点である耐冷性を向上させ、「あきたこまち」を良食味の母本に使い「ほしのゆめ」を1996年に育成した。

アミロース含有率は登熟温度と正の相関関係にあり、年次変動が大きいため正確な数字を示すことは困難であるが、「ゆきひかり」育成以前の旧来の多肥多収品種「イシカリ」などの22%から「きらら397」「ほしのゆめ」の20%まで、2%程度が低下したと思われる(図5)。しかし、東北以南に比べ北海道は登熟温度が低いため、「きらら397」「ほしのゆめ」でもアミロース含有率がやや高かった。

### 2. 低アミロース遺伝子の活用

一方、アミロース含有率をさらに低下させる方法の一つとして、従来の日本的一般うるち品種にはない低アミロース遺伝子を導入する試みが行われた。「ニホンマサリ」にガンマー線を照射して開発された低アミロース系統「NM391」の遺伝子を導入して1991年に「彩」、2001年に「あやひめ」が育成された。これらは、アミロース含有率が「きらら397」など一般穀品種のほぼ半分の10~12%であり、かなり粘りが強く柔らかいため主に一般うるち米とのブレンド米としての活用が図られた(表1)。

また、2001年には「国宝ローズ」の後代を遺伝資源に利用して、「ななつぼし」が開発された。「ななつぼし」は「きらら397」「ほしのゆめ」よりもアミロース含有率が1%程度低下した(図5)。さらに、タンパク質含有率については、それまでアミロース含有率ほど顕著な改善は得られていなかったが、「ななつぼし」は従来品種に比べタンパク質含有率もやや低下した。本品種の育成により、北海道米に対する流通・実需関係者や消費者の食味評価はさらに高まった。

その後、「きらら397」の培養変異による低アミロース系統「北海287号」を母本として、「おぼろづき」が2003年に育成された。「おぼろづき」はアミロース含有率が15%程度で、単品で利用できる低アミロース品種であった。また、同じ「北海287号」を遺伝資源に利用

## ◎ 120年うち、36回が「冷害」

しアミロース含有率が「おぼろづき」よりも1%程度高く、栽培特性が改善された「ゆめぴりか」が、2008年に育成された。両品種とも「つや」、「粘り」および「柔らかさ」に優れており、食味のポテンシャルとしては「コシヒカリ」に並ぶと評価されている。

### 3. 今後の極良食味育種戦略

アミロース含有率については、「粘り」や「柔らかさ」のバランスを考慮した場合、これ以上の低下は望ましくなく、「ななつぼし」と「ゆめぴりか」の中間の値を有し、産地や年次による変動が少ない品種の開発を目指している。(図6)。そのため、現在、「国宝ローズ」由来の後代系統の活用が考えられている。タンパク質含有率についても、「国宝ローズ」由来の後代系統等を遺伝資源に利用して、安定的な低下が試みられている。さらに、「外観」や「つや」、冷めてもおいしく感じる「米飯老化性」を改良するために、これら特性を育種現場で効率よく測定する方法の開発が必要である。また、いわゆる「味」や「香り」などに関する特性も機器分析できるように基礎的な研究を続けていく必要がある。

第1期:1980~1986年 優良米の早期開発	第2期:1987~1993年 高度良食味品種の開発	第3期:1994~2000年 極良食味米の総合開発	第4期:2001~2007年 高品位米品種の開発促進
中央農試、上川農試 道南農試、北見農試	中央農試、上川農試 道南農試、北見農試	中央農試、上川農試 道南農試	中央農試、上川農試 道南農試
しまひかり みちこがね キタアケ ともひかり たんねもち ゆきひかり 空育125号 上育393号 上育394号	きらら397 ゆきまる ハヤカゼ ほのか224 はくちょうもち 彩	ほしのゆめ あきほ ほしたろう ななつぼし 風の子もち	あやひめ ふっくりんこ ほしまる 大地の星 ゆめぴりか

図1 北海道における良食味品種開発プロジェクト

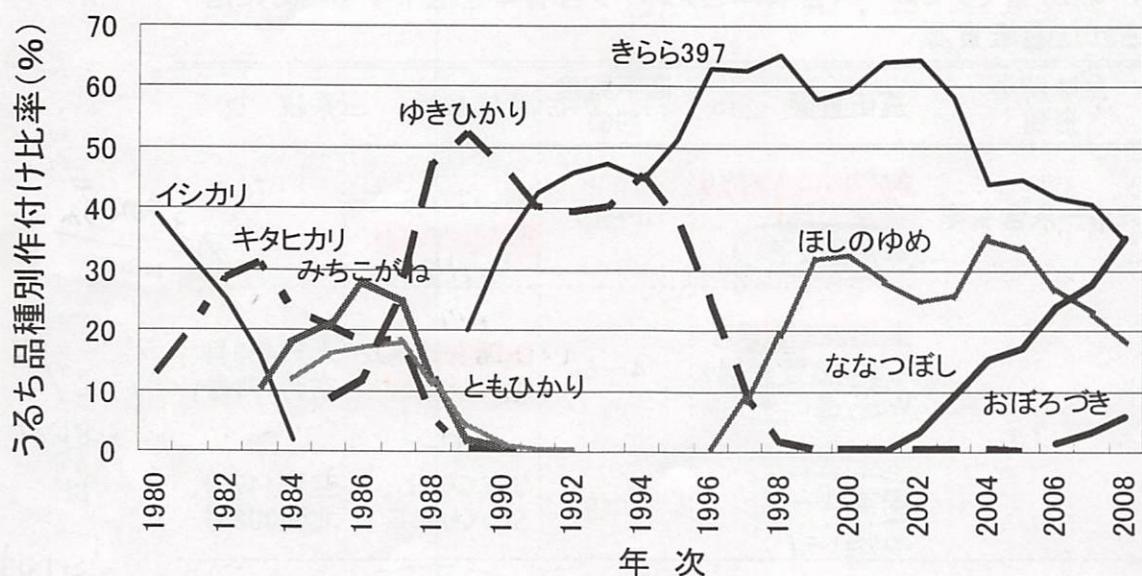


図2 北海道における1980年以降のうるち品種別作付け比率の推移

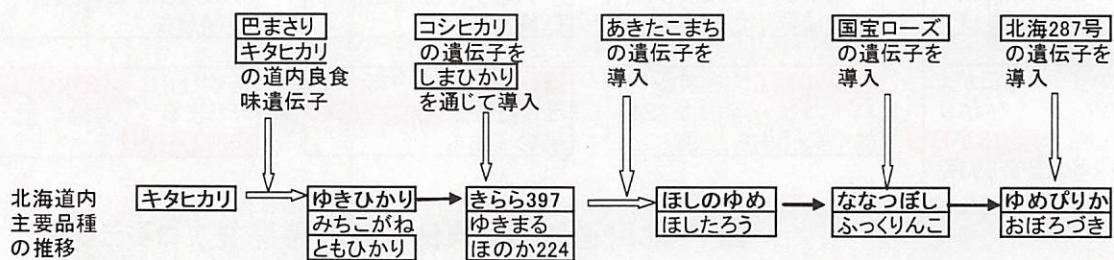
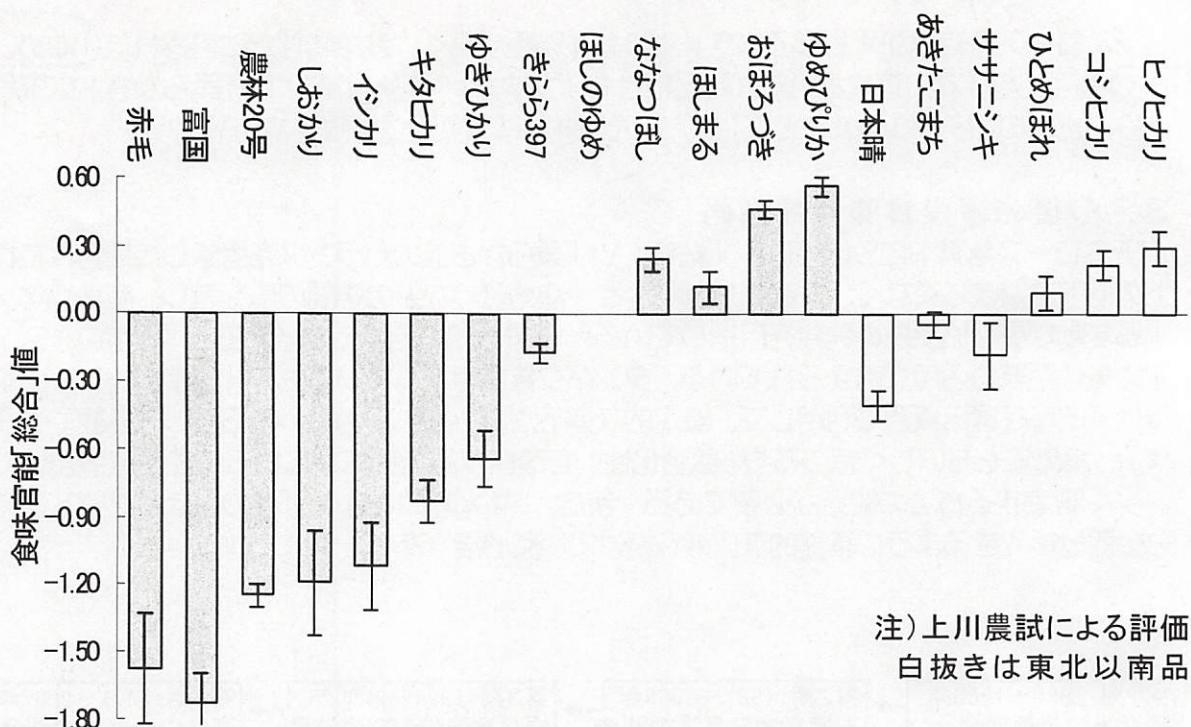


図4 北海道の良食味品種における良食味遺伝子の導入

表1 北海道でアミロース含有率とタンパク含有率を低下するために活用された遺伝資源

食味関連形質	遺伝資源	低下程度(%)	育成品種	系統
アミロース含有率	NM391(ニホンマサリ) 突然変異) dull遺伝子	8~10	彩、はなぶさ、 あやひめ →H17	
	北海287号(きら ら397培養変異) Waxy遺伝子	4~6	H17 おぼろづき、 ゆめびりか →H20	上育458号、 空育171号
	国宝ローズ カリオヘニア	2~5	ななつぼし、 ふっくりんこ	空育147号、 北海302号
タンパク質含有率	国宝ローズ	0.5~1	ななつぼし、 ふっくりんこ	北海302号、 上育462号

低下程度は年次や地域により異なる。

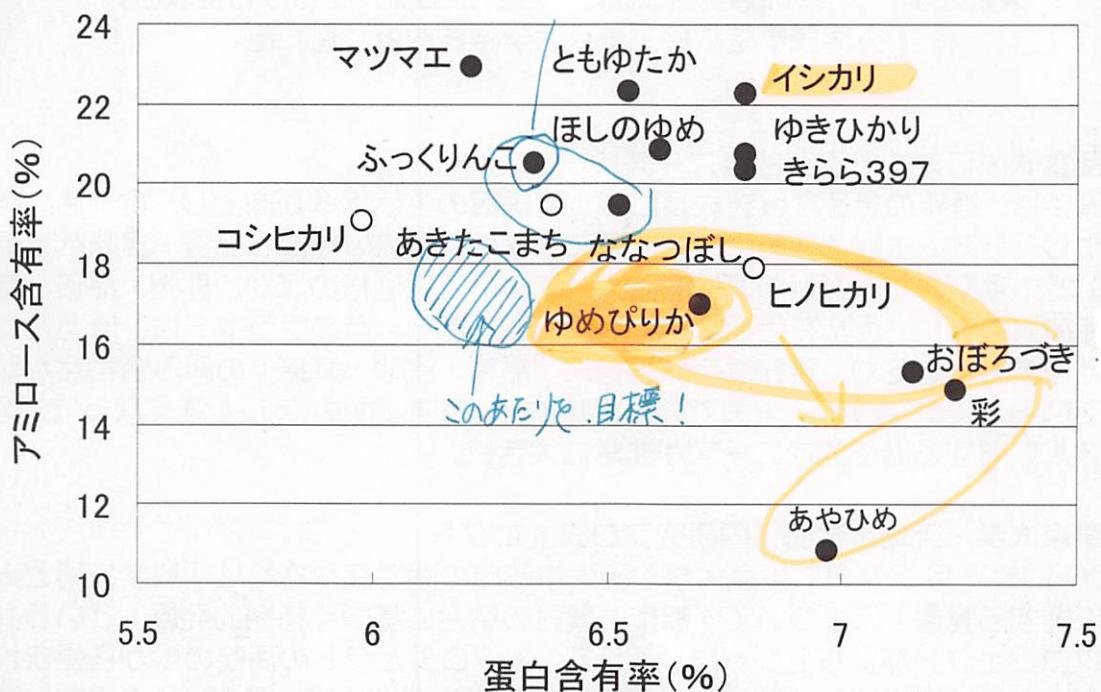


図5 北海道新旧品種での蛋白質含有率とアミロース含有率との関係  
東北以南の3品種(○)を含む。

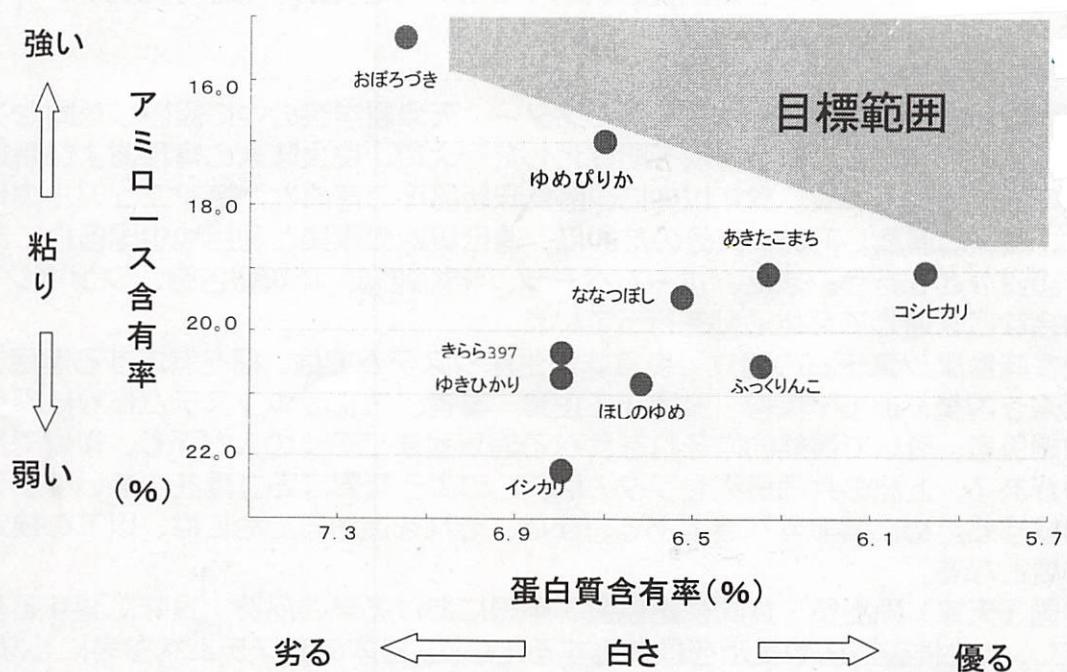


図6 蛋白質含有率とアミロース含有率における今後の目標範囲

(上川農試奨決産 東北以南各産地産 平7~19)

# 東京大学・天津市政府共同研究プロジェクトにおける食味研究

## 天津農学院教授・東京大学特任教授 崔 晶

### 1. 良食味米に対する潜在的なニーズ

中国では、近年の急速な経済成長に伴って国民の生活水準が向上し、食生活の様相も変化してきた。主食である米に対するニーズは、以前の量から品質・食味へと転換している。すなわち、最近の消費者は、米については価格のほか、外観、品質、安全性（有機栽培米）、食味を重視するようになってきた。昔のブランドは、ほとんどが栽培地域名であったが、現在は商標登録に「品種・産地・栽培」の組み合わせが記載されている。このように、中国では良食味米に対する嗜好が著しく強くなっている、良食味米に対する潜在的なニーズが非常に大きい。

### 2. 東京大学・天津市政府共同研究プロジェクト

2004年7月31日に東京大学と天津市政府の間で交わされた「科学技術と人材交流に関する覚書」に基づいて「都市と農村の融合に基づく持続的発展」という共同研究プロジェクトが立ち上がった。そして、本プロジェクトの活動の中から生まれた水稻グループは良食味米の育種と栽培に関する研究を進めているが、その活動は中国における良食味研究をリードするものである。本プロジェクトに係る日本側研究者の森田茂紀・楠谷彰人・松江勇次の3名、また中国側研究者の崔晶は、その活動が高く評価されて中国政府・天津市政府から表彰を受けた。2009年8月8日には、内容を発展させて覚書を更新し、プロジェクトは第2段階に突入した。現在は、良食味米の育種研究・栽培研究に関する5ヶ年計画と年次工程表を作成し、それにしたがって活動しており、数年以内に新品種と栽培マニュアルが完成する予定である。

### 3. プロジェクトの今後の課題

**天津中日水稻品質・食味共同研究センター** 天津農学院の中に設置した同センターの組織体制を見直し、担当事項を明確化したうえで、良食味米の育種および栽培研究を効率的に進めていく。数年以内に、良食味新品種の育成と栽培マニュアルの作成を行い、農民に普及していく。そのために、遺伝資源の収集と利用や中国各地における稻作調査などを行う。また、ホームページ、学術雑誌、年次報告書、シンポジウム、講演会などを通じて発信活動を行っていく。

**良食味産業システムの確立** 良食味米生産システムでは、稻を栽培する農民、収穫した米を調整・加工・保管・流通する企業・業者、法制度やシステム作りに深く係る行政関係者、そして最終的にそれを食べる消費者まで多くの人が係り、複雑で長い道のりがある。上記の共同研究センターは、このような異なる立場をつないでシステムを形成するために貢献すべきである。また、それを進めるためには、以下の検定協会も必要となる。

**中国（天津）稻品質・食味検定協会** 中国における米の品質・食味に関する基準を確立し、また検査方法や表示を標準化するために、日本のシステムを参考にしながら、表記組織（仮称）を設立することを予定している。合わせて、米の品質や食味の検査・評価を担当する実務者の養成（教科書およびプログラムの作成）と、資格者の定期的な再教育システムについても検討している。

# 中国における 米の生産と食味

森田茂紀

(東京大学大学院・教授)

崔

晶

(天津農学院・教授)

日本産のコシヒカリを中国で販売したところ、高いにも係らず、すぐ売り切れたというニュースが流れたのは、そんなに前のことではない。

増産を続けてきた中国における米をめぐる状況は、どう変化しているのであらうか。

著者らはここ数年間、中国で良食味米生産のプロジェクトに係ってきたので、簡単に紹介したい。その前にまず、米の需給と食味についてみておこう。

## 中国における

### 米の需給動向

あった。

近年、中国における水稻の作付面積と生産量は、いずれも増加を続けている。すなわち、5年連続の増産の結果、2008年の作付

面積は2940万ha、生産量は粉で19300万t（玄米換算で13510万t）となつた。収量は、10a当たり粉で約660kg、玄米では約460kgである。

その内訳をみてみると、インデ

ポニカ米が、近年、インディカ米を食べる南方へ拡大しているが、生活水準の高い大都市でこの傾向が著しい。

また、ハイブリッドライスについても品質・食味が重視されており、「インディカ×インディカ」から「インディカ×ジャポニカ」、さらに「ジャポニカ×ジャポニカ」へと開発方針が変化してきた。

### 増産から

### 品質・食味嗜好へ

中国ではジャポニカ米の割合が増えているのが特徴であり、200

米の供給量は需要量を超えてお

り、現在、中国は米を自給できている。全人口は近年も増加している。

かに減少している。すなわち、一人当たりの年間米消費量は緩や

%程度減少しており、現在は約90kgである。

近年、中国の経済成長が著しく、国民の生活水準が向上しており、食生活も変化している。米

の消費が減少するとともに、肉食が進んでいることが特徴で、それに伴つて穀物の需要が増えている。とくに飼料としてのダイズの需要が急速に増えており、南米からの輸入に依存している。

このような食生活の変化は、戦後の日本の状況と似ていらないだろうか。すなわち、米の増産が実現し、所得が上がると、脂肪やタンパク質の摂取量が増え、米の一人当たり消費が減少し、今度は量ではなく、品質や食

味に対する関心が急速に強まっているのである。

## 米の品質・食味シンポジウム

中国で米の品質・食味に対する潜在的ニーズを強く感じるきっかけとなつたのは、2006年に天津市で開催された「米の品質と食

味に関する日中共同シンポジウム」である。これは、東京大学と天津市と農村の融合に基づく持続的発展の一貫として、実施されたものである。

このプロジェクトでは、持続的社会の構築のために課題を抽出し、順次、個別の共同研究を立ち上げている。森田は、プロジェクト全体のリーダーを務めながら、天津農学院の崔晶教授とともに、また

香川大学農学部の楠谷彰人教授と福岡県総合農業試験場の松江勇次博士の協力を得ながら、良食味米グループを率いている。

共同研究のテーマとして、米の増産ではなく、良食味米の生産が中国側から提案されたときは驚いた。これは、香川大学農学部の楠谷教授のもとに留学して、イネの

向上させたいと考えたことが、そもそものきっかけである。

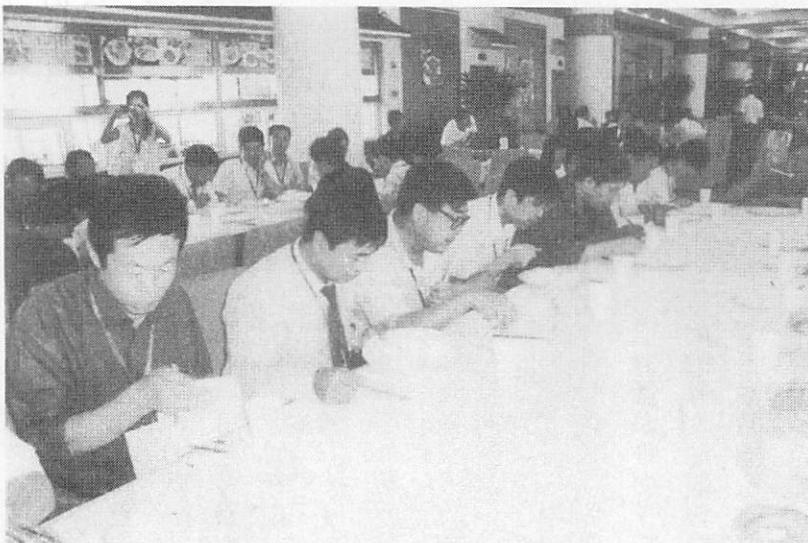
このシンポジウムは、米の品質とか食味という概念や用語自体がされたものであり、どれくらいの参加者があるか不安であった。

しかし、開催してみると中国全土から約120名の参加者があり、米の品質・食味に対する潜在的なニーズが高いことが明らかとなつた。

このシンポジウムの成果として、崔教授と森田が編集した「水稻食味学」という本が天津教育出版社から発売になつていて、これは中國語で書かれているが、希望があれば森田までご連絡頂きたい。

## 日本と中国との 食味の違い

上記のシンポジウムの昼休みに、楠谷教授と崔教授が中心となつて目隠しの食味試験を実施したところ、ほとんどのパネリストが中国



シンポジウム 食味試験

味に関する日中共同シンポジウム」である。これは、東京大学と天津

市との共同研究プロジェクト「都

市と農村の融合に基づく持続的發

展」の一貫として、実施されたものである。

このプロジェクトでは、持続的

社会の構築のために課題を抽出し、

順次、個別の共同研究を立ち上げている。森田は、プロジェクト全

てのリーダーを務めながら、天津農学院の崔晶教授とともに、また

香川大学農学部の楠谷彰人教授と

福岡県総合農業試験場の松江勇次

博士の協力を得ながら、良食味米

グループを率いている。

共同研究のテーマとして、米の

増産ではなく、良食味米の生産が

中国側から提案されたときは驚いた。これは、香川大学農学部の楠

谷教授のもとに留学して、イネの

食味に関する栽培研究で農学博士となつた崔教授が、中国の同胞にも日本にあるような美味しいご飯

を食べさせたい、また農民の生活

人であつたにも係らず、日本から持参した新米のコシヒカリの成績がよかつた。

実は、この食味試験を行うにあ



センター開所式

たり、炊飯の水加減について日中で議論があり、日本人からみればやや大目の水で炊くことになつた。そのため、最適条件で炊いていない可能性があるが、それでも、中國人のパネリストがコシヒカリに高い評価を与えたことは興味深い。

ただし、米の品質や食味に対する評価が日中で常に同じとは限らない。

日本品種と中国品種について、日中の双方のパネリストが食味試験を行つた結果によれば、食味に対する嗜好性は日中でほぼ同じであるが、品種によつては日中で異なる評価がでる場合もあることが、

松江博士の研究から分かつてきたり、炊飯の水加減について日中で議論があり、日本人からみればやや大目の水で炊くことになつた。そのため、最適条件で炊いていない可能性があるが、それでも、中國人のパネリストがコシヒカリに高い評価を与えたことは興味深い。

したがつて、良食味米生産を目指すためには、中国における食味評価システムを確立することが必要であり、松江博士が尽力している。

したがつて、良食味米生産を目指すためには、中国における食味評価システムを確立することが必要であり、松江博士が尽力している。

松江博士の研究から分かつてきたり、炊飯の水加減について日中で議論があり、日本人からみればやや大目の水で炊くことになつた。そのため、最適条件で炊いていない可能性があるが、それでも、中國人のパネリストがコシヒカリに高い評価を与えたことは興味深い。

したがつて、良食味米生産を目指すためには、中国における食味評価システムを確立することが必要であり、松江博士が尽力している。

したがつて、良食味米生産を目指すためには、中国における食味評価システムを確立することが必要であり、松江博士が尽力している。

る。

良食味米生産では品種の育成が重要な位置を占めており、中国の

遺伝資源を利用して進めている。そのため、中国の北方におけるジヤポニカ米について、楠谷教授と崔教授が遺伝資源の収集と評価を進めている。

その結果、中国品種は日本品種に比較して、食味に係る要因のバランスがあまりよくないことが分かつてきた。すなわち、香りはいいのに甘味がないとか、粘りがあるのに外観がよくないということである。

そこで、それぞれの品種の優れた特徴を兼ね備えた良食味米を育成するために、交配と選抜を繰り返している。

食味は遺伝的要因に強く規定されるが、栽培管理も大きな影響を与える。例えば、中国の稻作では日本の倍近い窒素が施肥されていが、そのため米のタンパク含量

が高くなり、食味が落ちてきている可

能性が高い。

そこで、生産を下げずに窒素肥料を減らすことを、土壤条件も考慮に入れるながら検討している。

また、中国では適期に収穫されているとは限らず、このことも米の品質・食味を低くしていると考えられる。

そこで、良食味・多収栽培のための栽培マニュアルを作成し、新品种とセットにして農民に普及することを目指している。

## 良食味米生産 システムの確立

良食味米生産には、様々な要因が複雑に関係している。品種の影響が非常に強いが、すでに述べたように栽培管理の影響も大きい。さらに、収穫以後の調整、保管、輸送、加工なども関係しているし、調理方法も係つてくる。

また、だれが担当するのかといふことをみても、稻を栽培する農民だけでなく、収穫以後には多く

の業者が関係する。中国には農協に相当する組織がなく、品種や栽培方法の普及も容易ではない。品質・食味に対する理解もまだ十分でなく、検査・認定制度も整っていない。

このような様々な点を含めたシステムの確立が必要であり、稻研究者だけでなく、行政の係りが重要な役をなってくる。私たちは、天津市政府とも連携を取りながら、良食味米の生産と産業化を目指していきたいと考えている。



水稻食味学

このプロジェクトは、コシヒカリのような日本の良食味水稻品种を中国で栽培しようというものではない。中国固有の遺伝資源を利用して、良食味品种を育成することが前提である。その良食味品种をうまく栽培することができて、初めて中国における良食味米の生産が完成したといえることになる。

そうなった場合、野菜と同じよ

うに、このような良食味米が将来、日本に入つて来るだろうか。中国では依然、人口が増加しており、食料の安定増産は必要である。しかも、すでに述べたように品質・食味の面からジャポニカ米に対する需要と供給も増えている。

また、中国と日本では食事におけるご飯の位置づけも異なつており、嗜好も必ずしも一致したものではない。したがつて、日本の稻作と中国の稻作は、共存共栄できると考へている。

少なくとも、すでに公表された研究成果は人類共通の財産であり、

技術や機械も、手続きを踏めば誰でも手に入るものである。幸い、米の品質・食味に関する育種や栽培研究では日本が先行しているので、これらのノウハウを積極的に提供して中国の良食味生産に協力すべきである。それが、日本にイネと稻作を伝えてくれた中国に対する恩返しであり、真の日中友好となり、日本の国益につながる。

## 真の日中友好と 日本の国益

## 「天津中日水稻品質・食味共同研究センターの良食味米プロジェクト」



**森田茂紀** さん

天津農学院農学生命科学研究科・教授(農学博士)

天津農学院農業科学技術顧問 天津農学院・客員教授

**松江勇次**

さん

福岡県農業総合試験場・副場長(農学博士)  
天津農学院・客員教授



天津農学院・客員教授

## 稻作 三賢者



**楠谷彰人** さん

香川大学農学部・教授(農学博士)

# 「中国人民の、人民による、人民のための米を」

このプロジェクト始めたきっかけをお話し下さい。  
(以下、敬称略)

森田：2004年に東京大学と天津市との間で科学技術と人材の交流に関する覚書が交され、それを受け「都市と農村の融合に基づく持続的発展」という共同研究プロジェクトが始まりました。良食味米プロジェクトは、その一貫と進めているものです。水稻グループの中日側責任者である天津農学院の崔教授は以前、香川大学大学院に留学し、楠谷教授の指導のもと、食味に着目した稲の栽培研究を行い、農学博士となりました(私は、同大学院で特別講義を担当したときに崔教授と知り合いました)。当時、中国には米の食味という概念がありませんでしたが、崔教授は「日本にあるような美味しいお米を中国の同胞にも食べさせたい」と考へ、帰国後、良食味米プロジェクトを天津市に提案したのです。私は、この良食味米プロジェクトは全日本体制で進めるべきと考え、日本の第一人者である楠谷教授と松江先生に参加してもらいました。

私たちの地道な努力が実を結び、天津農学院に天津中日水稻品質・食味研究センターという世界で初めての拠点が形成され、舞台と役者が揃つたわけです。

中国に来て初めて食べたご飯の味を覚えているだろうか？ その時、日本の米とは何かが違う、と感じた人がほとんどであろう。

味の比較から始めました。その結果、中国品種は日本品種に比べて、食味に係る要因

です。そこで、中国における食味評価システムを作ることにしたわけです。

でも有機栽培に対する関心が高まっているようですが、有機栽培した米は本当に安全なものなのでしょうか？

これまでやいわから、難航すると考えられる点についてお聞かせ下さい。

楠谷：まず、有機食品の定義についてお話ししなければならないでしょう。有機食品は、3年間農薬や化学肥料剤の使用経験がないこと、これが絶対条件です。そもそも「有機食品」の名を語る事はできません。農薬などを一切使用しないと、普通は病気や雑草、また害虫の被害が大きくなってしまうのですが、最近の研究結果では有機栽培を長年続けると病気が少なくなるという報告もあります。

松江：適切に有機栽培された米はタンパク質含有率が低く、続けば続けるほど味が良くなるという傾向があるようです。この栽培方法で作られた商品は商品の健康性から中国市場でも注目され、ついで「有機」という名前が付くだけで安全で美味しい」という宣伝効果をもたらすようになります。一方で多量の有機物施用が米のタンパク質含有率を高めて食味が不良になる可能性があり、有機＝良食味という固定式はまだ絶対的なものではありません。このため有機栽培においては、生産者側はきめ細やかな栽培管理を行っていく必要があります。

楠谷：どう思われますか？ 中国で日本との食味を超える品種が開発されると、日本の米市場にどのような影響をもたらすでしょうか？

松江：中国では今後も人口が増えますので、引き続き米の増産が必要です。また、国では硬い方が好きといふ人が多いように

が広がっています。したがって、国外に向けてすぐに米を輸出するほどの余裕は生まれないでしょ。

森田：イネは、栽培された国で食糧として消費される割合が非常に高いことが特徴です。私たちは中国稻品種を材料にして交配育種を行い、「中国人民の人民による人民のための米」を作ることを目指してお

り、日本における先行研究や技術開発の成果を提供し、良食味米を作ることに協力していくきます。

チームワークがすでに出来上がっています。そして品種育成と栽培研究が、日本における先行研究や技術開発を利用しながら、現在、順調に進んでいますので、数年以内には新品種とその栽培マニュアルをセットにして農民に普及できそうです。これを効果的に進めるためには、品種や栽培方法を普及するための指導体制も不可欠です。

また、このプロジェクトをさらに発展させることには、是非、若い研究者・技術者を育てる必要で、それは学生も含め

た日本中の相互交流が役立つはずです。ただし、このプロジェクトでは単に研究を進め

て論文を書くことだけでなく、中国社会にとって役立つ産業化を目指しています。そのため、収穫した米を調整、加工する企業や、流通、販売に係る業者を含むシステムを作り上げることも不可欠です。消費者に米の品質・食味に関する理解を深め

てもう一つの啓発・宣伝活動も必要で、日本と同じように安全や安心、さらに健康に関する潜在的ニーズも発掘されるでしょう。以上が、今後の問題と、課題だと考えてします。

国によって美味しいお米に関する基準が違うところですか？

楠谷：どのような米を「美味しい」と感じるかは、国や地域によつて異なる場合があります。例えば、日本の「コシヒカリ」は中国人も美味しいと感じるのは、すべての品種について、でも中国で同じ評価が出るとは限りません。

松江：そこで、日本と中国の両方の米を使つて、日本人と中国人がそれを食味をどのように感じるか調べてみました。その結果、日本人と中国人の嗜好には、似たところと違つところがあることが分かりました。例えば、日本人は色が白く光沢のあるものを好みのに対して、中国人は粒形を重視し形が長めの米が好きです。また、日本では柔らかめのものが好まれるのに、中國では硬い方が好きといふ人が多いよ

う。

食の安全・安心の観点から、中国市場

今後の中国良食味米の動向についてどう思われますか？ もし、中国で日本との食味を超える品種が開発されると、日本の米市場にどのような影響をもたらすのでしょうか？

楠谷：中国では今後も人口が増えますので、引き続き米の増産が必要です。また、

松江：中国では今後も人口が増えます

ので、古来より中国から多くの物を導入し、また様々な思想や技術を学んできました。稻作も、その一つです。私たちは、このプロジェクトの成果が少しでも中国への恩返しにつながり、眞の日中友好に寄与することを望んでいます。

# 米演武

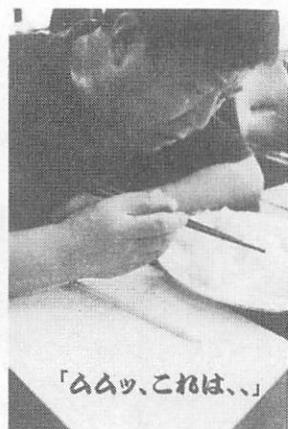
## 優質食味米試食会の様子

米をもつと美味しくする為にはどうすればいいか?研究室や農地でデータとにらめっこするのも大事。だけども、食べ物だから実際に食べてみないと、何が欠けているのか分からぬ。

そこで中国各地で研究された良質米20種を一同に会し、研究者、専門家、マスコミ、そして一般消費者の厳しい舌で評価してもらおうというのがこの試食会。

評価者は各種の米を食べた後、外観、味、粘り気、硬さ、そして総合評価の五項目を六段階で評価し、その合計得点で順位を決める。この結果はもちろん今後の研究開発に活かされて行く。

種類の違う米に対して、同一基準で評価を下すのだから、炊飯の過程を一致させなければ公平ではない。試食会で出される米は全く同じ条件で炊き上げられる。



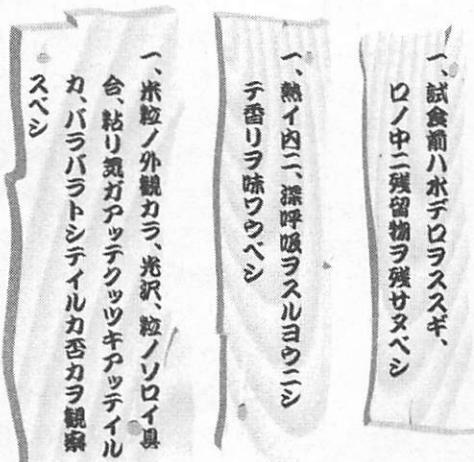
「ムムッ、これは...」

お皿にこんもりと盛られたお米は、緊張しているのか、いつもより粒が立っているものが多い。これはいい品種である証か?

評議員に対する要求も多い

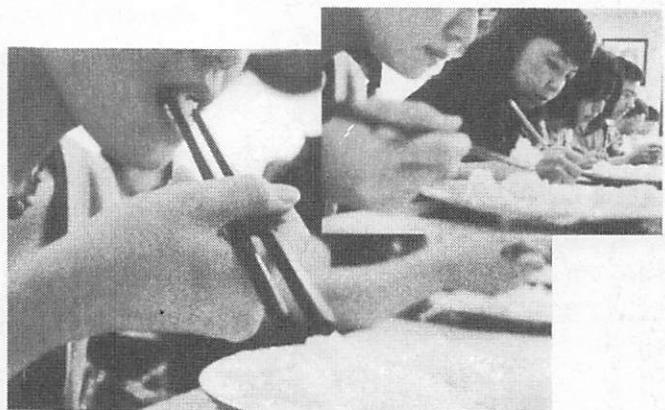
## 試食乃捷 四箇条!!

一、箸デ少量ラスクイ、光沢、粒ノソロイ具合、粘り氣ガアツテクツキアツテイルカ、バラバラトシティルカ否カラ観察ナドヲ判別スベシ



一、試食前ハ水デロラスギ、  
ロノ中ニ残留物ヲ残サタベシ  
二、熱イ内ニ深呼吸ラスルヨウニシ  
テ番リヲ味ワクベシ  
三、スペシ

一、米粒ノ外觀カラ、光沢、粒ノソロイ具  
合、粘り氣ガアツテクツキアツテイル  
カ、バラバラトシティルカ否カラ観察  
ナドヲ判別スベシ



## 研究家御用達 美味しいお米の炊き方

蒸しあがつたら10分間むらす。  
蓋を開けまぜた後、さらに2-3分間むらす。

そして30分間浸しておく!

電子ばかりで700g、ミリグラム単位まで正確に測る!  
米と水の重量比=米1:水1.3

ご家庭でもお試しあれ!

26 ■

この崔教授こそが前に登場してもらった三賢者と共同研究をしている人だ。「13億人にお腹一杯たべてもらいたい」という教授の夢は計り知れないほど大きい。

では、存分にその夢を語って頂こう。

## 「食味米の理念を理解してもらいたい」

まずは少し米の食味の概念について話させていただきます。これは人間が米を食べた時、物理的に感じる米の外観、粘り気、硬さ、におい、味などの要素を指します。そして「食味米」というのは米の品質改良などを通し、先に挙げたいいくつかの要素を高いレベルで満たし、全体的な品質を向上させた米の事をいいます。要するに、研究を重ねて生み出された「味がいいお米」という意味です。この米はピカピカして艶もあるので食欲を増進させます。また粘りもあって、柔らかいので消化し易いです。しかし、現在の中国ではこの食味米の理念はまだまだ浸透しておらず、今後は食味米文化の普及が発展の鍵となります。品種(遺伝)一産地(天候)一栽培(技術)は食味を影響する三大要素ですが、殆どの人は知っていません。産地だけで美味しいお米が取れるのは誤解です。

## 「わたしのお米を食べて元気にならいたい」

中国には古来より「民以食為天」という言葉があります。くだけて言うと「食べることが一番大事」ということです。この言葉からも分かるように、飢えのない生活の実現は中国人の長年の夢であったのです。そしてこの夢は現在先人たちの努力によって実現されました。しかし、中国人の生活レベルが上がるにつれ、単純に空腹を満たすだけの食事では飽き足らなくなってしまいました。現在、家は食を楽しみ、食は味を元とする時代になります。これからは「味」という付加価値が重視されるようになるでしょう。そういう

人達の舌を満足させる為に、私たちは「津川1号」という新種のお米の開発を進めています(津は天津、川は香川を意味します。共同研究をしているパートナーが香川大学の教授であるから)。

人にはうれしい時もあれば、悲しい時もあります。「いいお米を食べて幸せな気分になる、幸せならいいお米を食べる」。これは私が消費者の皆様にしつてもらいたいスローガンです。

## 「初めて食べた日本の味、その味を13億人に届けたい」

日本に行く前までは中国のお米の方が美味しいと思っていました。しかし、日本で初めて食べたお米の味、あの時の震撼は一生忘れられません。一口食べた途端に全て分かりました。これほど美味しいお米を食べたのは初めてだと。このときの衝撃と感動が食味米の研究をしようと思ったきっかけです。この日本米のように美味しい物を作りたい、そしてそれを中国13億人にも享受して

もらいたい、その一心でここまでやってきました。

## 「売り上げは農民のポケットに、“国”孝行がしたいのです」

私たちはまず農民達の利益を第一優先にしなければなりません。しかし、彼らに美味しいお米を作らせさえすれば彼らの利益が拡大するとは限りません。もし生産量を上げると品質は下がり、また高品質のものは大量生産に向いていません。この二つは矛盾するのですが、これから、中国の水稻は多収と良質の両立、即ち、品質向上こそ水稻多収の道という方向に沿って研究開発していくなければなりません。消費者の食味米に対するニーズを満足させる為にはまず作付面積を拡大し増産を図る必要があります。そうすることで農民のポケットも潤い、彼らの生活レベルも向上することができる同時に、消費者の需要も満たすことができます。生産量と品質の問題を同時に解決することで、消費者にも農民にもうれしい産業構造ができるかもしれません。また、日本農協のシステムを参考して、天津では安全で安心な良食味米の生産システムを確立するのが急務です。このモデルの構築を中国全土に拡大することが私の最終目標でもあります。自分を育んでくれた国に対する孝行のかたちでもあります。

## 「何よりも中日友好の為に」

私たちの研究活動は日本側の協力がなければ成り立ちません。多くの日本の研究者の方や学生さんの理解と協力があったからこそここまで邁進してこれたを感じています。また日本での先行研究の結果多くに活用させて頂いております。将来は中日合作の成果を通して、両国の水稻生産の発展を促していきます。こういった技術交流を中日友好の新しい機会へと昇華できれば、これ以上にうれしいことはありません。科学技術は人類共同の財産です。



天津大学 教授  
天津中日水稻食味・品質センター  
専門家

## デンプン合成系の多様性と食味・加工適性

(独) 農研機構 作物研究所 米品質研究チーム 梅本貴之

国民1人当たりの米消費量が漸減傾向にあるなか、食糧自給率向上を目指し米加工品の利用拡大が求められている。そのため利用目的に応じた品質特性の解明、それら特性を持つ品種の効率よい選定、育成が重要となる。また気候温暖化の進行によって玄米外観の品質低下のみならず、食味や加工性への悪影響も懸念されている。高温の影響を緩和する特徴を持つ品種を見出し活用することは、避けがたい環境の変化に対処するひとつの方策となる。

米の主要成分であるデンプンは、その組成や分子構造に品種間差が存在する。これらの品種間差の例として、以前から知られている *Wx* 遺伝子 (*granule-bound starch synthase I, GBSSI*) の多様性によるアミロース含量の違いや (Sano 1984, Mikami 2008)、*Alik* 遺伝子 (*starch synthase IIa, SSIIa*) の多型に基づくアミロペクチン鎖長分布の特徴が挙げられる (Umemoto *et al.* 2002)。その他にも世界の遺伝子資源、日本の陸稻を含む在来品種には認識されずに使われている、あるいは未利用のデンプン特性を持つイネが存在していると考えられる。

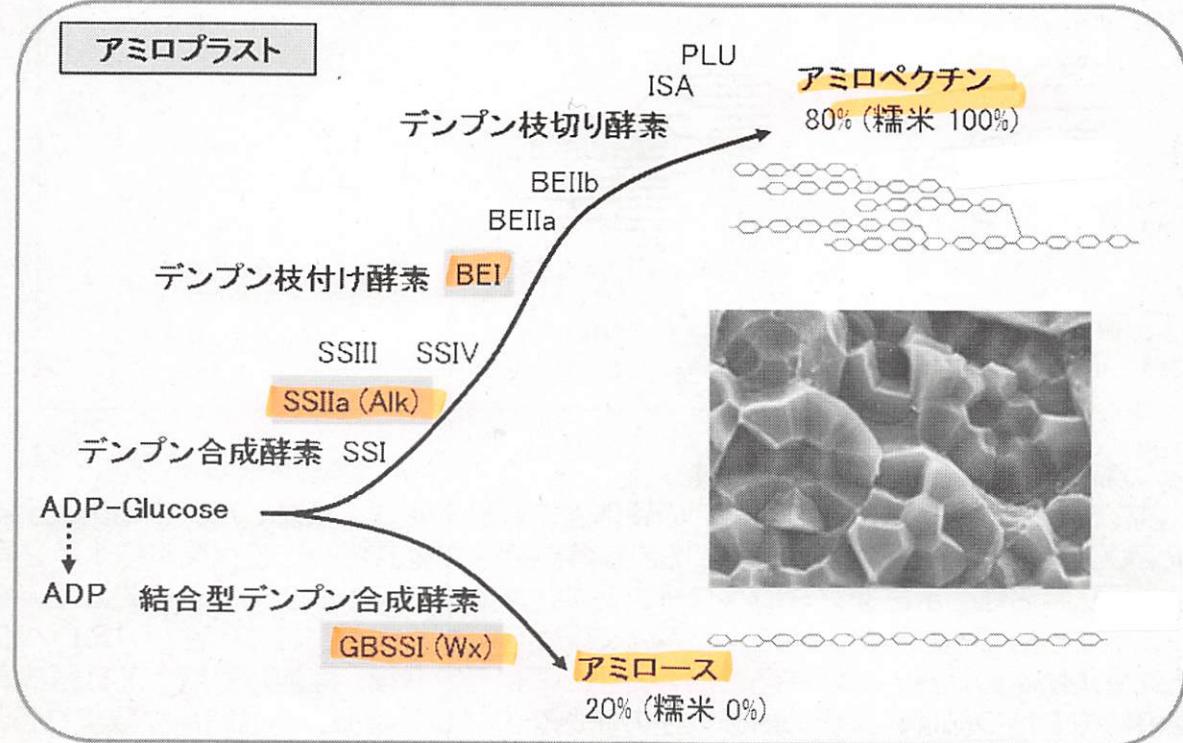
本講演ではイネ胚乳のデンプン合成に関わる遺伝子の多型、デンプン特性の多様性が、米の食味・加工適性に及ぼす影響を紹介する。

### 1. *Wx*座、*Alik*座の多型が炊飯米の食味、米粉パンの製パン性に及ぼす影響

ジャポニカ品種日本晴の遺伝子型背景にインディカ品種Kasalath由来の *Wx*、*Alik* 各遺伝子座を含む染色体断片を持つ準同質遺伝子系統 (near isogenic line, NIL)

### イネ胚乳のデンプン合成を担う酵素

※網掛けした3つの酵素を本講演では主に取り上げる



を用い、炊飯米の食味、米粉パンの製パン特性に及ぼす影響を検証した (Umemoto et al. 2008, 青木ら 2009)。炊飯直後の食味官能試験においては、Kasalath 由来の *Wx* 遺伝子 (*Wx<sup>a</sup>*) を持ち、アミロース含量が高い系統は日本晴よりも明確に粘りが劣り、硬く、総合評価は低かった。一方、Kasalath の *Aik* 遺伝子 (*Aik*) を持ちアミロペクチン短鎖比率が低い NIL は、その評価が日本晴と同程度か若干劣るに留まった。ところが冷飯になると食味は大きく変化し、同じく冷飯の日本晴と比較して粘り、柔らかさ、総合評価ともに低くなった。

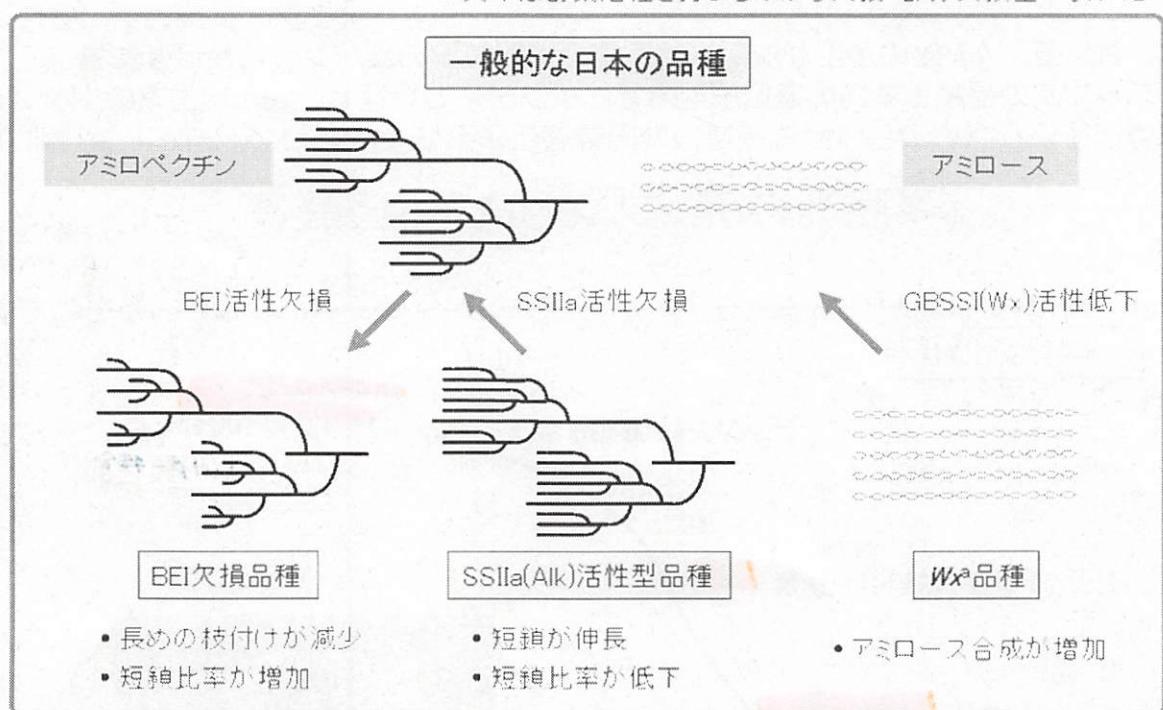
米粉パンの製パン特性においては、日本晴よりアミロース含量が高い NIL ではパンの膨らみが悪いものの形が崩れにくく、アミロペクチン短鎖比率が低い NIL は若干膨らみが良い傾向が見られた。

インディカ品種には今回の NIL 育成の供与親である Kasalath のようにアミロース含有率が高く (*Wx<sup>a</sup>*)、かつアミロペクチン短鎖比率の低い (*Aik*) 品種が多い。したがって両遺伝子の影響を別個に評価し得る NIL を用いたことにより、*Wx* 座と *Aik* 座それぞれの多型がデンプン特性、ひいては食味・加工適性に及ぼす影響が明確となった。

*NIL(Wx<sup>a</sup>, Aik)* → *ふわふわ*。

## 酵素の多型とデンプンの組成・構造

※矢印は酵素活性を持つものから欠損・部分欠損型へ引いた



### 2. *Aik* 座の多型と餅硬化性の関連

*Aik* 座の多型が、餅（白玉団子）の硬化性に及ぼす影響を検証した (Okamoto et al. 2002)。*Aik* 遺伝子が機能し、SSIIa 酵素活性が確認された陸稻関東糯 172 号は、同酵素活性を示さずアミロペクチン短鎖比率も高いマンゲツモチと比較して、餅の硬化が極めて速かった。また、両者の交配後代の解析から、この特性がアミロペクチン短鎖比率の低さと対応することを確認している。今後、陸稻関東糯 172 号や同様の特徴を持つ品種、系統の餅硬化性の速さを生かした製品、用途開発が望まれる。

### 3. BEI 欠損性と餅硬化性、さらなる応用の可能性

餅が硬くなりにくい糯品種の育成が求められている。現在、大福餅など糯米から作られる和菓子では、柔らかさを維持するためにトレハロースやアミラーゼの添加が行われている。餅に加工した際、柔らかさが維持できれば添加物の使用を抑えることが可能となる。岡本らは米粉の糊化温度が低く、餅の軟らかさが持続することが期待される3品種を陸稻在来品種からスクリーニングした(Okamoto et al. submitted)。そのうち2品種は登熟期胚乳のBEI(starch branching enzyme I)活性を欠いており、アミロペクチンの短鎖比率が高い傾向にあった。これらの品種はいずれも粳性であり餅を作れないため、糯品種と交配し、後代の糯系統を用いてBEI欠損性とデンプン特性、餅硬化性の対応を調べた。その結果、BEI活性を欠損しアミロペクチン短鎖比率の高い系統は、活性を有し短鎖比率の低い系統と比べて、冷蔵貯蔵後でも餅が明らかに柔らかかった。BEI欠損による餅の柔らかさは、現在普及している糯品種と比較して明確に優っていると判断され、今後の実用品種育成が待たれる。

BEI欠損性は餅の柔らかさに留まらず、粳品種の炊飯米の柔らかさ向上にも利用できる可能性がある。これまで粳品種の粘り向上や、冷めてからの柔らかさを維持するために低アミロース性が活用されてきた。しかし、粘りすぎることが弁当の生産ラインで問題となったり、糯臭の発生が指摘されることもあった。BEI欠損によるアミロペクチン鎖長分布の特徴は、低アミロース性とは異なった食感の柔らかさにつながることが期待される。さらに気候温暖化による登熟期の温度上昇は、アミロペクチン短鎖比率を低下させ、炊飯米の物性を硬くする方向にシフトすると想定される。BEI欠損によって遺伝的に短鎖比率が増加した品種を用いることによって、気候温暖化の悪影響を緩和できる可能性もある。

### 4. 多様性の原因変異点のマーカー化

ここまで紹介したデンプン特性は、いずれもその多様性の原因となっている遺伝子の変異点(functional nucleotide polymorphism, FNP)が同定されマーカー化(FNPマーカー)されているもの、あるいは近傍のマーカーが明らかになっているものである。したがって今後、加工利用目的に応じてこれらのデンプン特性を交配によって取り込んだ品種を育成する際には、DNAマーカー選抜が可能となる。また、既存の多収イネ、飼料イネのなかには交配によってインディカ品種から多収形質を取り込んだ際に、高アミロース性(Wx<sup>a</sup>)やアミロペクチンの短鎖比率が低い特性(A/k)を、図らずしも取り込んだ品種が存在する。これらの品種を利用目的に応じて1次スクリーニングするにもFNPマーカーは有効である。

以上、イネ胚乳のデンプン合成系の多様性と米のデンプン特性、食味・加工適性の関連について紹介した。このような研究が水稻の品質・食味の遺伝的制御機構の理解を深めるとともに、利用目的に応じた品種系統の選定、選抜を通して米の消費拡大に貢献することを期待する。

#### 引用文献

- ・青木法明・梅本貴之・鈴木保宏(2009)アミロース含量、アミロペクチン構造が異なる準同質遺伝子系統を用いたパンの製パン特性。育種学研究 11(別2): 138.

変異点

- Mikami, I., N. Uwatoko, Y. Ikeda, J. Yamaguchi, H. Hirano, Y. Suzuki and Y. Sano (2008) Allelic diversification at the *wx* locus in landraces of Asian rice. *Theor. Appl. Genet.* 116: 979-989.
- Okamoto, K., K. Kobayashi, H. Hirasawa and T. Umemoto (2002) Structural differences in amylopectin affect waxy rice processing. *Plant Prod. Sci.* 5: 45-50.
- Okamoto, K., M. Hirayama and T. Umemoto. Lack of starch branching enzyme I (BEI) affects gelatinization temperature and hardness of rice cakes of  $F_5$  lines derived from 'Kurnai' × 'Naebahatamochi'. (submitted)
- Sano, Y. (1984) Differential regulation of waxy gene expression in rice endosperm. *Theor. Appl. Genet.* 68: 467-473.
- Umemoto, T., T. Horibata, N. Aoki, M. Hiratsuka, M. Yano and N. Inouchi (2008) Effects of Variations in Starch Synthase on Starch Properties and Eating Quality of Rice. *Plant Prod. Sci.* 11: 472-480.
- Umemoto, T., M. Yano, H. Satoh, A. Shomura and Y. Nakamura (2002) Mapping of a gene responsible for the difference in amylopectin structure between japonica-type and indica-type rice varieties. *Theor. Appl. Genet.* 104.

## 米の食味の理化学的評価及びDNAマーカーによる食味推定 新潟大学農学部 大坪研一

国連FAOの推定によると、世界の人口は、今後、発展途上国を中心に大幅に増加し、現在の約65億人が、2015年には約72億人、2025年には約80億人、2050年には約92億人に増加すると見込まれている。また、中国やインドなどの人口大国の経済力向上にともなって、畜産物の消費も拡大することが予想されている。鶏卵、豚肉、牛肉を1kg生産するのに要する穀物量は、それぞれ、3kg、7kg、11kgなので、人口増加に加えて、質的側面からも、世界の食料需要が大幅に増大することが予想されている。

一方、食料供給については、耕地面積の拡大が見込めないこと、砂漠化の進行や水不足の深刻化、気象の変動などの要因により、大幅な増産は見込めないと予想されている。

また、トウモロコシ、小麦、コメなどの穀類の主要生産国、主要輸出国は、米国、カナダ、オーストラリア、アルゼンチンなどの少数の国に限られており、特にコメは、自給的作物であることから貿易に回る量は数パーセントときわめて少ない。最近、世界の穀物消費量は生産量を上回っており、穀物在庫量は年々減少を続けている。

食料輸出国である米国やフランス等の食料自給率が100%を超えていることは当然とされるが、わが国と類似した先進工業国である英国やドイツも食料自給率が約90%、約75%と高く、しかも上昇傾向であるのに対し、以前は約80%あったわが国の食料自給率が減少を続けて約40%（平成5年は37%、平成18年は39%）にまで低下していることは、今後の世界の食料需給から考えて、きわめて憂慮すべきことと言わねばならない。

米はわが国における主食であり、世界的に見ても、小麦、トウモロコシと並んで世界の三大穀物とされている。

米は、淡白な味のため、和食、洋食、中華料理の全てに適合し、魚、肉、卵、大豆製品などの主菜や、野菜などの副菜をバランス良くとることができ、多くの食材と良く調和する。平成12年3月に、文部科学省、厚生労働省、農林水産省によって出された「食生活指針」の中でも、「ごはんなどの穀類をしっかりと」と記されている。

最近、その重要性が見直されている「咀嚼」の点でも、和食の場合は咀嚼回数が多いとされており、米食は咀嚼回数を増やす効果がある。咀嚼回数の多い食事により、あごが良く発達し、歯並びが良くなるといわれているほか、噛むことによる刺激が、学習能力の向上や老化・肥満の防止に有効といわれている。

また、糖尿病患者やその予備軍にとって、摂食後の血糖値の上昇の緩やかな食品（低GI食品）が奨められているが、米は粒食の特徴を活かして、食パンやマッシュドポテトよりGIが低いと報告されている。

さらに、米食を中心とする和食では、パン食に比べて、総合的に国産農産物の割合が高くなるといわれており、食料自給率が約39%と低いわが国において、米食は多くの観点からみて利点の多い食事形態ということができる。

### 1. 米食の歴史とその意義

縄文・弥生の時代には、糲のまま火で焼いた「焼き米」や甑（こしき）で蒸した「強飯」、あるいは良好や保存に有用な「ほしいい」等が食され、奈良・平安時代になる

と、「強飯」に加えて、固粥、汁粥も登場し、鎌倉・室町時代には、玄米を蒸した「強飯」が一般的であったが、固粥、湯漬け、水漬け、汁かけ飯なども登場し、米の増産とともに、庶民の間にも米食が広まつていった。江戸時代になると、精白や炊飯が現在の炊き干し法に近くなり、「おにぎり」や「すし」も登場した。明治以降になると、米の増産と移入により、米食の割合が増加し、戦後の食糧難を経て昭和30年代には一人当たりの米消費量が年間120キログラムを超えていたが、その後は経済力の向上と食生活の変化によって米消費量は漸減を続けている。

しかし、依然として米はわが国の主食であり、稻作と米はわが国の食生活および文化の中心となり、季節ごとの祭りや行事の中に、全国各地で必ずと言っていいほど、稻や米が登場する。「なれすし」に始まる「すし」の系譜も全国各地に伝えられており、地域ごと、季節毎の魚と調和した「すし」が楽しまれている。最近では「Sushi」その美味しさと健康に良いとの認識が広がり、世界的な広がりを見せている。さらに、「飾り飯」、「炊き込み飯」、「粥」、「雑炊」、「おこわ」といった日本の伝統的米飯は、美しい外観と美味とを兼ね備えており、米の特性を充分に活用している。

米は、淡白な味のため、和食、洋食、中華料理の全てに適合し、魚、肉、卵、大豆製品などの主菜や、野菜などの副菜をバランス良くとることができ、多くの食材と良く調和する。平成12年3月に、文部科学省、厚生労働省、農林水産省によって出された「食生活指針」の中でも、「ごはんなどの穀類をしっかりと」と記されている。

最近、その重要性が見直されている「咀嚼」の点でも、米食は咀嚼回数を増やす効果がある。咀嚼回数の多い食事により、あごが良く発達し、歯並びが良くなるといわれているほか、噛むことによる刺激が、学習能力の向上や老化・肥満の防止に有効といわれている。

また、糖尿病患者やその予備軍にとって、摂食後の血糖値の上昇の緩やかな食品(低GI食品)が奨められているが、米は粒食の特徴を活かして、食パンやマッシュドポテトよりGIが低いと報告されている。

さらに、米食を中心とする和食では、パン食に比べて、総合的に国産農産物の割合が高くなるといわれており、食料自給率が約39%と低いわが国において、米食は多くの観点からみて利点の多い食事形態ということができる。

## 2. 銘柄米

流通している米を特定するためには、銘柄という定義が用いられる。銘柄とは、広辞苑によれば、①商品の商標、②取引物件となる商品、有価証券等の特定の名称または品目、と定義されている。米の場合は、「コシヒカリ」等の品種銘柄、「庄内米」等の産地銘柄、「新潟コシヒカリ」等の品種産地銘柄がある。現在、各県ごとに数種類の品種産地銘柄があるので、全国には、百を超える銘柄米があることになる。しかしながら、一般に「銘柄米」という場合には、品種産地銘柄のうちで、「新潟コシヒカリ」や「山形はえぬき」のように、特に市場や消費者の評価の高いものを指す場合が多い。従って、「市場評価の高い産地品種銘柄」である「銘柄米」(ブランド米)とは、こうした狭義を指す場合が多い。ブランド米の中には、生産・流通量がきわめて少なくて、市場評価のまだ定まっていない「自称ブランド米」もある。しかし、こうした「自称ブランド米」も、何年かのうちに、市場や消費者の評価を受けて「真のブランド米」に成長・定着するか、「ブランド米もどき」として縮小・撤退に終わるかが定まついくことになる。

### 3. おいしい米の定義

米のおいしさは、「飯が白くてつやがある（外観）」、「ほのかな芳香がある（香り）」、噛むと「ほとんど音がせず（聴覚）」、「軟らかくて適度の粘りと弾力があり（物理特性）」、「わずかに甘くて旨味がある（味）」飯が好まれ、視覚・嗅覚・聴覚・触覚・味覚の五感に訴えると言われている。コシヒカリ、ひとめぼれ、はえぬきなどの良食味品種、新潟、宮城、山形などの良食味米産地があることはよく知られている。施肥条件が食味に影響し、貯蔵によって古米化すると食味が低下するし、精米時に割れたり、糠が多く残ったりするとやはりおいしさが低下する。炊飯器の種類や加水条件、蒸らしの有無等によってもごはんのおいしさは違ってくる。

米の食味は、米の組織構造と成分によって影響される。細胞を仕切る壁が厚く、硬くなると米の食味は低下する。また、乾燥や精米で割れた粒は、コシのないごはんになってしまう。平均的なお米（精米、白米）の成分は、五訂日本食品標準成分表によると、炭水化物（77.1%）、水分（15.5%）、蛋白質（6.1%）、脂質（0.9%）、食物繊維（0.5%）となっている。炭水化物の大部分はデンプンであり、デンプン、水分、タンパク質等の成分が食味に強く影響すると言われている。デンプンはブドウ糖（グルコース）が多数重合した高分子であり、直鎖上のアミロースと樹枝状に分岐したアミロペクチンから成る。アミロース含量が0%のお米はもち米であり、きわめて軟らかく、粘りの強い飯になる。普通に炊飯すると、日本人の食味嗜好からはやや軟らかすぎ、独特の「もち臭」があるので、通常は水浸漬後に蒸気で蒸し上げて「おこわ」にする。日本の一般のお米（うるち米）のアミロース含量は20%前後であり、タイやインドの高アミロース米は約30%である。後者は米飯が硬くて粘りが弱い。良食味米の代表格である「コシヒカリ」は、アミロース含量が15%～18%程度であり、一般的の米より軟らかくて粘りの強い米飯となる。最近育成された「低アミロース米」は、もち米とうるち米の中間的なデンプン特性を示し、アミロース含量も5%～15%である。品種の例としては、スノーパール（アミロース含量が約5%）、ミルキークイーン（約10%）、おぼろづき（約12%）等が挙げられる。「低アミロース米」は、「コシヒカリより軟らかくて粘りが強い」、「さめてもおいしい」という特徴があり、ブレンドによる食味向上の効果も報告されている。

水分は、お米の保存性、精米特性、吸水性などに影響する。タンパク質も多すぎる米飯が硬くなり、つやがなくなり、白度も低下する。逆に、タンパク質が低すぎる、弾力のない米飯となる。

### 4. 米のおいしさに影響する要因とその評価

米の食味要因としては品種、産地、栽培法、貯蔵、精米条件、炊飯条件等が挙げられる。また、施肥や粒厚も食味に影響すると言われている。

食品の嗜好的機能（二次機能）は、食品を受容させ、感覚を充足させる機能であり、食文化や習慣、個人の嗜好や体験等によって変化し、視覚、嗅覚、味覚、触覚、聴覚の五感に訴えるものである。白飯としては、「白く、光沢があり、弱いが芳しい香りがあり、ほのかな甘味と旨味を有し、軟らかくて適度の粘りがある」ものが我が国では好まれる。食味は用途や副食、場合や環境によっても変動する。

食味の評価には、人間の五感をセンサーとして評価する「官能検査」、食味に関係する成分や物理特性などを測定して食味を推定する「理化学的評価」、近赤外光等を照射してその透過・反射特性から食味を推定する「分光学的評価」等がある。「官能検査」は最も基準的な方法であり、総合評価に加えて、外観、味、香り、硬さ、粘り

等の多面的な評価値が得られるが、国や個人の志向によって変動し、評価に労力と試料量を要する。

「理化学的評価」は少量の試料で普遍的・客観的なデータを得ることができるが、あくまで間接的な食味推定である。したがって、米の食味評価には両者が必要とされている。

「分光学的評価」は測定者による誤差が少なく、簡易迅速であるために、広く普及しつつあるが、食味との相関や機種間差異の点で改良の余地が残されている。

官能検査については、食糧研究所の吉川らが基本的方法を開発し、食糧庁や（財）日本穀物検定協会などで用いられた。最近では、内藤らや相島らによって、嗜好的要素を排除した分析型官能検査が推奨されている。最近、相良らによって「感性工学」が提唱され、米の食味評価にも適用が期待されている。

食味の理化学的評価については、食糧研究所の谷らによる「理化学的6要素による食味の推定」や新潟大の倉澤らによる「米飯の粘り、香味、色沢」を重視した食味評価、農事試験場の櫛渕・藤巻による「炊飯米光沢検定」などが開発され、穀物検定協会中央研究所の竹生らによる「5変数の多重回帰分析による食味推定式」が開発されている。

米の主要成分はデンプンであり、ブドウ糖（グルコース）が多数結合したものである。アミロース含量とは、デンプンのグルコースの結合において、枝分かれの少ない成分（アミロース）の割合を示す数値であり、アミロース含量が低いと粘りの強い、軟らかい米飯となり、アミロース含量が高いと、硬くて粘りの少ない米飯となる。もち米のアミロース含量は0%であり、コシヒカリは15-18%、タイの高アミロース米は30-35%である。米のタンパク質も食味に関係があり、タンパク質含量が高いと硬くて粘りの少ない米飯となる。米の成分のうち、最近では、細胞壁、少糖類、アミノ酸等も食味との関係が注目されている。実践女子大の田島等は、少糖類の米飯食味への影響を指摘している。

米の食味評価に用いられる特性としては、米飯物性（硬さや粘り等）、米粉の糊化特性（最高粘度等）等がある。当研究室では、試料米飯一粒の厚みごとに一定圧縮率で物性評価を行う（圧縮率25%の低圧縮試験および圧縮率90%の高圧縮試験）こととし、米飯の物性を明確に評価できることを示した。

近年、近赤外線や可視光を米や米飯に照射してその反射や透過の割合からお米の食味を推定する食味計や味度メーターなどの装置が開発され、広く使われるようになってきた。これらの「食味計測装置」は、操作が簡易で測定が迅速であり、食味推定値が表示されるので全国的に普及している。使用者はおおむね満足しているが、官能検査との相関性や各社の機種間差の解消等の課題が残されている。

また、最近開発されたにおいセンサーや味センサーを利用して、米飯の味や香りを電気的に測定しようとする試みもなされている。筆者らの研究室では、米飯物性、糊化特性、味センサー、においセンサー、味度の各測定結果を変数として多面的食味評価を行っている。竹生等は、全国の飯用米の官能検査結果を目的変数にとり、タンパク質、ヨード呈色度、糊化粘度を説明変数として重回帰分析を行うことにより、食味推定式を作成した。当研究室においても、米飯物性、糊化特性、味度による、年次間変動の小さい食味推定式を作成した。

## 5. 日本精米工業会との共同研究例

消費者は、おいしい米を求めており、生産・流通・消費の各段階で、米の美味しさ

を少量で迅速かつ正確に評価する技術の開発が必要とされている。米の食味の関する研究はこれまでにも実施されてきたが、最近の良食味米を対象とした多面的食味評価技術は開発されていない。そこで、本研究では、全国で流通している主要な米を対象とし、官能評価と理化学評価を行い、それらの結果に基づく統計解析により、米の食味推定式を作成することを目的とした。また、最近開発されつつあるDNA分析技術の進歩を食味評価に取り入れるために、DNA食味判別についても検討を行った。試料米は、日本精米工業会が収集した、3種類の精米群を用いた。①平成16年産の8種類、②平成17年産の9種類（前年度報告）および③平成17年産の12種類の精米である。

その結果、試料米の品質特性として、アミロース含量は「ヒノヒカリ」（熊本県）が15.0%で低く、「むつほまれ」（青森県）が20.4%と高かった。タンパク質含量は「コシヒカリ」（新潟県）が4.8%と低く、「きらら397」（北海道）が7.1%と高かった。炊飯食味推定値は「コシヒカリ」（新潟県）が高く、「きらら397」（北海道）が低かった。米および飯の味度値に関しても、「コシヒカリ」（新潟県）が高く、「きらら397」（北海道）が低かった。糊化粘度特性では、最高粘度と最低粘度の差分であるブレークダウンの値が「キヌヒカリ」、「コシヒカリ」（茨城県）では高く、一方「むつほまれ」や「きらら397」では低かった。冷めたご飯の硬くなりやすさ、すなわち老化性の指標となる表層老化度が「コシヒカリ」、「ヒノヒカリ」で低く、他方、「むつほまれ」、「きらら397」では高かった。炊飯特性では、加熱吸水率がコシヒカリ系統で高く、「むつほまれ」（青森県）、「きらら397」（北海道）では低かった。

官能検査の総合評価では、コシヒカリ系統が高く、「はつしも」（岐阜県）、「きらら397」（北海道）、「むつほまれ」（青森県）の順番となった。

これらの理化学測定値と食味「総合評価」の単相関解析では、タンパク質、味度、炊飯食味値で有意な相関が見られたが、アミロースでは見られないなど、单一指標のみでは、品質特性の近い良食味米系統同士の食味を識別することは難しいと考えられた。

これまでにも食味官能検査「総合評価」を目的変数とする食味推定の重回帰式が作成されている。竹生らによる推定式では、アミログラムによる糊化特性値、最低粘度、最高粘度、ブレークダウン、成分であるタンパク質含量、炊飯特性値であるヨード呈色度の5変数に基づく重回帰式が提案されている。新潟大学の大坪らは、これまでにテクスチュロメーターによる米飯付着性、味度メーターによる米飯味度、RVAによる糊化特性値、コンシステンシーの3変数に基づく食味推定の重回帰式を作成した。

平成16年産試料による米のアミロース含量とタンパク質含量の2変数による食味官能検査「総合評価」との重回帰分析では、食味評価とタンパク質含量とに負の相関（-0.85, 1%有意）が見られたものの、推定式の重相関係数が低くなかった。米のタンパク質含量と食味との間には、負の相関があると報告されているが、米のアミロース含量とタンパク質含量は、年次間差異があることが示されている。このことは、食味官能検査の「総合評価」に、タンパク質やアミロースが影響因子となる物理的特性および外観以外の要因が影響していることを示唆している。さらに、近年の良食味米指向を受けて、わが国の育種および栽培方針として、アミロース含量やタンパク質含量が低い米の生産を目指す傾向が強くなり、類似した特性の米が増えていることも、従来から提案してきた食味識別の精度に影響していると考えられる。

以上のように、品質特性の近い米同士の食味の比較には、高精度を得るために更なる検討が必要であると考えられた。今回作成した推定式に対して、平成16年産古米を含む平成17年産の国内産未知試料群（n=9）を適用した推定式の検定結果では、相関係数0.81（1%有意）を示した。他方、同一年産米である平成17年産の国内産未知試料（n=12）を適用した推定式の検定では、相関係数0.73（1%有意）を示した。食味官能検査「総合評価」の推定を目的とする理化学評価では、成分であるタンパク質含量、アミロース含量に関連する炊飯特性値、ヨード呈色度/固形物量、テンシプレッサーによる低・高圧縮試験による米飯の物性値、RVAによる糊化粘度特性値、米の香気や呈味性が食味に寄与していることが明らかになった。測定に基づくこれらの指標を用いた多面的な理化学測定による食味推定の有効性が示された。今後は作成した推定式についての未知試料による検定をさらに加え、試料米の多面的理化学評価による食味の推定精度の向上に努める予定である。

また、米のDNA判別による食味推定についても検討した。これまでに演者らが報告したDNA食味推定式を、未知試料に相当する今回の日本精米工業会で収集した試料米に適用した結果、相関係数0.73が得られた。将来、米の育種、生産、実需者向けの物理化学的評価および遺伝子学的評価による食味推定技術としての応用が考えられる。

本研米の食味に関する物理化学特性の測定値、すなわち、タンパク質含量、炊飯特性試験におけるヨード呈色度/溶出固形物量、ライスマスターによる表層老化度、RVAによるピーク時間、米飯物性試験における表層付着量、味センサーによる呈味性、においセンサーによる香気測定結果に基づく変数を説明変数として、食味官能検査の「総合評価」を目的変数とした食味推定式を多重回帰法により作成した。未知試料により推定式の検証を行った結果、有意な推定精度を有する結果が得られ、一般飯用米の食味評価に応用できる可能性が示唆された。

## 6. 米の用途と食味

米の食味は、用途によっても変化する。日本人の大多数は、白飯としてはコシヒカリに代表される、「軟らかくてつやがあり、粘りの強い飯」を好みが、コシヒカリがすべての米の用途に最適というわけではない。寿司用には、白くて比較的粘りの少ないササニシキのような米が使用され、コシヒカリならば古米を用いたり、他の米とブレンドして利用される。饅頭ではやはり飯の白さとつやが重視され、タレがよく通る米の方が適している。カレーライスや炒飯でも粘りが強くて米同士が塊になってしまう米は好まれず、硬すぎては良くないが、適度のバラけ具合いの、きらら397のような米が適している。

最近、（独）農研機構の北陸研究センター（上越市）で育成された新品種「華麗舞」は、日本型米とインド型米を交配して育成されたカレーライス好適米である。米飯の表面の粘りが弱いので、カレーソースとよくなじみ、かみしめるとコシヒカリと同様に軟らかいという特徴があり、図に示すように、白飯としてはコシヒカリが今まれる、カレーライスとしては「華麗舞」の方がおいしいとのアンケート結果も得られている。

業務用炊飯では、ガスやIH炊飯器を用いて、強い火力で大量に炊飯するので、中程度の物性の日本晴のような米でも十分美味しい炊ける。コシヒカリでは逆に粘りが強すぎて機械作業性の問題が生じる。業務用炊飯でも、炊飯後に低温で保管したり、長時間経過後に食べられるおにぎりや弁当の場合には、コシヒカリ等の良食味米が適

している。お米のおいしさは用途によっても変わるものであり、お米はいろいろな顔を持っていると言えよう。

## 7. 最近の米食味評価を巡る動き

農水省のブランドニッポンプロジェクト5系（稻）でも、従来から米の食味関連成分について研究が行われている。福山大学の不破教授・井ノ内教授のグループは、各種の新形質米のデンプン特性について研究を行い、ヨード比色法ではほぼ同じ約30%のアミロース含量の「夢十色」と「ホシユタカ」の糊化特性や米飯物性が著しく異なることに着目し、アミロペクチンの超長鎖（SLC）を有するために「夢十色」の米飯が硬く、最終粘度も高くなるということを報告している。京都府立大学の田中教授・増村准教授のグループは、タンパク質の量、タンパク質顆粒（プロテインボディ：PB）の組成も食味に影響することを見いだし、プロラミンから構成されるPB Iの多い米は食味が劣ると報告している。

北海道産米は、以前は食味が劣るとされてきたが、稻津らによる「アミロースとタンパク質」を低下させることによる良食味かが進み、「きらら397」は府県産米と同等になったと評価された。さらに、その後、ほしのゆめ、ななつぼし、おぼろづき、ゆめぴりかと良食品味種の育成が進んでいる。最近では、アミロース含量のみならず、アミロペクチンの構造や米飯老化性にも関係する食味指標の設定が進んでいる。

食品総合研究所では、インド型高アミロース米、日本型良質米、低アミロースの新形質米、もち米など、幅広い特性の米の米飯物性および低温保管後の米飯硬化性の評価を、長年に渡って多数の試料を用いて行ってきた。一方で、RVAを用いてこれらの幅広い試料米の糊化特性の評価も行って来た。これらの結果に基づいて、大坪らは、糊化特性試験結果を変数とし、米飯の物理特性や、低温保管後の硬化特性を推定する解析方法を考案し、米飯物性推定式や老化性指標推定式を開発した。食総研の開発したソフトウェアを組み込んだ新型RVA「ライスマスター」は、新しいコンセプトの米食味評価装置と呼ぶことができる。ご飯の美味しさの7割は、硬さや粘りといった物理特性で決定されると言われている。しかし、従来、米飯の物理特性は、精米を炊飯し、一定温度までさました後に、高度な米飯物性測定装置を用いて測定してきた。しかもご飯は粒により、あるいは炊飯器中の場所により、その物理特性が異なるため、数十粒を測定して統計処理を行ったり、10g程度の米飯を数回反復して測定するといった複雑な操作が必要であった。まして、炊飯後の米は硬化性を評価するには、さらに長時間低温保管して経時的に米飯物性を測定するという必要とされてきた。本装置は、その米飯物理特性や米飯老化性を、僅か3.5グラムの精米粉を試料として20分で簡便に推定することが可能である。

## 8. 今後の米の食味改良について

以上述べてきたように、米の食味に対する社会的ニーズは強く、育種、栽培、収穫乾燥、貯蔵、精米加工、炊飯の各段階で良食味米が求められている。米の食味評価で最も重要な官能検査については、精度の向上や結果の普遍性に向けて研究が世界的に進められており、嗜好性の評価項目ではない客観的な評価項目を用いる「分析型官能検査」も開発されている。多面的理化学評価という点では、最近、従来からの米飯物性測定に加えて、アミノ酸含量や香り成分の測定結果も加えてそれを偏差値表示する委託分析も開始されている。「食味計測装置」に多用されている近赤外分光分析技術も発展し、食総研の非破壊評価研究室の河野澄夫らは、試料米一粒で水分やタン

パク質の含量を測定する技術を開発している。また、新潟大では、品種判別に用いているPCR法を、DNA食味判別技術に発展させる研究を行っている。品種判別に用いる各種のプライマー（遺伝子の断片）を開発しているうちに、良食味米に特有に現れるDNAバンドや食味の劣る米に共通して出現するDNAバンドのあることに気づき、デンプン合成酵素に関するプライマー等と併用して統計処理を行い、米のDNAから食味を推定しようと検討を続けている。最近では、米の主成分であるデンプンの合成に関わるデンプン合成酵素、デンプン枝切り酵素などの遺伝子やたんぱく質の組成に関する遺伝子の塩基配列に基づいてプライマーを設計し、米飯物性や糊化特性などの食味要素を目的変数とする食推定を試みている。このDNA食味判別技術は、半粒良食味選抜技術に発展する可能性もある。すなわち、交配して得られる雑種第一代の種子を半粒に切断し、胚芽のついている粒を保存し、胚乳のみの半粒からDNAを抽出して各種のプライマーを用いてPCRを行う。その結果を食味推定式に当てはめて、良食味米と推定された試料のみ、保存しておいた胚芽付き半粒を播種して次世代を育てる。その次の世代（雑種第二代）も半粒に切断し、やはり胚芽のない半粒のDNAで良食味米を選抜する。この選抜を繰り返すことによって、交配直後の育種初期段階から良食味選抜を行うことができると考えられる。

最近、米の消費は減少傾向にあるが、米食は、基本的なカロリー源であるばかりでなく、基本的な栄養成分の吸収、各種の生理機能性成分の摂取といった点からも有益である。二次機能としての嗜好機能、食味については、コシヒカリおよび類縁系統が多く生産・消費されているが、白飯以外の用途適性についても研究が必要である。また、食味評価の簡易迅速化、高精度化、微量化などのニーズがある。

## 参考文献

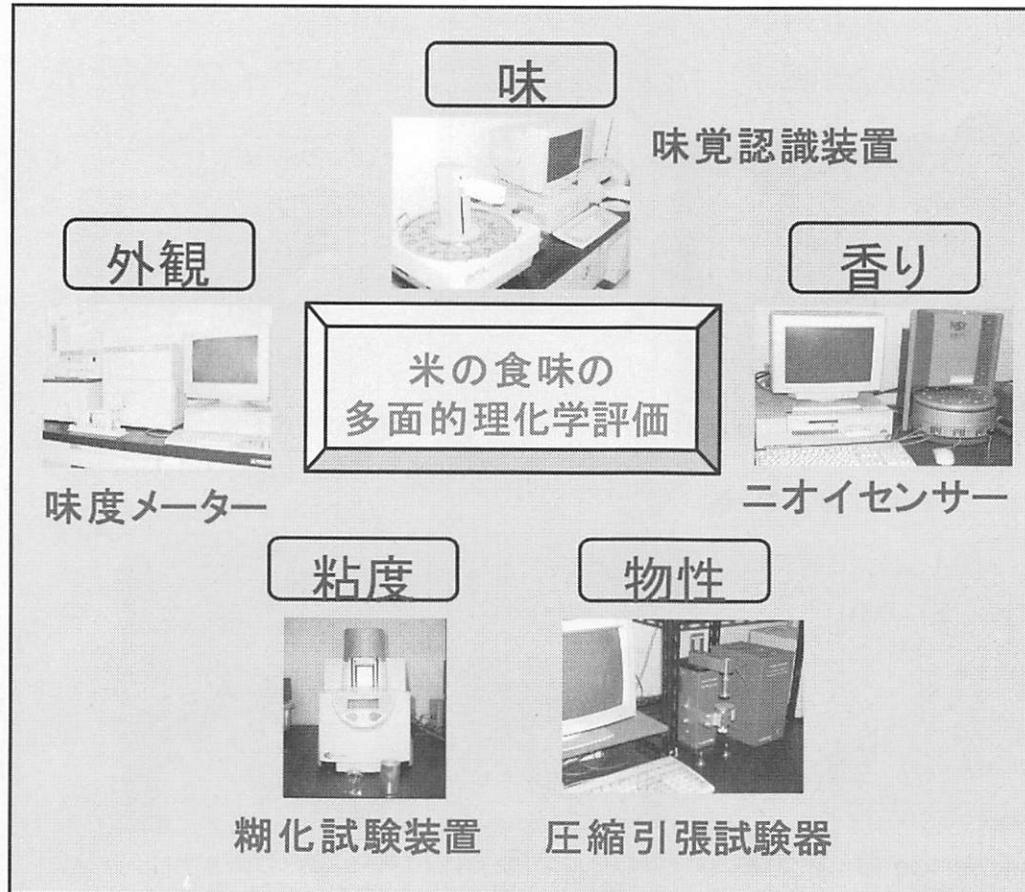
- ・藤巻 宏・櫛渕欽也（1975）炊飯米の光沢による食味選抜の可能性。農業および園芸 50:253-257.
- ・稻津 僚（1988）北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究。北海道立農試報告 66:1-89.
- ・倉澤文夫（1982）米の品質。米の加工。建白社。27-116.
- ・松江勇次ほか（1992）少數パネル、多数試料による米飯の官能検査。家政学雑誌 43:1027-1032.
- ・中村澄子ほか（2004）PCR法による世界の広範な特性の米の識別および食味要因の探索。日本農芸化学会誌 78(8):764-779.
- ・大坪研一（1997）食味研究の展開。米の食味評価最前線。全国食糧検査協会。13-70.
- ・大坪研一（2001）新しい食味・特性評価法。大坪研一編 米飯食品ビジネス事典。サイエンスフォーラム社。230-241.
- ・大坪研一ほか（2003）DNA判別による米の食味推定。日本食品科学工学会誌 50: 122-132.
- ・大坪研一（2005）糊化粘度特性に基づく米の利用適性評価装置の開発。農産物検査とくほん 156:65-67.
- ・Ohtsubo, K. and Nakamura, S. (2007) Cultivar identification of rice by PCR method and its application to processed rice products. J. Applied Glycoscience 54:235-243.

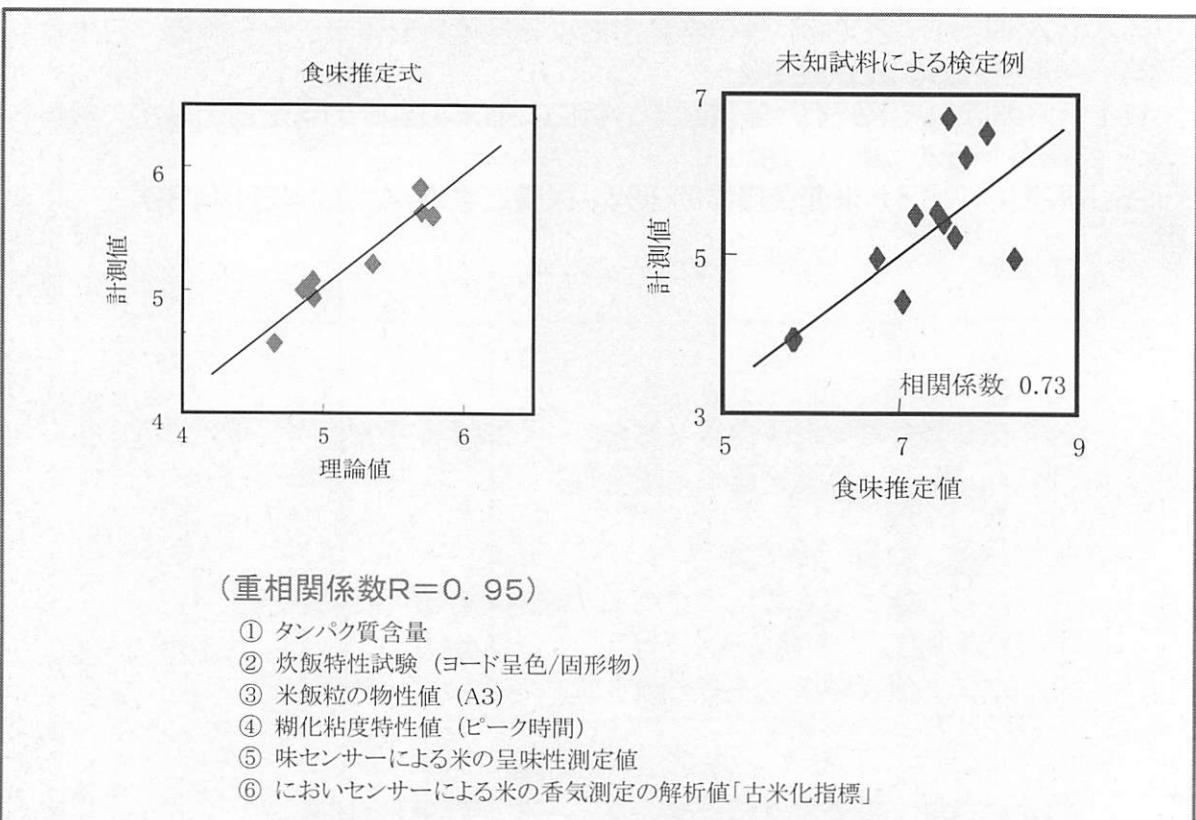
- ・鈴木啓太郎ほか (2006) 理化学測定による各種新形質米の品質評価. 日本食品科学工学会 53:287-295.
- ・竹生新治郎ほか (1985) 多重回帰分析による米の食味の判定式の設定. 濃粉科学 32:51-60.
- ・谷 達雄 (1988) 米の食糧学的研究. 栄養と食糧 41(6):431-439.

1 品種		
2 産地 (地形・土質・水質)		
3 気象条件 (気温・日照・降雨)		生産農家
4 栽培法 (施肥・農薬・諸管理)		
5 収穫		
6 乾燥・調製		
7 貯蔵 (くん蒸)	貯蔵	
8 精米加工	販売	
9 炊飯 (淘洗・浸漬・蒸らし)	家庭・外食産業	

表1 米の食味要因

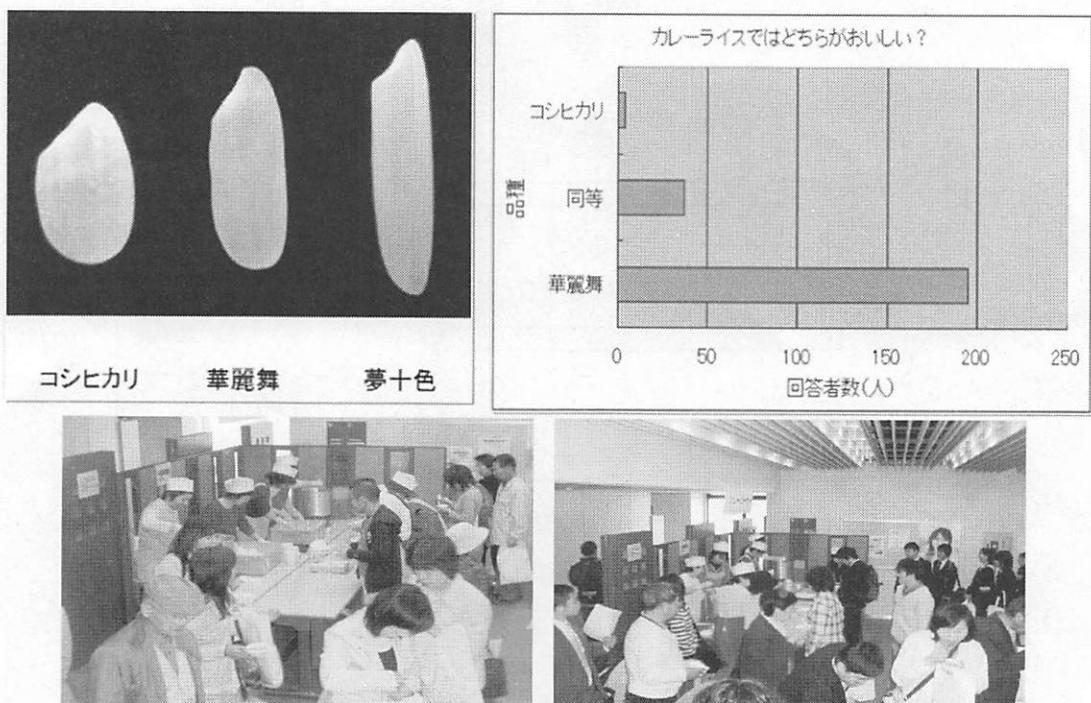
(竹生新治郎: 稲と米 (農研センター・生研機構) (1988))



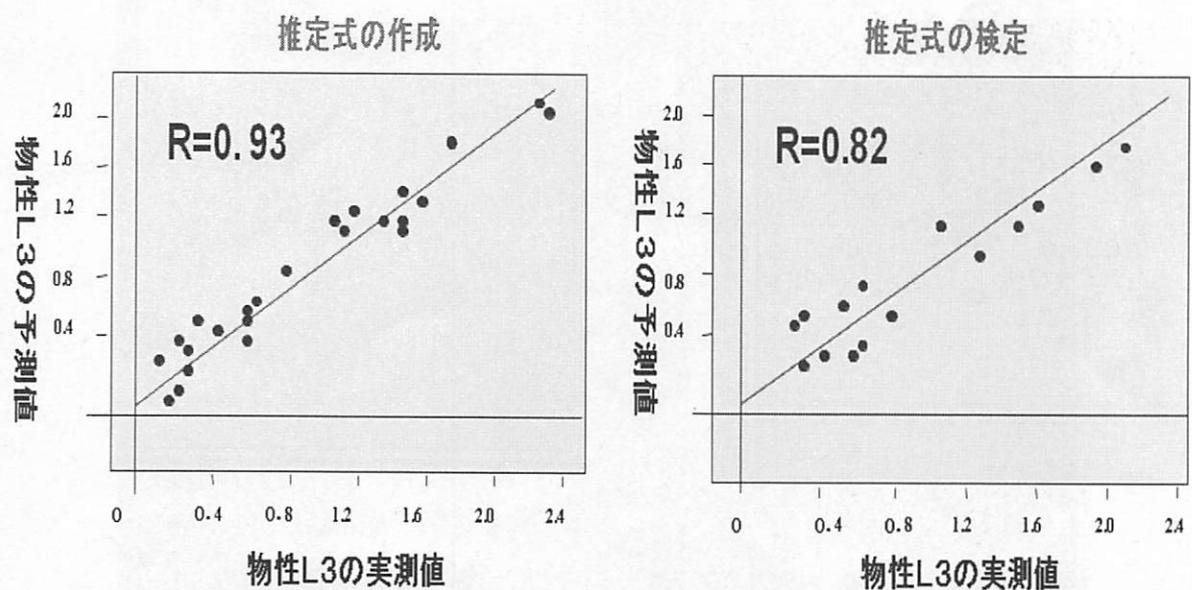
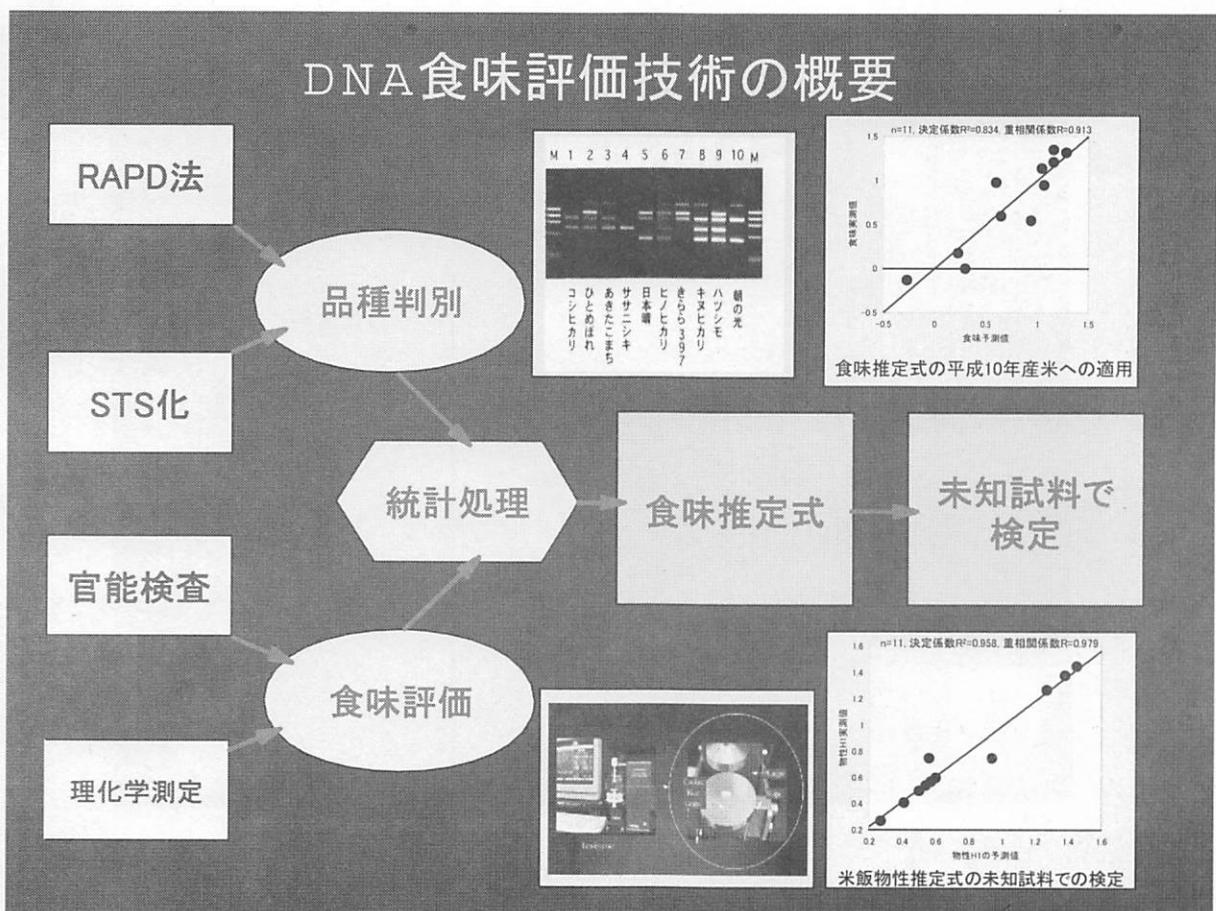


## 日本精米工業会との共同研究の例

### 食総研一般公開における「華麗舞」カレーライスの試食



食品総合研究所の一般公開(2007年4月)での「華麗舞カレーライス」の試食では、2000食が提供され、「カレーライスには華麗舞が向いている」と大好評でした。



DNA判別による世界の米の物性値と糊化特性値の推定(中村ら)

日本水稻品質・食味研究会

## 水稻高温障害の軽減に向けた 良質米生産技術

九州沖縄農業研究センター  
暖地温暖化研究チーム 森田 敏

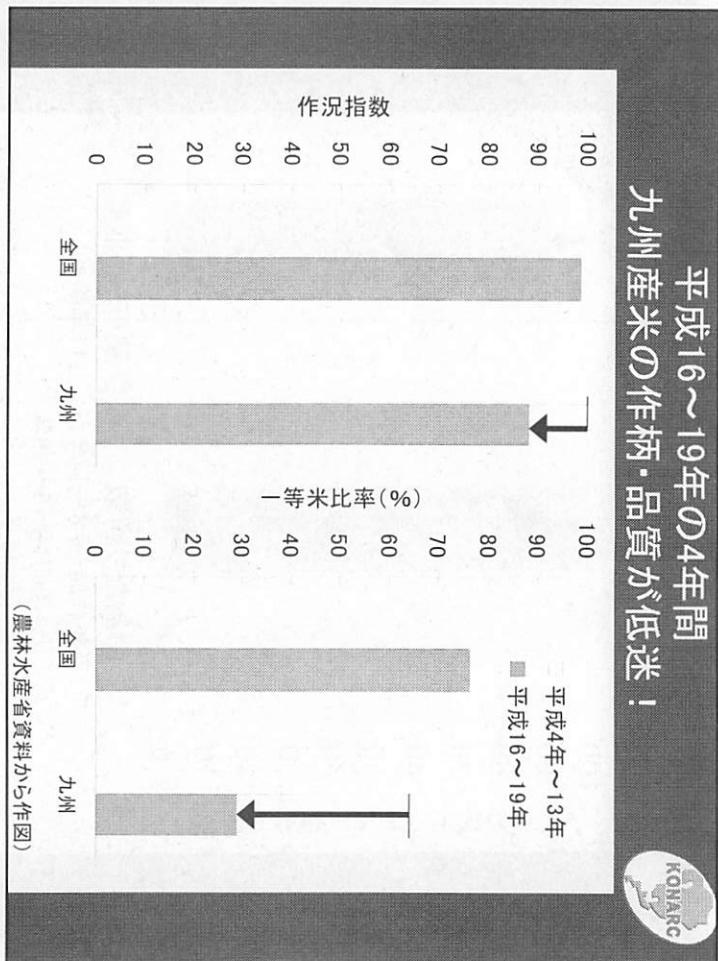
平成21年11月13日



### 主な内容

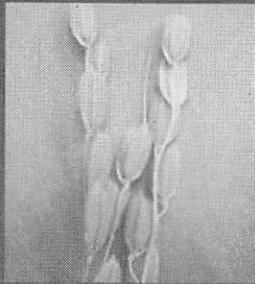
1. 近年の九州産水稻の作柄・品質
2. どのような気象条件と関連があるのか?  
—温暖化現象との関連は?—
3. 登熟不良のメカニズム  
—乳白粒、背白粒、基部未熟粒の発生メカニズム—
4. 水稻高温障害の軽減に向けた良質米生産技術

## 1. 近年の九州産水稻の 作柄・品質の推移





## 米の収量の成り立ち



どれだけ穀(容器)が  
確保されたか

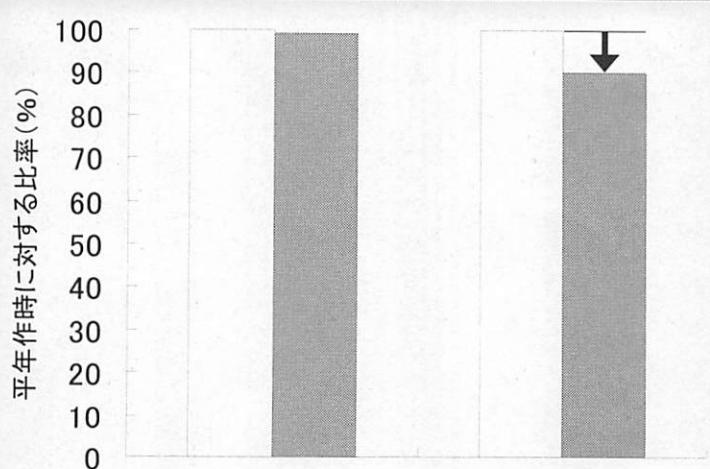


穀(容器)にどれだけ  
米(デンブン)が入ったか

出穂までに穀数決まる

登熟を経て収量決まる

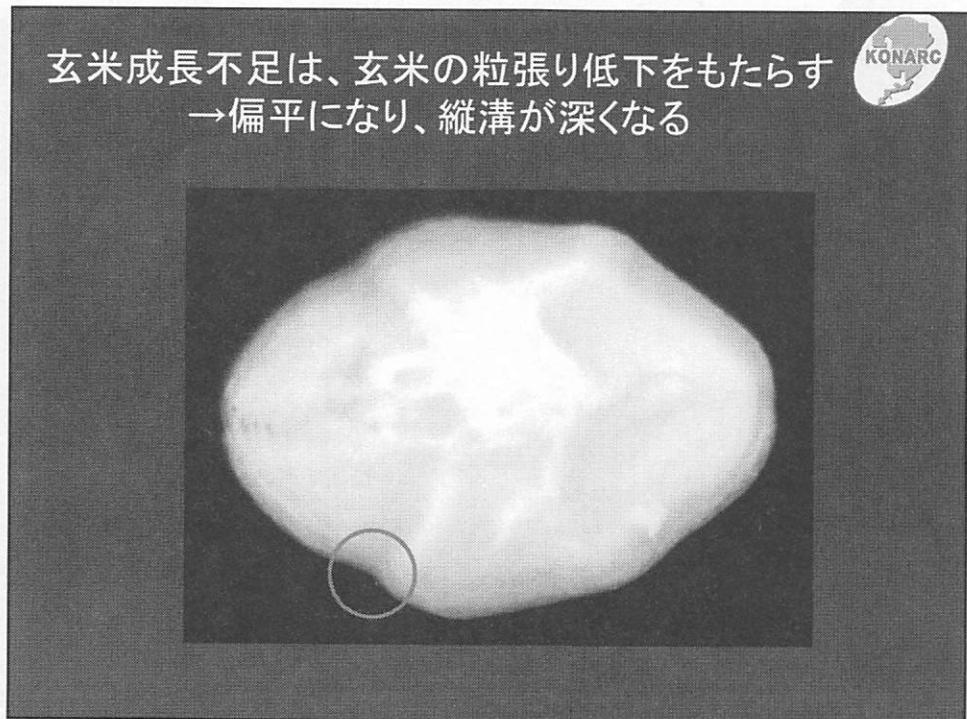
## 平成16～19年の収量低迷は登熟不良型！



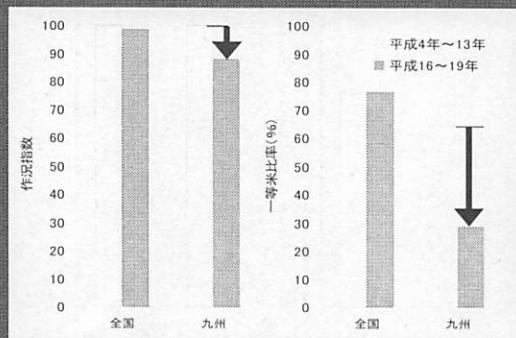
□ 平年作時(平8～14年ただし11年除外)

■ この4年間(平16～19年)

(福岡県作況標本調査データ(九州農政局調べ)から解析)



## 最近の九州産米の作柄・品質低下の実態～まとめ



## 多収年は外観品質も良好！

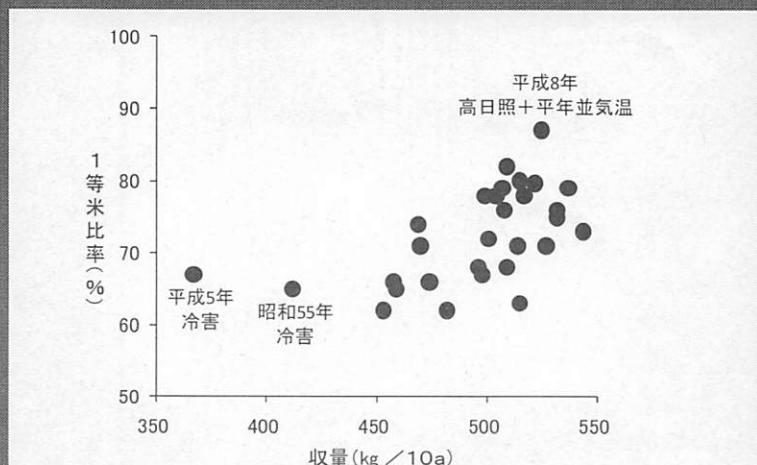


図 年次別の全国平均収量と1等米比率との関係(1979～2007年)

農林水産省統計部のデータをグラフ化した。

相関係数は0.55(n=29、1%で有意)。

(森田 未発表)

## 多収地域は外観品質も良好！

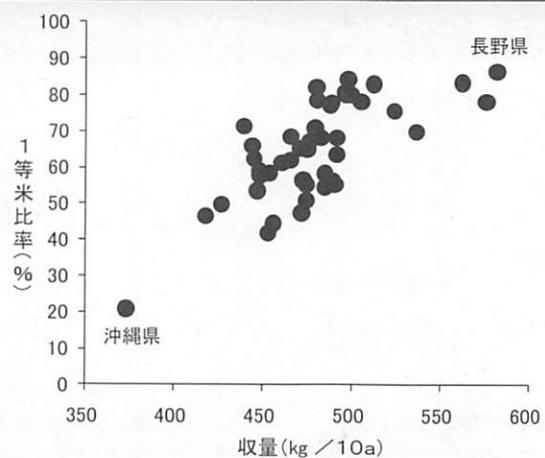
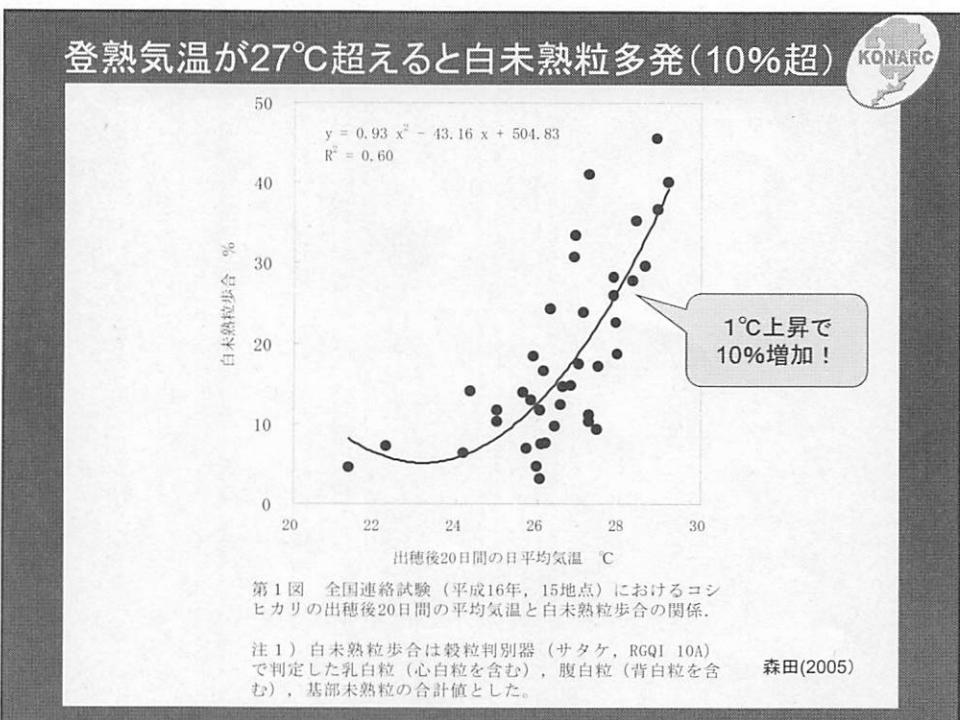
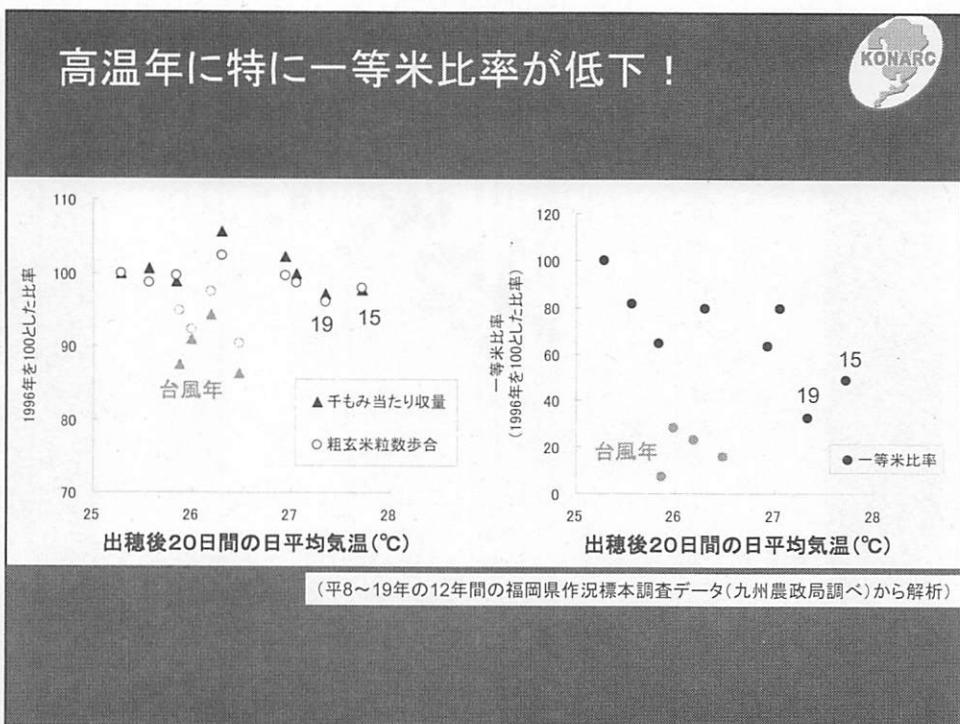


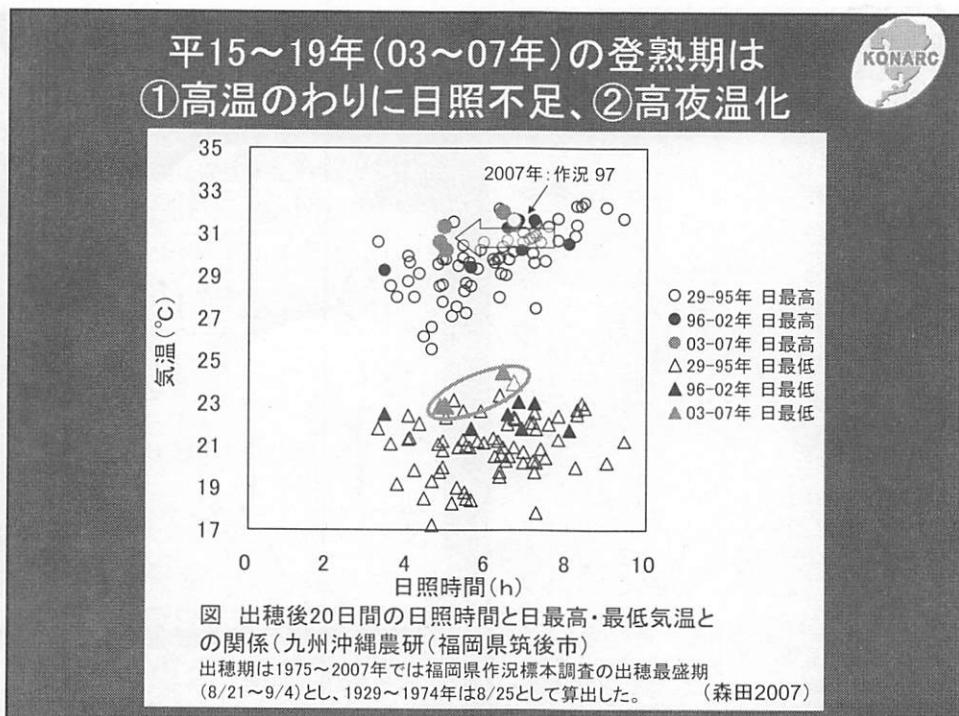
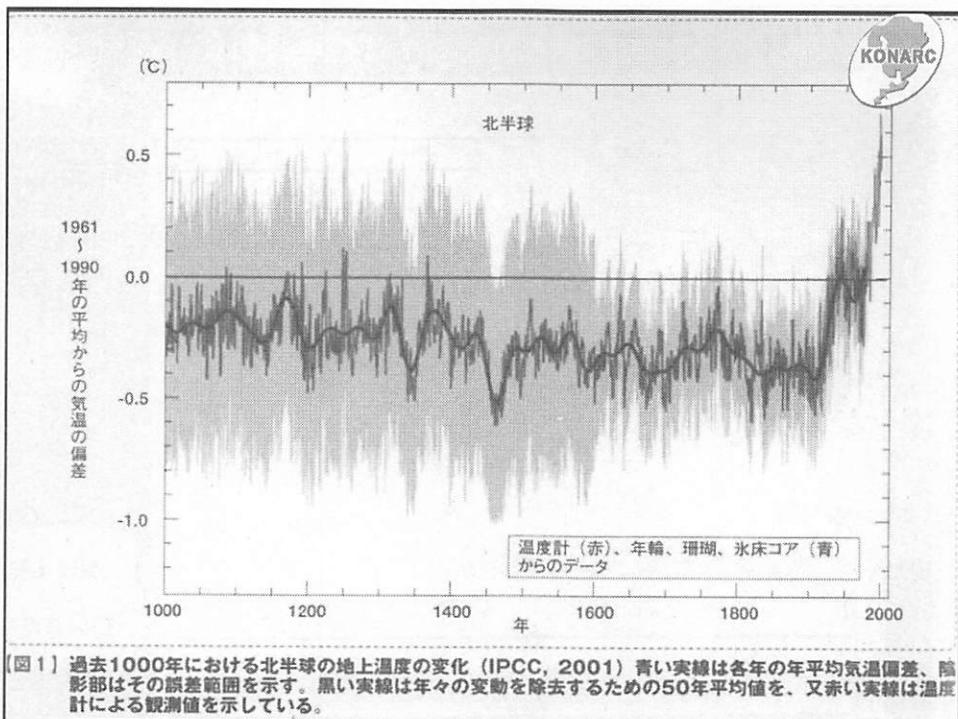
図 県別の収量と1等米比率との関係(1979～2007年平均値)

農林水産省統計部のデータをグラフ化した(沖縄県は1等米比率  
データが1987年以前はデータがなく、1988年以降の平均値)。

相関係数は0.80(n=29、0.1%で有意)。  
(森田 未発表)

## 2. どのような気象条件と 関連があるのか？





## 温暖化で将来の気象はどうなるのか？

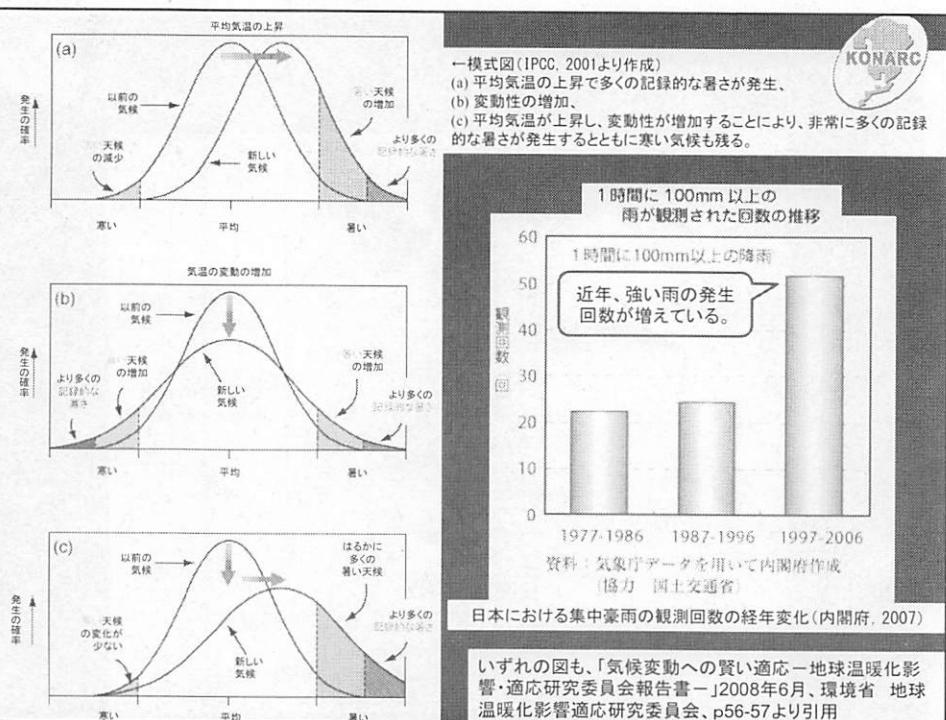


表2 日本の各地方の水田作地域における気候変化予測。各年代（10年間）の5月～9月の気温・降水量・日射量の予測値。

地方	要素	現在気候	2030年代	2060年代
北海道	気温(°C)	16.3	18.8	19.9
	降水量(mm)	631	686	659
	日射量(MJ/day)	15.6	15.4	15.5
東北	気温(°C)	19.1	21.3	22.4
	降水量(mm)	735	878	889
	日射量(MJ/day)	15.8	15.3	15.2
関東	気温(°C)	21.9	23.9	25.1
	降水量(mm)	836	1040	1039
	日射量(MJ/day)	15.3	14.5	14.3
甲信越/北陸/東海	気温(°C)	21.0	23.1	24.3
	降水量(mm)	1078	1351	1369
	日射量(MJ/day)	16.2	15.5	15.2
近畿	気温(°C)	22.3	24.3	25.5
	降水量(mm)	1183	1482	1502
	日射量(MJ/day)	16.4	15.5	15.3
中国/四国	気温(°C)	22.1	24.0	25.2
	降水量(mm)	1225	1489	1592
	日射量(MJ/day)	16.6	15.9	15.6
九州	気温(°C)	22.9	24.8	26.0
	降水量(mm)	1454	1735	2014
	日射量(MJ/day)	16.6	16.0	15.6

気温上昇  
+  
日射量低下

林陽生（2004）





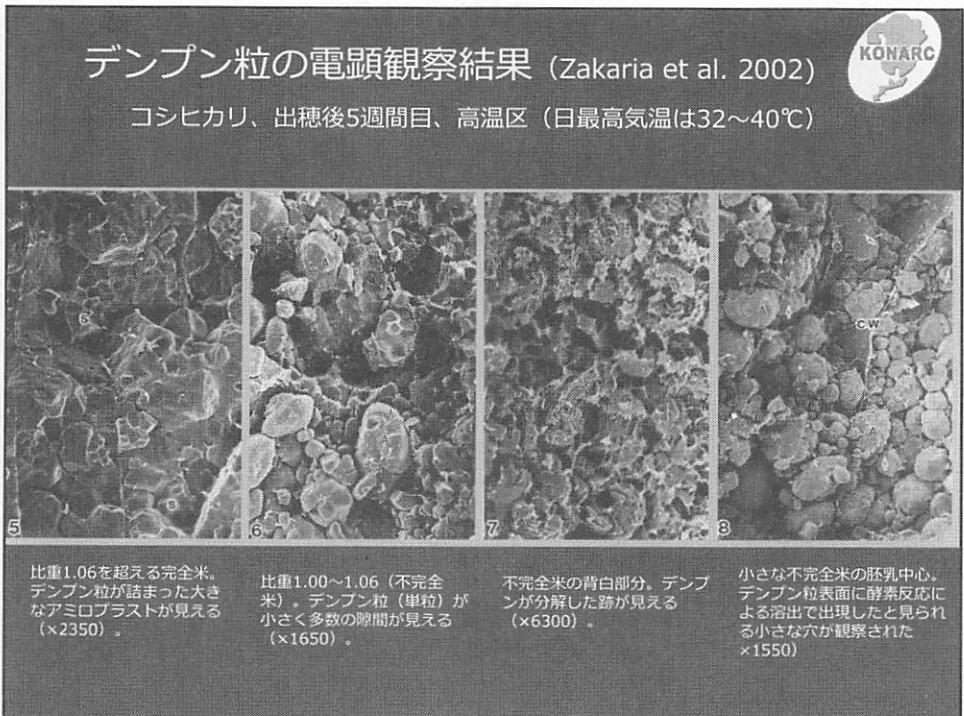
## まとめ

- 近年の九州における水稻作柄の低迷は登熟不良型であり、そのため、外観品質も低下。
- 登熟不良の要因は、台風や日照不足と高温(特に品質低下)。
- 近年、高温と日照不足が重なる傾向にあり、そのことが水稻の登熟に大きなダメージを与えている。この傾向は温暖化により今後も続くことが懸念される。
- 昼温より夜温の上昇が著しく、その影響も看過できない。
- 年々の気象変動が大きくなり、異常高温や豪雨の頻度も高まっており、被害対応はより難しくなっている。



## 3. 登熟不良のメカニズム

～乳白粒、背白粒、基部未熟粒の発生メカニズム



## 玄米におけるデンプン蓄積の順序



星川(1968)によると、

- 1) 登熟初期は胚乳周囲から中心部に向かって糖が入り、中心部から外側に向かってデンプンが蓄積する。  
背側よりも腹側から先にデンプンが蓄積する。
- 2) 乳熟期からは背側の維管束から流入が多くなり始める。
- 3) 糊熟期からは背側だけからの流入になる。

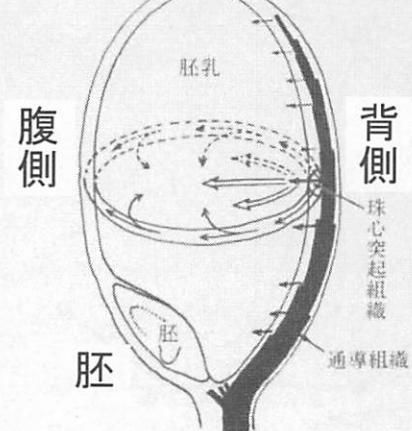


図 2-47 胚乳内への貯藏物質の転流経路 (星川 1972)

→印: 登熟初期の転流経路。

⇒印: 登熟中後期の転流経路 (図2-46参照)。

## 乳白粒と背白粒の外観と断面



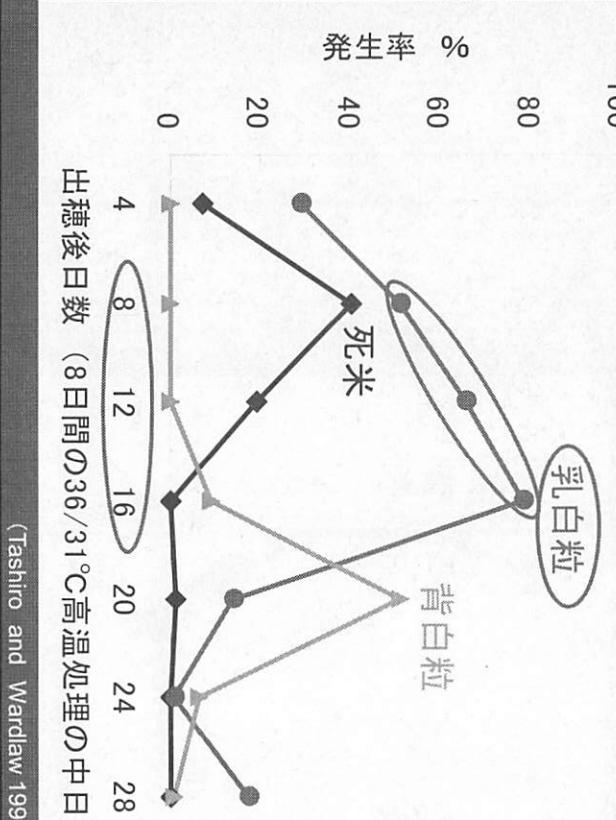
乳白粒

背白粒

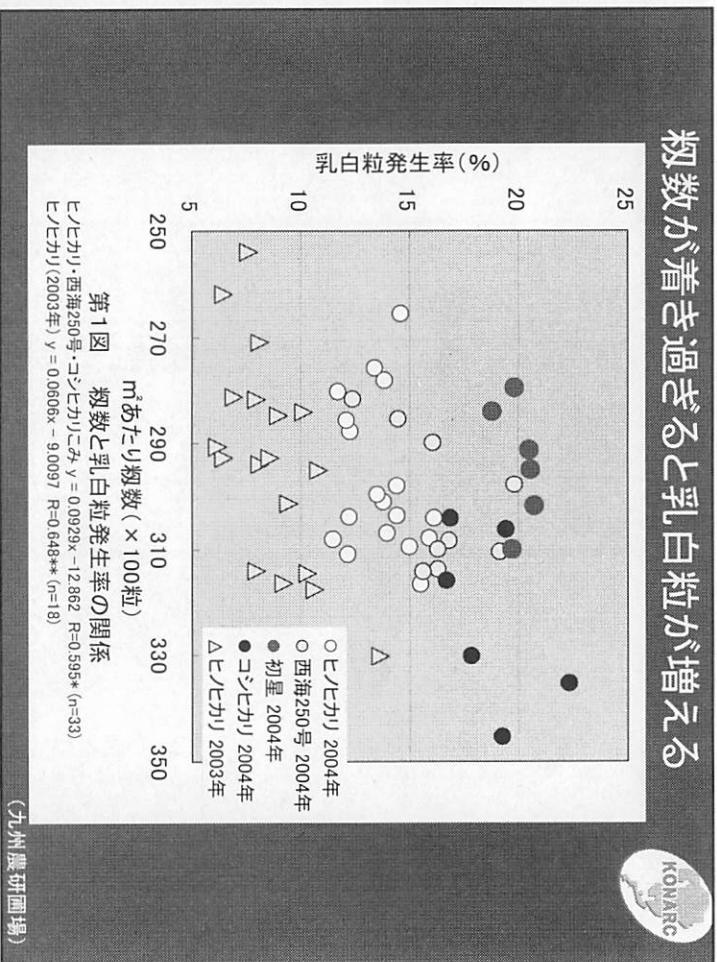
基部未熟粒



死米、乳白粒、背白粒はいつの高温で発生するか？



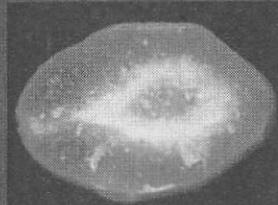
(Tashiro and Wardlaw 1991) から作図



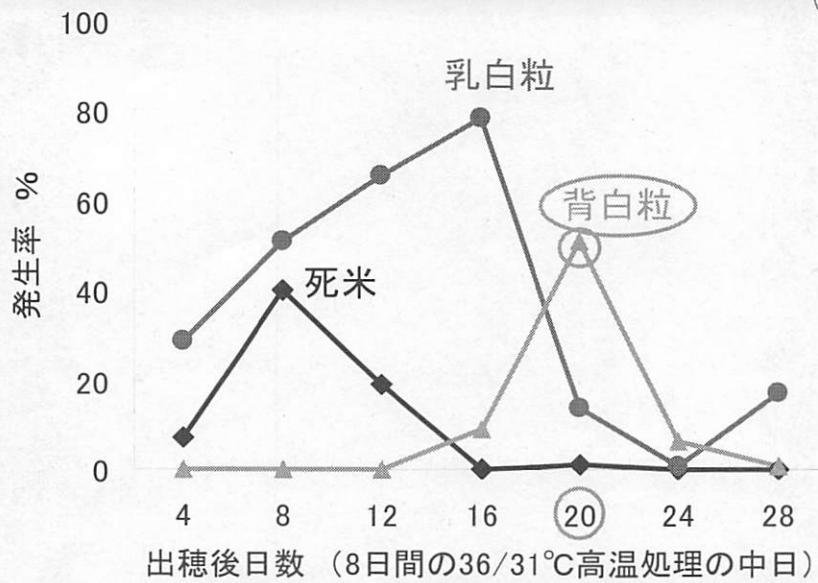


## 乳白粒の発生要因

- 登熟初～中期の高温で多発
- 弱勢穎花で多発
- 粒数が多い(穂肥が多い)と多発
  - 高温条件では、登熟中頃に急速に玄米が生長
  - デンプンを作る材料(糖)の奪い合いが起きて白濁
  - 登熟後半には奪い合いが解消し、外側は透明化
  - その結果、玄米内部がリング状に白濁
- (穂肥をやり過ぎて)  
粒数が着き過ぎると乳白が増える！



## 死米、乳白粒、背白粒はいつの高温で発生するか？



(Tashiro and Wardlaw 1991) から作図

## 穂肥が多いと基部未熟粒が減少する

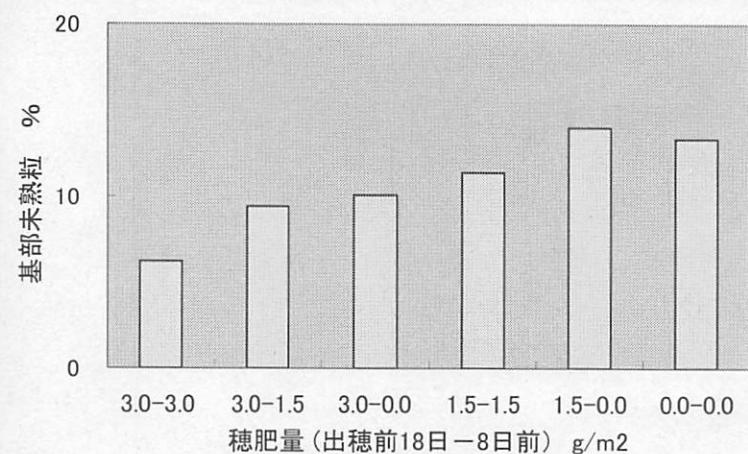
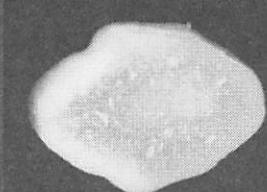


図 穂肥量の異なる各試験区における基部未熟粒歩合  
(九州沖縄農研 2003年圃場試験  
;出穂後20日間平均気温は27.7°C)

Morita et al. (2005) から作図

## 背白粒の発生要因



- 登熟後期の異常高温で多発
- 穂肥が少ないと多発

→ 登熟後期の光合成、デンプン蓄積能力が高温によって低下するため、登熟後期にデンプンが蓄積する背側で白濁する。

→ 登熟後期に窒素不足になると背白粒が増える！

基部未熟粒もほぼ同様のメカニズムで発生するとみられる



## 4. 対策技術

### 高温登熟障害を克服する技術の考え方

高温回避技術

高温耐性強化技術



予防的技術

治療的技術

穂の温度を低下

出穂期を遅らせて  
涼しくなってから登熟

・遅植え

・直播

・晚生品種

・葉が大きく穂の温度  
下がる品種

・田んぼの配置(夕方、日陰になる  
場所、建物の輻射熱を避ける等)

水管理

・登熟期のかけ流し灌漑や  
落水時期延長で穂の温度  
低下

気温が高くても  
穂の温度を低下

裁植方法

・疎植

品種

・高温耐性品種

土壤管理

・地力向上  
・深耕  
・基肥の量・  
タイプの選択

・分けづ期の深水管理で  
粒数を抑制し耐性強化

・登熟期の水管理の選択  
で耐性強化の可能性あり

・穗肥の量・  
タイプの選択

森田(2008)  
を改変

## 高温耐性品種「にこまる」の実力



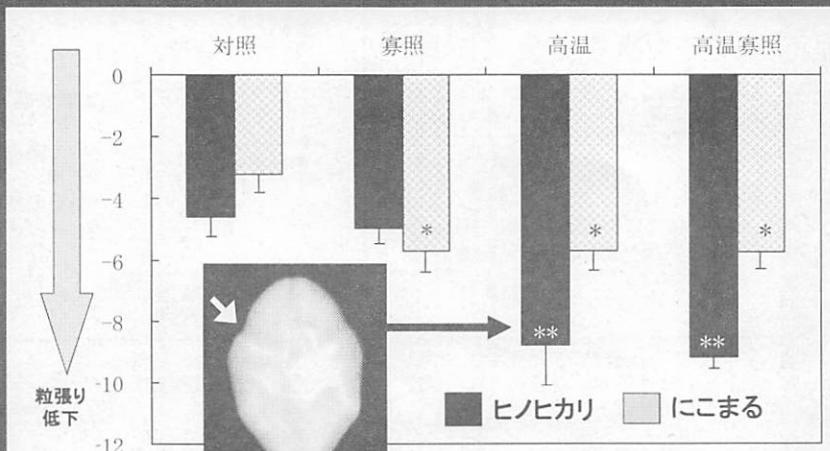
第1表 「にこまる」と「ヒノヒカリ」の収量と米の外観品質

品種	精玄米 収量 g/m <sup>2</sup>	登熟 歩合 %	千粒重 g	米の外観品質		
				検査 等級	乳白粒 歩合 %	基部 未熟粒 歩合 %
にこまる	560	88.3	22.7	1等の中下	4.1	0.8
ヒノヒカリ	522	83.6	22.1	2等の中	7.0	6.5

注)2005年と2007年の九州沖縄農研(筑後市)の圃場試験結果。

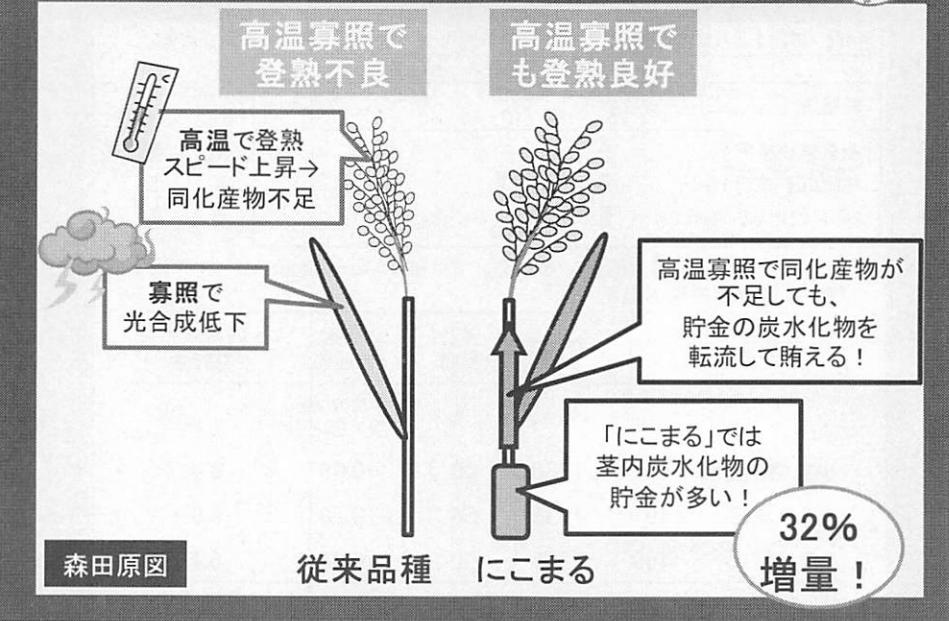
森田ら  
(2008)

高温耐性品種「にこまる」は  
高温や高温+日照不足でも充実良好！



森田ら  
(2007)

## 高温耐性品種「にこまる」の強さの秘密



「外観品質・食味・収量向上の要諦は  
良好な登熟」



多収

高品質  
(外観)

飼料米・米粉  
(ただし具備すべき  
品質がある)

三拍子揃った  
理想的食用米  
=登熟良好

少しでよいから  
美味しい米  
[自家消費米？]

良食味

## 茎内炭水化物の貯金を増やす栽培法は？ →少しずつ肥料を与える！



第4図 穂肥を少しずつ与えることで高温や日照不足でも多収と高品質を両立可能！

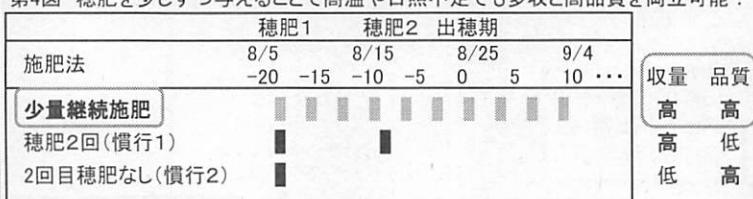


表 少量継続施肥の効果

施肥法	収量 (g/m <sup>2</sup> )	登熟度 (% × g)	整粒 歩合 (%)	食味 官能値	茎内炭水化物 の貯金 (g/m <sup>2</sup> )
少量継続施肥	491	1780	60	-0.06	6.4
2回穂肥	491	1738	56	-0.18	5.8
1回穂肥	469	1693	60	-0.03	6.1

注)2005～2008年の九州沖縄農研(筑後市)の圃場試験結果、品種:ヒノヒカリ

森田ら  
(2009)

## 今後の課題



温暖化に対応した良質米生産技術、システム確立に向けて、

1) 温暖化・気象変動対応型の品種、栽培技術の開発

2) 気象予測・警報・対応システムの構築

を迅速に進める必要がある！