第5号　平成26年3月1日発行

日本水稲品質・食味研究会会報

第　5　号
（平成26年3月）

目　次

第５回講演会
メインテーマ：「高温に負けない米の品質・食味研究」
日時：2013年12月7日（土）～8日（日）
場所：香川大学農学部Ａ棟4階（A405号）
（香川県木田郡三木町池戸2393）

＜シンポジウム講演＞

テーマ：「四国における高品質米生産の現状と課題」

１）香川県における水稲品種『おいでまい』の育成と普及
…… 藤田　究　… 1
２）七夕米の創出による１等米生産とブランド化
…… 村上優浩　… 5
３）高知県における登熟期高温障害による品質低下に対応する品種と技術開発
…… 坂田雅正　… 9

＜一般講演＞

各地域での取り組み

１）高温登熟障害の克服に向けた福岡県の取り組みと今後の課題
…… 宮崎真行　… 21
２）山形県におけるガラス温室による高温耐性の評価と玄米品質の温度応答の品種間差　…・後藤　元・佐野智義・齋藤　寛・阿部洋平・中場　勝　… 23

品質の評価・推定

3）デンプンのヨウ素吸収曲線の分析値と糊化特性値を用いた米のアミロース含量、アミロペクチン重合度、レジスタントスターチ含量の推定式の開発
…… 中村澄子・丸山恭弘・桂 順二・佐藤 光・大坪研一 … 25

4）炊飯米の白さを左右する要因の検討
…… 小木芳恵・七夕高也・小林麻子・冨田 桂 … 27

5）日本酒を試料とするPCR法による原料及び酒質の判別
…… 大坪研一・中村澄子 … 29

品質向上

6）くさび米（黒点症状米）の構造的特徴に関する走査電子顕微鏡観察
… 橘 恵子・岩澤紀生・横須賀知之・新田洋司・桐原俊明 … 31

7）ふるい目の大きさがコシヒカリの玄米タンパク質含有率および外観品質に及ぼす影響
…… 佐藤 徹・東 聡志・土田 徹 … 33

8）収穫時期を早めることによる水稲の食味向上効果の検証
…… 中村真也 … 35

海外の食味研究、農業実態

9）中国における水稲品質・食味研究の進展
…… 崔 晶 … 37

10）中日両国パネルによる日本産水稲品種の食味評価
…… 崔 中秋・松江勇次・張 欣・崔 晶・楠谷彰人 … 39

11）知られざるミャンマーの稲作 －水稲品種の生態と特性－
…… 松江勇次 … 41

［我が社の宣伝］
○ケット科学研究所 …… 43
○サタケ製作所 …… 45
○フォスジャパン …… 47

シンポジウム講演

3課題

（シンポジウム講演1）

香川県における水稲品種おいでまいの育成と普及

香川県農政水産部農業経営課　藤田　究

1. 背　景

近年の温暖化によって水稲の登熟期が高温となり、全国的に品質低下が問題となっているが、香川県では早くから品質低下が見られていた。早期栽培のコシヒカリは 1995 年頃より品質低下が顕著となり、品質改善に取り組んできた。登熟期の高温により、白未熟粒が発生することが判明したため、田植え時期を遅らせる対策[4]をとったが、コシヒカリは遅植えすると、台風や秋雨によって倒伏が発生し、品質向上に結び付かないケースが多かった。その後、温暖化はさらに進行し、1999 年頃からは、ヒノヒカリをはじめとする中生品種でも高温による品質低下が見られるようになった[1, 5]。このため、本県の主力品種について田植え誘導マップを作成し[2]、適正な田植え時期を推進するとともに、栽植方法、施肥、水管理、病害虫防除、収穫時期等の適正化により、総合的な栽培指導を行った。しかしながら、栽培方法の改善による品質向上効果は、1等米比率の向上という形では現れることはなく、ここ 10 年は1等米比率が 10%前後、最近5年連続全国ワースト2位と低迷を続けている(図1)。

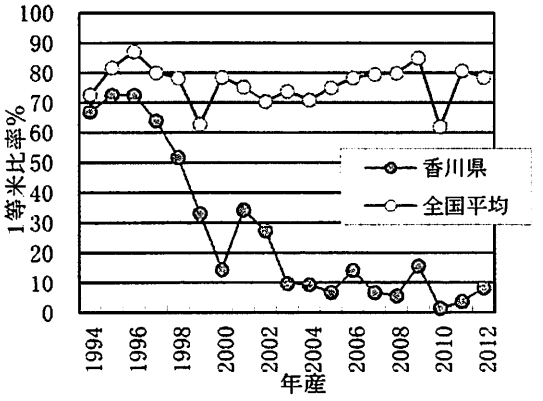


図1　香川県における1等米比率の推移

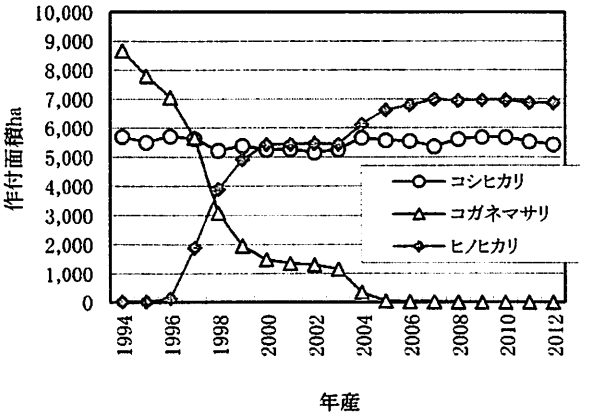


図2　香川県における主要水稲品種の変遷

1等米比率の低迷は、良質のコガネマサリが減少し、高温によって品質低下しやすいコシヒカリやヒノヒカリの良食味品種の寡占化が進んでいることも一因である(図2)。香川県農業試験場では 1996 年から水稲育種を開始し、コガネマサリ並みの外観品質とヒノヒカリ並みの食味を持つ中生品種の育成を目指したが、前述のように、中生品種でも高温による品質低下が顕在化したことから、特に高温登熟性に重点をおいて選抜を行ってきた。その結果、水稲品種おいでまいを育成した。

2. 水稲新品種おいでまいの育成[3]

2002 年に香川県農業試験場において、あわみのりを母、ほほえみを父として人工交配を行い、F2世代以降は集団養成を行い、F5世代で個体選抜を行った。F6世代以降は系統選抜を行った。F7世代以降

は、生産力検定試験を行い、有望と判断された系統に香系8号の系統名を付し、2008 年から奨励品種決定調査予備調査、2009 年から奨励品種決定調査本調査および現地調査に供試した。その結果が良好であったため、2010 年 11 月の奨励品種審査会において奨励品種に採用され、2011 年 6 月に品種登録出願を行い，同年 10 月に『おいでまい』の品種名で出願公表された。

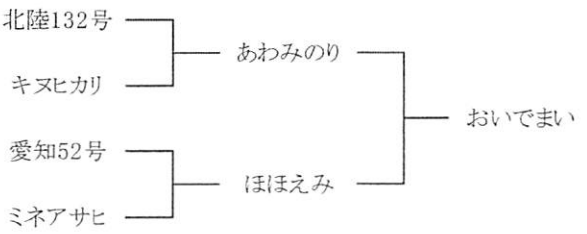


図3 おいでまいの来歴

おいでまいの品種特性は以下のとおりである。

・ヒノヒカリと比較して出穂期は同等、成熟期は同じ～2日程度早く、香川県では中生の中に属する。

・稈長はヒノヒカリよりやや短く、穂長はやや長く、穂数はやや多い。

・いもち病に対する抵抗性は、真性抵抗性遺伝子型が *Pia*、*Pii* と推定され、ほ場抵抗性はヒノヒカリと同程度の「やや弱」である。

・収量はヒノヒカリ並で、玄米千粒重はヒノヒカリと同等かやや軽い。

・玄米の外観品質についてはヒノヒカリより白未熟粒(乳白粒、基部未熟粒)の発生が少ない。

・高温条件下においてもヒノヒカリより白未熟粒の発生が少なく、高温耐性に優れる。

・食味はヒノヒカリ並の良食味である。炊飯米の外観品質は良く、粘りがある。

表 1　おいでまいの特性概要

品種名	おいでまい	ヒノヒカリ
早晩性	中生の中	中生の中
草　型	中間	偏穂重
出穂期(月日)	8.26	8.26
成熟期(月日)	10. 5	10. 7
稈　長 (cm)	75.9	78.0
穂　長 (cm)	20.1	18.7
穂　数(本/㎡)	373	344
脱粒性	難	難
耐倒伏性	やや強	やや強
いもち病真性抵抗性遺伝子型	*Pia,Pii*	*Pia,Pii*
いもち耐病性	やや弱	やや弱
精玄米重(kg/a)	56.1	53.5
同上比較比率(%)	105	(100)
玄米千粒重(g)	22.0	22.2
外観品質[2]	中上	中中
玄米ﾀﾝﾊﾟｸ質含有率 (%,水分14.5%換算)	6.1	6.2
調査年次	稚苗移植栽培[1](2007～2010年)	

注1)5/29播種、6/18移植(4ヵ年平均値)、18.5株/㎡、1株3本植。
2)達観により、上上～下下の9段階評価。
3)近赤外分析計(静岡製機社製GS-2000)による測定値。

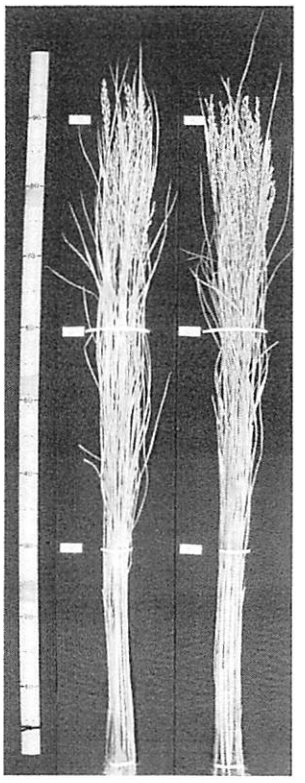


図4 株標本
(左ヒノヒカリ、右おいでまい)

以上より、おいでまいはヒノヒカリに比べて高温登熟性に優れ、外観品質が良く、食味も良好であるため、生産者の生産意欲向上、県産米の1等米比率の向上、ブランド化が期待できるものと考えられる。

3. おいでまいの普及に向けた取組み

2010 年には奨励品種決定調査の現地調査と併行して、温暖化対応型品種を選定するための広域栽培適性試験を行った。生産者団体の代表者や研究・行政で構成される「さぬき米復活プロジェクト」において栽培適性や品質食味を総合的に検討し、県内の米卸業者との協議を行った結果、おいでまいが他品種よりも優れていることが確認されたため、前述の奨励品種採用に至った。

2011、2012 年の2年間は種子増殖期間中となるため、試験栽培の位置づけでそれぞれ 10ha、29ha の作付けを行った(表2)。2012 年は作付希望者を公募制とし、一定の要件を満たした農家に対してさぬき米復活プロジェクトが認定栽培者として栽培を許可する方式をとった。その要件とは、農業者戸別所得補償制度に加入していること、自家育苗及び自家乾燥・調製ができ、ライスグレーダーは1.85㎜の篩目を使用すること、前年の農産物検査実績があることとした。一方、2011 年 3 月には、かがわ農産物流通消費推進協議会の中に「『香系８号』普及推進部会」を設置し、品種名、キャッチコピー、シンボルマークの全国公募を行った。その結果、品種名は「おいでまい」、キャッチコピーは「うまい！たべまい！おいでまい！」、シンボルマークは図 5 のとおりとなった。その後、2012 年 6 月にはおいでまいの普及推進を目的とした「『おいでまい』委員会」を設立した。「おいでまい」委員会は、生産振興チーム、販売戦略チーム、メディア戦略チームの３チームから構成され、生産、流通、販売、マスメディア等の関係者が多面的に戦略を進め、おいでまいに対する実需者や消費者の認知度向上や評価を高めることを目的として活動を行っている。2013 年は一般栽培を開始して約 650ha が作付けされた。一般公募による認定栽培者による栽培(約 170ha)を継続するとともに、試験栽培で結果が良好であった綾川町を作付推進地域(約 480ha)とした(表2)。

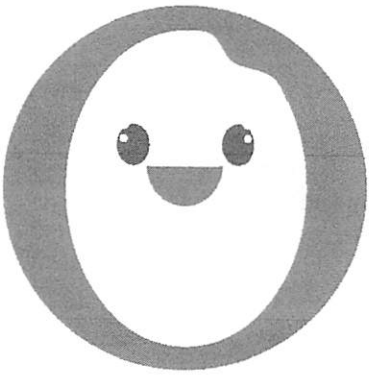


図5 おいでまいのシンボルマーク

1等米比率については、2011、2012 年産ともにヒノヒカリが1ケタ台に低迷するのに対し、おいでまいはそれぞれ 67%、94%と大幅に上回った。また一般栽培となる 2013 年は途中経過ではあるが、おいでまいは高い1等米比率を確保している。

表2 おいでまいの現地への導入経過及び1等米比率

年産	生産者数 戸	作付面積 ha	1等米比率 %	(参考)ヒノヒカリ 1等米比率%	備考
2011	15	10	67.1	3.5	試験栽培1年目
2012	29	28	94.2	5.3	試験栽培2年目
2013	約1,400	約650	88.7※	19.7※	一般栽培

※2013年11月13日現在の数値

4. おいでまいの栽培基準の策定

2013 年に一般栽培としておいでまいを現地へ導入するに当たり、1等米を確保し、かつ良食味を目指した米づくりを進めていくためには、適切な栽培管理を行っていく必要がある。そこで、生産農家への栽培指導を行うための指針となる栽培基準の策定に取り組んだ。栽培基準は、これまでの農業試験場における試験、普及センターにおける現地実証ほ及び 2011、2012 年の試験栽培の結果を取りまとめて作成した(表3)。基準の設定に当たって検討した主な内容は以下のとおりである。

1)田植え適期マップ[6]:1km 四方のメッシュに分け、各地点におけるメッシュ平年値から出穂後 30 日間の平均気温が 22.5℃(登熟適温)となる出穂期を設定した。そして、その出穂期となる田植え時期を推定(DVR による生育予測)して田植え適期マップを作成した。

2)施肥基準:各種施肥法について検討した結果、速効性肥料では基肥 5kg(10a 当り窒素成分量、以下同様)＋穂肥Ⅰ(出穂 18 日前)2.5kg＋穂肥Ⅱ(出穂 10 日前)1.5kg が収量、外観品質、食味ともに良好と

なることが明らかとなった。これに基づき、ツーショット肥料やワンショット肥料の基準量として設定した。なお、ワンショット肥料は温暖化による高温で緩効性肥料の肥効が早まり過ぎるので、肥料メーカーと連携して検討した結果、窒素の溶出パターンを変えた「温暖化対応肥料」を採用した。

3)病害虫防除体系:いもち病に「やや弱」であり、また斑点米カメムシは直接的に等級低下の原因となるので、これらを考慮した防除体系とした。

4)調製用篩目:1等米に仕上げるとともに、実需者評価を高めるために、ライスグレーダーの篩目を1.85mmとし、出荷時の必須条件とした。

以上の結果を基に、平成25年度「おいでまい」栽培しおり及び栽培マニュアルを作成した。なお、試験年数がまだ浅いため、今後データ蓄積を図りながら修正を行っていく予定である。

表3 おいでまい栽培基準(抜粋)

項目	栽培基準
栽培適地	秋落ち地帯を除く、平野部から内陸部 ※いもち病の防除を徹底する。
移植時期	6月20～30日(稚苗の場合)が基本。 ※田植え適期マップにより移植・播種時期を設定。
栽植密度	①15～18株／㎡(株間22～18cm) ②植付本数3～4本／株
施肥設計	基肥 穂肥Ⅰ 穂肥Ⅱ 合計 ①速効性肥料 5.0 2.5 1.5 9.0 ②ツーショット肥料 4.5 3.5 - 8.0 ③ワンショット肥料 7.5 - - 7.5 (数字はN成分、kg／10a) ※ワンショット肥料は温暖化対応型肥料を推進中
水管理	①中干し(田干し):亀裂幅1cm程度とし、きつくしない。 ②登熟期:原則収穫1週間前までは落水をしない。
病害虫防除	①箱施用剤を確実に施用(いもち、紋枯病対策) ②本田での必須防除・確認防除の徹底 ③発生予察情報により、コブノメイガやカメムシ類の防除徹底
収穫適期	黄変籾率(85%程度)等
乾燥	適正な穀粒水分(14.5～15.0%)に仕上げる。
調製	ライスグレーダーの篩い目は1.85mmが必須。

5. おわりに

2013年5月には「おいでまい」委員会は、試験栽培で良質米を生産した農家28名を「おいでまい」マイスターとして認定し、新規生産者等への栽培指導を行うこととしており、生産者レベルでの良質良食味米生産に向けた気運が醸成されつつある。今後、2015年の作付面積1,000haを目標におき、推進を図っていくこととしており、良質良食味米生産に向けた栽培指導を徹底するとともに、ブランド化に向けた取組みを行うことにより、香川県産米の品質向上と売れる米づくりにつなげていきたい。

引用文献

1)宮下武則, 森芳史, 村上優浩, 藤田究 2005. 「ヒノヒカリ」の移植時期が生育、収量および品質に及ぼす影響. 香川農試研報 57:1-10.

2)森芳史, 茂木知江子 2004. 水稲「ヒノヒカリ」、「はえぬき」の品質確保のための移植適期マップ. 豊穣 42:2-5.

3)村上てるみ, 藤田究, 河田和利, 多田伸司, 三木哲弘, 本田雄一ら 2013. 水稲新品種「おいでまい」の育成. 香川農試研報 投稿中.

4)大川俊彦, 河田光男 1997. 香川県におけるコシヒカリ適地適作のためのメッシュ気候値利用による地域特性の把握. 日作四国支紀 34:28-29.

5)大川俊彦, 宮下武則 2003. 水稲「ヒノヒカリ」の品質に及ぼす登熟期の温度条件の影響. 第1報 玄米品質とタンパク質含有率に及ぼす登熟期の気温の影響. 香川農試研報 56:1-4.

6)佐藤孝治 2013. 水稲「おいでまい」の田植え適期マップを作成. 豊穣 51:6-7.

七夕米の創出による１等米生産とブランド化

香川県農業試験場作物・特作部門　村上優浩

１．はじめに

香川県は瀬戸内式気候のため降水量が少なく、多くのため池を水源として稲作が行われている。こうした中で県東部の大川地域では、平成元年頃から節水栽培が可能な良食味品種としてコシヒカリが導入され、現在では水稲作付面積の約80％を占めている。しかし、近年では温暖化の影響を受け、米の品質はほとんどが２等に格付けされ、生産者は大変悔しい思いをしている。この現状から、いかにして米の品質を向上させ、産地の評価を高めていくかが課題となっている。そこで、普及現場において、生産者、関係機関などと連携して課題解決に取り組んだ活動事例を紹介する。

２．活動の概要

１）課題解決に向けた取組体制

コシヒカリの品質低下問題について、県が設置している「農業に関する普及・研究・行政連絡会議（通称：トライアングル）」の主要な技術課題として位置づけ、解決に向けて取り組むことにした（図1）。活動に当たっては、普及センター・農業試験場・主務課の各組織が共通認識を持ち、役割分担と連携をしながら課題解決に努めた。普及センターでは、「米の品質向上と産地育成」を課題として普及計画に取り上げ、波及効果が見込まれる認定農業者を活動対象とした（表1）

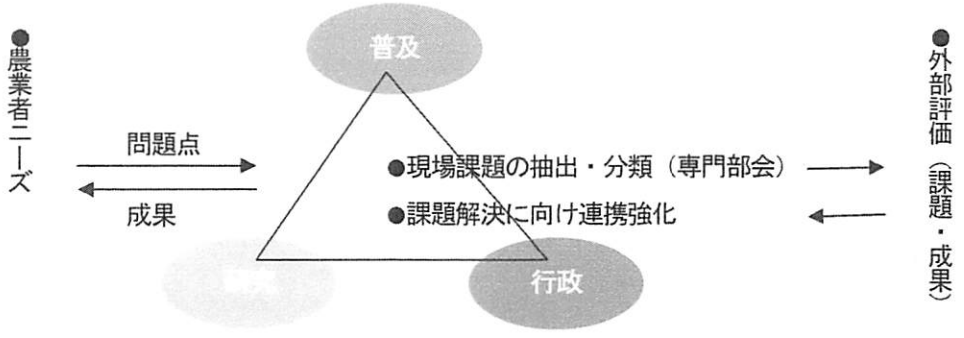


図１　農業に関する普及・研究・行政連絡会議のしくみ

表１　調査研究課題（到達目標：１等米の安定生産とブランド化）

課題	方法	内容	実施年度	実施機関
品質向上	実態調査	品質低下要因の解明	H17～18	各普及ｾﾝﾀｰ、農試、主務課
	現地試験	早植え栽培技術の検討 遅植え栽培技術の検討	H19～20 H20～21	東讃普及ｾﾝﾀｰ
	現地実証	高品質安定生産技術の普及	H22～	東讃普及ｾﾝﾀｰ
産地育成	ﾌﾞﾗﾝﾄﾞ化に向けた調査	食味官能審査、食味ｱﾝｹｰﾄ調査	H21～	東讃普及ｾﾝﾀｰ、市、JA

2）調査研究の内容と手法

（1）品質低下要因の解明

コシヒカリの品質低下要因を明らかにするため、県内の気象・土質条件などが異なる地域において品質の実態調査を行った。その結果、品質と気温との関係は、既に報告されている知見とほぼ一致し、出穂後30日間の日平均気温が26.6℃を超える高温条件下で品質の低下が認められた[1,2,3]。

（2）現地試験ほの設置

品質低下の要因となっている高温登熟を回避し、品質向上を図るための作期および栽培技術について現地試験を行った。試験課題は、3月の早植え栽培、または7月の遅植え栽培を行うことで、気温が低い時期に米を実らすことができると仮定して、高品質安定生産技術の確立に取り組んだ。

「七夕田植え」試験栽培（2009年7月7日）

（3）新たな作期に適合した新肥料の開発

現地試験の結果から、7月の遅植え栽培が良いことが分かり、この作期でさらに施肥の省力化と同時に1等米生産および収量確保を目指し、肥料会社と連携して遅植えに適合する肥効調節型肥料の開発を試みた。試作肥料は、慣行肥料に比べて溶出を早めたもので、現地試験において肥効確認を行った(図2)。

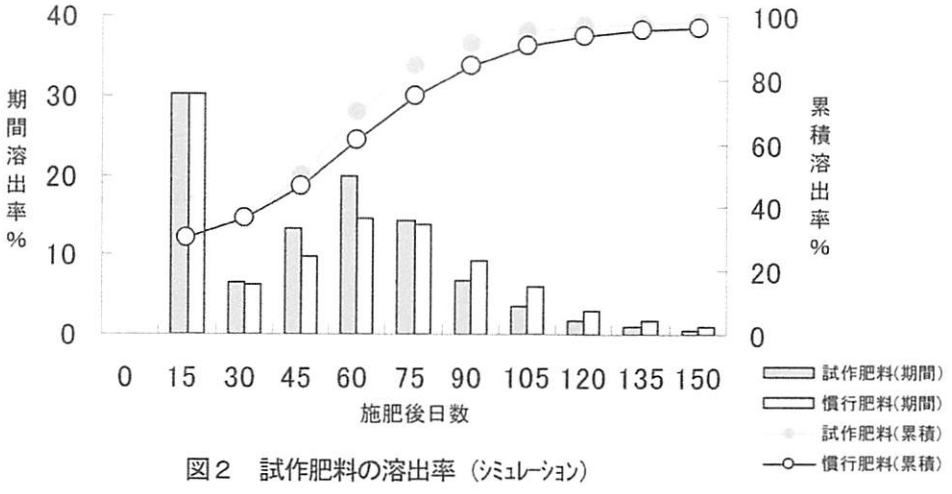


図2　試作肥料の溶出率（シミュレーション）

（4）高品質ブランド米産地の育成

7月7日の田植えを基準とした「七夕米」のブランド化に向け、食味官能審査と食味アンケート調査を実施した。また、遅植え栽培した「七夕米」は、東かがわ市経済課・学校給食センター等と連携し、市内の幼稚園、小・中学校の学校給食へ 3,000食を提供するとともに、食農教育の一環として児童と生産者との交流会を開催して紹介した。

3．活動の成果

（1）7月の遅植え栽培で品質向上

作期について検討した結果、3月の早植え栽培は高温登熟が回避できず1等米は生産できなかったが、7月の遅植え栽培は1等米生産が可能な登熟上限温度26.6℃を下回り1等米となった。7月の遅植え栽培の収量は、通常施肥「遅植え②」では低下が大きかったが、早期追肥「遅植え①」を行うことで低下の割合を小さくすることができた(図3)。

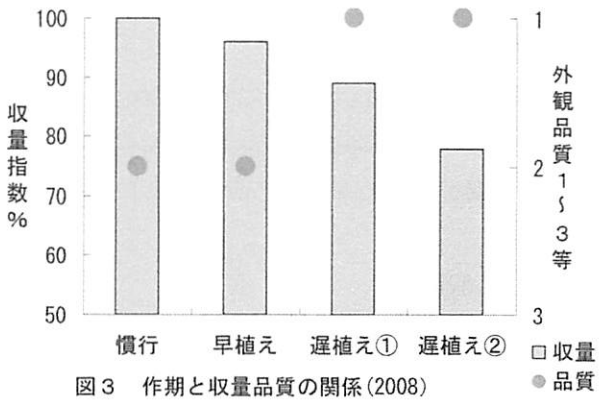


図３　作期と収量品質の関係(2008)

（2）さらに施肥改善で収量確保を実現

7月の遅植え栽培の高位安定化技術について検討した結果、収量は、施肥改善①（早期溶出型N-減量）では108%、施肥改善②（早期溶出型N-標準量）では130%となった。当年は、移植後の7月中旬から8月上旬が日照不足で経過したため、肥料の溶出を早めた施肥改善区で増収効果が大きく現れた。外観品質は、全ての区において１等となった(図4)。

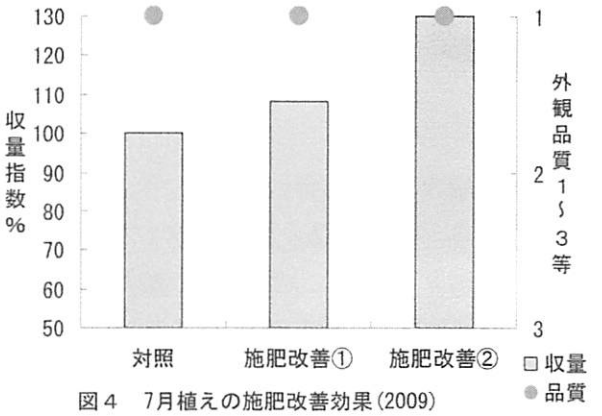


図４　7月植えの施肥改善効果(2009)

（3）新たな作期での食味向上について確認

7月植えコシヒカリの食味は、官能審査を行った結果、慣行の作期に比べて炊飯後の外観に優れ、香り、味、粘り、硬さも良い傾向が見られ、総合評価が高かった(表2)。また、食味アンケート調査では、普段食べている米と比べて、一般消費者を対象とした57名のうち78%が「良い」と答え、児童を対象とした199名のうち71%が「とてもおいしい」と答えた(図5)

表2　7月植えコシヒカリの食味官能審査結果(2009)

	外観	香り	味	粘り	硬さ	総合	基準
第1回（ﾊﾟﾈﾗｰ10名）	0.60	0.20	0.00	0.20	0.10	0.60	慣行栽培のコシヒカリ
第2回（ﾊﾟﾈﾗｰ16名）	0.50	0.31	0.31	0.19	0.19	0.38	慣行栽培のコシヒカリ

※評価得点は±3点（基準と同等であれば±0点）

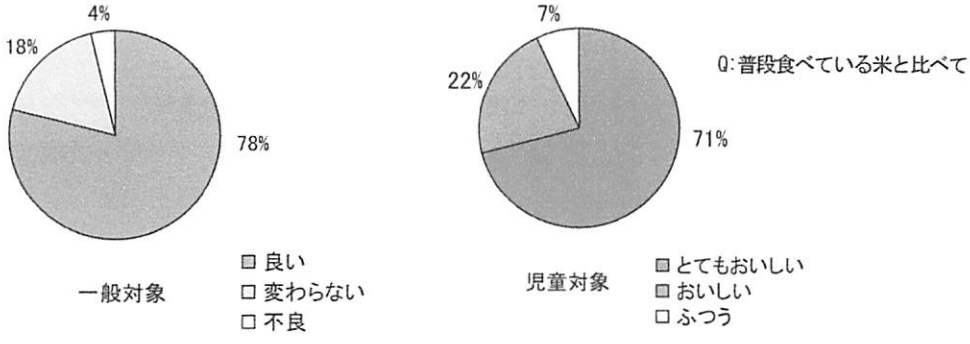


図５　食味ｱﾝｹｰﾄ調査結果(2009)

（4）商品化と地域への波及

7月の遅植え栽培に適合した新肥料「七夕肥料1号」が開発され、その後、2010年3月に「七夕米」が商標登録、同年11月に商品化に至った。このことによって、実証農家は、コシヒカリの作期を早期栽培から遅植え栽培に転換している。7月の遅植え栽培は、2009年に1.1haで取り組まれ、その受検米は全て1等に格付けされた。さらに、2010年には3.0haに拡大、この年猛暑の影響で全国的に米の品質低下が大きな問題となった中、遅植えの「七夕米」は全てが1等に格付けされた。遅植え栽培は、米の品質向上効果が高いことから、実証地域の農業者の関心が高まっている。

商標

精米 2kg 入りパッケージ

県内集落営農組織に対し活動事例の紹介

4．今後の展開方向

7月の遅植え栽培は、麦作後でも対応が容易であるため、水稲の品質向上と作業ピークの分散による規模拡大が同時に実現できる。この技術を営農計画策定の技術メニューとして提示し、認定農業者の経営発展を支援していきたい。今回の活動事例は、トライアングルでの課題設定、民間企業との連携、地域と一体化した取り組みが成果を上げるのに有効であったので、今後の調査研究においても積極的に活用したい。

5．おわりに

コシヒカリの田植えを慣行よりも約2か月遅らせた遅植え栽培は、登熟期の高温回避に有効であり、米の品質向上につながった。最近ではタバコ後作のさらに遅い作期で米の品質が良くなる事例もあり、水稲の登熟適温域が遅い作期に移動していると考えられる。温暖化が進む中で、高品質・良食味となる水稲の品種育成や栽培技術の開発を行っていくには、作期が移動した場合の品種特性や品質および食味面での理化学性評価など、さらに基礎的データの収集が必要である。現段階ではコシヒカリに変わる早生品種が存在しないので、当該品種で高温登熟の問題を克服するために遅植え栽培に取り組んだが、今後は高温登熟性に優れた早生良食味品種の育成・選定が望まれる。

―引用文献―

1）大川・高松地域良質米生産流通推進協議会 2003. 米づくりマニュアル コシヒカリ編. 1-4

2）山田千津子, 村上優浩, 森芳史, 大川俊彦 2000.「コシヒカリ」の晩期化が収量と品質に及ぼす影響. 四国農業研究成果情報 1999:94-95

3）長田健二, 黒瀬義孝, 吉永悟志, 高梨純一 1997. 四国地域における水稲の収量・品質の変動と地域的気象特性の関係. 四国農業試験場報告 61:119-125

（シンポジウム講演３）

高知県における登熟期の高温障害による玄米品質低下に対応する品種と技術開発

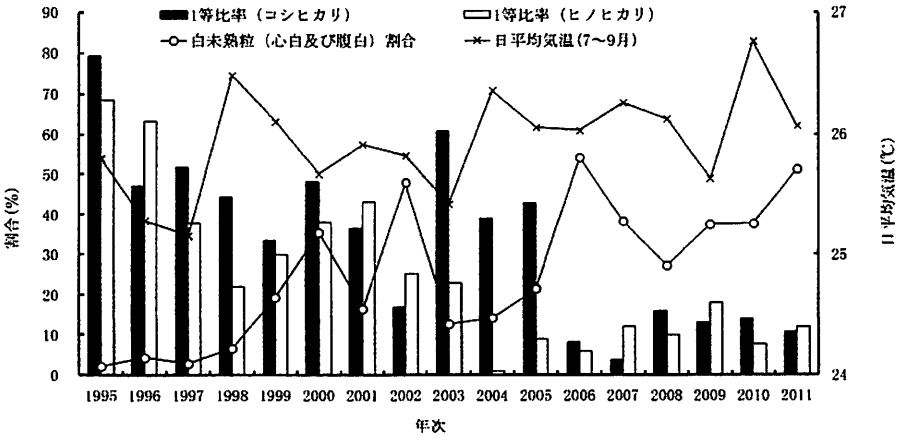
坂田雅正（高知県農業技術センター）

1. 全国における高温による登熟障害の発生

イネの高温障害は1950年代～60年代初頭から問題化している（長戸・江幡 1960）．その当時は気象が高温傾向であったことと，早期栽培の普及に伴う出穂期の前進化も背景となっている（佐本 1964）．近年，地球温暖化の進行に伴って水稲登熟期間の気温が上昇している（林 2001）．登熟期の高温によって白未熟粒（玄米に白濁部が認められる粒の総称）が全国的に多発し，それに伴う玄米外観品質の低下が全国的に大きな問題となっている（寺島ら 2001，農林水産省 2003）．高知県でも1999年頃から問題化してきた（坂田・高田 2006，高田 2010）．

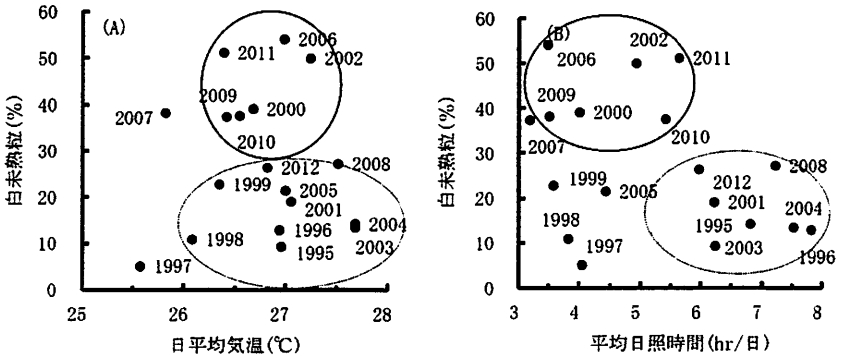
2. 高知県における玄米品質の低下要因

高知県の稲作では，コシヒカリ，ヒノヒカリの作付けが多い（それぞれ5,521ha，県内全作付面積の54.0%および2,969ha，同29.1%，2012年）．主にコシヒカリは早期栽培地帯（海岸平野部），ヒノヒカリは中山間地帯で作付されているが，ここ数年，1等米比率が低下傾向にある（第1図）．この要因としては，カメムシ類による斑点米や胴割米の混入の他，近年では心白粒，腹白粒等の白未熟粒の混入があげられる．心白粒，腹白粒あるいは乳白粒，背白粒，基白粒といった白未熟粒の発生には品種や栽培環境など様々な要因が関与するが，中でも，登熟期間中の日射，温度に強い影響を受けることが知られている（長門 1952，岩下ら 1973，佐々木ら 1983，Tashiro and Wardlaw 1991，寺島ら 2001，小葉田ら 2005，井上 2005，寺島 2005，月森 2005，松村 2006，坂田・高田 2006，若松ら 2007，森田 2008）．そこで，作付けが最も多いコシヒカリに関して気象条件と白未熟粒発生との関係をみたところ，ほぼ登熟初中期にあたる期間の日平均気温が27℃以上で高く，



第1図　コシヒカリ，ヒノヒカリの1等米比率，2等以下格付理由における白未熟粒(心白・腹白)の割合および7～9月の日平均気温．2006年以降の白未熟粒はうるち米玄米全体での検査結果（高知地域センターによる）．日平均気温はAMeDAS後免観測値．

日照時間が5時間/日と短い年に白未熟粒の発生が多くなる傾向が認められた（第2図）．このことから，コシヒカリの白未熟粒の発生には登熟期間の高温，少照が関与しているものと推察された．



第2図　日平均気温(A)および平均日照時間(B)と白未熟粒割合との関係．日平均気温および日照時間は早期水稲コシヒカリの登熟初中期(7月10～30日)の平均値．AMeDAS(南国市，後免観測所)より求めた．白未熟粒割合は2等以下格付理由における心白・腹白の割合．2006年以降の白未熟粒はうるち米玄米全体での検査結果（高知地域センターによる）．図中実線は高温寡照年，点線は高温多照年．

3. 水稲品種の高温寡照条件下での登熟性の検定法および高温障害軽減技術の開発

白未熟粒の発生は玄米検査等級の低下を通して販売価格を下落させ，それによって農家収入を大きく減少させる．一方で，今後もさらに温暖化の進行が予測されている（林 2003）ことから，何らかの対策が必要とされている．

水稲の高温登熟下で玄米の外観品質が劣化する程度（高温登熟性）には，品種間差のあることが既に知られている（長戸ら 1961，岩下ら 1973，佐々木ら 1983，西村ら 2000，若松ら 2007）ことから，白未熟粒による品質低下への対策の一つとして，高温登熟性に優れた品種の育成が求められている．このような品種の育成に当たっては，どのような方法で高温登熟性を正しく評価するかが重要である．近年では，高温登熟性を高い精度で評価できる検定法についても多くの報告がある（重山ら 1999，飯田ら 2002，福井ら 2002，小牧ら 2002，山川・神田 2003，永畠・黒田 2004，石崎ら 2006）．しかしながら，高温寡照条件下での登熟性を検定する事例はみられない．よって，高温寡照耐性に優れる品種の選抜効率を向上させるためには，本県独自の検定法の確立とともに，その品種間差異を生じさせる要因や白未熟粒割合と関連が深く，立毛段階での1次的な選抜指標となり得る形態的，生理生態的特性を明らかにする必要がある．

そこで，水稲品種の高温寡照条件下での登熟性の検定法，また，生産者から要望の強かった品種育成と高温障害軽減技術の開発に取り組んできた（高知大学農学部，共同研究）．

(1) 水稲品種の高温寡照条件下での登熟性の検定法の開発

高知県の水稲早期栽培における白未熟粒の発生には，登熟期間の高温だけでなく寡照も大きく影響しており，高温登熟性のみならず高温寡照条件下での登熟性にも着目する必要がある．そこで，高温寡照条件でも効率よく登熟性の優れる品種の選抜，育成するための検定条件を検討した

ところ，夏期に強化プラスチックハウス（遮光条件）内の高温下で登熟させることで，高温寡照耐性を評価できることがわかった（高田 2010）．また，ふさおとめ，あきたこまち，初星は，高温寡照条件下での登熟性を評価する場合においても，それぞれ，強，中，弱の基準品種として適することが示された（高田 2010）．

(2)水稲品種の形態・生理生態的特性と白未熟粒割合との関係

育種効率のさらなる向上を図るために，水稲品種の白未熟粒割合と形態・生理生態的特性との関係について検討したところ，白未熟粒割合が高い品種ほど，1穂籾数が多く，粒着密度が高かった（2006年；r=0.916，2008年；0.906，いずれも1%水準で有意）．よって，これらの形質は白未熟粒の発生が少ない品種を選抜するための選抜指標として利用可能であること，特に1穂籾数は，出穂期以降，立毛段階で容易に評価する1次的な選抜形質であると考えられた（高田 2010）．

一方，白未熟粒割合の高い品種では，登熟後期の葉身の枯葉率が高く，成熟期におけるLAIが小さくてシンク/ソース比が大きい傾向があり，成熟期における稈からの出液速度が遅く，根の生理機能が衰えていた．また，登熟中期(+15日)におけるSPAD値が低く（2007年；r=-0.733，2008年；-0.722，いずれも5%水準で有意），窒素栄養状態が劣り，光合成能力が衰えていた．これらの形質のうち，登熟中期におけるSPAD値は圃場で簡易に調査することができ，立毛段階での1次的な選抜形質として最も適するものと考えられ，実際の系統選抜場面で活用できることを実証できた（高田 2010）．

ただし，登熟中期のSPAD値による選抜を行った場合，食味の劣る系統が選抜される可能性が示唆されたことから，SPAD値が低くても，明らかに玄米外観品質が劣ると考えられる系統は選抜しないこととした（高田 2010）．

(3)コシヒカリ準同質遺伝子系統（Ma Li Xian/コシヒカリ由来）の玄米外観品質評価

高知県の水稲早期栽培では，高温による品質劣化が著しいコシヒカリにかわる高温耐性品種の育成が求められている．しかし，コシヒカリは早期栽培の約8割を占め，ブランド人気は根強く，高温耐性品種にはコシヒカリを超える品質が望まれている．そこで，高温耐性に優れるインディカ品種Ma Li Xian（高田ら 2005）の高品質に関与する第2染色体上の量的形質遺伝子座（以下，高品質QTL）を同定し（竹内ら 2012），その高品質QTLを導入し，作出されたコシヒカリ準同質遺伝子系統（NIL）の玄米外観品質（白未熟粒割合）とコシヒカリとの同質性を評価した．その結果，同QTLを導入しコシヒカリを戻し交配したNILでは，コシヒカリに比べ白未熟粒割合が低く，稈長，穂長や玄米千粒重に関して同質性の高いことがわかった（高田ら 2012）．

(4)作期移動

白未熟粒の軽減対策として，高温登熟を回避する作期移動（遅植え）が全国各地で行われ効果をあげている（寺島ら 2001，農林水産省 2003，井上 2005，寺島 2005，月森 2005）．しかしながら，本県の早期栽培では，梅雨明け後，気温の上昇とともに成熟期（8月上旬）をむかえることから現行より移植時期を遅らせた場合，登熟期間中の温度はむしろ高くなることが予想される．一方，作期を前進化すれば移植期，穂孕期における冷害および登熟初・中期が寡照に遭遇する危険性が高まり，移植も4月上旬(日平均気温で13.5℃；平年値，AMeDAS後免観測値)が早限となる．このような理由から作期移動によって登熟期の高温障害を回避することができない(坂田 2000)．

(5)施肥法の改善

基肥に肥効調節型肥料（LPD；100日型，LPE；140日型）を施用し，さらに幼穂形成期，または穂揃期に化成肥料（NK化成），被覆尿素肥料（LP40）を施用した場合でのコシヒカリの白未熟粒発生および玄米タンパク質含有率を検討した．その結果，白未熟粒割合は無追肥区，穂肥区で高く，実肥区で低くなる傾向がみられた（坂田・高田 2006）．しかしながら，実肥（NK）区は穂揃後15日目のSPAD値が高く，玄米タンパク質含有率が高かった．これに対し，実肥（LP）区では，白未熟粒割合および玄米タンパク質含有率が比較的低くなることがわかった．

一方，コシヒカリの1等米比率が0.7～4.2%（2009～2011年）と品質低下が著しい現地の早期栽培地帯（南国市）で，2012年に慣行の基肥一発（肥効調節）型肥料（100日タイプ）に対し，肥効が登熟後半まで持続する110～130日タイプの肥料を用いて，玄米品質への影響を検討した．その結果，110～130日タイプの肥料を含む長期肥効調節型肥料を施用することで，慣行の肥料（100日タイプ）より，整粒粒比（穀粒判別器，RGQI10A，サタケ社）が27.6%から36.2%に向上し，白未熟粒の発生の軽減効果が期待できることがわかった（地球温暖化適応策推進協議会 2013）．

(6)水稲予測シミュレーションシステムの開発

水稲の安定生産を図るためには，生育を正確に把握し適切な栽培管理を行う必要がある．ここ数年，高知県では気象変動に伴い，生育，収量変動がみられ，玄米品質も著しく低下している（坂田 2005，高田 2010）．そこで，農業環境技術研究所で開発された水稲生育一水田水温結合モデル（桑形・濱嵜 2001，長谷川・近藤 2007，長谷川ら 2007，長谷川・坂田 2008）を用い，水稲収量・食味予測プログラムを作成するために，これまで蓄積された奨励品種決定調査現地調査のデータを用いて，同モデルの予測精度を検証した．その結果，本モデルを用いることで，コシヒカリでは年次，作期，施肥条件，栽植密度を違えた場合のみならず，県内現地計8カ所，ヒノヒカリでは同5カ所における出穂期，玄米収量を推定できる可能性が示された．また，同モデルによって玄米タンパク質含有率やコシヒカリでは生育量（全乾物重，穂重および葉面積指数）の推定も

可能であることが示唆された（（独）農業環境技術研究所 2013）.

(7)出穂期以降の水管理

出穂期以降，終日掛流し灌漑，間断灌水（5日湛水，2日落水）および常時湛水処理を組み合わせ，水管理の違いがコシヒカリの白未熟粒発生に及ぼす影響をみた．その結果，出穂期から成熟期までの日平均気温は27.2℃（平年値27.1℃）条件では掛流し灌漑によって，出液速度が大きくなり，登熟歩合が高まって乳白粒および腹白粒割合は低くなることが判明した(坂田・高田 2006).

4.現地での優良事例

県内各地域で行われている新品種の導入や施肥技術の改善などの対策技術を整理する目的で，2011年に現地優良事例の聞き取り調査を実施した．2010年は水稲うるち玄米の1等米比率が14.1％と低く，優良事例の収集は困難を極めたが，JAや生産者を通じて，早期栽培8事例，普通期栽培8事例の計16の事例を収集することができた．共通技術としては，①作土深の確保；15cm以上（8事例），②疎植；50株/坪以下（13事例），③水管理；中干しの実施（14事例），落水時期遅め（5事例）で，適期刈取りも徹底されていた．稲づくりで気をつけている点として，①堆肥を利用した土づくりで根の張りを良くし生長を促す，②土壌分析の実施やほ場ごとの土質を把握して，施肥設計を行う，③優良な苗を移植し，初期生育を確保して，気象変動に対応できる稲体づくりを行う，④稲の姿を良く観察し，こまめな施肥管理を行うことで倒伏を防止している，⑤ほ場に応じた中干しの実施や溝切りを行う，また，生育に応じた登熟期の水管理と収穫前まで水を切らさない等があった.

5. まとめ

高知県の水稲早期栽培における白未熟粒の発生には，登熟期間の高温だけでなく寡照も大きく影響している．そこで，高温寡照条件でも効率よく登熟性の優れる品種の選抜，育成するための検定条件を検討したところ，夏期に強化プラスチックハウス（遮光条件）内の高温下で登熟させることで，高温寡照耐性を評価できることがわかったが明らかとなった．次いで白未熟粒割合と形態的・生理生態的特性との関係から，白未熟粒の発生の少ない品種を選抜するための立毛段階での1次的な選抜指標として，1穂籾数，粒着密度および登熟中期（出穂後15日目）におけるSPAD値が利用できることがわかった．登熟中期におけるSPAD値は，実際の系統選抜場面で活用できることを実証できた．品種に関しては，高温耐性に優れるインディカ品種Ma Li Xian由来の第2染色体上高品質QTLを導入し，作出されたコシヒカリ準同質遺伝子系統（NIL）の玄米品質とコシヒカ

リとの同質性を評価したところ，同QTLを導入しコシヒカリを戻し交配したNILでは，コシヒカリに比べ白未熟粒割合が低く，稈長，穂長や玄米千粒重に関して同質性の高いことがわかった．

以上のように，高知県の水稲早期栽培に適した高温寡照条件下での登熟性の簡易検定法を確立するとともに，その品種間差異を生じさせる要因および1次的な選抜形質として使用できる形質を明らかにできた．得られた知見は，今後高知県の水稲早期栽培において高温寡照条件下での登熟性が優れる品種を育成していくうえで，その選抜精度および選抜効率の向上に寄与するものと考えられた．また，コシヒカリ準同質遺伝子系統においては，収量，食味関連形質の調査や食味官能試験および現地試験を行う予定である．

一方，高温登熟障害対策として，穂揃期に被覆尿素肥料（LP40）を施用した場合，実肥（LP）区では，白未熟粒割合および玄米タンパク質含有率が比較的低くなることがわかった．今後は，コスト面を配慮し，基肥に速効性肥料を用いた場合の効果について検討が必要である．コシヒカリの品質低下が著しい地帯において，肥効調節型肥料よりも110～130日タイプの肥料を含む実証（長期肥効調節型）肥料を施用した結果，整粒粒比が10%向上した．長期肥効調節型肥料の施用で，夏期の高温で助長される登熟後半の窒素不足を改善し，白未熟粒の発生を軽減できる可能性が示された．

気象変動が大きな近年においては，生育診断の重要性が増しているが，（独）農業環境技術研究所で開発された水稲予測モデルを用いることで，県内現地でのコシヒカリ，ヒノヒカリでは収量のみならず，玄米タンパク質含有率も推定できる可能性が示された．さらに，コシヒカリでは生育量（全乾物重，穂重および葉面積指数）の推定も可能であることが示唆された．水稲予測シミュレーションシステムの開発により，パソコン上で簡易な生育診断による品質低下の予防策が図れるとともに，気象予報（1カ月前）から品質を予想し，気象に応じた対策（森田 2011）も行え，県産米の生産安定化（品質の向上）に寄与できるものと考えられる．

水管理法について掛流し灌漑区では水温が低く推移して，荒井・伊藤（2001）の結果と同様に白未熟粒の発生がやや少なくなることが認められた．しかしながら，乳白粒割合は低くなるものの，背白粒，基部未熟粒の発生を助長する場合も見受けられた．今後はこの点を明らかにしていく必要がある．掛流し灌漑を行うにあたっては，用水確保の問題も残されており，灌漑期間や温度，水量や品質向上要因について検討を進める必要がある（友正・山下 2009）．

現地における優良事例の聞取り調査（2011年）を実施したところ，作土深の確保，疎植，中干しの実施，収穫前遅めの落水が対策技術として示された．これらは，根の張りを良くし，生長を促す管理と根腐れを発生させず，根の活性が高い状態で成熟期を迎える管理の組み合わせといえ

る．今後は明らかにできなかった施肥技術に関する現地優良事例の収集が必要である．

現地の優良事例では作土深の確保，疎植，中干しの実施，収穫前遅めの落水が示された．これらは，根の張りを良くし，生長を促す管理（作土深の確保，疎植）と根腐れを発生させず，活性が高い（養水分が吸える）状態で成熟期を迎える管理（水管理）の組み合わせといえる．優良事例農家は，いずれもこまめにほ場に出向き，稲をよく観察し，生育を把握している．また，作業や生育状況をこまめに記録している生産者も多い．さらに，新たな肥料や品種にも関心が高く，先進的に導入している．水稲の高温障害対策においては，すでに施肥改善による効果も示されている（高橋 2004，坂田・高田 2006）．しかしながら，今回の調査においては，共通する有効な施肥技術を明確にできなかった．

白未熟粒の発生メカニズムについては徐々に明らかにされつつあり，（長戸・小林 1959，中山 1969，佐藤ら 1973，佐藤・稲葉 1973，岩澤ら 2003，Yamakawaら 2007），高温登熟性の品種間差異に関与する要因については研究が進展しているものの（松江 2005，三ツ井・福山 2005，田畑ら 2008），不明な点も多く残されている（森田 2008）．今後は発生要因の解明を進めるとともに，高温耐性品種の育成と品種の転換，高温登熟障害の克服に向けた取り組み（移植期の変更，施肥・栽植様式；密度の改善，水管理，地力改善・土作り）とともに施肥に関する優良事例の収集を進め，現場で活用できる総合的な技術開発が必要である。

謝辞：本稿を取りまとめるにあたり，高知大学農学部山本由徳教授にご指導とご校閲を賜った．また，高知県農業技術センター作物園芸課水田作物担当の方々から多くのご協力，援助をいただいた．ここに記して謝意を表する．

引用文献

荒井義光・伊藤博樹 2001. 高温登熟時の用水掛け流し処理による水田地温の低下と玄米品質の向上．日作東北支報44:89—90.

（独）農業環境技術研究所 2013. 文部科学省 気候変動適応研究推進プログラム 流域圏にダウンスケールした気候変動シナリオと高知県の適応策 平成24年度委託業務成果報告書．54－59.

福井清美・桑原浩和・佐藤光徳 2002. 水稲品種系統の高温登熟性検定について．九農研．64:8.

長谷川利拡・近藤始彦 2007. 日本における水稲の収量ポテンシャルの推定－生育モデルからのアプローチ－．日作紀76（別2）164-165.

長谷川利拡・近藤始彦・桑形恒男 2007. 日本の水稲収量の地域間差異の生育モデルを用いた解析．日作紀76（別2）166-167.

長谷川利拡・坂田雅正 2008. 近年の温暖化傾向が水稲生育・収量に及ぼす影響のモデル解析. 日作紀76（別2）38-39.

林陽生 2001. 温暖化が日本の水稲栽培に及ぼす影響－研究の現状と展望－. 農及園 76:539－544.

林陽生 2003. 日本の水稲栽培への影響. 地球温暖化－世界の動向から対策技術まで－. 大政謙次・原沢英夫・（財）遺伝学普及会編. 生物の科学遺伝 別冊17:119－127.

飯田幸彦・横田国夫・桐原俊明・須賀立夫 2002. 温室と高温年の圃場で栽培した水稲における玄米品質低下程度の比較. 日作紀 71:174－177.

井上健一 2005. 高温のイネ生産への影響と技術的対策－福井県の場合－. 日作紀 74:82－86.

石崎和彦 2006. 水稲の高温登熟性に関する検定方法の評価と基準品種の選定. 日作紀 75:502－506.

岩澤紀生・松田智明・萩原義邦・新田洋司 2003. 水稲登熟期の高温ストレスに伴う粒厚減少の構造的要因Ⅱ. 高温ストレスによる胚乳組織形成の異常. 日作紀 72(別1):92－93.

岩下友記・新屋明・山川恵久・土井修・上原裕美・鳥山國士 1973. 水稲の高温登熟について－品質の変化と品種間差異－. 日作九支報 39:48—57.

桑形恒男・濱寄孝弘 2001. 水稲生育の広域監視に利用可能な日平均水田水温の推定モデル. 農業研究センター, 総合農業の新技術. 第14号:196-199.

小牧有三・笹原英樹・上原泰樹 2002. ビニルハウスによる高温登熟条件下での登熟に関する早生水稲の品種間差. 北陸作報 37:12－16.

松江勇次 2005. 九州地域における稲作生産の方向. 九州沖縄の稲・麦・大豆研究 1:6－10.

松村修 2006. 高温登熟性を向上する. 農及園 81:96－101.

三ツ井敏明・福山利範 2005. デンプン代謝からみた白未熟粒発生メカニズム（研究の現状）. 農業技術 60:447－452.

森田敏 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77:1－12.

森田敏 2011. イネの高温障害と対策. 農文協:1－143.

永畠秀樹・黒田晃 2004. 高温処理が早生水稲の白未熟粒発生および関連形質に与える影響. 北陸作報 39:81－84.

長戸一雄 1952. 心白・乳白米及び腹白の発生に関する研究. 日作紀 21:26－28.

長戸一雄・小林喜男 1959. 米の澱粉細胞組織の発育について. 日作紀 27:204－206.

長戸一雄・江幡守衛 1960. 登熟期の気温が水稲の稔実に及ぼす影響. 日作紀 28:275－278.

長戸一雄・江幡守衛・河野恭広 1961. 米の品質からみた早期栽培に対する適応性の品種間差異. 日作紀 29:337－340.

中山治彦 1969. 水稲における穂の老化現象 第1報 籾の老化と脱水素酵素作用の減退. 日作紀 38:338－341.

西村実・梶亮太・小川紹文 2000. 水稲の玄米品質に関する登熟期高温ストレス耐性の品種間差異. 育種学研究 2:17－22.

農林水産省 2003. 気象変動に適応した水稲生産技術に関する検討会. 1—342.

小葉田亨・月森弘・井上健一・寺島一男・飯田幸彦 2005. 温暖化する気象条件下での早期栽培イネにおける品質・収量低下に対する技術的対応. 日作紀 74:80—93.

坂田雅正2000. 作期早進化に伴う栽培上の問題点と安定生産技術－収穫時期の早進化に伴う冷害対策と生産性・食味向上のためにー. 日作四国支報 37:112－117.

坂田雅正 2005. 西南暖地における早期・早植え栽培用極早生品種の異常（不時）出穂に関する研究. 高知農技セ特別研報 4:1-75.

坂田雅正・高田聖 2006. 高知県における高温登熟による品質低下に対応する品種と技術開発. 農及園 81:102－109.

佐本啓智・鈴木嘉一郎・山川勇・宇田昌義・杉本勝男 1964. 栽培時期の移動による水稲の生態変異に関する研究. 水稲早期・早植栽培の多収機構とその栽培技術上の二・三の問題点について. 東海近畿農業試験場研究報告10:1－81.

佐々木康之・今井良衛・細川平太郎 1983. 高温下で登熟する玄米品質の劣化防止技術. 新潟農試研報 33:45-54.

佐藤庚・稲葉健五・戸沢正隆 1973. 高温による水稲の稔実障害に関する研究 第1報 幼穂形成期以降の生育時期別高温処理が稔実に及ぼす影響. 日作紀 42:207－213.

佐藤庚・稲葉健五 1973. 高温による水稲の稔実障害に関する研究 第2報 穂と茎葉を別々の温度環境下においた場合の稔実. 日作紀 42:214－219.

重山博信・伊藤喜美子・阿部聖一・小林和幸・平尾賢一・松井崇晃・星豊一 1999. 新潟県における水稲品種の品質・食味の向上 第16報 水稲の高温水かんがいによる高温登熟性の検定法. 北陸作報 34:21－23.

髙橋渉 2004. 気候温暖化条件下におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. 農及園 79:1012－1018.

髙田聖 2010. 高知県の水稲早期栽培における高温寡照条件下での登熟性の品種間差異とその検定

法に関する研究. 高知農技セ特報11. 1－69.

高田聖・坂田雅正・竹内善信 2012. Ma Li Xian/コシヒカリに由来するコシヒカリ準同質遺伝子系統の玄米外観品質評価. 日作四国支報49:26－27.

竹内善信・高田聖・竹本陽子・平林秀介・安東郁男・亀島雅史・坂田雅正 2012. インド型水稲品種の玄米外観品質に関与するQTLの解析. 育種学研究14(別1):88.

Tashiro, T. and I. F. Wardlaw 1991. The effect of high temperature on kernel dimensions and the type and occurrence of kernel damage in rice. Aust. J. Agric. Res. 42:485-496.

田畑美奈子・飯田幸彦・奥野員敏 2008. 根群の一部切除が水稲玄米の外観品質に及ぼす影響. 日作紀 77:198－203.

寺島一男・齋藤祐幸・酒井長雄・渡部富男・尾形武文・秋田重誠 2001. 1999年の夏期高温が水稲の登熟と米品質に及ぼした影響. 日作紀 70:449－458.

寺島一男 2005. 全国的な高温化が米品質に及ぼす影響とその要因の解析. 日作紀 74:86－89.

地球温暖化適応策推進協議会 2013. 水稲の白未熟粒発生軽減に向けた施肥の検討と実証. 平成24年度地球温暖化戦略的対応体制確立事業報告書. 65-76.

月森弘 2005. 島根県における高温のイネ生産への影響と技術的対策. 日作紀 74:80－82.

友正達美・山下正(2009)水稲の高温障害対策における用水管理の課題と対応の方向　農村工学研究所技報209:131-138

若松謙一・佐々木修・上薗一郎・田中明男 2007. 暖地水稲の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀 76:71－78.

Yamakawa, H., T. Hirose, M. Kuroda and T. Yamaguchi 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray. Plant Physiol. 144:258－277.

山川智大・神田幸英 2003. 水稲高温耐性検定方法の改良と基準品種選定. 日作紀 72(別1):100－101.

一 般 講 演

１１課題

（一般講演１）

高温登熟障害の克服に向けた福岡県の取り組みと今後の課題

宮崎真行
（福岡県農業総合試験場）

Action for the prevention of the high temperature damage to rice grain ripening and prospects for the future in Fukuoka Prefecture.

Masayuki Miyazaki

近年、地球温暖化の進行に伴う水稲の高温登熟障害が全国的な問題となる中で、福岡県でも同様に、2003 年頃から 1 等米比率が 50%を下回り問題となっている。この間、福岡県農業総合試験場では、高温登熟障害の克服に向け、さまざまな研究を行い、高温耐性品種「元気つくし」の育成とその普及拡大や栽培技術の改良を中心とした取り組みを進めてきた。本稿では、こうした高温登熟障害の克服に向けた福岡県の取り組みと今後の課題について報告する。

「夢つくし」および「ヒノヒカリ」の高温登熟障害の克服に向けた対策技術と取り組み

最も高温登熟障害による被害が深刻であった 2010 年において、主力品種の「夢つくし」、「ヒノヒカリ」の収量および品質低下要因の解析を行った。その結果、「夢つくし」では、移植時期を遅らせることが最も有効で、同じ移植時期でも窒素施肥量が多いほ場では、白未熟粒の発生が抑えられていることが明らかとなった。2009 年は 6 月移植の割合が 59%であったのに対し、2012 年は 72%まで増加している。

これまで、福岡県における「ヒノヒカリ」の安定収量のための最適籾数は 30,000 粒～32,000 程度としてきた。また、食味向上の視点から、速効性肥料を使用する場合、2 回目の穂肥を省略してきた。しかし、生育期間中の高温による籾数過剰や登熟期間の窒素不足が玄米の外観品質低下を助長していると考えられ、見直しが必要である。そこで、籾数制御および白未熟粒低減のための穂肥施用法を検討した。その結果、検査等級と有意な相関の認められた整粒割合をみると、検査等級1等のための整粒割合は75%以上が目安で、そのためには、㎡当たり籾数を 26,000～30,000 粒程度に抑える必要があり、㎡当たり籾数が 28,000 粒程度あれば、収量は 530～550kg/10a 程度を確保できることが明らかとなった（図1）。また、収量を確保しつつ白未熟粒を低減するためには穂肥時期を従来（出穂前 20～18 日）より遅らせ、出穂前 7 日頃に実施することを提案し、籾数が過剰となりやすい一般平坦地における適応技術とした。

高温耐性品種「元気つくし」の育成の背景と普及拡大の取り組み

本県のうるち水稲作付面積の約 5 割を占める「ヒノヒカリ」の 1 等米比率が低迷する中で、高温耐性を有し、外観品質の優れる良食味品種の育成が求められていた。そこで、登熟期間中に 35℃の温水掛け流し処理を行い、高温登熟性を評価する水稲高温耐性評価施設（2005 年建設）を利用して、2008 年に高温耐性新品種「元気つくし」を育成し、2009 年より一般栽培を開始した。導入 2 年目、全国的に記録的な猛暑であった 2010 年(気象庁 2010)において、「元気つくし」の出穂後 20 日間に相当する 8 月下旬～9 月上旬の平均気温は 29℃を超えた。しかし、このような条件下でも、「ヒノヒカリ」を始め、他の品種の1等米比率は 15%未満であったにも関わらず「元気つくし」は 90%以上を確保できた。加えて、日本穀物検定協会による食味ランキングでは、2011 年産、2012 年産ともに「特A」評価を獲得するなど、食味に対する評価も高く、県民の認知度の高まりとともに需要は伸びている。「元気つくし」は 2012 年に福岡県下で 3,790ha 栽

培され、水稲作付面積の約 10%を占めるに至っている。2015 年までに全体の約 20%まで作付面積を拡大し、消費拡大を目指していく計画である。

高温登熟障害の克服に向けた主な対策技術の考え方と販売戦略を図 2 に示した。本県は米の生産県であると同時に、それ以上の消費県である。このため、品種ごとに消費ターゲットを明確化し、認知度向上により県内シェアを伸ばす販売戦略とともに、対策技術の実施により高品質米を安定供給できる体制づくりを進めていくことが重要である。

今後の方向性と課題

新品種や新技術の導入をきっかけに、生産者と関係機関が一体となり意欲を高めていく取り組みが重要である。一方で、高齢化が進む中で、緩効性肥料を使用した一回全量施肥栽培が全面積の 60%程度まで普及している。一回全量施肥栽培については、ほ場や年次により収量・品質が不安定になることに加え、水管理がおろそかになる等の基本技術の不徹底につながるおそれもある。現在、こうした問題点を整理し、近年の気象条件の変化や品種、土壌条件を考慮した一回全量施肥栽培の検討を行っている。

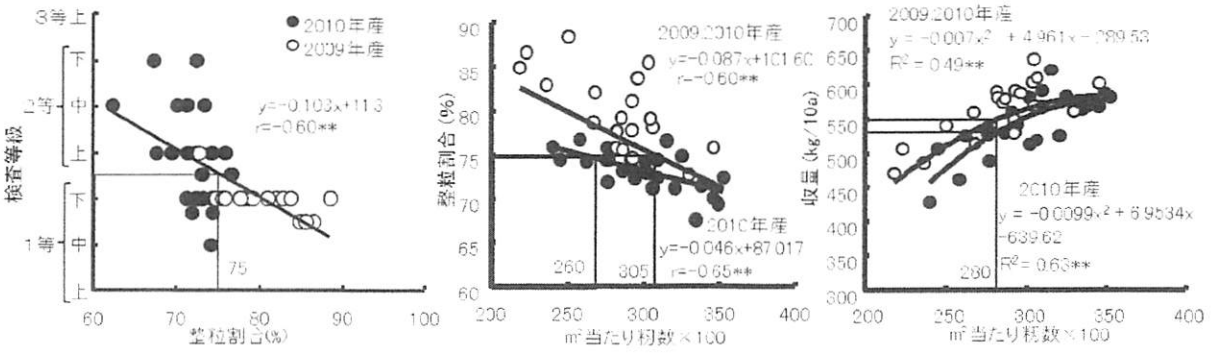


図 1 ㎡当たり籾数と整粒割合および収量との関係

1) 移植期：6 月 18～25 日。2) 施肥量・回数が異なる試験区、n=20(2009 年産)および n=28(2010 年産)。
3) 整粒割合は穀粒判別器（サタケ RGQI20A）で測定。**は 1%水準で有意。

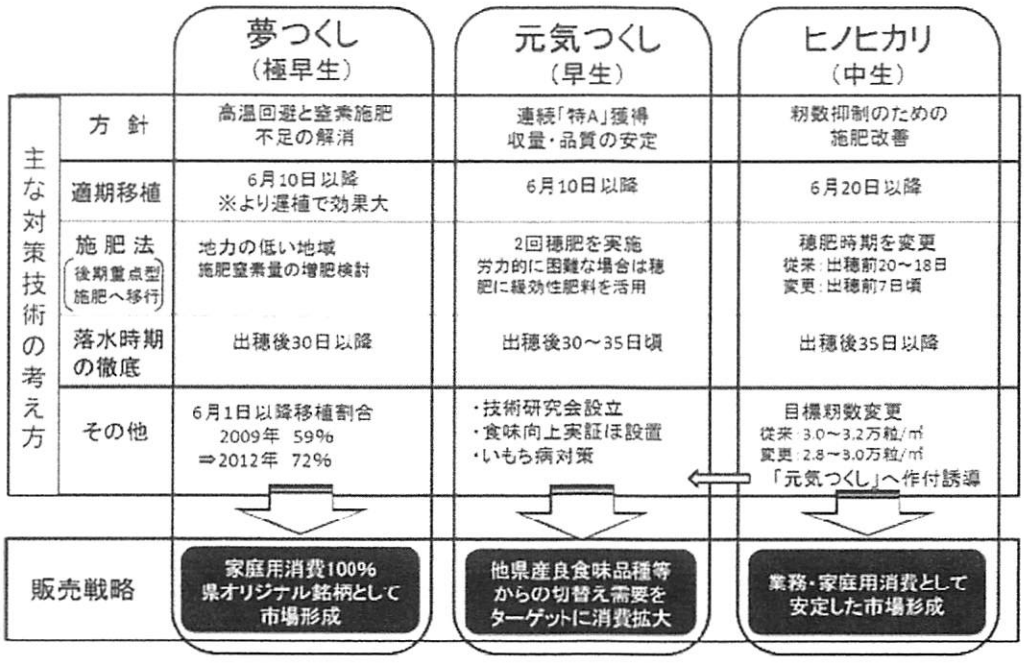


図 2 高温登熟障害の克服に向けた主な対策技術と販売戦略

（一般講演2）

山形県におけるガラス温室による高温耐性の評価と玄米品質の温度応答の品種間差

後藤　元[1)]・佐野　智義[2)]・齋藤　寛[1)]・阿部　洋平[1)]・中場　勝[1)]
（[1)]山形県農業研究総合センター水田農業試験場、[2)]山形県庄内総合支庁）

Evaluation of the high temperature tolerance using the glass greenhouse in Yamagata Prefecture and Varietal difference of the temperature response of rice quality.

Hajime GOTO[1)], Tomoyoshi SANO[2)], Hiroshi SAITO[1)], Yohei ABE[1)], Masaru CHUBA[1)]

近年、東北地方においても登熟期間中の高温により白未熟粒が発生するなど、玄米外観品質の劣化が問題となることが増えてきている。山形県においても、1994 年、1999 年、2006 年、2010 年と高温障害により一等米比率が低下し大きな問題となった。この様に問題となっている高温への対策として、高温耐性品種の利用が挙げられる。そこで、平成 22 年にデビューした新品種「つや姫」および「コシヒカリ」「はえぬき」「ひとめぼれ」の高温耐性を詳細に評価するため、ガラス温室を用いた高温処理を行い、玄米外観品質の温度応答に品種間差があるかを検討した。

【材料および方法】

1．供試材料

2010～2012 年に山形県農業総合研究センター水田農業試験場（鶴岡市）で栽培した中生品種「はえぬき」、「ひとめぼれ」および晩生品種「つや姫」、「コシヒカリ」を用いた。

2．耕種概要：

1/5000a ポットに 2 株/ポット、2 本/株植え、2 反復で試験を行った。4 月中旬に播種、5 月上旬移植し、全量基肥 0.5～1.0 N kg/a の施肥を行った。

3．短日処理

「つや姫」「コシヒカリ」の 2 品種については、山形県では晩生のため高温処理が不十分になる可能性があるため、短日処理を行い、出穂を早めたサンプルも用意した。

4．高温処理

7 月中旬以降、世代促進温室（ガラス温室）内に設置したプールにポットを沈め、株元まで水位を保ち栽培した。室温が 30℃を超えた場合に窓が開放されるように設定した。対照区は屋外で栽培を行った。

5．調査方法

ポットごとに刈り取り、自然乾燥後に 1.9mm 以上の精玄米を調製し、穀粒判別機（K 社 RN-300）で調査した。乳白粒、心白粒、基部未熟粒、腹白粒を白未熟粒とし、判定に用いた。

6．温度記録

おんどとり Jr.RTR-52A を用いて、出穂後 20 日間の日平均気温を測定した。

【結果および考察】

1．ガラス温室内の気温

8 月中の気温は、外気温と比較して、最高気温、最低気温ともに約 4℃高く推移していた（図 1、図 2）。

2．出穂後 20 日間の平均気温と白未熟粒歩合の関係

4 品種とも、出穂後 20 日間の平均気温が高くなるにつれて白未熟粒歩合が上昇した（図 3、図 4）。

3．中生品種（はえぬき、ひとめぼれ）の傾向

今回の試験では両品種に明確な差は見出せなかった。小林（2012）は両品種の高温耐性をともに“中”としており、今回の結果からも「はえぬき」と「ひとめぼれ」の間には大きな差はないと考えられた。しかし、ビニルハウスを用いた検定では両品種に差が見出されており（後藤ら、2012）、検定方法によって評価が動く可能性も考えられた。

4．晩生品種（つや姫、コシヒカリ）の傾向

日平均気温が低い場合は両品種に明確な差は無かったものの、30℃を上回る温度帯では「つや姫」が「コシヒカリ」と比較して明らかに白未熟粒が少なかった。ビニルハウスを用いた検定でも両品種に差が見出されており（後藤ら、2012）、「コシヒカリ」に比べて「つや姫」は高温耐性が優ると考えられた。

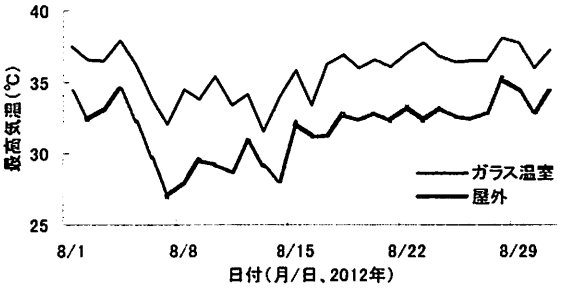


図1 ガラス温室内での最高気温の推移

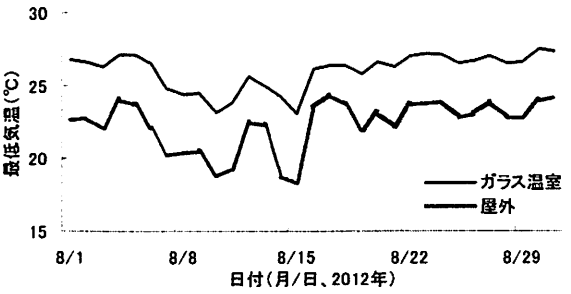


図2 ガラス温室内での最低気温の推移

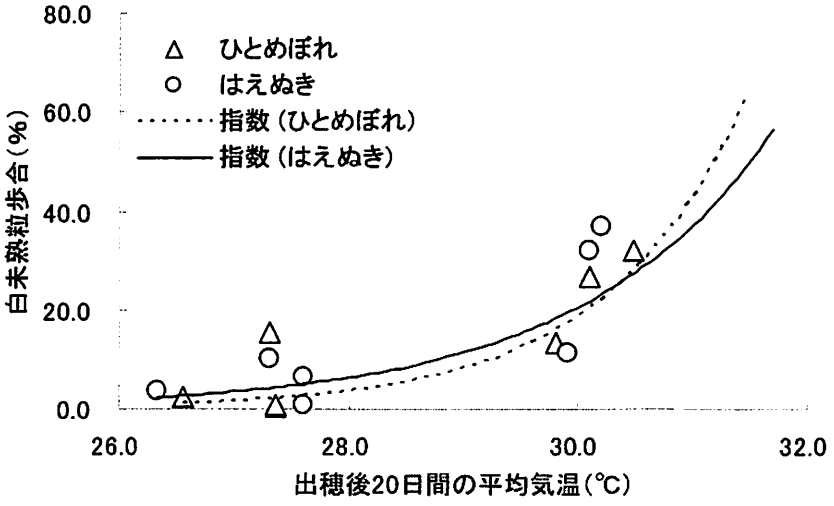


図3 平均気温と白未熟粒歩合の関係(中生品種)

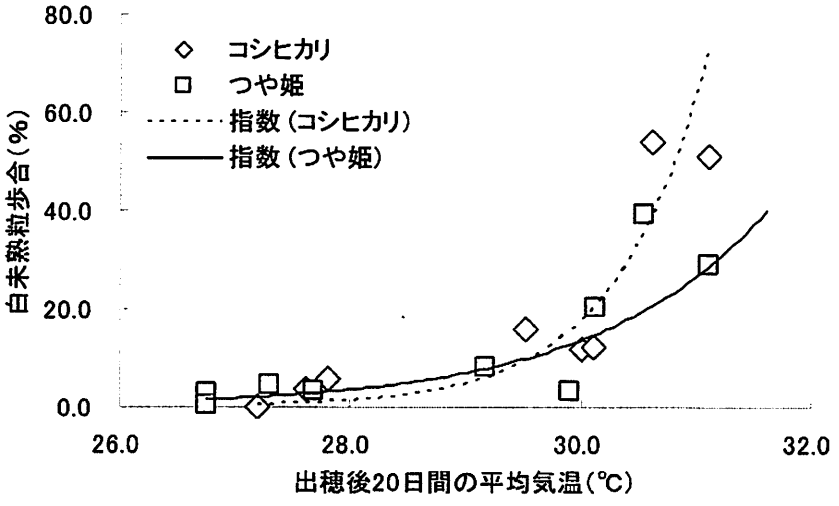


図4 平均気温と白未熟粒歩合の関係(晩生品種)

引用文献

1)後藤元・早坂剛・佐野智義・柴田康志・齋藤寛・阿部洋平・中場勝. 2012. 山形県におけるビニルハウスを利用した高温耐性検定法の検討と基準品種の選定. 東北農業研究 65 : 7-8

2)小林麻子. 2012. 米の外観品質・食味研究の最前線〔18〕高温耐性水稲品種の育成とその遺伝的要因の解明－外観品質を主にして－. 農業および園芸 87 (5) : 525-535

（一般講演３）

デンプンのヨウ素吸収曲線の分析値と糊化特性値を用いた米のアミロース含量、アミロペクチン重合度、レジスタントスターチ含量の推定式の開発

Development of estimation formula for the amylose content, chain-length distributions and resistant starch using iodine absorption curve and pasting properties of rice starch

中村　澄子[1)]・丸山　恭弘[2)]・桂　順二[2)]・佐藤　光[3)]・大坪　研一[1)]

[1)] 新潟大学農学部　・　[2)]フォスジャパン　・　[3)] 九州大学大学院

Sumiko NAKAMURA[1)], Yasuhiro MARUYAMA[2)], Jyunji KATSURA[2)], Hikaru SATOH[3)], Ken'ichi OHTSUBO[1)]

米の食味、特に炊飯米の特性はアミロースの枝分かれの少ないα−1,4 結合に強く影響され、また、*ae* 変異米は炊飯後でも高い RS 含量を含み、特に、EM10 は低 GI 食品として有望視されている。この例のように、アミロースとアミロペクチンの構造は、食品の血糖に関わる要因の一つとして重要である。本研究では、アミロース含量、アミロペクチン重合度、RS 含量との関連に基づき、澱粉成分と RS 含量の新たな評価方法について研究を行った。

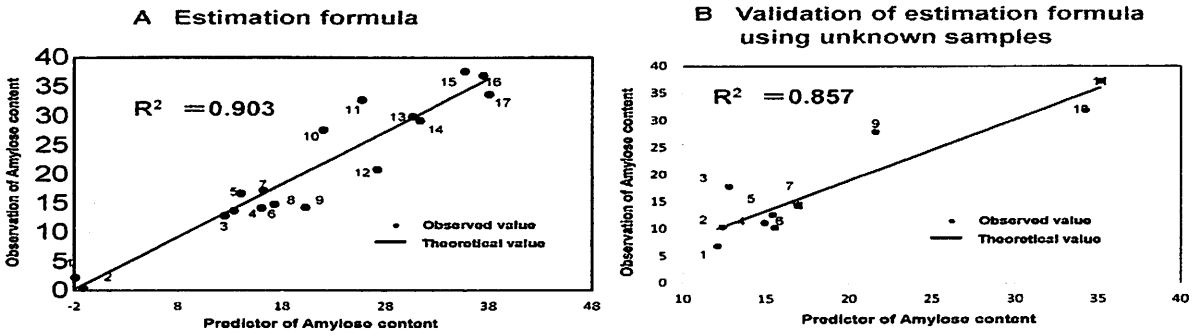
【材料および方法】アミロース含量は Juliano のヨード比色定量法により、ヨウ素吸収曲線は、五十嵐らの方法に準じて分析を行った。RS 含量の測定はメガザイム社のキットを用い、デンプンの糊化特性値は、RVA を用いて測定し、アミロペクチンの重合度は HPAEC-PAD 法により測定を行った。本研究では、世界の広範囲な特性の米 32 品種を試料とし、それらのでんぷんを調製して測定を行った。デンプンの精製は、0.1%水酸化ナトリウムを用いる山本らの方法によって行った。

【結果および考察】超硬質米のアミロース含量は 30%以上の高い値を示し、次に、インディカ米の夢十色、高アミロース米の越のかおり、日印交雑米のホシユタカなどが高い値を示した。レジスタントスターチ（RS）含量は、超硬質米のほとんどの品種と高アミロース米の越のかおりで高い値を示し、インド型のスーパーハイブリッドライスが次に高い値を示した。本研究で測定したヨウ素吸収曲線は、200nm～900nm のスキャンを行い、λ max, A λ max, F1, F2, F3 の各ファクターを分析した。高アミロース米のヨウ素吸収曲線の特徴として、λmax は高い値を示して長波長側にシフトし、また λmax の波長点がしばらく継続することを確認した。同様に、もち米は、λmax の値が非常に低い値を示して短波長側にシフトし、また F1 の値は最も高い値を示した。同様に超硬質米は、高アミロース米に比べ、λmax の値はやや低く、Aλmax の値はやや高い値を示した。この結果は超硬質米が高アミロース米に比べアミロペクチン LC 含量が多いためと推定された。

次に、RVA による 32 品種の糊化特性値においては、超硬質米および高アミロース米は最終粘度、糊化開始温度、コンシステンシーにおいて高い値を示した。これらの結果について、相関分析（t 検定）を行った結果、アミロース含量は最終粘度と高い正の相関を示し、また RS 含量は糊化開始温度と高い正の相関を示した。糊化開始温度と最も高い正の相関を示した Newλmax は、アミロース含量、最低粘度、最終粘度とも高い正の相関を示した。次に、10 品種のアミロペクチン鎖長分布とヨウ素吸収曲線の各分析値、RS 含量、アミロース含量の相関分析を行った結果、F2 の値

はアミロペクチン短鎖と負の、アミロペクチン長鎖と正の高い相関を示した。また RS 含量はアミロペクチン短鎖と高い負の相関を示し、DP21 から DP23 までの長鎖と正の相関を示した。次に、アミロペクチン短鎖と長鎖の推定式をヨウ素吸収曲線の分析値を説明変数に用い重相関分析を行った結果、相関係数の高い推定式の作成が可能となった。また難消化性でんぷんに関連する数種の DNA マーカーを開発したので報告する。

以上の結果、ヨウ素吸収曲線のパターンが、品種特性を反映することが確認され、New λmax は、アミロペクチン LC 含量と正の相関を示すことが推定され、デンプンの老化性とも相関することが推定された。ヨウ素吸収曲線および糊化特性値からアミロース含量、レシスタントスターチ含量の推定式を作成した結果、未知試料の検定でこれらの推定式の適応性が確認され、またアミロペクチンの短鎖、長鎖の推定式の作成が可能となった（図１、図２）。

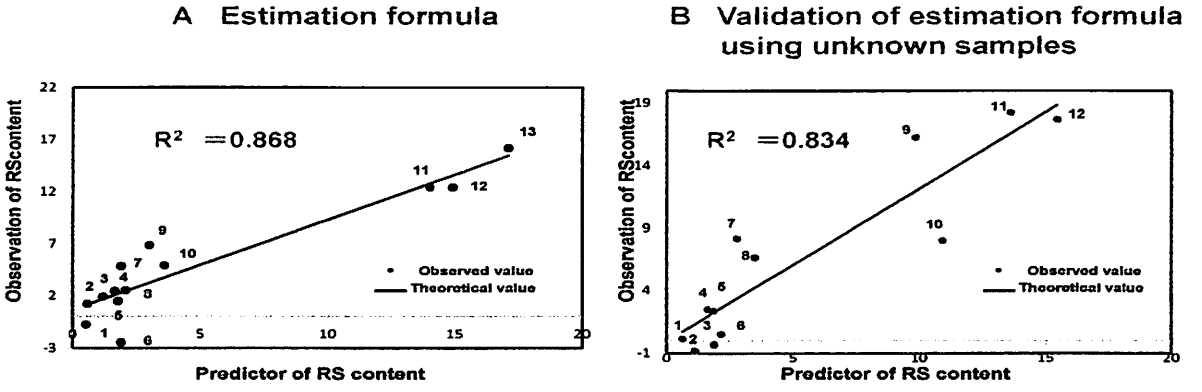


A 1,Hiyokumochi, 2,Hakuchomochi; 3,Hitomebore; 4,Akitakomachi; 5,Kamenoo; 6,Kirara397 7,Ekkako; 8,Kareimai; 9,Mizuhotikara, 10,Carnaroli; 11,Koshinokaori; 12,Hoshiyutaka; 13,Yumetoiro; 14,EM129 ;15,EM72; 16, EM174; 17,EM145

B 1,Hokurikukona243go, 2, EM189; 3,EM16; 4,Hinohikari; 5, Koshihikari, 6,Yumepirika; 7,Kitsurin88; 8,Jasmin rice; 9, Taiwan delicious rice, 10,Taiwan aromatic rice; 11, Super hybrid rice (China)

Amylose content = 1.242 ×Pasting temp + 0.0246 × Setback + 0.0274× Final.vis - 78.024

図１．糊化特性値に基づくアミロース含量の推定（左：検量線、右：未知試料による検定）



A 1,Taiwan delicious rice, 2, Hoshiyutaka, 3, Kirara397, 4, Kareimai, 5, Jasmin rice, 6, Kinmaze, 7, Koshihikari, 8. Akitakomachi, 9, Ekkako 10, Yumetoiro, 11, EM129, 12, Koshinokaori, 13, EM174

B 1,Kitsurin 88go, 2, Mizuhochikara, 3, Taiwan aromatic rice, 4, Hitomebore, 5, Yumepirika, 6, Hinohikari, 7, Carnaroli, 8, Kamenoo, 9, EM10 10, Super hybrid rice, 11, EM72, 12, Hokurikukona243go,

RS content = 1.059 ×Pasting temp + 0.0522 × Minimum.vis – 81.207

図２．糊化特性値に基づく RS 含量の推定（左：検量線、右：未知試料による検定）

炊飯米の白さを左右する要因の検討　　（一般講演４）

小木芳恵[1)]・七夕高也[2)]・小林麻子[1)]・冨田桂[1)]
（1.福井県農業試験場、2.理研・環境資源科学研究センター）

Relationship between cooked rice whiteness and temperature during ripening period.

Yoshie KOGI[1)]・Takanari TANABATA[2)]・Asako KOBAYASHI[1)]・Katsura TOMITA[1)]
（1.　Fukui Agr.Exp.Stn.、2.RIKEN CSRS）

近年、炊飯米が特に「白い」品種が育成され、良食味であるという評価を受けており、「白さ」は良食味であるための重要な要素の一つである。著者らはこれまでに、「白さ」に優れた品種を育成する手法として、スキャナーと画像解析ソフトを用いて精米で炊飯米の白さを測定する手法を開発した（日本育種学会第 123 回講演会）。炊飯米の「白さ」は品種によって異なるが、登熟温度等の環境による影響については不明である。そこで本研究では、この手法を用いて、炊飯米の「白さ」と登熟温度との関係について検討を行った。

【試料および方法】

１．試料

供試材料はコシヒカリ、つや姫、あきさかり、日本晴、ヒノヒカリ、にこまるの６品種であり、2013 年に福井県農業試験場で栽培した。登熟温度を変えるために標準区（移植日：5 月 9 日）、遅植え区（移植日：5 月 31 日）を設け、各区とも３反復ずつ栽培した。収穫した玄米は、歩留まり 90±0.2%に精米した。

２．白さの測定

精米約 8g を直径 35mm、高さ 10mm のシャーレに充填し、スキャナ（EPSON GT-X820）で画像を取り込み、画像解析ソフトで L*a*b*値を求め、黄色方向を示す b*値を白さとして用いた（図１）。b*値は値が低いほど白いことを示している。測定は３反復行った。

３．登熟温度

圃場に設置したデジタル温度計おんどとり Jr.（ティアンドディ、TR-52S）により１時間ごとに気温を測定し、24 時間の平均を日平均気温とした。

【結果および考察】

１）遅植え区は標準区よりも 22 日遅く植えた結果、全ての品種において出穂期が 8～14 日遅くなった。出穂後 30 日間の平均気温は遅植え区において全ての品種が低下した（表１）。

２）供試した６品種の b*値は 7.2～9.2 に分布し、標準区のにこまるが最も低い値を示した。標準区と遅植え区の b*値を比較すると、全ての品種において b*値は低下した（図１）。

３）b*値と出穂期の間には有意な負の相関が見られた（図２）。さらに b*値と出穂後 30 日間の平均気温との間には有意な正の相関が見られた（図３）。

以上の結果より b*値は出穂期に影響されると考えられる。さらに出穂後 30 日間の平均気

温が低くなるとb*値が低下することから、b*値は登熟期間全体の気温の影響を受けると推察される。今後、登熟気温とb*値の関係についてはさらに検討する必要がある。講演

表１．出穂期および登熟気温

品種名	区	出穂期	出穂後30日間の平均気温
コシヒカリ	標準	7/24	26.9
	遅植え	8/6	26.0
つや姫	標準	7/25	26.9
	遅植え	8/8	25.7
あきさかり	標準	8/1	26.5
	遅植え	8/9	25.4
日本晴	標準	8/7	25.8
	遅植え	8/16	24.6
ヒノヒカリ	標準	8/14	24.7
	遅植え	8/25	22.8
にこまる	標準	8/17	24.5
	遅植え	8/26	22.7

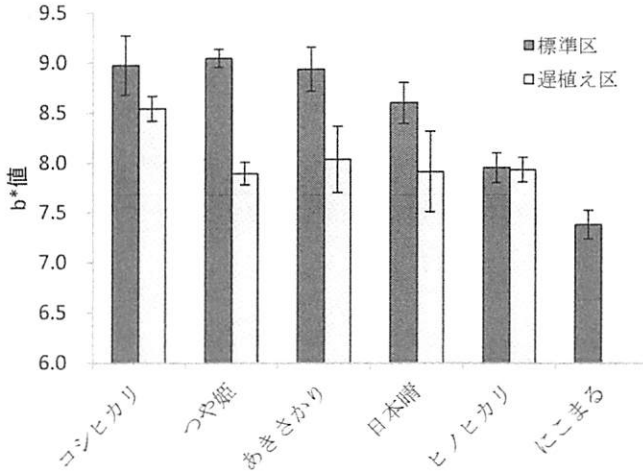


図１．b*値の比較

※　にこまるの遅植え区は獣害のためデータなし

※　エラーバーは標準誤差を示す

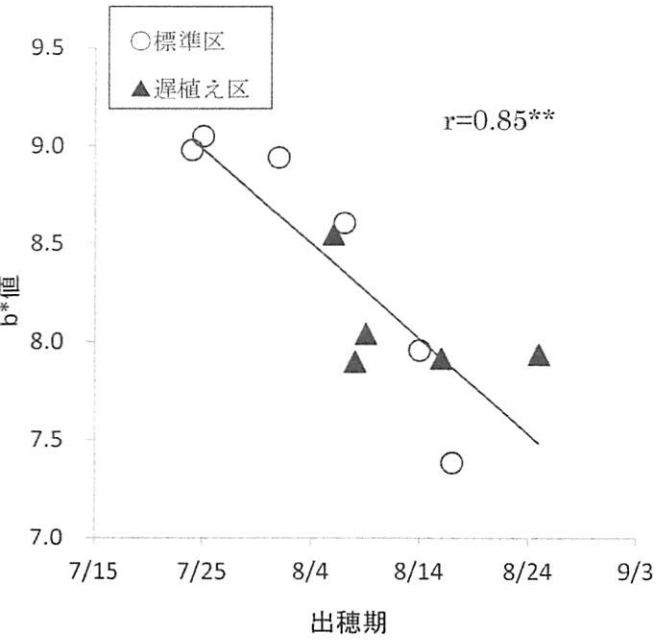


図２．b*値と出穂期の関係

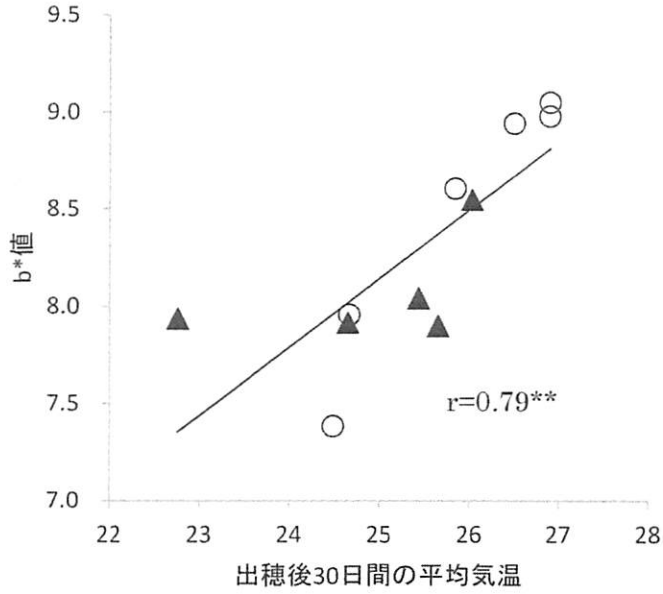


図３．b*値と出穂後30日間の平均気温の関係

（一般講演5）

日本酒を試料とするPCR法による原料及び酒質の判別

大坪　研一[1)]・中村　澄子[1)]
([1)]新潟大学農学部)

Differentiation of material rice cultivars and quality assay of sake wine by PCR.

Ken'ichi OHTSUBO[1)],　Sumiko NAKAMURA[1)]

本研究では、日本酒を試料とする①原料米の品種判別技術を確立し、②酒質に影響する原料米、麹菌あるいは酵母の特性に関係するDNAマーカーを開発し、当該日本酒の原料及び酒質を推定する技術を開発することを目的とした。

【材料および方法】

1.　原料米および試料日本酒

原料米は雄町、山田錦、八反、五百万石、夢錦を岡山県の片山産業株式会社より購入した。試料日本酒は、新潟市で市販されている吟醸酒，純米吟醸酒、特別純米酒の10製品を使用した。

2.　PCR用鋳型DNAの調製方法

粉末化した清酒試料に、0.1M トリス塩酸緩衝液を加え、耐熱性α-アミラーゼを加え、80℃で5時間酵素処理し、次いで、プロテイナーゼKを加えて0.2%SDS存在下で55℃・3時間反応させた。反応後、冷100%エタノールによる沈殿に冷70%エタノールを加え、氷上で3分間DNAを溶出させた。次いで、3Mの酢酸ナトリウムとEthachinmateを加えて得た沈殿をTEに溶解し、RNA分解後、等量のPCIを加えて15分間攪拌し、遠心分離後の上清にNaClおよび冷100%エタノールを加えて得た沈殿をTE溶液に溶解し、鋳型DNAとした。

3. 清酒における原料米および酵母・麹菌検出のためのプライマーの開発

市販のランダムプライマー、和光純薬工業(株)のP3、B1、M2CG、B7、B43およびA7を、既報(大坪ら，2002)の方法でSTS化したものを用いた。同様に澱粉合成酵素SS1(中村ら、2006)および難糊化と関連のあるSS2aのプライマーを開発した。また、プロラミン関連プライマーPro13およびPro10、新たに開発したPro10Jおよび細胞壁分解酵素由来プライマーXylanaseおよび新たに開発したPolygalacturonase由来プライマーを用いた。酵母および麹の各プライマーは特許第5158669号および特開2008－11751Aから引用した。

4. PCRおよび電気泳動

鋳型DNA30ng/μL、DNAポリメラーゼ(タカラバイオ製、Taq polymerase、5U/μL) 0.2μL、反応用緩衝液(12mMトリス塩酸、60mM KCl、PH8.3) 2.0μL、dNTPS(100μM)2.0μL、25mM $MgCl_2$ 2.0μLの混合液に5pmol/μLのSTS化プライマー0.2～0.8μLを加え、滅菌水によって総液量を20μLとした。アニーリング温度はプライマーごとに変更し、96℃で1分間変性、56℃～58℃で1分間アニーリング、72℃で2分間伸長のサイクルを35回繰り返した。電気泳動も常法に従って行った。

5. 清酒の成分分析および官能検査

清酒中のグルコースはRoche Diagnostics GmbH社製のFキットを用いて測定した。グルタミン酸含量は、

Roche Diagnostics GmbH 社製の F キットを用いて測定した。試料ナンバー2の酒を基準とし、香り、甘味、旨み、後味、濃淡、総合評価の 6 項目で官能評価した。評価は 5 段階尺度で行い、評価 3 は基準試料と同じとした。パネルは新潟大学食品製造学研究室の教職員、学生の計 8 名で行った。

【結果および考察】

1. 日本酒試料から酵素を用いてデンプンおよびタンパク質を分解除去し、回収沈殿から 70%エタノールを用いて DNA を溶出すると同時に色素成分を除去し、DNA を回収した。この DNA を鋳型とし、STS 化プライマー6 個を用いる PCR を行い、山田錦、五百万石、雄町、八反および夢錦の判別が可能となった。

2. 新たに開発した澱粉合成酵素由来プライマー2 個、プロラミン由来のプライマー3 個、細胞壁分解酵素由来プライマー2 個、酵母及び麹由来プライマー7個を用い、市販の 10 銘柄の酒から上記の方法を用いて抽出・精製した DNA を鋳型とする PCR を行い、PCR の結果とこれらの酒試料のグルコース含量、グルタミン酸含量および官能検査の結果との相関分析を行い、PCR の結果に基づく酒の味の総合評価および後味の推定式を作成した。

3. 山田錦、五百万石、雄町の玄米のタンパク質の二次元電気泳動を行い、プロラミンなどの組成の相違を見いだした。

引用文献

1) K. Ohtsubo, K. Suzuki, K. Haraguchi, S. Nakamura: Novel method for preparation of the template DNA and selection of primers to differentiate the material rice cultivars of rice wine by PCR. Biochemical and Biophysical Methods, **70**, 1020-1028, 2008.

2) 中村澄子ほか3名：PCR 法によるフィリピン産インド型米の品種判別および澱粉特性評価法の改良. 食科工, 53(12), 634-643, 2006.

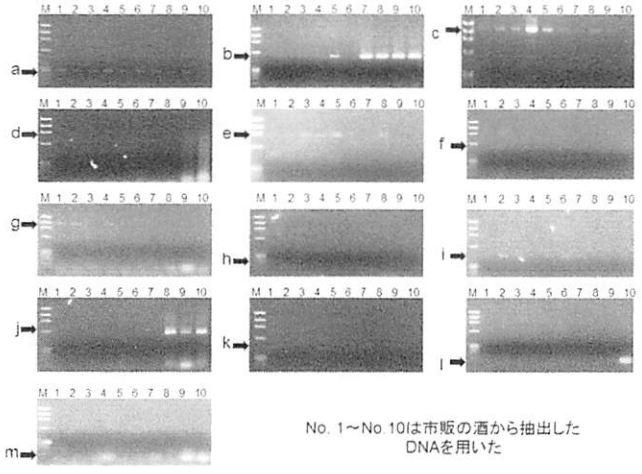


図1. 10 種の日本酒からの鋳型 DNA による PCR 結果
a～m: 演者らの開発した各種のプライマー

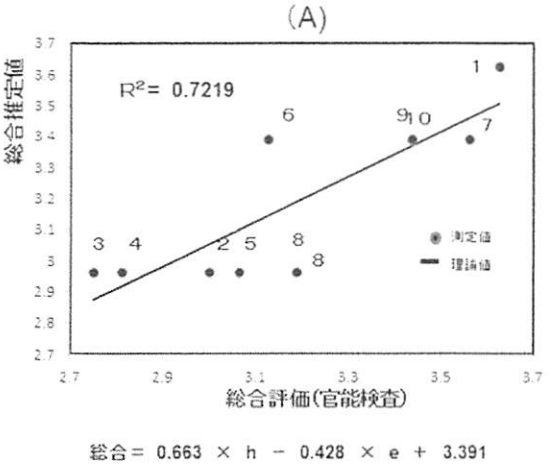


図2. PCR 結果に基づく官能検査結果の推定
1～10: 日本酒の種類、R^2 = 0. 72

（一般講演）

くさび米（黒点症状米）の構造的特徴に関する走査電子顕微鏡観察

橘恵子*[1]，岩澤紀生[1]，横須賀知之[1]，新田洋司[2]，桐原俊明[1]
（[1]茨城県農業総合センター 農業研究所，[2]茨城大学農学部）

Scanning Electron Microscopy of Rice Grain Structures in "KUSABIMAI"

Keiko TACHIBANA*[1], Norio IWASAWA[1], Tomoyuki YOKOSUKA[1], Youji NITTA[2] and Toshiaki KIRIHARA[1]
([1]Ibaraki Agricultural Center Agricultural Research Institute, Ibaraki University)

近年，くさび米（黒点症状米）の発生が問題となっている．くさび米はイネシンガレセンチュウによる被害粒に外見上よく似るが，その発生籾内でセンチュウ類は全く検出されない[1]など，発生に関わる主要因がまだ明らかとなっていない．茨城県においても，くさび米の多発による平成22年産米の品質低下が問題となり，原因の解明と対策の確立が求められている．そこで本報では，くさび米の症状（黒点症状）を示す玄米の走査電子顕微鏡（SEM）観察を行い，発症部位の構造的特徴を明らかにするとともに，くさび米の形成過程について検討した．

くさび米の発生が特に多かった茨城県県南地域の平成22年産「あきたこまち」および「ゆめひたち」玄米を供試した．くさび症状を示す玄米を実体顕微鏡下で検鏡後，玄米表面および割断面に金コーティングして，SEM観察を行った．

観察したくさび米において，症状の発生は全て玄米の腹側で起きていた．実体顕微鏡下では発症部位の中心に裂け目が認められ，その周辺部は黒変していた（図1）．玄米表面をSEM観察すると，裂け目はその程度により，浅いものと深いものの2種類に分類できた（図2A，B）．裂け目の浅い部分では果皮の破れが生じており，破れた部分では管細胞が露出していた（図3）ことから，破れは果皮にとどまりそれより下層の糊粉層までは達していないものと考えられた．なお肉眼では，このような浅い裂け目の周辺に本来のくさび米でみられる黒変症状は認められなかった．一方，裂け目が深く，かつ周囲に黒変が認められる部分をSEM観察すると，裂け目は胚乳の表層部に達していた．裂け目の内側表面（図4＊印）にはアミロプラスト包膜が消失して単離したデンプン粒と，デンプン粒の分解像（図5）が認められた．このようにデンプン粒が露出した部分では，その表面や隙間を縫うようにカビの菌糸とみられるものが伸展していた（図6）．他方，深い裂け目に対して垂直な割断面からは，糊粉層が裂けて分断されたことにより，胚乳内のデンプン粒が表面に露出した様子が観察された（図7）．その結果くさび症状の中心部は，玄米表面に開いた傷口のような構造を呈していた．なお，この裂け目は"糊粉層の断裂と胚乳表層のデンプン粒の露出"にとどまるもので，胚乳内部まで達することはなかった．

加えて，イネシンガレセンチュウ放飼圃から採取した被害粒を観察すると，すべての被害粒において黒変症状の内側には大型の空洞が認められた．このような構造的特徴は，胚乳内部が貯蔵物質で満たされていたくさび米とは明らかに異なるものであった（図8a，b）．

以上より，くさび米の形成過程は次のように考えられる．すなわち，登熟期間中に玄米の腹側を起点として①果皮の破れが生じ，②さらに糊粉層が裂け，③その後，裂け目が拡大することにより玄米表面にデンプン粒が露出した状態となり，④そこへカビが侵入・増殖すること，あるいは糊粉層が裂けること自体が，裂け目近傍の着色を招くと推定される．なお，裂け目が浅く，果皮が破れているものの糊粉層まで達していない部分では，デンプン粒の分解像やカビの菌糸とみられるものが認められなかったことから，登熟中においても糊粉層が外部環境に対する保護機能を果たしたことにより，カビの侵入を防いだものと考えられた[2]．また裂け目が生じるメカニズムには，玄米内部からの肥大圧力と，その圧力に耐えきれずに引き裂かれる果皮・糊粉層の構造的障害が関与すると思われるが，さらに検討を要する．

引用文献

1）新山・沓澤・佐藤（2001）秋田県における黒点症状米の発生実態．北日本病虫研報 52：154-158.
2）岩澤・松田・森田・鈴木・新田（2007）発芽に伴うイネ種子胚乳糊粉層におけるスフェロゾームの動態に関する組織化学的解析．日作紀 76（別2）：200-201.

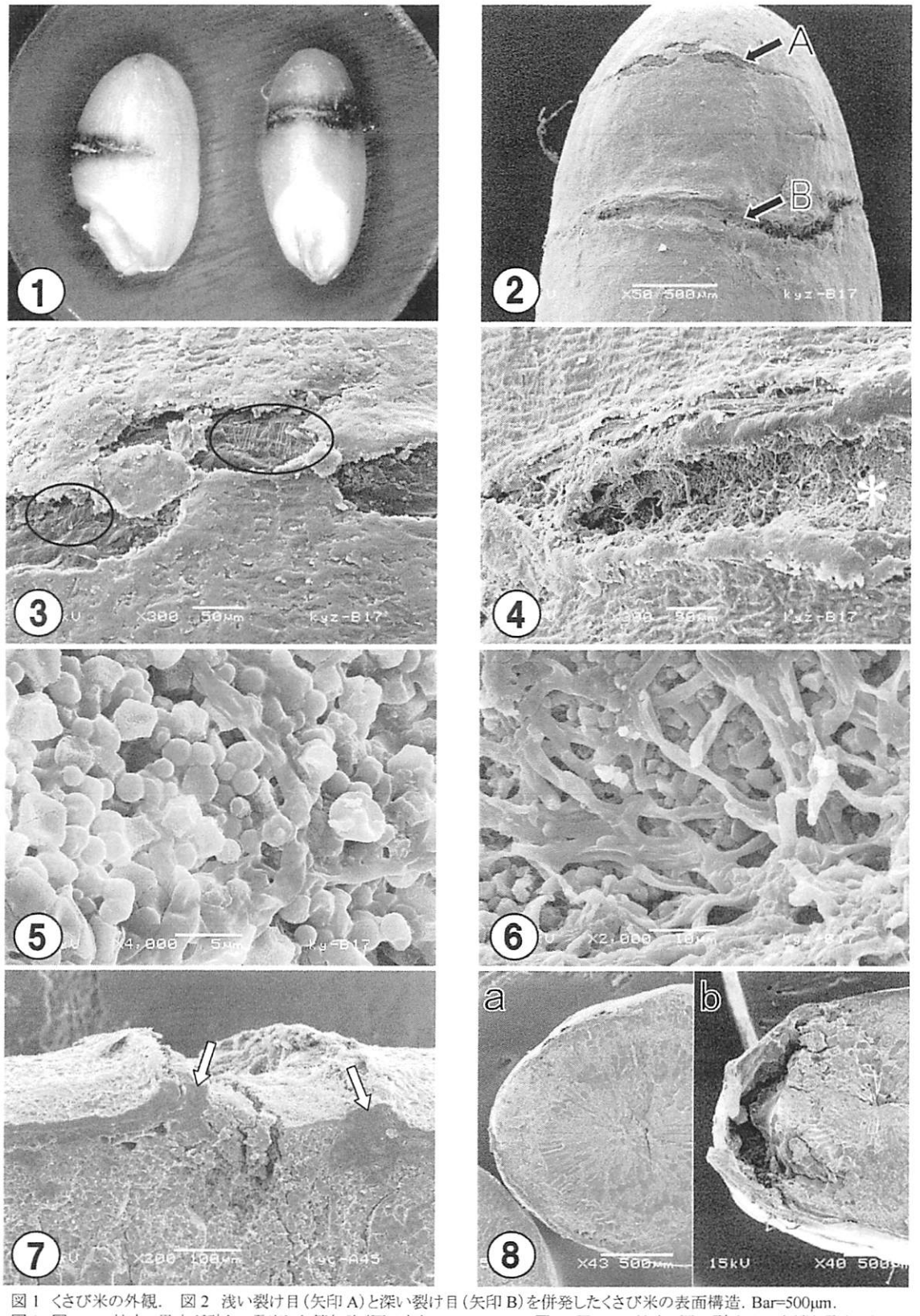


図1 くさび米の外観. 図2 浅い裂け目(矢印A)と深い裂け目(矢印B)を併発したくさび米の表面構造. Bar=500μm.
図3 図2Aの拡大. 果皮が破れ, 露出した管細胞(囲み部). Bar=50μm. 図4 図2Bの拡大. 深い裂け目の末端と露出した胚乳の表層部(＊印). Bar=50μm. 図5 図4＊印近傍の拡大. アミロプラスト包膜が消失して単離したデンプン粒とその分解像. Bar=5μm. 図6 図4＊印近傍の拡大. デンプン粒上に発達した菌糸とみられる網目状構造. Bar=10μm.
図7 分断された糊粉層(矢印)と玄米表面に露出した胚乳表層のデンプン粒. Bar=100μm.
図8 黒変症状直下の胚乳内部の構造比較(a:くさび米, b:イネシンガレセンチュウ放飼圃から採取した被害粒). Bar=500μm.
図1～6 品種「ゆめひたち」. 図7, 図8a 品種「あきたこまち」. 図8b 品種「コシヒカリ」.

ふるい目の大きさがコシヒカリの玄米タンパク質含有率および外観品質に及ぼす影響

佐藤 徹[1)*]・東 聡志[1)]・土田 徹[2)]
([1)]新潟県農業総合研究所作物研究センター, [2)]新潟県農業総合研究所佐渡農業技術センター)

Effect of sieve size on protein content and quality of brown rice of rice cultivar "Koshihikari"

Toru SATO[1)], Satoshi AZUMA[1)], Toru TSUCHIDA[2)]

コシヒカリは日本における極良食味品種であるが, 玄米タンパク質含有率が高まると食味が低下するため、新潟県では新潟米食味・品質基準ガイドラインで玄米タンパク質含有率は6.5%以下と設定している. また, 近年の夏季の高温等により, 一等級比率は大きく変動している. 品質向上のために, 土づくり, 移植時期, 施肥法, 水管理等の栽培管理面の対策がとられている. 一方, 収穫後の調製方法としてふるい目を上げる取組もされているが, 玄米タンパク質含有率の低下効果や種類別未熟粒の減少効果については知見が少ない. そこで, ふるい目の大きさが玄米タンパク質含有率および外観品質に及ぼす影響について検討した.

【材料および方法】

2011 年, 2012 年の 2 年間、新潟県農業総合研究所作物研究センター(長岡市)内圃場において基肥量および穂肥量を変えて「コシヒカリ BL」を栽培した. 成熟期に収穫後, 玄米をふるい目 1.85mm で調製し, タンパク質含有率(水分 15%換算, TM-3500, 静岡製機)6.5%以上のものをサンプルとして用いた.

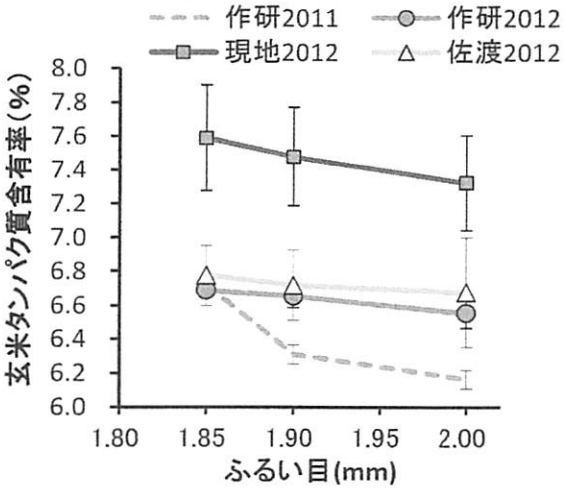
ふるい目 1.85mm, 1.9mm, 2.0mm を使用して, サンプルを篩目別に調製後, 玄米タンパク質含有率(水分 15%換算, TM-3500, 静岡製機)および外観品質(穀粒判別機 RGQI20A, サタケ)を測定した.

また, 2012 年の佐渡農業技術センター(佐渡市)産(玄米タンパク質含有率 5.9～7.3%)および長岡市現地圃場産(玄米タンパク質含有率 4.2～8.1%)のサンプルを用い, 同様にふるい目を変えて調査した.

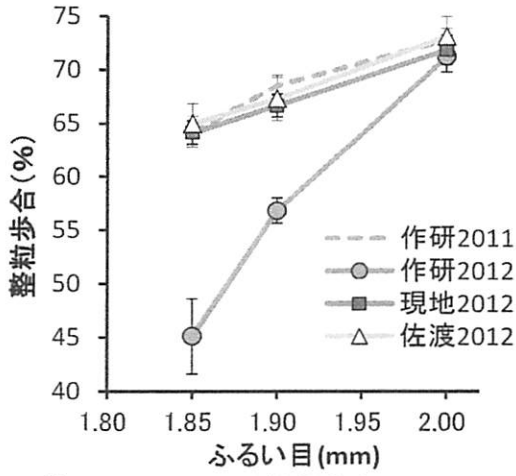
【結果および考察】

1. ふるい目 1.85mm で玄米タンパク質含有率が 6.5%以上のサンプルについて, ふるい目を大きくして玄米タンパク質含有率の低減効果について調査した結果, ふるい目を大きくすることにより, 玄米タンパク質含有率は低下する傾向がみられたが, その効果は小さく, ふるい目を 1.85mm から 1.9mm に上げた場合 0.1～0.3%の減少であった(第 1 図).
2. 整粒歩合はふるい目を上げるに従い高まる傾向がみられた(第 2 図).
3. 未熟粒の種類別では, ふるい目を大きくすることにより, その他未熟粒(第 3 図)および乳白粒が減少した(第 4 図). 一方, 基部未熟粒は減少しなかった(第 5 図). また, 青未熟粒および腹白粒はやや減少する傾向がみられた(データ省略).
4. ふるい目を上げることにより減収し, 1.85mm に比べ 1.9mm では 2011 年が 87%, 2012 年が 96%であり, 2.0mm では 2011 年が 47%, 2012 年が 73%の収量となった(第 6 図).

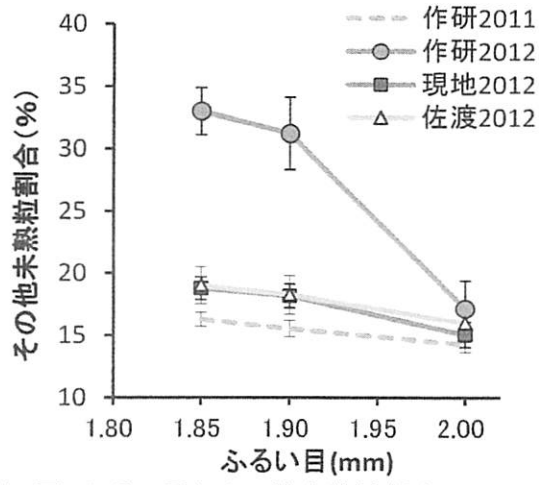
以上の結果, ふるい目を大きくすることによる, 玄米タンパク質含有率の低減効果は小さかった. また, 整粒歩合は高まる傾向がみられ, その他未熟粒や乳白粒が減少した. 一方, 基部未熟粒は減少しないため, 基部未熟粒が多発した場合には効果が小さいと考えられた.



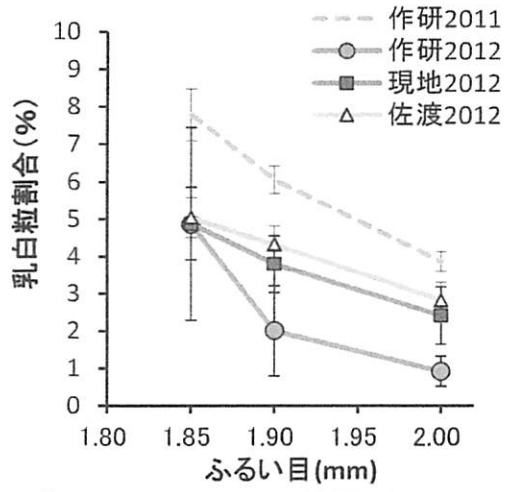
第1図　ふるい目と玄米タンパク質含有率.



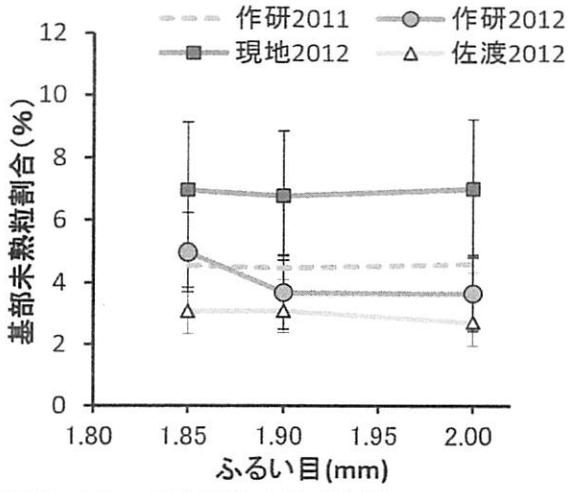
第2図　ふるい目と整粒歩合.



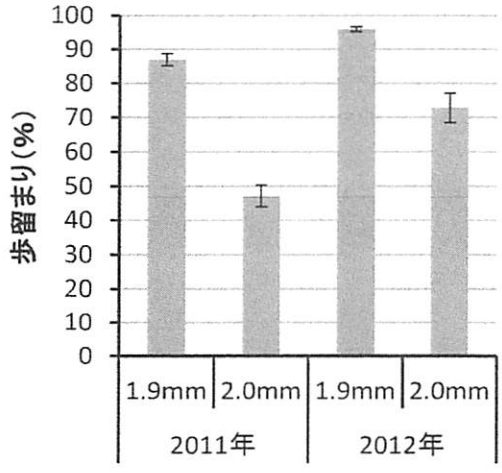
第3図　ふるい目とその他未熟粒割合.



第4図　ふるい目と乳白粒割合.



第5図　ふるい目と基部未熟粒割合.



第6図　ふるい目と収量の歩留まり(作研).
(ふるい目1.85mmの収量を100とした.)
＊図中のエラーバーは標準誤差

（一般講演８）

早期収穫による水稲の食味向上効果の検証

中村　真也（福井県農業試験場）

食味向上の方法として、適期よりも早く収穫することが、効果的とする報告がある（2001 Arai）が、農業形質との関連性について解析した研究例は見当たらない。そこで、よって、2012～2013において、収穫時期による収量構成要素や、みかけの品質の変化と食味関連特性との関連性について解析したので報告する。

【材料および方法】

１）供試圃場　福井県農業試験場内細粒グライ土圃場

２）供試品種　コシヒカリ

３）移植　５月 20 日　栽植密度 70 株/坪　４本手植え　基肥 2kgN、穂肥 2kgN, 1kgN(10a 当たり)

４）出穂期　2012 年　８月４日　　2013 年　８月２日

５）試験区構成

年次	水準	処理区（収穫時期）
2012	3	適期より 7、3 日前　適期（適期は積算気温、籾水分等にて推定）
2013	9	適期より 10、8、6、4、2 日前、適期、適期より 2、4、7 日後

６）調査方法

収量調査：各時期とも 70 株を坪刈りし、収量及び収量構成要素を調査

食味調査①：福井県農業試験場にて、食味官能試験を実施（パネラー24 名）

食味調査②：一般財団法人　日本穀物検定協会に、食味官能試験を依頼

品質調査：食味関連項目(TM-3500)、外観品質（ES-1000）、味度値（味度メーターMA-30A）

【結果および考察】

１）収穫時期と青籾残存率、籾水分

2012、2013 年ともに、早期に収穫することで、青籾残存率は高くなった。2 か年とも、収穫適期前の降雨によって、青籾残存率が低くなっても、籾水分は 30%近く維持されていたままであった。その後、好天によって籾水分が急激に低下した。

２）収穫時期の収量、外観品質、食味関連項目への影響

2013 年の適期 10 日前収穫で大きな減収があったものの、それ以外では収量に大きな差は認められなかった。しかし、早期収穫によって、登熟歩合の減少傾向が認められた（表 1、図）。収穫時期による、玄米タンパク質の差はほとんどなかった（表 2）。また、早期収穫によって、活青粒は増加したが、青未熟粒も増加した（表 2）。2013 年においては、早期収穫による整粒歩合の向上、胴割粒率の低下、味度値の向上が確認された。逆に、収穫適期を過ぎると、登熟歩合はやや向上したが、味度値の減少、乳白粒、胴割粒が増加した（図）。

３）収穫時期の食味評価への影響

2012 年の福井県農業試験場の食味官能評価において、7 日前収穫で、外観のつや、総合的な外観評価が有意に向上した（表 3）。日本穀物検定協会に同サンプルを送り、食味官能試験を依頼した結果、3 日前収穫で、香り、外観、味の評価が向上し、食味総合評価も向上した。しかし、7 日前収穫では、香り、粘りの評価がやや低下し、食味総合評価も低下した（表 4）。

表1. 収穫時期の違いによる収量・収量構成要素の変化(2012)

	全重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	穂数 本/m²	一穂 籾数(粒)	籾数 百/m²	登熟 歩合(%)	千粒重 (g)	>1.9mm (%)
適期収穫	1361	544	347	77.2	268	92.2	22.7	97.1
適期3日前収穫	1371	510	340	75.7	256	89.2	22.6	97.5
適期7日前収穫	1424	579	350	86.5	302	84.9	22.4	94.3

表2. 収穫時期の違いによる食味関連要素・外観品質の変化(2012)

	玄米タンパク(%)	アミロース(%)	食味値	味度値	整粒(%)	(活青粒)	未熟粒(%)	(青未熟粒)	被害粒(%)	(胴割粒)
適期収穫	5.7	22.4	78.5	81.0	76.3	0.6	21.1	0.9	2.2	0.4
適期3日前収穫	5.7	20.7	79.5	79.8	78.7	0.9	17.8	1.9	3.3	0.4
適期7日前収穫	5.9	20.8	79.0	79.6	70.2	3.1	28.2	8.4	1.5	0.4

表3. 収穫時期の違いによる食味官能試験の結果(2012農業試験場パネラー24名)

	香り	外観(白さ)	外観(つや)	外観(総合)	味	粘り	硬さ	食味総合
適期収穫	−	−	−	−	−	−	−	−
適期3日前収穫	−0.292*	0.000	0.167	−0.083	0.125	0.083	−0.333	0.083
適期7日前収穫	−0.083	0.083	0.292*	0.250*	−0.167	0.042	0.000	0.042

(注)基準は、適期収穫コシヒカリのサンプルを用いた。
＊は、5%水準で有意差が認められた。

表4. 収穫時期の違いによる食味官能試験の結果(2012日本穀物検定協会)

	香り	外観	味	粘り	硬さ	食味総合
適期収穫	0.400	0.350	0.500	0.650	−0.400	0.550
適期3日前収穫	0.500	0.400	0.650	0.600	−0.400	0.700
適期7日前収穫	0.200	0.450	0.450	0.450	−0.300	0.450

(注)基準米は、日本穀物検定協会の平成23年産複数産地コシヒカリのブレンド米

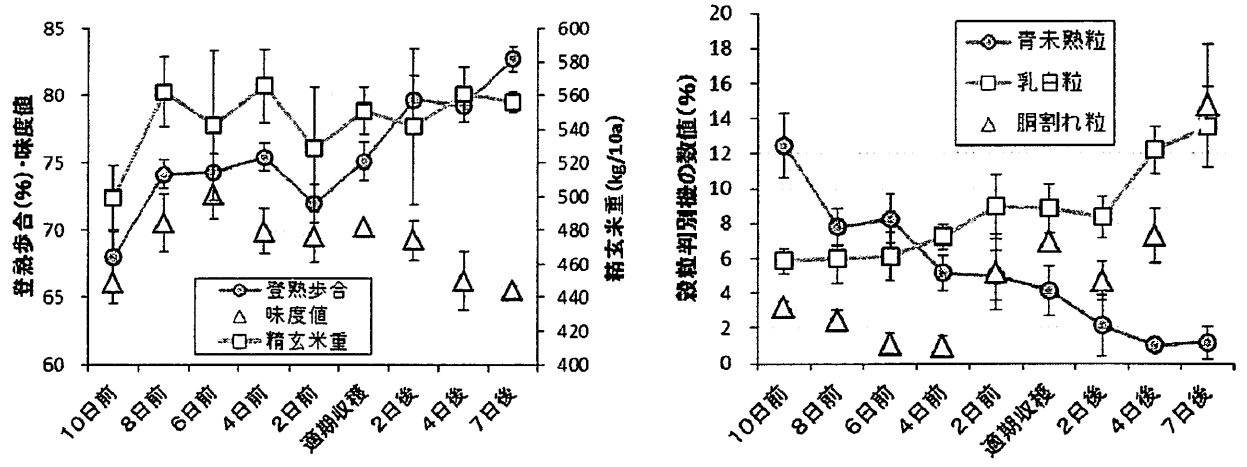


図.収穫時期による、収量、品質、食味関連項目の変化(2013)

2012年の日本穀物検定協会の食味評価では、3日前収穫で食味評価向上し、早期収穫による食味向上効果が認められた。また、日本穀物検定協会と福井県農業試験場で7日早く収穫すると外観が向上するという共通の結果が得られた。しかし、7日前収穫で日本穀物検定協会の食味評価が低下した。その要因としては、早期収穫によって、整粒歩合（青未熟粒の増加）、登熟歩合、千粒重が低下したことが考えられる。

2013年においては、早期収穫（適期より6日前程度）によって、収量は維持しつつ、味度値の向上、乳白粒率、胴割米率低下による外観品質向上が認められ、早期収穫の優位性が示唆された。

中国における水稲品質・食味研究の進展　（一般講演9）

崔 晶
（天津農学院・中日水稲品質・食味共同研究センター）

Progress of research for quality and palatability of rice in Chinese

Jing Cui

現在、中国においては、水稲の品質改善と食味に関する研究が急速に進展しているものの、現状について言及した報告は極めて少ない。

そこで、ここでは中国における食味に関する評価方法や理化学的分析機器を活用した研究の進展状況について報告する。

1．食味評価方法の研究

中国における食味の評価方法は、1995 年に制定され，2000 年に改訂された「国家標準食味官能評価法」がある。しかしながら、本評価方法は概して評価項目が多く，評価の判断基準も煩雑すぎるため、全国的には普及されておらず，各省ごとに独自の方法で実施しているのが現状である。各省の評価方法は、日本の食糧庁方式による四点比較法を参考にして、評価項目や配点に改良をはかった評価方法を開発している。その一方で、少数パネルで一度に多数試料の評価が可能な 10 点比較法（松江 1992）を中国に導入して、中国人の食味嗜好性に対応させた独自の少数パネル、多数試料による官能検査法の確立研究も進んでいる。

2．理化学的分析機器

品質改善と食味の研究においては、デンプンを注視した研究が増えている。なかでも New port science 社で開発されたラピッドビスコアナライザー（RVA）による米デンプン糊化特性と食味との関係を解析した研究報告が増えている。

品種育成に当たっては、F4 世代から RVA 特性による選抜も実施している。主たる研究実施機関は、天津市、浙江省、江蘇省、広東省、遼寧省、黒竜江省の水稲研究所と大学である。また、食味の良否を簡便，迅速に測定できるとして食味計（値）が導入されているものの、あくまでも食味官能評価の参考値としての利用に留まっている。

3．天津農学院水稲品質・食味合同研究センターの研究活動

国内でジャポニカ型水稲の食味研究をリードしつつ、収量性を考慮した食味を総合的に研究している。

良食味品種の育種：中国の遺伝資源を活用した交配 20 組み合わせを行い、F4 世代から、収量性と理化学的特性による選抜を行っている。収量性と特性検定により、3000 個体から 1000 個体選抜し、さらに理化学的特性によって、300 系統を選抜する。F5 世代で食味による選抜を行い、300 系統から 130 系統を選抜する。2013 年、圃場に 130 系統を展開している。

食味と栽培環境条件に関する研究：食味からみた栽培環境条件を明らかにするために、窒素施肥法、栽植密度、移植時期、収穫時期と食味との関係解明、並びに食味からみた貯蔵性などを研究している。

良食味品種の遺伝資源の探索・収集及び評価とその利用：国内におけるジャポニカ型水稲品種の探索・収集を行っており、これまで 1000 以上の収集品種に対して、収量及び食味の理化学的特性を評価するなどして、良食味の遺伝資源の探索と良食味品種育成のための交配母本として活用している。

引用文献

松江勇次 1992. 少数パネル多数試料による米飯の官能検査. 家政誌 43：1027－1032.

図 1. 中日水稲品質・食味合同研究センターの分析測定室

図 2. 中日水稲品質・食味合同研究センターのガラス室・精密試験地

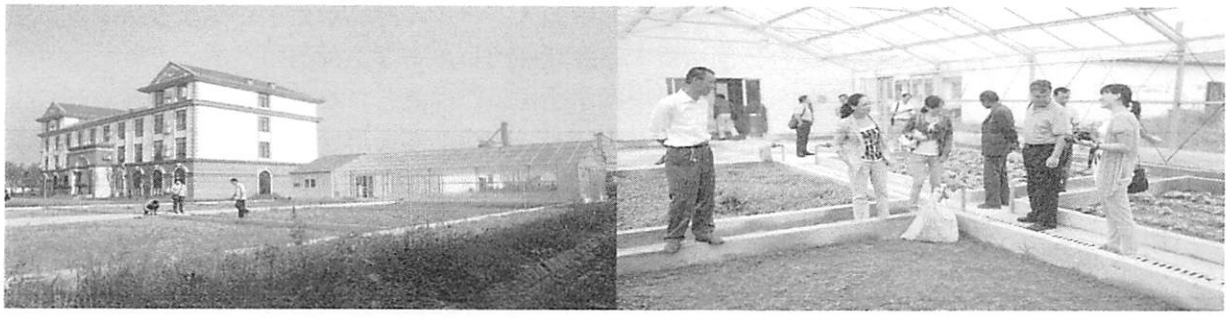


表. 中日水稲品質・食味合同研究センターの活動計画行程表

部門	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
育主開発	交雑(12 品種約 30 組合せ) → F1(海南島)	F2 (天津で集団養成) →F3(海南島で集団養成)	F4 (丹東で耐病性検定)	F5 (原種農場で栽培試験)・新品種の交配開始	F6 (天津の現地 10 ヶ所で生産力検定試験)・新品種の交配開始	F7 (現地試験継続) 有望系統の種子の特別増殖→2016 年新品種リリース
栽培研究	2008 年・09 年のデータ解析・天津稲作実態調査	栽培体系構築・稲作実態調査	栽培体系構築	有望系統の生産力検定試験	有望系統の生産力検定試験	新品種専用の栽培マニュアルの完成
評価認定	評価体系構築・パネラー選定・理化学評価法基準確認・基準設定準備	食味官能試験・パネラー養成・理化学性評価	食味官能試験・パネラー養成・理化学性評価・F5 評価開始	食味官能試験・パネラー養成・理化学性評価	食味官能試験・パネラー養成・理化学性評価	食味官能試験完成 (評価システム・パネラー) 理化学評価システム完成
産業推進	精米加工業者との連携の準備	継続	継続	継続	継続	農家へ普及・企業生産開始準備完了
企画情報	HP 立ち上げ・管理情報の収集・整理、センター年次報告会の開催・シンポジウム開催	継続	継続	継続	継続	天津検定協会計画、研究者技術者教育プログラムの構築・農民用技術講習会とテキスト作成

中日両国パネルによる日本産水稲品種の食味評価　　（一般講演 10）

崔中秋＊[1)]・松江勇次[2)]・張欣[3)]・崔晶[3)]・楠谷彰人[4)]
[1)]愛媛大学大学院連合農学研究科，[2)]九州大学農学部，[3)]天津農学院，[4)]香川大学農学部

Sensory Test on Japonica Type Japanese Rice Cultivars by Japanese and Chinese Panels

Z. Cui＊[1)],Y.Matsue[2)], X.Zhang[3)],J.Cui[3)]and A. Kusutani[4)].
[1)] Graduate School of Agriculture Ehime University, [2)] Faculty of Agriculture , Kyusyu University
[3)]Tianjin Agricultural University,China,[4)] Faculty of Agriculture , Kagawa University

中国における水稲品種の食味特性を解明し，良食味品種の開発を効率的に進めていくためには，まず中国人の食味に対する嗜好性を把握して，嗜好性に裏打ちされた食味官能評価法を確立しなければならない．こうしたことから，中国産品種を用いた食味官能試験を行い，中国人パネルと日本人パネルの評価結果を比較した（崔ら 2011）．その結果，中国人パネルと日本人パネルの嗜好性はおおむね一致したが，中には日本人パネルの評価と中国人パネルの評価が大きく異なる品種も存在した．また，中日両国パネルの総合評価に対する各評価項目の寄与が両国のパネルで異なることも明らかとなった．そこで，これらの違いが中国産品種にだけ見られるものなのか，あるいは日本産品種においても見られるのかを確認するために，日本産品種を用いて同じ試験を行った．

1．材料と方法

試験は，天津農学院中日水稲品質・食味共同研究センターと福岡県農業総合試験場において，第 1 表に示した日本産 10 品種を供試して行った．中国人パネルは天津農学院の教職員 22 名，日本人パネルは福岡県農業総合試験場の職員 16 名であった．

材料の調製および試験は松江（1992）の報告に従って，10 点法による－2～＋2 の 5 段階評価で行った．基準品種にはコシヒカリを使用した．

2．結果

1）中国人パネルと日本人パネルの食味評価

総合評価は，中国人パネルではつやおとめの 0．73 が最高で，つくしロマンとつくし早生の 0．64 が次に高かった（第 1 表）．最低はニシホマレの－0．45 であった．日本人パネルでは，つくしロマンが 0．40 で最も高く，最低はニシホマレの－1．44 であった．

2）食味評価における中国人パネルと日本人パネルとの関係

総合評価に対する日本人パネルと中国人パネルの評価点数の間には 10%水準で有意な正の相関関係がみられた（第 1 図）．しかし，個々の品種についてみると，日本晴やニシホマレのように日本人パネルの評価は－1 以下で極端に低いのに，中国人パネルの評価は 0 前後という品種が存在した．他の評価項目についても，同様の傾向が認められた（第 2 図）．

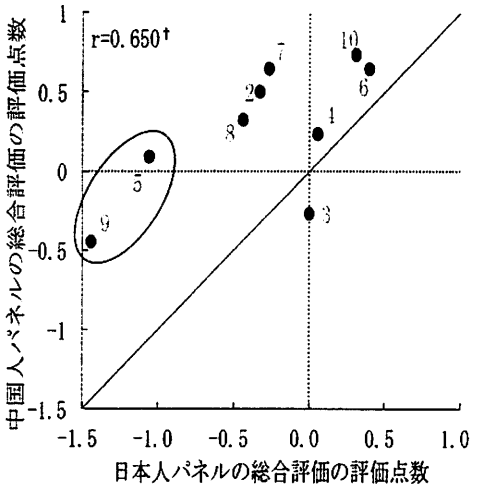
3）総合評価に対する重回帰分析

総合評価を目的変数，外観，味，粘り，硬さを説明変数とする重回帰分析を行った（第 2 表）．中国人パネルでは味と外観の標準偏回帰係数が大きく，それぞれの寄与率は 35．4%，32．1%と推定された．日本人パネルでは，外観と粘りの寄与率が高く，それぞれ 38．8%，30．5%と推定された．参考のために，中国産品種を用いて行った試験結果（第 3 表）と比較すると，中国産品種の場合，中国人パネルは硬さと粘りの寄与率が高く，日本産品種とは傾向が異なっていた．しかし，日本人パネルでは，順位は逆だが，中国産品種でも粘りと硬さの寄与率が高かった．なお，硬さの標準偏回帰係数は，中国人パネルは中国産品種でも日本産品種でも正であったが，日本人パネルでは負であった．すなわち，中国産品種であっても日本産品種であっても，中国人パネルは硬い米を好む傾向がみられた．

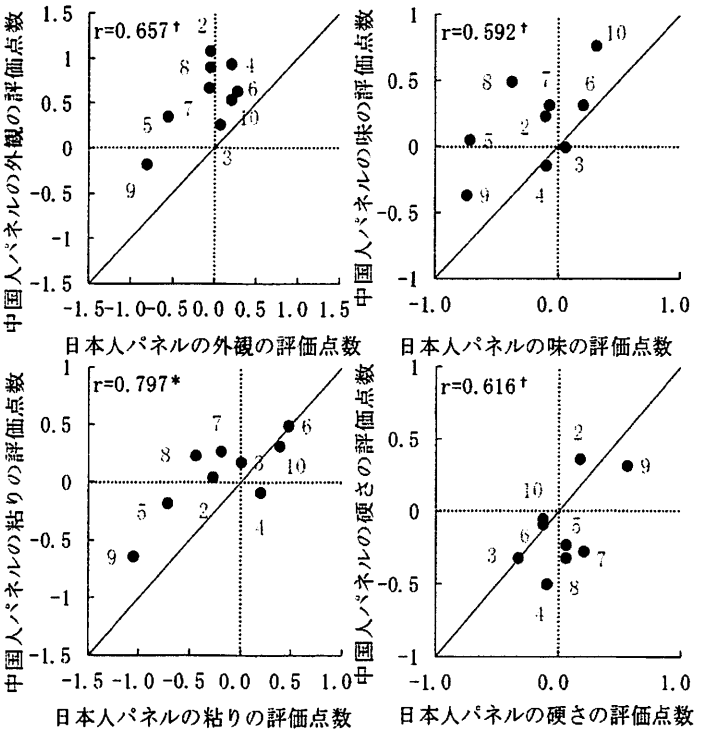
第1表　日本産品種の食味官能試験における評価.

番号	品種名	総合		外観		味		粘り		硬さ	
		中国	日本	中国	日本	中国	日本	中国	日本	中国	日本
1	コシヒカリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	キヌヒカリ	0.50	-0.33	1.09	-0.06	0.23	-0.11	0.05	-0.28	0.36	0.17
3	ミネアサヒ	-0.27	0.00	0.27	0.06	0.00	0.06	0.18	0.00	-0.32	-0.33
4	夢つくし	0.23	0.05	0.95	0.20	-0.14	-0.10	-0.09	0.20	-0.50	-0.10
5	日本晴	0.09	-1.06	0.36	-0.56	0.05	-0.72	-0.18	-0.72	-0.23	0.06
6	つくしロマン	0.64	0.40	0.64	0.27	0.32	0.20	0.50	0.47	-0.09	-0.13
7	つくし早生	0.64	-0.27	0.68	-0.07	0.32	-0.07	0.27	-0.20	-0.27	0.20
8	ヒノヒカリ	0.32	-0.44	0.91	-0.06	0.50	-0.38	0.23	-0.44	-0.32	0.06
9	ニシホマレ	-0.45	-1.44	-0.18	-0.81	-0.36	-0.75	-0.64	-1.06	0.32	0.56
10	つやおとめ	0.73	0.31	0.55	0.19	0.77	0.31	0.32	0.38	-0.05	-0.13

中国：中国人パネル，日本：日本人パネル．基準はコシヒカリ．



第1図　日本産品種の総合評価における日本人パネルと中国人パネルとの関係.
図中の数字は第1表の品種番号.
†：10%水準で有意.



第2図　日本産品種の官能試験評価項目における日本人パネルと中国人パネルとの関係.
図中の数字は第1表における品種番号.
†，*：それぞれ10%，5%水準で有意.

第2表　日本産品種の総合評価に対する各食味評価項目の標準偏回帰係数.

パネル	R	R^2	外観	味	粘り	硬さ
中国人パネル	0.903**	0.815	0.396(32.1)	0.437(35.4)	0.256(20.8)	0.144(11.7)
日本人パネル	0.998***	0.996	0.399(38.8)	0.268(26.1)	0.314(30.5)	-0.047 (4.6)

R：重相関係数，R^2：決定係数，()：比率.
，*：それぞれ1%，0.1%水準で有意.

第3表　中国産品種の総合評価に対する各食味評価項目の標準偏回帰係数.

パネル	R	R^2	外観	味	粘り	硬さ
中国人パネル	0.972***	0.944	0.323(19.9)	0.151(9.3)	0.528(32.5)	0.623(38.3)
日本人パネル	0.999***	0.998	0.345(32.3)	0.116(10.9)	0.567(53.1)	-0.040 (3.7)

R：重相関係数，R^2：決定係数，()：比率.
***：0.1%水準で有意.

（一般講演 11）

知られざるミャンマーの稲作
－水稲品種の生態と特性－

松江勇次
（九州大学熱帯農学研究センター）

Ecotype and characteristics for rice cultuvar in Myanmar

Yuji　MATSUE

ミャンマー連邦共和国は、アジアの新・新興国と呼ばれ、現在、各国からの投資が活発化してきている。主産業は米を主とした農業国である。著者は 2013 年 8 月から 11 月の4か月にわたり、JICA の技術協力プロジェクト事業参加のためミャンマーに出張する機会を得た。最近のミャンマーの稲作について、技術サイドから検討した報告は長い軍事政権下のためか、極めて少ない。今回、技術サイドからこれまであまり知られていなミャンマーの稲品種の生態と特性等について報告する。

1. 稲作の農業生態区分

稲作シーズンは気候条件によって雨季(5 月中旬頃～10 月中旬頃作付、11 月～翌 4 月収穫)と乾季(11 月～2 月頃作付、翌 4 月～6 月収穫)の二つの作型に分けられる。作付面積は 807 万 ha で、収量は籾換算で約 3.4t/ha と目標収量を大きく下回っている(表 1)。

(1)品種の生態

生育環境により、品種の生態種が灌漑、天水（雨期の多量降雨を利用）、深水・洪水、高地の４つに分類されている。天水、深水の適用品種はエーヤワディ管区、ヤンゴン管区と海岸地区、灌漑の適用品種はマンダレー管区、ザガイン管区、バゴー管区、高地の適用品種はシャン州で陸稲品種が主である（図 1）。普及している適用品種数は、灌漑が最も多く、次に天水の品種である。

(2)気候、生育環境からみた作付面積

作付面積は非灌漑面積（天水面積）80%と灌漑面積 20%に大きく分けられる。天水面積はさらに好適環境面積 48%と非好適環境面積 32%に分けられている。非好適環境面積の内訳は、干ばつ 12%、高地 3%、深水・洪水 14%、塩害地域 3%である（図 2）。

2. 主要作付品種の特性

概して収量性を重視した高収量性の品種が多く作付されている。最も多く作付されている品種は、高収量で精米歩留りと食味が優れている Manawthukha である。また、食味が最も優れている品種は香り米の短粒種の Pawsanhmwe で、市場では唯一品種名を付記して販売されており評価は高い。その一方、作付面積の上位 10 品種の来歴をみると、IRRI 育成品種とミャンマー在来種とで 7 割が占められており、ミャンマー独自の開発品種は Kyawzeya のみで、品種育成事業の脆弱性がうかがえる(表 2)。

3. 米の市場価格

米の市場価格は品種、産地、および品質の違いによって差別化されている。品種は粒形と大きさで 5 つのグループに区分される(Emata, Latyuezin, Ngasein, Medone, Bayt)。品質からみると、最も一般的な米は Emata の中級米で、Ngasein の低級米(米麺など加工用)もある。人気がある高級米の Powsanhmwe は

Medone に属し、価格は高い(図 3)。産地ではシュエボ(マンダレー管区)産米の評価が高い。

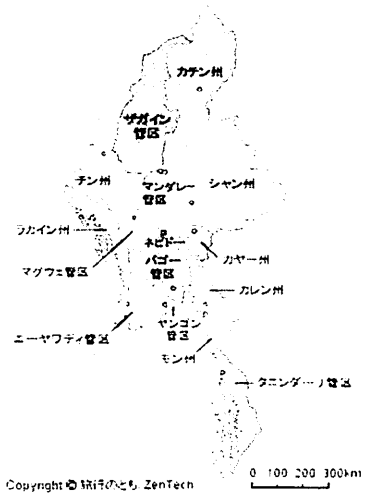


図 1 ミャンマー行政区分図.

表1 ミャンマーの稲作付面積と収量.

作付面積 (万ha)	生産量 (万トン)	収量 (トン／ha)	目標収量 (トン／ha)	潜在収量 (トン／ha)
807	3,268	3.44	5.0	>5.0

作付面積と生産量は2009年度で、2011年農業灌漑省統計調査から、収量、目標収量、潜在収量は2013年農業研究局調査資料から作成.

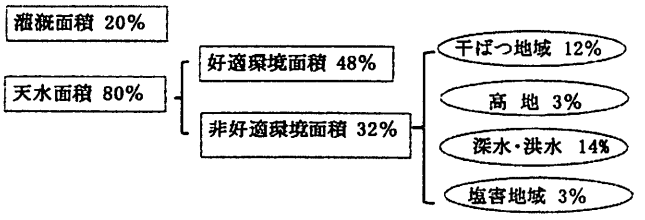


図2 気候、生育環境からみた作付面積比率.
2012年、農業研究局調査資料から作成.

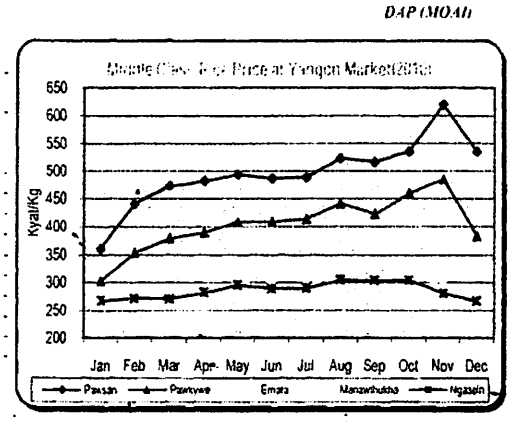


図3 主要品種における米の月別市場価格の推移.
(2011年、Myanmar Agriculture at a Glance)

表2 主要作付品種の特性

品種名	来歴	作付比率(%)	生育日数	収量(t/ha)	有利な特性
Manawthukha	IRI	20.67	135	4.25-6.0	高収量、精米歩留り優れる
Shinthwelatt	IRI	9.21	130-135	4.5-6.5	高収量、食味良い
Shwewartun	IRI No.5の Mutation	5.12	140-145	4.0-5.0	高収量
Theedatyin	IRI	3.94	125	4.0-5.0	高収量
Ayeyarmin	マレーシア	3.80	140-145	3.5-4.5	食味良い
Kyawzeya	DAR	3.72	140	4.0-5.0	高収量
Sinakary-3	タイ	3.71	130-135	4.5-6.5	高収量
Hnankar	Local variety	3.42	165-170	3.0-3.5	モヒンガーに適する
Pawsanhmwe	Local variety	3.13	175-180	2.5-3.5	食味極めて優れる
Hmawbi-2	IRI	1.68	145	4.0-5.0	食味良い

2012年、農業研究局調査資料および聞き取りから作成.

（我が社の宣伝）

我が社のお米の品質・食味研究への取り組み

江原　崇光
（株式会社ケツト科学研究所　技術部　渉外担当チーフ）

昨今,お米を巡る様々な状況が大きく変化しています．環境の世界では,近年の高温障害における白未熟粒・胴割れ粒の大量発生,特に今年は大型台風が何度も日本列島を襲いました。人間の社会では、環太平洋経済連携協定の参加表明における農産物の関税撤廃の懸念や、後を絶たない食品偽装問題等です。こうした状況の中，実儒者や消費者が「測る」「目に見える」ということに増々関心を持つようになっています．特に消費者は「安全」はお金で買うことが出来ても，「安心」を買う事は出来ないと思っています．

私達ケツト科学研究所は「測る」ことを通じて，農業者の皆様が生産した安全な農産物を消費者の皆様が安心して美味しく食べる事が出来る様，お手伝いをしていきたいと考えております．

【新製品紹介】

ケツトの新製品を紹介します．

1．もち米胴割粒透視器「TX-300」（図1）

もち米の胴割れは,搗精時の歩留まりの低下だけでなく,炊飯時の食味や外観,加工後のもちの品質にも大きく影響を与えます．

図 1 もち米胴割粒透視器「TX-300」

通常,うるち米の胴割粒は目視によって判別が可能ですが,爆ぜたもち米は光を透過しないため,目視で判別する事が非常に難しく,生産現場や検査現場においては簡易精米器を使用してチェックを行う等，非常に手間のかかるものでした．このため，全てのもち米をチェックすることが非常に困難であった事から，川上の生産地から川下の精米業者やもち米加工業者へ引き渡し後（搗精後）の胴割れや砕粒の混入が発見され，クレーム・返品等の問題が発生していました．

この問題を解決するため，独立行政法人農研機構食品総合研究所と弊社はもち米の胴割粒を何処でも，誰でも，簡便に判別出来る，もち米胴割粒透視器「TX-300」を共同で開発しました．

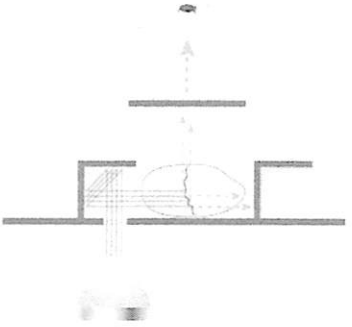


図 2 TX-300 の測定原理

「TX-300」の外観は弊社製「グレインスコープ　TX-200」と同様です．TX-200 と異なる点は，光源に緑色高輝度 LED を使用している点です．もち米一粒毎に波長 500～550nm の光を当てることにより，従来難しかった胴割粒の目視判別が出来るようになりました．器械底面から照射された光は，プリズムにより胴割れ断面の垂直方向へ進みます．（図 2）胴割れ断面で拡散反射し，断面は筋のように見えます．本体側面の光量調節つまみで LED の明るさを調節も出来ます．また，本体に搭載されているルーペ越しに覗くと更に容易に判別が出来ます．

また，もち米だけでなく，うるち米，更には醸造用玄米の胴割れ粒も判別が可能です．

2．農産物検査標準品等アプリ（図 3）

平成18年度から完全民営化となった農産物検査ですが,その規格は農産物の種類毎に定められており,

その規格内容は整粒・形質・水分・被害粒・異物等，等級毎にその項目の限度が数値等で規定されており，農産物検査員はこの検査規格に照らしながら等級格付けを行っています．

なお，この規格項目のうち，「形質」については「皮部の厚薄・充実度・質の硬軟・粒揃い・粒形・光沢」等と定義されており，その程度を数値で表すことが困難なことから，その規格値は「○等標準品」以上とされています．

この形質を鑑定する際に必要となる「標準品」は毎年国において作成・更新され，各登録検査機関に配布されております．しかし，国から各登録検査機関に配布される「標準品」の数は一セットのみのため，全ての農産物検査員が身近に参照出来ませんでした．このため農林水産省では本年から現物による呈示に限らず，現物の検査標準品を写真印刷したものを配布することとなりました．

このような状況の中，農産物検査の円滑な実施に少しでも寄与出来ればと考え，農産物検査標準品等の画像を iPad 等で高細密に表示する事が出来るアプリを全国瑞穂食糧検査協会と共同で開発しました．

iPad 版アプリには，米穀版（水稲うるちもみ・水稲うるち玄米・水稲持ち玄米・醸造用玄米・陸稲もち玄米）・麦類版（普通小麦・普通小粒大麦・普通大粒大麦・ビール大麦・普通はだか麦）・雑穀版（普通大豆・特定加工用大豆・一般小豆・普通いんげん・普通そば・だったんそば）の 3 種がありその種類に係る被害粒等の限界基準品の画像も組み込んでいます．また，iPhone/iPod 版アプリは米穀・麦類・雑穀の被害粒等限界基準品の画像を一括して閲覧する事が可能です．（図 4）

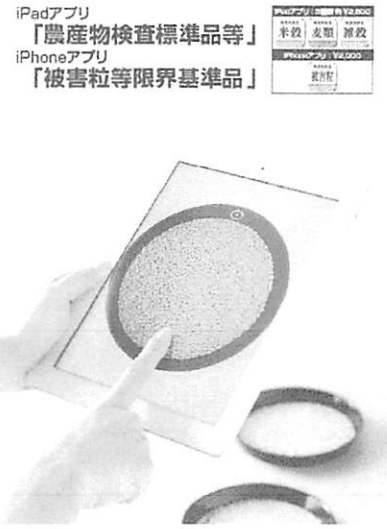


図 3　農産物検査標準品等アプリ

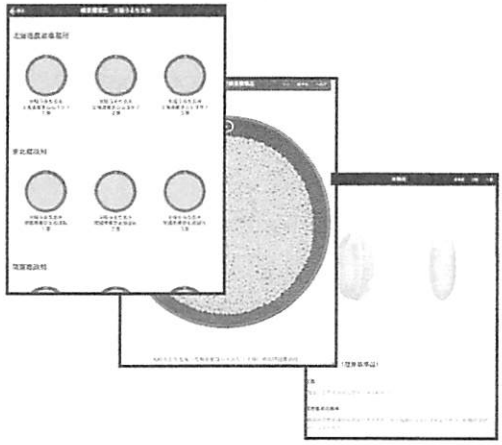


図 4　アプリ起動時の様子

検査標準品や被害粒等限界基準品の画像を高細密かつ鮮明に表示する事の出来る本アプリは，農産物に関わるアプリとしては世界でも発の試みであり，多くの農産物検査員の方々に検査現場等において有効なツールとして活用いただけるものと考えています．

また，農産物検査の場だけでなく，多くの研究者の皆様や研究機関，流通業者の皆様にも幅広く活用いただけるものになっております．

【おわりに】

冒頭でも述べましたが，様々な社会的状況から「測る」，「目に見える」と言うことが，今後更に重要となることでしょう。様々な現在企業はスピード感のある開発を求められています．研究者の皆さんもスピード感をもった研究開発が求められていると聞きます．研究者の皆さんは我々企業が想像もできないような研究をされていることでしょうし，企業は研究者の思いもしなかったような技術力を持ち合わせているかもしれません。両者がアイデア・技術力を組み合わせ，切磋琢磨する事により，互いに発展して行く事と考えます．今後も農家の皆様，更には社会のためになる製品開発を手がけて行く所存です．

（我が社の宣伝）

我が社のお米の品質・食味研究への取り組み

石突　裕樹・越智　龍彦
（株式会社サタケ 技術本部　選別・計測グループ）

【はじめに】

当社は 1896 年（明治 29 年）、日本で最初の動力精米機メーカーとして創業、 以来 1 世紀以上にわたり、研究開発を重ね、世界トップの食品加工機総合メー カーの地位を確立しました。

米の分野では精米機器を中心に、川上は 稲の育成診断器 に始まり、川下は 21 世紀の新しいお米を造り出す「NTWP 無洗米製造装置」、インスタントライスの「マジックライス 」、胚芽米も作れる キッチン用精米機や IH 炊飯器まで、 お米に関わる商品を幅広く開発しております。

経営の基本思想はサタケ精神にあり、その根幹は「不可能はない」「謙虚である」 「気のつく人になる」の 3 点で、創業以来継承されております。この思想のもとに、全ての事業分野で培ってきたサタケ独自の膨大なノウハウを活かし、精米・製粉機器分野はもとより食品・環境機器・産業機械といった新規分野でも、画期的な新商品を次々と発表しております。現在これらの商品は 140 カ国以上で活躍しております。今後とも人類の 3 大穀物である「米、麦、とうもろこし」を通して「食」で世界に貢献できる会社を目指します。

また、社員教育はもちろん、地元や広島大学への後援、英国大学への穀物研究所設営など、 社会の人材教育にも強い関心を持ち、将来のサタケや日本、世界を担う若者の育成にも力を入れております。

【計測機器ラインアップ】

【新商品紹介　：グレインスキャナー】

◆高精度・高速測定

新開発の画像処理エンジンにより、従来技術では困難であった密集した穀粒の画像解析が可能。1000 粒あたりおよそ 60 秒のスピーディーな測定。

◆豊富な結果表示

測定した“色”や“形”の情報を使用し、一粒ごとの画像を並び替えることが可能。予め設定した条件に基づいて、分類結果、各種平均値、標準偏差、ヒストグラムを表示。

◆多彩な項目を測定

穀物一粒について、“色”の情報と、“形”の情報を多数の項目で測定。

◆目的に合わせた分類基準を設定可能

目的に合わせて、穀物の分類基準（例：変色、砕粒）を設定し、次回からの測定に反映可能。

◆多様な粒状の穀物に対応

厚み 10ｍｍ以下であれば、様々な穀物・粒状の原料に対応し、外観測定が可能。

【新商品紹介　：ピカ検】

◆透明カルトン

全面が透明なため、カラーシートと併用することにより、様々な形質や異物を移し替えることなく判別可能です。

◆カラーシート

4 色のカラーシートにより、様々な形質を判別可能です。

黒色・・・玄米の整粒や未熟・乳白等

白色・・・玄米の着色・病斑等

青色・・・精米の残芽、残留糠等

ベージュ・大豆の形質等

◆米粒透視器

斜め下から高輝度 LED 光を当てることにより、胴割・被害粒がくっきりと確認できます。また、前面レバーで照射方向を変更できるので、米の向きにかかわらず見逃しなく評価できます。

◆穀粒判別器と併用により効率向上

穀粒判別器の事前検査チェックに使用することにより、検査効率を向上できます。

【おわりに】

紹介しました弊社の穀物検査機器は、農産物という生きた対象を測定し、客観的な測定データを提示することができます。検査機器の活用により、測定者が従来よりも判断が容易な環境を提供することが可能となります。

㈱サタケは、農産物検査装置や加工機械など、要求される品質の農産物を、要求された数量だけ、効率的に作り出すための手段や製品を開発・販売していく所存です。

（我が社の宣伝）

我が社のお米の品質・食味研究への取り組み

フォス・ジャパン株式会社

半世紀にわたる FOSS の歴史は約 50 年前に穀物の近赤外分析による水分計の開発にはじまります。食品を中心とした成分分析機器専門の分析機器メーカーとして、国際的な食品の成分取引に関わる標準機を提供しています。

FOSS は生乳専用の分析装置ミルコスキャンに開発をきっかけに穀物・乳製品の分析において世界をリードし続けてまいりました。今日も栄養成分の化学分析の自動化装置、機器間差の少ない赤外・近赤外装置の研究・開発・販売を通じて、農場、工場から分析機関、研究機関まで、皆様の日常分析をサポートしております。

【会社案内、役割、社訓など】

現代を生きる私たちの食卓には多種多様な食品が並びます。そのそれぞれは、品質と安全性が公平に評価されている必要があります。スローガンである Dedicated Analytical Solution には、対象サンプルの形状、分析を行う場所、求められるスピードなど、それぞれの分析現場に合わせた製品とアプリケーションを開発・提供したいという思いが込められています。

【製品紹介】

1. 透過型近赤外多成分分析装置インフラテック 1241

世界が認める穀物専用の赤外分析装置です。コメのほか、小麦、大麦、大豆、コーンなどの分析が可能で、乾燥施設などでの受け入れ時の検査にお使い頂けます。

2. 全自動ケルダール蒸留滴定装置　ケルテック 8000

ケルテック 8000 シリーズはケルダール分析を自動化し、安全な作業を可能にしました。

3. 迅速粘度測定装置　ラピッド・ビスコ・アナライザー

Newport Scientific 開発の RVA はでんぷんの糊化特性を 4g で測定可能な迅速粘度測定装置です。

東京本社エントランス

デンマーク FOSS A/S　フォス・イノベーションセンター

インフラテック 1241

ヨーロッパ・北アメリカ・オーストラリア地域を中心に機器のネットワーク運営が行われ、ヨーロッパでは流通する穀物の 8 割以上がフォス・穀物ネットワークにより品質取引されています。フォスが誇る機器の標準化、機器群の管理、精度管理などの技術が世界の穀物市場において公正な取引を支えています。
インフラテック™1241 は「いつ、どこで、だれが行っても安定した結果の提供」を近赤外測定装置として初めて実現しました。穀類の成分取引のほか、品質管理、育種研究、製造管理の第一線で約 1 万台のインフラテックが世界中で稼働しています。

【測定対象】
小麦、生麦、大麦、モルト、籾米、精米、玄米、もち米、大豆、菜種、コーン、小麦粉、大豆ミール、菜種ミール、そば粉　等
【測定項目例】
水分、タンパク、油分、デンプン、灰分、ファリノ吸水、ウェットグルテン、ハードネス、アミロース、イソフラボン、容積重　等

インフラテック™1241 は近赤外透過方式を用いた穀物専用成分測定装置です。570-1100nm の波長レンジを用いることで水分、タンパク、油分、スターチなどの基本成分に限らず色相又は色相に関連する項目まで応用の幅を広げられます。細部までこだわり抜かれたインフラテック™1241 は、操作性においてもデザインされています。堅牢で上質、操作性に優れ高精度。穀物測定のニーズに応えたインフラテック 1241 は日々の穀物測定を新世代へと変えていきます。