

福井県産米の食味評価向上のための指標と栽培技術

笈田豊彦*, 中村真也**, 井上健一*

The Characteristics and Cultivation Techniques for Improving Eating Quality of Rice in Fukui Prefecture

Toyohiko OIDA, Shinya NAKAMURA, Kenichi INOUE

福井県産米の評価向上を図るため、食味官能評価において高い評価を得る米が、生産者サイドで一般的に行われる品質調査または機器測定の結果とどのような関係にあるかを検討した。品質評価結果から食味官能評価を推測できるような密接な関係はなかったものの、仮に官能総合評価の目標値を基準品+0.5 とすると、コシヒカリ・あきさかりとも味度 80 以上、玄米タンパク質含有率 6.5%以下、整粒歩合 70%以上が必要条件と見られた。そのような必要条件を満たすためには、玄米タンパク質含有率を 5.5%以下に下げ過ぎない肥培管理が重要であり、また 6 月 10 日以降の晩植または青刈率 30%程度での収穫が有効であることを明らかにした。

キーワード：米，食味，官能評価，玄米タンパク質含有率，味度，整粒歩合

Key words:rice, eating quality, sensory test, protein content, mido value, percentage of whole grain

I. 緒言

福井県は良質米生産県として産米改良の努力を重ねている^{1,2)}。しかし一般財団法人日本穀物検定協会（以下穀検と略す）が毎年公表する食味ランキングにおいて、福井県産コシヒカリは 2011 年まで最高の特 A 評価を得られなかった。従来の特 A 産地は新潟魚沼や山形県など東北北陸地域にほぼ固定しているように思われたものが、近年は京都丹後や九州でも特 A が続出するに及んで、意識ある生産者や関係者は焦りを覚えざるを得なくなった。そこで、おいしい米とはどのような性状の米か、そして福井県産米がそのような評価を得るための方策は何か、が改めて問われることとなった。

しかし米の食味向上またはそれと表裏一体と考えられる外観品質向上³⁾に有効とする方策は多岐にわたり、そのような効能を謳う市販の資材などは数えきれない。特定の状況や問題のあるところで初めて有効な手法もあろう。そこで県下

各農林総合事務所ではそれぞれの地区において有効と目星をつけた対策を行う実証圃を設け効果を確認することとなった。

生産された米は今や一般的調査となっている食味計⁴⁾や品質判定機での計測の後、食味官能試験に供して最終的な評価を得た。各試験圃の成果はすでに「コシヒカリ特 A 技術指導指針」としてまとめられ、指導機関において活用されている。

本稿では農業試験場が中心に担当した福井県下データの集計解析ならびに晩植および早刈りの試験結果について報告する。晩植試験は、食味と関連のある味度は登熟期が低温ほど高まり¹⁾、その他玄米タンパク質含有率と緩い関係がある以外、栽培方法によって高める手法が報告されていないために取り組んだ。早刈り試験については、新井⁵⁾が島根県産コシヒカリで効果を認めているので、まず本県における再現性を確認しようとしたものである。

II. 試験方法

1. 食味関連形質と食味官能評価との関係

* 福井県農業試験場

** 福井県福井農林総合事務所

調査および解析には2010年から2014年に、福井県下全域で設けられた試験圃および農試場内産のサンプルを用いた。品種はコシヒカリが中心で総数225点であり、あきさかり41点であった（第1表）。

現地試験の内容は各地の状況に応じて担当普及指導員と農家が相談の上決めたもので、田植時期、栽植密度、施肥量、苦土・珪酸・石灰などの資材、登熟期の夜間灌漑など多岐にわたる。いずれもある程度食味を意識した試験栽培なので、福井県産米の無作為抽出ではない。

第1表 供試品種とサンプル数

年次	コシヒカリ	あきさかり
2010	35	1
2011	46	8
2012	62	11
2013	53	15
2014	29	6
計	225	41

常法により脱穀・攪りし篩目1.9mmで調製した玄米の外観品質、玄米タンパク質含有率、味度を測定した上で、食味官能試験に供した。調査機器は外観品質は静岡精機社製穀粒判別器ES-1000、玄米タンパク質含有率は静岡精機社製食味分析計TM-3500での水分15%換算値、味度は(現)東洋ライス社製味度メーターMA-90Bによる。食味官能試験は穀検に依頼した⁶⁾。調査時期は各年の11月から12月で、基準米は前年産、数値評価とした。その他水加減など官能試験方法のオプションはすべて穀検の標準法による。

2. 栽培改善試験

1) 晩植による味度の向上

2012年および2013年に、場内水田においてコシヒカリおよびあきさかりを用いて、4月下旬から6月下旬の間に6時期に分けて田植えた稲について、食味関連形質を測定した。

試験の主目的は味度の向上だが、タンパクの影響も想定されたので、水稻連作水田および大豆跡水田で栽培し、それぞれの反復は設けなかった。基肥として4月中旬に窒素2kg/10aを散布して一斉に耕耘し、設定の田植え時期に合わせて順次代掻きして手植えた。各区の面積は約15㎡であった。田植え以降の管理は慣行どおりとした。

それぞれの成熟期に坪刈りして、1.と同様な測定を行った。

2) 早刈りによる食味評価向上

2013年、2014年に、5月20日植えコシヒカリを用いて、成

第2表 作期試験の管理概要

作期	播種日	2012年			2013年		
		移植日	穂肥 ^{注1)}	播種日	移植日	穂肥 ^{注2)}	
1	3/30	4/20	7/9	3/29	4/22	7/8	7/19
2	4/10	5/1	7/12	4/12	5/2	7/11	7/19
3	4/24	5/14	-	4/26	5/15	7/17	7/25
4	5/11	6/1	7/27	5/10	5/31	7/22	8/1
5	5/25	6/14	7/30	5/24	6/13	7/29	8/8
6	6/6	6/25	8/8	6/10	6/27	8/5	8/15

注1)有機アグレット674で窒素2kg/10a、1回施用

ただし作期3については無施用

注2)水稻連作田のみで施用

追肥1号で1回目は窒素2kg/10a、2回目は1kg/10a

あきさかりの幼穂形成期とコシヒカリの穂肥1回目時期は近いので両品種同日に施用した。

熟期前後に2,3日間隔で刈取り取った米の食味関連形質を

追跡し、抜粋品を食味官能試験にも供した。それぞれの刈り取り日に籾水分および青籾残存率を把握し、刈り取った籾はいずれも架干して天日乾燥した。青籾の区分は慣例に従い、標準色見本帳の10Y9/6より緑色が強い部分が残っている籾を青籾とした。以降の調査方法は1.と同様である。

従来より早刈りとなると、通常の加熱乾燥では乾燥の時間、コスト、高水分籾乾燥による品質劣化などが懸念される。そこで、2014年に5月15日植えて一般栽培したコシヒカリおよびあきさかりを3時期に分けて約5aずつコンバイン収穫した生籾を、サタケ社製テンパリング乾燥機ADR-16CAにより平均乾減率1.0%で加熱乾燥して品質食味を確認した。また、調製後の玄米はただちに温度7℃、相対湿度70%に設定した冷蔵庫で保管したが、一部を常温に放置して、12月上旬に食味を比較した。

III. 結果および考察

1. 食味関連形質と食味官能評価との関係

1) 官能評価の傾向

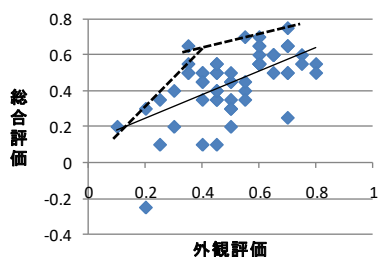
食味総合評価がマイナスに落ち込んだ例を眺めると、胴割粒率が20%以上に達している5件がすべて含まれ、少数例ながら胴割粒は食味に致命的なことが再認識された。また総合評価が明らかに低い場合にはほとんど「香り」評価も落ち込んだ。その中には玄米水分が16.3%と極端な例も含まれ、およそ玄米調査の段階では特段の異常を感じなかったとしても、調製後の変質が疑われた。

全体的に食味「総合」評価は「外観」「香り」「味」「粘り」の評価項目と関連し、とりわけ「味」および年によって「香り」と密接だった（第3表）。「外観」「粘り」は、一定水準を

第3表 食味官能総合評価と要因項目間の単相関係数

年	外観	香り	味	粘り	硬さ
2010	0.68 **	0.91 **	0.98 **	0.53 **	-0.17
2011	0.47 **	0.48 **	0.93 **	0.51 **	-0.13
2012	0.67 **	0.72 **	0.95 **	0.49 **	0.07
2013	0.42 **	0.51 **	0.86 **	0.41 **	-0.18
2014	0.58 **	0.69 **	0.86 **	0.77 **	-0.63 **

**：危険率1%で有意

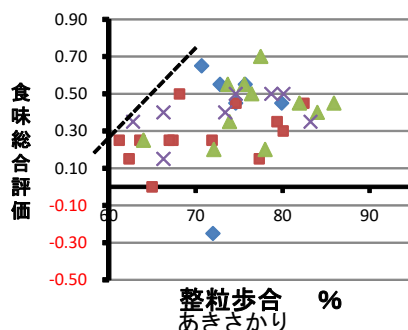
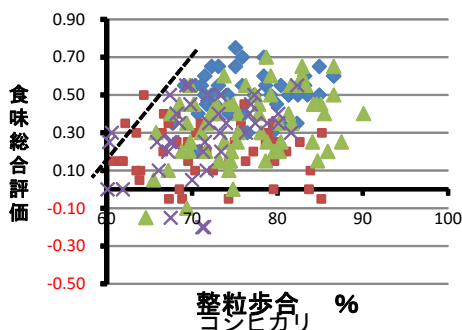
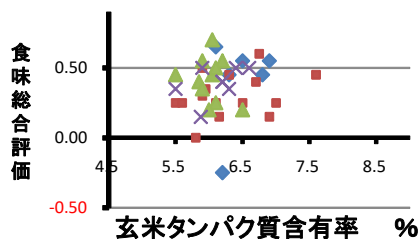
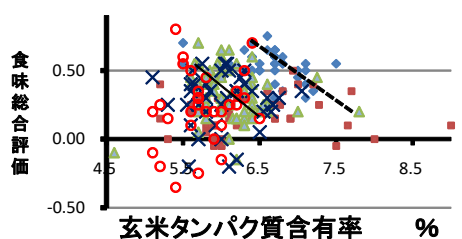
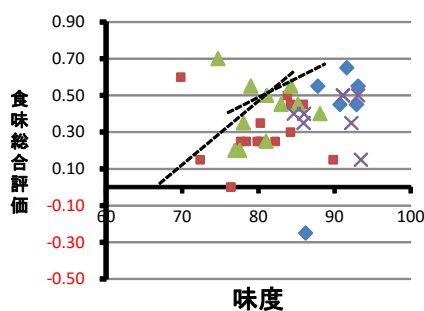
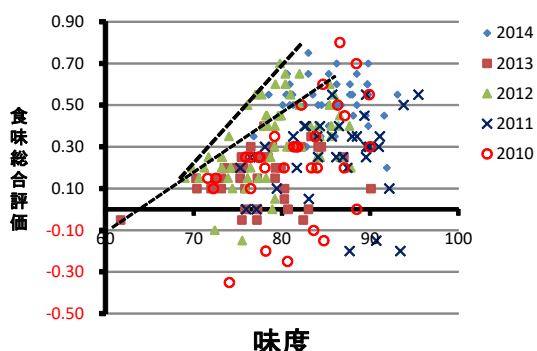


第1図 食味要因評価と総合評価の関係

(1例として2014年の外観評価との関係)

下回ると総合評価を引き下げるが、水準以上ならあまり関係なく、そのため全体では比較的緩い相関となるようであった(第1図)。ただしその水準の値は年次間で異なった。「硬さ」は供試した米の約90%が基準品よりマイナスで、軟らかいのが福井県産米の一つの特徴と思われたが、総合評価との関係ははっきりしなかった。

松倉⁷⁾は、炊飯の食味の最も重要な項目は「粘り」と「硬さ」として、強く関係するのは品種と産地とした竹生の見解を紹介しアミロース含量などの影響を解説している。それに対して今回「粘り」・「硬さ」の影響がさほどでもなかったのは本報で扱った材料が近年の福井県産のコシヒカリが大部分という狭い範囲だったためと思われる。この範囲においては「味」・「香り」の影響が極めて大きかったが、化学的な「味」はアミノ酸や遊離糖⁸⁾が、「香り」は多くの揮発性成分が関係すると考えられている。これらの大部分は炊飯の過程で生



第2図 食味関連形質と食味総合評価の関係

注) 凡例は年次の違いを表したもので、全グラフ共通

図中の斜線は分布の周辺部分にフリーハンドで記入したもので、年次によりずれているようなら2本引いた。

成され⁹⁾、しかも米粒内での偏在も官能に影響する¹⁰⁾となると、理化学的に把握するには緻密な実験系が必要と思われる。また「味」と「総合」評価の相関は高すぎるように思われたことから、そもそも官能評価の「味」には喉ごしの滑らかさまで含むように、化学的な「味」に留まらず、香りや食感などとの中枢性の交互作用¹¹⁾による、半ば総合的な評価とも考えられる。

いずれにしても、胴割その他明らかなミスは避けた上で、福井米の食味向上のためには「味」の向上が重要である。しかし、「味」の正体については未解明な部分が多いので、以下間接的なアプローチを試みる。

2) 良食味の条件

食味関連調査として実施したいずれの測定結果も、食味官能評価との関係は緩く、相関関係をもって良食味米を特定することには無理があった。しかし第2図に示すように、味度または整粒歩合が低い場合や、玄米タンパク質含有率が高い場合には高い食味官能評価はまず期待できないという関係が読み取れた。逆にいえば一定以上の味度および整粒歩合、一定以下の玄米タンパク質含有率なら高い食味官能評価の可能性が残るということで、その水準はコシヒカリ、あきさかりとも味度80以上、玄米タンパク質含有率6.5%以下、整粒歩合70%以上であった。これら一つ一つはさして高いハードルではなく、3つとも満たしていても食味評価が高くないことはあるので、米生産サイドでの実用的な最低限の必要条件と位置付けられよう。食味総合評価0.5以上のサンプル数を数えてみると、条件を満たさない場合は0で、3条件を満たしても42%程度であった。

その他、例えば千粒重も小さいと食味には不利で、上記と同様に線引きしてみると22g~23gが望ましいようではあったが、小さくても高評価な例も散見されたので必要条件とまでは言えない。

玄米タンパク質含有率が5.5%未満と低い場合、食味評価が高まる傾向がないばかりか特に2010年2011年には食味評価が激しく落ち込んだ例が見られた。玄米タンパク質含有率が低いほど白未熟粒が発生しやすく、特に登熟気温が高いとその危険が増すことから¹²⁾、この5.5%未満も避けた方が安全と思われた。

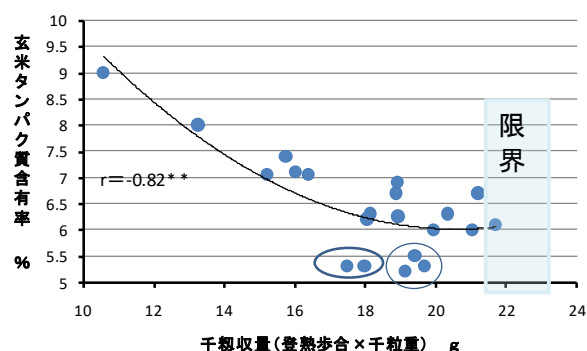
食味計は、玄米タンパク質含有率が低いと高得点が出る。これは石間ら¹³⁾以来、高タンパクの米は不味いとされた関係に基づいてプログラムされているためである。しかし今回の結果から玄米タンパク質含有率が低いほど良食味とは単純に言えない。この食い違いは、食味計開発時点までの米は玄

米タンパク質含有率6%から9%に分布していたのに対し、今回は5%から7%の範囲で、食味評価に影響しない低タンパクの米の割合が増えたためであり、タンパク過剰な場合に食味が劣ることを否定するものではない。

なお、香りが劣り総合評価が極端に低いサンプルが食味計では比較的lowタンパク側に集まっていたのに対し、味度では全範囲に散らばって全く無関係に見える。味度メーターは、炊飯の保水膜の光沢から食味の総合評価を推測する¹⁴⁾とされており、その根拠となった官能総合評価には香りの要素も含まれたはずだが、直接に香りを測定しているわけではないので、特異的に香りが劣るような場合は検出しえないものと解釈された。

3) 玄米タンパク質含有率の制御について

玄米タンパク質含有率は稲の生育に応じて決まってくると考えられる。そこで2014年のサンプルについて稲の収量構成要素との関係をみると、全体に総粒数が多い稲、あるいは登熟歩合や千粒重（両者の積が千粒当たり収量）が低い稲、すなわち登熟の劣る稲で玄米タンパク質含有率が高い傾向にあった（第3図）。これは、粒数が多いと登熟は劣る関係にあるから傾向としては同義なのだが、粒数が少なくてもタンパク含有率は高いような場合は、登熟歩合が落ち込んでいた。このことから、玄米タンパク質含有率を下げようとして施肥量を減らしても、それによって登熟まで悪くなったのでは逆効果になりかねないので注意が必要である。福井県ではコシヒカリの㎡当たり適正粒数を28,000粒と策定しており、例年これより少ないような稲でも玄米タンパク質含有率が高い場合には減肥でなく登熟歩合を高める方向の努力が求められる。



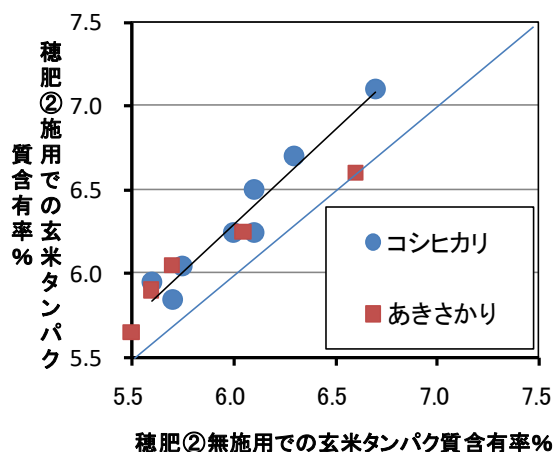
第3図 千粒収量と玄米タンパク質含有率の関係

(2013 コシヒカリ 現地)

注) 危険率1%で有意な相関

千粒収量は登熟歩合が100%のとき千粒重と同じになるので、24g 辺りが限界となる。

図中の囲みはそれぞれ同一地域であることを示す。



第4図 穂肥（2回目時期）が玄米タンパク質含有率に及ぼす影響（2013）施用窒素 1kg/10a

一方、生育中の葉色があまり淡ければ、対策として追肥の施用が考えられる。幼穂形成期の SPAD 値 30 未満の場合に玄米タンパク質含有率が 5.5% 未満となり、2013 年の場内試験では穂肥 2 回目に相当する時期の窒素施肥 1kg/10a で玄米タンパク質含有率 0.3% の増加に直結した（第 4 図）。

実際の栽培に当たっては、福井県では施設利用でも蔵前検査でも出荷時の玄米タンパク質含有率を測定する体制が整っているため、その結果を受けて上記のような対応策を検討していくことになる。

2. 栽培改善試験

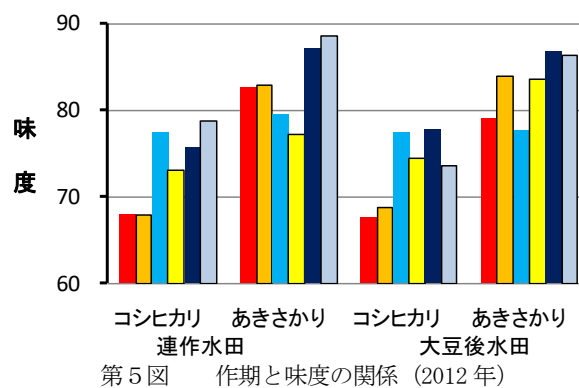
1) 晩植による味度の向上

田植え時期が遅くなるほど味度は高まる傾向が確認できた（第 5 図）。玄米タンパク質含有率は大豆後水田で高く、その影響でコシヒカリの味度は大豆後水田の方がやや低かった。しかし 6 月植えでは圃場間差以上に玄米タンパク質含有率が高まったにもかかわらず、味度も高まっており、田植時期の効果の方が大きかった。

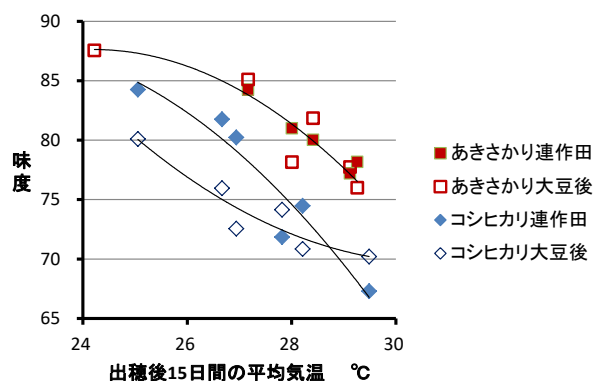
ただし試験した兩年ともその高まり方は歪で、田植え時期と逆転することも珍しくなかった。そこで登熟期間中の時期別の平均気温と対比したところ、味度は登熟の全期間でなく出穂後 15 日間ほどの気温と密接に関係し、低温ほど高まることが分かった（第 6 図）。すなわち残暑あるいは一時的な低温によって、早く出穂した方の味度が高い結果も出現したものであった。これは記録的な残暑となった年だから把握されたことで、気候変動のパターンが異なる年次間においては傾向こそ共通しても回帰線は必ずしも一致せず、また 8 月以降ならかに気温が下がる年なら全期間の平均気温でも出穂後 15 日間の平均気温でも傾向は同じだったはずである。平均的

には、福井平坦部でも、残暑が過ぎる旧盆以降に出穂するような 6 月 10 日以降の移植で味度 80 以上が期待できる。

課題として、遅植えでは玄米タンパク質含有率が高まり、また倒伏しやすいので、その対策も合わせて必要になる。現地事例などから、一般田での 6 月植えコシヒカリなら基肥無施用とし、1～1.5kg/10a の根付け肥を施し、穂肥も慣行の 7 割くらい、総施肥量では慣行 5 月中旬植えの 4～5 割減が妥当と想定される。現状では平均 30kg/10a ほど減収しており、年次変動や高温期の育苗方法など課題も多い。



第5図 作期と味度の関係（2012 年）

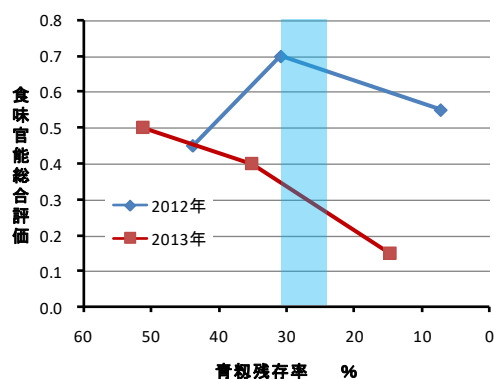


第6図 登熟気温と味度との関係（2013 年）

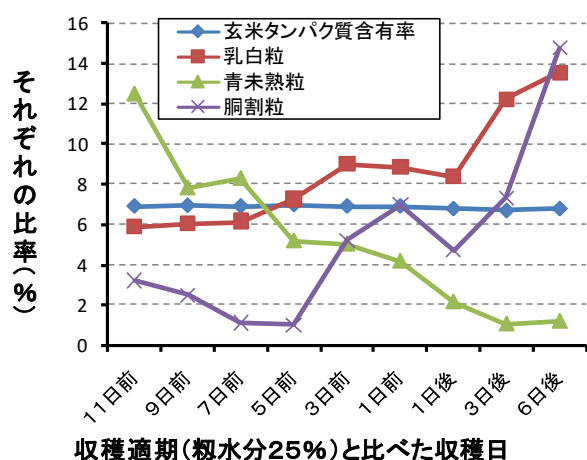
2) 早刈りによる食味評価向上

従来収穫適期としてきた青刈残存率 10% より早く、30% ほどで刈り取った方が食味官能評価が高まった（第 7 図）。刈取り日としては結果的に 5 日程度の早刈りであった。これより早いのは現実的でなく、2012 年にはかえって食味も低かった。

玄米品質の推移をみると、胴割粒および乳白粒の比率が 5 日前までは最低水準にあるものが、その後増加に転じており、従来の収穫期では食味の劣化が始まっていることが示唆された（第 8 図）。成熟期前後における乳白粒の増加については、未熟米が肥大して品質調査に含まれるようになったのか、あるいは整粒の澱粉が再分解して生じてくるのか、今回の調査



第7図 刈取り時期と食味官能評価



第8図 収穫時期による品質、食味関連項目の変化 (2013年)

においては区分できないが、未発表ながら後者の例も報告されており、その観点からの調査がさらに必要と思われる。

深井¹⁵⁾は早刈りによる整粒率と糊化特性の向上を認めており、新井⁵⁾は炊飯米の甘味および旨みが増すとして内在性の α -アミラーゼ及びタンパク質分解酵素の活性が高いことで炊飯米中の糖分やアミノ酸の生成量が多いためと推測している。今回の結果もそれらを支持するものと思われる。

しかしながら、生籾水分が高ければ乾燥コストは高み、25%籾に対して30%の籾では単純計算で50%の割増しとなる。なるべく乾燥コストを抑えるため、午後に刈るなどの工夫¹⁶⁾¹⁷⁾が求められる。高温乾燥による品質劣化の危険も増大すると考えられるので、慎重な乾燥も必要になろう。ただし、慎重すぎて長時間乾燥による弊害¹⁸⁾¹⁹⁾も懸念される。今回に限れば、乾減率0.8%/時までに抑えるべき²⁰⁾ところが1.0%/時であったが幸い明らかな問題はなかった。

調製後の保管温度については、12月までの短期間にもかかわらず常温保管では冷蔵より「外観」、「香り」が劣り総合評価も劣った(第4表)。この傾向は早刈りも慣行時期刈りも同様だった。これは一事例に過ぎず、特にコシヒカリの方では

水分が高かったせいかもしれないが、場合によっては起こりうるということなので、調製後はできるだけ早く冷蔵する方が安全と言える。

第4表 常温保管での食味官能評価低下

品種	香り	外観	味	粘り	硬さ	総合
コシヒカリ	-0.29 *	-0.04	-0.13	-0.29	-0.33 *	-0.50 **
あきさかり	-0.50 *	-0.54 **	-0.21	-0.38 *	0.50 **	-0.21 *

注) 2014年 農試で12月3日、4日に食味試験

それぞれ冷蔵保管と対比し2刈取時期の平均

*: 5%, **: 1%での有意差を示す

精米水分 コシヒカリ: 15.4% あきさかり: 14.3%

以上のように、福井県においても早刈りによる食味向上効果が確認された。乾燥対応の問題はあるが、こだわり米志向の向きなどには有効な手段と思われる。少なくとも刈り遅れは極力避けるべきである。

本稿では福井県産の主にコシヒカリについて、良食味の判別基準ならびに玄米タンパク質含有率制御、晩植、および早刈りを主題とした栽培改善について述べた。いずれも決定的なものとは言い難くそれぞれに問題はあるが、福井県の特に平坦地域における食味確保のための指標および技術の1段階と考える。本稿を踏まえて、さらに改善技術を構築または新たな模索が必要である。

本稿の一部は北陸作物・育種学会第51回講演会において発表した。

IV. 引用文献

- 1) 井上健一(2012). 福井県におけるコシヒカリの高温登熟回避の試みー“適期田植え”の普及と品質食味の解析を中心にー. 北陸作物学会報 47:137~140
- 2) 井上健一(2013). 高温登熟障害の克服に向けた福井県の取り組みと今後の課題. 日本作物学会講演会要旨集 236. 366~367
- 3) 奥西智哉(2007). 高温登熟と食味. 高温障害に強いイネ. 養賢堂. p85~89
- 4) 鈴木啓太(2011). 米の加工利用(3)炊飯米特製の理化学測定. 食品と容器 52. 596~601
- 5) 新井映子(2001). 良食味米飯を得るための米の収穫適期に関する研究. 平成11年度~平成12年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書
- 6) <http://www.kokken.or.jp/test01.html>
- 7) 松倉潮(2009). 米品質の研究動向. 食品と技術 29. 9~16

- 8) 松崎昭夫・高野哲夫・坂本晴一・久保山勉(1992). 食味と穀粒成分および炊飯米のアミノ酸との関係. 日本作物学会紀事 61. 561～567
- 9) 池田ひろ(2001). 炊飯過程中に溶出する糖成分の動向と米飯の食味について. 日本家政学会誌 52. 401～409
- 10) 堀野俊郎(1998). おいしいお米の栽培指針. 農山漁村文化協会.
- 11) 今田純雄・坂井信之(2003). 味の心理学. 食品と味. 光琳 117～149
- 12) 中川博視・吉田ひろえ・大野宏之・中園江・近藤始彦・岩澤紀生・臼井靖浩・常田岳志・長谷川利拡・桑形恒男・千葉雅大・松村修・神田英司・三浦重典・佐藤徹・川口祐男・高橋渉・塚口直史・永島秀樹・中村真也・笈田豊彦・井上健一(2012). 2010 年の夏季高温が北陸地域を中心にしたコシヒカリの品質に与えた影響 1. 外観品質について. 日本作物学会講演会要旨集 233. 126
- 13) 石間紀男・平宏和・平春枝・御子柴穆・吉川誠次(1974). 食品総合研究所研究報告 29. 9～15
- 14) 雑賀慶二(1992). 食味の正体”保水膜”を左右するよいおねばと悪いおねば. おいしいコメはどこがちがうか. 農山漁村文化協会. p28～43
- 15) 深井洋一・酒井長雄・齊藤康一(2010). 稲の収穫時期が外観および食味品質に及ぼす影響. 日本調理科学会誌 43. 341～350
- 16) 社団法人日本農業機械化協会編(2011). 農業機械の省エネ利用マニュアル. 15～17
- 17) <http://www.satake-japan.co.jp/ja/notice/2008/080902.html>
- 18) 安部武美・疋田慶夫・Ufoshe C.E. (1990). 食味保持を目的とした乾燥法改善に関する研究. 農業機械学会誌 52. 419～520
- 19) 安部武美・疋田慶夫・Ufoshe C.E.・韓東海(1991). 食味改善を目的とした生籾の乾燥法. 農業機械学会誌 53. 319～320
- 20) <http://www.jeinou.com/benri/rice/2008/11/220919.htm>

Grain Characteristics and Cultivation Techniques for Improving Eating Quality of Rice in Fukui Prefecture

Summary

In order to improve the eating quality of rice produced in Fukui prefecture, we examined the relationship between the eating quality evaluation by tasting sensory test and grain appearance or infrared grain measurement. Although, there was no clear relationship between the sensory test value and grain characteristics, we found out the fact that if we get the eating quality value for 0.5 point higher than base line of the tasting sensory test, which was conducted by JGIA (Japan Grain Inspection Association), mido value was needed more than 80 point, protein content in brown rice was needed less than 6.5% and the percentage of whole grain in brown rice was needed more than 70% in both cultivars, “KOSHIHIKARI” and “AKISAKARI”.

To satisfy these grain characteristics, it was important to control the amount of fertilizer application to keep the percentage of protein content in brown rice more than 5.5%, avoiding for excess reduction of the amount of fertilizer. In addition, it was also effective that the transplanting time was put off nearly June 10th and the harvesting time was a few days earlier than the conventional time, when the percentage of green husk became nearly 30%.

