

## 酒米搗精米ぬかの性状分析

丹羽昭夫・小早川和也・永田美世・村瀬 誠

ここ数年、吟醸酒などの高品質酒の消費量は上昇傾向を示しており、酒造業界ではこれらの製造が盛んになってきている。これら高品質酒では精米歩合を低く処理、すなわち、ぬか分を多く削り取る高度の精白を行うことによって米の外側に多いタンパク質や脂質などを除去する。こうした高度の精白が行われる結果、酒米搗精米ぬかが大量に発生する。これは通常のぬかに相当する赤ぬか、精白米の表層部に相当する中ぬか、更にその下の白ぬかに大別される。

これら酒米搗精米ぬかは原料米の50%以上になることもあり、酒造業界ではそれらの有効利用が望まれている。白ぬかは成分的に米粉に近いと想像されるが、生地に粘りがないなどの理由で菓子などにはあまり利用されず、一部が低価格酒用に利用されるほかは中ぬかなどと共に家畜飼料が主である。赤ぬかのごく一部がぬか漬けに使われる程度であり、現状では酒米搗精米ぬかの有効利用は十分に行われているとは言い難い。

白ぬかの酵素処理による糖化液・調味液の製造<sup>2)</sup>や、白ぬかをエクストルーダーで造粒したもの<sup>3) 4)</sup>、あるいはおからと混合したものの製麺による発酵食品の開発<sup>5) 6)</sup>が行われているが、品質あるいは製造技術上困難な要素も多い。

そこで酒米搗精米ぬかの新しい利用法を開発することを目的として、その特性を把握するために酒米搗精米ぬかの物理的・化学的性質、及びでん粉の特性について検討した結果を報告する。

## 実験方法

## 1. 試料

酒米搗精米ぬか(白ぬか、中ぬか、赤ぬか)(関谷醸造(株)、平成11年産)及び米粉A、米粉B(吉村穀粉(株))を5℃で保存し、分析時に室温に戻して使用した。

## 2. 成分分析

水分は135℃常圧恒量乾燥法、灰分は直接灰化法、脂

質は酸分解法により測定し、タンパク質はケルダール法によって得た窒素に係数5.95を乗じて算出した<sup>7)</sup>。でん粉含量は過塩素酸法によって得た抽出液の全糖をフェノール硫酸法で測定し、別に試料中の少糖類を80%エタノールにより抽出し、それにより補正を行って求めた<sup>10)</sup>。

## 3. 白度

白度は光电白度計(C-1型、(株)ケット科学研究所)により青色フィルターを使用して測定した。

## 4. 粒度分布

粒度分布はロボットシフター(RPS-85、セイシン企業(株))により測定した。

## 5. 米粉及び白ぬかからのでん粉の分離

米粉A及び白ぬか各500gに0.2%ドデシルベンゼンサルホン酸ナトリウム(以下SDBSと略す)2lを加え一夜浸漬し、200メッシュのふるいにより米粉とでん粉を分離した。ふるいに残った米粉には更に0.2%SDBS2lを加え、でん粉の分離を繰り返した。でん粉の懸濁液を集め、4500rpmで30分遠心分離し、沈澱を0.2%SDBS2lで2回洗浄した後、水洗を繰り返してそれぞれ米粉でん粉、白ぬかでん粉を精製した<sup>11)</sup>。

対試料収率は米粉で54%、白ぬかで44%であった。米粉でん粉は残存タンパク質が0.4%と比較的少なかったが、白ぬかでん粉には残存タンパク質が約2%あり、十分に除タンパクできなかった。これは白ぬかでん粉が大きく膨潤し、溶液とともにタンパク質を吸収したために除去しきれなかったものと考えられる。

## 6. でん粉損傷度、糊化度、溶解度及び膨潤度の測定

試料0.5gに0.25N塩酸50mlを加え、55℃の恒温水槽中で、2時間振とうした。水冷後、3000rpmで20分遠心分離し、その上清についてフェノール硫酸法で可溶性でん粉量を求め、全でん粉量に対する比率をでん粉損傷度とした<sup>12)</sup>。

糊化度はグルコアミラーゼ法により測定した<sup>13)</sup>。

溶解度・膨潤度<sup>14) 15)</sup>は試料1g(乾物換算:以下dbとする)に蒸留水(以下単に「水」とする)50mlを加え、ときどき振とうしながら25℃で20分放置した。その後、

25℃, 4 500rpm で30分遠心分離し, 上清の固形分量より溶解度を, 沈澱重量と溶解度より膨潤度を算出した。

### 7. X線回折による分析

X線回折装置(ガイガーフレックス RAD III C, (株)リガク)により, 水平ゴニオメーターを使用して測定した。測定条件は, X線源: Cu-K $\alpha$ 線, X線電圧: 40kv, X線管電流: 40mA, 走査速度: 2°/min, サンプリング角度間隔: 0.02°とした。

### 8. ラビッドビスコアライザー(RVA)による糊化特性

ラビッドビスコアライザー(RVA3D+, Newport Scientific)を使用した。専用アルミ缶に試料 3 g(db)を取り, これに水を加えて28gとし, 専用パドルとともにRVAに装着した。試料を十分に分散させるために960rpmで10秒回転した後, 回転数を160rpmとして攪拌粘度を連続して測定した。温度は測定開始から1分後に35℃にし, 35℃から95℃まで5分4秒で昇温させ, 95℃で2分30秒間保持した後, 3分48秒で50℃まで冷却した。その後測定終了まで1分24秒間50℃に保持した。

### 9. 示差走査熱量計分析

示差走査熱量計(DSC 8230B, (株)リガク)を用い, 対照としてアルミナを使用し, 昇温速度 4℃/min, 30~110℃の範囲で糊化温度を測定した。

### 10. 米粉及び白ぬかゲルの作製

米粉及び白ぬかゲルは固形分25%となるように試料と水を混合し, 60℃, 10分予備糊化させた後, 径 3 cmの樹脂チューブに充填し, 沸騰水中で15分加熱糊化させ, 5℃で7日間保持して物性測定用ゲルとした。

### 11. ゲルの圧縮破断試験

圧縮破断試験はレオナー(RE3305, (株)山電)に2 kg測定用ロードセルを装備して測定した。物性測定用ゲルを高さ25mmの円柱状に切断し, 直径 8 mmの円柱状プランジャーを用いて, 垂直に圧縮した。圧縮速度 1 mm/sec, 歪率60%, 温度23℃で行った。

### 12. 青値(Blue Value)の測定

Juliano法の稲津による改良法<sup>16)</sup>に従って測定した。ただし, 吸光度測定においては, 100mlに定容後, その0.5mlに1 N酢酸0.1ml, 標準ヨウ素溶液0.2mlを加え10mlとした。以後は改良法に従い, 20分後に620nmの吸光度を測定した。洗浄試料のでん粉含量を求め, でん粉 5 mg/100mlに対する吸光度を青値とした。

### 13. 走査型電子顕微鏡による観察

両面テープをつけた試料台に粉末試料を吹き付け金属蒸着後, 走査型電子顕微鏡(JSM 8200型, 日本電子(株))で観察した。

## 1. 酒米搗精米ぬかの成分分析, 白度

各試料の一般成分組成及び白度を表1に示した。白ぬかのタンパク質含量は米粉に比べ2.2~2.5%多くなっているが, 概ね米粉と類似した組成であった。一方, 中ぬかには米粒のより外の部分であるため, 灰分, タンパク質, 脂質が多く, その分でん粉が少なかった。赤ぬかでは灰分, 脂質が更に多くなり, でん粉は30.7%と更に少なくなった。赤ぬかには通常の飯米の精白で得られる米ぬかに相当し, その一般組成<sup>17)</sup>はほぼ同等であると考えられる。その他はでん粉以外の炭水化物であり, 少糖類, デキストリン, 及びセルロースやヘミセルロースなどの細胞壁成分<sup>18)</sup>であると考えられる。これらは米のより内部からなる白ぬかでは米粉と同じくらいで少なく, 中ぬか, 赤ぬかと米の外側のものほど多かった。

白ぬかの白度は米粉と同じくらいに高く, 一見しただけでは区別がつかないものと考えられる。一方, でん粉以外の成分が多い中ぬか, 赤ぬかでは色調は茶色を帯び, 白度も低かった。

表1 各試料の一般組成及び白度

	米粉 A	米粉 B	白ぬか	中ぬか	赤ぬか
水分(%)	11.2	12.9	11.5	11.9	11.7
灰分(%)	0.3	0.4	0.5	3.4	7.1
タンパク質(%)	6.4	6.1	8.6	13.8	13.8
脂質(%)	0.7	0.9	1.4	6.0	15.0
でん粉(%)	78.9	77.6	75.3	59.0	30.7
その他(%)	2.5	2.1	2.7	5.9	21.7
白度	86.5	83.0	86.5	62.5	34.0

## 2. 粒度分布

各試料の粒度分布を図1に示した。平均粒径は米粉 A が124 $\mu$ m, 米粉 B が106 $\mu$ m, 白ぬかが55 $\mu$ m, 中ぬかが158 $\mu$ m, 赤ぬかが185 $\mu$ mであり, 白ぬかには270メッシュを通過する区分の割合が50%以上を占めており, 特に細かかった。しかし, 米粉 A, B にはほとんど含まれていなかった32メッシュ上の区分が1.6%含まれており, か

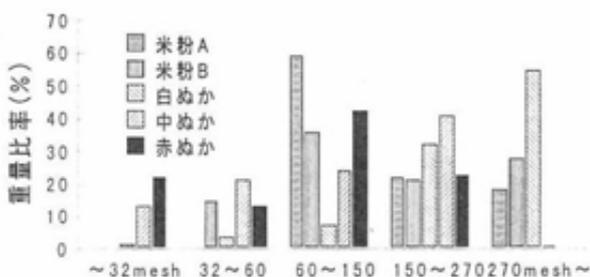


図1 各試料の粒度分布

## 実験結果及び考察

表2 白ぬかの粒度区分と成分、白度の比較

	115 mesh 上	200 mesh 上	200 mesh 通過
タンパク質(%)	6.8	8.1	8.6
灰分(%)	0.38	0.47	0.58
白度	71.8	82.3	89.0



図2 115 mesh 上区分の写真

なり広い粒度分布を持っていた。米粉の場合粗い粒子は製粉工程中に篩別され除去されるが、白ぬかにはこの工程がないために残存したものと考えられる。白ぬかを115メッシュと200メッシュで篩別した各粒度区分の灰分、タンパク質含量、白度の測定値を表2に示した。灰分、タンパク質は細かい区分の方が多く、粗い区分に少なかった。灰分及びタンパク質は米の外側に多い<sup>1)</sup>ことから、細かい粒子は米の外側の部分、粗い粒子は米のより内側の部分からなると考えられる。一方、白度は細かい区分の方が高かった。これは粒度が細かいため乱反射で白度が上昇することによるほか、図2のように粗い区分には米の外皮などが混入していたためである。以上のことから、白ぬかは大部分非常に細かな粒子からなるが、一部粗い粒子や夾雑物を含んでいるため、食品に利用するには分級処理を行う必要も考えられる。

### 3. でん粉損傷度、糊化度、溶解度及び膨潤度

損傷でん粉はでん粉に機械的衝撃や高温が作用したときに発生し、通常のでん粉よりも吸水性が高く、酵素に

作用されやすい<sup>1)2)</sup>。このため、例えば製パンでは適度の損傷でん粉は吸水率を高め、生地をなめらかにする効果がある。更にこれより生成するマルトースがイーストに利用される。しかし多すぎると生地がべたつく、だれるなど製パン上マイナスとなる<sup>1)2)</sup>。このように損傷でん粉の多少は加工上、あるいは最終製品の物性に影響を与えるので、実用上重要である。溶解度・膨潤度<sup>1)4)</sup><sup>1)5)</sup>は一定温度の水に試料を浸漬し、上清と沈澱を遠心分離して上清中の可溶性成分と沈澱の吸水量から求めるもので、ともにでん粉が糊化したり、損傷を受けると増加する<sup>2)1)</sup>。そこで酒米搗精米ぬかについてこれらの分析を行い、でん粉の状態を検討した。

表3に示したように酒米搗精米ぬかのでん粉損傷度は白ぬか63.2%、中ぬか40.5%、赤ぬか45.3%であり、米粉の22.7%、11.2%よりもかなり高い値を示した。またグルコアミラーゼ法による糊化度も白ぬか85.3%、中ぬか63.7%、赤ぬか68.8%と高い値を示し、酒米搗精米ぬかがそのままでもアミラーゼによる消化性が高いことを示していた。なお糊化度の数値の方がでん粉損傷度よりも20%程度高くなっているが、これは米粉あるいは酒米搗精米ぬか中に存在する微量の酵素とグルコアミラーゼによって、生でん粉が消化されたためと考えられる。25℃での溶解度・膨潤度も同様に高くなっており、酒米搗精米ぬかのでん粉が、かなり損傷を受けていることを示していた。一方、米粉及び白ぬかより分離したでん粉は、それぞれ原料に近いでん粉損傷度、膨潤度を示していた。しかし溶解度は原料に比べてかなり低くなっており、でん粉精製時の水浸漬処理により水溶性成分が除去されたためと考えられる。でん粉損傷度と膨潤度の相関係数は0.911(赤ぬかを除く)とかなり高く、膨潤度で米粉あるいは白ぬかのでん粉損傷度を予測できると考えられる。

以上のとおり、酒米搗精米ぬかのでん粉はかなりの損傷を受けており、冷水可溶性成分も多くなっていた。これが糊化特性などに影響を及ぼしていると考えられる。

### 4. X線回折によるでん粉結晶構造の解析

米粉及び酒米搗精米ぬかのX線回折図形を図3に示した。米粉の場合はどちらも典型的なA図形のバター

表3 酒米搗精米ぬか及び米粉のでん粉損傷度、糊化度、溶解度、膨潤度

	米粉 A	米粉 B	白ぬか	中ぬか	赤ぬか	米粉でん粉	白ぬかのでん粉
でん粉損傷度(%)	22.7	11.2	63.2	40.5	45.3	23.0	54.7
糊化度(%)	40.4	26.6	85.3	63.7	68.8	23.1	69.9
溶解度(%)	1.45	1.01	14.49	13.56	18.18	0.05	0.72
膨潤度	2.86	2.95	4.63	3.45	4.47	2.30	4.54

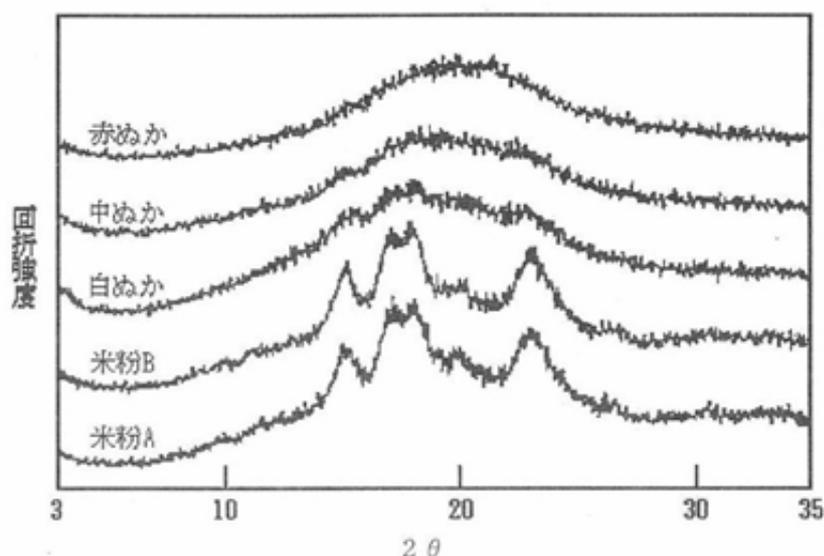


図3 酒米搗精米ぬか及び米粉のX線回折図形

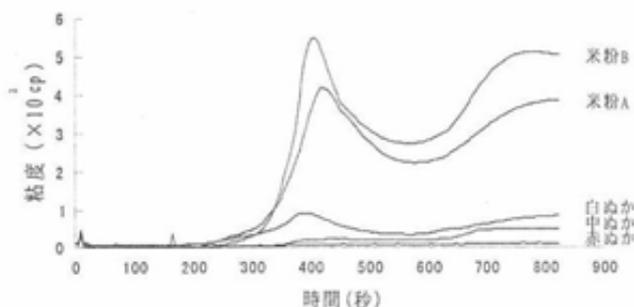


図4 米粉及び酒米搗精米ぬかの粘度曲線

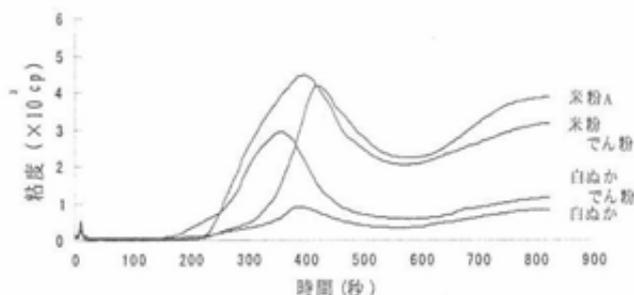


図5 米粉、白ぬか、及びでん粉の粘度曲線

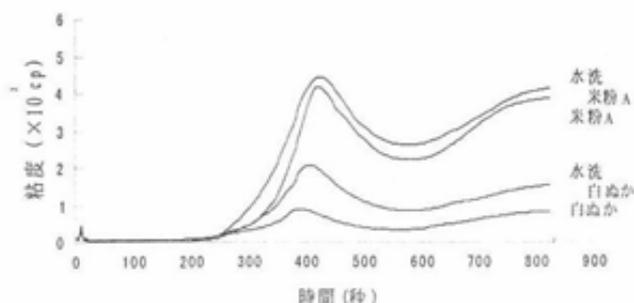


図6 米粉、白ぬか、及び水洗試料の粘度曲線

ン<sup>22</sup>を示しており、 $2\theta$ が $15^\circ$  (3b),  $17^\circ$  (4a),  $18^\circ$  (4b),  $23^\circ$  (6a)に大きなピークが認められ、 $20^\circ$  (5a)に不明瞭なピークが認められた。一方、白ぬかでは同様の部位にピークが認められたが、そのピークは明らかに小さく、米粉に比べて結晶化度が低いことを示していた。中ぬかも同じように不明瞭であり、赤ぬかではほとんどピークが確認できなかった。白ぬかでピークが小さくなったのは、酒米搗精米ぬかのでん粉が損傷などにより結晶構造が破壊されたためと考えられる。中ぬか、赤ぬかではでん粉含量が少なくなり、でん粉以外の成分も多くなるために更にピークが不明瞭になったと考えられる。

#### 5. ラビッドビスコアナライザーによる糊化特性

でん粉の加熱・冷却による攪拌粘度の経時変化の測定には、主にアミログラフが使用され、でん粉の糊化特性について多くの知見が得られている<sup>23)</sup>。しかし、試料20g以上を必要とすることから、より少量で迅速な測定が可能なラビッドビスコアナライザー (RVA)<sup>24)</sup>を使用し、酒米搗精米ぬかの糊化特性を調査した。

図4～6に各試料3g(db)の粘度曲線を示した。図4は米粉と酒米搗精米ぬかについて測定したもので、いずれの酒米搗精米ぬかも米粉に比べてはるかに低い粘度を示しており、特にでん粉含量の低い赤ぬかではほとんど粘度上昇は認められなかった。このような結果となったのは、酒米搗精米ぬかのでん粉がかなりの損傷を受けていることと関係があると考えられる。更に中ぬか、赤ぬかの場合アミラーゼなどの作用もあるものと想像される。

図5は米粉A、白ぬかとそれらのでん粉について測定したもので、米粉でん粉は米粉より粘度の立ち上がりが少し早い、最高粘度は大差がなかった。これに対し、

白ぬかでん粉は米粉でん粉に比べると粘度が低い、白ぬかに比べるとかなり高い最高粘度を示し、ブレイクダウンも米粉でん粉の2390cpに対して2300cpとほとんど差がなかった。

図6は米粉A、白ぬかとそれらを水洗、乾燥した試料について測定したものである。水洗試料は米粉A及び白ぬか40gを水洗し、エタノール、エーテルで乾燥して調製した。この場合も米粉の時は水洗による効果は少ないが、白ぬかでは水洗によって粘度が上昇することが認められた。これらの結果より、米粉でん粉では精製されるときに除かれるタンパク質があまり最高粘度に影響を与えず、また冷水可溶性成分が少ないので粘度の変化が少ないのに対し、白ぬかでん粉では精製されるときに冷水可溶性成分が除かれ、その結果最高粘度が大きく上昇し、それに伴ってブレイクダウンも上昇したと考えられる。一方、白ぬかでん粉が米粉でん粉に比べて最高粘度が低いのは、でん粉の損傷によると考えられる。以上より、白ぬかの粘度が低いのは、でん粉の損傷と冷水可溶性成分の相乗効果によると考えられる。また米の食味とブレイクダウンには高い相関がある<sup>24)</sup>とされており、冷水可溶性成分の除去によって物性が向上することが期待される。

糊化温度は米粉A・B、白ぬかで70℃、米粉でん粉で68℃、白ぬかでん粉は59℃と低い温度を示した。一方、示差走査熱量計による糊化温度は米粉Aで57.3℃、米粉Bで60.1℃、白ぬかで61.6℃といずれも60℃前後であった。アミログラフ法で得られる糊化温度は示差走査熱量計など他の方法で得られる温度よりも高くなること<sup>23)</sup>が知られているが、RVAも原理的には同じものであるため同様の現象を示したと考えられる。中ぬか、赤ぬかについては粘度上昇が小さいため糊化温度の解析はできなかった。

#### 6. 米粉及び白ぬかゲルの圧縮破断試験

米粉A及び白ぬかから25%濃度のゲルを調製し、これを5℃、7日間保持して硬化させた後、クリーブメーターを用いて破断応力を測定した。表4に示したように、白ぬかゲルの破断応力は米粉ゲルの約1/10であった。この時点で米粉ゲルではもろさが計測されており、すでに老化が進行した状態であったことから、白ぬかのみでは安定したゲルの形成が困難であった。このように白ぬかゲルの強度が弱いのは損傷でん粉などの作用によってゲ

表4 米粉及び白ぬかゲルの圧縮破断試験

	米粉ゲル	白ぬかゲル
破断応力 ( $\times 10^2$ N/m <sup>2</sup> )	437 $\pm$ 100	40 $\pm$ 17
もろさ応力 ( $\times 10^2$ N/m <sup>2</sup> )	41 $\pm$ 33	0 $\pm$ 0

ルの粘度が低下したためと考えられる。このために米粉の代替として使用しても十分な強度が得られず、食品に求められる物性が低下するために今まで利用されなかったものと考えられる。

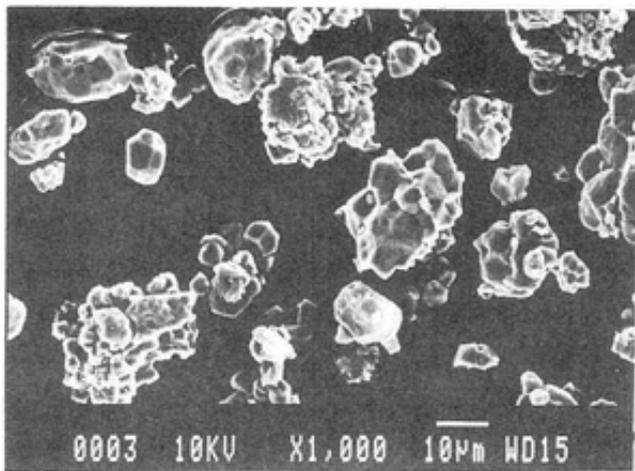
#### 7. 青価(Blue Value)

アミロース含量の高い米は硬くてポロポロした米飯となり、米菓の膨張が悪くなる<sup>25)</sup>など、アミロース含量によって米の加工特性が変化する。アミロースはそのらせん構造中にヨウ素原子を取り込み複合体を形成し<sup>26)</sup>、青色に呈色する。一方、アミロペクチンはその外部鎖長<sup>27)</sup>にもよるが、ほとんどヨウ素とは特異的結合を示さない。そこででん粉溶液にヨウ素を作用させ、その呈色度によってアミロース含量を比較することができる。アミロースを定量することはかなりの労力を要することから、米中のアミロース含量を比較するのにこの青価がよく利用される。そこで酒米搗精米ぬかと米粉A、及びそれらのでん粉の青価を測定し、その比較を行った。その結果、白ぬかの青価は0.498 $\pm$ 0.009、白ぬかでん粉では0.532 $\pm$ 0.023であり、米粉Aの0.395 $\pm$ 0.009、米粉でん粉の0.430 $\pm$ 0.019よりも高かった。これは原料となる酒米のアミロース含量が、通常の米より高かったためと考えられる。

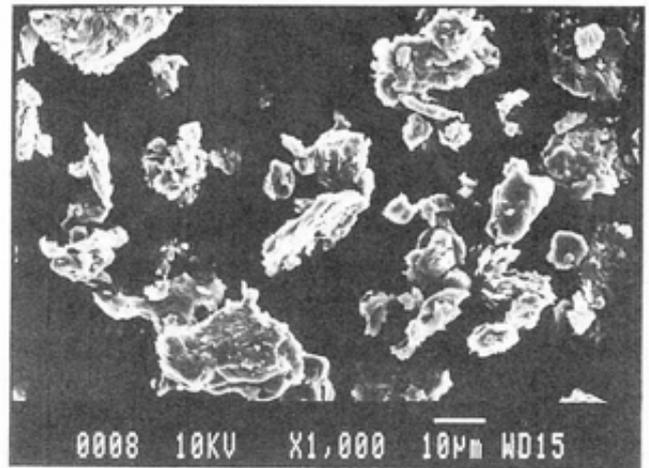
#### 8. 走査型電子顕微鏡による観察

米粉及び白ぬかの走査型電子顕微鏡写真を図7(a)~(e)に示した。粒形態は米粉Aでは図7(a)のように比較的球形に近い塊状を示し、またでん粉粒と思われる数 $\mu$ m程度の小粒子も粒子上に認められた。これに対して白ぬかでは図7(b)のような削りくずのような紡錘形や鱗片状の粒子が多数を占めており、でん粉粒は確認できなかった。このような違いは米粉が杵やロールによる圧迫によって粉碎され、また白米への多少の加水も許される<sup>22)</sup>のに対し、白ぬかは乾燥した米粒を高速で動く砥面の金剛砂によって削られるように作られるため、米の表面に強い摩擦力、剪断力がかった結果生じたと考えられる。中ぬかも白ぬかと同様紡錘形や鱗片状であるが、白ぬかよりも粒径が大きく、またでん粉粒も確認できた(図7(c))。これは粒度分布、でん粉損傷度の結果とも合致すると考えられる。赤ぬかでは図7(d)のように粒径は更に大きくなり、また図7(e)のように米の外皮と思われるものも確認された。精米の際最初精米機は高速で運転され、精米が進むにつれて低速とし、白米の破損を防ぐ。そのため最初に発生する赤ぬか・中ぬかは粗く削られるために粒径は大きくなり、精米が進んだ段階で発生する白ぬかでは粒径は小さくなると考えられる。

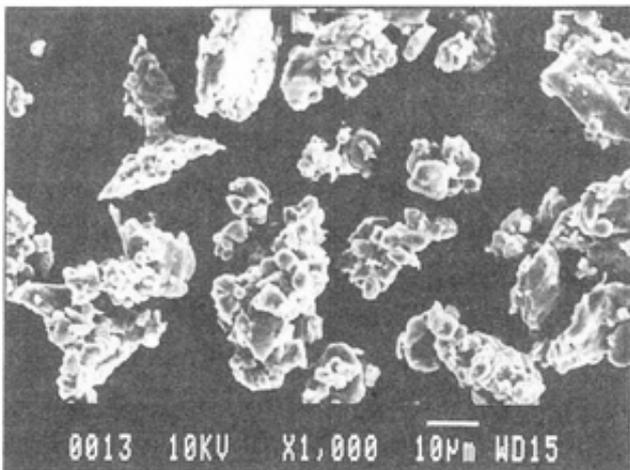
要 約



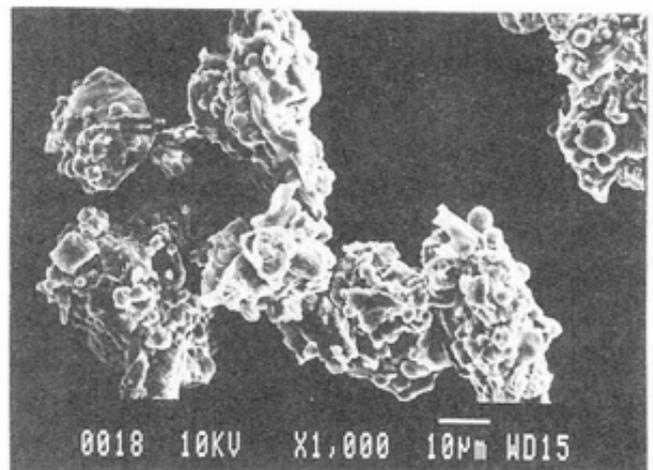
(a)



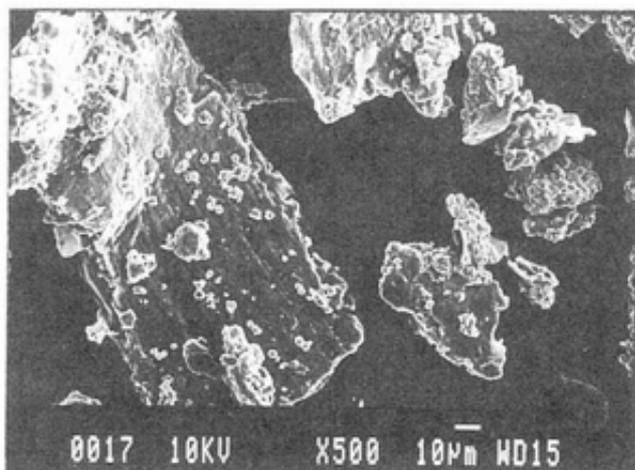
(b)



(c)



(d)



(e)

図7 米粉及び酒米搗精米ぬかの走査型電子顕微鏡写真  
 (a) 米粉 A, (b) 白ぬか, (c) 中ぬか, (d) 赤ぬか,  
 及び(e) 赤ぬか中の米外皮

酒米搗精米ぬかと米粉について比較検討を行い、以下の結果を得た。

(1) 白ぬかは米粉より細かい粒子が多く、中ぬか、赤ぬかは粗い粒子が多かった。ただし、白ぬか中には粗い粒子や米の外皮なども含まれていた。

(2) いずれの酒米搗精米ぬかも米粉に比べてでん粉の損傷度、糊化度が高くなっていた。白ぬかより分離したでん粉もその損傷度、糊化度が高かった。

(3) いずれの酒米搗精米ぬかも米粉に比べて溶解度、膨潤度が高かった。これはでん粉の損傷度、糊化度が高いためと考えられる。白ぬかでん粉は米粉でん粉より膨潤度は高かったが、精製時に冷水可溶性成分が除去されるために溶解度は低くなった。

(4) X線回折によって結晶化度を測定したところいずれの酒米搗精米ぬかのでん粉の結晶化度も米粉よりもかなり低かった。

(5) いずれの酒米搗精米ぬかも米粉に比べて攪拌粘度が大幅に低下しており、でん粉含量の少ない赤ぬかではほとんど粘度上昇が認められなかった。

(6) 白ぬかでん粉は米粉でん粉よりは攪拌粘度が低かったが、白ぬかよりはるかに高かった。白ぬかの粘度が低いのはでん粉の損傷と冷水可溶性成分の相乗効果によると考えられる。

(7) 白ぬかゲルの強度は米粉ゲルのそれよりはるかに低かった。これもでん粉の損傷などの理由が考えられる。またこれが白ぬかの利用を妨げている大きな要因と考えられる。

(8) 白ぬかの青価は米粉のそれよりも高かった。

(9) 酒米搗精米ぬかと米粉を走査型電子顕微鏡で観察すると製粉方法の違いに起因すると考えられる粒形態の違いが観察された。

## 文 献

- 1) 大坪研一：米の科学，石谷孝祐・大坪研一編，(朝倉書店，東京)，p. 18 (1995)。
- 2) 奥沢洋平：日醸協誌，90，836 (1995)。
- 3) 高田康吉・広頭祐史：福岡県工業技術センター研究報告，4，97 (1994)。
- 4) 高田康吉・広頭祐史・長浜正治：福岡県工業技術センター研究報告，5，127 (1995)。
- 5) 大野正博・遠藤浩志・小野和広・斎藤孔男：福島県ハイテクプラザ試験研究報告，1994，154 (1995)。
- 6) 大野正博・遠藤浩志・小野和広・斎藤孔男：福島県ハイテクプラザ試験研究報告，1994，166 (1995)。
- 7) 大野正博・遠藤浩志・小野和広・斎藤孔男：福島

- 8) 大竹嘉尚・中嶋淳：茨城県工業技術センター研究報告，24，47 (1996)。
- 9) 日本薬学会編：衛生試験法・注解 1990，(金原出版，東京)，p. 255 (1990)。
- 10) 佐々木堯：澱粉科学実験法，鈴木繁男・中村道徳編，(朝倉書店，東京)，p. 5 (1979)。
- 11) 福場博保：澱粉科学ハンドブック，中村道徳・鈴木繁男編，(朝倉書店，東京)，p. 166 (1977)。
- 12) 有坂将美・吉井洋一：新潟県食品研究所研究報告，26，11 (1991)。
- 13) 檜作進：澱粉科学実験法，鈴木繁男・中村道徳編，(朝倉書店，東京)，p. 171 (1979)。
- 14) Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. : *Cereal Chem.*, 36, 534 (1959)。
- 15) 貝沼圭二・小田恒郎・鈴木繁男：澱粉工誌，14，24 (1967)。
- 16) 稲津脩：澱粉科学，26，191 (1979)。
- 17) 科学技術庁資源調査会編：四訂日本食品標準成分表，第2版。(大蔵省印刷局，東京)，p. 54 (1995)。
- 18) 倉澤文夫：米とその加工，(建帛社，東京)，p. 293 (1982)。
- 19) 田中康夫：澱粉科学ハンドブック，中村道徳・鈴木繁男編，(朝倉書店，東京)，p. 559 (1977)。
- 20) 長尾精一：製パン材料の科学，田中康夫・松本博編，(光琳，東京)，p. 1 (1992)。
- 21) 斎藤昭三：澱粉科学，27，295 (1980)。
- 22) 檜作進：澱粉科学ハンドブック，中村道徳・鈴木繁男編，(朝倉書店，東京)，p. 25 (1977)。
- 23) 後藤富士雄：澱粉科学ハンドブック，中村道徳・鈴木繁男編，(朝倉書店，東京)，p. 231 (1977)。
- 24) 岩崎哲也：米の科学，石谷孝祐・大坪研一編，(朝倉書店，東京)，p. 48 (1995)。
- 25) 奥野員敏：米の科学，石谷孝祐・大坪研一編，(朝倉書店，東京)，p. 61 (1995)。
- 26) 澱粉科学ハンドブック，中村道徳・鈴木繁男編，(朝倉書店，東京)，p. 73 (1977)。
- 27) Taki, M., Hisamatsu, M. and Yamada, T. : *Stärke*, 28, 153 (1976)。