

米の天日干し及び熱風式機械乾燥の乾燥手法の差異が品質に及ぼす影響

Influence of the drying methods by sunlight and hot air on the quality of rice

深井 洋一^{*,**§} 坂 槇 秀 夫^{***} 塚 田 清 秀^{***}

Yohichi Fukai

Hideo Sakamaki

Kiyohide Tukada

The influence of the drying methods by sunlight and hot air on the quality of rice was examined. A five-point palatability evaluation of the two methods was conducted by comparing the cohesiveness, taste and three factors of hardness. Cooked rice quality was better by sunlight drying than by hot-air drying from the five-point palatability evaluation. The gelatinization temperature was lower for sunlight drying than for hot-air drying due to the higher maximum viscosity. There was no clear difference in ESEM values, but there was the possibility that a difference in the shape of a starch grain due to drying method influenced the swelling characteristics. These results indicate the superior quality of rice that had been dried in sunlight because of better retention of the original taste.

キーワード：米の乾燥 drying of rice；米の品質 quality of rice；理化学的性状 physicochemical properties；官能検査 palatability evaluation

米の乾燥技術に関しては、除湿乾燥、累積混合貯留乾燥、熱風乾燥・加熱乾燥、遠赤外線・マイクロ波利用乾燥などの機械化乾燥に関する多くの報告¹⁾がある。一般的に普及されている米の乾燥方法には、稲作が始まって以来の方法である自然乾燥すなわち、はざ掛け米などと呼ばれる天日干し乾燥と機械化乾燥設備によるライスセンターおよびカントリーエレベーター²⁾の大型施設や大規模稲作生産者が個人所有して行われる熱風式機械乾燥の方式がある。稲の刈り取り後の籾の水分含量は22~28%前後であり、前述した熱風乾燥の多くは循環式乾燥により均一な乾燥が行われ、テンパリング(間欠乾燥)³⁾により水分と温度が一定領域内で保持される機構になっている。大型施設のうちライスセンターでは、1~2日程度で約15%の籾水分まで乾燥させ、貯留することなく全量を籾摺りし玄米で出荷される。また、カントリーエレベーターは、入荷された籾を一旦約16~17%の水分含量まで半乾燥させて貯留を行い、その後1~2週間程度で約15%まで仕上げ乾燥をする2段階方式が主体的に行われている。そして、出荷の都度に籾摺りを行う今摺り方式で運用している。いずれの機械化乾燥も熱風温度は、乾燥させる籾量とその水分に応じて調整されるものの、概ね40~50℃が必要である。

一方、自然乾燥米は、収穫された水田内で、ワラに付けられたまま、はざ掛けなどにより、天日干し⁴⁾で2~3週間をかけて乾燥されるものであり、昨今では天日干しの食

味の良さやその環境配慮への志向を訴求した商品がみられる。しかし、その科学的根拠は明確でなく、天日干し等の自然乾燥に関する報告^{4)~6)}は少ない。さらに天日干しと熱風式機械乾燥とを比較した検討は、今から30年前の斉藤ら⁷⁾の少数の報告例に過ぎず、その内容は、供試試料が現在の流通品種ではなく、使用した乾燥機も機能が異なるなどの時代的な相違があり、現状の稲作には整合できていない。

本試験では、今日の主力品種であるコシヒカリを供試して、同一水田内で栽培履歴を同じくして収穫後、天日干しと熱風式機械乾燥に分けて処理して、その理化学的性状を調査した。その結果、乾燥手法の差異が品質に及ぼす影響について若干の知見が得られたので報告する。

実験方法

1. 供試材料

(1) 原料

長野県安曇野市豊科新田の水田地籍において、2002年9月21日に刈り取られたコシヒカリを供試した。なお、収穫直後の籾水分は約22%であった。

(2) 乾燥方法

①天日干し

はざ掛けにより、9月21日から10月8日までの18日間天日干しさせ、足ふみ式脱穀機にて籾を得た後、籾摺りを行った。

②熱風式機械乾燥

乾燥機(株)サタケ：テンパリング乾燥機MDR-1805B)により、無加熱通風を5時間行った後、ボイラー加熱温度42℃にて一晚(10時間)加熱乾燥後、連続して籾摺りを行った。なおここでは以下、熱風式機械乾燥を熱風乾燥と略記する。

* 社団法人長野県農村工業研究所
(Agricultural Technology Institute of Nagano Farmers, Federation)

** (現)株式会社マイパール長野
(Now) Mypearl Nagano Co. LTD)

*** 株式会社マイパール長野
(Mypearl Nagano Co. LTD)

§ 連絡先 株式会社マイパール長野 〒399-8211
長野県安曇野市堀金烏川 2669
TEL 0263(73)7807 FAX 0263(73)0216

(3) 搗精

山本堅型精米機ライスパル((株)山本製作所:VP-31 T)を用いて、搗精歩留まりを $90 \pm 0.5\%$ に調製した。

(4) 精米粉の調製

既報⁸⁾と同様に、粉碎機ラボラトリミル(Perten:3100型)により、精米約100gについて、スクリーン(目開き径0.5mm)で調製した。

2. 測定項目および方法

(1) 精米の白度および食味分析計測定

①白度

既報⁸⁾と同様に、精米約16gを試料皿に入れて、白度計((株)ケット科学研究所:C-300-3)により測定した。

②食味分析計測定

既報⁹⁾と同様に、精米約350gを供試し、近赤外透過式(808nm~1,075nm)の食味分析計(静岡精機(株):GS2000)により、水分含量、タンパク質含量およびアミロース含量を測定した。

(2) 電子顕微鏡における観察

精米粒の長軸を横にして縦方向にカッターナイフで垂直に切断し、イオンスパッタリング装置(日本電子(株):JFC-1100)を用いて約7mAで5分間金蒸着を行った。その切断面について、環境制御型電子顕微鏡((株)Nikon:ESEM-2700)により、50倍および400倍率で観察した。

(3) 炊飯食味計測定

既報⁸⁾と同様に、炊飯食味計((株)サタケ:STA-1A)により、炊飯直後の外観、硬さ、粘り、バランス度および食味値を測定した。試料は炊飯米8gを測定リングに入れ、測定治具により成型したものをを用いた。炊飯食味計は米を炊飯した際の糊化状態について、反射光および透過光の近赤外線を用いたセンサーで測定している。外観は光沢および透明度を数値化したもので、最高評点を10点満点としている。硬さ(10点表示で最良を5点)および粘り(10点満点)は、レオメーター測定値を前者が圧縮力、後者が粘着力で算出している。バランス度は粘りと硬さの比(10点満点)により得られ、食味値は100点満点で食味数値を表示している装置¹⁰⁾である。

(4) 糊化特性

既報⁸⁾と同様に、精米粉についてマイクロアミログラフ(ブラベンダー社)を用いて、糊化特性、すなわち糊化開始温度、最高粘度、最低粘度、ブレイクダウン、最終粘度およびセットバックを測定した。測定方法は、乾物換算し調整した精米粉10g前後に水100mlを加え、30℃から昇温速度5℃で95℃まで加熱し、3分間保持後、冷却速度5℃で30℃まで冷却した。

(5) 官能検査

炊飯方法は、精米450gを常法により1.0L炊きの電気炊飯器(シャープ(株):KS-F102)を用いて、洗米を2回、

ザル水切り後、加水量は水分13.0%を基準に補正し、加水後、室温(約20℃)で1時間浸漬、炊飯加熱および蒸らし時間は約1時間(自動)とした。官能検査は、外観、香り、味、粘り、硬さおよび総合評価について、職員13名により、(財)日本穀物検定協会の方法に準じた7段階評価法で、熱風乾燥を基準米として行った。食味評価は基準米と同じを0とし、外観、香り、味および総合評価については、良い(+)-悪い(-)、粘りは強い(+)-弱い(-)、硬さは硬い(+)-軟らかい(-)で評価した。差の程度により+3、-3はかなり、+2、-2は少し、+1、-1はわずかとして評価を数値化した。平均値を算出し、その平均値の95%信頼区間をt検定により判定した。

実験結果

1. 精米の白度および食味分析計測定値

精米の白度および食味分析計測定値を表1に示した。白度39.3~39.7、水分含量13.4~13.6%、タンパク質含量6.5%、アミロース含量19.2~19.3%の範囲の値をそれぞれ示した。ここでの測定は精米品質の確認であり、水分含量については両試料が近似する値になるように最終調整を行った値である。

2. 電子顕微鏡における観察

50倍率で細胞の配列をみると、米粒の中心から放射状に細胞が並んでいる。細胞を横断面から観察すると長軸方向では長く伸び、特に軸上の細胞は細長い棒状に伸びている。一方、短軸方向では長く伸びることはなく、扇形に広がっていた¹¹⁾。本観察では、熱風乾燥は、細胞壁が明確に見て取れている。

400倍率で天日干しと熱風乾燥を比較すると、明確な違いを示す画像は捉えられていない。しかし、澱粉粒の形状の立体的な膨らみには違いがあるように見える(写真1)。

3. 炊飯食味計測定値

炊飯品質特性を表2に示した。測定値は、測定リング内で成形された炊飯米の表裏の両面について、試料毎に3リング、計6回の測定値の平均値である。天日干しは熱風乾燥と比べて炊飯食味値の各項目が、0.1から0.3、食味値は2それぞれ品質指標が向上する値を示した。なお、硬さについては熱風乾燥が天日干しより数値が高くなっているが、これは米飯の最適硬度(5)を超え、より硬くなることを意味している。

表1. 精米の白度および食味分析計測定値

試料	白度 ¹⁾	水分 ²⁾ (%)	タンパク質 ²⁾ (%)	アミロース ²⁾ (%)
天日干し	39.7	13.4	6.5	19.2
熱風乾燥	39.3	13.6	6.5	19.3

1) 白度計((株)ケット科学研究所:C-300-3)により測定

2) 食味分析計(静岡精機(株):GS2000)により測定

米の天日干し及び熱風式機械乾燥の乾燥手法の差異が品質に及ぼす影響

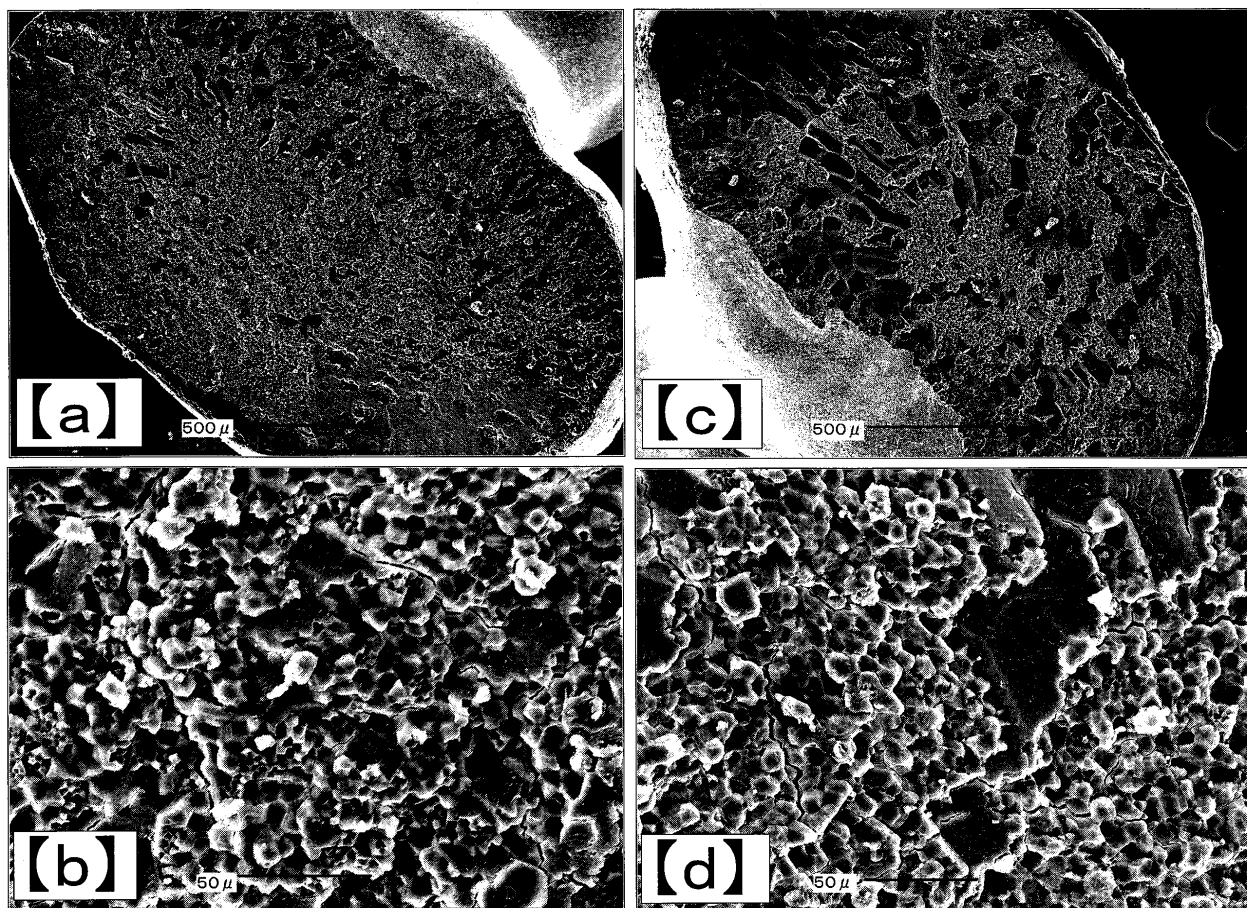


写真1. 環境制御型電子顕微鏡による観察

【a】天日干し (×50)；【b】天日干し (×400)；【c】熱風乾燥 (×50)；【d】熱風乾燥 (×400)。

表2. 炊飯食味計測定値

試料	外観	硬さ	粘り	バランス度	食味値
天日干し	5.9	6.6	6.3	6.2	77
熱風乾燥	5.7	6.8	6.2	5.9	75

炊飯食味計 ((株)サタケ: STA-1A) により測定

4. 糊化特性値

糊化特性値は、試料毎に2回の測定を行いその平均値と標準偏差を表3に示した。天日干しは熱風乾燥と比べて、糊化開始温度は67.8℃で1.3℃低く、最高粘度は554 BUで20 BU高いことが示された。天日干しは熱風乾燥と比べて、糊化開始温度が低いことから、食味の良い米ほど低温で糊化が始まる従来からの知見¹²⁾と符合し、また最高

粘度が高いことから粘りが強い傾向を示す炊飯米¹³⁾となることが示唆された。

5. 官能検査

天日干しと熱風乾燥を比べた炊飯米の官能検査を図1に示した。総合、味および硬さの3項目で有意差 ($p < 0.05$) を示し、それぞれ天日干しの評価が高かった。

考 察

栽培履歴を同じくした稲について、天日干しと熱風乾燥処理を行い、乾燥手法の差異が食味品質に及ぼす影響について調査した。

炊飯米について官能検査を行うと、総合、味および硬さの3項目において、天日干しは熱風乾燥と比べ、有意に優

表3. 糊化特性値

試料		糊化開始温度 (℃)	最高粘度 (BU)	最低粘度 (BU)	ブレークダウン (BU)	最終粘度 (BU)	セットバック (BU)
天日干し	平均値	67.8	554.0	302.0	252.0	789.0	487.0
	標準偏差	0.3	2.1	4.9	2.8	3.5	1.4
熱風乾燥	平均値	68.5	534.0	287.0	247.0	750.0	463.0
	標準偏差	0.4	7.1	4.2	2.8	14.1	9.9

マイクロビスコアミログラフ (ブラベンダー社) により測定

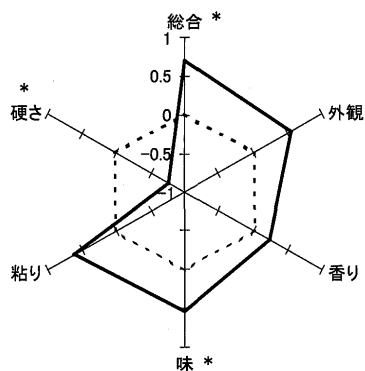


図1. 官能検査結果

---: 熱風乾燥 —: 天日干し

*: $p < 0.05$, (n=13)

れる評価結果が得られた。また、有意水準域には属さなかったが、外見および粘りの平均値も高い傾向であった。これは炊飯食味測定値の外観、硬さ、粘り、バランス度および食味値の5項目において、天日干しの品質指標が向上する傾向であった結果とほぼ符合する。三上¹⁰⁾が、官能評価値と炊飯食味測定値との間には高い相関が得られることを報告していることから、今回の測定で得た炊飯食味測定値の僅かな差も、天日干しと熱風乾燥の違いを示していると考えた。

ところで、天日干しと熱風乾燥では、乾燥温度と乾燥時間に大きな差異がある。天日干しは低温緩慢乾燥であるために澱粉粒への物理的なダメージが少ないのではないかと推察し、乾燥手法の差異が米への物理的な影響を及ぼしている可能性を探るために、糊化特性と電子顕微鏡観察により検討した。糊化特性でその差異を比較すると、天日干しは熱風乾燥と比べて、糊化開始温度が低く、最高粘度は高く、良食味米傾向の澱粉特性を示した。電子顕微鏡観察では、今回の結果からは明確な差の断定には至らなかったが、天日干しと熱風乾燥の澱粉粒の形状の違いが膨潤性に影響している可能性が推察された。但し、観察に際しての米粒サンプルの選び方、切断方法、試料間で均一な切断箇所であるか否か、細胞壁の影響等も顕鏡結果に影響を及ぼす可能性もあり、その推察の証明には課題を残している。本試験では澱粉自体の実験は行っていないが、ここでの糊化特性、炊飯食味計測定値および官能検査の結果と、前述した顕鏡観察から推察した澱粉粒の差異の要因は関連付けられると考えている。

張¹⁴⁾は、生粉乾燥における温・湿度の品質に及ぼす影響について、アリュールン層の微小構造変化の電子顕微鏡による観察で、加熱乾燥の温度が高いと膜面の円滑さを失い、損傷した膜面の脂質顆粒が増える。また、脂質顆粒の変化は隣接する蛋白質顆粒やサブアリュールン層に隣接する澱粉粒にも影響を与えると論及しており、加熱乾燥が米に与える物理的影響を報告している。

本試験の官能検査結果が示しているように、天日干しが熱風乾燥を上回る結果が得られた。これは米本来のおいしさを損なわずに乾燥処理が施された結果と思われる。熱風乾燥について、斉藤⁷⁾は、高水分粉(水分30%)の高温乾燥(40~50℃)条件下の食味劣化が著しいとし、乾燥時の原料の水分含量と乾燥温度の関係を指摘している。また、加熱を伴う乾燥速度が胴割れに及ぼす影響や、米を加熱した場合の米粒組織等の変化が、米を長期貯蔵した場合の変化に似ること⁵⁾、テンパリング処理回数の影響についても報告¹⁵⁾がされている。

一方、天日干しは自然環境の影響を受けるため、品質が均一になり難しく、高水分粉への高温日射や乾燥初時の降雨により胴割粒(碎米)が発生⁵⁾するなどの外観品質への影響も考慮する必要がある。最近の機械乾燥設備のカントリーエレベーターではダッツ方式¹⁾と呼ばれる、より自然乾燥に近い回転オーガでムラなく均一乾燥が行われる装置も導入されてきており、熱風乾燥で懸念される米に与える加熱負荷については軽減されてきている。しかし昔ながらの太陽光という自然エネルギーを活用した環境に優しい乾燥手法は、食味の面からも熱風乾燥を上回る手法であることが示唆された。

なお、2004年も同じ水田所有者で栽培履歴が同一条件の下(水田は異なる)で栽培された米について官能検査を行なっている。その結果も、熱風乾燥と比べて天日干しの食味が優れており、その差異の普遍性については問題がないと判断している。

要 約

天日干しと熱風乾燥の乾燥手法の差異が品質に及ぼす影響を検討した。官能検査では、総合、味および硬さの3項目において、天日干しは熱風乾燥と比べ、有意に優れることが評価された。炊飯品質では、天日干しは熱風乾燥より、食味スコア等の5項目において品質指標が向上する傾向を示した。糊化特性は、天日干しは熱風乾燥と比べて、糊化開始温度が低く、最高粘度は高かった。電子顕微鏡では明確な差の断定には至らなかったが、天日干しと熱風乾燥の澱粉粒の形状の違いが膨潤性に影響している可能性が考えられた。これらのことから、本条件下では、天日干しは熱風乾燥を上回る米の品質を具備している可能性が示唆され、米本来のおいしさを損なわない乾燥処理に起因すると推察した。

天日干しの粉摺りは、長野県農事試験場のご協力をいただきました。電子顕微鏡の観察は、長野県工業技術総合センター食品部門の装置により行いました。関係の皆様へ厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 「文献ガイド, 米の乾燥・貯蔵・精米技術」, 田村一平編,

米の天日干し及び熱風式機械乾燥の乾燥手法の差異が品質に及ぼす影響

- (流通システム研究センター, 東京), pp.31-87 (1994)
- 2) 三好敏弘, 美味しいご飯を炊くために, 「米飯食品ビジネス事典」, 大坪研一編者, (サイエンスフォーラム, 東京), pp.137-147 (2001)
 - 3) 久保田興太郎, 乾燥と品質, 「米の科学」, 竹生新治郎監修, 石谷孝祐, 大坪研一編, (朝倉書店, 東京), pp.94-102 (1995)
 - 4) 谷達雄, 米の品質と貯蔵・利用, 食糧普及技術シリーズ, 第7号, (食糧研究刊行会, 東京), pp.63-68 (1969)
 - 5) 倉澤文夫, 乾燥と品質, 「米とその加工」, (建帛社, 東京), pp.59-64 (1982)
 - 6) 高橋信吉, 「文献ガイド, 米の乾燥・貯蔵・精米技術」, 田村一平編, (流通システム研究センター, 東京), pp.3-26 (1994)
 - 7) 齊藤昭三, 有坂将美, 石井修一, 江川和徳, 谷地田武男, 中村幸一, 生脱穀火力乾燥米の性状とその利用に関する研究, 粳米の生脱穀火力乾燥による食味の変化 (第5報), 新潟県食品研究所研究報告, **14**, 29-39 (1977)
 - 8) 深井洋一, 石谷孝祐, 低アミロース米のブレンド適性の評価, 食科工, **51**, 254-262 (2004)
 - 9) 深井洋一, 石谷孝祐, コシヒカリおよびあきたこまちのブレンド適性の評価, 食科工, **51**, 263-266 (2004)
 - 10) 三上隆司, 柏村崇, 土屋義信, 西尾尚道, 可視光および近赤外光による米飯の官能値評価, 食科工, **47**, 787-792 (2000)
 - 11) 倉澤文夫, 米粒の構成, 「米とその加工」, (建帛社, 東京), pp.20-26 (1982)
 - 12) 岩崎哲也, 米の物理化学的性質, 「米の科学」, 竹生新治郎監修, 石谷孝祐, 大坪研一編, (朝倉書店, 東京), pp.48-60 (1995)
 - 13) 竹生新治郎, 渡辺正造, 杉本貞三, 真部尚武, 酒井藤敏, 谷口嘉廣, 多重回帰分析による米の食味の判定式の設定, 澱粉科学, **32**, 51-60 (1985)
 - 14) 張林紅, 戸次英二, 生籾乾燥における温・湿度の品質に及ぼす影響, アリユーロン層の微小構造変化, 農業機械学会東北支部報告, 45-52 (1991)
 - 15) 齊藤昭三, 有坂将美, 石井修一, 江川和徳, 谷地田武男, 中村幸一, 生脱穀火力乾燥米の性状とその利用に関する研究, 粳・糯米のテンパリング乾燥による品質変化 (第6報), 新潟県食品研究所研究報告, **14**, 41-51 (1977)
- (平成19年1月17日受付, 平成19年7月23日受理)

和文抄録

天日干しと熱風乾燥の乾燥手法の差異が品質に及ぼす影響を検討した。官能検査では, 総合, 味および硬さの3項目において, 天日干しは熱風乾燥と比べ, 有意に優れることが評価された。炊飯品質では, 天日干しは熱風乾燥より, 食味スコア等の5項目において品質指標が向上する傾向を示した。糊化特性は, 天日干しは熱風乾燥と比べて, 糊化開始温度が低く, 最高粘度は高かった。電子顕微鏡では明確な差の断定には至らなかったが, 天日干しと熱風乾燥の澱粉粒の形状の違いが膨潤性に影響している可能性が考えられた。これらのことから, 本条件下では, 天日干しは熱風乾燥を上回る米の品質を具備している可能性が示唆され, 米本来のおいしさを損なわない乾燥処理に起因すると推察した。