

# 水稲の成熟期における穂発芽処理が米の食味及び 理化学的特性に及ぼす影響

川村富輝・大里久美・浜地勇次  
(農産研究所)

成熟期に穂発芽性が異なる良食味品種から採取した穂を人工的に発芽させ、穂発芽が米の食味や理化学的特性に及ぼす影響について検討した。穂発芽処理日数が2日、4日、7日と長くなるとともに、穂発芽性が易の‘キヌヒカリ’は難の‘夢つくし’より穂発芽率が高く、玄米の外観品質や食味の低下程度が大きくなった。特に、処理日数4日の‘キヌヒカリ’における食味は無処理と比較して有意に低下した。理化学的特性では、穂発芽処理によってアミロース含有率と窒素含有率には変化はみられなかった。一方、アミログラム特性の最高粘度及びブレイクダウンが低下し、テクスチャー特性における硬さと粘着性の比(H/H)が増加し、その程度は‘キヌヒカリ’の方が‘夢つくし’より大きかった。以上の結果、穂発芽は米の食味や理化学的特性に影響を及ぼすことが明らかとなり、暖地水稲における穂発芽性は収量、玄米の外観品質のみならず、食味の安定性の面からも重要な育種目標であることが示唆された。

[キーワード：育種、食味、水稲、穂発芽、穂発芽性、理化学的特性]

Effect of Pre-harvest Sprouting on Palatability and Physicochemical Properties of Rice by Moist Treatment at Maturing Stage. KAWAMURA Yoshiteru, Kumi F. OOSATO and Yuji HAMACHI (Fukuoka Agricultural Reserch Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 18:1-4 (1999)

Early-maturing rice cultivars often exhibit pre-harvest sprouting at the maturing stage in the southeastern part of Japan. So, the effect of pre-harvest sprouting on palatability and physicochemical properties of rice, sampled at the maturing stage was investigated by moist treatment. The germination percentage with moist treatment of ‘KIN-UIHAKARI’, which had resistance to pre-harvest sprouting, was higher than ‘YUMETSUKUSHI’, which had susceptibility to pre-harvest sprouting. Deteriorations in palatability, quality of husked rice, maximum viscosity, break-down and H/H of ‘KINUIHAKARI’ were larger than ‘YUMETSUKUSHI’ through a longer moist treatment. These results suggested that pre-harvest sprouting was one of the causes of the deteriorations in palatability and physicochemical properties of rice. Therefore, it was concluded that viviparity was an important objective for rice breeding programs in the southeastern part of Japan.

[Key words: Breeding program, Rice, Palatability, Physicochemical Properties, Pre-harvest sprouting, Viviparity]

## 緒 言

暖地における水稲の早期栽培、早植栽培では成熟期が高湿条件であるため、この時期に倒伏したり、降雨が続いた場合、収穫前の水稲の立毛中に穂発芽の発生がみられる<sup>3,4,15,20</sup>。水稲の穂発芽は収量、外観品質を低下させることが明らかにされていること<sup>12,15,17</sup>から、暖地における水稲の育成地では穂発芽性が重要な育種目標の一つとされている。

その一方で、近年では米の食味に対する要望がより強くなり、水稲品種の食味は、その値だけでなく、安定性も高いことが求められており、穂発芽が米の食味及び理化学的特性に及ぼす影響を明らかにすることは、今後暖地水稲の食味評価を安定して高めていくうえで極めて重要なことと考えられる。

水稲の穂発芽性に関する研究は、これまでに品種間差異<sup>7,11,18</sup>、検定方法<sup>2,6,9</sup>などを中心に数多くなされている。また、穂発芽が食味や理化学的特性に及ぼす影響については、松江ら<sup>19</sup>が収穫後に常温で2カ月間経過した籾を用いて、発芽処理した米と無処理の米の混入率を6段階に変えて検討した。しかし、収穫後に一定期間貯蔵した

籾は貯蔵中に休眠覚醒され、発芽率が高まり<sup>19</sup>、収穫後の乾燥、除穎及び籾の傷つけによっても発芽が早まり<sup>5,16</sup>、これらの影響を取り除いて穂発芽と食味、理化学的特性との関係について検討した報告はない。さらに、穂発芽の発生を追って、経時的に食味や理化学的特性の変化をみた報告はない。

そこで、本報告では収穫前の立毛中に発生する水稲の穂発芽の状態に近づけるために、成熟期に穂発芽性が異なる良食味品種から採取した穂を直ちに人工的に発芽させ、穂発芽が食味や理化学的特性に及ぼす影響を経時的に検討した。

## 材料及び方法

試験は1994年と1995年に福岡県農業総合試験場の砂壤土水田で実施した。供試材料はともに極早生で、穂発芽性が難の‘夢つくし’、穂発芽性が易の‘キヌヒカリ’の2品種<sup>8</sup>を用いた。

移植は1994年が6月10日、1995年が4月25日に稚苗を用いて1株4本の手植えで行った。栽植密度は1994年が条間30cm、株間13cmの25.6株/m<sup>2</sup>、1995年が条間30cm、株間15cmの22.2株/m<sup>2</sup>とした。施肥(基肥+第

1回穂肥+第2回穂肥)量は10a当たり窒素成分で5.0+2.0+1.5kgとした。第1回穂肥は出穂前20~18日、第2回穂肥は第1回穂肥の7~10日後に行った。1区面積は13.0~15.0m<sup>2</sup>とした。

登熟期間中、ビニールで稲株の上面(高さ2.5m)及び側面の一部を覆い、穂が雨に濡れないようにし、成熟期(1994年が9月23日、1995年が8月28日)直後に穂を採取した。採取後、穂は直ちに10穂づつ束ね、気温28℃、湿度100%の穂発芽検定器(小澤製作所製)内で、2、4及び7日間吊り下げて、穂発芽処理をした区(以下、それぞれ処理2日区、同4日区、同7日区とする)を設けた。さらに、穂発芽処理を行わない0日区(以下、無処理区とする)を設けた。穂発芽処理終了後、風乾によって穀粒水分を15%程度まで下げ、5℃の温度条件下で密封保存した。

穂発芽率は各区ともに玄米について、1994年が100粒、1995年が1,000粒を2反復で調査した。なお、食糧庁検査基準に基づいて、肉眼観察で胚と接する胚乳部の境に白色の線が見える粒(第1図)も穂発芽粒に含め、穂発芽粒を芽長1mm未満の粒と芽長1mm以上の粒に分けて調査した。

食味官能試験は食糧庁の実施要領にほぼ準じて、1994年産が翌年の1月31日、1995年産が同年9月7日に実施した。基準品種として、各試験ともに供試した2品種と同じ条件で栽培した‘コシヒカリ’を用い、1回の供試点数は9、パネルの構成員は12~14名とした。なお、処理7日区は発芽の進行により搗精が困難となったため、食味官能試験は行わなかった。

理化学的特性の測定は、搗精歩合を約91%にした精米をラボラトリーミル3100型(Perten社製)で粉碎して、0.8mmの篩を通過させた米粉を用い、アミロース含有率とアミログラム特性値を測定した。また、玄米を同様に粉碎し、窒素含有率を測定した。

アミロース含有率はオートアナライザーII型(プラン・ルーベ社製)を用い<sup>1)</sup>、自動分析システムを応用した稲津の方法<sup>10)</sup>により比色定量した。玄米窒素含有率はケルダール法により測定した。ともに乾物当たりで表し、2反復とした。

アミログラム特性値はビスコグラフE型(ブラベンダー社製)を用いて、精米40gを450mlの蒸留水で懸濁し、30℃から93℃まで一定速度(1.5℃/分)で加熱した後、93℃に10分間保ち30℃まで加熱と同様の速度で冷却して、得られたアミログラムより最高粘度及びブレイクダウンを求めた(無反復)。

テクスチャー特性は遠藤らの方法<sup>11)</sup>に準じ、精米0.6gをアルミカップで直接炊飯し、テクスチュロメーター(全研製)により、クリアランス1.0mm、ブリッジ電圧3Vとし、4反復で測定した。

## 結果及び考察

### 1 穂発芽処理による穂発芽率及び検査等級の変化

穂発芽処理を0(無処理区、以下同じ)、2、4及び7日間行った場合の、‘夢つくし’と‘キヌヒカリ’の2品種の穂発芽率及び検査等級を第1表に示した。穂発芽率は

処理2日区では両品種ともに1.5%以下であった。これに対して、処理4日区では‘夢つくし’が4.0%と1.3%、‘キヌヒカリ’が15.5%と8.4%、処理7日区では‘夢つくし’が6.0%と7.0%、‘キヌヒカリ’が31.5%と20.5%となった。また、芽長1mm以上の発芽率から、穂発芽の程度は‘キヌヒカリ’の方が‘夢つくし’より大きかった。

検査等級についてみると、無処理区では両品種ともに1等下であったのに対して、‘夢つくし’は処理4日区から、‘キヌヒカリ’は処理2日区から低下が認められ、‘夢つくし’は処理7日区で2等下と規格外、‘キヌヒカリ’は処理4日区で3等上と規格外、同7日区で規格外と著しく低下した。

以上のように、無処理区と比較して、穂発芽処理日数が2日、4日、7日と長くなるとともに、両品種の穂発芽率が増加し、検査等級が低下した。また、穂発芽性が易

第1表 穂発芽処理による発芽率及び検査等級の変化

年次	品種名	処理日数	発芽率 (%)			検査等級 <sup>2)</sup>
			A <sup>1)</sup>	B <sup>1)</sup>	合計	
1994	夢つくし	0	0	0	0	1等下
		2	0.5	0	0.5	1等下
		4	3.5	0.5	4.0	2等上
		7	5.0	1.0	6.0	2等下
	キヌヒカリ	0	0	0	0	1等下
		2	1.5	0	1.5	2等中
		4	14.5	1.0	15.5	3等上
7	19.5	12.0	31.5	規格外		
1995	夢つくし	0	0	0	0	1等下
		2	0.1	0	0.1	1等下
		4	0.9	0.4	1.3	2等上
		7	3.7	3.3	7.0	規格外
	キヌヒカリ	0	0	0	0	1等下
		2	0.4	0.1	0.4	1等下
		4	7.1	1.3	8.4	規格外
7	12.0	8.5	20.5	規格外		

1)A:芽長1mm未満、B:芽長1mm以上。

2)福岡食糧事務所調査。

第2表 穂発芽処理による食味の変化

年次	品種名	処理日数	食味評価				
			総合	外観	味	粘り	硬さ
1994	夢つくし	0	0.14 (0.00)	0.36	0.14	0.29	-0.07
		2	0.00 (-0.14)	0.29	-0.07	0.00	0.21
		4	0.00 (-0.14)	0.21	-0.07	0.00	0.00
	キヌヒカリ	0	0.14 (0.00)	0.21	0.00	0.07	0.14
		2	-0.21 (-0.36)	0.07	-0.21	-0.07	0.00
		4	-0.29* (-0.43*)	0.21	-0.29	-0.14	0.07
1995	夢つくし	0	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.20	0.13
		2	-0.13 (-0.13)	-0.33	0.13	0.20	-0.07
		4	-0.13 (-0.13)	-0.41*	-0.13	0.13	-0.07
	キヌヒカリ	0	-0.07 (0.00)	-0.07	0.00	0.00	-0.07
		2	-0.27 (-0.20)	-0.27	-0.13	0.13	-0.13
		4	-0.60* (-0.53*)	-0.27	-0.27	-0.33	-0.07

1)食味評価は同じ条件で栽培した無処理の‘コシヒカリ’を基準(0.00)とした。また、( )内の数値は各品種ごとに無処理区との差で示した(食味の低下程度)。

2) \*:各品種の無処理と比較して、5%水準で有意差があることを示す(検定)。

の‘キヌヒカリ’は難の‘夢つくし’より穂発芽処理の影響を大きく受け、特に処理4日以降では両品種間の穂発芽率並びに検査等級の低下の差が顕著であった。

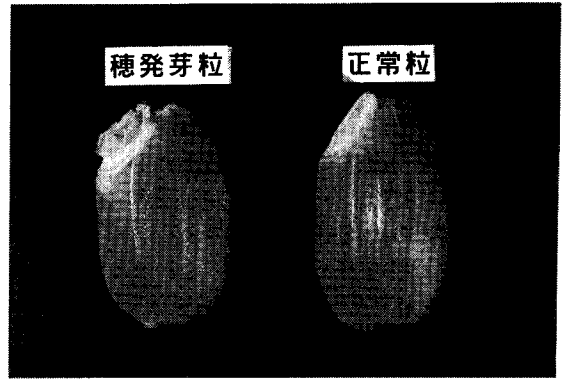
2 穂発芽処理による食味の変化

穂発芽処理を0, 2及び4日間行った場合の食味総合評価(以下、食味とする)を第2表に示した。‘夢つくし’と‘キヌヒカリ’の無処理区における食味はそれぞれ0.14と0.00, 0.14と-0.07であり、両品種ともに基準の‘コシヒカリ’と同程度であった。

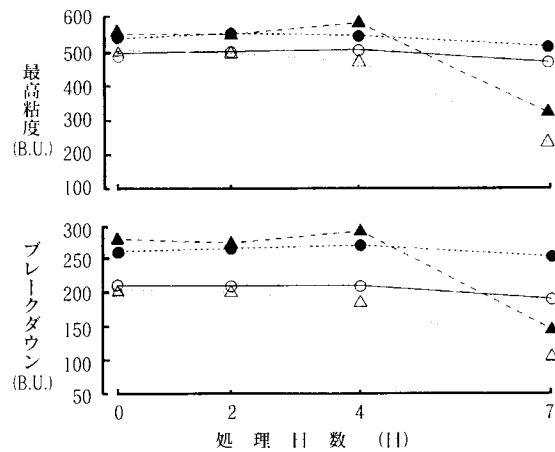
品種をこみにして、炊飯米の外観、味、粘り及び硬さと食味との相関係数を求めると、1994年がそれぞれ0.620, 0.953\*, 0.841\*及び0.025, 1995年がそれぞれ0.390, 0.782, 0.855\*及び0.457であり、味は1994年に、粘りは両年とも食味と相関が認められ、穂発芽処理による食味の低下は主に味及び粘りの低下によるものと考えられた。

品種ごとに各処理区の食味と無処理区の食味との差を求め、その値を穂発芽処理による食味の低下程度として表すと、‘夢つくし’の食味の低下程度は処理2日区、同4日区がそれぞれ-0.14と-0.13であった。これに対して、‘キヌヒカリ’の食味の低下程度は処理2日区が-0.36と-0.20, 同4日区が-0.43\*と-0.53\*であり、特に処理4日区における食味は無処理区と比較して5%水準で有意に低下した。

松江ら<sup>1)</sup>は、収穫後2カ月間、常温で経過した籾を発芽処理し、発芽粒の混入率別(0~100%)に食味の低下程度を検討した結果、食味低下は混入率が10%未満ではほとんど認められず、25%から影響がみられ、50%以上で有意な差で劣ると報告している。本報告のように、収穫直後に穂発芽処理した場合においても、穂発芽によって食味の低下が認められた。また、穂発芽による食味の低下程度は穂発芽性が易の‘キヌヒカリ’の方が難の



第1図 穂発芽処理による発芽粒



第2図 穂発芽処理による最古粘度及びブレイクダウンの変化

○, ●: それぞれ1994年, 1995年の‘夢つくし’。  
△, ▲: それぞれ1994年, 1995年の‘キヌヒカリ’。

‘夢つくし’より大きいことが明らかとなった

3 穂発芽処理による理化学的特性の変化

穂発芽処理を0, 2, 4及び7日間行った場合のアミロース含有率及び室素含有率を第3表に示した。両品種ともに穂発芽処理日数が長くなっても、アミロース含有率と室素含有率の変化には一定の傾向が認められなかった。同様に、アミログラム特性の最高粘度及びブレイクダウンを第2図に示した。両品種ともに最高粘度及びブレイクダウンは無処理区、処理2日及び4日区では一定の傾向が認められなかった。しかし、処理7日区は最高粘度は無処理区と比較して、‘夢つくし’が1994年, 1995年でそれぞれ25B.U., 21B.U., ‘キヌヒカリ’がそれぞれ270B.U., 227B.U.低下した。ブレイクダウンも同様にして比較すると、‘夢つくし’がそれぞれ20B.U., 7B.U., ‘キヌヒカリ’がそれぞれ100B.U., 134B.U.低下した。このように、処理7日区は最高粘度及びブレイクダウンの低下程度は‘キヌヒカリ’の方が‘夢つくし’より大きかった。

テクスチャー特性における硬さ(H)と粘着性(-H)の比(H/-H)を第3表に示した。無処理区、処理2日区、同4日区及び同7日区におけるH/-Hは‘夢つくし’がそれぞれ14.2, 17.2, 20.2及び27.2, ‘キヌヒカリ’がそれぞれ14.7, 24.1, 25.8及び40.6であり、穂発芽処理日数が長くなるとともに増加した。また、H/-Hを無

第3表 穂発芽処理によるアミロース含有率、室素含有率及びテクスチャー特性の変化

年次	品種名	処理日数	アミロース含有率(%)	室素含有率(%)	テクスチャー特性(H/-H) <sup>2)</sup>
1994	夢つくし	0	16.6	1.25	-
		2	16.8	1.28	-
		4	17.1	1.27	-
		7	16.8	1.25	-
	キヌヒカリ	0	17.2	1.24	-
		2	17.1	1.25	-
		4	17.3	1.24	-
1995	夢つくし	0	15.0	1.38	14.2
		2	15.1	1.42	17.2
		4	15.4	1.38	20.2
		7	15.3	1.40	27.2**
	キヌヒカリ	0	15.7	1.42	14.7
		2	15.7	1.40	24.1**
		4	15.8	1.42	25.8**
7	15.4	1.41	40.6*		

1)アミロース含有率は精米、室素含有率は玄米について調査した。  
2)H:硬さ、-H:粘着性。  
3)\*, \*\*:各品種の無処理と比較して、それぞれ5%, 1%水準で有意差があることを示す(t検定)。

処理区と比較すると、'夢つくし'では処理7日区、'キヌヒカリ'では処理2日区、同4日区及び同7日区で有意差が認められ、H/-Hの増加程度は'キヌヒカリ'の方が'夢つくし'より大きかった。

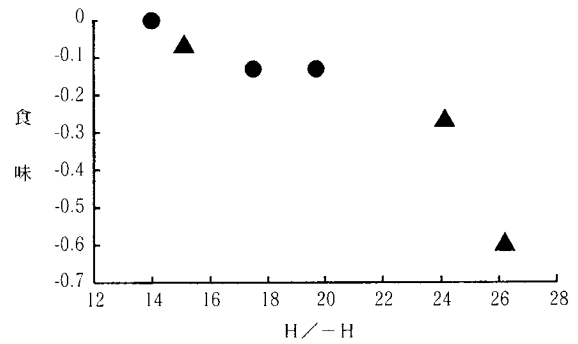
以上のように、穂発芽処理によってアミロース含有率と窒素含有率に変化はみられなかった。これに対して、アミログラム特性の最高粘度及びブレイクダウンは低下し、テクスチャー特性のH/-Hは増加した。また、食味官能試験を実施した無処理～処理4日の範囲内においても、品種をこみにした食味とテクスチャー特性のH/-Hとの相関係数は $-0.911^*$ と、5%水準で有意性が認められ、H/-Hが大きいほど食味が劣った(第3図)。したがって、本報告のように収穫直後に穂発芽処理を4日間行った場合、穂発芽による食味低下はH/-Hの増加にみられるテクスチャー特性の変化が1つの要因であると考えられる。

以上の結果をまとめると、成熟期に採取した穂を直ちに人工的に発芽させ、立毛中に発生する穂発芽米に近い材料を供試した場合、穂発芽性が易の'キヌヒカリ'は難の'夢つくし'より穂発芽の発生による外観品質の低下が大きだけでなく、食味の低下及びアミログラム特性、テクスチャー特性の理化学的性質の低下も大きいことが明らかとなった。

暖地水稲における穂発芽の発生については永松ら<sup>15)</sup>、今林ら<sup>10)</sup>の報告がある。このなかで、今林らは移植時期や倒伏程度が異なる水稲について、立毛中の穂発芽の発生率を品種別に調査した結果、穂発芽性が'夢つくし'と同程度に難の'コシヒカリ'<sup>9)</sup>では穂発芽の発生がなかったにもかかわらず、易の'キヌヒカリ'と'ミネアサヒ'<sup>9)</sup>では穂発芽の発生を認めている。また、近年極早生の良食味品種の作付けが増加していることや移植時期が早まっていることから、これらの品種は成熟期が高湿で遭遇する機会が多くなると予想される。したがって、収穫期頃に数日間降雨に遭遇した場合、'キヌヒカリ'のような穂発芽性が易の品種は難の品種より穂発芽が発生しやすく、食味が低下する危険性が高いと考えられる。このようなことから、暖地水稲における穂発芽性は収量、玄米の外観品質のみならず、食味の安定性の面からも重要な育種目標であることが示唆された。

### 引用文献

- 1) 遠藤 勲・柳瀬 肇・石間紀男・竹生新治郎(1980)極少量炊飯方式による米飯のテクスチュロメーター測定.第1報測定条件の検討と主要品種への適用.食総研報37:1-8.
- 2) 藤井 潔・朱宮昭男・工藤 悟(1993)水稲耐穂発芽性検定に関する研究.(第3報)散水検定法の開発.愛知農総試研報25:85-93.
- 3) 橋本俊司(1995)水稲品種「キヌヒカリ」において収穫直前の温度が穂発芽発生程度に及ぼす影響.日作紀64(別2号):87-88.
- 4) 平木永二(1996)宮崎県における早期水稲の気象災害.九農研58:18.
- 5) 池橋 宏(1967)環境による水稲品種の発芽性の変動とその検定・選抜方法. I. 登熟中の温度が発芽におよ



第3図 テクスチャー特性と食味との関係

- 1) ●, ▲:それぞれ1995年の'夢つくし'、'キヌヒカリ'。
- 2) H:硬さ, -H:粘着性。
- 3) 食味は総合評価で示し、同じ条件で栽培した無処理の'コシヒカリ'を基準(0.00)とした。

ぼす影響.育雑17:144-149.

- 6) 池橋 宏・石坂昇助(1968)稲育種における発芽性の問題点.(第1報)穂発芽性の簡易検定法.農及園43:1153-1154.
- 7) 今林惣一郎・尾形武文・浜地勇次(1990)福岡県における極早生良食味水稲品種の穂発芽性.日作九支報57:14-16.
- 8) 今林惣一郎・浜地勇次・古野久美・西山 壽・松江勇次・古野 稔・吉田智彦(1995)水稲新品種'夢つくし'の育成.福岡県農総試研報14:1-10.
- 9) 今林惣一郎・尾形武文(1998)極早生良食味水稲品種の穂発芽性および穂発芽程度とフォーリングナンバ一値との関係.日作紀67:236-240.
- 10) 稲津 脩(1982)米の検定.米の食味の理化学的性質.北海道立農試資料15:49-64.
- 11) 岩下友記・新屋 明・松清光二・松元幸男(1963)水稲の穂発芽について.九農研25:64-65.
- 12) 陣野久好・立石 昭・吉松 進(1964)早期米の米質に関する研究.発芽粉の糊摺とう精に関する調査.九農研26:71-72.
- 13) Juliano, B.O. (1971) A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today16:334-360.
- 14) 松江勇次・矢野雅彦(1991)水稲の穂発芽が米の食味と理化学的性質に及ぼす影響.日作九支報58:26-27.
- 15) 永松士巳・原田 淳・石川文雄(1959)早期栽培水稲の穂発芽現象について.日作九支報14:16-17.
- 16) 高橋成人(1967)稲種子の休眠と発芽-発芽阻害物質と品種-.東北大農研報18:195-213.
- 17) 館野 坦(1959)水稲の穂発芽と収量・品質への影響.農業技術14:486-489.
- 18) 安江多輔・浅井 靖(1968)稲種子の穂発芽とその要因(稲種子の休眠と穂発芽に関する研究 I).岐阜大農研報26:1-12.
- 19) 安江多輔・浅井 靖(1970)貯蔵中の外圍条件がイネ種子の休眠性および発芽性におよぼす影響.岐阜大農研報29:67-79.
- 20) 結城利幸・押川純二・菊川憲明(1995)宮崎県における1993年異常気象による早期水稲の被害の実態.九農研57:14.