

火力乾燥後の籾摺温度と玄米品質の関係について

土屋 功 位・上 出 順 一

(山形大学農学部農業機械学研究室)
(昭和53年9月30日受理)

The Relation between the Paddy Temperature Hulling and the Rice Qualities
in the Case of Hot-air Drying

Masanori TSUCHIYA and Junichi KAMIDE

Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture
Yamagata University, Tsuruoka, Japan
(Received September 30, 1978)

I. 緒 言

自脱型コンバインの普及に伴い、高水分籾を短時間(10時間前後)で火力乾燥し、籾摺調製を行うのが一般化してきた。しかし庄内地方において、火力乾燥に変わってから、従来の自然乾燥のものより胴割や肌ずれの多いものが見受けられ、これは火力乾燥後の冷却方法にも問題があるのではないかとの疑問が持たれている。そして指導機関では、「火力乾燥籾は十分に放冷し、常温に近づけてから籾摺機にかけること」と注意している。しかし常温まで時間をかけて放冷することは実際には容易でないので、これらの関係について試験調査を行った。

本調査は著者らの設計に基き庄内経済連米穀保管研究室と協力して行ったもので、脂肪酸度と発芽率は同研究室の後藤芳市、菅原伝一氏らが求めたものである。また試験調査には研究室の梅木幸子技官や野中久嗣君他農機専攻の学生諸君の協力を頂いた。

II. 試 験 方 法

1. 供試籾： 品種は山形大学附属農場(高坂地区)産のキヨニシキで、出穂後の積算温度 1,140°C(9月21日収穫)と 1,400°C(10月5日収穫)のコンバイン収穫籾を供試した。前者を1区、後者を2区とする。なお立毛中の胴割率は1区9.0%(内被害粒として取扱われる重胴割米1.8%)、2区7.4%(重胴割米0.7%)であった。

2. 火力乾燥： 附属農場に設置されてある佐竹式循環型乾燥機MDR-32Sを使用した。

1区……水分24.5%の生籾を、9月21日20時30分から翌朝9時まで、熱風温度50°Cで12時間30分乾燥した。乾燥直後の籾水分は13.7%、籾温度は41.0°Cであった。この区は15%前後の目標水分より過乾燥になった。

2区……水分23.0%の生籾を、10月5日12時より21時まで9時間常温通風し、ついで0時より翌朝8時まで熱風温度46.0°Cで8時間乾燥し、さらに熱風温度52.0°Cで2時間30分仕上げ乾燥を行った。乾燥直後の籾水分は15.8%、籾温度は39.5°Cであった。

3. 火力乾燥後の冷却処理：

a. 保温箱 乾燥機から取出した籾は直ちに、18.5 l 容量の発泡スチロール箱に収納した。箱の保温能力は、47°Cの籾18 l を収納した時、外気温28°Cで24時間で、籾温度が36.0°Cまで下る程度であった。

b. 温度差試験 次の温度差を設定し、徐冷区と急冷区に分けた。

温度差……約40°C, 35°C, 30°C, 25°C, 約20°C(室温)

徐冷区……保温箱に密閉した籾の温度が設定温度に徐々に下った時点で籾摺を行った。

急冷区……保温箱から取出した籾をシート上に拡げ、手で攪拌し、設定温度まで急冷して籾摺を行った。

c. 冷却速度差試験 乾燥機から取出した高温籾を室温(約20°C)まで冷却する時間が、1, 2, 4, 8, 16, 24時間になるように、攪拌および保温を適宜反復調整し、それぞれの設定時間で籾摺を行った。

4. 籾調製: 使用した籾摺機は佐竹式ライスマスタSPS44-Cで、ロール間隙は0.7mm, 脱稈率は約80%であった。1回約18 l の籾を供給し、籾摺状態が安定したところで、約2kgの試料を選別部から採取するようにした。

5. 胴割調査法: 籾摺直後および48時間後に、300粒を任意に抽出し、透視器を用いてそれぞれの胴割率を調べた。ただし重胴割粒は、食糧庁の農産物検査規格内規で被害粒として取扱われるものに相当し、図-1に示すようなものである。

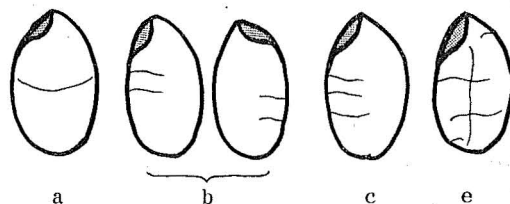


図-1 食糧庁農産物検査規格による被害粒(重胴割粒)

- a. 横1条の亀裂がはっきり通っているもの。
- b. 完全に通っていない亀裂が片面横に(他の面からみても)2条あるもの。
- c. 完全に通っていない亀裂が片面横に3条以上あるもの。
- d. 亀裂が縦に生じているもので、その大きさは問わない。
- e. 亀甲型の亀裂が生じているもの。

また軽胴割粒は、被害粒として計数されない程度の軽いものである。

6. 肌ずれ調査法: 肌ずれの米はまだ被害粒として定義されていないが、商品としての外観の品質を大きく損ねている。東北6県の食糧事務所では検査規格の内規として、粒表面積の1/3以上の肌ずれ米が70%以上混入している場合は、1等級格下げにするという。

本調査では籾摺後2週間以上放置し、300粒を任意に抽出し、New, M. G. 試薬で染色し、図-2に示すような5段階法で肌ずれの程度を調べた。

- A……肌ずれないもの。
- B₁……微傷が点在するもの。
- B₂……長さ1.5mm, 巾0.5mm 以内の剥皮または損傷が3ヶ所以内あるもの。
- C……長さ2.0mm, 巾1.0mm 以内の剥皮または損傷が5ヶ所以内あるもの。粒面の1/6以内が損傷しているもの。または B₂ 以上に小傷が全面にあるもの。
- D……C 以上に損傷が多いもの。胚芽が損傷しているもの。

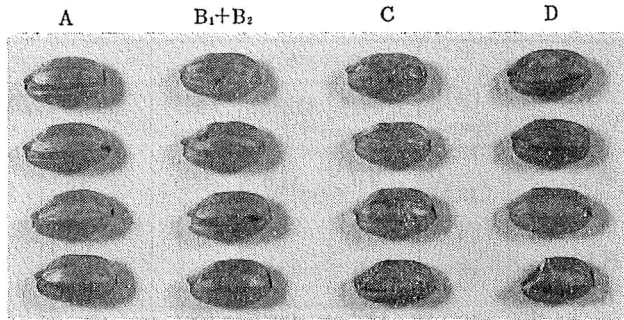


図-2 肌ずれ区分

CおよびDは前記検査規格内規の対象になるものであり、B₁ および B₂ は損傷程度は軽いが保管上問題になっているものである。

7. 保管中の品質変化試験： 籾摺後各試料を1kgずつ採取し、庄内経済連の米穀倉庫内に保管し、含水率、発芽率、脂肪酸度、肌ずれなどが保管中にどの程度変化するかを、庄内経済連で調査した。

III. 試験結果および考察

1. 胴割率： 表-1は胴割率の調査結果をまとめたものである。籾摺直後と48時間後の胴割率を比較すると、いずれも後者が増加しているが、48時間以上放置してもそれ以上は増加しない。これは庄内経済連米穀保管研究室で、5ヶ月後に行った調査で確認された。

表-1の1区の48時間後の成績を図-3, 4, 5に示す。ただし図-4の温度22℃と41℃のデータは、図-3と図-5のものと同通である。また表-1の2区の48時間後の成績を図-6, 7, 8に示す。各図の——線は大学で、……線は経済連で調べたものである。図より

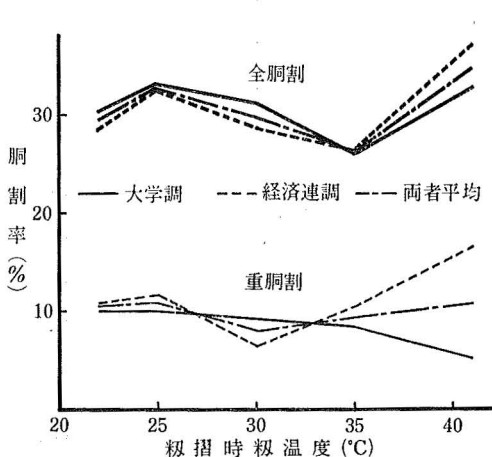


図-3 胴割率-1区, 徐冷区 (温度差試験)

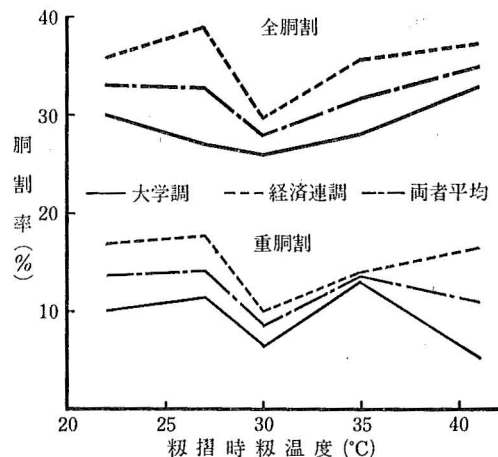


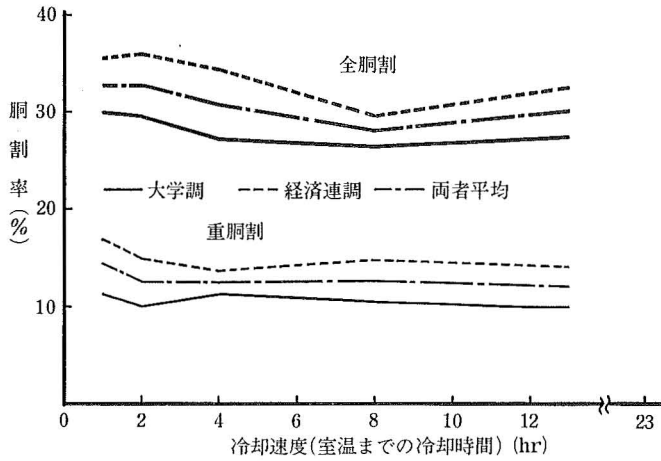
図-4 胴割率-1区, 急冷区 (温度差試験)

表-1 胴割率

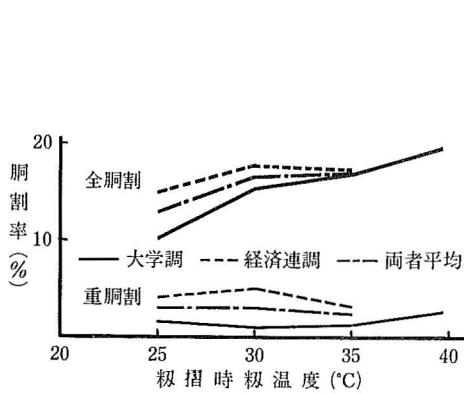
				含水率 (%)	籾摺直後胴割率 (%)			* 48時間後胴割率 (%)		
					重胴割	軽胴割	全胴割	重胴割	軽胴割	全胴割
1 区 9 月 21 日 收穫 (1140°C)	温度 差 試 験	徐 冷 区 (°C)	41	13.6	3.0	9.0	12.0	5.2	28.6	33.8
			35	13.4	4.0	14.0	18.0	16.0	20.7	36.7
			30	13.4	4.8	21.3	26.1	8.5	17.5	26.0
			25	13.3	4.5	23.3	27.8	10.7	15.6	26.3
			22	13.3	13.0	15.0	28.0	9.5	21.5	31.0
								6.3	22.0	28.3
	急 冷 区 (°C)	35	13.4	6.0	15.0	21.0	13.0	15.0	28.0	
		30	13.6	3.5	13.8	17.3	13.7	21.6	35.3	
		27	13.5	3.5	13.8	17.3	6.5	19.5	26.0	
							10.0	19.3	29.3	
							11.5	15.5	27.0	
							17.3	21.4	38.7	
	冷 却 速 度 差 試 験 (hr)	1	13.6	3.0	13.0	16.0	11.5	18.5	30.0	
		2	13.6	5.3	16.0	21.3	16.7	19.0	35.7	
		4	13.2	6.8	15.3	22.1	10.0	19.5	29.5	
		8	13.4	1.5	13.5	15.0	15.0	21.0	36.0	
		13	13.1	2.5	19.0	21.5	11.5	15.5	27.0	
							13.7	20.6	34.3	
	火力乾燥後							10.3	25.4	35.7
	自然乾燥							0.7	11.6	12.3
	2 区 10 月 5 日 收穫 (1400°C)	温度 差 試 験	徐 冷 区 (°C)	39.5	15.1	1.4	5.0	6.4	2.5	17.0
35				15.5	1.7	10.3	12.0	1.5	15.0	16.5
30				15.5	2.0	12.0	14.0	3.3	14.0	17.3
25				15.3	2.3	11.0	13.3	1.0	14.5	15.5
								5.0	13.7	18.7
								1.5	9.0	10.5
急 冷 区 (°C)		35	15.8	1.5	4.7	6.2	2.5	15.5	18.0	
		30	15.8	0	4.7	4.7	7.0	14.3	21.3	
		27	15.8	0.7	5.3	6.0	4.0	9.0	13.0	
		24	15.6	1.7	6.7	8.4	9.0	14.7	23.7	
							3.0	9.0	12.0	
							7.0	12.0	19.0	
冷 却 速 度 差 試 験 (hr)		2	15.6	1.0	9.3	10.3	7.0	5.5	12.5	
		4	15.3	1.3	5.3	6.6	7.7	16.7	24.3	
		8	15.4	2.3	13.3	15.7	1.7	9.7	11.4	
	12	15.4	2.0	9.7	11.7	7.3	14.3	21.6		
	23	15.5	2.3	15.3	17.7	3.0	16.5	19.5		
						6.7	14.3	21.0		
火力乾燥後							4.0	15.0	19.0	
自然乾燥							0.7	11.0	11.7	

注 * 印 2区下段は籾摺後10日調

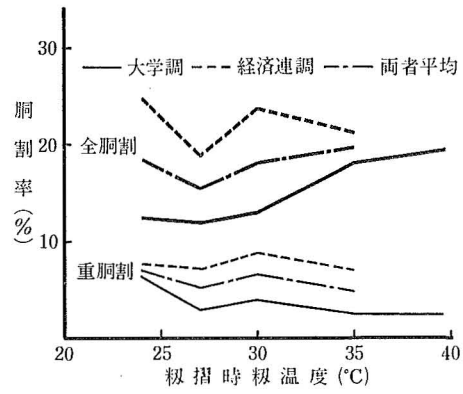
(下段は庄内経済連調)



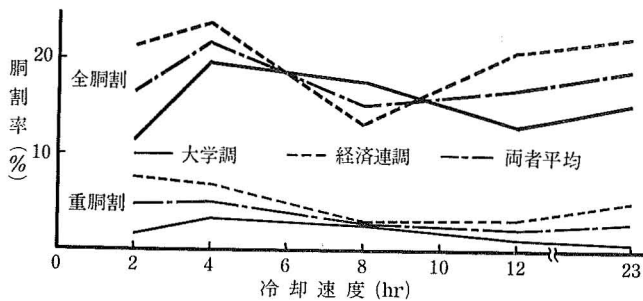
図一五 胴割率-1区, 冷却速度差試験



図一六 胴割率-2区, 徐冷区 (温度差試験)



図一七 胴割率-2区, 急冷区 (温度差試験)



図一八 胴割率-2区 (冷却速度差試験)

表-2 肌 ず れ

				肌 ず れ 粒 (300粒中)					5ヶ月後肌ずれ粒 (300粒中)						
				A	B ₁	B ₂	C	D	A	B ₁	B ₂	C	D		
1 区 9 月 21 日 収 穫 (1140°C)	温 度 差 試 験	徐 冷 区 (°C)	41	60 71 36	95 216 107	123 132 224	17 11 25	5 2 0	40	106	139	14	1		
			35	70 61 63	108 233	121	10 4	0 0	58	130	98	13	1		
			30	94 113	113	87	6 2	0 0	60	144	88	7	1		
			25	102 113	75 183	117	6 4	0 0	60	144	92	4	—		
			22						82	136	79	2	1		
	急 冷 区 (°C)	35	77 73	97 221	116	8 6	2 0	41	156	100	3	—			
		30	74 63	114 236	99	12 1	1 0	59	157	76	8	—			
		27	51 62	128 236	106	15 1	0 1	65	183	46	6	—			
	冷 却 速 度 差 試 験 (hr)	1	81 79	127 216	87	4 4	1 1	48	180	67	5	—			
		2	67 79	117 215	105	10 6	1 0	47	184	63	5	1			
		4	56 71	129 229	105	9 0	1 0	50	186	62	1	1			
		8	80 79	122 218	94	4 2	0 1	68	173	56	2	1			
		13	77 88	129 210	88	6 2	0 0	73	165	60	2	—			
	火力乾燥後				69	202		27	2						
	自然乾燥				65	181		40	14						
	2 区 10 月 5 日 収 穫 (1400°C)	温 度 差 試 験	徐 冷 区 (°C)	39.5	43 —	62 —	160 —	30 —	5 —						
35				58 55	85 127	130 101	22 15	5 2	47	175	67	10	1		
30				48 58	90 98	136 133	21 11	5 0	60	166	66	6	2		
25				70 35	82 71	131 175	15 16	2 3	35	126	110	26	3		
急 冷 区 (°C)		35	46 40	86 93	145 140	19 20	4 7	50	177	60	12	1			
		30	70 56	68 108	143 123	16 9	3 4	44	196	56	4	—			
		27	63 65	79 139	137 86	21 8	0 2	28	181	77	10	4			
		24	73 47	82 122	127 117	15 14	3 0	36	199	52	11	2			
冷 却 速 度 差 試 験 (hr)		2	66 66	106 108	108 109	17 6	3 1	49	190	56	4	1			
		4	50 49	86 122	142 118	19 10	3 4	60	181	53	4	2			
		8	70 60	97 130	111 103	19 7	3 0	47	167	74	12	—			
	12	89 48	69 111	120 130	21 11	1 0	61	187	47	5	—				
	23	60 63	94 114	132 113	14 10	0 1	46	172	71	10	1				
火力乾燥後				96	77	111	11	4							
自然乾燥				92	87	117	4	—							

(下段は庄内経済連調)

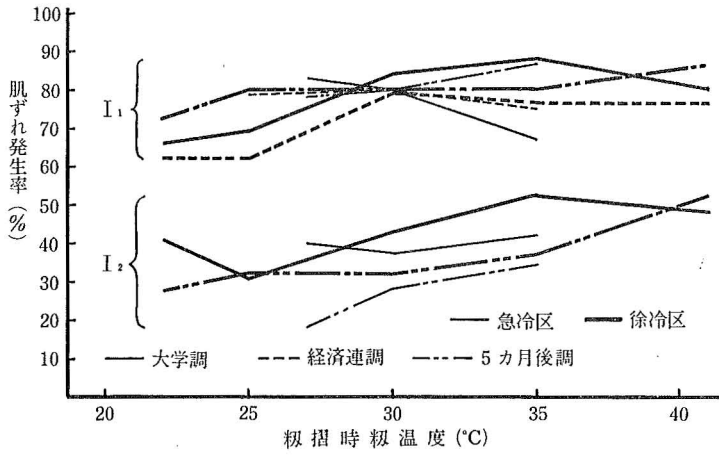


図-9 肌ずれ発生率-1区 (温度差試験)

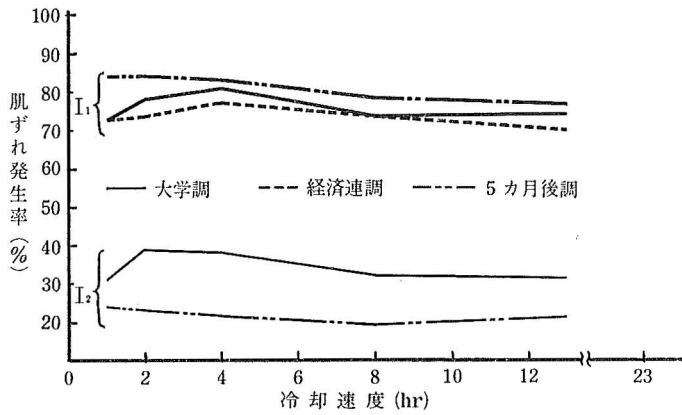


図-10 肌ずれ発生率-1区 (冷却速度差試験)

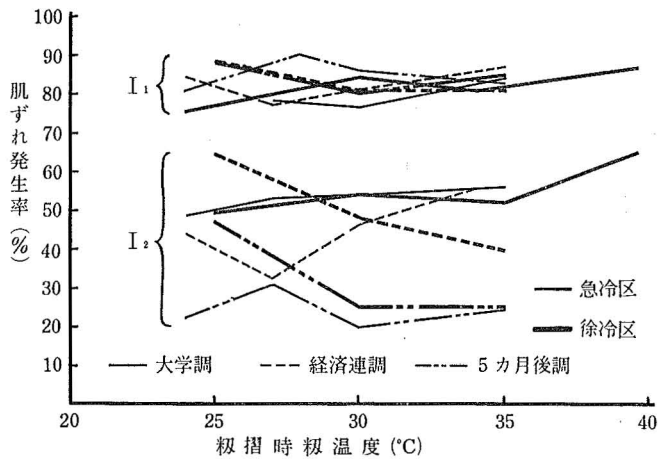


図-11 肌ずれ発生率-2区 (温度差試験)

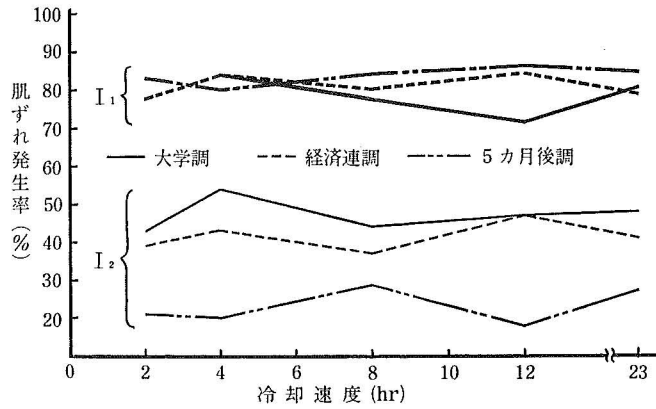


図-12 肌ずれ発生率-2区(冷却速度差試験)

表-3 脂肪酸度

庄内経済連調

				脂肪酸度 (mg)			
				籾摺後 48 hr	2ヶ月後	5ヶ月後	8ヶ月後
1区 9月21日 収穫 (1140°C)	温度差試験	徐冷区(°C)	41	14.13	22.12	22.43	21.65
			35	11.03	19.51	22.42	20.44
			30	12.05	20.81	22.41	18.06
			25	12.82	17.41	19.81	16.39
			22	11.52	15.85	21.09	18.28
	冷却速度差試験	急冷区(°C)	35	12.82	20.03	19.81	20.68
			30	10.28	21.60	21.64	22.59
			27	15.15	18.22	20.61	18.07
	火力乾燥4日後			9.49	21.08	21.13	19.50
		自然乾燥		11.54	18.31	19.14	17.93
2区 10月5日 収穫 (1400°C)	温度差試験	徐冷区(°C)	35	15.14	24.30	19.45	22.11
			30	15.13	26.15	17.50	21.17
			25	24.57	26.43	26.00	25.17
			35	16.52	24.32	23.61	24.72
			30	15.20	23.52	22.38	21.41
	冷却速度差試験	急冷区(°C)	27	12.53	29.60	17.28	21.18
			24	13.83	22.74	19.45	20.46
			2	13.82	22.97	22.36	21.18
			4	16.96	23.75	23.08	20.46
			8	15.12	22.97	21.86	20.44
火力乾燥4日後			12.24	20.60	16.52	18.03	
	自然乾燥		11.09	17.08	21.28	14.37	
	12	12.20	21.12	20.16	19.72		
23	13.81	24.30	22.83	22.84			

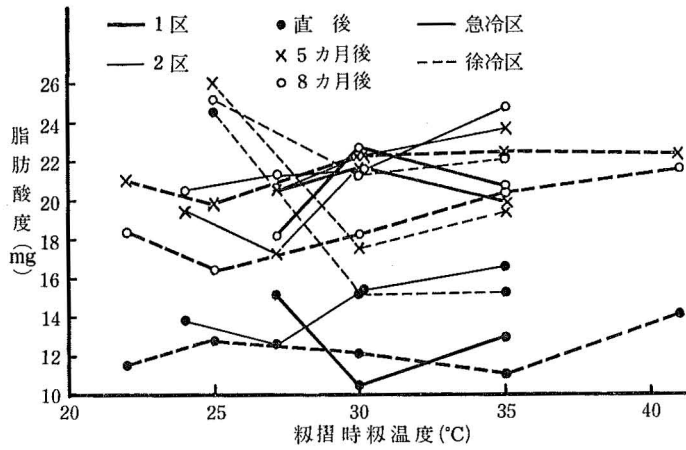


図-13 脂肪酸度 (温度差試験)

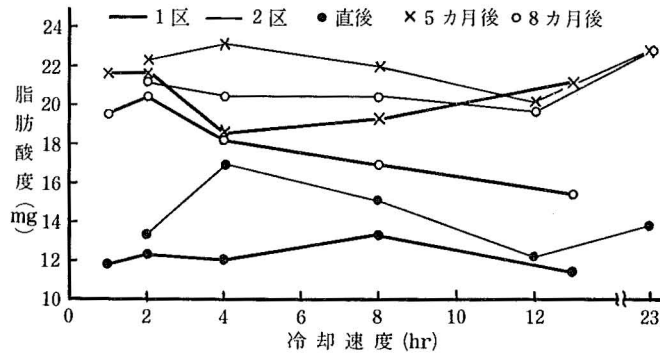


図-14 脂肪酸度 (冷却速度差試験)

知られるように、両者の成績にはかなりの相違があるが、これは調査者の個人差によるものと思われる。参考までに両者の平均値を求めたのが、各図の---線である。これらの図より、温度差および冷却速度差による胴割率の値には、ほとんど差がないことが知られる。全胴割率をみると、火力乾燥直後の高温粳 (40°C 前後) の粳摺ではいくらか高い傾向を示すが、35°C 以下では徐冷、急冷いずれの場合もほとんど差がない。特に被害程度の明かな重胴割率には全く差が認められなかった。

2. 肌ずれ率： 表-2は肌ずれ粒の調査結果をまとめたものである。表より、肌ずれ粒の大部分は B₁ および B₂ のもので、C および D 程度のものは極めて少いことが知られる。また1区より2区の肌ずれ粒がそれぞれいくらか多いが、これは収穫時の積算温度差によるものでなく、粳摺時における2区の籾水分がいくらか高かったことによるものと思われる。

前述したように、B₁ および B₂、特に B₁ の肌ずれ程度は軽いが、長期保管中に品質を劣化させる恐れがあるので、B₁ を含めた場合と除いた場合の肌ずれ率 I₁ および I₂ を次式から求めて図示した。1区は図-9, 10, 2区は図-11, 12である。

$$I_1 = \frac{B_1 + B_2 + C + D}{300} \quad I_2 = \frac{B_2 + C + D}{300}$$

各図の——線は大学で, ……線は経済連で, また---線は5ヶ月後に経済連で調べた成績である. 各図とも5ヶ月後の I_2 が低くなっているが, これは調査時期が異なると同

表-4 発 芽 率

庄内経済連調

		発 芽 率 (%)					発 芽 率 (%)		
		稈 摺 後	5 ヶ 月 後				稈 摺 後	5 ヶ 月 後	
1 区 9 月 21 日 收 穫 (1140°C)	温 度 差 試 験 徐 冷 区 (°C)	41	96	97	2 区 10 月 5 日 收 穫 (1400°C)	温 度 差 試 験 徐 冷 区 (°C)	35	97	100
		35	95	96			30	98	98
		30	85	97			25	99	97
		25	92	96					
		22	93	94					
	急 冷 区 (°C)	35	90	98	急 冷 区 (°C)	35	99	100	
		30	87	95		30	99	99	
		27	89	97		27	100	98	
						24	100	98	
冷 却 試 験 速 度 差 (hr)	1	93	94	冷 却 試 験 速 度 差 (hr)	2	99	99		
	3	90	97		4	100	100		
	4	94	98		8	100	100		
	8	89	97		12	99	99		
13	84	97	23	99	98				
火 力 乾 燥 4 日 後		88	95	火 力 乾 燥 4 日 後		99	100		
自 然 乾 燥		78	99	自 然 乾 燥		94	99		

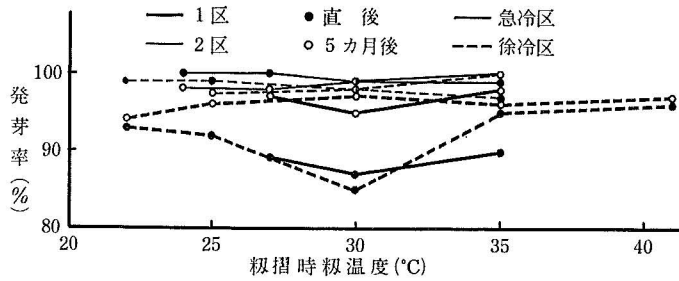


図-15 発芽率-温度差試験

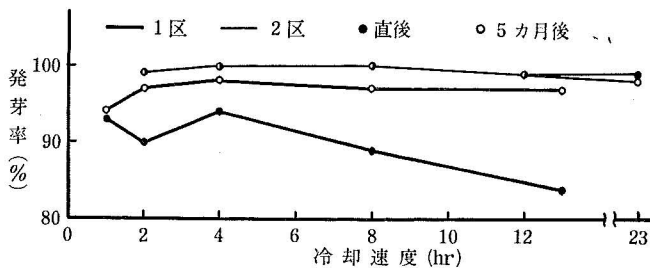


図-16 発芽率-冷却速度差試験

一調査者でも、肌ずれ程度の判定に多少の差が出ることがその原因の一つになっているものと思われる。しかし同一調査時期の値を比較すると、温度差試験の場合も冷却速度差試験の場合も、 I_1 および I_2 はほとんど変わらないことが知られる。

3. 脂肪酸度：表—3は経済連で調べた脂肪酸度で、図—13は温度差試験、図—14は冷却速度差試験の成績である。両図とも5ヶ月経過した時の値は収穫時よりかなり高いが、8ヶ月経過した時の値は5ヶ月後の値より低くなっている。しかし同一調査時期の値を比較すると、火力乾燥後の冷却処理法による差はほとんど認められない。

4. 発芽率：表—4は経済連で調べた発芽率の結果をまとめたものである。発芽率を図—15, 16に示す。

いずれも火力乾燥後の冷却処理法による差は認められない。

IV. 摘 要

庄内地方において、火力乾燥後の高温籾 (40°C 前後) を常温まで徐冷するなど、適切な冷却処理を行ってから籾摺をしないと、胴割米や肌ずれ米が増加するという不安が広く持たれている。そのため温度差と冷却速度差を設定して籾摺を行い、胴割率や肌ずれ率を調べた。また庄内経済連で並行して行った発芽率などの成績も、参考までに含めてある。主な結果は次の通りである。

1. 籾摺時の籾温度が 35°C 以下なら、徐冷、急冷いずれの場合も、温度差による胴割率に差がない。

2. 高温籾を1時間から24時間で常温まで冷却した場合、冷却速度 (時間) 差による胴割率に差がない。

3. 肌ずれ程度を A, B₁, B₂, C, D の5段階に区分した。B₁ を含めた場合と除いた場合の肌ずれ率 I_1 および I_2 は、冷却処理法によって変らない。

4. 庄内経済連米穀保管研究室で調べた脂肪酸度、発芽率は、冷却処理法によって変らない。ただし5ヶ月保管後の脂肪酸度はかなり増加した。

5. 生籾の火力乾燥に10時間余費し、籾摺機の脱稈率を約80%にした場合、つまり適切な火力乾燥と脱稈作業を行った場合、籾摺時の籾温度が 35°C 以下なら、急冷、徐冷いずれの場合も、玄米品質には差が認められなかった。

参 考 文 献

1. 諏沢健三：米の胴割れの測定方法の基準について。農業機械学会農産機械部会研究会資料 (1976)
2. 山口信吉：胴割れの発生機構。農業機械学会農産機械部会研究会資料 (1976)
3. 伴 敏三：人工乾燥における米の胴割に関する実験的研究。農業機械化研究所報告、第8号 (1971)
4. O. R. KUNZE, M. S. U. CHOUDHURY : Moisture adsorption related to the tensile strength of rice. Cereal Chem., 49, (1972)
5. 山下律也：「米の胴割測定方法の基準」についての提案。農機誌 Vol. 38, No. 2 (1976)
6. 伊藤和彦他：生もみ乾燥の合理化に関する研究 (第2報) (The relation between drying condition and rice qualities), 農機誌 Vol. 35, No. 4 (1974)
7. 松田従三, 他：もみの半乾貯蔵に関する合理的運営と品質保全に関する研究 (第1報), 農機誌 Vol. 35, No. 4 (1974)

8. 食糧庁検査課 : 農産物検査の理論と実務
 9. // : 農産物検査手帳
 10. MOFFAZZAL H. CHOWDHURY, WESLEY F. BUCHELE : Effects of the operating parameters of the rubber roller sheller, Trans. of A. S. A. E. (1975)

Summary

The authors investigated the relationship between the paddy temperature hulling after hot-air drying and the brown rice qualities such as the rate of crack (check of rice kernels), abrading and germination, and furthermore fat acidity.

For the tests, the hot-air dried paddy was kept in adiabatic boxes which each capacity is 18 liters. And as the paddy temperature reached 40°C, 35°C, 25°C and the room temperature (about 22°C) by quick cooling and slow cooling, the paddy was hulled respectively with hulling efficiency of 80%. The main results are as follows :

1. If the paddy temperature hulling is below 35°C, the rate of crack doesn't differ with the any temperature in both cases of quick and slow cooling.

2. when the hot-air dried paddy (about 40°C) is cooled down until the room temperature and hulled, there isn't any difference to the rate of crack with cooling rate of 1, 2, 4, 8, 16 and 24 hours.

3. The degree of abrading of rice kernels by hulling was divided into five classes of A, B₁, B₂, C and D.

A.....Sound kernels,	B ₁Very slight abrading,
B ₂Minor abrading,	C.....Major abrading,
D.....Severe abrading.	

The rate of abrading I₁ and I₂ which the former is including and the latter is not including B₁ do not differ according to the cooling conditions.

4. The rate of germination and the fat acidity do not differ according to the cooling conditions, although the latter value increased after five months storing.

5. In the case that the raw paddy was dried with more than ten hours hot-air heating and then hulled with the hulling efficiency of 80%, the quality of brown rice didn't differ according to the cooling conditions as long as the paddy temperature hulling is under 35°C.