

米の水分に関する組織学的研究

反 田 嘉 博

Yoshihiro TANDA : Histological Studies on the Moisture of Rice Kernel

Received August 28, 1964

I 緒 言

米の水分の多少およびその放湿・吸湿の遅速は貯蔵上大切な条件であるが、米の種類および稔実の差異により同一条件下にあっても異なることが認められる。しかしこれらの関係が未だ明らかでないので、それらによる保管上の失敗例が多い。よって、これらの要因と思われる米質の細胞組織とその水分機構との関係を究明した。当研究は昭和38、39年度にわたる文部省総合科学研究費による、「米の品質に関する基礎的研究」の分担研究として行われたものである。

II 方法および試料

a) 試 料

米の種類¹⁾の代表品種として用いたものは、表1の如第1表 試 料 米

品 種	組 織	出 穂 期	産 地
豊年早生	硬(準)質	7月下旬	京都(農試)
越 光	硬(準)質	7月下旬	岩手(農試)
藤坂5号	軟 質	7月下旬	青森(農試)
十和田	軟 質	7月下旬	青森(農試)
奥羽225号	硬(準)質	8月上旬	岩手(農試)
豊林17号	軟(準)質	8月上旬	京都(農試)
ささしぐれ	軟 質	8月上旬	岩手(農試)
大 と り	軟(酒)質	8月上旬	京都(学大)
たかね錦	軟(酒)質	8月上旬	京都(学大)
愛国1号	軟 質	8月中旬	京都(学大)
旭 4 号	軟(準)質	8月中旬	京都(学大)
豊 里	硬(準)質	8月下旬	京都(学大)
農林22号	硬(準)質	8月下旬	京都(農試)
祝	軟(酒)質	8月下旬	京都(農試)
山田錦	軟(酒)質	9月上旬	京都(農試)
新 旭	硬(準)質	9月中旬	京都(農試)
陸稲農9号	硬 質	8月上旬	京都(学大)
Tadukan	硬 質	8月中旬	愛知(名大)
Dular	硬 質	8月中旬	愛知(名大)
Cody	軟 質	9月中旬	愛知(名大)
農林18号	硬(準)質	8月上旬	熊本(農試)

きもので、各々その本場と思われる産地の普通栽培による米である。稔実による差異をみるため同一品種の²⁾³⁾早晩期米を用いた。さらに組織との関係を明らかにするため心白米、腹白米、乳白米、半死米の比較、精白米、精白米粉の比較を加えた。

b) 実験の相対湿度および測定

吸湿、放湿の遅速および平衡水分に用いた相対湿度は表2の如き各種塩類飽和溶液により湿度を一定に保たれたと思われるデシケーター(真空)または、広口瓶の密閉器内を用いた。その相対湿度(以後 R・Hとする)の測定は毛髪湿度計である丸型、長型のものを容器により数個宛を入れ、それを反復平均したものであるが、その毛髪の Hysteresis も認められ、困難であったので概数として了承したい。

第2表 塩類飽和溶液と相対湿度 (%)

塩類	℃	10	15	20	25	30
		%	%	%	%	%
KNO ₃	94	93	92	91	90	
Kcl	90	88	86	84	82	
MnSO ₄	89	87	85	83	81	
K ₂ CrO ₄	87	85	82	80	78	
(NH ₄) ₂ SO ₄	85	84	83	82	80	
Nacl	80	78	77	75	74	
NH ₄ cl+Kcl	78	77	75	72	70	
NH ₄ NO ₃	72	70	68	65	62	
NaNO ₂	67	66	64	62	60	
Mg(NO ₃) ₂	60	58	56	54	52	
KCNS	54	52	50	47	45	
K ₂ CO ₃	45	44	43	42	40	
Mgcl ₂	40	38	35	33	30	
KC ₂ H ₃ O ₂	30	28	25	23	20	
LiCl	23	22	20	18	15	

c) 実験区分と方法

i 吸水機構

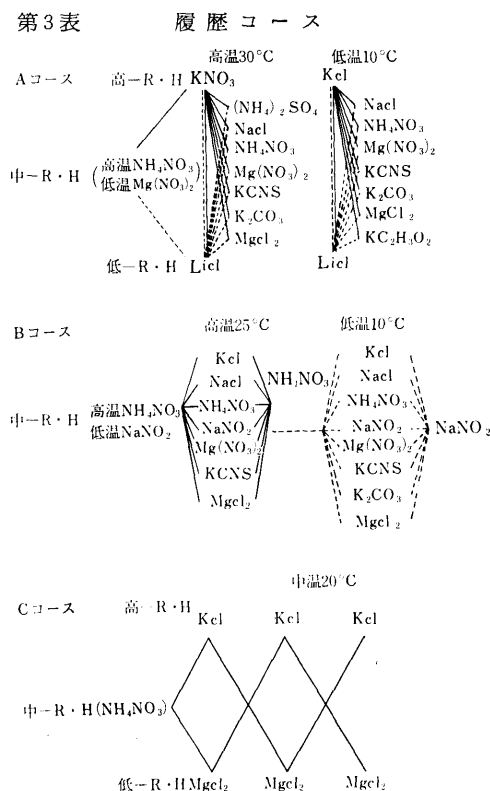
水分の出入機構を組織的に究明するため、粒内組織

の既に明らかにされている米の種類の代表的品種の完全米、および早晩期栽培による夏米と秋米、稔実異常米である心白米、腹白米、半死米、乳白米等の比較、さらに糠層の水分機構をみるため玄米と精白米を比較した。また発芽酵素作用による吸水との関係を見るため新古米の比較をした。なお、吸水の組織経路をみるためヨードヨードカリおよびメチレンブルーを用い、その吸水着色により追究した。以上の実験は低温(10~15°C)、高温(25~30°C)の下におこなった。

ii 水分の Hysteresis

水分はその Hysteresis を無視出来ない。よって先づ

第3表



第4表

品 種・栽 培 時 期 と 吸 水・発 芽

品 種	栽培時期	籾 水 分 %	玄米水分 %	15°C ~ 20°C (5日)				30°C~35°C (2日)	
				籾		玄 米		玄 米	
				水分 %	発芽 %	水分 %	発芽 %	水分 %	発芽 %
奥羽 225	早 期	14.6	14.4	42.1	8	47.0	40	59.0	88
	晩 期	21.2	20.5	39.5	0	41.7	0	47.9	72
越 光	早 期	14.5	17.0	53.3	4	46.4	12	54.0	56
	晩 期	21.9	20.0	45.0	0	41.0	0	50.3	52
藤 坂 5	早 期	14.7	14.4	62.4	12	49.0	60	60.9	76
	晩 期	23.7	22.5	48.8	0	40.0	0	42.5	24
農 林 17	早 期	14.0	17.6	53.6	20	48.6	60	58.3	80
	晩 期	22.9	22.5	44.3	0	28.4	0	45.6	72

備考：刈取直後実験（昭35），早期：8月下旬刈 晩期：10月下旬刈

Hysteresis の実験により平衡水分（高温の場合は10日低温の場合は15日の処理で達した水分とする）の比較をした。その実験は表3の如くである。

Aコースは高温、低温のもとにおける Hysteresis 曲線をもとめる。

Bコースは高温、低温のもとに、各々 R・H による水分から 中-R・H でのもどる状況をもとめる。

Cコースは中温のもとに、高：R・H→低：R・H→高：R・H、また低：R・H→高：R・H→低：R・Hによる各々 R・H でのもどる状況をもとめる。

iii 吸湿・放湿の機構およびその遅速と平衡水分

いろいろな米をいろいろな R・H で放湿・吸湿せしめてその経過を30日~60日追究、その米の組織との関係をもとめた。これらはすべて低温（10°C或は15°C）、中温（20°C）、高温（25°C或は30°C）もとにおこない、その関係をみた。

ii, iii の実験における試料の放湿・吸湿はビニール塗装金網袋（巾2.5cm、長4.0cm）に100粒（約2~2.5gr）を入れ、R・H処理した前記の如き容器内につるした。また水分の前歴をととのえるため高温では NH₄NO₃ による R・H で、低温では NaNO₂ による R・H でその水分が平衡に達した試料を用いた。

iv 加熱乾燥における温度による測定的水分差異

上記実験における水分測定は110°C—48時間乾燥法を基準にした。しかし水分には自由水、結合水と言われるものがあり、加熱温度やその器内大気湿度により放湿に差異あり、測定値が異なるので、それらによる難易性を知るため、最近食研の堤氏等が提唱している135°C—20時間乾燥法と比較した。

以後水分とは R・H に平衡した水分を上記加熱乾燥法により実測したものとする。

III 実験結果

a) 吸水機構

1 吸水の性状とその組織

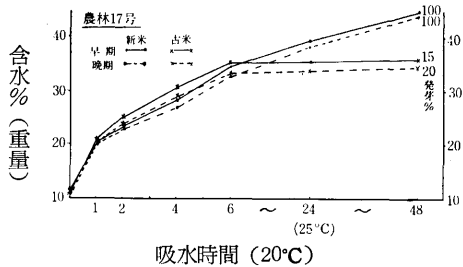
(i) 早期米と晩期米による比較

表4の如く軟質米の藤坂5号、農林17号の早期米が

晩期米より著しく吸水が速く発芽も早いことが認められ (phot. 7), その差は低温において顕著である。

(ii) 新古米による比較

農林17号の早期および晩期米について、収穫当年12月の新米と翌々年3月発芽力の殆んどなくなった古米の吸水経過を比較したが、図1の如く、吸水20~25%



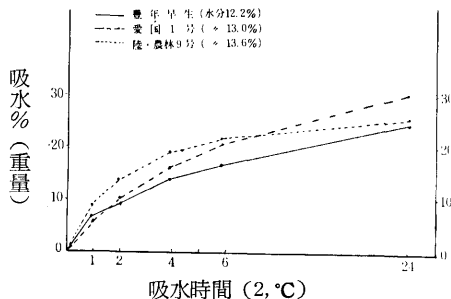
第1図 新古米の吸水

(含水量: 35%前後)までは、新古米間の差異なく、そのころから古米は早晩期米間の傾向のまま吸水中止の状態となり、新米は、晩期米の方が増大の傾向を示しながらその吸水続行が認められる。よって、この20~25%前後の吸水は発芽酵素作用に関係少ない物理的な吸水であり、その限界を示すものである。早晩期米の吸水差も、(i)の低温顕著性ととともに発芽酵素作用に関係少く、殆んど物理的な吸水によることが考えられる。

第5表 粒 質 と 吸 水 (%)

米 粒	処 理	試料水分 %	2 時 間			6 時 間			24 時 間		
			10°C	20°C	30°C	10°C	20°C	30°C	10°C	20°C	30°C
完	全	13.4	5.0	6.7	9.6	8.3	14.2	18.4	18.3	27.5	28.9
心	白	11.9	3.7	5.5	10.0	6.6	11.8	18.2	15.4	25.2	*31.5
腹	白	11.3	6.8	7.0	9.3	11.4	14.1	17.8	20.5	27.3	*30.5
半	死	11.8	9.7	16.4	14.6	16.7	26.7	25.2	29.6	*34.5	*41.7
乳	白	13.7	5.5	9.3	11.2	10.3	17.1	27.8	21.7	*32.0	*39.1

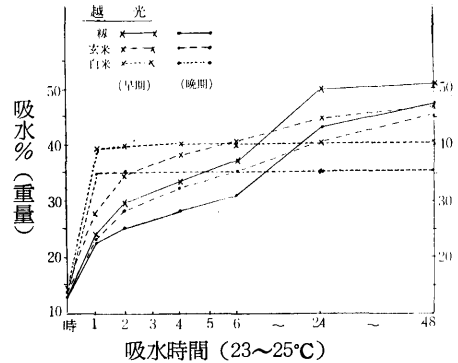
備考：品種たかね錦（晩期米） * 発芽始む



第2図 品種と吸水

(iii) 粳・玄米・白米による比較

粳・玄米・白米の吸水経過を比較すると (図3) の如く、白米が最も速く、粳が遅い、しかし、その早晩期米間の傾向は同様である。よって初期の物理的な吸水の差異は白米組織、即ち主として胚乳組織によることが考えられる。



第3図 粳・玄米・白米の吸水

2 米粒の組織と吸水

酒米、たかね錦の心白、腹白、乳白、半死米についてその吸水を比較すると表5の如く、心白米はむしろ少く、腹白米は多く、乳白米はやや遅れて著しく多くなり、半死米は終始多いことが認められ、いずれの場合も低温10°Cにおいてその差の著しいことが認めら

れる。また (図2) の如く胚乳周縁組織の充実粗である軟質の組織米の愛国1号 (photo 8~13) は終始大きく、米粒外側部の充実粗で中心部の充実固い陸稲梗は初期吸水が著しく大きい、その吸水が中心部の組織に達する頃より急に減退することが認められ、また米粒の胚乳の内外組織がともに充実のよかった硬質米の豊年早生は終始小さいことが認められる。以上のことは、腹白、半死米、陸稲梗、愛国1号、また前述の早期米の如く、胚乳周縁部の充実が、不良な米は初期吸水が速くであり、心白米、乳白米、軟質の組織米の

如く内部に充実不良部分のある米は後期に吸水が大となる傾向が認められる。

3 組織の吸水経過

吸水経過を全組織が吸水とともに着色するメチレンブルー、および澱粉粒のみが着色するヨードヨードカリ液でその組織の吸水経過をみると (photo. 5) の如くで、先づ吸水2~4%で果皮層の全組織に滲透するが、種皮層で止まり続いて胚端より胚および胚乳組織に滲入する。

このことは前述の如く、初期の物理的吸水は主として果皮・種皮に支配されるものでないことが考えられる¹⁾。続いて、その糊粉層および胚脱離部組織から (photo. 6) 腹側および背側の胚乳周縁の澱粉細胞組織に滲入するが、この際その充実によりA—D型の滲入型が認められる。即ち背側が優先して滲入する型 (A型とする)。腹側が優先して滲入する型 (C型とする)。腹背側殆んど並行して滲入する型 (B型とする)。粒の頂端部より優先滲入する型 (D型とする)。これはその部組織の充実によるもので表6の如く充実良好な米はA型、不良な米はB型、普通の場合はC型特殊な場合としてD型が認められる。よってこれにより、その米の胚乳周縁組織充実度をみる事が出来る²⁾と考える。(表6の着色%はヨードヨードカリ水溶液15°C—1時間による着色割合：全粒面着色を100%とする)

第6表 試料玄米の性状

品 種	100粒重	胚重 玄米重	長 巾	吸水 着色	吸水 型	備 考
田 山 錦	2.700	2.223	1.723	60	B	
農 林 22	2.468	2.432	1.755	40	B	稔実不良
旭 4	2.025	3.268	1.729	9	B	稔実不良
十 和 田	2.472	2.981	1.668	10	C	
藤 坂 5	2.298	2.514	1.710	20	C	
越 光	2.315	2.700	1.695	5	C	
Dular	1.998	1.753	2.499	100	B	稔実不良
Cody	2.350	2.979	1.757	30	A	
Tadu kan ⁽¹⁾	1.610	1.553	2.679	40	A	水分少
Tadu kan ⁽²⁾	1.668	2.099	2.655	60	A	水分多

以後漸次、胚乳組織の吸水膨脹により種皮に亀裂が生じ、それより直接胚乳組織への滲入も行われるので複雑な滲入様相となる。しかし、いずれにしても初期の滲透の遅速は、その初期に滲透する腹側および背側の胚乳周縁組織、殊に胚端に近い腹側組織が大きく関与することが考えられる。この頃の吸水量は15%程である。以後やや側面部が遅れて、漸次全面に内部滲透が行われ、吸水20~25%前後で物理的組織吸水は、ほ

ぼ完了することが認められる。

4 吸水の遅速と細胞組織

前述の如く、初期吸水の遅速の原因は特に胚端に近い腹側の胚乳周縁細胞組織にあることが考えられるので、初期吸水の大であった粒と、小であった粒について、その粒を縦断、横断した澱粉細胞組織を比較すると (photo. 8~13) 初期吸水大なる粒の周縁澱粉細胞の形状は不整にして小さく、殊に糊粉層に接する1~2の細胞は、粒の横断面において扁平化していることが認められる。これは軟質米や心白米の胚乳組織の背腹線にある扁平細胞と同様 (photo. 2, 4) にその部分の細胞が澱粉の充実不良で圧縮された結果と思われる。従ってこのように充実不良な細胞組織が周縁部にある早期米は晩期米に比べて初期吸水が速かである。同様に充実不良細胞が胚乳組織の中央部にある乳白米は中期の吸水速かで、また中心部にある心白米は後期の吸水速かになるものと考えられる。

5 胚乳細胞の充実と澱粉粒

澱粉粒の形状もその澱粉細胞の吸水に関与することが考えられるので心白米の乳白部と完全米の透明部の澱粉粒を30%の蔗糖液を用いて比較すると photo. 14, 15の如く乳白部の澱粉粒はやや小さく団粒のままのものが多く傾向が認められる。この団粒の多いことが吸水容易性と関係あることを土壤粒子の場合と同様に考えられないかと思っている。

6 組織の充実と吸水膨脹

米の膨脹は組織の吸水によるのみならず外皮 (果・種皮) の強靱さ等も関係することが考えられるが、細胞組織の充実度と吸水膨脹との関係をみると表7の如くで、むしろ充実度の高い完全米がその吸水%に比してその膨脹が大きく、充実度の低い心白、半死米等は吸水%に比してその膨脹の小さいことが認められる。

第7表 粒質 (比重) と吸水膨脹

粒 質	比重	粒重 gr	体積 cc	吸水 %	膨脹 %	膨脹% 吸水%
完 全	1.40	23.6	16.9	27.2	34.0	1.250
心 白	1.39	26.0	18.6	27.5	32.6	1.185
半 死	1.32	19.6	14.8	33.6	37.1	1.104

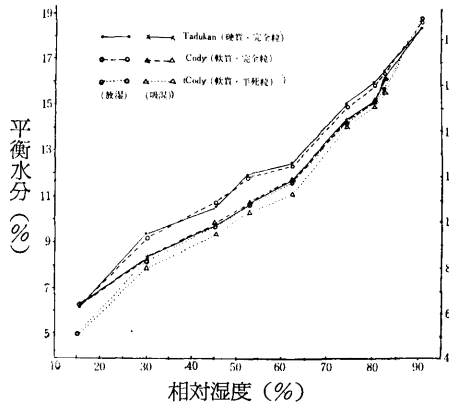
試料：たかね錦 1,000粒, 10~15°C

8) b) 米の水分 Hysteresis

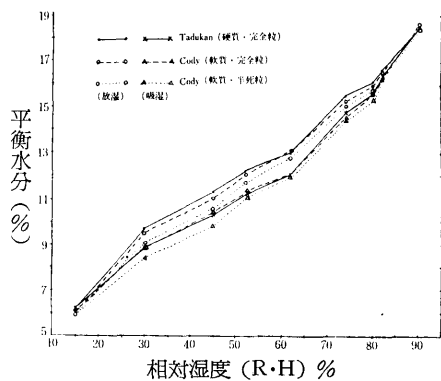
1 米粒組織による差異

(i) 硬軟質米の差異

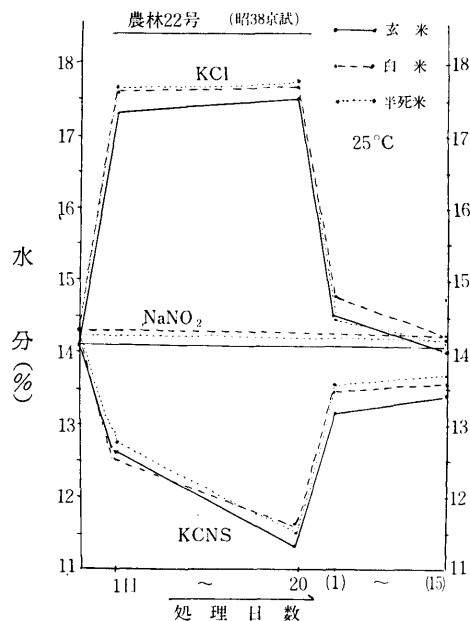
硬質米として Tadukan, 軟質米として Cody を用いた実験Aコースの高温区は (図4, 5) の如くで、同じ R・H における放湿による水分と、吸湿による水分



第4図 硬軟質米(玄米)の Hysteresis

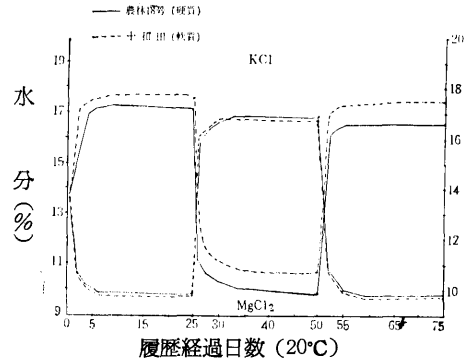


第5図 硬軟質米(白米)の Hysteresis



第6図 玄米・半死米・白米の水分履歴

との Hysteresis による較差は、いずれの品種も大体、



第7図 水分の履歴

R·H (45%~65%) で最も大きくなるが、この際における硬軟質米の差異としてわずかながら軟質米の方が較差の小さいことが認められる。さらにその両端における高 R·H と低 R·H では、いずれもその水分較差はなくなるが軟質米の方が高水分となり、低水分となっていることが認められる。以上のことはその精白米(歩止り70%搗精)にあつては一層顕著に認められる。なお、このことは(図6)および(図7)の如く実験Bコース、Cコースでも同様の傾向が認められる。また135°C乾燥法による水分でもその水分が少々多くなるだけで同様の傾向が認められる。よって米の水分 Hysteresis は白米組織即ち胚乳組織に主としてよるもので、軟質米組織の方がその Hysteresis の小さいことが考えられる。

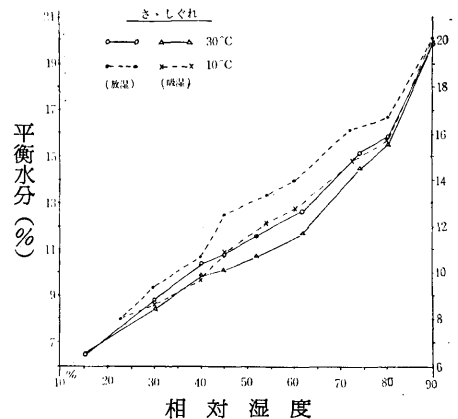
(ii) 稔実による差異

実験Aコースで Cody の半死米、実験Bコースで農林22号の半死米についてみたが(図4~6)の如く、いずれも放湿、吸湿による水分較差が小さく、その Hysteresis の影響小なことが認められる。

以上により、水分 Hysteresis の影響は胚乳細胞組織に粗たる部分のあるもの程小なことが考えられる。

2 温度による差異

実験Aコースとして、(図8)の如く低温の方が高



第8図 温度と米の水分 Hysteresis

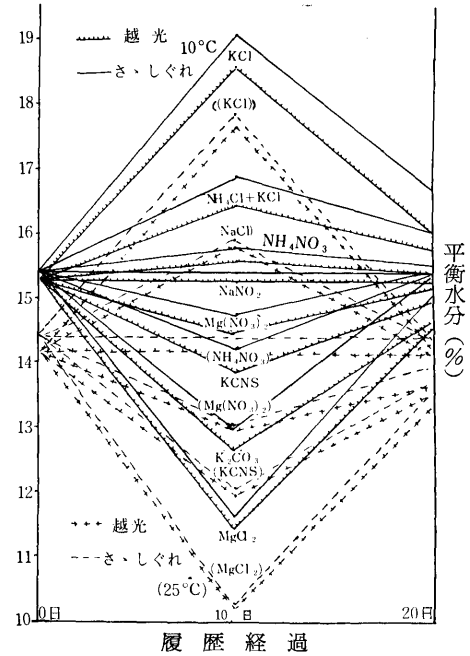
目の水分としてその Hysteresis が認められるが、さらに実験 B コースで中 R・H における吸湿と放湿による水分較差をみると低温の場合の方が大きく、またその回復状況をみると低温の場合は吸湿による水分が、高温の場合は放湿による水分がよりよくもどっていることが認められる。これは各々の Hysteresis による平衡水分の曲線が低温では高目の水分に、高温では低目の水分となることによることが考えられる。(図 9)

3 粒形の変化

実験 B コースにおける $\text{KCl} \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ と、 $\text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ の粒形の変化は、つねに吸湿、放湿において最も大きく変化すると言われている巾についてみると軟質米の Cody が硬質の Tadukan より大きいことが認められる。また Hysteresis 原因の中心組織と考えられる胚乳中心組織の細胞の膨縮にも差異が認められた。(photo. 16, 17), よって、これら膨縮難易の組織とその Hysteresis とに関係あることが考えられるがこの点については、なおあらためて追究するつもりである。

c) 吸湿・放湿の機構およびその遅速と平衡水分

1 米粒の組織による差異



第9図 温度、湿度と水分の回復

第8表

粒質と吸湿および放湿

(20°C)

品 種	早 晩	組 織	吸水型	稔 実	KCl			MgCl ₂		
					S・W %	2D+ %	Eq・W %	S・W %	2D- %	Eq・W %
コシヒカリ	早	硬	C	完	13.06	3.17	17.16	13.62	2.90	10.16
				半 死	13.35	3.50	17.50	13.69	2.90	9.58
旭 4 号	早(中)	軟(硬)	B	完	13.19	4.94	17.65	13.03	2.41	10.14
				半 死	13.13	5.84	17.99	12.85	2.46	10.00
山 田 錦	晩	酒	B	完	13.04	4.85	17.62	13.01	2.48	10.05
				心 白	13.11	4.81	17.64	12.89	2.45	9.91
山 田 錦 タカネ錦	晩 早	酒	B(A)	完	15.73	3.29	19.14	15.73	4.28	11.47
			B(C)	〃	15.44	3.83	19.22	15.45	3.91	11.86
トワダ	早	軟	C	完	15.80	3.88	19.20	15.83	4.23	11.52
フジサカ5号 豊年早生	早	軟	B(C)	完	15.06	4.73	19.10	15.04	3.69	11.32
		硬	C	〃	15.08	4.09	18.87	15.08	3.82	11.47
Dular Cody	早(中)	硬	B	完	13.00	4.20	16.91	13.03	2.78	9.88
		軟	B(A)	〃	12.90	4.62	17.33	12.75	2.28	9.76

S・W % : 試料水分%, 2D± % : 処理後2日目の重量増減%, Eq・W % : 平衡水分%

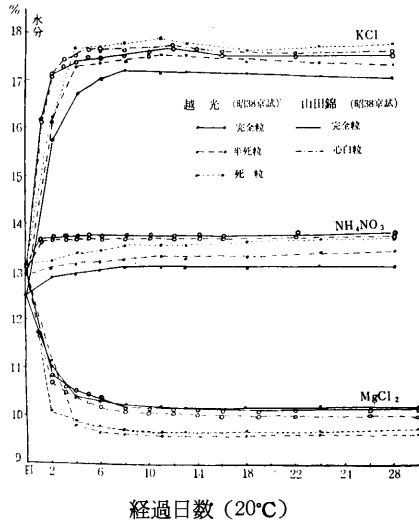
(i) 硬軟質米の差異¹⁴⁾

普通に保管されていた米について、高R・H、低R・Hで放湿・吸湿せしめた結果は表8の如くで、その前歴水分により明瞭でないものもあるが軟質米は硬質米より、高R・Hにより高い水分となり、低R・Hにより低い水分となり易いことが認められる。しかしその

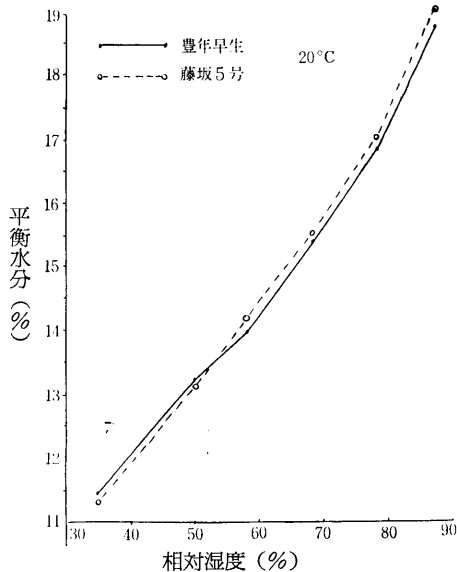
遅速について、平衡水分に達したと思われる日数をみたが明らかな傾向は認められない。よってさらに、処理2日後の、その吸湿・放湿による重さの変化をみると硬軟質に関係なく、稔実不良と思われる品種米の吸湿が(稔実不良であった品種: 旭4号、藤坂5号等)大なる傾向を認められる。しかし放湿には一定の傾向

は認められない。

次に普通に保管されていた米を中 R・H で水分を大
体平衡にして、その放湿・吸湿の経過およびその平衡
水分を求めたのが（図10, 11）である。即ち明らかに
軟質米が高 R・H により高い水分となり、低 R・H で
低い水分になり易いことが認められる。しかし、遅速
については明らかな傾向は認められない。



第10図 粒質と吸湿・放湿の経過



第11図 粒組織（硬・軟）と平衡水分

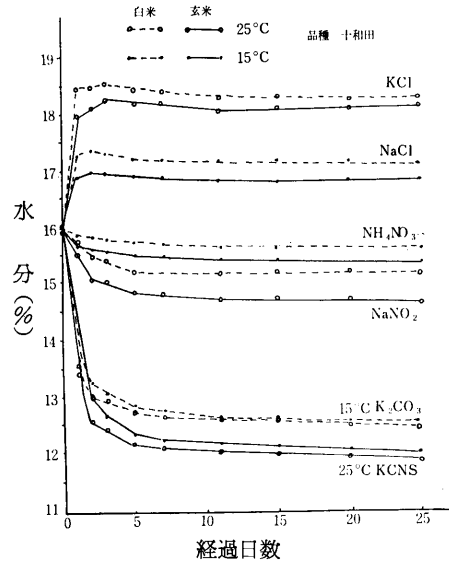
(ii) 稔実による差異

表 8, (図10) で認められるように、明らかに吸湿・
放湿ともに半死米、死米等稔実不良米は速いことが認
められる。なおその平衡水分も高 R・H で高い水分に

低 R・H で低い水分となることが認められる。この際
心白米はむしろ吸湿・放湿とも遅いがその平衡水分は
高 R・H で高い水分に、低 R・H で低い水分となること
が認められる。これは心白米の周縁組織の充実と、
内部組織の軟質組織性に依ることが考えられる。

(iii) 玄米と白米の差異

玄米と糠層の殆んど除いた白米（縦溝に少し残る程
度）の吸湿・放湿の経過および平衡水分を比較すると
（図12）の如くで、白米は吸湿・放湿ともに速く、つ
ねに高い水分となっている。このことは前述の吸水の
場合と同様に糠層は吸湿防止の作用をしていることが
考えられる。只、この際の放湿は吸湿程 明らかでない。
これは、その作用の遅速による粒外層組織の収縮
および粒の表面積等が複雑に関与するものと思われる。
また低湿度による平衡水分もむしろ高目になって
いるのは糠層の低い水分によることが考えられる。



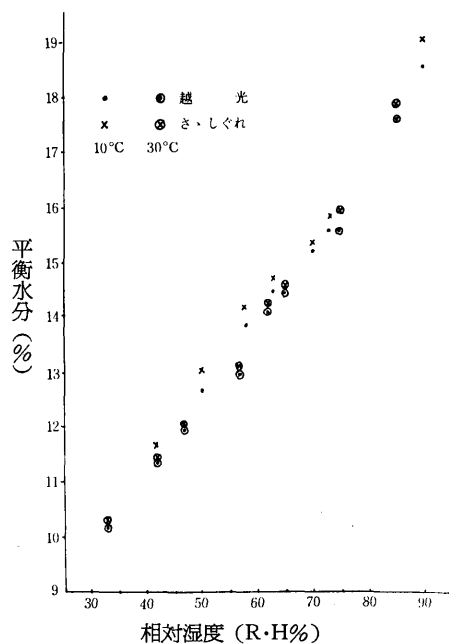
第12図 白米と玄米の吸湿・放湿経過

2 温度・湿度による差異¹⁵⁾

温度により遅速のあることは当然であり、また低温
により高目の水分となることも既に認められていると
ころである。¹⁶⁾ 只この際（図13）の如く、試料水分の
Hysteresis があり吸湿は低目に、放湿は高目になって
おり、特に低温の場合に強く影響が現われていること
が認められている。また、これらの現象が軟質米の方
に大きく認められる。

d) 加熱乾燥における温度による水分差異

中 R・H (NH_4NO_3 : 15°C) で平衡に達した水分
を 110°C で 48 時間乾燥したものと、さらに 135°C 20 時間
乾燥したものを比較すると表 9 の如く、軟質米は 110



第13図 温度・湿度と平衡水分

第9表 加熱乾燥温度と水分

品 種	粒	110°C	135°C	差
		%	%	%
豊年早生	玄	14.83	15.50	0.67
農林30号		14.89	15.66	0.77
藤坂5号		15.12	15.57	0.45
越光		14.63	15.52	0.89
陸農9号		15.27	15.89	0.62
大とり		15.22	15.73	0.51
たかね錦		15.21	15.72	0.51
愛国1号		15.12	15.74	0.62
農林17号		15.28	15.75	0.47
農林22号		14.38	15.13	0.75
旭4号		15.16	15.91	0.75
祝		15.71	16.18	0.47
山田錦	米	15.81	16.32	0.51
新旭		15.34	15.99	0.65
Tadukan Cody	玄米	13.68 14.01	14.01 14.16	0.33 0.15
Tadukan Cody	白米	13.78 13.98	13.92 14.04	0.14 0.06
Cody	玄米	18.80	19.62	0.82
	白米	18.63	19.14	0.51
	白粉	18.92	19.38	0.46
	玄米	8.43	9.62	1.19
	白米	8.93	9.46	0.53
	白粉	9.08	9.63	0.55

半死	18.84	19.40	0.56
*白米	18.48	18.91	0.43
半死	7.90	8.52	0.62
*白米	8.43	8.93	0.50

備考：*半死米の白米（搗減30%）

玄米は完全粒，白粉は白米粉砕

差は 135°C水分－110°C水分

°Cでは明らかに水分の多いことが認められるが、135°Cではその差が少くなる。これは135°Cによる乾燥でさらに放湿したためで、この放湿%を比較すると、むしろ硬質米の方に多い傾向が認められる。

なお、精白米、精白米粉（Kett水分計の粉碎機による）により比較すると表の如く、精白米は明らかに玄米より110°C法と135°C法とによる放湿水分差は少くなり、糠層の放湿防止が明らかに認められ、その粉は上記の硬軟質米の差をさらに顕著にすることが認められる。また半死米についてみると、その放湿差がさらに少くなっている。よって、温度による硬軟質米等の放湿差は胚乳澱粉細胞に原因のあることが考えられ、その充実不良な細胞を内蔵する組織程、放湿しやすい水分が多く、充実した細胞よりなる組織には放湿困難な水分の多いことが考えられる。従って組織による水分差は絶対的なものでなく、放湿・吸湿しやすい水分の多少がその水分測定法により水分の高低として認められることが考えられる。

IV 結 論

1 米の種類・品種や稔実条件による吸水の遅速は酵素作用の微弱な条件下でむしろ顕著であることは、おそらく初期の物理的吸水に要因のあることが考えられる。なお、この物理的吸水の遅速はその吸水組織によることが考えられるので、その関係を追究した。

先きに、高橋¹¹⁾氏は初期の物理的吸水は主としてその果皮・種皮に支配されるものと報告しているが、この吸水の遅速は胚端に近い腹側および背側の周辺胚乳組織の吸水遅速によるもので、初期の物理的吸水の大なる粒の腹側糊粉層に接する周縁澱粉細胞は充実不良で形状小さく不整、扁平化している傾向がある。

また、その米粒の胚乳組織の部分による充実良否の明らかな心白、腹白、乳白米および半死米、また陸稲粳米、早期米等はそれぞれの充実良否によりその吸水経過に遅速のあることも明らかになった。よって米粒の物理的吸水の遅速は主として吸水する組織細胞の充実良否に関係し、充実の粗な部分、即ち空気含量の多い部分には水の滲透が速かであることが考えられる。

2 米の吸湿・放湿の初期における遅速および平衡水分に達する経過はまったく前述の吸水の経過と同様

で、同様な条件によることが考えられる。

3 米の吸湿・放湿による平衡水分は、他の物質と同様に Hysteresis が認められ、その前歴水分に影響されていることが認められるが、それは胚乳組織に充実粗なる部分のある軟質米や半死米・酒米等がその影響の小さくなることが認められる。なおそれらの現象は低温程顕著である、よって米の水分 Hysteresis の原因は胚乳組織細胞の物理的な機構によることが考えられる。

4 なお、米の平衡水分は胚乳組織に充実粗なる部分のあるもの程、高い相対湿度で高い水分となり、低い相対湿度で低い水分となり易いことが認められる。また、通常の相対湿度下でも胚乳組織内に粗な部分のある軟質米や稔実不良米が高目の水分であるのは、前述による高い水分の前歴現象としてあらわれているものと考えられる。しかし、これらの関係は、110°C 加熱乾燥法によりもとめられた水分に顕著であり、135°C 法による水分では、その差異が小さくなる。110°C による高い水分は、その条件下で出やすい水分が多いことが考えられ、低い相対湿度での低い水分は、その多い出やすい水分が出たことが考えられる。従って、米の水分の多少は出やすい水分の多少によることが考えられる。よって、普通の米貯蔵では、その条件による吸湿・放湿の容易性が問題となるので、米の水分は110°C 加熱乾燥法で測定されたものが適当と考えられる。

5 以上により、軟質米や、稔実不良米は前歴となる乾燥に注意し、さらにその低温貯蔵にも注意が必要であることが考えられる。

文 献

- (1) 長戸・小林, 米の澱粉細胞組織の品種間差異について 日作紀 27—(4) (1959)
- (2) 長戸・江幡・反田, 早期栽培稲の米質に関する研究 日作紀 28—(4) (1960)
- (3) 長戸・江幡・河野, 米の品質からみた早期栽培に対する適応性の品種間差異 日作紀 29—(3) (1961)
- (4) 長戸・江幡, 心白米に関する研究 日作紀 28—(1) (1960)
- (5) David F. Houston, Cerial Chemistry Vol. 29 (1952)
- (6) 佐々木, 夏米の品質に関する研究 (1963)
- (7) 反田, 米の吸水に関する組織学的研究 日作紀 31—(2) (1962)
- (8) Michael H. Breese, Cerial Chemistry Vol. 32 (1955)
- (9) 水原・堤, 乾燥法による米の水分定量 食研報告

14 (1959)

- (10) 久保, 水分測定法への反省 日本穀検 2 (1961)
- (11) 高橋, 稲種子の発芽過程における水分吸収様相 日作紀 29—(1) (1961)
- (12) 久保, 藤田, 塩素移動の支配要因としての米粒水分 日農化誌 34—(7) (1960)
- (13) M. L. Karon and Mabelle E. Adams, Cerial Chemistry Vol. 26 (1949)
- (14) 松野・内藤, 外米の吸湿と放湿による水分平衡について 食研報告 13 (1958)
- (15) 内藤, 米穀の含有水分量と関係温度との関係 食研報告 10 (1955)
- (16) Hogan, J. T., and M. L. Karon, Jour. Agr. and Food Chem. 3 (1955)
- (17) 岡村保, 米穀の品質に関する研究 大原農研特報 (5) (1940)

SUMMARY

1 When the rice kernel is soaked in water, the water penetrates to the pericarp and then subsequently to the aleuron layer through the germ end.

And then the water sink into the endosperm tissue through the peripheral starch-cell layer. In the early stage of this process, the rice kernel absorbs the water of 20~25% of its dry weight and this percentage of the water is considered to be physical absorption.

2 In its kernel which has rapid absorption of the water, the cells of the peripheral starch-cell layer adjacent to the aleuron layer are small, flat and irregular about its shape.

It is shown that the filling up of the starch in its cells is imperfect.

Accordingly, the rate of physical absorption may be affected by the porosity in peripheral starch-cell layer of the endosperm.

3 The adsorption and desorption of the moisture in rice kernel at the aerial relative humidity is almost the same to the absorption process of water.

Then the rate of this physical absorption may be affected by the porosity in the peripheral starch-cell layer of the endosperm.

4 The equilibrium moisture in the rice kernel and its hysteresis may be depended on the physical mechanism of the starch-cell layer.

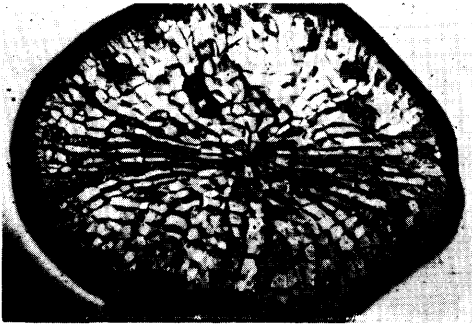


Photo. 1 硬質米 (Tadukan)

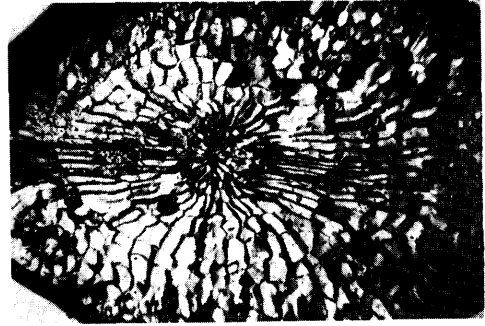


Photo. 2 軟質米 (ささしぐれ)

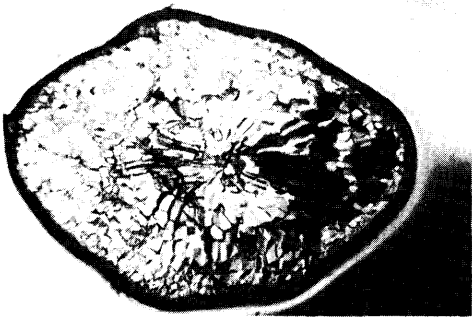


Photo. 3 腹白米 (山田錦)

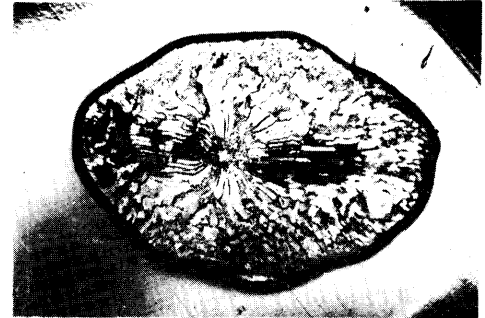


Photo. 4 心白米 (たかね錦)

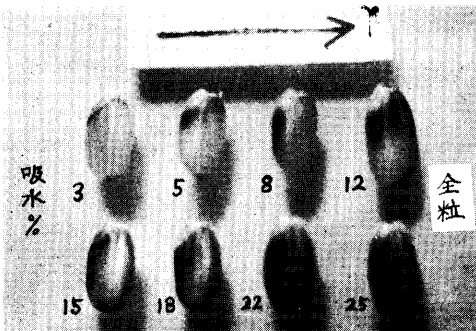


Photo. 5 吸水経過 (ヨードヨードカリ着色)
左：(腹側) 右：(脊側)



Photo. 6 胚端組織の吸水 (約6%)

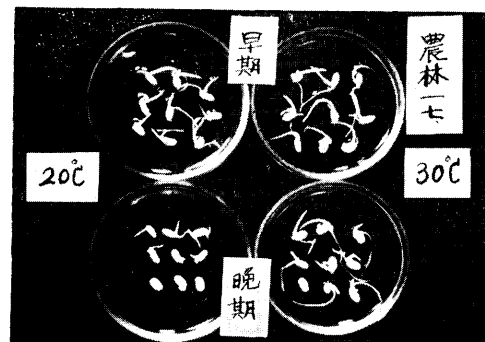


Photo. 7 早晩期米の吸水・発芽 (置床3日)

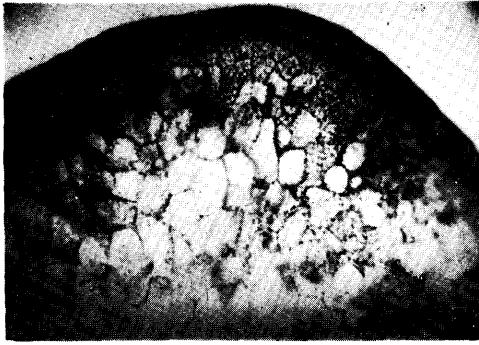


Photo. 8 吸水大（愛国1号，腹側）



Photo. 9 吸水小（愛国1号，腹側）



Photo. 10 吸水大，細胞組織（豊里，腹側）



Photo. 11 吸水小，細胞組織（豊里，腹側）

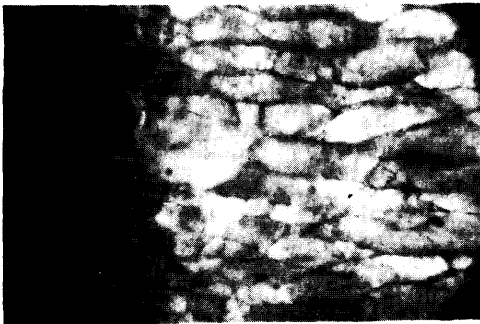


Photo. 12 吸水大（腹側縦断）



Photo. 13 吸水小（腹側縦断）

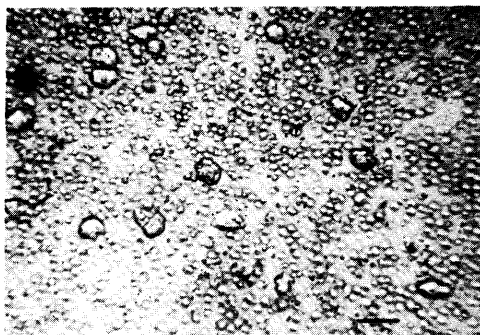


Photo. 14 乳白部細胞粉粒

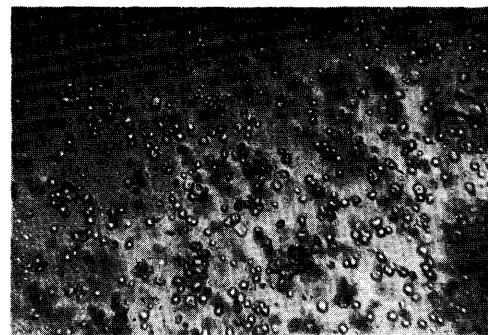


Photo. 15 透明部細胞粉粒

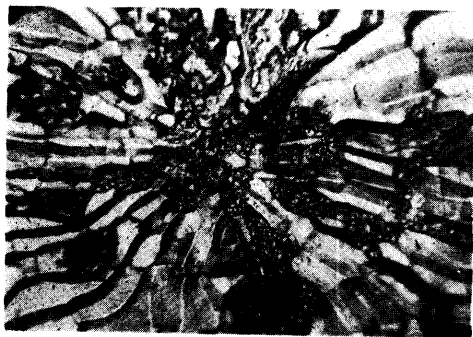


Photo. 16 放湿粒, 中心細胞組織 (越光: MgCl_2)

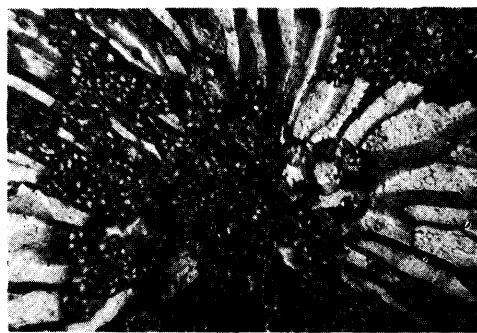


Photo. 17 吸湿粒, 中心細胞組織 (越光: KCl)