米の理化学性に及ぼす外因の影響 (第1報)

Effects of External Factors on the Physical and Chemical Qualities of Rice (Part 1)

脱穀機による衝撃

The Impact of a Threshing Machine

(昭和45年6月1日受理)

岡村 保* 松久次雄**
(Tamotsu Okamura) (Tsugio Matsuhisa)
南部 朔郎* 斎藤利晴*
(Sakuro Nanbu) (Toshiharu Saito)
芦田 憲義*
(Noriyoshi Ashida)

Effects of hidden damage on rough rice threshed with a threshing machine were investigated.

The results obtained are as follows:

- 1) Water soluble dry matter content of rice was 8.0% when hackled with hands, and 7.9, 7.6, 6.5% when hackled in 550, 600 and 700 r. p. m., respectively with a threshing machine.
- 2) Total sugar content ranged from 3.88 to 3.74 % with an increase of revolutions per minute of a threshing machine.
- 3) pH—an all-round index of the quality of rice was low in the samples threshed with high revolutions per minute. This was probably because a visible or an invisible injury increased respiratory functions.
- 4) Electric conductivity of rice showed high figure at high revolutions of a threshing machine.
- 5) Germination rate of rough rice threshed with a threshing machine was lower than that of rough rice threshed with hands. But the pace of germination of rice kernels threshed with the machine was much rapid than that of rice kernels threshed with hands.
- 6) These physical, chemical and biological qualities of rice reached detrimental levels without an external sign of damage. The author guessed that the deterioration of rice qualities was due to invisible “distortion” in rice kernels.

さきに筆者らは、米質改善にかんする研究の一環として、加熱乾燥が米の食味に関連性の深い理化学性¹⁾にどのような影響を及ぼすかについてしらべた結果を報告した^{2)~4)}。

本報ではとくに脱穀機の回転数と米の理化学性との関連をしらべたので、その結果をのべる。

実 験 方 法

試料：1967年の実験においては、試料としてハウネンワセを用いた。脱穀機は佐藤式により、回転数を550, 600, 700回転/分とし、1968年においては試料としてミョウジョウを用い、脱穀機の回転数を560, 620, 720回

転/分とした。また1968年には、のりくらを試料としてコンバイン（名称：インター93、製造所：カナダ、インターナショナル・カンパニー）により収穫したもの（回転数1000回転/分）と抜穂区とを対比し、各種理化学性の調査に供した。脱穀後の試料籾は日蔭にて風乾・調湿し、調査時まで水分 $14.0 \pm 0.2\%$ にて保存した。

理化学性の調査時期はハウネンワセ、ミョウジョウ、のりくらの順にそれぞれ、1968年5月13日、1968年9月30日、1968年10月5日である。

玄米粉末の理化学性：試料籾米を籾摺りして玄米を得前報²⁾に準じて玄米粉末をつくり、無水物として5.000g相当量を50mlの純水中に入れ、3時間しんとう浸出したものを3,000 r. p. mで5分間遠沈したのち上澄をとり供試液とした。理化学性としては、pH、比電導度、

* 元・名城大学農学部

** 名城大学農学部

第 1 表 脱穀機の回転数と玄米粉浸出液の理化学性(1)

処 理 区	pH	比 電 導 度 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$	総 糖 量 %	水溶性乾固物量 %	味の良否判定
対照区(手こき)	6.30	4.655×10^2	3.88	8.0	優
550回転/分	6.18	4.715×10^2	3.80	7.9	優
600	6.18	4.735×10^2	3.77	7.6	優または良上
700	6.12	4.750×10^2	3.74	6.5	可

備考：試料は1967年産ホウネンワセにより、1968年5月に測定した。

pH の測定は、玄米粉浸出液によったため全体に低値をしめた。

味の良否判定は岡村法によった¹⁾。

水溶性乾固物量および糖量（フェノール・硫酸法による²⁾）を、糖量（総糖量）以外はいずれも先報²⁾に準じ測定した。

米粒浸漬水の理化学性：籾米粒を100粒とり50mlの水を加え3時間振とうし、浸出した電解質量を比電導度で、糖量（単糖類、少糖類、多糖類の総量）をフェノール・硫酸法で、pHの変化をガラス電極pHメーターで調べた。

籾米の胴割れ検定：筆者らの改良考案した超小型X線装置(Softex)³⁾によった。なおこの方法により、肉眼によっては検出不能の微細な胴割れをも判然と検定することが出来た。

発芽歩合：径7cmのペトリ皿に2枚の沓紙（東洋沓紙No.5C）を敷き、純水5mlを加えた発芽床の上に籾米を50粒ずつ置床し、25°Cで暗発芽させた。置床後7日目に幼芽幼根がともに出たものを発芽粒とし、発芽歩合を算出した。発芽勢は同様、置床後4日目の発芽粒数から算出した。

結果ならびに考察

I 機械脱穀と米の理化学性

第1表には脱穀機の回転数を異にしたばあいの米の理化学性を示したが、米粉末の水溶性乾固物量の差異をみると、1967年産ホウネンワセにあっては、手こき区で、8.0%、550回転/分区では7.9%、600回転/分区では7.6%、700回転/分区では6.5%となり、回転数が高いものほど水溶性乾固物量が少なかった。岡村はかつて¹⁾米粉末の水溶性乾固物量と米の呈味性との関連性を取扱ったが今回のこの実験結果を照合するとまことに興味あるものようである。糖量も傾向は同様で、手こき区3.88%700回転/分区3.74%と回転数の高い方が糖量が若干低かった。

この傾向は第3表でも同様で、水溶性乾固物量は手こき区で7.8%、560回転/分区7.6%、620回転/分区7.0%、720回転/分区6.1%であった。糖量については手こき区が3.05%であるのに対し、720回転/分区では2.50%と低値を示し、この結果からも高速脱穀が米の呈味性を低下

させるものようであることを知った。

米の理化学性を総合的にあらわすpHは、第1表については前報²⁾とはことなる方法で測定（玄米粉末の水浸出液のpHを測定）したがため、全般的に数値は低いが手こき区6.30にたいし、700回転/分区では6.12と減少した。第3表の数値は測定条件ならびに試料が異なっていたがために全体的に高い値であるが、傾向は同様であった。

他方第2表にかかげるように、人為的に米粒に傷をつけ、これをワールブルグ検圧計で呼吸作用をしらべたところ、傷害粒の呼吸作用は対照区にくらべ高かった。したがってIV項において後述するように、機械脱穀によって“歪み”、胴割れその他の損傷が発生し、その結果糖の分解・炭酸ガス・有機酸の生成を促進し、これがpHの低下をもたらしたのであろうと推察される。

第2表 胴割粒および傷害粒の呼吸作用

処 理	QO ₂	QCO ₂
無 処 理 籾	9.8 $\mu\text{l}/100\text{粒}/\text{hr.}$	8.9 $\mu\text{l}/100\text{粒}/\text{hr.}$
胴 割 籾	12.6	12.2
傷 害 粒	13.8	13.6

備考：品種・ホウネンワセ，試料水分(処理前)18.6%，人為的に胴割れ，傷害等の処理をほどこし，ただちにワールブルグ検圧計によって呼吸量を測定した。胴割れは硬度計によって挫折剛度に達するまで加圧をおこない，X線によらずとも明瞭に胴割れと認めうるもののみを選別した。傷害粒は，籾米粒の中央をカミソリの刃で半分程傷をつけて実験に供した。

さらに試料玄米粉の比電導度は、第1表に示すように手こき区より機械脱穀区のほうが数値が高い。これは別の実験結果⁴⁾にあらわれているようにカリウムを主とした無機質の溶出が容易になっているためであろう。岡村¹⁾は古米になると比電導度が高まることを指摘しているが、本実験の結果と照合すると、貯蔵中の変化が機械脱穀区では手こき区に比べ著しかったと言えるのではなからうか。なおホウネンワセの値がミョウジウに比べ

はるかに少値を示しているのは、供試品種・収穫年度・熟度等のちがいによるものと思われる。

第4表にはコンバイン収穫米の理化学性を示したが、pHは対照区 6.82に対し 6.70で小、比電導度は対照区より大、総糖量は対照区より小、水溶性乾固物量は対照区 8.9%に対し8.4%で小となり、コンバイン区米は対照区（抜穂区）に比べ理化学性にかなりのちがいがみられた。これは第1、3表にみられるような、脱穀機の回転数が高いものほど対照区に比べ劣変の著しかった傾向と全く同一の結果である。

第3表 脱穀機の回転数と玄米粉浸出液の理化学性(2)

処 理 区	pH	比電導度 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$	総糖量 %	水溶性乾固物量 %
対照区(手こき区)	6.84	5.890×10^2	3.05	7.8
560回転/分	6.75	5.985×10^2	2.94	7.6
620	6.75	6.000×10^2	2.90	7.0
720	6.50	6.105×10^2	2.50	6.1

備考：試料・1968年産ミョウジョウ：pHの測定は先報²⁾に準じ、ガラス電極 pH メーター・表面測定用1本電極によって測定した。第1表の数値と比べ、全体に高値をしめすのは測定法のちがいによるものである。

第4表 コンバイン収穫米の米粉浸出液の理化学性

処理区	pH	比電導度 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$	総糖量 %	水溶性乾固物量 %
対 照 区 (抜穂区)	6.82	6.305×10^2	2.96	8.9
コンバイン区	6.70	6.455×10^2	2.51	8.4

備考：試料1968年9月産のりくら、pHは第3表の方法²⁾に準じた。

II 脱穀機の回転数と発芽

脱穀機の回転数が大になれば籾米の発芽歩合が低下することは周知のとおりである。我々の実験結果も同様であったが、回転速度が高いものほど発芽速度は早くなる傾向を見受けた(第5表)。発芽に遅延の生ずる原因としては1000粒重・1粒重の大小、胴割・非胴割粒と発芽速度との関連性を検討した。即ち第5表に示すように1000粒重のみから判断すると、脱穀機の回転数が大となれば充実した発芽力の大きい粒のみが残りそのため発芽速度が早いように観察されたものとも思われるが、1粒重と発芽の遅延を各粒ごとに比較しても、本実験の範囲内では両者に余り対応関係がみられなかったので、手こき区と機械脱穀区との間の発芽速度における差異は、稈実度など米粒本来の形質に起因するよりもむしろ、衝撃によって生じた胴割れその他の組織的損壊などによったものと考えられる。すなわち胴割れについてみると、第5、7表にみられるように脱穀機の回転数が高いと胴割粒は

第5表 脱穀機の回転数と籾米の発芽ならびに胴割率

処 理 区	発芽歩合 %	置床後3日目 の発芽数 %	平均発芽 日数 日	籾1000粒重 g	胴割率 (平均) %
対 照 区 (手こき)	97	25	4.164	23.875	32.3
550回転/分	97	40	4.126	23.702	59.7
600	95	40	3.865	24.300	60.0
700	88	45	3.863	24.850	69.0

試料：1967年産ホウネンワセ

胴割れは岡村ら⁶⁾の超小型X線装置により調査したもので1回100粒、6回宛測定し、平均値を算出したものである。なおこの数字の中には、透視器・肉眼鑑定等では検出不能のものも含まれている。

第6表 脱穀機の回転数と胴割・非胴割粒別の発芽比較

処 理 区		胴 割 粒	非 胴 割 粒
対 照 区 (手こき)	置床後3日目の発芽数	41.0%	16.7%
	発 芽 勢	82.0%	50.0%
	発 芽 歩 合	97.0%	87.8%
	籾米粒浸漬水の比電導度	$2.895 \times 10 \mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$	$2.835 \times 10 \mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
	発芽粒1000粒重	24.20 g	23.39 g
	不発芽粒1000粒重	24.84 g	23.53 g
700回転/分区	置床後3日目の発芽数	47.8%	39.4%
	発 芽 勢	82.0%	75.7%
	発 芽 歩 合	86.4%	87.9%
	籾米粒浸漬水の比電導度	$3.650 \times 10 \mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$	$2.995 \times 10 \mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
	発芽粒1000粒重	25.37 g	24.60 g
	不発芽粒1000粒重	25.02 g	22.87 g

試料：1967年産ホウネンワセ

第7表 コンバイン収穫粒の発芽力

	拔 穂 区	コンバイン区
発 芽 勢	6%	16%
発 芽 率	32%	58%
平均発芽日数	8.171日	5.970日

備考：資料・1968年産のりくら，試験時期……収穫直後
胴割率……拔穂区4%，コンバイン区14%

増加し，発芽速度も若干早かった。しかし，非胴割粒のみをとってみても，第6表にみられるように手こき区の非胴割粒の発芽勢が50.0%であるのに対し，700回転/分区の非胴割粒の発芽勢は75.7%であって，初期発芽においては手こき区より700回転/分区のほうが胴割粒のみならず非胴割粒についてみても発芽速度が大となった。

以上を総合して考察すれば，衝撃により，粒殻の縫合のみだれおよび“歪み（後述）”・胴割れ等が生じ，これらが中島の指摘のように，空気供給量を大ならしめ，他方吸水性をも高め，これらの結果として発芽速度が早まったのではなからうか。

なお粃米の発芽後の生育は，いうまでもなく機械脱穀粒の方が極度に悪かった（第8，9表）。機械脱穀粒と手こき粒の発芽率および発芽後の生育にあらわれてくる差異は，湿潤戸紙上でおこなう通常の発芽試験におけるよりも，粃米を密封容器中で水中発芽させ，約15日間 25°C程度の温度にそのまま放置したほうが顕著であった。

Ⅲ 外部からの加圧と発芽

充実度のほぼひとしい非胴割粒に外部から手廻し式硬

第8表 脱穀機の回転数と幼芽長

処 理 区	I	Ⅱ	平 均
対 照 区 (手こき)	22.8mm	25.6mm	24.2mm
550回転/分	18.1	21.5	19.8
600	19.2	20.7	19.9
700	22.9	21.1	22.0

備考：試料1967年産ハウネンワセ
置床後10日目測定

第9表 脱穀機の回転数と幼芽長

処 理 区	I	Ⅱ	Ⅲ
対 照 区 (手こき)	39.22mm	36.46mm	36.62mm
560回転/分	39.97	32.36	31.94
620	38.37	33.85	31.41
720	29.59	28.36	28.57

備考：試料1968年産ミョウジョウ
置床後10日目測定

度計によって3kg，5kg，7kg，9kg，10kg（註：本試料粒の平均挫折剛度6.98kg）の力を加えたものについて発芽試験をおこない，外部からの加圧と発芽との関係を調べた。その結果第10表に示す実験の範囲内では，(イ)9kg以上の挫折剛度を超える加圧区では発芽歩合は急激に低下したが，(ロ)発芽速度は加圧重が大きいほど大となった。次に粃米浸漬水の比電導度値をみると，加圧重が増加したものの比電導度値が大になっていることがわかった。

第10表 外部からの加圧と発芽作用

硬度計による 加圧量	置床後3 日目の発 芽数	発芽勢	発芽歩合	粃米粒浸 漬水の比 電導度
	%	%	%	$\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
対照区	26	80	96	2.905×10
3kg区	33	83	95	2.960×10
5kg区	39	82	96	3.115×10
7kg区	46	85	96	3.335×10
9kg区	53	70	75	3.765×10
10kg区	60	64	64	4.110×10

備考：試料・1967年産ハウネンワセ，1粒重 23～26mg
の粃米を1粒ずつ硬度計（木屋製：手廻し式）で
加圧した。本試料粒の平均挫折剛度は6.98kgで
ある。

この実験結果の範囲内で考えられることは，機械脱穀が粃米の発芽歩合低下に影響する理由はおそらく胚の損傷に起因するものはもちろんのこと，米粒に挫折剛度以上の力が外部から加わったためではなからうか。

また加圧重の増加にともなう初期発芽の促進は，おそらく米粒の胴割れを含む“歪み（後述）”の発生にともなう吸水性の増大¹⁾や酸素供給量の増加と関連しているものとおもわれる。

Ⅳ 米の歪み（仮称）

“歪み”なる概念をあえて提起したのは，米粒に生ずる外見的变化——胴割れおよび損傷のみをもってしては，衝撃を受けた米の味や発芽力の低下，衝撃を受けたが胴割れを生じなかった米粒の発芽日数の短縮などを十分説明しきれないと考えたからである。

一般に物体は肉眼的な破壊に先立って歪みが先行するものであるが，米の場合においても急激な吸湿・外的衝撃等により，まず歪みが先行し，しかるのち胴割れその他の破壊へと進行すると考えられる。

今1967年産ハウネンワセおよび1968年産ミョウジョウの試料中から更に充実度の比較的均一な粃米粒を選出し各々の浸漬水の pH，比電導度，糖量を調べたところ，第11，12表のような結果をえた。この結果によると脱穀

機の回転数が高いほど比電導度と糖の溶出量とともに著しく高いことがわかる。またpH は手こき区の方が大で機械脱穀区では低い値を示している。

第11表 脱穀機の回転数と籾米粒浸漬水の理化学性

処 理 区	pH	比電導度 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$	糖溶出量* mg%
対 照 区 (手こき)	6.78	2.500×10	3.86
550回転/分	6.62	2.850×10	4.81
600	6.58	3.065×10	6.09
700	6.40	3.240×10	6.38

備考：試料・1967年産ホウネンワセ

* 糖溶出量は浸漬水に対する mg% であらわした。

これらの数値から推察すると、歪み、胴割れ、胚乳の損傷、胚の損傷その他の米粒の組織的損壊によって、細胞膜の透過性が増大し、その結果米粒中の諸成分が溶出し易くなったものと思われる。

次に発芽力への影響について検討するために、別に筆者らは、生脱穀・手こき・風乾をした“くさぶえ”を試料としてX線で胴割れのないものを選別し、(i)籾米のまま、(ii)籾殻をピンセットで軽くはねる、(iii)玄米、(iv)玄米を半分に切ったもの、の4区を設け発芽試験を行なったところ、発芽率はすべて100%であるが、発芽速度は(iii)(iv)、(ii)、(i)の順になった(置床後3日目までの発芽粒数は(i)2%、(ii)36%、(iii)48%、(iv)52%)。この結果は(ii)(iii)の処理によって吸水性が増大したためと思われるが、他方では中島の指摘⁷⁾にある酸素供給量の増大によることも考えられよう。即ち中島は18年間長期貯蔵した2品種の籾米を用い、発芽力をみたところ、籾米の状態では殆ど発芽しないのに対し、脱稈することによって20~30%発芽歩合が高まったことを認め、その説明として、生命力の劣えた籾にあってはもし籾殻を除去するならば発芽に必要な酸素の要求をみたし得たためであると考えている。

これらの原因の究明は今後の研究にまつこととするが籾殻の縫合のみだれあるいは除去、胴割れ、“歪み”などが共通して発芽速度を促進することは、確かなようである。

以上を総括して考えると、機械脱穀によって米粒組織に歪みが生じ、米の理化学性の低下や発芽力への影響を招き、ひいては貯蔵による米質の劣変を招いたものと思われる。ゆえに従来は米質鑑定に水分、胴割率、損傷粒歩合などが測定されてきたが、将来は、比電導度、pHなどをも測定して米質鑑定に一層の完璧を期すべきではなかろうか。

摘 要

米の理化学性に及ぼす外因の影響を知ろうとし、本報では外因として、機械脱穀において外部から与えられる“衝撃”をとりあげ、これと米の2~3の理化学性との関係を調べ、さらに発芽との関連についても検討し、これら理化学性や発芽に影響を及ぼす米粒の状態を、可視的な胴割粒や損傷粒の面からだけでなく、不可視的な組織的損壊としての“歪み(仮称)”なる考え方からも見ようとした。

結果は下記のとおりである。

- 1) 脱穀機の回転数を異にしたばあいの米の水溶性乾固物量を調べたところ、回転数が高いものほど小となった。
- 2) 全糖量についても同様に、回転数が高いものほど小となった。
- 3) pH は高速回転のものほど小となった。
- 4) 米粉末の水浸出液の比電導度は、高速回転のものほど大となった。
- 5) 機械脱穀籾の発芽率が低下することは従来の知見のとおりであるが、発芽速度は大となった。これは稈実度などの差異によるものとは説明し得ず、米粒に外部から力が加わって起こる“歪み(仮称)”，胴割れ、籾殻のずれなどにより、米粒の吸水性・酸素供給量などが増加

第12表 脱穀機の回転数と籾米粒浸漬水の理化学性

処 理 区	pH			比 電 導 度			糖 溶 出 量		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
対照区(手こき)	6.99	6.91	6.90	7.375×10	7.020×10	8.395×10	mg% 2.04	mg% 2.75	mg% 3.63
560回転/分	6.98	6.90	6.89	7.440×10	7.650×10	8.120×10	4.85	3.92	3.33
620	6.91	6.89	6.88	7.525×10	8.500×10	8.785×10	5.74	4.69	3.60
720	6.90	6.88	6.87	9.120×10	10.550×10	8.620×10	6.86	4.98	4.47

備考：試料・1968年産ミョウジョウウ I, II, IIIともに同一圃場よりの試料であるが、収穫後の脱穀、調整における各区の担当作業員の取扱いに、時間的その他差異があったので区別した。

し発芽速度が早まったものと推察された。

6) 脱穀機の回転数が大の場合、粃米粒浸漬水の比電導度（および糖量）が大きくなった。

おわりに実験の遂行にあたり多大の御援助を賜った金岡たま氏に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 岡村 保：米穀の品質に関する研究，大原農業研究所特別報告第5号，p. 157, p. 433 (1940)

- 2) 岡村 保，松久次雄，芦田憲義：栄養と食糧，21 203 (1968)
- 3) 岡村 保，松久次雄，芦田憲義：栄養と食糧，21 208 (1968)
- 4) 岡村 保，松久次雄，芦田憲義：栄養と食糧，21 212 (1968)
- 5) Dubois, M. *et al.*: *Anal. Chem.*, 28, 350 (1956)
- 6) 岡村 保，松久次雄，鈴木清太，佐渡敏弘：日作紀，36, 111 (1967)
- 7) 中山 包：農林種子の発芽，内田老鶴園新社，p. 54 (1966)

(経費著者負担)

正常，およびコルチゾン投与シロネズミにおける肝臓リボソーム蛋白質，RNA の代謝回転

体重約 150g の雄シロネズミを用い，酢酸コルチゾンを腹腔内注射した群と，0.9%食塩水を同様に投与した対照群について， $5\text{-}^3\text{H}$ -オロチン酸，および $\text{L}\text{-}^3\text{H}$ または $\text{L}\text{-}^{14}\text{C}$ -ロイシンの肝臓細胞質リボソーム——ポリゾーム成分への取込み活性を30分～50時間にわたって経時的に測定した。

その結果，対照群では<10S 中の蛋白質，RNA の放射能は30S，50S におけるよりも著しく高く，また 30S は常に 50S よりも高い値を示した。<10S はリボソーム——ポリゾーム成分を EDTA 処理して得られたもので，アクリルアミドゲル電気泳動法によって5～12Sの間に4つの主要成分のあることが確認された。したがって，この画分には，5S，mRNA，ポリペプチド鎖などが存在する可能性があり，これらが著しく高い取込み活性と速い代謝回転速度をもつものと推定される。また，30S は

50S に比べて代謝プールが小さいものと思われる。一方，コルチゾン投与群ではオロチン酸，ロイシンの 80S 蛋白質，RNA への取込みはそれぞれ30%上昇し，その際 30S と 50S で等しい効果を示した。<10S 蛋白質，RNA においては投与後 1～3 時間にそれぞれ 200, 80% の著しい上昇効果を示した。このことはコルチゾンがリボソーム——ポリゾーム蛋白質，RNA の代謝回転速度を高めると同時にリボソーム蛋白質，RNA 中の構成成分の新生速度を高める効果のあることを示すものと思われる。

Turnover of Protein and RNA of Liver Ribosomal Components in Normal and Cortisol-Treated Rats by Hanoune, J. & Feigelson, P.: *Biochim. Biophys. Acta*, 199, 214～223 (1970) (山口)