

北海道産米の品質に関する物理化学的研究

第1報 米の食味特性値と栽培環境要因との関係

南 松 雄† 土 居 晃 郎†

PHYSICO-CHEMICAL STUDIES ON THE QUALITIES OF HOKKAIDO RICE

1. Relation between the Palatability Characteristics of Rice and the Growing Conditions

Matsuo MINAMI & Akio DOI

北海道産米の栽培環境条件による食味特性の変化を見ると、地帯間では旭川、土壤間では乾田タイプ土壤のものの食味特性は高い。食味特性に対するN適量は高温年の方が低温年より高い。後期追肥により、飯米の弾性は「そらち」では低く、「しおかり」では高くなる傾向が見られる。北海道産米は府県米に比して、ブレイクダウン、飯米の粘弾性は低い。栽培環境条件により影響をうけやすい食味特性は飯米弾性>ブレイクダウン>飯米粘性>加熱吸水率≒膨脹容積≧糊化温度の順である。

I 緒 言

近年、米の需要と供給のアンバランスによる余剰米の激増、米に対する消費者の嗜好性の変化によって、米の品質、とくに食味に対する改善要望が次第に高まってきている。

米の品質（流通過程の商品としての米の利用上の性質）の1つである食味に関する研究は、西南暖地の早期栽培米を中心にして食糧研究所で行なわれ、信頼性の高い食味評価法として官能検査法あるいはパネル・テストと呼ばれる方法が確立され¹⁾、さらに、官能検査法と相関の高い米の理化学的性質が追求されて、最近、精白米の炊飯特性の中の加熱吸水率、膨脹容積、精米粉のアミログラム特性値の中の糊化温度、ブレイクダウン、米飯の粘性と弾性の6要素と官能検査による食味評価との重相関は0.85、寄与率72%であることが明らかにされた^{1) 2) 3) 15) 16) 17)}。一方、米の生産段階

で食味に関係の深い要因として13項目ほどあげられており、その中で、とくに品種、産地、栽培方法の3つが主要であるといわれている¹⁵⁾、これら栽培環境条件が米の食味に及ぼす影響についての研究は、わが国ではきわめて少なく、わずかに福井農試^{10) 11) 18)}、新潟農試^{13) 14)}で行なわれているに過ぎず、また、道産米に関しては、竹生¹⁾、瀬戸¹²⁾らによる府県米と道産米の比較研究が報告されているに過ぎない。したがって、筆者らは、道産米の品質改善の一環として、昭和44年、45年産の道産米を供試して、栽培環境条件、すなわち、品種、産地、土壤、施肥要因が米の食味評価に及ぼす影響を主として食糧研究所で開発された6要素の理化学的測定値との関係において、調査検討したので、その結果を報告する。

なお、本研究を実施するにあたり、終始、ご懇切なる指導をいただいた農林省食糧研究所竹生新治郎室長に深甚の謝意を表す。

また、貴重なる試料を提供くださった各農業試験場、普及所の関係各位に感謝する。

† 上川農業試験場

II 試験方法

1. 供試材料

(1) 地帯別

岩見沢、旭川、美幌、名寄、芽室の各産地で地方標準栽培された「しおかり」を供試した。各産地の出穂後40日間の平均気温および積算温度を第1表に示した。

(2) 土壌別

黄褐色土壌(旭川)、礫質土壌、泥炭質土壌、グライ土壌(以上東釧路)の各土壌型水田にて現地標準栽培された「しおかり」を供試材料とした。

(3) 品種別

道産米については、上川農試で標準栽培された昭和44年および昭和45年産の各品種を供試し、そ

れらの品種特性については第2表にかかげたとおりである。府県米としては宮城農試産の「フジミノリ」、「ササニシキ」、新潟農試産の「越路早生」、「コシヒカリ」の4品種を供試した。

(4) 施肥別

基肥群としては、無窒素区(N0kg/a)および窒素施肥区(N1.0kg/a)の2処理、追肥群としては幼穂形成期、止葉期、出穂期、穂揃期追肥(N量NO₃-N0.4kg/a)の4処理を行ない、P₂O₅0.8kg/a、K₂O 0.6kg/aを共通施肥とした。品種は「しおかり」、「そらち」を供試し、上川農試ほ場(黄褐色土壌)にて当场標準栽培にしたがった。両品種の生育期節は第3表のとおりである。

2. 実験方法

(1) 炊飯特性¹⁾

91%精白米8gを高さ8cm、直径4cmの長円

第1表 各地域の登熟期間の温度(昭和45年度)

半旬別 地域	7月	8月						9月		
	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
岩見沢		20.0	21.3	23.2	21.6	24.8	20.5	19.0	20.4	
旭川	25.0	18.4	19.6	23.1	20.0	24.3	19.6	17.4		
美幌			20.6	22.0	21.0	26.2	19.2	17.2	17.8	16.4
名寄		17.5	19.5	22.8	20.0	24.4	19.2	16.7	17.7	
芽室			19.7	21.6	24.3	19.4	16.8	16.1	15.3	16.1

第2表 供試品種の特性—道産米—

項目	農林20号*	照 稔	ふくゆき*	うりゅう	なるかぜ
出穂の早晩	早 の 中	早 の 晩	早 の 晩	早 の 晩	早 の 晩
米 質	中 上	中 下	下 上	中 上	上 下

項目	しおかり*	ささほなみ	インカリ	そらち*	ほうりゅう
出穂の早晩	中 の 早	早 の 晩	早 の 晩	中	中
米 質	上 下	中 中	上 中	上 下	上 下

項目	栄 光	ひめほなみ	ほくせつ	ユーカーラ
出穂の早晩	中 の 晩	中 の 晩	中 の 晩	晩
米 質	上 下	上 下	中 上	上 中

*昭和44年産米も含む。

第 3 表 各品種の生育期節

項目 品種	移植日	幼形期	出穂期	収穫期
しおかり	5月27日	7月22日	7月31日	9月21日
そらち	5月27日	7月26日	8月3日	9月22日

筒形の金網中に入れ、これを 160ml の水を入れたビーカー中につるし、電気炊飯器を用いて一定条件で加熱し、次の 4 項目を測定した。

(a) 加熱吸水率

$$\text{加熱吸水率} = \frac{\text{炊飯米の重量}}{\text{使用精白米の重量}}$$

(b) 膨脹容積

加熱後の金網中の炊飯米の高さを測定して、次式によってみかけの容積を算出した。

$$\text{膨脹容積} = \pi r^2 h \quad r \cdots \text{金網カゴの半径 (cm)} \\ h \cdots \text{炊飯米の高さ (cm)}$$

(c) 炊飯液のヨード呈色度

炊飯液 1 ml と 0.2% ヨード溶液 2 ml を 100ml メスフラスコ中で反応させた後、蒸留水で満たし、波長 660m μ にて比色定量した。

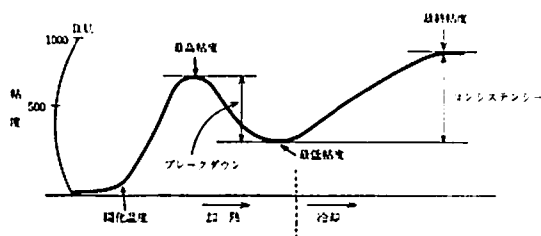
(d) 炊飯液の溶出固形物

炊飯液 10ml を秤量管にとり、105°C にて 18 時間乾燥し、乾燥前後の重量差を炊飯液中の溶出固形物とし、g にて表示した。

(2) アミログラム特性¹⁾

50メッシュ篩を通過させた 91% 精白米粉 40g に水 450ml を加え、ブラベンダー・ビスコグラフィーを用いて、30°C より加熱開始し、1 分間に 1.5°C ずつ温度を上昇させ、93°C にて 10 分間放置後、さらに 30°C まで冷却し、その間、加熱、冷却による米粉の粘度変化を記録して第 1 図のようなアミログラムより各特性値を算出した。

(3) 飯米の粘弾性²⁾



第 1 図 アミログラム

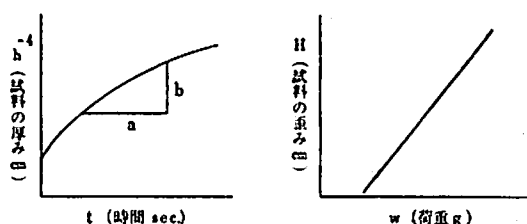
特殊容器 (ステンレス製の円筒—直径 5 cm, 高さ 5 cm—で底部とりはずし自由) に 10g の 91% 精白米を入れ、水 16ml を加えて 10 分間放置後、6 合だき電気炊飯器の外釜に 40ml の水を入れて炊飯し、10 分間蒸らして容器より取り出し、さらに 38°C に 1 時間保った後、平行板プラストメーターの上下平行板の間に挿入し、35°C の条件で荷重をかけて米飯を押しつぶしていき、変形の状況をダイヤルゲージで読みとった。測定法は荷重 300g をかけて荷重後 0, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 300 秒の経時的変形度および、荷重 200, 400, 600g の瞬間変形度について行なった。粘弾性は第 2 図によって求めた各数値を代入して求めた。

(4) アルカリ・テスト⁵⁾

シャーレに 91% 精白米 10 粒を並べ、1.5% KOH 溶液 20ml を加え、25°C で 24 時間放置後、米粒の膨潤崩壊の程度をまったく崩壊しない 0 から、透明に溶ける 10 までの 11 段階に分けて採点し反応指数として表わした。

(5) 玄米の澱粉ヨード呈色度⁶⁾

4.6N 過塩素酸で 100メッシュ粉碎の玄米粉より澱粉を抽出し、抽出液 20ml を 500ml メスフラスコにとり、0.2% ヨード・2% ヨードカリ溶液 5ml を加えて、水にて 500ml に満たし、2 時間後、波長 660m μ にて吸光係数を測定した。

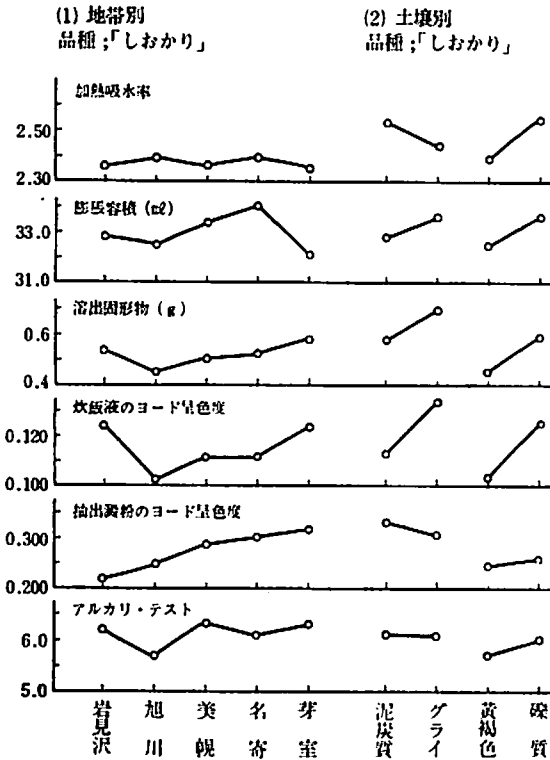


$$\text{粘性} (\eta) = \frac{K \times 10^6 W}{mv^2} \quad (\text{poise})$$

$$\text{弾性} (E) = \frac{w \times 980}{H} \quad (\text{dyne/cm}^2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W \cdots \text{荷重 (kg)} \quad w \cdots \text{荷重 (g)} \\ m = \frac{b}{a} = \frac{h \cdot t}{t} \cdots \text{傾斜 (m}^{-1} \text{ sec}^{-1}) \\ v \cdots \text{試料の容積 (cm}^3) \\ h \cdots \text{試料の厚み (cm)} \\ H \cdots \text{試料の重み (cm)} \\ K \cdots \text{常数 (8.21)} \end{array} \right.$$

第 2 図 荷重による試料の厚みの時間的变化および歪みの変化と粘弾性の計算式



第 3 図 精白米の炊飯特性, アルカリテストおよび玄米抽出澱粉のヨード呈色度

III 試験結果

1. 精白米の炊飯特性およびアルカリ・テスト

(1) 地帯別

精白米を多量の水の中で加熱したときの、米粒の挙動を調べる精白米の炊飯特性のうち、加熱吸水率は各産地とも、2.35~2.39前後で、産地間の差異はほとんど認められない。膨脹容積は名寄が最も大きく、芽室が比較的小さい。その他の炊飯特性値は、登熟期間前期(出穂後15日)の平均気温が21.5°C以上の岩見沢、芽室が高く、20~21°C前後の地帯は比較的低い。精白米粒の組織の硬軟を示すアルカリテストは、旭川が5.7で最も低く、ほかの地帯はほぼ同程度の値である。

(2) 土壌別

黄褐色土壌の「しおかり」の各炊飯特性値はほかの土壌のものに比して、極端に小さい。また、アルカリテストは、黄褐色土壌、礫質土壌のような乾田タイプの土壌と泥炭質土壌、グライ土壌の

ような湿田タイプの土壌では、乾田タイプのものがやや低い値を示した。炊飯液のヨード呈色度と抽出澱粉のヨード呈色度は、必ずしも一致した傾向を示さないのは、炊飯液のヨード呈色度が溶出固形物の多少に左右されるためと思われる。

(3) 品種別

道産米と府県米を比較すると、第4表のとおり膨脹容積には大きな差は見られないが、加熱吸水率は、概して府県米の方が高い値である。一方、ヨード呈色度、溶出固形物、アルカリテストは「越路早生」を例外として、府県米の方がおおむね低い値を示しており、とくにアルカリテストは極端に異なった値を示した。道産米の品種間について比較すると、炊飯特性のうち、膨脹容積が晩生種において幾分低い傾向が見られるほかは、一定の傾向は認められない。アルカリテストは早生のものが低い値を示している。

(4) 施肥別

基肥群について見ると、第5表のように、膨脹容積、溶出固形物、アルカリテスト、抽出澱粉のヨード呈色度は両品種ともに、無窒素区の方が低い値を示しているが加熱吸水率、ヨード呈色度については一定の傾向は認められない。追肥群について見ると、アルカリテストは両品種とも大きな差は認められない。一方、4つの炊飯特性は両品種ともに、止葉期追肥がほかの追肥に比較して高い値を示し、とくに「しおかり」において顕著である。

2. 精白米のアミログラム特性

(1) 地帯別

アミログラムより算出した特性値のうち、糊化温度は澱粉粒の膨潤開始の温度を示すものであるが、地帯別について見ると、第5図のように芽室、美幌のものが、ほかの地域産のものに比して幾分高く、最高粘度ならびに加熱による粘度低下値で、ノリの安定性を示すブレークダウンは旭川のものがとくに高い。一方、冷却による粘度増加値で、ブレークダウンに対応するコンシステンシーは、美幌がわずか高い程度で地域間の差はほとんど認められない。

第 4 表 精白米の炊飯特性とアルカリテスト

(3) 品 種 別

品 種		項 目	加熱吸水率	膨 脹 容 積	ヨード呈色度	溶出固形物	アルカリ テ ス ト
道 産 米	農 林 20 号		2.40	33.2 ^{ml}	0.112	0.538 ^g	5.8
	照 穂		2.46	33.7	0.134	0.584	5.0
	ふ く ゆ き		2.46	33.5	0.101	0.438	5.9
	う り ゅ う		2.47	35.1	0.159	0.706	6.5
	な る か ぜ		2.53	35.9	0.166	0.703	5.0
	し お か り		2.39	32.5	0.105	0.453	5.7
	さ さ ほ な み		2.56	34.8	0.140	0.618	5.7
	イ シ カ リ		2.51	34.2	0.145	0.626	6.0
	そ ら ち		2.35	33.3	0.093	0.467	6.0
	ほ う り ゅ う		2.51	33.8	0.154	0.653	6.1
	栄 光		2.37	31.7	0.081	0.466	6.0
	ひ め ほ な み		2.46	32.8	0.127	0.570	6.1
	ほ く せ つ		2.40	32.1	0.154	0.712	6.5
ユ ー カ ラ		2.51	33.5	0.107	0.494	6.0	
府 県 米	フ ジ ミ ノ リ		2.65	33.6	0.108	0.495	3.2
	サ サ ニ シ キ		2.61	31.9	0.093	0.408	3.3
	越 路 早 生		2.58	34.5	0.140	0.732	6.1
	コ シ ヒ カ リ		2.64	33.5	0.088	0.501	2.5

第 5 表 精白米の炊飯特性、アルカリ・テストおよび玄米抽出澱粉のヨード呈色度

(4) 施肥別—基肥群

品 種	N 施用量	項 目	加熱吸水率	膨 脹 容 積	ヨード呈色度	ヨード呈色度	溶出固形物	アルカリ テ ス ト
				(ml)	(炊飯液)	(抽出澱粉)	(g)	
し お か り	N-0		2.42	33.6	0.092	0.250	0.433	6.0
	N-1.0		2.44	33.9	0.116	0.342	0.493	6.1
そ ら ち	N-0		2.42	33.7	0.146	0.260	0.641	6.0
	N-1.0		2.39	34.3	0.146	0.296	0.693	6.3

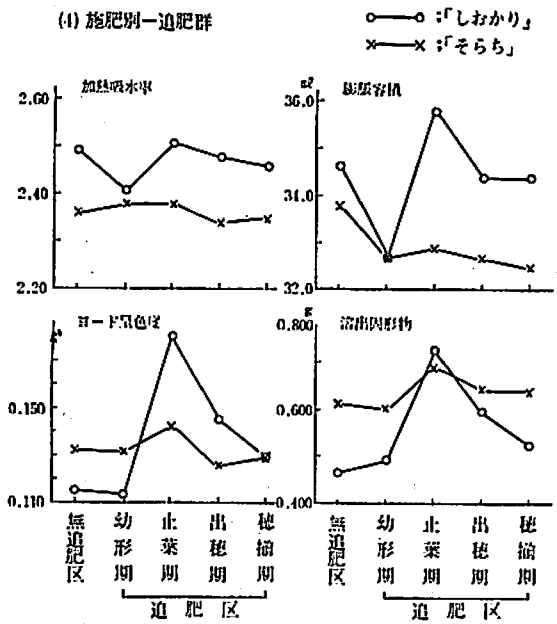
(2) 土 境 別

糊化温度は概して乾田タイプの土壤の方が湿田タイプの土壤より低く、最高粘度、ブレイクダウンは乾田タイプの土壤のものが高い値を示している。コンシステンシーは、土壤間における差は認められない。前述したように、アルカリテスト、抽出澱粉のヨード呈色度は、乾田タイプの土壤のものが湿田タイプの土壤のものより低い傾向が認

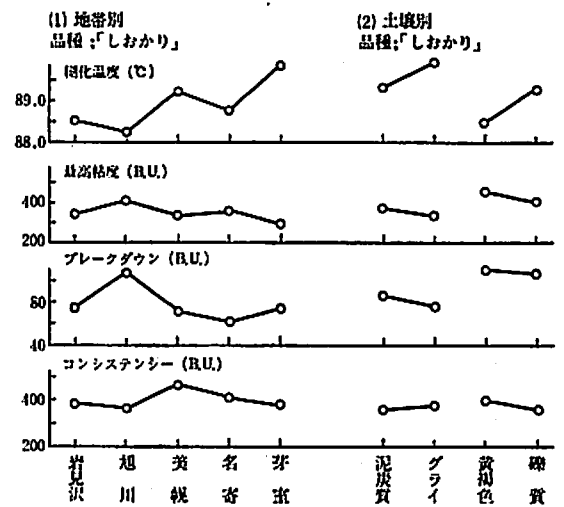
められ、また、アミログラム特性値の糊化温度、ブレイクダウンは高い。これらのことより、乾田タイプ土壤と湿田タイプ土壤とでは、登熟過程における澱粉の性質に与える影響が異なるものと思われる。

(3) 品 種 別

品種間のアミログラム特性値について第6表にかかげたとおり、道産米と府県米を比較した場



第 4 図 精白米の炊飯特性とアルカリ・テスト



第 5 図 米粉アミログラム特性

第 6 表 米粉のアミログラム特性

(3) 品 種 別		項目	糊化温度	最高粘度	最低粘度	最終粘度	ブレイク ダウ ン	コンシス テンシー	BD/C
品 種			°C	B.U.	B.U.	B.U.	B.U.	B.U.	
		道	農林 20 号	88.7	460	305	690	125	385
	照 稔	90.0	408	294	600	114	306	0.37	
	ふくゆき	89.4	380	281	613	99	332	0.30	
	うりゅう	89.3	360	272	630	88	358	0.26	
	なるかぜ	86.7	330	255	620	75	365	0.21	
	しおかり	88.4	400	290	690	110	400	0.28	
産	ささほなみ	87.7	360	260	607	100	347	0.29	
	イシカリ	86.7	300	234	600	66	366	0.18	
	そらち	84.8	360	255	620	105	365	0.29	
米	ほうりゅう	86.7	290	210	476	80	266	0.30	
	栄 光	86.9	345	255	540	90	285	0.32	
	ひめほなみ	90.0	325	214	643	111	429	0.26	
	ほくせつ	89.8	350	255	630	95	375	0.25	
	ニーカーラ	87.3	342	244	600	98	256	0.28	
府	フジミノリ	87.3	388	282	637	106	355	0.30	
県	ササニシキ	87.5	482	322	610	160	338	0.47	
米	越路早生	87.0	474	339	560	135	221	0.61	
	コシヒカリ	86.7	540	342	538	198	196	1.01	

第7表 米粉のアミログラム特性

(4) 施肥別—基肥群

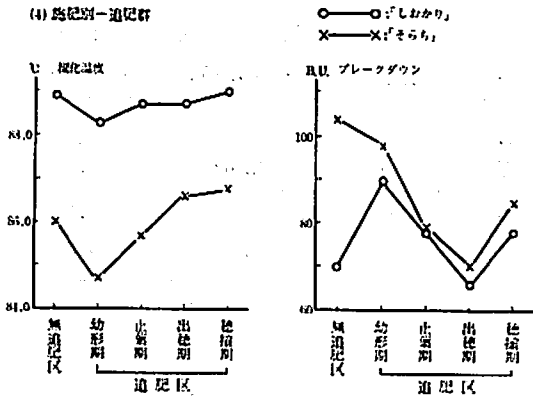
品種	N施用量	項目				
		糊化温度 (°C)	最高粘度 (B.U.)	ブレイク・ダウン (B.U.)	コンシステンシー (B.U.)	BD/C
しおかり	N-0	88.9	370	76 (51)	349	0.22
	N-1.0	88.4	370	90 (25)	382	0.23
そらち	N-0	86.1	360	92 (33)	392	0.24
	N-1.0	84.0	328	105 (15)	352	0.30

() 昭和44年度産米。

合、道産米はブレイクダウンがきわめて低く糊化温度は、高いものが多く見られる。アミログラムを数値化した BD/C (ブレイクダウンとコンシステンシーの比) は、道産米が0.2~0.3であるのに対し府県米は0.3~1.0前後と高い。つまり道産米の米澱粉は加熱時には膨潤不足で粘度低く、冷却時には粒子の崩壊が十分でないことにより粘度が高いということがいえる。

い値を示している。このことは、低温年(44年度)におけるN施用が米粒の澱粉にブレイクダウンを低下させる作用をするものと思われる。一方、追肥群では、糊化温度は品種にかかわらず後期追肥ほど高まる傾向にあり、また、ブレイクダウンについては、両品種ともに 幼形期> 止葉期> 穂揃期> 出穂期追肥の順であり、出穂期追肥がほかの追肥に比較して最も低い値を示しているのが特徴的である。また、無追肥区のブレイクダウンは、「そらち」の場合いずれの後期追肥より高い値を示すが、「しおかり」ではかなり低い値を示している。

(4) 施肥別—追肥群

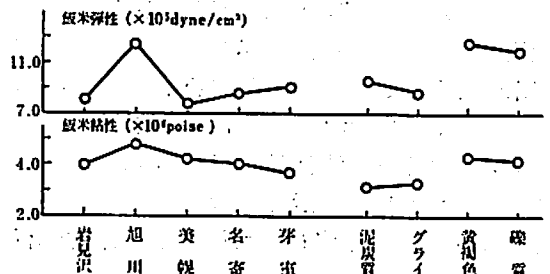


第6図 米粉アミログラム特性

(4) 施肥別

施肥処理によるアミログラム特性の変化については、第7表および第6図のとおりである。すなわち、基肥群では、糊化温度についてはほとんど差がないが、ブレイクダウンはN施肥区が高い傾向を示している。しかし、44年度産米について見ると、ブレイクダウンは45年度産米よりも低い値であり、しかも、N施肥区の方が無糞区より低

(1) 地帯別 品種:「しおかり」 (2) 土壌別 品種:「しおかり」



第7図 飯米の粘弾性

3. 飯米の粘弾性

(1) 地帯別

飯米の弾性値は旭川が極端に高く、ほかの地帯とは $2.0 \sim 3.0 \times 10^5 \text{ dyne/cm}^2$ の差がある。

粘性値は各地とも比較的低い値を示すが、旭川

第 8 表 飯 米 の 粘 弾 性

(3) 品 種

品 種		項目	飯米弾性×10 ⁵ dyne/cm ²	飯米粘性×10 ⁴ Poise	品 種	項目	飯米弾性×10 ⁵ dyne/cm ²	飯米粘性×10 ⁴ Poise
道 産 米	農 林 20 号		13.10	5.40	イ シ カ リ		10.90	3.78
	照 稔		10.87	4.20	そ ら ち		13.07	4.50
	ふ く ゆ き		14.85	3.99	ほ う り ゅ う		10.59	4.80
	う り ゅ う		7.69	5.08	栄 光		13.52	4.20
	な る か ぜ		7.72	4.20	ひ め ほ な み		11.20	4.32
	し お か り		12.25	4.80	ほ く せ つ		13.51	4.08
	さ さ ほ な み		10.59	4.74	ユ ー カ ラ		13.67	4.86
府 県 米	フ ジ ミ ノ リ		11.58	4.44	越 路 早 生		14.00	5.17
	サ サ ニ シ キ		14.25	4.75	コ シ ヒ カ リ		14.20	6.01

が最も高く、美幌が、弾性値の割合には高い値である。

(2) 土 壤 別

飯米の弾性値および粘性値ともに、第7図に示すとおり、黄褐色土壌、礫質土壌のような乾田タイプ土壌の方が泥炭質土壌、グライ土壌のような湿田タイプ土壌に比して明らかに高い値を示している。とくに弾性値は粘性値に比して土壌型の差異による変動が大きく、食味評価における弾性値の重要性を考えた場合、注目される結果である。

(3) 品 種 別

第8表に示すとおり、「フジミノリ」を除いて府県米の方が道産米に比して飯米の粘性および弾性値ともにやや高い傾向を示している。また、道産米の品種のなかでは「農林20号」、「しおかり」、「そらち」、「ユーカラ」は弾性値、粘性値ともにバランスよく高い値を示しているが、「ふくゆき」、「イッカリ」の粘性値および「うりゅう」、「なるかぜ」の弾性値は他品種に比して極端に低い。

(4) 施 肥 別

飯米の粘弾性に対する施肥処理の影響について見ると、第9表、第8図のように、基肥群では、「しおかり」、「そらち」とともに飯米の弾性値はN施肥区のものが高いが、粘性値は「そらち」ではほとんど差がなく、「しおかり」では無窒素区の

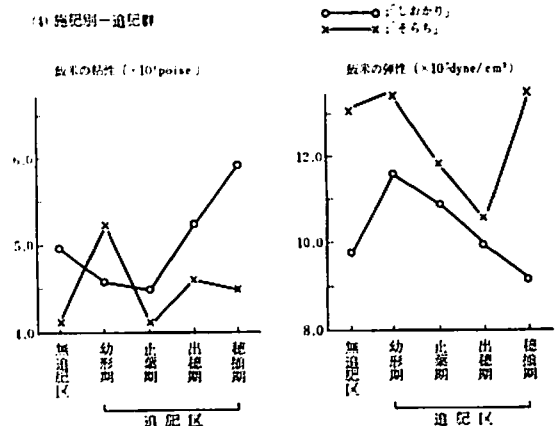
方が高い。追肥群では、飯米の弾性値は「しおかり」と「そらち」では、穂揃期追肥に対する挙動が異なるほかは比較的類似した傾向を示し、粘性値は「しおかり」、「そらち」とともに止葉期追肥が

第 9 表 飯 米 の 粘 弾 性

(4) 施肥別—基肥群

品 種	N 施用量	項目	
		飯米弾性 ×10 ⁴ dyne/cm ²	飯米粘性 ×10 ⁴ Poise
し お か り	N-0	9.56	6.72
	N-1.0	12.02	4.98
そ ら ち	N-0	10.59	4.10
	N-1.0	12.48	4.27

(4) 施肥別—追肥群



第 8 図 飯 米 の 粘 弾 性

最も低く、その他の追肥については、「しおかり」では出穂期、穂揃期追肥と後期追肥ほど高い値であるが、「そらち」の場合、出穂、穂揃期追肥は同程度の値である。

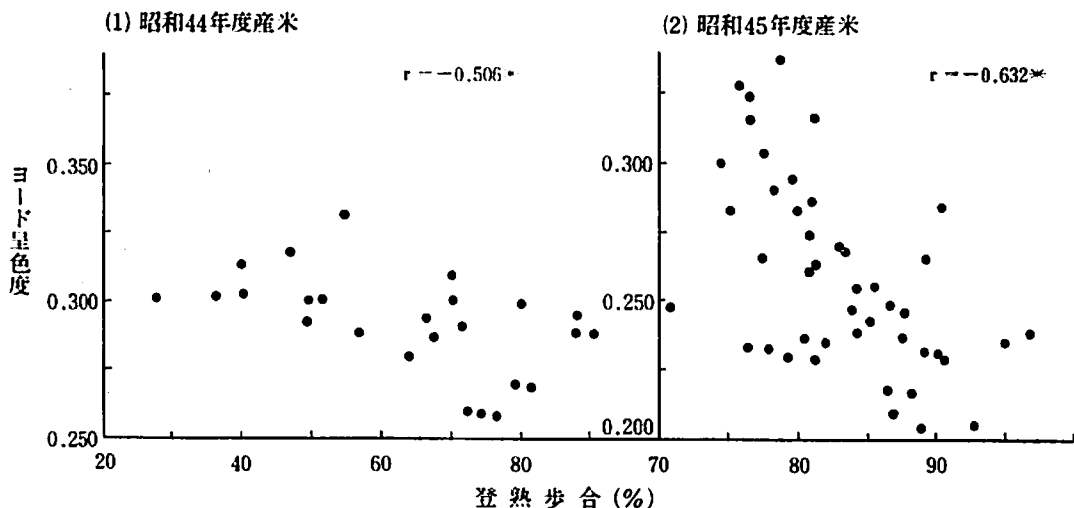
4. 米の理化学的性質相互間の比較

(1) 玄米の抽出澱粉のヨード呈色度と登熟歩合
次に、抽出澱粉のヨード呈色度（以下澱粉ヨード呈色度という）と供試材料（籾）の登熟歩合との関係についてみると、第9図に示したように、低温年（44年）、高温年（45年）を問わず、両者の間に高い負の相関関係が認められ、籾の登熟歩合が低いと玄米の澱粉ヨード呈色度は高いといえる。通常、米澱粉は、15~25%のアミロースと75~85%のアミロペクチンより成り、ヨード澱粉反応はア

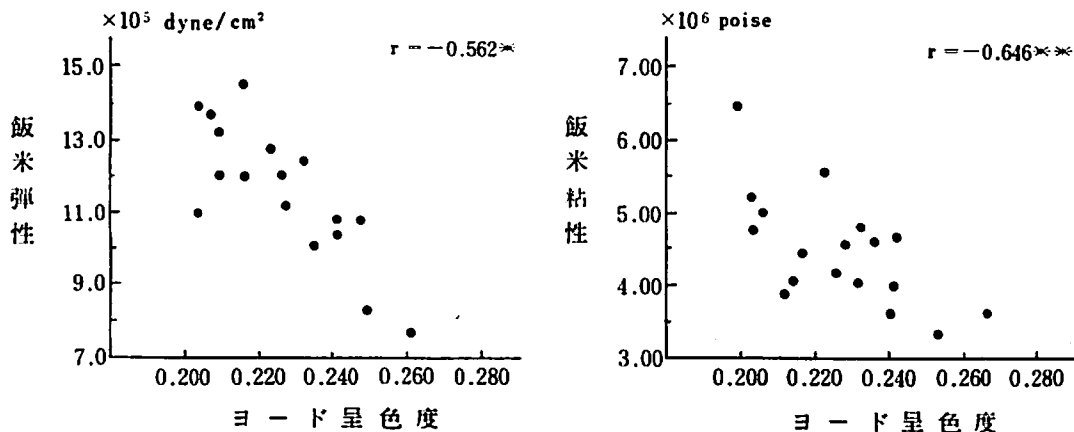
ミロースに特有のもので、アミロペクチンは呈色しない。それゆえヨード反応の呈色度の強さによって、その澱粉の構造が推定される。換言すると、アミロース含量を間接的に測定できる。したがって、籾の登熟歩合の低いものほど澱粉のヨード呈色度が高いことは、アミロース含量が多いことを意味している。

(2) 飯米の粘弾性と玄米抽出澱粉のヨード呈色度

次に澱粉ヨード呈色度と飯米の粘弾性との関係についてみると、第10図に示すように両者の間に明らかに負の相関が認められ、澱粉ヨード呈色度が高いものほど、飯米の粘弾性値が低下している。すなわち、澱粉中のアミロース含量の増加



第9図 登熟歩合と玄米抽出澱粉のヨード呈色度



第10図 飯米の粘弾性と玄米抽出澱粉のヨード呈色度

第10表 米の理化学的測定値(6要素)とその変異係数(C.V.)

測定項目 C.V.	品 種 (14)		地 帯 (5)		土 壤 (8)		施 肥 (24)			
	平均値	C.V. (%)	平均値	C.V. (%)	平均値	C.V. (%)	基 肥 (8)		追 肥 (16)	
							平均値	C.V. (%)	平均値	C.V. (%)
加 熱 吸 水 率	2.46	3.0	2.37	2.1	2.48	2.2	2.43	3.2	2.43	1.6
膨 脹 容 積 (ml)	33.6	3.5	33.2	3.9	33.1	2.0	34.1	1.5	33.6	2.0
糊 化 温 度 (°C)	88.0	1.8	88.8	0.6	88.4	0.7	87.0	0.8	87.5	0.7
ブ レ ー ク ダ ウ ン (B.U.)	95	16.6	71	19.0	87	14.9	88	10.0	83	12.7
米 飯 の 粘 性 ($\times 10^4$ poise)	4.50	10.1	4.21	8.8	4.12	9.8	7.19	16.4	4.92	13.3
米 飯 の 弾 性 ($\times 10^3$ dyne/cm ²)	11.68	18.5	9.26	18.9	11.32	21.4	11.05	22.6	11.42	15.9

は、飯米の粘弾性を低下させる要因の1つと思われる。

(3) 米の理化学的測定値(6要素)とその変異係数

栽培環境条件(品種、地帯、土壤、施肥)による食味に関係深い米の理化学的測定値の変異係数について見ると、第10表に示すように、飯米の弾性>ブレイクダウン>飯米の粘性>膨脹容積>加熱吸水率>糊化温度の順で、とくに、アミログラム特性値のブレイクダウン、飯米の粘弾性値の変動が大きく、ほかの特性値はほとんど変動が見られない。

また、米の理化学的測定値間の栽培環境条件による変動についてみると、品種、地帯、土壤による変動が比較的大きいのは、飯米の粘弾性値とブレイクダウンであり、施肥法による変動の大きいのは、米飯の粘性、弾性値である。

5. 低温年と高温年における6要素

低温年(44年)と高温年(45年)における産米の食味特性値を「農林20号」、「ふくゆき」、「しおかり」、「そらち」の4品種について比較した結果は第11表に示すとおりである。精米の炊飯特性の加熱吸水率、膨脹容積およびアミログラム特性値の糊化温度については、両年間の差はほとんど認められない。しかし、ブレイクダウンおよび飯米の粘弾性値については、顕著な差が認められ、3特性値ともに44年より45年の方が明らかに高く、その傾向はブレイクダウン、飯米の弾性値において特に著しい。低温年における産米の澱粉性状(糊化特性、ノリの力学的性質)が高温年のものと著しく異なり、とくに澱粉中のアミロース含量が多

く、澱粉ノリの老化が著しくて、炊飯後の粘着性流動性がきわめて低いことを示唆している。

IV 考察および論議

竹生らは外国米と日本米の比較¹⁾、早期米の研究²⁾において、精白米の炊飯特性の加熱吸水率、膨脹容積の大きいものは食味がまずいと結論しているが、府県米と道産米との比較では、むしろ府県米が高い値を示し、一方、道産米の品種間では明瞭な差が認められず、かつ、栽培環境条件による変動が小さいことより、食味評価に対する荷重が小さいものと思われる。倉沢ら³⁾は炊飯液のヨード呈色度の低いものは粘りがあり、高いものは粘りが少ないことを指摘しているが、われわれの結果では、登熟期間前期(出穂後15日間)の平均気温が20~21°C前後の場合、乾田タイプの黄褐色土壤で栽培した場合は、ヨード呈色度を低め、登熟期間前期の平均気温が21.5°C以上の場合、湿田タイプの土壤で栽培した場合、後期追肥した場合は逆にヨード呈色度は高まる傾向が見られる。粘りの測定法は若干異なるが、地帯間、土壤間、品種間では、倉沢らの結論と一致した傾向が見られる。精白米のアルカリテストにあらわれる差はその澱粉のアルカリに対する抵抗性の差に基づくものと推定されるが、一般に、水稻の登熟期間の温度が大きく影響し、高温のときは精白米の膨潤崩壊度が小さくなり、低温の場合崩壊性が増大するといわれている。吉野ら¹⁹⁾はとくに登熟期間前期の温度変化が大きく影響するとしており、北海道では、登熟期間前期(出穂後15日間)の平均気

第 11 表 昭和44年および45年度産米の食味特性値の比較

品 種	項 目 年 度		加熱吸水率		膨脹容積 ml		糊化温度 °C		ブ レ ー ク ダ ウ ン B. U.		飯 米 弾 性 ×10 ⁴ dyne/cm ²		飯 米 粘 性 ×10 ⁴ poise	
	44年	45年	44年	45年	44年	45年	44年	45年	44年	45年	44年	45年	44年	45年
農 林 20 号	2.40	2.40	32.5	33.2	86.7	88.7	56	125	7.69	13.10	2.20	5.40		
ふ く ゆ き	2.32	2.46	32.8	33.5	87.3	89.4	42	99	5.93	14.85	1.43	3.99		
し お か り	2.42	2.39	32.9	32.5	88.4	88.4	28	110	7.15	12.25	1.23	4.80		
そ ら ち	2.37	2.35	33.2	33.3	87.6	84.8	15	105	7.40	13.07	2.14	4.50		

温 20~21°C 前後では米粒のアルカリ抵抗性が大きく、21.5°C 以上では小さい傾向が見られるが、各産地間の数値の差は小さい。また、品種間では、早生のものにくらべ、晩生のもののアルカリテスト値が大きい傾向があり、竹生ら³⁾、倉沢ら⁹⁾の結果と一致するが、これが品種固有の性質であるか、栽培環境条件に起因するかは不明である。

土壌間では、乾田タイプの土壌が、湿田タイプの土壌に比較して米粒のアルカリ抵抗性が大きい。一般に乾田タイプの土壌は湿田タイプの土壌に比して登熟が早まる傾向が見られ、このことが両者の澱粉の質を異なったものにすると思われる。木戸ら⁷⁾は湿田の稲は落積澱粉の質の異なることを指摘しており、また、われわれの玄米抽出澱粉のヨード呈色度の結果からもそのことがうかがえる。アルカリテストは食味に関係の深いブレイクダウン、飯米の粘弾性と相関が見られ、食味と密接な関係をもつ要素の1つと思われる。アミログラム特性のうち、糊化温度は澱粉粒が加熱により膨潤糊化しはじめる温度であり、澱粉粒の構造、ミセルの強さとも関連しており、道産米の品種の多くは、府県米に比べて高いものが多く、米澱粉の構造が強固であることがうかがえる。ブレイクダウンは米澱粉の粒子の加熱時の崩壊度で、ノリの安定性を示し、食糧研究所による食味評価の格付基準¹⁵⁾によれば、220 B. U. 以下のものが食味傾向がよいとされているが、道産米の大部分は100 B. U. 前後であり、各理化学性質のなかで、府県米と大きく異なるものの1つであり、道産米の場合、むしろブレイクダウンの高いことが必要とされると思われる。

飯米の粘弾性は歯ごたえ、舌ざわりの感覚に影響して、米の食味評価値の中で最も寄与度の高いものであるとされているが¹⁶⁾、道産米は府県米に比していずれも低い値を示しており、かつ、低温年(44年)では、さらにその傾向が顕著である。また、従来より、食味がよいとされている品種の弾性値と粘性値を見ると、絶対値が高い点のほかに、双方がバランスよく高い傾向が認められ、一方のみ高いものは食味がおとる傾向が見られる。土壌間では、飯米の粘性、弾性ともに乾田タイプ土壌のものが湿田タイプ土壌のものより高い値を示し、土壌の排水性の良否ときわめて密接な関係のあることがうかがわれる。また、前述したように、ブレイクダウン、澱粉のヨード呈色度等の米澱粉の性質をあらわす数値も、土壌条件により、飯米の粘弾性とは相対的な変化を示しており、さらに、玄米抽出澱粉のヨード呈色度と飯米の粘弾性との間には負の相関が認められる。

以上の結果から、食味特性に及ぼす米澱粉、とくにアミロース含量の影響は大きく、食味評価値を低下させる米粒の理化学的要因の重要なものの1つであることがうかがわれる。最近の稲作における後期追肥は登熟良化を目的としてかなりの成果をあげているが、品質、とくに食味に及ぼす影響についてはまったく知られていない。米の食味に関係が深いといわれるブレイクダウン、飯米の粘弾性に対する追肥時期の影響について見ると、「そらち」の場合、ブレイクダウン、飯米の弾性ともに、後期追肥のものは、無追肥区と同程度かむしろ低い値を示している。また、「しおかり」の場合は、ブレイクダウン、飯米の弾性ともに、「そらち」とは逆に、後期追肥のものが、無追肥

区と同程度かむしろ高い値である。また、「そらち」の場合、ブレイクダウンと飯米弾性とは後期追肥に対して相対的な変化を示し、「しおかり」についても、穂揃期追肥が異なった変化を示しているが、いずれも出穂期追肥が、とくに双方の数値を低下させる傾向が見られる。このように、後期追肥が食味に影響を与えることはかなり明らかであり、さらに、後期追肥が米粒の理化学性質に及ぼす影響について検討を必要とする。

以上の食味に関係の深い米粒の理化学的性質の内、炊飯特性の加熱吸水率、膨脹容積、アミログラム特性値の糊化温度、ブレイクダウン、飯米の粘性、弾性の6項目をもって、食味評価の要素として用いられているが、米の育種および栽培法の中で、常套手段として、食味検定に用いることは、時間的にかなり困難があり、さらに簡便化された評価法が必要と思われるが、栽培環境条件による食味特性値の変異係数からみて、ブレイクダウン、飯米の粘弾性値が食味評価の指標となり得るものと思われる。一方、食味特性値の栽培環境条件による変異を見ると、飯米弾性値は土壌>地帯>品種>施肥の順に、飯米の粘性値は施肥>品種>土壌>地帯、ブレイクダウンは、地帯>品種>土壌>施肥の順であり、一定の傾向は認められないが、品種固有の性質もさることながら、栽培環境条件の改善によって、かなり産米の食味が向上するものと思われる。また、低温年と高温年の比較からもわかるように、とくに登熟気温の影響も無視できず、熟期を早めて高い温度条件で登熟させる稲の栽培技術もきわめて重要であると思われる。いずれにしても、今後、さらに、食味評価法の確立および食味と栽培環境条件の関係についての検討が必要とされる。

V 要 約

北海道産米について品種、地帯、土壌、施肥等の栽培環境条件が食味特性値に及ぼす影響について検討した結果を要約すると次のとおりである。

(1) 地帯間では、旭川産がほかの地域産より飯米弾性、飯米粘性、ブレイクダウン、アルカリテス

トなどにおいて、すぐれた食味評価を示している。

(2) 土壌間では、乾田タイプの黄褐色土壌、礫質土壌のものの方が飯米の粘性、弾性およびブレイクダウン、いずれも湿田タイプの泥炭質土壌、グライ土壌よりも高く、さらに、アルカリテスト、玄米の抽出澱粉のヨード呈色度も乾田タイプの土壌のものの方が小さい。

(3) 道産米は府県米に比較して、アルカリテスト、澱粉のヨード呈色度が高い値を示し、糊化温度も高いものが多く、ブレイクダウンは逆にきわめて小さい。飯米の弾性値粘性値は比較的低い傾向を示している。道産米の品種間では、「農林20号」、「しおかり」、「そらち」、「ユーカーラ」は他品種に比してブレイクダウン、飯米の粘弾性がいずれも高い。

(4) 施肥処理間では、まず、基肥群では、無窒素区よりN施肥区の方が各食味特性値を高める傾向にある。しかし、冷害年ではむしろ逆で、食味に対するN適量が低下する。また、追肥群では出穂期追肥が他の追肥時期に比べて最も低い値を示している。

また飯米弾性は品種によって異なり、「しおかり」では後期追肥ほど低い値を示し、「そらち」ではブレイクダウンの変化と同様の傾向を示す。(5) 米澱粉のヨード呈色度と籾の登熟歩合との間には、低温年、高温年を問わず、負の相関が認められ、また米澱粉のヨード呈色度と飯米の粘性、弾性値の間にも高い負の相関が認められる。

(6) 栽培環境条件による各食味特性の変動は、飯米の弾性>ブレイクダウン>飯米の粘性>加熱吸水率 \div 膨脹容積 \geq 糊化温度の順で、とくに米飯の粘性、弾性とアミログラム特性値のブレイクダウンの変動が大きい。

引用文献

- 1) 竹生新治郎, 岩崎哲也, 谷 達雄, 1960; 米の炊飯嗜好特性に関する研究, 第1報, 日本米と外国米との比較, 栄養と食糧, 13, 137.
- 2) ———, 遠藤 勲, 谷 達雄, 1964; 同上, 第2報, プラスメーターによる米飯の粘弾性の測定について, 栄養と食糧, 16, 407.

- 3) _____, _____, _____, 1965; 早期・早植栽培米の品質に関する研究, 第2報, 炊飯特性について, 食研報告, 20, 13.
- 4) _____, _____, _____, 1968; 米の炊飯嗜好特性に関する研究, 第3報, 北海道産米の特性について, 食研報告, 21, 265.
- 5) 江幡守衛, 1968; 米のアルカリ崩壊性に関する研究, 第1報, 白米のアルカリ検定について, 日作紀, 37, 499.
- 6) 堀内久弥, 1962; 米澱粉のブルー・バリュー測定について, 日食工誌, 9, 51.
- 7) 木戸三夫, 1964; 乾田と湿田における 籾生育の差異に関する研究, 新潟大学農学部紀要, 4, 55.
- 8) 倉沢文夫, 伊賀上郁夫, 早川利郎, 1962; 新潟産水稲梗米の粘り度の差識法, 新潟農林研究, 14, 93.
- 9) _____, ほか, 1968; 米飯の食味特性についての1, 2の考察, 新潟農林研究, 20, 101.
- 10) 宮松一夫, 寺島利夫, 1969; 米の品質におよぼす土壌ならびに施肥の影響, 第1報, 土壌条件の影響, 福井農試報, 6, 1.
- 11) _____, _____, 1970; 米の品質におよぼす土壌ならびに施肥の影響, 第2報, 施肥量と施肥改善の影響, 福井農試報, 7, 1.
- 12) 瀬戸良一, 岡部 勇, 1963; 北海道産米の品質に関する研究, 第1報, 北海道産米の理化学的性状について, 道農試集, 11, 59.
- 13) 白倉治一, 1965; 米の同質異品種群形成に関与する諸要素の研究, 第1報, 新潟県主要品種の加工特性と食味特性, 新潟農試報, 15, 15.
- 14) _____, 1969; 米の同質異品種群形成に関与する諸要素の研究, 第3報, 登熟気象条件の差異に伴う新潟県主要品種の食味特性の変化, 新潟農試報, 19, 68.
- 15) 食糧研究所 (農林省), 1969; 米の品質と貯蔵, 利用, 食糧技術普及シリーズ, 7, 29.
- 19) 谷 達雄, ほか, 1969; 米の食味評価に関係する理化学的要因, (1), 栄養と食糧, 22, 452.
- 17) T. TANI, S. CHIKUBU, H. HORIUCHI, 1969; Physico-chemical Quality of Rice, Denpun Kogyo Gakkaishi, 17, 139.
- 18) 寺島利夫, 1969; 米の品質, 食味と土壌・肥料について, 関西土肥協議会講要, 32, 11.
- 19) 吉野 実, 1969; 栽培環境と米質, 農及園, 44, 764.

Summary

In general, as for physicochemical properties related to palatability evaluations of cooked rice, six factors have been picked out as follows: water uptake ratio and expanded volume in cooking qualities, gelatinization temperature and breakdown in amylographic characteristics, apparent viscosity and elasticity of cooked rice.

The authors investigated the relation between physico-chemical properties of rice grown in Hokkaido and rice producing environment depending upon rice varieties, cultivated regions, paddy soil group, fertilization methods.

The results are summarized as follows;

1. In cultivated regions, rice grown in Asahikawa had higher apparent viscosity and elasticity of cooked rice, breakdown in amylographic characteristics and lower alkali test value, iodine blue value of rice starch than rice grown in other regions.
2. In the paddy soil group, the well-drained paddy soils such as the yellowish brown soil and gravelly soil had higher apparent viscosity and elasticity of cooked rice and breakdown than the ill-drained paddy soils such as grey soil and peaty soil. On the other hand, alkali test value and iodine blue value of rice starch were lower in the former than the later.
3. In rice varieties, the rice grown in Hokkaido had higher alkali test value, iodine blue value and gelatinization temperature in comparison with the rice grown in the other regions in Japan, whereas there was lower breakdown and apparent visco-elasticity of cooked rice.
4. For the application methods of nitrogen fertilizer, basal application of nitrogen 1.0 kg per are tended to produce higher palatability evaluation of rice than nitrogen 0 kg per are. It was shown that top dressing at both ear formation stage and full heading stage increased apparent viscosity and elasticity of cooked rice, top dressing at heading stage lowered breakdown in amylographic characteristics.
5. Negative correlation coefficients were recognized between the iodine blue value of rice starch and percentage of ripened grains, apparent visco-elasticity of cooked rice.
6. The variation coefficients of each physico-chemical properties related to palatability evaluations of cooked rice among the cultural conditions were in order of elasticity > breakdown > viscosity > water uptake ratio > expanded volume > gelatinization temperature. The variation of visco-elasticity of cooked rice and breakdown in amylographic characteristics were especially large.