

iv 北 見 農 試

梗に関しては、良食味交配親に早生種が無かったこともあり、当地帯に適した早生で耐冷性を具備した良質・良食味の有望系統は61年現在育成されていない。

糯に関しては、本試験がスタートした昭和55年に交配された2組合せ、即ち「おんねもち×ともゆたか」と「上育糯381号×おんねもち」の後代から、それぞれ、「北育糯79号」、「北育糯80号」が有望系統として、61年現在「奨励品種決定予備調査」に供試されている。

両系統の食味特性（アミログラム特性）を表II-63に示した。

表 II-63 良食味育成系統の理化学的特性（アミログラム特性）

場所	年(試験名)	北育糯79号	北育糯80号	おんねもち	たんねもち	ユキモナ	工 藤 糯	備 考
北見	昭和59年(生 子)	873 B.U	937 B.U	863 B.U	870 B.U	B.U	B.U	
		446	506	469	454			
	〃 60年(生 本)	804	873	812	824			
		465	531	455	469			
	昭和61年(奨決標肥)	952	970	946	972	966		
		711	728	703	726	726		
	〃 (奨決多肥)	952	976	943	960	1,000		
		703	735	697	705	771		
上川	昭和61年(奨 決)	703	742	650	682	685		
		445	464	396	406	434		
遺資	〃	855	900	872	890	852		
		559	594	580	595	569		
中央	〃	847	880	854	844			
		517	553	522	514			
北農試	〃		900		820			
			624		536			
道南	〃		915				920	
			627				658	

注) 1. 表中、上段は最高精度。下段はブレイクダウン。

2. 中央農試稲作部検定。

「北育糯79号」のアミログラム特性は、各年次、試作場の成績を総合すると、ほぼ「おんねもち」「たんねもち」並と考えられる。

「北育糯80号」は、59、60年の北見農試産では上記2品種と比べ最高精度、ブレイクダウン共、50B.U.以上高い値を示した。61年は北見農試産と遺伝資源センター産では両品種との差は小さいが、上川農試産、北海道農試産では50 B.U.以上高くなっている。しかし、年次及び産地間の差がみられるので、今後更に検討が必要である。(前田 博)

(2) 食味特性選抜に有効な分析法の確立と食味特性の究明

1) 食味特性選抜に有効な分析法の確立

i 分析法を検討するに当たって留意したこと

米の味は定量的な感覚よりはむしろ定性的、イメージ的な要素が多いと思われる。米の味を各種の分析値から数値化するところみはすでに幾つか認められる。しかし育種の選抜に用いることを目的とした食味特性の分析方法はこれまでにほとんどなかった。優良米の早期開発試

験では育種選抜専用の食味特性分析法を検討した。この検討に当り、各大学における胚乳成分、特に澱粉の基礎的知見、農林水産省食品総合研究所における米の理化学的特性および炭水化物の分析法に関する一連の研究を基本にすえながら、北海道産米における良食味特性に有効な分析法の確立を試みた。

米飯の食味はおもに胚乳澱粉の熱糊化性と澱粉糊の老化性に支配されており、食味向上には熱糊化し易く、老化し難い性質を表現できるもので環境的変動に影響されずらく、遺伝的変動を良く評価でき、さらに変動巾は分析の精度を考えるとより大きいことが望まれる。食味特性は胚乳中の成分とその性質のなかから前述したことを考慮し、それに適するものを選択した。さらに育種の選抜に必要な分析法は迅速、正確、省力であり、なおかつ必要な分析試料が微量なことが特徴であるから、選択した食味特性の分析項目について、この育種選抜の要件に合致する分析法が存在するかの調査をし、これに最も近い分析法を選択し、さらにこの要件を満たすように検討を加えた。

このようにして優良米の早期開発試験で確立した食味特性の分析法はこの育種目標での選抜に有効なものであったが、次の段階では食味特性がかなり高いレベルに到達しており、ここから次の育種目標である高度良食味米の選抜を実施する。そのためには本課題で確立した分析法を基本としながら、さらに次の育種目標に有効な分析法の検討を加えることが必要と思われる。

ii 良食味米の選抜法として実用化したもの

(i) アミロース含有率

アミロース含有率の分析法はアミロースがヨウ素と結合し、アミロース・ヨウ素複合体を形成するのを利用した分析法が多い。アミロース含有率を定量する方法には重量法、ヨウ素呈色比色法、電圧、電流滴定法、クロマト法などがある。この内から育種選抜に不可欠となる迅速、省力、微量などの点を考慮するとヨウ素呈色比色法がこれに最も有効と判断された。さらに育種選抜に有効なものとするべく、この原理を用いたアミロース含有率分析の自動化を検討した。

自動化のための分析機器はオートアナライザーを活用することが合理的と判断された。オートアナライザーは米国で臨床検査用に開発され、連続流れ方式を採用しているため、他の分析法に比較して迅速、省力、正確、試料の微量化など育種選抜分析の必要な要件を満たすものであった。しかし国内ではこれを用いたアミロース含有率の分析は初めてであり、米のアミロース分析法の確立が必要であった。そこで育種選抜分析のためのオートアナライザーを使用したアミロース含有率の自動分析に必要な試料の調製法、測定条件、アミロース含有率の算出法などの検討を行った。

試料の調製法は脱穀、粃すり、精米、粉碎、篩別の各作業が必要となる。この内、脱穀、粃すりは試験用各種脱穀機、風圧真空脱稈機をそれぞれ使用する慣行法で良かった。精白法は7～15gの極少量の試料に極小型精白機（ケット社、パーレスト）、100～200gの少量試料に小型精白機（ケット社、TP-2型）、1～2kgの中量試料に中型精白機（佐竹社、ワンパス）が効率よかった。この場合、分析試料をどの程度に精白すれば良いのかが問題となる、この関係を検討し図II-8に示した。アミロース含有率は93%までの搗精歩合で低く、それ以下ではわずかな差となりほぼ一定と考えられた。したがって搗精歩合は93%以下で良く、できれば85～90%の範囲で分析に供せば問題がない。

粉碎は迅速にかつ連続的であることが必要となる。テストミル（西ドイツ、ブラベンダー社）は4ヶの金属製のロールのすきまを通過するだけで迅速に連続的の粉碎が可能で試料が加熱する

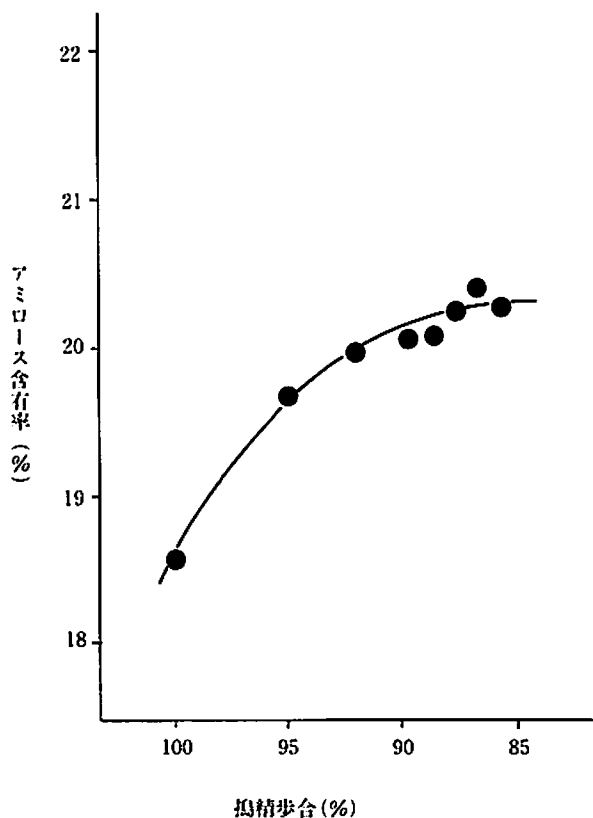


図11-8 搗精歩合とアミロース含有率の関係

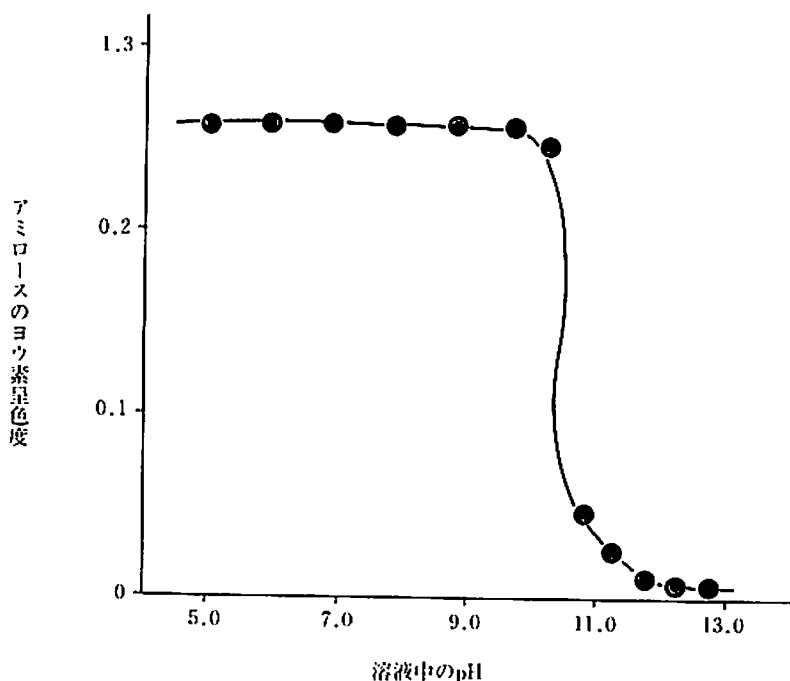
ことなく微粉状となるのが特徴である。この粉砕機を用いて少量試料の連続粉砕でも、前後試料の混入がなく迅速、簡易に粉砕でき得るかどうかを、梗米と糯米を用いた反復粉砕実験により確かめた。これによると粉砕後に1点つつ掃除機でロール部に残った試料を吸引除去すれば5～10gであっても前後試料の混入もなく簡易、迅速に粉砕が可能となった。

ヨウ素呈色比色法でアミロース含有率を米粉から直接測定する場合、アミロース脂質複合体のままで不溶解の部分があれば分析に直接影響を与える。アミロース脂質複合体の影響を知るために道内17品種、系統の米粉を85%熱メタノールで結合脂質を抽出し、この試料と未抽出試料のアミロース含有率を比較した。脱脂米粉のアミロース含有率は平均値で0.6%高く、品種、系統間の差が小さいことから実用的には脱脂する必要のないことを認めた。

オートアナライザーは固体処理サンプラー、秤量ポンプ、分析カートリッジ、カロリメーター、記録計からなっており、これらの操作および測定法が米のアミロース含有率の分析に適することが必要であった。またアミロース分析の手順は米粉をアルカリ溶液で膨潤させ、固体処理サンプラーで均一な懸濁液としたものを秤量ポンプで一定量採取し分析カートリッジに送る。稀釈後アルカリ液と混合し、95℃の加熱槽で糊化する。加熱槽を出た液は微酸性とし、ヨウ素溶液と混合発色し測定される。

試料を浸漬、膨潤させるアルカリ溶液の濃度と浸漬時間およびホモジナイズスピードの関係を検討した。アミロース含有率は浸漬するアルカリ濃度は0.05 N-NaOHまでわずかに高まるが

それ以降は変わらない。あまり高濃度であると糊化が起こりカップに付着するため分析精度を低下せしめる。浸漬時間を長くするとアミロース含有率は高まる傾向を示す。浸漬時間を統一することが望ましいが、現実にはきわめて難しいので2～12時間で測定すれば0.3%以内の差で分析でき、10点に1点ずつの基準試料を入れ、これによる補正で正確な値を得ることが出来る。ホモジスピードはホモゲナイザーの性能によっても異なるが4000rpmで普通は十分である。しかし長期使用によりホモジナイザーの磨耗がはげしい場合はアルカリ濃度、浸漬時間、ホモジスピードの調整が必要となる。



図II-9 溶液中のpHとアミロースのヨウ素呈色度

アミロース含有率の連続流れ分析は、分析と分析系の洗滌が連続して交互にくり返される。この分析はこの反復操作が安定して行われることが、アミロース含有率の精度に関係し重要となる。図II-9は溶液中のpHとアミロースのヨウ素呈色度の関係を示した。酸性でヨウ素複合体を作りpH10～11のアルカリ性で複合体を解く性質を持っている。そこでアミロース分析の場合はこの性質を利用して洗滌液を1N-NaOHとし、洗滌時のセル中のpHを高め分析時に付着したアミロース、ヨウ素複合体を分解し洗い流すことによってテーリングを防止することができた。この反応を利用し、分析と洗滌をくり返し行い連続した流れ方式とした。この状態を知るために、図II-10に測定中におけるセル中溶液のpH推移を示した。これによると測定時はpHが5.5前後となりアミロース、ヨウ素複合体ができ発色する。洗滌時には1N-NaOHを用いて溶液中のpHが11.0となり、管壁の糊液とセル中に付着したアミロース、ヨウ素複合体を同時に洗滌することができた。この時のpH調整に用いる酸の種類を検討し、最も望ましい方からクエン酸≧リン酸>酢酸≧塩酸=硝酸≧酒石酸≧コハク酸>硫酸=蟻酸=過塩素酸>ほう酸>乳酸の順となりクエン酸が最も良かった。さらに緩衝液の検討も行い、クエン酸、酢酸

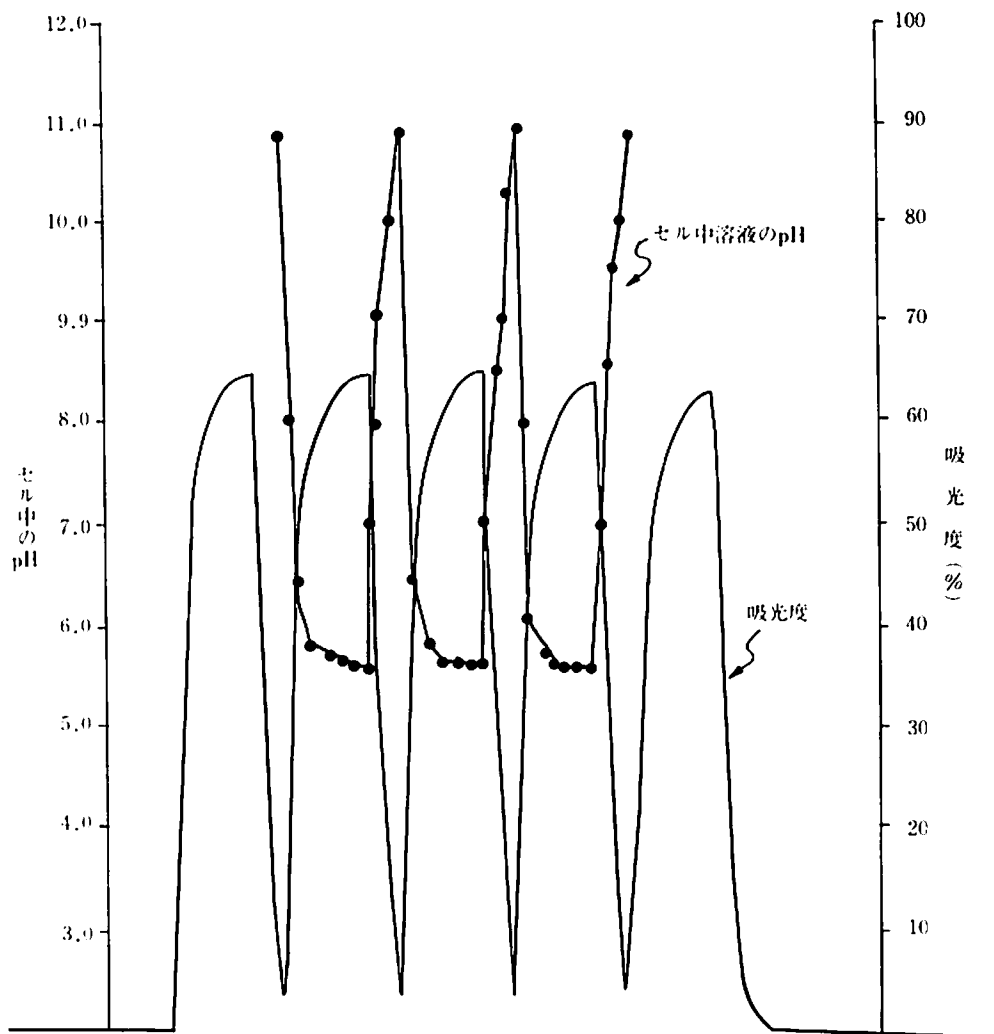


図 11-10 測定中におけるセル中溶液の pH 推移

溶液が安定することがわかった。

長時間の連続分析を可能にするためには前述した管壁の糊液とセル中の付着したアミロース、ヨウ素複合体の洗滌がポイントであった。試料量を多くするとこれが不十分となるし、少ないと分析精度が低下する。試料をできるだけ少量とするため 50mm のフローセルを用いた検討から、適当な試料は 100mg であり、最小量で 10mg まで 1 % 以上のアミロース含有率の差を分析できた。

このようにして測定される分析値はアミロース、ヨウ素複合体を波長 600nm の吸光度で示される。検量線を作成しこの吸光度から、アミロース含有率を換算する。この方法は道産米中で最もアミロース含有率の高い試料をあらかじめアミロース含有率を正確に測定しておき、これと糯米を混合してアミロース含有率を 5, 10, 15, 20, 24% となるように調製し、この試料をそのつど 100mg 秤量しオートアナライザーで測定、検量線を作成する。この検量線作成用試料

は冷凍庫中に保存すると長期間使用できる。米粉中の澱粉含有率の相異によって、アミロース含有率に多少の差が生じる。澱粉含有率は蛋白、水分、無機物、脂肪含有率と負の高い相関が認められた。このうち蛋白、水分含有率が高い値であることから澱粉含有率はこの両成分に影響される割合が無機成分、脂肪より大きい。

昭和56年中央農試稲作部生産力予備試験試料 163 点の両成分の最大値と最小値の差からアミロース含有率の変異の最大値を計算すると $20.0\% \pm 0.38\%$ となる。実際にはほとんどの試料がこの値よりはるかに小さな誤差となるが、水分含有率の調節などに注意するとより精度の高い分析値を得ることが可能である。

オートアナライザー法によるアミロース含有率と McCready 法によるアミロース含有率の相関を図 II-11 に示した。これによると両者には $r = 0.986$ の 0.1% 水準で有意な相関が認められ、育種選抜の実用分析として有効と考えられる。

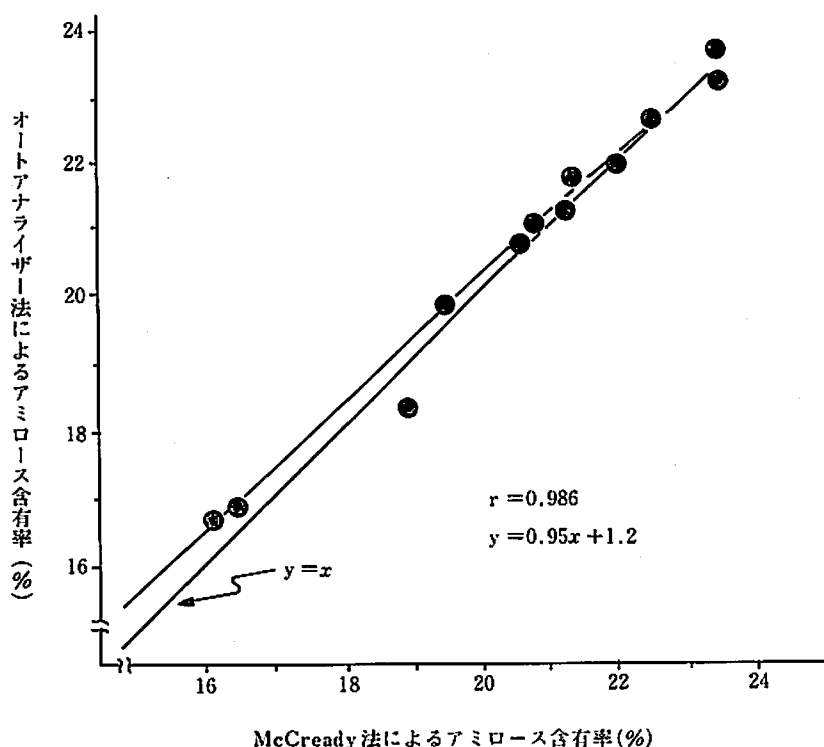


図 II-11 両分析法によるアミロース含有率の比較

このようにして得た分析値はアミロース、ヨウ素複合体の呈色度によって計算される。このアミロース、ヨウ素複合体はアミロースの平均重合度によって異なる。たとえばアミロースの重合度は20が赤、30が紫、40が青紫、60以上で青と考えて良い。本分析法ではアミロース、ヨウ素複合体の呈色を青色として、その最大吸光点を600nmとして測定した。したがって重合度の小さいアミロースを持つ米は、この分析法では最大吸光点が異なるため、常に低アミロース含有率に表現される。したがって本法で求められるアミロース含有率は大部分がアミロース含有率を表現するものであるが、一部にアミロースのブドウ糖重合度の相違も加味される。また簡易かつ迅速を原則とする育種の検定法であるから、澱粉の抽出あるいは澱粉含有率の測定は

困難である。現実にはアミロース含有率が前述のように米粉中の澱粉含有率によって、わずかであるが相違する。このように本法には1点の分析時間が3分であり、試料100mg、全自動流れ分析など育種選抜のために多数の優点が認められるが欠点も認められ、分析値の活用に当たってはその点を留意することも必要である。(稲津 脩)

(ii) タンパク含有率

蛋白含有率の測定は、従来の手分析によるケルダール法が一般的だった。しかし、ケルダール法は一点の分析に比較的長時間を要し、しかも熟練を必要とするために、育種における選抜の様に多数の材料を扱う場合には不向である。したがって、簡易、迅速を特徴とする近赤外分析法の育種選抜に対する適用について検討した。

近赤外分析法とは、有機物がその結合基の種類に応じて特定の波長の光(結合基自身の基本振動の倍音)を吸収する性質を応用したものであり、試料は近赤外線を照射されるだけで何の変化も受けず、この意味から非破壊分析法とも呼ばれる。

近赤外分析機として、テクニコン社インフラライザー400型を用いた。これは内部の回転円盤上に19枚の干渉フィルターを持ち、円盤が回転することによって次々と必要な波長が選択できる。

光源を出た光は干渉フィルターを通して半値巾10nmの単色光となり、レンズによって平行光線となり試料に照射される。照射された光の一部は試料に吸収されるが他は反射して内面を金メッキされた積分球により集められ、反射光の強度が測定される。また、光の照射角度を変えることにより、光を直接積分球に照射して入射光の強度を測定する。このようにして各波長の光に対して入射光と反射光の強度を測定し、次式により吸光度を演算する。

$$\text{吸光度} = \log (\text{入射光} / \text{反射光})$$

必要な波長に対して、それぞれ吸光度を求め、各成分ごとにあらかじめ本体に入力されている重回帰式に従って成分量をマイクロプロセッサーにより計算し、デジタル表示するしくみとなっている。1回の分析に要する時間は1分以内であり、同時に最大9成分まで測定可能である。しかも、操作は極めて簡単で熟練を要さず、1回の分析に要する試料も7mlと少量ですみ、試料は何の変化も受けないため、測定後の試料は他の分析にも使用可能である。

試料として、昭和55年産の品種保存試験の材料を用いた。玄米をサタケ・モーターワンパスで精白後、ブラベンダー・テストミルで粉碎し、この粉を目的に応じて篩別して分析試料とした。

近赤外分析では、試料の粒度と温度が測定値に影響を及ぼす事が指摘されているので、まずこの点について検討した。

表 II-64 試料の粒度と log 値の変異係数

試料(メッシュ)	変異係数(C.V. %)
52~	1.166
52~72	0.9161
72~86	0.8253
86~109	0.3625
109~	0.8417
玄 米	2.1595
白 米	1.3133

表 II-65 温度を変えたときの波長別の log 値の変異係数

フィルター No.	波 長 (nm)	CV (%)	
2	2336	1.21	Fiber-ash
3	2348	1.19	Cellulose
4	2310	1.21	Oil
5	2270	1.17	Sugar Starch Cellulose Lignin
6	2230	1.09	Reference
7	2208	1.10	Urea-Lactose
8	2190	1.11	Protein-Starch
9	2139	1.18	Protein-Starch
10	2180	1.13	Protein
11	1982	1.06	Urea
12	1818	0.87	Cellulose
13	1778	0.88	Starch Cellulose Fiber
14	2100	1.19	Starch
15	1759	0.88	Oil
16	1940	3.92	Moisture
17	1734	0.89	Protein
18	1722	0.89	Starch Cellulose
19	1445	1.22	Moisture
20	1680	0.92	Reference

①粒度・温度の影響

55年産「ともゆたか」を用い、表II-64に示したように52メッシュ以下、52～72メッシュ、72～86メッシュ、86～109メッシュ、109メッシュ以下の5種類の白米粉および玄米、白米について、温度を5℃、20℃、35℃の3段階に保存したものを、保存場所から取り出して即時に各3反復で19波長の吸光度 (log値) を測定した。温度を込みにして、粒度別に9反復の log 値の変異係数を見ると、玄米>白米>白米粉の順であり、白米粉の中でも粒度が細かく均一なものの方が変異係数は小さかった。したがって安定した測定値を得るには、細かい均一な粒度の粉の使用が望ましい。

次に、52メッシュ以下の白米粉について、温度3段階、反復3回の吸光度 (log値) について波長別の変異係数を表II-65に示した。これによると1940 nm の水分の吸収を示す波長における変異係数が明らかに大きく、水分による近赤外の吸収が温度に影響されるという従来との報告と一致した。

したがって、実際の測定にあたっては試料の温度はなるべく一定 (室温) の状態で測定することが安定した測定値を得るために必要である。また、試料の粒度も一定の方が良いことがわかった。しかし、個体選抜の様に少量の試料に対して粒度の細かい粉を測定に必要なだけ得ることは無理であるし、何段階にも篩別することも作業上困難であったのでこれに対する検討を行った結果、実際の測定には52メッシュ以下の粉を用いても良いことが明らかとなった。

②蛋白含有率の測定

試料として、昭和55年産品種保存試験の材料より、手分析による蛋白含有率に変異をもつ34品種を用いた。手分析はケルダール法によってN含有率を求め、これに米の蛋白係数5.95を乗じて蛋白含有率とし、乾物当りの%で表示した。インフラライザー 400 型により各品種2反復

で19波長の吸光度を測定し、これを独立変数、蛋白含有率を従属変数として重回帰分析を行った。その結果得られた最良の回帰式は次のとおりである。

$$\text{蛋白含有率(\%)} = 9.557 + 391.0 \cdot \log_{2180} - 267.6 \cdot \log_{2100} - 157.4 \log_{1680}$$

($\log_{2180}$ は、波長2,180nmにおける吸光度を示す。他も同様)

この式による測定値と手分析値の間には、 $r = 0.993^{***}$ ($n = 68$) の高い相関があり、標準誤差も0.138と実用的に十分であった。この分析法により、1点の分析に要する時間は1分程度と短時間ですみ、選抜が効率化された。(新井 利直)

(iii) アミログラム特性値

アミログラムは小麦粉の糊化性と酵素の活性を測定するためにドイツ、ブラベンダー社で作られた装置であり、粳米のアミログラム特性値は酵素の活性が小麦粉よりはるかに小さいため、この値はおもに米澱粉の熱糊化性を示し、米の食味に関係の深いことがわかっている。これは加熱、冷却による糊の抵抗値が一定の搅拌速度で記録される。ただ、この値は Brabender Unit で表示され、これはみかけの粘性であって粘性率ではない。

米粉と0.1%-NaOH 溶液で抽出した澱粉のアミログラム最高粘度値には $r = 0.942$ ($n = 20$) の0.1%水準で有意な相関が認められ、1次回帰式の勾配も0.91で米澱粉の熱糊化の性質を米粉のアミログラム特性値から十分、測定が可能なことを知った。

米粉の粒度とアミログラム特性値の関係を知るために、米粉をナイロン篩を用いて90~130 μ 、174~222 μ 、343~531 μ の3段階に類別したものとブラベンダーテストミルで粉碎した343 μ 以下の4点のアミログラムを図II-12に示した。米粉の粒度は細かいほどアミログラム最高粘度は高くなりブレイクダウンも大きくなることが認められた。糊化開始温度、最高粘度到達温度も粒度が細かいほど低くなっていた。このようなことから、分析に供する米粉の粒度は130 μ 以下の小粒が多く、粒度分布の変動が少ないことが必要となった。図II-12の左にはブラベンダーテス

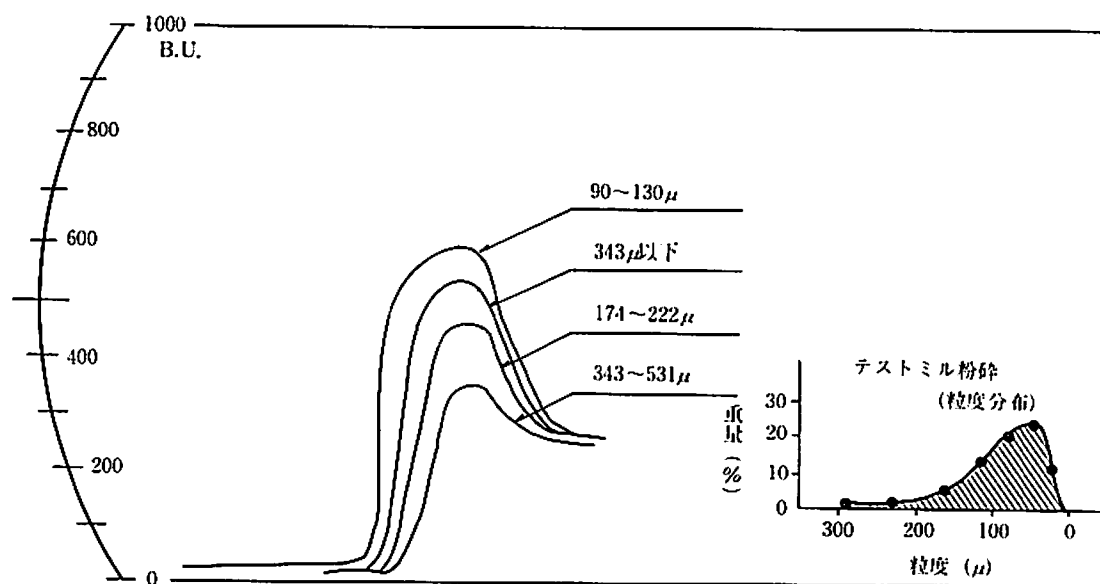


図 II-12 米粒の粒度とアミログラム

トミルで粉碎した米粉の粒度分布を示したが、この米粉の粒度分布は 130μ 以下に80%以上の分布が認められ、この分析に適することが判明した。

表 II-66 アミログラム特性値の相関表

最 高 粘 度	*									
	0.287									
最 低 粘 度	- 0.014	**								
		0.420								
最 終 粘 度	**	**	**							
	- 0.510	- 0.412	0.421							
ブ レ ー ク ダ ウ ン	*	**		**						
	0.317	0.886	- 0.090	- 0.467						
コ ン シ ス テ ン シ ー	**	*		**	**					
	- 0.548	- 0.321	0.259	0.983	0.493					
B / C	**	**		**	**	**				
	0.505	0.638	- 0.148	- 0.817	0.782	- 0.849				
C / B	**	**		**	**	**	**			**
	- 0.481	- 0.625	0.167	0.797	- 0.777	0.828	- 0.797			**
	糊 化 開 始 温 度	最 粘 度	最 粘 度	最 粘 度	ブ レ ー ク ダ ウ ン	コ ン シ ス テ ン シ ー	B / C			

* 5 % 有意
** 1 % 有意

分析時間の短縮をこころみるため、アミログラム特性値相互の関係を検討し表II-66に示した。最終粘度値は糊化開始温度、最高粘度、最低粘度、ブレイクダウンと、コンシステンシーは糊化開始温度、最高粘度、ブレイクダウンと有意に相関することを認めた。アミログラムの最終粘度値は熱糊化した糊液の室温での硬さを示すものであり、米飯の粘り、硬さと近い関係にある。しかし、これは測定開始してから2時間後に測定できる特性値である。アミログラム特性値間の相互関係からアミログラム最終粘度まで測定せずに最低粘度値までとし、測定時間を約半分の52分に短縮できると判断された。

機械操作の自動化を図るため、ブラベーターアミログラムを従来の水銀温度計による半自動制御から熱伝対を用いた1C回路によって制御できるように自動化した。この方法では従来より省力化が図れたし、自動制御のため人為的なエラーが全くなく正確なものとなった。アミログラムにみられる機種差を消去するためにアミログラム特性に差のある試料をあらかじめ多数測定し、その内の1台の特性値となるように回帰式を計算した。また、試料の必要量は北海道産米で最高粘度が400~500 B.U.、本州産米で600~700 B.U.となるように、米粉の乾物40gを水450mlに懸濁し測定すると良い。このようにしてアミログラム最高粘度の分析を簡易、少量、迅速化してきたが、それでも1点、1時間近くかかり、米粉試料も40g必要である。当面はこれで良いと思われるが、この特性で初期世代の選抜を考える場合はさらに迅速化のための検討を要する。(稲津 脩)

(IV) テクスチュログラム

飯のテクスチャーを物理的な数量として捉える必要性が認められた。これに関する検討は幾つか認められるが、いずれも測定に長時間を要し、かつくり返しによる変動が大きい。テクスチュロメーターは食品のテクスチャーを数量的に捉えるために、人間が食物を噛む時の口腔作用を模型にし、この時の応力変化をオシロスコープによって測定する機器である。これを利用して米飯の物理的特性値を測定するために以下に示す実験を行った。

まず少量すい飯法の検討を行った。すなわち、電気釜、内釜容器、試料量、内釜水量、加熱時間、浸漬時間、むらし時間、放置時間、すい飯後保存容器などの項目について検討した。この結果を表II-67に示した。これらの検討の結果、テクスチュロメーターに測定するための少量

表 II-67 L32直交表を用いたすい飯法の検討

条 件	水 準		分 散 分 析 表 (F値)					
	1	2	H	-H	A ₁ /A ₁	A ₂	H/-H	-H/H
電 気 釜	東芝RC184-①	東芝RC184-②		2.43			2.07	2.21
内 釜 容 器	ビ ー カ ー	ゼ リ ー カ ッ プ	1.96	1.99		1.55	3.95	2.73
試 料 重 量	10g	20g		6.49*	1.30	5.81*	4.40	3.06
内 釜 水 量	試料重量×1.50倍	試料重量×1.75倍	4.12	19.35**	4.50	17.69**	22.20**	18.20**
品 種	農 林 20 号	イ シ カ リ	2.77	5.90*		6.09*	9.26*	7.09*
加 熱 時 間	15分	20分	1.13	2.94		4.02	3.70	3.53
浸 漬 時 間	5分	30分			5.50			
む ら し 時 間	10分	20分		3.14	1.30	1.02	2.33	2.21
放 置 時 間	1 時間	2 時間						

注) *……5%, **……1%水準で有意, 空白……F値1.0以下

すい飯法とその保存は次に示す条件が良かった。すい飯方法はガーゼを用いた除糖した20gの精白米をアルミゼリーカップ(底50mmφ高さ40mm)に取り、水35mlを加え(新、古米、糯米などにより異なる)25℃で30分放置後、1.8ℓ電気すい飯器の中にすい飯時間が20分となる量の水を入れ、用意したアルミゼリーカップ5個を外釜の壁に接触しないように円形にならべてすい飯する。すい飯後10分間蒸らした飯は杉の箱(縦65mm、横65mm、高さ40mm)に移しガーゼでふたをして20~25℃で1時間放置する。

飯粒をつぶす時のブランジャーと平皿のクリアランスは試料間の差や測定値の再現性に強く

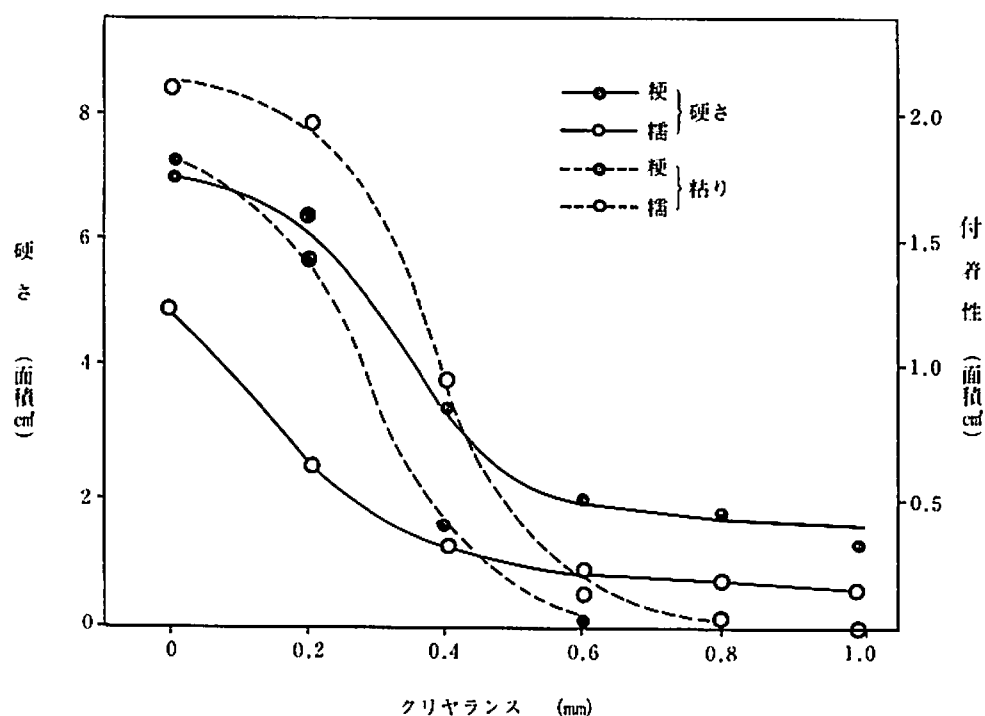


図 II-13 クリアランスと硬さおよび粘り

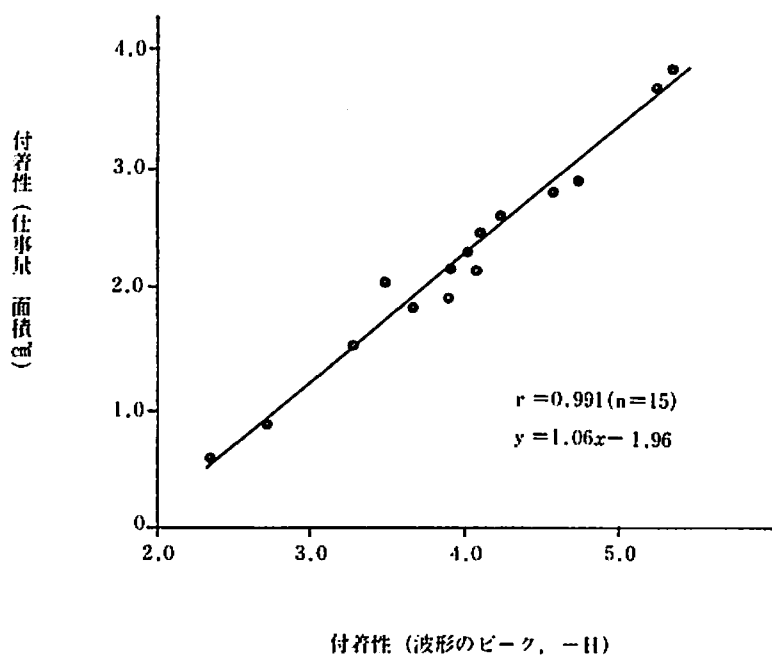
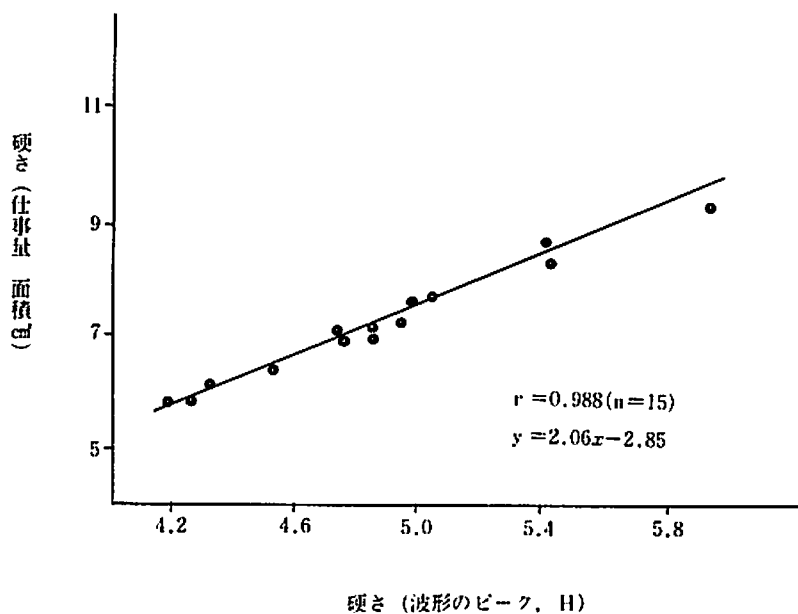


図 II-14 硬さ, 付着性の仕事量とピーク値の関係

関係していることが知られている。梗米と糯米の飯粒を用いてクリヤランス0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0mmの5段階で硬さ、付着性を測定した結果を図II-13に示した。梗米と糯米の差は硬さでクリヤランス0.2mm, 付着性で0.2, 0.4mmが最大値となっており、試料間の硬さ、付着性を測定するのに適するクリヤランスは0.2, または0.4mmと考えられた。くり返し分析した値の変異係数は0.4mmよりも0.2mmが小さいことから、クリヤランスの最適値を0.2mmとした。測定に供する飯の粒数について検討した。硬さは測定に用いる飯粒が多くなるほど高くなるが、付着性は3粒まで大きくなったが、3粒以上ではほとんど差が認められなかった。変異係数は硬さ、付着性ともに3粒までは著しく小さくなるが、3粒以上では差がわずかとなった。これらのことから、測定には3粒の飯を用いることが良く、これを平皿の中心部に放射状にならべることにした。

飯の物理的特性値を測定する場合、テクスチュロメーターは種々の検討から、付着性強張2本アーム、プランジャー22mm, 受け皿100mm平皿, ボルテージ2V, チャートスピード750mm/min, バイススピード6回/minが最適な設定条件であった。分析値の計算は簡易なことが必要でこれを検討するため、チャート上のピークの面積で示される硬さ、付着性の仕事量とピークの高さの関係を図II-14に示した。この両者は硬さが $r = 0.988 (n = 15)$, 付着性が $r = 0.991 (n = 15)$ の0.1%で有意な相関が認められた。したがって硬さ(H)をピークの高さで、付着性(H⁻¹)を負のピークの高さで示すことができた。この場合の負のピークの高さで示される値を「粘り(-H)」と呼ぶこととした。硬さ(H)、硬さと粘りの比(H/-H)は1V当量値で、粘り(-H)は5V当量値で表示することが利用し易かった。

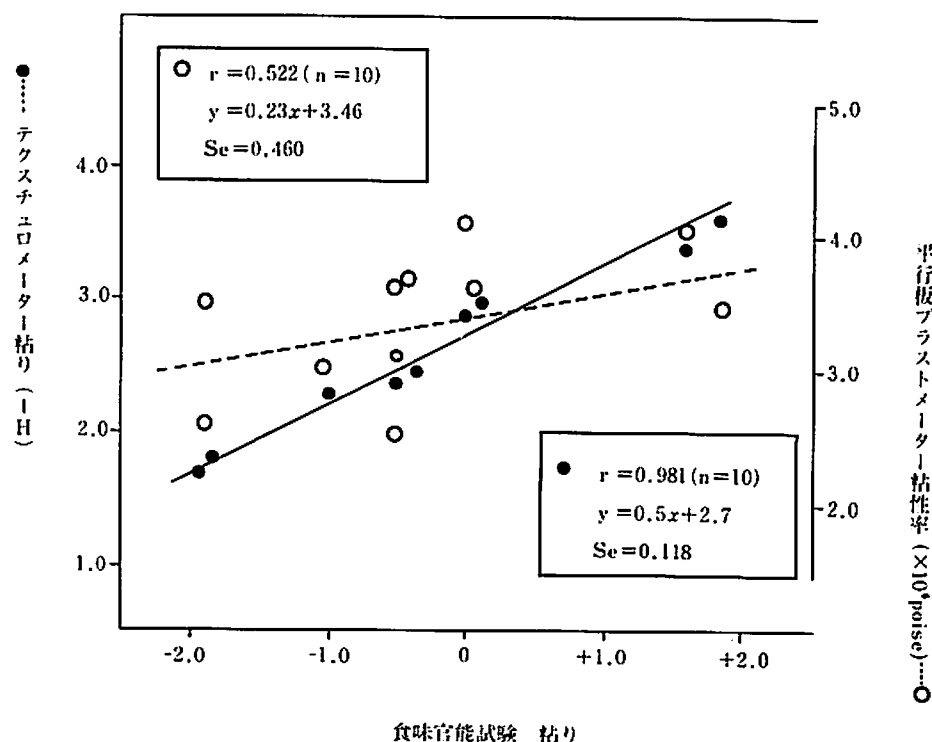


図 II-15 食味官能試験の粘りとの相関図

1 ケの容器から3 粒ずつの測定を50回測定したものと、別に1 ケの容器から3 粒ずつ5 回測定しこの10回の値から、何回測定すれば良いかを検討した。2 ケ容器の5 回ずつ10回の測定値の95%の信頼限界は硬さ(H)で $m \pm 0.3$, 粘り(-H)で $m \pm 0.20$ であった。したがってルーチンの分析では1 ケの容器から3 粒ずつ5 回測定し、これを反復した10回の平均値を用いれば良いと考えられた。

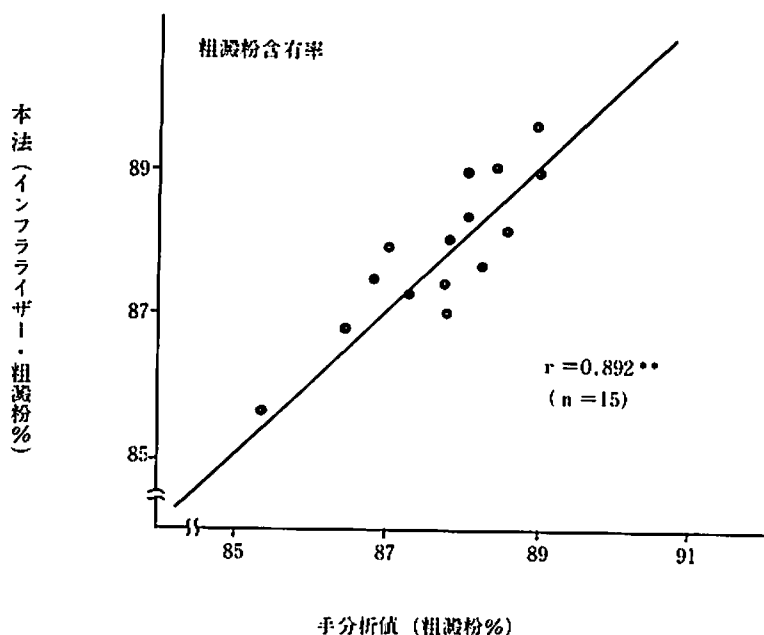
このようにして検討したテクスチュログラム特性値とこれまで飯の物理的性質の測定に一般的であった平行板プラストメーターの比較を図II-15に示した。これによると食味官能試験で示される米飯の粘りと $r = 0.981$ ($n = 10$) の相関が認められ、平行板プラストメーターによる粘性率の $r = 0.522$ ($n = 10$) よりはるかに良い。したがって現在ある飯の物理的性質を測定する方法としてはこれが最も良いと判断されるが、この測定は熟練を必要とすることと試料量が最低40g 必要であり、測定時間も1 点に1 時間近く要する。育種選抜にさらに有効とするためには、この点を改善する必要が認められた。(稲津 脩)

(V) 澱粉含有率

澱粉含有率の測定については、蛋白含有率と同様インフラライザー 400 型を用いた近赤外分析法について検討した。

試料は昭和55年産の品種保存試験の材料を用い、蛋白含有率の測定と同様52メッシュ通過粉を用いた。手分析は、0.7N-HCl を用いて100℃で3 時間分解し、炭水化物をグルコースに加水分解した。脱蛋白後、フェリシアン化カリウム還元法でグルコース量を求め、これに0.9 を乗じて粗澱粉含有率(%)とした。

回帰分析の結果、7 波長 (1680, 1940, 2100, 2180, 2230, 2310, 2336nm) を用いた時に、 $r = 0.892^{**}$ ($n = 15$) と相関係数が最も高かったが実用的な精度を得るにはいたっていない。(図II-16)。



図II 16 インフラライザーによる澱粉含有率の測定

これは、手分析値が87～89%という狭い範囲に大部分の試料が入ってしまい、変異が小さいため手分析の精度の影響が大きくでたためと考えられる。今後、更に検討する必要がある。

(新井 利直)

(Vi) 脂質含有率

脂質含有率についても、昭和55年産品種保存試験の材料を用い、インフラライザー400型による測定について検討した。

手分析は、白米粉に85%メチルアルコールを加えて63℃で抽出し、これを3回くり返した。メチルアルコールをある程度蒸発させた後秤量びんに取り、メチルアルコールを完全に蒸発させ、乾燥機で乾燥後秤量して粗脂肪含有率とした。

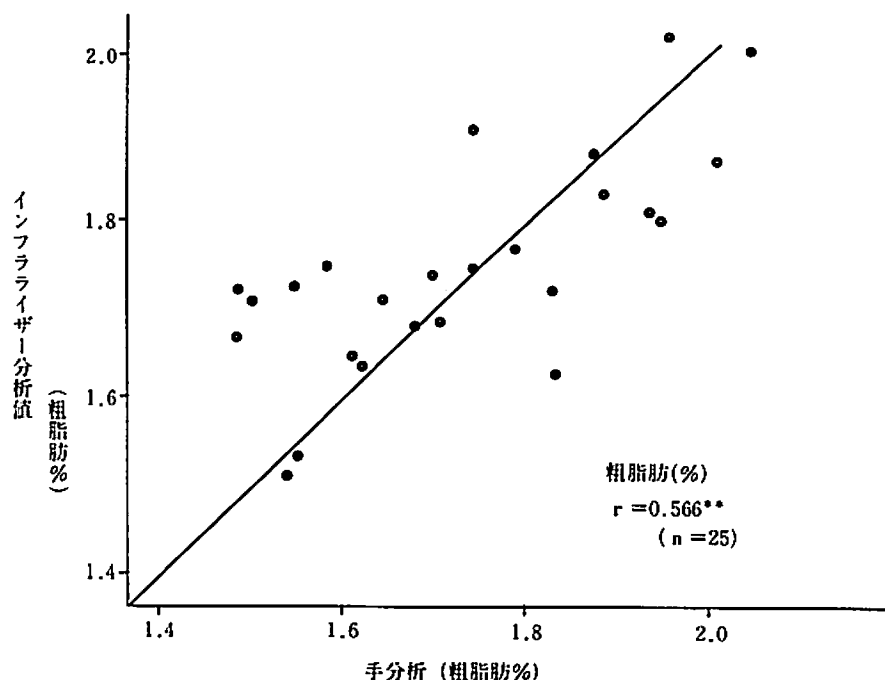


図 II-17 インフラライザーによる脂質含有率の測定

回帰分析の結果、6波長(1722, 1734, 2100, 2230, 2310, 2336nm)を用いた時に $r = 0.566^{**}$ ($n = 25$)と相関が高かったが、精度的には実用的に不十分である(図II-17, II-69)。近赤外は、本来脂質に対して明白な吸収を示すが、米の場合、その含有率が低い事と、手分析法に原因があると思われる。ここでは、熱メタノールによる抽出法を用いたが、結合脂質まで抽出しようとするあまり、他の成分も混入せしめて精度を悪くしたものと思われる。また、脂肪の再抽出による分離、精製が不十分であったことも一因と考えられる。今後は、クロロホルム・メタノールによる抽出法について検討を行う必要がある。(新井 利直)

(Vii) 老化性

飯を室温で長時間放置していると粘りを失ない、硬くなり「ボロボロ」した食感となる。この現象は炊飯した時に糊化した飯粒中の澱粉が老化するために起こる。北海道産米はその傾向が大きく食味特性に不利に働いており、この簡易、迅速な測定法はきわめて重要である。糊化と老化は表裏の関係にあり、物理的性質、分子の存在状態で逆の関係にあることが知られてい

る。そのため十分に糊化したものは老化し難いのが一般的で、前述した熱糊化性の向上が必然的に難老化性となると考えられる。一方では澱粉分子の構造とその周囲の状態が老化の難易に大きく関与することも認められており、この育種選抜法が必要と思われる。

老化性の分析法は酵素消化法、物理的性質、沈澱量、糊液の透光度による測定法などがあげられる。酵素消化法は澱粉糊の老化性を数量的に適切な評価ができる方法として知られており、飯の老化性測定にも良い結果が得られている。酵素消化法はジャスターゼ法、グルコアミラーゼ法、 β -アミラーゼ・フルラーゼ (BAP) 法がある。これらの測定法は複雑な操作に加えて長時間を要し、育種選抜のためには不十分である。

そこで近赤外分光機器を用いた老化度の測定法について検討した。実験に用いた試料は北海道産「ともゆたか」、宮城県産「ササニシキ」を用い、これを炊飯後に放置時間と温度を変えた7処理を作り、処理後すみやかにエタノール、エーテルを用い急速脱水後に低温減圧乾燥し、 β -アミラーゼ・フルラーゼ法を用いて糊化度を測定し、対照からこの値を除いたものを老化度とした。この老化試料と分析値を用いて近赤外分光機器による分析法の検討を行った。

まず老化度9.8%と49.2%の粉末試料を用いて1100~2500nmの近赤外域での反射吸光度の特徴的な吸収波長を検索した。この結果は図II-18に示した。幾つかの検討から、これに関係すると考えられる9波長を検出した。この波長を用い老化度分析に最適な重回帰式を検討し、これを用いて老化度の測定を行った。 β -アミラーゼ・フルラーゼ法で測定した老化度と $r = 0.962$ ($n = 14$) の有意な相関が認められた。しかしその標準誤差は2.88で、95%信頼度は老化度30%の試料で $\pm 1.0\%$ であった。

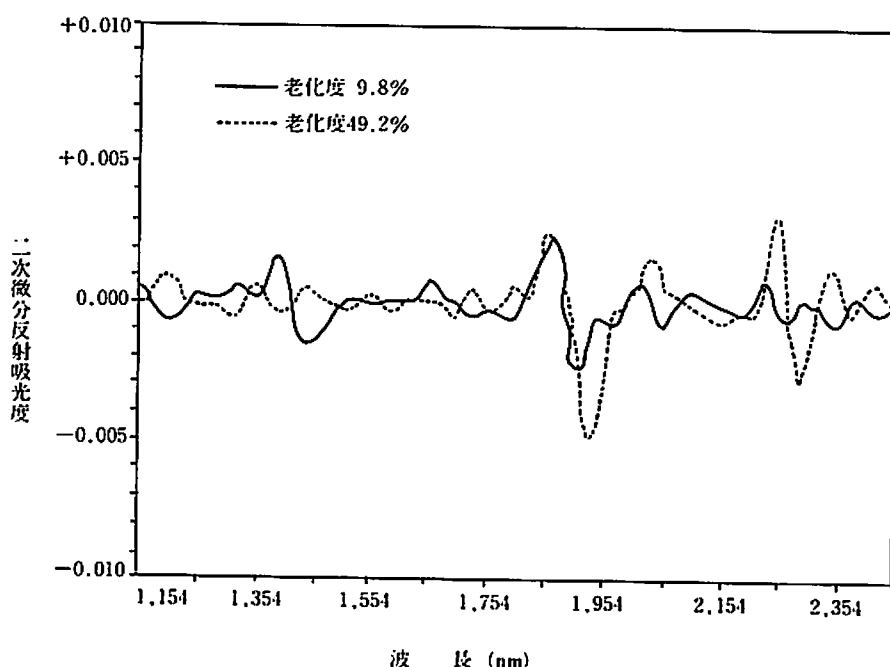


図 II-18 近赤外吸収スペクトルの2次微分曲線

このようなことから、近赤外分光法によって老化度の測定は可能であったが、育種選抜のためには同一条件での糊化と老化試料の調製に時間を要すること、この時点での条件設定による誤差も大きいことなど実用化できなかった。実用化するためには近赤外分光法により、老化度

に關係する物質が特異的に示す吸収波長を選定し、前述した老化の難易を予測する重回歸式を作り、これを用いて米粉のままで老化の難易を判定することの検討が必要であり、今後の問題点である。(稲津 脩)

(Viii) 古米化度

米の食味は古米化することにより著しく低下する。古米化は玄米の生命力の低下、成分変化、米組織の硬化などの現象によって表現される。新古米を識別する方法として古くから行われて来たのは発芽力やパーオキシダーゼなどの酵素活性の低下による方法である。近年、新米であっても過度な加熱乾燥を行ったものは発芽力や酵素活性の低下が著しく、この方法による判定の適用がむずかしくなってきた。これに対して、酒造原料白米の新古米の判定法はアルカリ添加後の pH 変化を利用し、BTB と PR の混合指示液を用いる新、古米の判定法を確立しこれを用いている。しかし、この方法は新古米を判定するのにきわめて有効であるが、古米化の程度を数量化して示すことに難点があった。この原理を活用し、古米化の程度を数量化できるかどうかを検討した。

収穫して22ヶ月経過をした「みちこがね」と10ヶ月を経過した米および温室で生産し収穫後2ヶ月の3種類のアルカリ滴定曲線を図II-19に示した。これによると水抽出 pH の差は収穫2ヶ月と22ヶ月で0.5であったのが、白米20gに水40mlを入れ、これに0.1N-NaOH 1.0~2.0mlを加えるとその差は1.5となった。したがって新、古米の判定は水抽出による pH よりも、古米化によって起こる酸性化を白米のアルカリ消費量の差を活用することが良いと判断された。これらのことに基づいて検討した結果は次に示す方法が有効であった。

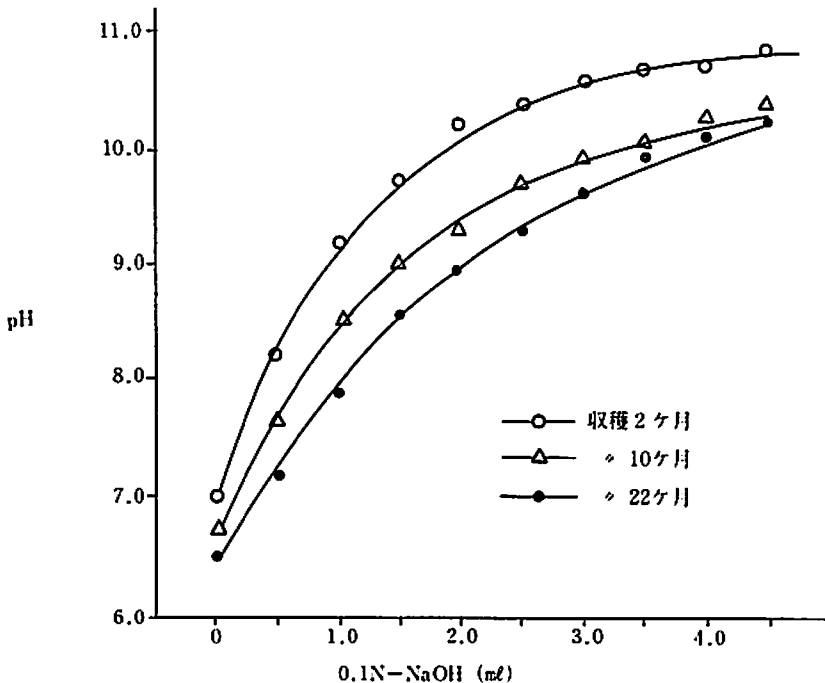


図 II-19 新・古米のアルカリ滴定曲線

50mlの蓋付ビンに白米15gと0.004N-NaOH溶液30mlを入れ125回/分で20分振とう後、ただちに pH を測定する。表示法は0.004N-NaOH溶液の pH 値(理論値は11.57) から測定試料の pH を引いた値で示す。なお、この時の振とう時間とその回数は pH 値に大きく影響するので注意を要

する。今後はこの判定方法を育種選抜に活用するために古米化に対する耐性を表現できるための条件を検討し、実際に選抜が可能かどうかを実験することが必要である。(稲津 脩)

(IX) アミノ酸組成

米の蛋白含有率は、食味の点では低蛋白が望ましく、育種では低蛋白への選抜が行われている。しかし、栄養的にみると、米の蛋白のアミノ酸組成は植物性蛋白の中でもすぐれた部類にはいる。たとえば、理想蛋白質のアミノ酸組成を100としたときの米の蛋白価は78であり、大豆の56を上回り動物性蛋白により近い。米の場合は必須アミノ酸の中のリジンが少ないことが蛋白価を下げる原因となっている。したがって、食味の面から蛋白含有率を下げることは重要ではあるが、栄養面から見てリジン含有率の高い米の作出が将来的には望まれる。そのための準備として、アミノ酸の定量について検討を行った。

試料は、60年産米の白米粉を用いた。分析方法は次のとおりである。分解びんに白米粉50mgを正確に秤量し、6NHCl 10mlを加え、ドライアイス・エタノールの寒剤につけて凍結させる。これを真空ポンプで脱気する。表面が溶けて泡立ってきたら寒剤につけて凍結させる。この操作を3回くり返した後、分解びんのバルブを閉じて脱気操作を終了する。これを110℃の恒温器で24時間加水分解をする。分解の終わった溶液は、ロータリーエバポレーターを用い、50℃位で短時間のうちに乾固する。これに、pH2.20のクエン酸緩衝液を加えて溶かし、ミクロフィルターでろ過して不純物を除いて試料溶液とする。

分離定量は高速液体クロマトグラムを用いた。分離カラムは、Na⁺型強酸性陽イオン交換樹脂カラムを用い、移動相はクエン酸ナトリウム緩衝液を用いてpH3.22から徐々にpHを上げていくグラジエント溶出を行った。検出はo-フタルアルデヒドを用いた蛍光検出法によった。定量は、17種類のアミノ酸を含むアミノ酸標準溶液(H型)による検量線法で行った。

分析した試料は、次のとおりである。

1. ササニシキ (岩手県産)
2. ササニシキ (宮城県産)
3. ササニシキ (山形県産)
4. 日本晴 (茨城県産)
5. 日本晴 (滋賀県産)
6. 日本晴 (福井県産)
7. イシカリ (旭川産)
8. イシカリ (札幌産)
9. ゆきひかり (旭川産)
10. ゆきひかり (札幌産)
11. 国宝ローズ (鹿児島県産)

各アミノ酸について、17種類のアミノ酸の全重量に対する重量%を表II-68に示した。このままでは、アミノ酸パターンの異同が判定しにくいので、滋賀県産の日本晴を基準にしてパターン類似率を求め、表II-69に示した。

パターン類似率は、2つの高次元ベクトルの間の角度(θ)の余弦($\cos \theta$)で表現するもので、パターンAを($a_1, a_2, \dots, a_n$)、Bを($b_1, b_2, \dots, b_n$)としたときのAとBの間のパターン類似率S(A, B)は、

$$S(A, B) = \cos \theta = \sum a_i \cdot b_i / \sqrt{\sum a_i^2 \cdot \sum b_i^2}$$

表 II-68 白米蛋白のアミノ酸組成

アミノ酸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A S P	9.5	9.4	9.4	9.4	9.5	9.4	9.4	9.5	9.5	9.3	9.6
T H R	3.5	3.4	3.4	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.5
S E R	5.5	5.5	5.5	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3	5.4
G L U	20.2	20.5	20.5	20.2	20.2	20.5	20.4	20.4	20.3	19.8	19.8
P R O	6.1	6.1	6.1	6.4	6.1	6.2	6.2	6.3	6.2	7.0	6.1
G L Y	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9	5.0
A L A	6.9	6.8	6.8	6.7	6.8	6.9	6.9	7.0	6.9	6.9	6.8
G Y S	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
V A L	5.2	5.2	5.2	5.4	5.3	5.2	5.2	5.1	5.2	5.2	5.2
M E T	1.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2
I L E	3.7	3.7	3.7	3.8	3.7	3.6	3.7	3.6	3.7	3.7	3.7
L E U	8.3	8.3	8.3	8.4	8.2	8.3	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3
T Y R	4.7	4.8	4.8	4.5	4.6	4.6	4.8	4.9	4.9	4.8	4.7
P H E	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0
H I S	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3
L Y S	3.8	3.8	3.8	3.8	3.9	3.7	3.8	3.7	3.9	3.8	4.1
A R G	7.2	7.2	7.2	7.2	7.4	7.1	7.1	7.0	7.0	6.9	7.1
蛋白%	7.0	6.5	7.7	7.2	7.2	8.0	7.0	7.3	7.0	7.1	7.1

表示は17種のアミノ酸の全重量を100としたときの各アミノ酸の重量%

表 II-69 アミノ酸パターン類似率

品 種	産 地	パターン類似率
ササニシキ	岩 手	0.9999
ササニシキ	宮 城	0.9999
ササニシキ	山 形	0.9999
日 本 晴	茨 城	0.9999
日 本 晴	滋 賀	(1.0000)
日 本 晴	福 井	0.9998
イシカリ	旭 川	0.9998
イシカリ	札 幌	0.9997
ゆきひかり	旭 川	0.9998
ゆきひかり	札 幌	0.9992
国宝ローズ	鹿 児 島	0.9998

で与えられる。この値はパターンが似ているほど1に近い値となる。

ここで分析した11試料についてみると、いずれもパターン類似率が0.999以上とほぼ1に近い値となっている。このことから、アミノ酸組成は、品種や産地などの栽培法によってあまり変動しないと考えられる。したがって、高リジン米の作出には突然変異の利用等が有効であろう。
(新井 利直)

2) 食味特性の究明

i 道産米の成分とその性質

北海道産米の食味向上にとって、熱糊化性および老化性に関与する米澱粉の性質、蛋白含有率、飯のテクスチャーなど食味を支配する各種成分とその性質を明らかにすることは、食味特性値の位置的關係や食味の制限因子の序列を知るうえで重要となる。ここでは北海道産米の成

分とその性質を本州産米と比較しながら検討し、その特徴を明らかにしようとした。

澱粉中のアミロース含有率は量的にアミロペクチンの1/4と少ないにもかかわらず熟糊化性、老化性に対し支配的に働くことが知られている。そこで北海道産米と本州産米のアミロース含有率の変異を1969～1971年、1980・1983年、1984～1986年の3回にわたって、北海道産米673点、本州産米358点の延べ1031点を分析し、その結果を表II-70に示した。この結果によれば、

表 II-70 生産年度と地方を異にする産米のアミロース含有率の比較

分 析 試 料	点 数	アミロース(%) 平 均 値	標 準 偏 差	変異係数(%)
1969～1971 本 州	19	19.5	1.19	6.1
北海道	37	22.8	1.05	4.6
1980～1983 本 州	178	19.9	1.68	8.4
北海道	56	23.0	1.80	7.8
1984～1986 本 州	161	19.7	1.27	6.5
北海道	580	20.7	1.54	7.4

1969～1986年までの17ヶ年間の本州産米のアミロース含有率は3回の調査で19.5%、19.9%、19.7%とほとんど差が認められないのに対し、北海道産米は22.8%、23.0%、20.7%であり、1969～1983年までの14ヶ年間は大差なく経過し、その後1984～1986年にかけて2%ほど低下していることがわかる。これはこの3ヶ年間に北海道で作付されている品種がアミロース含有率で22～24%のものから、20～22%のものへと変わったことが、大きな要因としてあげられる。北海道産米の食味は本州産米よりアミロース含有率の高いことが強く影響している。したがって北海道産米の食味もこの時期にかけて大きく向上したものと考えられる。つぎに1984～1986年のごく最近におけるアミロース含有率の地域差を知るために、この間に分析した試料を地域別に整理して表II-71に示した。これによると、ここで示す全国8地域のアミロース含有率が高い

表 II-71 生産地域を異にするアミロース含有率の比較

分 析 試 料	点 数	アミロース(%)平均値
北 海 道	580	20.7
〃 (ゆきひかり)	(106)	(19.9)
東 北	59	20.1
北 陸	34	19.3
関 東	7	19.3
中 国 近 畿	26	20.6
四 国	10	19.6
九 州	25	20.8

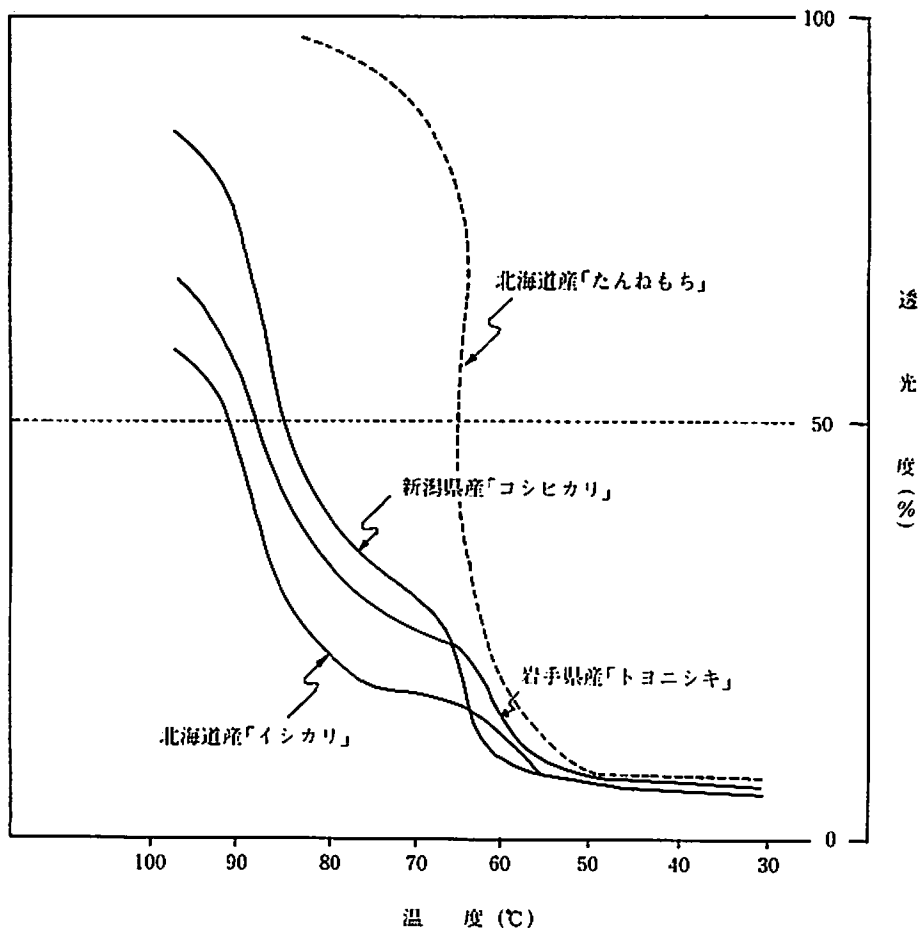
方から九州、北海道、中国・近畿、東北、四国、関東、北陸となっていた。九州と北陸のアミロース含有率の差が1.3%であり、全国的に生産地域によるアミロース含有率の差が小さいことを示している。北海道産「ゆきひかり」、106点におけるアミロース含有率は19.9%でこの値は北陸、関東、四国より高いが他の地域より低かった。このようなアミロース含有率の調査は調査試料を生産した年の気象、場所、品種などの要因によって異なるものであり、ここで示す3回にわたる北海道と本州産米の比較および表II-71に示す結果がすべての状況を代表するもの

ではないが、国内における産米のアミロース含有率の動向の一端を示すものと思われる。

また、還元末端基量と全糖量より求めたアミロース重合度は北海道産米が本州産米より小さいことが認められた。またアミロースの極限粘度値より推定したアミロースの分子量もこれと類似していた。このようなことから北海道産米と本州産米にはアミロースの性質も異なることが示されており、この品種間差および米の糊化および老化性に対しどのような影響を与えるかなど未解明の点も認められ、今後の検討課題と思われる。

一方、アミロペクチンの分子量は北海道産米と本州産米に差が認められなかった。アミロペクチンの末端基の重合度は北海道産米が本州産米よりわずかに小さな傾向にあり、これはゲルろ過法による鎖長分布によっても示されていた。澱粉の結晶化度についての検討も行い、北海道産米および本州産米ともにX線の回折図は回折線に4 a, 3 bの明瞭なA型の特徴が認められた。しかし両澱粉に結晶の大きさやその強度を示す差が認められなかった。結晶の主体はアミロペクチンであるからこれに関する限り、両澱粉にあまり大きな差のないことが推測される。

このように食味に対し最も大きな影響を与えると思われる北海道産米の澱粉特性はアミロース含有率とその性質が本州産米と大きく異なる点であり、アミロペクチンはこれまでの検討ではあまり大きな差が認められなかった。このアミロース含有率の差は、優良米の早期開発により育成された低アミロース品種の普及により、著しく小さくなった。



図II-20 フォトベーストグラムの比較

澱粉の熱糊化性は食味に対し最も強く影響を与える因子と考えられ、北海道産米と本州産米におけるこの差の解明が重要となる。熱糊化性は幾つかの分析により示すことができる。ここではこの差を膨潤度、溶解度、フォトペーストグラム、アミログラムによって検討した。

北海道産米と本州産米澱粉の熱糊化性の差を知るために代表的なフォトペーストグラムを図II-20に示した。試料は1980年新潟県産「コシヒカリ」、岩手県産「トヨニシキ」、北海道産「イシカリ」「たんねもち」を用いた。フォトペーストグラムに示される糊化開始温度は糯米が明らかに低く、粳米の中では「コシヒカリ」が「トヨニシキ」「イシカリ」より高かった。粳米のフォトペーストグラムは低温、高温の2段階の膨潤で糊化する。この状態は60～70℃の1段階目でアミロペクチン、80～95℃の2段階目でアミロースの糊化と考えられている。北海道産「イシカリ」の澱粉は新潟県産「コシヒカリ」に比較して1段階目が低温側、2段階目が高温側で起こることを認めた。これは高アミロース産米澱粉の熱糊化性が高温側で起こり、澱粉粒全体の糊化に影響を与えることを示すものであり、熱水中で澱粉粒が膨潤し難い性質を持つことに起因すると考えられた。そこで北海道産米と本州産米澱粉の膨潤度、溶解度を分析した。膨潤度は北海道産米が明らかに本州産米より小さく、逆に溶解度が大きかった。これは北海道産米澱粉が溶解し易く、膨潤し難い性質であることを示しており、フォトペーストグラムに示されている北海道産米澱粉の糊化が低温で始まるが、高温側でも小さく不十分である特徴と符合する。なお、これらの比較は北海道の従来品種で行ったものであり、最近における低アミロース品種のものではない。今後これらの品種を含めて本州産米との差がどの程度あるのかを検討することが必要と思われる。

ここで示した熱糊化性の差を改善するために、これによる選抜が必要となる。熱糊化性の選抜は前述したように分析が簡易であることや再現性の良いことなどからアミログラム特性値を用いることが良いと判断された。本州および北海道産米の生産年度を異にするアミログラム最高粘度値を表II-72に示した。この調査は1980・1983年、1984～1986年の2度おこなった。1980・

表 II-72 生産年度と地方を異にする産米のアミログラム最高粘度値の比較

分 析 試 料	1980, 1983年産米		1984～1986年産米	
	点 数	アミログラム最高粘度	点 数	アミログラム最高粘度
北 海 道	58	397	580	588
東 北	42	502	59	676
北 陸	20	640	34	793
関 東	26	590	7	734
中 部	23	547	—	—
中 国・近 畿	28	573	26	676
四 国	10	595	10	657
九 州	29	597	25	617
本 州	178	569	161	677

1983年産米のアミログラム最高粘度値は本州と北海道の差が172B.U.であるのに対し、1984～1986年産米では89B.U.となっていた。この差は調査試料が生産された同年の気象、場所、品種などの要因により異なるものであるが、1980・1983年の北海道産米の中心的品種は「イシカリ」「ともゆたか」などアミログラム最高粘度の低いものであるのに対し、1984～1986年産米では「ともひかり」「キタヒカリ」「ゆきひかり」などのアミログラム最高粘度の高い品種に作付が変

ったことによるものと思われる。ちなみに1984～1986年産米の調査によるとアミログラム最高粘度値は北海道産「イシカリ」と「ゆきひかり」の差が127B.U.認められた。

澱粉糊の老化性についてグルコアミラーゼ法と β -アミラーゼ・ブルナーゼ (BAP) 法により、北海道と本州産米について検討した。いずれも糊化まもないときの老化には大きな差が認められなかったが、放置時間が長かったり低温で保存する程その差が大きくなる傾向を認めた。

これらのことから北海道産米の澱粉はアミロース含有率が高く、その重合度などの性質が本州産米と異なり、これが熱糊化性に影響しゾル化し難くゲル化し易い。これを放置すると老化が進む特徴を持つことが認められた。この7年間、優良米の早期開発、第Ⅰ期では澱粉中のアミロース含有率を中心にこれらの性質向上に努め、本州産米にかなり接近したが、まだ差が認められ引き続き第Ⅱ期でもこれらの改善が必要と考えられる。特に第Ⅰ期ではアミロース、アミロペクチンの質に対する検討が十分でないと考えられ、第Ⅱ期ではこの点も留意することが肝要となる。

表 II-73 生産年度と地方を異にする産米の蛋白含有率の比較

分 析 試 料	1980, 1983年産米		1984～1986年産米	
	点 数	蛋白含有率	点 数	蛋白含有率
北 海 道	56	8.4	580	7.4
東 北	42	7.9	59	6.8
北 陸	20	8.1	34	7.2
関 東	26	8.3	7	6.8
中 部	23	8.7	—	—
中 国・近 畿	28	8.2	26	6.8
四 国	10	8.5	10	7.5
九 州	29	8.8	25	7.3
本 州	178	8.3	161	7.0

蛋白含有率と食味とは負の関係にあることを認めた。北海道産米と本州産米の生産年度を異にする蛋白含有率を表II-73に示した。1980・1983年の北海道産米における蛋白含有率は8.4%、1984～1986年度では7.4%となっており、これは本州産米より0.1%、0.4%高い値であった。これは1984～1980年に作付された低アミロース品種の蛋白含有率は「ゆきひかり」で低かったが、「ともひかり」「みちこがね」で7.8%、7.7%と高かったことによると思われる。いずれにしても蛋白含有率は平均値で示すと北海道産米がわずかに高くなるが、両地域の分析値の分布はほとんどが重複しており有意差は認められなかった。食味向上の観点よりみれば優良米の早期開発・第Ⅱ期でも引き続き低蛋白含有率の品種育成は重要であり、さらにでき得るかぎり高蛋白含有率となる栽培法は避けるべきと考えられる。

蛋白含有率と食味特性の関係はテクスチュログラムで示される米飯の粘りと負、炊飯特性の膨張容積とは正、食味官能試験の硬さと正の有意な相関が認められ、蛋白含有率が高くなると釜あえが大きく、硬く、粘りの少ない飯となり食味は劣ることが明らかとなった。この蛋白含有率と食味特性の相関は品種間よりは施肥、土壌、栽培条件などの相異なる試料を用いることによりこの関係が明瞭となることが認められた。この米粒中の蛋白含有率は図II-21に示すように窒素の玄米生産効率と緊密な関係にあることが明らかとなり、品種が持つ低蛋白含有率とな

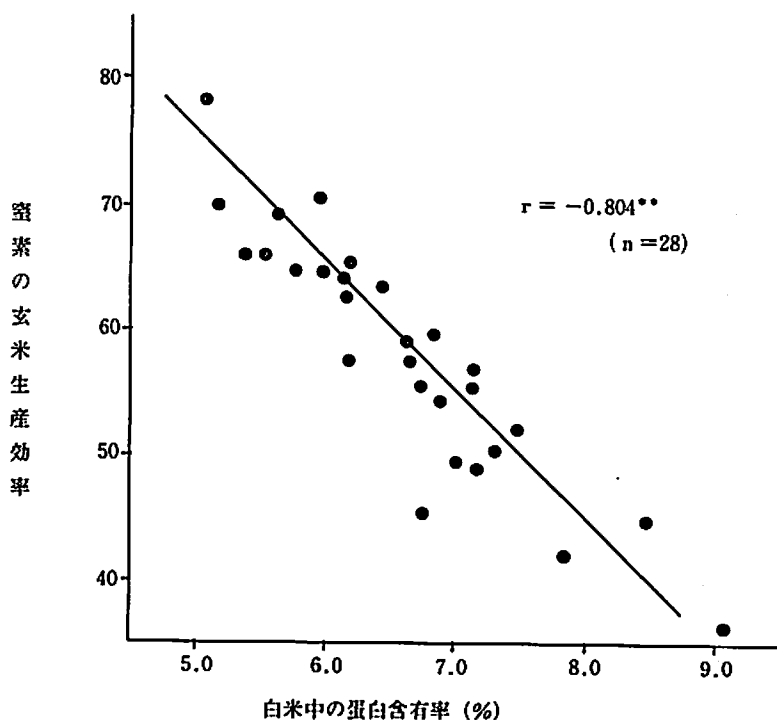


図 II-21 窒素の玄米生産効率と蛋白含有率の関係

注) 玄米の生産効率 = $\frac{\text{玄米収量 (kg)}}{\text{窒素吸収量 (kg)}}$

る特性には窒素の玄米生産効率が良いことによるものと、それにはあまり関係しないものに分類されると判断された。いずれにしても、本州産米との差を短縮する方法として低蛋白含有率となり易い品種固有の生産条件を設定することも重要と考えられる。生産条件による蛋白含有率の変異はかなり大きく、有効となる技術確立が急がれる。この生産技術は高～低蛋白含有率のいずれの品種の食味向上に対しても有効と思われる。

また、蛋白を構成するアミノ酸の組成中の17項目についてその変異を検討した。蛋白のアミノ酸組成は北海道産米と本州産米には差が認められず、品種、窒素、施肥量によっても変動しなかった。これまでの検討ではアミノ酸組成が変わる条件をみいだすことができなかった。

北海道産米と本州産米の無機成分を比較検討した結果を表II-74、食味特性および無機成分の相互関係を表II-75に示した。無機成分は北海道産米が本州産米よりもリン・マグネシウム、鉄、亜鉛含有率で低く、カリ、ナトリウム、カルシウム含有率が高かった。リン、マグネシウム、亜鉛含有率はアミロース含有率と負、アミログラム最高粘度と正の相関が認められた。したがって食味特性に対し、これら成分の増加が有利と判断された。しかし、これらの無機成分は登熟温度と正の相関があることが判明しており、一方アミロース含有率、アミログラム最高粘度値も登熟温度との相関が有意であるから、これらの無機成分と食味特性の有意な相関は登熟温度に関係しあう成分間の仮のものである可能性が認められた。

このようにして、北海道産米の成分とその性質について解析してきたが、その総合されたものが飯のテクスチャーで示されると判断される。ここではテクスチュログラム値によって示さ

表 II-74 北海道産米の無機成分

区 分		平均値(mg%)	標準偏差	変異係数(%)	90%信頼区間
北海道 (n=81)	P	99	18	18.2	69~129
	K	101	21	20.8	66~136
	Na	15.6	6.6	42.3	46~266
	Ca	7.4	1.2	16.2	5.4~9.3
	Mg	18.1	4.8	26.5	10.1~26.1
	Fe	1.1	0.45	40.9	0.3~1.8
	Mn	0.9	0.22	24.4	0.6~1.3
	Zn	2.1	0.63	30.0	1.1~3.2
本 州 (n=203)	P	113	14	12.4	90~136
	K	92	17	18.5	65~119
	Na	14.6	8.1	55.5	13~279
	Ca	7.2	1.2	16.7	5.4~9.1
	Mg	20.3	3.1	15.3	15.2~25.4
	Fe	1.2	0.44	36.7	0.5~1.9
	Mn	1.1	0.22	20.0	0.7~1.4
	Zn	2.3	0.45	19.6	1.6~3.0

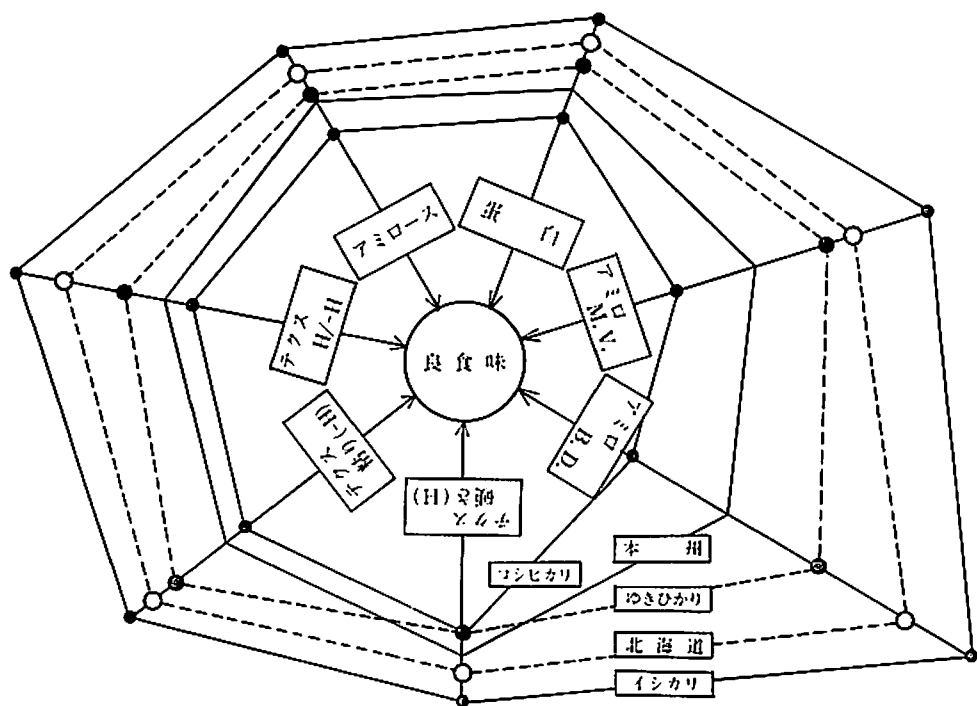
表 II-75 食味特性と無機成分の相関表

Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	蛋白質	アミ ロース	アミロ グラム 最高精度	項 目
-0.189	0.446	0.056	0.647	0.387	0.297	0.454	0.016	-0.381	0.306	P
	-0.216	0.321	-0.109	-0.146	-0.078	-0.174	-0.022	0.105	-0.102	Na
		-0.030	0.505	0.530	-0.023	0.535	-0.014	-0.005	-0.070	K
			0.108	0.028	-0.009	-0.023	0.028	0.055	-0.098	Ca
				0.457	0.313	0.659	0.002	-0.458	0.329	Mg
					0.161	0.599	0.040	-0.202	0.200	Fe
						0.167	0.022	-0.214	0.212	Mn
							0.029	-0.411	0.290	Zn
								-0.307	-0.047	蛋白質
									-0.789	アミロース

n=284
 • 1%水準有意
 ••..... 0.1%水準有意

表 II-76 北海道と本州両産米のテクスチュログラム特性値

生産地	年 度	点 数	テクスチュログラム		
			硬 さ(H)	粘 り(-H)	H/-H
北海道	1984	193	3.93	2.05	9.6
	1985	196	3.78	2.21	8.6
	1986	191	3.75	2.46	7.6
	平均	580	3.83	2.23	8.6
本 州	1984	48	3.81	2.11	9.0
	1985	82	3.78	2.66	7.1
	1986	31	3.75	2.89	6.5
	平均	161	3.78	2.55	7.4



図II-22 食味特性値のレーダーチャート

れる北海道産米および本州産米のテクスチャーについて検討結果を表II-76に示した。この調査結果は1984～1986年の3ケ年間のものであり、北海道で良食味品種の作付がかなり増えた段階のものである。この段階で硬さは本州産米とほとんど変わらないまでに改善されたが、粘りは生産年度をとわず北海道産米が低く、平均値で本州産米の87%であった。この点は優良米の早期開発・第I期における食味特性向上の中心的課題であった。この調査によると「ゆきひかり」の粘りは従来を中心品種「イシカリ」の107%となっており大きく向上していた。この「ゆきひかり」のテクスチュログラム特性値は本州産米の平均値に近く、前述したほかの食味特性値も本州産米の平均値に近く、さらに前述したほかの食味特性値と総合して考えると本州産米と対応させるためにはこの程度の食味特性が必要と思われる。また食味特性値の総合的なバランスも検討することが必要と考えられる。図II-22に示すように「ゆきひかり」の食味特性は北海道産米の平均値に比較してすべての項目で良食味の方にあるが、アミログラム・ブレイクダウン、テクスチュログラム・硬さ(H)とH/Hで大きく向上している。「コシヒカリ」に近づくために今後、食味の向上のために特に必要と考えられるのが、アミログラム特性値であり、特にブレイクダウンを大きくする方向に留意することが肝要と考えられる。(稲津 脩)

ii 食味特性に関係する酵素

食味特性と酵素の関係はいまだに解明されておらず不明の点が多い。澱粉の合成には澱粉合成酵素、ホスホリラーゼなどが関与しており、また $\alpha - 1,6 -$ 結合の分解や合成には枝分かれ生成酵素および分解酵素の存在が知られている。このように酵素は胚乳中の澱粉の合成・分解に主体的な働きを持っており、この作用を通じて食味特性になんらかの関係を持つと予測さ

れてきた。

ホスホリラーゼはある程度の長さの α -1,4-グルカンのプライマーを合成し、澱粉合成酵素がそのプライマーを利用して澱粉を作る。この可能性が指摘されている。また澱粉合成の基質となる G-1-P はホスホリラーゼで澱粉の中にとりこまれ、こんどはホスホリラーゼがとりこませたブドウ糖からリン酸を除去する両方の作用があると考えられている。道産品種の窒素施用量を異にする産米を用いたホスホリラーゼ活性を図II-23、枝分かれに關与する Q-酵素活性を図II-24に示した。胚乳中におけるホスホリラーゼの活性は窒素施肥量とに一定の關係は

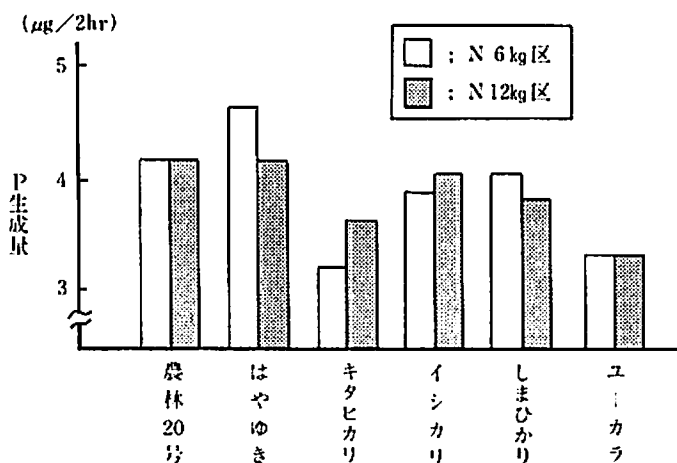


図 II-23 品種と窒素施肥量を異にする産米のホスホリラーゼ活性

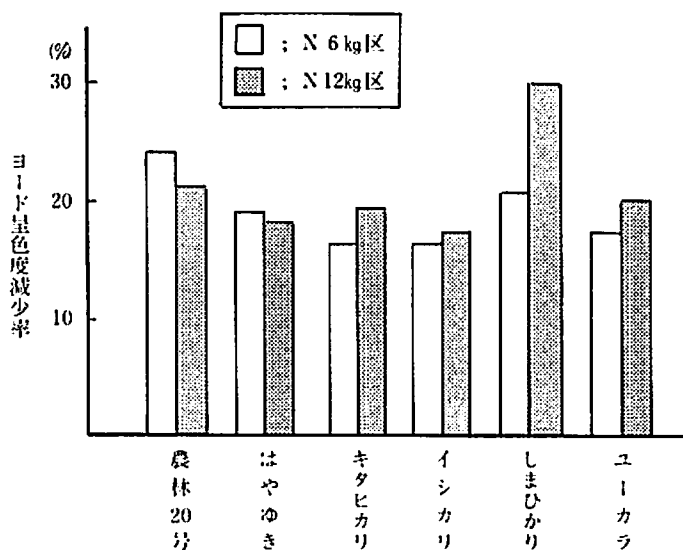


図 II-24 品種と窒素施肥量を異にする産米のQ酵素活性

認められなかったが、「ユーカラ」「キタヒカリ」で低く、「はやゆき」「農林20号」で高い傾向があり、品種間で相違していた。これは澱粉合成に関与する酵素の活性が品種によって相違することを意味するものであり、食味と関係する可能性が考えられた。つぎに枝分かれに関与するQ-酵素活性は「農林20号」「しまひかり」で高い傾向を示し、「イシカリ」「キタヒカリ」で低かった。また「しまひかり」は窒素施肥量を増すと著しく高くなることが明らかとなった。このQ-酵素活性の品種間の序列は澱粉の β -リミットデキストリン分解限度と同一傾向にあった。これらのことから、おそらく澱粉の α -1,6グルカンの分枝数は胚乳中のQ-酵素活性と相関することが予測され、この意味で食味特性、特に米饭の粘りと関係すると考えられた。今後はより定量的なQ-酵素分析法を用いた多数品種の分析値から、アミロペクチン分子の分枝数や食味特性とQ-酵素活性の関係を明らかにする必要性を認めた。

表 II-77 アミログラム特性値とアミラーゼ活性の関係

項 目		相 関 係 数 (n=35)
CuSO ₄ 処理	最 高 粘 度	$r = 0.13^{ns}$
	ブレークダウン	$r = 0.19^{ns}$
常 法 (水)	最 高 粘 度	$r = 0.59^{**}$
	ブレークダウン	$r = 0.48^*$

注)0.1%,1.0%水準で有意

米粒中に存在する酵素の中で食味特性に対し直接的な関係にあると考えられるものにアミラーゼがある。この酵素は澱粉糊を分解し粘度を低下させる作用を持つことが知られている。硫酸銅 (CuSO₄) 液を処理しアミラーゼを失活させた場合のアミログラム特性値と常法によるアミログラム特性値を測定し、これとアミラーゼ活性値との相関関係を表II-77に示した。これによると硫酸銅液を用いたアミログラム特性値とアミラーゼ活性値には関係のないことが示されたが、常法の水を用いたアミログラム特性値には有意な相関関係を認めた。この結果はアミラーゼ活性が糊液の物理的性質に関与する可能性を示すものであり、食味特性との関係を検討する重要性を知った。この傾向は特に低アミロースの産米 (dull) や糯米で顕著であった。

以上のように、酵素活性が食味特性に関係すると考えられる結果は得られたが、酵素活性が食味特性とどのようなメカニズムで関係し、これが品種改良により道産米の食味を向上できるものなのかどうか今後、検討を要する。(稲津 脩, 土居 晃郎)