

III プロジェクト研究の知見

III-1 米の食味検定

III-1-1 食味の理化学性

稲津 脩*

1. 日本におけるこれまでの食味検定

日本人は、平安時代頃から米中心の食生活をつづけてきた。日本人が感ずる米の味は、現代までにわたる長い歴史のなかで作りつがれたものである。このような米の味は、定性的かつイメージとしてのものであり定量的なものではないので、米の味を各種の分析値から数値化しようとする研究がおこなわれてきた。先づ、その研究に使用された食味検定法がいかなるもので、どのような結論がえられているかを知っておく必要がある。

古く著名¹⁾なものもあるがごく近年の代表的な研究は次の2つである。一つは新潟大学の倉沢文夫先生のグループがおこなっていたものであり²⁾、表1は必要な部分の要約である。新潟県産「コシヒカリ」などの美味な米は、アミロース含有量がきわめて低く、これが主な要因となって澱粉の熱に対する糊化性が良い。飯の粘りは、流体が示す粘性率とはいくぶん異なり、むしろ飯つぶ間の付着性に近い。これを表現するためには、流体の粘性率を測定する機器では不十分であり、独自に粘性を測定できる機器を作った。さらに、こうした研究から良食味米を作るためには、低アミロース品種、栽培法の確立が必要であることを提言した。

もう一つは、農林水産省食品総合研究所の谷 達雄・竹生新治郎先生のグループがおこなった研究である³⁾。この研究の特徴は、米の食味に粘・弾性の概念を取り入れた所にある。飯の粘・弾性の測定は、プラスチックの粘・弾性を測定する平行板プラストメーターを用いた。すい飯時における熱糊化性の難易を知るためにアミログラフを用いて良い結果を得ている。さらに、すい飯時における米粒の吸水、膨脹する性質を知るためにすい飯特性の分析もおこなっている。これら理化学的測定と平行してパネルテストを行い、両者の相関性から、すい飯特性値のうち加熱吸水率、膨脹容積、アミログラム特性値のうち糊化温度、ブレイクダウン、米飯の粘性、弾性値が重要であることを認めた。これら食味に関係する6要素とパネルテストによる食味の総合評価との重相関係数は0.85であり、寄与率は72%である(表2)。米の食味は他の食品と異なり甘酸苦鹹などの味の4原味に支配されることが少なく、どちらかと言えば理化学的性質のテクスチャーによってきまることを示唆している。また米の食味は、米粒の大部分を占める澱粉の熱に対する糊化性と澱粉ゲルの老化する性質によって支配されることを示す。これは、食味検定法の研究、開発を進める上で大きな指針となる。

この両研究で使用された検定手法の中から主要なものを抜粋し、以下に説明する。

*北海道立中央農業試験場稲作部，069-03 岩見沢市上幌向町

表1 米飯の食味特性とデンプンの性質

性 質	項 目	米飯の食味特性	
		高いスコア	低いスコア
米飯			
感能調査による食味特性			
総 合		100~87	72~61
粘 り		有	少ない
香 味		有	少ない
色 沢		光沢あり	白色光沢なし
粘着度 (改良上皿天秤)		64~27g	38~9g
かまふえ割合		235~244%	244~254%
精白米			
デンプンヨウ素呈色試験青色値*		0.297~0.444	0.389~0.574
アルカリテスト	拡散度	2 ~ 3	1 ~ 4
	透明度	2 ~ 3	1 ~ 4
デンプン粒			
デンプンの青色値		0.340~0.355	0.389~0.574
ブラベンダーアミログラム			
最高粘度		500~550 B U	350~480 B U
最高粘度時の温度		82~84℃	90~92.5℃
ブレイクダウン(崩解度を示す)		160~260 B U	20~80 B U
セットバック(老化度を示す)		-5~+5 B U	50~60 B U
オストヴァルト粘度計			
粘度が急激に増加する温度			
10% (膨潤しはじめる温度)		56~58℃	53~55℃
2% (崩解しはじめる温度)		83~85℃	86~90℃
B型回転粘度計			
粘度が急激に増加する K O H 濃度 (膨潤しはじめる時の K O H の濃度)		0.26~0.28 N	0.24~0.27 N
アミロースの含量		17.5~18.2%	19.9~22.1%

*は千秋米、藤坂5号は例外を示した。

アミロース含有率は, Schoch の n-ブタノール沈澱法または McCready のヨウ素呈色比色法によって検定していた。前者は1点分析するのにおよそ20時間と200gの試料が必要であり, また後者では10時間と100gであった。このままでは, 育種のように5~10gの試料, 年間1万点のアミロース含有率の検定・選抜を必要とする場合には不向である。

飯粒の粘着性の測定は, 上皿天秤を改良したものでその原理は2枚のベニヤ板に飯粒をのせその上から500gの荷重を一定時間かけた時のベニヤ板の接着力を計る装置である。

すい飯特性は, 20メッシュの網カゴに米を入れて95~97℃の熱水中に20分間浸漬し糊化後の吸水率, 膨脹容積, 溶出固形物, ヨウ素呈色度などを測定する。この方法は, 1点分析するのに1~2時間を要し, 分析値の再現性に難点がある。

米粒中の澱粉の熱糊化性は, アミログラフを用いて測定している。米粉40gを水450mlに懸濁し

表2 総合評価についての各主要理化学的測定値の重回帰係数と重相関係数

項 目	総 合 評 価			
	1960	1961	1960	1961
炊飯特性	加熱吸水率		-0.680	2.775
	膨張容積		-1.824	-3.766
	炊飯液	pH	2.211	-9.241
		ヨード呈色度	2.958	-1.580
アミログラム	糊化温度	溶出固形物	-1.413	0.524
	最高粘度		-2.241	-5.700
	ブレークダウン		-0.172	-0.268
米 飯	冷却粘度		-0.772	-2.450
	粘性		0.737	0.387
			0.453	0.281
	R (重相関係数)	0.410	0.864 **	0.881 **

備考：**は危険率1%，*は危険率5%で有意であることを示す

30℃～93℃まで測定し糊化温度、最高粘度、最低粘度、最終粘度、ブレークダウン、コンシステancyを測定する。この測定は、澱粉の熱糊化性を良く表現するが1点分析するのに2時間を要する。

飯の粘、弾性は、平行板プラストメーターで粘性率、弾性率を測定する。その原理は、あらかじめブロック状にすい飯したものを、平行板にはさみ荷重をかけ飯を押圧してゆき、変型の状態をダイヤルゲージでよみとる仕組になっている。この方法は、1点分析するのに1～2時間を要し、かつ再現性に難点がある。

以上のように米の食味そのものを研究するために用いられた食味検定手法は、それからの研究を進める上ではきわめて有効であるが、育種の場合で実用的に活用するためには不十分な点がある。育種のためには少量の試料で、きわめて簡易に、かつ短時間にしかも高い再現性が求められる。北海道産米を品種改良によって良質化するためには、まず第一に選抜過程で確実により多数の食味検定を行うことが不可欠である。そこで、前述した2つの研究で得られた知見を基本にすえながら、選抜に有効な検定手法を確立するための基本的方向や、その手順を明らかにするために、澱粉の構造と熱糊化性、老化性について整理しておく必要がある。

2. 米澱粉の構造と熱糊化性・老化性

うるち米の澱粉は、20%のアミロースと20%のアミロペクチンから出来ている。アミロースとは、D-グルコースが α -1, 4グルコシド結合によって直鎖状になっている分子で、道産米のアミロースはこのグルコースが400～500ヶ重合している。アミロペクチンとはアミロースのブドウ糖基のC₆の位置からブドウ糖の枝が伸びた樹造構造と呼ばれる形で、この分子のブドウ糖の重合度は道産米で2,500～3,000である。

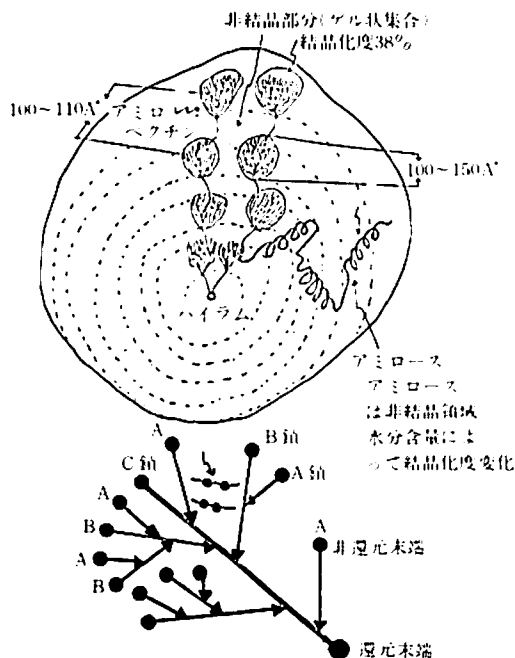


図1 澱粉の構造(房状構造)

この2つの成分が澱粉の中でいかなる形で存在しているかについては、幾くつかの説があるがいまだに明らかとなっていない。近年種々の生化学的手法で徐々に解明されつつある。図1には、二國二郎先生の澱粉モデルを参考にした澱粉の房状構造を示した。澱粉は、たぶんある種のアミノ酸基をプライマーとしてADP-グルコースあるいはUDP-グルコースを有効な基質として外側へ外側へとブドウ糖の鎖を伸ばすものと考えられている。この澱粉の出来はじめた所は「ハイラム」または「澱粉のへそ」と呼ばれ、熱に対して最も弱い。アミロペクチン分子は、ハイラムから外へ向って同心円状に分子をそろえて伸びる。その途中で房状のかたまりの結晶を層状に作っている。この房の直径は、100~105Åで房の中心から次の房の中心まで100~150Åである。この間の粗な部分は非結晶構造の部分である。こうした澱粉の構造決定にはX線

回折図が多くの見解を与える。米澱粉はA型の回折像を示し、B型を示す馬鈴薯より安定である。X線回折図の4a, 4bの高さは、結晶の強度を示し、その巾や面積から球晶の大きさを計算する。また偏光顕微鏡で澱粉を見ると、光はハイラムを中心として十字形に屈折しているのが認められる。これは澱粉分子がハイラムを基点として外側に規則正しく伸びていることを示す。アミロペクチンについての情報は鎖の名前や構造についてずいぶん明らかにされているが、アミロースについての構造はいまだに不明の点が多い。

アミロースの構造を推定すると、まずその一つにあげられるのがアミロース脂質複合体であろう(図2)。このものは、6ケのブドウ糖が1巻きとなった形で、この穴の5~7Åの中へ脂肪酸を取り込んだ形で存在するものと考えられている。もう一つはアミロース同志あるいはアミロペクチンとからみ合っているものであり、これら双方いずれかまたは双方混在の形で存在すると考えられる。このアミロース脂質複合体が澱粉の大部分を占めた場合は100℃で熱糊化し難くなり、100℃で煮沸しても生のままの澱粉でとどまる。おそらく複合体やヘリックスのような堅い結合になっていないアミロースであれば、いくら多く澱粉の中に含まれていたとしても、馬鈴薯澱粉のようにきれいに透明な粘る糊になるはずである。このあたりは興味があると同時にきわめて複雑で、育種をする上で難解となる点であろう。

熱糊化性を理解する上で知っておかなければならないのは水素結合の概念である。水素結合とは、共有結合した2ケの原子核が、共有する価電子を引きつける力がそれぞれ異なれば、電荷の偏在が起こり強く引きつける原子がやや陰性になり、弱く引きつける原子がやや陽、陰双方の力によって両原子が引き合って安定化する結合を言う。

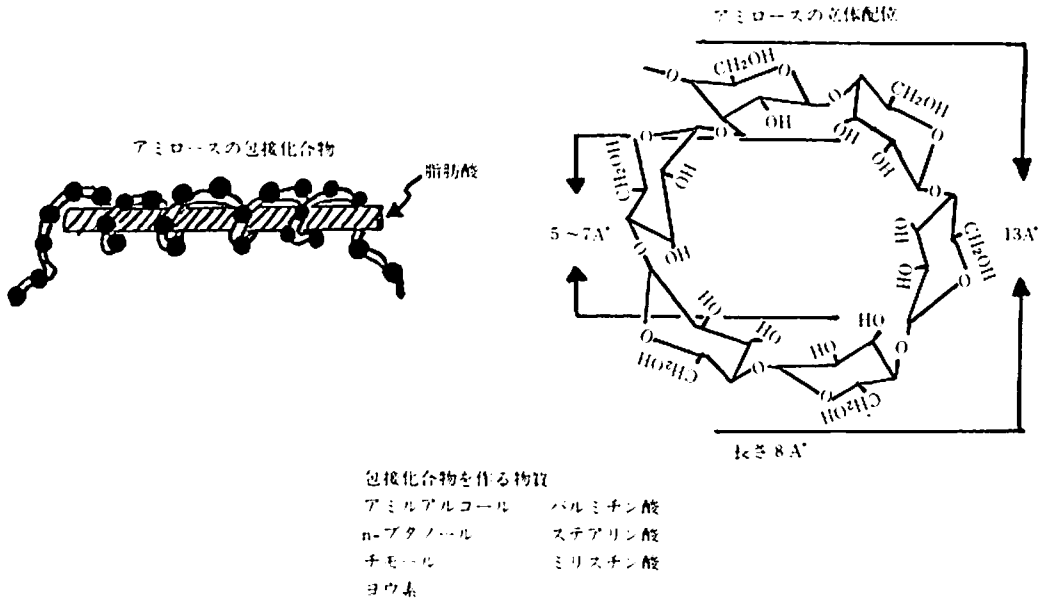


図2 アミロースの構造

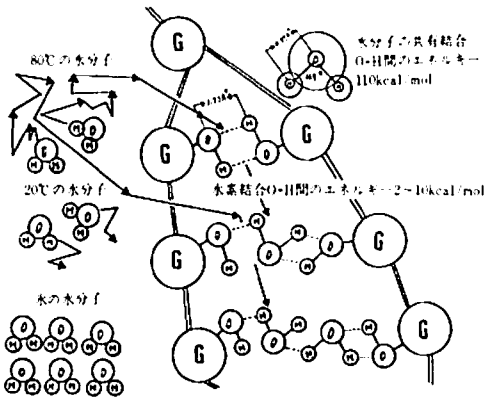


図3 水分子による澱粉分子の糊化

水分子は熱を加えると分子運動がはげしくなり、アミロペクチンの側鎖にぶつかり、ブドウ糖とブドウ糖の鎖の間に1.77Åの距離で入り込み安定な形となる(図3)。これに要するエネルギーは、2～10kcal/molで水のO-H間の共有結合の110.2kcal/molよりはるかに小さい。それだけに水分子はきわめて動きやすく、熱糊化してもまた動いて離水し老化することになる。澱粉に水が結合することを糊化と呼び、澱粉に水分子がどのような形でどれだけ結合するかによって糊の透明度、粘りなどの性質が変わる。澱粉の熱糊化性は、前述した澱粉の構造により強く支配されている。

る。

つぎに澱粉糊の老化のしくみについてふれる。図4は老化のしくみをわかりやすく知るために想定できる老化のモデルを示した。老化は水素結合した水分子の結合エネルギーが小さいためにアミロース、アミロペクチン分子が安定な構造へ動くことによってアミロース、アミロペクチン分子は、ごくわずかであるが安定な方向へと立体的に構造を変える。老化した澱粉は図4-Aに示したヘリックス型、Bに示したブドウ糖鎖の直接結合、Cに示した複合体のいずれかの硬い結合にもどると考えられる。また、この老化は分子量が大きい程また分枝が多い程少ない。

ヨウ素アミロース複合体を例にして老化を考えてみる。ヨウ素分子はアミロース6ヶの輪の中に1分子入り込み、青色に着色する。これに再び熱をかけ高温にすると、たちどころに水とアミ

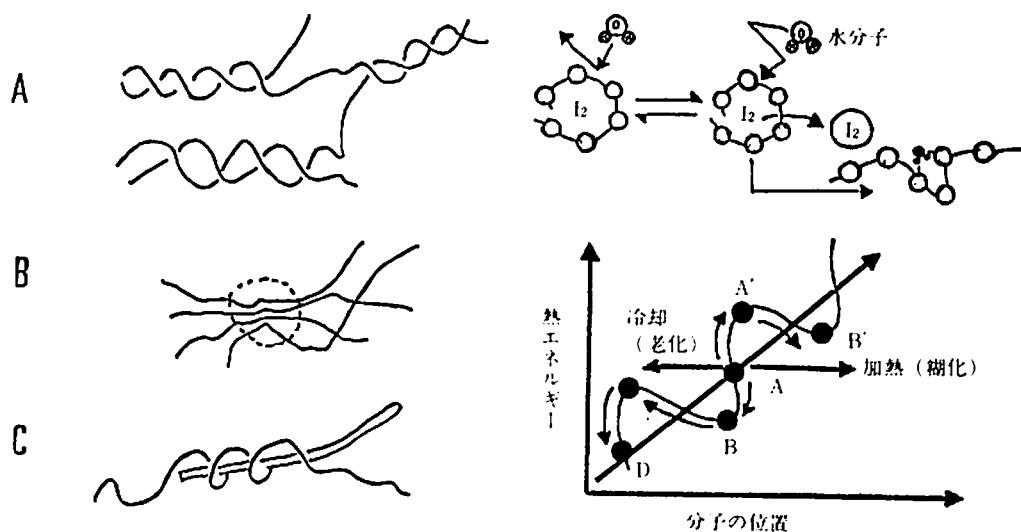


図4 老化的モデル

ロースの分子運動で、ヨウ素アミロース複合体はほどけてアミロースはヨウ素をはなしランダムコイルとなり溶液の着色は消える（図4-中段）。

飯の粘り、つや、弾力性などは、澱粉糊の性質に依存すると考えて良い。澱粉糊の性質を左右するのは澱粉の構造、熱糊化性、老化性が主要なものであり、食味検定法はこれからの性質をより簡易に迅速かつ正確に表現できるものが望ましい。

3. 澱粉の熱糊化性に関係する他成分

これまではもっぱら澱粉側からみた熱糊化性についてふれてきた。しかし米粒中には、澱粉以外に多くの成分が含まれており、さらに米粒組織の影響も考えられる。したがって食味検定法は澱粉側の性質だけでなく、これらの性質も広く包含し、より高い精度でなければならない。

米粒中に澱粉以外の成分で最も多く含まれているのは、蛋白質で6～10%の含有率を示す。その70%がプロテインボディと呼ばれる2～3 μ の顆粒状の貯蔵物質であり、蛋白組成はグルテン62%、アルブミン12%、グロブリン12%、プロラミン9%などで構成されている。この蛋白質は澱粉の熱糊化性に他成分中で最も影響をよえるものと考えられる。

蛋白顆粒は、稲がちっ素成分を多く吸収すると、糊粉層とそれに近い内胚乳に多く蓄積され、米粒の腹部より背部により顕著である。また内胚乳細胞膜に付着するような形で存在する。この含有率が高まれば澱粉糊の性質より蛋白側の性質に近づき、飯の物理的性質にはきわめて不利と考えられる。プロテインボディが米澱粉の熱糊化にどのような影響を与えているのかについての研究は少なく不明の点が多い。しかしプロテインボディが澱粉粒より低温側で水を吸収することは明らかで、その意味では澱粉の熱糊化性に影響を与えようと考えられる。

白米中には0.7～1.0%の無機成分が含まれている。この主成分はリン酸であるが、このリン酸との関係も興味ある。無機成分は澱粉の熱糊化性に関係ないとする考え方もある。しかし加里を多く含む澱粉は明らかに熱糊化性が向上するし、逆に石灰を多く含む澱粉は熱化性がきわめて悪い。

内胚乳細胞の配列や細胞膜の強度、透水性も澱粉の熱糊化性に影響するものと考えられるので、これらの検討も必要となろう。

4. 食味検定法

以上のことから米の食味検定は、まずアミロース含有率の測定が必要で、次に熱糊化性、これは熱糊化の過程における物理的性質の変化からその難易を判断する。老化度はアミロース、アミロペクチン分子の構造に由来すると考えられ、きわめて重要となるが、いまだ育種のための食味検定に有効な方法はない。蛋白含有率でできれば灰分も必要な項目となろう。最も重要なのは飯のテクスチャーの検定であるが、これは現在までに2～3の検討を行い一応の方法を確立したが測定時間、再現性に難点がある。以下、現在までに導入あるいは確立した食味検定法についてふれる。

1) テクニコン社オートアナライザーを用いたアミロース分析法

アミロースは、*n*-ブタノール、イソアミルアルコールなどと複合体を作り沈澱する性質を利用して重量法で測定していた。アミロースとヨウ素が複合体を作り、青色に発色する性質が発見されて以来、この性質を利用した分析法が開発された。われわれは、この分析法に従い手作業操作によって米のアミロース含量の定量法を確立しこれを実用化してきた。しかしこの方法では、1点の定量に約3時間を要し、年間処理能力はせいぜい200～300点が限度であった。育種にこの分析法を適用する場合は、著しく少数の材料に限定せざるを得ない。したがって良質米育成には、分析点数の限度が大きな制限因子となっていた。そこでアミロース分析を飛躍的に能率化し、良質米を育成することを目的に1978年10月にテクニコン社（USA）のアミロース専用オートアナライザーを導入した。

オートアナライザーは、1950年に臨床検査用の血液自動分析装置として米国で開発されたもので、連続流方式を採用しているために、他の分析法と比較して迅速、正確、微量、省力を特徴としている。しかしながら、本機は、導入時点ではアミロース専用器として日本で初めてであったため、定量までの前処理法、測定条件、アミロース含有率の算出法など解決すべき点が多かった。以下、これらの解決すべき点について検討した結果を示す。

(1) 前 処 理 法

米粒のアミロース定量に向けての前処理法としては、稲1株（700～1,200粒、10～20g 籾重）の少量試料について、脱穀、籾すり、精白、粉碎、篩別、乾燥の各作業が必要である。

<脱穀>

米麦小型脱穀機（白川農機）は、稈長、穂摘の相違に関わらず1株を0.5～1分で脱穀でき、本法に十分適用できる。

<籾すり>

風圧真空脱稃機（旋風号、A-10型）は、10～20gの籾を瞬間的にほとんど100%脱稃するので、本法に十分適用できることを認めた。

<精米>

小型精白機（ケット、パーレスト）は、7～10gを1分間精白しただけで十分適用できる。ただし、長時間連続運転すると、モーターが過熱する場合があるので2～3台を用意し交互に使用することが望ましい。

<粉碎>

粉碎はテストミル（西ドイツ、ブラベンダー社）を用いることが望ましい。この製粉機は、粉碎作業を連続的に行っても試料が加熱することなく微粉状となるのが特徴である。したがって本機で製粉した粉は、アミロースの分析だけでなく熱糊化性の測定に良い結果を示す。

多数の試料を迅速に粉碎する連続的な粉碎が必要となる。少量試料では、前後の試料の混入の

危険性が考えられる。このため「イシカリ」と「かむいもち」を交互に5回連続して製粉し、この時の「イシカリ」のアミロース含有率を測定した。また両品種の製粉は夫々5、10、15、20gを供試した。表3はこの結果の分散分析を示した。「イシカリ」の反復間および5～20gの供試量間に有意差が認められず、平均値は各処理ともほとんど同じであった。このことから、白米試料量は5～10gの少量であっても前後試料の混入がほとんどなく本法に十分適用できることを認めた。つぎに、このようにして確立した前処理法の信頼度を知るために、従来の標準的な精白、粉碎、篩別法（A）によるものと、確立した少量試料の精白、粉碎、篩別法（B）によるもののアミロース含量比を比較した（図5）。その結果はA法とB法の間に+0.871***（n=21）、0.1%水準で有意義な相関を認めた。このことは、少量試料の精白、粉碎、篩別によってもアミロース含量は変わらないことから、本法の前処理法として十分適用できることを認めた。

また、アミロース含有率は、93%までの搗精歩留でやや高まるがそれ以下ではほとんど一定の値となった。したがって、オートアナライザーでアミロースを分析する場合は、この含有率の安定する93%以下に搗精する必要がある。なお、ケットパーレストはほとんどの場合93%以下に搗精されている。

本法はヨウ素アミロース複合体の青色を測定しているため、アミロースが脂質複合体のままで不溶解のものがあればこの多少により含有率の低下をまねく。アミロース脂質複合体の影響を知るために、85%熱メタノールで結合脂質の大部分を抽出しアミロース含有率を測定した。脱脂米粉のアミロース含有率は平均値で0.6%高く、この値はアミロース含有比の2.9%に相当した。この値は比較少ないものと判断され実用面であまり影響されないと考えられる。

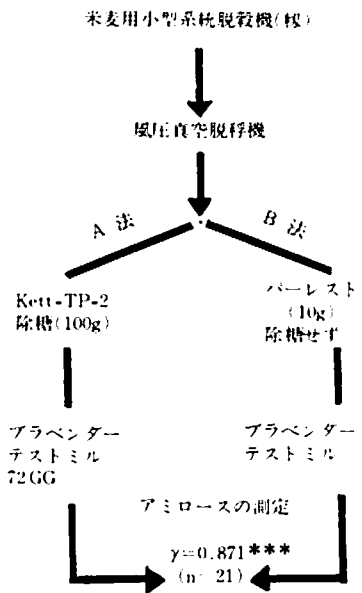


表3 製粉時の試料量とその混合程度

要因	d. f.	S. S.	M. S.	F
全体	19	126		
処理	3	41	13.667	2.83 n. s.
反復	4	27	6.750	1.40 n. s.
誤差	12	58	4.833	

試料量 (g)	イシカリ 5 反復平均値
5	111
10	110
15	112
20	110

図5 標準的前処理法との比較

(2) 測定法

図6はオートアナライザーをわかり易く模式図として示した。本機の構造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、記録計からできている。

アミロース分析の作業手順は、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。そこで希釈後アルカリ液と混合し、95℃の加熱槽で糊化する。加熱槽を出た液は中和され、ヨウ素液と混合発色した後、フローセル中で発色の程度を測定し記録する(図7)。また、試薬は次のものを用意する。標準ヨウ素溶液、1.0N-水酸化ナトリウム、0.4N-水酸化ナトリウム、0.05N-水酸化ナトリウム(浸漬用)、酢酸・クエン酸混合液、ヨウ素・酢酸混合液。

〈ホモジナイズスピード〉

ホモジナイズスピードは2,000, 4,000, 6,000rpm についてアルカリ濃度4段階、浸漬時間3段階で検討した。アミロース含有率の差は、どのスピードでもアルカリ濃度および浸漬時間にかわりなく認められなかった。したがってホモジナイズスピードは4,000rpm で十分と考えられる。

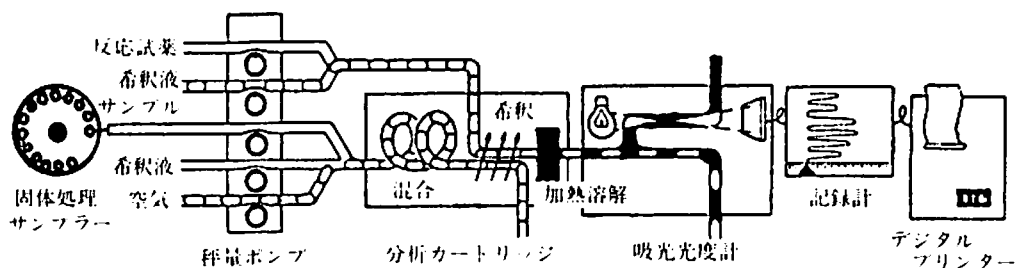


図6 アミロース専用オートアナライザー模式図

〈アルカリ濃度〉

浸漬するアルカリ濃度は水、0.01N, 0.05N, 0.10N, 0.15N - NaOH の5段階、浸漬時間4段階で検討した。アミロース含有率は浸漬するアルカリ濃度が0.05N までわずかに高まるがそれ以降は変わらない。したがって0.05N で十分である。

〈浸漬時間〉

浸漬時間が長くな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%以内の差で測定できる。

〈試料量〉

農林20号とキタヒカリの差を判定した結果を表4に示した。農林20号とキタヒカリのアミロース含有率の差は10mgの試料量で十分認められたが、これ以下ではフローダイヤグラム自体を変えないと困難である。いずれにしても現状ではこの量程度が下限と考えられる。また、安定した分析値を得るための試料量は100mgが最も良い。

〈中和酸の種類〉

表5は酸の種類について検討した結果を示した。オートアナライザーのチャートの波形は一つの波形が終了した後、次の波形がはじまるまでにベースラインまで低下しない(テールリング)場合は、流れ分析のために前試料の影響が次の試料に重なり、この現象を次々にくり返し最終的にはベースラインが高まり波形が高まる。

このような現象は、酸の種類とpH(濃度)によって異なる。最も望ましい波形の方からクエン酸≧リン酸>酢酸≧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

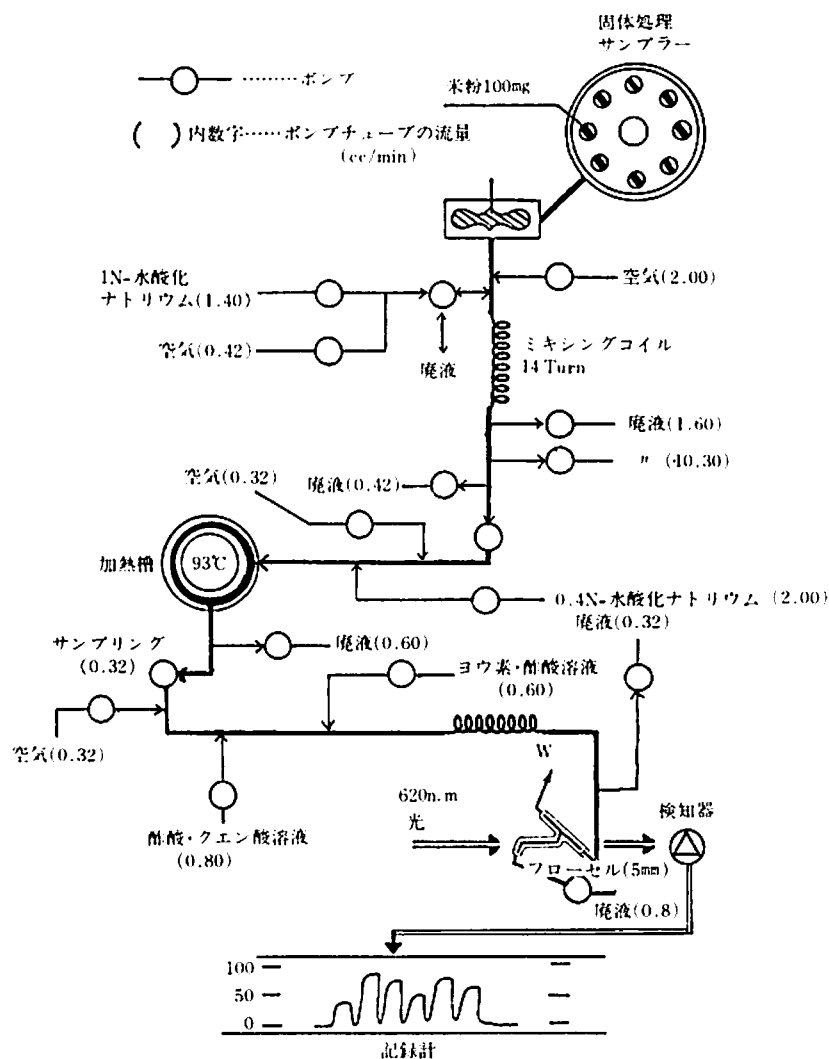


図7 アミロース分析用フローダイヤグラム

表4 分析試料の限界量

区 分	200mg	150	100	75	50	25	10
農 林 20 号	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
キ タ ヒ カ リ	21.6	21.4	21.0	21.2	21.4	21.0	21.0
感 度 目 盛	3.5	4	5	5	5	9	9

酸であった。この結果クエン酸が最も良いのでクエン酸単独かクエン酸を多く含む液が良いと考えられていた。

また酸の pH は 5.0 以下でチャートの波形はきわめて不良となる。5.0 以上で測定することが望ましい。

表5 中 和 酸 の 種 類

類 別	分 子 式	価 数	% *
硫 酸	H ₂ SO ₄	2	3.7
塩 酸	HCl	1	2.9
硝 酸	HNO ₃	1	2.9
リ ン 酸	H ₃ PO ₄	3	0.3
過 塩 素 酸	HClO ₄	1	4.0
コ ハ ク 酸	H ₂ C ₄ H ₄ O ₄	2	3.3
酒 石 酸	H ₂ C ₄ H ₄ O ₆	2	3.1
ク エ ン 酸	H ₃ C ₆ H ₅ O ₇	3	0
酢 酸	H ₂ C ₂ O ₄	2	2.4
酢 酸	CH ₃ COOH	1	2.8
蟻 酸	HCOOH	1	3.9
乳 酸	CH ₃ (OH)COOH	1	14.8
ぼ う 酸	H ₃ BO ₄	3	11.4

注) *……%は $\frac{B}{A} \times 100$ の値(大不良、小良) Aは波形の高さ、Bは波形の下端

(3) アミロースの算出法

アミロースのヨウ素複合体の呈色は、アミロースの平均重合度によって異なる。たとえば重合度20くらいで赤、30くらいで紫、40くらいで青紫、60以上で青と考えて良い。本法は、アミロースのミウ素複合体の呈色を青色として、その吸光頂点を600nmとして測定している。したがって重合度の小さいアミロースは、この分析では吸光頂点が異なるためうまく定量できず常に低含量に表現されている。この問題を解決するためには、米澱粉からアミロースを分解しないように完全に分離し乾燥したものを、ふたたび混合し作成した検量線から算出しなければいけない。しかしアミロースの絶対値はこの方法で定量し難い。そのため電流滴定法で定量するのが一般的である。いずれにしてもこのような理由から、本法で求められたアミロース含有率には、大部分がアミロース含有率と表現しているのにはちがいないが、一部にアミロースのブドウ糖の重合度の相違も加味されていることを知っておく必要があり。また、本法では米粉で測定するために、米粉中に含まれる澱粉の含有率の相違によっても異なる。しかし簡易かつ迅速に行う事を原則とする育種のため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できない。以上の条件を加味し、なるべくこのままの方法で、アミロース含有率の絶対値に近くなるような検量線の作成法が必要となる。

〈馬鈴薯澱粉、米アミロースを用いた検量線の作成〉

図8には、馬鈴薯澱粉、米のアミロース、アミロペクチンを用いた検量線を示した。これによると③アミロース、⑤アミロースとアミロペクチンの混合の固体を使用したものは、アミロースの溶解が不十分であるため呈色度も小さく不規則となる。この検量線でアミロース含有率10%の試料は、20%と計算される。また、馬鈴薯澱粉の場合は、①固体も②液体にしたものも呈色度はきわめて高くなる。この検量線でアミロース10%の試料は、5%前後と計算される。④アミロース、⑥アミロースとアミロペクチンの混合の液体にしたものも呈色はきわめて安定し、検量線は

直線となる。この検量線でアミロース10%の試料はほぼ10%前後となりきわめて良い結果であった。しかし液体であるためアミロースが老化、変質する可能性がある。この検量線では米粉中の澱粉含有率を何らかの方法で分析しなければならない。以上の理由によって馬鈴薯澱粉米アミロースを用いたのでは、不十分である。

〈梗米、糯米混合による検量線の作成〉

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、これを糯米を混合してアミロース含有率が5, 10, 15, 20, 24%となるようにする。この試料を100mg 秤量しオートアナライザーで測定するだけで検量線ができる(図9, 10)。

この方法は米粉であるため、水分管理さえ注意すればかなり長期間使用でき、簡易かつ分析試料と同じ操作をするだけで良い利点がある。さらに米粉をそのまま用いるため、アミロースの重合度分布が分析する試料ときめて良く似た状態である。このため、呈色の吸光頂点が試料とかなり近い状態で測定されるので、絶対値に近い含有率を計算することができる。さらに澱粉含有率は試料にきわめて近い場合澱粉含有率の補正は実用上しなくても良いと考えられる。

図11は、この検量線を用いて分析したアミロース含有率と McCready 法によるアミロース含有率との相関を示した。相関係数は $r=0.986^{***}$ ($n=12$) ときわめて高く、十分に実用に耐え得ると判断される。

米粒中の澱粉含有率は粗蛋白含有率、水分、灰分の多少により増減する。澱粉含有率との相関係数は粗蛋白で $r=-0.856^{***}$ ($n=13$)、水分で $r=-0.598^*$ ($n=13$)、灰分で $r=-0.705^{**}$ ($n=13$) ときわめて高い。アミロース含有率の分析精度をより向上しようとする場合は、こうした関係をうまく利用して、分析試料と検量線を作成する試料の澱粉含有率を接近させる必要がある。実用的には検量線を作成する試料の水分含有率を調節することによって分析試料との澱粉含有率の差をなくすことが最も良い。

表6は、昭和56年、中央農試稲作部の163点の分析値の粗蛋白、水分の最高、最低、平均値を示した。粗蛋白、水分の最高、最低値の差を合せると3.8%となふ。この3.8%は澱粉含有率の差と仮定すると20.0%のアミロース含有率は $20.0 \pm 0.76\%$ と計算される。この値は最大値であり一般

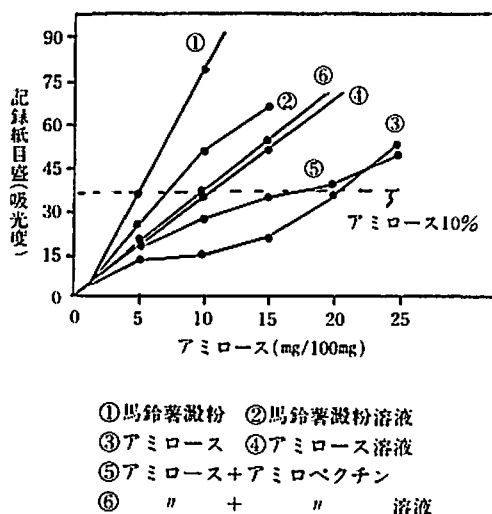


図8 馬鈴薯、米アミロースを用いた検量線

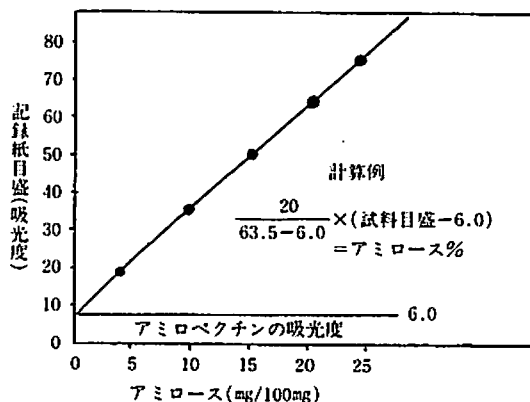


図9 梗米、糯米混合による検量線

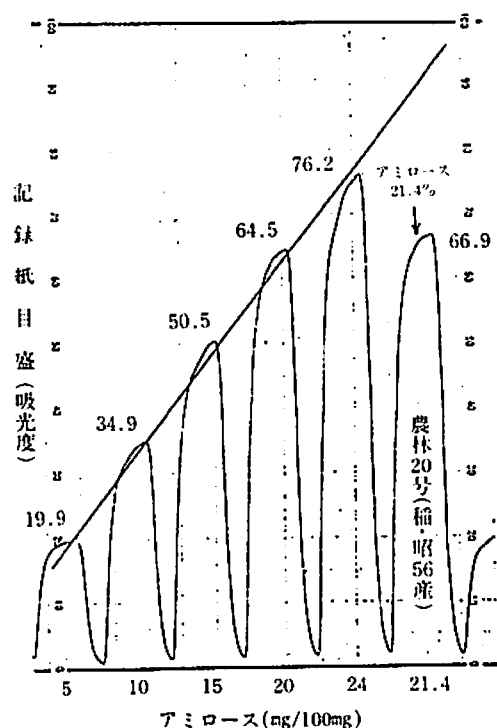


図10 検量線作成時のチャート

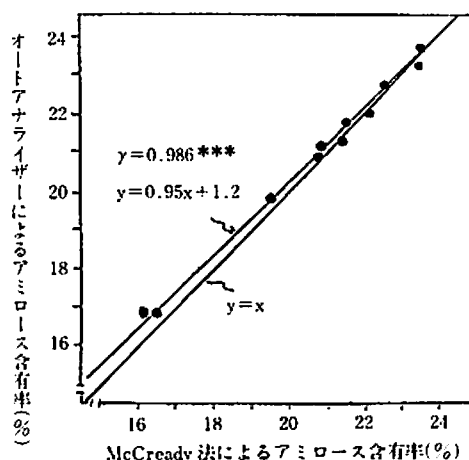


図11 アミロース含有率の比較

表6 蛋白質、水分含有率の分布

項 目	最高値(A)	最低値(B)	平 均 値	A - B
粗 蛋 白 %	10.3	7.1	8.4	3.2
水 分 %	12.8	12.2	11.7	0.6
合 計				3.8%

注) 昭和56年稲作部生産力予備試験試料 (n = 163)

にはこの半分の $20.0 \pm 0.38\%$ 程度となろう。

② 蛋白含有率、水分含有率、灰分含有率

次項のインフラライザーによって分析する。

③ アミログラフ

ブラベンダーアミログラフは小麦澱粉の糊化性と酵素の活性を見るために作られた分析装置である。梗米の酵素の活性は小麦に比べてかなり弱いため、梗米のアミログラム特性値はおもに米澱粉の糊化性を示す。

堀内⁵⁾は、粘性の測定にブラベンダーアミログラフを用い、90%が50メッシュ以下の米粉乾物40gに蒸留水450mlを加え、30~93℃まで一定速度(1.5℃/min)で加熱し、93℃に10分間保った後、加熱と同速度で冷却しアミログラムを作成した。

北海道産米の澱粉と米粉のアミログラム特性値を比較検討し、前記した測定法が北海道産米にも十分適用し得ることを認めた。しかし前記した手法では1点2時間必要であるため育種のため

の検定法としては不十分であった。そこで各種の検討から最高粘度、ブレイクダウンのみ測定することによって熱糊化性をほぼ知り得ることが明らかとなり、1点約1時間に短縮した。同時に温度制御をセンサーによって行い操作も簡易にした。

④ テクスチュログラフ

前述したように倉沢は、1962年上皿天秤の改良装置によって飯の粘着性の測定法を考案した。北海道産米の硬さ、粘りを知る目的でテクスチュログラフを利用した測定法の検討を行い、次のように測定条件を確立した。図12はテクスチュログラフの構造とテクスチュログラムを示した。

飯粒の粘り、硬さは流体の粘性率、弾性率とはイメージとして異なるものと考えられる。すなわち飯粒の粘りとは粘性率よりはむしろ付着性に近い。また飯粒の硬さは、弾性率よりはむしろ飯粒がつぶされる時に必要なエネルギー量に近い。

炊飯方法は、ガーゼを用いて除糠した20gの精白米をアルミゼリーカップ(底50mmφ、口径70mmφ、高さ40mm)に取り、水35mlを加え25℃で30分放置後、1.8ℓ電気炊飯器の中に炊飯時間が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炊飯する。炊飯後10分間蒸らした飯は杉の箱(縦65mm、横65mm、高さ40mm)に移し20～25℃で1～3時間放置後測定に供する。

テクスチュログラフは付着性強張2本アーム、プランジャー22mm、受け皿100mm平皿、クリヤランス0.2mm、ホルダー2V、チャートスピード750mm/min、バースピード6回/minに設定する。飯粒は、平均的な3粒を取り出し平皿の中心部に放射線状にならべ測定する。試料の測定値は、前記した操作を5度繰り返しカップの測定値とし、2カップ以上の平均値をもって示す。表示法は、硬さ(H)1V当量値、粘り(－H)5V当量値、硬さ(H)/粘り(－1)1V当量値とする。

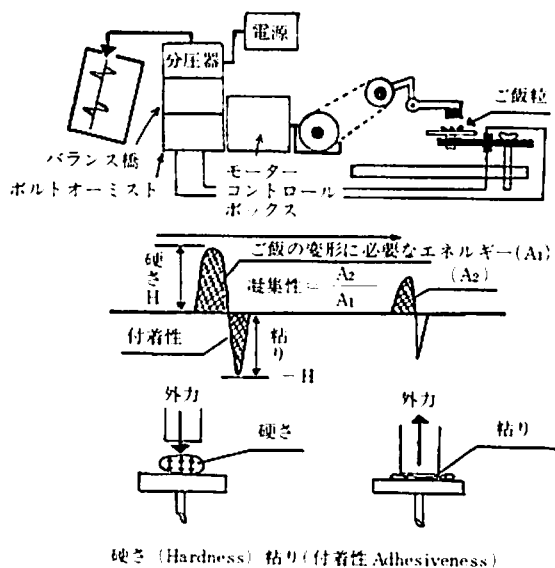


図12 テクスチュログラフ

⑤ フォトペーストグラフ

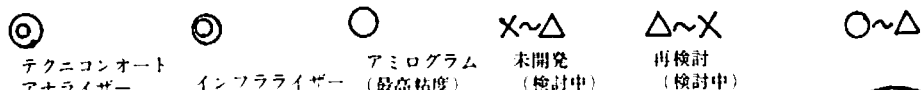
本機は、きわめて微量で澱粉の熱糊化性を知ることができ、測定時間も30分程度と短い。したがって本機を選抜のための食味検定法に組み込んだ場合の効果は十分期待できる。梗米の熱糊化は高温側のアミロース分子に支配されることがフォトペーストグラムから推定でき興味深い。しかしフォトペーストグラフをどのような条件で測定すれば品種間差異をより拡大して表現できるか現在検討中である。

5. 食味検定の方向

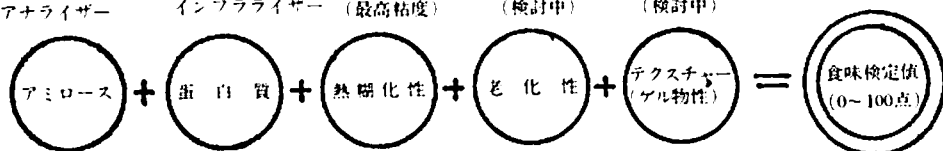
前章（I-1、図1）には、優良米の早期開発研究のなかで計画した食味特性による選抜の流れが示されている。これは、育成の早い段階からアミロース、蛋白含有率の低いものを選び、合わせてフォトペーストグラフによって熱糊化性も検討しようとしている。育成の間では、これらの特性に加えて熱糊化性、テクスチャーを十分に検討し、後段にはそれら特性値の変動性と特性値間のバランスなども捉えつつ食味試験で示される総合評価値を補強する。

いずれにしても、選抜の流れは分析値の意味と重要度、試料の量、分析時間などを十分考慮しながら計画、実行しているものであるが、将来とも十分なものとは言えない。すなわち、この手法は、3類程度の米を選抜育成するための選抜需要には十分こたえられると考えている。現実には現在の食味検定システムで実力3類と考えられる食味特性の米が育成されつつある。もっとも、1～2類の米は、選抜出来ないと言う意味ではない。系統の中にそのような実力の米があれば現在の食味検定システムで確実に捉え得る。しかし、1～2類の米をより確実により早期に開発す

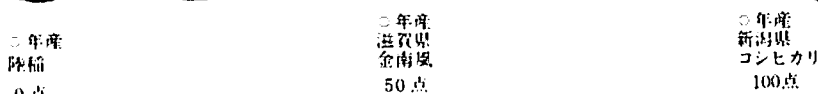
① 分析法の確立程度



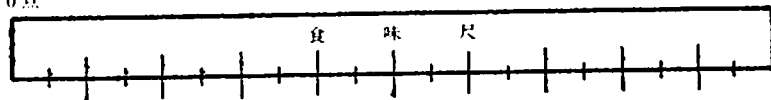
② 分析機器



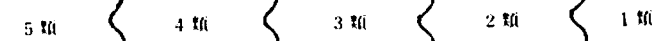
③ 代表産地銘柄



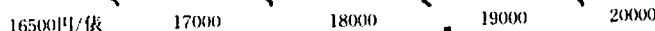
④ 食味尺



⑤ 類別



⑥ 価格



⑦ 道内産地・銘柄

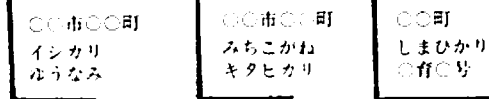


図13 食味尺の概念

るためには、それなりの検定手法を確立することが必要と考えられる。

1～2類の米を検定する方法はいったいどのようなものか。それは、オートアナライザー、インフラライザー程度の微量、迅速、正確、省力を有し熱糊化性、飯のテクスチャーを検定でき得る方法であろう。もっと具体的には、2 g以下の量、1点3分以下の時間、アミログラム程度の再現性、秤量以外は流れ分析などの条件が必要と考えられる。

この検定方法の開発は、食味検定部門が優良米の早期開発研究の中ではたさなければいけない重要な役割の一つであろう。

もう一つは、育成された系統あるいは品種にの食味の全国的な位置付けをより適確に化学的、数量的に決めることにある。このためには、全国的規模における食味の変動要因を十分考慮した食味検定項目によって食味と総合評価値を決めなければいけない。

図13は、そのモデルを示した。全国的規模における食味の主要な変動要因を具体的に示せば、品種、登熟温度、ちっ紫栄養と考えて良いのではなかろうか。モデルでは、特にそのような意味を含めてアミロース含有率、蛋白含有率を加えた5要素とした。現在までにこの需要に答え得るのは、アミロース含有率、蛋白含有率で、やや答え得るものとして熱糊化性を示すアミログラム特性値であろう。老化性は、この目的に合う分析方法は全くみあたらない。今後1年程度を期間として開発の予定でいる。最も困難なのは米飯のテクスチャーの分析である。これは、現在テクスチュログラフを使用しているがこの目的には不十分でなお安定した方法を確立する必要がある。したがって現在のところ、これらの研究需要を満すまでに至っておらず、現在までに60%程度の手法を確立してきたと考えて良いであろう。

著者らは、食味検定の最終段階で目標としているのは図13の下に示した食味尺の考え方である。すなわち、日本で1番良食味の米を100点とする平面を作り、その面に産地、銘柄、類別、価格、成分値などのあらゆる価値観を入れた物差を作る。この食味尺の評細なデータはコンピュータに記憶させておき、食味特性値を入れるだけでその値が化学的、数量的に決まるというようなものである。

引用文献

- 1) 田所哲太郎, “米の研究”, 1, 2, 3, 輯, 東京, 成美堂, (1929, 1931, 1932).
- 2) 佐藤静一, “米および澱粉に関する研究”, 大雅堂, (1944).
- 3) 倉沢文夫, “コメの味(I, II)”, 遺伝, 23(8),

23(12), 73-78, 41-48 (1969).

- 4) 谷 達雄, 吉川誠次, 竹生新治郎, 他3名, “米の食味評価に関係する理化学的要因(I)”, 栄養と食糧, 22(7), 452-461 (1969).
- 5) 堀内久弥, 竹生新治郎, 谷 達雄, “穀類澱粉の性状に関する研究”, 農化, 35(6), 543-548 (1961).

III-1-2 インフラライザーの原理と測定

新 井 利 直*

1. インフラライザーの測定原理

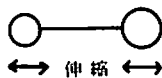
インフラライザー400は、近赤外分析を応用した、食品の成分測定器である。

光が物体内を通過する時、物体中の特定成分によって吸収される事は良く知られている。これを利用した吸光光度法（可視、紫外、赤外等）は分析化学の重要な手段となっている。これらの吸光光度法の進歩は、それまで抽出、蒸留、重量測定、滴定等に時間がかかり、熟練を要する分析を簡便なものに変え、有機化学及び無機化学の発展に寄与してきた。近赤外分析もまた、食品分析、その他の分野で同様な役割を果たしていくことが期待される。

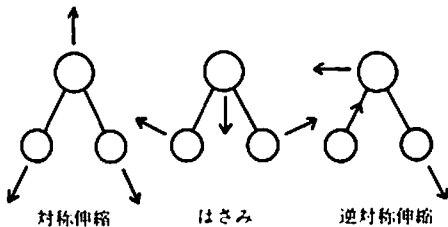
近赤外分析は、有機化学の研究に不可欠な赤外分析の1つである。図1に示した様に、分子は振動しており、それぞれ固有の振動数を持っている。赤外領域の吸収は、分子の振動のうちでも基準振動によって引き起こされるが、近赤外領域の吸収は、この基準振動を基にした倍振動や結合振動というものによって生じる。したがって、特定の官能基（ $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{CH}_2$ 等）を持てば、それぞれ特定の波長域に吸収が起こるので、赤外分析により物質の構造を調べることができる。一方、食品中の蛋白の様に複雑な構造を持った物でも、末端の $-\text{NH}_2$ 基による吸収を測定することによって定量できる。

近赤外領域の吸収は、赤外領域の吸収に比べて弱いので、従来はあまり利用されていなかったが、逆にサンプルを希釈しないでも測れることから、K. Norris 博士により食品分析に利用されるようになった。図2に、米とその主要成分の近赤外部の吸光度曲線を示したが、各成分ともに特定の波長域にピークがあり、それらの総合として米の吸光度曲線ができる。

A. 2 原子分子



B. 非直線形 3 原子分子



C. 直線形 3 原子分子

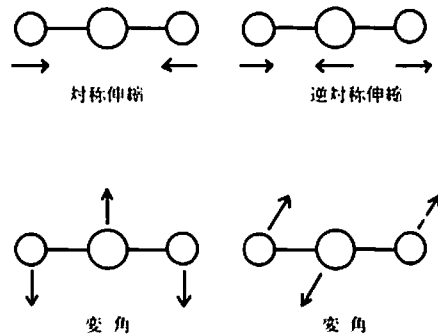


図1 2 原子分子および 3 原子分子の振動

*北海道立中央農業試験場稲作部、069-03 岩見沢市上幌向町

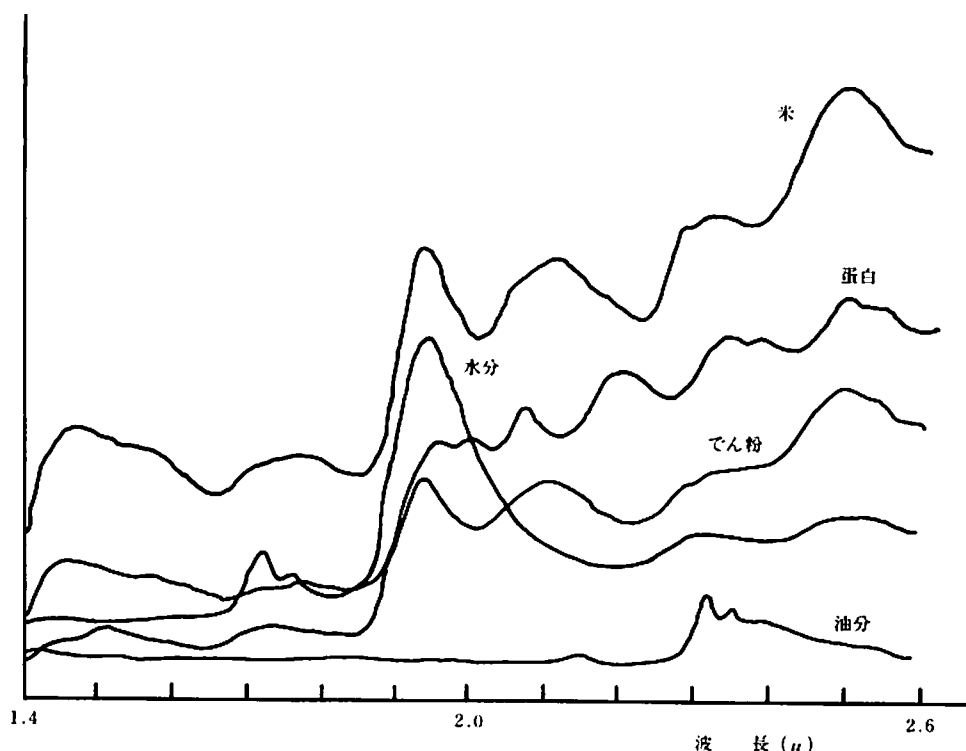


図2 米とその主要成分の近赤外部の吸光度曲線

2. インフラライザー400の構造

1) 光 学 系

サンプル毎の吸光度のわずかな差をとらえて正確な測定値を出すためには、精巧な光学系が不可欠である。インフラライザーは、図3に示した様な構造を持っている。光源から出た光はレンズを通った後干渉フィルターによって特定の波長の単色光となり、レンズによって平行光線となり反射鏡によって方向を変えられ、サンプルに真上から照射される。光はサンプルに一部は吸収されるが、その他の光は、反射し積分球によって集められ、積分球内部の検出器により強さを測定する。

2) 干渉フィルター

必要な単色光を得るには、干渉フィルターの他にプリズムを用いる方法がある。後者は、様々な単色光を連続的に得る事ができるが、傾斜角度によって半値巾が変化するという欠点がある。このため、インフラライザーでは常に精度の高い単色光を得るために、半値巾10nmの干渉フィルターを使用しており、これは最大19枚まで使用できる。これらの干渉フィルターは回転円盤に取り付けられており、1つの波長での測定が終わると円盤が回転し、次の干渉フィルターが光の通る位置にくる構造となっている。

3) 吸光度の測定法

吸光度法では透過光を測定する場合が多く、サンプル調整が面倒となる。インフラライザーでは反射光を測定する方式を採用し、サンプル調整を簡単にしている。

図4-1に示した様に、サンプルに当たった光はAの様に粒子の表面でそのまま反射されるものも

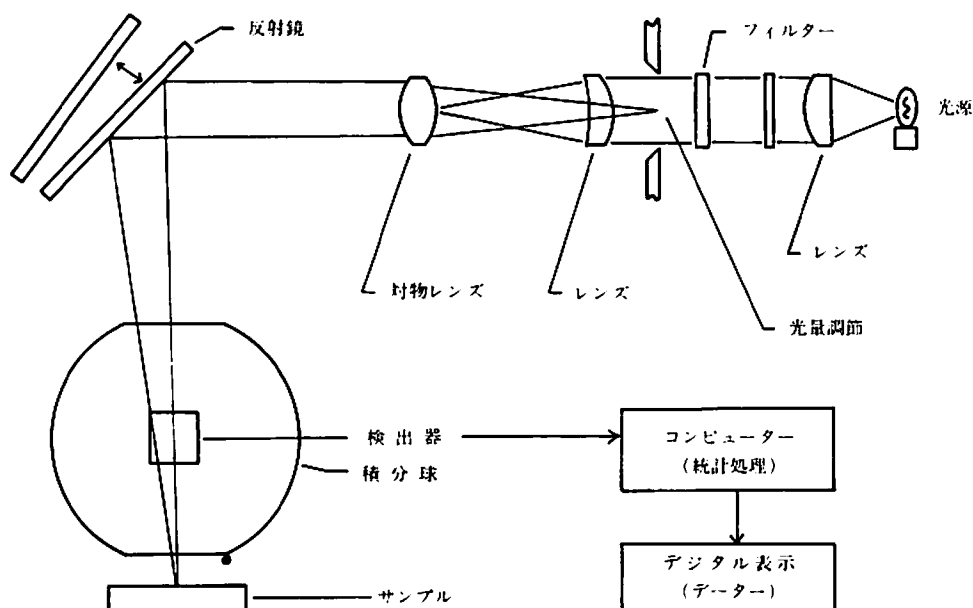


図3 インフラライザー400の構造

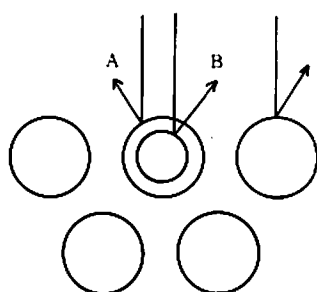


図4-1

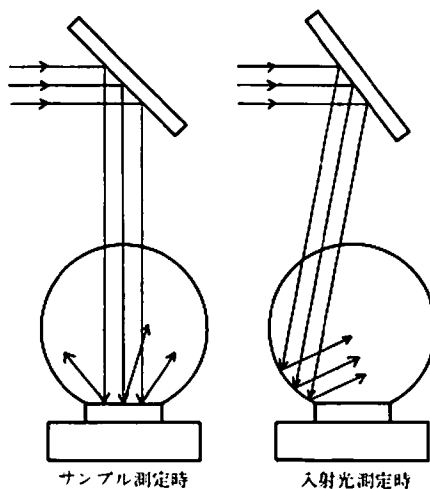


図4-2

あるが、Bの様に粒子の表面から一定の深さまで入った後反射されるものもある。この場合、光が粒子の中に入って反射されて出てくるまでの間に、サンプルに含まれる成分によって特定の波長の光が吸収される。

吸光度を測定するためには、反射光を測定すると同時に、入射光を測定しなくてはならない。そのために、インフラライザーでは、図4-2に示した様に、積分球の頭上の反射鏡の角度を変える事により、各波長について入射光、反射光を測定している。

サンプルには真上から平行光線が当てられるが、反射光はいろいろな角度に進むため、一方向に設置した検出器で検出しようとする有一部分の光しかとらえられない。そこで、インフラライザーでは積分球（内部が空で、内面に金メッキがしてある）によって大部分の反射光を検出器に導き、感度を良くしてある。このようにして入射光と反射光を測り、吸光度として次式の値を用いる。

$$\text{吸光度} = \log \frac{\text{入射光の強さ}}{\text{反射光の強さ}}$$

3. インフラライザーによる濃度の測定

インフラライザーでは、いくつかの波長の光の吸光度 $\log i$ を測定し、あらかじめ定められた次の回帰式によって未知試料の濃度を求める。

$$\text{濃度} = F_0 + F_1 \cdot \log_1 + \dots + F_n \cdot \log_n$$

したがって、前もって回帰式を作り、本体に記憶させておく必要がある。

そのためには、手分析値の分ったいくつかのサンプルを用い、各波長での吸光度 $\log_i$ を測定し、重回帰分析を行なって回帰係数 F_i を求めなくてはならない。この作業を標準化と呼び、最も重要かつ面倒な作業である。

この場合、大切な事が2、3ある。1つは、最初の標準化に用いたサンプルの分析値が基本になるわけであるから、手分析を行なう場合に正確な値を得なくてはならない。最初の分析値が不正確ならば、これを用いて作った回帰式による較正值も不正確となることは言うまでもない。

次には、求めようとする成分に特異的に吸収を示す波長を選ぶ事である。そのためには、図5に示したように、濃度の高いものと、低いものの吸光度曲線を描いてみて、特定の吸収帯を見つけると良い。しかし、物によっては、このようなはっきりしたピークが見つからない場合がある。この場合は、表1に示したように、これまでの研究によって波長と、特異的吸収をもつ物質の関係がわかっているので、これを参考にする。

これらの点に留意して、 F_i が求まったら、次に未知のサンプルを用いて較正值と手分析値を比較し、データの変動がない事を確認してから分析を開始する。

4. インフラライザーによる白米成分の測定

1) 吸光度に及ぼすサンプル調整、温度の影響

この種の近赤外分析では、サンプルの粒度が吸光度に影響を及ぼすと考えられる。また、吸光度は、サンプルの温度にも影響されることが予想される。ここでは、吸光度に及ぼすサンプルの調整方法、温度の影響を検討した。実験条件は以下の通りである。

温度 5, 20, 35°C

調整方法

- A 玄米
- B 白米
- C 白米粉 (52メッシュ篩通過)
- C₁ " (52~72メッシュ)
- C₂ " (72~86メッシュ)
- C₃ " (86~109メッシュ)
- C₄ " (109メッシュ篩通過)

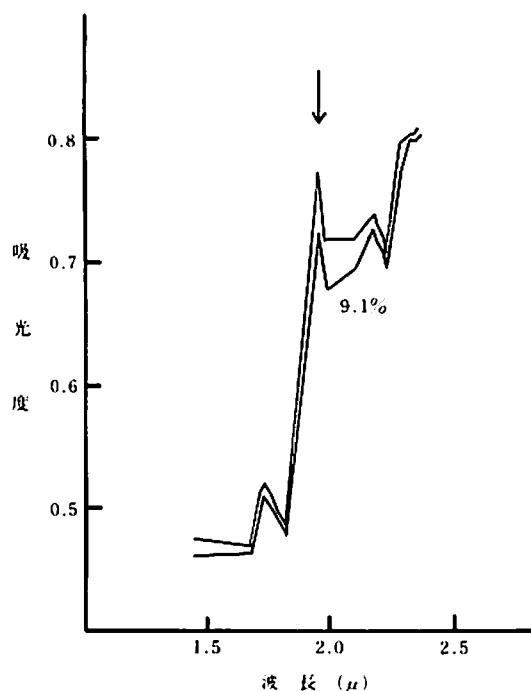


図5 水分の多少による吸光度曲線の差

表1

WAVELENGTH	SPECIFIC RESPONSE
1445	Moisture
1680	Reference
1722	Starch-cellulose
1734	Protein
1759	Oil
1778	Starch-cellulose fibre
1818	Cellulose
1940	Moisture
1982	Urea
2100	Starch
2139	Protein-Starch
2180	Protein
2190	Protein-Starch
2208	Urea-Lactose
2230	Reference
2270	Sugar-Starch, Cellulose, Lignin
2310	Oil
2336	Fibre Ash
2348	Cellulose (Forage)

表2に、温度、サンプル調整を変え、19波長を込みにした吸光度の分散分析表を示した。これを見ると、温度は吸光度に影響しない。サンプル調整によって吸光度は大きく変化する。図6に、各サンプルの吸光度曲線を示した。これによると、玄米、白米、白米粉では、曲線のパターンが異なっている。白米粉を粒度別に見ると、どれもパターンは同じであり、それぞれ平行移動した形となっており、各粒度間の吸光度の差は統計的に有意であった。

インフラライザーでは、重回帰式を用いるため、単回帰の場合と違って、この粒度による吸光度の差がそのまま測定値に影響することはない。しかし、安定した測定値を得るためには粒度を揃えるようにした方が良いと思われる。

温度については、5～35℃の範囲では吸光度に対する影響はなかった。しかし、温度は、水のO-H基の吸収に影響を及ぼすので、測定にあたっては20℃前後のなるべく一定した条件であることが望ましい。

2) 各成分の測定

水分については105℃5時間乾燥法、蛋白はケルダール法、灰分は硝酸マグネシウムで燐焼後、灰化炉による灰化法で、各手分析値を求めた。サンプルは、52メッシュ通過の白米粉を用いた。表3は、標準化作業により重回帰式を作り、各種成分の測定精度を検討したものである。相関係数はどの成分もきわめて高く、育種上の選抜操作に十分使用できることが明らかとなった。水分は、反復間の誤差も少なく、標準誤差も約0.1で実用的に十分使える事がわかった。蛋白については、反復間の振れは水分の場合より大きかったが、実用的には十分使えることがわかった。ただし、精度の良い値を得るためには、水分の場合よりも反復を多くすることが望ましい。

灰分には近赤外の吸収はなく、米の場合は灰分の大部分を占める結合りんを間接的に測定することによって灰分量を知ることになる。また、白米中の灰分は1%以下と少ないため、特異的

な波長を見つける事はむずかしい。そこで、波長を変えて、最も高い相関となる波長を選択した結果、表3に示した8波長となった。

構造の簡単な物ほど少ない波長で測定でき、精度も高い傾向にある。また、用いる波長の数は、必要最低限にした方がよい事がわかった。

3) 実用性と問題点

中央農試稲作部では、インフラライザーを主に稲の蛋白含量の選抜に用いている。現在までに得られた結果では、十分に使える事がわかった。反復によって多少の振れが出るが、何回か反復を取ることににより、より良いデータが得られた。前処理がいらず、測定時間もわずか30秒以内であり、ケルダール法に比べると1,000点の分析で77倍のスピードアップとなる。また、手分析の様な熟練を必要とはせず、誰でも操作さえ覚えれば出来ることも長所である。今後、脂質や澱粉含量についての回帰式が作られれば、これら成分を同時に測定できるので、わずかな時間にいくつかの成分について測定でき、成分育種の上では非常に能率的な選抜手段となる。

ただし、インフラライザーのサンプルカップの容量は7 ml であり、粉の量が十分にない時は詰め込みの圧が不安定となり、測定値も大きく振れる。したがって、これを個体選抜のように少量のサンプルしか得られない時はサンプル量不足となり測定できない。このためサンプル量が2 ~ 3 ml でも測定でき得る手法の検討が今後必要である。

表2 温度3段階、サンプル7種、
19波長こみにした分散分析表

	df	MS
温 度	2	0.037
サ ャ プ ル	6	579.107 ***
交 互 作 用	12	0.050
誤 差	42	0.080

表3 各成分の測定精度

	水 分	蛋 白	灰 分
n	88	68	38
r	0.987 ***	0.993 ***	0.971 ***
SE	0.101	0.138	0.022
	1940, 2310	1680, 2100	1680, 1940
波 長		2180	1982, 2100
(nm)			2139, 2270
			2310, 2336

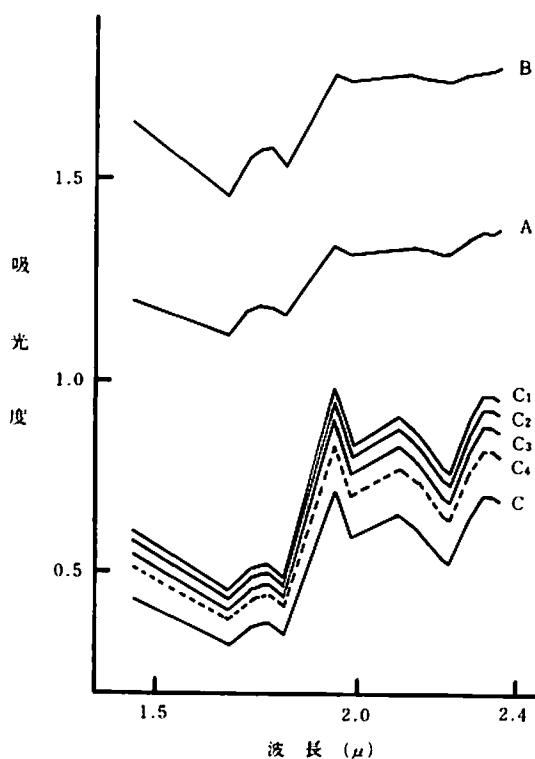


図6 サンプルによる吸光度曲線の違い

引用文献

- 1) 岩本睦夫, “近赤外分光法による食品成分の非破壊測定”, 日食工誌, 27 (9), 46-54 (1980).
- 2) Law, D. P.; Tkachuk, R. “Near infrared diffuse reflectance spectra of wheat and wheat components”. Cereal Chem. 54 (2), 256 - 265 (1977).
- 3) Law, D. P.; Tkachuk, R. “Determination of moisture content in wheat by near infrared diffuse reflectance spectrophotometry”. Cereal Chem. 54 (4), 874 - 881 (1977).
- 4) Williams, P. C.; Thompson, B. N. “Influence of whole meal granularity on analysis of HRS wheat for protein and moisture by near infrared reflectance spectroscopy (NRS)”. Cereal Chem. 55 (4), 1014 - 1037 (1978).
- 5) Williams, P. C. “Screening wheat for protein and hardness by near infrared reflectance spectroscopy”. Cereal Chem. 56 (3), 169 - 172 (1979).

III-2 小麦の品質検定

III-2-1 インフラライザーの小麦に対する実用化試験

及川敏之*

1. 緒言

1971年に実用機が現われた近赤外光分析機器 (NIRS) は, 近年, 子実, 油料種子, その他の産物の成分分析に多く用いられるようになった。少量サンプルで, かつ大量に処理検定できる能力があるため, 育種の初期材料の検定選抜には極めて有効である。本試験は, 1981年北見農試に導入された InfraAlyzer400を用いて, 各産物, 各成分ごとに calibration (標準化) を進めるとともに, その精度を検討し, 初期世代における選抜品質検定の省力化に利用し得る項目の探索を目的として行った。

2. 材料および方法

1) 供試材料

昭和56年北見農業試験場産および依頼試験の秋播小麦206点。

2) サンプル調整

- (1) 原粒サンプル: 原粒45g を Retsch 式高速粉砕器-0.75mm screen で約10秒間で粉砕し, その後ポリエチレンフィルムで保管する。
- (2) 粉サンプル: ビューラーテストミルで製粉。製粉1週間後, 粉体混合用ミキサーで, 72GG, 8 XX の篩を数回通し, 約50g をポリエチレンフィルムで保管する。

*ホクレン農業協同組合連合会米麦部, 060 札幌市中央区: (現・北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町に outward)