

VII 米の品質食味

1 米の品質について

全国の主食用米等の需給見通しは、表Ⅶ－１のとおりとなっており、消費の低迷と低価格志向が定着している。北海道米の生産に当っては、実需者・消費者が満足と安心のできる品質の確保に向け徹底した取組みを掲げており、農産物検査規格ばかりでなく、食味の高位平準化をめざしている。ここでは、米品質の基本である検査規格と生産者団体独自の取組みについて述べる。

表Ⅶ－１ 2010／2011年（平22／23）の主食用米等の需給見通し（単位：万トン）

		主食用米等
平成22年6月末民間在庫量	A	216
平成22年産主食用米等生産量	B	824
政府備蓄米としての買入数量	C	▲18
米穀機構等による飼料用等処理の数量	D	▲15
平成22／23主食用米等供給量計	E = A + B + C + D	1,007
平成22／23主食用米等需要量	F	811
平成23年6月末民間在庫量	G = E - F	196

農林水産省23年2月2日公表、（米穀の需給及び価格の安定に関する基本指針抜粋）

表Ⅶ－２ 平成22／23年及び平成23／24年の見通し

平成22／23年	811万トン
平成23／24年	802万トン

農林水産省23年2月2日公表、（米穀の需給及び価格の安定に関する基本指針抜粋）

(1) 玄米の検査規格

農産物検査法に基づく水稻うるち玄米の規格規程を表Ⅶ－３に示した。

表Ⅶ－３ 農産物規格規程（農林水産省）

水稻うるち玄米及び水稻もち玄米（北海道産に適用）

項目 等級	最低限度		最 高 限 度								混入限度
	整粒 (%)	形質	水分 (%)	被害粒、死米、着色粒、異種穀粒及び異物							もち米に混入するその種類以外の玄米(%)
				計 (%)	死米 (%)	着色粒 (%)	異 種 穀 粒		異物 (%)		
							もみ (%)	麦 (%)		もみ及び麦を除いたもの(%)	
1 等	70	1 等標準品	15.0	15	7	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2	1
2 等	60	2 等標準品	15.0	20	10	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	2
3 等	45	3 等標準品	15.0	30	20	0.7	1.0	0.7	1.0	0.6	3

規格外：1等から3等までのそれぞれの品位に適合しない玄米であって、異種穀粒及び異物を50%以上混入していないもの

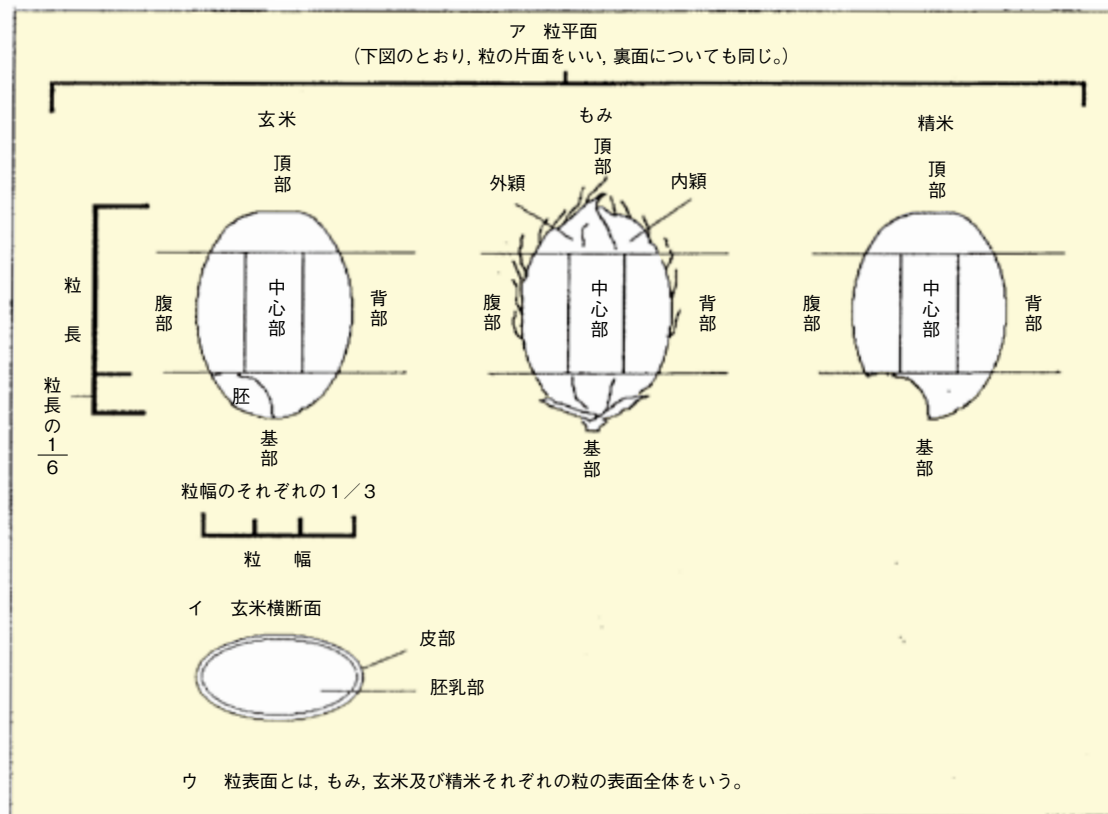
水分：玄米の水分は、各等級とも、当分の間、本表の数値に1.0%を加算したものとする。

（米麦改良協会良質米出荷目標：仕上がり水分14.5～15.0%）

1) 定 義

ア 整 粒

整粒とは、被害粒、死米、未熟粒、異種穀粒及び異物を除いた粒をいう。



図Ⅶ－１ 玄米、もみ、精米の粒長・粒平面・断面

イ. 形 質

形質とは、皮部の厚薄、充実度、質の硬軟、粒ぞろい、粒形及び光沢並びに肌ずれ、心白及び腹白の程度をいう。

ウ. 水 分

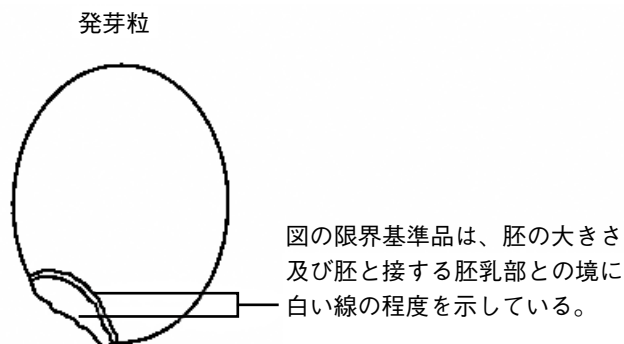
水分とは、常圧加熱乾燥法のうち、105度乾燥法によるものをいう。

エ. 被害粒

損傷を受けた粒（発芽粒、病害粒、芽くされ粒、虫害粒、胴割粒、奇形粒、茶米、碎粒等）をいう。

ア) 発 芽 粒

発根又は発芽している粒をいう。



図Ⅶ－２ 発芽粒

イ) 病 害 粒

病害により損傷したもの。

ウ) 芽くされ粒

胚又は胚と接する胚乳部が変色し腐敗したもの。

エ) 虫 害 粒

①虫により食害されたもの。

②虫により吸害された痕が、通常の精米後、粉状質として直径1 mm以上残るもの。

オ) 胴 割 粒

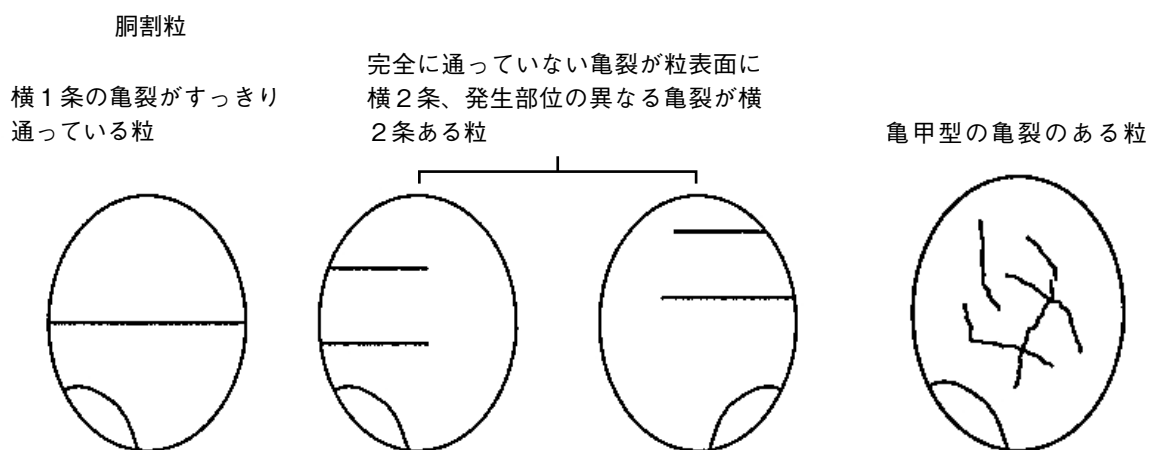
①粒平面に横1条の亀裂がすっきり通っているもの。

②粒平面に完全に通っていない亀裂が横2条、他の粒平面から見て発生部位の異なる亀裂が横2条あるもの。

③粒平面に完全に通っていない亀裂が横3条以上あるもの。

④粒平面の亀裂の程度を問わず縦に亀裂があるもの。

⑤粒平面に亀甲型の亀裂があるもの。

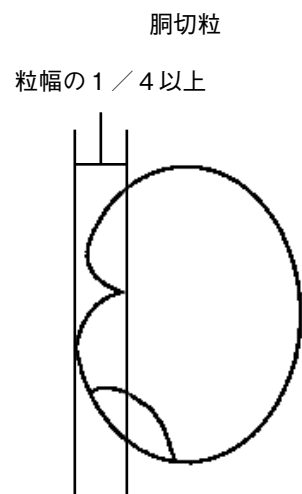


図Ⅶ－3 胴割粒・亀甲粒

カ) 奇 形 粒

①胴 切 粒

胚乳部に切れ込みがあり、その切れ込みが粒幅の1/4以上のもの。



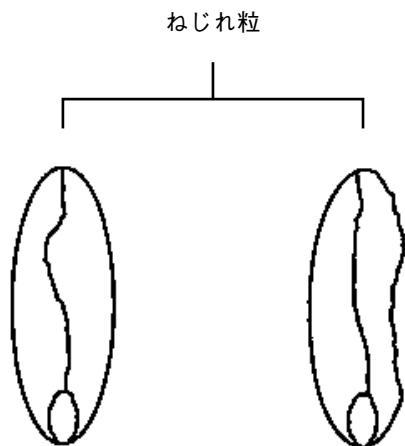
図Ⅶ－4 胴切粒

②ねじれ粒

粒に厚みがなくねじれているもの。

③その他奇形粒

粒形がくさび形状になったもの及び粒幅が整粒の1/2以下の棒状のもの。



図Ⅶ－５ ねじれ粒



図Ⅶ－６ くさび形粒

キ) 茶 米

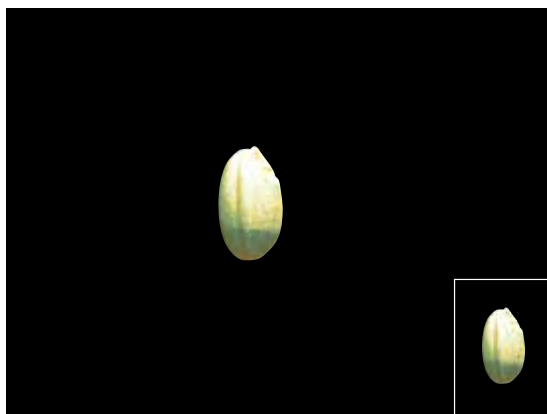
粒表面が茶褐色を呈するもの。

ク) 碎 粒

砕けた粒をいい、その大きさは問わない。

オ 死 米

充実していない粉状質の粒（青死米及び白死米）をいう。



写真Ⅶ－１ 青死米

充実していない粉状質の粒
葉緑素が分解せず緑色の光沢のないもの



写真Ⅶ－２ 白死米

充実していない粉状質の粒
葉緑素が分解して白色の光沢のないもの

カ 着 色 粒

粒面の全部又は一部が着色した粒及び赤米をいう。ただし、とう精によって除かれ、又は精米の品質及び精米歩留に著しい影響を及ぼさない程度のものを除く。

キ 未熟粒

死米を除いた成熟していない粒をいう。

ア) 乳白粒

胚乳部の横断面の白色不透明な部分がリング状になっているもの。なお、その白色の不透明な部分の大きさが粒平面の $1/2$ 以上のもの。

イ) 心白粒

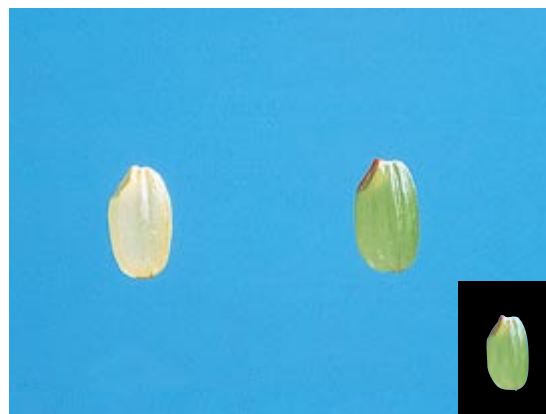
胚乳部の横断面に白色不透明な部分が平板状又は紡錘状となっているもの。

ウ) 青未熟粒

粒表面に葉緑素が残り緑色を呈しているもの。

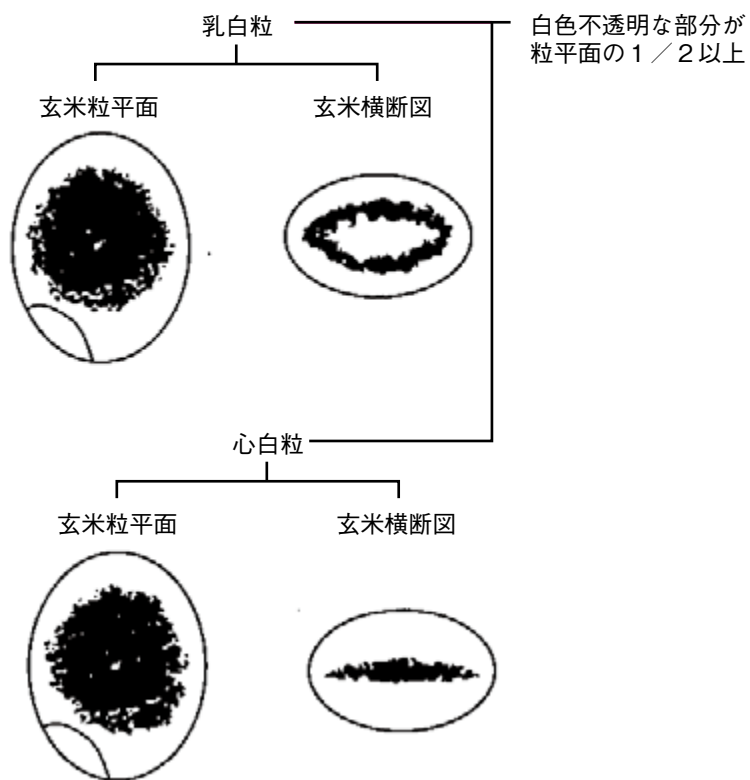
エ) 基部未熟粒

基部の白色不透明な部分の大きさがその粒長の $1/5$ 以上のもの。



写真VII-3 青未熟粒 (右)

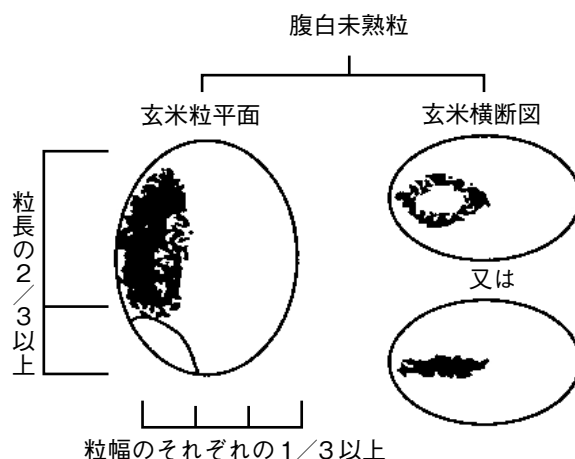
粒表面に葉緑素が残り緑色を呈しているもの



図VII-7 乳白粒・心白粒

オ) 腹白未熟粒

腹部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の2/3以上でかつ粒幅の1/3以上のもの。



図Ⅶ－8 腹白未熟粒

(2) 玄米検査規格以外の品質基準

売れる米づくりの推進により、米の集荷団体であるホクレンは、生産者団体との協議で独自の品質基準を設けて仕分け集荷を実施し、対象品種の仕分け集荷による販売戦略を全国に先駆けて実施し、北海道米の評価を高め販売促進につなげている。

1) 品位仕分（精米タンパク質含有率仕分基準）

表Ⅶ－4 ななつぼし・ほしのゆめ

精米タンパク質含有率 整粒歩合		低蛋白米 6.8%以下	一般米 6.9～7.9%	高蛋白米 8.0%以上	
				8.0～8.4%	
1等米	高整粒(整粒80%以上)	4次	2次	8次	9次
		3次	1次		

次数はホクレン入庫区分

表Ⅶ－5 きらら397

精米タンパク質含有率 整粒歩合		低蛋白米 6.8%以下	一般米 6.9～8.4%	高蛋白米 8.5%以上
1等米	高整粒(整粒80%以上)	4次	2次	9次
		3次	1次	

次数はホクレン入庫区分

表Ⅶ－６ おぼろづき

	基準品	基準外A	基準外B
精米タンパク質含有率	7.9%以下		8.0%以上
アミロース	16.0%以下	16.1%以上	－

※ アミロース値は変更があり得る。

表Ⅶ－７ ふっくりんこ

	基準品	基準外A	基準外B
精米タンパク質含有率	6.8%以下	6.9～7.9%	8.0%以上

表Ⅶ－８ ゆめぴりか

23年産		旧（～22年産）	
仕区分名称	精米タンパク質含有率	仕区分名称	精米タンパク質含有率
第1区分S	6.8%以下	基準品	6.8%以下
第1区分	6.9～7.4%	基準外A 1	6.9～7.4%
第2区分	7.5～7.9%	基準外A 2	7.5～7.9%
第3区分	8.0%以上	基準外B	8.0%以上

2) 実需者仕分米

実需者の指定内容により、全道仕分基準と異なる仕分（各種検査・分析、指定されたロット管理など）を要望された米穀をいう。

ア 需要者の指定するロット毎にDNA鑑定・残留農薬検査・カドミウム検査などの検査・分析を要する米穀。

イ 需要者の指定により、全道の仕分基準と異なる蛋白仕分を要する米穀。

ウ 「特徴のある米」の取組み

栽培方法・乾燥調製方法等にこだわった「特徴のある米」への付加価値販売への取組み。

（ 特別栽培米、農薬節減米
YES！ clean、遠赤外線乾燥米、利雪型粳貯蔵米 ）

（北海道米麦改良協会）

2 外観品質を左右する要因と向上対策

(1) 整粒歩合の向上対策

1) 登熟期間の温度と日照

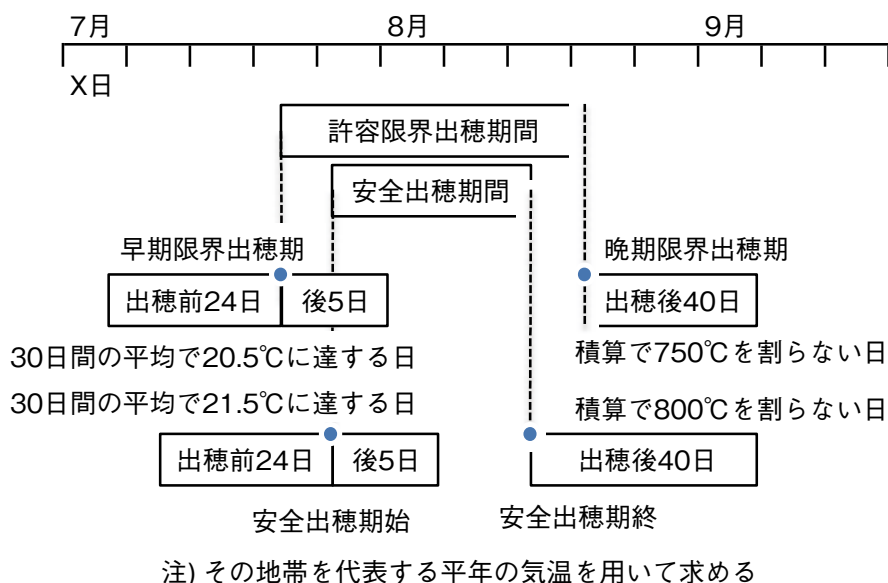
玄米の外観品質を向上させるためには、登熟を良くすることが必要である。登熟の良否には、登熟期間の気温と日照が密接にかかわっている。高温ほど、登熟は早い但粒重増加の停止も早く、過度な高温条件では、粳の機能低下に伴う転流阻害などの高温障害が発生する。したがって、登熟の適温はおよそ20～25℃の間である。

日照不足も登熟に抑制的に作用する。登熟期における日射量が1日平均300～350カロリー以下の場合、日射量の低下に伴って千粒重は低下する。一方、350カロリー以上の場合、日射量が増加しても千粒重は増加することなく一定である。なお、出穂後25日間の日平均日照時間

が4時間以下の場合、登熟が悪くなる。

2) 安全出穂期内の出穂

外観品質の低下要因として、登熟期間における温度条件の低さがあげられる。このため、適期内の出穂を目指した計画的な栽培が重要である。出穂は、早すぎると、低温に遭遇（不稔多発）する機会が多くなる。一方、遅すぎると登熟積算気温が不足して整粒歩合が低下する。このため、安全出穂始期と安全出穂終期を設定している（図Ⅶ－9）。したがって、安全出穂期間内に出穂可能な品種と苗の種類、移植期間を地域ごとに選定しなければならない。



図Ⅶ－9 許容限界出穂期間と安全出穂期間の求め方

（北海道の良質米生産技術、登熟期の管理・米質の改善、農業技術普及協会刊行より）

3) 品種の選定

整粒歩合の高い良質米を生産するためには、出穂期後40日間日平均気温（登熟温度）が800℃程度必要である。このため、各地帯における好適出穂期を目標とし、多少の低温年でも安全出穂期までに、確実に出穂できる品種を選定することが重要である。また、品種の能力の限界を知り、品質を低下させない収量構成要素の範囲で栽培することが必要である。

4) 登熟温度の確保と出穂期の促進

安全出穂期間内に出穂させる手段として、育苗方法による苗の種類と移植時期を適正化することがあげられる。成苗と中苗では同時に移植した場合、平常年では1～2日、冷温年で2～3日の出穂差がある。また、出穂期は移植時期によっても変動する。一般的に早植によって生育が促進され、晩植にすると生育が遅延し出穂期も遅くなる。このように、育苗と移植時期によって出穂期を調整する役割は大きく、品種（早晩性）、育苗（苗の種類）、移植時期の3要素を適切に組み合わせて、安全出穂期間内に出穂させることが重要である。苗の種類と移植時期による出穂期の変動を表Ⅶ－10に示した。

表Ⅶ－10 苗の種類による出穂期の変動

地域	苗の種類	早植	標準植	晩植
中央農試	成苗・中苗	(5/17) -1.5	(5/23) -4.0	(5/30) -4.5
上川農試	成苗・中苗	(5/16) -1.5	(5/23) -2.3	(5/30) -4.5

数値は成苗－中苗の差（日）

5) 落等の要因と刈り取り時期

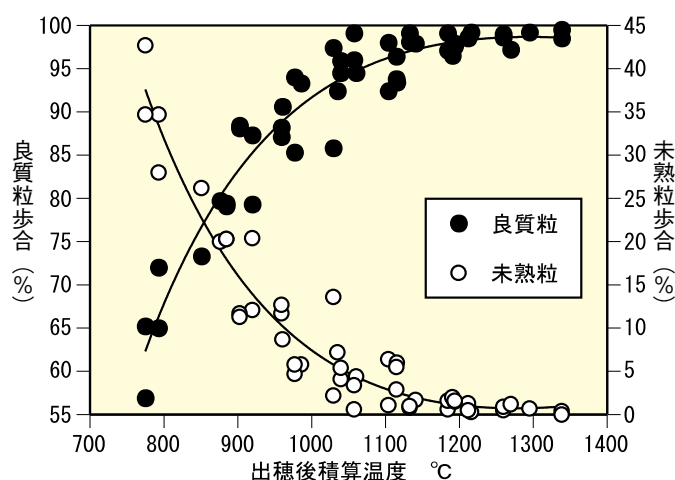
落等する要因は、未熟粒の混入や整粒不足など登熟不良に起因する形質不良と刈り遅れによる着色粒や被害粒の混入があげられる。着色粒は、登熟が早く刈り遅れた場合に発生する。とくに、穂揃いが不良な場合、株内の籾熟度が不揃いとなり、刈り取り適期をすぎることにより、すでに完熟した米粒が過熟となり着色する。したがって、登熟の斉一化を図ることが重要であり、穂揃いを良化する必要がある。

ア 収穫時期

近年、ほとんどの被害粒は、色彩選別機により取り除くことが可能である。しかし、刈り遅れになった場合、籾は過熟となり、割れ籾や胴割れが生じたり、さび米などの着色粒も増加する。したがって、良質米を生産するためには、刈り遅れしないように計画的な収穫作業をおこなう必要がある。

刈り取り適期は、収量性と品質の両面から判断する。玄米収量が最大で青未熟粒や着色粒が少なく、整粒が最も多い時期が刈り取り適期である。刈り取り適期として、出穂後の日数45～55日や積算気温950～1000℃がおおよその目安となる（図Ⅶ－9）。

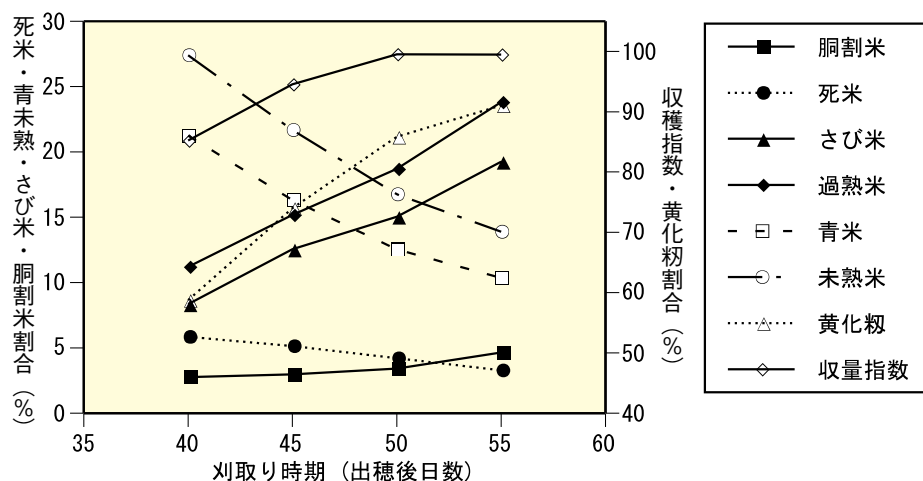
しかし、収量と品質のそれぞれの刈り取り適期は一致しない。また、品種の違いに加え地域により気象条件や籾数が異なるため出穂後日数や気温を使うことは精度が悪い場合が多い。収穫を遅らせることで収量は増加するが、品質は未熟粒が低下する一方、着色粒やさび米、胴割米が増加し玄米の光沢も悪くなる。したがって、籾の熟色によって玄米の成熟程度を知り、全籾に占める最適熟色の割合で判定する。刈り取り適期は、籾の熟色で判定する。刈り取り適期は、1株の1/3程度の優勢穂の籾が95%黄化した時か、株全体の籾が90%黄化した時である。



図Ⅶ－9 出穂後積算温度と良質粒歩合・未熟粒歩合の関係
（上川農試「きらら397」・「ほしのゆめ」1998）

イ 収穫時期と品質

品質面から見た刈り取り適期は、登熟日数の経過に伴う未熟粒の減少曲線と過熟粒の増加曲線が交差する時である（図Ⅶ-10）。しかし、栽培条件、品種、年次などで青未熟粒と着色粒の程度が異なるので一様ではない。したがって、試し刈りを行い収穫適期を判定することが重要である。



図Ⅶ-10 刈取り時期と品質（空知支場 1963）

ウ 被害粒の減少対策

発芽粒は、成熟期前に高温多雨や倒伏などで玄米が水分を吸収して発芽した痕跡のある粒をいう。したがって、倒伏させないように適正な窒素量を施肥するとともに、地力ムラに対応した施肥を行うと同時に施肥ムラを避けるようにする。

胴割れ粒は、急速な吸湿や乾燥で発生することから、刈遅れて雨に当てたり高温乾燥などを避ける。茶米は、葉鞘褐変病や褐変穂の発生、刈遅れなどで多くなる。葉鞘褐変病や褐変穂は、ケイ酸資材の施用で発病程度を軽減するとともに適期刈り取りを励行する。

エ 死米と着色粒の軽減対策

- ① 死米は、未登熟のままの粒が発育を停止することで発生する。適正籾数で安全出穂期間に出穂させるとともに、土壤水分の不足や穂首・枝梗いもち病などによる登熟停止を防止する。
- ② 着色米は、アカヒゲミドリカスミカメによる斑点米と、エピコッカム菌による紅変米が主体である（クサビ型斑点米は原因不明であるがカメムシ類によることが多い）。防除対策は、病虫害防除対策の項を参照する。

(2) 形質・充実度の向上対策

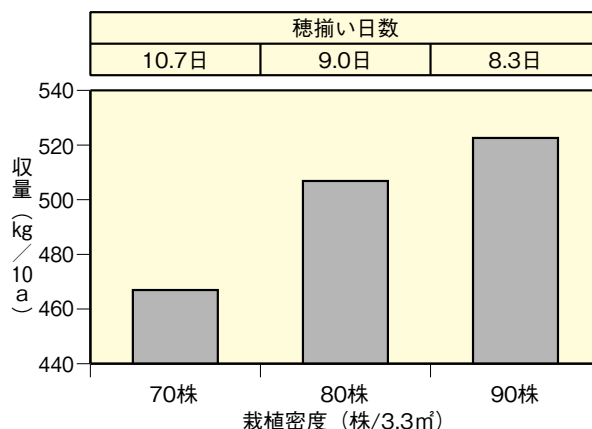
形質充実度不良粒や腹白・乳白粒の発生は、澱粉の蓄積不良であり、登熟初中期の高温や極端な低温、干ばつなどで発生する。特に、籾数過多や登熟期の水管理不良の場合に発生が助長される。

1) 初期生育の向上

穂揃いは、品種、移植時の苗形質、栽植密度、移植時期によって変動し、早生品種で苗の葉令を大きくするほど悪化する。とくに、早生品種は主稈が不時出穂しやすい。不時出穂させないためには、育苗日数を短くし葉令を大きくしないことである。また、有効茎終止期が幼穂形成期よりも遅いほど穂揃いは悪化する。成苗は、幼穂形成期までの日数が短く、幼穂形成期前に有効茎数を確保しにくいいため、中苗に比べて穂揃いが悪化しやすい。

2) 栽植密度

このことから、登熟を良くするためには、幼穂形成期以前に穂数と同じ数の茎、つまり、有効茎を確保することが重要である。すなわち、初期生育を旺盛にする栽培技術を取り入れる必要がある。このため、栽植密度を高めることが有効である。また、栽植密度を高めるほど、収量は高く、穂揃い日数は短縮される（図Ⅶ－11）。



図Ⅶ－11 栽植密度と収量・穂揃い性

(収量：空知北部普及センター 1995)

(穂揃い性：倶知安町 2004～2006)

3) 側条施肥

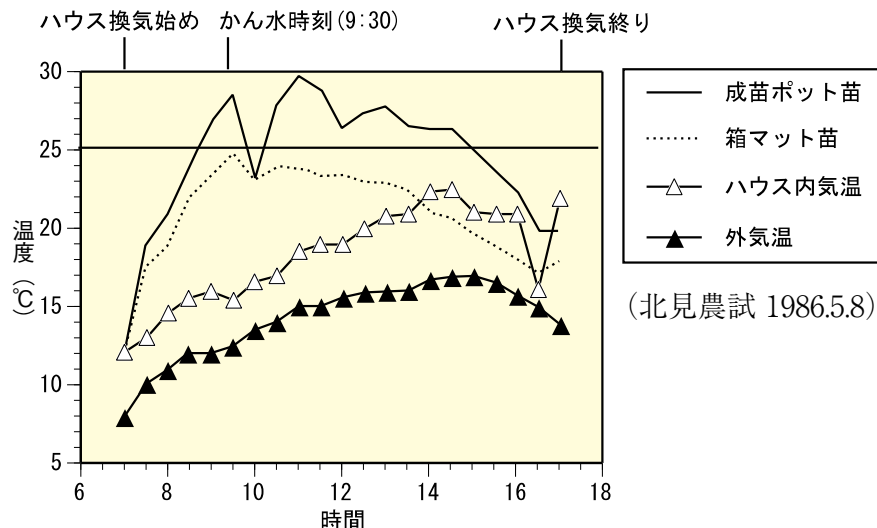
栽植密度を高めるだけでは不十分な場合、側条施肥と組み合わせ、初期生育を促進させることが必要である。側条施肥は、移植された苗の横3 cm深さ5 cmの位置に施肥するので、速効的で肥料の吸収効率がが高く、低節位分げつの発生促進効果も高い。特に、側条による肥料は6月中に吸収されるので、7月以降の高節位分げつの発生が少なく、穂揃い性が向上する。また、側条施肥は施肥効率がが高く、全層施肥に比べて10～20%減肥が可能である。

4) 不時出穂（早期異常出穂）の防止

不時出穂（早期異常出穂ともいう）は、通常の葉数を確保しないうちに幼穂ができて、早期に主茎のみが出穂し、分げつの発生が減少する現象で、感温性の高い品種に共通して発生する。

これは、育苗後期や本田初期に高温に遭遇することによって発生する。葉数でおおむね2.5葉以上になると感受性を持つようになる。生長点付近の温度が25℃以上で反応すると推定されている。この現象には品種間差があり、「きらら397」よりも「ななつぼし」で発生しやすい。

成苗ポット苗は、マット苗よりも高温になりやすいので（図Ⅶ－12）、育苗後期の温度管理に特に注意するとともに、育苗日数を35日程度として、高温に遭遇する期間を短くすることが重要である。



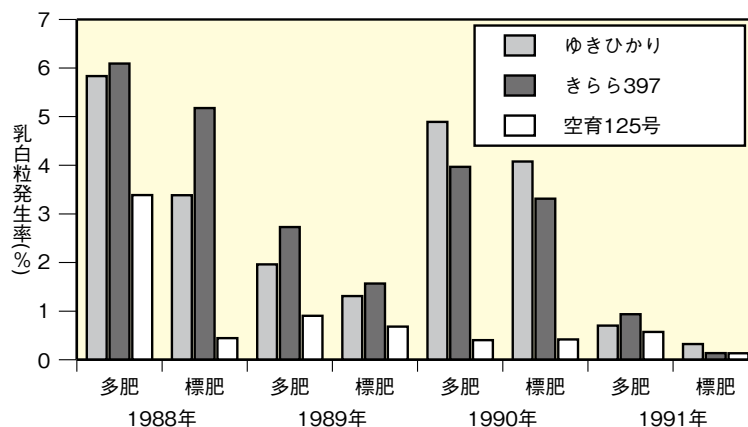
図Ⅶ-12 育苗枠（箱）内床土の日中の温度変化

5) 地域の登熟温度に合わせた適正な籾数

外観品質を高めるためには、安全出穂期内に収穫させることが必要であることを述べたが、さらに、1 籾当たりの登熟温度を確保するため、籾数の適正化が重要である（玄米の千粒重は品種により異なるが、概ね21～25g程度である）。

玄米白度と精米白度は、出穂期後40日間日平均気温（登熟温度）と正の相関関係が認められる。しかし、同一の登熟温度でも㎡当たり籾数が多い場合、1 籾当たりの光合成産物の分配が低下するため、玄米白度と精米白度が低下する。つまり、籾数が多いと全ての籾には澱粉が十分分配されないため、登熟不良となる。「きらら397」の最適籾数は、㎡当たり33,000～35,000粒、「ほしのゆめ」は30,000～32,000粒程度である。

また、1988年（昭63）は、高温登熟のため上川中央部で乳白や腹白粒が発生した。このときの現地調査では、多窒素栽培や品種では「きらら397」で発生が多く、適正な窒素施肥や水管理を実施した生産者は乳白粒などの発生が少なかった。このように、乳白・腹白粒は気象条件や品種、施肥窒素に左右される（図Ⅶ-13）。



図Ⅶ-13 年度・品種・施肥別の乳白粒混入率（上川農試調査）

6) 登熟期間の水管理

1997年（平成9）の登熟期間は少雨に推移した。この年は粒の充実度が悪く、形質充実度不良で落等した地域も多かった。登熟期間は、間断灌漑や走水管理を的確に行い、米粒の生長を促進させ玄米の充実努力をしなければならない。表Ⅶ－11に登熟期間の土壌水分が収量と品質に及ぼす影響を示した。

表Ⅶ－11 登熟期間の土壌水分が収量と品質に及ぼす影響

落水後登熟期間 の土壌水分	水田土壌観察	収量 への影響	産米品質 への影響
pF2.5以上	作土に深い大亀裂が生成、水稻根の切断が観察	×	×
pF2.4程度	作土に幅1 cmくらいの亀裂多数、足跡つかない	▲	×
pF2.1～2.3	表面に小亀裂生成、わずかに足跡が付く	◎	◎
pF2.1以下	表面のみ乾燥、亀裂微、明瞭に足跡が残る	—	—

※) ◎：好適、▲：境界領域、×：不適、—：収穫機械走行に悪影響

（道総研上川農業試験場研究部 主査 五十嵐俊成）

3 食味を決める要素

(1) 米の食味

米飯の食味は、淡白であって食べたときの粘り、舌や喉に米飯が接触するときの滑らかさ、米飯をかんだときの香味、さらに食器に盛られた際の色沢などが大切な要素である。つまり、飯米が白くて艶があり口に含んだときふかふかしている。かんだときの歯触りが柔らかい割にほどほどに歯ごたえがある。ほどほどに粘りがあり冷えても硬くならない。さらに、軽い芳香があり噛んでいるとかすかな甘みがでてくるといふ表現に集約される。日本人は、新米の粘り新鮮な香りを良しとしている。また、食べ慣れた味を美味しいと感じる。

各種の調理・用途によって、例えば寿司米やピラフなどで美味しい米の適性は、白飯での好みと明らかに異なる。カレーライスやピラフなどの場合は、ほどほどの硬さと粘りのある米が好まれ、白飯ほど粘りは強くないほうがよい。さらに、丼ものは米の食味そのものよりは具や汁の味に強く影響される。

(2) 食味に関連する要因

米の美味しさは、視覚（白さ、つや、粒の形）、嗅覚（香り、風味）、触覚（粘り、硬さ）、味覚（うまみ）など、五感の要素が総合された感覚である。これらは米粒中の多くの成分と物理的性質が複合して成立している。米の味は、食味を支配する要因（五感）のうちの呈味成分（味覚）よりも、粘り、硬さの程度を示すテクスチャー（触覚）が重視されている。

(3) 食味特性

食味に関係する成分、性質を食味特性と呼び、人が感ずる食味の大部分は米の成分や性質によって評価できる。テクスチャーに関係が深いのは熱糊化性であり、さらにその良否の原因と

考えられるのはアミロースやタンパク質の含有率とそのバランスである。

1) アミロース含有率

白米はその成分の75～80%が澱粉質で、その澱粉はアミロースとアミロペクチンというブドウ糖の集合体からできている。アミロースは、ブドウ糖が直鎖状で長くつながっており、米の中では脂質と複合体を作り、比較的温度の高いところで糊化する特徴がある。アミロペクチンは、分子が樹枝状構造を呈しており、ブドウ糖の重合度はアミロースよりはるかに大きく、糊化しやすい。アミロースは、アミロペクチンに比較すると熱に対して安定で糊化しにくい。アミロースは、分子の結合強度が大きく糊化の良否を支配している。したがって、アミロースを多く含むとご飯は硬くなり、粘りが少なくぼろぼろとした感じになる。

アミロースは、うるち（粳）米では約20%含まれるが、もち（糯）米澱粉には全く含まれていない。このため、もち米とうるち米では糊化特性が異なる。

また、ご飯を放置しておいた場合、元の「なま米」の性質に戻る現象を老化という。アミロースは直鎖状分子でありそれが老化の主要因となる。ご飯は、米の澱粉と水が加熱により結合した状態、すなわち糊化した状態にあるが、アミロース含有率が高い米は結合した水分が次第に分離するため、老化しやすい。ご飯は老化すると硬くなり、粘りがなくボソボソとした状態になって食味は極端に悪くなる。

2) タンパク質含有率

白米には6～8%の蛋白質が含まれているが、タンパク質含有率の高すぎる米は、澱粉の糊化が不十分になりがちであるため、食味が落ちる傾向にある。なお、「タンパク質含有率」という表記は、食味との関係で用いる場合、「精白米、乾物あたりの重量%」を示すことが一般的である。

米の蛋白質はプロテインボディと呼ばれる貯蔵蛋白顆粒として合成される。この蛋白顆粒はプロテインボディⅠ、Ⅱに分類される。プロテインボディⅠはプロラミンからなり、直接集積によって蓄積される1～3ミクロンの比較的小さなタンパク粒である。炊飯しても崩れずにそのまま残るため、ご飯の表面構造に影響し食味低下を招くと考えられている。これに対しプロテインボディⅡはグルテリン、グロブリンからなり、これらがブロック状に集合して形成され、間接的に集積される3～5ミクロンの大きなものである。熱に弱く、炊飯することにより崩れるので食味に与える影響は小さいと思われる。

3) 熱糊化性とテクスチャー

米澱粉熱糊化性は、糊化（アルファ化）のしやすさ、すなわち「ご飯の炊きあがりの良さ」を示す指標として使われている。一般に食味の良い米は、糊化開始温度が低く、最高粘度およびブレイクダウン値が高い。また、最低粘度と最終粘度の差（セットバック値）が小さいほど老化し難いと言われている。

ご飯の食感に大きな影響を及ぼす米飯粒の硬さや粘り（物理的要素＝テクスチャー）は、米の食味を支配する最も大きな要因である。日本人の大部分は硬くボソボソとした米よりも、やわらかく粘る米を好む傾向がある。かつての北海道米は府県の良い食味米に比べて「硬く、粘らない」、「冷めたらぼろぼろ」という評価で敬遠されていたが、近年の品種改良によりこれらテ

クスチャーに関する特性が大きく改善され、それとともに食味の評価が上昇した。現在では米飯の「やわらかさ」や「粘り」について府県良食味米との差はほとんど認められない。

熱糊化性とテクスチャーは、アミロース含有率およびタンパク質含有率と密接な関係があり、北海道ではこの両成分を指標とした品種改良や栽培法改善により、北海道米の食味向上を推進してきた。

4) 炊飯米の外観

白さやつやで表現される米飯の外観特性は、粘りや硬さと言った物理的な性質とともに、食味評価上重要な要素である。米飯サンプル34点について官能検査による食味評価と、理化学的な測定項目との相関関係を調査した例（竹生ら 1985（昭60））では、外観は、硬さ以外の官能検査項目と相関関係が認められた。特に、総合評価とは $r=0.863$ （1%水準で有意）の高い関係があり、また、タンパク質含有率、アミロース含有率とは負の相関関係が認められた。

5) 香 り

米を水蒸気蒸留にかけ、香気成分を取りだしてガスクロマトグラフにより成分を分別して、質量分析計で同定した。その結果では、ご飯の香気を代表する特別に量の多いものや、香りの強いものは存在しない。したがってご飯の香りは複合臭ということになる。古米は貯蔵中にリノール酸等の不飽和脂肪酸が分解して、低分子の化合物を作るので、香り成分の総量は多くなり古米臭となる。

6) 味 覚

白米の中の糖やアミノ酸を測定しても、舌に感じる最小濃度「味の閾値」には達しない。しかし、炊飯や咀嚼によって、炭水化物の一部が分解して糖の濃度も増加する可能性はある。

4 食味評価法

米の食味評価には、官能検査法と理化学的測定法とがある。理化学的手法には、米及び米飯のテクスチャーに関するものと、それ以外の要因を分析する方法とがある。

(1) 官能検査

ご飯が美味しい、不味い、ということは最終的には人間が食べて評価することになる。人間には、幼児期の食環境や生活経験などに影響され、ご飯の味に対する評価には個人差がある。また、同一人物でもその時と場合によって、いろいろ心理的、生理的に変化することがある。美味しさを表現する場合でもそれぞれの人が判断する物差しが、全く同じかどうかは分からない。

これらの問題を勘案し、統計学的手法も導入して、食品総合研究所では官能検査による米の評価法を作った。この方法をもとに、食糧庁は「米の食味試験要領および米の食味試験実施要領」を制定した。この方法の特徴は、食味の判断基準となる米（基準米）を設け、評価すべき米の食味が良いか悪いかを、基準米と比較して判断する相対比較法を用いている。

相対比較法は、絶対比較法（基準を設けず試食者が個々に持っている判断基準で評価する方法）に比べて、試食者の個人差が現れにくい方法である。

(財)日本穀物検定協会では、複数産地の「コシヒカリ」ブレンド米を基準米として、全国産米の格付けを行っている。品種育成の場合の評価は、対照品種に対して判断している。穀物検定協会が毎年実施している「米食味ランキング」では、北海道米の評価はこれまで「A」ランク評価に留まってきたが、2010年（平22）産米の「ななつぼし」が初めて「特A」ランクと評価された。また、作付面積が少ないため参考扱いではあるが、「ゆめぴりか」も「特A相当」と評価され、北海道米の食味の良さが全国的にも高く評価されている。

食味試験では、パネル（試食者）の選定が最も重要である。食味試験の結果に普遍性を持たすには、パネルの年齢や性別が適当に分散していることが望ましい。食糧庁の「米の食味試験実施要領」では、パネルは24名とし年齢構成は20～40才未満の人数と、40才以上の人数をほぼ同数に、かつ男女もほぼ同数にすることとされている。

調査項目は、外観、香り、味、硬さ、粘り、総合評価の6項目である。それぞれ基準米に対して、1わずかに、2すこし、3かなり、4たいそう、5もっとも、良い（不良）の±5の範囲で判定する。現在のように良食味品種が多数育成され、食味の差が縮小されている段階では、この判定の判断は極めて微妙である。初心者は差を大きく感じやすい。実際場面においては、穀物検定協会ではよく訓練されたパネルが試食を行っている。

食味試験の時刻は、パネルが空腹または満腹の時を避け、一回の試験の試料は基準米を除いて3点である。

炊飯米を同一にするため、同一機種の電気炊飯器を用い、同じ要領で炊飯されたご飯を試食し判断する。炊きあがりも同時になるよう準備し、同じ白色無地陶器製皿の4ヶ所に試料を盛りつけて行う。試食場所は炊飯場所とは離れた部屋を使い、どの席でも同じように見える明るさが必要である。

試食中は私語、談話および喫煙などを禁じて静かな環境を保ち、各パネルが試験に集中できるようにしなければならない。

(2) 機器分析による方法

官能試験は、人間の五感がセンサーとして極めて感度が良いことを利用し重要なものであるが、炊飯にはある程度の量が必要となり、1回3点、1日2回しか行えない。

官能検査では、多数の試料を比較するのは時間的にも困難なので、食味特性に関連する項目を機器分析によって測定する。この場合の分析項目と分析法は、品種や肥培管理による食味の差をよく評価でき、迅速、正確で省力的に分析が行え、分析試料は少量で済むことが必要である。

1) テクスチャー：硬さ、粘り

テクスチュロメーター（101ページ、参考I）、テクスチャーアナライザーなどで測定する。測定する試料の炊飯条件を同一にし、炊飯後の放置時間やご飯の温度を一定にしなければならない。プランジャーを上げ下げして試料のご飯を押しつぶし、この際の米飯粒の抵抗力（硬さ）、及び米粒から離れる際の粘りを測定する。

2) アミログラフィ

小麦粉の品質測定に開発されたブラベンダーアミログラフやRVA（ラピッドビスコアナラ

イザー）が転用され、米粉の加熱糊化特性を測定している。描かれる温度と粘度の関係図をアミログラムという。最高粘度が高く、ブレイクダウンが大きく、最終粘度は低い方が良い（102ページ、参考Ⅱ）。

3) アミロース含有率

ヨウ素呈色法で行われ、育種の選抜や北海道米分析センターの分析では自動分析装置（オートアナライザー）で測定している（111ページ、写真Ⅶ－1）。

4) タンパク質含有率

化学分析（ケルダール法）で窒素を測定し、それに定数を掛けて算出する。多数の試料を扱う育種の選抜や、北海道米分析センターの分析では化学分析値との相関が極めて高い近赤外分光法で測定している（111ページ、写真Ⅶ－2、102ページ、参考Ⅲ）。

5) 簡易成分分析計（食味計）

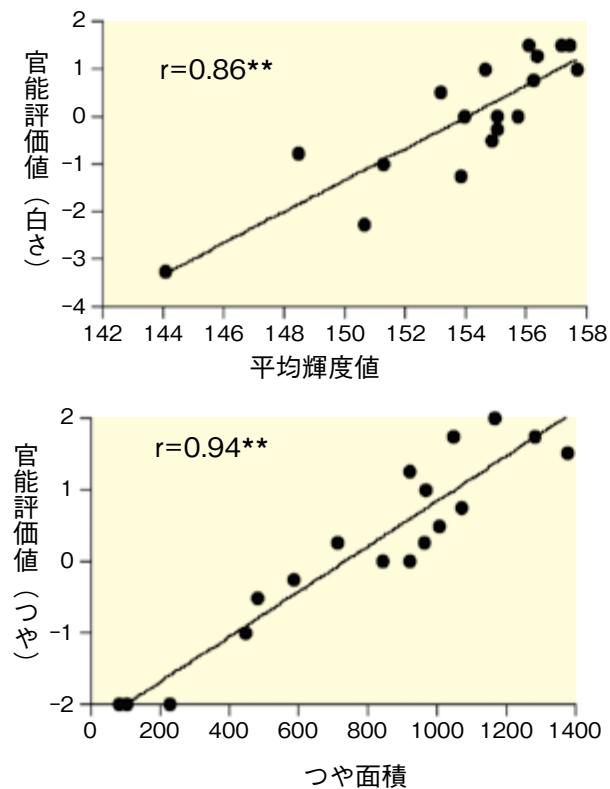
JA（農業協同組合）等の米受入場所では、等級検査と同時にタンパク質含有率による成分仕分けが行われている。この精米タンパク質含有率の測定には簡易成分分析計が使用されている。その測定原理は近赤外分光分析によるものである。

道内には4機種導入されており、分析値の統一と精度の保持のため、北海道米品質管理協議会が組織されている。簡易分析計の設置場所、設置環境、温湿度管理、電源管理、基準サンプルの管理、策定条件など細かく取り決めており、基準サンプルは北海道米分析センターが、全道を対象に用意することになっている。

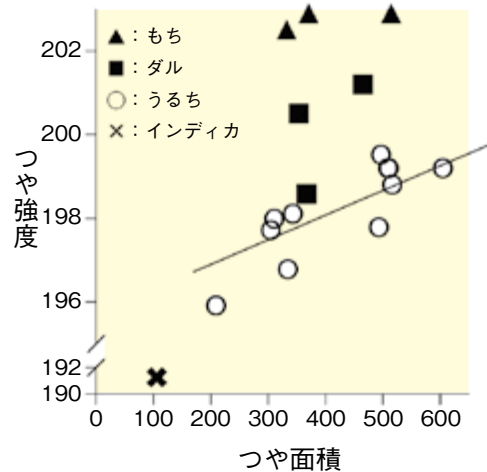
なお、現在の簡易成分分析計による食味評価値は、表示方法（基準値、範囲）も各メーカーによって異なり、官能検査に替わる食味評価法としての精度は十分ではない。

6) 炊飯米の外観評価（白さ・つや）

外観は、米の状態では白度の測定により白さを予測できるが、炊飯したご飯では画像解析によって「白さ」や「つや」の評価が可能である（図Ⅶ－14）。炊飯米外観測定のための自動測定装置が開発され（写真Ⅶ－4）、測定プロトコル手順が示されている（表Ⅶ－12）。



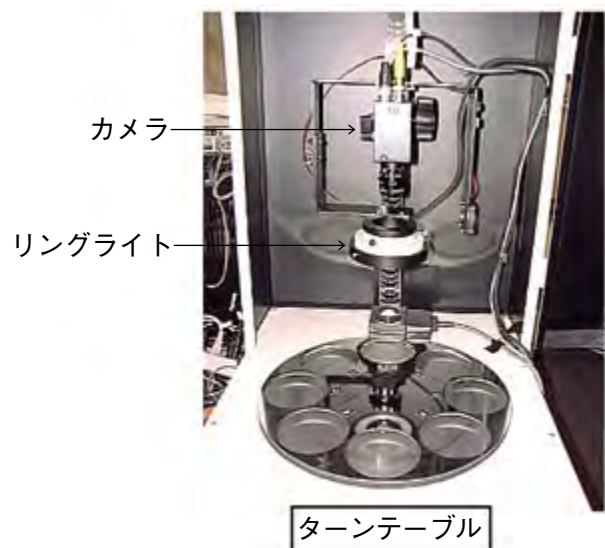
※本成績で用いる測定値の定義は以下の通りとする
 ・平均輝度値：測定炊飯面構成画素の輝度平均値
 ・つや面積：測定炊飯面構成画素のうち輝度値170以上の画素の合計値
 ・つや強度：輝度値170以上の画素の輝度平均値



図Ⅶ-14 画像解析による「白さ」「つや」の関係（中央農試 1998）

表Ⅶ-12 炊飯米外観測定プロトコル

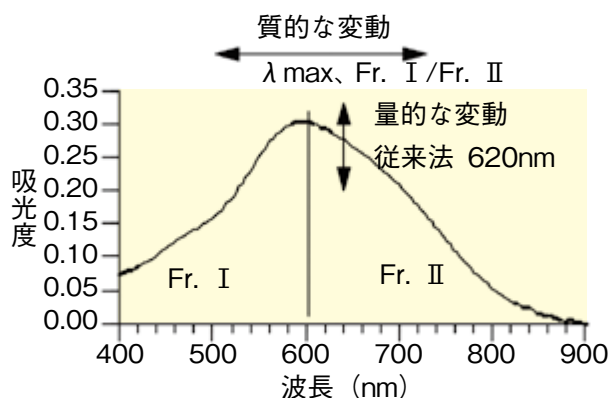
開発セクション	測定過程	測定条件
	精米	
	秤量・洗米	15g, 2回洗米
炊飯シャーレ	加水・浸漬	1.6倍量, 10分
少量炊飯装置	加熱炊飯	105℃, 40分
	放置	20分
自動測定用ターンテーブル	画像取り込み	20回積算, 4角度 しぼり解放, 7.0lux
専用解析ソフト	画像解析	



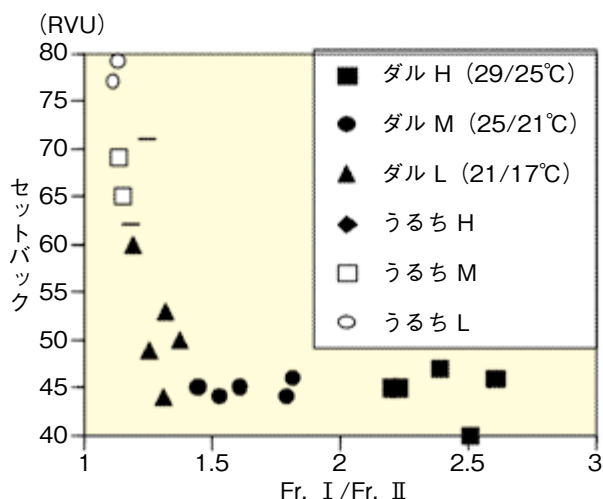
写真Ⅶ-4 炊飯米外観自動測定装置

7) 米粉のヨウ素吸収マルチスペクトル解析による新食味評価法

オートアナライザーにマルチチャンネル（400-900nm）ディテクタを組み合わせ、米粉のヨウ素吸収スペクトルを多次元的に解析できる測定装置が共同開発され、米澱粉の質的な変動の指標となるFr. I / Fr. II が提案された（図Ⅶ-15）。従来のアミロース含有率とこの指標を組み合わせることで特性を解析することにより、澱粉の老化性などを含めた新しい食味評価法の開発が期待されている（図Ⅶ-16）。



図VII-15 ヨウ素吸収曲線の概念図



図VII-16 Fr. I / Fr. II 比とセットバックの関係

注. Fr. I : ヨウ素吸収スペクトルのうち400～600nm吸光度積算値。 注. セットバック : 最低粘度と最終粘度の差
Fr. II : ヨウ素吸収スペクトルのうち600～900nm吸光度積算値。

参考Ⅰ テクスチュロメーターによる測定（テクスチャーを直接測定する）

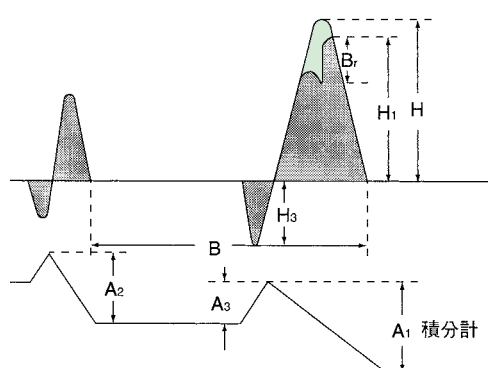


図 テクスチュロメーターの図形
山の高さ H_1 : 硬さ
山の高さ H_3 : 粘り

H_1 …… 硬さ (Hardness) ; 食品の形態を変化させる力。

A_2 / A_1 …… 凝集性 (Cohesiveness) ; 食品の形態を構成する内部的結合に必要な力

A_3 …… 付着性 (Adhesiveness) ; 食品の表面と他の物体 (歯、口腔等) の表面が付着している状態を引き離すに要する力。

$C-B$ …… 弾力性 (Springiness) ; 外力によって起こされた変型が力を取り去った際に元の状態に復する性質 (C は粘度時間定数)。

Br …… 脆さ (Brittleness) ; 破碎に必要な力で示されるが、硬さと凝集性に関係し脆い食品は凝集性は小さい。

硬さ×凝集性

………… ガム性 (Gumminess) ; 飲み込める状態まで崩壊されるのに必要なエネルギーをいう。

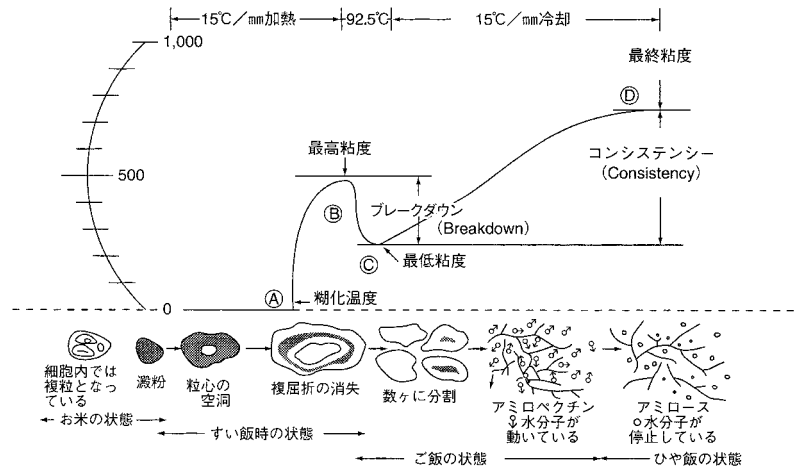
硬さ×凝集性×弾力性

………… そしゃく性 (Chewiness) ; 固体の食品を飲み込むに必要なだけ咀嚼するに用するエネルギーをいう。

参考Ⅱ アミログラム

アミログラム特性値－１

精米を粉にし一定量の粉に蒸留水を加え一定の昇温速度で加熱し、糊化する際に起こる粘りの変化を測定する。ブラベンダー社のアミログラフで測定すると、図形は右ようになる。最近RVA（ラピッドビスコアアナライザー）（112ページ写真Ⅶ－3）が使用されている。



アミログラム特性値－２

糊化温度：米粉の水溶液を加熱してゆくと、デンプン粒の粒心に空洞ができ、それが次第に大きくなってその周辺部から糊化がはじまる。糊化は更に進み、デンプン粒が膨張し、これが互いにこすれあって糊液の粘度が上昇し始める。この点を糊化温度という。

最高粘度：糊化が進んでさらに高温になると、糊化はデンプン粒全体に広がって伸びきった膨潤粒となる。糊液の抵抗が増し粘度は最高値を示す。この時の粘度が最高粘度である。

ブレイクダウン：最高粘度点を過ぎてさらに加熱し高温になると膨潤粒は伸びきって壊れる。この状態になるとこすれ合いはなくなり、糊液の粘度は低下する。この粘度の低下をブレイクダウンとしてあらわす。

参考Ⅲ 近赤外分光分析

近赤外線を物質に照射した場合、特定の波長域が吸収され、農産物毎に主要成分の近赤外スペクトルができる。この吸収スペクトルと従来法による分析値との関係から検量線を作成し、特定物質の濃度を測定する。あくまでも相関関係から導かれた検量線であることを認識すべきである。

近赤外法の測定精度は、従来法の測定精度の影響を直接受け、精度は従来法の測定精度より良くなることはない。熟練した測定者が必要で、温度や湿度に注意し、振動やほこりなどがなく、電源を専用にし電圧の変化を起こさないなど測定条件を一定にしなければならない。装置が正常に作動しているかを、毎日使用開始時に点検し、精度確認のための定期検査が必要である（インフラライザー、111ページ写真Ⅶ－2）。

5 食味向上対策

先に述べたように、日本では適度な粘りと柔らかさのある米が好まれ、主食用に開発される品種は基本的にこれに沿っている。同時にそれら品種の栽培に当たっても、その特性が引き出させるように技術構築がされている。

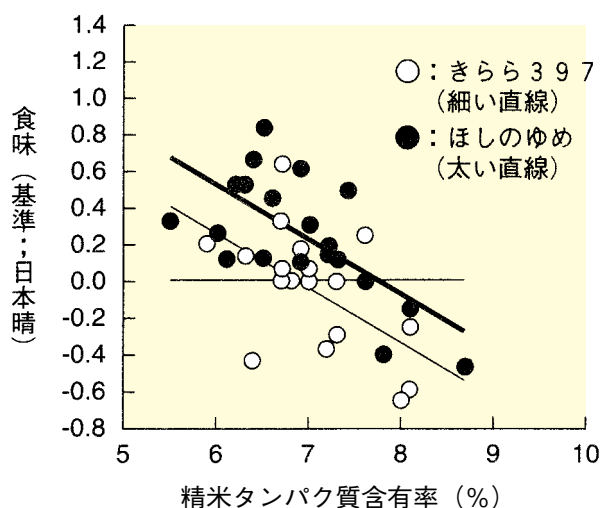
粘りがあっておいしいといわれるうるち米の内部成分を調べてみると、デンプン中のアミロースの割合が適度に低いことに加え、タンパク質含有率が低い特性がある（図Ⅶ－17）。した

がって、当面の課題としてアミロースおよびタンパク質含有率の低い米を生産することが重要になる。

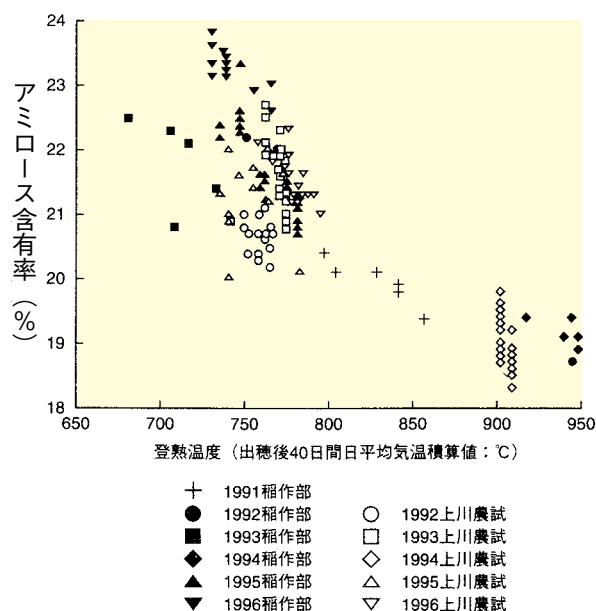
(1) アミロース含有率の変動要因と安定化

アミロース含有率は品種による違いが明確である。いわゆる良食味品種は、アミロース含有率が適度に低い特徴がある。

出穂後40日間の積算気温を「登熟温度」と呼ぶが、この登熟期間の気温が高いほどアミロース含有率は低下する。図Ⅶ-18は「きらら397」の登熟温度とアミロース含有率の関係をみたものであるが、明らかに負の相関が認められ、800℃までは温度上昇にともなって大きく低下し、その後も低下率はやや小さくなるものの、ほぼ直線的に低下する。また、登熟期間を前半と後半に分けて、アミロースの低下に対する温度効果をみると、明らかに前半の温度が高いほど低下の程度が大きい。また、1日の温度効果を昼間と夜間に分けてみると、夜間の気温が高いとアミロースが低下することが分かった。



図Ⅶ-17 精米タンパク質含有率と食味の関係 (中央農試 1997)

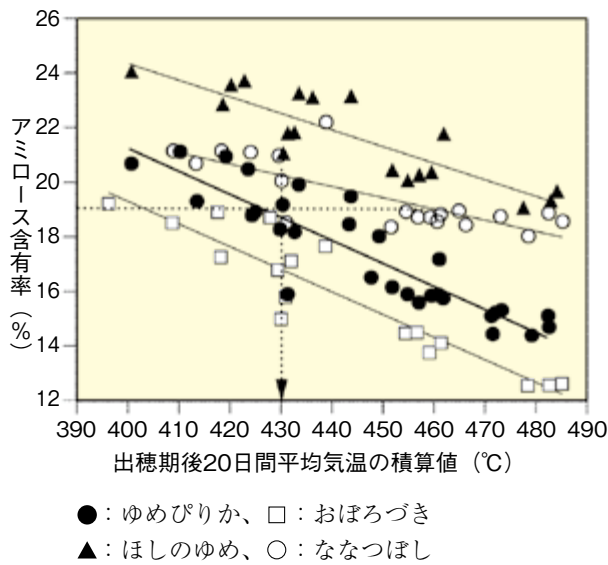


図Ⅶ-18 登熟温度とアミロース含有率の関係 (中央・上川農試)

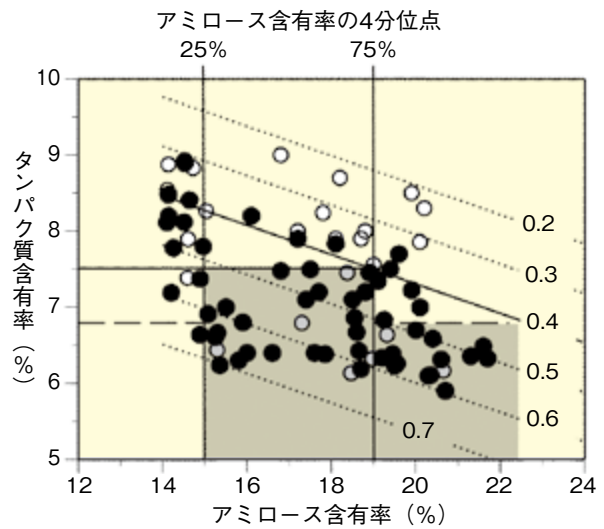
北海道で水稻を栽培する場合、出穂期が8月上旬の最も気温の高い時期にあたる関係で、登熟が始まるやいなや気温の低下が始まることになる。そのような条件下では、十分な登熟温度を確保するために、出穂期から登熟初期に最も気温の高い時期を迎えるように、作期を設定する必要がある。出穂促進対策と同時に遅れ穂を減らして穂揃い性を高める栽培対策が、アミロース含有率のばらつきを低下させる。

近年は「おぼろづき」や「ゆめぴりか」のように、従来の北海道米に比較してアミロース含有率がやや低い良食味品種が普及している。これらの品種は従来品種に比較して、登熟温度に対するアミロース含有率の変動割合が大きい事が明らかにされている (図Ⅶ-19)。そのため、これら品種の食味変動には、アミロース含有率の影響も大きいことから、それに応じたタンパク質含有率の目標を設定することが合理的と考えられ (図Ⅶ-20)、「ゆめぴりか」についての

当面の品質・食味管理目標が設定されている（表Ⅶ－13）。



図Ⅶ－19 出穂期後の平均気温の積算値と
アミロース含有率の関係
（上川・中央農試 2009－2010）



図中の●は食味官能総合評価実測値+0.4以上、○は+0.4未満を示す。

図中の斜線は重回帰式による食味総合評価値の予測値、 $R^2=0.24$ ($p<.0001$) $2.1183-0.1539 \times \text{タンパク質含有率}-0.0297 \times \text{アミロース含有率}$

図Ⅶ－20 「ゆめぴりか」の食味管理目標

（上川・中央農試 2009－2010）

注）アミロース含有率15～19%未満∩タンパク質含有率7.5%未満、19%以上∩6.8%未満において食味官能総合評価実測値が+0.4以上の割合は各々88%（15/17）、87%（31/39）であった。

表Ⅶ－13 「ゆめぴりか」の当面の品質・食味管理目標

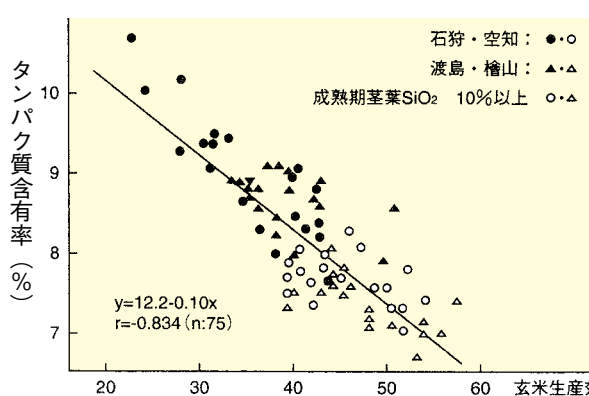
出穂後20日間 日平均気温積算値	430℃未満	430℃以上
アミロース含有率区分	19%以上	19%未満
タンパク質含有率	6.8%未満	7.5%未満
成熟期窒素吸収量	10kg/10a	
窒素玄米生産効率	55以上	
収量	550kg/10a以上	
窒素施肥量	地域の施肥標準量を遵守する	

* 2009年冷害年、2010年高温年のデータに基づく。

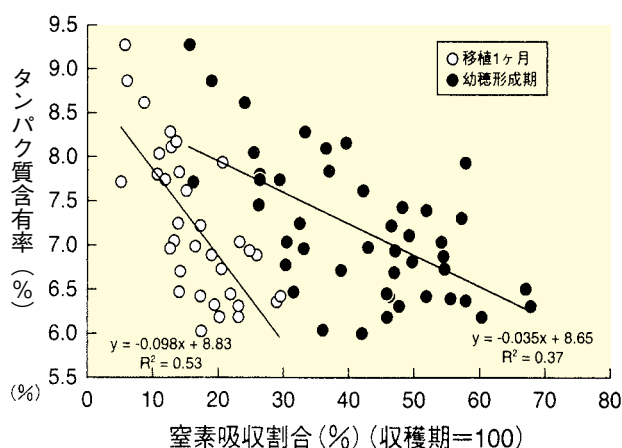
(2) 精米タンパク質含有率の低下技術

米の硬さや柔らかさは、主に米粒中に含まれる蛋白質の割合の影響を受け（表Ⅶ－13参照）、一般的にタンパク質含有率の高い米の食味評価は低くなる。タンパク質含有率は、水田土壌からの窒素供給の影響を強く受けるため、対策は主として土壌改良や施肥法改善、稲わら処理など有機物管理が中心となる。また、防風対策による初期生育改善は、前述したように窒素玄米生産効率を高めて米粒の低蛋白化に有効である（72ページ、表Ⅶ－8）。

米粒中のタンパク質含有率は、とくに施肥窒素の影響を強く受ける。施用量や方法が不適切ならば、その圃場から生産される米は高蛋白化しやすい。吸収した窒素量と生産される玄米量が一定の比率（窒素玄米生産効率と呼んでいる）を保っている稲は、タンパク質含有率が低い（図Ⅶ-21）。また、窒素吸収が栄養生長期に不足し、登熟期間に過剰になる場合は、著しく米粒のタンパク質含有率が高まる。図Ⅶ-22は生育初期の窒素吸収割合と米粒タンパク質含有率の関係をみたものであるが、窒素吸収が遅れるに従いタンパク質含有率は高くなっている。



図Ⅶ-21 精米タンパク質含有率と窒素玄米生産効率の関係（中央農試 1992）



図Ⅶ-22 生育初期における窒素吸収割合と精米タンパク質含有率の関係（南空知現地調査、中央農試 2000）

土壌の窒素肥沃度が高い水田、具体的には泥炭土壌などに由来する圃場では、水稻生育期間の中～後期に大量の土壌窒素が供給される。その結果、穂ばらみ期から登熟期間に旺盛に窒素吸収が行われ、過剰な籾数の着生や玄米1粒当たりの窒素分配量が増えて、登熟不良と米粒の高蛋白化がおこる。

反対に、土壌の窒素肥沃度が適正かやや不足する圃場では、人為的に窒素の抑制が容易で、生育に不足する窒素は施肥で補い、その時期や期間もある程度調節が可能である。

以上のように低蛋白米生産のためには、水田の土壌特性を考慮した上で施肥対策を講ずる必要がある。

1) 土壌の窒素肥沃度に応じた施肥量

北海道施肥ガイドが2010年（平22）に改訂され、各地域・土壌型の基準収量が全面的に改訂された。施肥標準量は新たに基準収量と土壌区分に対応して設定されたが、良食味米生産のための施肥管理を行う場合には、土壌診断により圃場毎の窒素肥沃度を把握し、それに応じてきめ細かく施肥量を調整する必要がある。

施肥ガイド2010の「土壌窒素肥沃度水準による窒素施肥対応」（表Ⅶ-14、抜粋）には、地帯・土壌区分毎に増減肥の対照となる窒素肥沃度水準（土壌診断分析値）が整理されている。この施肥対応はタンパク質含有率7.0%以下の安定生産を行うための指標として設定されているが、さらにタンパク質含有率6.5%以下を目標とする場合は、基本技術（側条施肥、健苗育成、適

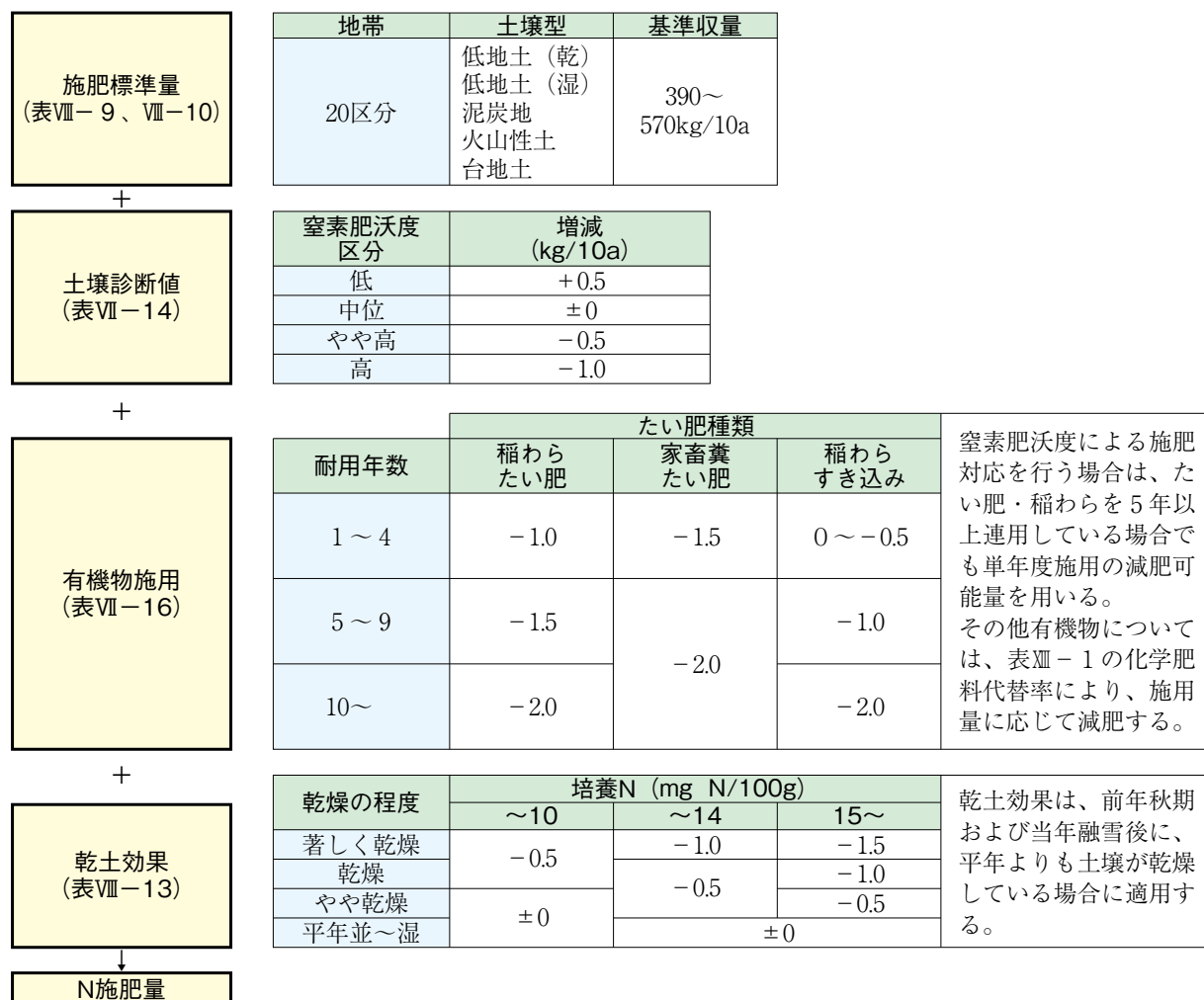
期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の土壤水分確保など）が実行されることを前提に、全層施肥部分からさらに0.5kg／10aの窒素減肥を行うこととされている。

表Ⅶ－14 窒素施肥対応のための窒素肥沃度水準（施肥ガイド2010抜粋）

地帯区分	地 帯 名	土壌区分	施肥窒素増減量 (kg/10a) 窒素肥沃度水準 (mg /100g)			
			低 +0.5kg	中位 0kg	やや高 －0.5kg	高 －1.0kg
1	檜山・渡島南部 および伊達市周辺	低地土（乾）	～7.0	～11.0	～13.0	13.0～
		低地土（湿）	～8.0	～17.0	～20.0	20.0～
		泥炭土	～9.0	～16.5	～19.0	19.0～
		火山性土	～6.0	～10.0	～12.0	12.0～
		台地土	～6.0	～15.0	～18.0	18.0～
2	内浦湾・胆振沿岸 および石狩の一部	低地土（乾）	～7.0	～11.0	～13.0	13.0～
		低地土（湿）	～8.0	～17.0	～20.0	20.0～
		泥炭土	～9.0	～16.5	16.5～	－
		火山性土	～6.0	～10.0	～12.0	12.0～
		台地土	～6.0	～15.0	～18.0	18.0～
3A	羊蹄山麓	低地土（乾）	～7.0	～11.0	～13.0	13.0～
		低地土（湿）	～8.0	～17.0	～20.0	20.0～
		泥炭土	～9.0	～16.5	～19.0	19.0～
		火山性土	～6.0	～10.0	～12.0	12.0～
		台地土	～6.0	～15.0	～18.0	18.0～

また、前年秋および当年融雪後の乾燥程度や有機物施用に対応した窒素の減肥対応も示されていることから、施肥ガイド2010を活用し、各圃場の管理方法に合わせて窒素施肥量を設定することが重要である。

各地域の窒素施肥量決定のフローを図に示した（図Ⅶ－23）。具体的な地域毎の施肥標準量および基準収量等は施肥ガイド2010を参照されたい。



図Ⅶ-23 地域毎の窒素施肥量決定フロー（施肥ガイド2010より抜粋）
施肥量算定の流れ（本田、一般うるち米・移植栽培）

2) 施肥方法

高蛋白米は、窒素吸収が生育の後半に増大するいわゆる「後勝り」型の生育相を示す稲で生産される。施肥は、生育初期の養分吸収を旺盛にするとともに、施肥窒素を生育後半まで残存させないことが重要である。そのためには、移植した苗の近傍に施肥を行う「側条施肥」の効果が顕著である。

この側条施肥技術の開発は早く、1970年代（昭45）後半には普及が始まっている。1990年代（平2）に入り低蛋白米生産にも有効であることが確認されている。とくに泥炭土壌では、初期生育の確保による品質の向上と低蛋白米生産の可能性が示唆されている。表Ⅷ-15は、中富良野町の泥炭土壌水田における、タンパク質含有率低下に及ぼす側条施肥の効果の例である。現在では高い成分含有率の肥料銘柄が開発され、全施肥量に占める側条施肥割合を比較的自由に決定できるようになった。

施肥ガイドでは、側条施肥を実施する場合には、側条施肥窒素量を3.0kg～4.0kgN/10a程度とし、残りの窒素施肥量から0.5kg/10a減肥して全層施肥することとしている。

表Ⅶ－15 タンパク質含有率低下に対する側条施肥割合増加の効果
(平成12年度食味改善モデル圃場成績富良野地区普及センター)

試験区	窒素施肥量(kg / 10a)		側条施肥 割合 (%)	幼穂形成期 茎 数 (本 / m ²)	総粒数 (×10 ³ / m ²)	精玄米重 (kg / 10a)	精米タンパ ク質含有率 (%)
	全 層	側 条					
改善区	2.2	4.5	67	806	30.0	521	6.6
慣行区	4.0	2.8	41	537	26.4	496	7.0

注) 試験地：中富良野町、土壌：泥炭土、品種：ほしのゆめ中苗、移植期：5月25日

3) 適正な有機物管理

稲わらを始めとする粗大有機物は、地力維持向上に不可欠である。しかしながら、透排水性の劣る水田では、わらの分解時に有害物質が生成されること、施肥窒素が一時的に有機化し稲による吸収が遅れるなどの現象が生じ、初期生育を抑制することが知られている。

また、窒素肥沃度の高い水田に稲わらを連用すると、地力が必要以上に高まり、低蛋白米生産に不利になることが明らかになっている(図Ⅶ－24)。水田土壌の窒素地力に応じた有機物管理が必要であり、道内の多くの圃場では稲わらは搬出し、堆肥などにして活用処理すべきである。

堆肥施用や稲わらすき込み、下水汚泥資材等の有機物を水田に施用した場合には、それに応じて窒素施肥量を減ずる必要がある。有機物施用に伴う施肥対応を表Ⅶ－16に示した。

Ⅶ－16 有機物施用に対応した窒素、リン酸、カリの減肥量(北海道施肥ガイド2010)

有機物の種類 (標準的な施用量)	連用年数	窒素減肥量 (kg / 10a)	リン酸減肥量 (kg / 10a)	カリ減肥量 (kg / 10a)
稲わら堆肥 (現物 1 t/10a)	1～4	1	－	2
	5～9	1.5		
	10～	2		
家畜糞堆肥 (現物 1 t/10a))	1～4	1.5	－	4
	5～	2		
稲わら直接鋤込 (400～600kg乾物 / 10a)	1～4	0～0.5		
	5～9	1		
	10～	2		
石灰系下水汚泥 コンポスト* (現物100kg/10a)		0.5	0.5	－

*：全層施肥(コンポストおよび化学肥料)と側条施肥(化学肥料のみ)の組合わせ施肥を前提とする。

注1 窒素肥沃度による施肥対応(表Ⅶ－14)を行う場合は、堆肥・稲わらを5年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる(連用効果の重複評価を避けるため)。

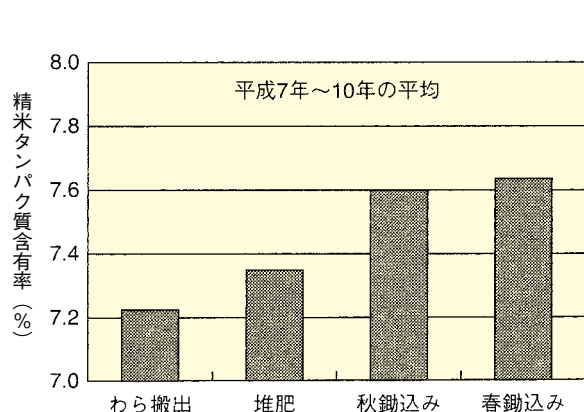
【出典】「水稻に対する石灰系下水汚泥コンポストの施用効果」(平成19年 指導参考)

4) ケイ酸質資材の施用

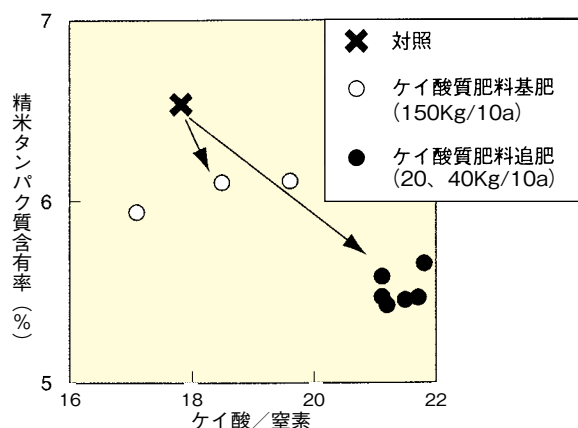
窒素の過剰吸収が食味を低下させることは先述した。この過剰な窒素吸収の悪影響を、ケイ酸吸収量を高めることにより軽減できることが明らかになっており、ケイ酸／窒素比を高めることで種々の改善効果が期待できる。このケイ酸栄養の改善は、ケイ酸質資材の幼穂形成期後

1 週間目の追肥で利用効率が低いことが確認され、米粒の低蛋白化を始め不稔粒の発生抑制や、いもち病の被害軽減など、窒素吸収が抑制され稲体窒素濃度の低下がもたらす効果は多様である。

低蛋白米生産を目的としたケイ酸追肥による施肥量は、いずれのケイ酸質資材でも10a当たり20kgが基準である（図Ⅶ-25）。



図Ⅶ-24 精米タンパク質含有率に及ぼすわら処理の影響（中央農試泥炭土、1984年からの連用試験）



図Ⅶ-25 ケイ酸/窒素比と精米タンパク質含有率の関係（上川農試、ケイ酸質肥料施用試験 1998）

5) 少肥密植栽培

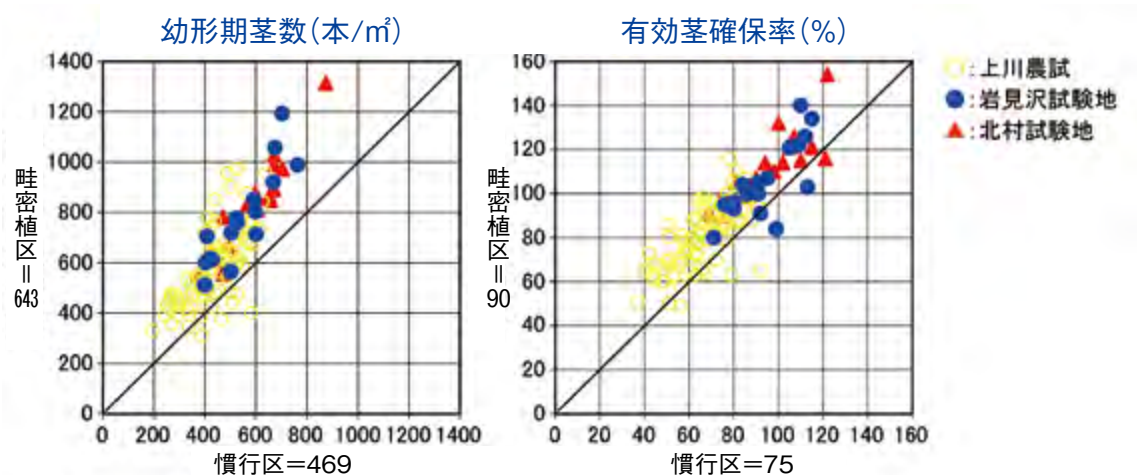
米粒の低蛋白化を図りながら、収量性の確保を目指す中苗マット栽培における技術として開発された。

基肥窒素量を減じる一方で、栽植密度を40株/㎡まで高めて初期の窒素吸収量を増大させ、必要な単位面積当たりの穂数を栽植密度で確保する栽培法である。

少肥密植栽培では、栽植密度が慣行の機械移植の25株/㎡と比べて約1.6倍になっている。窒素施肥量は全層施肥とし、慣行栽培対比で80%に抑えることで、低蛋白米生産を容易にしている。育苗に当たっては、育苗面積を増加させずに苗の量を確保するため、種籾浸漬時に植物生育調節剤を使用し、播種量を乾籾200g（催芽籾400ml）/箱の密播とし、3.1葉苗を30日育苗で得られるようにしている。なお、移植には条間が21cmの専用田植機を用いる。また、機種によっては専用の育苗箱の使用が必要なものもある。

近年成苗ポットによる密植栽培についても検討された。成苗ポットによる密植栽培を実施するためには、移植機の株間設定用歯車を交換（別途購入が必要な場合がある）し、10cmに設定する（約30株/㎡となる）必要がある。このとき成苗ポット苗箱は従来のものがそのまま使用可能であるが、必要な苗の量が3割増加することに留意すべきである。

成苗・密植栽培は、移植する苗を増加させる技術であることから、水稻初期生育の安定化に最も大きな効果がある。図Ⅶ-26には幼穂形成期の茎数と有効茎確保率（成熟期の穂数に対して、幼穂形成期までにどの程度の茎数が確保されているかを示す指数）を、密植栽培と慣行栽培を比較した。密植することにより、いずれの地域でも幼形期の茎数は大きく増加し、また、安定確収に必要な穂数をより早い時期に確保できることが分かる。



図Ⅶ－26 慣行栽培と密植栽培の幼形期茎数および有効茎確保率の違い
(上川農試 2009)

土壌や気象の条件により初期生育が不安定な地域では、密植による初期生育促進は、収量や品質の安定化に大きな効果が期待できる。特に、成苗・密植栽培により玄米収量の年次変動が小さくなり安定化する。これは、初期生育が安定化することにより穂数や籾数の確保が容易になり、低温年でも籾数が不足する危険性が小さくなるためである。

表Ⅶ－17には、空知・上川管内各試験圃場における玄米収量、タンパク質含有率および未熟粒歩合に対する密植の効果を示した。いずれの地域でも減収することなく、タンパク質含有率や未熟粒歩合が低下する効果が認められた。密植栽培技術は、「低蛋白米」や「高品質米区分」の生産比率を高め、地域のブランド力を向上させたい場合などに有効な技術となることが期待されている。

以上、アミロース含有率の安定化、低蛋白米生産のポイントを述べたが、これらは生産安定の技術と共通する。結果的に食味向上対策は、品質や収量の安定を図る対策と同一技術上にあるといえる。

表Ⅶ－17 密植効果の試験地別集計 (2004～2008)

密植方法	試験場所	慣行区対比指数		
		玄米収量	タンパク質含有率	未熟粒歩合
畦間密植 (24×12cm)	上川A	108	98	67
	空知A	105	96	93
	空知B	106	99	85
	空知C	105	94	81
	上川B	101	97	61
株間密植 (33×10～12cm)	上川A	101	100	81
	空知A	101	97	105
	空知C	103	95	89

ただし、表Ⅶ－17から成苗・密植栽培を導入する場合には以下の点に留意することが必要である。

- 1 育苗箱数が増加する（慣行対比30%）
- 3 機種によっては密植用歯車（1万円程度）が必要である。
- 4 側条施肥の実施を基本とする。
- 5 施肥N量を1 kg／10a程度減肥することが望ましい。

（道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ 研究主幹 柳原哲司）

6 食味分析事業

（1）食味分析事業の経過

生産者の「おいしい米づくり」のため、お米の味に関わりの深いアミロース含有率と精米タンパク含有率を分析するとともに、その米が生産された栽培条件等から栽培指導に役立つ関係を明らかにすることを目的として、北海道農業協同組合中央会が北海道の補助を受けて1990年（平2）から事業を開始し1996年（平8）から北海道米麦改良協会へ移管、事業内容を見直しながら2010年（平22）現在第四期目の事業を展開している。

北海道米食味分析センター（現：北海道米分析センター）は、岩見沢市上幌向の北海道立中央農業試験場稲作部（現：道総研中央農業試験場岩見沢試験地）にある「優良米開発研修センター」に置かれている。アミロース含有率の分析はオートアナライザー（ブラン・ルーベ社）、精米タンパク質含有率、水分はインフラライザー（ブラン・ルーベ社）、味度メーター（東洋精米機製作所）などと周辺機器が導入され、逐次新機種に更新されてきていて、現在のオートアナライザー（ビーエルテック社）、インフラライザー（ユニティ・サイエンティフィック社）は、2007年（平19）に更新されている（写真Ⅶ－1、Ⅶ－2、Ⅶ－3、Ⅶ－4）。

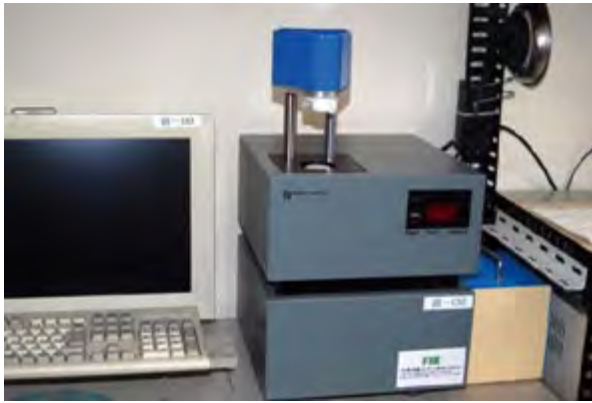
1996年（平8）から簡易食味分析計が各JAの検査場に配置され、1997年（平9）から精米タンパク質含有率別の分別集荷システムが本格導入された。この簡易食味分析計の測定精度維持のため、タンパク質含有率基準品が分析センターで作成され、ホクレンを通して配布されてきた。



写真Ⅶ－1 オートアナライザー



写真Ⅶ－2 インフラライザー



写真Ⅶ－３ ラビットビスコアナライザー



写真Ⅶ－４ 湿度メーター

1) 第一期の事業（1990年～'98年）（平2～10）

北海道米の一層の評価向上と需要拡大に向け各地域、各年産の食味を把握し、その要因解析を通じて食味水準向上に必要な対策や、生産者の食味向上に対する意識の醸成につとめるとともに、食味評価方法を確立し生産、販売、消費対策を図る目的で実施された。

分析サンプルは10haに1点とし採取圃場を固定する条件で、9年間に約8万件の成分分析と、生産条件調査のデータ蓄積が行われた。しかし、

- ①事業目的と内容が末端まで十分な理解を得られないまま進行。
- ②目標とするサンプル数、生産条件調査票が収集されない。
- ③サンプル米採取場所の移動。
- ④生産条件調査票の未記入・誤記入。
- ⑤分析結果の公表が全道・支庁単位であるため有効な解析が出来ない。

などの問題も明らかとなり、データ解析に基づく食味向上対策と、栽培マニュアル作成は行われなかった。

2) 第二期（1999年～2003年）（平11～15）と第三期（2004年～'06）（平16～18）

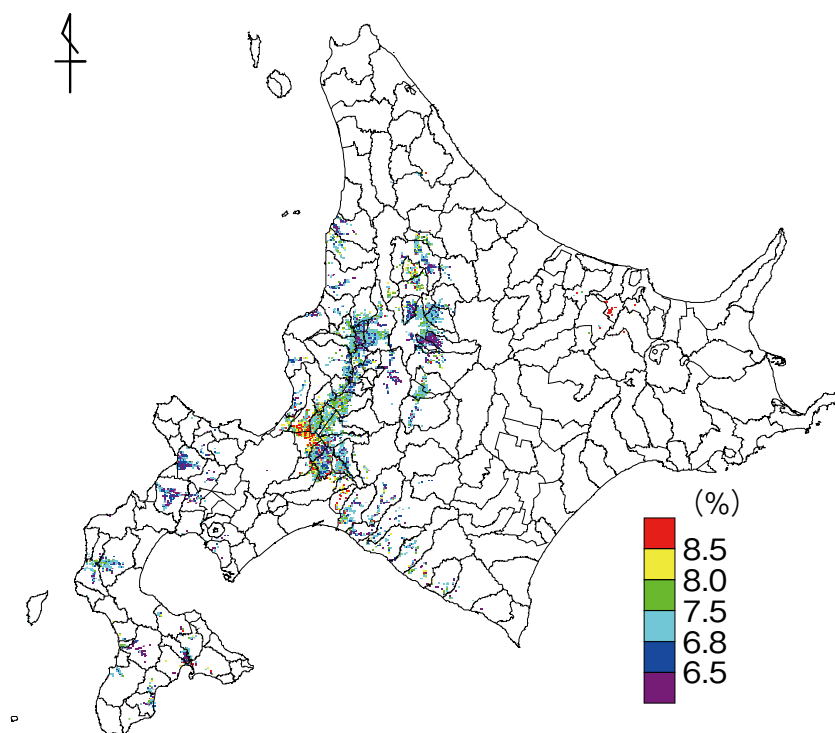
第一期に引き続き食味関連項目のデータ収集としての定点調査を、第二期は25haに1点、第三期は地図上の標準地域メッシュである1メッシュ（約100ha）に2～3品種と設定して実施され、生産条件調査は実施しないこととした。生産条件調査は、データーの信頼性が高い普及センター事業を活用し、技術解析定点として推進した。

全データを道立農業試験場に提供することが可能となり、データ解析の結果、良食味米生産の栽培技術マニュアル、用途別米の生産技術マニュアル、全道のタンパクマップ・アミロースマップの作成、1991年（平3）以降の成分分析結果のデータベース化（道立農業試験場のホームページHaoの内部データとしてメッシュデータとともに掲載し、農試研究員、普及センター、道庁関係者が活用できるようになった）が図られた。

なお、2010年（平22）から道立農業試験場が地方独立法人へと移行し、データベースを維持出来なくなったため、毎年全データをエクセルデータとしてCD-ROMに記録し、農試、普及センター等関係機関に配布している。

タンパクマップは、これまでの分析事業で得られた年次で、タンパク質含有率の低かった年

次として1998年（平10）～2000年（平12）を選び、さらに1メッシュの中で最低のタンパク質含有率となった年次のタンパク質含有率を図示した。この図は、メッシュ別に米のタンパク質含有率が最も低くなる可能性を示したものである（図Ⅶ-27）。



1998～2000年 最低タンパク質含有率（全品種平均）

図Ⅶ-27 1998年（平10）～2000年（平12）の最低タンパク質含有率（全品種平均）

3) 第四期（2007年～'12）（平19～24）

極良食味な低アミロース品種の普及が見込まれ、タンパク質含有率とともにアミロース含有率が食味指標の柱になってくる可能性が高くなるのをうけ、低アミロース品種の年次変動、地域変動等のデータを蓄積するとともに、アミロース含有率の仕分けのためのデータを集積することを目的として展開している。

2008年（平20）に育成された「ゆめぴりか」は、タンパク質含有率は「ほしのゆめ」並みと低タンパク品種ではないが、アミロース含有率が適度に低い低アミロース品種で、すぐれた食味特性を示す。2010年（平22）産「ゆめぴりか」はタンパク質含有率は高かったが、アミロース含有率が低く、日本穀物検定協会の食味ランキングで参考値ながら「ななつぼし」とともに北海道初の「特A」にランクされ、食味の良さが実証された。

しかし、各JA等で利用されている簡易食味分析計は、タンパク質含有率の測定精度は高く、集荷された米のタンパク仕分けに活用されているが、アミロース含有率の測定は精度が極めて低く、アミロース含有率について仕分けができない状況にある。

2009年（平21）と2010年（平22）の成績から、2011年（平23）に米のアミロース含有率は、出穂後20日以降には変動が少ないこと、また、この間の登熟積算温度が430℃以上であればアミロース含有率は19%以下となることが判明した。2011年（平23）には各地から出穂期後30日頃の「ゆめぴりか」サンプルを収集し、アミロースを分析することにより、成果の検証とアミ

ロース含有率レベルに基づくタンパク質含有率による仕分け集荷についての検討が行われる予定である。

表Ⅶ－18 食味分析事業の概要

年	定点数 (品種数)	分析項目	事業名・その他	分析点数 (点)
1990	10haに1点 (1品種)	(H2年は試行) ・精米タンパク質含有率 ・精米アミロース含有率 ・味度値(全体の5～15%) ・食味官能試験(17～53点) ・もち米の加工適正	北海道米食味水準向上対策 ・定点ごとの生産条件表の提出 (調査項目:41～47) ・採取定点の固定 (メッシュ番号) ・濃密集団育成=10農協	10,200
1991				11,124
1992				10,877
1993				8,264
1994				8,601
1995				8,036
1996				7,317
1997				7,478
1998				6,689
1999	25haに1点 (1品種)	・精米タンパク質含有率 ・精米アミロース含有率 ・玄米白度・精米白度 ・整粒、青未熟粒、被害粒等の品質測定	北海道米高水準食味確立 緊急対策 ・実態把握定点 (定点ほの固定、メッシュ番号) ・技術解析定点 (普及センター試験等を活用、生産条件表の提出)	4,970
2000				4,817
2001				4,595
2002				4,089
2003				3,920
2004	100haに1点 (2～3品種)	同 上	売れる米づくり推進事業 ・食味成分分析定点(同上) ・用途別生産技術解析定点(同上)	3,795
2005				3,502
2006				3,178
2007	100haに1点 (2～3品種)	同 上 (低アミロース品種の誕生を受け、アミロースの年次変動・地域変動を把握)	北海道米分析事業 ・食味成分分析定点(同上) (道立農業試験場における「多様なニーズに対応する米品種並びに栽培技術の早期確立試験」と連動して進める)	3,073
2008				3,452
2009				3,468
2010				3,277
2011				
2012				

注) 分析点数には、JAからの依頼、アミロース含有率分析を含まず。

(2) これまでの分析事業の成果

本格的に成分分析が行われた1991年（平3）から2010年（平22）までの主な品種のデータを表Ⅶ－19に示した。

表Ⅶ－19 主な品種の年次別成分分析結果（全道）

		総分析 点数 点	精米タンパク質含有率			精米アミロース含有率		
			平均値 %	最高値 %	最低値 %	平均値 %	最高値 %	最低値 %
きらら397	1991	5,545	8.0	12.0	5.4	19.7	22.0	13.9
	1992	6,043	8.0	10.8	6.1	19.8	23.2	12.8
	1993	5,036	8.6	11.7	5.4	20.8	24.0	15.8
	1994	5,186	8.0	10.4	5.6	21.9	21.9	12.1
	1995	4,910	7.6	9.8	5.7	19.0	24.2	17.6
	1996	5,333	7.5	10.3	5.7	21.9	25.4	18.2
	1997	5,138	7.2	10.0	5.4	22.2	24.2	19.4
	1998	4,347	7.5	10.8	5.1	21.0	23.1	16.6
	1999	2,527	7.5	10.5	5.2	18.3	20.6	15.5
	2000	2,522	7.3	10.3	5.5	20.3	21.8	18.2
	2001	2,561	7.4	11.1	5.3	21.1	23.1	17.8
	2002	2,383	7.8	11.4	5.8	21.2	22.7	15.4
	2003	2,231	8.3	11.6	6.2	21.7	23.5	16.4
	2004	1,136	7.4	10.0	5.6	21.0	23.6	16.2
	2005	1,009	7.5	9.9	5.7	20.1	21.9	16.7
	2006	899	7.2	9.9	5.8	20.0	21.9	18.1
	2007	544	7.2	10.3	5.7	19.7	22.4	16.8
	2008	594	6.6	8.9	5.3	22.5	23.6	20.2
	2009	518	8.2	10.5	6.4	23.0	24.7	20.7
	2010	405	8.2	10.6	6.7	19.2	21.4	17.0
ほしのゆめ	1998	1,611	7.2	10.2	5.2	21.3	23.7	18.1
	1999	2,110	7.3	10.4	5.3	18.5	20.9	16.2
	2000	2,030	7.1	9.8	5.4	20.6	22.2	17.6
	2001	1,823	7.2	10.0	5.6	21.2	23.4	16.9
	2002	1,491	7.6	10.2	6.0	21.7	23.1	18.9
	2003	1,399	8.0	11.0	6.0	21.9	23.6	18.6
	2004	1,030	7.2	9.4	5.7	21.1	23.2	18.8
	2005	970	7.3	9.3	5.8	20.3	22.8	17.7
	2006	743	6.9	9.8	5.5	20.2	22.8	17.9
	2007	566	7.0	9.7	5.7	20.0	22.7	16.6
	2008	492	6.4	8.5	5.1	22.9	23.9	20.3
	2009	278	7.7	9.7	6.6	23.5	25.3	19.9
ななつほし	2010	206	7.9	10.3	6.4	19.8	21.2	17.9
	2002	62	7.7	9.0	5.7	20.1	21.6	19.0
	2003	166	8.3	10.2	6.3	20.5	22.8	17.4
	2004	621	7.1	9.1	5.2	20.1	22.0	12.4
	2005	639	7.2	9.7	5.5	19.3	21.2	13.2
	2006	628	6.9	9.6	5.5	19.3	22.2	16.6
	2007	739	7.1	9.8	5.4	18.5	21.1	15.6
	2008	818	6.5	8.3	5.0	21.3	23.4	19.6
	2009	802	7.9	10.3	6.1	21.6	23.8	19.0
	2010	767	7.8	10.1	6.2	18.4	20.0	12.6
おほろづき	2005	1	9.6	9.6	9.6	15.4	15.4	15.4
	2006	15	8.1	9.9	6.4	13.2	14.8	10.7
	2007	274	8.0	10.0	6.3	12.3	16.2	8.9
	2008	350	7.3	9.8	5.4	17.8	20.2	15.1
	2009	313	8.4	10.2	6.7	18.1	21.3	15.5
	2010	249	8.5	10.1	6.2	12.8	16.0	9.1
ゆめぴりか	2008	49	6.3	7.6	5.1	19.8	21.0	17.4
	2009	360	7.8	10.2	5.8	19.2	22.9	15.4
	2010	596	7.8	10.3	6.1	14.6	17.6	12.0

（北海道米麦改良協会）

7 衛星タンパクマップの活用

(1) 「タンパクマップ」とは

「タンパクマップ」は、衛星画像データからタンパク質含有率を推定し、その高低によって色分けした地図であり、市町村などの広い地域内における差異が一目でわかるようになっている。色分けできる区画の大きさは衛星の能力の違いや、使用目的によって異なるが、水田ごとに色分けが可能で、衛星によっては一筆内のタンパク質含有率変動まで表すこともできる。

「タンパクマップ」は稲体の色からタンパク質含有率を推定しており、簡単にいえば、登熟期の緑色が濃いほど高タンパク質含有率と判断する。推定値であるため、個々の圃場で実測値と比較した場合、多少の食い違いはあるが、活用すべき多くの利点がある。利点のひとつは現地調査、分析を経ずに水田ごとにタンパク質含有率がわかる点である。実績では農家単位や、数枚の圃場が一緒になって評価されることが多い。もうひとつは、「ご近所」のタンパク質含有率の傾向がわかる点である。また、年次を重ねることで、変化の方向や、変動の程度などもわかる。

(2) まわりの圃場との比較

「タンパクマップ」をみると、タンパク質含有率の高い地帯、低い地帯がありそうなのがわかる。図Ⅶ-28の例ではもとの図（左）とこれをもとに2 km四方の平均をとったもの（平均化処理、右）を示した。平均化処理によってタンパク質含有率の高い地帯、低い地帯がより鮮明に見えてくる。これまでの知見から、タンパク質含有率に最も大きな影響を及ぼす要因は「土壌区分」であり、「タンパクマップ」においてもタンパク質含有率が高い地域や低い地域などはこの「土壌区分」を反映することが多い。ここから改善策を考える上での糸口が見えてくる。

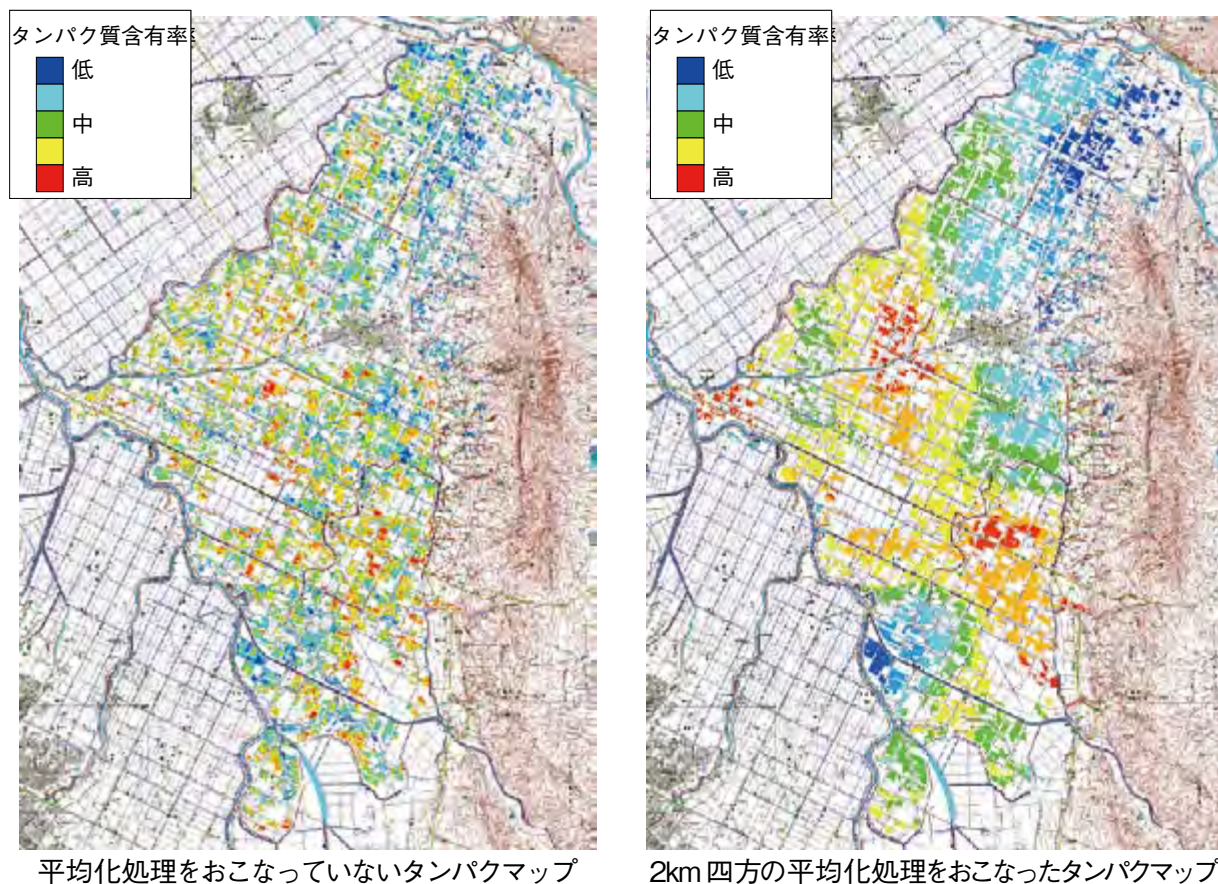
中央農試から提案された対策例を表Ⅶ-19に示した（「衛星リモートセンシングによる米粒タンパクマップの高度化と利活用技術(平成16年普及推進)」）。タンパク質含有率が高い地域は、繰り返し記すように土壌に問題があることが多い。土壌図と重ね合わせれば、その要因がはっきりする。この場合個々の栽培管理、圃場管理で対応するには限界があるので、機会を捉えて地域全体で基盤整備の推進をはかる（表Ⅶ-21の区分Ⅰ、Ⅱ）。

タンパク質含有率の高い地域で、さら周辺に比べて相対的に高い水田では、栽培管理の改善も優先すべきである（表Ⅶ-21の区分Ⅰ）。その際にチェックすべきなのは、まずは基本技術（窒素施肥量の適正化、ケイ酸施用、側条施肥の導入、健苗育成、適期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の水管理など）であり、稲わら処理についても見直す必要が出てくる。タンパク質含有率が高いが、周辺と大差ない水田（表Ⅶ-20の区分Ⅱ）でも、近傍にタンパク質含有率の低い水田があれば、低蛋白化にチャレンジする価値がある。その際のチェックポイントも上の例と同様である。

タンパク質含有率の低い地域で、周辺に比べると相対的に高い水田（表Ⅶ-20の区分Ⅲ）では、根本的な土壌条件よりも栽培管理が高蛋白化の要因になっている場合が多い。基本技術や稲わら処理などの点検を行う。

通常、タンパク質含有率の推定値と実測値はほぼ一致するが、食い違いが大きい場合には、それをもとに改善策を考えることができる。もし、実測値が推定値よりも0.5～1 %近く高い

場合には、葉色が淡かったにもかかわらずタンパク質含有率が高かったことを意味する。登熟期の水管理とともに、登熟が良好に進んでいたかをチェックする。



図Ⅶ-28 平均化処理によるタンパクマップの表示の比較

表Ⅶ-20 タンパクマップから抽出された要改善地点の特徴と改善方策の例

区分	タンパク質含有率	周辺との差	特 徴	主な改善方策
I	8 % 以上	+0.5% 以上	タンパク質含有率は高く、さらに周辺に比べて相対的に高い	栽培管理の改善および基盤環境の改善
Ⅱ	8 % 以上	+0.5% 未満	タンパク質含有率は高いが、周辺と大差ない	基盤環境の改善および栽培管理の改善
Ⅲ	8 % 未満	+0.5% 以上	タンパク質含有率は高くないが、周辺に比べると相対的に高い	栽培管理の改善
Ⅳ	8 % 未満	+0.5% 未満	タンパク質含有率は高くなく、周辺との差もあまりない	改善の優先度は低い

(衛星リモートセンシングによる米粒タンパクマップの高度化と利活用技術 (平成16年普及推進))

(3) 収量の実績とあわせて考える

タンパク質含有率が高く、収量も高い場合には、窒素供給量が多すぎる可能性が高い。まずは、窒素施肥量の適正化（減肥）を検討してみる。改善技術として減肥のみを導入すると収量だけ低下する場合があるので、減肥とあわせて側条施肥割合を高めるなど、初期生育向上対策

を励行する。泥炭土であれば、浅耕代かき技術を小面積試みる等、蛋白低下への工夫を始めた。
い。

タンパク質含有率が高く、収量が低い場合には、不稔歩合が高い可能性がある。窒素施肥量の適正化、初期生育向上対策を試みる。

(道立総合研究機構連携推進部 主幹 安積大治)

8 もち米品質

(1) 北海道におけるもち米生産

1) 生産量と産地・品種

北海道におけるもち米生産面積は8,040ha（2009年（平21））、収穫量は41,600t（2010年（平22））と全国第一位のもち米産地となっている。北海道内各地にもち米生産団地が形成されているが、主な産地は上川北部、網走、留萌北部など比較的気象条件の厳しい地域に偏在している。

品種は「はくちょうもち」、「風の子もち」に加えて、2007年（平19）に「しろくまもち」、2009年（平21）に「きたゆきもち」が相次いで優良品種に認定された。これまで北海道米の品種開発は、うるち米を中心に進められてきたが、近年は北海道もち米に対する実需要望の高まりを受けて新品種の開発が進んでいる。

「しろくまもち」は耐冷性が強く、従来の北海道もち米にはない、もち硬化性の高さを特徴としており、主に成型によって製品化する「もち工」用途での利用拡大が期待されている。一方の「きたゆきもち」は、おこわやつきもちなど生食用途での特性・食味に優れる。また、耐冷性が強く安定的に多収を期待できることから、「はくちょうもち」に代わり、北海道もち米本来のやわらかさを活かした用途での利用拡大が期待されている。

2) 主な用途と北海道もち米に求められる特性

全国規模でのもち米の用途は主に次の4種類に分けられている。「主食用途」は、おこわや赤飯等、家庭向けもち米など、調理加工後短時間のうちに消費される用途で、流通量全体の約4割を占める。「もち工用途」は、お供えもちや板もちなど、主に包装もちとして流通する用途で、流通量の約2割を占める。その他「米菓用途」は、米菓原料としての利用で約2割、その他「穀粉利用」として約1割の需要構成となっている。

これらの用途うち、「もち工」と「米菓」では、もち生地を一度硬化させた後に成型・切断する加工工程が含まれるため、加工歩留まりの点から、もち生地はより硬く、速く硬化する特性が求められる。一方、「主食用途」では、調理・加工後のやわらかさが長時間持続することが望ましく、硬化性の面からは他の用途と正反対の特性が求められる。

もち生地の硬化性は、登熟温度と密接な正の相関がある事が知られており、府県に比較して登熟温度が低い北海道もち米は硬化性が低く、主食用途での利用に適している。このため北海道もち米の用途別出荷量は、「主食用途」が約6割、「もち工」、「米菓」がそれぞれ約2割と「主食用途」の比率が高い特徴がある。

(2) 北海道もち米の品質評価

1) 実需者のニーズと北海道もち米の評価

従来から北海道もち米の品質に対しては、主にもち工、米菓加工実需者から「白度が低く、もち生地硬化性が低い」、米菓加工にあたり「膨化性が低い」といった欠点が多く指摘され、全体としては府県産もち米に比較して品質が劣るとする評価が多かった。

しかし、近年では北海道もち米の硬くなりにくい特性が知られるようになり、コンビニエンスストアでの赤飯やおこわなどの主食用途として高く評価され需要が増加するなど、用途に応じた使い分けが進んでいる。このように、実需者の評価はその用途により大きく異なっており、北海道もち米に求められる特性は多様化している。

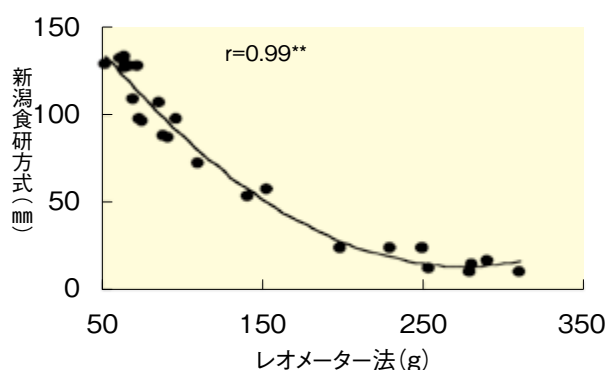
そこで、用途により評価が異なるもち生地硬化性以外の項目について、北海道もち米の改善方向と品質改善目標値（暫定基準）が設定された（表Ⅶ－21）。

表Ⅶ－21 北海道もち米の改善方向と品質改善目標値（暫定基準）

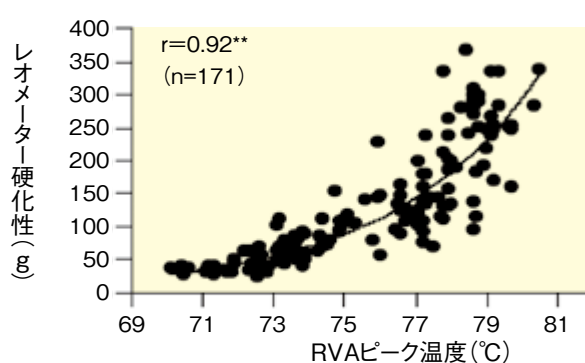
北海道産もち米の改善方向		北海道産もち米の品質改善目標値		
		実需要望	府県産平均	目標値
・品質の向上、特に白度向上	白米白度	45～50以上	53.8	50以上
・品質の均一化と安定化	タンパク質含有率	7 %	6.9	8 %以下
・低蛋白もち米の生産と地域間差の改善	整粒歩合	88 %	—	80 %以上

2) 品質評価法の開発

もち米の品質評価法として最も精力的に検討された項目は、もち生地硬化性の測定・評価法である。1994年にレオメーターを用いたもち生地測定法（図Ⅶ－29）が品質検定に取り入れられ、北海道もち米の硬くなりにくい特性が初めて数値により明らかにされた。また、同時にRVAを用いた硬化性の簡易検定法が導入されたことにより育成系統の硬化性選抜が本格化した（図Ⅶ－30）。



図Ⅶ－29 硬化性測定法間の相関関係
（中央農試 1994）



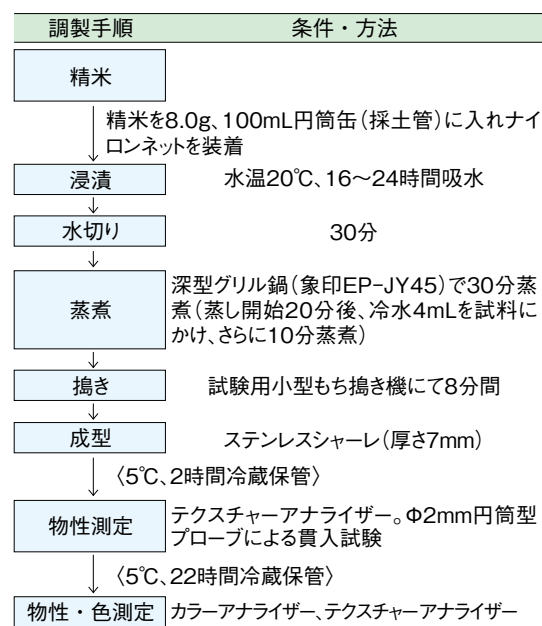
図Ⅶ－30 RVAピーク温度と硬化性の関係
（1991～1994年度米171点を測定）

その後検定手法はさらに発展し、少量もちつき器とテクスチャーアナライザーの導入により初期世代の材料であっても、8 g程度のもち米からもち生地を調製し硬化性を検定評価する手

法が取り入れられている（図Ⅶ－31）。

これら硬化性検定法の充実により、現在で北海道で不可能と考えられていた硬化性の高いもち米品種「しろくまもち」が選抜・品種化され普及している。「しろくまもち」の硬化性は、「はくちょうもち」と府県で最も硬化性の高い品種である「こがねもち」の中間程度の値となっており、今後もさらに硬化性の高い品種の開発が望まれる。

硬化性の高いもち米が求められる一方で、北海道もち米の「やわらかさ」を活かした用途の拡大も望まれている。おこわ、おはぎ、大福などなどの生食用途では、加工後もやわらかさが長く持続することが重要な特性である。硬化性が低い特性を評価して、北海道もち米を原料として採用している実需者も多いことから、今後はこれらの用途に合わせた評価技術の開発も求められる。

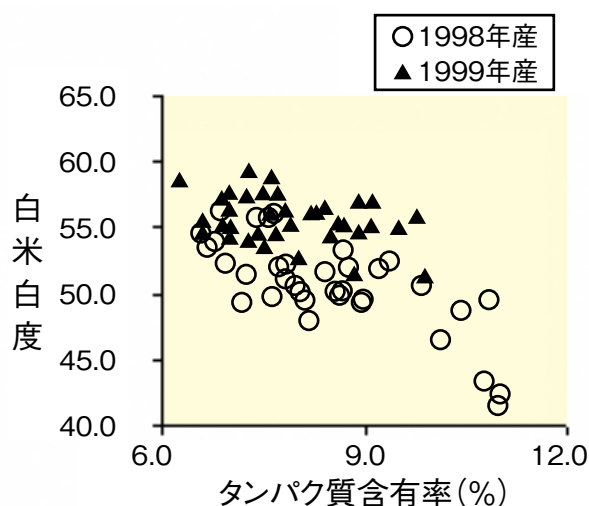


図Ⅶ－31 もち生地品質（色・物性）の評価手順（中央農試 2004）

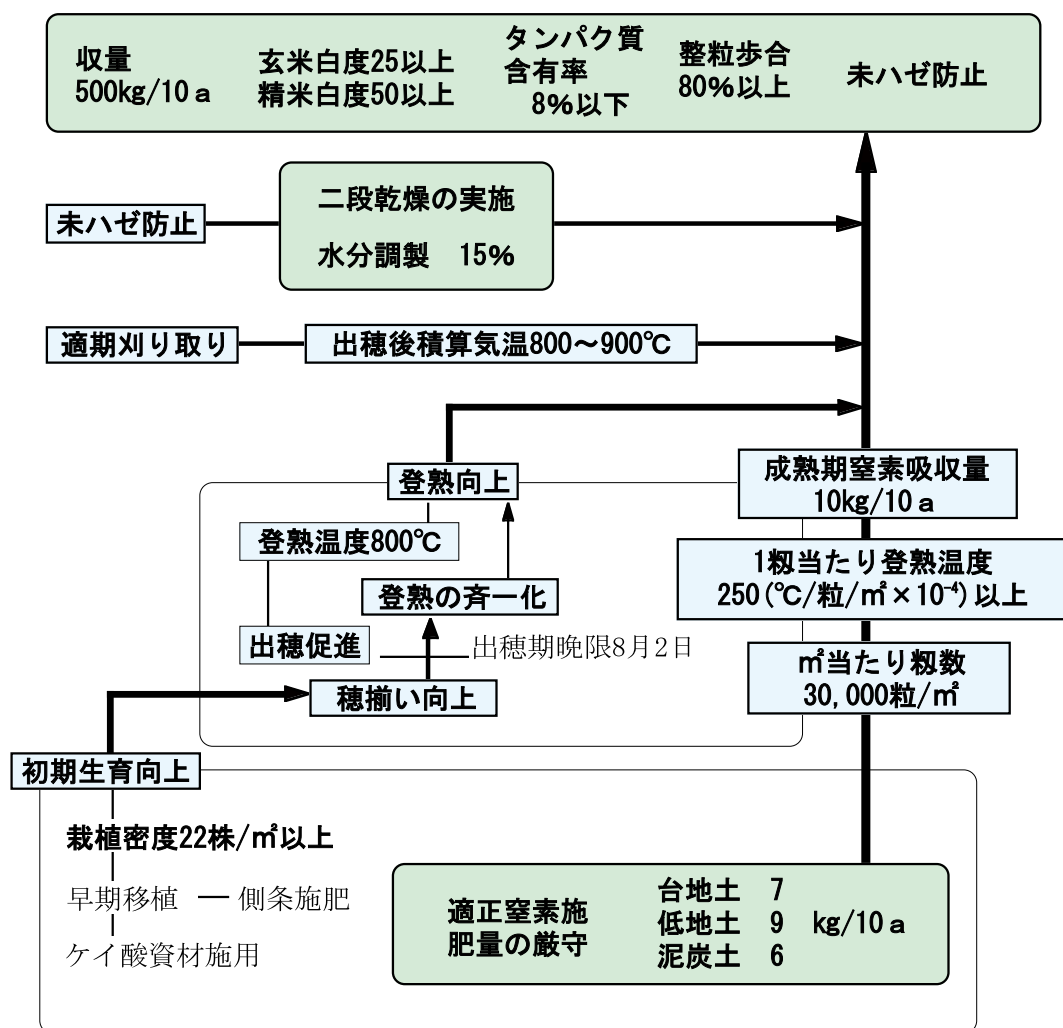
3) 栽培管理指標

北海道もち米の高品質化には栽培管理技術も重要な役割を果たす。北海道もち米の主産地である上川北部地域において、品質改善目標を満たすための肥培管理技術についても検討された。

もち米の流通上の重要な特性である白米白度はタンパク質含有率と関連が深い（図Ⅶ－32）。また、整粒歩合の向上や品質の均一性は、株内の出穂や登熟の斉一性など栽培形質の制御が極めて大きな影響を及ぼすことから、上川北部においてこれらの品質目標を満たすための総合組み立て試験を実施し、図に示したような栽培指標と肥培管理のフロー（図Ⅶ－33）が明らかにされている。



図Ⅶ－32 タンパク質含有率と白米白度（上川農試 2001）



図Ⅶ-33 主食用もち米の高品質・安定化のための栽培組立てフロー図
(上川農試 2003)

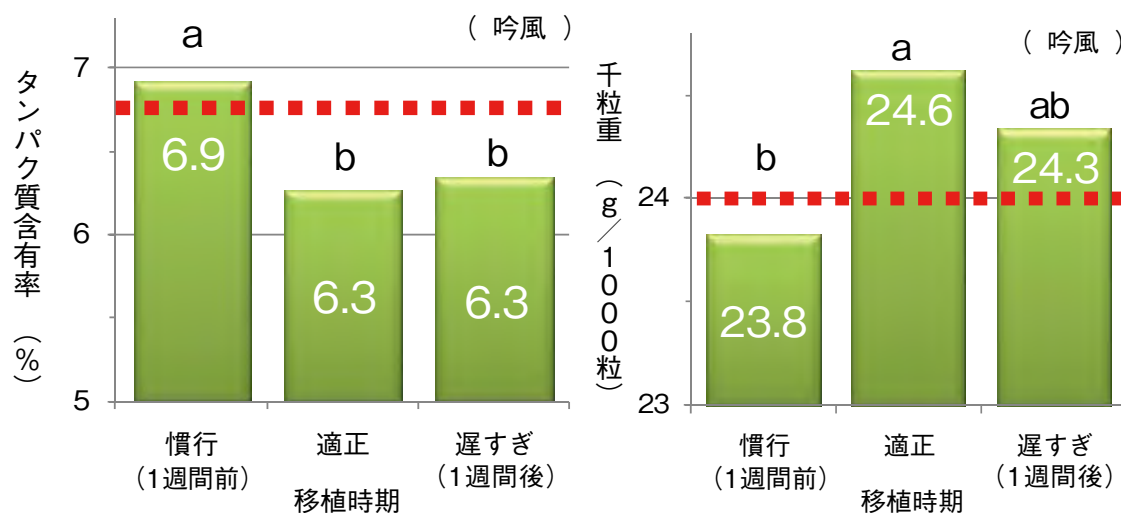
(道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ 研究主幹 柳原哲司)

9 酒米品質と品質向上対策

実態調査の結果より、酒米の生産拡大に必須である酒造好適米の「質」の改善には、千粒重とタンパク質含有率を優先すべきである。

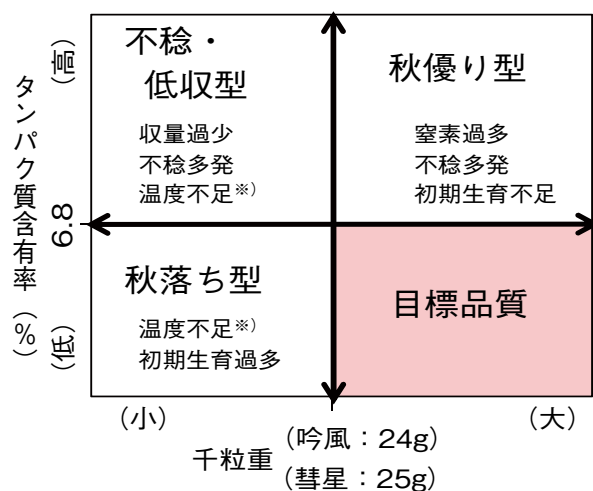
タンパク質含有率および千粒重を同時に改善させる一番のキーポイントは、出穂前後の気温を確保することである。出穂前24日以降30日間日最高最低平均気温が高いほど、タンパク質含有率が低くなり、同時に千粒重は大きくなった。このため、苗の種類の選択あるいは移植日によって出穂期を適正化することが有効である（図Ⅶ-34）。

府県産米と同等の品質を目指した品質目標や生育指標、それに対応する品質改善対策を表Ⅶ-22、産米品質からの区分と水稻生育の類型化による、簡便な水稻生育の特徴や品質低下要因を図Ⅶ-35に示す。



図VII-34 移植時期の適正化が品質に及ぼす影響（成苗、吟風、上川農試 2007）

※）アルファベットの同一文字間に有意差なし（5%水準、Tukey-KramerのHSD検定）



※）出穂前24日以降30日間最高最低平均気温が低いことを示す

図VII-35 産米品質区分から推定される品質低下要因（模式図）（上川農試 2009）

表Ⅶ－22 道産酒造好適米の品質目標と生育指標ならびに対応する栽培技術（上川農試 2009）

			吟風	彗星
品質目標	精米タンパク質含有率（％）		6.8％未満（90％精白時）	
	千粒重		24g以上	25g以上
生育指標	生育期節	出穂期	上川中央部：7月6半旬頃 空知中南部：7月6半旬～8月1半旬	
	主要形質	幼穂形成期茎数	520本／㎡	
		穂数	500本／㎡	
		総粒数	28千粒／㎡	27千粒／㎡
		精玄米収量	590kg／10a	610kg／10a
	窒素吸収量	幼穂形成期	2～4 kgN／10a	
		出穂期	7.5kgN／10a	
		成熟期	10.0kgN／10a （14kgN以上の時、倒伏が懸念）	
対応する栽培技術	移植時期		上川中央部：5月6半旬頃（成苗） 5月20日頃（中苗） 空知中南部：5月5半旬～6半旬（成苗）	
	施肥量		施肥標準に準じる	
	タンパク質含有率の低減が優先される時	側条施肥	初期生育の向上やタンパク質含有率低減に有効。ただし千粒重が減少する場合があります留意する	
		栽植密度	初期生育不良の時、栽植密度の増加は初期生育の向上やタンパク質含有率低減に有効。ただし千粒重が減少する場合があります留意する	
	冷害危険期の深水管理		不稔の抑制はタンパク質含有率低減に極めて有効。不稔対策の徹底が必須である。 ※）品質目標のため、不稔歩合は「吟風」15％未満「彗星」18％未満が目安	
	収穫適期		出穂後の平均気温積算値 1050～1100℃	

（道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究主任 佐々木 亮）

10 冷凍加工用米飯向け品質

(1) 北海道米の冷凍米飯向け需要と「大地の星」の育成

1) 冷凍米飯向け需要

日本冷凍食品協会の統計資料によると、最近10年間（1999～2009年）（平11～21）の冷凍米飯（炒飯・ピラフ）は国内生産量で10～11万トン（冷凍食品全体の7.2%）、生産金額で350～400億円に達する巨大な市場である。

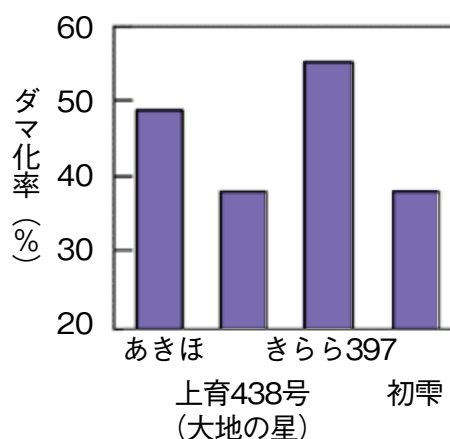
冷凍食品における製造原価は原材料の価格の比率が高く、冷凍食品の販売拡大には原材料の品質と価格のバランス、さらに、原材料を使いこなす加工技術が重要となるといわれている。

良食味米の市場が飽和状態にあるなか、加工適性に優れた調理・加工用として用途の明確な北海道米を安定供給することは、良食味北海道米の値崩れを防ぎ、従来の販路確保からさらなる拡大へ向けて重要な意味を持つと考えられる。

2) 冷凍加工用途に求められる特性

北海道米は冷凍米飯原料としての需要が高く、その加工適性評価や専用品種の開発、多収栽培法に関する試験が実施されてきた。中央農試は、冷凍米飯製造工程における加工適性と内部成分との関係を検討し、米飯物性を粒離れの指標値として、冷凍ピラフ原料米としてのアミロースおよびタンパク質含有率の適正値を明らかにした。また、原料品種の違いによるピラフの官能評価を実施し、ピラフ適品種の評価をおこなった（1998年）（平10）。

この研究を契機に、冷凍米飯専用品種の開発が進められた。中央農試は、米飯表面の粘り測定および製品のバラ化度を示す「ダマ化率」（図Ⅶ-36）による評価法を開発し、育成系統「上育438号（大地の星）」の優れた冷凍米飯適性を明らかにした。この研究は全国初の冷凍米飯適性品種「大地の星」の育成に大きく貢献した（2004年）（平16）。



図Ⅶ-36 小規模製造試験による冷凍米飯のダマ化率¹⁾（中央農試 2003）

「あきほ」：実需が使用している原料米
「上育438号」「きらら397」「初雫」：
中央農試／多肥（N15）2001年産

1) ダマ化率：冷凍米飯粒同士のバラケ度合の評価値で、8mm以上の塊の比率である。この数値が大きいとダマが多く冷凍米飯適性が低いと判断される。

(2) 「大地の星」の多収栽培法

1) 移植での多収栽培法

「大地の星」は現在空知・石狩の道央部を中心に688ha栽培されている（北海道農政部、2009年（平21））。「大地の星」は加工用品種として低コストかつ多収であることが求められるが、品種特性から十分な穂数の確保が難しく、低収となる事例が多く見られた。そこで、この品種に対応した安定多収栽培法について検討がなされ、冷凍米飯適性を落とさず、かつ目標収量650kg／10aを得るための栽培指標、育苗技術および施肥法について明らかにされた（表Ⅶ-23）。

表Ⅶ-23 収量650kg／10aを目標とした「大地の星」の安定多収栽培指針

育苗	播種	中苗マット：籾が大きいので、播種量は1割程度多く必要であり、播種量220ml／箱とする。 成苗ポット：播種機に厚播き用ロールを用い播種粒数は3～4粒／穴とする。
	育苗管理	温度管理を徹底し、3.7葉齢以下で移植する。
本田	生育	各生育時期の茎・穂数は、幼穂形成期500本／㎡、止葉期630本／㎡、成熟期600本／㎡を確保し、総籾数3万5千粒／㎡を目指す。
	基肥	施肥標準から窒素2～3kg／10a増肥する。
	移植	過度な深植えを避け、浅植えで分けつを促進する。
	水管理	浅水管理による初期分けつを促進する。冷害危険期の深水管理による不稔を防止する。
	追肥	幼穂形成期茎数500本／㎡に満たない場合は、幼穂形成期に窒素2kg／10a程度の追肥を行う。
	倒伏	止葉期の茎数が700本／㎡を超える場合は、倒伏の危険が高いので注意する。 やむを得ず倒伏軽減剤を使用する場合は、圃場全体の出穂状況から使用時期を判断する。
	収穫	登熟温度1050℃を目安に、試し刈りによって収穫適期を判定する。整粒歩合70%以上を目標とし、穂揃いが悪い場合には、刈遅れによる外観品質の低下に注意する。

注）苗床施肥、除草、防除は基準に従う。2007年（平19）普及推進事項。

2) 直播での多収栽培法

南空知を中心に「大地の星」の直播栽培が広がっており、2009年には600kg／10aの収量を達成するための低コスト栽培技術が提案された（表Ⅶ-24）。この提案では、目標収量を得るために必要な各種栽培指標が示されるとともに、コスト削減対策として酸素供給剤コーティングの省略や雑草発生に応じた除草剤の使用方法なども同時に示され、一俵一万円の低米価でも収益のある提案として出されている。

表Ⅶ-24 「大地の星」の直播栽培技術コスト低減対策のまとめ
(中央農試 2009)

●600kg／10a以上の安定確収に向けての目標値 1) 籾数；35,000粒／㎡程度 2) 成熟期窒素吸収量；12kgN／10a程度 3) 基肥は施肥標準から窒素2～3kg／10a増肥 4) 収穫適期の目安は登熟温度¹⁾で1,000℃ 5) 穂数；750本／㎡以上 6) 苗立ち本数；150本／㎡以上
●コスト削減の対策 1) 酸素供給剤コーティングの省略 ・播種量は20%増（泥炭地は10%増） ・落水期間中の積算温度²⁾は90℃ 2) 雑草発生に応じた除草剤の使用（図3）

1) 出穂期翌日から日最高最低平均気温の積算値

2) 播種日翌日から日最高最低平均気温より6℃を減じた値の積算値2009年（平21）普及推進事項

（道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ 研究主幹 柳原哲司）