

第1章 緒論

第1節 背景および研究目的

1-1 北海道稲作の歴史

北海道の水稲作付け面積は1969年に26万6千ha、米生産量は1968年には122万7千tを記録し、北海道における米生産の最盛期を向かえた（北海道農政部，2000）。

しかしその一方で、国民1人当たりの米の年間消費量は1962年を境に減少に転じており、1969年には一人当たりの年間米消費量が100kgを切るとともに、古米の在庫が550万tに達し、過剰生産が深刻化し始めた。この年から本格的な米の生産調整が始まり、中でも北海道は本州のどの県よりも大きな傾斜配分を課せられた。その結果、1980年には、転作目標11万ha、転作率41.6%となり、北海道の水稲作付け面積は15万4千haと大幅な減少を余儀なくされた。

北海道での米生産が、1960年代後半以降厳しい状況に置かれてきた背景には、消費者の良食味米志向の進行と北海道米品種の良食味化の出遅れがあった。1960年代後半になると「コシヒカリ」や「ササニシキ」の食味の良さが注目されはじめ、全国的な良食味米ブームであるいわゆる「ササ・コシ時代」に突入した。しかしその当時の北海道主力品種は、「ゆうなみ」、「イシカリ」といった、安定・多収のみを目標に育成された品種であり、食味の面では「ササ・コシ」に比べて明らかに劣っていた。そもそも全国平均を上回る生産調整が北海道に傾斜配分された背景には、東京、神奈川、愛知などの大消費地で北海道米の品質・食味に対する評価が低く、消費が激減していた影響が大きい。この時点で北海道米は社会的なニーズ変化への対応の遅れを反省せざるを得ない事態となった。

1-2 北海道米品質研究の経緯と現状

このような北海道稲作の存立に関わる事態を打破し、良食味品種の開発と北海道米の食味水準向上を図るために、北海道立農業試験場では1980年に「優良米の早期開発プロジェクト研究」がスタートした。この研究の中では、米の食味をアミロースや蛋白含有率、あるいはアミログラムやテクスチャーといった理化学的特性値に置き換え、それを育種に応用する、いわゆる成分育種の手法を全国に先駆けて開発し取り入れた（北海道立中央農

業試験場，1988）。その結果「ゆきひかり」（1984年）、「きらら397」（1988年）、「ほしのゆめ」（1996年）といった、その後の北海道を代表する良食味品種が開発され、全国的にも高い評価を得るようになった（日本穀物検定協会，2000）。

しかしこの間、本州各地でも同様の良食味品種の開発競争が繰り広げられ、「ササ・コシ」の生産拡大が困難な地域にも良食味品種の栽培が広がった。その代表的な品種が東北の「あきたこまち」（1984年）、「ひとめぼれ」（1991年）、九州の「ヒノヒカリ」（1988年）、「ユメヒカリ」（1990年）などである。これらの良食味品種はいずれも「コシヒカリ」に匹敵する食味の良さと、生産地域に見合った栽培形質を備えた品種である（東，1986）。1990年代になると、これら新世代良食味品種の登場により、日本全体の食味レベルは高度化し、その産地間差は縮小した。その結果現在では、北海道米に求められる「良食味」レベルが高度化すると共に、「良食味」以外の新たな価値基準を導入し、各用途別品質の高度化をも求められるという、厳しい米販売競争の中に置かれることとなった。

1-3 今後の北海道米販売戦略と本研究の目的

今後北海道米がこのような厳しい販売競争を勝ち抜くためには、他府県産品種に対して、北海道米の優位性を明確に示すことができる、新規用途の開拓と用途別品質の高度化が必要となる。このための生産対策として北海道農政部（1996）では、各地域の実情に合わせた集約的な産地形成を推進する事が重要であるとしている。その中では、経営規模の大きさや集荷率の高さなど、他府県にはない北海道の生産基盤の特徴を生かした生産カテゴリーとして、①「大ロットで均質な良食味米を安定的に供給しうる広域的な産地形成」、②「もち米専作団地による安定的・集約的な高品質もち米産地形成」、③「地域の創意・工夫を生かしながら多様な需要に対応する産地形成」の3つを掲げ、各地域の特徴を生かしながらこれらの産地形成を推進する方針を示している。広大で多様な生産地域を抱える北海道においては、各地域の実状に合わせていずれかのカテゴリーを選択し、それに見合った用途別品質高度化技術の開発・投入により北海道米品質全体のレベルアップを図る必要がある。

本研究は、北海道が進める集約的な産地形成政策を基礎として、北海道米の優位性を明確に示すための新規用途の開拓と、用途別品質の高度化技術の開発・研究に取り組み、北海道米の販売競争力強化に寄与することを目的とした。

1-4 具体的な技術課題の設定

本研究論文では前述の集約的な産地形成を推進するために有効な個別研究項目を取り上げ、以下のように各章・節に配置し、各技術課題について論じた。

本論文では、各生産カテゴリーに対する技術開発について論ずる前提条件として、北海道米の品質・食味現況を、府県良食味品種との比較から明らかにし、北海道米の食味上の問題点とその改善目標および今後必要となる技術的課題の明確化を試みた(第Ⅱ章)。その上で各生産カテゴリー産米品質の高度化のための技術解析をおこなった。

①「大口で均質な良食味米を安定的に供給しうる広域的な産地形成」を推進するために必要となる研究項目は、食味の地域間差を縮小し、広域産地内の米の食味の高位平準化を図るための技術開発と、現状品種を越える極めてレベルの高い食味を備えた「極良食味米品種」の開発である。食味の高位平準化のための研究テーマとして、土壌型の違いに基づく食味変動を減少させるための技術研究に取り組んだ。具体的には、他の土壌型より食味が劣り、道内水田面積の約21%を占める、泥炭地水田の食味改善対策として客土を取り上げ、客土が産米の食味に与える影響を詳細に解析するとともに、良食味米生産を目的とした施工基準の策定に取り組んだ(第Ⅲ章)。また、新たな食味評価法としては、これまでは機器測定が困難で、品種選抜項目に取り入れることができなかった、炊飯米の外観評価法開発について、府県に先駆けて取り組んだ(第Ⅳ章・第1節)。また、米粒中蛋白質と食味の関係に関して、さらに高度な解析を進める事を目的として、米粒中貯蔵蛋白質の分画定量法開発について検討し、食味と貯蔵蛋白質組成の関係解析、貯蔵蛋白質組成からみた北海道米の評価を行った(第Ⅳ章・第2節)。

次に、②「もち米専作団地による安定的・集約的な高品質もち米産地形成」のための研究項目としては、高度な加工適性を備えたもち米品種の開発が急務である。このための研究テーマとして、北海道もち米が今後具備す

べき特性を明らかにすると共に、加工適性の高い新品種育成に必要な選抜検定法の開発を試みた(第Ⅳ章・第3節)。

第3の生産カテゴリーである「地域の創意・工夫を生かしながら多様な需要に対応する産地形成」の推進に必要な研究項目とは、高度な利用適性を備えた、加工専用品種の開発と新たな社会ニーズに対応した、新規需要開拓のための検討である。本研究では、北海道初の酒造専用品種を開発を目的として、北海道米の酒造適性評価を行い、現状の問題点と品種開発に必要な条件の明確化を試みた(第Ⅳ章・第4節)。また、新たな社会ニーズに対応した新規需要開拓のための研究テーマとして、北海道米の低アレルゲン化技術について検討し、米アレルゲンの効率的測定法の開発と、高度精白処理による北海道米の低アレルゲン化の可能性について検討した(第Ⅳ章・第5節)。

以上、集約的な産地形成に関する3つの方向性は、それぞれ異なる技術的課題を含み、相互に矛盾する側面をも持つ。しかし、14万haもの広大な水田面積に多様な気象・土壌の変動を包含する北海道では、そこで生産される約70万tもの米を単一のブランド・銘柄として販売することは困難であり、各生産カテゴリーに適した、用途別品質の高度化方策を選択し割り振る必要がある。本研究で取り上げたテーマは、各カテゴリーにおける用途別品質の高度化方策の受け皿の一つとなるものである。

第2節 既往の研究成果

2-1 土壌型による食味の地域間差解消に関する

既往の研究

土壌型と食味および食味関連特性の関係については各地の報告がある。稲津(1988)は泥炭土は火山灰土に比べてアミログラム最高粘度およびブレークダウンは低く、加熱吸水率、膨張容積は大で、テクスチュログラムの硬さは大、粘りは小、で洪積堆土、沖積堆土、沖積堆土ではこの中間に位置し、テクスチュログラムの粘りと相関の高い成分はN含量のみであり、土壌中の窒素が食味特性に関与していると事を明らかにしている。また稲津(1990)は限られた地域で品種が同一で土壌型が異なる場合には米飯の硬さ、粘りに対してアミロース含量よりも蛋白質の含量が支配的になるとしている。南ら

(1971, 1973) も泥炭土では黄褐色土より蛋白質含量が高く、粘弾性は劣り、グライ土、礫質土はその中間で乾田タイプの土壌で食味特性が良好としている。平ら

(1972, 1973) は北海道産米の蛋白質含量を調査し、蛋白質含量に産地の差があり、同一産地(市町村)、同一品種においても泥炭土の産米は蛋白質含量が高く、これには土壌窒素の生育後期の無機化が原因していると考えている。平ら(1978) はまた同一の部落の泥炭土と沖積土水田の産米の蛋白質含量を調べ、泥炭層位の深い水田の産米の蛋白質含量が浅い層位の水田産のものより多かったと報じている。

茶村ら(1972) は新潟県産米を供試し、官能調査による食味は沖積土、第三紀層土(洪積土)で良く、泥炭土、火山灰土で劣った。食味が劣化したのは粘りの減少であり、生育後期の窒素過剰や倒伏のある条件、リン酸吸収係数の強い火山灰土で肥大、充実の良い米の食味が良かったという。泥炭土水田から生産された米は、グロブリンを主とする蛋白質が多いため食味が劣り、アミロース含量の影響は少なかったという。

狩野ら(1984) によると茨城県産米の蛋白質含量は、泥炭土がグライ土より高く、官能調査の食味が劣ったが、テクスチュログラム特性では土壌型の差が明らかでなかったとしている。また、岡本ら(1989) によれば、中国農試の産米で官能調査の粘りに玄米のN含量と負の、P含量と正の相関があり玄米のN含量は土壌の可給態N含量と正の相関があり、土壌型による粘りの差は土壌の可給態N含量の多少に影響されるとしている。小田原ら(1992) は灰色低地土と黒ボク土を用いたポット栽培で得られた米の成分を分析し、黒ボク土を用いた産米は灰色低地土を用いた産米よりN含量は高く、アミロース含量は低かったという。

2-2 米の食味評価法開発に関する既往の研究

米の食味評価に関する研究は、農林省食糧研究所(1961) が開発した統計処理による官能検査法をもとにして、食糧庁が食味試験実施要領を策定したことに端を発する。その後この官能検査法を基礎にして、これらの評価と関係の深い成分および理化学特性値を明らかにする食味評価法の研究が、主に谷(1958) 谷ら(1969)、竹生(1971, 1987)、および倉沢(1969a, 1969b, 1979) によりなされ、現在の食味評価研究の基礎が築かれた。

1970年代までには米の食味と関係の深い成分および理化学特性値として、精米の蛋白質含有率、アミロース含有率、精米粉のアミログラム特性値のうち最高粘度およびブレイクダウン、炊飯液のヨード呈色度、米飯のテクスチュロメーター特性のうち硬さ、付着性などがリストアップされ、竹生ら(1983, 85) はこれらの測定項目を多変量解析する手法を用いて食味判定式を導き出した。この食味の定量化が現在の食味測定装置開発の契機となった。

また、これら以外の米粒中成分および特性と米の食味の関係について研究された事例としては、結合脂質と食味特性値の関係(石井ら, 1972)、白米中無機成分と食味の関係に関する研究(堀野ら, 1987; 岡本ら, 1988)、炊飯米の細胞構造と食味の関係に関する一連の研究(松田, 1997)、細胞壁成分と食味に関する研究(渋谷ら, 1983, 1984, 渋谷, 1990)、炊飯米表面の保水膜と食味の関係および味度と呼ばれるこの測定値に関する研究(雑賀, 1991)、炊飯米の光沢による良食味系統の簡易検定法に関する研究(藤巻ら, 1975)などがあげられる。

北海道における食味特性の研究は育種・化学両面から1960年代の中頃から本格的に開始され(稲津ら, 1974, 1976, 1978; 佐々木ら, 1977, 1980)、1970年代中頃にはオートアナライザー、近赤外分光光度計を用いた微量・迅速測定法を確立するとともに、テクスチュログラムやアミログラムの測定法を改良し、これら理化学的特性を育種の選抜に適用することを可能にした。1980年から継続的に実施されている優良米の開発プロジェクトでは、これら食味に関与する理化学特性の測定を、育種における選抜指標に組み入れ、「ゆきひかり」(和田ら1986)、「きらら397」(佐々木ら, 1990)といった北海道を代表する良食味品種の開発に成功した。

2-3 北海道米の加工適性に関する既往の研究

北海道もち米の加工適性を主題として、統一的な測定法により系統的な多数試料を測定した既往の研究報告は見あたらない。しかし、もち米の加工適性全般に関するいくつかの報告で、供試試料として用いられ、その特徴について触れられている。それらによると府県産もち米に比較した北海道もち米の特徴は、碎米粒割合が高く、精米歩留まりが低い(柳瀬ら, 1981)、硬化性が低い

(江川ら, 1990, 柳瀬ら, 1982), アミログラム特性のうち糊化開始温度, 最低粘度, コンシステンシーが低い(柳瀬ら, 1982), もち生地の膨化伸展性が低い(柳瀬ら, 1984), 白色度が特に低い, また, 素焼き製品の性状が伸び不足・肌あれ・強い黄色味で劣る(有坂ら, 1988)といった問題点が指摘されている。しかし, これらの指摘は, いずれも1~数点づつの試料の分析結果であり, 試料, 測定法もその都度異なるものであるため, 北海道もち米全体の品質を示すかどうかは不明である。また, 具体的にどの項目がどの程度異なるか, 統一的な測定法による数値で示されていないため, 改善目標が曖昧なままであった。

北海道米が酒造用として本格的に使用され始めたのは, 北海道の稲作が比較的安定し始めた1950年代になってからである(国税庁醸造試験所, 1993)。雪害による本州産米の入荷に悩まされていた道内酒造業界の間で北海道米による清酒醸造を求める声があがるようになり, 1962年~1973年に亘り, 北海道立工業試験場および札幌国税局鑑定官室において北海道米の酒造適性の検討が繰り返し行われた(赤井ら, 1962; 山田, 1962; 高橋, 1962; 佐伯ら, 1973)。

その結果当時の北海道米は, 小粒で精米により胚芽がとれにくい, 吸水性が低く上米の硬化速度が速い, 成分的には粗蛋白質, カリウムの含量が高いことが判明した。そのため, 東北産米に比して, 発酵が進みがちで短期にもろみになりやすく, 製成酒の日本酒度はやや辛口に, アルコール度数はやや高めになる傾向があった(野本ら, 1992)。

その後1976~84酒造年度の酒米研究会データをとりまとめた報告(宮野, 1986)からは, 北海道産米は玄米水分が高く, 20分吸水性が低いことから, 吸水率比, 蒸米吸水率など吸水性が特異的に低く, 成分的には粗蛋白質, カリウム含量が高いことが指摘されている。また, 岡崎ら(1988)の行った1976~84酒造年度の酒米研究会データのクラスター分析によると, 北海道米はデンドログラム上酒造好適米とは最も遠い位置にあることが明らかにされている。

以上, 1970年代までの北海道米については, 酒造適性に関する欠点に加えて, 食味の悪さからくるマイナスイメージも伴い, 北海道の酒造業界ではあまり使用されていなかった。しかし, その後の品種改良により, 登場した新品種の酒造適性については詳しく検討されておらず, 現状の北海道米の酒造適性は明らかではない。

2-4 米アレルギーに関する既往の研究

米は従来日本人にとってアレルギーを引き起こしにくい食物と考えられていたが, 池澤(1990)により, アトピー性皮膚炎の重症度と米のRASTスコアが高い相関を示すことが明らかにされ社会的な関心が高まった。

米アレルギーについてはShibasaki *et al.* (1979)の研究があり, 米のグロブリン画分に主要なアレルギー成分のあることが見いだされていた。その後アレルギー患者血清との反応を指標として, 塩可溶蛋白質画分から分子量約16,000の蛋白質がアレルギーとして同定・精製されている(Matsuda *et al.*, 1988)。しかし, 米アレルギー発症のメカニズムについては不明な点も多く, 決定的な治療法の完成には至っていない。また, 工業的にアレルギーを低減化した米が開発されてきた(笹川, 1994; 池澤ら, 1991, 1999; 渡辺, 1992; 中条ら, 1998)。これらの代用食品は, いずれも一定の有効性が報告されているが, 食味や価格面から継続的な使用が難しい場合もある。

このような背景から臨床現場では, 食味や価格が一般の精白米に近く, 低蛋白含量である高度精白米を経験的に利用する例が以前から認められており, 後木

(1992), 長谷川ら(1998b)は, 米アレルギー患者に対して高度精白米を利用し, 症状の改善に有効であった臨床事例について報告している。また, 北海道では米品種による症状発現性の違いも指摘されており, 実際の治療に取り入れて多くの臨床実績を重ねている(長谷川ら, 1998a)。しかし, 精白歩合および米品種とアレルギー性に関する臨床での利用実態や, 有効性の生化学的根拠についてはこれまで詳しく検討されておらず, いわゆる低アレルギー米として認知されるには至っていない。

第II章 北海道の良食味米生産現況と技術目標の設定

第1節 背景と目的

かつては外見形質、食味の不良から消費が激減した北海道米であるが、新品種の開発、栽培技術の確立と普及によりその食味は着実に向上しつつあり、代表的産地で生産された「きらら397」および「ほしのゆめ」は、全国的規模で実施されている食味官能試験でも、府県の平均的な良食味品種と同等の評価を得る場合も多くなった（日本穀物検定協会、2000）。しかし実需者の評価は厳しく、北海道米は市場取引価格の面からは未だに府県良食味品種の一ランク下位に位置づけられており、これを府県品種と同等レベルまで引き上げる必要がある。このためには、まず北海道米全体の品質・食味レベルの現況を正確に把握し、問題点の抽出と改善目標を示すことが必要である。

そこで本章では、集約的な産地形成と各地域の生産力テグリー区分を推進するための前提条件として、府県良食味品種に比較した、北海道米の食味特性現況を明らかにするとともに、食味を向上させるために必要な条件を明確化し、具体的な数値目標を設定することを目的とした。

第2節 研究方法

2-1 供試試料

北海道米分析試料は、1991～1996年にかけて、北海道内46地点の奨励品種現地検討試験圃場で栽培された玄米試料を用いた。品種は「ほしのゆめ」（43点）、「きらら397」（94点）、「ほのか224」（8点）、「あきほ」（42点）、「ゆきひかり」（81点）、「ゆきまる」（49点）、「ゆきひかり125」（14点）の合計331点を供試した。府県良食味品種分析試料は、1991～1996年にかけて、農水省地方農試、各県農業試験場40カ所より提供を受けた「コシヒカリ」（59点）、「ササニシキ」（17点）、「ひとめぼれ」（33点）、「あきたこまち」（23点）、「キヌヒカリ」（22点）、「ヒノヒカリ」（22点）、合計176点を用いた。また、上川農試および中央農業試験場において、北海道で1950年

以降に育成された品種を栽培し、育成年代とアミロースおよび蛋白含有率の関係を検討した。玄米試料は白度および色彩分析に供試後、試験用精米機（YAMAMOTO 試験用精米機）により、90%精白米を調製した。白度、色彩分析およびテクスチャー分析に供試した後、ブラベンダー社のテストミルにより粉碎し、アミロース、蛋白含有率、熱糊化性の測定に供した。

2-2 分析方法

玄米および白米の白度の測定は白度計（ケット社C-300）を用いて白度計マニュアルに従い3反復測定した。Lab表色系（CIE, 1976）による色彩分析は、カラーアナライザー（日本電色TC-1800MK-II）を用い、25mmシャーレ型石英セルに試料を充填し、機器マニュアルに従い、L*、a*、b*値を3反復測定した。アミロース含有率はオートアナライザー（テクニコン社）、蛋白含有率はインフラライザー500（ブラン・ルーベ社）を用いた稲津（1988）の方法により測定した。米粉の熱糊化性は、ピスコグラフ（ブラベンダー社）を用いた稲津（1988）の方法に従った。また、RVA（フォス・ジャパン）の測定は、豊島らの方法（1997）に従った。米飯粒のテクスチャーはテクスチュロメーター（全研）およびテンシプレッサー（竹本工業）により3粒法（稲津、1988）で測定した。測定データは北海道米と府県品種各年時毎に平均値および標準偏差を求め、バーグラフと誤差線で示した。

2-3 食味試験

食味試験は、前記供試試料のうち、北海道および府県品種58点につき、農林省食糧研究所（1961）の方法に準じ、農業試験場研究員20名をパネルとして実施した。

2-4 APS計算方法

アミロースおよび蛋白含有率から計算される、米の食味の総合指標値であるAPS（稲津ら、1990）は次式により計算し求めた。

$$APS = 0.6 \times (24 - \text{アミロース含有率}\%) \times 100/8 + 0.4 \times (100 - \text{蛋白含有率}\text{mg/g}) \times 10/5$$

2-5 良食味栽培比率区分方法

水稻優良品種地帯別作付基準（北海道農政部、2000）に従い、奨決現地圃場の属する地帯の「ほしの

ゆめ」作付比率目標が40%の地点をA, 30%の地点をB, それ以下の作付比率の地点をCとして区分した。

第3節 結果および考察

3-1 外見形質

ここでは、米の外見形質として、流通上最も重要な評価指標となっている白度について検討した。白度は、米の白さに関する測定値であり、卸、中卸、精米業者などにより簡易な米の品質評価指標値として導入されている形質である。測定はケット社の白度計を用いる方法が最も一般的であり、同社の規格による白度の絶対値が広く利用されている。流通業界からの北海道米に対する要望には「白度の向上」が数多く寄せられており、従来から北海道米の白度が府県産米より劣るとの指摘は強かった(上川農業試験場, 2000)。

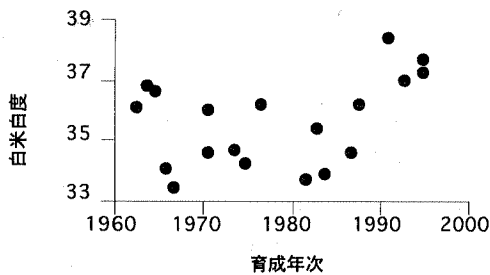
1990年代に開発された北海道の良食味新品種は、そ

れ以前の品種に比較して白度は顕著に向上しているが(図Ⅱ2-1), 現状での北海道米と府県良食味品種との全体的な差は明らかではない。そこで, 1992年から1996年の5年間にわたり両者の白度を比較分析した結果を図Ⅱ2-2に示した。

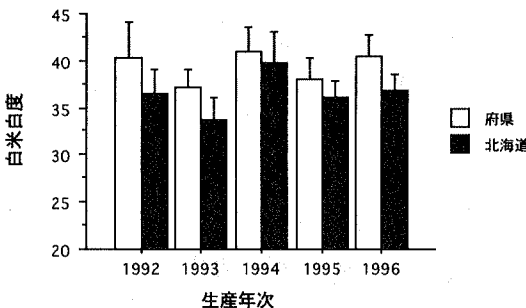
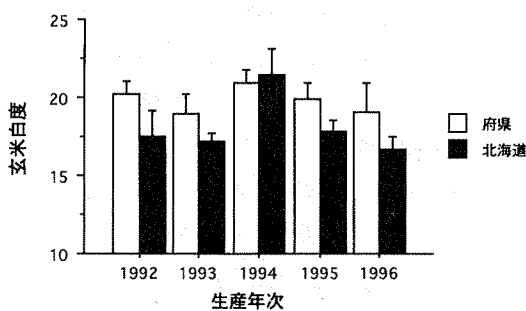
白度は年次間での変動が大きく, 低温年で低く, 高温年では高くなりやすい傾向があるが, 各年次, 玄米, 白米とも北海道米は府県品種に比較して白度が低いことが明らかとなった。品種改良により, 従前の北海道米より確実に向上している白度であるが, 全体の平均値としては, さらに向上の余地があると考えられた。

玄米, 白米の白さだけではなく, 色調も流通段階では重要な外見形質である。北海道米の外見的特徴をより明らかにするために, カラーアナライザーを用いて国際的な標準表色系であるL a b表色系(CIE, 1976)による比較をおこなった(図Ⅱ2-3, 4)。

明度を示すL*値は玄米, 白米とも府県品種より低い

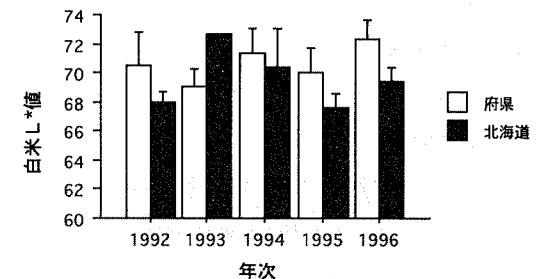
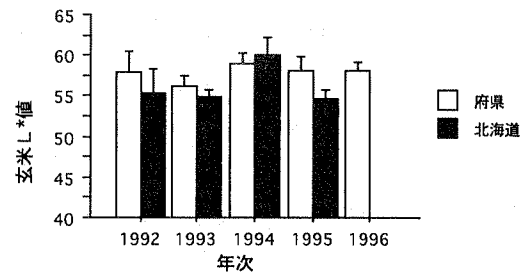


図Ⅱ2-1 北海道米の育成年次と白度の関係



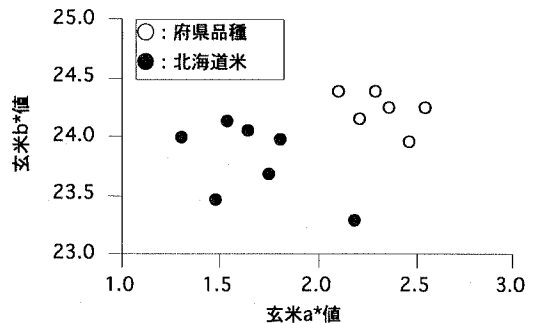
図Ⅱ2-2 玄米および白米白度の北海道・府県比較

*バーの高さは平均値, 誤差線の幅は標準偏差を示す



図Ⅱ2-3 玄米および白米L*の北海道・府県比較

*バーの高さは平均値, 誤差線の幅は標準偏差を示す



図Ⅱ2-4 玄米色調の北海道・府県比較

値を示し、白度とほぼ同様の傾向を示した。また、玄米外見色の特徴としては、赤味度を示すa*値および黄色味を示すb*が低いことから、全体的に暗く、青味(緑)の強い未熟米と同様の外見的特徴を示すことが明らかとなった。以上をまとめると、北海道米の外見形質は現況でも府県良食味品種に比較してやや劣ると判断された。

次にこの要因について検討をおこなった。北海道および府県品種の全供試品種を用いて、白米白度と他の形質との関係を検討したところ、蛋白含有率と有意な負の相関が認められた(図II 2-5)。すなわち、蛋白含有率が高い米は白度が低くなる傾向にあることが明らかとなった。また、玄米での青み(緑)の強い外見的特徴は、一般的には未熟粒の特徴である。すなわち、籾の成熟が十分に完了しておらず、糠層の葉緑素が残存して緑色を呈すると思われる。そこで、玄米外見形質の区分である未熟粒歩合と、蛋白含有率の関係を検討したところ、蛋白含有率が高い試料は未熟粒歩合が高く、これが玄米色を暗化させている要因の1つと考えられた(図II 2-6)。この結果は、北海道での水稻の登熟期間が府県に比較して短いために、気象条件によっては未熟粒が発生しやすい特徴を繁栄したものと考えられた。

以上から北海道米の外見品質の現状は、府県良食味品種に比較して白米白度が低く、玄米の色調が全体的に暗

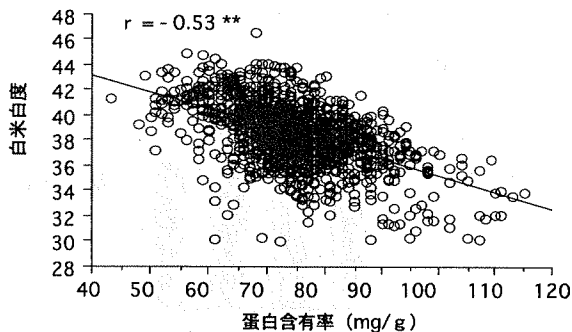
く、青味(緑)の強い特徴があることが明らかとなった。また、これらの原因として蛋白含有率が高いことが重要な要因となっていると考えられた。

3-2 アミロース含有率

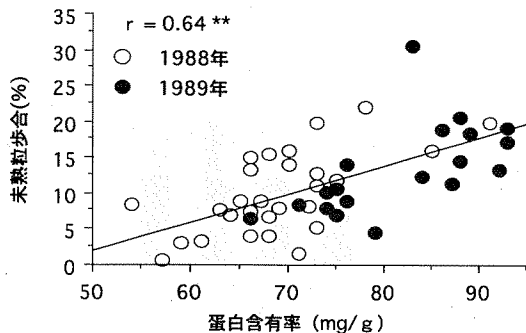
1970年から実施された優良米の早期開発試験の中で、北海道米は府県品種に比較してアミロース含有率が平均3.3%程度高いことが指摘され、これが当時北海道米の食味不良の主な要因であることが明らかとなった(北海道立中央農業試験場, 1988)。そのため、稲津(1988)により品種育成の選抜検定法として、オートアナライザーを用いたアミロース含有率の測定が導入された。その結果、1980年代以降開発された北海道米はアミロース含有率が顕著に低下し(図II 2-7)、近年の北海道米の食味向上に大きく寄与した(北海道立中央農業試験場, 1988)。

しかし、アミロース含有率は登熟温度と密接な関係があり、年次及び産地により変動することが明らかにされている(稲津, 1979)。そこで、北海道米アミロース含有率の全体的な現況を把握するために、全道各地に分散する奨励品種決定現地試験圃場で生産された米のアミロース含有率を、府県良食味品種と年次毎に比較して図II 2-8に示した。

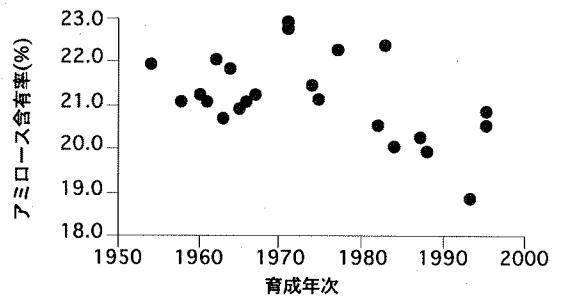
米のアミロース含有率は、大きな年次間差が認められた。これは稲津(1988)が明らかにしたように、登熟



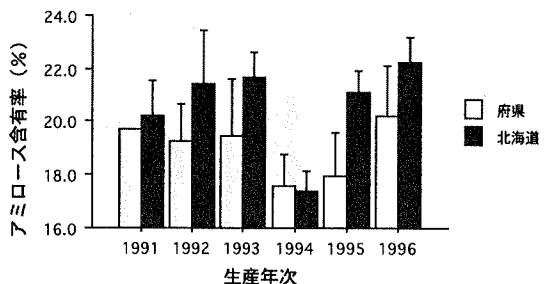
図II 2-5 蛋白含有率と白米白度の関係



図II 2-6 蛋白含有率と未熟粒歩合の関係



図II 2-7 北海道米の育成年次とアミロース含有率の関係



図II 2-8 アミロース含有率の北海道・府県比較
*バーの高さは平均値、誤差線の幅は標準偏差を示す

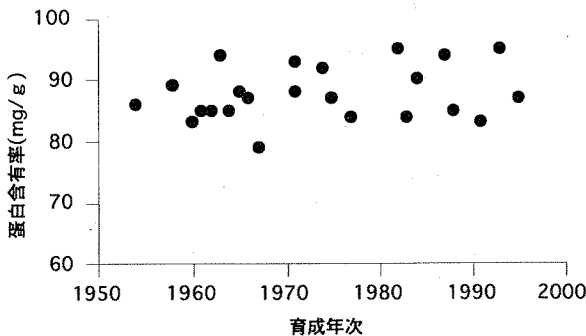
期の積算気温を反映したものと考えられる。いずれにしても、北海道米のアミロース含有率は、現況でも府県良食味品種に比較して平均1%程度高いことが明らかとなった。

3-3 蛋白含有率

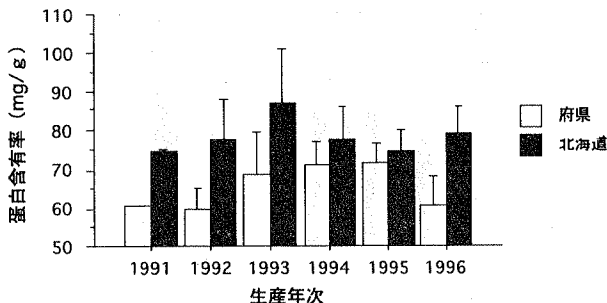
蛋白含有率はアミロース含有率と共に、米の食味を支配する2大要因と考えられており、高蛋白米は食味を低下させるという報告が数多くある(石間ら, 1974)。稲津(1988)は、北海道米の蛋白含有率は府県品種より高く、かつ変動が大きいことを明らかにし、これが北海道米の食味不良要因の一つとして指摘している。その結果、蛋白含有率の測定が品種育成の検定項目として取り入れられ、その測定に近赤外分光測定装置が採用された。この簡易分析測定機の導入により、育成の極初期世代からの蛋白含有率の測定が可能となったが、残念ながら品種選抜段階での低蛋白化の効果は小さかった(図II 2-9)

これは、稲津(1988)が指摘しているように蛋白含有率の変動は品種よりも土壌や栽培条件に大きく影響を受けるためと考えられ、食味向上を目的とした低蛋白化には、品種改良に加えて、土壌改良や栽培法の改善などの技術対策がより重要と考えられる。蛋白含有率の府県品種との年次比較を図II 2-10に示した。

いずれの年次でも北海道米の方が平均1.5%程度高く



図II 2-9 北海道米の育成年次と蛋白含有率の関係



図II 2-10 蛋白含有率の北海道・府県比較

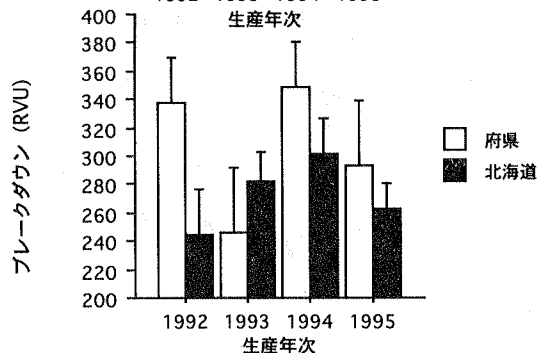
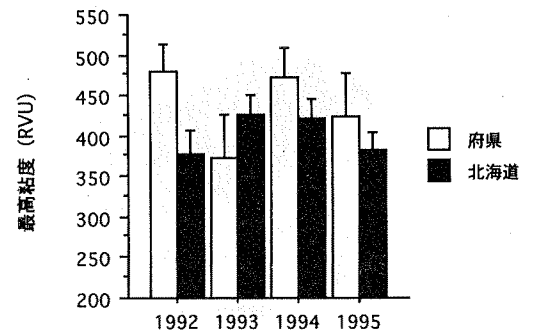
*バーの高さは平均値、誤差線の幅は標準偏差を示す

推移していた。しかし現況の平均蛋白含有率(79mg/g)は、稲津(1988)が報告した1980, 83年における北海道米の平均84mg/gに比較して明らかに低下しており、これは、低蛋白米生産技術の積極的普及指導効果のあらわれと考えられる。

3-4 熱糊化性

米粉の熱糊化性は米の食味と関連深い特性値の一つであり(竹生ら, 1985)、ブラベンダー社のビスコグラフ(アミログラフ)による最高粘度値(MV)およびブレイクダウン値(BD)により示されるのが最も一般的である。稲津(1988)は米粉の熱糊化性測定のために、アミログラフを用い北海道米と府県産米の熱糊化性の違いを明らかにした。また、アミログラム最高粘度値は北海道での良食味品種育成上の一つの指標値として用いられてきた(北海道立中央農業試験場, 1988)。

しかし、この測定法には米粉試料が40g程度必要であるほか、測定時間が一点60分程度かかることから、少量試料の分析や多数点の分析には不向きであった。この欠点を解消するために、Newport Scientific社によりアミログラフを小型化した測定装置(RapidVisco Analyser : RVA)が開発された。この装置は原理的にはアミログラフと同様な加熱・冷却回転粘度計であるが使用する試料が3~5g程度で測定可能で、最高粘度値の測定時間も10分程度で完了するため、多数点試料の分



図II 2-11 RVA特性値の北海道・府県比較

*バーの高さは平均値、誤差線の幅は標準偏差を示す

析には極めて有効である。1994年には全国の試験研究機関が参加して、米粉試料に対する測定条件統一のための検討が行われ、熱糊化性の測定に有効であることが示された(豊島ら, 1997)。

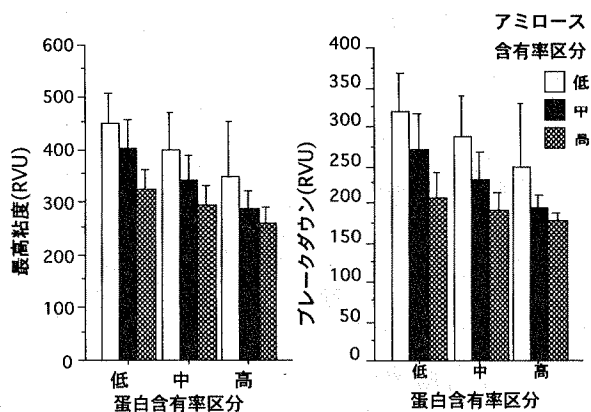
本研究では米粉の熱糊化性の測定にこのRVAを導入し、北海道・府県品種の熱糊化性の比較分析をおこなった。RVA最高粘度値およびブレイクダウン値の比較分析結果を図II 2-11に示した。

北海道米の最高粘度およびブレイクダウン値は府県品種に比較して低い傾向が明らかとなった。稲津

(1988)によるアミログラム粘度の比較でも北海道米の熱糊化性が劣る同様の結果が示されており、現況においても北海道米の熱糊化性は府県品種に劣ることが明らかとなった。

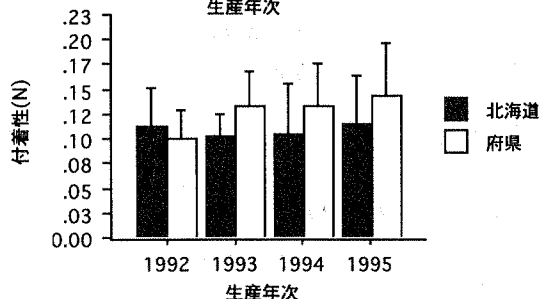
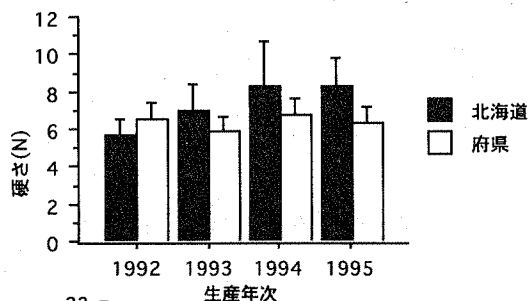
ところで、稲津(1988)は結果の中で、アミログラム特性値と他の諸形質の関係を検討し、アミロース含有率と極めて密接な負の相関があることを示している。そこで、本研究でもRVA特性値とアミロース含有率との関係を検討すると共に、蛋白含有率との関係についても合わせて検討した(図II 2-12)。

RVA特性値はアミログラム特性値と同様にアミロース含有率が低いと高まる傾向が認められた。また、それと同時に蛋白含有率とも明確な関係が認められ、アミロース含有率が同程度であれば、蛋白含有率が低い試料ほど熱糊化性が高い傾向が明らかとなった。稲津のデータでは蛋白含有率と熱糊化性の関係は明確には示されていないにもかかわらず、このような関係が認められたことは、北海道米の熱糊化性を規定する要因として、近年ではアミロース含有率に加えて蛋白含有率の比重が、か



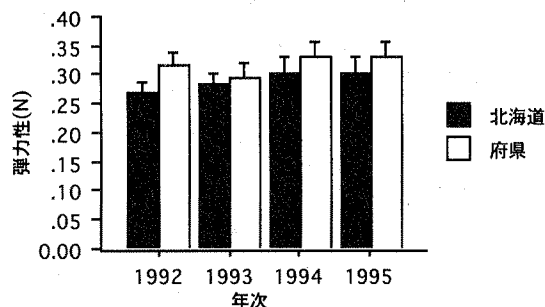
図II 2-12 アミロース・蛋白含有率とRVA特性値の関係
*バーの高さは平均値、誤差線の幅は標準偏差を示す

アミロース含有率区分: 低 (20%未満), 中 (20.0~21.9%), 高 (22%以上)
蛋白含有率区分: 低 (70mg/g未満), 中 (70~89mg/g), 高 (90mg/g以上)



図II 2-13 テンシプレッサー測定値の北海道府県比較

*バーの高さは平均値、誤差線の幅は標準偏差を示す



図II 2-14 テンシプレッサー測定値の北海道府県比較

*バーの高さは平均値、誤差線の幅は標準偏差を示す

つてより高まっていることを示していることが推察された。熱糊化性向上の面からも蛋白含有率の低減化が重要な要因であることが明らかとなった。

3-5 テクスチャー

炊飯米のテクスチャー(硬さと粘り)は米の食味を数値化する際に最も重要な要素である(竹生, 1964)。北海道では米飯のテクスチャーの測定にテクスチュロメーターを用いて指標としてきた(北海道立中央農業試験場, 1988)。その後、新しいテクスチャー測定機器が開発され、さまざまな改良がなされてきた(杉山ら, 1990; 辻, 1980, 1981)。テンシプレッサーは、竹本工業で開発された改良型のテクスチュロメーターである。プランジャーの着脱が可能になりさまざまな形状のプランジャーが利用できることと、測定データの管理がコンピュータ制御となり、詳細なレオロジー解析が容易になった点が主な改良点である。本研究ではこの機器に

より現況北海道米のテクスチャーを評価した。図II 2-13に府県品種との比較を示した。

テンシプレッサーによる炊飯米の硬さは概して北海道米の方が高く付着性は府県品種の方が高かった。この傾向は稲津(1988)がテクスチュロメーターにより比較測定した傾向と同様であるが、その差は当時より小さくなっており、年次によっては逆転する場合もあった。また、テンシプレッサーの測定値から計算される弾力性は府県品種の方が高く、炊飯米のテクスチャーについてもなお向上の余地が残されている現況が示された(図II 2-14)。

3-6 食味向上目標の設定

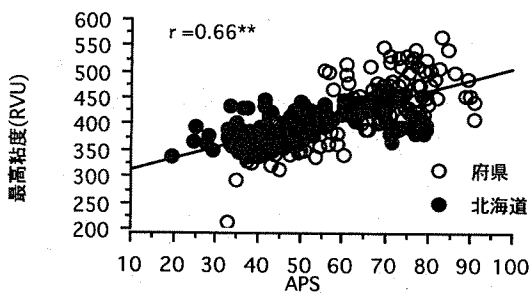
北海道米の食味特性値の現況をまとめると、良食味新品種の開発や良食味生産技術の普及・指導により、かつての北海道米より外見形質および食味は明らかに向上しているが、依然として府県品種に比較して一定の差が認められ、なお一層の向上努力が求められる。また、これらの要因としてアミロース含有率と蛋白含有率の影響が依然として大きく、特に近年では蛋白含有率の重要性が増していると考えられる。

以上のように、北海道米の食味特性は現況でもアミロースと蛋白含有率の影響を強く受けていることが明らかとなった。そこで、両者を統合した北海道米の目標値

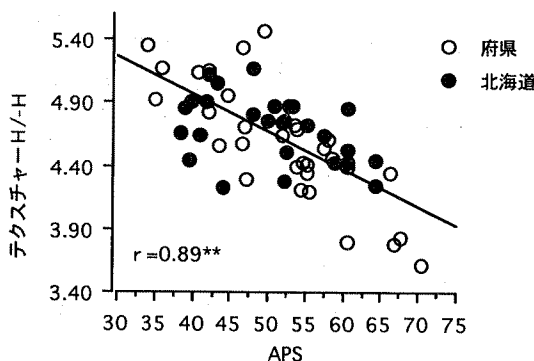
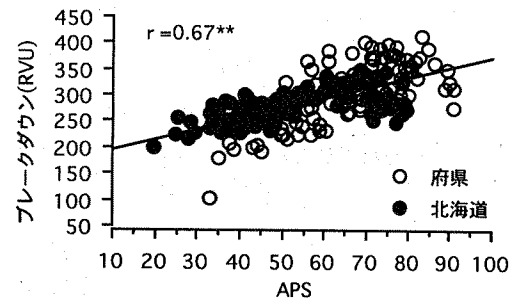
を設定する事を試み、稲津ら(1990)が提案したAPS(アミロース・プロテインスコア)を用いることを検討した。APSは、米の食味を大きく支配する2成分を統合し、わかりやすく示すことを目的とした指標値で、アミロース含有率16%、蛋白含有率5%の米が100点、24%、10%の米が0点と計算されるように作られており、ほぼこの範囲の分布を示す国内産米の食味評価に適している。本研究で用いた試料のAPSと熱糊化性、テクスチャーおよび食味試験の結果の関係を示したのが図II 2-15, 16, 17である。

熱糊化性、テクスチャーはアミロースや蛋白含有率単独で推定するより明らかに密接な相関が認められた。また、官能試験による食味総合評価値も、APSにより良く説明でき、府県と北海道も同一の直線にのることから、当面はこのAPSを食味向上の指標として、これを高めるような品種開発および栽培技術開発を推進することが有効であると考えられた。図II 2-18に1991~1966年産米のAPSを北海道米と府県良食味品種で比較した。

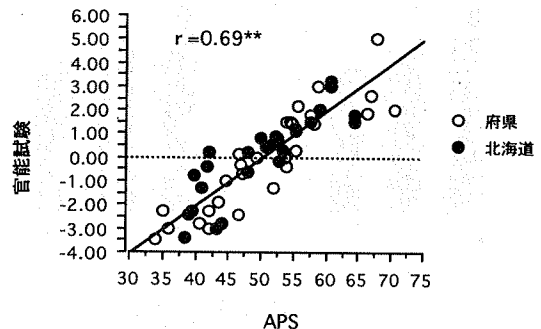
府県良食味品種は年次を通してほぼ安定して60前後のAPSを示し、北海道米はほぼ25~50の範囲で変動していることから、当面APS60を北海道米全体の目標とすることが妥当と考えられた。この値は、アミロース含有率19.5%かつ蛋白含有率68mg/gに当たる値であり、こ



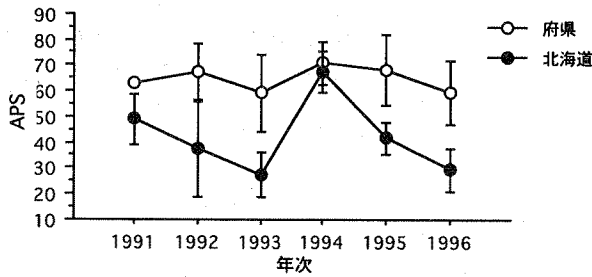
図II 2-15 APSとRVA特性値の関係



図II 2-16 APSとテクスチャーの関係



図II 2-17 APSと官能試験の関係



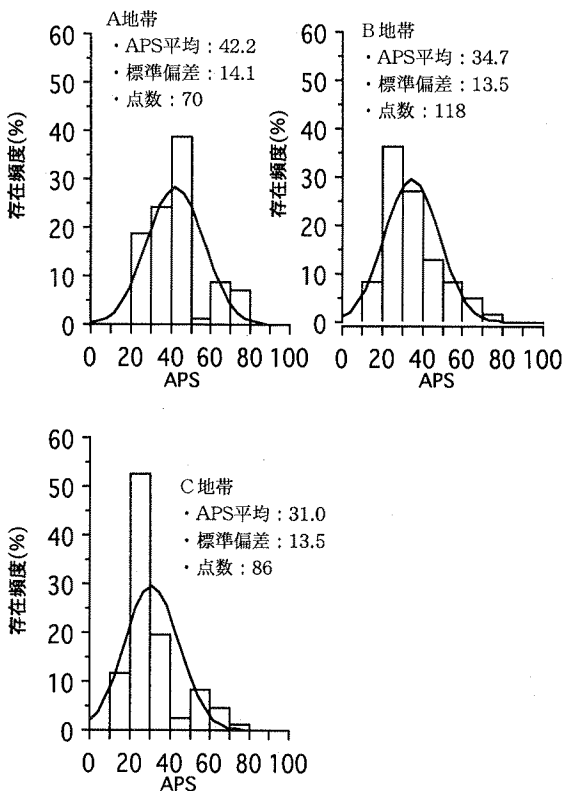
図II 2-18 1991~1996年におけるAPSの北海道府県比較
*記号の位置は平均値, 誤差線の幅は標準偏差を示す

これまでの北海道米の実績から考慮すると、良食味生産地帯では達成可能な数値である。

3-7 生産地域による食味の差異

これまでの検討では、北海道米全体の平均値と府県品種との比較を行ってきたが、緒論で述べたように、さまざまな生産環境で生産される北海道米は、地域による食味の格差が大きい。そこで、研究方法に示した方法で北海道内29の地帯区分を、良食味品種の作付け割合を元にA, B, Cに3区分し、それぞれの区分毎にAPSの頻度分布を比較したのが図II 2-19である。

その結果、APSはA>B>Cの順に高く、気象条件による地帯区分とほぼ対応する傾向を示し、特にC地域の



図II 2-19 北海道内の地帯区分別APS頻度分布 (1991~1996年平均)

ように気象条件の厳しい地域の地帯の産米が北海道米全体のAPSを低下させる要因となっていると考えられた。また、最もAPSの高いA地域でも、食味の変動幅は大きく、気象以外の要因による食味変動を考慮し、これを解消する技術の必要性が認められた。

以上の事から、集約的な産地形成に基づく各地域の生産カテゴリー分けには、気象条件による地帯区分を基礎にすることが有効と考えられ、A地域のように良食味米品種生産が可能な地帯においては、極良食味新品種の作付けと地帯内での食味変動解消技術の投入を図り、「大ロットで均質な良食味米を安定的に供給しうる広域的な産地形成」を推進する一方で、C地域のように気象的に良食味米生産が困難な地帯では、「地域の創意・工夫を生かしながら多様な需要に対応する産地形成」を進めるために、食味以外の新規用途の開拓と、用途別品質の高度化技術の導入を検討する必要があると考えられた。次章以降では、順次これらに対応した個別技術の検討を行うこととする。

第4節 小括

集約的な産地形成と各地域の生産カテゴリー区分を推進するための前提条件として、府県良食味品種に比較した、北海道米の食味特性現況を明らかにするとともに、食味を向上させるために必要な条件を明確化し、具体的な数値目標を設定するための検討を行った。

- 1) 北海道米の食味特性値の現況は、新品種の開発や良食味生産技術の普及・指導により、1980年代に比較して明らかに向上しているが、依然として府県品種に比較して白度、熱糊化性およびテクスチャーは劣っていることが明らかとなった。これらの要因としては、アミロース含有率と蛋白含有率の影響が大きく、特に近年は北海道内での食味特性の変動要因として蛋白含有率の重要性が増していると考えられた。
- 2) アミロース含有率と蛋白含有率を総合化した指標であるAPSを用い、この指標値60を北海道米全体の当面の目標とすることを提案した。この値は、アミロース含有率19.5%かつ蛋白含有率68mg/gで達成される値であり、これまでの北海道米の実績から考慮して実現可能な目標と考えられた。
- 3) 集約的な産地形成に基づく各地域の生産カテゴリー

区分には、気象条件による地帯区分を基礎にすることが有効と考えられ、良食味米品種生産可能地帯では、極良食味新品種と地帯内での食味変動解消技術の投入を図り、「大ロットで均質な良食味米を安定的に供給しうる広域的な産地形成」を推進する一方で、気象的

に良食味米生産が困難な地帯では、「地域の創意・工夫を生かしながら多様な需要に対応する産地形成」を推進するために、食味以外の新規用途の開拓と、用途別品質の高度化方策の導入を検討する必要があると考えられた。