

馬鈴薯澱粉の特性と用途

山本 和夫*

1. はじめに

我が国の年間澱粉総需要量は約300万トン、このうち国内産原料（馬鈴薯と甘藷）で製造される澱粉は約1割の30万トン前後である。国内産馬鈴薯からの澱粉製造量は約24万トンで、北海道産馬鈴薯220～230万トンの約50%が澱粉原料として使用される。このように馬鈴薯は、甜菜、小麦、豆類とともに北海道の畑作輪作体系を維持するために欠かせない重要な作物になっている。

近年、安価で、利用特性に優れた輸入加工澱粉が急速に増加し、国内産原料を用いて製造される馬鈴薯澱粉は市場において窮地に追い込まれている。このため、澱粉原料用馬鈴薯の生産量は減少傾向にある。

本稿では、工業的に製造される他種澱粉との比較により、馬鈴薯澱粉の諸特性を明らかにし、馬鈴薯澱粉の従来の固有用途、ユーザーニーズの変化、および、新たなニーズに対応する馬鈴薯澱粉について述べる。

2. 馬鈴薯澱粉の諸特性

1) 澱粉粒径と形態

馬鈴薯澱粉は粒径が大きく、その分布が広く、5-100 μm の範囲にあるとされる。形態は、粒径により異なり、小粒子は球状であるが、粒子が大きくなるにしたがい卵形になる。自然沈降型粒度分布計で測定

した平均粒径は、馬鈴薯（29.0 μm ）、小麦（13.7 μm ）、トウモロコシ（11.2 μm ）、キャッサバ（10.5 μm ）、甘藷（8.5 μm ）の順に小さかった。

2) 無機成分

穀類澱粉に比べ、根茎澱粉のリン酸含量は高い¹⁾。馬鈴薯澱粉のリン酸含量は非常に高く、リン酸は澱粉分子とモノエステル結合で結合しており、カチオン交換能を有する。カチオンの種類と含量は澱粉の製造用水に依存する。

3) 糊化特性

ブラベンダーアミログラフによる加熱過程の粘度曲線から、馬鈴薯澱粉は、糊化開始温度、ピーク粘度時温度が低く、ピーク粘度が高く、ブレイクダウンが大きいことが示される（図1）²⁾。このことは、馬鈴

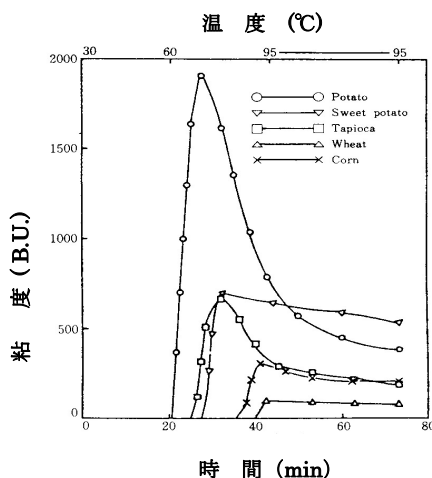


図1 各種澱粉の粘度曲線（6%）

薯澱粉は、糊化が容易で、粘度が高く、粘度安定性が低いことを示す。

馬鈴薯澱粉はカチオン交換能をもつために製造用水の影響を受けやすく、澱粉とエステル結合したリン酸と形成するカチオンの種類によって粘度曲線が異なる³⁾。図2に示したように、同じ澱粉粒であっても、カリウムで置換した澱粉(カリウム型澱粉)は、カルシウムで置換した澱粉(カルシウム型澱粉)に比べ、糊化開始温度とピーク粘度時の温度が低くなり、ピーク粘度が高く、ブレイクダウンが大きくなる⁴⁾。カルシウム含量の低い水(軟水)を用いて製造すると、カリウム型澱粉に、カルシウム含量の高い水(硬水)を用いて製造するとカルシウム型澱粉に近い粘度曲線を示す。

4) 溶解度・膨潤度

水中で加熱した時の馬鈴薯澱粉の溶解度・膨潤度は、穀類澱粉に比べて非常に高い。馬鈴薯澱粉は根茎澱粉の中で膨潤度が最も高く、溶解度がキャッサバに次いで高い²⁾。

5) 澱粉糊液の透明度

他種澱粉に比べて、澱粉糊液の透明度が極めて高いことも馬鈴薯澱粉の大きな特徴である⁵⁾。

6) 澱粉糊液の曳糸性

澱粉糊液を箸で引き上げると、糸を曳く。この性質を曳糸性という。曳糸性は馬鈴薯澱粉が最も強く、キャッサバ、モチ種トウモロコシ、小麦、トウモロコシ澱粉の順に弱くなる⁶⁾。

7) 食塩水中における澱粉の糊化挙動

馬鈴薯澱粉は食塩水中で糊化が著しく抑制される。図3に示したように、濃度の異なる食塩水中で測定した粘度曲線では、食

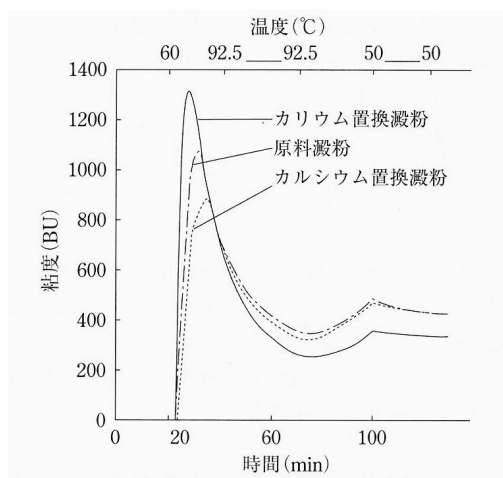


図2 カチオン置換馬鈴薯澱粉の粘度曲線 (4%)

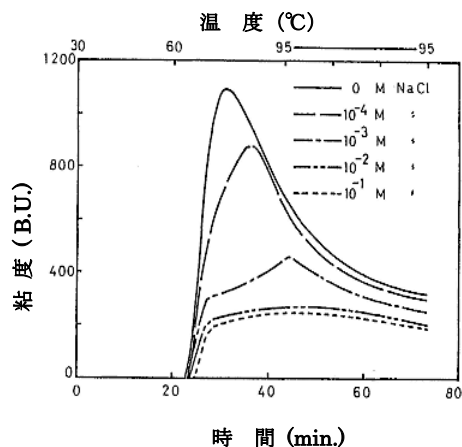


図3 食塩水の濃度と馬鈴薯澱粉の粘度曲線 (4%)

塩水濃度の増加に伴い粘度が低下し、食塩水濃度が0.1M (0.6%) でほぼ一定になる²⁾。他種澱粉は、0.1Mの食塩水中でも蒸留水中で測定した場合とほぼ同じ粘度曲線を示す。

8) 冷蔵保管後の澱粉糊液の離水率

蒸留水中で調製した4%馬鈴薯澱粉糊液は1週間冷蔵しても離水を生じない。0.1M食塩水で調製した4%馬鈴薯澱粉糊液は離水が生じる。しかし、同一条件で調製した他種澱粉糊液は、トウモロコシ澱粉を除き、ほとんど離水を生じない²⁾。

3. 馬鈴薯澱粉の品種別特性

北海道で澱粉原料として使用される10品種の馬鈴薯（北海道農試・島松圃場産）から実験室的に調製した澱粉の特性を比較すると次のようになった⁷⁾。

1) 平均澱粉粒径

平均澱粉粒径は28~37 μ mの範囲にあった。紅丸、アスタルテの粒径は大きく(35 μ m<)、男爵薯、農林1号、ワセシロの粒径は小さかった(30 μ m>) (図4)。

2) リン含量

品種によって澱粉のリン酸含量は異なり、リン含量として471~765ppmの範囲にあった。紅丸、アスタルテ、農林1号のリン含量は低く(550ppm>)、他の品種のリン含量は高かった(550ppm<)。特に、サクラフブキ、ワセシロ、ホッカイコガネの値は700ppmを超える高い値を示した。

3) 糊化特性

ブラベンダーアミログラフによる加熱過程の粘度曲線を図5に示した。ピーク粘度では、ホッカイコガネ、ワセシロ、サクラフブキ、メイクイン、コナフブキの値が高く、1400BU以上の値を示した。農林1号の値が最も低く、1135BUであった。ピー

ク粘度を示す温度は66.5℃~79℃の範囲にあり、ホッカイコガネ、ワセシロ、コナフブキ、メイクインが70℃以下の低い値を示し、サクラフブキと農林1号が78.5-79℃の高い値を示した。最終粘度はサクラフブキの値が高い値を示したが、その他の品種はほぼ同じ値を示した。

4) 食塩水調製澱粉糊液の離水率とリン含量

0.1M食塩水中で調製した4%澱粉糊液(10品種)を1週間冷蔵した時の離水率とリン含量との関係を図6に示した。紅丸、アスタルテ、農林1号の澱粉は数パーセント以下の低い離水率を示し、その他の品

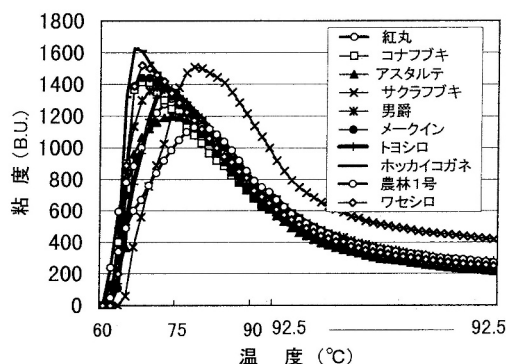


図5 馬鈴薯10品種の澱粉粘度曲線 (4%)

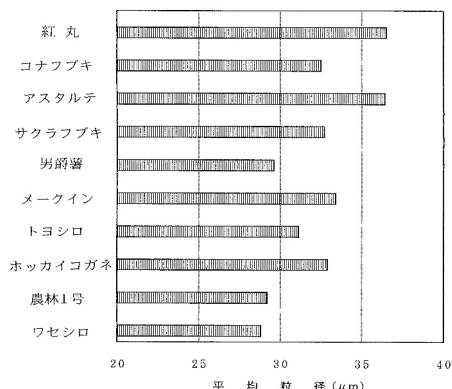


図4 品種別馬鈴薯澱粉の平均粒径

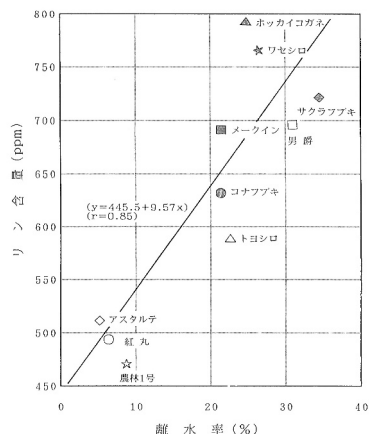


図6 食塩水調製4%馬鈴薯澱粉糊液の離水率とリン含量

種の澱粉は20%を超える高い離水率を示した。澱粉のリン含量が高くなるに従い、食塩水調製澱粉糊液の離水率は高くなることが明らかとなった。

4. 馬鈴薯澱粉の用途

国産馬鈴薯澱粉の大部分が食品分野で利用されるが、その用途は大きく分けて、澱粉を糖化して利用する用途と高分子の状態直接利用する用途がある。

1) 澱粉を糖化して利用する用途

我が国の澱粉総需要量300万トンのうち、200万トンは糖化用原料として使用される。また、国内産馬鈴薯澱粉13万トンがこの用途で使用される。澱粉糖化製品には、可溶性澱粉からぶどう糖に至るまで加水分解程度の異なる種々の製品がある。糖化製品の性質は、原料澱粉の起源に微妙に影響される。特に微量成分の影響が大きい。穀類澱粉では内部油脂が問題となるが、馬鈴薯澱粉ではモノエステル結合のリン酸が問題となる。以前、馬鈴薯澱粉は、リン酸含量が高いために糖化製品の収率を低下させ、副生物のリン酸化オリゴ糖が排水処理費用を増加させるということで問題となった。現在では、微量のリン酸エステル結合分解酵素を含む液化・糖化酵素の利用により糖化製品の収率の問題は解決されているようである。また、近年、廃物処理の対象であったリン酸化オリゴ糖は、カルシウムの食品素材や歯の再石灰化効果などの生理的機能が認められ、その全てではないが有価物として活用されている⁸⁾。

馬鈴薯澱粉は、他種澱粉に比べ、リン酸以外の不純物が少なく、澱粉糊液の透明度が高いので、純度の高いマルトースや特殊

なオリゴ糖の原料として用いられる。

2) 澱粉を直接利用する用途

従来から馬鈴薯澱粉は、水産・畜産練製品、めん類、片栗粉、春雨・クズキリ、菓子類（エビセン、ポーロ）、加工澱粉（養鰻飼料）などの用途、いわゆる固有用途で用いられてきた。これらの用途では、前述の馬鈴薯澱粉が本来持っている特性、すなわち、粒径が大きいこと、糊化温度が低いこと、糊液粘度が高いこと、糊液の透明度が高いこと、膨潤度・溶解度が高いことなどが利用されてきた。図7に平成14年から平成18年までの馬鈴薯澱粉の固有用途の推移を示した（農水省特産振興課資料より作成⁹⁾）。残念ながら、固有用途総需要量は年々減少傾向にあり、水産練り製品、めん類、菓子類、食用その他で顕著である。

馬鈴薯澱粉の固有用途減少の理由のひとつに、消費者の嗜好性の変化による伝統的加工食品（水産練り製品、エビセン、ポーロ、春雨）の減少があげられる。従来の製法と流通保管形態を踏襲するならば、澱粉特性に問題があるわけではない。めん類用途の澱粉需要量減少の理由は、めん類の需要量減少はないので、澱粉に対する要求特性の変化が考えられる。水産練り製品用途では、水産練り製品の生産量の減少率以上に馬鈴薯澱粉の減少率が高い。したがって、

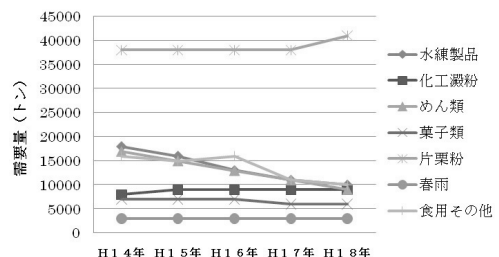


図7 馬鈴薯澱粉の固有用途の推移

この用途では、他種澱粉による置き換えも澱粉需要量減少の理由として考えられる。

5. 馬鈴薯澱粉に新たに求められる利用特性

四半世紀前には、澱粉は未加工の状態で行利用されることが多かった。特に馬鈴薯澱粉の固有用途では、加工食品の製造から消費までの期間が短く、澱粉の老化による加工食品の品質低下の問題は小さかったと思われる。しかし、嗜好性の変化、食生活の欧米化、利便性調理加工食品（冷蔵、冷凍、レトルト調理加工食品）の需要増加、大量生産のための加工食品製造の機械化、ワールドチェーンの発達による加工食品の保管、流通形態の変化によって、加工食品分野で澱粉に要求される利用特性が大きく変化してきた。

馬鈴薯澱粉に新たに求められる特性を大きく分類する次の4つになると考えられる。一つ目はコールドチェーンの発達により生じた長期流通保管が可能な冷蔵・冷凍加工食品に対応できる澱粉の**老化耐性**である。二つ目は、食塩が使用される多水分系加工食品（タレ・ソース類など）の長期保管時の澱粉の**老化耐性（耐塩性）**である。三つ目は、高温高压処理されるレトルト加工食品に対応できる澱粉の**耐熱性（粘度安定性）**である。四つ目は、大量生産に伴う加工食品製造の機械化に対応できる澱粉の**機械的攪拌耐性**である。

馬鈴薯澱粉には、他の澱粉が持ち合わせていない大粒子、高粘度、高透明度という大きな特徴がある。この大きな特徴を生かしつつ、種々の用途で求められる、上記の利用特性を付与することが、馬鈴薯澱粉の

需要を維持・拡大するための不可欠な方法となるであろう。

6. 老化耐性、耐塩性、および、耐熱性、機械的攪拌耐性をもつ馬鈴薯澱粉の開発

新規に要求される利用特性をもつ馬鈴薯澱粉の開発法として、物理的方法、化学的方法、生物学的方法（新品種の育成）がある。この中で、極めて効果的な方法は化学的方法で、欧米では1980年代後半から使用されている。現在、わが国では、化学的に加工される澱粉、即ち、化工澱粉11品目の安全性が食品安全委員会で確認され、近々、これらの化工澱粉が食品添加物として認可される状況にある。

馬鈴薯澱粉の耐老化性、耐塩性の付与方法には、化学的方法と生物学的方法がある。前者では、無水酢酸、または、酢酸ビニルで酢酸化する方法、および、プロピレンオキシドでヒドロキシプロピル化を行う方法が利用される。後者では、澱粉の品種間比較で示したように、低リン酸含有大粒子澱粉生産品種を開発する方法がある。さらに、アミロースを含まない、老化しにくい澱粉（もち種澱粉）を生産する品種を開発することもある。新品種の育成には、遺伝子組換え法と交雑育種法が利用される。遺伝子組換え法を用いて、1990年頃にもち種澱粉生産品種AprioriとApropectがオランダで作出された¹⁰⁾。社会的受容が得られず、澱粉市場に出回らなかつたようである。交雑育種法は、従来から一般的な育種法として用いられていたが、開発効率が悪く、長年限を有することが欠点であった。しかし、数年前にオランダでこの方法を用いてもち種澱粉生産馬鈴薯品種Elianeが作出され

た。

馬鈴薯澱粉に耐熱性や機械的攪拌耐性を付与する化学的方法には、オキシ塩化リンやトリメタリン酸ソーダを用いるリン酸架橋処理、アジピン酸架橋処理を行う方法がある。また、化学的方法に比べて、澱粉特性改善効果は小さいが、馬鈴薯澱粉のカチオン置換能を利用するカルシウム置換処理法や澱粉の糊化温度より低い温度で長時間処理する温水処理法（物理的方法）を利用することができる¹¹⁾。

7. おわりに

これまでの馬鈴薯澱粉の固有用途は、天然の澱粉の特性を巧みに利用したものであった。しかし、時代の流れとともに、馬鈴薯澱粉の固有用途における需要量は少なからず減少した。この主な理由は、馬鈴薯澱粉が食塩の影響を受けやすく、そして、馬鈴薯澱粉の粘度安定性が低いためと考えられる。

今後、馬鈴薯澱粉の固有用途における需要量が大幅に減少しないとしても、現在の需要量を維持、あるいは拡大するためには、新たに求められる特性を持つ馬鈴薯澱粉を市場に供給する必要がある。関連試験研究機関に対して、一層の研究開発推進を期待するものである。

引用文献

- 1) 檜作進：結合リン酸。「澱粉科学の事典（不破英次、小巻利章、檜作進、貝沼圭二編集）」朝倉書店、東京、32-33（1977）
- 2) 山本和夫：「馬鈴薯澱粉の利用特性に関する研究」、北海道大学学位論文（1984）
- 3) 貝沼圭二：カチオン交換澱粉。「澱粉科学実験法（鈴木繁男、中村道徳編集）」朝倉書店、東京、245-247（1979）
- 4) 山本和夫：利用面から見た馬鈴薯澱粉の特性、日本澱粉学会北海道支部20周年記念誌 37-38（1989）
- 5) S. A. S. Craig, C. C. Maningat, P. A. Seib : Starch Paste Clarity, Cereal Chem. 66 (3) 173-182 (1989)
- 6) 高橋礼治、小林信夫、山本正樹：澱粉工業学会誌、16, 139 (1969)
- 7) 山本和夫：原料馬鈴しょとでん粉の特性について、社団法人 北海道馬鈴しょ生産安定基金協会 第7回馬鈴しょ栽培講習会（講演資料）1-10（2000）
- 8) 戸尾健二、窯坂寛、西村隆久、栗木隆：Foods Food Ingredients J. Japan, 211 (10) 838-846 (2006)
- 9) 国内産いもでん粉の用途別販売量の推移：特産振興課 農林水産省（2008）
- 10) R. G. F. Visser, L. C. J. M. Suurs, P. M. Bruinenberg, I. Bleeker, E. Jacobsen: Comparison Between Amylose-free and Amylose Containing Potato Starches, Starch 49 (11) 438-443 (1997)
- 11) 山本和夫、土井 尚、三浦昱梧：馬鈴薯澱粉の加工法、特許証特許第1610245 (1991)

*Yamamoto, Kazuo PhD

1944生 農学博士（北海道大学）元ホクレン農協連農産部技監 帯広畜産大学産官学連携教授 著書「澱粉・関連糖質実験法」（共著）