

サゴ澱粉製造プロセスの一考察

—各種澱粉との競争に勝つために—

大野 明

ライフエンジニアリング(株) 〒110 東京都台東区秋葉原 1-9

On the Sago Starch Production

Mei Ohno

キーワード サゴ澱粉, コスト改善, 収率改善, 品質改善, プロセス改善

1 はじめに

「いしやきいも」は健康食品として見直され、市民権を復活しているようです。白い粉のふいた「イモカチ」も伝統的な懐かしい食べ物で、地方の特産品的な扱いを受けています。戦後の苦しい食糧難時代には、サツマイモは炭水化物源として我々にとって親しい食物でした。大部分はそのまま食糧になりましたが、一部は水飴や晒飴の原料として「サツマイモ澱粉」が細々と家内工業的に作られていました。私は昭和22年大学の卒業論文に、甘藷澱粉の生産技術の近代化をテーマに選び、当時としては貴重な4俵のサツマイモの配給を受けて製法合理化実験を行いました。全国各地で6百万トンも収穫されていた甘藷を原料にして、甘藷澱粉工業を近代化し、その付加価値を高めることを期待したのですが、その後の諸々の環境条件変化の中で取り残され、小麦澱粉やコーン・スターチに押されてしまいました。農作物としても米に重点が移り、最近ではサツマイモの収穫量は百万トン強まで減少し、水飴類の原料として使用されるほかは、焼酎の原料や上記の庶民的な食べ物としてわずかに郷愁と共に生き延びている状況です。

サゴ澱粉も、Malaysia, Indonesia, Papua New Guinea 等で、主食や菓子類に加工されてトラディショナルな食用として使用されている限りは、家内工業のような地域の素朴な零細産業として存続し、サゴ・パールの製造くらいまでは特に近代的な機械化・装置化は必要ないのかもしれませんが、しかし、Malaysia・Sarawak 州のように行政が輸出産業として、その国の経済に寄与する産業として育成したいならば、近代化は必須要件です。サブタイトルに、あえて「各種澱粉との競争に勝つために」という過激な表現を使いましたのは、私の浅いサゴとの付き合いの中ではありますが、サゴ澱粉の将来に期待し、そ

の発展を願う意味を込めたつもりです。サゴ澱粉は耕地面積当りの生産性は他の作物の澱粉に比べて圧倒的に高く、その意味でも将来の澱粉源としてますます貢献すべき位置にあり、決して日本で衰退したサツマイモの轍を踏むことのないように願っています。

1994年3月初旬に第5回インターナショナル・サゴ・シンポジウムに出席した後、約3年半ぶりに、Malaysia・Sarawak 州の Mukah にあるサゴヤシのプランテーション地区を訪れ、2014年には年産47万トンに達するサゴ澱粉工業を目指すという LCDA (Land Custody and Development Authority) の壮大な計画を聴きました。既に7,730 haに達したプランテーションの急速な進展の実態を目の当たりに見て、中長期的な視野に立てばサゴ澱粉工業は、当面の競争相手であるタピオカ澱粉に対してコストも品質も充分太刀打ち出来る産業になり得るという期待を持ちました。そのためにも、現状での課題について考察してみたいと思います。

2 各種澱粉の製造プロセス特性概要

コーン・スターチ、小麦澱粉、馬鈴薯澱粉、タピオカ澱粉、米澱粉の特徴を、処理法、副産物、設備投資等について簡単に比較し、サゴ澱粉との優劣を考えることにより、サゴ澱粉の生き残る道を探ることにしたい。

2-1 コーン・スターチ

日本では主力の澱粉工業です。年産約220万トンに達し、国産他種澱粉より価格が安いので、国内の澱粉需要量の約80%を供給している。輸入工業用とうもろこしを原料とし、プロセスはSO₂浸漬法によるウェット・ミリングが一般的に行われている。コーングルテン(飼料用)、コーンオイル(食用油)、ファイバー(飼料用)、CSL(発酵培地用、飼料用)等、副製品が多く、それだけに設備投

資の総額は大きい。副産品の控除を含めても、技術以外の要因もあり、コーン・スターチ単品での採算は厳しい。澱粉までの生産設備としては分離・精製の機器が主体で、その組合せに選択の差はあるが、製造プロセスとしての工程は一般化されている。製品コンスは品質も良く、品質特性も適しているため、各種化工澱粉に加工され、食品や糊料として2次加工に使用され、あるいは異性化糖まで一貫生産すること等を通して付加価値を高め、総合的な採算性を高めている。

2-2 小麦澱粉

Martin法、Butter法の他、各種のプロセスがある。そのポイントはグルテンの分離法の差で、プロセスにより澱粉の純度、収量の微妙な差と、水の使用量と排水量に大きな差を生ずる。特に最近のアカウンター型分離機の進歩により、Raisio法、Westfalia-HD法等、プロセスも大きく変革されつつある。但し、小麦澱粉を主たる目的として生産するには、原料小麦の価格はもちろん、バイタル・グルテンの需要と価格が鍵となる。日本では昭和30年代までは、グルテンがMSG(グルタミン酸ソーダ)の主要原料で、小麦澱粉はその副産物として糊料、食品加工用に使用されていたが、現在では数社がグルテンのために生産し、澱粉は主として水産練製品等の食品用途向けに販売されている。なお、バイタル・グルテンは主としてパンの蛋白強化用に用いられているので、その需要の多い欧州各国の一部で生産されている。

2-3 米澱粉

稀アルカリで浸漬して米グルテリンを溶出させ、米澱粉を精製する。米蛋白及びふすまは飼料程度の価値である。米澱粉は、非常に粒子が細かいため印画紙用等の特殊用途がある。日本では1社、海外では欧州の一部で少量生産されている。問題は原料米の価格で、安価な中国の一部では工業原料として使用されている例がみられるようである。

2-4 馬鈴薯・甘藷澱粉:

プロセスはサゴの場合とほとんど同じである。ラスパー又はハンマー・ミルで破碎した後、澱粉とパルプをハイドロ・サイクロン等で効率よく分離・精製する。一部に酸化酵素の抑制のために、SO₂を添加し、澱粉の着色を防いでいる。問題は副生パルプと廃液の利用にあり、立地条件により種々の対策が取られているようである。各国の農業政策により、特性よりは価格で他種澱粉と競っている。

日本では主として北海道で25万トン前後生産されているが、海外では欧州、北欧と米国の一部で生産されている。

同類の甘藷澱粉は、日本では現在鹿児島を中心に馬鈴薯澱粉の約半量に相当する12万トン程度が生産され、主として水飴類や異性化糖の一部の原料に使用されている。しかし、斜陽化し、自由化が進むと厳しい状況になることを当事者は憂慮しているようである。世界的な情報は少なく、中国、韓国等では、甘藷は直接食糧に消費される場合が多いという。戦前戦後は、米国で甘藷澱粉が盛んに生産されていた時期があったようであるが、甘藷の場合は品種も多く、一般的に着色の問題からプロセスの改良が検討されていた。

2-5 タピオカ澱粉:

Cassava, manioca等、国により呼び名が異なる。痩せた土地に生育するが、収奪作物で施肥をしないと連作は不可能である。プロセスはポテト類とほぼ同じであるが、収穫後24時間以内に処理しないと、酵素が働き澱粉の歩留まりが低下する。そのため、工場はタピオカ畑の付近に立地する。生タピオカはシアンヒドリンを含み、加工中にシアンを生成し鉄と反応してフェロシアナイドとなり青色を呈するため、鉄製機器を避ける必要がある。着色と腐敗防止のためにSO₂を添加して抽出・精製を行う。副産するファイバーは飼料や肥料にする。基本的には馬鈴薯、サゴと製造プロセスは似ており、当面のサゴ澱粉の価格のターゲットである。タイが主生産国であり、日本への輸入も年10万トンを超え、化工澱粉等に使用されている。タイの工業振興に伴い、耕地は年々北部に移動しつつあり、今後の生産量の傾向と価格の動向を注目しておく必要がある。ちなみに、サゴ澱粉の日本への輸入量は年1万トンに達しないが、中・長期的にみると、サゴとタピオカの立場が反転する可能性もないとは言えない。

3 サゴ澱粉製造プロセスのポイント

3-1 収率を上げるために:

収率を上げるための要点は、①樹皮(bark)の分離と髄(pith)の部分の磨砕の方法、②澱粉と繊維との分離・精製、の2項目についていかに効率的に、かつ収量を多くするかにある。

(1) 剥皮・磨砕工程の改善

サゴヤシを約1mの長さに輪切りにしたログ(log)の樹皮を斧で剥ぎ(barking)、中の髄部を四つ割にしてラスパーと称する鋸歯を目立てした形の回転ドラムで磨砕す

る。この方法が最も一般的であるが、問題点としては剥皮作業の方法の改善にあり、特に幾つかの機械化の試みの紹介を中心に、次の2点について改善の方策を比較検討したい。

① 剥皮作業: 熟練者の不足で皮を厚く剥ぐと、澱粉のロスになり、かつ重労働で人手不足のため連続操業に支障をきたすことがあげられる。この課題に対しては、次の磨砕工程の機械化と関連して幾つかの興味ある試みがなされている。

② 磨砕度: 当然のことながら、磨砕の良否が澱粉収率に直接的に影響するが、ラスパーだけでは磨砕度も不十分で、発想を変えたラスパーの開発と共に、さらに一段ハンマー・ミル等の磨砕機を付加して磨砕度を高めることが必要である。但し、磨砕度を高めると fine fibre の澱粉への混入が増えるので、これを淘汰するために精製工程も強化する必要がある。

Malaysia・Sarawak 州の SEDC (Sarawak Economic Development Corporation) 直営の近代工場では、回転する4個のノズルから 4,000 psi 以上の圧力で水を噴射し、樹皮を残してログの中身をくり抜く機械 (ハイドロ・ミル) を開発している。苦労を重ねていたが、結局アイデア倒れで成功せず、普通のラスパーに切り替えてしまった (現在 SEDC 工場は、恐らくメンテナンスの不備から、リニューアルを与儀なくされているようである)。

Indonesia・Halmahera の国営サゴ・プラント P.T. INHUTANI 工場では、剥皮と粗砕を兼ねた機械 (ロータリー・スライサー) を開発し、粗砕の Pith はさらにハンマー・ミルにかけて磨砕している。1991年8月時点では試運転段階であったが、一部の bark が pith 部に混入してはいたものの、一応うまくいっていた (最近の日大獣医学部広瀬昌平教授から頂いた情報に依れば、現在は運転休止中との由)。

(2) ダーク・ロス退治

コマーシャル・プラントとみなされる、代表的な数社のサゴ澱粉工場を一見して、生産工程内のダーク・ロスが非常に多いことを残念に感じた。いずれも肌理の細かい運転管理が必要であるが、5項目に分けて以下に述べる。

① Bark への澱粉ロス: ログの搬入までの履歴が澱粉収率に大きな影響をもつが、ログの剥皮の精度が bark への澱粉未回収部分の多寡として影響してくる。Barking は、1ログあたりに幾らという割合で働いている場合が多いようで、数をこなすため粗雑な作業になり、ロスを発生する。やかましく監督すると熟練者が少ないために、労働力の確保に問題を生ずるケースがある。解決策とし

ては機械化が望まれる。

② Waste fibre への澱粉ロス: 一部の工場で waste fibre の流れに手を入れると、コツコツと当たる親指大の破片があり、SEDC のハイドロ・ミルの失敗の一つの理由も大きな破片が残ることにあった。また、waste fibre を手で握り搾ってルーベで見ると、ゴマ粒大の未磨砕部分があり、再磨砕処理を挿入しないとファイバーへの澱粉のロスは小さくない。

③ テーブル・沈澱池での発酵ロス: 沈澱池からの流出ロスや排水溝へのロスも散見される。この量は、決して少ないので、管理を充分にしなければならないが、沈澱池やテーブルに滞留中に起こっている発酵ロスは目に見えず、ほとんどが気付かれていない。滞留澱粉の10%程度のロスがあり得るので、テーブルや沈澱池を使用する方法は極力機械化に切り替えることが望ましい。

④ 遠心機、ハイドロ・サイクロンのオーバーフロー (OF) への澱粉ロス: これも運転管理の問題である。遠心分離機の場合は、運転時間が長くなるとディスクが汚れ、分離が悪くなり、OF に澱粉が出るようになるので、定期的な分解洗浄が必要である。また、ノズルの閉塞 (ゴミの侵入、濃度の変動が原因) に起因する OF への澱粉ロスは振動で分かるが、閉塞を起こさせない管理が必要である。ハイドロ・サイクロンの場合は、サイクロンの入口、アンダーフローの閉塞であり、ゴミの侵入を防ぐと共に、濃度の変動を少なくする管理を充分にすることが必要である。いずれも充分なメンテナンスが必要である。

⑤ フラッシュ・ドライヤーでの澱粉ロス: FD のサイクロンの、アンダーフローの閉塞による澱粉の空中へのロスに注意を要する。始動、停止時の運転操作、および操業中の充分な管理が必要である。

(3) 稼働率の向上

ほとんどのプラントの能力は 1.2~1.5 t/hr で、10 hr/day (1交代) 又は 16 hr/day (2交代) の操業で、300 t/month、或は 600 t/month 程度の生産をしている。1日の操業を終えても充分なクリン・アップは出来ていないし、また出来ていても工程内の中間仕掛かりの状態翌日まで放置されるため、無駄な滞留時間を増すだけで、腐敗等のロスの原因になっている。連続型の設備なのに毎日スタート・ストップを繰り返しているのは、品質のパラツキを大きくし、澱粉のロスを増大し、機器の故障の原因をつくり、問題は大きい。原料搬入量や労務の問題があるが、少なくとも1週間の連続操業を目指すことが、澱粉収率を上げるためにも、品質を良くするためにも望ましい。

3-2 品質を上げるために

サゴ澱粉の特性を要約すると、①粉体としては粒径は馬鈴薯澱粉に次いで大きく、X線回折では葛澱粉型(C型)に属する。②糊化特性としては馬鈴薯澱粉に近く、アミログラムでは糊化温度が低く、最高粘度が高く、最高粘度を示す温度は低く、膨潤力も大で、糊化し易い。③糊液特性としては粘度が高く、曳糸性が強く、透明性は大きであるが、粘度安定性は低い。④冷却によるゲル形成能は強く、老化しやすい。⑤アミロース含量は27%と多く、造膜性は良い。

以上のように良い特性を持ちながら、その特性を生かした用途の開発が進んでいないのは、量的にも質的にも澱粉ユーザーにあまり知られていないのが一因と考えられる。一方では、サゴ澱粉生産の態勢が整っておらず、その品質も安定していないことが大きな理由にあげられる。

上述のように、サゴ澱粉は様々な特性を持ちながら、トラディショナルな食料としての需要以外では、糖化製品用原料、発酵原料、その他一般食品用として、ほとんどが価格で勝負して、タピオカ澱粉の代替品として使用されているのが実状である。そして、タピオカ澱粉に比べて品質に問題が残っている。

(1) 着色(褐変化)の問題

ログ中に存在するポリフェノールの酸化によって褐変化着色し、製品の品質を著しく低下させる。対策としては、ログをラスパーにかけの前まで、水に漬け空気による酸化を防止することと、工程の早期に亜硫酸を添加して酸化を防ぐ必要がある。現状では、日本の白度規格には大部分が不合格になる。

(2) 澱粉価の問題

澱粉乳の精製工程が、かなり進んだプラントでも不十分のために、澱粉価が一般に低く、澱粉価が90%を超える製品は少ないのが実状である。対策としては、ハイドロ・サイクロンや遠心分離機の効率を上げ、ファイバーの淘汰を徹底することと、テーブル・沈澱池のような無駄な滞留を止めて劣化を防ぐことである。

澱粉価の低いサゴ澱粉は、糖化製品の原料にすると、グルコース収率が低だけでなく、酵素糖化工程で濾過性が悪く、過大な濾過設備を要したり、多量の濾過助剤を必要としたり、コスト高を招く。そのため、糖化原料としても価格の問題以前に敬遠される。さらに、新しいサゴの特性を生かした用途開発の大きな障害となっている。

(3) 食品衛生上の問題

進んだプラントでは、プロセス水にはSS(浮遊物)を

多量に含んだ白濁した河水を、明ばんで凝集沈澱させた上澄みを使用しているが、食品用の製品を生産する場合は不十分で、水道水級の殺菌処理水の使用が望ましい。

4 コストダウンの方策

サゴヤシの品種改良で澱粉蓄積量の増加、成長促進等のプランテーションの普及や、プラントサイトまでのログの輸送・搬入方法の問題解決も含めて期待するところは大きいですが、ここではプロセスに焦点を絞って検討したい。基本的にはコーン・スターチなみの近代的装置工業化を前提とし、工場管理もそれに伴った力を付けることが必須要件である。すなわち、主要工程の適正機械化、例えば、barking, rasping, separation等の効率化を、前述のポイントを踏まえて実現することである。一方、メンテナンスも含めた基本的生産管理手法の導入も必要で(最新鋭のSEDC工場がリニューアルせざるを得なくなった一因は、メンテナンスの不良によると推測される)、ワーカーの熟練度を高めれば、ウェストファイバーへのロス、排水中へのロス、プロセス内のダークロス、工程内の腐敗ロス等のロス退治をはじめ、コストダウンをする方法はいたるところにある。ある近代的な工場を視察した限りでは、若干の合理化投資で10%以上、ロス退治で数%の収率向上が期待できると推定された。

5 おわりに

1989年2月に、Malaysia食品産業技術協力推進事業として、約10社のサゴ澱粉工場の技術指導に協力して以来、サゴ澱粉に関心を持ちましたが、各種澱粉の生産プロセスの中で、サゴ澱粉はプロセスとしては比較的簡単な部類に属します。エンジニアリングとしては、その生産規模、設備投資許容額(採算性)、労働環境等によって、適正なフローを構築し、プロセスに適合した機種を選定すると共に、的確な運転条件を設定することが重要で、設計段階の良否がその工場の成否を決める鍵となります。SEDCの工場がリニューアルするようになった理由を聞いたところ、当否は別として、最初の設計に問題があったという返事でした。したがって、簡単にみえる割には、エンジニアリングは重要であり、それだけに魅力ある対象でもあります。

一方、サゴヤシの生息地域の環境から、サゴ澱粉プラントは僻地に立地しており、インフラの整備条件で、① primitive type, ② cotage type, ③ partially modern factory, ④ very modern factoryと分類している学者がいるほど、多様なプラントが数多く存在しています。その中で、趨勢は④の近代的工場に集約されつつあり、徐々

に澱粉工業としての体裁を整え、競争力をつけてきているのが現状のようで、この傾向は加速されねばならないと思います。その意味で、サゴ澱粉プラントの生き残りの方策をエンジニアリングの視点から概説しましたが、要は近代的な工業にいかにつづけるかにあります。

Malaysia その他の国の行政や研究者は、サゴ澱粉の付加価値を高めるために、“modified starch”すなわち種々の加工をして川下製品を目指す希望が強いのですが、残念ながら、そのための周辺技術、周辺基盤が未発達のために実現するまでの道は遠いように感じます。何よりもまず足元を固めて、サゴ澱粉として、コストも品質も他のコマーシャル・ベースの澱粉に比肩するように、合理化・効率化・近代化するのが先決と考える次第です。

本稿を発表したシンポジウムの後で、1994年2月下旬に南タイの Hat Yai で開催された第5回インターナショナル・サゴ・シンポジウムに出席し、続いて Malaysia の Sarawak 州までいき、Mukah 地区の最近の LCDA のサゴヤシのプランテーションの実状を視察することが出来ました。前回1990年8月に Sarawak 州で行われた第4回シンポジウムの時は、2,200 ha であつたのが現在は7,730 ha までプランテーションが拡大されていました。サゴ澱粉の原料として原生サゴヤシに頼っているのは、僻地で収奪型で将来性が果してあるのか若干の疑問を感じていました。ところが、プランテーションのフィールド実験のデータも解析され、プランテーションの面積も予期していた以上に目覚ましい進展があることを目の当たりに見、LCDA の積極的かつ壮大な将来計画を知り、プロジェクト・チームが着実に実行に移している様子を伺い、明るい将来を期待出来ると感じました。また、澱粉工場のマスター・プランも検討され始めており、今後10-20年先にはプランテーションで生長したサゴヤシの収穫

が進み、サゴ澱粉として20年後には47万t/年の規模に達する構想とのことです。この計画が実現すれば、20年後にはサゴ澱粉の生産コストも現在の1/2以下になると推定されています。澱粉生産技術も進歩して品質の問題も解決し、川下商品の開発も軌道に乗り、最も競争力のある澱粉になると期待されます。我々はこの計画が支障なく進められることを願うと共に、その経過を見守っていきたいと思います。(1994. 06. 08)

謝 辞

1989年2月以来サゴ澱粉の調査に関わることになりましたが、(財)食品産業センター、味の素(株)及びその海外法人、ライフエンジニアリング(株)の関係の方々の御協力、御支援に深く感謝致します。

今回のサゴヤシ・シンポジウムに発表の機会を与えて頂いたサゴヤシ・サゴ文化研究会に深謝致します。

参考文献

1. マレーシア食品産業技術協力推進事業(サゴ澱粉精製・加工技術に関する技術指導協力)報告書 平成元年3月 (財)食品産業センター(昭和63年度食品産業海外交流・協力円滑化事業)
2. インドネシア食品加工需要開発等調査事業(サゴ澱粉産業)報告書 平成3年10月 (財)食品産業センター(平成3年度食品産業技術 海外協力円滑化事業)
3. Whistler, R. L., BeMiller, J. N. and E. F. Paschall STARCH Chemistry and Technology (2nd ed.) Academic Press Inc. (New York) 469-525
4. 大野 明: 東南アジアのサゴ澱粉産業事情 明日の食品産業 12: 30-34
5. 我妻一美: サゴ澱粉の製造方法の現状とその工業的利用 日本農芸化学会誌 68: 829-848