

## 未利用炭水化物資源

## Unused Carbohydrate Resources

貝 沼 圭 二\*

Keiji Kainuma

## 1. ま え が き

化石エネルギーの有限性、石油価格の高騰というような情勢の中で毎年再生産されるバイオマスに対する関心が高まってきている。

光合成によって年々地上で合成されるバイオマスの量は、計算の基礎によって相当幅があるが、WhittakerとLikens<sup>1)</sup>の計算によれば、 $164 \times 10^9$ トン/年という値を出している。この中で炭水化物の占める割合は大きい。

農林水産省においても、大型別枠研究プロジェクトとして「バイオマス変換計画」の研究が10年間の予定で進行している。このプロジェクトの中には、資源量の測定、新規農産、林産、水産資源の導入、開発、バイオコンバージョンのための各種技術の開発、有効利用のための用途開発などの部門にわたり研究を進めている。

炭水化物資源のうちの主流を占めるものは、セルロース及びヘミセルロース系のものと澱粉系の資源である。前者は構造多糖類として存在しているもので、天然では微生物などによる分解をうけにくい構造のものであるので、これを原料とするバイオコンバージョンは、種々の前処理が必要となる。分解利用を考える場合には、澱粉系多糖類の方が遥に扱い易い。

現在、澱粉原料としては、トウモロコシ、馬鈴薯、甘藷、小麦、米、キャッサバ、サゴ等が工業的生産に使われている。

我国においては、澱粉需給量は、220万トン前後で、このうちの60%以上は、ブドウ糖、異性化糖などの甘味料として使われている。

本稿では、熱帯地域に自生し、(一部栽培されているが量は非常に少ない)非常に効率的な澱粉生産植物であるサゴヤシについて述べて頂く。

サゴヤシの自生林についての正確な統計は全く存在しない。しかし自生地は、パプアニューギニアには100万ha、カリマンタン30万ha、西イリアンに200万haあるということが報告されている。筆者も数度にわたり、ボルネオ島、パプアニューギニア、カリマンタン等における資源調査に参加したが、軽飛行機で上空から観察したサゴヤシの純林の面積は、膨大なものであった。しかし人跡未踏の熱帯雨林の中に存在する膨大な資源も、原料とするには、相当のインフラストラクチャーの整備が必要である。近年になり、これらの生産国において、サゴヤシの資源としての認識が高まり、開発の意向が高まりつつある。

ここでは、未利用炭水化物資源の一つであるサゴヤシについて、種々の角度から述べて頂くことにする。

## 2. 熱帯地域における未利用澱粉資源

## —サゴヤシ—

## 2.1 分布と利用

サゴヤシは、Metroxylon sagu, Metroxylon rumphiiという学名で呼ばれているヤシの一種である。このヤシは、赤道を中心にして南北10°の間に自生しているもので、太い幹の中に多量の澱粉を蓄積する非常に変わった植物である。このヤシの分布は、マレー半島、ボルネオ島、スマトラ、インドネシアの島々、西イリアン、パプアニューギニア等にあり、非常に古い時代から現地の人々の主食として利用されていた。このような人々は、サゴイーターという一つの文化圏を形成していた。

サゴヤシは、一度植えつけを行うと、これが成長する際に大きな地下茎を伸ばし、その新しい地下茎から新しい吸枝がでてくる植物である。この新しい吸枝を整理し乍ら、ほゞ2年に一本出すように仕立ててゆく。一度植えると、ほゞ半永続的に次々と新しいものがでてくる。この植物は、生涯に一度開化、結実するタイプのもので、澱粉の蓄積量が最大に達した時期に花序

\* 農林水産省食品総合研究所食品工學部長  
〒305 茨城県筑波郡谷田部町観音台2-1-2



図-1 熱帯雨林に自生するサゴヤシ(ボルネオ島にて)

が出て、開花後、数ヶ月して澱粉量は急激に減少し、木は枯死する。収穫適期の樹幹は、直径40—80cmに、高さは10mにも達し、その内部の澱粉蓄積量は、150～400kgにもなる。成木1本に含まれる澱粉は、原住民1人の7～8ヶ月分、時には1年分の主食とするのに十分である。また、サゴヤシは、一度吸枝を植えれば、地下茎が発達して、順次新しい吸枝が発生し、これが生長して叢林を形成する。このように一本の生育には10年前後を要するが、その後は順次成木を代採できるので、半永続的に主食を確保できるので原住民にとっては、重要な植物となっている。サゴヤシは、幹の澱粉を食糧や飼料として利用するばかりでなく、樹皮や葉柄に建築材料、葉は屋根ふき材料として使われている。

## 2.2 作物としての可能性

サゴヤシの育成適地は、赤道湿地帯 (Equatorial Swamp) で、これは、バブアニューギニア、西イリア

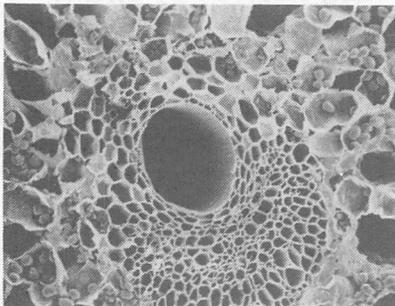


図-2 収穫期のサゴヤシ樹幹の断面  
中央に見えるのが導管、導管部に澱粉蓄積している細胞はその周辺に存在する。



図-3 開花後、枯死したサゴヤシ(ボルネオ島)



図-4 サゴヤシの葉を用いて屋根ふき材(アタップ)を製造する。

ン、ボルネオ島等に広大な面積が存在する。この湿地帯は、他の作物には利用できない農業的には不毛の地であり、サゴは、ここに適する唯一の作物といえることができる。このような土地では、土壌侵蝕のおこる心配はなく、かえって泥水の流入で養分の天然供給量は多く、栽培管理も植付け初期の1～2年間の除草と、その後の吸枝の整理以外は、ほとんど不要である。植付けから収穫まで10年前後を要するが、一度植付ければ、数十年以上は毎年収穫が続けられるし、年間に収穫の季節がないことも農場での労力配分、工場での稼働には都合がよい。収穫までの期間が長いので、1日当りの光合成量は、キャッサバ、サツマイモなどに比較して高くはない。しかし、10年以上経過して、毎年収穫できる澱粉量は、逆にかえって高くなるようである。

このように、非常に可能性の高い植物であることには間違いないが、現在までのところ、作物としてとり上げて、こられなかった理由としては、次のようなことが、佐藤<sup>2)</sup>によって指摘されている。



図-5 マレー半島ジョホール州のBatu Pahat  
におけるサゴの植林

(1) 分布がマルク、ニューギニアのような後進的な地域であり、自生林の殆んどが湿地帯で、衛生的な観点からも先進国の人間の近より難しいところにあった。

(2) 原住民の主食には、自生林からの生産で十分足りており、特に栽培する必要はなかった。またサゴは特に嗜好性の高い食糧ではなく、栄養のバランスもよくない。サゴ常食の原住民においても米食をより好む傾向にあった。

(3) 収穫までに長年月を要するという弱点があり、産業的規模の栽培が敬遠された。

(4) サゴ澱粉の利用特性も十分把握されておらず、低品位、低価格の澱粉としての位置づけしかなされていなかった。

現在、世界のサゴヤシ生産地において、計画的植林が行われ、澱粉製造と直結しているのは、マレー半島ジョホール州の一部にあるだけである。他の地域では、吸枝の植付け、“とげサゴ”(M. rumphii)から“とげなしサゴ”(M. sagu)への転換の努力が払われているところもあるが、これ以上のものはあまり見られない。

### 2.3 サゴヤシの澱粉生産性

光合成能の高い熱帯湿地で生育するサゴをバイオマス生産という立場から見た場合に、単位面積当りの収量で考えるのが妥当であろう。サゴヤシの生産性については、栽培したものをを用いた結果が皆無に近いが、佐藤<sup>2)</sup>およびFlach<sup>3)</sup>の試算は以下の通りである。

佐藤によれば、10m×10mの間隔で吸枝を植えて、12年目から収穫が始まる場合に、12年目には、ヘクタール当り、100本が収穫される。1本当りの澱粉生産量を200kgとすると20トン/haとなる。以後は、毎年40本



図-6 南カリマンタン州(インドネシア)における  
水田に植えられたサゴヤシ  
農夫は稲蒔りをしており、サゴヤシはボーナス  
として10年に一度収穫できる

/haが収穫されるとすると、8トン/haとなり、これが以後半永久的に続く。

オランダのFlach教授が、マレー半島のバツ・パハツでの植林から計算したものは、1ヘクタール当り、100-138本収穫可能であるとしており、澱粉に換算すると、毎年25トン/haの収穫ができるとしている。これらの数値の間に隔りはあるが、12年以降のことを考えると、かなり効率の良い澱粉生産植物であることは事実である。

因みに、キャツサバについてみると<sup>4)</sup>、タイでの作付面積と生産量から計算すると14-15トン/haのいもが収穫されている。この値は、インドネシアの平均値7.3トン/haの約2倍に相当する。キャツサバの澱粉含量を20%と考えると、タイの場合3トン/haという数値になる。最近ブラジルにおいて品種選抜を行ったものの試験成績は、相当の高収量を上げており、澱粉含量は、約30%、イモの収穫量は40トン/haであるという<sup>5)</sup>。この場合には、澱粉収量も12トン/haとなり、かなり高い。

九州地方におけるサツマイモの生産量は28トン/haである。その他の主要な作物の生産量は、馬鈴薯29トン/ha、水稻5.2トン/ha、トウモロコシ2.8トン/ha等のようになっている。サツマイモの澱粉含量を25%、馬鈴薯の澱粉含量を17%とすると、それぞれのha当りの澱粉生産量は、7トン、及び5トンとなる。

### 2.4 澱粉の性質

サゴヤシの樹幹に蓄積された澱粉粒は、図-7に示すように、スムーズな表面をもった回転楕円形の大型の粒である。現在、工業的に生産され、国際マーケットに出ている量は、2-3万トン程度で非常に少なく、主に加水分解して、ブドウ糖、異性化糖などを製造す

るために用いられている。

澱粉の性質を簡単に述べると、多くの性質は、サツマイモ澱粉、キャッサバ澱粉に似ているが、アミロース含量およびこれに起因する澱粉の老化性だけは、トウモロコシ澱粉に近い性質を示す。筆者等がまとめたサゴ澱粉の種々の性質を他の特徴と比較したダイヤグラムを図-8に示した<sup>6)</sup>。最近、高橋<sup>7)</sup>は、調理科学的立場からサゴ澱粉を調べ、麺類、ブラマンジェなどの原料としてサゴ澱粉が使えることを報告している。

澱粉の製造法は、他の工業的澱粉製造法に比較するとかなり規模が小さく、手工業的要素が多い。マレーシア国のサラワクにおける生産法が最も進んでいると考えられるが、図-9、図-10にインドネシア国の南カリマンタン州で撮影した澱粉生産の方法とサラワクでのものを示す。(図-11、図-12)

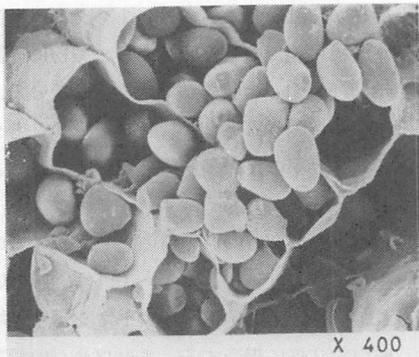


図-7 収穫期のサゴヤシ樹幹中の細胞内に蓄積された澱粉粒

### 2.5 サゴヤシに対する関心

1976年にマレーシア国のボルネオ島で第1回国際サゴヤシシンポジウムが開かれ、初めて、社会科学、自然科学の立場から、この植物について討論が行われた。それまでは、一部の熱帯農学者、澱粉科学者が知っているに過ぎなかったサゴヤシが学問的、経済的観点から見做された。この後、このシンポジウムは、1979年に第2回、1985年5月に東京で第3回を開催することになっている。また、これとは別に国際食糧農業機構(FAO)は、1984年1月にインドネシア国のジャカルタにおいて、サゴヤシの専門家会議を開催し、資源賦存量、栽培、澱粉製造と利用の問題についての討議を重ね、今後の開発計画を作製した。

筆者は、第1回のシンポジウム、FAO専門家会議に出席し、第3回シンポジウムの組織委員の一人としてお手伝いしているが、サゴヤシは、資源量としては、膨大なものがあるが、原料として考えるには、相当の計



図-9 手動のラスパーを用いてサゴヤシの幹を粉末化する

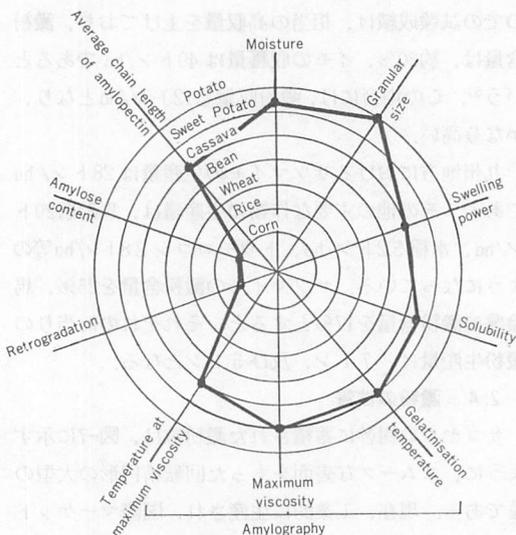


図-8 各種澱粉と比較したサゴ澱粉の特性(貝沼)



図-10 粉末化したサゴヤシから川水を用いて澱粉を抽出する  
澱粉は下のボートの中に沈澱する



図-11 河に繋留してあったサゴ樹幹から剥皮し、縦割りにする作業(サラワク)



図-13 枯死したサゴヤシが多く見られるパプアニューギニアにおけるサゴヤシの純林

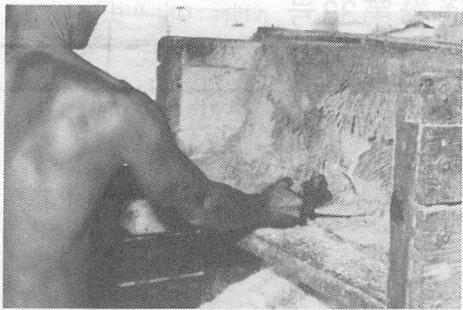


図-12 原動機つきの回転ラスパーによる磨砕(サラワク)

画性をもった植林から始めなければ難かしいと思っている。しかし、澱粉生産性が高く、他の栽培作物と競合しない熱帯湿地に生育するという特徴を有しているところから、今後、世界規模でのバイオマス資源として関心を集めてゆくであろう。

### 3. まとめ

未利用炭水化物資源のうち、特に熱帯地域の植物、サゴヤシについてまとめさせて頂いた。光合成速度の速い熱帯には、もう一つの澱粉生産植物としてのキャツサバがあるが、これはすでに作物化され、ブラジル、タイ、インドネシア等の国々において、かなりの研究蓄積がある。

炭水化物の利用の総合的な関連を図-14に示させて頂くが、澱粉系のもの、セルロース系のものも、いずれもブドウ糖まで分解してしまえば、全く同じ原料として利用できる<sup>8)</sup>。このための省エネルギー的分解法の開発が急務のこととなっている。この問題の解決のために、種々の微生物酵素の検索、バイオテクノロジーの先端技術の応用、更には工学的アプローチ等が行われている。

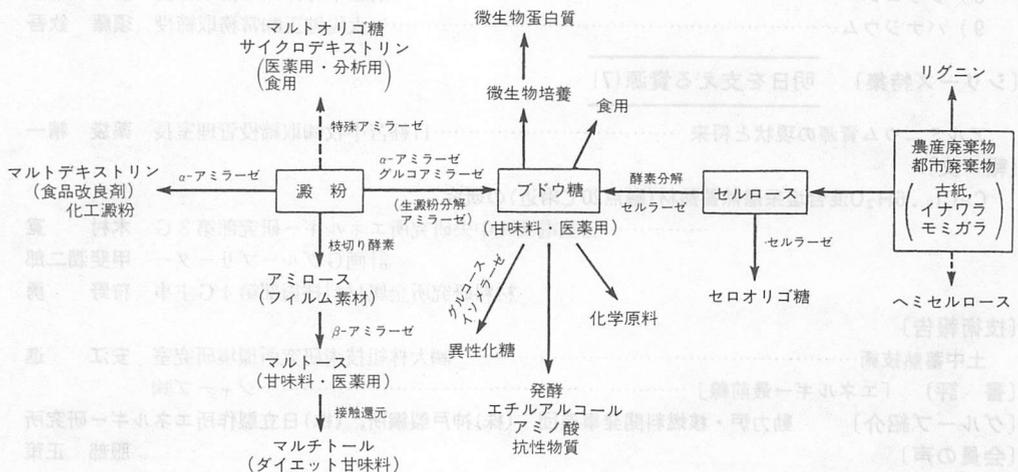


図-14 澱粉およびセルロースの総合的利用

## 引用文献

- 1) Whittaker R. H. and Likens, G. E.; "Primary Productivity of the Biosphere" Lieth, H, and Whittaker R. H. ed. Springer, Berlin 1975.
- 2) 佐藤孝: マレーシア, インドネシア-サゴヤシ開発協力基礎一次調査 報告書. 国際協力事業団. 1981. 2.
- 3) Flach, M. Sago-76. p.157 Ed. K.Tan.
- 4) FAO 統計.
- 5) ブラジル (パラ州) におけるマンジョカの栽培試験報告書. 国際マンジョカエネルギー開発協会. 1983.
- 6) K. Kainuma. Sago-76. p.224. ed. K. Tan.
- 7) 高橋節子: 第3回国際サゴシンポジウム講演要旨.
- 8) 貝沼圭二: 化学総説 No.43. 「食糧と化学」 p.88. 1984. 日本化学会編.

## 次号目次「エネルギー・資源」通巻第33号 (刊行: 60年9月5日)

## 〔論 説〕

太陽エネルギーの熱利用に関する国際シンポジウムについて

.....慶応義塾大学理工学部機械工学科教授 渡部 康一

## 〔展 望〕

開発途上国のエネルギー問題.....システム技術研究所所長 槌屋 治紀

## 〔解 説〕

エネルギーシステムの今後の動向 一多様化と自由化一

.....東京大学工学部電気工学科教授 茅 陽一

〔特 集〕 レアメタルの製造と利用

- 1) ニオブ・タンタル.....関西大学工学部化学工学科教授 西村 山治
- 2) モリブデン.....日本タングステン㈱社長 中尾智之郎
- 3) ジルコン・ハフニウム.....日本鉱業㈱中央研究所所長 高橋 光男
- 4) アンチモン.....日本精鉱㈱中瀬製錬所所長 安達 肇
- 5) リチウム.....
- 6) チタン.....大阪チタニウム製造㈱副社長 野田 敏男
- 7) 稀土類金属.....新日本金属化学㈱常務取締役 西村 新一
- 8) シリコン.....信越半導体㈱常務取締役 安部 靖彦
- 9) バナジウム.....太陽鉱工㈱常務取締役 須藤 欽吾

〔シリーズ特集〕 明日を支える資源(7)

アルミニウム資源の現状と将来.....日軽苦小牧㈱取締役管理室長 葉袋 精一

## 〔報 文〕

CaCl<sub>2</sub>・6H<sub>2</sub>O混合塩系潜熱蓄熱材(融点20℃附近)の研究

.....三菱電機㈱中央研究所エネルギー研究部第3G 木村 寛  
 計画Gグループリーダー 甲斐潤二郎  
 材料研究所金属材料技術部第4G主事 狩野 勇

## 〔技術報告〕

土中蓄熱技術.....㈱大林組技術研究所環境研究室 安江 進

## 〔書 評〕 「エネルギー最前線」.....シャープ㈱

## 〔グループ紹介〕 動力炉・核燃料開発事業団, (株)神戸製鋼所, (株)日立製作所エネルギー研究所

## 〔会員の声〕 服部 正義

## 〔技術・行政情報〕 〔会 報〕