

サゴヤシとサゴでん粉の可能性 ～インドネシアとマレーシアの利用実態から～

名古屋大学農学国際教育研究センター センター長・教授 江原 宏

【要約】

東南アジアとメラネシアに分布するサゴヤシは、1本の幹に300キログラムものでん粉を蓄積する。サゴでん粉は生産国では食品として、日本では加工でん粉として製麺の打ち粉などに利用されてきた。最近は、グルテンフリーパスタなどアレルギー対応食品の研究が進み、また、サゴでん粉は食後血糖値上昇に対する抑制効果があることも明らかになってきた。本稿では、サゴヤシとサゴでん粉の特徴、日本におけるサゴでん粉の主要輸入先であるインドネシア、マレーシアにおける生産実態、サゴでん粉の可能性について紹介する。

はじめに

サゴでん粉とは、ヤシ科・トウ亜科・トウ連・サゴヤシ属であるサゴヤシの幹から採れる食用粉である。サゴヤシは成長すると樹高20メートル程度、幹長10メートルほどになり（写真1）、家具などに使用される籐（とう：ラタン）の仲間である。東南アジアやメラネシアに分布するこのヤシは、開発中経済植物^(注1)の範疇^{はんちゆう}に入り、多くが天然資源として存在しており、わずかにみられる半栽培のものも含め一般的にアグロケミカルとは無縁で、環境に優

しい持続的資源植物である。生産されるでん粉は天然由来の安全な食資源と言える。原産国では他の食用粉と同じように主食、製菓、製麺の原料として利用される。日本では、麺の打ち粉として利用されてきたが、タンパク質が0.1～0.3%と極めて少なく、食物アレルギーの原因となるグリアジンを含まないことから、グルテンフリー食の原料としての活用が広がっている。サゴでん粉の食後血糖値抑制効果についても研究が進み^(*1)、注目されている。

（注1）栽培されている品種が野生型との差が小さく、品種育成の進んでいない植物のこと。



写真1 サゴヤシ（インドネシア東南スラウェシ州にて撮影）

1 サゴヤシ、サゴでん粉の特徴

(1) サゴヤシの植物学的特徴

サゴヤシ属は1種 (*Metroxylon sagu* Rottb.) で構成される。葉柄などに着生するトゲの有無、粗密、長さなど形態的特徴によって、以前は複数の種に分類されていたが、DNA多型分析に基づき1種として整理され^(*2)、形態的に異なるタイプのサゴヤシを現在は民俗変種として扱っている^(*3)。本種はタイ南部から西・東マレーシア、ブルネイ、インドネシア、フィリピン中・南部、パプアニューギニア、ソロモン諸島といった北緯10度から南緯10度の地域に分布している(図1)^(*4)。遺伝的変異の大きさから、マルク諸島からニューギニア島にかけての地域が起源地と考えられている^(*2)。

サゴヤシは、他の主要作物が生育できないような

酸性土壌、汽水域(淡水と海水が混ざる水域)といった不良環境への適応力が高い。泥炭土壌の湿地から標高1000メートルくらいの高地まで適応でき、主に湖沼や河川の近くに自生する。

低湿地での適応を可能としているのは、サゴヤシの側根は湛水条件で上方へも伸び、通気組織として機能していること、不定根、側根のいずれも破生通気組織^(注2)をよく発達させることによる(図2・2-1)。汽水域の塩ストレスが生じる条件でも生育できるのは、根の内皮細胞にカスパー線をよく発達させ(図2・2-2)、ナトリウムイオンの根の中心柱への流入や地上部への移行を抑え、葉中のナトリウムイオンを低く維持できるためである(図2・2-3)。

(注2) 通気のための空隙。

図1 サゴヤシ属の分布



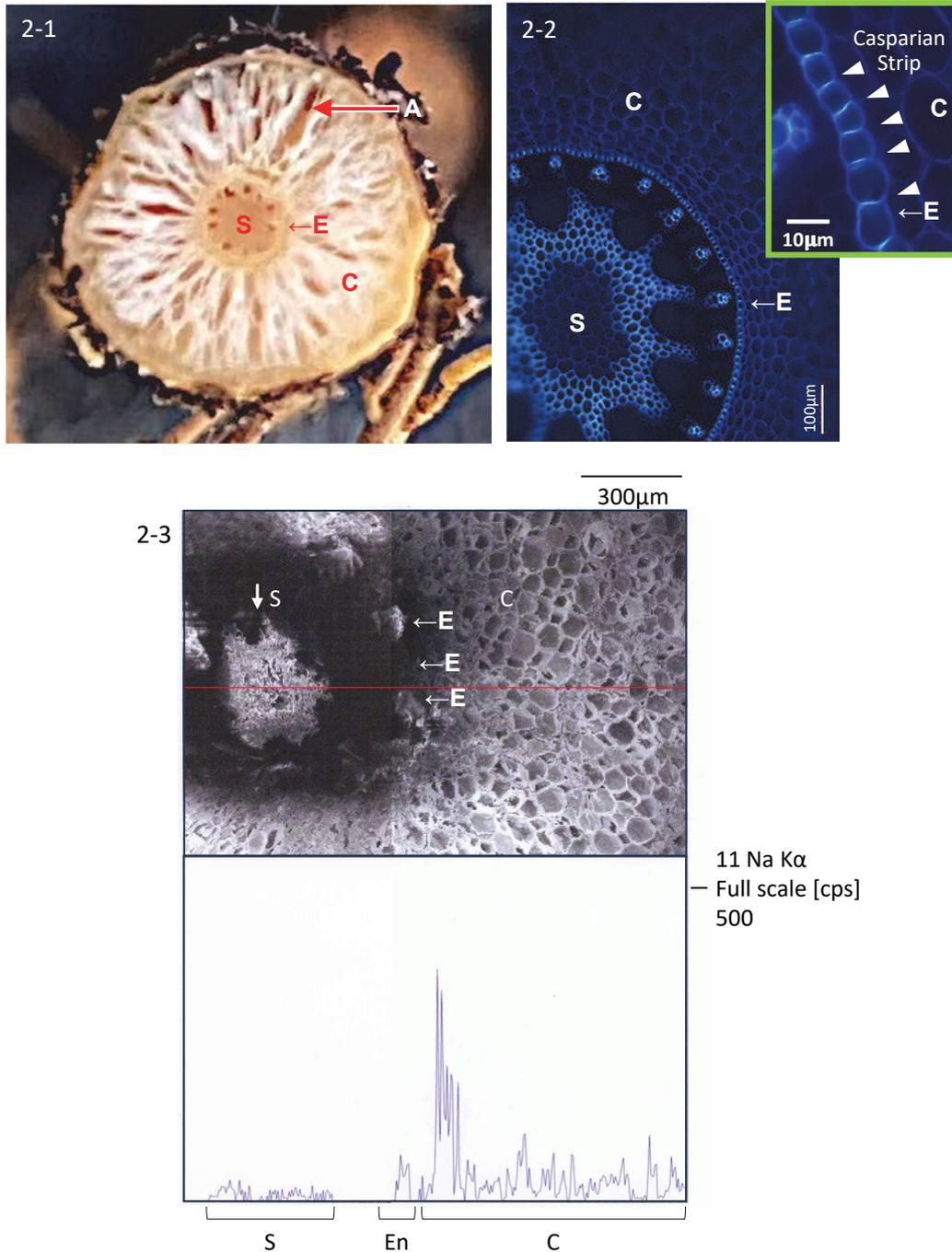
資料：筆者作成

注1：図中緑色で示した国はサゴヤシ属の分布国。

注2：図中水色・濃紺色で示した国・地域は主なサゴでん粉輸入国。

注3：青色・赤色の矢印はマレーシア・インドネシアから日本への輸出货量(いずれも2020年のデータ)を示す。

図2 サゴヤシ根の形態と塩ストレス条件下での根内部のナトリウム蓄積



A：破生通気組織、C：皮層（根の外側の層）、E：内皮（内皮細胞：根の外側の層と内側を隔てる細胞）、S：中心柱（根の中心部分で維管束が分布し、吸収された養水分がそこを通じて地上部へ運ばれる）、◀：カスバリー線（内皮の細胞と細胞の間隙を埋めて、有害な物質が根の中心柱に入るのを防ぐ）

2-1：湛水条件下で生育した不定根の横断面、皮層に破生通気組織がよく発達している（*5より作成）。

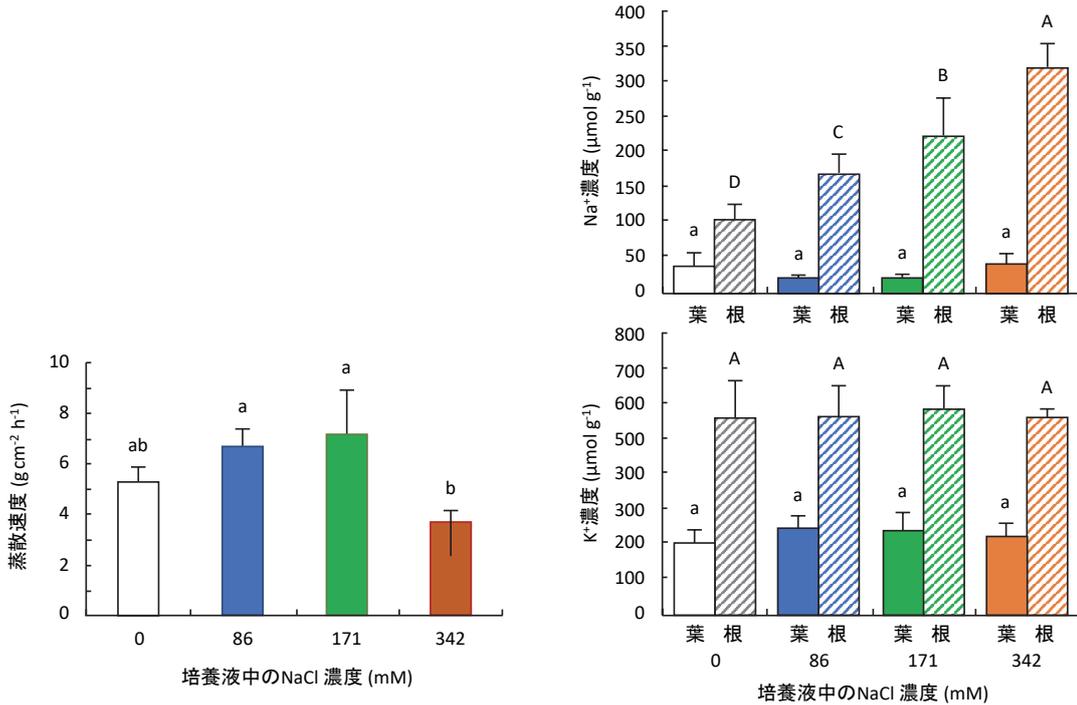
2-2：不定根横断面の蛍光顕微鏡写真。皮層と中心柱の境界に、円周状1層に内皮細胞が並び、内皮細胞同士の隣り合う境界面を上下左右に取り囲む形でカスバリー線が発達。この横断面写真では、カスバリー線は内皮細胞同士の境界に青白い線として観察される（*6より作成）。

2-3：不定根横断面の走査型電子顕微鏡写真(上)とマイクロX線解析によるナトリウム蓄積強度(下)。上の画像の赤線に沿ってナトリウム蓄積強度を解析した結果が下の図（*7より作成）。

図3に示すように、培地のNaCl(塩化ナトリウム)濃度が171ミリモル(1%)まで高まっても蒸散速度は低下しない。体内のナトリウム濃度は根で高まるものの、葉では342ミリモル(2%)でも低く抑えられ、カリウムイオンの吸収と葉への移行を維持

できることも耐塩性に大きく関わる。また、強酸性でアルミニウム害が^き危^くされる条件でも、クロロフィル当たりの光合成速度を維持できることで、成長量を確保している(図4)。

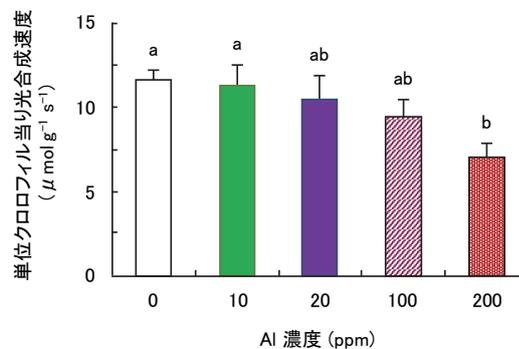
図3 異なる培地塩分濃度における蒸散速度、部位別のナトリウムイオン、カリウムイオン濃度



資料：* 8より作成

注：図中の縦線は標準偏差 (n=3)、異なるアルファベットは5%レベルでの有意差を示す。

図4 強酸性培地 (pH3.6) の異なるアルミニウム濃度における光合成速度



資料：* 9より作成

注：図中の縦線は標準偏差 (n=3)、異なるアルファベットは5%レベルでの有意差を示す。

サゴヤシの幹1本当たりのでん粉蓄積量は、①樹皮の厚さを除いた幹の直径②幹長③髓（幹の樹皮より内側の柔らかい組織）組織の乾物率④髓の乾物重当たりでん粉含有率一により規定される。サゴヤシの収穫とでん粉生産が盛んな東南アジアでは、収穫期を迎えた樹の髓乾物重当たりでん粉含有率は80%程度と、個体間の差があまりないため（収穫適期はでん粉含有率が最大となる開花直前）、でん粉蓄積量の差は主に幹の直径と、髓の乾物率に左右される^(*10)。筆者らの東南アジアにおける調査では、幹1本当たりのでん粉蓄積量は、乾燥重にして平均300キログラムであるが^(*11)、民俗変種によって異なる。成長速度についても生育環境によって差が生じる。サゴヤシは一般に幼植物の頃から幹立ち（幹の形成開始）まで4年ほど、収穫まで10年前後を要するといわれるが、上述のように酸性土壌にもよく適応するものの、泥炭低湿地では土壌密度当たりの養分量が低いために、収穫期に達するまでの年数が長くなる^(*5)。

（2）サゴでん粉の特徴、製造方法と食品への利用

サゴヤシはバナナ、タロイモ、パンノキと同じくかなり古い時代から利用されてきた^(*12)。中国南部での考古学的発見から、稲作が広まる以前の約5000年前頃は、ヤシの幹から得たサゴタイプのでん粉が亜熱帯アジアでも主要な食物であったと考えられる^(*13)。

サゴでん粉の製造方法については、伝統的方法では伐採した幹を縦に割り、手おののような道具で髓

を掻き出し、サゴヤシの葉鞘で作った桶状の容器に入れ、水をかけてでん粉をもみ出して抽出する（写真2・2-1、2-2）。このような方法では、蓄積されたでん粉のかなりの割合が残渣に残る。髓の粉碎に機械を用いると抽出効率は約1.7倍になるものの^(*14)、慣行の抽出では蓄積でん粉の半量程度しか回収できない^(*15)。産業規模になると、伐採した幹を1メートル前後の丸太（ログ）に切断した上で、剥皮以後の抽出、乾燥過程が機械化されている（写真2・2-3～2-6）。

サゴでん粉のでん粉粒は楕円形で粒径は30マイクロメートル程度で、ばれいしょより小さくコムギより大きい。アミロース含量（約27%）、ゲル化性は種実でん粉に近く、構造特性や粘度はタピオカやばれいしょなど根茎でん粉に近い性質を示す^(*16)。でん粉に含まれるタンパク質は0.2%程度と少なく、窒素0.05%、その他のミネラルが0.06%程度である。タンパク質のほか、脂肪が0.1%未満、リンが0.01%以下などコムギ、コメ、タピオカに比べて低い。

生産国や周辺国における食品としての利用については、地域によって異なるが、①水で溶いたでん粉に湯をかけて水団状にしたもの②パンケーキやガレットのように調理したもの③粒状のサゴパール④餅状の菓子⑤焼き菓子⑥麺一などがある（写真3）。パプアニューギニアでは、マラリア患者の鉄欠による貧血を防ぐ食品として重要といわれている^(*17)。グルテンフリー対応原料として、日本の主要航空会社ではサゴでん粉を使った食品を機内食に採用している。



写真2 サゴでん粉の抽出・精製プロセス

- 2-1：伝統的な髓の粉碎（インドネシア・東南スラウェシ州）
- 2-2：手もみによるでん粉抽出（パプアニューギニア・東セビック州）
- 2-3、2-4：小規模工場での髓の粉碎、でん粉抽出工程と貯留槽（インドネシア・東南スラウェシ州）
- 2-5、2-6：大規模工場での脱水と乾燥工程（インドネシア・リアウ州）



写真3 サゴでん粉の食品利用（調理例）

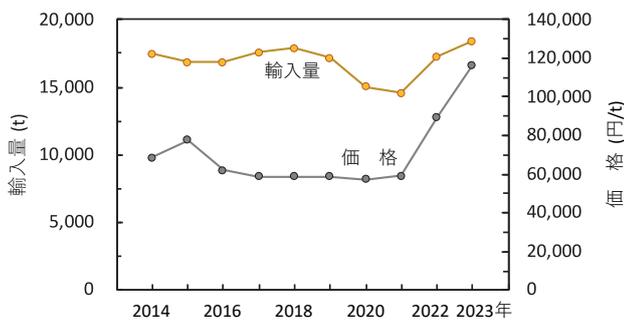
- 3-1：水団状の主食（インドネシア）
- 3-2：サゴ・ミーゴレン（焼きそば：インドネシア）
- 3-3：サゴ麺（インドネシア）
- 3-4：米粒状に整形したでん粉のナシゴレン風インスタント食（精円内は湯を注ぐ前の状態）（インドネシア）
- 3-5：空港の国際線ターミナルで販売されていたサゴクッキー（インドネシア）
- 3-6：パール状でん粉のデザート（シンガポール）
- 3-7：ヤシ砂糖をあんまにココナッツをまぶした生菓子（インドネシア）
- 3-8：開発中のグルテンフリーパスタ（資料：共立女子大学 近堂知子教授提供）

2 日本におけるサゴでん粉

日本におけるサゴでん粉の輸入量は年間1万6000トン前後で推移してきたが、2023年に1万8000トンを超えた。生産国で輸入もしているマレーシアを除けば、最大の輸入国である。

輸入先国はマレーシア、インドネシアの2国であり、年間輸入量のうち9割をマレーシアが占めている。輸入価格はおおむね1トン当たり6万円程度であったが、2022年から上昇し、直近は1トン当たり11万円を超えている（図5）。

図5 日本におけるサゴでん粉の輸入量と輸入価格の推移



資料：財務省「貿易統計」を基に筆者作成

注1：2023年は1～10月の実績からの推定値。

注2：HSコード：1108.19-011、1108.19-012、1108.19-017、1108.19-018、1108.19-019

輸入されたサゴでん粉は、ほとんどが酸化などの加工を施されて使用されている^(*16)。加工された酸化サゴでん粉は、生でん粉と比較すると糊化開始温度が低く、老化しにくく、漂白効果で白度が高まる。食品への用途としてはラーメン、和麺、ギョーザ・シューマイの皮などの打ち粉としての利用がほとんどを占める^(*16)。酸化サゴでん粉はゆで湯への溶出が少なく、ゆで湯の濁り、粘度上昇を抑えられ、ゆで湯の取り替え回数を減らすことができる^(*16)。近年は、上述のようにアレルギーを防ぐ食用粉としてのネット販売、介護分野での嚥下補助食品、あるいは化粧品産業での利用もみられる。工業的にはタピオカと同様、加工でん粉、調味料などとして利用さ

れる。さらに、高い粘性やアミロース含量を生かした利用、石油代替エネルギー原料としても利用が期待されており、バイオエタノールへの変換や生分解性プラスチック製造の研究も進められている^(*18、19)。

近年、日本でも九州南部や南西諸島で熱帯原産作物の新規栽培が盛んになっている。沖縄本島の植物園では、筆者が寄贈したサゴヤシが栽培されているものの、農業生産のために供された例はないが、南西諸島の外島への導入が検討されたことはある。同属のフィジーサゴ (*M. vitifera*) のように月平均最低気温が18度台となる地域に分布しているものもあり、問題土壌の利活用や地域振興に向けてもサゴヤシの栽培地拡大について改めての検討が期待される。

3 主要生産・輸出国のインドネシア・マレーシアにおける生産・消費状況

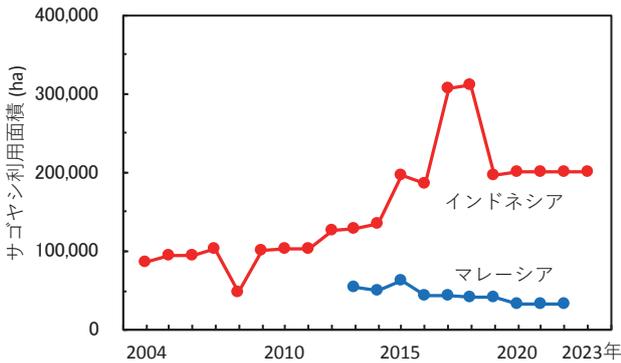
(1) サゴ資源量とその利用

1997年のIPGRI（国際植物遺伝資源研究所）の資料によると、分布地域全体のサゴヤシ生育面積は約250万ヘクタールとみられ、中でもインドネシアとパプアニューギニアがその多くを占めている。内訳はインドネシアが約140万ヘクタール、パプアニューギニアが100万ヘクタール、その他にマレーシアが約4万5000ヘクタール、タイが5000ヘクタール、フィリピンが3000ヘクタールなどである^(*20)。当時はその多くが自然林で、利用されているのは全体の10%程度とみられていた。

その後、インドネシアのサゴヤシ利用面積（収穫面積）は2004年の10万ヘクタール前後から2018年の31万ヘクタール超と広がったものの、2019年以降20万ヘクタール程度と減少して推移している（図6）。これにはコロナ禍の影響がうかがわれる。一方、マレーシアでは2015年の6万3000ヘクタール弱から2022年の3万3000ヘクタール弱へと利

用面積が減少している。この20年余りで積極的な利用面積には増減があったものの、総資源林に占める利用林の割合は大きく変わっていないものとみられる。

図6 インドネシアとマレーシアにおけるサゴヤシ利用面積



資料：*21、22、23、24、25、26、27、28、29、30より筆者作成
注1：2023年は1～10月の実績からの推定値。

注2：マレーシアはオンラインで公表されているデータが2013年からのみであったため、同年以降の数値を表示。マレーシアではサゴでん粉生産が盛んであったジョホール州などでも、アブラヤシ栽培の拡大に伴ってサゴヤシの面積が減少してきたが、後述のようにサラワク州をはじめ、今また農地利用の形態において新たな転機を迎えている。

マレーシアの主要なサゴヤシ生産地は東マレーシアの泥炭地であるが、環境保全の観点から泥炭地におけるアブラヤシの再植林を制限し、2023年までにアブラヤシ栽培の最大面積を決定することとなっており^(*)31)、サラワク熱帯泥炭土壌研究所によれば、アブラヤシに替えてサゴヤシの植林を振興する考えがあるという。新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響が減じてきており、ヨーロッパなどにおける社会情勢の混乱長期化に伴う食料安全保障の強化や、地下資源の代替としてのバイオマスの確保といった面から、また、安全・安心な食資源の確保といった視点からも、開発中経済植物の位置にあるサゴヤシの栽培技術の確立や高度活用に向けた期待はより高まるものと考え。この点については、FAO(国際連合食糧農業機関)のテクニカルコーポレーションプログラム(TCP)がインドネシアで「サゴでん粉利用振興」として2015～19年に行われ、続

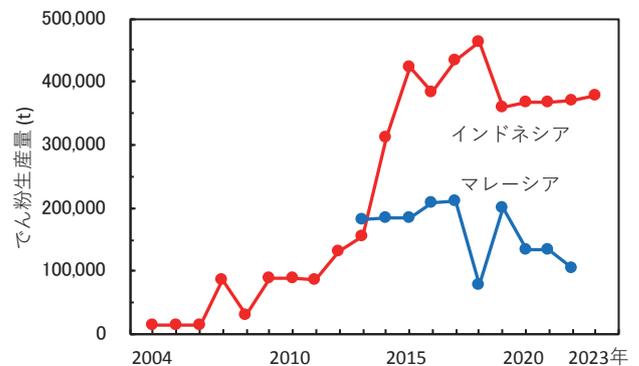
いてコロナ禍においてもTCP「サゴヤシ生産のスケールアップを通じた食料安全保障の強化と気候変動へ対応」がパプアニューギニアで2022～24年に実施されたことから、サゴでん粉の高度利用と食料安全保障への貢献が要望されていることが分かる。

(2) 生産量

近年は、大規模栽培も行われているが、面積に占める大規模栽培の割合はマレーシアにおいては小規模農家の2割以下である。インドネシアのリアウ州ではプランテーションも進められているが、全国土のサゴヤシ利用地に占める割合からみると大きなものではなく、年度によって異なるが1～2割あるいはそれ以下である^(*)22、23、24、25)。

サゴでん粉の年間生産量は、インドネシアがコロナ禍前の2018年で46万トン余り、その後は約38万トン、マレーシアは2017年で21万トン余りであったものの、コロナ禍より減じていて11万トン余りとなっている(図7)。生産量の年度による変化は、インドネシアにおいてはおおむね利用面積により規定されているが、マレーシアにおいては利用面積に大きな変動が無い場合、それ以外の要因が影響すると考えられる。インドネシアでのサゴヤシ利

図7 インドネシアとマレーシアにおけるサゴでん粉生産量



資料：*21、22、23、24、25、26、27、28、29、30より筆者作成
注1：2023年は1～10月の実績からの推定値。

注2：マレーシアはオンラインで公表されているデータが2013年からのみであったため、同年以降の数値を表示。

用面積（収穫面積）が変動する一つの要因として、従事農家数が2018年までは28万戸であったのが2019年には40%も減少したこと、特にパプア州での減少が顕著であった（*22、23、24、25）。この変化の要因についてはコロナ禍の影響もあろうが、全体的に農業従事者の確保が難しくなっている社会的背景が関わるとも考えられる。

パプアニューギニアのサゴでん粉生産量については、2000年で8万3000トン、2006年で9万8000トンと推定している（*32）。オーストラリア国立大学（ANU）によれば、パプアニューギニアは約3分の1の州で主食となる作物の中でサゴヤシの生産量が最も多いことから、地方居住者の3分の1はサゴに依存しており、パプアニューギニアの人口が消費する全カロリー約7%はサゴでん粉から摂取されている。また、ANUによるとサゴでん粉の実際の収量は1本あたり180キログラムであるが、潜在的には1本あたり500キログラムの蓄積量があるとみられている（*32）。パプアニューギニアの市場で取引されるサゴでん粉の水分含量は40%程度であることから、ANUが指摘する1本あたり500キログラムのでん粉蓄積量とは、乾燥重にすれば300キログラムで、筆者らの調査結果と同程度となる。一方、筆者らがFAO TCPの一環としてパプアニューギニアで行った測定から、でん粉抽出後の残渣に残留するでん粉は多く、伝統的な抽出の場合に髄残渣のでん粉含量は平均して乾物重当たり59%であった（*14）。抽出前の髄組織のでん粉含有率が71%程度であることから、回収できていないでん粉がかなりある。ANUの報告によるところの実際の収量が低いというのは、このことが理由である。蓄積されたでん粉資源の利用率をより高めるため、筆者らはパプアニューギニアのFAO TCPにおける髄組織の粉碎方法の改善策として、小規模動力を用いて機械化することで抽出効率が13%向上したことを明らかにしている（*14）。

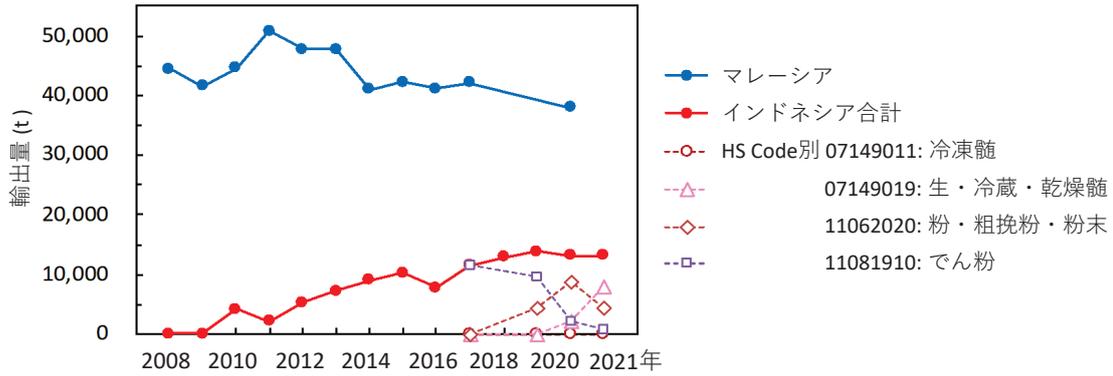
（3）生産性

インドネシアの統計によると（*22、25）、2016年から企業経営によるサゴでん粉の年間の生産性は1ヘクタール当たり9トンを超えており、リアウ州で2017年に1ヘクタール当たり9トン強と記載されている（2019年以降の企業経営の情報は明らかでない）。栽培化の進んだヤシ種では10×10メートルの間隔で1ヘクタール当たり100本の栽植密度をとることが多い。1ヘクタール当たり9トンの収量であれば、単純に計算すると1本あたり90キログラムの収量となる。しかしながら、サゴヤシの場合には栄養繁殖により増殖するサッカー（きゅうし：地下茎の一部が地上に現れた若芽）を、1株に数本ずつエイジが異なるものを残していき、同一株からの継続収穫を目指すので、毎年同じ株から収穫するのは難しい。したがって、1ヘクタール当たり100株の中から3分の1程度ずつを収穫する計画栽培により、単位面積当たりの年間収穫量をコントロールすることが望まれる。小規模農家レベルの生産では、年間の生産性は平均して1ヘクタール当たり3～4トン（リアウ州でも同6.3～6.5トン）であるとみられるので（*22、25）、同一株から3年ごとに収穫を可能とするようなサッカー密度制御など、栽培管理の高度化と集約的栽培による生産性の確保が望まれる。

（4）輸出量と価格

輸出量について見ると（図8）、マレーシアにおける主な輸出元である東マレーシア・サラワク州からは2010年には5万トン強であったが、2020年に3万8000トンとなっている。インドネシアからの輸出は、2005年から2009年まではわずかであったものが2010年以降増大し、2019年に1万3000トンを超えたものの、その後は伸びていない。直近の統計では、インドネシアからの輸出は11%余りが日本向けである（*25）。日本への輸出は、マレーシ

図8 インドネシアとマレーシアからの輸出货量



資料：*21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、33、34より筆者作成

注：HSコード：07149011：冷凍髓、07149019：生・冷蔵・乾燥髓、11062020：粉・粗挽粉・粉末、11081910：でん粉。

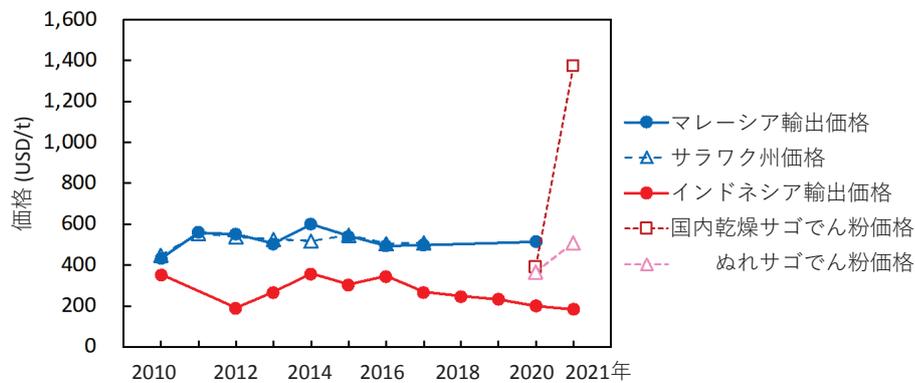
ア輸出货量全体の約36%となる1万3000トン余り、インドネシアからは2000トン弱となる（図1）。図1に青色で示した主な輸入国の他に、インドネシアはオランダ、米国へも輸出している。また、インドネシアはマレーシアへも輸出している（2021年で約1万700トン）。マレーシアでは、生産地によってサゴヤシからアブラヤシへ栽培の切り替えが進んだため、2010年代からはサゴでん粉の原料を購入し、それを精製して出荷している工場もある。

インドネシアからの輸出をHSコード別に見ると、07149019（生・冷蔵・乾燥髓）と11062020（粉・粗挽粉・粉末）が伸びているのに対して、

11081910（でん粉）は低下してきている。

でん粉の輸出価格については（図9）、マレーシアからの輸出価格は2010年に1トン当たり約450米ドルだったものが2011年に上昇して540米ドル前後で推移、生産地サラワク州は2011年から同530米ドルで大きな変化はない（価格は各年度の両国の通貨と対米ドル平均為替レートにより換算。以下同じ）。インドネシアからの輸出価格は、1トン当たり約350米ドルとなってから2016年以降は低下の傾向で2021年には約187米ドルとなっていたものの、インドネシア農業省エスレート総局で2024年5月に聞き取りをした最新の情報では、2022年度

図9 インドネシアとマレーシアからの輸出価格およびインドネシア国内価格



資料：*21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、33、34より筆者作成

注1：HSコード：07149011：冷凍髓、07149019：生・冷蔵・乾燥髓、11062020：粉・粗挽粉・粉末、11081910：でん粉。

注2：価格は各年度の両国の通貨と対米ドル平均為替レートにより換算。

の輸出価格は約255米ドルと再び上昇している。国内価格をみると、国内では上昇傾向、とくに乾燥でん粉が極めて高くなっている。また、最近の国内価格の上昇については、「インドネシアの主要産地であるリアウ州において、2014年と2015年に泥炭地のサゴヤシ栽培園で火災が発生したことがやや時間をかけて生産量に影響をもたらしたこと、一方、国内でも食の健康志向の高まりなどからサゴでん粉の用途の開発、多様化が進んでいるものの、需要増

に見合う原材料の供給量が増えていないことなどが影響している」と前述のエステート総局においてコメントがあった。インドネシア・国内の消費者価格について、コロナ禍の2022年^(*35)と本年2024年1月の実店舗における単位重量当たりで比べてみると、サゴでん粉では情報を得られた商品のうち、4分の1の商品で価格にして14%の上昇、その他の食用粉では29%となり、タピオカ、かんしょ(紅芋)、ソルガムのでん粉が上昇率にして平均15%であった。

～コラム タンパク源として注目されるサゴムシ～

サゴムシ、それはコウチュウ目・ゾウムシ上科・オサゾウムシ科のヤシオオオサゾウムシのこと。体長3センチメートル前後の甲虫で、ヤシ類に寄生する。英語ではsago grub、sago worm、sago weevilなどというが、サゴヤシ生産地では住民が好んで食べるのでsago grubと呼ぶのがよいか、と思っていたところ、今は色々な商品があるようだ。

サゴムシは、サゴヤシを伐採した切り株などに卵を産みつける。そして2～3カ月後に幼虫が発生、これを採集して食する。サゴムシの成分としては脂肪が多く、次いでタンパク質が多いため、重要な動物タンパク質源といわれる。サゴ生産国では、食べるスタイルに生食、串焼きなどあるが、筆者はサゴムシ炒めをおすすめしたい。



左：生サゴムシ 右上：サゴムシ串焼き（1本1キナ）
（1山5匹1キナ） 右下：サゴ餅（6個包み1キナ）

コラム写真1 パプアニューギニア・東セピック州ウェワク市の市場で販売されていたサゴムシとサゴ餅

注：「キナ」はパプアニューギニアの通貨で、1キナ＝約40円（2024年5月末時点）。

コラム写真1は2023年8月パプアニューギニア・東セピック州ウェワク市の市場でのスナップだが、サゴムシが5匹で1キナ（約40円）だった。2022年8月には同じ市場で、7匹1山の値段が1キナだったので、大きさの違いが多少あったのかもしれないが、値上がり傾向ではあるようだ。参考までに、ぬれサゴでん粉（水分含有率40%程度）が1キログラムで2キナ。これは両年で価格の変動はなかった。同じ市場で売られていたサゴ餅が1包6個入りで1キナ、別の露天ではココヤシの実（液状胚乳であるココナッツジュースは飲用に、ココナッツミルクの原料となる固形胚乳を食用とするためのヤングココナッツ）が1個1キナだった。これらと比べるとサゴムシの価格は高いものと思える。なお、タイ南部では、サゴヤシの髓を専らサゴムシ養殖に使っているところもある。

近年は色々な食用昆虫が出回るようになってきているが、いよいよサゴムシも缶詰やラミネートパッケージで輸入されている。ネット検索をしてみたところ、串に刺して（おそらく）味付けしたものや、ウォッカに漬けたものも出回っているようだ。



コラム写真2 乾燥サゴムシ

資料：浦和大学 豊田由貴夫教授提供

4 サゴヤシとサゴでん粉の可能性、魅力

現在、英国などのファストフード店では、GFCという言葉をよく目にする。グルテンフリーチキンという意味であり、唐揚げ粉にグルテンを含む材料を含んでいないことを示す。日系のうま味調味料を製造販売している会社は、唐揚げのサクサク感を増すために、インドネシアにおいてサゴでん粉を使った製品を開発、販売しており、普及が広がっている。ヨーロッパでのGFCへの志向は、スタンダードとは言わないまでもすでにムーブメントを超えている感がある。今後、このような志向は世界的に広まっ

ていくと考えられ、多様な食味・食感と健康志向とが相まったサゴでん粉の用途も拡大していくものと思われる。インドネシアではカップ麺やグルテンフリーパスタなどサゴでん粉の用途が広がっており、日本ではサゴでん粉と数%の加工でん粉を用いるとパスタの品質が向上するなどの研究が進んでいる^(*)36)。でん粉をゲル状で使う場合、サゴでん粉は凍結・解凍を複数回繰り返しても他のでん粉に比べて劣化し難い特徴がある^(*)37)。エネルギー源としては精白米の約3倍、トウモロコシの4倍であるものの、マウスを使った実験でサゴでん粉は食後の血糖値上昇抑制効果が顕著であることが確認され^(*)38)、夜遅い時間に食事を取らざるを得ない人にとって健康を維

持するのに都合の良い食材である可能性がある、とマスコミでも紹介された^(*1)。

おわりに ～今後の展望と課題～

かつてはタピオカでん粉などの低廉な代替として利用されてきたサゴでん粉であるが、直近2年ほどのタピオカでん粉のFOB価格（約480～540米ドル）と比べても、日本向けサゴでん粉の価格は近年高く推移し、さらに上昇が続いていることは留意すべきことである。本稿では、日本への輸入量の増、円建て輸入価格の上昇とともに、上述のように生産国におけるサゴヤシ生産従事者の減少、生産量の低下、国内価格やコロナ禍を経てからの消費者価格の動向について最新の情報を紹介した。価格変動の実態をより具体的に把握するには、コロナ禍で変容した産業構造や取引形態の実態も踏まえた解析が必要

であるものの、最も多くサゴでん粉を輸入しているわが国は、32年前にサゴヤシ学会を設立して世界のサゴ研究をリードしてきた実績を生かし、学術成果の実証を進め、生産国とともに持続的で安定的な生産と利用に向けた技術を実装することが期待されていると考える。

年々気候変動が厳しくなる中で世界的には増加し続ける人口、さらに経済発展に伴って多様化する食の量・質の需要を賄うには、既存の耕地の高度利用だけでなく問題土壌も含めた新たな環境で生産活動が必要であり、そのためには高いレジリエンスを有する資源の活用が前提となる。サゴヤシはまさに有効利用が期待される資源であるが、利用が進めば農業残渣も増大することとなる。残渣中の残留でん粉の活用、再資源化が重要であり、残渣からのエタノール生産や生分解性プラスチック製造^(*18、19)といった開発技術の実証、実装が急がれる。

【参考文献】

- *1 日刊ゲンダイヘルス (2023). 「食品業界注目の『サゴヤシ』は何がすごいのか 忍び寄る『食糧難』の救世主？」
(<https://hc.nikkan-gendai.com/articles/279240?page=4>) (公開日：2023年07月07日)
- *2 Ehara, H., S. Kosaka, N. Shimura, D. Matoyama, D. Morita, H. Naito, C. Mizota, C., S. Susanto, M. H. Bintoro and Y. Yamamoto (2003). Relationship between geographical distribution and genetic distance of sago palms in the Malay Archipelago. *Sago Palm* 11: 8-13.
- *3 江原宏 (2005). 第8回国際サゴヤシシンポジウム (EISS2005) レポート、『熱帯農業』49: 386-387.
- *4 江原宏 (2017). 「サゴヤシ」日本作物学会「作物栽培大系」編集委員会 監修・巽二郎 編著『工芸作物の栽培と利用 (作物栽培大系 7)』朝倉書店、p130-135.
- *5 Ehara, H., K. Kakuda, A. Miyazaki, S. Nakamura, H. Naito, Y. Nitta, M. Okazaki, Y. Sasaki, K. Toyoda, A. Watanabe, M. Watanabe, Y. Yamamoto, S. D. Kimura Y. and Goto, Y. (2021). Sago palm in peatland. In : Osaki, M., Tsuji, N., Foad, N. and Rieley, J. eds., *Tropical Peatland Eco-management*. Springer, p477-507.
- *6 Prathumyot, W. and H. Ehara (2010). Identification of casparian strip in roots of *Metroxylon sagu*, a salt-resistant palm. *Tropical Agriculture and Development* 54: 91-97.
- *7 Ehara, H., H. Shibata, W. Prathumyot, H. Naito and H. Miyake (2008). Absorption and distribution of Na⁺, Cl⁻ and some other ions and physiological features of sago palm under salt stress. *Tropical Agriculture and Development* 52: 7-16.
- *8 Ehara, H., M. Matsui and H. Naito (2006). Avoidance mechanism of salt stress in sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.). *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 50 (1): 36-41.
- *9 Anugoolprasert, O., H. Ehara and H. Naito (2014). Growth response and nutrient concentrations of sago palm under aluminum stress. *Thammasat International Journal of Science and Technology* 19 (2): 37-52.
- *10 Ehara, H., S. Susanto, C. Mizota, S. Hirose T. and Matsuno (2000). Sago palm (*Metroxylon sagu*, Arecaceae) production in the eastern archipelago of Indonesia: Variation in morphological characteristics and pith dry-matter yield. *Economic Botany* 54 (2): 197-206.

-
- *11 Ehara, H., Toyoda, H. and Johnson, D. V. (eds.) (2018). Sago Palm: Multiple Contributions to Food Security and Sustainable Livelihoods. Springer, pp330.
- *12 高村奉樹 (1990). 「サゴヤシ研究の現状と問題点」『熱帯農業』34 (1) : 51-58.
- *13 Yang, X., H.J. Barton, X. Wan, Q. Li, Z. Ma, M. Li, D. Zhang and J. Wei (2013). Sago-type palms were an important plant food prior to rice in southern subtropical China. PLoS ONE 8 (5) : e63148.
- *14 Ehara, H., H. Naito, T. Mishima, Y. Toyoda, K. Galgal and B. C. Mandal (2024). Improving the efficiency of starch extraction process with the introduction of rasping machine in Papua New Guinea. Research for Tropical Agriculture 17 (Extra 1) : 41-42.
- *15 江原宏・板谷明美・三島隆・久松眞・内山智裕・西村美彦・内藤整・近江正陽 (2010). 「食料安全保障強化に向けたサゴヤシ澱粉の持続生産と利活用に関する戦略的総合研究プログラム」農林水産技術会議地球規模課題国際研究ネットワーク事業 (国際共同研究等の推進) バイオマス資源の持続的生産・活用技術の開発報告書.
(https://www.affrc.maff.go.jp/docs/research_international/iris-aff/movement/pdf/theme3.pdf)
- *16 サゴヤシ学会編 (2010). 『サゴヤシ—21世紀の資源植物』京都大学学術出版会、pp390.
- *17 Nakazawa, M., R. Ohtsuka, T. Kawabe, T. Hongo, T. Suzuki, T. Inaoka, T. Akimichi, S. Kano, M. Suzuki et al. (1994). Differential malaria prevalence among villages of the Gidra in lowland Papua New Guinea. Tropical and Geographical Medicine 46 : 350-354, 1994.
- *18 Utami, A., Isono, N. and Ehara, H. (2017). High-level ethanol production from sago residue hydrolysate prepared with thermostable α -amylase and amyloglucosidase. Sago Palm 25 (1) : 14-20.
- *19 Utami, A. S., Sunarti, T. C., Isono, N., Hisamatsu, M. and Ehara, H. (2014). Preparation of biodegradable foam from sago residue. Sago Palm 22 (1) : 1-5.
- *20 Flach, M. (1997). Sago palm *Metroxylon sagu* Rottb. IPGRI (Rome), pp.77.
- *21 Benny, D., T. Benson, M. Ivekolia, M. K. Jemal and R. Ovah (2022). Improving agricultural productivity in Papua New Guinea: Strategic and policy considerations. IFPRI Working Paper #001 (February 2022), pp.65.
- *22 Directorate General of Estate Crops (2019). Statistical of national leading estate crops commodity: Sago 2017-2019. Ministry of Agriculture, Indonesia, p1-24.
- *23 Directorate General of Estate Crops (2021). Sago. In: Statistical of national leading estate crops commodity 2020-2021. Ministry of Agriculture, Indonesia, p789-833.
- *24 Directorate General of Estate Crops (2022). Ditto: 2021-2022. Ministry of Agriculture, Indonesia, p789-833.
- *25 Directorate General of Estate Crops (2022). Ditto: 2021-2023. Ministry of Agriculture, Indonesia, p797-842.
- *26 MAAI Malaysia (2018). Agrofood statistics 2018, Ministry of Agriculture and Agro-based Industry, Malaysia, p78.
- *27 MAAI Malaysia (2019). Ditto:2019, Ministry of Agriculture and Agro-based Industry, Malaysia, p52.
- *28 MAAI Malaysia (2020). Ditto:2020, Ministry of Agriculture and Agro-based Industry, Malaysia, p52.
- *29 MAAI Malaysia (2021). Ditto:2021, Ministry of Agriculture and Agro-based Industry, Malaysia, p54.
- *30 MAAI Malaysia (2022). Ditto:2022, Ministry of Agriculture and Agro-based Industry, Malaysia, p55.
- *31 Peteru, S., H. Komarudin and M. A. Brady (2022). Sustainability certifications, approaches, and tools for oil palm in Indonesia and Malaysia. European Forest Institute, pp.102.
- *32 Bourke, R.M. and Harwood, T. (eds) (2009). Food and Agriculture in Papua New Guinea. ANU E Press, The Australian National University (Canberra), pp.192.
- *33 The Office Portal of Sarawak Data (2017). Sago starch 10 years performance - Charts. (https://data.sarawak.gov.my/home/data/resource_download/549)
- *34 Dayak Daily (2022). Peninsular Malaysia is largest buyer of Sarawak's sago starch, second to Japan (16 Feb 2022).
- *35 Ehara, S. (2023). Variation in the consumer prices of sago palm starch and similar powdery starch obtained from other crops in Jakarta, Indonesia. Sago Palm 31 (2) : 88-98.
- *36 Kondo, T., H. Ehara and K. Hirao. (2024). Comparative study on the properties of various commercial sago starches and examination of gluten-free pasta using sago starch. Sago Palm 31 (2) : 99-105.
- *37 平尾和子 (2018). 「澱粉の調理—糖質および澱粉質食品の調理—」『応用糖質科学』8 (4) : 276-283.
- *38 Furutani, A., (2022). Chrononutrition study of pancakes made with sago starch. Sago Palm 29 (2) : 75.
-