

## インドネシア産組織培養サゴヤシ苗のフィリピン・レイテにおける生育

岡崎正規<sup>1)</sup>・米林甲陽<sup>1)</sup>・ナディルマン ハスカ<sup>2)</sup>・マルセロ ケベド<sup>3)</sup>・スゼトット リナ<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>石川県立大学生物資源環境学部、<sup>2)</sup>バイオテック・センター、BPPT、インドネシア、<sup>3)</sup>ビサヤ州立大学・フィリピン

### Growth of Indonesian tissue-cultured sago palm seedlings grown in Leyte of the Philippines

Masanori OKAZAKI<sup>1)</sup>, Koyo YONEBAYASHI<sup>1)</sup>, Nadirman HASKA<sup>2)</sup>, Marcelo A. QUEVEDO<sup>3)</sup>  
and Suzette B. LINA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Faculty of Bioresources and Environmental Science, Ishikawa Prefectural University

<sup>2)</sup>Biotech, Center of BPPT, Indonesia

<sup>3)</sup>Philcrop Research and Training Center, Visayas State University, Philippines

サゴヤシ幼植物が組織培養法によって育成 (Alang and Krishnapillay, 1987; Tahardi et al., 2002; 荻田・山口, 2003) されて久しい。Biotech Center バイオテック・センター (インドネシア、BPPT) において組織培養されたサゴヤシ苗を 2007 年にフィリピン・レイテ・Pangasugan パンガスガンの低地土に移植した。本圃場には、簡易灌漑施設が設置され、定期的に灌漑が可能である。移植時の平均樹高は、30 cm 程度であったが、移植後の生育は良好で、移植 5 年目で、平均樹高は 403 cm に達した。サゴヤシの初期生育は、ロゼッタ状であり、多くのサッカーを持った。適切なサッカーコントロールを行うことによって、良好な生長を期待できると判断された。

#### 材料および方法

Biotech Center, BPPT, Indonesia (バイオテックセンター インドネシア) において組織培養法によって作出されたサゴヤシ苗を 2007 年に Pangasugan, Leyte, Philipinnes の低地土 (図 1) に導入した。インドネシアにおいて採取したサッカーを洗浄後、消毒・前処理し、植外体を作出した。培地 (土壤、コンポスト、肥料) を詰めたポリバックに植外体を



図 1 Pangasugan におけるサゴヤシ圃場



図 2 組織培養サゴヤシの Pangasugan における生育

6-8週間人工気象室内でインキュベーションし、その後、4-6週間順化させ、新たな芽が出来るのを待った。さらに4-6週間、2葉が展開するまで生育させ、育成した。その後6-8週間、4葉が展開するまで環境に適応させた。苗の重量を500gまで増加させ、レイテに空輸し、5日間順化させた後、圃場に移植した。移植時の苗8個体は、第4葉がすでに展開しており、6m×6mの方形に植栽した。生育因子に関しては、樹高および樹囲を経時的に計測した。測高器（宣真工業 10m）を用いて樹高を計測し、巻尺を用いて樹幹直径を計測した。

## 結果

インドネシアのバイオテック・センターにおいて組織培養法を用いて作出されたサゴヤシ（図2）の平均樹高の経時的变化をフィリピン・レイテ・Brauen ブラウエンからパンガスガンに移植したサゴヤシのそれと比較して図3に示す。いずれのサゴヤシも mother palm のほかに1つの sucker を育成している。

インドネシアから導入した組織培養サゴヤシは、導入後順調に生育し、導入後5年に平均樹高498.6cmに達した。これは、ブラウエンから移植したサゴヤシの平均樹高（5年目）が、719.3cmであることから、やや初期生育が劣っていたが、今後、さらに生育因子の計測を継続し、生育中期の生長を観察する予定である。組織培養法による優良品種の育成に関して、多様な地域における現地試験を行い、現地のサゴヤシと比較する必要があると言えよう。

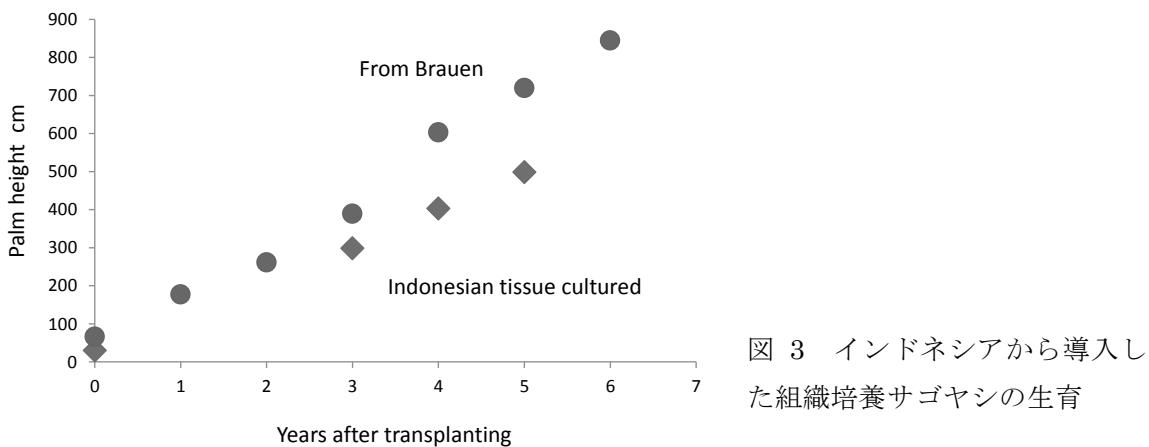


図3 インドネシアから導入した組織培養サゴヤシの生育

## 文献

- Alang, Z. C. and Krishnapillay, B. (1987) Somatic embryogenesis from young leaf tissues of the sago palm – *Metroxylon sagu*. Plant Tissue Culture Letters, 4, 32-34
- 荻田信二郎・山口夕（2003）ヤシ科植物のバイオテクノロジー—スリランカとインドネシアの事例—, SAGO PALM, 11, 21-25
- Tahardi, J. S., Sianipar, N. F. and Riyadi, Imron. (2002) Somatic Embryogenesis in sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.), In New Frontiers of Sago Palm Studies, Kainuma, K., Okazaki, M., Toyoda, Y. and Cecil, J. E. (eds), p. 75-81, Universal Academy Press

水分子によるサゴ澱粉の構造変化  
川嶋ふみ・岡崎正規・米林甲陽  
石川県立大学生物資源環境学部

Changes in Sago starch structure by water molecules  
Fumi KAWASHIMA, Masanori OKAZAKI and Koyo YONEBAYASHI  
Faculty of Bioresources and Environmental Science, Ishikawa Prefectural University

水分子と澱粉との相互作用については、古くから研究が進められてきたが、水分子と澱粉構造との関係が示されたのは、最近のことである。貝沼・八田（2003）は、X線回折法によって得られた反射面間隔（d）から、单糖類、二糖類には、0.9 nm 以下の面間隔を持つ反射面しか存在せず、B タイプの馬鈴薯澱粉には 1.58 nm の面間隔が存在し、これがグルコース鎖の連続あるいは整列により形成される分子間距離の 1 単位を反映するものであることを示唆した。岡崎・井倉（2011）は、異なる澱粉結晶構造に存在する水分子の行動を重水（D<sub>2</sub>O）を用いて明らかにした。

本報告では、水分子のサゴ澱粉構造内への侵入が、グルコース鎖によって形成された六方晶系内の 1.58 nm の反射面をどのように経時に変化させるかを明らかにし、水分子と澱粉構造との関係が極めて短時間で変化することを示した。

#### 材料および方法

##### サゴ澱粉

2006 年および 2007 年にフィリピン・レイテ・パストラナ Pastrana およびヒルシ Hilusigにおいて、成熟期にあるサゴヤシの樹幹（7 m）の異なるログから伝統的な抽出方法で分別採取した。採取した澱粉を数回水洗し、風乾後、1 mm および 75 μm 篩を用いて篩別し、最終的に 45 μm 篩を通過させ、分析試料（サゴ澱粉試料）とした。

#### X 線回折

X 線回折装置（Rigaku MiniFlex）を用いて回折パターンを得た。分析条件は、Cu 管球、30 kV、15 mA、スキャンスピード 2° min<sup>-1</sup>、回折角度 2θ を 2.01 – 45.00 とした。

#### 水分子と澱粉の反応

相対湿度 68.9 ± 0.3 % のデシケータ内に澱粉試料を静置し、数日間放置した。放置した澱粉試料から約 1 g を秤量管に採取し、秤量後、105 °C 乾燥器に入れた。乾燥前後の試料の重量差から試料の水分含量を求めた。また、2 g の澱粉試料にミリ Q 水を 1.5 g 加え、経時的（0~24 時間）に X 線回折パターンを得た。

#### 結果

サゴ澱粉試料の X 線回折パターンは、明瞭な 5.5~5.9° 付近のピーク（面間隔：1.5 ~ 1.6 nm）を持ち、同時に 17 および 18° 付近のダブルピーク、および 23° の明瞭なピークを示した。水分子の構造内への侵入は、1.5~1.6 nm の面間隔を 1.7 nm へ拡大し、水

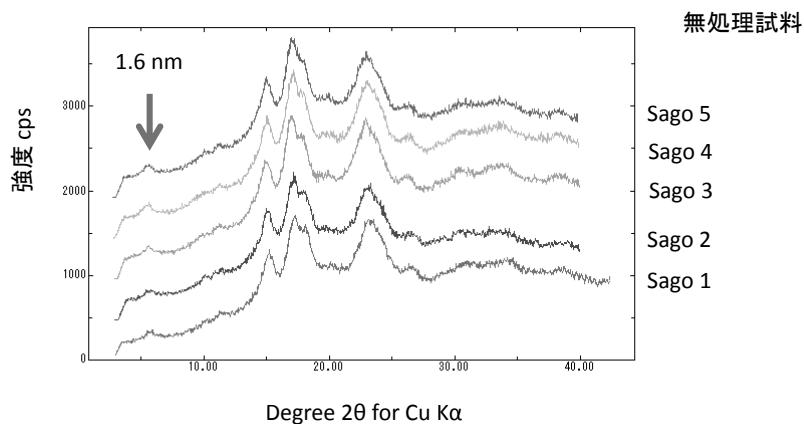


図1 無処理サゴ澱粉のX線回折パターン

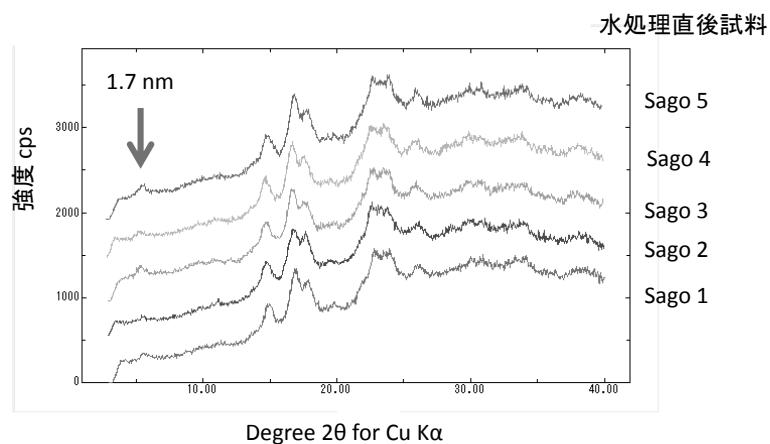


図2 水処理直後サゴ澱粉のX線回折パターン

分子の直径の1/6程度拡大した。この事実は、サゴ澱粉構造内部への水分子の侵入が、反射面間隔を押し広げつつ、速やかに行われることを示している。澱粉構造が水に対して極めてやわらかい構造を持っていることが明らかになった。

### 文献

- 貝沼圭二・八田珠郎（2003）結晶構造, 不破英次・小巻利章・檜作進・貝沼圭二編, 澱粉科学の事典, p. 40-49, 朝倉書店
- 岡崎正規・井倉将人（2011）サゴ澱粉の構造と構造内水分子の行動, 第20回サゴヤシ学会講演会要旨集

## サゴヤシの窒素固定エンドファイトの活性化とデンプン集積との関連について

米林甲陽・岡崎正規  
石川県立大学生物資源環境学部

Does the nitrogen fixation activity of diazotrophic endophytes in the leaf of sago palm affect the starch accumulation process in the pith of sago palm?

Koyo Yonebayashi and Masanori Okazaki  
Faculty of Bioresources and Environmental Science, Ishikawa Prefectural University

近年、サトウキビなどの植物体組織に生息する窒素固定微生物（エンドファイト）が発見され、サゴヤシについても様々な部位から窒素固定細菌が分離同定された。

また、窒素安定同位体比法によって窒素固定量を推定する方法が開発され、同一圃場にサトウキビやサツマイモなどの窒素固定作物と、その他の非窒素固定作物を栽培し、両作物の葉の窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) から窒素固定の寄与率が次式のように推定されている。しかし、両作物の生育特性と窒素吸収パターンが類似していることが必要とされている。

$$\text{窒素固定寄与率} = [1 - (\text{N固定植物} \delta^{15}\text{N} / \text{非N固定植物} \delta^{15}\text{N})] \times 100$$

演者ら (Yonebayashi *et al.*, 2009; 米林甲陽, 2008) は、サゴヤシとサツマイモについて、栽培初期の葉の窒素安定同位体比は栽培土壤の窒素安定同位体比と同程度であるが、栽培後期に葉の窒素安定同位体比が低下することを見いだし、栽培初期の葉の窒素安定同位体比を基準とする窒素固定の寄与率の計算法を提案した。

サゴヤシの葉における窒素固定エンドファイトの窒素固定の寄与率は、生育年数に応じて増加し、開花期に急増する。サツマイモの葉も窒素固定エンドファイトの窒素固定の寄与率は、生育日数に応じて増加し、塊根の肥大期に急増する。両作物の窒素固定エンドファイトの活性化とデンプン集積との関連性について論究する。

### 【実験方法】

マレーシア、サラワク州ダラット泥炭試験場およびインドネシア、スラヴェン、ケンダリの農園で、生育年数の異なる（3～13年）サゴヤシの上位、中位、下位葉を採取した。

石川県立大学附属農場転換畠（灰色低地土；堆肥施用）でサツマイモ（ベニコマチ、ベニアズマ）を栽培した。経時に1株の全葉、全塊根を採取し計量した。

植物葉試料を80°Cで乾燥後、微粉碎し、元素分析装置（ペーキエルマ、2400II CHNS）を用いて全窒素量を測定し、安定同位体比質量分析装置（ジャスコ・インターナショナル、IsoPrime EA）を用いて窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) 分析を行った。

サゴヤシの場合、幹立ち直後の若い葉では窒素固定が起こっていないと考えられたことから、サゴヤシの窒素固定寄与率を次式のように計算した(Yonebayashi *et al.*, 2009)。

$$\text{窒素固定寄与率} = [1 - (\text{サゴ葉} \delta^{15}\text{N} / \text{サゴ幹立ち直後若葉} \delta^{15}\text{N})] \times 100$$

サツマイモの場合、移植後2週間目の葉は非窒素固定状態にあるとして、以下の計算法を適用した(米林甲陽, 2008)。

$$\text{窒素固定寄与率} = [1 - (\text{サツマイモ葉} \delta^{15}\text{N} / \text{移植2週間後サツマイモ葉} \delta^{15}\text{N})] \times 100$$

### 【結果と考察】

#### ○サゴヤシの窒素固定エンドファイト

サゴヤシの上位葉中の窒素濃度は3~5年生育で15~19 g/kgであるが、10~13年生育では12~13 g/kgに漸減した。サゴヤシの幹中デンプン濃度は10~13年生育で最大となるが、この時期に葉中の窒素濃度が減少することは土壤からの窒素供給量が窒素要求量を満たしていないと考えられた。

3年生育サゴ上位葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値は6‰であるが6~8年生育で4~5‰に低下し、13年生育では0.6‰に著しく低下した。この $\delta^{15}\text{N}$ 値の低下は窒素固定エンドファイトによる空気中窒素(0‰)の固定を意味している。サゴ葉中の窒素固定エンドファイトは植物体の窒素要求量に応じてその活性を高めていると予測された。また、すべての試料で $\delta^{15}\text{N}$ 値は上位葉>中位葉>下位葉の順に低下しており、最も若い葉では窒素固定はほとんど起こっていないと考えられた。

サゴヤシ葉中の窒素固定エンドファイトによる窒素固定寄与率は8年生育までは徐々に増加し約30%となり、開花期を迎える13年後の寄与率は90%に急増した。

#### ○サツマイモの窒素固定エンドファイト

サツマイモの葉の窒素濃度は移植後14日目で31~35 g/kgであるが、徐々に低下し75日目には20~23 g/kgとなり、その後は22~25 g/kgを維持していた。葉の重量は61日から90日目にかけて急増しており、この時期に葉中の窒素濃度が減少することは土壤からの窒素供給量が窒素要求量を満たしていないと考えられた。

移植後14日目のサツマイモの葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値は5.5~5.9‰であるが、徐々に低下し61日目に2.7~2.9‰となった後、90日目まで2.6~2.8‰であった。その後、120日目までベニコマチの $\delta^{15}\text{N}$ 値は4.1‰に上昇し、ベニアズマは0.9‰に低下したが、137日目には両者とも2.0~2.9‰となつた。 $\delta^{15}\text{N}$ 値の低下は窒素固定エンドファイトによる空気中窒素(0.0‰)の固定を意味しており、サツマイモ葉中の窒素固定エンドファイトは植物体の窒素要求量に応じてその活性を高めたと考えられた。

サツマイモ葉中の窒素固定エンドファイトによる窒素固定寄与率は75日目までは徐々に増加し51~61%となり、その後、品種によって寄与率の増減は異なるものの137日目には46~65%となった。また寄与率の増加時期は葉重の増加とほぼ一致していた。

#### ○窒素固定エンドファイトの活性化とデンプン集積

サツマイモの塊根重は75日目から130日目にかけて急増しており、葉重の増加曲線より数週間遅れて増加することが認められた。サツマイモは47日以後から葉中の窒素固定エンドファイトの活性が高まり、葉重が急増し、その数週間後に塊根の肥大(デンプン集積)が始まると考えられた。

サゴヤシは、幹の肥大する5~6年生育から10年生育にかけてデンプン集積が急増することが知られている。サゴヤシの窒素固定エンドファイトの活性化とともに窒素固定寄与率は、8年生育から13年生育にかけて急増している。サゴヤシの場合も、おそらく6~8年生育後から窒素固定エンドファイトの活性が高まり葉重の急激な増加が起り、デンプン集積が急増して幹が肥大するものと考えられるが、詳細な調査研究が望まれる。

## インドネシア、マカッサールにおけるカプルンレストランの出現とサゴヤシの 新たな可能性

源田奈都紀<sup>1)</sup>・遲澤克也<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 愛媛大学農学研究科 生物資源学専攻 資源環境政策学コース

<sup>2)</sup> 愛媛大学国際連携推進機構 アジア・アフリカ交流センター

Natsuki Genda<sup>1)</sup>・Katsuya Osozawa<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Course Resources and Environmental Policy Department of Agriculture, Ehime University  
Graduate School of Biological Resources

<sup>2)</sup>Director of Asia-Africa Center, Institute of International relations, Ehime University

### 【背景】

インドネシアは動・植物相が多様であり、また、言語・文化の多様性が極めて高い地域である。農耕文化を見ても稲作文化以外に根菜文化や雑穀文化などが存在し、これらの多様性を背景に中国やインド、また、ヨーロッパの影響を受けながらも多様な食文化が形成されてきた。

しかし、戦後の移住政策に代表されるインドネシア政府の稲作奨励政策により、イモ類やサゴヤシ・バナナ等の根菜文化圏に稲作が導入されていく過程で、サゴを蔑視する風潮を生み、「サゴ離れ」が顕著にみられた。南スラウェシでもこの傾向は強く、その結果、急激なサゴヤシの面積の減少とともに米食中心の食文化が定着していった。つまり、サゴヤシに依存する社会に対して「稲作が出来ない遅れた社会」、ないしは、サゴに対するプアなイメージが定着していったのである。脆弱な生産基盤による重労働生や生産物の低品質による悪臭や低価格などが、こうしたサゴにまつわるマイナスのイメージを助長させたと考えられる。したがって、南スラウェシのサゴ食圏周辺で食される代表的なサゴ料理カプルンは、家庭内で食されることはあるあっても、客に振る舞われたり、ましては街のレストランのメニューなどにあるはずはなかったのである。

ところが、南スラウェシ州の州都マカッサールに1990年代末よりカプルン専門のレストランが出現したのである。

### 【目的】

マカッサールにおけるカプルン・レストランの実態を調査する。何故、マカッサールにカプルン・レストランが突如として出現し、その後も、出店が続くのかを店主や顧客などへ聞き取りを行い、サゴ料理専門のレストランの出現の背景要因を分析する。また、こうしたサゴに対するイメージアップがサゴ生産村に与える影響についても検討した。

### 【調査方法】

2011年10月から11月にかけてマカッサールに滞在し、カプルン・レストランの情報に

基づいて、そのレストランを直接訪れ店内の様子やメニュー、また店主（ないしはオーナー）に出店理由などを聞き取りした。同時に、そこに居合わせた客に対してアンケート用紙に基づいた面談調査を実施した。これらの実態調査にはハサヌディン大学の日本語学科の学生（Nyni と Iman）の協力を得ている。また、北ルウ県のサゴ生産地を訪問し、こうしたサゴに対するイメージアップがサゴ生産地に与える影響について調査した。

### [結果]

・インドネシア南スラウェシ州のマカッサールでは、1999 年以降、南スラウェシの伝統サゴ料理カプルンを出すレストランが出現し、継続して出店が続いている。2011 年 1 月の時点で 16 店舗の存在が確認され、マカッサール全体では 30 店舗近くのカプルン・レストランの存在が予想された。これらのカプルン・レストランの出現要因としては、①南スラウェシ州の州都マカッサールでは、サゴ生産地域のルウ出身者たちを中心に家庭でカプルンが食されており、このサゴ料理がサゴ食圏以外の人々にも普及していたこと。②90 年代末の地方分権化政策の影響を受けた地方の伝統的な文化の見直しの中で、マスメディアの影響もあり南スラウェシの伝統的サゴ料理のカプルンの人気が高まったこと。③カプルンの食材には野菜が多く、また、油をまったく使わないとから健康食ブームに適合したことなどが挙げられる。こうしたカプルン・レストランの出現は、戦後の過度の米食中心の食文化への移行に対する新たな選択肢を南スラウェシの人々に提供していると考えられた。本来スラウェシの保有する多様な食文化への回帰とも位置づけられる。重要なことは、インドネシア社会によって創られ、操作されてきた「サゴ蔑視」観から脱却して、サゴヤシおよびサゴ生産を客観的に評価する気運が南スラウェシの中に見いだせることである。

一方で、Aroma Palopo の店舗に見られるように、Mall の中のモダンな雰囲気のレストランで、このカプルンが出されるようになったことは大きな意味があると考えられた。サゴにまつわるイメージアップに繋がるからである。こうしたサゴに対する新しい評価が、サゴ生産地域の人々にも影響を与えていていると考えられた。ルウ地方のペンカジョアン村では、20 代、30 代の若者達による NGO (Kampong Sagu) が組織され（2010 年設立）、サゴヤシの植林活動と高品質なサゴ生産を普及させようとしている。今回は南スラウェシのマカッサールを取り上げたが、こうした伝統的なサゴ料理の再評価が今後、他のサゴ生産地域にも波及していくのかを見守っていきたい。

インドネシア、ジャヤプラ近郊スンタニ湖畔に生育するサゴヤシ (*Metroxylon sagu* Rottb.)  
変種の物質生産特性とデンプン生産性  
竹森矢\*・山本由徳・吉田徹志<sup>1)</sup>・F. S. RENBON<sup>2)</sup>・A. A. ARSY<sup>2)</sup>・F. S. JONG<sup>3)</sup>・  
D. FADJRY<sup>4)</sup>・Y. B. PASOLON<sup>2)</sup>・宮崎彰

Matter Production and Starch Yield Characteristics in Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) Varieties Grown around  
Lake Sentani near Jayapura in Indonesia.

(高知大学農学部, <sup>1)</sup>愛媛大学連合農学研究科, <sup>2)</sup>ハルオレオ大学, <sup>3)</sup>PT. ANJA,  
<sup>4)</sup>BPTP, パプア)

N. TAKEMORI\*, Y. YAMAMOTO, T. YOSHIDA<sup>1)</sup>, F. S. RENBON<sup>2)</sup>, A. A. ARSY<sup>2)</sup>, F. S. JONG<sup>3)</sup>, D.  
FADJRY<sup>4)</sup>, Y. B. PASOLON<sup>2)</sup> and A. MIYAZAKI  
(Fac. of Agri., Kochi Univ., <sup>1)</sup>UGAS, Ehime Univ., <sup>2)</sup>Haluoleo Univ., <sup>3)</sup>PT. ANJA,  
<sup>4)</sup>BPTP, PAPUA)

**【目的】**サゴヤシは多量のデンプンを樹幹髓に蓄積し、その高い生産性が注目されている。しかし、デンプン蓄積の基礎となるサゴヤシの物質生産特性に関する研究は著しく少ない。本研究では、サゴヤシ民族変種（以下変種）5種について、収穫適期における各器官および部位の乾物重、乾物重割合を比較し、デンプン生産性との関係を検討した。

**【材料および方法】**本調査は2011年9月にインドネシア、ジャヤプラ近郊スンタニ湖畔のサゴヤシ園において、サゴヤシ変種5種（Table 1）を対象に行った。各変種の収穫適期にある平均的な個体を各1個体選定し伐採した。上、中および下位葉の小葉、葉軸および葉柄+葉鞘の平均重量に葉数を乗じて全葉の各部位重を推定した。樹幹の5ヶ所からログおよびディスクを切り出し、全ログの容積重の平均値と樹幹容積を乗じて樹幹重を推定した。全ディスクの髓/樹皮比率と樹幹重から髓及び樹皮重を算出した。各部位からサンプルを採取し、生重と乾物重を測定し、乾物率を算出した。これらの値から各器官および部位の乾物重および乾物重割合を算出した。乾燥した髓サンプルを微粉末に粉碎し、80%熱アルコールで糖を抽出後4.6N過塩素酸でデンプンを抽出し、アンスロン法を用いてデンプン含有率を測定し、髓乾物重を乗じてデンプン収量を算出した。

**【結果および考察】**全乾物重：全乾物重は435～2021kgの範囲にあり、個体間で約4.6倍の差が見られた（Table 1）。**器官（部位）別乾物重**：樹幹乾物重および髓乾物重はそれぞれ245～1542kgおよび155～1270kgの範囲にあり、どちらも栽培変種で野生変種より重かった。また、各部位の乾物重の変動係数は48.4～83.3%の範囲にあり、葉柄+葉鞘で最も高かった（Table 2）。**器官（部位）別乾物重割合**：全乾物重に占める樹幹および髓の乾物重割合は平均で76.1%および55.4%であり、どちらも栽培変種で野生変種より高かった（Table 3）。また、全葉に占める小葉、葉軸および葉柄+葉鞘の乾物重割合は、平均でそれぞれ34.4%，24.7%および40.9%であった。樹幹に占める髓の乾物重割合は63.2～82.4%の範囲にあり、個体間で10%以上の差が見られた。**髓のデンプン含有率および収量**：髓のデンプン含有率は40.8～71.3%の範囲にありManno 2で他の個体と比べ10%以上低かった（Fig. 1A）。デンプン収量は63～905kgの範囲にあり、栽培変種で野生変種より高かった（Fig. 1B）。**デンプン収量と物質生産特性との関係**：デンプン収量は髓乾物重と有意な正の相関関係を示したが（ $r=0.993^{***}$ ），髓のデンプン含有率とは有意な関係を示さなかった（ $r=0.692$ ）。また、髓乾物重はその構成要素である全乾物重と有意な正の相関関係を示したが（ $r=0.987^{***}$ ），全乾物重に占める髓の乾物重割合とは有意な関係を示さなかった（ $r=0.545$ ）。これらのことから、デンプン収量は全乾物重と密接に関係していることが示唆された。

以上より、収穫適期にあるサゴヤシの全乾物重、各器官および部位別乾物重割合は変種によって異なり、地上部の物質生産特性には明らかな変種間差異が認められた。また、デンプン収量の高い変種ほど全乾物重が重く、栽培変種では野生変種に比べて髓の乾物重割合が高いことが明らかとなった。

Table 1 Growth stage at harvesting, fresh (FW) and dry weight (DW) of whole plant.

Variety*	Growth stage	Spine	FW (kg/palm)	DW (kg/palm)
Para #	Bolting	+	4244	2021
Yepha #	FBF**	-	2736	1202
Pane #	FSE***	-	1677	778
Rondo #	Before FBF	+	1195	468
Manno 1 b	Young fruit	+	1165	518
Manno 2 b	FSE	+	1233	435
Average			2042	904
CV (%)			55.1	62.5

\* : The varieties with # and b indicate cultivation and wild type, respectively;

\*\* FBF: Flower bud formation; \*\*\* FSE: Flower stalk emergence

Table 2 Dry weight of each organ or part (kg/palm).

Variety	Whole		Leaf			Trunk	
	Leaf	Trunk	Leaflet	Rachis	P+LS*	Bark	Pith
Para	479.6	1541.6	123.1	106.3	250.1	271.9	1269.7
Yepha	264.9	936.9	99.6	62.7	102.6	297.3	639.6
Pane	85.6	692.8	28.2	23.1	34.3	189.1	503.7
Rondo	79.7	388.8	34.0	19.6	27.1	86.5	302.3
Manno 1	134.5	383.5	42.4	33.6	58.5	116.0	267.4
Manno 2	190.0	244.7	69.3	49.4	71.2	90.0	154.7
Average	205.7	698.0	66.1	49.1	90.6	175.1	522.9
CV (%)	67.0	63.2	53.2	60.2	83.3	48.4	70.7

\*P+LS : Petiole + Leaf sheath

Table 3 Dry weight ratio of each organ or part to whole dry weight (%).

Variety	DW ratio to whole plant DW			DW ratio to whole leaf DW			DW ratio to whole trunk DW	
	Whole leaf	Whole trunk	Pith	Leaflet	Rachis	P+LS*	Bark	Pith
Para	23.7	76.3	62.8	25.7	22.2	52.2	17.6	82.4
Yepha	22.0	78.0	53.2	37.6	23.7	38.7	31.7	68.3
Pane	11.0	89.0	64.7	32.9	27.0	40.1	27.3	72.7
Rondo	17.0	83.0	64.5	42.1	24.3	33.6	22.2	77.8
Manno 1	26.0	74.0	51.6	31.5	25.0	43.5	30.3	69.7
Manno 2	43.7	56.3	35.6	36.5	26.0	37.5	36.8	63.2
Average	23.9	76.1	55.4	34.4	24.7	40.9	27.7	72.3

\*P+LS : Petiole + Leaf sheath

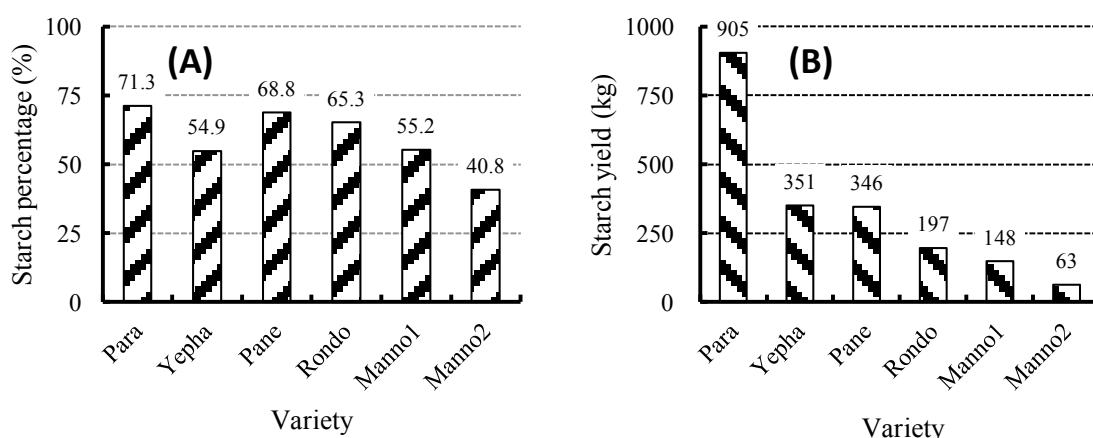


Fig.1 Starch percentage and yield of pith in each variety.

インドネシア、中央ジャワ州スラメット山周辺におけるサトウヤシの  
栽培と利用

山本由徳\*・Nadirmans Haska<sup>1)</sup>・Yudhi Istianto<sup>1)</sup>・宮崎彰

(高知大学農学部, <sup>1)</sup>BPPT, インドネシア)

Cultivation and Utilization of Sugar palm (*Arenga pinnata* Merrill) around Mt. Slamet in Central  
Jawa Province, Indonesia

Y. YAMAMOTO\*, N. HASKA<sup>1)</sup>, Y. ISTANTO<sup>1)</sup> and A. MIYAZAKI

(Fac. of Agric., Kochi Univ., <sup>1)</sup>BPPT, Indonesia)

前報（山本ら 2011）では、インドネシア、ジャワ島ジョグジャカルタ近郊の Srijaya 村 (Klaten 県 Tulung 郡) におけるサトウヤシからのデンプン抽出工場および製麺工場について報告した。このデンプン原料のサトウヤシは、中央ジャワ州のスラメット(Slamet) 山（標高 3428m）周辺から供給されることであった。

本報告では、スラメット山周辺におけるサトウヤシの栽培と利用の現状について調査した結果について報告する。

【調査地域】調査は 2012 年 3 月に、スラメット山南麓に位置する Banyumas 県 Kedang Banten 郡の Buaran 村と Semaya 村、南東に位置する Banjar Negara 県 Susuka 郡 Berta 村、Sigaluh 郡 Pringganba 村において行った。また、2010 年に訪問したジョクジャカルタ近郊 Srijaya 村を再訪し、聞き取り調査を行った。

【調査結果】<Buaran 村>この村には 200 本以上のサトウヤシ（1 所有家族当たり 3～10 本）がスポット状に生育しており、主に液を採集し、砂糖生産を行っているが、Klaten 県や Pati 県からログ（樹幹表面の葉鞘を除き、80cm の長さに切断）を買いに来る (Rp.50 万／本)。1 本のサトウヤシから 1 日約 10L の採液ができる、30L の液から 5kg の砂糖が出来る。砂糖は Rp.8000/kg で販売する。<Semaya 村>サトウヤシは村内に 200～300 本スポット状に生育しているが、所有農家は全農家数（270 戸）の半数以下である。砂糖生産のための採液が中心であるが、採液途中あるいは終了木をログとして Klaten 県からのバイヤーに Rp.40～60 万で売ることもある。1 本の木から最大 20L／日以上とれるが、平均は 11L 程度である。1 日当たりの採液量が 1L 以下となるとその花序からの採液を終える。20L の液から 4kg の砂糖が生産される。<Berta 村>Susuka 郡全体で 900 本のサトウヤシが生育しているが、サトウヤシが優占的に生育しているところはない。川沿いや山の斜面にスポット状に生育している。液の採集およびコランカリン生産が主で、デンプン採集は現在は行われていない。採液量は 1 本当たり約 10L／日である。3 年前からサトウヤシ・ログの値段が高くなり、Klaten 県からのバイヤーがきて販売を促進し、多くの農家が売った（調整なしの木で Rp.30 万／木）。ここでは、Dusun Project として水源涵養と浸食防止の観点から植林活動を行っており、その植林木の一つとして利用価値の高いサトウヤシが選ばれ、苗が育苗されていた。<Pringanba 村>この村では、20 年前からサトウヤシがデンプン生産用として伐採・販売されたが、現在は川沿いにスポット状に残るのみであった。Dusu Project としてサラックヤシの作付けが行われ、販売されている。<Srijaya 村>2010 年に訪問したサトウヤシ・デンプン抽出工場を再訪し、最近のサトウヤシ・ログの供給と価格変化について工場長にインタビューした。その結果、サトウヤシ・ログは主に Banjar Negara 県から供給されており、価格は Rp.450 万/12 t と 2010 年の Rp.400 万に比べてやや値上がりしたが、供給量は前とかわらないこと、コントラクターに注文後、2 日で現物が届くとのことであった。この工場主は、集荷先のサトウヤシが川沿いにスポット状に生育していることを認識していた。一方、他の工場主へのインタビューでは、サトウヤシ・ログの供給量が減少傾向にあり、価格も上昇しているとの結果が得られた。

以上より、スラメット山南麓および南東に位置する地域では、サトウヤシは川沿いや山地にスポット状に生育しており、主として砂糖生産用に採液されていた。これらの地域の

サトウヤシの一部は、ジョクジャカルタ近郊の Klaten 県におけるサトウヤシ・デンブン工場に供給されていたが、計画的な供給体制は構築されておらず、現状のままでは将来、ログの供給不足が予想された。これを回避するためには、Berta 村でみられたような、Dusun Project 等による植林活動が必要である。



山本・Haska 2011. 平成 23 年度第 20 回サゴヤシ学会講演要旨.

## インドネシア・南東スラウェシ州におけるサゴデンプン利用の現状と課題

羽佐田勝美・木村健一郎・池浦弘

国際農林水産業研究センター

### Present State and Issues of Utilization of Sago Starch in Southeast Sulawesi, Indonesia

Hasada Katsumi, Kenichiro Kimura, Hiroshi Ikeura

Japan International Research Center for Agricultural Sciences

#### 1. はじめに

インドネシアにおけるサゴデンプンの利用は、インドネシアに生育する全サゴヤシの生産ポテンシャルの5%程度と言われており(Bintoro et al. 2010)、生産や利用の拡大には至っていない。その原因として、サゴヤシの土地生産性に関する問題、サゴデンプンの生産と利用加工に関する問題、政府のサゴヤシ利用促進政策に関する問題を考え、南東スラウェシ州でこれらの問題を調査し、デンプン利用の現状と拡大の課題を明らかにした。

#### 2. 調査方法

2012年2月19日から3月4日にかけ、調査を実施した。中央統計庁や州統計局など関係部局よりサゴヤシに関するデータ収集を収集した。また、南東スラウェシ州の州クンダリ市とその近郊で、デンプン利用・加工者業者、州政府担当者、デンプン抽出グループに対し聞き取り調査を行った。

#### 3. 結果および考察

##### (1) サゴヤシの土地生産性の現状

表1に示すとおり、調査地のサゴデンプン（ぬれサゴ）の生産性は約1.0–2.7トン/ha/年（乾燥デンプン換算で約0.7–1.9トン/ha/年）であることを確認した。これは、乾燥デンプン生産量200kg/本、毎年の収穫適期樹を1/3ずつ伐採の条件で、山本（2006）の推定による6.6トン/ha/年（栽植密度10×10m（100株/ha））や10.4トン/ha/年（植栽密度8×8m（156株/ha））の生産性に比べ、低かった。

##### (2) サゴデンプン抽出グループの生産の現状

聞き取り調査を実施した7つの抽出グループの月あたりの純利益と労働生産性を調査し、地域の主要作物の1つである米のそれらと比較した。表2のとおり、月あたりの純利益については、米の情報を入手できた3村すべてにおいて、米よりもサゴヤシの純利益が上回ったが、労働生産性については、すべての村でサゴヤシよりも米の労働生産性が上回った。

##### (3) サゴデンプン利用加工者のデンプン利用の現状

表3に示すように、サゴデンプン精製工場の現在の稼働率は30%程度であり、生産能力には十分な余力があった。増産のためには一定量のデンプンを安定的に収集する必要があるとのことであった。一方、ソフン工場についても、現在の稼働率は33%程度であり、生産量の増大は可能であることを確認した。課題は加工の熟練労働者の不足である。

##### (4) 南東スラウェシ州政府のサゴヤシ利用促進政策

2009年に「地域資源に基づいた食料消費多様化の促進政策に関する大統領規則2009年第22号」が制定され、南東スラウェシ州でも「州知事規則2010年第13号」が制定され

た。この州知事規則によれば、目標達成年である2015年の南東スマラウェシ州乾燥サゴデンプン必要供給量は、13,182トンであり、2009年の乾燥サゴデンプン生産量実績5,855トン(8,364トン×0.7)の約2.25倍の供給量が必要となる。

#### 4.まとめ

本調査の結果から、表4のように南東スマラウェシ州におけるサゴデンプンの利用について供給する側と需要する側の観点から現状と課題をまとめた。このことから、州においてサゴデンプンの利用が拡大しない主な要因の一つとして、デンプンの需要に対する不十分な供給が考えられる。利用拡大のためには、供給の課題への対策を講じることで、需要の課題を解決していくことが必要である。

表1 南東スマラウェシ州におけるサゴヤシの栽培面積・生産量・生産性

年	全栽培面積(ha)	収穫適期面積(ha)	デンプン生産量(tan)	生産性(tan/ha)
2004	5,262	3,208	5,993	1.87
2005	4,762	2,859	5,130	1.79
2006	5,607	3,270	3,556	1.09
2007	5,081	3,451	4,324	1.25
2008	5,525	3,322	7,248	2.18
2009	5,446	3,082	8,364	2.71

出典: Provinsi Sulawesi Tenggara (2009) Statistik Perkebunan 2009

BPS Provinsi Sulawesi Tenggara (2011) Sulawesi Tenggara Dalam Angka 2011

注)生産量はぬれサゴの生産量を示す。

表3 デンプン利用加工業者のデンプン利用の現状

	デンプン精製工場	ソフン工場
施設のデンプン処理能力	670ton/月	1,200kg/日
実際のデンプン処理量	200ton/月	400kg/日
施設の稼働率	30%	33%

表2 サゴデンプン抽出活動の現状と米との労働生産性の比較

	北コナウエ県			南コナウエ県			コナウエ県	
	サワ郡サワ村	モトケ郡トダワツ村	モラ郡ラコメア村	コンダ郡ラモメア村	コンダ郡ラモメア村2	アンガタ郡アオバ村	ランブヤ郡ヌアホア村	
<b>サゴヤシ</b>								
抽出グループの構成メンバー	5人(親族、友人)	4人(友人)	3人(親族)	2人(親族、父子)	5人(4人は雇用人)	4人(親族)	3人(親族)	
工程 機械化	伐採、粉砕、水洗い	伐採、粉砕、水洗い	粉砕、水洗い	粉砕、水洗い	粉砕、水洗い	粉砕	粉砕	
手作業			伐採	伐採	伐採	伐採、水洗い	伐採、水洗い	
デンプン販売先	仲介業者-Surabaya	仲介業者-Kendari	仲介業者-Surabaya	仲介業者-Kendari	仲介業者-Surabaya	仲介業者-Kolaka, Unaahai等	ローカル市場	
サゴヤシの所有/購入	購入	購入	購入	購入	購入	所有	所有	
月あたりサゴヤシ伐採枚数(本)	40	30	20	15	30	30	30	
サゴヤシ1本あたりのデンプン抽出量(kg)	360	425	300	300	333	225	144	
デンプン販売価格(Rp./kg)(wet)	1,500	900	1,200	1,600	1,500	1,000	2,500	
月あたりの純利益①	16,400,000	8,397,000	5,430,000	5,059,500	12,482,000	3,580,000	7,950,000	
月あたりの述べ労働者数(人日)②	150	120	90	60	150	120	90	
労働生産性(Rp./人日)①/②	109,333	69,975	60,333	84,325	83,213	29,833	88,333	
<b>*</b>								
年あたりの純利益③					17,382,500	5,339,200	16,781,720	
月あたりの純利益					1446,542	444,933	1,398,477	
年あたりの述べ労働者数(人日)④					136	68	136	
労働生産性(Rp./人日)③/④					127,813	78,518	123,395	

(注)米作の労働投入量については、(独)国際農林水産業研究センター(2009)のデータを参考にした。

(注)サゴデンプン抽出活動の労働投入量については、聞き取り調査によりほぼ毎日作業をすると言うことであったため、30日×メンバーハンスとした。

(注)1US\$=9,000Rp.

表4 サゴデンプンの利用の現状と課題

調査対象	現状	課題
[供給側] サゴヤシの土地生産性	• 乾燥デンプンで約0.7-1.9ton/haの土地生産性	• 低い土地生産性
サゴデンプン抽出グループ	• 少人数による小規模経営 • 手動による抽出 • 仲介業者の独占価格	• 低い労働生産性
[需要側] サゴデンプン利用加工業者	• 約30~33%の施設稼働率	• 不安定なデンプン供給 • 人的資源(熟練労働者)の不足
政府の促進政策	• 2015年で13,182tonのデンプン必要供給量	• 不十分なサゴデンプン供給量

#### 参考文献 :

国際農林水産業研究センター (2009) 『開発途上地域の農業農村開発において多様な主体が連携して技術を進めるための手法の開発報告書』

山本由徳 (2006) サゴヤシ(*Metroxylon sagu* Rottb.)のデンプン生産性, 热帶農業, 50, (5), 234-237

Bintoro, H.M.H., Yanuar J. Purwanto, H.M. and Amarillis, S. (2010) Sagu di Lahan Gambut, IPB Press

## インドネシア南東スラウェシにおける圃場条件での NaCl 処理および 土壤 pH 処理がサゴヤシ実生苗の生長に及ぼす影響

江原宏<sup>1)</sup>・内藤整<sup>2)</sup>・Yulius B. Pasolon<sup>3)</sup>・田中春菜<sup>1)</sup>・Preuk Chutimanukul<sup>1)</sup>・Marselinus<sup>3)</sup>

木下詩菜<sup>1)</sup>・三島隆<sup>1)</sup>・西村美彦<sup>1),4)</sup>・板谷明美<sup>1)</sup>・内山智裕<sup>1)</sup>・久松眞<sup>1)</sup>・近江正陽<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>三重大学, <sup>2)</sup>倉敷芸術科学大学, <sup>3)</sup>ハルオレオ大学, <sup>4)</sup>琉球大学, <sup>5)</sup>東京農工大学

Effect of NaCl Treatment and Soil pH Treatment on the Growth of Sago Palm Seedlings

under the Field Condition in Southeast Sulawesi, Indonesia

H. Ehara<sup>1)</sup>, H. Naito<sup>2)</sup>, Y. B. Pasolon<sup>3)</sup>, H. Tanaka<sup>1)</sup>, P. Chutimanukul<sup>1)</sup>, Marselinus<sup>3)</sup>, S. Kinoshita<sup>1)</sup>

T. Mishima<sup>1)</sup>, Y. Nishimura<sup>1,4)</sup>, A. Itaya<sup>1)</sup>, T. Uchiyama<sup>1)</sup>, M. Hisamatsu<sup>1)</sup> and M. Ohmi<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>Mie Univ., <sup>2)</sup>Kurashiki Univ. of Sci. & The Arts, <sup>3)</sup>Haluoleo Univ., <sup>4)</sup>Univ. of Ryukyu

<sup>5)</sup>Tokyo Univ. of Agr. & Technol.

サゴヤシの塩ストレス抵抗性や低 pH 条件に対する生育および生理反応について、これまで水耕栽培によるモデル実験において調査検討し、有害イオンの過剰吸収を制限するストレス回避性のメカニズムなど明らかにしてきた。しかしながら、サゴヤシの安定的な栽培を実現するための技術開発とその普及を図る上では、実験室レベルのモデル研究から得た知見が実際の栽培現場へどのように反映できるのかを検討する必要がある。そこで本研究では、フィールドレベルでの NaCl 处理および土壤 pH 处理がサゴヤシ実生苗の生長に及ぼす影響について調査した。

**材料と方法** 実験は、南東スラウェシ州クンダリに位置するハルオレオ大学内に 2011 年 2 月に開いたサゴヤシパイロットファームにおいて行った。12 月 7 日に 14.44m<sup>2</sup> の試験区を 3 カ所設け、各区とも、サゴヤシデンブン抽出残渣を材料とした堆肥 (MOF-821: 123g C, 10g N, 6g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20g K<sub>2</sub>O, 30g CaO, 10g MgO/kg) 40kg, 尿素 300g, 過リン酸肥料 (SP36 : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 36%) 210g を施用した。NaCl 处理区には 1.7%NaCl 水溶液を 210L 敷布し、翌 12 月 8 日から土壤溶液のナトリウム濃度測定を始め、8 日, 9 日, 11 日に 1.7%NaCl 溶液を 70L 追加散布した。その後、2 週間おきに NaCl 处理を継続した。土壤 pH を矯正した土壤改良区には、炭酸カルシウム 3kg を施用した。土壤改良を行わず、NaCl 溶液も散布しなかった区を対照区とした。植物材料としては、7 月 11 日にパプア州ジャヤプラ近郊で果実を採取し、クンダリで発芽・育苗した実生苗を用い、各区 16 個体ずつ植え付ける、生育追跡調査を行った。

**結果の概要** 土壤溶液中の Na<sup>+</sup>濃度は土壤表面から 20cm の深さで 40cm よりも高い傾向が窺われた(図 1)。地上部丈は処理を開始して 1 ヶ月後から NaCl 区において生長が停滞し、処理開始後 2 ヶ月で約 20cm の差が生じた(図 2)。また、葉数が NaCl 区でほとんど変化がなかったのは、下位葉の枯れ上がりが早くなつたことによるものである。一方、土壤 pH 処理の試験においては、土壤溶液の pH は対照区が 4.8 であったのに対して土壤改良区では 6.0 であり、土壤深度 40cm では土壤溶液中の pH は両区の間に 1 度の差がみられた(図 3)。しかし、2 ヶ月間は葉数、樹高、地上部丈とも顕著な差はみられなかった(図 4)。

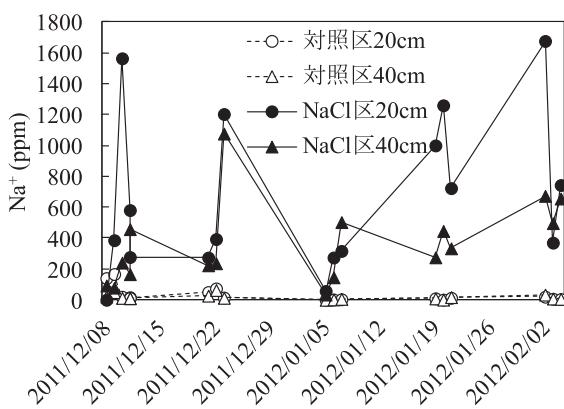
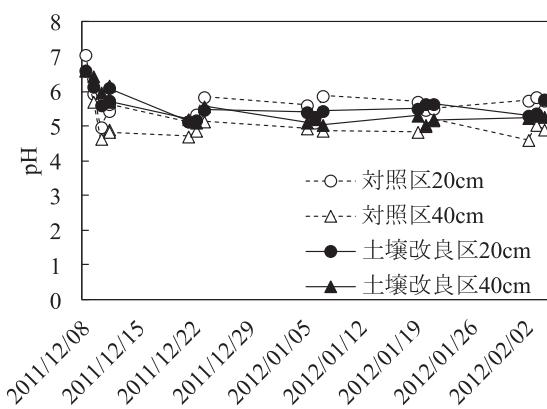
図1 土壤溶液中  $\text{Na}^+$ 濃度の変化.

図3 土壤溶液のpHの変化.

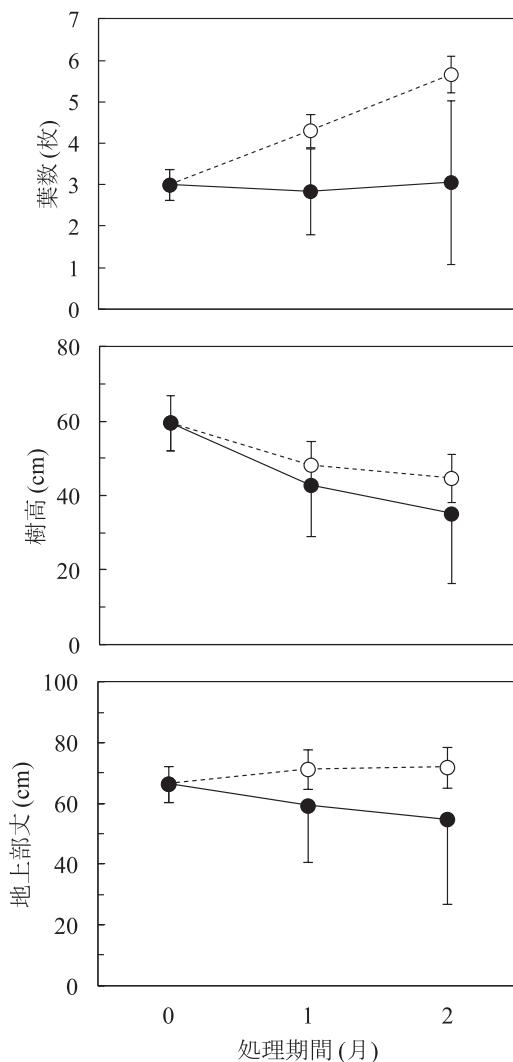


図2 NaCl処理がサゴヤシ実生の生長に及ぼす影響.

○：対照区, ●：NaCl

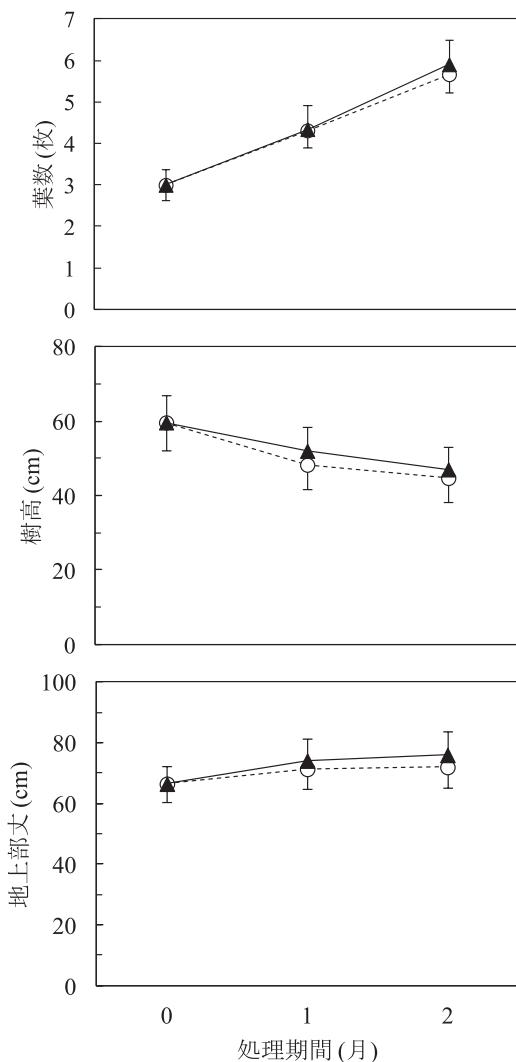


図4 土壤pH処理がサゴヤシ実生の生長に及ぼす影響.

○：対照区, ▲：土壤改良区.

Morphological Comparison of Sago Palm Starch with Other Crops  
 Youji Nitta<sup>\*1)</sup>, Kosuke Kuji<sup>1)</sup>, Ryo Nakaniwa<sup>1)</sup>, Naomi Asagi<sup>1)</sup>, Fumitaka Shiotsu<sup>1)</sup>,  
 Yusuke Goto<sup>2)</sup>, Satoshi Nakamura<sup>3)</sup>, Teiji Nakamura<sup>2)</sup>, Manabu Watanabe<sup>4)</sup>,  
 Yoshinori Yamamoto<sup>5)</sup> and Tetsushi Yoshida<sup>5)</sup>

(1: College of Agriculture, Ibaraki University, 2: Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University,  
 3: School of Food, Agricultural and Environmental Sciences, Miyagi University 4: Faculty of Agriculture, Iwate University,  
 5: Faculty of Agriculture, Kochi University)

サゴヤシデンブンの他種作物のデンブンとの形態的比較

新田 洋司<sup>\*1)</sup>・久慈 耕介<sup>1)</sup>・中庭 誠<sup>1)</sup>・浅木 直美<sup>1)</sup>・塩津 文隆<sup>1)</sup>・  
 後藤 雄佐<sup>2)</sup>・中村 聰<sup>3)</sup>・中村 貞二<sup>2)</sup>・渡邊 学<sup>4)</sup>・山本 由徳<sup>5)</sup>・吉田 徹志<sup>5)</sup>  
 (1: 茨城大学農学部, 2: 東北大学大学院農学研究科, 3: 宮城大学食産業学部,  
 4: 岩手大学農学部, 5: 高知大学農学部)

The objective of this study is to clarify the feature of sago palm stem starch morphologically comparison with other crops using scanning electron microscope.

#### Materials and Methods

Sago stem samples of our previous report were used. They were fixed in 70% ethyl alcohol solution and brought to Japan. (A) Varieties Rotan, Tuni and Molat. Kendari, Surawesi, Indonesia at August, 1999. (B) Plants of two years after trunk formation (YATF) were taken in Mukah, Sarawak, Malaysia at July, 2001. (C) Varieties Wani (17 to 18 years YATF), Ruruna (20 YATF), Folo (20 YATF), Yephahongleu (18 YATF), Pane (20 YATF), Osukul (17-18 YATF), Para Hongleu (17 to 18 YATF), Rondo (12 YATF), Manno, Para Waliha, Yephahongleu, Rondo, Ruruna, and Para Hongleu. Neighboring of Lake Sentani, Papua province, Indonesia. (D) Sucker was detached from the plant of 4 YATF in Mukah, Sarawak, Malaysia at July, 2008. (E) Stem tissues were taken in Municipal Agriculture Training Center in Brauen, Leyte province, Philippines at July, 2007.

In addition, potato tuber, Chinese yam tuber, wheat grain, edible canna tuber, rice grain sweet potato tuberous root, and eddoe tuberous root were used derived from our laboratory collection.

All samples were subjected to vacuum freeze drying (-60°C, 10<sup>3</sup>Pa) (Matsuda, 2003) followed by sectioning for revealing cross sections, and coating by OsO<sub>4</sub> and/or platinum for observation with scanning electron microscope (JSM6360A; JEOL, Japan). Cross sectional area of cells and tissues were measured using a personal computer with a specialized software (WinROOF; Mitani Co., Japan).

#### Results and discussion

Feature of starch accumulation of sago palm stem is the 'simple starch grain' with an oval and a spindle-shaped cube (Fig. 1). Major axis of amyloplast is 30-50μm. Ten to twenty amyloplasts accumulate in a parenchyma cell. Significant differences were observed in the size of amyloplast (Nitta et al., 2005, 2006, 2007). Major axis was longest in Pala Hongleu (38.7 μm), shortest in Para Wiliha (27.7 μm). Number of amyloplast in cross sectional area of parenchyma tissue (PTN) was also different among varieties (Max. Rondo: 262.4 mm<sup>-2</sup>, Min. Para Wiliha 184.4 mm<sup>-2</sup>).

Feature of starch accumulation of potato tuber (Fig. 2), Chinese yam tuber (Fig. 3), wheat grain (Fig. 4) and edible canna are 'simple starch grain', while that of rice grain, sweet potato tuberous root (Fig. 5), eddoe tuberous root (Fig. 6) are 'compound starch grain'. Starch major axis is bigger in 'simple starch grain' than 'compound starch grain'. According to our preliminary experiment, Kawasaki (1999) and Kawakami (1975), in case of 'simple starch grain', starch grain size is larger than those of wheat grain (20-40 μm for primary starch grain, 2-8 for secondary starch grain) and Chinese yam tuber (20 μm), while smaller than those of potato tuber (10-90 μm) and edible canna tuber (40-100μm).

In addition, in case of 'compound starch grain', it is larger than rice grain (2-8 μm), sweet potato tuberous root (8-36μm), cassava tuberous root (5-20 μm), and eddoe tuberous root (0.13-0.42 μm). The starch grain size of sago palm is located in a middle when taking into consideration of Jane et al. (1994) in which examined 54 species.

References Jane, J. et al. 1994. Starch 46:121-129. Kawakami, I. 1975. Starch Morphology. Ishiyaku Publishers, Tokyo. 1-288. Kawasaki, M. 1999. Doctoral thesis, Tokyo University of Agriculture and Technology. 1-247. Matsuda, T. 2003. Jpn. J. Crop Sci. 72 (extra 1): 354-359. Nitta, Y. et al., 2005. The Abstracts of the 14th Conference of the Society of Sago Palm Studies: 16-18. Nitta, Y. et al., 2006. The Abstracts of the 15th Conference of the Society of Sago Palm Studies: 17-19. Nitta, Y. et al., 2007. The Abstracts of the 9th International Sago Symposium. July 19-21, 2007, Ormoc, Philippines. 24. Nitta, Y., et al., 2010. Morphological Characters of Sago Palm Starch. The 19th Conference of The Society of Sago Palm Studies: 23-24.

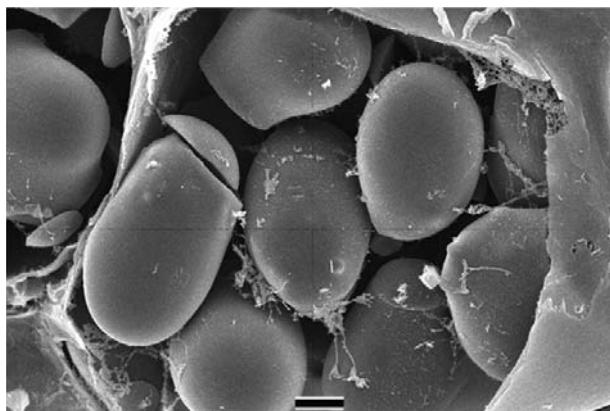


Fig. 1. Parenchyma cell and amyloplast of sago palm stem. Bar: 10 µm.

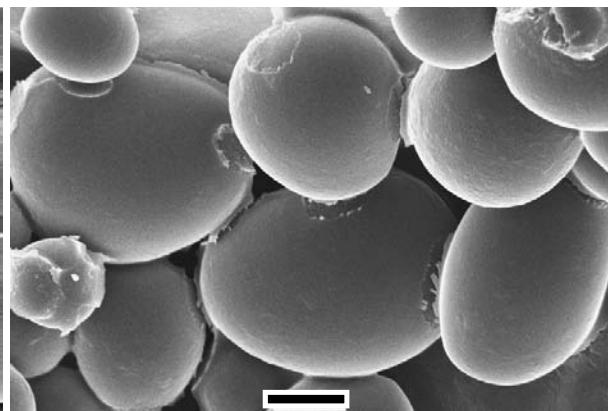


Fig. 2. Starch of potato tuber. Bar: 10 µm.

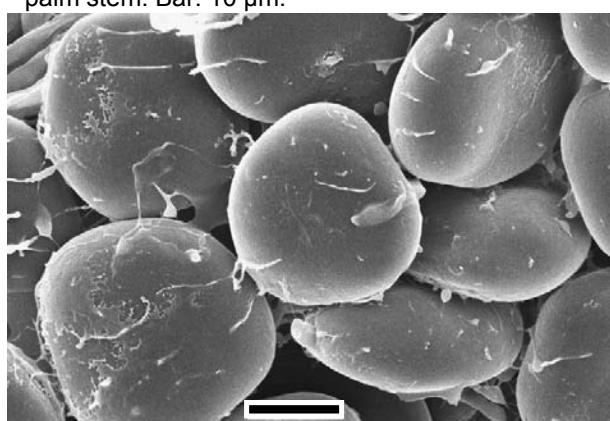


Fig. 3. Starch of Chinese yam tuber. Bar: 10 µm.

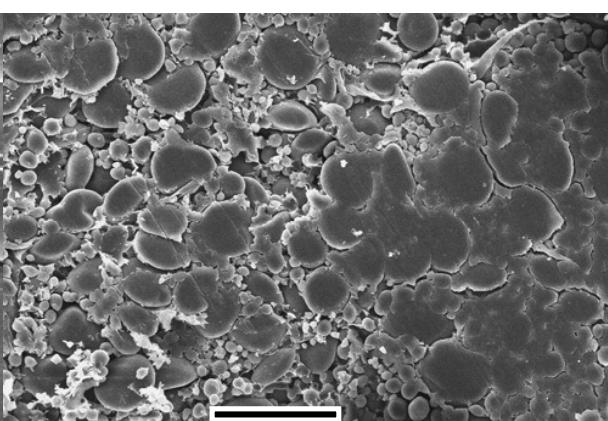


Fig. 4. Accumulation structure of parenchyma cell of wheat grain. Bar: 50 µm.

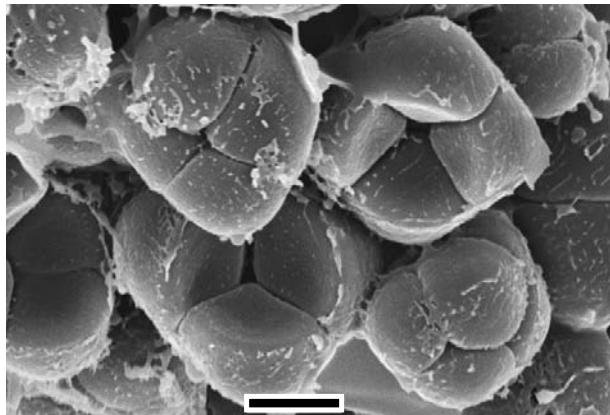


Fig. 5. Starch of sweet potato tuberous root. Bar: 5 µm.

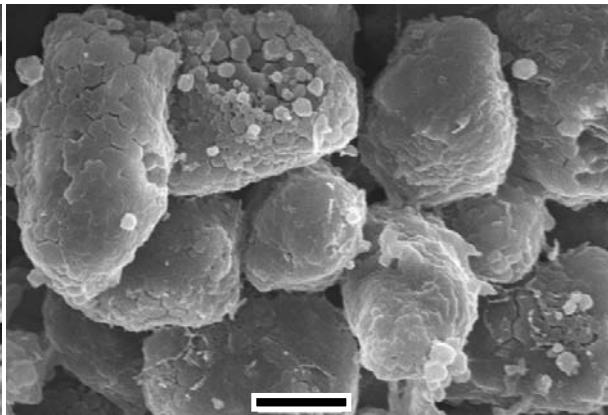


Fig. 6. Starch of eddoe tuberous root. Bar: 5 µm.

Table 1 Comparison of starch of several crops.

Crop and organ	Feature of starch accumulation	Amyloplast major axis (µm)	Starch major axis (µm)	No. of starch in an amyloplast
Sago palm stem	simple	same as starch	30-50	1
Potato tuber	simple	same as starch	10-90 <sup>1</sup>	1
Chinese yam tuber	simple	same as starch	20 <sup>1</sup>	1
Wheat grain	simple	same as starch	2-8, 20-40 <sup>1</sup>	1
Edible canna tuber	simple	same as starch	40-100 <sup>1</sup>	1
Rice grain	compound	10-15	2-8 <sup>1</sup>	several to 100
Sweet potato tuberous root	compound	10-50	8-36 <sup>1</sup>	several to 20
Eddoe tuberous root	compound	10-20	0.13-0.42 <sup>1</sup>	100-4000

1: Nitta, Y. et al. 2010. Morphological Characters of Sago Palm Starch. The 19th Conference of The Society of Sago Palm Studies: 23-24.

## 誘電率水分測定法を用いたサゴヤシ澱粉蓄積の推定に関する研究

三島隆<sup>1)</sup>、飯野良介<sup>1)</sup>、内藤整<sup>2)</sup>・近江正陽<sup>3)</sup>・西村美彦<sup>4)</sup>・  
板谷明美<sup>5)</sup>・内山智裕<sup>5)</sup>・久松眞<sup>5)</sup>・江原宏<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>三重大学大学院地域イノベーション学研究科

<sup>2)</sup>倉敷芸術科学大学生命科学部

<sup>3)</sup>東京農工大学大学院連合農学研究科

<sup>4)</sup>琉球大学観光産業科学部

<sup>5)</sup>三重大学大学院生物資源学研究科

### A study of Sago starch concentration in the pith using Time Domain Reflectometry

Takashi Mishima<sup>1)</sup>, Ryosuke Iino<sup>1)</sup>, Hitoshi Naito<sup>2)</sup>, Masahiro Ohmi<sup>3)</sup>, Yoshihiko Nishimura<sup>4)</sup>,  
Akemi Itaya<sup>5)</sup>, Tomohiro Uchiyama<sup>5)</sup>, Makoto Hisamatsu<sup>5)</sup>, and Hiroshi Ehara<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Regional Innovation Studies, Mie University

<sup>2)</sup> College of Lifescience, Kurashiki University of Science and The Arts

<sup>3)</sup> United Graduate School of Agricultural Science Tokyo University of Agriculture and  
Technology

<sup>4)</sup> Faculty of Tourism Sciences and Industrial Management, Ryukyu University

<sup>5)</sup> Graduate School/Faculty of Bioresources, Mie University

#### 【目的】

サゴヤシ樹幹に蓄積される糖質資源含量は、その樹幹の水分含量と相関関係にあることが推察された。本研究では、実際のサゴヤシの水分含量を誘電率水分測定法 (Time Domain Reflectometry (TDR)) を用いて測定し、サゴヤシ髓モデルとの測定結果と比較した。

#### 【材料と方法】

サゴヤシ樹幹モデルとして、次の測定を行った。サンエイ糖化から供与いただいたサゴヤシ澱粉と結晶性セルロース（フナセル）を 20 : 80~0 : 100 の割合で混合した。そこへ 20~80% の含量となるよう蒸留水を加え、よく混和し、アクリル板で作成した容器 (40mm x 10mm x 30mm) に充てんした。そこへ TDR プローブ（藤原製作所・TDR-341F）を差しこみ、周波数を測定した。

サゴヤシ樹幹の測定は、奥田らの方法(2007)を参考にして次のように行った。試料として 2011 年パプアニューギニアのケビエン周辺で行った。樹幹にはステンレス製平頭釘 (#11x65mm)を幅 30mm、深さ 63mm で幹に平行に叩き込み、TDR プローブを釘に触れ、周波数を測定した。また、TDR 測定後に試料を切り倒し、樹幹髓部分の水分含量と澱粉収量を測定した。

### 【結果と考察】

サゴヤシ樹幹モデルにおける澱粉収量、水分含量を変化させたときの TDR 測定結果を表 1 に示す。

表 1 サゴヤシ樹幹モデルにおける澱粉収量、水分含量を変化させたときの  
TDR 測定結果 (kHz)

		水分含量(%)			
		40	60	80	100
澱粉 収量 (%)	30	66.41	63.54	61.16	59.86
	40	67.24	62.97	60.84	59.88
	60	65.75	61.62	61.15	57.95
	80	66.00	61.56	59.67	60.73
	100	62.28	61.75	60.86	58.66

この結果から、各水分含量によって澱粉収量が増すことに入り TDR 周波数が低下する傾向がみられた。しかし、水分含量が増加することによっても TDR 周波数が低下する傾向がみられた。

次に、サゴヤシ樹幹の測定結果を表 2 に示す。

表 2 サゴヤシ樹幹の TDR, 澱粉収量、水分含量測定結果

試料名	TDR (kHz)	澱粉収量 (%)	水分含量 (%)
PLA1	40.36	25.7	55.0
PLA2	36.20	22.9	55.2
KBL1	25.40	13.7	70.4
KBL2	36.90	4.8	79.3
BAG1	29.95	28.8	51.2

各結果の回帰分析の結果、澱粉収量と水分含量の間に強い相関性がみられた ( $y = -1.2x + 85.6$ ,  $R^2 = 0.9835$ )。しかし、TDR と澱粉収量、TDR と水分含量の間には相関性がみられなかった。

樹幹の水分含量を正確に測定することは、樹幹に含まれる澱粉の収量を算出するのに有用であることが示されたものの、今回の TDR を用いた水分含量測定では、水分含量以外に影響する要素に影響を受け、正確な測定が難しいことが分かった。

### 参考文献

奥田均、岩崎光信、佐藤景子 水管理の異なる温州ミカン樹の TDR 法による枝体積含水率の変化 園芸学研究 6 (4) 529–533 (2007)

## サゴヤシ残渣からのセルロースナノファイバー製造の試み

近江正陽 1)・三島隆 2)・内藤整 3)・西村美彦 4)・板谷明美 2)・

内山智裕 2)・久松眞 2)・江原宏 2)

1)東京農工大学、2)三重大学、3) 倉敷芸術科学大学、4)琉球大学

### Preparation of cellulose nanofiber from sago residue

Masaharu Ohmi<sup>1)</sup>, Takashi Mishima<sup>2)</sup>, Hitoshi Naito<sup>3)</sup>, Yoshihiko Nishimura<sup>4)</sup>, Tomohiro Utiyama<sup>2)</sup>, Akemi Itaya<sup>2)</sup>, Makoto Hisamatsu<sup>2)</sup>, and Hiroshi Ehara<sup>2)</sup>

1) Tokyo University of Agriculture and Technology

2) Mie University,

3) Kurashiki University of Science and The Arts

4) University of The Ryukyus

#### はじめに

サゴヤシ (*Metroxylon sagu* Rottb.) の隨部から澱粉を抽出した後に残る残渣は、生産される澱粉の約2~3倍の量となり、その大部分は用途もなく廃棄されている。サゴヤシ残渣は多量の澱粉の他、セルロースなどの多糖類を含有し、その有効な利用方法の確立が望まれている。植物材料はその廃棄の際に焼却等によって排出される二酸化炭素は温室効果ガスガスとしてカウントされないことから、植物資源をベースとした様々な材料が開発されてきている。本研究ではサゴヤシ残渣の現状および地球温暖化に有効な植物材料の開発を目的として、一つの利用法としてのサゴヤシ残渣からセルロースナノファイバー(CNF)の調製を試みた。その結果の概要を報告する。

#### 材料と方法

##### (1) 供試材料

インドネシア・ケンダリ産サゴヤシから水によりデンプンを抽出した後に残る残渣を用いた。サゴ残渣から60°Cの温水でさらにデンプンを除去した2次残渣を試料として用いた。また、対照材料として市販のセルロースパウダー(フナセルII)を用いた。

##### (2) CNFの調製

化学的方法と機械的方法を検討した。化学的方法によるCNFの調製は2, 2, 6, 6-テトラメチルペリジン-1-オキシラジカル(TEMPO)触媒酸化によるCNF化の検討を行った。TEMPO触媒酸化法はSaitoらの方法(Saito 2004)により行なった。機械的方法によるCNFの調製はホモジナイザーで行った。サゴ残渣懸濁液を回転速度:15000rpm、解纖時間:10、20、60分の条件で攪拌し解纖を行った。

##### (3) 解纖試料の電子顕微鏡による観察

解纖した試料を電子顕微鏡によって観察した。また、顕微鏡写真から調製されたファイバーの幅を計測した。

## 結果および考察

### (1) 電子顕微鏡による観察結果

図4～6に結果の一例として TEMPO 触媒酸化法により解纖されたセルロース粉末、サゴヤシ 2 次残渣およびホモジナイザー法（60 分）により解纖されたサゴヤシ 2 次残渣の顕微鏡写真を示す。

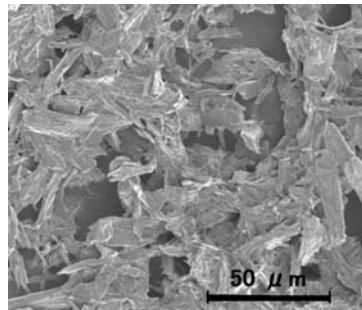


図4 TEMPO触媒酸化処理後の  
セルロース粉末

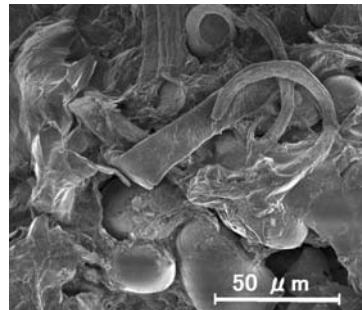


図5 TEMPO触媒酸化処理後の  
2次残渣

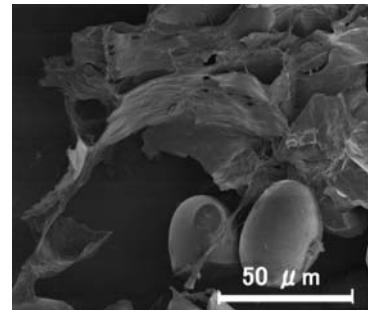


図6 60分のホモジナイザー処理後の  
2次残渣

TEMPO 触媒酸化セルロースは微細化が進んでいる一方、TEMPO 触媒酸化法およびホモジナイザー法で処理されたサゴヤシ 2 次残渣では処理により解纖が進んでいるが、纖維幅がセルロース粉末に比べて大きいことが分かる。これらの写真から計測した平均ファイバーフレームを図 7 に示す。

サゴヤシ 2 次残渣は未処理に比べて平均ファイバーフレームは減少し、解纖されているが、セルロースに比較すると解纖が進んでいなかった。サゴヤシ 2 次残渣ではセルロース以外の成分も含まれていることから、これらの成分が解纖の進行を阻害していると考えられた。しかし一方では、ホモジナイザー法により調製されたファイバーの平均幅は非常にばらつきが大きく、サゴヤシ 2 次残渣の最小幅はセルロース粉末の平均値とほぼ同等のファイバーが製造されていることを示しており、処理条件等の検討によりさらに纖維幅を小さくできる可能性が示された。

### まとめ

サゴヤシ残渣をマテリアル利用することを目的として、サゴヤシ残渣からさらに澱粉を抽出した 2 次残渣を用いてセルロースナノファイバーの製造を試みた。その結果、化学的な方法および機械的な方法とも纖維化は進行したが、セルロース粉末ほどは微細化しなかった。しかし、処理方法や条件の検討でさらに微細化できる可能性が示された。

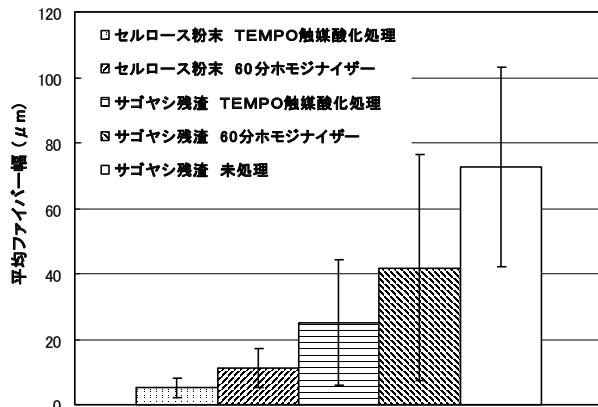


図7 平均ファイバーフレーム