

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006～2009

課題番号：18405019

研究課題名 (和文) 熱帯におけるデンプン蓄積ヤシ類の生産力評価とデンプン特性の
解明研究課題名 (英文) STRCH ACCUMULATING PALMS IN THE TROPICS, ESTIMATION OF ITS
PRODUCTIVITY AND CLARIFICATION OF STARCH PROPERTIES

研究代表者

山本 由徳 (YAMAMOTO YOSHINORI)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授

研究者番号：00093956

研究成果の概要 (和文)：インドネシアにおける 5 属 7 種のデンプン蓄積ヤシ類について、それらのデンプン生産性とデンプンの理化学的特性を調査した。個体当たりのデンプン (乾燥) 収量は、3-1145kg と著しい差異が見られ、コリファヤシが最高収量を示した。サゴヤシでは、多くの民族変種が見られ、デンプン収量 35-975kg の変異を示し、デンプンの理化学的特性は 4 つにグループ化できた。カブダチクジャクヤシ、パルミラヤシのデンプン収量は低かった。

研究成果の概要 (英文)：Yield and physicochemical properties of the starch in the palms (7 species belonged to 5 genus) which accumulate starch in their trunks were investigated in Indonesia. The starch yield per palm varied from 3-1145kg and the highest yield was recorded in gebang palm. Many folk varieties were found in sago palm and their starch yield varied from 35-975kg/palm. The starches of sago palm varieties were classified into 4 groups based on the physicochemical properties. The starch yield of fishtail palm and palmyra palm were remarkably lower than that of sago palm.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2007年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2008年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
総計	10,200,000	3,060,000	13,260,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：ヤシ類, 熱帯, デンプン生産性, デンプン特性, 利用開発

1. 研究開始当初の背景

デンプンは人類の最も基礎的な食糧として重要であるばかりでなく、種々の工業原料や家畜の飼料としても重要であり、予想される 21 世紀の人口問題や資源問題に対応するためには、禾穀類やイモ類等、主要なデンプン作物の生産の増強を計るとともに、様々な植物 (作物) について、デンプンの生産力やデ

ンプン特性の評価を行い、潜在的な可能性を明らかにしておくことが重要である。このような観点から、本研究課題では、熱帯におけるデンプン資源作物として注目されているヤシ類を取り上げ、それらのデンプン生産性の評価とデンプン特性を明らかにしようとするものである。

2. 研究の目的

ヤシ類は熱帯を代表する木本性植物であり、ヤシ科に属する植物は約 200 属、2600 種が知られている。これらの中で、熱帯アジアに分布し、樹幹の髄部にデンプンを蓄積する主要なヤシ類として 7 属にわたる *Arenga*, *Borassus*, *Caryota*, *Corypha*, *Eugeissona*, *Elaeis*, *Metroxylon* が挙げられる。ヤシ類では、デンプンが栄養器官である樹幹髄部に蓄積されるために、主要デンプン作物であるイネ、ムギ、トウモロコシ等の子実利用禾穀類に比べて環境耐性が強く、環境変動が予想される 21 世紀において、安定的なデンプン資源作物として注目されるべきである。また、ヤシ類は一般に、他の作物が生育できないような不良土壌条件下でも生育可能であり、さらにほとんど資材投入なしに栽培できることから、低投入・持続的栽培が可能である。

本研究では、上記の 7 属に属するデンプン蓄積ヤシ類のうち、*Arenga pinnata* (サトウヤシ)、*A. microcarpa*, *Caryota mitis* (カブダチクジャクヤシ)、*Borassus flabellifer* (パルミラヤシ)、*Corypha utan* (= *gebanga*) (コリファヤシ)、*Elaeis guineensis* (アブラヤシ) および *Metroxylon sagu* (サゴヤシ) を取り上げた。そして、デンプン蓄積ヤシ類の中でも最も生産性が高いと考えられるサゴヤシについては、その変異の中心地 (起源地) であり、遺伝的変異に富むことが確認されたインドネシア、イリアンジャヤ州を中心に、デンプン生産性の遺伝的変異とそれに関わる生長形質の調査を行い、さらに変種によるデンプン特性の差異を明らかにした。また、サゴヤシ以外のデンプン蓄積ヤシ類については、未だほとんど学術的な調査事例がないことから、インドネシアにおける主要な生育地や栽培地において、デンプン生産性とそれに関わる生長形質、デンプン特性の解明を行い、一部のヤシについては、デンプン特性の調査を行った。

3. 研究の方法

サゴヤシ (インドネシア、パプア州スタニ湖畔、マルク州セラム島、アンボン島、南東スラウェシ州クダリ周辺、西カリマンタン州ポンチアナ近郊)、サトウヤシ (インドネシア南東スラウェシ州ムナ島、マナド近郊)、*A. microcarpa* (インドネシア、北スラウェシ州サンギヘ島)、カブダチクジャクヤシ (インドネシア、西カリマンタン州ポンチアナ近郊)、コリファヤシとパルミラヤシ (インドネシア、東ヌサトゥンガラ州クパン市及びロテ島)、アブラヤシ (インドネシア、バンテン州) について調査を行った。

上記の各ヤシ類について、調査地において栽培と利用状況の聞き取り調査を行ったのち、デンプン採集のための収穫適期樹及び一部のヤシでは樹齢別に伐採調査を行った。伐採したヤシは、生長形質 (樹長、葉数、葉痕数、葉長、小葉数、小葉長と幅、樹幹長と直径、樹幹重等) の測定を行い、樹幹長を 4 等分して、基部と頂部を含む 5 箇所の切断部位で樹幹を約 3cm の厚さの円盤状に切り出し、髄部重と

樹皮部重を測定した。そして、髄部を放射状に採集して、生重と乾物重を測定し、乾物材料については無機成分、全糖、デンプン含有量を測定した。また、樹幹基部、中央部、頂部の髄部をアルコール固定して走査型電子顕微鏡観察に供するとともに、家庭用のミキサーで粉碎して、100メッシュのチフロン布を 2 重にしてデンプンを抽出し、デンプンの理化学的特性の調査に供した。

4. 研究成果

Metroxylon sagu (サゴヤシ, MS); [インドネシア、スタニ湖畔] 主要変種の中で栽培種 8 種 (Yepha, Para, Ruruna, Rondo, Panne, Follo, Osukulu, Wann y) 及び野生種 2 種 (Manno Besar, Manno Kechil) について調査した。栽培種の Rondo と野生種 Manno Kecil は、他の変種に比べて早生種で、サッカー発生後 10-15 年で収穫適期に達したのに対して、他の変種では 15-25 年を要した。これら早生の変種は、樹幹長が 3-5m と他種 (8-16m) に比べて短く、樹幹重 (250-700kg VS 1000-3500kg) も劣った。髄部のデンプン含有率は、栽培種では 60-70% (平均 67%) を示したのに対して、野生種では 22-55% (平均 43%) と低かった。栽培種のデンプン含有率は、Para (69.8%) と Rondo (71.1%) で高い傾向を示した。栽培種の個体当たりの平均デンプン収量は、160-693kg (平均 486kg) の範囲にあり、野生種 (35-145kg; 平均 90 kg) よりも高い値を示した。デンプン収量は Para で最も高く、ある個体では、既存の報告中で最高のデンプン収量 (975 kg) を記録した。また、Yepha, Osukulu, Ruruna, Panne も高い生産性を示した。野生種は髄部の全糖含有率が栽培種よりも 2 倍以上高く (20~29%)、同時に、全糖の約 1/3 がグルコースで構成されており、ほぼスクロースで構成されている栽培種と異なっていた。デンプン含有率の高い Para や Rondo では、アミロプラストの長径が長く、単位面積当たりのアミロプラスト数が多い傾向を示し、デンプン含有率が低かった Manno では、逆の傾向を示した。デンプンの理化学的特性に変種間差異が見られ、例えば Para では軟らかく粘さのある物性を示したのに対して、Follo は硬く粘りのない物性を示した。また、Para、Manno のデンプンは老化しにくく、Follo のデンプンは最も老化しやすいデンプンと推察された。[インドネシア、アンボン島とセラム島] 主要変種である Ihur, Tuni, Makanaru (以上、トゲ有り種) と Molat (トゲなし種) の 4 種について調査した。変種間の生育やデンプン収量には基本的に差異はなく、樹幹長 10-15m、樹幹直径 40-60cm、樹幹重 1500-3000kg、髄部デンプン含有率 60-80%、デンプン収量 350-750kg の範囲にあった。最高デンプン収量は Ihur の 747kg であった。これら変種のデンプンは、

アミロース含量が22.9-25.5%で、上述したスタニ湖畔の変種の Para と Follo の中間的な物性値（硬さ、付着性、粘さ、凝集性）を示した。

以上のスタニ湖畔とセラム島のサゴヤシ変種のデンプンの理化学的特性及び物性は、クラスター分析により4つのグループに分類された。

〔インドネシア、クンダリ〕 主要変種である Molat (トゲなし種) と Tuni 及び Rotan (トゲ有り種) の3種について調査した。樹幹長は Molat と Tuni は7-10m、Rotan は5-7m、樹幹直径は Molat : 50-60cm、Tuni : 50cm 前後、Rotan : 30-40cm であり、樹幹重は Molat (平均約 1800kg) > Tuni (同 1400kg) > Rotan (同 600kg) となった。Rotan は、Molat や Tuni に比べて早生種であり、幹立ち後、収穫適期である開花期までの年数は6-7年と Molat や Tuni の8-10年に比べて短かった。収穫期の髄部デンプン含有率は60-70%で変種間差異は小さく、デンプン収量は Molat (平均425kg) > Tuni (同305kg) > Rotan (同142kg) となった。最高デンプン収量は、Molat の587kgであった。〔インドネシア、ポンチアナ〕 主要変種2種 (Bembang と Buntal) について調査を行った。樹幹長は、Bembang (平均9.6m) で Buntal (同7.4m) より有意に高かったが、樹幹直径は45cm前後でほぼ等しく、平均樹幹重は Bembang:1146kg、Buntal : 1009kg で有意差はみられなかった。デンプン含有率(73~75%)にも有意差はなく、従って、デンプン収量(300kg前後)はほぼ等しかった。このデンプン収量は、マレーシア、サラワク州ムカの160-180kg (Yamamoto et al 2003) と比べて優った。最高デンプン収量は、Bembang の380kgであった。

Caryota mitis (カブダチクジャクヤシ、CM) ; 平均樹幹長が4.3m、樹幹直径11cm、樹幹重37kgで、樹幹重はサゴヤシの約1/30と著しく劣った。また、サゴヤシでは樹幹部位による髄部デンプン含有率に差異が見られなかったのに対して、カブダチクジャクヤシでは樹幹基部のデンプン含有率は著しく低く、花序形成部位にかけて顕著な濃度勾配がみられた。花序着生部位の髄部におけるデンプン含有率は60%前後で、収穫適期のサゴヤシに近い値を示した。カブダチクジャクヤシの平均デンプン含有率は33.8%、全糖含有率は22.4%であった。本研究では、最下位花序着生位置より下位の樹幹のみを収穫したために、平均デンプン収量は3.2kgと著しく低かった。今後は、さらに上位花序着生位置を含めた樹幹髄部についての調査が必要である。カブダチクジャクヤシでは、1本当たりのデンプン収量はサゴヤシに大きく劣るが、植物体が小さく取り扱いが容易であり、密植による収量向上が可能である。なお、カブダチクジャクヤシのデンプン

は、サゴヤシデンプンに比べてアミロース含有量がやや高く、最高粘度が低い傾向を示した。

Arenga pinnata (サトウヤシ、AP) ; 樹齢(農家による推定)が幹立ち後3-25年生個体について調査した。播種後7-10年で花序が出現した。全長と樹幹長はそれぞれ13-21m及び2-14mの範囲にあり、いずれも花序出現前まで増加し、それ以降は増加しなかった。樹幹直径は24-32cmの範囲にあり、生育に伴う明瞭な変化はなかった。樹幹重と生存葉数の最大値は、それぞれ1379kg及び24枚となり、いずれも花序出現前まで増加し、それ以降は減少傾向にあった。樹幹髄部重とデンプン含有率は花序出現前の個体で最大値を示し、それぞれ496kg及び39%となり、デンプン収量は191kgと最大となった。樹齢の進行により採液を停止した個体のデンプン収量は著しく低かった。マナドの *A. pinnata* (第一雄花序出現期) のデンプン含有率と収量はそれぞれ54%及び270kgを示し、ムナ島よりも高かった。デンプンの糊化開始温度は75°C前後、最高粘度は550-700BU、アミロース含有率は35-50%であったが、溶解度と膨潤度は、樹齢による変異が大きかった。

Arenga microcarpa (AM) ; 樹幹長は13-16m、樹幹直径は約15cm、樹幹重は300-400kgとなり、ともに *A. pinnata* よりも低い値を示した。個体当たり平均のデンプン含有率の最大値は55%となり、最大デンプン収量は80kgとなった。樹幹中央部のデンプン含有率は、MSと同等またはそれ以上の高い値(約80%)を示し、注目された。デンプンの理化学的特性は、サトウヤシに近かった。

Corypha utan (コリファヤシ、CU) ; 収穫適期樹の樹幹長は14-20m、樹幹直径は50-57cm、樹幹重は3200-4000kgの範囲にあり、髄部の全糖含有率は5-9%、デンプン含有率は45-60%を示した。デンプン収量は716-1145kgと著しく高い値を示し、今までにサゴヤシで記録された975kgを上回るデンプン収量を示した。

Borassus flabellifer (パルミラ、BF) ; 樹長12m、樹幹長8m、樹幹直径約35cm、樹幹重900-950kgを示したが、髄部乾物率は22-31%で、デンプン含有率は1-10%と低かった。

Elaeis guineensis (アブラヤシ、EG) ; ジャワ島バンテン州の国営アブラヤシプランテーション(PT.PN8)において、改植廃材アブラヤシ (*Elaeis guineensis*、現地名 Sawit) 28年生樹3本を伐採調査した。樹長17-19m、樹幹長8.5-10.5m、樹幹直径32-44cm、樹幹重1127-1543kgで、髄部全糖含有率は9.3-14.8%、デンプン含有率は7.7-15.7%で全糖、デンプン収量はそれぞれ36-46kg、30-61kgであった。

〔雑誌論文〕(計 6 件)

① Yamamoto, Y., F. S. Rembon, K. Omori, T. Yoshida, Y. Nitta, Y. B. Pasolon and A. Miyazaki Growth characteristics and starch productivity of three varieties of sagopalms (*Metroxylon sagu* Rottb.) in Southeast Sulawesi, Indonesia.

Tropical Agriculture and Development, 査読有り、Vol.54, No.1, 2010, 1-8

② Irawan, A.F.Y., Yamamoto, A., Miyazaki, T., Yoshida and F. S. Jong, Characteristics of suckers from sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) grown in different soil types in Tebing Tinggi Island, Riau, Indonesia, Tropical Agriculture and Development, 査読有り、Vol.53, No.4, 2009, 103-111

③ Irawan, A.F.Y., Yamamoto, A., Miyazaki, T., Yoshida and F. S. Jong, Characteristics of sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) suckers from various mother palms at different growth stages in Tebing Tinggi Island, Riau, Indonesia, Tropical Agriculture and Development, 査読有り、Vol.53, No.4, 2009, 1-6

④ Yanagidate, I., F. S. Rembon, T. Yoshida, Y. Yamamoto, Y. B. Pasolon, F. S. Jong, A. F. Irawan and A. Miyazaki, Studies on trunk density and prediction of starch productivity of sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.): A case study of a cultivated sago palm garden near Kendari, Southeast Sulawesi Province, Indonesia, Sago Palm, 査読有り、Vol.17, 2009, 1-8

⑤ Yamamoto, Y., K. Omori, T. Yoshida, A. Miyazaki and F. S. Jong, The annual production of sago (*Metroxylon sagu* Rottb.) starch per hectare, Proceedings of the 9th International Sago Symposium, 査読有り、2008, 95-101

⑥ Nitta, Y., T. Matsuda, S. Mizuma, Y. Yamamoto, T. Yoshida and A. Miyazaki, Starch accumulation in sago palm stems, Proceedings of the 9th International Sago Symposium, 査読有り、2008, 23-28

〔学会発表〕(計 12 件)

① 山本由徳, 地域から世界に向けたバイオ燃料戦略, 熱帯農業学会, 2009年10月17日, 津市

② 山本由徳・吉田徹志・Y. B. Pasolon・F. S. Rembon・E. Tenda・R. B. M. Kay・宮崎彰・他2名, インドネシア・南東スラウェシ州ムナ島および北スラウェシ州サンギヘ島におけるアレンガ属ヤシの生育特性とデンプン生産性, 熱帯農業学会, 2009年10月17日, 津市

③ 山本由徳・吉田徹志・Y. B. Pasolon・F. S. Rembon・E. Tenda・R. B. M. Kay・宮崎彰・他2名, アレンガ属ヤシの栽培と利用—インドネシア国南東スラウェシ州ムナ島および北スラウェシ州

サンギヘ島における事例—, サゴヤシ学会, 2009年6月20日, 小金井市

④ 柳舘勇・山本由徳・吉田徹志・宮崎彰・他5名, アレンガ属ヤシの栽培と利用—インドネシア国南東スラウェシ州ムナ島および北スラウェシ州サンギヘ島における事例, 日本作物学会四国支部会, 2008年11月27日, 香南市

⑤ 松尾英典・山本由徳・吉田徹志・宮崎彰・他5名, インドネシア国南東スラウェシ州ムナ島および北スラウェシ州サンギヘ島におけるアレンガ属ヤシの生育特性と澱粉生産性, 日本作物学会四国支部会, 2008年11月27日, 香南市

⑥ Yanagidate, I., Y. Yamamoto, T. Yoshida, A. Miyazaki and with 4 other coauthors Growth characteristics and starch productivity of sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) and fishtail palm (*Caryota mitis* Lour.) grown at Pontianak and Singkawang, West Kalimantan Province, Indonesia, The Society of Sago Palm Studies, 2008.6.28, Tsu-shi

⑦ 山本由徳・吉田徹志・宮崎彰・濱西知子・平尾和子・他3名, インドネシア, マルク州アンボン, セラム島におけるサゴヤシとその利用, サゴヤシ学会, 2008年6月28日, 津市

⑧ 濱西知子・平尾和子・吉田徹志・山本由徳・他2名, インドネシア, マルク州セラム島におけるサゴヤシ変種澱粉の性質と分類, サゴヤシ学会, 2008年6月28日, 津市

⑨ Nitta, Y., Y. Yamamoto, A. Miyazaki, T. Yoshida and 2 other coauthors, Internal structure and starch accumulation within the stem of sago palm variety Wanny, The Society of Sago Palm Studies, 2008.6.28, Tsu-shi

⑩ 山本由徳・吉田徹志・宮崎彰・他7名, インドネシア, パプア州ジャヤブラ近郊に生育するサゴヤシ数変種の葉形質の特性, サゴヤシ学会, 2007年6月17日, 東京都

⑪ 柳舘勇・山本由徳・吉田徹志・宮崎彰・他6名, インドネシア, パプア州ジャヤブラ近郊に生育するサゴヤシ野生種“Manno”の生育及びデンプン生産特性, サゴヤシ学会, 2007年6月17日, 東京都

⑫ 濱西知子・宮崎彰・山本由徳・吉田徹志・他2名, サゴヤシ変種澱粉の性質と分類, サゴヤシ学会, 2007年6月17日, 東京都

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 由徳 (YAMAMOTO YOSHINORI)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授

研究者番号: 00093956

(2) 研究分担者

吉田 徹志 (YOSHIDA TETSUSHI)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授

研究者番号：10145112

宮崎 彰 (MIYAZAKI AKIRA)

高知大学・教育研究部自然科学系・准教授

研究者番号：00304668

新田 洋司 (NITTA YOUJI)

茨城大学・農学部・教授

研究者番号：60228252

濱西 知子 (HAMANISHI TOMOKO)

共立女子大学・家政学部・講師

研究者番号：90348607

平尾 和子 (HIRAO KAZUKO)

愛国学園短期大学・教授

研究者番号：50156642

(3) 連携研究者

なし