

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月13日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2012

課題番号：20405017

研究課題名（和文） バイオエタノール原料作物として、ヤシの生産能力を再評価する

研究課題名（英文） Revaluation of production potential of palms as a crop for bioethanol.

研究代表者

後藤 雄佐 (GOTO YUSUKE)

東北大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号：80122919

研究成果の概要（和文）：聞き取りや文献等での調査の結果、千数百種あるヤシ科植物の中で、糖を生産しているヤシは19種、デンプンを生産しているヤシは16種と考えられた。その中で、糖については、特に生産性が高いと考えられた4種（サトウヤシ、ココヤシ、パルミラヤシ、ニッパヤシ）を調べた結果、糖収量が多いが採液の採算が合わず、花序の位置が低いニッパヤシでのみ可能性が残された。また、デンプンでは、生産性が際だって高いサゴヤシが有望と考えられた。

研究成果の概要（英文）：As results of inquiring and bibliographic surveys, in more than one thousand species of palmae plants there were 19 and 16 species of palms for sugar and starch, respectively. Regarding palms for sugar, 4 species (sugar palm, coconut palm, palmyra palm and nypa palm), which was thought to have high production potential, were researched with respect to its sugar production, resulting that producing bioethanol from them were unprofitable, though a large sugar sap was obtained from them. However, only nypa palm has potential for a bioethanol crop because their sap could be gathered at a low price for its low position of inflorescence. Regarding palms for starch, sago palm was considered to be an attractive candidate of bioethanol crop due to extremely high starch production.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2009年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2010年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2012年度	2,200,000	660,000	2,860,000
総計	12,900,000	3,870,000	16,770,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：作物学・雑草学

キーワード：ココヤシ、サゴヤシ、糖生産、デンプン生産、ニッパヤシ、バイオエタノール、ヤシ科植物

1. 研究開始当初の背景

（1）バイオエタノール原料の中心となる糖とデンプンを、熱帯で生産する作物として、

ヤシ科植物に注目した。ヤシ科植物は、種も多く、その生育適応範囲が非常に広く、また、永年性植物として生育が安定しているから

である。

(2) 熱帯における糖の生産でヤシ類を用いる産業はわずかであり、また、小規模でもある。ココヤシからの糖生産は比較的広い地域で行われ、その黒糖は市販もされている。しかし、ココヤシは、その実から油を採る油料作物としての知見は豊富であるが、花枝を切除し、溢液を集めて糖を採ることに關しての報告は多くない。また、ココヤシのほか、糖や糖蜜の原料とするヤシ類は地域によって異なり、ニッパヤシなど野生のものから採集することもある。しかし、それらの糖生産力や糖の質は正確には把握されていない。

(3) 熱帯でのデンプン生産は、ヤシを原料とするものはサゴヤシが栽培、利用されている程度であり、市場での絶対的な量も他のデンプン原料作物と比較して少ない。しかし、他作物と栽培適地が大きく異なり、今後の有用性については、さらに検討する必要がある。

(4) バイオエタノール原料作物になり得るかどうかを前提に、このような、糖やデンプンの生産能力を調べる必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、まず、広く栽培されているココヤシの糖生産能力を解析し、バイオエタノール原料となりえるのかの判断をする。また、現在、さほど栽培が盛んではないが、デンプンや糖を生産できることが知られているヤシ類の生産力を調査・解析する。さらに、野生の生産力の活用として、低湿地に広く野生するニッパヤシの、糖生産能力の調査・解析もおこなう。

具体的には、ヤシ科植物の種ごと、時期ごとの糖やデンプンの生産力や栽培・収穫にかかる労力等を明らかにし、バイオエタノール原料作物になり得るヤシを抽出する。

3. 研究の方法

東南アジア、主に、インドネシアとマレーシアを中心に以下の調査研究を進める。

(1) ヤシの糖・デンプン生産能力を解析するために、糖はココヤシ、デンプンはサゴヤシを中心に、生産量と質を調査・解析する。

(2) 現在、さほど栽培されてはいないが、デンプンや糖を生産できることが知られているヤシ類の生産力の調査・解析をする。その中で生産性の高そうなヤシの、糖の取り方や糖生産に結びつく育特性を調査する。

(3) 低湿地に広く野生するニッパヤシの、糖生産能力を調査・解析する。

(4) 栽培されるヤシの生育を調べ、生産までの管理や栽培時間を推定し、バイオエタノール原料となり得るかの判断に供する。

4. 研究成果

(1) まず、ヤシが生産するバイオエタノー

ール原料を、糖とデンプンに絞り、糖やデンプンを採るために栽培されている、あるいは野生のものを利用してヤシ科植物について、文献や、聞き取りによる調査を行った。その結果、少なくとも、糖生産に利用できるヤシ科植物は19種(表1)、デンプン生産に利用できるものは16種(表2)あることが

表 1 糖を生産するヤシ.

種名
1 <i>Arenga pinnata</i> *
2 <i>Borassus aethiopicum</i>
3 <i>Borassus flabellifer</i>
4 <i>Borassus madagascariensis</i>
5 <i>Caryota urens</i> *
6 <i>Cocos nucifera</i>
7 <i>Corypha utan</i> *
8 <i>Elaeis guineensis</i>
9 <i>Jubaea chilensis</i>
10 <i>Hyphaene compressa</i>
11 <i>Hyphaene coriacea</i>
12 <i>Mauritia flexuosa</i>
13 <i>Nypa fruticans</i>
14 <i>Phoenix canariensis</i>
15 <i>Phoenix dactylifera</i>
16 <i>Phoenix reclinata</i>
17 <i>Phoenix sylvestris</i>
18 <i>Raphia taedigera</i>
19 <i>Raphia vinifera</i>

*: デンプンも生産できる

表 2 デンプンを生産するヤシ.

種名
1 <i>Arenga microcarpa</i>
2 <i>Arenga pinnata</i> *
3 <i>Caryota mitis</i>
4 <i>Caryota no</i>
5 <i>Caryota rumphiana</i>
6 <i>Caryota urens</i> *
7 <i>Corypha umbraculifera</i>
8 <i>Corypha utan</i> *
9 <i>Eugeissona brachystachys</i>
10 <i>Eugeissona utilis</i>
11 <i>Metroxylon sagu</i>
12 <i>Phoenix acaulis</i>
13 <i>Phoenix jorinife</i>
14 <i>Phoenix loureirii</i>
15 <i>Phoenix rupicola</i>
16 <i>Wallichia disticha</i>

*: 糖も生産できる

わかった。どちらにも利用できるものが3種あるので、全体で32種が対象となるが、明らかに生産性が低いと考えられる種もあった。バイオエタノール原料作物として成り立つには、生産力の大きさと、栽培管理にかかる労力、収穫のしやすさなどが必要となる。表中の種の中で、特に糖生産力が高いと考えられるサトウヤシとココヤシ、パルミラヤシ、ニッパヤシ、またデンプン生産では収量が際立って大きなサゴヤシについて、生産力と、栽培管理、収穫法などを調べ、その可能性を検討した。

(2) 糖に関して：糖は、花茎を切断し、切口から出てくる溢泌液を筒などで集め、煮詰めて製品とする。現在、実際に糖を採るために栽培されているサトウヤシやココヤシ、パルミラヤシなどを調べた結果、地域差や個体差は大きいものの、1本の樹から、おおむね1日3Kgもの糖が採れることがわかり、高い糖の生産性が認められた。

しかし、植物に高い生産能力があっても、採液の労力が大きいために価格が高くなり、バイオエタノール原料には適さないことが判明した。実際に、これらのヤシから採れた糖は、東南アジアでは料理用として広く利用されているが、市場では価格の高い糖であり、サトウキビの糖で増量したものも多く売られていた。収穫にかかる費用が高くなるのは、これら生産性の高いヤシは高木であるため、採液作業に危険が伴うことも要因となる(図



図 1 採液作業

ココヤシでは花序の位置が高く採液は危険な作業である。雨天では、幹が滑り作業できない

1)。特に、雨天の場合は、滑って採液は困難である。

以上のようなことから、糖を生産するヤシ科植物がバイオエタノール原料作物となり得るか否かは、その生産性よりも、採液作業を簡易化できるかどうかにあると考えた。

しかし、採液用の筒を換えるたびに切断面を削るなど、毎日、花房の状態を維持・管理するための



図 2 ココヤシの採液

採液時には束ねた花序を削り、筒をセットする。半日から1日ごとに溢泌液を集める。

作業もある。そのため、採液のたびに、実際に花茎のある場所に行く必要がある。このよ

うなことから、高木から安価に採液する技術を簡単には開発できないと考えられ、現時点では、高木となるこれらのヤシは、バイオエタノール原料作物とはなり得ないと判断した。

(3) その様な中で、バイオエタノール原料としては、野生の植物から採糖しているニッパヤシに注目した。

ニッパヤシはマングローブでもあり、茎が地中を這い、幹立ちしない。花茎は地際の葉腋から立ち上がり、地上1~2メートルの高さに果実を付ける。花茎が地中から直接出るために、地面を歩くだけで採液作業ができる。

マレーシア国ボルネオ島のサラワク州クチン市郊外のサマラン川河口近く、ニッパヤシ自然林内で調査した。現地の人々は花茎の切り口から出る糖液を夕方から翌日の朝にかけて(夜間に)毎日採取し、煮詰めた後食用の黒糖として出荷している。品質低下を招くとして日中の糖液は採取しない。本研究ではバイオエタノール資源植物として評価を行うため、通常採取しない日中の糖液も含めて糖生産能力を評価した。調査の結果、1128ml/花茎・日の糖液、糖重量に換算すると150g/花茎・日の糖(90%以上がsucrose)が生産されていた。次に実際に糖液が採取されているすべての花茎の位置をGPSで調べた結果、0.82haの自然林の中の183本の花茎から採取していることが明らかになった。1年に9ヶ月(270日)間採取していることから、糖収量は9038kg/ha・年となり、ブラジルのサトウキビに匹敵する糖収量であることがわかった。

ニッパヤシは、1樹当たりの糖生産量はサトウヤシなど高木大型のヤシより少ないが、採液時に木に登る必要がなく、雨が降っても採液作業には大して影響はない。このようなことから、バイオエタノール原料作物としての可能性は認められた。

ただし、ニッパヤシは作物化されておらず、糖生産に関連した開花習性や光合成能力、個体の成長などの知見は少なく、現状では、糖生産の季節変動や年単位で見た生産性の把握が困難であった。また、ニッパヤシは満潮時には海や川の水が入る土地で生育しており、その水の塩分濃度が生産性と関係しているとの話が糖の生産現場ではあり、バイオエタノール原料植物として確立させるにはこれらの知見をさらに整理する必要があると考えられた。

(4) デンプンに関して：生産性が高いのは、サゴヤシとサトウヤシであった。

サトウヤシは、花茎を切除して、その切り口から糖を含んだ樹液が採れるが、糖を採らずに切り倒せば幹からデンプンを採ることができるヤシである。生産性は、サゴヤシに近いと考えられるが、サトウヤシは種子繁殖

で、播種から収穫まで10数年かかり、また、デンプンをとるために伐採するとまた種子から育てる必要があり、バイオエタノール原料作物としては採算が合い難い。

一方、サゴヤシはサッカーと呼ばれる分枝で繁殖し、サッカーは次から次へと出るため、一度サゴ園を造成すると永続的に収穫が可能となる。従って、サゴ樹を適切な密度に保ち、高い生産性を永続させるために、サッカーの出現・成長を制御する管理作業（サッカーコントロール）が重要となる。開墾して苗を移植するまでは手間がかかるが、これに関しては、他の作物と同様のものと判断できた。そこで、移植後の苗の生育と管理の必要性に関して調べた。その結果、今まで不明だった移植後数年間の成長過程を明らかにできた。それにより、苗を移植して繁殖した場合、移植した茎は、初め匍匐成長をして成長点部が移動するため、サッカーコントロールは移植後4年目くらいから始めればよく、また、年に1、2回で充分なことがわかった。その他の管理としては、年に1、2回除草作業をすることくらいで、移植後の栽培・管理には、さほど手間がかからないことが明らかになった。このため、他のヤシ科植物よりは、比較的安価にデンプンを生産できるものと判断でき、バイオエタノール原料作物に、最も適したヤシ科植物と考えられた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計13件）

- ① Nakamura S., Nabeya K., Akama M., Nakamura T., Nitta Y., Watanabe M. and Goto Y. Transplanted sucker stem growth in sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) before trunk formation. Proceedings of the 7th Asian Crop Science Conference : 165-168. 2013. 査読有
- ② 鍋谷佳太・中村 聡・藤井昭裕・赤間 睦・中村貞二・新田洋司・渡邊 学・後藤雄佐. ロゼット期の長さの差異によるサゴヤシの匍匐生長の比較. 日作紀 82(別-1) : 308-309. 2013. 査読無
- ③ Nabeya, K., Nakamura, S., Akama, M., Nakamura, T., Nitta, Y., Watanabe, M. and Goto, Y. Analysis of effects of sucker-control in the sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) cultivation. Proceedings of the 2nd ASEAN Sago Symposium 2012. CD版. 2012. 査読有
- ④ 後藤雄佐・中村 聡・中村貞二・新田洋司・渡邊 学. サゴヤシにおける茎の匍匐生長とサッカーコントロール. 日作紀 79(別-1) : 220-221. 2010. 査読無

- ⑤ 後藤雄佐・中村 聡・渡邊 学・中村貞二・新田洋司. ニッパヤシ (*Nypa fruticans*) による糖の生産:採糖の実態調査と採液の夜間と昼間の比較. 日作紀 78(別-1) : 362-363. 2009. 査読無

〔学会発表〕（計17件）

- ① Nabeya, K., Nakamura, S., Akama, M., Nakamura, T., Nitta, Y., Watanabe, M. and Goto, Y. Analysis of effects of sucker-control in the sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) cultivation. 2nd ASEAN Sago Symposium 2012, 10月29-31日. 2012. クチン市, マレーシア.
- ② Nakamura S., Nabeya K., Akama M., Nakamura T., Nitta Y., Watanabe M. and Goto Y. Transplanted sucker stem growth in sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) before trunk formation. The 7th Asian Crop Science Conference, 9月27-30日, 2011, ボゴール市, インドネシア.
- ③ 後藤雄佐・渡邊 学・新田洋司・中村 聡・中村貞二. ヤシ科植物による糖・デンプン生産 — サトウヤシ (*Arenga pinnata*) からの Gula Aren と Sagu — サゴヤシ学会第18回講演会. 6月20日. 2009. 東京農工大学.
- ④ Nitta, Y., Arai, Y., Warashuna, S., Goto, Y., Nakamura, S., Nakamura, T., Watanabe, M. and Matsuda, T. Anatomical Analysis on starch accumulation in sago palm sucker. サゴヤシ学会第18回講演会. 6月20日. 2009. 東京農工大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 雄佐 (GOTO YUSUKE)
東北大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号 : 80122919

(2) 研究分担者

中村 貞二 (NAKAMURA TEIJI)
東北大学・大学院農学研究科・助手
研究者番号 : 70155844
新田 洋司 (NITTA YOUJI)
茨城大学・農学部・教授
研究者番号 : 60228252
中村 聡 (NAKAMURA SATOSHI)
宮城大学・食産業学部・准教授
研究者番号 : 00289729
渡邊 学 (WATANABE MANABU)
岩手大学・農学部・助教
研究者番号 : 00361048

(3) 連携研究者

なし