

平成 22 年 5 月 6 日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18405025  
 研究課題名（和文） 熱帯泥炭湿地を利用した持続的・低環境負荷の食料・エネルギー生産技術の確立  
 研究課題名（英文） Establishment of sustainable and low environmental load cultural practices of sago grown in tropical peat soils to produce bio-energy and staple food  
 研究代表者  
 安藤 豊（ANDO HO）  
 山形大学・農学部・教授  
 研究者番号：90005661

## 研究成果の概要：

熱帯湿地で高デンプン生産植物であるサゴヤシ栽培で、地球温暖化に寄与することなく持続的食物生産・エネルギー生産に利用する技術の確立の基礎的な研究を行った。その結果、地下水位が 0cm～-45cm の場合、地下水位が高いほどサゴヤシ生育が良好となった。しかし、温室効果ガスについてみると、メタン発生は地下水位を 40cm 以下に保つことで低く維持できること、二酸化炭素発生速度には地下水位は影響を与えないことが明らかとなった。今後、メタン発生を低下させる技術の開発が必要である。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	7,200,000	0	7,200,000
2007 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2008 年度	3,100,000	930,000	4,030,000
総計	13,300,000	1,830,000	15,130,000

## 研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸科学・植物栄養学・土壌学

キーワード：サゴヤシ、土壌環境、炭酸ガスフラックス、地下水位、熱帯泥炭土壌、水耕栽培

## 1. 研究開始当初の背景

増え続ける人口への食糧確保のため、熱帯アジアに分布する 3000 万 ha に及ぶ泥炭地帯を食物生産に利用することへの期待は大きい。また、産業革命以来利用してきた有限な化石燃料に変わる持続的なエネルギー源が求められており、デンプンは再生可能なエネルギー源として注目されている。未利用な泥炭地帯をデンプン生産の場として利用できれば食糧確保、エネルギー問題の解決に大きな前進となる。しかしながら、泥炭の畑地化には、膨大な資本の投入が必要であり、さらに畑地化に伴って蓄積した有機物の急激な分解が起こり、大量の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）が放

出される。したがって、環境保全との両立を考える上で、今後は熱帯泥炭地を地下水位の高い条件で利用することがデンプン生産に必要な条件といえる。湿地条件下で栽培するデンプン作物としてはまず水稻が挙げられる。しかしながら、泥炭土壌は微量成分の含有量と可給度が低いいため、生育不良や不稔が起こる。

一方、サゴヤシは泥炭での生産に適した作物であり、そのデンプン収量は水稻以上であることが知られている。したがって、サゴヤシは熱帯湿地帯における食料・エネルギー源となる可能性が高い。食料・エネルギー源としてサゴヤシを考える場合、大規模にかつ、泥炭土壌の分解を最小限にとどめた上で生

産性を上げる必要があるものと考えられる。しかしながら、現在のサゴヤシの生産は零細農家を中心に行われている。そのため、環境に配慮した上で持続的に高収量を得るためのサゴ栽培技術は未だ構築されていない。

## 2. 研究の目的

養分含量の乏しい熱帯泥炭の高い生産性の持続には施肥が不可欠である。しかしながら、これまでの研究から、多量要素(N、P、K)、微量元素(Cu、Fe、Mn、Zn)施用量を生育速度から想定した年間摂取量の10倍相当まで増大してもサゴヤシの生育量、生育速度に顕著な改善は見られず、施用微量元素の溶脱も検出されなかった。一方、地下水位の高いところでサゴヤシの生育が勝ることが観察されたことから、サゴヤシの生育に対して地下水位が大きな役割を果たしていることが想定された。さらに、環境への低負荷と生産性向上の両立のために考慮すべき以下の点、効率的養分吸収、生育速度、温室効果ガス発生のおよびいずれに対しても、地下水位が重要な要因となっていると考えられた。すなわち、施肥効果はサゴヤシの生育にとって適正な地下水位条件下で発現する一方、地下水位の変化は温室効果ガス特にメタンの発生量を変化させることから、地下水位の適正な制御が重要と考えられた。

そこで、本研究では、熱帯湿地下で栽培可能な希有の高デンプン生産植物である“サゴヤシ”に着目し、地球温暖化に寄与することなく、熱帯泥炭を持続的食物生産・エネルギー再生産に利用する技術を構築することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 地下水位とサゴ生育の関係

同一地下水位であっても、サゴヤシの根系発達程度により地上部に対する影響は異なると推察される。したがって、生育段階の異なるサゴヤシを用いて、地下水位とサゴヤシ生育の関係を検討する。本研究ではまず、移植3年目と5年目のサゴヤシを対象に、排水路からの距離と地下水位の関係を乾季と雨季の2回にわたって調査する。また、2回目におこなう以下の調査・分析によって、地下水位と生育速度の関係を明らかにする。

#### 地下水位の測定

地下水位測定装置の設置をおこない、現地でモニタリングを行う。サゴヤシ生育量および生育速度(葉数展開速度)の測定)サゴヤシの生育量は現存葉数および樹高、生育速度は葉数展開速度で示す。

### (2) 地下水位の泥炭分解速度、温室効果ガス発生速度への影響

温室効果ガス(メタン、CO<sub>2</sub>)発生速度を地下水位の異なる地点で観測する。同時に気象観測(気温、地温、降雨量、土壌水分量)もおこなう。泥炭分解速度はCO<sub>2</sub>発生速度の測定から評価する。

#### 温室効果ガス測定

全自動長期土壌呼吸モニタリングシステムを用いて、圃場土壌からのCO<sub>2</sub>発生速度を測定する。メタンに関しては、閉鎖チャンバー法を用いて断続的にガス試料を採取し分析する。なお、全自動長期土壌呼吸モニタリングシステム以外の地点でも現地協力者によって1月ごとにガス試料採取を行い、次年度以降の全自動長期土壌呼吸モニタリングシステムの設置場所の参考とする。

#### 気象観測

自動観測装置(本申請)を用い、気温、地温、降雨量、湿度の測定を実施する。

### (3) 水耕実験によるサゴ生育と3要素の関係

現地でサゴサッカーの水耕試験を実施し、N、P、Kとサゴの初期生育の関係を検討する

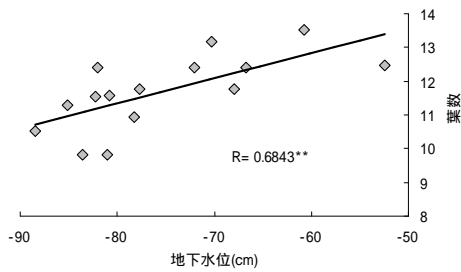
## 4. 研究成果

### (1) 地下水位と幹高増加速度、葉数の関係

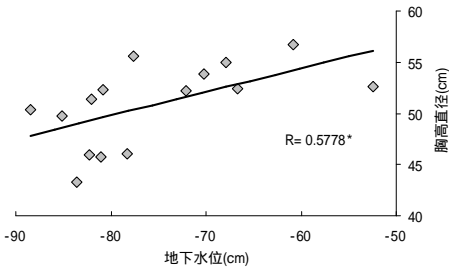
調査対象サゴヤシは生育8年の幹立ちがままになっているものを15点用いた。幹体積は05年6月からの増加速度とした。葉数はこの期間内に増加の傾向は確認することはできなかったため、測定期間内に得られた値を平均して用いた。

地下水位と幹立ち期のサゴヤシの葉数、胸高直径、幹高増加速度、幹体積増加速度はそれぞれ9.8~13.5枚、43.4~56.7cm、0.62~1.8m<sup>3</sup>・year<sup>-1</sup>、0.15~0.54m<sup>3</sup>・year<sup>-1</sup>であった。地下水位と葉数については1%有意水準で正の相関を認めることができた。地下水位と胸高直径については5%有意水準で正の相関を認めることができた。地下水位と幹高増加速度、幹体積増加速度のそれぞれにおいて1%有意水準で正の相関を認めることができた。

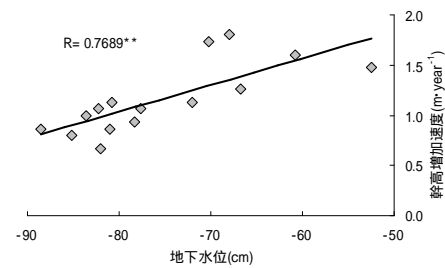
地下水位は-45cm~-85cmの範囲であったことから地下水位が-45cm~-85cmの時には地下水位が高いほどサゴヤシの幹体積増加速度が速くなると考えられた。従来、熱帯泥炭土壌におけるサゴヤシ生育は地下水位が低いほどサゴヤシ生育が良好になると考えられている。今回の調査では地下水位が高いほどサゴヤシ生育が良好であるという逆の



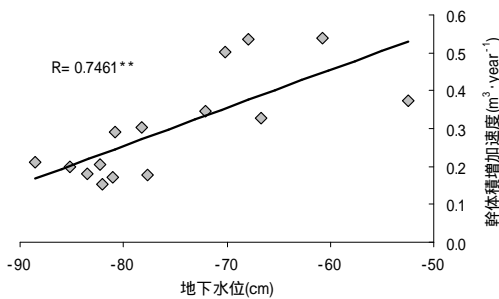
地下水位と葉数(幹立ち期)の関係



地下水位と胸高直径の関係



地下水位と幹高増加速度の関係



地下水位と幹体積増加速度の関係

結果になった。このことから地下水位が低いほどサゴヤシ生育が良好になる現象は地下水位が 0cm ~ -45cm 以上の場合に発生する可能性がある。

(2) サゴヤシ栽培が泥炭土壌からのメタンおよび二酸化炭素発生速度に与える影響

06年9月に炭酸ガスの連続測定装置、気象観測装置、地下水位連続測定装置を設置した。9月下旬の1週間の炭酸ガスフラックスは、気温の変化と無関係であった。

サゴ齢が同じ場合、地下水位が高くなるにつれメタン発生速度は指数関数的に増大すること、地下水位を 40cm 以下に保つことでメタン発生を低く維持できること、二酸化炭素発生速度には地下水位は有意な影響を与えないことを明らかにした。また、施肥位置からの距離と温室効果ガス発生速度との関係を調べたところ、両者の間に関係はなく、施肥の影響はないと結論された。一方、サッカーからのメタン発生速度を測定した結果、切断直後では土壌からの発生速度よりも平均で 46 倍高く、土壌表面からのフラックスの測定が圃場全体のフラックスを低く見積もっていることが示唆された。

(3) サゴヤシの初期生育と養分

処理区は NPK 区、-N 区、-P 区、-K 区、CTRL 区の 5 処理区とし、サゴサッカーを利用して水耕試験を行った。

実験期間中のサゴヤシの母体の生葉数を見ると、NPK 区、-P 区、-K 区では約 8 枚に達した後減少し、実験終了時には 6 枚程度となった。一方、-N 区、CTRL 区では 3 4 枚に達した後停滞した。NPK、-P、-K 区の窒素肥料を含む処理区の生葉数は -N、CTRL 区の窒素肥料を含まない処理区と比べて高く推移した。

増加期間中の生葉数の推移は、全処理区で生葉数が増加した時期と、全処理区で増加が止まった安定期に分けられた。増加期間中の各処理区の生葉数と試験開始時からの日数の関係は直線関係にあり、回帰直線の傾きは NPK 区で 0.038、-N 区で 0.027、-P 区で 0.037、-K 区で 0.041、CTRL 区で 0.024 であった。NPK 区と比べて、-N 区と CTRL 区で低くなった。

実験開始後 226 日目の小葉の窒素含有率は、NPK 区で 2.6%、-N 区で 1.5%、-P 区で 2.5%、-K 区で 2.9%、CTRL 区で 1.6% であった。サゴヤシ小葉の窒素含有率は、NPK 区と比べて、-N 区と CTRL 区で有意に低くなった。小葉のリ含有率は、NPK 区で 0.22%、-N 区で 0.11%、-P 区で 0.12%、-K 区で 0.23%、CTRL 区で 0.20% であった。-N 区、-P 区で小葉中リン含有率は低くなる傾向が見られたが、処理区間で有意な差はなかった。小葉のカリウム含有率は、NPK 区で 1.2%、-N 区で 0.8%、-P 区で 1.1%、-K 区で 0.9%、CTRL 区で 1.2% であった。処理区間に有意な差はなかった。

実験終了時のサゴヤシの、器官別の乾物重は全ての器官において、有意な処理区間差はなかった。しかし、NPK 区と比べて -N 区、CTRL 区では葉と葉柄及びサッカーの乾物重

が小さい傾向がみられた。-N 区の葉の乾物重は、NPK 区の 45g と比べて約半分の 5g であった。

実験終了時のサゴヤシの N、P、K の乾物生産効率 (g/g) をみると、窒素は 72.3、リンは 220、カリウムは 107 の乾物重を生産していた。リンの値は、窒素とカリウムと比べて有意に高くなった。各処理区別、養分毎に見ていくと窒素は、NPK 区で 64、-N 区で 83、-P 区で 74、-K 区で 59、CTRL 区で 105 であり、処理区間差はなかった。リンは、NPK 区で 212、-N 区で 420、-P 区で 869、-K 区で 236、CTRL 区で 914 であり、-P 区の値は、NPK 区の 4 倍を越えたが有意な差はなかった。カリウムは、NPK 区で 75、-N 区で 123、-P 区で 121、-K 区で 101、CTRL 区で 140 であり、処理区間差はなかった

本結果は、生育初期のサゴヤシは NPK の中では、窒素の要求量が高く、小葉中の窒素含有率を高めることで出葉速度を早め、地上部乾物重も増加させることを示唆した。一方、リン吸収量が増加しても、生育が改善されないことが示唆された。カリウムについては供給量によって、サゴヤシのカリウム吸収量が変化しなかったため、生育初期のサゴヤシは、カリウム供給は僅かで良いことが示唆された。本試験の結果は、サゴヤシの初期生育を改善する可能性がある肥料は、NPK のなかでは窒素肥料のみであることを示唆している。

## 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)

[学会発表](計 5 件)

佐々木由佳、橋本九一、角田憲一、渡辺彰、Foh Shoon Jong、安藤豊、熱帯泥炭土壌のサゴヤシ生育と地下水位、日本土壌肥料学会、2009 年、9 月 16 日、京都

新川寛・角田憲一・佐々木由佳・Foh Shoon Jong・安藤豊、サゴヤシの初期生育に与える NPK の影響-水耕試験による検討、サゴ学会、2009 年 6 月 20 日、東京

Y.Sasaki, K. Hashimoto, K. Kakuda, A. Watanabe, Jong F. S. and H. Ando, Optimum Ground Water Level on Sustainable Sago Palm Cultivation in Tropical Peat soil, 9th International Sago Symposium, 2007 年 7 月 20 日、フィリピン

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

安藤 豊 (ANDO HO)  
山形大学・農学部・教授  
研究者番号：90005661

### (2)研究分担者

渡辺 彰 (WATANABE AKIRA)  
名古屋大学・生命農学研究科・准教授  
研究者番号：50231098  
(H18~H19 H20：連携研究者)

角田 憲一 (KAKUDA KENICHI)  
山形大学・農学部・准教授  
研究者番号：70241726  
(H18~H19 H20：連携研究者)

佐々木 由佳 (SASAKI YUKA)  
山形大学・農学部・助教  
研究者番号：40375332  
(H18~H19 H20：連携研究者)

### (3)連携研究者