

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23405047

研究課題名(和文) 熱帯泥炭湿地における環境農業 サゴヤシ栽培の炭素シンク機能と生産技術の改善

研究課題名(英文) Agriculture harmonized with environment in tropical peatland - Evaluation of function as a carbon sink and improvement in production techniques for sago palm cultivation

研究代表者

渡邊 彰 (WATANABE, Akira)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：50231098

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：マレーシア国サラワク州ムカのサゴヤシ圃場を対象として、熱帯泥炭湿地でのサゴヤシ栽培における炭素(C)循環、窒素(N)動態の解明と施肥技術の改善を行った。サゴヤシからのリターC供給速度、リターC分解速度、植物成長によるバイオマスC貯留量の変化、雑草C量の変動、土壌からのC放出速度、サゴヤシおよび泥炭C蓄積量の推定を行って、サゴヤシ圃場を大気Cのシンクとして機能させることを示唆した。また、肥料Nの吸収率は生育初期においても低いものの、高いN固定と土壌Nの無機化によって必要量が供給されていること、吸枝への養成期間中の緩効性N肥料処理が移植後の生長量を向上させることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Carbon (C) budget and dynamics of nitrogen (N) in sago palm gardens established on a tropical peat soil were investigated in Mukah, Sarawak, Malaysia. New fertilization techniques were also tested. The rate of supplying litter C from sago palm and the mineralization rate of sago litter C, the increasing rate of biomass C with sago growth, weed biomass C, and C emission from soil were monitored, and the size of sago palm and peat soil as C pools was estimated. Although the sum of C input was smaller than that of C output, it was suggested that the field cane act as C sink by regulating the period of transplantation. The proportion of fertilized N used by sago palm was small even in the initial growth stage, while a large amount of N fixation and soil N mineralization maintained the plant production. The application of slow release fertilizer to the nursery improved the sago growth after transplantation.

研究分野：物質循環学

キーワード：環境調和型農林水産 二酸化炭素排出削減 熱帯低湿地 炭素循環 熱帯農業 泥炭

1. 研究開始当初の背景

21世紀最大の環境問題である地球温暖化は、化石燃料に代わるエネルギー源としてバイオ燃料の需要を急激に拡大させ、食料の高騰や森林破壊の促進といった別の問題を引き起こしている。一方、ほとんどの穀物は単位農地面積あたりの収量が既に最大に達した状態にあり、今後大幅な増産は見込めない。そのため、本来作物の生育に適さない酸性土壌や泥炭土壌などの問題土壌を作物生産に利用するための技術を開発する意義は大きい。

熱帯泥炭湿地は植物遺骸が湿地に堆積してきた自然の巨大炭素貯蔵庫である。泥炭土壌は東南アジアに2,480万haあり<sup>1)</sup>、高い有機物(炭素)含量、高い地下水位、低いpH、乏しい養分含量等の特徴をもつ。畑地・樹園地として利用する際には、地下水位を下げたために排水が必要となるが、排水は土壌の収縮と泥炭の分解促進を引き起こし、地盤を沈下させ、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)放出量を増大させ、土壌肥沃度を低下させる。現在広く行われている油ヤシ栽培は湿地林の破壊と環境悪化をもたらすことが強く懸念され、極度の排水を伴う畑地・樹園地化からの脱却と、過度の収奪を避け作物生産量を適正に維持する栽培方法の確立が求められている。

サゴヤシ(*Metroxylon sagu* Rottb.)は、熱帯泥炭湿地で湿地条件を維持したまま生育が可能な希少な多年生高デンプン生産植物であり、そのデンプン生産量は1本当たり200kgに及ぶ<sup>2)</sup>。サゴヤシの総葉面積は若いもので約100m<sup>2</sup>あり、わずか1年で長さ約2mに達する巨大な葉で旺盛に光合成を行い、定期的に落葉を土壌に還元する<sup>2)</sup>。一方、サゴヤシ栽培土壌からのCO<sub>2</sub>およびメタン発生量は周辺森林と同程度である(栽培による増加はない)こと<sup>3)</sup>から、系としてCの取り込み速度が放出速度を上回り、Cシンクとして機能している可能性が考えられる。

サゴヤシの栽培方法は確立されておらず、無施肥で除草を行うだけのことも多い。これには、a) サゴヤシには窒素(N)固定能があり、N欠乏が起りにくいこと、b) 落葉を放置するため、その成分が土壌に還元されやすいこと、c) 排水を行わないため、落葉を放置しても害虫や病気が発生しにくいこと等が関連していると推察される。しかしながら、泥炭土壌では普通の土壌(鉱質土壌)と比べて、サゴヤシの生育速度やデンプン生産量が劣るため、養分元素の補給は必要と考えられる。しかし、サゴヤシに対する各種施肥試験では、生育速度を増大させるのにN施用量を植物による推定年間摂取量の10倍まで増量する必要があった<sup>3)</sup>。施肥効率が低かった原因のひとつはサゴヤシのN固定能を考慮しなかったためと推察される。また、サゴヤシ栽培では吸枝を移植するが、生残率が低いため、移植時の環境改善により生残率を上げられれば生産量の増大に直結する。さらに、微

量元素の施用は、組成や添加量を変えても植物体中の濃度に改善がみられず<sup>4)</sup>、モデル実験によって施肥位置の土壌に強く吸着されることで拡散や植物による吸収が妨げられていることが示唆された<sup>5)</sup>。そのため、効果的に微量元素を吸収できる方法の開発が望まれる。

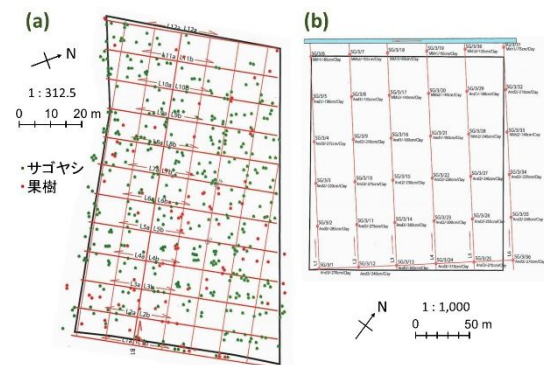
2. 研究の目的

本研究は、熱帯泥炭湿地における持続的生物生産に適していると考えられるサゴヤシ栽培を広めていくために、環境農業としての価値を明確にし、安定した生産量を保証することを目的とする。当該研究期間においては、サゴヤシ栽培系がCシンクとして機能しうる(地球温暖化の減速に寄与しうる)ことを示すために、サゴヤシ圃場におけるC循環を明らかにすることを第1の目的とした。第2に、泥炭土壌では肥料効果が見られにくいことから、サゴヤシ栽培におけるNの動態を明らかにし、不安定な初期生育を解消するための肥培管理法を確立することおよび微量元素の効率的施用技術を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) サゴヤシ圃場におけるC循環

マレーシア国サラワク州ムカにある2つのサゴヤシ圃場(SG1、SG3; 図1参照)において、各圃場についてサゴヤシの分布と数を調べ(図1aにSG1の例、図1脚注に結果を示す) 2011年9月より以下の測定を行った。なお、SG3は2014年3月に隣の圃場で起こった火事による延焼で調査個体を含む約9割が失われた。



サゴヤシの栽植密度 SG1: 幹立ち前312本 ha<sup>-1</sup>、幹立ち後 168本 ha<sup>-1</sup>、SG3: 幹立ち前788本 ha<sup>-1</sup>、幹立ち後 38本 ha<sup>-1</sup>。  
泥炭層の厚さ SG1: 32±22 cm、SG3: 204±72 cm。

図1 SG1におけるサゴヤシの分布(a)およびSG3における泥炭層の厚さの分布(b)

サゴヤシC量およびその変動量の推定:

幹立ち前・幹立ち後各10個体について、葉数および植物高を年2回測定した。その際、葉の1枚に目印を付け、外側の(古い)葉の減少数から落葉速度( $a$ , 枚 個体<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>)を推定した。次いで、を以下の式により落葉による土壌へのC供給速度( $Y, tC y^{-1} ha^{-1}$ )を、幹立

ち前と幹立ち後別々に算出し、合算した。

$Y = ax$  (落葉の重量×C濃度)<sup>†</sup>×個体数 (1)  
幹立ち後のヤシについては、併せて幹高、胴囲を測定した。また、両圃場、幹立ち前後各5個体を収穫し、サゴヤシ各部位の新鮮重を圃場で測定後、一部を持ち帰って水分含量(70°C、72時間乾燥; 以下の項目も同様)およびC含量(NCアナライザー; ThermoFisher Scientific, Flash2000)を測定した。

サゴヤシリター分解速度の測定:

各圃場4m×4m区画(n=8)に落葉直前の枯葉2枚を設置し、半年毎に全重を測定するとともに、一部を採取して水分およびC含量を測定した(写真1)。



写真1 SG3におけるサゴヤシリター分解試験開始時(左)と1年後(右)の様子

雑草バイオマスC変動量の測定:

各圃場において、乾季、雨季にそれぞれ2m×2m区画(n=10)中の雑草を根元から刈り取った。シダ(*Nephrolepis cordifolia* および *Davallia denticulata*)とそれ以外に分け、湿重を測定後、一部を持ち帰って水分含量とC含量を測定した。また、2012年10月に刈り取った区画内の雑草を、2013年9月に再び刈り取り、バイオマスC量を測定することで、再生速度を評価した。

土壌からのC放出量の測定:

SG3において自動土壌呼吸測定システム(英弘精機 ACE-001/L)による連続測定(n=2)を行うのに加え、2013年9月および2014年3月に両圃場各10地点において、チャンパー法<sup>3)</sup>(20cmφ×20cm)によるガス試料採取とガスクロマトグラフィー(Shimadzu GC-7A, -8A)によるガス試料中のCO<sub>2</sub>およびメタン濃度の測定を行って、土壌からのC放出量を求めた。同時に地温、土壌水分含量を測定して、C放出速度との関係を調べた。

泥炭C蓄積量の推定:

各圃場10m間隔でボーリング調査を行って、泥炭層の厚さ分布を調べた(図1bにSG3の例、図1脚注に平均値と偏差を示す)。次いで、各圃場5コアについて仮比重とC含量の測定を行い、泥炭層の平均厚から総C量を算出した。ただし、SG3の60cm以深には40~60cmの分析値を適用した。

## (2) サゴヤシ圃場におけるNの動態

肥料Nの動態評価:

ムカに位置する開設後1年のサゴ圃場SG2で行った。4×4m間隔で生育している移植1年目のサゴヤシから葉数が平均値に近い20個体を選抜し、10個体に<sup>15</sup>Nで標識した尿素(0.53 atm-<sup>15</sup>N%) 150g(69gN)を与え、残り10個体は無N施用とした。P、K、微量元素は慣行量をすべての個体に施用した。施肥1年後にサゴヤシの収穫とサゴヤシ下土壌(直下20×20cmおよびその周囲20×20cmについて深さ0~20および20~40cmの計18ブロック)の採取を行い、サゴヤシ各部位の重量を測定した。また、サゴヤシと土壌のN含量およびδ<sup>15</sup>Nを元素分析計と接続した同位体質量分析計(ThermoFisher Scientific NC-2500/Delta Plus)を用いて測定した。

サゴヤシN起源の評価:

SG2のN無施用区内のサゴヤシ3個体を小葉、葉軸、葉鞘、葉柄、根に分け、Nの安定同位体比(δ<sup>15</sup>N<sub>SAGO</sub>)を測定した。大気Nの同位体比δ<sup>15</sup>N<sub>ATM</sub>を0‰とし、土壌Nの無機化と吸収時、および吸収後の同位体分別は無視できると仮定して、サゴヤシN中の大気から固定されたN(a)の存在比を以下の式により算出した:

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{SAGO}} = a \times \delta^{15}\text{N}_{\text{ATM}} + (1 - a) \times \delta^{15}\text{N}_{\text{SOIL}} \quad (2)$$

土壌N無機化速度の測定:

SG1(0~20cm)、SG2(0~20、20~40cm)、SG3(0~20、20~40、40~60cm)から採取した生土(n=6)を、水分含量が圃場容水量の60%になるよう調整し、30°Cで10週間暗所培養した。0日目、4週間後、10週間後にそれぞれ1MKClにより無機態Nを抽出し、蒸留法を用いて定量した。

## (3) サゴヤシ生産技術の改善

緩効性肥料を利用した吸枝定着率向上試験:

サゴヤシの定植は一般的に吸枝を用いるが、吸枝の採取後6~8ヶ月の苗床(水耕)を経て圃場に移植される。ただし、水耕は一般的に浅い河川で行われるため、通常の施肥は意味が無い。そこで、吸枝32個体を用意し、半数の株元に緩効性肥料LP180 50g、LPS 50g(含量として41.5gN)を入れた布袋を結びつけ、無施用個体と別々に筏に乗せ、異なる河川に浸した。6ヶ月の養成後に草丈、葉数、吸枝数、根茎長、新鮮重、小葉の葉色(ミノルタSPAD502-plus)を測定し、N施用・無施用個体をペアとして、移植した。7ヶ月後にサゴヤシを回収し、移植前と同様の項目について測定を行うとともに、部位別に解体し乾物重を測定した。

フルボ酸と金属元素との錯体を利用した微量元素施用試験:

泥炭土壌に 10 倍容の 0.1 M NaOH を加えて常温で 24 時間振盪し、遠心分離によって抽出液を回収後常温で 5 日間放置した。抽出液に 3 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を加えて pH 2 とし、一晚放置後、遠心分離して上澄液を回収した。上澄液を疎水性吸着樹脂 DAX-8 (Supelco) を充填したカラムに通してフルボ酸を吸着させ、水洗後、0.1 M NaOH を加えて脱着した。回収したフルボ酸を H<sup>+</sup>型にしたカチオン交換樹脂 AGMP-50( BIORAD )で処理して Na を除き、濃縮した。濃縮フルボ酸を透析膜 (MWCO 500-1000) に入れ、CuSO<sub>4</sub> または ZnSO<sub>4</sub> 溶液を外液として 2 日間反応させた。さらに外液を水とし、適宜交換しながら 2 日間透析を行い、フルボ酸-Cu または -Zn 錯体を得た。次に両錯体溶液を Cu、Zn 濃度が 1 mg L<sup>-1</sup> になるようにホーランド溶液に加え、超純水、ホーランド溶液、フルボ酸錯体溶液を対照として、コマツナの水耕栽培を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) サゴヤシ栽培系における C 循環の解明

サゴヤシの葉数は、SG1 で幹立ち前 6~11 枚 (図 2a)、幹立ち後 11~17 枚 (虫害を受けた L3 を除く; 図 2b)、SG3 で幹立ち前 5~8 枚、幹立ち後 5~15 枚で、経時的に増える傾向は認められなかった。葉 1 枚の乾燥重量は幹立ち前 1.9±0.47 kg、幹立ち後 2.9±0.9 kg で圃場間に差は無く、葉の C 含量は、SG1 の小葉 516±9 g kg<sup>-1</sup>、葉軸・葉柄 464±8 g kg<sup>-1</sup>、SG3 の小葉 523±12 g kg<sup>-1</sup>、葉軸・葉柄 484±6 g kg<sup>-1</sup> であった。個体あたり落葉速度は、SG1

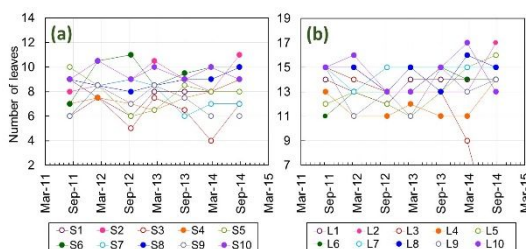


図 2 幹立ち前(a)および幹立ち後(b)のサゴヤシ各 10 個体の葉数の経時変化 (SG1)

では幹立ち前 4.7 枚 y<sup>-1</sup>、幹立ち後 6.4 枚 y<sup>-1</sup>、SG3 では幹立ち前 4.3 枚 y<sup>-1</sup>、幹立ち後 4.3 枚 y<sup>-1</sup> であった。これらのデータを基に、サゴヤシから土壌への C 供給速度は、2.91~3.75 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> と見積もられた。

幹立ち後の幹長変化は、SG1 (図 3a) では 1.23±0.23 m y<sup>-1</sup>、SG3 では 1.00±0.23 m y<sup>-1</sup> であった。また、胴囲の変化は、SG1 (図 3b) では 0.1±1.2 cm y<sup>-1</sup>、SG3 でも 0.2±1.0 m y<sup>-1</sup> であり、期間中有意な変化はなかった。したがって、幹長の変化がサゴヤシの成長量を表している。幹部の C 含量は 391~426 g kg<sup>-1</sup> で、SG1 では収穫時の 1 個体当たりの C 蓄積量は 137~216 kg (n=5) であった。SG3 では火災のため十分なデータは回収できなかったため、

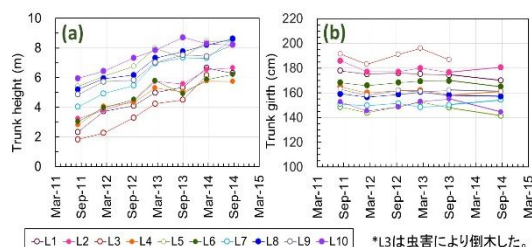


図 3 幹立ち後のサゴヤシの幹長(a)と胴囲(b)の経時変化 (SG1)

SG1 のデータを利用し、それぞれ C 蓄積量を算出した結果、SG1 では 3.95±0.67 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>、SG3 では 0.73±0.12 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> であった。

土壌表面におけるサゴヤシリター C の残存率の経時変化は指数式に回帰され (r<sup>2</sup> = 0.997)、分解速度定数は 0.105 (month<sup>-1</sup>) であった。この結果は 1 年でリター C の 71.6% が分解されることを示唆している。この値とサゴヤシ密度および落葉速度から、サゴヤシリター C の土壌への蓄積速度は 1.09~1.87 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> と見積もられた。

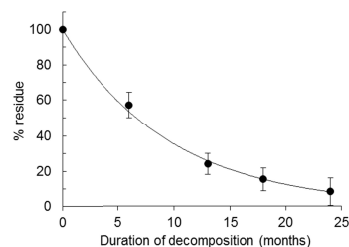


図 4 土壌表面に置いたサゴヤシリター C の残存率の変化 (SG3)

雑草バイオマス C 量は、SG1 ではシダ類が 58~480 kg C ha<sup>-1</sup>、シダ以外 (*Areca catechu*、*Scleria sumatrensis*、*Brachiaria mutica*、*Macaranga gigantea*、*Panicum maximum* 等) が 30~44 kg C ha<sup>-1</sup>、SG3 ではシダが 210~790 kg C ha<sup>-1</sup>、シダ以外 (*Macaranga gigantea*、*Hevea brasiliensis* 等) が 9.0~60 kg C ha<sup>-1</sup> であった。したがって、雑草バイオマス C 変動量は最大で 0.06~0.80 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> と見積もられた。しかしながら、SG1 の最小値は除草 (手取り) 約 6 週間後の値であり、また、2012 年 9 月に刈り取った区における 2013 年 9 月の調査では、325±90 (SG1) ないし 450±120 (SG3) t C ha<sup>-1</sup> が検出され、除草後の回復率が 68~73% y<sup>-1</sup> であったことから、系全体の C 量の変動に対する雑草バイオマス C の影響は小さいと結論した。

各圃場 10 地点における土壌からの CO<sub>2</sub> フラックス (図 5a) は、季節間、圃場間で差が無く、6.1~8.5 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> であった。また、地温や土壌水分含量との関係は認められなかった。しかしながら、自動土壌呼吸測定システムでは、上出の値に匹敵するフラックスが記録されることはほとんど無く、SG3 における 3 月~10 月の平均は 19 mg C h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> で、年間にして 1.6 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> であった。メタンフラ

ックス(図 5b)は、SG1 では雨期、乾期とも正、地下水位が SG1 より 25 ~ 45 cm 低い SG3 では、平均して負の値を示した。年間発生量は -1.5 ~ 27 kg C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> であり、地球温暖化指数 25 をかけても CO<sub>2</sub> 発生量の 10% 以下にしかなかった。

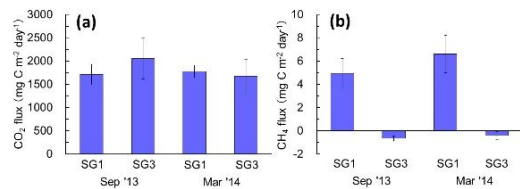


図 5 両圃場における土壌からの CO<sub>2</sub>(a)およびメタン(b)フラックスの例

泥炭土壌 0 ~ 20 cm の C 含量は SG3 > SG1 であったが、体積当たりでは類似 (SG1 82 ± 18 kg C m<sup>-3</sup>, SG3 79 ± 15 kg C m<sup>-3</sup>) していた。また、SG3 の土壌 C 含量は層間で類似していたが、体積当たりでは 20 ~ 40 cm が 49 ± 27 kg C m<sup>-3</sup>、40 ~ 60 cm が 42 ± 7 kg C m<sup>-3</sup> と下層ほど低下する傾向が認められた。これらの値を用いて算出した泥炭 C 蓄積量は、SG1 が 2.7 × 10<sup>2</sup> t C ha<sup>-1</sup>、SG3 が 9.6 × 10<sup>2</sup> t C ha<sup>-1</sup> であり、60 cm 以深でさらに仮比重が低下するのであれば、SG3 の C 蓄積量は過大評価になる。

以上の結果より、サゴヤシ圃場への C の集積が主にリター C の土壌への蓄積と幹立ち後の幹長伸長によるサゴヤシバイオマス C 量の増大に拠っていることを示しており、その値は SG1 で 5.8 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>、SG3 では 1.8 t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> であった。SG1 の値は泥炭土壌からの C 放出速度の 68% に相当した。一方、幹立ち後のサゴヤシが少なかった SG3 では、C 集積速度がマニュアル測定による C 放出速度を大きく下回ったが、自動土壌呼吸測定システムによる C 放出速度とは拮抗していた。また、SG3 のサゴヤシ密度は SG1 の 1.6 倍であるため、幹立ちが進むことで、数年後には C 集積速度が C 放出速度よりも高くなると予想される。さらに、移植時期をずらし、常に 1/4 が幹立ち後となるように調整すれば、栽植密度を変えることなく、高い C 集積速度を維持することが可能である。以上のように、本研究結果は、サゴヤシ栽培系を、大気から固定された C を蓄えるカーボンポジティブな系として機能させることを示唆した。

## (2) サゴヤシ栽培系における N の動態

<sup>15</sup>N 標識尿素施用区 (+N) 区と無 N 施用区 (-N) 区との間に、生存率、草丈、葉数、吸枝数に違いは見られなかった(表 2)。雨期に施用した試験では、サゴヤシによる N 吸収率は 3.0 ± 2.1% であり、土壌からは 25 ± 10% しか回収されなかった。施肥日から試料採取日までの総降水量は 2668 mm であり、うち 405 mm が施肥後 1 ヶ月間に降ったことから、施用 N の多くが溶出したと推察される。しかしながら、乾期施用でもサゴヤシによる

N 吸収率は 3.0 ± 0.9% と変わらなかったことから、土壌からの N 吸収量は常に低いと考えられた。

表 1 重窒素施用試験におけるサゴヤシの生育(雨期施用)

Treatment	Survival rate (%)	Plant length (cm)	Number of leaf	Number of sucker
+ N	90	195 ± 43*	7 ± 2*	2 ± 1*
- N	80	164 ± 53	7 ± 2	1 ± 2

\* Average ± standard deviation.

N 無施用栽培におけるサゴヤシ各部位の δ<sup>15</sup>N は、小葉 3.0 ± 1.4‰、葉軸 2.1 ± 1.2‰、葉柄 1.8 ± 0.8‰、葉鞘 2.8 ± 1.0‰、根 2.0 ± 0.5‰ であった。土壌の δ<sup>15</sup>N は 4.14 ± 0.53‰ (n = 32) で、表層 20 cm と 20 ~ 40 cm、サゴヤシ直下と周辺で有意差は見られなかった。これらの結果より、式(2)に基づき、各部位 N に占める大気から固定された N の割合は、小葉 29%、葉軸 46%、葉柄 36%、葉鞘 46%、根 52%、サゴヤシ全体では 42% と見積もられた。

重窒素試験における N 吸収量は平均 2.1 g であり、全サゴヤシ N の 2% にしか相当しない。したがって、サゴヤシ生産に対する土壌 N の寄与は約 56% (1 個体あたり平均 59 g) と見積もられる。そこで、土壌 N の無機化速度を調べたところ、SG2 では約 12 週間で表層 20 cm で 7.2 g N m<sup>-2</sup>、20 ~ 40 cm 層で 1.6 g N m<sup>-2</sup> が無機化されることが示唆された(表 2)。サゴヤシの各個体は理論上 16 m<sup>2</sup> (140 g N) から養分吸収が可能であり、実際には根の分布はより狭いと予想されるが、大気から固定された N が利用できることで、サゴヤシの生育に必要な N が賄われていると結論される。

表 2 サゴヤシ圃場の土壌 N 無機化速度

Site	Soil depth (cm)	Cumulative temperature*	
		840°C (g m <sup>-2</sup> )	2100°C (g m <sup>-2</sup> )
SG1	0 ~ 20	1.39	3.04
SG2	0 ~ 20	3.52	7.22
SG2	20 ~ 40	1.23	1.59
SG3	0 ~ 20	2.35	4.72
SG3	20 ~ 40	0.88	2.21
SG3	40 ~ 60	0.62	0.93

\* 地温 25°C で、840°C は 34 日、2100°C は 84 日に相当する。

## (3) サゴヤシ生産技術の改善技術

吸枝への N 処理は無 N 処理個体との間に養成期間中の草丈、吸枝数、根茎長、地上部 + 根茎部新鮮重には差をもたらさなかったが、出葉数が 1.7 葉多くなり、また全ての葉位において有意に高い SPAD 値を示した。移植後の活着率は N 処理の有無に関わらず 100% であったが、草丈、葉数、吸枝数、地上部新鮮

重はいずれも N 処理個体で高く、乾物重には 2 倍の差が見られた (表 3)。

表 3 養成時の N 処理が移植半年後のサゴヤシ生育に与える影響

Treatment	Plant length (cm)	Number of leaves	Number of suckers	Dry weight of aboveground biomass (g)
+N	136	6.9	0.6	246
-N	117	5.6	0.1	118
Difference	**	**	*	**

\*、\*\* 処理区間にそれぞれ 5%、1%水準で有意差があることを示す。

水耕栽培におけるコマツナの成長量は、ホーグランド溶液で最も大きく、次いでフルボ酸錯体 + ホーグランド溶液であった。フルボ酸錯体のみで生育させた個体はほとんど成長しなかった。また、フルボ酸錯体 + ホーグランド溶液で育てたコマツナはホーグランド溶液のみの場合よりも根の伸張が著しく抑制されており、葉脈の赤紫化が観察された。野菜の Cu 過剰は根の伸長を極端に低下させ、また、Zn 過剰の症状に葉脈を中心とした赤紫化がある<sup>6)</sup>。したがって、本試験結果は、コマツナがフルボ酸錯体中の金属イオンを吸収したことを示唆した。

#### 引用文献

- 1) Page, S.E., Rieley, J.O., and Banks, C.J. 2011: *Global Change Biol.*, 17, 798-818.
- 2) サゴヤシ学会編 2010: サゴヤシ—21 世紀の資源植物, 390 pp., 京都大学学術出版会, 京都.
- 3) Watanabe, A., Kakuda, K., Purwanto, B.H., Jong, F.S., and Ando, H. 2008: *Sago Palm*, 16, 10-15.
- 4) Ando, H., Hirabayashi, D., Kakuda, K., Watanabe, A., Jong, F.S., and Purwanto, B.H. 2007: *Jpn. J. Trop. Agr.*, 51, 102-108.
- 5) Miyamoto, E., Ando, H., Kakuda, K., Jong, F.S., and Watanabe, A. 2013: *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 44, 2524-2534.
- 6) 渡辺和彦 2002: 野菜の要素欠乏・過剰症, p. 101-102, 107-108, 農山漁村文化協会, 東京.

#### 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Miyamoto, E., Ando, H., Kakuda, K., Jong, F.S., and Watanabe, A. 2013: Fate of microelements applied to a tropical peat soil: column experiment. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 44(17), 2524-2534

〔学会発表〕(計 1 件)

渡邊 彰・Lulie Melling・真壁周平・Donny Sudid Nny・Mohd Zulhilmy Abdullah・中路

智博・杉浦幸希・角田憲一・安藤 豊 (2014) 熱帯泥炭湿地のサゴヤシ栽培における炭素収支. 日本土壌肥料学会中部支部第 94 回例会, 福井県敦賀市.

〔図書〕(計 3 件)

Watanabe, A. 2015: Cultivation management and environment. *In The Sago Palm—The Food and Environmental Challenges of the 21st Century*. Ed. The Society of Sago Palm Studies, p. 191-198, Kyoto Univ. Press, Kyoto, Japan

Kakuda, K., Sasaki, Y., and Jong Foh Shoon 2015: Post planting management. 同上, p. 178-186.

Ando, H. 2015: Harvesting and transportation. 同上, p. 186-191.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

#### 6 . 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 彰 (WATANABE, Akira)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授  
研究者番号: 5 0 2 3 1 0 9 8

(2) 研究分担者(2014 年度まで)

安藤 豊 (ANDO, Ho)

山形大学・農学部・教授

研究者番号: 9 0 0 0 5 6 6 1

(3) 連携研究者

角田 憲一 (KAKUDA, Ken-ichi)

山形大学・農学部・准教授

研究者番号: 7 0 2 4 1 7 2 6

佐々木由佳 (SASAKI, Yuka)

山形大学・農学部・助教

研究者番号: 4 0 3 7 5 3 3 2