

Japan Society for Mangroves
第22回 日本マングローブ学会平成28年度大会

講演要旨集



於、東京農業大学 世田谷キャンパス

〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

本大会は東京農業大学の支援を受けています

平成28年度 第22回日本マングローブ学会大会プログラム
東京農業大学世田谷キャンパス 1号館342教室

平成28年12月10日 (土)

- 9:30 受付開始
- 10:00-10:25 マングローブクラブ腸内細菌とその生息土壌の持つセルロース分解活性
○足立亨介・杉岡茉美 (高知大・農林海洋科学)・Prasert Tongnunui (Rajamangala Univ. Tech., Srivijaya)・荒木通啓 (神戸大院・科学技術イノベーション研究科)
- 10:25-10:50 ビデオ観察によるマングローブ林のベンケイガニ類生息密度の推定
鈴木実央 (高知大・大学院)・○池島 耕・足立亨介 (高知大・農林海洋科学)
・Prasert Tongnunui (Rajamangala Univ. Tech., Srivijaya)
- 10:50-11:15 マングローブ生態系からの溶存鉄溶出メカニズムー植食性カニ存在モデルの検討
○中西康博 (東京農業大学)・松谷達馬 (東京農業大学・現, 宮城県農林水産部)
- 11:15-11:40 マングローブ林床土壌に含まれる溶存鉄のサイズ分画法による画分
○澤田大和・檜谷昂・入江満美・中西康博 (東京農業大学)
- 11:40-12:05 フィリピン・ボホール島の沿岸地域における生業活動とエビ養殖業の変容と現状
○金沢克哉 (南山大・学生)・藤本 潔 (南山大)
- 12:05-14:00 **昼 食**
日本マングローブ学会役員会 (1号館343教室) 12:10-13:10
- 14:00-16:15 **公開特別講演 (1号館342教室)**
「マングローブ林の防災機能の再認識」
14:00-14:05 趣旨説明 (国際マングローブ生態系協会・馬場 繁幸)
14:05-14:30 講演Ⅰ「スマトラ沖地震津波やサモア沖地震津波でマングローブ林が果たした役割」
(東北学院大学大学院人間情報学研究所・宮城 豊彦)
14:30-14:55 講演Ⅱ「マングローブ林の津波減勢効果のシミュレーション」
(東北学院大学教養部・柳澤 英明)
14:55-15:20 講演Ⅲ「マングローブ根系と流れの相互作用のモデル化と計測」
(横浜国立大学総合的海洋教育・研究センター・古川 恵太氏)
15:45-16:15 総合討論
司会 馬場 繁幸
- 16:15-16:40 **総 会** 1号館342教室
- 16:40-18:40 **懇 親 会** 1号館343教室

平成28年12月11日(日)

- 9:30 受付開始
- 10:00-10:25 西表島船浦湾マングローブ林におけるヤエヤマヒルギとオヒルギの細根生産・蓄積量
○金山昂平(南山大・学生)・藤本 潔(南山大)・小野賢二(森林総研・東北)・
渡辺 信(琉球大・熱研)・谷口真吾(琉球大)
- 10:25-10:50 マングローブ泥炭堆積域における群落レベルでの海面上昇影響の実態と近未来予測(予報)
○松井夕貴(南山大・学生)・藤本 潔(南山大)・小野賢二(森林総研・東北)・渡辺 信
(琉球大・熱研)・谷口真吾(琉球大)・Saimon Lihpai (Pohnpei State Government)
- 10:50-11:15 沖縄県西表島仲間川マングローブ林の発達に関する新しい知見
○宮城豊彦(東北学院大学)・内山庄一郎(防災科学技術研究所)・渡辺 信(琉球大学農学部)
- 11:15-11:40 マングローブ植物の生体電位の長期計測
○本間知夫(前橋工科大学)・井村信弥・石垣圭一・馬場繁幸・渡辺信(琉球大学熱帯生物
圏研究センター西表研究施設)
- 11:40-12:05 マングローブ葉の嗜好飲料原料としての評価
○檜谷昂・柴崎航・入江満美・中西康博(東京農業大学)

マングローブ林の津波減勢効果のシミュレーション

東北学院大学教養学部 地域構想学科

柳沢英明

自然の有する防災機能などを積極的に利用して、基盤整備を進めるグリーンインフラという考え方に注目が集まっている。特に沿岸部に繁茂するマングローブは生態系的価値に加え、津波などの災害を軽減する機能も有しており、積極的な利活用が望まれる。

一方で、松などの海岸林に関する津波減勢効果については、古くは明治三陸津波から研究が行われているものの、最近までその効果を定量的に評価する方法は確立されていなかった。特に津波が巨大になると、流体力に耐えられない海岸林が倒木していき、減勢効果を失うこともある。低頻度で観測データの乏しい津波災害においては、複雑な津波の挙動と海岸林の相互干渉を精度よく評価することは困難である。

このような中で近年、コンピューティング技術の向上によって、低コストでかつ比較的良い精度で津波の挙動をシミュレートできるようになってきた。このシミュレーション技術を応用することで津波の挙動に対応した海岸林の減勢効果や倒木条件を定量的に評価することが可能となる。

本講演ではシミュレーション技術を利用し、マングローブの倒木条件と減勢効果を定量的に評価する手法を提示する。さらに、2004年インド洋大津波や2009年サモア地震津波などの具体的な事例において、マングローブ林の減勢効果を評価した結果を提示し、グリーンインフラとしての利用価値を議論する。

スマトラ沖地震津波やサモア沖地震津波でマングローブ林が果たした役割
Fact findings among the tsunami and mangrove – 2004 Indian Ocean Tsunami,
2009 Samoa Offshore Tsunami and 2011 East Japan Great Tsunami

宮城豊彦（東北学院大学）

T. MIYAGI (Tohoku-Gakuin Unive, Sendai, Japan)

キーワード：大津波、マングローブ林、土地条件、津波破壊、

はじめに：最近、実に多くの地震津波災害を被った。2004年インド洋大津波（M.9.1）と2007年ソロモン諸島沖地震津波（M.8.0）、2009年サモア沖地震津波（M.8.1）、2010年チリ地震津波（M.8.8）、そして2011年東日本大震災（M.9.0）などである。過去には更に沢山の地震や津波が海岸林やマングローブ生態系に大きな影響を及ぼしてきたことは間違いないであろう。言うまでもないことだが、「マングローブ林があったから集落に被害が少なかった。」という現場の実感が、「マングローブ林があれば津波被害は少なくなる。」という一般論に結びつくことはない。津波という外力と樹木や森林の反応は、究極的には力学として理解されるものであるからだ。従って、「津波に備えるためにマングローブを植えよう。海岸林を整備しよう。」という言い方は、単なるスローガンでしかない。マングローブ生態系をフィールドにしてきた我々は、ドグマに捉われることなく、沿岸域に津波が襲来した際に引き起こされる反応の事実を、できる限り正確に解明することが何にもまして必要ではないか。

破壊実態とマングローブ特有の課題：力学系に沿った解析では樹木と津波破壊の関係が解明され続けており、そこには一定の進歩がみられる。樹木レベルで言えば、直径が10cm以上あれば浸水深3m程度の津波で破壊されることは少ない。この事実は100年に1度程度の津波であれば、海岸林やマングローブ林の破壊は極く軽微であり、そのことが瓦礫の捕捉や津波力の低減に寄与できることを意味している。浸水深6mであれば、直径30cm程度の樹木でなければ抵抗体として機能しないようだ。原生林的な各地のマングローブ林を調査すれば、一般的な樹木の直径は30cmを超える。この事実を踏まえれば、自然林の状態のマングローブ林が維持されていれば100年規模以上の大津波に遭遇しても、森林は容易には破壊されないと思われる。植林活動の未来的津波減衰機能は大きい。

しかし、土地条件や樹の破壊と森林破壊の関係などを考えると、様相は複雑であり、「マングローブ林は防災・減災効果がある」とは一概に言えない。大津波時における森林の破壊は、土地条件との組み合わせで発生している場合の方が広いようにみられる。東日本大震災の津波時には海岸林が大きく破壊され、また津波の減衰にも大きく寄与した。ここには、**地盤高・地盤質・地下水位・根の張り**が関わっていた。潮間帯に成立するマングローブ林は、地盤条件の点で極めて脆弱性が大きい。マングローブ林でこそ樹木・森林が有する対津波反応を明確化することと同時に地盤条件を評価指標に組み込むことが必要である。さらに、無数の樹木からなる森林においては、津波襲来時に何処かで1本の樹木が破壊され、漂流木化し、そこにかかる水流圧力も加わって、破壊力が増加し、陸側の樹林を破壊する連鎖が普通に生じることも留意される必要がある。

実際の海岸林の破壊や流木発生にともなう内陸の被災、森林に立地地盤自体がどのように破壊され、それが契機でどんな被災が生じるかについては、今回注目され始めたばかりだ。付言すれば、外力に対するマングローブと森林との反応系を広く見れば、巨大台風との関係も注目すべきだ。

マングローブ根系と流れの相互作用のモデル化と計測

古川恵太・横浜国大統合的海洋教育・研究センター

要 旨

マングローブ根系と流れの相互作用は、流れのスケールにより分類すると、1) 1本の根を通過することにより生じる渦流れを最小単位として、2) 複数の根を通過する流れ、3) 複数のマングローブが存在する平坦なスオンプでの流れ、4) スオンプの中に2次的なクリークがあるような複合的な地形での流れ、5) R型マンガル（潮流や河川流があるクリークとスオンプの組み合わせの流域）での流れ、6) F型マンガル（波浪が到達する干潟・海岸とスオンプの組み合わせの海岸域）での流れ、7) そうしたマンガルが存在する流域や湾域全体での流れ、8) 海流が関与する広域での流れなどが考えられる。こうした流れは、林床や海底の土砂を再懸濁させ輸送し地形変化を引き起こす。したがって、その計測にあたっては、流れそのものだけでなく、土砂の侵食、輸送、堆積とその結果としての地形変化により間接的に計測することが可能である。

以下にそれぞれの流れの様相の概要を記す。1) として、コヒルギの根を通過する流れにより生じる渦流れを観察すると、根の背後に双子渦が支持している。流れが速くなるとこの渦が剥離し、流れに渦列が放出されるようになる。2) ヤエヤマヒルギのように根が稠密に存在する場合には、放出された渦列が根と再び干渉し、滞留域と加速域が縞状に形成され、土砂の堆積を促進する。3) 潮汐によりスオンプに浸水、排水を繰り返す流れにおいては、林床および根系から受ける流れ抵抗から、上げ潮時の方が速く下げ潮時の方が緩やかな流れとなる潮流の非対称性が生じる。この非対称性により、スオンプは土砂の蓄積作用を持つ。4) 二次的なクリークがスオンプ内にある場合には、2次元的な循環パターンが生じるため、メインのクリークに対して斜めに二次クリークがある場合の方が、林内での物質輸送がスムーズになる。5) スオンプがクリークの流れや浮遊物質を上げ潮時に蓄えることで、クリーク内の分散が見かけ上大きくなり、より広い範囲での物質輸送が生じる。6) 波浪がスオンプ内に到達すると、スオンプ内に入ったところで短い波長の波浪の減衰が起こる。長い波長の成分はスオンプ内を進行し、なかなか減衰しない。これにより、波浪が大きくなるとF型マンガルの海岸線では侵食が発生する。侵食された土砂は、前面の干潟・海岸部に運ばれるが、波浪が小さくなった時にはR型マンガル同様、土砂の堆積作用が生じるので土砂が干潟・海岸からスオンプ内に戻ってくる。7) 複数のクリーク・スオンプが存在する湾の場合、林の年齢や土砂供給量の違いなどから、湾内の土砂循環が生じ、土砂を供給するマンガルと土砂を堆積させるマンガルが生じることがある。個々のマンガルでの土砂収支を計測することで、そうした様相を観察できるが、簡略的には、前面干潟・海底の地形を測定することでも推定が可能である。8) としては、島嶼の周りの海流・波とマングローブ林・干潟・サンゴ礁の相互作用にその影響を見ることができる。

発表では、こうした事例の紹介を紹介し、防災機能との関係を指摘したい。

マングローブクラブ腸内細菌とその生息土壌の持つセルロース分解活性

○足立亨介・杉岡茉美 (高知大・農林海洋科学)・Prasert Tongnunui (Rajamangala Univ. Tech., Srivijaya)・荒木通啓 (神戸大院・科学技術イノベーション研究科)
森岡克司・池島耕・(高知大・農林海洋科学)

【目的】 マングローブの炭素循環には落葉を摂取するカニとそのフンや食べ残しを分解する土壌細菌が大きく関わっていることが知られている。一方、動物では腸内細菌が宿主の摂取した食物に含まれるセルロースを分解・代謝することで栄養を供給し共生している種が存在する。しかし、カニにおいて同分子を分解する腸内細菌についての知見は全くなく、生息環境の土壌細菌との関連性も明らかになっていない。そこで、本研究ではカニの腸内細菌、およびその生息環境中の土壌細菌の菌叢の把握と両者のセルロース分解酵素活性の測定を目的とした。

【方法】 試料はタイ国トラン県にある Rajamangala 工科大学のマングローブ林にて *E.versicolor* 8 個体、*N.smithi* 8 個体、*P.indiarum* 7 個体、*E.singaporense* 4 個体のカニを採取後、その糞を回収し、腸内細菌の試料とした。またこれらの生息する盛土 4 地点からそれぞれ上・中・下部の 3、巣穴中で 1、盛土下 10cm で 1 試料の 5 試料ずつ、4 地点から合計 20 の土壌試料を採集した。両者の菌叢の把握のためにゲノム DNA を調製後、Kim 2013 の方法に従い 16SrDNA の PCR をおこない、GS junior (Roche) によって配列取得、解析した。腸内細菌・土壌細菌のセルロース分解酵素活性は Deng 1994 の方法に従い、還元糖生成速度 (mg/kg soil/24h) で評価した。

【結果】 メタゲノム解析の結果、希薄化曲線によって腸内細菌、土壌細菌で OTU 数は各々約 1,400、18,000 と見積もられた。また、腸内細菌、土壌細菌ともに *Gammaproteobacteria* が最も多く各々全体の 26、28% を占めており、腸内細菌においてはセルロース分解活性を持つ科である *Cellulomonadaceae* の存在を確認した。Bray-Curtis 指数を用いた MDS 解析の結果、両細菌は別々にクラスタリングされることが分かった。セルロース分解酵素活性では、腸内細菌において *E.versicolor*、*N.smithi*、および *P.indiarum* の平均値は各々 104.3、51.6、71.8 mg/kg soil/24h であった。土壌サンプルにおいては盛土上部、中部、下部、巣穴、盛土下 10cm 地点の平均値は各々 31.1、34.7、25.6、56.2、71.8 mg/kg soil/24h となった。以上の結果からマングローブではカニの腸内細菌がセルロースを分解していることがはじめて示され、土壌細菌と連携的に同分子を分解していることが示唆された。

ビデオ観察によるマングローブ林のベンケイガニ類生息密度の推定

鈴木実央 (高知大・大学院)・[○]池島 耕・足立亨介 (高知大・農林海洋科学)

・Prasert Tongnunui (Rajamangala Univ. Tech., Srivijaya)

【目的】 マングローブ生態系において、ベンケイガニ類がマングローブの葉を摂餌することで物質循環に重要な役割を果たしていることが示唆されているが、それらのカニの生息密度を推定する方法はあまり研究されておらず、定量的な評価には未だ問題点が多い。マングローブには構造物が多く、加えて深い巣穴に逃げ込むカニを捕獲することが困難なのが一つの要因である。捕獲に頼らずに個体数密度を測定する方法が確立できれば、物質循環におけるカニの役割をより定量的に評価する基礎となる。本研究では、ベンケイガニ類を対象に、目視観察とビデオ観察手法を使い、カニの出現時間と出現数、および種を記録し、密度推定法の確立を試みた。それに加えて、主要なカニの1個体当たりのマングローブ葉摂食量を推定し、落葉の供給量と比較し、カニがマングローブ落葉の分解に果たす役割を定量的に示すことを目的とした。

【方法】 タイ国トラン県のラジャマンガラ大学校内のマングローブにおいて、2013年9月22日から10月22日と2014年10月14日から2015年1月12日の期間でカニの観察と実験を行った。マングローブ内を地面の起伏とマングローブの根の密度から3つの微細環境(open, root, mound)カテゴリに分け、それぞれ3ヶ所、計9個のコードラート(1mx1m)を設置し、双眼鏡を使用してカニの数と出現時間を計測する目視観察および、ビデオカメラを木に設置し撮影した後、PC上で記録をつけるビデオ観察を、コードラート毎に3回(朝・昼・夕)行った。両観察ともに潮位の高い時は避けた。飼育実験においては、調査地で優占するフタバナヒルギ(*Rhizophora apiculata*)の葉を餌とした。そしてベンケイガニ類で優占する3種を捕獲し、1個体ずつ水槽に入れ、3日もしくは6日の期間で、2×2cmに切りそろえた葉の切片を与えて消費量を計測した。リタートラップ(1×1×1m)は3つの微細環境にそれぞれ2ヶ所、計6個設置し、乾重量を計測して供給量を推定した。

【結果】 目視観察では open, root, mound それぞれで1~6個体、2~7個体、0~3個体のカニが計測され、ビデオ観察ではそれぞれで1~20個体、4~11個体、3~11個体のカニが計測された。ビデオ観察のカニの出現数は目視観察のそれよりも有意に高くなった。open で *P. indiarum* が、root では *Parasesarma sp.* が、mound では *N. smithi* が多く観察された。ビデオ観察で目視観察に比べてカニの出現までにかかった時間は短かった。微細環境の組成比調査とカニの生息密度、一個体あたりの葉の消費速度から、この3種による平均的なマングローブ落葉の消費量は $0.62\text{g m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ と推定された。リタートラップから回収された葉の重量より、落葉供給量は $1.79\text{g m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ と推定され、カニが落葉の34%を摂食すると推定された。

【考察】 ビデオ観察のカニの出現数は目視観察よりも有意に高かった。ビデオ観察ではカニの出現する時間も早く、警戒心の強いカニも出現することが考えられ、ビデオ観察は密度推定の方法として有効であるといえる。一方、調査地にいるカニの種類や行動を知るためには目視観察も必要であり、ビデオ観察の前に目視観察での事前調査を行うことが望ましいと考えられた。本研究により、カニの生息密度の推定と、それぞれのカニ種の葉消費量から、マングローブ林のカニの落葉消費量が得られた。カニの種数と個体数を増やして飼育実験を行い、ビデオ観察でカニの甲幅を推定できるようにし、カニの大きさを考慮して消費量を求めることで、さらに精度の高い結果を得られるようになるだろう。

マングローブ生態系からの溶存鉄溶出メカニズム—植食性カニ介在モデルの検討

○中西康博（東京農業大学）・松谷達馬（東京農業大学・現、宮城県農林水産部）

【はじめに】近年注目されつつある陸由来栄養と海洋生産との関係のなかで、マングローブ生態系から海洋への溶存鉄溶出メカニズムを明らかにする研究の一環として、マングローブ樹種の葉中タンニン含有率を他樹種と比較すると共に、葉中タンニンによる林床土壌からの溶存鉄溶出量を測定した。また、同溶出メカニズムに林床動物を介在させたモデル、すなわち植物-動物-土壌系モデルを検討する一環として、同葉を摂食する *Neosarmatium smithi* アシハラガニモドキに着目し、宮古島島尻地区のリター量とカニによる落葉除去量を調査すると共に、*N. smithi* による樹種別葉の摂食速度とその糞中及び巣穴内壁土壌のタンニン含有率を測定した。

【方法】実験 1: 沖縄県宮古島の川満地区と島尻地区、ならびに沖縄島億首川流域から採取したマングローブ(*R. stylosa*, *B. gymnorrhiza*, *K. candel*, *L. racemosa*, *A. marina*)、バックマングローブ($n = 9$)及び一般樹種($n = 8$)の乾燥葉粉末試料に 70%アセトン溶液を加え抽出したろ液中の総フェノール含有率を、タンニン酸を標準試薬に用い、Folin-Ciocalteu 法により測定した。**実験 2:** 島尻地区のマングローブ土壌、暗赤色土、黒ボク土の風乾試料に、濃度の異なる試薬タンニン酸水溶液を加えたろ液中の鉄およびマンガン濃度を原子吸光法で測定した。また同様に、供試風乾土壌に実験 1 の乾燥葉粉末と蒸留水を加えた後の溶出量を測定した。**実験 3:** 島尻地区上流域に(1)吊下げ式トラップと(2)地表トラップを設置し、リターを大潮前日の干潮時に採取した。カニによる落葉除去量は、大潮期間を除く(1)の落葉量から(2)の落葉量を引いた値とした。**実験 4:** *N. smithi* に *R. stylosa*, *B. gymnorrhiza*, *K. candel*, *A. marina* の緑色生葉を給餌し、その結果から、比摂食速度(1日当たり摂食葉乾物重/カニ乾物重)を求めた。**実験 5:** 島尻地区の *N. smithi* の巣穴内壁黒色部とその周囲の黄色部及び近隣畑土壌(暗赤色土)、ならびに *N. smithi* の排せつ糞を採取し、それらに含まれるタンニン含有率を Folin-Ciocalteu 法により測定した。

【結果】実験 1: 全供試樹種($n=22$)の葉中タンニン含有率は平均 8.7%であったのに対し、*A. marina* を除く 4 種のマングローブ葉中のそれは 8.7~13.3%と相対的に高かった。**実験 2:** タンニン酸溶液濃度は、土壌からの溶存鉄、マンガン溶出量との間に正の相関関係を示し、タンニン酸 100mM 溶液添加時にマングローブ土壌から溶出した溶存鉄濃度は対照(蒸留水のみ)区の 30.4 倍であった。乾燥葉粉末混合試験においても、土壌溶出した溶存鉄、マンガン濃度は高タンニン含有植物葉を用いた試験区で高く、*R. stylosa* 葉添加土壌から溶出した溶存鉄濃度は、対照区の 1.9 倍であった。**実験 3:** 島尻地区のリター量は $9.89 \text{ Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ と推定され、*B. gymnorrhiza*, *R. stylosa*, *D. trifoliata* (シイノキカズラ) の *N. smithi* による落葉除去率はそれぞれ 84.3, 77.1, 31.0%とマングローブ樹種で高かった。**実験 4:** *N. smithi* のマングローブ葉の比摂食速度は $R. stylosa > B. gymnorrhiza > K. candel$, $> A. marina$ の順で、タンニン含有率がおよそ 5~15%程度の植物葉に対する速度が高かった。**実験 5:** *N. smithi* の巣穴内壁黒色部のタンニン含有率は $0.049 \pm 0.028\%$ と、同黄色部 ($0.011 \pm 0.006\%$) と畑土壌 ($0.012 \pm 0.09\%$) のそれぞれ 4.45, 4.08 倍で、また排せつ糞中含有率は $0.61 \pm 0.15\%$ と黒色部の 12.4 倍であったことから、巣穴内壁黒色部には、タンニンを含有する *N. smithi* の排せつ糞が付着していることが示唆された。

マングローブ林床土壤に含まれる溶存鉄のサイズ分画法による画分

○澤田大和・檜谷昂・入江満美・中西康博（東京農業大学）

【はじめに】近年注目されつつある陸由来栄養と海洋生産との関係のなかで、松谷ら(2013)はマングローブ生態系から海洋への溶存鉄溶出メカニズムの一端を明らかにした。しかし、いわゆる溶存鉄には種々の形態や大きさが含まれる（西岡ら、2006）ことから、同生態系からの溶存鉄溶出メカニズムをさらに検討する研究の一環として、植生条件の異なる地点で林床土壤を採取し、各土壤試料に含まれる溶存鉄の画分を、孔径の異なるフィルターを用いたサイズ分画法を用いて明らかにすることを目的とした。

【方法】供試土壤は、河川流入がなく、*Rhizophora stylosa* と *Bruguiera gymnorrhiza* のみが自生し、それらの分布が画然とし境界が明瞭な、沖縄県西表島南東に位置する古見地域のマングローブ林から採取した。採取地点は Fig.1 に示すようにまず植生の違いにより、(A)海岸無植生地帯、(B)*R. stylosa* 海側林縁、(C)*R. stylosa* 林中央地帯、(D)*R. stylosa* と *B. gymnorrhiza* の分布境界、(E)*B. gymnorrhiza* 林内中央地帯、(F)*B. gymnorrhiza* 陸域林縁、の6つのラインを設定し、各ライン上の10m 間隔地点で、深さ30cm まで10cm ごとに土壤を採取した。**実験1**：風乾した供試土壤に超純水を加えた後に振盪抽出した溶液を孔径 0.22 μm メンブレンフィルターでろ過して得られたろ液（ろ液 A）中の鉄濃度を ICP 分析計により測定し、その結果を Dissolved Fe（溶存鉄、以下）と定義した。次にろ液 A の一部を孔径 0.025 μm メンブレンフィルターでろ過して得られたろ液（ろ液 B）中の鉄濃度を同様に測定し、その結果を Soluble Fe（真の溶存鉄、以下 S-Fe）と定義した。さらに、D-Fe から S-Fe を引いた値を Colloidal Fe（コロイド鉄、以下 C-Fe）と定義した。**実験2**：風乾試料土壤に70%アセトン溶液を加え振盪抽出した溶液中の総ポリフェノール量を、タンニン酸を標準試薬に用い、Folin-Ciocalteu 法により分光光度計を用い725nm の波長で測定した。

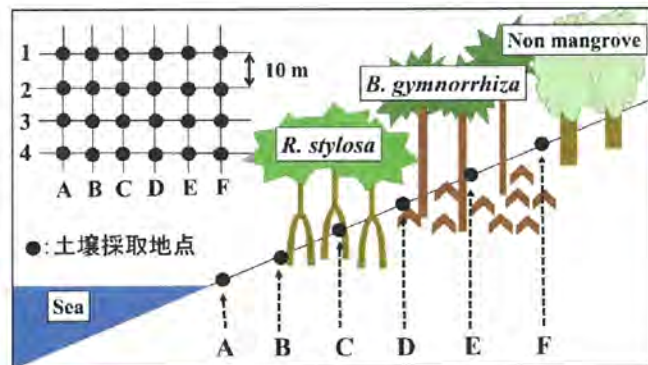


Fig.1 供試土壤採取地点

【結果】**実験1**：D-Fe 濃度は、(E)*B. gymnorrhiza* 林中央地帯と(D)*R. stylosa* と *B. gymnorrhiza* の分布境界で高く、前者の最大値 (19.66 mg/100g) は、(A)海岸無植生地帯や(B)*R. stylosa* 海側林縁と比較して 10~1,000 倍高かった。また D-Fe 濃度に対する S-Fe 濃度の比率は、(D)*R. stylosa* と *B. gymnorrhiza* の分布境界（最大 99.9 %）、(E)*B. gymnorrhiza* 林中央地帯、および(F)*B. gymnorrhiza* 陸域林縁で高く、これらの地点の土壤に C-Fe はほとんど含まれていなかった。**実験2**：土壤中総ポリフェノール量は、**実験1**の結果と同様に(D)*R. stylosa* と *B. gymnorrhiza* の分布境界（最大 46.4 mg/100g）と(E)*B. gymnorrhiza* 林中央地帯で高く、(A)海岸無植生地帯や(B)*R. stylosa* 海側林縁に比べ約 2~4 倍高かった。

また、**実験1**と**実験2**の結果から、供試土壤中の総ポリフェノール量と D-Fe、S-Fe、ならびに水素イオン濃度との間には、それぞれ有意な正の相関関係が示された。

フィリピン・ボホール島の沿岸地域における生業活動とエビ養殖業の変容と現状
-1990年代初頭との比較研究-

○金沢克哉 (南山大・学生)・藤本 潔 (南山大)

フィリピンでは 1980 年代の集約的エビ養殖池の開発に伴い、マングローブ林が激減した。安食 (2001) は、ボホール島の沿岸地域で 1990 年代初頭に行った調査結果に基づき、マングローブ生態系の伝統的利用形態とエビ養殖池開発の影響について明らかにした。一般に、集約的エビ養殖池は数年間利用すると水質汚染のためエビに病気が発生し、利用できなくなることが知られている。そのため、フィリピンでは 90 年代後半には全国規模で放棄養殖池が拡大した。そこで本研究では、90 年代初頭に調査が行われたボホール島の沿岸集落を対象に、地域住民の生業活動と養殖池の現状と変容を明らかにすると共に、その変化の影響について、主として世帯収入の視点から考察する。

調査地域はボホール島南西部に位置するマリボホック (Maribojoc) 市のリンコッド (Lincod)、ポブラッション (Poblacion)、アガヘイ (Agahay) の 3 集落とする。マリボホック市は総面積 6,956ha で、森林 614ha のうちマングローブ林が 191ha、ニッパ林が 237ha を占め、主産業は漁業と農業である。リンコッドは沿岸部に位置し、マングローブ林とニッパ林面積が市内で最も広い。ニッパクラフティング (屋根ふき材のニッパシングル製造、以下 NC と表記) が主収入源で、マングローブへの依存度が高い。同じく沿岸集落のポブラッションはマリボホック市の中心集落で、商業・漁業が盛んである。アガヘイは内陸に位置し、最も農家数が多い。主な農作物は米である。

調査は 2015 年 10~11 月に、計 63 世帯を対象として、家族構成、生業活動、収穫量や収入等についての聞き取り調査を行った。リンコッドでは 24 世帯中 17 世帯が NC に従事していた。90 年代初頭のニッパ林利用権料は ha 当たり年 50 ペソであったが、2010 年に施行された新制度では、最長 15 年契約で、ha 当たり年 240 ペソへ値上げされた。近年はニッパシングルの需要と価格は低下しており、新制度導入に対する NC 従事者の反発は強く、調査時点で新権利金を支払う世帯は存在しなかった。標準世帯 (両親と子供 2 人) の必要最低食費 (7500 ペソ、市への聞き取り調査による) に対する NC 収入割合は、前調査の 71% から 47% へと減少した。漁業には 13 世帯が従事しており、世帯単位で従事する小規模漁法が主である点は前調査と同様であるが、販売目的が 31% から 62% へと倍増した。必要食費に対する割合は 55% と NC を上回る。養殖池は、前調査ではリンコッド周辺で 3 事業者による 64ha が存在し、経営規模最大の事業者はバンゴス (3 割) とエビ (7 割) を養殖し、エビは 2 年に 3 回収穫していたのに対し、現在は M 社が所有する 12.8ha のみに激減しており、1 年間にティラピアを加えた 3 種をローテーションして養殖している。前調査では、180 人のリンコッド村民がエビ養殖業者に雇用されていたが、現在は 40 人強に減少していた。月収は 6,000 ペソで他の生業より高いものの、必要食費に対する割合は、前調査の 125% から 80% へ減少していた。このように、90 年代初頭と比較すると、必要食費に対する各生業活動の収入割合は減少しており、他の賃労働で賄わざるを得ない状況へ変化しつつあることがわかる。

港のあるポブラッションで行われている漁業は、複数人で行う比較的規模の大きな漁法が主で、必要生活費に対する漁業収入割合は 96% と高い。農業集落であるアガヘイでは 2013 年 10 月に発生した M7.2 の地震により用水路が崩壊し、主産業である稲作を行えない状況となっていた。

西表島船浦湾マングローブ林におけるヤエヤマヒルギとオヒルギの細根生産・蓄積量

○金山昂平 (南山大・学生)・藤本 潔 (南山大)・小野賢二 (森林総研・東北)・
渡辺 信 (琉球大・熱研)・谷口真吾 (琉球大)

マングローブ林、特にヤエヤマヒルギ属が優占する林分の地下部には、単位面積当たりで比較すると、他のあらゆる森林生態系をしのぐほどの大量の有機炭素が蓄積されている (藤本 2003)。ヤエヤマヒルギ属優占林の地下部にはマングローブ泥炭が堆積しており (Fujimoto et al. 1999)、その蓄積には細根生産が大きく寄与している可能性が指摘されている (Ono et al. 2015)。しかし、細根の生産・分解プロセスに関する実測研究はこれまでほとんど行われていなかった。本発表では、ヤエヤマヒルギ属の分布北限に近い西表島において、ヤエヤマヒルギ (*Rhizophora stylosa*) 林およびオヒルギ (*Bruguiera gymnorrhiza*) 林で行った 2 年間の細根生産・蓄積に関する観測調査の結果を報告する。

調査はイングロースコア法 (直径 3 cm、長さ 60cm) で行った。コアは各林分の海側と陸側の 2 カ所にそれぞれ 10 本ずつ埋設し、1 年後および 2 年後に 5 本ずつ回収した。回収したコアは現地で 10cm 長に切断して持ち帰り、コアに侵入した根を目視で生根、死根に分別して定量した。調査プロットの標高はヤエヤマヒルギ林の海側が +1cm、陸側が +27cm、オヒルギ林の海側が +28cm、陸側が約 +70cm である。本発表では、共通してデータが得られた深度 50cm までの値を用いて議論する。

コア設置後 2 年間の細根蓄積量 (径 2mm 以下の生根・死根合計: 平均±標準偏差) は、ヤエヤマヒルギ林の海側で 19.8 ± 5.4 t/ha、陸側で 19.9 ± 5.4 t/ha、オヒルギ林の海側で 15.3 ± 7.8 t/ha、陸側で 13.5 ± 2.4 t/ha であった。海側と陸側で比較すると、いずれも有意差はみられなかった (ヤエヤマヒルギ林: $p=0.981$ 、オヒルギ林: $p=0.631$)。樹種間では、陸側でヤエヤマヒルギ林がオヒルギ林より有意に高かったが ($p=0.041$)、海側では有意差は認められなかった ($p=0.430$)。標高がほぼ等しいヤエヤマヒルギの陸側とオヒルギの海側で比較すると有意差はみられなかった ($p=0.325$)。生根量は、ヤエヤマヒルギ林の海側で 13.7 ± 2.7 t/ha、陸側で 10.1 ± 3.2 t/ha、オヒルギ林の海側で 7.3 ± 2.2 t/ha、陸側で 4.9 ± 2.4 t/ha であった。これを地点間で比較すると、いずれの林分も有意差は認められなかった (ヤエヤマヒルギ林: $p=0.150$ 、オヒルギ林: $p=0.150$)。樹種間では、ヤエヤマヒルギがオヒルギより、海側 ($p=0.017$)、陸側 ($p=0.019$) 共、有意に高かった。

ヤエヤマヒルギについて、熱帯湿潤環境下にあるミクロネシア連邦ポンペイ島で得られた 1 年間の値と比較すると、海側・陸側共に、ポンペイ島 (海側: 46.6 ± 13.3 t/ha、陸側: 44.5 ± 19.2 t/ha) の方が西表島 (海側: 7.0 ± 1.4 t/ha、陸側: 9.5 ± 2.6 t/ha) より有意に高かった ($P < 0.01$)。

これらの結果から、ヤエヤマヒルギはオヒルギより細根生産量が多い可能性があること、熱帯中核域では亜熱帯環境下より多くの細根を生産している可能性があることが指摘できる。

マングローブ泥炭堆積域における群落レベルでの海面上昇影響の実態と近未来予測（予報）

○松井夕貴（南山大・学生）・藤本 潔（南山大）・小野賢二（森林総研・東北）・渡辺 信（琉球大・熱研）・谷口真吾（琉球大）・Saimon Lihpai (Pohnpei State Government)

温暖化に伴う海面上昇は確実に進行しつつある。IPCC (2013) によると 1901~2010 年の間に全球平均で 17~21cm 上昇し、今世紀末までには 1986~2005 年平均と比べ 26~82cm 上昇する可能性が高いと予測されている。本研究対象地域のミクロネシア連邦ポンペイ島では、長期的には 1.8mm/yr (1974~2004 年)と全球平均とほぼ同様の速度での海面上昇が観測されているものの、短期的には 16.9mm/yr (2002~2010 年)と急激な上昇が確認されている (Australian Bureau of Meteorology 2010)。海面上昇に対してマングローブ林が生き残ることができるか否かは、そこでの潜在的な堆積可能速度と海面上昇速度の相対関係で決まる (藤本ほか 1989)。堆積可能速度は河川等による外部からの土砂供給がみられる立地では、それによる埋積速度とマングローブ泥炭堆積速度の和で求まるが、土砂流入がみられない立地では、マングローブ泥炭堆積速度のみで決まる。土砂流入がほとんど見られない立地には *Rhizophora* 属が優占する群落が成立してマングローブ泥炭が堆積する (Fujimoto et al. 1999 など)。マングローブ泥炭堆積可能速度は 2mm/yr 以上、5mm/yr 未満と見積もられており (Miyagi et al. 1995)、マングローブ泥炭堆積域では年 5mm 以上の速さで進行する海面上昇に対しては、その立地を維持できないことが予測されている。本発表ではマングローブ泥炭によって立地が形成されているポンペイ島のマングローブ林において、主として本年 9 月の現地調査で確認された表層侵食/堆積の実態から、海面上昇の影響について群落レベルで予察的に考察することを目的とする。

最も海側に成立する群落で、極めて高密度の呼吸根が発達する *Sonneratia alba* 林では、海側林縁部の呼吸根の根元に本来地中に存在するはずの中根サイズの根が地表面に露出していることが確認された。この現象は林縁部から 20m 内陸側ではほとんど確認されなくなる。海側に約 10m 幅の *Rhizophora stylosa* 群落が発達し、その背後に成立した *Bruguiera gymnorrhiza* 優占林 (*Xylocarpus granatum*, *S. alba* および *Rhizophora apiculata* をわずかに伴う) では、本来地中に発達するはずの *B. gymnorrhiza* の支柱根状の根が露出し、根元には地表面との間に隙間が生じていることが確認された。ここでは *S. alba* のケーブル根の露出や *X. granatum* の板根と地表面との間に隙間が生じていることも確認された。この林分の 20m×20m の範囲内の *B. gymnorrhiza* 全立木に対し、根元に生じた隙間高を表層侵食の指標として計測したところ、その平均値は 42.8cm に達していた。このプロット内の地盤高はほとんどが平均海面下にあり、*B. gymnorrhiza* 林の立地としては明らかに低いことから、全体的に表層侵食が進みつつあることは明白である。これに対し、*S. alba* 同様に最も海側に発達する *Rhizophora stylosa* 林では表層侵食は確認できない。また海側林縁部から 300m 程内陸側に位置する *R. apiculata* 優占林ではその支柱根が地中に埋まりつつあり、マングローブ泥炭による堆積が進みつつある可能性が指摘できる。

以上の事実から、*Rhizophora* 属が優占する林分では現段階では海面上昇の影響は表れていないのに対し、植生遷移でその立木密度が低下した林分や *S. alba* 林では表層侵食が進みつつあり、今後成長速度の低下や、立ち枯れ、倒木などの影響が生じる可能性が指摘される。

沖縄県西表島仲間川マングローブ林の発達に関する新しい知見
A new perspective of mangrove habitat dynamics by multi 4 dimensional analysis
Case study in Iriomote Mangrove, Okinawa Japan

宮城豊彦(東北学院大学)・内山庄一郎(防災科学技術研究所)・渡辺 信(琉球大学農学部)
 T. MIYAGI (Tohoku-Gakuin Univ.)・S. UCHIYAMA (NIED, Japan)
 ・S. WATANABE (Ryukyu Univ.)

仲間川河口部のデルタに広がるマングローブ林は、地球の北限に広がる大規模な森林として知られる。このマングローブ生態系に関する初期の研究(菊池他、1977,78)で、デルタの微地形と潮位に対応したマングローブの植生配列が明らかにされた。しかし、この植生配列がどの様に発達したのかについては、十分な分析がされたとは言い難い。ただ、充実した画像情報、新しい技術と40年間の経験、丁寧な土地・土壌・森林・樹木に関する計測によって、これは進展する可能性がある。

日本では諸外国に比して画像情報の整備が大きく継続している。西表島の場合も例外ではなく、1964年以後ほぼ10年間隔で公的機関による空中写真の撮影が実施されている。1964年撮影の空中写真からは仲間川デルタのマングローブ林域は裸地あるいは極めて荒れたテクスチャーとして確認でき、これはカッチ生産のために大規模な伐採が為された結果と推察できる。1940年にはマングローブ伐採許可が下り、大富・大原を始め西表には沢山のカッチ工場があった。西表島のマングローブ林は第2次世界大戦を通して大きく破壊されたもので、極論すれば復活した森である。

発表者らは、予察的な成果として、昨年の本学会等で仲間川下流域デルタ部のマングローブ林が過去約40年間(1978年撮影空中写真と2015年6月UAV撮影画像)でどのように成長したのかを明らかにした(公表論文としてはUchiyama & Miyagi, 2016がある)。マングローブ林の帯状の配置は、優占種群の置き換わりだけでなく、同一種における樹高も樹形も帯状に変化しており、その理由に成長量の多寡が影響していること、特にヤエヤマヒルギの主体部分は樹形が著しく変形し矮性低木林(Dwarf shrub, 臥龍梅型; 菊池他での議論、1976)を形成するが、これには樹形の矮性化と同時に樹高の低下があった。

今回の報告も調査研究の初期段階にある。2015年12月にUAVによるデータ取得を取得し、同年6月に取得したデータとの比較を行うことで半年間における樹冠部の変化を明らかにした。この年の10月には最大瞬間風速が60mを超え、この間の変化には台風によるもの、端的には破壊による変化が含まれている。

行政機関各方面の許可と協力を得て、域内の倒木を玉切することを始めた。年輪データを取得することで成長や樹形変形の過程を定量的に把握できる可能性を持つ。年輪データを整備中であるが、例えば極めて成長の遅い樹木の樹齢は70年前後のものが多そうである。ヤエヤマヒルギの矮性低木林では100年を超える樹齢のものがある。今年早々に玉切りした樹木のデータ整備を行い、樹齢データと38年間の成長・低木化データとの突合せを行うことが必要である。さらに、成長の多寡を何がつかさどるのかについての分析が必要だろう。巨大台風の度に樹高を減らすと思われる矮性低木林では樹木は臥龍し、葉数が少なく、色も薄い。この特性は数十年に亘って形成され続けている。世界で最も充実した現場情報を持ち、規模も組成も充実した西表島仲間川デルタのマングローブ生態系はマングローブ生態系の一大特性ともいえる帯状構造の形成がどの様に進むのかを解明できる。

マングローブ植物の生体電位の長期計測

○本間知夫¹・井村信弥²・石垣圭一²・馬場繁幸²・渡辺 信²¹前橋工科大学工学部生物工学科²琉球大学熱帯生物圏研究センター西表研究施設

【はじめに・目的】

演者は、生体電位計測により樹木根系機能を非破壊的に評価し、栽培管理や個体維持等に利用することを目的し、様々な樹木を対象として実際に野外での計測を行ってきた。2012年より琉球大学熱帯生物圏研究センター西表研究施設の協力の下、西表島のマングローブ植物を対象とした生体電位計測を開始した。過湿・低酸素という過酷な条件下で生存出来るマングローブ植物で得られる電位データを他の植物のデータと比較することで根系機能について新たな知見が得られるのではないかと、また実際にマングローブ植物が生育している状態でどのように根系機能を環境に適応させているかについての知見が得られると考えたからである。

本研究成果の一部は第18回日本マングローブ学会平成24年度大会で発表し、生体電位値は他の植物と同様に日周変動を示したが、さらに潮汐のリズムにも影響を受けているような変動周期も見られ、マングローブ植物の根系機能の特殊性を反映している可能性が考えられた。その後も計測を続けているが、実際に野外で測定するにあたり、より簡便かつ安定した計測が出来る野外に適した計測機器の改良、計測データの収集方法、現地でのセッティング方法等、様々な点について試行錯誤を重ねて計測を続けて現在に至っている。

本発表では、計測方法について、また実際に得られた電位データを紹介する。しかし電位データからマングローブ植物の根系機能がどのように変動しているのかは不明な点が多く、よく分かっていない。いろいろと御教授頂ければと考えている。

【実験方法】

西表島(沖縄県八重山郡竹富町)の浦内川へ続く入江の岸辺に生育するマングローブ植物のうち、異なる樹種(ヤエヤマヒルギ、メヒルギ、オヒルギ)1個体ずつを測定対象に選び、土壌側の電位を基準にして各樹種幹内部の電位(電極を幹内部に設置出来ないため、幹に注射針を刺し、10mM KCl溶液による液絡系で幹内部の電位を測定)の差を生体電位として測定した。得られる電位値はデータロガー(HIOKI LR5042)に5分間毎に連続的に記録した。



上図：計測器

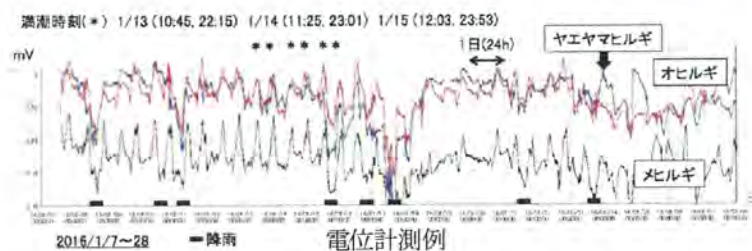


右図：セットした状態

【結果・考察】

マングローブ植物の生体電位を計測する場合、潮汐による水面の上下で土壌側の電極が水没する。当初はチューブを立ててその中で電極が浮き沈み出来るようにしたが、コードが途中で引っ掛かって電極が浮いたままになって電位計測が出来ない状態になるなどの問題があった。そこで、

右図のように素焼き筒を介して地面に電極をセットし、電極及びケーブルはホース内に収めて防水処置を施した。その時々、個体により異なったが、ホース内に浸水してしまうこともあった。電位を計測するためのアンプの素子等を変え、またデータロガーも各個体毎に準備(上図)し、セッティングを個体毎に完結させるようにいろいろと改良を施した。アンプの駆動は乾電池で行い、2週間に1回電池交換を行い、また4ヶ月～6ヶ月に1回の割合で現地に赴き、データ回収、セットのチェックを行った。結果の一例として2016年1月7日～6月2日の生体電位の推移を示した。



2016/1/7～28 降雨 電位計測例

【謝辞】本研究は、琉球大学熱帯生物圏研究センター平成24・25・26年度共同利用研究課題「電気的計測によるマングローブ植物根系機能の解析に関する研究」にて実施されたものである。

マングローブ葉の嗜好飲料原料としての評価

○檜谷昂・柴崎航・入江満美・中西康博（東京農業大学）

【はじめに】この数十年間で世界のマングローブ面積の約35%は既に失われている。マングローブ林の例えばエビ養殖池への転換利用は、地場産業の一つとして地域住民の重要な収入源になるうが、マングローブの破壊に伴う生態系サービスの損失は、年間6~42億USドルと試算されており（UNEP、2014）、同生態系の重要性に対する認識は年々高まりつつある。しかしその減少傾向は進行中で、抜本的な解決に至っていない。そこで新たな視点からマングローブを評価し、その保全に資するため、マングローブ葉を嗜好飲料の原料として評価することを目的とし、緑茶等を対照に、マングローブ葉に含まれる総ポリフェノール量や抗酸化能等を評価した。

【方法】沖縄島、宮古島、石垣島、西表島で採取したヤエヤマヒルギ *Rhizophora stylosa* (n=4)、オヒルギ *Bruguiera gymnorrhiza* (n=4)、メヒルギ *Kandelia obovata* (n=1)、マヤブシキ *Sonneratia alba* (n=2)、ヒルギダマシ *Avicennia marina* (n=2)、ヒルギモドキ *Lumnitzera racemosa* (n=1) の計6樹種のマングローブ葉と、対象として、市販の茶葉（5種の緑茶、1種ずつの紅茶、烏龍茶、マテ茶、麦茶）を用い、次の6項目を測定した。**実験①**葉中総ポリフェノール量（フォーリンチオカルト法）、**実験②**抗酸化能（DPPH ラジカル消去活性試験）、**実験③**葉中遊離アミノ酸量（ニンヒドリン比色定量法）、**実験④**葉中カフェイン含有量（HPLC）、**実験⑤**葉中無機成分（Na、Mg、K、Ca、Mn、Zn、Cu、Fe）含有量、**実験⑥**LC-MS分析による葉中機能性成分。

【結果】**実験①**総ポリフェノール量は、緑茶（n=5） 162 ± 35 、紅茶（n=1）135、ウーロン茶（n=1）80 mg/g DW に対し、ヤエヤマヒルギの 131 ± 21 mg/g DW がもっとも高かった。**実験②**DPPH ラジカル消去能の値は、緑茶、紅茶、ウーロン茶でそれぞれ 13.9 ± 3.5 、10.5、および 8.5 mmol/100 g DW であったのに対し、マングローブ樹種中の最高値はヒルギモドキの 12.3 で、次いでヤエヤマヒルギの 9.7 ± 2.3 mmol/100g DW であった。**実験③**全供試マングローブ葉中の遊離アミノ酸含有量は、グルタミン酸当量で平均約 700~1100 mg/100g DW で、市販茶葉と比べ比較的高い値であった。**実験④**カフェインは緑茶等、嗜好飲料に多く含まれる成分の一つであるが、いずれのマングローブ葉中にも検出されなかった。**実験⑤**Na は市販茶葉にはほとんど含まれていなかった一方で、マングローブ葉には 20~30mg/g ほど含まれていた。Ca 含有量は市販茶葉が 2~5 mg/g に対し、マングローブ葉にはその3倍量程度含まれていた。**実験⑥**機能性成分として、コーヒーには含まれるものの緑茶には含まれないクロロゲン酸がヤエヤマヒルギ葉から検出された。

【考察】実験⑥で示したヤエヤマヒルギ葉のクロロゲン酸は糖の生成を抑制する効果が示されており、糖尿病の予防効果が期待されている。また、マングローブ葉中の高い Na 含有量は、嗜好飲料原料として一部懸念される項目であるが、熱帯・亜熱帯住民の特に高温期において Na を補う飲料原料として適切とも考えられる。以上の結果から、数種のマングローブ葉は嗜好飲料原料として高い潜在性を有すると考えられた。

学会誌編集委員会からのお知らせ

「マングローブ研究」 vol. 10 (平成29年3月発行予定)

原稿募集中

原稿締め切り：平成29年1月20日

原稿は「マングローブ研究・vol. 9」に記載の投稿規定・執筆要領にしたがい作成の上、日本マングローブ学会事務局*・学会誌編集担当まで。

学会事務局：〒156-8502

東京都世田谷区桜丘1-1-1 東京農業大学
国際農業開発学科 熱帯作物学研究室内