

Japan Society for Mangroves
第31回 日本マングローブ学会年次大会

講演要旨集



マレーシア・サバ州マングローブ植林地にて

会場：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助成を受けています

2025（令和7）年度 第31回日本マングローブ学会大会プログラム

令和7年12月6日（土）

8:30 受付開始（東京農業大学世田谷キャンパス 農大アカデミアセンター地下1階 横井講堂）	
口頭発表 / 一般の部（発表15分間、質疑応答4分間）	
9:30	ベトナム南部カンザー地区放棄塩田植林地の <i>Sonneratia alba</i> に立ち枯れ被害をもたらした気象場の解析 ○有坂早央（立正大学・学生）・藤本潔（南山大学・南遊の会）・石原修一（駒場東邦中高・南遊の会）・横山一郎（関東学院大学）・渡来靖（立正大学）・Huynh Duc Hoan（Can Gio Mangrove Protection Forest Management Board）
9:50	亜熱帯島嶼マングローブ湿地における炭素の埋没・大気排出・海洋輸送の統合的評価 ○中村航（滋賀県琵琶湖環境科学研究所・東京大学）・渡辺謙太（港湾空港技術研究所）・中島壽視（東京大学）・杉本亮（福井県立大学）・宮島 利宏（東京大学）・所立樹（国立環境研究所）・山口保彦（滋賀県琵琶湖環境科学研究所）・桑江朝比呂（港湾空港技術研究所）・佐々木淳（東京大学）
10:10	モーリシャス南東・東沿岸の塩分濃度分布とマングローブ林の生育状況 ○垣本 英臣・濱田誠一・小野文健・木本 弘之・森田 裕理（一般財団法人海上災害防止センター）
10:30	集水域からの土砂流出量の変化がマングローブ立地の動態に及ぼす影響 一年2.5 mm前後の海面上昇が進む西表島と種子島の事例一 ○小田原泰志（南山大学・院）・藤本 潔（南山大学）
10:50	多視点画像と LiDAR を統合した <i>Rhizophora</i> 林地上部バイオマス推定手法の検討 ○笠井 克己（東京大学）・藤本潔（南山大学）・後藤和久（東京大学）・古川 恵太（海辺つくり研究会）・小野賢二（森林総合研究所）・渡辺信（琉球大学）・羽佐田紘大（奈良大学）・神野空音・後川耕太郎（京都大学）
11:10	Changes in carbon stock and stand structure along a salinity gradient in the Sundarbans mangrove forest, Bangladesh ○ Islam Md Minarul (Kyoto University)・Sakib Anjum(Khulna University), Md Kamruzzaman, Shinichi Tatsumi (Kyoto University)
口頭発表 / 中高生の部（発表15分間、質疑応答4分間）	
11:30	都立国立高校の探究活動における、マングローブの根の模型による水流のエネルギー減衰量の検証 ○浅川浩平（東京都立国立高等学校2学年）

11:50	昼食	役員会 (12:00~) 場所: 横井講堂 会議室
特別講演		
13:30	講師: 向後 元彦 (マングローブ植林行動計画) 「知的冒険としてのマングローブ - 半世紀の軌跡」	
公開シンポジウム		
「ボルネオ島、マレーシア・サバ州のマングローブ林はどうなっているのでしょうか?」		
15:00	趣旨説明 馬場 繁幸 (国際マングローブ生態系協会)	
15:10	講演 I 「The SFD-ISME mangrove collaboration project in Sabah」 ○Joseph Tangah (Forest Research Center, Sabah Forestry Department)	
15:25	講演 II 「サバ州のマングローブ生態系修復プログラムとこれに基づく生態系理解・修復戦略の標準化 -SFD・ISME による長期企画-」 ○宮城豊彦 (国際マングローブ生態系協会)	
15:40	講演 III 「3D スキャナによるマレーシア・サバ州におけるマングローブ支柱根の体積特性」 ○柳澤英明 (東北学院大学)	
15:55	質疑応答・総合討論	
16:20	公開シンポジウム終了	
小休憩 (10分)		
16:30	総会 (会場: 横井講堂)	
18:00	情報交換会 (会場: NODAI Science Port 5F)	

20:00 終了予定

ベトナム南部カンザー地区放棄塩田植林地の *Sonneratia alba* に
立ち枯れ被害をもたらした気象場の解析

○有坂早央（立正大・学生）・藤本潔（南山大、南遊の会）・石原修一（駒場東邦中高、南遊の会）・横山一郎（関東学院大・非、南遊の会）・渡来靖（立正大）・Huynh Duc Hoan（Cán Gio Mangrove Protection Forest Management Board）

ベトナム南部カンザー地区の放棄塩田植林地では、2023年8月から2024年8月の間に冠水頻度が相対的に高い立地の *Sonneratia alba* にも立ち枯れ現象が確認された。一方、*Avicennia marina* の植林苗には立ち枯れはみられなかった。立ち枯れ現象は異常乾燥に起因する可能性が指摘されることから、本発表ではこの期間の気象状況を明らかにすると共に、両種の耐乾性の相違を地盤高（潮汐冠水頻度）の関係から考察することを目的とする。

カンザー地区周辺の公開された気象データは存在しないため、気象状況の解析には ERA5 再解析データを用い、降水量・気温・相対湿度の長期的変動を把握するとともに、1999～2024年の平年値との比較を行った。また、降水異常の程度を把握するため SPI（標準化降水指数）を算出し、乾燥の強度や持続性を時系列で評価する。さらに、MODIS および Sentinel-2 衛星データを用いた NDVI の解析から、植生の季節変動や乾燥期における活力低下の有無を把握する。

S. alba は 2016 年の植林後、1 年以内に 48% が枯死し、その後 2023 年までに計 75% の苗が枯死した。2023～24 年の間にはさらに 14% の苗が枯死し、生存率は 11% に低下した。*S. alba* の 2023 年までの枯死木は、主に冠水率 40% 未満の相対的高所に集中していたが、2023～24 年の間には冠水率 46-48% の相対的低所にまで及んでいた。一方、*A. marina* の地盤高は冠水頻度 29～47% の間にあるが、2023 年までの枯死木はわずか 1 本で、2023～24 年の間の立ち枯れは確認されなかった。

2023 年 8 月から 24 年 8 月の間の降水量は複数の月で平年を下回り、とくに乾季の始まりが平年より早く、雨季の到来が遅れたことで、例年より長い乾燥期間が続いていたことが明らかとなった。SPI に基づく乾燥評価は現在解析中であるが、初期的な解析からは平年より乾燥が強まった可能性が示唆された。この気象状況の変化は、苗木に大きな水分ストレスを与えた可能性がある。特に放棄塩田は直射日光にさらされるため、降雨が途絶えると根系により深刻な乾燥ストレスを生じさせる可能性が高い。NDVI の初期解析では乾燥期に植生活力の低下を示す兆候もみられた。

以上より、*S. alba* の立ち枯れ現象は異常乾燥に起因する可能性が高い。*S. alba* と *A. marina* は一般にいずれもパイオニア樹種として群落を形成するが、放棄塩田植林地での *S. alba* の生存率は通常の気象状況でも *A. marina* に比べ明らかに低い上、乾燥に脆弱であることから、放棄塩田における最適植林樹種は乾燥に強い *A. marina* と言えよう。

亜熱帯島嶼マングローブ湿地における炭素の埋没・大気排出・海洋輸送の統合的評価

○中村 航（琵環研・東京大）、渡辺 謙太（港空研）、中島 壽視（東京大）、
杉本 亮（福井県立大）、宮島 利宏（東京大）、所 立樹（国環研）、山口 保彦（琵環研）、
桑江 朝比呂（港空研）、佐々木 淳（東京大）

マングローブは大気 CO_2 を吸収し、有機物として土壤に隔離・貯留するブルーカーボン生態系として期待されている。一方で近年の研究から、溶存無機炭素（DIC）、溶存有機炭素（DOC）、粒子状有機炭素（POC）として大量の炭素が湿地から海洋へ輸送されていること、さらにマングローブ水域が大気への CO_2 排出源として機能していることが指摘されている。また、隣接海域への炭素流出量は、鉛・セシウムなどの放射性同位体に基づき推定される湿地への炭素貯留速度の 10 倍以上に達することも知られている。こうした過大な流出量は、「大量の有機物を隔離するブルーカーボン生態系」という一般的なマングローブ像と矛盾しており、炭素埋没・大気排出・海洋輸送を統合的に評価する必要性を示している。

湿地内部に供給されたネクロマス（枯死有機物）は、湿地内に残留する画分と、大気や海域へ排出される画分に分かれる。石垣島の吹通川マングローブ林では、有機物埋没量や貯留速度、有機物の難分解性など、湿地内部での有機物動態に関する研究が蓄積されてきた。また、この湿地は海域と单一の水路でつながる単純な構造を持ち、渴水期には河川流量が極端に減少するため、マングローブ由来の炭素流出量を高精度に評価するのに適した特徴を持つ。そこで本研究では、吹通川マングローブ林をモデルサイトとして、高解像度 CO_2 分圧観測に基づく大気への CO_2 排出量と、短寿命ラジウム同位体（ ^{224}Ra , ^{223}Ra ）を用いた海洋への炭素輸送量の同期観測を行った。

その結果、吹通川全体における大気への CO_2 排出量は、湿地表面から約 56 kgC/day、水域から約 45 kgC/day であった。海洋への炭素輸送では DIC が卓越し、その量は 350–580 kgC/day に達した。一方、放射性鉛に基づく数十年スケールの貯留速度は 55 kgC/day、放射性炭素に基づく数千年スケールでは 14 kgC/day と推定された。これは、放射性鉛に基づき貯留されたと推定された有機物の約 75%が千年スケールでは分解されることを示している。

一方で、湿地全体では約 6000 MgC が埋没しており、1 日あたりの炭素流出量（海洋輸送 + 大気排出）は埋没量の約 0.1% に過ぎなかった。また、このサイトでの既往の研究にて、土壤有機物の分子組成が 500 年以上の時を経てリグニンやタンニンなどの難分解成分へと徐々に変化していることや、流出する DIC が数百年前にマングローブが生産した有機物に起因することが報告されている。これらの知見を考慮するとマングローブ土壤から海洋への炭素輸送は、難分解化していない莫大な量の不安定な有機物に由来することを示唆している。

モーリシャス南東・東沿岸の塩分濃度分布とマングローブ林の生育状況

○垣本 英臣、濱田 誠一、木本 弘之、森田 裕理、小野 文健
(一般財団法人海上災害防止センター)

1. はじめに・目的

モーリシャスの東側インド洋には、マラッカ・シンガポール海峡と南アフリカの喜望峰を航行する船舶の航路が存在する。2020年7月同航路を航行中の日本船主船 WAKASHIO号がモーリシャスの南東 Mahebourg 沿岸の環礁に座礁し、サンゴ礁とマングローブ林（オオバヒルギとオヒルギ）が生育する海域が流出油により汚染された。事故後同国の要請に基づき、独立行政法人国際協力機構（JICA）は技術協力プロジェクトを実施することとなり、当センターが委託を受けて航路に面したモーリシャス南東沿岸と東沿岸海域で、流出油の拡散状況を考察する基礎情報となる表層流、塩分濃度調査を実施した。得られた塩分濃度分布から沿岸に生育するマングローブ林と塩分濃度の相関関係が推察されたので報告する。

2. 調査海域、調査時期の設定

調査海域は、同国南東海域（Blue Bay から Grand River）と東海域（Poste de Flacq）とした。調査時期は、潮汐が大きく動く大潮時期を選び、南東海域は2024年2月23日から27日、東海域は2024年9月16日から19日と9月30日から10月2日とし、両期間共に午前に上げ潮、午後に下げ潮の調査を実施した。

3. 塩分濃度調査手法

各調査地点で上げ潮・下げ潮時に海面表層の海水を、同海水で共洗いした容器で採取し、塩分濃度屈折計で測定し当該調査ポイントの塩分濃度とした。

4. 沿岸部の塩分濃度分布とマングローブ林の育成状況の抽出方法

調査ポイント184ポイントのうち沿岸に近い64ポイントを選出し、そのポイントの近隣陸岸にマングローブ林が生育しているか否かを、調査期間中の海上調査・陸上踏査記録と、モーリシャス環境省（MoESWMCC）が2025年11月に作成したモーリシャスのマングローブ林生育状況データ、そして衛星画像から判別した。

5. 結果・考察

外洋から環礁内に流入する表層水の塩分濃度は、32～34‰を示すところが多かった。河川の河口付近の表層水の塩分濃度は低く0～20‰前後の値が多く、環礁内から環礁の切れ目（Pass）を通過し外洋に流れ出る表層水も32‰より低い値が多く見られた。また下げ潮時のほうが塩分濃度値の低い表層水が、陸岸から環礁に向かい流れる傾向が見られた。

選出した64ポイントの下げ潮時の塩分濃度をX軸、上げ潮時の塩分濃度をY軸とし、マングローブ林の生育有無をプロットした（図1）。図からはモーリシャス南東・東沿岸に生育するマングローブ林（多くがオオバヒルギ）の塩分濃度に対する生育の閾値として、下げ潮時でも上げ潮時でも30‰以下という値が推察された。下げ潮時に一時的に27‰となっても上げ潮時に30‰を超える条件では、マングローブ林の生育は見当たらなかった。

【参考文献】: Clarisse J O, Appadoo C, Boojhawon R. Spatial Distribution of *Rhizophora Mucronata* and *Bruguiera Gymnorhiza* Mangroves Using Kriging Technique: A Contribution to Understanding Forest Structure in South-East Coast of Mauritius (Indian Ocean). UNIVERSITY OF MAURITIUS RESEARCH JOURNAL -Volume 22 -2016. 458-483

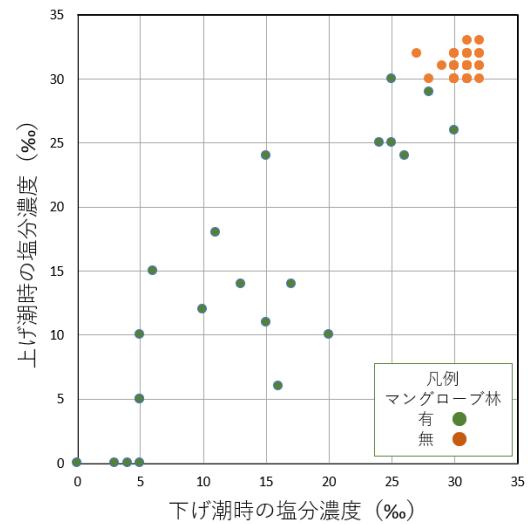


図1 塩分濃度分布と、マングローブ林の生育状況図

集水域からの土砂流出量の変化がマングローブ立地の動態に及ぼす影響

—年 2.5 mm 前後の海面上昇が進む西表島と種子島の事例—

○小田原泰志（南山大・院）・藤本 潔（南山大）

マングローブは一般に上部潮間帯にのみ成立可能であるため、地球温暖化に伴う海面上昇によって多大な影響を被ることが予想される。南西諸島の石垣島でも 1969～2024 年の間に 2.5 mm/year の海面上昇が観測されている（沖縄気象台 2022）。既に、石垣島に隣接する西表島では、通常潮位の届かない地盤高に立地するバックマングローブの一種であるシマシラキの立ち枯れや、オヒルギ林の表層侵食が確認されている（藤本ほか 2022 など）。ヤエヤマヒルギ属は、ある程度の海面上昇に対してはマングローブ泥炭を堆積させることにより地盤高を高め立地を維持できるが（Fujimoto et al. 2023 など）、その能力に劣る群落では集水域からの土砂流出に伴うマングローブ分布域への土砂流入が重要となる。そこで、本発表では集水面積と土地利用が異なる西表島の 7 つの集水域と種子島湊川集水域における 1970 年代以降の土地利用変化と、それに伴う土砂流出量の変化を見積もると共に、その変化に対応してマングローブ分布域がどのように変化してきたかを明らかにする。

まず、空中写真および Google Earth の衛星画像を用い、各集水域における土地利用図（西表島：1978 年、1995 年、2012 年、2023 年、種子島：1977 年、2005 年、2015 年、2023 年）を作成した。次に、USLE 式を用い各時点の土砂流出量を算出した。その際、ArcGIS Pro を用い、土壌係数、地形係数、作物係数、保全係数については、西表島は 10 m グリッドごと、種子島は 5 m グリッドごとに値を与えて算出し、それらを合計することで各集水域からの土砂流出量を算出した。2 時点間の土砂流出量の推定に関しては、土地利用が変化した時期を特定するのは困難なため、土地利用変化が関係する作物係数と保全係数は 2 時点の平均値を用いて計算した。海面上昇下でのマングローブ分布域変化と土砂流出量との関係は、各時点間の海側最前線での面積変化量を用いて議論する。これは、海面上昇に伴いマングローブ林は内陸側へ侵入することができるため、全分布域での面積変化量を用いて分析すると海側での土砂堆積による分布域変化を正しく把握できないためである。

西表島で対象とした全集水域で、1978 年以降マングローブ林は海側に拡大しつつあることが明らかになった。一方、種子島湊川集水域では、1977 年から 2015 年にかけては海側に拡大していたが、それ以降は後退していることが明らかになった。また、土砂流出量と海側へのマングローブ林増加面積の相関を見たところ、西表島における河口型立地の集水域については、対数近似で決定係数が 0.75 となり、両者の関係を説明できる可能性が指摘された。マングローブ泥炭生産能力が高いヤエヤマヒルギが海側最前線に立地する西表島では、ほぼ全域が天然林で覆われた小面積の集水域においても、年 2.5 mm 程度の海面上昇に対してはマングローブ立地を維持できることが明らかになった。一方、種子島では泥炭生産能力の低いメヒルギのみが分布していることもあり、土砂流出量が減少した 2015 年以降はマングローブ林が後退に転じたと考える。種子島については今後、他の集水域での分析も加え、土砂流出量とマングローブ林増加面積の関係を明らかにする予定である。

【参考文献】沖縄気象台(2022)：沖縄の気候変動監視レポート。藤本潔ほか(2022)：第 28 回日本マングローブ学会大会発表要旨集: 3. Fujimoto et al. (2023) : *Ecological Research* 38:494-507.

多視点画像と LiDAR を統合した *Rhizophora* 林地上部バイオマス推定手法の検討

○笠井 克己 (東京大)・藤本 潔 (南山大)・古川 恵太 (海辺研)・小野 賢二 (森林総研)・渡辺 信 (琉球大)・羽佐田 紘大 (奈良大)・神野 空音 (京都大)・後川 耕太郎 (京都大)・後藤 和久 (東京大)

マングローブ林は炭素固定機能に優れる生態系として注目されているが、その地上部構造の計測・バイオマス推定は依然として労力集約的である。特に *Rhizophora* 属に特徴的な支柱根構造は三次元的な複雑性が高い。従来の巻尺による手作業での計測は、対象を直接確認しながら計測・記録できる点で信頼のおける手法である一方で、多数の根の形状・太さ・分岐を精密に記録することは難しい。さらに、根が密集し複雑に入り組むため、計測には多大な時間と労力を要する。加えて計測者の判断や技能により記録値にばらつきが生じる点も、手作業計測の限界として指摘される。

本研究では、ミクロネシア連邦ポンペイ島の *Rhizophora stylosa* 林内の複数の固定プロット (5 m × 5 m) を対象として、発表者の作成した MLS (Mobile Laser Scanning) 機材での計測および iPhone 15Pro を用いた計測を行った。iPhone 15Pro では、Pix4D ソフトウェアによる SfM (Structure from Motion) 処理と iPhone 15Pro 搭載の LiDAR センサーによる深度マップとを統合し、それらをもとに高密度の 3D 点群を生成した。LiDAR 深度マップを SfM 点群に統合することで、低テクスチャ領域や水際部でのマッチング精度向上を図り、より正確で安定した点群生成を実現した。得られた点群についてノイズ除去と領域抽出を行い、メッシュ化した後にプロット内の支柱根の体積を推定する手法の検証を行った。

自作 MLS 機器での測量の結果、少なくとも 10 m × 50 m の範囲にわたり樹木の分布・三次元構造を忠実に捉えた点群データの取得に成功した。現場での手動計測に基づく支柱根体積の合計値と多点視画像と iPhone 搭載 LiDAR を併用した手法での計算値を比較した結果、計算値は手作業での計測と概ね整合する値を示し、固定プロット内の支柱根バイオマス推定において一定の精度を満たし得ることが確認された。

本手法における現場での作業は、一人による 10 分程度の作業でデータ取得可能である。これは、フィールド作業の負担を大幅に軽減するだけでなく、計測者間のばらつきを抑制し、三次元形状をデジタルデータとして保存できるため、経年的な林分構造変化を高い再現性で比較追跡できる点で大きな利点がある。一方で、水面下の根系は取得できることなく、スキャン内容によっては視点から死角となる位置にある根の一部が欠測となることなど、点群ベース手法に固有の限界も認められた。

本研究は、多視点画像による SfM と LiDAR の統合による簡便な 3D 計測が、複雑かつ密集した *Rhizophora* 林の地上部バイオマス推定に有効であることを示す一例である。今後は、沿岸から内陸にかけて複数の固定プロットにおいてバイオマス量・支柱根形態の空間変異を比較することで、環境勾配に対する支柱根構造の応答や地上部バイオマス量の変動を明らかにすることが期待される。

Changes in carbon stock and stand structure along a salinity gradient
in the Sundarbans mangrove forest, Bangladesh

○Islam Md Minarul¹, Sakib Anjum², Md Kamruzzaman², Shinichi Tatsumi¹

1. Graduate School of Agriculture, Kyoto University

2. Forestry and Wood Technology Discipline, Khulna University, Bangladesh

Abstract

Introduction: The Sundarbans Mangrove Forest (SMF) in Bangladesh is the largest contiguous mangrove ecosystem in the world. Despite its great potential as carbon pool and biodiversity hotspot, there is limited quantitative assessments on carbon stock and stand structure in the SMF and how they may vary with environmental stress represented by salinity. Here we quantified carbon stocks and stand structure across low, moderate, and high saline zones in the SMF. We hypothesized both carbon stocks and structural complexity to decrease with salinity. This study provides an important step towards science-oriented carbon management and biodiversity conservation in the SMF.

Materials and Methods: We conducted field surveys based on random sampling by establishing six plots, each 10 m × 10 m in size, within each of the three salinity zones (low, moderate, and high). In each plot, we measured diameters at breast height (DBH) and tree heights and identified the species of all trees with DBH >1.5 cm. Biomass of each tree was estimated using allometric equations. We statistically compared carbon stocks, stand structure, and tree species diversity among the salinity zones.

Results: We found significant spatial variation in carbon stocks and stand structure along the salinity gradient. Contrary to our expectation, the low saline zone showed the lowest total carbon stock ($263.4 \pm 45.6 \text{ Mg C ha}^{-1}$) (Fig.1) and the lowest structural complexity among the three zones. The moderate saline zone exhibited the highest total carbon stock ($831.8 \pm 66.5 \text{ Mg C ha}^{-1}$) (Fig.1) and was dominated by *Heritiera fomes* that is well-adapted to moderate salinity. The high saline zone showed an intermediate level of total carbon stock ($412.1 \pm 58 \text{ Mg C ha}^{-1}$) (Fig.1), despite its relatively high species richness. Across all zones, large diameter trees, though fewer in number, disproportionately contributed to total carbon pools.

Discussion: The low levels of carbon stock and structural complexity in the low saline zone were likely due to extensive illegal felling in this area. In the moderate-salinity zone, biomass was highest, reflecting the presence of larger and well-established trees. The high-salinity zone supported greater species diversity, although overall carbon storage remained at an intermediate level because of its high stress condition. These findings highlight while salinity to be a major environmental gradient, anthropogenic disturbance jointly influence carbon storage and stand structure in the SMF. We encourage protection of large diameter trees for effective management of the mangrove ecosystem in the region.

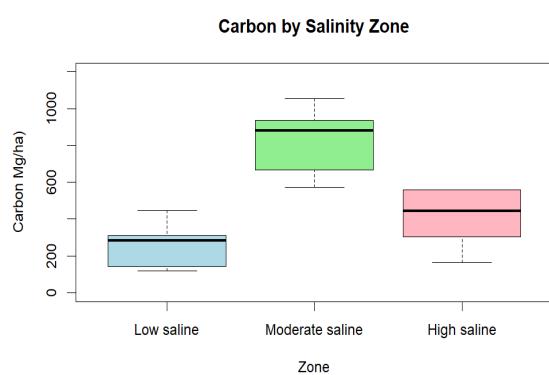


Fig.1: Carbon stock in different saline zone

探究活動を通したマングローブの模型による流体のエネルギー減衰についての調査

○浅川航平（東京都立国立高等学校 2 年）

1. 背景

今年の 3 月末に馬場先生の御協力のもと実施されたマレーシア研修の事前学習及び、現地での視察を通して、マングローブが波のエネルギーを弱める効果があることに興味を持った。そこで、学校の「総合的な探究の時間」を活用して、実際にどれほど効果があるのかを検証するために、本研究を実施した。

2. 目的

本研究の目的は、マングローブの模型によってどの程度水流のエネルギーを減衰させられるのかを明らかにすること、また、来年の 3 月に予定されている探究活動の総合発表会（校内発表）を通して、マングローブの機能について多くの人に知ってもらうことである。

3. 方法

以下のような装置の左側から水を流し、マングローブの模型を通過する前の水流の速さ、通過した後の水流の速さ（iPad のスロー動画撮影機能を利用）から、水流の持つ運動エネルギーの増減率を考察した。但し、算出に用いた水のブロックでは幅が縦 80cm 横 1.00cm、密度は 1.00、水深は通過前も通過後も 4mm とした。



図 1：装置の全体図



図 2：模型部分

4. 結果

※数値は小数第3位以下四捨五入

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
通過前速度(m/s) ①	0.4	0.313	0.227	0.357	0.217	1.514
通過後速度(m/s) ②	0.161	0.238	0.125	0.25	0.179	0.953
エネルギー減衰率(1-(①/②)^2)	0.838	0.422	0.697	0.51	0.32	0.6

以上 5 回の実験より、この模型では水流のエネルギーを 60% 程度減衰できると明らかになった。

5. 考察

今回の実験装置では模型部分での横方向に水漏れがあったので、マングローブ単体の効果を考えるには不適当であると考えられるが、海岸から住民たちが住む生態系全体での結果と考えればある程度は正当性のある結果だと考えられる。

公開シンポジウム

「ボルネオ島、マレーシア・サバ州のマングローブ林はどうなっているのでしょうか？」

どうしてボルネオ島、マレーシア・サバ州でのマングローブ林の保全・再生なのでしょうか？

○馬場繁幸・大城のぞみ・毛塚みお・金城あけみ・与那原章・馬場花梨・貝沼真美
(国際マングローブ生態系協会)

1. はじめに

国連教育文化機関（UNESCO）と国連開発計画（UNDP）がアジア・太平洋地域で実施していたマングローブプロジェクトが1980年代後半に終了するので、19カ国マングローブ委員会からマングローブの保全・再生を目的とした国際NGO/NPO設立の提案で、1990年8月に設立されたのが国際マングローブ生態系協会（International Society for Mangrove Ecosystems：ISME）です。

2. 設立当初の活動

設立当初は、マングローブの保全・再生活動の普及・啓蒙を目指し、①マングローブの重要性が分かりやすく書かれた *Journey amongst Mangroves* の出版（1995年）、②マングローブ林を再生するための技術解説書の *Restoration of Mangrove Ecosystems*（1995年）、③どの国にどのくらいの広さのマングローブ林があるのかを記載した *World Mangrove Atlas*（1997年）を出版しました。

1992年—1999年、JICAがわが国初のマングローブプロジェクトをインドネシアのバリ島の養殖池放棄地とロンボック島のマングローブ伐採跡地でマングローブ再生の実証調査事業を開始したので技術指導をさせて頂きましたが、プロジェクトで苗畑や植林等のマニュアルを作成しました。

3. *World Atlas of Mangroves* の出版とデータの更新

1997年に出版した *World Mangrove Atlas* を補完するために、わが国のODA（政府開発援助）からの資金提供を受けITTO（国際熱帯木材機関）、UNESCO等の国連機関と協力して *World Atlas of Mangroves* の英語版を2010年、フランス語版とスペイン語版を2011年に出版し、データ更新作業を国立環境研究所と協働で行い、TroCEP（Tropical Coastal Ecosystems Portal）で公開中。

4. マングローブ林の保全・再生の実践と応用・データの収集と技術の改善

JICAのインドネシアのプロジェクト等を通じてマングローブ植林に関する基礎技術の一部が習得できたので、その応用と技術の改善・普及を行っています。

- ① 河川と山のない小さな島でのマングローブ林の再生（キリバス：2004年から継続中）
- ② 河川と山のある島国のマングローブ林の調査（モーリシャス：2022年—2026年）
- ③ 降雨量が少ない地域でのマングローブ林の再生（インド：2009年から継続中）
- ④ 河川がなく、降雨量がとても少ない地域でのマングローブ林の再生（アラブ首長国連邦：1999年—2001年と2024年—2027年（予定））
- ⑤ CO2クレジットの取得を目的とした大陸でのマングローブ植林（2019年にタイ国の国有林を借地契約し、いつでも植林可能なのですが、植林費用を拠出してくださる日本企業がないので、植林できないでいる）
- ⑥ とても大きな島であるボルネオ島でのマングローブ林の再生（マレーシア・サバ州：2011年から継続中）

河川のないキリバスや、降雨量が少ない沙漠の国で海水の塩分濃度が4.5%を超えるところでも適切な樹種を選ぶとマングローブの植林は可能です。さて、今回は、サバ州森林局の森林研究所の副所長であるジョセフ博士が来日されたので生物多様性の世界のホットスポットの一つであるボルネオ島、サバ州でのマングローブの保全・再生活動についての報告をお願いすることにしました。

THE SFD-ISME MANGROVE COLLABORATION PROJECT IN SABAH

Joseph Tangah

Sabah Forestry Department

Summary

Mangrove forests play a crucial role in mitigating climate change by sequestering carbon from the atmosphere. The remarkable ecosystem can store carbon belowground as a soil carbon up to four times (Donato et al. 2021) more efficient than other forest types. The mangrove ecosystem supports a diverse range of organisms by providing breeding grounds, habitats and nurseries for various marine species. Mangrove ecosystems specifically in Sabah, Malaysian Borneo, provide a multitude of benefits to society (such as coastal protection, carbon sequestration, biodiversity and livelihoods support). However, due largely to lack of public awareness these benefits go unnoticed, and therefore over the decade mangroves are often unappreciated by society at large. Sabah hosts the largest mangrove ecosystem in Malaysia, covering approximately 365,643 hectares (or 60%) of the country's total mangroves, of which 90% are still intact. Management of mangroves in Sabah can be traced back since 1930s. Realizing that mangroves are important natural resources, efforts have been made to manage them in accordance with the principles of conservation and sustainable use. The biggest threats to mangroves in Sabah have been identified as land use conversion to oil palm plantations, aquaculture (shrimp farming), infrastructure development (such as the Pan Borneo Highway, urbanization), illegal settlements, and seasonal illegal extraction of Tengar bark. Mangrove restoration started in 2006 under the RMK project (since 8th Malaysia Plan – Federal Government and State Government of Sabah. Another collaboration with the International Society for Mangrove Ecosystems (ISME) started in 2011 through the SFD-ISME Mangrove Rehabilitation Project in Sabah, mostly carried out within encroached and highly degraded mangrove areas within forest reserves. This collaboration on mangrove with ISME is the longest in Malaysia. By the end of November, 2025, a total of 546.5 ha has been rehabilitated with approximately 636,318 planting material successfully planted under this SFD-ISME collaborative project. The most notable success for mangrove restoration is the reforestation activities of suitable mangrove species within the 56 ha of abandoned shrimp ponds in Lahad Datu, Sabah since 2014. It took approximately 10 years of reforestation efforts in order for the mangrove ecosystem to be functional again.

Another activity is the reclamation efforts in the form of planting suitable mangrove species on accreting mudflats mostly adjacent to forest reserves, is also ongoing under this collaboration. This mudflat is turning into another island of mangrove forest, commenced in 2016 and are currently ongoing in three distinct locations in Sabah, namely Beaufort, Kota Marudu and Sandakan districts.

Keywords: mangrove, forest reserve, threats to mangroves, Sabah Malaysia.

公開シンポジウム
「ボルネオ島、マレーシア・サバ州のマングローブ林はどうなっているのでしょうか？」

サバ州のマングローブ生態系修復プログラムとこれに基づく生態系理解・修復戦略の標準化
—SFD・ISMEによる長期企画—

○宮城豊彦（東北学院大学・名誉、地域情報カスタマイズユニット）・馬場繁幸（ISME）・柳澤英明（東北学院大学）・山本敦也（中日本航空㈱）・檜谷昂（東京農業大学）・Joseph T.（サバ州森林局）・Rolando R.（Sepilok 森林研究所）

ISME とサバ州森林管理局は、東京海上日動からの助成を受けて、2011 年からサバ州に散在するアブラヤシ栽培放棄地、放棄養殖池、新規の堆積地など多様な土地・自然条件を持つ対象地において、マングローブ林の修復に取り組み、その実施例は 31箇所に達している。一方で同州セピロック原生自然保護林地区には、極めて良好・大規模なマングローブ自然林も存在している。この実際を俯瞰的に見ればサバ州においては、極めて多彩なマングローブ林を観察できることを意味する。

さて発表者らは、マングローブ生態系を高精度実態把握に関する調査事例を重ねている。これに関する報告は、本学会においては 2021 年以来 3 回の公開シンポジウム、本学会や関連学会においても多数の発表を行っている。更に発表者らは、過去数十年にわたり世界各地での生態系調査や植林・環境修復への取り組みも重ねている。

そこで、冒頭に述べたサバ州での 30 を超える植林や調査事例と高精度実態把握とを重ねて、生態系の実態評価と修復プログラムを系統化して合理的なシナリオ構築へと展開する可能性を探りたいと考える。

発表者らの意図は、これまで幾多の行動を経て蓄積してきた経験知（これを暗黙知と言う）を生態系修復の実際に企画する際の指標や技術（これを形式知という）に展開することを推進する点にある。この背景には、これまで言わば名人芸として植林や環境修復の実績が評価されていたが、その先の姿を示す工夫が必要ではないかと考える発想がある。この取り組みを、世界のマングローブ生態系のホットスポットとも評価されるサバ州で、州の担当タスクチームと共に考えしていくことを推進したい。

上記の目的を掲げて、本報告では①典型的かつ基準地ともなるサバ州でのサンプルフィールド数か所を設定して、その対象地が置かれる基礎的諸条件についての実態評価を行う。本報告では、特に微地形・林床堆積物の特性、その展開の一つとしての有機物蓄積量、UAV SLAM による樹木形状の計測例などを報告する。②これまで正確な形状・重量の評価が困難だった支柱根についてのデータが揃ってきた柳澤英明氏の報告を次に行い、③これまでに、関連諸兄とも試行錯誤してきたマングローブ生態系の形成維持機構の総括的な把握提案事例や、若干の過誤事例にも触れて、其処から得られる修復シナリオの着眼点や設定指針（試案）の構築と生態系修復のリスクと脆弱性に関する評価シート（試案）をたたき台として提案し、大方のご意見を賜りたい。

公開シンポジウム
「ボルネオ島、マレーシア・サバ州のマングローブ林はどうなっているのでしょうか？」

3D スキャナによるマレーシア・サバ州におけるマングローブ支柱根の体積特性

○柳澤英明（東北学院大）・宮城豊彦（ISME）・馬場繁幸（ISME）・檜谷昂（東京農大）
山本敦也（中日本航空）

マングローブは主に熱帯・亜熱帯地域の潮間帯上半部に分布し、多様な生態系サービスを提供している。その中でも優れた炭素蓄積能力は、ブルーカーボンと呼ばれる海域周辺の炭素を貯留する機能として注目を集めている。一般的にマングローブのバイオマス量は、伐採した樹木における乾燥重量と樹径や樹高との関係式を用いて算定される。Cole ら(1999)の研究では、ミクロネシアの島嶼を対象に、数百本の伐採樹木のデータから複数の樹種のバイオマス評価式を構築している。ただ、Cole ら(1999)の研究ではヤエヤマヒルギ属の支柱根は評価に含まれておらず、課題が残されている。一方、支柱根のバイオマス量の研究として、Cough and Scott (1989)や Komiya ら(1988)などの研究がある。ただデータ数が少なく、また地域差によって値が異なるため、必ずしも他の地域に適用できる式とはなっていない。そのため特定地域の支柱根バイオマス量を評価したい場合には、既往研究と同様に多くの樹木を伐採し、新たに評価式を構築する必要がある。しなしながら、近年、マングローブは多くの国々で保全対象となっていることから伐採許可を得ることは難しく、研究を実施することが困難な状況にある。

そこで、本研究ではマレーシア・サバ州を含む複数の国々におけるヤエヤマヒルギ属の支柱根を対象として、非接触型の測量手法である 3D スキャナを用いて体積評価を行った（図 1）。その結果を用いて、支柱根のバイオマス量と樹径の関係性を構築するとともに、地域間での比較（図 2）を通じて、マレーシア・サバ州におけるマングローブ支柱根の規模を明らかとした。

謝辞：マレーシア・サバ州で調査を実施するにあたり、サバ州森林局 Joseph Tangah 氏をはじめ多くの方の助力を得ました。ここに記し感謝申し上げます。

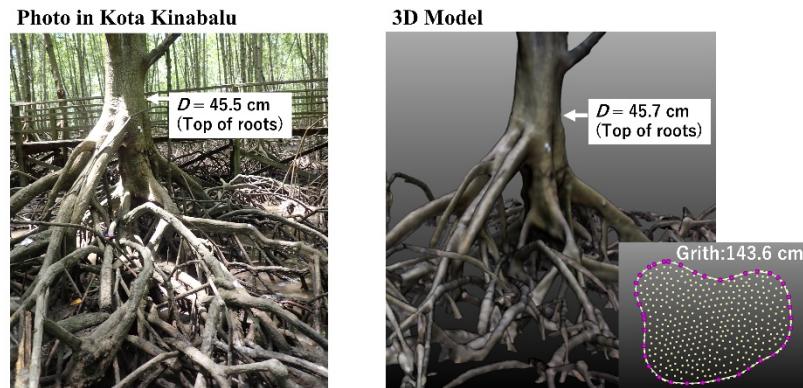


図 1 実測と 3D モデルの比較（左）写真・実測、（右）3D モデル

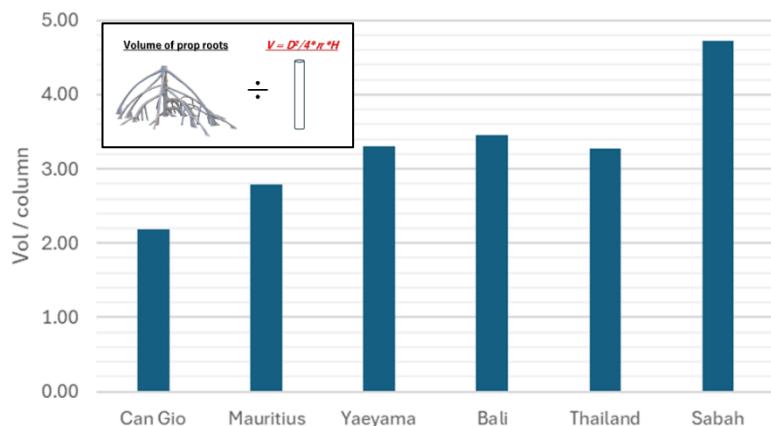


図 2 マングローブ支柱根の体積と支柱根高で定義した円柱体積の平均比率。サバ州の支柱根の規模が他地域と比べて大きい。