

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(B)（海外学術調査）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05788

研究課題名（和文）海面上昇が乾燥地に生育するヒルギダマシ林の遺伝構造と地理的動態に与える影響

研究課題名（英文）Effects of sea level rise on the genetic structure and geographical dynamics of grey mangrove forests growing in arid lands.

研究代表者

中島 敦司（Nakashima, Atsushi）

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：90283960

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではインド洋沿岸の10-20年間のヒルギダマシ林の面積変化，土砂移動による呼吸根の埋没の影響，広域での遺伝の変異を解析した。また，住民へのインタビューで林分の歴史的な動態を調査した。その結果，海面上昇による林分の衰退は現状では認められなかったが，土砂移動による呼吸根の埋没は成長を悪化させた。また，遺伝子型は地域ごとに特有になりやすく，林分の破壊は遺伝子群の破壊を誘発すると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では，乾燥地のマングローブの動態や生態や遺伝的特性をまとめて明らかにしたことで，マングローブや乾燥地の自然を把握することに対し新しい知見を与えた。また，ヒルギダマシの遺伝子が地域内で特有になりやすいことを明らかにし，種レベルではなく林分レベルでの保全の重要性を示した。その一方，地域の伝統知の中に経済と自然の持続的両立の可能性を明らかにし，SDGsに対し親和性の高い情報を提供できた。

研究成果の概要（英文）：In this study, changes in the area of A. Marina mangrove through 10-20 year period at the Indian Ocean coast, the effects of respiratory root burial due to sediment transport, and the genetic variation over the wide area were analyzed. The historical dynamics of forest area were also investigated by the interviews with local residents. The results showed that the forest area did not decline due to now level sea rising, but that the burial of respiratory roots due to sediment transport worsened the growth of the forest. Genotypes tended to be region-specific, and the destruction of forest cover will be thought to induce the destruction of gene groups.

研究分野：森林生態学，樹木生理学，地理学

キーワード：マングローブ ヒルギダマシ DNA 呼吸根 インド洋 海面上昇 土砂移動

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまでのマングローブ研究の中心は湿潤熱帯から亜熱帯であり、そこでの種の生理生態的特性や種間関係が解明されている。しかし、こうした地域のマングローブ林は種構成が複雑であり、林分が連続しているため、マングローブの地理的変動を解明するためには、種々のニッチにも前提を置かなければならなかった。にもかかわらず、乾燥～半乾燥地に成立するヒルギダマシを対象とした研究は非常に少ないため、林分の再生・保全のための技術開発に過去の学術情報の多くを直接利用できない状態にある。

このような状況の中、申請者らは、2008年よりインド洋～アラビア海に繋がる内海の紅海において種々の環境条件下にあるヒルギダマシ林の林分構造と生育環境を調査・比較することで、劣化したヒルギダマシ林を再生、保全するための技術的課題を抽出した。特に、家畜による食害の影響を定量的に評価、土砂移動による呼吸根の埋没(トラップ効果)が生育に与える悪影響の可能性を指摘した。それらに係る基礎情報として、ヒルギダマシの海水に依存して純林を形成する特異な適応戦略を生理生態的特性から解明し、同位体分析によって光合成、蒸散特性を把握することで高塩分ストレス下での水収支を推定した。さらに、遺伝解析を可能とするプライマーの開発に成功し、紅海内の林分間の遺伝的近縁性を定量的に評価、その分布拡大に潮流が大きな役割を果たしていることを解明した。これらの結果をもとに、家畜による食害を引き起こさない資源利用の方法と、遺伝的多様性が担保される林分サイズを明らかにし、遺伝子の攪乱を引き起こさない植樹、人為繁殖の手法を考案した。しかし、紅海は内海であるため非常に潮位の日および年変動が少なく、波浪の小さな特殊な海域であり、そこで得た知見を他地域、特に外洋沿岸へそのまま応用することはできない。また、トラップ効果の悪影響、遺伝学的視点による広域の地理的動態の実情に関しても、なお不明な点が残っていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1)乾燥地のマングローブの動態変化を明らかにし、近年の海面上昇の影響を受けているかどうかを把握すること、(2)波浪や海流などの土砂移動による呼吸根の埋没(トラップ効果)がヒルギダマシの生育に及ぼす影響を評価し、成長が受ける生理的、形態的な影響とそのメカニズムを明らかにすること、(3)遺伝解析により、同国内、近隣地域の林分間の遺伝的類縁関係、広域での変異を求め、(4)ヒルギダマシ林の歴史的な地理的拡大方向や動態を解析し、国・エリア別の沿岸の利用の仕方の違いが林分に与える影響を把握することである。

3. 研究の方法

本研究では、(1)環インド洋の17カ国のヒルギダマシ林の10～20年前から現在までの林分サイズ、位置を衛星画像で比較し、林分の面積変化を把握した。また、(2)土砂移動による呼吸根の埋没(トラップ効果)がヒルギダマシの生育に及ぼす影響を評価するために人為的に埋没させる実験を行い、成長が受ける生理的、形態的な影響を把握した。さらに、(3)5カ国8エリアで得たサンプルの遺伝解析を行い、マイクロサテライト法によって同国内、近隣地域の林分間の遺伝的類縁関係、広域での変異幅を求めた。その一方で、(4)現地において住民インタビューなどによってヒルギダマシ林の歴史的な動態を調査した。

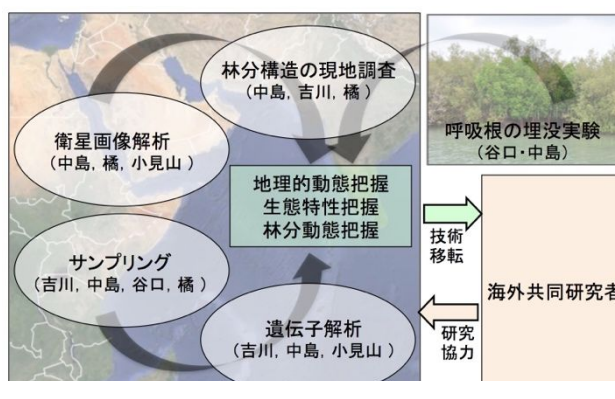


図1 本研究のスキーム

4. 研究成果

(1) 近年の林分動態と海面上昇の影響

衛星写真を用いた時系列でのヒルギダマシ林の面積変化は、有意水準は低かったが減少傾向であることが認められた。しかし、海面上昇の影響は明らかにならなかった。

対象地のインド洋沿岸域においては内湾などで局所的に70cmの海面上昇が見られるような場所もあったが、多くのエリアにける海面上昇はまだ小さく、さらに、ヒルギダマシ林が静波環境に位置しているために海岸侵食が起こりにくいこともあり、今のところでは海面上昇による破壊を明確に認めることができないという結果になった。ただし、外洋に面した海岸では侵食が顕著な場所もあり、沿岸林が大きなダメージを受けている場所もあり、その防風、防砂機能の低下が、静波条件を壊し、ヒルギダマシ林を減じる可能性は十分に考えられる。また、海面上昇は、内陸部への種子到着範囲を拡大させ、一部では幼樹群落が拡大している場所も確認されたが、大きな面積変化をとまなうレベルではなかった。しかし、これはあくまで、これまでの海面上昇レベルでの影響が大きくなかったという結果であり、今後、海面上昇レベルが大きくなると、本

研究でみられた変化が拡大する可能性は十分にある。

(2) 呼吸根の埋没(トラップ効果)の影響

これは、明確に認められた。土砂移動により呼吸根が 10cm 埋没すると、個体の成長が抑制された。さらに大きな、例えば 30cm の実験的な埋没深としても影響は 10 cmの埋没と変わらなかった。しかし、現地での洪水での 20cm 程度が埋没した林分では枯死する個体が多く認められた。この結果は、海面上昇や海岸に対する建設工事などによる土砂移動による呼吸根の埋没は、ヒルギダマシ林にダメージを与える可能性を示す結果である。

(3) 遺伝子分析による地理的動態の把握

インド～マダガスカルまでの範囲の 12 エリアにおいて葉のサンプルを獲得し、応募者らが開発したマーカーを用いてマイクロサテライト法で解析した結果、遺伝子タイプは大きく、インド、アラブ、アフリカ東北部、アフリカ東南部に分かれた。新型コロナウイルスの影響によりオーストラリア西部のサンプルは獲得できていないが、少なくとも本研究での結果は、ヒルギダマシでは、遺伝子の交流が大きくは起こりにくいことを示すものとみられる。また、近隣エリア内ではグラデーションのように遺伝子タイプが変化する弱い傾向がみられた。

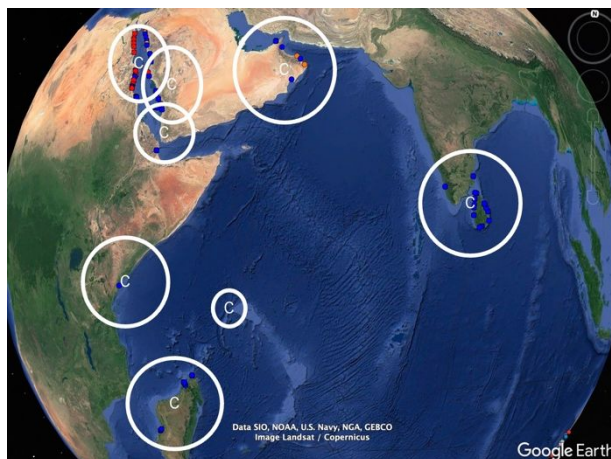


図2 遺伝子型は大きく5グループに分かれた

これらの理由としては、対象とした範囲は、ほとんどが乾燥地であり、林分が分断されている孤立林分が圧倒的に多いこと

で交配が起こりにくいことが最も大きいとみられた。さらに、種子の発芽能を維持した状態で浮遊しての移動距離も長くない(浮遊できる期間の短さ)ことも要因の一つとみられた。この結果は、乾燥地において、もともと貴重なヒルギダマシ林は、それぞれの林分が、それぞれに特有であることを示す結果であり、林分の破壊は、ある遺伝子群の破壊と同じ意味になると考えられた。

その一方で、飛び地的に遠隔地で近縁と分析されたスポットも散見され、その要因は明らかにならなかったが、例えば利用する目的での人為的な個体(種子)移動の可能性があり、歴史的な物流などの情報と比較することは興味深い課題として残った。

(4) ヒルギダマシ林の歴史的な動態の把握

前述の(1)において、ヒルギダマシ林の面積が減少傾向にあることを示したが、面積を減らした最大の要因はエビ養殖、塩田開発、リゾートホテルの建築など海岸開発によるものであった。また、乾燥地沿岸域で盛んに行われている焼き畑、家畜(ラクダ、コブウシ)の過密放牧の影響もエリアによっては顕著であった。さらに、都市化に伴う住民の生活様式の変化により、ヒルギダマシ樹を過剰に燃料利用することや、ゴミの投棄による水質や土壌の不栄養化の影響が深刻なエリアもあった。これらのことから分かることは、乾燥地において、もともとから貴重でまとまった自然環境であるヒルギダマシ林の保全において、海岸や沿岸の利用をどのように制限するか、ということとなる。その一方で、経済発展も地域社会にとって重要な課題であり、保護と経済の両立を実現する施策、技術の選択と導入が求められる。そこで現地聞き取りなどで把握できた可能性として、それぞれの地域における伝統知の中に、林分を破壊させずに持続的にバイオマスの最大利用を両立させる方法が存在することが確認され、今後は、それらを体系把握し、現代社会に適用させる方法を科学的に明らかにする文理融合の研究が次の課題となるとみられた。

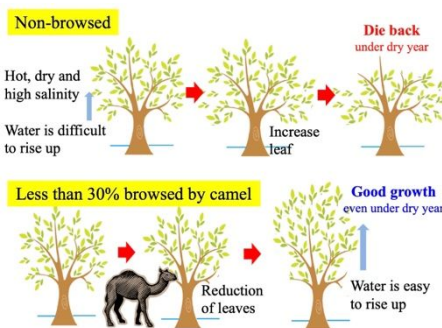
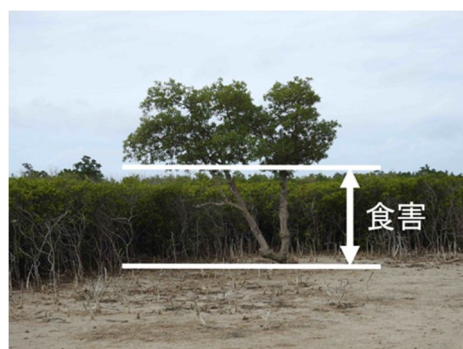


図3 動物の過剰採食で生育は悪化するが(左)適量なら間引き効果で成長は大きくなる(右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 18件）

1. 著者名 Yasuki HORIUCHI, Atsushi NAKASHIMA, Aoi KAMEI, Fumiaki SHIRAI, Satoshi TADOKORO, Guosheng ZHANG, Naoko H. MIKI and Ken YOSHIKAWA	4. 巻 28
2. 論文標題 Structure of Subterranean Tree Form Buried Sand on Juniperus sabina L. Grown on the Fixed Sand Dune at Semiarid Region in China	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Arid Land Studies	6. 最初と最後の頁 105-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14976/jals.28.S_105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kenji Ono, Akane Komoriya, Ryuichi Tachibana, Akihiro Imaya, Satoru Suzuki, Hironori Noguchi, Kyotaro Noguchi and Hiroaki Hagino	4. 巻 64
2. 論文標題 Effects of row deep tillage for the growth base formed by piling up soil in damp lowlands behind coastal sand dunes to construct coastal disaster prevention forest belts on the Kujukuri coastline, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 168-180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2018.1444422	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ryosuke Nakamura, Takashi Oyabu, James K. Ndufa, Bernard K. Kigwa, Ken Yoshikawa	4. 巻 26
2. 論文標題 Midday transpiration rates and daily pan evaporation from a Melia volkensii plantation during the rainy season in a semi-arid area in Kenya	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tropics	6. 最初と最後の頁 17-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3759/tropics.MS16-07	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Matsuo N., Banjo R., Teraminami T, Abdelwahab A., Amgad EL-S. Nakashima A., Nawata H. and Yoshikawa K	4. 巻 26
2. 論文標題 Branch Morphology of a Mangrove (Avicennia marina (Forsk.) Vierh) Growing in a Per-Arid Area on the Egyptian Red Sea Coast Regulates Water Use of Its Leaves.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Arid Land Study	6. 最初と最後の頁 91-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14976/jals.26.3_91	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Atsushi.NAKASHIMA, Ryuichi.TACHIBANA, Shingo.TANIGUCHI, Akira.KOMIYAMA and Ken.YOSHIKAWA
2. 発表標題 Mangrove in Western Madagascar
3. 学会等名 Desert Technology 13, Chennai, India (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小見山章	4. 発行年 2017年
2. 出版社 京都大学学術出版会	5. 総ページ数 273
3. 書名 「マングローブ林」変わりゆく海辺の森の生態系	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	橘 隆一 (Tachibana Ryuich) (20432297)	東京農業大学・地域環境科学部・教授 (32658)	
研究分担者	吉川 賢 (Yoshikawa Ken) (50166922)	岡山大学・地域総合研究センター・特命教授 (15301)	
研究分担者	小見山 章 (Komiya Akira) (60135184)	岐阜大学・応用生物科学部・フェロー (13701)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	谷口 真吾 (Taniguchi Shingo) (80444909)	琉球大学・農学部・教授 (18001)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関