

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25282084

研究課題名(和文) マングローブ主要構成種の地下部生産・分解プロセスと立地環境の関係

研究課題名(英文) Belowground roots production and decomposition processes of major mangrove species and site environments

研究代表者

藤本 潔 (FUJIMOTO, Kiyoshi)

南山大学・総合政策学部・教授

研究者番号：50329752

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：ミクロネシア連邦ポンペイ島と西表島のマングローブ林において、主要樹種の細根蓄積・分解速度を明らかにした。また、根圏の窒素固定機能について検討した。1年間の蓄積量は、ポンペイ島ではいずれの樹種も40～50 t/ha程度であったが、一部陸側で25 t/ha前後と少ない樹種も見られた。西表島では4～9 t/haであった。1年間の根リター残存率は、ポンペイ島のヤエヤマヒルギ海側プロットで8%と極端に低く、他は40～85%であった。西表島では50～60%であった。窒素固定反応の活性化エネルギーは、すべての調査木で根近傍の方が非近傍より高かった。ポンペイ島の窒素固定活性は、他地域と比べ最も高かった。

研究成果の概要(英文)：We examined fine roots accumulation and decomposition rates and nitrogen fixation ability for major mangrove species of Pohnpei Island in Micronesia and Iriomote Island. Fine roots accumulation rates were 40 to 50 t/ha/year in Pohnpei except inland sites of three species, which were around 25 t/ha, and 4 to 9 t/ha/year in Iriomote. Root litter residual ratios for a year were 40 to 85% in Pohnpei except seaward site of *Rhizophora stylosa*, which was 8%, and 50 to 60% in Iriomote. Activation energy of nitrogen-fixing reaction was higher in rhizosphere than non-rhizosphere for all investigated trees. Nitrogen fixation activity in Pohnpei was highest compared with other regions.

研究分野：自然地理学、地生態学

 キーワード：マングローブ 根生産量 地下部生産速度 地下部分解速度 窒素固定機能 立地環境 ミクロネシア
連邦ポンペイ島 西表島

1. 研究開始当初の背景

温暖化対策を推進する上で、二酸化炭素吸収の場である森林生態系の保全と新規植林が重要であることはいうまでもない。それぞれの森林生態系が有する炭素蓄積機能を正しく評価するためには、地上部と共に、地下部の有機物生産・分解プロセスを明らかにする必要がある。そこで明らかにされた炭素蓄積機能に関わる定量的データは、国連の気候変動枠組条約締約国会議で制度化された A/R CDM や、近年具体的制度化が進められつつある REDD+ を推進する上で必要不可欠な科学的根拠となる。

マングローブ林は、潮間帯という限られた環境下でのみ成立可能であるため、その森林面積は地球上の全森林面積の 1% にも満たないが、潮間帯であるが故に地下部有機物の分解速度が遅く、他の森林生態系に比べ、地下部に大量の有機物を蓄積している。しかし、これまでの研究では、地下部への主要な有機物供給源である根の生産・分解プロセスは不明のままであり、A/R CDM や REDD+ において求められる $10^0 \sim 10^1$ 年オーダーでの炭素蓄積機能を評価することは困難な状況にあった。

2. 研究の目的

本課題では、主として細根の蓄積・分解速度を、樹種別、立地環境別に明らかにすることを第 1 の目的とする。

研究対象地域は、熱帯湿潤環境下にあるミクロネシア連邦ポンペイ島、およびマングローブ分布の北限に近い亜熱帯環境下にある西表島とする。対象樹種は、アジア太平洋地域における主要樹種で、ポンペイ島はフタバナヒルギ、ヤエヤマヒルギ、オヒルギ、マヤブシキ、ハウガンヒルギ、西表島はヤエヤマヒルギ、オヒルギとする。

また、生産力に影響を及ぼすと考えられる根圏の窒素固定機能について、既存研究でマングローブ植物の根近傍の土壌窒素固定活性が高いことが報告されているが、根近傍と非近傍の窒素固定バクテリアが異なるものなのか否かを、窒素固定反応の温度依存性を利用して検証する。さらに、ポンペイ島のマングローブ林の窒素固定活性を計測し、他地域の値と比較する。

3. 研究の方法

それぞれの樹種に対し、地盤高(冠水頻度)の異なる海側と陸側の 2 地点に試験地を設置し、細根蓄積速度はイングロースコア法、分解速度はリターバッグ法を用いて検討した。イングロースコアは直径 3cm のプラスチック製で、約 2mm のメッシュ構造となっている。コアはプロット毎に 10 本埋設し、1 年目と 2 年目にそれぞれ 5 本ずつ回収した。

コア内に蓄積された根は生根と死根に分類し、それぞれの乾燥重量を定量した。コア長は基盤深度に制約され 20~70cm と異なるが、ここでは深度 50cm まで(50cm 未満のコアは得られた深度まで)の値で議論する。

リターバッグにはナイロン製の布を用い、樹種毎に採取した径 2mm 未満の生根を封入し、それぞれのプロットの 10cm 深と 30cm 深に、それぞれ 3 個以上埋設した。

窒素固定機能に関しては、西表島ではヤエヤマヒルギの根近傍と非近傍の窒素固定バクテリアの酵素特性を比較した。ポンペイ島ではアセチレン還元法を用い、土壌窒素固定活性を計測し、他地域の報告値と比較した。

4. 研究成果

(1) 細根蓄積速度

ポンペイ島では、本研究期間内にフタバナヒルギ林の 2 年目とヤエヤマヒルギ林の陸側 2 年目のイングロースコアデータを得ることができなかったため、ここでは 1 年目のデータを用いて検討する。

細根蓄積量(生根死根合計)は、海側ではいずれの樹種も 40~50 t/ha 程度であったが、陸側では、ヤエヤマヒルギ、マヤブシキ、およびオヒルギが 25 t/ha 前後と相対的に少なかった(図 1)。

樹種毎に海側と陸側で比較したところ、フタバナヒルギの死根と生根死根合計、マヤブシキの生根と生根死根合計、およびオヒルギの生根死根合計で海側の方が陸側より有意に多かった。

樹種間では海側の生根と死根、陸側の死根、および陸側の生根死根合計で有意差が認められた。海側の生根はマヤブシキが他の樹種より有意に多かった。陸側の死根ではヤエヤマヒルギがオヒルギ、マヤブシキ、フタバナヒルギより多い傾向にあり、陸側の生根死根合計ではヤエヤマヒルギとハウガンヒルギがオヒルギ、マヤブシキ、フタバナヒルギより多い傾向にあった。また、海側の死根は、マヤブシキがヤエヤマヒルギ、オヒルギ、ハウガンヒルギより有意に少なかった。

西表島の 1 年目の細根蓄積量は、ヤエヤマヒルギが海側で約 6 t/ha、陸側で約 9 t/ha、オヒルギが海側で約 4 t/ha、陸側で約 6 t/ha であった(図 1)。

海側と陸側で比較すると、1 年目、2 年目共、ヤエヤマヒルギ、オヒルギのいずれも有意差は認められなかったが、樹種間では 2 年目の陸側生根でヤエヤマヒルギの方がオヒルギより有意に多かった。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は有意差は認められなかったが、ヤエヤマヒルギの海側とオヒルギの陸側でヤエヤマヒルギの方が有意に多かった。

ポンペイ島と西表島で比較すると、ポンペイ島の方がヤエヤマヒルギで約7倍、オヒルギで4~7倍多かった。ただし、調査プロットの地上部バイオマスは、西表島のヤエヤマヒルギ林が80 t/ha、オヒルギ林の海側が54 t/ha、陸側が34 t/haであるのに対し、ポンペイ島のヤエヤマヒルギ林は216 t/ha、オヒルギプロットのある林分は499 t/haであった。すなわち、地上部バイオマスはポンペイ島の方がヤエヤマヒルギ林で約2.7倍、オヒルギ林で9.2~14.6倍多く、ヤエヤマヒルギでは地上部バイオマスの相違以上に地下部の相違が大きいのに対し、オヒルギは地上部の相違ほど地下部の相違は大きくないことが明らかとなった。

(2) 分解速度

ポンペイ島におけるリターバッグ設置1年後の残存率は、ヤエヤマヒルギの海側10cm深で7.7%と極端に低く、フタバナヒルギの陸側30cm深とオヒルギは60~85%と相対的に高かった。他の樹種はおおよそ40~50%程度であった(図2)。

西表島はいずれも50~60%で有意差はみられなかった(図3)。

(3) 窒素固定機能

西表島における窒素固定反応の活性化エネルギーは、各調査木の根近傍と非近傍で異なっており、すべての調査木において、根近傍の方が非近傍より高かった(図4、5)。この結果は反応に参与している窒素固定細菌の酵素特性が根近傍と非近傍で異なることを示しており、マングローブ植物の生育により、土壌細菌の群集構造が変化している可能性を指摘できる。

また、今回得られたアレニウスプロットは、根近傍・非近傍の区別なく、やや直線性が低くなる場合があった。直線性が保たれない理由として、設定した温度範囲内で細菌の生物活性に温度依存性があった、活性化エネルギーが異なる複数種の窒素固定酵素が土壌中に存在していた、などの可能性が考えられる。自然界で窒素固定反応を担っている細菌が持っている酵素ニトロゲナーゼは、これまでに、活性中心金属や構造が異なる3種類が報告されている。複数種の細菌と酵素の組み合わせによる複層反応になっている場合、活性化エネルギーの異なる反応の寄与率が増すほど、アレニウスプロットの直線性が失われる。

ポンペイ島のマングローブ林における窒素固定活性は、他地域における報告値の中では最も高かった(図6)。植生や林分による差異は見られたが、それほど顕著な差ではなく、むしろ「ポンペイ島のマングローブ林の窒素固定活性が高い」ということの特徴が際立った。これは、周辺環境の変動によって窒素供給が減少しても、自給自足的に窒素を確保できるということを示唆している。

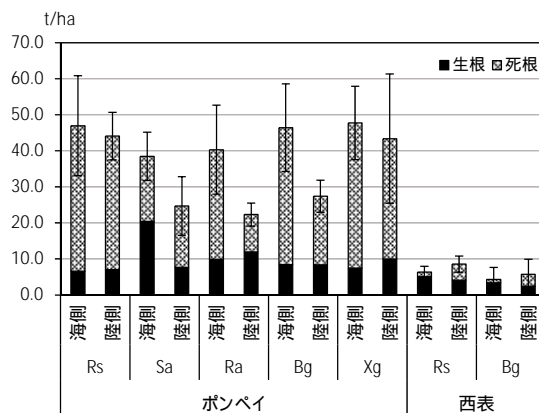


図1 1年目の樹種別細根蓄積量

Rs: ヤエヤマヒルギ、Sa: マヤブシキ、Ra: フタバナヒルギ、Bg: オヒルギ、Xg: ホウガンヒルギ

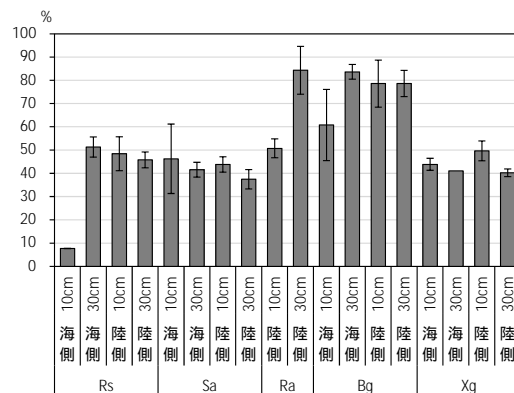


図2 ポンペイ島における1年目の根リター残存率

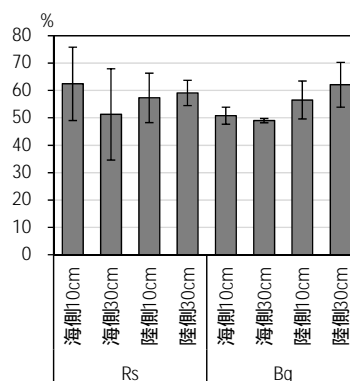


図3 西表島における1年目の根リター残存率

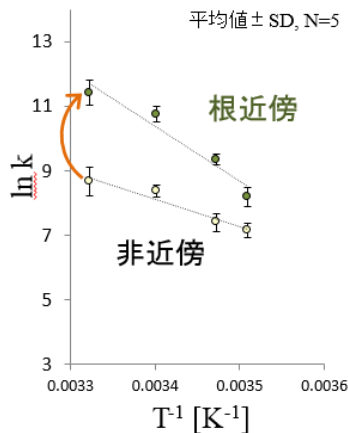


図 4 西表島におけるヤエヤマヒルギの根近傍と非近傍の窒素固定反応アレニウスプロット

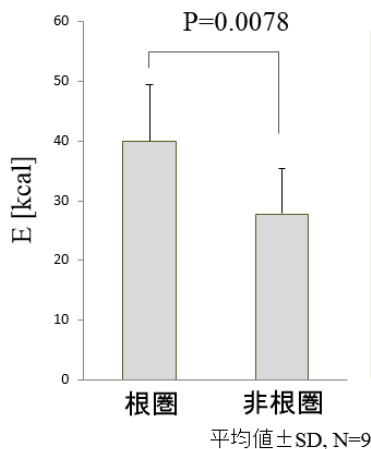


図 5 ヤエヤマヒルギの根近傍と非近傍の窒素固定反応の活性化エネルギー

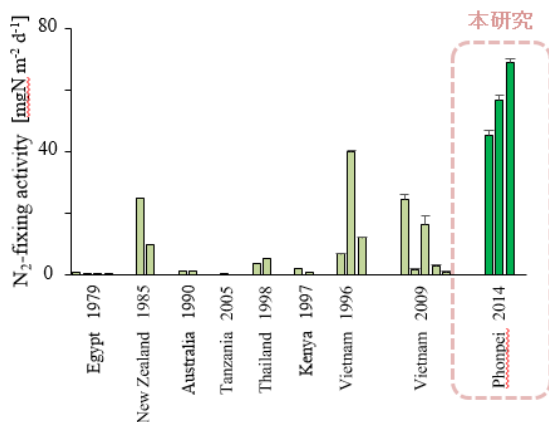


図 6 ポンペイ島と他地域におけるマングローブ林の窒素固定活性値との比較

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)

(雑誌論文)(計5件)

Nishino, Y., Fujimoto, K., Tabuchi R., Hirata, Y., Ono, K., Taniguchi, S., Ogawa, T., Lihpai, S. 2015. Estimation of aboveground biomass in a *Rhizophora stylosa* forest with density developed prop roots in Pohnpei Island, Federated States of Micronesia. *Mangrove Science*, Vol. 9, 17-25, 査読有

藤本潔、三浦正史、春山成子 2015. 西表島仲間川低地におけるマングローブ林の立地形成過程と地盤運動. *Mangrove Science*, Vol. 9, 3-15, 査読有

Ono, K., Hiradate, S., Morita, S., Hiraide, M., Hirata, Y., Fujimoto, K., Tabuchi, R., Lihpai, S. 2015. Assessing the carbon compositions and sources of mangrove peat in a tropical mangrove forest on Pohnpei Island, Federated States of Micronesia. *Geoderma*, Vol. 245/246, 11-20, 査読有

Fujimoto, K., Mochida, Y., Kikuchi, T., Tabuchi, R., Hirata, Y., Lihpai, S. 2015. The relationships among community type, peat layer thickness, belowground carbon storage and habitat age of mangrove forests in Pohnpei Island, Micronesia. *Open Journal of Forestry*, Vol. 5, 48-56, 査読有

Fujimoto, K., Tabuchi, R., Hirata, Y., Ono, K., Taniguchi, S., Lihpai, S. 2013. Aboveground dynamics and productivity of major mangrove communities on Pohnpei Island, Federated States of Micronesia. *Global Environmental Research*, Vol. 17, No. 2, 207-214, 査読有

(学会発表)(計21件)

Ono, K., Fujimoto, K., Tabuchi, R., Taniguchi, S., Watanabe, S., Lihpai, S., Estimation of fine root production and decomposition rates in tropical and subtropical mangrove forests, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017年5月20日、幕張メッセ(千葉市)

松井夕貴、藤本潔、小野賢二、渡辺信、谷口真吾、Saimon Lihpai、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)第22回日本マングローブ学会平成28年度

大会、2016年12月11日、東京農業大学（東京都）

藤本潔、海面上昇に伴いマングローブ林で起こりつつあること - ミクロネシア連邦ポンペイ島からの報告（速報） - 、日本地理学会2016年度秋季学術大会、2016年9月30日、東北大学（宮城県・仙台市）

藤本潔、海面上昇がマングローブ生態系へ及ぼしつつある影響 - ミクロネシア連邦ポンペイ島で起こりつつあること - 、第26回日本熱帯生態学会年次大会、2016年6月16日、筑波大学（茨城県・つくば市）

藤本潔、海面上昇に伴ってマングローブ泥炭堆積域で今起こりつつあること、第21回日本マングローブ学会平成27年度大会、2015年12月13日、東京農業大学（東京都）

小野賢二、藤本潔、渡辺信、谷口真吾、井上智美、小川知美、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量、第21回日本マングローブ学会平成27年度大会、2015年12月13日、東京農業大学（東京都）

井上智美、小山里奈、松尾奈緒子、オヒルギ *Bruguiera gymnorhiza* の窒素獲得機構、第21回日本マングローブ学会平成27年度大会、2015年12月12日、東京農業大学（東京都）

藤本潔、小野賢二、渡辺信、谷口真吾、井上智美、マングローブ主要構成種の地下部生産・分解プロセスと立地環境の関係、第21回日本マングローブ学会平成27年度大会、2015年12月12日、東京農業大学（東京都）

Fujimoto, K., Tabuchi, R., Ono, K., Taniguchi, S., Watanabe, S., Inoue, T., Lihpai, S., Effects of sea-level rise on mangrove habitats and forest dynamics: present status and prediction based on geomorphological and long-term monitoring data in Pohnpei Island, Micronesia, XIX INQUA Congress, 2015年7月28日、名古屋国際会議場（愛知県・名古屋市）

Ono, K., Fujimoto, K., Hirata, Y., Hiradate, S., Taniguchi, S., Tabuchi, R., Effects of belowground productivity on the belowground carbon storage in *Rhizophora apiculata* forest on Pohnpei Island, Federated States of Micronesia, XIX INQUA Congress, 2015年7月28日、

名古屋国際会議場（愛知県・名古屋市）

Inoue, T., Baba, S., Root functions of mangrove plants: Key to highly productive mangrove ecosystems, Association of Tropical Biology and Conservation Conference 2015, 2015年7月12-16日、Honolulu（USA）

藤本潔、マングローブ生態系と地球環境研究、第25回日本熱帯生態学会年次大会、2015年6月20日、京都大学（京都市）

Ono, K., Hiradate, S., Fujimoto, K., Hirata, Y., Hiraide, M., Tabuchi, R., Lihpai, S., Accumulation processes of organic carbon in peat deposit in a tropical mangrove forest, 日本地球惑星科学連合2015年大会、2015年5月27日、幕張メッセ（千葉市）

森田茅裕、藤本潔、田淵隆一、小野賢二、谷口真吾、渡辺信、井上智美、小川知美、Saimon Lihpai、ミクロネシア連邦ポンペイ島のエステュアリ型マングローブ林における20年間の森林動態と海面上昇の影響、第20回日本マングローブ学会平成26年度大会、2014年11月22日、東京農業大学（東京都）

小川知美、小野賢二、藤本潔、渡辺信、谷口真吾、井上智美、西表島船浦湾における *Rhizophora stylosa* 林の細根生産量と潮汐環境の関係、第20回日本マングローブ学会平成26年度大会、2014年11月22日、東京農業大学（東京都）

Ogawa, T., Ono, K., Fujimoto, K., Watanabe, S., Taniguchi, S., Inoue, T., Fine root production and tidal environment of *Rhizophora stylosa* stands in Iriomote Island, southwestern Japan, 6th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants, 2014年9月9-11日、名古屋大学（愛知県・名古屋市）

Ono, K., Fujimoto, K., Hirata, Y., Taniguchi, S., Tabuchi, R., Lihpai, S., Estimation of fine root dynamics in mangrove (*Rhizophora apiculata*) forest in Pohnpei island, FSM, 6th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants, 2014年9月9-11日、名古屋大学（愛知県・名古屋市）

小野賢二、平箱俊太郎、森田沙綾香、藤本潔、平田泰雅、田淵隆一、Saimon LIHPAI、ミクロネシア連邦ポンペイ島サ

ンゴ礁上マングローブ林における泥炭生成・蓄積過程の評価、第61回日本生態学会大会、2014年3月17日、広島国際会議場（広島市）

井上智美、竹中明夫、マングローブ根圏には特異な窒素固定バクテリアが存在するのか？ - 反応の温度依存症から考察する -、第19回日本マングローブ学会平成25年度大会、2013年12月14日、東京農業大学（東京都）

新貝陽香、藤本潔、谷口真吾、小野賢二、渡辺信、井上智美、平田泰雅、田淵隆一、Saimon Lihpai、ミクロネシア連邦ポンペイ島における急激な海面上昇がマングローブ生態系に及ぼしつつある影響について、第19回日本マングローブ学会平成25年度大会、2013年12月14日、東京農業大学（東京都）

- ②1 Fujimoto, K., Taniguchi, S., Ono, K., Hirata, Y., Tabuchi, R., Lihpai, S., Effects of sea-level rise to mangrove habitat are already emerging: From the long-term monitoring in Pohnpei Island, Micronesia, IGU 2013 Kyoto Regional Conference, 2013年8月8日、京都国際会議場（京都市）

〔図書〕（計1件）

藤本潔、宮城豊彦、西城潔、竹内裕希子、古今書院、微地形学 - 人と自然をつなぐ鍵 -、2016年、358 (80-104)

〔産業財産権〕

出願状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤本 潔 (FUJIMOTO, Kiyoshi)
南山大学・総合政策学部・教授
研究者番号：50329752

(2) 研究分担者

渡辺 信 (WATANABE, Shin)
琉球大学・熱帯生物圏研究センター・准教授
研究者番号：10396608

小野 賢二 (ONO, Kenji)
国立研究開発法人・森林研究整備機構・森林総合研究所・主任研究員
研究者番号：30353634

井上 智美 (INOUE, Tomomi)
国立研究開発法人・国立環境研究所・主任研究員
研究者番号：80435578

(3) 連携研究者

谷口 真吾 (TANIGUCHI, Shingo)
琉球大学・農学部・教授
研究者番号：80444909

(4) 研究協力者

田淵 隆一 (TABUCHI, Ryuichi)
平出 政和 (HIRAIDE, Masakazu)
小川 知美 (OGAWA, Tomomi)
西埜 友美 (NISHINO, Yumi)