

機関番号：82101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20770020

研究課題名 (和文) マングローブ植物の根圏酸化機能に関する研究

研究課題名 (英文) An effect of oxygen releasing mangrove roots on soil chemical properties

研究代表者

井上 智美 (INOUE TOMOMI)

独立行政法人国立環境研究所・アジア自然共生研究グループ・研究員

研究者番号：80435578

研究成果の概要 (和文) : 本研究の目的は、マングローブ植物の根圏酸化機能を測定することと、根圏土壌の化学特性を明らかにしようとするものである。2 年生の実生を用いた測定により、マングローブ植物 (ヒルギダマシ・ヤエヤマヒルギ・オヒルギ) の根からの酸素漏出速度は、個体差があるものの、地上部への光強度の増加に伴って増加することが明らかとなった。また、根から漏れ出した酸素によると思われる酸化鉄皮膜が根表面から検出された。さらに栽培実験と野外生育地の双方では、根圏土壌水中に高い硝酸態窒素濃度と低いメタン濃度が観測され、植物による根圏酸化が土壌化学機構に酸化的影響を及ぼしていることが確認された。

研究成果の概要 (英文) : The aim of this study was to measure radial oxygen loss (ROL) from mangrove plant roots and to clarify soil chemical properties in the oxygen supplied rhizosphere. We observed that ROL of mangrove plants were significantly higher under illuminated conditions compared with those under dark condition. Furthermore, we detected deposition of iron oxide on root surfaces, lowered methane concentrations and increased oxidized inorganic nitrogen concentrations in the soil pore water, suggesting that ROL had affected these soil chemical properties.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：植物生理生態学

科研費の分科・細目：基礎生物学、生態・環境

キーワード：マングローブ植物、根圏酸化、窒素固定、土壌化学

1. 研究開始当初の背景

潮間帯は満潮時に起きる海水の進入のため、常に塩分を含んだ冠水にさらされている。マングローブ植物はこのような過酷な環境に適応した植物で、独特かつ豊かな森林生態系を形成して陸域と海域生態系をつないでいる。しかし近年、開発や社会システムの変化に伴って、世界中のマングローブ林が急

激に減少しており、生態系への影響が危惧されている。そのため、生態系の基盤である底質土壌を性格づけているメカニズム、「マングローブ植物の根が土壌に与えている影響」について正確な知見を得ることが必要である。

干満を繰り返す潮間帯の土壌は常に嫌氣的で土壌中の酸素濃度はほぼゼロに等しい。

このような場所では主に嫌気性の微生物が代謝活動を担っている。マングローブ植物の多くは地下部の酸素不足ストレスに対応するため、通気組織の発達した呼吸根により、地上部から地下部へ拡散で酸素を送っている。地下部へ送られた酸素は根の呼吸によって消費されるが、その一部は根を介して根圏へと漏出され、嫌気的な土壌中でモザイク状に好気的環境を形成し、微生物環境を大きく変える要因となる。一方、マングローブ植物が生育することで土壌には大量の有機物が供給される。微生物による有機物の分解活動により、より嫌気的な環境が形成される反面、根の極近傍には酸素漏出による酸化環境が形成される、といった複雑な土壌環境が形成されていることが予想される。申請者はこれまで、淡水の水生植物による地下部への酸素輸送機能に関する研究を行ってきた。植物の根からの酸素漏出速度を正確に測定する新規的な測定法を開発し、測定を行ったところ、酸素漏出速度は同属の植物でも種によって大きく異なることが明らかになった。マングローブ生態系でも、植物種によって土壌へ及ぼす影響は異なることが予想される。これらについて、定量的な検討を行うことでマングローブ生態系の物質循環機構の解明への基礎データが得られる。

2. 研究の目的

本研究では、マングローブ林を構成する主要な植物3種（ヒルギダマシ、ヤエヤマヒルギ、オヒルギ）の根圏酸化能力を定量的に評価することを第一の目的とした。さらに、酸化された根圏土壌の化学特性と微生物活性を測定し、根圏酸化との関係を検証する。

3. 研究の方法

(1) 根からの酸素漏出速度

測定用のマングローブ植物を温室内において栽培した後、人工気象チャンバー内で測定を行った。栽培は、測定装置用に開発した半水耕型方式で行った。測定はアントラキノン溶液（アントラキノンラジカルアニオン/イソプロピルアルコール）を酸素検出物質と

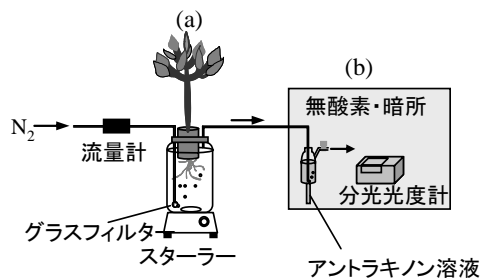


図1. 測定装置概図

して用い、地上部の光強度変化に対する経時変化を測定した（図1）。

(2) 根圏土壌の化学特性と微生物活性

温室栽培個体および野外生育個体について、根圏土壌と非根圏土壌の理化学性（窒素、リン、鉄、メタン）を測定し、比較した。栽培実験では、ヒルギダマシ、ヤエヤマヒルギ、オヒルギの2年生実生のポット植えを温室（27°C、70%RH）にて6ヶ月間栽培した。実験開始後30、60、120、180日目に各ポットの土壌水中の無機窒素イオン（ NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- ）、リン酸イオン、鉄(II)イオン、溶存メタン濃度、及び土壌窒素含有量、植物体窒素含有量と根酸化鉄皮膜量を測定し、無植生処理と比較を行った。さらに栽培最終日に土壌及び根の窒素固定菌活性を測定し、3種の比較を行った。

4. 研究成果

(1) 根からの酸素漏出速度

2年生マングローブ3種の根からの酸素漏出速度の測定結果を図2に示す。

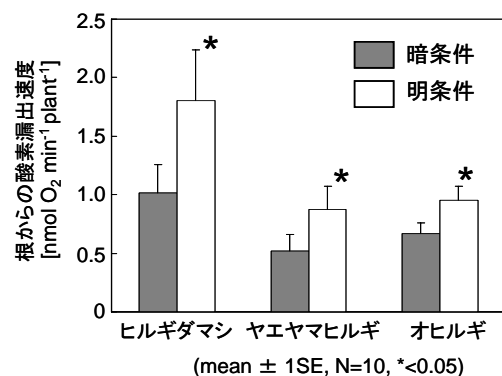


図2. マングローブ3種(2年生)のROL

3種共、根からの酸素漏出速度には個体差がみられたものの、いずれの個体も、暗条件下に比べて明条件下の方が高い酸素漏出速度を示すことが明らかとなった。光合成による体内酸素濃度の上昇、もしくは光に対する何らかの応答で通気組織の抵抗が低下することが地下部への酸素輸送および根からの酸素漏出速度に正の影響を及ぼしていると考えられる。また、オヒルギとヤエヤマヒルギについては、空気の入り口とされる「皮目」の発達した幹の重量や通気組織の発達した木化根の重量と根からの酸素漏出速度に正の関係が認められた。このことから、地上部に露出している各器官への分配を測定することで、地下部の根圏酸化機能を推定できることが期待できる。

(2) 根圏土壌の化学特性と微生物活性

①野外調査

沖縄県石垣市川平、浦田原川河口域に形成するマングローブ林にて野外調査を行った。森林を構成する優先樹種3種は陸側から海側へ向けて地盤高が下がるにつれてオヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギダマシの順に带状分布を形成していた。各々の根圏区と非根圏区(根圏区から10cm地点)において、環境変数(温度、pH、塩分)と共に土壌有機物含有量とC/Nを測定したところ、3種全ての根圏土壌において、非根圏区より高い有機物含有量と低いC/Nが認められた。このことから、

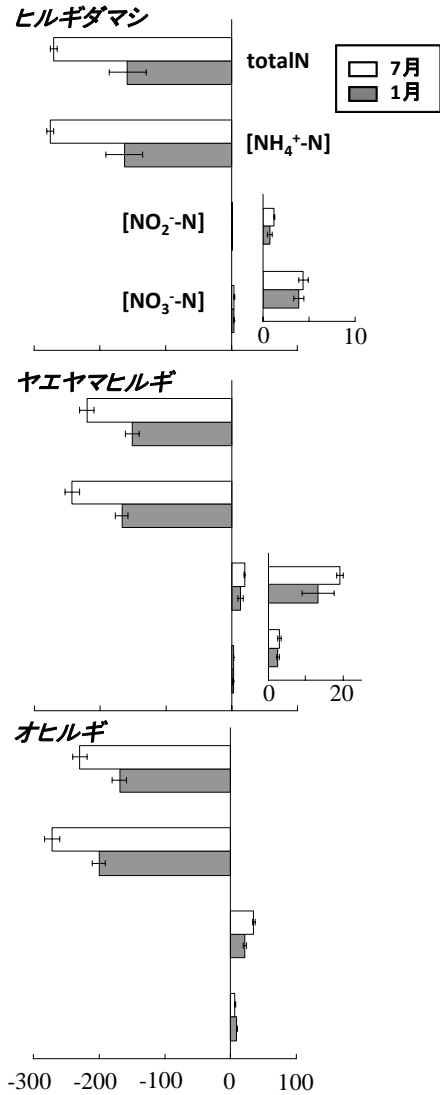


図4 野外生育地におけるマングローブ根圏区と非根圏区(根圏区から10cm地点)の無機窒素化合物濃度の差(µgN L⁻¹)
数値は(根圏区-非根圏区)

根圏区では枯死根などの有機物供給量が多いと共に、微生物による窒素同化が起きていることが推察される。また、有機物含有量とC/Nは全体的に冬季で高かった。調査サイト

の冬季の土壌温度は夏季に比べて概ね 10°C 低く、分解や窒素同化を伴う微生物活動が低下している可能性がある。このような冬季の有機物蓄積は特に根圏区で顕著であり、根圏区の微生物相が非根圏区と異なることや冬季に枯死根などの有機物供給量が増加していることなどが推察される。

植物可吸態である土壌間隙水中の溶存全窒素濃度は、3種全てにおいて根圏区の方が非根圏区より低かった(図4)。形態別に見ると、アンモニア態窒素濃度は非根圏区の方が根圏区より高く、硝酸及び亜硝酸態窒素濃度は根圏区の方が高かった。このことから、吸気のための通気組織を通じて根細胞内へ送られた酸素が根圏土壌へ漏れ出し、酸化的な根圏区でアンモニア態窒素が酸化される硝化作用が起きていることが推察される。

②栽培実験

今回検討を行ったマングローブ3種では、(i)根表面の酸化鉄皮膜形成、(ii)溶存メタン濃度の減少、(iii)硝酸態窒素濃度の増加、が観測された(図5)。

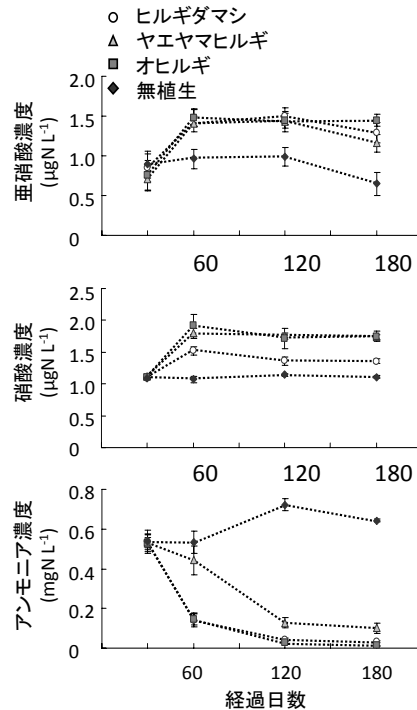


図5 ポット植えマングローブの土壌水中無機窒素濃度経時変化

これらは、マングローブ植物特有の根系通気システムにより、土壌化学特性に酸化的効果が及んでいることを示唆している。また3種全てにおいて、溶存リン酸濃度および鉄(II)イオン濃度の増加が確認された。植物には根

から有機酸などを漏出して可給態リン酸濃度や鉄(II)イオン濃度を増加させる能力があるものが報告されていることから、マングローブ植物にも同様の機能があることが推察される。本研究で観測された最も顕著な変化は土壌窒素含有量で、6ヶ月の実験期間中にマングローブ植生ポット中の土壌窒素含有量は無植生ポットに比べて約4倍に増加した。さらにマングローブ植生ポットの土壌と根において高い窒素固定菌活性が検出されたことから、マングローブ植物の生育と窒素固定菌活動に密接な関係があることが確認された(図6)。

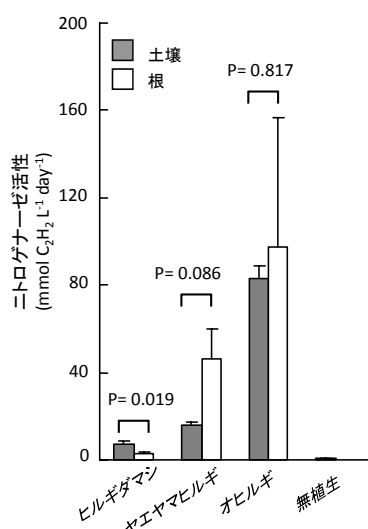


図6 ポット植えマングローブのニトロゲナーゼ(窒素固定酵素)活性

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3件)

- ① Tomomi Inoue, Seiichi Nohara, Katsumi Matsumoto, Yasuharu Anzai, What happens to soil chemical properties after mangrove plants colonize? Plant and Soil, 査読有, in press
- ② Tomomi Inoue, Hiroyuki Takagi, Seiichi Nohara, Yasuharu Anzai, Contrast of nitrogen around roots of mangrove plants, Plant and Soil, 査読有, Vol. 339, 2011, 471-483
- ③ Tomomi Inoue, Tetsumi Asano, Yasuharu Anzai, Seiichi Nohara, A key to a highly productive mangrove ecosystem-Characteristics of water quality and bacterial functions in Can Gio mangrove forest, Vietnam, Proceedings of the National Workshop,

Restoration and management of mangrove ecosystems in the context of climate change, 査読有, 2011, pp.97-103

[学会発表] (計8件)

- ① Tomomi Inoue, Tetsumi Asano, Yasuharu Anzai, Seiichi Nohara, A key to a highly productive mangrove ecosystem-Characteristics of water quality and bacterial functions in Can Gio mangrove forest, Vietnam, The National Workshop, Restoration and management of mangrove ecosystems in the context of climate change, 2010. 11. 24, Can Gio, Vietnam
- ② 井上智美, 松本勝美, 安西康晴, マングローブ生育土壌の化学特性, 第16回日本マングローブ学会, 2010. 11. 6, 東京
- ③ Tomomi inoue, Takayoshi Tsuchiya, Eco@hysiology of three emergent plants (typha latifolia L., Typha orientalis Presl., Typha angustifolia L.) which differ in water depth habitat, International Society for Plant Anaerobiosis 10th conference, 2010. 6. 21, Volterra, Italy
- ④ 井上智美, 浅野哲美, 安西康晴, 野原精一, メコンデルタマングローブ林における窒素固定機能, 日本生態学会第57回全国大会, 2010. 3. 18, 東京
- ⑤ 井上智美, 野原精一, 安西康晴, 松本勝美, 松本幸子, マングローブ植物の根圏窒素動態, 第15回日本マングローブ学会, 2009. 11. 8, 東京
- ⑥ Tomomi Inoue, Masahiko Hashizume, Hiroyuki Takagi, Yasuharu Anzai, Katsumi Matsumoto, Sachiko Matsumoto, Seiichi Nohara, Radial oxygen loss from the roots of three mangrove plants, Avicennia marina, Rhizophora stylosa and Bruguiera gymnorhiza, The 10th International Congress of Ecology, INTECOL, 2009. 8. 18, Brisbane, Australia
- ⑦ 井上智美, マングローブ植物3種(オヒルギ・ヤエヤマヒルギ・ヒルギダマシ)の根圏酸化機能, 日本生態学会第56回全国大会, 2009. 3. 18, 岩手
- ⑧ 井上智美, マングローブ植物の根圏酸化機能, 第14回日本マングローブ学会, 2008. 11. 8, 東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 智美 (INOUE TOMOMI)
 独立行政法人国立環境研究所・
 アジア自然共生研究グループ・研究員

研究者番号：80435578

(2)研究分担者
該当なし

(3)連携研究者
該当なし