

マレーシア熱帯泥炭地における微生物群集構造とそれらの生物地球化学的循環への寄与

メタデータ	言語: eng 出版者: 公開日: 2022-05-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: アジザン, フィトリア メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/22577

「博士学位請求論文」審査報告書

審査委員 (主査) 農学部 専任教授

氏名 登尾 浩助

(副査) 農学部 専任教授

氏名 村上 周一郎

(副査) 農学部 専任准教授

氏名 マクタガート イアン

(副査) 東京大学大学院農学生命科学研究科
特任准教授

氏名 原 啓文

- 1 論文提出者 Azizan Fitriah
- 2 論文題名 Microbial Community Structure and Their Contribution to Biogeochemical Cycles
in Malaysian Tropical Peatland
- (和文題) マレーシア熱帯泥炭地における微生物群集構造とそれらの生物地球化学的
循環への寄与

3 論文の構成

本論文は以下のように4章から構成される。

Abstract

Acknowledgement

Lists of journals and conferences publications

List of abbreviations

List of figures

List of tables

Chapter 1 Introduction and research background

Chapter 2 Greenhouse gas emissions under different land-use changes in tropical peatland

Chapter 3 Microbial community structure in undisturbed and disturbed tropical peatland

Chapter 4 Conclusion and outlook

Bibliography

Appendices

4 論文の概要

熱帯泥炭林は、熱帯雨林と泥炭地が一体となった唯一無二の二元的な生態系である。水文条件が地形に大きく影響し、植生構造や泥炭の種類が決定される。また、pHが一般にpH4以下と低く、嫌気的で貧栄養であるため、極端な生態系と考えられている。東南アジアの泥炭地の森林減少の主な要因は、工業用プランテーションの拡大と木材の採取であり、かつての泥炭湿地林は34%しか残っておらず、残りは農業プランテーションに転換されるか、大きく劣化している。マレーシアでは、アブラヤシの栽培拡大が自然泥炭地の劣化の引き金となっている。この栽培が二酸化炭素(CO₂)や亜酸化窒素(N₂O)などの温室効果ガス排出に与える影響に関する研究は少なくないが、このプロセスの基盤となる微生物群集は、泥炭地の発達や機能にとって重要であるにもかかわらず、これまで未解明であった。本研究では、マレーシアの熱帯泥炭地が攪乱に対してどのように応答するかをよりよく理解するために、(1) マレーシア熱帯泥炭地の異なる土地利用変化における温室効果ガス(GHG)排出量に影響を与える環境要因の評価 (2) マレーシアの熱帯泥炭地における泥炭湿地林とアブラヤシプランテーションの間の熱帯泥炭微生物群集構造変化の調査、そして(3) 攪乱されていない泥炭土壌と攪乱された泥炭土壌の間の泥炭深度にわたる微生物群集構造に対する環境制御の調査を研究目的とした。

Chapter 1では、研究の背景となった熱帯泥炭地のエコシステムを説明した。そして、熱帯泥炭森林の減少が主に森林伐採とプランテーションの拡大によって引き起こされている現状を述べた。さらに既存研究の成果をまとめて、最終的に上述のような本研究の目的を3つ挙げた。

Chapter 2では、異なる土地利用を行なっている熱帯泥炭地における温室効果ガス放出について、マレーシア国セランゴール州(半島マレーシア)の熱帯泥炭地を研究対象地とした実験結果をまとめた。実験対象地として天然泥炭森林(NF)、アブラヤシプランテーションの停止後6年経過した森林に回復中の回復泥炭森林(RF)、そして開設後10年から12年経過したアブラヤシプランテーション(OP)を設定した。それぞれの実験地では、2017年7月から2018年9~12月まで気温、相対湿度、地下水位、地温、土壌水分量、土壌電気伝導度を10分間隔で自動計測し、密閉式チャンバー法で地表面の温室効果ガスを2週間ごとに採取した。採取した温室効果ガスはガスクロマトグラフでCO₂、CH₄、N₂O濃度を分析した。また、各実験地の泥炭土壌を表面から10cm深度まで約1kgを3ヶ所で採取し、実験室に持ち帰って物理・化学的性質を分析した。その結果、OP、RF、NFにおける土壌のほとんどの物理・化学的性質には有意な差異は認められなかったが、唯一C/N比は、OP(16.46)が一番小さく、次いでRE(20.06)、そしてNF(76.37)の順に有意に大きくなった。また、有意差は認められなかったが、土壌中のアンモニア態窒素濃度は、NF(18.33 mg-N/kg) < OP(21.67 mg-N/kg) < RF(66.67 mg-N/kg)であった。気温、地温には有意な差異は認められなかった

が、体積含水率は観測期間を通じて OP が有意に最も小さかった。RF と NF には有意な差異は認められず、OP よりも大きかった。同様に地下水位は、観測期間を通じて OP が有意に最も低かった。RF と NF には有意な差異は認められず、OP よりも高かった。RF と NF では地下水位が高いほど、体積含水率が大きくなる傾向が認められた。全測定期間の平均 CO₂、CH₄、N₂O フラックスは、実験対象地間に有意な差異はなかった。しかし、積算 CH₄、N₂O フラックスでは、有意な差異があった。積算 CH₄ フラックスは OP が有意に小さかった一方、積算 N₂O フラックスは NF が有意に小さかった。これは、土壌が乾燥状態にあった OP で CH₄ 生成が少なく、土壌アンモニウム態窒素濃度が一番小さかった NF で N₂O 生成が少なかったためと考えられる。NF では化学肥料が一度も施肥されなかったため土壌アンモニウム態窒素濃度が一番小さかったと推察された。最後に土地利用別に温室効果ガスの 20 年間地球温暖化係数 (GWP) の合計を計算すると、OP<RF<NF となり予想とは正反対の結果となった。GWP は CO₂ の温室効果を 1 とした場合の温室効果で、CH₄ は 86、N₂O は 268 である。NF が最大になったのは CH₄ 放出に起因していることが明らかになった。

Chapter 3 では、異なる土地利用を行なっている熱帯泥炭地における土壌微生物群集について、マレーシア国セランゴール州 (半島マレーシア) の熱帯泥炭地を研究対象地とした実験結果をまとめた。実験対象地は、1980 年代に一旦伐採されて天然更新された未排水の熱帯泥炭森林 (NF) とそこに隣接する熱帯泥炭地を排水開墾して 10~15 年経過したアブラヤシプランテーション (OP) とした。各対象地での実験は 3 反復し、それぞれの反復実験地は 300~700m 離れていた。現地測定は 2019 年 9 月に実施した。NF の一ヶ所と OP の二ヶ所において、地温、土壌水分量、地下水位を 10 分間隔で経時的に測定した。地温と土壌水分量は、5cm と 30cm の 2 深度で測定した。地表面に 3 基の密閉式チャンバーを約 10m 間隔に設置して 3 日ごとに 1 ヶ月間ガス採取し、温室効果ガスフラックスを測定した。さらに、泥炭採土器を使って各実験地において 3 深度 (0~5cm, 20~25cm, 40~50cm) の泥炭土壌を合計で 18 試料採取して化学分析と微生物分析を行なった。化学分析では、pH と電気伝導度、そして主要陽イオンと陰イオン濃度を測定した。微生物分析を実施するために ISOIL ビーズビート土壌抽出キットを使って eDNA を抽出し、深度毎の eDNA を次世代シーケンサーを使って分析した。土壌分析の結果、NO₃⁻濃度と Ca²⁺濃度は NF の方が有意に OP よりも小さかった。一方、Na⁺濃度と Mg²⁺濃度は、NF の方が有意に OP よりも大きかった。地下水位はどちらの実験地も有意な差異はなく、地表面から 90cm 程度に位置していた。温室効果ガスフラックスは、CO₂ で NF>OP であったが、CH₄、N₂O では有意な差異はなかった。微生物群集構造は人為的攪乱に強く反応し、泥炭の深さや土地利用の変化に応じて変化することが示された。まず Acidobacteria 門が、OP と NF に関わらず熱帯泥炭地で優占している微生物群として観察された。これは環境因子の 1 つである熱帯泥炭地特有の酸性 pH に起因すると考えられた。しかしその分布する割合は、深度が深くなるにつれて減少する傾向が観察され、それに伴い Proteobacteria 門の菌株が増加した。また今回比較した OP と NF 間での微生物群の多様性においては、有意な相違は観察されず、熱帯泥炭地の森林に関する他の研究や熱帯土壌のアブラヤシプランテーションで報告された群集と概ね類似していた。しかし同一サイト内における深度毎の微生物群の比較では、その多様性と存在比に相違が見られることから、異なる環境条件下での植物残渣の分解過程と泥炭形成過程、さらに現在の環境因子が

微生物叢に影響を与えていることを示唆している。本研究では、約 60.5%の配列が既知の属に分類されなかったことから、酸性極限の生態系に新たな未知の微生物相が存在する可能性が示唆された。観察された土壤微生物群集の構造の変化を土壤の機能性と関連付けるために、さらなる研究が必要である。

Chapter 4 では、まとめと展望を記述した。本研究で得られた知見から、熱帯泥炭地の再湿潤化による復元は、復元開始後の時期によって温室効果ガスを削減できる場合とできない場合があることがわかった。泥炭地の回復の初期段階（例えば7年未満）では温室効果ガスの削減は不可能であるが、再湿潤化努力の段階（例えば時間軸ベース）による温室効果ガスの計上については、さらなる研究が必要である。熱帯泥炭地の酸性極限生態系には新たな未知の微生物相が存在する可能性があることが示唆された。分類学的な組成と機能を結びつけることは困難であり、微生物群集の構造と生態系機能を結びつけることはさらに困難であった。したがって、今後の研究では、熱帯泥炭地の生態系機能に対する微生物のターンオーバーの意味合いをより詳細に理解するために、土地利用の変化に大きな反応を示した特定の分類群に焦点を当てる必要がある。

5 論文の特質

既往研究では比較的短期間の温室効果ガス放出量にのみに焦点を当てて、熱帯泥炭地におけるアブラヤシプランテーションをネガティブに評価する傾向にあったが、本論文では比較的長期間わたる現地測定を天然泥炭森林 (NF)、回復泥炭森林 (RF)、そしてアブラヤシプランテーション (OP) において同時に実施することで、アブラヤシプランテーションに対する従来の見方を再評価する必要があることを明らかにした点は特記に値する。さらに、温室効果ガス放出に関連する土壤微生物群集を特定しようとする大変挑戦的な研究を実施して、pH4 以下という酸性環境下で機能する未知の微生物相の可能性を発見し、今後の研究の方向性を示したことが本論文の特質である。

6 論文の評価

本論文は、構成する各 Chapter のうち、Chapter 2 の内容は著者が既に筆頭として学術誌に掲載済みである。また、Chapter 3 の内容も学術誌への投稿準備中であるので、全体として完成度と新規性の高い論文であると評価できる。内容の新規性、独創性、将来への発展性、農業及び環境分野への貢献等を総合的に判断して、極めて高く評価することができる。

7 論文の判定

本学位請求論文は、農学研究科において必要な研究指導を受けたうえ提出されたものであり、本学学位規程の手続きに従い、審査委員全員による所定の審査及び最終試験に合格したので、博士（農学）の学位を授与するに値するものと判定する。

以 上