

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：82104

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04328

研究課題名（和文）オイルパーム農園から放出される膨大な量の温室効果ガスと温暖化の影響

研究課題名（英文）The huge amounts of greenhouse gases released from oil palm plantations and the impacts of global warming

研究代表者

近藤 俊明（Kondo, Toshiaki）

国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・生物資源・利用領域・主任研究員

研究者番号：40391106

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：オイルパーム農園では、果房収穫時に剪定される大型葉や再植栽時に伐採される幹など、膨大な量のパーム残渣が農園内に放置され、気候変動をもたらす要因となる。本研究では温暖化に対して分解者がどのような応答を示し、パーム農園から放出される温室効果ガスがどう変動するのかといった疑問の解明に向け、「温暖化操作実験下における温室効果ガス発生量の統合的観測」を実施した。その結果、温暖化が土壌微生物の活性を高め、難分解性の土壌有機物の分解を促進することでCO₂放出量が増加することや、シロアリの行動活性を高めることで、パーム残渣が早期に分解され、大気中にCO₂およびCH₄として放出されることなどが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オイルパーム農園から産出されるパーム油は、世界で最も多く消費される植物油脂であり、多くの国と地域の社会・経済を支える重要な植物油脂である。一方、オイルパーム農園の造成は、熱帯林の伐採等、深刻な環境問題を引き起こす要因となっており、パーム油認証制度の導入等による持続的オイルパーム農園経営の実現は、生産国のみならず、消費国を含めた国際社会が解決すべき喫緊の課題となっている。本研究を通じて得られた温室効果ガスの統合観測データは、こうしたパーム油認証制度の高度化や、気候変動に寄与しない持続的なオイルパーム農園経営の実現を図るうえで重要な指標となるもので、学術的価値・社会的意義の高いものであると言える。

研究成果の概要（英文）：In oil palm plantations, huge amounts of palm-derived organic matter, such as large leaves pruned during bunch harvesting and trunks cut down for replanting, are left on the plantation grounds and contribute to climate change. In this study, "Integrated Observation of Greenhouse Gas Emissions under Manipulated Warming" was conducted to elucidate questions such as how decomposers respond to global warming and how greenhouse gas emissions from palm plantations fluctuate. The results showed that warming increases the activity of soil microorganisms, which promotes the decomposition of persistent soil organic matter and thus increases CO₂ emissions, and that warming increases the behavioral activity of termites, which leads to the early decomposition of palm-derived organic matter and its release to the atmosphere in the form of CO₂ and CH₄.

研究分野：生態学

キーワード：オイルパーム アブラヤシ 温室効果ガス 土壌炭素フラックス

1. 研究開始当初の背景

東南アジアのオイルパーム農園では、果房収穫のため定期的に大型の葉が剪定されるとともに、果房生産量の低下から約 25 年間隔でパーム樹木の伐採・再植栽が行われるが、剪定された大型の葉や伐採されたパーム幹は搬出に要する経済的負担から農園内に放置され、その量はパーム油生産量世界第 2 位のマレーシア 1 国においても、年間総計 3.2 億トン（剪定葉 2.45 億、伐採幹 0.75 億トン）の膨大な量に上る。

こうしたパーム由来有機物が土壌微生物によって分解される場合、樹高 20m に達するパーム樹木のバイオマス量を反映した膨大な量の CO₂ が一時的に大気中に放出されるものの、放出された CO₂ は再植栽されるパーム樹木によって再度吸収されるため、気候変動への影響はおおよそニュートラルになると考えられる。一方、パーム由来有機物が熱帯域に多く生息するシロアリによって採餌される場合には、腸内共生細菌によるセルロースの分解により CO₂ の約 28 倍の温室効果を持つ CH₄ として大気中に放出され、気候変動を加速する要因となる。

これまで申請者らにより、農園内に放置されたパーム由来有機物の主要な分解者がシロアリであることや、シロアリによるパーム由来有機物の分解によって膨大な量の CO₂ および CH₄ が大気中に放出されること等が明らかとなってきたが、将来生じうる温暖化はシロアリに代表される分解者の活性化を通して、更なる気候変動をもたらす要因ともなりうる。

そのため、将来生じうる温暖化がパーム由来有機物の分解者動態や、CH₄ を含む温室効果ガス発生量に及ぼす影響の評価は、パーム油認証制度の高度化や、温室効果ガス排出抑止に向けた持続的なオイルパーム農園経営の実現を図るうえで重要な指標となる。

2. 研究の目的

本研究では、(国研) 国際農林水産業研究センターおよび (国研) 国立環境研究所により、土壌炭素フラックス観測のためのマルチチャンネル自動開閉式大型チャンバーシステムが導入されたマレーシア・ネグリスンビラン州のオイルパーム農園試験地において、温暖化操作実験下における温室効果ガス (CO₂、CH₄) 発生量の統合的観測を実施することで、

- ① 将来生じうる温暖化に対して、シロアリや土壌微生物等のパーム由来有機物の分解者がどのような応答を示すのか？
- ② その結果、農園内に放置されたパーム由来有機物の分解に起因した温室効果ガス放出量がどのように変化するのか？

等の疑問を解明し、気候変動抑止に向けた適切なオイルパーム農園管理手法を提示することを目的とした。

3. 研究の方法

調査は上述のマレーシア・ネグリスンビラン州のオイルパーム農園試験地で実施した (図 1a)。試験地には申請者らによって 15 基の温室効果ガス測定チャンバー (長 90cm×幅 90cm×高 50cm) が設置され、パーム由来有機物の農園内放置が気候変動に及ぼす影響の評価が実施されているが、本研究の遂行にあたり、新たに温暖化操作を行う 5 基を追加し、将来生じうる温暖化が分解者動態および温室効果ガス (CO₂、CH₄) 発生量に及ぼす影響を評価した。

なお、温暖化操作にあたっては、棒状赤外線ヒーターを高さ約 2.4 メートルの位置に設置し、チャンバー周辺の地温が約 2.0°C 高くなるよう設定した (図 1b)。

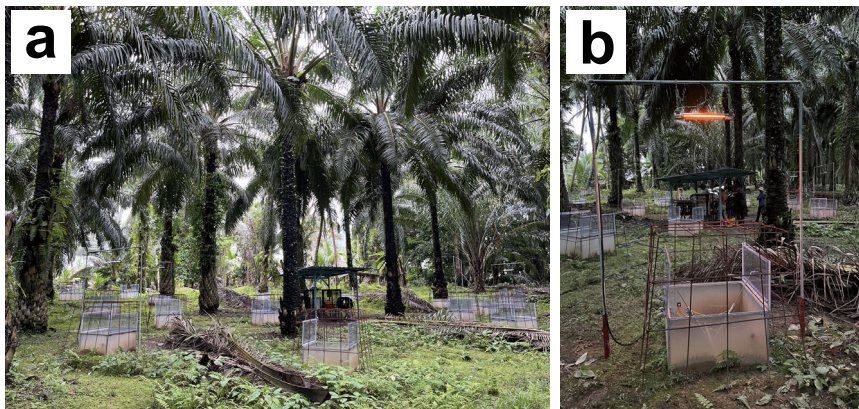


図 1. マレーシア・ネグリスンビラン州のオイルパーム農園試験地。

- a: マルチチャンネル自動開閉式大型チャンバーシステム。
b: 温暖化操作実験。

将来生じうる温暖化が分解者動態および温室効果ガス（CO₂、CH₄）発生量に及ぼす影響を明らかにするため、20基のチャンバーについて、5基ごとに以下の異なる4種類の処理を施した：

1. 無処理区（コントロール）：オイルパーム残渣を除去した試験区
2. 微生物分解区：伐採パーム幹を導入し、忌避剤によりシロアリの影響を除去した試験区
3. シロアリ分解区：伐採オイルパーム幹を導入し、シロアリの影響を除去しない試験区
4. 温暖化区：シロアリ分解区と同様の処理を行い、温暖化操作により地温を2.0℃上昇させた試験区

4. 研究成果

伐採パーム幹の導入実験を行った結果（図 2a）、忌避剤によりシロアリの影響を除去した試験区（微生物分解区）においては、導入後1年が経過しても導入した伐採パーム幹に大きな変化が見られなかったのに対し（図 2b）、シロアリの影響を排除しなかった試験区（シロアリ分解区および温暖化区）では、伐採パーム幹の導入直後からシロアリによる伐採パーム幹の分解が確認され（図 2d）、温暖化区においては約2ヶ月、シロアリ分解区においては約3ヶ月以内に導入した伐採パーム幹が分解された（図 2c）。つまり、温暖化操作実験化においても、オイルパーム農園内に放置されるパーム由来有機物の主要な分解者はシロアリであり、将来生じうる気候変動はシロアリの活性を高め、農園内に放置されるパーム由来有機物の分解を促進する可能性があることが明らかとなった。

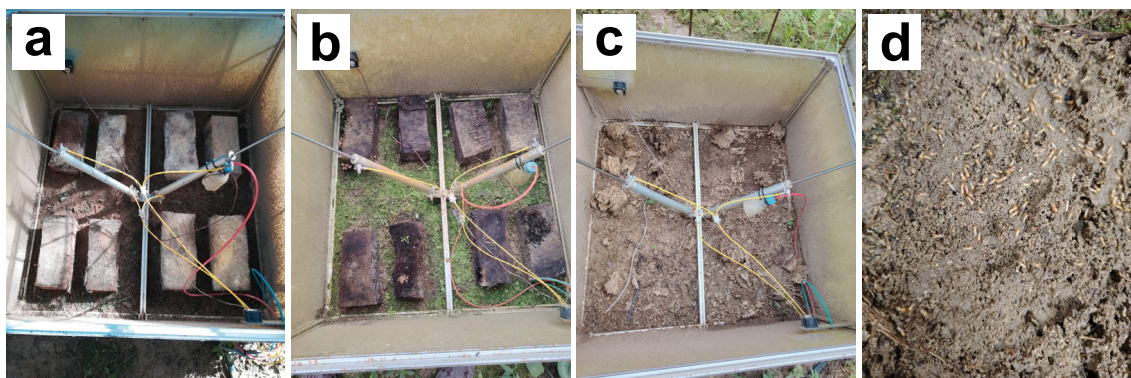


図 2. パーム由来有機物（伐採パーム幹）の導入実験。a: 導入直後の伐採パーム幹。b: 忌避剤によりシロアリの影響を除去した試験区。c: シロアリの影響を排除しなかった試験区。d: シロアリによる伐採パーム幹の分解。

また、パーム由来有機物の分解に伴う温室効果ガス（CO₂、CH₄）の発生および将来生じうる気候変動が及ぼす影響を評価するため、チャンバー内の CO₂ および CH₄ 濃度の 24 時間連続観測を行い、各処理区における CO₂ および CH₄ の単位時間面積当たりの発生速度（あるいは吸収速度）を計測した（図 3）。

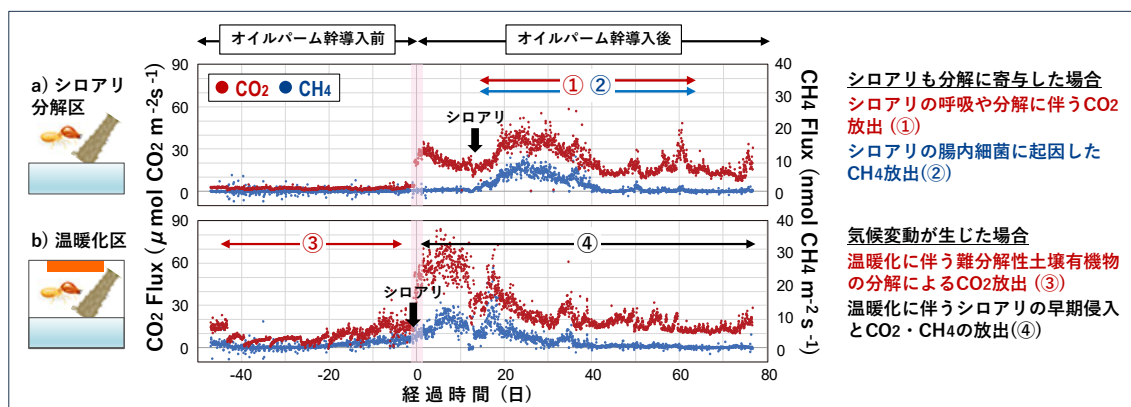


図 3. シロアリ分解区および温暖化操作区における土壌 CO₂/CH₄ フラックス（一部、他課題のデータを含む）。

これまで申請者らにより、シロアリによるパーム由来有機物の分解によって膨大な量の CO₂ および CH₄ が大気中に放出されること等が明らかとなってきているが（図 3a①②）、温暖化操作実験の結果、将来生じうる温暖化は土壌微生物相の変化はもたらさないものの、その量や活性を高め、難分解性の土壌有機物の分解を促進することで、土壌から放出される CO₂ 量の増加をもたらすことや（図 3b③）、シロアリの採餌・行動活性を高めることで、パーム由来有機物がより早期に分解され、CO₂ および CH₄ として大気中に放出されることなどが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 近藤俊明	4. 巻 756
2. 論文標題 「送粉サービス」の活用によるオイルパームプランテーション経営と熱帯生態系保全の同時達成	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 畑地農業	6. 最初と最後の頁 8-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 近藤 俊明
2. 発表標題 持続的なアブラヤシ農園経営に向けた農作物残渣の利活用技術の開発
3. 学会等名 日本学術会議公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Liang N., Zhang Y., Hirano T., Takagi K., Lai D.Y.F., Chiang P-N., Ishida S., Kondo T., Teramoto M., Takagi M., Koarashi J., Ando M., Sun Lifei, Zeng J., Takahashi Y., Ichii K., Mohti A.
2. 発表標題 Large CH4 Uptake Potential of Monsoon Forest Soils
3. 学会等名 AsiaFlux Conference 2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Liang N.
2. 発表標題 Increasing Challenges and Opportunities for Flux Communities in a Changing World
3. 学会等名 AsiaFlux Conference 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 俊明、孫 力飛、小杉 昭彦、Sudesh Kumer、梁 乃申
2. 発表標題 東南アジアにおけるオイルパーム農園開発が土壤微生物および土壤炭素フラックスに及ぼす影響
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梁 乃申、高木 健太郎、平野 高司、石田 祐宣、近藤 俊明 他
2. 発表標題 モンsoonアジア域における土壤温室効果ガスフラックスに関する研究の課題と展望
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤 俊明、寺本 宗正、孫 力飛、高木 健太郎、小嵐 淳、安藤 麻里子、市井 和仁、平野 高司、石田 祐宣、高木 正博、高橋 善幸、梁 乃申
2. 発表標題 温暖化に対するメタン菌およびメタン資化菌の応答と土壤メタン吸収能への影響
3. 学会等名 第69回日本生態学大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梁 乃申、寺本 宗正、高木 健太郎、平野 高司、近藤 俊明、小嵐 淳、安藤 麻里子、高木 正博、石田 祐宣、Yiping ZHANG、YF Derrick LAI、Po-Neng CHIANG、市井 和仁、山貴 緋称、孫 力飛、高橋 善幸、曾 継業
2. 発表標題 日本を中心としたアジア域の森林における土壤メタン吸収の過去、現状と将来
3. 学会等名 第69回日本生態学大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤俊明、寺本宗正、高木健太郎、小嵐淳、安藤麻里子、市井和仁、高木正博、石田祐宣、山貫緋称、梁乃申
2. 発表標題 温暖化に対する土壌微生物群集の応答と土壌炭素フラックスへの影響
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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	梁 乃申 (Liang Naishen) (50391173)	国立研究開発法人国立環境研究所・地球システム領域・シニア研究員 (82101)	

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		
マレーシア	マレーシア理科大学	マレーシア森林研究所	