

令和元年9月13日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05784

研究課題名(和文) 熱帯泥炭の炭素循環プロセス：開発インパクトの学際的評価

研究課題名(英文) Carbon cycle processes of tropical peatland: Interdisciplinary evaluation of development impact

研究代表者

眞家 永光 (Maie, Nagamitsu)

北里大学・獣医学部・講師

研究者番号：00453514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：熱帯湿地林を油ヤシプランテーション(OPP)に開発した際の泥炭へのインパクトを明らかにするため、開発後の泥炭の分解速度と分解過程、および、それに影響を及ぼす要因について調べた。その結果、1)泥炭は分解に伴い細粒化し、泥炭の種類によっては、分解を抑制する負のフィードバックが働く。2)水分は、酸素の拡散速度を低下させるが、基質の移動性を高めるため、泥炭の分解に対し二面性を示す。3)泥炭の圧密は、酸素の拡散速度を抑え、泥炭の分解を抑制する。4)原生林下の泥炭中の微生物叢は、主要細菌の割合は異なるが類似している。5)OPPにおける泥炭の分解速度に、雨季の雨量が影響する可能性がある、ことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、地球規模の炭素バランスに大きく影響を及ぼす熱帯泥炭土の、開発に伴う炭素循環プロセスの変化とそのメカニズム、および、熱帯泥炭土の持続的農業利用を成功させるための圃場管理に関する貴重な基礎的知見となるものである。熱帯泥炭は油ヤシプランテーション開発に伴い急速に分解すると一般に考えられてきたが、適切な泥炭のタイプを、適切な管理下において利用することにより、分解速度を低く保つことができる可能性を示した意義は大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Impact of the development of tropical peat swamp forest into oil palm plantation (OPP) was investigated in terms of decomposition rates and processes of tropical peat under OPP management, and the factors affecting to it. Our results showed: 1) grain size of peat becomes smaller as the decomposition proceeds, which, depending on peat type, suppresses decomposition by negative feedback. 2) Water content influences bidirectional on peat decomposition: as the water content increases, oxygen diffusion rate lowers on one hand, but mobility of substrates and enzymes increases on the other hand. 3) Compaction of peat suppresses oxygen diffusion rate, resulting in the suppression of peat decomposition. 4) Microbial community structure of tropical peat under primary forest is similar, while some proportional variation exists, among different forest types. 5) Precipitation amount during wet-season may influence decomposition of peat in OPP during ensuing dry season.

研究分野：生物地球化学

キーワード：熱帯泥炭 油ヤシプランテーション 炭素循環 分解速度 分解プロセス 持続的利用

1. 研究開始当初の背景

東南アジアには世界の熱帯泥炭地の60%以上が集中しており、土壌圏の有機態炭素の5%弱に相当する68.5Pgの炭素が蓄積していると試算されている。近年、熱帯泥炭土壌(泥炭)の油ヤシプランテーション(OPP)等への開発・利用が急速に進み、泥炭や河川・沿岸水質の劣化が危惧されている。したがって、開発が泥炭の物質循環プロセスに与える影響を明らかにすることは、熱帯泥炭土壌の保全と持続的な利用(Wise Use)、そして、地球規模での炭素循環の予測モデルを構築するうえで重要である。

そこで申請者らは、熱帯泥炭土には植生と対応する亜群が存在していると考え、熱帯泥炭土の多様性に注目してその組成、堆積速度、分解速度及び分解プロセスを、マレーシア国サラワク州内の熱帯泥炭地を研究対象に、主に土壌化学分野から明らかにする研究を行ってきた。しかしながら、今後の重要な課題として、熱帯湿地のOPPへの開発が、泥炭の物質循環に及ぼす影響を総合的に評価することが残された。つまり、熱帯泥炭の開発時には、植生の改変、地下水位の管理、油ヤシの倒木や傾斜を防ぐための土壌コンパクション(締め固め)が行われ、これらは、土壌の物理性、生物性、化学性に大きく影響を及ぼす。物理性、生物性、化学性の変化は、相互に影響を及ぼしあっているため、開発の影響は、学際的に評価する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、熱帯泥炭の炭素循環プロセスへの開発インパクトを、土壌物理、土壌微生物、土壌化学の側面から学際的に評価することを目的とした。具体的には、次に述べる4つのテーマについて明らかにする。具体的には、泥炭の有機物組成の多様性の要因と有機物成分毎の分解速度、泥炭中の糸状菌バイオマスと群集構造の多様性と開発に伴う変化、泥炭中の溶質移動と泥炭の分解速度に及ぼす締め固めの影響、OPPからの溶存有機態炭素流出量、を相互に関連付けながら明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 泥炭の分解速度とその過程を明らかにするために、原生林から採取した泥炭を充填したメソコスムを作成し、OPPにおいて培養実験を行った。最長5年間の培養の後、回収した泥炭の残存量と粒径サイズ分布(湿式篩別)を調べた。

(2) 泥炭の分解速度に与える水分含量、温度の影響を調べるに当たっては、バッチ法を用いて室内において泥炭を培養し、定期的にCO₂発生量を測定した。

(3) 泥炭の圧密が分解速度に与える影響を調べるに当たっては、充填密度を変えたカラムを作成し、室内において培養実験を行った。

(4) 熱帯泥炭の微生物叢の多様性を明らかにするに当たっては、熱帯湿地原生林内の異なる林相下に発達した泥炭からDNAを抽出し、次世代シーケンズを用いて菌叢解析を行った。

(5) OPP下における泥炭の分解過程を調べる一環として、OPPにおける地下水を月に一度採取し、DOMの量と組成(吸光特性と蛍光特性)を測定した。

4. 研究成果

(1) 泥炭の分解に伴い細粒化が進むと、分解を抑制する負のフィードバックが働くことがある。油ヤシプランテーション(OPP)管理下での泥炭の分解速度と分解過程を明らかにするため、メソコスムを用いて5年間培養した泥炭を分析した。その結果、泥炭の種類により分解特性が異なっていた。つまり、微生物分解作用をあまり受けずに堆積していた泥炭(ABtとABg)は、OPP管理下では、分解速度をほとんど低下させずに5年間分解を続けたのに対し、微生物分解作用をある程度受けて堆積していた泥炭(MPS)は、OPP管理下での分解速度は著しく低かった(図1)。その理由として、前者は、泥炭が細粒化を経て無機化されるのに対し、後者は、細粒化した泥炭が蓄積し、無機化に必要な酸素が泥炭中に十分拡散できなくなることが考えられた。

(2) 水分環境は、泥炭の分解に対し二面性を示す。泥炭の分解速度に及ぼす、酸素、温度、泥炭の種類の影響を、室内における

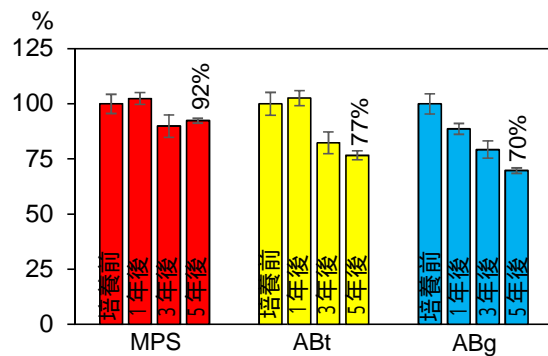


図1 培養5年間における泥炭の質量変化 (培養前を100%)

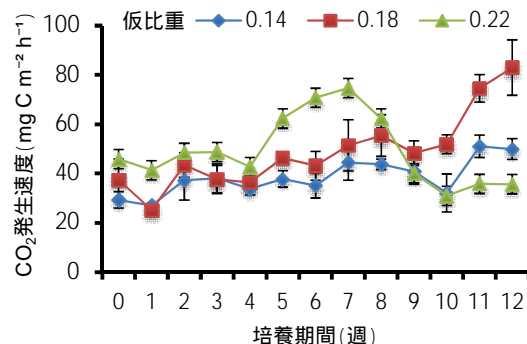


図2 仮比重を変えて培養した時のCO₂発生量の変化 仮比重を0.22に調整した処理区では、培養中期以降、CO₂発生量が大きく減少した。

培養実験により調べた。その結果、泥炭の水分含量は、酸素の拡散速度を減少させる一方、基質や酵素の移動速度を増加させるという二面性を持つことが明らかとなった。そのため、酸素濃度が律速にならない範囲においては、水分含量は泥炭の分解をむしろ促進することが示された。

(3) 泥炭の圧密は、泥炭の分解を抑制する。ただし、条件による。熱帯泥炭を OPP に開発するときには、油ヤシの生育を良くするために泥炭に圧密処理を行うことが推奨されている。この圧密処理が泥炭の分解速度に与える影響を明らかにするため、泥炭の充填密度を変えてカラムに充填し、定期的にカラムから発生する二酸化炭素量を測定しながら培養実験を行った。その結果、泥炭の分解速度は、充填密度に対し凸型に応答した。これらの結果は、泥炭の分解に対する酸素供給の重要性を改めて示した。

(4) 熱帯湿地原生林下の泥炭中の微生物叢は、主要細菌の割合は異なるが類似している。熱帯湿地原生林内の異なる林地下に堆積した泥炭中の微生物叢について、遺伝子レベルで比較を行い、優占種を調べた。その結果、主要細菌は割合は異なるが地点・深さ・季節の違いで共通しており、Proteobacteria が最も多く、次いで Acidobacteria であった。他に Firmicutes, Acitobacteria も一定の割合で認められた。メタン生成アーキアも 5%~20%の割合で認められた。

(5) OPP 開発区の地下水の DOM 濃度には、雨季の降水量が影響するようだ。原生林および OPP に開発した熱帯泥炭の地下水中の溶存有機物 (DOM) 組成の長期モニタリングを 10 年間継続して行った。その結果、2017 年以降、地下水中の DOC 濃度 が上昇した。その原因として、2016 年の雨季の降水量が著しく低かったこと、および、園内の一部の地区において油ヤシの伐採とそれに伴う泥炭の攪乱が行われたことが考えられた。

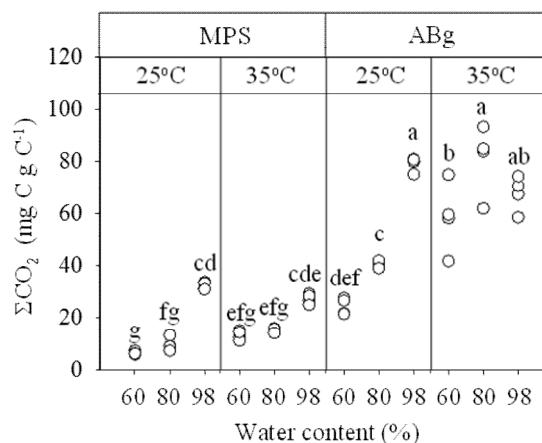


図3 泥炭の分解速度に及ぼす温度および水分環境の影響 分解速度が低い(CO₂ 発生速度が低い)時には、水分含量が高くなっても分解速度は低下しない。

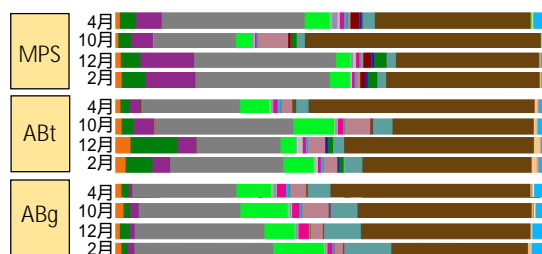


図4 門レベルで見た熱帯泥炭の微生物叢 細菌が約8割、アーキアが約2割を占め、割合の多い微生物群(門・綱レベル)は類似していた。

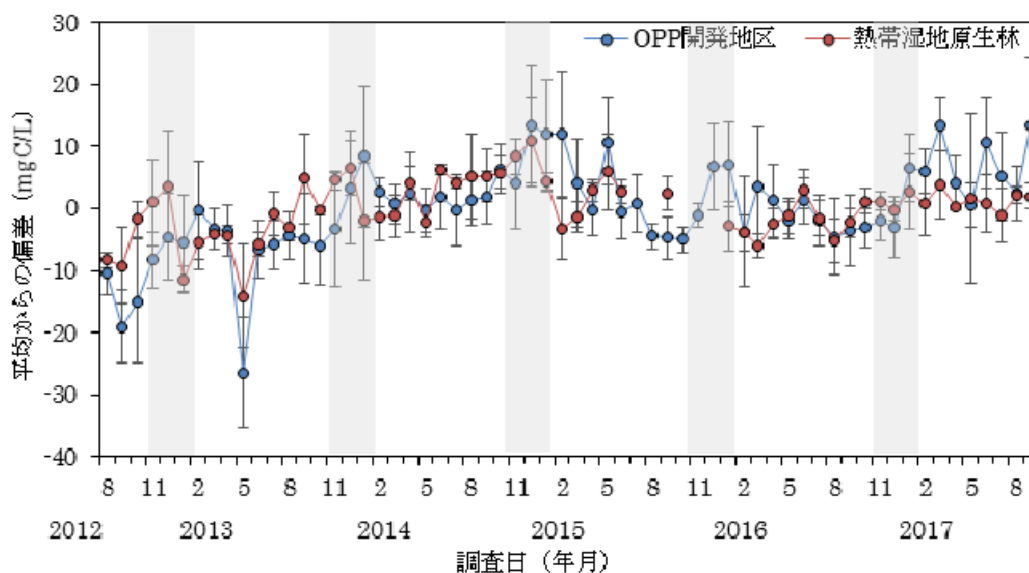


図5 OPP 開発区と熱帯湿地原生林における DOC 濃度の推移 図は平均(2008-2017)からの偏差で示した。2017 年に、OPP 開発区において DOC 濃度が上昇している。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

1. Maie, N., A. Murouchi, M. Maeda, L. Melling, R. Takamatsu, F. Sangok, W. Kakino, H. Tanji, A. Watanabe. 2019. Influence of Temperature and Water Conditions on the Mineralization Rate of Tropical Peat. Humic Substances Research. Humic Substances Research 15, 33-39. <http://www.research.kobe-u.ac.jp/ans-soil/jhss/publishing.html> (査読有)
2. Tsutsuki, K., E. Yoshida, N. Maie, L. Melling, A. Watanabe. 2018. Characterization of dissolved organic matter in river water flowing through temperate and tropical peatlands based on size exclusion chromatography and fluorescence spectrometry. Humic Substances Research 14, 19-32. <http://www.research.kobe-u.ac.jp/ans-soil/jhss/publishing.html> (査読有)
3. Watanabe, A., Y. Sugiura, N. Maie, L. Melling, D. Sudid, K. Tsutsuki. 2018. Dynamics of humic and non-humic substances in estuaries of coastal wetlands. Humic Substances Research 14, 7-17. <http://www.research.kobe-u.ac.jp/ans-soil/jhss/publishing.html> (査読有)
4. Sangok, F.E., N. Maie, L. Melling, A. Watanabe. 2017. Evaluation on the decomposability of tropical peat soils from different types of forest after conversion to an oil palm plantation. Sci. Total Environ. 587/588, 381-388. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.165. (査読有)

[学会発表] (計 14 件)

1. 眞家永光, 渡邊彰, Lulie Melling, Zulhilmy Abdullah Mohd, 柿野 亘, 丹治 肇 油ヤシプランテーション下における熱帯泥炭の分解 日本腐植物質学会第 34 回講演会 2018 年 11 月 23 日 ~ 24 日 東京農業大学 東京
2. Busman, N.A., N. Maie, D.F. Ishak, M.F. Sulaiman, L. Melling. Effect of different soil bulk density and temperature on soil CO₂ emission from tropical peatland. 21st World Congress of Soil Science (WCSS), 12th-17th Aug. 2018, Rio de Janeiro, Brazil.
3. Busman, N.A., N. Maie, D.F. Ishak, M.F. Sulaiman, L. Melling. Effect of soil compaction on soil CO₂ flux from tropical peatland. 10th International Symposium on Plant-Soil Interaction at Low pH. June 25th-28th, 2018 Putrajaya, Kuala Lumpur, Malaysia
4. Sangok, F., Y. Sugiura, N. Maie, L. Melling, A. Watanabe. Variations in chemical structure of tropical peat soil organic matter and its sensitivity to biodegradation. 10th International symposium on plant-soil interaction at low pH, June 25-28, 2017. Putrajaya, Malaysia. (Best Poster Award)
5. 室内 彩, 眞家永光, Lulie Melling, 柿野 亘, Fostina Sangok, 丹治 肇, 渡邊 彰 熱帯泥炭土の無機化速度の不均一性 - 室内培養実験 - 日本腐植物質学会講演会 2017 年 11 月 16 ~ 17 日 (山口大学, 山口市)
6. Fostina Sangok, 渡邊 彰 熱帯泥炭土壌有機物の構成多様性と特徴 日本腐植物質学会講演会 2017 年 11 月 16 ~ 17 日 (山口大学, 山口市)
7. Sangok, F., Y. Sugiura, N. Maie, A. Watanabe. Sensitivity of tropical peatsoil organic matter to biodegradation and photodegradation. 日本土壌肥料学会 2017 年 9 月 (東北大学, 仙台)
8. 眞家永光, 前田真広, Zulhilmy Abdullah, Lulie Melling, Faustina Sangok, 丹治 肇, 渡邊 彰 油ヤシ環境下における熱帯泥炭土壌の分解: メソコスムを用いた 3 年間の培養実験 日本土壌肥料学会 2017 年 9 月 (東北大学, 仙台)
9. 渡邊彰, 杉浦幸希, 筒木潔, 眞家永光, Lulie Melling, Rudolf Jaffé 湿地由来河川中の DOM の河口域における動態 日本腐植物質学会 2017 年 3 月 14 日 (名城大学, 名古屋)
10. Maeda, M., N. Maie, L. Melling, H. Tanji, Z.A. Mohd, A. Watanabe. Changes in the Physicochemical Properties of Tropical Peat during Its Early Decomposition under Oil Palm Plantations Environments. International Peat Congress 2016. Aug 15-19, 2016.
11. Maie, N., L. Melling, S.D. Bellingrath-Kimura, K. Ikeya, E. Shima, H. Tanji, Z.A. Mohd, A. Watanabe. Seasonal and Interannual Variations of Dissolved Organic Matter Composition in the Groundwater of Tropical Peat Under Oil Palm Plantation Management. International Peat Congress 2016. Aug 15-19, 2016 (Best Poster Award)
12. Tsutsuki, K., E. Yoshida, A. Watanabe, N. Maie, L. Melling. Comparison of Chemical Characteristics of Dissolved Organic Matter in River Water Flowing through Peatlands in Sarawak, Malaysia and Eastern Hokkaido, Japan International Peat Congress 2016. Aug 15-19, 2016.
13. Kato, N., N. Maie, L. Melling, S.D. Bellingrath-Kimura, H. Tanaka, M. Maeda, Z.A. Mohd, A. Watanabe. Diversity in the Physicochemical Properties of Tropical Peat In Sarawak, Malaysia. International Peat Congress 2016. Aug 15-19, 2016.
14. Sangok, F.E., Y. Sugiura, N. Maie, L. Melling, A. Watanabe. Accumulation Rate of Tropical Peat Soils Under Different Types of Forest: Diversity in the Physicochemical Properties of Tropical Peat In Sarawak, Malaysia. International Peat Congress 2016. Aug 15-19, 2016.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：渡邊 彰

ローマ字氏名：WATANABE AKIRA

所属研究機関名：名古屋大学大学院

部局名：生命農学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：50231098

研究分担者氏名：池永 誠

ローマ字氏名：IKENAGA MAKOTO

所属研究機関名：鹿児島大学

部局名：学術研究院農学系

職名：准教授

研究者番号（8桁）：70511822

研究分担者氏名：落合 博之

ローマ字氏名：OCHIAI HIROYUKI

所属研究機関名：北里大学

部局名：獣医学部

職名：講師

研究者番号（8桁）：90440156

(2)研究協力者

研究協力者氏名：高松 利恵子

ローマ字氏名：TAKAMATSU RIEKO

研究協力者氏名：丹治 肇

ローマ字氏名：TANJI HAJIME

研究協力者氏名：ルーリー メリング

ローマ字氏名：LULIE MELLING

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。