

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 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：2012～2015

課題番号：24405029

研究課題名(和文) 熱帯泥炭土の組成と生成・分解に関する研究：多様性に注目して

研究課題名(英文) Study on the genesis, composition, and decomposition of tropical peat: Focusing on its diversity

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) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：マレーシア国サラワク州の熱帯泥炭土壌の主要3亜型(アランブンガ林, アランバトール林, 混交湿地林)について, 有機物の堆積速度, 物理化学的特徴, 分解速度を明らかにした。研究サイトにおける熱帯泥炭の堆積は約4000年前から始まり, 堆積速度は0.07-0.20cm/年であった。未開発泥炭を油ヤシプランテーション(OPP)環境下で培養すると, いずれの泥炭においても分解が急速に進行した。アランブンガ林泥炭は, 混交湿地林泥炭に比べて炭水化物を多く含んでいるため, OPP環境下での分解速度は2倍程度速かった。また, いずれの泥炭においても分解初期に細粒化が進行した。

研究成果の概要(英文)：We unveiled the accumulation rate, physicochemical properties, and decomposition rate of tropical peats formed under three major types of forest (Alan Bunga, Alan Batu, and Mixed peat swamp) in Sarawak, Malaysia. Accumulation of tropical peat began about 4,000 years ago, and the accumulation rate ranged from 0.07 to 0.20 cm/year. When incubate virgin peat under oil palm plantation (OPP) environment, all types of peat showed rapid decomposition. Alan Bunga peat, which contains larger percentages of polysaccharides, decomposed two times faster than mixed peat swamp peat. Particle size of peat lowered soon after incubation for all types of peat.

研究分野：生物地球化学

キーワード：熱帯泥炭 物質循環 マレーシア 物理化学的特徴 堆積速度 油ヤシプランテーション 分解過程 分解速度

1. 研究開始当初の背景

(1) 熱帯泥炭土壌は、温帯泥炭とは大きく異なり、主原料は木本植物であり、未分解物の粗大な木質片を多く含んでいる。また、その性質は一様ではなく、たとえば、マレーシア国サラワク州には主要な植生であるアランブンガ林、アランバトー林、混合湿地林に対応した特性の異なる泥炭土壌が分布している。しかしながらこれら土壌タイプ毎の物理化学的特徴や分解特性は不明なままである。したがって、泥炭地あるいは泥炭土壌をひとくくりに捉えて作物生産に供することは、生産性およびその持続性の点から見ても望ましくなく、各タイプに適した土地利用、栽培管理を行うことが求められる。そのためには、熱帯泥炭土の質の多様性と、質の違いに伴う分解特性の違いを理解する必要があるが、これまで、熱帯泥炭は一括りで扱われており、タイプの違いを考慮に入れてその物理化学的特性や分解特性を研究した例はない。

(2) 熱帯泥炭土壌は、温帯泥炭とは大きく異なり、粗大な未分解物の木質片を多く含んでいる。また、その性質は一様ではなく、たとえば、マレーシア国サラワク州には主要な植生であるアランブンガ林、アランバトー林、混合湿地林に対応した特性の異なる泥炭土壌が分布している。しかしながらこれら土壌タイプ毎の物理化学的特徴や分解特性は不明なままである。したがって、泥炭地あるいは泥炭土壌をひとくくりに捉えて作物生産に供することは、生産性およびその持続性の点から見ても望ましくなく、各タイプに適した土地利用、栽培管理を行うことが求められる。そのためには、熱帯泥炭土の質の多様性と、質の違いに伴う分解特性の違いを理解する必要があるが、これまで、熱帯泥炭は一括りで扱われており、タイプの違いを考慮に入れてその物理化学的特性や分解特性を研究した例はない。

2. 研究の目的

本研究はマレーシア国サラワク州に分布する主要 3 亜型熱帯泥炭土壌について：

(1) 物理化学的特徴、(2) 堆積速度、(3) 分解速度、および(4) 分解過程に及ぼす因子を明らかにすることで、熱帯泥炭土壌の多様性の実態を把握するとともに、熱帯泥炭の分解特性を質と関連付けて明らかにすることを目的とした。

具体的には、上記(1)は、サラワク州マルダム国立公園内に分布する主要 3 亜型の熱帯泥炭土について、湿式ふるい法を用いて各サイズに物理分画したのち、それぞれの画分の化学的特徴を、 ^{13}C 核磁気共鳴(NMR)分析により明らかにする。

(2) は、各土壌亜型の泥炭土において 5m の土壌コアを採取し 1m ごとに ^{14}C 年代測定を行うことにより、各タイプの泥炭土の堆積

速度を明らかにする。

(3) は、各亜型の泥炭土壌から採取した土壌コア(直径 10cm、長さ 80cm)を油ヤシプランテーション(OPP)環境下において培養し、 CO_2 発生速度に基づいて分解速度の違いを明らかにするとともに、分解残さの組成変化を化学分析により明らかにすることにより、土地利用や土壌環境の変化に伴う各種泥炭土の分解特性の違いを明らかにする。さらに、開発方法、地下水位、および、施肥法などの圃場管理の異なる OPP の土壌水の無機養分、および、溶存有機物の量と組成の長期モニタリングから、熱帯泥炭の分解に影響を及ぼす因子を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 調査地

調査地は、マレーシア国サラワク州内にあるマルダム国立公園、および、シブ市内にあるナマン OPP およびとした。

(2) 熱帯泥炭の堆積速度および化学的特徴に関する研究

マルダム国立公園内のアランブンガ林、アランバトー林、混合湿地林において、ボーリング調査により 5 m の泥炭土壌コアを 2 本ずつ採取し、深さ 1 m 間隔で、試料を ^{14}C 年代測定(タンデトロン加速器質量分析計)に供試した。また、同地点において泥炭断面を作成して調査し、サブリック層、ヘミック層、ファイブリック層より泥炭試料を採取した。得られた試料は、湿式篩別法によりサイズ分画を行うとともに、代表的な画分について、 ^{13}C CPMA S NMR 法を用いて炭素組成を調べるとともに、アルカリ抽出法により腐植組成を調べた。

(3) 開発履歴の異なる OPP の土壌水の水質の季節的および経年的変動

ナマン OPP 内の 2000 年、2001 年、2004 年に開発されたサイト、および、OPP に隣接して残された未開発サイトに地下水位測定用と土壌水採取用の井戸を設置し、毎月水試料を採取して北里大学に冷蔵下で郵送後、溶存有機体炭素濃度(Shimadzu TOC- V_{CPN})と、溶存有機物の蛍光成分組成(EEM-PARAFAC 分析; Horiba-Jobin Yvon Fluoromax-4)を測定した。また、乾季と雨季に、代表的な地点から水試料を 5L 採水し、ロータリーエバポレーターを用いて濃縮・凍結乾燥後、炭素組成(^{13}C 核磁気共鳴スペクトル法)を調べた。さらに、蛍光成分組成の変化を引き起こす環境因子を明らかにするために、同 OPP 内の泥炭土を異なる環境条件下で培養し、生成する DOM の蛍光組成の特徴を調べた。

(4) OPP 環境下における熱帯泥炭の分解に関する研究

マルダム国立公園内のアランバトー林、ア

ランブング林、混合湿地林より未開発泥炭土壌を採取し、ナマン OPP に移送後、塩ビ製のパイプ(長さ 20cm、直径 10cm)に充填した。その際、5mm厚のポリプロピレン製エアフィルターをパイプの底に敷いた。次に、泥炭を充填したパイプ 4 つを継手を用いて接続して長さ 80cm のメソコスムを作成した。作成したメソコスムは、最上部が土壌表面と同じ高さになるようにナマン OPP に埋設した。月に一度、チャンバー法を用いてメソコスムから発生する二酸化炭素とメタンのフラックスを測定した。また、設置前、設置後 1 年、3 年後にそれぞれ 4 連でメソコスムを回収して重量および炭素含量 (NC アナライザー NC-220F Sumigraph) の変化を求めて分解率を算出するとともに、湿式篩別法により粒径サイズの変化を調べた。また、代表的なサイズ画分について ^{13}C CPMAS NMR 法により炭素組成を調べた。

4. 研究成果

熱帯泥炭土壌の物理化学的性質は、一様ではなく、熱帯湿地の環境により異なる。したがって、その特性を考慮に入れて熱帯泥炭土の開発を行うことが、持続的な利用のために重要である。

マレーシア国サラワク州の泥炭土壌主要 3 亜型 (アランブング林, アランバトール林, 混交湿地林) を対象として, 堆積速度, 有機物の物理化学的特徴, 分解速度, 分解プロセス, OPP 環境下での土壌環境の変化について明らかにした。

(1) 堆積速度

マレーシア国サラワク州マルダム国立公園の熱帯泥炭のボーリング調査より、当地における熱帯泥炭の堆積は、約 4000 年前に始まったことが明らかになった。また、堆積層度は、河川からの距離 (または、泥炭中央部からの距離) によって異なり、1m あたり 400 ~ 2000 年であった。

(2) 物理化学的組成

泥炭の炭素組成は、河川からの距離で異なり、炭水化物に富む泥炭と、脂質に富む泥炭が存在した。つまり、川から遠い泥炭ドーム中央付近の泥炭 (アランブング林) は、高度に貧栄養なため、泥炭の微生物分解の程度が低く、炭水化物に富んでいる一方、泥炭ドーム周辺部の泥炭 (混交湿地林) は、養分濃度が比較的高いために微生物活性が高く、泥炭の微生物分解が進んだ結果、脂質に富んでいることが示された。

(3) 分解速度

メソコスムを用いた分解培養実験から、森林開発後の泥炭の分解速度 (油ヤシ環境下の分解速度) は、1 年あたり、3-7% であることが示された。泥炭の分解速度は、アランブ

グ林下の炭水化物に富む泥炭で高い分解速度を示す一方、分解が進んでいると考えられる (脂質割合の高い) 混交湿地林下の泥炭の分解速度は遅かった。また、開発後 3 年が経過しても分解速度は低下しなかった。

(4) 分解プロセス

未開発泥炭土壌を OPP 環境下で培養した結果、いずれの植生下の泥炭においても、培養初期に物理的性質が大きく変化し、泥炭の細粒化が進行した。具体的には、粗大有機物画分の急激に減少、または、細粒画分の増加が進んだ。この物理的性質の変化は、泥炭の物理性 (通気性、保水性) に大きく影響を及ぼすことが考えられたが、その評価については今後の課題として残された。

(5) OPP 環境下での土壌環境の変化

OPP 環境下の地下水中の DOM 濃度は、平均約 50mg L^{-1} であり、濃度に大きな変動は見られなかった。しかしながら、蛍光成分組成から見た DOM 組成には変化が見られ、OPP 環境下の土壌は、経年的に還元的になっている可能性が示唆された。また、DOM 組成には時期的変動が見られ、雨季の地下水位が高くなる時期には、分解程度の低い腐植酸様成分が多く、乾季の地下水位の低い時期には、分解の進んだフルボ酸様成分が多くなる傾向が見られた。油ヤシプランテーション環境下における地下数位の変動は、泥炭からの溶存有機物 (DOM) の溶出を促進すると考えられた。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 13 件)

Norika Kato, Nagamitsu Maie, Lulie Melling, Sonoko D Bellingrath-Kimura, Haruo Tanaka, Masahiro Maeda, Akira Watanabe. Diversity in the physicochemical properties of tropical peat developed under different vegetation in Sarawak, Malaysia. 15th International Peat Congress. Hotel Pullman Kuching (Kuching, Sarawak, Malaysia), Aug. 17th. 2016.

Nagamitsu Maie, Lulie Melling, Sonoko D. Bellingrath-Kimura, Kosuke Ikeya, Eikichi Shima, Hajime Tanji, Zulhilmy Abdullah Mohd, Akira Watanabe. Seasonal and interannual variations of dissolved organic matter composition in the groundwater of tropical peat under oil palm plantation management. 15th International Peat Congress Kuching. Hotel Pullman Kuching (Kuching, Sarawak, Malaysia), Aug. 17th. 2016.

Masahiro Maeda, Nagamitsu Maie, Lulie Melling, Hajime Tanji, Zulhilmy

Abdullah Mohd, Akira Watanabe. Changes in the physicochemical properties of tropical peat during its early decomposition under oil palm plantation environments. 15th International Peat Congress. Hotel Pullman Kuching (Kuching, Sarawak, Malaysia), Aug. 17th. 2016.

Faustina E. Sangok, Yuki Sugiura, Nagamitsu Maie, Lulie Melling, Akira Watanabe. Accumulation rate of tropical peat soils under different types of forest. 15th International Peat Congress. Hotel Pullman Kuching (Kuching, Sarawak, Malaysia), Aug. 17th. 2016.

Faustina E. Sangok, Nagamitsu Maie, Lulie Melling, and Akira Watanabe. Effect of forest type on decomposition rate and greenhouse gas fluxes of tropical peat soil after conversion into an oil palm plantation. 15th International Peat Congress. Hotel Pullman Kuching (Kuching, Sarawak, Malaysia), Aug. 17th. 2016.

眞家永光, 前田真広, Faustina Sangok, 渡邊 彰, Lulie Melling, 丹治肇 油ヤシプランテーション環境下における熱帯泥炭の初期分解 日本腐植物質学会名古屋大会, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2015年11月20日

加藤紀香, 田中治夫, 眞家永光, Melling Lulie, 木村園子ドロテア, 渡邊 彰 マレーシア国サラワク州における異なる植生下に存在する熱帯泥炭土の炭素の存在形態 日本腐植物質学会名古屋大会, 名古屋大学, (愛知県名古屋市), 2015年11月19日

眞家永光, 関口暁之, 渡邊 彰, 筒木潔, 山下洋平, Melling Lulie, Cawley Kaelin, 嶋 栄吉, Jaffé Rudolf 沿岸湿地を流れる河川中の溶存有機物の河口域での動態 日本土壤肥料学会 2015年度京都大会, 京都大学 (京都府京都市), 2015年9月9日

Faustina E. Sangok, Nagamitsu Maie, Lulie Melling, Akira Watanabe. In-situ decomposition of tropical peat from three representative vegetation of primary forest in Sarawak, Malaysia. 日本土壤肥料学会 2015年度京都大会, 京都大学 (京都府京都市), 2015年9月9日

前田真広, 眞家永光, 渡邊 彰, Melling Lulie, 木村園子ドロテア, 丹治肇 熱帯泥炭土壌の分解初期の変化: 亜型の違いと粒径組成変化に着目して日本土壤肥料学会 2015年度京都大会, 京都大学 (京都府京都市), 2015年9月9日

加藤紀香, 田中治夫, 眞家永光, Melling

Lulie, 木村園子ドロテア, 渡邊 彰 マレーシア国の熱帯泥炭土壌の多様性: 粒径分布と炭素組成 日本土壤肥料学会 2015年度京都大会, 京都大学 (京都府京都市), 2015年9月9日

加藤紀香, 平舘俊太郎, 田中治夫, Lulie Melling, 眞家永光, Chaddy Auldry, 木村園子 マレーシア国サラワク州における油ヤシプランテーション下の熱帯泥炭土の炭素組成 日本土壤肥料学会 2014年度日本土壤肥料学会全国大会, 東京農工大学 (東小金井市, 東京都), 2014年9月9日

眞家永光, 中西舞, 渡邊 彰, Lulie Melling, 木村ドロテア園子 熱帯泥炭土中の溶存有機物組成に及ぼす油ヤシプランテーション開発の影響 日本土壤肥料学会 2014年度日本土壤肥料学会全国大会, 東京農工大学 (東小金井市, 東京都), 2014年9月9日

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

渡邊 彰 (WATANABE, Akira)
名古屋大学生命農学研究科・教授
研究者番号: 50231098

(3) 研究協力者

木村ベニングラス園子ドロテア
(BELLINGRATH-KIMURA Sonoko D.)
メリング・ルーリー (MELLING, Lulie)