

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：64303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01982

研究課題名(和文) 熱帯泥炭湿地林の人為的攪乱による森林機能・生態系サービスの変化と地域社会への影響

研究課題名(英文) Changes in forest function and ecosystem services due to anthropogenic disturbances in tropical peat swamp forests and their impacts on local communities

研究代表者

塩寺 さとみ (SHIODERA, SATOMI)

総合地球環境学研究所・研究部・研究員

研究者番号：60621117

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、開発の影響による森林破壊が著しい東南アジアの泥炭地において、環境の変化が植物の多様性や森林機能に与える影響を明らかにすることを目的として、未攪乱の泥炭湿地林および焼け跡湿原で調査を行った。さらに、これらの変化が地域住民に与える影響を明らかにするために、泥炭地周辺村落において生業や非木材林産物の利用等に関する調査を行った。これらの調査により、泥炭地の生態的特性や攪乱による変化、そしてそこから派生する生態系サービスが地域住民に与える影響について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、これまであまり扱われてこなかった熱帯泥炭湿地林の森林生態系の維持機構だけではなく、泥炭火災の被害を受けた泥炭地についてもその一端が明らかとなった。また、このような森林の劣化や減少が、生態系サービスや政策を通して地域社会に与える影響への理解が深まった。これらの成果は、現在、急激に減少しつつある泥炭湿地林の保全だけではなく、荒廃泥炭地の回復への一助となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We researched about the influences of change of environmental factors to plant species diversity and forest function in tropical peatlands in Southeast Asia, where deforestation is significant due to the effects of development. We conducted the researches in pristine and disturbed peatlands by fires. We also researched about the changes of livelihoods and use of NTFP's in villages around peatlands. Then, we clarified the impact on local communities by the change of ecosystem services, as well as ecological traits and their changes by disturbance in tropical peatlands.

研究分野：森林生態学

キーワード：環境要因 自然環境影響評価 人為的攪乱 生態系機能 生態系サービス 生物多様性 泥炭火災 熱帯泥炭湿地林

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

インドネシアは全世界の熱帯泥炭地の47%を占める世界屈指の泥炭保有国であり、その泥炭土壌中には57.4 Gtもの炭素が蓄積されていると考えられている (Page *et al.* 2011). 特にスマトラ島・リアウ州およびボルネオ島・中央カリマンタン州には広大な泥炭地の分布がみられる。しかし近年、アカシア（パルプ用早世樹）やアブラヤシプランテーションといった大規模植林地の急速な拡大により、森林の劣化が加速している (Hansen *et al.* 2009). 泥炭湿地林の開発には排水路の掘削が必須であり、これにもなって地下水位の低下と土壌の乾燥化が引き起こされる。乾燥化による土壌微生物の活性化と泥炭土壌の分解 (Hirano *et al.* 2009, 2012), および泥炭火災の頻発化は、大気中への二酸化炭素放出量を増加させるため、インドネシアでは現在、毎年日本の年間排出量と同程度の二酸化炭素が泥炭地から放出されている。さらに、現地および周辺国では泥炭火災の煙害によるぜんそくなどの健康被害が深刻化し、国際問題へと発展している。このように、熱帯泥炭湿地林の破壊はその生態系を大幅に改変するだけでなく、グローバルな環境問題をも引き起こしているといえる。

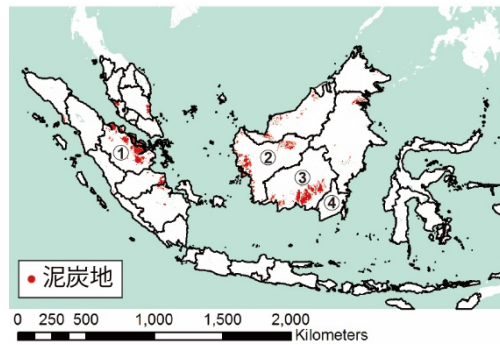


図1 インドネシア・マレーシアの泥炭地の分布と調査地

一方、泥炭火災の被害を受けた泥炭湿地林では、種組成や森林群集構造が大きく変化する。このような身近な森林の劣化は、これまで現地の人々が享受してきた水源涵養機能や非木材林産物といった生態系サービスの劣化をも引き起こし、彼等の生活に大きな影響を与える。このように、森林の人為的攪乱の影響を包括的に理解するためには、自然科学的なデータによる詳細な研究結果をもとにしつつ、社会科学的な視点をも取り入れた統合的な研究を行っていく必要がある。

熱帯泥炭湿地林は、毎年数ヶ月程度の冠水が見られ、貧栄養な泥炭土壌が発達する特異な生態系である。この森林は物質循環の微妙なバランスの下に成り立っているため、環境の変化に対しては非常に脆弱である。開発による大規模な泥炭湿地林の乾燥化は樹木の生育環境を激変させ、森林の様々な機能を不可逆的に変化させる。このような森林機能の変化は、森林全体の炭素蓄積量や生物多様性を通して、生態系サービスに反映されると考えられる。しかしながら、泥炭湿地林において、森林の劣化に対するこれらのパラメーターの変化を詳細、かつ広域に研究した例は見られない。

2. 研究の目的

本研究では、このような人為的な森林破壊が、森林を構成する樹木の種組成や森林群集構造、炭素固定能力といった森林機能にどのような影響を与えているのか、そして、その影響は地域ごとに異なっているのか、これらが森林の炭素蓄積量や生物多様性といった森林から受ける生態系サービスとどう関連しているのかを定量的に評価し、さらにはこのような変化が地域住民の生活に与える影響を明らかにすることを目的とする。

本研究では、このような人為的な森林破壊が、森林を構成する樹木の種組成や森林群集構造、炭素固定能力といった森林機能にどのような影響を与えているのか、そして、その影響は地域ごとに異なっているのか、これらが森林の炭素蓄積量や生物多様性といった森林から受ける生態系サービスとどう関連しているのかを定量的に評価し、さらにはこのような変化が地域住民の生活に与える影響を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 泥炭湿地林の種多様性、森林群集構造、および炭素固定能力の把握と人為的攪乱による変化の定量的評価

森林の種組成、森林群集構造、樹木個体の群集への加入・死亡、および成長率といった森林群集動態と炭素固定能力を把握するために、調査区において樹木を対象とした全数調査（直径>5 cm）を実施する。これらのデータを過去に得られたデータと比較することによって、人為的攪乱が森林生態系に与える影響についての解析を行う。森林の環境条件は、その森林の構成樹種や環境変化に対する脆弱性を決定する大きな要因となる。また、開発によってしばしば森林内に掘削される排水路は森林の乾燥化を促進し、そこに生育している樹木に致命的なダメージを与える。そこで、このような環境条件による森林への影響を明らかにするために、気象ステーションと地下水位計を用いて継続観測を行う。さらに、土壌含水量や栄養塩、地下水の水質等の分析を行うことによって、それぞれの森林における環境要因の違いについても定量的に評価する。また、各地の森林の攪乱前と現在の状況を比較することによって、これを統合した広域比較を行う。

(2) 生態系サービスの変化による地域社会への影響評価

上記(1)で得られた結果と泥炭湿地林周辺の村落の生業や非木材林産物の利用の経年変化を比較することにより、生態系サービスの変化が地域社会に与えてきた影響についての解析を行い、これらの傾向について地域間とで比較する。

4. 研究成果

研究代表者は、熱帯泥炭湿地林の総合的な理解に向け、おもにインドネシアの未攪乱林や泥炭火災跡地などにおいて、様々な観点から研究を行ってきた。

(1) 泥炭湿地林とヒース林での生態学的研究

中央カリマンタン州の低地では、その特徴的な地形により泥炭湿地林とともに非常に貧栄養なヒース林（ケランガス林）の発達が見られる。隣接するこれらの森林で調査を行ったところ、共通する種は見られるものの、樹高や優占種が異なっていることが確認されている。そこで、泥炭湿地林～ヒース林移行帯に調査区を設置して森林全数調査を行うとともに、泥炭深度や土壌の状態を調査し、環境の違いが樹木群集の種組成や種特性に与える影響を明らかにするための調査を行った。その結果、調査区は種組成の違いにより泥炭湿地林、ヒース林、その移行帯の3つに分類された。土壌栄養塩に関しては大きな違いがみられなかったが、泥炭土壌では炭素・窒素含量が高い傾向がみられた。また、現地の研究者と協力して実生の分布と環境要因、土壌環境による菌根菌の分布の違い、根の形態の違いについての研究も行っており、現在解析中である。

(2) 焼け跡草原とその環境要因

泥炭火災後には様々な植生の発達が見られるが、その種類や発達に影響を与える要因は分かっておらず、これを明らかにすることは、泥炭湿地林の保全を考える上で非常に重要である。そこで、スマトラ島・リアウ州の泥炭火災跡地において、火災後に発達の見える草原植生の分布とその環境要因に関する調査を行った。その結果、草原植生の種類が地下水位とその水質によってかなり厳密に決定されていることが明らかとなり、地上部植生が泥炭火災跡地の環境を判別する上での指標となることが示唆された。この結果は近日中に論文として発表予定である。また、これにはボルネオ島・中央カリマンタン州で行われた既存研究との類似性が認められたため、様々な泥炭火災跡地を対象とした文献研究と現地調査を行い、泥炭火災後の草原植生の分布とその回復可能性を理解するためのモデルを構築中である。加えて、草原植生の後に発達する二次林についても検討する予定である。

(3) 泥炭湿地林周辺村落における生業と非木材林産物利用の経年変化

中央カリマンタン州の泥炭湿地林に隣接する村落において、参加型農村調査手法（Participatory Rural Appraisal）を用いた社会調査によって、住民の生業や非木材林産物の利用に関する調査を行った。これを先行研究と比較し、泥炭湿地林の状態や森林政策の変化によって、地域住民の生活がどのような影響を受けたのかを明らかにした。本研究により、インドネシア政府による泥炭火災対策のための焼き畑の禁止により、住民は自給自足の生活から「もの」を購入する生活への変化を余儀なくされ、村落外への出稼ぎが増えていることが明らかとなった。今後は、これらの知見を踏まえて、他の集落で同様の調査を行って比較する予定である。



図 2 村落における参加型農村調査手法 (Participatory Rural Appraisal) を用いた調査

(4) 熱帯泥炭湿地林の人為的攪乱とその回復可能性における広域比較

熱帯泥炭湿地林の人為的攪乱とその回復可能性に関して熱帯域全体を対象とした文献研究を行い、これを科学雑誌で出版した。

これらの一連の研究により、自然状態～攪乱後の様々な条件下における泥炭湿地林の維持機構について解明できただけでなく、泥炭地の変化が地域住民に与える影響についても明らかとなった。

<引用文献>

- ① Page S E, Rieley J O and Banks C J 2011 Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool *Global Change Biology* **17** 798-818
- ② Hansen M C, Stehman S V, Potapov P V, Arunarwati B, Stolle F and Pittman K 2009 Quantifying changes in the rates of forest clearing in Indonesia from 1990 to 2005 using remotely sensed data sets *Environmental Research Letters* **4** 034001
- ③ Hirano T, Jauhainen J, Inoue T and Takahashi H 2009 Controls on the Carbon Balance of Tropical Peatlands *Ecosystems* **12** 873-887
- ④ Hirano T, Segah H, Kusin K, Limin S, Takahashi H and Osaki M 2012 Effects of disturbances on the carbon balance of tropical peat swamp forests *Global Change Biology* **18** 3410-3422

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 塩寺 さとみ, 伊藤 雅之, 甲山 治	4. 巻 70
2. 論文標題 熱帯泥炭湿地林の人為的攪乱とその回復可能性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本生態学会誌	6. 最初と最後の頁 15 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/seitai.70.1_15	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Itoh Masayuki, Matsubara Takashi, Shiodera Satomi, Iizuka Kotaro, Sakurai Ken, Nakajima Yoko, Ohashi Hiroki, Manalu Ivan	4. 巻 31
2. 論文標題 Application of electrical resistivity to assess subsurface geological and hydrological conditions at post tin mining sites in Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Land Degradation & Development	6. 最初と最後の頁 1217 ~ 1224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ldr.3527	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 該当する
1. 著者名 Lee Wen-Chien, Chen Jing, Budisulistiorini Sri Hapsari, Itoh Masayuki, Shiodera Satomi, Kuwata Mikinori	4. 巻 53
2. 論文標題 Polarity dependent chemical characteristics of water-soluble organic matter from laboratory-generated biomass burning revealed by 1-octanol-water partitioning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 8047 ~ 8056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.9b01691	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 該当する
1. 著者名 Das Reshmi, Wang Xianfeng, Itoh Masayuki, Shiodera Satomi, Kuwata Mikinori	4. 巻 124
2. 論文標題 Estimation of metal emissions from tropical peatland burning in Indonesia by controlled laboratory experiments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 6583 ~ 6599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD030364	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 該当する

1. 著者名 Iizuka Kotaro, Itoh Masayuki, Shiodera Satomi, Matsubara Takashi, Dohar Mark, Watanabe Kazuo	4. 巻 4
2. 論文標題 Advantages of unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry for landscape analysis compared with satellite data: A case study of postmining sites in Indonesia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cogent Geoscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23312041.2018.1498180	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 該当する

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 塩寺さとみ, Tika Dewi Atikah, Joeni Setijo Rahajoe, 甲山治
2. 発表標題 熱帯泥炭湿地林とヒース林における森林群集の比較
3. 学会等名 第29回日本熱帯生態学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reshmi Das, Satomi Shiodera, Masayuki Itoh, Mikinori Kuwata, Xianfeng Wang
2. 発表標題 Metal emission from tropical peatland burning in Indonesia - Implication on Iron (Fe) Solubility in Oceans
3. 学会等名 9th International Conference on Asian Marine Geology (ICAMG-9) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wen-Chien Lee, Jing Chen, Sri Hapsari Budisulistiorini, Masayuki Itoh, Satomi Shiodera, Mikinori Kuwata
2. 発表標題 Polarity dependent chemical characteristics of water soluble organic matters revealed by the 1-octanol-water partitioning method
3. 学会等名 iCACGP Symposium/IGAC Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reshmi Das, Satomi Shiodera, Masayuki Itoh, Mikinori Kuwata , Xianfeng Wang
2. 発表標題 Metal release during Indonesian forest fires
3. 学会等名 Tenth International Workshop on the Fluvial Sediment Supply to the South China Sea (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shigeo Kobayashi, Fumiko Furukawa, Satomi Shiodera, Haris Gunawan
2. 発表標題 Rehabilitation of the degraded peat swamp forests using NTMP ' s in Riau, Indonesia
3. 学会等名 第27回日本熱帯生態学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 飯塚 浩太郎, 伊藤 雅之, 渡辺 一生, 塩寺 さとみ
2. 発表標題 ドローンをを用いた空中写真の取得及び高解像度オルソ画像出力による土地利用・土地被覆マッピングへの転用
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塩寺さとみ
2. 発表標題 熱帯泥炭湿地林における森林の人為的攪乱とその影響, 企画シンポジウム「巨大な炭素プールである熱帯泥炭林の現状と保全に向けた取り組み」
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Satomi Shiodera, Kazuo Yabe, Masayuki Ito, Osamu Kozan, Tika Dewi Atikah, Joeni Setijo Rahajoe
2 . 発表標題 Species composition and environmental factors of grasslands developing on the burnt peatlands in Sumatra
3 . 学会等名 15th International Peat Congress 2016 (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Masayuki Itoh, Hiroshi Nishimura, Satomi Shiodera, Takashi Hirano, Osamu Kozan, Haris Gunawan
2 . 発表標題 Changes of water chemistry (dissolved organic carbon) with frequent peat fires in Indonesian peatland
3 . 学会等名 15th International Peat Congress 2016 (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 T. S. Kohyama, Tika D. Atikah, K. Miyamoto, S. Shiodera, Joeni S. Rahajoe
2 . 発表標題 Dynamic properties of peat-swamp and heath forests in Central Kalimantan
3 . 学会等名 第26回日本熱帯生態学会年次大会
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Lee W.C., L. Yang, S. H. Budisulistiorini, J. Chen, M. Itoh, S. Shiodera, Haris Gunawan, M. Kuwata
2 . 発表標題 Examining water soluble materials from laboratory biomass burning experiments
3 . 学会等名 2016 Taiwan Geosciences Assembly (国際学会)
4 . 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Nuria Sanz	4. 発行年 2018年
2. 出版社 UNESCO Office Mexico, Mexico	5. 総ページ数 -
3. 書名 Exploring frameworks for tropical forest conservation: integrating natural and cultural diversity for sustainability, a global perspective	

〔産業財産権〕

〔その他〕

総合地球環境学研究所 スタッフプロフィール http://archives.chikyu.ac.jp/archives/AnnualReport/Viewer.do?prkbn=R&jekbn=J&id=637 京都大学東南アジア地域研究研究所ホームページ http://www.cseas.kyoto-u.ac.jp/about/staff_all/division1/siodera/

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
研究協力者	ユニ・セティヨ・ラハユ (Joeni Setijo Rahajoe)	インドネシア科学院生物学研究所・研究員	
研究協力者	ティカ・ドゥイ・アティカ (Tika Dewi Atikah)	インドネシア科学院生物学研究所・研究員	