

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2013～2015

課題番号：25709041

研究課題名(和文) 東南アジア赤道域における低湿地と水循環の相互作用

研究課題名(英文) The interaction between swamp and hydrology in the equatorial zone of South East Asia

研究代表者

甲山 治 (Kozan, Osamu)

京都大学・東南アジア研究所・准教授

研究者番号：70402089

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,600,000円

研究成果の概要(和文)：2013年度より、インドネシアリアウ州ブンカリス県で気象水文観測を開始した。2014年3月の火災後には、荒廃泥炭地の再湿地化を目指し、実験地を設置した。村人たちと緊密に協力して、放棄された畑を選び、排水路を遮断し、在来樹種を植えた。この実験地および水文気象観測データは、泥炭地の火災や煙霧の被害を緩和する解決策の一例として、政府、研究者、一般の注目を集めた。さらには2015年の泥炭火災の危機に対応して、国際ワークショップをインドネシア環境林業省と共同で開催した。そこでは様々な緩和策が議論され、泥炭地火災や煙霧を軽減するために乾燥泥炭地の再湿潤と再植林が必要であることのコンセンサスが得られた。

研究成果の概要(英文)：I started hydro-meteorological observation in Bengkalis Regency, Riau Province, Indonesia from FY 2013. After the wild fire in March 2014, I established an experimental site for re-wetting in an area of dried devastated peatland in Riau, Sumatra. I worked closely with villagers to choose the site in an abandoned field, blocked canals, and planted local tree species. This experimental site and hydro-meteorological data caught the attention of government, researchers, and the public attention as an example of a solution to mitigate the damage of peatland fire and haze. In response to the peatland fire crisis in 2015, I co-organized the international peat fire symposium "Mitigating Peat fire and Haze; challenge and opportunities" in Jakarta with the Ministry of Forestry and Environment. In the workshop various mitigation measures were discussed and a consensus was reached on the need for re-wetting and reforestation of drying peatland in order to mitigate peatland fire and haze.

研究分野：水文学，大気陸面相互作用

キーワード：熱帯泥炭 泥炭火災 再湿地化 大気汚染

1. 研究開始当初の背景

熱帯地域には、豊富な太陽エネルギーと降水量によって保持される熱帯雨林が広大に存在するが、近年森林面積は減少の一途をたどっている。急速な熱帯雨林の開発の結果、本来不向きであった低湿地、特に泥炭湿地にも開発が及んでいる。熱帯における最後のフロンティアであった泥炭湿地林が大規模に皆伐され、アブラヤシ・プランテーションやパルプ原材料を供給するユーカリやアカシアの林業プランテーションに土地利用の転換が進んでいる。泥炭地開発の問題点としては、土壌が水で飽和している状態から排水路を張り巡らせることで水循環を改変することである。排水によって泥炭湿地は乾燥化し、土壌中に大量に蓄えられた有機物が分解され、乾燥に起因する火災が頻発している。

申請者が研究対象としているインドネシアリアウ州は広域に泥炭湿地が分布しており、世界の泥炭湿地面積の約 10%にあたる 4 百万ヘクタールを占めている。リアウ州の泥炭湿地は、州内陸の山地部から流れる河川の河口域である州の東側沿岸を中心に広がっている。ほんの 30 年ほど前まで、この地域一帯は湿地林に覆われ、人々はその独特な水環境下において農林漁業を基盤とした複合的な生業を営んできた。しかし 2012 年現在、短期的な木材バイオマス生産量を重視するあまり、泥炭地において大規模な排水を行い「水の森」から「陸」に変えることで、アカシア造林地が泥炭地へ拡大した。そして 2000 年ごろを境に、人為的な火災が頻繁に起こるようになった。さらに、この火事をきっかけとして、焼け跡にアブラヤシ林が違法に造成され、過去とは全く異なる水循環が成立しつつある。

東南アジアの泥炭地については、化学・物理・生物学的特性の研究、泥炭湿地の形成、地形学的・景観的研究が実施されてきた。それらの成果から、泥炭地の開発が不可逆的であり、また泥炭湿地が土壌肥料的に農耕に不向きであることが分かっている。その他にも、この地域に住むマレー人による生業を通過型と呼び、常に移動を伴う刹那的な社会的性向が指摘されている。泥炭地域は生態的な社会制度の脆弱性が指摘される一方で、住民の生業は常に可変的であり、変容可能性が高い地域であると考えられる。

近年の泥炭湿地の開発は、低生産性、泥炭湿地の沈下、強酸性化による土壌劣化、泥炭地火災、泥炭地の荒廃化とその放棄という問題をもたらしている。また開発され、排水された泥炭湿地からは膨大な炭素が排出され地球温暖化の原因にもなっている。また煙害による健康被害は著しく、社会的な問題となっている。

2. 研究の目的

熱帯の低湿地、特に島嶼部では、水が溜まりやすい場所で植物遺体の分解がある段階

で抑えられ、泥炭が堆積し熱帯泥炭湿地林と呼ばれる景観が発達する。この泥炭は厚さが最大で 20~30m 程になり、ドーム状の地形を形成する。この泥炭湿地林の発達には、熱帯島嶼部の気候・地形・地質といった大きなレベルでの要因と、気候・地形の変化に伴う小さなレベルでの植生遷移によって成り立つ。この特異な景観では、生態系の維持機構が特異であるだけでなく、その開拓・開発過程も独特なものとなっている。

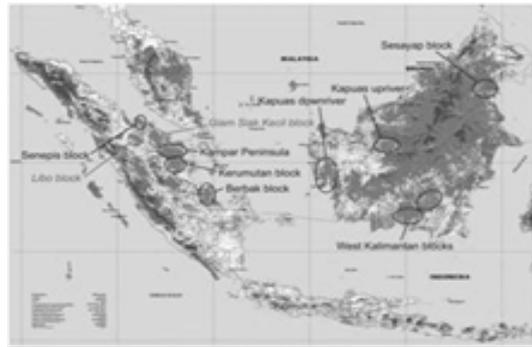


図 1 東南アジア赤道域における泥炭湿地の分布

図 1 に東南アジア赤道域の泥炭湿地分布を示しており、赤道域に集中していることが分かる。赤道域は降水量が多く、熱帯収束帯の南北移動に起因する乾季の期間が短いことも、泥炭層の発達に寄与していると考えられる。さらにはリアウ州の低地は、他の地域に比べて夕方の雨が少なく真夜中から午前中の降水量が多いなど、降水パターンにも特徴がみられる。赤道域における水循環が、どのように泥炭の維持・発達に寄与しているかというメカニズムの解明が本研究の目的である。また沿岸の泥炭湿地は、沿岸の干満差に影響される感潮帯と台地の二つに分けられる。台地の泥炭湿地は完新世(10,000 年前~現在まで)の海進期に海水面が上昇するのに伴って、淡水湿地林が形成され泥炭が堆積した。他方、現在の感潮帯は 1500 年程前から海岸線が後退し、泥炭が堆積した。このような長期間にわたって形成された泥炭湿地は、様々な相互作用系のもとで形成されており、降水パターンに代表される大気との相互作用も重要であると思われる。

熱帯低湿地における大規模植林やアブラヤシ栽培の拡大という人間活動が流域の水・熱循環に与える影響を、出来る限り定量的に評価することである。人間活動は水熱循環を構成する要素のうち唯一能動的に意思決定できるものであり、それが長期間作用したときに生じる因果関係を知ることは今後の水循環研究において非常に有益である。水熱循環は複雑系であり一面のみの理解では不十分であるが、火災など個々の現象とそれらの相互作用を統合的に解析することで、物理現象と人間活動の相互作用の評価を行う。

3. 研究の方法

2013年度より、インドネシアリアウ州ブンカリス県で気象水文観測を開始した。2014年3月の火災後には、荒廃泥炭地の再湿地化を目指し、実験地を設置した。村人たちと緊密に協力して、放棄された畑を選び、排水路を遮断し再湿地化を行い、さらには在来樹種を植えた。再湿地化前後における地表面状態を観測データで示すとともに、実際に火災対策として有効であることを明らかにした。

2014年度と2015年度はインドネシアのリアウ州で、リアウ大学のチームとともに、10の集落を訪問し、地域住民によるさまざまな泥炭地利用の現状を調査記録するとともに、泥炭地利用に関する問題点を調査した。

泥炭地が人為的攪乱（被伐採・被火災）を受ける前後の物質循環機構の変化を現地調査により明らかにした。さらには、火災前後で地下水質が大きく変化することが示唆された。また簡易なダムによって再湿地化が可能で、その再湿地化効果はすぐに表れることが実証された。再湿地化サイトでは在来樹種を用いた植林事業を実施した。泥炭地火災に起因する煙害（ヘイズ）に関する国際的研究チームを構成し、現地調査を行った。

4. 研究成果

荒廃泥炭地の再湿地化実験および気象観測データは、泥炭地の火災や煙霧の被害を緩和する解決策の一例として、政府、研究者、一般の注目を集めた。さらには2015年の泥炭火災の危機に対応して、国際ワークショップをインドネシア環境林業省と共同で開催した。そこでは様々な緩和策が議論され、泥炭地火災や煙霧を軽減するために乾燥泥炭地の再湿潤と再植林が必要であることのコンセンサスが得られた。

特に2014年3月にはリアウ州北部で大規模火災が発生したのち、簡易なダムによって再湿地化が可能で、その再湿地化効果はすぐに表れることが実証された。再湿地化サイトでは在来樹種を用いた植林事業を実施した。2014年度から開始している気象観測サイトでは、雨量、風向などの気象条件が泥炭火災と関連があることが分かったため、インドネシア気象庁の気象データを解析するとともに、気象レーダーデータの活用を進めている。

火災の燃焼現場では熱分解過程が重要で、状態や場所の違いが、放出量や放出比（emission factor）に対して影響する。実験室での燃焼実験では各地域の泥炭種類に依存して状況が異なり、カリマンタン泥炭とスマトラ泥炭では窒素化合物含有量が異なることが報告されている。そこで衛星から求めたスマトラ島の週別ホットスポット数（NASA Global Fire maps）と現地観測で得られた一酸化炭素COとPM10データを用いて、スマトラ島中央部に位置するリアウ州ペカンバル市の大気汚染の傾向を調べた。2013年6月、2014年2月と9月、2015年2月と9月の5

時期において、ホットスポット数と大気汚染物質濃度に強い相関が見られたものの、COとPM10同士の相関は低かった。

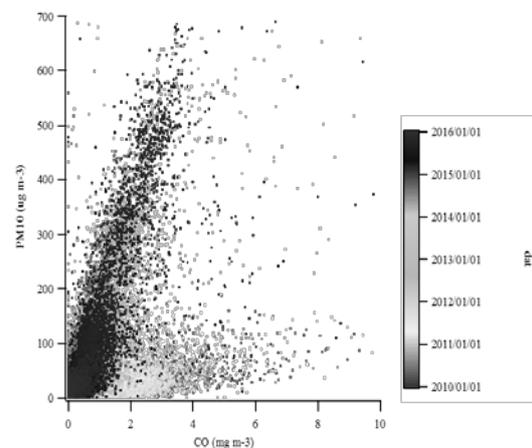


図2 一酸化炭素COとPM10データの比較（2010-2015年）

図2は両者の放出比を6年間（2010-2015）プロットしたもので、3つの傾きを仮定することが出来る。実線をPM10が出やすい地表面火災、破線を不完全燃焼でCOを排出する泥炭地火災、点線を無火災期で車や工場からの汚染物質検出と仮定し解析を進めたところ、年ごとの傾向が強いことが分かった。

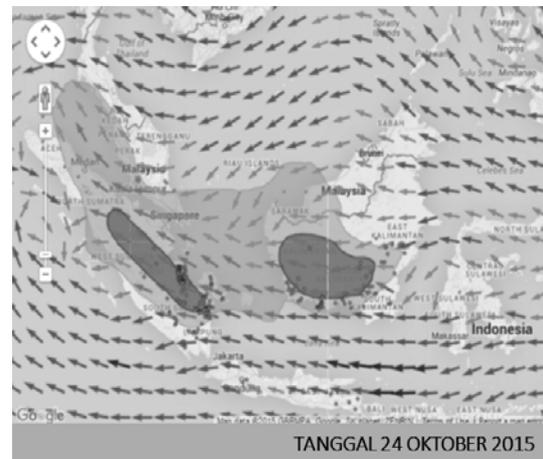


図3 ヘイズ被害が最大となった2015年10月24日時点の風向風速、ホットスポット、ヘイズ範囲

またさらにはリアウ州ペカンバル市において、泥炭地火災に伴うヘイズに含まれる大気汚染物質であるPM10とCOを分析し、火災の種類や気象条件によって大気汚染の被害が異なることを示した。例えば、低いCO濃度と高いPM10濃度を示した2015年データからはリアウ州での火災は少ないが、周囲で火災が発生した9月と10月には南東風が卓越したことから（図6参照）、ジャンビ州や南スマトラ州で発生したPM10が輸送・移流してきた可能性が高いことを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

①Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Muhammad, A., Itoh, M., Kozan, O., Takematsu Y. and Yoshimura, T., “The impact of tropical peat fire on termite assemblage in Sumatra, Indonesia: reduced complexity of community structure and survival strategies”, *Environmental Entomology*, 45,1170-1177, 2016 査読あり

②Neoh, K.-B., Bong, L.-J. Muhammad, A. Itoh, M., Kozan, O., Takematsu, Y., Yoshimura, “Understanding the impact of fire on termites in degraded tropical peatlands and the mechanisms for their ecological success: current knowledge and research needs” *Ecological Research*, 30,5,759-769, 2015 査読あり

③Tran Van Do, Tamotsu Sato, Osamu Kozan, “A new approach for estimating fine root production in forests”, *Tree: Structure and Functions*, 2015 査読あり

④甲山 治, インドネシアにおける熱帯泥炭地火災, 土壌水分ワークショップ 2014 論文集,38-41 2015 査読なし

[学会発表] (計4件)

①Osamu Kozan, “Continuous Peatland Fire and Haze Monitoring in Sumatra”, 1st International Conference on Science and Engineering, 2015年9月28日, インドネシア国プカンバル市

②Ayako Oide, Osamu Kozan, “The Factorial Analysis of The Slope Land-Use Change in North Toraja, Indonesia, Targeting on the Livelihood of the Local People”, *Proceedings of Humanosphere Science School 2014*, 2014年12月22日, インドネシア国バンドン市

③甲山治, 熱帯泥炭地域社会再生に向けた地域将来像の提案, 日本泥炭地学会 2014年度総会, 2014年5月8日, 札幌市

④Osamu Kozan “Hydrological modeling to estimate the human impact on climate system in Indonesia”, *Annual Scientific meeting of the Indonesian Society of Limnology 2013*, 2013年12月3日, インドネシア国ボゴール県チビノン

[図書] (計1件)

KOZAN Osamu “Rainfall and Groundwater Level Fluctuations in the Peat Swamps (Chapter10)”, *Catastrophe and Regeneration in Indonesia's Peatlands Ecology, Economy and Society*, NUS Press, 2016 296-311

6. 研究組織

(1) 研究代表者

甲山 治 (Osamu Kozan) 京都大学, 東南アジア研究所, 准教授
研究者番号: 70402089

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

ハリス グナワン (Haris Gunawan) インドネシア泥炭地回復庁次官