

平成 31 年 4 月 3 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H05625

研究課題名(和文) 熱帯泥炭湿地林の急激な環境変化が温暖化ガス等の物質循環に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Effects of rapid environmental changes on GHG dynamics in Tropical peatlands

研究代表者

伊藤 雅之 ( ITOH, MASAYUKI )

兵庫県立大学・環境人間学部・准教授

研究者番号：70456820

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,200,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジアの熱帯泥炭湿地で問題になっている人為的な環境変化(伐採・排水・火災など)が物質循環機構に与える影響を、水文学的・生物地球化学的観測手法により明らかにした。未排水の天然林・排水林・火災後の荒廃泥炭地を対象に、特に地下水位と温室効果ガスとの関係についての調査を行い、天然林から排水林に変化する過程で、泥炭分解による二酸化炭素放出が増加し、さらに火災を経ると放出量は天然林の状態に比べて小さくなることを示した。また、インドネシア熱帯泥炭湿地初の気象観測タワーでの生態系スケールのメタンフラックス連続観測から、乾季はメタンの吸収源として機能し、雨季の湛水時期には放出源に転じる季節変動を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、これまで研究報告例が数少なかったインドネシアを中心とする東南アジア熱帯泥炭湿地林での物質循環に、急速な人為的な環境変化が及ぼしている影響について明らかにするものである。現地で進む森林からプランテーションへの土地利用変化の途上で生じる、排水や火災が泥炭分解由来の温室効果ガス放出にどのように影響するかといった情報は、将来的な土地変化のあり方を考える際の重要な情報となる。

研究成果の概要(英文)：We conducted field survey in tropical peat swamp in Southeast Asia, in which rapid environmental changes (such as deforestation, drainage, and peat fires) are occurring. We applied hydrological and biogeochemical survey to elucidate the effects of environmental changes on material cycling, especially greenhouse gas emissions and water quality. Our field observation showed the change in carbon dioxide emission from peat decomposition (Drained forest > undrained intact forest > drained and burnt degraded peat). We also firstly reported ecosystem scale methane flux in undrained peat swamp forest in Indonesia. Our results showed that the swamp forest can switch from methane sink in dry season to methane source in wet and inundated season. These reports contribute deeper understanding of changes in material cycles in tropical peatland under rapid changes.

研究分野：生物地球化学

キーワード：熱帯泥炭 東南アジア 温室効果ガス 土地利用変化 排水 火災

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

東南アジア、特にインドネシアに広がる熱帯泥炭地では、木本植物遺体の腐植を中心に全球の土壌炭素の約 20%の蓄積が推定される。近年、急激な人口増加に伴い、インドネシアでは 2005 年までの 15 年間で低地林の 40%以上が伐採され、アカシア林(パルプ用早生樹)や油ヤシ園の植林地の急拡大が進んでいる。特に焼畑の延焼による火災が頻発し荒廃放棄地が拡大している中で、森林や泥炭火災による二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)等の温室効果ガス排出、煙害による健康被害、近隣諸国へ越境汚染が地域的・国際的な問題となっている。

急激な人口増加に伴い、泥炭地では排水 伐採 火災 植林 再火災 荒廃放棄地という森林環境の劇的な劣化が進んでいる。排水による圧密、火災による表層泥炭の焼失により、泥炭土壌の物理的構造や水分条件にも大きな変化が生じている。

現在、熱帯泥炭地は陸域生態系における炭素動態のホットスポットとして認識されており、近い将来、大規模な CO<sub>2</sub> ソースになることが危惧されている(Global Carbon Project)。そのため、熱帯泥炭生態系の炭素循環を解明し、環境攪乱に関連した変化を予測することが地球温暖化抑制の観点から強く求められている。CO<sub>2</sub> に関しては生態系スケールの観測例はあるものの、泥炭分解や火災による CO<sub>2</sub> 放出や、火災により放出が予想されるメタン(CH<sub>4</sub>)等、主要温暖化ガスの観測データが不足している。

### 2. 研究の目的

急速に荒廃地化する熱帯泥炭地域での人間活動が物質循環に与える影響に注目し、  
・伐採・排水・火災に伴う土壌の物理化学性や水動態(生物地球化学過程・水文過程)の変化が温暖化ガス(主に CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) 放出に及ぼす影響と

・原生林・放棄荒廃地・植林地など他地点での観測結果の比較により明らかにする。

泥炭地の環境変化は、分解による有機物の無機化や硫酸酸性土壌の表出など生物地球化学的(微生物活動・酸化還元)な反応過程を通じて、土壌中の温室効果ガスの生成/消費、水移動に伴う炭素・窒素等溶存物質の流出に影響する。既往研究の多くは、天然林を対象とし、代表的な温室効果ガスである CO<sub>2</sub> の収支観測に重点が置かれてきた。

現在、自然林の殆どが開発され、広大な面積で火災が生じ、荒廃が進んでいる(図 3)ため、伐採や森林火災・人工林化等の環境変化が泥炭地の物質循環に及ぼす影響についての知見の蓄積が必要とされている。特に地球規模の温暖化に寄与している泥炭由来の CO<sub>2</sub> のみならず CH<sub>4</sub> などデータ蓄積の少ない主要な温暖化ガスに関する情報収集が必要である。

観測は、スマトラ島・カリマンタン島の内陸型泥炭地を主サイトとし、天然泥炭湿地林と火災後の放棄地、アカシア/油ヤシ園を対象とする。また、西カリマンタンの感潮帯に形成される泥炭地も対象とすることで、代表的な熱帯泥炭地を網羅し、泥炭形成機構の異なる地点間での結果の比較も可能になる。

### 3. 研究の方法

主な調査対象地は、インドネシアの スマトラ島(リアウ州) 中カリマンタン州とする。申請者が既に有する可搬式の赤外線 CO<sub>2</sub> アナライザーを用いたチャンバー法による CO<sub>2</sub> 放出の観測(泥炭分解速度)に加え、本研究課題で導入するオープンパス型メタンアナライザーを気象観測タワーに設置し、インドネシア熱帯泥炭湿地林サイトで初めての生態系スケールのメタンフラックス観測を実施した。

温室効果ガス放出に関しては、土地利用の変化がそれぞれの泥炭の二酸化炭素やメタンなど温室効果ガスの放出にどのように影響するかを調べるために、現地で採取した土壌を用いて、実験室で嫌気状態での培養実験、燃焼実験を行い、様々な環境条件下でのガス放出速度を調査した。その他、現地で採取した土地利用の異なる地点の泥炭や泥炭地に生える植生などを用いて、実験室内で燃焼実験を行い、その際に放出される粒子状物質(PM<sub>2.5</sub> など)や、その他微量ガス成分の分析を行った。また現地の火災の前後で、溶存有機物など地下水の水質がどのように変化するかについても分析した。

### 4. 研究成果

本研究課題では、生物地球化学的・水文学的な研究手法を併用した現地調査を行い、人為的な環境変化が泥炭地の物質循環機構に与える影響を明らかにした。現地では、主に排水 伐採 火災 荒廃放棄地という変化が急速に起こっている。本課題では、これらのうち、未排水の天然林・排水林・火災後の荒廃泥炭地を対象に、地下水位と温室効果ガス観測・地下水質の調査などを行った。その結果、天然林から排水林に変化する過程で、泥炭分解による二酸化炭素放出が増加し、さらに火災により荒廃地化すると、放出量は天然林の状態に比べて小さくなること示された。これは、排水により大気から泥炭への酸素供給が増加することでの分解の増加、また火災による易分解性の炭素の焼失・水を介しての流出などにより、焼け跡では二酸化炭素放出が少なくなったと考えられた(Itoh et al., 2018; Science of the Total Environment)。また本課題は、インドネシア熱帯泥炭湿地で初めての気象観測タワーでの生態系スケールのメタンフラックス連続観測を開始し、その季節変動を明らかにした。乾季にはメタンの吸収源として機能するものの、雨季の湛水時期には放出源に転じること、その放出速度は温帯湿地など

に比べて非常に小さいものであることが明らかになった (Sakabe et al., 2018; *Global Change Biology*)。その他に、火災に伴う泥炭地下水中の溶存有機炭素の質と量の変化について、泥炭火災で発生する煙に含まれる PM2.5 や大気汚染物質の質について (Kuwata et al., 2017. *J. Geophys. Res.* 他)、泥炭を含む有機物を分解する土壌動物 (シロアリなど) が環境変化にどのような影響を受けるかについて (Neoh et al., 2016. *Journal of Insect Conservation* 他)、現地カウンターパートなどと研究を進め、国際学術雑誌に多数発表した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 17 件)(すべて査読あり)

Sakabe, A., Kosugi, Y., Takahashi, K., Itoh, M., Kanazawa, A., Makita, N., Ataka, M. (2015) One year of continuous measurements of soil CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes in a Japanese cypress forest: temporal and spatial variations associated with Asian monsoon rainfall  
*J. Geophys. Res. Biogeosciences*, 120, 585-599, doi:10.1002/2014JG002851.

Itoh, M., Shimamura, T., Ohte, N., Takemon, Y. (2015) Differences in hydrophyte life-forms induce spatial heterogeneity of CH<sub>4</sub> production and its carbon isotopic signature in a temperate bog peatland  
*J. Geophys. Res. Biogeosciences* 120, 1177-1195, doi:10.1002/2014JG002881.

Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Muhammad, A., Itoh, M., Kozan, O., Takematsu, Y., Yoshimura, T. (2015) Understanding the impact of fire on termites in degraded tropical peatlands and the mechanisms for their ecological success: current knowledge and research needs  
*Ecol. Res.*, 30, 759-769, doi:10.1007/s11284-015-1289-8.

Neoh, K.-B., Bong, L. J., Nguyen, M.T., Nguyen, V. T., Nguyen, H. Q., Itoh, M., Kozan, O., Yoshimura, T. (2015) Reduced termite diversity and complexity in Vietnamese coffee agroecosystems: Testing along a gradient of increasingly disturbed land  
*Journal of Insect Conservation* 19, 1129-1139, 2015, doi:10.1007/s10841-015-9828-8.

Sakabe, A., Kosugi, Y., Okumi, C., Itoh, M., Takahashi, K. (2016) Impacts of riparian wetlands on the seasonal variations of watershed scale methane budget in a temperate monsoonal forest  
*J. Geophys. Res. Biogeosciences* 121, 1717-1732. DOI: 10.1002/2015JG003292

Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Muhammad, A., Itoh, M., Kozan, O., Takematsu, Y., Yoshimura, T. (2016) The impact of tropical peat fire on termite assemblage in Sumatra, Indonesia: reduced complexity of community structure and survival strategies  
*Environ. Entomology*, 45, 1170-1177. doi: 10.1093/ee/nvw116

Wijedasa, L. S., Jauhainen, J., Ononen, M. K., Lampela, M., Vasander, H. et al. (135/139 Authors) (2016) Denial of long-term issues with agriculture on tropical peatlands will have devastating consequences  
*Global Change Biol.* 23, 977-982, doi:10.1111/gcb.13516.

Kuwata, M., Kai, F. M., Liudongqing, Y., Itoh, M., Gunawan, H., Harvey, C. F. (2017) Temperature and Burning History Affect Emissions of Greenhouse Gases and Aerosol Particles from Tropical Peatland Fire  
*J. Geophys. Res. Atmos.* 122, 1281-1292, doi:10.1002/2016JD025897.

Marryanna, L., Kosugi, Y., Itoh, M., Noguchi, S., Takanashi, S., Katsuyama, M., Tani, M., Siti-Aisah, S. (2017) Temporal variations in stable isotopes in precipitation related to the rainfall pattern in a tropical rainforest in peninsular Malaysia  
*Journal of Tropical Forest Science*, 29, 349-362, doi:10.26525/jtfs2017.29.3.349362

Budisulistiorini, S. H., Riva, M., Williams, M., Chen, J., Itoh, M., Surratt, J. D., Kuwata, M. (2017) Light-absorbing brown carbon aerosol constituents from combustion of Indonesian peat and biomass

Environmental Science & Technology, 51, 4415-4423, doi:10.1021/acs.est.7b00397

Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Muhammad, A., Itoh, M., Kozan, O., Takematsu, Y., Yoshimura, T. (2017)

The effect of remnant forest on insect successional response in tropical fire-impacted peatland: A bi-taxa comparison

PLOS ONE, 12(3): e0174388. doi:10.1371/journal.pone.0174388

Chen, J., Budisulistiorini, S. H., Itoh, M., Lee, W.-C., Miyakawa, T., Komazaki, Y., Yang, L., Kuwata, M. (2017)

Water uptake by fresh Indonesian peat burning particles is limited by water-soluble organic matter

Atom. Chem. Phys. 17, 11591-11604, doi:10.5194/acp-2017-136

Itoh, M., Okimoto, Y., Hirano, T., Kusin, K. (2017)

Factors affecting oxidative peat decomposition due to land use in tropical peat swamp forests in Indonesia

Sci. Total Environ. 609, 906-915, doi:10.1016/j.scitotenv.2017.07.132

Marryanna, L., Kosugi, Y., Takanashi, S., Noguchi, S., Itoh, M., Katsuyama, M., Matsuo, N., Siti-Aisah, S. (2017)

Evapotranspiration and Water Source of a Tropical Rainforest in Peninsular Malaysia Hydrological Processes, 31, 4338-4353, doi:10.1002/hyp.11360

勝山正則, 伊藤雅之, 大手信人, 谷誠 (2018)

森林流域に存在する溪畔湿地内の水文生物地球化学的過程とその表流水質に与える影響  
水文・水資源学会誌 31, 178-189.

Sakabe, A., Itoh, M., Hirano, T., Kusin, K. (2018)

Ecosystem-scale methane flux in tropical peat swamp forest in Indonesia

Global Change Biology 24, 5123-5136, doi:10.1111/gcb.14410

Budisulistiorini, S. H., Riva, M., Williams, M., Miyakawa, T., Chen, J., Itoh, M., Surratt, J. D., Kuwata, M. (2018)

Dominant contribution of oxygenated organic aerosol to haze particles from real-time observation in Singapore during an Indonesian wildfire event in 2015

Atmos. Chem. Phys., 18, 16481-16498, doi:10.5194/acp-18-16481-20181

〔学会発表〕(計 10 件)

Itoh, M., Osamu, K., Kuwata, M., Kawasaki, M.:

Impacts of Tropical Peat Fires on Environment, The 2nd Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science, Kyoto, Japan 2017.7.21

Itoh, M., Nishimura, H., Shiodera, S., Hirano, T., Osamu, K., Gunawan, H.:

Change of water chemistry (Dissolved Organic Carbon) with frequent peat fires in Indonesian Peatland, International Peat Congress, Kuching, Malaysia 2016.8.18

伊藤雅之, 西村裕志, 平野高司, Gunawan, H., Kusin, K., 甲山治, 田中洋太郎, 勝山正則 :  
熱帯泥炭湿地の急速な環境変化が地下水中の溶存態有機炭素動態に及ぼす影響, 日本地球惑星  
科学連合 連合大会 2016 年大会, 幕張, 2016.5.24  
など

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。