

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0294

研究課題名（和文）インドネシア熱帯泥炭火災からの大気汚染物質曝露による健康インパクトの包括的評価

研究課題名（英文）Comprehensive assessment of health impact of atmospheric pollutants caused by tropical peatland burning in Indonesia

研究代表者

戸野倉 賢一（Tonokura, Kenichi）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：00260034

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、インドネシアの泥炭地火災により発生する煙害（ヘイズ）中のPM2.5、CO等が大気環境や人の健康に及ぼす影響についての研究調査を実施し、インドネシア熱帯泥炭火災からの大気汚染物質曝露による健康インパクトおよび社会的インパクトを包括的に評価するための研究を行った。具体的には、泥炭火災に時におけるPM2.5濃度とCO濃度の測定を行い、その相関関係を明らかにした。また、マスメディアデータが泥炭火災を原因とする大気質の悪化による健康への影響を推定するためのツールとなる可能性があることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はインドネシアで問題となっている泥炭火災により引き起こされる大気環境汚染ならびにそれに付随する健康問題について、現地での大気観測を行いその実態を明らかにしたものである。また、マスメディアを用いることで泥炭火災を原因とした大気質の悪化による健康影響を推定することが可能であることを示した。泥炭火災をはじめとした野火火災は院でネシアだけでなく他の国でも数多く発生している。本研究での方法論は世界的な大規模森林火災に付随する問題解決に貢献していくものであると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We researched the effects of PM2.5, CO, etc. in haze caused by peatland fires on the atmospheric environment and human health in Indonesia. Specifically, we measured PM2.5 and CO concentrations during peat fires and clarified their correlation, with the aim of comprehensively evaluating the impact on health and society. We also showed that mass media data can be used as a tool to estimate the health impacts of air quality deterioration caused by peat fires.

研究分野：大気環境

キーワード：熱帯泥炭火災 大気汚染物質 健康インパクト ヘイズ インドネシア

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、気候変動イベント、とくにエルニーニョによる長乾季によってインドネシアの森林・泥炭地への火災による煙害(ヘイズ影響)がインドネシア、シンガポール、マレーシアなどの東南アジア島嶼部の国々の大気質に影響、健康被害をもたらしていることが国際的な問題となっている。森林・泥炭地火災の主な原因は、アカシア林などの早生樹プランテーションの造成やパーム油生産のためのアブラヤシ・プランテーションの造成を目的とする野焼きなどの人為的な火入れであり、アブラヤシ企業や農家の経済的なインセンティブのため、その規制は難しい状況である。とくにインドネシア・中カリマンタンは、インドネシア内でも泥炭地が多い地域であり、かつて熱帯泥炭湿地林を伐開し、100万haもの稲作導入をめざした国家的泥炭地開発プロジェクトが実施された地域であるが、度重なる火災や洪水、硫酸性土壌の影響による低収量などで、入植者が放棄した荒廃した泥炭地がひろがっている。一度排水した泥炭地は乾燥すると、火が入りやすく、火災延焼を防ぐことが非常に難しい。また、インドネシアではエルニーニョ現象の発生時には、積乱雲の発達が弱まり降雨量が減少するので泥炭地が乾燥し通常時に比べて火が入りやすくなり大規模な泥炭火災を引き起こすことが知られている。

(2) 2015年のエルニーニョ現象に伴う大規模泥炭地火災において、3ヶ月泥炭火災が続き、2015年10月16日に中カリマンタンのパラカラヤでPSI指数(air pollutant standard index、100を超せば不健康、400以上が非常に危険)が1800に達した。煙害の結果、10月24日時点で全国35の空港が閉鎖するなど、様々な被害が起こっている。2009年に制定した環境法32号では、地方自治体が認可すれば1世帯につき2haまで野焼きを許している。その後、2015年の大火災後に大統領令によって火入れが禁止されているが、今なお泥炭火災は頻発しており社会的な問題となっている。

(3) 火災からのヘイズに含まれる粒子状物質は、呼吸器疾患、循環器疾患、肺がんを増加させることが北米・ヨーロッパを中心に数多く報告されており、日本や東アジアからの報告も近年増えている。それらの知見をもとに、日本においては2009年に粒子径が $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質($\text{PM}_{2.5}$)の環境基準が設定された。また、一酸化炭素(CO)の曝露により循環器疾患が増加するという報告もある。ヘイズに伴う健康被害に対する懸念は周辺国だけでなく、インドネシア国内でも高まっている。地元紙によれば、2015年の火災時には10人が煙害で死亡し、合計50万人以上が呼吸器疾患と診断された(Tribun Pekanbaru紙2015年10月25日)。上記のような現地メディアからの定性的な報告はあるものの、泥炭地火災からのヘイズによる健康影響の定量的評価(曝露-健康影響の関係)に関する報告はほとんどない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、インドネシア泥炭地火災によるヘイズ中の $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 等が大気環境ならびに人の健康に及ぼす影響についての研究調査を実施し、インドネシア熱帯泥炭火災からの大気汚染物質曝露による健康インパクトおよび社会的インパクトを包括的に評価するための研究を行う。

(2) 従来の大気汚染物質による健康影響評価のための疫学研究は、日本を含めた先進国からは数多く報告されている。これらの研究はいずれも人為起源、特に工場や事業所などの固定発生源からのばい煙や自動車からの排ガスを念頭に置いたものであり、都市部で行われたものである。自然起源(黄砂、森林火災など)の大気汚染物質による健康影響については、近年ようやく関心が高まってきたところである。健康影響に大きく関与する $\text{PM}_{2.5}$ には様々な成分が含まれており、成分組成によりその毒性が異なる可能性が指摘されている。従って、発生源が異なる大気汚染は、健康影響が異なる可能性がある。泥炭地火災に伴うヘイズによる大気汚染物質は、都市型大気汚染物質とは組成が異なると考えられるため、発生源別の健康影響を評価するための重要な知見となる。また、インドネシアを含む東南アジアの大気汚染物質の健康影響に関する疫学研究の報告はほとんどない。

(3) 本研究では、これまで泥炭火災による住民の健康影響が報告されているインドネシアの中カリマンタン州及びリアウ州を研究対象地とし、現地での観測により泥炭地火災により発生する大気汚染物質の濃度およびその動態を明らかにする。また、マスメディアを用いた解析により、泥炭地火災由来の大気汚染物質の健康影響を評価する。

3. 研究の方法

(1) 中央カリマンタン州の泥炭火災における大気汚染レベルを計測するための $\text{PM}_{2.5}$ センサーならびに CO 小型電気化学センサーを、図1に示すパラカラヤ、タルナジャヤ、タンパンヌサ、ブントルなど数か所に設置した。

(2) 泥炭火災に伴うヘイズ由来する PM_{2.5} 等による健康影響評価の調査や COVID-19 下での現地での状況把握を行うにあたり、パラカラヤ大学、バンドン工科大学やインドネシア気象気候地球物理庁とオンラインでの打ち合わせを複数回行った。泥炭火災の健康影響については、マスメディア（新聞データ）と科学（観測データ）を比較した解析を行った。

4. 研究成果

(1) 図2はパラカラヤの空港付近のインドネシア気象気候地球物理庁、タンバンヌサ、ブントルの3地点で2019年7月31日から2019年10月19日の間 PM_{2.5} 濃度を観測した結果である。タルナジャヤは装置の不具合のため観測結果が得られなかった。図2からもわかるように、観測期間では泥炭火災が頻発しており 800 $\mu\text{g m}^{-3}$ を超える PM_{2.5} が観測されているのがわかる。

(2) 図3にパラカラヤ市内で2019年7月31日から2019年9月17日の間に観測した PM_{2.5} 濃度と CO 濃度を示す。図2に示すパラカラヤの空港付近と図3の市内での観測結果は、PM_{2.5} 濃度は異なるものの同様な傾向で濃度が変動している。CO 濃度は最大 33 ppm、PM_{2.5} 濃度は最大 600 $\mu\text{g m}^{-3}$ まで増加しているのがわかる。CO の US-AEGL (8 時間) は 27 ppm、PM_{2.5} の WHO-AQGL (24 時間) は 15 $\mu\text{g m}^{-3}$ である。このような汚染された状況では、大気質基準指数は人間や他の生物にとって健康被害が大きいと考えられる。

(3) 図4に PM_{2.5} と CO の相関関係を示す。相関係数は $R = 0.82 \pm 0.05$ であり、よい相関関係を示している。これは、これらの大気汚染物質が地下泥炭地の火災から放出されたためである。この結果は、PM_{2.5} と CO の大気濃度増加がくすぶっている泥炭火災によって引き起こされたことを示唆している。大気質データと疫学情報は環境と公衆衛生管理において重要であるが、常に入手できるとは限らない。そこで、大気汚染によってもたらされる公衆衛生上の懸念を推定するために、新聞記事の有用性を明らかにすることを目的とした調査研究を行った。



図1 中央カリマンタン州の観測サイト

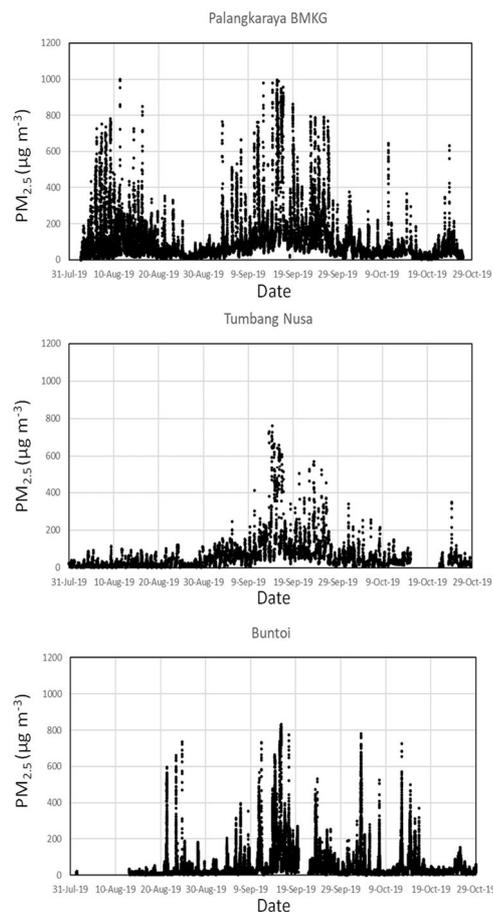


図2 各観測地における PM_{2.5} 濃度

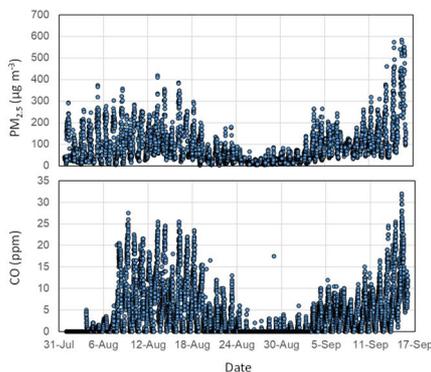


図3 パランカラヤ市内における（上図）PM_{2.5} 濃度と（下図）CO 濃度

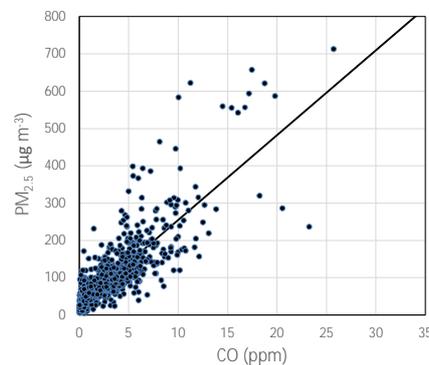


図4 PM_{2.5} 濃度と CO 濃度の相関関係

(4) インドネシア・スマトラ島リアウ州の地元新聞「リアウ・ポス」のデータベースを用いて、健康問題に関連する検索語に言及した新聞記事の掲載頻度と泥炭地火災の火災放射力(FRP)との時空間相関を解析した。検索語としては、penyakit “急性疾患”、penyakit pernapasan akut “急性呼吸器疾患”、kerusakan asap “煙害”、polusi udara “大気汚染”、kebakaran gambut “泥炭地火災”、penggunaan lahan “土地利用”、perkebunan kelapa sawit “オイルパームプランテーション”を用いた。NASA衛星データベースからのFRPは、泥炭地火災によって引き起こされる大気汚染の指標として使用されている。図5は2009年から2018年のFRPによる泥炭地火災と記事ページ数の月次データの相関図である。図5aは線形スケールで図5bのFRPは対数スケールである。bの実線は相関係数 $R=0.43$ を示している。

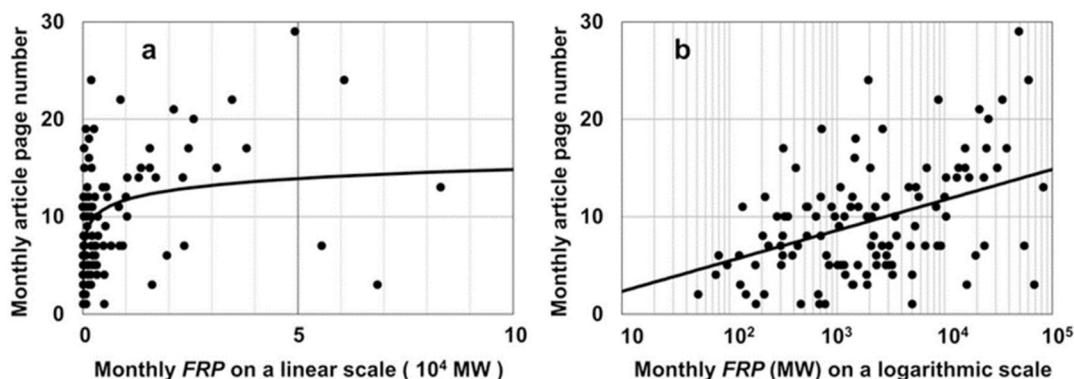


図5 記事ページ数とFRPの相関。aは直線スケールで、bは対数スケールである。(2022 Ohashi et al.) licensed under CC BY 4.0.

(5) これらの結果より、新聞分析は公衆衛生部門にとって、泥炭火災が原因である大気質の悪化による健康への影響を推定するためのツールとなる可能性があることが示された。泥炭火災をはじめとした森林火災とPM_{2.5}によって引き起こされる問題を解決するには、地方自治体は泥炭地を管理する新しい方法を見つける必要があり、そのためにはガバナンスと説明責任を強化する必要がある。新聞は、こうした社会問題への取り組みを人々に伝える重要な役割を果たしている。公衆衛生への影響を評価するための学際的な科学的枠組みは、マスメディアの意思決定支援ツールを通じて一般に公開されている。インドネシアにおけるデジタルデータベースの発展に伴い、メディア研究においても本研究のような学際的研究が盛んになると期待される。森林火災はインドネシアだけでなく他の多くの国でも発生しているため、本研究の方法論は世界的な森林火災の問題に貢献すると考えられる。

<引用文献>

US-AEGL: National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter (2013). <https://www.federalregister.gov/documents/2013/01/15/2012-30946/national-ambient-air-quality-standards-for-particulate-matter>. Accessed 29 Nov 2022.

WHO-AQGL (global air quality guidelines) (2021) Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Geneva.

Masafumi Ohashi, Akihiro Kameda, Osamu Kozan, Masahiro Kawasaki, Windy Iriana, Kenichi Tonokura, Daisuke Naito, Kayo Ueda, “Correlation of Publication Frequency of Newspaper Articles with Environment and Public Health Issues in Fire Prone Peatland Regions of Riau in Sumatra, Indonesia”, *Humanit. Soc. Sci. Commun.* 8, 307 (2021).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kusumaningtyas Sheila Dewi Ayu, Tonokura Kenichi, Muharsyah Robi, Gunawan Dodo, Sopaheluwakan Ardhasena, Iriana Windy, Lestari Puji, Permadi Didin Agustian, Rahmawati R., Samputra Nofi Azzah Rawaani	4. 巻 14
2. 論文標題 Comprehensive analysis of long-term trends, meteorological influences, and ozone formation sensitivity in the Jakarta Greater Area	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-024-60374-2	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 上田 佳代	4. 巻 285
2. 論文標題 特集 環境化学物質が人体へ与える影響 PM2.5・超微小粒子の健康影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 113 ~ 117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32118/ayu28502113	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Kusumaningtyas Sheila Dewi Ayu, Tonokura Kenichi, Aldrian Edvin, Giles David M., Holben Brent N., Gunawan Dodo, Lestari Puji, Iriana Windy	4. 巻 282
2. 論文標題 Aerosols optical and radiative properties in Indonesia based on AERONET version 3	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 119174 ~ 119174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2022.119174	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 Phung Vera Ling Hui, Uttajug Attica, Ueda Kayo, Yulianti Nina, Latif Mohd Talib, Naito Daisuke	4. 巻 17
2. 論文標題 A scoping review on the health effects of smoke haze from vegetation and peatland fires in Southeast Asia: Issues with study approaches and interpretation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 0274433 ~ 0274433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0274433	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 Uttajug Athicha, Ueda Kayo, Seposo Xerxes Tesoro, Honda Akiko, Takano Hirohisa	4. 巻 51
2. 論文標題 Effect of a vegetation fire event ban on hospital visits for respiratory diseases in Upper Northern Thailand	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 514 ~ 524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ije/dyac005	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 Ohashi Masafumi, Kameda Akihiro, Kozan Osamu, Kawasaki Masahiro, Iriana Windy, Tonokura Kenichi, Naito Daisuke, Ueda Kayo	4. 巻 8
2. 論文標題 Correlation of publication frequency of newspaper articles with environment and public health issues in fire-prone peatland regions of Riau in Sumatra, Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Humanities and Social Sciences Communications	6. 最初と最後の頁 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1057/s41599-021-00994-5	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 Phung Vera Ling Hui, Ueda Kayo, Sahani Mazrura, Seposo Xerxes Tesoro, Wan Mahiyuddin Wan Rozita, Honda Akiko, Takano Hirohisa	4. 巻 51
2. 論文標題 Investigation of association between smoke haze and under-five mortality in Malaysia, accounting for time lag, duration and intensity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 155 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ije/dyab100	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 Uttajug Athicha, Ueda Kayo, Seposo Xerxes Tesoro, Honda Akiko, Takano Hirohisa	4. 巻 0
2. 論文標題 Effect of a vegetation fire event ban on hospital visits for respiratory diseases in Upper Northern Thailand	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ije/dyac005	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 Athicha Uttajug, Kayo Ueda, Kei Oyoshi, Akiko Honda, Hirohisa Takano	4. 巻 764
2. 論文標題 Association between PM10 from vegetation fire events and hospital visits by children in upper northern Thailand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of the Total Environment	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) 10.1016/j.scitotenv.2020.142923	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 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 加島敬斗、藤田道也、戸野倉賢一
2. 発表標題 泥炭熱分解により発生した低分子量ガスの排出係数
3. 学会等名 第64回大気環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenichi Tonokura
2. 発表標題 Estimation of atmospheric species emissions from tropical peatlands
3. 学会等名 the 7th Environmental Technology & Management Conference (ETMC) 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Athicha Uttajug, Xerxes Seposo, Arthit Phosri, Vera Ling Hui Phung, Muhammad Abdul Basit Ahmad Tajudin, Kayo Ueda
2. 発表標題 Effects of co-exposure to air pollution from vegetation fires and extreme heat on mortality in Upper Northern Thailand
3. 学会等名 第34回日本疫学会学術総会
4. 発表年 2024年

1 . 発表者名 Ueda Kayo
2 . 発表標題 Addressing the health risks of air pollution from vegetation fires in Southeast Asian region
3 . 学会等名 ISEE-AWPC (International Society of Environmental Epidemiology Asian Western Pacific Chapter) 2022 (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 M. Kawasaki, K. Tonokura, M. Ohashi, M. Yamaguchi, G. Inoue, A. Rahman, D. Nugroho, N. Yulianti, K. Kusin, W. Iriana,
2 . 発表標題 Measurements of XCO2 and AOD in Fire-Prone Peatland of Central Kalimantan
3 . 学会等名 International Meeting on Air Pollution in Asia -Inventories, Monitoring and Mitigation (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Uttajug A, Ueda K, Honda A, Takano H.
2 . 発表標題 Assessment of respiratory morbidity burden from exposure to vegetation fire-PM2.5 in Upper Northern Thailand for the year 2018.
3 . 学会等名 33rd Annual conference of the internal society for environmental epidemiology (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Uttajug A, Ueda K, Honda A, Takano H.
2 . 発表標題 Air pollution from vegetation fire events and respiratory diseases in Phayao, Thailand.
3 . 学会等名 第32回日本疫学会学術総会
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 WANG, Zixuan、押野 彩香、藤田 道也、戸野倉 賢一
2. 発表標題 アルカリ金属塩が泥炭熱分解排出物に与える影響の評価
3. 学会等名 第59回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	上田 佳代 (Ueda Kayo) (60444717)	北海道大学・医学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	川崎 昌博 (Kawasaki Masahiro) (70110723)	総合地球環境学研究所・研究部・客員教授 (64303)	
研究分担者	内藤 大輔 (Naito Daisuke) (30616016)	京都大学・農学研究科・特定准教授 (14301)	
研究分担者	大出 亜矢子 (Oide Ayako) (00814203)	北里大学・獣医学部・助教 (32607)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
インドネシア	パラカラヤ大学	バンドン工科大学	インドネシア気象気候地球物理 庁	