

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01144

研究課題名(和文) 気候変動下での暑熱障害と感染症による健康リスクの予測と統合的評価

研究課題名(英文) Prediction and integrated assessment of health risks due to heat-induced disorders and infectious diseases under climate change

研究代表者

福士 謙介 (Fukushi, Kensuke)

東京大学・未来ビジョン研究センター・教授

研究者番号：30282114

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,000,000円

研究成果の概要(和文)：気候変動の影響を強く受ける東南アジア都市において、昼間の熱中症を中心とする暑熱に関連する健康障害、下痢症・皮膚病等の水系感染症、デング熱等の蚊媒介感染症の健康リスクを予測するモデルを構築した。その結果、暑熱環境リスクは屋外労働者(建設業)が高いが、収入が高く栄養状態の良いベトナムではそのリスクが比較的小さかった。水系感染症は、ベトナムでは洪水により都市下流に位置する集落や農地に大腸菌が拡散してリスクが高まった。さらに、蚊媒介感染症に関するフィリピンとインドネシアの調査では、降水量が増えるとタイムラグを置いてデング熱媒介蚊の個体数が高まり、成虫1匹増えるとデング熱感染リスクが1.8%増加した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動に伴う降雨増加や気温の異常な上昇等の極端気象が、熱中症を中心とする健康障害、下痢症・皮膚病等の水系感染症、デング熱等の蚊媒介感染症などの幅広い健康リスクを高まっていることが様々な観測データから示された。これらの健康リスクが、気候変動に対して脆弱とされる発展途上国において顕在化していることは、健康リスクの緩和に資する気候変動適応オプションを途上国で実行していくことの重要性と緊急性を示している。

研究成果の概要(英文)：The health risks of heat stroke, waterborne diseases such as diarrhea and skin diseases, and mosquito-borne infections such as dengue fever were assessed mainly in Southeast Asian cities, which are presumed to be strongly affected by climate change. The results showed that environmental risks due to heat are higher among outdoor workers (construction workers), but the risks are relatively small in Vietnam, where incomes are higher and nutritional status is better. Flooding in Vietnam increased the risk of waterborne infections and the spread of *E. coli* to settlements and farmland located downstream from cities. Studies of mosquito-borne infections in the Philippines and Indonesia found that dengue vector mosquito populations increased over time as precipitation increased, with each additional adult mosquito increasing the risk of dengue infection by 1.8%.

研究分野：サステナビリティ学

キーワード：気候変動 暑熱 水系感染症 蚊媒介感染症 東南アジア

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動に伴う降雨増加や気温の異常な上昇等の極端気象により、暑熱や感染症による健康リスクの深刻化が懸念される。特に途上国では既に衛生環境に問題を抱えており、気候変動はその状況を更に悪化させる。先行研究では、気候変動の影響範囲として、災害、食料生産低下、生態系サービスの低下などが想定されているが、健康に焦点を当てた研究は限られている。健康リスクは持続可能な開発目標 (SDGs) の目標 3 (すべての人に健康と福祉を) 目標 1 (貧困をなくそう) 目標 11 (住み続けられるまちづくりを) に直結し、持続可能な人間社会の実現に欠くことはできない課題である。

途上国における気候変動下の健康リスクは複雑である。暑熱による健康被害、飲み水や洪水を介した水系感染症、蚊媒介感染症などの様々な疾患や健康影響が起こりうる。気候変動適応策を考える際、1) 様々な健康リスクを網羅的に予測し、2) それらを一つのリスク指標に統合する必要がある。例えば、都市の人口を限られた地区に集約する適応策は、人の移動時間を減らして暑熱暴露を減らす一方で、人と人との接触機会が増えて感染症リスクを高めることも予想される。リスクの統合化により、相反する効果を比較しながら最適な適応策を考えることができる。

信頼できる気候変動適応策を提案するには、健康リスクを高精度で予測することが鍵となる。そのためには、気候、環境、人間行動などの様々な要素を組み込んだ数理モデルが必要となる。気候変動モデルの予測精度は年々進化して様々な高時空間解像モデルが発表されている。一方で、健康リスクモデルの発展は、気候予測モデルと相性の悪い疫学的モデルから脱却できずに停滞しており、環境条件 (例: 温度、環境中ウイルス濃度) と健康障害レベルの関係を経験的に結び付ける回帰モデルから、その関係を導く個々の要素プロセス (例: 遮熱回避行動、水利用行動、二次感染、蚊の生態等) を組み込んだ複雑なプロセスモデルへの発展が必要と考えられる。

例えば、近年注目されている機械学習モデル (Machine Learning Model) は様々な要素を組み込むことが可能で、健康リスクの予測精度を高度化する手段として期待されるが、活用事例は少なく、未だ実用化レベル (例えば、商業的な保険が成立するレベル) とは言えない。従来の健康リスクモデルの多くは、環境条件 (例: 温湿度) と健康障害レベル (例: 罹患率) の関係を回帰的に結び付けていた。本研究は、気候変動下で健康障害を起こす可能性のある個々の要素プロセス (例: 暑熱回避行動、水利用行動、蚊の行動) を組み込んだ機械学習モデルを開発する。機械学習は、従来の回帰モデルが抱えていた入力データの統計分布の制約 (例: 正規分布に従う) 説明変数間の独立性、欠損データに対する脆弱性などの問題を解決して、環境条件や社会経済条件などの様々な変数を組み込んだ複雑なモデル開発に適している。また、途上国でしばしば見られるように、整ったデータが入手できない場合でも、欠損値を含んだデータを教師データとして使える機械学習は有効である。将来的に多様な要素ビッグデータが得られた際には、深層学習への移行も比較的容易であり、発展性も高い。

2. 研究の目的

本研究の目的は、気候変動の影響を強く受ける東南アジア都市において、将来の暑熱影響と感染症の複合的な健康リスクを統合的に予測するモデルを構築し、それらのリスクに対する適応オプションを提案することである。取り扱う健康リスクは、

- (1) 昼間の熱中症を中心とする健康障害と夜間の睡眠障害等の暑熱に関連する健康障害
 - (2) 洪水・渇水時の不衛生な水の接触に伴う下痢症、皮膚病、眼病等の水系感染症
 - (3) 都市冠水による蚊の産卵・生息場増加に伴うデング熱やジカ熱等の蚊媒介感染症
- の3つとする。対象地域は気候変動に対して脆弱であるが、かつ気候・地勢・文化が異なる東南アジアの都市とする。

3. 研究の方法

(1) 気候変動下の気象・水文ダウンスケーリング

気候予測モデルと代表的濃度経路 (RCP) シナリオについては、当初の計画通りに準備を行った。気象・水文の統計学的ダウンスケーリングの妥当な空間解像度と不確実性を検証するために、各都市の気象データ (気温、湿度、降雨量等) を現地研究者を介して入手した。

(2) 暑熱に関連する健康リスクの予測モデル

ベトナム、インドネシアの都市部において気温、湿度、風、放射熱等の環境情報、着衣等の文化的な情報、エネルギー使用状況等の情報 (ヒートアイランドの影響をモデルに考慮するため) として、移動経路と移動手段の情報 (人間の移動行動をモデルに考慮するため) についてアンケート調査を行った。さらに、暑熱環境における睡眠障害の分析方法を検討し、寝室における赤外線センサーを用いた睡眠深度測定とアンケート調査によって行った。

インドネシアで従前実施してきた暑熱脆弱性指標による都市ならびに非都市部における評価を継続して行った。暑熱環境の緩和の方策のひとつとしての都市緑地 (Urban Green) の分布を都市計画の中に取り入れた場合の評価、都市緑地を計画的に配置するためのアルゴリズムの研究、さらに、その緑地を持続可能に運営するための方策を検討した。

(3) 水系感染症に関する健康リスクの予測モデル

ベトナムのフエ市およびその周辺地域 (図 1) をフィールドとして、気候変動下で不衛生な水に接触することによる水系感染症リスクを推定するために、洪水が頻発する雨季と乾季における河川水、その水を灌漑する農地土壌、そこで栽培される野菜 (レタス) のサンプルを、図中に示す 3 つの集落で採取し、大腸菌 (糞便汚染指標細菌) の濃度を測定した。このうち、HC 集落はフエ市の上流、QT および PM 集落は下流に位置している。

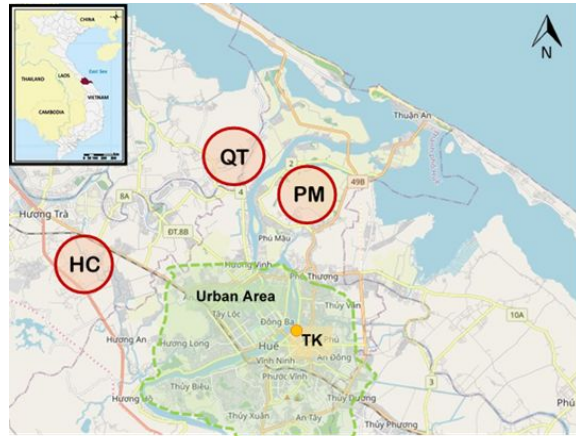


図 1 . フエ市周辺の調査地域

さらに、上記のサンプルを分析する際に、大腸菌を分離し、その遺伝子相同性から、調査地域における大腸菌汚染とそれにもなう下痢症のリスクの拡散に関する知見を得た。

研究開始当初は、この地域における下痢症や皮膚病の原因となる病原微生物の排出源として、都市下水に注目していたものの、住民への聞き取り調査の中では、都市廃棄物の処理場 (兼処分場) もまた排出源として疑われたため、住民の QoL に関連させたインタビュー調査を実施した。

(4) 蚊媒介感染症に関する健康リスクの予測モデル

フィリピンのもトロナラおよびインドネシアの西ジャワ州バンドンで、各都市を網羅的にカバーするように、成虫個体数および産卵卵数を調査した。成虫は各家庭の軒下や屋内に誘虫紫外線ランプと吸引ファンを備えた電動採捕機を設置し、採取時間を記録して単位努力量当たり捕獲数 (個体数/日) を評価した。2分ごとの気象データとネットアイシマカ成虫 (オス、メスごと) の月ごと生息数データを取得した。もトロナラおよびバンドンで、気象、水文変数、土地利用変数に基づいて蚊の生息数を予測する「蚊生態サブモデル」とデング熱罹患率 (人口当たり患者数) を予測する「疫学サブモデル」を機械学習 (ランダムフォレスト) で作成した。さらに、一般化線形モデルを用いて、デング熱患者数に対する気象変数とメス成虫個体数の影響を分析した。また、バンドン市内の 16 病院から 2014 年 1 月から 2016 年 12 月までのデング熱患者数を収集し、カーネル密度推定法を活用した GIS 空間解析により、バンドンにおけるデング熱患者の集合体 (ホットスポット) の動的を可視化した。

4 . 研究成果

(1) 気候変動下の気象・水文ダウンスケーリング

気象モデル WRF で都市内の微小空間スケール (250m x 250m) の気温、湿度、気圧、降水量の空間分布に基づいて数値標高モデル (DEM) と分布型流出・洪水氾濫モデルで 250m x 250m ごとの冠水面積、冠水頻度が予測された。

(2) 暑熱に関連する健康リスクの予測モデル

屋外労働者の暑熱環境による負荷を測定する研究をベトナム・ハノイ市で実施しているが、屋外労働者 (建設業) はベトナムでは比較的高収入であることから、栄養状態が良く、健康を害するまでの暑熱の影響はあまり受けていないことが判った。

(3) 水系感染症に関する健康リスクの予測モデル

河川水のサンプルは、季節に関わらず著しく汚染されており、90% 以上のサンプルが、ベトナムの灌漑用水基準を超えてい

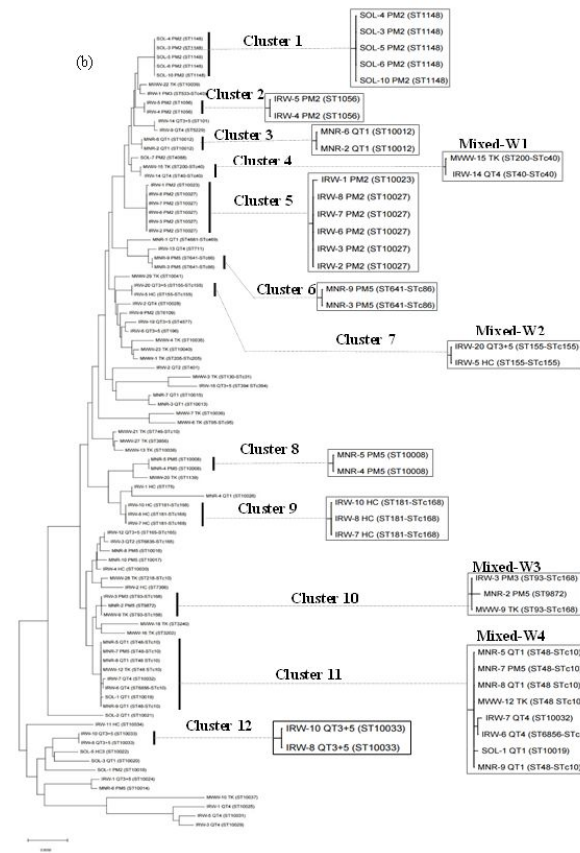


図 2 . フエ市周辺の河川水、農地土壌、野菜から分離された大腸菌株 (n=87) の系統樹

た。土壌のサンプルの 69.4%，野菜のサンプルの 22.2%からも大腸菌が検出されたものの，その濃度は高くなかった。なお，いずれのサンプルの大腸菌濃度についても，地点間および季節間での有意差がなかった。

調査で得られた大腸菌分離株（n=177）の7つのハウスキーピング遺伝子の配列をもとに，系統樹を作成したところ，乾季の分離株では8つのクラスターが得られ，そのうち1つのみが混合クラスター（異なる地点のサンプルが混ざっているクラスター）であった。そのクラスターは，フエ市の都市下水とQT集落の河川水からの分離株を関連付けていた。一方で，雨季の分離株からは，12のクラスターと4つの混合クラスターが得られた（図2）。そのうち3つのクラスターは，フエ市の都市下水からの分離株と，都市の下流に位置する集落の河川水または農地土壌からの分離株を同時に含んでおり，雨季には洪水によって大腸菌が拡散していることが示された。

さらに，同地域に存在する都市廃棄物の処理場のインパクトを問うインタビュー調査の結果（表1）より，この処理場の近隣住民に，その他の住民に比べて消化器や皮膚の疾病の報告が有意に多いことが分かった。その原因までは明らかにできなかったが，処理場近隣の住民は実際に井戸水の水質に対してより多くの不満を持っていた。

表1．フエ市の都市廃棄物処理場の近隣住民からの各種疾病の報告数

疾病	Group 1 (n=405)		Group 2 (n=396)		P value
	経験あり n (%)	経験なし n (%)	経験あり n (%)	経験なし n (%)	
呼吸器系	79 (19.5)	326 (80.5)	66 (16.7)	330 (83.3)	0.297
消化器系	117 (28.9)	288 (71.1)	83 (21)	313 (79)	0.01
皮膚疾患	90 (22.2)	315 (77.8)	41 (10.4)	355 (89.6)	<0.001
慢性疾患	106 (26.2)	299 (73.8)	97 (24.5)	299 (75.5)	0.585
アレルギー	32 (7.9)	373 (92.1)	24 (6.1)	372 (93.9)	0.307
血液系	33 (8.1)	372 (91.9)	19 (4.8)	377 (95.2)	0.054
筋骨格系	104 (25.7)	301 (74.3)	113 (28.5)	283 (71.5)	0.363

Group 1 は処理場から 2km 以内に住むグループ，Group 2 はその他の住民。

（4）蚊媒介感染症に関する健康リスクの予測モデル

蚊の生息数を予測する「蚊生態サブモデル」を機械学習（ランダムフォレスト）で作成した結果，蚊個体数の空間分布は主に概ね 1～2 か月前の気象変数（年最大気温，月降水量）データを反映した動態を示していることが示された。フィリピンとインドネシアで，気象，水文変数，土地利用変数に基づいて Dengue 熱罹患率（人口当たり患者数）を予測する機械学習モデルを作成した結果，Dengue 熱罹患率の時間動態や空間分布に対する降水量の影響は，村ごとの土地利用の違いにより変調されることが明らかにされた。

マニラ首都圏の 464 地区における気象変数（降水量，湿度，気温など）洪水リスク，土地利用形態（低層住宅街，高層住宅街，商業地，緑地，農地などの 24 区分）などの環境データと，蚊個体数と Dengue 熱罹患率（人口あたり感染者数）の各データを教師データとして与えて機械学習をさせた結果から，雨の強さと共に，雨がたまりやすい住宅密集地と商業地の割合が高い地域で，蚊個体数の指標となるネッタイシマカが産卵した水たまりの割合と Dengue 熱罹患率が高まって

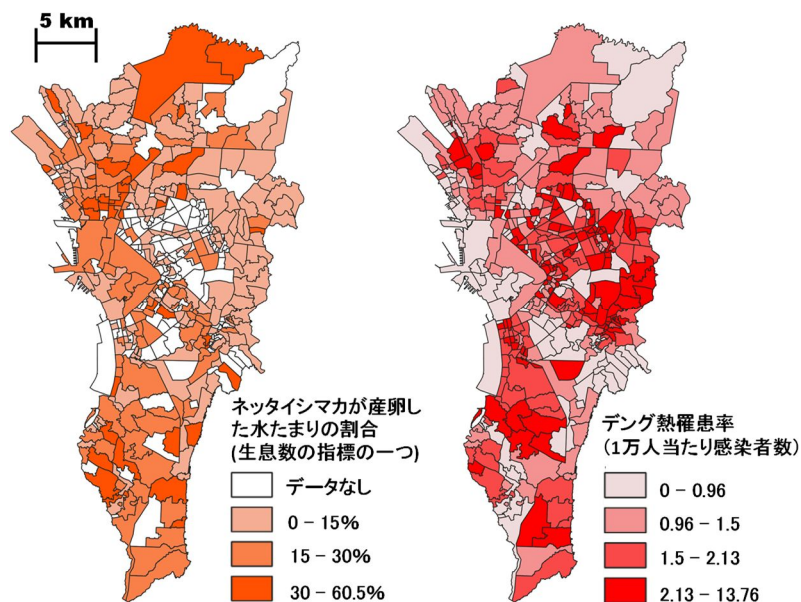


図3 機会学習により推定されたフィリピンのメトロマニラのネッタイシマカ生息数と Dengue 熱罹患率の分布 Dengue 熱媒介蚊と Dengue 熱罹患率の分布

いる傾向が明らかになった（図3）。今後、気候変動で降水量が増えた場合に、特にどのような土地利用形態の地区で蚊媒介感染症リスクが高まるのかを理解する貴重な発見となった。また、一般化線形モデルを用いて、デング熱患者数に対する気象変数とメス成虫個体数の影響をバンドンを対象に分析した結果、ネッタイシマカ成虫が1匹増えるとデング熱感染リスクが1.8%増加し、最高気温が1度上昇するとリスクが17%減少することが示された。さらに、カーネル密度推定法を活用したGIS空間解析の結果、バンドン市で洪水が頻発しやすい低標高の南部と南東部に多強いデング熱患者のクラスター集団が見られやすい傾向も明らかにされた。これらの結果は、既存の蚊の駆除プログラムを補完するために必要な、具体的な実用的洞察を示唆している。

また、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）とデング熱の関係についても調査を行った。インドネシア・バンドンにおいてCOVID-19の流行に伴いデング熱患者数の大きな低下が見られたが、新型コロナウイルス患者におけるデングウイルスの共感染はほとんど起きていなかった。したがって、デング熱をCOVID-19と誤診したことによる過小評価にはなっていないことが明らかにされた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計35件（うち査読付論文 35件/うち国際共著 34件/うちオープンアクセス 29件）

1. 著者名 Faridah Lia, Mindra I. Gede Nyoman, Putra Ramadhani Eka, Fauziah Nisa, Agustian Dwi, Natalia Yessika Adelwin, Watanabe Kozo	4. 巻 49
2. 論文標題 Spatial and temporal analysis of hospitalized dengue patients in Bandung: demographics and risk	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tropical Medicine and Health	6. 最初と最後の頁 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s41182-021-00329-9	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 Faridah Lia, Fauziah Nisa, Agustian Dwi, Mindra Jaya I Gede Nyoman, Eka Putra Ramadhani, Ekawardhani Savira, Hidayath Nurrachman, Damar Djati Imam, Carvajal Thaddeus M, Mayasari Wulan, Ruluwedrata Rinawan Fedri, Watanabe Kozo	4. 巻 59
2. 論文標題 Temporal Correlation Between Urban Microclimate, Vector Mosquito Abundance, and Dengue Cases	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Medical Entomology	6. 最初と最後の頁 1008 ~ 1018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jme/tjac005	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 Herbuela, V. R. D. M., T. Karita, T. M. Carvajal, H. T. Ho, J. D. Lorena, R. A. Regalado, G. D. Sobrepe?a, and K. Watanabe	4. 巻 7 (3)
2. 論文標題 Early Detection of Dengue Fever Outbreaks Using a Surveillance App (Mozzify): Cross-sectional Mixed Methods Usability Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JMIR Public Health and Surveillance	6. 最初と最後の頁 e19034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2196/19034	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 Regilme, M. A. F., T. M. Carvajal, A. C. Honnen, D. M. Amalin, and K. Watanabe	4. 巻 15(2)
2. 論文標題 The influence of roads on the fine-scale population genetic structure of the dengue vector <i>Aedes aegypti</i> (Linnaeus)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS Neglected Tropical Diseases	6. 最初と最後の頁 e0009139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pntd.0009139	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 Faridah, L., S. Ekawardhani, H. L. Wiraswati, N. Fauziah, F. R. Rinawan, W. Mayasarid, and K. Watanabe	4. 巻 12(1)
2. 論文標題 Underdiagnosis does not account for the decrease in dengue cases in Bandung, Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Systematic Reviews in Pharmacy	6. 最初と最後の頁 1340-1342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.31838/srp.2021.1.187	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 Reyes Jerica Isabel L., Suzuki Yasutsugu, Carvajal Thaddeus, Mu?oz Maria Nilda M., Watanabe Kozo	4. 巻 11
2. 論文標題 Intracellular Interactions Between Arboviruses and Wolbachia in Aedes aegypti	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Cellular and Infection Microbiology	6. 最初と最後の頁 690087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fcimb.2021.690087	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 Carvajal, T. M., D. M. Amalin, and K. Watanabe	4. 巻 87
2. 論文標題 Wing Geometry and Genetic Analyses Reveal Contrasting Spatial Structures between Male and Female Aedes aegypti Populations in Metropolitan Manila, Philippines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Infection, Genetics and Evolution	6. 最初と最後の頁 104676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.meegid.2020.104676	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 Balingit, J. C., T. M. Carvajal, M. Saito-Obata, M. Gamboa, A. D. Nicolasora, A.K. Sy, H. Oshitani, and K. Watanabe	4. 巻 13
2. 論文標題 Surveillance of Dengue Virus in Individual Aedes aegypti Mosquitoes Collected Concurrently with Suspected Human Cases in Tarlac City, Philippines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Parasites & Vectors	6. 最初と最後の頁 594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13071-020-04470-y	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 Carvajal, T. M., K. Ogishi, S. Yaegashi, L. F. T. Hernandez, K. M. Viacrusis, H. T. Ho, D. Amalin, and K. Watanabe	4. 巻 4(5)
2. 論文標題 Fine-Scale Population Genetic Structure of Dengue Mosquito Vector, <i>Aedes aegypti</i> in Metropolitan Manila, Philippines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS Neglected Tropical Diseases	6. 最初と最後の頁 e0008279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pntd.0008279	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 Viet-Dung Pham, Mila-Siti Fatimah, Atsushi Sasaki, Van-Hieu Duong, Khac-Lieu Pham, Praise Susan, Toru Watanabe	4. 巻 278
2. 論文標題 Seasonal variation and source identification of heavy metal(loid) contamination in peri-urban farms of Hue city, Vietnam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2021.116813	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 Mohamed Elsamadony, Manabu Fujii, Takayuki Miura, Toru Watanabe	4. 巻 755(1)
2. 論文標題 Possible transmission of viruses from contaminated human feces and sewage: Implications for SARS-CoV-2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of the Total Environment	6. 最初と最後の頁 142575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.142575	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 M Kumar, A K Thakur, P Mazumder, K Kuroda, S Mohapatra, J Rinklebe, A.L. Ramanathan, Z Cetecioglu, S Jain, VinayKumar Tyagi, P Gikas, S Chakraborty, M. Tahmidul Islam, Arslan Ahmad, Anil V. Shah, Arbind Kumar Patel, Toru Watanabe, M Vithanage, K Bibby, MKitajima, P Bhattacharya	4. 巻 1
2. 論文標題 Frontier Review on the Propensity and Repercussion of SARS-CoV-2 Migration to Aquatic Environment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Hazardous Materials Letters	6. 最初と最後の頁 100001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hazl.2020.100001	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 Judan Cruz Khristina G., Alfonso Eleonor D., Fernando Somar Israel D., Watanabe Kozo	4. 巻 12
2. 論文標題 Candida albicans Biofilm Inhibition by Ethnobotanicals and Ethnobotanically-Synthesized Gold Nanoparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 665113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2021.665113	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 G Mohan, SK Chapagain, K Fukushi, S Papong, IM Sudarma, AB Rimba, T Osawa	4. 巻 25
2. 論文標題 An extended Input?Output framework for evaluating industrial sectors and provincial-level water consumption in Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Water Resources and Industry	6. 最初と最後の頁 100141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wri.2021.100141	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 Andi Besse Rimba, Geetha Mohan, Saroj Kumar Chapagain, Andi Arumansawang, Carolyn Payus, Kensuke Fukushi, Takahiro Osawa, Ram Avtar	4. 巻 201
2. 論文標題 Impact of population growth and land use and land cover (LULC) changes on water quality in tourism-dependent economies using a geographically weighted regression approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Science and Pollution Research	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11356-020-12285-8	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 Martiwi Diah Setiawati, Marcin Pawel Jarzebski, Martin Gomez-Garcia, Kensuke Fukushi	4. 巻 7
2. 論文標題 Accelerating Urban Heating under Land Cover and Climate Change Scenarios in Indonesia-Application of the Universal Thermal Climate Index	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Built Environment	6. 最初と最後の頁 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fbuil.2021.622382	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 MD Setiawati, MP Jarzebski, K Fukushi	4. 巻 -
2. 論文標題 Heat Vulnerability Index Development and Application in Medan City, Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Integrated Research on Disaster Risks	6. 最初と最後の頁 87-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-55563-4_6	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 Mohamed Kefi, Binaya Kumar Mishra, Yoshifumi Masago, Kensuke Fukushi	4. 巻 104(3)
2. 論文標題 Analysis of flood damage and influencing factors in urban catchments: case studies in Manila, Philippines, and Jakarta, Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Natural Hazards	6. 最初と最後の頁 2461-2487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11069-020-04281-5	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 T Atmaja, M Yanagihara, K Fukushi	4. 巻 2023
2. 論文標題 Geospatial Valuation of Urban Farming in Improving Cities Resilience: a Case of Malang City, Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Education	6. 最初と最後の頁 107-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-archives-XLIII-B5-2020-107-2020	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 Andi B Rimba, Tri Atmaja, Geetha Mohan, SK Chapagain, A Arumansawang, Carolyn Payus, Kensuke Fukushi	4. 巻 43
2. 論文標題 Identifying land use and land cover (LULC) change from 2000 to 2025 driven by tourism growth: A study case in Bali	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	6. 最初と最後の頁 1621-1627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1621-2020	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 Bai, X., Begashaw, B., Bursztyn, M., Chabay, I., Droy, S., Folke, C., Fukushi, K., Gupta, J., Hackmann, H., Hege, E.-b., Jaeger, C., Patwardhan, A., Renn, O., Safonov, G., Schlosser, P., Skaloud, P., Vogel, C., van der Leeuw, S., Zhang, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Changing the scientific approach to fast transitions to a sustainable world. Improving knowledge production for sustainable policy and practice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IASS Discussion Paper	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) 10.2312/iass.2019.018	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 Kinose, Y., Masutomi, Y., Shiotsu, F., Hayashi, K., Ogawada, D., Gomez-Garcia, M., Matsumura, A., Takahashi, K., Fukushi, K.	4. 巻 76(1)
2. 論文標題 Impact assessment of climate change on the major rice cultivar Ciherang in Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 19-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2480/agrmet.D-19-00045	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 Rimba, A.B., Chapagain, S.K., Masago, Y., Fukushi, K., Mohan, G.	4. 巻 -
2. 論文標題 Investigating Water Sustainability and Land Use/Land Cover Change (LULC) As the Impact Of Tourism Activity In Bali, Indonesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Yokohama, Japan	6. 最初と最後の頁 6531-6534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS.2019.8900060	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 Nguyen, L.H., Fukushi, K.	4. 巻 266(1)
2. 論文標題 Addressing Climate change in the water sector: The study of Run-of-river Hydropower potential in Vu Gia-Thu Bon river basin of Vietnam	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	6. 最初と最後の頁 12014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1755-1315/266/1/012014	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 米田一路, 西山正晃, 渡部徹	4. 巻 75(7)
2. 論文標題 トンレサップ湖における水上集落の分布の特徴と地理情報にもとづくその推定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 111_173-111_183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.75.7_111_309	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 -

1. 著者名 Carvajal, T. M., K. Ogishi, S. Yaegashi, L. F. T. Hernandez, K. M. Viacrusis, H. T. Ho, D. Amalin, and K. Watanabe	4. 巻 4(5)
2. 論文標題 Fine-Scale Population Genetic Structure of Dengue Mosquito Vector, <i>Aedes aegypti</i> in Metropolitan Manila, Philippines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS Neglected Tropical Diseases	6. 最初と最後の頁 e0008279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pntd.0008279	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 Faridah, L, F. Rinawan, N. Fauziah, W. Mayasari, A. Dwiartama, K. Watanabe	4. 巻 17(5)
2. 論文標題 Understanding Hurdles in the Implementation of Health Information System (HIS) Through an Institutional Framework: A Case of Bandung, West Java Province, Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 1795
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph17051795	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 Herbuela Von Ralph Dane Marquez, Karita Tomonori, Francisco Micanaldo Ernesto, Watanabe Kozo	4. 巻 4
2. 論文標題 An Integrated mHealth App for Dengue Reporting and Mapping, Health Communication, and Behavior Modification: Development and Assessment of Mozzify	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JMIR Formative Research	6. 最初と最後の頁 e16424 ~ e16424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2196/16424	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 Herbuela, V.R.D.M., F.S.d. Guzman, G. Sobrepe?a, A.B.F. Claudio, A.C.V. Tomas, C.M.A-d. Reyes, M.M. Teodoro, and K. Watanabe	4. 巻 17 (1)
2. 論文標題 Depressive and Anxiety Symptoms among Pediatric In-patients with Dengue Fever: A Case-control Study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph17010099	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 Herbuela, V. R. D. M., F. S. d Guzman, G. D. Sobrepena, A. B. F. Claudio, A. C. V. Tomas, C. M. A-d Reyes, R. A. Regalado, M. M. Teodoro, and K. Watanabe	4. 巻 16 (23)
2. 論文標題 Knowledge, Attitude and Practices on Dengue Fever among Paediatric and Adult In-patients in Metro Manila, Philippines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 4705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph16234705	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 Carvajal, T. M., K. Hashimoto, R. K. Harnandika, D. M. Amalin and K. Watanabe	4. 巻 12 (1)
2. 論文標題 Detection of Wolbachia Infection in Field-collected Mosquito Vector, Aedes aegypti in Metropolitan Manila, Philippines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Parasites & Vectors	6. 最初と最後の頁 361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13071-019-3629-y	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 Faridah, L., N. Fauziah, S Ekawardhani, Riyadi, and K. Watanabe	4. 巻 13 (7)
2. 論文標題 Is Rapid Dengue Test Necessary at Primary Health Centre? A Study In Bandung City	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Clinical and Diagnostic Research	6. 最初と最後の頁 DC20-DC23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7860/JCDR/2019/41059.13004	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

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 24件）

1. 発表者名 Micanaldo Ernesto Francisco, Thaddeus M. Carvajal, and Kozo Watanabea
2. 発表標題 Inference of Spatial and Temporal Dataset Granularity Effect to the Performance of Machine Learning in Dengue Forecast
3. 学会等名 2nd JSPS Core-to-Core Symposium: Center of Excellence in Health Risk Assessment for Adaptation to Climate Change (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maria Angenica Fulo Regilme, Thaddeus Carvajal, AnnChristin Honnen, Divina Amalin, Kozo Watanabe
2. 発表標題 The influence of roads on the fine-scale population genetic structure of the dengue vector <i>Aedes aegypti</i> (Linnaeus)
3. 学会等名 2nd JSPS Core-to-Core Symposium: Center of Excellence in Health Risk Assessment for Adaptation to Climate Change (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 La Ane, R., I. Wahid, A. Susilawaty, H. Ishak, E. Ibrahim, M-C Chiu, V. R. D. M. Herbuela, and K. Watanabe
2. 発表標題 The Influence of Water Supply Conditions and Water Storage Containers toward Vector Prevalence and Abundance in Makassar City, Indonesia
3. 学会等名 2nd JSPS Core-to-Core Symposium: Center of Excellence in Health Risk Assessment for Adaptation to Climate Change (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Agustian D, Jaya IGM, Permana YS, Faridah L, Agoes R, Watanabe K
2. 発表標題 The Time Varying Effect of Weather Variables and its Interaction on Dengue Occurrence During 2009-2015, in Bandung City, Indonesia
3. 学会等名 5th International Conference on Climate Change 2021 (ICCC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maria Angenica Fulo Regilme , Megumi Sato , Tsutomu Tamura , Reiko Arai , Marcello Otake Sato , Sumire Ikeda , Masaya Doi , Kohki Tanaka , Maribet Gamboa , Michael T. Monaghan, Kozo Watanabe
2. 発表標題 Comparative population genetic structure of Ixodes ovatus and Haemaphysalis flava in Niigata Prefecture
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Molecular Biology Society of Japan (MBSJ online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kozo Watanabe
2. 発表標題 Molecular Genetic Approaches to the Assessment of Dam Impact on Stream Macroinvertebrates and Dengue Virus Surveillance of Vector Mosquitoes
3. 学会等名 47th Philippine Society of Biochemistry and Molecular Biology (PSBMB) Annual Convention (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Carvajal, Thaddeus; Amalin, Divina and Kozo Watanabe
2. 発表標題 Wing Geometry and Genetic Analyses Reveal Contrasting Spatial Structures between Male and Female Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae) Populations in Metropolitan Manila, Philippines
3. 学会等名 The Pan-African Mosquito Control Association (PAMCA) - Vectorbase Students and Young Investigators Vector Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Maria Angenica Fulo Regilme, Thaddeus Carvajal , AnnChristin Honnen, Divina Amalin, Kozo Watanabe
2. 発表標題 The effect of roads on the population genetic structure of the dengue vector, Aedes aegypti
3. 学会等名 2020 Annual Virtual Meeting of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Micanaldo Ernesto Francisco, Thaddeus M. Carvajal, Masahiro Ryo, Kei Nukazawa, Divina M. Amalin and Kozo Watanabea
2. 発表標題	Dengue Disease Dynamics are Modulated by Combinatory Influences of Precipitation and Landscapes: A Machine Learning ? based Approach
3. 学会等名	Water and Environment Technology Conference 2020 Online (WET2020-Online) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Thaddeus Carvajal, Jayson Capistrano, Phoebe Diez, Paolo Pacheco, Jerica Isabel Reyes, Howell Ho, Divina Amalin and Kozo Watanabe
2. 発表標題	The Status of Biological Control Approaches Against Aedes-borne Diseases: How Far Are We in Effectively Controlling this Mosquito Vector?
3. 学会等名	Rundown International Webinar: Environmental Health Emerging Diseases (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Windra Prayoga, Masateru Nishiyama, Loc T.T. Dang, Susan Praise, Toru Watanabe
2. 発表標題	Spread of Escherichia coli from urban area to surrounding agricultural fields enhanced by seasonal floods in Hue city, Vietnam
3. 学会等名	Water and Environment Technology Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Dung Viet Pham, Hieu Van Duong, Lieu Khac Pham, Toru Watanabe
2. 発表標題	Seasonal variation and source identification of heavy metal(loid) contamination in peri-urban farms of Hue city, central Vietnam
3. 学会等名	Water and Environment Technology Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1 . 発表者名 Kensuke Fukushi
2 . 発表標題 Determination of the role and value of water for the sustainable development of Asian cities
3 . 学会等名 EGU General Assembly Conference Abstracts (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Rimba, A. B., Mohan, G., Chapagain, S., Fukushi, K., Roder, G., Andi, A.
2 . 発表標題 Effects of spatially varying association between land use and water quality in Bali Province, Indonesia using geographically weighted regression
3 . 学会等名 American Geophysical Union, Fall Meeting 2019, San Francisco, USA (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Mohan, G., Matsuda, H., Melts, I., Sekiyama, M., Nguyen, T.L., Anugu Amarender, R., Fukushi, K.
2 . 発表標題 Simulating the impacts of climate change and farm-level adaptation strategies on rice yields in India and Vietnam
3 . 学会等名 American Geophysical Union, Fall Meeting 2019, San Francisco, USA (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 I. Yoneda, S. Ang, M. Nishiyama, H. Mith, R. Khanal, S. In, T. Watanabe
2 . 発表標題 Spatial distribution of E. coli concentration in the Tonle Sap Lake during low water level season
3 . 学会等名 4th International Symposium on Conservation and Management of Tropical Lakes, Phnom Penh, Cambodia (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 西山正晃, 浦剣, Mith Hasika, In Sokneang, 渡部徹
2. 発表標題 トンレサップ湖の水上集落における飲み水のふん便汚染と薬剤耐性菌の実態調査
3. 学会等名 令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 米田一路, 西山正晃, 渡部徹
2. 発表標題 トンレサップ湖における水質モデルを用いた水上生活者の健康リスク
3. 学会等名 第25回庄内・社会基盤技術フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Herbuela, Von Ralph Dane M., Karita Tomonori, Francisco, Micanaldo, Watanabe Kozo
2. 発表標題 Development and assessment of Mozzify app: an integrated mhealth for real-time Dengue reporting and mapping, health communication and behavior modification reporting and mapping, health communication and behavior modification
3. 学会等名 1st JSPS Core-to-Core Symposium: Center of Excellence in Health Risk Assessment for Adaptation to Climate Change (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Carvajal Thadeus, Alocilja Evangelina, Divina Amalin and Watanabe Kozo
2. 発表標題 Designing and Developing a Nanobiosensor for the detection of important microbials in Ae. aegypti
3. 学会等名 1st JSPS Core-to-Core Symposium: Center of Excellence in Health Risk Assessment for Adaptation to Climate Change (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kozo Watanabe
2. 発表標題 Detection of Wolbachia in Field-collected Dengue Vector Mosquito, <i>Aedes aegypti</i> in the Philippines
3. 学会等名 1st JSPS Core-to-Core Symposium: Center of Excellence in Health Risk Assessment for Adaptation to Climate Change (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Almarinez, BLM., Fadri, MJA., Lasina, R., Carvajal, TM., Watanabe, K., Legaspi, JC., and DM Amalin
2. 発表標題 A Bioclimate-Based Maximum Entropy Model for <i>Comperiella calauanica</i> Barrion, Almarinez & Amalin (Hymenoptera: Encyrtidae) and Its Utility in Predicting the Occurrence of <i>Aspidiotus rigidus</i> Reyne (Hemiptera: Diaspididae) in the Philippines
3. 学会等名 1st JSPS Core-to-Core Symposium: Center of Excellence in Health Risk Assessment for Adaptation to Climate Change (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kozo Watanabe
2. 発表標題 Detection of Wolbachia in Field-collected Dengue Vector Mosquito, <i>Aedes aegypti</i> in the Philippines
3. 学会等名 Philippine Society for Microbiology 48th Annual Convention (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Savira Ekawardhani, Hesti Lina Wiraswati, Lia Faridah, Kozo Watanabe
2. 発表標題 Contributing Factors to Childhood Stunting in Indonesia: Water Quality and Diarrhea
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2019 (WET2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lia Faridah, Ryadi, Nisa Fauziah, Savira Ekawardhani, Kozo Watanabe
2. 発表標題 Is Rapid Dengue Test Necessary at Primary Health Centre? A Study in Bandung City, Indonesia
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2019 (WET2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Micanaldo Francisco, Thaddeus Carvajal, Kozo Watanabe
2. 発表標題 Understanding the Spatial Transmission of Dengue Disease in Metropolitan Manila, Philippines
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2019 (WET2019) (国際学会)
4. 発表年 2019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	渡部 徹 (Watanabe Toru) (10302192)	山形大学・農学部・教授 (11501)	
研究分担者	渡辺 幸三 (Watanabe Kozo) (80634435)	愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授 (16301)	
研究分担者	浦 剣 (Pu Jian) (40622072)	東京大学・未来ビジョン研究センター・助教 (12601)	

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
---------	---------