

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H05061

研究課題名(和文) 農地景観の変化と気候変動が水田害虫の分布拡大に与える影響：長期データによる検証

研究課題名(英文) Impacts of agricultural landscape change and climate change on the expanding distribution of rice paddy pests using long-term data

研究代表者

馬場 まゆら(高田まゆら)(TAKADA, Mayura)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：10466807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：斑点米カメムシの分布や個体数とその発生源である耕作放棄地等の分布や気候変動からどのような影響を受けているかを、東北地方における11年間の害虫発生予察データを用いて明らかにした。その結果、アカスジカスミカメは道路や水田、耕作放棄地を経路として分布を拡大した可能性があること、また近年の気候変動は、温度上昇によるアカスジカスミカメの年間世代数の増加に加え局所的にアカスジカスミカメの発生を同調させることによりその分布拡大に寄与している可能性があること、そして斑点米カメムシ類2種は緯度の異なる個体群間において、生活史形質である発育速度に変異が見られる可能性があることなどが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

斑点米カメムシによる被害は2000年頃から日本各地で急速に増加してきており、東北地方では深刻な水田害虫の1つである。本研究により、これまで検証がむずかしかった広域で作用する環境要因が斑点米カメムシに与える影響、すなわち温暖化や発生源である耕作放棄地等の分布の影響やそのメカニズムが明らかになったことから、こうした成果が斑点米被害の効率的な管理や被害の予測に応用されることが期待される。さらに長期かつ広域的な観測データが必要となる気候変動が植物と動物との相互作用へ与える影響の解明や、広域に分布する昆虫の生活史形質の空間的変異のスケールの特定など基礎的な生態学的研究としても意義深い成果が多数得られた。

研究成果の概要(英文)：We examined how the distribution and population of the pecky rice bugs were affected by their source habitats (abandoned and pasture lands) and climate change. The results showed that the bugs may have expanded its distribution via roads, rice paddies and abandoned fields. It is also possible that recent climate change may have contributed to the expansion of the distribution of the bugs by synchronizing its development locally, in addition to increasing number of annual generations due to rising temperatures, and that there may be spatial variation in the life history trait between populations of the bugs at different latitudes.

研究分野：生態学

キーワード：水田害虫 耕作放棄地 温暖化 農業

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

農業生態系の生物を取り巻く環境は、農業政策や農地管理といった社会要因から影響を受け大きく変化している。大規模な圃場整備や化学農薬の多投入、農地における人間活動の低下や放棄等によりかつて豊かだった農業生態系の生物多様性は著しく減少した。一方こうした農業環境の変化により個体数を増加させたり分布を拡大させたりした生物グループもいる。その1つである各地で急速に被害を拡大させている水田害虫斑点米カメムシ類は、米の生産過多を調整するための減反政策による耕作放棄や牧草の生産増加によりその発生源が増えたことが被害拡大の原因の1つと考えられている。

農業生態系は、こうした社会的変化と同時に自然要因の変化、特に気候の変化にもさらされている。例えば、温暖化等が農作物害虫の世代数の増加を引き起こすことが懸念されている。近年の農業生態系をとりまく社会・自然要因は大きく変化し、それぞれ異なった空間スケールで農業生態系に影響を及ぼしていると考えられるが、それらの社会的・自然的な環境要因をマルチスケールで同時に評価した研究は非常に少ない。

### 2. 研究の目的

斑点米カメムシ類の分布や個体数、そして斑点米被害の程度がその発生源である耕作放棄地・牧草地の空間分布や気候変動からどのような影響を受けているかを、2003～2013年の東北地方の害虫発生予察データや斑点米被害データ被害を用いて明らかにした。斑点米カメムシ類とはイネ科やカヤツリグサ科に依存する水田害虫であり、登熟前の稲穂の汁を吸い米粒に斑点を作ることなどで等級や品質を低下させる。本研究では、社会要因として農地利用変化を、自然要因として気温変化にそれぞれ注目した。

### 3. 研究の方法

本研究では、東北地方において深刻な被害をもたらしている斑点米カメムシであるアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの2種を対象とした。東北6県の各病害虫防除所より、2003年～2013年の各カメムシ種の害虫発生予察データが提供された。捕虫網でのすくい取りによる個体数情報を、地理情報システムを用いて電子地図化した。次に、東北6県を対象に、総務省が定めている方形区画である標準地域メッシュ(1kmメッシュ)単位の農地地図を整備した。農地利用地図は、農林水産省が実施している統計調査である農林業センサスデータを利用して作成した。さらに国土数値情報より山岳地帯、河川ライン、崩壊地といった自然地理データを同じ1kmメッシュ単位で収集した。これらデータは、カメムシの移動分散を促進/抑制する可能性がある要因として取り扱った。また、斑点米カメムシ類に影響を及ぼしうる要因として、気温データ(最高、最低、平均気温)を1kmメッシュ単位で整備した。これらのデータを以下の4つの研究課題に用いた。

### 4. 研究成果

#### 4-1. アカスジカスミカメの分布拡大経路の検討(Osawa et al. 2018a, 大澤 2019)

秋田県及び山形県では2003年以降アカスジカスミカメの分布が急激に拡大していることが知られており、本研究で入手したアカスジカスミカメ発生予察データからもその傾向が見て取れている。本研究ではこれら2県の発生予察データを利用して、バーチャルエコロジーと呼ばれる理論モデルによってシミュレーションを実施し、得られた結果と実データを比べることでより現実に近いと考えられる理論を選択するという手法を用いて、アカスジカスミカメの分布拡大経路を検討した。経路の候補要因は、河川、道路、水田、耕作放棄地である。

それぞれを拡大経路としたシミュレーションの結果、道路と水田、耕作放棄地を分布拡大経路とするモデルが実際の分布拡大パターンと近いことがわかった(図1)。本地域の道路法面や水田の畦、耕作放棄地にはアカスジカスミカメの重要な餌資源であるイネ科やカヤツリグサ科の植物が繁茂していることが観察されており、そういった土地利用はアカスジカスミカメの生息場所になると同時に、分布拡大の経路として利用することは十分に考えられるため、得られた結果は妥当であると考えられた。

(a) 2013年時点で在であったメッシュ

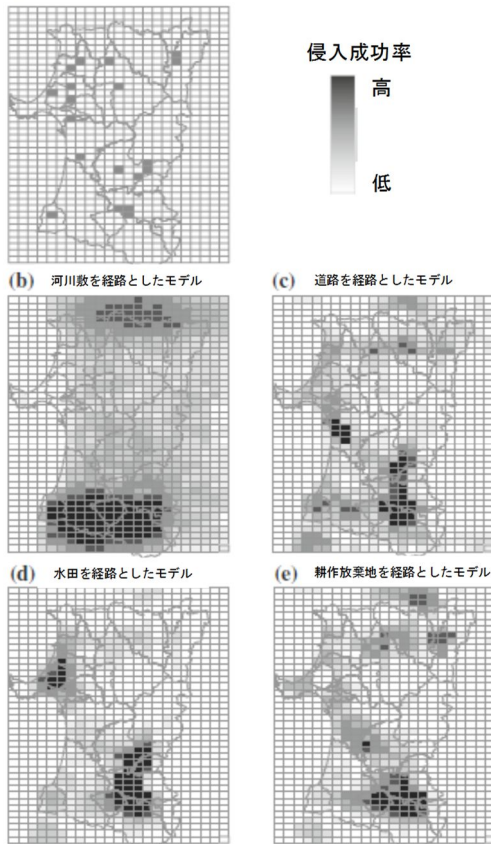


図1 分布拡大シミュレーションの結果と、実際にアカスジカスミカメが確認されたメッシュ地図

#### 4-2 . アカスジカスミカメの分布域と気象要因 (Osawa et al. 2018b, 大澤 2019)

東北地方における斑点米カメムシ類の分布拡大要因として、土地利用の影響と同時に、冬季の温暖化や夏季の高温、少雨等の気候変動が分布拡大に寄与している可能性が議論されてきたが、気候条件は広域的に作用する環境要因であるため、圃場や集落単位の調査から検証することはむずかしい。本研究では、秋田県と山形県の2県を対象に、時系列の分布拡大データと詳細な気候データを組み合わせることで、アカスジカスミカメの分布域変化と気候変動の関係を広域的に検討した。具体的には、気候変動による年間世代数の増加と孵化日の同調、つまり同時に多数の個体が発生することが分布拡大に寄与しているのではないかという仮説を立て検証を行った。1km<sup>2</sup>単位で2003年から11年の間におけるアカスジカスミカメの理論的な孵化日と年間世代数を推定した後、それらの結果を5×5km<sup>2</sup>メッシュ単位に再集計し、平均世代数、孵化日の同調性を示すパラメータとして孵化日の変動係数を算出した。

その結果、前年のアカスジ平均世代数、前年のアカスジ分布メッシュ数が当該年の分布メッシュ数に正の影響を与え、第一世代孵化日の変動係数は当該年の分布メッシュ数に負の影響を及ぼしていることがわかった。このことは、前年の世代数が増加することによって個体群サイズが拡大し、翌年の分布域が拡大すること、また第一世代の発生が

同調することで個体群サイズが拡大し、当該年の分布域が拡大することを示している。本研究によって近年の気候変動がアカスジカスミカメの分布拡大に寄与している可能性を、ある程度予想されていた世代数の増加だけでなく、発生の同調性という新しい視点から定量的に示すことができた。

#### 4-3 . 斑点米カメムシ 2 種における生活史形質の地理的パターン変異の解明 (Yamasaki et al. 2021)

斑点米カメムシ類の分布・被害の発生状況拡大の原因として、地球温暖化による気温の上昇や耕作放棄地や草地などの発生源生息地の増加などが挙げられているが、都道府県間の複雑な拡大パターンの違いを体系的に説明することはできておらず、将来の分布や被害の程度を予測することは未だむずかしい状況である。斑点米カメムシ類の分布や被害が複雑に拡大していく理由の1つとして、各種の生活史形質が地域間で異なっている、すなわち生活史形質に地理的変異があることが考えられる。斑点米カメムシ類のように分布範囲の広い種では、その地域の気候に合わせて发育速度を最適化し、その結果温度と发育特性との関係に地理的変異が生じるかもしれない。そこで本研究では、アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメを対象に2つの空間スケールにおいて個体群間での生活史形質の比較を行った。1つは同緯度に位置しているがある程度離れた2つの個体群の間で比較し、もう1つは異なる緯度に位置した3つの個体群間においてそれぞれの種で生活史形質を比較した。前者の比較では、秋田県と岩手県の個体群から採集した個体を実験室で飼育し、飼育温度を一定にした5つの条件で、卵、幼虫、産卵前期間の发育速度を調べた。後者の比較では、本実験で得られた東北地方における各種の发育速度を他の2地域における先行研究で明らかになった发育速度と比較した。

その結果、2種とも同緯度の個体群(秋田県と岩手県)の間では发育速度に差が見られなかった一方、緯度の異なる個体群間では変異が確認された。2種とも发育速度は南方の個体群の方が高かった。すなわち、アカスジカスミカメの发育速度は南端の広島で高く、アカヒゲホソミドリカスミカメの发育速度は北部の北海道で低くなった。次に、发育速度の変異が見られなかった秋田県と岩手県を対象に、2013年の日平均気温と実験から得られた2種の发育ゼロ点及び有効積算温度を用いて、第1世代の成虫出現時期(図2)と年間の世代数を地図化した(図3)。この結果から、岩手県と秋田県では成虫が最初に出て水田に移動する時期が種間かつ種内で大きく異なることが示唆された。このことは最適な管理時期も地域によって異なることを意味しており、気温データによってその傾向を予測可能かもしれない。

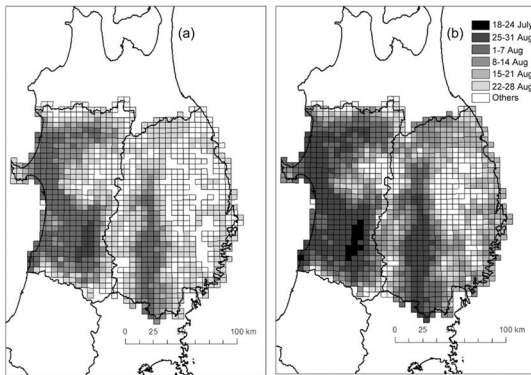


図2 2013年におけるアカスジカスミカメ(a)とアカヒゲホソミドリカスミカメ(b)の第一世代成虫発生推定日

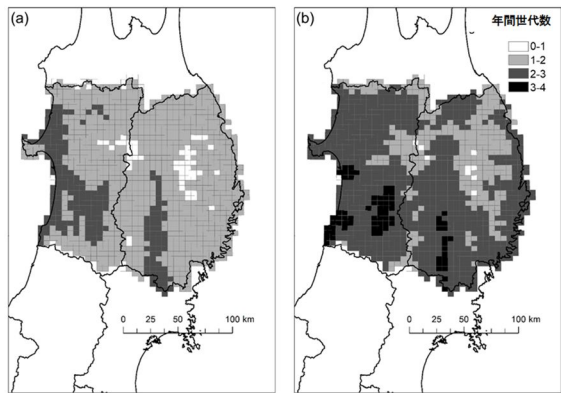


図3 2013年におけるアカスジカスミカメ(a)とアカヒゲホソミドリカスミカメ(b)の年間推定世代数

#### 4-4. アカスジカスミカメのフェノロジー変化が斑点米発生に及ぼす影響(Tamura et al. 2022)

アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメは、野外での発生数が年ごと及び地域ごとで大きくばらつくことが知られている。さらに斑点米被害自体の発生も年や地域で大きくばらつき、こういった条件下で被害が発生するのかというメカニズムは不明であった。一つの可能性として気候変動の影響が挙げられていたが、詳細な原因については未解明のままであった。本研究では、気象条件に対する応答がイネと斑点米カメムシ類で異なるのではないかという予測の下、長期観測データと気象データに基づくシミュレーションを組み合わせることで、斑点米の発生メカニズムを検討した。

まず秋田県全域における2003年から2013年までの11年間のイネの観測データおよび斑点米被害データを分析した結果、両種が餌資源として好み、積極的に攻撃を仕掛けるイネの出穂期（イネの茎から穂が出てくる時期）は11年間で基本的に変わっていないことがわかった。次にイネのデータと同じ期間の両種の生活史を日別の気象データを用いたシミュレーションによって推定した。各年のいつ、両種が攻撃的になったかを推定した結果、両種とも11年間でイネを攻撃する期間が早期化している傾向があった。さらに、これらイネの観測データと推定したカメムシの攻撃期間を組み合わせ、斑点米被害の発生との関係を検討した。具体的には、イネの出穂期とカメムシの攻撃期間が一致した年には斑点米が発生するという予想に基づいた統計的な検討を行った。その結果、秋田県においてアカヒゲが優占していた期間（2003年～2005年）は、イネの出穂期とアカヒゲの幼虫期間が重複していた地域で斑点米が発生する傾向が強いこと、アカスジが優占していた期間（2006年～2013年）においては、イネの出穂期とアカスジの成虫期間が重複している地域で斑点米が発生する傾向が強いことがそれぞれ示された。これらの結果は、気象条件に対するイネと斑点米カメムシ類の反応が異なること、その年、地域の気象条件にそれぞれ反応して決まるイネの脆弱期間とカメムシの攻撃期間が一致した場合に、斑点米の被害が発生している可能性を示唆するものである。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yui Tamura, Takeshi Osawa, Ken Tabuchi, Kazuhisa Yamasaki, Tokumitsu Niiyama, Shigeto Sudo, Yasushi Ishigooka, Akira Yoshoka, Mayura B. Takada.	4. 巻 0
2. 論文標題 Estimating plant-insect interactions under climate change with limited data.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-14625-9	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 -
1. 著者名 Kazuhisa Yamasaki, Ken Tabuchi, Akihiko Takahashi, Takeshi Osawa, Akira Yoshioka, Yasushi Ishigooka, Shigeto Sudo, Mayura B. Takada.	4. 巻 11
2. 論文標題 Intraspecific variations in life history traits of two pecky rice bug species from Japan: mapping emergence dates and number of annual generations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 16936-16950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.8329	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 -
1. 著者名 Matteo Dainese, ... , Mayura B. Takada, ... , Akira Yoshioka, ... , et al. (101 authors)	4. 巻 5
2. 論文標題 A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaax0121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aax0121	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 大澤剛士	4. 巻 73
2. 論文標題 レガシーデータを再利用してアカスジカスミカメの分布拡大メカニズムに迫る.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 植物防疫	6. 最初と最後の頁 549-555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yoshioka A., Matsushima N., Jingu S., Kumada N., Yokota R., Totsu K., Fukasawa K.	4. 巻 35
2. 論文標題 Acoustic monitoring data of anuran species inside and outside the evacuation zone of the Fukushima Daiichi power plant accident.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 765-772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12121	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 Takeshi Osawa, Kazuhisa Yamasaki, Ken Tabuchi, Akira Yoshioka, Yasushi Ishigooka, Shigeto Sudo, Mayura B. Takada.	4. 巻 30
2. 論文標題 Climate-mediated population dynamics enhance distribution range expansion in a rice pest insect.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Basic and Applied Ecology	6. 最初と最後の頁 41-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.baae.2018.05.006	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 Daniel S. karp, ..., Mayura B. Takada, ..., Akira Yoshioka, et al. (153 authors)	4. 巻 115
2. 論文標題 Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 E7863-E7870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1800042115	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 Takeshi Osawa, Kazuhisa Yamasaki, Ken Tabuchi, Akira Yoshioka, Mayura B Takada.	4. 巻 47
2. 論文標題 Detecting crucial dispersal pathways using a virtual ecology approach: A case study of the mirid bug <i>Stenotus rubrovittatus</i> .	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ambio	6. 最初と最後の頁 806-815
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13280-018-1026-y	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 田淵 研,降幡駿介,奥寺繁,高橋 明彦	4. 巻 1
2. 論文標題 土地利用情報を利用した斑点米被害予測: モデルの作成・検証とハザードマップ作成.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 第61回日本応用動物昆虫学会大会合同大会講演要旨	6. 最初と最後の頁 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Yoshioka A.,Mishima Y.,Kumada N.,Fukasawa K.	4. 巻 1
2. 論文標題 Tackling biodiversity monitoring of the Fukushima evacuation zone.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IAIA 16 Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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11件(うち招待講演 5件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 吉岡明良, 山崎和久, 大澤剛士, 田淵研, 高田まゆら.
2. 発表標題 状態空間モデルによる雑草地アカスジカスミカメ密度と気候・景観の関係の検討
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田淵 研
2. 発表標題 土地利用データに基づく斑点米被害予測モデルとハザードマップによる広域管理への応用.
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田淵 研
2. 発表標題 気候変動が斑点米カメムシ類の分布に及ぼす影響に関する研究状況.
3. 学会等名 東北ブロック気候変動適応策推進協議会. 東北農政局
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉岡明良
2. 発表標題 地域の研究拠点としての国立環境研究所福島支部：避難指示区域のモニタリングを例に.
3. 学会等名 日本生態学会関東地区会公開シンポジウム「国研が取り組む生物多様性・生態系研究のフロンティア」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村優衣・大澤剛士
2. 発表標題 アカスジカスミカメのフェノロジー変化が斑点米発生に及ぼす影響.
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高田まゆら, 吉岡明良.
2. 発表標題 小集会「斑点米カメムシ類の分布拡大機構の解明：個体群生態学から景観、マクロ生態学へ」開催
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 山崎和久, 田淵 研, 高橋明彦, 大澤剛士, 吉岡明良, 高田まゆら.
2. 発表標題 斑点米カメムシ2種における生活史形質の地理的変異パターンの解明
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大澤剛士, 山崎和久, 田淵 研, 吉岡明良, 石郷岡康史, 須藤重人, 高田まゆら.
2. 発表標題 レガシーデータを再利用してアカスジカスミカメの分布拡大メカニズムに迫る
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉岡 明良, 三島啓雄, 熊田那央, 松島野枝, 寺田 佐恵子, 深澤圭太
2. 発表標題 福島県における避難指示解除直後の飛翔性昆虫群集
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田淵 研.
2. 発表標題 農地の土地利用に基づいた害虫被害の予測と見える化による管理への応用
3. 学会等名 第34回個体群生態学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田淵 研.
2. 発表標題 土地利用に基づいた斑点米被害予測とハザードマップによる広域管理への応用
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会大会（招待講演）
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	田淵 研  (TABUCHI Ken)  (90531244)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・上級研究員   (82111)	
研究分担者	大澤 剛士  (OSAWA Takeshi)  (40554332)	東京都立大学・都市環境科学研究科・准教授   (22604)	
研究分担者	吉岡 明良  (YOSHIOKA Akira)  (80633479)	国立研究開発法人国立環境研究所・福島支部・研究員   (82101)	

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