

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：81604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05931

研究課題名（和文）東京電力福島第一原子力発電所事故後の水田生物：営農開始後の遷移実態の解明

研究課題名（英文）Rice paddy organisms after the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: elucidation of transition after farming resumes

研究代表者

三田村 敏正（MITAMURA, Toshimasa）

福島県農業総合センター・浜地域研究所・専門員

研究者番号：00504052

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：福島第一原発事故により営農中断し除染後、営農再開した水田において、指標生物としてカエル類、トンボ類、水生昆虫、アシナガグモ類を調査した結果、アカアカネは再開2年目から羽化が確認され、水生昆虫は営農中断なしの水田よりも多くの種が生息していた。このことから、営農を中断し除染した水田においても、再開すれば生物多様性は保たれていることが明らかとなった。また、アカネ類について、自動撮影装置を用いた定量的な調査が可能かを検証した。その結果、秋期のアカネ類成虫の自動撮影の日当たり撮影頻度は人による成虫の目視調査の結果と一致すること、ノシメトンボに関しては翌年のヤゴ羽化殻数とも正の相関があることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

営農再開後の水田生物調査の結果は、福島第一原発事故による被災地域における営農再開にあたり、水田が生物の生息場所として機能することを示しているとともに、原発事故の風評被害を生物の面から払拭できる可能性を示唆している。一方、赤とんぼ（アカネ類）の自動撮影装置は、赤とんぼの定量的な調査が適用できることを示した成果として里地里山再生の評価の効率化に寄与するとともに、生物多様性モニタリング技術発展の礎となることが期待される。また、アカネ類自動撮影調査の有効性を示したことは、農地での生物調査の省力化に資するものであり、昆虫の自動観測技術の進展が生物多様性保全において果たす役割は大きいことが期待される。

研究成果の概要（英文）：In terms of organisms in paddy fields after resuming farming, it was found that *Sympetrum frequens* began to emerge from the second year after resuming operations, and that more species of aquatic insects inhabited than in paddies without interruption of farming. It became clear that biodiversity would be preserved if it were to be restarted resuming farming. It was thought that even paddy fields that had been suspended from farming could be evaluated as water areas as habitats for organisms if they resumed.

Furthermore, feasibility of monitoring relative abundance of *Sympetrum* dragonflies in rice paddies through an original camera trapping system was examined. In result, the detection frequency of camera traps in autumn was significantly correlated with the density index of adult *Sympetrum* dragonflies recorded during the transect surveys. For *S. infuscatum*, the camera-detection frequency in autumn was significantly correlated with the exuviae-density index in the next early summer.

研究分野：応用昆虫学

キーワード：東京電力福島第一原子力発電所事故 営農中断 除染 営農再開 水田生物 生物多様性 赤とんぼ カメラトラップ

1. 研究開始当初の背景

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う東京電力福島第一原発事故による福島県被災12市町村等での営農中断は、これまでにない大規模な水田の喪失をもたらした。さらに、除染のために表土剥ぎ、客土が行われたことは、水田の生物多様性に大きな影響を及ぼしたと考えられ、営農再開後、水田生物がどのように変化するかを把握することは、生物多様性の保全上喫緊の課題となっている。

また、アカネ類に関しては移動力が高い一方で農薬の影響を受けやすいため営農再開水田の健全性を示す指標種として重要であると考えられていたにも関わらず、従来の調査法は天候に左右されやすいといった課題があった。生物調査の担い手が限られていること等も踏まえると、より持続的、省力的で簡便な調査手法の開発が望ましい。吉岡らは光センサーを内蔵した棒状の検出器の先端にとまったアカネ類成虫を検出して自動撮影する装置の開発に着手していたが、野外に設置して機能するのか、また定量的な調査ができるのかについては十分に検討されていなかった。

2. 研究の目的

除染が進み営農が再開された水田において、生物多様性の指標種を調査することにより、営農の中断及び除染や水稲栽培方法の変化がもたらす影響を明らかにするとともに、生物多様性回復のために必要な要因を解明し、今後の全国的な水田環境の変化に向けた効率的な指標生物の評価方法を提案することを目的とする。また、生物多様性評価のための調査手法の簡便化に資するため、自動撮影装置を用いて水田におけるアカネ類の相対密度を評価する。

3. 研究の方法

(1) 水田生物調査

原発事故による営農中断では、線量が高いため除染を行った地域と、南相馬市鹿島区、原町区のように線量はそれほど高くなかったものの市の判断により全域を営農中断した地域があったため、以下のように圃場を選定した。

営農中断し表土剥ぎ及び客土を行った圃場（以下、「営農中断あり・表土剥ぎ及び客土あり」という）

南相馬市（小高区）富岡町、浪江町、飯舘村の4市町村7地区から選定

営農中断のみで表土剥ぎ及び客土を行っていない圃場（以下、「営農中断あり・表土剥ぎ及び客土なし」という）

南相馬市（鹿島区、原町区）の1市4地区から選定

原発事故後も中断せず営農を行っている圃場（以下、「営農中断なし」という）

福島市、相馬市、二本松市、川俣町の3市1町7地区から選定

水田生物の調査にあたっては、「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」（農林水産省、2012）に基づき、この中の北日本の水田の指標生物5種類の中から、ダルマガエル類またはアカガエル類、アシナガグモ類、アカネ類またはイトトンボ類成虫、水生コウチュウ類と水生カメムシ類の合計4種類を選んだ。それぞれの生物の調査方法もマニュアルに従った。調査は2018年から2020年までの3年間実施した。

(2) 自動撮影によるアカネ類の簡便な調査手法の開発

自動撮影によるアカネ類調査の可能性の検討においては、野外に設置可能な自動撮影装置を開発 (Yoshioka et al., 2020) するとともに 2018~2020 年の秋期に上記の生物調査が行われた地区のうち 5~6 地区に 3 台ずつ設置した。自動撮影された画像のうちアカネ類の検出・撮影に成功している画像を計数し、設置期間あたりのアカネ類成虫の撮影枚数 (日当たり撮影頻度) を現地のアカネ類密度の指標として算出した。撮影されたアカネ類は「ノシメトンボ」と「その他アカネ属」に分類された。撮影された画像からは翅の先端の色からノシメトンボは容易に判別できたが、アキアカネとナツアカネを区別するのは困難であったためである。なお、現地での観察から「その他アカネ属」の内訳はほとんどがアキアカネと考えられた。また、自動撮影による調査が人による相対密度調査と一致した結果をもたらすか確認するために、秋期に同じ地区で畦畔を 10m 歩き、2m 幅に出現したアカネ類成虫を目視で計数した。自動撮影調査による日当たり撮影頻度と目視調査によって得られたアカネ類成虫目撃個体数の関係は統計学的に有意なものであるかどうかを一般化線形混合モデルによって検討した。さらに、秋期の自動撮影調査の結果と、同地区で翌年の初夏に実施された上記のアカネ類ヤゴの羽化殻調査の結果の関係についても一般化線形混合モデルを用いて検討した。

4. 研究成果

(1) 水田生物調査

カエル類はトウキョウダルマガエル、ニホンアカガエル、ニホンアマガエル、ツチガエルの 4 種が確認された。このうち、指標種であるトウキョウダルマガエルは、営農中断なしに対して、営農中断あり・表土剥ぎ及び客土なしの地域、営農中断あり・表土剥ぎ及び客土ありの地域は少ない傾向であった。本種はほぼ一生を水田周辺で過ごすことから、営農中断の影響は大きかったと考えられる。

アシナガグモ類はシコクアシナガグモ、トガリアシナガグモ、ハラビロアシナガグモ、ヤサガタアシナガグモのアシナガグモ属 5 種が多く、他に同属のヒカリアシナガグモ (松木ら, 2021)、ヒメアシナガグモ属が極わずかに確認された。アシナガグモ類の個体数と営農中断、表土剥ぎ及び客土の関係について、明瞭な傾向は見られなかった。

アカネ類羽化殻はアキアカネ、ノシメトンボ、ナツアカネ、マイコアカネの 4 種が確認され、いずれの年もアキアカネが最も多かった。アキアカネは営農中断ありでも営農中断なしでも多く確認され、3 地域での明瞭な傾向はみられなかった。しかし、アキアカネ以外のアカネ属 (ノシメトンボ、ナツアカネ、マイコアカネ) は営農中断なしで多い傾向であった。これらのことから、アキアカネは移動性が高いことから営農再開後に飛来し定着が可能であり、これ以外の種は移動性が低く、営農再開後、定着するには時間を要するものと考えられた (三田村, 2021)。

イトトンボ類は 3 年間で 8 種が確認され、アジイトトンボが最も多かった。イトトンボ類の個体数は営農中断あり・表土剥ぎ及び客土ありで多い圃場がみられたものの、全体としては明瞭な傾向は見られなかった。

水生昆虫はコウチュウ目 15 種、カメムシ目 13 種、合計 28 種が確認された。この中で、営農中断あり・表土剥ぎ及び客土ありでは 24 種、営農中断あり・表土剥ぎ及び客土なしで 18 種、営農中断なしで 17 種となり営農中断あり・表土剥ぎ及び客土ありが最も多かった (図 1)。本調査で確認された水生昆虫の中ではヒメアメンボやコミズムシ類が営農を中断した圃場で多く確認されており、営農再開後、新たな水域としての水田にすぐに飛来したものと考えられる。一方で、マルミズムシ (三田村・遠藤, 2021) やコオイムシ、ケシゲンゴロウやガムシといった、国や福島県のレッドリストに掲載されている種が確認されていることは、営農再開により水田が希少な水生昆虫の生息場所ともなり得ることを示している。

これらの結果を、「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」(農林水

産省，2012)に基づき、調査圃場1筆ごとに、確認された調査対象種の個体数によりスコア化し、生物多様性を評価した。この結果、Aランク(生物多様性が高い)は営農中断あり・表土剥ぎ及び客土ありの地域で68.2%と7割近くに、営農中断あり・表土剥ぎ及び客土なしの地域では88.9%となり、Cランク(生物多様性が低い)はなかった。営農中断なしではSランク(生物多様性が非常に高い)とAランクの合計が76.9%であり、Cランクも7.7%確認された。このことから、営農再開すると再開初年から生物多様性の高い地域が多く、営農中断の影響は少ないと考えられた。

本研究により、営農を再開すれば、水田生物は増え、生物多様性は保たれていることが明らかになったことは、原発事故後の生産環境の評価のみならず、全国的に広がっている転作や休耕が生物多様性に与える影響として重要な知見であると考えられる。

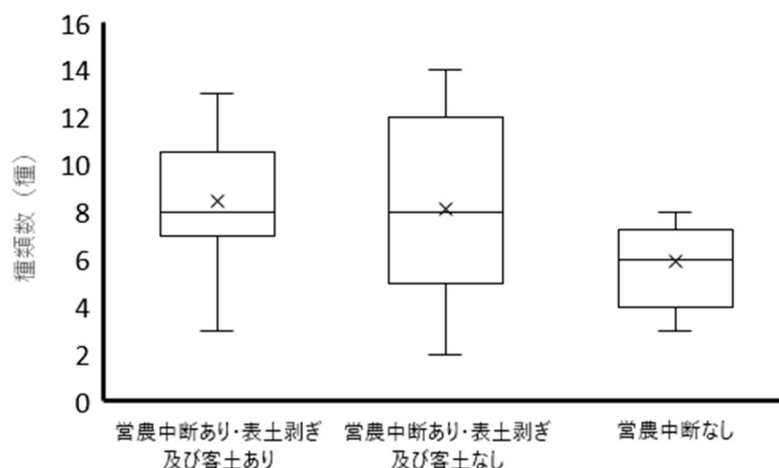


図1 水生昆虫の種類数と営農中断有無の関係
(2018~2020年)

(2) 自動撮影によるアカネ類の簡便な調査手法の開発

秋期のアカネ類成虫の日当たり撮影頻度と目視調査による目撃個体数の関係の検討の結果、ノシメトンボ、その他アカネ属ともに有意な正の関係が確認された(図2)。このことは、秋の自動撮影調査によって、秋の田んぼの風物詩「赤とんぼ」として親しまれるアカネ類成虫に関しては自動撮影によって人による目視調査と同様に相対密度調査が可能であることを示唆している。一方、秋期成虫の日当たり撮影頻度と翌年初夏のヤゴの羽化殻数の関係に関しては、ノシメトンボには有意な正の関係が見られたものの、その他アカネ属には有意な関係が見られなかった(図3)。このことは、ノシメトンボに関しては秋期の自動撮影調査を通してヤゴが大きく影響を受けると考えられる水中の環境の健全性についても情報を得ることができることを示唆している。アキアカネを多く含むとされるその他アカネ属について明瞭な結果が得られなかった原因に関しては、アキアカネの移動分散スケールがノシメトンボに比べて大きいため、例年の水中の環境があまり好適ではない水田にも秋に多くの成虫が飛来していたことによるかもしれない。ノシメトンボは卵~羽化の期間を水田で過ごす一方で未成熟な成虫は周辺の樹林を利用することが知られている。従って、その生活環が完結するには水田とその周辺環境、すなわち里地里山景観が健全な状態であることが求められる。このノシメトンボの秋の成虫個体数及び羽化殻数について自動撮影調査撮影頻度と正の関係があったことから、今後の営農再開水田をとりまく里地里山景観の健全性評価にも自動撮影調査が有効であると推察される。

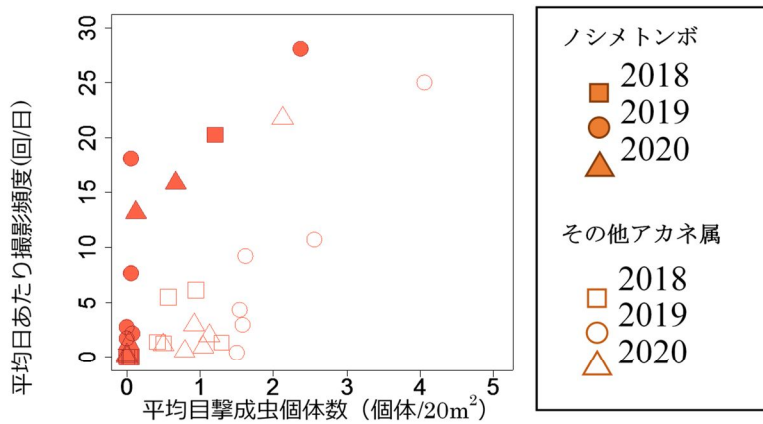


図2 各年各地区の秋の目視成虫調査結果と自動撮影調査との関係
Yoshioka et al. (2023)を改変

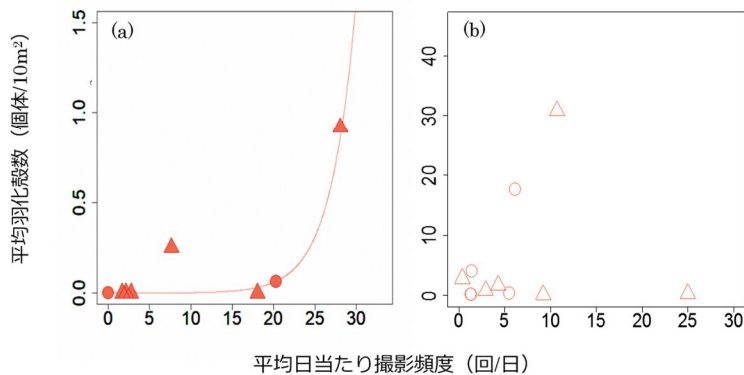


図3 (a)ノシメトンボ, (b)その他アカネ属の各年各地区の秋の自動撮影調査と翌年初夏の目視羽化殻調査の関係
Yoshioka et al. (2023)を改変。ノシメトンボのグラフには一般化線形混合モデルに基づく回帰曲線を記した。

【引用文献】

- 松木伸浩・三田村敏正・馬場友希 (2021) 福島県初記録のヒカリアシナガゲモ.
Kishidaia(118) : 83-84.
- 三田村敏正・遠藤わか菜 (2021) 福島県富岡町におけるマルミズムシの記録. ふくしまの虫 (38) : 34.
- 三田村敏正 (2022) 東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所事故による被災地の水生生物 営農再開後の水田で生物多様性は保たれるのか. JARUS(128) :17-21.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局, 2012, 農業に有用な生物幼生の指標生物 調査・評価マニュアル 調査法・評価法. 65pp.
- Yoshioka A., Shimizu A., Oguma H., Kumada N., Fukasawa K., Jingu S., Kadoya T. (2020) Development of a camera trap for perching dragonflies: a new tool for freshwater environmental assessment. PeerJ, 8, e9681
- Yoshioka A., Mitamura T., Matsuki N., Shimizu A., Ouchi H., Oguma H., Jo J., Fukasawa K., Kumada N., Jingu S., Tabuchi K. (2023) Camera-trapping estimates of the relative population density of Sympetrum dragonflies: application to multihabitat users in agricultural landscapes. PeerJ, 11, e14881

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 三田村敏正 | 4. 巻 128 |
| 2. 論文標題 東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所事故による被災地の水生生物—営農再開後の水田で生物多様性は保たれるのか | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 JARUS | 6. 最初と最後の頁 17-21 |
| 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 JO Jaeick, 吉岡明良, 大内博文 | 4. 巻 610 |
| 2. 論文標題 福島県南相馬市今田におけるマイコアカネの変異個体の観察 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 月刊むし | 6. 最初と最後の頁 44-45 |
| 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., Shimizu A., Oguma H., Kumada N., Fukasawa K., Jingu S., Kadoya T. | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Development of a camera trap for perching dragonflies: a new tool for freshwater environmental assessment. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 PeerJ | 6. 最初と最後の頁 e9681 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7717/peerj.9681 | 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 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 オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 松木信浩, 三田村敏正, 馬場友希 | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 福島県初記録のヒカリアシナガゲモ | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Kishidaia | 6. 最初と最後の頁 83-84 |
| 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 三田村敏正, 遠藤わか菜 | 4. 巻 38 |
| 2. 論文標題 福島県富岡町におけるマルミズムシの記録 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ふくしまの虫 | 6. 最初と最後の頁 34 |
| 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11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 三田村敏正, 遠藤わか菜, 松木信浩, 吉岡明良, 田淵 研 |
| 2. 発表標題 東電福島第一原発事故により被災地域における営農再開後の水田生物の多様性評価 |
| 3. 学会等名 日本昆虫学会第81回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉岡明良, 三田村敏正, 松木伸浩, 清水明, 大内博文, 小熊宏之, JO Jaeick, 深澤圭太, 熊田那央, 神宮翔真, 田淵研 |
| 2. 発表標題 自動撮影による赤トンボ類相対密度調査～成虫及び羽化殻のトランセクト調査との比較 |
| 3. 学会等名 第69回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 三田村敏正・遠藤わか菜・吉岡明良・田淵研・松木伸治 |
| 2. 発表標題 東電福島第一原発事故による営農中断後の水田におけるトンボ相 |
| 3. 学会等名 日本昆虫学会第79回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松木伸浩・吉岡明良・田淵研・遠藤わか菜・三田村敏正 |
| 2. 発表標題 原子力災害に伴う営農中断後の水田におけるアシナガグモ類の生息状況 |
| 3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 三田村敏正 |
| 2. 発表標題 原子力災害に伴う営農中断後の水田における水生昆虫相 |
| 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 松木伸浩 |
| 2. 発表標題 原子力災害に伴う営農中断後の水田におけるトウキョウダルマガエルの生息状況 |
| 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 吉岡明良 |
| 2. 発表標題 赤トンボ類自動撮影装置の開発と福島県の営農再開水田における応用 |
| 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 Akira YOSHIOKA, Toshimasa MITAMURA, Nobuhiro MATSUKI and Ken TABUCHI |
| 2. 発表標題 Developing a camera trap for monitoring Sympetrum dragonflies and its application to resuming rice paddy fields in the Fukushima nuclear plant disaster area |
| 3. 学会等名 XXVI International Congress of Entomology (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Toshimasa MITAMURA, Akira YOSHIOKA, Nobuhiro MATSUKI and Ken TABUCHI |
| 2. 発表標題 The fauna of aquatic insects in the rice paddy fields on farming interruption and decontamination after an accident at the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant |
| 3. 学会等名 XXVI International Congress of Entomology (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松木信浩, 吉岡明良, 田淵 研, 遠藤わか菜, 三田村敏正 |
| 2. 発表標題 原子力災害に伴う営農中断が水田におけるアシナガモ類の生息に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 第54回日本蜘蛛学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 松木信浩, 根本知明, 三田村敏正 |
| 2. 発表標題 東電福島第一原発事故前後における水田の生物相の変化 |
| 3. 学会等名 第76回北日本病害虫研究発表会 |
| 4. 発表年 2023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 | 松木 伸浩 (MATSUKI Nobuhiro) (30504055) | 福島県農業総合センター・会津地域研究所・専門研究員 (81604) | |
| 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・福島地域協働研究拠点・主任研究員 (82101) | |
| 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) | |

| | 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 |
|-------|-----------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 菅野 史佳 (KANNO Fumika) | | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 |
|-------|-------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 遠藤 わか菜 (ENDO Wakana) | | |
| 研究協力者 | 趙 在翼 (JO Jaeick) | | |
| 研究協力者 | 大内 博文 (OUCHI Hirofumi) | | |

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 |
|---------|---------|
| | |