

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K06296

研究課題名(和文) 乾田に適応したアキアカネの保全に向けた冬季湛水管理の高度化

研究課題名(英文) Advanced winter flooding paddy field management for the conservation of *Sympetrum frequens* adapted to dry rice paddies

研究代表者

神宮 寛 (Jinguji, Hiroshi)

福島大学・食農学類・教授

研究者番号：10299779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：水田に産み付けられたアキアカネの卵は、非かんがい期は水が無い水田で冬を越す。冬に水田に水を張る冬期湛水水田がアキアカネ卵におよぼす影響を実験により明らかにした。実験の結果、卵の孵化率に影響はないが孵化の斉一性に影響があることが分かった。卵が乾田状態で冬を越すと卵の斉一性は高くなるが湛水状態に置かれると斉一性は低くなる。また、実験から水温上昇が孵化率の低下を招くことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水田の象徴種とも言えるアキアカネの全国的な減少傾向が進んでいる。本研究により、環境保全効果の高いとされる冬期湛水水田が、本来は非かんがい期に水の無い状態の水田を生息環境とするアキアカネの卵には影響を及ぼすことが明らかになった。孵化の斉一性の低下は、水田の水管理の影響を受けて水田から羽化ができない状態を招く恐れがある。アキアカネ保全に有効な冬期湛水水田のあとの水田栽培管理を考える必要がある。

研究成果の概要(英文)： *Sympetrum frequens* eggs overwinter in rice paddies fields without irrigation water. We conducted an experiment to determine the effects of winter flooding of rice paddies on the eggs of *Sympetrum frequens*. We found that the synchronized hatching coefficients of *S. frequens* and *S. infuscatum* exposed to flooding were significantly lower than that of the control. There was no significant difference in the hatching rate of *S. frequens* eggs between the control and any of the inundation treatments.

研究分野：農業農村工学、水田生態工学

キーワード：アキアカネ 冬期湛水水田 気候変動 乾田 水管理

## 様式 C-19、F-19-1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

冬季に水田に水を張る冬季湛水水田が国内外で広がっている。国内では、宮城県伊豆沼・内沼や蕪栗沼をはじめとして、北海道から鹿児島まで全国に普及している。国外では、北アメリカ、フランス、イタリア、スペイン、ポルトガルおよび中国で取り組まれている。国内外ともに、冬季湛水の長所に水鳥や生物多様性の保全をあげている。その一方で、水田の代表種であるアキアカネは減少している。2000年以降、アキアカネを絶滅危惧種とした自治体の数は拡大した。最新の各県のレッドリストでは、鹿児島、宮崎、長崎、山口、徳島、兵庫、大阪、三重、富山、神奈川、東京、埼玉県がアキアカネを「絶滅危惧種」に指定している。申請者は、これまで「浸透移行性殺虫剤」や「中干し」という灌漑期の水田管理に焦点をあて研究を進めてきた。しかし、生態学者から「生物多様性保全が見込めるはずの冬季湛水水田でアカネ属が減少している」と指摘されるようになり、非灌漑期の湛水管理の影響に着目した。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、水田の冬季湛水が乾燥と低温に耐性を持つアキアカネ越冬卵に及ぼす影響を解明すること、である。既往研究は、冬季湛水水田の長所に焦点をあてている。本研究の独自性は、これまで見過ごされてきた冬季湛水が乾田に適応して冬を越す卵におよぼす影響を、説得力のある根拠をもとに解明する点にある。水田生態工学において、冬季湛水の卵越冬種に対する負の側面に焦点を当てた研究は無い。この成果は、冬季湛水の生物多様性保全効果の改善につながる。乾燥・低温耐性の卵を備えた生物は、他にカブトエビが存在する。アキアカネと同様、農業に有益な益虫である。アキアカネの越冬卵に及ぼす影響とそのメカニズムの解明は、乾田に依存し乾燥耐性を持つ他生物の保全にも貢献することが期待できる。したがって、水田生態工学への学術的貢献度は大きい。

農林水産省は、環境保全型農業直接支払交付金や多面的機能支払交付金の要件として、冬季湛水管理を推奨している。水田には10種もの卵越冬種（いずれもアカネ属）が生息する。上記の問いの解明は、真の生物多様性保全効果が見込める冬季湛水技術の創造につながる。そして、全国で展開されている冬季湛水管理の技術の高度化へと波及効果を生むことが期待できる。

### 3. 研究の方法

#### (1) 湛水期間の違いが越冬卵の孵化動態におよぼす影響

【室内試験設計】室内試験では、10月に人為的に採集した卵を一般的な冬季湛水の開始時期に準じて湛水条件下のシャーレに置いた。アキアカネ卵は宮城県産と絶滅リスクの最も高い鹿児島県産とした。越冬卵は人工気象室に保管し、気象庁が公表する宮城県と鹿児島県の1980-2010の平年値（温度と湿度）の条件下で飼育した。実験開始の翌年の4月上旬から5月上旬まで上記の状態を維持した。5月1日から25℃および明暗条件を16時間:8時間として孵化動態を観察した。

【孵化動態の評価】孵化動態の指標は申請者らが確立した、①孵化率、②平均孵化日数、③孵化の斉一性、を基準に評価した。5月までの孵化の様子は、試験開始から1週間ごとに目視でシャーレ内の孵化卵のチェックを行った。そして、コントロールとの比較により孵化が適切に行われる湛水開始時期を特定した。

【孵化幼虫の観察】湛水開始から1週間ごとにピペットで200mlの底泥と田面水を採集し、実態顕微鏡で幼虫の有無を確認した。これにより、実際の水田環境下において冬季に卵が孵化するか

確認した。確認された孵化幼虫は、その後の個体数変動をモニタリングし、幼虫での越冬可能性を調べた。

(2) 温暖化シナリオによる気温上昇に応じた越冬卵の孵化の状態

【室内試験設計】 実験開始前年に採集した宮城県産と宮崎県産のアキアカネ卵を用いる。人工気象室の飼育温度を、平年値、平年値から+2.6℃、+4.5℃、+6.0℃に設定する。5月までの孵化の様子は、試験開始から1週間ごとに目視で孵化卵のチェックを行う。

【孵化動態の評価】 孵化動態の指標は申請者らが確立した、①孵化率、②平均孵化日数、③孵化の斉一性、を基準に評価する。5月までの孵化の様子は、試験開始から1週間ごとに目視でシャーレ内の孵化卵のチェックを行う。そして、コントロールとの比較により孵化が適切に行われる湛水開始時期を特定する。

4. 研究成果

(1) 湛水期間の違いが越冬卵の孵化動態におよぼす影響

冬期湛水を想定した条件下では、アキアカネ卵とノシメトンボの卵は、孵化の動態の指標とした斉一孵化係数が対照区と比較して有意に低下した(図1)。対照区とは、非かんがい期の乾田状態を再現した条件である。10月20日、30日、11月10日、20日、30日、12月10日のそれぞれに湛水を開始し浸水条件に置かれた越冬卵は、全ての条件で対照区に比べて孵化の斉一性が低下する結果となった。アキアカネ卵では、湛水期間の違いが孵化率の低下は認められなかった。一方、ノシメトンボの卵では、10月20日から湛水を開始した最も親水期間の長い条件の越冬卵が、対照区と比較して孵化率が有意に低下した。

(2) 気温上昇に応じた越冬卵の孵化率

30日間の観察期間中に越冬卵の孵化率は、水温20℃、25℃および30℃の処理でそれぞれ16±6.9%、42±12.2%、21.3±4.2%であった。25℃での孵化率は20℃よりも有意に高かった(ANOVA,  $F_{2,6} = 7.0942$ ,  $P < 0.05$ )。20℃および25℃の水処理区で

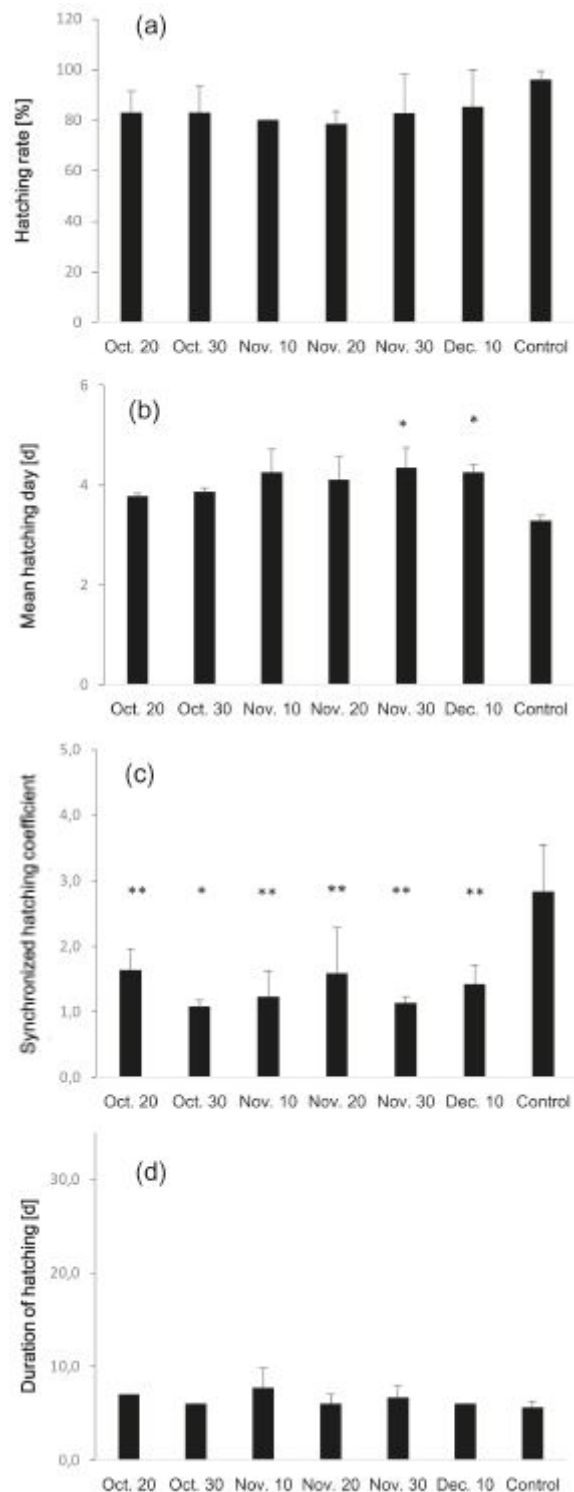


図1 アキアカネ卵を異なる湛水開始日に配置した時の累積孵化率(a)、平均孵化日数(b)、斉一孵化係数(c)、孵化期間(d)の値の変化。\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ の有意水準を示している。

は、未孵化卵はすべて生きており、色は褐色であった。しかし、30℃の水処理区では、ほとんどの未ふ化卵(73%)が死滅しており、色は黒色であった。孵化は30℃では実験開始から7日目に始まり18日目に終了した。20℃と25℃では実験開始11日目から孵化が始まった。孵化は20℃と25℃では実験開始から32日目まで続いた。冬期に湛水した水田においてアキアカネとノシメトンボの個体数を安定させるためには、中干し排水の時期を遅らせたり、水田内に長く水を張る窪地を造成したりするなど、水管理体制を変更することが必要である。

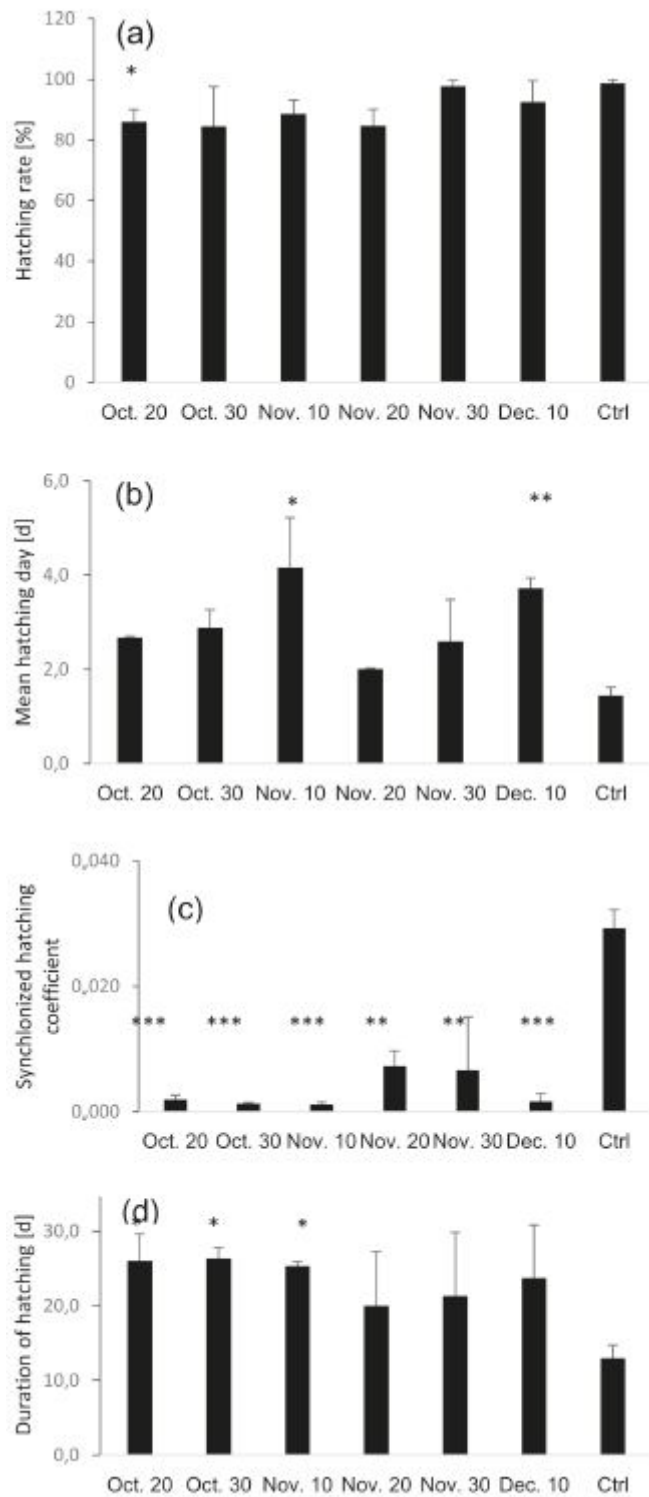


図2 ノシメトンボ卵を異なる湛水開始日に配置した時の累積孵化率(a)、平均孵化日数(b)、斉一孵化係数(c)、孵化期間(d)の値の変化。\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ の有意水準を示している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Jessica Ware, Manpreet Kaur Kohli, Ciara Mae Mendoza, Daniel Troast, Hiroshi Jinguji, Keith A. Hobson, Goran Sahle, R. Charles Anderson, Frank Suhling	4. 巻 25
2. 論文標題 Evidence for widespread gene flow and migration in the Globe Skimmer dragonfly <i>Pantala flavescens</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Odonatology	6. 最初と最後の頁 43-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.48156/1388.2022.1917166	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 Hiroshi Jinguji, Yuki Fujiwara, Kazuhisa Ohtsu, Moono Shin, Motoko Morimoto	4. 巻 72
2. 論文標題 Acute toxicity of Sodium chloride to first and fourth instar <i>Aedes albopictus</i> larvae	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Entomology Zoology	6. 最初と最後の頁 199-204
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7601/mez.72.199	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 Hiroshi Jinguji, Yuki Fujiwara, Kazushi Ohtsu, Motoko Morimoto	4. 巻 36
2. 論文標題 Effects of Sodium Chloride on Oviposition behavior of <i>Aedes Albopictus</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Mosquito Control Association	6. 最初と最後の頁 253-256
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 -
1. 著者名 Hiroshi Jinguji, M Ozaki, T Ueda	4. 巻 48
2. 論文標題 Effects of rice field winter flooding on hibernating eggs on <i>Sympetrum frequens</i> and <i>S. infuscatum</i> (Odonata: Libellulidae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Odonatologica	6. 最初と最後の頁 1-17
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 Keith A. Hobson, Hiroshi Jinguji, Yuta Ichikawa, Jackson W. Kusack, R. Charles Anderson	4. 巻 42
2. 論文標題 Long-Distance Migration of the Globe Skimmer Dragonfly to Japan Revealed Using Stable Hydrogen ( 2 H) Isotopes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Entomology	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ee/nvaa147	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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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