

冬季及び早春の気温がイネカメムシ (カメムシ目: カメムシ科) 及び ホソハリカメムシ (カメムシ目: ヘリカメムシ科) 越冬世代成虫の 水稲圃場での発生量に与える影響

住田 歩夢¹・田淵 研²・吉村 英翔^{2,†}・竹松 葉子^{3,*}

¹鳥取大学大学院連合農学研究科

²農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター

³山口大学大学院創成科学研究科

The Effect of Non-Rice Growing Season Temperatures on the Abundance of Overwintering Adults of the Pecky Rice Bug Species *Niphe elongata* (Heteroptera: Pentatomidae) and *Cletus punctiger* (Heteroptera: Coreidae) in Paddy Fields. Ayumu SUMITA,¹ Ken TABUCHI,² Hideto YOSHIMURA^{2,††} and Yoko TAKEMATSU^{3,*} ¹The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University; 4-101 Koyama-Minami, Tottori, Tottori 680-8553, Japan. ²Tohoku Agricultural Research Center, NARO; 4 Akahira, Shimo-kuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0198, Japan. ³Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University; 1677-1 Yoshida, Yamaguchi, Yamaguchi 753-8515, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 70: 21-31 (2026)

Abstract: To clarify the effect of ambient temperature on the abundance of the two pecky rice bug species *Niphe elongata* and *Cletus punctiger* in organic rice paddy fields, we studied the relationships between the abundance of these species and temperatures recorded from November to April in Yamaguchi Prefecture, Japan, in 2022 and 2023. The periods during which temperature affected the abundance of both species were determined. Our analyses revealed that the abundance of *N. elongata* was significantly and positively related to the average minimum temperature in mid-April, suggesting that the low temperatures after the diapause termination may be associated with *N. elongata* mortality. The abundance of *C. punctiger* was significantly and positively related to the average maximum temperature in mid-March, suggesting that the higher temperature soon after the diapause termination makes it possible for overwintered *C. punctiger* adults to feed on host plants from earlier in the season. The heading period of rice was also observed to affect both species' abundance in paddy fields. These results may allow us to estimate the abundance of both species based on the temperature before the start of rice cultivation and the rice heading period.

Key words: Rice bug; meteorological factor; modeling; arthropod abundance; risk evaluation

緒 言

水稲栽培において、斑点米カメムシ類は穂を吸汁することによって玄米に黒点を生じさせ(田中, 2000; Tindall et al., 2005; Patel et al., 2006), 一部の種では出穂期から登熟初期における穂の吸汁による不稔被害(藤田ら, 2000; 平江, 2021)により収量を減少させる重要な害虫である。関東以西を中心に多数の地域で主要な斑点米カメムシ類である、イネカメムシ *Niphe elongata* (Dallas) 及びホソハリ

カメムシ *Cletus punctiger* (Dallas) は、不稔被害と斑点米被害の両方の原因となる(中筋, 1973; 榊原, 2014; 樋口, 2019; 石島, 2021)。イネカメムシは特定の市町村及び同一地域内のより小さなスケールでも局所的に発生する傾向があり(樋口, 2020; 北野・増田, 2022) 不稔形成能力が高い(平江, 2021), ホソハリカメムシは加害期間が長いといった特徴を持ち(竹内ら, 2004), 2種それぞれに対して、薬剤試験や防除適期の決定といった防除対策が各地で検討されてきた。

* E-mail: takematu@yamaguchi-u.ac.jp

† 現在 玉川大学農学部

†† Present address: College of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1 Tamagawagakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan.

2025年5月16日受領 (Received 16 May 2025)

2025年10月20日登載決定 (Accepted 20 October 2025)

付録資料は J-Stage の日本応用動物昆虫学会誌で閲覧できる。

DOI: 10.1303/jjaez.2026.21

斑点米カメムシ類の被害対策は一般的に殺虫剤散布である(横須賀, 2001; 杉村ら, 2007; 滝田, 2007; 榊原, 2014)が, 予防的で画一的な殺虫剤散布は経営的コストの増大や標的外生物への悪影響などが問題となる(粟生田ら, 2013; El-Wakeil et al., 2013; 早坂ら, 2013). 水稲圃場に侵入する個体数を推定し, 被害リスクを事前に把握する手法を確立することができれば, 被害を経済的被害許容水準以下に抑えつつ, 殺虫剤使用を最適化する足掛かりとなる. ホソハリカメムシの発生量は地域差が大きく(中筋, 1973; 北野・増田, 2022), イネカメムシでは地域差だけでなくその年次間差も大きいことが報告されている(北野・増田, 2022). しかし, 発生量を決定する要因は明らかになっていない.

カメムシ類を含む昆虫の発生量に影響を及ぼす要因のうち気温は最も重要な環境要因の一つである(Kocmánková et al., 2009). クモヘリカメムシ *Leptocoris chinensis* (Dallas) では2月の気温が越冬の可否に影響することが報告されており(大江ら, 2017), また, この2月の気温を基にした過去の越冬可能年数はクモヘリカメムシの発生量に正の影響を与えることが報告されている(川端ら, 2024). 一方, カメムシ科の *Euschistus servus* では, 冬季期間を通した最高気温の積算が高いことが越冬世代の発生量に負の影響を及ぼすという報告があり, その要因として冬の高温が早期の休眠覚醒を促進し, その後の春の低温が死亡率の増加を引き起こした可能性を指摘している(Ni et al., 2019). このように, 冬季から早春の気温はその後のカメムシ類の発生量に影響することから, イネカメムシやホソハリカメムシの水稲圃場での発生量にもこれらの気温が影響している可能性がある. 水稲栽培期間前である冬季及び早春の気温に基づいて水稲圃場での発生量の多寡が把握できれば, 各地域の被害リスクを評価することができ, 優先的に防除を行う圃場や殺虫剤散布の最適な回数を決定することに役立つ

可能性がある.

そこで本研究ではイネカメムシ及びホソハリカメムシの水稲圃場における発生量と冬季及び早春の気温の関係を明らかにすることを目的として, 1) 山口県の複数地点の水田と畦畔においてイネカメムシとホソハリカメムシの季節消長を調べ, 水田と畦畔での採集頭数の違いを調べた. そして, 2) 水稲圃場における2種の越冬世代成虫の発生量と冬季~早春の最低, 平均, 最高気温及び出穂時期との関係を解析した. 解析の結果から, 冬季~早春の気温及び出穂時期の違いによる2種の発生量予測の可能性について検討した.

本研究は科研費(23K05242)及びJST次世代研究者挑戦的研究プログラムJPMJSP2187の支援を受けて実施した.

材料及び方法

1. 調査地点

山口県内18地点の水田及び隣接する畦畔を調査地点とした(34.01~34.42°N, 131.14~131.72°E)(Fig. 1). 調査は全て化成肥料, 除草剤, 殺虫剤不使用の有機栽培水田で行った. 2022年及び2023年の2年間に同じ水稲圃場で調査した. ただし, 第9地点(陶)(Fig. 1)では年ごとに隣接した異なる水稲圃場で調査を行った. 2022年は早生7地点, 中生6地点, 晩生5地点, 2023年は早生6地点, 中生7地点, 晩生5地点であった(Table S1). 調査地点では合計6品種(早生品種“コシヒカリ”, 中生品種“イセヒカリ”, “ヒノヒカリ”及び“農林22号”, 晩生品種“旭”及び“クマミノリ”)が作付けされた. 調査地点間の平均距離±標準誤差は20202 ± 2132m(最小距離169m, 最大距離69677m)であった.

2. カメムシ類の採集

水稲栽培時期の斑点米カメムシ類の発生量を調べるため, 水田と畦畔のすくい取りを行った. すくい取り調査

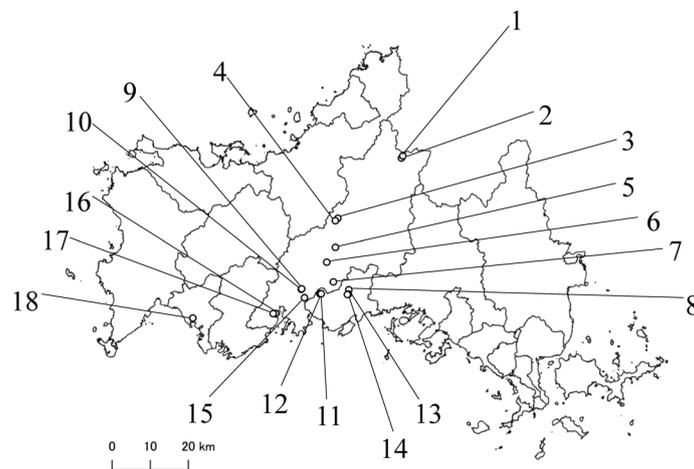


Fig. 1. The 18 research sites in Yamaguchi Prefecture, Japan. Solid lines: the borders between cities.

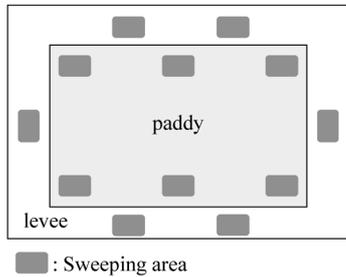


Fig. 2. The sweeping areas of the paddy and levee at each research site.

は、2022年は7月25日～11月8日、2023年は7月26日～11月15日に毎週実施し、出穂の最も早い品種の出穂1週間前から各品種の刈り取り前まで行った。すくい取りは捕虫網（径42cm）を用い、1調査地点当たりのすくい取りは水田内の四隅付近と、長辺の中間地点付近を合わせた計6か所、いずれも畦畔から2m内側に入った部分で行った（Fig. 2）。畦畔では各長辺から2か所、各短辺から1か所のそれぞれ均等な間隔を取った計6か所を調査か所とした（Fig. 2）。すくい取り回数は水田と畦畔いずれも各か所で10回振り、合計60回振りで行った。サンプルはその場でチャック付きのポリエチレン袋に入れて持ち帰り、各種カメムシ類を成虫、幼虫に分けて可能な限り種を識別し、それぞれ頭数を記録した。

3. 統計解析

水田と畦畔でイネカメムシまたはホソハリカメムシのすくい取り頭数を比較するため、ポアソン分布を誤差構造とし、リンク関数をlogとして設定した一般化線形モデル（Generalized Linear Models：GLMs）で解析を行った。解析には調査した18地点中、圃場間の距離が1000m未満と近く、発生量が類似した地点を除く13地点を用いた。近接した水稲圃場が複数あった場合、畦畔が広い方を用いた。目的変数はすくい取りで採集されたイネカメムシまたはホソハリカメムシ成虫のそれぞれの合計頭数とし、説明変数はすくい取り場所（水田と畦畔）及び調査年（2022年と2023年）とした。

また、イネカメムシまたはホソハリカメムシ成虫の発生量と冬季から早春の気温及び出穂時期の異なる品種との関係を明らかにするために、ポアソン分布を誤差構造とし、リンク関数をlogとして設定した一般化線形混合モデル（Generalized Linear Mixed Models：GLMMs）で解析した。目的変数はほ場ごとにすくい取りで採集されたイネカメムシまたはホソハリカメムシ成虫の越冬世代成虫の合計頭数とした。両種は越冬成虫と第1世代成虫の世代が混生しているため、以下のように越冬世代の成虫を定義した。イネカメムシにおいては、5齢幼虫が8月5週から9月2週にかけて多く採集されたことから、8月4週までに水田

で採集した成虫は越冬世代を中心とする成虫世代とした。ホソハリカメムシにおいては、5齢幼虫が8月5週目から多く採集され始め、9月1～2週目に最も多く採集されたことから、9月1週までに採集した成虫は越冬世代を中心とする成虫世代とした。また2種の水田と畦畔でのすくい取り頭数の比較から、イネカメムシは水田、ホソハリカメムシは畦畔で採集された個体を用いた。説明変数は、農研機構メッシュ農業気象データ（The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO）（<https://amu.rd.naro.go.jp>）（大野ら、2016）から得られた採集地点ごとの11月～翌4月の最高・平均・最低気温の旬ごとの平均値、出穂時期及び両変数の交互作用とした。出穂時期は8月を旬ごとに区分した3時期とした。調査年は変量効果としてモデルに入れた。出穂時期間に有意な差が示された場合には事後検定としてTukey法による多重比較を行った。解析には、調査した18地点のうち、水田と畦畔のすくい取り頭数を比較解析した13地点から、出穂期が9月以降で第1世代成虫が主に採集されたと考えられる晩生水稲圃場を除いた10地点を用いた。地点中最も近い水稲圃場間の距離は2369mであった。

モデル選択は2段階に分けて行った。始めにイネカメムシまたはホソハリカメムシの発生量と時期別気温データ、出穂時期及び両変数の交互作用との関係を解析し、最も予測精度の良い時期のモデルを赤池情報量基準（Akaike's Information Criterion：AIC）を用いて選択した（Burnham et al., 2011）。モデルごとにAICの値が最も低いモデルとの差を表す ΔAIC （ $\Delta AIC = AIC - AIC_{lowest}$ ）を算出した。Burnham and Anderson（2004）に従い、 ΔAIC が2より小さい値を示すモデルは最良モデルと予測精度が同等、 ΔAIC が4～7の値を示す場合は予測精度が大幅に低く、 ΔAIC が10より大きい値を示す場合は本質的に予測精度が異なると定義した。次に、最も予測精度の良い時期のモデル（ $\Delta AIC < 2$ ）について、気温、出穂時期及び両変数の交互作用を組み合わせ、AICの値を用いて2種の発生量を最も精度良く予測するモデルを選択した。モデル選択において分散拡大係数（Variance Inflation Factor：VIF）の値により説明変数の多重共線性を確認し、VIFの値が2.5より大きい値を示す変数はモデルから除外した（Johnston et al., 2018）。また、最終的に選択されたモデルの時期別気温データ間のピアソンの相関係数（Pearson's correlation coefficient, r ）を求めた。

解析にはR version 4.3.2（R Core Team, 2023）を用いた。GLMMsによる解析にはパッケージ「lme4」（Bates et al., 2015）のglmer関数、統計的有意性の確認にはパッケージ「car」（Fox and Weisberg, 2019）のAnova関数をそれぞれ用いた。多重比較検定にはパッケージ「multcomp」（Hothorn et al., 2008）のglht関数（Tukey法による総当たりオプション）を用い、 r 値の算出にはRのcor関数を用いた。

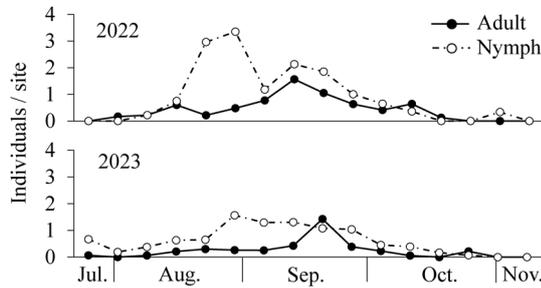


Fig. 3. The seasonal prevalence of the number of *Niphe elongata* at 13 research sites in 2022 and 2023. The total number of 60 net sweeping surveys at each research site was averaged.

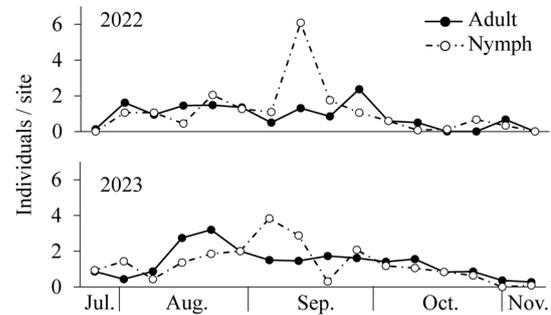


Fig. 4. The seasonal prevalence of the number of *Cletus punctiger* at 13 research sites in 2022 and 2023. The total number of 60 net sweeping surveys at each research site was averaged.

結 果

1. 季節消長

イネカメムシ成虫は2022年では8月2日～10月19日、幼虫は8月6日～10月31日まで確認された。2023年は、成虫、幼虫ともに7月27日～10月31日まで確認された。成虫は9月第3～4半旬（2022年では9月13～14日、2023年では9月19～20日）にピークを示す一山型の季節消長であった（Fig. 3）。幼虫は8月第6半旬（2022年では8月29～30日、2023年では8月26～28日）に一度のピークが確認された（Fig. 3）。

ホソハリカメムシ成虫及び幼虫は、成虫の発生が確認できなかった2022年10月19日、10月24日を除き、2022年と2023年の全ての調査期間で確認された。成虫は2022年の7月第6半旬から8月第1半旬にかけてすくい取り頭数が増加し、8月第6半旬まで横ばいに推移した後一度減少した。その後再び増加し、9月第6半旬にピークを示した後、徐々に減少した（Fig. 4）。2023年は、8月第1半旬から徐々にすくい取り頭数が増加し、8月第5半旬にピークに達した後、9月第1半旬までに半分の密度まで減少し、その後は10月第2半旬にかけて横ばいで推移した後減少した（Fig. 4）。幼虫は2年間を通じて9月第1～3半旬（2022年では9月13～14日、2023年では9月4～6日）に明瞭なピークを示した（Fig. 4）。

2. 水田と畦畔における発生量の比較

イネカメムシのすくい取り頭数は2022年及び2023年の両年とも畦畔に比べて水田で有意に多かった（GLM: $\chi^2 = 206.22$, $df = 1$, $p < 0.001$ ）（Fig. 5A）。また2022年のすくい取り頭数は2023年に比べて有意に多かった（GLM and Anova: $\chi^2 = 39.68$, $df = 1$, $p < 0.001$ ）（Fig. 5C）。ホソハリカメムシのすくい取り頭数は両年とも水田に比べて畦畔で有意に多かった（GLM: $\chi^2 = 327.89$, $df = 1$, $p < 0.001$ ）（Fig. 5B）。また、2023年のすくい取り頭数は2022年に比べて有意に多かった（GLM: $\chi^2 = 13.05$, $df = 1$, $p < 0.001$ ）（Fig. 5C）。

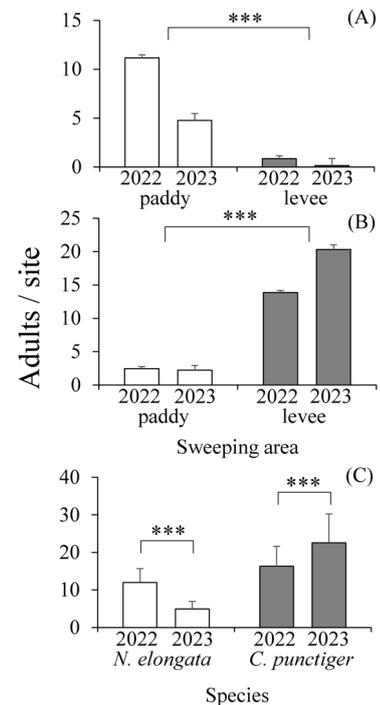


Fig. 5. The numbers of *Niphe elongata* (A) and *Cletus punctiger* (B) collected from the paddies and levees and the mean accumulated numbers of each species from both habitats (C) in 2022 and 2023. Error bars: standard error (SE). *** $p < 0.001$ in the GLM.

3. 気温及び出穂時期と発生量との関係

イネカメムシの発生量と冬季～早春の最低、平均、最高気温の平均値、出穂時期及び両変数の交互作用との関係を解析したところ、回帰モデルのAICの値は4月中旬最低気温で最低値を示し、4月中旬平均気温を用いたモデルにおいても、 ΔAIC は1.69と2未満であり、同等の予測精度を示した（Fig. 6A）。水稲圃場に侵入する世代のイネカメムシ発生量と4月中旬最低気温及び4月中旬平均気温にはそれぞれ有意な正の関係がみられた（GLMMs: $\chi^2 = 20.27$, $df = 1$, $p < 0.001$ [4月中旬最低気温]; $\chi^2 = 15.52$,

$df = 1, p < 0.001$ [4月中旬平均気温]) (Table 1). 4月中旬最低気温を用いたモデルにおいて、出穂時期は水稲圃場でのイネカメムシ発生量に有意な影響を与えた (GLMM: $\chi^2 = 7.77, df = 2, p = 0.021$) が、4月中旬平均気温を用いたモデルでは有意でなかった (GLMM: $\chi^2 = 4.06, df = 2, p = 0.131$). 気温と出穂時期の交互作用はいずれのモデルにおいても統計的に有意でなかった (GLMMs: $\chi^2 = 0.38, df = 2, p = 0.827$ [4月中旬最低気温]; $\chi^2 = 0.47, df = 2, p = 0.791$ [4月中旬平均気温]) (Table 1). 気温、出穂時期及び両変数の交互作用を組み合わせたモデルのうち、説明変数が4月中旬最低気温と出穂時期の2変数のモデルでAICの値が最低であり、イネカメムシ発生量を最もよく説明するモデルであった (Fig. 7A, Table 3A). また、多重比較検定の結果、8月下旬に出穂した水稲圃場は8月上旬

(GLMM: $z = -2.36, p = 0.044$) 及び8月中旬 (GLMM: $z = 2.74, p = 0.015$) に出穂した水稲圃場より発生量が有意に少なかった (Fig. 7B). 一方、8月上旬出穂と8月中旬出穂との間には有意な差はみられなかった (GLMM: $z = 1.07, p = 0.516$). ベストモデルの次に低いAICの値を示したのは4月中旬平均気温と出穂時期の2変数のモデルであり、4月中旬最低気温と出穂時期を用いたモデルとAICの値に大幅な違いはなかった ($2 < \Delta AIC < 4$). 4月中旬最低気温と4月中旬平均気温の間には高い相関が確認され ($r = 0.94$), 発生量と気温が有意な正の関係を示した (GLMM: $\chi^2 = 15.93, df = 1, p < 0.001$). また出穂時期も発生量に有意な影響を与え (GLMM: $\chi^2 = 8.24, df = 2, p = 0.016$), 多重比較検定の結果、ベストモデルと同様に、8月下旬に出穂した水稲圃場は8月上旬 (GLMM: $z = -2.79, p = 0.013$) 及び8月中旬 (GLMM: $z = 2.82, p = 0.012$) に出穂した水稲圃場より発生量が有意に少なかった. 一方、8月上旬出穂と8月中旬出穂との間には有意な差はみられなかった (GLMM: $z = 0.29, p = 0.954$). イネカメムシにおいて、4月中旬最低気温と出穂時期を用いたモデルに対して、その他のモデルは全て ΔAIC の値が4以上を示したものの、解析した期間を通して、12, 1, 4月のAICの値は相対的に低かった (Fig. 6A).

ホソハリカメムシ発生量と冬季～早春の最低、平均、最高気温の平均値、出穂時期及び両変数の交互作用との関係を解析したところ、回帰モデルのAICの値は3月中旬最高気温で最低値を示し、4月中旬最高気温を用いたモデルにおいても、 ΔAIC は0.59と2未満であり、同等の予測精度を示した (Fig. 6B). 水稲圃場に侵入する世代のホソハリカメムシ発生量と3月中旬最高気温及び4月中旬最高気温には有意な正の関係がみられた (GLMMs: $\chi^2 = 16.04, df = 1, p < 0.001$ [3月中旬最高気温]; $\chi^2 = 9.69, df = 1, p = 0.002$ [4月中旬最高気温]) (Table 2). また両モデルについて、出穂時期は水稲圃場でのホソハリカメムシ発

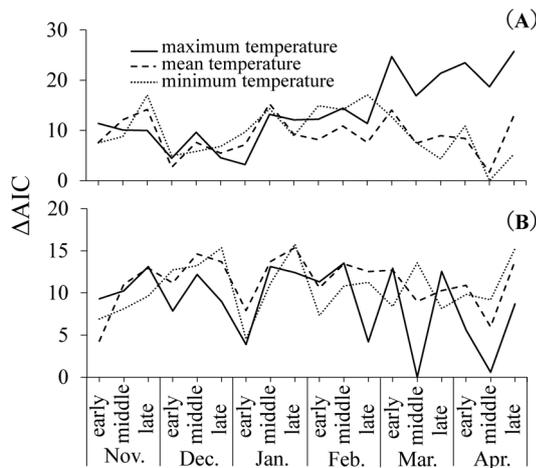


Fig. 6. ΔAIC values analyzed using GLMMs for the relationship between the abundance of *Niphe elongata* (A) or *Cletus punctiger* (B) and minimum, mean, and maximum temperatures from November to April, the heading period of rice varieties and their interaction; ΔAIC values indicate the difference from the lowest AIC values for each species.

Table 1. Results of the GLMM analyses examining the number of sampled *Niphe elongata* against the average minimum temperature in mid-April (A) or the average mean temperature in mid-April (B), the heading time and both interactions

(A) Average minimum temperature in mid-April			
Explanatory varieties	χ^2	df	p value
Ave. min. temp. in mid-Apr.	20.27	1	<0.001
Heading period in Aug.	7.77	2	0.021
Ave. min. temp. in mid-Apr. \times Heading period in Aug.	0.38	2	0.827
(B) Average mean temperature in mid-April			
Explanatory varieties	χ^2	df	p value
Ave. mea. temp. in mid-Apr.	15.52	1	<0.001
Heading period in Aug.	4.06	2	0.131
Ave. mea. temp. in mid-Apr. \times Heading period in Aug.	0.47	2	0.791

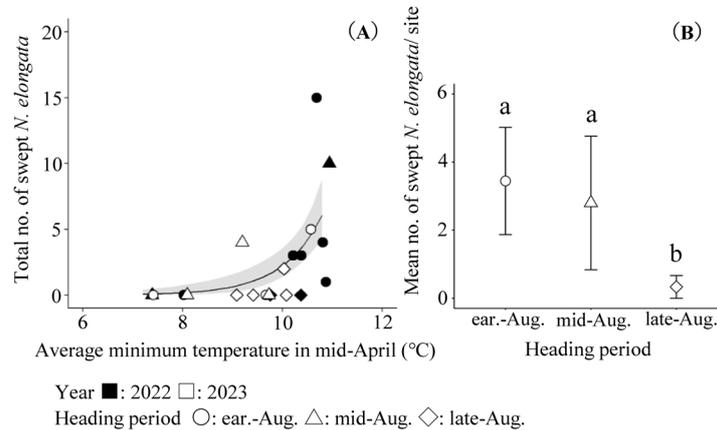


Fig. 7. The relationship between the abundance of *N. elongata*, the average minimum temperature in mid-April, and the heading period of rice varieties with GLMM (A), and a comparison of the abundance of *N. elongata* with different heading periods of rice varieties (B) with GLMM and Tukey's tests. Solid line: the regression curve obtained with the GLMM. Filled area: the 95% confidence interval of the line. Error bars: SE. Different letters indicate $p < 0.05$ using GLMM and Tukey's test.

Table 2. Results of the GLMM analyses examining the number of sampled *Cletus punctiger* against the average maximum temperature in mid-March (A) or the average maximum temperature in mid-April (B), the heading time, and both interactions

(A) Average maximum temperature in mid-March			
Explanatory varieties	χ^2	df	p value
Ave. max. temp. in mid-Mar.	16.04	1	<0.001
Heading period in Aug.	8.30	2	0.016
Ave. max. temp. in mid-Mar. \times Heading period in Aug.	0.35	2	0.840
(B) Average maximum temperature in mid-April			
Explanatory varieties	χ^2	df	p value
Ave. max. temp. in mid-Apr.	9.69	1	0.002
Heading period in Aug.	7.13	2	0.028
Ave. max. temp. in mid-Apr. \times Heading period in Aug.	5.89	2	0.052

生量に有意な影響を与えた (GLMMs: $\chi^2 = 8.30$, $df = 2$, $p = 0.016$ [3 月中旬最高気温]; $\chi^2 = 7.13$, $df = 2$, $p = 0.028$ [4 月中旬最高気温]) が、気温と出穂時期の交互作用は統計的に有意ではなかった (GLMMs: $\chi^2 = 0.35$, $df = 2$, $p = 0.840$ [3 月中旬最高気温]; $\chi^2 = 5.89$, $df = 2$, $p = 0.052$ [4 月中旬最高気温]) (Table 2). 気温、出穂時期、及び両変数の交互作用を組み合わせたモデルのうち説明変数が 3 月中旬最高気温と出穂時期の 2 変数のモデルで AIC の値が最低であり、ホソハリカメムシ発生量を最もよく説明するモデルであった (Fig. 8A, Table 3B). 多重比較検定の結果、8 月中旬出穂の水稲圃場では 8 月上旬出穂の水稲圃場に比べて発生量が有意に少なかった (GLMM: $z = -2.88$, $p = 0.011$) (Fig. 8B) が、8 月下旬出穂の水稲圃場とは有意な差がなかった (GLMM: $z = -1.99$, $p = 0.112$). また、8 月上旬出穂の水稲圃場と 8 月下旬出穂の水稲圃場における発生量には有意な差が認められなかった (GLMM: $z = -1.03$, $p = 0.552$) (Fig. 8B). ホソハリカメムシについては

3 月中旬最高気温と出穂時期を用いたモデルに対して、その他のモデルは全て ΔAIC の値が 4 以上を示したものの、解析した期間を通して、1, 3, 4 月の AIC の値は相対的に低かった (Fig. 6B).

考 察

本研究では、イネカメムシ及びホソハリカメムシの水稲圃場における発生量はいずれも、厳寒期ではなく、早春の気温に影響を受けている可能性が示唆された。イネカメムシでは 4 月中旬最低気温が (Fig. 6, 7A, Table 3A)、ホソハリカメムシでは 3 月中旬最高気温がそれぞれ発生量と正の関係を示し (Fig. 6, 8A, Table 3B)、これらの時期の気温が高い地域では、その後各種の夏期における水稲圃場での発生量が多くなる可能性が示唆された。一方で、いずれの種においても厳寒期以前の気温について相対的に AIC の値が低くなる傾向がみられ (Fig. 6)、これらの気温も少なからず 2 種の発生量に影響を与える可能性が考えられた。

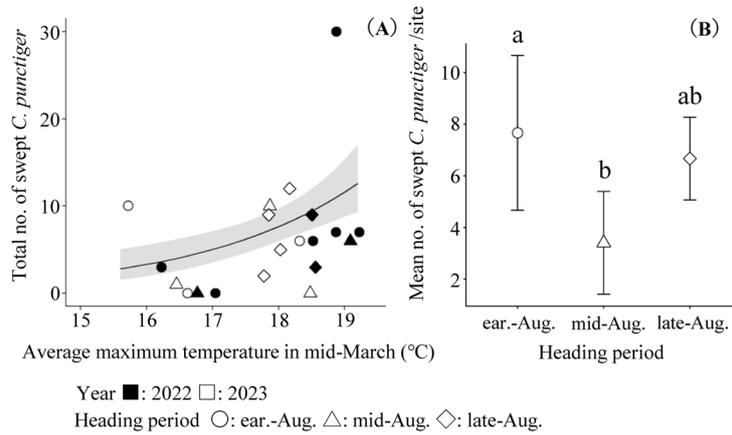


Fig. 8. The relationship between the abundance of *C. punctiger*, the average maximum temperature in mid-March, and the heading period of rice varieties with the GLMM (A), and the comparison of the abundance of *C. punctiger* with different heading periods of rice varieties (B) with GLMM and Tukey's test. Solid line: the regression curve obtained with the GLMM. Filled area: the 95% confidence interval of the line. Error bars: SE. Different letters indicate $p < 0.05$ by GLMM and Tukey's test.

Table 3. The results of GLMM analyses with the lowest AIC of *Niphe elongata* (A) and *Cletus punctiger* (B)

(A) <i>Niphe elongata</i>				
Explanatory varieties	Estimated value	Standard error	z value	p value
Ave. min. temp. in mid-Apr.	1.26	0.28	4.56	<0.001
Heading in mid-Aug.	0.34	0.32	1.07	0.285
Heading in late-Aug.	-1.76	0.75	-2.36	0.018
Intercept	-11.80	2.93	-4.02	<0.001
(B) <i>Cletus punctiger</i>				
Explanatory varieties	Estimated value	Standard error	z value	p value
Ave. max. temp. in mid-Mar.	0.42	0.10	4.02	<0.001
Heading in mid-Aug.	-0.78	0.27	-2.88	0.004
Heading in late-Aug.	-0.21	0.20	-1.03	0.302
Intercept	-5.49	1.91	-2.88	0.004

2種の水稲圃場での発生量に早春の気温が正の影響を与えた理由として休眠覚醒後の低温及び摂食・吸水との関係が示唆される。早春の気温がイネカメムシの発生量に影響した要因として、休眠覚醒後のカメムシ類では早春の低温が成虫の死亡率を高めることが挙げられる。カメムシ科のクサギカメムシ *Halyomorpha halys* (Stål) では休眠覚醒した越冬成虫の致死温度は休眠中の成虫に比べて高く、早春の霜や低温は越冬成虫の死亡リスクを増加させることが示唆された (Scaccini et al., 2020)。しかし、イネカメムシの休眠覚醒後の生理状態に関する報告はなく、またイネカメムシは水田に侵入する直前まで越冬地に滞在することが報告されており (鳥飼・樋口, 2022), 休眠覚醒時期がより遅い可能性も考えられる。イネカメムシにおいて、休眠覚醒時期及び休眠覚醒後の気温が死亡率に及ぼす影響を検討することで、早春の気温が発生量に及ぼす影響の解明につながる可能性がある。一方で、4月中旬平均気温も Δ AIC

の値が4未満で、大幅な予測精度の低下はみられず、さらに、4月中旬最低気温と高い相関がみられた。従って、早春の平均気温による影響は前述の休眠覚醒後の低温による死亡率の増加に関連する可能性が高いと考えられる。一方で、最高気温を用いたモデルの Δ AIC は、厳寒期以降の3月から最低気温及び平均気温に比べて大きくなる傾向があった (Fig. 6A)。このことから、早春の最高気温の変動は、イネカメムシの生存に大きな影響を及ぼさないと考えられる。

ホソハリカメムシは休眠覚醒の臨界日長が13~13.5時間にあり、休眠覚醒後、平均気温15°C、最高気温20°Cに達すると越冬地から離脱することが報告されている (伊藤, 1988)。これらの結果から、本研究の調査地における休眠覚醒 (薄明薄暮期を1時間とする) は、3月中旬 (3月16日頃) である。加えて、本調査地点20地点 (2022年: 10地点, 2023年: 10地点) の中で、厳寒期以降に平均気温

15°C・最高気温 20°C に初めて達した地点が確認されたのは 2022 年 3 月 10 日であり、続く 3 月中旬には 20 地点中 12 地点がこれらの気温に達した。以上より、3 月中旬はホソハリカメムシの活動可能気温に達した地点と達しなかった地点が混在する時期といえる。さらに、ホソハリカメムシは越冬後の摂食できる期間が長くなって、脂肪蓄積量が増えるとその後の生存率が高くなる(伊藤, 1989)。ホソハリカメムシが越冬後に利用する寄主植物であるスズメノテッポウは九州北部において 3 月 14 日に出穂が確認されている(大段ら, 2017)。このことから、3 月中旬最高気温が高く、ホソハリカメムシの活動可能気温に達した地域では、早期に休眠覚醒した成虫が越冬地を移出し、春に出穂するイネ科雑草で長期間栄養摂取することで脂肪蓄積量が増え、水稲圃場に侵入するまでの死亡率が低下したことが考えられる。これまで斑点米カメムシ類の発生と気温との関係を示した例では、クモヘリカメムシ(大江ら, 2017; 松木ら, 2021)において 1, 2 月の気温がある一定の値を上回ると、その年の発生確率が高まることが示されている。クモヘリカメムシは越冬場所として、給水・摂食が可能な植物体の枝葉の間で越冬することから(崎村・永井, 1976)、厳寒期の低温が、越冬成虫にとって必要な給水・摂食行動を制限することにより死亡率が増加する可能性が考えられる。本結果と合わせると、生存に不可欠な給水・摂食行動を制御する温度は発生確率や発生量に影響を与える可能性があるものの、それらの影響を受ける時期やメカニズムは、種ごとに異なると考えられる。

さらに本研究により、イネカメムシ及びホソハリカメムシの水稲圃場での発生量には、気温に加えて出穂時期も影響することが明らかとなった(Fig. 7, 8, Table 1~3)。イネカメムシでは、8 月下旬に出穂した水稲圃場での発生量が 8 月上旬及び中旬に出穂した水稲圃場より有意に少なかった。ホソハリカメムシでは、8 月中旬出穂の水稲圃場の発生量が 8 月上旬出穂より有意に少なかった。これは 2 種の水稲圃場への侵入時期やイネ科雑草の出穂状況が関係すると考えられる。イネカメムシの越冬成虫は周辺の水田でイネが出穂し始める時期に越冬地から移出(鳥飼・樋口, 2022)、その後最も早く出穂した水稲圃場に飛来する(石島, 2021; 北野・増田, 2024)。本研究においても出穂期の早い 8 月上旬出穂の水稲圃場に多く飛来したため、8 月下旬出穂の水稲圃場での発生量が相対的に少なかったものと考えられる。8 月中旬に出穂した水稲圃場においても成虫発生量が多かったのは、イネカメムシの産卵時期と一致するためと考えられる。山口県での調査では、越冬成虫の産卵率が 8 月中旬にピークに達することが報告されている(本田ら, 2021)。さらに、イネカメムシは最も早く出穂する水稲圃場に最初に飛来し(鳥飼・樋口, 2022; 北野・増田, 2024)、その後出穂する水稲圃場で多く産卵する傾向

がある(北野・増田, 2024)。本研究においても 7 月第 4 週から 8 月第 4 週にかけての幼虫発生量は 8 月中旬出穂の水稲圃場で最も多く、成虫が産卵のために移動した可能性が高い。ホソハリカメムシは水稲以外にもメヒシバ、ヒエ類等のイネ科雑草を好むことが知られており、水稲圃場に侵入し、籾を加害するのは、8 月以降のイネ科雑草が繁茂する前に水稲が出穂する場合であることが示唆されている(伊藤, 1989)。このことから、8 月上旬出穂の水稲圃場はイネ科雑草が繁茂する前に水稲が出穂するため、水稲圃場への侵入量が 8 月中旬出穂の圃場より多くなり、8 月中旬以降は、成虫が水稲圃場外の出穂したイネ科雑草へも飛来するため、水稲圃場への侵入量が少なくなった可能性が考えられる。一方、ホソハリカメムシ発生量は 8 月上旬、8 月下旬、8 月中旬の順に多く、8 月下旬出穂の水稲圃場ではその他の出穂時期の水稲圃場との間に有意な差が認められなかった。この結果について詳しい原因は不明であるが、ホソハリカメムシは乳熟期のイネを餌として好む傾向が示唆されていることから(伊藤, 1989)、8 月上旬出穂の水稲圃場のイネが成熟し、餌として好ましい 8 月下旬出穂の水稲圃場への移動分散により発生量が多くなった可能性が考えられる。

本研究で得られた結果は 2 種の発生する各地域の被害リスクを推定するうえで重要な知見になりうると考えられる。本結果から、イネカメムシ及びホソハリカメムシにおいて、水稲栽培期間前の気温及び出穂時期が発生量の多寡に影響することが示された。本結果を用いることで、冬季及び早春の気温に基づき、調査地域一帯の発生量を地域ごと、作付け品種ごとに事前に予測・発信できる可能性がある。また、全国的な予測に向けて、気象条件及び栽培体系の異なるイネカメムシ多発生地域において本結果が適用可能かどうか検討する必要がある。

本研究ではカメムシの発生量に影響を及ぼす要因として気象要因である気温に着目したが、カメムシの発生量には景観要因も影響する(田淵ら, 2015; 田淵・滝, 2016; Dorman et al., 2020)。斑点米カメムシでは、越冬地との距離や水稲圃場周囲の増殖場所の存在が発生量に影響を及ぼすことが報告されている(樋口, 2010; 川端ら, 2024)。今後は 2 種の発生量と越冬地や水稲圃場侵入前の生息地などの発生源面積や位置関係との関係も検討することで、より高精度な発生量予測が可能になると考えられる。

摘 要

イネカメムシまたはホソハリカメムシの水稲圃場における発生量に影響を及ぼす気象要因を明らかにするため、2022 年、2023 年に山口県の有機水稲圃場ですくい取りした 2 種の越冬世代成虫の発生量と冬季~早春(11 月~4 月)の最低、平均、最高気温との関係を解析した。その結果、

イネカメムシでは4月中旬最低気温、4月中旬平均気温、ホソハリカメムシでは3月中旬の最高気温が、水稲圃場での発生量と有意な正の関係を示し、発生量を精度良く説明する気温要因であることが明らかとなった。また、イネカメムシは越冬地からの離脱後、摂食や産卵のために出穂の早い早生・中生品種の水田に多いこと、ホソハリカメムシでは餌となるイネ科雑草が繁茂する前に早生品種が出穂し、中生品種の出穂期にはイネ科雑草にも分散することから、出穂時期の早い水稲圃場への侵入量が相対的に高まったと考えられた。本研究により冬季～早春の気温及び出穂時期から、水稲圃場での発生量が推定できる可能性が示された。

引用文献

- 栗生田忠雄・片野 海・遠山和成・神宮字寛 (2013) 赤トンボの羽化殻を指標とした市民参加型の水田環境評価。新大農研報 65: 131-135. [Aoda, T., K. Katano, K. Toyama and H. Jinguji (2013) Assessment of paddy environment using emergence husks of red-dragonflies with civic participation. *Bull. Facul. Agric. Niigata Univ.* 65: 131-135.]
- Bates, D., M. Mächler, B. Bolker and S. Walker (2015) Fitting linear mixed-effects model using lme4. *J. Stat. Softw.* 67: 1-48. doi: 10.18637/jss.v067.i01
- Burnham, K. P. and D. R. Anderson (2004) Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociol. Method. Res.* 33: 261-304.
- Burnham, K. P., D. R. Anderson and K. P. Huyvaert (2011) AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65: 23-35.
- Dorman, S. J., R. Schürch, A. S. Huseth and S. V. Taylor (2020) Landscape and climatic effects driving spatiotemporal abundance of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) in cotton agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 295: 106910.
- El-Wakeil, N., N. Gaafar, A. Sallam and C. Volkmar (2013) Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. In *Insecticides-Development of Safer and More Effective Technologies* (S. Trdan, ed.). Intech Open, London, UK, pp. 1-56.
- Fox, J. and S. Weisberg (2019) *An R Companion to Applied Regression*. 3rd ed. SAGE Publications, Inc., Thousand Oaks, CA. <https://www.john-fox.ca/Companion/>
- 藤田智博・玄葉哲男・竹内 恵・遠藤あかり (2000) 福島県におけるクモヘリカメムシによる水稲青立ち症状の発生。北日本病虫研報 51: 151-154. [Fujita, S., T. Genba, M. Takeuchi and A. Endou (2000) Rice plant damage by *Leptocoris chinensis* in Fukushima prefecture. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 51: 151-154.]
- 早坂大亮・鈴木一隆・是永知子・諸岡(斎藤) 歩希・野村拓志・深澤圭太・F. Sanchez-Bayo・五箇公一 (2013) イミダクロプリドおよびフィプロニルを有効成分とする育苗箱施用殺虫剤の連続施用がトンボ類幼虫の群集に及ぼす生態影響。日本農薬学会誌 38: 101-107. [Hayasaka, D., K. Suzuki, T. Korenaga, F. Saito-Morooka, T. Nomura, K. Fukasawa, F. Sanchez-Bayo and K. Goka (2013) Effects of two successive annual treatments of two systemic insecticides, imidacloprid and fipronil, on dragonfly nymph communities in experimental paddies. *J. Pestic. Sci.* 38: 101-107.]
- 樋口博也 (2010) 斑点米被害を引き起こすカスミカメムシ類の生態と管理技術。応動昆 54: 171-188. [Higuchi, H. (2010) Ecology and management of rice bugs causing pecky rice. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 54: 171-188.]
- 樋口博也 (2019) 斑点米カメムシ類の生態と防除—2. 植物防疫 73: 392-395. [Higuchi, H. (2019) Ecology and management of rice bugs causing pecky rice — 2. *Plant Prot.* 73: 392-395.]
- 樋口博也 (2020) 滋賀県における斑点米カメムシ類の水田および水田畦畔での発生消長。植物防疫 74: 68-75. [Higuchi, H. (2020) Seasonal prevalence of occurrence of rice bugs causing pecky rice in paddy fields and levees in Shiga prefecture. *Plant Prot.* 74: 68-75.]
- 平江雅宏 (2021) イネカメムシの加害による水稲不稔の発生について。関東病虫研報 68: 24-26. [Hirae, M. (2021) Grain sterility of rice plants infested by rice stink bug, *Niphe elongata* (Hemiptera: Pentatomidae). *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 68: 24-26.]
- 本田善之・河村俊和・溝部信二 (2021) 山口県におけるイネカメムシの生態と防除対策。植物防疫 75: 264-268. [Honda, Y., T. Kawamura and S. Mizobe (2021) Ecology and control measures of *Lagynotomus elongatus* in Yamaguchi Prefecture. *Plant Prot.* 75: 264-268.]
- Hothorn, T., F. Bretz and P. Westfall (2008) Simultaneous inference in general parametric models. *Biom. J.* 50: 346-363.
- 石島 力 (2021) 近年増加しているイネカメムシの発生状況と調査法。植物防疫 75: 364-368. [Ishijima, C. (2021) Occurrence and survey methods of *Niphe elongata* have been increasing in recent years. *Plant Prot.* 75: 364-368.]
- 伊藤清光 (1988) 野外におけるホソハリカメムシの休眠覚醒。応動昆 32: 63-67. [Ito, K. (1988) Diapause termination in *Cletus punctiger* Dallas (Heteroptera: Coreidae) in the field. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 32: 63-67.]
- 伊藤清光 (1989) ホソハリカメムシの生活史に関する研究—特に生息場所間の季節的移動と水田への移動機構—。農研センター研報 14: 39-103. [Ito, K. (1989) Studies on the life history of *Cletus punctiger* Dallas (Heteroptera: Coreidae) with special reference to the seasonal interhabitat movements and the mechanism of immigration into rice fields. *Bull. Natl. Agric. Res. Cent.* 14: 39-103.]
- Johnston, R., K. Jones and D. Manley (2018) Confounding and collinearity in regression analysis: a cautionary tale and an alternative procedure, illustrated by studies of British voting behaviour. *Qual. Quant.* 52: 1957-1976.
- 川端泉穂・田淵 研・小野 亨・吉村英翔・齋藤健多 (2024) 宮城県におけるクモヘリカメムシ(カメムシ目ホソハリカメムシ科)分布状況とトラップ誘殺数に影響する要因群の探索。応動昆 68: 51-58. [Kawabata, M., K. Tabuchi, T. Ono, H.

- Yoshimura and K. Saito (2024) Distribution of *Leptocoris chinensis* (Hemiptera: Alydidae) and factors affecting its abundance using a sticky trap with synthetic attractant in Miyagi prefecture. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 68: 51–58.]
- 北野大輔・増田倫士郎 (2022) 滋賀県における水稲害虫イネカメムシ (カメムシ目: カメムシ科) の局地的な発生. 環動昆 33: 109–116. [Kitano, D. and R. Masuda (2022) Local occurrence of the brown rice stink bug *Lagynotomus elongatus* (Hemiptera: Pentatomidae) in Shiga Prefecture, central Japan. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 33: 109–116.]
- 北野大輔・増田倫士郎 (2024) 出穂期が異なる3品種のイネにおけるイネカメムシの発生パターンと不稔被害量. 環動昆 35: 67–74. [Kitano, D. and R. Masuda (2024) Occurrence patterns of the brown rice stink bug *Niphe elongata* and grain sterility damage to three rice varieties with different heading times. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 35: 67–74.]
- Kocmánková, E., M. Trnka, J. Juroch, M. Dubrovský, D. Semerádová, M. Možný and Z. Žalud (2009) Impact of climate change on the occurrence and activity of harmful organisms. *Plant Protect. Sci.* 45 (special issue): 48–52.
- 松木伸浩・田淵 研・舩谷悠祐・渡邊朋也 (2021) 冬期気温データを用いたクモヘリカメムシ発生地域予測手法の広域適用性の検証. 北日本病虫研報 72: 93–98. [Matsuki, N., K. Tabuchi, Y. Masuya and T. Watanabe (2021) Verification of methods for predicting the distribution areas of *Leptocoris chinensis* (Hemiptera: Alydidae) based on winter temperature. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 72: 93–98.]
- 中筋房夫 (1973) 稲穂を加害するカメムシ類の発生の特徴と要防除密度. 植物防疫 27: 372–378. [Nakasuji, F. (1973) The characteristics of occurrence of rice bugs and the control threshold. *Plant Prot.* 27: 372–378.]
- Ni, X., T. E. Cottrell, G. D. Buntin, X. Li, W. Wang and H. Zhuang (2019) Monitoring of brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) population dynamics in corn to predict its abundance using weather data. *Insect Sci.* 26: 536–544.
- 大江高穂・高城拓未・横堀亜弥・加進丈二 (2017) 宮城県におけるクモヘリカメムシのメッシュ農業気象データを用いた分布地域の推定. 北日本病虫研報 68: 247–252. [Oe, T., T. Takagi, A. Yokobori and J. Kashin (2017) Estimation of the distribution area of the rice bug, *Leptocoris chinensis*, using the agro-meteorological grid square data, in Miyagi prefecture. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 68: 247–252.]
- 大段秀記・住吉 正・小荒井晃 (2017) 九州北部のムギ作圃場におけるスズメノテッポウ (*Alopecurus aequalis*) とカズノコグサ (*Beckmannia syzigachne*) の出穂と種子生産. 雑草研究 62: 1–6. [Ohdan, H., T. Sumiyoshi and A. Koarai (2017) Heading and production of *Alopecurus aequalis* and *Beckmannia syzigachne* in wheat fields in northern Kyushu, Japan. *J. Weed Sci. Tech.* 62: 1–6.]
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園 江 (2016) 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16: 71–79. [Ohno, H., K. Sasaki, G. Ohara and K. Nakazono (2016) Development of grid square air temperature and precipitation data compiled from observed, forecasted, and climatic normal data. *Climate in Biosphere* 16: 71–79.]
- Patel, D. T., M. J. Stout and J. R. Fuxa (2006) Effects of rice panicle age on quantitative and qualitative injury by the rice stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Fla. Entomol.* 89: 321–327.
- R Core Team (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- 榊原充隆 (2014) 斑点米カメムシ類の発生生態と防除対策. 植物防疫 68: 415–419. [Sakakibara, M. (2014) Ecology of pest management of rice bugs. *Plant Prot.* 68: 415–419.]
- 崎村 弘・永井清文 (1976) カメムシ類の生態ならびに防除に関する研究 第3報 ミナミアオカメムシおよびクモヘリカメムシの越冬. 九病虫研報 22: 91–94. [Sakimura, H. and K. Nagai (1976) Studies on the ecology and pest management of stink bugs: III. Overwintering of *Nezara viridula* and *Leptocoris chinensis*. *Kyushu Pl. Prot. Res.* 22: 91–94.]
- Scaccini, D., L. Vanishvili, P. Tirello, V. M. Walton, C. Duso and A. Pozzebon (2020) Lethal and sub-lethal effects of low-temperature exposures on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) adults before and after overwintering. *Sci. Rep.* 10: 15231.
- 杉村和実・松井 有・野中耕次・田村逸美 (2007) 斑点米の原因となるミナミアオカメムシに対する各種殺虫剤の効果. 九州病虫研報 53: 39–44. [Sugimura, K., T. Matsui, K. Nonaka and I. Tamura (2007) Susceptibility of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Linnaeus), to some insecticides. *Kyushu Pl. Prot. Res.* 53: 39–44.]
- 田淵 研・滝 久智 (2016) 農地周辺環境と耕作地における害虫と天敵の生息数比較: 地域レベルの害虫管理への展望. 植物防疫 70: 323–328. [Tabuchi, K. and H. Taki (2016) Comparison of the abundances of both a pest and its natural enemy between arable fields and surrounding habitats: future perspectives for area-wide pest management. *Plant Prot.* 70: 323–328.]
- 田淵 研ら (2015) 東北地域における斑点米カメムシ類: 2003–2013年の発生動向と被害実態. 東北農業研究センター研究報告 117: 63–115. [Tabuchi, K. et al. (2015) Rice bugs in the Tohoku region: their occurrence and damage from 2003 to 2013. *Bull. Tohoku Agric. Res. Cent.* 117: 63–115.]
- 竹内博昭・渡邊朋也・鈴木芳人 (2004) クモヘリカメムシ, イネカメムシ, ホソハリカメムシ, アカスジカスミカメに加害される籾の登熟段階. 応動昆 48: 281–287. [Takeuchi, H., T. Watanabe and Y. Suzuki (2004) Ripening stages of rice spikelets selectively damaged by four species of rice bugs, *Leptocoris chinensis* Dallas (Hemiptera: Alydidae), *Lagynotomus elongatus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae), *Cletus punctiger* (Dallas) (Hemiptera: Coreidae) and *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) (Hemiptera: Miridae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 48: 281–287.]
- 滝田雅美 (2007) 山形県における薬剤防除を前提とした畦畔雑草管理のアカヒゲホソミドリカスミカメに対する影響およびネオニコチノイド系薬剤の防除効果. 山形農事研報 39: 55–67. [Takita, M. (2007) Influence of weeding in the ridge on the premise that basics chemical control of Yamagata prefecture and control effect of new systematic insecticide, for *Trigonotylus cae-*

- lestialium* (Kirkaldy). *Bull. Agri. Res. Yamagata* 39: 55-67.]
- 田中 豊 (2000) 滋賀県における斑点米カメムシ類の発生種の変遷と被害. 関西病虫研報 42: 37-38. [Tanaka, Y. (2000) Changes of species constitution in rice stink bug complex and occurrence of pecked rice in Shiga prefecture. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 42: 37-38.]
- Tindall, K. V., B. J. Williams, M. J. Stout, J. P. Geaghan, B. R. Leonard and E. P. Webster (2005) Yield components and quality of rice in response to gramineous weed density and rice stink bug populations. *Crop Prot.* 24: 991-998.
- 鳥飼悠紀・樋口博也 (2022) イネカメムシ (カメムシ目: カメムシ) 成虫の越冬場所からの移出時期と水田への飛来時期. 応動昆 66: 87-89. [Torikai, Y. and H. Higuchi (2022) Time taken for adult rice stink bug, *Niphe elongata* (Hemiptera: Pentatomidae), to leave the hibernating site and enter a paddy field. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 66: 87-89.]
- 横須賀知之 (2001) 斑点米の原因となるクモヘリカメムシの発生と防除対策. 植物防疫 55: 455-458. [Yokosuka, T. (2001) Biology and control of *Leptocorisa chinensis* causing pecky rice. *Plant Prot.* 55: 455-458.]
-