

スクミリンゴガイの卵発育パラメータを用いた孵化日予測システム「ジャンタニなび（仮称）」と卵塊駆除スケジュールの策定に関する提案

清水 健^{*1}・大谷 徹

キーワード：スクミリンゴガイ，卵，発育零点，有効積算温量，孵化日予測

I 緒 言

近年、千葉県内の水稲ではスクミリンゴガイ *Pomacea canaliculata* (Lamarck) による被害が多発しており（千葉県，2019），耕種的防除，物理的防除を組み合わせた被害対策技術の確立に向けた研究が進んでいる（清水，2022；清水ら，2022）。

水田周辺の水路流域における本種の発生拡大を防止するとともに，水田内に侵入する個体数を減少させるため，孵化前の殺卵が重要である（Halwart, 1994；農林水産省消費・安全局植物防疫課，2020）。特に，本種が侵入して間もない水田では，すべての卵塊を除去して圃場からの根絶を図ることが望ましいと考えられる。しかし，多くの圃場を巡回し防除を実施するには時間的コストが高いため，本種の卵発育速度に基づいた作業スケジュールの策定が必要となる。一方で，本種の発育に関しては兼島ら（1987）が稚貝の発育に及ぼす温度の影響について記載しているものの，卵発育に関する温度の影響に関する知見は少ない。

そこで本研究では，スクミリンゴガイの卵が孵化するまでに必要な温度条件を明らかにし，現地における巡回調査の間隔をどの程度まで空けることができるのかなど，卵塊駆除スケジュール策定に資する情報を得ることを目的とした。また，任意の地点における孵化日を気温条件から予測するシステム「ジャンタニなび（仮称）」の開発を試みた。

II 材料及び方法

1. 異なる温度条件におけるスクミリンゴガイの卵発育

2019年5月8日，千葉県山武郡九十九里町の水田において，スクミリンゴガイ成貝20頭程度を採集し，実験室

内に持ち帰り，水道水を半分の高さまで注いだ飼育容器（270×200×85mm）にて，十分量の段ボール片を餌として与え25°C条件にて飼育した。水と餌は毎日交換した。これらの成貝はその後3ヶ月以上生存していたが，飼育開始から30日間のうちに飼育容器内側の壁面や天井に産みつけられた卵塊を順次採取し，それぞれ18, 20, 22, 24, 25, 26°C条件の恒温機に移し，乾燥した状態で孵化までの期間を計測した。各温度区に配置した卵塊数は3～5卵塊とした（第1表）。卵塊当たりの孵化個体数は17～229頭（平均110.7頭）とばらついた。稚貝は卵塊ごとにほぼ同時期に孵化したが（写真1上），孵化していない個体が認められた場合はその翌日以降も孵化するまで観察し記録した。なお，1卵粒内に2～3個体が発育している場合がわずかに認められたため，孵化率については算出をしなかった（写真1下）。

全ての温度区における各個体の卵期間の平均値から，不偏長軸分析（Ikemoto and Takai, 2000）によって本種の卵期間の発育零点と有効積算温量を算出した。

2. 孵化日予測システムの構築

開発する予測システムは，国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）が提供するメッシュ農業気象データ（大野ら，2016）の「キャスト型メッシュデータ取得ブック」ファイル（佐々木ら，2022；AMGSDataGetter.xlsm）を活用し，インターネット環境下において県内任意の地点における日最高気温，日最低気温のデータを取得し，演算する仕様とした。有効積算温量の算出については，日最高気温と日最低気温を用いた三角法（坂神・是永，1981）による計算手法を用いた。なお本システムでは，データ取得日までは，対象地点付近の気象観測点の気温から推定した，その地点が含まれるメッシュ（約1km×1km）における平均的な値，取得日以降26日先までは実測値と気象予測に基づく予報値，27日以降は平年値が出力されるため，従来の平年値のみに基づく予測よりも実際に近い予測が期待できる。このシステムに1.において得られた発育パラメータ及び産卵日と位置情報を入力すると，その地点での孵化予測日を推定するプログラムを作成した。

2023年8月10日受領 (Received August 10, 2023)

2023年10月10日登載決定 (Accepted October 10, 2023)

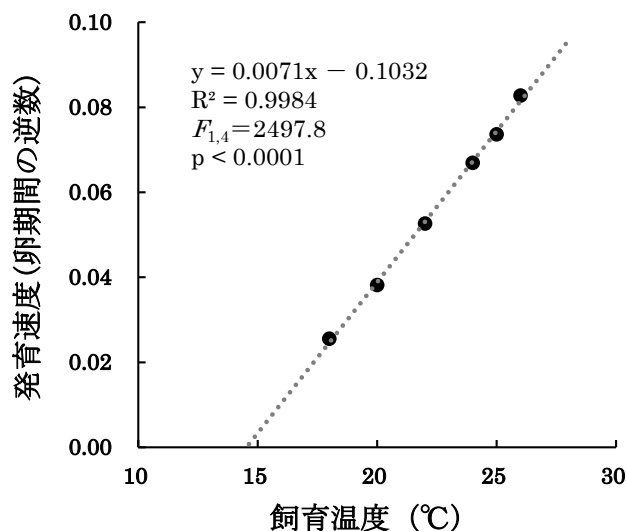
^{*1}千葉県農林水産部担い手支援課

第1表 各飼育温度条件下におけるスクミリンゴガイの卵期間及び発育速度

飼育温度 (°C)	供試卵塊数	総個体数	卵期間 (D: 日±SD)	発育速度 (1/D)
18	5	415	39.13 ± 1.96	0.0256
20	3	352	26.20 ± 0.65	0.0382
22	3	198	18.99 ± 0.59	0.0526
24	3	335	14.95 ± 1.25	0.0669
25	3	474	13.58 ± 0.58	0.0736
26	4	340	12.08 ± 0.32	0.0828



写真1 孵化直後のスクミリンゴガイ稚貝（上）と双生の卵粒（下・矢印）



第1図 スクミリンゴガイ卵における飼育温度と発育速度の関係

注) 第1表に示した発育速度を目的変数，飼育温度を説明変数とした回帰分析を行い，有意な回帰係数を得た。

は143.49日度（14.39°C以上）と算出された。

2. 孵化日予測システムの構築

システムを用いて，孵化日の予測を実行する際のイメージを第2図に示す。これは千葉県大網白里市北横川における2022年の水稻栽培期間において，8月8日に産卵された卵が孵化する日が8月17日，卵期間は9日間であることが予測された例である。

Ⅲ 結 果

1. 異なる温度条件におけるスクミリンゴガイの卵発育

稚貝はいずれも自ら卵殻を割って孵化し，以後の発育状況も良好であった。産卵から孵化までの日数は温度によって大きく異なり，孵化が最も遅かった18°C区で約39.1日，最も早かった26°C区で約12.1日と3倍以上の差が見られた（第1表）。発育速度と温度との回帰直線の決定係数は約99.8%と非常に高く，温度依存的な傾向が顕著であった（第1図）。不偏長軸分析により，本種の卵発育の発育零点は14.39°C，卵期間の有効積算温度

Ⅳ 考 察

本種の卵の温度反応については，極めて誤差の小さい結果を得ることができたものと考えられ，このことから，本種の卵期間は外気温に応じて決定するものと予測される。一方で，本予測システムの実用化に際しては，野外における実際の卵期間を正確に把握するために，産卵された場所における微気象が卵の発育に及ぼす影響を十分に考慮した検証が必要である。特に，卵が圃場周辺の垂直なコンクリート壁面などに産卵された場合には，気温

Figure 2 shows two screenshots of the 'Jantani-nabi' Excel spreadsheet. The top screenshot displays the input data for 2022, including location (Aomori Prefecture, Aomori City), coordinates, and temperature data. The bottom screenshot shows the calculated results, including the predicted hatching date (August 17, 2022) and the hatching period (August 9 to August 17, 2022).

第2図 ジャンタニなび（仮称）出力例

注 1) 大網白里市北横川の地点情報と 2022 年の年次情報を例示した。

注 2) 黄色に着色されたセル（上）に必要な情報を入力し、インターネット環境下で「Get Data」を押すと、赤い列に出力される積算温量（下）に応じて青色セルに結果が出力される。

注 3) 発育上限温度および発育停止温度については、兼島ら（1987）による本種稚貝での結果を参考に、それぞれ 35°C、40°C として仮に入力してある。

よりも高い温度を感受する可能性が高いため、温度を実測したうえで気温からの換算式を検討するなど、今後の実証事例の蓄積が待たれる。

今後の検証により実用性が確認された段階において、本予測システムは以下のように活用されることが期待される。ある日に圃場を巡回し卵塊の捕殺を行った後、その翌日に産まれた卵がいつ頃に孵化するかを本予測システムを活用して把握できるようになるため、根拠を伴って次の捕殺のための巡回のスケジュールを決定することが可能となる。

スクミリンゴガイ卵は最高気温が 14.39°C を上回ると発育を開始させるため、第 2 図の例で産卵日を 2 月 26 日と仮定すると、計算上は 5 月 19 日に孵化する可能性が示唆される。本種は水田への入水以前には産卵を行わないため実際には最初の孵化日はより遅くなる。入水日を産卵日と仮定することにより、最も早い孵化日を予測し、それより前に最初の巡回・捕殺を実施することが望まし

い。この際に卵が発見できなかった場合、もしくは発見された卵をすべて駆除した場合、次はその翌日に産卵日を設定し、それが孵化すると予測される日より前に次の巡回を実施すればよい。

中干の期間中は産卵行動が止まるため、これも併せて参考にするといよい。水稻が大きく育って以降には食害はなくなるが、水田内が湛水状態にあれば雑草を摂食して産卵が続くことが有り得るため、根絶を目指すのであれば見回りは続ける必要がある。

一般に、千葉県において卵期間が最も短くなるのは 7 月から 8 月にかけての時期であり、約 9 日間と計算される。そのため、最も頻繁に巡回しなくてはならない時期であっても、9 日間に 1 回の巡回を実施すれば理論的には本種を根絶に導くことができる。また、10 月以降は仮に産卵されても積算温量が不足するために孵化せず、卵越冬も不可能と考えられるため、巡回の必要はなくなる。

ただし、巡回の際に卵塊が見逃された場合や、駆除方法が破砕ではなく水中への落下に留まった場合、駆除されなかった個体が発育し繁殖に至る可能性があるため、根絶に至るまでには一層の時間を要することとなる。また、大面積の水田であっても周辺部だけでなく中央部の卵もすべて取り除くことが求められ、これは極めて難しい作業となることが予想される。特に本種が定着してから数年が経過した地域においては、それだけの労力をかけて根絶を目指すことが本種の防除方針として妥当かどうか、改めて検討する必要があると考えられる。

なお、本システムの「データ取得機能」については、メッシュ農業気象データが許諾している株式会社ライブビジネスウェザーが提供し、株式会社ビジョンテック (<https://www.vti.co.jp/mesh.html>) が販売している有償の気象データ取得サービスなどを入手し代替する必要がある。具体的には、本システム上で日最高気温、日最低気温が入力されるセルに、代替サービスにより得られた気温データをコピーして演算を実行することにより、メッシュ農業気象データと同等のデータを利用した予測が可能となる。また、本システムの予測関数が保存された Excel®シートについては、試験や実証のために利用可能である。利用希望がある場合、千葉県農林総合研究センター病理昆虫研究室に問い合わせたい。

V 謝 辞

調査にご協力頂くとともに貴重な助言を賜った農林総合研究センターの職員各位に感謝の意を表する。なお、本研究の一部は令和 2～3 年度病害虫の効率的防除体制の再編委託事業（スクミリンゴガイの総合防除体系の確立）により実施した。

VI 摘 要

スクミリンゴガイの卵発育における発育零点及び有効積算温量を計算したところ、発育零点は 14.39°C、卵期間の有効積算温量は 143.49 日度 (14.39°C以上) であることが明らかとなった。

得られた本種卵の発育パラメータを用いて、メッシュ農業気象データの「キャスト型メッシュデータ取得ブック」ファイルを活用した孵化日予測システムを構築した。本システムによる予測に基づき、各圃場における卵捕殺のための巡回スケジュールを策定することが可能となることが期待される。

VII 引用文献

- 千葉県 (2019) 令和元年度病虫害発生予察注意報第1号。
<https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nouin/press/2019/documents/20190513tyuuihou01.pdf> 最終アクセス2023年8月4日。
- Halwart, M. (1994) The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: present impact and future threat. *Int. J. Pest Manag.* 40: 199-206.
- Ikemoto, T. and K. Takai (2000) A new linearized

formula for the law of total effective temperature and the evaluation of line-fitting methods with both variables subject to error. *Environ. Entomol.* 29: 671-682.

- 兼島盛吉・山内昌治・黒住耐二 (1987) スクミリンゴガイの発育に及ぼす飼育温度と密度の影響. 九病虫研会報. 33: 110-112.
- 農林水産省消費・安全局植物防疫課 (2020) スクミリンゴガイ防除対策マニュアル (移植水稻). 20pp.
- 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.
- 坂神泰輔・是永龍二 (1981) 有効積算温度の簡易な新算法 “三角法” について. *応動昆*. 25: 52-54.
- 佐々木華織・西森基貴・根本学 (2022) メッシュ農業気象データ利用マニュアルVer.5. p. 19-20. 農研機構. 茨城.
- 清水健 (2022) ロータリー耕うんのPTOギア段数が水田土壌における碎土率と埋設したスクミリンゴガイに対する殺貝効果に及ぼす影響. 千葉農林総研研報. 14: 65-70.
- 清水健・高野幸成・濱侃・太田和也 (2022) スクミリンゴガイ発生圃場における UAV 撮影画像と RTK-GNSS 測量を活用した田面均平度の評価. 千葉農林総研研報. 14: 59-63.

A Proposal for Scheduling Egg Extermination: Prediction System for the Hatching Date of Eggs of the Golden Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) using the Parameters for its Egg Development

Ken SHIMIZU*,^{†1} and Toru OHTANI

Key words: *Pomacea canaliculata*, Egg, Developmental Zero, Total Effective Temperature, Prediction of Hatching

Summary

Parameters for egg development in the golden apple snail, *Pomacea canaliculata*, were examined in the laboratory. The results showed its developmental zero and total effective temperature to be 14.39 °C and 143.49 day-degrees above 14.39 °C, respectively.

Based on these parameters, a prediction system for the hatch date of eggs in this species was developed using the AMGSDatasetGetter.xlsm dataset provided as part of NARO's Agro-Meteorological Grid Square Data, which is supported by Microsoft Excel®. By using this system, an efficient schedule for egg extermination in this species could be planned.

* Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 180-1, Okanezawa, Midori, Chiba 266-0014, Japan.

[†] 1 Present address: Agriculture Extension Division, Agriculture, Forestry and Fisheries Department, Chiba Prefecture