

スクミリンゴガイの電気工学的防除¹⁾
——交流電圧による阻害効果——

佐藤三郎・高田典克・猪原 哲・山部長兵衛

佐賀大学理工学部

Electrical Control of *Pomacea canaliculata* (L.)—Effect of AC Voltage—. Saburoh Satoh, Norikatu Takata, Satoshi Ihara and Chobei Yamabe (Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Science and Engineering, Saga University, Honjo-machi, Saga 840-8502, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 42: 129-133 (1998)

Abstract: The possibility of electrical control of the Apple Snail, *Pomacea canaliculata* (L.) and/or electrical control of eating and mating were investigated using an AC voltage of 80-330 V at a pulse duration of 2-60 s. The longer AC voltage pulses did not kill the Apple Snails because they were in their electrically-insulated shell when the voltage was applied. However, the pulsed AC voltage was quite effective in controlling their activities. An index, D_{20} , is proposed to quantify the effect of AC voltage application. D_{20} expresses the durability of irritation and is defined as the ratio between the minimum and maximum numbers of stationary Apple Snails for 20 min after voltage application. D_{20} increased in proportional to the applied voltage and the cumulative application of the same voltage. Saturation appeared when the applied voltage duration reached 10 s.

Key words: Apple Snail, *Pomacea canaliculata*, electrical control, AC voltage, durability of irritation

緒 言

スクミリンゴガイ *Pomacea canaliculata* Lamarck は、日本在来タニシ類に形がよく似て、それよりもはるかに大きいことから俗称でジャンボタニシと呼ばれている。スクミリンゴガイは、1981 年頃に台湾から輸入され、食用販売を目的に養殖業者による大量増殖が始まった。ところが、需要が開拓できず放棄された養殖池から逃げたスクミリンゴガイが「害虫化」し、1985 年になると、九州各地で水稻、レンコンなどに被害をもたらした。そのため、農林水産省九州農業試験場および沖縄、長崎、静岡等の各県農業試験場は、防除対策を確立する必要から緊急調査を実施し、スクミリンゴガイの生態や被害状況を明らかにした(宮原, 1987)。

一方、防除対策としては、石灰窒素(牧野・小澤, 1987)、カルタップ粒剤(朝加・佐藤, 1987)、キタジン P 粒剤(林・永井, 1989)、銅剤(上林, 1989; 清田・奥原, 1989)、IBP 粒剤(林ら, 1990)などの薬剤を使う化学的防除のほか、ヒル(小澤ら, 1989)、ヘイケボタル幼虫(近藤・田中, 1989)、アイガモ(万田ら, 1993)などを使う生物的防除、浅水管理(小澤ら, 1988)、金網設置(近藤・田中, 1991)などの耕種的防除が提案されてきたが、決定的な方法は見つかっていない(菖蒲, 1996)。このため、人手による捕殺・焼却・クリークの泥土揚げなどを防除対

策として推進している地域もある。さらに、興味深い試みとして、スクミリンゴガイの多食性と浅水管理を併用して本貝を雑草防除に活用する方法(大隈ら, 1994)も検討されている。

筆者らは、1994 年 7 月佐賀県農林部の問題提起により、電気工学の立場でスクミリンゴガイの防除技術の研究を開始した。なお、電気工学的防除は、必ずしもスクミリンゴガイの殺貝のみを目的とせず、貝の摂食行動や交尾・産卵行動を抑えることも含めて検討している。

本稿では、スクミリンゴガイに対し、80~330 V の交流電圧を持続時間 2~60 秒間印加した時の電気工学的防除の可能性、あるいは摂食行動や交尾・産卵行動抑制の可能性について考察した。

本文に先立ち、実験用器材を提供して頂いた佐賀県農林部農業普及課の山口純一郎氏、および佐賀県農業試験研究センターの菖蒲信一郎氏、適切な助言を頂いた農林水産省九州農業試験場和田 節害虫生態制御研究室室長、および卒業研究の一環としてご協力頂いた永重裕行、高木聡彦、尾道泰斗、小林篤史および池田 隆の各氏に厚くお礼申し上げます。

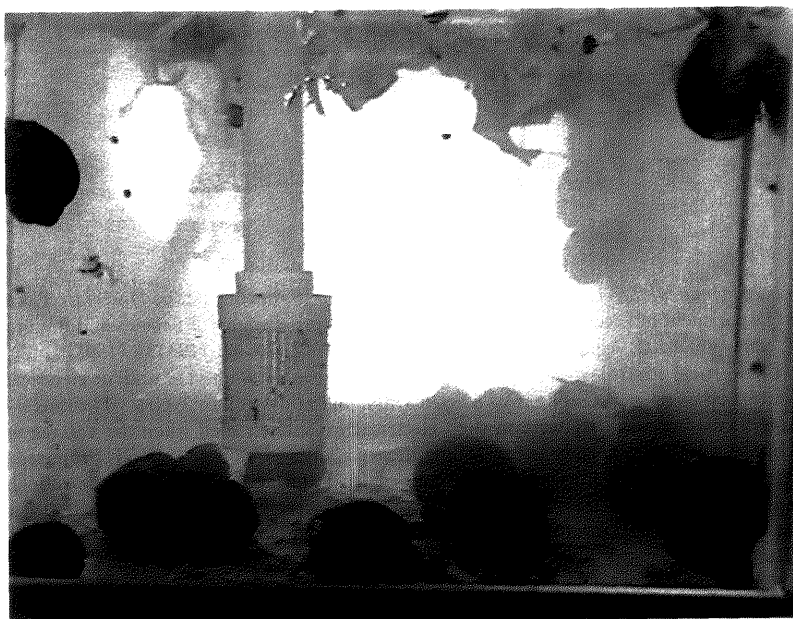
材料および方法

佐賀県川副町の県農業試験研究センター付近の用水路で採取した殻高 2.5~3.5 cm のスクミリンゴガイ 20~30 匹

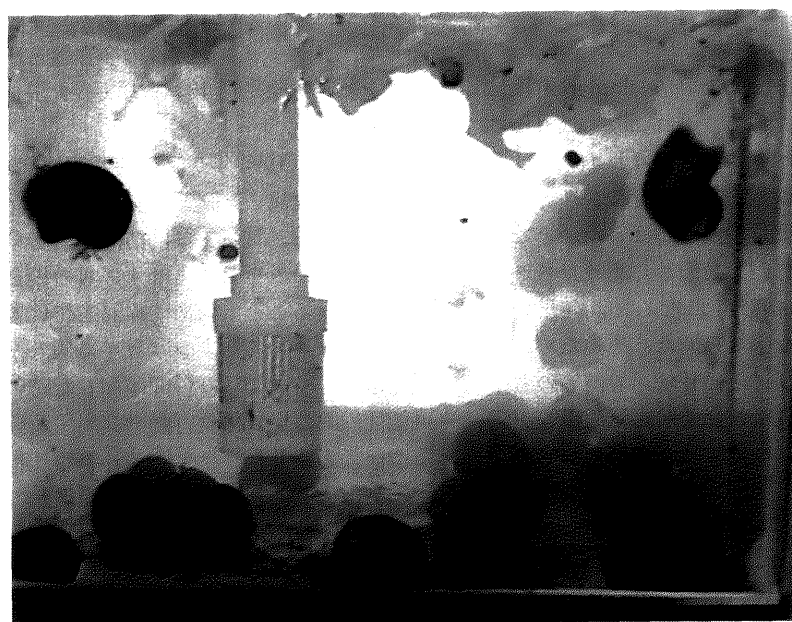
¹⁾ 本研究の一部は、平成 9 年度農林水産省特別研究「水田生態系におけるスクミリンゴガイの総合的管理技術の開発」の援助により実施された。

1997 年 8 月 29 日受領 (Received 29 August 1997)

1998 年 5 月 15 日登載決定 (Accepted 15 May 1998)



(A)



(B)

第1図 電圧印加直前および直後の水槽内の様子。交流 330 V の電圧を 5 秒間印加した直前 (A) および直後 (B) をビデオで撮影し、その 2 コマをプリントアウトしたものである。キャベツについて浮いていた個体や電極に付着していた個体などが蓋を閉じ一斉に落下したり、水底で移動中の個体も瞬時に蓋を閉じた。

を、水温を 25°C に保った水槽（縦 30 cm×横 60 cm×深さ 35 cm）内で、一日に一度、千切りにしたキャベツを与えながら飼育した。水槽には 70% 程度水（水道水）を入れ、ポンプを使ってフィルターでろ過しながら再循環した。水槽は 2 式用意し、一方の水槽には互いに 30 cm 離れた 2 枚のアルミニウム電極（20 cm×60 cm×厚さ 2 mm）を挿

入し、電極間に 80~330 V の交流電圧を 2~60 秒間、20 分間隔で 1~7 回印加した。もう一方の水槽は前者の比較用とし、電圧を印加しなかった。

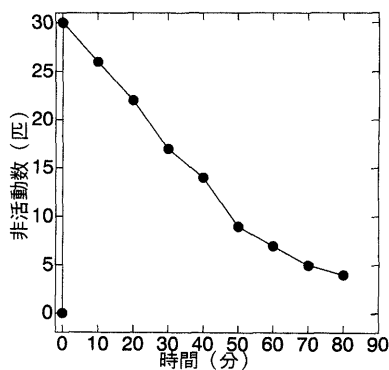
電圧を印加する方法には連続的印加、周期的印加などがあり、さらに電圧の種類としては交流電圧印加、直流電圧印加などがある。交流電圧を 1 時間連続的に印加した予備

実験では、スクミリンゴガイの摂食行動や交尾行動は抑制できたものの殺貝までには至らなかったため、水中での電力消費を最小限に留めることを考慮して、以後 60 秒間以内の短時間交流電圧を周期的に印加する方法を採用した。なお、交流電圧を印加する方法は、直流電圧を印加する方法に比べ電気回路が簡単で電圧の可変が容易なため、野外実験に便利であるなどの利点もある。

一方、短時間周期的電圧の印加はスクミリンゴガイが触角や腹足を出している時が最も効果的であったため、あらかじめスライドトランスと変圧器（昇圧比 1:3.5）で印加電圧を設定しておき、ナイフスイッチにより瞬時に印加する方法をとった。また、1 回当たりの印加電圧の持続時間はすべての個体が殻口の蓋を閉じるのに必要な時間を考慮して 2 秒から 60 秒間とし、大半の実験では 5 秒間と設定した。さらに、電圧印加の周期は後に述べる実験結果から 20 分間隔とした。

結 果

まず初め、電圧印加の効果を確認するため、330 V、5 秒間の電圧を 1 回のみ印加した。第 1 図には、電圧印加直前および直後の水槽内の様子を示す。水底を移動していたり、水槽の壁や餌に付着していたスクミリンゴガイが、電圧の印加により触角や腹足を殻内に入れ蓋を閉じて沈んでいく様子がよくわかる。また、第 1 図には示していないが、水底付近で交尾していた個体もすべて交尾を中断し蓋を閉じてしまった。ここで、電圧印加直後から 10 分おきに、スクミリンゴガイの活動が抑制されている数（以下、これを非活動数と呼ぶ）を数えた。その結果を第 2 図に示す。総数 30 匹のスクミリンゴガイは、電圧印加と同時に蓋を閉じ動かなくなったが、約 30 分後には半数が蓋をわずかに開けたり、なかには腹足のみならず触角を出して摂食行動



第 2 図 スクミリンゴガイに 1 回電圧を印加した場合の非活動数の時間変化。印加電圧 330 V、電圧の持続時間 5 秒間、サンプル総数 30 匹である。非活動数とは蓋を閉じ動いていない個体の数を言い、蓋をわずかに (1~2 mm) 開けている個体は活動しているものとして数えた。

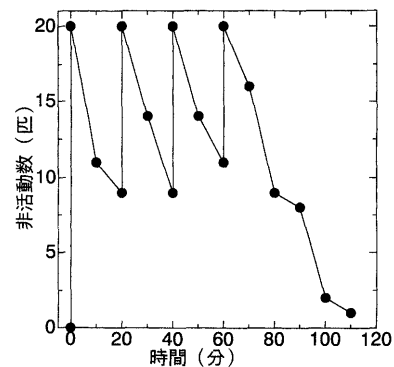
を再開するものもあった。ここで 1 つの目安として 20 分間をスクミリンゴガイの活動を抑制するのに効果のある時間とし、以後 20 分おきに電圧を印加する方法をとった。

第 3 図には、5 秒間、330 V の電圧を 20 分おきに 4 回印加した場合の非活動数の時間的変化を示す。電圧印加直後、総数 20 匹のスクミリンゴガイはすべて活動を停止するが、20 分後には半数近くが活動を再開している。一方、電圧印加回数を重ねるに従い（以下、これを累積回数が増すと呼ぶ）、印加 20 分後の非活動数、すなわち第 3 図横軸に示す 20, 40, 60, 80 分での非活動数がわずかに増加の傾向を示している。この様子を数値で表現する評価指数を、刺激の持続率と命名し、20 分間当たりの刺激の持続率 D_{20} を次式のように定義した。

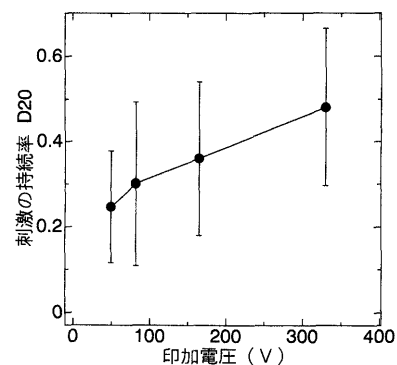
$$D_{20} = N_{\min} / N_{\max} \quad (1)$$

ただし、 N_{\min} および N_{\max} は、それぞれ電圧印加直後から 20 分間の非活動数の最小値と最大値である。

印加電圧の大きさに対する刺激の持続率の変化を平均値



第 3 図 20 分おきに 4 回電圧を印加した場合のスクミリンゴガイの活動に対する変化。1 回の印加電圧は 330 V、持続時間は 5 秒間、サンプル総数は 20 匹である。



第 4 図 印加電圧の大きさに対する刺激持続率の変化。印加電圧の持続時間は 5 秒間、刺激の持続率 D_{20} は (1) 式による。●は平均値を、エラーバーはそれらのばらつきを現す分散 (1σ) を示す。分散には複数回の実験によるばらつきと電圧の累積印加によるばらつきの両方を含む。

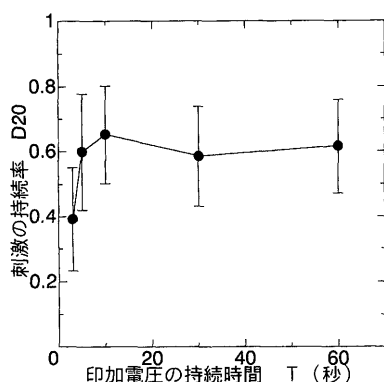
と分散で第4図に示す。電圧を80 V から330 V まで増加すると刺激の持続率 D_{20} はほぼ単調に増加した。なお、ここでは同一試料群に5秒間の電圧刺激を20分おきに4~7回加えた。

次に、印加電圧を330 V に設定しておき、印加電圧の持続時間を2~60秒まで変化させた。第5図はその測定結果を示す。刺激の持続率 D_{20} は持続時間の少ない領域では上昇したが、10~60秒ではほとんど変化がなく飽和傾向を示した。

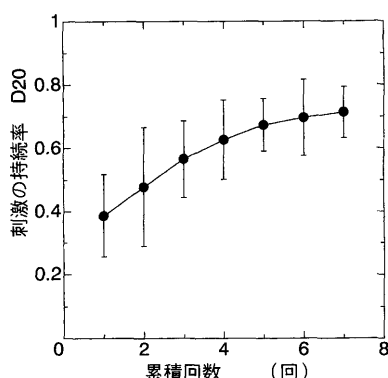
最後に、刺激の累積回数に対する持続率の変化を第6図に示す。印加電圧を330 V に設定しておき、刺激を累積的に重ねると持続率 D_{20} は次第に増加していくが、やや飽和する傾向を示した。

考 察

スクミリンゴガイに対する電圧の加え方として、低い電圧から所定の電圧まで時間を掛けて徐々に昇圧して印加す



第5図 印加電圧の持続時間に対する刺激持続率の変化。印加電圧は330 V である。各測定点の分散には、複数回の実験値間のばらつきと電圧の累積印加によるばらつきの両方を含む。



第6図 印加電圧の累積回数に対する刺激持続率の変化。印加電圧は330 V, 電圧の持続時間は5秒間である。各測定点の分散には、複数回の実験値間のばらつきを含む。

る方法と、所定電圧を瞬時に印加する方法などが考えられる。そこでまず初め、スライドトランスを使って0から330 V まで数秒間掛けて昇圧する方法を実施した。この場合、低い電圧でスクミリンゴガイは蓋を閉じてしまい、大きなダメージを与えられなかったように見受けられた。その理由として、スクミリンゴガイにとって殻が一種の絶縁物の役割を果たすことと、さらに、スクミリンゴガイの生活水にはいろいろな電解質が含まれて水の抵抗値が比較的低いことなどが挙げられる。したがって、電流はスクミリンゴガイの体内を流れないため、個体に与えるダメージは比較的少ないものと考えられる。これを避けるために、60秒間以内の短時間で高い電圧を瞬時に印加する方法を採用した。とくに、このような強力な刺激はスクミリンゴガイが殻から触角や腹足を完全に出している時がさらに効果的であると考えられる。

一方、第5図に示すように、電圧の持続時間10~60秒で刺激の持続率が飽和する傾向が見られた。これは、電極などに付着していた個体が強い電圧刺激によって触角や腹足を殻内に入れ蓋を閉じるのに必要な時間が約10秒であり、10秒間以上電圧を印加しても効果が増加しないものと考えられる。

さらに、印加電圧を増加させていくと刺激の持続率も増加するが、これは、高い電圧ほどスクミリンゴガイに加わる刺激が大きいためから理解できる。たとえば、実験に使った電極の裏側や電極で囲む範囲の外側にいたスクミリンゴガイに対しては、ほとんど効果は認められなかった。これは、電極の裏側では十分電流が流れないことや、電極で囲む範囲の外側では急激に電流密度が低下することから容易に理解できる。

さらに、加わる刺激の累積回数が増加すると刺激の持続率は増加するものの、回数を増すに従い飽和する傾向は、動物一般に共通する馴化であると考えられる。この馴化は、電圧刺激でスクミリンゴガイの摂食行動抑制や交尾行動抑制にとって効果を低下させる要因となる。このため、本具の神経系への作用も含めた広範囲な検討が必要である。

今後、電圧以外の刺激たとえば各種イオン、磁気、超音波、オゾンなどの効果についてもその有効性の評価を行う予定である。

摘 要

今回、スクミリンゴガイに対し、80~330 V の交流電圧を持続時間2~60秒間印加することにより電気工学的防除の可能性あるいは摂食行動や交尾・産卵行動を抑制させる可能性について検討した。その結果以下の点が明らかとなった。

(1) 電圧を印加するとスクミリンゴガイは殻口の蓋を閉じてしまい、殻が絶縁物の働きをするため、電圧印加の

みでは殺貝は不可能であった。

(2) 一方、交流電圧を短時間周期的に印加することにより、電圧を印加するたびにスクミリンゴガイの摂食行動や交尾行動は、一時的に抑制できることがわかった。

(3) 短時間周期的な電圧印加の効果を数値的に評価するため、電圧印加直後から 20 分間のスクミリンゴガイの非活動数の最小値と最大値との比を刺激の持続率 D_{20} と定義した。 D_{20} は、印加電圧が高いほど大きく、電圧印加の累積回数が多いほど大きい。印加電圧の持続時間 2~10 秒では増大したものの、10~60 秒では飽和傾向を示した。

引用文献

- 朝加明宣・佐藤安夫 (1987) スクミリンゴガイ (*Pomacea canaliculata*) の餌食活動に対するカルタップおよびペンシルタップの阻害作用. 応動昆 31: 339-343.
- 林 嘉孝・永井清文 (1989) スクミリンゴガイに対するキタジン P 粒剤の施用効果. 宮崎県総合農試だより 96: 17-18.
- 林 嘉孝・永井清文・戸高 隆・恒吉 隆・落丸善市 (1990) スクミリンゴガイに対する IBP 粒剤の施用効果. 九病虫研会報 36: 113-115.
- 上林 譲 (1989) スクミリンゴガイに対する銅剤などの殺貝効力について. 関西病虫研報 31: 58.
- 清田洋次・奥原國英 (1989) スクミリンゴガイに対する銅資材の産卵防止効果. 九州農業研究 51: 123.
- 近藤 章・田中福三郎 (1989) ヘイケボタル幼虫によるスクミリンゴガイの捕食について. 応動昆 33: 211-216.
- 近藤 章・田中福三郎 (1991) 薬剤および金網を用いたスクミリンゴガイ被害回避. 岡山農試研報 9: 43-46.
- 牧野秋雄・小澤朗人 (1987) 石灰窒素施用によるスクミリンゴガイの防除. 関東東山病虫研報 34: 208-210.
- 万田正治・内田秀臣・中釜明紀・松元里志・下敷領耕一・渡邊昭三 (1993) 合鴨の水田放飼による雑草および防虫効果. 日本家禽 30: 365-370.
- 宮原義雄 (1987) スクミリンゴガイその生態と被害. 武田植物防疫叢書第 5 巻. 武田薬品工業, 東京, pp. 1-21.
- 大隈光喜・福島裕助・田中浩平 (1994) スクミリンゴガイの水田雑草食性と水稻苗の食害防止. 雑草研究 39: 109-113.
- 小澤朗人・牧野秋雄・石上 茂 (1989) スクミリンゴガイの成貝を捕食するヒル類の一種について. 関東東山病虫研報 36: 214.
- 小澤朗人・牧野秋雄・尾崎 丞 (1988) スクミリンゴガイによるイネ稚苗の食害と圃場水深との関係. 関東東山病虫研報 35: 221-222.
- 菖蒲信一郎 (1996) スクミリンゴガイの生態と防除. 植物防疫 50: 211-217.