

## 野外におけるコイのスクミリングガイ捕食能力

遊佐 陽一<sup>1)</sup>・甲斐伸一郎<sup>2)</sup>・安藤 俊二<sup>2)</sup>・塩崎 尚美<sup>2)</sup>・和田 節<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>九州沖縄農業研究センター・<sup>2)</sup>大分県農業技術センター)

**Predatory potential of the common carp, *Cyprinus carpio* L., on the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), in the field.** Yoichi Yusa <sup>1)</sup>, Shinichiro Kai <sup>2)</sup>, Shunji Ando <sup>2)</sup>, Naomi Shiozaki <sup>2)</sup> and Takashi Wada <sup>1)</sup> (<sup>1)</sup> Kyushu Okinawa National Agricultural Research Center, Nishigoshi, Kumamoto 861-1192, Japan. <sup>2)</sup> Oita Prefectural Agricultural Research Center, Usa, Oita 872-0103, Japan)

We assessed the predatory potential of the common carp on the apple snail at a low density of carp. We released 1 carp (average body length: 16 cm) and 1,400 snails (average weight: 0.12 g) in each of 23 m<sup>2</sup> plots set in a paddy field without rice in August 2000. Seven days after release, snail density was significantly lower in carp-occupied plots than in carp-free ones. However, in a 1 x 1 m cage set in each plot, which excluded carp, neither density of surface snails nor survival rate was different between carp-occupied and carp-free plots. This indicates that predation by carp was responsible for the reduction of the density of surface snails in carp-occupied plots, rather than the increase in the proportion of snails buried or natural snail mortality in the presence of carp. The average predation rate of a carp was estimated to be 54 snails/day, which was about one-fourth of the rate observed in the laboratory. However, the predation rate in the field was high enough to regard carp as biocontrol agents for the snail, not only in rice fields but also in other freshwater systems.

**Key words:** apple snail, biological control, carp, *Pomacea canaliculata*, predation

淡水巻貝スクミリングガイ *Pomacea canaliculata* は、20年ほど前に南米から導入され、今ではアジア地域における水稻の重要な害虫となっている (Halwart, 1995; Naylor, 1996; 和田, 1997)。九州では平野部を中心として水稻に大きな被害を与え、とくに湛水直播栽培を普及するうえで重要な阻害要因になっている (和田, 1997)。

この貝による水稻の被害を回避する方策として、浅水または落水管理といった耕種の防除法や農薬による化学的防除法が現在用いられている (葛蒲, 1996)。しかしこれらの防除法は、大雨により水田が浸冠水するような状況では効果が低く、また水田以外の水域においては適用できないという難点がある。

天敵を利用した生物的防除法は、耕種的・化学的防除法を補完するものとして期待されている (和田, 1997)。生物的防除法としては、アヒルを水田に放飼することが東南アジアで広く行われている (Cagauan and Van Hove, 1998)。水田におけるこのような天敵の利用は、

一般に手間がかかるため、国内では有機農家以外に普及する可能性は低い。また、水田ではヒル (小澤ら, 1989) やヤゴ (鈴木ら, 1999) を除いてスクミリングガイを捕食する動物がほとんど知られていないため、すでに水田に棲息する天敵を有効に活用することも容易でないと考えられる。しかし水田以外の水域では、魚類をはじめとしてカメ類・甲殻類・水生昆虫・ネズミなどスクミリングガイの捕食者が数多く存在し (遊佐, 1999; 市瀬ら, 2000; Yusa et al., 2000), 捕食能力の高い天敵の放飼や既存の天敵の有効活用が可能であると思われる。

魚類では、コイ・ギンブナ・カワムツなど多くの種がスクミリングガイの孵化貝や幼貝を捕食し (Halwart, 1995; 遊佐, 1999), 水域における貝密度抑制効果が期待できる。とくにコイは貝類を好んで捕食するため、本種を利用したスクミリングガイの防除試験が国内外で行われている (Halwart, 1995; 市瀬・栃原, 2001; 市瀬ら, 未発表)。これらの研究により、コイの存在下では貝密度が抑制されることが明らかになった。しかし、こ

これらの実験では、捕食可能な貝10頭に対してコイ1頭以上という著しい高密度でコイを放飼している。このため、水田以外の野外水域において比較的低密度で存在すると思われるコイの捕食能力を、これらの結果から推定することは困難である。一方、甲斐ら(2001)は、他に餌がない水槽内で、体長15cmのコイが1日あたり0.1g(殻高約7mm)の貝を平均200頭捕食することを報告した。しかし、実験室内の水槽よりはるかに複雑な環境をもつ野外の水域において、このような高い捕食能力が実現されるかどうかは不明である。そこで本実験では、植生の少ない池を模した休耕田において、スクミリンゴガイの密度に対してコイの密度が十分に低い条件で、コイの捕食能力を調査した。

本研究を行うにあたって、大分県海洋水産研究センター内水面研究所の職員の方々、山田四雄、橋本聖代、吉田和弘、山田太務の諸氏にお世話になった。また、市瀬克也博士には原稿に対して有益な助言をいただいた。厚くお礼申し上げる。

#### 材料および方法

実験は、2000年8月に、大分県宇佐市にある大分県農業技術センターの圃場で行った。湛水した休耕田の一部(184m<sup>2</sup>)を幅45cmの畦波シートで区切り、実験区を設定した(Fig. 1)。実験区を畦波シートで8等分し(各23m<sup>2</sup>)、外周部のシートには水が通過するための小穴を錐で多数あけた。各区画の中央部分には、コイの休息場として約100×50cmの範囲を10cmほど掘り下げ、外径

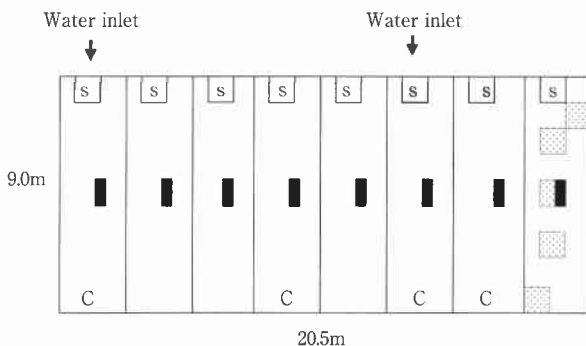


Fig. 1. Arrangement of experimental plots. One carp was released in each plot marked "C". The black area in each plot denotes a refuge for carp (10 cm deep), and "s" is a 1x1 m cage for checking snail survival, allowing water exchange but excluding carp. Dotted area show places for quadrat sampling in the rightmost plot.

11.5cm, 長さ50cmの塩化ビニル製パイプ(以下、塩ビ管)を置いた。水口側には、コイによる捕食がない場合の貝の生存率を調査するために、1×1mの枠を畦波シートで作成した(以下、小枠と呼ぶ;Fig.1の"s")。水の通りを良くするため、枠の2辺には29×34cmの窓を各2ヶ所あけ、窓にはコイの侵入や貝の移出入を防ぐために1mm目合の網を張った。

実験区内の貝を除去するために、8月7日にメタアルデヒド剤を散布し、翌日から実験終了時まで可能な限り水を掛け流しにした。散布後、貝の放飼までに発見された貝はすべて除去した。

8月14日に、体長(上あごの前端から尾びれの手前までの長さ)15.5–16.5cm(平均16.0cm)のコイを4区画に1頭ずつ放飼した(他の4区画は対照区としてコイを放飼しなかった)。コイを放飼した当日と翌日には、区画当たり約10gの市販の餌(スイミーベビー:日本ペットフード、東京)を放飼区に散布した。防鳥ネットで実験区全体を覆い、鳥によるコイの捕食を防止した。コイ放飼後は水深を10cm程度に保った。

熊本市沖新町で採集したスクミリンゴガイ(0.05–0.2g, 平均0.12g; 殻高5–9mm)を、8月16日に区画あたり1400頭放飼した(64頭/m<sup>2</sup>)。各区画に設置した1×1m小枠内については、ペンキで殻を着色した同サイズの貝を、枠外の区画と等しい密度になるように64頭ずつ放飼した。

8月23日(貝放飼7日後)に、水深を2–5cmにして、1×1mのコドラートを1区画につき5ヶ所設置し(Fig. 1)、コドラート内の土壌表面を手で探って生貝を採集した。区画中央部の深みについては、まず手探りで土壌表面の貝を採集し、その後沈めてあった塩ビ管を静かに網袋に入れ、取りこぼしのないように袋の中で塩ビ管に付着している貝を採集した。5ヶ所のコドラートにおける貝捕獲数を平均して、区画内の生貝密度を求めた。小枠内については、土壌表面にいる貝を生死に関わらず採集し、このうち生貝の数を生貝密度とした。続いて、潜土個体も手網を用いてできるだけ採集し、表面および土中から発見された全個体に占める生存個体の割合を、生存率と定義した。採集した生貝は全て実験室内に持ち帰り、表面の水分をふき取ってから体重を測定した。

#### 結果

貝を放飼してから7日間、毎時記録した水温は21.6から36.1℃と大きく変化したが(平均25.8℃)が、この間に死亡したコイはいなかった。放飼前の貝の体重が平均0.12gであったのに対し、小枠外実験区における放飼後

の体重は、コイ放飼区では $0.35 \pm 0.02\text{g}$  (4区における平均 $\pm$ SD)、無放飼区では $0.31 \pm 0.06\text{g}$ と、放飼前の3倍近くになった。両区の間で有意な差はなく ( $t$ -検定;  $n_1=n_2=4$ ,  $t=1.09$ ,  $P=0.3$ )、コイの有無は放飼後の貝の体重増加に影響を与えていなかった。また、コイ放飼区と無放飼区を合わせた小枠外実験区の貝の体重は $0.33 \pm 0.05\text{g}$ となり、小枠内の体重 ( $0.32 \pm 0.04\text{g}$ )との間に有意な差がなかった (対比較  $t$ -検定;  $n_1=n_2=8$ ,  $t=0.81$ ,  $P=0.4$ )。

小枠外実験区の貝密度は、コイ放飼区で無放飼区に比べて有意に低くなっていた (Table 1)。また、コイ無放飼区における貝密度は、小枠内 ( $28.5 \pm 11.2/\text{m}^2$ )と枠外 ( $26.7 \pm 4.4/\text{m}^2$ )の間で有意な差がなかった (対比較  $t$ -検定;  $n_1=n_2=4$ ,  $t=0.44$ ,  $P=0.7$ )。コイによる捕食が起こらない小枠内の生貝密度は、コイ放飼区と無放飼区の間で有意な差がなかった (Table 2)。さらに、小枠内の貝生存率は、コイ放飼の有無に関わらず90%以上と高く、両処理区間に有意な差はなかった (Table 2)。

Table 1. Snail density (mean  $\pm$  SD) of plots with or without carp after 7 day of snail release

Treatment	No. of plots	Snails/ $\text{m}^2$
Carp	4	$18.9 \pm 3.2$
No carp	4	$26.7 \pm 4.4$

$$t = -2.89, P < 0.05$$

Table 2. Snail density and survival in  $1 \times 1\text{m}$  cages in plots with or without carp (mean  $\pm$  SD)

Treatment	No. of plots	Snails/ $\text{m}^2$	Survival (%)
Carp	4	$38.0 \pm 8.3$	$90.8 \pm 3.8$
No carp	4	$28.5 \pm 11.2$	$96.0 \pm 2.9$

$$t = 1.36, P = 0.2 \quad t = 2.19, P = 0.1$$

## 考 察

小枠外実験区の生貝密度は、コイ放飼区のほうが無放飼区に比べて低くなっていた。この密度の違いは、コイによる捕食の効果を反映している可能性が高い。しかし、それ以外にも、処理間で生貝の発見効率や、コイによる水質の悪化など捕食以外の原因による死亡率が異なっている可能性もある。たとえば、リングガイ類では捕食者や傷ついた自種他個体の匂いを感知すると潜土する行動が知られており (Snyder and Snyder, 1971; 市瀬, 未発表)、捕食者の存在が潜土率、ひいては発見効率に

影響する可能性が考えられる。ところが、今回の実験では、コイ放飼区と無放飼区の間で小枠内土壌表面の生貝密度に有意差が見られなかった。このことは、両区の間で生貝の発見効率に差がなかったことを示している。小枠内の貝生存率についても放飼区と無放飼区で差がなく、捕食以外の原因による死亡率も区間で違いがなかったといえる。また、貝の殻高やコイ無放飼区における生貝密度は、小枠内と枠外で差がなかったため、コイ放飼区における捕食圧を除けば、小枠内の貝の生息環境は枠外と同様であったと思われる。したがって、コイ放飼区と無放飼区の枠外貝密度の違いは、コイの捕食によって生じたと考えられる。

コイ放飼区と無放飼区の貝密度の違いを用いて、コイによって捕食された貝の頭数が推定可能である。コイ無放飼区の密度は、貝放飼密度  $R$  と捕食が起こらないときの生存率  $S$  と発見効率  $D$  の積である。つまり、

$$R \times S \times D = 26.7 \text{ (/m}^2\text{)} \quad (1)$$

となる。一方、コイ放飼区の貝密度は上記3変数に、捕食されなかった貝の割合  $(1-P)$  を乗じて、

$$R \times S \times D \times (1-P) = 18.9 \text{ (/m}^2\text{)} \quad (2)$$

と表される。式(1)と(2)より、

$$1 - P = 18.9 / 26.7 = 0.71$$

が得られ、コイにより捕食された貝の割合  $P$  は0.29となる。試験期間を通して捕食された区画あたりの貝数は、放飼個体数と生存率  $S$  と捕食率  $P$  の積であるから、

$$1400 \times 0.93 \times 0.29 = 378 \text{ (頭)}$$

と推定され、1日あたりの捕食貝数は54頭となる。

この推定値は、ほぼ同じ体長のコイが室内実験において捕食した1日あたり約200頭 (甲斐ら, 2001) という値のおよそ1/4である。室内と野外における結果の違いには、複数の要因が関与していると思われる。第一に、今回の実験区では、水槽と異なり、貝が潜土することでコイの捕食から逃れる可能性は高くなる。第二に、コイの行動範囲は水槽に比べてはるかに広く、コイの探索効率が低かったことが考えられる。第三に、実験区では淡水巻貝のヒメモノアラガイ *Austropeplea ollula* (Gould) が実験終了時まで高密度に生息しており、本種が捕食されることでスキミリングガイの捕食量が減少した可能性も考えられる。さらに、本実験では、1週間で貝の体重が3倍近くに増えたために、比較的少数の貝を捕食してコイが満腹したり、捕食可能なサイズ ( $0.3\text{g}$ まで; 甲斐ら, 2001) を超えてしまった貝が多数いたことも関連していると思われる。

結論として、野外におけるコイのスキミリングガイ捕食量の推定値は、室内の約1/4であった。それでも、

本実験では、代替餌が多量に存在し、しかも比較的低いと考えられる探索効率の中で、体長16cmのコイが放飼時の体重0.1gの貝を、1日54頭捕食すると推定された。この結果は、水田以外の野外水域においても、コイの捕食効果がスクミリングガイの密度抑制に貢献する可能性が高いことを示唆している。また、水系にはコイ以外にも本貝の捕食者が多数存在するので、今後はコイ以外の在来天敵の利用法も検討する必要がある。

### 引用文献

- Cagauan, A. G. and C. Van Hove (1998) The effects of molluscicide, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), the aquatic fern azolla (*Azolla microphylla*), and mallard ducks (*Anas platyrhynchos*) on the abundance of golden apple snails (*Pomacea canaliculata* Lamarck) in integrated lowland irrigated ricefield. Paper presented at the International Workshop on the Integrated Management of the Golden Apple Snail in Rice Production in Vietnam, 4-6 August 1998, Nghe An Province, Vietnam. Ministry of Agriculture and Rural Development of Vietnam and Food and Agriculture Organization of the United Nations : 17pp.
- Halwart, M. (1995) Fish as Biocontrol Agents in Rice: The Potential of Common Carp *Cyprinus carpio* (L.) and Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Margraf Verlag (Weikersheim, Germany) : 169pp.
- 市瀬克也・栃原正久 (2001) 野外設置コンクリート枠内でのスクミリングガイに対するコイの増殖抑制。九病虫研究会報 47 : 73-76.
- 市瀬克也・和田 節・遊佐陽一・久保田富次郎 (2000) 棲息地別のスクミリングガイ密度と環境要因の関与。九病虫研究会報 46 : 78-84.
- 甲斐伸一郎・安藤俊二・塩崎尚美・遊佐陽一 (2001) スクミリングガイに対するコイの捕食能力。九農研 63 : 85.
- Naylor, R. (1996) Invasions in agriculture: assessing the cost of the golden apple snail in Asia. *Ambio* 25 : 443-448.
- 小澤朗人・牧野秋雄・石上 茂 (1989) スクミリングガイの成貝を捕食するヒル類の一種について。関東東山病虫研究会報 36 : 214.
- 菖蒲信一郎 (1996) スクミリングガイの生態と防除。植物防疫 50 : 211-217.
- Snyder, N. F. R. and H. A. Snyder (1971) Defenses of the Florida apple snail *Pomacea paludosa*. *Behaviour* 40 : 175-215.
- 鈴木芳人・宮本憲治・松村正哉・有村一弘・F. Tubiano (1999) 水田に生息するスクミリングガイ稚貝の捕食性天敵。九農研 61 : 83.
- 和田 節 (1997) スクミリングガイの生態と防除。農業技術 52 : 504-507.
- 遊佐陽一 (1999) 水系に棲息する動物のスクミリングガイ捕食能力。平成10年度総合農業の新技术 第12号。農業研究センター (つくば) : pp.155-157.
- Yusa, Y., N. Sugiura, and K. Ichinose (2000) Predation on the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Ampullariidae), by the Norway rat, *Rattus norvegicus*, in the field. *Veliger* 43 : 349-353.