

スクミリングガイのトラップに対する学習

市瀬 克也
(九州農業試験場)

Learning of the apple snail in response to a baited trap. Katsuya Ichinose (Kyushu National Agricultural Experiment Station, Suya 2421, Nishigoshi, Kumamoto 861-1192, Japan)

The ability of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae), to learn either to avoid a trap or to come to obtain the bait was studied. The trap was made from a soft-drink bottle and included 10 g bait inside. Thirty snails, painted individually with different numbers, were released in a tank placed outdoors. Collection of the snails by the trap was performed 17 times during the period 17 June to 30 July 1998. The proportion of individual snails trapped showed a significant normal distribution around a mean of 0.533 ± 0.034 SEM. The mean interval between snails being trapped was 4.11 ± 0.26 days and this did not differ significantly between individual snails. Neither the size, represented by shell length, nor the sex showed significant correlation with the interval. This interval was independent of how many times the snail had been trapped until the penultimate collection. These results indicate that whether or not a snail is trapped is determined by probability, and not by size or sex, nor how many times the snail has been trapped previously.

Key words : apple snail, collection, learning, *Pomacea canaliculata*, trap

水田内におけるスクミリングガイの密度推定を、一定面積コードラート内の貝全てを採集して行う場合、不正確となりやすい。その主な要因は、貝の空間分布様式および取りこぼしと、設定したコードラートの大きさが十分でないか数が不足していたために推定値の信頼度が低くなるから、である。水田において貝は、一年を通じて集中分布をしている(平井ら, 1986; 小澤・牧野, 1988; 市瀬, 1999)。このために、コードラートをどこに設置するかで得られる貝の数が極めて変動しやすい。小さな幼貝が急激に増加する8月以降(菖蒲, 1996)では、手で全ての貝を採集することが極めて難しくなる。また、コードラートをどの大きさにするかによって、推定値の信頼度が大きく変わる(市瀬, 1999)。このような欠点を回避して密度を推定する方法として、トラップを用いたマーキング法(Southwood, 1979; Krebs, 1989)、トラップによる捕獲数から密度を推定する方法(市瀬, 2000)が考えられる。しかし、トラップを用いる場合、トラップへの捕獲率が貝の性及び体サイズによって異なる可能性、また捕獲を繰り返すことでトラップに対して貝が学習し、捕獲率が一度以上捕獲された個体と全く捕獲されない個体間で変わる可能性、また捕獲された個体

間でも、その回数により捕獲率が変化する可能性、餌に対する貝の選好性の低下が起これ誘引されなくなるまたはその逆の可能性などが問題になる。トラップに対する貝の学習についての研究はなく、化学物質に対する学習による行動の変化及びそれによる餌への選好性の変化については近年になって行動生理学の研究が始まったばかりである(*Limnaea stagnalis* (Kemenes and Benjamin, 1994), *Helix pomatia* (Teyke, 1995), *H. aspersa* (Ray, 1998) など)。そこで、スクミリングガイ30個体をマークし屋外のコンクリートポットに放飼し、そこに6つのトラップを仕掛け、個体間での捕獲率が異なるか、また捕獲経験が次の捕獲に影響するかどうかを調べ、貝のトラップに対する学習を評価した。

本研究に貴重な助言をいただいた九州農業試験場特別研究員の浦野知氏に御礼申し上げる。

材料および方法

1. 捕獲した貝とトラップ

熊本県七城町の菊池川水系において、1998年6月10日にスクミリングガイを100頭採集し、このうち30頭を任意に選び出し、実験に用いた。これらの貝の殻にポリ

カーボネイト塗料（田宮製，静岡）で番号を書き，塗料が乾いてからその上にエナメル塗料を保護膜として塗布した。これらの貝は6月16日まで実験室に放置し，この日に屋外に置いたコンクリートポット（2×4 m，高さ50cm）に放飼した。トラップは市瀬ら（1998）の方法により6つ作成した。各トラップには鯉の餌（スイミー，日本ペットフード製，東京）を約10g いれ，15時頃に，コンクリートポットの4角と，2つの長辺（4 m）の中心脇に1個づつ仕掛けた。これにより，辺上でのトラップの距離間隔は，どれも2 mとなるようにした。翌日の午前9時頃にトラップを回収し，捕獲した貝の番号を確認し殻長を測定後，貝は直ちにコンクリートポットに再放飼した。回収から再放飼までは1時間以内であった。トラップを仕掛けた日は，1998年6月17，18，22，23，24，26日，7月2，3，6，11，12，13，15，16，21，27，30日で，調査回数は17回であった。調査期間をこのように限定したのは，あまり長い調査とすると貝の成長が進み，大きさもしくは加齢によるトラップ捕獲率への影響が現れると考えられたためである。各トラップの仕掛ける位置は，調査日ごとに右回りに1つずつずらした。試験期間中は貝に餌を与えず，なるべく成長を抑制した。実験開始日の前日の放飼前に用いる貝の殻長を測定し，また実験終了翌日にコンクリートポットの水を抜き，放飼した貝全てを回収し，その殻長を測定した。貝の性別による個体数及び殻長を，Table. 1に示す。

2. 学習効果の評価

トラップに対する学習効果について，各貝個体の捕獲率（捕獲された回数/全調査回数）を算出し，その頻度分布と平均から正負の効果があるか評価した。また，各個体について，トラップにより捕獲された全ての回数について，隣接する捕獲の日間隔（以降捕獲日間隔と略す）の平均を算出し，その平均を個体間で比較し，個体間の学習の違いを検討した。さらに，貝の体サイズを殻長で表し，それによる捕獲への影響を，調査期間中の各貝個

体の平均殻長と捕獲日間隔の相関をケンドールの順位相関係数を求めて検討した。捕獲の累積による学習効果を評価するために，ある個体がある（ i ）回捕獲された場合，その時以前の捕獲回数（ $i-1$ ）回に対して最後の2回（ $i-1$ から i まで）の捕獲日間隔がどの程度依存しているかを，同様にケンドールの順位相関係数を求め，その有意性により効果の有無を判断した。

結 果

1. 貝の捕獲率と捕獲平均間隔

実験に用いた貝30頭の平均捕獲率（±標準誤差）は 0.533 ± 0.034 であり，最も捕獲率が高かった個体は15回（捕獲率0.882）捕獲され，また全く捕獲されなかった個体もあった（Fig. 1）。コルモゴロフスミルノフ検定（Sokal and Rohlf, 1981）から，捕獲率の頻度分布は平均0.533を中心とした正規分布と有意差がないことが支持された（ $n=17$ ， $d=0.125$ ， $P>0.05$ ）。各貝個体について，捕獲日間隔の平均（±標準誤差）は 4.12 ± 0.26 （ $n=243$ ，最小1日，最大39日）であった（Fig. 2）。貝個体間で捕獲日間隔を二乗根に変換した値をANOVAにより比較したところ，有意な差が認められなかった

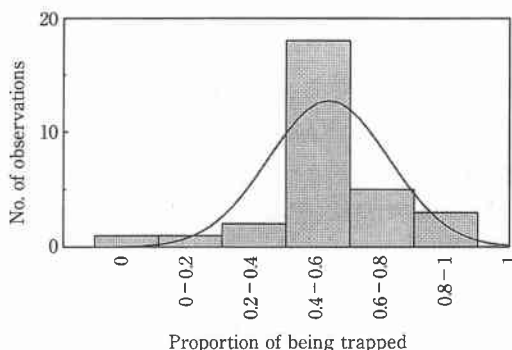


Fig. 1 Frequency distribution (shaded column) of the proportion of individual snails trapped, compared to the total in the trial (17), together with the fitted normal distribution (solid line) for frequency.

Table. 1 Shell length and mean shell growth during the experiment.

Sex ^{a)}	No.	Shell length (mm) ^{b)}						Growth (mm)	
		at beginning			at end				
		Mean ± SEM	Max	Min	No	Mean ± SEM	Max		Min
U	10	16.8 ± 0.41	19.6	13.0	2	19.3 ± 0.0	19.5	19.1	5.4 ± 0.8
F	14	26.4 ± 0.6	33.2	20.2	22	27.8 ± 0.7	35.0	21.0	4.6 ± 0.6
M	6	24.5 ± 0.4	26.8	21.3	6	27.1 ± 0.4	29.4	23.3	2.6 ± 0.8

a) Sex is designated as unidentified (U), female (F) or male (M).

b) Shell length was measured on the day before the beginning of the experiment, 16 June 1998, and on the day after the experiment, 31 July 1998.

($F_{28, 214}=1.120, P>0.05$)。上の結果は、個体間にはトラップによる捕獲に差がなかったことを意味している。

2. 学習効果

上の結果は、貝の性別による差、貝の体サイズによる捕獲への影響がないことまでは意味されない。そこで、捕獲日間の差を、性別間でANOVAによって比較(データを二乗根変換)したが、有意差はなかった(性別不明 $n=33, 4.21 \pm 0.75$ 日;メス $n=160, 4.06 \pm 0.33$ 日;オス $n=50, 4.24 \pm 0.52$ 日; $F_{2, 240}=0.063, P>0.05$)。捕獲への体サイズの影響を、捕獲時にその前の捕獲から何日経っていたかという日数と捕獲時の殻長との間の相関により調べたが、それらには有意な相関関係は得られなかった($n=243$, ケンドールの順位相関係数 $\tau = -0.062, P>0.05$, Fig. 3)。以上より、性もしくは体サイズにより、トラップへの捕獲のされ方が異なることはない結論される。

捕獲経験が捕獲に影響するかについて、「ある捕獲日までの累積捕獲回数」に対する「その捕獲時とそれ以前の最後の捕獲までの日数間隔」との間の相関により調べたが、それらには有意な相関関係がなかった($n=243$, ケンドールの順位相関係数 $\tau = 0.023, P>0.05$, Fig. 4)。このことは、貝がトラップによる捕獲に対して学習はしないことを示すものである。

考 察

貝にトラップ捕獲に対する学習能力があれば、捕獲率は捕獲回数が増すにつれ1に近づく(正の効果)か、0に近づく(負の効果)であろう。しかし、トラップによる捕獲率の頻度分布は、実験に用いた30個体の貝で平均 0.533 ± 0.034 を持つ有意な正規分布をしていた(Fig. 1)。この平均は0.5に極めて近いことから、この貝はトラップに対し学習しないことが示唆される。また捕獲日数間隔が個体間で差がなかったことは、捕獲のされ方が個体間で差がないことを示唆する。しかし、標本数の不足から捕獲率を個体間で直接比較することはできなかったため、捕獲日数間隔の平均を個体間で比較し、捕獲の個体間での差を評価した(Fig. 2)。もし個体間でトラップによる捕獲に何らかの差があれば、個体によってはこの間隔が伸び、別の個体では縮まり、間隔について個体間で比較すれば有意差が検出されると予想されるが、ANOVAでは、この仮説は支持されなかった。また性別、体サイズで比較しても捕獲日数間隔には差が認められなかった(Fig. 3)。これらの結果は、この貝のトラップに対する捕獲は、性別、体サイズにより影響されないことを示唆している。このことは、個体間で捕獲に差を

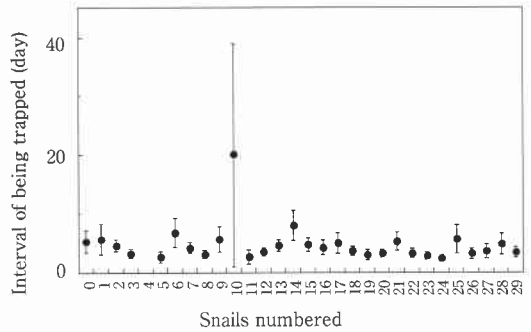


Fig. 2 Time interval (days), mean (circles) \pm standard error of the mean (bars), between two consecutive collections of individual snails by the trap. The numbers on the x-axis correspond to the snail code.

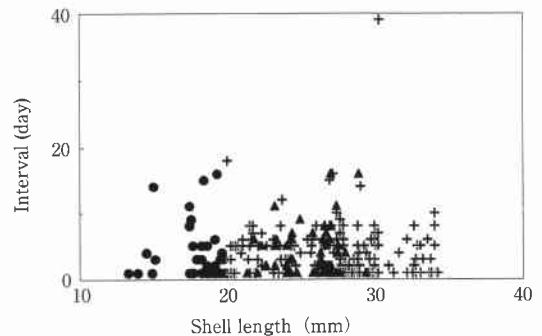


Fig. 3 Interval of days between two consecutive collections from the trap plotted against the shell length at that time. The sex of the snail was recorded as unidentified (circles), female (crosses) or male (triangle).

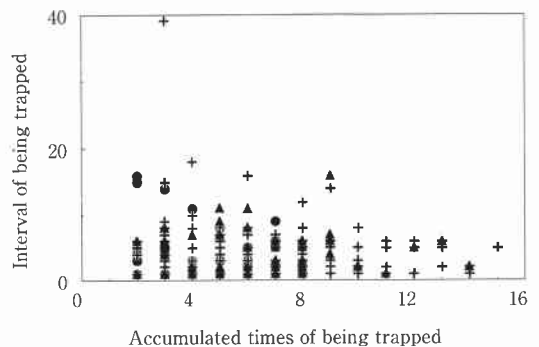


Fig. 4 Interval of days between two consecutive collections plotted against the accumulated number times trapped up to then. Symbols are as in Fig. 3.

生じることはなく、どの個体に対してもその捕獲は確率的に決まっている可能性が高いことを示唆している。さらに、もし学習能力があるならば、捕獲回数が進むに

つれて、捕獲日間隔が伸びるか逆に縮むと予想されるが、この仮説も支持されなかった (Fig. 4)。以上から、この貝はここで用いたトラップに対して学習しない、と結論される。

トラップに対する学習を貝がしないことは、それを用いて採集、マーキング、放飼を繰り返して行って密度を推定する場合に、極めて都合のよいことである。トラップを用いたマーキング法では、トラップに対する対象動物の学習能力がないことが前提となっている (Southwood, 1978; Krebs, 1989)。この前提が崩れるもしくは保証されなければ、スクミリングガイの密度推定は、従来日本で専ら行われてきたコードラート法 (たとえば平井ら, 1986; 清田・奥原, 1987; 近藤・田中, 1991) に頼らざるを得ない。しかしこの方法は労力がかかり、より省力的な方法で貝密度を推定する方法が求められてきた。最近、コードラート法と Jolly-Seber 法の比較がなされ (市瀬, 1999)、マーキング法による密度推定の可能性、また単にトラップによる捕獲数のみだけで密度の推定が可能であることが示された (市瀬, 1999)。しかし、これらの研究でのトラップによる捕獲では、貝のサイズ、性別による捕獲への影響が明らかにされず、問題が残っていた。本研究で、性別や体サイズによるトラップへの捕獲に差がないことが示されたことから、殊に手による採集が困難な幼貝に対して、トラップを用いることが有力な手段として用いることができよう。ただし、今回用いた最小の貝の殻長は 13.0mm であるので、これより小さい貝については、今回の結果を当てはめることはできない。これは今後の課題である。

摘 要

屋外に設置したコンクリートポット (2×4 m) に番号を付けた 30 個体の貝を放飼し、6つのトラップを 17 回繰り返してそこに仕掛け、放飼した貝を採集した。この結果を元に、貝にトラップによる捕獲に対する学習能力があるか否かを評価した。貝の捕獲率 (平均 0.533 ± 0.034) の確率密度は正規分布しており、また、各貝個体間で、捕獲された間隔日数の平均には統計上有意差がなかった。この捕獲間隔には、貝の大きさも性も有意な関与が認められなかった。さらに、捕獲回数が進むにつれて捕獲間隔が有意に変わることはなかった。これらのことから、この貝には、トラップに対する学習能力はなく、捕獲に対して性別、大きさ別で異なることはないことが示された。

引用文献

- 平井剛夫・大矢慎吾・宮原義雄 (1986) ラプラタリンゴガイの水田における個体数調査. 九病虫研会報 32: 88-91.
- 市瀬克也・和田 節・横尾廣規 (1998) ベットボトルを用いたスクミリングガイのトラップ. 九病虫研会報 44: 50-52.
- 市瀬克也 (1999) 水田におけるスクミリングガイの密度推定: 最適なコードラート面積の決定と、コードラート法、ライントランセクト法、マーキング法による推定密度の比較. 九病虫研会報 45: 54-58.
- 市瀬克也 (2000) 水田におけるスクミリングガイ密度のトラップを用いた簡易推定法. 九州農業研究 62: 91.
- Kemenes, G. and Benjamin, P. R. (1994) Training in a novel environment improves the appetitive learning performance of the snail, *Lymnaea stagnalis*. Behav. Neur. Biol. 61: 139-149.
- 清田洋次・奥原國英 (1987) スクミリングガイの越冬経過について. 九病虫研会報 33: 102-105.
- 近藤 章・田中福三郎 (1991) 岡山県におけるスクミリングガイの発生活長と越冬について. 岡山農試研報 9: 39-42.
- Krebs, C. J. (1989) Ecological Methodology. Harper Collins (New York), pp. 654.
- 小澤朗人・牧野秋雄 (1988) 静岡県におけるスクミリングガイの越冬実態. 静岡農試研報 33: 65-77.
- Ray, S. (1998) Learning in the land snail *Helix aspersa*. Anim. Technol. 49: 135-143.
- 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.
- Sokal, R. R., and Rohlf, F. J. (1981) Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 2nd ed. (New York), pp. 859.
- Southwood, T. R. E. (1978) Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations. 2nd ed. Chapman and Hall, (London), pp. 524.
- a) Teyke, T. (1995) Food-attraction conditioning in the snail, *Helix pomatia*. J. Comp. Physiol. (A) Sensory Neural Behav. Physiol. 177: 409-414.

(2000年4月28日 受領)