九病虫研会報　55：93-98（2009）
Kyushu Pl. Prot. Res. 55：93-98（2009）

西南暖地において水田から用水路に流出する スクミリンゴガイの個体数

和田　　節[1)]・松倉啓一郎[1)]・吉田　和弘[2)]・川西　陽子[3)]*・遊佐　陽一[2)]
（[1)] 九州沖縄農業研究センター・[2)] 鳥取大学大学院・[3)] 奈良女子大）

Apple snails *Pomacea canaliculata* escaping from a paddy field into an irrigation canal in South Japan. Takashi Wada[1)], Keiichiro Matsukura[1)], Kazuhiro Yoshida[2)], Yoko Kawanishi[3)]* and Yoichi Yusa[3)] ([1)] National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa region, Koshi, Kumamoto 861-1192, Japan, [2)]The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, Koyama-minami, Tottori 680-8553, Japan, [3)] Nara Women's University, Kitauoya-Nishimachi, Nara 630-8506, Japan)

As a part of our investigation to elucidate the population biology of the apple snail *Pomacea canaliculata* inhabiting irrigation canals, we monitored the number of snails escaping from a paddy field into an irrigation canal in Kamimine Saga, South Japan. We installed a net trap on one of the two drainage pipes in a paddy field (60 a). The number of snails trapped in the net was counted twice or three times a month during crop season (from late June to early October, 2008). Totally, 265 overwintered snails that had hatched in the previous season were trapped in the whole season. Snails of the new generation were trapped from August onwards and a total of 470 young juveniles with shell height more than 8 mm escaped from the paddy field until the end of the crop season. According to the size specific densities of snails in the paddy field, we estimated that more than several thousand snails with shell height smaller than 8 mm likely escaped through the wide mesh of the net trap and into the canal. The number of snails caught in the net had a significant correlation with the precipitation. The snails were considered to have escaped from the paddy field when paddy water overflowed into the canal. Many similar paddy fields were connected to the canal, and we therefore suspect that huge numbers of snails entered the canal from the fields. It raises a question how the escape of apple snails from paddy fields influences their population in the canals.

Key words : Ampullariidae, net trap, precipitation, rice, population ecology

緒　　言

南米原産のスクミリンゴガイ*Pomacea canaliculata*は1980年頃に食用として日本に導入された（浜田・松本，1985；平井，1987）。しかし，販路が拓けず，野生化した貝は西南暖地で移植直後の苗を加害し，水稲の重要な有害生物になった（菖蒲，1996；和田，2000）。これまで水田における動態は比較的詳しく調べられ，毎年，冬期に大部分が死亡した後，初夏の稲の作付けとともに爆発的に増殖する実態が明らかにされている（菖蒲，1996；Wada et al., 2004；Yoshida et al., 2009など）。一方，水田の用水路は，水田以外の本種の生息場所として重要であるが，越冬実態などの断片的な情報（大矢ら，1987；小澤・牧野，1988；Ito，2002）以外はほとんど調べられていない。

私たちは，2007年から佐賀県上峰町の用水路で本種の個体群動態を解明する試験を実施している。用水路の個体群動態を解明するためには，用水路に侵入してくる貝を調査する必要がある。そこで用水路に直結する１農家圃場で，水田から用水路に流出する貝を調査した。断片的な調査であったが，水田から大量のスクミリンゴガイが用水路に流入していることが明らかに

*現在　いであ株式会社
*Present address : Idea Consultants Inc., 3-5-1 Komazawa, Setagaya, Tokyo 154-8585, Japan

なったので報告する。

調査にあたり，九州沖縄農業研究センターの坂本竜一氏と行徳さゆり氏には貝捕獲用ネットの回収と貝の計測を賜った。また，江頭豊氏には調査用水田の提供を賜った。記して御礼申しあげる。

材料および方法

1．試験サイト

調査は佐賀県上峰町の約60a（南北約100m，東西約60m）の農家水田で行った。6月14日に品種「ゆめつくし」が移植され，出穂は8月4半旬，9月15日頃から水田は落水され，9月26日に収穫された。施肥や病害虫防除はこの地方の慣行で行われたが，スクミリンゴガイに対する防除は行われなかった。

2．用水路に流出する貝の調査

調査水田には北側にバルブ付きの給水管と南端にふたつの排水用プラスチックパイプ（内径20cm）が設置され，田面水がオーバーフローするとパイプを通して用水路（幅2m）に流れ込んでいた。排水パイプは南側畦のほぼ中央に約28m離れて2本が並列に設置されていたので，1本で約30aの排水をカバーしていたと考えられる。農家は約350m離れた給水用の幅25mの用水路から必要に応じて給水した。農家の話では用水路のスクミガイ密度は年間をとおして非常に低く（卵塊がみつからない），ポンプアップした水にはスクミリンゴガイはほとんど含まれていなかったと考えられる。調査水田の2本の配水パイプのうちの一方の排水口に，編み目0.6×0.5cmのビニールネット袋（横100cm深さ95cm）をかぶせて，流出するスクミリンゴガイ（以下，流出貝）を捕獲した（Fig. 1）。殻頂から臍孔を通る線に平行な最長径を計った殻高（Yoshida et al, 2009）でほぼ8mm以上の貝が捕獲できた。なお，以後の水田生息貝の調査でも同じ殻高測定法を用いた。

Fig. 1 Photograph of the net trap placed on a paddy field drainage pipe.

ネットは6月25日に設置し，捕獲された貝を7月3日，7月8日，7月31日，8月5日，8月20日，8月27日，9月3日，9月12日，10月5日に回収した。

3．水田の貝密度調査

水田の貝の動態と流出する貝との関係をみるため，稲が作付けされている期間に5回（6月25日，7月8日，7月31日，8月20日および9月12日），水田に生息しているスクミリンゴガイの密度調査を行った。調査は田面水が十分にある時に，$1m^2$（1 × 1m）の調査枠を用いて行った。調査枠は，給水管を起点として水田畦際に系統的に7カ所抽出し，目視で確認できる枠内の貝を計数し，殻高を測定するため全て採集した。

越冬貝の殻高については推定の精度を高めるために，調査枠内の個体を含め採集個体数が概ね20頭以上になるよう，畦際周辺から発見した貝を採集した。なお，水田移植時の越冬貝の殻高は，鈴木ら（2000）の方法により，6月25日に採集された貝の蓋にみられる成長線から推定した。

新しい世代の幼貝が確認された7月31日の調査からは，殻高が小さい幼貝用の密度調査を追加した。すなわち，上記の調査で概ね殻高15mm以上の貝のみを採集した後，7調査枠のうち5枠の内側に$0.1m^2$（0.5×0.2m）のプラスチック調査枠を設置し，孵化貝（殻高約3mm）が抜け落ちない網目の細かい熱帯魚用ネットで枠内の泥をすくい取り，土表面および土中の幼貝を採集した。採集した貝は持ち帰り，殻高をノギスで測定した。なお，5mm以下の幼貝も計数したが，調査時点での見落とし頻度が高いと考えられたので，密度や平均殻高の計算からは除外した。

4．流出インデックス

水田から用水路に流出する割合が，殻高により違いがあるかどうかを調べる目的で「流出インデックス」を計算した。流出インデックスは水田における貝密度から30aあたりの個体数を計算し，流出した個体の流出率（%）を求め，その常用対数値と定義した。値が大きいほど流出しやすいと考えられる。

流出インデックス＝

log（100＊流出貝数/30a当たりの個体数）

5．統計検定

回収日および調査日毎の貝サイズや水田密度の違いの有無を分散分析（ANOVA）で検定し，有意差がある場合はTukey－Kramer HSD検定で平均値間の多

重比較を行った。流出貝のサイズの検定は9頭以上捕獲された場合のみ行った。貝密度の検定は枠ごとの個体数（x）をlog（x＋0.5）に変換した後に行った。

結　　果

1．水田から流出する貝の個体数

ネットを回収した日ごとの流出貝の数とその平均殻高をTable 1に示した。回収時に流出貝の大部分は生存していた。越冬貝の流出は初回調査から，2，3の回収日を除き最終調査まで認められ，調査期間中に合計265頭が流出した。最も流出数が多かったのは7月3日の180頭であった。その後，8月20日と10月10日回収調査で，それぞれ59頭と12頭の流出が確認されたが，それ以外の期間の流出は少なかった。新世代貝の流出は8月5日回収調査ではじめて確認された（2頭）。その後，新世代貝の流出は最終回収調査である10月10日まで毎回確認され，合計470頭が捕獲された。流出数は8月20日回収調査が346頭と最も多く，それ以降の調査では流出貝の大部分を新世代貝が占めた。

捕獲された越冬貝の平均殻高は回収日で有意に異なり（ANOVA；$F_{(3, 256)}$＝86.1，P＜0.001），7月3日が約24mmであったが，7月8日には約30mm，8月20日には約35mmに増大した。捕獲された新世代貝の平均殻高も回収日で有意に異なり（$F_{(4, 463)}$＝10.1，P＜0.001），9月12日の捕獲貝が最も小さかった（9.2mm）が，平均殻高の差の絶対値は最大でも0.9mmと小さく，傾向としては8月20日以降，ほぼ一定（9～11mm）であったといえる。

2．水田の貝密度推移

水田に生息する越冬貝と新世代貝の密度と殻高の推移をFig. 2に示した。越冬貝の密度は調査期間を通して1.0～1.9頭/m²とほぼ一定の値を示した（$F_{(4, 30)}$＝0.78，P＝0.54）。一方，殻高は調査日ごとに大きく異なり（$F_{(4, 93)}$＝23.2，P＜0.0001），移植時が17.7mm（蓋の成長線からの推定値）であったのが，1.5ヶ月後の7月下旬には33.8mmと急速に成長し，その後は35mm内外のほぼ一定の値を示した。

新世代貝は7月31日に10頭/m²確認された。その後，密度は8月20日に386頭に達し，最終調査の9月12日でも262頭/m²であった。新世代貝の大部分は8mm以下であり，8mm以上の貝に限ると，8月20日が86頭/m²，9月12日が22頭/m²であった。5mm以上の貝の平均殻高は3回の調査とも6.5mm内外で有意差はみられなかった（$F_{(2, 327)}$＝4.4，P＝0.14）。

なお，密度や殻高計算から除外した5mm以下の貝の7月31日調査日以降の1 m²当たりの捕獲総数は502頭で，5mm以上の新世代総捕獲数（約655頭）の77%に相当した。5mm以下の貝はかなりの見落としがあったと考えられるので，水田には5mm以下の貝が5mm以上の新世代貝の総数と同等かそれ以上の密度

Table 1　Snails caught by a net trap which was deployed in a paddy field drainage pipe[a)]

Collection date	Overwintered snails[b)]						New snails[c)]					
		Shell height (mm)[d)]						Shell height (mm)[d)]				
	No. caught	Mean (mm)	SE		Min.	Max.	No. caught	Mean (mm)	SE		Min.	Max.
July 3	180	24.4	0.3	a	13.2	34.2						
July 8	9	29.5	1.6	b	21.9	35.9						
July 31	1	(35.1)	–		–	–						
Aug. 5	3	(36.0)	–		32.4	40.4	2	(13.8)	–		12.2	15.4
Aug. 20	59	34.7	0.6	c	26.2	45.9	346	11.1	0.1	b	8.3	22.3
Aug. 27	1	(36.9)	–		–	–	21	10.2	0.5	ab	8.5	13.3
Sept. 3	0		–				28	10.0	0.4	ab	8.3	17.5
Sept. 12	0		–				52	9.2	0.3	a	7.0	14.7
Oct. 10	12	35.8	1.4	c	27.6	42.9	21	11.1	0.5	b	8.0	19.9
Total	265	–	–		–	–	470	–	–		–	–

a) Two drainage pipes were located in a field (60 a). A net trap was installed on June 25, 2008, in one pipe to monitor snail escapes from the paddy field. b) Snails hatched in the previous season. From August onward, snails larger than 25 mm were classified as overwintered snails. c) Snails which hatched in the current season (new snails). From August onward, snails smaller than 25 mm were classified as new snails. d) Means for sample size fewer than 9 are given in parentheses. Means followed by the same lowercase letter are not significantly different (P >0.05, Tukey's HSD test).

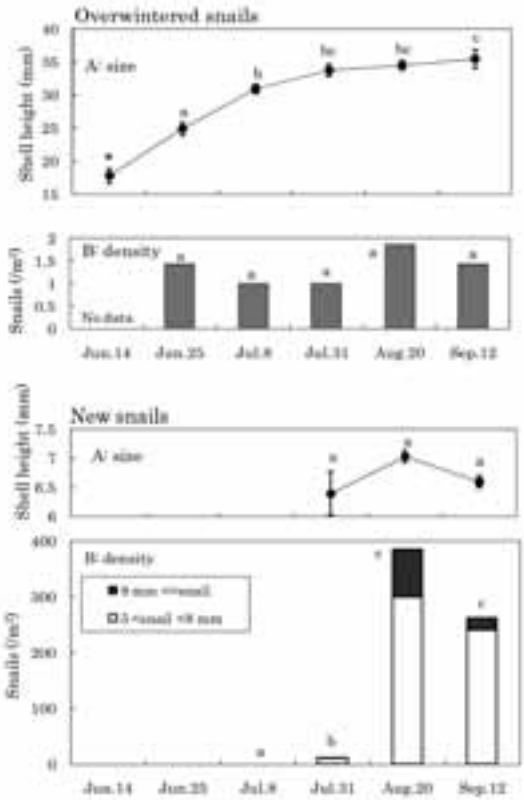

Fig. 2 Size (A) and density (B) of snails sampled in a paddy field (top panel: overwintered snails, lower panel: new snails that hatched in the current year. An asterisk in the top (A) panel indicates shell height estimated by operculum growth ring sizes (Suzuki, 2000) of the snails collected on June 25. Vertical bars on the graph indicate standard errors of means.

で生息していた可能性が高い。

3．流出貝の殻高による頻度分布と流出インデックス

越冬貝および新世代貝両方が相当数捕獲された8月20日回収日の流出貝の殻高による頻度分布と殻高ごとの流出インデックスをFig. 3に示した。この日の流出貝は，殻高7.5～12.5mmを最頻値とする新世代貝と殻高37.5～40.0mmを最頻値とする越冬貝の二つの分離した明確なピークがみられた。流出インデックスは殻高15.0～42.5mmの間（但し，殻高20.0～30.0mmはデータなし）は0.1～0.5の相対的に高い値を示したが，殻高7.5～10.0mmと12.5～15.0mmの貝の値は低かった。特に7.5～10.0mm貝の値は－1.4と著しく低く，殻高7.5～8.0mmの多くの貝がネットに捕獲されなかったことを考慮しても，他の殻高貝よりも流出

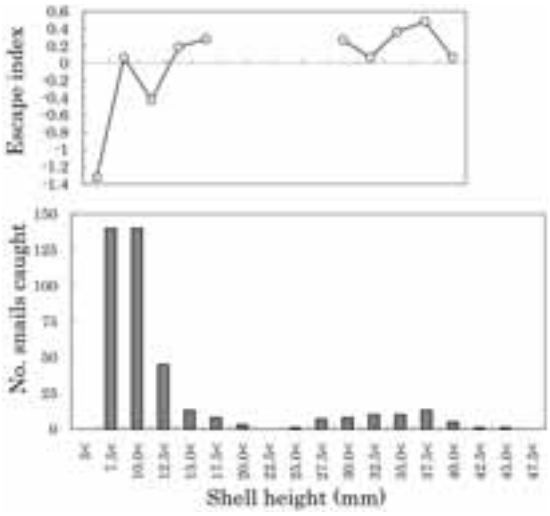

Fig. 3 Size frequency distribution of snails caught in a net trap placed on a drainage pipe from August 5 to August 20 (lower panel), and size specific "escape index" (top panel). Numerals on the horizontal axis indicate snail size: e. g., "7.5<" indicates snails larger than 7.5 mm and smaller than (or equal to) 10.0 mm. The escape index is log (escaped snails/estimated number of snails in 30 a). No data are available for snails with shell heights of 20.0-30.0 mm, because these snails were not found in the snail density survey.

率が低かったことを示唆した。

3．調査期間中の雨量

調査期間中の日ごとの降水量をFig. 4に示した。強い降雨が記録されたのは6月28日に99.5mm，8月15日から19日の間に計159mm，8月22日と27日，9月30日に，それぞれ59，31，49mmの降雨が記録された。

考　　察

今回の調査期間中に，約30aをカバーする排水パイプから用水路へ265頭の越冬貝と8mm以上の新世代貝470頭の計745頭が流出したことが確認された。仮に，新世代貝の流出がサイズに関係なく，密度依存的に生じていると仮定すると，水田の貝密度調査で，5mm以上，8mm以下の貝が8mm以上の新世代貝の約5.1倍確認されたことから，編み目を通過し捕獲されなかった5mm以上の幼貝が約2400頭流出したと推定される。さらに8月以降の水田には5mm以下の貝が同数かそれ以上生息していると考えられ，それら孵化直後の幼貝の流出も予想される。結局，ほぼ30aの水田から数千頭以上の多数の貝が用水路に流出している可能性が指摘された。用水路は調査水田以外にも多数の

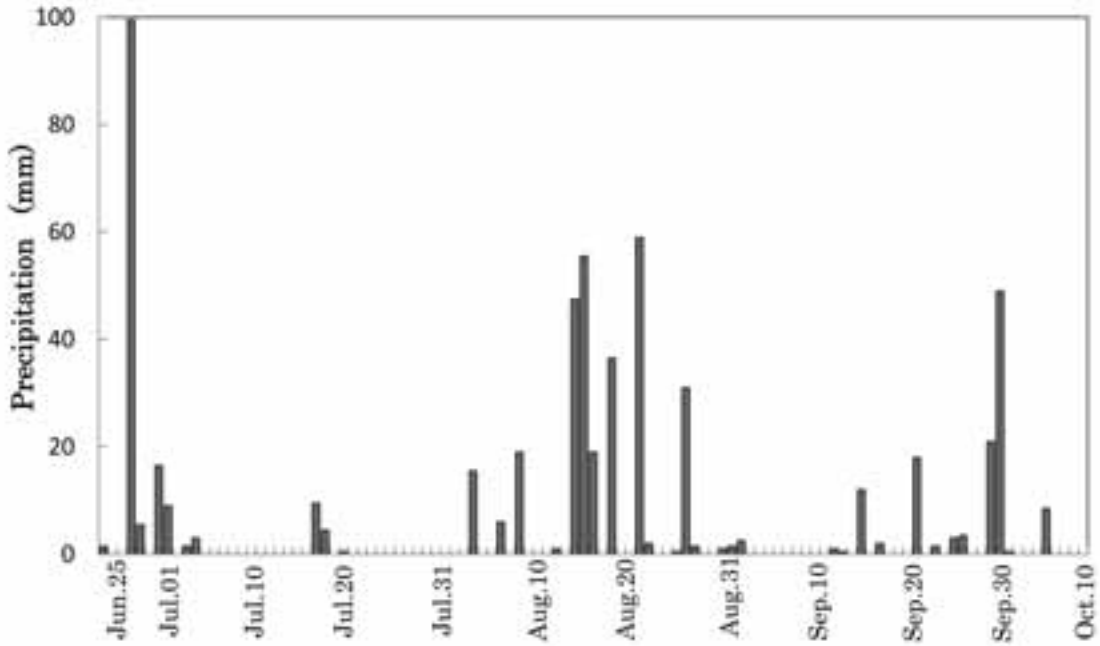

Fig. 4　Daily precipitation near the experimental site. Precipitation was recorded at the nearest AMeDAS（Automated Meteorological Data Acquisition System operated by the Japanese Meteorological Agency）point（Saga: 33°15. 9'N, 130°18. 3' E, about 12 km from the experimental site）.

水田と連結されており（調査地点周辺では用水路100m当たり約2haの水田と連結されている），それらの水田から流出する貝の数は膨大なものとなろう。

ただし，水田生息貝がサイズに関係なく，密度依存的に流出するかどうかは今後検証が必要である。8月20日の流出貝例では，殻高7.5～10.0mmの貝の流出インデックスが著しく低く，このサイズの流出率の低さを示唆した。さらに，越冬貝と8mm以上の新世代貝の流出率を比較すると，前者が1.1%，後者では0.13%とやはり殻高の小さい新世代貝の方が流出が少ない。一方，9月12日の調査例では，8mm以上の新世代貝の0.08%が流出しているが，越冬貝の流出は全く確認されなかった。また，殻高7.5～10.0mmの流出インデクス（－1.2）は他の殻高（10.0～12.5mm，12.5～15.0mm，それぞれ－1.0，－1.6）に比べて低くなく，この日の例では極く小さい幼貝の流失率が他の殻高より低いという証拠は見いだせなかった。結局，今回の調査ではデータが少なく，殻高と流出の容易さの関係は不明であり今後の検討課題として残された。

ではどのような時に貝の流出が生じているのだろうか。越冬貝の密度は調査期間中，ほぼ一定であったので，流出越冬貝数とネット設置期間中の総雨量との関係を調べた。その結果，有意な相関（Kendallの順位相関係数 $\tau = 0.63$，$P = 0.02$）が認められた。貝の流出は田面水の排水パイプを介したオーバーフローと関連すると思われるので，期間内の総雨量よりも一定時間内（たとえば1日）の総雨量と関係する可能性が高い。実際，調査期間内に40mm以上の日降雨がみられた7月3日や8月20日，8月27日，10月10日のうち，3番目の例を除いて，その後10頭以上の越冬貝が流出捕獲されている。一方，20mm以上の日降雨がなかった7月31日，8月5日，9月3日の調査日では捕獲が少ない。田面水のオバーフローは降雨だけではなく給水状態も関係するので，水田からの貝の流出は農家の水管理も大きく影響することが予想される。

2008年は6月下旬から9月末までに687mmの降雨が記録された。佐賀のこの期間の降水量の平年値は890mmで，2008年は比較的少雨の年であった。また，この期間に日降水量が100mm以上になった回数は，2008年が0回，過去5年間（2003年～2007年）の平均では1.2回である。日降水量40mm以上を基準とすると，2008年は5回，5年間の平均では6.8回であり，2008年は集中的な降雨も例年に比べ少なかった。したがって，2008年は降雨の面からは貝の流出に必ずしも

好適な年ではなかったと思われる。このことは，水田からの貝の大量流出が毎年，普遍的に生じていることを示唆している。

これまでの結果から，流出貝の調査で，逆に水田に生息するスクミリンゴガイの殻高や新世代の発生をモニタリングできる可能性が示された。西南暖地の普通期水稲では，越冬貝は稲の作付けとともに７月まで急激に成長するが，8月からは成長を停止する傾向がある（Kiyota and Sogawa, 1997；Tanaka et al., 1999）。この傾向は，流出貝の平均殻高の推移によくあらわれ，水田生息貝の殻高ともよく一致した（Table 1，Fig. 2.）。また，新世代貝が出現すると，水田に生息する貝の殻高分布は典型的な二山分布を示す（菖蒲，1996；Yoshida et al., 2009）が，これは８月以降の流出貝の殻高分布にも反映されている（Table 1，Fig. ３）。水田に生息するスクミリンゴガイの発生や成長の概要を簡易に知る一手法として，流出貝の継続調査が利用可能であると思われる。

これまで水稲被害との関連で，用水路から水田に侵入する貝の調査は行われてきた（小澤・牧野，1989；菖蒲1996；高橋ら，2002）。しかし，逆に水田から用水路に侵入する貝については全く関心が持たれなかった。水田では有効な天敵がほとんどおらず（Yusa et al., 2006）個体群が爆発的に増殖しており，今回，その一部が大量に用水路に侵入していることが明らかになった。一方，近年，用水路の貝密度は天敵により低く抑えられており（遊佐ら，未発表），大量に侵入してくる貝によって用水路個体群が維持されている可能性がある。今後，流出貝の用水路における定着の有無や用水路個体群にとっての役割など明らかにする必要がある。

引　用　文　献

浜田善利・松本達也（1985）熊本県内のジャンボタニシ．九州の貝24：５-12.

平井剛夫（1987）スクミリンゴガイの生態と防除．農業および園芸62：612-616.

Ito, K.（2002）Environmental factors influencing overwintering success of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata*（Gastropoa: Ampullariidae）, in the northernmost population. Appl. Entomol. Zool. 37: 655-661.

Kiyota, H. and K. Sogawa（1996）Ecology and management of the apple snail in Kyushu, Japan. In: Proceeding of the International Workshop on Pest Management Strategies in Asian Monsoon Agroecosystems（Hokyo, N. and G. Norton eds.）. Kyushu National Agricultural Experiment Station, (Kumamoto), pp.187-195.

大矢慎吾・平井剛夫・宮原義雄（1987）北部九州におけるスクミリンゴガイの越冬．応動昆31：206-212.

小澤朗人・牧野秋雄（1988）静岡県におけるスクミリンゴガイの越冬実態．静岡農試研報33：65-77.

小澤朗人・牧野秋雄（1989）スクミリンゴガイの生態と防除．植物防疫43：502-505.

鈴木芳人・松村正哉・有村一弘・浦野　知（2000）スクミリンゴガイ越冬個体の直播水田初期における成長．九農研62：90.

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.

高橋仁康・関　正裕・田坂幸平・西田初生（2002）耕うん・越冬・水口流入時のスクミリンゴガイ密度推移．九農研64：142.

Tanaka, K., T. Watanabe, H. Higuchi, K. Miyamoto, Y. Yusa, T. Kiyonaga, H. Kiyota, Y. Suzuki and T. Wada（1999）Density-dependent growth and reproduction of the apple snail, *Pomacea canaliculata*: a density manipulation experiment in a paddy field. Res. Popul. Ecol. 41 : 253-262.

和田　節（2000）スクミリンゴガイ . 農業および園芸 75 : 215-220.

Wada, T., K. Ichinose, Y. Yusa and N. Sugiura（2004）Decrease in density of the apple snail *Pomacea canaliculata*（Larmarck）in paddy fields after crop rotation with soybean, and its population growth during the crop season. Appl. Entomol. Zool. 39 : 367-372.

Yoshida, K., K. Hoshikawa, T. Wada and Y. Yusa（2009）Life cycle of the apple snail *Pomacea canaliculata*（Caenogastropoda: Ampullariidae）inhabiting Japanese paddy fields. Appl. Entomol. Zool. 44 : 465-474.

Yusa, Y., N. Sugiura and T. Wada（2006）Predatory potential of freshwater animals on an invasive agricultural pest, the apple snail *Pomacea canaliculata*（Gastropoda: Ampullariidae）, in southern Japan. Biological Invasions ８ : 173-147.

（2009年４月29日受領；７月29日受理）