

スクミリンゴガイ *Pomacea canaliculata* (Lamarck) の潜土行動 ; 日周性と潜土に影響を及ぼす要因

和田 節・吉田 和弘*
(九州農業試験場)

Burrowing by the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) ; daily periodicity and factors affecting burrowing. Takashi Wada and Kazuhiro Yoshida (Kyushu National Agricultural Experiment Station, Nishigoshi, Kikuchi, Kumamoto 861-1192, Japan)

The apple snail, *Pomacea canaliculata*, is an important rice pest in South Japan. It is often found buried in the soils of paddy fields. The daily periodicity of burrowing and the factors affecting this behavior were investigated in rain-free experimental plots (each 2 m² in area) in semi-field conditions. The snails revealed clear daily periodicity in their burrowing during summer. Many snails were buried in the soil in daytime (peak; 9 a.m. to 3 p.m.) and emerged from the soil at night (peak; 9 p.m. to 3 a.m.). The proportion of snails buried was significantly larger when water depth in the plots was shallower, even when the depth was still sufficient to cover the shell. In the case of female snails there was a clear tendency for more to be buried when they had not fed, but this did not apply to male adults and juveniles. High water temperature (more than 35 °C) increased the burrowing by male adults and almost all males burrowed into the soil at nearly 40 °C. On the other hand, high water temperature did not increase the proportion of burrowing snails for female adults and juveniles. Based on these observations, 0-40% of adult snails and 10-60% of juveniles are expected to be buried in paddy fields by day in the summer when the water depth is 4-6 cm at a water temperature not exceeding 35 °C. The snails showed a similar daily periodicity in late autumn, but seemed to emerge from the soil earlier in late afternoon before the water temperature had decreased, than snails in summer. The proportions of snails buried gradually increased as the seasons advanced, and most snails (70-100%) were buried in soil when the water temperature in the morning fell below 10 °C, suggesting that the low water temperature in autumn and winter accelerates burrowing by the snails.

Key words : apple snail, burrowing, daily periodicity, *Pomacea canaliculata*, rice

スクミリンゴガイ *Pomacea canaliculata* は南米原産の淡水性巻貝で、1980年代前半に食用として我が国に持ち込まれた(宮崎, 1985; 平井, 1987)。しかし、販路が開けず、放棄された貝や逃亡した貝が水田生態系に侵入して、現在では、西南暖地の水田作の重要な害虫になっている。とりわけ、直播水稻では幼苗に対する貝の加害量が大きく(Wada et al. 1999)、湛水直播栽培の普及の

大きな障害になっている(Kiyota and Sogawa, 1996; 和田, 1997)。

本貝は水田でしばしば土中に潜る。土中の貝は活動を休止し、この間、稲への加害を行わない。一方、このような貝の潜土行動は、水田での見取りによる貝密度の推定の大きな障害になる。また、蓋を閉じた潜土状態の貝には農薬の効果が著しく低いと考えられている。このように、潜土行動は本貝の個体群管理に重要な影響を与える。これまで、落水するとほとんどの貝が土に潜ること、冬の期間は潜土して越冬することが経験的によく知られており、また、大上(1986)が水槽を用いた実験で水温の低下により貝の潜土率が上昇した例を報告しているが、

*現在 崇城大学応用微生物工学科

*Present address : Department of Applied Microbial Technology, Sojo University, 4-22-1, Ikeda, Kumamoto 860-0082, Japan

本貝の潜土行動について詳しく調べた報告はない。

そこで、本貝の水田での潜土の実態を把握するため、ほぼ野外条件のコンクリートポットを用いて、貝の潜土行動を観察した。また、水温、水深や餌の有無など条件を変えて、それらの要因が貝の潜土に及ぼす影響を検討した。

本文に先立ち、本稿の校閲を賜った遊佐陽一氏にお礼申し上げる。

材料および方法

実験には熊本県菊池郡の水田で採集した貝、および飼育後2世代以内の貝を用いた。潜土行動の観察実験は菊池郡西合志町の九州農業試験場内の面積2㎡(1×2m)の雨よけした4つのコンクリートポット(以下、ポット)で行った。ポットは四方を開放したビニールハウス内にあり、内部の気温は、特に昼の間、野外よりやや高かったが、降雨を除きほぼ野外条件と考えられた。

各ポットに雌雄成貝(♀;殻高30~35mm,♂;殻高25~35mm)をそれぞれ10頭ずつ放飼した。また、ポット内の約0.15㎡(0.5×0.3m)の一面を水の流通が可能なように細かい穴をあけた畦シートで囲み、その中に殻高12~17mmの幼貝を20頭放飼した。成貝には個体識別ができるように殻にペンキで番号を記し、幼貝には観察が容易になるように殻全体に青色のペンキを塗布した。このポット内の貝を一定時間間隔で観察し、潜土の有無

を調査した。姿の見えない貝、および殻が2/3以上、土に潜っている貝を潜土個体とみなした。実験期間中に貝が死亡した場合は新しい貝を補充した。夜間は懐中電灯を用いて観察した。実験期間中、水深を原則として4~6cmに保ち、浅くなったら適宜水道水を補給した。餌として十分量のキャベツを与えた。なお、実験の前に代かきし、ポット内の土(黒ボク)を十分柔らかくした。実験は各処理につき2反復で行い、二つの処理をする場合は、2×2列に並べたポットの対角線状に試験区を設定した。また、一方のポットについて、ほぼ中央の水底に温度センサーを設置し、水温をデータロガーを用いて1時間間隔で記録した。

実験は1999年の8~12月に、次の様な処理を設定して行った。

1) 停滞水と流水(実験期間:8月4~6日):貝の潜土に及ぼす水温の影響を調べるため、一方のポットには水を停滞させ、他方には水道水を常時流して昼間に水温が過度に高くないようにした。貝の潜土の有無を3時間間隔で観察した。

2) 水深の影響(同:8月18~20日):一方のポットを水深2~3cm,他方を約8cmに保った。観察は14~22時の間に4時間毎に行った。

3) 餌の有無(同:8月10~13日):一方のポットには十分量のキャベツを餌として与え、他方には何も与えなかった。観察は14~22時の間に4時間毎に行った。

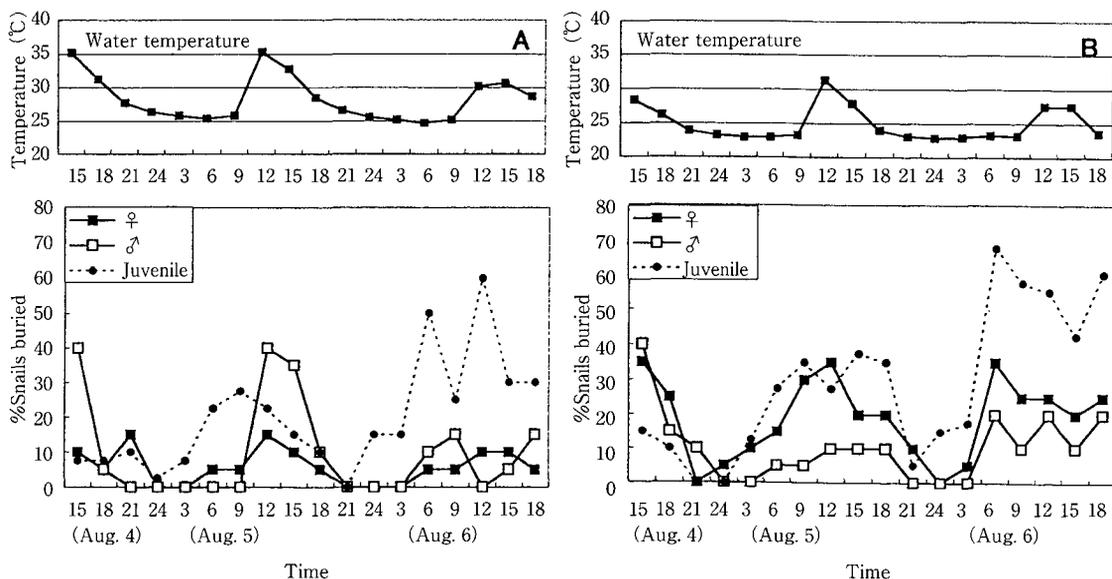


Fig. 1 Burrowing of *Pomacea canaliculata* in rain-free experimental plots in summer. A (left) : water in the plots kept at 4 - 6 cm depth; B (right) : water kept at 4 - 6 cm depth with a continuous flow of tap water to avoid a large increase in water temperature by day.

4) 秋期およびその後の貝の潜土 (同:10月25~12月9日):10月25~27日の間は3時間毎に観察した。以後は任意の日の夜明け頃(6~7時)と昼間(12~15時)に貝の潜土の有無を観察した。

実験1)~3)では、実験毎に貝は交換せずに、死亡して交換した場合を除き同一の貝を用いた。貝の潜土率の処理間の比較では、 χ^2 検定またはFisherの正確確率検定法により有意差検定を行った。

結 果

1. 停滞水と流水

停滞水、流水にかかわらず、貝の潜土行動に明確な昼夜のリズムがみられた。すなわち、成貝、幼貝とも昼間(特に9~15時)に最も潜土率が高く、成貝では10~40%、幼貝では20~70%が潜土していた(Fig. 1)。この時間帯は、水温が上昇する時間とほぼ一致するものの、朝9時には水温が未だ上昇していないが、多くの貝がすでに土中に潜っていた。このことは、貝の潜土のきっかけが水温上昇ではないことを示唆している。一方、最も潜土率が低いのは深夜(特に21~3時)であった。この

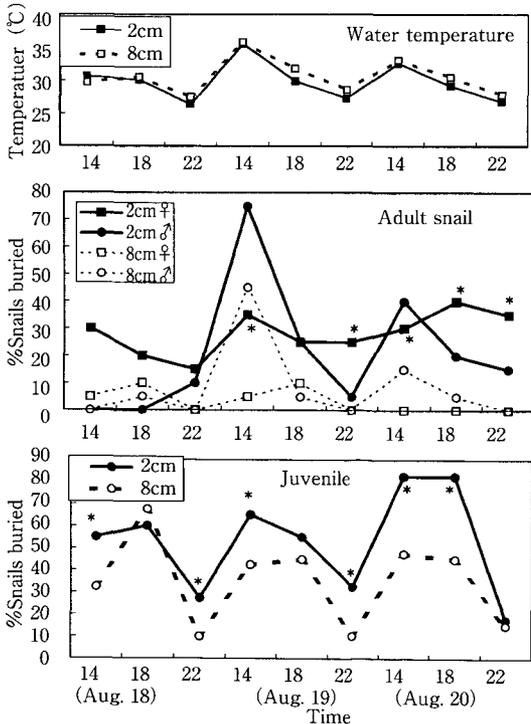


Fig. 2 Burrowing of *Pomacea canaliculata* in experimental plots with different water depth (about 2 cm and 8 cm deep). *: Significantly different ($P < 0.05$) between the two treatments.

時間帯では貝の潜土率は概ね20%以下で、8月5日21時の停滞水区のように、成貝、幼貝とも全く潜土していない例もみられた。

停滞水区と流水区を比較すると、水温は停滞区の方が2~6℃高く、最高水温が35℃以上に上昇した。しかし、両区を比較し貝の潜土率に一定の傾向がみられなかった。

2. 水深の影響

深水区(水深8cm)に比べ、浅水区(水深2~3cm)の貝の方が、明らかに潜土する傾向が見られた(Fig. 2)。その差は、雌の成貝の場合、9回の観察数のうち5回で有意であった。雄の場合、それぞれの観察例では有意差がみられなかったが、7回の観察例で浅水区の方が潜土率が高く、浅水の方が潜土する傾向がうかがえた。幼貝においても6回の観察例で有意差があり、水深が深くなると明らかに潜土率が減少する傾向がみられた。

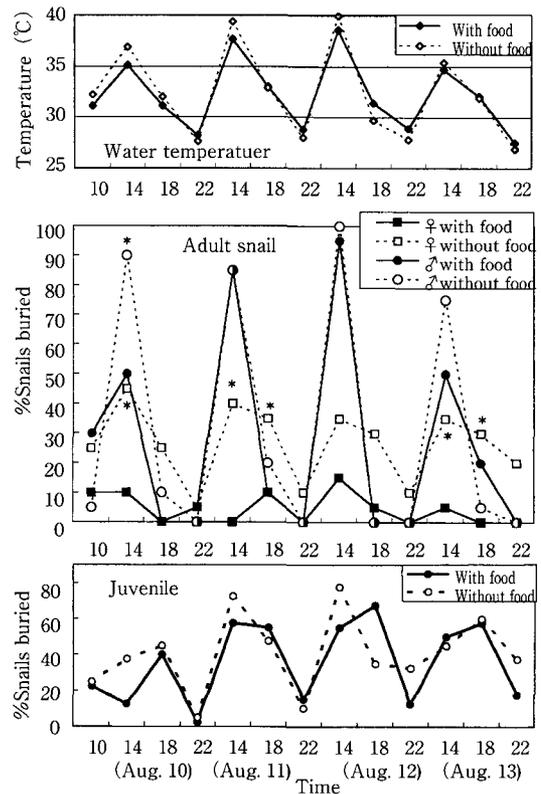


Fig. 3 Burrowing of *Pomacea canaliculata* in experimental plots with and without food. Sufficient cabbage was given to snails in the plots with food. *: Significantly different ($P < 0.05$) between the two treatments.

3. 餌の影響

餌としてキャベツを与えなかった区（餌無区）で雌の成員の潜土率が上昇する明確な傾向が見られた（Fig. 3）。13回の観察例のうち6回でその差は有意になり、餌を与えた場合の潜土率は15%以下であったが、餌無区では35～45%に上昇した。一方、雄の成員では、1回の観察例で餌無区の方の潜土率が有意に高かったが、その他の観察例では両区の潜土率にほとんど違いがなかった。また、幼貝においても餌（キャベツ）の有無は潜土率にほとんど影響を与えなかった。

なお、この実験例では昼の水温が2日間にわたって両試験区とも38～40℃に上昇した。その際、雄の潜土率が85～100%に急上昇した。

4. 夏期の水温の影響

Fig. 4は夏期に行った2回の実験（水深の実験を除く）において、水深が4～6 cmに保たれ十分量のキャベツを与えた場合に限って、昼（12～15時）の水温とその時の潜土率との関係をプロットしたものである。雄の成員の場合、水溫が35℃以下では明確な傾向がみられないが、35℃以上になると急激に潜土する個体の率が高まり、40℃近くになるとほとんどの個体が潜土した。全体

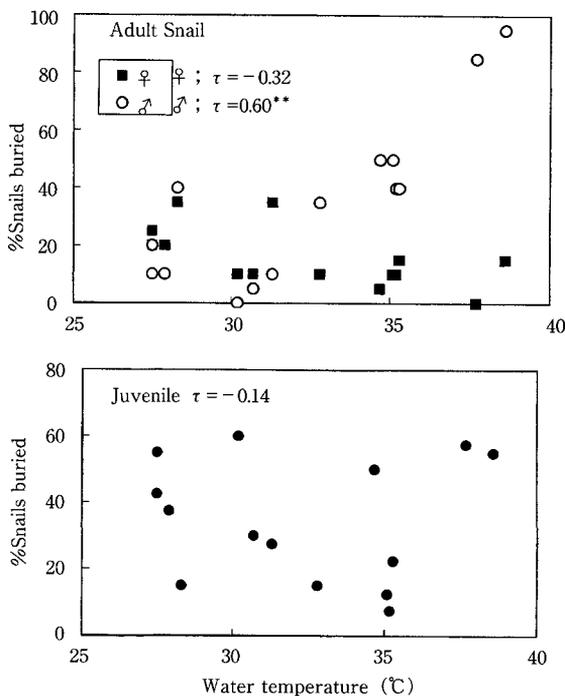


Fig. 4 Relationship between water temperature and the proportion of snails buried in the daytime during summer.
**: correlation of Kendall's τ is significant ($P < 0.01$).

を込みにした場合でも、水溫と雄の潜土率との間の相関係数（Kendall's τ ）は0.60でその関係は有意であった。一方、雌の成員と幼貝では、夏期の昼の水溫とその時の潜土率に一定の傾向が認められなかった。

Fig. 4から、夏の昼の水田（水溫が35℃以下の場合）では、水深が4～6 cmの場合、成員で0～40%、幼貝ではやや高く10～60%の個体が潜土している可能性が指摘できる。

5. 秋期およびその後の貝の潜土

10月下旬に行った観察では、最低水溫が本貝の活動限界である17℃（張，1985；杉浦・和田，1999）を下回り、最高水溫は21～26℃であった（Fig. 5）。このように水溫が低下しても、潜土率が昼に高く夜に低いという日周リズムは維持されていた。しかし、10月25日、26日にみられるように、15時、18時には潜土率が低下し夏期に比べ活動ピークの時間が早い傾向がみられた。しかし、10月27日の潜土率は、昼12時に一旦低下し、その後再度上昇するなど複雑な推移を示した。なお、この時、気温、水溫とも13時に一旦低下する複雑な推移を示した。

Fig. 6は、10月下旬以降12月上旬まで不定期に、昼（12～15時）における貝の潜土の有無を調べたものである。11月上旬頃まで、貝の潜土率は10～40%程度であった。11月中旬以降、貝の潜土率は徐々に高まり、11月下

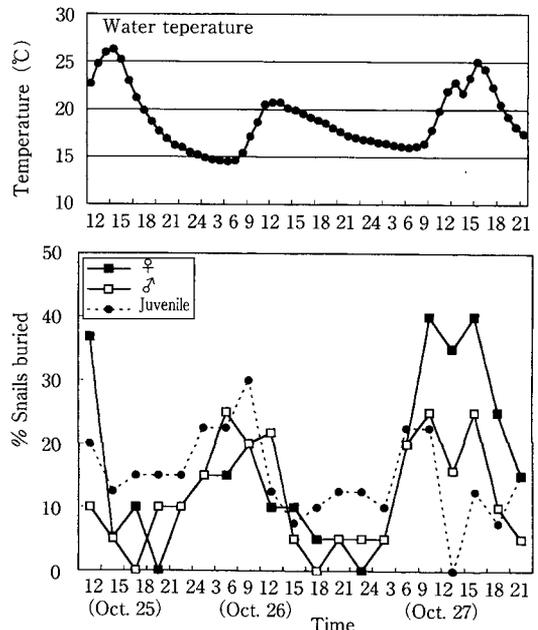


Fig. 5 Burrowing of *Pomacea canaliculata* in experimental plots in autumn.

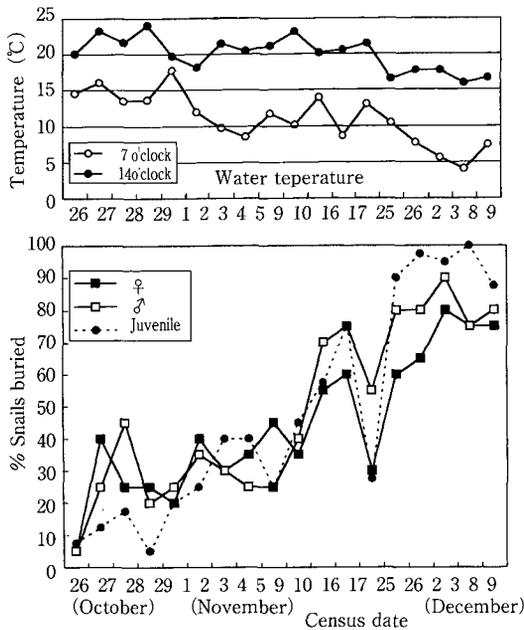


Fig. 6 Changes in the proportion of snails buried in the soil in experimental plots in autumn and early winter.

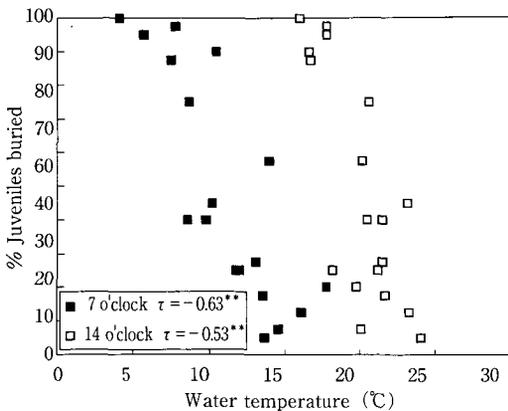


Fig. 7 Relationship between water temperature at 0700 and 1400 h and the proportion of snails buried in the soil in daytime of autumn and early winter.

** : correlation of Kendall's τ is significant ($P < 0.01$).

旬以降、昼の水温が20℃を下回り、朝の水温（7時；ほぼその日の最低水温）が10℃以下になると、大部分の貝（雌、雄、幼貝それぞれ60、70、80%以上）が潜土していた。

Fig. 7は、この期間の昼の幼貝の潜土率と、その日の朝（7時）および14時の水温との関係を表したものである。水温が低下するほど、昼の潜土率が上昇する傾向

がみられた。

考 察

貝の潜土行動には明確な日周リズムがあり、昼に多くの個体が潜土し、夜間に活動する個体の率が高まった (Fig. 1)。このリズムは水温が過度に高まる夏だけでなく、昼の水温が20~25℃に低下する秋にも維持されていた (Fig. 5)。それ以下に水温が低下した場合の貝の活動パターンは明らかでないが、12月上旬の明け方の潜土率は昼の潜土率と同じかやや高い傾向がみられたので、昼の水温上昇にともない、土中から出て活動する傾向があるのかもしれない。

水深が深くなると、明らかに潜土する個体が減少する傾向がみられた (Fig. 2)。今回の実験例で幼貝についてみると、浅水区の水深は貝の殻高に対して十分に深い。このような場合でも水深を深くすると明確な潜土率の低下がみられた。貝の殻高に対して水深が十分深い場合であっても、水深の増大により潜土率が低下するものと思われる。したがって、水田における貝の密度調査の際などは、水深を十分深くすることで土中の貝を減少させることができると思われる。

餌（キャベツ）の有無により雌の成貝の潜土率が大きく異なり、餌を与えなかった場合に土中に潜る個体の割合が増大した。一方、雄貝では餌の影響がほとんどみられず、また、幼貝では全く影響がみられなかった (Fig. 3)。この違いの原因は明らかでないが、幼貝の場合、キャベツを与えなかったが餌不足に陥らなかった可能性が考えられる。鈴木（私信）によると、水田の孵化貝の成長は孵化貝密度に依存し低下するが、成貝の存在には影響を受けない。これは、成貝と稚貝の水田での主要な食物が異なっている可能性を示唆している。また、Halwart (1994) は殻高15mm以下の稚貝の食物は藻類や土壌団粒と推察している。今回の試験において、幼貝の潜土に餌の影響があらわれなかったのは、他の餌（例えば、土壌中の有機物等）を十分摂食していたためかもしれない。

貝の潜土に及ぼす水温の影響は一様でない。夏期の昼の水温が35℃以下なら、ほとんど影響を与えていないと思われる。しかし、水温が40℃近くに高まると、雄の成貝のみ、ほとんどの個体が潜土行動を行った (Fig. 3)。一般的に精子は高温に弱いので、精子を守る適応的な行動なのかもしれない。一方、秋以降の水温の低下は、貝の潜土率を高めているように思われた。実際、最高水温が20℃、最低水温が10℃を下回る12月上旬になると、大部分の貝が潜土した。この頃になると、一旦、潜土した

貝は昼に水温が活動限界 (17℃) を上回っても容易に土中から出てこないように思われた。

今回はほぼ野外の環境条件で観察を行ったので様々な要因が影響を及ぼしあい、単一の要因の影響を解析することが難しかった。今後は、水温、日長、照度などの環境要因を、各要因がコントロールできる条件下で実験的に解析する必要がある。

摘 要

スクミリンゴガイの潜土行動の日習性や潜土に影響を与える要因を、ほぼ野外条件の雨よけしたコンクリートポット (各 2 m²) を用いて調査した

1. 貝の潜土率には、昼に高まり深夜に低くなるという明確な日周性がみられた。このリズムは水温が高まる夏ばかりでなく秋にも維持されていた。

2. 夏の昼間の高水温は、35℃以下の場合、貝の潜土に直接的な影響を与えなかった。しかし、水温がさらに上昇して40℃近くになると、雄の成貝のみ、ほとんどの個体が潜土した。初冬、朝の水温が10℃以下になる頃になると、大部分 (70~100%) の個体が潜土した。

3. 水深を浅くすると (貝の殻高に対して十分に深い場合でも)、貝の潜土率は上昇した。

4. 貝に餌 (キャベツ) を与えなかった場合、雌の成貝の潜土率が上昇した。雄の成貝と幼貝の潜土率は餌を与えた場合とほとんど変わらなかった。

5. 以上の結果から、夏期の昼の水深 5 cm 程度の水田では、水温が35℃以下なら、成貝では 0~40%、幼貝で 10~60% の個体が潜土していると予想された。

引用文献

- 張 寛敏 (1985) 台湾で農害猖獗のリンゴガイ. ちりぼたん 16 (1): 1-7.
- 大上皓久 (1986) ラプラタリンゴガイ (*Ampullarium insularus* D., Origny) の低温耐性と野外での越冬・生息状況. 静岡水試研報 21: 53-56.
- Halwart, M. (1994) The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asia rice farming systems: present impact and future threat. International Journal of Pest Management 40 (2): 199-206.
- 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.
- Kiyota, H. and K. Sogawa (1996) Proc. Int. Workshop on the Pest Management Strategies in Asian Monsoon Agroecosystems (Hokyo, N. and G. Norton eds.): Kyushu National Agricultural Experiment Station (Kumamoto): pp.187-195.
- 宮崎 惇 (1985) ラプラタリンゴガイの呼び名. ちりぼたん 6 (1): 28-29.
- 杉浦直幸・和田 節 (1999) 採集地の異なるスクミリンゴガイの耐寒性. 九病虫研会報 45: 59-62.
- 和田 節 (1997) スクミリンゴガイ-日本と東南アジアにおける最近の動向. 植物防疫 51: 459-462.
- Wada, T., K. Ichinose, and H. Higuchi (1999) Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae). Appl. Entomol. Zool. 34: 365-370.

(2000年4月30日 受領)