

河川流域におけるスクミリングガイの 地理的分布の制限と水田分布の関連

市瀬 克也・吉田 和弘
(九州沖縄農業研究センター)

Distribution of apple snails, related to rice field distribution and water flow.

Katsuya Ichinose and Kazuhiro Yoshida (National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, Suya 2421, Nishigoshi, Kikuchi - gun, Kumamoto - ken, 861 - 1192 Japan)

During the two decades since the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), was first introduced into Kyushu island, southern Japan, few studies of the geographic distribution of the snail have been made. We studied the distribution and densities of the snail in rice fields along four rivers, Kikuchi, Koshi, Hazama, and Uchida at altitudes ranging from 30 to 400 m. Snails were abundant up to 100 m in altitude, but few or no snails occurred above that. The limit of snail distribution corresponded to the lowest location where rice fields became discontinuous. There are small water falls near this limit on all rivers, and the water flow can be faster there. Hence, the snail could not expand its distribution to upper areas because of the discontinuity of rice fields and the faster water flow. Artificial snail introduction was reported in some upper areas, where the snail could attain higher increase rates.

Key words : altitude, apple snail, distribution, *Pomacea canaliculata*, rice field

緒 言

スクミリングガイが九州に移入してから20年ほど経った(宮原ら, 1986)。この間、この貝は特に平地の水田で分布を拡大し(浜田・松本, 1985; 平井, 1989)、九州本島内で本貝が棲息する水田面積は2000年には47,284haに達している(九州農政局発表)。スクミリングガイがまだ分布していない水田は、山間地または平地より標高の高い場所に多く存在している。平地に導入された貝が上流に分布を拡大していない要因として、1) 上流域での水温と水質が貝の生育に適さない、2) 上流域での気象条件により越冬が出来にくくなる、3) 平地から上流へと分布を拡大する過程で、途中で標高の急変により河川、水路の流速が増大し、そこを越えて分布出来ない、4) 水田が不連続となって水田間の移動が出来ない、ことが考えられる。

この貝は、低温耐性は高くないが(大矢ら, 1987)、熊本県の100-200m程度の山間地での越冬が困難であるとは考えにくく、そのような標高のところでは、貝が生存していることが期待される。しかし、最近市瀬ら

(2000)により、この貝の分布密度は水質の悪化(COD値の増加による評価)により増加することが報告されている。従って、上流に行くほど水温が低下すると同時に水質が浄化されるため、貝の増殖率が低下し、更に上流へ侵入する貝が生じにくかった可能性がある。この場合、貝の密度は下流側から上流側に向かうにつれ、徐々に低くなるであろう。一方、市瀬ら(2000)は、流速により貝の棲息が制限されうるとしている。また、もし水田が平地から上流に向かって所々途切れる断続型の分布を示し、分断点での河川での流速が早くなっていれば、貝の自然分布拡大はその地点を越えては不可能であろう。流速が増加する場所は標高の変化が急になっており、滝が存在し地形が狭隘となることがある。地図上では、そのような場所では水田が存在していない。流速と水田分布の分断が貝の分布拡大を制限する場合、この地点の上下で貝の分布が非常に異なることが予想される。

熊本県の菊池水系の菊池川、合志川、迫間川、内田川の流域の水田に於いて貝の分布と密度の調査を行った。貝の分布と密度の下流から上流への推移から、貝の分布拡大の阻止にどの要因が関与しているか考察した。さら

に、上流域にスクミリングガイが導入された場合、その密度がどのように変化していくかについて推察を行った。

本調査にあたり、調査の補助をしていただいた九州沖縄農業研究センターの山田四雄氏に御礼申し上げる。

方 法

調査は、2000年7月中旬から下旬に限って行った。これは、時間の経過に伴う貝の密度と産卵活動の変動(菖蒲, 1996)による調査場所間の差を可能な限り小さくするためである。調査した河川は、熊本県北部の菊池川、合志川、迫間川、内田川である。これら4河川はほぼ1箇所まで全てが合流しており(以降基点とする)、ここより上流側に2-4 kmおきに調査地点を設け、各地点では、スクミリングガイとその卵塊の密度調査を10筆以上の水田で行った(Fig. 1)。調査地点数は38、調査水田は2060筆であった。

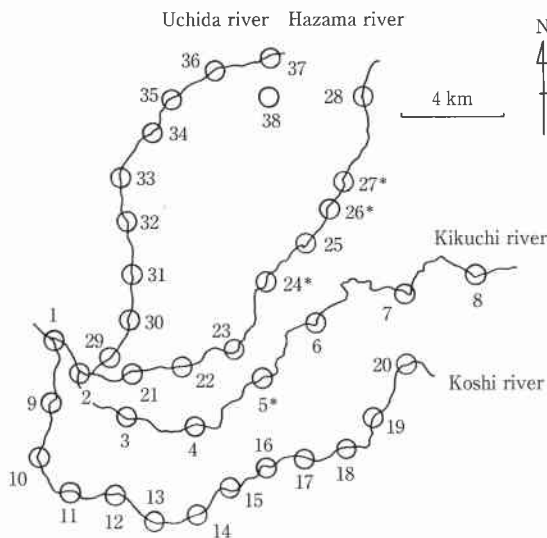


Fig. 1. Location of studied areas in the Kyushu island, indicated by a circle in right upper corner, and studied sites along four rivers, Kikuchi, Koshi, Hazama and Uchida.

各調査水田では、水田の取水口を原点とし、これより畦沿いに5 m、水田内側に0.5 mのコードラートを設定した。この中の目で見える生存貝を数え、貝数をコードラート面積(2.5 m²)で割り、調査水田に於ける貝密度を推定した。また、調査水田のコードラート内及びコードラートに接する畦上に存在する卵塊を数え、それをコードラート面積で割り、卵塊密度を推定した。各地点に於ける貝と卵塊の密度は、それぞれの地点内での平均を求め、その値により表した。

貝と卵塊密度を説明する要因として、河川沿いの水田

の分布、河川を取り入れ、どの要因が各密度(二乗根変換)に影響を与えているか、二元ANOVAにより分析した。我々は、平地からの水田の分布が上流に向かって最初に途切れるところ(以下第一不連続点とする)が貝の分布制限要因となると考えたので、この点より下流側と上流側の2つのグループに分け、これを水田分布要因とした。河川要因は、調査した4河川とした。更に、貝の繁殖力を貝密度に対する卵密度の比率(二乗根変換)として表し、同様の検定からどの要因が貝の繁殖力に影響を与えているか推定した。各調査地点での標高及び基点からの距離は、調査地点の中心箇所における標高とそこから基点までの河川に沿った距離、水田面積は調査した水田の面積を、それぞれ地図上より読み取った値とした(Table. 1)。使用した地図は、各市町村が発行する1万分の1の地図である。ここで関係する自治体は、菊池市、植木町、鹿本町、菊鹿町、七城町、泗水町、旭志村である。菊池市の標高200 mを超える場所のみ、2万5千分の1の地図を利用した。

結 果

1. 河川流域の水田に於ける貝分布

貝、卵塊密度とも標高と直線的な負の関係ではなく、どの河川でも100 m付近のところで急激に変化した(Figs. 2, 3)。その急激な変化を起こす基点からの距離は、どの河川でも10-20 km付近であった。

調査河川流域に於ける水田の分布をFig. 4に示す。平地より続く水田は、標高100 m付近(第一不連続点)で一旦分断され、それより上流側では河川に沿った狭い範囲で分布し、しかもその分布は不連続となって上流側に続いている。第一不連続点は、貝、卵塊密度が急激に落ち込む場所となっていた。それより標高の高い場所で貝が発見された場所では、付近の農家の人の話から、全て1998年以降に人為的に貝が導入されたことが判明した。従って、1997年以前では、第一不連続点より上流側では貝が分布していなかったと考えられ、この点がスクミリングガイの分布の限界点であった。

2. 貝密度、卵密度、卵貝密度比率

貝、卵塊密度は第一不連続点下流でより高く、どちらも河川間での差は小さかった(Table. 2)。貝卵塊密度比率は合志川と内田川で、上流でより高くなっていた。貝密度に対し水田分布要因は有意な影響を与えていた($F_{1, 30} = 36.958, P < 0.001$)。しかし、河川間の貝密度に有意差はなく($F_{3, 30} = 0.253, P = 0.858$)、河川と水田分布との相互作用は有意でなかった($F_{3, 30} = 0.451, P = 0.719$)。卵塊密度も同様に、水田分布による影響を

Table 1. Area, altitude, and distance from the site 1 at each study site along the Kikuchi river and its tributary rivers.

Studied site code ¹⁾	River	No. of fields	Field area (a)	Altitude (m)	Distance from site 1 (km)
1	Kikuchi	55	27.3	27.3	0.0
2	Kikuchi	86	18.6	28.7	1.7
3	Kikuchi	45	26.7	34.1	5.1
4	Kikuchi	65	20.8	40.1	7.9
5 ²⁾	Kikuchi	39	17.9	56.2	11.9
6	Kikuchi	35	4.3	167.0	14.9
7	Kikuchi	17	3.5	265.0	18.2
8	Kikuchi	27	4.4	330.0	20.4
9	Kikuchi	35	25.7	29.8	2.0
10	Koshi	44	11.4	32.1	4.1
11	Koshi	33	18.2	38.9	6.2
12	Koshi	43	27.9	42.8	8.6
13	Koshi	67	13.1	51.2	11.1
14	Koshi	57	30.7	64.1	13.5
15	Koshi	72	10.4	72.9	15.3
16	Koshi	29	20.7	87.5	17.4
17	Koshi	32	23.4	101.2	18.6
18	Koshi	38	15.8	112.2	19.2
19	Koshi	36	12.5	131.2	20.9
20	Koshi	24	2.5	242.0	22.4
21	Hazama	54	22.2	30.3	3.6
22	Hazama	41	12.2	42.5	5.6
23	Hazama	35	17.1	50.2	7.4
24 ²⁾	Hazama	52	3.8	89.0	9.2
25	Hazama	18	4.4	114.0	11.4
26 ²⁾	Hazama	44	1.82	175.0	14.0
27 ²⁾	Hazama	22	3.6	180.0	14.9
28	Hazama	16	1.9	280.0	19.6
29	Uchida	29	20.7	28.3	2.7
30	Uchida	73	8.5	36.0	4.6
31	Uchida	57	8.8	65.0	6.9
32	Uchida	46	10.9	77.5	8.6
33	Uchida	46	13.0	107.3	11.2
34	Uchida	41	12.2	152.6	13.4
35	Uchida	55	10.9	193.7	14.5
36	Uchida	67	3.0	275.1	17.3
37	Uchida	25	3.6	344.0	18.2
38	Uchida	11	1.82	435.3	19.2

¹⁾ The codes correspond with those in Fig. 1.

²⁾ The locality where apple snails were introduced first in 1998 or later.

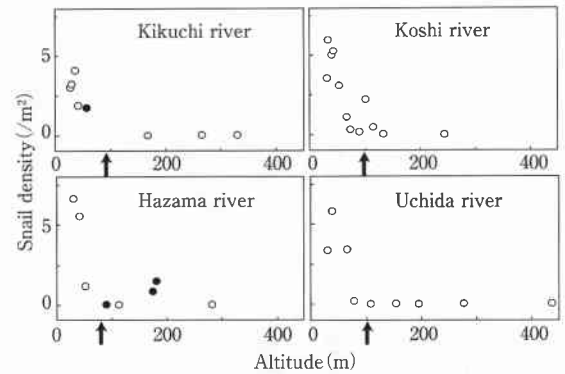


Fig. 2. Relationship between snail density and distance from the site 1 (see Table 1). Densities at the sites where snails were introduced artificially first in between 1998 and 2000 are indicated by closed marks. Bars indicate the area where the first discontinuity of rice field distribution from the site 1 occurred with the presence of water falls in each river.

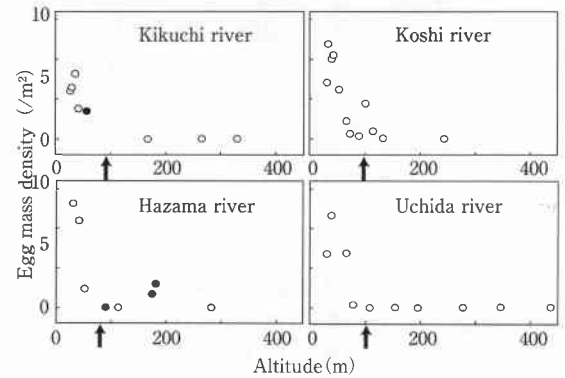


Fig. 3. Relationship between egg mass density and distance from the site 1 (see Table 1). Densities at the sites where snails were introduced artificially first in between 1998 and 2000 are indicated by closed marks. Bars indicate the area where the first discontinuity of rice field distribution from the site 1 occurred with the presence of water falls in each river.

受けたが、河川間で異なることはなかった（水田分布, $F_{1, 30} = 34.751$, $P < 0.001$; 河川, $F_{1, 30} = 0.297$, $P = 0.827$; 水田分布と河川の相互作用, $F_{3, 30} = 0.855$, $P = 0.475$)。貝卵塊比率に河川は有意な影響を与えていなかった（河川, $F_{3, 30} = 1.746$, $P = 0.190$)。水田分布の影響及び河川と水田分布の相互作用は有意であった（水田分布, $F_{1, 20} = 19.161$, $P < 0.001$; 相互作用, $F_{3, 20} = 12.766$, $P < 0.001$)。

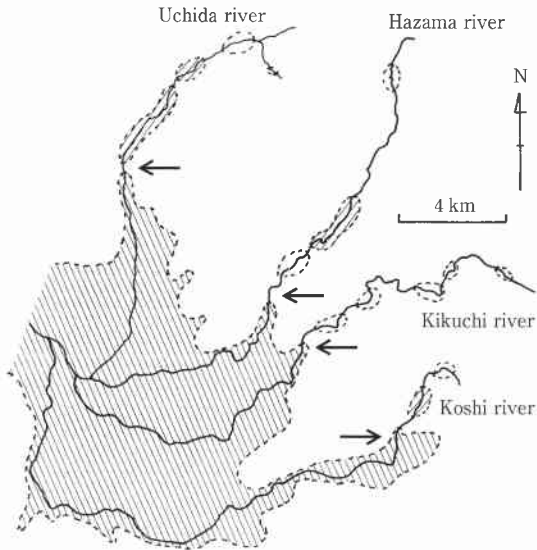


Fig. 4. Distributions of rice fields and snails in the studied area, respectively, indicated by hatching and broken lines. Arrows denote the across-point of individual rivers with a contour line of 100 m in altitude.

考 察

スクミリングガイの分布密度は、熊本県菊池郡の菊池川流域では、標高約100mで大きく異なっていた (Figs. 1-3)。この付近は、平地から上流側へと連続して分布する水田が最初に途切れる第一不連続点にはほぼ一致していた (Fig. 4)。不連続点より上流で貝の分布が確認された迫間川の全ての地点では、付近の農家の人の話から、1998年以降に貝が人為的に導入されたことが明らかとなった。従って、1997年以前は第一不連続点がこの貝の分布上限となっていたはずである。第一不連続点の存在により、どのように貝の分布が限定されたか以下で考えてみたい。

標高の増加により貝と卵塊密度が低下する (Fig. 2) のは、標高変化に伴う気温の変化、または上流側での水質による影響が考えられる。しかし、標高差100mによる気温差は0.55℃程度であり、不連続点下流で高い密度で棲息したこの貝が、100m付近で棲息できないとはこの貝の持つ低温耐性 (大矢ら, 1987; 兼島ら, 1987; 清田・奥原, 1987; 小沢・牧野, 1989b; 近藤・田中, 1991) から考えにくい。また、この付近を境として、水質が大きく変わることも考えにくい。従って、標高差による気温または水質の条件変化によっては、本研究での貝の分布制限を説明できないであろう。

Table 2. Densities of apple snails, egg masses and ratios of egg mass to snail density (mean \pm 1 SD) in areas lower or upper from the lowest discontinuous point of rice fields (Area) or along four local rivers, Kikuchi, Koshi, Hazama and Uchida (River).

River	n	Snail density (/m ²)	Egg density (/m ²)	Egg to Snail ratio ¹⁾
Area				
Kikuchi				
Lower	5	2.78 \pm 0.97	5.40 \pm 2.39	1.90 \pm 0.47
Upper	3	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	n/a
Koshi				
Lower	10	2.69 \pm 2.18	3.21 \pm 3.36	1.16 \pm 0.63
Upper	2	0.01 \pm 0.01	0.04 \pm 0.06	7.00(1)
Hazama				
Lower	4	3.33 \pm 3.21	4.54 \pm 4.16	1.65 \pm 0.47
Upper	4	0.60 \pm 0.74	0.89 \pm 1.19	1.42 \pm 0.33 (2)
Uchida				
Lower	4	3.18 \pm 2.28	5.56 \pm 3.92	1.77 \pm 0.37
Upper	6	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.02	4.00(1)

¹⁾ Localities with zero snail density were excluded and the number of localities included is in parentheses.

一方、流速と水田の不連続はスクミリングガイの分布を制限すると考えられる。市瀬ら (2000) は、50cm/sec以上の流速の場所では、貝が殆ど棲息しなくなることを報告している。水平距離に対して標高の変化が大きく傾斜度が増せば流速も増大し、ある傾斜度以上となった場所を超えて貝が上流に分布拡大をすることはできなくなるであろう。しかし、この貝は水田間の畦を越えて移動するので (小沢・牧野, 1989a)、このような場所に水田があれば、水田を通じての分布拡大は可能となる。逆に、河川や水路を通じて分布が拡大することは可能である (小沢・牧野, 1989a) ので、水田の分布が途切れても、河川または水路が通じていれば、上流に分布が広がっていく可能性はある。本研究では、調査地点に於ける流速の測定は行わなかったため、貝の分布と流速の関係については不明である。しかし、第一不連続点付近にはどの河川においても滝が存在しており、その付近では流速が増大しているであろう。従って、第一不連続点での標高が急激に変化することによる流速増大と水田の不連続がともに起こって、この貝の分布拡大を阻止してきた可能性は高い。ただし、貝、卵塊密度はともに、不連続点より下流側では、標高と負の直線関係にあるようにも見える。これは、より上流側での水質または気象条件が、貝に何らかの影響を与えているためかもしれない。

水質の貧栄養化による産卵量低下により (Lacanilao,

1990), 上流地域では貝, 卵塊密度とも低く, 貝当たりの産卵量がより低くなることが予想された。本研究では卵塊重量を測定していないため正確な産卵量は不明である。しかし, 卵塊密度を用いることにより, 貝あたりの産卵量は貝卵塊密度比により近似されよう。上流側での水の貧栄養化による貝への影響の予想は, 貝と卵塊密度で一致していた (Table. 2)。しかし, 貝卵塊密度比率は上流側でより高くなっており, 予想と逆であった。しかも, 河川と水田分布との相互作用が有意であったことから, 河川間によって不連続点を挟んでその比率の変化が異なっていることが示された。貝卵塊比率の第一不連続点上下流側での逆転は, 侵入後の経過年数と, 貝の侵入地に於ける戦略と関係しているかもしれない。

貝の導入から2年経っていた追間川の地点26と27では貝密度が比較的高く (Fig. 2), 調査地の殆どの水田で貝と卵が発見され, 貝卵塊密度比率は下流側と殆ど差がなかった。一方, 合志川と内田川上流の地点19と33, 36では, 貝密度, 卵塊密度も追間川に比べ低く, 貝または卵の発見された水田は, 各調査地点でごく一部にかたまって存在していただけであった (それぞれ2/36, 2/45, 2/66)。これらの地点では貝卵塊密度比率が下流側に比べ高くなっていった。生物の増殖率は飽和状態に達するまで高い増殖率を示し, そこに至ると低下することが知られている。これを本調査に当てはめると, 追間川での調査地点では2回の越冬を経て, 貝個体群は飽和状態に達したかそれに近く, 合志川と内田川では導入されたばかりで, 飽和状態から遠かったのではないだろうか。そうであるならば, 2001年以降, 合志川と内田川での貝卵塊密度比率は下がる一方, 貝の分布する水田が増加すると予想される。これが一般化されるならば, 貝が初めて導入された地域では, 翌年に貝の分布する水田が非常に多くなるであろう。

摘 要

熊本県の菊池川, 合志川, 追間川, 内田川の合流点より上流側に2-4 km おきに調査地点を設定した。各調査地点でこれら河川沿いの水田を10筆以上選び, 貝密度と卵塊密度の推定を行い, 貝の分布密度とそれに影響を及ぼす地形要因の抽出を試みた。調査地点数は38, 調査水田は, 計2060筆であった。

1. 貝は, 標高ほぼ100m 程度のところまで高い密度で分布していたが, これ以上のところでは, どの河川流域でも貝が殆ど若しくは全く分布していなかった。この地

点は, 合流点より上流側に10-20km 遡った地点である。
2. 標高100m 以上の地点で貝が存在する場所は, 人為的もしくは偶発的に貝が導入されていた。従って, この貝の自然分布の限界は, 標高100m 付近にあることが示唆された。

3. 貝の自然分布限界付近では, 合流点より続く水田が一旦途切れる水田分布不連続点となっていた。そのような場所の河川には滝が存在しており, その付近の河川の流速は早くなっていると考えられた。

4. 貝は, 標高100m 付近での水田分布不連続と流速の増大により, より上流側へ分布を拡大することができない, と考えられた。

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 (1989) スクミリングガイの発生と分布拡大。植物防疫 43: 497-501.
- 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。九病虫研会報 46: 78-84.
- 兼島盛吉・山内昌治・黒住泰耐二 (1987) スクミリングガイの発育に及ぼす飼育温度と密度の影響。九病虫研会報 33: 110-112.
- 清田洋次・奥原国英 (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消長と越冬について。岡山農試研報 9: 39-42.
- Lacaniño, F. (1990) Reproduction of the golden apple snail (Ampullariidae): Egg mass, hatching, and incubation. Phil. J. Sci. 119: 95-105.
- 宮原義男・大矢慎吾・平井剛夫 (1986) 九州地域における水稲などを加害するラブラタリングガイの生態的防除に関する緊急調査研究。九州農業試験場, pp. 33.
- 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グガイの越冬。応動昆 31: 206-212.
- 小沢朗人・牧野秋雄 (1989a) スクミリングガイの生態と防除。植物防疫 43: 502-505.
- 小沢朗人・牧野秋雄 (1989b) 静岡県に於けるスクミリングガイの越冬実態。静岡農試研報 33: 65-77.
- 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.