

熊本県沿岸域の巻貝における環境ホルモンの影響評価 (第5報)

- 教材に適したイボニシの採取時期と場所 (2) -

島田秀昭・田中智文・今村順茂*¹・中田晴彦*²

Effects of Environmental Hormones on Rock Shells Collected from Kumamoto Coastal Waters (V): Suitable Period and Points for Collection of Rock Shells Used as Teaching Materials (II)

Hideaki SHIMADA, Tomofumi TANAKA, Yorishige IMAMURA *¹ and Haruhiko NAKATA *²

(Received October 1, 2008)

Previously, we reported that the practice using rock shells is useful for environmental education. In the practice, the precise distinction of the sex of rock shells is very important. Thus, in the present study, to obtain the information about a suitable period for collection of rock shells inhabiting in Kumamoto harbor, we examined the maturity of their ovary. The maturity of the ovary in female rock shells was observed during periods from end of May to the beginning of September. Furthermore, since a high occurrence of imposex was newly found in a several harbor of Kumamoto coastal waters, it is likely that the contamination of organotin compounds still remains at hazardous levels in the harbor.

Key words : environmental education, teaching material, rock shell, environmental hormone

はじめに

1960年代の半ばから船底防汚塗料などとして広く世界中で使用されてきた有機スズ化合物は、海洋環境への負荷が大きいことから、現在では多くの国でその製造および使用が規制されている。本化合物は海洋に生息するイボニシなどの巻貝に作用し、雌に雄の生殖器官が形成されるインポセックスと呼ばれる生殖異常を引き起こすことが知られている¹⁾。1990年から1996年にかけて日本各地の沿岸において行われた調査結果によると、インポセックスを発現したイボニシは97地点中94地点で観察され、全国的な汚染の実態が明らかになった¹⁾。また、熊本県においても2001年に行われた調査では、港湾周辺のイボニシを中心に高い頻度で生殖異常が観察された²⁾。しかしその後、2004年から2006年にかけて熊本県沿岸で行われた調査では、インポセックスを発現したイボニシの個体数は年々減少する傾向が認められ、有機スズ化合物による海洋汚染の終息が窺えた³⁻⁵⁾。ところが昨年、新たに調査した港において、高い割合でインポセックスの発現が認められ、有機スズ化合物による海洋汚染が未だ継続

している様子が明らかとなった⁶⁾。

これまで我々は、イボニシの生殖異常の調査と平行して、小中学校における環境教育教材としてのイボニシの有用性について検討してきた。その結果、イボニシのインポセックスを調べる実験は、試料採取が容易なことや、異常が肉眼で観察できることに加え、高度な技術や特殊な器具を必要としないことから、環境教育教材として有用であると考えられた。実際、小中学校や自然体験学習会などにおいて行った授業実践では、多くの児童・生徒がイボニシを用いた実験に強い興味・関心を示した^{3, 7-11)}。さらに、この実験を通して児童・生徒は、化学物質による海洋汚染を身近な問題として認識し、自然保護の意識が高まった様子が見られたことから、イボニシは環境教育を行う上で有用な教材であることがわかった^{3, 7-11)}。

実験に用いるイボニシは、雌雄の判別が容易となる繁殖期に採取しておく必要がある。この理由としては、繁殖期を迎えた雌のイボニシは、生殖腺の色が鮮やかな黄色を示し、小中学生でも簡単に雌雄を判別することが可能なためである。しかし、熊本県沿岸においてイボニシの産卵期を詳細に調査した例は少なく、その

*¹ 熊本大学大学院医学薬学研究部

*² 熊本大学大学院自然科学研究科

実態は明らかになっていない。また、有機スズ化合物による海洋汚染は全国的に低減しているものの、現在でも小規模な漁港を中心に重度な汚染の存在が報告されている¹²⁾。熊本県内には小規模の漁港が多数存在し、その場所の巻貝を対象に調査を行えば、有機スズ化合物による新たな汚染実態が把握できる可能性がある。さらに、この種の情報は、学校現場の教員がイボニシを教材にした環境教育を行う際に有効に利用されることが期待できる。

そこで本研究は、イボニシの採取に適した時期を把握するため、昨年と同様にサンプリング場所を熊本港に設定し、雌の卵巣の成熟度を経時的に調べた。さらに、熊本県沿岸におけるイボニシの生殖異常の現状調査とインボセックスを発現した試料の採取可能な場所を見出すため、県内の港湾において本巻貝の生殖異常調査を行った。

実験方法

1) イボニシの採取時期の検討

2008年3月から9月にかけて、熊本港において約2週間おきにそれぞれ20～29個体のイボニシを採取した。試料間のサイズにバラツキが生じないように、殻高が30 mm前後のものを選んで採取し、実験に用いるまで-20℃で保存した。試料は、殻高、殻幅および重量を測定後、プライヤーを用いて殻を破壊し、生殖腺の色が黄色の個体を雌、ペニスをもつ個体を雄とした。また、生殖腺の色が黄色を示さず、ペニスのない個体は雌雄不明と判定した。

2) イボニシの生殖異常調査

7月23～25日にかけて熊本港、三角港、合津、中田港、牛深港、城川内港、出水港、水俣港、佐敷港および田浦港より、それぞれ3～30個体のイボニシを採取した。さらに7月31日に串港において湾内4地点と湾外1地点より、それぞれ21～28個体のイボニシを採取した。試料の採取地点を図1に示す。試料はほぼ同一サイズのものを選択し、実験に用いるまで-20℃で保存した。前述のように、生殖腺の色が鮮やかな黄色のものを雌とし、これにペニスを観察された個体をインボセックスと判定した。

結果と考察

本年3月から9月にかけて熊本港で採取したイボニシの性別ならびに各種計測値を表1に示す。調査を開始した3月6日では、ペニスがなく雌と思われる全ての個体において卵巣の成熟は全く認められなかった。また、4月3日および16日でも成熟雌の割合はそれぞれ15%および33%であった。しかし、5月に入ると、1日では67%の雌が成熟を示し、その2週間後の15日では92%、さらに29日の段階ではすべての雌が性成熟に達していた。この高い成熟率は9月4日まで認められたが、9月17日には83%と減少し始めた。昨年の調査では、5月2日の調査開始時点において成熟雌の割合はすでに100%に達していたが⁵⁾、一昨年の調査では、5月30日に93%の雌が成熟を示し、採取したすべての雌に卵巣の成熟が認められたのは6月12日であった⁵⁾。また、一昨年の調査では、採取したすべての雌に卵巣の成熟が認められたのは8月26日までであり、9月13日では成熟雌の割合は30%と著しく減少した⁵⁾。しかし、昨年の調査では今年の場合と同様に、9月20日においても成熟雌の割合は75%と比較的高い値を示した⁶⁾。これらの差異を生じる原因としては、各年の海水温や気候の変化などによることが考えられるが、詳細については現段階では不明である。

最近3年間のデータをまとめると、熊本港におけるイボニシの雌は5月から6月にかけて完全な成熟を示し、この高い性成熟は9月上旬まで継続することがわかった。したがって、熊本県の教師がイボニシを用いた授業を行う場合には、試料採取を5月中旬から9月上旬にかけて行うことが望ましいと考えられるが、より正確な採取時期を把握するためには継続的な調査が必要である。

3月から9月にかけて採取したイボニシの雄の平均ペニス長を比較したところ、9月17日に採取したイボニシの平均ペニス長は4.7 mmであり、それ以前に採取したものと比較して明らかに小さな値を示した(表1)。この現象は昨年と一昨年の調査においても認めら

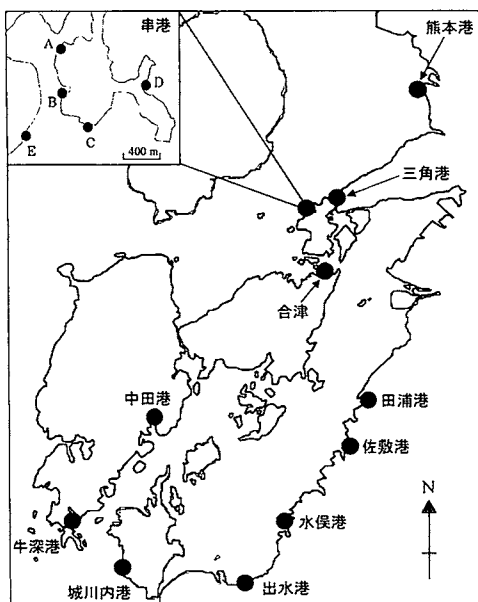


図1 試料の採取地点

表1 熊本港におけるイボニシの採取日、性別、試料数および各種計測値

採取日	性別*	試料数	殻高 (mm)	殻幅 (mm)	重量 (g)	ペニス長 (mm)
3月 6日	♂	9	34.7 ± 1.8	19.4 ± 0.7	5.3 ± 0.5	11.4 ± 2.4
	♀	0	—	—	—	—
	不明	11	35.4 ± 2.9	20.7 ± 1.4	6.1 ± 1.7	—
3月20日	♂	15	32.8 ± 2.2	19.0 ± 1.2	4.9 ± 0.7	11.7 ± 2.7
	♀	0	—	—	—	—
	不明	12	31.5 ± 2.7	19.3 ± 1.0	4.6 ± 0.8	—
4月 3日	♂	11	32.8 ± 2.5	18.7 ± 1.2	4.6 ± 0.8	10.8 ± 2.9
	♀	2	34.7 ± 2.4	19.7 ± 0.1	5.5 ± 0.9	—
	不明	11	33.4 ± 2.5	19.9 ± 2.3	5.4 ± 1.2	—
4月16日	♂	14	33.7 ± 1.4	19.4 ± 0.9	5.2 ± 0.8	10.4 ± 1.6
	♀	4	35.8 ± 1.5	20.3 ± 0.4	6.6 ± 0.6	—
	不明	8	33.7 ± 3.3	19.7 ± 1.9	5.3 ± 1.5	—
5月 1日	♂	11	33.3 ± 1.9	19.6 ± 1.5	5.3 ± 1.0	11.7 ± 2.9
	♀	10	33.0 ± 2.2	19.4 ± 1.6	5.4 ± 1.0	—
	不明	5	34.3 ± 2.0	20.6 ± 0.9	5.9 ± 0.7	—
5月15日	♂	11	33.1 ± 1.5	18.9 ± 1.0	5.3 ± 0.8	12.4 ± 2.5
	♀	12	33.7 ± 2.5	19.0 ± 1.3	5.6 ± 1.2	—
	不明	1	31.8	19.0	4.4	—
5月29日	♂	14	31.4 ± 1.8	18.9 ± 1.1	4.5 ± 0.8	13.0 ± 2.8
	♀	11	32.3 ± 2.0	19.7 ± 0.9	5.1 ± 0.8	—
6月12日	♂	12	33.6 ± 1.9	20.1 ± 0.9	5.6 ± 0.9	13.7 ± 2.2
	♀	13	33.3 ± 2.3	19.4 ± 1.3	5.3 ± 0.9	—
6月27日	♂	13	32.9 ± 1.9	19.0 ± 0.9	5.4 ± 0.8	16.2 ± 2.2
	♀	16	34.6 ± 2.5	21.0 ± 1.8	6.2 ± 1.3	—
7月10日	♂	7	32.5 ± 2.7	19.8 ± 2.2	5.3 ± 1.4	15.1 ± 1.7
	♀	19	34.8 ± 3.7	20.4 ± 2.0	6.1 ± 1.0	—
7月23日	♂	15	33.5 ± 2.3	19.8 ± 1.1	4.8 ± 0.6	13.1 ± 1.1
	♀	13	33.1 ± 1.7	20.0 ± 1.4	5.2 ± 0.8	—
8月 6日	♂	12	33.9 ± 1.8	19.6 ± 1.1	4.8 ± 0.9	14.8 ± 3.5
	♀	12	33.1 ± 3.5	19.7 ± 1.9	5.3 ± 1.8	—
8月21日	♂	12	31.8 ± 3.0	19.2 ± 2.1	4.5 ± 1.3	15.1 ± 2.0
	♀	11	33.6 ± 2.9	19.9 ± 1.5	5.3 ± 1.2	—
9月 4日	♂	12	32.0 ± 1.6	18.9 ± 1.0	4.5 ± 0.8	10.4 ± 2.8
	♀	13	32.1 ± 2.4	19.4 ± 1.6	4.8 ± 0.8	—
9月17日	♂	12	34.5 ± 2.6	20.1 ± 1.7	5.5 ± 1.1	4.7 ± 0.7
	♀	10	33.7 ± 2.0	20.3 ± 1.5	5.3 ± 1.0	—
	不明	2	35.1 ± 2.1	20.6 ± 1.8	5.9 ± 0.5	—

* ♂はオス様個体を示す

表2 イボニシの採取地点, 性別, 試料数, 各種計測値ならびにインポセックス関連データ

採取地点	性別*	試料数	殻高 (mm)	殻幅 (mm)	重量 (g)	ペニス長 [†] (mm)	インポセックス 出現率(%)
熊本港	♂	15	33.5 ± 2.3	19.8 ± 1.1	4.8 ± 0.6	13.1 ± 1.1	—
	♀	13	33.1 ± 1.7	20.0 ± 1.4	5.2 ± 0.8	—	0
三角港	♂	13	26.5 ± 3.2	17.6 ± 1.7	3.3 ± 1.1	13.4 ± 2.9	—
	♀	17	27.9 ± 3.5	18.1 ± 1.9	4.1 ± 1.3	0.5 ± 0.0	18
串港 A	♂	10	33.4 ± 4.2	21.1 ± 3.3	5.2 ± 1.4	16.9 ± 2.0	—
	♀	11	33.9 ± 3.0	20.8 ± 1.8	5.9 ± 1.4	5.8 ± 2.0	100
B	♂	12	32.0 ± 3.9	19.5 ± 2.1	4.8 ± 1.9	13.1 ± 3.3	—
	♀	11	32.1 ± 4.2	20.1 ± 2.5	5.6 ± 2.0	4.9 ± 2.0	91
C	♂	9	28.8 ± 2.4	18.5 ± 1.2	4.2 ± 1.0	14.2 ± 2.9	—
	♀	15	32.6 ± 3.8	20.0 ± 1.8	5.4 ± 1.5	6.6 ± 1.5	100
D	♂	16	34.4 ± 3.5	21.1 ± 1.9	7.0 ± 1.9	18.0 ± 3.6	—
	♀	12	33.7 ± 2.6	20.5 ± 1.7	6.4 ± 1.3	6.0 ± 1.5	92
湾外 E	♂	8	33.5 ± 2.8	20.7 ± 1.8	5.8 ± 1.4	19.0 ± 3.1	—
	♀	15	34.2 ± 3.6	20.5 ± 1.8	5.7 ± 1.6	—	0
合津	♂	6	27.6 ± 1.9	18.5 ± 1.7	3.3 ± 0.7	13.5 ± 1.8	—
	♀	10	28.0 ± 1.9	18.5 ± 1.3	4.0 ± 1.1	—	0
中田港	♂	13	24.3 ± 2.7	14.0 ± 1.9	2.4 ± 0.7	8.0 ± 3.2	—
	♀	15	23.3 ± 2.9	14.3 ± 1.0	2.8 ± 0.5	—	0
牛深港	♂	12	27.8 ± 4.9	19.2 ± 3.8	4.4 ± 2.5	17.3 ± 3.0	—
	♀	18	27.6 ± 5.0	18.2 ± 3.2	4.3 ± 2.3	1.9 ± 1.4	50
城内川内港	♂	9	18.1 ± 2.0	11.6 ± 1.1	1.1 ± 0.2	7.8 ± 2.4	—
	♀	7	19.8 ± 1.6	12.4 ± 1.1	1.5 ± 0.4	5.0 ± 0.2	43
出水港	♂	0	—	—	—	—	—
	♀	3	21.0 ± 6.3	14.2 ± 4.7	2.0 ± 2.2	6.1 ± 1.8	67
水俣港	♂	1	21.0	14.6	1.7	9.0	—
	♀	2	29.5 ± 0.1	19.7 ± 0.4	4.6 ± 0.2	11.0 ± 2.9	100
佐敷港	♂	12	21.8 ± 4.0	14.4 ± 2.9	1.8 ± 1.3	9.0 ± 2.9	—
	♀	7	21.7 ± 4.5	14.4 ± 3.4	1.9 ± 1.3	4.9 ± 0.9	100
田浦港	♂	8	20.3 ± 3.7	14.2 ± 2.2	1.5 ± 0.6	8.3 ± 2.1	—
	♀	7	21.5 ± 4.9	14.0 ± 3.5	1.7 ± 1.3	—	0

* ♂はオス様個体を示す. † メスの値はインポセックスが観察された個体のみを示す.

れており^{5, 6)}、これは巻貝の産卵時期がほぼ終了したことで、雌の生殖腺の色が変化したのと同様に、雄の生殖腺にも変化を生じた可能性が考えられた。一方、殻高や重量などその他の計測値においては、採取時期による顕著な差異は見られなかった。

次に、熊本港、三角港、串港、合津、中田港、牛深港、城川内港、出水港、水俣港、佐敷港および田浦港の11地点においてイボニシの生殖異常の調査を行った(表2)。今回調査した11地点のうち、三角港、串港、牛深港、城川内港、出水港、水俣港および佐敷港の7地点においてインボセックスのイボニシが確認された。昨年と一昨年の調査では、三角港および水俣港におけるイボニシのインボセックス出現率はいずれも0%であったが^{5, 6)}、今年の調査では、三角港では18% (17個体中2個体)、水俣港では100% (2個体中2個体)であった。これらの中で、三角港のインボセックス2個体はいずれも偽ペニス長は痕跡程度(0.5mm)であったが、水俣港の2個体の偽ペニス長はそれぞれ9.0mmおよび13.1mmと著しく大きく、これは熊本県沿岸で未だ有機スズ化合物による深刻な汚染が継続している可能性を示唆している。

今回4年ぶりに調査した牛深港では、50%のインボセックス出現率(平均偽ペニス長:1.9mm)が確認された。2004年の調査においても57%のインボセックス出現率(平均偽ペニス長:1.6mm)であったことから³⁾、本港でも程度は小さいものの未だ汚染が継続している可能性が考えられた。

昨年の調査において新たに調査地点に加えた串港では、イボニシのインボセックス出現率は著しく高く、本港においては未だ有機スズ化合物による汚染が継続している可能性が考えられた⁶⁾。そこで今年も串港に生息するイボニシについて詳細な調査を実施した。試料の採取は、図1に示すように湾内A~Dの4地点と、対照として湾外E地点の計5地点で行った。その結果、表2に示すように湾内の4地点すべてにおいて90%以上の高いインボセックス出現率が観察された。また、湾外のE地点ではインボセックスの個体は確認されなかった。昨年の調査結果でも、A~Dのすべての地点において90%以上の高いインボセックス出現率が観察されており、本港の有機スズ化合物による深刻な汚染影響の実態が改めて確認された。

これまで熊本県内沿岸域における巻貝の生殖異常は、次第に収束する様子が見られることを報告してきたが^{4, 5)}、昨年と今年の調査結果から、県内においても未だ巻貝の生殖異常が高頻度で観察される場所が幾つか存在することが明らかとなった。今回新たにインボセックスが確認された港や再度その存在が明らかになった港においては、今後もモニタリング調査を継続

する必要がある。

まとめ

2008年3月から9月にかけて、約2週間おきに熊本港よりイボニシを採取し、雌の成熟時期に関する調査を昨年に引き続き行った。その結果、今年は5月下旬から9月上旬に採取したすべての雌のイボニシに卵巣の成熟が認められた。最近3年間のデータから、熊本港におけるイボニシの雌は5月から6月にかけて完全な成熟を示し、この高い性成熟は9月上旬まで継続することがわかった。したがって、熊本県の教師がイボニシを用いた授業を行う場合には、試料採取を5月中旬から9月上旬にかけて行うことが望ましいと思われる。

熊本県沿岸の11地点においてイボニシの生殖異常調査を行った。その結果、今年から新たに調査地点に加えた3地点を含む7地点において生殖異常(インボセックス)が認められ、有機スズ化合物による汚染が未だ継続している様子が明らかとなった。学校現場においてイボニシを用いた授業実践を行う場合、正常な個体のみで行うよりも生殖異常の個体も用いた方がよりインパクトのある授業になるものと思われる。県内において高頻度でインボセックスが観察される場所が他にも存在することが予想されるため、今後もモニタリング調査を継続する必要がある。

参考文献

- 1) 堀口敏宏. 有機スズ化合物と海産巻貝類の生殖異常. 科学 68, 546-551 (1998).
- 2) 中田晴彦, 小林悟, 平山結加里, 境泰史. 有明海沿岸の貝類を用いた有機塩素化合物, 多環芳香族炭化水素および有機スズ化合物の汚染モニタリングとトリブチルスズによる巻貝生殖器官への影響. 日本水産学会誌 70, 555-566 (2004).
- 3) 島田秀昭, 楠本功一, 中村恭介, 中田晴彦. 熊本県沿岸域の巻貝における環境ホルモンの影響評価とその環境教育教材としての有用性. 熊本大学教育学部紀要 自然科学 53, 45-50 (2004).
- 4) 島田秀昭, 吉本真紀, 中田晴彦, 楠本功一, 今村順茂. 熊本県沿岸域の巻貝における環境ホルモンの影響評価(第2報) - 環境教育教材としての情報収集 -. 熊本大学教育学部紀要 自然科学 54, 99-102 (2005).
- 5) 島田秀昭, 上村 彩, 今村順茂, 中田晴彦. 熊本県沿岸域の巻貝における環境ホルモンの影響評価(第3報) - 環境教育の教材として用いるイボニシの採取時期について -. 熊本大学教育学部紀要 自然科学 55, 15-18 (2006).
- 6) 島田秀昭, 松田幸喜, 今村順茂, 中田晴彦. 熊本県沿岸域の巻貝における環境ホルモンの影響評価(第4報) -

- 教材に適したイボニシの採取時期と場所－熊本大学教育学部紀要 自然科学 56, 47-51 (2007).
- 7) 島田秀昭, 川辺理恵, 楠本功一, 中村恭介. 有明海の巻貝を利用した環境教育実践から生じた問題点とその改善策の検討. 理科の教育 54, 634-637 (2005).
- 8) 島田秀昭, 鳴海里加. イボニシを用いた環境教育に関する研究. 熊本大学教育学部紀要 自然科学 55, 19-22 (2006).
- 9) 島田秀昭, 田中 均, 高濱秀樹, 牧野治俊, 土田 理, 平井正則. イボニシを用いた「海辺の環境教育」の実践－九州の教育系4大学 第1回無垢島自然体験学習会より－. 平成18年度日本理科教育学会九州支部大会 発表論文集 第34巻, p. 95-96 (2006).
- 10) 田中 均, 島田秀昭, 土田 理, 高濱秀樹, 牧野治俊, 平井正則, 原尻育史郎, 山下俊雄. 九州の教育系4大学が合同で取り組む自然体験学習会－大分県津久見市無垢島での取り組み－. 日本理科教育学会第57回全国大会発表論文集 第5号, p335 (2007).
- 11) 島田秀昭, 田中 均, 鳴海里加, 林 智洋, 本多栄喜, 坂口静磨, 薬師寺光, 上田陽一郎. 熊本大学教育学部が取り組む地域連携事業－熊本県球磨郡の小・中学校における地学および環境教育実践－. 日本理科教育学会第58回全国大会発表論文集 第6号, p.
- 12) 高尾雄二, 桑原和子, 李政勲, 福田真弓, 大園明寛, 征矢野清, 長江真樹, 高良真也, 有蘭幸司. 漁港底質から高頻度で検出される高濃度有機スズ化合物. 第16回環境化学討論会講演要旨集 88-89 (2007).