

## イボニシに関する有機スズ化合物の影響(2001 ~ 2005)

浦 伸孝 ・ 田中 良徳 ・ 石崎 修造

Effects of Organotin Compounds in *Thais clavigera*

Nobutaka URA , Yoshinori TANAKA , Syuzo ISHIZAKI

Organotin compounds (TBT and TPT) are known to cause in rock shells, *Thais clavigera*.

Then, a local survey on organotin pollution and its effect to *Thais clavigera* was carried out at whole area in Nagasaki prefecture from 2001 to 2005. The results were summarized as follows.

1. The rock shells samples were collected at 38 stations along the Nagasaki prefecture coast from 2001 to 2002.
2. Imposex was found in 36 stations whereas no appearance of imposex was found in only two stations.
3. The relation was not admitted between the density of organotin in seawater and the imposex appearance rate.
4. It was confirmed that there was a positive correlation between the density of organotin in the inside of *Thais clavigera* and the imposex appearance rate, and between the density of organotin in the bottom mud and the imposex appearance rate.
5. While the secular distortion of the imposex appearance rate in its low rate point when beginning to investigate was in the decreasing tendency, it didn't change so much in its high rate point.
6. The severity of symptoms, by RPL Index, showed the tendency to lighten in the point that was the serious illness when beginning to investigate.
7. It was confirmed that *Thais claviger* of non-polluted area was also influenced sexually (as an appearance of disease of the imposex) by the exposure to organotin in the system of open.

**Key Words :** *Thais clavigera*, Imposex, Organotin compounds

キーワード: イボニシ, インポセックス, 有機スズ化合物

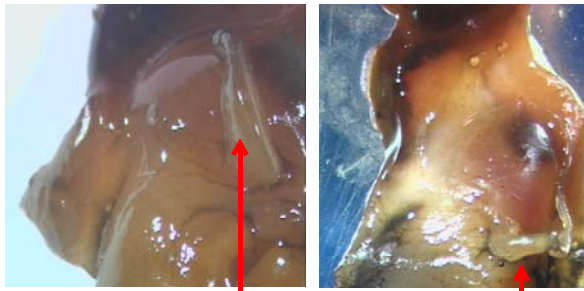
## ま え が き

船底や漁網へのフジツボ類、ホヤ類等の付着・成長を防止するために、1960年代から、有機スズ化合物が、塗料として用いられてきた。有機スズ化合物は、それまで使用されてきた亜酸化銅などに比べて安価で、効果が絶大であったため、全世界で主流の防汚塗料となっていた。しかし、塗料としての防汚効果の高さは、そのまま水生生物への毒性の高さを表すもので、近年、この有機スズ化合物による生態系への影響が現れてきている。図1は、日本全国の岩礁海岸に広く分布しているイボニシ (*Thais clavigera*) という海産巻き貝であるが、通常オスとメスは別々 (雌雄異体)



図1 イボニシ

で性転換もしない。ところが、殻をむいてオスとメスの軟体部を観察してみると、本来オスにのみ存在する生殖器官 (ペニスと輸精管) が、メスにも形成され発達している個体 (図2) が見られる



オス ペニス インボセックスのメス ペニス  
図2 イボニシのインボセックス

ようになった。このように、巻貝類のメスがオス化する現象及びその個体は、インボセックスと呼ばれ、重症になると産卵障害をも引き起こす。このような現象が見られるようになったため、1990年から堀口（独）国立環境研究所）らによる全国規模調査が行われたが、97地点の内94地点でイボニシのインボセックスが確認され、その出現率は、ほぼ100%という結果であった。この際、長崎県内では、長崎港、佐世保港、対馬で調査が実施され、全国とほぼ同様の結果であった<sup>1)~3)</sup>。イボニシのインボセックスに関与しているのは、トリブチルスズ(TBT)やトリフェニルスズ(TPT)等の有機スズ化合物だということが、室内実験で確認されており<sup>4)~5)</sup>、これは、内分泌攪乱化学物質(環境ホルモン)と生態への影響との因果関係が明確になっている数少ない事例の一つである。そのため、イボニシのインボセックス状況を調査することにより、生息地域の有機スズ汚染の程度を推測することが出来ると考えられている。

1990年に、14種類あるTBT化合物の一つビストリブチルスズ-オキド<sup>\*</sup>(TBTO)は、化審法(化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)で第1種特定化学物質に指定され、国内での製造・輸入・使用が禁止されている。また、その他の13種類のTBT化合物と7種類のTPT化合物も2種指定で、製造、輸入の事前届出までの規制が行われている。しかし、規制が開始されて10年以上経過した現在でも、有機スズによる汚染が全国的に残存していることが、各種調査で明らかになっている。

環境ホルモン問題は、特定地域の問題ではなく、不特定多数の人に影響するものであるため、基礎的知見を集積しておくことは重要である。先述の堀口らの調査で、長崎県にもイボニシのインボセックスが、

高率で存在する地点があることはわかったが、県下全域の現況及び経年動向は不明である。そこで本研究では、イボニシの形態調査、体内有機スズ濃度調査及び生息海域の水質・底質調査等を行い、これらを指標とし、県下全域の有機スズ汚染の実態を明らかにすることを目的として、調査を行ったので報告する。

## 調査概要

### 1 概況調査

県下全域でイボニシを採取し、形態調査及び水質調査を行った。

#### 1-1 調査地点

長崎県内で、本土14地点、離島24地点、計38地点(図3)

#### 1-2 調査項目

形態調査:性別、殻長、殻径、重量(殻付き、むき身)、ペニスの有無、ペニス長、相対ペニス長指数(RPL Index<sup>\*</sup>)<sup>1)~3)</sup>

$$* \text{RPL Index} = \frac{(\text{雌の平均ペニス長})}{(\text{雄の平均ペニス長})} \times 100$$

インボセックスの重症度を表す数値で、大きくなるほど重症であることを示す。

水質調査:トリブチルスズ(TBT)、トリフェニルスズ(TPT)

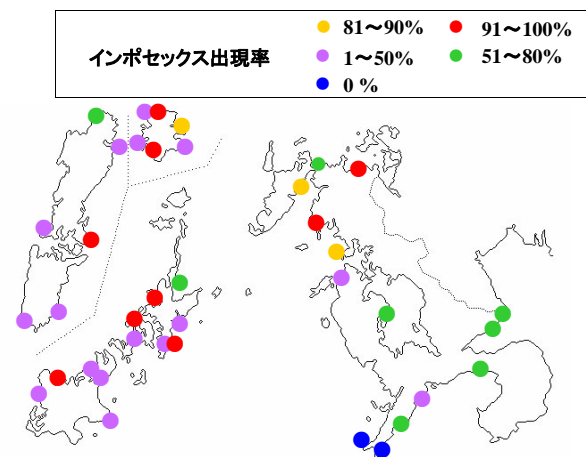


図3 概況調査地点及びインボセックス出現率

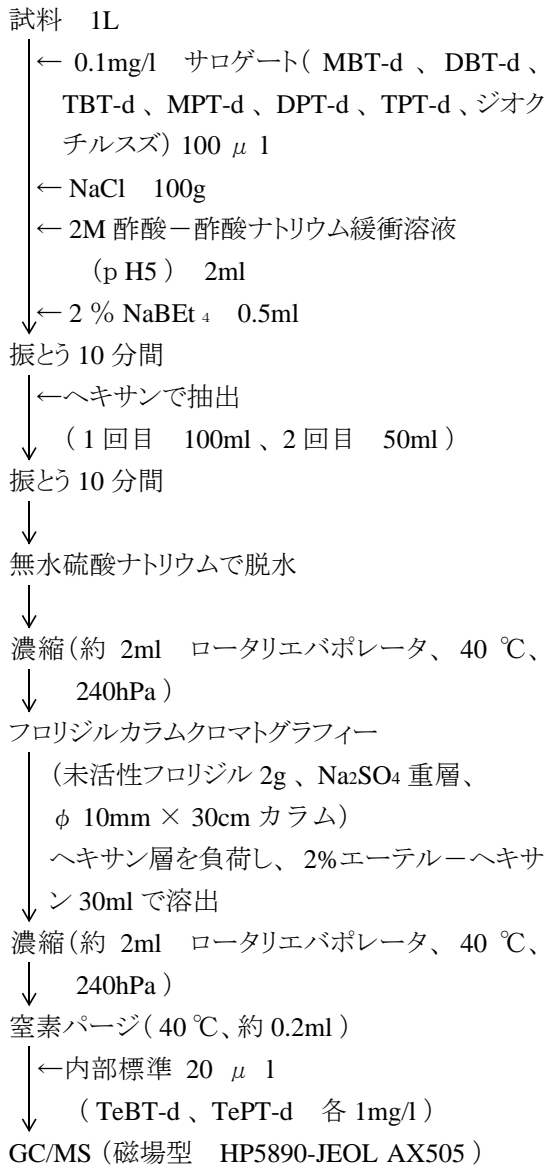
#### 1-3 分析方法

##### 形態調査

イボニシの殻を、万力、ピンセットを使用してむき、軟体部のみにする。軟体部の外套膜を切

開し、実態顕微鏡でペニスの有無を確認した後、ペニスのあるものについては、その長さを測定した。

有機スズ分析方法(水質)



2 詳細調査

概況調査で、インボセックスが高率に発生していることが確認された地点について調査を行った。

2-1 調査地点

壱岐市、対馬市、新上五島町、松浦市について、1 地点ずつ 4 地点を選定し、各地点において、直線距離 1km 以内でイボニシの採取が可能な場所を、さらに 2 ヶ所ずつ加えて、計 12 ヶ所で調査を行った。また、対照地点として、長崎市野母崎町の1地点( 2 ヶ所)でも調査を行った。ただし、体内有機スズ濃度

調査では、対照地点は 1 ヶ所のみで実施した。(図 4)

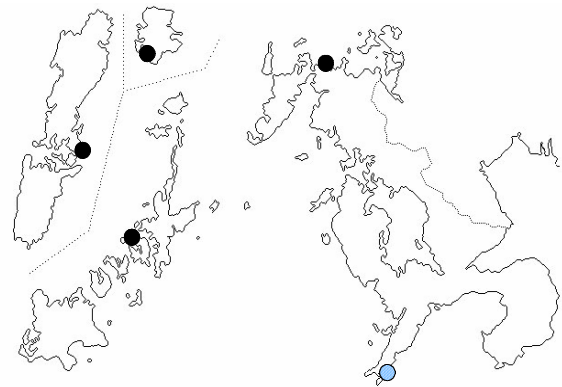


図 4 詳細調査地点(斜線のある場所は対照地点)

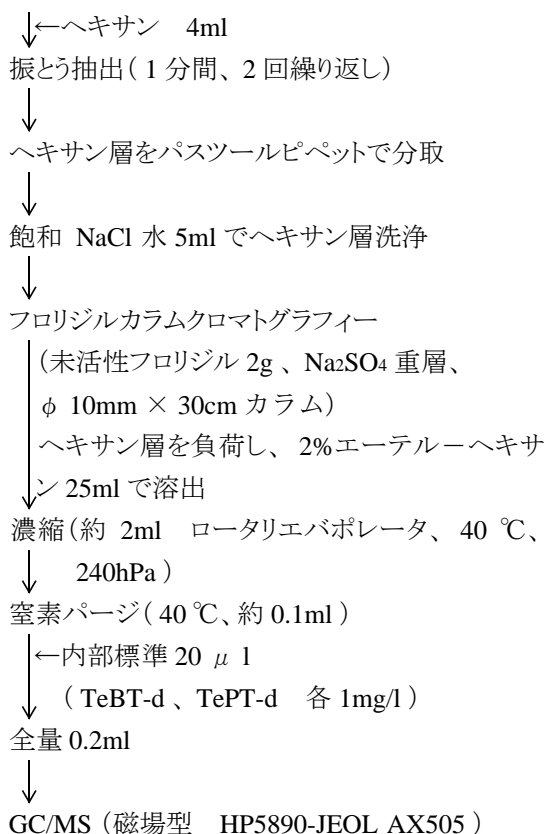
2-2 調査項目

- 形態調査:性別、殻長、殻径、重量(殻付き、むき身)、ペニスの有無、ペニス長
- 体内有機スズ濃度調査:ジブチルスズ( DBT )、トリブチルスズ( TBT )、ジフェニルスズ( DPT )、トリフェニルスズ( TPT )

2-3 分析方法

有機スズ分析方法(イボニシ体内)





### 3 底質の有機スズ濃度調査

詳細調査地点の近傍で底質を採取し、有機スズ濃度を調査した。

#### 3-1 調査地点

詳細調査地点の近傍で、底質の採取が可能であった 11 地点。(図 5)

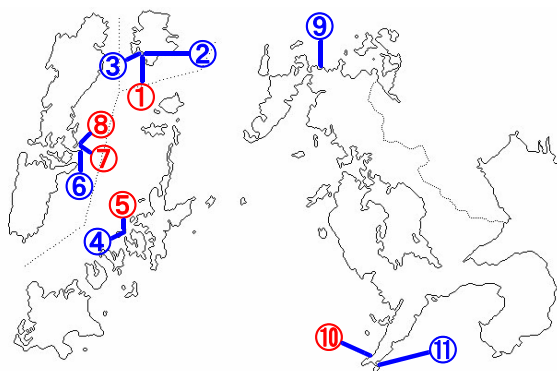


図 5 底質の有機スズ濃度調査地点  
 (赤数字の地点の結果を解析に使用)

#### 3-2 調査項目

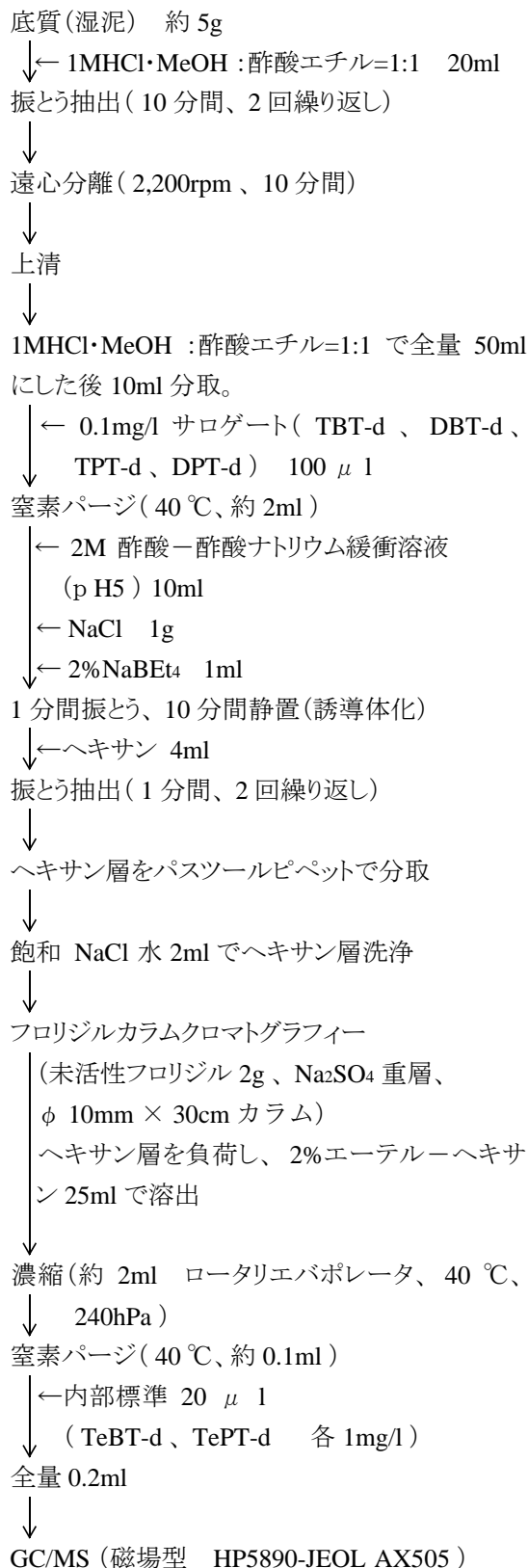
底質の有機スズ濃度調査:ジブチルスズ(DBT)、  
 トリブチルスズ(TBT)、ジフェニルスズ(DPT)、  
 トリフェニルスズ(TPT)

### 3-3 底質採取方法

船上より、エクマンバージ採泥器を用いて底質を採取した。

### 3-4 分析方法

有機スズ分析方法(底質)



#### 4 イボニシの移植実験

非汚染地域のイボニシを、インポセックスが高率に発生している地域へ移植し、有機スズに曝露することで、形態へ、どの程度の影響があるかを調査した。

非汚染地点として、詳細調査時の対照地点を選定し、この地点のイボニシで、殻長が 20 ～ 30mm の大きさのものを 100 個体採取した。この 100 個体を、50 個体ずつ 2 つのケージに入れ、インポセックス高率発生地点にて 6 及び 12 週間飼育を行い、その後形態調査を行った。飼育ケージ内には、図 6 のように石等を入れ、潮間帯に設置し、通常のイボニシの生息環境に近づけた。なお、飼育期間中には約 2 週間に 1 度、現地のムラサキイガイやマガキを、餌としてケージ内に与えた。



図 6 飼育ケージの設置状況及び内部の様子

#### 5 インポセックス状況の経年変化調査

本調査が開始された平成 13 ～ 14 年度の概況調査時と、最終年度である平成 17 年度では、県内のイボニシのインポセックスの状況は、どのように変化したのかを調査するために、概況調査でインポセックス出現率が 50 %を超えた地点について、再度形態調査を行った。

殻長 20 ～ 30mm 程度のイボニシを、1 地点につき 50 個体採取し、形態調査を行った。

なお、50 匹の個体数が得られなかった地点については、採取できた分についてのみ形態調査及び解析を行った。

##### 5-1 調査地点

長崎県内で、本土 10 地点、離島 10 地点の計 20 地点と汚染の無い対照地点 2 地点。(図 7)

##### 5-2 調査項目

形態調査:性別、ペニスの有無、ペニス長、相対ペニス長指数 (RPL Index)

#### 5-3 分析方法

形態調査: 1-3 と同様の方法で実施。

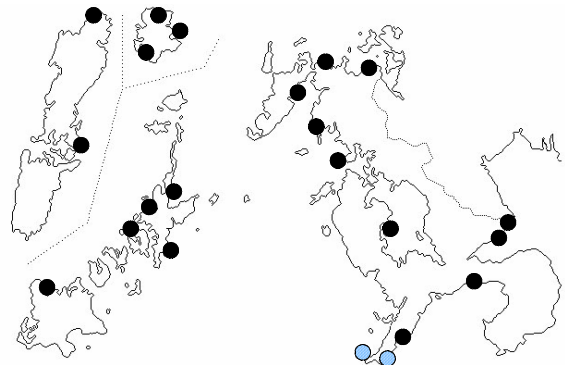


図 7 平成 17 年度イボニシ形態調査地点 (斜線のある場所は対照地点)

#### 調査結果及び考察

##### 1 概況調査<sup>6)～8)</sup>

概況調査時の形態調査の結果を、表 1 及び図 3 に示す。調査 38 地点の内、36 地点でインポセックスが確認され、長崎県においても、広範囲にわたり有機スズ汚染が存在することが確認された。また、本調査結果では、インポセックス出現率 50 %以上の地点が 20 地点、その内 100 %の地点が 6 地点あるなど、汚染度が高い地点がみられた。ただし、インポセックス出現率は 5.6 %から 100 %まで幅があり、本県の中でも、有機スズによる汚染度には、地域ごとに差があることが明らかになった。

インポセックスの状況を把握する際に、出現率と共に考慮しなければならないのは、インポセックスの重症度であるが、本研究においては、相対ペニス長指数 (RPL Index) を用いて解析を行った。RPL Index とインポセックス出現率との関係は図 8 のようになり、

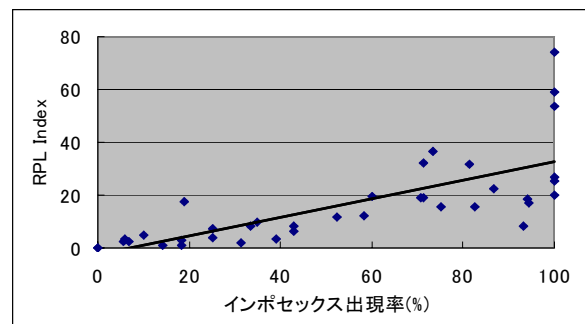


図 8 インポセックス出現率と RPL Index の関係 (概況調査)

重症度と出現率の間に正の相関があることが確認された。

また、形態調査と同時に行った、海水の有機スズ濃度調査の結果、38 地点の内 5 地点で TBT (0.8 ~ 3.1ng/l) が、また 4 地点で TPT (0.2 ~ 0.5ng/l) が検出された。この結果から、県内の海水にも、有機スズ汚染が存在していることが確認された。水槽内での曝露実験においては、1ng/l の TBT でインボセックスが誘導されるという報告<sup>4)</sup>があり、本調査でも、海水から有機スズが検出された地点においては、

71 ~ 100 %という高い出現率でインボセックスが確認された。しかし、逆にインボセックスが観察された地点において、特に出現率 100 %の地点でも、有機スズが検出されなかった地点があり、海水の有機スズ濃度とインボセックス出現率の関係は明瞭にならなかった。この原因としては、開放系の水には様々な一過性のバイアス加わることから、採取した検水が、その海域の通常時の平均的な有機スズ濃度でなかったこと等が考えられる。

表1 概況調査結果

	番号	地点名	殻高 (mm)	殻幅 (mm)	体重 (g)	軟体部 (g)	検体数	オス	メス	インボセックス (個体数)	インボセックス (%)	RPL Index	海水中の TBT濃度 (ng/l)	海水中の TPT濃度 (ng/l)
平成13年度	1	西海町・大田和	21	14	1.9	0.4	30	10	20	7	35.0	10.0	ND	ND
	2	三和町・為石	22	15	2.0	0.5	30	10	20	12	60.0	19.6	ND	ND
	3	琴海町・尾戸郷	24	16	3.1	0.6	30	13	17	12	70.6	19.1	ND	ND
	4	佐世保市・俵ヶ浦	23	15	2.0	0.6	30	15	15	13	86.7	22.4	ND	ND
	5	福江市・上崎山	23	15	2.5	0.5	30	16	14	6	42.9	6.4	ND	ND
	6	玉之浦町・丹奈郷	22	15	2.2	0.5	30	14	16	3	18.8	17.5	ND	ND
	7	新魚目町・榎津郷	25	16	2.7	0.7	30	18	12	7	58.3	12.3	ND	ND
	8	有川町・神ノ浦郷	24	17	3.0	0.7	30	8	22	4	18.2	3.1	ND	ND
	9	上五島町・続浜の浦郷	21	14	1.7	0.4	30	18	12	12	100	53.9	ND	ND
	10	勝本町・坂本舩	26	17	3.6	0.9	30	13	17	1	5.9	3.5	ND	ND
	11	石田町・筒城仲舩	24	17	2.9	0.7	30	7	23	9	39.1	3.3	ND	ND
	12	郷ノ浦町・片原舩	24	16	2.5	0.7	30	12	18	17	94.4	17.0	1.1	0.2
	13	厳原町・尾浦	25	17	3.3	0.7	30	14	16	4	25.0	7.4	ND	ND
	14	美津島町・鴨居瀬	27	18	4.2	1.1	30	12	18	18	100	25.6	0.2	ND
	15	上対馬町・五根緒	26	18	3.5	1.1	30	14	16	4	25.0	3.9	ND	ND
平成14年度	16	上県町・西津屋	25	16	2.7	0.8	31	16	15	11	73.3	36.5	ND	ND
	17	豊玉町・廻	23	15	2.6	0.7	30	12	18	6	33.3	8.3	ND	ND
	18	厳原町・豆殻	25	16	3.1	0.7	30	15	15	1	6.7	2.5	ND	ND
	19	勝本町・仲舩	22	15	2.5	0.5	30	13	17	16	94.1	18.7	ND	ND
	20	芦辺町・諸吉東舩	22	15	2.4	0.5	30	14	16	13	81.3	31.6	ND	ND
	21	郷ノ浦町・渡良東舩	24	16	2.5	0.6	31	17	14	6	42.9	8.5	ND	ND
	22	若松町・日島郷	25	17	3.3	0.8	30	12	18	18	100	26.6	1.1	0.5
	23	若松町・間伏郷	24	17	3.2	0.7	30	14	16	5	31.3	1.8	ND	ND
	24	奈良尾町・岩瀬浦郷1	23	16	3.0	0.6	30	8	22	4	18.2	0.9	ND	ND
	25	奈良尾町・岩瀬浦郷2	24	16	3.2	0.6	30	15	15	15	100	20.0	ND	ND
	26	松浦市・調川	28	17	3.8	0.8	25	11	14	14	100	58.9	—	—
	27	田平町・野田免	25	16	2.7	0.7	30	18	12	9	75	15.5	ND	ND
	28	平戸市・宝亀	22	14	2.1	0.5	30	13	17	14	82.4	15.8	0.8	0.2
	29	小佐々町・楠泊免	23	16	2.4	0.5	30	6	24	24	100	74.2	ND	ND
	30	小長井町・小川原浦名1	22	13	1.9	0.5	21	14	7	5	71.4	32.3	ND	ND
	31	小長井町・小川原浦名2	25	15	2.8	0.7	30	16	14	10	71.4	19.0	3.1	0.3
	32	森山町・唐比西名	20	14	1.7	0.4	30	9	21	11	52.4	11.6	ND	ND
	33	野母崎町・野母	23	15	2.4	0.6	30	11	19	0	0	0	ND	ND
	34	野母崎町・榊島	22	15	2.1	0.4	30	15	15	0	0	0	ND	ND
	35	長崎市・飯香浦	23	15	2.1	0.4	14	4	10	1	10.0	5.0	—	—
	36	福江市・奥浦	23	16	2.5	0.5	30	23	7	1	14.3	1.1	ND	ND
	37	福江市・戸岐	23	15	2.6	0.5	30	12	18	1	5.6	2.3	ND	ND
	38	三井楽町・浜の畔郷	24	15	2.8	0.5	30	15	15	14	93.3	8.5	ND	ND

2 詳細調査<sup>9)</sup>

概況調査において、有機スズ汚染が顕著であると思われる地点について、より詳しく調査を行った。概況調査時に汚染が顕著であった4地点(別に対照1地点)を選び、それぞれの地点近傍3ヶ所(対照のみ2ヶ所)ずつ計12ヶ所(対照を含めると14ヶ所)で形態調査を行った。(図7)

形態調査の結果は表2に示す。この結果、インボセックス出現率は、12ヶ所中10ヶ所で70%以上、内7ヶ所では90%以上、3ヶ所では100%であった。

詳細調査では、直線距離的に近い3ヶ所ずつで調査を行ったが、その中には、対馬2や上五島3のように、他の2ヶ所に比べ、1ヶ所のみ出現率が低い地点があった。これらの地点の周辺状況を調査したところ、図9及び図10で示すように、出現率の高い場所の数百メートル以内には、船底塗料の使用実績がある事業所があり、出現率が低かった地点は、地理的にこれらの事業所排水の影響を受けにくいと思われる地点(岬の反対側など)だった。

表2より、RPL Indexは、概況調査を含めて0～39の間にあり、産卵不能とされる40を超えたところはないが、概況調査時に比べ、増加している地点もあった。また、RPL Indexと出現率の間には、図11に示すように、概況調査時と同程度の正の相関があることが確認された。



図9 詳細調査地点(対馬)



図10 詳細調査地点(上五島)

表2 詳細調査結果

地点名	殻高 (mm)	殻幅 (mm)	体重 (g)	軟体部 (g)	検体数	オス	メス	インボセックス		RPL Index	概況調査時の RPL Index
								個体数	(%)		
壱岐1 (郷ノ浦町・片原触)	20.9	13.6	1.93	0.53	62	41	21	19	90.5	21.2	17.0
壱岐2	19.6	13.2	1.74	0.43	60	38	22	22	100	37.8	—
壱岐3	21.5	14.4	2.42	0.63	63	45	18	17	94.4	20.8	—
対馬1 (美津島町・鴨居瀬)	21.9	14.8	2.33	0.65	39	16	23	22	95.7	20.9	25.6
対馬2	26.1	17.1	3.52	0.97	30	14	16	9	56.3	19.4	—
対馬3	24.7	16.2	2.76	0.89	30	16	14	14	100	39.1	—
上五島1 (若松町・日島郷)	26.4	17.8	3.58	0.77	40	17	23	23	100	14.6	26.6
上五島2	26.5	17.8	3.86	0.92	40	13	27	19	70.4	8.7	—
上五島3	24.6	16.7	3.18	0.70	40	19	21	8	38.1	17.4	—
松浦1 (田平町・野田免)	24.7	16.0	2.69	0.71	40	19	21	19	90.5	22.5	15.5
松浦2	26.6	17.3	3.18	0.92	40	15	25	18	72.0	18.3	—
松浦3	25.2	16.4	2.83	0.78	40	23	17	12	70.6	27.8	—
野母崎1 (野母崎町・野母)	22.8	15.5	2.22	0.57	40	17	23	0	0	0	0
野母崎2	24.3	16.7	2.93	0.70	40	15	25	0	0	0	—

インポセックスの誘導を行った報告<sup>5)</sup>ともよく合致する。インポセックス誘導濃度も、TBT でおおよそ 20ng/g·wet という結果<sup>4)</sup>とほぼ同傾向を示している。

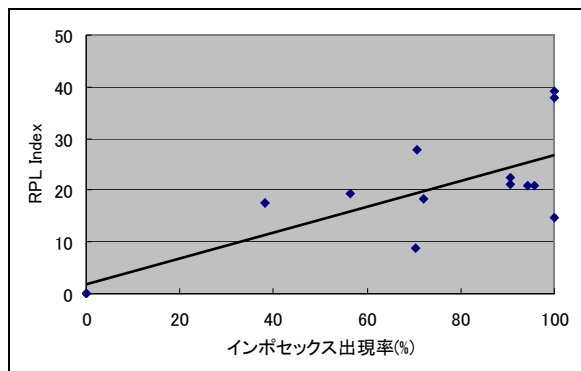


図 11 インポセックス出現率と RPL Index の関係 (詳細調査)

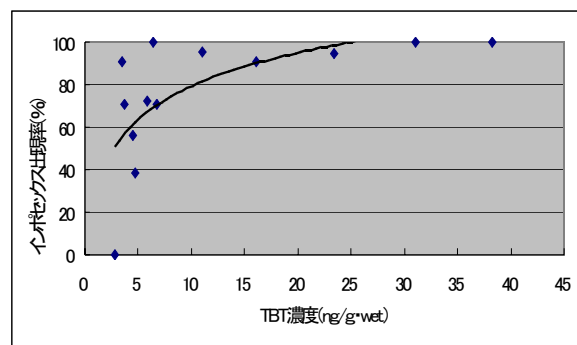


図 12 体内 TBT 濃度に対するインポセックス出現率

有機スズ汚染とインポセックス状況との関連を調べるために、海水の有機スズ濃度を測定したが、インポセックス出現率との関係が明瞭にならなかった。そこで、水質よりも、イボニシの生存中の有機スズへの曝露程度を、より反映していると考えられる、体内有機スズ濃度について測定を行った。その結果は、表 3 に示す。また、体内有機スズ濃度とインポセックス出現率の関係は、図 12～図 16 に示す。図 12 より、体内 TBT 濃度とインポセックス出現率の間には、正の相関があることが確認された。また図 13 より、体内 TPT 濃度と出現率の間にも同様の関係が確認された。この結果は、有機スズ化合物をイボニシに直接注入し、

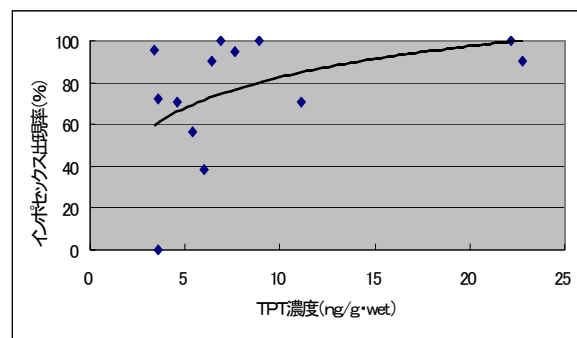


図 13 体内 TPT 濃度に対するインポセックス出現率

表 3 体内有機スズ濃度調査結果

地点名	DBT (mg/g·wet)	TBT (mg/g·wet)	DPT (mg/g·wet)	TPT (mg/g·wet)	計 (mg/g·wet)
壱岐 1	17.3	16.1	ND	22.8	56.2
壱岐 2	28	31	ND	8.9	67.9
壱岐 3	19.5	23.4	ND	7.6	50.5
対馬 1	17.1	11	ND	3.4	31.5
対馬 2	0.6	4.5	ND	5.4	10.5
対馬 3	25.8	38.2	ND	6.9	70.9
上五島 1	5	6.4	2.7	22.2	36.3
上五島 2	2.2	3.7	2.4	11.1	19.4
上五島 3	3.9	4.7	ND	6	14.6
松浦 1	6.4	3.5	ND	6.4	16.3
松浦 2	4.4	5.8	ND	3.6	13.8
松浦 3	5.6	6.8	ND	4.6	17
野母崎 1	8.3	2.8	ND	3.6	14.7



図 14 の DBT においても、出現率との間に正の相関が見られる。しかし、DBT のみの直接注入では、顕著なインポセックスの誘導が確認されなかった報告<sup>5)</sup>から考えると、体内 TBT 濃度が高いイボニシにおいては、代謝産物でもある DBT が、結果的に高濃度蓄積していたと推察される。図 15 より、体内 DPT 濃度と出現率の間には、他の三種の有機スズ化合物のような相関は見られなかった。さらに、DPT が不検出でも、インポセックスが高率に発生している地点があることも併せて考えると、DPT のインポセックス発生への寄与は、小さいと思われる。また、他の3つの有機スズ化合物に比べ、検出濃度が低かった。これらの結果は、DPT のみではインポセックスが誘導されず、また、体内の DPT は MPT へ非常に代謝されやすいという報告<sup>5)</sup>とも合っている。最後に、今回調査した 4 種の有機スズ化合物濃度の合計と出現率の関係を調べたところ、図 16 のようになり、正相関の関係にあることがわかった。

この結果から、本県のイボニシにおいても、一定濃度以上の有機スズ化合物の体内蓄積により、インポセックスが発生していることが確認された。

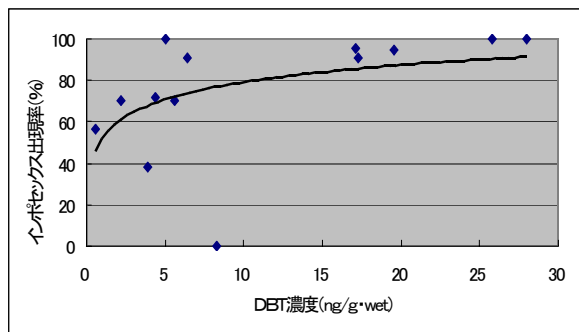


図 14 体内 DBT 濃度に対するインポセックス出現率

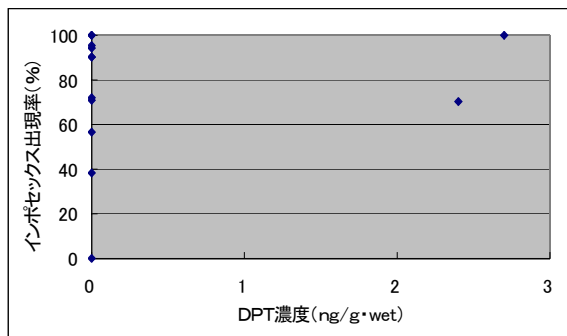


図 15 体内 DPT 濃度に対するインポセックス出現率

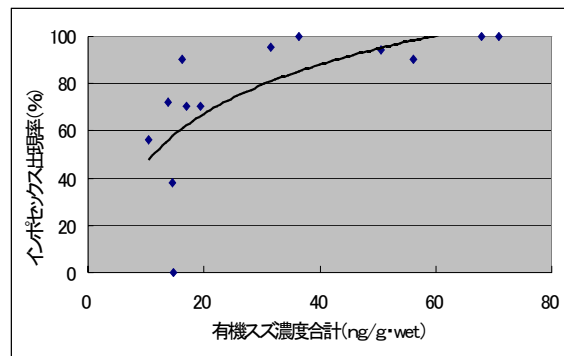


図 16 体内有機スズ濃度合計に対するインポセックス出現率

### 3 底質有機スズ濃度調査<sup>10)</sup>

イボニシ体内有機スズ濃度調査により、体内有機スズ濃度と、インポセックス出現率の関係については確認できた。しかし、イボニシの体内有機スズの蓄積度が、生息環境中の有機スズ濃度を反映しているものなのか、まず海水について調査したが、前述したとおり明瞭な結果を得られなかった。そこで次に、底質の有機スズ濃度について調査を行った。

平成 15 年度までの形態調査の結果、インポセックスが高率で発生し、有機スズ汚染が顕著と思われる地域の近傍 9 地点と、対照となる 2 地点の計 11 地点(図 5)で底質を採取し、有機スズ濃度を調査した。このうち、平成 15 年度実施の詳細調査地点と底質採取地点が離れているため、インポセックス出現率との関係が考察出来ない地点を除いた 5 地点(地点 1、5、7、8、10)について解析を行った。

底質有機スズ濃度の調査結果は表 4 のとおりで、TBT 濃度とインポセックス出現率の間には、正の相関があることが確認された。また、DPT とインポセックス出現率の間にも、同様に正の相関が見られた。しかし、DBT や TPT とインポセックス出現率の間には、このような関係は見られなかった。この原因としては、調査地点が 5 地点と少なくなってしまったこと、地点ごとに検体の性状の違い(砂状、泥状)があったこと等が考えられる。また、測定した 4 種類の有機スズ濃度の合計と、インポセックス出現率の関係を図示すると、図 17 のようになり正の相関が見られるが、より明確な結論を得るためには、地点数を増やす等の改善を行う必要がある。

底質有機スズ濃度調査により、底質有機スズ(TBT)濃度とインポセックス出現率との間に、イボニシ体内有機スズ(TBT)濃度とインポセックス出現率

表4 底質有機スズ濃度調査結果

地点名	DBT (ng/g·dry)	TBT (ng/g·dry)	DPT (ng/g·dry)	TPT (ng/g·dry)	有機スズ合計 (ng/g·dry)	インボセックス 出現率 (%)
1	225	44	10	10	289	90.5
5	4	1	2	62	69	38.1
7	19	29	1	2	51	100
8	6	2	ND	ND	8	56.3
10	9	1	ND	ND	10	0

との関係と同様な傾向(正の相関)が見られることがわかった。しかし、インボセックス発生に關与していると思われる、イボニシ体内への有機スズの蓄積経路を、より詳細に考察するためには、前述したように、調査地点を増加させると共に、イボニシの餌とされているムラサキイガイやマガキ等を介した、食物連鎖・濃縮についても考える必要があると思われる。

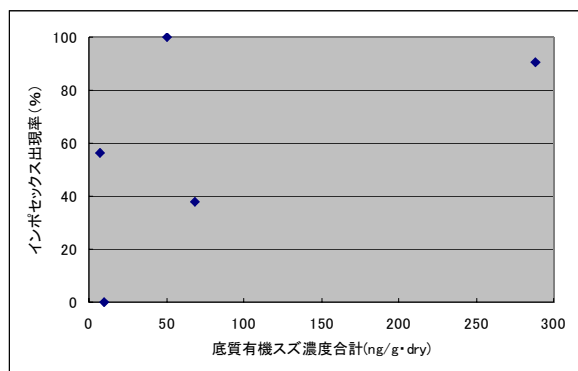


図 17 底質有機スズ濃度合計に対するインボセックス出現率

#### 4 イボニシの移植実験

室内実験により、TBT や TPT の直接注入でイボニシのインボセックスが誘導されることは報告<sup>5)</sup>されているが、実際に正常なイボニシが、有機スズ汚染下の環境で生活を続けた場合、形態的な影響を受けるのかを調査するため、移植による調査を行った。結果を表 5 に示す。

実験を行った地点のイボニシ(実験区個体群)のインボセックス出現率は 100 %で、有機スズ汚染が存在していることが確認された。また、非汚染地点のイボニシについて、実験検体採取時に同時に採取したイボニシについて形態調査を行ったところ、インボセックス出現率 3.6 %とわずかに発生が確認されたが、

本調査を行う上での個体群としては問題ないと判断した。

6 週間後の形態調査の結果、インボセックス出現率で 9.4 %、RPL Index で 12.4 の増加が確認された。また、生残率も 96 %と良好であった。次に、もう一つのケージについて、12 週間後に形態調査を行ったところ、インボセックス出現率、RPL Index 共に、実験開始時よりは増加していたものの、6 週間後の結果よりも減少していた。この原因としては、12 週間という長期間の飼育により、生残率が 64 %まで落ちてしまい、死亡個体中にインボセックス発生個体を、多く含んでいたのではないかと考えられる。しかし、いずれにしても、これらの調査結果より、正常なイボニシが、自然界の有機スズに曝露されることにより、形態的な影響を受けることが確認された。

表 5 移植調査結果

	インボセックス 出現率 (%)	RPL Index	生残率 (%)
実験開始時	3.6	6.1	—
6週間後	13.0	18.5	96
12週間後	4.8	10.1	64
実験区個体群	100	24.1	—

#### 5 インボセックス状況の経年変化調査

現在、有機スズ化合物に関しては、化審法により規制が行われていることは前述したが、この規制の下、本県のインボセックス状況が、5 年間の本調査実施期間中に、どのように変化しているかを調べることで、本県の有機スズ汚染の動向について考察を行った。

概況調査において、インポセックス出現率が 50 % を超えた地点(表 6、図 18)で、イボニシを採取し、形態調査を行い、インポセックス出現率及び RPL Index について解析した。

まず、インポセックス出現率については表 6 に示す。この結果を地図上に表すと、図 18 のようになった。図 18 から、概況調査時インポセックス出現率が低率だったところほど、平成 17 年度の形態調査時の出現率が低下しており、高率なところは、あまり変化していない様子わかる。さらに、インポセックス出現率の減少値と概況調査時のインポセックス出現率の関係を図 19 に示すが、近似直線が右下がりになっているこの結果からも、先に述べた傾向がわかる。

この傾向に関する 1 つの考察として、図 20 に示すような閾値によるものが考えられる。ここで用いる閾値とは、イボニシが、インポセックスという形態異常を発

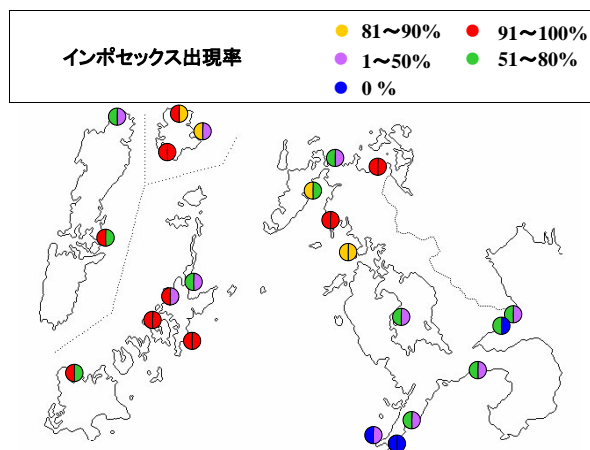


図 18 インポセックス出現率の経年変化 (丸印の左半分の色が概況調査時の、右半分の色が平成 17 年度のインポセックス出現率の結果を表している)

表 6 形態調査結果の経年変化

地点名	インポセックス出現率 (%)		RPL Index	
	概況調査	平成17年度	概況調査	平成17年度
三和町	60.0	24.1	19.6	20.6
琴海町	70.6	29.2	19.1	35.6
佐世保市	86.7	88.5	22.4	7.6
新魚目町	58.3	25.8	12.3	23.8
上五島町(1)	100	10.0	53.9	9.4
上五島町(2)	100	91.7	26.6	7.6
郷ノ浦町	94.4	100	17.0	19.3
美津島町	100	64.5	25.6	7.3
上県町	73.3	37.5	36.5	7.7
勝本町	94.1	88.9	18.7	9.8
芦辺町	81.3	25.8	31.6	7.3
奈良尾町	100	90.6	20.0	10.4
松浦市	100	100	58.9	20.3
田平町	75.0	36.4	15.5	69.6
平戸市	82.4	72.4	15.8	33.3
小佐々町	100	96.3	74.2	39.3
小長井町(1)	71.4	7.7	32.3	5.5
小長井町(2)	71.4	0.0	19.0	0.0
森山町	52.4	15.6	11.6	33.1
三井楽町	93.3	56.5	8.5	8.0
野母崎町(1)	0.0	3.6	0.0	6.1
野母崎町(2)	0.0	0.0	0.0	0.0

生するのに必要な環境中の有機スズ濃度のことである。概況調査時に出現率が高率だった地点は、汚染が高濃度であったと推測されるので、浄化が進んでも、形態変化を促す濃度、すなわち閾値をなかなか下回れず、結果として出現率の減少幅が小さくなっている。一方、概況調査時に低率であった地点は、最初の汚染が低濃度であったため、浄化の進行に伴い、閾値を下回る個体が数多く現れ、減少傾向が顕著になったのではないかと考えられる。

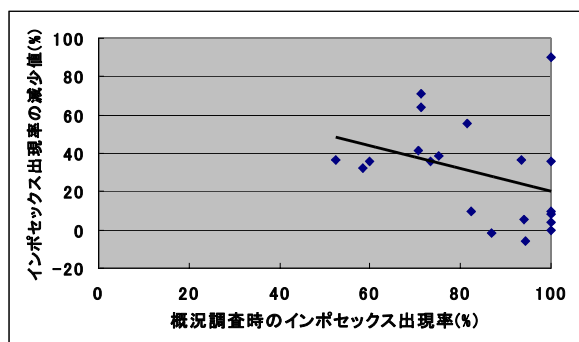


図 19 インポセックス出現率の調査開始時値と減少値の関係

いて見てみる。RPL Index については、表 6 のような結果となり、概況調査時の RPL Index と、その地点の平成 17 年度までの RPL Index の減少値の関係は、図 21 のようになった。この分散図の近似直線が右上がりになっているので、概況調査時に重症度が高かった、すなわち有機スズ汚染度が高かったと推察される地点ほど、平成 17 年度までに、インポセックス症状の軽快傾向が強いことがわかる。この結果から、有機スズの汚染が激しいと思われる地点でも、浄化は進んでいたことが確認された。

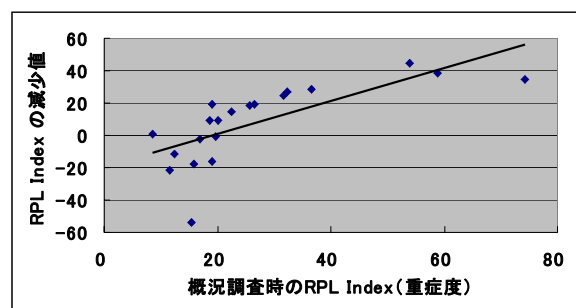


図 21 RPL Index の調査開始時値と減少値の関係

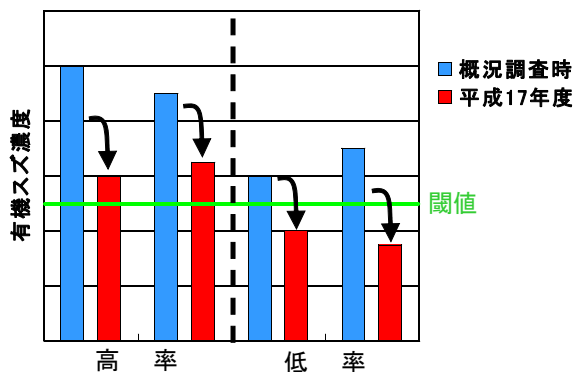


図 20 インポセックス出現率の減少傾向の差異に対する閾値を用いた考察

しかしここで、概況調査時のインポセックス出現率が高率であった地点において、有機スズの浄化が進んでいなかったとすると、出現率の変化が少なかったのは当然ということになる。つまり、今述べた閾値による考察が成立するためには、浄化が進んでいるということが必要条件となってくる。そこで、浄化が進んでいるかを確認するために、RPL Index の経年変化につ

### まとめ

本調査結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・長崎県下沿岸域でも、広範囲にわたり、インポセックス現象(有機スズ汚染)が確認された。
- ・海水の有機スズ濃度と、インポセックス出現率には、関連性が認められなかった。
- ・イボニシ体内の有機スズ濃度と、インポセックス出現率の間には、正の相関があることが確認された。
- ・底質の有機スズ濃度と、インポセックス出現率の間には、正の相関があることが確認された。
- ・インポセックス出現率の経年変化では、本調査開始時に低率であった地点では、減少する傾向にあり、高率な地点では、あまり変化していなかった。
- ・RPL Index を指標としたインポセックスの重症度は、本調査開始時に重症であった地点ほど、減少幅が大きい傾向にあった。
- ・非汚染地域のイボニシも、開放系での有機スズへの曝露により、形態的影響(インポセックスの発症)を受けることが確認された。

有機スズについては、既に法規制が行われているが、本県におけるインポセックス現象は、その出現率が、順調に減少している場所がある反面、高い値を維持している地点があることもわかった。

1998年に策定された SPEED'98 (環境ホルモン戦略計画)の取り組みを踏まえ、今後の環境ホルモンへの対応を、環境省が2005年3月に ExTEND2005(Enhanced Tack on Endocrine Disruption)として取りまとめたが、その中では、継続的に野生生物の観察を行い、観察された事象が、正常か異常かを判断することが必要で、そのための基礎生物学的な知見の収集が、極めて重要とされている。

環境ホルモンに関しては、曝露経路、作用形態が非常に複雑であるため、不明な部分が多い。しかし、そうだからこそ、環境ホルモンが作用し、発生している形態異常という現象が、今後、きちんと自然減衰していくかを、適宜モニタリングを行い確認していくことが、重要と考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1)堀口敏広、清水誠:貝類及びその他の生物 有機スズ汚染と水生生物影響, 恒星社厚生閣刊, pp.99-135,(1992)
- 2)堀口敏広:インポセックスー巻き貝における雌の雄化現象, 海洋と生物 117 vol.20, No.4, pp283-288,(1998)
- 3)堀口敏広、他:有機スズ汚染と腹足類のインポセックスの経年変化と現状, 沿岸海洋研究, 第37巻, 第2号, pp7-13,(2000)
- 4) Horiguchi, T. : Imposex Induced by Organotin Compounds in Gastropods in Japan. PhD Thesis, University of Tokyo.(1993)
- 5) Horiguchi, T. et al : Effects of triphenyltin chloride and five other organotin compounds on the development of imposex in the rock shell, *Thais clavigera*. Environ Pollut., 95, 85-91.(1997)

- 6)田中良徳, 石崎修造:イボニシに関する環境ホルモンの影響調査(予備調査), 長崎県衛生公害研究所報, 46, pp.66-67 ,(2000)
- 7)田中良徳, 赤澤貴光, 石崎修造:イボニシに関する環境ホルモンの影響調査(2001年度), 長崎県衛生公害研究所報, 47, pp.73-75 ,(2001)
- 8)田中良徳, 赤澤貴光, 石崎修造:イボニシに関する環境ホルモンの影響調査, 長崎県衛生公害研究所報, 48, pp.18-22 ,(2002)
- 9)浦伸孝, 田中良徳, 赤澤貴光, 石崎修造:イボニシに関する有機スズ化合物の影響調査, 長崎県衛生公害研究所報, 49, pp.92-96 ,(2003)
- 10)浦伸孝, 石崎修造:イボニシに関する有機スズ化合物の影響調査, 長崎県衛生公害研究所報, 50, pp.79-82 ,(2004)

