

バイの産卵とインポセックスについて

| | |
|-------|--|
| 誌名 | 千葉県水産研究センター研究報告 |
| ISSN | 13472534 |
| 著者名 | 庄司,泰雅 大畑,聡 三田,久徳 藤元,香世 田辺,伸 清水,利厚 石田,修 |
| 発行元 | 千葉県水産研究センター |
| 巻/号 | 2号 |
| 掲載ページ | p. 7-13 |
| 発行年月 | 2003年3月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



バイの産卵とインポセックスについて

庄司泰雅・大畑 聡・三田久徳・藤元香世
田辺 伸・清水利厚・石田 修

Study on the Spawning with Imposex of the Japanese Ivory-Shell, *Babylonia Japonica*

Yasumasa SHOUJI, Satoshi OHATA, Hisanori MITA, Kayo FUJIMOTO
Shin TANABE, Tosiatsu SHIMIZU and Osamu ISHIDA

キーワード：バイ，インポセックス，産卵

はじめに

堀口¹⁾によれば、インポセックスという言葉は、Smithによって1971年に初めて用いられ、雌の巻き貝に雄の生殖管（ペニスと輸精管）が形成されて発達する現象およびそのような個体をさし、BryantとGibbsによるヨーロッパチヂミボラの研究によると、インポセックスは、有機スズ化合物のトリブチルスズによってほぼ特異的に、しかも1 ng/l程度の極く低濃度でも引き起こされ、重症になると輸精管の発達のため輸卵管末端開口部が閉塞して産卵ができなくなる。

海産巻貝類のインポセックス²⁾は、世界各地から報告され、1992年4月現在64種類、国内では8種が確認されている。バイについては、インポセックスという言葉は使われていないが、1983年に梶川ら³⁾によって腹足口があり、しかも生殖突起（ペニス）もあるという表現で報告された。千葉県の内房、外房沿岸のバイのインポセックスについては、1990年に水口・内山⁴⁾により報告された。

しかし、千葉県九十九里沿岸のバイのインポセックスの出現状況及びインポセックスの程度による生殖腺の発達の有無、そして産卵の可否などは不明であった。

そこで著者らは、インポセックスの発生率、R.P.S (Relative Penis Size Index) 及び生殖腺熟度指数を調べた。そして九十九里沿岸及び内房の富浦沿岸で採捕（再捕）されたバイを水槽内で飼育し、産卵と水温の関係、及び産卵の有無に基づくインポセックスと産卵の関係を検討したので報告する。

材料と方法

インポセックス率とR.P.S

インポセックスの定量的算出に使用した材料は、1999年5月17日～2001年5月16日に千葉県九十九里沿岸の成東沖、南白亀川沖、栗山川沖、片貝沖、白里・白子境界沖及び蓮沼沖（図1）の水深約20mでバイ籠（図2）で採捕された殻長43～96mmのバイで、14回の調査を行い、1回当たり30～87個体、合計798個体を使用した。さらに千葉県水産試験場（当時）において、1992年に種苗生産を行い、1993年5～7月に内房の富浦沖に殻長18mmで放流し、2000年11月中旬に再捕された殻長63～90mmのバイ65個体を使用した。

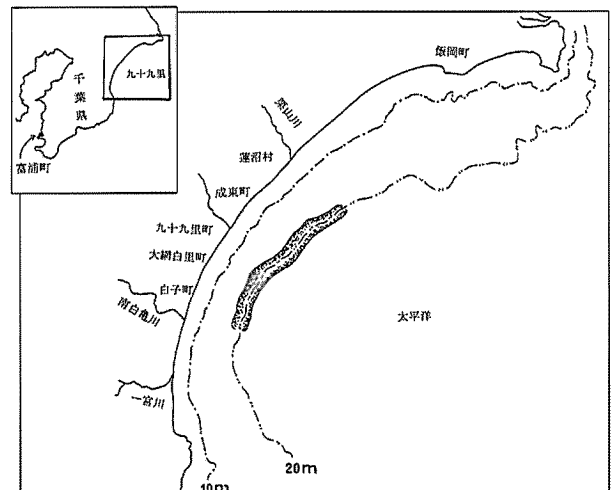


図1 バイの漁場 印：漁場

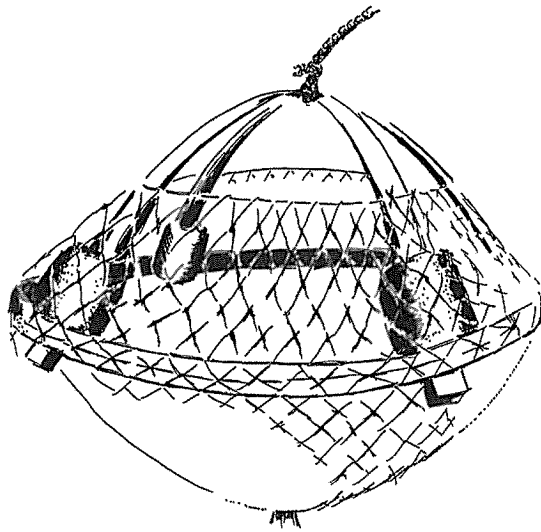


図2 バイ籠漁具

インボセックス率は、腹足口が有りペニスが無い個体を雌とし、腹足口が有りさらにペニスが有る個体をインボセックスとして(1)式で表した。

$$\text{インボセックス率} = \frac{\text{インボセックス個体}}{\text{♀個体} + \text{インボセックス個体}} \times 100(\%) \dots\dots (1)$$

R.P.Sの測定は、7.2% Mgcl₂ · 6H₂O水溶液で麻醉した後、殻長とペニスサイズを測定し、(2)式で表した。

$$\text{R.P.S} = \frac{(\text{インボセックス個体の平均ペニスサイズ})^3}{(\text{♂の平均ペニスサイズ})^3} \times 100(\%) \dots\dots (2)$$

生殖腺熟度指数 (G. I)

生殖腺熟度指数の調査に使用した材料は、九十九里沿岸のバイで、1999年5月17日～1999年9月28日の5か月分と2000年6月18日～2000年11月7日の5か月分で、1か月当たり雄5～11個体、雌0～4個体、インボセックス5～12個体を使用した。さらに2001年5月16日に成東沖で採捕した殻長74～86mmの雄8個体、インボセックス13個体と殻長51～59mmの雄7個体、雌8個体を使用した。

殻長、体重を測定した後、それぞれの軟体部を10%ホルマリン溶液で固定し、次いで図3に示した螺旋状の内臓部において生殖腺が肝臓上部を覆う部位で鉛直に切断した。生殖腺部位B、肝臓部位Cをノギスで測定し、G. Iを(3)式で表した。

$$\text{G. I} = \frac{B}{B + C} \times 100(\%) \dots\dots (3)$$

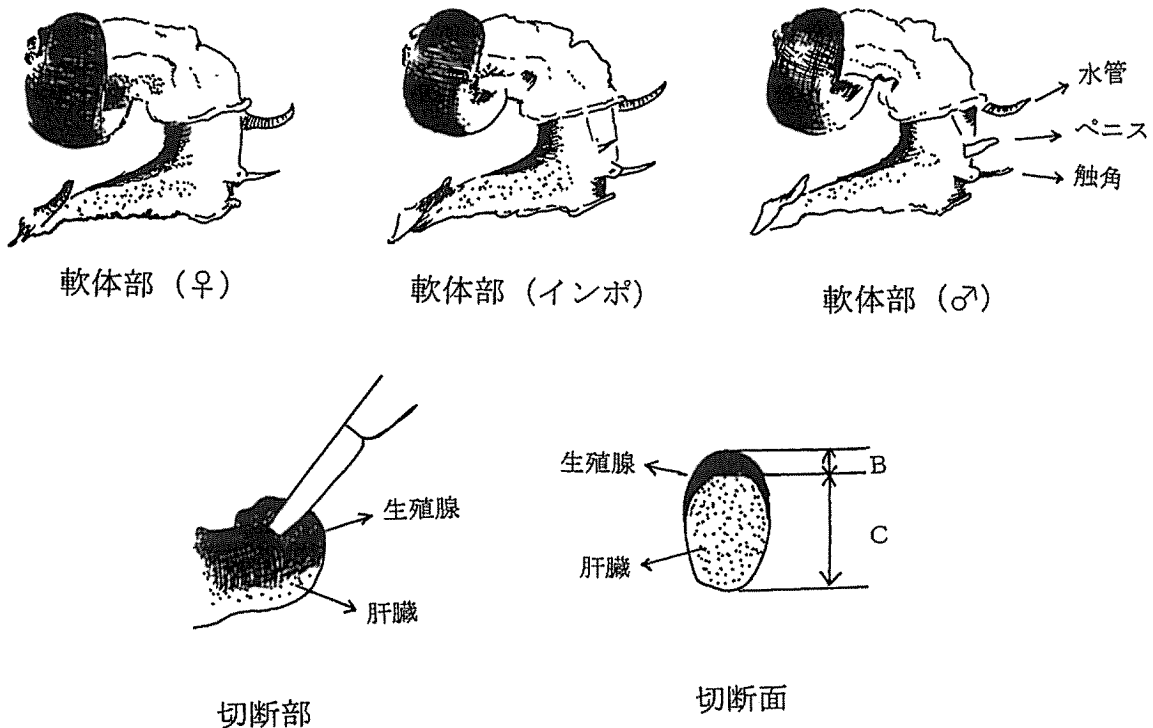


図3 バイ雌雄と切断面

水槽内産卵

2001年5月16日採捕された九十九里沿岸成東沖の殻長79~86mmの正常雌のバイ3個体と殻長77~82mmの雄のバイ3個体を100ℓ水槽に籠を吊して収容し、流水で絶食飼育を行った。水槽に収容後毎日卵囊の有無を観察して産卵を確認した。水温は午前8時半に測定した。

さらに1993年5~7月に放流し、2000年11月中旬に再捕された内房富浦沖の殻長63~90mmのインボセックスバイ(R.P.S 38.6~56.6%)を雄と併せて40個体、2.4×0.6×H0.4mの砂を敷いたFRP水槽に収容した。カタクチイワシ、オキアミを与えて流水飼育を行い、卵囊の有無により産卵を観察した。また、9年間室内飼育した種苗生産員の産卵の有無についても併せて観察を行った。

水温観測

水温は、九十九里の片貝沖水深10mに設置した離合社製RMT水温計のデータを使用した。観測時間は1999年、2000年とも1~11月で、日毎の水温から各月の上、中、下旬の平均水温を算出した。なお採捕されたバイの水深は約20mであることから生息水温は観測水温より低いと推測される。

結 果

インボセックス率とR.P.S

九十九里沿岸と内房の富浦沖のインボセックス率とR.P.Sを表1に示す。九十九里沿岸では地先により発生率が異なった。殻長63~93mmの範囲においては、成東沖の65.4~92.6%に対して南白亀川沖では85.0~100

%と高かった。

栗山川沖では80.4%、片貝沖で89.1%、白里・白子境界沖で92.1%、蓮沼沖で91.7%であった。一方、内房の富浦沖では100%と高い値を示した。なお、インボセックスを含めた雌雄比は、九十九里沿岸では53:47、内房の富浦沖で33:32で、ほぼ1:1であった。

R.P.Sでも地先により違いが認められ、成東沖で14.0~20.5%と低かったのに対して、南白亀沖では25.1~27.1%と高い値を示した。

栗山川沖では17.9%、片貝沖で19.6%、白里・白子境界沖で23.5%、蓮沼沖で17.5%であった。

インボセックス率とR.P.Sの関係は、インボセックス率が高いとR.P.Sも高くなる傾向があり、相関係数は0.53であった(図4)。

これらに対して、内房の富浦沖では38.6~56.6%と極めて高い値であった。

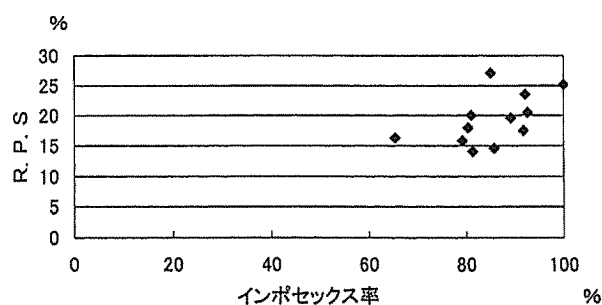


図4 九十九里沿岸各地先のバイのインボセックス率とR.P.Sの関係(殻長63~93mm)

表1 九十九里沿岸と内房富浦沖のインボセックス率及びR.P.S

| 採捕年月日 | 採捕場所 | 殻長範囲 (mm) | 個体数 | | | | インボセックス率 (%) | R.P.S* (%) |
|-------------|----------|--------------|-----|----|---------|----|-----------------|---------------|
| | | | 雄 | 雌 | インボセックス | 合計 | | |
| 1999年5月17日 | 九十九里 成東沖 | 69~86 | 22 | 9 | 17 | 48 | 65.4 | 16.2 |
| 〃 6月23日 | 〃 南白亀川沖 | 72~86 | 10 | 3 | 17 | 30 | 85.0 | 27.1 |
| 〃 7月22日 | 〃 成東沖 | 67~86 | 36 | 6 | 36 | 78 | 85.7 | 14.5 |
| 〃 8月24日 | 〃 栗山川沖 | 63~83 | 34 | 9 | 37 | 80 | 80.4 | 17.9 |
| 〃 9月28日 | 〃 片貝沖 | 71~83 | 41 | 5 | 41 | 87 | 89.1 | 19.6 |
| 2000年6月18日 | 〃 南白亀川沖 | 49~93 | 26 | 0 | 35 | 61 | 100 | 25.1 |
| 〃 7月12日 | 〃 成東沖 | 69~85 | 29 | 2 | 25 | 56 | 92.6 | 20.5 |
| 〃 8月21日 | 〃 白里・白子沖 | 71~88 | 21 | 3 | 35 | 59 | 92.1 | 23.5 |
| 〃 9月28日 | 〃 蓮沼沖 | 70~85 | 38 | 2 | 22 | 62 | 91.7 | 17.5 |
| 〃 11月7日 | 〃 成東沖 | 74~82 | 19 | 4 | 17 | 40 | 81.0 | 20.0 |
| 2001年1月4日 | 〃 〃 | 70~88 | 16 | 5 | 19 | 40 | 79.2 | 15.8 |
| 〃 〃 | 〃 〃 | 50~62 | 24 | 26 | 0 | 50 | 0 | 0 |
| 〃 5月16日 | 〃 〃 | 73~86 | 16 | 3 | 13 | 32 | 81.3 | 14.0 |
| 〃 〃 | 〃 〃 | 43~62 | 40 | 35 | 0 | 75 | 0 | 0 |
| 2000年11月14日 | 内房 富浦沖 | 63~90 | 21 | 0 | 17 | 38 | 100 | 56.6 |
| 〃 11月22日 | 〃 〃 | 71~88 | 11 | 0 | 16 | 27 | 100 | 38.6 |

*R.P.S(Relative Penis Size Index)

九十九里沿岸のバイの殻長とペニス長の関係は、雄個体では殻長に比例してペニス長が長くなり、相関係数は0.90, 0.94であった。これに対してインボセックス個体の殻長70mm以上では、相関係数は0.31, 0.41であり特に比例関係は認められなかった(図5, 6)。成東沖では殻長44~86mmでインボセックスが認められない個体があり、特に62mm以下では全くインボセックスが認められなかった。一方、2000年6月18日の南白亀川沖の調査では全ての個体がインボセックスであり、殻長50mm付近でもインボセックスが認められた(図7)。

生殖腺熟度指数 (G. I)

九十九里沿岸の殻長70mm以上のバイのG. I の5~11月の変化は図8に示す。雄は1999年の5月には28と高

く、6, 7月に23に低下し、8月には17, 9月には13となった。2000年には、6月に23で、7, 8月には25と高くなり、9月には14と著しく低下し、11月には13となった。

インボセックスのG. I は、1999年の5月には25と高く、6月18, 7月17と一時低下し、8月に21と再び高くなり、9月には15に低下した。2000年には、6月に24, 7月に25と高く、8月には22とやや低くなり、9, 11月は16と低い値となった。ただし1999年の5月の標準偏差は雄、インボセックスとも極めて高い値を示した。また、殻長70~86mmにおいて、雌個体のG. I がインボセックスに比べて2000年の9月を除き高くなるという結果は得られなかった。

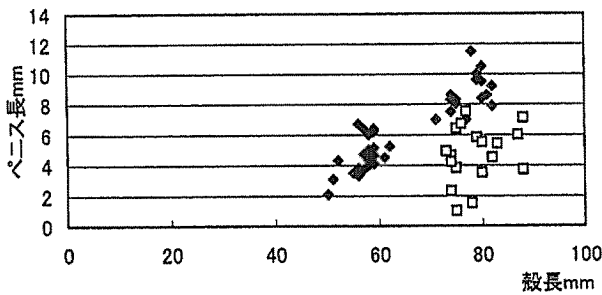


図5 成東沖のバイの殻長とペニス長の関係
2001年1月4日採捕 ◆:雄 □:雌 (インボセックス)

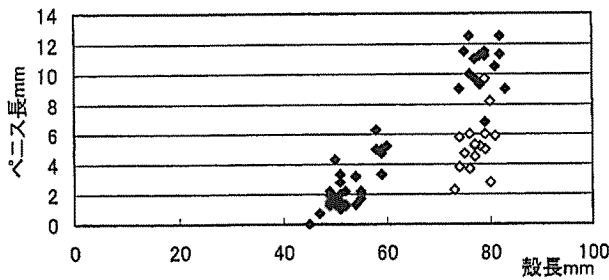


図6 成東沖のバイの殻長とペニス長の関係
2001年5月16日採捕 ◆:雄 ◇:雌 (インボセックス)

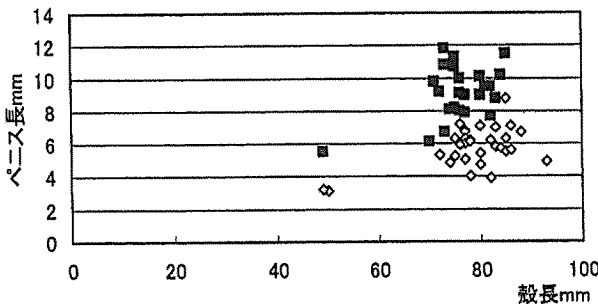


図7 九十九里沿岸南白亀川沖のバイの殻長とペニス長の関係
2000年6月18日採捕 ■:雄 ◇:雌 (インボセックス)

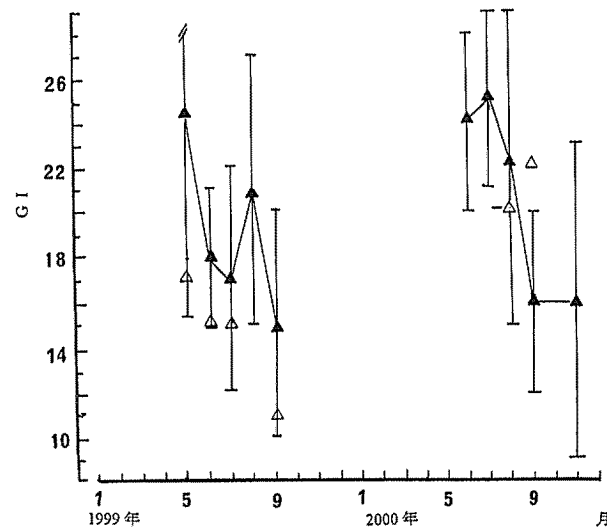
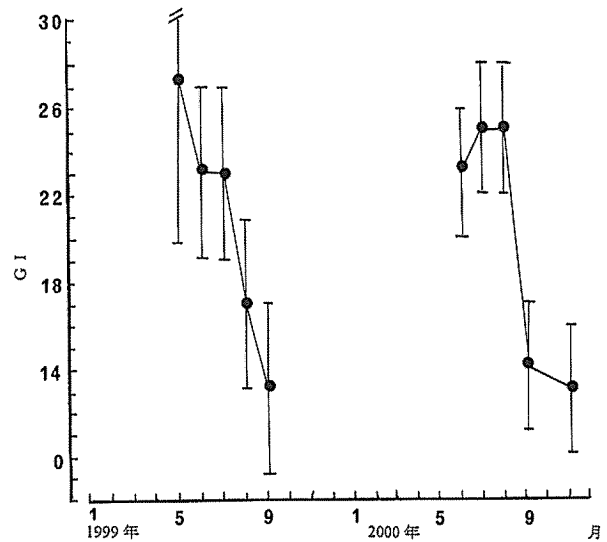


図8 九十九里沿岸のバイの生殖腺熟度指数の季節変化
●:♂, ▲:インボセックス
△:♀, ◇:♂, インボセックスの標準偏差

2001年5月16日に成東沖で採捕したG. Iは、殻長74~86mmにおいて、雄18, 雌17と高い値であったが、殻長51~59mmでは雄, 雌ともそれぞれ0で、生殖腺の発達は僅かであった。

産卵

2001年に九十九里沿岸の成東沖水深21mで採捕した殻長79~86mmの雌のバイ3個体を雄のバイと混棲させて流水飼育したところ、飼育後26日目の6月9日と35日目の6月18日に産卵が確認された。その時の水温は、それぞれ21.2℃, 22.0℃であった(図9)。また富浦沖で2000年11月に再捕したインボセックスと雄を40個体混棲飼育したところ、2001年5月21日に2個体、5月24日に1個体の産卵が確認された。その時の水温は、それぞれ20.1℃, 20.2℃であった。1卵囊中の平均卵数は44個体で、1回1個体当たりの卵数は2,918個体であった。

水温変化

九十九里沿岸の片貝沖水深10mの水温は、1999年には1月上旬の13.2℃から上昇下降を繰り返し、6月中旬には15.7℃に上昇し、その後さらに上昇し、6月下旬には18.8℃となった。20℃を越えたのは7月中旬で21.4℃になった。8月上旬には一時16.9℃まで下降したが、8月下旬には22.1℃となった。最高水温は、9月下旬の24.5℃であった。

2000年は、1月上旬の14.4℃から下降し、2月下旬には12.6℃となったが、その後は上昇に転じた。この年は、6月中旬に18.1℃になってからの水温上昇は緩やかで、8月上旬になっても18.5℃であり、8月中旬によろやく20℃を越えて22.1℃になった。最高水温は9月下旬の24.9℃であった(図10)。

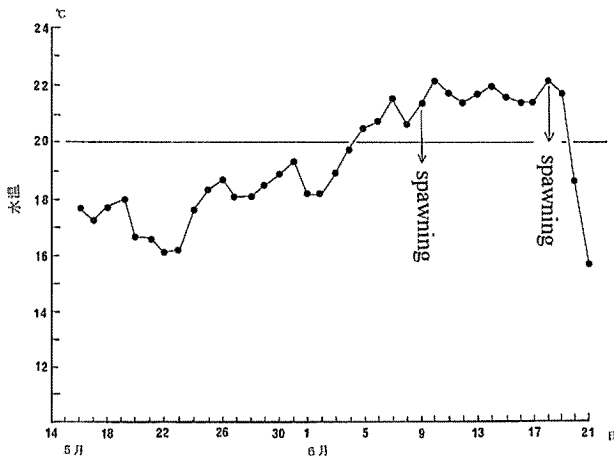


図9 九十九里産バイの飼育水温と産卵の関係

考 察

九十九里沿岸における殻長63mm以上のバイのインボセックスの発生率は、成東沖では65.4~92.6%に対して南白亀川沖では85.0~100%で地先により発生率に違いが認められた。また、内房の富浦地先では100%と高い値を示した。R.P.Sでも成東沖では14.0~20.5%であったのに対して南白亀川沖では25.1~27.1%と高い値を示し、地先により違いが認められた。さらに内房の富浦地先では38.6~56.6%と極めて高い値を示した。傾向としてインボセックス発生率の高い地先はR.P.Sも高くなった。バイのR.P.Sの地先による違いは水口⁴⁾も指摘しており、内房沿岸が外房沿岸に比べR.P.Sが大きいとし、有機スズ化合物との関連から地先によるR.P.Sの違いについて検討している。さらに水口ら⁵⁾は有機スズ化合物により1970年代から1980年以降全国的にバイの漁獲量が減少し、小型の個体も殆んど採取されなくなり、再生産に影響が出たとしている。

堀口・清水²⁾は、バイのインボセックスは、トリブチルスズやトリフェニルスズという有機スズ化合物が原因で引き起こされると類推し、インボセックスに伴う産卵障害は、卵巣内での卵形成阻害などの機構による可能性が高いとしている。

一方、梶川ら³⁾はインボセックスバイでも産卵を確認しており、本研究でも九十九里沿岸のバイよりさら

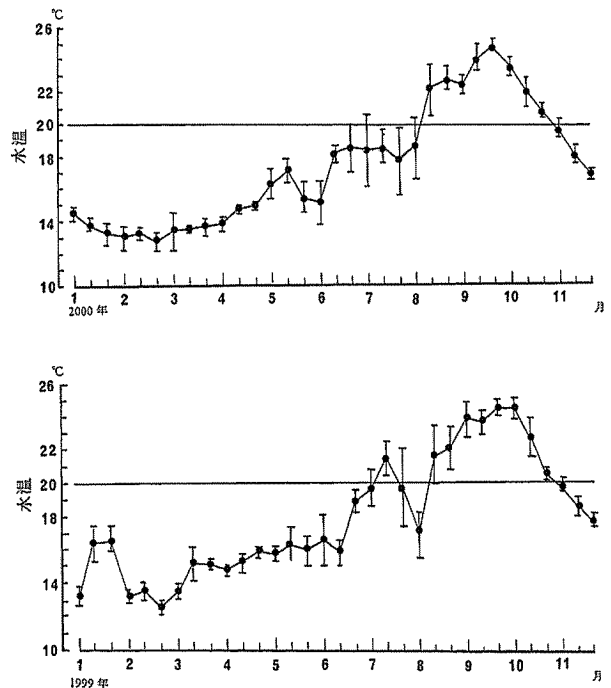


図10 九十九里片貝沖の月別、旬別水温

□: 標準偏差

にインボセックスの程度の進行した内房富浦地先のバイでも産卵が可能であった。また1卵囊中の卵及び1回1個体当たりの産卵数も猪野⁶⁾の報告と変わりなかった。さらにG. Iもインボセックス個体が特に正常な雌より低いという結果は得られなかった。これらのことより、重度のインボセックス個体でも正常に卵形成が起こり産卵すると考えられた。このことは、堀口⁷⁾がイボニシについて、インボセックスになっても直ちに産卵不能になるとは限らないと述べていることから裏付けられる。

おもしろいことに、九十九里沿岸の成東地先においては、殻長67mm以上ではインボセックスが認められたが、殻長43~62mmのバイにはインボセックスが認められなかった。このことは、インボセックスの発現は、有機スズ化合物に関係なく成長につれて発現することを示しているとも考えられるが、南白亀川沖では50mm付近でも認められていることから高年齢になるにつれて発現してくるとも考えられた。このことは、種苗生産員を9年間飼育すると殻長40mm付近で雌にペニスは認められなかったが、輸精管が認められたことから推測される。

水口⁸⁾は、1996年には千葉県小湊地先において1、2歳の小型貝が出現し、その全てと3歳貝の9割にペニスが見られず、1993年発生群以降有機スズの影響が生じなくなっていると報告し、さらに竹内⁹⁾は、1997年のバイの筋肉中の試料において、トリブチルスズ化合物の濃度は、インボセックスを引き起こされる閾値0.008 µg/g以下であったと報告している。

これらのことから、九十九里沿岸でも有機スズ化合物が減少していることも考えられる。

バイの産卵期は、表2に示したように、梶川¹⁰⁾は、鳥取県において6月中旬~7月下旬とし、鍋島¹¹⁾は6月中旬~8月中旬とし、猪野⁶⁾は、千葉県小湊では6月上旬~8月上旬とし、石井は、館山で7月とし、藤田は5月としている。藤田を除きいずれも6~8月の夏期が産卵期となっていて、水温もほぼ20~27℃の範

表2 バイの産卵期

| 県名 | 海域 | 産卵期 | 水温 | 研究者 | 備考 |
|----|------|-----------|------------|-------------------|----------|
| 鳥取 | 淀江 | 6月中旬~7月下旬 | 20℃< | 梶川 ¹⁰⁾ | 飼育 |
| 大阪 | 鳥取産 | 6月中旬~8月中旬 | 19.4~26.5℃ | 鍋島 ¹¹⁾ | 〃 |
| 千葉 | 小湊 | 6月上旬~8月上旬 | 20~27℃ | 猪野 ⁶⁾ | |
| 〃 | 館山 | 7月 | — | 石井* | |
| — | — | 5月 | — | 藤田* | |
| 千葉 | 九十九里 | 5月下旬~9月中旬 | 20~24℃ | 本研究 | 飼育, G. I |

※猪野⁶⁾より引用

囲となっている。本研究において、九十九里沿岸でG. Iが高い時期は5~8月で、9月に著しく減少した。産卵がG. Iが高い時期から減少する時期に行われるとすると、産卵時期は5月下旬から9月中旬で、産卵日は水温20℃以上の日で水温依存型であると考えられる。

九十九里沿岸で旬平均水温が20℃を越える時期は、1999年は7月中旬であったのに対して2000年は8月上旬であったことから、年によっては産卵が不調に終わり、毎年安定した個体群を維持できない可能性もある。

バイの生物学的最小形について、猪野⁶⁾は、殻長50mm以下では産卵が見られないとし、西広¹²⁾は60mm以下では産卵が行われずとしている。九十九里沿岸のバイでは、殻長51~59mmでは雄、雌とも生殖腺の発達は著しく悪かった。このことから、西広¹²⁾の報告と同様に産卵に関与する大きさは60mm以上と考えられる。一方、10年間飼育した種苗生産員は、殻長34mmでも生殖腺が発達し産卵した。このことは、バイは殻長が小さくても高年齢になれば産卵が可能になる年齢依存型であることを示唆した。

資源管理面からは産卵が可能になった殻長以上から漁獲することが望ましい。西広¹³⁾が述べているように60mm以上、もしくは産卵年齢を考慮すると70mm以上から漁獲するのが良いと思えるが、さらに適正な漁獲サイズを決めるには、海域ごとに年齢と成長^{6, 14, 15)}を明確にし、バイ¹⁴⁾、ツバイ¹⁶⁾及びアワビ¹⁷⁾で行われているような資源解析を試みる必要がある。

要 約

- 1) 1999年5月から2001年5月の間、バイのインボセックス個体が産卵可能であるかを九十九里沿岸及び内房富浦沖のバイを用いて検討した。
- 2) 使用した材料の個体数は、九十九里沿岸で797個体、富浦沖65個体で、インボセックスを含めた雌雄比は、九十九里沿岸53:47、富浦沖33:32でほぼ1:1であった。
- 3) 殻長63~93mmの範囲において、インボセックスの発生率は、九十九里沿岸でも成東沖で65.4~92.6%、南白亀川沖で85.0~100%と地先により違いが認められた。内房富浦沖では100%であった。
- 4) 成東沖では、殻長44~62mmでインボセックスは認められなかった。成長するにつれて、もしくは高年齢になるにつれてインボセックスが発現することが示唆された。
- 5) R. P. Sでも地先により違いが認められ、成東沖では14.0~20.5%と低かったのに対して、南白亀川

- 沖では25.1~27.1%と高い値を示した。富浦沖では38.6~56.6%と極めて高かった。インポセックス率が高いとR.P.Sも高くなる傾向を示した。
- 6) 九十九里沿岸のバイの殻長とペニス長の関係は、雄個体では殻長に比例してペニスが長くなったが、インポセックス個体では、殻長70mm以上で特に比例関係は認められなかった。
 - 7) 殻長70mm以上の生殖腺熟度指数(G.I)は、雄及びインポセックス個体で5~8月に高く、9月以降低下した。正常雌のG.Iが特にインポセックスのG.Iより高い傾向を示さなかった。成東沖の殻長51~59mmのバイでは、5月中旬でも生殖腺の発達を認められなかった。
 - 8) 九十九里沿岸のバイの産卵時期は、5月下旬から9月中旬で、産卵日は水温20℃以上で水温依存型と推察した。
 - 9) 産卵時期の水温が、20℃以下で経過した年は、産卵不調に陥り、個体群の維持に影響すると考えられた。
 - 10) 生殖腺の発達から、九十九里沿岸で産卵に関与する大きさは殻長60mm以上と考えられた。ただし、10年間飼育した種苗生産貝では34mmでも産卵したことから34mmでも高年齢であれば産卵する可能性がある。
 - 11) R.P.Sが38.6~56.6%と極めて高いインポセックスでも産卵が確認された。
 - 12) 資源管理の面からは殻長60mm、もしくは70mm以上で漁獲するのが望ましい。
- 文 献
- 1) 堀口敏宏 (1998) : インポセックス—巻貝類における雌の雄化現象—。海洋と生物, 20(4), 283—288.
 - 2) 堀口敏宏・清水 誠 (1992) : 貝類及び他の水生生物。有機スズ汚染と水生生物影響, 恒星社厚生閣, 東京, 99—135.
 - 3) 梶川 晃・山本栄一・増谷龍一郎 (1983) : バイの性徴と産卵能力。昭和56・57年度鳥取県栽培漁業試験場報告, 16—18.
 - 4) 水口憲哉・内山隆史 (1990) : 新腹足目類における有機スズ汚染の影響—I。房総半島沿岸におけるimposexの発生状況, 平成2年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 153.
 - 5) 水口憲哉・堀口敏宏・内山隆史 (1990) : 新腹足目類における有機スズ汚染の影響—II。漁獲量の減少と人工ふ化放流の困難, 平成2年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 153.
 - 6) 猪野 峻 (1950) : バイ (Babyloia Japonica Reeve) の生活史及びその増殖法。水産動物の研究(1)。日本出版。東京, 11—24.
 - 7) 堀口敏宏 (1998) : 有機スズ化合物と巻貝類の生殖異常, 科学, 68(7), 546—551.
 - 8) 水口憲哉・工藤貴史・澤見栄子 (1998) : 有機スズ汚染の規制による減少過程—II。バイの年級群組成とR.P.Sの検討, 平成10年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 140.
 - 9) 竹内正博・水石和子・水口憲哉 (1998) : 有機スズ汚染の規制による減少過程—III。バイの有機スズ含有量とimposex, 平成10年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 140.
 - 10) 梶川 晃 (1971) : バイ種苗生産技術試験。鳥取県水試報告, 10, 1—25.
 - 11) 鍋島靖信 (1987) : バイ種苗生産試験。昭和60年度大阪府水試事報, 105—118.
 - 12) 西広富夫・生田哲郎・山崎 淳 (1985) : バイの生態およびその増殖に関する研究—I。未成熟群と成熟群の生息域, 京都府海洋センター研報, 9, 23—29.
 - 13) 西広富夫・生田哲郎・山崎 淳 (1986) : バイの生態およびその増殖に関する研究—V。バイ籠の網目と漁獲について, 京都府海洋センター研報, 10, 1—10.
 - 14) KUBO, I. and K.KONDO (1953) : Age determination of the Babyloia japonica (REEVE), an edible marine Gastropod, basing on the operculum, J.Tokyo. Univ. Fish., 39(2), 199—207.
 - 15) YOSHIHARA, T.(1957) : Population studies on the Japanese ivory shell, Babyloia Japonica (REEVE). J.Tokyo Univ. Fish., 43(2), 207—249.
 - 16) 加藤史彦 (1979) : 新潟県沖合におけるツバイ資源とばいかご網漁業の管理。日水研報告, 30, 29—40.
 - 17) 清水利厚 (2000) : 殻長制限によるアワビの資源管理, 千葉水試研報, 56, 15—20.