

栽培漁業技術シリーズ

# ハナサキガニの種苗生産技術

—親ガニの養成，種苗生産，中間育成および放流手法の開発—



独立行政法人 水産総合研究センター

## 「ハナサキガニの種苗生産技術」の刊行にあたって

本種は冷水性の甲殻類で、分布域は日本では北海道道東などに限られており地域の特産として重要な対象種である。根室市では毎年「かに祭り」が開催され、多くの観光客が集まることで知られている。昭和40年代には年間1,000トンを超える漁獲量があったが、200海里体制や沿岸資源の減少により平成12年以降は100トン未満に減少し、地元から種苗放流による資源の回復が期待されている。

このため、資源増大への取り組みとして、昭和56年に根室海域ハナサキガニ資源維持増大対策連絡協議会が発足し、ハナサキガニ種苗の標識放流や生態の解明、資源量の把握等が行われてきた。また、種苗生産の技術開発については、昭和57年から社団法人日本栽培漁業協会厚岸事業場（現独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター）で始まり、この年に1齢期稚ガニ10万尾（平均生残率43%）の生産に成功し、平成4年度には最高の83万尾（平均生残率65%）を生産した。その後、量産試験と平行して餌料系列、収容密度、疾病対策等の適正な飼育方法に関する検討を行い、稚ガニまでの生残率が向上し安定して生産できる量産技術を開発した。放流技術の開発は上記協議会と共同で取り組み、根室港弁天島沖で中間育成、放流試験を行い、タマネギ袋を用いた中間育成技術の有効性や放流場所として海底に碎石マウンドを設置することで放流地点に長く滞留させることができることなどを実証した。これらの成果により、種苗生産と放流の技術にはほぼ目処がついたと考え、平成17年度からは本種の技術開発を休止している。

本書は、これまで厚岸栽培技術開発センターで行った親ガニの養成試験から種苗生産、中間育成および放流に至る研究開発試験の成果を当時の担当者によって取りまとめたものである。本稿では、論文や報告書として公表された成果はもとより、未発表の実験結果や知見についても可能な限り収集した。そのため、必ずしも学術的表現や解析結果になっていない箇所もあることをご了解願いたい。

本書が今後、関係各機関で活用され、ハナサキガニ資源の回復の一助になれば幸いである。

平成21年3月

独立行政法人水産総合研究センター

理事長 中 前 明

## ハナサキガニの種苗生産技術

—親ガニの養成，種苗生産，中間育成および放流手法の開発—

### 執筆者

| 所 属                            | 役 職     | 氏 名     |
|--------------------------------|---------|---------|
| 独立行政法人水産総合研究センター<br>玉野栽培漁業センター | 主任技術開発員 | 芦 立 昌 一 |
| 同 上                            | 技術開発員   | 佐 藤 琢   |

### 取り纏め

|                                |         |         |
|--------------------------------|---------|---------|
| 独立行政法人水産総合研究センター<br>玉野栽培漁業センター | 主任技術開発員 | 芦 立 昌 一 |
|--------------------------------|---------|---------|

### 指導・助言

|                                |     |         |
|--------------------------------|-----|---------|
| 独立行政法人水産総合研究センター<br>小浜栽培漁業センター | 場 長 | 高 橋 庸 一 |
|--------------------------------|-----|---------|

## ～ 目 次 ～

|                                   |    |                                   |    |
|-----------------------------------|----|-----------------------------------|----|
| I. はじめに                           | 1  | IV-3 種苗生産システム構築へ向けての試験            | 20 |
| II. 親ガニの入手と養成                     | 2  | 1) 光リアクター装置で培養した<br>珪藻を用いた飼育試験    | 20 |
| II-1 親ガニの入手                       | 2  | 2) 改善した光リアクター培養珪藻を<br>用いた量産試験     | 21 |
| II-2 親ガニの養成                       | 2  | 3) 光リアクター培養珪藻を利用した<br>種苗生産システムの提案 | 22 |
| 1) 養成方法                           | 3  | V. 中間育成と放流技術の開発                   | 25 |
| 2) 養成密度                           | 3  | V-1 稚ガニの中間育成手法の検討                 | 25 |
| 3) 餌料                             | 4  | 1) タマネギ袋による中間育成試験                 | 25 |
| II-3 ふ化幼生の回収方法                    | 8  | 2) 5段カゴによる中間育成試験                  | 25 |
| III. 養成水槽での交尾と産卵                  | 9  | 3) 放流用稚ガニの大量中間育成試験                | 27 |
| III-1 雄の繁殖能力                      | 9  | V-2 放流試験                          | 28 |
| 1) 甲長サイズと精子数                      | 9  | 1) 1 齢期稚ガニを用いたマウンド放流試験            | 28 |
| 2) 雄の交尾回数と受精能力                    | 10 | 2) 中間育成した稚ガニを用いた<br>マウンド放流試験      | 30 |
| 3) 交尾による精子数の変化                    | 11 | 3) マウンド放流の問題点とその対策                | 31 |
| 4) 交尾回数および雌雄の大きさと<br>精子数(射精数)の関係  | 11 | VI. 種苗生産と中間育成に必要な資材と経費            | 37 |
| III-2 雌の繁殖能力                      | 12 | VI-1 親ガニ                          | 37 |
| 1) 雌の交尾可能期間と産卵成功の<br>関係について       | 12 | VI-2 種苗生産                         | 37 |
| 2) 産卵数                            | 13 | VI-3 餌料                           | 37 |
| III-3 雄の交尾能力から見た収容尾数の<br>シミュレーション | 14 | VI-4 かかる経費の推定                     | 37 |
| IV. 種苗生産                          | 15 | VII. おわりに                         | 40 |
| IV-1 幼生期の飼育                       | 17 | VIII. 引用文献                        | 41 |
| 1) 1次飼育(ふ化から<br>グラウコトエ前期まで)       | 17 |                                   |    |
| 2) 2次飼育(グラウコトエ後期から<br>稚ガニまで)      | 18 |                                   |    |
| IV-2 疾病の出現と防除対策                   | 19 |                                   |    |
| 1) 流水方式による疾病防除試験                  | 19 |                                   |    |

# I. はじめに

ハナサキガニ *Paralithodes brevipes* は、千島列島、サハリン、シベリア沿岸、オホーツク海、カムチャッカ半島、ベーリング海に分布<sup>1)</sup>する十脚目・異尾下目・タラバガニ科に分類される甲殻類の一種である。若齢期はタイドプールなどごく浅い海岸域にも現れるが、主に水深50m以浅の海に生息し、コンブが生えた岩礁にも見られることから地元では「コンブガニ」とも称されている。北海道では襟裳岬から納沙布岬にかけての太平洋沿岸、根室半島北側のオホーツク海に分布し<sup>1-4)</sup>、特に、道東の浜中湾から納沙布岬までが主な漁場であり、主にゆでガニや鉄砲汁などで食され、水産資源のみならず観光資源としても重要である。

しかし、漁獲量(図1)は1976年までは1,000トン以上あったが、現在は100トン前後にまで減少し<sup>5)</sup>、特に1977年からの200海里制導入後は、道東沿岸の漁獲圧力が高まり資源は急激に減少した。このため、根室海域では1981年から1983年までの3年間を全面禁漁にするとともに、北海道庁による資源調査と研究が行われ、現在は漁獲時期、量、大きさを制限した資源管理型漁業に移行している。

ハナサキガニの雌は満6歳(19齢期)で成熟し<sup>6)</sup>、4月下旬から7月にかけて交尾と産卵を行い<sup>7)</sup>、約1年間の抱卵後、3月頃からふ化が始まる。ふ化幼生(ゾエア)は3回脱皮してグラウコトエ(メガロパ)と呼ばれる幼生に変態し、さらに1回の脱皮後に稚ガニに達する<sup>8)</sup>。天然個体の調査では、稚ガニは6月頃に潮間帯域に出現し、約3年間留まる事が知られている<sup>9)</sup>。未成体ガニの初期成長については鳥澤ら<sup>10)</sup>が報告しているが、幼生の飼育や産卵生態についての報告は少ない。

本種の種苗生産については、1982年から社団法人日本栽培漁業協会厚岸事業場(現独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター。以下、厚岸センター)で資源増殖のための種苗放流を目的とした技術開発を行ってきた<sup>11,12)</sup>。

本報では技術開発の過程で得られた親ガニの養成手法、交尾・産卵生態の把握、種苗生産技術の開発および高機能植物餌料の開発等を整理し、飼育マニュアルとして取りまとめた。

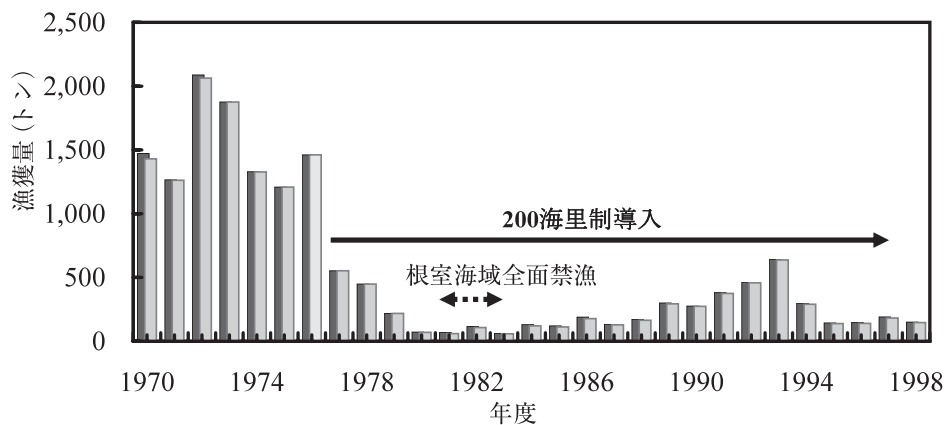


図1 ハナサキガニ漁獲量の変化  
(北海道水産現勢より)

■ : 総漁獲量      □ : 釧路・根室の漁獲量

## Ⅱ. 親ガニの入手と養成

### Ⅱ-1 親ガニの入手

北海道では、本種はカゴ網で漁獲されているが、漁船に活魚槽のある船が少なく、漁場から市場までの間はほとんどが無水状態で放置される。特に抱卵した雌ガニでは、この間、卵に悪影響が及ぶ場合があるので、これを親ガニとして使用する場合は注意が必要である。

抱卵ガニの入手には特別採捕許可を必要とし、用船に関わる手続きおよび日程調整等に費やす費用、労力、時間が多大である。このため厚岸センターでは、「根室海域ハナサキガニ資源維持増大対策連絡協議会」が実施する密度分布調査<sup>13)</sup>で捕獲される抱卵雌ガニを無償で譲り受けていた。しかし、1990年に北海道漁業調整規則（第3章第35条3）が改正されたため、親ガニの入手方法が特別採捕許可によるものだけとなり、入手はさらに困難な状況となっている。

親ガニの入手時期は、海水温が8℃以下となる秋（10月）以降が望ましい。密度分布調査が行われた6～8月に入手した場合は、厚岸センターへの搬入後約6カ月間の養成を必要とした。採捕はほとんどが根室の落石（おちいし）海域で行われ、落石港までの輸送には活け間のある船を用い、落石港から厚岸センターまでは酸素通気を行った1.0kℓキャンパス水槽でトラック輸送した。輸送時間は約1.5時間で、漁場と輸送時の水温差が±1℃以内となるよう海水水により水温を調節した。

養成期間は気温、表層水温等が高くなる時期であるため、抱卵ガニが高温に晒され離卵する個体が多く観察されることから、環境維持には十分な注意が必要である。

### Ⅱ-2 親ガニの養成

親ガニ（写真1）の養成では、入手した抱卵個体から



写真1 ハナサキガニ親ガニ

ふ化幼生を得るための養成（以下、ふ化試験）と、ふ化が終了した個体を再度交尾、産卵させ翌年以降のふ化に供するための養成（以下、交尾・産卵試験）を行った。

### 1) 養成方法

ふ化試験および交尾・産卵試験には、8.0kℓFRP水槽（4.2×2.1×深さ1.0m）を用いた。ふ化試験ではふ化直前の抱卵雌のみを収容し、2～5回転/日の流水で管理した。水温は0～1℃前後の自然水温から、1日に0.5℃を上限として徐々に昇温し、ふ化幼生採集時には3～4℃となるように設定した。ふ化試験の期間は約1カ月とした。

交尾・産卵試験では養成期間が6カ月以上の長期となるため、越夏時の高水温期に死亡個体が多く出現した。このため、1993年から水槽に泡沫ろ過器（ろ過能力1,000ℓ/時、コマツ北海道）、砂ろ過器（三英理工）および熱交換器（チタン製熱伝導面積4m<sup>2</sup>）からなる循環ろ過装置（図2）を設置し、自然水温が10℃を超える7～11月は10℃以下に冷却し、自然水温が0℃以

下となる厳冬期は1℃を下回らないように加温した。また、種苗生産開始前の2月以降はふ化促進のため、1カ月かけて徐々に4～5℃まで昇温した。注水にはろ過海水を用い、注水量は高水温期が0.5～2回転/日、その他の時期は3～4回転/日、ふ化時期は5～6回転/日とした。

なお、1999年までは、入手した親ガニは水槽収容前にニフルスチレン酸ナトリウム（水産用エルバージュ、上野製薬）10ppmで1時間の薬浴を行っていたが、2003年の薬事法の改正により現在は使用していない。

### 2) 養成密度

冷却機を用いた越夏試験は1988年から予備的に開始したが、冷却装置数の不足から収容密度が25尾/kℓ以上と高くなったため、冷却による生残率の向上効果は得られず、高水温期には離卵する個体が見られた<sup>14)</sup>。このため、収容密度を20尾/kℓ以下にしたところ、越夏後の生残率はそれまでの10%から57%まで向上した<sup>15)</sup>が、越夏時に離卵する個体は依然として多く出現した。さら

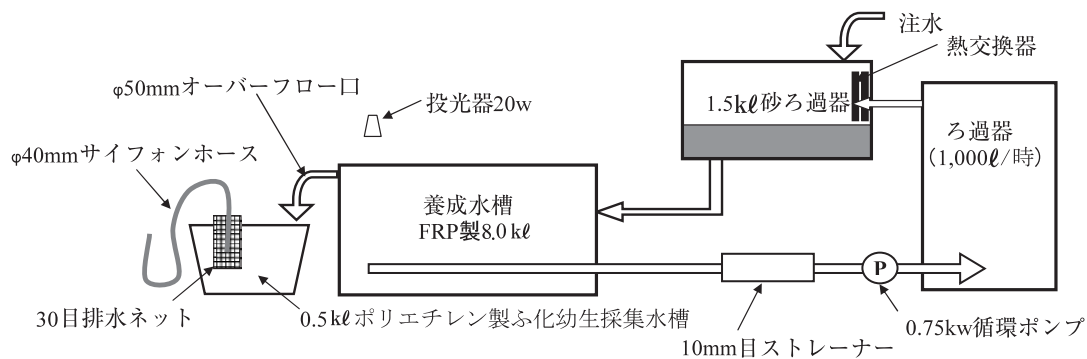


図2 ハナサキガニ親ガニの養成水槽模式

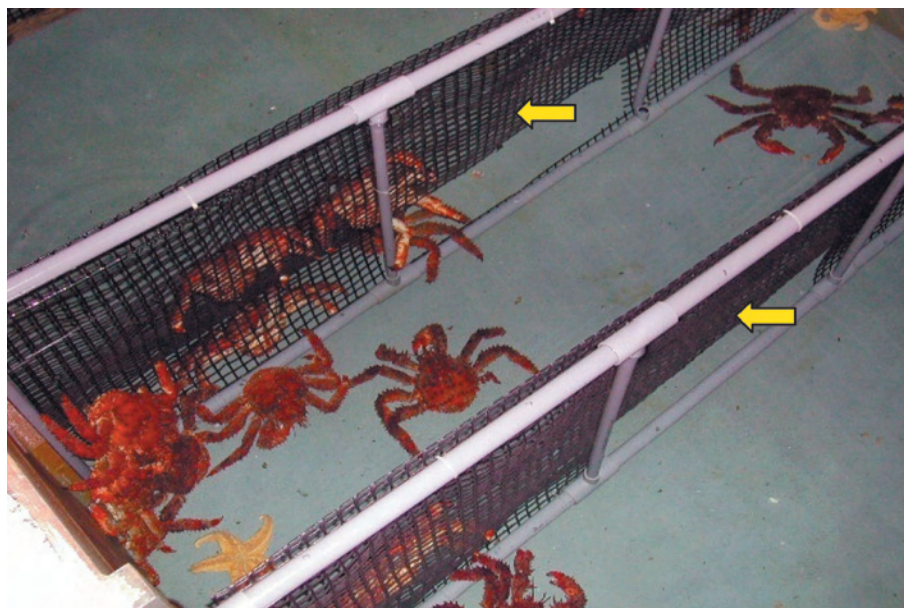


写真2 ポリエチレン製付着基質（←）を設置したハナサキガニ親ガニの養成水槽

に、養成密度を10尾/kℓ以下に下げ、ポリエチレン製の付着基質（写真2）を設置したところ生残の向上が見られ<sup>16, 17)</sup>、2002年の生残率は70～80%で離卵する個体も減少した<sup>18)</sup>。

### 3) 餌料

親ガニ養成の餌料（表1）として、モイストペレット、冷凍した魚介類または生鮮物を用い、週2～3回、体重の5%を目安に与えた。

モイストペレットの成分は、天然個体の胃内容物、体成分等を参考に決定するが、本種の場合これらの知見に乏しかったため、入手可能な魚介類を与えてきた。しかし、本研究のため長期の養成が必要となったことから、まず親ガニの体成分分析、特にタンパク、アミノ酸、脂肪酸の分析を行い、その結果から餌料の適正な成分組成を検討した。

**養成個体の体成分分析** 長期養成した個体の体成分を天然個体と比較すると、養成個体では筋肉の一般組成

表1 ハナサキガニ親ガニの養成に用いた餌料とモイストペレットの組成

| 餌料       | 組成*1          | 従来餌料   | 改善餌料  |
|----------|---------------|--------|-------|
|          |               | 重量比(%) |       |
| モイストペレット | イカミールマッシュ     | 44.5   | —     |
|          | オキアミミールマッシュ   | —      | 40.8  |
|          | 海藻粉末          | 6.0    | —     |
|          | 昆布細片          | —      | 3.1   |
|          | イサザアミ         | 23.7   | 25.4  |
|          | チカ            | 23.7   | 10.2  |
|          | ヒトデ           | —      | 15.3  |
|          | 総合ビタミン        | 1.3    | 1.0   |
|          | L-グルタミン酸ナトリウム | 0.3    | 0.3   |
|          | 天然アスタキサンチン    | —      | 3.1   |
|          | βカロテン         | —      | 0.5   |
|          | グアガム          | 0.3    | 0.3   |
|          | イカ肝油          | 0.2    | —     |
|          | 計             |        | 100.0 |
| 冷凍餌料     | エビジャコ         | ○      | ○     |
|          | チカ            | ○      | ○     |
|          | イカ            | ○      | —     |
|          | キュウリウオ        | —      | ○     |
|          | オキアミ          | —      | ○     |
| 生鮮餌料     | アサリ           | ○      | ○*2   |
|          | キュウリウオ        | —      | ○     |

\*1: 2000年までは従来餌料, 2001年以降は改善餌料を用いた

\*2: βカロチン含有クロレラをアサリ1kgあたり100mlで強化

表2 ハナサキガニの筋肉の一般組成分析結果（1994年）

| 分析項目  | 天然個体 |      |      | 養成個体 |      |        |
|-------|------|------|------|------|------|--------|
|       | 天然1  | 天然2  | 平均   | 養成1年 | 養成2年 |        |
| 水分    | 81.8 | 77.4 | 79.6 | <    | 87.3 | < 87.4 |
| タンパク質 | 14.3 | 17.5 | 15.9 | >    | 9.4  | > 8.4  |
| 脂質    | 0.5  | 0.4  | 0.5  | >    | 0.3  | = 0.3  |
| 繊維    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | =    | 0.0  | = 0.0  |
| 灰分    | 1.8  | 1.8  | 1.8  | <    | 2.0  | < 2.1  |
| 糖質    | 1.6  | 2.9  | 2.3  | >    | 1.0  | < 1.8  |

\* 単位は%



表3 ハナサキガニの筋肉の脂肪酸分析結果 (1994年)

| 分析項目      | 天然個体 |      |      |   | 養成個体 |        |
|-----------|------|------|------|---|------|--------|
|           | 天然1  | 天然2  | 平均   |   | 養成1年 | 養成2年   |
| 14:0+?    | 2.3  | 1.1  | 1.7  | > | 1.0  | < 1.4  |
| 15:0      | 0.3  | 0.3  | 0.3  | > | 0.2  | > 0.0  |
| 16:0      | 12.3 | 13.5 | 12.9 | < | 16.1 | < 16.2 |
| 16:1      | 4.1  | 6.1  | 5.1  | > | 3.5  | < 3.9  |
| 17:0      | 0.5  | 0.4  | 0.5  | > | 0.0  | = 0.0  |
| 17:1      | 0.6  | 0.6  | 0.6  | > | 0.4  | > 0.3  |
| 18:0      | 4.8  | 5.5  | 5.2  | > | 4.0  | < 4.3  |
| 18:1      | 18.8 | 18.5 | 18.7 | < | 26.0 | < 28.4 |
| 18:2+?    | 1.1  | 0.8  | 1.0  | < | 2.7  | = 2.7  |
| 18:3(n-3) | 0.4  | 0.4  | 0.4  | < | 0.6  | = 0.6  |
| 18:4      | 0.5  | 0.5  | 0.5  | > | 0.0  | = 0.0  |
| 20:0      | 0.2  | 0.1  | 0.2  | = | 0.2  | = 0.2  |
| 20:1      | 3.5  | 3.8  | 3.7  | > | 1.3  | < 1.5  |
| 20:2(n-6) | 0.3  | 0.2  | 0.3  | = | 0.3  | = 0.3  |
| 20:4(n-6) | 3.4  | 2.8  | 3.1  | < | 3.4  | > 2.4  |
| 20:4(n-3) | 0.4  | 0.5  | 0.5  | > | 0.1  | = 0.1  |
| 20:5      | 30.0 | 29.6 | 29.8 | > | 21.2 | > 17.2 |
| 22:1      | 0.7  | 0.4  | 0.6  | > | 0.4  | = 0.4  |
| 22:5      | 1.9  | 1.4  | 1.7  | > | 0.7  | < 0.9  |
| 22:6      | 10.6 | 9.6  | 10.1 | < | 17.4 | < 17.8 |
| 24:1+?    | 1.5  | 0.9  | 1.2  | > | 0.3  | = 0.3  |
| 未同定       | 1.8  | 3.0  | 2.4  | > | 0.2  | < 1.1  |

\* 単位は%

分析 (表2) のうちタンパク質、脂質および糖質が少なく、脂肪酸組成の分析では筋肉中 (表3) および卵巣中 (表4) とともに減少する脂肪酸の項目が多かった。筋肉のアミノ酸分析 (表5) では、養成期間が長い個体ほど分析した18項目の全てで減少する傾向が認められた。一方、養成および天然親ガニから得られたふ化幼生の脂肪酸組成の分析結果 (図3) では、高度不飽和脂肪酸 (n-3HUFA) は養成期間が長いほど含量が増加する傾向が認められ、ドコサヘキサエン酸 (DHA) は天然および養成個体で含量に変化はなかったが、エイコサペンタエン酸 (EPA) は養成個体で天然個体の3~4倍に増加した。

**モイストペレットの改良** これらの分析結果を基に、モイストペレットの組成を鮮度の良い魚介類を中心に脂質、アミノ酸などを強化した餌料 (表1; 従来餌料) を作製した。しかし、卵質の向上には至らず、産卵した卵の色は天然産に比べ退色しており養成期間が長いほど黄色味が強くなった (写真3)。これは、カロテノイドの不足が原因ではないかと考え、ふ化幼生のカロテノイ

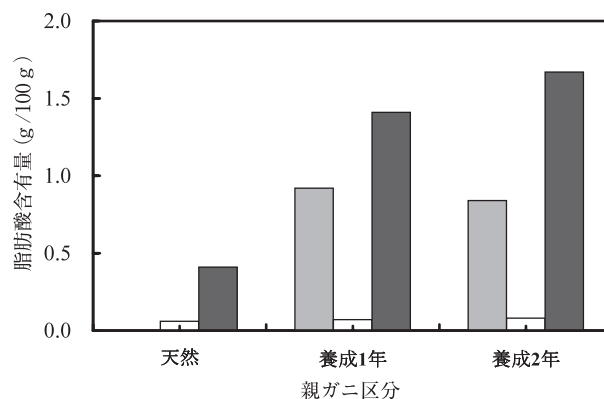


図3 養成期間が異なるハナサキガニ親ガニから得られたふ化幼生の脂肪酸分析結果  
 ■: EPA □: DHA ■: Σ n-3HUFA

ド、特に海産甲殻類のカロテノイドの主成分とされているアスタキサンチン<sup>19)</sup>を分析したところ、天然個体と比べて養成期間が長いほど総カロテノイド量は減少し、総カロテノイド量の80%以上をアスタキサンチンが占

表4 ハナサキガニの卵巣の脂肪酸分析結果(1994年)

| 分析項目      | 天然個体 |      |      | 養成個体 |      |   |      |
|-----------|------|------|------|------|------|---|------|
|           | 天然1  | 天然2  | 平均   | 養成1年 | 養成2年 |   |      |
| 12:0      | 0.1  | 0.1  | 0.1  | =    | 0.1  | < | 0.3  |
| 14:0+?    | 2.4  | 0.9  | 1.7  | >    | 1.0  | = | 1.0  |
| 15:0      | 0.4  | 0.3  | 0.4  | >    | 0.1  | > | 0.0  |
| 16:0      | 10.8 | 12.8 | 11.8 | <    | 14.3 | < | 14.9 |
| 16:1      | 5.8  | 8.3  | 7.1  | >    | 5.1  | > | 4.7  |
| 17:0      | 0.5  | 0.0  | 0.3  | >    | 0.0  | = | 0.0  |
| 17:1      | 0.6  | 0.5  | 0.6  | >    | 0.4  | = | 0.4  |
| 18:0      | 3.8  | 4.4  | 4.1  | >    | 3.1  | > | 2.9  |
| 18:1      | 18.7 | 19.0 | 18.9 | <    | 25.9 | < | 28.3 |
| 18:2+?    | 1.0  | 0.7  | 0.9  | <    | 1.3  | > | 1.2  |
| 18:3(n-3) | 0.5  | 0.2  | 0.4  | >    | 0.3  | < | 0.4  |
| 18:4      | 0.7  | 0.8  | 0.8  | >    | 0.2  | > | 0.1  |
| 20:0      | 0.2  | 0.0  | 0.1  | >    | 0.0  | = | 0.0  |
| 20:1      | 3.9  | 4.8  | 4.4  | >    | 2.5  | > | 1.6  |
| 20:2(n-6) | 0.2  | 0.3  | 0.3  | <    | 0.4  | = | 0.4  |
| 20:4(n-6) | 2.5  | 2.1  | 2.3  | >    | 2.1  | > | 2.0  |
| 20:4(n-3) | 0.7  | 0.9  | 0.8  | >    | 0.3  | > | 0.2  |
| 20:5      | 31.9 | 29.3 | 30.6 | >    | 17.4 | > | 16.4 |
| 22:1      | 1.0  | 0.9  | 1.0  | >    | 0.5  | > | 0.4  |
| 22:5      | 2.6  | 1.8  | 2.2  | >    | 1.5  | > | 1.1  |
| 22:6      | 8.5  | 8.4  | 8.5  | <    | 22.7 | < | 23.1 |
| 24:1+?    | 2.1  | 1.3  | 1.7  | >    | 0.6  | > | 0.4  |
| 未同定       | 1.1  | 2.2  | 1.7  | >    | 0.2  | = | 0.2  |

\* 単位は%

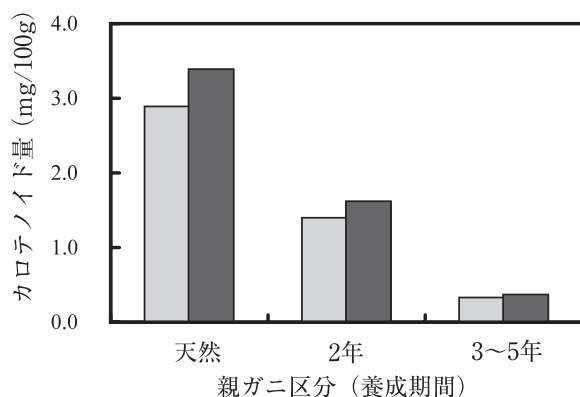


図4 ハナサキガニ幼生のカロテノイド量  
 ■: アスタキサンチン ■: 総カロテノイド

めていることが判明した(図4)。

このため、2001年からは餌料へのカロテノイドやアスタキサンチン等の強化(表1;改善餌料)を検討した。特にカロテノイドは、ビタミン類<sup>20)</sup>とともにヒトデ類や海藻類等の天然餌料に多く含まれている<sup>21)</sup>こと、漁業者からの聞き取りによると、ハナサキガニはヒトデを捕食していることから餌料にヒトデを加えた。さらに天然アスタキサンチン製剤(グロースメント、日本キレート)を加えるとともに、甲殻類は体内でβカロチンをアスタキサンチンに代謝することが報告されていることから、カロテノイド製剤(βカロチン製剤、グリコ栄養食品)も添加した。このカロテノイド添加餌料を給餌したものと従来餌料を給餌したものをを用いてそれぞれ3年間養成し、得られたふ化幼生を比較したところ、卵およびふ化幼生の色合いは天然個体と同程度まで改善され、さらにふ化尾数も増加(図5)したことからカロテノイ

表5 ハナサキガニの筋肉のアミノ酸分析結果 (1994年)

| 分析項目     | 天然個体 |      |      | 養成個体   |        |
|----------|------|------|------|--------|--------|
|          | 天然1  | 天然2  | 平均   | 養成1年   | 養成2年   |
| アルギニン    | 1.24 | 1.53 | 1.39 | > 0.76 | > 0.65 |
| リジン      | 0.95 | 1.18 | 1.07 | > 0.67 | > 0.62 |
| ヒスチジン    | 0.33 | 0.38 | 0.36 | > 0.20 | > 0.19 |
| フェニルアラニン | 0.55 | 0.65 | 0.60 | > 0.36 | > 0.32 |
| チロシン     | 0.57 | 0.65 | 0.61 | > 0.37 | > 0.36 |
| ロイシン     | 0.96 | 1.13 | 1.05 | > 0.68 | > 0.56 |
| イソロイシン   | 0.55 | 0.67 | 0.61 | > 0.39 | > 0.32 |
| メチオニン    | 0.35 | 0.40 | 0.38 | > 0.28 | > 0.20 |
| バリン      | 0.62 | 0.74 | 0.68 | > 0.44 | > 0.39 |
| アラニン     | 0.68 | 0.85 | 0.77 | > 0.47 | > 0.42 |
| グリシン     | 0.88 | 1.10 | 0.99 | > 0.56 | > 0.40 |
| プロリン     | 0.86 | 0.93 | 0.90 | > 0.70 | > 0.59 |
| グルタミン酸   | 1.84 | 2.34 | 2.09 | > 1.13 | > 1.06 |
| セリン      | 0.55 | 0.69 | 0.62 | > 0.36 | > 0.33 |
| スレオニン    | 0.60 | 0.71 | 0.66 | > 0.39 | > 0.35 |
| アスパラギン酸  | 1.17 | 1.44 | 1.31 | > 0.74 | > 0.68 |
| トリプトファン  | 0.17 | 0.20 | 0.19 | > 0.12 | > 0.10 |
| シスチン     | 0.19 | 0.24 | 0.22 | > 0.13 | > 0.12 |

\* 単位は%

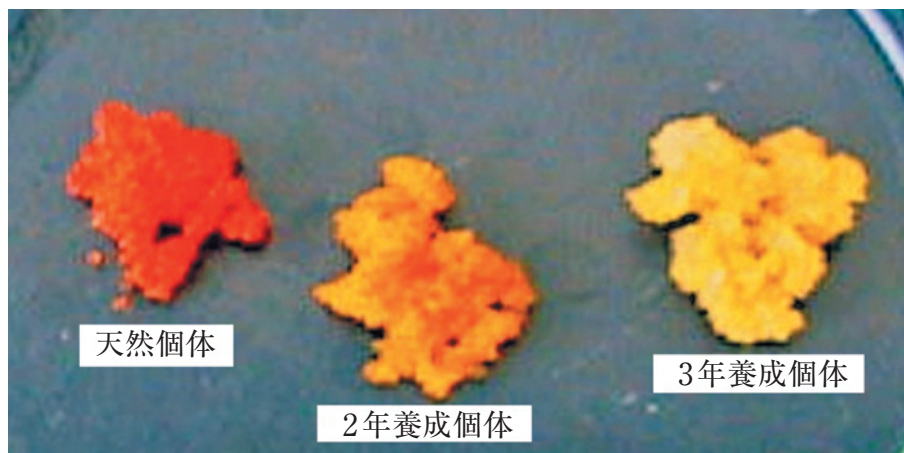


写真3 天然および養成したハナサキガニの外卵の卵色

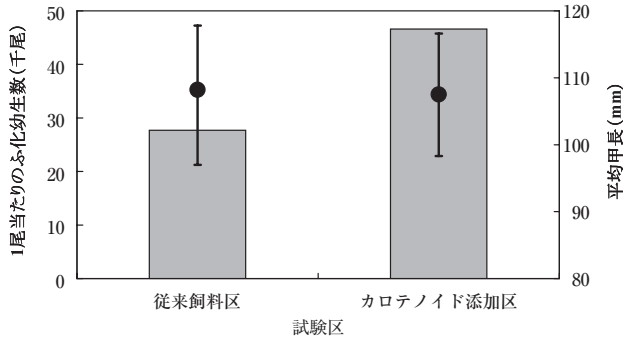


図5 カロテノイドを添加した餌料で3年間養成したハナサキガニのゾエアふ化尾数への影響  
 □: 1尾当たりのふ化尾数(千尾) ●: 平均甲長(mm) Iは範囲

ドの添加効果が得られたと考えられた。

### II-3 ふ化幼生の回収方法

**ふ化時期と回収方法** これまでの飼育結果では、ふ化は水温が3℃になる2月上旬から始まり、4℃になる4月上旬まで続く。ふ化の盛期は3月下旬ごろである。

幼生はプレゾエア<sup>8)</sup>の形でふ化し、ふ化後数分から1時間程度で1齢期ゾエアに脱皮する。ふ化は日没後から

始まり4～5時間ではほぼ終了する。ふ化した幼生はオーバーフロー口に設置した500ℓポリカーボネイト水槽で回収する(図2)。回収された幼生は水槽内で高密度にいるため、日没後2～3時間後に取り上げて飼育水槽に收容する。さらに、1995年からはオーバーフロー口に点灯し、ふ化幼生の趨光性を利用する方法により回収の効率が向上した。なお、残餌や糞などの混入を防止するため、幼生の回収を開始する1週間前から親ガニの餌止めを行った。

**幼生收容日の決め方** 親ガニ1尾当たりのふ化期間は7～12日で、ふ化尾数はふ化開始から徐々に増加し、5～8日目にピークに達する。厚岸センターでは、飼育水槽へのふ化幼生の收容は以下の基準で行っている。まず、親ガニの甲長から予想される全ふ化尾数を、甲長80～110mmの天然個体で報告されている計算式 $1,205 \times \text{甲長} - 92,300$ <sup>18)</sup>により求める。得られた全ふ化尾数の1/2量がふ化した時点がふ化のピークであり、1日のふ化尾数が最も多い(全ふ化尾数の5～10%量)ことから、このタイミングを收容日と決めている。この基準は收容した親ガニが複数個体の場合も同様で、個体差によりふ化期間は長くなるが、個体ごとに求めた予測ふ化尾数の総数の50%量がふ化した時点をふ化のピークと判断し收容する。

### Ⅲ. 養成水槽での交尾と産卵

厚岸センターでは、漁業調整規則の改正により親ガニの入手が困難になったことから、1997年より水槽内での交尾、産卵を目的に入手した個体を複数年間水槽で養成し、本種の適正な性比と繁殖生態に関する基礎的知見を収集した。

#### Ⅲ-1 雄の繁殖能力

雄の生殖口はタラバガニ<sup>22)</sup>と同様に左右第5脚の基部にあり、精巣から輸精管(写真4-A)を経て紐状の精包(写真4-B)が放出され、雌の左右第3脚底節腹面にある生殖口付近に付着する(写真4-C)。水槽内での交尾や産卵による効率的なふ化幼生の確保を実現するため、雄の繁殖能力(保有精子数、交尾成功率、受精率、射精数など)について調査した。

##### 1) 甲長サイズと精子数

受精の成否は、雄の持つ精子の量に関係すると考えられたため、サイズ別の精子数を調べた。試験には、甲長54~110mm(平均82.5mm)の繁殖期前の天然雄ガニ95尾(2002年と2003年の合計)を用いた。

**精子の計数方法** 精子数の計数は水酸化ナトリウムによる処理方法<sup>23)</sup>で行った。ハナサキガニの精子は精包内にあり(写真4-B)、そのままでは精子数の計数が困難なため、水酸化ナトリウム溶液によって精包を溶かす手

法を確立した。

まず精包の溶解に必要な浸透時間を把握するため、各個体の輸精管から精包を100個取り出した。取り出した精包は1.0mlマイクロチューブ内で0.25 mlの20%水酸化ナトリウム溶液に10分、30分、60分もしくは90分間浸透したのち攪拌し、浸透時間ごとに精包から放出された精子数を記録した。精子数の計数はThoma血球計算盤(SLGC)を用い、精包1個当たりから放出された精子数を計算した。

また、繁殖期前に様々なサイズの雄を入手(「Ⅱ-1 親ガニの入手」参照)した後、ただちに精巣と輸精管を摘出し、上記の実験から精包の溶解に十分と考えられた浸透時間を用いて、雄1個体あたりの保有精子量を求めた。

**計数結果と甲長との関係** 図6に処理時間と取り出せた精包1個当たりの精子数を示した。精包は、水酸化ナトリウムへの浸漬後30分までは十分に溶解せず、取り出せた精子数は低く、精包に含まれる全精子の50%以下と考えられた。しかし、60分以上では数値が一定となったことから全精子が取り出せたものと考えられ、浸漬時間は60分以上が妥当と判断した。試験では、浸漬時間が90分までは水酸化ナトリウムによる精子数への影響はなかった。

この方法を用いて計数した雄1個体当たりの総精子数と甲長の関係は、

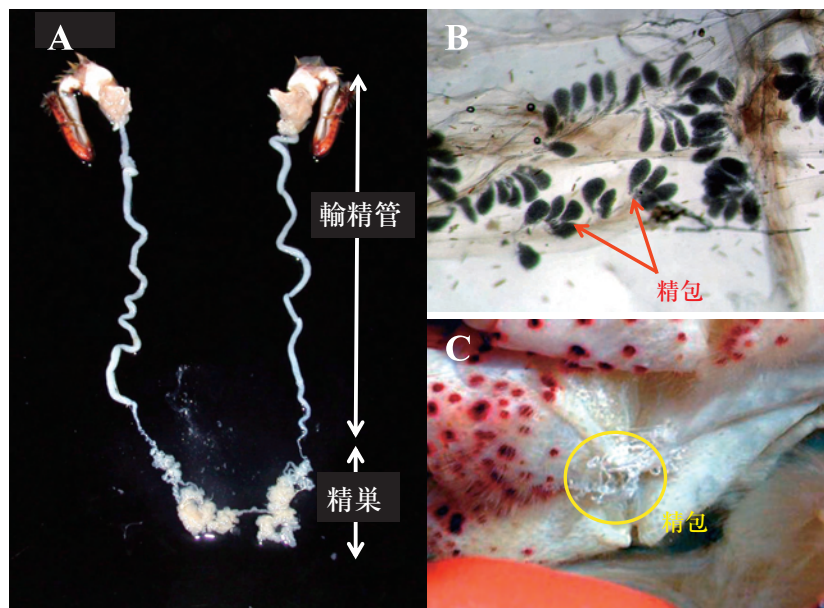


写真4 ハナサキガニ雄の生殖巣  
A: 精巣と輸精管, B: 精包(精紐),  
C: 交尾直後の雌の生殖口に付着した精包

$$Y = 1.1 \times 10^{-6} X^{4.1} \quad R^2 = 0.733,$$

Y: 総精子数, X: 甲長 (mm)

で表され (図7), 最小個体 (甲長54mm) で0.36億個, 最大個体 (同110mm) で1.76億個 (平均1.14億個) であった。また, 最多保有個体は甲長96mmの3.14億個であり, 大型個体ほど総精子数に占める輸精管内の精子数の割合が多かった。

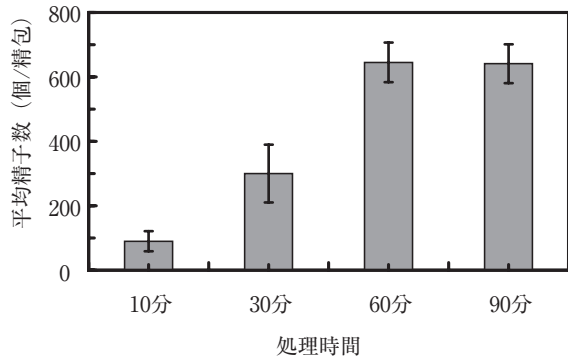


図6 ハナサキガニ精包を20%NaOHで溶解して取り出した精子数  
精子数は3回計数の平均値, Iは標準誤差

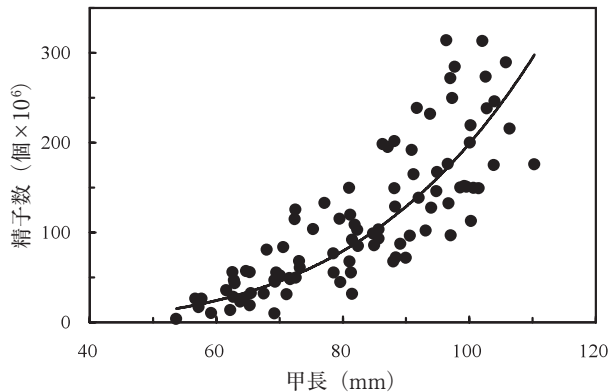


図7 1個体のハナサキガニ雄ガニが保有する総精子数

## 2) 雄の交尾回数と受精能力

**試験方法** 甲長74.2~128.5mmの雄26個体と77.5~118.8mmの雌130個体を用い, 雄のサイズ別に交尾回数と交尾後の産卵の有無を調べた。雄1個体と雌5個体を1.0klポリカーボネイト水槽に同時に収容し, その中で繁殖行動を観察した。また, 甲長80mmサイズ (80.0~85.0mm) の雄と雌 (甲長100.0~110.0mm) を用いて, 雄の交尾回数と受精率の関係を調べた。交尾の方法は, 雄1個体を収容した1.0klポリカーボネイト水槽に脱皮後の交尾可能な雌1個体を入れて, 交尾・産卵を確認すると新しい交尾可能な雌を次の交尾相手として収容する操作を繰り返した。飼育は自然水温 (0.2~2.9℃) で行い, 餌料として3日ごとに適量の生鮮アサリを与えた。

**交尾の成否判定** 水槽内で雌が脱皮してから2日間, も

しくは脱皮後の交尾可能な雌を収容して2日間経過しても産卵がみられなかった場合, その雄は“交尾不能”と判断して試験を終了した。交尾した雌は直ちに産卵する (およそ交尾後1時間) ことから, 交尾に成功したか否かの判定 (以下, 交尾成功率) は, 産卵の確認をもって成功と判断した。また, 産卵した卵の発育段階が32細胞期以上 (産卵後約12日後) になった時点で腹肢内の3ヶ所から200~300粒程度の卵を採集し受精状況を観察した。

**交尾回数と受精能力** 交尾に成功しても産卵した卵の受精率が低ければ期待するふ化幼生は得られないため, 大きさ別に見た雄の交尾回数と交尾成功率を図8に示した。これを見ると, 甲長101~110mmと111~120mmの個体は5回の交尾まで成功率は100%であったが, 100mm以下の個体では交尾回数が増すに従って交尾成功率が低下する傾向にあり, 最大サイズの甲長121mm以上の個体でも2回目以降の交尾成功率は低下した。交尾成功率は80mm以下の個体で顕著な低下が認められたため, 80mmサイズ12個体の交尾回数を調べたところ, 3個体が5回の交尾に成功したが6回目で交尾不能となった。その他の個体の交尾回数は, 4回および3回がそれぞれ3個体, 2回が2個体, 1回が1個体であった。

甲長80mmサイズの雄と交尾した雌の受精率を図9に示した。これを見ると, 受精率は交尾回数の増加に伴って減少し, 4回目の交尾までは平均65%以上の受精率であったが5回目には平均34%まで低下した。

今回の試験の結果から, 雄は複数回の交尾が可能であるが交尾回数を重ねると受精能力が急激に低下することが明らかになり, 甲長80mmサイズの雄では2回以内が適切と考えられた。交尾回数が多い大型の個体では,

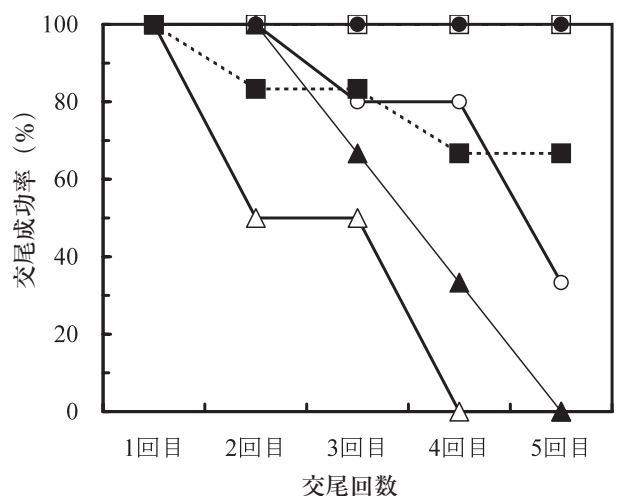


図8 雄ガニの甲長別に見た交尾回数と交尾成功率

—△— 71-80mm      —▲— 81-90mm  
 —○— 91-100mm    —●— 101-110mm  
 - -□- 111-120mm   - -■- 121mm <

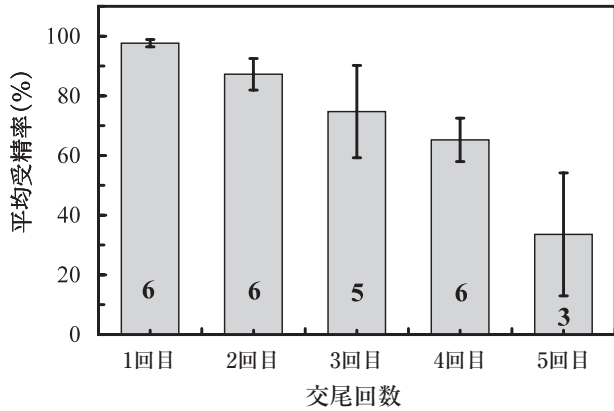


図9 甲長80mmサイズの雄ガニと交尾した雌の受精率  
数字は交尾に成功した雌の個体数, Iは標準誤差

配偶者競争において有利であるとされている<sup>24)</sup>が、最大サイズの個体では逆に交尾成功率が低下することはトラバガニでも知られており<sup>25)</sup>、本試験と同様の傾向が示された。ハナサキガニの年齢形質は明らかでないが、最大サイズでは甲長からかなりの高齢（10歳前後）と推測され、老齢化による繁殖能力の低下が交尾成功率に影響する可能性が考えられる。今回の試験は、交尾相手に選択肢がない条件下での結果であるが、養水水槽内で交尾、産卵させる場合は大きさによる雌雄比の調整が重要である。

### 3) 交尾による精子数の変化

交尾試験を行う中で、受精率低下の原因として精子数の不足が考えられたため、交尾に伴う雄の保有精子数の変化と、精子回復状況について調べた。

**試験方法** 調査には甲長68.0～110.3mmの雄を用い、交尾前後での精子数の減少状況と繁殖期前後における精子数を調べた。

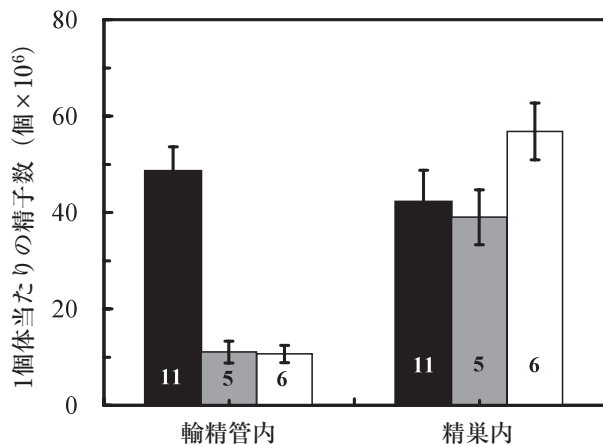


図10 交尾による雄ガニの精子数の変化

■：交尾前 ■：交尾不能当日 □：交尾不能14日後  
数字は調査個体数, Iは標準誤差

精子数（輸精管内）の計数は、交尾前（5個体）および複数回交尾した個体の交尾直後（3個体）と14日後（3個体）について行った。精子数の計数方法は前項と同様とした。また、繁殖期前後における天然雄個体の保有精子量についても調べた。

**精子数の変化** 輸精管内および精巣内の平均精子数の変化を図10に示した。輸精管内の精子数を見ると、交尾前の0.49億個が交尾により減少し、交尾を行わなかった当日は0.11億個まで減少し、その後14日間を経過しても増加は見られなかった。一方、精巣内の精子数は、交尾前の0.42億個が交尾不能当日には0.39億個と若干減少したが、14日後は0.57億個まで増加する傾向が認められた。

繁殖期前および繁殖期後における天然個体（75個体）の保有精子数を図11に示した。これを見ると輸精管および精巣とも繁殖期後は精子数が減少しており、保有していた精子は1シーズンで使いきるものと考えられた。また、受精には輸精管内の精子のみが使われるが、一旦輸精管内の精子数が減少すると2週間程度では全く回復が見られないことから、交尾可能な期間における雄の使用回数は、交尾前の輸精管内の精子数によって決定される可能性が高いと考えられた。従って、水槽内で交尾、産卵させる場合は雄の大きさによる精子保有数と交尾可能回数を考慮して雌雄比を決定する必要がある。

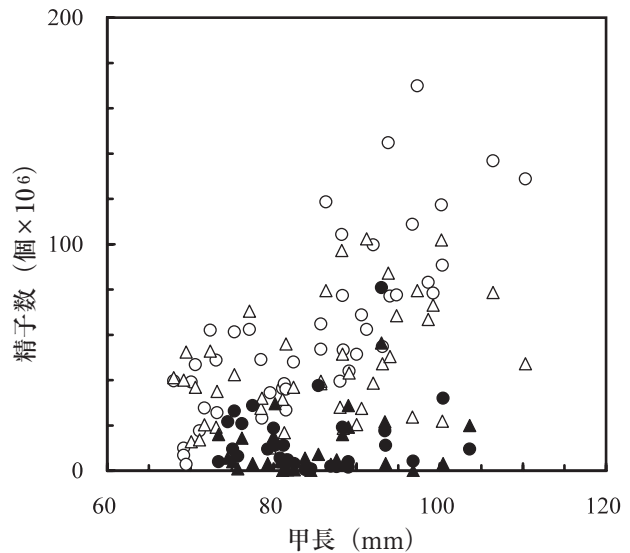


図11 繁殖期前後のハナサキガニの精子数

○：輸精管（前） △：精巣内（前）  
●：輸精管（後） ▲：精巣内（後）

### 4) 交尾回数および雌雄の大きさ（射精数）の関係

交尾、産卵後の受精率は雄の射精数に左右されることが考えられることから、交尾回数および雌雄の大きさ別の射精数を調べた。

**交尾回数と精子数（射精数）** 甲長80～85mmの雄10個体を用い、それぞれ甲長90～100mmの雌と3回連続で交尾させた。交尾を終えた雌個体は生殖口周辺に精包が付着する（写真4-C）ため、生殖口周辺部の甲殻ごと精包を解剖鋏で切り取り、前項同様水酸化ナトリウムで処理後に計数した。

その結果、3回続けて交尾成功した雄は7尾、2回が3尾であった。雌個体が受け取った精子数を見ると（図12）、1回目の交尾では平均0.22億個（0.13～0.30億個）であったが、2回目以降は急激に減少したことから、甲長80～85mmの小型の雄の交尾回数は甲長90～100mmの雌に対しては1回が限度と考えられた。

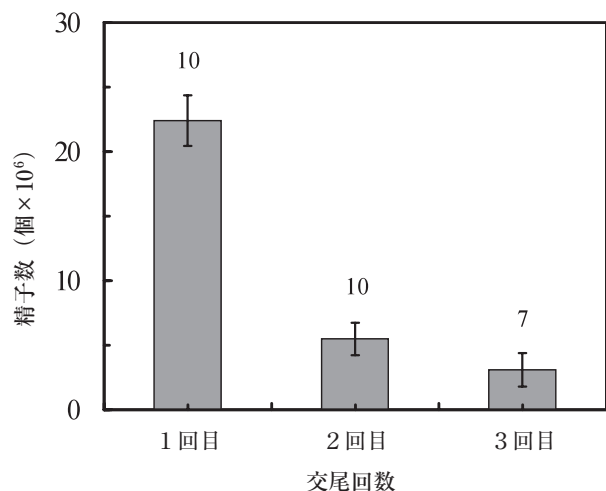


図12 雄ガニの交尾回数と雌が受け取った精子数  
数字は雌の個体数 Iは標準誤差

**雌雄の大きさ別の精子数** 雌雄個体を甲長で小型群（80～85mm）と大型群（100～110mm）に分け、大小を組み合わせて交尾試験を行い、それぞれの組み合わせにおける射精数を前項と同様の方法で計数した。

図13に雌雄の組み合わせ別の交尾で雌が受け取った平均精子数を示した。小型雄を用いた場合、雌のサイズにかかわらず雌が受け取った精子数に顕著な差はなかった。しかし、大型雄の場合には、大型雌が受け取った精子数は0.48億個と小型雌（0.29億個）より顕著に増加した。このことから、大型雄は雌の大きさにより精子数を調節するが、精子の保有量が少ない小型雄では大型雌に対する精子数が不足することが分かった。これまでの観察結果から、交尾し精子を受け取った雌は他の雄との再交尾は観察されていないことから、大型雌が小型雄と交尾した場合は精子数の不足による受精率の低下を招くと考えられる。従って、水槽内での交尾の場合、雌雄の収容比率のみではなくそれぞれの大きさにも留意する必要がある。

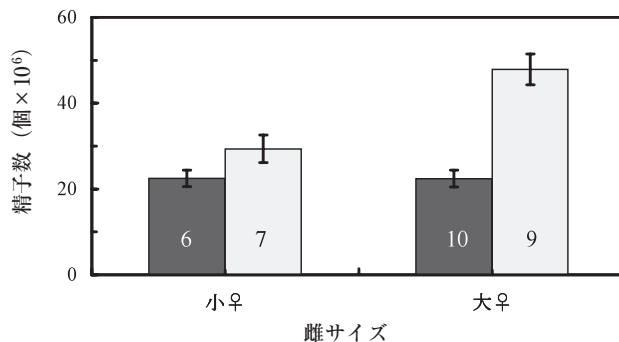


図13 ハナサキガニのサイズ別（小：80-85mm，大：100-110mm）の組み合わせにより雌が受け取った精子数

■：小♂と交尾 □：大♂と交尾 数字は雌の調査尾数 Iは標準誤差

### Ⅲ-2 雌の繁殖能力

#### 1) 雌の交尾可能期間と産卵成功の関係について

タラバガニでは、脱皮から交尾までの経過日数に伴い産卵する個体の割合（以下、産卵率）が低下することが知られている<sup>26)</sup>。そこで、ハナサキガニにおける雌の脱皮後交尾可能期間について調べた。

**試験方法** 脱皮を確認した未交尾の雌（甲長87.0～119.0mm）を脱皮4日後（以下、4日後区）、8日後（8日後区）、12日後（12日後区）、16日後（16日後区）および20日後（20日後区）に未交尾の雄（甲長110.7～124.5mm）と交尾させた。各試験区とも雌5個体を供試した。飼育水の管理および受精率の観察は「Ⅲ-1-2) 雄の交尾回数と受精能力」と同様とし、脱落により卵の観察が不可能な個体は受精率0%とした。試験の間は無給餌とした。

**脱皮後の期間が産卵と抱卵に及ぼす影響** 交尾後の産卵率は、タラバガニでは脱皮後10日目以降は低下し14日目では0%になると報告されている<sup>26)</sup>。それに対して、ハナサキガニでは脱皮後20日目でも100%と高かった。また、受精率は、脱皮後の経過日数に伴って若干低下す

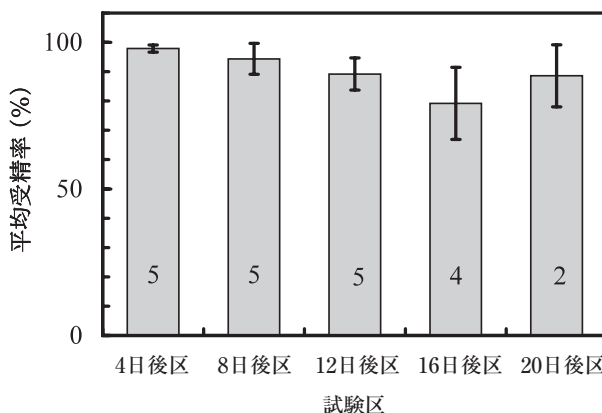


図14 脱皮後の経過日数と受精率の関係  
数字は調査個体数 Iは標準誤差



る傾向が見られたが、概ね80%以上であった（図14）。

しかし、脱皮後の経過日数が長い個体では、産卵時に卵が腹枝に定着せず腹節からこぼれ落ちる状態（以下、脱落卵）が観察された。卵の抱卵状態を脱落の程度からA（卵が一部脱落）、B（半数以上の卵が脱落）、C（ほとんどの卵が脱落）の3段階に分け（写真5）、脱皮後の経過日数との関係を図15に示した。その結果、脱皮後の日数が長い個体ほど多くの卵が脱落し、腹肢に卵が全く付着していないCランクの個体は12日後区と16日後区で20%、20日後区で60%に達した。以上の結果から、ハナサキガニでは交尾成功率と受精率が高くては抱卵に成功するか否かは脱皮後の経過日数に強く影響を受けるため、脱皮した雌はできるだけ早く交尾させることが重要である。

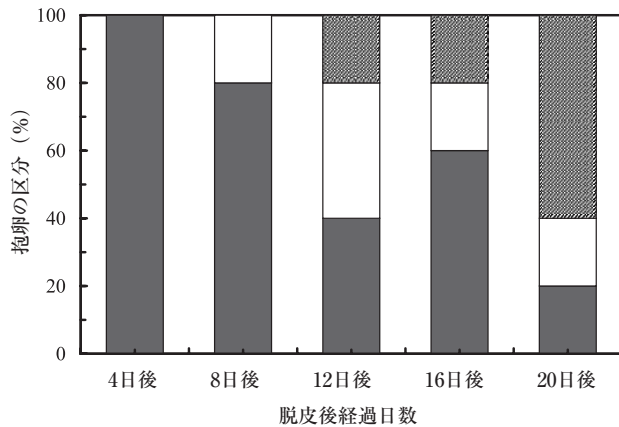


図15 脱皮後経過日数と抱卵状態  
 ■：ランクA □：ランクB ▨：ランクC

## 2) 産卵数

雌のサイズ別の産卵数を把握するとともに、交尾産卵試験により産卵可能な雌の大きさ（生物学的最小形）を調べた。

**試験方法** 試験には200ℓポリエチレン水槽を用い、甲長65.4～104.2mmの脱皮直後の雌94尾と甲長100.0～126.8mmの雄106尾（94尾使用）を用いて、無作為に交尾ペアを作った。雄と同じ水槽に収容して2日間経過しても産卵しなかった雌個体は未産卵とした。交尾を確認した場合、雄個体は直ちに水槽から取り上げ、水槽内で雌に産卵させた。産卵の2日後に雌の腹肢からすべての卵を採集し、重量法によって総産卵数を推定した。なお、産卵数の計数には脱落卵や未受精卵も含めた。

**養成個体の産卵数** 試験に用いた雌94個体のうち32個体（甲長76.7～104.2mm）が産卵した。産卵数と甲長との関係を図16に示した。両者の関係は直線式で表され、最大サイズの甲長110mmの個体では約10万粒の産卵が期待できる。一方、得られるふ化幼生の数と甲長との関係<sup>16)</sup>を見ると、産卵数、ふ化尾数は甲長と正の相関を

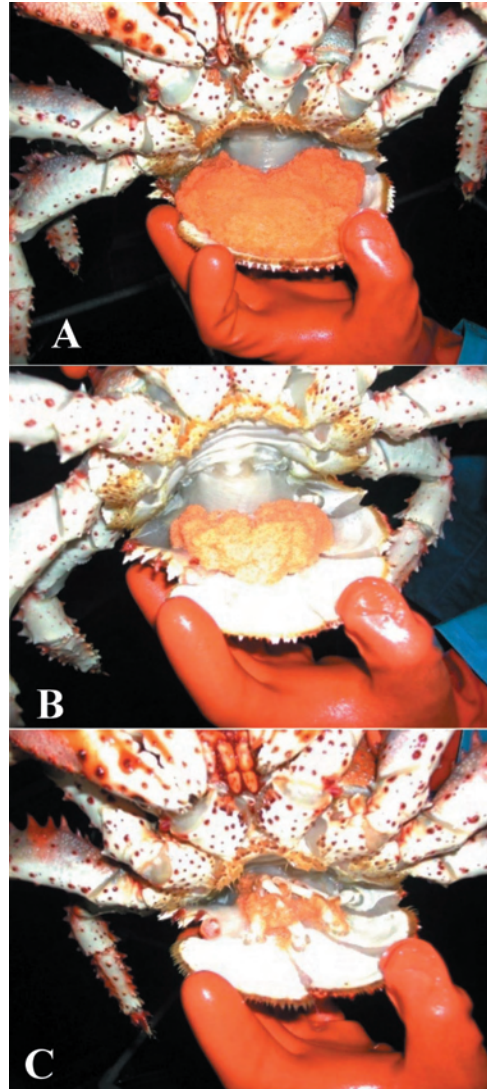


写真5 ハナサキガニの抱卵状態による区分  
 A：卵が一部脱落、B：半数以上の卵が脱落  
 C：ほとんどの卵が脱落

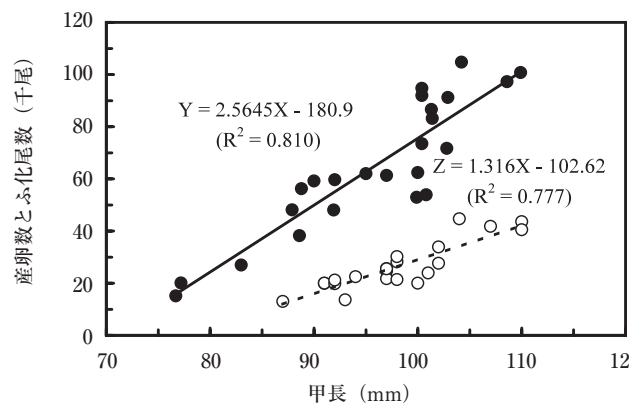


図16 ハナサキガニ雌の甲長と産卵数およびふ化尾数の関係  
 ●：産卵数、○：ふ化数  
 Y：産卵数（千尾）、X：甲長（mm）、Z：ふ化尾数（千尾）

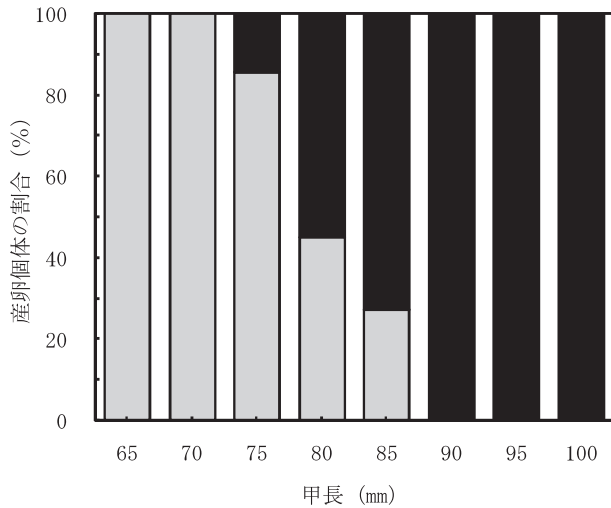


図17 天然ハナサキガニの甲長別に見た産卵個体の割合  
 □：未産卵個体 ■：産卵個体

示したが、ふ化尾数は産卵数に比べて大幅に減少した。これは産卵時の脱落卵や未受精卵、および抱卵期間中の何らかの物理的な衝撃による脱落が原因と考えられた。**産卵可能なサイズ** 試験に用いた94個体について、産卵の有無と甲長の関係を調べたところ(図17)、甲長90mm以上ではすべての個体が産卵したが、産卵した個体の割合は甲長が小さい個体で低く、甲長80mmサイズでは55%、75mmサイズでは14%、さらに70mm以下では0%と急激に減少した。このことから、ハナサキガニの生物学的最小形は甲長75~80mmの間にあると考えられる。

### Ⅲ-3 雄の交尾能力から見た収容尾数のシミュレーション

大きさや数が限られた養成水槽の中で交尾、産卵させる場合、受精率や産卵率の向上を目的に収容する雄の数を増加させると、相対的に雌の数が減少することになり、必要とするふ化幼生数の確保が困難となる。従って、繁殖に用いる雄ガニは「Ⅲ-1-2) 雄の交尾回数と受精能力」で得た受精能力の高い大型個体を用いるとともに、雄の収容尾数を交尾成功率および受精率が低下しない範囲で少なくすることが好ましいと考えられる。

そこで以下のような条件を設定し、雌雄比が受精卵数に与える影響を比較した。

- ① 親ガニの養成数は100個体とする。
- ② 養成した親の質は均一とする。
- ③ 雌1個体の産卵数は実際の産卵数ではなく同一値  $f$  (粒) とする。

この条件下で、飼育水槽内の性比を雄：雌=1：1から1：5の間に想定し、各雄サイズ、各性比において得られる受精卵数を予想した。

性比が雄：雌=1：2(雄33個体、雌67個体)では、雄の交尾1回目に33個体、2回目に33個体、3回目に残りの雌1個体が交尾する。その交尾回数ごとの雌個体数に産卵数 $f$ を乗じ、さらに「Ⅲ-1-2) 雄の交尾回数と受精能力」で得られた雄の繁殖能力を示す交尾成功率(図8)と受精率(図9)を乗じ、得られる受精卵数を推定した。各雄サイズにおいて性比を変え、このような試験を行った結果を図18に示した。

これによると、甲長70~80mmの雄ではほとんど受精卵が得られなかった。最も多くの受精卵が得られる性比は、甲長81~90mmと121mm以上の雄では雄：雌=1：3で、甲長91~100mmでは雄：雌=1：4であった。それに対して、甲長101~110mmと111~120mmの雄では、雄：雌=1：5において最も得られる受精卵数が多く、種苗生産にこのサイズの雄を利用すれば最も効率的にふ化幼生を確保できると考えられた。甲長101~120mmの雄は5回の連続した交尾においても受精能力にほとんど低下が認められず、5個体以上の雌と交尾することが可能である結果(図8)が得られており、水槽内における性比を雄：雌=1：5に設定でき効率的にふ化幼生を確保できる方法と考えられた。

しかし、実際の親ガニ養成においては性比が大きく雌に偏った場合の問題点として、必ずしも脱皮した雌が交尾の最適時期内(図15)に交尾できるとは限らず、交尾成功率、受精率が低下する可能性が考えられる。さらに、雄間における配偶者競争や得られる種苗の遺伝的多様性を考慮すると、飼育水槽内における性比をあまりに雌に偏らせることは適切でないと考えられる。

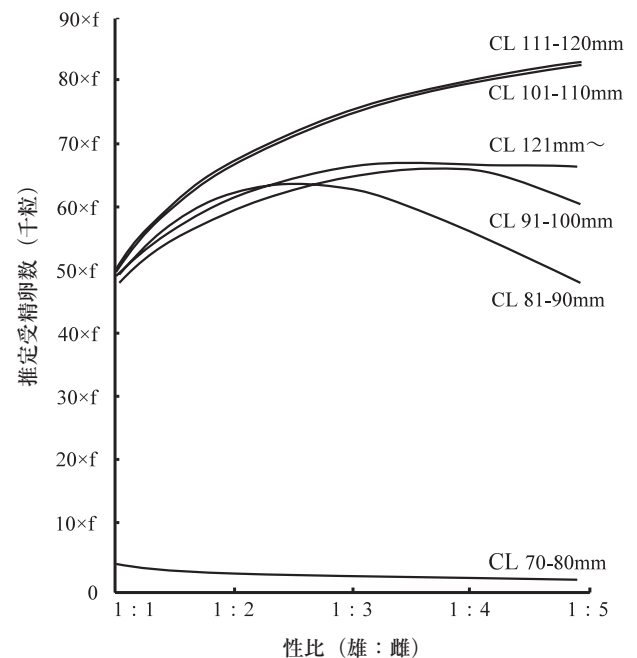


図18 ハナサキガニ親ガニの雌雄の収容比から推定した受精卵数

## IV. 種苗生産

ハナサキガニはゾエア期を1～3齢、グラウトエ期を1齢経て稚ガニへと変態するが(写真6)、グラウトエ幼生では口部器官の大部分が一時的に退化する<sup>8)</sup>とされ、この間は無給餌飼育でも60%程度が稚ガニへ変態することが認められている<sup>12)</sup>。

本種の種苗生産の技術開発は、1982年から開始された。図19に1982～2003年の稚ガニ生産尾数と生残率を示した。初期餌料には当初から珪藻 *Thalassiosira* sp. を使用したところ順調に飼育できることがわかり、生産尾数60～80万尾、生残率60～80%を達成した飼育例もあったが安定生産には至らなかった。また、1986年にグラウトエ期での原因不明の大量減耗があり、生産状況はさらに不安定となった。1988年にはゾエア期とグラウトエ期に消化管白濁症(仮称)が発生し、生産を

中止する事例が多く見られるようになった。このため、1993年より消化管白濁症防除に関する技術開発を開始するとともに、1997年からは生産目標を30万尾程度に抑え、生残率の向上に努めた。

1998年からは(社)マリノフォーラム21との共同研究により、「高機能植物餌料の開発(低温性珪藻類)」として「光リアクター珪藻連続培養装置」(図20, 写真7)を用いた種苗生産システムの開発に取り組み、安定生産技術の確立を目指した

ここでは、稚ガニまでの種苗生産方法として、従来からの止水・換水飼育と新たに行った流水飼育による疾病防除技術の開発、および「光リアクター珪藻連続培養装置」を使用した飼育方法について説明する。

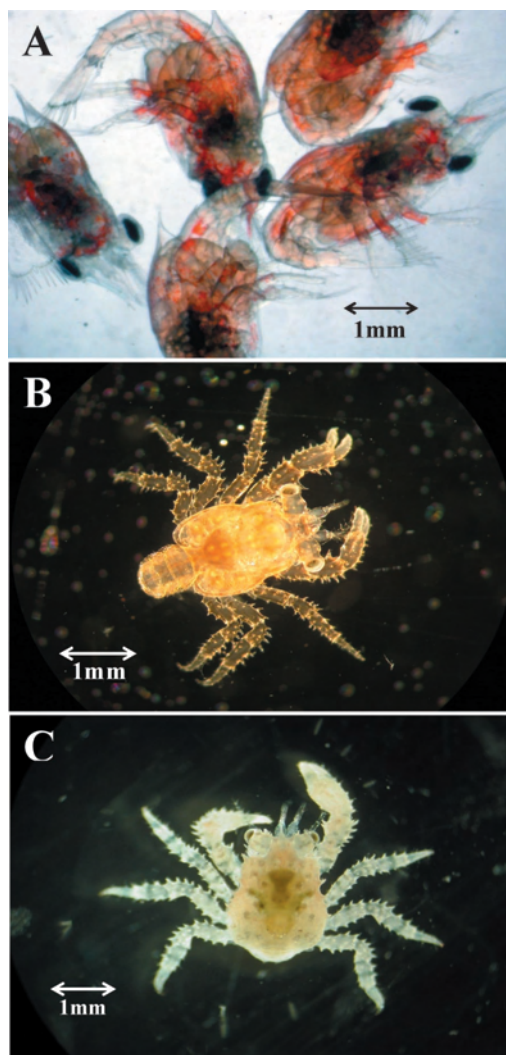


写真6 ハナサキガニ幼生の形態  
A: 1齢期ゾエア, B: グラウトコエ, C: 1齢期稚ガニ

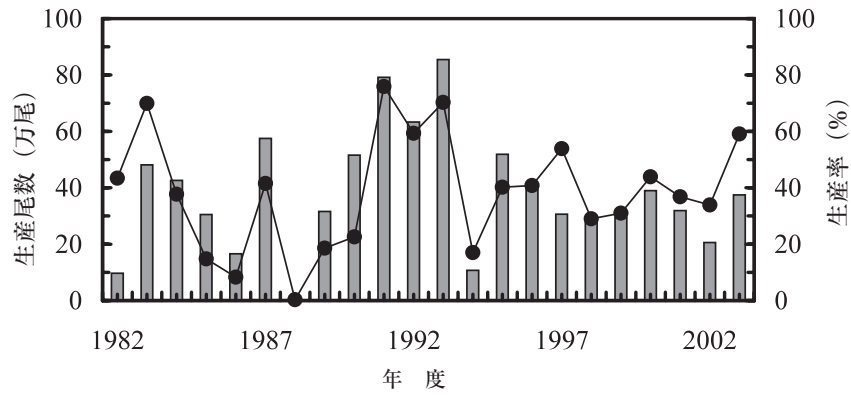


図19 ハナサキガニの種苗生産量と生残率  
 ■：1齢期稚ガニ生産尾数 ●：生残率

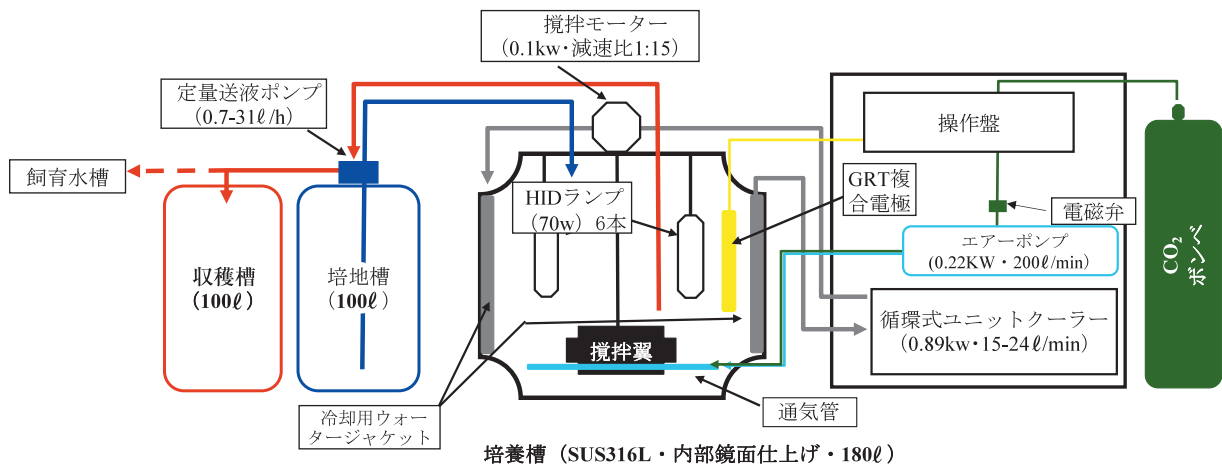


図20 光リアクター珪藻連続培養装置



写真7 光リアクター珪藻連続培養装置

## IV-1 幼生期の飼育

飼育は、ふ化幼生からグラウコトエ前期（浮遊期から着底期移行直後の変態後約10日目程度まで）までの1次飼育と、グラウコトエ後期から1齢期稚ガニまでの2次飼育からなる。なお、1次飼育の1～3齢期ゾエアと2次飼育の稚ガニ変態後は給餌を行い、グラウコトエ期は無給餌とした。

飼育水温8℃の場合の飼育期間は、ゾエア各齢期ではそれぞれ5～10日、グラウコトエ期では18～22日を要する<sup>11,12)</sup>。

### 1) 1次飼育（ふ化からグラウコトエ前期まで）

**飼育水槽** ゾエア期（写真6）の飼育は、屋内に設置した20kℓと50kℓコンクリート水槽、および15kℓFRP水槽

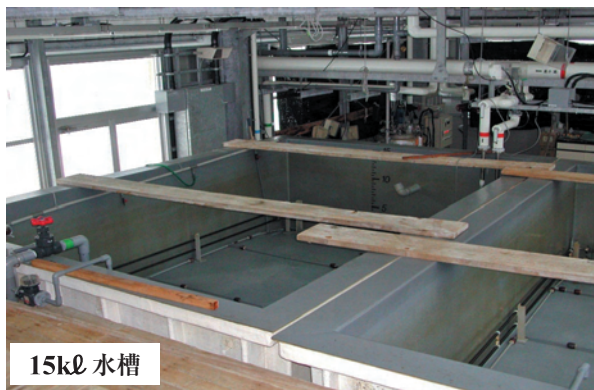
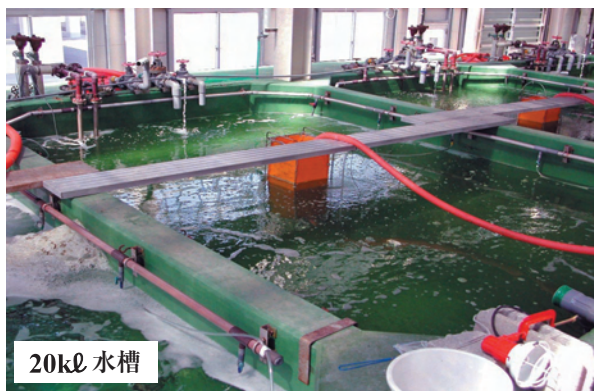
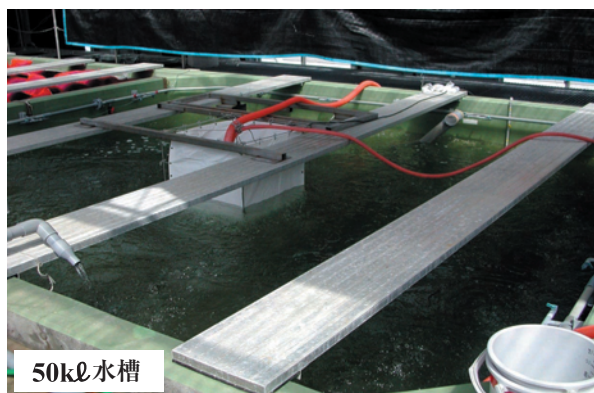


写真8 1次飼育に用いた種苗生産水槽

（写真8）を使用した。各水槽には温水ボイラーによる加温のため、チタン製熱交換器を設置した。給餌した珪藻が飼育水中で過度に増殖することを防止する目的で、遮光率70%の寒冷紗で照度調整を行い、晴天の日中で800～1,500lx、曇天時は150～300lx程度を保った。

**ゾエアの収容** ふ化ゾエアの収容は午後9時に行った。500ℓポリカーボネイト水槽に集めたふ化ゾエア（「II-3 ふ化幼生の回収方法」参照）は容量法で計数した後、ろ過海水を満たした飼育水槽にサイフォン（φ50mm）で収容した。収容に際しては、ふ化幼生に与えるダメージを考慮して両水槽間の落差を1m以内とした。収容密度は1.5万尾/kℓを目安とした。

**飼育水温と換水方法** 飼育水温は、収容時の4℃から1日1℃を上限として徐々に加温して8～10℃を維持した。飼育水には砂ろ過海水を用いた。飼育水量は、水槽容量の60～80%から飼育を開始し、飼育5日目までに満水にした。飼育6日目以降は、毎日水量の20～50%量を換水した。また、疾病防除を目的とした1～2回転/日の流水による管理を行った場合もある。排水（換水）用ストレーナー（図21）にはポリエチレンメッシュ製（ニップ強力網、NBC工業）のネットを用い、ネットの目合いは1齢期と2齢期のゾエアでは30目（0.76mm）、3齢期ゾエアおよびグラウコトエ期では24目（0.92mm）を使用した。

**通気** 通気の方法を図22に示した。50kℓ水槽では底面に設置したH型エアブロック（φ20mm塩ビパイプ製）と中央部のエアーストーン（50×50×170mm）1個で行った。20kℓ水槽では、エアブロック（φ16mm塩ビパイプ製）と中央部のエアーストーン（50×50×170mm）1個で行った。15kℓ水槽では、エアブロック（φ16mm塩ビパイプ製）のみとした。エアブロックの設置に際しては、ゾエアおよびグラウコトエ幼生の蝸集、沈降を防止するため、飼育水が水平、垂直両方向に緩やかに回転するような流れを考慮して形状を決定した。

**餌料** ゾエア期の餌料には、珪藻 *Thalassiosira* sp.と北米産アルテミアのノープリウス（以下、アルテミア）を用いた。珪藻の給餌量は、飼育水中の密度2,000細胞/mlを基準とした。アルテミアは28℃、24時間でふ化させ、無強化で与えた。給餌量は、ゾエア1個体当たり40～80個体/日を基準とした。グラウコトエ期は無給餌とした。

**生残尾数の推定** 飼育期間中の生残尾数の推定は、2～3齢期ゾエアに毎日午前中に1回、φ50mmの塩ビパイプを用いた柱状サンプリングにより行った。採水は、50kℓ水槽では15～20点、15kℓおよび20kℓ水槽では9～10点で行い、容量法で生残尾数を推定した。

**グラウコトエ期（前期）での取り上げ** ゾエアは飼育21～30日目でグラウコトエ幼生（写真6）に変態し、

変態後は5～12日間程度水槽内を遊泳した後着底期に移行する。着底後はほとんど遊泳することなく、附着基質のない状態では水槽底で蛸集しゴミなどからまり死亡する。これを防止するため水槽内にテトロンラッセルで作製した附着器(φ500×長さ500mm, 24目と30目, 写真9)を着底前に垂下したところ, ほとんどの個体が附着し(写真9), 水槽底での蛸集による死亡を防止できた。垂下数は15kℓ水槽と20kℓ水槽では8個, 50kℓ水槽では30個とした。

附着器に附着したグラウコトエ幼生は, 稚ガニへ脱皮する際に附着器から離れ落ちるため, ほとんどの個体の附着を確認した時点で2次飼育のため取り上げた。附着器に附着したグラウコトエ幼生は, ろ過海水を満たした500ℓポリカーボネイト水槽に移して振り落としした。集めたグラウコトエ幼生が10万尾以上の場合, テトロンラッセル製(400×300×深さ250mm, 1mm目

合)のタモ網ですくい取り, 重量法で尾数を算出後(サンプルとして約30g量の尾数を計数)に2次飼育用小割網に收容した。また, 幼生が数万尾程度の場合は500ℓ水槽内で容量法(計数水量1～5ℓ)により計数後, サイフォンで2次飼育用小割網に收容した。飼育水槽(15～50kℓ)に残った幼生はドレンバルブからの排水をタモ網で受けて集め, 重量法で計数して收容した。

## 2) 2次飼育(グラウコトエ後期から稚ガニまで)

**飼育水槽** 2次飼育には50kℓ水槽に設置したテトロンラッセル製小割網(2.3×1.8×深さ1.2m, 目合い1mm)を使用した。グラウコトエ幼生は稚ガニ(写真6)変態後に共食いをする場合があるので, 1次飼育で使用した附着器を1小割当たり4～5個投入し附着面積を増加させ個体間の干渉を低減させた。

**飼育管理** 使用海水および飼育水の調温は1次飼育と同様であるが, 2次飼育では1回転/日程度の流水で管理した。照度調整は1次飼育と同様とした。

水温8℃では, 収容後5～12日(ふ化後約40～45日)で稚ガニへの変態が始まるので給餌を開始する。餌料には冷凍アミの細片を用い, 給餌量は1齢期稚ガニでは1万尾当たり10g/日程度を基準とし, 残餌を見ながら適宜増減させ1日2回給餌した。全てが稚ガニに変態したのを確認してから, 1日1℃を限度として徐々に水温を低下させ, 中間育成先の水温(通常5～7℃)に合わせた。

稚ガニは配付の前日に取り上げ, 重量法で計数した。

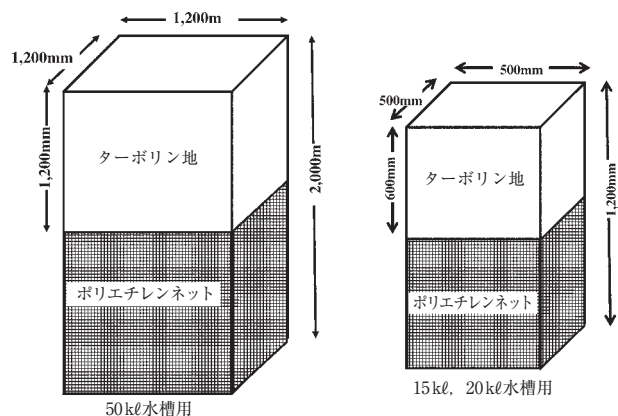


図21 排水(換水)用ストレーナー

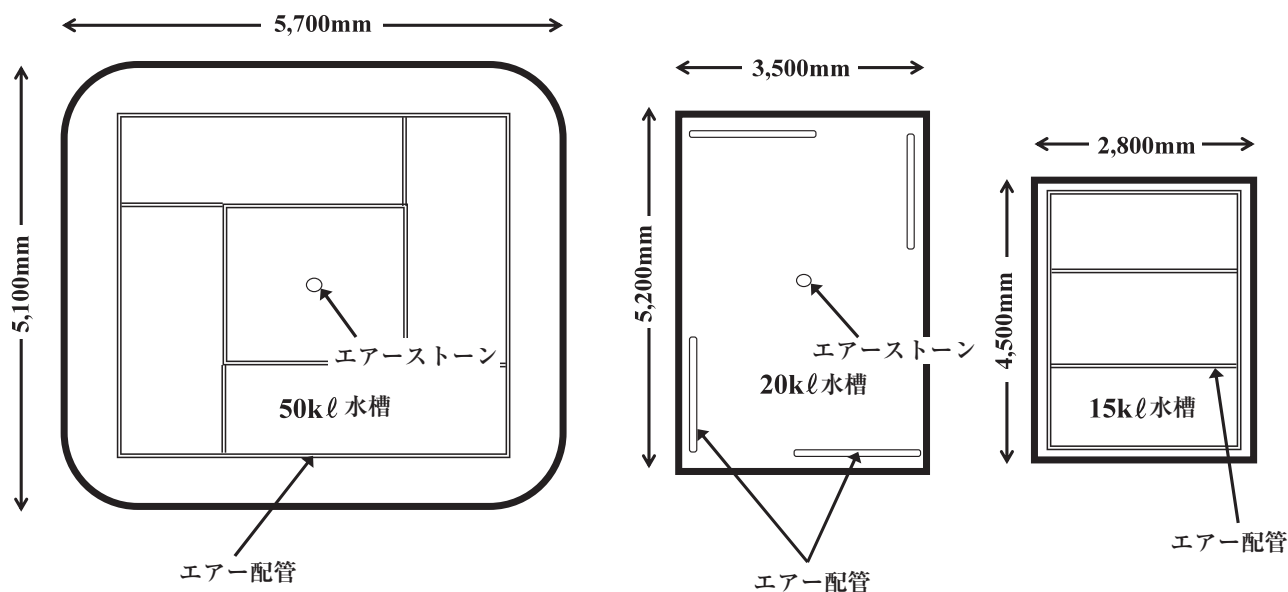


図22 ハナサキガニ種苗生産水槽の通気用配管の設置状況

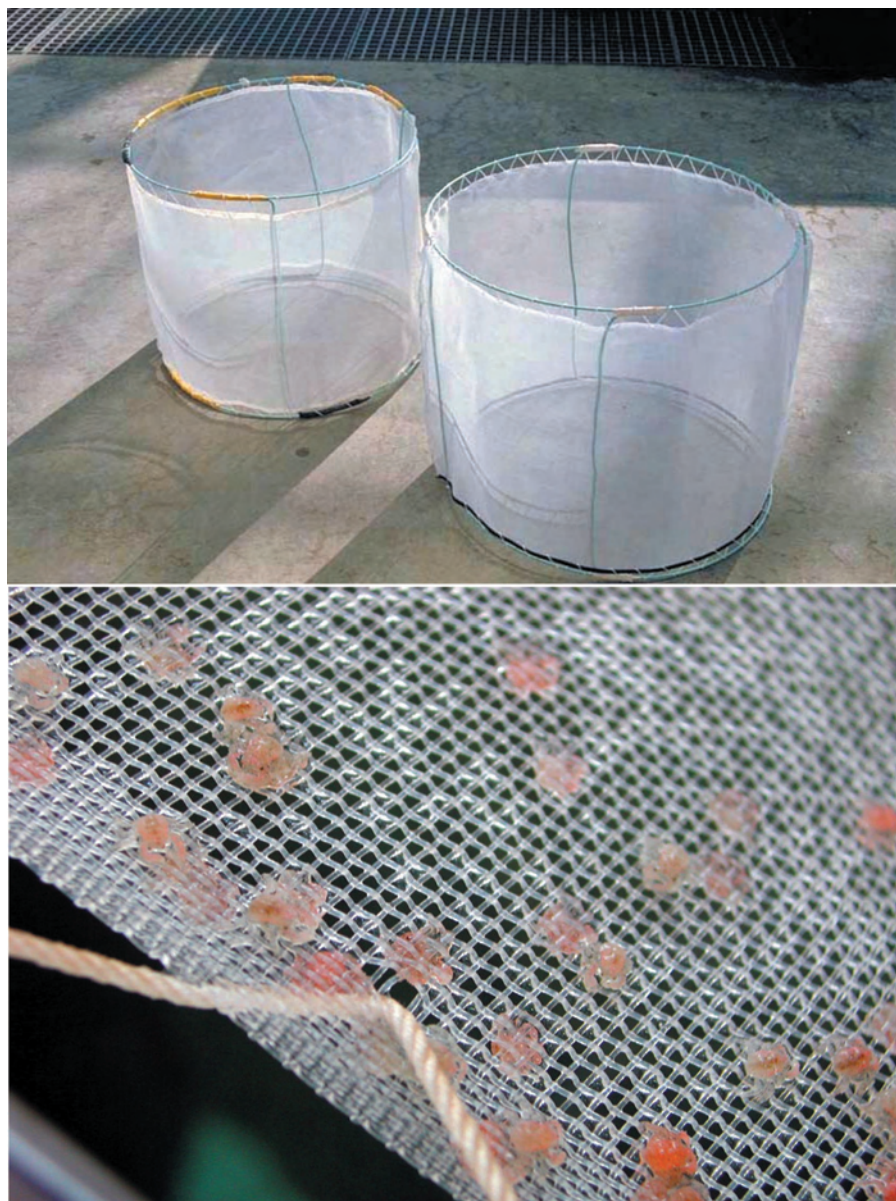


写真9 グラウトコエ幼生用の付着器（上）とネットに付着した幼生（下）

## IV-2 疾病の出現と防除対策

1989年にはゾエア期とグラウトコエ期に消化管白濁症（仮称）が出現し、1993年に病原菌を分離し原因菌（*Vibrio splendidus* biotype 2）を特定したが、1994年の生産尾数も10万尾程度に留まるなど生産に支障を来すようになった（図19）。本疾病はゾエア期に感染し、グラウトコエ期に体内で増殖すると考えられ、消化管内の生菌数が $10^7$ CFU/gを超えると高率で発症し<sup>27, 28)</sup>、放置すると壊滅的なダメージを受け大量死亡に至る。

当疾病の防除対策として、飼育水中の生菌数を低く保つことで消化管内の生菌数が抑えられることから、当該菌に感受性のある抗生物質による薬浴に効果が認められた。抗生物質には、塩酸オキシテトラサイクリン（水産用テラマイシン散10%，コーキン化学）、アモキシシリン

（アモキシシリン可溶散10%，フジタ製薬）、フロルフェニコール（アクアフェン・フロルフェニコール2.5%，有恒薬品工業）等を用い、主に3齢期ゾエアの初期に30ppm（有効濃度3ppm）で24時間の薬浴を行った。しかし、1999年からは量産規模で抗生物質を使用しない防除方法の検討を開始した。

### 1) 流水方式による疾病防除試験

薬剤を用いない疾病防除の方法として、従来の種苗生産で行っていた止水・換水方式（飼育5日目まで止水、6日目以降は流水）に変えて、飼育開始時から流水飼育を行うことで消化管内生菌数の抑制が可能であるかを検討した。

**試験区の設定** 試験には15kℓ水槽を使用した。試験区として、従来からの止水・換水方式である対照区、従来

方式に薬浴を加えた薬浴区、および飼育開始時から流水飼育を行う流水区を設定した。飼育方法は1次飼育と同様で、試験期間はグラウコトエまでの35日間とした。

薬浴にはフロルフェニコール（1 ppm）を用い、ゾエア期の各齢期の脱皮後4日目に計3回行った。流水区では終日水槽容量の10～80%/日を換水した。消化管内の生菌数の計数にはTCBS寒天培地（関東化学）を用い、ゾエア期は3～5日ごと、グラウコトエ期は変態後2日目に調べた。

**消化管内生菌数の抑制効果** 消化管内の生菌数を図23に示した。対照区と薬浴区では、飼育10日目以降の生菌数が $10^6$ CFU/g（湿重量当たり）を超えたが、流水区では最大でも $450 \times 10^3$ CFU/g（25日目）に留まった。試験終了時（35日目）の生残率（図24）は、対照区と薬浴区では40%以下であったが流水区では80%以上となり、流水飼育により消化管生菌数の増加を抑制することで生残率が大幅に向上できた。

### IV-3 種苗生産システム構築へ向けての試験

ゾエア期の餌料である珪藻 *Thalassiosira* sp. の培養は、種苗生産に使用する15～50kℓ水槽等を使用した抜き取り、間引き方式で行っていた。1995年頃の培養では、光の透過を考慮して水深を1m程度に抑えたため水量は実容量の60～70%程度であった。また培養の状態は気象条件に左右され、培養密度も20万（10万～30万）細胞/ml程度であり、培養（供給）日数も1水槽当たり7～10日と安定したものとはいえない状態であった。このため、安定した種苗生産を行うには、餌料価値の高い珪藻を安定して培養する技術の確立が求められていた。そこで、1998年から高効率餌料生物培養装置である「光リアクター珪藻連続培養装置」（以下、光リアクター装置）による *Thalassiosira* sp. の連続培養を試みた。当装置で培養した珪藻を使用した種苗生産試験を行うとともに、この装置と飼育水槽を組み合わせた種苗生産システムの開発に取り組んだ。

光リアクター装置（写真7、図20）は180ℓの培養槽（SUS-316L製）に高輝度放電管（HID）140Wランプ6本を光源とした連続培養ユニットである。装置は主に培養槽、培地槽、収穫槽、冷却機および炭酸ガス供給装置からなる。培養槽にはHIDランプ、攪拌機、水温およびpH電極などの装置が組み込まれ、操作盤によって水温、pHをコントロールする。この装置では培養槽へ種を接種後、定量送液ポンプにより連続的に珪藻の肥料として培地（表6）を送り込み、同時に増殖した珪藻（100～300万細胞/ml程度）を収穫槽へ移送して貯蔵する。珪藻は収穫槽から直接飼育槽に添加することも可能である。

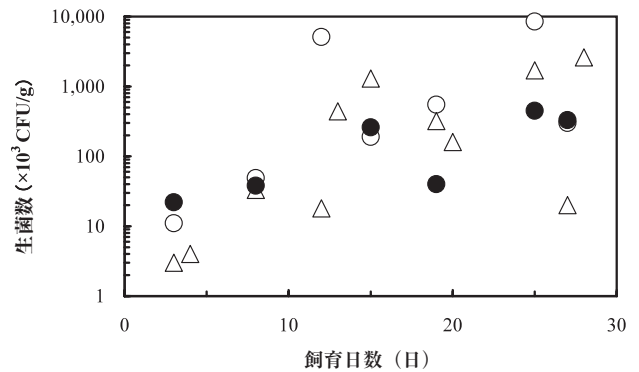


図23 種苗生産したハナサキガニ幼生の消化管内生菌数（湿重量当たり）

○：対象区（止水・換水方式） △：薬浴区 ●：流水区

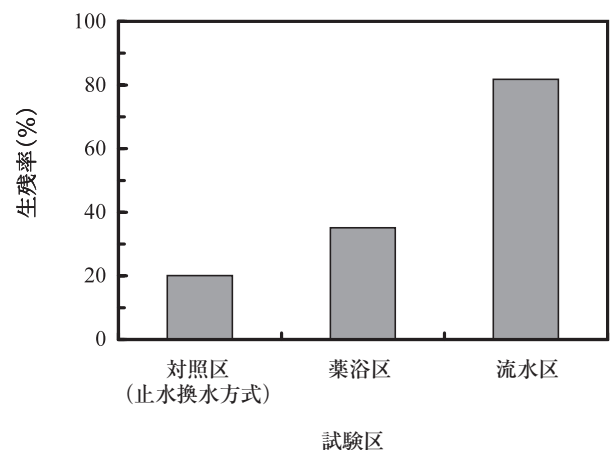


図24 流水飼育によるハナサキガニ幼生の細菌感染症の防除効果

#### 1) 光リアクター装置で培養した珪藻を用いた飼育試験

これまで、厚岸センターで培養してきた珪藻は *Thalassiosira nordenskiöldii* と同定された<sup>29)</sup>。これを培養種として光リアクター装置を用いた培養試験を行い、光量、培地等の改善により100万細胞/mlの密度で40日間の連続培養が可能となった<sup>30)</sup>。この連続培養した珪藻が、従来の珪藻と同様にハナサキガニ幼生の飼育に使用可能かを検討した。

**試験区と飼育方法** 試験には、200ℓアルテミアふ化水槽（SBF-200, ㈱アース）を用いた。試験区は光リアクター装置で連続培養した珪藻（以下、リアクター珪藻）を給餌するリアクター区と15kℓ水槽で通常培養した珪藻（以下、通常珪藻）を用いた通常区を設け、それぞれ2槽ずつセットした。ふ化幼生の収容密度は10,000尾/kℓとした。飼育水中の珪藻密度は、2,000細胞/mlを維持するように1日1回給餌した。リアクター珪藻は連続培養したものを一旦100ℓ水槽に溜め置き、そこから必要量を2ℓポリカップで給餌した。通常珪藻は培養槽



表6 光リアクター装置に使用した珪藻  
*Thalassiosira* sp.培養の培地組成

| 添加物   | 添加量 (mg)   |
|---|------------|
| NaNO <sub>3</sub>                                       | 300        |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                         | 10         |
| FeSO <sub>4</sub>                                       | 3          |
| クエン酸  | 3          |
| ホウ酸   | 1.5        |
| MnCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O                    | 1          |
| ZnSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O                    | 0.022      |
| CuSO <sub>4</sub> ・5H <sub>2</sub> O                    | 0.079      |
| (NH <sub>4</sub> )MoO <sub>4</sub>                      | 0.015      |
| EDTA  | 0.25       |
| CoCl <sub>2</sub>                                       | 0.012      |
| 珪酸(Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ・9H <sub>2</sub> O) | 50         |
| Vitamin B12   | 0.7        |
| 海水  | 1,000 (mℓ) |

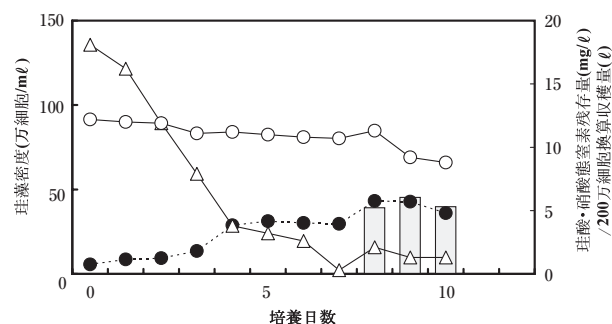


図26 光リアクター装置で培養した珪藻密度と珪酸残存量の変化 (ランプ70W・培地基準量)

□ : 200万細胞換算収穫量 ●●● : 珪藻密度  
—△— : 珪酸 ○—○— : 硝酸態窒素

から直接13ℓバケツで給餌した。アルテミアは無強化で使用し、飼育水中の密度が0.2~4個体/mlを維持するように1日1回給餌した。

通気はエアストーン (φ31×長さ51mm) 1個で行い、水温は電気ヒーター (30W) とサーモスタットで制御し、収容時の4℃から2日間をかけて8℃まで加温した。飼育水のpHが8.0を下回った場合および珪藻の給餌量に合わせて、飼育水量の10~50%を換水した。照度の調整は行わず、晴天の日中で2,000~3,000lx、曇天時は250~500lxであった。

生残尾数の計数は、齢期ごとに1回ずつ、φ25mm塩ビパイプによる柱状サンプリングで各水槽4点から採水し容量法で求めた。また開始時と終了時は全数計数により求めた。

**光リアクター装置で培養した珪藻の餌料効果** 試験結果の概要を表7に示した。試験は、グラウコトエ7日目まで行った。培養方法が異なる2種類の珪藻を用いた飼育で、試験終了時の生残率は、リアクター区 (33日目) で91.6%と69.8%、通常区 (32日目) で72.8%と74.5%と両区間で有意差 ( $p < 0.05$ ) は認められなかった。しかし、リアクター区ではグラウコトエへの変態が1日遅れたことから、両珪藻の一般成分、脂肪酸および甲状腺ホルモンの分析を行ったところ、リアクター珪藻では調査したほとんどの成分が通常珪藻より低い傾向が認められた (図25)。特にタンパク質とEPAの含有量が低く、脱皮に関わる甲状腺ホルモンのチロキシン (T4) では全く検出されなかったことから、これらの栄養成分の差が幼生の変態に何らかの影響を与えた可能性が考えられた。

**光リアクター装置と栄養塩成分の改善** 試験の結果を受け、リアクター珪藻の培養方法について検討した<sup>30)</sup>。

培養期間中に強光障害と思われる細胞の異常が観察されたため、HIDランプの能力を140Wから70Wに変更し

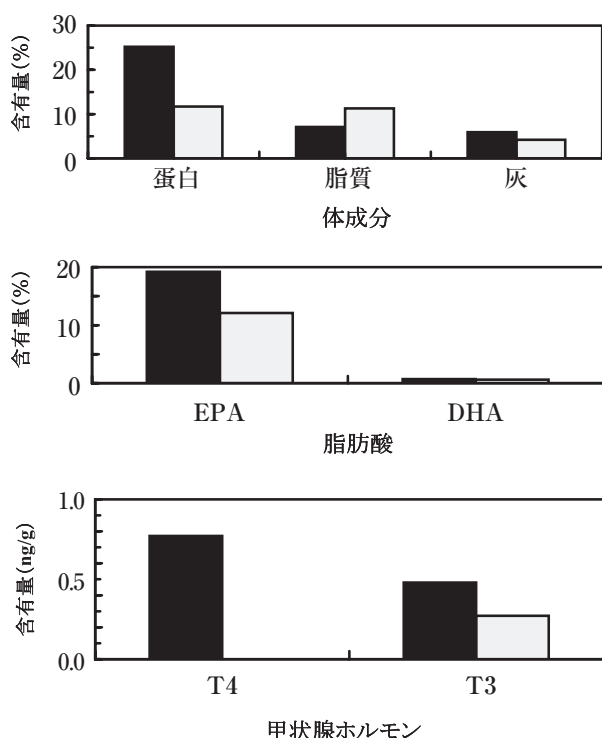


図25 培養方法が異なる珪藻の分析結果

■ : 通常培養 □ : リアクター連続培養

たところ、強光障害は改善されたが培養密度は100万細胞/ml以下に減少した。また、培養水中の培地成分で硝酸態窒素の残存量は緩やかな減少傾向を示したが、珪酸は培養直後から急激な減少が認められた(図26)。

次に、ランプ能力を70Wのまま栄養塩量を基準の1.5倍量にしたところ、培養密度は100万細胞/mlを超えたが、珪酸残存量は培養開始直後から急激に減少した。このため、2004年からは、ランプ能力は70Wで栄養塩組成の珪酸量のみを2倍量にしたところ、300万細胞/mlを超える培養が可能となった<sup>31, 32)</sup>(図27)。また、グラウコトエ期への脱皮に影響する可能性が示されたT4は、2004年の分析結果では3.83ng/gの含有量が認められた。

## 2) 改善した光リアクター培養珪藻を用いた量産試験

改善した光リアクター装置で培養した珪藻を用いて量産規模での飼育試験を行った。

**試験区と飼育方法** 試験には15kℓFRP水槽を用い、試験区はリアクター珪藻を給餌する区(リアクター区)と通常珪藻を給餌する区(通常区)を設定した。ふ化幼生の収容密度は10,000尾/kℓとした。飼育水中の珪藻密度は、2,000細胞/mlを維持するように、通常区では1日1回培養槽から水中ポンプで、リアクター区では定量液送ポンプ(流量30ℓ/日:RP-1000, EYELA)により常時添加した。また、光リアクター装置は2基用意し、試験に用いた連続培養機での生産量が不足した場合、および植え替え時は交互に生産したものをを用いた。アルテミアは無強化で1日1回、0.2~4.0個体/mlの密度を維持するように給餌した。

通気、水温管理、遮光等は種苗生産の1次飼育と同様とした。換水(流水量)は「IV-2-1)流水方式による疾病防除試験」と同様とした。

生残尾数は、ゾエア期は柱状サンプリングによる容量法で、試験終了時は全数を取り上げ重量法で求めた。

**光リアクター培養珪藻の効果** 試験結果の概要を表8に、ハナサキガニ幼生の生残率および珪藻の給餌量と密度を図28に示した。グラウコトエまでの33日間の飼育で、生残率はリアクター区が76.9%と通常区の50.0%より顕著に高くなった。通常区では3齢期ゾエアまでの生残率は高かったが、グラウコトエへの変態時(33日目)に減耗が見られた。これは、ゾエアの3齢期以降に供給した通常珪藻がフロック化し、餌料に適さない状態となったことが原因と考えられた。このため、珪藻の使用量も増加し総使用量は20万細胞/ml換算でリアクター区の3倍近くになった(表8)。

リアクター区では、試験開始後7~18日は培養不調のため添加量が少なく、飼育水中の珪藻密度が低かったが、培養が安定するとともに珪藻の増殖状態は向上し、グラウコトエ変態への遅れは認められなかった(図28)。

## 3) 光リアクター培養珪藻を利用した種苗生産システムの提案

**種苗生産システムの開発** 「光リアクター珪藻連続培養装置」での培養が軌道に乗りつつあることで、光リアクター装置を組み込んだ「種苗生産システム」を考案した(図29)。当システムは、光リアクター装置と飼育水槽をひとつのユニットとして考えるもので、飼育水中の珪藻が気象条件(積雪等による照度の低下など)による影響を受けないように、飼育水槽上面にライトユニットを設置するとともに、水温、蛍光灯(飼育水面上で300~2,000lx)をタイマーで日照時間にあわせる等コントロールユニットで一元管理する。飼育は疾病防除のため流水で管理するが、ポンプによる循環装置、残餌や排泄物を物理的にろ過する装置、紫外線殺菌装置等を設置することにより光熱費の節約も可能となる。

加温装置やエアー(ブロー配管)は既設のものを使用することを前提としているが、これらを専用のものとするによりどこにでも設置することが可能となる。

表7 培養方法の異なる珪藻を用いたハナサキガニ幼生の飼育試験(200ℓ水槽)

| 試験区    | 飼育         |              | 取り上げ<br>(グラウコトエ7日目) |            | 珪藻給餌量<br>(ℓ) <sup>※</sup> |       |
|--------|------------|--------------|---------------------|------------|---------------------------|-------|
|        | 水温<br>(°C) | 飼育日数         | 尾数<br>(尾)           | 生残率<br>(%) |                           |       |
| リアクター区 | 1          | 7.3(3.0-8.4) | 33                  | 1,831      | 91.6                      | 263.5 |
|        | 2          | 7.3(3.1-7.9) | 33                  | 1,395      | 69.8                      | 220.0 |
| 通常区    | 1          | 7.3(3.1-8.0) | 32                  | 1,456      | 72.8                      | 202.5 |
|        | 2          | 7.3(3.1-8.1) | 32                  | 1,490      | 74.5                      | 190.3 |

収容尾数は各試験区とも2,000尾、餌料はアルテミア併用 両区間の生残率に有意差は無し( $p < 0.05$ )

※ 20万細胞/ml換算

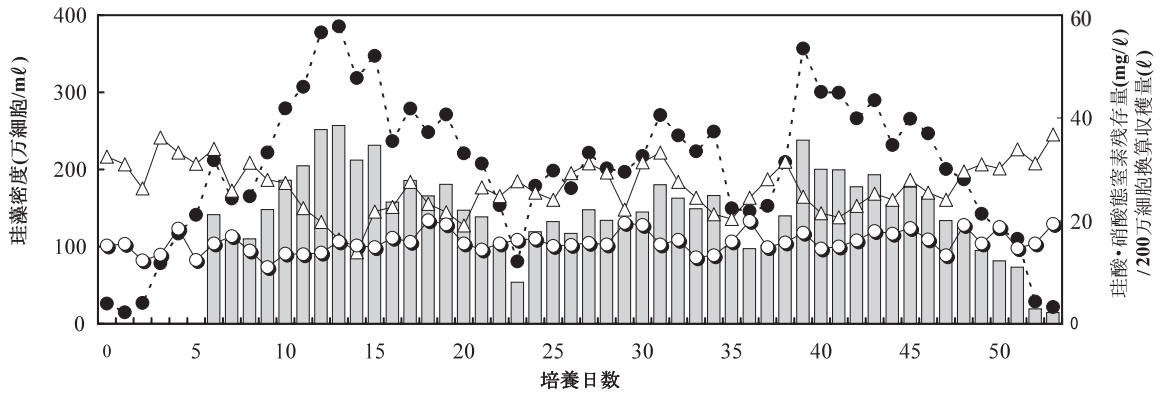


図27 栄養塩を改良した光リアクター装置で培養した珪藻の密度と珪酸残存量の変化（ランプ70W・珪酸2倍量）

■：200万細胞換算収穫量    ●●：珪藻密度    ▲：珪酸    ○：硝酸態窒素

表8 培養方法の異なる珪藻を用いたハナサキガニの量産試験（15kℓ水槽）

| 試験区    | 収容尾数<br>(万尾) | 飼 育          |      | 取り上げ<br>(グラウコトエ) |            | 珪藻給餌量<br>(kℓ) ※ |
|--------|--------------|--------------|------|------------------|------------|-----------------|
|        |              | 水 温<br>(°C)  | 飼育日数 | 尾 数<br>(万尾)      | 生残率<br>(%) |                 |
| リアクター区 | 13.0         | 7.0(3.9-7.9) | 33   | 10.0             | 76.9       | 1.67            |
| 通常区    | 13.0         | 7.0(4.2-7.9) | 33   | 6.5              | 50.0       | 4.87            |

飼料はアルテミア併用

※ 20万細胞/ml換算値

**問題点と今後の課題** 光リアクター装置は、培養が気象条件に左右されないこと、スペース効率が高いこと、作業の省力化等の多くの利点が認められた。しかし、培養した株は *T. nordenskiöldii* 1種のみであり、他の株でも同様の培養結果が得られるかは今後の検討課題である。さらに現システムでは培養密度がほぼ限界であると考えられることから、需要が増加した場合は装置を拡充する以外に対処方法が無いこと、リアクター珪藻のT4含量は培養条件（光量、培地量）に影響されることなどの問題が残る。このため、栄養塩の組成、光強度など光リアクター装置に最適な条件の更なる検討が必要である。

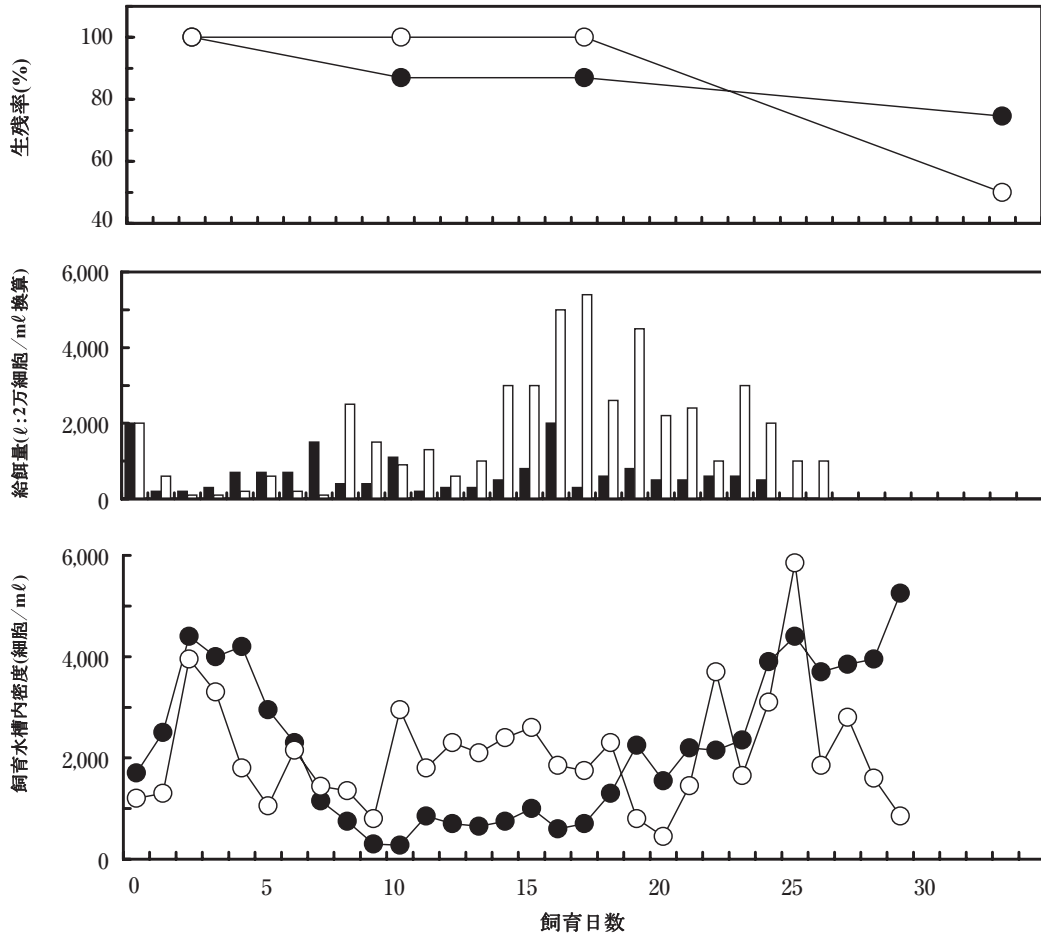


図28 栄養塩を改良した光リアクター培養の珪藻を用いたハナサキガニの量産試験、幼生の生残率および珪藻の給餌量と飼育水中の密度  
●, ■：リアクター区 ○, □：通常区

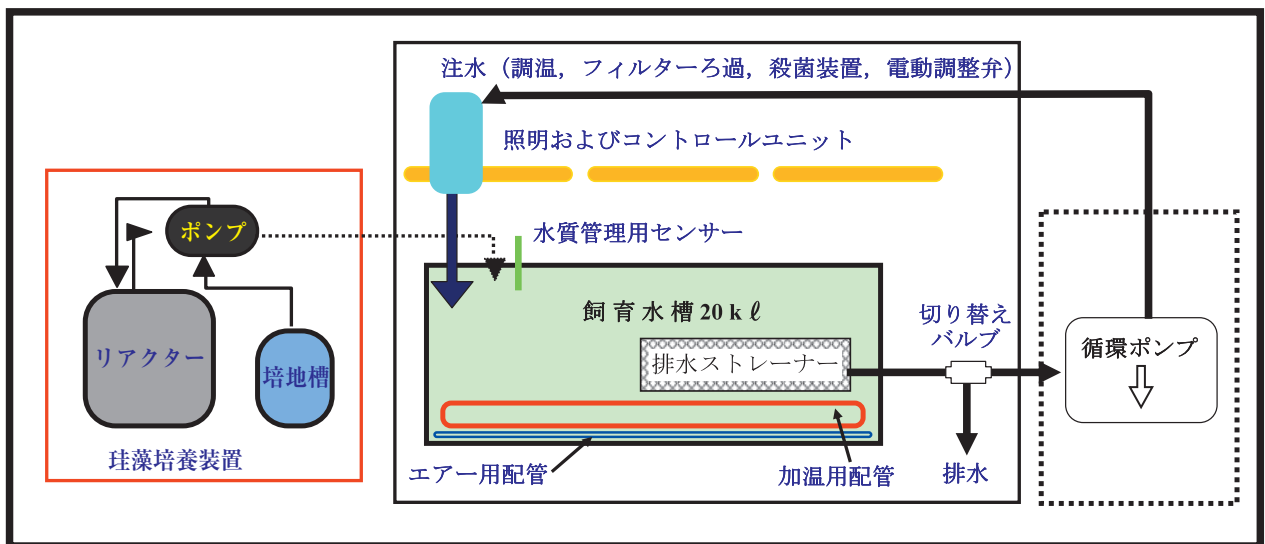


図29 光リアクター珪藻連続培養装置を用いたハナサキガニの種苗生産システム図

## V. 中間育成と放流技術の開発

### V-1 稚ガニの中間育成手法の検討

本試験では、タマネギ袋と5段カゴを用いた1齢期稚ガニの中間育成試験を行い、稚ガニの育成に適した手法を検討した。さらに、得られた成果を用いて放流を目的とした大量の種苗の中間育成を行った。

#### 1) タマネギ袋による中間育成試験

タマネギ袋を用いた中間育成は、帆立貝の天然採苗用の容器を応用したもので、ケガニの中間育成試験<sup>33)</sup>で好結果が得られたことから、ハナサキガニでの利用を検討した。

**育成方法** 中間育成試験には、稚ガニの個体間干渉による挟み合い防止と餌料生物の付着促進のため、ポリエチレンネット（φ840×1,000mm）を7枚入れたタマネギ袋（40×80cm、目合い0.5～2.0mm）（写真10）を使用した。この容器に稚ガニを500尾、1,000尾、1,500尾および2,000尾収容した4区を設け、各区7個の容器を1本の連縄にセットし合計35,000尾を「根室海域ハナサ

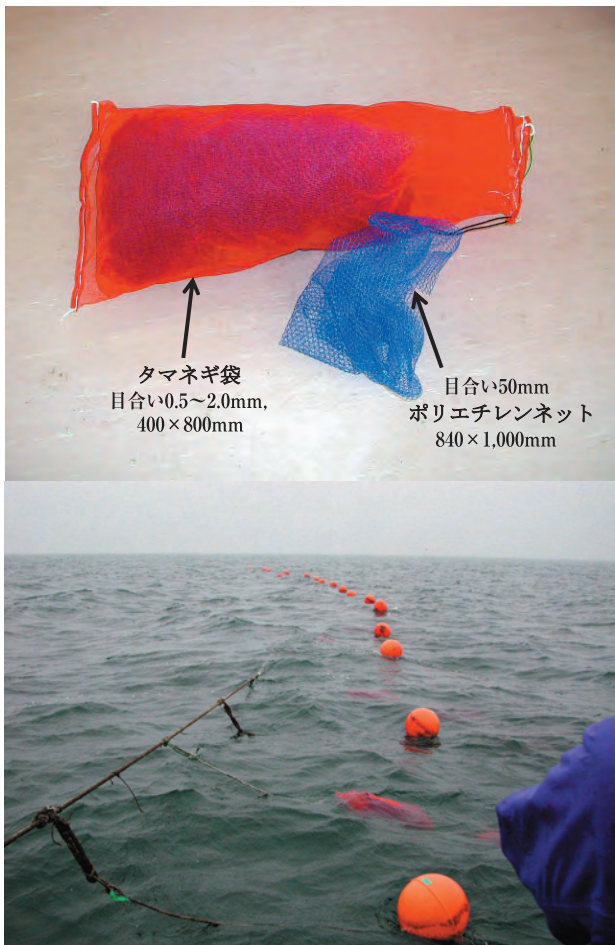


写真10 ハナサキガニ稚ガニの中間育成試験のための容器（上）と海上施設（下）

キガニ資源維持増大対策連絡協議会」が管理している海中筏（図30、写真10）の水面下2～5mに垂下した。試験期間中は無給餌で管理し、試験期間は1998年5月9日から10月9日の153日間とした。水温はデータロガー（TidbiT, Onset社）により記録した。

**タマネギ袋での育成効果** 試験期間中の水温は3.1～19.9℃であった。中間育成中に育成容器に混入および付着する生物として、ヒドロゾア、ワレカラ、ホタテ貝、ヒトデ類、ヨコエビ、クリガニ、イソギンチャク、多毛類等が見られ、これらが稚ガニの餌料になっていると考えられた。

153日間の中間育成での生残率と成長を図31に示した。生残状況は、1,500尾区（生残率33.7%）>500尾区（29.3%）>2,000尾区（28.9%）>1,000尾区（27.4%）となったが、収容尾数による有意差は認められなかった（ $p < 0.05$ ）。成長は、それぞれ500尾区（平均甲長7.1mm、推定4齢期）>1,000尾区（6.9mm、4齢期）>1,500尾区（5.7mm、3齢期）>2,000尾区（5.2mm、3齢期）であり、500尾区と1,000尾区の成長が1,500尾区と2,000尾区より有意に高くなった（ $p < 0.05$ ）。収容尾数が500尾では成長が良いが取り上げ尾数が少なく、逆に2,000尾に増やすと生残率に差はないが成長が悪くなる結果が得られた。

**効率的な収容尾数** 中間育成において、収容尾数が2,000尾/袋までは生残率に差はないが、良好な成長を得るためには収容尾数を下げる必要がある。しかし、密度を下げると当然得られる種苗数は減少するため、限られた施設で最も効率的な成果が得られると考えられる収容尾数を検討した。まず、取り上げた稚ガニの1袋当たりの平均総重量を求め、中間育成の結果を生産高として比較した。その結果、取り上げ重量は1,500尾区（87.0g）>1,000尾区（78.4g）>2,000尾区（68.3g）>500尾区（50.7g）となり、500尾区に対して1,000尾区と1,500尾区が有意（ $p < 0.05$ ）に高くなった（図32）。収容尾数が増えれば取り上げ時の重量が増加するのは当然と考えられるが、2000尾区では逆に低下したことから、タマネギ袋を使用した中間育成では1,000～1,500尾/袋が最も効率的な成果が得られる収容尾数であると考えられる。

#### 2) 5段カゴによる中間育成試験

タマネギ袋は1シーズンでの使い捨てであるが、容量が約56ℓとタマネギ袋（約40ℓ）より収容力が高く、さらに再利用が可能と考えられる5段カゴについて検討した。

5段カゴは「根室海域ハナサキガニ資源維持増大対

策連絡協議会」が作製した中間育成専用のカゴで、直径600mm×高さ200mmの円筒形状の番線枠に1mm目合いのニップ強力網をかぶせて縫い合わせたものである。稚ガニの出し入れは円周部分に設けたファスナーの開閉で行う。このカゴに稚ガニの個体間干渉の防止と餌料生物の付着促進のため50mm目合いのポリエチレンネット(φ840×1,000mm)を20枚入れ、5個連ねたものを1セットとした(図33)。

**育成方法** 1セットの5段カゴには、稚ガニを一段当たり1,000尾、1,500尾、2,000尾および3,000尾と変えて収容した(計7,500尾)。5段カゴは5セット使用した(合計37,500尾)。

試験期間、水温等の管理は「V-1-1) タマネギ袋による中間育成試験」と同様とした。

**5段カゴの育成効果** 試験の結果を図34に示した。取り上げ時の状況を比較すると、試験区間で平均甲長に有意差は認められなかったが、生残率は収容尾数の増加に

伴って低下し、1,000尾区(生残率12.2%)>2,000尾区(4.3%), 1,000尾区(12.2%)>3,000尾区(2.3%), および1,500尾区(7.7%)>3,000尾区(2.3%)で有意差が認められた( $p<0.05$ )。また、タマネギ袋と比較した単位容積当たりの生残率(図35)も著しく低く、5段カゴの効果は認められなかった。

**5段カゴとタマネギ袋の比較** 取り上げ時の状況をタマネギ袋と比較すると、5段カゴではカゴ内部の餌料生物が少なかった。タマネギ袋の網材は直径約0.12mmの糸で編まれており、目合いも0.5~2.0mmと幅があったのに対して、5段カゴの網材(ニップ強力網)は約0.23mmの糸で編まれており、目合いも1mmで均一であった。このためカゴの目詰まりが生じやすく、カゴ内の餌料生物が少なかったことやカゴ内の水換わりが悪かったことが稚ガニの生残に影響したと考えられた。5段カゴでは、目合や網材を改善することで生残率を高めることが可能と考えられたが、大量の稚ガニを中間育成す

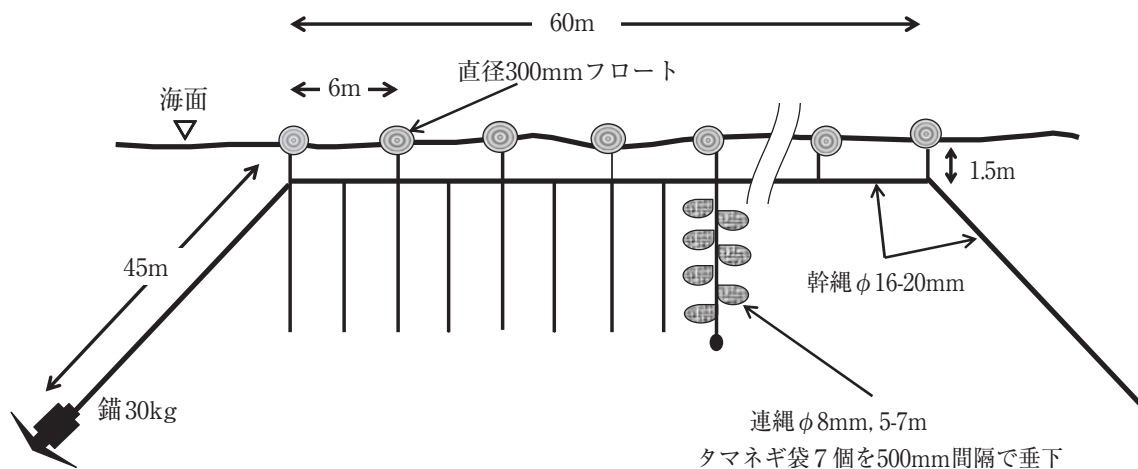


図30 ハナサキガニ稚ガニの中間育成施設の概略図

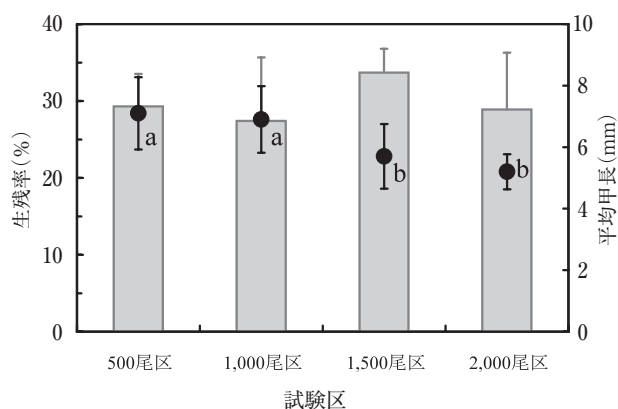


図31 タマネギ袋を用いたハナサキガニ稚ガニの中間育成試験：収容密度の影響 (Iは標準偏差, 検定はtukeyの方法による,  $p<0.05$ )  
 ■: 生残率(各区間に有意差無し)  
 ●: 平均甲長(異なるアルファベット間で有意差あり,  $a>b$ )

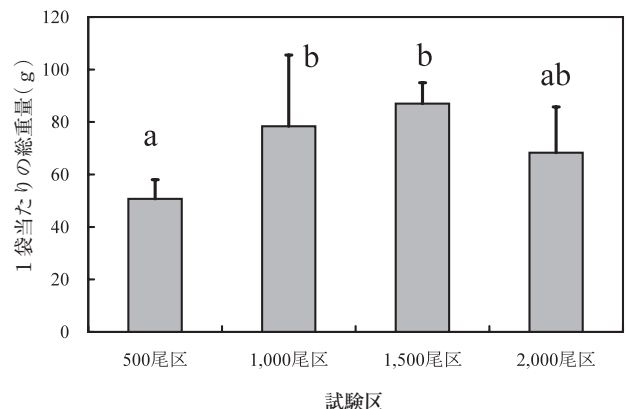


図32 タマネギ袋を用いたハナサキガニ稚ガニの中間育成試験1袋当たりの稚ガニ総重量 (Iは標準偏差, 検定はtukeyの方法による,  $p<0.05$ )  
 ■: 異なるアルファベット間で有意差あり ( $a>b$ )

る面から考えると、安価で入手や取り扱いが容易なタマネギ袋の優位性が示された。

### 3) 放流用稚ガニの大量中間育成試験

中間育成手法の検討の結果から、タマネギ袋を用いて放流試験に用いる稚ガニの中間育成試験を行った。中間育成の方法および期間は「V-1-1) タマネギ袋による中間育成試験」と同様とした。

**種苗の輸送** 中間育成現場までの稚ガニ種苗の輸送は、以下の方法で行った。まず、中間育成用のタマネギ袋に1,000尾程度（種苗の生産状況に応じて500～1,500尾の間で調整）の稚ガニを収容し、1.0kℓキャンバス水槽を輸送水槽として50～60袋/槽を収容した。水槽数は種苗の数によって調整し、最大6槽まで用いた。厚岸センターから根室までのトラックによる輸送時間は約2時間で、輸送中の酸素供給量は0.5～1.0ℓ/分/槽程度とし

た。水温は現地の海水温（4℃）に合わせた。

**中間育成場の水温** 中間育成を行った海域の水温（図36）は年度によって多少の差はあるものの、平年的には5月中旬が約8℃で、以降9月中旬までは1カ月に2℃程度ずつ上昇し、16～17℃が上限となっている。その後11月までは1カ月に約3℃ずつ下降し、12月に入ると5℃以下となる。

**生残と成長** 試験期間中の生残状況を見ると、試験開始から約1カ月間で約50%が減耗した（図37）。これは十分に付着生物が付かなかったことによる餌不足が原因ではないかと考え、あらかじめ餌料生物を付着させた容器を使用した試験を行った<sup>34)</sup>が、新しい袋に収容したものに比べて成長はやや上回ったが、生残に顕著な差は認められなかった。付着生物については年度による顕著な差はなく、一部の試験でホタテ貝の稚貝が多量に混入した例が見られたが、それが生残に影響したかは不明であ

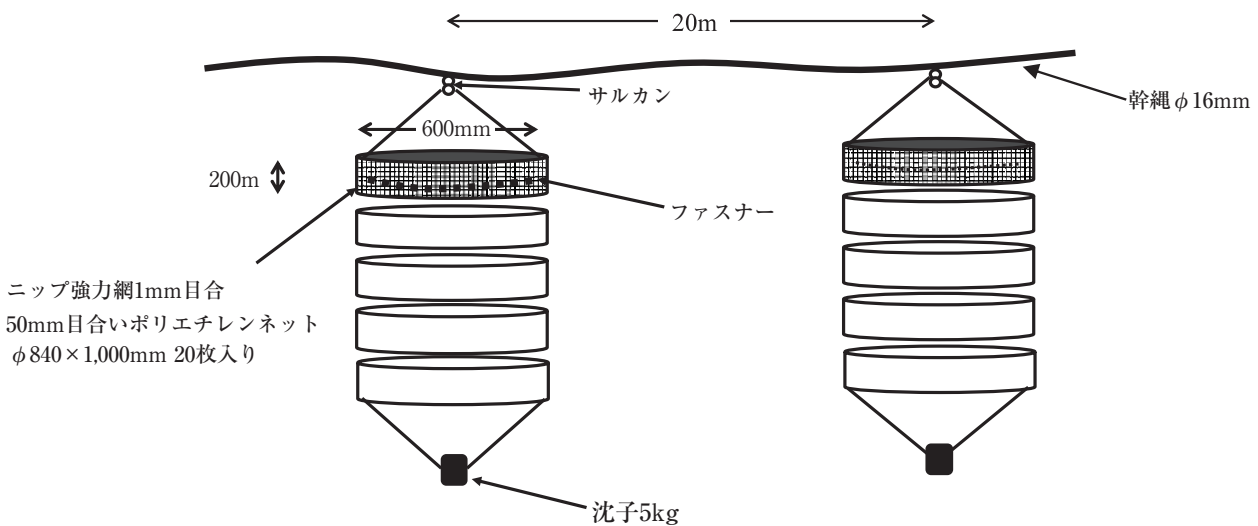


図33 中間育成用5段カゴの概要図

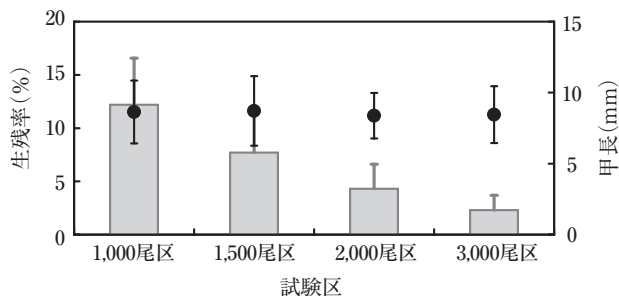


図34 5段カゴを用いたハナサキガニ稚ガニの中間育成試験収容密度の影響 (Iは標準偏差, 検定はtukeyの方法による,  $p > 0.05$ )  
 ■: 生残率 (1,000尾区 > 2,000尾区, 1,000尾区 > 3,000尾区, 1,500尾区 > 3,000尾区で有意差あり)  
 ●: 甲長 (各試験区間に有意差無し)

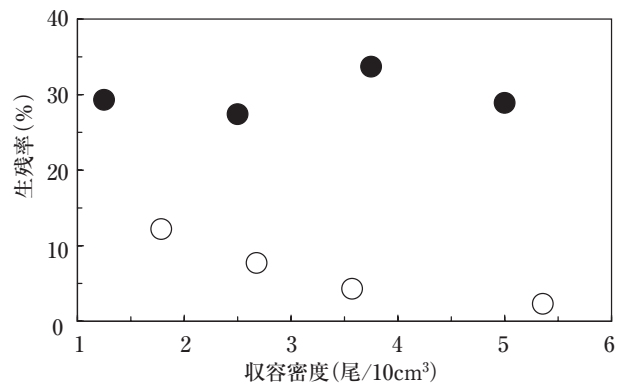


図35 中間育成の方法による生残率の比較  
 ●: タマネギ袋による育成  
 ○: 5段カゴによる育成

った<sup>35)</sup>。これらの結果から、中間育成時の減耗には環境変化の影響が大きいと考えられたが、タマネギ袋の垂下深度により最大3℃の水温差(図36)が見られた2001年の試験<sup>36)</sup>では、2～5mの水深の範囲での生残状況に差は認められなかった(図38)。また、最高水温が20℃に達した2000年<sup>37)</sup>でも、高水温による著しい減耗は認められなかった。さらに、輸送による影響も考えられたが、初期減耗要因の究明には至っていない。

一部の試験では、ネットの流失やクリガニの混入による生残の低下<sup>36, 38)</sup>が認められたが、根室海域で行ったタマネギ袋による中間育成では、収容密度500～1,500尾/袋で約5カ月間の無給餌育成により生残率30%、甲長6～7mm(推定3～5齢期)の成長が得られた。また、5～12月までの約7カ月間の中間育成試験<sup>37)</sup>では、生残率20%、平均甲長7.5mmの結果が得られた。中間育成施設の設置、撤収および取り上げ作業には経費や労力を要するが、5～7カ月間無給餌でこれらの成果が得られたことから大量の稚ガニの中間育成には有効な手法であると考えられる。

## V-2 放流試験

**放流試験の経緯** 放流試験は1983年から開始した。放流場所は、これまでほとんど生息が確認されていない根室海峡のオホーツク海側とし、5月に1齢期稚ガニを放流して潜水による追跡調査を行った<sup>39)</sup>。しかし、目視による稚ガニの追跡は困難を極めたため、1990年からはフィッシュポンプを利用した枠取り調査に切り替えたところ、追跡調査に有効であることが確認できた。しかし、採捕される個体が少なく、放流後の逸散あるいは食害による影響が考えられた<sup>40)</sup>。そこで、放流種苗の残存(定着)率を高めるため、放流を造成したマウンドで行った<sup>41)</sup>。造成マウンドによる放流試験では、敷石により定着率が高まることが分かったため、1997年からは本来の生息地である太平洋側の転石地帯での放流試験を開始した。

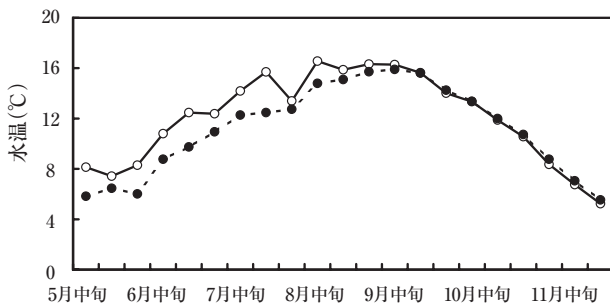


図36 中間育成海域における旬別平均水温  
—○— : 上層(水深2m)    -●- : 下層(水深5.0m)

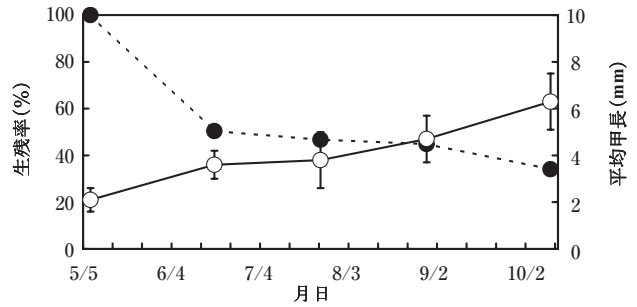


図37 中間育成したハナサキガニ稚ガニの成長と生残

●- - : 生残率    ○— : 甲長 (Iは標準偏差)

**放流試験の目的** 本試験では、1齢期稚ガニと中間育成した3～4齢期の種苗を使用し、放流後の生残状況を比較した。さらに、マウンドを利用した放流試験で予想される問題点として、食害魚の影響、クリガニとの競合および稚ガニの生息空間の選択性について検討した。なお、採捕時などに齢期が不明な個体では、図39の関係式<sup>6)</sup>に基づいて甲長から齢期を推定した。すなわち、5～7カ月間中間育成した甲長5～7mmの種苗は当関係式から3～4齢期と推定した。

### 1) 1齢期稚ガニを用いたマウンド放流試験

**マウンドの設置と放流方法** 試験は1991年5月4日から61日間行った。放流場所は、根室海峡根室港付近の水深2～5mで底質は礫および転石であった。放流の14日前に、放流地点として4基のマウンドを造成した。マウンドは図40に示したように、土嚢で囲まれた5×5mの正方形の部分に、敷石としてほぼ球形の規格40mmの栗石を敷き詰めた試験区(1区および2区)と敷石無しの3区および4区を設けた。試験には、平均甲長2.2mm(2.0～2.3mm)の1齢期稚ガニを用い、各試験区とも25,000尾(1,000尾/m<sup>2</sup>)ずつ放流した。放流は、潜水士が各マウンド内の25カ所に等間隔で行った。

**生残状況の調査方法** 調査は事前調査として放流7日前

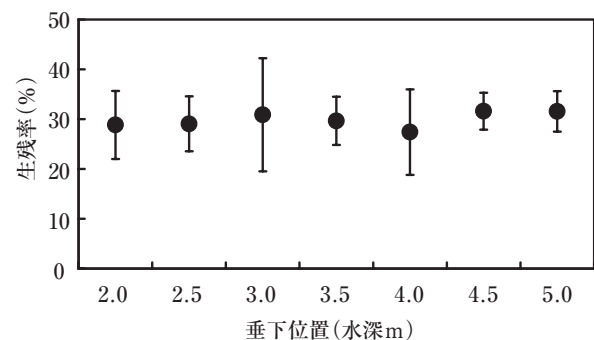


図38 タマネギ袋の垂下位置と生残率の関係 (Iは標準偏差)



に1回、放流後に6回の計7回行った。稚ガニの採集にはフィッシュポンプ（FU-1型、口径80mm、鶴見製作所）を使用し、マウンドの5カ所から0.5×0.5mの範囲を吸い取り、単位面積当たりの採集密度を求めた。また、この海域に生息が確認されているクリガニについても採集を行った。さらに、翌1992年4月と7月に同様の方法で調査を行った。

マウンドに放流した稚ガニの減耗状況を把握するため、「逸散」と「食害」を除外した条件下での生残状況を検討した。当試験は、目合2mmのポリエチレンネット製カゴ（800×800×400mm）をマウンド付近の海底に2個設置し、この中に放流種苗と同じ1齢期稚ガニ50～100尾を収容したタマネギ袋（中間育成で使用したものと同様）10袋を収容し、放流後63日目までに5回の生残調査を行った。

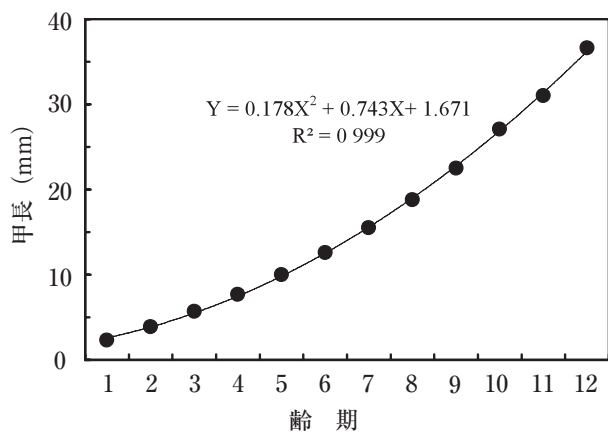


図39 ハナサキガニの齢期と甲長の関係  
（阿部、小池1982より一部改編）  
Y：甲長（mm），X：齢期

**クリガニの分布状況** クリガニは、事前調査では敷石を投入した1区と2区では採集されなかった。3区と4区では、齢期は不明であるが大きさから1歳ガニと考えられる甲長7.1～13.0mmの個体がそれぞれ12.8尾/m<sup>2</sup>と9.6尾/m<sup>2</sup>採集された。放流後11日目までは1歳ガニが中心であったが、32日目にはメガロパと平均甲長3.6mm（3.3～3.8mm）の当歳（齢期不明）稚ガニが中心となり、さらに試験終了時は当歳稚ガニが大半を占めた。採集密度は32日目頃から増加し、試験終了時には2区（419.2尾/m<sup>2</sup>）>1区（256.0尾/m<sup>2</sup>）>3区（183.2尾/m<sup>2</sup>）>4区（154.4尾/m<sup>2</sup>）と、敷石を行った試験区で急激に増加した（表9）。

**ハナサキガニの採集結果** 放流試験の概要を表9に、調査結果を図41に示した。事前調査ではハナサキガニは採集されなかった。放流直後には、マウンドを乗り越えて逸散する個体が観察され、放流後2日目の調査では全試験区とも500尾/m<sup>2</sup>以下となった。採集尾数は各試

験区とも経過日数に伴い急激に減少し、放流後11日目の平均採集密度は敷石有りの1区（174.4/m<sup>2</sup>）>同2区（72.8尾/m<sup>2</sup>）>敷石なしの3区（41.6/m<sup>2</sup>）>同4区（25.6尾/m<sup>2</sup>）となり、採集密度は敷石有の試験区で有意に高く（*p*<0.05）滞留効果が認められた（表9）。また、試験終了時（61日目）の最終密度は、1区（37.6/m<sup>2</sup>）>2区（28.8尾/m<sup>2</sup>）>3区=4区（2.4尾/m<sup>2</sup>）と大きく減少したが敷石の効果が認められた（表9）。終了時のハナサキガニの平均甲長は2.5mm（2.0～3.5mm）とほとんど成長が認められなかった。

継続調査の結果、1齢期稚ガニで放流したハナサキガニはマウンド内からは採集されず、長期間の定着は期待できないと考えられた。

1994年からは敷石の大きさを40mmから80mmに変更して207日間の放流・追跡調査を行ったところ、平均採集密度は40mm敷石マウンドの7.0尾/m<sup>2</sup>に対して80mm敷石マウンドは21.5尾/m<sup>2</sup>と高く<sup>42)</sup>、成長に伴ってより大きな生息空間を求めると考えられた。

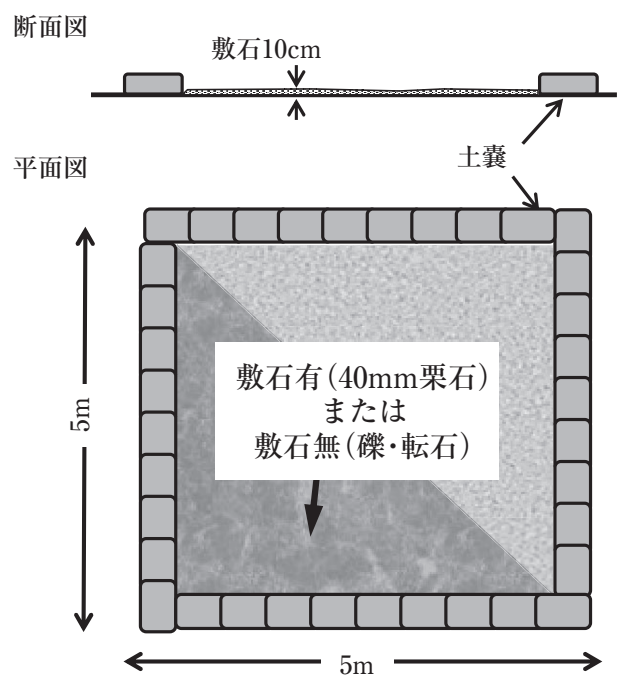


図40 ハナサキガニ放流試験用の造成マウンド概略図

**ハナサキガニとクリガニの関係** 両種の平均採集密度は、放流後11日目まではハナサキガニが高かったが、終了時には逆転しクリガニが有意に高くなった（*p*<0.05）。クリガニのメガロパは、噴火湾では5月上旬から6月中旬に出現<sup>43)</sup>する。根室海峡でも出現状況が同様と考え、放流から約1カ月後の6月に出現したメガロパが稚ガニへ変態しマウンド内へ着底し優占することで、ハナサキガニの逸散または食害による減耗などが生じたと考えられた。

**稚ガニの減耗要因** 「逸散」と「食害」を除外した条件

下での生残状況の調査では、収容直後の急激な減耗は見られず20日目で約20%、30日目で約30%、63日目では約50%の減耗であった(図42)。これらはマウンド内での減耗より緩やかで、63日目の生残状況も優っていた。このことから、マウンド内の減耗は逸散および食害による可能性が疑われた。

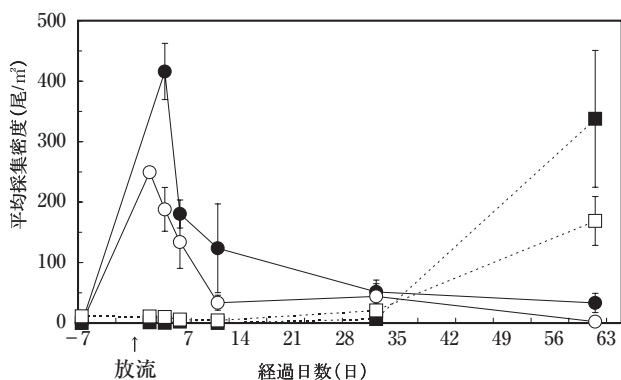


図41 1 齢期稚ガニを用いたマウンド放流試験 (I は標準偏差)

- : 1, 2区 (敷石有) ハナサキガニ
- : 3, 4区 (敷石無) ハナサキガニ
- : 1, 2区 (敷石有) クリガニ
- : 3, 4区 (敷石無) クリガニ

潮間帯に生息する3~11 齢期のハナサキガニ稚ガニ(甲長5.2~31.2mm)は、主にナガコンブ、ピリヒバを摂餌しており<sup>44)</sup>、これらの藻類はマウンド周辺で確認されたが、碎石の投入で埋没したため餌料として利用できなかったと考えられた。そのため、1年間放置し餌料生物が充分繁茂したマウンドを用いた放流試験を行ったが、調査結果に顕著な効果は認められなかった<sup>45)</sup>。前述のカゴによる生残調査の結果も含めて、餌料生物の不足による影響は少ないと考えられた。

## 2) 中間育成した稚ガニを用いたマウンド放流試験

放流種苗のマウンド内での定着状況を1 齢期稚ガニと比較するため、中間育成した2~4 齢期稚ガニを用いた放流試験を行った。

**試験方法** 試験は1991年8月30日から30日間行った。試験に用いたマウンドは2基で、1 齢期稚ガニの放流試験と同様に放流の12日前に造成した。試験区として敷石の有無により敷石有の1区と無し2区を設けた。放流種苗には、130日間タマネギ袋で中間育成した平均甲長5.2mm(3.2~7.2mm)の2~4 齢期の種苗を各9,500尾(380尾/m<sup>2</sup>)用いた。

放流方法および調査方法は1 齢期稚ガニ放流試験と同様とし、採集は事前調査として放流3日前に1回、放流後は30日目までに5回行った。また、継続調査は翌1992年の4月と7月に同様の方法で行った。

**ハナサキガニの生残状況** 放流試験の概要を表10に、調査結果を図43に示した。事前調査ではハナサキガニは採集されなかった。放流翌日の調査では、敷石無し2区の平均採集密度が286.4尾/m<sup>2</sup>と、敷石有の1区の162.4尾/m<sup>2</sup>より高くなった。その後の調査では、1区の密度に著しい増減はなかったが、2区では急激な減少が認められた(図43)。試験終了時(30日目)の平均甲長は5.4mm(3.5~7.6mm)であった。平均採集密度は1区176.0尾/m<sup>2</sup>、2区4.0尾/m<sup>2</sup>と敷石した区で有意に高くなり( $p < 0.05$ )、敷石の効果は認められた。1 齢期稚ガニで放流した場合は、採集密度は日数の経過とともに減少する傾向が見られたが、中間育成した種苗の減少は放流直後を除くと30日目までほとんど見られなかった。従って、敷石したマウンドでは、初期の定着性を高めるには中間育成種苗での放流がより効果的であると考えられた。

表9 ハナサキガニ1 齢期稚ガニを用いたマウンド放流試験

| 試験区   | 敷石 | 1 齢期稚ガニ*1<br>放流尾数(尾) | 放流時密度<br>(尾/m <sup>2</sup> ) | 平均採集密度(尾/m <sup>2</sup> ) |        |          |           |                    |          |           |        |
|-------|----|----------------------|------------------------------|---------------------------|--------|----------|-----------|--------------------|----------|-----------|--------|
|       |    |                      |                              | 事前調査<br>(放流7日前)           |        | 放流11日目*5 |           | 調査終了時<br>(放流後61日目) |          |           |        |
|       |    |                      |                              | ハナサキガニ                    | クリガニ*3 | ハナサキガニ   | *6<br>有意差 | クリガニ               | ハナサキガニ*2 | *6<br>有意差 | クリガニ*4 |
| 1     | 有  | 25,000               | 1,000                        | 0                         | 0      | 174.4    | >         | 0                  | 37.6     | <         | 256.0  |
| 2     |    |                      |                              | 0                         | 0      | 72.8     | >         | 0                  | 28.8     | <         | 419.2  |
| 有意差*6 |    |                      |                              | ∇                         |        | ∧        |           | ∇                  |          | ∇         |        |
| 3     | 無  | 25,000               | 1,000                        | 0                         | 12.8   | 41.6     | >         | 5.6                | 2.4      | <         | 183.2  |
| 4     |    |                      |                              | 0                         | 9.6    | 25.6     | >         | 3.2                | 2.4      | <         | 154.4  |

\*1 平均甲長2.2mm(2.0~2.3mm)

\*2 平均甲長2.5mm(2.0~3.5mm)

\*3 甲長7.1~13.0mm

\*4 平均甲長3.6mm(3.3~3.8mm)

\*5 甲長未測定

\*6 t 検定による有意差 (><はハナサキガニとクリガニの差、∇∧は敷石の有無による差)

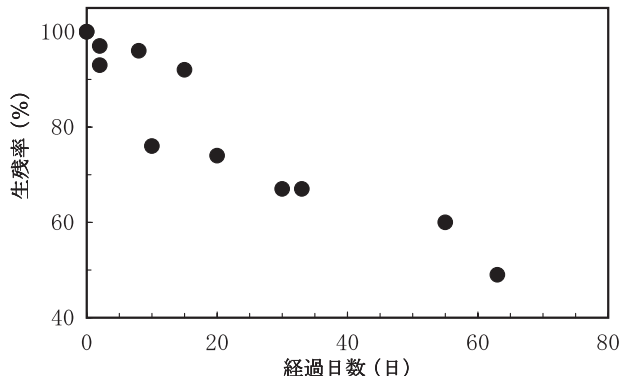


図42 放流地点でカゴ飼育したハナサキガニ稚ガニの減耗状況

また、継続調査でも敷石有のマウンドでのみ翌年の4月（通算225日後）に86尾/m<sup>2</sup>、7月（328日後）に0.8尾/m<sup>2</sup>（1尾のみ）が採集された。この間の稚ガニの成長を見ると、4月に採捕した個体の平均甲長は5.0mm（4.0～6.7mm）で、冬季間の成長はほとんど認められなかった。7月の採捕個体の甲長は7.1mmと成長が認められたが、3カ月間で採捕個体数が減少したのは4月以降の成長に伴ってマウンドから逸散した可能性が考えられた。

マウンド内の調査と同時にやった周辺外部の調査では、1齢期稚ガニは放流後20日程度で周辺からの採集がなくなったが、中間育成した個体では全てのマウンドの周辺で確認でき、また放流後50日以降も採集されたことから放流には中間育成した種苗（大型種苗）が適していると考えられた。

**クリガニの分布状況** クリガニの分布は、事前調査では1区が5.6尾/m<sup>2</sup>、2区が14.4尾/m<sup>2</sup>であった。平均甲長は5.6mm（3.5～9.2mm）と両試験区で差はなく、2齢期および3齢期と推測<sup>46)</sup>された。試験終了時の平

均甲長は6.1mm（5.1～7.0mm）であり、平均採集密度は、1区（7.2尾/m<sup>2</sup>）<2区（16.8尾/m<sup>2</sup>）と敷石した試験区で減少した。クリガニの稚ガニは粒径の大きい砂質には分布しないこと<sup>47)</sup>から、本試験ではマウンド内に着底したクリガニが9月以降次第に移動分散したと考えられた。

### 3) マウンド放流の問題点とその対策

マウンドに放流した種苗の減少および減耗要因として、食害による減耗、餌料不足によるマウンド外への逸散および減耗、環境不適應によるマウンド外への逸散および減耗等が考えられた。これらの原因を明らかにするため、①逸散、②食害および③生息環境について試験を行った。

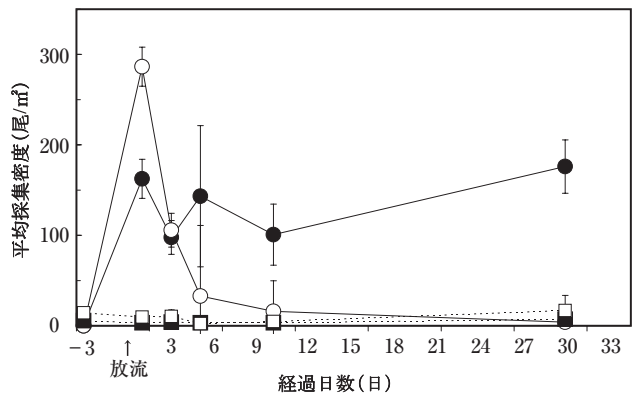


図43 中間育成した稚ガニを用いたマウンド放流試験（Iは標準偏差）

- : 1区 (敷石有) ハナサキガニ
- : 2区 (敷石無) ハナサキガニ
- : 1区 (敷石有) クリガニ
- : 2区 (敷石無) クリガニ

表10 中間育成したハナサキガニ稚ガニのマウンド放流試験

| 試験区 | 敷石                | 中間育成した稚ガニ <sup>*1</sup> の放流尾数 (尾) | 放流時密度 (尾/m <sup>2</sup> ) | 平均採集密度 (尾/m <sup>2</sup> ) |                    |                      |      |                      |                    |  |
|-----|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|------|----------------------|--------------------|--|
|     |                   |                                   |                           | 事前調査 (放流3日前)               |                    | 放流10日目 <sup>*5</sup> |      | 調査終了時 (放流後30日目)      |                    |  |
|     |                   |                                   |                           | ハナサキガニ                     | クリガニ <sup>*3</sup> | ハナサキガニ               | クリガニ | ハナサキガニ <sup>*2</sup> | クリガニ <sup>*4</sup> |  |
| 1   | 有                 |                                   |                           | 0                          | 5.6                | 100.8                | 3.2  | 176.0                | 7.2                |  |
|     | 有意差 <sup>*5</sup> | 9,500                             | 380                       |                            |                    | ∇                    | ×    | ∇                    | ∧                  |  |
| 2   | 無                 |                                   |                           | 0                          | 14.4               | 16.0                 | 4.8  | 4.0                  | 16.8               |  |

\*1 平均甲長5.2mm (3.2～7.2mm)

\*2 平均甲長5.4mm (3.5～7.6mm)

\*3 平均甲長4.9mm (4.2～5.6mm)

\*4 平均甲長6.1mm (5.1～7.0mm)

\*5 t検定による有意差 (><はハナサキガニとクリガニの差, ∇∧は敷石の有無による差, ×は有意差無し)

①ハナサキガニ稚ガニの逸散に及ぼすクリガニ稚ガニの影響

ハナサキガニ稚ガニのマウンド外への逸散の原因の一つと考えられるクリガニ稚ガニの影響を調べた。

**試験方法** 試験には30ℓポリエチレン水槽を用い、底面には40mmの栗石を約10cmの厚さに敷いた。試験区は、クリガニ稚ガニの収容の有無によりクリガニを収容した試験区（以下、混養区）とハナサキガニのみとした対照区を設定し、各試験区とも2水槽ずつを設けた（表11）。試験には、2～3齢期のハナサキガニ稚ガニと1～3齢期と推定<sup>46)</sup>される平均甲長4.2mm（3.3～5.8mm）のクリガニ稚ガニを用い、収容尾数は混養区でハナサキガニ20尾とクリガニ10尾、対照区でハナサキガニ20尾とした。

飼育は水温10℃の流水（1回転/日）で行い、餌料には冷凍オキアミの細片を毎日残餌が出ない程度に与えた。試験期間は111日間とし、22日目と58日目に全数を取り上げて計数した。

**ハナサキガニ稚ガニの生残状況** 試験結果の概要を表11に示した。試験開始後22日目までは各試験区の生残状況に一定の傾向は認められなかったが、混養区-2では58日目にハナサキガニの生残率が40%まで低下した。58日目以降の対照区の減耗状況は緩やかであったが混養区では急激に減少し、取り上げ時（111日間）の生残率は混養区で10%および40%と対照区（50%および65%）より有意に低下した。取り上げ時の成長率（取り上げ時甲長/収容時甲長×100-100）も、対照区（124%および140%）が混養区（120%および108%）より良好であった。

**クリガニ稚ガニの影響** 試験期間中のクリガニの減耗は緩やかで、取り上げ時の生残率と成長率はハナサキガニより高く、混養区-1でそれぞれ60%および124%、混養区-2で80%および145%であった（表11）。取り上げ時のクリガニも含めた生残密度は、混養区と対照区で顕著な差が認められなかったことから、一定の面積に生息

できる稚ガニの尾数はほぼ一定しており、競合した場合クリガニはハナサキガニより優勢すると考えられた。試験期間中に混養区ではクリガニによる捕食が観察されたが、ハナサキガニの減耗状況との関連は明らかにできなかった。

**逸散の防止には** 逸散による減少要因として、マウンド内の餌料不足や環境が適さないことに加えて、クリガニの影響が最も大きいと考えられた。また、マウンド周辺ではシワガニ、ショウジョウガニ、ヨツハモガニ等が観察され<sup>45)</sup>、これらがどの程度の影響を及ぼしているかは不明であるが、生息場所や餌料の競合が考えられる。クリガニでは、メガロパから稚ガニに変態した着底期以降の影響がもっとも大きいと考えられ、この時期を外す事でマウンド内のハナサキガニの定着率を高めることができると考えられる。すなわち、マウンドではクリガニは6～8月にかけて多く確認され、その後次第に減少していることから、ハナサキガニの放流はこの時期を外した9月以降が望ましいと考えられる。

②敷石による食害防止効果の検討

マウンド内での放流直後の減耗要因として考えられる食害について、敷石の有無による食害魚の影響と食害防止効果を検討した。

**試験方法** 試験には、70ℓアクリル水槽（マルチハイデンス水槽ARK804-301A5、アクア）を用いた。敷石は40mmの栗石を使用し、約10cmの厚さに敷いた。試験区は、敷石の有無と食害魚（シラミカジカ）の組み合わせで、敷石有+食害魚（全長178mm）有（1区）、敷石無+食害魚（全長182mm）有（2区）、敷石有+食害魚無（3区）、および敷石無+食害魚無（対照区）を設定した。

各試験区には2～4齢期で平均甲長6.1mm（3.9～9.0mm）のハナサキガニ稚ガニ60尾ずつを収容し、試験期間は15日間とした。飼育は水温12℃の循環調温（2回転/日）で行い、餌料には冷凍オキアミを毎日適量与

表11 クリガニ稚ガニと混養したハナサキガニ稚ガニの成長と生残

| 試験区   | 収容        |           |               | 生残状況      |            |           |            |           |            |                |                          |
|-------|-----------|-----------|---------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|--------------------------|
|       | 種類        | 尾数<br>(尾) | 甲長<br>(mm)    | 22日目      |            | 58日目      |            | 111日目     |            |                |                          |
|       |           |           |               | 尾数<br>(尾) | 生残率<br>(%) | 尾数<br>(尾) | 生残率<br>(%) | 尾数<br>(尾) | 生残率<br>(%) | 甲長<br>(mm)     | 成長率 <sup>*1</sup><br>(%) |
| 混養区-1 | ハナサキガニ    | 20        | 2.5 (2.2-3.0) | 17        | 85         | 14        | 70         | 8         | 40         | 5.5(4.7- 6.2)  | 120                      |
|       | クリガニ      | 10        | 4.2(3.3-5.8)  | 10        | 100        | 6         | 60         | 6         | 60         | 10.3(8.4-11.9) | 145                      |
| -2    | ハナサキガニ    | 20        | 2.5 (2.2-3.0) | 20        | 100        | 8         | 40         | 2         | 10         | 5.2(5.0- 5.4)  | 108                      |
|       | クリガニ      | 10        | 4.2(3.3-5.8)  | 9         | 90         | 9         | 90         | 8         | 80         | 9.4(7.7-11.9)  | 124                      |
| 対照区-1 | ハナサキガニ    | 20        | 2.5 (2.2-3.0) | 17        | 85         | 14        | 70         | 13        | 65         | 5.6(4.1- 7.2)  | 124                      |
|       | -2 ハナサキガニ | 20        | 2.5 (2.2-3.0) | 14        | 70         | 12        | 60         | 10        | 50         | 6.0(5.5- 6.8)  | 140                      |

飼育水槽:30ℓ水槽1面、餌料:オキアミ、飼育日数:111日間、飼育水温:10.2℃(9.1～11.2℃)

\*1成長率(%)= 取り上げ時甲長/収容時甲長×100 - 100

えた。食害魚の収容は、収容した稚ガニが充分環境に馴致したと判断した8時間後に行った。

**敷石による食害防止効果** 試験終了時の生残率を図44に示した。食害魚を収容した場合の敷石の効果は、敷石なしの2区ではすべての個体が捕食されたのに対して、敷石を入れた1区では42%が生存し、敷石による食害防止効果が認められた。シラミカジカによる食害状況を見ると、2区では稚ガニの収容後2日目から捕食が見られ、7日目にはほとんどの稚ガニが捕食された。これに対し1区では、稚ガニは敷石で作られた空間への逃避行動が観察された。一方、食害魚がいない状態で敷石の効果と比較すると、3区（敷石有）の生残率は43%と対照区（敷石なし）の60%より低下した。これはマウンドへの放流試験で1～4齢期の稚ガニが放流直後から逸散した結果で示されたように、初期には敷石への依存が少ない結果であると考えられた。しかし、マウンド放流試験時の観察では、マウンド周辺に食害魚類と考えられるアイナメ、カジカ類、ギンポ類が観察された<sup>42)</sup>ことから、敷石によって空間を作り出すことは食害防除の面で有効であると考えられる。

### ③稚ガニの逃避に適した敷石サイズの検討

ハナサキガニ稚ガニは、行動特性として他のヤドカリ類と同様に転石や物陰に隠れる、あるいは基質につかまる等の趨触性を示す。マウンド放流試験では、敷石により定着率が高まり、40mmの栗石では甲長6～7mm程度（3～4齢期）まで、80mmではより長期間定着する事が確認された。そこで、ハナサキガニに適した生息環境を把握するため、敷石によって作られる空間の選択性を把握するとともに食害の防除効果を調べた。

本試験では、稚ガニのサイズ別の空間選択性を把握するため、2～3齢期稚ガニ（試験1）と3～9齢期稚ガニ（試験2）を用いた試験を行った。また、3～10齢期稚ガニを用いて、より大きなサイズの敷石での選択性を調べた（試験3）。

**試験方法** 試験には1.0kℓポリカーボネイト水槽を用い、水槽底面を4分割して試験1と2では40mmと80mmの栗石、および160mmと250mmの割石（厚さ100mm程度）を敷いた。試験3では、敷石を80mmの栗石と160mm、250mmおよび350mmの割石に変えた。各石は約10cmの高さで均一に敷きつめた。試験1～3とも飼育管理方法は共通で、自然水温の流水（換水率0.5回転/日）とし、餌料には冷凍オキアミの細片を残餌が出ない程度に毎日与えた。

試験1では、2齢期（甲長3.8mm）～3齢期（甲長6.5mm）の種苗450尾を収容して77日間飼育し、取り上げ時の生残と分布状況を調査した。なお、生息場所の競合生物として、平均甲長7.0mm（5.2～15.5mm）のクリガニ100尾、食害生物としてシラミカジカ2尾

（全長180mmおよび190mm）とクロガレイ1尾（全長138mm）をハナサキガニ収容後6時間経過してから収容した。

試験2では、稚ガニのサイズ別の分布状況を把握するため、3齢期（甲長5.5mm）～9齢期（甲長24.7mm）の種苗410尾を収容し、14日間の給餌飼育を行った。食害魚として、シラミカジカ1尾（全長179mm）を収容した。

試験3では、3齢期（甲長5.7mm）～10齢期（甲長29.9mm）の種苗100尾を収容し、食害生物を収容せず行動を観察した。試験期間は14日間とした。

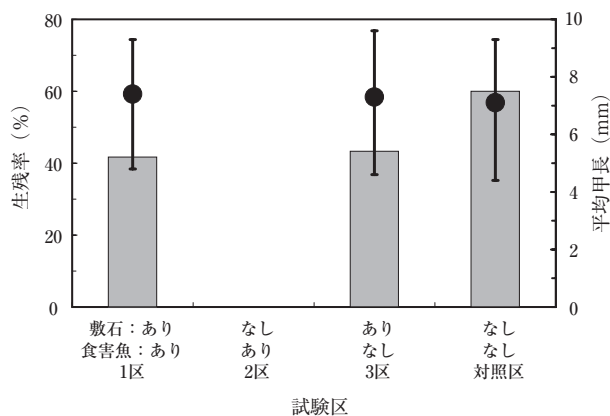


図44 敷石と食害魚がハナサキガニ稚ガニの生残に及ぼす影響  
■：生残率 ●：平均甲長（Iは範囲）

**敷石のサイズと隙間のサイズ** 各サイズの敷石間の隙間の大きさを数値化する事は困難であるが、図45に示した部位を空間の大きさとした。測定値は、40mmの栗石では約10mm、80mmでは約18mmであった。同様に割石で測定すると、160mmでは約23mm、250mmでは約30mm、350mmでは約40mmであった（表12）。

**2～3齢期稚ガニの空間選択性（試験1）** 試験1の結果概要を表12に示した。試験開始直後はハナサキガニ、クリガニともにシラミカジカによる捕食が観察された。ハナサキガニの行動はクリガニと比較して緩慢であり、敷石表面に出ている個体が捕食されやすい傾向が認められた。しかし、1週間を過ぎると次第に碎石の奥部に堅固に入り込み捕食から逃れるようになり、試験終了時までほとんど敷石表面での行動は見られなかった。これに対してクリガニは空間に入り込むものの、それほど堅固に入り込むことはなかったが、逃避行動はハナサキガニに較べ俊敏で捕食されなくなった。クロガレイの捕食（食害）行動は観察されなかった。

取り上げ時（77日目）の生残状況を見ると、ハナサキガニ稚ガニの生残は8尾（生残率6.2%）であったが、クリガニでは28尾（45.0%）と高く（表13）、本試験の結果からもハナサキガニに対するクリガニの優位性が認

められた。一方、食害魚であるシラミカジカの胃内容物には両種とも認められず、食害による減耗はほとんどが収容直後に生じたと考えられた。

取り上げ時にハナサキガニおよびクリガニ稚ガニが利用していた敷石の大きさと生残尾数、および成長との関係を図46に示した。これを見ると、40mmの栗石を利用してハナサキガニは24尾と最も多く、次いで80mm栗石が3尾、160mm割石が1尾と急激に減少し、250mm割石では0尾であった。一方、クリガニは40mmと80mmの栗石ではそれぞれ16尾と14尾、160mmと250mm割石でそれぞれは8尾と7尾であり、ハナサキガニが利用しない大きな空間でも利用する傾向が見られた。取り上げ時の大きさは、ハナサキガニでは敷石のサイズによる差はほとんどなかったが、クリガニでは40mm栗石で平均甲長14.3mm (6.5~16.5mm)、80mm栗石で16.5mm (12.1~19.6mm)、160mm割石で

22.0mm (16.1~25.6mm) および250mm割石で21.2mm (16.4~23.5mm) と大型個体ほど大きな空間を利用する傾向が認められた。成長率(表13)も、ハナサキガニの25%に対してクリガニは143%と顕著な差が認められた。

これらの結果から、3~4齢期(甲長6.5mm程度)までのハナサキガニ種苗が被捕食を避けるためには、敷石によってできる10mm以下の空間が必要と考えられた。

**3~9齢期稚ガニの空間選択性(試験2)** 試験2の結果概要を表12に示した。シラミカジカによる食害状況は試験1と同様で、収容直後は敷石の表面に出ている個体が捕食されやすい傾向が見られたが、次第に敷石の内部に入り込むことで捕食を受けなくなった。目視観察では、3齢期と考えられる小型個体が捕食され易い傾向が認められた。

試験終了時(14日目)の生残尾数および甲長を図47に示した。稚ガニの生残は326尾(生残率79.5%)で

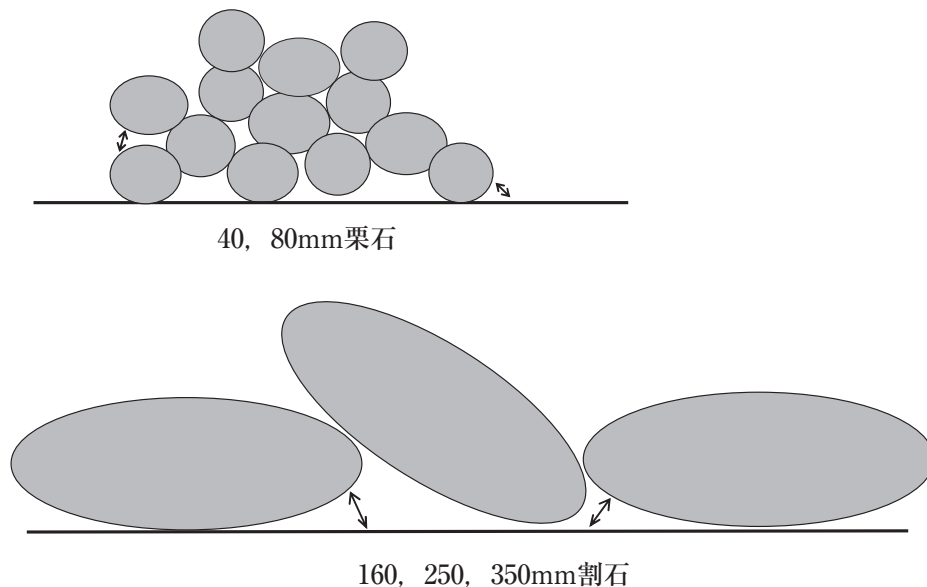


図45 敷石によってできる空間の測定部位(矢印)

表12 敷石の大きさ別に分布した稚ガニの大きさ

| 敷石サイズ<br>(mm) | 敷石によってできる<br>空間のサイズ<br>(mm) | 測定数<br>(尾) | 平均甲長±SD<br>(mm) | 範囲<br>(mm) |
|---------------|-----------------------------|------------|-----------------|------------|
| 40            | 10                          | 119        | 6.8±1.33        | 4.8-11.1   |
| 80            | 18                          | 228        | 7.5±2.04        | 4.6-17.6   |
| 160           | 23                          | 49         | 10.0±3.31       | 5.2-21.2   |
| 250           | 30                          | 52         | 11.8±4.09       | 6.1-26.6   |
| 350           | 40                          | 14         | 23.7±2.89       | 21.0-29.9  |

あった。稚ガニの分布状態を見ると、生残個体の53.1% (173尾) が80mmの栗石を選択し、次いで40mm栗石が29.5% (93尾)、160mm割石が10.1% (33尾)、250mm割石が8.3% (27尾) であった。また、割石と稚ガニのサイズの関係は、40mm栗石では平均甲長6.9mm (4.8~11.1mm)、80mm栗石では7.5mm (4.6~17.6mm)、160mm割石では9.7mm (5.2~21.2mm) および250mm割石では10.8mm (6.1~26.6mm) であった (図47)。甲長6.1mm以下の個体は、敷石の大小に関わらず石によって作られる空間のどの部分にも分布していた。各敷石に分布していた稚ガニの最大サイズは、40mm栗石が甲長11.1mm、80mm栗石が17.6mm、160mm割石が21.2mmで、これらのサイズが各敷石によって作られる空間の上限と考えられた。これは、図45に示した敷石によって作り出される空間サイズとほぼ同一であった。また、250mm割石では最大サイズは26.6mmであったが、さらに大きな空間もあることからこれ以上のサイズの利用も可能であると考えられた。

**より大きな敷石における空間選択性 (試験3)** 試験3の結果概要を表12に、生残尾数および甲長を図48に示

した。試験終了時 (14日目) の稚ガニの生残率は94.0% (94尾) で、分布状況を見ると80mmの栗石が48.9% (46尾)、160mm割石が17.0% (16尾)、250mm割石が23.4% (22尾)、350mm割石が13.8% (13尾) であった。また、割石と稚ガニのサイズの関係を見ると、80mm栗石では平均甲長8.0mm (6.6~12.4mm)、160mm割石では11.0mm (8.6~14.2mm)、250mm割石では13.0mm (8.6~16.9mm) および350mm割石では23.7mm (21.0~29.9mm) であった (図48)。各敷石に分布する稚ガニの最大サイズは、80mm栗石が甲長12.4mm、160mm割石が14.2mm、250mm割石が16.9mm、350mm割石が29.9mmであった。80mm、160mmおよび250mm敷石では最大サイズが試験2より小さかったが、これは40mmの栗石区を設けなかったこと、食害生物を収容しなかったことによる影響が考えられた。しかし、ほとんどの個体は敷石によって作られた様々な空間を体サイズに合わせて利用していた。

**敷石のサイズと稚ガニの利用** 以上の結果から、稚ガニが利用した敷石のサイズと平均甲長の間を関係を表13と図49に示した。これを見ると、稚ガニが利用した空間のサイズは、最大個体では敷石が作り出す空間のサイズ (表13) とほぼ一致した。最小個体では250mmの敷石 (空間サイズ30mm) までは利用したが、350mmの敷石 (同40mm) では空間の半分以上のサイズの個体のみであった。250mmと350mmの敷石では、空間のサイズが収容した稚ガニの大きさに対して過大となり、捕食生物が入り込む可能性が考えられる。さらに、ハナサキガニ稚ガニの成長は満1歳の4月で甲長10mm前後<sup>10)</sup>と遅いこと、潮間帯に生息する稚ガニの甲長が5~40mm<sup>48)</sup>と幅広いことから、マウンドには稚ガニの空間選択性を広げるため複数のサイズの敷石を使用することが望ましい。

**マウンド放流への応用** 本試験の結果から、ハナサキガニ稚ガニの放流時においては、放流種苗のサイズに合わせた敷石 (保護礁) の選択が必要であることが示され

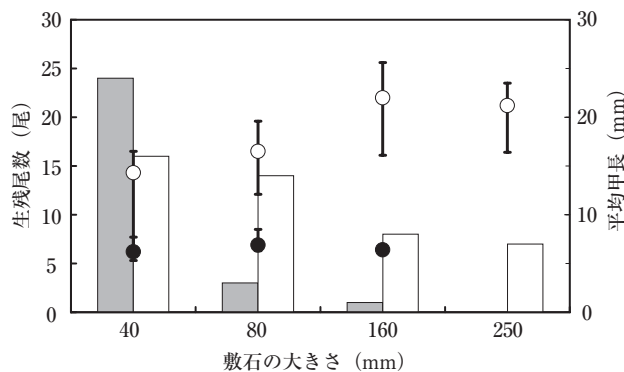


図46 異なる径の敷石が作る空間が2~3齢期稚ガニの生残と成長に及ぼす影響 (試験1)

■: ハナサキガニ生残尾数 □: クリガニ生残尾数  
●: ハナサキガニ甲長 (Iは範囲) ○: クリガニ甲長 (Iは範囲)

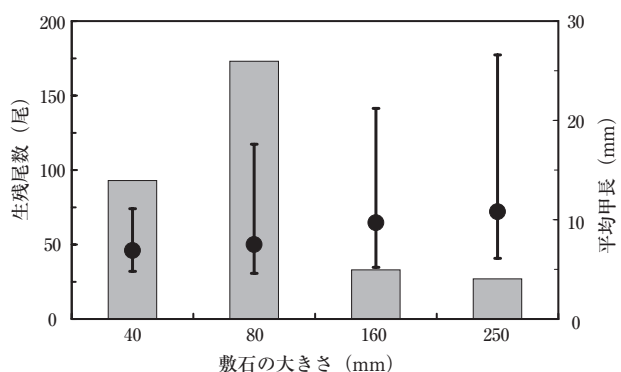


図47 異なる径の敷石が作る空間が3~9齢期稚ガニの生残と成長に及ぼす影響 (試験2)

■: 生残尾数 ●: 平均甲長 (Iは範囲)

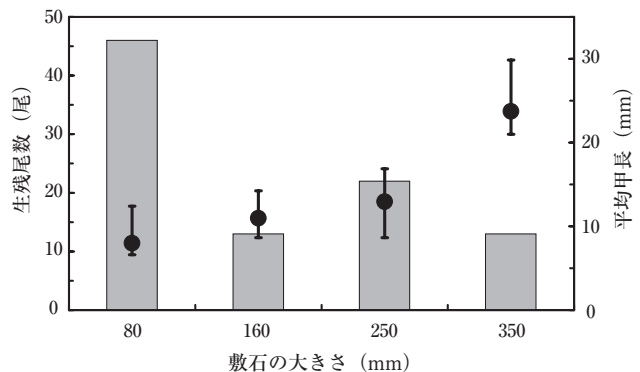


図48 ハナサキガニ稚ガニによる大型サイズの敷石が作る空間の選択性 (試験3)

■: 生残尾数 ●: 平均甲長 (Iは範囲)

た。さらに、マウンド内では外敵からの逃避および索餌行動が充分備わるサイズまで滞留させる必要があり、そのためには生息空間を作り出す敷石のサイズが重要である。敷石のサイズは、中間育成種苗の放流試験結果から、3～4 齢期稚ガニの甲長 6～7 mm 程度までは 40mm で良いと考えられるが、それ以降の滞留にはさらに検討を加える必要がある。また、上述した「マウンド放流試験」で明らかになったように、放流直後の逸散にはマウンドの広さと放流尾数（密度）、および放流する稚ガニのサイズ（1 齢期の稚ガニと中間育成した 2～4 齢期の稚ガニ）が密接に関係している。ハナサキガニ稚ガニの生態はまだ不明な点が多く、特に潮間帯で生息していた個体が昆布礁で見られる甲長 50mm 程度（通称コンブガニ）になるまでの知見はほとんどない。今後、稚ガニの生態をさらに調査し、放流効果に結びつく手法を開発することが必要である。

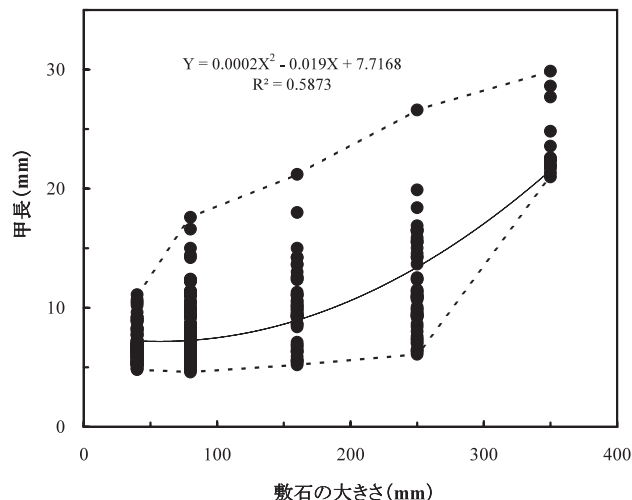


図 49 ハナサキガニ稚ガニが利用した敷石の大きさと甲長の関係

●：甲長(mm) 破線は甲長の最大値と最小値を示す  
Y：甲長(mm), X：敷石の大きさ(mm)

表 13 異なる径の敷石が作る空間が稚ガニの逃避に及ぼす影響

| 試験 | 収容     |           |                | 水温<br>(°C)       | 取り上げ        |           |            |                |              |
|----|--------|-----------|----------------|------------------|-------------|-----------|------------|----------------|--------------|
|    | 種類     | 尾数<br>(尾) | 甲長・全長<br>(mm)  |                  | 試験日数<br>(日) | 尾数<br>(尾) | 生残率<br>(%) | 甲長・全長<br>(mm)  | 成長率*1<br>(%) |
| 1  | ハナサキガニ | 450       | 5.2(3.8-6.5)   | 9.7              | 77          | 28        | 6.2        | 6.5(5.3-8.4)   | 25.0         |
|    | クリガニ   | 100       | 7.0(5.2-15.5)  |                  |             | 45        | 45.0       | 17.0(6.5-25.6) | 142.9        |
|    | シラミカジカ | 2         | 180, 190       |                  |             | 2         | 100        | 186, 195       | 3.0          |
|    | クロガレイ  | 1         | 138            |                  |             | 1         | 100        | 138            | 0            |
| 2  | ハナサキガニ | 410       | 7.7(4.5-24.7)  | 6.0              | 14          | 326       | 79.5       | 7.8(4.6-26.6)  | 1.3          |
|    | シラミカジカ | 1         | 179            |                  |             | 1         | 100        | 179            | 0            |
| 3  | ハナサキガニ | 100       | 13.3(5.7-29.9) | 5.0<br>(4.0-6.9) | 14          | 94        | 94.0       | 14.2(6.6-29.9) | 6.8          |

飼育水槽:各区1k0水槽1面, 餌料:オキアミ

\*1 成長率 = 取り上げ時甲長 / 収容時甲長 × 100 - 100



## VI. 種苗生産と中間育成に必要な資材と経費

ハナサキガニ種苗（1 齢期稚ガニ）30万尾を種苗生産し、その後中間育成して、甲長 7～8mm の種苗10万尾を生産するために必要な資材および経費について以下に示した。

### VI-1 親ガニ

養成水槽：加温装置付き 8 kℓ × 4 槽（周年養成する場合は冷却装置が必要）

親ガニ必要数：必要とするふ化幼生数から推定した親ガニ数を図50に示した。ふ化幼生は50kℓ水槽1槽に3日間で収容を想定。小型水槽を使用する場合は、必要な幼生数が少ないので親ガニ数は減少する。

### VI-2 種苗生産

飼育水槽：加温装置付き 50kℓ × 2 槽，または 15～20kℓ × 4～5 槽で 100kℓ ほどの容量が必要となる。従って小型水槽であれば必要数が増える。危険分散の見地からは水槽数が多いほうが良いが、飼育管理の手間は増加する。

### VI-3 餌料

珪藻：加温装置付き 15kℓ 水槽 × 7 槽（地先海水からの珪藻の増殖が容易でない場合、元種の培養や維持のための恒温槽が必要）、または光リアクター装置 2～3 基、タラシオシラの場合

合は 20 万細胞/ml 換算で約 50kℓ が必要。  
アルテミア：加温装置付き 500 ℓ ふ化器 × 2 槽。

### VI-4 かかる経費の推定

親ガニ養成費：抱卵雌ガニの入手は特別採捕によるため、用船契約費と養成にかかる費用が必要となる。短期養成の場合は合計 7,424 千円、長期養成の場合は雄ガニと冷却装置が必要となり合計 8,528 千円と試算した（付表1-1、1-2）。

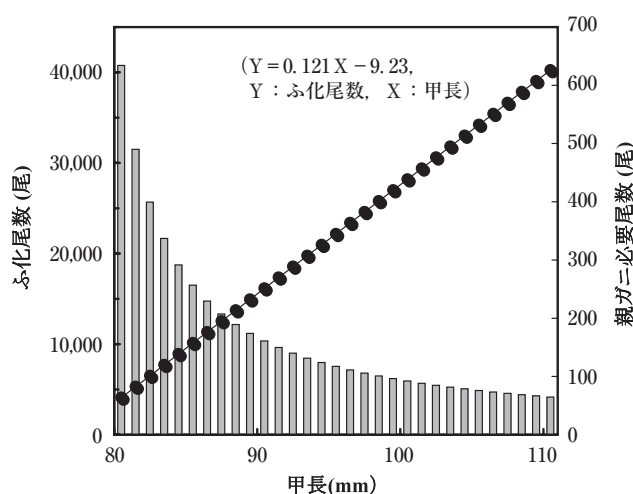


図50 ふ化尾数から推定した親ガニの必要数

■：親ガニ必要尾数（13万尾/日のふ化幼生を得るための尾数）  
●：総ふ化尾数

付表1-1 ふ化幼生費積算の根拠(短期養成で2,000千尾を採集した事例での試算)

| 費目                          | 金額(千円) | 備考                                  |
|-----------------------------|--------|-------------------------------------|
| 1. 親魚養成経費                   | 7,424  |                                     |
| ①人件費                        | 2,160  |                                     |
| ・ 正規職員                      | 1,800  | 60日・人 × @ 30,000円                   |
| ・ 臨時職員                      | 360    | 60日・人 × @ 6,000円                    |
| ②親ガニ特別採捕用船費<br>(抱卵雌ガニ 200尾) | 1,634  |                                     |
|                             | 1,050  | 15日 × @ 70,000円用船, 船長および乗組員日当       |
|                             | 300    | 400カゴ × @ 750円漁具賃料, 損料              |
|                             | 126    | 15日 × @ 8,400円燃油代                   |
|                             | 158    | 15日 × @ 10,500円餌料費                  |
| ③餌料費                        | 100    | 50袋 × @ 2,000円                      |
| ④光熱水量                       | 3,230  |                                     |
| ・ 電気                        | 600    | 取水ポンプ等稼働費、ブロー稼働費                    |
| ・ 重油                        | 2,550  | 30,000ℓ × @ 85円 (A重油 0.5kℓ/日 × 60日) |
| ・ 水道                        | 80     |                                     |
| ⑤資材, 消耗品費                   | 300    | バケツ, 酸素, ホース等                       |
| ふ化幼生 円/尾                    | 3.71円  | 7,424/2,000 = 3.712                 |

付表1-2 ふ化幼生費積算の根拠（長期養成で2,000千尾を採集した事例での試算）

| 費目                         | 金額(千円) | 備 考                              |
|----------------------------|--------|----------------------------------|
| 1. 親魚養成経費                  | 8,528  |                                  |
| ①人件費                       | 3,420  |                                  |
| ・正規職員                      | 2,700  | 90日・人×@ 30,000円                  |
| ・臨時職員                      | 720    | 120日・人×@ 6,000円                  |
| ②親ガニ特別採捕用船費<br>(抱卵雌ガニ200尾) | 545    |                                  |
|                            | 350    | 15日 ×@ 70,000円/3年 用船, 船長および乗組員日当 |
|                            | 100    | 400カゴ ×@ 750円/3年 漁具賃料, 損料        |
|                            | 42     | 15日 ×@ 8,400円/3年 燃油代             |
|                            | 53     | 15日 ×@ 10,500円/3年 餌料費            |
| ③雄ガニ購入費                    | 53     | 50kg ×@ 3,200円/3年                |
| ④餌料費                       | 300    | 150袋 ×@ 2,000円                   |
| ⑤光熱水量                      | 3,910  |                                  |
| ・電気                        | 1,200  | 取水ポンプ等稼働費、ブローワー稼働費、冷却装置稼働費       |
| ・重油                        | 2,550  | 30,000ℓ ×@ 85円 (A重油 0.5kℓ/日×60日) |
| ・水道                        | 160    |                                  |
| ⑥資材, 消耗品費                  | 300    | バケツ, 酸素, ホース等                    |
| ふ化幼生 円/尾                   | 4.26円  | 8,528/2,000=4.264                |

種苗生産費：珪藻培養費として810千円、飼育経費として3,522千円の合計4,332円と試算した（付表2）。

中間育成費：施設、資材、用船料等で1,134千円と試算した（付表3）。

以上の経費試算から、本試験で行った甲長7～8mmのハナサキガニ種苗10万尾の生産に要する経費は、親ガニの短期養成の場合12,890千円、長期養成の場合13,994千円となり、種苗1尾当たりの単価はそれぞれ128.9円、139.9円と試算された（表14）。

付表2 種苗生産経費（珪藻培養経費含む）の内訳：1齢期の種苗30万尾生産の経費

| 費 目      | 金額(千円) | 備 考                          |
|----------|--------|------------------------------|
| 1. 珪藻培養費 | 810    | 20万セル/ℓ換算 50kℓ 16,600円/kℓ    |
| ①人件費     | 570    |                              |
| ・正規職員    | 450    | 15日・人×@ 30,000円              |
| ・臨時職員    | 120    | 20日・人×@ 6,000円               |
| ②光熱水費    | 100    | 50,000×2ヶ月間                  |
| ③資材・消耗品費 | 140    | 培養並びに作業用資材、薬品、消耗品1式          |
| 2. 飼育経費  | 3,522  |                              |
| ①人件費     | 1,710  |                              |
| ・正規職員    | 1,350  | 45日・人×@ 30,000円              |
| ・臨時職員    | 360    | 60日・人×@ 6,000円               |
| ②餌料費     | 182    |                              |
| ・冷凍アミ    | 2      | 15kg×@ 162円                  |
| ・アルテミア   | 180    | 40缶×@ 4,500円                 |
| ③光熱水量    | 1,470  |                              |
| ・電気代     | 480    | 最大使用水量8トン/時                  |
| ・燃油代     | 510    | 最高時自然水温+8℃ 6,000ℓ×85=510,000 |
| ・水道代     | 480    |                              |
| ④資材・消耗品費 | 160    | 飼育用資材・消耗品1式                  |
| 計        | 4,332  |                              |

\* 1齢期種苗 14.4円/尾 4,332千円/30万尾（平均生残率は50%）

付表3 中間育成経費の内訳：1 齢期種苗30万尾から甲長7～8mmの種苗10万尾までの育成経費

| 費目        | 金額 (千円) | 備考                            |
|-----------|---------|-------------------------------|
| 4. 中間育成経費 | 1,134   |                               |
| ①人件費      | 360     |                               |
| ・ 正規職員    | 180     | 6日・人×@ 30,000円                |
| ・ 臨時職員    | 180     | 30日・人×@ 6,000円                |
| ②稚ガニ輸送費   | 124     | 2回・10トントラック×@ 62,000円 (厚岸-根室) |
| ③資材・消耗品   | 125     | 624,000/5年 育成カゴ等              |
| ④用船料      | 650     | 650,000円 施設設置・撤去用船料等          |

\*甲長7～8mm 種苗 1,134千円/10万尾 11.34円/尾

表14 甲長7～8mmのハナサキガニ種苗10万尾生産に要する経費の試算

| 項目      | 試算金額(千円)           | 備考                                     |
|---------|--------------------|--|
| ふ化幼生生産費 | 7,424<br>(8,528)   | ふ化幼生生産目標200万尾, 収容は60万尾<br>(親ガニ長期養成の場合) |
| 種苗生産費   | 4,332              | 生産目標                                   |
| ・ 餌料培養  | 810                | 1 齢期稚ガニ30万尾 (生残率50%)                   |
| ・ 陸上飼育  | 3,522              |  |
| 中間育成費   | 1,134              | 取り上げ目標<br>甲長7～8mm種苗10万尾 (生残率30%)       |
| 合計      | 12,890<br>(13,994) | 種苗1尾当たり128.9円<br>(親ガニ長期養成の場合139.9円)    |

## Ⅶ. おわりに

ハナサキガニの水産資源としての現状は深刻である。関係機関の努力による漁獲許容量の設定など資源管理型漁業に移行しているものの資源水準は低迷し、また、輸入ガニ増加により価格が低迷するなど流通面でも問題を抱えている。このため、資源管理には総括的な対策が必要になっている。本報は(社)日本栽培漁業協会厚岸事業場(現北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター)において技術開発された成果を中心に取り纏めたものであるが、主要な漁場である根室、釧路海域におけるハナサキガニの資源回復に貢献できれば幸いである。

これらの試験を進めるにあたって、有益なご指導ご助

言を賜った北海道大学大学院水産科学研究院 五嶋聖治教授、親ガニの入手、中間育成、放流調査に御協力頂いた「ハナサキガニ資源維持増大対策連絡協議会」根室市水産研究所次長博田功氏と関係者の皆様に心よりお礼申し上げます。

本報を取り纏めるにあたって、多くのご指導をいただいた小浜栽培漁業センター高橋庸一場長に心から感謝する。また、各実験、調査にご協力いただいた南伊豆栽培漁業センター神保技術開発員ならびに日本栽培漁業協会厚岸事業場(現北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター)職員各位に厚くお礼申し上げます。

## VIII. 引用文献

- 1) 武田正倫 (1982) はなさきがに *Paralithodes brevipes*. 原色甲殻類検索図鑑, 武田正倫. 東京, 北隆館, 222, 75.
- 2) 鳥澤 雅 (1991) ハナサキガニ *Paralithodes brevipes*. 漁業生物図鑑北の魚たち, 長澤和也・鳥澤 雅編. 札幌, 北日本海洋センター, 298-303.
- 3) 丸川久俊 (1933) 「たらばがに」調査. 北海道立水産試験場報告, 4, 1-152.
- 4) Abe K. (1992) Important crab resources inhabiting Hokkaido waters. *Mar. Behav. Physiol.*, 21, 153-183.
- 5) 北海道水産林務部 (2002) 花咲ガニ. 平成12年度北海道水産現勢, (2)全道・魚種別・月別生産高, 31.
- 6) 阿部晃治, 小池幹雄 (1982) ハナサキガニの成長について. 北水試研報, 24, 1-14.
- 7) 佐藤 栄・阿部芳吉 (1941) ハナサキガニの産卵数に就いて. 北水試旬報, 481, 244-246.
- 8) 倉田 博 (1956) ハナサキガニの幼生について. 北水研報, 14, 25-34.
- 9) 佐々木潤・吉田英男 (1999) 道東太平洋岸潮間帯におけるハナサキガニ *Paralithodes brevipes* の初期成長. 北水試研報, 55, 155-160.
- 10) 鳥澤 雅・河野象威・坂本樹則・博田 功 (1999) ハナサキガニの初期成長. 北水試研報, 55, 161-167.
- 11) 岩本明雄・長倉義智・村上直人 (1982) ハナサキガニの種苗生産. 栽培技研, 11, 21-27.
- 12) 加畑裕康 (1983) ハナサキガニの種苗生産. 水産の研究, 2-1, 70-73.
- 13) 根室海域ハナサキガニ資源維持増大対策連絡協議会 (1984) 根室海域ハナサキガニ資源調査報告書 (根海共第33号海域), 昭和59年3月, 1-64.
- 14) 鶴巻克巳 (1996) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成6年度, 32-33.
- 15) 芦立昌一 (1997) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成7年度, 42.
- 16) 芦立昌一 (1998) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成8年度, 42.
- 17) 芦立昌一 (1999) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成9年度, 50-51.
- 18) 芦立昌一 (2003) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成13年度, 15-16
- 19) 片山輝久 (1978) 海産動物. 水産学シリーズ(25), 水産物のカロテノイド, 41-43.
- 20) 片山輝久 (1978) 甲殻類. 水産学シリーズ(25), 水産物のカロテノイド, 43-46.
- 21) 田元 馨 (1956) ヒトデ類およびスケトウダラ頭部, 精巢より飼料の製造試験について. 北水試月報, 13・12, 11-14.
- 22) 竹下貢二・松浦修平 (1989) 北太平洋のトラバガニ-1 生殖と成長. 栽培技研, 18, 35-43.
- 23) Sato T., M. Ashidate, and S. Goshima (2004) A new method to extract sperm from spermatophores of the male spiny king crab *Paralithodes brevipes*. *Crustacean Research*, 33, 10-14
- 24) Wada S., M. Ashidate, and S. Goshima (1997) Observations on the reproductive behavior of the spiny king crab *Paralithodes brevipes* (Anomura: Lithodidae). *CRUSTACEAN RESEARCH*, 26, 56-61.
- 25) Paul J.M. and A.J.Paul (1990) Breed in success of sublegal male red king crab *Paralithodes camtschatica*. *J. Shellfish Res.* 9, 29-32.
- 26) McMullen J. C. (1969) Effects of delayed mating on the reproduction of king crab, *Paralithodes camtschatica*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 26, 2737-2740.
- 27) 渡辺研一・高橋 誠・鎌田研一・杉澤輝文・吉水 守 (1998) ハナサキガニ幼生の大量死に関する細菌学的研究-幼生および種苗生産水槽の細菌叢-. 北大水産彙報, 49, 59-69.
- 28) 渡辺研一・吉水 守・尾花博幸・鎌田研一・杉澤輝文・澤辺智雄・絵面良男 (1999) ハナサキガニ幼生の大量死に関する細菌学的研究-原因菌の性状と病原性-. 北大水産彙報, 50, 19-32.
- 29) 社団法人マリノフォーラム21 種苗生産システム研究会 高機能植物餌料の開発種目 低温性珪藻類等の連続培養技術の開発グループ (1999) 平成10年度低温性珪藻類等の連続培養技術の開発に関する報告書. 社団法人マリノフォーラム21 種苗生産システム研究会研究開発報告書, 8-1, 1-13.
- 30) 社団法人マリノフォーラム21 種苗生産システム研究会 高機能植物餌料の開発種目 低温性珪藻類等の連続培養技術の開発グループ (2000) 平成11年度低温性珪藻類等の連続培養技術の開発に関する報告書. 社団法人マリノフォーラム21 種苗生産システム研究会研究開発報告書, 8-1, 1-11.
- 31) 社団法人マリノフォーラム21 種苗生産システム研究会 高機能植物餌料の開発種目 低温性珪藻類等の連続培養技術の開発グループ (2001) 平成12

- 年度低温性珪藻類等の連続培養技術の開発に関する報告書. 社団法人マリノフォーラム21 種苗生産システム研究会研究開発報告書, 8-1, 1-19.
- 32) 芦立昌一 (2004) タラシオシラの培養. 日裁協事業年報平成14年度, 33-34
  - 33) 宮古事業場 (1983) H-1ケガニ. 日裁協事業年報昭和57年度, 232-239
  - 34) 芦立昌一 (1998) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成8年度, 278-281.
  - 35) 芦立昌一 (2000) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成10年度, 331-333.
  - 36) 芦立昌一 (2003) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成13年度, 38-39.
  - 37) 芦立昌一 (2002) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成12年度, 33-34.
  - 38) 芦立昌一 (2001) ハナサキガニ. 日裁協事業年報平成11年度, 294.
  - 39) 成生正彦 (1984) ハナサキガニ. 3) 根室における放流種苗追跡試験. 日裁協事業年報平成58年度, 270-271.
  - 40) 高橋 誠 (1992) Hハナサキガニ. 日裁協事業年報平成2年度, 340-344.
  - 41) 高橋 誠 (1993) Hハナサキガニ. 日裁協事業年報平成3年度, 306-312.
  - 42) 上田吉幸・高柳志朗・宇藤 均・依田 孝 (1999) 噴火湾周辺海域におけるケガニ (*Erimacrus isenbeckii*), クリガニ属 (*Telmessus spp.*) 幼生の出現盛期. 北水試研報, 55, 97-103.
  - 43) 鶴巻克巳 (1996) Hハナサキガニ. 日裁協事業年報平成6年度, 262-267.
  - 44) 佐々木潤・桑原康裕 (1999) 根室半島の潮間帯におけるハナサキガニの食性. 北水試研報, 55, 169-172.
  - 45) 高橋 誠 (1994) Hハナサキガニ. 日裁協事業年報平成4年度, 263-268.
  - 46) 水島敏博 (1999) 室内飼育におけるケガニおよびクリガニの稚ガニの成長. 北水試研報, 55, 105-107.
  - 47) 宇藤 均・高柳志朗・上田吉幸 (1999) 噴火湾におけるケガニおよびクリガニ稚ガニの分布. 北水試研報, 55, 109-113.
  - 48) 筒井大輔・鈴木章彦・長瀬桂一・芦立昌一 (2001) ハナサキガニ人工種苗を用いた放流・採捕調査 (短報). 北水試研報, 59, 49-51.

栽培漁業技術シリーズ No. 14

ハナサキガニの種苗生産技術

—親ガニの養成，種苗生産，中間育成および放流手法の開発—

平成 21 年 3 月 31 日発行

発行 独立行政法人 水産総合研究センター  
〒220-6115  
神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-3-3  
クイーンズタワー B 15階  
電話 (045) 227-2600 (代)

印刷所 日昇印刷株式会社  
〒104-0043 東京都中央区湊1-14-14  
電話 (03) 3553-3161 (代)