

## トヤマエビの親エビ入手と種苗生産

|       |                                                                                                         |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| メタデータ | 言語: Japanese<br>出版者:<br>公開日: 2025-04-24<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 村上, 恵祐<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014284">https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014284</a>     |

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



## トヤマエビの親エビ入手と種苗生産

村 上 恵 祐\*

トヤマエビ *Pandalus hypsinotus* BRANDT は、タラバエビ科に属し、体長 200 mm に達する深海性の大形エビで、ベーリング海・北太平洋北部海域<sup>1)</sup>、および日本海の水深 100~300 m に棲息している。富山湾で昭和 37・38 年に合計 150 t を越える水揚げがあったが、その後漁獲は激減し<sup>2)</sup>、近年では漁獲統計に現れない程度にまでなっている。現在では北海道近海において年間数トンの水揚げがあるのみで、日本海では稀にホッコアカエビの混獲物として水揚げされているのが現状である。

本種については、すでに天然における生態<sup>3)</sup>、幼生期の形態<sup>4)</sup>、種苗生産に必要な基礎的な飼育試験結果<sup>4)</sup>などについての報告がある。本種の種苗生産試験は、昭和 47 年より北海道立栽培漁業総合センターで行われてきた<sup>6-17)</sup>。当協会若狭湾事業場小浜施設では、昭和 59 年度より本種の種苗量産を目的として種苗生産技術開発を進め、昭和 60 年 6~7 月には全長約 30 mm の稚エビ約 35000 尾を試験的に富山湾および若狭湾に放流するに至った。ここでは、昭和 59・60 年度における親エビの入手、飼育環境下における幼生のふ出、へい死した親エビから剝離した卵の人工管理、さらに幼生期の飼育試験の経緯と昭和 60 年に約 12 万尾の稚エビを生産した量産試験結果について報告する。

なお、以下の記述では、ふ出幼生を  $Z_1$  とし、脱皮するたびに  $Z_2, Z_3, \dots$ 、遊泳肢がなくなった幼生を稚エビと呼称するものとする。

本文に入るに先だち、親エビ入手の際に協力いただいた北海道余市郡余市漁業協同組合、石川県富来町西海漁業協同組合の各職員ならびにエビ籠漁業者の関係各位、種々技術的な助言をいただいた北海道立栽培漁業総合センター丸 邦男開発部第一科長、山下幸悦研究職員に深謝する。

### 1. 親エビの入手とその後の生残状況

噴火湾・石狩湾・能登半島西岸のエビ籠漁業者の協力により、昭和 59 年 10 月 12 日~60 年 6 月 8 日の間に計 555 尾の親エビを購入した。

表 1 に購入した親エビの輸送結果と事業場の水槽収容後の生残状況を示す。表中の購入回次 1, 2 は、昭和 60 年度種苗生産用として、同 3~6 は昭和 61 年度あるいはそれ以降の親エビ用としてそれぞれ購入したものである。

購入に際して、漁船上では 50~100 l 容の容器数個にそれぞれ 20~50 尾ずつ収容し、2~5°C の冷却海水で漁港まで輸送した。漁港から当事業場までの輸送には 500 l 容の冷却機付断熱水槽を用いた。輸送に長時間を要する場合には、まず漁港において 4~7°C に調温した冷却海水中に仮収容した。仮収容中あるいは輸送中にへい死するものは、尾部から腹部にかけて白濁が起り、その白濁部分が順次広がって頭胸部まで進むと死に至るという状況であった。輸送後の平均生残率は 79.5% であったが、特に購入回次 2 の抱卵エビの生残率が低かった (45.8%)。

当事業場まで輸送した親エビは、4~5°C に調温した 1 m<sup>3</sup> または 8 m<sup>3</sup> 水槽に収容し、3~4 日に 1 回の割でアサリむき身およびオキアミを投餌した。収容後のへい死は 2~3 週間後まで続いた。

表 2 に、表 1 の購入回次 3~5 の親エビを抱卵エビ・未抱卵エビおよび雄の 3 群に区分し、それぞれの収容後の生残状況を示した。購入回次 3~5 については収容後約 3 週間までへい死が続き、未抱卵エビ・雄エ

\* 日本栽培漁業協会若狭湾事業場小浜施設

表 1 トヤマエビ親エビの購入とその後の生残状況

| 購入回次<br>(年・月・日) | 産 地   | 輸送水温<br>(°C)      | 時 間 | 輸送尾数<br>(尾) | 輸送後の生残       |         |          | 収容後の生残状況 (生残率 %) |            |            |            |
|-----------------|-------|-------------------|-----|-------------|--------------|---------|----------|------------------|------------|------------|------------|
|                 |       |                   |     |             | 尾 数<br>(生残率) | ♂・♀     | 抱卵<br>エビ | 48 時間後           | 1 週間後      | 2 週間後      | 3 週間後      |
| 1<br>(59・10・12) | 噴 火 湾 | 冷却海水<br>(2.0~7.0) | 42  | 26          | 26 (100)     | 10・16   | 16       | 26 (100)         | 26 (100)   | 25 (96.2)  | 25 (96.2)  |
| 2<br>(59・11・18) | 石 狩 湾 | 冷却海水<br>(3.0~5.0) | 35  | 166         | 76 (45.8)    | —・76    | 76       | 69 (90.8)        | 66 (86.8)  | 60 (78.9)  | 59 (77.6)  |
| 3<br>(60・5・8)   | 能登西海  | 冷却海水<br>(4.0~6.0) | 5   | 154         | 144 (93.5)   | 108・36  | 16       | 112 (77.8)       | 89 (61.8)  | 82 (56.9)  | 71 (49.3)  |
| 4<br>(60・5・10)  | 能登西海  | 冷却海水<br>(4.0~6.0) | 5   | 110         | 110 (100)    | 55・55   | 23       | 104 (94.5)       | 98 (89.1)  | 92 (83.6)  | 87 (79.1)  |
| 5<br>(60・5・15)  | 能登西海  | 冷却海水<br>(4.0~6.0) | 5   | 30          | 30 (100)     | 5・25    | 18       | 25 (83.3)        | 23 (76.7)  | 22 (73.3)  | 22 (73.3)  |
| 6<br>(60・6・8)   | 石 狩 湾 | 冷却海水<br>(3.5~5.0) | 35  | 69          | 55 (79.7)    | 47・8    | 1        | 55 (100)         | 54 (98.2)  | 49 (89.1)  | 49 (89.1)  |
| 計               |       |                   |     | 555         | 441 (79.5)   | 225・216 | 150      | 391 (88.7)       | 356 (80.7) | 330 (74.8) | 313 (70.9) |

表 2 親エビの収容後の雌雄別生残状況

| 購入回次 | 購入尾数 | 購入エビの区別            | 輸送<br>尾数        | 輸送後の生残          |                            | 収容後の生残状況 (生残率 %)                    |                                      |                                      |                                      |
|------|------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|      |      |                    |                 | 輸送<br>尾数        | (尾) (生残率 %)                | 48 時間後                              | 1 週間後                                | 2 週間後                                | 3 週間後                                |
| 3~5* | 294  | 抱卵エビ<br>未抱卵エビ<br>雄 | 61<br>65<br>168 | 57<br>60<br>167 | (93.4)<br>(92.3)<br>(99.4) | 50 (87.7)<br>60 (100)<br>131 (78.4) | 43 (75.4)<br>56 (93.3)<br>111 (66.5) | 38 (66.7)<br>53 (88.3)<br>105 (62.9) | 28 (49.1)<br>51 (85.0)<br>101 (60.5) |
|      |      | 計                  | 294             | 284             | (96.6)                     | 241 (84.9)                          | 210 (73.9)                           | 196 (69.0)                           | 180 (63.4)                           |

\*1 表 1 の購入回次 3~5 に対応。

ビに比べ抱卵エビの生残率が特に低かった (49.1%)。また抱卵エビのみを購入した購入回次 2 の輸送後の生残率が低かった (45.9%) ことをも合せて考察すると、抱卵エビは漁獲・輸送などの取扱いに特に注意する必要があると考えられる。

## 2. 幼生のふ出

### 2-1 抱卵エビからの幼生ふ出

表 1 の購入回次 1, 2 で生残した抱卵エビを  $1\text{ m}^3$  角型 FRP 水槽に収容して、3~4 日に 1 回の割でアサリむき身を  $100\sim 200\text{ g}$  ずつ投餌しながら幼生をふ出させた。ふ出期間の水温は  $4\sim 5^\circ\text{C}$  であった。

ふ出幼生の回収方式を図 1 に、抱卵エビの大きさとそれからの幼生のふ出状況を表 3・図 2 に示す。噴火湾産の群は 16 尾、平均体長  $133.6\text{ mm}$ ・平均体重  $43.8\text{ g}$  で、全尾数から幼生がふ出した。石狩湾産の群はふ出開始までに 76 尾中 53 尾が生残し、その平均体長は  $163.1\text{ mm}$ 、平均体重は  $84.2\text{ g}$  で、全尾数から幼生がふ出した。ふ出期間は、噴火湾産の群では昭和 60 年 2 月 21 日~4 月 27 日で、この間に 42,700 尾のふ出幼生が得られ、親 1 尾当たり 2,670 尾、1 日当たり平均 650 尾であった。石狩湾産の群ではふ出期間は 2 月 27 日~4 月 26 日、総ふ出幼生数 524,600 尾、親 1 尾当たり 9,900 尾、1 日当たり平均 8,400 尾であった。

噴火湾産の親エビ 1 尾当たりのふ出幼生数が石狩湾産のものに比べて少ないのは、親エビの抱卵数が少なかったためである。

### 2-2 へい死した抱卵エビより剥離した卵の人工管理によるふ出

購入時あるいは輸送中に抱卵エビがへい死することがしばしばあるが、この場合でも卵は生残していることが多い。そこで、へい死した抱卵エビの卵の状態の比較的良好なものを取りはずし、4 例のふ化管理を行った。また、活力良好な抱卵エビから部分的に卵を取りはずしてふ化管理を行い、抱卵エビからのふ出状況と比較した結果 1 例について述べる。

表 4 にへい死した抱卵エビから剥離した卵の人工管理によるふ出状況を示す。

卵管理用の木製容器 ( $200\times 200\times 200\text{ mm}$ ) の底には 70 目のネットをとりつけた。表 4 の事例 1~4 では、深さ  $100\text{ mm}$  程度のバットまたは 30 l 容ポリカーボネート水槽に上記の容器を浮かべ、上面より注水して卵に常時新鮮海水が行きわたるようにした。事例 5 では、同型の塩ビ製の箱を使用し、底面よりの注水方式とした。なお、抱卵エビから取りはずした卵は、直径  $1\text{ cm}$  程度の塊状にばらして収容した。

事例 1 では、小浜魚市場に水揚げされていた抱卵エビを当事業場に持ち帰り、それらの卵を検鏡したところ、半数以上はすでにへい死していたものの、残りの卵で心臓の拍動が確認されたため、卵を剥離して管理用容器に収容した。卵管理水温は、収容後 10 日間は  $5^\circ\text{C}$  で、その後自然水温 ( $7.0\sim 9.8^\circ\text{C}$ ) とした。30 日間の卵管理後ふ出が始まり、13 日間で 440 尾 (ふ出率 18.8%) のふ出幼生を得た。事例 2~4 では石狩湾産の抱卵エビからの卵を用いた。当事業場までの輸送途中にへい死した個体に生残した卵があることを検鏡確

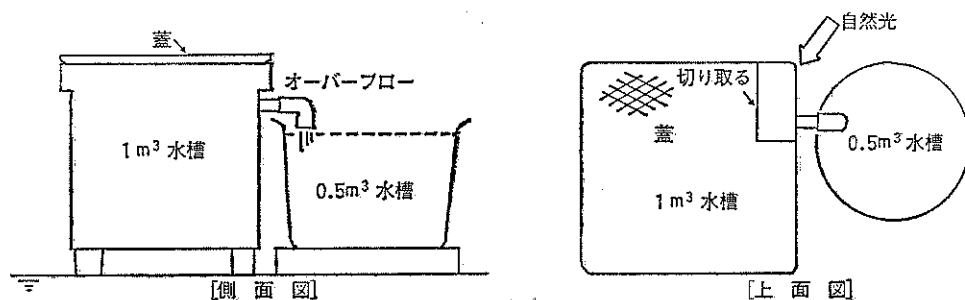


図 1 トヤマエビふ出幼生の回収様式

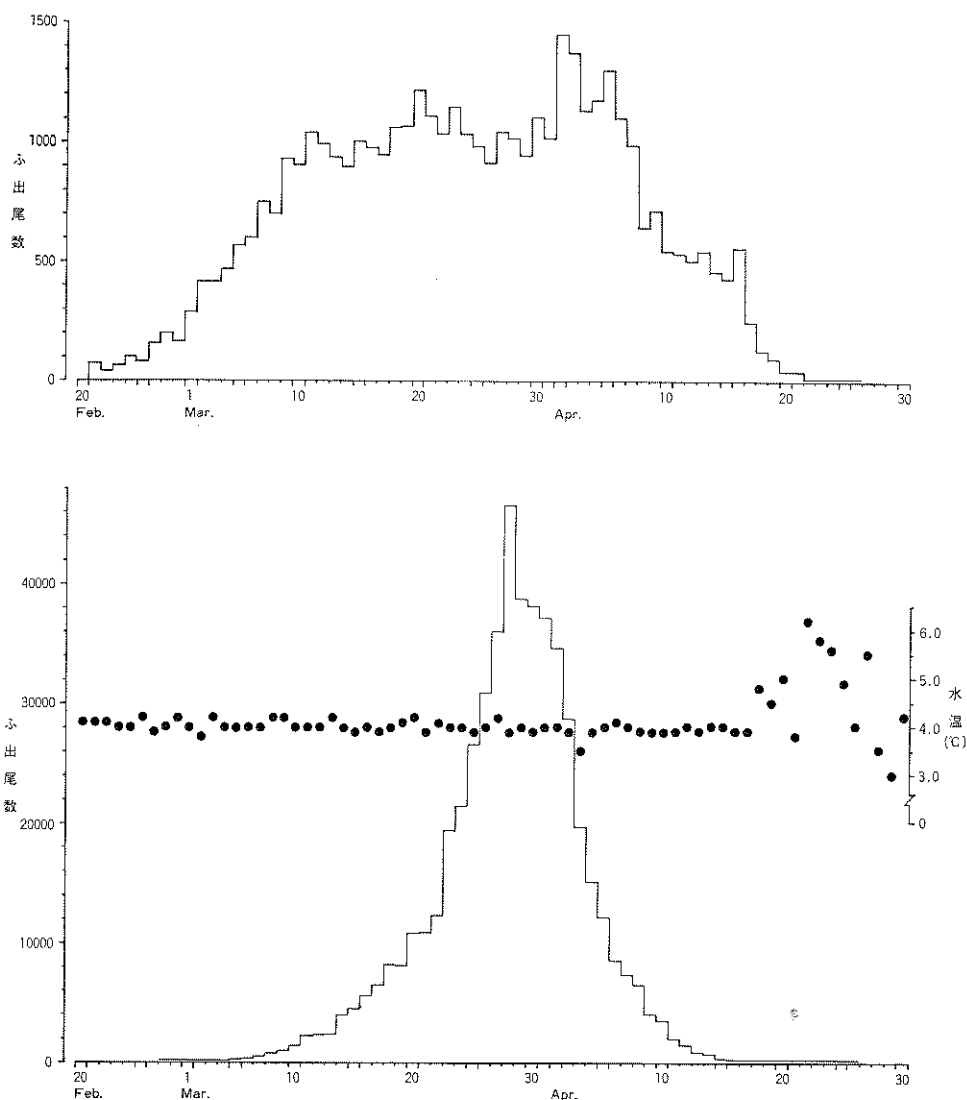


図 2 噴火湾・石狩湾産抱卵エビのふ出状況 (上段, 噴火湾産; 下段, 石狩湾産)

認し、これを収容した。そのうち事例 2 では、7 日間の卵管理後、17 日間で 17610 尾 (ふ出率 78.5%) のふ出幼生を得た。事例 3 および 4 ではともに 3 日間の卵管理後、12 日間でそれぞれ 2150 尾 (ふ出率 45.7%) と 32 尾 (ふ出率 0.6%) がふ出した。事例 1, 3, 4 ではふ出率が低率であったが、管理容器収容時にすでに半数以上の卵がへい死しており、死卵の分離が困難でそれが混入したまま収容したためと考えられる。逆に事例 2 では、収容時、卵の生残率が 90% 以上で卵の活力も高かったために、ふ出率 78.5% の好結果が得られたものと推察される。

事例 5 では、活力良好の抱卵エビからふ出開始 7 日前に約 1/3 の卵塊を取りはずし、抱卵エビと同一の水温 (約 4°C) で管理し、両者のふ出状況と比較した。この結果、抱卵エビより剝離した卵 (事例 5-1) からは 1860 尾 (ふ出率 99.4%), 活力のよい抱卵エビ (事例 5-2) からは 3090 尾 (ふ出率 84.6%) のふ出幼生が得

表 3 トヤマエビ抱卵エビの大きさとそれからの幼生のふ出状況

| 産 地  | 全長 (mm)<br>(最低～最高)          | 体長 (mm)<br>(最低～最高) | 頭胸甲長<br>(mm)<br>(最低～最高) | ふ出前体重<br>(g)<br>(最低～最高) | ふ出後体重<br>(g)<br>(最低～最高) | ふ出期間<br>(日数)              | 総ふ出<br>尾数<br>(尾) | 親 1 尾あたり<br>のふ出尾数<br>(尾) | ふ出尾数/日<br>(最高ふ出<br>尾数/日) | ふ出に關与し<br>た親エビ数 |
|------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 噴火湾産 | 179.9<br>(170～196)          | 133.6<br>(121～157) | 36.5<br>(32～46)         | 43.8<br>(31.2～72.3)     | 38.9<br>(28.6～61.6)     | S 60<br>2/21～4/27<br>(66) | 42,700           | 2,670                    | 650<br>(1,450)           | 16              |
|      | 218.1<br>268.1<br>(205～242) | 163.1<br>(152～185) | 45.3<br>(42～52)         | 84.2<br>(58.2～115.4)    | 64.7<br>(55.7～99.2)     | S 60<br>2/27～4/26<br>(59) | 524,600          | 9,900                    | 8,400<br>(46,500)        | 53              |
| 石狩湾産 |                             |                    |                         |                         |                         |                           |                  |                          |                          |                 |

注：全長・体長・頭胸甲長・体重はそれぞれ平均値を示す。

表 4 トヤマエビの剝離卵の人工管理によるふ出状況

| 事 例               | 卵管理<br>日数 <sup>*1</sup><br>(日) | 卵管理水温 <sup>*2</sup><br>(°C)<br>(最低～最高) | ふ出期間<br>(日) | 収容卵数<br>(粒) | 総 数<br>(尾) | 1 日当たり<br>(尾) | ふ 出 状 況 | 親 1 尾あたり<br>(尾) | ふ出率<br>(%) | 使用尾数 | 親 エ ビ<br>備 考           |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-------------|-------------|------------|---------------|---------|-----------------|------------|------|------------------------|
|                   |                                |                                        |             |             |            |               |         |                 |            |      |                        |
| 1                 | 30                             | 5.0～9.8                                | 13          | 4670        | 440        | 34            | 220     | 18.8            | 18.8       | 2    | 親エビへい死時<br>生残卵 2300 粒  |
| 2                 | 7                              | 8.6～10.2                               | 17          | 24930       | 17610      | 1036          | 3522    | 78.5            | 78.5       | 5    | 親エビへい死時<br>生残卵 22400 粒 |
| 3                 | 3                              | 9.3～11.6                               | 12          | 9400        | 2150       | 179           | 2150    | 45.7            | 45.7       | 1    | 親エビへい死時<br>生残卵 4700 粒  |
| 4                 | 3                              | 9.3～11.6                               | 12          | 8500        | 32         | 3             | 32      | 0.6             | 0.6        | 1    | 親エビへい死時<br>生残卵 5700 粒  |
| 5-1 <sup>*3</sup> | 7                              | 3.8～4.5                                | 14          | 1870        | 1860       | 133           | —       | 99.4            | 99.4       | —    | 収容時卵はほと<br>んど生残        |
| 小 計               |                                |                                        |             | 49370       | 22092      | —             | —       | —               | 59.7       | —    |                        |
| 5-2 <sup>*4</sup> | —                              | 3.8～4.5 <sup>*5</sup>                  | 24          | 3650        | 3090       | 129           | —       | —               | 84.6       | —    | 対 照 区                  |
| 総 計               |                                |                                        |             | 53020       | 25182      |               | 2518    |                 | 61.9       | 10   |                        |

<sup>\*1</sup> ふ出開始までの卵管理日数 <sup>\*2</sup> ふ出期間を含めた管理水温 <sup>\*3</sup> 5-2 の抱卵エビから抱卵されている卵の約 1/3 を取りはずして卵管理<sup>\*4</sup> 対照区として活力ある抱卵エビからのふ出 <sup>\*5</sup> ふ出期間の水温

注：事例 1 は小浜産の抱卵エビ，2～5 は石狩湾産の抱卵エビ

られた。両事例で得たふ出幼生を各 10 尾ずつ 500 ml ビーカーに収容して無給餌飼育した結果、全数が死滅するまでの日数は、剥離卵由来の幼生では 16 日、活力のよい抱卵エビ由来の幼生では 13 日であった。このことから、短期間の卵管理でふ出する場合には、剥離卵でもふ出と幼生の活力には問題はないものと考えられる。

### 3. 種 苗 生 産

今後の種苗生産を計画的に行う上で必要な基礎的データの集積と、種苗量産の可能性を見出すために、ビーカーないし 500 l 水槽を用いた基礎飼育試験と、最初小型水槽から始め漸次大型化して最終的には 20 m<sup>2</sup> 水槽を用いた大量飼育むけの試験とを行った。

#### 3-1 基礎飼育試験—1: 幼生の餌料別飼育試験

本種幼生期における適性餌料・餌料密度を明らかにする目的で、1 l ビーカーを用いた飼育試験を行った。

##### 1) 材料と方法

石狩湾産抱卵エビからのふ出幼生のうち活発に遊泳しているものを各餌料区に 20 尾ずつ配分し供試材料とした。表 5 に飼育方法の概要を示す。

餌料区はアルテミアノープリウス区、シオミズツボワムシ区、アルテミアノープリウス・シオミズツボワムシ併用区、アミミンチ区、無給餌区とした。アミミンチ区を除く各餌料区にそれぞれクロレラ添加区と無添加区を設けた。またアミミンチ区の 1 つ (12 区) では、Z<sub>1</sub> の期間はアルテミアノープリウス 3 個体/ml の密度で給餌し、Z<sub>2</sub> に脱皮後アミミンチに転換した。全餌料区を通じて飼育水温は自然水温で、ウォーターパス方式とした。換水は 1 日 1 回の全換水とし、同時に給餌とクロレラの密度調整を行った。

##### 2) 結 果

試験結果を表 6、図 3 に示す。

稚エビまでの生残率が高かったのはアルテミア単独区、アルテミア・ワムシ併用区で、それぞれ 70% 以上であった。

表 5 トヤマエビ幼生の餌料別飼育試験での飼育方法 (1 l ビーカーを使用)

| 試験区 | 収容尾数<br>(尾)                      | 給 餌 内 容                          |                                   |                              |                    | 通 気 量<br>(ml/分) |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|
|     |                                  | Ar* <sup>1</sup> 個体/日<br>(個体/ml) | ワムシ* <sup>2</sup> 個体/日<br>(個体/ml) | アミミンチ* <sup>3</sup><br>(g/日) | クロレラ密度<br>(万セル/ml) |                 |
| 1   | Z <sub>1</sub> 20                | 1000 (1)                         | —                                 | —                            | —                  | 50~60           |
| 2   | Z <sub>1</sub> 20                | 3000 (3)                         | —                                 | —                            | —                  | 50~60           |
| 3   | Z <sub>1</sub> 20                | 5000 (5)                         | —                                 | —                            | —                  | 50~60           |
| 4   | Z <sub>1</sub> 20                | 3000 (3)                         | —                                 | —                            | 50~100             | 50~60           |
| 5   | Z <sub>1</sub> 20                | —                                | 1000 (1)                          | —                            | —                  | 50~60           |
| 6   | Z <sub>1</sub> 20                | —                                | 5000 (5)                          | —                            | —                  | 50~60           |
| 7   | Z <sub>1</sub> 20                | —                                | 10000 (10)                        | —                            | —                  | 50~60           |
| 8   | Z <sub>1</sub> 20                | —                                | 5000 (5)                          | —                            | 50~100             | 50~60           |
| 9   | Z <sub>1</sub> 20                | 3000 (3)                         | 5000 (5)                          | —                            | —                  | 50~60           |
| 10  | Z <sub>1</sub> 19                | 3000 (3)                         | 5000 (5)                          | —                            | 50~100             | 50~60           |
| 11  | Z <sub>1</sub> 20                | —                                | —                                 | 0.5~1.0                      | —                  | 80~100          |
| 12  | Z <sub>2</sub> * <sup>4</sup> 20 | —                                | —                                 | 0.5~1.0                      | —                  | 80~100          |
| 13  | Z <sub>1</sub> 20                | —                                | —                                 | —                            | 50~100             | 50~60           |
| 14  | Z <sub>1</sub> 20                | —                                | —                                 | —                            | —                  | 50~60           |

\*<sup>1</sup> アルテミアノープリウス

\*<sup>2</sup> シオミズツボワムシ

\*<sup>3</sup> アミミンチの 40 目のネットにとまったもの

\*<sup>4</sup> Z<sub>1</sub> の期間はアルテミアノープリウス 3 個体/ml で給餌、Z<sub>2</sub> に脱皮後アミミンチに転換

注: 1 日に 1 回の割合で全換水、ビーカー洗浄、給餌

アルテミア区では3個体/ml(2区)を給餌した区で生残率が85%と最も高かった。ワムシ区については、5個体/ml(6区)を給餌した区が最も高い生残率(20%)を示したが、稚エビまでの生残率が他の餌料区に比較して明らかに低いことから、ワムシだけでは高生残率は期待できないものと考えられる。アルテミア・ワムシ併用区(9・10区)では、稚エビ到達時にアルテミア単独区とほぼ同様の生残率を示したが、 $Z_3$ までの生残率が100%とアルテミア単独区より高かったことから、 $Z_1 \sim Z_3$ の幼生期についてはワムシの併用効果があるものと思われる。ミンチ区(11・12区)の結果も、アルテミア区ないしアルテミア・ワムシ併用区と大差ないが、 $Z_2$ からミンチに転換した試験区(12区)において、ミンチ転換後にわずかにへい死が多かった。クロレラ添加区については無添加区と大差なく添加効果はあまりなかったと考えられる。無給餌区とワムシ区を除いた他の区では、 $Z_3$ への脱皮後まで減耗はほとんどみられなかった。無給餌区については $Z_2$ より減耗が始まり、 $Z_3$ に脱皮できないまま全滅した。

各幼生ステージに到達するのに要した日数についてみると、高生残率を示した餌料区では各幼生ステージとも5日で通過し、20日目に稚エビになった。ワムシ区のうち稚エビが出現した試験区(5区)では $Z_3$ 以降の幼生ステージへの到達日数が1~2日以上遅れ、稚エビ到達までに27日間を要した。この点からみても、ワムシの単独給餌では好結果は得られなかった。

以上のような試験結果から、アルテミアノープリウスの単独給餌あるいはワムシとの併用により、かなりの高生残率で稚エビが生産できる見通しが得られた。

### 3-2 基礎飼育試験—2: 幼生期における水温別飼育試験

本種幼生期の飼育適正水温を見出すための基礎的知見を得る目的で本試験を行った。

#### 1) 材料と方法

試験区は、 $6 \cdot 13 \cdot 17^\circ\text{C}$ の3区とし、 $6^\circ\text{C}$ 区と $13^\circ\text{C}$ 区はウォーターバス方式とした。 $17^\circ\text{C}$ 区は直接加温により水温を維持した。

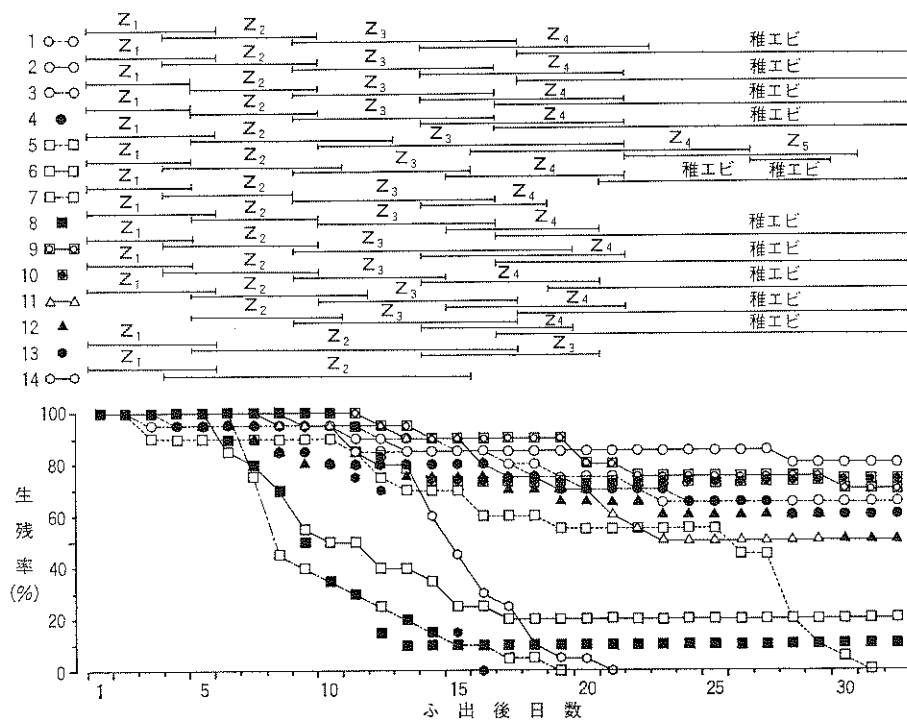


図3 トヤマエビ幼生の餌料別飼育試験における生残経過

表 6 トヤマエビ幼生の飼料別飼育試験結果 (昭和 59 年度)

| 試験区 | 飼育期間<br>(月/日) | 飼育<br>日数 | Z <sub>1</sub><br>尾数 | Z <sub>2</sub><br>(生残率)<br>日数*1・尾数 | Z <sub>3</sub><br>(生残率)<br>日数*1・尾数 | Z <sub>4</sub><br>(生残率)<br>日数*1・尾数 | Z <sub>5</sub><br>(生残率)<br>日数*1・尾数 | 稚エビ<br>日数*1・尾数     | 稚エビ<br>(生残率) | 稚エビ前の<br>幼生*2<br>Z <sub>3</sub> ・Z <sub>4</sub> ・Z <sub>5</sub> |
|-----|---------------|----------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1   | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 4~6・19<br>(95.0)                   | 9~10・19<br>(95.0)                  | 14~17・16<br>(95.0)                 | —                                  | 18~23・14<br>(70.0) | —            | 1・13・0                                                          |
| 2   | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 4~6・20<br>(100)                    | 9~10・19<br>(95.0)                  | 14~17・17<br>(85.0)                 | —                                  | 18~22・17<br>(85.0) | —            | 0・17・0                                                          |
| 3   | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 5・19<br>(95.0)                     | 9~10・19<br>(95.0)                  | 14~16・14<br>(70.0)                 | —                                  | 17~22・14<br>(70.0) | —            | 3・11・0                                                          |
| 4   | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 5・19<br>(95.0)                     | 9~10・16<br>(80.0)                  | 14~17・15<br>(75.0)                 | —                                  | 18~22・14<br>(70.0) | —            | 0・14・0                                                          |
| 5   | 4/28~5/28     | 31       | 20                   | 5~6・18<br>(90.0)                   | 10~13・14<br>(70.0)                 | 16~22・11<br>(55.0)                 | 22~27・7<br>(35.0)                  | 27・2<br>(10.0)     | —            | 0・0・2                                                           |
| 6   | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 4~5・20<br>(100)                    | 9~11・10<br>(50.0)                  | 15~16・5<br>(25.0)                  | —                                  | 21~22・4<br>(20.0)  | —            | 0・4・0                                                           |
| 7   | 4/28~5/16     | 19       | 20                   | 4~5・20<br>(100)                    | 9~10・7<br>(35.0)                   | 14~17・2<br>(10.0)                  | —                                  | —                  | —            | —                                                               |
| 8   | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 5~6・19<br>(95.5)                   | 10・7<br>(35.0)                     | 15・1<br>(5.0)                      | —                                  | 17~21・2<br>(10.0)  | —            | 1・1・0                                                           |
| 9   | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 4~5・20<br>(100)                    | 9~10・20<br>(100)                   | 14~17・16<br>(80.0)                 | —                                  | 17~22・16<br>(80.0) | —            | 0・16・0                                                          |
| 10  | 4/28~5/29     | 32       | 19                   | 4~5・19<br>(100)                    | 9~10・19<br>(100)                   | 14~15・15<br>(78.9)                 | —                                  | 19~21・14<br>(73.7) | —            | 0・14・0                                                          |
| 11  | 4/28~5/29     | 32       | 20                   | 5~6・19<br>(95.0)                   | 10~12・19<br>(95.0)                 | 15~16・15<br>(75.0)                 | —                                  | 18~22・14<br>(70.0) | —            | 1・13・0                                                          |
| 12  | 5/2~5/29      | 28       | —                    | 5~6・20<br>(100)                    | 9~11・16<br>(80.0)                  | 14~16・12<br>(60.0)                 | —                                  | 17~20・13<br>(65.0) | —            | 3・10・0                                                          |
| 13  | 4/28~5/18     | 21       | 20                   | 5~6・20<br>(100)                    | 14~18・3<br>(15.0)                  | —                                  | —                                  | —                  | —            | —                                                               |
| 14  | 4/28~5/13     | 16       | 20                   | 4~6・20<br>(100)                    | —                                  | —                                  | —                                  | —                  | —            | —                                                               |

\*1 各幼生ステージ到達までのふ出後日数 \*2 稚エビ直前の各幼生ステージ毎の尾数

表 7 トヤマエビ幼生の水温別飼育試験結果 (昭和 60 年度)

| 試験区   | 飼育期間<br>(日数)         | 平均<br>水温<br>(最高~<br>最低)  | Z <sub>1</sub> (収容)<br>尾数 | Z <sub>2</sub><br>大きさ<br>(mm) | Z <sub>2</sub><br>尾数<br>(生残率) | Z <sub>3</sub><br>大きさ<br>(mm) | Z <sub>3</sub><br>尾数<br>(生残率) | Z <sub>4</sub><br>大きさ<br>(mm) | Z <sub>4</sub><br>尾数<br>(生残率) | Z <sub>5</sub><br>大きさ<br>(mm) | Z <sub>5</sub><br>尾数<br>(生残率) | Z <sub>6</sub><br>大きさ<br>(mm) | Z <sub>6</sub><br>尾数<br>(生残率) | Z <sub>7</sub><br>大きさ<br>(mm) | Z <sub>7</sub><br>尾数<br>(生残率) | 稚エビ<br>尾数<br>(生残率) | 稚エビ<br>大きさ<br>(mm) | 合計投飼量             |
|-------|----------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 6°C区  | 4/5~<br>6/15<br>(72) | 6.44<br>(3.6~<br>11.4)   | 4050                      | 5.56<br>(80.5)                | 3260<br>(80.5)                | 6.52<br>(69.9)                | 7.40<br>(81.5)                | 8.41<br>(64.2)                | 2600<br>(64.2)                | 9.80<br>(56.8)                | 2300<br>(56.8)                | 10.19<br>(56.8)               | 2216<br>(54.7)                | 12.20<br>(54.7)               | 2250<br>(55.6)                | 2216<br>(54.7)     | 12.20<br>(54.7)    | Ar*1<br>ミンチ 200 g |
| 13°C区 | 4/5~<br>4/26<br>(22) | 13.19<br>(12.1~<br>14.9) | 4050                      | 5.56<br>(92.6)                | 3750<br>(92.6)                | 6.56<br>(81.5)                | 7.32<br>(81.5)                | 8.87<br>(81.5)                | 3300<br>(81.5)                | —                             | —                             | —                             | —                             | —                             | —                             | 3163<br>(78.1)     | 10.16<br>(78.1)    | Ar<br>ミンチ 250 g   |
| 18°C区 | 4/5~<br>4/26<br>(22) | 17.60<br>(16.3~<br>18.6) | 4050                      | 5.56<br>(81.5)                | 3300<br>(81.5)                | 6.32<br>(77.8)                | 7.10<br>(77.8)                | 8.38<br>(77.8)                | 3150<br>(77.8)                | 9.42<br>(72.8)                | 2950<br>(72.8)                | —                             | —                             | —                             | —                             | 2720<br>(67.2)     | 10.83<br>(67.2)    | Ar<br>ミンチ 350 g   |
| 計     |                      |                          |                           |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                    |                    | Ar-N<br>ミンチ 800 g |

\*1 アルテミアノープリウス

注: 1. 稚はアルテミアノープリウス3個体/mlを維持, アミミンチ (40 目のネットにとまったもの) は稚エビ出現時より併用  
2. 1 回/4 日 60% ずつ換水, pH 8.20 以下の時も 60% 換水  
3. 飼育容器は 500 l ポリエチレン製黒色水槽

飼育には 500 l ポリエチレン黒色水槽 3 個を使用し、それぞれ 4050 尾ずつ石狩湾産のふ出幼生を収容した。アルテミアノープリウスを 1 日に 1 回、3 個体/ml を維持するように給餌した。4 日に 1 回、60% の換水を行った。なお、今回の試験は、各水温区で稚エビへの脱皮が終了した時点までとした。

## 2) 結果

飼育結果は表 7、図 4 に示す。

6°C 区では各幼生ステージを 8~10 日で通過し、Z<sub>7</sub> からの脱皮により 67 日目に稚エビになった。取り揚げた稚エビは 2216 尾、生残率は 54.7% であった。生残率、成長ともに他の水温区に比べもっとも悪く、72 日目に 12.2 mm に達した。

13°C 区では各幼生ステージを 4~5 日で通過し、20 日目に Z<sub>4</sub> から脱皮して稚エビに到達した。稚エビ到達時の生残尾数は 3163 尾、生残率は 78.1% で、各水温区の中でもっとも好結果を得た。22 日目の全長は 10.2 mm であった。

17°C 区では各幼生ステージを 3~4 日で通過し、19 日目に Z<sub>5</sub> からの脱皮により稚エビに到達し、取り揚げ尾数は 2720 尾、生残率 67.2% であった。ゾエア期各ステージにおける全長は 3 水温区のなかでもっとも小さいが、13°C 区とほぼ同日数の間に 1 回多く脱皮して稚エビ到達時には 13°C 区よりもわずかに大きく 10.8 mm (22 日目) となった。

これらの結果からみて、本種幼生期の飼育水温としては 13°C 前後が適当と思われる。

## 3-3 大量生産にむけての飼育試験

先述した基礎飼育試験（餌料別飼育試験及び水温別飼育試験）の結果により、量産試験ではアルテミアノープリウスを 1 日 1 回給餌して餌料密度を 3 個体/ml に維持するとともに、水温を 10~13°C とした。表 8 に示したように 6 組の飼育試験では、1 m<sup>3</sup> 以下の水槽を使用した予備飼育と、6 m<sup>3</sup> と 20 m<sup>3</sup> 水槽を使用した大規模試験とを行った。

### 1) 材料と方法

飼育回次 1-2、2-1 では噴火湾産の抱卵エビからのふ出幼生を、その他の飼育回次では石狩湾産の抱卵エ

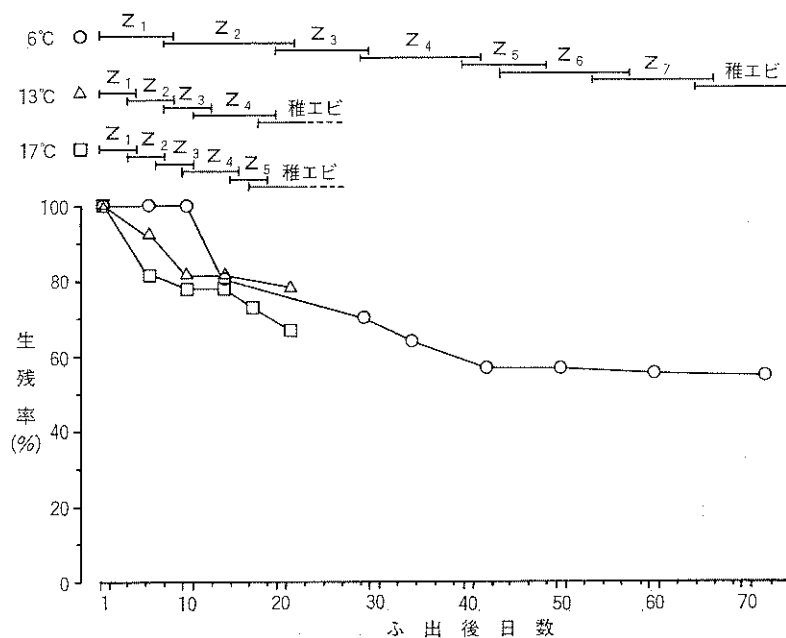


図 4 トヤマエビ幼生の水温別飼育試験における生残経過

ビからのふ出幼生をそれぞれ使用した。

飼育回次1では30 l 透明ポリカーボネート製水槽、同2回次では100 l、同3回次では500 l、同4回次では1 m<sup>3</sup>の黒色ポリエチレン製水槽を、飼育回次5及び6ではそれぞれ6 m<sup>3</sup> (屋外)、20 m<sup>3</sup> (屋内) コンクリート水槽を使用した。

飼料としては、アルテミアノープリウスをふ出直後から3個体/mlの密度を維持するように与え、Z<sub>4</sub>あるいは稚エビに脱皮後アミミンチの40目ネットにとまったものを併用給餌した。また、飼育回次2ではシオミズボワムシを5個体/mlの密度を維持するように併用した。

飼育水の換水は、飼育回次2-3、3-2、5、6では1日1~3回転の流水方式で、その他は4日に1回60%ずつの止水換水方式を原則とした。ただし、後者ではpHが8.20以下に下った時にも60%の換水を行った。

## 2) 結 果

種苗生産試験の結果の概要を表8、図5~8に示す。

小型水槽群 (飼育回次1~4) での飼育では、減耗は幼生初期にはほとんどみられず、Z<sub>3</sub>以降になって徐々に増加した。生残率はいずれも高く、特に飼育回次3では稚エビまでの飼育期間を通してほとんどへい死がなく98%以上の生残率であった。

飼育回次1、2では、産地の違いによる生残経過の差も検討してみたが、明らかな差はみられなかった。飼育回次3においては換水方式の違いが幼生の生残経過におよぼす影響を比較した。その結果では、生残率(99.2%, 98.2%)や減耗過程にはほとんど差異は認められず、換水の影響を特に指摘し得るには至らなかった。

飼育回次4では従来の飼育密度(約10000尾/m<sup>3</sup>)の約3倍の密度(27000尾/m<sup>3</sup>)での飼育を試みたが、稚エビまでの生残率は75.3%と高く、従来の飼育密度での成績と大差ないことから、本種幼生期の飼育密度は少なくとも3万尾/m<sup>3</sup>程度までは上げ得ることが示唆された。

6 m<sup>3</sup>と20 m<sup>3</sup>水槽における飼育(飼育回次5、6)では、Z<sub>3</sub>以降の減耗が小型水槽群の場合よりも大きかった。特に飼育回次5では、当初、止水で飼育していたため、6~8日目の昼夜の気温の急変により、飼育水温が8.5~16.1°Cの間で変動し、6~15日目に急激な減耗が起こった。10日目以降、水温変動の少ない流

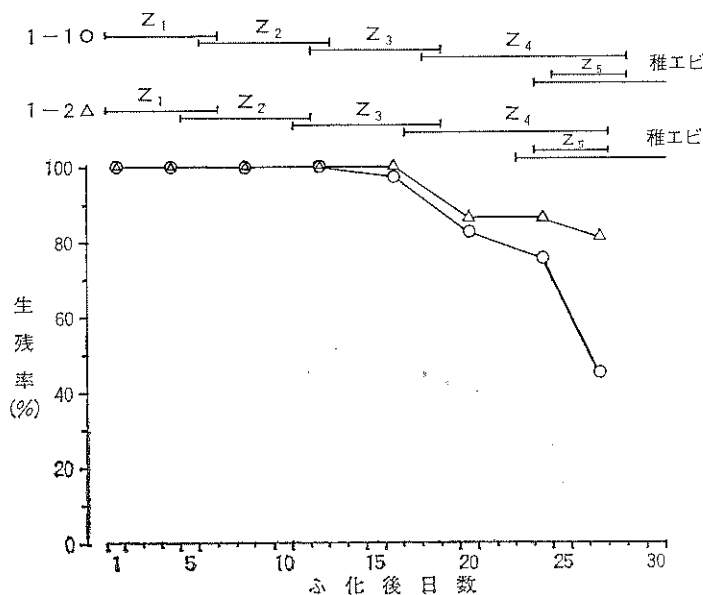


図5 30 l における飼育

表 8 トヤマエビ種育苗産試験結果の概要 (昭和 60 年度)

| 飼育回数 | 容器 (m <sup>3</sup> )<br>(実水量 m <sup>3</sup> ) | 飼育期間<br>(稚エビ到達日数) | 平均水温 (°C)<br>(最低~最高) | 収容尾数<br>(尾) | 稚エビ取り場<br>げ尾数 (尾)    | 生 残 率<br>(%) | 5 月末現在生残した稚エビ<br>飼育回次 生残尾数 | 全長 (mm)         |
|------|-----------------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| 1-1* | 0.03<br>(0.025)                               | 3・7~4・4<br>(29)   | 9.9<br>(7.1~13.5)    | 500         | 223                  | 44.6         | 1-1<br>2-1                 | 22.0~33.0       |
| 1-2  | 0.03<br>(0.025)                               | 3・7~4・4<br>(28)   | 10.0<br>(7.1~13.5)   | 500         | 404                  | 80.8         |                            |                 |
| 2-1* | 0.1<br>(0.08)                                 | 3・9~4・4<br>(25)   | 11.8<br>(8.7~15.4)   | 1500        | 995                  | 66.3         | 1-2<br>2-2<br>2-3          | 22.0~33.0       |
| 2-2  | 0.1<br>(0.08)                                 | 3・9~4・4<br>(25)   | 11.7<br>(8.7~15.4)   | 1500        | 1141                 | 76.1         |                            |                 |
| 2-3  | 0.1<br>(0.08)                                 | 3・11~4・4<br>(25)  | 11.8<br>(8.3~14.4)   | 1500        | 774<br>(10・11 日目に流失) | 51.6         |                            |                 |
| 3-1  | 0.5<br>(0.5)                                  | 3・15~4・5<br>(22)  | 12.6<br>(8.6~15.3)   | 5150        | 5110                 | 99.2         |                            | 21.0~28.0       |
| 3-2  | 0.5<br>(0.5)                                  | 3・15~4・5<br>(22)  | 11.3<br>(8.6~13.6)   | 5150        | 5060                 | 98.2         |                            | 21.0~28.0       |
| 4    | 1<br>(1)                                      | 3・18~4・9<br>(23)  | 13.0<br>(10.9~16.3)  | 27200       | 20500                | 75.3         |                            | 22.0~32.0       |
| 5    | 6<br>(5)                                      | 3・27~4・20<br>(25) | 11.6<br>(8.5~16.1)   | 82500       | 18000                | 21.8         |                            | 20.0~25.0       |
| 6    | 20<br>(16)                                    | 3・31~4・22<br>(23) | 12.9<br>(12.1~14.5)  | 120000      | 70000                | 58.3         |                            | 21.0~30.0       |
| 計    |                                               |                   |                      | 245500      | 122207               | 49.8         |                            | 58865 20.0~33.0 |

\* 噴火湾産の親エビを使用, 他は石狩湾産

餌料: 飼育回次 2-1~3 はアルテミアノープリウス (3 個体/ml 維持) とワムシ (5 個体/ml 維持) を併用, 他はアルテミアノープリウス (3 個体/ml 維持), アミミシは 40 日のネットにとまったものを Z<sub>4</sub> または稚エビ出現開始より併用

換水: 飼育回次 2-3, 3-2, 5, 6 は 1~3 回転/日の流水, 他は 1 回/4 日 60% の止水換水

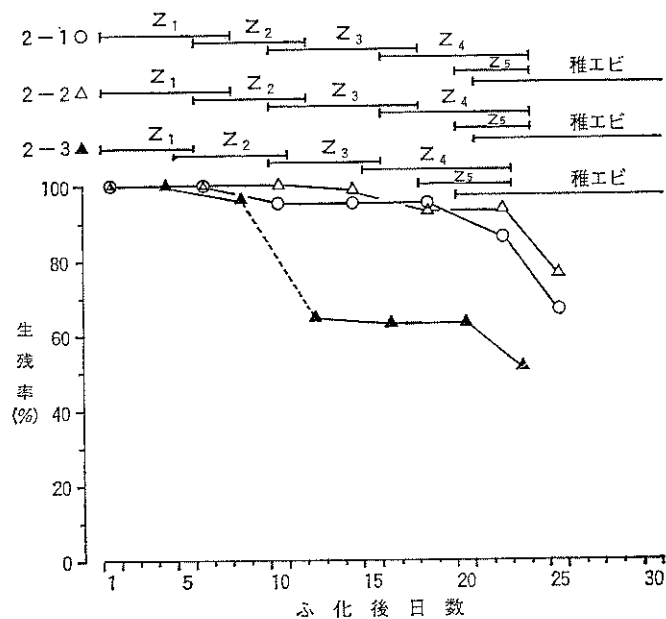


図 6 100 l における飼育

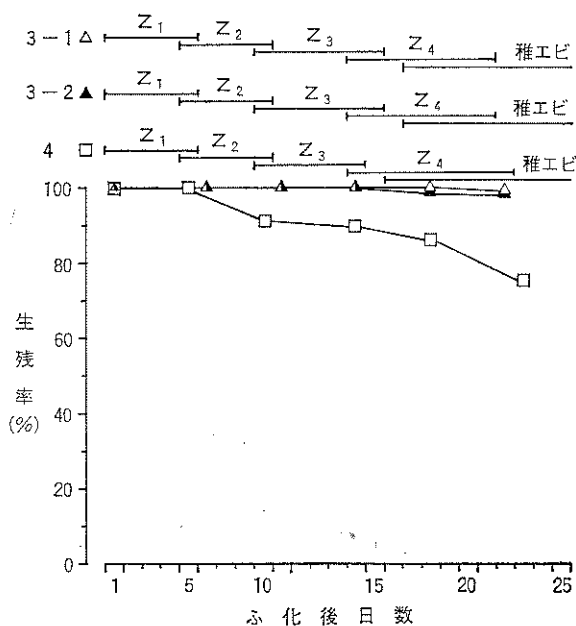


図 7 500 l・1 m³ における飼育

水方式へ転換したため、 $Z_4$ 以降減耗は小さくなったが、生残個体の大部分は額角が折れたり、尾肢・尾節の屈曲した異常個体であった。この異常個体は、稚エビ到達以降 2~3 回の脱皮により、ほぼ正常な形態に回復した。

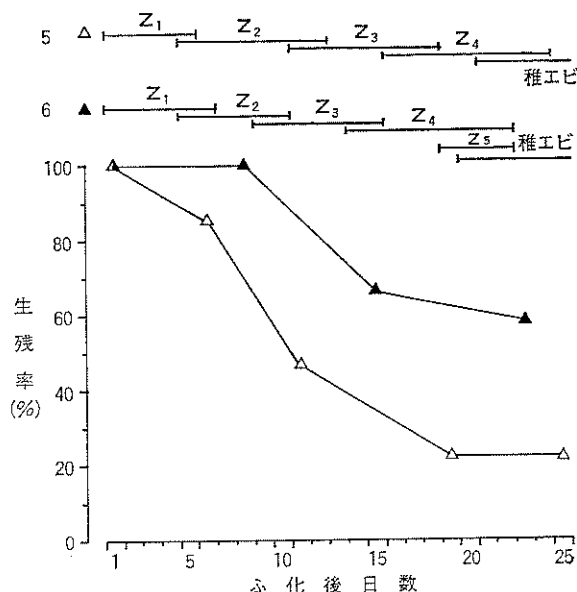


図 8  $6\text{ m}^3 \cdot 20\text{ m}^3$  における飼育

飼育回次 6 での減耗は、 $Z_3$  から  $Z_4$  への脱皮時すなわち着底期に移行する際に起こった。本種には、着底期に、物につかまったり物陰に潜む習性のあることから推すと、水槽内に遮蔽物がなかったために共食いを起こしたとも考えられる。それでも 58.3% の生残率を得たことからみて、今後、大型水槽での大量飼育でも、水温の急変動などの悪条件が重ならない限り 50% 以上の生残率で稚エビを生産できると考えられる。

図 5～図 8 に示した量産試験の結果を通じてみると、稚エビ到達までの経過日数は、水温  $10 \sim 13^\circ\text{C}$  の時、20～29 日で、 $Z_1 \sim Z_5$  の幼生ステージを 5～6 日で通過して、 $Z_4$  または  $Z_5$  で脱皮（主に  $Z_4$  からの脱皮）し稚エビに到達する。なお、ふ出幼生の全長は 5.2～5.6 mm、稚エビの全長は 8～11 mm であった。

### 3-4 飼育結果についての考察

前述した基礎飼育試験や種苗量産にむけての飼育試験により得られた知見にもとづいて、本種幼生の飼育方法やその間での発育状況について考察を加える。

#### 1) 飼育方法

餌料別飼育試験で、アルテミアノープリウス単独給餌あるいはワムシとの併用で、70% 以上の生残率で稚エビに到達させることができた。また、量産試験でも、アルテミアノープリウス単独給餌で、特に大きな問題もなく高生残率で稚エビを生産できることが再確認された。この結果は既往の試験結果<sup>4,9,10)</sup>とも一致している。一方、ワムシ単独給餌では好結果は得られない事が解った。この結果も、尾身・山下<sup>10)</sup>がワムシ単独給餌（餌料密度約 20 個体/ml）で  $Z_6$  までの生残率が 3% というのとはほぼ一致する。ただし、尾身 (1979)<sup>4)</sup>、尾身・山下 (1976)<sup>9)</sup> に報ぜられた試験結果では、ワムシ単独給餌区でも  $Z_7$  までの生残率が 56% とかなり高い値を得ていて、この点だけが今回の餌料別飼育試験の結果とは異なる\*。

以上今日までに実施された各種飼育試験の結果を総合してみると、アルテミアを基本とした餌料体系では十分に高い生残率を期待できるが、ワムシ単独給餌では必ずしも良好な結果は期待できないと判断される。飼育水温については、水温別飼育試験の結果、生残率は  $13^\circ\text{C}$  区でもっとも高く、次いで  $17^\circ\text{C}$  区、 $6^\circ\text{C}$

\* この点については、尾身東美氏（北海道中央水試）よりの昭和 61 年 4 月の私信で、沈下したワムシや底面のよごれ、あるいはへい死した幼生自体が幼生後期の餌料として利用され、生残率が高くなった可能性のあることが指摘されている。

区の順となった。この優劣傾向は尾身 1979<sup>4)</sup> の 12°C 区>15°C 区>9°C 区>18°C 区>7°C 区>21°C 区という結果とも一致している。これらの諸結果を総合すると、幼生期の飼育水温としては 10~13°C が望ましいと考えられる。

飼育水の換水方法については、流水方式と止水換水方式の間に差はなく、少なくとも 4 日に 1 回 60% の換水を行っていけば問題はなさそうである。

幼生期の収容密度については、少なくとも 30000 尾/m<sup>3</sup> 程度までは上げることが可能で、稚エビまでの生残率も 70% 以上が得られることが確認された。ただし、Z<sub>3</sub> 後期以降に若干の減耗が確認され、かつそれが共食いに起因する可能性も否定できないので、この時期には遮蔽物の投入を行い、幼生を分散・隔離することで、より良い飼育環境を作ることができるものと考えられる。

## 2) 飼育幼生の発育状況

飼育試験中の観察結果を総合すると、本種の幼生期はふ出直後には強い走光性を示し、Z<sub>3</sub> までは遊泳生活を送る。Z<sub>3</sub> 後期より若干着底を開始し、主に Z<sub>4</sub> から着底する。着底期には物につかまったり物陰に潜む習性が強い。

脱皮間隔については、10~13°C で飼育するかぎり各幼生ステージを 4~6 日で通過し、遅くとも 20~30 日で稚エビに到達する。稚エビ直前の幼生ステージは Z<sub>4</sub> を中心に Z<sub>3</sub>~Z<sub>4</sub> である。ただし Z<sub>3</sub> から稚エビに到達するのは極くわずかである。Z<sub>5</sub> からの脱皮により稚エビに到達するのは飼育水温が高すぎたり (17°C 前後)、水温変動が比較的大きい場合あるいは餌料が適正でないなど多少飼育条件が悪い場合と推察される。しかし、好適条件で飼育したと考えられる場合でも、稚エビ出現開始と同時に Z<sub>5</sub> が一部出現することが多い。これらのことからみると Z<sub>4</sub> で脱皮して、稚エビになるのが通常であるが、多少の個体差を伴うものと考えられる。

以上の観察結果は、尾身・山下<sup>6-10)</sup>、丸・他<sup>17)</sup>の試験では Z<sub>6</sub> を中心に Z<sub>5</sub>~Z<sub>7</sub> からの脱皮により稚エビに到達しているのと若干違っている。この相違の原因としては飼育容器他の飼育環境の違いがあると考えられるが、今後さらに飼育例を重ねた上での検討が必要である。

## 要 約

- 1 本種の抱卵エビは漁獲・輸送などの取り扱いに弱い。
- 2 抱卵エビがへい死しても卵は生残し、卵の状態さえ良好であれば短期間の人工管理によるふ出が可能である。
- 3 アルテミアノープリウス単独給餌 (餌料密度 3 個体/ml) あるいはシオミズツボムシ (餌料密度 5 個体/ml) との併用により 70% 以上の生残率で稚エビを生産できる可能性がある。
- 4 飼育水温としては 10~13°C が適当と思われる。
- 5 1 m<sup>3</sup> 水槽における飼育では 27000 尾/m<sup>3</sup> の収容密度で 75.3% の生残率で稚エビを得た。20 m<sup>3</sup> 水槽での飼育では稚エビまでの生残率は 58.3% であった。これらの結果から判断して、本種の量産は可能である。

## 文 献

- 1) BERKELEY, A. A. (1931) The post-embryonic development of the common Pandalids of British Columbia. *Contr. Canad. Biol. Fish., N. S.*, 6 (6): 81-163.
- 2) 五十嵐孝夫 (1951) 北海道噴火湾に於けるボタンエビ (*Pandalus hypsinotus* BRANDT) の研究 (第 1 報). 北大水産彙報, 2 (1): 1-9.
- 3) 倉田 博 (1964) 北海道十脚甲殻類の幼生期, 3 Pandalidae. 北水研報告, (28): 23-34.
- 4) 尾身東美 (1979) トヤマエビの種苗生産. 栽培技研, 8 (2): 77-84.
- 5) 大成和久 (1966) 昭和 38, 39 年度定着性資源生態調査報告書 (富山水試): 84-105.
- 6) 尾身東美・山下幸悦 (1973) 甲殻類種苗培養技術開発試験, 昭和 47 年度北海道立栽培漁業総合セン

- ター事業報告書：29-40.
- 7) ———・———— (1974) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和48年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：41-60.
  - 8) ———・———— (1975) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和49年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：31-45.
  - 9) ———・———— (1976) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和50年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：37-58.
  - 10) ———・———— (1977) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和51年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：33-55.
  - 11) ———・———— (1978) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和52年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：39-54.
  - 12) ———・———— (1979) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和53年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：61-71.
  - 13) ———・———— (1980) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和54年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：47-55.
  - 14) ———・———— (1981) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和55年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：15-27.
  - 15) ———・———— (1982) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和56年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：15-25.
  - 16) ———・———— (1983) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和57年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：1-11.
  - 17) 丸 邦義・山下幸悦・尾身東美 (1984) 甲殻類種苗培養技術開発試験，昭和58年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書：1-21.