

マナマコ種苗生産におけるシオダマリミジンコの影響

小林 俊将・山口 仁

Effects of *Tigriopus japonicus* for seedling production of Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus*

Toshimasa Kobayashi and Hitoshi Yamaguchi

Abstract

This study investigated the effects of *Tigriopus japonicus* on the survival of juvenile *Apostichopus japonicus*. The effect of the *T. japonicus* could not be tolerated by juvenile *A. japonicus* that were smaller than 3 mm. However, the presence of diatoms reduced this effect. The growth rate of *T. japonicus* rapidly increased when water temperature increased from 5°C to 20°C. In addition, culturing experiments showed that although juveniles of *A. japonicus* were reared 3 months after settlement at 10°C, 15°C, and 20°C, mass propagation of *T. japonicus* and high mortality of juvenile *A. japonicus* was observed only in the 20°C condition.

Key words ; *Apostichopus japonicus*, *Tigriopus japonicus* mortality

キーワード ; マナマコ, シオダマリミジンコ, 減耗

はじめに

マナマコ *Apostichopus japonicus* の種苗生産においてシオダマリミジンコ *Tigriopus japonicus* が発生すると稚ナマコが大量に減耗することがあり問題になっている¹⁾。マナマコの種苗生産が盛んな中国ではその対策として薬剤によるシオダマリミジンコの駆除が広く行われている²⁾。過去には日本でも殺虫剤として市販されているディプレックス乳液の投与によるシオダマリミジンコの駆除が行われていたが³⁾、現在は薬事法の改正により種苗生産での薬剤の使用が制限されているため、新たな対策が求められている。そこで、本研究ではマナマコ種苗生産におけるシオダマリミジンコの被害への対策を検討するために必要な基礎的知見を収集することを目的として4つの試験を実施した。

稚ナマコとシオダマリミジンコを同じビーカー等に收容すると稚ナマコが減耗することは実験的に確認されている^{1,4,5)}。小川ら²⁾は体長 0.3mm, 1.0mm, 5.0mm の稚ナマコとシオダマリミジンコを 100ml のビーカーに收容し、48 時間にわたって観察したところ、0.3mm と 1.0mm の稚ナマコがシオダマリミジンコの捕食によりへい死したが、5.0mm の稚ナマコはへい死しなかつ

たことを報告している。そこで、本研究ではまず平均体長 0.8mm ~ 2.7mm の稚ナマコを用いて、稚ナマコがシオダマリミジンコの攻撃に耐性をもつサイズをより詳細に調べた。

また、野田ら⁵⁾は付着珪藻が十分に繁茂している場合、稚ナマコへのシオダマリミジンコの影響が遅れて発現することを指摘しており、本研究でもシオダマリミジンコの影響に対する珪藻の効果を検証した。

シオダマリミジンコは春期から夏期に増殖することが報告されている⁶⁾。これは、岩手県でのマナマコの採苗時期と重なっており、採苗時期の水温とシオダマリミジンコの増殖についての関係を整理することは重要である。シオダマリミジンコの最適飼育水温は 23 ~ 25°C とされており⁶⁾、水温が低くなるほど成体まで成長する期間が長くなる実験例が複数報告されているが、これらの報告では水温 15°C 以下での成長は調べられていない^{7,9)}。岩手県では水温 10°C 前後の 5 月頃からマナマコの成熟が観察されることから、本研究では水温 7.5°C ~ 20°C の範囲でシオダマリミジンコがノープリウス幼生、コベボタイド幼生、成体へ成長するのに要する日数を調べた。更に、水温 10°C ~ 20°C の範囲で採苗し、その後のシオダマリミジンコの増殖と、稚ナマコの成

長・生残との関係を調べ、最適な採苗時期を検討した。

なお、シオダマリミジンコの影響による稚ナマコのへい死は捕食によるものではなく、体表が傷つけられることが原因である可能性も指摘されていることから⁵⁾、本研究でも捕食によるへい死と特定せずに記載した。

材料と方法

稚ナマコの体長とシオダマリミジンコの影響の関係

本試験ではSサイズ：平均体長0.8mm（最小0.5～最大1.0mm）、Mサイズ：平均体長1.5mm（1.4～1.7mm）、Lサイズ：平均体長2.7mm（2.5～3.0mm）の3サイズの稚ナマコについて、シオダマリミジンコの影響を調べた。6穴シャーレ（径35mm）の1穴にろ過海水10ml、稚ナマコ5個体およびシオダマリミジンコ20個体を入れたものを、各サイズ3穴ずつ用意した。対照区の3穴にはシオダマリミジンコを入れずにSサイズの稚ナマコのみを入れた。各シャーレを20℃の恒温室に入れ、7日にわたりサイズ別の稚ナマコの生残率を調べた。

稚ナマコの標準体長はmentholで麻酔した状態で計測した。

シオダマリミジンコの影響に対する珪藻の効果

本試験では珪藻がある状態とない状態での稚ナマコに対するシオダマリミジンコの影響に違いがあるか調べた。

試験にはSサイズ：平均体長0.8mm（最小0.5～最大1.0mm）の稚ナマコを用いた。6穴シャーレ（径35mm）の1穴にろ過海水10ml、稚ナマコ5個体およびシオダマリミジンコ20個体を入れたものを各試験区3穴ずつ用意し、珪藻の付着した1cm²板を入れた3穴を珪藻有区、板を入れない3穴を珪藻無区とした。珪藻有区では*Nitzschia sp.*や*Navicula sp.*等の平面的な珪藻類が優占していた。また、対照区の3穴にはシオダマリミジンコを入れずにSサイズの稚ナマコのみを入れた。各シャーレを20℃の恒温室に入れ、7日にわたり各試験区の稚ナマコの生残率を調べた。

シオダマリミジンコの成長と水温の関係

本試験ではシオダマリミジンコがノープリウス幼生、コペポタイド幼生、成体へ成長するのに要する日数を水温別に調べた。

6穴シャーレの各穴にシオダマリミジンコの抱卵個体1個体ずつ入れ、水温7.5℃、10℃、12.5℃、15℃、20℃の条件下で飼育し、ノープリウス幼生の出現、コペポタイド幼生の出現、抱卵した雌の成体の出現の3ステージまでに要する日数を観察した。最初に入れた抱卵個体はノープリウス幼生の出現を確認した時点で取り除いた。各水温区は、12穴（12個体）を用い、最初に各ステージの個体が確認された日を調べた。抱卵した雌から幼生が生まれて成長し、抱卵するまでを1世代に要する日数とした。

飼育水温とシオダマリミジンコの影響の関係

本試験では水温別にマナマコを採苗して、その後のシオダマリミジンコの影響を検証した。

2009年8月6日に岩手県産のマナマコ100個体を昇温刺激により集団で誘発し受精卵を得た。20℃の恒温下で幼生飼育（*Chaetoceros gracilis*の単独給餌）を行い、8月17日に20℃に調温した水槽に設置した波板セット6ホルダー（40×30cm、15枚/ホルダー）に採苗した。採苗用の波板は濾過海水を掛け流した直射日光のあたる屋外水槽に1ヶ月間放置して藻類を培養後、立体的な大型藻類を洗い流して使用した。採苗8日後に2ホルダーずつ3水槽（200L）に分け、各水槽に10℃、15℃、20℃に調温した濾過海水を掛け流し、それぞれを10℃区、15℃区、20℃区とした。各水槽はガラス越しに直射日光があたる屋内に設置し、波板上に繁茂する珪藻等の微細藻類を餌料とした。

採苗1ヵ月後、2ヵ月後、3ヵ月後に各試験区の稚ナマコ50個体の標準体長、波板1枚あたりの稚ナマコの生存数、波板1枚あたりのシオダマリミジンコ数、波板1枚あたりの藻類の乾燥重量を計測した。稚ナマコの生存数は3枚計測して平均値を求めた。シオダマリミジンコ数および微細藻類の乾燥重量は各1枚を計測した。

結果

稚ナマコの体長とシオダマリミジンコの影響の関係

各サイズの生残率の推移をFig. 1に示した。試験開始7日後の対照区、Sサイズ、Mサイズ、Lサイズそれぞれの生残率は100%、20%、53%、80%であり、稚ナマコの体長が大きいほどシオダマリミジンコの被害

が軽減される傾向が見られた。これらの結果から稚ナマコがシオダマリミジンコの攻撃に耐性を持つのは体長約 3mm 以上と推察された。

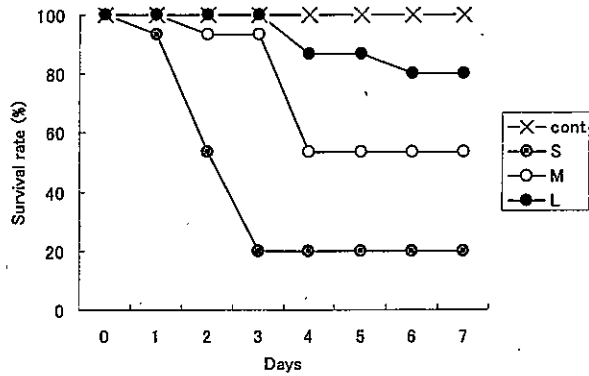


Fig.1 Survival rate of different size juvenile *Ajaponicus* with *T. japonicus*.

試験期間中にシオダマリミジンコが稚ナマコに取り付いている事例が多数観察された (Fig. 2 - A,B)。また、稚ナマコがへい死したシャーレには骨片が多数散乱していた (Fig. 2 - C)。本試験の結果から稚ナマコがシオダマリミジンコの影響でへい死することは明らかであるが、稚ナマコのへい死の原因が捕食によるのか、傷付けられたこと等による副次的なものかは不明であった。

シオダマリミジンコの影響に対する珪藻の効果

各試験区の生残率の推移を Fig. 3 に示した。試験開始 7 日後の対照区、珪藻有区、珪藻無区それぞれの生残率は 100%、33%、13% であり、飼育環境下に珪藻が有ることで、シオダマリミジンコの攻撃による稚ナマコの減耗が軽減される傾向が認められた。

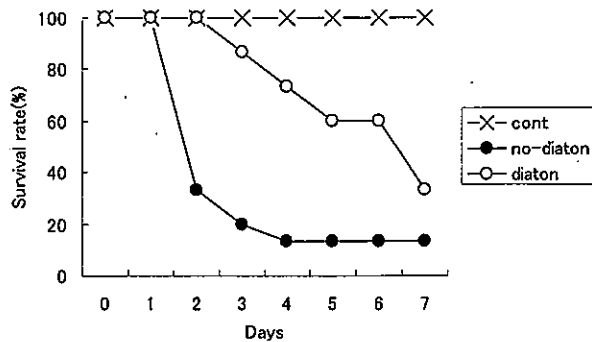


Fig.3 Effect of diatom for survival rate of juvenile *Ajaponicus* with *T. japonicus*.

シオダマリミジンコの成長と水温の関係

各水温での各ステージ (ノープリウス幼生、コベボ

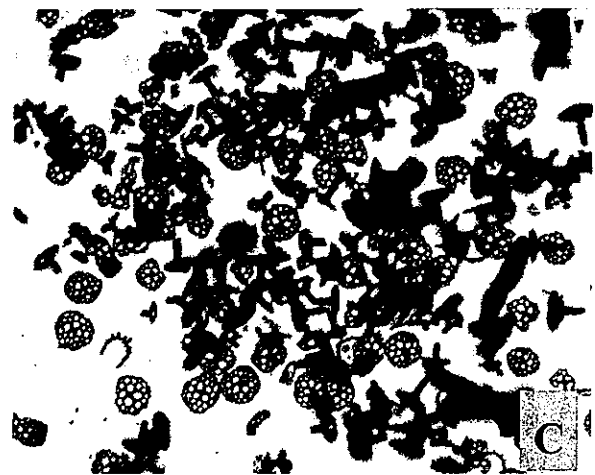


Fig.2 Photograph of *T. japonicus* to attack Juvenile *Ajaponicus*.
 A. *T. japonicus* to attack juvenile *Ajaponicus*. 1
 B. *T. japonicus* to attack juvenile *Ajaponicus*. 2
 C. Sclerites of juvenile *Ajaponicus* after *T. japonicus* attacked

タイド幼生、抱卵した成体) の個体が出現するまでの平均日数を Fig4 に示した。水温 7.5℃、10℃、12.5℃、15℃、20℃ の条件下で 1 世代に要する平均日数はそれぞれ 54 日、43 日、35 日、28 日、24 日で、水温の低下とともに長くなる傾向が認められた。また、ノープリウ

ス幼生及びコペポタイド幼生まで成長するのに要する日数も、水温の低下とともに長くなる傾向が認められた。

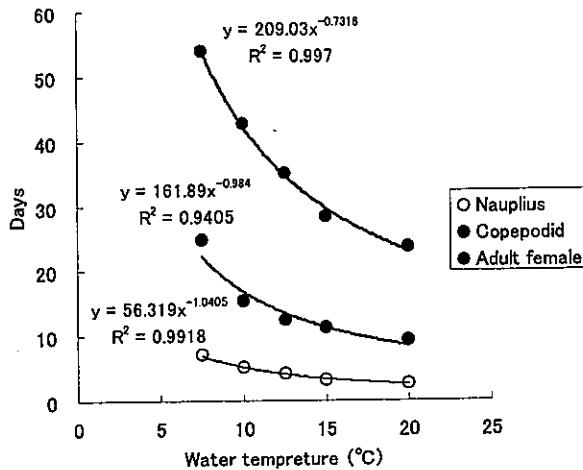


Fig.4 Relationship between water temperature and the period in days required for growth of *T. japonicus* in each of the life history stage.

飼育水温とシオダマリミジンコの影響の関係

飼育水温とシオダマリミジンコ数の関係を Fig.5 に示した。何れの試験区でも採苗1ヶ月後にはシオダマリミジンコが発生した。10℃区では採苗1ヶ月後に450個/板だったのを最高に以後は減少し、3ヶ月後にはほとんど見られなくなった。また、15℃は2ヶ月後に1200個/板まで増加したが3ヶ月後は180個/板まで減少した。一方、20℃区では1ヶ月後に7500個/板とシオダマリミジンコが大量発生した。2ヶ月後には1200個/板まで一旦減少したものの、3ヶ月後には再び6600個/板まで増加し、10℃、15℃と比較して明らかにシオダマリミジンコが多く発生した。

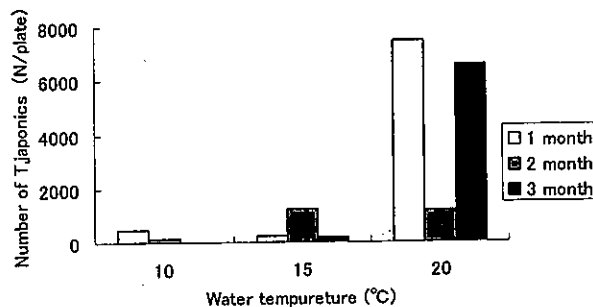


Fig.5 Relationship between water temperature and number of *T. japonicus* at 1-3 month after settlement on the wavy plate.

次に飼育水温と稚ナマコ数の関係を Fig.6 に示した。採苗1ヶ月後の生存数は20℃区が182個/板で最も多かったが、2ヶ月後になると14個/板、まで減少した。

これは採苗1ヶ月後に20℃区で大量発生したシオダマリミジンコの影響と推察された。10℃区および15℃区も月数の経過とともに生存数が減少したが、20℃区のような大量減耗は認められなかった。

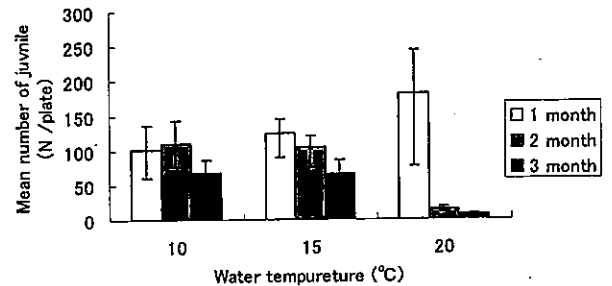


Fig.6 Relationship between water temperature and mean number of juvenile *A. japonicus* at 1-3 month after settlement on the wavy plate. Vertical bars represent largest and smallest values.

次に飼育水温と稚ナマコの平均標準体長の関係を Fig.7 に示した。いずれの計測でも水温が高い試験区ほど平均標準体長が大きい傾向が認められた。ただし、20℃区に関しては他の試験区と比較し、シオダマリミジンコの影響により飼育密度が減少したことも影響していると推察された。

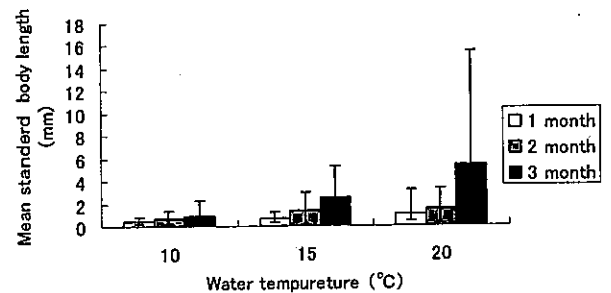


Fig.7 Relationship between water temperature and mean standard body length of juvenile *A. japonicus* at 1-3 month after settlement on the wavy plate. Vertical bars represent largest and smallest values.

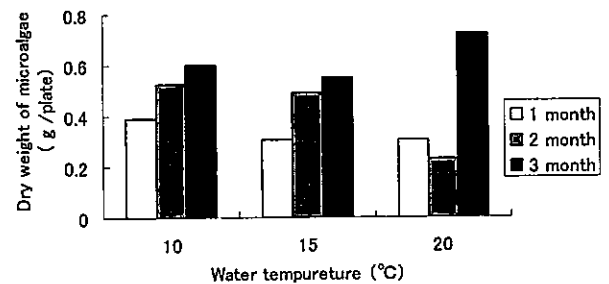


Fig.8 Relationship between water temperature and dry weight of microalgae at 1-3 month after settlement on the wavy plate.

最後に餌料となる微細藻類の乾燥重量を比較してみると (Fig.8), 10℃区, 15℃区は1ヵ月後の約0.3~0.4g/板から3ヶ月後の約0.6g/板まで安定して増加したのに対し, 20℃区では1ヵ月後の約0.3gから2ヵ月後には0.2g/板まで減少し, その後, 0.7g/板まで急増した。

考察

本研究の結果から, これまでに報告されているように, シオダマリミジンコの増殖がマナマコの種苗生産における稚ナマコの大量減耗の一因となっていることが示唆された。マナマコの種苗生産におけるシオダマリミジンコの被害を軽減させるためには, シオダマリミジンコの増殖を抑えるか, シオダマリミジンコが増殖する前に稚ナマコをシオダマリミジンコの攻撃に対して耐性がある大きさまで成長させる必要がある。今回, 稚ナマコが体長約3mmに達すればシオダマリミジンコの影響で大量減耗する可能性が低くなることが明らかになった。飼育水温とシオダマリミジンコの影響の関係を調べた試験結果をみると, 稚ナマコが体長3mmに達する個体が出現するには20℃区で1ヶ月, 15℃で2ヶ月, 10℃区では3ヶ月以上かかっており, 水温10℃~20℃の範囲では水温が高いほど早く稚ナマコが体長3mmに達することが分かる。しかし, シオダマリミジンコの成長も水温が高いほど速くなり, 本研究の結果では20℃区では稚ナマコの成長は良いものの, それ以上に早くシオダマリミジンコが大量に増殖し, 結果的に稚ナマコの大量減耗が観察された。

実際の種苗生産は春期から夏期にかけての水温上昇期に行われるため, 仮に15℃の水温で採苗しても, 本研究のように調温海水を用いない限り飼育水温は徐々に上昇して行きシオダマリミジンコの増殖による大量減耗の危険性は高まる。岩手県での最近の実績では5月~9月までマナマコの成熟個体が得られているが (未発表), シオダマリミジンコの増殖が活発な時期を避けるためには5月~7月 (水温約10℃~約15℃) の早期に採苗し, 水温が上昇する7月~9月 (水温約15℃~約20℃) の前に出来るだけ多くの個体を体長3mmまで成長させることが現実的な対応と考えられる。

また, 本研究では珪藻があるとシオダマリミジンコによる被害が軽減される可能性が示唆された。シオダマリミジンコは雑食性であり⁶⁾, 仮に大量減耗时に稚ナ

マコがシオダマリミジンコに捕食されているとすれば, 周囲の珪藻を摂餌することで摂餌圧が減少した可能性がある。また, 仮に稚ナマコの減耗要因がシオダマリミジンコが取り付いて傷つけたこと等によれば, 周囲に珪藻があることでシオダマリミジンコが珪藻に取り付く機会が多くなり, 稚ナマコに取り付いて傷つける機会が減少した可能性もある。いずれにせよ, 採苗後の初期に適量の餌料珪藻が周囲に存在することは, そのようなシオダマリミジンコの直接的な被害を軽減させることが期待できると同時に, 初期餌料として稚ナマコの初期成長を促進することで, シオダマリミジンコの被害を受ける機会を減少させることが期待される。本研究では珪藻の種類は調べていないが, 珪藻の種類や大きさによって稚ナマコに対する餌料価値は異なると考えられることから, 今後はより成長の良い珪藻類の特定が期待される。

なお, 本研究ではマナマコ種苗生産初期にシオダマリミジンコが発生することを前提にその対応を検討したが, 希釈海水処理¹⁰⁾や炭酸ガス処理⁵¹⁾による採苗板からのシオダマリミジンコの除去やフィルターの使用による給水からの混入の防除等, シオダマリミジンコの混入を減らす対策を併せて実施することも重要であろう。

謝辞

本稿をまとめるにあたり, 多くの助言をいただいた北海道立栽培水産試験場 (現・地方独立行政法人北海道立総合研究機構栽培水産試験場) の酒井勇一氏に感謝申し上げます。

文献

- 1) 北海道立栽培水産試験場・北海道立稚内水産試験場: マナマコ人工種苗の陸上養殖マニュアル, 1-97 (2009)
- 2) 小林俊将: 中国のナマコ養殖事情, 「養殖」, 緑書房, 東京, 2010, pp. 86-89.
- 3) 伊藤史郎: マナマコ種苗生産, 「佐賀県栽培漁業センターにおける種苗生産マニュアル」, 佐賀県栽培漁業センター, 69-109 (1996).
- 4) 小川 信・石田雅俊: 稚ナマコの減耗要因に関する二・三の実験, 栽培技研, 13 (1), 41-48 (1984).

- 5) 野田進治・野口浩介：稚ナマコの減耗防止技術の開発，新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発 平成 20 年度報告書，20-21 (2009) .
- 6) 高野秀昭：かわった養殖. シオダマリミジンコ，養殖，5 (8)，105-108 (1968) .
- 7) 花岡 資：Harpacticid Copepoda 2 種の繁殖及び変態，水産学会報，8 (1)，32-44 (1940) .
- 8) 古賀文洋：*Tigriopus japonicus* MORI かいあし類の生活史について，日本海洋学会誌，26 (1)，11-21 (1970) .
- 9) 高久 浩・伊藤康男・秋本 泰・中村幸雄・土田修二・木下秀明・山田 久：毒性試験用シオダマリミジンコ *Tigriopus japonicus* の小型容器による飼育及び繁殖，海洋研研報，12，9-24 (2009) .
- 10) 藁谷崇史・奥村誠一・伊藤正貴・池田健・木村一磨・古川末広・山田雄一郎・高橋明義・山森邦夫：ナマコ種苗生産を害するカイアシ類の希釈海水による駆除法の開発，平成 20 年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p113 (2008)
- 11) 中牟田弘典：炭酸ガスを用いたアワビ類付着珪藻板飼育時のカイアシ類の除去方法，栽培技研，35 (2)，15-19 (2008) .