

2020 年度東海大学北海道臨海実験所活動報告

櫻井 泉, 木原 稔, 大橋正臣, 野坂裕一
生物学部海洋生物科学科

Annual report on Hokkaido Marine Laboratory at Tokai University in the fiscal years 2020

Izumi SAKURAI, Minoru KIHARA, Masami OHASHI and Yuichi NOSAKA
School of Biological Science, Tokai University
Sapporo Hokkaido 005-8601, Japan

1. はじめに

東海大学北海道臨海実験所は、1996 年 11 月に本学と寿都町との間で地域連携協定が締結されたのを契機として、寿都町樽岸に旧樽岸小学校の校舎跡地を活用して開設された教育研究施設である。また、2003 年 7 月には留萌市三泊町、2008 年 10 月には豊浦町海岸に本学と各自治体との連携・交流協定の一環として研究施設が開設され、現在は寿都の施設を本所、留萌・豊浦の 2 施設を支所として水産増養殖学、海洋生態学および動物生理学を主体とした教育研究活動を展開している。

とりわけ、寿都町に所在する本所は日本海に面する寿都湾の湾奥部に立地しており、周辺海域は荒天時においても比較的静穏であることから、周年を通した海産生物の採集・調査が可能となっている。この特性を生かし、本所では卒業研究履修生を対象としてガラモ場における生物群集の形成に関する研究や、河口・藻場に生息する稚魚類の食性に関する研究が進められている。また、本所は収容定員 30 名の宿泊施設を有することから、本学生物学部海洋生物科学科 3 年生を対象とした臨海実習や、本学付属高等学校生を対象とした体験実習等を実施している。

一方、本学臨海実験所が立地する 3 市町では、漁業・水産業が地域経済を支える重要な産業となっている。

このため、本学では各自治体や漁業協同組合など地域と連携した水産増養殖に関する試験研究に取り組んでいる。例えば、寿都本所では、大型海藻群落が衰退し、これらを餌料とする海産動物が減少することで海域の漁業生産力が低下する磯焼けに直面していることから、海藻類を食害する小型巻貝の生態と防除に関する研究を寿都町産業振興課並びに寿都漁業協同組合と連携して行っているほか、基幹産業のホタテガイ及びマガキ養殖に次ぐ第 3 の養殖種確立を目的として、イワガキ及びアサリ垂下養殖試験にも取り組んでいる。また、留萌支所では、近年需要が増加しているマナモコの資源増大に向けて、種苗生産や放流に関する試験研究を留萌市農林水産課並びに新星マリン漁業協同組合と共同で実施している。さらに、豊浦支所では、地域に適した新たな魚種の漁獲・養殖・加工方法を確立することで、漁村地域の活性化につなげる研究を進めている。例えば、温泉などの廃熱を活用した陸上加温養殖の研究であり、エゾアワビの飼育技術の開発に取り組んでいる。このほか、実験施設を、大学生の研究はもちろん、産官学連携研究のインキュベーターとして活用している。

こうした中、寿都本所および留萌・豊浦支所では、地域の自治体、漁業協同組合および関係団体を参集して年度末に活動報告会を開催しており、毎年多数の参

加者のもと、当該年度に実施した実習や研究成果に関する報告を行っている。そこで、本稿では、北海道臨海実験所活動報告として生物学部紀要の紙面を借用し、2020年度に開催した活動報告会の内容を紹介するとともに、臨海実験所を活用した研究成果の概要を記載する。

なお、2020年度は新型コロナウイルス感染防止のため、寿都本所においては参加者を10名に限定して報告会を開催したが、留萌支所においては自治体の判断により報告会を中止としたため、得られた研究成果の概要を紹介する。また、豊浦支所においては研究活動を休止したため、報告の記載は割愛する。

2. 2020年度東海大学北海道臨海実験所寿都本所活動報告

日 時：2021年2月22日13:30～16:30

場 所：東海大学北海道臨海実験所寿都本所講義室

参加者：寿都町役場、寿都漁業協同組合、島牧村役場、
島牧漁業協同組合、北海道庁後志総合振興局
(計10名)

議 事：

1) 2020年度活動実績について

(臨海実験所長 櫻井 泉)

- ・海洋生物科学科4年生の卒業論文作成を目的とした調査研究のため、2020年4月より毎月1～3回の頻度で臨海実験所を利用し、現地観測、試料採集、処理および計測を行った。
- ・ホタテガイ養殖場の環境調査を8月26日に実施した。
- ・臨海実験所活動報告会を2月22日に開催した。

2) 2021年度活動計画について

(臨海実験所長 櫻井 泉)

- ・2021年度においても海洋生物科学科4年生の卒業論文作成のための調査研究を目的として、月に数回程度実験所を利用し、現地観測、試料採集、処理および計測を実施する。
- ・東海大学付属高等学校の生徒を対象とした体験実習を7月下旬の金～日曜日に実施する(コロナウイルス感染防止のため中止)。
- ・東海大学生物学部海洋生物科学科3年生を対象として臨海実習を8月に実施する(コロナウイルス感染

防止のため中止)。

- ・臨海実験所活動報告会を2月下旬に開催する。

3) 2020年度研究成果報告(概要)

(1) 北海道寿都湾におけるホタテガイ養殖場の環境評価に関する研究Ⅵ

(生物学部海洋生物学科 坂口智哉)

海面養殖業では、飼育個体の排泄物や残餌に起因した有機物負荷により底層の貧酸素化や硫化水素の発生が問題となっている。北海道寿都湾ではホタテガイ養殖が行われてきた半世紀の間に養殖場の底質環境が調べられた例がなく、長期に及ぶ養殖に起因した底質悪化が懸念されていたが、2015年～2019年に底質性状とマクロベントス群集の比較が実施され、底質環境の劣化は認められないことが示された。本研究では引き続き当該海域において底質環境の調査を実施し、6年間の経年変化の観点から環境評価を行った。

2020年8月26日に北海道寿都湾のホタテガイ養殖場において、底質およびマクロベントスの採集を行った。養殖場内外の水深16～40mに設定された計9地点において、スミス・マッキンタイヤー型採泥器を使用し、採泥を行った。採集した底泥から底質分析用試料を採取した後、残りを1mm目合の篩に掛け、残留物を10%ホルマリン海水で固定した。その後、マクロベントスの構造を解析するため、地点間の類似度指数としてBray-Curtis指数を算出し、Moundfordの平均連結法によるクラスター分析を行った。底質分析用試料は、有機物量の指標として強熱減量を分析するとともに、ふるい分け法により中央粒径、淘汰度および泥分率を算出した。また、 H_2S 検知管を用いて酸揮発性硫化物量を計測した。

強熱減量は、養殖場内の水深25mにおいて前年比で1%以上増加した。酸揮発性硫化物は養殖場外の水深40mにおいて0.0017mg/gが検出され、マクロベントスの生息に支障はないものの、3年連続の検出となったことから、今後の動向に注視する必要性が指摘された。中央粒径は例年と比べて、養殖場内の水深35mで顕著に高い値となり、養殖場外においても高い値を示した。淘汰度は、例年と同様の値を示し、2019年の養殖場内の水深30mにおいて顕著に良い値を示した。泥分率は、水深の増加に伴って値が上昇する傾向がみられたものの、過去5か年と比較し全体的

に低い値を示した。また、水深の深い 30～40m 地点は水深の浅い 16m 地点と比較し、中央粒径は大きくなった。この一因として、浅海域ほど波浪による底質攪乱を受けやすいことが挙げられる。マクロベントスは 5 動物門 49 種 293 個体が採集され、貧酸素耐性を持つコノハエビが 2019 年に続き出現するとともに個体数も増加したが、出現地点は異なった。群集別にみると、水深の浅い場所では大型多毛類が優占する群集であったが、水深の増加に伴い二枚貝が優占する群集に変化した。これは、水深の増加に伴う環境変化によるものと考えられる。また、出現種を 5 か年で比較すると、2018 年、2019 年および 2020 年は類似した出現種となったが、6 年間を通してみると優占種の経年的な変化が認められた。以上の結果から、本研究においても 2015～2019 年と同様にホタテガイ養殖による底質環境への顕著な影響は認められず、養殖場は健全な状態にあると判断された。しかし、マクロベントス群集は徐々に変化していることから、今後は 3～5 年ごとにモニタリング調査を実施する必要があると考えられた。

(2) 北海道寿都漁港におけるヒメエゾボラの生殖周期 (生物学部海洋生物学科 福原鳳盛)

北海道寿都沿岸において、クボガイ *Chlorostoma lischkei* やイシダタミ *Monodonta confusa* といった植食性小型巻貝による磯焼けが問題視されている。磯焼け対策として、植食性小型巻貝を漁獲し、販売することも検討されたが、需要が少ないといった問題があり、漁獲行為に対するインセンティブが働かない状況にある。このため、漁獲対象種であるとともに植食性小型巻貝の捕食者であるヒメエゾボラの増殖に向けた種苗生産技術の確立を目的として寿都漁港における親貝の生殖周期を検討した。

寿都漁港の蓄養水面において 2019 年 10 月～2020 年 9 月の間に月 1 回の頻度で約 30 個体のヒメエゾボラ（計 358 個体）を徒手により採集した。供試個体について殻高、殻幅、全重量、軟体部総重量および生殖巣重量をそれぞれ 0.1mm および 0.1g の精度で計測した後、生殖巣を順次 10% ホルマリン水溶液で固定した。後日、標本を十分に水洗した。その後、中央部から約 5mm 角の組織を摘出し、通常のパラフィン包埋法により厚さ 5 μ m の連続組織切片を作成した。こ

れにマイヤーのヘマトキシリンとエオシンで二重染色を施し、生物顕微鏡を用いて組織学的観察を行った。また、生殖巣重量 $\times 100$ / 軟体部重量の式を用いて生殖巣指数を算出した。

ヒメエゾボラ生殖巣の発達過程を回復期、成長期、成熟期および放出期の 4 段階に分類した。その結果、雄では放出期と回復期の個体がそれぞれ 12 月～7 月と 5 月～11 月にわたってみられたが、傾向的には成長期が 9～10 月、成熟期が 12～5 月、放出期が 6～7 月、回復期が 8 月に出現した。また、雌でも雄とほぼ同様に放出期と回復期の個体がそれぞれ 12～6 月と 5～11 月にわたって認められたが、成長期は 9～11 月、成熟期は 1～4 月、放出期は 5～6 月、回復期は 8 月に現れる傾向がみられた。一方、ヒメエゾボラの生殖巣指数は、周年を通して雌の方が雄に比べて高い値を示した。また、生殖巣指数は、雌雄ともに 10 月から上昇し、2 月にピークに達した後、雄では 7 月、雌では 5 月にかけて緩やかに減少しており、この傾向は生殖巣の発達過程の推移と概ね一致した。これより、寿都漁港におけるヒメエゾボラは 12～2 月に成熟し、5 月にかけて交尾を行った後、7 月にかけて産卵すると考えられた。一方、供試個体の殻高および殻幅組成の比較から、ヒメエゾボラは雌の方が雄に比べて大型化することが示唆され、その理由として雌では体内受精後の卵を殻内に一時的に蓄える必要があるためと推察された。

(3) イワガキの種苗生産における着底基盤の有効性 検討について

(生物学部海洋生物学科 平澤茉莉奈)

イワガキ養殖用種苗は、ごく一部の天然採苗を除きほとんどが人工種苗生産により供給されており、その多くがホタテガイの貝殻に付着した状態で出荷される。従来の養殖方法では、数年間垂下養殖された後、出荷直前に採苗器周囲に塊状に成長したイワガキを剥がして出荷しているが、成長や殻の形状が不良な商品価値の低い個体の出現率が高くなる問題があった。そこで近年では、イワガキの成長を良くすることを目的として貝が大きくなる前に採苗器から剥がし、個別にロープに固定して飼育する耳吊り法や水中セメント法に移行しつつある。しかし、これらの方法では採苗器から種苗を剥がす作業に大変手間がかかり人件費の増

加や殻の破損による種苗の損失等が課題となっている。そこで本研究では、採苗効率が高いとされるシングルシード用の樹脂製軟質採苗器（以下、人工基盤と表記）を使用することを目的に、従来のホタテガイ貝殻と比較する採苗試験を行い、その有効性及実用性について評価・検討を行った。

実験には2020年9月12日に東海大学札幌校舎水槽実験室において人工採苗したイワガキを使用した。ポリプロピレンで作成した人工基盤50枚を1本の針金に通した採苗器とホタテガイ貝殻60枚を1本の針金に通した採苗器を用意した。これらを1t水槽内に垂下したほか（以下、垂下区と表記）、水槽底部にも1本ずつ設置した（以下、底設置区と表記）。その後、10月23日、10月30日および11月6日に各採苗器に着底したイワガキ稚貝の付着数および殻高を計測した。また、これらの採苗器を11月13日に寿都漁港内に沖出しし、12月13日に稚貝の殻高を計測した。

各採苗器の着底開始時における付着総数を比較した結果、ホタテガイ貝殻では設置場所による有意差は認められなかったが、人工基盤では底設置区のほうが垂下区より有意に多かった（ $p < 0.05$ ）。また、底設置区では採苗器による付着総数に有意差はみられなかったが、垂下区ではホタテガイ貝殻のほうが、人工基盤より付着総数が多かった（ $p < 0.05$ ）。これは、親ガキ由来の付着誘引物質が垂下区の着底基盤に十分に付着していなかったことが一因と考えられた。平均殻高については各測定日とも基質および設置場所による有意差は認められなかったが、沖出し後の平均殻高は人工基盤に比べてホタテガイ貝殻のほうが有意に高い値を示した。人工基盤に付着したカキの成長を調べた研究によると、基盤が有する突起状構造がカキの成長を阻害している可能性が指摘されていることから（佐々木ほか2018）、本研究においても同様の原因により人工基盤のイワガキの成長が低下したのと考えられる。本研究において、人工基盤はホタテガイ貝殻に比べるとイワガキの着底率や成長率の面で、やや劣ることが明らかになった。

(4) 北海道寿都漁港のアサリ垂下養殖法における適正収容数の検討

（生物学部海洋生物学科 小川菜緒）

国内におけるアサリの漁獲量は1983年の16万トン

をピークに減少し、2010年には3万トンを下回り、2017年には7千トンに低下した。こうした漁獲量低下の一因としてはアサリの主漁場となる干潟の減少が指摘されており、それを踏まえて本種の垂下養殖が全国的に行われるようになった。こうした中、北海道寿都町では、漁業者の減少や高齢化対策の一環として寿都漁港内においてアサリの垂下養殖を行うため、2019年度に蓄養水面および港中央部において養殖試験を実施した。その結果、より大きな流速の変動成分が確認された港中央部においてアサリの成長が良いことが示唆された（Sakurai et al. 2021）。そこで、本研究では、アサリ垂下養殖の事業化に向けて、寿都漁港の港中央部における最適収容数の検討を行った。また、天然環境のアサリと比較するため、寿都漁港に隣接する造成漁場に埋設したカゴに収容したアサリの成長を併せて調査した。

垂下養殖の試験には、道総研栽培水産試験場で人工採苗された後、国立研究開発法人寒地土木研究所により育成された殻長20～36mmのアサリを使用した。これらを、軽石を敷いた直径40cm、深さ10cmの網カゴ3つにそれぞれ50、100および250個体収容し（以下、それぞれ低密度区、中密度区、高密度区と表記）、港中央部の深度2m層に垂下した。飼育期間は2020年4～11月とし、アサリの殻長と湿重量を2か月に1回の間隔で計測した。一方、造成漁場における飼育試験では、道総研栽培水産試験場により人工採苗された後、同中央水産試験場により育成された殻長26～38mmのアサリ39個体を飼育カゴ（内寸182×267×452mm）に収容し、漁場に埋設した。飼育期間は2020年4～11月とし、アサリの殻長と湿重量を2か月に1回の間隔で計測した。

垂下養殖試験中のアサリの伸長率および増重率は、低および中密度区において高密度区より高い値を示した（Tukey-Kramer法； $p < 0.05$ ）。また、試験終了時の生残率は、中密度区の75%が最も高かった。このことから、寿都漁港のアサリ垂下養殖における1カゴあたりの収容数は、100個体が適正と考えられた。また、造成漁場のアサリの伸長率および増重率は、垂下養殖の個体に比べて低かったが、造成漁場の水温は寿都漁港よりも約1℃高く推移していたため、低水温による成長低下ではないと考えられた。このため、造成漁場において寿都漁港よりアサリの成長が劣った要

因は、水温以外の環境条件の差によるものと推察された。

(5) 寿都湾岩礁域におけるアサリ増殖場の基質安定性と波浪の影響

(生物学部海洋生物学科 佐野稜太)

現在、寿都町では、アサリ増殖場を造成する計画あり、これは岩礁帯を人工的に岩盤掘削し、基質(砂や砂利)を入れることで、生息環境を確保するものである。アサリの増殖に適した環境としては、餌や水温、基質など適正に存在する必要があるが、過年度からの調査では、施工後から基質は減少を続け安定していない。そこで本研究では増殖場の基質である砂面高さの測量を継続するとともに、基質の減少要因と考えられる来襲波浪について数値波浪場解析により検討した。

対象の増殖場は、平均標高 -0.6m の岩礁域に深さ約 30cm、幅約 50cm、長さ約 12.5m の掘削を区画ごとに数本実施し、海岸砂を投入して造成されたものである。この増殖場において砂面高を測量するとともに波動場解析を行った。波動場解析は、沖波から沿岸域までの波の変形はエネルギー平衡方程式を使用し、増殖場周辺は非定常緩勾配不規則波動方程式で解析した。

砂面高測量の結果、2019 年 6 月には 3 m^3 程度の基質が流失し、その後も徐々に流失が続いた。一時的な基質の増減はあるものの、増殖場に投入された基質の多くは流失し、投入した砂(中央粒径 0.4 mm 程度)では継続的な基質の安定にはいたっていないと考えられた。波動場解析の結果、 1 m メッシュで地形を再現したことにより、複雑な増殖場における波高の空間分布を算出することができた。特に増殖場内で最も波高が大きくなったケースでは、1 区の波高が 0.44 m であった。これは沖側の 4 区の波高 0.36 m と比べて高い。また、増殖場の波高は、潮位が高い場合に波高が大きくなる結果となった。これらは沖波波高の大小にかかわらず、増殖場の水深が浅いため岩礁帯の手前で碎波することによって考えられる。つまり、増殖場への波浪は時化時だけでなく、常時の波浪でも増殖場の波高が大きくなり、基質を流失させる可能性が示唆された。

(6) 寿都漁港におけるバイオテレメトリを用いた魚類行動

(生物学部海洋生物学科 南誠十郎)

水産資源の増大に向けた施策として生態系全体の生産力を底上げ目指し、水産生物の動態、生活史に対応した良好な生息環境を創出する整備が推進されている。この施策の実現には、対象とする水産生物の生活史や行動生態に加えて、これを捕食する生物や餌となる生物の動態など様々な知見が必要となる。しかし、水産有用種の一部のみの知見はあるものの、多くの生物のそれは知られていないのが現状である。本研究では、寿都漁港において(国研)寒地土木研究所により実施されたバイオテレメトリのデータを用いて、漁港に生息する魚類を対象に行動特性について解析・検討するものである。

調査は泊地内、港口、港外で合わせて 7カ所超音波受信機を設置し、超音波発信機を装着した体長約 20 cm のエゾメバル 11 尾、クロソイ 4 尾を放流したものである。ここで、この発信機は魚毎に発信周波数が異なり、魚類判別が可能であるとともに、遊泳水深の情報も同時に発信している。7 機の受信データから各魚および遊泳水深データを抽出することで、漁港内外での平面的な移動と泊地内の鉛直的な移動について整理するとともに、沖波波高データ(GPV データ)を使用し波高と供試魚の行動の関係を調べた。

結果としては、全 15 尾、全受信機から合計で約 74 万回分のデータを受信することが出来た。魚の行動として連続した受信が多かった時間帯は 18 時から翌日の 5 時であったため、エゾメバル、クロソイは夜間の行動が多いことがわかった。漁港内外の領域を泊地・港口・港外の 3 つに区分した場合、泊地内の利用はエゾメバルが 94% を占めたがクロソイは 64% になった。それに対し港口、港外の利用はエゾメバルが 5.8% に対しクロソイは 36% となった。また、受信された時系列データから平面的な移動に関して、「港口と港外の間で行動」、「泊地内で行動」、「港外で移動」、「泊地内、港口、港外を移動」の 4 通りがみられた。泊地内の鉛直的な移動に関して、「下層で行動」、「下層での行動を主として 1～2 分程中層や上層に浮上しその後、下層に戻る」、「上層で移動」、「上中下層をランダムに移動」という 4 通りのパターンがあることが分かった。波高データと受信データを比較した結果、数

は少ないが、波高が上昇すると魚は泊地内に移動するという行動が見られた。今後の課題としてはデータの確実性の観点から供試魚の数を増やす必要があると考えられる。また、泊地内を生育場としての利用が考えられる小さい個体（稚魚や幼魚など）を対象に研究するために発信機の小型化が待たれる。

(7) 寿都漁港から単離された珪藻の増殖特性と脂質生産速度

(生物学部海洋生物学科 長谷川駿也)

微細藻類は陸上植物と比較して根や幹（茎）などの器官を欠いているため、生物量に対して相対的に高い光合成速度が得られる。Chisti (2007) は微細藻類と陸上植物の単位面積当たりの脂質生産量の試算を行い、微細藻類の脂質生産速度は陸上植物のその10倍以上高いことを報告した。現在では微細藻類の脂質や有用物質の高い生産性が着目され、研究機関での有望微細藻の培養実験や、一部の企業では大量培養と販売が行われている。しかしながら、微細藻類は目に見えないほど小さく自然中には未だ有用生物を効率良く生産する、もしくは産業効率のよい種が生息している可能性が高い。よって、本研究では北海道各地で微細藻を採集し、その中から特に増殖速度の高い有望株 *Navicula* sp. の培養実験を行い、増殖速度や脂質生産速度、脂肪酸組成などを評価した。

有望株 *Navicula* sp. は北海道寿都町寿都港で採取した海水から単離された。単離株は5℃と15℃にて実験まで維持培養を行った。培養実験はf/2培地を使用し、20, 25, 30℃で行った。培養期間中は2-3日毎に細胞数、クロロフィルa濃度、細胞サイズを計測した。実験最終日において培養試料をろ過し、フィルター上に *Navicula* sp. を捕集した。このフィルターを乾燥させ、フィルターの風袋を減算して乾燥重量とした。さらに乾燥試料中の脂質をBligh and Dyer法で抽出し、重量法にて脂質重量を求めた。脂肪酸はメチルエステル化し、ガスクロマトグラフにて分析した。

細胞増殖は20℃と25℃でみられたが、30℃では細胞が死滅した。本株は培養実験前に5℃と15℃にて維持培養されていたことから、少なくとも5-25℃の広い温度範囲で増殖が可能であることが判明した。比増殖速度は20℃で $1.78 \pm 0.12 \text{ d}^{-1}$ 、25℃で $1.94 \pm 0.21 \text{ d}^{-1}$ であった。微細藻の中でも比較的増殖速度が高い

Nannochloropsis の比増殖速度は $1.1-1.6 \text{ d}^{-1}$ であることから（例えば、太田ほか, 2014）、本株の比増殖速度は微細藻類の中でも高い水準にあることが示唆された。乾燥重量に対する脂質含有率は20℃で $19.8 \pm 7.4\%$ 、25℃では $14.8 \pm 4.5\%$ であり、脂質生産速度は20℃において $1.1 \pm 0.3 \text{ g m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ 、25℃においては $0.9 \pm 0.2 \text{ g mL}^{-3} \text{ d}^{-1}$ であった。脂肪酸は9種が検出された。乾燥重量に対する含有率が最も高かったのはパルミトレイン酸 (C16:1) であり、20℃と25℃でそれぞれ36%と33%を占めた。パルミトレイン酸はラットの血清中コレステロールを下げる効果が示されている (Slamet, 1992)。また、EPAが20℃で6.6%、25℃で16.3%、DHAが25℃で3.6%を占めた。EPAは *Nannochloropsis* が特に含有率が高く保有しており、乾燥重量の49%を占めた報告がある (Gog et al., 2012)。一方、DHAは生産できる藻類が限られており、含有率が多い種でも3.6-5.2%程である (松永・中村, 1995)。これらのことから、本株は稚仔魚などの飼料やサプリメントの原料として利用できる可能性がある。

3. 2020年度東海大学北海道臨海実験所留萌支所活動報告

(1) マナマコ中間育成施設に対する着底稚仔放流の有効性検討

(生物学部海洋生物科学科 齊藤花奈)

マナマコは、近年中国からの需要が高く、特に北海道産は高値で取引されるため漁獲圧が高まり資源量の減少が危惧されている。このため、道内各地において種苗生産および放流が行われている。しかし、現状のマナマコ種苗放流には課題があり、その1つが放流サイズ問題である。大型種苗を放流することで高い残留率が期待できるが、大型種苗を生産するには陸上飼育による人件費や餌料費など多大なコストがかかる。着底初期の小型種苗（着底稚仔）での放流が可能になれば、陸上飼育の期間が短縮され、生産コストを大幅に縮減することができる。そこで、本研究では着底稚仔を放流した場合と、着底後一定期間陸上飼育した稚ナマコを放流した場合の成長、生残および生産コストを比較することにより、着底稚仔放流の有効性を検討した。

本研究は、北海道日本海に面する留萌港内に2基設

置された空気ポケットフェンスを特徴とするマナマコ中間育成施設を用いて実施した。2019 年 7 月に留萌市三泊漁港から成熟したマナマコを採集し、三泊蓄養施設において供試個体を人工採苗した後、同年 8 月に着底稚仔の一部を一方の施設に収容した。残りの着底稚仔については継続飼育し、稚ナマコに成長した同年 12 月に他方の施設に収容した。その後、2020 年 10 月に各施設の稚ナマコをすべて回収した。収容時と回収時には稚ナマコの個体数と体長を計測した。

着底稚仔の収容時および回収時の個体数と平均体長はそれぞれ 4,900 個体で 3.9mm および 709 個体で 33.7mm、継続飼育個体の収容時および回収時の個体数と平均体長はそれぞれ 3,300 個体で 9.9mm および 715 個体で 31.3mm であった。これらの値に基づいて収容時から回収時までの生残率および伸長率を計算すると、着底稚仔ではそれぞれ 14.5% および 328%、陸上飼育個体ではそれぞれ 21.7% および 316% と算出された。また、人件費、餌料費および光熱費に基づいて生産コスト（種苗単価）を計算した結果、着底稚仔では 5.2 円 / 個体 / mm であったのに対して継続飼育個体では 16.0 円 / 個体 / mm となった。以上の結果から、稚ナマコは着底稚仔の段階で中間育成施設に収容したほうが約 3 か月の陸上飼育を行ってから収容するよりも生残面では劣るものの成長面では有利なことが明らかになった。また、当該施設を用いてマナマコの中間育成を行う場合、着底稚仔の段階で施設に収容した方がコスト的にも有利と考えられた。今後は適正収容数に基づいて着底稚仔を当該施設に収容することにより、生残率および伸長率の向上が図られると推察された。

(2) 中間育成施設における稚ナマコ最適収容数の検証 (生物学部海洋生物科学科 鈴木 佑)

近年、中国での需要増加に伴ってマナマコの輸出量が増加していることから、本種の資源増大を目的とした種苗生産や放流が各地で行われている。しかし、放流した稚ナマコの生残率は低く、放流後 6 か月目で 0.7% 程度と推定されていることから（酒井 2015）、中間育成技術の確立が求められている。こうした中、当研究室では空気ポケットフェンスを特徴とする中間育成施設を開発し、稚ナマコの生残率を年間 70% 程度に向上させることに成功したが、収容数によっては餌

不足による成長停滞を引き起こす可能性が示唆された（Sakurai et al. 2017）。このため、当該施設への餌料供給量を計測し、稚ナマコの成長停滞が生じない最適収容数を体サイズごとに試算した（堀田 2019）。本研究では、得られた最適収容数の妥当性を成長と生残の両側面から検討した。

本研究は、北海道日本海南西部に面する古平漁港で実施した。当漁港内には空気ポケットフェンスを付帯したマナマコ中間育成施設が 2 基並設されており（それぞれ A 礁・B 礁と表記）、各施設底面には稚ナマコの着底基質としてヘチマロン 40 枚が敷設されている。供試個体には、北海道栽培漁業振興公社で人工採苗された平均体長 $23.3 \pm 5.1\text{mm}$ の稚ナマコを使用し、2019 年 10 月に従来の収容レベルである 1,500 個体を A 礁に、20mm 種苗の最適収容数である 150 個体を B 礁に収容した。その後、2019 年 11 月～2020 年 7 月にかけて 1～2 か月間隔でヘチマロン 4 枚を陸揚げし、付着する稚ナマコの体長を計測した。また、2020 年 11 月にはすべてのヘチマロンを陸揚げし、稚ナマコを回収するとともに、施設壁面に付着した稚ナマコを採集し、これらの個体数と体長を計測した。

2020 年 11 月に回収された A 礁および B 礁におけるマナマコの体長は、それぞれ 12.4～72.1mm および 24.7～77.0mm の範囲にあり、モードはそれぞれ 30～40mm および 40～50mm にあった。回収時の平均体長は A 礁が $34.5 \pm 9.4\text{mm}$ 、B 礁が $46.3 \pm 10.5\text{mm}$ と算定され、後者が前者に比べて有意に大きい値を示すとともに（ $p < 0.05$ ）、後者は当該施設に収容した稚ナマコの回収時における過去最大の平均体長となった。このように、B 礁の稚ナマコが A 礁に比べて大きかったのは B 礁のほうが A 礁より収容数が少なく、各個体に配分される餌料量が多かったためと推察された。また、B 礁のヘチマロンおよび壁面に付着していたマナマコの平均体長はそれぞれ $43.7 \pm 11.5\text{mm}$ および $48.9 \pm 8.8\text{mm}$ であり、後者が前者より有意に大きい値を示した（ $p < 0.05$ ）。これは、壁面の稚ナマコのほうがヘチマロン内の個体より浮遊する餌料を効率よく摂取できることを示唆するものと考えられた。さらに、A 礁および B 礁における稚ナマコの回収数はそれぞれ 498 個体および 131 個体であり、生残率はそれぞれ 33.2% および 87.3% と算定され、後者では過去最高の生残率となった。以上のことから、

堀田（2019）による最適収容数は成長および生残の両側面から妥当であることが示唆された。

4. 2020 年度北海道臨海実験所研究成果リスト

- 1) 木原 稔・神部飛雄・北村真人・渡辺亮太：オホーツクホンヤドカリ *Pagurus ochotensis* を食品として利用するための栄養成分分析. 日本栄養・食糧学会誌, 73: 247-253 (2020 年 12 月)
- 2) 佐野友紀・木原 稔：硬骨魚類特有の消化器官“幽門垂”の運動性測定方法の確立. 東海大学 2020 年度研究交流会 (2020 年 12 月)
- 3) 佐野友紀・木原 稔：配合飼料給餌がクロソイ腸管の組織形態および短鎖脂肪酸生成に及ぼす影響. 東海大学マイクロ・ナノ啓発会第 13 回学術講演会 (2021 年 2 月)
- 4) 木原 稔：食材化をめざしたオホーツクホンヤドカリの栄養成分分析 Analysis of nutritional components of hermit crab *Pagurus ochotensis* for human consumption. 第 1 回研究・作品展示交流会 in SAPPORO 2020 (2021 年 2 月)
- 5) 木原 稔：オホーツクホンヤドカリの食材利用に向けた アンケート調査および加工品試作 Survey on use of hermit crab for food, and processed food testing. 第 1 回研究・作品展示交流会 in SAPPORO 2020 (2021 年 2 月)
- 6) 櫻井 泉・森 健貴・久富悠一朗・櫻井隆丞：寿都漁港におけるアサリ垂下養殖の適地評価. 2020 年度東海大学札幌校舎研究・作品展示交流会 (2021 年 2 月)
- 7) 櫻井 泉・大野史耶・麻島梨沙・小里佳輝・山田俊郎：マナマコ中間育成施設に関する研究Ⅰ 有効性の検討. 2020 年度東海大学札幌校舎研究・作品展示交流会 (2021 年 2 月)
- 8) 櫻井 泉・堀田愛美・鈴木 佑・山田俊郎・南秀樹：マナマコ中間育成施設に関する研究Ⅱ 適正収容数の推定. 2020 年度東海大学札幌校舎研究・作品展示交流会 (2021 年 2 月)
- 9) 櫻井 泉・堀田愛美・鈴木 佑・南 秀樹：マナマコ中間育成施設における適正収容数の推定. 令和 3 年度日本水産学会春季大会 (2021 年 3 月)
- 10) I. Sakurai, T. Mori and Y. Hisatomi: Experimental study on the possibility of a suspended culture of the Japanese littleneck clam *Ruditapes philippinarum* in Suttu fishing port, Hokkaido. Fisheries Science, 87: 239-251 (2021 年 3 月)
- 11) 小川隆彰・櫻井隆丞・櫻井 泉：北海道寿都漁港におけるコタマガイの生殖周期と成長様式. 東海大学生物学部紀要, 9 号, 1-8 (2021 年 3 月)

< 2019 年度成果の追加報告 >

- H. Itoh, K. Kawano and M. Kihara: Draft Genome Sequence of *Agarivorans* sp. Strain Toyoura001, Isolated from an Abalone Gut. Microbiology Resource Announcement, 8: e00169-19 (2019 年 5 月)