共同研究報告書
整理番号第623号

漁港港湾における稚ナマコ生育基盤の開発に関する研究
共同研究報告書

令和7年11月

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所
海洋建設株式会社

共 同 研 究 報 告 書
第 623 号令和 7 年 11 月

漁港港湾における稚ナマコ生育基盤の開発に関する研究
共同研究報告書

国立研究開発法人土木研究所　寒地土木研究所
寒地水圏研究グループ　水産土木チーム

元上席研究員	三上　信雄※1
元上席研究員	伊藤　敏朗※2
元上席研究員	石井　馨※3
元上席研究員	渡辺　浩二※4
元総括主任研究員	河合　浩※5
元総括主任研究員	牧田　佳巳※6
元主任研究員	丸山　修治※7
元主任研究員	伊藤　公人※8
元主任研究員	須藤　賢哉※9
元研究員	大橋　正臣※10
元研究員	三森　繁昭※11
研究員	梶原瑠美子
研究員	稲葉　信晴

海洋建設株式会社

代表取締役社長	片山真基
技術営業部	穴口裕司

※１：退職
※２：退職
※３：退職
※４：現　水産庁漁港漁場整備部計画・海業政策課長
※５：現　国土交通省北海道開発局小樽開発建設部小樽港湾事務所副所長
※６：退職
※７：現　国土交通省北海道開発局釧路開発建設部釧路港湾事務所工務課長
※８：現　国土交通省北海道開発局港湾空港部港湾行政課上席専門官
※９：退職
※１０：現　東海大学生物学部　教授
※１１：現　国土交通省北海道開発局函館開発建設部港湾施工管理官

要旨

本報告書は、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所（水産土木チーム）と海洋建設株式会社が、平成 28 年度から令和 3 年度にかけて実施した「漁港港湾における稚ナマコ生育基盤の開発に関する共同研究」について、その成果をとりまとめたものである。

本共同研究では、漁港港湾の静穏域を活用した増殖機能付加型漁港整備に資する技術開発を目的として、ナマコの種苗放流に最適な放流施設の構造および設置条件を把握するための研究を共同で実施した。

本共同研究報告書は、共同研究の成果としてすでに公表している土木学会誌、国際学術誌 Frontiers in Marine Science 及び Aquaculture Research、全国漁港漁場整備技術研究会、北海道開発技術研究発表会、寒地土木研究所月報に掲載されている以下の論文の内容を主な引用先してまとめたものである。

1) 大橋正臣, 梶原瑠美子, 伊藤敏朗, 穴口裕司, 片山真基, 門谷茂：漁港水面を利用した稚ナマコ中間育成における生息基質に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 74 (2), pp.342-347, 2018.
2) 稲葉信晴, 梶原瑠美子, 伊藤敏朗, 大橋正臣：稚ナマコの生息環境と基質選択性の検討 寒地土木研究所月報, 787, pp. 50-55, 2018.
3) 稲葉信晴, 松本卓真, 梶原瑠美子, 松野孝平：稚ナマコの餌料環境についての検討, 寒地土木研究所月報, 802, pp. 71-75, 2020.
4) 稲葉信晴, 大橋正臣, 白井さわこ, 的野博行：稚ナマコ中間育成基質中のカニ・ヤドカリ類の出現状況, 寒地土木研究所月報, 817, pp. 39-42, 2021.
5) Inaba, N., Matsumoto, T., Kawai, H., Anaguchi, Y., Matsuno, K.：Predation of juvenile Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* by kelp crab *Pugettia ferox*, Front. Mar. Sci., 8, 684989, 2021.
6) 稲葉信晴, 松本卓真, 大橋正臣：稚ナマコ放流・育成場としての漁港水域の活用に関する研究, 第 66 回北海道開発技術研究発表会論文集, 2023.
7) 松本卓真, 稲葉信晴, 森健二, 片山真基, 穴口裕司：マナマコ中間育成礁「ナマコのゆりかご」の開発－種苗放流・育成場としての漁港水域の有効活用に向けて－, 第 22 回全国漁港漁場整備技術研究発表会論文集, pp.64-71, 2024.
8) Inaba N., Matsumoto T., Anaguchi Y., Matsuno K.：Mortality risk of juvenile Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* by the sympatrically-occurring hermit crab *Paguristes ortmanni,* Aquaculture Research 2025, 5245463, 10, 2025.

キーワード：マナマコ、生息環境、中間育成礁、食害生物、ナマコのゆりかご、漁港水域

１．研究目的

我が国の重要な水産輸出品目であるマナマコは、近年、密漁や乱獲の影響で資源量の減少・枯渇が懸念されている。主要産地である北海道でも漁獲量は 2007 年をピークに減少傾向が続いている。各地で資源回復を目指した人工種苗放流が行われ、北海道でも 2009 年頃から継続しているが、漁獲量はなお減少しており、放流効果は十分とは言い難い。既往研究では、餌不足、捕食生物による食害、波浪による流出などが放流後の成長・生残を阻害する要因として指摘されてきたものの、天然環境下の稚ナマコの分布や生態に関する知見は乏しく、放流効果の向上に資する最適な放流環境の特定や手法の確立が喫緊の課題である。

現在、国内の多くの漁港では、漁業者の減少・高齢化や漁業情勢の変化により施設・用地に余裕が生じ、漁港機能の再編・集約化が進んでいる。なかでも、漁港水域の高い静穏性を活かし、水産生物の増養殖場として有効活用する取り組みが進展しており、ナマコ種苗放流場としての利用が進んでいる。

そこで本共同研究では、北海道内の漁港において、マナマコ放流種苗の生残および成長に影響を及ぼす環境要因の現地調査を行うとともに、漁港における種苗放流に適した放流施設の構造や設置条件を把握することを目的とし研究を実施した。

２．研究内容

２.１．研究項目

・稚ナマコ生息基盤の開発

２.２　研究概要

平成２８年度

・現地環境調査

・放流礁の設計・製作・設置

平成２９年度

・現地環境調査

・種苗放流調査

平成３０年度

・種苗放流調査

・食害生物に関する影響調査

令和元年度

・食害生物に関する影響調査

・新たな中間育成礁の設計・製作・設置（福島漁港）

令和２年度
・新たな中間育成礁の効果検証（福島漁港）
・新たな中間育成礁の製作・設置（古平漁港）

令和３年度
・新たな中間育成礁の効果検証（古平漁港）
・新技術「ナマコのゆりかご」の設計・製作

３．研究の実施期間と検討フロー

３.１．研究の実施期間

自　平成２８年度８月１日　～　令和４年３月３１日

３.２．実施体制と分担

寒地土木研究所と海洋建設株式会社による共同研究体制をとっている。その分担は下表に示すとおりである。

研究項目	研究細目	研究の分担		備考
		寒地土木研究所	海洋建設	
稚ナマコ生息基盤の開発	現地環境調査	◎	―	
	試験礁設計・製作・改良	―	◎	
	試験礁設置	◎	○	
	種苗放流	◎	―	
	稚ナマコ拡散調査(DNA 調査)	◎	―	
	試験礁機能検証	◎	◎	
とりまとめ		◎	○	

※◎主担当　○副担当

※以上は共同研究開始時の研究細目であり、得られた結果に基づき、適宜、研究内容の修正、計画変更を実施している。

目次

第１章　はじめに

近年の世界的な魚食需要の高まりや日本食ブームなどを背景に北海道における水産物の輸出金額は増加傾向にあり、2015 年には 689 億円、2022 年には過去最高額の 833 億円を記録した（図-1 A)。特に、輸出総額の内ホタテに次ぎ二番目に高いナマコ（マナマコ）は、高齢化や就業者数の減少、燃油高騰などの問題を抱える地域漁業を活性化させる魚種として注目されている（図-1 B)。しかしながら、ナマコの漁獲量は 2007 年をピークに減少傾向にあり、資源の減少・枯渇が懸念されている（図-1 C)。マナマコは成熟まで数年を要し、放卵放精型の生殖を行うため、産卵の際に近接した場所に一定数の成熟雌雄個体が分布しない場合、幼生の加入量が制限され、資源回復が困難となる可能性が指摘されている[3)]。実際、日本のマナマコ資源は過去 30 年間で少なくとも 30%減少したとの報告もある[4)]。このような背景から、マナマコ資源の回復を目的とした人工種苗の放流が全国各地で実施されており、北海道でも 2009 年頃から継続的な取り組みが行われている[2)]。しかしながら、期待された放流効果が得られておらず、その原因として、餌の不足、捕食生物による食害、波浪による種苗の流出や損傷などが挙げられている[5),6),7),8)]。また、天然環境下における稚ナマコの分布特性や生態に関する知見が十分でないことから[7)]、放流環境の最適化や効果的な放流手法の確立が喫緊の課題となっている。他方、漁業者の減少や高齢化、燃油高騰などの影響により、国内の漁港施設には未利用や余剰スペースが生じている。こうした漁港水域は静穏性が高く、種苗放流や中間育成場として有効活用することが期待されている[9)]。しかし、漁港水域を対象としたナマコ増養殖適地の選定や整備技術に関する研究は限られており、具体的な手法や効果に関する科学的知見の充実が求められている。

本共同研究では、漁港港湾の静穏域を活用したナマコ増殖機能付加型漁港整備に資する技術開発を目的として、ナマコの種苗放流に適した放流施設および環境条件などを把握するための研究調査を実施した。当該共同研究の成果は、漁港水域における稚ナマコの生息適地評価、効果的な種苗放流および中間育成技術の確立を通じた我が国におけるナマコ資源の回復に貢献し、漁港水域の有効活用や人口減少や高齢化が進む漁業地域の活性化にも寄与すると考えられる。

本共同研究報告書は、共同研究の成果としてすでに公表している土木学会誌、国際学術誌 Frontiers in Marine Science 及び Aquaculture Research、全国漁港漁場整備技術研究会、北海道開発技術研究発表会、寒地土木研究所月報に掲載されている論文の内容を主な引用先としてまとめたものである。

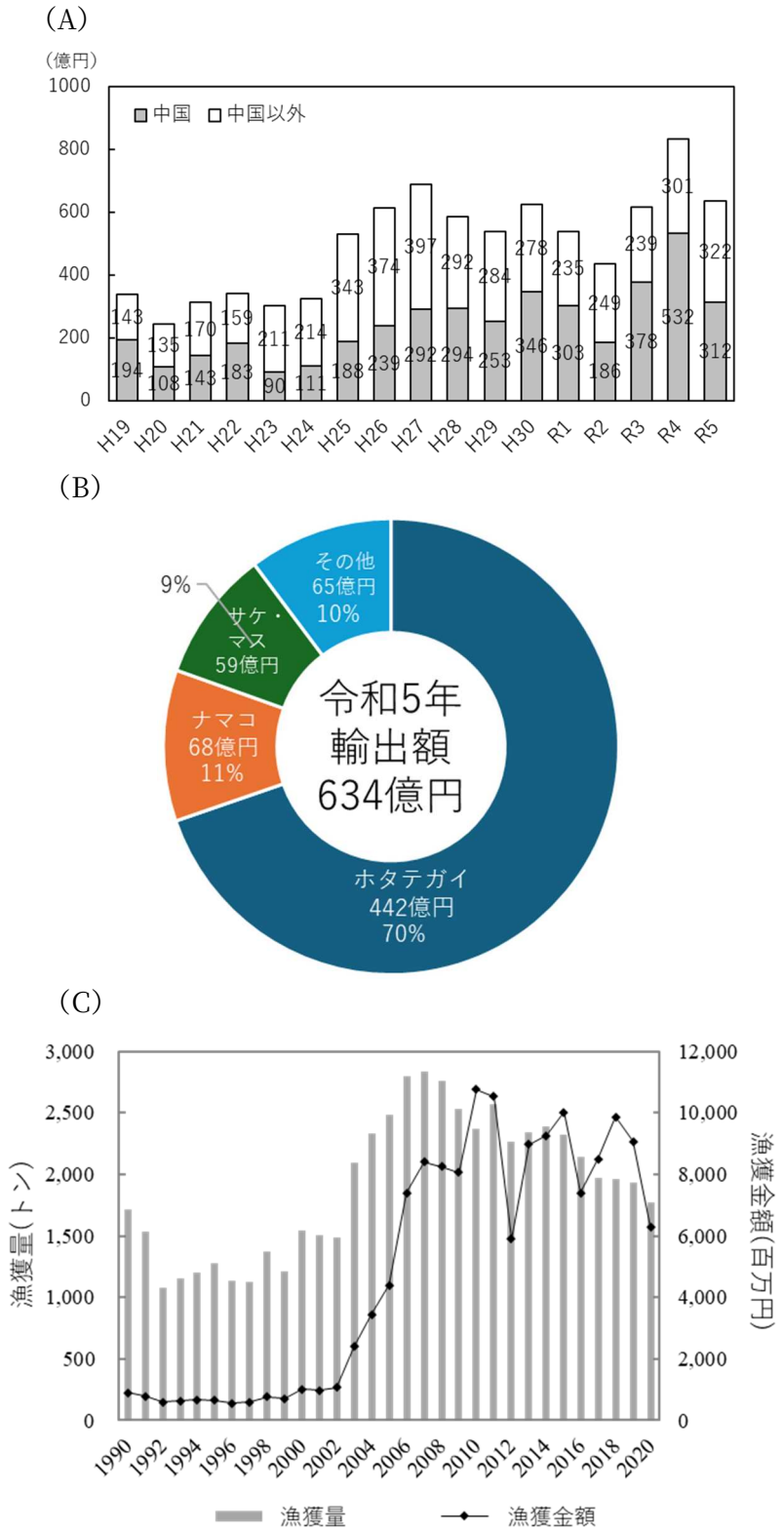


図-1 北海道における水産物輸出金額の推移（A)、令和 5 年の輸出金額内訳（B）及び
ナマコ漁獲量・金額の推移（C）[1), 2)]

＜参考文献＞

1) 北海道水産林務部：北海道水産業・漁村のすがた ～北海道水産白書～, 2024.
2) 稲葉信晴, 松本卓真, 大橋正臣：稚ナマコ放流・育成場としての漁港水域の活用に関する研究, 第 66 回北海道開発技術研究発表会, 論文集, 2023.
3) 五嶋聖治：マナマコの生態. ナマコ漁業とその管理 －資源・生産・市場, 恒星社厚生閣, pp.47-71, 2014.
4) Choo, P. S.：Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Asia. Sea cucumbers：A global review of fisheries and trade, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Rome, No. 516, pp. 81-118, 2008.
5) 古川奈未, 古川佳道, 山名裕介, 柏尾翔, 植草亮人, 五嶋聖治：人工礁に放流した稚ナマコの成長と生残、北海道大学水産科学研究彙報, Vol.66, pp.39-46, 2016.
6) Yu, Z., Yang, H., Hamel, J.F., Mercier, A.：Larval, juvenile and adult predators, The Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* : History, Biology and Aquaculture, Academic Press, pp.243-256, 2015.
7) 山名裕介, 古川佳道, 柏尾翔, 五嶋聖治：北海道周辺におけるマナマコ幼稚仔の生息環境について －特に南北海道を中心にした推論－, 水産増殖, 62, 163-181, 2014.
8) 中島幹二, 坂東忠男, 吉村圭三, 瀧谷明朗：宗谷海域におけるマナマコ人工種苗放流サイズの検討, 北海道立水産試験場研究報告, Vol.67, pp.97-104, 2004.
9) 水産庁：漁港水域を活用した増養殖の手引き, 2020.

第２章　漁港水域における試験礁を用いた種苗放流調査

第２章は、異なる生息基質で構成された試験礁を漁港内水域に設置し、ナマコ種苗を放流することで、稚ナマコの生息場所として適切な基質を明らかにするとともに漁港内の生物物理化学的環境が稚ナマコの生残、成長に与える影響について検討したものである。

２．１　材料と方法

２．１．１　調査地点及び試験礁の概要

道南に位置する福島漁港（白符地区）内水域の 3 地点にマナマコ種苗（青色型）の放流育成場としての試験礁を設置した（写真-1)。漁港内の底質は主に砂泥質、左右に小規模河川が位置し、漁港中央から北西部防波堤沿いにかけてアマモ場が分布しているのが特徴である。図-2 は試験礁の全体像になるが、当該礁は、中央のカキ殻を詰めた小型貝殻ブロック（貝藻くん：NETIS 登録 No.CGK-150001-A, 海洋建設株式会社）を囲むように空隙あるいは材料の異なる 5 種類の基質ユニットで構成されている（表-1)[10)]。

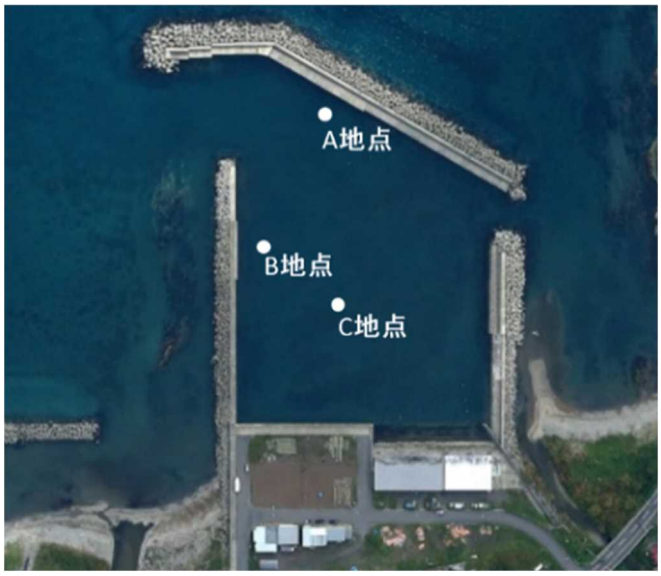


写真-1　調査対象漁港（放流基質の設置位置 A,B,C 地点)

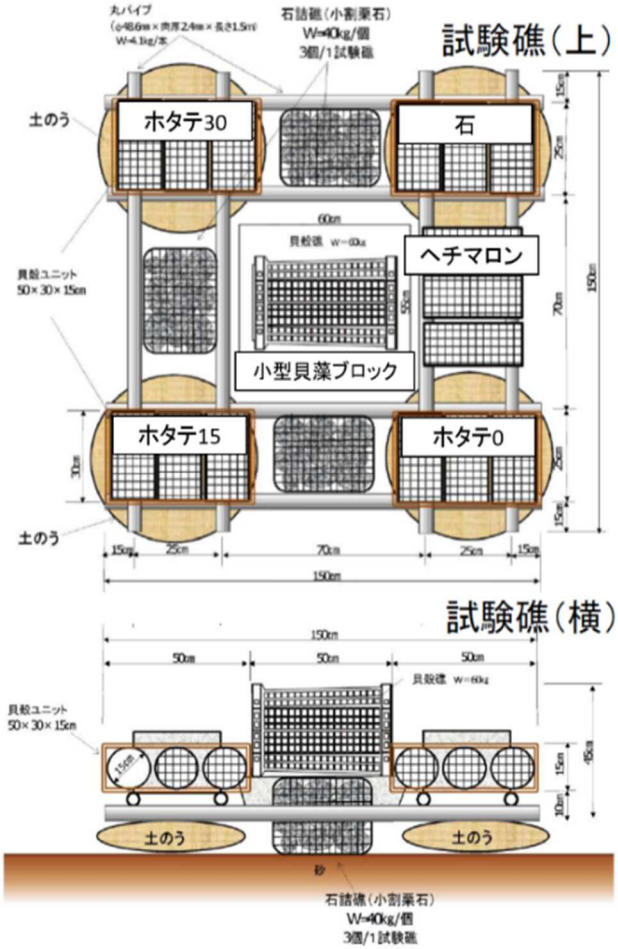


図-2　試験礁の全体像

表-1　用いた基質ユニット

ユニット名	構　造	材料
ホタテ0	ホタテ貝殻	材料：ホタテ貝殻 ※スペーサー無し
ホタテ15	15mm ホタテ貝殻	材料：ホタテ貝殻 ※15mm スペーサー
ホタテ30	30mm ホタテ貝殻	材料：ホタテ貝殻 ※30mm スペーサー
石		材料：割石 ※代表径 2cm～4cm
透水マット(ヘチマロン)		材料：ポリプロピレン プラスチック立体網状形成品（※NETIS 登録 No.KT-140118-A）

２．１．２　漁港内の生息環境調査

写真-2 に環境調査の測点を示す。平成 28 年 1 月 12 日に漁港全体及び左右に位置する港口部の底質環境を把握するために、全 14 地点（St.1～St.14）で採泥を行い、表層堆積物（0-0.5cm）について、表-2 で示した項目について分析した。物理環境に関しては、港内の地点 St. 11 に観測機器を設置し、平成 29 年 8 月 31 日から 11 月 19 日の期間、連続観測を行った（表-2)。また、港内の静穏度を把握するため、港内外（港内: St.11, 港外: St.15）に波高計を設置し、稚ナマコ放流時期である 12 月を含む秋季から冬季の波高観測を実施した。

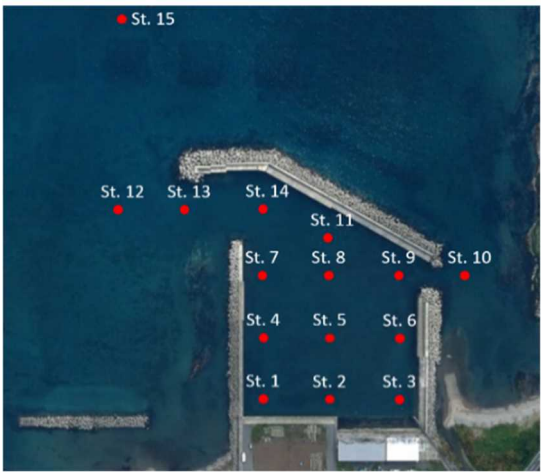


写真-2　生息環境調査の対象地点

表-2　底質及び物理環境に関する調査項目

項目	詳 細	測 点
底質	COD, 強熱減量, 全硫化物, Chl.*a*, フェオフィチン, 粒度	St.1～14
物理環境	水温・塩分, Chl.*a* 及び濁度, 光量子,波高	St.11 St.15(波高のみ)

２．１．３　種苗放流調査

放流に用いた稚ナマコは北海道栽培漁業振興公社（熊石事業所）で生産された人工種苗稚ナマコを用いた。遺伝的な撹乱を避けるため種苗生産時に使用した親ナマコは当漁港周辺で採取されたものを用いた。放流稚ナマコの平均体長は 26 mm、平均重量は 0.7g であった。2016 年 12 月 7 日に図-2 の中心にある小型貝殻ブロックに約 2,000 匹/基を放流した。放流は稚ナマコの水中での逸散を防止するため、事前にネットをかけて、放流基質中央の小型貝殻ブロックにダイバーが行った。放流後 1 年間、稚ナマコの残存密度の追跡調査を行った。毎調査で各地点（A, B, C 地点）に 5 基ずつ設置した放流基質のうち 1 基を陸揚げし、小型貝殻ブロック及び各ユニットから稚ナマコを取り分け、メントール麻酔を施した後、体長・体幅、湿重量の測定を行った。調査は、放流後 7 日、49 日、83 日、165 日、259 日、

342 日後の計 6 回実施した。

２．２　結果と考察

２．２．１　底質環境

漁港全体及び左右に位置する港口部の底質環境に関する結果を図-3 (A～F) に示す。水深に関しては、港奥から港口そして港外に向けて深くなっており、港内では 2.6m から 5.2m の範囲であり、アマモの群落は中央部、そして西部防波堤に沿って港外に向けて分布していた事が確認されている。東部港口 (St. 14) 及び港口付近 (St. 7 と 11) の底泥については、有機物量の指標となる COD (図-3 A) や強熱減量 (図-3 B) の値が高く、本漁港の北東に隣接する河川や漁港外の影響を大きく受けている事が考えられた。水産用水基準では水産生物生育に適している基準値は、COD で 20 mg/g dry weight 以下としている。本漁港においては、東部港奥の St.1 (22 mg/g dry weight)、港口部付近の観測点 St.7 (27 mg/g dry weight) 及び St.14 (51 mg/g dry weight)、そして西部港奥の St.3 (36 mg/g dry weight) で基準値を超えており、有機物の底泥への蓄積が進んでいる事が認められた。一方で、全硫化物に関しては水産生物の生育に望ましい基準値 (0.2 mg/g dry weight 以下) を超えた地点は西部港奥の St.3 (0.36 mg/g dry weight) 及び西部港口の St.9 (0.22 mg/g dry weight) の 2 地点のみであった (図-3 C)。有機物の集積はバクテリアに酸化分解される際の酸素消費により貧酸素形成を促進し、それに伴い有機物の嫌気分解による硫化水素の発生が生物の生息環境に悪影響を引き起こす事が知られている [11]。St.14 や 7 では有機物の集積が確認された一方で、全硫化物に関しては、水産用水基準値を下回っていた。図-3 (D, E) はクロロフィル *a* (Chl.a) 及び藻類の死細胞量の指標となるフェオフィチン濃度を示している。Chl.a 及びフェオフィチンは COD や強熱減量の多寡と同様の傾向を示し、東部港口と防波堤沿いの測点で特に高い値が認められた。これは、底泥中の有機物からの栄養塩類の溶出が、高い Chl.a 及びフェオフィチン濃度と関係していると考えられる。ナマコの種苗生産では着底直後の初期育成の際に餌として底生微細藻類を用いるため [12]、Chl.a やフェオフィチンのモニタリングは稚ナマコ放流後の餌環境を把握する上で重要である。図-3 (F) は、底泥中の粒度分布 (中央粒径) を示している。同じ材料・質量で比較した場合、粒子が小さくなるほど比表面積が大きくなり有機物の吸着も大きくなる事から、 粒度組成は底泥中の有機物含有量に影響を及ぼすと考えられ、本調査においても、COD や強熱減量の値が高い測点では中央粒径が比較的小さい値を示している。ナマコの成長と砂粒の関係性 [13]や消化管内容物中の粒子サイズの傾向についての報告 [14]など摂餌選択に関与する事が示唆されているため、底泥粒度分布と稚ナマコに適した餌料環境との関係性に関する更なる知見の集積は今後の課題であろう。

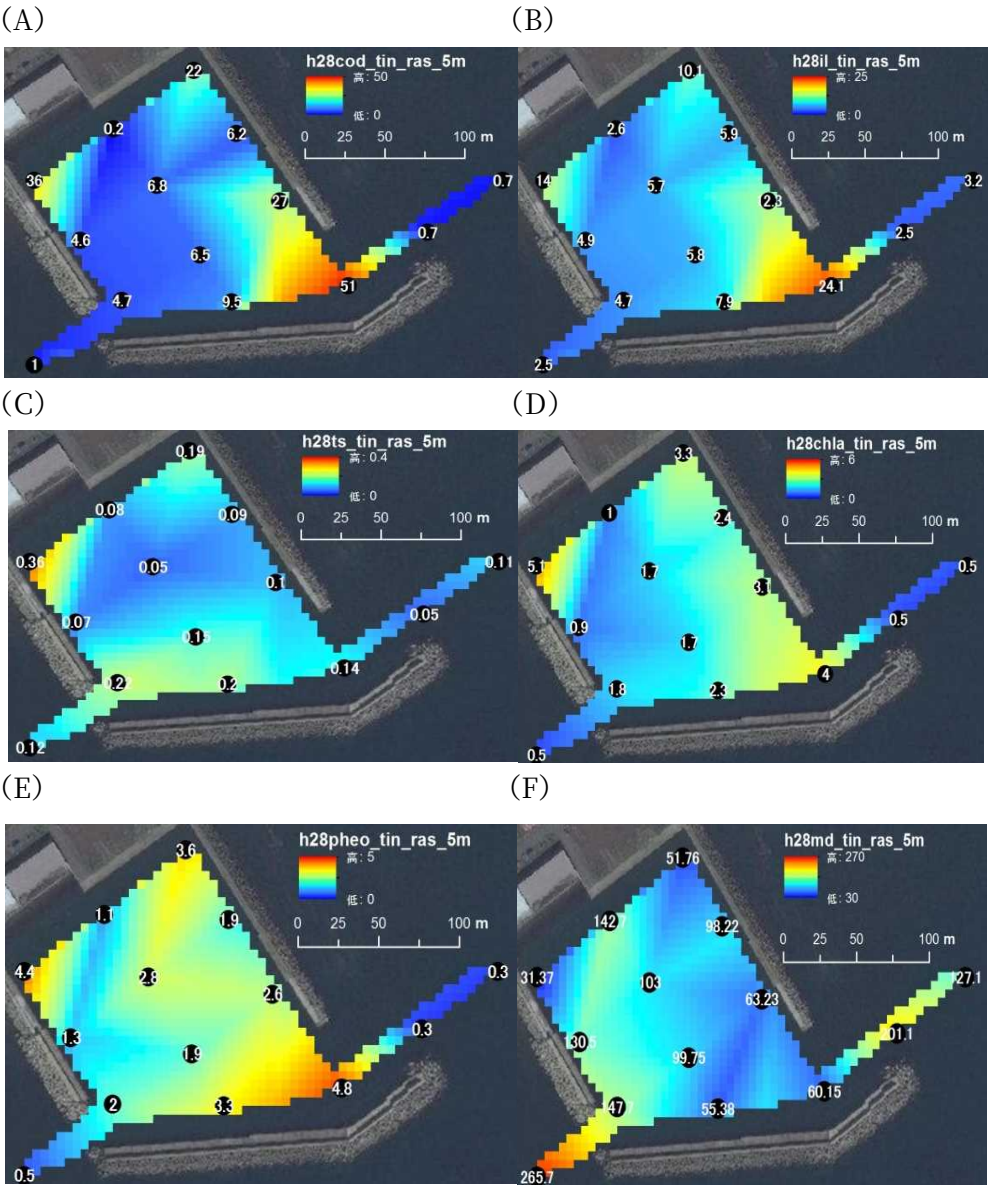


図-3　漁港全体及び左右に位置する港口部の底質環境に関する結果

(A) 化学的酸素要求量 (COD: mg/g dry weight), (B) 強熱減量 (%), (C) 全硫化物量 (mg/g dry weight), (D) Chl.a 濃度 (μg/g dry weight), (E) フェオフィチン濃度 (μg/g dry weight), (F) 中央粒径 (μm)

２．２．２　物理環境

図-4 に冬季の波高の変化を示す。波浪の影響が大きいと考えられる冬季の港口周辺を観測点（A 地点）として設定したが、有義波高が 0.5m 以下であり、本漁港内は観測期間を通して、静穏な環境であったといえる。本調査では 2016 年 12 月に稚ナマコを放流しているため、波浪や流れによる流出などの種苗への影響は少なかったと考えられる。図-5 (A～D) に、物理環境の観測結果を示す。この期間の水温は 9 月中は 20℃前後で推移し、10 月から 11 月にかけて 15℃前後まで水温低下が見られた (図-5 A)。塩分に関しては 9 月 18 日に表層の塩分低下が観測されたが、その他の期間においては表層、底層ともにほぼ 34PSU で一定であった (図-5 B)。稚ナマコは 2～3cm 程度に成長した段階で低塩分に対する耐性を獲得する事が報告 [15] されている。本調査期間については、問題となる塩分は認められなかったものの、塩分耐性を獲得する前のサイズを放流する場合、積雪や雪解け時の出水の影響による低塩分についても考慮する必要があるだろう。濁度についても塩分低下が見られた 9 月 18 日に表層、底層ともに上昇した (図-5 C)。近隣の降水量は、9 月 18 日に時間降水量が 40mm 程度と期間の最大を示しており (図-5 D)、台風 18 号の接近の影響が A 地点の塩分の低下及び濁度の上昇に影響したと考えられる。光量子量に関しては、観測地点は水深が 4～5m 程度であり、観測期間中コンスタントに海底まで光が届いていたことからナマコ餌料と考えられる底生微細藻類の増殖環境としても良好な浅海有光床であった事が示唆された。

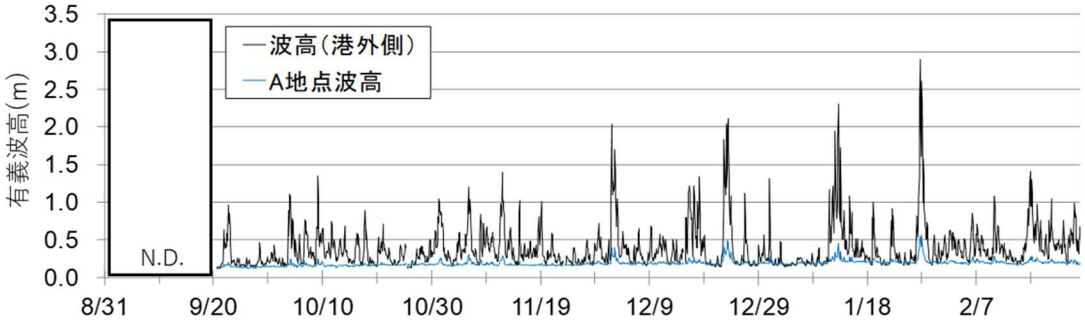
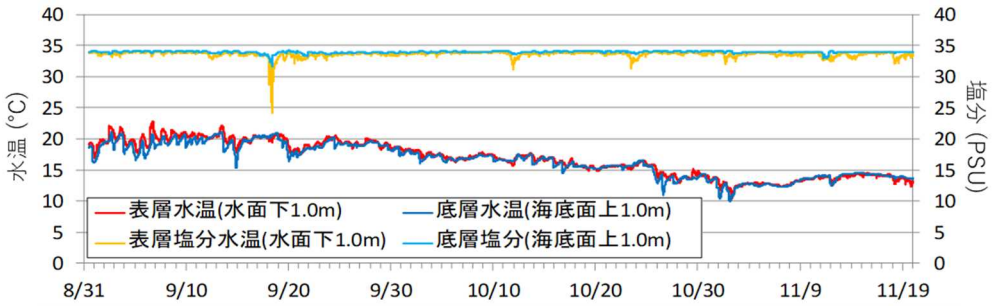
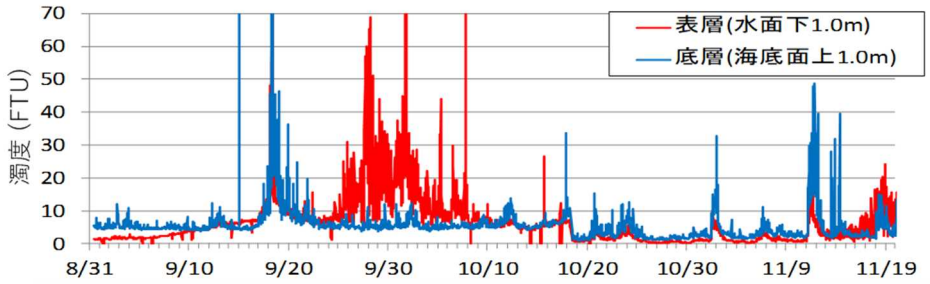


図-4　冬期の漁港内外の波高 (2016 年 9 月末～2017 年 2 月末)

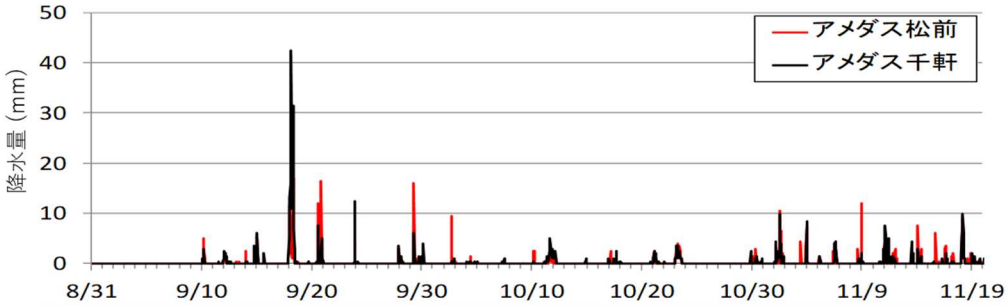
（A）水温と塩分



（B）濁度



（C）降水量



（D）光量子量

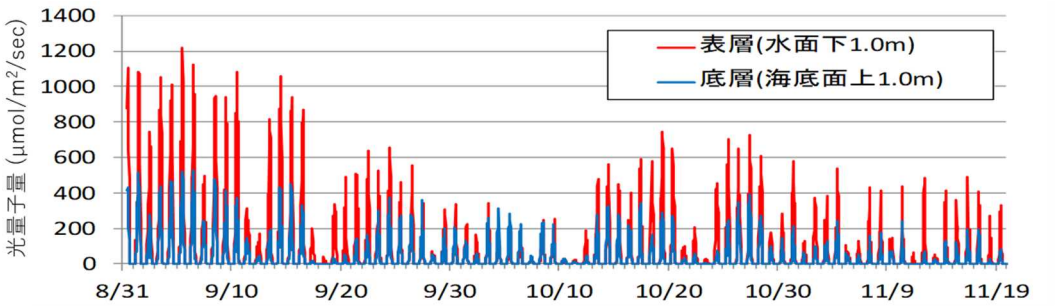


図-5　漁港内における物理環境の観測結果

２．２．３　試験礁内の稚ナマコ密度の変動

稚ナマコ放流後 1 年間の各地点における試験礁内の平均生息密度を図-6 に示している。稚ナマコは放流基質中心の小型貝殻ブロックに放流後、各ユニットに移動した事がユニット内の個体密度の変化から明らかとなった。また、B と C 地点については、時間が経過すると共にユニット内の個体数密度が増加しているのに対し、A 地点では増加の割合は小さく、放流後 259 日をピークに減少に転じた。写真-3 は A 地点の放流基質の状況を示しているが、写真のように土砂などで埋没している様子が確認されている。本漁港は周辺に河川があり、比較的大きな降雨などで陸域からの土砂や落ち葉などの有機物が港内に流入しており、特に港口に近い A 地点では堆積量が多かったと考えられる。このことから港内においてナマコの中間育成を行う場合、陸域や漁港外からの流入堆砂や漂砂移動を考慮した場所選びが不可欠であろう。図-7 では、各ユニット内の個体密度の変化を地点別で示している。約 2,000 個体を放流した小型貝殻ブロック内の個体数密度は、時間の経過とともに徐々に減少している（図-7 A)。一方で、前述したように A 地点では 259 日、342 日後に減少しているユニットがあるが、B と C 地点については各ユニット内の個体数密度は期間を通して増加傾向を示した。特に、ホタテ 0 (図-7 B) とホタテ 15 (図-7 C) の密度の変化にその傾向が強く確認された。分布していた稚ナマコの標準体長は 3cm～5cm 程度であった事から、このサイズの稚ナマコにとって材料がホタテ貝殻で貝殻の間隔が 15mm あるいはそれ以下の空隙を保有する基質が生息場所として適している可能性が示唆された。餌環境について実施した調査でも稚ナマコの餌となる微細藻類の量の指標となる Chl.a 量がホタテ 15 で最も高く、ホタテ 15 に分布した稚ナマコはホタテ 30 を除く他の基質ユニットの稚ナマコよりも統計的に有意に大きかった [16]。また、放流してから 342 日後の定着個体数が一番多かった C 地点は、アマモ場に隣接しており、アマモ葉体上には稚ナマコの餌として重要な羽状目珪藻などの付着藻類も多く生息している事や秋から冬にかけて枯死したアマモ由来の有機物片 (デトライタス) が餌料として重要である事が報告されていることから [17]、C 地点では他地点と比べ（アマモ場由来の）良好な餌環境が生み出されていた可能性が示唆された。

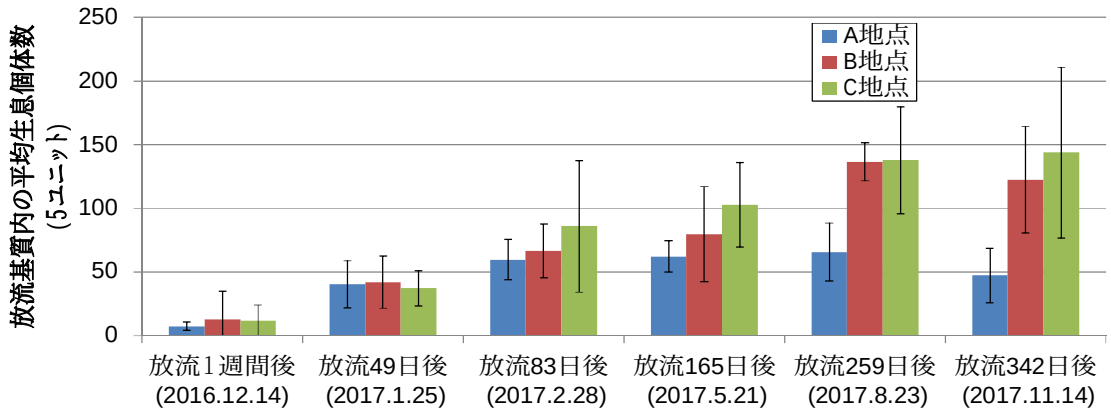


図-6　地点別の稚ナマコ生息密度変動 (5 種類のユニット合計)

写真-3　A 地点の試験礁の埋没状況

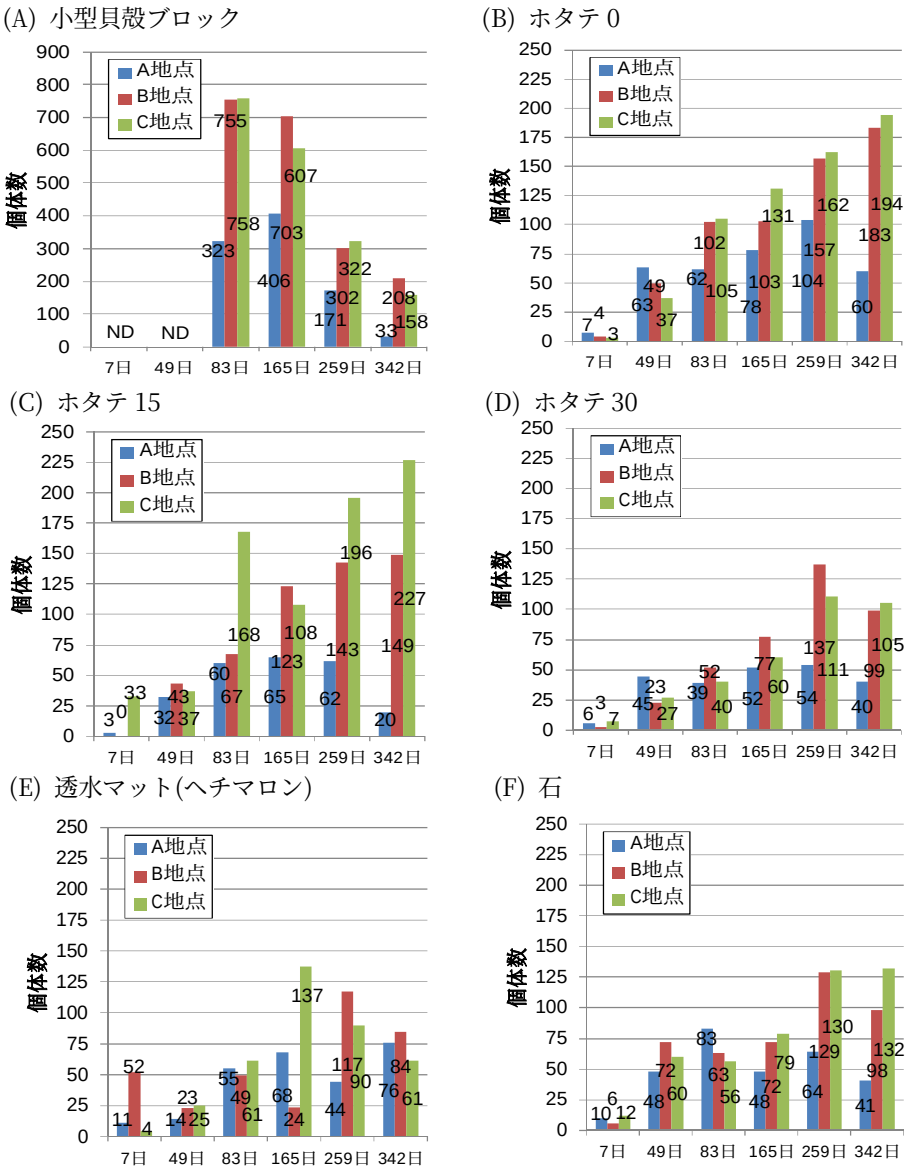


図-7　地点別の個体数密度の変化（ユニット別）

＜参考文献＞

10) 大橋正臣, 梶原瑠美子, 伊藤敏朗, 穴口裕司, 片山真基, 門谷茂：漁港水面を利用した稚ナマコ中間育成における生息基質に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 74 (2), pp.342-347, 2018.

11) 青木延浩：貧酸素水塊形成機構とその挙動, 月刊海洋, 31 (8), pp.477-485, 1999.

12) 地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所：ナマコ種苗生産マニュアル, 2010.

13) 木原稔, 田本淳一, 星貴敬：水槽内でのマナマコの摂餌行動におよぼす砂粒の影響, 水産技術, 2 (1), pp.39-43, 2009.

14) Zhao, P., Yang, H.S.：Selectivity of particle size by sea cucumber *Apostichopus japonicus* in different culture systems, Mar. Sci., 34, pp.11－16, 2010.

15) 松本昌大, 金澤孝弘：有明海におけるナマコの種苗放流手法の検討, 福岡水海技セ研報, 23, 2013.

16) 稲葉信晴, 松本卓真, 梶原瑠美子, 松野孝平：稚ナマコの餌料環境についての検討, 寒地土木研究所月報, 802, pp. 71-75, 2020.

17) Xujia, L., Yi, Z., Hongsheng, Y., Shaoguo R.：Eelgrass detritus as a food source for the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka (Echinidermata: Holothuroidea) in coastal waters of north China: An experimental study in flow-through systems, PLOS one, 8 (3), e58293, 2013.

第３章　稚ナマコ捕食者としてのカニ・ヤドカリ類の評価

第３章は、第２章で記述した試験礁（C 地点）内のカニ・ヤドカリ類の出現状況の季節的変化を把握するとともに出現したカニ・ヤドカリ類の稚ナマコ捕食者としての評価を目的として実施したものである。

３．１　材料と方法

３．１．１　サンプリング

2016 年 12 月から 2018 年 12 月の 2 年間の期間に 3 か月に一度の頻度で実施した調査毎に稚ナマコを放流した試験礁を陸揚げし、試験礁を構成する各基質ユニット内に出現したカニ・ヤドカリ類を採取し（写真-4）、70%エタノールにて速やかに固定後、研究室に持ち帰り同定及び計数を行った。また、礁内で優占したオオヨツハモガニ及びケブカヒメヨコバサミの一部のサンプルについては、体サイズの計測を行った後（図-8）、胃内容物を採取し（写真-5）、顕微鏡観察によるマナマコの骨片探索を行った。

写真-4　採取したカニ・ヤドカリ類

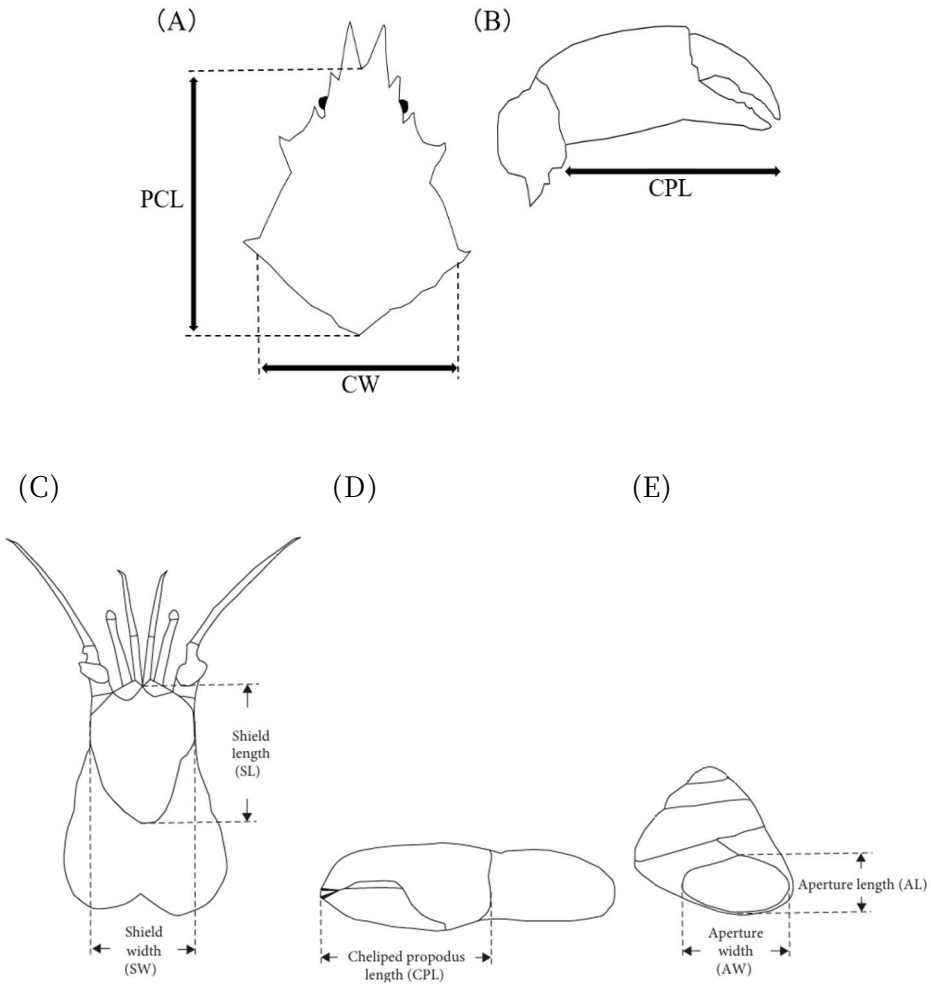


図-8　オオヨツハモガニ（A, B）及びケブカヒメヨコバサミ（C, D, E）の計測部位 [18), 19)]

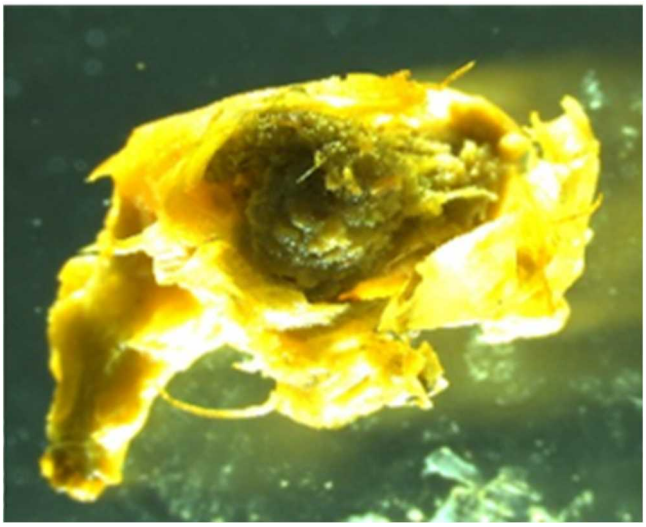


写真-5　オオヨツハモガニの胃内容物

３．１．２　小型水槽を用いた稚ナマコ捕食試験

胃内容物からマナマコの骨片が検出されたモガニ（オオヨツハモガニ）及びヤドカリ(ケブカヒメヨコバサミ）については、2019 年 6 月に同漁港にて生きた個体を採取し、ビニール製のエアポンプ付バケツにて温度管理を徹底して研究所まで運搬した。運搬に際してはストレスを軽減するために周辺に繁茂していた海藻とともに運んだ。予め図-8 で示した体サイズを計測したオオヨツハモガニ及びケブカヒメヨコバサミ各 9 個体は個別に小型水槽（幅 31cm×奥行 18cm×高さ 24cm）に収容し、タイマー式の水槽照明を用いて昼夜サイクル（12:12 LD）にて水温 13±1℃下で飼育した（写真-6)。試験に用いた個体は 1 週間程度無投餌の状態とした。また、試験に用いた稚ナマコに関しては、メントール麻酔を施し標準体長（Standard body length: SBL）及び湿重量を計測し、SBL10mm 以上 20mm 未満の個体を捕食試験に用いる個体として選定した。麻酔から目覚めた事を確認後、数日間様子を観察し、異常が見られない稚ナマコについて試験に用いた。水深は稚ナマコが水槽壁面に上り物理的な距離の影響でカニ及びヤドカリが捕食できないという事が発生しないように設定した。試験は AM9:00 に稚ナマコ（10 個体）を投入し PM9:00 までの 12 時間を「昼」、PM9:00 に消灯し翌日の AM9:00 までを「夜」と設定し一定時間毎に観察を行った。試験に用いたオオヨツハモガニ及びケブカヒメヨコバサミ個体の性別や体サイズ等の計測結果は表-3 に示した。

表-3　試験に用いたオオヨツハモガニ（A）及びケブカヒメヨコバサミ（B）

(A)

Sample ID	Sex	Ontogenetic stage	Wet weight (g)	CW (mm)	PCL (mm)	CPL (mm)
1	F (Female)	Adolescent	1.34	14.2	17.1	8.3±0.7
2	F	Adolescent	1.48	14.2	17.5	8.3±0.15
3	M (Male)	Adolescent	2.34	17.0	21.1	12.5±1.35
4	M	Adolescent	2.78	17.8	21.0	12.9±0.05
5	M	Full-grown	5.19	22.4	23.3	17.8±0.1
6	M	Full-grown	14.77	27.9	31.2	28.5±0.2
7	F	Full-grown	3.14	16.0	22.1	9.5±0.3
8	F	Full-grown	4.15	20.9	22.9	11.0±0.4
9	F	Full-grown	2.66	15.8	20.2	8.2±0.05

(B)

Sample ID	Sex	Wet weight (g)	Shield length (mm)	Shield width (mm)	Average cheliped propodus length (mm)	Aperture length (mm)	Aperture width (mm)
1	F	0.516	6.56	5.52	4.26±0.06	14.06	8.5
2	F	0.732	7.19	5.63	5.23±0.09	14.59	7.34
3	F	0.398	5.84	4.47	4.06±0.01	22.18	10.11
4	F	0.494	6.53	5.14	4.97±0.03	13.59	11.10
5	F	0.645	6.38	5.66	5.05±0.11	12.67	10.32
6	F	0.412	6.25	4.99	4.46±0.05	14.29	8.35
7	F	0.560	6.85	6.10	5.41±0.05	23.77	12.31
8	M	0.582	7.34	5.98	5.88±0.07	24.69	11.60
9	M	0.899	7.92	6.28	6.67±0.02	14.51	12.41

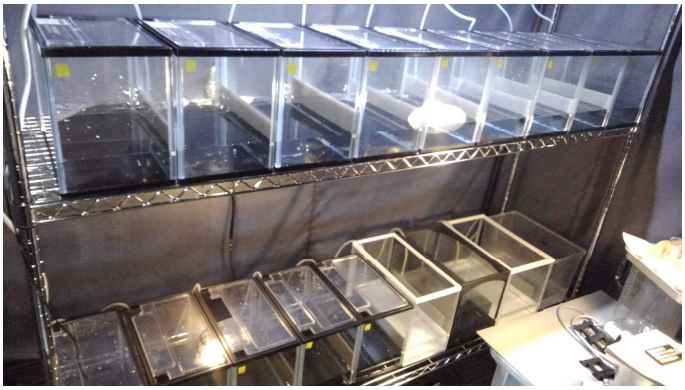


写真-6　小型水槽を用いた稚ナマコ捕食試験

３．２　結果

３．２．１　試験礁内に出現したカニ・ヤドカリ類

試験礁内に出現したカニ・ヤドカリ類の種類を表-4 に示す。カニ・ヤドカリ類は全 10 種（ヤドカリ類 3 種・カニ類 7 種）が出現した。全期間を通して、ヤドカリ類ではケブカヒメヨコバサミ（*Paguristes ortmanni*）、カニ類では、オオヨツハモガニ（*Pugettia ferox*）が特に優占した。試験礁内の個体数は 2017 年 3 月に最少（19 個体）であったが、夏場（8 月）に向けて増加（110 個体）、2017 年 11 月に 8 月の約半数に減少したが、2018 年には再び増加傾向を示し、2018 年 12 月に最大の 138 個体の出現が確認された。また、基質毎では、ホタテ基質中で多く出現したが、ホタテ基質の空隙の違いによる個体数に有意差は認められなかった。また、出現したカニ・ヤドカリ類の空隙が異なる区での体サイズ（湿重量）にも差が認められなかった。なお、小型貝殻ブロック及び透水マットについては生息空間（面積、構造等）が大幅に異なり比較が困難なため除外した。写真-7 にオオヨツハモガニ（*Pugettia ferox*）とヤドカリ科に属するケブカヒメヨコバサミの胃内容物中のマナマコの骨片を示す。当該 2 種は本調査期間中に時期を問わず最優占した種類であり、オオヨツハモガニについては 32.4%、ケブカヒメヨコバサミについては 28.8%の割合で胃内要物からマナマコの骨片が検出された事から天然環境下で当該 2 種が稚ナマコの捕食者である可能性が示唆された。

表-4　試験礁内に出現したカニ・ヤドカリ類の種類

	学名	和名
ヤドカリ類	*Paguristes ortmanni*	ｹﾌﾞｶﾋﾒﾖｺﾊﾞｻﾐ
	Pagurus middendorffii	ﾃﾅｶﾞﾎﾝﾔﾄﾞｶﾘ
	Pagurus proximus	ｲｸﾋﾞﾎﾝﾔﾄﾞｶﾘ
カニ類	*Pugettia ferox*	オオヨツハモガニ
	Rhynchoplax coralicola	ﾂﾉﾀﾞｼﾔﾜﾗｶﾞﾆ
	Atelecyclidae sp.	ｸﾘｶﾞﾆ科のｶﾆ
	Cancer amphioetus	ｺｲﾁｮｳｶﾞﾆ
	Charybdis japonica	ｲｼｶﾞﾆ
	Thalamita sima	ﾌﾀﾊﾞﾍﾞﾆﾂｹｶﾞﾆ
	Macromedaeus distinguendus	ｼﾜｵｳｷﾞｶﾞﾆ

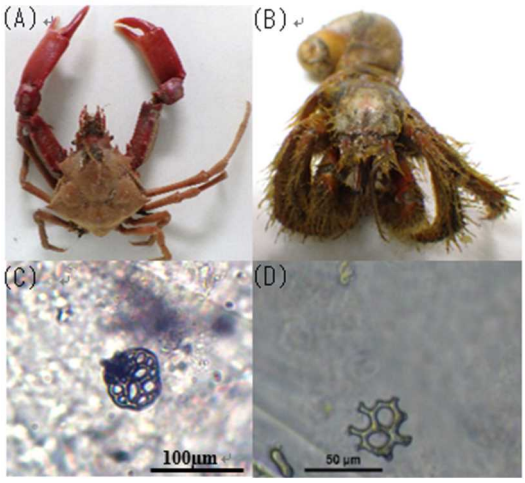


写真-7　優占したカニ・ヤドカリ類及び胃内容物中の骨片

（A:オオヨツハモガニ（♂）B:ケブカヒメヨコバサミ, C 及び D: マナマコ骨片）

３．２．２　オオヨツハモガニによる稚ナマコの捕食

図-9 には試験に用いた各個体の捕食速度、写真-8 で捕食の様子を示している。捕食速度は大型成熟雌の個体で一日当たり 3.7±0.5 個体（平均±SD）という相対的に低い値が認められたものの、全試験を通した全体の捕食速度は 7.7±2.4 個体/日であった。性別間や発達段階間で捕食速度に有意な差は認められず、捕食速度と体サイズ指標のいずれの値についても、特に有意な相関関係は見られなかった。ただ、昼と夜の捕食数に関しては、有意に夜の捕食数が多かった。捕食に伴い稚ナマコの断片を用いたデコレーティング行動が確認されたが、CW が 14.2–17.8 mm の範囲の小型個体にでのみ観察され、特に額角上及び原胃域の剛毛群を利用したデコレーティングが多かった (写真-9)。デコレーティングに利用されたナマコの断片は、試験終了後、徐々に摂餌され、1 週間以内には全てのナマコ断片が消費された。本結果から、オオヨツハモガニはデコレーティングの材料として稚ナマコの断片を利用するだけでなく、保存食としてデコレーティングに用いた断片を利用する新たな知見が得られた。

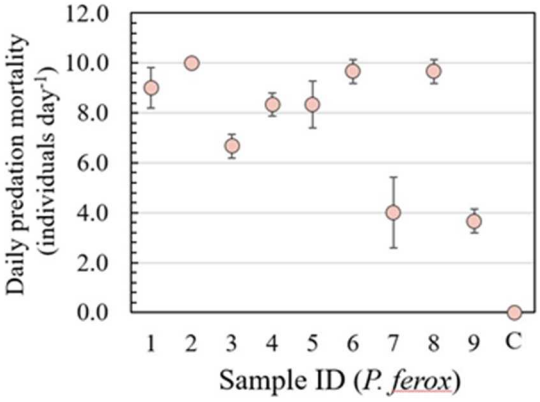


図-9　オオヨツハモガニの一日当たりの稚ナマコ捕食速度 [18)]

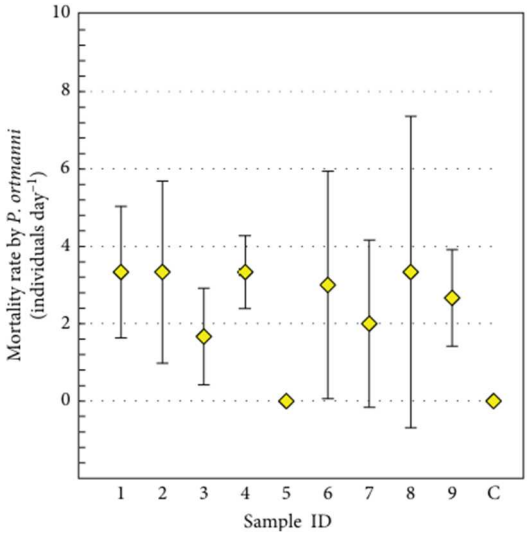
写真-8　オオヨツハモガニによる稚ナマコの捕食の様子

写真-9　稚ナマコの断片を利用したデコレーティング

３．２．３　ケブカヒメヨコバサミによる稚ナマコの捕食

図-10 には試験に用いたケブカヒメヨコバサミの各個体の捕食速度及び捕食の様子を示している。試験に供した 9 個体中 8 個体が稚ナマコを捕食し、ID8 の個体は試験開始 12 時間で最大 9 個体を捕食した。一方で、全試験を通した全体の捕食速度は 2.5±2.4 個体/日であった。性別の違いによる捕食速度に有意な差は認められず、捕食速度と体サイズ指標のいずれの値についても、特に有意な相関関係は見られなかった。昼夜の捕食数に関しては、オオヨツハモガニでは有意に夜の捕食数が多かったが、ケブカヒメヨコバサミについては、有意に昼の捕食数が多かった。また、稚ナマコ 1 個体の捕食にかかる時間はオオヨツハモガニに比べ遅く、全体の 3〜5%の稚ナマコについては、ヤドカリに攻撃され体壁に傷を負ったものの捕食には至らず、生残した (写真-10)。

(A)



(B)

(C)

図-10　ケブカヒメヨコバサミ一日当たりの稚ナマコ捕食速度（A)、
及び捕食の様子（B: 試験開始 1 時間後, C: 試験開始 12 時間後)[19)]

写真-10　捕食には至らず生残した個体

３．３　考察

本研究を通じて、オオヨツハモガニ及びケブカヒメヨコバサミがこれまで最も危険なマナマコ稚仔の食害生物とされていたイトマキヒトデ（*Asterina pectinifera*）[6]よりも危険な捕食者である可能性を示した。畑中ら[20]は、平均 15.9mm のサイズのマナマコ稚仔をイトマキヒトデが一日当たり平均 1.8 個体捕食した事を報告しているが、オオヨツハモガニでは平均 15.35mm の稚ナマコを一日当たり平均 7.7 個体、ケブカヒメヨコバサミでは平均 12.34mm の稚ナマコを平均 2.5 個体/日捕食した。また、天然環境下から採集した当該 2 種の約 3 割の胃内要物からマナマコの骨片が検出された。分布域や生息環境も類似しており、実際に当該調査において稚ナマコを放流した試験礁内には当該 2 種ともに一般的にマナマコの種苗放流が行われる冬季に最大で 1m^3 あたり 500 個体以上の密度で出現が確認されていることからも、稚ナマコ人工種苗の放流の際には当該 2 種の出現状況には特に注意が必要であろう。Purcell and Simutoga[21]の研究では、南方系のナマコ（ハネジナマコ）の種苗放流をする際の種苗のサイズが大きければ捕食の影響を大幅に低減出来る事を報告している。イトマキヒトデによる捕食に関しても、平均 30mm の稚仔を実験に用いた場合は一日当たり 0.5 個体、平均 54.6mm では捕食されず、体サイズが大きくなるに従い捕食され難くなることが示されている[20]。30mm を超える稚ナマコをオオヨツハモガニの水槽に入れて観察した予備実験では、捕食に至るまで半日以上とかなりの時間を要し、ケブカヒメヨコバサミは 40mm 前後の体長の個体を捕食できなかった事から（未発表データ）、放流サイズの大型化、あるいは、捕食者の侵入を防止する中間育成礁を活用し、ある程度大きく育てた後に再放流する事で放流効果を向上させる事ができると考えられた。

＜参考文献＞

18) Inaba, N., Matsumoto, T., Kawai, H., Anaguchi, Y., Matsuno, K.：Predation of juvenile Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* by kelp crab *Pugettia ferox*, Front. Mar. Sci., 8, 684989, 2021.

19) Inaba N., Matsumoto T., Anaguchi Y., Matsuno K.：Mortality risk of juvenile Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* by the sympatrically-occurring hermit crab *Paguristes ortmanni*. Aquaculture Research 2025, 5245463, 10, 2025.

20) 畑中宏之, 上奥秀樹, 安田 徹：マナマコのイトマキヒトデによる食害に関する実験的研究. 水産増殖, 42 (4) , 563-566, 1994.

21) Purcell, S., Simutoga, M.：Spatio-temporal and size-dependent variation in the success of releasing cultured sea cucumbers in the wild. Rev. Fish. Sci. Aquac. 16, 204-214, 2008.

第４章　新たな中間育成礁の効果検証

第４章は、第３章までの結果を踏まえ、稚ナマコの生残・成長に寄与する中間育成礁の開発を目指し調査を実施し、検討したものである。

４．１　材料と方法

４．１．１　食害防止機能つきの中間育成礁の概要

写真-11 は、外部からの捕食者の侵入を防止する目的で試作した中間育成礁である。試験礁外部は食害生物の侵入抑制を目的とする異なる複数の目合（S, M, L）のメッシュで覆い、内部にはこれまでの研究結果から稚ナマコの餌場 [16]、生息場として最も良いと判断されたホタテ貝殻を 15mm 間隔で配置した筒を二段に重ね生息空間を創出し、放流の際のスペース確保を目的とした空間を礁内の上部に設けた。当該中間育成礁（試作品）を 2019 年 12 月に福島漁港（白符地区）に、2020 年 12 月に古平漁港の港内に設置し（写真-12）、稚ナマコを放流し、礁内の稚ナマコの成長及び生残に関する追跡調査を実施した。放流した稚ナマコの平均標準体長は福島漁港では約 24mm、古平漁港では約 19mm であった。

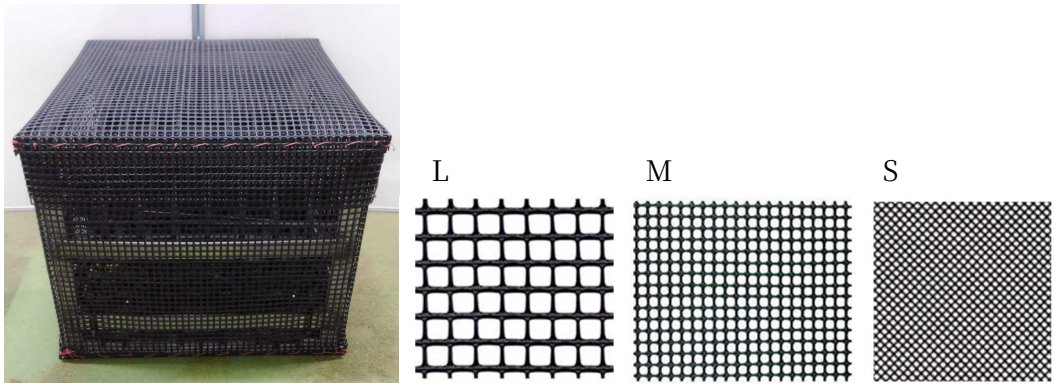


写真-11　新たに試作した中間育成礁

写真-12　中間育成礁の漁港内での設置状況

４．２　結果

４．２．１　福島漁港（白符地区）

図-11 に放流後の礁内の稚ナマコ個体数の変化、図-12 に礁内の稚ナマコの体長の変化を示す。福島漁港の調査では稚ナマコ 200 個体を目合いの異なる 3 つの区（S 区, M 区, L 区）に加え、メッシュで覆わない区（コントロール）に放流した。3 ヶ月後の生残率は、S 区で 100%と最大で、M 区及び L 区では約 90%、コントロール区では、放流後最初の 3 ヶ月で 60 個体減少した。3 ヶ月後の平均体長については、コントロール区で約 45mm、次いで L 区の 43mm、S 区で最も小さく 38mm という結果であった。半年後の生残率は、S 区及び M 区において 100%と最大で、目合いの一番大きな L 区では 69%、何も対策していないコントロール区では最低の 60%であった。半年後の平均体長については、L 区で約 53mm (2.1 倍) と最大となり、次いでコントロール区、M 区、S 区で最も小さく 46mm という結果であったが、礁内の稚ナマコの総重量では、L 区ではなく M 区で 462.98g と最大であり、その値はコントロール区の約 1.7 倍であった (表-5)。M 区において 3 月に一度生残数が若干減少し 6 月で再び 100%となっているが、これは稚ナマコへの陸揚げのストレスを軽減するため調査毎に異なる礁を陸揚げ（初期放流個体数は全て同じ）して計数したためである。礁内には L 区でのみ小型のオオヨツハモガニ（甲幅 10mm 前後）が 6 月の調査時に数個体確認されたが、S 区及び M 区ではカニ・ヤドカリ類は一切認められなかった。

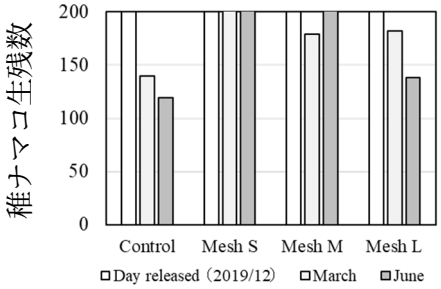


図-11　礁内の稚ナマコ個体数の変化

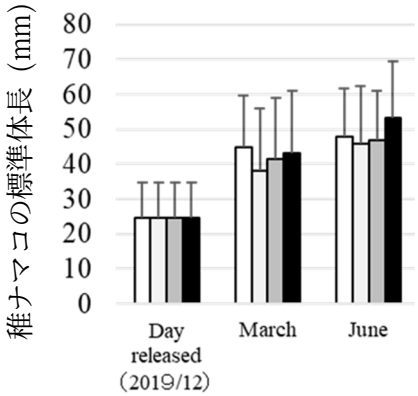


図-12　礁内の稚ナマコ体長の変化

(□：コントロール区, ▒：S 区, ▒ M 区,■: L 区)

表-5　各試験礁内の半年後の稚ナマコ総重量（湿重量）

	半年後の総重量 (g)
Control	268.00
Mesh S	436.76
Mesh M	462.98
Mesh L	453.64

４．２．２　古平漁港

図-13 に放流後の礁内の稚ナマコ個体数及び体長の変化を示す。古平漁港の調査では稚ナマコ 100 個体を福島漁港同様の目合いの異なる 3 つの区（S 区, M 区, L 区）に加え、メッシュで覆わない区（コントロール）に放流した。放流 4 ヶ月後の生残率では、S 区で 99%と最大となり、M 区は 70%、L 区では 59%、コントロール区では最低の 15%であった。平均体長については、コントロール区で約 49mm と最大となり、次いで M 区で 40mm、L 区もほぼ同様の 39mm、S 区で最も小さく 33mm という結果であった。9 ヶ月後の生残率は、S 区で 97%と最大となり、M 区は 69%、L 区では 55%、コントロール区では最低の 15%であった。平均体長については、コントロール区で約 83mm と最大となり、次いで M 区と L 区の 59mm、S 区で最も小さく 50mm という結果であった。一方で、礁内の稚ナマコの総重量では、コントロール区で最小の 138.42g、M 区にて 250.01g と最大であった (表-6)。礁内には S 区、M 区及び L 区において、カニ・ヤドカリ類は一切認められなかった。

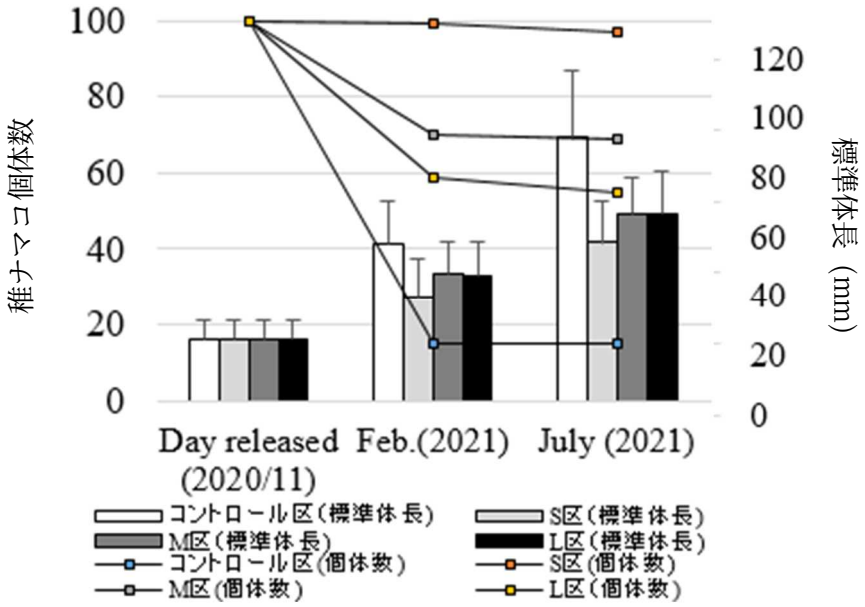


図-13　礁内の稚ナマコ個体数と体長の変化

表-6　各試験礁内の 9 ヶ月後の稚ナマコ総重量（湿重量）

	9ヶ月後の総重量 (g)
Control	138.42
Mesh S	239.12
Mesh M	250.01
Mesh L	225.86

４．３　考察

本調査により、メッシュで食害生物の侵入を抑制する加工を加え、餌環境を最適化した内部構造の中間育成礁を用いて種苗放流を行う事により最短 3 ヶ月で平均体長 40mm 前後のマナマコを 100%という驚異の生残率で保護育成できる事が確認され（福島漁港）、古平漁港においても、目合いの一番細かい S 区への放流する事で、生残率 97%で放流サイズ 19mm の稚ナマコを平均体長 50mm まで成長させる事に成功した（写真-13）。古平漁港では、S 区以外の実験区の生残率が福島漁港と比べ低い値となったが、当該礁を設置した漁港水域（古平漁港第 3 港区）における広範囲の底泥の化学分析調査を同年の 11 月に行ったところ、礁を設置したエリアの底泥中の有機物蓄積の指標となる全有機炭素（TOC）、全窒素（T-N）が非常に高く、特に硫化物濃度が高かった（0.6mg/g）事が明らかとなっている [22]。水産用水基準では水生生物の生息環境として望ましい硫化物濃度は 0.2mg/g 以下と定められており、0.1mg/g 程度でもアサリなどの底生生物の生残に影響を及ぼすという報告もあるため [23]、古平漁港の礁を設置した場所は稚ナマコの生息環境としても望ましい状態ではなかった事が推察された。一方で、S 区の生残率が 99%と高い値であった事から底質の化学的環境の影響で隣り合って配置されていた他の区においてのみ礁内に放流した稚ナマコが斃死したとは考えにくい。目合いの一番細かい S 区ではほぼ全数生残し、その他の区（古平漁港）でも放流 4 ヶ月後以降では生残率にほとんど変化が見られなかった [M 区: 70%（4 ヶ月後）→69%（9 ヶ月後）, L 区: 59%（4 ヶ月後）→55%（9 ヶ月後）] 事から、礁を設置した周辺の海底環境が良好でなかった当該漁港においては、用いた目合いが大きい礁でのみ放流直後に小型の稚ナマコが一定数礁外へ逃避した可能性が示唆された。福島漁港においても、放流後の稚ナマコの生残率は S 区及び M 区の両区で半年後でも 100%であったにも関わらず目合いの大きい L 区でのみ 69%と低かった。福島漁港にて放流した稚ナマコのサイズが古平漁港よりも大きかった事から、福島漁港では L 区においてのみ小型の稚ナマコが礁外へ出たことによる生残率の低下が考えられた。この結果は、食害生物侵入防止の目的で設置したメッシュが稚ナマコの礁外へ出て行く事を防止する機能としても働いた可能性を示している。本来の目的である食害生物の侵入防止の機能については、福島漁港の L 区でのみ小型のオオヨツハモガニ（甲幅 10mm 前後）が数個体確認されたが、他の区及び古平漁港ではカニ・ヤドカリ類の出現は一切認められなかった。福島漁港の L 区では、6 月の陸揚げ後に礁の上蓋が一部緩んでいた事が確認されており、それにより生まれた空間から小型のオオヨツハ

モガニが侵入した、あるいは、L 区の目合いサイズを通れる大きさの段階で内部に侵入した可能性が考えられたが、L 区では放流後 3 ヶ月の時点ですでに 40mm 前後のサイズまで成長していたことから、それら小型のオオヨツハモガニによる捕食が生残数に影響したとは考えにくい。当該礁の稚ナマコ収容力については、福島漁港で半年後の礁内の稚ナマコ総重量は M 区で最大 462.98g（200 個体）、古平漁港で生残率 97%であった S 区の値を用いて、仮に 200 匹放流し同様のサイズの稚ナマコを生産できたと仮定すると 493.03g（200 匹）となり福島漁港の値と近い値になる事から、当該礁を用いる事で放流時総重量 20g（古平漁港）の稚ナマコを 450g（22.5 倍）から 500g（25 倍）に育てる事ができるポテンシャルを当該中間育成礁は持つことを意味している。

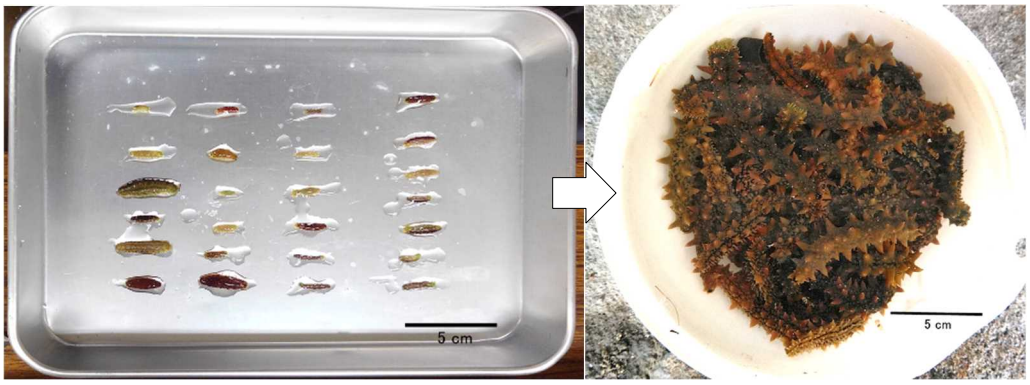


写真-13　中間育成礁内で育てた稚ナマコ [24)]

＜参考文献＞

22)　稲葉信晴，松本卓真，白井さわこ，内山伸二，的野博行：漁港内における底質環境とマナマコの分布特性，令和 4 年度日本水産学会春期大会講演要旨集.

23)　平澤充成，善功企，寺崎英一，的野一郎，森橋真，田中信夫：底質中の硫化物に着目した人工干潟のアサリ生息場への適用性に関する研究，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，72 (2), pp.1399-1404, 2016.

24)　松本卓真，稲葉信晴，森健二，片山真基，穴口裕司：マナマコ中間育成礁「ナマコのゆりかご」の開発－種苗放流・育成場としての漁港水域の有効活用に向けて－，第 22 回全国漁港漁場整備技術研究発表会論文集, pp.64-71, 2024.

第５章　新技術「ナマコのゆりかご」の概要

第５章は、本共同研究で実施した試験・調査の結果に基づき設計を行い製品化した「ナマコのゆりかご」の仕様および特徴、また使い方について、整理したものである[24)]。

５．１　ナマコのゆりかごの仕様と特徴

ナマコのゆりかごの仕様および構造・外観を表-7 および図-14 に示す。本製品は本体と防護枠の 2 つに分かれており、本体のサイズは幅 600mm、長さ 550m、高さ 400mm、質量 26kg で、防護枠は幅 533mm、長さ 533mm、高さ 533mm、質量 19kg、本体と防護枠を合わせた総質量は 45kg と比較的軽量である。材質は本体と防護枠のフレームおよび底面は鋼材（SS400)、稚ナマコの付着基質に使用する貝殻はホタテガイ殻、パイプには高密度ポリエチレン製のメッシュパイプ、防護ネットには目合 8mm 以下のポリエチレン製ネットを使用している。

表-7　ナマコのゆりかごの主な仕様

部材	サイズ	重量	材質
本体	幅: 600mm 長さ: 550mm 高さ: 400mm	26kg	フレーム: 鋼材 (SS400) 底面: 鋼材 (SS400)
防護枠	幅: 533mm 長さ: 533mm 高さ: 533mm	19kg	フレーム: 鋼材 (SS400) ネット: ポリエチレン

図-14　ナマコのゆりかごの構造（上）と外観（下）

ナマコのゆりかごの主な特徴 (5 つ) を以下に整理した。

1. 稚ナマコの付着基質には、放流後の生残率・餌料環境ともに最も優れていたホタテ貝殻を 15mm 間隔で配置した基質を採用。
2. 土砂の堆積による生息環境の悪化に対応するため、基質底面を座上げし、主な稚ナマコの生息場となる付着基質を 2 段組とし、鋼板により底面積を広くとり、海底面に対する接地圧を低く抑えた。このような構造とすることで、土砂の流入が多い場所、底質が軟らかく施設の埋没・沈下が懸念されるような環境下においても稚ナマコの生息場としての好適環境を維持する事が可能。
3. オオヨツハモガニやケブカヒメヨコバサミのようなこれまで知られていなかったカニ・ヤドカリ類を含めた食害生物の侵入および初期の稚ナマコの散逸を防ぐための防護ネットを装着する。ネットの目合は稚ナマコの捕食が可能な甲幅 10mm 以上のカニ類が侵入できないように 8mm 以下となるものを基本としている。目合は細かくなると稚ナマコの周囲への逸散が減り滞留率が高まるが、浮泥や付着物の多い場所では目詰まりが懸念されるため、8mm 以下の範囲で適切な目合を設定。防護枠と本体との装着部は脱着が容易にできるようにし、鋼枠と本体底面の鋼板が密接するため、外敵生物の侵入、稚ナマコの流失を極力防げる構造。
4. 小型・軽量とすることで、大型クレーン等の重機を必要とすることなく、種苗放流や中間育成などを実施する漁業者らが自らの工夫で活用できるサイズ。
5. 稚ナマコの育成礁として特許を取得[25)]。

５．２　放流方法について

ナマコのゆりかごを用いた稚ナマコの放流は、①ダイバーによる方法と②船上（陸上）でゆりかご本体に稚ナマコを収容し、ロープでゆりかごを海底に降ろして設置することによって放流を行う 2 つの手法がある。

① 1 つ目のダイバーによる放流手法プロセスのイメージを図-15 に示す。まず、ナマコのゆりかご本体に餌となる珪藻等を付着させるため、放流事前に防護ネットを装着した状態で海中に設置する。一定期間（数日～１ヵ月程度）経過後、放流する稚ナマコを蓋つきのタッパー（あるいはメッシュ状の袋）等に入れ、ダイバーによりナマコのゆりかご本体に放流し、即座に防護枠を装着する。放流の際には、慎重な操作、静穏なタイミングでの実施を心掛け、流動環境に合わせて、礁外への稚ナマコの流出を最小限にするための方法を採用する（例えば、蓋を軽く開けた状態の容器（あるいはメッシュ状の袋）ごと防護枠を装着し、後日、容器のみを回収するなど)。その後、海域環境にもよるが、概ね半年後にダイバーにより防護枠を取り外すことで、食害を受けにくいサイズまで成長した稚ナマコの周囲への分布拡大を促す。

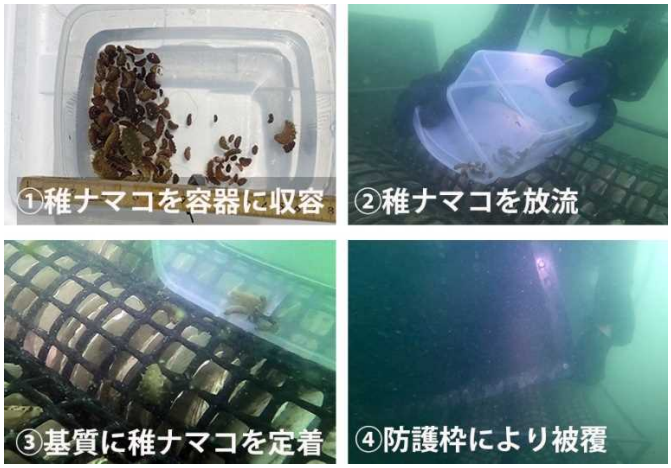


図-15　ダイバーによる稚ナマコ放流プロセス

② 2つ目の方法は船上（陸上）でゆりかご本体に稚ナマコを収容し、防護枠を装着した状態で海底に降ろして設置することによって放流を行う手法である（図-16）。本手法では放流時にダイバーが不要となること、また、放流時の礁外への稚ナマコ流出が発生するリスクがないことがメリットとなる。防護枠の取り外しは、本体ごと船上に引き上げるか、ダイバーにより海中で防護枠を取り外すかになる。なお、船上に引き上げる場合は、設置時に防護枠の取っ手部にロープとブイを予め付けておく必要がある。

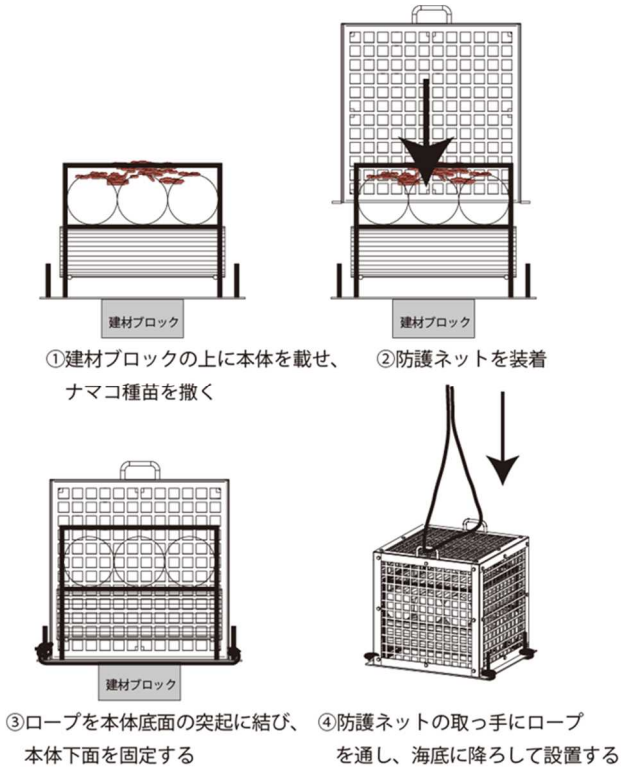


図-16　船上からの稚ナマコ放流プロセス

＜参考文献＞

25)　片山真基，穴口裕司，稲葉信晴，的野博之：稚ナマコの育成礁．特許第 7298829 号．2023-06-27．

第6章　おわりに

本報告書では、道南の福島漁港（白符地区）及び積丹半島東部に位置する古平漁港をフィールドに実施した種苗放流調査を通じた生息場所としての基質や適正環境などについての調査（第2章）、新たな捕食者の特定とその影響評価に関する調査（第3章）、食害防止を目的とした礁の効果検証（第4章）、そして、以上で得られた成果に基づき設計、共同開発された新技術「ナマコのゆりかご」の概要（第5章）についてまとめた。

本共同研究で得られた成果は、数多くの国内外の学術論文や研究発表会において発表するとともに、特許取得や製品化による社会実装への取り組みに繋げている。今後は、現場における「ナマコのゆりかご」の活用事例の情報発信を強化し、実装後に現場水域で得られた新たな知見を迅速にフィードバックすることで、本技術の普及を推進し、ナマコ資源回復に貢献していくことが肝要と考えている。ナマコ資源回復や増養殖の推進のほか、人口減少や高齢化が進む漁業地域の活性化、漁港水域の有効活用など、幅広い社会貢献への寄与を目指し、引き続き関係各位との連携を深めて取り組みを推進していきたい。

最後に、本試験の実施にあたりご協力いただいた福島町、古平町、福島吉岡漁協、東しゃこたん漁協ならびに国土交通省北海道開発局や北海道立総合研究機構の関係者各位に深く感謝申し上げる。

共同研究報告書
COOPERATIVE RESEARCH REPORT of P.W.R.I.
No.623 November 2025

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所
寒地土木研究所　寒地技術推進室
〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 電話 011-590-4046