



ナマコ生息環境に配慮した漁港施設の 検討について

— 苫前漁港におけるケーススタディ —

留萌開発建設部 留萌港湾事務所 第2工務課

○高橋 優太

寺田 卓史

北日本港湾コンサルタント株式会社

清野 克徳

宗谷・留萌管内が主要産地である北海道産マナモコは、中国で高級食材として高値取引されているが、近年は資源の減少が課題となっている。こうした中、漁港施設にナマコ生息機能を付加することで資源の増大が可能となれば、漁家経営の安定や経費節減等の多大な効果を得ることができる。そこで、苫前漁港をケーススタディとして現地調査を実施し、ナマコ生息環境に配慮した漁港施設について検討したので報告を行うものである。

キーワード：ナマコ、生息環境、漁港施設、中間育成

1. はじめに

留萌管内は、宗谷管内・渡島管内に次ぐナマコの主要な産地であり、全道漁獲量の13%を占める¹⁾。その留萌管内では、羽幌町が40%、隣町である苫前町が13%を占め、両町で管内の半数以上となっている。苫前町では、ナマコ資源保護のため、漁獲制限等による資源管理に努めているものの、漁獲枠に届かずに終漁を迎える年次が増えている。また、漁業者の高齢化に伴い、沖合漁業から磯根漁業への転換が求められており、ナマコを含めた磯根資源の回復・増大が喫緊の課題となっている。こうした中において、漁港水域やその近傍にナマコの生息機能を具備した施設を整備することによって資源の増大を図ることが可能になれば、漁家経営の安定はもとより、漁労時間や経費の削減等の多大な効果が期待できる。

留萌開発建設部では、これまで苫前漁港をケーススタディとしたナマコの生息環境に配慮した環境共生型漁港施設の検討として、天然生息場と漁港周辺における生息状況調査をもとに苫前漁港での生息機能付加施設を選定し、生息基質としての機能検証のための現地試験を行ってきた。加えて、港内蓄養水面の有効活用策として、稚ナマコの中間育成方法の選定及び生残・成長に関する現地試験を実施し、その有効性を提示した²⁾。その一方で、効率的な中間育成を行うためには、苫前漁港における環境収容力を把握した上での適切な飼育密度の設定が課題となったほか、中間育成において大きなウエイトを占める種苗購入費の削減策として、地元漁協で生産が可能となったナマコの着底稚仔(体長0.4mm)を対象とした容易で効果的な中間育成方法の確立が求められた。本稿では、第一に漁港構造物にナマコの生息機能を付加するための

現地試験による基質ブロックの選定と実構造物におけるフォローアップ調査の概要、第二に苫前漁港における環境収容力を踏まえた適切な飼育密度の提案と着底稚仔(体長0.4mm)の港内中間育成の可能性、苫前漁港における中間育成方法の提案、第三にこれまでの現地試験で得られた知見を取りまとめた「漁港水域を活用したマナモコ資源の維持・増大方策(案)」の概要について報告する。

2. 漁港施設の生息機能付加方策の検討

(1) 生息基質の現地試験

現地試験は、ナマコ生息環境機能付加構造物として選定した東外防砂堤延伸部の消波ブロック等への機能付加に向けての基礎資料とするため、試験ブロックによるナマコ生息機能の効果確認を行った。

a) 試験方法

試験ブロックは、ナマコの生息機能を具備した消波ブロックや被覆ブロック等の表面加工を想定し、図-1、図-2に示す「多孔型ブロック」と「溝型ブロック」の2種類とした。多孔型ブロックは、苫前海域の天然生息場において、稚ナマコが穿孔貝であるカモメガイの棲管(岩盤に開けた孔)を隠れ家とする現象³⁾が確認されたことを模倣したものである。また、溝型ブロックは、ナマコが自分の体型に見合った凹みや岩陰等を棲み家や隠れ家とする現象を模倣したものである。試験箇所は、図-3に示す東外防砂堤近傍の東外防波堤港内側とし、エリア1とエリア2の2つの試験区で実施した。各試験区は、エリア1が防波堤先端部で海浜流や漁船航行に伴う流れのある

場所、エリア2が静穏で流れが遅い場所であり、主として流れ環境が異なる場所となっている。試験ブロックは、1エリアあたり4基(2種類×2基)×2エリアの計8基とし、令和2年9月に設置した。現地試験は、設置1ヶ月後の10月、3ヶ月後の12月、9ヶ月後の令和3年6月、12ヶ月後の9月の計4回にわたって、ダイバーによるナマコの生息状況の目視観察を行った。

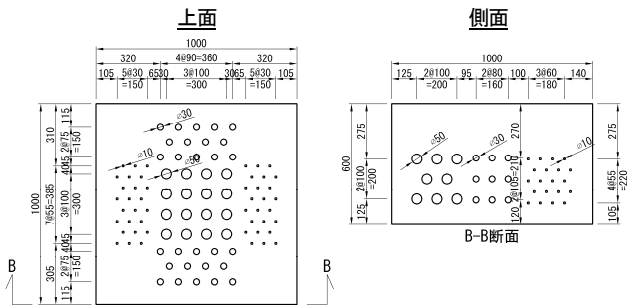


図-1 多孔型ブロック

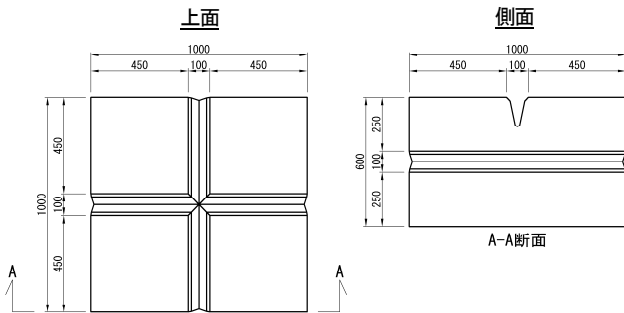


図-2 溝型ブロック

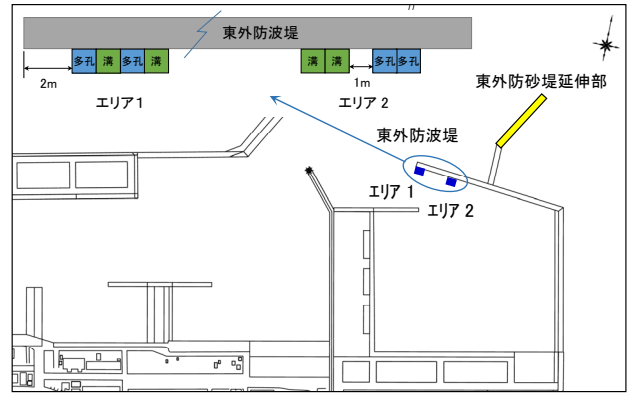


図-3 試験箇所

b) 試験結果

多孔型ブロックは、無加工部においてナマコの出現が見られたものの、孔部での出現が一度も確認されなかった。この大きな要因としては、設置後1ヶ月の時点で上面の縦孔が全て砂で埋没し、当初想定した隠れ家機能を喪失したためである。一方、側面の横孔は一部を除いて埋没することなく保持されていたものの、ナマコの出現が見られなかった。これは試験エリアにおける稚ナマコの絶対数が少なく、ブロックとの遭遇機会が少なかったのではないとも考えられた。また、天然生息場で見られた孔を隠れ家とする行動については、これまで知見がなく、稚ナマコ特有なものなのか、どのような状況下で利用するのか、縦孔・横孔の選択性があるのかなど不明な点が多く、試験環境が孔を利用する条件に合致しなかった可能性も考えられる。結果として、孔部の効果の確認には至らなかった。なお、写真-1のように側面の横孔では設置1ヶ月後に多数のカニ類や稚ダコの生息が見られたことから、少なくともナマコより運動能力が優る生物の隠れ家としての機能を有することは確認された。



写真-1 横孔に生息する稚ダコ

一方、溝型ブロックは、設置後1ヶ月の段階から上面にナマコが確認され、日数の経過とともに出現数も増加した。溝部では、写真-2のようにエリア1が設置後9ヶ月、エリア2が設置後1ヶ月からナマコが出現し、設置後12ヶ月のエリア2では23個体中10個体が溝部で確認され、その10個体中8個体が稚ナマコであった。また、設置後12

ヶ月は、港内の平均水温が20.3℃とナマコの夏眠温度である18℃を上回り、出現した成ナマコの大半が防波堤とブロックの隙間で夏眠していたものの、溝部でも2個体の夏眠が見られた。よって、溝部は稚ナマコ及び成ナマコの生息場や隠れ家として有効であることが確認された。

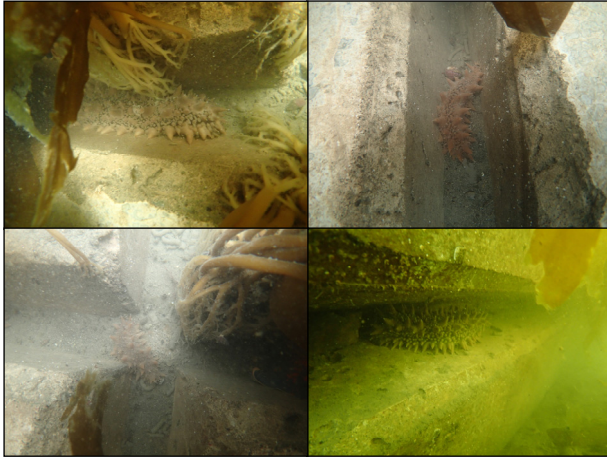


写真2 溝部のナマコ生息状況

(2) 生息基質の選定

一連の調査結果をもとにエリア別ブロック別のナマコ出現数を図4に整理した。ナマコの出現数は、調査期間を通して、溝型ブロック>多孔型ブロックの順となっていた。その他の生物は、両ブロックともに生物種が2~3種類で総出現数も同程度で推移した。多孔型ブロックは、孔部が砂で埋没し機能を喪失した状態であり、溝型ブロックの無加工部のナマコ出現数と同程度であった。一方、溝型ブロックは、調査期間を通してナマコの出現数が優位となっていた。出現数が優位となった要因は溝部の効果であり、稚ナマコ及び成ナマコともに有効であることが確認されている。よって、苫前漁港において漁港構造物にナマコの生息機能を付加する表面加工方法としては、「溝型ブロック」が効果的であると判断した。

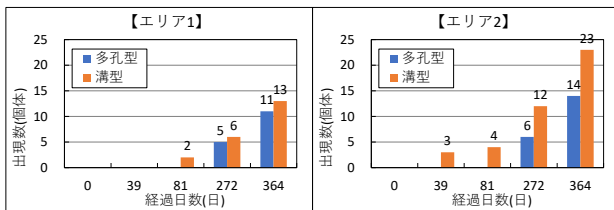


図4 試験ブロック別のナマコ出現数

(3) フォローアップ調査の概要

調査対象となる東外防砂堤延伸部100mは、令和3年度に70m施工し、令和4年度残り30m区間において図5に示す消波ブロック法尻部への「溝付き消波ブロック」と洗掘防止工マウンド上に「調査ブロック(溝加工)」を設置した。令和5年度以降、各ブロックのナマコ生息機能としての効果を検証するための追跡調査を行う予定である。

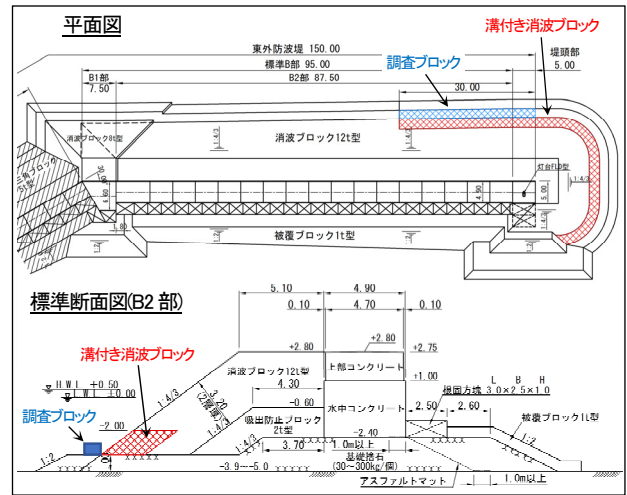


図5 ブロック設置箇所

3. 漁港水域を活用したナマコ中間育成の検討

(1) 環境収容力の現地試験

筆者らは前報²⁾において、漁港水域を活用した稚ナマコの中間育成の有効性を示した。その一方で、育成カゴによる中間育成では、カゴに付着した生物との餌料競合による成長阻害が確認された。そこで、育成カゴでのナマコの餌料競合代表3種(ムラサキイガイ、ホタテガイ、ホヤ類)の生物量を調査するとともに、稚ナマコの飼育密度を変化させて環境収容力を把握する試験を行った。

a) 試験方法

試験方法は、これまでと同様に、写真3のように港内にイカダを設置し、カゴを水深2mに垂下する方式である。育成カゴは、内部に稚ナマコが付着できる基質(塩ビシエルター)を設置した状態で稚ナマコの飼育密度が異なる3つのケースとし、ケース1が30個体/m²(計132個体)、ケース2が90個体/m²(計396個体)、ケース3が150個体/m²(計660個体)とした。現地試験は、令和2年10月下旬に稚ナマコの初期体格計測(体長,体幅,体重)を行ってカゴを設置し、約1ヶ月後の12月上旬、8ヶ月後の令和3年6月、12ヶ月後の10月の計3回にわたって稚ナマコの個体数と体格計測及び餌料競合生物3種の平均サイズを計測した。また、12ヶ月後の調査では、餌料競合生物3種を全量採取し、湿重量(ホタテガイ及びムラサキイガイは軟体部)の計測を行った。

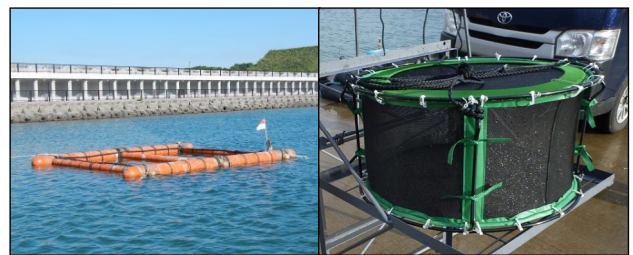


写真3 試験用イカダと育成カゴ

b) 生残率と生息密度

生残率及び生息密度の推移を図-6に示す。生残率は、越冬した8ヶ月後で大きく低下し、夏を経過した最終の12ヶ月後ではケース1が52.3%、ケース2が36.9%、ケース3が26.2%となった。生息密度が高いほど生残率が低くなった要因は、冬期の結氷を伴う低水温と夏期の記録的な高水温(28.9℃)の影響と考えられる。特に、高密度状態であるケース2及びケース3は、稚ナマコ個々の活力が低いために低水温や高水温への耐性が弱く減耗が生じたと推察される。また、生残率の低下に伴い、生息密度は12ヶ月後でケース1が15.7個体/m²、ケース2が33.2個体/m²、ケース3が39.3個体/m²に低下した。

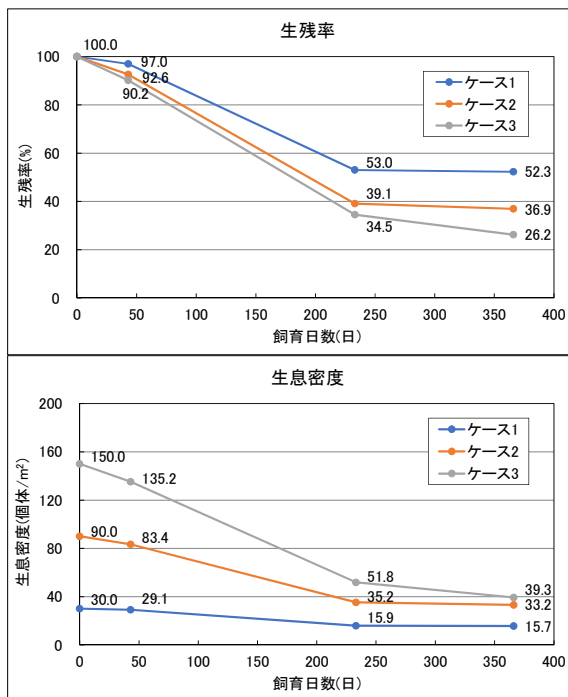


図-6 生残率と生息密度の推移

c) 成長度

標準体長及び体重の推移を表-1に示す。平均標準体長は、8ヶ月後で29.9mm~39.7mm、12ヶ月後で42.1mm~51.0mmであり、初期密度に反比例して個体が小さくなっていた。一方、初期値(令和2年10月)に対する成長度(平均標準体長の比率)は、8ヶ月後で1.7倍~2.4倍、12ヶ月後で2.4倍~3.1倍であり、冬期の低水温、夏期の高水温を経過しても成長が見られた。また、天然海域への放流サイズである体長30mm以上³⁾に成長した個体の割合は、12ヶ月後のケース1とケース2で100%であった。

d) 環境収容力

環境収容力とは、ある環境下において、そこに継続的に存在できる生物の最大量のことであり、特定の個体群密度が飽和に達したときの生物量である。育成カゴによる中間育成では、育成対象種と餌料が競合する付着生物の総和が環境収容力となる。対象とした付着生物は、過

表-1 稚ナマコの体格測定結果

計測日	ケース	生残数	項目	平均	最大	最小	標準偏差
初期値 R2.10.27	1	132	標準体長(mm)	16.4	22.6	9.3	2.9
			体重(g)	0.15	0.06	0.33	0.06
	2	396	標準体長(mm)	17.0	23.8	10.7	2.2
			体重(g)	0.14	0.35	0.06	0.06
	3	660	標準体長(mm)	17.2	24.3	10.0	2.6
			体重(g)	0.14	0.39	0.06	0.05
8ヶ月後 R3.6.17	1	70	標準体長(mm)	39.7	65.7	23.6	9.4
			体重(g)	1.54	5.43	0.41	0.97
	2	155	標準体長(mm)	32.8	55.1	15.3	7.3
			体重(g)	0.82	2.91	0.13	0.52
	3	228	標準体長(mm)	29.9	51.7	13.3	6.0
			体重(g)	0.58	1.83	0.10	0.29
12ヶ月後 R3.10.27	1	69	標準体長(mm)	51.0	77.7	35.0	10.4
			体重(g)	3.80	9.32	1.14	2.18
	2	146	標準体長(mm)	46.1	71.3	30.9	9.3
			体重(g)	2.20	6.58	0.68	1.32
	3	173	標準体長(mm)	42.1	65.4	24.3	8.1
			体重(g)	1.75	4.80	0.40	0.89

年度調査結果から稚ナマコと同じ懸濁物食者であり、稚ナマコの生残・成長に影響を与える優占種として、ムラサキイガイ、ホタテガイ、ホヤ類の3種類とした。12ヶ月後の稚ナマコを加えた総生物量は、ケース1が約1,300g、ケース2とケース3が同程度の約1,600gであり、ケース1が少ない結果となった。生物割合は、各ケースともにホヤ類が70%以上を占め、次いで、稚ナマコが20%程度、ムラサキイガイが5%程度であり、ホタテガイが1%未満という状態であった。ケース2とケース3は、稚ナマコの初期密度が高く、生残率が大きく低下(約30%)していることから、懸濁物食者の生物量が飽和状態であったと考えられる。一方、ケース1は、総生物量が少なく生息環境に余裕があったことから、稚ナマコの成長度が最も高くなったと考えられる。よって、苫前漁港における環境収容力を考慮した稚ナマコの飼育密度(生息限界密度)は、おおむね30個体/m²であると推定される。

(2) 着底稚仔の中間育成の現地試験

道内では、平成21年に発行されたマニュアル⁴⁾を契機に、漁港の荷捌き所などでも行える種苗生産技術が全道に普及し、各地域において着底稚仔(体長0.4mm程度)の生産が可能な状況となってきている。しかし、その着底稚仔を大きく育てるためには、陸上飼育施設等に多大な費用や維持費を要するほか、それを管理するための労力が必要となるため、着底稚仔のまま海域放流を行っている事例が多々見られている。その一方で、着底稚仔の海域放流による効果については分かっていないのも事実である。そこで、漁港水域における育成カゴでの着底稚仔の中間育成を想定した生残・成長に関する試験を行った。

a) 試験方法

試験方法は、前節の「環境収容力の現地試験」と同じく、イカダからカゴを水深2mに垂下する方式とした。育成カゴは、2基使用して「北るもい漁協苫前支所」で生産した稚仔が付着した採苗器2セット/基を収納した。カゴ1基あたりの推定稚仔付着数は、2,155個体採苗器×

2セット=4,310個体である。現地試験は、令和2年8月にカゴを設置し、12ヶ月後の令和3年8月に稚ナマコの個体数と体格計測(体長,体幅,体重)を行った。

b) 試験結果

12ヶ月後の推定生残率は、6.1%~7.4%で平均6.8%であった。一方、平均標準体長は、36.5mm~37.1mmで平均36.8mmであった。天然海域への放流サイズである体長30mmを超える割合は、61.7%と半数以上であり、やや小さい体長25mm以上を加えると80.1%が放流可能サイズとなる。よって、着底稚仔の育成カゴ垂下式による中間育成は、推定生残率が7%程度に止まったものの、その大半が放流サイズに達しており、稚仔が付着した採苗器をカゴに収容して海中に垂下するのみの無管理で行えることを勘案すると、十分に有効な手段であると考えられる。

(3) 苫前漁港における中間育成方策

これまでの現地試験結果をもとに、総合的な見地から苫前漁港での稚ナマコの中間育成モデルを検討した。

a) 育成方式

育成方式は、育成カゴ多段垂下方式とする。中間育成では、担当者の負担軽減のため無給餌、無管理を想定しているほか、低コストで行えることも重要である。一連の現地試験では、前掲の写真-3に示した円筒状の育成カゴ(直径80cm)を用いている。この程度のカゴであれば、人力で上げ下ろしが可能であり、クレーン等の機材も不要となる。また、カゴが大きく損傷した場合には、それのみを買い換えることで費用負担を抑えることができ、補修のための労力削減にもなる。さらに、カゴ式は、稚ナマコの付着基質を内部に置くことで表面積が増加し、多くの個体を収容することができるほか、多段に垂下することで漁港水域を立体的に有効活用することができる。

b) 飼育密度

飼育密度は、苫前漁港の環境収容力を考慮して30個体/m²とする。育成カゴ1基あたりの収容個体数を算定する面積は、カゴの内面積と付着基質の合算とする。

c) 育成期間

育成期間は12ヶ月とする。今回得られた飼育密度と生残・成長の関係をもとに、8ヶ月間及び12ヶ月間の中間育成を行った場合の必要経費について試算を行った。設定条件は、中間育成後の個体を全て海域放流し、1,000個体が生残して資源量に添加されるのに必要な種苗の購入費とし、カゴ等の購入費や作業に係わる人件費は考慮しない。また、カゴに収容する種苗の初期密度は30個体/m²、購入種苗の初期体長は15mmと設定した。中間育成期間別の必要経費の算定結果を表-2に示す。必要経費は、パターン1(育成期間8ヶ月)が購入種苗数2,862個体で購入費85,860円、パターン2(育成期間12ヶ月)が購入種苗数1,962個体で購入費58,860円となり、パターン2の方が3割程度安価(69%)となった。よって、苫前漁港における中間育成期間は、必要経費の面から12ヶ月間が有利となる。

表-2 中間育成期間別の必要経費

項目	内訳	数量	単位	備考
設定条件	種苗単価 ①	30	円/個体	消費税抜き
	種苗初期体長 ②	15	mm	
	目標放流後残留数 ③	1,000	個体	
【パターン1】 中間育成期間：8ヶ月				
項目	内訳	数量	単位	備考
中間育成	初期密度 ④	30	個体/m ²	
	育成後生残率 ⑤	53.0	%	
	育成後種苗生残数 ⑥(④×⑤)	16	個体/m ²	
	育成後体長変化率 ⑦	242	%	
	育成後体長 ⑧	36	mm	
海域放流	放流後残留率 ⑨	65.9	%	残留率は参考文献3より推定
	必要放流数 ⑩(③/⑨)	1,517	個体	
必要経費	購入種苗数 ⑪(⑩/⑤)	2,862	個体	
	種苗購入費 ⑫(⑪×①)	85,860	円	30円/個体
【パターン2】 中間育成期間：12ヶ月				
項目	内訳	数量	単位	備考
中間育成	初期密度 ④	30	個体/m ²	
	育成後生残率 ⑤	52.3	%	
	育成後種苗生残数 ⑥(④×⑤)	16	個体/m ²	
	育成後体長変化率 ⑦	311	%	
	育成後体長 ⑧	47	mm	
海域放流	放流後残留率 ⑨	97.5	%	残留率は参考文献3より推定
	必要放流数 ⑩(③/⑨)	1,026	個体	
必要経費	購入種苗数 ⑪(⑩/⑤)	1,962	個体	
	種苗購入費 ⑫(⑪×①)	58,860	円	30円/個体

d) 放流時期

苫前地区での稚ナマコの海域放流時期は、10月中旬から5月中旬までとする。放流後の稚ナマコは、害敵生物による食害や波浪等による飛散で減耗が生ずる。このうち、道内では食害に対する知見が少ないものの、カニやヤドカリ類が稚ナマコの生残に悪影響を及ぼすことが示唆されている⁹⁾。忍路湾を対象にカニ類の摂餌率の変化を調べた室内試験では、水温が上昇する6月~8月に増加し、8月にピークとなって9月以降の水温の低下とともに減少して1月~3月が極めて低く、4月から再び増加する。特に、ヒライソガニの摂餌活動は、15℃を超えると非常に活発となり、10℃以下では活動しないと報告されている⁷⁾。また、ヨツハモガニによるウニ種苗の捕食室内試験では、水温5℃の低水温の下では20℃に対して、捕食を明らかに受け難かったと報告されている⁸⁾。これらのことから、害敵生物による放流稚ナマコの食害を極力避けるためには、水温10℃以下となる時期に放流するのが良いと思われる。図-7は、苫前漁港内の過去5カ年の水温変化(5月~1月)を示したものである。これによると水温10℃を下回る時期は、11月上旬以降であり、5月には再び10℃を上回っている。これを踏まえて、実際の放流場所となる天然生息場は外海であるため、漁港内より水温が低く推移することから放流適期間を10月中旬から5月中旬までと設定した。

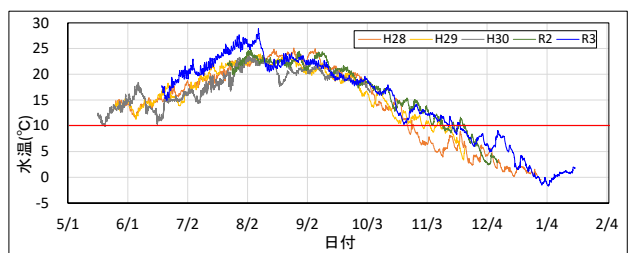


図-7 苫前漁港の年別水温変化

e) 中間育成サイクル

現状で想定される購入種苗と着底稚仔を対象とした中間育成サイクルを表-3に示す。育成サイクルは、購入種苗の供給が始まる10月下旬～翌年10月上旬、着底稚仔の採苗時期である8月中旬～翌年8月上旬とした。この場合、着底稚仔では、放流適期となる10月中旬までの一時保管が必要であり、その方法と場所の確保が課題となる。

表-3 中間育成サイクル

種苗	年次	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
購入種苗	開始年										準備	育成(開始)	
	翌年								育成(終了)		海域放流		
着底稚仔	開始年								準備	育成(開始)			
	翌年							育成(終了)	一時保管		海域放流		

4. 漁港水域を活用したマナマコ資源の維持・増大方策(案)の概要

本方策(案)は、留萌開発建設部が平成27年度から令和3年度に業務発注した「苫前漁港水域環境機能施設検討業務」の成果をもとに、苫前漁港をケーススタディとした漁港水域を活用したナマコ人工種苗の中間育成方法と漁港構造物へのナマコの生息環境機能付加方法に関する知見を取りまとめたものである。本書は、「第1章 総説」、「第2章 マナマコ人工種苗の中間育成方法」、「第3章 漁港構造物へのナマコ生息環境機能付加方法」で構成されている。本書は、既に各開発建設部に配布を行っており、関係各所の一助となることを期待している。表紙のイメージは、以下のとおりである。



5. おわりに

本検討によって得られた成果は、以下のとおりである。

- ・試験ブロックによるナマコ生息機能の効果検証を行った結果、ナマコの出現数は、調査期間を通して溝型ブロック>多孔型ブロックであった。
- ・苫前漁港において漁港構造物にナマコの生息機能を付加する表面加工方法は、「溝型ブロック」が効果的であると判断した。
- ・令和4年度、ナマコ生息環境機能付加構造物となる東外防砂堤延伸部に「溝付き消波ブロック」及び「調査ブロック(溝加工)」を設置した。令和5年度以降、効果検証のためのフォローアップ調査を行う予定である。
- ・漁港水域を活用した稚ナマコ(体長15mm以上)の中間育成に際し、苫前漁港の環境収容力を把握する現地試験を行った結果、餌料競合生物を考慮した稚ナマコの飼育密度は30個体/m²であることを明らかにした。
- ・地元漁協で生産した着底稚仔(体長0.4mm程度)の漁港水域での中間育成を想定した現地試験を行った結果、12ヶ月後の推定生残率が7%程度に止まったものの、大半が海域放流サイズである体長30mm以上に成長しており、無管理状態で行えることを勘案すると十分に有効な手段となり得ることを明らかにした。
- ・これまでの一連の現地試験結果をもとに、苫前漁港における稚ナマコの中間育成モデルを提案した。
- ・平成27年度から令和3年度の業務成果をもとに、苫前漁港をケーススタディとして得られた知見を「漁港水域を活用したマナマコ資源の維持・増大方策(案)」として冊子に取りまとめ、各開発建設部に配布した。

謝辞：本検討にあたり、多大なご協力を頂いた苫前町農林水産課及び北るもい漁業協同組合苫前支所の関係各位、一連の検討に際し、適宜ご助言を頂いた東海大学生物学部海洋生物科学科 櫻井 泉教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 北海道水産林務部：令和2年北海道水産現勢、令和4年
- 2) 第64回北海道開発技術研究発表会：ナマコ生息環境に配慮した漁港施設の検討について－苫前漁港におけるケーススタディ(中間報告)－、2020年度
- 3) 中島幹二ほか：宗谷海域におけるマナマコ人工種苗放流サイズの検討、北水試研報 67, 97-104, 2004
- 4) 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育成マニュアル、2009.3
- 5) 高橋和寛：稚ナマコの生息環境について、試験研究は今 No.645、2009年7月
- 6) 稲葉信治、大橋正臣、白井さわか、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 No817、2021年4月
- 7) 高橋和寛、宮本建樹、水島純雄、伊藤雅一：忍路湾の磯浜に生息するカニ類の生態、北水試報 27, 71-89, 1985
- 8) 白石一成：肉食動物のキタムラサキウニに対する捕食に及ぼす水温の影響、水産増殖 45 巻 3号、321-325, 1997