

平成28年度

胆振海岸における人工リーフ施設の機能について —水産生物との共生について—

室蘭開発建設部 苫小牧河川事務所 工務課

○山上 翔吾
伊東 篤志
榎本 隆志

胆振海岸では海岸侵食及び越波対策として、昭和63年より海岸保全施設整備事業を行っており、面的防護の目的のため、人工リーフ並びに緩傾斜護岸（一部養浜）の整備を行っている。白老工区の人工リーフは平成12年度に着手し、現在5基目の整備を進めているところである。

本報告では、完成した4基の白老人工リーフと水産生物との共生の効果及び水産協調効果を高める目的として、改良したブロックについて紹介する。

キーワード：自然環境、生物生息環境、水産協調

1. はじめに

北海道南西部（苫小牧市～白老町）に位置する胆振海岸（図-1）は、昭和40年代から急速に海岸侵食が進行し、約100m程度あった砂浜が大きく後退したことから、荒天時には激しい越波が発生し、家屋への浸水や直立護岸の倒壊などの災害が多発した。

このため、海岸侵食を防止し越波を防ぐ抜本的対策を実施するため、昭和63年度に北海道では初の直轄海岸事業として採択され、面的防護を目的として、人工リーフ整備（図-2、3）を進めている。

人工リーフとは、通常水面下に没している構造物であり、海岸へ来襲する荒天時の波浪の勢いを沖側で弱め、波浪の影響による海岸侵食や越波を低減させ、施設周辺の海浜の安定化を図ることを目的とした海岸保全施設であり、直轄胆振海岸では現在、白老町東町地先において、タンDEM型（2山タイプ）の5基目人工リーフの建設を行っている。

一方、人工リーフ設置海域では、水産業にとって重要な資源を有する漁場であることから、人工リーフ整備にあたっては、漁場や水産資源に与える影響について漁業関係者と協議を重ねながら事業を進める必要がある。

そのため、人工リーフの設置は、海岸保全を目的とした施設としての効果のほか、副次的な効果としてこれまで存在しなかった海藻類の着生基盤となることや、コンブを餌とするウニ等の水産有用種の資源増殖にも効果がみられ、それらの水産有用種が安定的に生息できる環境を創出するなどして事業を展開している。

本報告では平成27年度までの生物生息環境調査結果から、白老工区の人工リーフにおける水産協調の効果について報告する。



図-1 胆振海岸位置図

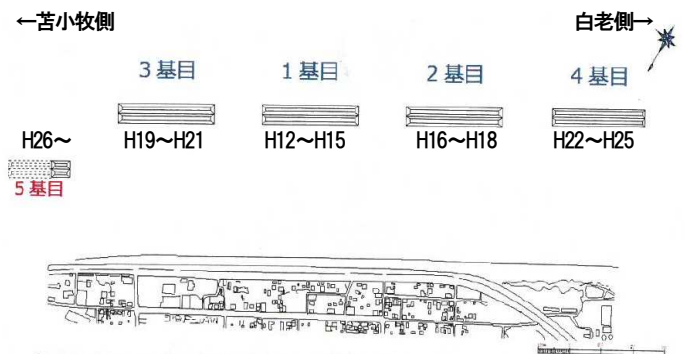


図-2 白老工区の人工リーフ平面図及び施工年度

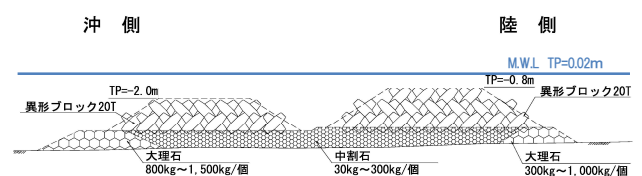


図-3 白老人工リーフ構造図（2山タイプ）

2. 人工リーフで確認されている主な水産有用種

人工リーフにおける生息生物調査としては、調査対象を水産有用種としてエゾバフンウニ、キタムラサキウニ、マナマコについて着目し、ウニ類の餌料となる海藻類についても調査を行っている。

これまでの調査では、人工リーフのブロックにはミツイシコンブなど大型の海藻類、ウニ類・マナマコを含む大型底生動物類が確認され、特に、タンデム型の谷間では、エゾバフンウニとマナマコが高い密度で生息している¹⁾。

3. 白老人工リーフの水産協調施設としての効果

(1) ウニ類資源について

a) コンブ等の海藻類とウニ類の生息密度

人工リーフにおける生物生息環境調査（付着状況調査）では、人工リーフに付着した海藻類、動物類の着生状況を把握するため44地点で調査を行った（図-4）。ウニ類の餌料となる海藻類については、ミツイシコンブを主体とし、アナアオサ、ダルス、スジメなどが着生していることが確認されている。また、沿岸藻場の現存量は、顕著な季節変化や年変化を示すことが報告されており、当海域の人工リーフにおいても、海藻類の現存量は、増減を繰り返しながら推移し（図-5）、平成27年の4基の平均は8.7kg/m²を示した。これは、エゾバフンウニが最も多く餌を食べる5~6月において、一日の摂餌量は約2g²⁾であることから、平成27年の人工リーフ全体におけるエゾバフンウニの平均生息密度（2.5個/m²）を用いて、5~6月の摂餌量を算定すると、約0.3kg/m²になることから、ウニ類生息に良好な状態であると考えられる。

一方、動物類における追跡調査では、エゾバフンウニやキタムラサキウニの生息が確認されており、人工リーフ谷間の中割石箇所を主体にブロックや人工リーフ端部にも広く分布していることが確認された（写真-1）。

また、その生息密度を図に示し、これを見ると、エゾバフンウニの密度は、何れの人工リーフにおいても増加する傾向を示していたが、1基目人工リーフは平成23年、2基目人工リーフは平成22年をピークに減少する傾向を示した（図-6）。これは、人工リーフにおけるエゾバフンウニの漁獲量が増加したことが要因と推察される（図-8）。

なお、いぶり中央漁業協同組合は、平成20年から平成22年の3年間、2基目の人工リーフに対し、全回収型のウニ漁業の可能性を検討するため、試験的にエゾバフンウニの種苗（平均殻長11~14mm）を約2万個体ずつ放流をした。このため、2基目人工リーフの平成21年

の生息密度（1.9個体/m²）は、平成22年には約2倍（4.4個体/m²）の高い数値を示したと推察される。

また、平成27年調査結果よりウニの身入りの指標を示す生殖巣指数（生殖巣重量/体重×100）をみると（図-7）、エゾバフンウニは4基全体の平均が19.4%となり、身入りも十分であるといえる。

一方、キタムラサキウニも同様に生息密度は増加する傾向を示し、2基目人工リーフでは平成26年以降3.0個体/m²以上に推移した（図-9）。また、生殖巣指数においても4基全体の平均が24.3%となり、エゾバフンウニを上回る数値となった（図-10）。

b) ウニ類漁場としての効果

いぶり中央漁業協同組合白老支所においては、潜水漁業部会（平成19年7月発足：部会員平成27年17名）により、現在、白老港港内や人工リーフにおいて、ウニの水揚げを行っている。エゾバフンウニの港内と人工リーフでの漁獲量を図-8に示し、これを見ると、平成20年の人工リーフにおける漁獲量は全体の9.2%程であったが、平成24年から平成26年の3年間は、すべて人工リーフでの漁獲となった。同様にキタムラサキウニ（図-11）についても、平成20年の人工リーフにおける漁獲量は約1.1%と低い数値であったが、近年は人工リーフでの漁獲が主体となってきており、ウニ類の漁場として十分に機能している。

なお、平成27年は両種とも港内での漁獲量が増加しているが、これは荒天日が多く、人工リーフでの漁獲が困難となったためと考えられる。

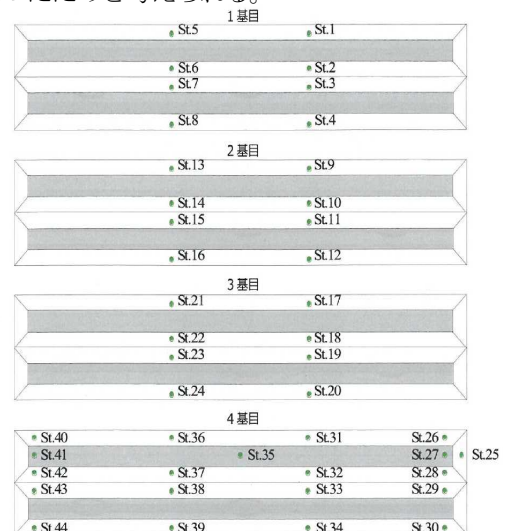


図-4 付着状況調査地点図

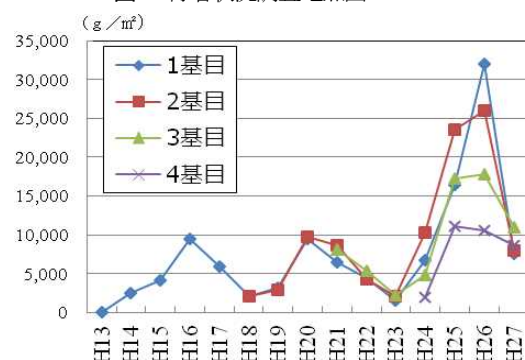


図-5 海藻類の現存量 (g/m²) の推移



写真-1 人工リーフで確認されたウニ類

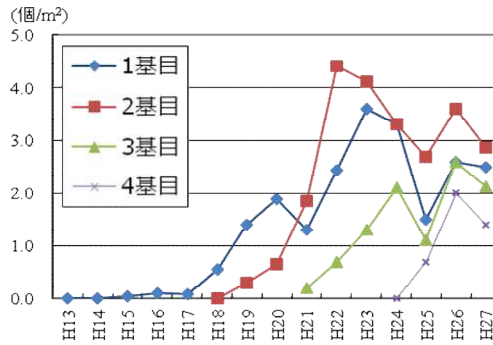


図-6 エゾバフンウニ生息密度 (個/m²) の推移

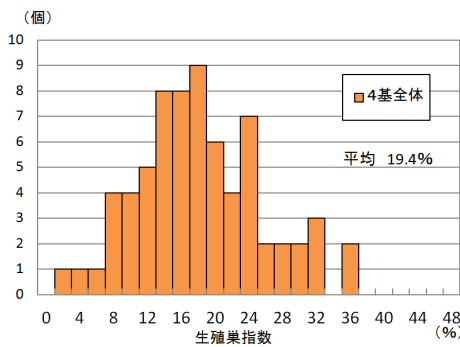


図-7 エゾバフンウニ生殖巣指数と個体数

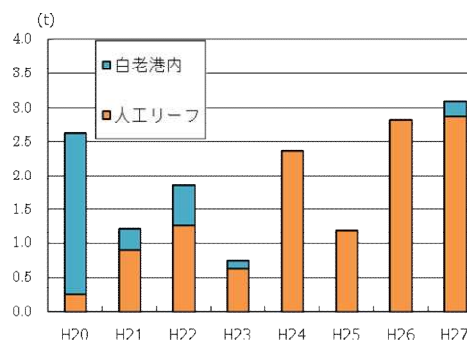


図-8 いぶり中央漁協(白老支所)によるエゾバフンウニの漁獲量

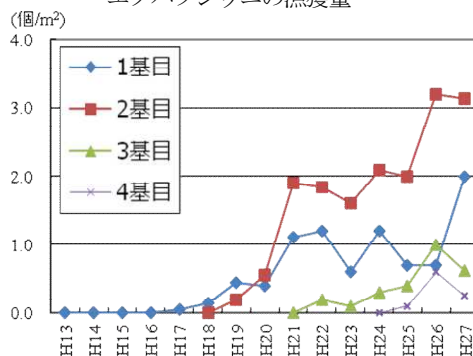


図-9 キタムラサキウニ生息密度 (個/m²) の推移

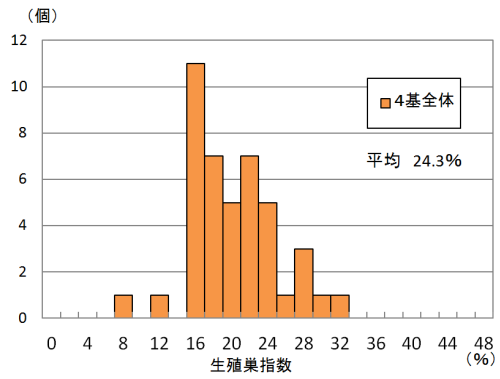


図-10 キタムラサキウニ生殖巣指数と個体数

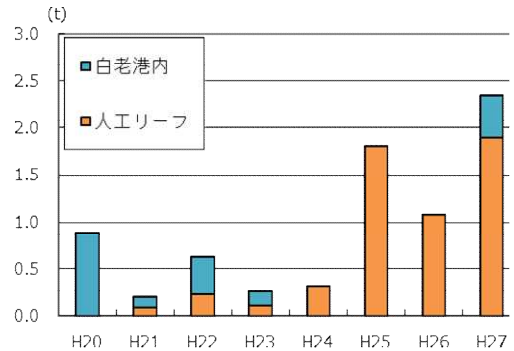


図-11 いぶり中央漁協(白老支所)によるキタムラサキウニの漁獲量

(2) マナマコ資源について

a) マナマコの生息密度

人工リーフ上に定点をほぼ等間隔に配置した生物生息環境調査(付着状況調査)では、生息確認状況と調査結果個体の差が大きい為、現地状況を適切に反映できるように、人工リーフの谷間(図-12:長さ300m×幅1m)を対象としたラインセンサス法を実施した(写真-2)。調査時期は、マナマコの確認が容易になる比較的透明度の良い冬期に実施した。

調査結果では、何れの人工リーフにおいてもマナマコの生息密度は増加する傾向を示しており(図-13)、1基目リーフでは0.5個/m²前後に推移し、3基目人工リーフでは平成27年に1.0個/m²以上が確認された。また、平成27年に初めて調査を実施した4基目人工リーフにおいては、0.5個/m²以上を示した。

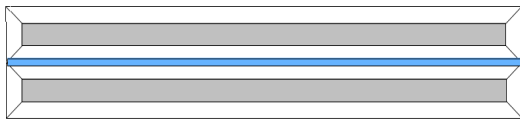
一方、2基目人工リーフは、他の人工リーフに比べ常に密度が高い傾向が示された。これは、いぶり中央漁業協同組合により、2基目人工リーフに対して、マナマコの種苗放流を実施しており、その効果によるものと推察される。

b) マナマコ漁場としての効果

現在、潜水漁業部会によるマナマコの漁獲は漁港内に限られているが、人工リーフにおけるマナマコの現存量を、平成27年の生息密度と1基当たりの有効漁場面積(長さ300m×幅15m:幅は図-3より谷間を基準)、平均体重から算定すると4基全体で2.95tになり、いぶり中央漁協が設定する年間漁獲許容量(3.00t)の約98%

が確保できる結果となった。今後、整備の進捗に伴い、人工リーフを安定的なマナマコ漁場として利用することが期待される。

さらに、人工リーフに生息するマナマコは、漁港内の個体と比べ、体壁を構成するコラーゲン繊維の分布密度が高く（図-14）、コラーゲン含有量、針入れ強度、灰分は有意に高いことが調査結果により示された（表-1）。これらは、高品質なマナマコの可能性があることを示し、このような個体の生息が確認された要因としては、漁港内に比べ厳しい物理環境下にある人工リーフにおいて、基質に固定するための管足の吸着力や、転倒時の衝撃を和らげるための棘のいぼ立ち、強度、本数で有利な個体が選択的に生残した結果と考えられる。



マナマコ生息密度調査範囲 (300m×1m)

図-12 マナマコ生息密度調査地点図



写真-2 人工リーフで確認されたマナマコ

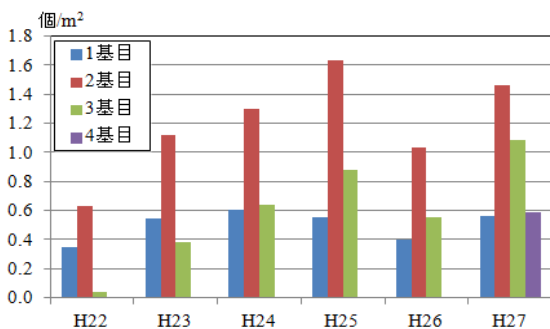


図-13 マナマコ生息密度 (個/m²) の推移

表-1 人工リーフと漁港内に生息するマナマコの体成分組成比較

実験区	水分(%)	灰分(%)	粗タンパク質(%)	コラーゲン含有量(%)	針入強度(g)
人工リーフ	91.3±0.7 ^a	3.21±0.07 ^a	4.92±8.11 ^a	1.18±0.20 ^a	1.17±0.19 ^a
漁港内	92.0±0.6 ^b	3.05±0.15 ^b	3.71±3.91 ^b	0.66±0.16 ^b	0.86±0.15 ^b

注) 水分、灰分、粗タンパク質および針入強度はn=5、コラーゲン含有量はn=3

注) 異なる文字(a, b)は実験区間における有意差(p<0.05)を表す

漁港内産

人工リーフ産

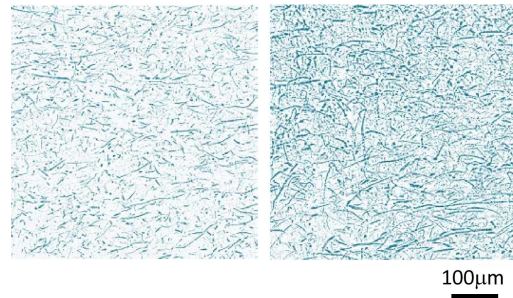


図-14 マナマコ体壁のコラーゲン繊維分布図

4. 水産協調の工夫

(1) 改良型溝付きブロックの検討

棘皮動物であるウニ類やマナマコは、管足を用いて海底の岩などに固着（付着）し、個体に作用する流体抗力が固着力を上回っていると、基質に固着できずに流出する。また、川俣（1994）によるエゾバフンウニの摂餌効率式(1a)についてみると、流速が20cm/sを超えると摂餌圧が静水中と比較して減少し、40 cm/s以上では摂餌量はほぼゼロになる³⁾。そこで、人工リーフにおけるブロックについて、ウニ類やマナマコの生息に適したブロックの開発を検討した。

平成25年度に従来ブロックよりも溝を深くした、改良型溝付きブロック（写真-3）及び通常型ブロックについて水理模型実験を実施し、ブロック周辺の流速分布を計測した⁴⁾。

実験結果より、溝中心部を通る断面において、溝構造に伴う底面摩擦効果の差異が、溝部上層に形成される循環渦の強さや規模を変化させる状況が確認された。また、通常ブロックにおいては、比較的強い循環渦が安定的に維持されたのに対し、改良型溝付きブロックにおいては、溝内部で流れの極めて弱い領域が形成され（図-15、16）、ウニ類やマナマコの小型個体が比較的安定的に生息できる可能性が示唆された。

次に、エゾバフンウニの摂餌効率と流速振幅の関係を示す（図-17）。これを見ると、流速振幅が0m/s（静水状態）の場合は、改良型溝付きブロック及び通常型ブロックの何れも摂餌効率は1.0になるが、流速振幅が0.2m/sを超えると、通常型ブロックの摂餌効率は低下し、0.4m/s以上になると改良型溝付きブロックが0.2前後であるのに対し、通常型ブロックは0.1以下に推移することが示された。このことから、改良型溝付きブロックは通常型ブロックに比べると摂餌効率が良く、その面積も多いことが示された。

これらの結果を裏付けるように、平成26年度に実施した分散状況確認調査では、溝内から稚マナマコやエゾバフンウニが確認された（写真-4）。なお、マナマコの摂餌効率については不明だが、エゾバフンウニと振動流耐性がほぼ同等であることから、改良型溝付きブロックがマナマコにおいても有効であると考えられる。

$$\frac{F}{F_S} = 1 - \exp\left[-\exp\left(-\frac{u_{\max} - 27.1}{4.27}\right)\right] \quad (1a)$$

ここに、 F : ウニー個体の日間摂餌量 (g/day/個)
 F_S : 静水中におけるウニー個体の日間摂餌量 (g/day/個)
 u_{max} : 底面軌道流速振幅 (cm/s)



写真-3 従来溝付きブロック(左)と改良型溝付きブロック(右)

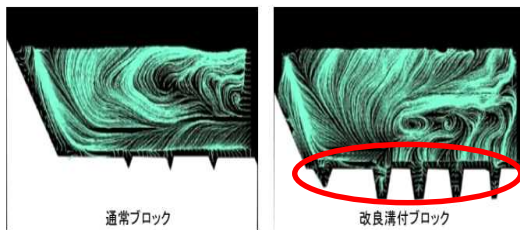


図-15 平均流における流線 (流速 25cm/s)

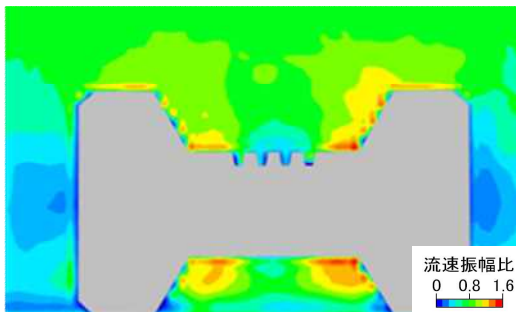


図-16 改良型ブロックにおける流速振幅比 (観測箇所の流速振幅/主流流速振幅) のヒートマップ

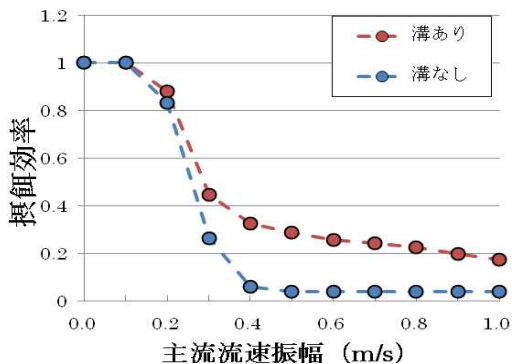


図-17 流速振幅と摂餌効率の関係



写真-4 溝内から確認されたエゾバフンウニ(左)と稚ナマコ(右)

(2) マナマコ種苗捕捉施設の試験施工

マナマコは、フサギンボ、ウマズラハギなどの魚類、カニ、ヤドカリなどの甲殻類に食害されると報告されており、特に稚ナマコは、小さくて体が柔らかいことから、食害を受けやすいと考えられる。

そこで、改良型ブロックの効果を早期に検証するため、稚ナマコの流出・拡散を防止させるとともに、外敵から身を隠せるような捕捉施設 (ポーラスメディア) を用いて (写真-5)、改良型ブロックを試験フィールドとした試験施工を平成24年度より行った (写真-6)。

その結果、マナマコ種苗は、ポーラスメディアの多孔基質に補足され、流出・拡散を効率良く防げることが確認された (写真-7)。

瀬戸ら (2012)⁹⁾は、厚さ0.2mで90%以上の捕捉率が見込み、稚ナマコの粗放的な着底基質として、有効であると報告している。



写真-5 ポーラスメディアによるマナマコ種苗捕捉施設

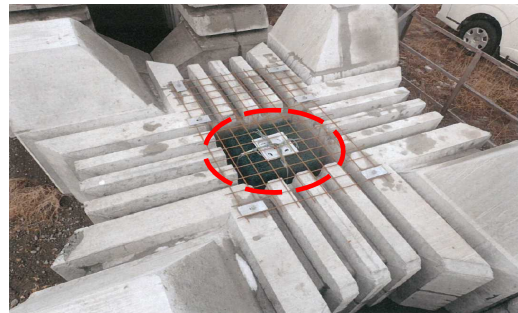


写真-6 改良型ブロックに設置されたポーラスメディア

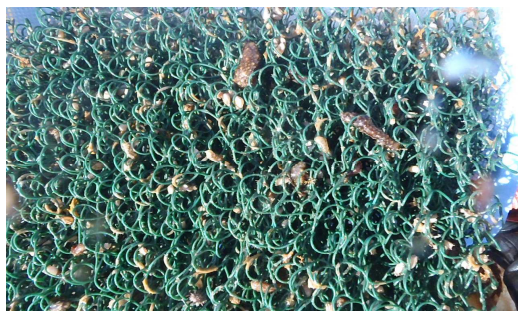


写真-7 ポーラスメディアに捕捉されるマナマコ種苗

5. まとめ

海岸保全を目的とした人工リーフは、漁場に設置されたことから、施工箇所の砂地盤の海底は失われたが、これまでには無かった岩礁地帯が創出され、新たな水産有用種が出現し、人工リーフを漁場として利用できることが確認され、一部の漁業では人工リーフが主体となってきた。

さらに、改良型溝付きブロックにおけるモニタリングを継続した結果、ウニ類やマナマコが安定的に生息できる環境を創出でき、人工リーフの魚礁機能を高めていると考えられ、今後もモニタリングを継続していく必要があると考えられる。

なお、本研究を進めるにあたりいぶり中央漁業協同組合並びに公益社団法人北海道栽培漁業振興公社には多大なご協力を賜り、ここに記して深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 平成27年度 胆振海岸胆振海岸環境調査業務報告書.
- 2) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構：試験研究は今、NO.52、1990.
- 3) 平成26年度 胆振海岸胆振海岸環境調査業務報告書.
- 4) 平成25年度 胆振海岸胆振海岸環境調査業務報告書.
- 5) 平成24年度 ポーラスメディアを用いた稚ナマコ人工種苗の粗放的放流技術の開発、日本水産工学会学術講演会、瀬戸雅文、向平有希、村上詩織、巻口範人.