

5.3 寒冷地港内水域の水産生物生息場機能向上と水環境保全技術の開発

研究予算：運営費交付金(一般勘定)

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：水産土木チーム

研究担当者：山本潤、北原繁志、牧田佳巳、岡本健太郎

【要旨】

全国一の水揚げ量を誇る北海道では、港湾・漁港周辺海域の水産資源の維持・増大や、蓄養・中間育成のための港内水域環境の保全が重要な課題となっている。本研究では、沿岸域における生物生産性の向上と生物の浄化機能を利用した港内水質・底質環境の改善方法を検討し、港湾・漁港周辺海域における水産生物の生息環境について、立地環境に応じた整備手法を提案するものである。H18、19年度は、寒冷地における港湾漁港水域を環境諸条件ごとに分類し、それぞれの整備・管理手法について検討を行った。

キーワード：自然調和型構造物、藻場、人工動揺基質、ホタテ貝殻礁、ヤリイカ産卵礁、港内蓄養

1. はじめに

北海道の港湾・漁港は全国の海面漁業生産量の約20%以上¹⁾を扱っており、国民への水産物供給の上で重要な役割を担っている。しかし、漁場の国際的な規制強化や水産資源状況の悪化、荒天や結氷等の厳しい環境条件が漁業活動への支障となっている状況にあり、将来にわたって安定的に水産物供給を図るには水産資源の増大と漁家経営の健全化が急務となっている。港湾・漁港周辺海域は、水産有用種の生息場・産卵場・幼稚仔の保護育成場として貴重な領域であることが知られており²⁾、それらの機能を高めるとともに、静穏な港内においては中間育成・馴致によって放流種苗の初期減耗率の低下を図り、また、漁獲物の出荷調整や品質保持のため、港内泊地を活魚蓄養のための水面として高度に利用する必要がある。一方、港湾・漁港内の水域は荒天時でも静穏である反面、外海との海水交換が悪く、陸揚げ・荷さばき時の血水や背後集落からの排水が流入し、港内に滞留すること等により、水質・底質が悪化しやすい傾向にある。このため、生物の生息条件を満足する高度な水域環境の維持・改善が重要な課題となっている。

本研究では、北海道の港湾・漁港の高度利用の一環として、周辺海域における生物生産性の向上及び港内水域の環境保全について、立地環境に応じた整備手法を提案するものである。H18、19年度は、寒冷地における港湾漁港水域を環境諸条件ごとに分類し、それぞれの整備・管理手法について現地観測に基づく検討を行った。

2. 港湾・漁港水域の環境諸条件による分類

周辺海域における生物生産性の向上に寄与する港湾・漁港構造物の整備メニューとして、産卵礁と藻場の造成がある。近年の水産資源の減少の原因の一つに沿岸域の産卵場の喪失が挙げられ³⁾ており、産卵場は生物の再生産の基本となるものである。港湾・漁港構造物の存在する地点の環境条件が対象魚種の産卵場としての条件に適合すれば、構造物に産卵礁としての機能を付加することによって資源回復の可能性が生まれる。藻場については、それ自体が水産有用種であること、ウニ、アワビ等の岩礁性生物の餌料であること、幼稚仔の保護育成、魚礁としての機能や前述の産卵場でもあること、等の理由により藻場の造成は生物生産性の向上に大きく寄与するものである。

港内水域の環境保全に資する整備メニューとして、a)静穏な港内に蓄養水面を確保し、海水交換を促進する工法により水質の維持を図ること、b)底質改善を目的とした汚濁負荷流入防止対策、c)港内の汚濁物を吸収・摂餌する水産有用種の生息環境を整備し、育成・漁獲を通じて港内の浄化を図る、等がある。

それぞれの課題、条件と適地、整備手法を分類すると、表-2.1のように整理できる。(1)a)「産卵礁」についてはこれまでに主要な研究が完了し、現在、各地で整備された施設の長期的な効果について検討している。(1)b)「藻場造成・磯焼け対策」及び(2)a)「港内蓄養・中間育成水面の確保」、b)「港内底質悪化防止・改善」、c)「水産有用種保護・育成」について、18、19年度に行った研究内容を次章以降に示す。

表-2.1 立地環境に応じた整備手法

(1)周辺海域における生物生産性の向上	
a)産卵礁としての機能の付加	
周辺で産卵の形跡があるか、抱卵した魚類等が採捕された場合に有効。あるいは、産卵場をやむを得ない事情で移動させる場合に、代替となりうる地点に同様の環境条件を形成する。	
ヤリイカ産卵礁機能を有する消波ブロック、同被覆ブロックを設置。	松前港 江良漁港、 福島漁港、 香深港
ハタハタ産卵用人工海藻を設置。	苫小牧港
b)藻場造成・磯焼け対策の実施	
周辺に藻場があり、同様の条件を付加すれば、藻場が形成される可能性がある場合。磯焼けの原因が判明し、当該手法によりそれを解決できる可能性がある場合に行う。	
ウニの被害に対し、人工動揺基質を設置。	江良漁港
栄養塩不足に対し、発酵魚かすを添加。	雄冬漁港
照度不足、浮泥堆積、漂砂による研磨、ウニの被害等の複合要因に対し、防波堤背後に高天端の藻場を造成。(被覆ブロック改良・効果調査)	釧路港
(2)港内水域の環境保全	
a)港内蓄養・中間育成用水面の確保	
蓄養等のための静穏水域が周辺に無い場合、港内にそれを確保する。海水交換の促進による水質の保全を行う。	
防波堤一体型生け簀の整備と溶存酸素収支による管理。	温根元漁港
b)港内底質悪化防止・改善	
底質悪化の原因が判明し、当該手法によりそれを解決できる可能性がある場合に行う。	
流れ藻トラップの設置、防砂堤整備によるゴミ・浮泥等の流入防止を図る。	抜海漁港
ホタテ貝殻礁により、磯間接触だけでなく、蠣集した生物による浄化を行う。	落石漁港
c)水産有用種保護・育成（生物による水域浄化）	
周辺に対象生物の生息域があり、当手法により対象生物の好適環境を形成でき、漁業活動が期待できる場合に行う。港内の静穏域の一部が利用可能であること。	
*港内ナマコ増殖の基質を整備、種苗を放流。	追直漁港
港内ガゴメコンブ栽培の基質を整備。	福島漁港

* 注) 水産有用種の育成・漁獲と併せて、生物による水域の浄化を図る。

3. 産卵礁としての機能の付加

3.1 ヤリイカ産卵礁の効果調査

防波堤・護岸等へのヤリイカ産卵礁機能の付加については、北海道内において次々と整備が進められている。これまでに整備されたヤリイカ産卵礁の効果・課題を把握し、今後の整備の効率化を図るため、香深港、江良漁港、福島漁港等において現地調査を行った。調査では、潜士による目視観察により産卵礁ブロックと周辺の天然岩礁域における産卵状況の把握を主に行なった。なお、調査はヤリイカ（春期接岸群）の接岸後となる6月中旬～下旬に実施した。それぞれの主な調査結果は以下の通りである。

1) 香深港（日本海北部海域）

卵囊が確認された産卵礁は、物揚場前面(水深 4.4 m)に設置されたもののみであり、防波堤および対照区では確認されなかった。水温 6℃以下ではヤリイカの孵化率や幼生の生存率が低下する⁴⁾ことから、外海より水温が高く推移する港内がヤリイカの産卵に適する条件にあるものと推察された。比較的水温の低い礼文島周辺海域において産卵礁を設置する場合には、港内泊地等の水深の浅い箇所が有効であることが示唆された。

2) 江良漁港（日本海南部海域）

卵囊が確認された産卵礁は、写真-3.1 に示すように2段ある切れ込み部のうち半分程度埋没して入り口が狭くなった段のみであり、逆に切れ込み部がオープンとなっている段や天井面が大きく傾いたブロックでは確認されなかった。

3) 福島漁港（日本海南部海域）

卵囊が最も多く確認されたのは、マウンド法尻の下段側8基、次いで同じ法尻において下段が埋没した上段側3基であり、法肩については上下段で3基のみであった。これまでの調査において、卵囊は全て下段で確認されている。今回の調査においても法尻下段での卵囊数が突出して多いことから、ヤリイカ産卵礁を海底面に直接設置することの有効性が確認された。



写真-3.1 卵囊確認状況（江良漁港島防波堤）

当チームの過去の知見⁵⁾では、消波ブロック及び被覆ブロックにおけるヤリイカ産卵部位の選択性として、①産卵位置は海底面より1.5m以内である、②低照度環境下であるブロック奥側での産卵が多い、③急峻な地形を昇っての産卵は見られない、④天井面が水平な方が産卵率は高い、と報告している。これらの知見は北海道開発局監修の設計マニュアル⁶⁾に記載され、現在の港湾・漁港整備に活用されている。今回の調査においても、この条件に合致した産卵礁においてより多くの産卵があり、産卵礁の設置箇所および形状の違いが産卵礁機能に大きく影響することが改めて確認された。その中でも、江良漁港での産卵が開口部の狭い箇所のみであったことから、低照度環境がヤリイカ産卵部位の選択性において特に重要な条件になっているものと推察された。

なお、ヤリイカの産卵回遊・接岸は、地域により時期や産卵水深帯が異なる。また、北海道日本海側におけるヤリイカの産卵回遊・接岸量は年変動が大きい特徴がある⁶⁾。そのため、今後の課題として、産卵礁の評価の際には継続した複数年、渡島支庁管内においては冬季接岸群と春季接岸群の2系統についての調査が必要である。

3.2 ハタハタ産卵状況調査

北海道沿岸の主な産卵場11箇所内、日本海側は資源の減少により積丹半島周辺は産卵場の痕跡を残す程度となり、現在は厚田沿岸だけとの報告がある⁷⁾。ハタハタの資源増殖・維持の取り組みは日本海側の各地で行なわれており、ハタハタの産卵場所となる海藻群落の人為的拡大が求められている。そのため、ハタハタの産卵基質となるウガノモクがあり、過去に産卵が確認されている厚田区嶺泊において産卵状況を把握し、日本海側において自然環境調和型沿岸構造物としてハタハタ産卵礁としての機能を付加する際の基礎資料とする。なお、男鹿半島における産卵場の特徴の一つとして、産卵場には小さな河川が流入していることがあげられている⁸⁾。そのため、調査箇所は河川に隣接した地域を対象とし、調査はハタハタ産卵後からふ化前に相当する1月下旬に実施した。モニタリングは、調査測線を2m幅で探索し、ハタハタの産卵塊を発見した時点で調査枠(0.5m×0.5m)を設け、調査枠内の産卵塊の個数、産卵基質、固着部位、測線距離、水深帯、底質状況(比高差等)などの目視観察を行なった。

主な調査結果は以下の通りである。

1) 産卵基質の選択性

厚田沿岸域で確認された基質(海藻)は8種類あり、それらには写真-3.2のとおり卵塊が確認された。ただし、葉が細く安定性に欠けるスガモおよび硬いサンゴ藻であるイソキリの2種のみ産卵は認められなかった。海藻被度別卵塊数は、特異なデータを除いた場合、海藻被度40~50%を好んで産卵していると推察された。基質への卵塊の固着部位は、卵塊個数が1個の場合は全て下部であったことから、ハタハタは基質の下部から順に産卵する特性があると考えられた。

2) 産卵場の水深

確認された卵塊は全て水深0.5~1.5mの範囲にあり、尚且つ深みから急激に盛り上がった箇所となる平磯の縁の周辺に集中する傾向があることが確認された。

3) その他の環境条件

水質調査の結果、水深3.1mにおける懸濁物(SS)濃度が水深0.5mに対して9~13倍高いことが確認された。厚田沿岸ではこの濁りを避けることが浅瀬で産卵する要因の一つではないかと推察された。



写真-3.2 海藻別産卵状況 (2007年1月23日)

一方、苫小牧東港の内防波堤周辺(水深1~4m)に繁茂するウガノモク、アカモクには、水深に関係なく産卵が確認された。根室海域では、水深2~8mに分布するネプトモクのうち、水深8mにおいて最も多くの卵塊が確認されている。また、えりも海域では、ウガノモクは4~9mに生育していたが、卵塊は水深9m地点のみであった。このことから、当チームでは産卵回遊経路上に産卵海藻となるホンダワラ類が分布していれば、水深帯に関係なく産卵すると推察していた⁹⁾。しかし、本調査箇所では、確認された卵塊は全て水深0.5~1.5mの範囲にあり、尚且つ深みから急激に盛り上がった箇所となる平磯の縁周辺に集中する傾向があることが確認された。産卵時期と推察された12月中旬の平均有義波高は1.0mを超えており、水深1m程度の平磯周辺部には相

当の流速があったものと推測される。このように他の海域と異なり流速条件の厳しい箇所を産卵場とする要因の一つとして、水深3.1mにおいて観測された濁りの影響が考えられる。一般には浮魚類は濁りを嫌う傾向があることから、厚田沿岸ではこの濁りを避けることが浅瀬において産卵する要因の一つではないかと推察された。

本調査において、この海域におけるハタハタの産卵水深帯や産卵基質となる海藻種等の状況を把握することができた。しかし、厚田沿岸において浅い場所で産卵する根拠が不明であり、産卵礁を人為的に設置する際の適正箇所を明言するには至っていない。当チームでは、過去に3海域での比較を行った⁹⁾が、今後さらにデータを増やしていくと傾向が現れてくると考えられる。その際には、海域間の比較も重要だが、系統群・海藻種・物理条件が大きく異なるため、同一海域内での複数地区を比較し、海域毎の特性を明らかにすることも重要である。

4. 藻場造成・磯焼け対策

4.1 防波堤背後小段を利用した藻場造成

釧路港島防波堤では背後に浚渫で発生する余剰土砂を用いて盛土を行っている。その目的は、①浚渫土砂のリサイクルと土砂陸上処分費の低減を図ること、②本体直立部の押さえ盛土として機能することで本土工のスリム化を図りコストを削減すること、③島防波堤を越えてくる越波のエネルギーを散逸させ港内への伝達波の低減を図ること、などの防波堤に求められる本来機能に加えて、盛土上で藻場の創出を計画している(図-4.1)。防波堤背後盛土上面には海藻繁茂効果と伝達波を低減させる機能を持つ起伏ブロックが4種類設置されている。ブロックには浮泥堆積・ウニ食害等防止機能として、天端部傾斜、ウニ対策鉄筋があり、また、海藻着生促進用の表面材として、凹凸を付けたもの、石炭灰、ホタテ貝粉砕材、砕石板が取り付けられたもの等、各種いろいろな工夫が施されている。この様な自然環境と調和する機能を持つ当防波堤は、1998年6月に旧運輸省から藻場機能を持つ「水生生物との協調型防波堤」として、直轄事業では初めてエコポートモデル事業に認定された。背後盛土部分は2007年3月の時点において、島防波堤本土工は全体計画延長2,500mのうち1,445mが完成し、背後盛土部分は1,600mのうち試験区間として100mが完成している。この試験区間において海藻の繁茂状況及び物理量を調査し、

起伏ブロックを含む背後盛土の海藻繁茂効果について解析した。また、比較として島防波堤本土工及び南防波堤の壁面における海藻根回り被度について調査を行った。

調査は2006年7月から2008年2月までに6回行った。内容は藻場調査、葉上葉間生物調査(7月のみ)、流況・光量子・塩分・水温調査・濁度(10、2月のみ)・浮遊砂(10、2月のみ)の物理量調査である。物理量調査期間はそれぞれ2週間以上とした。



図-4.1 島防波堤イメージ

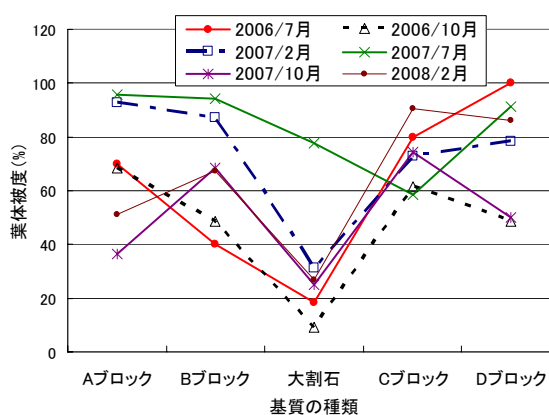


図-4.2 基質毎の葉体被度の推移

着生していた海藻のうち最も高い割合を占めていたのはナガコンブであった。一般に、多年生海藻であるナガコンブの特徴として秋季に先枯れによって生長が止まっても再び春季に生長する。図-4.2に葉体被度の推移を示す。概ね10月調査時にはナガコンブの末枯れの影響により被度が低下し、2月、7月と被度が上昇する傾向が見られる。起伏ブロックに着目すると、年間を通して約50%以上の葉体被度を示しており良好な藻場が形成されているといえる。

次に、施工順の関係から起伏ブロックに比べて経

過年数が1年長い大割石に注目すると、葉体被度は7月に高く、10月に低下し、2月に再び上昇するサイクルが見られる。これは、2006年にはすでに2年生となっていたナガコンブが2006年10月には一部が枯れ、2007年2月には新しいコンブの着生が始まり、その後同様なサイクルが繰り返されていることが伺える。これらのことから、背後盛土上ではナガコンブの世代更新が順調に行われていることが推察され、今後しばらくは、ナガコンブの群落が形成されることが考えられる。さらに、3～5年程度かけて進行する海藻の遷移状況を把握する必要がある。

4.2 人工動揺基質の設置

北海道南部日本海海域の磯焼け現象の大きな原因の一つに、冬～春期に発芽した海藻の幼芽に対するキタムラサキウニの食害が考えられている。ウニの食圧を防止するためには、ウニの侵入を防止する刺し網等を用いたフェンスの設置やダイバーによるウニの移植などが対策として行われてきた。しかし、それらは耐久性や移植先の確保など課題が多い。そこで当研究チームでは海藻の幼体をウニの食圧から保護し、藻場を形成する手法として人工動揺基質の研究を進めてきた。人工動揺基質とは、波動によって振動する柔軟性のある素材のプレートであり、その動揺効果によってウニの侵入防止を期待するものである。ウニは動揺によってプレート上に移動できないため、春季にプレートに着生・発芽した海藻の幼体は摂餌されずに成長し、夏季には成長した海藻が自重で垂れ下がり、ウニが摂餌可能になることを期待するものである（図-4.3）。

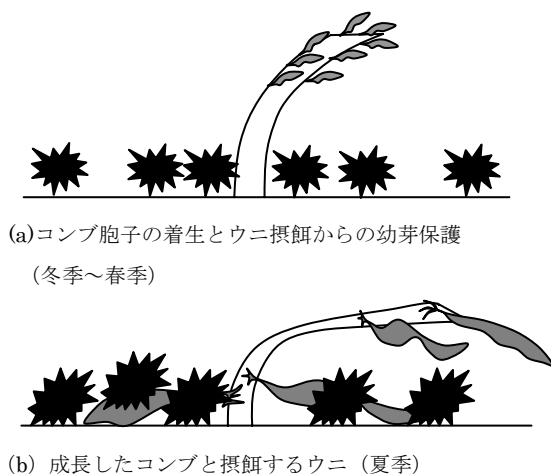


図-4.3 人工動揺基質の概念



写真-4.1 人工動揺基質設置状況



写真-4.2 2年経過した人工動揺基質



写真-4.3 海藻の幼体付着状況 (2007. 3. 4)



写真-4.4 コンブの着生状況 (2007. 6. 14)

過去の研究から、特にコンブの着生に関しては天然岩礁、被覆ブロックと比較して人工動揺基質の着生量が多いことが判明している^{10) 11)}。しかし、基質の経年変化に伴う海藻着生機能の変化や波浪による破損などの物理的な耐久性、また、着生した海藻の波浪に対する固着力には未知の部分が多い。このため、日本海に面する北海道松前町の江良漁港に設置した人工動揺基質周辺（写真-4.1）において冬季風浪の波高・流速を観測し現場における耐久性を検証するとともに、不規則振動流発生装置（以下、振動流装置）を用いて、振動流下における人工動揺基質の抗力を測定し、実海域における物理的耐久性を推察した。また、海藻現存量の経時変化を把握するとともに、人工動揺基質へ付着したコンブの波浪による流出限界を把握するためにコンブ固着力調査を行い、藻場形成素材としての評価を行った。

調査期間中に有義波高（ $H_{1/3}$ ）2m以上、有義流速（ $U_{1/3}$ ）1m以上の時化が10日間発生した。最大は2月15日午前10時に発生した $H_{1/3}=3.8\text{m}$ 、 $U_{1/3}=2.6\text{m/sec}$ であった。このとき松前沖（弁天沖-49m）で気象庁が観測した沖波は $H_{1/3}=7.1\text{m}$ 、 $T_{1/3}=10.9\text{sec}$ であり、設置した人工動揺基質はこれらの波浪条件下でも欠損したものはなかった。また、写真-4.2に2年経過した人工動揺基質の状況を示す。先端部は設置したコンクリートブロックと擦れて摩耗しているが、表面は海藻着生機能を保っている。以上のことから、人工動揺基質の耐波性は高いと考えられる。

日本海域の主要な海藻であるホソメコンブは冬季に発芽し、7～8月頃に枯れる1年生の海藻である。写真-4.3は3月の海藻繁茂状況である。海藻の幼体は確認できるがその大きさは小さい。2007年は1月の平均水温が9.7℃で昨年より1.8℃も高く、同防波堤周辺の対照区において海藻現存量は非常に少ない状況であったが、写真-4.4に見られるとおり、6月には人工動揺基質に海藻が繁茂していることを確認できた。

これまでの調査によって判明した人工動揺基質の海藻着生機能について概括すると以下の通りである。

- 1) 秋季から冬季にかけて放出されるホソメコンブの遊走子は、人工動揺基質表面のマジックテープ状の植毛シートによって定着が促進される。
- 2) 2月頃のコンブが芽吹く時期は波浪条件が厳しいため、人工動揺基質のたなびきが大きく、ウニはコンブを摂餌できない。
- 3) 波浪によって反転しづらいことから、光環境が固

定され光合成にとっては好都合となり、コンブは光量子量が増加する4～6月にかけて大きく生長する。
4) 6月以降、海域が静穏になることから、ウニの活動が活発になり繁茂したコンブは先端部分から次第に摂餌される。

一方、人工動揺基質の波浪下での挙動について主要な結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 人工動揺基質の海藻着生の優位性：他の基質と比較するとホソメコンブ及びワカメといった大型褐藻類の着生が良好である。また、2007年のように冬季水温が高く、周辺天然漁場のホソメコンブが不漁年でも良好な着生と成長がみられた。
- 2) 人工動揺基質の海藻着生の持続性：設置から4年経過した基質についても、無節サンゴモ類の被度が20%程度と設置2年目の基質と差が無く、4年目においてもホソメコンブ及びワカメの着生が確認されており、持続的に基質面が更新される。
- 3) 人工動揺基質の耐久性：設計波相当の波浪により発生した有義流速2.6m/secが作用しても流脱、破損等はみられず、コンブ種子の流出も回避できる。また、振動流装置を用いた流体抗力の室内実験から底面流速値が4.4m/sec程度までは耐波性を有すると推察される。
- 4) 人工動揺基質のコンブ付着力：引抜実験結果から、天然岩礁やブロックに付着した個体よりも人工動揺基質に付着した群体の個体の方が、より大きな付着力を有する。

人工動揺基質については、今回の調査から耐久性及び海藻着生機能を把握することができた。今後は、江良漁港において更なる耐久性の照査を行うとともに、水深や違う海域など条件の異なる場所や地域、特に磯焼けが激しい場所において実証試験を進めていく必要がある。

5. 港内底質悪化防止・改善手法の検討

5.1 流れ藻トラップの設置

抜海漁港における蓄養水面（写真-5.1）は、底質の悪化が顕著となり、これに伴う浮泥やガスの発生が蓄養水面の利用の支障となっている。そこで、抜海漁港における底質悪化メカニズムを解明し、改善対策を提案することを目的として、現地調査および対策案に対する効果の検証を行なった。

水面内には秋季に流れ藻・枯葉等が大量に流入堆積することを過年度に確認した。これらが底質悪化の大きな要因物質であると考え、その堆積状況調査

を行なった。また、流れ藻等の集積を目的としたトラップを設置し、その効果の検証を行なった。



写真-5.1 抜海漁港蓄養水面

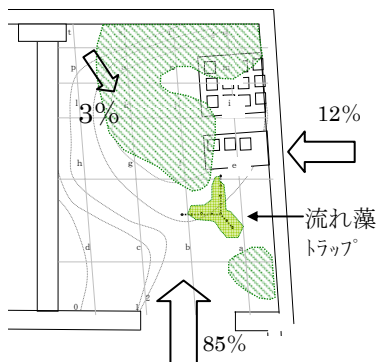


図-5.1 流れ藻堆積箇所



写真-5.2 トラップ補足状況

本調査の主要な成果は以下のとおりである。

- (1) 窪地など貧酸素状態にある底質の硫化物濃度は高くなっており、硫化水素を発生している。この要因物質を検証した結果、流れ藻・枯葉等の負荷量が圧倒的に多いことが明らかとなった。
- (2) 水面内に堆積した流れ藻と思われた物質の約6割を陸上植物が占めており、図-5.1に示すとおりその多くは開口部側から流入するものと推定された。
- (3) 水面内に海底面から50cm程度の高さで設置した

トラップには写真-5.2に示すように流れ藻・枯葉等が捕捉されており、集積効果があることが確認された。この設置箇所や規模によってはさらに効果的な捕捉が可能になるものと考えられる。

流れ藻トラップは海底面から50cm程度でも集積効果があることが確認された。しかし、最も効果的な配置箇所を選定までには至っていない。また、細粒な浮遊物質を捕捉できないなどの課題が残された。現在、建設が進められている防砂堤は、漂砂のみならず留萌側沿岸域からの濁水や有機物の港内への流入を大幅に減少させる効果があるものと期待される。しかし、港内の閉鎖性が増すことにより水質の悪化も懸念されることから、今後とも継続した調査が必要である。

5.2 ホタテ貝殻礁の設置

港湾・漁港等の閉鎖性水域は有機懸濁物質等が堆積しやすく、底質悪化が懸念されている。この対策として当チームでは、生物による浄化能力を利用した底質改善手法であるホタテ貝殻礁¹²⁾を考案した。ホタテ貝殻礁は、金属かごにホタテ貝殻を充填して積み上げた構造であり、ホタテ貝殻礁を設置することで水棲生物や底生生物の生息環境を創出し、蛸集した生物による浄化効果が期待されるものである。18、19年度には落石漁港泊地内に設置したホタテ貝殻礁の生物蛸集状況を調査し、蛸集生物の有機物除去能力の検討を行った。

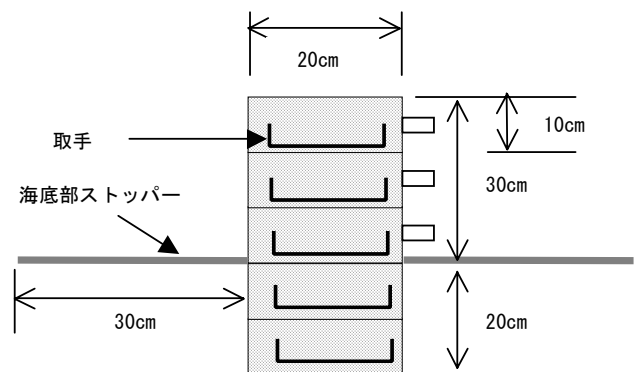


図-5.2 試験礁断面図

現地調査は落石漁港において、図-5.2に示す試験礁を設置し、生物蛸集状況と周辺環境への影響把握、実際に蛸集した生物群を用いた室内試験を行った。また、試験礁設置前及び設置後1ヶ月、2ヶ月、3ヶ月、6ヶ月等に、設置箇所近傍および対照地点において、採水、採泥、底生生物・蛸集生物採取を行

い、同時に調査海域内において濁度、流況、水質、沈降物調査を行った。

ホタテ貝殻礁の設置後、海底面上の層（3～5層目）では節足動物が、海底面下の層（1～2層目）では環形動物が多く蛸集していることが確認された。節足動物において特に設置後6ヶ月では、ヨコエビ群の蛸集個体数が約39,000個体に急激に増加した。これは、ホタテ貝殻礁に蛸集したコノハエビがホタテ貝殻の間隙箇所において産卵・孵化したためと思われる。環形動物ではスピオ科の1種やイトゴカイ科の1種（*Capitella* sp.）などの底生生物が蛸集し、設置後9ヶ月後では866個体に増加した（表-5.1）。

表-5.1 ヨコエビ群とスピオ科の1種の蛸集個体数

ホタテ貝殻礁設置 (2006.11)	ヨコエビ群		スピオ科の 1種
	ヨコエビ類 ^{注)}	コノハエビ	
1ヶ月後 (2006.12)	64	0	114
3ヶ月後 (2007. 2)	270	0	38
6ヶ月後 (2007. 6)	8,656	30,363	385
9ヶ月後 (2007. 9)	852	302	866
12ヶ月後 (2007.11)	426	99	6

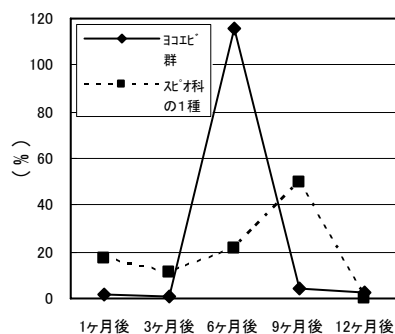


図-5.3 蛸集生物による炭素除去率

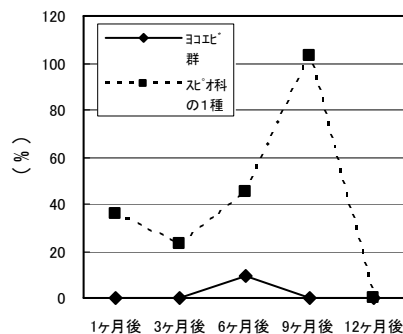


図-5.4 蛸集生物による窒素除去率

次に、ホタテ貝殻礁で多く蛸集が確認されたヨコエビ群とスピオ科の1種について、室内試験により有機物除去能力を算出した。その結果、ヨコエビ群1gあたりの除去能力は炭素 20.0mg/day、窒素 0.33mg/day、スピオ科の1種1gあたりの除去能力は炭素 4.07mg/day、窒素 1.13mg/dayであった。これに実際のホタテ貝殻礁への蛸集量を考慮して各時期におけるホタテ貝殻礁の有機物除去量を算出し、これをセジメントトラップによる沈降負荷量と比較して有機物除去率として表現すると図-5.3、5.4となる。ホタテ貝殻礁の有機物除去能力は、炭素については設置後6ヶ月におけるヨコエビ群の最大の蛸集時で除去率が100%を超過し、ヨコエビ群のみで現地の炭素負荷を除去できる能力があることを意味している。また、窒素についても設置後9ヶ月でのスピオ科の1種の最大の蛸集時で、除去率がほぼ100%に達し、スピオ科の1種のみで現地の窒素負荷を除去できることを意味している。

現地に設置したホタテ貝殻礁には多種多様な生物が入植しており、その中で優占するヨコエビ群やスピオ科の1種については、沈降する炭素・窒素を全て除去し、港内の有機汚濁を軽減できる能力を有していることがわかった。また、ほかにもイトゴカイの1種やミジンコ等のかいあし類の蛸集も確認されており、イトゴカイの1種は門谷¹³⁾らが室内実験で有機物除去効果を明らかにしており、かいあし類も同様の効果が期待されている。しかし、年間を通じては有機物除去率が低い時期もあり、ヨコエビ群やスピオ科の1種の摂餌行動だけで沈降する有機物を全て除去するには限界がある。そのため、他の堆積物食者も活用し、さらなる有機物除去を目指す予定である。

6. まとめ

北海道に位置する港湾・漁港では、その立地環境や利用形態に応じて様々な問題点、課題が生じており、それぞれ個別に対策を講じることになる。第2章では、寒冷地における港湾漁港水域を環境諸条件ごとに分類し、適正で効率的な整備・管理方策について整理した。第3章以降では、分類された各整備・管理方策について、それぞれ現地観測等に基づく検討を行った。これらの成果は、港湾・漁港周辺海域の生産性の向上及び港内水環境保全に配慮した各種構造物の整備・管理（図-6.1）を行う上で、その計画、設計に寄与するものである。

なお、本研究は海の生物や自然環境を対象としており、不確定要素も多く、また、制御不可能な現象が生じやすい。藻場についても、数年を経過して種が遷移するため、事業の実施にあたっては、順応的な管理¹⁴⁾の考えが必要であり、事業と連携して長期的にモニタリングを行うことが有効である。今後、さらに港湾・漁港周辺海域の生物の動態や自然現象に関するデータを蓄積するとともに、適正で効率的な整備・管理方策について検証を深めていく予定である。

参考文献

- 1) 北海道庁水産林務部：平成 17 年北海道水産現勢、pp. 1-33、2006.
- 2) 水産庁：平成 17 年度水産の動向及び平成 18 年度水産施策、2006.
- 3) 日本水産資源保護協会：漁業影響評価指針、pp. 1-35、2005.
- 4) 坂口健司：82. ヤリイカ。新北のさかなたち（漁業生物図鑑）、北海道新聞社、pp. 328-331、2003.
- 5) 谷野賢二、鳴海日出人、佐々木秀郎、北原繁志、本間明宏、黄金崎清人：港湾域におけるヤリイカの産卵に関する研究。海岸工学論文集、第 45 巻、pp. 1156-1160、1998.
- 6) (社) 寒地港湾技術研究センター：寒冷地における自然環境調和型沿岸構造物の設計マニュアルー藻場・産卵機能編一、北海道開発局監修、1998.
- 7) 福田敏光：雄冬岬で再補されたハタハタ、試験研究は今 NO. 087、1991.
- 8) 杉山秀樹：日本の希少な野生水産生物に関する基礎資料（Ⅱ）、日本水産資源保護協会、pp. 247-256、1995.
- 9) 丸山修治・竹田義則・永田晋一郎：魚類の産卵場としての沿岸構造物に関する一考察～ハタハタ産卵礁の光と流れについて～、海洋開発論文集、第 17 巻、pp. 147-151、2001.
- 10) 磯焼け対策ガイドライン、(社) 全国漁港漁場協会、p. 22、2007
- 11) 永田晋一郎、坪田幸雄、竹田義則：傾斜堤背後小段に形成された藻場における流速とウニの摂餌の関係について、開発土木研究所月報 No. 557、pp. 2～7、1999.
- 12) 佐藤朱美、足立久美子：貝殻礁に蟬集したヨコエビ群による有機物除去能力の試算、平成 17 年度日本水産工学会、pp. 107-108、2005.
- 13) 門谷茂、堤裕昭：魚類養殖場へのイトゴカイによる浄化法、沿岸の環境圏、平野敏行監修、フジテクノシステム、pp. 1097-1105、1998.
- 14) 東京大学 21 世紀 COE プログラム「生物多様性・生態系再生研究拠点」：順応的管理の理論と実践、東京大学海洋研究所共同利用シンポジウム、pp. 1-16、2004.

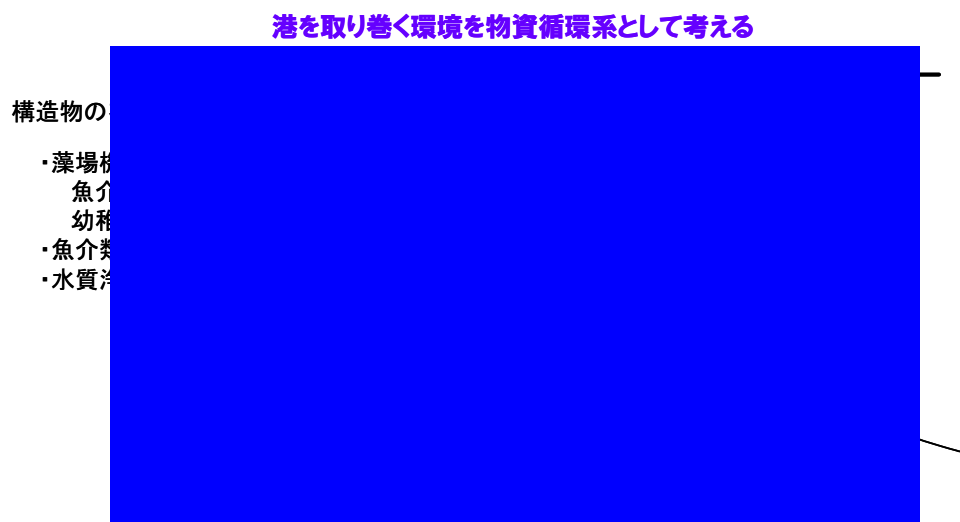


図-6.1 立地環境条件に適した港湾・漁港の総合的な水域環境整備のイメージ図

IMPROVEMENT OF WATER AREAS IN PORTS IN COLD REGIONS AS HABITATS FOR AQUATIC ORGANISMS, AND DEVELOPMENT OF WATER ENVIRONMENT PRESERVATION TECHNOLOGIES

Abstract : This research tries to develop methods to improve the sediment quality in mooring basins and to foster seaweed beds that provide for a sound coastal environment. Researches in 2006 and 2007 are categorizing waters in ports in cold regions in accordance with environmental conditions, and verification of a method of appropriate maintenance and efficient development of such waters.

Key words : live fish stock, sediment contamination, artificial reef of scallop shell, submarine forest, swinging texture for adhering seaweed, nutrients, fermented fish scraps to fertilize seawater, seawater exchange