

# 寒冷域漁港における 水産生物の餌場機能強化に関する付着基質試験

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 ○梶原 瑠美子  
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム 布川 雅典  
東海大学 生物学部 大橋 正臣

寒冷域漁港における水産生物の餌場機能強化技術に関する基礎的知見を得るために、底生基礎生産者である付着性の微細藻類に着目し、これらの生息場の検討として異なる条件の試験体（付着基質）を港内に設置し、付着生物量および動物プランクトン量に関する調査を実施した。調査の結果、付着基質の増加により、水柱に基礎生産者が増加し、底生生態系による餌場機能が付加されることが示唆された。

キーワード：保護育成、餌場機能、機能強化

## 1. はじめに

近年の水産資源の低迷を踏まえ、生態系全体の生産力の底上げを目指し、水産生物の動態、生活史に対応した良好な生息環境空間を創出する「水産環境整備」や、地域漁業の情勢変化に応じた「漁港ストックの最大限の活用」が推進されている<sup>1)</sup>。漁港では、水産生物の保護育成機能（餌場機能や高波浪からの避難場機能など）を副次的に有することが経験的に知られていることから、その機能の定量的な把握とともに、機能の強化技術が求められている。

しかし、漁港における研究事例は少なく、特に、浅海域で重要な底生基礎生産者<sup>2)</sup>に着目した調査や、水産生産上重要な位置づけにある北海道周辺の寒冷海域での知見が乏しい。そのため、水産土木チームでは、底生基礎生産者に着目し寒冷域漁港の保護育成機能に関する研究に取り組んできた。これまで北海道日本海側の漁港で行った調査では、港内は、港外に比べ静穏であり、様々な生活史段階の魚類に利用されており、底生基礎生産者や底生動物の現存量が多く、水産生物の餌場機能に優れていることが明らかとなった<sup>3)</sup>。



図-1 調査地点  
(等深線：海底地形デジタルデータ、日本水路協会)

そこで次に、寒冷域漁港における水産生物の餌場機能強化の検討に必要な基礎的知見を得るために、底生基礎生産者のうち付着性の微細藻類に着目し、これらの生息場として異なる条件（隙間サイズ、周辺環境、材質）の試験体（付着基質）を港内に設置し、餌場機能について調査を行った<sup>4)</sup>。本報では、試験体を用いた現地実験に関して<sup>4)</sup>、その一部概要を紹介する。

## 2. 材料と方法

調査は、2018年6月から2020年7月の期間、図-1に示す北海道南西部に位置する寿都漁港で行った。

### (1) 現地環境調査

物理環境は、水温塩分計（INFINITY-CTW、JFE アドバンテック）、波高計（WAVE HUNTER94、アイオーテクニク）を St.2 の海底に設置し観測した。

加えて、St.2 の表層水、底層水、表層堆積物（0-1 cm）を後述の試験体調査時に採取し、クロロフィル *a*（Chl.*a*）を分析した。調査期間の一部では、水および堆積物試料の微細藻類について同定、計数を行った。また、北原式定量ネット（目合い 0.1 mm）を用いて St.2 全層鉛直曳きにより動物プランクトン試料を採取し、同定および計数を行った。

### (2) 試験体を用いた現地実験

#### a) 試験体

試験体の特徴を表-1 に示す。周辺環境の違いを検討するために St.2（堆積物上）および St.3（根固ブロック上）で実施した実験結果に顕著な違いが見られなかった

ことから、隙間サイズを検討した St.3 での試験体実験について紹介する。

付着性微細藻類の増殖や光合成活性における主な制限要因としては、光、栄養塩、水温、塩分、付着基質、植食動物による摂餌圧などが挙げられる。ここで平板を付着基質とした場合、板間の隙間サイズを小さくすると、単位体積当たりの基質表面積は増えるが、栄養塩や摂餌圧に関係する流速と光は、平板が密になることで小さくなる。そのため、今回は3つの異なる隙間サイズの試験体を用い実験を行うこととした。隙間サイズは、他の保護育成機能（魚類の隠れ場、休息場機能）を考慮し、当該漁港の刺網調査結果<sup>3)</sup>の魚の体長を参考に 5 cm、15 cm、25 cm に設定した。試験体は、塩化ビニル製の板に各長さの塩化ビニル製の管を4隅に挟み、約 50 cm の幅内で10枚、4枚、3枚の板を連結させ作成した。

### b) 採取、分析項目

試験体は、2018年6月に各隙間サイズの試験体を2基ずつ St.3 の海底に設置した。設置後約 2~6 カ月間隔で、8~9月、12月、6~7月に試験体を回収し、試料を採取後に再設置した。

主な採取試料は、付着生物（微細藻類、動物）、動物プランクトンである。付着動物に関しては2019年6月以降に採取した。付着生物の Chl.a は全試験体、付着動物は各隙間サイズで1基を対象とし分析した。動物プランクトン試料は、各隙間で1基に関して、試験体全体をビニル袋で囲い回収した後、袋内の試験体周辺海水を分取し、北原式定量ネットで採取した。

生物組成の比較については、水産生物の餌料としての検討に用いるため、主に門レベルでの検討を行った。

取得データは、試験体の隙間サイズによる比較を行った後、試験体と周辺環境（水柱、堆積物）の2群もしくは3群で比較した。これらの比較には、3群では Steel-Dwass 検定、2群では Mann-Whitney 検定を用いた。

## 3. 結果と考察

### (1) 現地環境調査

St.2 での水温、塩分、有義波高の時系列変化を図-2 に示す。水温は、約 1~24°C の範囲で変化していた。また、塩分は常に 30 psu 以上であった。有義波高は、冬期にやや高くなる傾向が見られたが、0.31 m 以下であり、過年度同様<sup>3)</sup>に港内は年間を通して静穏であった。

### (2) 試験体を用いた現地実験

平板表面は、設置約 2ヶ月後には微細藻類や付着動物とともに、植食動物による摂餌痕などが確認され、冬期に微細藻類が多い傾向が見られたが、日数経過ともなう顕著な変化は見られず、Chl.a 現存量の増加傾向も見

られなかった。そのため、時系列を考慮せず、調査期間を通しての試験体間の差異を検討することで、試験体の特徴を把握することとした。

隙間サイズの異なる試験体の Chl.a 現存量を図-3 に、試験体と St.2 の深さ 1 cm で換算した水柱、堆積物の

表-1 試験体の特徴

隙間サイズ	付着基質		
	5 cm	15 cm	25 cm
略称	3-5	3-15	3-25
板サイズ	45 cm × 60 cm × 0.5 cm		

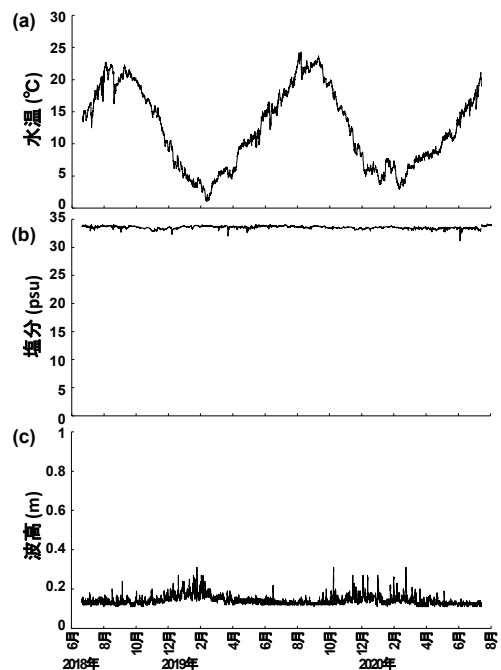


図-2 St.2の(a)水温、(b)塩分、(c)有義波高の時系列変化

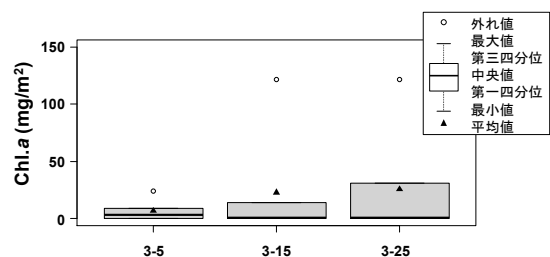


図-3 試験体Chl.a現存量の隙間サイズ間の比較

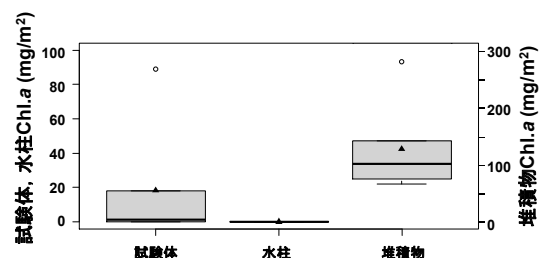


図-4 Chl.a現存量の試験体と水柱、堆積物との比較 (以降の図の凡例は図-3と同じ)

Chl<sub>a</sub> 現存量を図4 に示す。試験体間の比較では、隙間サイズでの有意な違いは見られなかった ( $p>0.05$ )。一方で、試験体、水柱、堆積物では全ての組み合わせで有意な差が見られ ( $p<0.05$ )、水柱に比べ試験体では有意に高い Chl<sub>a</sub> 値であった。また、分類群では、試験体や堆積物は羽状目、水柱は円心目の違いはあるが、珪藻類が最も優占していた (2020年7月に試験体で多く出現した種同定が困難な発芽後成長初期の海藻を除く)。本対象域の基礎生産では栄養塩が制限要因の1つであり<sup>3)</sup>、水柱の浮遊珪藻に比べ、基質上の付着珪藻では周りの水塊移動により栄養塩が供給されやすいため<sup>5)</sup>、試験体で高い Chl<sub>a</sub> 現存量が可能であったと考えられる。

隙間サイズの異なる試験体周辺の動物プランクトン密度を図-5に、試験体と水柱での動物プランクトン密度を図-6に示す。動物プランクトン密度は、隙間サイズが小さいほどやや高い傾向が見られたが、有意な違いは見られなかった ( $p>0.05$ )。一方、試験体と水柱を比較すると、試験体の方が有意に高い動物プランクトン密度を示していた ( $p<0.05$ )。他方、当該漁港内外の水柱では、動物プランクトンの密度は、通年では有意な差異がないことが報告されている<sup>3)</sup>。次に、平均個体数による動物門割合を図-7、優占種例を写真-1に示す。試験体、水柱ともに、魚類の餌料となりやすい節足動物のカイアシ亜綱が最も優占していた。しかし、目レベルでは、水柱ではキクロプス目、カラヌス目が優占していたが、試験体ではそれらよりも水柱で3%程度のハルパクチクス目が40%以上と最優占しており、水柱と試験体で異なる組成を示していた。ハルパクチクス目は基本的に底生性と言われており<sup>6)</sup>、試験体の動物プランクトンは、水柱からの単純な増集ではないと考えられる。

隙間サイズの異なる各試験体での付着動物の密度を図-8に示す。付着動物の密度は、隙間サイズ間で有意な違いは見られなかった ( $p>0.05$ )。次に、平均個体数による動物門割合を図-9、優占種例を写真-2に示す。分類

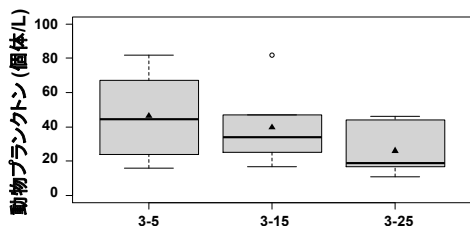


図5 動物プランクトン密度の隙間サイズ間比較

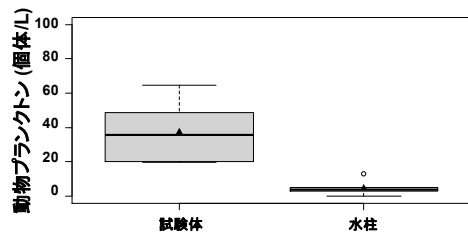


図6 動物プランクトン密度の試験体と水柱の比較

群としては、軟体動物や環形動物、節足動物が優占していた。軟体動物では小型巻貝のタマキビ科やニシキウズガイ科、環形動物ではカンザシゴカイ科、節足動物ではエンマヨコエビ科やカマキリヨコエビ科が多く出現していた。これらは過年度の本調査域<sup>3)</sup>や他海域<sup>7)</sup>での魚類

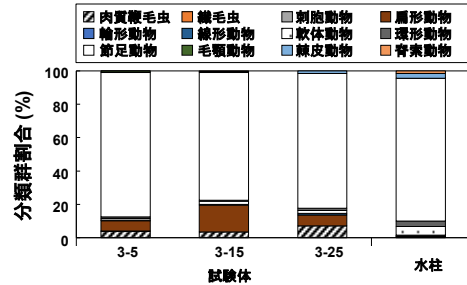


図7 動物プランクトン個体数の分類群割合

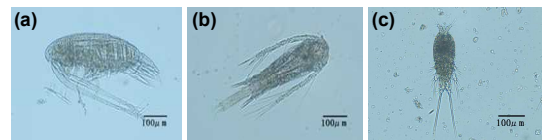


写真-1 動物プランクトン優占種例  
(a)キクロプス目、(b)カラヌス目、(c)ハルパクチクス目

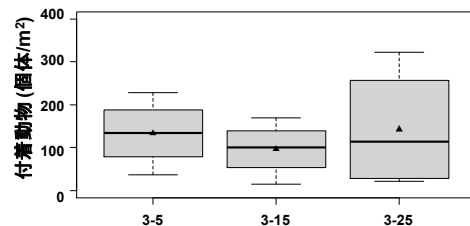


図8 付着動物個体数の隙間サイズ間比較

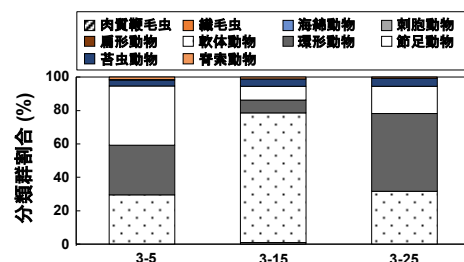


図9 付着動物個体数の分類群割合

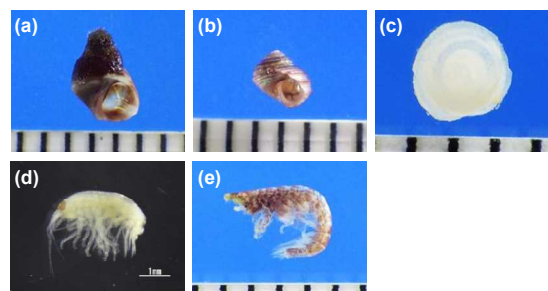


写真-2 付着動物優占種例  
(a)タマキビ科、(b)ニシキウズガイ科、(c)カンザシゴカイ科、(d)エンマヨコエビ科、(e)カマキリヨコエビ科

の胃内容物で確認されており、魚類の餌料と考えられた。また、軟体動物では水産有用種のエゾアワビも確認された。

### (3) 試験体の餌場機能評価

港内に設置された試験体の表面には、微細藻類や付着動物が出現するとともに、周辺には水柱とは異なる種組成で動物プランクトンが多く出現した。また、付着動物や動物プランクトンの分類群は、魚類の餌料と考えられる環形動物や節足動物が優占していた。これらのことから、水柱への付着基質の付加は、漁港の水柱に基礎生産者の生息空間を創出し、空間での栄養塩の効率利用により、底生基礎生産者を基盤とした動物プランクトンや付着動物、魚類へ繋がる底生生態系が発展することで、水産生物の餌場機能を強化する技術として有効であることが示唆された。

また、St3で実施した塩化ビニル製とコンクリート製試験体を用いた実験では、有意な違いが見られていない<sup>4)</sup>。そのため、本条件下では材質の影響は限られており、本知見はコンクリートを用いた機能強化技術への適用が可能と考えられた。他方、コンクリート試験体を用いた実験では、設置後2ヶ月での付着動物量が、当該漁港と宮崎県青島漁港周辺<sup>8)</sup>で同程度であった<sup>4)</sup>。

そこで、実験結果から付着基質設置による餌場機能を簡易的に試算することとした。現地実験の結果では、付着生物や動物プランクトンにおいて、隙間サイズによる有意な差異は見られず、本条件下では光量や流速への影響は小さいと考えられたことから、隙間サイズに関係なく実験期間の平均値を計算に用いた。また、試験体表面に摂餌痕が確認されるなど、現存量の変化は消費者による影響が大きいと考えられ、現存量に基づく基礎生産量の推定は困難であることから、単純に付着基質設置による現存量の付加量を試算した。試験体は、体積1m<sup>3</sup>当たりの空間を対象に、1枚が1m<sup>2</sup>の付着基質（厚さ0.5cm）で、隙間サイズ5cm（板数19枚、体積0.095m<sup>3</sup>）、15cm（7枚、0.035m<sup>3</sup>）、25cm（4枚、0.02m<sup>3</sup>）と設定した。この場合、Chl<sub>a</sub>の体積1空m<sup>3</sup>当たりの付加量は、平均Chl<sub>a</sub>現存量の試験体（18.4mg/m<sup>3</sup>）と水柱（1.9mg/m<sup>3</sup>）の値から、147~699mg/m<sup>3</sup>と試算された。堆積物表層1cmの平均Chl<sub>a</sub>現存量は128mg/m<sup>2</sup>であった。次に、動物プランクトンでの体積1空m<sup>3</sup>当たりの付加量は、平均密度（試験体37個体/L、水柱5個体/L）から、28485~31260個体/m<sup>3</sup>と試算された。加えて、付着動物での1空m<sup>3</sup>当たりの付加量は、1年間の試験体での平均密度（124個体/m<sup>2</sup>）から、992~4712個体/m<sup>3</sup>と試算された。これらの値は、静穏で水温の季節変化が大きい寒冷域漁港内において、餌場機能強化が可能であることを示した。

## 4. まとめと今後の課題

本報では、寒冷海域漁港での水産生物の餌場機能強化技術に関する知見を得るために実施した、底生基礎生産者に着目した試験体を用いた現地実験について紹介した。実験の結果、水柱に付着基質を追加することで、単位体積当たりの基礎生産者が増加し、底生生態系が発達することにより餌場機能を付加されることが示唆された。今後の課題としては、各段階の捕食者対策などの実施による各栄養段階での餌料生産量の把握などが考えられる。

また、本手法は、隙間空間の創出により、魚類では餌場機能に加え、その他の保護育成機能（隠れ場や休息場機能）も有すると考えられる。しかし、同時期に実施した試験体での魚類調査では、地点間で出現種割合に違いが見られ、生態の違いが要因と考察されている<sup>4)</sup>。そのため、保護育成機能の強化には、対象魚種の食性を考慮した餌場機能の評価とともに、生態に合わせた設置場所や隙間サイズの検討が必要と考えられる。

**謝辞：**本調査にご協力頂いた寿都漁業協同組合、小樽港湾事務所、日本データサービス株式会社、株式会社日本海洋生物研究所、株式会社エコニクスをはじめとする関係者の皆様に心よりお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 水産庁：漁港漁場整備長期計画、2022。
- 2) 梶原瑠美子、丸山修治、伊藤敏朗、大橋正臣、門谷茂：寒冷域漁港における通年の水産生物の保護育成機能、土木学会論文集 B3（海洋開発）、Vol. 75(2)、pp.1\_1019-1\_1024、2019。
- 3) 山口一岩、門谷茂：沿岸海洋における生物生産過程と底生生態系、陸水学雑誌、Vol.63、pp.241-248、2002
- 4) 梶原瑠美子、大橋正臣、的野博行、門谷茂：寒冷海域漁港における水産生物の餌場機能強化技術の検討、土木学会論文集 B3（海洋開発）、Vol.78(2)、pp.1\_691-1\_696、2022。
- 5) 河村知彦：付着珪藻の生態、日本水産学会誌、Vol.70(5)、pp.788-789、2008。
- 6) Uye, S., I. Aoto and T. Onbé: Seasonal population dynamics and production of *Microsetella norvegica*, a widely distributed but little-studied marine planktonic harpacticoid copepod, Journal of Plankton Research, Vol.24 (2), pp.143-153, 2002.
- 7) 蒲原聡、石元伸一、山本有司、原田靖子、小澤歳治、芝修一、服部克也：伊勢湾東部沿岸におけるサガラメ群落の魚類への餌料供給機能、愛知水試研報、Vol.16、pp.21-30、2011。
- 8) 伊藤靖、三浦浩、深瀬一之、土肥龍平、横山純：漁港施設におけるイセエビ稚エビの生息環境創出、調査研究論文集/漁港漁場漁村技術研究所[編]、Vol.20、pp.89-93、2008。