

# 寒冷海域漁港における水産生物の 餌場機能強化技術に関する砂利袋試験

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の強化方法に関する基礎的知見を得るために、簡易な試験体（網袋に砂利を詰めた砂利袋）を漁港内のブロックなどの構造物上に設置し、底生生物に関する調査を実施した。調査の結果、構造物上への砂利などの海底基質の供給により、港内での魚類餌料となる底生生物の生息空間が拡大し、餌場機能強化に繋が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、海底基質

## 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は乏しい。

そこで、水産土木チームでは、底生基礎生産者に着目しながら寒冷域漁港の保護育成機能に関する調査に取り組んできた。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、底生基礎生産者や魚類の餌料となる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>。この要因として、岩礁域では砂礫が安定的に堆積しないが、ここに位置する漁港内は静穏で底生生物の生息場となる砂礫海底の存在が考えられた。このことから、漁港内に底生動物の生息空間を例えば防波堤の港内側のブロックなどに拡大させることで、港内の餌場機能の強化につながることを期待された。しかし、漁港での貝殻などを用いた付着動物の培養事例は報告されているが<sup>4)</sup>、砂利などの海底基質を用いた底生動物の増加促進に関する情報は少ない。

そのため、底生生物が生息可能な海底空間の構造物上への拡大を念頭に、餌場機能の強化方法に関する基礎的知見を得るために、簡易な試験体（砂利袋：網袋に砂利を詰めたもの）を用いた現地実験を行い、底生動物の生息状況と設置場所や経過年との関係を検討した<sup>5)</sup>。今回

実験で用いた砂利袋は、食害や逸散の防止により、アサリ天然種苗の採集や稚貝の育成などを目的に用いられている<sup>例えは6)</sup>。製作や設置などは容易でありながら、アサリの他に魚類の餌料となる環形動物などの底生動物も生息可能と考えられたことから、本海底基質付加実験に適していると考え選定した。

本報では、試験体を用いた現地実験のうち<sup>9)</sup>、試験体の有用性や設置場所に関する実験について紹介する。

## 2. 材料と方法

調査は、2017年4月から2019年4月までの期間、北海道南西部に位置する寿都漁港周辺で行った（図-1）。実験期間の現地環境を調査するとともに、試験体を用いた実験を実施した。

### (1) 現地環境調査

波高および水温は、波高計（WAVE HUNTER94、WAVE HUNTER04、アイオーテック）を港内外（St.2およびSt.9：図-1）の海底に設置し観測した。なお、当漁港周辺での漁業活動に考慮し、2018年3月中旬から6月中旬の期間は観測を中断した。



図-1 調査および実験地点  
（等深線：海底地形デジタルデータ、日本水路協会）

加えて、底生動物試料を試験体設置期間付近の2017年8月、10月、2018年2月、8月に採取した。採取地点については、港内は泊地中央のSt.2、港外は港内と同じ水深帯(4~10 m)が岩礁であるため、水深約16 mの砂地盤のSt.9とした。底生動物試料は、スミス・マッキンタイヤ型採泥器(採泥面積 0.05 m<sup>2</sup>)で各地点2回採取し、1 mm目合いのふるい上に残ったマクロベントスに関して種ごとの個体数や湿重量の計測を行った。また、シャノン・ウィナーの多様度指数(H')を算出した。

## (2) 試験体を用いた現地実験

試験条件を表-1に、試験体の設置位置および設置状況を図-2に示す。試験体は、網袋(目合い4 mm、幅40 cm、長さ60 cm)と、砂利(粒径5~10 mm、約5 kg)から成る(設置時の試験体面積は約0.063~0.075 m<sup>2</sup>)。

2017年7月から約1年間、泊地St.2の1か所とともに、防波堤港内側2地点(St.3、St.8)の各3か所、合計7か所に各1試験体を設置した。防波堤(St.3、St.8)の3か所は、根固ブロック上の1か所と水深の異なる被覆ブロック斜面の2か所(浅、深)とした(図-2)。設置位置選定の意図としては、a) 同じ地点の堆積物(試験体なし)と試験体(2-◎)の比較により、試験体の有用性、砂利や網袋の底生動物への影響を検討するために、St.2に試験体を設置し、b) 異なる設置位置(3-①~③、8-①~③)の比較により、波高・流速の大小による基質安定性、流れによる栄養塩や懸濁粒子、浮遊幼生などの供給の違いなどを把握するために、波高や流速が異なる防波堤の2地点(港奥St.3、港口St.8)に設置することとした。

現地設置約1年後に回収された試験体は、試験体内の底生動物の種ごとの個体数や湿重量の計測を行い、H'も算出した。

## 3 結果と考察

### (1) 現地環境調査

調査期間の水温、有義波高を図-3に示す。調査期間の水温は、港内St.2底層で1.1から22.9°C、港外St.9底層で2.6から23.2°Cの範囲で変化していた。また、港外の有義波高は0.1から4.4 mの範囲で大きく変化していたのに対し、調査期間を通して港内の有義波高は0.5 m以下と静穏であった。

### (2) 試験体を用いた現地実験

回収した試験体および St.2、St.9 堆積物での底生動物の個体数、湿重量、またそれらの各動物門割合、種数、多様度指数を図-4に示す。加えて、環形動物門における個体数、湿重量およびそれらの各目割合を図-5に示す。

#### a) St.2 堆積物と試験体(2-◎)の比較

試験体(2-◎)での底生動物の個体数は、港外 St.9 の堆積物(平均 ± 標準偏差 789 ± 330 個体/m<sup>2</sup>)に比べ多

く、港内 St.2 堆積物(6451 ± 1105 個体/m<sup>2</sup>)とは同程度であった(図-4)。湿重量では、試験体(2-◎)に比べ、軟体動物のアサリ(*Ruditapes philippinarum*)の大型個体が含まれる St.2 堆積物(1996 ± 1480 g/m<sup>2</sup>)では高い値を示し、St.9 堆積物(69 ± 95 g/m<sup>2</sup>)は棘皮動物のハスノハカシパン(*Scaphechinus mirabilis*)が優占した2017年8月を除いて低い値を示した。また、動物門割合では個体数、湿重量ともに、試験体(2-◎)は環形動物の占める割合が高く、試験体(2-◎)の環形動物は個体数、湿重量ともに St.2 堆積物(4935 ± 1028 個体/m<sup>2</sup>、45 ± 12 g/m<sup>2</sup>)と同程度で、St.9 堆積物(164 ± 11 個体/m<sup>2</sup>、2 ± 1 g/m<sup>2</sup>)に比べ高い値を示した(図-4、5)。

そのため、成長により湿重量が大きく増加する軟体動物や棘皮動物に関しては考慮が必要だが、試験体には、泊地堆積物同様に底生動物が生息可能であると考えられ、試験体の有用性を確認することができた。

表-1 試験条件

略称	設置地点	海底
2-◎	St.2	泊地堆積物
3-①	St.3	根固ブロック
3-②		被覆ブロック 浅
3-③		被覆ブロック 深
8-①	St.8	根固ブロック
8-②		被覆ブロック 浅
8-③		被覆ブロック 深

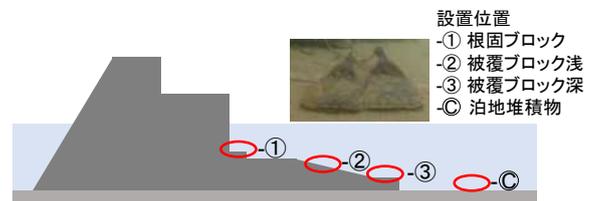


図-2 試験体の設置位置と設置状況  
(図中の番号は表-1 参照)

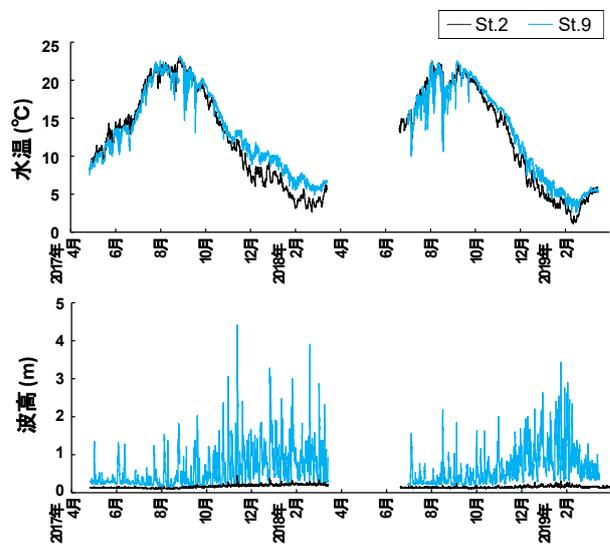


図-3 港内外の底層水温および有義波高の時系列分布

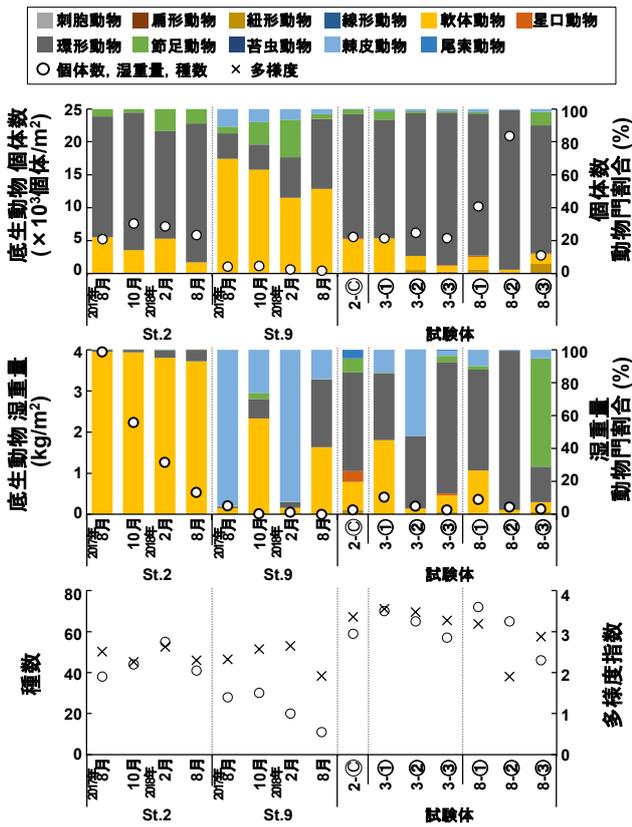


図4 堆積物および試験体の底生動物の特徴

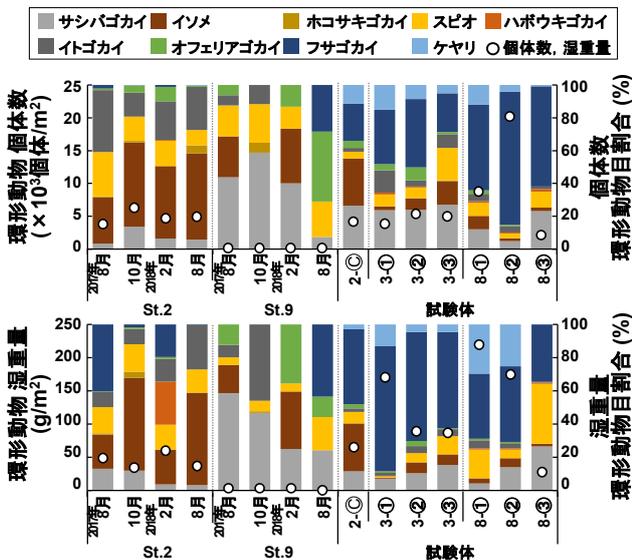


図5 堆積物および試験体の環形動物の特徴

また、採取面積は小さいが、試験体 (2-②) の方が St.2 や St.9 堆積物に比べ種数 ( $45 \pm 7$  (St.2),  $22 \pm 9$  (St.9)) や多様度指数  $H'$  ( $2.4 \pm 0.2$  (St.2),  $2.4 \pm 0.3$  (St.9)) が高く、特に多くの種の環形動物が確認された (図-4)。環形動物での目割合では、St.2 堆積物でイソメ目やイトゴカイ目、St.9 堆積物でサシバゴカイ目や2018年8月にはフサゴカイ目の割合が高く、試験体ではイソメ目とともに個体数ではサシバゴカイ目、湿重量ではフサゴカイ目の割合が高く、試験体には St.2 や St.9 と異なる特徴が見られた (図-5)。

これまでの調査により、港内外の堆積物の粒度組成は大きく異なり、St.9 では  $125 \mu\text{m}$  以下の粒径が見られず、St.2 では  $125 \mu\text{m}$  以下の粒径が 50% 以上、特に  $32 \mu\text{m}$  未満が 40% 以上を占めており、St.2 は好氣的環境下ではあるが St.9 に比べ有機炭素や窒素量が大きく、クロロフィル  $a$  も高いことが明らかとなっている<sup>3)</sup>。加えて、St.2 で優占したイソメ目ギボシイソメ科の *Scoletoma longifolia* やイトゴカイ目イトゴカイ科の *Mediomastus* sp. の生物量は、有機物量やシルト (粒径  $75 \mu\text{m}$  以下) 量と関係することが報告されている<sup>7,8)</sup>。そのため、網袋による食害や基質逸散の抑制とともに、今回用いた基質粒径 (砂利: 粒径  $5 \sim 10 \text{ mm}$ ) や付随する有機物量の違いが、底生動物の種組成や多様度に影響を与えていると考えられた。

#### b) 試験体間の設置位置の比較

St.3 と St.8 の試験体 (3-①~③、8-①~③) の底生動物の個体数、湿重量、種数は、ともに個体重量の大きいハスノハカシパン (*S. mirabilis*) が優占した 2017 年 8 月の湿重量を除き港外 St.9 堆積物に比べて高い値を示し、港内 St.2 堆積物とは個体数、種数は同程度であり、やや高い値も見られた (図-4)。また、試験体での湿重量は、軟体動物の割合が高い St.2 よりも低い値であったが、環形動物は St.2 に比べ高い傾向が見られた (図-4、5)。そのため、港内のブロック上においても、試験体に底生動物は生息可能であることが確認できた。

各 1 試験体だけの結果であるため個別の試験体についての考察は難しいが、湿重量でヤドカリ科のケブカヒメヨコバサミ (*Paguristes ortmanni*) が占める割合が高く網袋の一部破損による食害や基質の逸散の影響が考えられる 8-③を除いて、St.3 より St.8、③より①に設置した試験体で環形動物が多い傾向が見られた (図-5)。また、環形動物目割合では、St.2 や St.9 の堆積物に比べ全試験体でフサゴカイ目の割合が高く、St.8 や①では濾過食者と言われているケヤリ目ケヤリ科<sup>9)</sup>の湿重量割合も高い傾向が見られた (図-5)。堆積物食者であっても、フサゴカイ目フサゴカイ科は、沈積したゼトライトスや底生微細藻類、微小動物など良質の餌となる有機物の多い海底表層堆積物を選択的に食べる底表堆積物食者、St.2 堆積物で優占したイトゴカイ目タケフシゴカイ科、イトゴカイ科は砂泥中を潜行しながら多くの砂泥質堆積物のみ込み有機栄養物を消化して砂泥を糞として排泄する底表下堆積物者に分けられる<sup>10)</sup>。

今回と同程度の砂利 ( $5 \sim 10 \text{ mm}$ ) や目合い (1 文目) の籠を用いた振動流水槽での実験では、 $25.2$  (周期 8 秒)  $\sim 30.7 \text{ cm/s}$  (周期 2 秒) で砂利が移動し始めることが報告されている<sup>11)</sup>。沿岸波浪数値予測モデル (GPV-CWM) での漁港の沖側地点における過去 5 年間の有義波高の最大値 ( $4.57 \text{ m}$ ) を用いて算出した港内波高は、港奥は静穏であるが、港口では  $0.8 \text{ m}$  を超え、この時 St.8 の根固ブロックから  $2 \text{ m}$  浅い水深での流速は、 $16 \sim 36 \text{ cm/s}$  と算出されている<sup>12)</sup>。そのため、設置期間の St.8

では、基質は移動し難いが、物質が供給されやすい流動環境であったと考えられ、St3、St8や、①～③での底生動物の現存量や組成の違いは、流動環境やそれに伴う水深が影響していると考えられた。よって、今後機能強化の効果的な場所選定の際、物理環境として基質移動とともに水交換や物質供給への配慮も必要と考えられる。

### c) 餌場機能強化

サシバゴカイ目は港内魚の胃内容物<sup>3)</sup>、フサゴカイ目は他海域でのイサキ、マダイ、カレイ類などの魚類の胃内容物<sup>13, 14, 15)</sup>で確認されている。そのため、試験体内の底生動物は、魚類の餌料になると考えられる。

加えて、同様の試験体を3-①に約1年、1年半、2年半の期間設置した実験では、試験体に、St2 泊地堆積物よりも少ないが基礎生産者や有機物の堆積が確認され、設置年の経過に伴い、種組成は異なるが泊地海底と同様に環形動物では堆積物食者から肉食者へと安定した底生生態系が発達することが示唆された<sup>9)</sup>。当該漁港では、栄養塩が基礎生産の制限要因の1つであるが<sup>2)</sup>、付着基質を海底に付加することにより、付着性微細藻類をはじめとした底生生態系が発達することが確認されており、基質周りの水塊移動による栄養塩の供給がそれを可能にしていると考えられている<sup>16)</sup>。また、堆積有機物から再生生産された栄養塩が、静穏な港内での高い底生基礎生産を支えていると考察されている<sup>2)</sup>。試験体の設置場所は、定常的には砂泥が堆積していない流動変化が大きい場所であるが、基質を付加することで局所的な流速の低減を含む安定した海底環境となり、水塊移動や沈降・堆積物より栄養塩が供給され、試験体においても底生基礎生産者が生長可能であったと考えられた。

そのため、砂利などの海底基質の構造物上への付加は、栄養塩や有機物の供給、底生基礎生産により、港内泊地海底と同様に底生動物、特に環形動物などの生物の持続的な生息が可能であり、魚類餌料生物量の増加、餌場機能強化に繋ることが示唆された。

## 4. まとめと今後の課題

本報では、寒冷海域漁港における餌場機能強化方法を検討するために実施した簡易な砂利袋試験体を用いた現地実験について紹介した。実験結果から、試験体では、港内泊地の堆積物と同様に底生動物、特に環形動物などの魚類餌料が生息可能であることが確認できた。そのため、構造物上への砂利付加などによる底生動物の安定した海底環境の空間拡大が、魚類餌料生物量の増加による餌場機能強化に繋がるということが示唆された。

今後の課題として、基質の粒径は海底環境の安定や魚類の餌取得の難易度に影響するため、対象種や対象場所の流動環境に合わせた基質粒径や穴隙の形状などのブロックの工夫が挙げられ、引き続き餌料生物量の増加促進方法に関する検討を進める必要がある。

謝辞：本調査にご協力頂いた寿都町漁業協同組合、寿都町役場産業振興課、国土交通省北海道開発局小樽港湾事務所、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) 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。
- 3) 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。
- 4) 伊藤靖、川合信也、押谷美由紀、間辺本文、古村振一、小畑泰弘、三浦浩：漁港水域を利用した水産資源増殖機能強化に関する考察、海岸工学論文集、Vol.52、pp.1056-1060、2005。
- 5) 梶原瑠美子、白井さわか、布川雅典、森健二、大橋正臣、門谷茂：寒冷海域漁港に生息する魚類のための砂利袋試験体を用いた餌料生物量の増加促進方法の検討、土木学会論文集、Vol.79(18)、2023。
- 6) 水産庁：アサリ漁場環境改善技術導入のための作業手引き-有明海の豊かなアサリ資源再生のために-、2018。
- 7) 上出貴士：和歌山県沿岸の養殖漁場における春季の海底堆積物の化学的特性と優占するマクロベントス種との関係、日本水産学会誌、Vol.74(5)、pp.832-840、2008。
- 8) 丁仁永、国次純、平岡喜代典、曹慶鎮、向井徹雄、西嶋渉、滝本和人、岡田光正：潜堤の設置が干潟生態系に及ぼす影響、水環境学会誌、Vol.26(7)、pp.431-436、2003。
- 9) Fauchald, K. and Jumars, P.A.: The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds, *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, Vol.17, pp.193-284, 1979。
- 10) 菊池泰二：砂泥底の生態系とベントス、水産土木、Vol.22(1)、pp.25-33、1985。
- 11) 丸山修治、梶原瑠美子、伊藤敏朗、井上智、大橋正臣、門谷茂：江良漁港蓄養施設におけるアサリ垂下養殖試験(第2報：垂下条件の検討)、土木学会論文集 B3 (海洋開発)、Vol.75(2)、pp.1\_348-1\_353、2019。
- 12) 梶原瑠美子、大橋正臣、打田拓真、的野博行、門谷茂：寒冷海域漁港に生息する魚類における高波浪時の避難場機能の評価手法、土木学会論文集 B3 (海洋開発)、Vol.77(2)、pp.1\_583-1\_588、2021。
- 13) 小川満也、濱地寿生：人工礁漁場造成事業効果調査-日高南部地区人工礁-、和歌山県水産試験場事業報告、pp.132-142、1999。
- 14) 島本信夫、渡辺淳：瀬戸内海東部海域におけるマダイの食性とその季節変化、日本水産学会誌、Vol.60(1)、pp.65-71、1994。
- 15) 高橋豊美、前田辰昭、土屋康弘、中谷敏邦：陸奥湾におけるマガレイおよびマコガレイの分布と食性、日本水産学会誌、Vol.53(2)、pp.177-178、1987。
- 16) 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。