

底質・流速からみた沿岸構造物周辺の底生生物の経年変化

福田 光 男* ・坪田 幸 雄** ・森 信 幸*・丸山 修 治***
吉 田 徹****・久野 能 孝*****・山下 俊 彦*****

開放性砂浜域に沿岸構造物を建設すると周辺の波浪の変化と、それに伴う一次的な底質変化などの物理要因の変化が、二次的な底生生物の変化に反映され则认为られる。大規模な港湾が建設された開放性砂浜域での底質・底生生物調査から、物理要因である底質と波浪による底面軌道流速が底生生物の生息環境を規定する生息依存要因であることが分かった。さらに沿岸構造物が及ぼす周辺の底生生物への影響は、港湾建設過程における底生生物を構成する優占種の底質と流速から見た生息依存要因の遷移から評価することができた。

1. はじめに

開放性砂浜域に沿岸構造物を建設することは、その周辺に生息する底生生物へ様々な影響を及ぼしており、その影響を把握するために適切な評価手法を得ることが重要である。沿岸構造物は周囲の波浪、流況などの物理環境の変化と、それに伴い底質、水質などの自然（生息）環境を変化させることになる。この底質、水質などの自然環境とそこに生息する生物種の関係は近年、玉井（1985）や林（1987）など生物研究機関等により既に多くの知見が得られているが、その場所が曝されている波浪、流れなどの物理環境との関係については十分な研究はなされていない。福田ら（2001）は、平成 11、12 年度の底質、底生生物（マクロベントス）調査より、底生生物群集として評価し、その生息要因が底質の細粒分含有率と流速から評価でき、かつ優占種の生息要因からおおむね規定されることを示した。また閉鎖性海域の砂泥底底生生物と底質環境の関係（菊地，1979；中尾，1977）が開放性砂浜域では底質と流速の物理要因から評価できることを示した。

本研究では、これまでの調査に平成 13 年度調査を加え、底生生物の種に着目し、底生生物の生息依存要因を物理要因の底質と流速から明らかにする。さらに沿岸構造物が周辺の底生生物に及ぼす影響を把握するため、苫小牧東港周辺の 24 年間、石狩湾新港周辺の 17 年間の長期データより得られる底生生物の遷移について、構成する優占種の生息依存要因となる底質と流速から評価するものである。

2. 調査・解析内容

(1) 底質・底生生物調査（現地調査）

現地調査は、太平洋側の苫小牧東港周辺（以下、苫小

牧）と日本海側の石狩湾新港周辺（以下、石狩）の 2 海域で実施した。調査地点は、沿岸構造物との関係から、波当たりの強い外海・弱い港内・中間にあたる港湾近傍において、水深 20 m 以浅の苫小牧 29 地点、石狩 27 地点とした。調査は、表－1 に示すとおり季節変化を確認するため夏期と冬期の 2 回とし、平成 11～13 年に 5 回行った。

底質調査は、船上よりスミス・マッキンタイヤ採泥器を使用して底質を採取し、粒度試験を行った。底生生物調査も、船上よりスミス・マッキンタイヤ採泥器（0.05 m²×3 回＝0.15 m²）を使用して底質を採取し、1 mm ふるいに通して異物を除去し残留物をホルマリン 10% 溶液による固定・保存後、マクロベントスの種の同定、個体数の検鏡分析を行った。

表－1 底質および底生生物調査

	夏期	冬期
苫小牧海域 (29 地点/回)	H11 年 9 月 22 日	H12 年 1 月 30, 31 日
	H12 年 9 月 29 日	H13 年 2 月 14, 15 日
	H13 年 10 月 11, 12 日	
石狩海域 (27 地点/回)	H11 年 10 月 6 日	H12 年 2 月 7, 8 日
	H12 年 9 月 30 日	H13 年 2 月 21 日
	H13 年 10 月 14, 15 日	

(2) 流速解析

流速は、平成 9 年～11 年の 3 年間の苫小牧、石狩における現地波浪観測結果から、夏期（6～8 月）、冬期（12～2 月）の結果を用い、微小振幅波理論により底面軌道流速値を算出し、累加出現率 50% の流速値（図は 50% 未超過流速と表す）を用いた。なお波高は、水深と沿岸構造物を地形とした波高数値計算により求めた。

調査地点の 50% 未超過流速（以下、流速）は、苫小牧の夏期が 0～40 cm/s、冬期が 0～30 cm/s、石狩の夏期が 0～20 cm/s、冬期が 0～105 cm/s であった。

本文では苫小牧について以下に詳述する。なお、石狩については必要に応じて記述する。

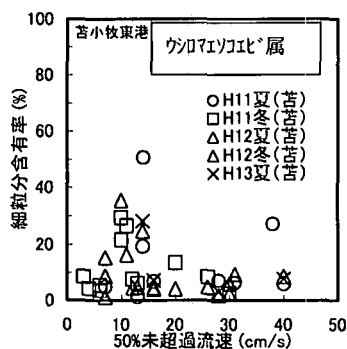
* (独法)北海道開発土木研究所 水産土木研究室
** 正会員 工修 (独法)水産総合研究センター水産工学研究所
*** 北海道開発局 釧路開発建設部
**** 日本データサービス(株)
***** 北海道大学大学院工学研究科
***** 正会員 工博 北海道大学助教授

3. 底生生物の底質と流速から見た生息依存要因

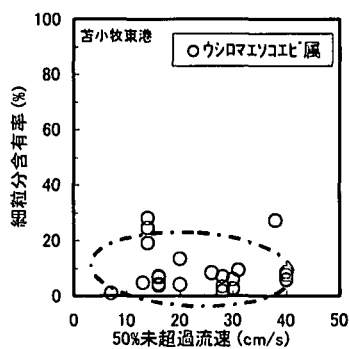
底生生物と底質の細粒分含有率(75 μm 未満, 以下, 細粒分) および流速の関係の一例としてウシロマエソコエビ属 (*Eohaustorius spp.*) を図-1(a) に示す。これらの調査毎の出現地点数と個体数は, 平成11年度の夏期が10地点に7~247個/ m^2 , 冬期が13地点に7~327個/ m^2 , 平成12年度の夏期が9地点に7~373個/ m^2 , 冬期が8地点に13~527個/ m^2 , 平成13年度の夏期が4地点

に7~60個/ m^2 と出現個体数の幅が広い。そこで, 底生生物の生息範囲は, 調査毎に対象種の総個体数の5%以上の個体数が出現した地点を抽出し, これを5回の調査結果全て適用して特定した。その結果を図-1(b) に示す。これより, 底生生物の生息範囲を規定する生息依存要因は, 底質の細粒分と流速の関係から以下の4つに分類できる。

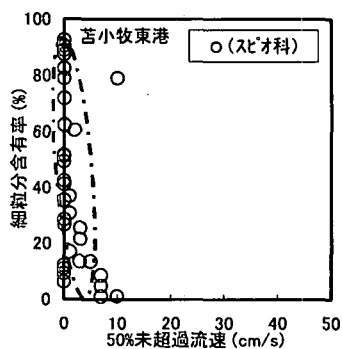
① 底質に依存; 生息範囲は, 細粒分が少なく流速の広い範囲の横軸の流速に平行な分布 (図-1(b); ウシロマエソコエビ属 (*Eohaustorius spp.*)).



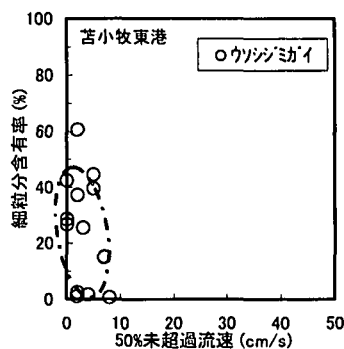
(a) 全出現地点



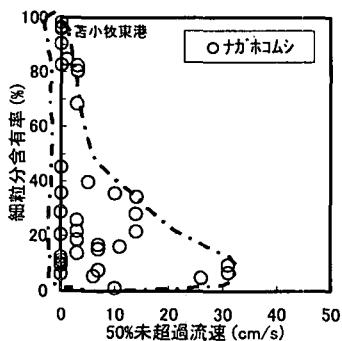
(b) 5%以上出現地点, 底質に依存



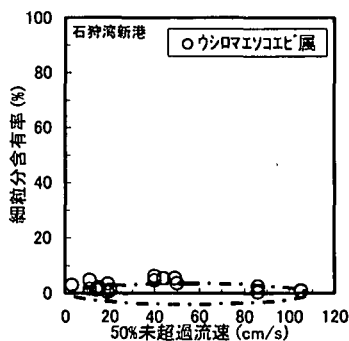
(c) 流速に依存



(d) 底質・流速に依存



(e) 依存要因なし



(f) 底質に依存 (石狩)

図-1 底質と流速から見た底生生物の分布範囲と依存要因の分類

- ② 流速に依存；生息範囲は、流速が小さく細粒分の広い範囲の縦軸の細粒分に平行な分布（図-1(c)；（スピオ科）（*Laonice* sp.））。
- ③ 底質・流速に依存；生息範囲は、細粒分が比較적으로流速の小さい範囲の交点付近に分布（図-1(d)；ウソシジミガイ（*Felaniella usta*））。
- ④ 依存要因なし；生息範囲は、細粒分および流速の広い範囲の縦軸の細粒分と横軸の流速に平行なL字形の分布（図-1(e)；ナガホコムシ（*Lepitoscoloplos qugettensis*））。

次に、石狩における同種の生息範囲の一例として苫小牧において底質に依存するウシロマエソコエビ属の結果を図-1(f)に示す。これより、石狩は苫小牧より冬季の激波浪により流速の分布範囲は広いが、生息範囲は、細粒分が少なく横軸の流速に広い範囲で平行な分布を示し、苫小牧と同様に生息依存要因は底質に依存している。これは解析を行った数種において同じであった。

このように、両海域において波浪の影響を強く受ける開放性砂浜域に生息する底生生物の生息依存要因は、底質と流速から規定できた。なお、生息範囲が底質と流速の広い範囲に分布し、「依存要因なし」と特定した種において、全調査地点に出現していないこと、同様に他の依存要因の種も該当するすべての地点に出現していないことから、底質と流速は底生生物の生息環境を規定する必要条件と考えられる。

次に、港湾建設に伴う底生生物の遷移を、構成する優占種の底質と流速から見た生息依存要因により検討した結果を以下に述べる。

4. 苫小牧東港の防波堤建設に伴う底生生物の経年変化と生息依存要因の関係

(1) 防波堤建設に伴う底生生物の経年変化

苫小牧東港では、図-2に示すとおり昭和51年に着工し底質および底生生物調査が行われてきた。底質および底生生物調査は、昭和53年から防波堤が概成した後の平成7年まで継続的に実施しており、著者らが行った平成11～13年の調査を含め24年間のデータがある。これを用いて防波堤建設に伴う底生生物の遷移を検討する。図-2に示す検討地点は、防波堤の建設に伴う遮蔽効果より波当たりが小さくなった港内、波当たりに変化が殆どない外海、中程度の影響を受ける港湾近傍の3地点とした。なお、調査地点は、調査年次で異なることから、防波堤の遮蔽効果および水深が同様な調査地点を用い区域として評価した。検討時期は、継続したデータのある夏期（8～10月）とした。

防波堤建設に伴う港内、港湾近傍、外海の3区域における底生生物の出現個体数の編組比率を図-3に示す。

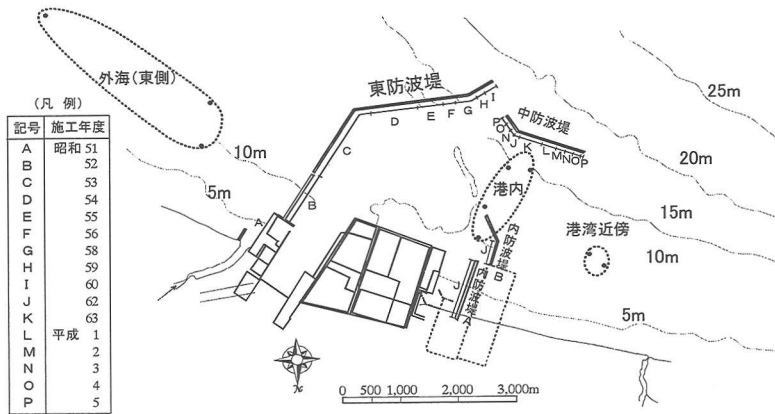
編組比率は、3区域とも年変動が大きい。そこで編組比率の遷移を、開放性砂浜域において砂底に多く見られる軟体動物と泥底に多く見られる環形動物に着眼すると以下に要約される。

- ① 港内では、昭和55年まで砂底に多く見られる軟体動物が優占していた。東防波堤のうち海岸線に比較的に平行な部分が建設された昭和56年に軟体動物は急激に減少し、以降は防波堤の建設が進むなか10%程度を推移している。この間に優占種は、軟体動物から泥底に多く見られる環形動物への遷移が窺える。
- ② 外海では、昭和55年まで砂底に多く見られる軟体動物が優占していた。港内と同様に東防波堤の建設により昭和56年に軟体動物は急激に減少したものの、以降は港内とは異なり防波堤の建設に関わらず0～40%程度を推移している。このことから、東防波堤の建設がある程度外海の底生生物に影響を及ぼしたものと考えられる。なお、この間に優占種は、軟体動物から環形動物または節足動物への遷移が窺える。
- ③ 港湾近傍では、昭和58年から平成6年の調査期間では軟体動物、環形動物、節足動物の割合に大きい変動はあるもののおおむね同じ比率で推移している。この期間は、中防波堤が建設され底生生物への影響が大きいと思われたがデータからは確認されなかった。しかし、上記の外海に及ぼす東防波堤の影響から、この港湾近傍のデータがすでに東防波堤の影響を受けている可能性が推測される。

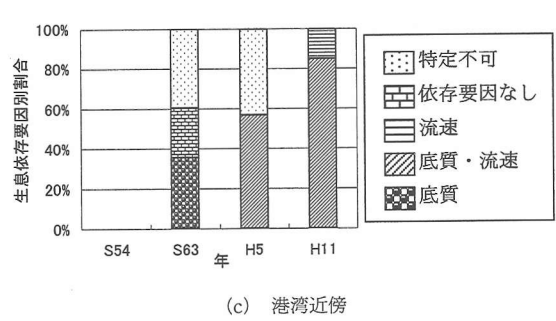
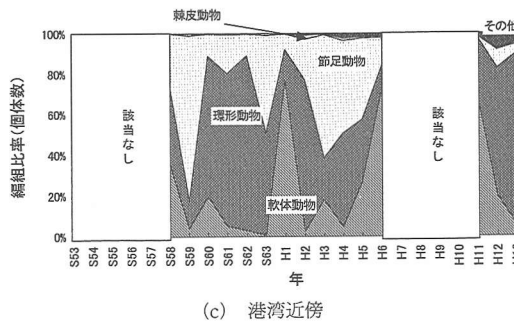
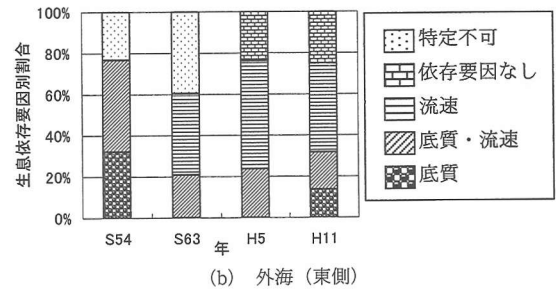
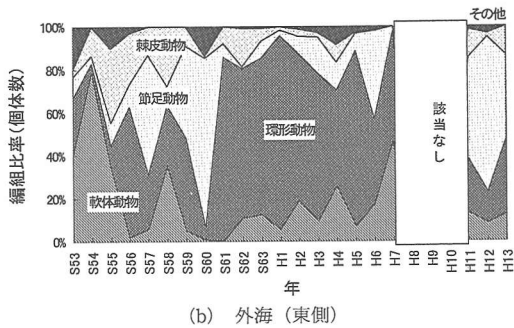
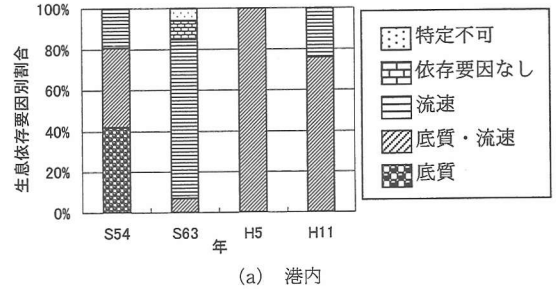
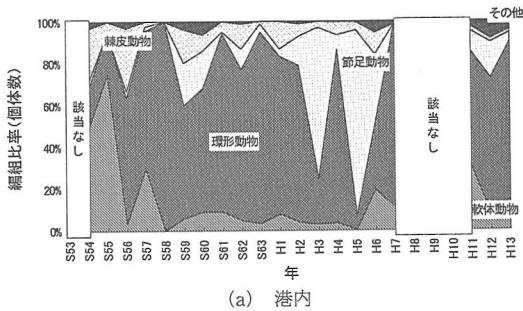
以上より、防波堤の建設に伴う波浪環境の変化が底生生物の編組比率へ及ぼす影響は、波当たりが小さくなった港内により強く、変化が殆どないと予想される外海の広い範囲に及ぶことが考えられる。

(2) 防波堤建設に伴う底生生物の生息依存要因

上記と同じ3区域における底生生物を構成する出現個体数の優占4種について、底質と流速から見た生息依存要因の遷移を図-4に示す。優占種の生息依存要因は、平成11～13年の3ヶ年調査結果から前述の方法により求めた。なお、図中の「特定不可」とは、3ヶ年調査から特定できなかった優占種を示す。検討年次は、図-2に示す防波堤の建設過程より港内区域における防波堤の遮蔽の割合から、①東防波堤の沖側への延伸は概成したが遮蔽効果が小さい昭和54年、②東防波堤が概成し、汀線から伸びる内防波堤および海岸線に平行な中防波堤が着工され遮蔽効果がある程度発現した昭和63年、③内防波堤と中防波堤が概成し港内区域が殆ど遮蔽された平成5年、④防波堤の概成から相当期間が経過した平成11年の4回とした。以下に各区域における優占種の生息依存要



図一2 苫小牧東港の建設履歴と検討区域



図一3 底生生物の経年変化

図一4 底生生物 (優占4種) の依存要因

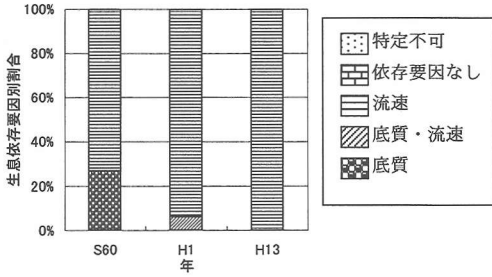


図-5 石狩湾新港の底生生物の依存要因 (港内)

因を要約する。

- ① 港内区域は、防波堤の遮蔽効果が小さい昭和54年では生息依存要因が底質、底質・流速、流速と多岐に渡っている。遮蔽効果がある程度発現しだす昭和63年では流速の割合が多く、さらに防波堤が概成し殆ど遮蔽された平成5、11年では底質・流速が卓越し流速の大きい環境に生息し難い種が優占している。
- ② 外海区域は、昭和54年では底質、底質・流速と細粒分の多い底質に生息し難い種が優占している。前述のように東防波堤が建設された昭和63以降は、底質、流速、底質・流速および依存要因なしの種が混在しており、物理環境の変化が小さい。
- ③ 港湾近傍区域は、防波堤の影響がまだ小さい昭和63年では特定不可の割合が多いものの特定できた生息依存要因は底質、依存要因なしと細粒分の多い環境に生息し難い種が優占している。港湾が概成し防波堤の遮蔽効果が発現しだした平成5、11年では港内と同様に底質・流速が卓越し流速の大きい環境に生息し難い種が優占している。

次に石狩において、苫小牧同様に防波堤建設に伴い波当たりが小さくなった港内に位置する地点における優占種の生息依存要因の遷移を図-5に示す。防波堤の建設途上で遮蔽効果が現れてきた昭和60年では生息依存要因の割合は流速7割、底質が3割と細粒分の多い底質に生息しにくい種も共存している。防波堤がさらに延伸された平成1年では流速の割合が9割強、防波堤が概成した平成13年ではすべて流速に依存する優占種に遷移している。このように港内での防波堤建設に伴う底生生物を構成する優占種は、苫小牧の港内区域と同様に、生息依存要因が底質、流速から流速に変わり流速が大きい環

境に生息し難い種に遷移している。

以上より、防波堤建設に伴う底質と流速から見た優占種の生息依存要因は、防波堤の影響が強い港内地点では底質から流速への遷移が窺えるが、影響の殆どない外海では生息依存要因が混在しており変化が小さいことが確認された。開放性砂浜域における沿岸構造物の建設に伴う底質および流速の変化は、底生生物の優占種を遷移させる重要な生息要因と考えられる。さらに、底質と流速の変化は、優占種におおむね規定される底生生物の編組比率を遷移させた要因と推定される。

5. おわりに

開放性砂浜域における底生生物と底質および開放性砂浜域の特徴としての波浪による流速との関係からの生息依存要因と、そこに建設された防波堤が及ぼす底生生物への影響を物理要因としての底質と流速から検討した結果、以下のことが分かった。

- ① 底生生物の分布と底質および流速の関係から生息依存要因は、底質、流速、底質・流速、依存要因なし、の4つに分類できた。
- ② 防波堤の建設に伴う底生生物の編組比率の遷移は、遮蔽効果の大きい港内に強いものの、外海を含む広い範囲に現れる。
- ③ 防波堤建設が及ぼす底生生物への影響は、編組比率をおおむね規定する優占種の生息依存要因である底質と流速の変化に起因する。

今回の研究の中で、長期間の底生生物データを概観すると出現種の消長が確認された。この出現種の消長と防波堤建設の関係について、今後の研究課題にしたいと考えている。

参考文献

- 菊地泰二 (1979): 海洋汚染とベントス, 環境科学としての海洋学3, 東京大学出版会, pp. 352-369.
- 玉井恭一 (1985): 日本全国沿岸海洋誌, 東海大学出版会, pp. 742-744.
- 中尾 繁 (1977): ホッキガイ漁場の底生動物グループと底質環境, 北大水産彙報28, pp. 95-105.
- 林 勇夫 (1987): 陸棚のマクロベントスグループ—若狭湾海域での例を中心に—, 海洋科学, Vol. 19, No. 2, pp. 83-88.
- 福田光男・坪田幸雄・竹田義則・袖野弘樹 (2001): 砂浜域における沿岸構造物の底生生物群集について, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 1256-1260.