

苫小牧港長周期波対策工が有する 自然環境調和機能に関する一考察

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 水産土木チーム ○岡元 節雄
佐藤 仁
室蘭開発建設部 苫小牧港湾事務所 計画課 小葉松和也

防波堤等の沿岸構造物は本来機能に加えて海藻繁茂や魚介類の生息場になるなど副次的機能を有していることが知られている。苫小牧西港区では長周期波による荷役障害低減を目的として、2008～2012年度に東防波堤背後に中割石と消波ブロックの2層構造となる長周期波対策工を整備した。本報告は、苫小牧港が位置する太平洋沿岸の生物環境条件を考慮し、本対策工が持つ自然環境調和機能を現地調査結果と流動場の数値計算から評価する。

キーワード：沿岸構造物、環境調和、自然共生

1. はじめに

「海草」も「海藻」も読み方は同じ「かいそう」であるが、海草は根・茎・葉があり、多くは砂浜域に生息する。一方、海藻は根・茎・葉の区別がなく岩などに付着して生息するため、岩礁域が主な生息場となっている。砂浜域に整備された沿岸構造物は消波・耐波といった本来機能に加えて、疑似岩礁効果を有しているため、海藻が繁茂する場を提供し、魚貝類の生息場になるとともに産卵場・保育場となっている事例が報告されており、水生生物の生活史の中でも重要な役割を果たす自然環境調

和機能を有している¹⁾。この自然環境調和機能は、施設を設置場所や諸元によって自然環境や生物相が異なるため、施設の副次的効果を把握するためには対象施設の設置環境に応じた機能の評価・検討が必要である。

苫小牧港は札幌市の南約60kmの太平洋沿岸の砂浜域に位置しており、1951年度に世界初の本格的な掘り込み式の港湾として工事着手し、現在では全道港湾貨物量の約半数を扱い、北海道経済にとって重要な役割を担っている。近年、苫小牧港西港区では長周期波による荷役障害低減を目的として、東防波堤背後の未利用水面に長周期波対策工の整備が行なわれた。広範なブロック構造による擬似的な浅海岩礁構造を有しているため、海藻の

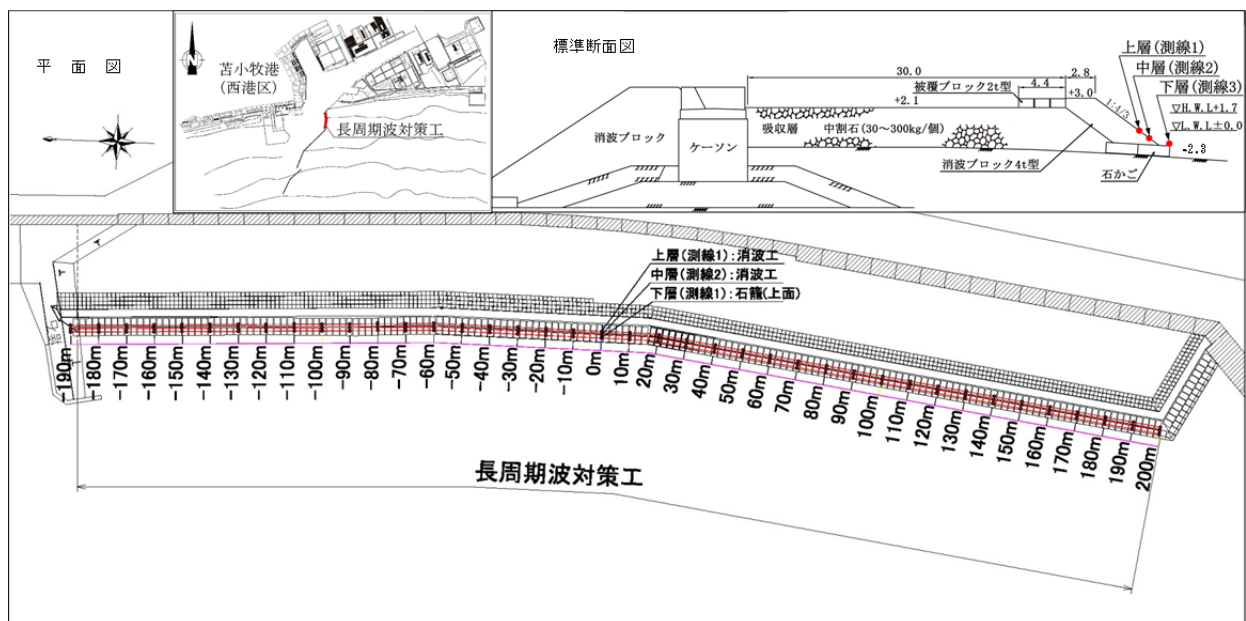


図-1 長周期波対策工構造図および調査箇所図

生育場（藻場造成機能）としての効果が期待される。本報告は、苫小牧港西港区に整備された長周期波対策工において、自然環境調和機能を創造するための基盤となる藻場造成機能について現地調査と流動場の数値計算から評価し、その効果について考察するものである。

2. 長周期波対策工の構造

長周期波対策工は図-1 に示すように吸収層（中割石）と、その前面に設置した消波ブロックの2層構造である。長周期波のエネルギーを確実に減衰させるために、吸収層天端高は水面上の+2.1~+2.2m とされている。また、前面水深は 2.0~3.0m であり、消波ブロック下部は吸い出し防止対策として石かごが設置されている。

苫小牧港周辺海域は高栄養塩を特徴とする親潮の影響を受けており、さらに設置水深が浅いため光量の低下も少ないと考えられる。よって、海藻が繁茂しやすい構造であり、自然環境調和機能が有効に機能することが期待できる。

3. 調査方法

同港の長周期波対策工において、季節変動及び年変動を把握するため、藻場調査（目視観察・枠取り）を夏季（2013年7月29日、2014年8月16~17日）と冬季（2014年2月4日）にそれぞれ実施した。

(1) 目視観察

目視観察は測線上の海藻の繁茂状況（海藻の有無）を確認するため、測線 1（上層：DL±0.0m 付近）、測線 2（中層：DL-0.5m 付近）及び測線 3（下層：DL-1.5m 付近）において 10m 間隔で 1 m²枠を設置し、その範囲内に着生している大型海藻（コンブ類、モク類等）の被度、生息しているウニ類の個体数を目視により計測した。

(2) 枠取り調査

枠取り調査は目視観察を実施した地点の内、2013年夏季、2014年冬季調査において、上層は 20m 間隔で 11 地点、中層及び下層は 40m 間隔で 5 地点、2014年夏季調査では、各測線とも 30m 間隔で 14 地点において 1 m²内で確認された大型海藻の現存量と有用動物（ウニ）の殻径・湿重量及び生殖腺重量を測定した。

4. 結果と考察

(1) 海藻繁茂状況

図-2 に各調査時期の海藻被度、海藻現存量、海藻の平均本数を示す。2013年夏季に観測された大型海藻は、

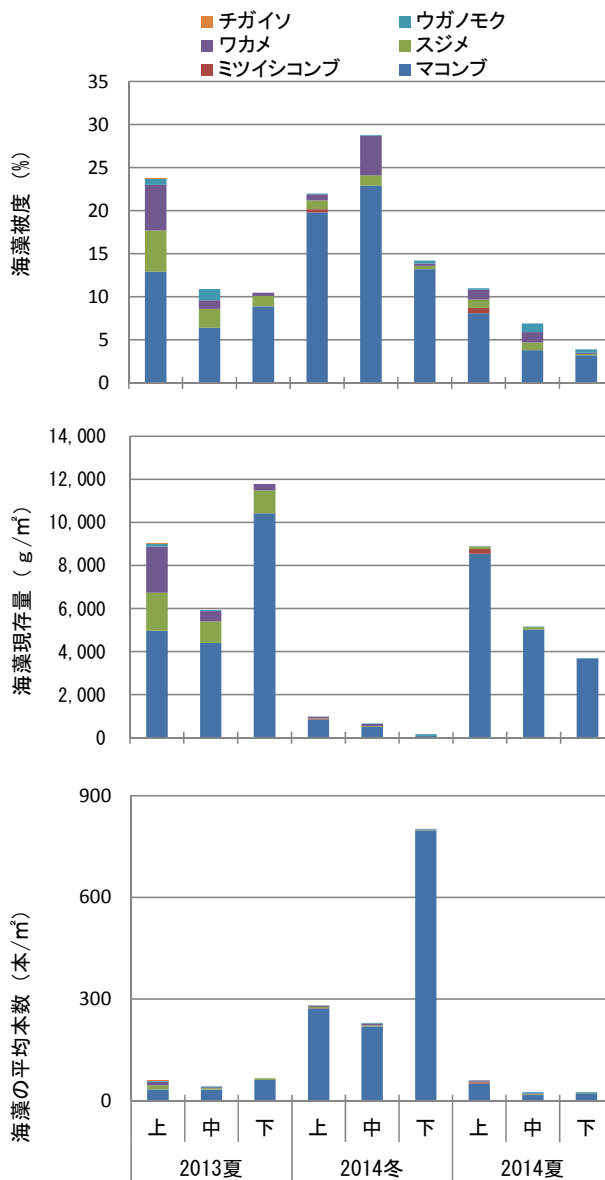


図-2 各調査時期の海藻被度、海藻現存量
海藻の平均本数

チガイソ (*Alaria crassifolia* Kjellman)・ワカメ (*Undaria pinnatifida*)・スジメ (*Costaria costata*)・マコンブ (*Laminaria japonica*)・ウガノモク (*Cystoseira hakodatensis*)の5種類だった。2014年冬季および夏季は2013年夏季で観測されたワカメ・スジメ・マコンブ・ウガノモクにミツイシコンブ (*Laminaria angustata*)を加えた5種類で、チガイソは観測されなかった。どの調査時期、測線においてもマコンブが優先した。

水産有用種であるミツイシコンブは、2013年夏季には観測されず、2014年に上層にのみ新規に確認された。これは、ミツイシコンブは波浪や潮流が激しい箇所に生育する傾向がある²⁾ことに起因すると考えられる。また、種は異なるが、同じコンブ類のホソメコンブ遊走子の移流距離は4km以内との報告³⁾がある。よって、長周期波対策工に着底した遊走子は、苫小牧西港区港口付近の港

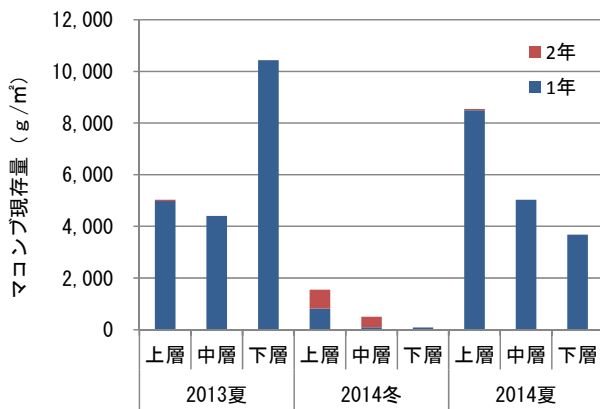


図-3 マコンブ年齢別現存量の推移

外側に設置された消波ブロック等に繁茂しているミツイシコンブの遊走子が移流してきたものと推察できる。

図-2 から海藻被度は夏季、冬季に大きな違いがないが、海藻現存量は夏季に多く冬季に少ない。また、海藻の平均本数は冬季に多く夏季に少ないことがわかる。これは、優占したマコンブは冬季に遊走子が着底するため、冬季は多くの個体が発芽した直後であることから海藻の平均本数が多く、夏季に向けて生長とともに個体はある程度淘汰されていったものと考えられる。淘汰される原因として、植食動物による食害、各個体の生長速度の違いなどがあげられる。

図-3 は長周期波対策工整備後におけるマコンブの年齢別現存量の推移を示したものである。2年生のコンブに着目すると、2013年夏季には観測されず、2014年冬季には観測されたが、夏季には2013年と同様に観測されていない。室蘭港周辺にはマコンブ群落には同形のヤンコンブ (*Laminaria fragilis*) が生育している⁴⁾。ヤンコンブはマコンブと異種とされていたが、マコンブの1年生葉体に非常に似ているため後に同種とされた。ヤンコンブはマコンブ1年生葉体の中で生長が早く再生せず流れる群であり、一部の再生葉体だけがマコンブの2年生になるという説がある⁴⁾。これらのことから、2年生が観測されない理由として、長周期波対策工にはマコンブのうちヤンコンブが繁茂しているものと推察される。

(2) 海藻繁茂と植食動物

採取調査によって採取したウニは、2014年夏季調査においてキタムラサキウニ (*Strongylocentrotus nudus*) が採取されたが、それ以外はエゾバフンウニ (*Strongylocentrotus intermedius*) のみだった。図-4 に採取したウニの殻径と生殖腺指数を示す。各個体の平均生殖腺指数はエゾバフンウニが2013年夏季、2014年夏季にそれぞれ26.7%、26.3%であり、最も大きいものは50.9%だった。しかし、2014年冬季は4.2%と生殖腺は極めて少なかった。キタムラサキウニは2014年夏季で

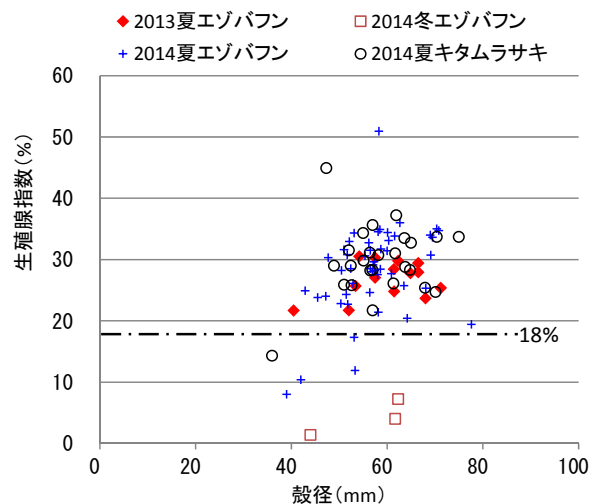


図-4 ウニの殻径と生殖腺指数

28.8%だった。ウニの出荷の目安となる生殖腺指数は18%⁹⁾である。よって、夏季は十分に摂餌を行っているため、海藻繁茂によるウニの増集効果が観察された。このことから、自然環境調和機能が機能していることが示唆された。

(3) 海藻繁茂と流動の関係

図-4 に2014年夏季の各観測地点における海藻の累積被度とウニ個体数を示す。海藻の優占種および種類については先に述べたとおりである。ウニの個体数は上層では観測されないが中層、下層と徐々に多くなっている。また、ウニが多い箇所の海藻被度は小さい傾向にあり、ウニによる食害があることが示唆された。ウニの摂餌活動と底面波浪流速については、関連があることが知られており、ここでは数値計算によって長周期波対策工の流動場状況を算出し、ウニの摂餌活動と海藻繁茂に関する考察を行う。

数値計算はまず、港内における屈折・回折・多重反射の適用が可能な非定常緩勾配方程式不規則波動方程式を用いて波浪場計算を行った。そこから長周期波対策工前面の波高を算出し、式(1)に示す微小振幅波理論を用いて底面波浪流速を算出した。

$$U_{\max} = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh}$$

$$k = \frac{2\pi}{L} \tag{1}$$

ここに、
 U_{\max} : 底面波浪流速(m/sec)
 H : 波高(m)
 T : 周期(sec)
 h : 水深(m)
 z : 鉛直座標(m)
 L : 波長(m)

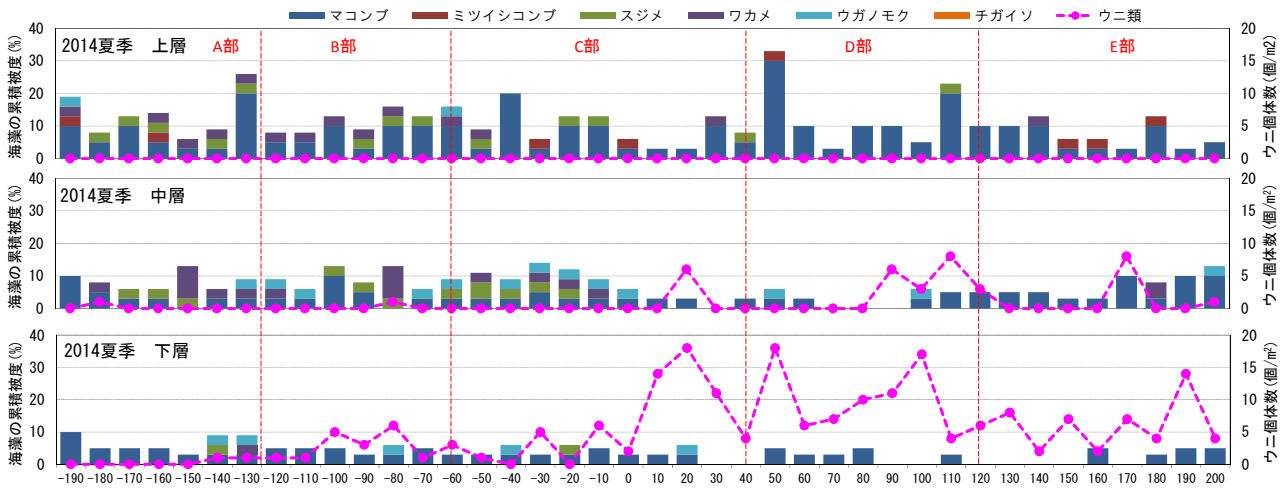


図-5 測点毎の海藻の累積被度とウニ個体数 (2014年夏季)

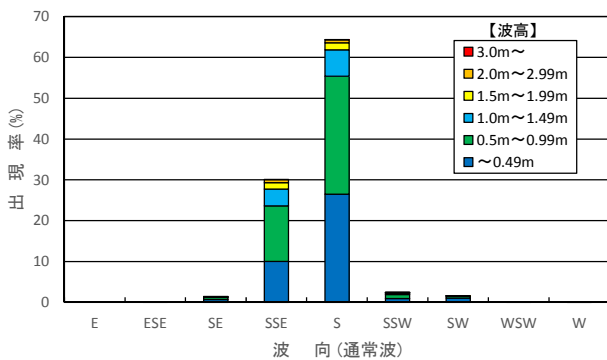


図-6 波向き別波高出現率 (1999年~2003年)

表-1 代表波浪の諸元

波向	波高H (m)	周期T (sec)	S _{max}
SE(+ESE)	0.50	4.90	75
SSE	0.68	5.23	25
S	0.60	5.07	25
SSW	0.64	5.16	25
SW	0.38	4.67	75
WSW(+W)	0.35	4.61	75

対象波浪は苫小牧港西港沖（観測点：勇払沖）で観測された1999年1月1日～2003年12月31日の波浪データである。波向き別の出現率は図-6に示すようにS方向が最多で、SSE方向と合わせて全体の約95%を占める。ここではウニの摂餌活動を検討することから、波高比算出に使用する代表波浪は通常時の波浪を考慮して、波高頻度表から50%出現率の波高を設定した。周期は現地観測における波高～周期の相関関係を用いて算出した。算出結果を表-1に示す。波浪場計算結果について、図-7に出現頻度が高いS方向とSSE方向の波高比分布図を示す。この図から、波高比はS方向がSSE方向よりも高いため、長周期波対策工前面のウニの摂餌活動に大き

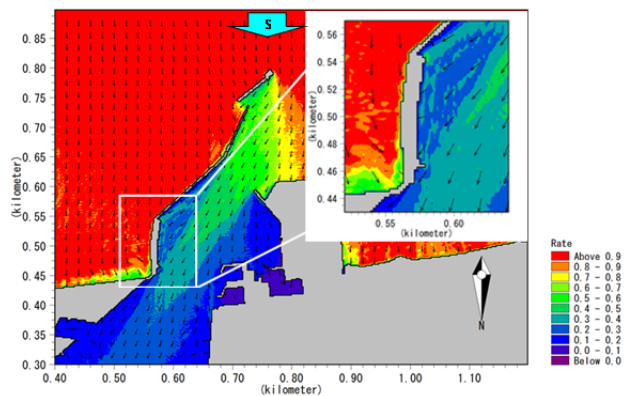
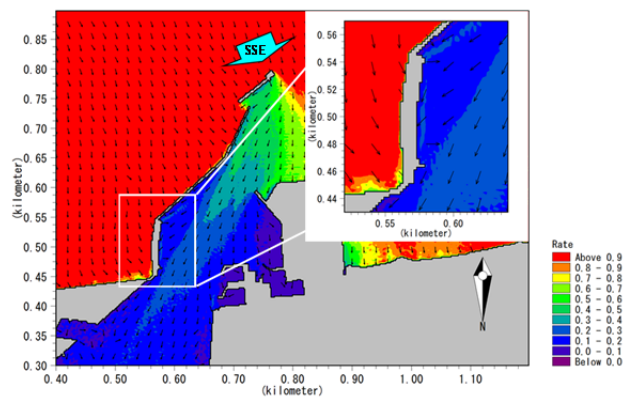


図-7 波高比分布図 (上段 SSE、下段 S)

な影響を与える波向きは最も出現頻度が高いS方向であることがわかる。施設前面波高比を算出するにあたり、長周期波対策工を図-8に示すとおりA～E部に分けし、それぞれの区間の施設前施設前面波高比を算定し表-2に示した。この結果を用いて式(1)より算出した代表波入射時の水深0.5m(中層)における底面波浪流速を表-3に示す。ウニによるコンブの摂餌については、底面波浪流速が20cm/sから摂餌が困難となり、40cm/s以上では摂餌できなくなるとの報告がある⁹⁾。水深0.5mの中層では頻度が高いS方向の通常時の流速がどの区間においても20cm/sより大きいため、ウニの摂餌に制限があると

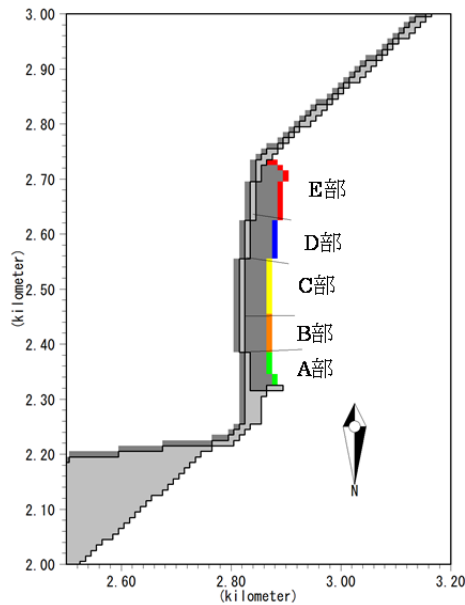


図-8 施設前面波高算定区間

表-2 施設前面波高比算定結果

波向	入射波高 (m)	前面波高比				
		A部	B部	C部	D部	E部
SE	0.50	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
SSE	0.68	0.15	0.14	0.12	0.13	0.14
S	0.60	0.26	0.19	0.20	0.20	0.25
SSW	0.64	0.31	0.24	0.27	0.28	0.37
SW	0.38	0.24	0.18	0.19	0.18	0.31
WSW	0.35	0.21	0.15	0.20	0.20	0.35

表-3 代表波入射時の底面波浪流速 (水深 0.5m)

波向	流速 (m/S)				
	A部	B部	C部	D部	E部
SE	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
SSE	0.22	0.20	0.18	0.19	0.20
S	0.34	0.24	0.26	0.25	0.32
SSW	0.42	0.33	0.36	0.39	0.51
SW	0.19	0.14	0.15	0.14	0.25
WSW	0.16	0.11	0.15	0.15	0.26

考えられる。また、竹田ら(1999)⁷⁾は底面波浪流速 25cm/s の発生頻度が40%以上で藻場が維持されると報告している。そこで、図-9 に底面波浪流速を 25cm 未満、25～40cm/s、40cm/s 以上に分類した底面波浪流速の出現頻度を整理した。水深 0.5m の中層では、全ての区間におい

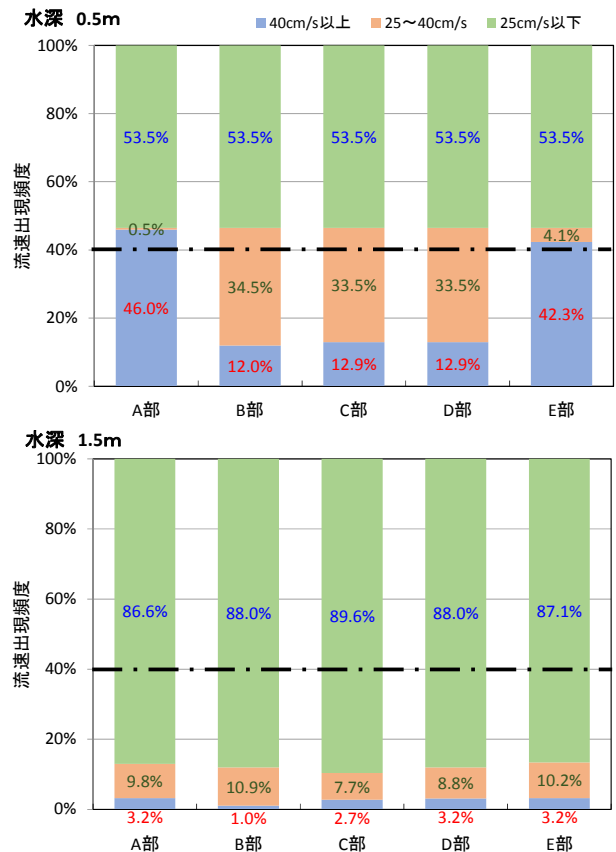


図-9 底面波浪流速出現頻度

て底面波浪流速が 25cm/s 以上となる頻度が 40%を超過しており、ウニによる食害は少なく藻場は良好に維持されると推察される。水深 1.5m の下層では、全地点において出現頻度が 10～13%程度でありウニによる食害が大きく藻場は良好に維持されないと推察される。よって、長周期波対策工においては流動環境が海藻繁茂に影響を与えていると考えられる。

5. まとめ

日本海で多く発生している磯焼けの原因のひとつに、ウニ等の植食動物による食害がある。今回の検討の結果、磯焼けとまではいかないが、太平洋に面した苫小牧港においてもウニによる食害が海藻の繁茂に影響を及ぼしていることが示唆された。以下に要点を示す。

- (1) 夏季冬季ともに海藻被度は高く、夏季には蝸集したウニの実入りがよいことから、自然環境調和機能は良好に機能していると示唆された。
- (2) 2014 年には 2013 年に観測されなかったミツイシコンブが観測されたことから、苫小牧西港港外側付近にミツイシコンブの群生箇所があると推察された。
- (3) 本施設においては、流動環境の違いによるウニの摂餌圧と海藻繁茂には関連があり、下層では海藻の繁

茂が確認されたが流速が小さいため、ウニの食害により自然環境調和機能は良好に維持されない可能性があると考えられた。

自然環境調和機能は、海藻が繁茂するだけでなく多くの生物が蝟集することで、海の生態系が育まれ、生物の生活史の一部となる場を提供する。本報告では海藻繁茂について考察したが、今後は生物の蝟集効果についても解明していくことが必要と考える。

参考文献

- 1) 明田定満・山本泰司・小野寺利治・鳴海日出人・斉藤二郎・谷野賢二:複断面構造を有する港湾構造物への海藻群落形成について, 海岸工学論文集, 第44巻, pp.1131-1135.
- 2) 増殖場造成指針作成委員会編、増殖場造成指針、(株)地球者、1982.
- 3) 秋野秀樹、川合唯史、四ツ倉典滋、河野時廣：北海道泊村沿岸におけるホソメコンブ遊走子の挙動解析の試み、平成 17 年度日本水産工学会学術講演会、pp43-46、2005.
- 4) 川嶋昭二編著：日本産コンブ類図鑑、(株)北日本海洋センター、1993
- 5) 京都府立海洋センター：藻場の回復・造成に向けて、季報第 68 号、2000.
- 6) 川俣茂：磯根漁場造成における物理的攪乱の重要性、水産工学 Vol31 No.2、pp103-110、1994
- 7) 竹田義則、坪田幸雄、永田晋一郎、袖野宏樹：自然環境調和型構造物における藻場の流速とウニの食害に関する研究、海岸工学論文集第 46 巻、pp1221-1225、1999