

汚濁防止膜への付着生物による海洋環境の評価

Evaluation of Marine Environment Based on Growth of Marine Organisms

石川元康^{*}・前野賀彦^{*}・田中克往^{**}・堀 昌策^{**}・川本博文^{**}

Motoyasu Ishikawa, Yoshihiko Maeno, Yoshimichi Tanaka, Syosaku Hori, Hirofumi Kawamoto

To avoid the environmental deterioration due to installation / construction of coastal structures, the assessment procedure for marine environment should be investigated. To attract fishes and the other marine organisms on artificial fish reef or the other type of coastal structures, the biological investigation of sessentary organisms and benthos is generally required. It is effective to investigate the attached organisms on silt curtains, for overview the habitat of attached marine organisms on coastal structures. Because silt curtains develop in various marine environments, that is in various water depth under wave and current actions. This paper discussed the relationship between the marine environment and the attached organisms on silt curtains.

Keywords : Silt curtain , Marine organisms , Marine environment.

1. 序 論

沿岸域に構造物を展開しようとする場合には、その設置による海洋環境への影響を把握する必要がある。ましてや、魚礁等の海洋生物の増集を目的とする構造物にあっては、この種の海洋環境への影響の検討は必要不可欠である。我が国においても沿岸域の開発に際してミチゲーション等の手法を海洋環境保護を目的として取り入れることについて検討が行われている。しかしながら、ミチゲーションの実施に際しては多くの困難が伴うこともまた指摘されているところである。例えば、運輸省の『人にやさしい港湾のための技術検討会』(1992)によれば、①開発により影響を受ける領域を決定する技術、②影響を受ける領域の生態系を解明する技術、③解明された生態系を維持するのに必要な条件を抽出し代替地を選定する技術、④代替地の生態系を維持・管理する技術、⑤ミチゲーションが成功したかどうか評価する技術などが必要であるとされているが、現状では十分な技術的背景が整っているとはいえない。このようなことから、海岸構造物の設置に伴う環境影響調査に際しては、付着生物調査や周辺地盤中のベントス調査が行われるのが一般的である。例えば、防波堤・離岸堤などの海岸構造物については、小笹ら(1994, 1995)、武内ら(1990)、武内・増田(1991)、鉄川ら(1993)によるものがあり、汚濁防止膜についても運輸省等により調査が行われている。しかしながら、これらの調査について調査方法は統一されておらず、個々の現場もしくは各研究者

により彼らの目的と条件に最も合致した独自の方法が選択されているのが現状である。最近になって、建設省河川局防災海岸課・財団法人リバーフロント整備センター(1995)が『海岸域生物環境調査マニュアル(試行案)』を提案している。

このような背景から、前野ら(1994)は、海洋工事汚濁防止膜が全国的に展開されており設置水深も比較的多様であることから、日本沿岸の付着生物特性を把握する上から有効であると考え、汚濁防止膜への付着生物の調査を行った。具体的にはビデオ撮影・スチール写真撮影・坪刈り調査等を行い、坪刈り調査が最も有効であることを示した。さらに、前野ら(1995)は、坪刈り採取資料についての同定調査を行うことにより周辺環境の評価を部分的に行える可能性があることを示した。そこで、本研究では前野ら(1994, 1995)が従来より行ってきた付着生物調査結果に新たに広島県廿日市地区において調査した結果を加えて、汚濁防止膜への生物付着特性や周辺環境と付着生物との関連を整理した。さらに、それらの生物相の中から周辺環境の特性に敏感に反応すると考えられる生物種を選択しまとめた。

2. 調査の概要

年に一・二カ所の調査地点を選択し汚濁防止膜への海洋付着生物調査を1993年より継続して行っている。現在のところでは表-1に示した各地区において調査を実施している。調査地点は前野ら(1994, 1995)が行った広島県観音マリーナ整備地

^{*} 正会員 日本大学短期大学部建設学科 (274 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

^{**} 海洋工事汚濁防止協会

表-1 付着生物調査実施地区

調査地点	調査実施日	調査項目	調査地点の主要な特徴
観音マリーナ	Dec. 8.1993	・ビデオ撮影 ・水中カメラ ・優勢種のカウント ・坪刈採取・計量・同定	広島湾湾奥部に位置し、太田川放水路、天満川に挟まれた地区。河川の影響が大きく、周辺に牡蛎、海苔の養殖が行われている。膜設置期間は2年1ヵ月。
五日市工事地区	Dec. 9.1993		広島湾湾口部に位置し、観音マリーナに比べて潮流による海水交換が良好である。膜設置期間は2年1ヵ月。
東京湾K地区 東側	Dec. 7~8, 1994		水深が42mと大きく、潮流の影響が大きい。膜設置期間は2年。
東京湾K地区 南側	Dec. 8.1994	・水中カメラ ・優勢種のカウント ・坪刈採取・計量・同定	水深が24m。潮流の影響は東側ほど大きくない。過去に水中に沈めた履歴を有する。膜設置期間は1年。
廿日市工事地区 南側	Oct. 20.1995		下げ潮時に貯木場からの流れの影響が大きい。膜設置期間は2年2ヵ月。
廿日市工事地区 東側	Oct. 20.1995		貯木場からの流れの影響は南側ほど大きくない。膜設置期間は2年2ヵ月。

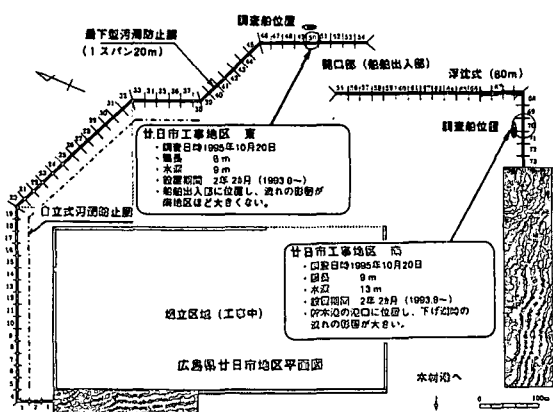


図-1 廿日市埋立工事地区

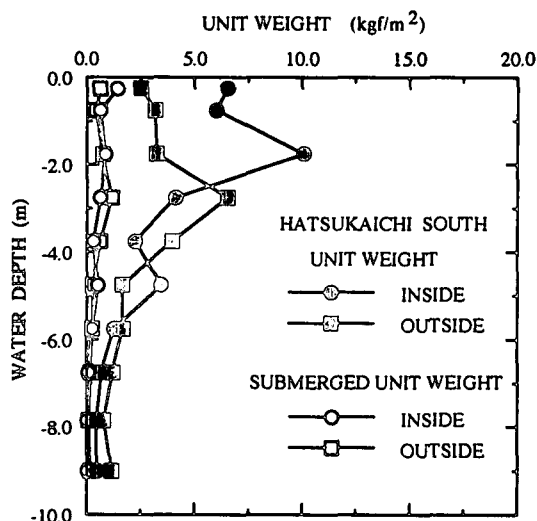
区、五日市埋立工事地区、および東京湾K地区に加えて、今回新たに広島県廿日市埋立工事地区において行った。廿日市埋立工事地区は、広島湾の湾口部に位置し、先に述べた五日市埋立工事地区の西側に位置している。ここに展開されている汚濁防止膜の中から潮流による潮の流れの影響を考慮して図-1に示す南側・東側の2箇所を調査地点として選定した。調査地点上流には水面積約960,000m²の貯木場が存在し、南地点はこの材木港の港口に位置する。このために下げ潮時には激しい流れが存在する。東地点は船舶出入部に位置し、南地点に比べて流れによる影響が少ない地点である。汚濁防止膜への付着生物調査は1995年10月20日に行った。南側調査地点の汚濁防止膜は約2年間展開されており、水深13m、膜長9mである。また、東側調査地点の汚濁防止膜は約2年間展開されており、水深9m、膜長6mである。調査項目は前野ら(1994, 1995)による検討に基づき同じ調査方法を採用し、水中カメラによるスチール撮影・坪刈り採取試料について優勢種のカウント調査・計量・同定調査を行った。水

中カメラによるスチール撮影や坪刈調査にあたっては調査地点の正確な水深を把握するために従来の調査で用いた一辺1mとなるように幅10cmのテープで格子状に作成されたメジャーを汚濁防止膜に沿わせて設置することにより観測位置の目安とした。今回の調査では従来の調査から汚濁防止膜の水平方向に対して生物付着状況がほとんど変化しないことや船上での操作性を高めることから幅2m高さ9mのものを用いた。

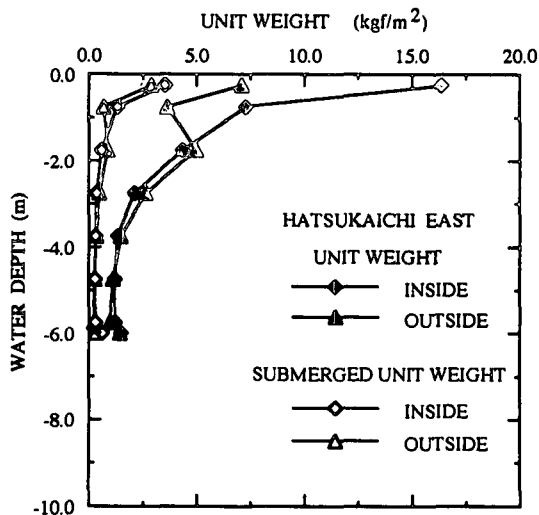
3. 調査結果と考察

3.1 汚濁防止膜への付着生物重量

広島県観音マリーナ地区、五日市工事地区、東京湾K地区での調査より、汚濁防止膜への付着生物重量に関して水中重量と空中重量の測定を行ってきた。これによると、空中重量は25kgf/m²程度あり、水中重量は5kgf/m²程度あることが得られた。廿日



(a) 廿日市埋立工事地区南側



(b) 廿日市埋立工事地区東側

図-2 汚濁防止膜への付着生物量の鉛直分布

市埋立地区における膜の内外各面の付着生物重量の鉛直分布は、1 m 四方のスケールの右下隅 50cm 四方を坪刈り採取し、その空中重量と水中重量を測定した。南側地区と東側地区についての付着生物空中重量および水中重量を図-2 (a), (b) にそれぞれ示す。これらの図から他の地点での付着生物重量と大きく異なり、空中重量は膜の内側・外側ともに 5kgf/m² 程度となっている。これは、南側・東側ともにムラサキイガイの付着がほとんど認められず、水中比重がムラサキイガイよりも小さいホヤ類が優勢種として付着していたことによる。また、ムラサキイガイの付着がほとんどなかったことからこの間隙を棲息場所とする生物がほとんど存在しなかった

ものと考えられる。
また、全調査地点における付着生物空中重量と水中重量との関係を示したものを図-3 に示す。この結果から付着生物の空中重量と水中重量とは式 (1) 関係で示される。

$$W_a = 7.0 W_s \tag{1}$$

ここに、 W_a は付着生物空中重量、 W_s は付着生物水中重量である。

この関係式から、付着重量として空中重量の把握ができれば水中での付着重量の目安が得られる。

3. 2 汚濁防止膜への付着生物相

広島湾の観音マリナ地区、五日市地区、東京湾 K 地区、および廿日市地区における坪刈り調査により確認された海洋生物相の数を図-4 に示す。なお、全生物相について同定を行うことは容易ではないので、付着重量として問題となる生物種を中心に目視による確認が可能なものについて坪刈り試料を用いて生物種の同定作業を行った。ここでいう「付着生物」とは、梶原 (1964) による定義において基質に直接付着する一次付着生物 (ムラサキイガイ、フジツボ類、ホヤ類等) と一次付着生物の間隙および表面に生息する二次付着生物 (ゴカイ類、ヨコエビ類等) とを総称したものである。これらの付着生物相の同定・分類に際しては、内海 (1985)、吉良 (1983)、瀬川 (1977)、西村 (1992) および三宅 (1982, 1983) を参考にした。

図-4 に示されるように、同様の海域である観音

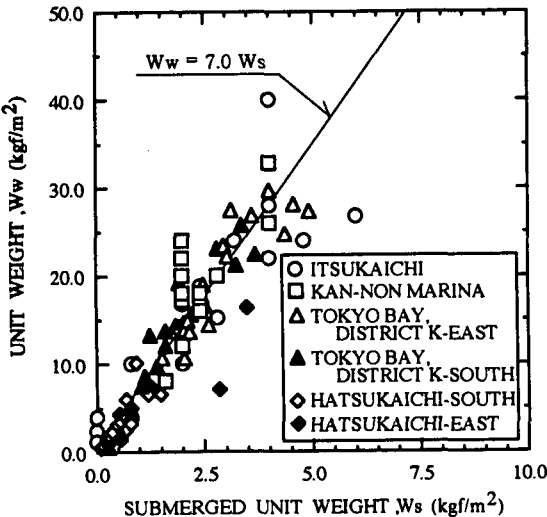


図-3 付着生物水中重量と空中重量との関係

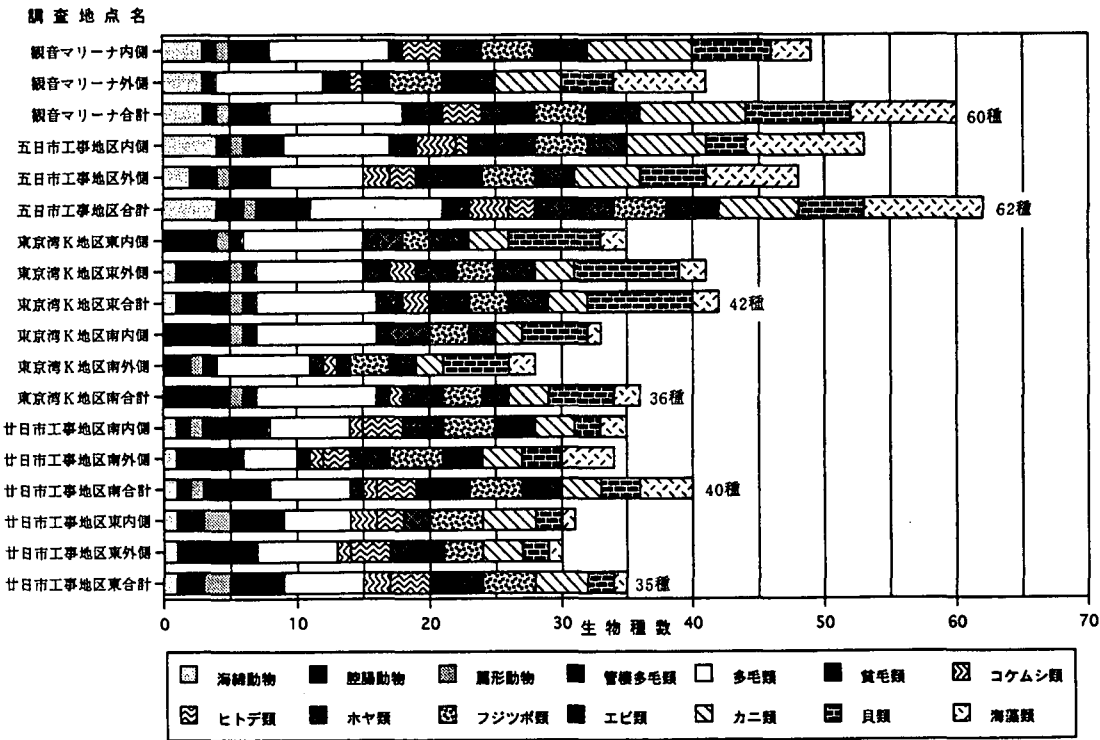


図-4 付着生物相の数

表-2 主要出現海洋生物種の一覧

動物門	生物種	和名	観音マリーナ地区		五日市工事地区		東京湾K地区東側		東京湾K地区南側		廿日市工事地区南側		廿日市工事地区東側	
			膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側
海綿動物門	海綿類	オカダゲツボカイメン			○									
		クロイツカイメン	○	○	○	○								
		ユズダマカイメン	○	○	○									
		ナミイソカイメン	○	○	○	○	○				○	○	○	○
		ウミイチャゴ	○		○	○							○	○
腔腸動物 (刺胞動物)		ヒラウミキノコ												
		ウミバハラ											○	○
		ウミキノコ風				○	○	○	○	○				
		チギレイソギンチャク					○	○	○	○	○			
		タテジマイソギンチャク					○	○	○	○				
		マメホネナシサンゴ					○	○	○	○				
扁形動物	ヒラムシ類	イイジマヒラムシ	○		○	○					○		○	
		ミノヒラムシ					○	○	○	○			○	
環形動物門	フサゴカイ科	ニッポンフサゴカイ	○	○	○	○	○	○	○					
		フタエラフサゴカイ	○		○									
		オミナエシフサゴカイ	○	○		○								
	ミズヒキゴカイ科	ミズヒキゴカイ	○				○	○	○	○				
		マダラウロコムシ	○	○	○	○	○	○						
	クロコムシ科	ニホンウロコムシ												
		ミロクウロコムシ	○	○	○	○	○		○		○			
		ゴマウロコムシ	○	○	○	○					○	○		○
		スナヒトデウロコムシ			○								○	○
	シロガネゴカイ科	ミナシロガネゴカイ	○	○	○						○	○	○	○
	ゴカイ科	イソゴカイ		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
		ゴカイ					○	○	○	○				
		オイワケゴカイ					○	○	○	○	○	○	○	○
	カンザシゴカイ科	ナガレカンザシ	○	○	○	○								
		エゾカサネカンザシ	○		○						○	○	○	○
		シライトゴカイ				○								
		カサネカンザシ							○	○	○	○	○	○
	ケヤリムシ科	ケヤリムシ	○		○	○					○	○	○	○
	シリス科	ツメシリス					○	○	○	○				
	スピオ科	マドカスピオ							○	○				
触手動物	コケムシ類	ミサキアミコケムシ			○	○								
		ホソトクサコケムシ			○			○						
		フサコケムシ			○	○				○	○	○	○	○
		ホンダワラコケムシ											○	
		ハナザラコケムシ						○						
棘皮動物	ヒトデ類	ヒトデ	○								○	○	○	○
		ニホンクモヒトデ	○	○	○	○					○	○	○	○
		ウデナガクモヒトデ				○								
		コシダカウニ	○											
原索動物	ホヤ類	エボヤ	○		○		○	○	○		○	○	○	○
		シロボヤ					○	○			○	○	○	○
		カラスボヤ		○	○	○								
		ミハエルボヤ			○	○								
		カンテンボヤ			○							○		
		ユウレイボヤ						○	○					
		ザラボヤ							○	○				
		シロボヤ												○
節足動物	フジツボ類	サンカクフジツボ	○	○	○	○					○	○	○	○
		シロスジフジツボ	○	○	○	○								
		イワフジツボ	○	○	○	○								
		タテジマフジツボ					○	○	○	○	○	○	○	○
		ドロフジツボ	○	○	○	○								
		サラサフジツボ						○	○	○	○	○	○	○
		クロフジツボ												
		アカフジツボ					○	○	○	○	○	○	○	○

マリーナ地区および五日市地区においては生物相は豊富であり、生物相数に大きな差異は認められなかった。東京湾K地区においては生物相が少なくなっているが、それは東側・南側共に水深が大きく、流れの影響が大きいことによるものと考えられる。廿日市地区においては観音マリーナ地区および五日市地区と同様の海域であるにも関わらず生物相が貧弱になっている。これは一次付着生物であるムラサキイガイがほとんど存在しないために二次付着生物も存在できなくなっているものと考えられる。また、東京湾K地区東側を除き、膜の内側での生物種数が外側でのそれより多くなっている。これは、膜の内側は外側に比べて静穏であることから生物が生

息しやすいものと考えられる。さらに、生物相の構成は膜の内側と外側において大きな違いは認められない。

ここで、全調査地点における坪刈り調査により確認された海洋生物の一覧を表-2、3に示す。

周辺環境の特性に反応する生物種の選択については、ムラサキイガイ・ミドリイガイ、シロボヤ・エボヤ、フジツボ類を代表種として以下にその指標性を述べる。

ムラサキイガイは梶原(1964)によれば強内湾性であり、湾奥部の透明度の悪いところで付着量が多いとしている。東京湾K地区では、ムラサキイガイの他にミドリイガイの付着が認められる。ミドリイ

表-3 主要出現海洋生物種の一覧

動物門	生物種	和名	観音マリーナ地区		五日市工事地区		東京湾K地区東側		東京湾K地区南側		廿日市工事地区南側		廿日市工事地区東側	
			膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側	膜内側	膜外側
節足動物	エビ類	モクズヨコエビ	○	○	○	○					○	○		
		アシナガモエビ	○	○	○	○								
		アシナガモエビモドキ			○									
		アカシマモエビ	○	○										
		スジエビモドキ	○	○		○					○	○		
		イソヨコエビ					○	○	○	○				
		マルエラワレカラ					○	○	○	○	○	○		
		ハマダンゴムシ					○	○						
	カニ類	ヒライソガニ	○	○	○	○								
		イソガニ	○				○	○	○					
		イワガニ	○	○	○	○							○	○
		トゲケブカガニ	○	○	○	○							○	
		トラノオガニ	○		○		○	○	○	○				
		ツノガニ	○	○	○	○								
		コブイボガニ	○											
		カクベンケイガニ					○	○		○				
	貝類	イッカクガニ									○	○	○	○
		ベンケイガニ									○	○		
貝類	イガイ類	ムラサキイガイ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		ミドリイガイ					○	○	○	○				
	カキ類	イガイ												
		マガキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		イワガキ	○			○								
		タガソ	○											
		タガソデモドキ	○											
		シマウグイス		○										
		シラスナガイ			○	○								
		ムギガイ	○											
		レイシ		○		○								
		シラトリモドキ					○	○	○	○				
		ヒメシラトリ					○	○	○	○				
		ミクリガイ						○						
		ザルガイ科					○	○						
		アラレタマキビ										○		
海藻類	緑藻	りぼんあおさ		○	○	○	○	○		○	○	○		
		ひとえぐさ		○	○	○					○	○		
	紅藻	えながじゅずも			○	○	○	○	○	○				
		ぬらくさ		○	○	○						○		
		とさかのり		○	○	○						○		
		ゆかり		○										
		しまてんぐさ			○									
		えなしだじあ	○		○	○								
	褐藻	ささばやなぎのり											○	○
		さめずぐさ	○	○	○									
		いわひげ	○	○	○	○								

ガイは南太平洋を主たる生息地としている。ムラサキイガイと異なり、海水温の上昇・溶存酸素の低下に強い種であるということがいわれている。調査時以前の夏期には、猛暑により周辺海域の海水温が上昇し、溶存酸素が低下したため、ムラサキイガイに代わってミドリイガイが繁殖したことが考えられる。また、廿日市地区の汚濁防止膜へのムラサキイガイの付着は膜上部を除きイガイの付着がほとんど認められなかった。電気化学協会・海生生物汚損対策懇談会編(1991)によると、ムラサキイガイの付着は流速が1.0m/sでは認められないとしている。また、海水温度40℃で40分間ムラサキイガイを浸漬させることによってへい死するとしている。このことから、イガイの付着がほとんど認められなかった原因としては、下げ潮時に汚濁防止膜へ作用する流れが激しいことによって幼生の付着が困難であること、夏期における海水温の上昇によって死亡した等が考えられる。楠木(1968)によると広島湾におけるムラサキイガイの付着調査において、年によって付着盛期、付着量もかなり異なっていることが指摘されている。付着盛期の違いについては冬の海水

温の低下が原因とされているが、付着量についての原因については述べられていない。五日市地区、廿日市地区において見られるように、調査海域が同様であるにも関わらず付着生物相、特にムラサキイガイの付着量が大きく異なっていることは、調査地点の局所的な環境の違いのみならず、調査時期の違いによる環境変化に影響されるものと考えられる。

シロボヤとエボヤに関しては、東京湾K地区では東側においてエボヤ、シロボヤが多く観察されたが、南側においてはほとんど観察されなかった。これは、東地点では流れの影響が大きく海水交換が比較的良いために出現したものと考えられる。梶原(1964)によるとシロボヤは中内湾性の指標種とされている。廿日市工事地区においてはシロボヤが膜全層にわたって分布し、エボヤは膜下層に分布していた。先と同様に、梶原(1964)によって示されている中内湾性の傾向が得られた。シロボヤの生態として塩分濃度が低く、強内湾性のところにおいてはほとんど観察されないということから、観音マリーナのように河口に位置している地点においては観察されなかったものと考えられる。

フジツボ類に関しては、サンカクフジツボ、サラサフジツボ、アカフジツボが梶原 (1964) によって中内湾性の指標として示されている。これら種は流れによる海水交換が良い地区において比較的多く観察され、指標種として比較的一致しているものと考えられる。また、タテジマフジツボやシロスジフジツボは強内湾性の指標種とされているが、各調査地点において中内湾性の種と共存している。

ムラサキイガイ、ホヤ類、フジツボ類などの付着生物の出現種で見られるように、強内湾性と中内湾性の指標生物種との共存が認められる。このように、海域環境を判断する上で内湾性を指標とする生物種は流れの強弱などの調査地点の環境によって強内湾性と中内湾性の境界が不明確になることに留意する必要がある。

4. 結 論

本調査により以下の結果が得られた。

- (1) 付着生物の水中重量と空中重量との比は7程度となっている。このことから、汚濁防止膜への生物付着重量として空中重量の把握が出来れば水中での付着重量の目安が得られる。
- (2) 生物付着量、付着生物相に関しては、膜の内側・外側の各面において大きな違いが認められない。
- (3) 膜の内側・外側における付着生物相の数については、東京湾K地区東側を除くすべての地点で膜内側における付着生物種が多くなっている。これは、小笹ら (1994) の調査結果と同様に波・流れの作用が小さい所においては付着生物種数が増大することがいえる。
- (4) 廿日市地区においては、他の調査地区と大きく異なり、ムラサキイガイは膜上部で優勢種となっていてところもあるが全体的にホヤ類が最優勢種であった。この原因としては、下げ潮時に汚濁防止膜へ作用する流れが激しいことによって幼生の付着が困難であること、夏期における海水温の上昇によって死亡した等が考えられる。
- (5) 多くの水域に渡って観察され、海域の環境指標に鈍感であると言われているムラサキイガイに関してでも、廿日市地区で見られるように局所的な海域環境の特性を示すことが考えられる。また、東京湾K地区で観察されたミドリイガイとの共存からも同様のことが考えられる。
- (6) 多くの地点で強内湾性と中内湾性の指標生物の共存が観察され、流れの影響が大きい地点では海水交換が良いことから中内湾性の指標生物が比較的多く認められるものと考えられる。

参考文献

- 内海富士夫 (1985): 原色日本海岸動物図鑑 (改訂版), 保育社, 166p.
- 小笹博昭・室善一朗・中瀬浩太・綿貫 啓・山本秀一 (1994): 生物にやさしい港湾構造物の研究—波浪条件および港湾構造物形式よりみた付着生物群集—, 海岸工学論文集, 第41巻, pp.1016-1020.
- 小笹博昭・村上和男・浅井 正・中瀬浩太・綿貫 啓・山本秀一 (1995): 多様性指数を用いた波高・港湾構造形式別の付着生物群集の評価, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.1216-1220.
- 梶原 武 (1964): 海産汚損付着生物の生態学的研究, 長崎大学水産学部研究報告, No.16, 138p.
- 吉良哲明 (1983): 原色日本貝類図鑑 (増補改訂版), 保育社, 240p.
- 楠木 豊 (1968): 広島湾におけるムラサキイガイの付着状況, 水産増殖, 16 (1), pp.15-18.
- 建設省河川局防災海岸課・財団法人リバーフロント整備センター (1995): 海岸域生物環境調査マニュアル (試行案), 161p.
- 瀬川宗吉 (1977): 原色日本海藻図鑑 (増補版), 保育社, 195p.
- 武内智行・宮本義憲・増田 亨 (1990): 防波堤周辺の水産生物生息分布状況調査—瀬棚港を例として—, 海岸工学論文集, 第37巻, pp.828-832.
- 武内智行・増田 亨 (1991): 松前港における水産生物分布状況調査, 海岸工学論文集, 第38巻, pp.921-925.
- 鉄川 精・島田広昭・井上雅夫 (1993): 人工磯浜の環境と生物分布に関する調査研究, 海洋開発論文集, Vol.9, pp.397-402.
- 電気化学協会・海生生物汚損対策懇談会編 (1991): 海生生物汚損対策マニュアル, 技報堂出版, 237p.
- 西村三郎編 (1992): 原色検索日本海岸動物図鑑 [I], 保育社, 425p.
- 人にやさしい港湾のための技術検討会 (1992): 人にやさしい港湾を目指した技術の今後の方向と課題, 港湾技術資料, No.741, 34p.
- 前野賀彦・大久保茂樹・安井章雄 (1994): 海洋工事汚濁防止膜への付着生物調査, 海洋開発論文集, Vol.10, pp.331-336.
- 前野賀彦・石川元康・田中克往・長屋和則・川本博文 (1995): 汚濁防止膜の設置環境と生物付着について, 海洋開発論文集, Vol.11, pp.151-156.
- 三宅貞祥 (1982): 原色日本大型甲殻類図鑑 (I), 保育社, 261p.
- 三宅貞祥 (1983): 原色日本大型甲殻類図鑑 (II), 保育社, 277p.