

# 港湾技研資料

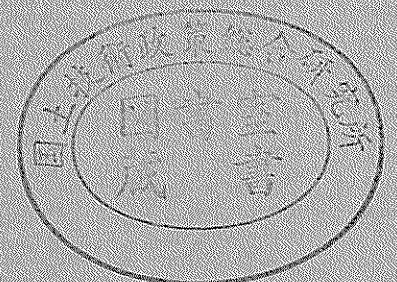
TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 962 June 2000

浦賀湾防波堤の付着生物調査

細	川	恭	史
三	好	英	一
桑	江	朝	比
古	川	恵	太

運輸省港湾技術研究所



## 目次

要旨	3
1. はじめに	4
2. 調査地点および調査の方法	5
2.1 調査地点の概要	5
2.2 調査方法	6
3. 調査結果	7
3.1 観察時の環境条件と周辺の生物相	7
3.2 平成8年3月4日に潜水観察された付着生物の被覆度と厚さ	9
3.3 平成8年3月4日にかき取り採取した付着生物	9
3.4 削り取り20日後の付着生物の状況	10
3.5 削り取り1年後の付着生物の状況	10
4. 解析	11
4.1 経時的な生物相変化	11
4.2 付着生物のうちムラサキイガイの年齢分布解析	14
5. 結論	16
参考文献	17

# Observations of Periphyton Inhabited on Breakwaters in Uraga Port, Kanagawa, Japan

Yasushi HOSOKAWA \*

Eiichi MIYOSHI \*\*

Tomohiro KUWAE \*\*\*

Keita FURUKAWA \*\*

## Synopsis

Periphyton communities inhabited on the surface of breakwaters were observed in the Uraga Port (Tokyo Bay), Kanagawa, Japan. The observed communities were organized by representative epifauna and epiflora found in eutrophic shallow water ecosystems and had a vertical zonation. The abundance of attached fauna and flora facing the inside of the port (onshore) was somewhat different from those facing the outside (offshore). The species composition of periphyton on the mound of the breakwater was significantly different from that on the vertical side of caissons, indicating that sedimentation of mud influenced on the species structure of the mound organisms.

Recruitment of periphyton and succession of their ecosystem were investigated over years by the dispersion treatments for attached organisms and the subsequent creation of new settling substrates. Within 20 days, new organisms were recruited into the new substrate, however, their abundance were very low compared to those before the dispersion treatments. Species richness in periphyton communities and wet weight of epifauna increased steeply within one year.

Similarity of the periphyton communities was estimated from calculating some indices including Pianka's  $\alpha$  by using the dataset obtained from the initial recruit experiments described above (20-day- and 1-year-old communities) and from the observation of the caissons established in different years (2-, 3-, 4- and 15-year-old communities). The similarity between the 20-day-old communities and the 15-year-old communities was low, whereas the 3- or 4- year-old communities was closed to the 15-year-old communities.

Cohort analysis was conducted by using the size distribution of blue mussels, *Mytilus edulis*. There were three or four *M. edulis* cohorts in the 2- and 3-year old communities, while only one *M. edulis* cohort was observed for the 4-year old communities. This suggests that *M. edulis* are dropped off from the substrates with several years cycle and that this event does not always occur in every summer around the site.

**Key words:** attached organisms, artificial substrates, succession of ecosystem, cohort analysis

---

\* Chief of Environmental Assessment Laboratory, Marine Environment Division

\*\* Senior Research Engineer of Marine Environment Division

\*\*\* Research Engineer of Environment Purification Laboratory, Marine Environment Division

3-1-1, Nagase, Yokosuka 239-0826, Japan; TEL: 81-468-44-5018; FAX: 81-468-44-6243; E-mail: hosokawa@cc.phri.go.jp

# 浦賀湾防波堤の付着生物調査

細川 恭史\*  
三好 英一\*\*  
桑江 朝比呂\*\*\*  
古川 恵太\*\*

## 要 旨

東京湾湾口部に開口した浦賀湾で、新設防波堤などの壁面を利用して、壁面付着生物相を観察した。直立壁ではフジツボやマガキ、ムラサキイガイ、海綿類などを中心とする類似の生息状況がみられた。標高により卓越生息種が変化するいわゆる帯状構造が共通してみられ、富栄養化内湾の典型的な付着生物相であった。湾内側壁面と湾外側壁面とは生息生物量に差異がみられた。また、防波堤マウンドの被覆ブロック上などの水平面では、鉛直の壁面とは異なった生物相がみられ、浮泥の沈積などの影響を強く受けていた。湾外側壁面相互間では、防波堤法線に沿った150 mほどの観察区間内で、波あたりや離岸距離の違いによる生物相への影響は顕著ではない。

壁面設置年次の差の利用や壁面生物削り取り後の再付着の観察などにより、経年的な再付着状況を検討した。表面削り取り後20日目の壁面では、生物量(湿重量)も生息種も少なく、動物ではコケムシ、シリス科などの加入がみられた。同時に設置したアクリル板上には、20日間で、湿重量としてはきわめて小さいものの、微小珪藻の定着がみられた。

表面削り取り1年後の直立壁面では、植物・動物ともに種類数が急増していた。動物に関しては湿重量の増加が著しく、海綿類・サンカクフジツボなどが目立った。

防波堤設置後2・3・4・15年経過した防波堤直立壁を観察し、2・3・4・15年目の状況を推定し比較した。2年目以降、1年目の状況に加えてマガキ、ムラサキイガイ、ヨコエビ類なども目立つようになり、肉食のレイシガイなどもみられる。湿重量では、1年目の急増後に2年目以降ばらつきを生じているが減少し、15年目の壁面の状況に近づいていた。種類数では、1年目の急増後やや減り、その後15年目の状況に近づいていた。動物の湿重量が減少した壁面では、植物の湿重量が代わりにやや増えている。15年目の生物相を基準にとって、生物群集の構造をPiankaの $\alpha$ 指数などの類似度指数で比較した。湾外側の直立壁では、削り取り後20日目は類似度は低いが、1年目にはかなり類似度が高くなり、その後3~4年目からさらに15年目の構造に近づいていくようである。この海域における直立壁への付着動物群集の発達は、壁面が設置されてから1年目でかなりの生物定着が進み、3~4年目では長期変遷後の状況に近づくようである。

種類数の上では増加もしくは横ばい傾向にあり、湿重量の上では増減がばらつくことから、1年目以降の動物群集の形成に際し、季節的もしくは数年周期の変動の可能性が推定された。卓越種の一つであるムラサキイガイを対象に、殻長の分布から年齢分布を推定した。設置後2年目、3年目の直立壁面では3~4世代(2~3年分)の生息が推定され、4年目の壁面では1世代(その冬の加入分)の生息のみであった。この海域では2~3年をサイクルとした脱落・更新がおこなわれた形跡がみられた。ここでは、必ずしも毎夏ムラサキイガイが脱落するわけではないようである。

キーワード: 東京湾, 富栄養化, 生物加入, 生態系の遷移, ムラサキイガイ, 年齢分布

\* 海洋環境部環境評価研究室長

\*\* 海洋環境部主任研究官

\*\*\* 海洋環境部海水浄化研究室

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1, TEL: 0468-44-5018, FAX: 0468-44-6243, E-mail: hosokawa@cc.phri.go.jp



## 1. はじめに

港湾構造物は海域に広い壁面を提供する。多くの場合、係留施設は垂直に近い壁面であることが多い。外郭施設でも混成防波堤などでは垂直の壁面が目立ち、護岸においても垂直の壁面が採用されることが多い。こうした壁面は、見かけ上岩礁生態系の付着基質に近い基質を提供することになる。その結果、内湾や内海の港湾構造物壁面を中心に、付着動物の密生がよく観察される。生息動物の分布をよくみると、海面から非常に離れた上部には移動性のフナムシなどがわずかにみられ、しぶきのあたる部分にはフジツボの類が、さらに下がって潮汐によって水没・干出する潮間帯部分やその下方にかけてムラサキイガイやマガキなどの付着が観察される。水面からの標高によって、帯状にそれぞれ特有の生物種が分布している様子は、帯状構造と呼ばれている。帯状構造は、生物種毎の環境耐性の差異、特に乾燥や高温あるいは水の揺動や引き剥がしの作用に対する耐性の差異などから説明される(西平, 1973)。

一方、外海からの波を受ける外郭施設沖側壁面を除き、港湾域内では静穏な海域が形成され、岩礁生態系に特徴的な波の大きな水域とは物理的な条件が異なってくる。従って、港湾構造物の垂直壁面の生物相は、岩礁生態系と近いものが形成されるようであるが、その構造や機能は必ずしも岩礁生態系に類似するとは限らないことになる。

港湾構造物壁面の付着生物相の環境的な役割については、まとまった整理ができていないわけではない。堀江(1987)や細川(1991)は、付着ムラサキイガイや海浜部アサリを対象に、生息量と生物個体の海水濾過能力とから、場の濾過作用として粒状物の浄化能力を試算した。これに対し、矢持ら(1995)は、生物濾過後の排泄やムラサキイガイの定期的死滅脱落による環境負荷の大きさを指摘し、護岸付着ムラサキイガイは夏期貧酸素化の進行する大阪湾奥では脱落后護岸近傍に大きな負荷を与える動物と考えるべき、と指摘した。ムラサキイガイの脱落現象はよく知られているが、毎年夏期に定期的にかかるかどうかについては、他の場所の事例も含めて不詳である。一方、栗原(1998)は、港湾域の壁面の状況を総括して、付着生物からの排糞を含め、静穏さ故に港湾海底面には微細粒子が堆積する傾向が避けられないという宿命を指摘している。栗原の指摘は、矢持の護岸基部への環境負荷の指摘よりも、空間的にやや広い場(外郭施設に囲まれた海域)の特徴を議論していると思われる。

また、壁面への生物付着促進の観点から、関西国際空港護岸・御前崎港構造物・横須賀港護岸などの状況を比較し、浅井ら(1997a)は堤前波高と付着動物の着生との関係

を示した。出現量は波高0.5~1 mで最大、出現総種類数は波高1.5~2 mで最大になったとしている。特に波高が小さく淀みがちな場所では、ムラサキイガイ・カンザシゴカイ・紅藻類などによる寡占のため多様度指数が低くなると指摘している。また、コンクリートブロック式構造物への生物付着の様子を、実海域へ設置した試験塊への20~30ヶ月間の観察から議論し、浅井ら(1997b)は、以下の結論を得ている。表面に凹凸を付けると1ヶ月~1年程度の初期の付着は促進される。それ以降は、付着生物自身により形成される凹凸のスケールが、初期に施した表面デザインの凹凸量よりも大きくなるため、凹凸を施した効果が目立たなくなる。生物群集の遷移度は1~3年の間にほぼ一定に落ち着くことから、この期間で周辺の生物相と類似の状態に近づく。浅井らの一連のとりまとめは、こうした分野での技術的知見がそれまで抜けていたことから、生物付着促進技術知見として重要である。しかし、調査場所や調査期間などに限界があるため、必ずしも十全な理解が得られたわけではない。また、もともと生物が付着しにくい場所に設置した試験塊には大きな生物生息はみられないなど、ブロックのデザインとは別の条件で付着が規定されてしまうこともあるようである。今後、色々な立地条件の港湾において、港内の様々な場所や条件下での生物実態の観察調査と比較整理とが望まれる。

ここでは、浦賀湾における新設の防波堤への生物付着の様子を観察した。浦賀湾は、東京湾の湾口部に近い静穏な二次湾である。壁面規模としては、付着板による検討やブロック式構造物の検討よりもかなり広い。この湾では、設置後の経過年次が少しずつ異なった壁面が、隣接して観察できる。必ず生物相が形成される壁面での観察であることを保証するため、壁面に自然に形成された生物相をいったん削り落とし、裸になった壁面への生物の再加入と生物相の再形成を観察することにした。また、同じ海域内に15年程度経過した古い壁面を見つけ、やや自然条件が違うものの、長期経過後の状況を推察するための対照面とした。目視によれば、いずれの壁面でも、潮間帯以下にはおおむね海綿類やホヤの類・ムラサキイガイが卓越してみられる。実際の防波堤壁面への生物の加入定着の状況及び卓越種の一つであるムラサキイガイの年齢構成の解析を試みた。生物をいったん刈り取り、裸地としてから再定着を観察するという手法は、生態系攪乱実験の一つとして生態学研究でしばしば用いられている実験手法である。海域の岩礁生態系に対しては、Hoshiai(1965)の青森県浅虫海岸における実験が代表的であり、岩礁生態系の帯状構造が再構築される状況が報告されている。削り取りの裸面には、植物では、数週間ですぐ珪藻の薄い層がみられ、

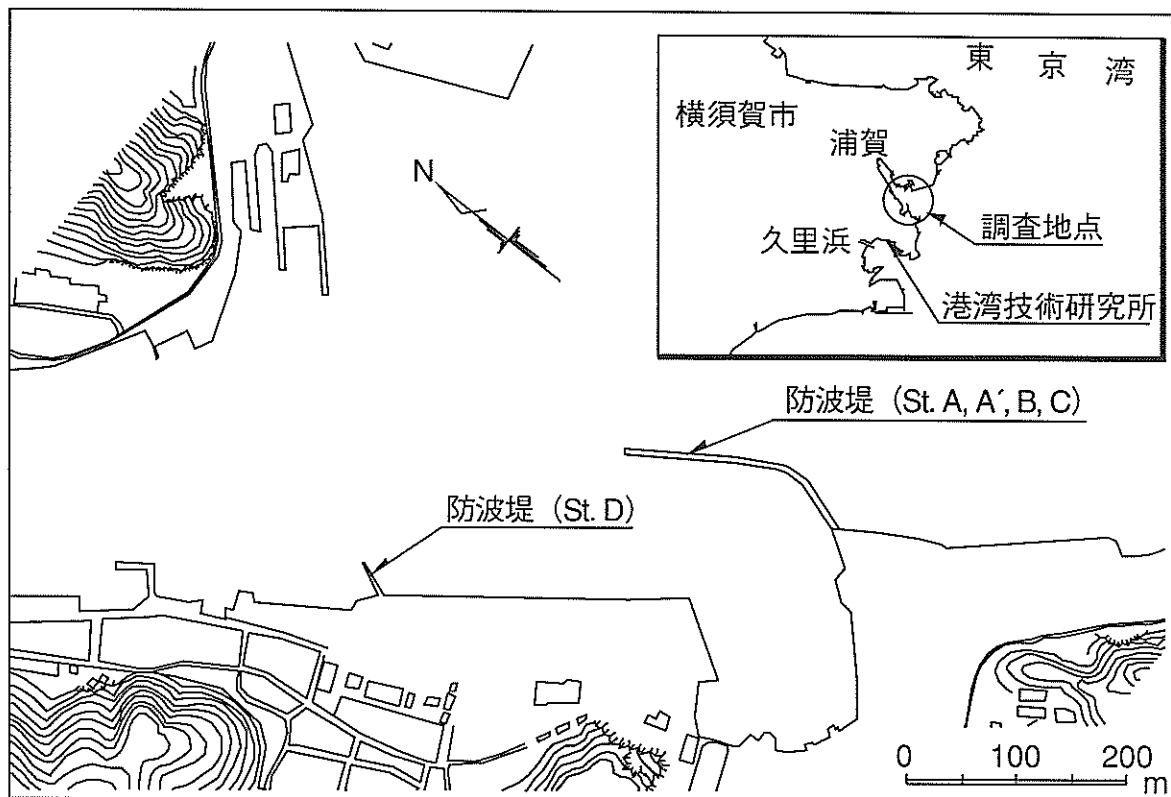


図-1 浦賀湾内の対象防波堤位置図

数ヶ月後には緑藻に覆われ、その後、褐藻類が茂るようになる。動物でも、まず、フジツボ・イガイの付着から始まるとされる(堀越, 1973)。富栄養化内湾での構造物壁面に対する系統的实验例は、あまり知られていない。

## 2. 調査地点および調査の方法

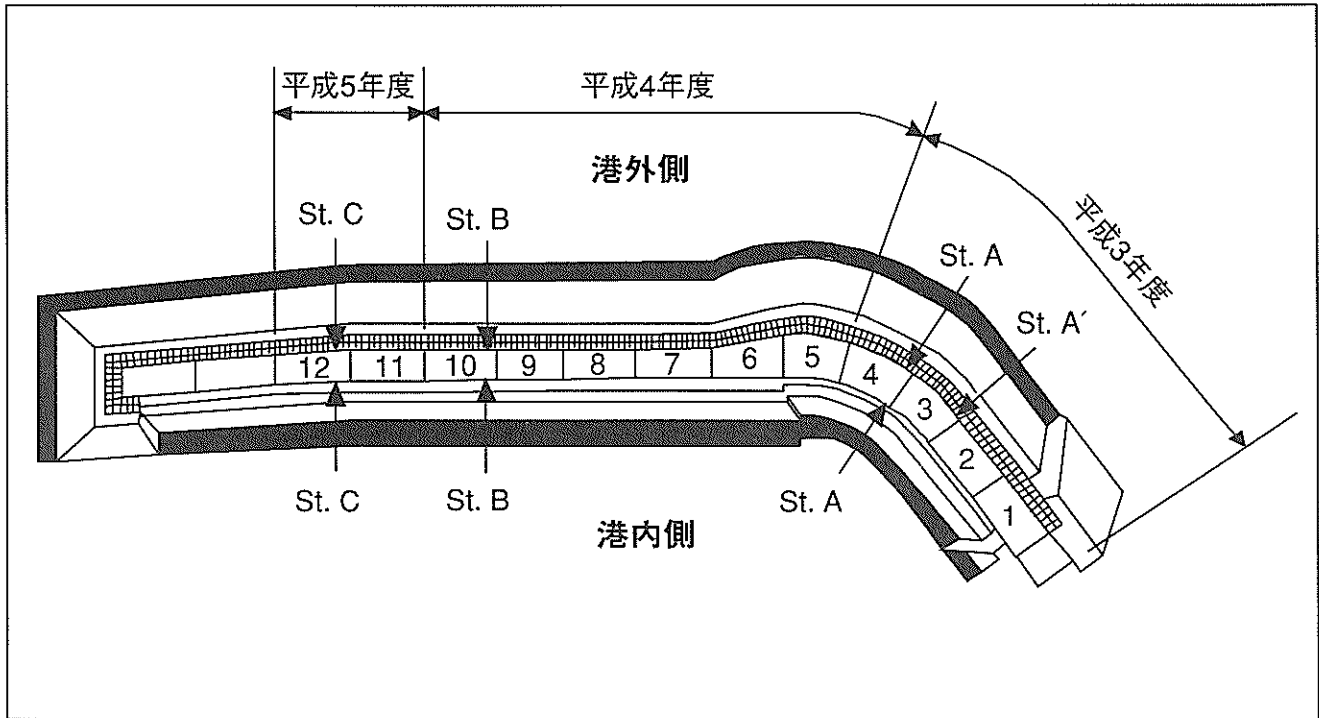
### 2.1 調査地点の概要

東京湾内の神奈川県側にある横須賀港浦賀地区にて建設中であった防波堤などを対象とした。浦賀地区は、東京湾口に向かって南南東に口を開いた奥行きのある細長い浦賀湾にあり、湾奥には-5 m~-9 mの岸壁を有している。対象防波堤は、この湾の開口部西側にある湾口灯台遺構(通称「灯明堂」)から1 kmほど湾奥の南岸側に位置する。調査地点の概略図を図-1に示す。この地区でのLWLは0.0 m, HWLは+2.0 mである。対岸の千葉側海岸まで10 kmほどであり、侵入風波は比較的小さい。静穏な港湾として古くから利用されてきた。また、細長い湾のため湾内潮流も小さい。

調査の対象となった防波堤は、新設の防波堤と対照用の古い防波堤とからなる。新設防波堤は、湾口部付近に開かれるレクリエーション施設を守るため、平成3年度より岸側から順次沖側へ延伸している。ここでは、平成3・4・5年

度に現地海域に設置された防波堤函を対象とした。各堤函ともその年度末(平成4年3月, 5年3月, 6年3月)に設置を終えている。防波堤法線は、岸側部分では北方向から北西方向へとゆるくカーブを描きながら沖へ延びている。構造の形式は、天端水深-4.0 mの石積みマウンド上に、縦スリット形式の直立消波ケーソンを据え付けた混成堤形式である。観測時には、防波堤の天端高さは+4.2 m, スリット部の天端高さは+3.3 mであった。縦スリット開口部の開口高さや開口幅は、岸側平成3年度施行区とその他の区間とで少し違っている。港内側の防波堤背面は、直立の壁となっている。一方、古い防波堤は、設置後15年程度経過している直立ケーソン堤である。新設の防波堤よりもさらに300 mほど湾内側にあり、南岸から北に30 mほど延びている。設置水深はかなり浅い。

静穏で細長い湾であるが、湾口から湾奥まで水深が比較的深く、また東京湾口部に位置するため、水質の悪化は顕著ではない。冬場は底面まで見下ろせる透明度となる。外海水の影響により塩分はおおむね高いものの、降雨流入により時折塩分の低下がみられる。護岸部を目視観察すると、フジツボやムラサキイガイの付着がよくみられる。浦賀湾湾口部付近から湾外の東京湾西岸側岩場では、冬場には藻場がよくみられる。



図一2 新設防波堤での調査点位置

## 2.2 調査方法

### (1) 調査日

平成8年3月4～5日, 25日, および翌年平成9年3月13日に観察調査を行った。

### (2) 調査地点

新設防波堤の観察壁面を選定した。波あたりを考慮し、港外側壁面と港内側壁面とについて、それぞれ3ヶ年にわたる変化を比較しようとした。港外側面については、波あたりは似たような状況であるが、防波堤の取り付け部側では岸との間に波の収斂場所ができるため消波ブロックが置いてある。堤函は岸から沖に向かって順次設置しており、岸側で平成3年度設置堤体の観察場所をSt. A, 同4年, 5年の観察場所を、それぞれSt. B, St. Cと名付けた。平成3年度設置の堤函に関しては、St. Aよりさらに岸近くの港外側壁面をSt. A'とし、削り取り実験などの追加場所とした。St. A'はSt. Aよりもやや静穏である。観察壁面の位置を平面図に示すと、図一2のようになる。図には、各堤函の設置年度も書き加えてある。

それぞれの観察位置に対し、直立壁では港外側LWL0.0 m直下の深さと-3 m付近の深さ、港内側LWL直下の深さ、さらに、港外側根固めブロック上の水平面の計4カ所を観察対象とした。LWL直下の深さを上面、-3 m深さを下面、根固めブロック上を水平面と呼ぶ。ただし、古い防波堤は、-0.8 mの捨て石天端上に設置されているた

め、-3 m深さの観察対象点はない。LWL0.0 m直下に加え、LWL-0.3 mの深さを観察・採取場所に行っている。また、根固めブロックもないため、水平面の観察対象点もない。

### (3) 試料の採取法

それぞれの観察対象点に対し、堤函天端より壁面に沿って目印のロープを垂下させた。ダイバーの潜水により、50 cm方枠のコードラートを当てはめ、50 cm×50 cmの面積内に付着している生物をすべてかき取り、袋に回収し、船上に運んだ。壁面近傍に沿って泳いだり動き回っているヨコエビなどの生物も、なるべく一緒に採取しようとしたものである。併せて、主要な生物に関しその生物の被覆度や被覆厚さを潜水中に目視観察した。採取試料は船上でただちに仕分けし、生物試料は現地にてホルマリン水溶液で固定した。

### (4) 調査項目

潜水観察と採取試料の分析から次の項目を調べた。

- ・付着植物: 主要種の種別湿重量
- ・付着動物: 主要種の種別湿重量, 個体数
- ・被覆度 : 主要種の潜水目視による被覆度
- ・被覆層厚: 物差しを用いた潜水観察

### (5) 削り取りと再付着調査

上記調査地点のうち、St. A'港外側, St. B港内側, St. C港外側の3地点について、それぞれ上面・下面・水平面の3面ずつ合計9面につき付着生物を削り取った。削り取りは、

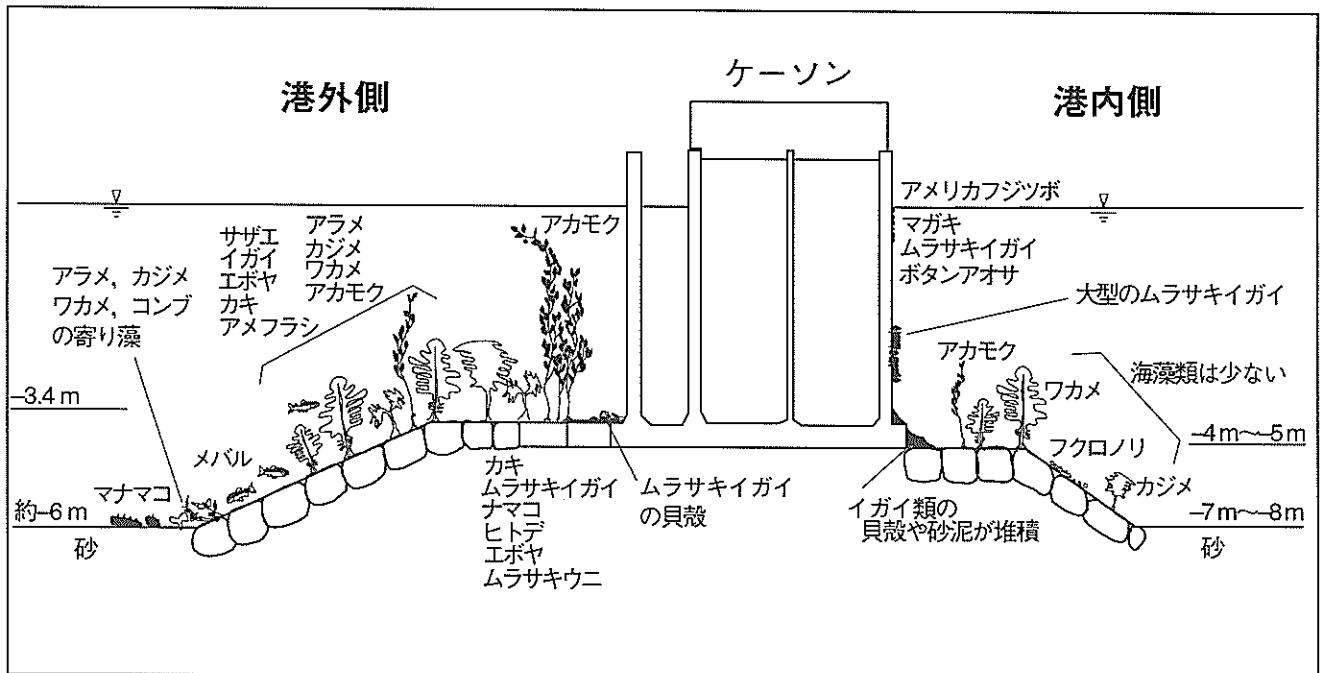


図-3 ケーソン周辺生物相の潜水観察スケッチ

平成8年3月5日に、金属製ヘラを用い、一辺70 cm以上の矩形の裸面になるように行った。この地点に関しては20日後および12ヶ月後に、生物の再付着状況を観察した。観察は、上記の採取法・調査項目に準じて行った。つまり、一度削り取った面にコードラートを押し当て、再付着した生物を削り取って袋に採取した。12ヶ月後の採取は、20日後に採取した面ではなく、平成8年3月5日に削り取ってから手を触れないまま12ヶ月経過した面を採取している。つまり、一辺70 cm以上の矩形がふたつ並んだ面積以上に削り取っている。写真-1に生物の削り取りの様子を示す。

加えて、平成8年3月5日には、微細植物の初期付着の様子をみるために、30 cm×30 cmの滑面のアクリル板をSt.A'(港外側)、B(港内側)、C(港外側)の地点に設置し、20日後に回収した。船上に引き上げた後、アクリル板上の付着生物をナイフでいねいにかき取り、分析に供している。コンクリート壁面での砂などによる微細凹凸よりも小さい生物は、コンクリート壁面の削り取り採取では十分に確認できない恐れがあったためである。

### 3. 調査結果

#### 3.1 観察時の環境条件と周辺の生物相

##### (1) 観察時の水質など

平成8年3月の観察時における気温は4.5～10.5°C、水温は9.8～14.0°Cであった。観測地点の塩分は26.9～32.5 psu、pHは8.04～8.46の範囲にあり、垂直方向にほぼ一様

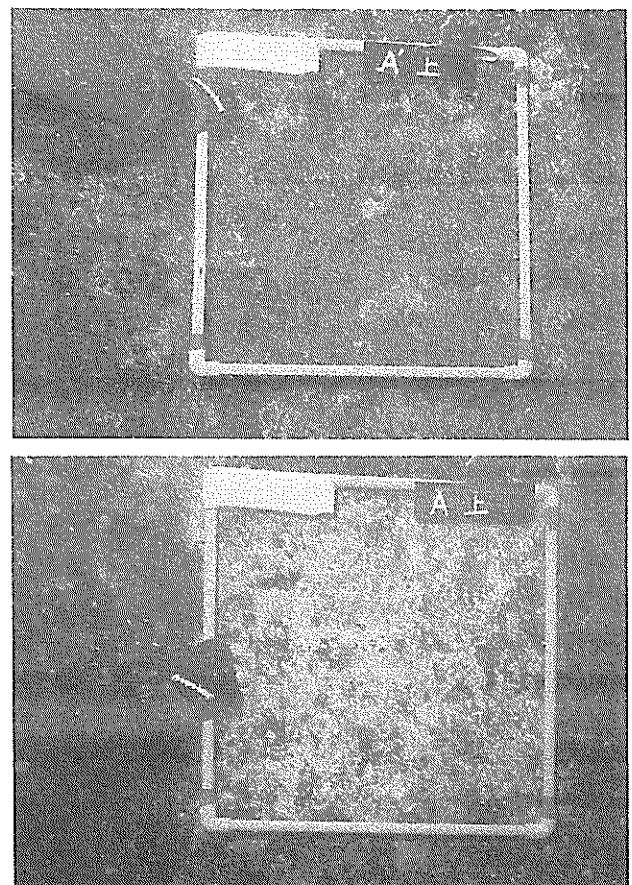


写真-1 付着生物の削り取りの様子。上図は削り取り前、下図は削り取り後。



分布であった。塩分の低下は、3月4日の干潮時に表層で観測されており、上げ潮時には32程度にまで上昇している。DOはどこもこの地点でも海底部まではほぼ一様で、8.2～11.9 mg/lと豊富であった。目視による波高は、0～15 cm程度の静穏な状況が続いていた。

平成9年3月の観測時における気温は8.2～11.2°C、水温は11.6～11.8°Cであった。塩分は25～33.5 psu、pHは7.81～8.08の範囲にある。ここでも、低潮位時に低い塩分となっていた。DOは12.1～13.1 mg/lと海底部まで飽和に近い濃度であった。

(2) 平成8年3月4日観測時の周辺の生物

潜水時に観察された港外側・港内側での観察スケッチ図を図-3に示す。生物の様子は以下のとおり。

①新設防波堤の港外側部分：直立壁部には、HWL付近からその下約1 mにかけては、イワフジツボが卓越している。イワフジツボ卓越帯部から下部のLWL付近までは、ムラサキガイとカキ類が顕著に帯構造を形成している。LWL以深では、ムラサキガイは減少し、カキ類・ホヤ類(エボヤなど)・サンカクフジツボの分布が目立つようになる。直立壁部では付着動物が目立ち、海藻類は少数の紅藻以外はほとんど見あたらない。スリット部分とそうでない直立壁面とでは、付着生物に大きな違いはない。海底面では、ケーソン前面の根固めブロック部上にムラサキガイを主とする貝殻が堆積している。この周辺にはヒトデ・ナマコが分布している。根固めブロック上面には、付着生物はほとんどみられないが、部分的にホンダワラ類(アカモク)・ワカメ・アラメがみられる場所もあった。根固めブロックより沖側の捨て石マウンドには、ワカメ・アラメ・カジメを主とする海中林が形成されていた。この中に、ホンダワラ類が混在していることもあった。さらに沖側では砂質の海底面があり、マウンド法先付近にはアラメ・カジメなどの寄り藻がみられる。砂質海底面は防波堤の取り付け基部に向かって浅くなり、岸に近い基部では消波ブロックが投入されている。この消波ブロック上には、アラメ・カジメ・ワカメによる濃密な海中林が形成されている。一方、防波堤延伸法線の先端部では、ムラサキガイの生息密度が上がっているようであった。防波堤法線に沿って、取り付け基部から先端部まで類似の生物相であり、生息生物の状況からは波あたりなどの物理環境条件に大きな差がないと推定される。

②新設防波堤の港内側部分：直立壁部分では、外観上は港外側と似た様子が観察された。ケーソン底部から法先にかけては、浮泥の堆積が目立つ。捨て石マウンド上には、若干のアカモクやワカメがみられたが、出現量は少なく背の低いものが多かった。藻体上にも浮泥が沈積しており、活力がないようであった。

表-1 潜水観察による被覆度と生物濃度

	地点名	観測面	被覆度 (%)	生物相厚 (mm)	
実験開始(平成8年3月4日)					
港外側	St. A	上面	100	10-30	
		下面	100	15-30	
		水平面	40	0-20	
	St. B	上面	100	20-30	
		下面	100	20-30	
		水平面	70	20-30	
	St. C	上面	100	20-40	
		下面	100	20-30	
		水平面	90	0-20	
	港内側	St. D	上面	100	20-40
			下面	100	10-30
			水平面	25	0-30
St. B		上面	100	20-30	
		下面	100	20-30	
		水平面	70	0-40	
St. C		上面	100	10-30	
		下面	100	20-40	
		水平面	40	10-30	
St. D		上面	100	20-30	
		下面	100	20-30	
20日目(平成8年3月25日)					
港外側	St. A'	上面	100	5-10	
		下面	20	2-5	
		水平面	(20)	0-5	
	St. C	上面	100	5-10	
		下面	100	2-5	
		水平面	70	2-5	
港内側	St. B	上面	80	5-10	
		下面	100	5-10	
		水平面	80	—	
1年目(平成9年3月13日)					
港外側	St. A	上面	100	10-30	
		下面	100	15-30	
		水平面	70	0-20	
	St. A'	上面	70	0-20	
		下面	90	0-30	
		水平面	40	0-20	
	St. B	上面	40	0-20	
		下面	100	10-30	
		水平面	90	0-30	
St. C	上面	90	0-30		
	下面	95	0-30		

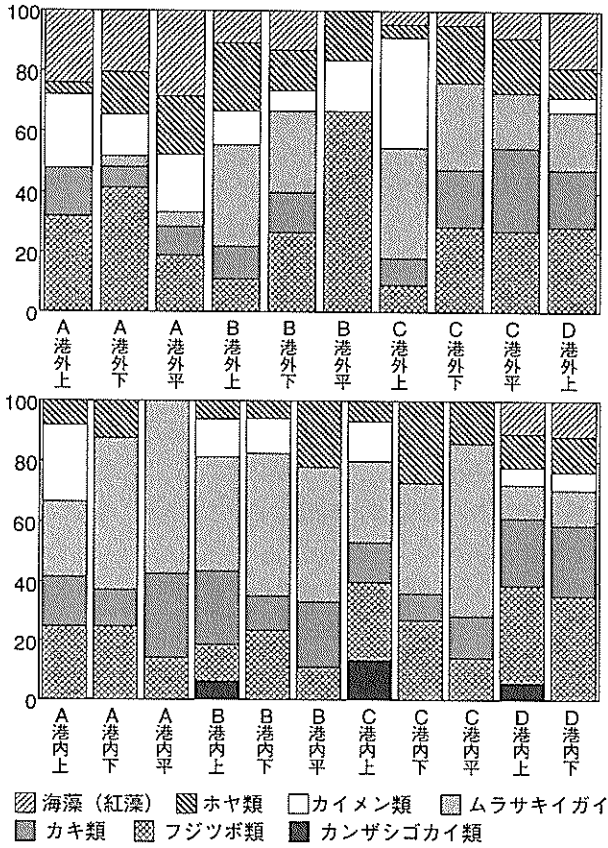


図-4 目視による出現種の被覆割合

### 3.2 平成8年3月4日に潜水観察された付着生物の被覆度と厚さ

新設防波堤上の観察地点(St. AからC), および, 対照とする古い防波堤上の観察地点(St. D)での潜水目視による付着生物の被覆度と被覆層厚の結果をまとめて表-1に示す。このうち, 平成8年3月4日観察の結果を取り出してみると以下のような状況であった。直立壁では港内側(10~30 mm厚)に比べ港外側(15~30 mm厚)でやや厚く, 港外側では直立壁部の方が水平面部よりも大きな値になっている。一方, 港内側では, 水平面部で大きくばらつく。脱落したと思われるムラサキイガイが再付着して成長していることもあり, こうした場所では層厚が大きくなるためと思われる。港内側港外側とも, 直立壁部の水深別の層厚や設置時期の違いによるは層厚には顕著な差がみられない。

目視による出現種の被覆割合を図化すると, 図-4のようになる。港外側では海藻(ほとんどが紅藻), ホヤ類, カイメン類がみられるが, 港内側では頻度が低く, 代わってムラサキイガイの出現が目立つようになる。

### 3.3 平成8年3月4日にかき取り採取した付着生物

採取試料の概略を表-2に示す。動物に関しては湿重量, 個体数密度, 種類数を, 植物に関しては湿重量と種

表-2 採取動物・海藻の湿重量(g/0.25 m<sup>2</sup>), 個体数(ind./0.25 m<sup>2</sup>)および種類数

地点名	観測面	動物		海藻		総湿重	
		湿重	個体数	種類数	湿重		種類数
実験開始(平成8年3月4日)							
港外側 St. A	上面	511.4	2957	67	100.4	5	611.8
	下面	108.2	974	75	14.2	7	122.4
	水平面	221.7	384	56	5.0	4	226.7
St. B	上面	1226.3	2783	64	5.2	4	1231.5
	下面	236.7	666	61	0.5	3	237.2
	水平面	1076.7	1250	80	2.1	1	1078.8
St. C	上面	1240.6	1259	61	0.4	1	1241.0
	下面	1262.7	838	64	18.3	9	1281.0
	水平面	877.5	1036	95	1.9	4	879.4
St. D	上面	320.4	1714	80	95.2	4	415.6
	港内側 St. A						
	上面	146.4	1382	52	8.4	4	154.8
St. B	下面	543.5	1122	68	5.2	6	548.7
	水平面	501.3	1399	73	1.3	3	502.6
	上面	274.6	1593	63	2.8	6	277.4
St. C	下面	1205.3	1244	81	4.5	3	1209.8
	水平面	2613.4	1000	83	4.4	10	2617.8
	上面	453.8	1632	64	1.3	3	455.1
St. D	下面	663.3	491	62	19.4	3	682.7
	水平面	1140.6	818	78	22.1	2	1162.7
	上面	543.5	4475	77	5.4	3	548.9
下面	307.2	1311	68	12.6	1	319.8	
20日目(平成8年3月25日)							
港外側 St. A	上面	0.16	127	13	2.4	1	2.56
	下面	21.14	27	11	0.1	1	21.24
	水平面	0.31	11	10	0.1	2	0.41
St. C	上面	0.16	165	18	1.9	2	2.06
	下面	6.3	70	15	0.1	1	6.4
	水平面	0.17	21	12	+	1	0.17
港内側 St. B	上面	0.9	157	14	0.4	2	1.3
	下面	0.27	37	10	0.1	1	0.37
	水平面	2.13	27	13	+	1	2.13
1年目(平成9年3月13日)							
港外側 St. A	上面	254.2	2349	102	23.6	4	277.8
	下面	276.8	1015	103	3.1	5	279.9
St. A'	上面	127.4	2145	84	6.4	6	133.8
	下面	87.5	413	86	5.6	9	93.1
St. B	上面	810.0	1992	90	0.3	2	810.3
	下面	165.3	598	77	4.1	4	169.4
St. C	上面	1784.9	3157	90	0.6	3	1785.5
	下面	419.5	1564	73	0.3	3	419.8

類数を示し, 動物植物あわせの湿重量を示してある。湿重量では圧倒的に動物が多く0.25 m<sup>2</sup>あたり100 g~2500 g程

表-3 付着珪藻出現状況 (10<sup>6</sup> cells/0.09 m<sup>2</sup>)

地点名	総細胞数	種類数	最優占種 (細胞数)
港外側 St. A'	19.1	36	<i>Opephora gemmata</i> (12.1)
St. C	17.6	50	<i>O. gemmata</i> (10.0)
St. D	56.5	45	<i>Navicula mendotia</i> (10.0)
港内側 St. B	5.4	38	<i>O. gemmata</i> (1.0)

度である。湿重量で目立つ種は、ムラサキイガイ、カイメン類、ホヤ類、サンカクフジツボなどである。古い防波堤(St. D)の港外側上部(LWL直下部)に比べ、新設防波堤(St. A, B, C)の港外側上部では、同様かそれ以上の湿重量となっている。一方、港内側の付着湿重量は、古い防波堤でやや大きい。植物は直立壁の上部を中心にわずかにみられる。動物の個体数は、0.25 m<sup>2</sup>あたり400~4500個体程度で、その中心はヨコエビなどの甲殻類や環形動物多毛類である。古い防波堤(St. D)と新設防波堤(St. A~C)とを比べると、動物の個体数でも、湿重量と同様な傾向がみられる。動物の出現種類数は、50~95種である。古い防波堤(St. D)では70~80種が出現しているが、新設防波堤の各函でもこれに近い値である。

### 3.4 削り取り20日後の付着生物の状況

#### (1) 削り取り面での生物再付着

平成9年3月5日に直立壁部7カ所(St. A'港外側・St. A港内側と港外側・St. B港内側と港外側・St. C港内側と港外側)において削り取りを行った。このうちSt. A'港外側, St. B港内側, St. C港外側の3カ所の、各上面・下面・水平面への再付着状況を、削り取りから20日後の同年3月25日に観察した。各地点とも層厚数mm程度の薄い厚さで、珪藻類を中心とした生物の被覆がみられた。生物の被覆度はおおむね80~100%程度であるが、St. A'の下面のみは珪藻がパッチ上に分布しており被覆度は20%ほどと低かった。また、浮泥の堆積が著しいSt. A'の水平面では、観察が難しく参考値しか得られていないが、被覆度は約20%にとどまっていた。

同日採取した付着生物の結果も表-2に掲げられている。ここでは移動性の大きな偶来種(コシダカガンガラなどの巻き貝)や産み付けられた卵塊は除去してある。総湿重量では0.25 m<sup>2</sup>あたり0.1~20 gと小さく、付着の初期の状

況を表している。港外側の上面(St. A'やSt. CのLWL直下部)では、植物の湿重量が動物の湿重量を上回っている。まず藻類の加入が起きており、動物の加入は遅れているようである。動物の個体数では、上面で大きく0.25 m<sup>2</sup>あたり130~170個体程度である。ヨコエビやその他の甲殻類(匍匐性のタナイス類)が目立つ。種類数では、動物で10~18種・植物で1~2種と少ない。

#### (2) アクリル板への生物付着

上記3カ所(St. A'港外側, St. B港内側, St. C港外側)と古い防波堤(St. D港外側)の、防波堤基部水平面に平成8年3月5日にアクリル板を置き、同年3月25日に回収観察した。アクリル板に付着していた藻類の、総出現細胞数、種類数、細胞数での最多出現種は表-3のようになる。港外側で出現細胞数が大きく、0.09 m<sup>2</sup>あたり18×10<sup>6</sup>~57×10<sup>6</sup>細胞程度である。最も細胞数が大きかったSt. D港外側では、付着板を設置した4カ所の内で最も浮泥の堆積がみられた。出現種では、古い防波堤(St. D)の港外側を除き、*Opephora gemmata*が最大の細胞数を占めていた。St. Dでは、*Navicula mendotia*が最大の細胞数を占め、次いで*Opephora gemmata*が二番目に多かった。また、いずれの場所でも浮遊性の*Skeletonema costatum*が1~2割程度出現している。

### 3.5 削り取り1年後の付着生物の状況

削り取り1年後の平成9年3月13日に、再付着の状況を観察した。観察地点は、St. A・A'・Cの港外側およびSt. Bの港内側の4カ所であり、観察深さはそれぞれの地点の上面(LWL直下)と下面(-3 m)とである。目視観察によれば、削り取り面は隣接の削り取らない面と比べて色調の差異から判別ができる場所もあったが、生物の付着加入は大きく進んでいた。前出表-1から被覆度と被覆層厚がわかる。生物による被覆度は、港内側(St. B)でやや落ちるものの、港外側(St. A・A'・C)では、上面下面とも、70%であった。付着厚は0~30 mm程度になっており、20日後の測定値(0~数mm)より大幅に増大していた。

壁面からの採取試料の結果を表-2からみてみる。湿重量ではここでも圧倒的に動物が多く0.25 m<sup>2</sup>あたり90 g~1800 g程度である。削り取り20日後の測定値(0.2~20 g)を大きく上回っている。湿重量で目立つ種は、レイシガイ、ムラサキイガイ、カイメン類、ホヤ類、サンカクフジツボなどである。サンカクフジツボはいずれの面でも目立っていた。また、上面の湿重量は下面に比べ1~5倍ほど大きく、上面での生物量の発達がみられた。植物の湿重量はきわめてわずかで0.25 m<sup>2</sup>あたり0.3~25 g程度である。紅藻植物のツノマタ、アラメ、ハイウスバノリ属などであった。動

物の個体数は、0.25 m<sup>2</sup>あたり400～3200個体程度で、その中心はサンカクフジツボやヨコエビの仲間である。枠内の動物の出現種類数は、70～100種、植物で2～9種である。種類数では、動植物とも場所による差異は明らかでない。個体数、種類数ともに、削り取り20日目の測定値を上回っている。

#### 4. 解析

##### 4.1 経時的な生物相変化

付着生物の採取測定結果では、削り取り20日目ではわずかな生物の加入がみられたが、1年後には大幅に生物量が増加していた。さらに防波堤の設置時期の違いを考慮して、2年目以降での生物付着の様子を比較を試みる。浮泥の堆積などにより、水平面では十分な観察記録ができていない。ここでは、垂直面のうち港外側の上面・下面を対象に検討を試みる。いずれも、防波堤や護岸の垂直面について従来観察されてきた生物群集と類似の、動物主体の観察結果となっている。

観察した防波堤各函は設置位置が隣接しており、各函前面の水質の差異は小さかった。しかし、波あたりや離岸距離は少しずつ異なる。平成8年3月の観察では、港内側と港外側との差は顕著であったが、港外側表面相互間では生物種に大きな差異はなく、離岸距離の順に測定生物データを並べてみても一定の増減傾向がみられなかった。このため、港外側では、設置時期の差によって生物相の様子が大きく規定されていると判断した。設置位置の差が設置時期の差に比べて無視できるかどうかの厳密な統計的検定は、ここでは行っていない。

平成8年3月4日の採取観察当時には、St. Aは設置後4年目、St. Bは3年目、St. Cは3年目に当たる。また、St. Dはほぼ15年目に当たる。

##### (1) 動物の湿重量

横軸に経過時間を取り、動物の湿重量の合計値をプロットしてみる。港外側上面での結果を図-5に示す。20日後の値は港外側上面ではSt. A'とSt. Cとの2カ所での値が、1年後の値はSt. A, A', B, Cの4カ所での値が、それぞれ得られている。ここでは、2ないし4つの値をそのままグラフ上にプロットしてある。2年後、3年後、4年後の値は平成8年3月に観測されたSt. C, St. B, St. Aでの値をプロットしてある。15年後の値は、同じ観測時期のSt. Dでの値である。1年後の4データ程度のばらつきは毎回の観測で恐らくあるものと思われ、このばらつきを考慮しつつ増減傾向を読みとることとする。図をみると、20日後ではきわめて小さい値であるが、1年後にはばらつきながらも急増し、2・3年目と横ば

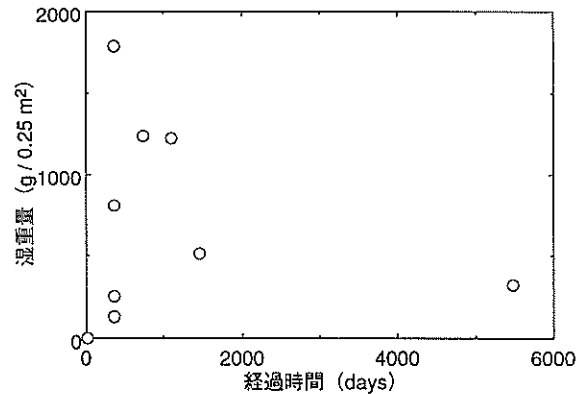


図-5 動物湿重量経時変化(港外側上面)

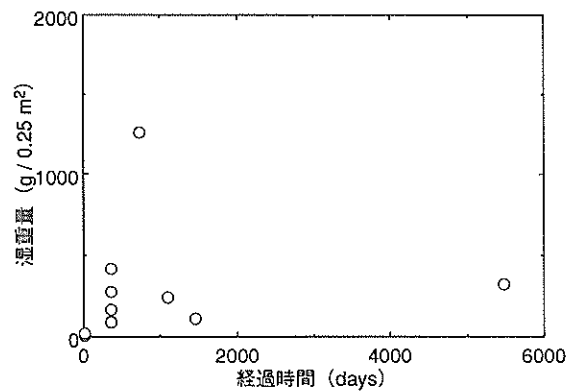


図-6 動物湿重量経時変化(港外側下面)

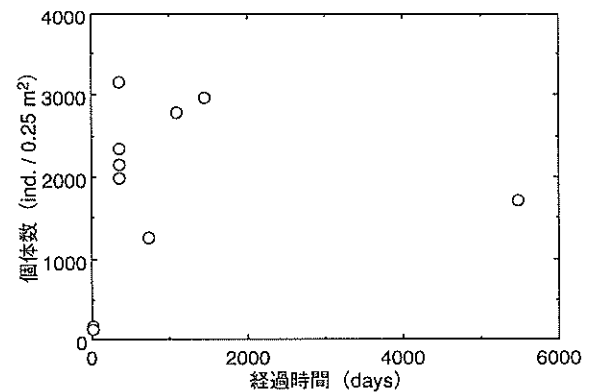


図-7 動物個体数経時変化(港外側上面)

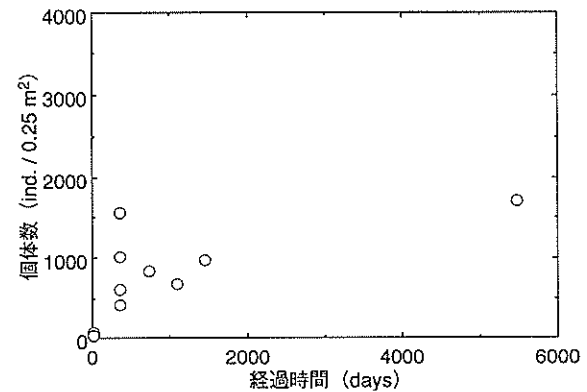


図-8 動物個体数経時変化(港外側下面)

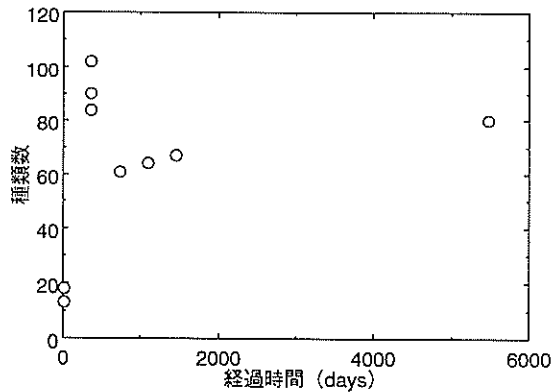


図-9 動物種類数経時変化(港外側上面)

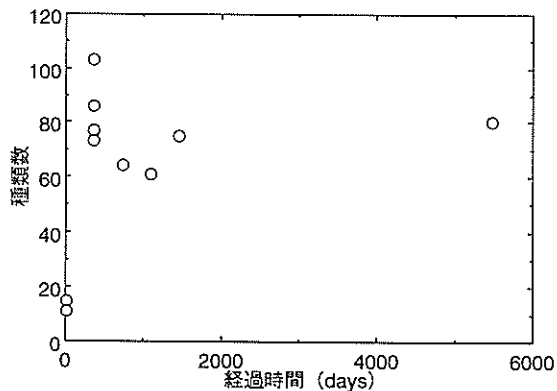


図-10 動物種類数経時変化(港外側下面)

以後4年目には減少し、15年後の値に近づいているようである。

港外側下面での変化の様子を、同様に図-6に示す。20日後ではきわめて小さい値であるが、1年後からさらに2年後にかけて大きく増加し、3~4年後にかけて急減している。15年目にはSt. D下面の値をプロットしてあるが、防波堤設置水深がきわめて浅いため、この深さはSt. D上面のすぐ下(-0.5 m)であり下面深さでの15年後の状況を表しているとはいいいにくい。2年目の大きな湿重量を除いてみると、湿重量としては1年後から落ち着いているようにも見える。

(2) 動物の個体数

同じように、港外側上面での個体数の経時変化をプロットすると、図-7のようになる。湿重量の変化に比べて、1年目の急増加が顕著である。その後、ばらつきながらも横ばいし、長期的にはやや減少しているようである。港外側下面では、図-8のように、20日目で小さいものの1年目では急増し、その後4年目まではほぼ横ばい状況である。15年目の値は、湿重量データと同様に上面に近い深さで観察された参考値である。

(3) 動物の種類数

図-9に様子を示す。やはり20日目では種類数は少ないが、1年後では急増している。その後いったん減少し安定

表-4 動物構成種の経時変化(港外側上面)

分類	学名	和名	1ヶ月後	1年後	2年後	3年後	4年後	15年後	生態	形態	食性
触手	Schizoporellidae	ヒラコケムシ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
環形	Autolytinae	シリス科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
環形	Genetyllis castanes	アケノサシバ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
環形	Polyophthalmus pictus	カスリオフェリア	_____	_____	_____	_____	_____	_____	潜伏	内生	有機物
甲殻	Phoxichilidiidae	ホソウミグモ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	表在	有機物
甲殻	Hemigrapsus sanguineus	イソガニ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	表在	雑食
腔腸	Actiniaria	イソギンチャク目	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
触手	Scrupocellariidae	トゲコケムシ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
甲殻	Pachycheles steyensii	コブカナダマシ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	表在	雑食
軟体	Mytilus edulis	ムラサキガイ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
海綿	DEMOSPONGIAE	尋常海綿綱	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
触手	Dakaria subovoidea	チゴケムシ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
軟体	Crassostrea gigas	マガキ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
甲殻	Balanus trigonus	サンカクフジツボ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	固着	硬殻	懸濁物
扁形	Polycladida	多岐腸目	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	表在	肉食
紐形	NEMERTINEA	紐形動物門	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	表在	不明
環形	Eusyllinae	シリス科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
環形	Nereis multignatha	マサゴカイ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
環形	Nereis neoneanthes	ヤスリゴカイ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
環形	Cirratulus cirratus	チグサミズヒキ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	潜伏	内生	有機物
環形	Nicolea sp.	フサゴカイ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	潜伏	内生	有機物
環形	Hydroides ezoensis	エゾカサネカンザシ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	潜伏	内生	有機物
環形	Polydra sp.	スピオ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	潜伏	内生	有機物
環形	Syllinae	シリス科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
軟体	Thais bronni	レイシガイ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	硬殻	肉食
甲殻	Janiropsis sp.	ウミミズムシ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Leucothoe sp.	マルハサミヨコエビ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Pleustidae	テングヨコエビ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Liljeborgia japonica	ホソトゲヨコエビ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Maera serratifalpa	スナナリヨコエビ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Elasmopus sp.	ヨコエビ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Dexaminiidae	エンマヨコエビ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Photis sp.	クダオソコエビ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Corophium sp.	ドロクダムシ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
甲殻	Sphaerozins nitidus	スベスベオウギガニ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	表在	雑食
星口	Sipunculidae	ホシムシ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	潜伏	内生	有機物
環形	Hesionidae	オトヒメゴカイ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	内生	有機物
環形	Lepidonotinae	フサツキウロコムシ科	_____	_____	_____	_____	_____	_____	移動	表在	有機物



するようである。港外側下面でも、図-10のように類似の動きを示している。構成種の経時的な変化をみるため、出現種名を縦に並べ、時間経過を横軸にとった表を作った。その時期に観察されれば横線を引き、特に高密度に観察された期間は太い線にして記した。港外側上面について表-4に示す。20日目には、固着性のコケムシや移動性のシリス科の動物がみられた。これらは1年後にもみられた。しかし、平成8年3月には、設置2年目以降の壁面では見つからない。1年後には、観察できた種類は大きく増え、海綿、サンカクフジツボなどは密度が高かった。2年目になると、加えて、ムラサキガイやマガキなども目立つようになる。また、移動性のヨコエビの仲間もみられる。固着性の動物などの加入につれて、肉食の移動性動物であるレイシガイなども、よくみられるようになる。港外側下面では、表は示さないが、20日目から海綿やサンカクフジツボ、ヨコエビの仲間などがみられた。下面でも、1年目で大きく種類数が増えている。

#### (4) 植物の湿重量

植物は、直立の壁面ではあまり目立たない。港外側上面では、光の条件が下面に比べて好適なため、わずかであるが植物が観察された。港外側上面における植物の湿重量の経時的な変化を図-11に示す。4年目、15年目の壁面で多くなっている。この時期、図-5にみられるように動物の湿重量は減少しており、動物の勢いが落ち着くと植物が加入しているようである。また、アクリル付着板による20日目の加入植物観察では、珪藻が目立ち、*Opephora gemmata*や*Navicula mendotia*などが卓越していたが、湿重量としての寄与は小さい。

#### (5) 生物群集の類似度

動物をみると、種は徐々に増加するものの、種構成が変化したり、湿重量が増減したりと、変化は単調でない。15年目の壁面が、必ずしも生物層変遷の行き着く先かどうかはわからないが、それぞれの壁面がそれぞれの変化を繰り返しながらすこしづつ落ち着いていくようにも見える。

生態学の研究成果を援用して、生物相(動物群集)の変遷として見比べようと試みた。2つの異なる生物相がどれだけ違うか、もしくは、どれだけ似ているかという指標は、様々な提案されている。ここでは、木元(1976)などを参考にいくつかの類似度指数を検討し、①Piankaの $\alpha$ 指数、②Hornの重複度指数、③Whittakerの類似度百分率を選んで考えてみた。

Piankaの $\alpha$ 指数は、2つの生物群集間に共通して出現する種を、出現個体数によって重み付けして得られる指標で、植物群落の重複度比較に用いられることがある。 $\alpha$ 指数の具体的な算出式は以下のとおりである。

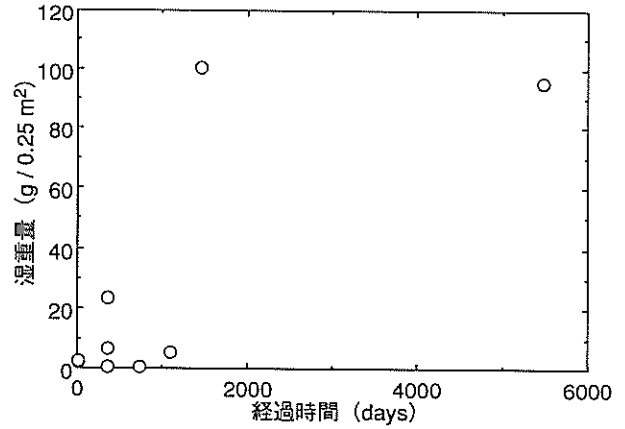


図-11 植物湿重量経時変化(港外側上面)

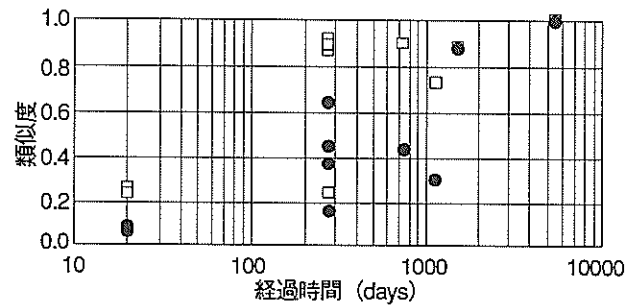


図-12 Piankaの $\alpha$ 指数による類似度の変化 (●:上面, □:下面)

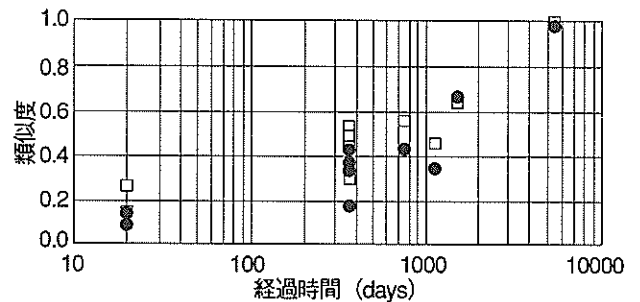


図-13 Whittakerの類似度百分率による類似度の変化 (●:上面, □:下面)

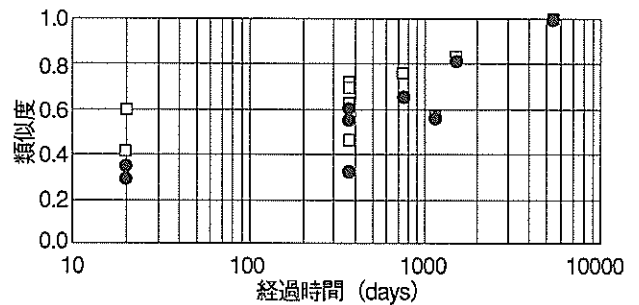


図-14 Hornの重複度指数による類似度の変化 (●:上面, □:下面)

$$\alpha_{1,2} = \frac{\sum_{i=1}^S p_{1i} \cdot p_{2i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^S (p_{1i})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^S (p_{2i})^2}} \quad (1)$$

ここに、 $\alpha_{1,2}$ は群集1および群集2の重複度、 $p_{1i}$ および $p_{2i}$ は群集1および群集2における種*i*の割合、*S*は総種数である。Hornの重複度指数は、2つの群集それぞれの情報量が重複する度合いを表しているといわれる。群集1および群集2における重複度指数 $R_{1,2}$ は以下のように算出される。

$$R_{1,2} = \frac{\sum_{i=1}^S (n_{1i} + n_{2i}) \log(n_{1i} + n_{2i}) - \sum_{i=1}^S n_{1i} \log n_{1i} - \sum_{i=1}^S n_{2i} \log n_{2i}}{(N_1 + N_2) \log(N_1 + N_2) - N_1 \log N_1 - N_2 \log N_2} \quad (2)$$

ここに、 $n_{1i}$ および $n_{2i}$ は群集1および群集2における種*i*の個体数、 $N_1$ および $N_2$ は群集1および群集2における総個体数である。また、Whittakerの類似度百分率は、共通種について、2つの群集内でのそれぞれの占有率を見比べ、小さい方の占有率を選び、その総和を求めることにより算定される。群集1および群集2における類似度百分率 $PS_{1,2}$ は以下のように算出される。

$$PS_{1,2} = \sum_{i=1}^S \min(p_{1i}, p_{2i}) \quad (3)$$

いずれの指数も、全く同じ生物相なら1となり、共通する部分は何もないときには0となるように規格化されている。

15年目の壁面上面での動物群集を基準として、この群集との類似の割合を上記3指標について計算した。結果を図-12,13,14に示す。いずれの指標でも、20日目ではまだ0に近く、その後ばらつきながらも時間とともに値は上昇し1に接近する様子が現れた。類似度指数でみると、設置15年目の壁面群集の様子に対して、1年目で大きく接近し、3~4年目あたりからかなり似てくるといえる。

以上の検討をふまえると、この場での生物相の変遷はおおむね以下のような経緯を辿っているように思われる。海水中に壁面ができると、海水中の珪藻類が壁面に加入してくる。また、これをなめる移動性の動物の侵入や固着性動物の浮遊幼生などの壁面定着が起り、動物のパイオニア的な種の加入がみられるようになる。1年ほど経つと、その場に加入できる種がいったんは顔を見せるが、その後の種間の競争などによりその場に適した種が目立つようになる。3~4年程度経過すると、15年程度の長期変遷後の生物相とかなり類似の様相を呈してくるようになる。ただし、生物

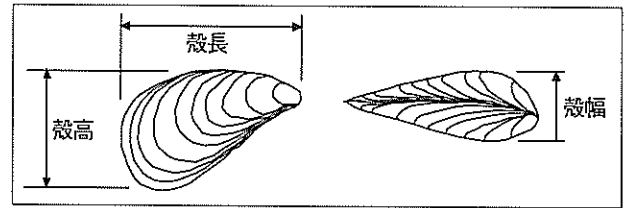


図-15 ムラサキガイの計測部位の定義

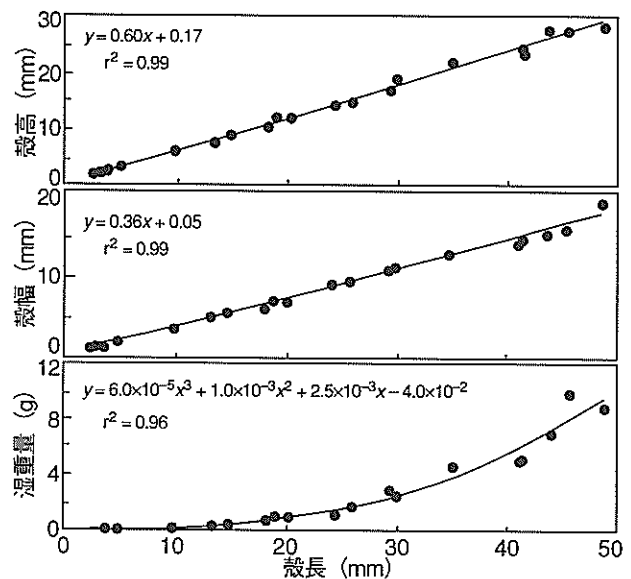


図-16 殻長と殻高・殻幅・湿重量との関係

量・種類数などは必ずしも経時的に単調に増加せず、各壁毎に種間競争や卓越種の独自の個体数変動などにより、生物相の季節的変動や数年周期の変動を内包しているようである。5年目以降の様子はここでは観察できていない。そのため、長期的な変化もしくは初期加入後の数年周期のゆっくりした変化については、ここでは議論できない。

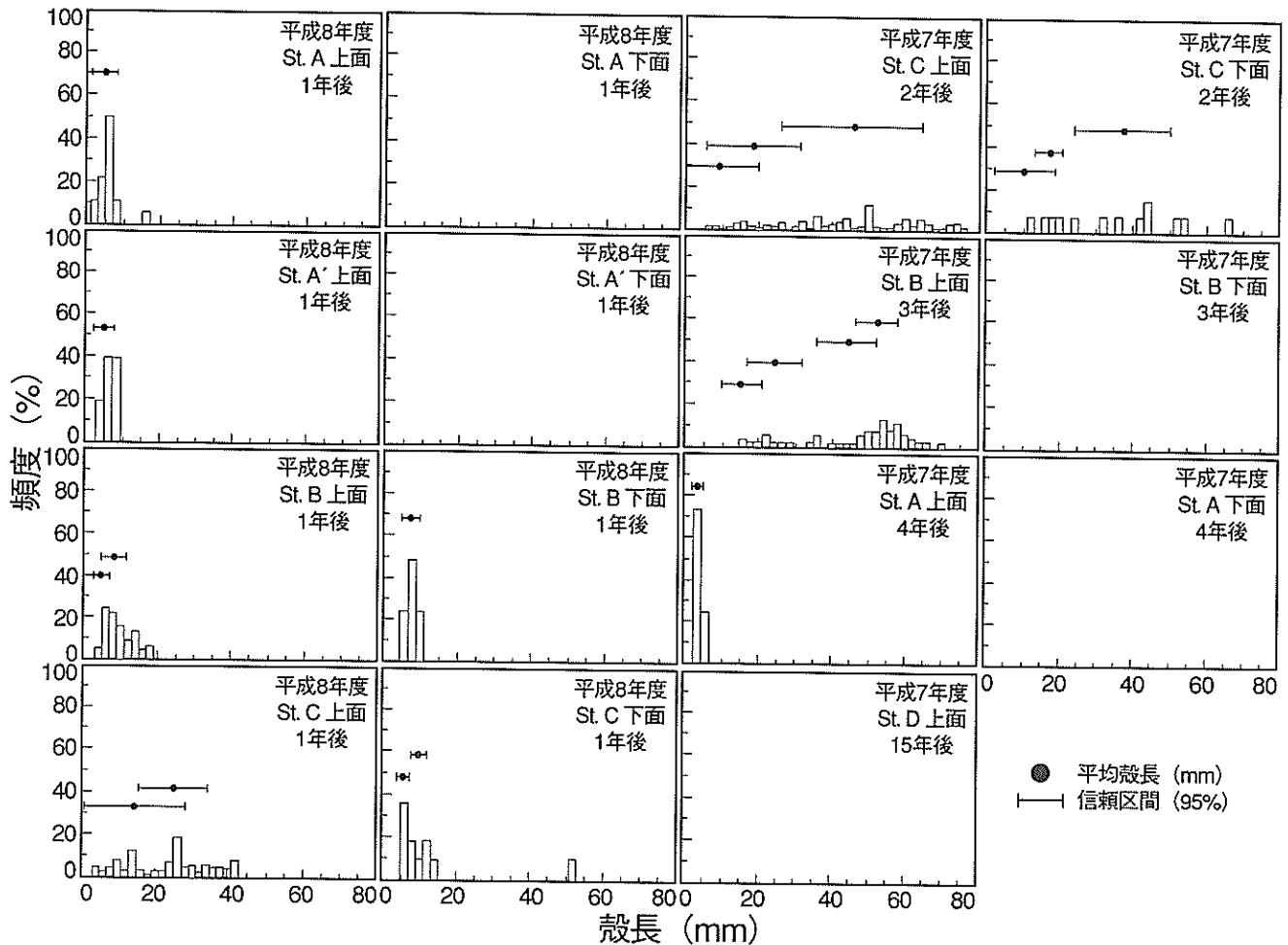
#### 4.2 付着生物のうちムラサキガイの年齢分布解析

##### (1) 形状の特性

卓越付着種の1つであるムラサキガイについて、採取壁面における年齢構成を推定してみた。まず、平成9年3月の観察採取時に、大小様々のムラサキガイをランダムに20個取り出し、形状サイズ(殻長、殻幅、殻高)や湿重量を計測した。計測した形状指標の定義を、図-15に示す。これらの指標値を殻長に対してプロットすると、図-16のようになる。1つのライン上に分布しており、①異なる形状をもった種は混在していないこと、②殻長で個体の大きさを代表させてもよいこと、が確認できる。

##### (2) 殻長分布の計測

観察採取されたムラサキガイは、数mmから10cm近くのものまで様々である。十分な個体数が採取された港外側



図一七 ムラサキガイの年齢分布の推定結果

の10の壁面について、殻長の分布を調べた。対象壁面は、平成8年3月に採取したSt. A上面、St. B上面、St. C上面・下面の4面、および削り取り1年後の平成9年3月に採取したSt. A上面、St. A'上面、St. B上面・下面、St. C上面・下面の6面、である。新設防波堤先端部に近いSt. Cは、設置2年後の壁面からも、削り取り1年後の壁面からも多くの個体が採取され、ムラサキガイの生息に適した状況にあったものと思われる。一方、設置15年後のSt. D壁面ではほとんど採取されておらず、水深が浅すぎることや浮泥の堆積傾向などの要因で生息に不適であったことが推測される。

分布の状況を図一七に示す。削り取り1年目の壁面では、St. Cを除き、10 mm以下の殻長個体が主で20 mm以下の殻長であった。一方、設置2～3年目のSt. B・C壁面では、殻長80 mm程度まで大小広く分布していた。

### (3) 年齢分布の推定

ムラサキガイの産卵加入は、東京湾の場合、12月から4月にかけてといわれている。4月までに加入した壁面の貝

は、夏から秋にかけてそれぞれ成長してゆくが、その期間に新たな稚貝の加入はない。12月に次の世代の貝が壁面にたどり着き加入するとき、前の世代の最も若い(最も遅い4月加入の)貝との間には大きさにギャップが生じる。稚貝の成長の早さがこのギャップを埋めてしまうほどには早くはないときには、貝の大きさ分布を描くと、世代と世代の間にくびれが生じる。生物の成長は普通、個体のサイズが小さい発生初期が最も大きいため、生じたくびれはその後の世代が加入した後もおおむね維持されることになる。そこで、個体のサイズの分布をグラフ化し、分布にくびれを見つけることで世代の分布を推定することができる。魚の体長分布などを例に確率紙グラフを用いて年齢分布を推定したCassie (1954)の手法を参考に、ムラサキガイの年齢分布を推定した。確率紙グラフ上では、分布のくびれはサイズ分布の変曲点として表れる。分布のくびれが不明瞭であると、変曲点の判断には多少の個人差が生じる余地がある。

港外側の壁面について、分布を推定した結果をみると、前年の12月から観察時の3月までに加入定着した当歳の稚

貝は、ほぼ10 mm以下の殻長であった。ただし、個体数が大きく成長に適した壁面と思われるSt. CやSt. B上面では、平成8年3月データでは当歳稚貝が20 mmまでの大きさになっている。また、1年経過後の平成9年3月観察時のSt. CやSt. B上層では、当歳稚貝とともに1つ古い世代も区別できるようである。3月削り取り以降4月までに加入した個体か、12月のはしりの時期の加入個体かと思われる。

平成8年3月のデータから、設置2年目以降の壁での年齢分布をみてみる。2年目の壁(St. C上面・下面)では70～80 mmまでの大型個体が観察されているが、年齢分布としては、当歳齢、1歳齢、2歳齢が存在していることと推定された。設置3年目の壁(St. B上面)では、3歳齢までの4グループに区別された。しかし、4年目の壁(St. A上面)では、当歳の稚貝しかみられなかった。4 cmを越える殻長がみられるSt. BやCでは、1年間程度での成長のみでは大きな殻長の存在が説明しづらく、数年間の成長の結果であるとの解析は無理がないように思われる。この海域では、St. Bで3年目の夏を越えたムラサキイガイが生息していること、St. Cで3年目の夏を迎えるムラサキイガイがみられたことなど、おおむね3年を1サイクルとするような脱落・更新がおこなわれた形跡がみられた。

## 5. 結論

- (1) 東京湾湾口部に開口した浦賀湾で、新設防波堤などの壁面を利用して、壁面付着生物相を観察した。隣接した観察位置であったため、直立壁ではフジツボやマガキ、ムラサキイガイ、海綿類などを中心にする類似の生息状況がみられた。標高により卓越生息種が変化するいわゆる帯状構造が共通してみられ、最上部からイワフジツボ・カキ類—ムラサキイガイといった典型的な付着生物相の様相であった。しかし、湾内側壁面と湾外側壁面とでは生息生物量に差異がみられた。また、防波堤マウンドの被覆ブロック上などの水平面では、鉛直の壁面とは異なった生物相がみられ、浮泥の沈積などの影響を強く受けていた。湾外側壁面相互間では、150 mほどの観察区間内では、波あたりや離岸距離の違いが及ぼす生物相への影響ははっきりしない。
- (2) 表面削り取り後20日目の壁面では、生物量(湿重量)も生息種も少なく、動物ではコケムシ、シリシ科などの加入がみられた。同時に設置したアクリル板上には、20日間で、付着珪藻の定着がみられた。水深や浮泥堆積状況に応じて卓越珪藻種は変化していた。また、生物量としてはきわめて小さかった。

- (3) 表面削り取り1年後の直立壁面では、植物・動物ともに種類数が急増していた。動物に関しては湿重量の増加が著しく、海綿類・サンカクフジツボなどが優占種として目立っていた。

- (4) 防波堤設置後2・3・4・15年経過した防波堤直立壁を観察し、2・3・4・15年目の状況を推定し比較した。2年目以降、1年目の状況に加えてマガキ、ムラサキイガイ、ヨコエビ類なども目立つようになり、肉食のレイシガイなどもみられた。湿重量では、1年目の急増後に2年目以降ばらつきを生じているが減少し、15年目の壁面の状況に近づいていた。種類数では、1年目の急増後やや減り、その後15年目の状況に近づいていた。動物の湿重量が減少した壁面では、植物の湿重量が代わりにやや増えている。15年目の生物相を基準にとって、生物群集の構造をPiankaの $\alpha$ 指数などの類似度指数で比較した。湾外側の直立壁では、削り取り後20日目では類似度は低いが、1日目にはかなり類似度が高くなり、その後3～4年目からさらに15年目の構造に近づいていくようである。この海域における直立壁への付着動物群集の発達には、壁面が設置されてから1年目でかなりの生物定着が進み、3～4年目でさらに長期変遷後の状況(15年目の付着動物群集)に近づくようである。

- (5) 種類数の上では増加もしくは横ばい傾向にあり、湿重量の上では増減がばらつくことから、1年目以降の動物群集の形成に際し、季節的もしくは数年周期の変動の可能性が推定された。卓越種の1つであるムラサキイガイを対象に、殻長の分布から年齢分布を推定した。設置後2年目、3年目の直立壁面では3～4世代(3～4年分)の生息が推定され、4年目の壁面では1世代(その冬の加入分)の生息のみであった。この海域では3～4年をサイクルとした脱落・更新がおこなわれた形跡がみられた。ここでは、必ずしも毎夏ムラサキイガイが脱落するわけではないようである。

浦賀湾での潜水観察と壁面削り取りに関しては、日本海洋コンサルタント 中瀬浩太氏、(株)エコー 山本秀一氏、(株)テトラ 綿貫 啓氏の協力を頂いた。また、図-3の水中生物の状況スケッチ図は綿貫氏の作成したものである。調査へのご協力と取得データの解析に対する熱心な討議をいただいた。ここに深く感謝いたします。横須賀市港湾部には、対象防波堤に関連する情報提供を受けた。ここに深く感謝いたします。

(2000年3月31日受付)

## 参考文献

- 浅井 正, 小笹博昭, 村上和男(1997a):付着生物群集の着生に及ぼす物理的環境条件の影響, 港湾技術研究所報告No.880, 27p.
- 浅井 正, 小笹博昭, 村上和男(1997b):ブロック式構造物への海洋生物の着生実験とその着生条件について, 港湾技術研究所報告No.881, 41p.
- 木元 新作(1976):動物研究法 I -多様性と種組成-, 生態学研究法講座15, 共立出版, pp.135-141
- 栗原 康(1998):海岸と港湾における環境保全のための生態学, 土木学会誌, 第83巻, pp.26-29
- 西平守孝(1973):1.1 潮間帯の生態, 山本護太郎編:海洋生態学, 東京大学出版会のなかの第1章第1編, pp.9-23
- 細川恭史(1991):浅海域での生物による水質浄化作用, 沿岸海洋研究ノート, 第29巻第1号, pp.28-36
- 堀江 毅(1987):海域の物質循環過程のモデル化と浄化効果の予測手法について, 港湾技術研究所報告, 第26巻, pp.57-123
- 堀越増興(1973):1.4 海洋ベントスの群集生態学, 山本護太郎編:海洋生態学, 東京大学出版会のなかの第1章第4編, pp.49-63
- 矢持 進, 有山啓之, 日下部敬之, 佐野雅基, 鍋島靖信, 睦谷一馬, 唐沢恒夫(1995):人工護岸構造物の優占生物が大阪湾沿岸域の富栄養化に及ぼす影響, 1. 垂直護岸でのムラサキイガイの成長と脱落, 海の研究, 第4巻第1号, pp.9-18
- Cassie,R.M.(1954): Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distribution, *Australian Journal of Marine and Freshwater*, pp.513-523
- Hoshiai T.(1965):Synecological study on intertidal communities, 4 a synecological study on the intertidal zonation of the Asamushi coastal area with special reference to its re-formation, *Bulletin of the Marine Biological Station of Asamushi*, Vol.XII, No.2-3,pp.93-126



港湾技研資料 No. 962

2000. 6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 横浜ハイテクプリンティング株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright ©(2000) by P.H.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。