

土木研究所資料

消波構造物への生物の付着挙動に 関する研究報告書（第一報）

平成2年3月

建設省土木研究所
地質化学部化学研究室

Copyright © 1990 by P. W. 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. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木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。

消波構造物への生物の付着挙動に 関する研究報告書（第一報）

化学研究室 室長 片 脇 清
研究員 西 島 高 秀

要 旨

本報告書は、消波堤への海中生物付着を明らかにするため、駿河湾において、既設杭、スリット供試体、新型離岸堤の生物付着調査をおこなった結果をとりまとめたものである。

キーワード：海洋構造物 消波構造物 消波堤 生物付着

ま え が き

海中に構造物を設置し年月を経過すると、構造物の表面には海中生物が付着する。近年、海洋開発がクローズアップされ、外洋に面した沖合に消波構造物を設置してその内側の静水域を確保する構想が具体化されはじめ、土木構造物への海中生物付着が問題となってきた。

外洋に面した海岸などでの大規模な海洋空間の利用を行う場合、港などに用いる防波堤のように海水を仕切る構造ではなく、海水を自由に行き来させ、かつ波浪を押さえる消波構造物が望ましいと考えられている。

消波構造物の一形式としてスリット形式の消波堤があるが、防波堤のように単純な構造物では海中生物が付着してもその影響は少ない、しかしスリット形式の消波堤のように複雑な構造物は海中部の表面積も大きくなることが予想される。それにとまって海中生物の付着量も多くなり付着による影響が大きい。海中生物の付着によってスリットの目詰まりを生じ、消波堤としての役割をはたさない状態になったり、設計以上の波浪強度を受けることも考えられるからである。

海中生物付着は、漁業関係、プラント関係では被害例も多くそれだけに調査例は多いが土木においては、過去において生物付着は重要視する必要がなかったこともあって調査例は少なく、施工にあたっては事前に海中生物の付着量・付着生物種などを事前に把握しておく必要があることから。本調査は土木的見地に立って、海中生物付着調査をおこなっているものである。

目 次

まえがき

1. 目的	1
2. 調査の概要	2
3. 既設杭の実態調査	3
4. スリット供試体における付着調査	9
5. 新型離岸堤における付着調査	12
6. 海中生物の付着による波力の増大	15
7. 駿河湾の生物学的位置と消波堤に影響を与える生物	19
8. まとめ	25
あとがき	26
参考文献	27
写真集	28

1. 目的

本調査は、海中に設置された構造物に付着する海中生物の種類・付着量および海中生物がスリット消波堤に及ぼす影響を調べる目的で行っているものである。

2. 調査の概要

本報調査は、下記の内容について駿河湾大井川沖で調査を行っている。

(1) 既設杭における海中生物の付着とその挙動

海洋総合研究施設の主杭を対象に昭和62年度から3年間、海中生物付着状況調査とその挙動について調査する。

(2) スリット供試体における海中生物付着調査

コンクリート板を試用したスリット供試体を海中に浸漬し、海中生物付着によってスリット幅の減少量を測定する。

(3) 新型離岸堤における生物付着状況の調査。

海中におけるスリット構造物（新型離岸堤）の海中生物付着状況を調査する。

上記3項目の調査を駿河湾大井川沖で実施している。

3. 既設杭における調査

既設杭の調査は、海中に施工されて5年経過した鋼管杭において海中生物の付着状態の調査およびそれら海中付着生物の経年変化を調査するとともに、一部分ケレンを行い再付着量を調査した。

(1) 調査場所

海洋総合研究施設と新型離岸堤の位置を図-1に、調査を行った杭と調査箇所を図-2に示す。

海洋総合研究施設は、静岡県志太郡大井川町高新田地先沖合250mに設置されており、太平洋の波浪を直接受ける場所である。

調査対象杭は、海洋総合研究施設9本の杭のうち外洋に面し同施設に設置されている海中供試体の影響が比較的少ない杭を選んだ。

調査方向は、図-2のA方向、B方向、C方向の三箇所は昭和62年8月に付着厚さの測定と付着生物のサンプリングを行い、付着厚さの測定を行っている箇所、D方向は昭和62年8月に一種ケレンを行い、その後の再付着量を測定している箇所である。

(2) 調査方法

各方向とも、海面から1メートルおきに測点とし、水深8メートルまでを対象とした。

付着量は、測定範囲内で最も厚く付着している部分をミリメートル単位で測定し、写真撮影により付着状態を収録した。

サンプリングは、10cm×10cmの範囲の付着生物をスクレーパを用いて採取し、実験室で主要生物種類を分類した。

2回目からの調査は、サンプリングした箇所の外縁部を測定場所とした。

(3) 調査結果

調査結果を表-1に示す。

既設杭における海中生物の付着厚さは全般的に増加しており、付着最大値はA方向-2mの120mmである、これは昭和62年12月測定値より100mm増加していた。

昭和62年8月測定の付着厚さより12月測定の値が小さいが、8月の測定はサンプリングを行っており、12月からはその周辺部を測定しているためである。

水深別付着厚さは、各方向とも-1m~-2mが付着厚さのピークで、それ以深では付着厚さが減少している傾向にある。

付着生物種の観察結果を表-2に示す。付着生物種は0~3mまではムラサキイガイが主で、このムラサキイガイの付着によって-1m~-2mの付着量が多くなっている。ムラサキイガイは-4mまででそれ以深は認められなかった。

他の生物種では、フジツボ類が全般的に付着していた。

D方向における一種ケレン後の再付着は、二年半を経過したこともあって、ダイバーの観察では他の部分との差はなくなっている。

(4) 考察

既設杭における海中生物付着の初期値については、昭和60年1月、3月に同 所において調査した海洋科学技術センター伊藤氏のデータ表-3と比較すると、62年8月の本調査初期値は季節的な増減の範囲と解釈するには大きすぎる。

既設杭の海中付着生物は、昭和60年3月以降昭和62年8月に本調査を開始までの間に、物理的もしくは生物学的な要因で剝落し、その後再付着しているものと思われる。

このことは、伊藤氏のデータではムラサキイガイの付着が見られるが、今回の調査ではムラサキイガイの付着がなかったことから推測される。

また、フジツボの安定した付着形態は、図-3 (A) のようになるが、伊藤氏の観察によると同所のフジツボの形態は (B) であった。

(A) の形態は他の生物が付着した後にフジツボがまばらに付着して成長し、さらにその上に新たなフジツボが付着して3重位~5重位に積層されてつくられる一般的な形態である。(B) はフジツボの幼生がいっせいに付着し、隣のフジツボと押し合いながら成長した形態で、おそらく同杭を設置した時期と関係があるとおもわれる。

(B) の形態は単体の付着面積が小さいだけに (A) よりも付着力が弱く外力に対して弱い形態である。

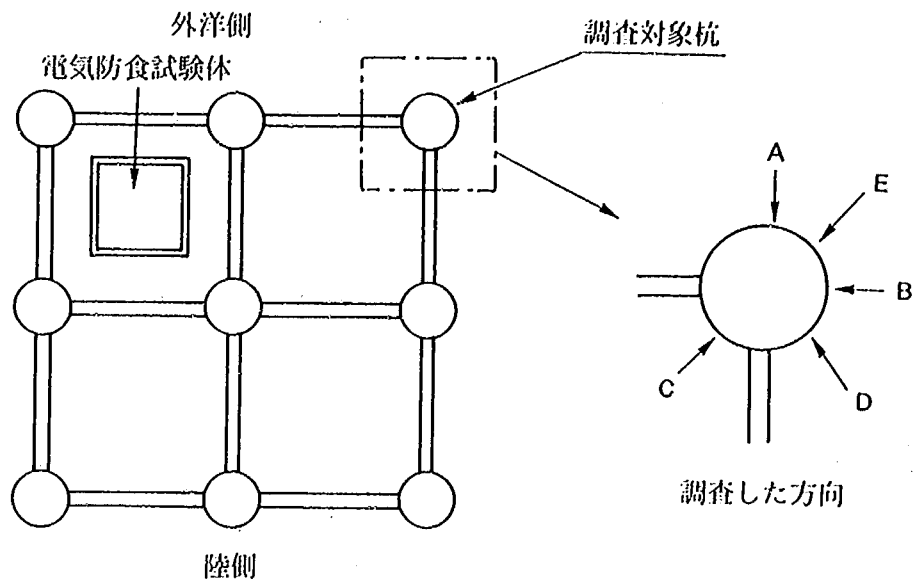


図-2 調査対象杭及び調査した方向

表-1 既設杭における生物付着厚さ

単位 (mm)

水 深 (m)	A				B				C			D	
	62年		63年	元年	62年		63年	元年	62年		63年	62年	63年
	8月	12月	8月	8月	8月	12月	8月	8月	8月	12月	8月	12月	8月
±0	10	7	50	90	30	10	10	100	20	5	30	3	20
-1	5	10	40	110	45	10	40	115	30	10	40	2	10
-2	20	10	70	120	20	10	60	85	20	12	10	3	5
-3	15	15	30	80	15	10	15	85	30	7	40	3	5
-4	20	20	60	90	20	7	30	52	30	10	40	2	5
-5	20	10	20	60	20	7	10	35	30	10	15	2	3
-6	20	20	10	60	20	7	15	35	30	10	50	3	2
-7	5	10	17	45	10	5	8	20	10	5	10	2	3
-8	2	10	3	10	1	5	10	40	3	5	7	2	2

表-2 主なる付着生物の種類

水深 (m)	方向別付着生物の種類			
	A (東)	B (南)	C (西)	D (北)
±0	フジツボ類★ ムラサキイガイ	フジツボ類★ ムラサキイガイ	フジツボ類★ 緑藻類	フジツボ類★
-1	フジツボ類★ チゴケムシ ムラサキイガイ フサコケムシ	ムラサキイガイ★ フジツボ類 イソギンチャク類	フジツボ類★ ムラサキイガイ	フジツボ類 チゴケムシ ムラサキイガイ
-2	ムラサキイガイ★ フジツボ類	ムラサキイガイ★ フジツボ類 フサコケムシ	ムラサキイガイ★ フジツボ類 チゴケムシ	ムラサキイガイ★ フジツボ類 イソギンチャク類
-3	ムラサキイガイ★ チゴケムシ★ フジツボ類	ムラサキイガイ フジツボ類 フサコケムシ チゴケムシ	チゴケムシ フジツボ類	フジツボ類 ムラサキイガイ フサコケムシ チゴケムシ
-4	フジツボ類 ムラサキイガイ フサコケムシ	チゴケムシ フジツボ類 フサコケムシ	チゴケムシ フジツボ類 フサコケムシ	チゴケムシ ムラサキイガイ
-5	フジツボ類 テングサ類 フサコケムシ	チゴケムシ★ フジツボ類	チゴケムシ フジツボ類	チゴケムシ フジツボ類
-6	フジツボ類 チゴケムシ テングサ類 イソギンチャク類	チゴケムシ テングサ類 フジツボ類	チゴケムシ フジツボ類	チゴケムシ フジツボ類
-7	タテジマフジツボ サンカクフジツボ	チゴケムシ タテジマフジツボ サンカクフジツボ	チゴケムシ タテジマフジツボ サンカクフジツボ	チゴケムシ タテジマフジツボ サンカクフジツボ
-8	タテジマフジツボ サンカクフジツボ チゴケムシ テングサ類	タテジマフジツボ サンカクフジツボ カイメン類 イソギンチャク類	タテジマフジツボ サンカクフジツボ チゴケムシ イソギンチャク類	タテジマフジツボ サンカクフジツボ チゴケムシ

※フジツボ類はオオアカフジツボ、アカフジツボ、タテジマフジツボ、サンカクフジツボ

★印は最も多く見られた種類

表-3 伊藤氏のデータ

調査海域「大井川沖」 採集日 1985年1月

水深 (m)	現存量 (g/100 cm ²)	付着群の 厚み (cm)	主 要 種 の 重 量 比 率 (%)					
			アカフジ ツボ	ムラサキ イガイ	マガキ	サンカク フジツボ	シロボヤ	その他
0	177	4.5	69		10			21
1	638	9.0	90					10
2	465	8.5	83					17
3	415	6.5	79			5		16
4	398	8.5	72	11				17
5	475	9.0	70	6			12	12
6	292	5.0	43	16			9	32
7	168	3.5		55	24	10		11
8	152	2.0		16		36		48

調査海域「大井川沖」 採集日 1985年3月

水深 (m)	現存量 (g/100 cm ²)	付着群の 厚み (cm)	主 要 種 の 重 量 比 率 (%)					
			アカフジ ツボ	ムラサキ イガイ	サンカク フジツボ	シロボヤ		その他
0	105	2.0	81					19
1	190	7.0	84		5			11
2	580	9.0	81					19
3	630	9.5	71		6			23
4	315	7.0	78					21
5	340	7.5	73	6	12			9
6	245	7.0	69	8	5			18
7	170	5.0	16	18	5	25		31
8	98	5.5	31	12	28			29

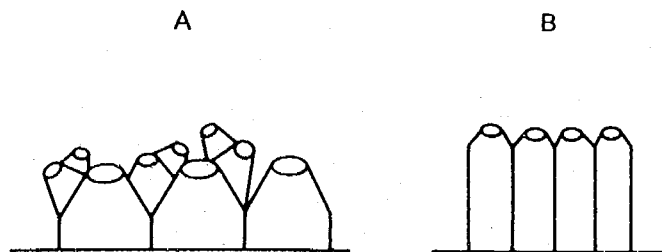


図-3 フジツボの形態

4. スリット供試体における付着調査

既設杭の調査は、海中において片面だけの調査であるが、スリット構造の場合は両面にコンクリート部材が配置され、その間隔を海水が行き来することになる。スリットの間隔によっては、付着生物の塊が両側の部材を足掛かりにして片面だけの付着状態とは違った状態で付着する事が考えられる。スリット巾の影響による海中生物付着調査はコンクリート板を二枚合わせてその間隔を変えた供試体を海中に浸漬し、スリット巾が海中生物によって埋まる状態を調査するためのもので、スリット供試体は昭和62年度に製作し、昭和63年5月に現地への設置工事を行い、生物付着の調査を開始した。

(1) スリット供試体の形状及び取り付け場所

スリットを構成するコンクリート板は、縦600mm、横300mm、厚さ50mmで、スリット巾は、200mm、300mm、400mmの三種類とし、それぞれ垂直、水平の二形状を一セットとして、鋼製の枠に取りつけた。取り付けの状態を図-4に示す。

取り付け場所は、海洋技術研究施設の電気防食試験体（前記 図-2）に取りつけた。取り付け深さは干潮線下200mmである

(2) 調査方法

スリット供試体は、枠ごと海中より引き上げ、スリット巾の減少量を10mm単位で計測し、付着生物種を観察した。

(3) 調査結果

スリット供試体浸漬後、3ヵ月、7ヵ月、15ヵ月と調査を行った。スリット供試体による生物付着結果を表-4に示す。

浸漬3ヵ月後の調査では、ムラサキイガイ、カキ類の稚貝や小さなフジツボが一面に付着し主要生物種はフジツボであった。

7ヵ月後では、ムラサキイガイの稚貝が成長し（殻長41.0mm 殻幅14.5mm）主要付着生物となり、付着厚さは75mm～100mmとなり、200mm供試体横方向はすでにスリット幅全体が埋め尽くされ空隙はゼロであった。

15ヵ月後では、300mm供試体も海中生物によって埋まり、400mm供試体の片側195mm付着が記録されている。

(4) 考察

(4-1) スリット供試体の付着量について

スリット供試体は、フジツボ類の幼生やイガイ類の稚貝が海中構造物に付着する季節を選んで5月末に設置工事を行ったこともあって、6ヵ月間で各スリットともスリット幅は200mm近いの減少となり、16ヵ月で

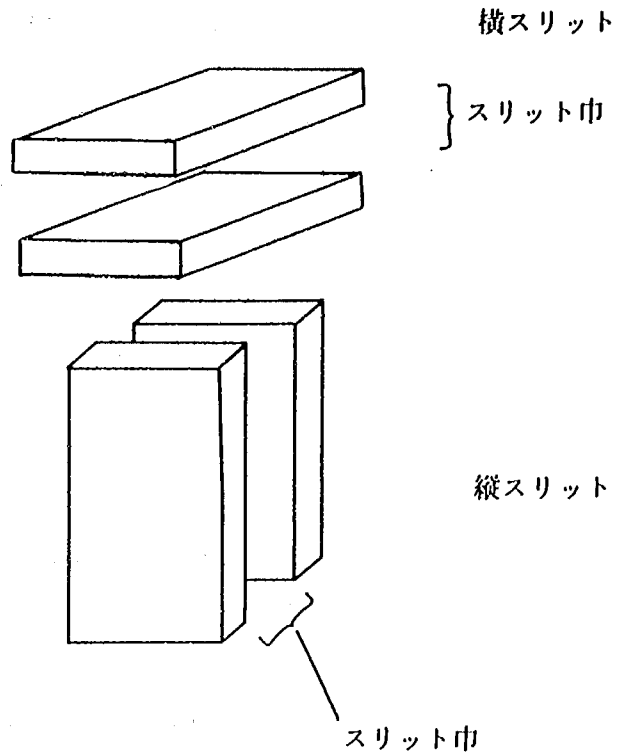


図-4 スリット供試体

表-4 スリット供試体 測定結果

単位 (mm)

調査日 スリット巾 (mm)		63年 8月		63年12月		平成元年8月	
		付着間隔	片側付着量	付着間隔	片側付着量	付着間隔	片側付着量
200	横スリット	150	25	0	100	0	100
	縦スリット	170	15	20	90	0	100
300	横スリット	240	30	90	105	0	150
	縦スリット	270	15	100	100	0	150
400	横スリット	360	20	200	100	10	195
	縦スリット	360	20	200	100	15	193
付着生物種		アカフジツボ ムラサキイガイ マガキ		ムラサキイガイ アカフジツボ マガキ カイメン		ムラサキイガイ アカフジツボ	

は200mm近い付着となり200mm供試体、300mm供試体は目詰まり状態となった。

(4-2) 既設杭の調査とスリット供試体との差について

既設杭D方向の再付着量とスリット供試体の付着量の差については、付着量には大きな差が認められ、スリット供試体と同深度の既設杭の付着厚さは一年経過でわずかに5～10mmであるのに対しスリット供試体は6ヵ月で片側100mm前後の付着厚さである。これは、季節的な要因と場所的な相違によってこのような結果が生じている。

季節的な要因としては、スリット供試体は前記のようにフジツボ類の幼生やイガイ類の稚貝が付着しやすい時期に設置したが、既設杭のケレンは8月におこなっており、フジツボ類の幼生などが海中を浮遊している時期を過ぎているため、カイメン、コケムシなどが先に付着しておりフジツボ類やイガイ類が付着しにくい表面状態にあったと考えられる。

場所的な相違は、既設杭は外洋に面した場所であり、スリット供試体は同施設の内側に設置しており、既設杭に比べて波浪の影響は少なく、ムラサキイガイの付着・成長が早かったためと思われる。

5. 新型離岸堤における調査

新型離岸堤は昭和62年から中部地方建設局静岡河川工事事務所がパイロット事業として工事を進めているもので、今回の調査は、1期工事部分（昭和62年1月～3月消波部材施工）と、2期工事部分（同 昭和63年1月～3月）について付着調査を行った。

(1) 調査場所

新型離岸堤の構造と、調査した場所を図-5に示す。

調査箇所は、新型離岸堤の海洋側と陸地側のほかに東西側について部材の下面、左右の側面を調査した。

(2) 調査方法

ダイバーによる付着厚さ測定を行い、最大厚さ、最小厚さを計測した。付着生物種の観察を行い写真撮影により記録した。

(3) 調査結果

新型離岸堤の調査結果を表-5に示す。

生物付着厚さは、昭和62年工事部分（2年7ヵ月経過）が63年工事部分（1年7ヵ月経過）より多く、外洋側と陸地側との差は顕著ではなかった。

付着主要生物はムラサキイガイで、昭和62年工事部分では殻長30mm前後、63年工事部分は殻長10mm前後であった。

その他の付着生物は、フジツボ類、チゴコケムシが主で、ムラサキイガイは-4mまででそれ以深には認められなかった。-6mと-8mにテングサ類、イソギンチャク類、カイメン類が散見された。

上面と左右面との差は、付着厚さ、付着生物とも顕著な差は認められなかった。

(4) 考察

生物付着厚さが、昭和62年工事部分（2年7ヵ月経過）が63年工事部分（1年7ヵ月経過）より多かったことについては、ムラサキイガイの殻長の違いから成長段階での付着量の差と考えられる。63年工事部分もムラサキイガイが成長するにしたがって付着厚さは大きくなるものと予想される。

外洋側と陸側との差が顕著でなかったことについては、新型離岸堤の施工後にムラサキイガイが剥離するほどの大きな力をうけていなかったと考えられ、外的条件がこの間穏やかだったためか型離岸堤の構造上の理由かは現時点ではさだかでない。

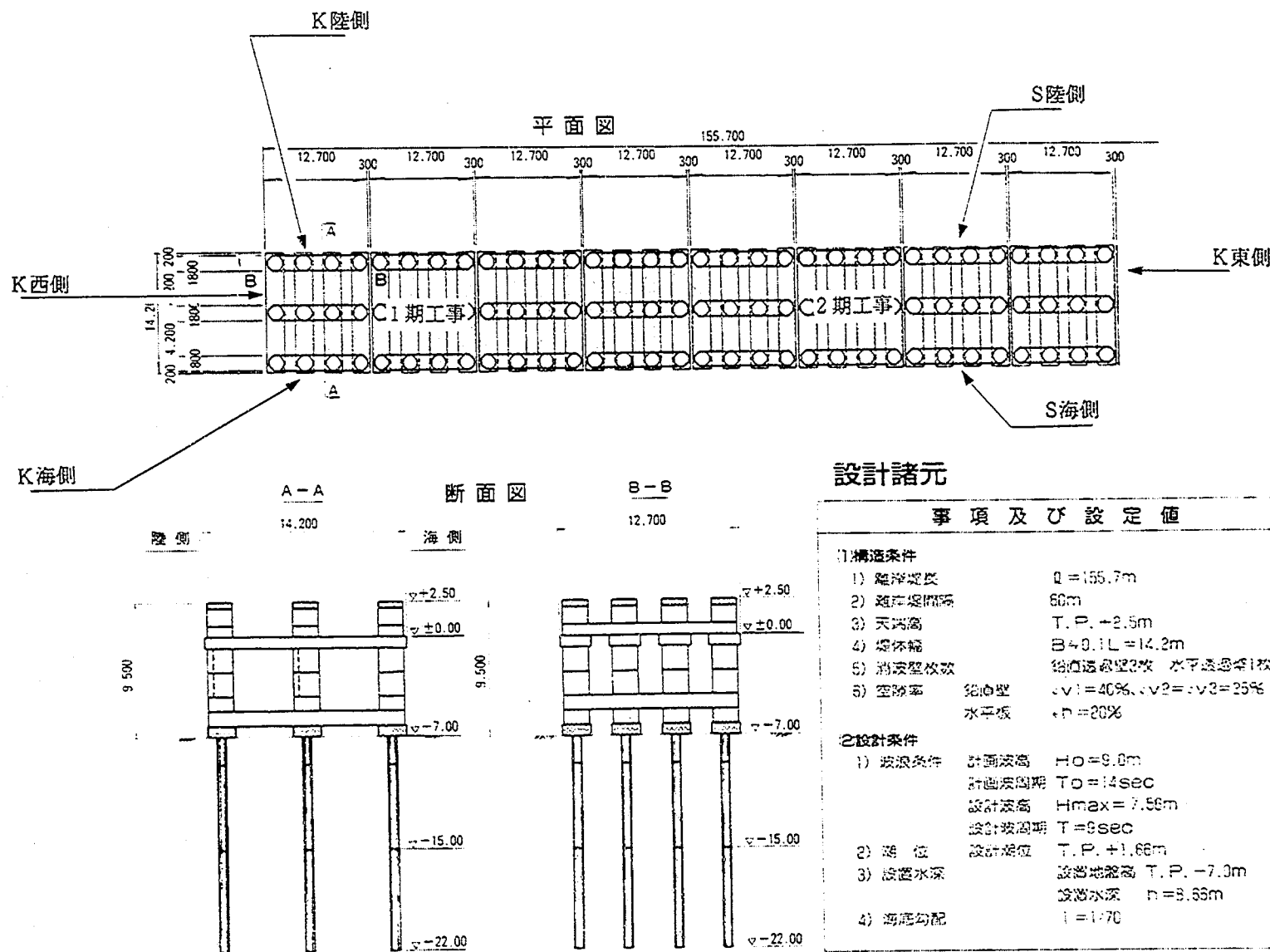


図-5 新型離岸堤 (矢印・調査場所)

表-5 新型離岸堤の付着生物の厚み (mm)

調査面	最薄値 (t) 最厚値 (T)	1 期工事部 (K)			2 期工事部 (S)		
		西側	陸側	海側	東側	陸側	海側
左面	t T	10 80	8 70	10 80	8 70	8 60	7 60
右面	t T	10 80	8 90	10 80	8 70	8 60	7 60
上面	t T	10 80	8 90	10 80	8 70	8 60	7 60

6. 海中生物の付着による波力の増大

スリット構造物において、海中生物の付着によって波浪強度がどの程度増加するものか新型離岸堤を対象に水平波力の試算を行った。

新型離岸堤にはすでに海中生物が90mm付着している。しかし海中生物の付着による波浪の増大については設計時に考慮されておらず、そこで以下のような仮定に従って水平波力の試算を行った。

(仮 定)

- ・海中生物の付着厚さは水深に関係無く一定とし、均一に10cm付着する。それ以上は、その厚さは増大しない。
- ・付着生物は、試算波浪時にも剝離せず、波力を受けるものとする。

1. 計算方法

水平波力の計算は、新型離岸堤の設計に用いられた方法を準用する。具体的には、合田式に低減係数を乗じることにより波力を算定する。この低減係数とは、構造形状による低減効果と空隙によるていげ効果を総称したものであり、表-1 (別紙-2) に記述してあるので参照して頂きたい。

次に波力を受ける面積の考え方について、図-6 (別紙-1) に示す。図中の実線は、新型離岸堤を正面から見た投影面積 (2, 3 枚目ストック) である。これに対し、破線は生物付着後の投影面積を示すものである。この図より空隙率を求めると以下ようになる。

生物付着前・・・・・・・・・・25.0 %

生物付着後・・・・・・・・・・20.7 %

2. 計算結果

海中生物付着前と付着後の波力の試算結果を表-6 および表-7 に示す。

要約すれば、その波力は

生物付着前・・・・・・・・・・35.22 t/m

生物付着後・・・・・・・・・・37.28 t/m (5.8%増)

となり、約6%増大する結果となった。

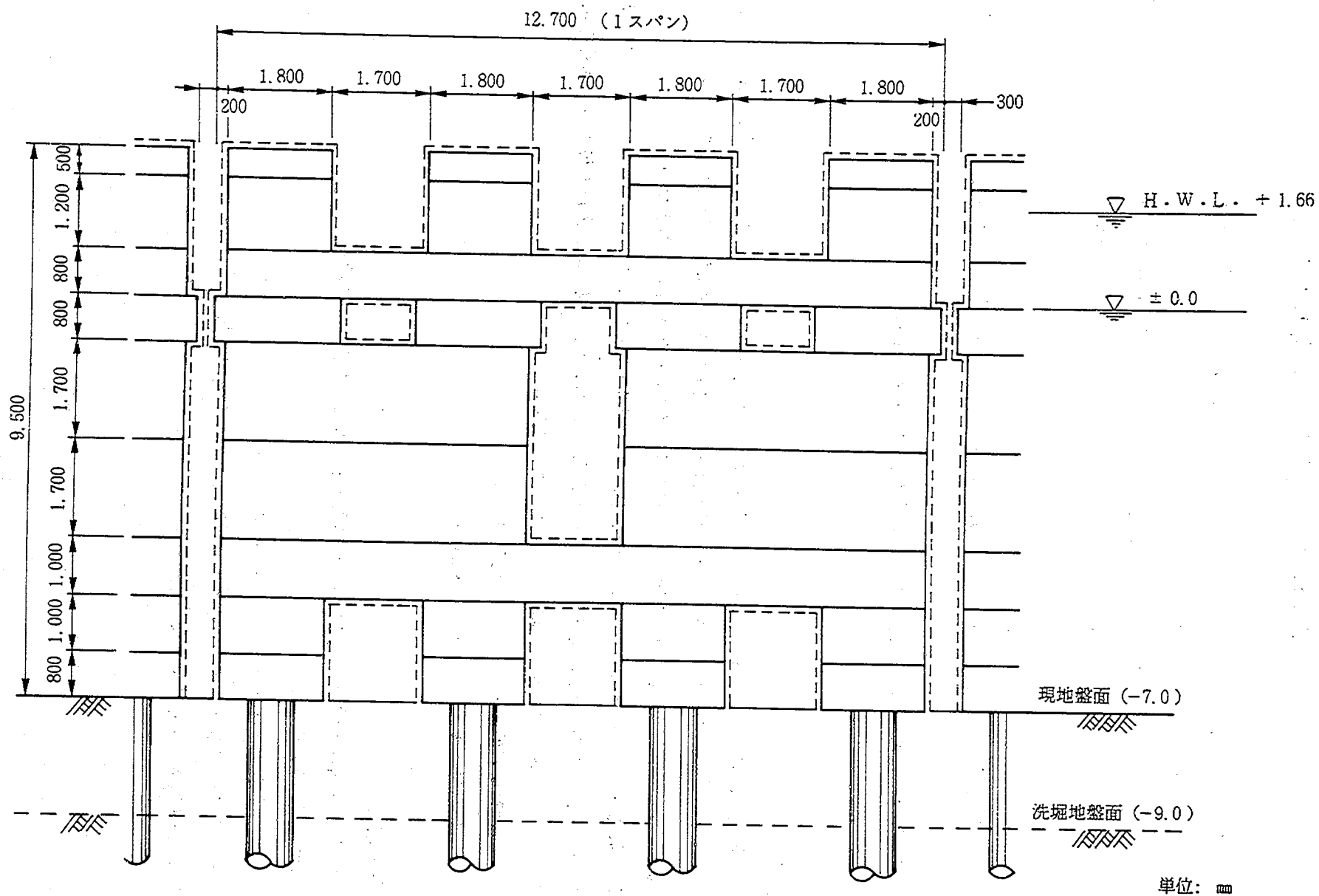


図-6 新型離岸堤の正面図 (2, 3枚目スリット)

表-6 生物付着前の波力試算結果

《 合田式による設計波圧の算定 》

by Dr. Y. GODA
港湾構造物の耐波設計 (鹿島出版会)

〈設 計 条 件〉

1. 換算沖波波高 (有義波)	$HO' = 7.000$	(m)	} 試算のために設定
2. 沖波の有義波周期	$T1/3 = 10.000$	(sec)	
3. 設計波の入射角	$\beta = 0.00$	(deg)	
4. 海底勾配	$\tan \theta = 0.014$		} 現地の条件
5. 水深	$h = 7.00$	(m)	
6. 水面の水位	$W.L. = 1.66$	(m)	
7. 構造物の前面水深	$h' = 7.00$	(m)	
8. マウンド上の水深	$d = 7.00$	(m)	
9. 天端高	$hc = 2.50$	(m)	

〈波高の略算結果〉

$$H1/3 = \begin{cases} KsHo' & : h/Lo \geq 0.2 \\ \min \{ (\beta o Ho' + \beta 1 h), \beta \max Ho', KsHo' \} & : h/Lo < 0.2 \end{cases}$$

$$Hmax = \begin{cases} 1.8KsHo' & : h/Lo \geq 0.2 \\ \min \{ (\beta o * Ho' + \beta 1 * h), \beta \max * Ho', 1.8KsHo' \} & : h/Lo < 0.2 \end{cases}$$

1. 有義波高 $H1/3 = 5.44$ (m) $: h/Lo = .0555128 < 0.2$
浅水係数 $Ks = 1.087$ $: h < h50$

$$\begin{cases} h30 = 14.65 \\ h50 = 11.50 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \beta o Ho' + \beta 1 h = 5.44 \\ \beta \max Ho' = 6.44 \\ KsHo' = 7.61 \end{cases}$$

2. 最高波高 $Hmax = 7.24$ (m) $: h/Lo = .0580051 < 0.2$
浅水係数 $Ks = 1.062$ $: h < h50$

$$\begin{cases} h30 = 14.65 \\ h50 = 11.50 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \beta o * Ho' + \beta 1 * h = 7.24 \\ \beta \max * Ho' = 11.55 \\ KsHo' = 13.38 \end{cases}$$

3. 沖波波長 $Lo = 156.00$ (m)
波長 $L = 86.75$ (m)

〈合田波力の計算結果〉

[波力の低減係数 λ の選択]

$$\lambda = \lambda 1 \times (1 - \varepsilon)$$

λ : 波力の低減係数

$\lambda 1$: 構造物の形状による低減効果

ε : 透過スリット壁の空隙率

構造物のタイプ: スリット型

低減係数 λ : 0.60

$\lambda 1$: 0.80

ε : 0.25

1. 静水面での波力 $p1 = 4.04$ (t/m²)
2. 海底面での波力 $p2 = 3.36$ (t/m²)
3. 構造物底面の波力 $p3 = 3.36$ (t/m²)
4. 構造物天端の波力 $p4 = 3.52$ (t/m²)

$$\alpha 1 = 0.9034$$

$$\alpha 2 = 0.0000$$

$$\alpha 3 = 0.8311$$

$$hb = 9.0488$$

5. 波のはい上がり高さ $\eta * = 6.514$ (m)

6. 波圧合力 $P = 35.22$ (t/m)

7. 波圧によるモーメント $M = 171.81$ (t*m/m)

表-7 物付着後の波力試算結果
(設計条件は表-1と同じ)

〈波高の略算結果〉

$$H1/3 = \begin{cases} KsHo' & : h/L_o \geq 0.2 \\ \min \{ (\beta_o Ho' + \beta_1 h), \beta_{max} Ho', KsHo' \} & : h/L_o < 0.2 \end{cases}$$

$$H_{max} = \begin{cases} 1.8KsHo' & : h/L_o \geq 0.2 \\ \min \{ (\beta_o * Ho' + \beta_1 * h), \beta_{max} * Ho', 1.8KsHo' \} & : h/L_o < 0.2 \end{cases}$$

1. 有義波高 $H1/3 = 5.44$ (m) : $h/L_o = .0555128 < 0.2$
 浅水係数 $Ks = 1.087$: $h < h_{50}$

$$\begin{cases} h_{30} = 14.65 \\ h_{50} = 11.50 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \beta_o Ho' + \beta_1 h = 5.44 \\ \beta_{max} Ho' = 6.44 \\ KsHo' = 7.61 \end{cases}$$

2. 最高波高 $H_{max} = 7.24$ (m) : $h/L_o = .0580051 < 0.2$
 浅水係数 $Ks = 1.062$: $h < h_{50}$

$$\begin{cases} h_{30} = 14.65 \\ h_{50} = 11.50 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \beta_o * Ho' + \beta_1 * h = 7.24 \\ \beta_{max} * Ho' = 11.55 \\ KsHo' = 13.38 \end{cases}$$

3. 沖波波長 $Lo = 156.00$ (m)
 波長 $L = 86.75$ (m)

〈合田波力の計算結果〉

[波力の低減係数 λ の選択]

$$\lambda = \lambda_1 \times (1 - \varepsilon)$$

λ : 波力の低減係数

λ_1 : 構造物の形状による低減効果

ε : 透過スリット壁の空隙率

構造物のタイプ : スリット型

低減係数 λ : 0.63

λ_1 : 0.80

ε : 0.21

1. 静水面での波力 $p_1 = 4.28$ (t/m²)
 2. 海底面での波力 $p_2 = 3.55$ (t/m²)
 3. 構造物底面の波力 $p_3 = 3.55$ (t/m²)
 4. 構造物天端の波力 $p_4 = 3.76$ (t/m²)

$$\alpha_1 = 0.9034$$

$$\alpha_2 = 0.0000$$

$$\alpha_3 = 0.8311$$

$$hb = 9.0488$$

5. 波のはい上がり高さ $\eta^* = 6.893$ (m)

6. 波圧合力 $P = 37.28$ (t/m)

7. 波圧によるモーメント $M = 181.93$ (t*m/m)

7. 駿河湾の生物学的位置とスリット構造に影響をおよぼす海中生物種

7-1 駿河湾の生物学的位置

日本の海洋生物相は黒潮系生物（南方系）と親潮系生物（北方系）に大別される。

太平洋沿岸では、犬吠岬を境に黒潮系と親潮系とに分かれている。しかし、種によっては犬吠岬以北にも生息範囲を拡げているものもあり、犬吠岬～襟裳岬の間は南北両要素の混合区となる。

日本海沿岸では、北上するにしたがって南方系要素が減少し、能登半島が一つの区切り点となる。日本海は大きな湾であるため、主として内湾の種類でありその分布は北海道沿岸からサハリンの西岸にまで及ぶ種類もある。

この現象は、太平洋沿岸は外洋に面しており海流の影響が顕著であるため、区切りがはっきりしている種が多く、日本海沿岸は内湾のため海流の影響が少ないためである。

また、日本海沿岸では、日本海が現在の形に出来上がるまでの地理的変貌が、生物の生息範囲を特殊にし、生物区を複雑にしている。

図-7は内海富士の蔓足（フジツボ）類をもとにした生物分布図であるが、同じ海域においても海流の強く当たる場所、反転流の影響を受ける場所、川の押し出しの影響を受ける場所とさまざまな要因によって付着生物、付着厚さが違うと考えられる。

また、駿河湾は、黒潮の影響を受ける暖流系の生物帯であるが、駿河船状海盆が深く入り込み海底地形は他の沿岸には無い急傾斜となっている。このため冷水性深海生物が沿岸浅所まで侵入し生物相は複雑である。

7-2 スリット構造に影響をおよぼす海中生物種

スリット構造の消波堤に付着し、スリットを目詰まりさせ波浪強度を増加させる生物としては、付着強度が強く固い殻を持ち群体で層状に付着する種類と、堆積物を形成する種類が特に有害と考えられる。このような種類として、フジツボ類、イガイ類、カキ類、サンゴ類などがある。

その他海中構造物に付着する生物は、藻類、イソギンチャク類、カイメン類など数多くあるが、強い波浪を受けて剝離などが考えられ、前記フジツボ類などより影響は少ないと考えられる。

(1) フジツボ類

節足動物 甲殻綱 蔓脚（まんきゃく）亜綱 完胸目 フジツボ科に属する。一般的には山形をなし石灰質の殻で包まれている。その形が円錐形に近く殻を壺にみたててフジツボ（富士壺）の名が付いたと言われる。

付着力が強く、その形状から波浪にたいして安定であり、石灰質の殻を残すため、その上に新たなフジツボが付着し、付着厚さを増してゆく。スリット構造物には最大の敵といえる。

フジツボの仲間は他の甲殻類と著しく異なり、見掛けが貝類と類似しているため軟体動物に分類されていたこともあるが、フジツボの幼生が発見され生態が研究されるに甲殻類であることがわかった。

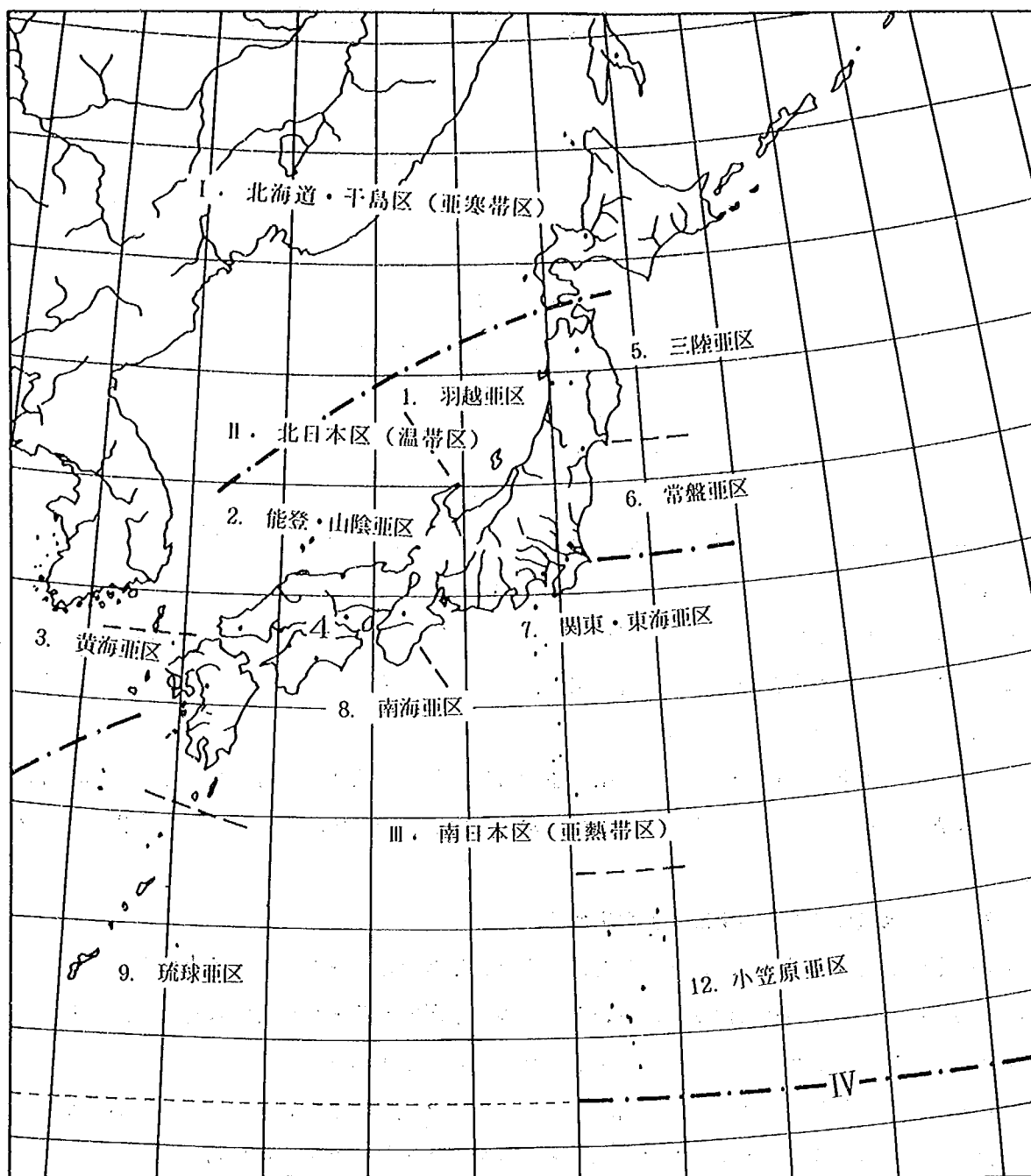


図-7 日本近海の動物分布区系

卵生で、ナウブリス幼生で孵化し、次に蔓脚類に特有な二枚の殻を持つシブリス幼生となりさらに変態してフジツボとなる。

蔓脚亜綱完胸目は622種におよび、日本近海には194種類産する。すべて海産で、終生岩や浮遊物その他のものに付着している。

日本近海では、大型のものではオオアカフジツボ、クロフジツボ、小型のものではサンカクフジツボ、イワフジツボが一般的に知られている

オオアカフジツボ

直径4 cm、高さ5 cmを越えるものもまれではない、広い殻口を上にした円筒に近い円錐形で、周殻表面には不明瞭な縦肋と下向した小棘が下半部にある。

全体に淡赤色を呈するも個体によっていちようではない。相模湾および福井県東尋坊以南の南日本暖流水域に分布し、外洋に面した低潮線付近の岩礁に群棲する。

クロフジツボ

周殻は直径3～4 cm、高さ2.5～3.5 cm位の大型種、殻口は円形、周囲は4枚の殻よりなり、咬合線は外見状しばしば不明瞭となる。一般に急円錐形をなし、幼若なものは殻口は小さいが老成すれば口縁は浸食されて広がる。

殻表は暗紫灰色で内部の鞘面は暗紫黒色。潮間帯岩礁に生息し、本州北部より種子島まで分布する。

サンカクフジツボ

周殻は円錐形で、殻口はつねに三角形を呈する。直径1.5 cm内外が普通、殻表には白色の細い縦走肋が多数走り、それらの間は淡紅色ないし紫紅色を呈する。殻底は石灰質、上縁はほとんど水平。

一般には船底浮標や底棲動物の殻や骨格などに付着し、岩石につくことは比較的少ない。本邦沿岸では、最も普通に見られ、世界的に分布し、低潮線下3,000 mの深さに及ぶ。

イワフジツボ

日本近海でごく一般敵に見られる種であるが、直径が1 cm以下の小型種であり、付着量からみて消波堤への影響は少ないと思われる。

7-2 イガイ類

軟体動物 二枚貝綱 翼形目 イガイ科に属するくさび形の黒い二枚貝。防波堤などの干満帯部分に黒い塊りとなって付着しているのがイガイ類である。

産卵期は3～6月が多く、腹側殻頂近くから足糸を出して岩礁などに付着する。最近海洋バイオの研究が盛んだが、このイガイ類の足糸の強力な付着力が注目され、新しい接着剤を開発する研究もなされている。

低酸素海水中でも十数日生きることが確認されており、水質の変化による影響を受けにくい。

イガイ

殻長15 cm、殻幅5 cm、高さ7 cmくらいになる。殻は厚く、細長い三角形で腹線側はまっすぐで後背側は湾曲している。地方名が多く、セトガイ、シュウリガイ、カラスガイなどとも呼ばれている。

北海道南部から九州、朝鮮、中国北部に分布する。潮流の急な深さ1～20 mくらいの岩礁に付着する。

ムラサキイガイ

イガイに似ているが、殻長9cm、殻高5cmとやや小型で殻が薄く殻質もイガイより弱い、色も紫がかっている。分布もイガイと同じであるが、生息場所はやや浅い所にかぎられている。

港湾の岸壁や栈橋の杭などに着生するほか、真珠やカキの養殖筏などに付着し、養殖場では害敵である。イガイ科にはこの他ヒバリガイ、コケガラスガイ、エゾイガイなどがある。

7-3 カキ類

軟体動物 斧足類 翼形目に属するイタボカキ科の二枚貝で、カキ類は左殻で岩などに付着し付着生活をおくる。殻型は長卵形、円板形など種類によってことなるが、固着場所の状態に影響され不規則なのが普通である。

外洋にも内湾域にも分布し、潮間帯ないしは浅海底帯に生息する。岩礁などに付着する左殻は深く膨らみ、右殻は膨らみが弱くやや小さい。

産卵期は6月～7月、マガキでは水温22～25度が適温で産卵後ベリジャー幼生期が20日前後あり（イタボガキは幼生期28日）その後付着生活を送る。

種類によって住み場所が異なり、主に塩分濃度によって左右される。マガキは湾奥の塩分11～32%の比較的塩分濃度の低い所の潮間帯に付着する、ケガキやオハグログキは塩分濃度26～34%の外洋の潮間帯に住み、イタボガキは塩分濃度27～34%の内海の浅底の岩に付着する。

したがって消波堤へ付着するカキ類はイタボカキ、ケガキなどが対象となる。

マガキ

食用として美味であり、養殖され市場に出荷されているのはマガキである。岩礁や磯に付着するため、殻形は一定しないが、やや丸く、大きさは 殻長50mm、殻高100mm、殻幅50mmのものから殻長80mm、殻高350mm、殻幅100mmのものまである。短小の型をシカメ、長大の型をナガガキと言う。

ケガキ

殻形は付着生活のため一定しないが、亜円形で、殻高殻長とも40mm内外、殻幅は18mmで、殻の膨らみは弱く右殻は平らで、縁部は紫黒色で黒い管状の刺を多数生じる、内面は緑黒色。

陸奥湾～九州、沖縄から南方諸島に広く分布する。

オハグログキ

殻長30mm、殻高40mm内外となり、左殻は殻幅10mm位で右殻は平らで右殻の上への、殻頂の方に尖り半円形にひろがった形をしている、殻表は灰紫色で縁部が黒褐色、16条内外の太いや不規則な放射肋が出る。本州（紀伊半島）以南、インド、太平洋に広く分布し、外洋に面した潮間帯岩礁に分布する。

イタボガキ

殻長130mm、殻高120mm、殻幅40mm、類円形～丸みある四角形で、殻は厚く堅固で、殻頂部で付着する、殻表は栓皮茸状の殻片で被われ、約50条の放射肋がある。

殻片は脆く、乾燥すれば用意に剝落して、成長線のある白色の膚となる。

本州、四国、九州、朝鮮、中国沿岸にの内海、内湾に分布する。

カキ類はこのほかにも、トサカガキ、イワガキ、コケゴロモなど、日本には約15種が知られている。

7-4 サンゴ類

腔腸動物 花虫綱に属する石灰質または角質の共肉を作る群体をいう。このうち八放サンゴ亜目に属する数種は装飾用として珍重されているサンゴである。八放サンゴは水深50~200mくらいまでの深いところに生息しているため深海サンゴと呼ばれている。これに対し六放サンゴ亜目中のイシサンゴ目は、大部分が造礁サンゴ（または石サンゴ）で、熱帯海域に大規模な珊瑚礁を形成する。ここでは、水深の浅い所で生息する六放サンゴを対象とする。

六放サンゴ類は、5亜目18科あり、炭酸カルシウムの強固な外骨格を持ち、イソギンチャクに似たポリプの触手は単生で杯状の穴の中に収縮することが出来る。生時では共肉部分は赤、青、かっ色などであるが肉質部を除去した骨格は白色である。

塩分の濃い、温度の高い、澄んだ浅い海をこのんで付着し、生活条件は非常に限定されている。

アミメサンゴ

アストロセニア亜目中日本近海で普通に見られる種類で、表面に瘤状の突起のある塊状になり、広い基部で着生し、群体は30cm以上に達する。

相模湾より以南の浅海から珊瑚礁地方に広く分布する。

シロサンゴ

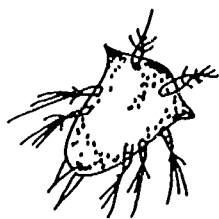
クサビライシ亜目アガシリア科、珊瑚体サボテンに似た葉状または板状群体の格子状に組み合わせさせた特異な外見を呈す。駿河湾以南の暖海の浅処に普通に見られ、日本近海でも6種が知られる。

カワラサンゴ

クサビライシ亜目クサビライシ科、生きている時は褐色で、珊瑚体は浅い大盃状で薄い、中央下部で着生する群体。薄い周辺はしばしば薄葉状に褶曲し、またはリボン様に重なる。30cm以上に達する。駿河湾の奥、江ノ浦湾以南の暖海湾入浅海に特に多く、紀州、九州などで変異種がとくに多い。太平洋・インド洋の珊瑚礁地方に分布する。

キクメイシ

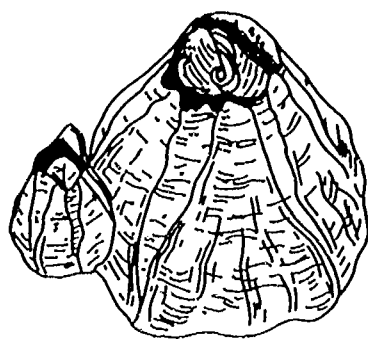
キクメイシ亜目 キクメイシ科、珊瑚体は群体性、径2~3mに達するものがある。相模湾、駿河湾以南の黒潮沿岸に最も普通の種で、夜間にポリプを開張し、口盤は普通青緑色を呈する。インド・太平洋の珊瑚礁に多い。



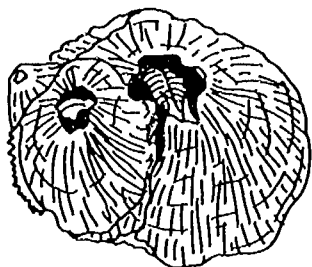
ナウプリス幼生



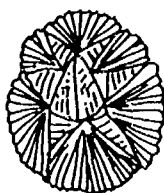
シプリス幼生



オオアカフジツボ



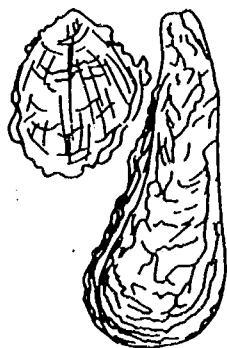
クロフジツボ



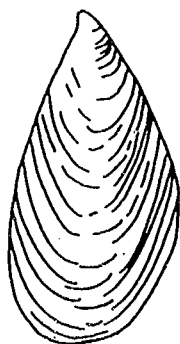
サンカクフジツボ



イワフジツボ



マガキ



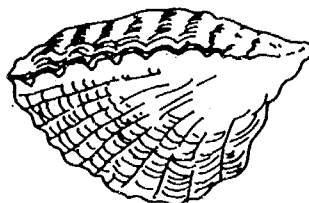
イガイ



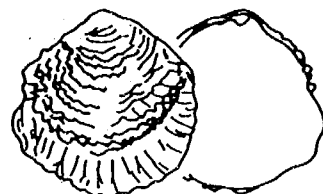
ムラサキイガイ



ケガキ



オハグログガキ



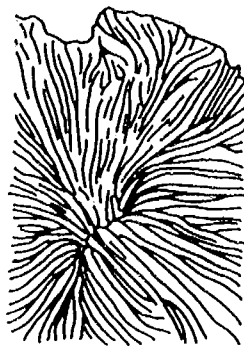
イタボガキ



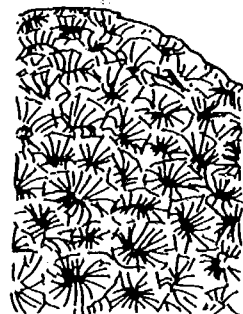
アミメサンゴ



シロサンゴ



カワラサンゴ



キクメイシ

図-8 消波堤に害を及ぼす生物の例

8. まとめ

海中生物付着は、スリット供試体において約16ヵ月で片側約20cm付着し、スリット幅20cm供試体は1シーズンを待たずに目詰まり状態となり、30cm供試体もすでに海中生物によってスリット間隔は完全に埋めつくされ、40cm供試体の間隔もあと1.5cmを残すのみの状態であった。

既設杭の付着は現在の所最大で12cmであり、スリット供試体の付着量とはあきらかに違いが認められた。

海中構造物における生物付着による波の増大は、新型離岸堤において10cm付着すると波力は約6%増大し、生物付着は設計上において重要な要素となる。

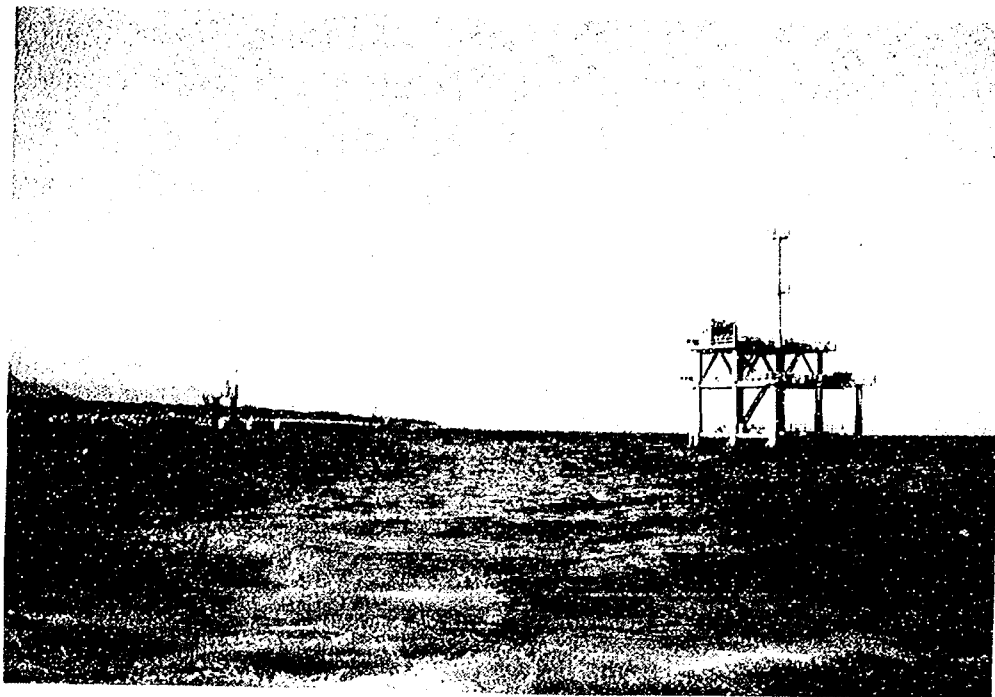
あ　と　が　き

本調査においては、海洋科学技術センター伊藤信夫氏の有益な助言を頂いた。

また生物付着による波力の増大は、海岸研究室の小俣篤，川村哲也両氏によって作成したものである。記して謝意をあらわす次第である。

参 考 文 献

- 伊藤信夫・梶原 武 横須賀港におけるホトトギスイガイの生態, 付着生物研究 (1981)
- 岩城俊明 本邦で一般的なフジツボ数種の繁殖生態, 付着生物研究, 3 (1)
- 梶原武・松宮義晴 (1978) 統一調査 (フジツボ, ムラサキイガイの生態) 昭和51年, 52年度文部省科学研究費補助金総合研究 (A) 海産付着動物の生態と防除に関する研究—研究成果報告書—, 3—7
- 小坂昌也・石橋公 (1979) 清水港における輸入種アメリカフジツボの性能分布, 付着生物研究, 1 (1)
- 小坂昌也・石橋公 (1980) 清水港岸壁上でのタテジマフジツボの成熟, 成長, 死亡の付着層間の比較, 生物付着研究, 2 (1)
- 宮地傳三郎・黒田徳来・渡部忠重 (1954) 日本近海の生物地理区について, 生物科学, 5 (1)
- 内海富士夫 (1955) 日本産蔓脚類の研究Ⅱ, 地理的分布, 日本生物地理学会報, 16—19 (日本動物相の研究) 113—123
- 山口寿之 (1979) 付着動物の種類査定法 (2) 日本の海岸にすむフジツボ類について, 付着生物研究, 1 (1)
- 山口寿之 (1979) 付着動物の種類査定法 (2) 日本の沿岸にすむフジツボ類について, 生物付着研究, 1 (1)
- 合田良實 港湾構造物の耐波設計 鹿島出版会 (1977)
- 新日本動物図鑑 北隆館 1981年版
- 世界大百科事典 平凡社 1981年版
- 大日本百科事典 小学館 1972年版
- 世界科学大事典 講談社 1977年版



海洋総合研究施設と新型離岸堤



既設杭の生物付着状況（平成元年8月）



スリット供試体の調査（63年8月）



スリット供試体の付着状況（平成元年8月）



新型離岸堤の付着調査



新型離岸堤の付着状況（平成元年8月）

消波構造物への生物の付着挙動に
関する研究報告書（第一報）

I S S N 0386-5878
土木研究所資料第2867号
1990年3月

片脇 清
西島 高秀

要 旨 本報告書は、消波堤への海中生物付着をあきらかにするため、駿河湾
において、既設杭、スリット供試体、新型離岸堤の生物付着調査をおこなった
結果をとりまとめたものである。

キーワード：海洋構造物、消波堤、生物付着



郵便はがき

下は切手
さいてを

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

化学研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2867号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印