

養浜工の海浜底棲生物環境に与える影響に関する予察的研究

永井 康平*・桜井 正憲**

1. ま え が き

養浜に伴う海域環境へのインパクトとしては、潮間帯における砂中への海水の出入（砂浜の呼吸）による海水浄化機能の向上等のポジティブな効果が挙げられる^{1),2)}反面、ネガティブと予想される問題として、底棲生物への影響が考えられる。すなわち養浜は新しい底質を人工的に造り出す訳であるから、特に埋没する在来地盤に住む移動性の乏しい底棲生物に悪影響を与える危険性が十分予測される。しかしながら、養浜に伴う底棲生物相への影響については、わが国では今日までほとんど調査研究がなされていない状態である。

そこで、本稿は代表的な養浜海岸である神戸港須磨海岸において、底棲生物の分布状況を養浜前後について比較し、養浜工による海浜の生態的影響を検討、評価することを試みたものである。

2. 須磨海岸の養浜と調査概要

須磨海岸は図-1のように阪神間に残された唯一の延長 2 km 余の海水浴場であり、昭和 45 年からは試験的に、48 年からは表-1 のように毎年約 2 万 m³ の本格的養浜がなされてきた。そのため従来から波浪、潮流、漂砂、水質等の調査研究が多いが、本調査は養浜後の各種の追跡調査の一環として、49 年度から図-1 に示した測点において表-2 の内容で行ってきたものである。

測点は、昭和 48 年度に養浜された A 地区に 1 測線、

表-1 海浜土量変化 (単位 m³, 神戸市開発局提供)

年 月 事 項	A 地区 (東側)		B 地区 (西側)		備 考 (養浜土量)
	土 量*	養浜後との差	土 量*	養浜後との差	
73. 9 養浜					A 地区 24 800
74. 9 養浜					B 地区 20 900
養浜後	122 100		124 200		
75. 6 測量	126 500	+4 400	126 200	+2 000	
75. 9 測量	125 500	+3 400	122 500	-1 700	
75. 9 養浜					B 地区 22 600
養浜後			141 000		
75.12 測量	126 300	+4 200	138 800	-2 300**	
76. 3 測量	127 400	+5 300	137 800	-3 300**	

*) CDL -4 m 以浅の土量, **) 75.9 養浜後との差

表-2 調査内容

回	時 期	調 査 地 点	調 査 項 目
1	74.10.21	A, B 地区以外 8 測点	底棲生物、プランクトン、 水質 (水温、塩分) 底質 (粒度、強熱減量、リン酸態リン、全窒素、泥温)
2	75. 2. 4	全地区 14 測点	
3	75. 7. 15	全地区 16 測点	底棲生物 水質 (水温、塩分、DO、COD) 底質 (粒度、強熱減量、COD、リン酸態リン、全窒素、泥温)
4	9. 11	B 地区 6 測点	
5	10.22	全地区 16 測点	
6	11.26	B 地区 6 測点	
7	76. 2. 6	全地区 16 測点	

49, 50 年度に養浜された B 地区に 2 測線、将来に養浜計画のある C 地区に 1 測線、その他に 3 測線を設け、それぞれの測線上で水深 DL -1, -2, -4 m の地点とした (測点番号は 1 位が測線番号, 10 位が水深を表わしている)。

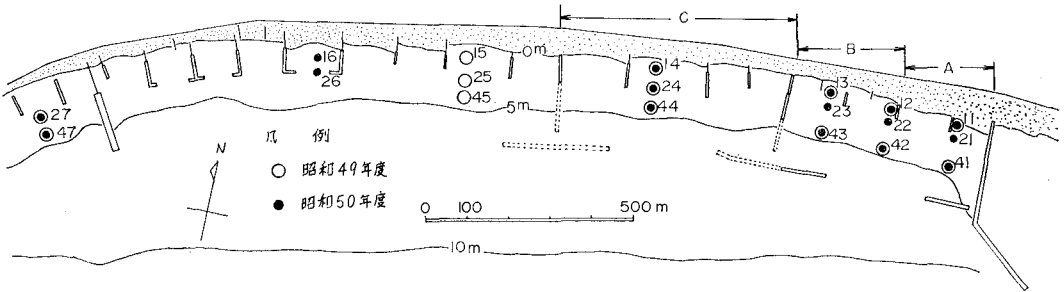


図-1 神戸港須磨海岸と調査地点 (地形は 73.10 現在, 構造物は 75.4 現在, 点線は将来計画)

* 正会員 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所次長

** 正会員 運輸省第三港湾建設局企画課長

測定方法は以下のとおりである。まず底棲生物は、 $30 \times 30 \text{ cm}^3$ のコドラード (1mm メッシュ) を用い、潜水士が1測点につき 49 年度は3回、50 年度は2回試料 (海底下 15 cm 深まで) を採取した。採取後試料はただちにホルマリン固定し、実験室において種類の同定と固休数の定量を行った。プランクトンはプランクトンネットを海底まで投入して静かに引上げ、ただちにビンに入れて実験室で分析した。水温 (表層、底層) と泥温はサーミスター温度計を用い現地で計測した。塩分 (表層、底層) は電気伝導計で伝導度を測定し、これを塩素イオン濃度に換算して、Knüdzén の塩分方程式

$$S = 0.03 + 1.805 \text{Cl}^- \dots\dots\dots (1)$$

より塩分 (S) を求めた。水質は北原式採水器により底層上 50 cm の水を採取した後、DO は船上で酸素ビンに入れて固定液で固定し、COD についてはポリ瓶に入れて実験室に持ち帰って分析した。分析方法は JIS によった。最後に、底質は潜水士がコドラードで採取した試料をポリ袋につめ、実験室においてそれぞれの JIS にしたがって分析した。

3. 環境要因の調査結果

(1) 海象条件と海岸過程

須磨海岸の潮汐は、 $\text{EHWS} = \text{DL} + 1.8 \text{ m}$, $\text{ELWS} = \text{DL} - 0.2 \text{ m}$ であり、潮間帯の高度差は 2.0 m である。風は WSW~NW の頻度が高い。波を神戸港の観測データ (水深 16 m 地点) でみると、表-3 のとおり、台風および

表-3 神戸港の異常波浪 (期間 74.10.1~76.1.31)

年 月 日	時 刻 (時)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)	原因・風向風速
74.11.21	12~14	1.3	5.5	日本海上低気圧, WNW 9.5 m/s
75.1.11	10~18	1.2	5.7	大陸からの吹出, WNW
2.21	4~16	1.8	5.1	日本海上低気圧, NW
4.5~6	16~6	2.4	5.7	低気圧 SW
6.18	8~16	1.7	4.8	日本海上低気圧, SW
7.6~7	14~12	1.4	4.5	同上
7.10~11	16~10	1.8	5.1	同上
8.23	4~14	2.8	7.0	台風 7506 号
10.29	14~16	1.3	4.5	低気圧
12.5	8~10	1.2	5.3	日本海上低気圧, SW

び低気圧時に S~SW から吹く風で高まる以外比較的静穏である。すなわち須磨海岸は保護海岸⁽³⁾ とみなすことができる。

さて、養浜に用いた砂は、広島県忠海海底からポンプで採取され、当地まで運搬・投入されたものであり、その粒度分布は図-2 のとおりである。図中投入前とは土運船上、投入後とは養浜地でそれぞれ採取した試料の値であり、0.5~2 mm の粗粒砂が多い。なお採取方法からいって、原砂中の生物が生きたまま移された可能性は低い。この 50 年 9 月に養浜された B 地区の水深 $h=1 \text{ m}$ (測点 12, 13) および $h=4 \text{ m}$ (測点 42, 43) の投入前

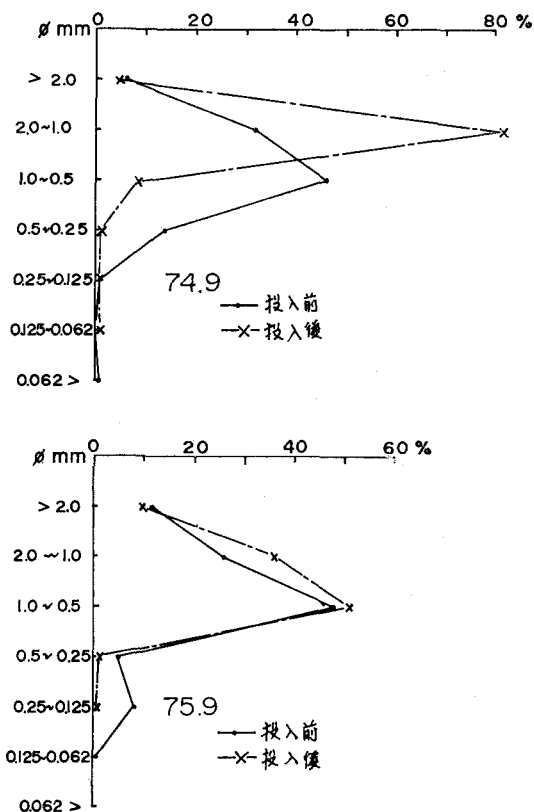


図-2 養浜砂の粒度分布

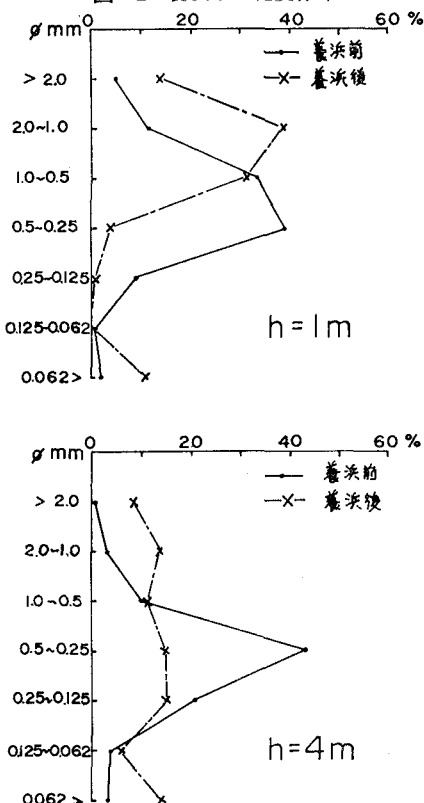
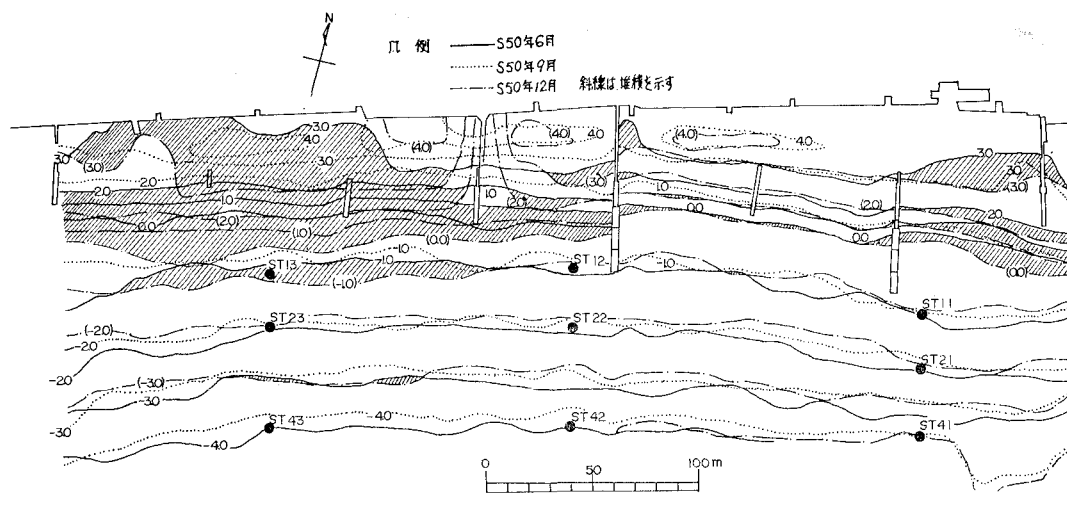


図-3 養浜前後の粒度分布変化 (B地区)



図—4 養浜地区の地形変化

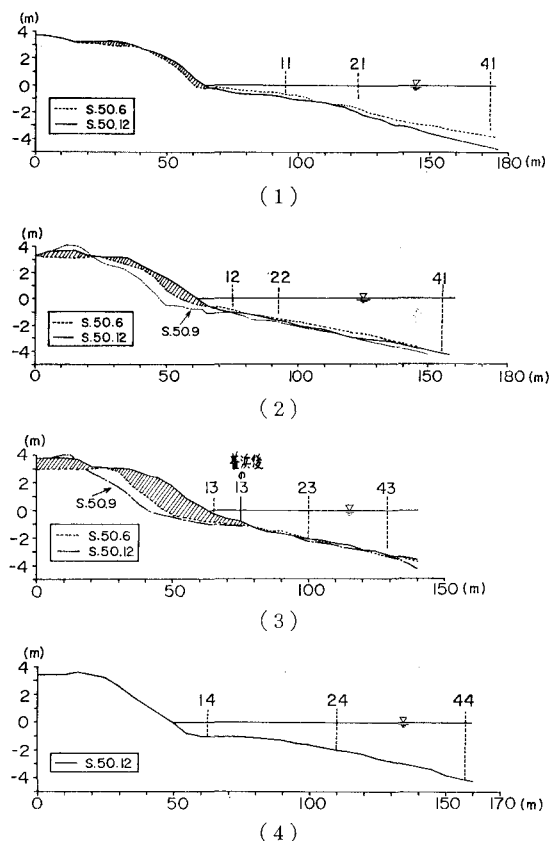
後の砂の粒度分布をみたのが 図—3 である。 $h=1\text{m}$ では投入砂の影響で粒径が粗くなっている（最多粒径は $0.25\sim0.5$ から $1\sim2\text{mm}$ に移行）が、底質環境としては極端な差ではない。一方 $h=4\text{m}$ においては粒径分布が平滑化されたことがわかる。このことは、次に述べるとおり、海底に養浜砂が薄く被ったためである。

最後に養浜地区の養浜前後の地形変化を示したのが 図—4, 5 である。B地区に養浜された砂は、 $h=1\text{m}$ 以浅に積り、それ以深においてはほとんど及んでいない。なお、後浜での堆砂は養浜前に台風 7506 号によって打上げられたものであり、また、A, B地区全体としての砂のバランスについては、表—1 に示したとおり、B地区で侵食され、A地区で堆積する傾向にある。

以上のことから、養浜だけによる影響がもしあるとすれば、それは極く浅海部の汀線付近に限定されるであろうと予想されよう。

(2) 水質及び底質の環境要因の変化

須磨海岸全体での平均の水質および底質の季節変化を示したのが 図—6 である。まず水温をみると、7月に高く、2月に低く、気温の変化の状態と一致する。11月下旬では $17\sim18^\circ\text{C}$ 、2月でも $9\sim10^\circ\text{C}$ と同期の東京湾と比べると $2\sim3^\circ\text{C}$ 高く、冬期温暖の瀬戸内海気候の特性を反映している。塩分濃度の変化は、夏に低く冬に高い。夏は表底層共 26‰ を示すのに対し、冬は 30‰ に上る。もちろん外洋の 33‰ と比べれば低い濃度であるが、この変化は、気象条件、潮流、淡水の流入量等によっている訳で、季節変化が示されるのは当然と言えよう。DO も季節変化が顕著に現われている。7月の観測時が全季を通じて最大となり、 10mg/l 以上を示している。これは植物プランクトンの増殖による影響と判断される（植物プランクトンに光合成を行うので、昼間の DO 値は大きくなる）。一方9月の DO は一番低い。植物プランクトンの増殖がないとき、高温時の DO は分解のために消費されるので、この9月の測定値が一般的であり、秋から冬にかけて正常な平均的値を示していると思われる。次に COD の季節変化をみると、9月と2月に高い値を示し、秋季の 10, 11 月に低くなる傾向がみられる。夏季の値が大きいのは、酸素の消費を伴う有機



図—5 養浜地区の断面変化

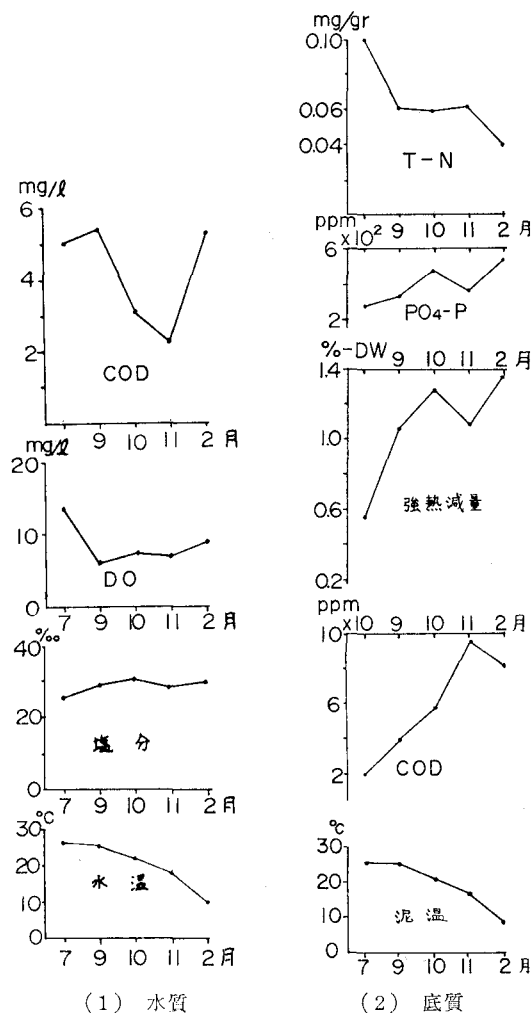


図-6 須磨海岸の水質底質

物の分解が旺盛になるからであるが、冬期に測定値が大きい原因は明瞭でない。なお、DO については生活環境に係る環境基準（環境庁）のA類型（7.5 ppm 以上）を満足しているが、COD については従来のデータに反してそれを（2 ppm 以下）満たしていない。これは測定法の差（アルカリ法と酸性法）の影響と考えられる。

次に底質についてみると、泥温の季節変化は水温のそれに対応していることが明白である。底質の COD の変化は極めて大きく、秋季に向うほど高い値を示している。このことは有機物の沈積と何らかの関係があるように思われる。なお、COD の最大値は沖合（測点 42, 2 月）で 16 ppm であった。一般に汚染された底質の最低値は 20 ppm といわれているから、一応正常に近いといえる。一方強熱減量の季節変化は COD のそれとほぼ対応しており、両者の間にある程度の関係があることを示しているといえよう。強熱減量はリン酸態リン（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）の変化にも相似しており、従来から強熱減量と含泥量あ

るいは有機物量との相関が言われてきた点が⁴⁾、ここでも同様と言える。なお、須磨海岸は全体に 0.25 mm 以上の粗砂で成り立っているが、水深が深くなると微砂以下の泥分が増え、強熱減量も高くなる（ただし他地区の干潟⁴⁾と比べればはるかに低い）。全窒素（T-N）については、季節変化が大きい、その量は極めて微量である。以上により須磨海岸の底質とその変化は、養浜の前後を通じて一般的に安定かつ正常といえよう。

4. 底棲生物の分布

(1) 出現動物の種類数と個体数

50 年度のサンプリングで確認された底棲生物は、星口動物 1 種、環形動物：原始環虫綱 1 種、多毛綱 12 種、軟体動物：腹足綱 8 種、2 枚貝綱 10 種、節足動物：甲殻綱 17 種、棘皮動物：ヒトデ綱 1 種、クモヒトデ綱 1 種、ウニ綱 3 種、脊椎動物：硬骨魚綱 5 種の合計 60 種であった。すなわち、甲殻綱が最多種数を示し全体の 28.3%、次に多毛綱 20%、二枚貝綱 16.7%、腹足綱 13.3% の順である。

確認動物の種類数と個体数は、夏季には減少をみるのに対し、冬期はいずれも増加する。この現象がどうして起るかは明らかではないが、環境要因と何らかの関係があるものと考えられる。

(2) 出現動物の帯状分布と季節変化

図-7, 8 は須磨海岸全体での底棲生物の種類数と個体数の深度別季節変化を示したものである。上述のとおり夏季に出現種が減少し、秋季から冬季に増加している。また沖合に向うにつれ種類数が同期でも増える。これはいわゆる帯状分布^{3), 6), 7)}を示すものである。すなわち h

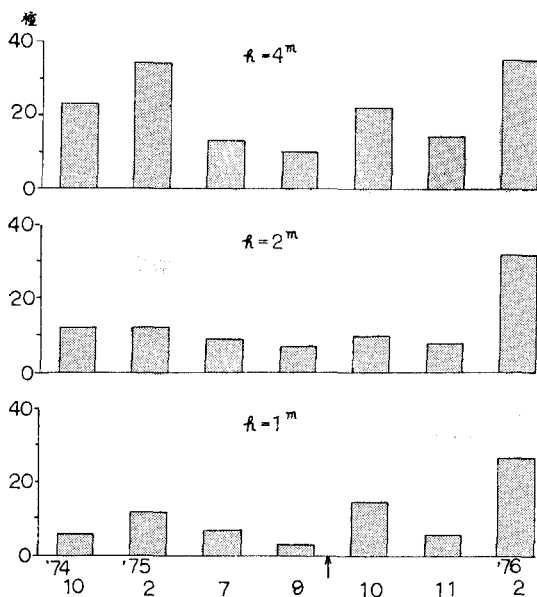


図-7 深度別全生物種類数の変化（矢印は養浜時）

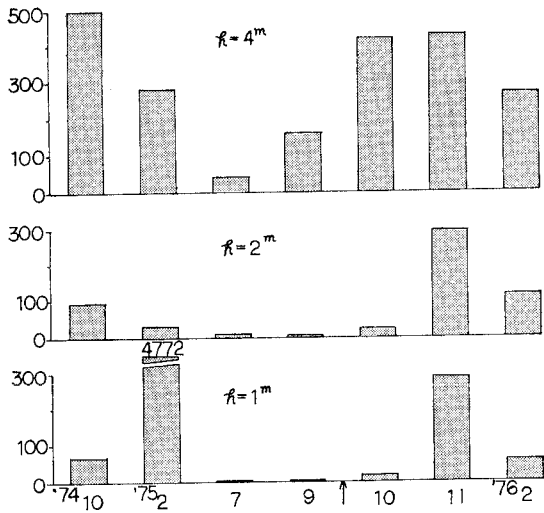


図-8 深度別1地点当り個体数の変化(矢印は養浜時)

$h=1$ mのラインは陸地に近く、波の影響を受ける等のため棲息環境には適さないで分布が貧弱である。この地帯で特徴的にみられた種はムカシゴカイ一種である。一方沖合程底質に及ぼす波の影響が小さく粒径分布も多様であるので、棲息条件が比較的良好となり、 $h=2$ mラインでは甲殻類のタイナス目と端脚目の動物が目立ち、 $h=4$ mラインでは更に多様な動物相を示す。二枚貝綱のサクラ貝・ホトトギス貝、多毛綱のイトゴカイ・フツウゴカイがこの地帯を特徴づけている。この種の内ホトトギス貝の卓越は他に類を見ないのであり、図-8の10月の個体数の増加はこのためである。

このように種類数と個体数が概して相関しているが、75年2月のように76年2月と比べて種類数は少ないのに個体数が多く出るといったこともある。これは上述のとおり、ムカシゴカイの出現によるもので、特異な生物が一時的に繁殖した関係と理解される。このことは、一般に環境条件が悪化すると、種類数が減少し、Biotic Index(個体数/種類数)が上昇することに通じている。ただしこれを環境の汚染に短絡することはできない(須磨海岸でも汚染指標といわれる⁷⁾ ヨツパネスピアが見られるが、その量は少なく、分布も散漫である)。

(3) 養浜地区の底棲生物の季節変化

図-9, 10は、養浜地区の底棲生物の種類および個体の深度別の出現数を示したものである。図から底棲生物は養浜後にむしろ増加する傾向にある。これは、上述した須磨海岸全体の状態からいって、季節変化のカテゴリーであると捕えるのが妥当であろう。逆に砂の投入自体が与えた生物へのインパクトは小さかったと判断される。

ところで全域に分布しながら採集の月によって特徴を

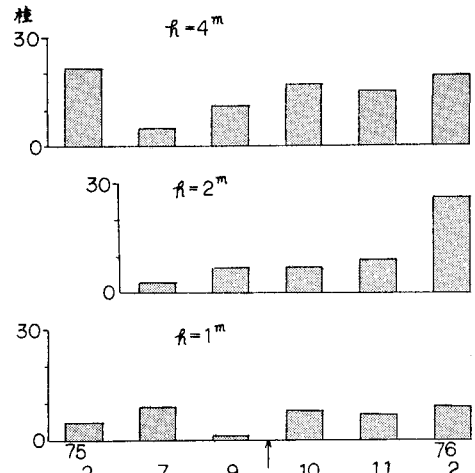


図-9 B地区の全生物種類数の変化(矢印は養浜時)

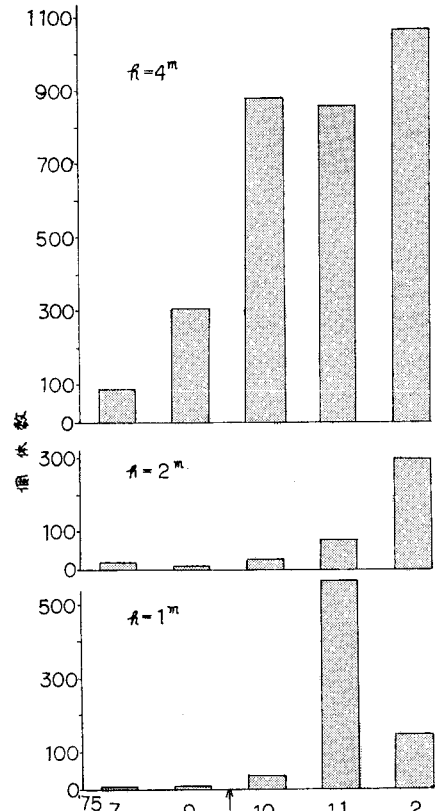
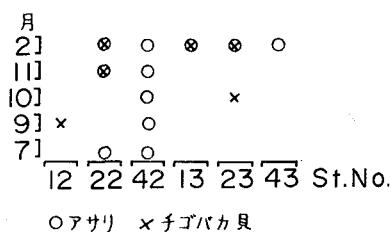


図-10 B地区の出現個体数の変化(矢印は養浜時)

みせた種として、二枚貝のアサリおよびチゴバカ貝がある。これらの2種は、いずれも2月において生息地域が拡大している(図-11参照)。すなわち、アサリは7月から11月までの間、主として $h=4$ mラインに棲息していたが、2月においてはほぼ全域に棲息がみられた。またチゴバカ貝は7月から11月までの間、主として $h=2$ mラインに棲息していたが、前種同様2月において



図一11 二枚貝の確認測点

棲息確認域が増えている。このことも養浜の生物への有意な影響を否定する材料の一つである。

5. 養浜工の底棲生物への影響の考察

いままでもみてきたように、汀線部での生物相の棲息は非常に貧弱であるため、砂の投与による影響はほとんど認められない。一方、沖合の生物相についても、投与した砂が、一度に移動することがないので、養浜による影響は受けないものと理解される。確かに、沖合4m深のところで、泥土の上に薄く砂がのっているの、砂の移動が、この水深のところまで行われているとみなすことができるが、当海岸は保護海岸であり、比較的緩やかに砂の移動が行われるため、生物相が死滅するほどの影響は受けないからである。このことから、養浜による生物相への影響は、養浜が広範囲に亘らない限り、ほとんどないものと考えてよいと判断されよう。

今回の須磨海岸における底棲動物の定量結果から推測されるのは、この海域の底棲動物相は比較的多様であり、個体数も内湾砂浜としては少なくないと思われること、動物相および個体数からみて、地域によって底質の相違が著しいこと、一部地域では富栄養から過栄養化状

態へと移行しているとみられること、などである。たとえば測点 41, 42, 43, 44 などに顕著にあらわれたホトトギスガイ（汚染に強いといわれている）や、イトゴカイ類の出現は、当区域の富栄養化を示唆していると考えられる。この原因は、今後、潮流の動きや海水中の栄養塩類等の調査分析を進めれば明らかにされるものと考えられる。

6. あとがき

以上の結果は、須磨海岸においては養浜による底棲生物相への影響はほとんどみられないこと、それは元々砂浜であった所に養浜が汀線付近の狭い範囲で、砂投入も徐々に行われる限り、底棲生物へ大きな影響を与えることはないということを示すものである、と結論することが可能と考えられる。なおこの現地調査は、51年度以降も同様に実施し、本試論を布衍化してゆく予定である。

参考文献

- 1) 運輸省港湾局防災課・運輸経済センター： 海岸生態環境調査報告書，165 p., 1975.
- 2) 運輸省第五港湾建設局： 養浜工計画基礎調査報告書 (I)，55 p., 1975.
- 3) 時岡 隆・原田英司・西村三郎： 海の生態学，築地書館，317 p., 1972.
- 4) 秋山章男・松田道生： 干潟の生物観測ハンドブック，東洋館出版社，332 p., 1974.
- 5) Southward, A. J. (時岡 隆・西村三郎訳)： 海岸の生物，河出書房新社，205 p., 1974.
- 6) 山本護太郎： 海岸生態学，東大出版会，1973.
- 7) 北森良之介： 東京・大阪・伊勢湾の水質汚濁と底生動物，水処理技術，Vol. 10, No. 8, pp. 15~22, 1969.