

ポケットビーチ型海浜の創生

The construction of the pocket beach shaped seashore

阪東浩造*, 秋山真吾*, 林文慶*, 松岡英延**, 福田成男***

Kozo Bando, Shingo Akiyama, Lim Boon-keng, Hidenobu Matsuoka and Naruo Fukuda

The Akashi-Ohkura coast rehabilitation program is being implemented to protect urban waterfront area from stormy waves and to create pebble and sandy beaches for recreational use. The remarkable feature of this project is a small pocket beach nourished with sand and protected by breakwaters. It is anticipated to be a promising model for the urban coast characterized with concrete walls and blocks, which plans to be transformed into more accessible and friendly coast. In this paper, an outline of this program is described, and then the results of the field survey are described, which we made in order to study the beach stability and water quality.

Keywords : pocket-beach, nourish with sand, field survey

1. はじめに

現在、明石海峡では、平成10年の開通を目指して海峡大橋の建設が進められている。一方、海峡に隣接する明石市大蔵海岸（図-1）では、建設省及び明石市が中心となって海岸整備事業（CCZ整備）を計画し、現在、工事が行われている。

『あかし・大蔵海岸整備事業』と名付けられたこの事業の大きな特徴は、市街地が海岸線まで迫り、コンクリート護岸や消波ブロックで守られている典型的な都市型海岸において、突堤や離岸堤で囲まれた小規模なポケットビーチを養浜により建設することである。近年の環境保全に対する人々の関心の高まりとともに、防災上の機能を有し、さらに人々に対しレクリエーションの場を提供する養浜は大きく注目されてきているが、本事業は今後の海岸創生事業の中で都市型海岸を親水性海岸に変貌させたい場合や、小規模な砂浜を再生する場合の参考になるものと思われる。

本論文では、本事業の計画の概要を説明するとともに、特に明石市が中心となって進めてきた東地区における実際の工事概況、事業を成功度の高いものにするために養浜完了後から実施した波浪計測や地形計測によるモニタリング結果について述べることにする。

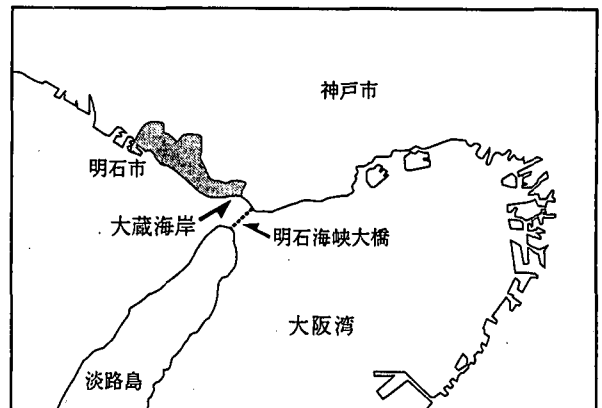


図-1 大蔵海岸所在地

2. 養浜工概要

2-1 事業の目的

本事業の目的は、台風や高潮災害から地域を守るために海岸保全機能の向上を図るだけでなく、地域環境の向上・地域の活性化を目指し、市民にコミュニティー活動の場を提供するとともに、平成10年に開通を予定している明石海峡大橋の雄大な人工美と海峡の自然美が調和する緑豊かな海浜レクリエーションゾーンとして総合的に整備することである。

2-2 事業の計画

本事業は、明石市海峡の西側に位置する明石市中崎地先から大蔵八幡町地先に至る約1.5kmの海岸を対象とし、魅力ある海浜レクリエーションゾーン（海とのふれあいゾーン、マリンスポーツと賑わいのゾーン、やすらぎのゾーン、水と緑のゾーン、人とふれあいのゾーン）の創出に必要な公園、緑地、駐車場、文化施設、レクリエーション施設（宿泊施設、魚のまち広場、マリンスポーツセンター）などの用地を確保するため、公有水面埋立を行うとともに、海岸保全施設の一環として、砂浜・礫浜などの親水施設を整備する計画である（図-2）。

* 正会員 鹿島技術研究所

(〒182 調布市飛田給 2-19-1)

** 鹿島・大蔵海岸埋立造成工事JV

*** 明石市開発部

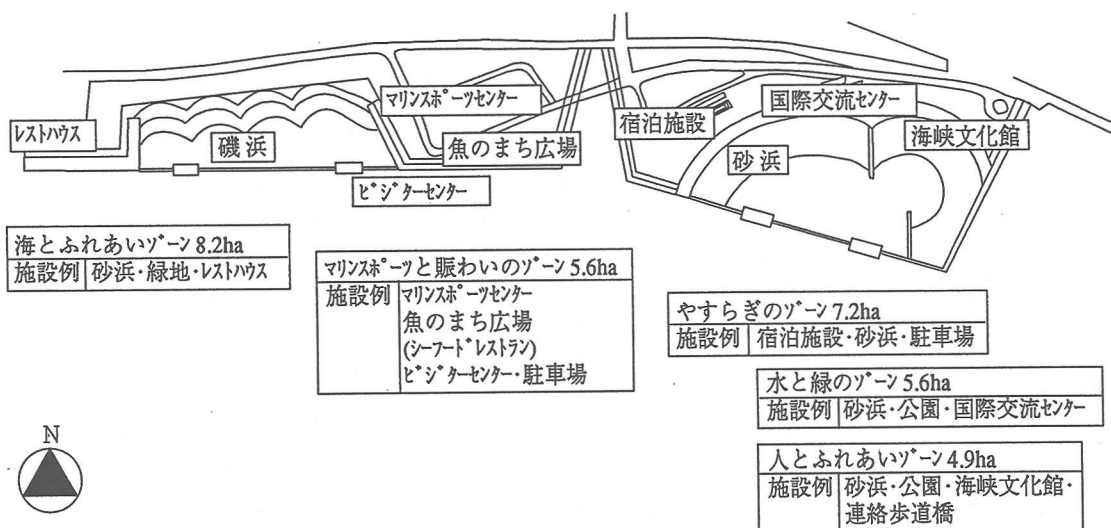


図-2 事業計画

2-3 養浜の設計

本報告で紹介する東地区では、砂による養浜が行われた。養浜の形状は、既に養浜工事が実施されている明石市東播海岸での知見などを参考にし、水理的検討と景観的検討により決定した。その特徴としては、中央部に捨石突堤を持ち、その両側に半径の異なる円弧状に広がる砂浜を持つことである（写真-1）。また、東西の突堤により囲まれているため、閉鎖性が高いポケットビーチ型の砂浜になっている。なお、砂浜の海底勾配は 1/10 とし、最深部の水深は 3m である。



写真-1 東地区養浜形状

2-4 養浜の施工

東地区の養浜は、基礎捨て石（10～200kg）、被覆石（3,000kg 以上）からなる中央・東側捨石突堤、潜堤、ケーソン式離岸堤、及び東西の突堤により囲まれている。工事では、養浜に先立ちまず東西防波堤と離岸堤を建設し、静穏域を確保した。その後、193,000m³の雑石、及び 108,000m³の養浜砂を投入した。

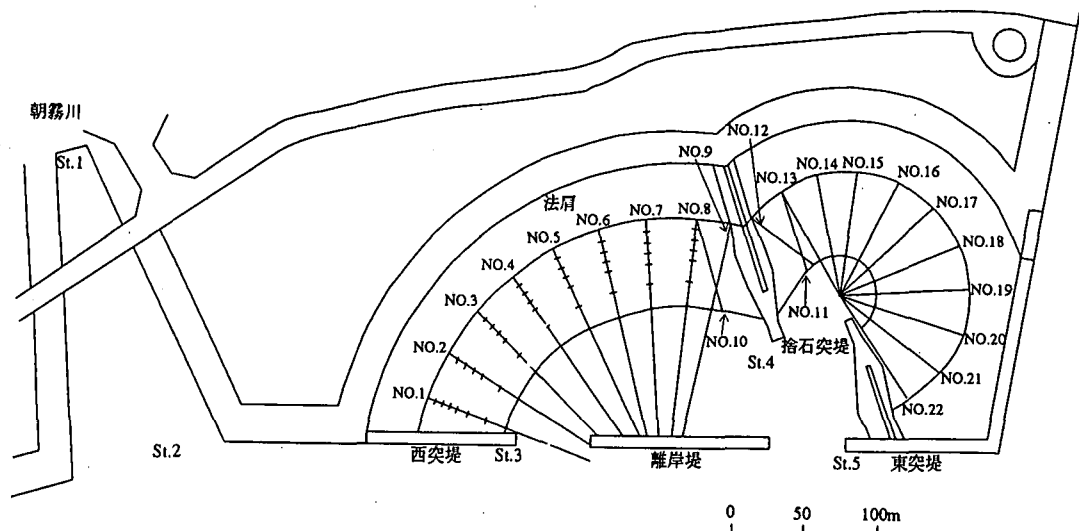
雑石は兵庫県家島産のものを、養浜砂は長崎産の粒径が 0.5mm～2.0mm、白色系で有機物・ゴミ等の不純物を含まないもの、シルト分以下の細粒を 5%以上含まないものをそれぞれ主として用いた。また、均しの精度は、T.P ±0.0m 以上の範囲は±20cm 以内に、それ以下の範囲は±50cm 以内で行った。

3. 計測項目

養浜海岸の地形的な安定性の検討と、水質・生物環境を把握するために、養浜工事が終了した 1996 年 8 月初めから 1997 年 3 月末までの約 8 ヶ月間にわたって、東側区画を対象とした現地計測を実施した。実施した計測項目については表-1 に、計測を実施した地点については図-3 にそれぞれ示す。

表－1 計測項目

項目	計測方法	計測頻度
波浪データ	図－3 に示した東突堤の沖約 100m の海底に超音波式波高計を設置し、毎偶数正時を挟む 20 分間について 2Hz でデータをサンプリング。	1996 年 6 月末から 1997 年 3 月末までの連続計測。
深淺測量	図－3 に示した中央捨石突堤の西側 10 測線、東側 12 測線を対象。法肩から 12m 離れた地点を基準とし、砂の存在している最縁部までの間を 2m 間隔で計測。	約 40 日に 1 度の割合で計 7 回実施。(8、9、10、12、1、2、3 月)
粒度分布	図－3 に示した中央捨石突堤の西側 7 測線 (No. 2、3、4、5、6、7、8) 上の 7 点 (法肩から 18m、22m、26m、30m、34m、42m、52m) における計 49 地点で砂のサンプルを採取し、ふるい分け試験を実施。	約 40 日に一度の割合で計 7 回実施。(8、9、10、12、1、2、3 月)
水質分析	図－3 に示した 5 点 (St.1、St.2、St.3、St.4、St.5) において昼間の干潮時と満潮時に水を採取し、水温、塩分、総窒素、総磷、COD、DO 等を計測。	約 2 ヶ月に一度の割合で計 4 回実施。(8、10、12、3 月)
生物調査	湾内の海底や、突堤・離岸堤側面に定着した海草・藻類を水中ビデオにより撮影。	1997 年 3 月末。



図－3 計測地点

● 超音波波高計

4. 計測結果

4-1 波浪データ

砂浜の地形変化を考える場合、周辺海域における波高、及び波向きが重要になる。

本報告で対象としている明石市大蔵海岸では、海岸の西側に位置する江井ヶ島での風の観測データ、及び周辺地形との位置関係からすると、夏期には南東方向からの入射波が、冬期には西南西～西方向からの入射波がそれぞれ卓越していると考えられる。ただし、江井ヶ島の波浪観測結果から考えると、大蔵海岸周辺海域での波高は比較的小さいものと思われる¹⁾。

図－4 (a) (b) は、東突堤沖約 100m の海底に設置した超音波式波高計のデータのうち、夏期 (8 月 2 日～9 月 11 日) と冬期 (12 月 9 日～1 月 17 日) における有義波高を比較したものである。夏期の波高データを見ると、8 月中旬に 150cm 近い大きな値が見られるが、これは日本の南岸を通過した台風の影響によるものであり、それ以外は 30cm 程度と穏やかである。一方、冬期の波高データを見ると、1 月初旬に 150cm を越える波高が 2 回ほど観測されるなど、夏期に比べて明らかに大きくなっていることがわかる。また、冬期の高波浪時には、西南西～西方向からの波が卓越していた。つまり、大蔵海岸においては、冬期の強風により発達した西南西～西方向からの波浪が、砂浜の地形変化に大きな影響を与えるものと思われる。なお、当海域における波浪の有義周期は、平常時で約 3.0sec、高波浪時でも 5.0sec 以下と短く、短周期の風波が支配的である。

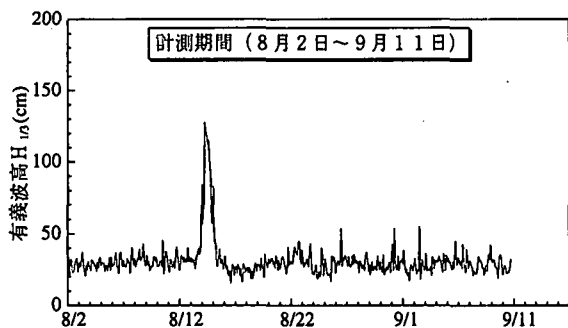


図-4 (a) 夏期波浪計測結果

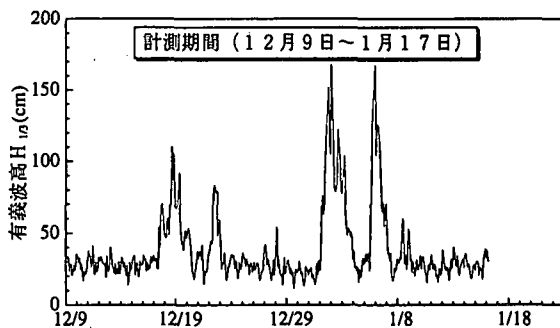


図-4 (b) 冬期波浪計測結果

4-2 深浅測量

図-5 は、深浅測量データを基に求めた等深線のうち、養浜完成直後(1996年8月:計測開始)、4ヶ月経過後(1996年12月)、及び8ヶ月経過後(1997年3月:計測終了)について示したものである。地形変化の特徴としては、中央捨石突堤より東側(以下 E-Side)の変化が小さく、西側(以下 W-Side)が大きいことである。特に W-Side の地形変化に着目すると、養浜完成直後の8月から12月までの前半の4ヶ月に比べ、12月から3月までの後半の4ヶ月の変化の方が大きく、冬期の波浪の影響を大きく受けていることが分かる。

一方、図-6 は、養浜完成直後(8月)の汀線と8ヶ月が経過した時点(3月)の汀線の状態を比較したものである。上述した通り、E-Side の汀線変化に比べて、W-Side の変化の方が大きいことがわかる。W-Side について見ると、8月の汀線のほぼ中央付近を境にして浸食域と堆積域に別れ、西突堤側が浸食し、中央捨石突堤側に堆積している。

また、図-7 は、W-Side の浸食域と堆積域に属する測線のうち、測線 No.2 と測線 No.7 における法肩からの距離と断面高さの関係を、8月と3月について比較したものである。浸食域の測線 No.2 では、8ヶ月の間に汀線が10m以上も後退し、法肩付近では高さが2m近い浜崖が形成された。そのため、養浜完成直後はほぼ1/10になっていた前浜の海底勾配も、約1/16にまで緩くなっている。ただし、T.P.-2.0m付近に砂の移動限界があり、岸沖方向への砂の移動は見られない。一方、堆積域の測線 No.7 を見ると、汀線が10m近くも前進し、そのため砂の堆積位置までは海底勾配が緩やかになっている。ただし、T.P.+1.0m 以浅での砂の堆積は見られない。

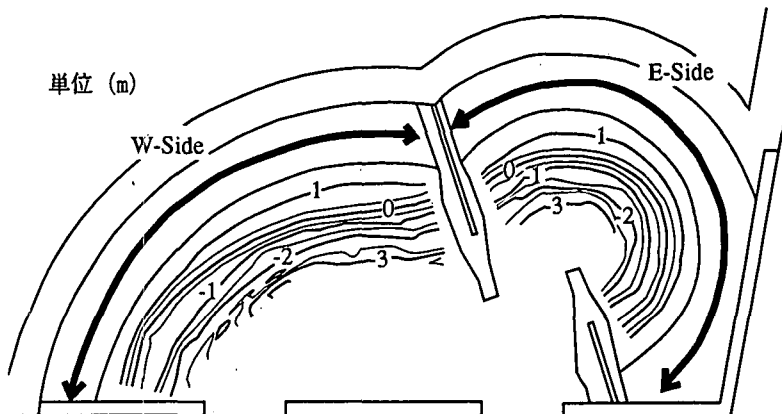


図-5 (a) 等深浅図 (8月)

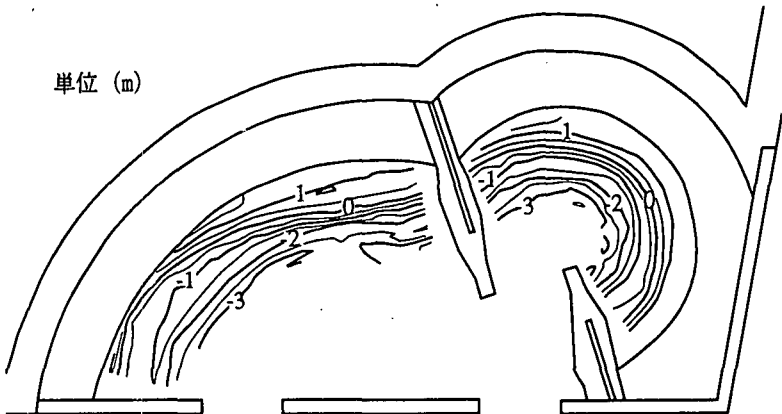


図-5 (b) 等深浅図 (12月)

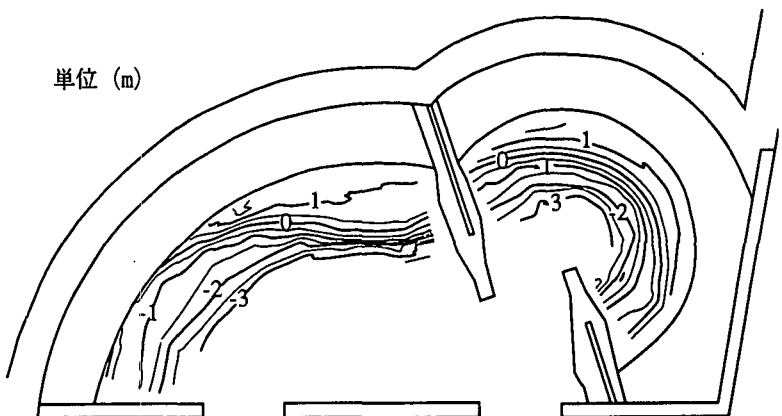


図-5 (c) 等深浅図 (3月)

地形変化のメカニズムを考えると、突堤や離岸堤に囲まれた本海域は波が小さいため、砂の岸沖方向の移動は少ない。むしろ、冬期に東向きの波浪が卓越していることに加え、突堤・離岸堤による回折効果により汀線方向に波高分布が生じ、卓越した西から東に向かう海浜流によって沿岸方向に砂が移動したものと思われる。つまり、西突堤側の浸食された砂が沿岸漂砂となって移動し、中央捨石突堤付近に堆積している。そのため、湾内に投入された砂は汀線方向には再分配されているが、総砂量に変化は少なく本海域に留まっているものと推定される。また、冬期においても、2月以降の変化が小さくなってきており、地形は平衡状態に近づいているものと思われる。

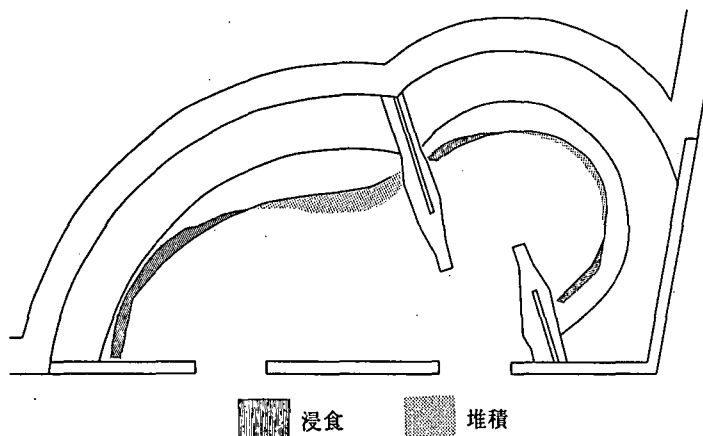


図-6 汀線変化 (8月～3月)

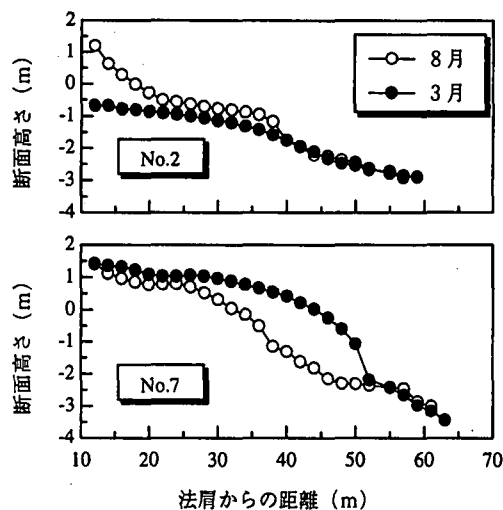


図-7 断面変化

4-3 粒度分布

図-8は、本工事で用いた養浜砂の加積残留曲線を示している。先に説明した通り、養浜には粒径 $0.5\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ の砂を使用した。が、曲線より中央粒径は約 0.85mm になっていることがわかる。

一方、図-9は、49地点における底質砂の粒度分布結果から求めた中央粒径の平面分布である。図-9(a)は養浜直後(8月)の段階を、一方、図-9(b)は8ヶ月後(3月)の段階をそれぞれ示している。ただし、図中には粒度分布と併せて汀線位置を表示している。一般的に、海岸では波浪の影響によって砂がソーティングされ、細砂が沿岸漂砂となって移動する。そのため、浸食域では粒径の小さな砂が移動して中央粒径は大きくなり、逆に堆積域では粒径の小さな砂が堆積して中央粒径は小さくなる。また、砕波帯内は漂砂運動が最も活発に行われている場所であり、粒度分布が大きく変化すると考えられる。8月の計測段階では、養浜終了直後のために極端な粒度のばらつきは見られず、汀線よりも沖側の砕波帯付近で若干中央粒径が大きくなっている。一方、3月の段階では、西突堤側に中央粒径の大きい領域が、逆に中央捨石突堤側に中央粒径の小さい領域が前進し、地形の変化と非常によく対応している。また、3月の段階でも、汀線よりも沖側の砕波帯付近では粒度が大きくなっていることがわかる。

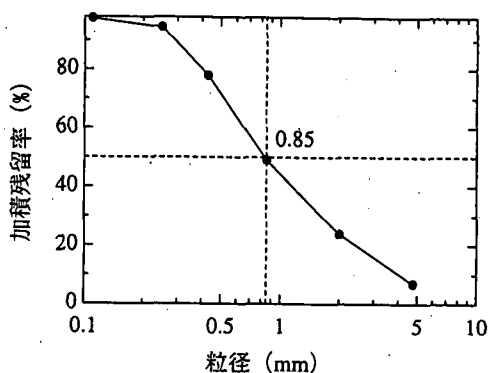


図-8 養浜砂の粒度分布

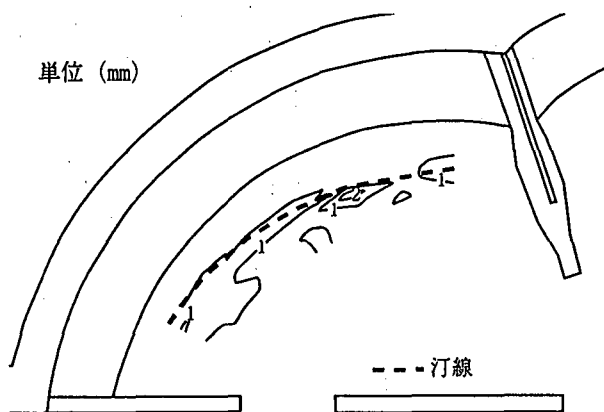


図-9 (a) 中央粒径分布 (8月)

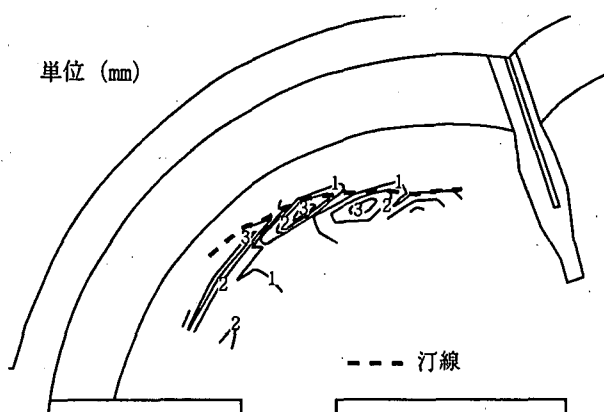


図-9 (b) 中央粒径分布 (3月)

4-4 水質分析

計測した項目のうち、各測点における水温、塩分、総窒素、総燐、COD、及びDOの結果を図-10に示す。

水温は、全ての測点において8月から3月にかけて低下した。8月の計測時には、朝霧川河口（St.1）と中央捨石突堤付近（St.4）で湾外（St.2、3、5）に比べて0.5～1.0℃高い値を示した。塩分はほぼ32ppt前後で変動したが、St.1では河川水の影響により全体的に低い値が示された。一方、総窒素及びCODの濃度はSt.1の値が他の測点よりも高く、総燐に関しては約2倍高かった。10月の満潮時では、河川水の影響と思われる塩分低下があり、それに伴って窒素、燐ともに高い値が示された。しかし、St.4の測定値とSt.2、3、5の測定値との間には大きな違いがなく、St.1のような河川水の影響は見られなかった。これは、St.1に見られる河川水の影響が希釈などによって低濃度化されているためと思われる。また、St.4の値を月毎に比較しても水質の悪化は見られなかった。つまり、本事業で建設されたポケットビーチでは、建設後の湾内と湾外の水質の差異はあまりなかった。なお、pHについてもDO同様にSt.1が最も低く、St.4で高い値が見られた。これは、中央捨石突堤周辺に海藻が定着し、光合成を行っているためと考えられる。

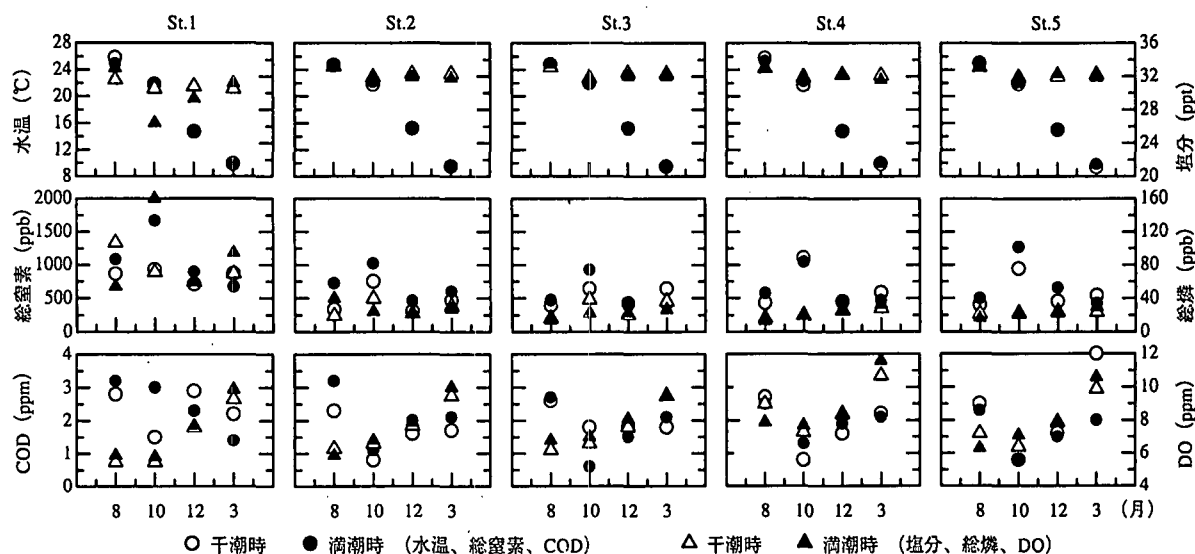


図-10 水質分析結果

4-5 生物調査

突堤・離岸堤で囲まれた湾内では、特に中央捨石突堤周辺、水深3.0m付近の基礎捨石に、ワカメ、カジメ、ツノマタ、タマハハキモクの海藻が多く見られた。これらは一般的な藻場形成種の海藻類である。

中央捨石突堤よりも西側の水深1.0m付近では、海藻類がほとんど見られなかった。これは、深浅測量結果で述べた通り、こちら側では波浪による底質砂の移動が大きいためである。一方、砂移動の小さい中央捨石突堤東側では、水深1.0m付近にアナアオサ、フクロノリ等が海底一面に生えていた。

日本各地の養浜海岸では、建設後に大量発生するアオサの対処が問題となっているが、当養浜海岸においても地形が平衡状態に至るに伴い中央捨石突堤西側の底質にもアオサ類の出現が見られたため、今後は海岸を維持・管理していく上で重要な課題になると思われる。

5. おわりに

本研究で得られた結論は、以下の通りである。

1. 大蔵海岸の位置する瀬戸内海では冬期の季節風による波浪が卓越し、地形変化に大きな影響を与えている。
2. 突堤・離岸堤に囲まれた本海域は波が静かであり、地形変化の大きな要因は、主に汀線方向の沿岸漂砂である。そのため、湾内に投入された養浜砂はほぼ本海域に留まっているものと思われる。
3. 湾内と湾外では水質に大きな差異はなく、また湾内の水質悪化は見られなかった。
4. 湾内の捨石底質では一般的な藻場形成種の海藻類が多く生え、浅い砂底質ではアオサの出現があった。今後は海岸の維持・管理対策が重要である。
5. 景観上の美しさ、地形的な安定性、さらには海水浴場としても適切であるといった利点からも、防波堤や離岸堤に囲まれたポケットビーチは、海浜を再生するための有効な工法の一つであると考えられる。

参考文献

- 1) 宇多高明・伊藤弘之、1993：東播海岸における養浜工に関する研究、土木研究所土木研究報告第191号