

人工海浜の計画・設計・環境課題に関する研究

小野寺駿一*・曾我部隆久**・荘司喜博***・加藤 寛****

1. ま え が き

人為的な手段によって砂浜を造成する人工海浜事業は昭和 55 年度には全国の 94 海岸で実施されており、海岸事業として主要な存在となりつつある。しかしながら、本事業がわが国において本格的に行なわれるようになってからまだ日が浅いため、計画・設計・環境等の面において解明すべき数多くの問題をかかえており、事業実施過程において得られる現地観測資料を蓄積することによって未解明問題について研究を進めている現状である¹⁾。

神戸港の西端に位置する須磨海岸においては昭和 48 年度から人工海浜事業が進められており、また工事と併行して砂浜の安定や底生生物の変移等に関する追跡調査および夏季における砂浜上の海水浴客の分布状況調査が

2. 須磨海岸環境整備事業の概要

須磨海岸環境整備事業は、昭和 20 年代後半から続いている砂浜の侵食を防止するとともに、神戸市民の憩いの場および阪神圏における海水浴場として従来以上の機能を確保するため人工海浜の整備を図る目的で始められた。第 1 期計画では、須磨港から西の約 1 km 区間において離岸堤 3 基、突堤 2 基を建設するとともに砂浜幅 100 m の海浜を造成することとした。昭和 54 年度までに約 34 万 m³ の養浜砂を投入している (図-1)²⁾。

養浜砂は、現地の海岸砂と色調、粒度の似かよった海砂を使用しており、中央粒径は 0.84 mm である (図-2)³⁾。また、離岸堤の設計波は $H_{1/3}=4.75$ m, $T_{1/3}=7.9$ sec であるが、養浜砂投入後今日まで大規模な台風は来襲していない。

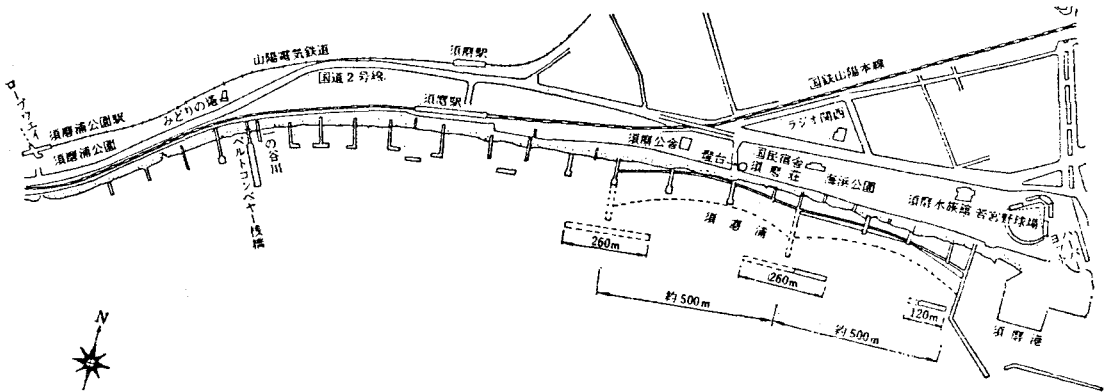


図-1 須磨海岸環境整備事業計画平面図

運輸省第三港湾建設局および神戸市開発局によって実施されている。著者らがこれらの現地観測資料を解析したところ、新たに解明された事項も多く、今後の人工海浜の計画・設計の段階で有効に活用できると思われるのでここに報告するものである。

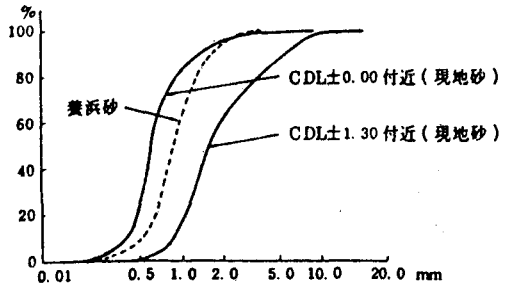


図-2 砂の粒径加積曲線

* 正会員 (前)運輸省第三港湾建設局長
** 正会員 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所長
*** 正会員 運輸省港湾技術研究所土質部基礎工研究室長
**** 正会員 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所建設専門官

3. 海水浴客の分布特性

神戸市開発局は、昭和 53 年 7 月 30 日の午後 1 時に須磨海岸全域の航空写真撮影を実施し、縮尺千分の一の拡大カラー写真を判読して海水浴客数とその分布を調査している⁴⁾。調査の成果は、須磨海岸全域を 20 m 角のメッシュで分割し、そのメッシュ内の人数として表わされており、航空写真では死角となる浜茶屋やパラソル内の人数は地上調査によって補完されている。

この調査資料を基に、汀線を基準とした断面方向（海陸方向）の距離と利用者密度との関係を養浜地区について示したものが 図-3⁵⁾ である。利用者密度の最大値は

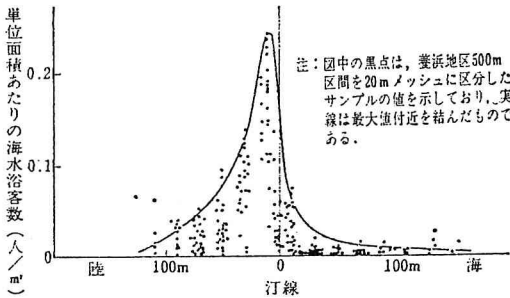


図-3 汀線からの距離による利用者密度（養浜地区）

汀線から陸側 10 m の地点にあり、そこから離れるにつれて密度は減少する。写真-1 は養浜地区の陸上写真であるが、汀線から陸側 40 m 以内にほとんどの人が分布している。一方、海側においては汀線から 15 m までの間は急激に減少し、それ以遠は横ばい状態になる。

写真-2 は、未養浜地区である須磨駅前で撮影したものであり、海水浴客によってごったがえしている状況を



写真-1 養浜地区

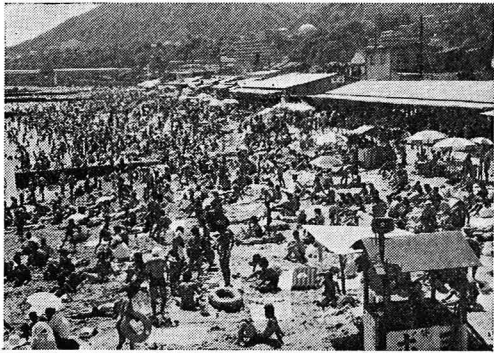


写真-2 須磨駅前地区

示しているが、汀線から 30 m 付近までの 1 人当り砂浜専有面積は、航空写真によると 4~5 m²/人程度と算定される。一般に、海水浴の最盛期には大都市周辺の海浜では 0.5~1.0 m²/人程度まで混雑すると言われており⁶⁾、写真-2 の状態よりも数倍混雑していることになる。また、養浜等による海水浴場の目標整備水準として 7 m²/人程度が提案されているが⁷⁾、これは 写真-2 の混雑度を幾分緩和する程度でしかない。現在の混雑度を正確に把握するとともに快適さを感じる整備水準について今後研究する必要があるものと思われる。

4. 海浜の断面形状と平面形状

(1) 前浜勾配と断面形状

前浜勾配については Rector⁸⁾、運輸省港湾局人工海浜建設技術 W・G⁹⁾ および Sunamura¹⁰⁾ がそれぞれ表-1 のような経験式を提案している。図-4 に示すように養浜が完了した須磨港側の第 1 区間に測線を設定し、養浜から 1 年後（昭和 53 年 12 月）の断面形状を示したものが 図-5 である。各提案式について、神戸港沖水深 16 m 地点で観測された波浪諸元を用い、その波浪発生頻度¹¹⁾（51 年~52 年のものを代用した）を重みとして算定した加重平均の前浜勾配と、現地養浜断面の勾配と

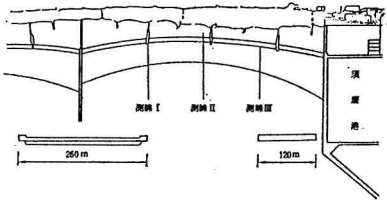
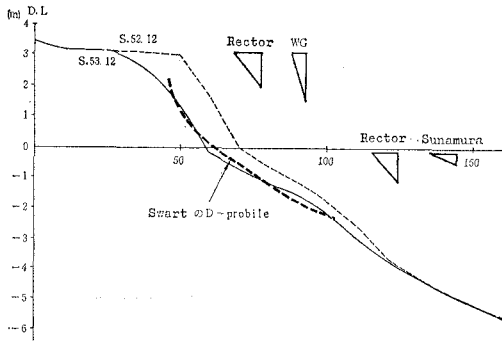


図-4 断面形状測線位置

表-1 前浜勾配の提案式

Rector の 提 案	人工海浜 W・G の提案	Sunamura の 提 案
$Y_s/X_s = 0.3(H_0/L_0)^{-0.3}(Md_0/L_0)^{0.2}$ $Y_t/X_t = 0.07(H_0/L_0)^{-0.42}(Md_0/L_0)^{0.1}$	$\tan \beta = \left(\frac{1}{1.37} \cdot \frac{d_{50}}{H_0} \right)^{0.158} \frac{d_{50}}{H} \geq 2.4 \times 10^{-4}$ $\tan \beta = \left(\frac{1}{376.6} \cdot \frac{d_{50}}{H_0} \right)^{0.7856} \frac{d_{50}}{H} < 2.4 \times 10^{-4}$	$\tan \beta = 0.45(Md_0/H_0)^{0.5}(H_0/L_0)^{-0.3}$

(注) Md_0 , d_{50} はいずれも砂の中央粒径。



図—5 養浜地の断面形状 (測線II)

表—2 前浜勾配計算結果

	Rector	W・G	Sunamura	須磨海岸 実測値 (養浜後 S 53.12)	備 考
水面から浜 頂部までの 平均勾配	0.148	0.386		0.131	平均水面で の浜勾配 0.146
砕波帯から 浜頂部まで の平均勾配	0.124		0.056	0.091	

を比較したものが 図—5、表—2 である。これによると須磨海岸の場合、Rector の提案式が最も適合性が高く、Sunamura の提案式はより深い水深からの勾配を与えているようである。また、人工海浜建設 W・G の提案式は前浜勾配の上限値を提案したものであるため一概には比較できないが、幾分急な勾配を与える結果となった。

また、Swart は砂浜の断面形状 (D-profile) を推定する式を提案しているが¹²⁾、その提案式に年 1~2 回程度の頻度で生じる荒天時の波浪諸元 ($H_0=2.0\text{ m}$, $T=5\text{ sec}$) を適用して算定した D-profile が 図—5 の太い点線であ

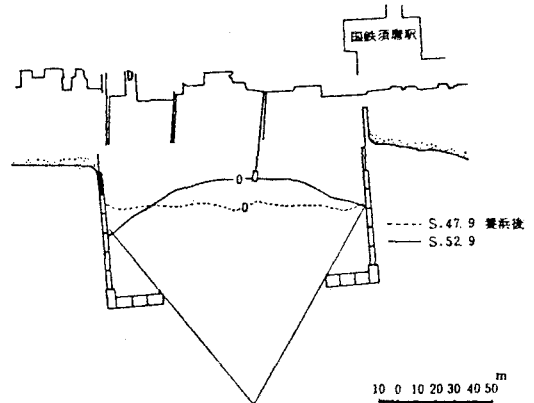
り、現地養浜断面とよい一致が得られた。

(2) 平面形状

田中¹³⁾はポケットビーチの現地調査および模型実験から、浜の幅 D と砂浜円弧の半径 R との間には次式の関係が成立するとしている。

$$\log R = 0.954 \log D + 0.139$$

神戸市では昭和 47 年に須磨駅前に L 字型突堤を建設するとともに、約 7 000 m^3 の砂を投入し現地養浜実験を実施している¹⁴⁾。5 年経過後の汀線平面形状は 図—6 に示

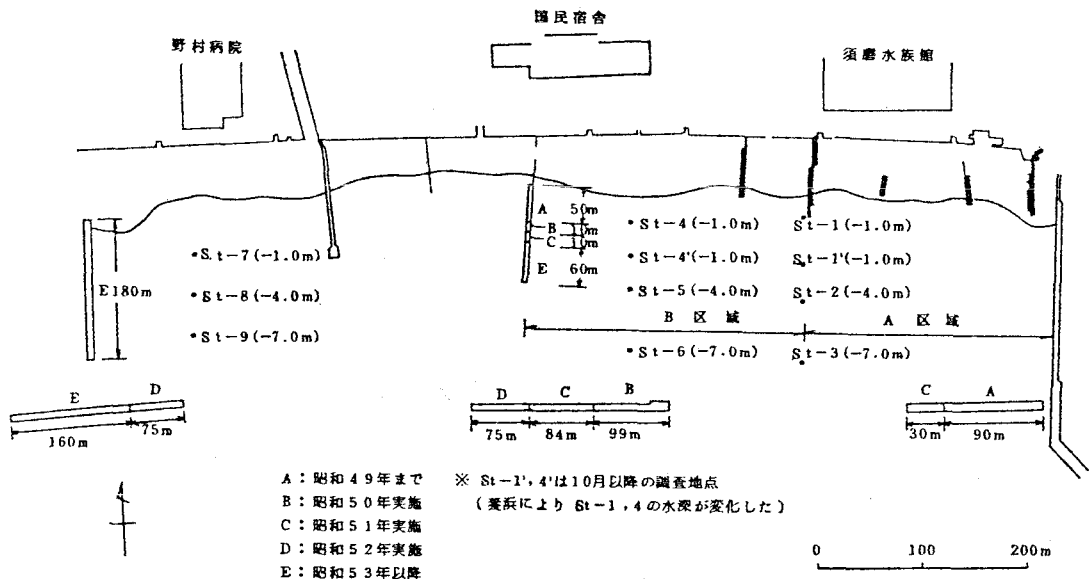


図—6 汀線の平面形状

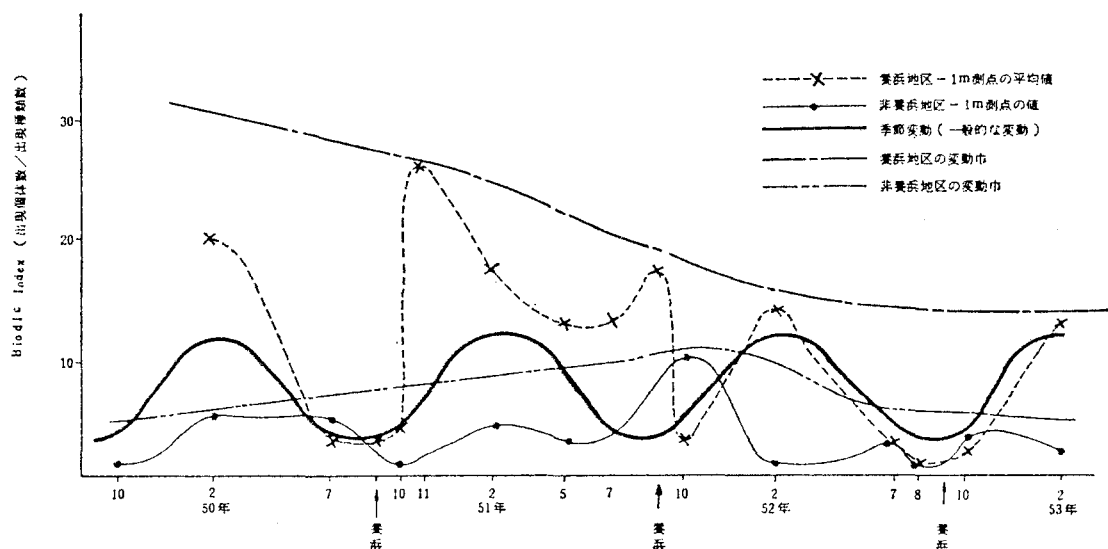
すとおりであり、上式の D に L 字型突堤の開口幅 (86 m) を代入すると、計算で求められる円弧の半径は現地の汀線平面形状から求まる円弧の半径とよく一致している。

5. 養浜工による底生生物への影響

養浜工による海域環境の変化および底生生物への影響を把握するために、図—7¹⁵⁾ に示すように、養浜地区お



図—7 突堤・離岸堤の進捗状況と調査測点



図—8 養浜地区の底生生物の変化(模式図)

よび未養浜地区に測点を設定し、昭和49年から四季毎に水質・底質・底生生物について追跡調査^{(16),(17)}を実施した。

水質については、養浜工による影響は特に認められず、CODでみる限り近年浄化の傾向にある。底生生物に影響を与える粒度組成については、現地海岸の粒径に近い養浜砂を使ったため特に大きな変化はないが、底質の有機物は離岸堤や突堤の建設地付近で強熱減量や底質のCODが幾分増加しているようである。

底生生物については、夏期よりも冬季に出現種、個体数とも多く、養浜地区の方が非養浜地区に比して季節変動の幅が大きい。また、出現した底生生物の種類数、個体数は養浜後に多少多くなる傾向があるが、近年その変動は小さくなっている。汚濁域に出現しやすいと言われている幾つかの生物が養浜後にパッチ状に出現したことがあったが、特異的に優占することではなく、その後、これらの生物もほとんど見られなくなっている。

養浜地区の底生生物の出現状況の変化をBiodic Index(出現個体数/出現種類数)を指標として模式的に示せば図—8のようになり、養浜直後には生態系のバランスが多少乱されたが、近年、次第に系は、安定化の方向に向かっており、現在では非養浜地区とほとんど変わらない生態系が形成されつつあると考えられている。

6. むすび

人工海浜である須磨海岸における現地観察資料より以下のことが新たに判明し、今後の人工海浜の計画・設計の面において役立てることができると思われる。ただし、養浜工着手以後今日まで大規模な台風の来襲を経験していないので、特に砂浜の挙動については今後とも現

地データを積み重ねることが必要である。

(1) 海水浴客は汀線から40m以内にほとんど分布しており、砂浜幅として通常50m程度計画することの妥当性が確認された。また、最盛期の海水浴客1人当りの砂浜専有面積は現状で4~5m²となっている。

(2) 前浜勾配としてはRector, 断面形状としてはSwart, 汀線平面形状としては田中がそれぞれ提案している経験式が、養浜海浜に対してもよく適合していた。

(3) 現地海岸と同程度の粒径の養浜砂を用いた須磨海岸では、養浜後数年を経過した段階では養浜前とほとんど変わらない生態系に回復していることが判明した。

なお、本稿をとりまとめるにあたり、貴重な資料を提供いただいた神戸市開発局、資料の整理解析に御協力いただいた関係者および御教示下さった運輸省港湾技術研究所田中室長に深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 佐藤昭二・寺尾 健・田中則男：人工海浜の建設，土木学会誌，Vol. 65, No. 2, pp. 9~17, 1980.
- 2) 古米 浩：須磨海岸の養浜について．月刊建設，76-5, pp. 36~43, 1976.
- 3) 前出 2).
- 4) 神戸市開発局海岸防災課，パシフィック航業(株)：須磨海岸利用状況調査報告書，1978.
- 5) 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所：須磨海岸養浜工調査報告書，pp. 2, 1980.
- 6) 運輸省港湾局人工海浜建設技術開発ワーキンググループ：人工海浜の建設技術マニュアル，pp. 13, 1979.
- 7) 前出 6).
- 8) Rector, R. L.: Laboratory study of equilibrium profiles of beaches, Tech. Memo., No. 41, B.E.B., Corps of Engineers, 1954.
- 9) 前出 6), pp. 31, 1979.
- 10) Sunamura, T.: "Static" relationship among beach

- slope, sand size, and wave properties, *Geographic Review of Japan*, 48-7, pp. 485~489, 1975.
- 11) 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所：管内波浪観測台帳, 1977, 1978.
- 12) Swart, D. H.: Offshore sediment transport and equilibrium beach profiles, Publication No. 131, Delft hydraulics laboratory, 1974.
- 13) 田中則男：人工海浜について, 昭和 52 年度港湾技術研究所講演会講演集, pp. 32, 1977.
- 14) 神戸市開発局海岸防災課, 国際航業 (株)：須磨海岸養浜に関する調査報告書, 1974.
- 15) 中村 勇：須磨海岸養浜追跡調査, 調設広報 KOBE, Vol. 5, No. 1, pp. 38, 1978.
- 16) 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所：須磨海岸養浜追跡調査報告書, 1978.
- 17) 永井康平・桜井正憲：養浜工の海底々棲生物環境に与える影響に関する予察的研究, 第 23 回海岸工学講演会論文集, pp. 553~558, 1976.
-