

砂浜等を有する人工島の計画および設計法に関する研究 (第1報)

久田安夫*・飯島昭美**・田中則男***・田村 勇****

1. まえがき

従来の港湾，海岸構造物は波浪，高潮防禦等の港湾機能，国土保全という立場からの要請に基づき，単的な目的に沿った構造物が数多く建設されてきた。ところが，海岸線は陸と海との接点であり，その利用については多方面からの要請が集約されている所である。したがって，今後海岸，海洋に構造物を計画し設計，施工するためには海岸線一帯の自然環境と生活環境の保全や改善に寄与し，地域住民，利用生活者の要請に一層対応できるような配慮が必要と考えられる。そこで構造物として代表的な防波堤，離岸堤をとりあげ多様な今日の要請を可能な限り実現するための調査・計画・設計・実験を行ってきたのでここにその一部を報告する。

2. 海岸部の利用への要請

海岸部利用の計画から実施に移るまでの手順は 図-1 のように行政側の全体的な利用方針のもとに地域環境か

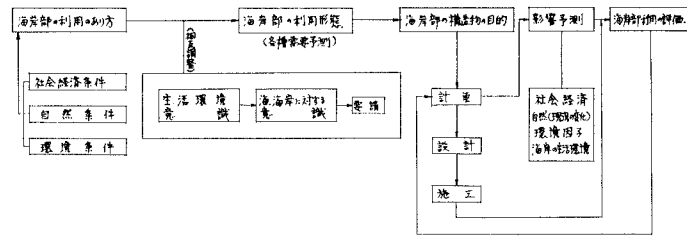


図-1 海岸部利用の手順

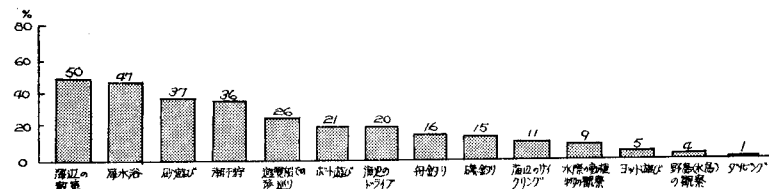


図-2 大阪湾の海辺でどんな遊びをしたか

らくる要請が結びついて影響予測および対策を考慮して海岸部の利用形態が決められよう。

そこで最近の国民の生活環境意識から特に海，海岸に対する志向について調べてみた。この調査は昭和48年9月に大阪湾の沿岸4km以内に居住する500人を対象として無作為抽出法により個別面接を行い，海や海岸に対する認知，志向，意見を得たものである。

まず，自然災害が多いと感じられており防災上の施設の認知度は高いものであった。すなわち，(1)自然災害の発生は「多い」と考えている人が50%，「やや多い」を含めると70%になる。(2)実際に受けた災害としては「暴風」が30%，2番目が「高潮・高波」で18%，「なし」が53%で半数を越えている。(3)海岸施設では「堤防，護岸」が1番よく知られており85%に達しており，「突堤」は83%，「防潮水門」も67%の人に知られていた。「離岸堤」は30%であったがいずれも具体的に施設名を掲げて解答を求めた結果である。(4)防潮堤の美観上の評価では「どちらともいえない」が70%

近くもあり美観の対象ではないものようである。ただ消波工のあるなしで比較すればない方が好いとした人が4倍程度多かった。

次に地域住民の海岸利用の現状を調査した。(1)海に行く回数では，ほとんどが「行かない」(48%)，「年数回」(44%)であるが，海に行けなくなってしまったことも反映しているのであろう。(2)大阪湾の海辺では 図-2 のように海辺の散歩，海水浴，砂遊びなど手軽に楽しめるものが多い。これは大阪湾以外に出かけた時でもやはり同様の傾向であった。(3)行った場所としては，「他地区の海岸」の方が60%で多かったが，神戸や泉南では当

地区の海岸の利用者の方が多い。

一方，供給側であるが瀬戸内海の3県についてみると 図-3 のように自然に残されている海岸は年々少なくな

* 正会員 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環砂研究室長
 **** 正会員 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所

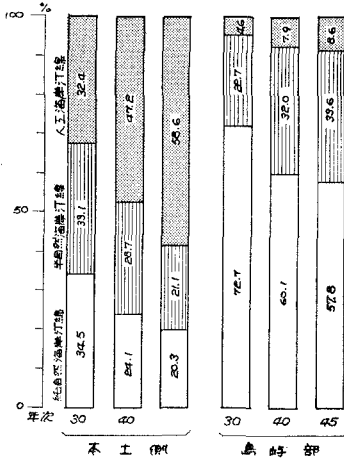


図-3 海岸の自然度の変化 (広島, 岡山, 香川県)

[資料: 環境庁, 瀬戸内海自然環境保全調査, 昭和 47.3]

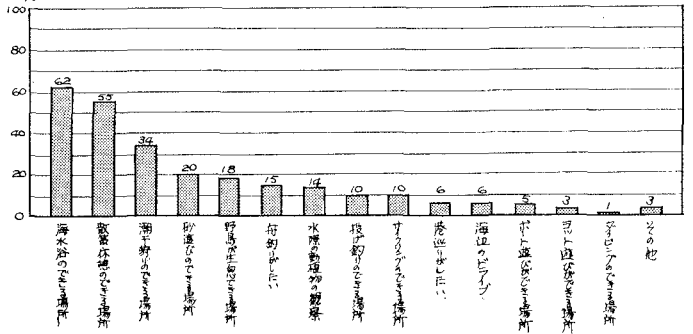


図-4 大阪湾の海辺に期待すること

ってきている³⁾。

ではこのような状況下で人々は海に何を期待しているのであろうか。(1) 海という言葉からの連想では「きれいな海, 砂浜」, 「船遊び, 海水浴」が多いが, 一方「汚い海」をイメージしている人もいた。(2) 大阪湾の海岸に期待することとしては図-4のように「海水浴のできる場所」, 「散策, 休憩のできる場所」, 「潮干狩りのできる場所」などのような海や海岸, そして海辺の生物との直接的なふれあいがあげられた。

これら海岸に関する住民の志向を評価し現在の施設の課題点を検討することにより今後の港湾, 海岸事業の一

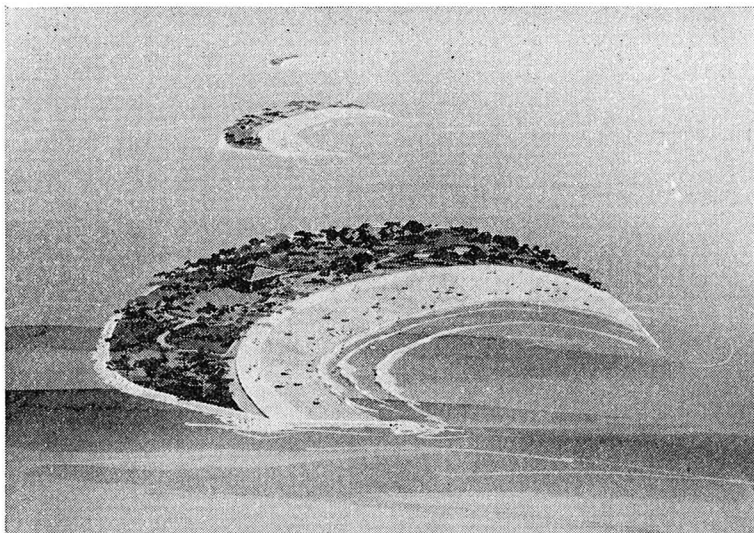
つの方向を見出すことができる。

3. 砂浜等を有する人工島の計画

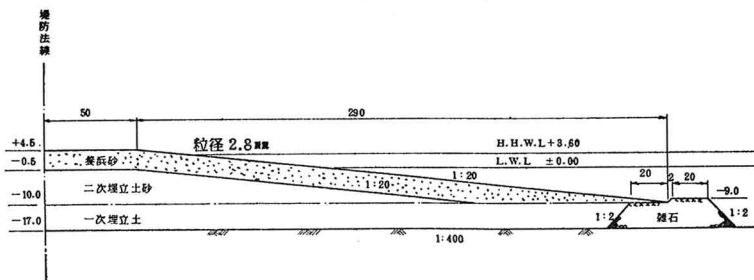
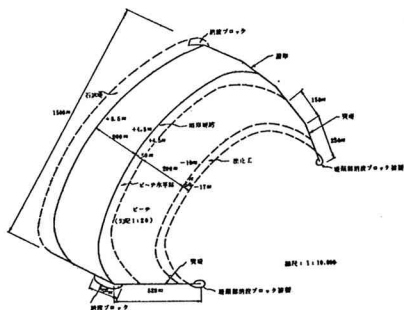
現在の港湾, 海岸施設のもつ問題点としては, 海岸部の多面的利用, 国土や自然環境の保全, 改善あるいは景観質感のアメニティの向上等がある。これに対応し防波堤, 離岸堤をとりあげると計画面では特に, (1) 海水浴散策等の要請と海水浄化, 生態系保護, 景観の向上等の機能に応じられるものとして, 砂浜および波止工あるいは魚礁としての潜堤の設置, (2) 背後への波の遮蔽効果と既存海岸線の侵食防止の効果, (3) レクリエーション

表-1 人工島の計画設計上の検討事項

検討事項	主な内容	主な検討手段
1. 人工島の計画 (1) 目的・機能	要請の整理と構造物の果すべき役割 ○ 静おんな海域 ○ 海岸保全, 防災 ○ 環境整備 (砂浜レクリエーション) ○ 環境保全, 改善 (水質, 生態, 景観)	与えられた自然条件等 ⁸⁾²⁰⁾ , 立地条件, 社会的要請 ¹⁾²⁾⁹⁾ に対して所定の目的機能を果すべき構造物の選定と効果の予測
(2) 規模	面積, 人工島土地利用計画, 基本施設	需要予測, 利用密度, サービス水準, 地域影響予測 ⁵⁾
(3) 交通管理運営	交通手段, 管理運営主体と内容	交通情報サービス ⁵⁾ , 構造物施設の維持, 管理, 運営 ⁵⁾
2. 人工島の基本設計 (1) 位置	建設場所, 離岸距離 (水深)	自然環境等立地条件と影響予測 ¹⁰⁾¹¹⁾
(2) 方向・配列	個々の島の方向, 連続島の方向と間隔	潮流, 波向, 現在の海岸地形特性 ⁸⁾
(3) 平面形状	島全体の形状	(1),(2)の手段 ⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾ および自然との調和, 景観 ⁶⁾
(4) 周囲の構造	護岸, 砂浜, 防護施設	設計条件の決定と安定解析 ²⁰⁾
3. 人工ビーチの基本設計 (1) 位置・方向	人工ビーチ造成位置と外力に対する方向	砂浜の安定解析 ⁷⁾⁸⁾ (砂浜の利用形態)
(2) 線形	砂の横方向の移動と安定線形	周辺自然海浜の特性 ¹⁰⁾¹¹⁾ , 安定線形的事例 ⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾ , 解析 ¹⁴⁾ , 資料, 室内および現場実験 ¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾
(3) 断面	勾配, 天端高さ, 幅の決定, 初期の断面と変形後の安定形状	波浪による海浜のプロファイルの安定解析 ¹²⁾ 事例解析室内および現場実験 ¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾ (各種影響要因の把握) (砂浜の利用形態)
(4) 防護施設	防波堤, 突堤, 離岸堤, 潜堤の選定 造成砂の投入方法, 位置	各種構造物 ⁸⁾ の効果と流出量の ⁷⁾ 推定 (外力, 造成砂流出防止, 安定形状) 周辺既設構造物的事例解析 ⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁴⁾ 室内および現場実験 (砂浜の利用形態)
(5) 造成砂	粒径, 粒度分析 砂の種類 (海砂, 河砂, 湖砂, 内陸土砂)	安定解析 ⁷⁾⁹⁾ , 事例解析 ⁸⁾ , 室内および現場実験 ¹³⁾¹⁵⁾
(6) レクリエーションゾーンとしての機能の維持	海水浴, 砂あそび, ポート遊び, 釣り, 生物の生息景観	目的に応じた自然条件, 環境条件の再現 ¹⁷⁾⁶⁾¹⁶⁾



写真—1 人工島の鳥かん図



図—5 人工島の概略設計図

水準の向上などを考慮すると、砂浜等を有する面的な広がりをもつ人工島を単独または連続的に建設することが有望である。人工島の建設場所として水深 17~18m, 波高 6m, 周期 7.5~10sec を想定し、表—1 の計画設計上の検討事項について現在の技術レベルで可能な範囲の試算を行った結果 写真—1, 図—5 に示す人工島の概念図と設計図が得られた⁴⁾。検討過程ではいくつかの大胆な仮定を立てたが、技術的に最も重要な砂浜の安定性に関してはその建設の可能性と技術的な問題点を探るために、移動床による平面実験を実施した。

4. 砂浜安定に関する模型実験

実験は港湾技術研究所の漂砂実験水槽 (50m×30m×0.8m) において実施した。模型の形状および実験のケースは、おのおの 図—6 および 表—2 に示したとおりである。移動床には中央粒径が 0.2mm 前後の細砂が用いられている。底質移動に関する相似性に関しては考慮されていないが、波の諸元および模型寸法に関しては現場の 1/100 の縮尺が想定されている。

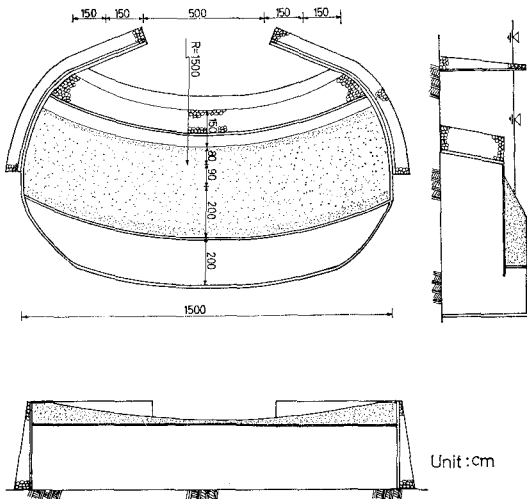


図-6 模型構造図

表-2 実験ケース一覧

実験条件 ケース	防波堤 開口幅	リーフ の幅	リーフ 天端高	波高	周期
CASE 1	11(m)	1.5(m)	4(cm)	6(cm)	1(sec)
CASE 2	8	1.5			
CASE 3	5	1.5			
CASE 4	11	1.0			
CASE 5	8	1.0			
CASE 6	5	1.0			
CASE 7	11	0.5			
CASE 8	8	0.5			
CASE 9	5	0.5			

(1) 砂浜の平面形状

図-7 にリーフ幅 50cm の場合の +2, ±0 および -3cm 等深線形状と防波堤開口幅との関係を示した。開口幅 11m の場合には、等深線は半径が 20m 前後の

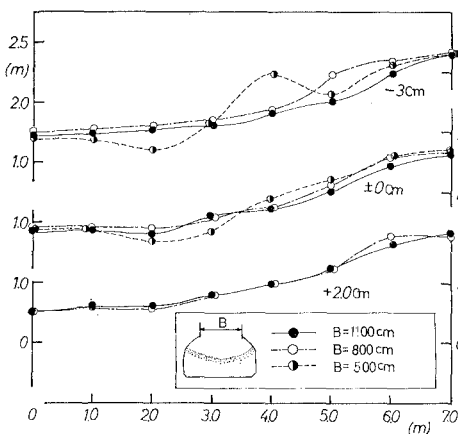


図-7 等深線形状に対する防波堤開口幅の影響

滑らかな曲線をなしている。しかし開口幅が 8m の場合には中央線から 5m 程度はなれた位置に、さらに開口幅 5m では中央線から 3m 程度の位置に堆積が生じて来る。この堆積箇所を 図-8 に示すように、時間の経過と共に次第に両端に向かって成長して行くが、この堆積部の中央側はほぼ円弧で近似される曲線をなしている。汀線に対してこの円弧の曲率半径を求めれば、以下に示すとおりであり、開口幅の減少につれて、曲率半径が減少する傾向がある。すなわち

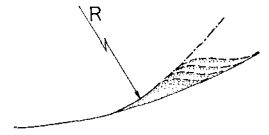


図-8 地形変化説明図

防波堤開口幅	11m の場合	19m
同上	8m の場合	11.5m
同上	5m の場合	7.5m

図-9 は、防波堤開口幅が 8m の場合について、リーフ幅と砂浜形状の関係を示すものである。これによると砂浜の平面形状がリーフ幅によってさ程の影響を受けていないことがわかる。リーフの幅によって砂の移動量が異なり安定な平面形状に至る時間には差異が生ずるが、形成される曲線にはほとんど有意な差異が認められない。すなわち、人工浜の安定線形は主として防波堤の配置すなわち波の入射条件によって定まっているようである。

砂浜の安定線形は、人工島の平面計画の立案上のみではなく、後述するように浜の安定さきわめて重要な事項である。この問題に関しては、現地ポケットビーチの形状解析によるアプローチが可能であり、これに関しては次報において報告の予定である。

(2) 砂浜の勾配

今回の実験の範囲では、リーフの幅が砂浜の勾配に最も大きい影響を与えている。すなわち、図-9 において -3cm の等深線はリーフの幅が狭くなると沖に移動する傾向があり、一方 ±0cm の等深線はリーフ幅が狭くなると陸側に後退している。+2cm の等深線の変化はごくわずかである。この結果、リーフの幅が減少すると

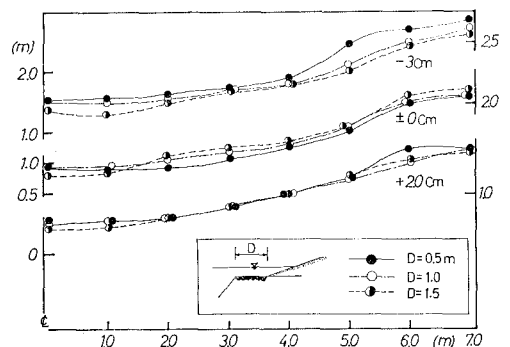


図-9 等深線の形状に対するリーフ幅の影響

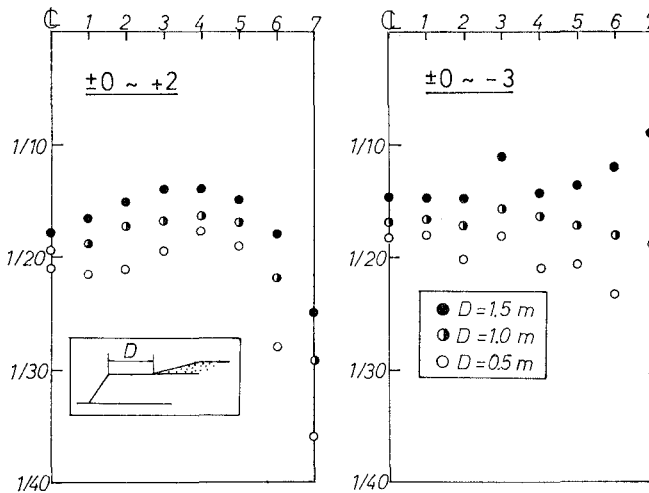


図-10 リーフ幅と海底断面の関係

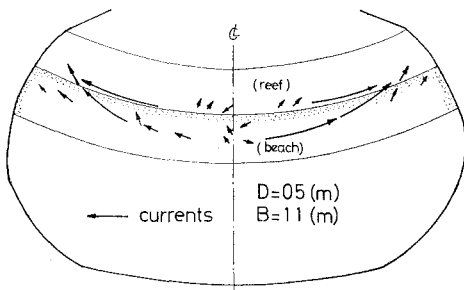


図-11 沿岸流のパターンの一例

表-3 リーフ上からの土砂の流失

開口幅 \ リーフ幅	11m	8m	5m
1.5m	CASE-1 流失あり	CASE-2 流失なし	CASE-3 流失なし
1.0m	CASE-4 流失あり	CASE-5 流失あり	CASE-6 流失なし
0.5m	CASE-7 流失あり	CASE-8 流失あり	CASE-9 流失あり

汀線より沖で勾配がゆるやかになり、逆に汀線陸側の前浜で勾配が急になる傾向がある。この状況を防波堤開口幅 5m の場合について示すと 図-10 のとおりである。

(3) リーフ上の流れと土砂流失

図-11 にその一例を示すように、浜の中央から両端の遮蔽域へ向い、両端で離岸流となる流れが形成された。そのため流失土砂はこの流れによって運ばれ、そのほとんどが離岸流の流頭付近の水深の深い部分に堆積した。

図-12 はリーフ上においてフロートによって測定された流速の X, Y 方向の成分の汀線に平行方向の分布を示すものである。これによるとリーフ幅が狭く、かつ防波堤の開口幅が狭いほど図中曲線で示した各測線上の最

大の流速成分が増大すると共に、浜の両側の部分で Y 成分が X 成分より大きくなる傾向、すなわち流れが沖向になる傾向が強くなることがわかる。

表-3 は、防波堤開口幅とリーフ幅の組合せに対して、マウンド部分から流失した土砂の有無(土量計算結果および目視観察結果から判定)を示すものである。この結果は、図-12 に示す流れの傾向と一致し、成分流速が小さく、Y 成分が X 成分より大きくなる傾向のない場合にはリーフ上からの土砂流失が起こっていないことがわかる。すなわち、リーフ幅が広いほど土砂流失は少なく、また、リーフが狭くなると開口幅が広いほどリーフからの土砂流失が少ないと言えそうである。

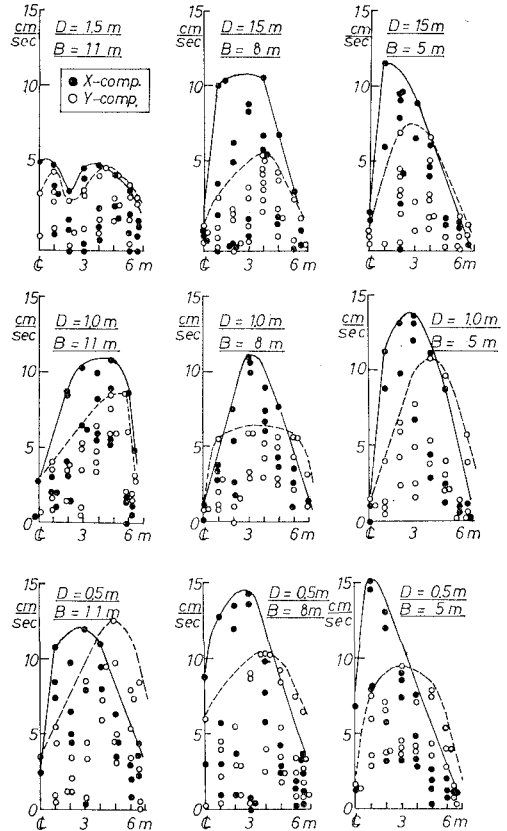


図-12 リーフ上からの土砂流失

5. むすび

今回の第1報の結果を要約すれば以下のとおりである。

- (1) 住民意識調査によると人々は身近な海辺で海水浴や生物と親しみながら気軽に散歩することを望んでいた。

(2) 防波堤、離岸堤の構造を検討した結果、住民の志向に必ず一つの方向として砂浜を有する人工島を建設することを提案し、概略の設計を行った。

(3) 砂浜の安定平面形はほぼ円弧をなす。その曲率半径は、主として防波堤の開口幅で定まり、開口幅が広いほど大きくなる。

(4) 砂浜の勾配は主としてリーフ幅で定まりリーフの幅が狭くなるほど、水中でゆるやかに、前浜で急になる。

(5) リーフ幅が狭く、防波堤の開口幅が狭いほど強い流れを生じ、浜の端部で流向が沖に向くようになる。この結果、リーフ上からの土砂流失量が増大する。

なお今回の報告は、砂浜を持つ人工島の試案をまとめた程度に止まっており、多くの技術的課題を残している。これらの課題のいくつかについては現在検討中であり、今後報告する予定である。

なお、本報告のうち計画、設計に関しては神戸調査設計事務所が、砂浜の安定性に関する実験に関しては港湾技術研究所が担当した。

参 考 文 献

- 1) 運輸省第三港湾建設局企画課： 海浜住民意識調査報告書，1973.9.
- 2) 運輸省港湾局防災課： 海浜住民意識調査報告書，1974.3.
- 3) 環境庁： 瀬戸内海自然環境保全調査，1972.3.
- 4) 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所： 自然海浜を有する防波堤（連続島式防波堤），調設広報，Vol. 1, No. 2, pp. 50~59, 1975.2.
- 5) 運輸省第三港湾建設局企画課： 海洋性レクリエーション基地計画調査（その1），1974.3.
- 6) 第三港湾建設局： 新しい社会環境下における港湾計画上の諸問題，第25回直轄技術研究会討論資料，pp. 14~34 及び別冊，1974.
- 7) 運輸省港湾技術研究所： 漂砂，水工技術者研修テキスト，1970.9.
- 8) 運輸省港湾局防災課・港湾技術研究所漂砂研究室： 養浜工の概要，1973.2.
- 9) 堀口孝男・渡辺信夫・永井康平： 海岸の環境保全と養浜技術について，第1回土木学会関東支部年次研究発表会，pp. 315~318, 1974.
- 10) 田中則男・小笹博昭： 海浜変形調査資料，第1報，第2報，港湾技研資料，No. 163, 1973.6. No. 192, 1974.6.
- 11) 田中則男・小笹博昭： 砂浜港湾周辺における海浜変形，港湾技研資料，No. 180, 1974.3.
- 12) 堀川清司他： 波による海浜変形に関する一考察，第20回海岸工学講演会論文集，pp. 357~363, 1973.
- 13) 佐藤昭二・入江 功他： 須磨海岸の漂砂に関する模型実験，港湾技研資料，No. 106, pp. 1~37, 1970.9.
- 14) 佐藤昭二・田中則男他： 須磨海岸における養浜について，第20回海岸工学講演会論文集，pp. 489~494, 1973.
- 15) 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所： 須磨海岸漂砂調査報告書，1970.
- 16) 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所： 環境保全関係資料集 I, II 1973, III 1974, IV 1975.
- 17) 日本水産資源保護協会： 水産環境水質基準，1972.3.
- 18) 時岡 隆・原田英司他： 海の生態学，築地書館，1972.
- 19) 秋山章男・松田道生： 干潟の生物観察ハンドブック，東洋館出版社，1974.
- 20) 日本港湾協会： 港湾構造物設計基準，1967.