

IV-26 海岸の環境保全と養浜技術について

運輸省 港湾局 正員 堀口孝男
 “ “ “ 渡辺信夫
 “ “ “ 永井康平

1. まえがき 日本列島の海岸の保全に対する要請は変わりつつある。かつての都市部を中心とする高潮対策の重点的整備を要する時期から、今日では全国的な海岸侵食の激化にどう対応していくかという時期にきている。また、同時に海岸の環境保全に対する要請も強い。つまり、海水や水産物の汚染、海水浴場などの海浜利用条件の悪化等の海岸部の環境問題が新たに提起されてきた。そこで本稿では、海岸侵食の激化から生じてきた、また海浜利用の面からみた海岸部の環境問題をとりあげ、それに対応するために昭和48年度から始った国の海岸環境整備事業を紹介する。次に本事業の中心となる養浜について、その技術と計画手法に關する試論を述べた後、事業の一計画例をあげ、現在残された課題を整理して、読者諸賢の参考に供することとした。

2. 海岸侵食と海浜利用の問題 日本の海岸線は、戦後著しく侵食されつつあることが、最近の航空写真の解析等ではっきりしてきた。¹⁾表-1は代表的な侵食海岸の汀線変化量をとりまとめたものである。全国では年間侵食量がおおよそ140万²⁾m²と推定されている。²⁾この原因としては、河川改修などに伴う排出土砂の減少、海岸線の高密度利用の³⁾ため、海浜や河口周辺での砂利・砂の採取の増加、地盤沈下などによって、沿岸環境の均衡が崩れたことが挙げられる。その結果、海岸背後の土地あるいは人命・財産にまで危険が迫っている地域も多い。

次に、海浜の利用状況を海水浴客に注目してみると、表-2の様なものであり、²⁾平均的には混雑時に大都市周辺の海水浴客は1m²/人弱しかしめることができない状態である。これに対し欧米における海水浴場の場合、ニューヨーク4、チェーリッヒ湖畔6m²/人程度である。さらに今後の国民の総自由時間と海水浴客の増大の予想や新全統の計画基準値7m²/人などを考えると、日本各地の海水浴場の質的整備が望まれる。

3. 海岸の環境整備事業 海岸環境整備事業は、上述した海浜の減少への対応と海水浴場の新たな確保等による国土および環境の保全を目的として、昭和48年度から始った国の補助事業である。その特徴としては、人工的な海浜の造成即ち「養浜」と植栽による「緑化」を導入して、海岸利用の向上と周辺との景観の調和や自然環境の整備を図り、潤いある美しい海岸環境を創出していくことにある。本事業の全体的構想としては、次の様に考えられている。

(1) 海水浴、夕干狩等海洋性レクリエーション地区の造成、(2) 海岸周辺環境の保全・改善のための施設等の整備および緑化、(3) 文化財、自然資源、景観等との調和を図るための施設等の整備、(4) 海浜の浄化。

48年度における本事業の実施要綱のあらましは、以下のとおりである。

(1) **地区の選定** 周辺の公営の公園、ヨットハーバー等レクリエーション施設と一体となって、総合的なレクリエーション機能が発揮されるもの、(2) **事業の対象** 離岸堤、突堤、階段式護岸および護岸(堤防を含む)、昇降路、水叩兼用の遊歩道、養浜、その他所期の目的を達成するための必要最少限の施設および植栽等の新設および改良。(原則として海岸保全区域内であること)

表-1 代表的な侵食海岸

規模	地 域 名	最大侵食量	比較年次
大規模 (1km以上)	沙流川右岸(日高)	160	昭和22~42
	海勾川河口	115	22~42
	富士川河口	225	22~46
	安倍川河口	155	23~46
	天竜川河口	330	21~45
	信濃川、阿賀野川	280	23~40
	小丸川河口(宮崎)	130	22~46
中規模 (2/3km以上)	五所川原海岸(青森)	95	23~42
	日立港東海岸	75	22~39
	大洗港南海岸	85	21~44
	鹿島港・利根川中	80	23~40
	北上川右岸	35	23~44
	秋田港北海岸	105	23~42
	酒田港	45	22~43
	仁淀川河口(高知)	100	23~42
	安芸川	85	22~42
	梯川左岸(石川)	75	22~41
小規模 (50m以上)	塩見川左岸(鳥取)	100	22~45
	大津川右岸(宮崎)	90	22~46
	宮崎海岸(山崎)	80	22~46

表-2 海水浴場の利用密度²⁾

海岸名	面積(A)	日最大利用客数(B)	利用密度(B/A)
青森合浜公園	78.5	20	3.9
岩船G(新潟)	32.4	25	1.3
戸賀(秋田)	20	18	1.1
伏木富山(富山)	40	30	2.7
館山(千葉)	68	90	0.76
湘南(神奈川)	96	150	0.64
榛原(静岡)	43.5	70	0.62
伊良湖(愛知)	50	30	1.7
宇治山田(三重)	300	58	5.17
宮津(京都)	39	16	5.8
二色(大阪)	45	300	0.15
須磨(神戸)	80.5	190	0.42
観音寺(香川)	102	50	2.04

また 48 年度の事業は、運輸省所管海岸においては、柏崎・和田・上総湊・伊東・没輪・須磨・赤穂・魚見の 8 地区で着工し、49 年度に於てはこれらに加えてさらに 5 地区でも開始されることとなった。

4. 養浜の技術 自然海浜は、そこに作用する波や流れのエネルギーを吸収・減殺して、背後を防護している。

「養浜工」は、この機能に注目し、海岸に土砂を補給して、人工海浜を形成したり、侵食による汀線の後退を防ぐものである。養浜工の本格的施工例は、米国ニューヨーク州コニーアイランドで 1922~23 年に 130 万 m³ 行われたのを初めとして欧米には多くの実施例がある。³⁾ また後述するサンドバイパスの例もカリフォルニア州サンタバーバラで 1935 年から実施されたものを初め数多い。一方、日本では、昭和 23 年から新潟海岸で行われたサンドバイパス工を嚆矢として、秋田港、宮小牧港、二色海岸、湘南海岸等で行われてきたが、本格的養浜工としては昭和 45 年から須磨海岸で試験的に行われているものが挙げられる。⁴⁾ 以下養浜技術について検討する。^{5,6)}

(1) 養浜の方式 養浜の方式を沿岸漂砂との関連で分類すると、次の 2 つの概念に分けられる。

① 人工的海浜造成工法：沿岸漂砂とは関係なく沖合海底土砂等を所要地域に人工的に堆積させる工法。

② サンドバイパス (或はサンドトランスファー)：漂砂が防波堤等の構造物で遮断されたとき、そこにたまった砂を浚渫して漂砂の下手側へ移送する人工的な自然現象の代替工法。

これらはまた、砂の補給方式により連続 (定期的)、一時、不定期の補給等によって細分される。

(2) 養浜材料の選択 材料は、大別して ① 自然砂と ② 人工砂とに分けられる。

また、採取地点に注目すれば、表-3 の様に分類される。河川・河口の堆積土砂は従来各国で最もよく使われてきたものであり、最近では碎石も使われている。モナコのラルボット湾やフランスの幾つかの海岸で使われるなどの例がある。碎石は、波の作用でじきに角がとれて丸味をもつようになり、海水浴の支障にはならないという報告例がある。海砂は比較的質がよく、荒天時や潮流の強い所を除けば、補給に便利なことから使用頻度は高まるものと考えられる。

表-3 養浜材料の分類

海	海底土砂	沖決、近隣海域などの海底土砂 港内、航路、江水路などの浚渫土砂
	堆積土砂	構造物による堆積土砂 (防砂突堤の上手側堆積土砂やサンドトラップに貯えられた土砂など) 自然堆積土砂 (堆積海岸・砂丘など)
	河・湖・内陸	河川・湖沼などの底質土砂 河口堆積土砂 通常の掘削土砂 碎石・その他

(3) 投入砂量の決定 人工的海浜造成工法においては、アクティブな海浜断面で投入砂がなじむに必要な投入砂量の決定法として、Krumbein・James (1965) は、砂が波によるふるい分け作用を受けた後の限界比 $R_{p\text{crit}}$ 、

$$R_{p\text{crit}} = \frac{\text{必要な総投入砂量}}{\text{持ちまらねずに残る投入砂量}} = \frac{S_{pb}}{S_{pn}} \exp \left\{ -\frac{(M_{pn} - M_{pb})^2}{2(S_{pn}^2 + S_{pb}^2)} \right\}, \quad \text{ただし } S_{pn} < S_{pb} \dots \dots (1)$$

を提案している。ここで S_{pb} は投入砂の、 S_{pn} は既存の砂の粒径の標準偏差、 M_{pb} と M_{pn} はそれらの平均粒径である。単位は粒径 d_s (mm) の対数 $\phi = -\log_2 d_s$ である。この関係に基づいて、投入砂としては、標準偏差が既存の砂より大きい程よく、また粒径についても一般にはやや大き目の方がよいといわれている。

(4) 養浜の施工 養浜の施工法としては、養浜材料の①採取②運搬および③投入・整形に分けて考えることができる。養浜材料の採取方式と運搬方式の組合せは、表-4に示す如くである。その投入方法は、表-5に分類

表-4 養浜材料の採取方式と運搬方式

採取方式	運搬手段
陸上掘削方式 (ドライカット方式)	トラック (乾燥土砂輸送方式) シュートベルトコンベヤ
浚渫船 (自航・非航式) による方式	土運船・はいけ (乾燥土砂輸送方式)
固定式ポンプステーション方式	浚渫船 (自航式)
移動式ポンプ方式	パイプライン (流砂法)
ドラクライン方式	ドラクライン

表-5 養浜材料の投入方法の分類

直接置砂法	全面投入	海岸の全面に亘って砂浜を造成する方法 (投入後所定の断面に造るか、自然状態で安定させる)
	分散投入	海岸延長の何か所かに土砂を分散投入する方法 (投入後は自然状態で安定させる)
貯砂法	漂砂の上手側投入	沿岸漂砂の卓越している場所で、漂砂の上手側に土砂を投入する方法 (人工的供給源を乏し、自然の運搬力で下手側海浜に砂浜を造成する)
	沖合海中投入	海岸の沖合海中へ土砂を投入する方法 (流れ・波によって自然に岸へ運ばれ、砂浜を造成する)

を示した。多くの施工例や実験から、次のような施工が適当と考えられる。一般に土砂投棄作業は、波の静穏な時期を選んでできるだけ急速に行うのが良く、沖合海中投入よりも前浜への投入の方が効果的である。投入砂の断面については、盛土の形状は前浜をそのまま沖側へ前進させた形が断面の安定上適当である。後浜の高さは、浜の打上げを防ぐために現状より少し高めにし、従って前浜勾配も実際は少し急にする。なお波が後浜後部の護岸等に達すると、急激な砂浜の欠損の起こる恐れがある。

(5) 養浜の防護構造物の建設 波浪の激しい所に直轄養浜するのは危険であり、二色海岸の場合にも最初それで失敗している。そのため図-1 に示す様な各種の防護施設を設けるのが普通である。この内特殊な形式として

は、このマウンド方式がある。これは下層の材料の粒径が大きい場合サスペンディッドビーチともよばれ、潜堤や離岸堤と併用される場合もある。

ここで注意すべき点は、養浜地区を余り囲いすぎると波の侵入は減るけれども、海水の交換が悪くなり、環境悪化をもたらすことである。

なお他の潜堤方式はソ連で成功した例もあるが、須磨海岸の現地実験例では、このT型堤の方が有効の様である。もっともT型堤にするとそのL字型の内側が不規則な水深をもつようになり、海水浴場としては多少問題を生ずる恐れがあるという調査結果もある。⁴⁾ さらに養浜砂の囲いの突堤が下半側の海浜の欠損を誘発しないような注意も必要であり、逆に突堤を用いない場合は、養浜前から従来の海岸線に緩いテーパ（5度以下）でつなげるようにする必要がある。

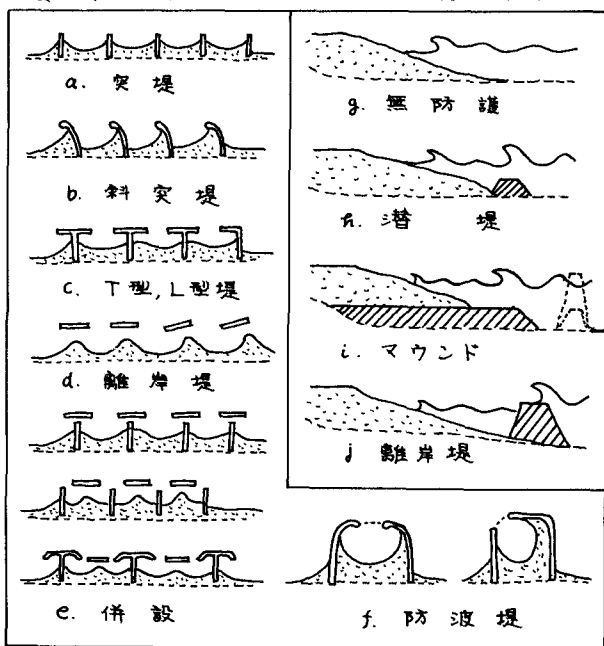


図-1 養浜砂を防護する施設の形式

(6) 養浜後の管理 各国の例をみると数%から

二十数%の養浜砂の年間損失は避けられないものと考えられ、土量の余裕、補給、整形を考慮しておく必要がある。砂浜の汚染除去のための砂のフラッシュ、清掃、さらには飛砂防止対策も欠かせないものと考えられる。

5. 養浜の計画 人工海浜造成計画の手順としては、(1) 地区の選定、(2) 地区の全体計画作成、(3) 実施(投資効果・方針、施設整備、管理・運営)計画・設計が挙げられる。(1)については、図-2を参考にして考えることができる。(2)、(3)の計画に当っては、① 工学(自然条件、侵食防止、施設等の配置、構造物の選定・安定性等)② 環境・造形(地域環境・景観との融合、造形上のデザイン)、③ 安全性保持(人命や負傷に対する危険排除)、④ 地域社会系(地域への社会経済的影響)と自然系(周辺地帯、水質・生態系への影響⁸⁾)へのアセスメント等の視点から接近する必要がある。表-6はこの計画手順を示したものである。ここで海浜の広さは、次式によって想定することができる。²⁾

$$(\text{所要海浜面積}) = \frac{(\text{日集中度}) \times (\text{年間利用人口}) \times (\text{1人当り海浜面積})}{(\text{回転率})} \quad \dots (2)$$

ただし、日集中度は計画利用人口(通常、日最大利用人口)を年間利用人口で割った値で、一般的には0.025~0.25であり、大都市近郊の海水浴場ほどこの値が高い。また、回転率は通常1.0~1.5であり、専ら海水浴場である地区では1.0に近く、名

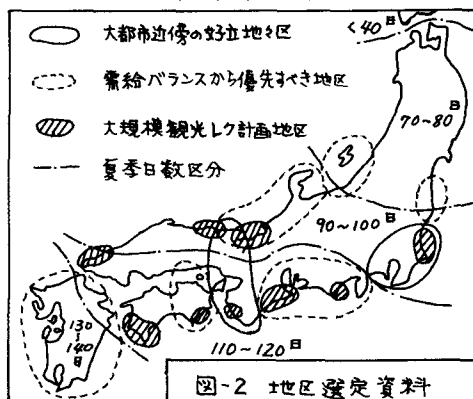
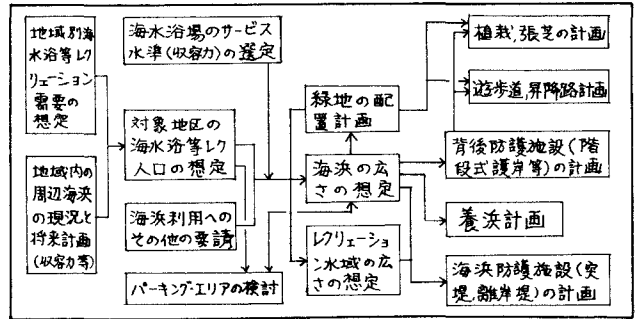


図-2 地区選定資料

勝、旧跡など他の観光機能が近くにある地区では、1.5に近い。さらに1人当り海浜面積については、2.を参照し、サービス水準を設定して定める。なお、日光浴、砂遊び等に利用する砂浜の中員は、利用の便利さ、心理的快適さ等により、100m程度が限度といわれている。最後に、養浜計画に当っては、適当な材料の入手可能性と経済性の検討も忘れることができない。

表-6 人工海浜造成の計画手順



6. 養浜の計画例(伊東港海岸) 本海岸は、近くに伊豆箱根国立公園と温泉地帯があり、初島を遠望する風光明媚な地区で、しかも熱海より国鉄で24分の交通至便の地でもある。現在の当海岸は砂浜巾20m程度、延長700mで、地元や京浜地区からの海水浴客は47年に16万人、日最大8.5千人、最大利用密度 $1.84/m^2$ と多い。しかも砂浜は侵食傾向にある。そこで本計画は図-3に示すとおり、整備目標年次である54年には、38万人、日最大1.9万人に $3.35万m^2$ の人工海浜(養浜量 $30.8万m^2$)を提供すると共に海岸侵食対策の一助とするものである。計画に当っては、冲波波高5m、周期9秒、潮位DL+2.2mを考慮し、離岸堤470mの新設と突堤の延長を行うこととした。また環境改善と利用の便を考へ、背後の $674m^2$ にわたり植栽を施すこととしている。

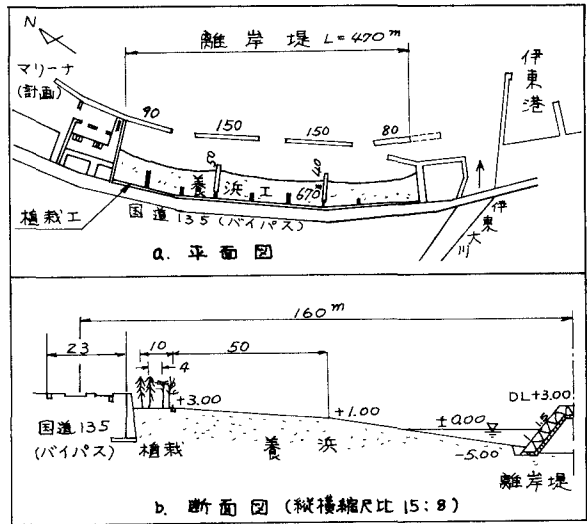


図-3 伊東港海岸における養浜計画

7. あとがき 以上述べたとおり、日本の海岸は海岸侵食と海水浴利用という基本的な面からみても環境改善の必要性が高い。現在の所、これに対応する海岸環境整備事業は、その全体的構想からすれば、まだ一部にしか手がついていない。今後とも本事業の一層の拡充に努力してゆく積りである。一方、技術的側面からみると、養浜工はわが国に於てはまだ日が浅く、将来ますます重要性をますます工法と考えられる。そのため、事前の自然条件調査とアフターケアの調査の重要性も高い。さらに、本稿で整理した養浜技術の定量的な見直しから始まり、美的造形計画・環境設計の手法、岸壁前面等の水深の深い地区あるいは外洋に面する地区での養浜手法、離岸堤内の海水交換・水質保全、養浜砂の海水浄化機能・生態系に与える影響、等々今後さらに調査研究を要する課題も多い。この点、関係各位の御尽力、御教示の程お願いする次第である。

- 8. 参考文献**
- 1) 田中・小笹・小笠原(1973): 海浜変形調査資料(第1報), 港湾技研資料, No. 163, 95p.
 - 2) 渡辺(1973): 人工海浜の造成と魅力ある海浜づくり, 海洋性レクリエーションの理論と実際, 日本港湾協会, pp.53~74. あらうは、魅える海辺, 雑誌港湾 73-8, Vol. 50, pp. 19~31.
 - 3) 運輸省港湾局(1974): 養浜特集, 港湾技術要報, No. 73,
 - 4) 佐藤・田中・佐々木(1973): 須磨海岸における養浜について, 第20回海講, 土木学会, pp. 489~494.
 - 5) 運輸省港湾局防災課・港湾技術水工部漂砂研究室(1973): 養浜工の概要, 50p.
 - 6) 永井(1973): 美しく快適な海岸づくり, 月刊建設 73-11, 全日本建設技術協会, pp. 11~19.
 - 7) 野尻・松井・妻木(1973): 海浜リゾートのプランニングについて(1), 第20回海講, 土木学会, pp. 145~150.
 - 8) 坂本(1956): 沿岸水生産力起源としての砂浜の重要性, 水産生物環境シンポジウム.