

22 東播海岸の浸蝕について

兵庫県土木建築部 小林嘉道

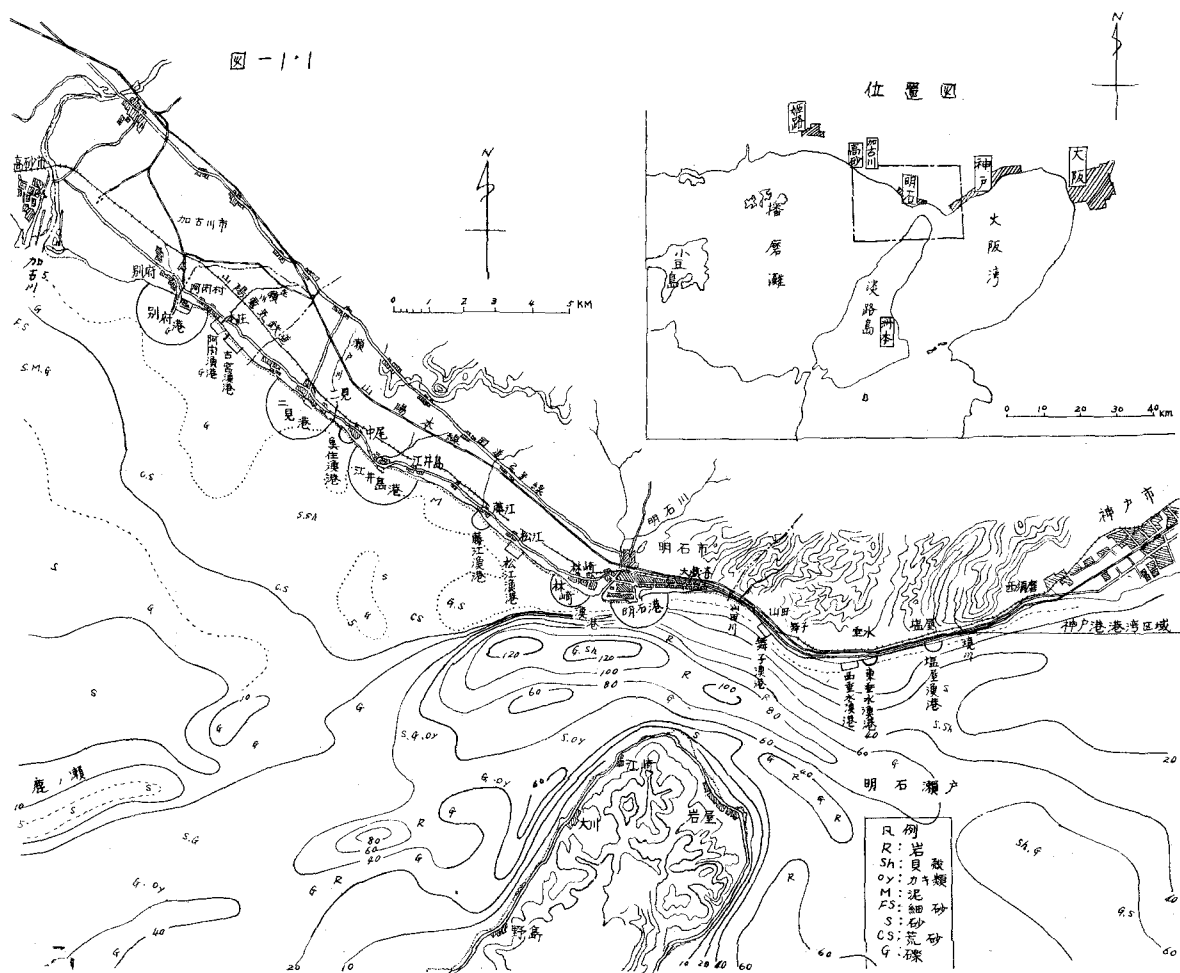
1 東播海岸とは

1.1 区域 (図-1.1参照)

大阪湾と播磨灘との境界である明石海峡を中心とする区域で、神戸港の港湾区域西端の境川河口より神戸市垂水区、明石市を経て、加古郡阿閑村鹿瀬川河口に至る延長約25 kmの海岸をいう。此の区域を海岸法上分類すると、表-1.1の如くなる。

表-1.1

区 分	港数	延長(KM)	主務省	管 理 者
一般区域		約 13.9	建設省	兵庫県
港湾区域	3港	約 5.9	運輸省	兵庫県
漁港区域	10港	約 5.1	農林省	神戸市 (4港) 明石市 (4港) 阿閑村 (2港)



1.2 地 勢

神戸市垂水区約7.6 kmは六甲山脈の西部が海に迫り、狭い海岸に国道2号線、国鉄山陽本線、私鉄山陽電鉄（共に復線）が走り、此間わずかな細長い土地に塩屋、垂水、舞子等の住宅街と公園があり、その地先に四つの第1種漁港がある。

明石市に入ると山は台地となり且つ海より約1 km後方に退き、その間に市街地が密集発達し西方明石川に至る。尚この地先に淡路島との最短連絡港たる地方港湾明石港があり発展を極めている。明石川は流域面積125.6 km²の準用河川で、砂防工事が発達し河床低下の傾向が顕著で海岸漂砂の補給源としては期待出来ないが、河口の東方明石港口間にはかなりの砂浜が残存する。

林崎漁港（第2種）より西方二見港（地方港湾）までの海岸には高さ約15 mの断崖が連なり、断崖上の平地には山陽電鉄線に沿って、林、松江、藤江、谷入木、八木、江井、島中尾、西岡、二見等の集落が連なり、酒、瓦、ゴム、その他多くの中小工場が発達し、集落間には水田が開けている。尚この間には酒、瓦工業に密接な関係を持つ江井、島港（地方港湾）と三つの漁港（第1種）がある。

二見港より西方阿閑村莊瀬川に至る間に上記断崖は次第に低く且つ傾斜もゆるやかになり海側に礫の多いかなりの浜地がある。台地上には二見、西二見、古宮の集落があり此の間に水田が開けている。莊瀬川より西方約6 kmに加古川が流入している。加古川は流域面積1901.57 km²の大河川であるが既改修河川であり、上流は砂防工事が大規模に施工され河口付近は河床低下の傾向が見られ、今後の砂防事業の推進に伴い本川がら海岸漂砂の補給は殆んど期待出来ない。

1.3 地 質

神戸市垂水区塩屋、垂水附近は第三紀中新層の上に洪積層（又は洪丘層）が被覆し、舞子附近は上部に砂礫層があり此と不整合に粘土、砂、礫からなる若い地層がある。明石以西は第三紀鮮新層（明石層群）の上に不整合に洪積層（播磨層群）が被覆している。明石層群は一般に古く粘土層は硬化して軟岩状をなし「なめどこ」と呼ばれ、断崖の下部又は海底を形成しており掘削しにくく層状に剥離する傾向がある。播磨層群は一般に軟かく断崖の上部を形成し浸蝕されやすい。

1.4 水 深 と 底 質

大阪湾では淡路島より海は深く約60 mの深部があり東岸に何つて傾斜は緩かであるが西岸には急である。底質は一般に細かく神戸港附近では泥が多い。明石と淡路島の間の明石海峡は巾約3.8 kmで最深部は159 mに及び鋭いV字状をなしている。海峡の中央以東では流心は畧々東西に延び、最深部も海峡の中央を通過して南北岸に対象的なV状をなしているが海峡の西では流心は南西方に曲り、最深部は北岸により、傾斜も北岸の方に急になっている。海峡部の底質は岩の露出しているところが多いが淡路島より所に依り砂、砂利がみられる。海峡の流心の西岸に沿って明石川河口から畧々南西に伸び鹿の瀬に達する細い浅瀬がある。鹿の瀬は最も浅いところでは水深5 m以下で底質は砂又は細砂である。この浅瀬の西側の播磨灘では等深線は畧々陸岸に平行し平均勾配は1/40、海岸より10 km以

遠では水深は畧々一定し20~30mとなっている。しかし海岸付近では松江、二見間と二見以西でかなり趣を異にしている。

即ち松江、二見間の断崖地帯では5mの等深線は海岸より数百米の位置にあるが二見附近から急に沖に出て海岸より4kmとなり、西方に行くに従い再び陸岸に接近し、別府港では約2kmとなる。海岸附近の底質も二見以西では荒く砂、礫が多いが、二見以東では江井島附近で最も細かく(平均粒径1mm)東方に行くに従って荒くなる傾向がある。陸岸を離れた播磨灘では西方に行くに従って細くなる傾向がある。

1.5 海浜の横断型状と底質

各地区毎の代表的横断型状を図-1.5-1に示す。大蔵海岸と谷八木海岸が最も砂堆が発達しており、従って此の地区が最も海底変動が激しいと思われる。又砂谷の深さは護岸築造の場合根入深さを決定する上に考慮すべきことである。尚過去数回の測量の結果約3m以深は殆んど変化がない様である。

水中部の底質は図-1.5-1の通りあまり変化なく、特に砂堆より沖側では何所も0.3~0.6mm程度で殆んど一定している。

汀線砂の粒度分布は図-1.5-2に示す。大蔵海岸、林崎港~江井島港、江井島港~二見の三地区に大別され、夫々西側が小さく東側が大きく、最大10mmを越えるものがある。之は突出部の影響が表はれていると思われる。

図-1.5-1 海浜横断面図

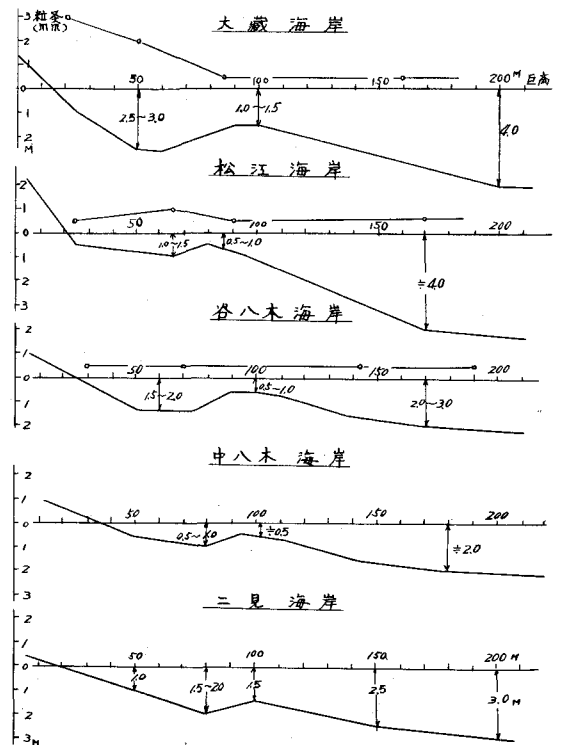
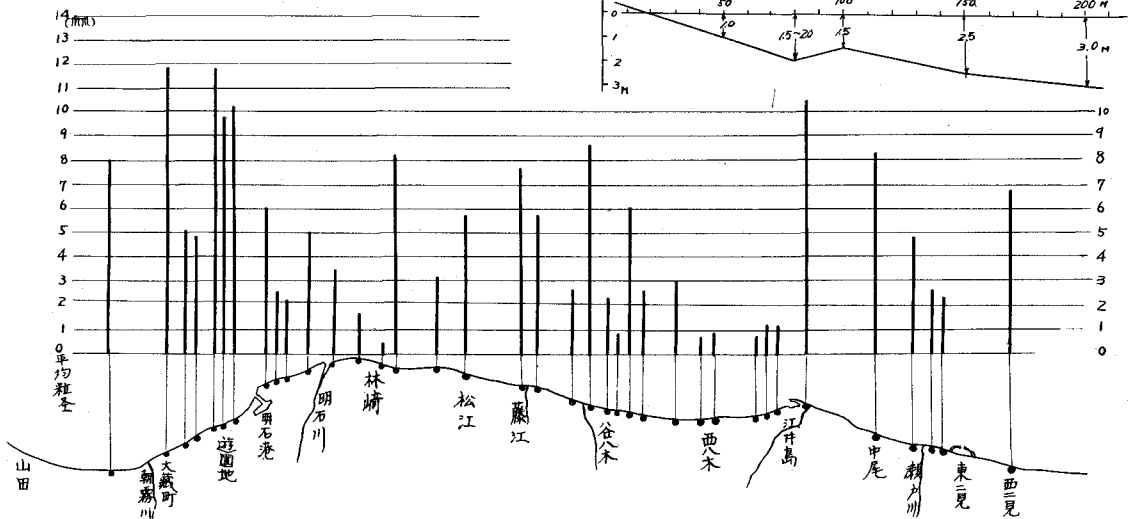


図-1.5-2

汀線砂粒度分布図



1.6 海象

(1) 風 一明石では冬、北～西の風が多く、夏には西～南の風が多くなる。10%以上の強風の風向は南～南東が多く約40%に及んでいる。別府では冬西及び北東の風が強く夏南～南東及び北東の風が多い10%以上の強風は西が約30%を占め、次いで南～南東が合計で30%に及んでいる。風の強いのは冬季の季節風と夏季の台風であるが頻度は断然冬季に多く、春先の日本海で低気圧が発達するとさも強い。

(2) 潮 汐 一明石海峡より瀬戸内一帯は月潮不等が大きく月の中半数は1日1回潮で、特に明石では顕著であつて日週期の最大潮差は10.0cmで半週期の最大潮差6.0cmの約1.7倍に及んでいる。これは日週潮が進行波の性質をもつてに対し、半日週潮が明石を節点とする定常波的性格をもっているためと考えられる。しかし神戸室津間の潮位差では半日週期は大きく、日週期はその0.3倍程度となる。

(3) 潮 位 一明石港に於ける大正9年～13年の統計による平均満潮位、平均干潮位は夫々基準面(東京湾中等潮位下1.045m)上1.732m、0.362mである。又台風時の異状潮差は室戸台風で1.90m、ジーン台風で1.00mであつた。

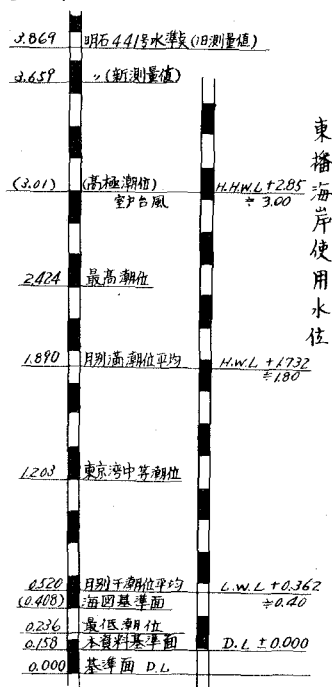
(4) 潮 流 一朝汐の日潮不等は顕著であるが、潮流は1日2回転流し明石瀬戸では低潮後3時間から西流が起り、次の高潮後3時間で東流となる。流速は流心部で大潮時4.5kt(約2.2% $\sec$)に及ぶ。播磨灘では西方に行くに従ひ高低潮時から転流までの時間は短くなる。又江井島、林崎沖での潮流観測では海岸近くでも潮流はかなり早く、水深方向の流速の変化が小さいことは注意を要する。

(5) 波 一対岸の淡路島の関係から明石瀬戸と播磨灘では波の様子とは相当異なることが考へられる。明石瀬戸の東方では、南東方向の吹送距離が大きく約3～40kmであるが、海峡部では南西及び南東方に大きく南方に小さい。播磨灘では西方に対し急に長くなる。従つて明石瀬戸東方では南東風に、海峡部では南東及び南西風、播磨灘では西風の影響が大きい。

1.7 災害

兵庫県災害誌によると西暦674年より同1854年迄に当地に影響した異状気象の中残存する記録は20に及び明治以後は、明治年間46回、大正年間14回、昭和年間44回(31年迄)合計106回の異状気象が当海岸に災害を与えている。以上の中当地に明かた大被害を生じたもの16回を算へることが出来る。昭和20年以降29年迄の公共災害復旧費は1.6億円(昭和29年物価に換算)年平均 約1.6千万円である。

図-1.6



2 浸蝕状況と原因

2.1 浸蝕状況

(1) 古文書による記録 一当地に大きな砂浜があつたことは奈良朝時代(1232年前)に山部赤人の歌にあらわれており、延宝年間(約260年前)に明石藩主松平倍之が谷入木海岸に砂防植林とした記録があり、享保年間(約200年前)の明石城下図に現在の明石港口東方に大きな巾の松林と砂浜があつたことが推察され、又文化元年(154年前)の大蔵所附近の写生画によると現在の民家の海側に同様の松林、砂浜があつたことが証明される。嘉永6年(105年前)の谷入木・長光寺の過去帳によると現在の位置より西南約500mの海中に当時の寺があつたことになる。

(2) 地籍図並に漁師の言

明治末期の地籍図と現在の海岸線を比較すると、図-2.1-1の如く海岸線の後退は年平均1~1.5mとなる。

又30~40年前に築造された護岸の中良好な維持によつて現存するものについてその根入の露出状況を示すと図-2.1-3の如く30年~40年間に2m程度浸蝕されたことがわかる。

(3) 実測図による資料

昭和5年、25年並びに31年に平面測量が行はれているが5年と25年の平面図を重ねてこの間20年間の汀線後退量を示すと図-2.1-2の如くなる。東江井の後退量が大きいのは江井島港が突出しているためと考へられる。

2.2 土砂の補給源

海岸漂砂の補給源としては本区城西

端より西方6kmの加古川と明石川の二河川以外は見ることがない。

加古川 一昭和29年と31年に測量した河口の深さ図を比較して見ると河口の東側に小規模の洲が見られるが29年にくらべ31年には-1m及び±0mの等深線が陸側に移動している。

又河道内では河床が全体に低下し特に橋脚及び床止めには明かにその根跡が見られ、又この事実は昭和10年頃より砂防事業が箇所数も増加し質的にもダム工事が多くなっている事実からもうなずかれる。以上諸事より加古川の送流土砂は年々減少し、従つて海岸の土砂

図-2.1-1

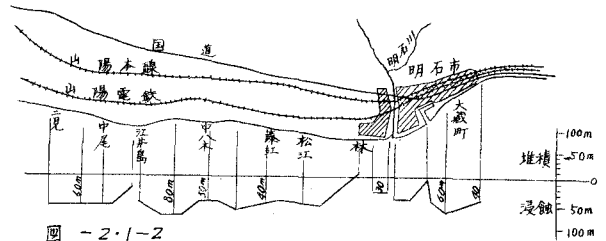


図-2.1-2

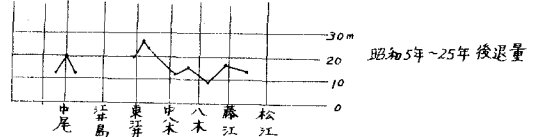
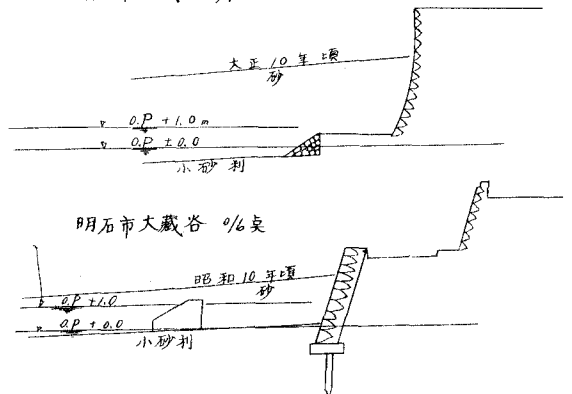


図-2.1-3

明石市大蔵谷 9/4 図 (昭32.6.21実測)



補給源として期待することは困難である。

明石川 一昭和5年と26年に河口部を測量した深浅図があるが加古川の場合と異り、昭和5年当時でも河川洲が認められず2m以下の深浅が陸側に移動しており横断面を比較してみると5年～26年の間に海底は平均約60cm低下している。河道内でも河床が低下しており、その顕著な例として、河口より約1km上に山陽電鉄線の旧橋脚があるが此は橋脚を移転当時、元の橋脚を当時の河床面又はそれ以下で切断したもので、現在は河床から50cm程度露出している。又砂防事業は加古川より小規模ではあるが、同じく昭和10年より箇所数は増加している。

以上の諸点より明石川は加古川より更に漂流土砂が少く、且つ年々減少すると考へられ海岸の土砂補給源としては期待出来ない。

2.3 漂砂の移動方向

(1) 構造物による判定 一昭和26年～27年に施工した四地区の突堤群について河線の変化を調査した。

a. 大蔵海岸 (図-2.3-1) 一昭和27年8月では河線は突堤の東側がはるかに西側より前進したところがあり河線の法線方向は大体南である。28年3月には西側が東側より前進し法線方向はSSW～SWである。同8月には冬の傾向を完全に打ち消してはいないが突堤の両側に於ける河線の相異は小さくなり法線方向も畧々南にもどつている。

要するに夏季の漂砂の移動方向は東より西に向い、支配的波の方向は南であり、冬季は西より東へ向い、波の方向はSSW～SWである。

本地区の特徴は夏季と冬季と傾向が明瞭に分かれていることである。

b. 松江海岸 (図-2.3-2)

前述の地区と畧々同様の傾向が見られるが、夏季の河線の法線方向が畧々SW、冬季のそれはWSWで、前述の大蔵海岸と比べて波の方向が西向きに偏っており、又河線が夏季に前進し、冬季に後退する傾向が著しい。

c. 谷入木海岸 (図-2.3-3)

河線が夏季に前進し、冬季に後退することは前述の海岸と同じであるが夏季冬季を通じて突堤の西側が東側より前進しており、又河線の法線方向は年間を通じて畧々SWである。即ち夏季でも波向はSSWと西に偏っており、従つて漂砂は年間を通じて西より東へ向つていと考へられる。

図-2.3-1 大蔵谷海岸

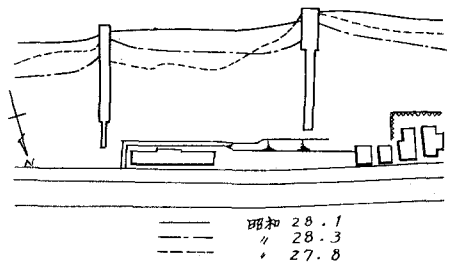


図-2.3-2 松江海岸

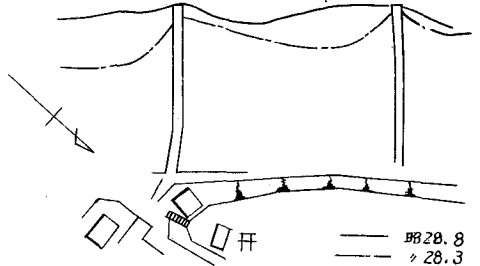
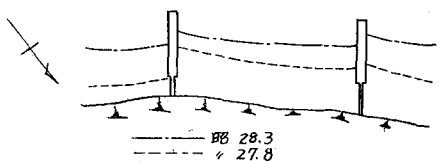
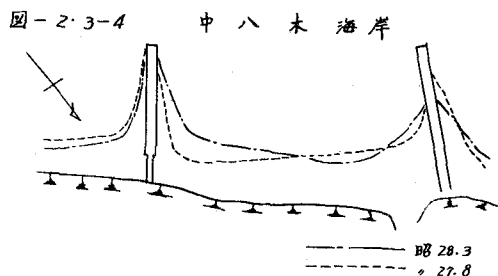


図-2.3-3 谷入木海岸



d. 中八木海岸 (図-2・3-4)

当地区の海岸の法線がSSWで谷入木のSWに比べ南方向に偏していることが影響して、夏季の汀線はいくらか南に向く傾向がある。此は海岸線が南に偏していること、すぐ西側に江井島港が突出してその陰になることにより、西からの波が弱められるためと思はれる。



以上4地区の状態を要約すると、漂砂の方何は大蔵海岸では夏季は東から西へ、冬季は西から東へ向うが、林崎渡港より西へ行くに従って夏季の西向きの流れが弱まり、谷入木以西では年間を通じて西から東へ向う。此は林崎渡港を境として海岸線が大きく曲り、東側はほぼ南に面するに対し、西側はほぼ南南西に面し方向がかなり異なること、淡路島その他地形的条件が異なることが海岸に対する外力の性質を変化せしめているためであろう。

(2) 粒至による判定 一前述の通り林崎渡港以西では漂砂は西より東へ向うが、此は平面図の底質分布の状態でもうかがわれる。即ち汀線の粒至は、二見港以西では砂利、以東では砂となっているが、これは加古川より流出した砂利が東に移動したことを物語っている。

(3) 風の特性による判定 一大蔵海岸のみは海岸線がほぼ東西に走り大阪湾に向って開けているが、林崎渡港以西は海岸線が東南東から西北西に走り播磨灘に面しており、しかも南から東南東にかけては淡路島にしゃへいされているので、両地区で風の特性が異なっているものと考えられる。従って大蔵海岸に対しては明石の風を、林崎以西については別府の風を分析してみる。

風資料の中 5%以上の海風のみを取り出し、それを海岸線の法線方向によって東向きの漂砂を生ずる成分と、西向きの漂砂を生ずる成分とに分ける。大蔵海岸では、明石の(ESE, SE, SSE, S)の方向の風が西向き成分(SSW, SW, WSW, W, WNW)の方向の風が東向き成分となり、林崎以西では、別府の(ESE, SE, SSE, S, SSW)が西向き成分、(SSW, SW, WSW, W, WNW)が東向き成分となっている。各月の西向き成分と東向き成分の風回数の代

数之和は漂砂の移動方向とその強度を示す指標と考へられる。但し大蔵海岸及び、林崎以西海岸共、表-2・3の如く方向によって対岸巨離が甚だしく異なる故

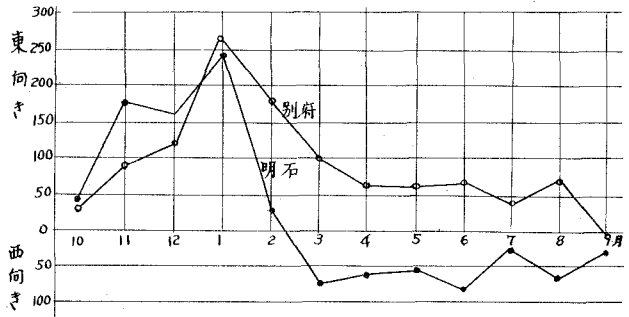
表-2・3

地名	方向 (西向き成分)	対岸巨離 (KM)	方向 (東向き成分)	対岸巨離 (KM)
大蔵海岸	ESE	38	SSW	49
	SE	38	SW	61
	SSE	38	WSW	74
	S	34	W	0
			WNW	
二見海岸	ESE	0	WNW	43
	SE	15	W	30
	SSE	10	WSW	51
	S	19	SW	69
	SSW	41	SSW	40
八木海岸	ESE	0	WNW	47
	SE	7	W	34
	SSE	9	WSW	54
	S	11	SW	73
	SW	19	SSW	19

風回数を計算するに当っては、対岸巨港について重み附平均をとることが必要である。

大蔵海岸では東向き成分の対岸巨港の総和と西向き成分のそれとほぼ等しいから重みは1:1でよい。然し林崎以西では東向きと西向きの比率は約4:1であるので西向き成分を4倍して計算すべきである。此の様にして求めた風の回数差を図-2.3-5に示す。

図-2.3-5 10%sec以上の風の回数差



明石では10月～2月の間は東向き成分が大きく、3月～9月の間は西向き成分が大きい。然し年間を通じて東向き成分が大きい。

別府では9月にわずかに西向き成分が残る以外は年間を通じて東向きが卓越している。然し10月～3月にくらべ4月～9月の間は強度が小さい。此の特性は前述の構造物による漂砂の移動方向の判定と全く一致している。

2.4 流れの特性

(1) 潮流 一陸岸近くの潮流については昭和25年6月に明石港口、林崎港口、藤江地先、江井島港口附近で調査したが1例として林崎港口の調査について検討してみる。此の時の明石の潮差は約4.5cmで小潮であるが表面の潮流流速は西流及び東流とも0.6%sec。

水深3.5mの水底近くでも0.4%secにおよび、しかも表面と水底との流速の差はごく少ない。水底の流速を0.4%secとしてこれが移動し得る砂粒径を求めれば

$$d_m = 2.5 u^2 \quad \text{----- (1)}$$

$$d_m = \text{砂粒径 (mm)} \quad u = \text{流速 (\%sec)}$$

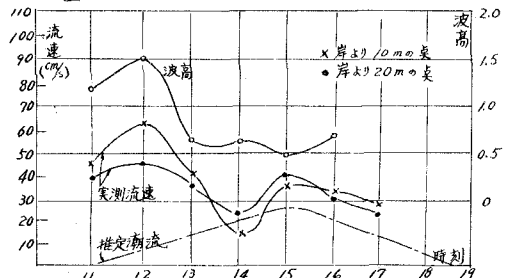
から $d_m = 0.44 \text{ mm}$ となる。一方この海岸の砂粒径は水深2～4mのところでは0.3～0.6mmであるから、小潮においても潮流の最盛期には海底の粒子は移動の限界状態にあり、これに波による流れが加われば盛な移動を開始することとなる。

(2) 風浪による流れ 一昭和26年1月に二見で行った観測より風浪による流れを見積りてみる。

この日10時～16時の間風速約10m。風向WNWの風が吹き続き周期4sec。波高1～1.5mの波がW方向からおしよせた。この際海岸附近で観測した流れは図-2.4の如くで波高と共に流速がまし、12時頃に流速は最大となり、0.6%sec程度に達した。

またこの流れの方向はSEでほぼ海岸に平行に西から東へ向っていた。一方この時の二見沖における潮流は16時頃に最盛期

図-2.4



で海岸近くの流れとは明らかに趣を異にしている。二見沖での潮流にあわせて海岸近くの潮流を推定すると図中の矢線の如くなる。流れの実測値と推算潮流との差は波によって生じた流れであり、その速度は11～12時頃には約0.5‰に達している。前項に述べた通りこの海岸の砂粒子は平時の潮流0.4‰と漸く均衡する程度の大きさであり、これに波が加わるときは、波高1.0～1.5 mの波で更に0.5‰程度の流れが加わるので直ちに均衡状態は破れ盛に移動を始め海岸の侵蝕が激化することになる。

3. 対策事業

3.1 外力

(1) 波 一明石岬よび別

存の風資料から、強風の風速と吹続時間も求めS.M.B法で、波を推定すると表-3.1の如くなり、これを参照して

大蔵海岸の計画波は

波高 3.3 m 周期 6.5 sec

林崎以西については

波高 3.0 m 周期 6.0 sec

をとる。

(2) 潮位

計画基準面はすべて東京湾中等潮位下、1.045 mを採用し明石港の検潮記録による

平均満潮位 +1.732 m $\approx$ +1.80 m

平均干潮位 +0.362 m $\approx$ +0.40 m とした (図-1.6参照)

又室戸台風時の高極潮位は+2.85 mでこれは上記の平均満潮位(+1.80 m)にジェーン台風時の異状潮差(1.00 m)を加えたものには等しく

計画高潮位は+3.00 m とした。

3.2 工法

対策としては、侵蝕防止に直接効果のある護岸工を主体とし、波の勢力を減退し護岸の去泥の洗くつを防止する対策として平行防砂堤を合せ施行するという方針をとる。

在来護岸のある箇所については、その根固補強と平行堤を設ける。又平行堤は底質が相当厚い砂礫である場合は捨石工法が最も有利と考へられ「ナメドコ」が露出し或はその上の砂礫層の若い場合は、「コンクリートブロック」工法を採用したい。但しその構造配置等細部の設計には水理実験を行い、その結果により施工すべきであると考へている。

各工区別の計画工法の概要は次の通りである。

(1) 神戸市垂水区

在来護岸の根固め補強と、平行堤を設ける。

表-3.1

大 蔵 海 岸					林 崎 以 西 海 岸				
方 向	対岸距離 (km)	風速 (%)	波 高 (m)	周 期 (sec)	方 向	対岸距離 (km)	風速 (%)	波 高 (m)	周 期 (sec)
ESE	38	20	3.3	6.5	ESE	0	—	—	—
SE	38	10	1.0	4.0	SE	11	—	—	—
SSE	38	10	1.6	5.0	SSE	18	25	3.0	6.0
S	3	—	—	—	S	19	20	2.3	5.5
SSW	4	—	—	—	SSW	41	15	2.7	5.5
SW	61	10	1.0	4.0	SW	69	10	1.0	4.0
WSW	74	10	1.0	4.0	WSW	51	12	2.2	5.7
W	0	—	—	—	W	30	10	1.5	4.5
WNW	0	—	—	—	WNW	43	10	1.0	4.0

(3) 明石市林崎以西阿閉村
まで (西=見を除く)

(4) 明石市西二見
この地区はせまい下り砂浜が残っているので、防砂突堤群により漂砂の変動を防ぎ得ると考えられるので、護岸、平行堤は計画しない。

前述の対策工事を実施するものとして、事業費の概算を計算して見ると表-3.3の如くなる。

图-3.2

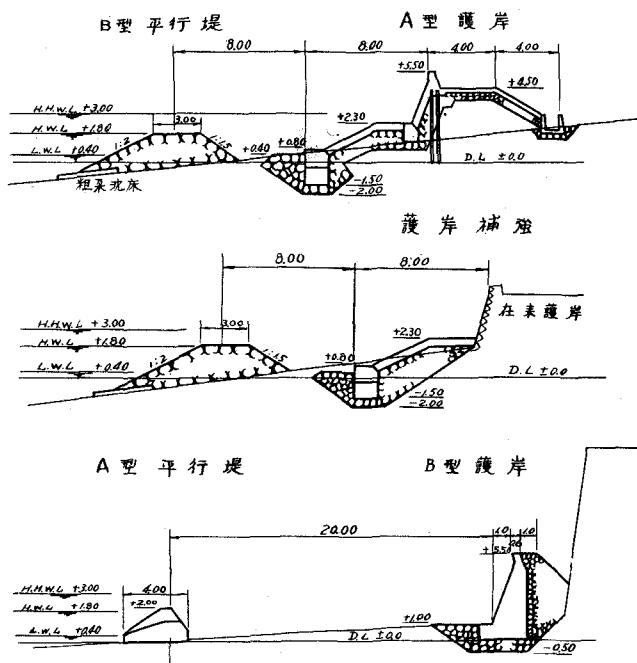


表-3.3

主 務 省	施工延長 (m)	金 額 (千円)
建 設 省	12,905	2,100,000
運 輸 省	5,310	520,000
農 林 省	3,960	500,000
計	22,175	3,120,000