

東京湾湾口(富津埼)における漂砂について

石下 禎重*・中 橋 新**・奈須 紀幸***

1. は し が き

富津埼は東京湾湾口部、千葉県富津より西側に突き出した砂州で、その先端部に第一海堡がある。その西に第二海堡があり、第一海堡から第二海堡にかけては水深4~5mの浅い海で海底の鞍部を形成している。第一海堡の南西に第三海堡があり、第二海堡、第三海堡の間が外海から東京湾内諸港へ通ずる主要航路に当たっている。この航路は、屈曲している上に従来から漁船の操業、往復もひんぱんで危険の多い場所であるが、さらに近年、ますます発展する湾内の臨海工業は必然的に船舶交通量の増大をもたらし、湾口部の観音埼、第三海堡、第二海堡の狭水道において船舶の輻輳が激化し、海難事故が頻発している。

その対策として、大型船と小型船の航路分離、出入別の分離、千葉港側への航路の分岐設定などが考えられ、第一海堡、第二海堡間の新航路の開削が検討される段階に来ている。

これらの湾口航路計画に資するために、昭和36年度に潮流観測、汀線測量、底質調査、土質調査、昭和40年度に貯砂箱による漂砂移動状況調査、捕砂竹による調査、底質分析、昭和41年度に深浅測量など一連の漂砂調査を実施した。調査としては中間的な段階であるが、いままで得られた成果の要点について報告するものである。

2. 調査地域特性

図-1に富津埼の位置図を示す。富津埼は千葉県中央部房総半島西海岸にあり、東京湾をへだてて横須賀に面している基部幅約1km、東西方向長さ約4kmの三角錐状の砂州で、付近には小櫃川、小糸川、湊川などがあり、小櫃川、小糸川河口には三角州が発達している。この富津埼と第一海堡をつないだ西側は、東西方向約1.5km、南北方向約2kmの範囲に、水深4~5mの台地が形成されている。富津埼周辺は東京湾でもっとも狭い部分に当り、潮流の比較的激しい地域となって

いる。この付近の波高観測は昭和37年7月から第三海堡北東側で、昭和40年4月から第二海堡北東側でそれぞれ行なわれている¹⁾。それらのうち昭和41年3月~10月までの波高および周期の未超過確率図は図-2のとおりである。両海堡とも観測期間中に関する限り、波高0~

図-1 富津埼位置図

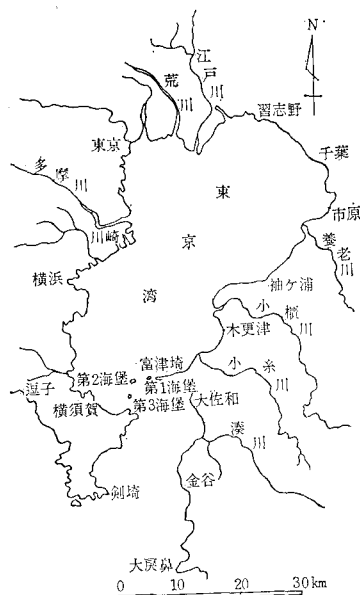
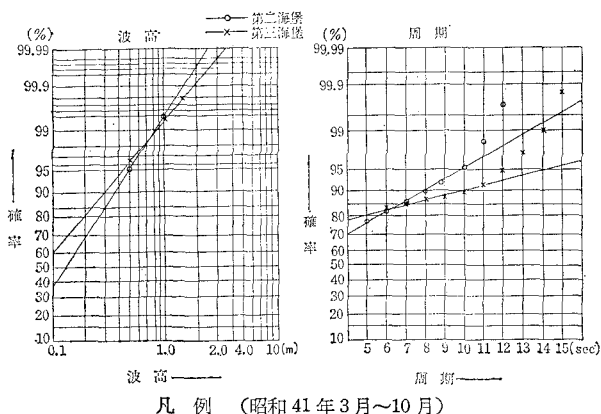


図-2 波高および周期未超過確率図(第二および第三海堡)



* 正会員 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所長

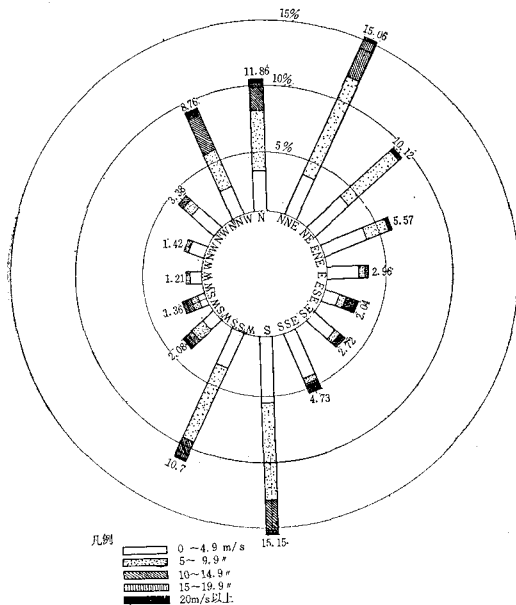
** 正会員 運輸省第二港湾建設局横須賀港工事事務所長

*** 理 博 東京大学海洋研究所教授

0.49 m の波が 95% 以上を占めている。周期は 5 sec 以下が約 80% で圧倒的に多い。

風資料は、第二海堡において昭和 36 年 8 月から気象庁気象研究所により測得されている²⁾。図-3 は昭和 36 年 8 月~37 年 7 月までの風況図であり、S, SSW, のほかは、NNE~NNW が非常に多いことを示している。

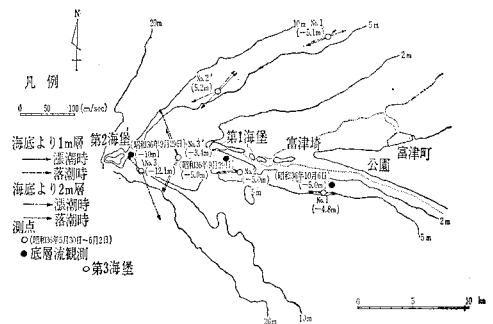
図-3 風 況 図
(昭和 36 年 8 月~37 年 7 月)



この付近の流況は、図-4 に示す位置において大潮時に 24 時間連続の定置観測 (6 カ所) と 1 週間の底層流観測 (3 カ所) の調査を行なった³⁾。調査結果は図-4、図-5 に示す。

流向から判断して、富津州南北両側から富津先端を巡る一連の往復的な流れがあると思われる。各測点の流速は大体上層で大きく下層は小さくなっている。また測点 No. 1, No. 2, No. 3' は漲潮時、測点 No. 1', No. 2', No. 3 は落潮時の流速が大きい。No. 3, No. 3' は 100 cm/sec 前後の流速が観測された。図-6 は潮流槽田曲線の一例である。底層流観測については流速および流向

図-4 各層別漲潮落潮時最大流速および流向

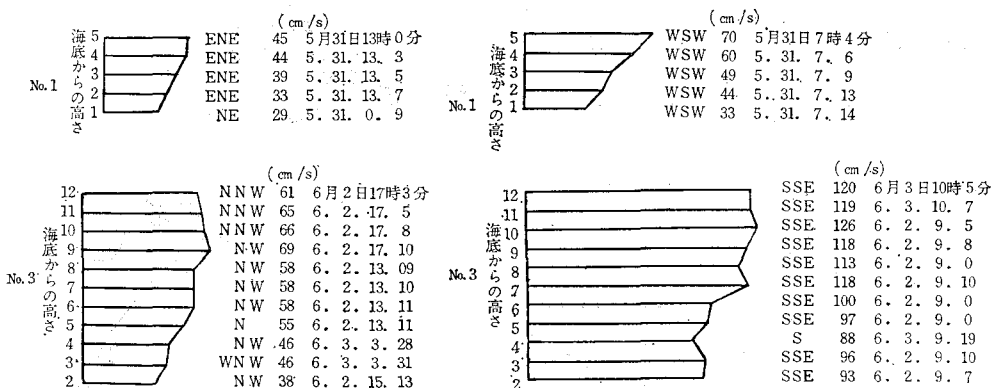


と潮位記録の一部を図-7 に示す。観測期間中の最大流速は 31 cm/sec, 流向は漲潮時, 落潮時とも第一海堡南側では W 方向である。図-8 は東京湾全域の潮流図である。この図からも富津州南側に W 方向の恒流が存在していることが明瞭である。

図-9 は、昭和 35 年の海図から作成した 富津埼海底勾配である。この図から富津埼南側前浜は急こう配であり、相当複雑な地形をしていることがわかる。また、第一海堡、第二海堡中間は相当広い範囲で水深 5 m 前後の鞍部を形成していることがあきらかである。富津北側は比較的こう配がゆるやかであることから、南側は北側より波の営力などによる影響がより大きいと考えられる。

一方、首都圏整備委員会事務局で作成した航空写真などから判断すると、南から来た漂砂が富津埼先端をまわりこみ、富津埼北側にそって東に向かって行く様子がよくわかる⁴⁾。たとえば、富津南側磯根岬に防波堤があり、その南側に相当量の土砂の堆積がみうけられ、さらに北の岩瀬川河口の突堤も南側の堆積土砂がはるかに多い。富津先端付近を観察すると明らかな漂砂のまわりこみが見られ、富津州北側では東向きのサンドスピットの形成、富津港あるいはその東側の突堤周辺の西側の堆積が見うけられる (図-10)。ところが、さらに東寄りの小

図-5 各層別漲潮落潮時最大流速図

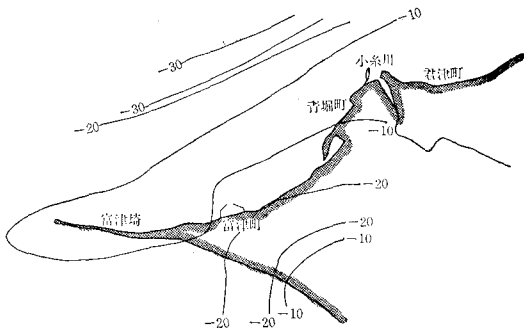


糸川河口付近では、小糸川の流出土砂が徐々に砂州を形成し、青堀町にかけて逆に西に向かって堆積している傾向がみられる。小糸川をこえてさらに東によると大体西に向かって堆積している状況である。以上の事実より判断すると、青木付近のサンドスピットの西側付近では漂砂の動きが東向き、西向きとも少ないと考えられるであろう。

3. 富津埼の成因と変遷

房総半島は房総丘陵を中心として南北に漸次低くなっている。この丘陵から東京湾に向かって養老川、小櫃川、小糸川、湊川などが流入しているが、これらはいずれも北に向かって流れ、ある程度の低地に至って西流している。これらは河口で広い三角洲を形成し、海に向かって浅大な海域を作っている。富津埼は小糸川の河口の西に当り砂州の良く発達したところである。養老川、小櫃川河口付近は砂の堆積厚さは2~10m前後であるのに対して富津周辺では20m近くに達している(図-11)⁵⁾。この沖積層下限図より推定される埋積谷より判断して、昔は小糸川河口が南西に向かっていった可能性が推定されるのに、現在では北西に方向転換していることが注目される⁹⁾。養老川、小櫃川についても多少なり流路変更はしているがさほど大きくはないようである。

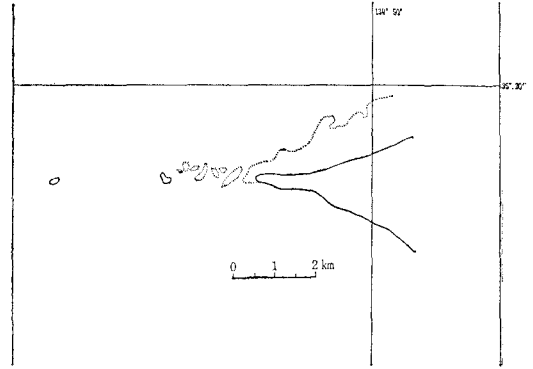
図-11 沖積層下限図



富津埼の南側斜面においては急勾配でしかも複雑な地形をしており、海岸は海蝕をうけたような急こう配の地形を呈している。堆積物は細砂である。北側の斜面は比較的ゆるく平坦で、堆積物は砂でもどちらかというと粗砂である。また、第一海堡と第二海堡の間は比較的粗い砂が南西から北東にかけて分布している。古い文献により、明治時代海堡を旧陸軍が作ったときの測量図(図-12)をみると、現在のように海堡と連続していない⁷⁾。以上の事実により総合的に以下のように推定される。

洪積世時代にすでに第一海堡付近まで現在の富津埼より北の位置に、成田層群の地蔵堂層と思われる地層が細長く東西方向に露出していて、それが現在の富津埼の基礎となっていることは確実のようである。沖積層前期には、小糸川の土砂などがこの付近一帯に供給されていた

図-12 明治初期の富津州



のであろう。さらに小糸川の流路が、地殻変動などの原因によって北西向きを変えたころには、南からの潮流、波などによる砂の供給、堆積が、小糸川による砂の堆積とのバランスを破って、サンドスピットを形成しつつ富津埼が西へ延びていったのであろう。航空写真や5万分の1の地形図などからわかるように、漂砂は富津埼の先端をこえて越流しているようであるが、その割によく連続した形状を示し、かつ、微地形的にみると富津埼北側に北東に向うサンドスピットがみられ、一方、小糸川より供給される砂が南西にまわりこんでいる。これらは潮流と地形による局地的現象であり、かつ、土砂の供給と堆積の平衡状態を示すものと考えられる。現在、

図-13 富津埼の変遷

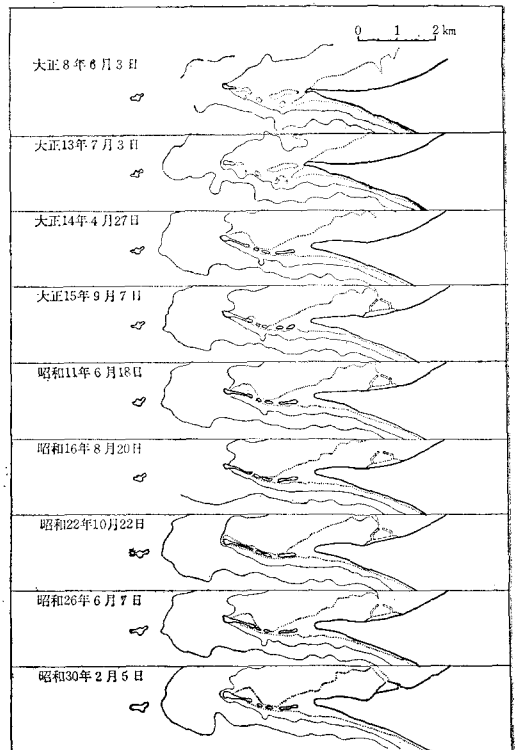


図-14 富津埼周辺土量計算範囲図

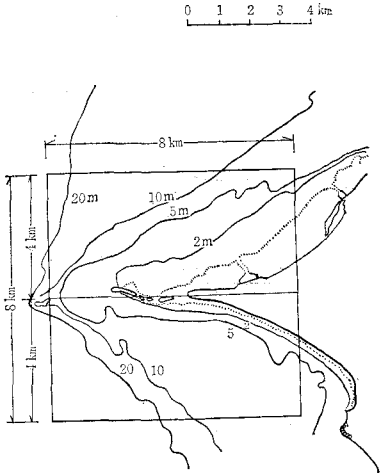


図-15 富津埼周辺土量変化図

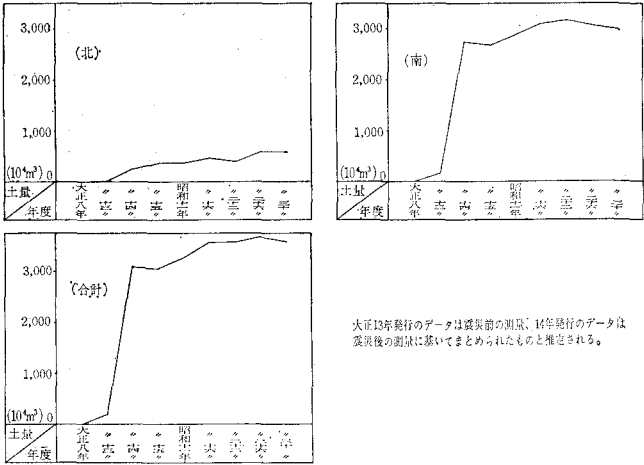
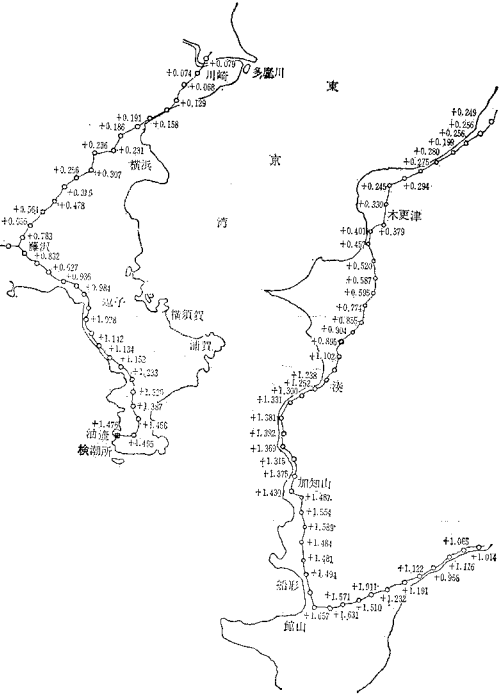


図-16 関東大震災による東京湾沿岸地方の地盤垂直変動図 (単位: m)



に富津埼周辺に南北の区域を定め、当該区域の土量の変化を計算した (図-15)。図-15 によれば大正 13 年と大正 14 年の間に変化のあったかはほぼ平衡状態を保っているといえよう。特に昭和 16 年以降は平衡状態を保っているように見うけられる。この大正 13 年ごろの比較的大きな変化は、大正 12 年 9 月 1 日に発生した関東大地震にさいして、この付近の海岸一帯に急激に隆起ならびにそれに続く徐々の沈降復元への過程が漂砂量の変動をもたらした結果であると推定される。図-16 は、大正 13 年 3 月調査された旧参謀本部陸地測量部の既設一等水準点の検測の結果である⁸⁾。

4. 底 質 調 査⁹⁾

図-17~18、図-21~22 に示すのは、富津埼の砂州を形成する砂質の移動経路を推定し、その供給源を探るために行なった底質調査の調査結果で、房総半島西行各河川、房総半島西海岸および富津州周辺の浅海底の 3 区域から採砂した。

(1) 粒 径 分 析

ここでは粒径を ϕ 尺度で表現している。

$$d = \frac{1}{2^\phi} = 2^{-\phi}$$

d, ϕ の関係および土質の区分は表-1 の通りである。結果の表示はインマンの表現法を採用した。

$$\text{中央粒径 } M_{d\phi} = \phi_{50}$$

$$\text{平均粒径 } M_\phi = \frac{1}{2}(\phi_{16} + \phi_{84})$$

$$\text{淘汰度 } \sigma_\phi = \frac{1}{2}(\phi_{84} - \phi_{16})$$

小糸川から吐出される土砂は当時のそれよりはるかに少ないものと推定され、流路も一応安定した川となっているのであろう。潮流による南からの漂砂の越流によるサンドスピット現象も、現在はすでに一応安定していると考えられよう。図-13 は大正 8 年から昭和 30 年までの海図による富津埼の変遷である。図-14 に示すよう

表-1 d, ϕ および土質区分との関係

ϕ	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
d mm	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	
区 分	レ	キ	極粗砂	粗 砂	中 砂	細 砂	極細砂	シ	ル	ト		

図-20 富津埼周辺の中央粒径

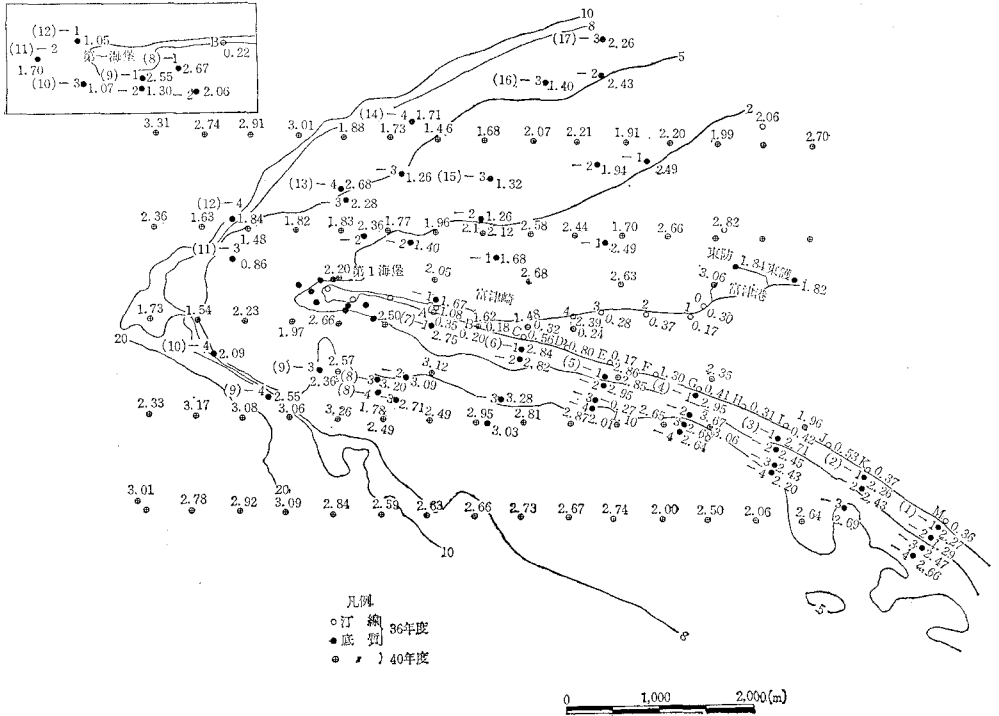


図-21 円 磨 度

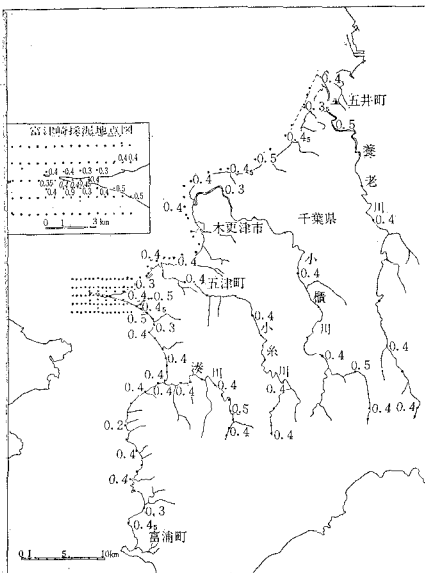
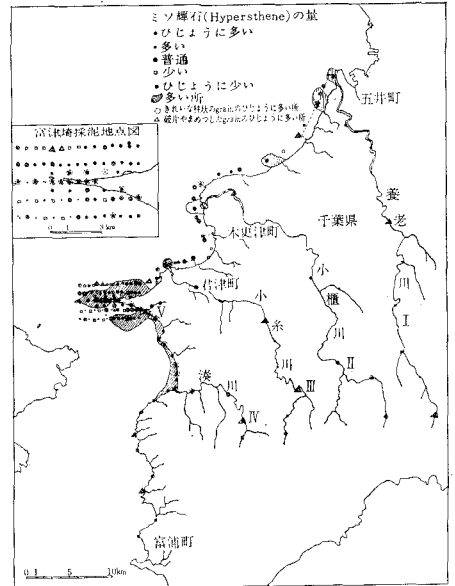


図-22 シン輝石分布図



以上を総合して考えると、富津州以南の海岸沿いには南から北へ富津州へ向う砂移動は行なわれているが、湊川河口をこえて北から南へ向うような大きな移動はないことを意味している。富津州以北の海岸沿いには河口付近のみにシン輝石が多く見うけられ河口以外のところでは少ない。養老川河口、小櫃川河口をつらねて北から南に沿岸沿いに富津州へいたる大きな砂質移動は現在は余

り活発ではなく、同様に南から北への移動も余り行なわれていないのであろう。

5. 貯砂箱および捕砂竹による調査¹⁰⁾

昭和 40 年度に深度別浮遊砂濃度分布と深度別転流砂を調査するために 図-23 の位置図および構造図のごとく、鉄製貯砂箱と捕砂竹による調査を実施した。測定の

表-2 貯砂箱堆積量

(単位: 10^3cm^3)

箱番号	測定回数 設置年月日	第1回 昭和 41.1.6	第2回 41.1.10	第3回 41.1.12	第4回 41.1.21	第5回 41.1.29	第6回 41.2.5	第7回 41.2.9	第8回 41.2.25	第9回 41.3.9	変動量	設置水深
1	昭和40年 12月25日	6	35	83	105	163	175	113	188	250	368	-15m
2	"	65	81	150	108	133	313	313	735	750	769	-10m
3	12月22日	4	35	25	100	168	163	150	238	188	340	-4.5 ~5m
4	12月21日	18	167	348	450	775	1000	1000	1000	982		
5	"	3	23	15	23	113	300	150	225	438	751	
6	12月25日	60	188	188	225	250	375	375	363	450	414	-10
7	12月26日	25	125	100	125	200	213	225	525	575	600	-15
8	"	100	138	64	105	113	250	125	250	350	648	
9	"	2	100	25	100	125	150	133	163	250	432	
摘要				No. 6 No. 7 No. 9 } 1月19日	No. 4 No. 5 No. 6 No. 7 } 1月28日							

注: 表中の変動量は期間中の増減の絶対値の和である。

方法は貯砂箱の四辺を東西南北に合わせ内部に 10 cm の格子を画き、砂の堆積状況を潜水夫が読みとる方法をとった。調査月日および堆積量は表-2 のとおりである。なお調査期間中の気象海象記録は表-3 のとおりである。図-24 は貯砂箱にとりつけた捕砂竹の濃度分布図である。茨城県鹿島港のデータによると分布型はく字とL字型の中間であり、また、仙台湾の例でもL字型が多いが、本例では大体海底から 1.0~1.5 m のところにピークがあるという特長がある^{11), 12)}。これは波よりも潮流が卓越していることを示しているといえよう。水深別の捕砂量は表-4 のとおりであるが、貯砂箱、捕砂竹とも、今回の調査では深度による量的な影響はあまりみうけられなかったが、図-25 に示すように貯砂箱の設置位置の海底砂を粒度分析してみると台地の上と台地の下では粒径分布に差があるようである。深度による漂砂の影響があまりみられないということは -15 m でも浅部とほぼ同様な砂の動きがあると考えられ、これは潮流に支配されていると思われる。図-26 に捕砂竹の捕砂

図-23 貯砂箱および捕砂竹の設置および構造

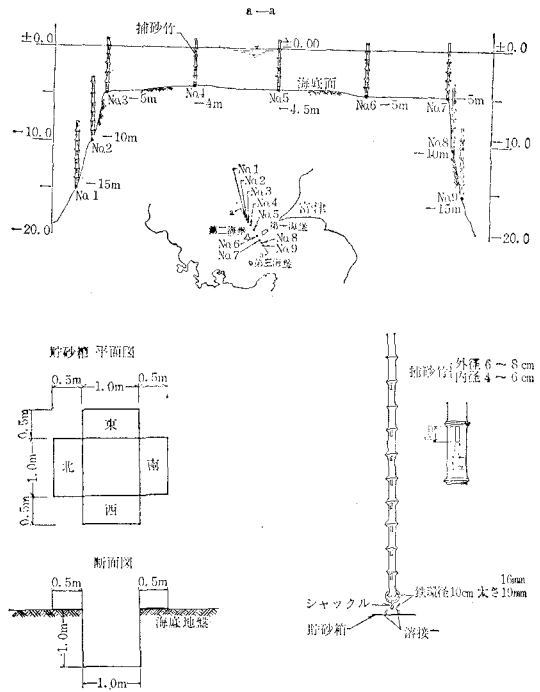


図-24 捕砂竹濃度分布図 (No. 4 を除く)

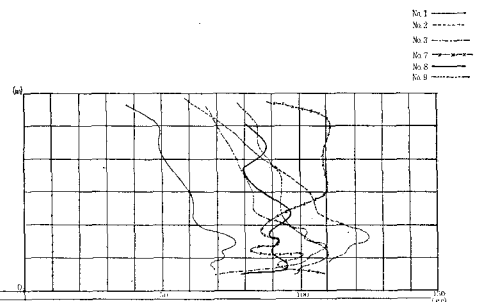


表-3 気象海象記録

風 (小糸川河口右岸)

年月日	41.2.19	41.2.23	41.2.28	摘要
風向	N	N	NE	
風速	15.2 m/s	16.5	19.0	
継続時間 4hr (10 m/s)	10(10 m/s)	11(16 m/s)		
推定波高	1.7 m	1.7	4.1	

波 (第2海堡)

年月日	41.2.11	41.2.19	41.2.21	摘要
波高 $H_{\max}$	2.6	2.0	2.3	
周期 $T_{\max}$	6.0	6.0	6.0	

表-4 捕砂竹捕砂量

1	2	3	4	5	6	7	8	9
803 g	1248	1116	2236	欠	欠	1184	965	1152
-15m	-10m	-5m	-4m	-4.5m	-5m	-5m	-10m	-15m

図-25 各測点の海底砂粒度曲線

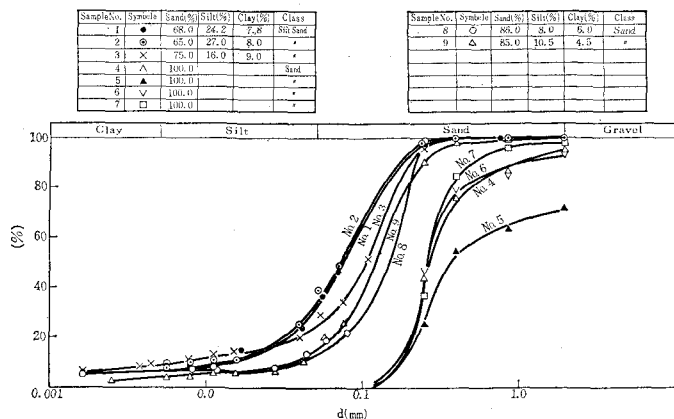


図-26 捕砂竹捕砂の粒度曲線

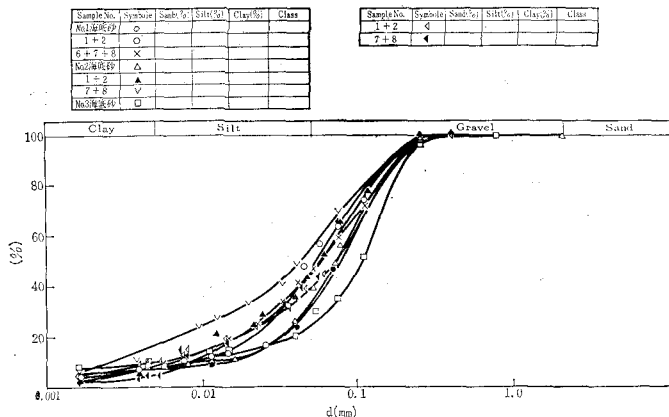
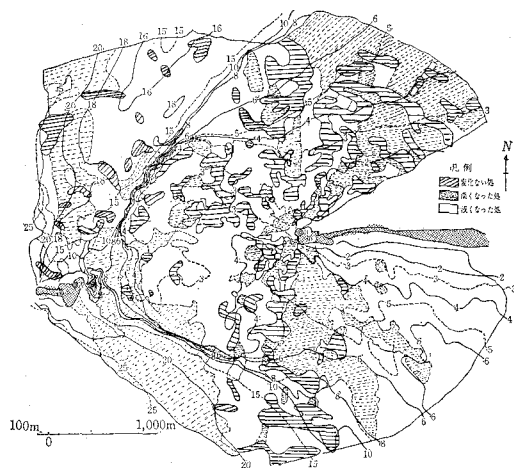


図-27 土量変化図



の粒度分布の一例を示す。仙台湾では捕砂竹による捕砂量は海底から2m以上では大体高さ方向1m当り50~60 cc/月の捕砂量を保っているが、本例では量的には70~80 cc/月と思われる。鹿島港のごとく波高の大きい海岸では100 cc/月以上である。

6. 深 浅 測 量¹³⁾

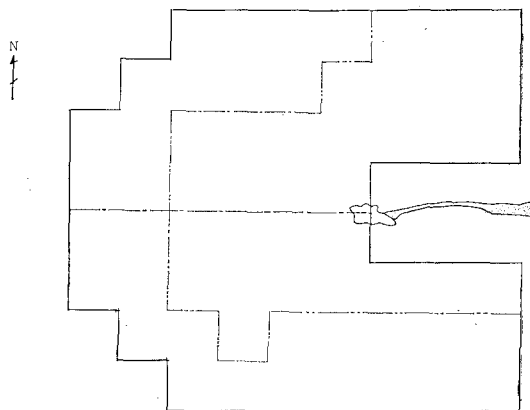
富津埼周辺の深浅測量結果による土量変化図を図-27に示す。測量は昭和41年8月と12月の2回、音響測深機SD 1500型によった。船位の決定は第一、第二海堡を基点として2台の経緯儀を使用し、等角5度で放射線状に測深した。これにより図-28に示す計算区域で南側と北側に分けて土量計算を行なった。8月~12月の4カ月に北側約 $180 \times 10^3 \text{ m}^3$ 増、南側 $560 \times 10^3 \text{ m}^3$ 増となり、また、-5m以浅と以深に分けると、それぞれ $330 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、 $410 \times 10^3 \text{ m}^3$ の増となっている。全般的にみると第一海堡、第二海堡中間に幅400~500mの変化の少ない区間があり、また、第一海堡北東側にも変化の少ない地帯がある。土量の増減の程度の激しいところは-5mの台地より深いところに多くみられる。その他、富津州の南側-5m以浅に土量の増加が認められる。

7. あ と が き

本調査は東京湾湾口航路計画の一環として種々の観点より漂砂特性の推定をこころみたものである。実施した調査の中にはさらに今後の継続した調査を必要とするものが少なくない。しかしながら富津の漂砂の動向の一端を明らかにした意義は大きいものと信じる。昭和42年度は当該地区の深浅測量、蛍光砂調査などを行なう予定である。

本文に報告された調査成果は、東京大学海洋研究所、運輸省第二港湾建設局横須賀港工事事務所および同局横浜調査設計事務所の職員諸氏の御努力により得られたもの

図-28 土量計算区分



のであり、関係諸機関および諸氏に深く謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 第二, 第三海堡波浪整理台帳: 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所, 横須賀港工事事務所 横須賀調査 No. 1, 昭和 42 年 2 月.
- 2) 東京湾周辺風資料: 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所 Y-095, 昭和 40 年 3 月.
- 3) 第一, 第二海堡付近における自然調査: 運輸省第二港湾建設局, 昭和 37 年 3 月.
- 4) 東京湾周辺写真集(2): 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所, 昭和 39 年 3 月.
- 5) 東京湾周辺地域の地盤(都市地盤調査報告書): 建設省計画局, 昭和 37 年 8 月.
- 6) 中野尊正: 日本の平野, 3209, 古今書院, 昭和 31 年.
- 7) 中野健明: 横浜港築港誌, 明治 29 年 12 月.
- 8) 神奈川県震災誌: 神奈川県, 昭和 2 年 9 月.
- 9) 富津埼漂砂調査報告書: 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所; 横調査 No. 24, 昭和 42 年 3 月.
- 10) 東京湾口漂砂調査報告書: 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所, 横調査 No. 12, 昭和 41 年 3 月.
- 11) 鹿島工業港の自然条件について(総取りまとめ編)運輸省第二港湾建設局, 港湾技術研究所, 茨城県, 昭和 41 年 5 月.
- 12) 佐藤・庄司・田中: 仙台湾沿岸の漂砂について, 第 13 回海岸工学講演会講演集, 1966.
- 13) 東京湾口漂砂調査報告書(第 2 報): 運輸省第二港湾建設局横須賀港工事事務所, 横浜調査設計事務所, 横須賀調査, No. 2, 昭和 42 年 3 月.