

名古屋港および泉佐野海岸における波浪観測について

樋口 明生・土屋 義人・柿沼 忠男

ON WAVE OBSERVATIONS AT NAGOYA HARBOR AND IZUMISANO COAST

*by. Dr. Sci. Haruo HIGUCHI, Dr. Eng. Yoshito
TSUCHIYA and Tadao KAKINUMA*

Synopsis

Forecasting shallow water ocean waves is one of the most important problems in coastal engineering at present. Nevertheless among the characteristics of shallow water ocean waves, the wave height reduction due to bottom friction is not well known.

To make clear the transformation of shallow water ocean waves, the wave observations were made at Nagoya Harbor and at Izumisano Coast in 1962 and 1963 respectively.

This paper presents the facilities and equipments used, the methods of wave observations, and the results of wave observations analyzed by the significant wave method and the wave spectrum method.

Though the results at Nagoya Harbor are only for the low-wind waves at a short fetch and a short duration, two wave data at the corresponding two stations could be obtained at Izumisano Coast. All the wave data are compared with the theoretical values obtained by Longuet-Higgins.

1. 緒 言

海岸や港湾に襲来する波浪を適確に予知あるいは推算することは、海岸構造物を設計するための設計波浪を合理的に決定するという意味において、きわめて重要な問題である。

こうした問題を取り扱う場合、現地観測が必要であり、深海においては数多くの研究がなされているが、浅海においては若干の研究があるだけである。とくに、遠浅の海岸においてはきわめて重要な要素である海底摩擦による波高減衰効果に関しては不明な点が多い¹⁾。

そうした浅海での変形を解明するために、1961年11～12月に実施した秋田海岸での波浪観測²⁾にひきつづき、1962年9月25日から10月18日まで名古屋港で、1963年2月18日から3月8日まで泉佐野海岸で波浪観測を実施した。

この論文では、名古屋港および泉佐野海岸での現地観測において用いた機器、施設、および観測方法についてのべるとともに、えられた波浪資料を有義波法および波浪スペクトル法で整理した若干の結果を示して、こうした方面の研究の参考に供したいと思う。

2. 名古屋港における波浪観測

この観測の対象となった名古屋港は、北緯 $35^{\circ}05'$ 、東経 $136^{\circ}50'$ に位置し、かつて伊勢湾台風によって大きな被害を蒙った港である。この港には、汀線より約 5km、平均水深 9.5m の地点には運輸省の観測塔が

あり、波高計、風速計、および風向計などの観測機器がとりつけられているので、2点間の波高の減衰を観測するにはきわめて有効である。**Fig. 1** は名古屋港付近の海図（海図第1051号の一部）であり、運輸省の観測塔は観測地点 A に位置している。

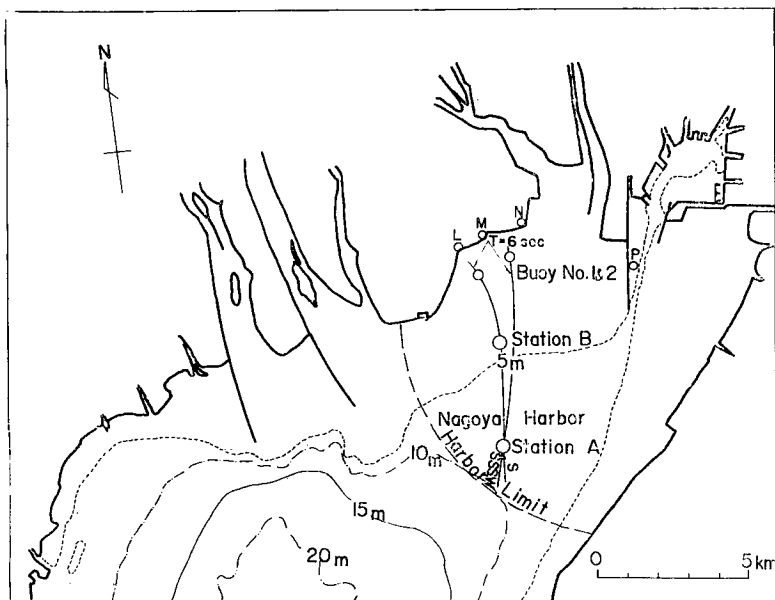


Fig. 1 Neighborhood of Nagoya Harbor

2.1 観測機器および施設

(1) 観測やぐら

この説明は観測地点 B (**Fig. 1**) に設置したやぐらに対するものである。このやぐらは運輸省が名古屋港大防波堤を建設するために用いた測量やぐらで、頂部には、ロビンソン 4 風杯型風速計、波高計の記録

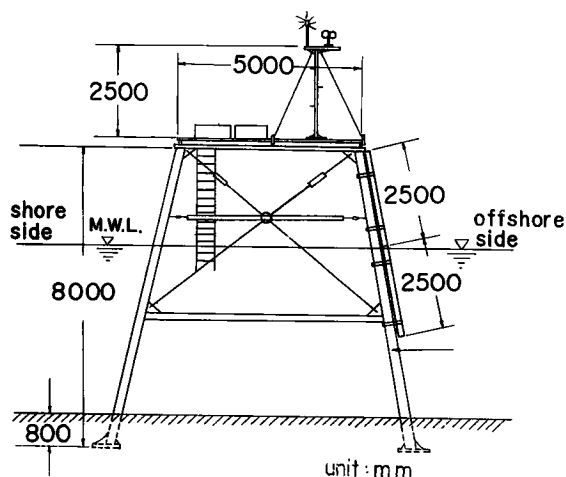


Fig. 2 Wave-observation tower at Station B

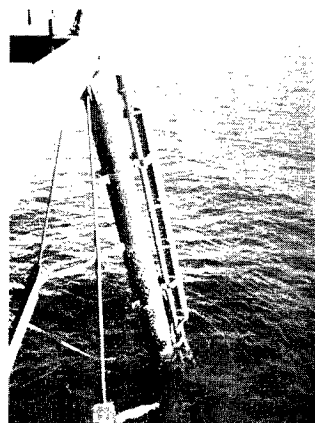


Photo. 1 Step resistance type wave recorder installed

部、バッテリー、および標識灯をとりつけ、沖側の脚の1本には、階段抵抗式波高計をとりつけた (**Fig. 2** および **Photo. 1**)。

(2) 階段抵抗式波高計

観測地点 A にとりつけてある運輸省の階段抵抗式波高計は協和商工KK製のもので、接点が 10cm 間隔についている。したがって、記録の誤差は最大 10cm である。観測地点 B には同社製のもので、1本の長さ2.5m のものを2本とりつけた (**Fig. 2** および **Photo. 1**)。これは、より精度よく波を測るために、接点間隔を 5cm にしたものである。したがって、記録の誤差は最大 5cm である。この波高計はやぐらにとりつける都合上、鉛直線より $16^{\circ}34'$ 傾斜してとりつけたので、読みとり値に $\cos 16^{\circ}34' = 0.9585$ を乗じて補正した。

(3) 風速計および風向計

観測地点 A にある運輸省の観測塔には、光進ペンの風向計とともに、ロビンソン 3 風杯型風速計がとりつけられており、その風杯は N.P.+17.00m の高さにある。観測地点 B に設置した観測やぐらには、その頂部上 2.94m の高さに、ロビンソン 4 風杯型風速計をとりつけた。この風杯は N.P.+7.77m の高さにある。

2.2 観測方法

(1) 観測地点の決定と観測やぐらの設置 (**Fig. 1**)

岸側の観測地点である観測地点 B は、観測地点 A を通過する波向線上に定める必要がある。台風を予期した観測のために、沖波が S 方向から観測地点 A を通過するような波向線を想定して、やぐら運搬船を 3 測点 L, M および N からトランシットによって誘導し、地点 P にあったやぐらを観測地点 B に設置した。

なお、さらに岸側の波浪を観測するためと S to SSW 方向から観測地点 A を通過する波をも観測できるように、2 コのブイを設置したが、この観測においては、大きな波が来襲せず、これらのブイを使用するにいたらなかった。これらのブイについては 3. でのべる。

(2) 沖側の波浪観測

観測地点 A における階段抵抗式波高計は偶数時の 0 分から 5 分までの水位変動を記録するようになっている。

(3) 岸側の波浪観測

通常は、観測地点 B における階段抵抗式波高計によって、沖側の観測時に対応して水位変動を記録するようにした。記録紙のとりかえは 2 日に 1 回行なった。

(4) 海上風速および風向の観測

観測地点 A におけるロビンソン 3 風杯型風速計および光進ペンの風向計の記録を使用するとともに、観測地点 B においては、ロビンソン 4 風杯型風速計によって自記記録をえた。

2.3 観測結果

(1) 風の資料

風速記録は観測地点 A および B において測定したものであり、風向記録は観測地点 A で測定したものである。**Table. 1** および **2** はえられた波浪資料に対応すると思われる風の資料を表示したものであり、**Table. 1** は観測地点 A での風速および風向の時間的变化を示し、**Table. 2** は観測地点 B での風速および対応する時刻での観測地点 A での風向を示す。風速の欄の () 内の数字は、風速値がえられた位置をその時刻での海面からの高さで表わしたものである。

(2) 波浪の資料

予期していた台風が来なかったため、この観測でえた波浪の資料は低風速でかつ短い吹送距離、短かい吹送時間におけるものである (**Table. 3**)。 **Table. 3** で与えた吹送距離、吹送時間、および風速は、風向

Table 1 Variation of wind speed and direction at Station A

Date and time (1962, 11th Oct.)	Wind speed (m/s)	Wind direction
0600	6	E
0700	12	S
0800	10 (16.03m)	S

Table 2 Variation of wind speed at Station B and wind direction at Station A

Date and time (1962, 11th Oct.)	Wind speed at Station B (m/s)	Wind direction at Station A
1402—1412	1.0	SE
〃 12—〃 22	1.0	
〃 22—〃 32	3.0	
〃 32—〃 42	3.0	
〃 42—〃 52	5.0	
〃 52—1502	2.5	
1502—〃 12	4.0	SE
〃 15—〃 25	3.0	
〃 25—〃 35	7.2	
〃 35—〃 45	5.2	
〃 45—1600	7.2 (5.3m)	
1600—〃 20	9.8 (5.2m)	SE

Table 3 Conditions for wave data at Nagoya Harbor

Data number	Station	Date and time (1962, 11th Oct.)	Water depth (m)	Wind speed (m/s)	Fetch (km)	Duration (h)	Wind direction at Station A
N-1	A	0800—0805	9.2	11.0	10.6	1	S
N-2	B	1545—1550	5.0	4.5	6.1	1.3	SE
N-3	B	1600—1605	5.1	5.0	6.1	1.5	SE

鏡で読みとった。したがって、5分間の記録では約1,000コの点の振幅を読みとったわけである。

波浪スペクトルの計算に際しては、防災研究所の光田寧助手の作製したプログラム³⁾ (Tukeyの計算法⁴⁾) を借用し、京都大学の電子計算機 KDC-1 を用いたが、この解析においては、読みとり個数 1,000, lag 40 としたので、自由度はほぼ 50 である。なお、この計算に要した時間は資料 1 つあたり 40 分である。

観測結果： Fig. 3, 4, および 5 は、それぞれ資料番号 N-1, N-2, および N-3 の波浪スペクトルを示したものであり、横軸に周波数 f (sec^{-1})、縦軸にエネルギー密度 E_f ($\text{cm}^2 \text{sec}$) をとってあらわしている。これらの結果に対する諸条件は、Table. 3 に示すとおりであるが、以上の図には、深海におけるいわゆる理論的、な波浪スペクトル⁵⁾の中から PNJ 法の基礎となっている Neumann スペクトル⁶⁾の一部をとりだして併記してある。こうした Neumann スペクトルと比較すれば、えられた観測資料が短い吹送時間でかつ短い吹送距離のものであるということによって、全般的には小さい値を示しており、とくにピークの付近ではきわめて低い。

と波向とが一致しているものとして、(1) によって推定した値である。吹送距離は観測地点から風向に対応してはかった対岸距離とし、風速は吹送時間での平均風速を示したものである。

a) 有義波法による整理 観測した波浪記録を有義波法によって解析し、有義波高 $H_{1/3}$ および有義波周期 $T_{1/3}$ とともに、1/10最大波高 $H_{1/10}$ および周期 $T_{1/10}$ 、最大波高 $H_{\max}$ および周期 $T_{\max}$ 、平均波高 H_{mean} および周期 T_{mean} を算出した。各資料からとりだした波の個数は、N-1; 106コ、N-2; 72コ、N-3; 70コである。

なお、記録計の感度は、観測地点 A では 1/90.9 であり、観測地点 B では、前述のとおりつけによる波高計の傾きに対する補正をも考慮して、1/117.0 である。

この結果は都合上、c) でのべる。

b) 波浪スペクトル法による整理 **整理法：**えられた波浪記録は、観測地点 A, B とも 20sec が 3cm の長さになるように記録紙の上にペン書きオツシログラフで描かれたものである。こうした記録を 0.5mm すなわち 0.33sec ごとに分割して、各点の振幅を拡大

c) 観測結果と Longuet-Higgins の理論値との比較 Longuet-Higgins は、1) 波浪スペクトルはただ一つのせまい周波数帯よりなりたち、2) 波浪エネルギーは、位相が random である数多くの源から生じたものであるという仮定にもとづいて、波高分布を求めているが⁷⁾、こうした仮定にもとづいた理論値と観測値とを比較すると、多くの観測において1)の仮定が十分に満足されていないといえ、深海においては両者が非常によく一致している⁸⁾。深海における波浪予知法の一つである PNJ 法は、この Longuet-Higgins の理論にもとづいて有義波高を見出だしているわけであるが、浅海での波浪予知法を確立するためには、こうした理論が浅海においてなりたっているかどうかを確かめることは、重要であると思われる。

Table. 4 は、a) にのべた各種平均波高およびそれらの比と各種平均周期を Longuet-Higgins の理論値とともに示したものである。表中、 E は b) でのべた1,000コの読みとり値の variance の2倍であり、Longuet-Higgins によれば、この E と各種平均波高との間にはつぎのような関係がある。

$$\left. \begin{aligned} H_{1/3} &= 2.832\sqrt{E}, \\ H_{1/10} &= 3.600\sqrt{E}, \\ H_{\text{mean}} &= 1.772\sqrt{E}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

表中、 $H_{1/3}$ 、 $H_{1/10}$ 、および H_{mean} の欄の()内の数字は、(1)式によって求めたものであり、 H_{max} の()内の数字は、a)でのべた記録内の波の個数をも考慮して、そうした個数の波において期待する最大波高を求めたものである。

なお、 T_{70} は b) で示した波浪スペクトルのピークに対応する周期で、()内の数字は、Darbyshire⁹⁾ が北大西洋での数多くの嵐における波においてえた関係式、 $T_{70} = 1.14 T_{1/3}$ によって $T_{1/3}$ から算出したものである。

有義波周期 (**Table. 4**) に対応する波長と水深 (**Table. 3**) との関係からみれば、N-1 は深海波、N-2 および N-3 は浅海波であるが、各種平均波高の比は、N-1 では Longuet-Higgins の理論値より大きめであり、N-2 および N-3 では $H_{1/10}/H_{1/3}$ を除いて、一般的に小さい値を示す。

3. 泉佐野海岸における波浪観測

この観測の対象となった泉佐野海岸は、北緯 $34^{\circ}24'$ 、東経 $135^{\circ}18'$ に位置し、等深線はほぼ海岸線と平行

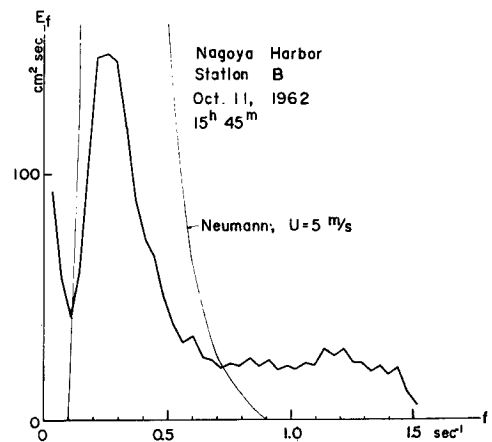


Fig. 3 Wave spectra at Nagoya Harbor

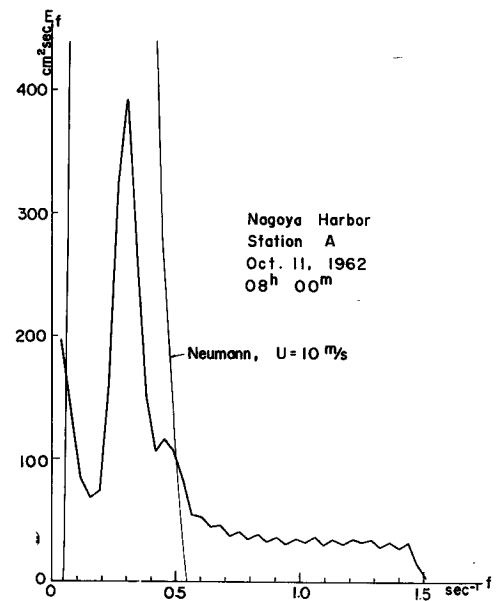


Fig. 4 Wave spectra at Nagoya Harbor

に走っている。Fig. 6 は泉佐野海岸位置図であり、Fig. 7 は等深線とともに観測地点の位置を示したものである。

3.1 観測機器

(1) 波浪観測用ブイ

波浪観測に用いたブイは、 $1.1\text{m} \times 0.2\text{m}$ のホイール付きタイヤに、長さ 1.25m の $\phi 40\text{mm}$ 鉄製パイプによって $60\text{cm} \times 60\text{cm}$ のブリキ製赤旗をとりつけるとともに、長さ 10m 、 $\phi 24\text{mm}$ のナイロンロープおよびくさりによって 20kg のいかり2コを結びつけ、さらに撤収用の補助ブイをとりつけたものである。

Fig. 8 はその概略図を示す。

(2) 16mm 撮影機 (Paillard Bolex H-16 Camera)

(1)でのべた波浪観測用ブイの上下運動を撮影するためのもので、 $1,000\text{mm}$ 、 $f: 6.3$ の望遠レンズをとりつけて、ほぼ $1,000\text{m}$ はなれたところまで拡大撮影できるようにした。また、このままでは、撮影速度が速すぎるので、カムを用いて2コマ/secとなるような付加装置をとりつけた。Photo. 2 はこうした16mm撮影機の概要を示す。

(3) 底質採取器

この底質採取器は、海上保安庁水路部の佐藤孫七の考案によるものであり¹⁰⁾、ここで

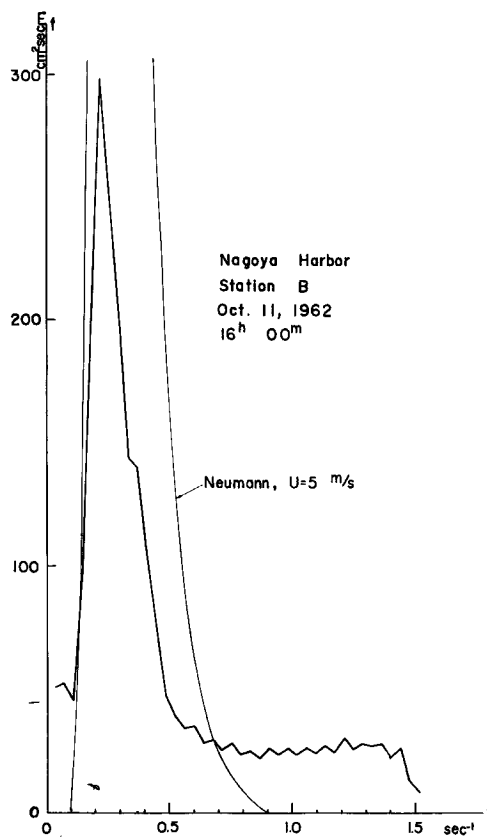


Fig. 5 Wave spectra at Nagoya Harbor

Table 4 Comparison of observed wave data with theoretical values obtained by Longuet-Higgins

	N-1	N-2	N-3	Theoretical value obtained by Longuet-Higgins
E	171.0	100.0	129.4	
$H_{1/3}$	31.3 (37.0)	27.8 (28.3)	28.0 (32.3)	
$H_{1/10}$	43.7 (47.1)	35.8 (36.0)	35.3 (41.0)	
$H_{\max}$	72.7 (50.3)	44.5 (37.2)	41.0 (42.4)	
H_{mean}	18.5 (23.2)	18.5 (17.7)	20.0 (20.2)	
$H_{1/3} / H_{\text{mean}}$	1.69	1.50	1.40	1.60
$H_{1/10} / H_{\text{mean}}$	2.36	1.94	1.77	2.03
$H_{1/10} / H_{1/3}$	1.40	1.29	1.26	1.27
$H_{\max} / H_{\text{mean}}$	3.93 (2.17)	2.40 (2.10)	2.05 (2.10)	
$T_{1/3}$	3.1	3.2	3.5	(Note 1) $T_{\max}$: Wave period of $H_{\max}$ -wave
$T_{1/10}$	3.1	3.0	2.4	
$T_{\max}$	3.2	3.9	3.3	
T_{mean}	2.7	3.4	3.0	(Note 2) unit: H :cm, E :cm ² , T :sec
T_{fo}	3.3 (3.5)	3.8 (3.6)	4.4 (4.0)	

は、直径 13cm、長さ 35cm の鉄製ハイツに、直径 7cm、長さ 31cm の鉄柱を長さの異なった 3 本のくさりでとりつけたものを使用した。**Fig. 9** はその概略図を示す。

3.2 観測方法

(1) 観測地点の決定と波浪観測用ブイの設置 (**Fig. 7**)

MN を基線として、波浪観測に必要な観測位置およびブイの投入地点を決定した。観測期間が冬期であるため、この海岸の冬期における風向頻度分布図を考慮し、波向 NW を想定して、小型船を 2 測点 M および N からトランシットによって誘導し、ブイ No. 1、ブイ No. 2、およびブイ No. 3 を一直線上に設置した。

(2) 波浪の観測

ブイ No. 1、ブイ No. 2、およびブイ No. 3 の上下運動を、海岸堤防上の観測位置から望遠レンズ付きの 16mm 撮影機によって、約 7 分間同時観測した。この観測においては、カムを操作させるモーターの調子が悪かったので、8 コマ/sec のままで操作させた。

(3) 海上風

大阪管区気象台にある局地天気図(I)における洲本、和歌山、大阪、および神戸の風の資料と大阪府土木部港湾課による泉大津での資料を集め、海上風を推定する参考資料とした。**(Fig. 6)**

(4) 海底地形および底質

深浅図は 1961 年 10 月～12 月に大阪府岸和田港工事事務所が測量した結果を使用した。底質の採取は、小型船をブイ No. 1～ブイ No. 3 の測線にそって走らせ、レッドによって水深を測定しながら行なった。底質採取点は 2 測点 M および N からトランシットによって決定した。

3.3 観測結果

(1) 風の資料

Table. 5 は、えられた波浪資料に対応する海上風を推定するために示した参考資料である。

(2) 海底地形および底質

海底地形：海底地形はほぼ一樣なこう配を示し、ブイ No. 1 とブイ No. 2 の間の平均こう配は $4.27 \times$

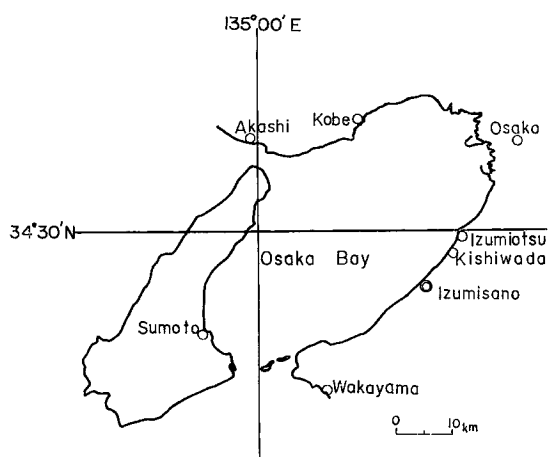


Fig. 6 Location of Izumisano Coast

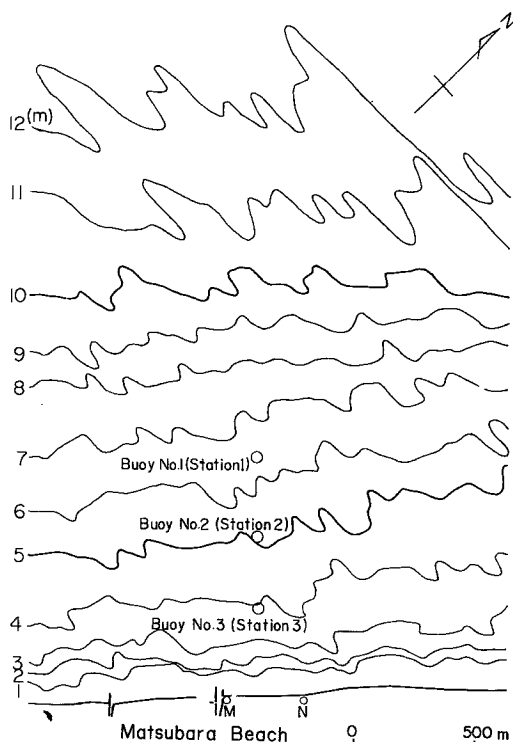


Fig. 7 Stations of wave observation

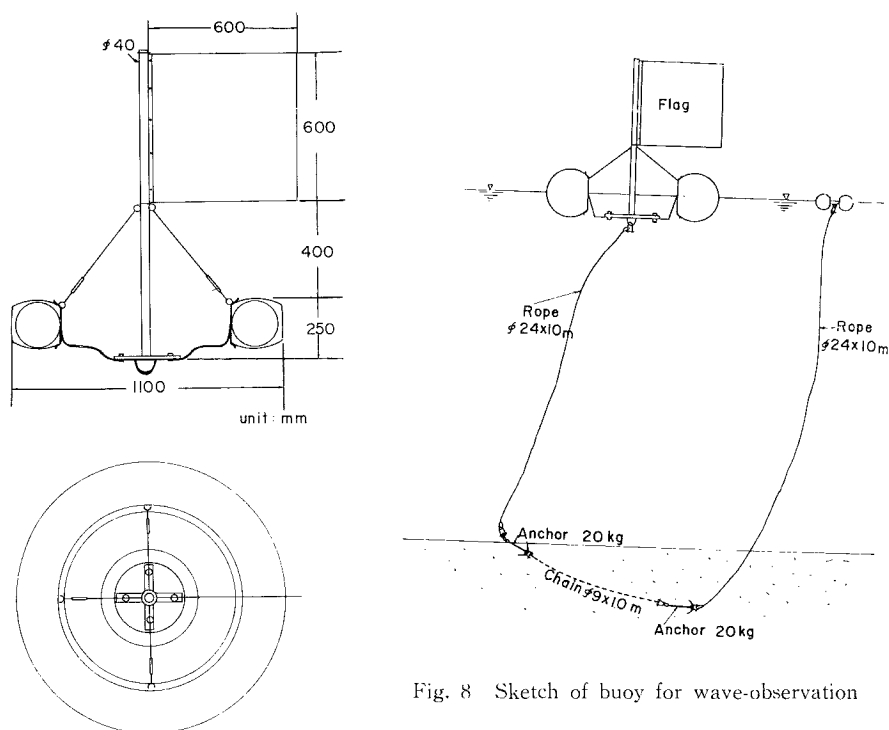


Fig. 8 Sketch of buoy for wave-observation



Photo. 2 16mm camera with a telephoto-lens

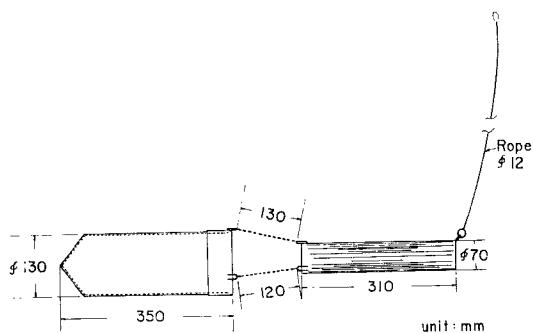


Fig. 9 Sketch of bottom material sampler

10^{-3} であり、ブイ No. 1 とブイ No. 3 の間のそれは 3.97×10^{-3} である (Fig. 10)。

底質：底質資料16コおよび汀線付近の資料 1 コからそれぞれ 100gr 前後をとりだし、自動ふるい分け器によって15分間ふるい分けた。用いたふるいは、4.70mm, 2.36mm, 1.40mm, 0.99mm, 0.70mm, 0.50mm,

Table 5 Wind data

Date and time (1963, Feb.)	Wind direction and wind speed (m/s)									
	Sumoto		Wakayama		Izumitsu		Osaka		Kobe	
24th, 0300			ENE	2.5	WSW	5.2	NNW	2.5	WSW	5.0
0400					"	5.2				
0500					"	3.0				
0600					"	5.0	SE	2.5		
0700					SSW	5.5				
0800					"	13.0				
0900	W	5.0	WNW	5.0	"	3.0	SSW	5.0	WSW	7.5
1000					WNW	0.0				
1100					W	12.0				
1200					WNW	10.2	WSW	10.0		
1300					WSW	11.0				
1400					"	12.0				
1500	NW	10.0	WNW	7.5	WNW	12.8	SW	7.5	W	10.0
2100	NW	5.0	NW	5.0	WNW	9.3	WSW	7.5	WSW	5.0
25th, 0000					WNW	8	W	10		
0100					"	8.8				
0200					"	7.8				
0300			NW	5.0	"	7.5	SW	5.0	WNW	7.5
0400					"	6.0				
0500					"	5.5				
0600					"	6.2	SW	2.5		
0700					"	5.4				
0800					"	4.6				
0900	NW	2.5	N	2.5	"	6.0	WSW	2.5	WSW	5.0
1000					"	6.2				
1100					"	5.7				
1200					WSW	4.8	WSW	5.0		
1300					"	4.8				
1400					"	4.3				
1500	N	5.0	NNW	2.5	WNW	4.2	SW	7.5	WSW	7.5
26th, 0300			NE	5.0	SSE	2.3	NNW	2.5	NNE	2.5
0600					SE	2.2	N	2.5		
0900	ENE	2.5	NNE	5.0	ENE	4.0	NNE	2.5	NNW	2.5
1200					NNE	2.6	NNE	2.5		
1300					WNW	3.4				
1400					"	4.2				
1500	WNW	10.0	WNW	2.5	W	9.7	SW	5.0	NW	10.0
1600					WNW	4.0				
1700					WSW	2.8				
1800					W	7.5				
2100	WSW	2.5	NW	5.0	WSW	8.5	W	2.5	W	5.0

0.38mm, 0.28mm, 0.18mm, 0.13mm, 0.10mm, 0.07mm のタイラーふるいである。Fig. 11 はそうした底質および汀線付近の砂礫の採取点を示したものであり、Table. 6 は中央粒径および標準偏差を示したものである。

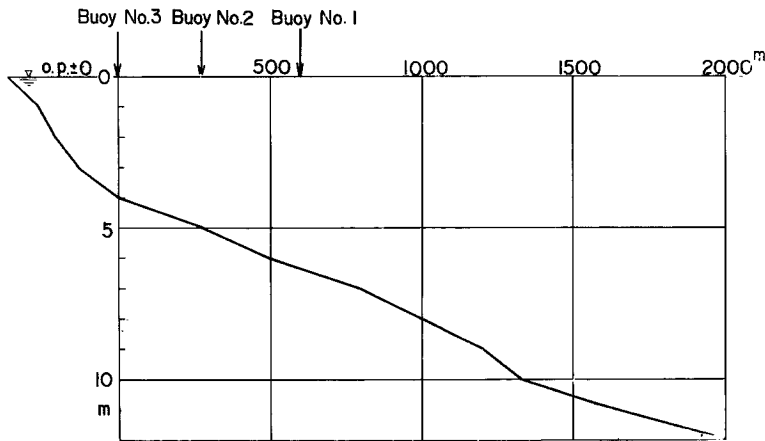


Fig. 10 Bottom topography (Buoy No. 3 2 1)

なお、ふるい分け分析は粒径 10mm 以下のものについて行なったのであるが、底質採取器中に含まれていた粒径 10mm 以上のものは、資料 No. 6 は 1 コでその重量は 31gr, No. 10 は 3 コで 84gr, No. 11 は 3 コで 74gr, No. 12 は 6 コで 362gr, No. 13 は 2 コで 153gr, No. 14 は 3 コで 89gr, No. 15 は 5 コで 138gr, No. 16 は 3 コで 56gr であった。No. 13 および 14 は、底質採取器中に含まれていた粒径 10mm 以下のものは、それぞれ、わずか 12gr および 7gr であり、ふるい分け分析は行なわなかったのであるが、粒径 10mm 以上と以下との重量比は、両者とも 92.7 : 7.3 である。

(3) 波浪の資料

Table. 7 はえられた波浪資料に対する諸条件を示す。資料番号 I-1 (1) および (2), I-2 (1) および (3) は、それぞれ、対応する 2 点における同時観測の結果である。

a) 有義波法による整理 16mm 撮影機によってえたフィルムを、映写機 (Elmo DM 16mm を改良し、1 コマ送りができるようにしたもの) によって 2 コマごとに映写し、ブイの上下運動を読みとった。ブイの旗の映写時の大きさは、I-1 (1), I-1 (2), I-2 (1), I-2 (3), および I-3 について、それぞれ、4.03cm, 7.03cm, 5.00cm, 9.00cm, お

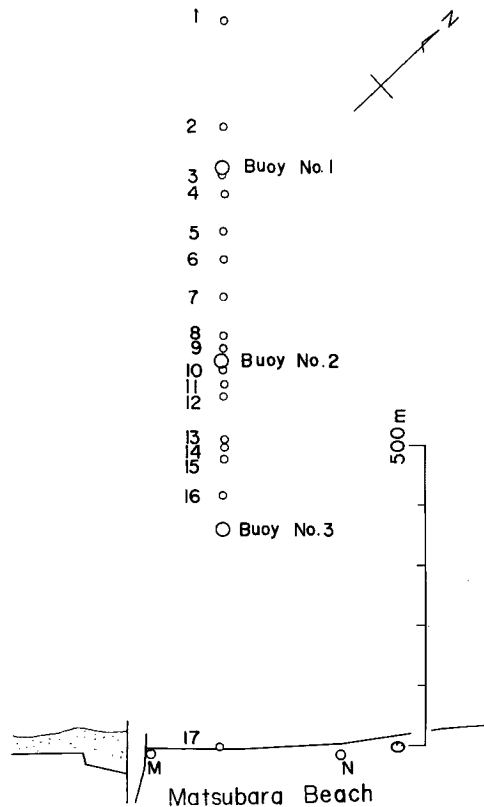


Fig. 11 Locations of bottom material sampling

Table 6 Size-distributions of bottom material

Bottom material sampling number		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Median diameter	d_{50} (mm)	0.67	1.05	1.03	1.28	2.12	3.88	2.93	1.80	1.33
	ϕ_{50} (ϕ -scale)	0.58	-0.07	-0.05	-0.37	-1.08	-1.96	-1.55	-0.85	-0.40
Standard deviation σ_{ϕ} (ϕ -scale)		-2.96	-2.42	-2.30	-2.29	-2.30	-1.23	-1.84	-2.02	-1.90

Bottom material sampling number		10	11	12	13	14	15	16	17
Median diameter	d_{50} (mm)	1.78	2.83	2.44			4.58	2.67	1.38
	ϕ_{50} (ϕ -scale)	-0.83	-1.50	-1.28			-2.20	-1.42	-0.83
Standard deviation σ_{ϕ} (ϕ -scale)		-1.84	-1.53	-1.18			-2.40	-0.90	-1.77

Table 7 Conditions for wave data at Izumisano Coast

Data number	Station	Date and time (1963, Feb.)	Water depth (m)
I-1 (1)	1	24th, 1220	5.7
I-1 (2)	2	" , "	4.3
I-2 (1)	1	25th, 1057	6.1
I-2 (3)	3	" , "	3.7
I-3	3	26th, 1625	3.4

Table 8 Comparison of observed wave data with theoretical values obtained by Longuet-Higgins

	I-1 (1)	I-1 (2)	I-2 (1)	I-2 (3)	I-3	Theoretical value obtained by Longuet-Higgins
E	1238.5	981.9	202.7	106.3	1196.0	
$H_{1/3}$	86.4 (99.7)	83.6 (88.7)	33.6 (40.3)	26.7 (29.1)	84.5 (97.9)	
$H_{1/10}$	107.2 (126.7)	100.7 (112.8)	39.6 (51.3)	31.4 (37.0)	100.3 (124.5)	
$H_{\max}$	126.6 (153.1)	110.9 (136.5)	43.2 (66.3)	36.7 (47.6)	111.7 (151.8)	
H_{mean}	55.1 (62.4)	55.5 (55.5)	21.6 (25.2)	17.3 (18.2)	55.1 (61.2)	
$H_{1/3} / H_{\text{mean}}$	1.57	1.50	1.56	1.54	1.53	1.60
$H_{1/10} / H_{\text{mean}}$	1.95	1.81	1.83	1.82	1.82	2.03
$H_{1/10} / H_{1/3}$	1.24	1.21	1.18	1.18	1.19	1.27
$H_{\max} / H_{\text{mean}}$	2.30 (2.45)	2.00 (2.46)	2.12 (2.63)	2.12 (2.62)	2.03 (2.48)	
$T_{1/3}$	3.5	3.8	2.6	2.5	5.0	(Note 1) $T_{\max}$:
$T_{1/10}$	3.4	4.4	3.4	2.8	4.6	Wave period of
$T_{\max}$	4.0	5.5	2.0	2.5	4.0	$H_{\max}$ -wave
T_{mean}	2.6	3.3	1.9	2.1	3.8	(Note 2) unit :
T_{fo}	4.0 (4.0)	4.0 (4.3)	2.8 (3.0)	2.8 (2.9)	5.0 (5.7)	H :cm, E :cm ² , T :sec

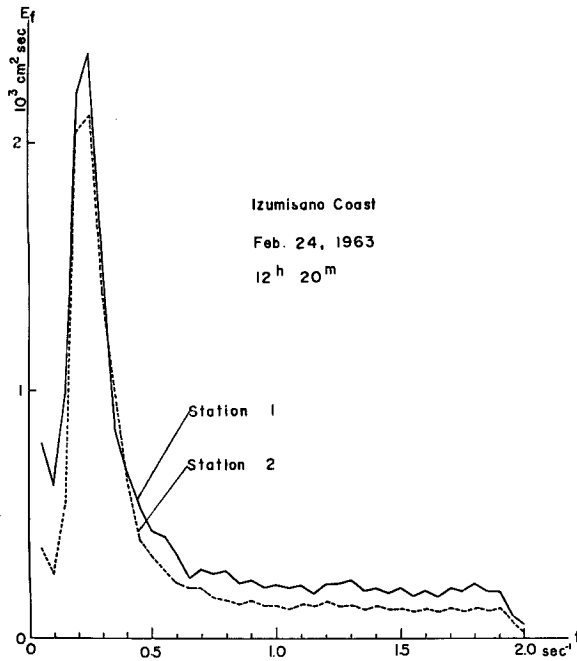


Fig. 12 Wave spectra at Izumisano Coast

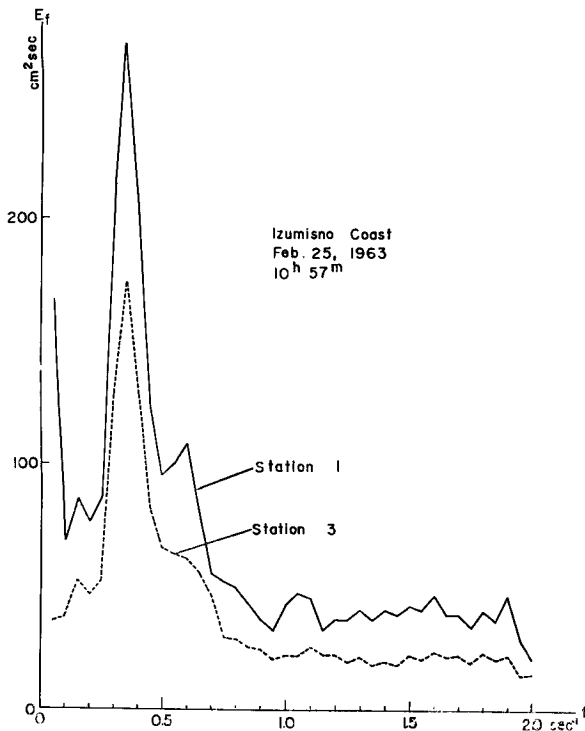


Fig. 13 Wave spectra at Izumisano Coast

Table 9 Ratios of the corresponding energy density

$f \text{ (sec}^{-1}\text{)}$	$\frac{(E_f)_{I-1(2)}}{(E_f)_{I-1(1)}} \text{ (\%)} $	$\frac{(E_f)_{I-2(3)}}{(E_f)_{I-2(1)}} \text{ (\%)} $
0.05	46.4	21.2
0.10	41.3	54.1
0.15	65.1	61.2
0.20	92.6	61.3
0.25	89.5	60.2
0.30	92.4	60.0
0.35	123.4	63.9
0.40	95.7	62.2
0.45	76.5	67.0
0.50	76.6	69.0
0.55	67.5	63.0
0.60	69.0	56.9
0.65	82.5	69.9
0.70	71.6	83.7
0.75	61.1	55.8
0.80	55.5	58.0
0.85	60.5	59.2
0.90	63.5	67.7
0.95	64.1	63.9
1.00	60.7	53.6
1.05	56.3	46.6
1.10	64.2	57.3
1.15	71.7	71.2
1.20	65.9	61.5
1.25	57.9	53.5
1.30	55.1	53.8
1.35	58.0	49.7
1.40	62.7	49.3
1.45	62.2	47.5
1.50	59.6	52.8
1.55	60.1	51.1
1.60	62.0	50.4
1.65	63.9	55.8
1.70	60.2	58.2
1.75	56.9	57.7
1.80	56.7	57.5
1.85	58.5	57.2
1.90	66.9	47.4
1.95	66.7	51.0
2.00	39.4	72.1
	$\frac{E_{I-1(2)}}{E_{I-1(1)}}$	$\frac{E_{I-2(3)}}{E_{I-2(1)}}$
	79.3	52.4

(Note) Values of $E_{I-1(1)}$, $E_{I-1(2)}$, $E_{I-2(1)}$, and $E_{I-2(3)}$ are given in E column of Table. 8.

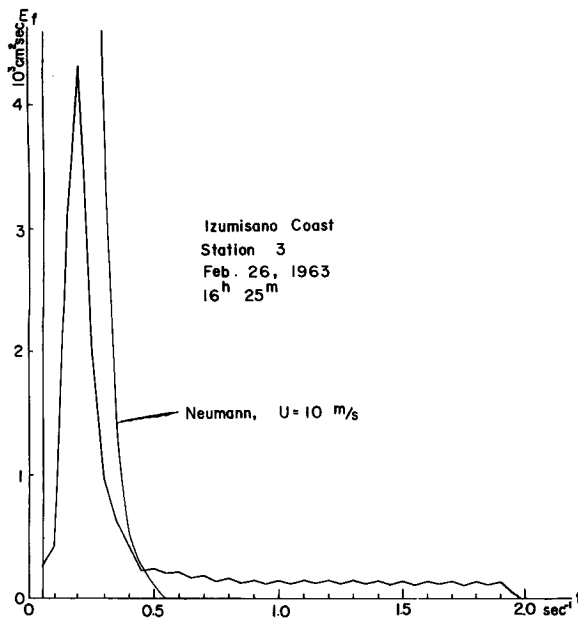


Fig. 14 Wave spectra at Izumisano Coast

て、自由度は30とした。この計算に要した時間は資料1コあたり30分である。

Fig. 12, 13, および 14 は、資料番号 I-1(1)および(2), I-2(1)および(3), および I-3 の波浪スペクトルを示したものであり、横軸に周波数 f (sec^{-1}), 縦軸にエネルギー密度 E_f ($\text{cm}^2 \text{sec}$) をとってあらわしている。

Fig. 12, および 13 は、対応する2点での浅海における波浪スペクトルの変形を示したもので、浅海でのエネルギー変換を解明するためには、きわめて重要な資料である。**Table. 9** は対応する2点での同一周波数に対するエネルギー密度の比を示したものである。

4. 結 語

以上、著者らは名古屋港および泉佐野海岸において波浪観測を実施し、低風速でかつ短かい吹送距離、短かい吹送時間での浅海における風波の資料をえたが、とくに泉佐野海岸においては、海底摩擦による波高減衰の性状を明らかにしうる若干の資料をえた。こうした観測をさらに日本各地の海岸で行ない、海岸波浪の予知に必要な基礎的資料をえたいと思っている。

最後に、この研究を行なうにあたり、終始御激励、御指導を賜った岩垣雄一教授に深く感謝の意を表するとともに、名古屋港での波浪観測に際しては、運輸省伊勢湾港湾建設部の方々および技研興業KKの吉田幸三氏、泉佐野海岸での波浪観測に際しては、大阪府上木部港湾課の方々には絶大な御援助をいただき、また防災研究所の井上雅夫助手、宮井宏助手、久下元一技官、および人見哲夫技術員には観測に加わって大いに助力していただいた。また、京都大学の電子計算機 KDC-1 の使用に際しては、防災研究所の光田幸助助手に非常に御世話になった。ここに心から感謝の意を表する次第である。なお、この研究は文部省特別事業費によって行なったものであることを付記する。

よび 11.00cm であった。

こうした記録は、名古屋港における場合と同様にして有義波法で解析したが、各資料からとり出した個数は、I-1(1); 107コ, I-1(2); 117コ, I-2(1); 240コ, I-2(3); 211コ, I-3; 115コである。

Table. 8 は、そうした結果を、波高に関しては、Longuet-Higginsの理論値と比較したものであり、周期に関に関してはb) で求まる T_{f0} を、 $T_{1/3}$ から Darbyshire の関係式を用いて算出した T_{f0} と比較してある。表記の仕方は、**Table 4** と同一である。

b) 波浪スペクトル法による整理
 計算法は名古屋港における場合と同一であるが、この解析においては、読みとり間隔 0.25sec, 読みとり個数 600 コ、および lag 40 とし

参 考 文 献

- 1) Bretschneider, C.L.: Field Investigation of Wave Energy Loss of Shallow Water Ocean Waves, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No. 46, 1954, pp. 1-21.
- 2) 岩垣雄一, 樋口明生, 上屋義人, 吉田幸三, 柿沼忠男・井上雅夫：秋田海岸の波浪観測について, 第9回海岸工学講演集, 昭37, pp. 75-80.
- 3) 光田 寧：強風時における乱れのスペクトルについて, 京大防災研究所年報, 第6号, 昭38, pp. 104-112.
- 4) Tukey, J.W.: The Sampling Theory of Power Spectrum Estimates, Symposium on Applications of Autocorrelation Analysis to Physical Problems, 1949, pp. 47-58.
- 5) Walden, H.: Comparison of One-Dimensional Wave Spectra Recorded in the German Bight with Various "Theoretical" Spectra, Proc. Conf. on Ocean Wave Spectra, Easton, Maryland, 1961, pp. 67-94.
- 6) Neumann, G.: On Ocean Wave Spectra and a New Method of Forecasting Wind-Generated Sea, Beach Erosion Board, No. 43, 1953, pp. 1-42.
- 7) Longuet-Higgins, M. S.: On the Statistical Distribution of the Heights of Sea Waves, J. Mar. Res., Vol. 11, 1952, pp. 245-266.
- 8) たとえば, Putz, R.R.: Statistical Distributions for Ocean Waves, Trans. A. G. U., Vol. 33, 1952, pp. 685-692. Bretschneider, C. L.: Wave Variability and Wave Spectra for Wind-Generated Gravity Waves, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No. 118, 1959, pp. 1-192.
- 9) Darbyshire, J.: An Investigation of Storm Waves in the North Atlantic Ocean, Proc. Roy. Soc., London, Vol. 230 (A), 1955, pp. 560-569.
- 10) 佐藤孫七：海洋観測, 測量作業法の二三について, 海洋学会秋季大会発表, 昭37.