

日吉津海岸における波浪観測について

樋口 明生・柿沼 忠男

ON WAVE OBSERVATIONS AT HIEZU COAST

By Haruo HIGUCHI 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 Hiezu Coast in 1963.

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.

Ten wave data at the corresponding two or three stations could be obtained at Hiezu Coast and all the wave data are compared with the theoretical values obtained by Longuet-Higgins.

1. 緒 言

海岸や港湾に來襲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、

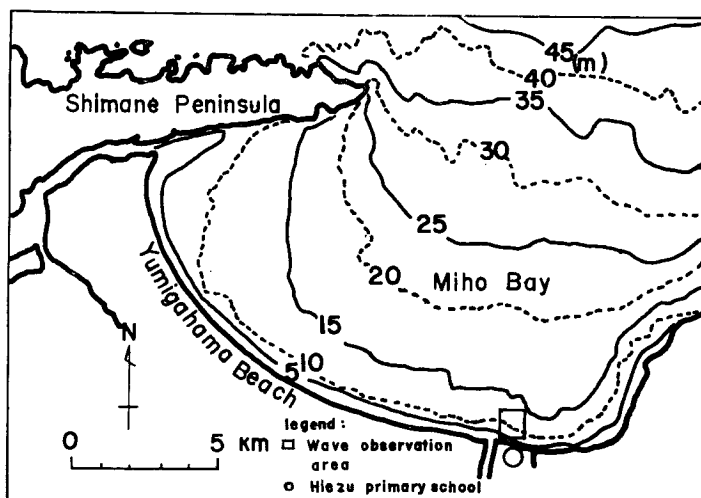


Fig. 1. Topographic map of Hiezu Coast.

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、京都大学防災研究所では、1961年11～12月に秋田海岸で²⁾、1962年9～10月に名古屋港で³⁾、そして1963年2～3月に泉佐野海岸で³⁾ 波浪観測を実施してきたが、ひきつづき、1963年9月26日から10月8日まで鳥取県日吉津海岸において波浪観測を実施した。

観測の対象となった日吉津海岸は、北緯 $35^{\circ}45'$ 、東経 $133^{\circ}22'$ に位置し、等深線はほぼ海岸線と平行に走っている。**Fig. 1** は日吉津海岸付近図であり、**Fig. 2** は等深線とともに観測地点および底質採取点の位置を示したものである。

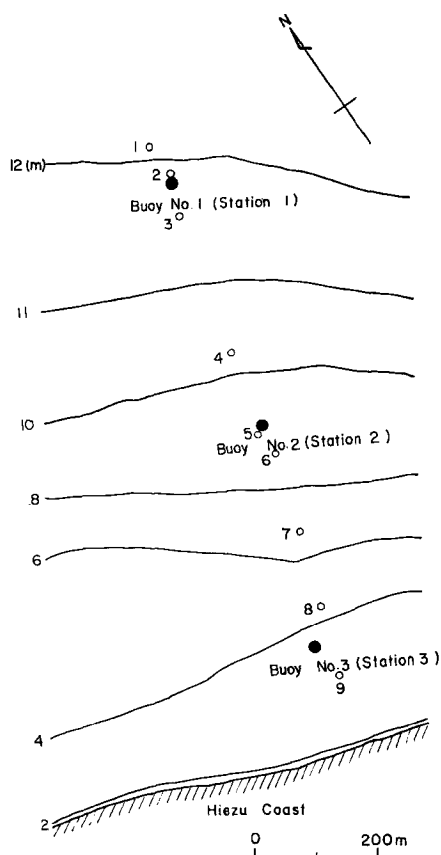


Fig. 2. Stations of wave observation and bottom material sampling.

この論文では、日吉津海岸での現地観測において用いた機器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。

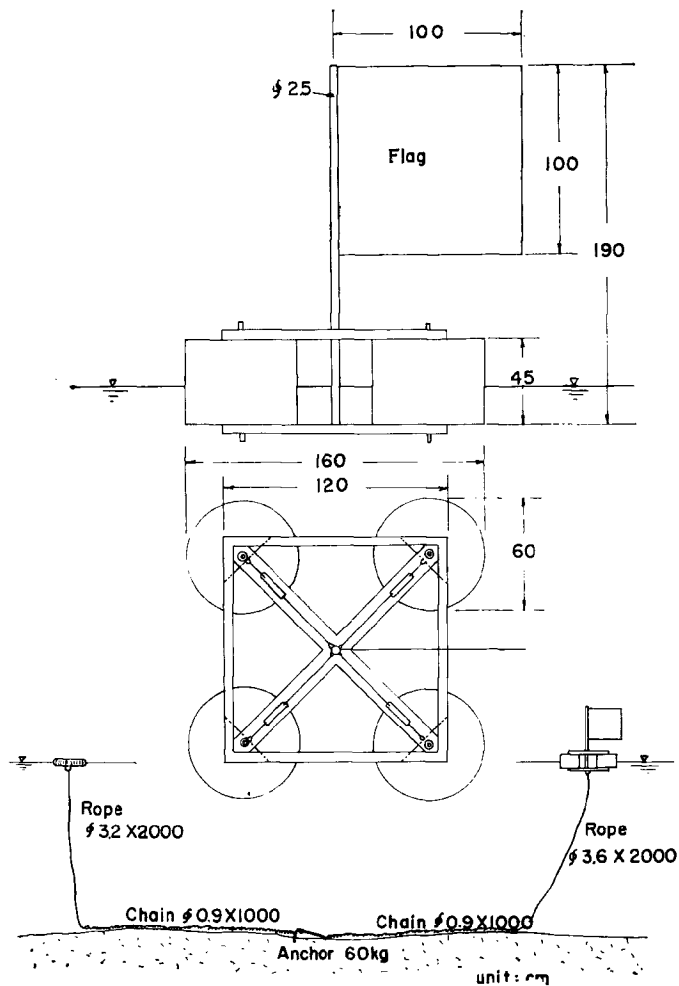


Fig. 3. Sketch of buoy for wave observation.

2. 観測機器

(1) 波浪観測用ブイ

波浪観測に用いたブイは、直径 60cm、高さ 45cm のドラム管 4 コを 5cm×6mm の鉄製アングルで固定し、その上に長さ 1.95 m、φ 25mm の鉄製パイプによって、螢光塗料を塗装した 100 cm×100cm の鉄製橙色旗をとりつけるとともに、長さ 20 m、φ 36 mm のクレモナロープとくさりで 60kg のいかり 1 コを結びつけ、さらに長さ 20 m、φ 32 mm のクレモナロープによって撤収用の補助ブイをとりつけたものである。ブイの総重量は 207 kg で、吃水線はドラム管底部から約 20 cm のところにある。Fig. 3 はその概略図を示す。

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

(1) で述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 台は 75 mm、 $f : 2.8$ の望遠レンズ

付きのもの、ほかの一台には1,000 mm, $f: 6.3$ の望遠レンズをとりつけて、ほぼ 1,000 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。

(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氏の考案によるものであり⁴⁾、ここでは、直径13cm, 長さ35cmの鉄製パイプに、直径7 cm, 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³⁾。

(4) 風速計および風向計

風速計としてはロビンソン風杯型風速計を用いたが、日吉津小学校にとりつけられているのは 3 風杯型で、建設省の観測やぐらには 4 風杯型をとりつけた。また、風向計はセルシン型のもので、ロビンソン 3 風杯型風速計とともに日吉津小学校に設置されている。

3. 観測方法

(1) 観測地点の決定と波浪観測用ブイの設置 (Fig. 2)

400 m はなれた 海岸堤防上の 2 地点を結んで基線として、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。観測期間が秋期であるため、この海岸の秋期における風向頻度を考慮し、波向 NNE を想定して、小型船を 2 測点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、それぞれ、海岸堤防上の観測位置から、1,000mm 望遠レンズ付きの 16 mm撮影機と 75mm 望遠レンズ付きの 16mm 撮影機によって 2 コマ/sec ごとに15分間の同時観測をした。

(3) 風の観測

日吉津海岸の海岸堤防から陸側 50m の地点にある建設省の観測やぐらの頂部上7 m の高さに、ロビンソン 4 風杯型風速計をとりつけ、自記録させた。この風杯は地上 15mの高さにある。また、建設省の観測やぐらから約0.8 kmはなれた地点にある日吉津小学校 (Fig. 1) 内、地上 17m の高さに設置されているロビンソン 3 風杯型風速計およびセルシン型風向計の記録を使用した。なお、建設省の観測やぐらから日吉津小学校までは畑地で、なんらの障害物もない。

(4) 海底地形および底質

深浅測量は、レッドを併用して、音響測深機によって実施した。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。なお、底質採取点は 2 測点からトランシットによって決定した。

4. 観測結果

(1) 風の資料

Table 1 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：1963年10月6日に実施してえた深浅図によれば、ブイ No. 1 とブイ No. 2, ブイ No. 2 とブイ No. 3, およびブイNo. 1 とブイNo.3の間の平均海底勾配は、それぞれ、 5.92×10^{-3} , 1.69×10^{-2} , および 1.10×10^{-2} である (Fig. 4)。

底質：1963年9月25日に採取してえた底質資料9コから、それぞれ 100 gr 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、コンクリート標準ふるいおよび土質試験用標準ふる

Table 1. Wind data.

Date and time	Wind speed at Hiezu Coast (m/s)	Wind at Hiezu primary school	
		Speed (m/s)	Direction
3rd, 0800	—	0.4	S
" 0900	—	—	NE
" 1000	—	5.4	NE
" 1100	—	8.0	NNE
" 1130	12.2	—	—
" 1200	10.1	7.3	NNE
" 1230	9.4	—	—
" 1300	10.8	5.9	NNE
" 1330	10.8	—	—
" 1400	10.8	7.3	NNE
" 1430	11.2	—	—
" 1500	10.5	5.9	NNE
" 1530	9.8	—	—
" 1600	10.1	7.3	NNE
" 1630	11.2	—	—
" 1700	9.4	6.9	NNE
5th, 1000	7.8	5.2	NE
" 1100	7.8	6.9	NNE
" 1200	9.0	5.0	NNE
" 1300	8.1	7.1	NE

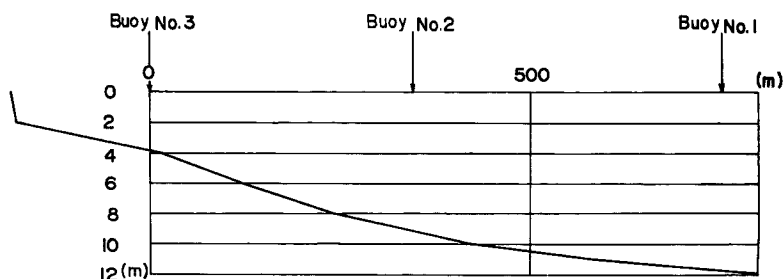


Fig. 4. Bottom topography (Buoy No. 3-2-1).

Table 2. Size-distributions of bottom material.

Bottom sampling number		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Median diameter	$d_{50}(\text{mm})$	0.156	0.138	0.141	0.111	0.125	0.094	0.193	0.227	0.322
	$\phi_{50}(\phi\text{-scale})$	2.67	2.85	2.82	2.98	2.77	2.90	2.36	2.20	1.69
Standard deviation $\sigma_{\phi}(\phi\text{-scale})$		-0.46	-0.50	-0.55	-0.73	-0.68	-1.10	-0.55	-0.59	-0.65
$d_{10}(\text{mm})$		0.081	0.077	0.075	0.031	0.058	0.022	0.117	0.138	0.156
d_{60}/d_{10}		1.7	1.9	2.0	4.3	2.5	6.6	2.3	1.9	2.3

Table 3. Conditions for wave data at Hiezu Coast.

Data number	Station	Data and time (1963, Oct.)	Water Depth (m)	
H - 1 (1)	1	3rd, 12 09	(1) : 11. 8 (2) : 9. 4 (3) : 3. 4	
H - 1 (2)	2			
H - 1 (3)	3			
H - 2 (1)	1	3rd, 12 35		
H - 2 (3)	3			
H - 3 (1)	1	3rd, 14 14		
H - 3 (2)	2			
H - 3 (3)	3			
H - 4 (1)	1	3rd, 15 21		
H - 4 (2)	2			
H - 4 (3)	3			
H - 5 (1)	1	3rd, 16 14		
H - 5 (3)	3			
H - 6 (1)	1	3rd, 16 32		
H - 6 (3)	3			
H - 7 (1)	1	3rd, 10 42		
H - 7 (2)	2			
H - 7 (3)	3			
H - 8 (1)	1	5th, 11 03		
H - 8 (2)	2			
H - 8 (3)	3			
H - 9 (1)	1	5th, 11 56		
H - 9 (2)	2			
H - 9 (3)	3			
H -10 (1)	1	5th, 12 15		
H -10 (2)	2			
H -10 (3)	3			

Table 4. Scales of projected flag.

Data number	H- 1(1)	H- 1(2)	H- 1(3)	H- 2(1)	H- 2(3)	H- 3(1)	H- 3(2)	H- 3(3)	H- 4(1)
Scale of Projected flag (cm)	9.08	13.9	1.85	8.72	1.75	8.35 (8.34)	12.69 (12.55)	1.67	7.24

Data number	H- 4(2)	H- 4 (3)	H-5 (1)	H- 5(3)	H- 6(1)	H- 6(3)	H- 7(1)	H- 7(2)	H-7 (3)
Scale of projected flag (cm)	12.80	1.67 (1.68)	7.53 (7.70)	1.64	7.56 (7.65)	1.62	7.74	0.680	1.68

Data number	H- 8(1)	H- 8(2)	H- 8(3)	H- 9(1)	H- 9(2)	H-9(s3)	H-10(1)	H-10(2)	H-10(3)
Scale of projected flag (cm)	7.85	0.706	1.73	7.75 (7.76)	0.690 (0.680)	1.69	7.78	0.678	1.65

いで, その大きさは 1.20mm, 0.85mm, 0.60 mm, 0.40 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, 0.11 mm, 0.088mm, 0.075 mm である。Fig. 2 はそうした底質の採取点を示したものであり, Table 2 は底質の特性を示したものである。

(3) 波浪の資料

Table 3 はえられた波浪資料に対する諸条件を示す。

a) 有義波法による整理 16 mm 撮影機によってとったフィルムを, 映写機 (Elmo DM 16 mm を改良し, 1 コマ送りができるようにしたもの) によって 1 コマごとに映写し, プイの上下運動を読みとった。Table 4 はプイの旗の映写時の大きさを, たての一辺の値で示したものである。記録の全長に対するそうした代表値と波浪スペクトルをうるのに用いた 5 分間の記録に対する代表値とを求めたわけであるが, 両者の値が異なっている場合には, 後者の値を () 内に示してある。

こうした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, $\frac{1}{10}$ 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。Table 5 は各資料からとり出した波の個数を示す。表中, (i) の () 内の数字は, 記録の全長を min 単位であらわしたものであり, (ii) は波浪スペクトルの解析に用いた資料に対応するもので, 記録の長さは 5 min である。

Table 6 は, Table 5 の (i) と (ii) に対応して求めた各種平均波高およびそれらの比と各種平均周期を Longuet-Higgins⁵⁾ の理論値とともに示したものである。表中, E は b) でのべるような 1,000 コの読みとり値の variance の 2 倍であり, Longuet-Higgins によれば, E と各種平均波高との間にはつぎのような関係がある。

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

表中, $H_{1/3}$, $H_{1/10}$, および H_{mean} の欄の (iii) の数字は, (1) 式によって求めたものであり, H_{max} の (iii) の数字は, Table 5 で示した (i) 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_{f_0} は波浪スペクトルのピークに対応する周期で, () 内の数字は, Darbyshire⁶⁾ が北大西洋

Table 5. Number of waves in each wave datum.

Data number	Numbers of waves	
	(i)	(ii)
H - 1	(1) 224 (15.3)	79
	(2) 131 (9.6)	70
	(3) 107 (7.8)	69
H - 2	(1) 176 (12.9)	66
	(3) 173 (13.8)	67
H - 3	(1) 221 (13.2)	87
	(2) 202 (13.1)	71
	(3) 214 (15.3)	74
H - 4	(1) 222 (14.3)	78
	(2) 181 (10.3)	86
	(3) 204 (14.7)	67
H - 5	(1) 177 (10.4)	58
	(3) 208 (14.2)	68
H - 6	(1) 190 (11.7)	83
	(3) 149 (11.5)	64
H - 7	(1) 173 (13.2)	60
	(2) 136 (9.4)	72
	(3) 166 (9.1)	66
H - 8	(1) 132 (10.2)	60
	(2) 179 (13.1)	63
	(3) 171 (12.8)	56
H - 9	(1) 176 (14.3)	62
	(2) 207 (13.6)	61
	(3) 175 (13.9)	57
H - 10	(1) 184 (14.4)	63
	(2) 206 (14.4)	60
	(3) 180 (14.5)	62

での数多くの嵐における波においてえた関係式, $T_{f_0} = 1.14T_{1/3}$ によって $T_{1/3}$ から算定したものである。

有義波周期 (Table 6) に対応する波長と水深 (Table 3) との関係からみれば, すべて浅海波であるが, 各種平均波高の比は, Longuet-Higgins の理論値より全般的に小さい値を示す。

また, Table 7 は, Table 5 の (i) および (ii) に対応する各種平均波高を比較したものである。この表をみると, 波浪スペクトルの解析に用いた資料 (ii) (記録の長さ: 5 min) から算出した各種平均波高は, たいていの場合, Table 5 の (i) の () 内に示した時間での資料 (i) (記録の長さ: 9 min~15 min) から算出した値のほぼ $\pm 10\%$ 以内にあることがわかる。

Fig. 5 は, Table 6 にあらわした (i) の資料から, 有義波高 $H_{1/3}$ に対する平均波高 H_{mean} , $\frac{1}{10}$ 最

Table 6. Comparison of observed wave data with theoretical

	H- 1(1)	H- 1(2)	H- 1(3)	H- 2(1)	H- 2(3)	H- 3(1)	H- 3(2)	H- 3(3)	H- 4(1)
E	681.6	677.8	492.5	686.0	597.4	824.1	927.1	768.5	1237.0
$H_{1/3}$ (i)	67.3	67.5	52.6	71.5	68.4	81.8	78.2	72.0	92.5
(ii)	64.7	64.4	52.1	69.4	62.9	79.9	82.6	69.9	92.5
(iii)	73.9	73.9	62.8	76.9	67.2	81.3	86.3	78.5	99.6
$H_{1/10}$ (i)	77.6	82.2	61.8	88.0	84.3	105.6	94.5	95.7	113.2
(ii)	76.5	80.5	59.3	84.7	76.7	94.9	100.2	89.8	113.4
(iii)	94.0	93.7	79.9	97.7	88.0	103	109	99.7	126.6
H_{max} (i)	105.6	97.2	80.0	103.1	108.5	131.8	133.8	137.6	140.8
(ii)	92.5	93.0	65.1	98.9	91.4	131.9	133.9	125.7	140.8
(iii)	121.3	113.8	96.1	121.2	109.3	131.8	139.3	126.6	153.6
H_{mean} (i)	45.4	44.9	36.6	47.8	44.8	52.5	50.7	47.3	51.1
(ii)	43.5	41.8	36.8	46.9	42.1	44.2	54.8	44.1	59.3
(iii)	46.3	46.1	39.4	48.1	43.4	50.9	54.0	49.1	62.3
$H_{1/3}/\text{mean}$ (i)	1.48	1.50	1.43	1.49	1.52	1.55	1.54	1.52	1.81
$H_{1/10}/\text{mean}$ (i)	1.70	1.86	1.68	1.84	1.88	2.01	1.86	2.02	2.21
$H_{1/10}/H_{1/3}$ (i)	1.15	1.21	1.24	1.23	1.23	1.29	1.32	1.32	1.22
$H_{\text{max}}/H_{\text{mean}}$ (i)	2.32	2.16	2.18	2.15	2.42	2.51	2.63	2.90	3.78
(iii)	2.62	2.47	2.44	2.52	2.52	2.59	2.58	2.58	2.64
$T_{1/3}$ (i)	5.1	6.1	5.5	6.4	6.3	5.2	5.3	6.0	5.2
(ii)	4.7	5.7	5.2	6.0	5.9	5.1	5.4	5.3	4.9
$T_{1/10}$ (i)	5.8	6.8	6.2	6.1	6.9	5.3	6.3	6.8	6.3
(ii)	5.8	7.3	5.1	7.0	6.9	4.9	5.9	5.5	5.9
T_{max} (i)	6.8	4.4	8.7	10.6	8.5	6.8	7.0	9.7	3.0
(ii)	8.6	5.4	4.9	4.6	8.3	6.5	7.0	4.3	3.0
T_{mean} (i)	4.1	4.4	4.4	4.4	4.8	4.8	3.9	4.3	3.9
(ii)	3.4	4.2	4.3	4.5	4.3	3.5	4.2	4.0	3.9
T_{f_0}	8.0(5.7)	10.0(6.8)	10.0(6.2)	8.0(7.2)	8.0(7.1)	8.0(5.8)	8.0(5.9)	8.0(6.7)	8.0(5.9)

大波高 $H_{1/10}$, および最大波高 $H_{\max}$ の関係を, 観測地点を区別して求めたものである。これによれば, 観測地点とは関係なく, つぎの関係式がえられる。

$$H_{\text{mean}} = 0.65H_{1/3}, \dots\dots\dots (2)$$

$$H_{1/10} = 1.25H_{1/3}, \dots\dots\dots (3)$$

$$H_{\max} = 1.57H_{1/3} \pm 20\%, \dots\dots\dots (4)$$

Fig. 6 は, Table 6 にあらわした (i) および (ii) の資料から, 有義波周期 $T_{1/3}$ と平均周期 T_{mean} の関係をあらわしたものである。この図をみると, (i), (ii) の区別なく, 点はかなりばらついているが, $T_{\text{mean}} \approx 0.75T_{1/3}$ という関係がえられる。

values obtained by Longuet-Higgins.

H- 4(2)	H- 4(3)	H- 5(1)	H- 5(3)	H- 6(1)	H- 6(3)	H- 7(1)	H- 7(2)	H- 7(3)	H- 8(1)	H- 8 (2)
692.	792.8	1248.0	833.3	994.5	812.9	2315.3	2317.0	1523.3	1546.5	1619.7
067.9	68.9	81.9	71.1	81.8	77.0	111.4	117.7	95.5	103.2	113.8
65.5	72.6	81.9	73.3	79.7	73.5	116.2	119.4	108.4	110.8	117.5
74.4	79.6	100.0	81.7	829.	80.6	136.2	136.3	110.5	111.3	113.9
87.4	85.7	102.7	84.6	105.6	95.5	140.3	161.8	119.4	124.9	127.4
80.3	85.7	101.4	85.4	98.8	101.2	152.6	149.2	132.5	129.9	132.3
94.6	101.3	127.1	103.8	113.4	102.5	173.1	173.2	140.4	141.5	144.8
132.6	113.8	163.8	116.4	174.2	117.3	183.5	235.4	149.3	147.8	141.6
107.6	95.2	163.8	97.6	117.7	111.1	183.5	238.7	150.6	147.8	147.0
110.0	113.0	132.7	116.6	125.2	130.9	180.5	187.1	153.8	163.1	184.4
30.4	46.7	53.3	49.0	52.8	50.3	72.2	88.3	47.8	67.5	85.0
43.0	49.4	52.0	48.8	53.8	49.4	80.9	89.5	72.3	72.6	73.5
46.6	49.8	62.5	51.1	55.8	50.4	85.2	85.2	69.1	69.6	71.2
2.23	1.47	1.53	1.45	1.54	1.53	1.54	1.33	1.99	1.52	1.33
2.87	1.83	1.92	1.72	2.00	1.90	1.94	1.83	2.49	1.85	1.49
1.28	1.24	1.25	1.18	1.29	1.24	1.25	1.37	1.25	1.21	1.12
4.36	2.43	3.07	2.37	3.29	2.33	2.54	2.66	3.12	2.18	1.66
2.60	2.61	2.59	2.62	2.61	2.55	2.59	2.52	2.58	2.52	2.59
4.7	6.2	4.9	6.3	4.9	6.7	5.5	5.2	5.0	5.6	5.5
4.5	5.7	5.0	6.0	5.5	7.0	5.2	5.4	5.2	5.6	5.9
5.2	6.9	5.9	7.0	5.9	7.0	5.4	5.3	4.9	5.7	5.7
5.0	6.6	5.7	6.0	6.1	6.7	5.5	5.7	5.4	6.1	5.7
5.0	7.1	8.3	7.8	3.5	8.7	5.4	7.7	6.5	5.1	6.2
8.8	8.8	8.3	7.7	8.5	7.3	5.4	7.7	6.5	5.1	6.2
4.6	4.3	3.5	4.1	3.7	4.7	4.6	4.2	3.3	4.6	4.4
3.3	4.4	3.5	4.2	4.2	4.7	4.9	4.1	4.4	4.9	5.5
8.0(5.4)	8.0(7.1)	8.0(5.6)	8.0(7.2)	8.0(5.6)	8.0(7.6)	5.7(6.3)	5.7(5.9)	5.7(5.7)	5.7(6.4)	5.7(6.3)

b) 波浪スペクトル法による整理 波浪スペクトルの計算は, Tukey の計算法 (1949²⁾) を用いて, 京都大学の電子計算機 KDC-1 によって行なった。記録の読みとり間隔は 0.5sec にとり, 読みとり個数を 600コ, lag を 40 として, 自由度はほぼ30とした。この計算に要した時間は, 資料一つにつき30分である。

Fig. 7 は, 同一観測資料に対して, 読みとり間隔および lag を同一にして, 10分間, 前5分間, および後5分間の記録を用いて求めた波浪スペクトルの一例であり, 横軸に周波数 f (sec^{-1}) あるいは周期 T (sec), 縦軸にエネルギー密度 E_f (cm^2sec) をとってあらわしている。

Fig. 8 は, 沖側と岸側の対応する 2~3 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。図中, (1), (2), および

Table 6 (Continued).

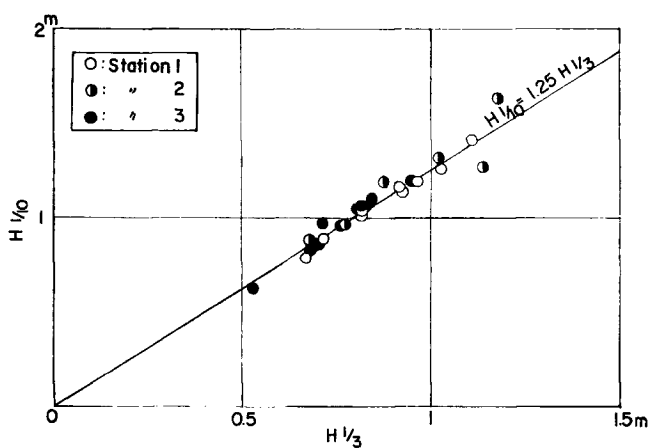
	H- 8(3)	H- 9(1)	H- 9(2)	H- 9(3)	H-10(1)	H-10(2)	H-10(3)	Theoretical value obtained by Longuet-Higgins
E	1130.5	1658.8	1862.2	1215.6	1537.6	1515.1	1096.9	
$H_{1/3}$ (i)	80.9	97.0	101.5	82.6	92.4	88.2	85.4	
(ii)	86.7	104.2	111.7	85.5	99.6	102.9	91.5	
(iii)	95.1	115.2	122.2	98.6	111.0	110.2	93.7	
$H_{1/10}$ (i)	104.0	119.1	130.5	106.2	115.7	117.6	109.8	
(ii)	104.0	124.9	132.3	118.0	123.4	132.3	109.8	
(iii)	120.9	146.5	155.3	125.4	141.1	140.1	119.1	
$H_{\max}$ (i)	127.2	144.5	145.0	165.2	151.6	161.7	134.2	
(ii)	121.4	144.3	147.0	129.8	151.6	161.7	122.0	
(iii)	131.1	157.1	166.5	133.8	150.6	144.6	138.3	
H_{mean} (i)	57.8	66.4	58.5	54.3	63.0	58.8	61.0	
(ii)	57.8	66.0	73.5	59.0	63.0	73.5	57.3	
(iii)	59.5	72.1	76.4	61.7	69.4	68.9	58.6	
$H_{1/3}/\text{mean}$ (i)	1.39	1.46	1.75	1.52	1.46	1.50	1.40	1.60
$H_{1/10}/\text{mean}$ (i)	1.79	1.79	2.25	1.95	1.83	2.00	1.80	2.03
$H_{1/10}/H_{1/3}$ (i)	1.28	1.22	1.28	1.28	1.25	1.33	1.28	1.27
$H_{\text{mean}}/H_{\max}$ (i)	2.20	2.17	2.50	3.04	2.40	2.75	2.20	
(ii)	2.58	2.59	2.62	2.59	2.60	2.62	2.60	
$T_{1/3}$ (i)	5.2	5.1	5.5	6.1	5.7	5.5	6.2	(Note 1) $T_{\max}$:
(ii)	5.2	5.8	5.8	5.9	5.5	6.0	6.6	Wave period of
$T_{1/10}$ (i)	6.1	5.9	5.9	5.9	5.9	5.5	5.7	$H_{\max}$ -wave
(ii)	5.8	5.7	5.6	6.0	5.9	5.2	6.5	(Note 2)
$T_{\max}$ (i)	6.0	5.6	7.4	5.5	5.8	5.9	6.7	H : cm, E : cm^2 ,
(ii)	4.9	5.1	6.4	6.8	5.8	5.9	6.2	T : sec
T_{mean} (i)	4.5	4.9	3.9	4.8	4.7	4.2	4.8	
(ii)	5.0	4.7	5.0	6.1	4.6	4.8	4.7	
T_{f_0}	5.7(5.9)	5.7(5.8)	5.7(6.3)	5.7(7.0)	5.7(6.5)	5.7(6.3)	5.7(7.1)	

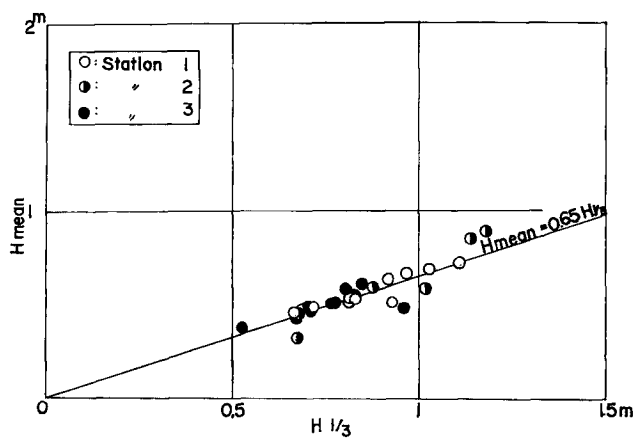
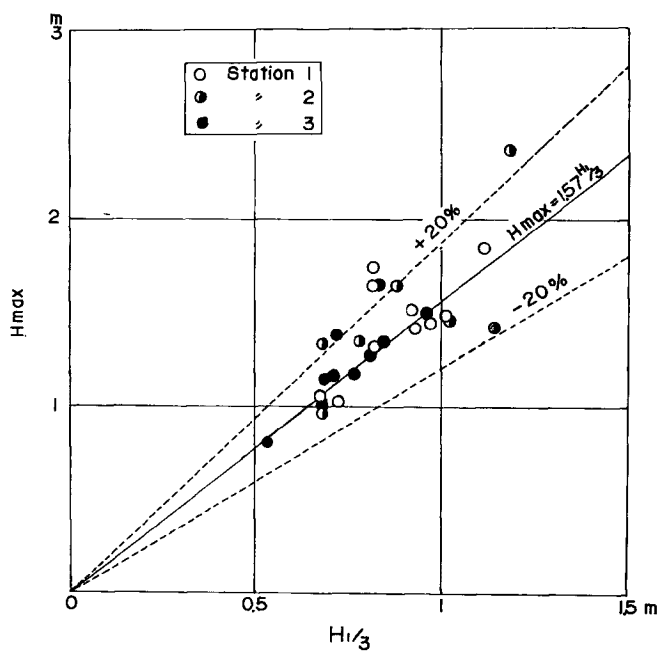
Table 7. Comparison between observed wave heights for (i) and (ii) in Table 5.

Data number	H- 1(1)	H- 1(2)	H- 1(3)	H- 2(1)	H- 2(3)	H- 3(1)	H- 3(2)	H- 3(3)	H- 4(1)
$H_{1/3}(ii)/H_{1/3}(i)$	0.96	0.95	0.99	0.97	0.91	0.97	1.05	0.97	1.00
$H_{1/10}(ii)/H_{1/10}(i)$	0.98	0.97	0.95	0.96	0.90	0.89	1.06	0.93	1.00
$H_{mean}(ii)/H_{max}(i)$	0.95	0.93	1.00	0.98	0.93	0.84	1.08	0.93	1.16

	H- 4(2)	H- 4(3)	H- 5(1)	H- 5(3)	H- 6(1)	H- 6(3)	H- 7(1)	H- 7(2)	H- 7(3)
$H_{1/3}(ii)/H_{1/3}(i)$	0.96	1.05	1.00	1.03	0.97	0.95	1.04	1.01	1.13
$H_{1/10}(ii)/H_{1/10}(i)$	0.91	1.00	0.98	1.00	0.94	1.06	1.08	0.92	1.10
$H_{mean}(ii)/H_{max}(i)$	1.41	1.05	0.91	0.99	1.02	0.98	1.12	1.01	1.51

	H- 8 (1)	H- 8(2)	H- 8(3)	H- 9(1)	H- 9(2)	H- 9(3)	H-10(1)	H-10(2)	H-10(3)
$H_{1/3}(ii)/H_{1/3}(i)$	1.07	1.03	1.07	1.07	1.10	1.03	1.07	1.16	1.07
$H_{1/10}(ii)/H_{1/10}(i)$	1.04	1.03	1.00	1.04	1.01	1.11	1.06	1.12	1.00
$H_{mean}(ii)/H_{max}(i)$	1.07	0.86	1.00	0.99	1.26	1.08	1.00	1.25	0.93

Fig. 5 (a). Relationship of H_{mean} against $H_{1/3}$.

Fig. 5 (b). Relationship of $H_{1/10}$ against $H_{1/3}$.Fig. 5 (c). Relationship of H_{max} against $H_{1/3}$.

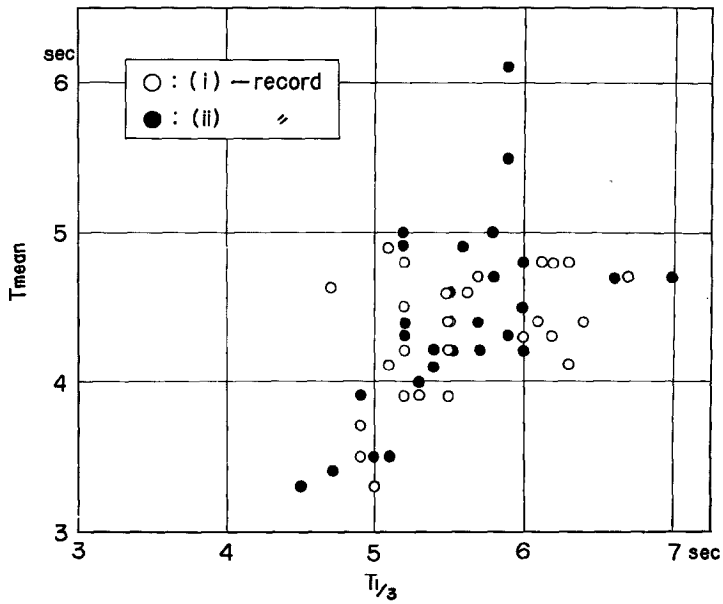


Fig. 6. Relationship of T_{mean} against $T_{1/3}$.

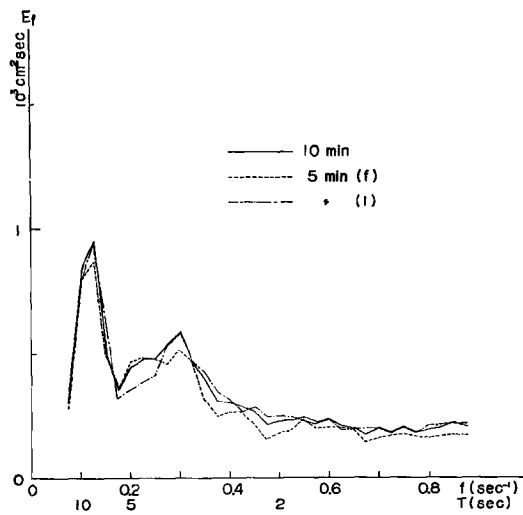


Fig. 7. Wave spectra obtained from the 5min and 10 min-records.

Fig. 8 (a)~(j) Wave spectra at Hiezu Coast

Fig. 8
(a)

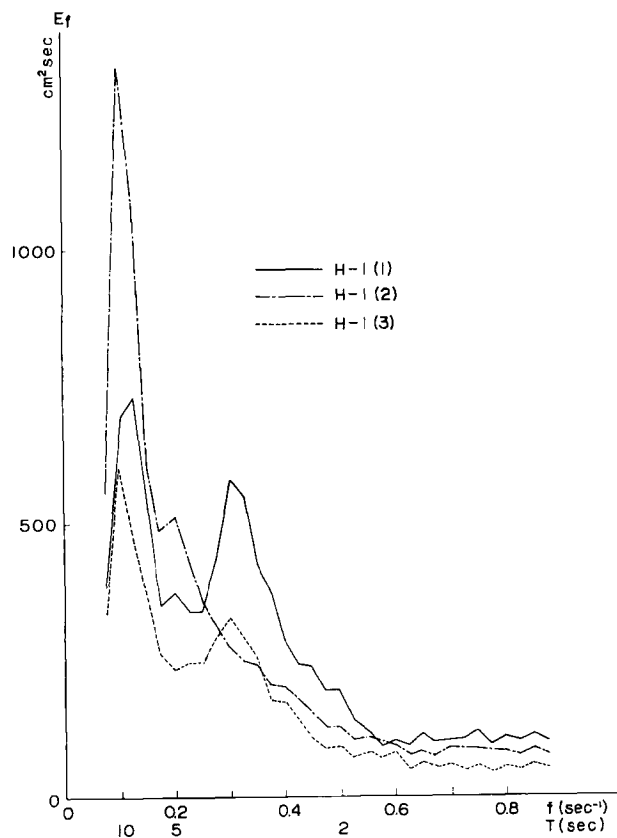


Fig. 8
(b)

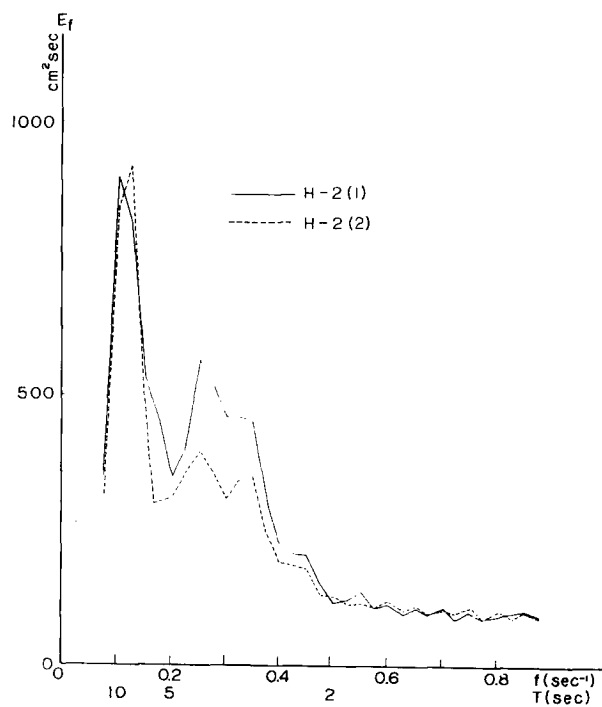


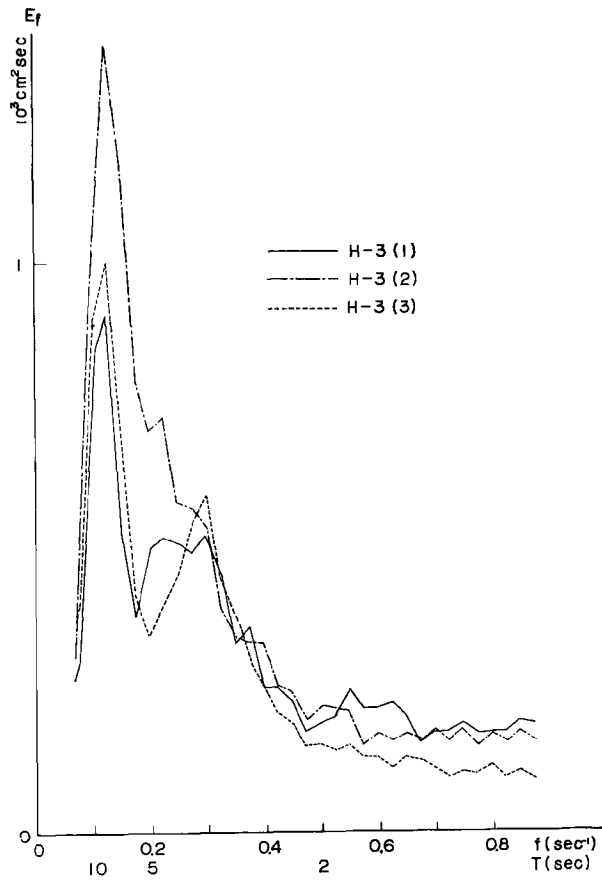
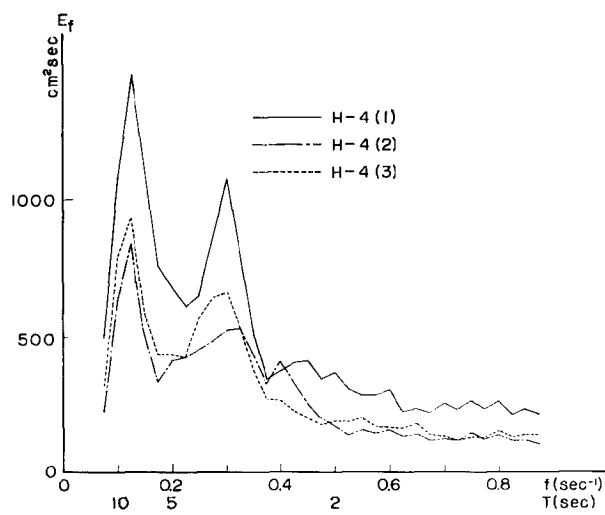
Fig. 8
(c)Fig. 8
(d)

Fig. 8
(e)

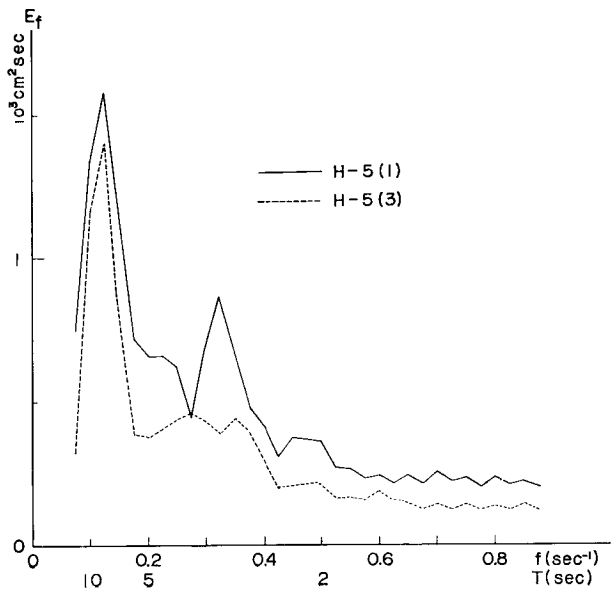


Fig. 8
(f)

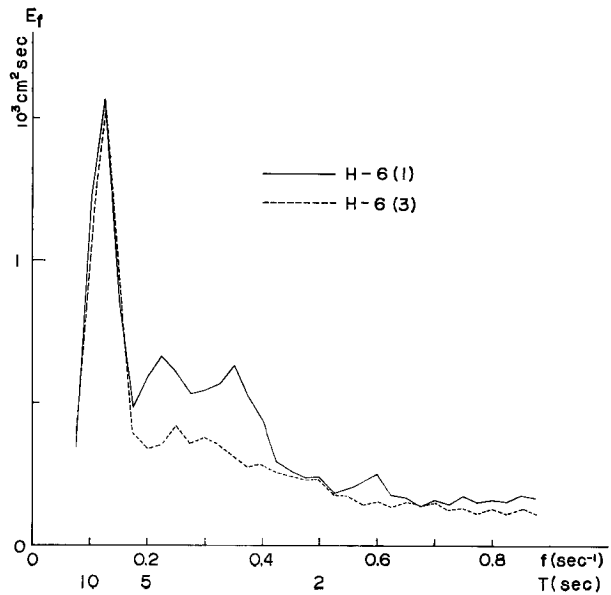


Fig. 8 (g)

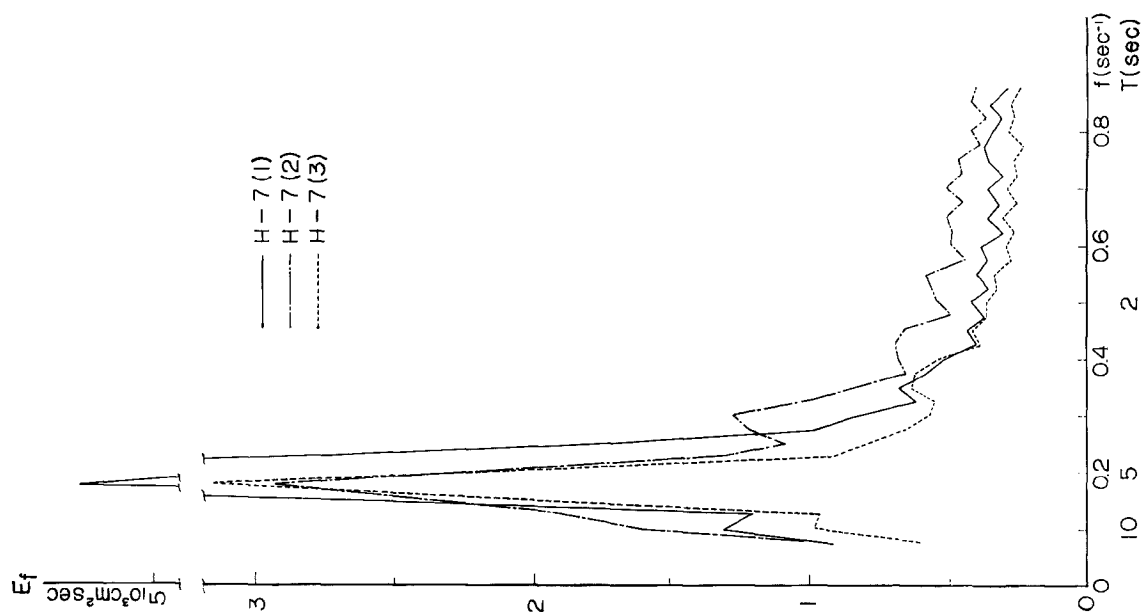


Fig. 8 (h)

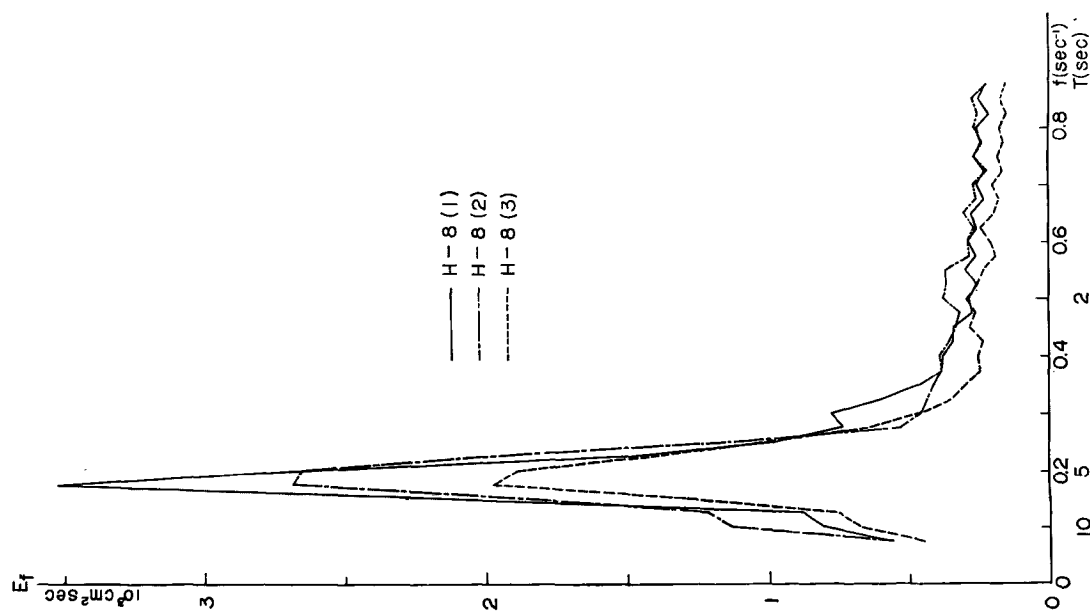


Fig. 8 (i)

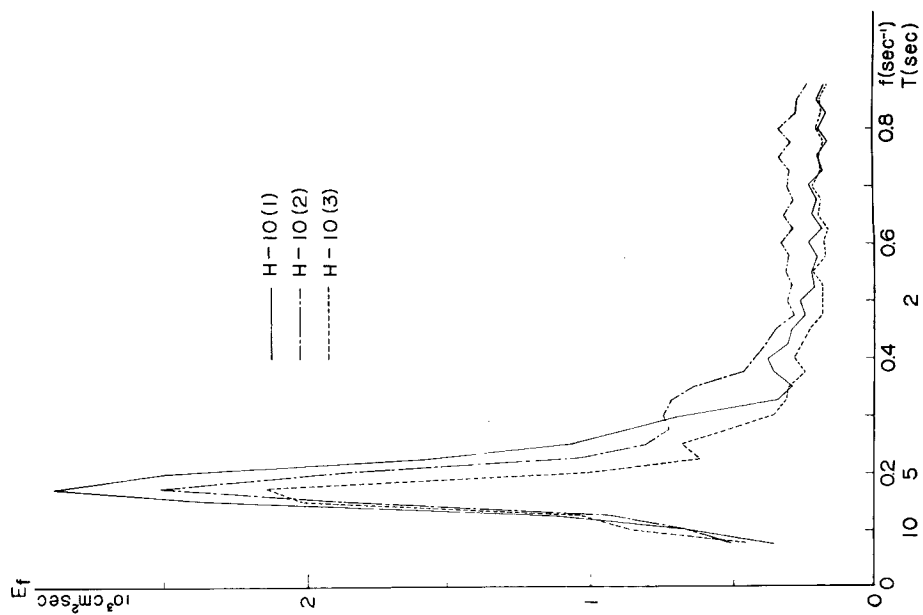
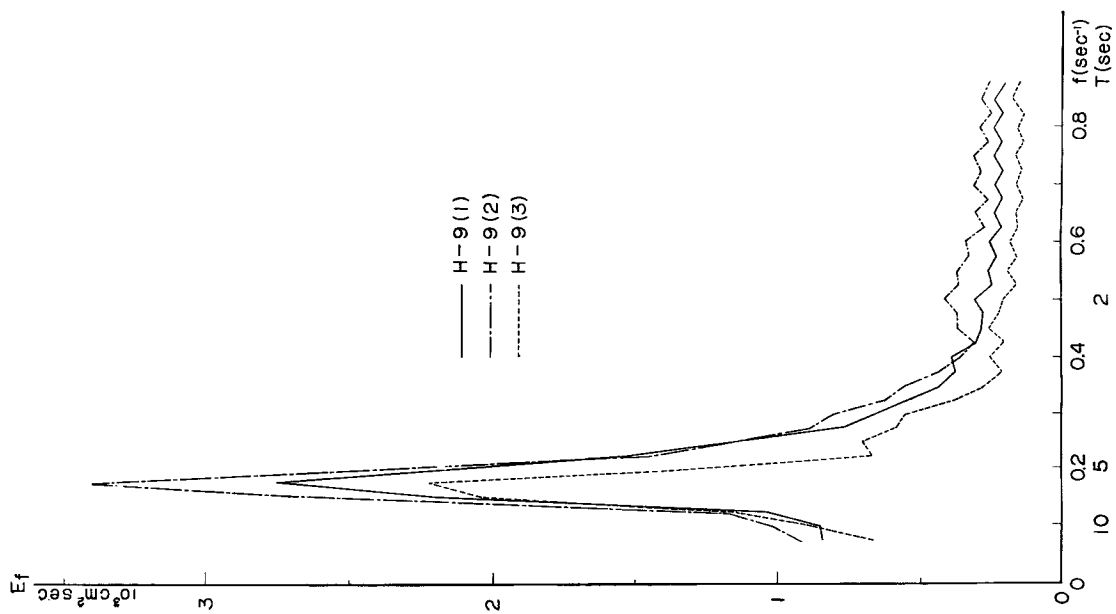


Fig. 8 (j)



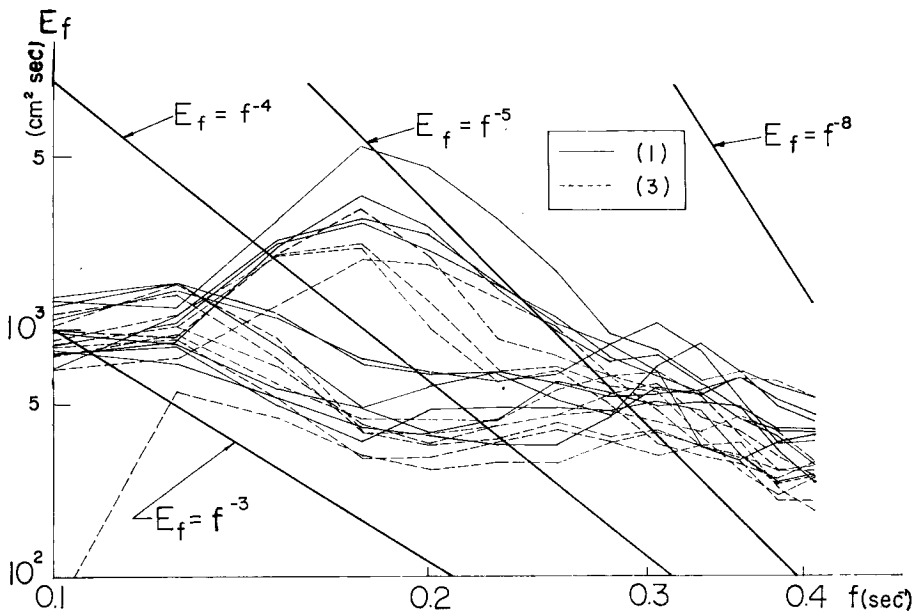


Fig. 9. Comparison of observed wave spectra with $E_f = f^{-3}$, f^{-4} , f^{-5} , and f^{-8} .

(3) は、それぞれ、観測地点 1, 2, および 3 でえた資料をあらわす。

こうした波浪スペクトルがどのような気象条件のもとに生じたかを知ることは、この海岸の波浪の性質を知るうえにおいて必要なことであるが、Neumann - Pierson⁸⁾によれば、深海波に対して、十分に発達した風波のスペクトルの形や風波のスペクトルの発達の状態については、現在のところ一致した結果はえられておらず、ただ、そうしたスペクトルは垂直な前面をもち、高周波側においては $E_f = K/f^n$ (ここに、 $n: 4 \sim 8$, K : 定数) を示すということがわかっている。

Fig. 9 は、この解析で求めた波浪スペクトルと $E_f = f^{-3}$, f^{-4} , f^{-5} , および f^{-8} との比較を示したものである。この図をみると、解析でえた波浪スペクトルは、ピーク付近の高周波側において $f^{-3} \sim f^{-5}$ にはほぼ平行であることがわかるが、この結果は、さきに新潟県潟町海岸の水深 15m のところに取りつけた接点間隔 5cm の階段抵抗式波高計によってえたもの (スペクトルのピークにおける周期: 5.5 sec ~ 9.6 sec)⁹⁾ と同一である。

以上の解析において、H-7 (2), H-8 (2), H- (2), H-10 (2) は、Table 4 に示した映写時の旗の大きさからわかるように、読みとり誤差を考慮に入れば、波高の精度はかなり悪い。

5. 結 語

以上、著者らは日吉津海岸において波浪観測を実施し、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。しかし、この観測においては、岸側の波浪資料は、75 mm 望遠レンズ付きの 16 mm 撮影機によってえたものであり、さらに拡大撮影できる望遠レンズを取りつけ、精度を上げて観測する必要がある。こうした点を改良して、さらに、日本各地の海岸での波浪観測を行ない、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、この研究をすすめるにあたり、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、波浪観測に際しては、建設省倉吉工事事務所の方々には絶大な御援助をいただき、また、防

災研究所の人見哲夫技術員および北川吉男技能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、防災研究所の光田寧助教授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しだいである。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。

参 考 文 献

- 1) Bretschneider, C.L. : Field Investigation of Wave Energy Loss of Shallow Water Ocean Waves, B.E.B. Tech. Memo. No. 46, 1954, pp. 1-21.
- 2) 岩垣雄一, 樋口明生, 土屋義人, 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) 樋口明生, 土屋義人, 柿沼忠男 : 名古屋港および泉佐野海岸における波浪観測について, 京都大学防災研究所年報第 7 号, 昭39, pp. 420-433.
- 4) 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.
- 5) Longuet-Higgins, M.S. : On the Statistical Distribution of the Heights of Sea Waves, J. Mar. Res., Vol. 11, 1952, pp.245-266.
- 6) Darbyshire, J. : An Introduction of Storm Waves in the North Atlantic Ocean, Proc. Roy. Soc., London, Vol. 230 (A), 1955, pp. 560-569.
- 7) Tukey, J.W. : The Sampling Theory of Power Spectrum Estimates, Symposium on Applications of Autocorrelation Analysis to Physical Problems, 1949, pp. 47-68.
- 8) Neumann, G. and W.J. Pierson : Known and Unknown Properties of the Frequency Spectrum of a Wind-Generated Sea, Proc. Conf. on Ocean Wave Spectra, Easton, Maryland, 1961, pp. 9-25.
- 9) 柿沼忠男, 宮井宏 : 波浪スペクトルの変動性について, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 昭39, pp. 67-68.