

# 日吉津海岸および高浜海岸における 波浪観測について

柿 沼 忠 男

## ON WAVE OBSERVATIONS OFF HIEZU COAST AND TAKAHAMA COAST

By *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 for relatively large waves, the wave observations were made off the Hiezu coast in 1964 and the Takahama coast in 1965.

This paper presents the results of wave observations analyzed both by the significant wave method and the wave spectrum method.

Nine and twelve wave data at the corresponding two stations could be obtained at the Hiezu coast and the Takahama coast, respectively.

### 1. 緒 言

浅海における海岸波浪の予知法を確立するに際しては、現地海岸での海底摩擦係数の値が、波浪特性や海底の状態によってどのように変化するかを調べておくことが必要になってくる。

著者は、そうした海底摩擦係数と波浪特性との関係を見出すために、わが国各地の海岸で波浪観測を実施してきたが、これまで、比較的大きな波に対する資料を得ることができなかった<sup>1)~4)</sup>。

そこで、著者は、ひきつづいて、1964年11月23日から12月10までの18日間、鳥取県日吉津海岸で、1965年3月4日から3月13日までの10日間、福井県高浜海岸で波浪観測を実施して、比較的大きな波に対する資料を得た。

この論文では、そうし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. 海岸の特性と波浪の資料

#### (1) 日吉津海岸と高浜海岸の特性

a) 位置と海底地形 観測の対象とした日吉津海岸と高浜海岸は、それぞれ、北緯  $35^{\circ}45'$ 、東経  $133^{\circ}22'$  と北緯  $35^{\circ}30'$ 、東経  $135^{\circ}32'$  に位置している。等深線は、日吉津海岸では、ほぼ海岸線に平行に走っているが、高浜海岸では、かなり傾いている。Fig. 1 および 2 は、両海岸の位置図、Fig. 3 および 4 は、等深

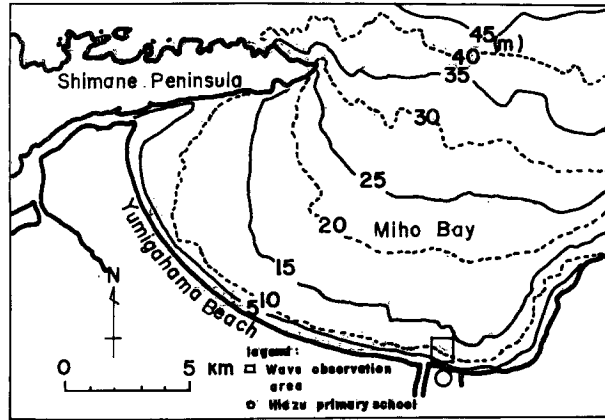


Fig. 1 Topographic map of Hiezu coast.

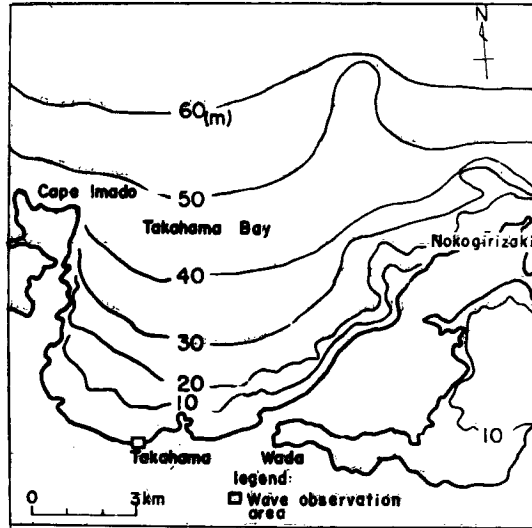


Fig. 2 Topographic map of Takahama coast.

線とともに波浪観測地点と砂れん測定や底質採取点の位置を、Fig. 5 および 6 は、波浪観測地点を結ぶ海底断面を示したものである。Fig. 5 および 6 によれば、両海岸の海底は、ブイ No. 1 とブイ No. 2 の間はほぼ一様な勾配を示し、その間の平均海底勾配は、日吉津海岸では  $6.03 \times 10^{-3}$ 、高浜海岸では  $5.72 \times 10^{-3}$  である。

b) 砂れんと底質 日吉津海岸では、波浪観測終了5日後の12月8日に、Inman<sup>9)</sup> にならって、砂れんの特性を測定することを試みた。波浪観測終了後の4日間は、目視観測によってであるが、有義波高 50 cm、周期 10 sec 前後の波があった。Fig. 3 は、砂れん測定地点、Fig. 7 は、使用した砂れん測定器、Fig. 8 は、測定結果を示す。砂れんの測定とともに、水中カメラニコノスを併用して、海底の状態を知ろうとしたが、海水が濁っていて、撮影することができなかった。

また、高浜海岸で採取して得た底質資料 3 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

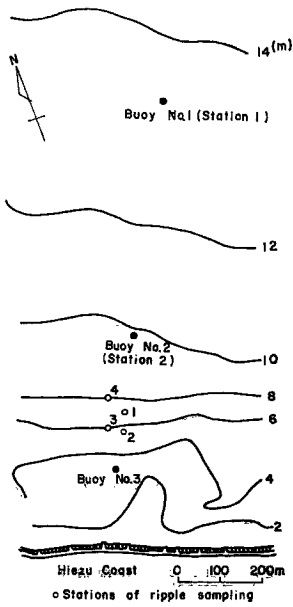


Fig. 3 Stations of wave observation and ripple sampling (Hiezu coast).

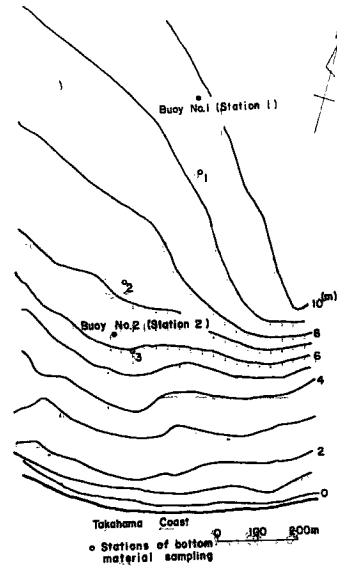


Fig. 4 Stations of wave observation and bottom material sampling (Takahama coast).

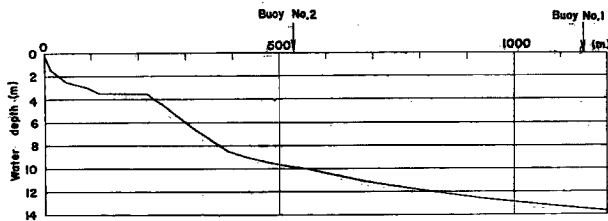


Fig. 5 Bottom profile of Hiezu coast (Buoy No. 2-1)

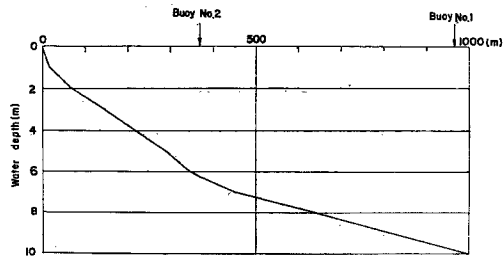


Fig. 6 Bottom profile of Takahama coast (Buoy No. 2-1)

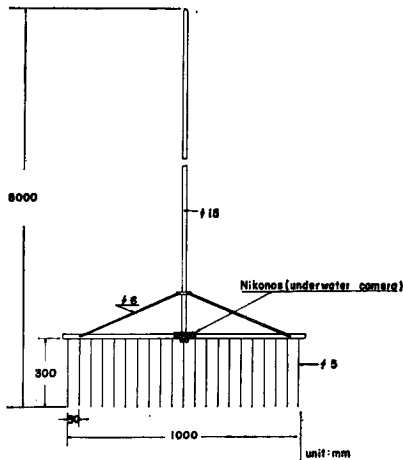


Fig. 7 Device used for measuring ripple profile.

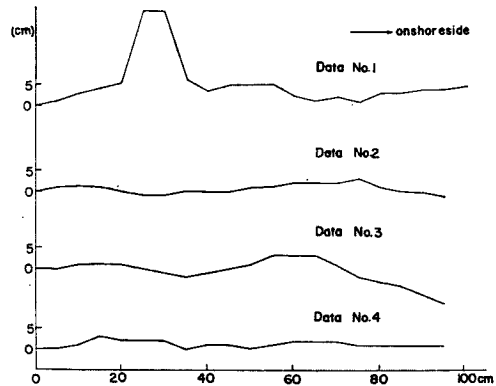


Fig. 8 Profiles of ripples at four stations off Hiezu coast.

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と土質試験用標準ふるいで、その大きさは 1.20 mm, 0.85 mm, 0.60 mm, 0.40 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, 0.11 mm, 0.088 mm, 0.075 mm である。Fig. 4 はそうした底質の採取点を示したものであり、Table 1 は底質の特性を示したものである。

Table 1 Size-distributions of bottom material (Takahama coast).

Bottom sampling number		1	2	3
Median diameter	$d_{50}$ (mm)	0.160	0.166	0.186
	$\phi_{50}$ ( $\phi$ -scale)	2.65	2.58	2.42
Standard deviation $\sigma_{\phi}$ ( $\phi$ -scale)		-0.18	-0.24	-0.24
$d_{50}$ (mm)		0.153	0.134	0.144
$d_{60}/d_{10}$		0.12	0.13	0.13

## (2) 波浪資料

波浪資料は、Fig. 3 および 4 に示した位置にあるブイの上下運動を、1000 mm および 400 mm 望遠レンズ付きの 16 mm シネカメラによって、2コマ/sec の速さで15分間撮影し、そのフィルムを映写機あるいはナックモーションアナライザ(ナックカメラサービスKK製)によって映写し、ブイの上下運動を2コマごとに読みとった。Table 2 および 3 は、両海岸で得た波浪資料と諸条件を示す。Table 2 に示す風の資料は、観測地点から約 0.8 km 離れた日吉津小学校におけるもの、Table 3 に示す風の資料は、波浪観測期間中、携帯用の自記風速風向計を海岸堤防上に設置して得たものであるが、風速風向計は、いずれも、ロビンソン3風杯型風速計と矢羽式風向計で、それぞれ、陸上 17 m および 2 m の高さに位置していた。また、表中に示す波向は、目視観測によるものであるが、日吉津海岸では、美保航空自衛隊の協力を得て航空写真をとり、観測時の波の向きを知る若干の資料を得た。Photo. 1 は、そうして得た海面状況の1例を示したもので、撮影は、波浪資料 H-7 を得る直前の12月3日13時38~43分におわたって行なった。

Table 2 Wave data and conditions (Hiezu coast).

Data No. ( ) Station No.	$H_{1/3}$ (cm)	$T_{1/3}$ (sec)	Date and time (Dec., '64)	Wave direction	Wind direction	Wind speed (m/sec)
H'-1(1)	1.77	9.1	2nd, 1336	N	E	1.2
H'-1(2)	1.95	9.9				
H'-2(1)	1.95	10.0	2nd, 1405	N	E	0.3
H'-2(2)	1.85	10.0				
H'-3(1)	2.36	10.6	2nd, 1434	N	E	2.5
H'-3(2)	2.13	10.5				
H'-4(1)	1.94	10.0	2nd, 1503	N	E	0.6
H'-4(2)	2.40	11.0				
H'-5(1)	2.02	10.1	2nd, 1527	N	E	1.3
H'-5(2)	1.98	9.6				
H'-6(1)	1.92	9.3	2nd, 1546	N	E	1.1
H'-6(2)	1.91	10.3				
H'-7(1)	2.31	13.0	3rd, 1349	NNE	E	7.1
H'-7(2)	2.15	14.0				
H'-8(1)	2.32	12.4	3rd, 1414	NNE	E	6.5
H'-8(2)	2.41	13.6				
H'-9(1)	2.47	14.6	3rd, 1434	NNE	E	4.8
H'-9(2)	2.23	15.5				

(Note) Water depth, (1) : 13.5 m, (2) : 9.8 m

Table 3 Wave data and conditions (Takahama coast).

Data No. ( ) Station No.	$H_{1/3}$ (cm)	$T_{1/3}$ (sec)	Date and time (March, '65)	Wave direction	Wind direction	Wind speed (m/sec)
T-1(1)	1.26	7.4	10th, 1141	NNE	W	0.5
T-1(2)	1.25	7.8				
T-2(1)	1.11	7.2	10th, 1317	NNE	WNW	0
T-2(2)	1.13	7.3				
T-3(1)	1.34	9.8	10th, 1351	NNE	W	0
T-3(2)	1.45	11.0				
T-4(1)	1.29	9.0	10th, 1414	NNE	S SW	0
T-4(2)	1.56	10.4				
T-5(1)	1.35	9.9	10th, 1455	NNE	W	0
T-5(2)	1.60	11.3				
T-6(1)	1.16	8.7	10th, 1514	NNE	W	0
T-7(1)	1.49	10.0	10th, 1551	N	W	0
T-7(2)	1.35	10.2				
T-8(1)	1.37	9.9	10th, 1630	N	SW	0
T-8(2)	1.63	10.7				
T-9(1)	1.39	11.4	11th, 1100	N	W	0
T-9(2)	1.38	12.5				
T-10(1)	1.05	7.4	11th, 1145	NNE	W	0
T-10(2)	1.16	9.4				
T-11(1)	1.46	11.9	11th, 1440	NNE	ENE	0
T-11(2)	1.34	11.0				
T-12(1)	1.44	11.4	11th, 1530	NNE	E	0
T-12(2)	1.16	11.5				

(Note) Water depth, (1) : 9.8 m, (2) : 6.3 m

なお、ブイは日吉津海岸(1963)で使用したものと同一で、ブイの旗の大きさは100 cm×100 cmであり<sup>8)</sup>、ナックモーションアナライザは、高浜海岸の波浪資料の解析にのみ用いたが、Table 4 および 5 は、ブイの旗の映写時の大きさを、たての一辺の長さで示したものである。

a) 有義波法による整理 Table 6 および 7 は、各波浪資料からとり出した波の個数を示す。表中、( ) 内の数字は、記録の全長を min 単位であらわしたものである。Table 8 および 9 は、それぞれ、Table 6 および 7 に対応して求めた各種平均波を示す。Fig. 9 および 10 は、それぞれ、Table 8 および 9 に示した資料から、 $\sqrt{E}$  ( $E$ : variance の2倍) と有義波高  $H_{1/3}$  との関係、さらに有義波高  $H_{1/3}$  と平均波高  $H_{mean}$ 、 $1/10$  最大波高  $H_{1/10}$  および最大波高  $H_{max}$  との関係を、観測地点を区別して求めたものである。図中の理論直線は Longuet-Higgins (1952) によるものであるが、Fig. 9 および 10によれば、沖側および陸側の観測地点には関係なく、つぎの関係式が得られる。すなわち、日吉津海岸では、

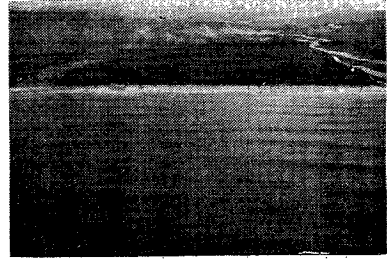


Photo. 1 Sea surface at 13:38 on 3rd Dec.

Table 4 Scales of projected flag (Hiezu coast).

Data No.	H'-1(1)	H'-1(2)	H'-2(1)	H'-2(2)	H'-3(1)	H'-3(2)
Scales of projected flag (cm)	6.04	5.19	6.20	5.19	6.04	5.16
Data No.	H'-4(1)	H'-4(2)	H'-5(1)	H'-5(2)	H'-6(1)	H'-6(2)
Scales of projected flag (cm)	5.99	5.17	6.06	5.17	5.67	5.13
Data No.	H'-7(1)	H'-7(2)	H'-8(1)	H'-8(2)	H'-9(1)	H'-9(2)
Scales of projected flag (cm)	6.06	5.15	6.03	5.17	6.17	5.17

Table 5 Scales of projected flag (Takahama coast).

Data No.	T-1(1)	T-1(2)	T-2(1)	T-2(2)	T-3(1)	T-3(2)
Scales of projected flag (cm)	1.55	1.46	1.56	1.53	1.54	1.47
Data No.	T-4(1)	T-4(2)	T-5(1)	T-5(2)	T-6(1)	T-7(1)
Scales of projected flag (cm)	1.54	1.48	1.56	1.53	1.56	0.58
Data No.	T-7(2)	T-8(1)	T-8(2)	T-9(1)	T-9(2)	T-10(1)
Scales of projected flag (cm)	1.45	0.61	1.48	0.62	1.60	0.65
Data No.	T-10(1)	T-11(1)	T-11(2)	T-12(1)	T-12(2)	
Scales of projected flag (cm)	1.60	0.61	1.63	0.64	1.59	

Table 6 Number of waves in each wave datum (Hiezu coast).

Data No.	H'-1(1)	H'-1(2)	H'-2(1)	H'-2(2)	H'-3(1)	H'-3(2)
Numbers of waves	102 (12.2)	112 (13.6)	91 (12.3)	82 (9.4)	103 (14.3)	88 (11.5)
Data No.	H'-4(1)	H'-4(2)	H'-5(1)	H'-5(2)	H'-6(1)	H'-6(2)
Numbers of waves	115 (14.4)	75 (11.0)	100 (13.9)	77 (10.1)	94 (11.0)	58 (7.7)
Data No.	H'-7(1)	H'-7(2)	H'-8(1)	H'-8(2)	H'-9(1)	H'-9(2)
Numbers of waves	76 (13.9)	61 (12.4)	50 (9.5)	47 (9.0)	63 (11.8)	29 (5.9)

Table 7 Number of waves in each wave datum (Takahama coast).

Data No.	T-1(1)	T-1(2)	T-2(1)	T-2(2)	T-3(1)	T-3(2)
Numbers of waves	79 (8.0)	66 (7.4)	92 (8.9)	82 (8.3)	75 (10.2)	50 (6.6)
Data No.	T-4(1)	T-4(2)	T-5(1)	T-5(2)	T-6(1)	T-7(1)
Numbers of waves	96 (11.5)	81 (11.6)	102 (13.5)	26 (4.2)	45 (5.8)	75 (9.8)
Data No.	T-7(2)	T-8(1)	T-8(2)	T-9(1)	T-9(2)	T-10(1)
Numbers of waves	93 (13.1)	76 (10.3)	85 (12.9)	84 (16.5)	79 (13.7)	28 (3.2)
Data No.	T-10(2)	T-11(1)	T-11(2)	T-12(1)	T-12(2)	
Numbers of waves	37 (4.6)	28 (4.3)	27 (4.5)	26 (4.5)	25 (3.6)	

Table 8 Data of various mean waves (Hiezu coast).

	H'-1(1)	H'-1(2)	H'-2(1)	H'-2(2)	H'-3(1)	H'-3(2)
$H_{1/3}$	1.77	1.95	1.95	1.85	2.36	2.13
$H_{1/10}$	2.17	2.40	2.36	2.32	2.85	2.69
$H_{mean}$	1.24	1.22	1.35	1.21	1.55	1.40
$H_{max}$	2.58	2.97	2.77	2.94	3.44	3.88
$T_{1/3}$	9.1	9.9	10.0	10.0	10.6	10.5
$T_{1/10}$	10.3	10.4	9.2	10.2	11.4	10.6
$T_{mean}$	7.2	7.3	8.1	6.9	8.3	7.9
$T_{max}$	11.5	8.1	11.2	13.0	14.2	13.9

	H'-4(1)	H'-4(2)	H'-5(1)	H'-5(2)	H'-6(1)	H'-6(2)
$H_{1/3}$	1.94	2.40	2.02	1.98	1.92	1.91
$H_{1/10}$	2.29	2.76	2.34	2.29	2.30	2.17
$H_{mean}$	1.30	1.72	1.38	1.32	1.26	1.36
$H_{max}$	3.70	3.05	2.64	2.53	2.68	2.38
$T_{1/3}$	10.0	11.0	10.1	9.6	9.3	10.3
$T_{1/10}$	10.3	11.5	10.3	10.3	9.2	10.3
$T_{mean}$	7.5	8.9	8.4	7.9	7.0	7.9
$T_{max}$	9.7	10.7	12.2	10.6	8.8	9.1
	H'-7(1)	H'-7(2)	H'-8(1)	H'-8(2)	H'-9(1)	H'-9(2)
$H_{1/3}$	2.31	2.15	2.32	2.41	2.47	2.23
$H_{1/10}$	2.68	2.45	2.53	2.78	2.86	2.40
$H_{mean}$	1.60	1.49	1.75	1.69	1.57	1.52
$H_{max}$	3.07	2.74	2.77	2.86	3.06	2.45
$T_{1/3}$	13.0	14.0	12.4	13.6	14.6	15.5
$T_{1/10}$	13.3	14.3	14.1	13.5	14.5	14.8
$T_{mean}$	11.0	12.2	11.4	11.5	11.3	12.1
$T_{max}$	12.5	13.7	15.0	15.8	11.9	14.0

(Note 1)  $T_{max}$  : Wave period of  $H_{max}$ -wave (Note 2)  $H$  : cm,  $T$  : sec

Table 9 Data of various mean waves (Takahama coast).

	T-1(1)	T-1(2)	T-2(1)	T-2(2)	T-3(1)	T-3(2)
$H_{1/3}$	1.26	1.25	1.11	1.31	1.34	1.45
$H_{1/10}$	1.55	1.47	1.15	1.59	1.55	1.78
$H_{mean}$	0.84	0.86	0.75	0.84	0.89	0.89
$H_{max}$	1.90	1.63	1.47	1.83	1.86	1.94
$T_{1/3}$	7.4	7.8	7.2	7.3	9.8	11.0
$T_{1/10}$	7.7	7.2	6.7	7.1	10.4	11.1
$T_{mean}$	6.1	6.7	5.8	6.1	8.2	7.9
$T_{max}$	7.6	6.8	7.2	6.2	8.0	12.2
	T-4(1)	T-4(2)	T-5(1)	T-5(2)	T-6(1)	T-7(1)
$H_{1/3}$	1.29	1.56	1.35	1.60	1.16	1.49
$H_{1/10}$	1.53	1.85	1.60	1.87	1.44	1.69
$H_{mean}$	0.86	1.08	0.90	1.12	0.83	0.97
$H_{max}$	1.80	2.14	1.93	2.01	1.61	1.84
$T_{1/3}$	9.0	10.4	9.9	11.3	8.7	10.0
$T_{1/10}$	10.1	10.5	11.0	9.9	8.4	10.7
$T_{mean}$	7.2	8.6	7.9	9.7	7.7	7.8
$T_{max}$	10.4	13.2	9.0	10.0	9.0	9.6



	T-7(2)	T-8(1)	T-8(2)	T-9(1)	T-9(2)	T-10(1)
$H_{1/3}$	1.35	1.37	1.63	1.39	1.38	1.05
$H_{1/10}$	1.62	1.65	1.85	1.65	1.67	1.31
$H_{mean}$	0.93	0.92	1.18	0.94	0.91	0.68
$H_{max}$	1.84	1.94	2.01	1.86	1.83	1.41
$T_{1/3}$	10.2	9.9	10.7	11.4	12.5	7.4
$T_{1/10}$	11.6	11.0	10.9	12.0	13.7	8.6
$T_{mean}$	8.4	8.1	9.1	11.8	10.4	6.8
$T_{max}$	9.6	13.8	11.4	14.6	13.6	11.4

	T-10(2)	T-11(1)	T-11(2)	T-12(1)	T-12(2)
$H_{1/3}$	1.16	1.46	1.34	1.44	1.16
$H_{1/10}$	1.44	1.71	1.65	1.62	1.43
$H_{mean}$	0.65	0.95	0.92	1.06	0.75
$H_{max}$	1.66	1.85	1.78	1.71	1.60
$T_{1/3}$	9.4	11.9	11.0	11.4	11.5
$T_{1/10}$	9.0	13.5	12.5	11.7	11.0
$T_{mean}$	7.5	9.1	10.1	10.1	8.6
$T_{max}$	9.4	13.6	14.0	10.8	10.8

(Note 1)  $T_{max}$  : Wave period of  $H_{max}$ -wave (Note 2)  $H$  : cm,  $T$  : sec

$$H_{1/3} = 2.46\sqrt{E}, \dots\dots\dots(1)$$

$$H_{mean} = 0.68 H_{1/3}, \dots\dots\dots(2)$$

$$H_{1/10} = 1.18 H_{1/3}, \dots\dots\dots(3)$$

$$H_{max} = 1.38 H_{1/3} \pm 20\% \dots\dots\dots(4)$$

であり、高浜海岸では、

$$H_{mean} = 0.67 H_{1/3}, \dots\dots\dots(5)$$

$$H_{1/10} = 1.18 H_{1/3}, \dots\dots\dots(6)$$

$$H_{max} = 1.33 H_{1/3} \pm 10\% \dots\dots\dots(7)$$

である。

Fig. 11 は、Table 8 および 9 に示した資料から、有義波周期  $T_{1/3}$  と平均周期  $T_{mean}$  および波浪スペクトルのピークに対応する周期  $T_{f_0}$  との関係を示したものである。この図から、つぎの関係式が得られる。すなわち、日吉津海岸では、

$$T_{mean} = 0.86 T_{1/3}, \dots\dots\dots(8)$$

$$T_{1/3} = 0.90 T_{f_0} \dots\dots\dots(9)$$

であり、高浜海岸では、

$$T_{mean} = 0.80 T_{1/3} \dots\dots\dots(10)$$

である。なお、Fig. 11 (b) には、Darbyshire (1955) が北大西洋での数多くの嵐における波について得た関係式、 $T_{1/3} = 0.88 T_{f_0}$  をプロットしてある。

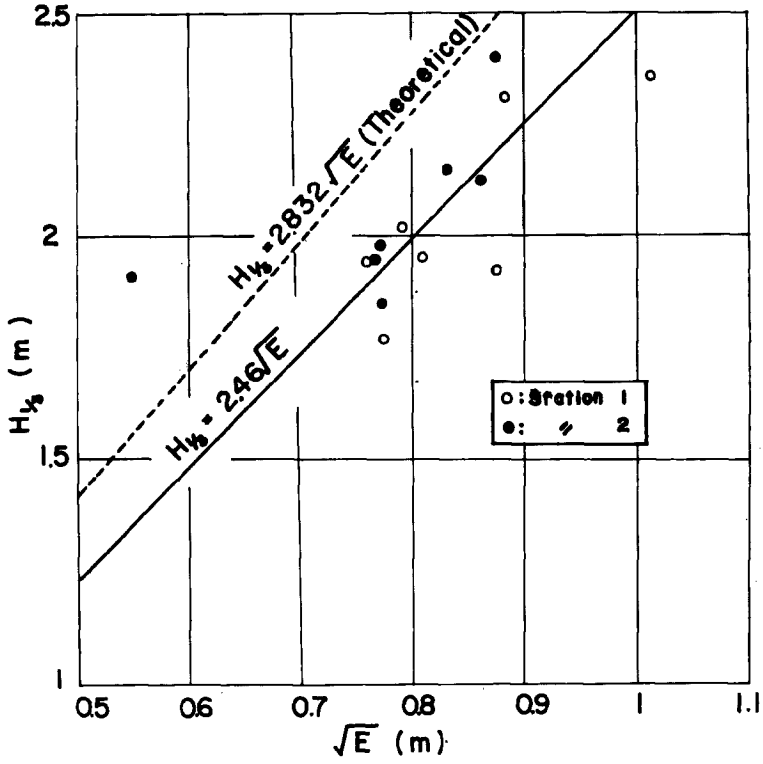


Fig. 9 (a) Relationship of  $H_{1/8}$  against  $\sqrt{E}$  (Hiezu coast).

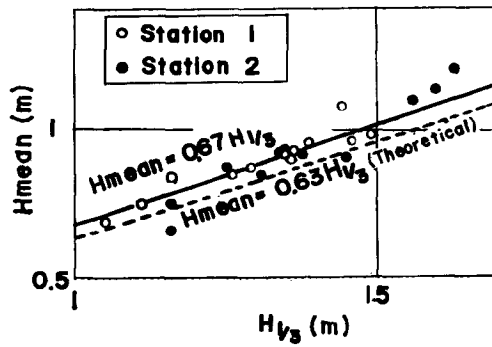


Fig. 9 (b) Relationship of  $H_{mean}$  against  $H_{1/8}$  (Hiezu coast).

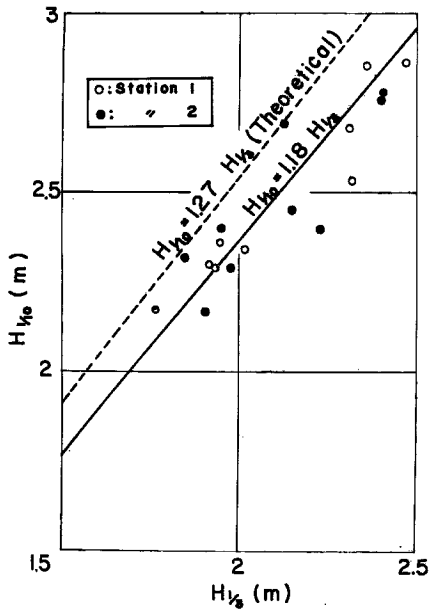


Fig. 9 (c) Relationship of  $H_{1/10}$  against  $H_{1/3}$  (Hiezu coast).

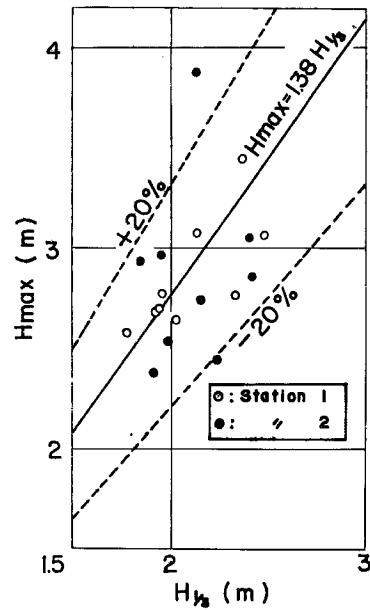


Fig. 9 (d) Relationship of  $H_{max}$  against  $H_{1/3}$  (Hiezu coast).

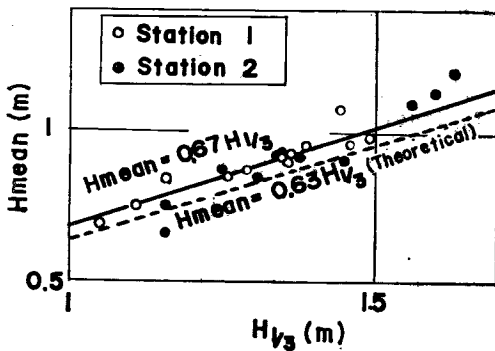


Fig. 10 (a) Relationship of  $H_{mean}$  against  $H_{1/3}$  (Takahama coast).

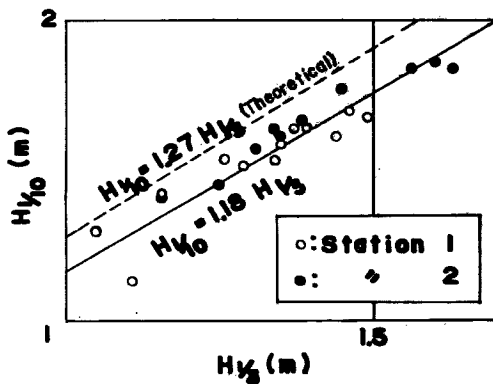


Fig. 10 (b) Relationship of  $H_{1/10}$  against  $H_{1/3}$  (Takahama coast).

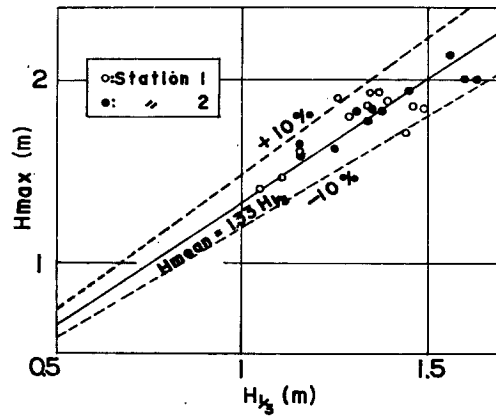


Fig. 10 (c) Relationship of  $H_{max}$  against  $H_{1/3}$  (Takahama coast).

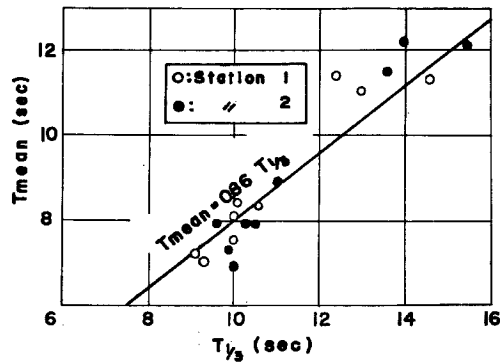


Fig. 11 (a) Relationship of  $T_{mean}$  against  $T_{1/3}$  (Hiezu coast).

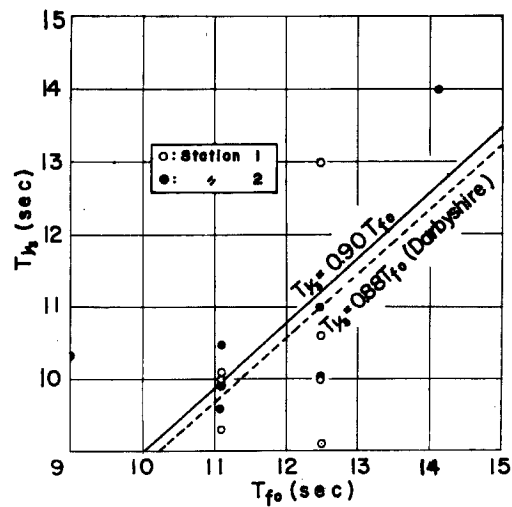


Fig. 11 (b) Relationship of  $T_{1/3}$  against  $T_{fo}$  (Hiezu coast).

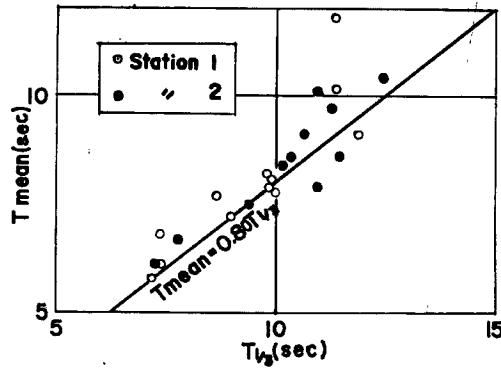


Fig. 11 (c) Relationship of  $T_{mean}$  against  $T_{1/3}$  (Takahama coast).

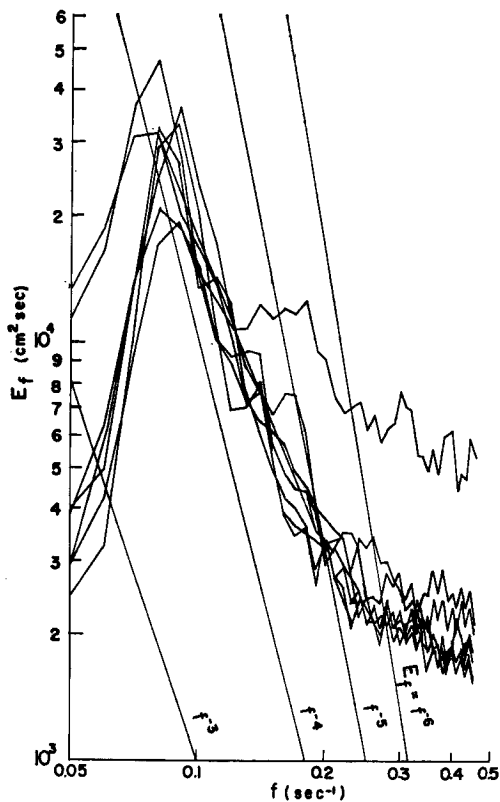
b) 波浪スペクトル法による整理 日吉津海岸の資料については、記録の読みとり間隔を 1 sec, 読みとり個数を 625 コ (記録の長さ: 10.4 min), lag を 50 とし, 自由度をほぼ 25 として, Tukey (1949) の計算法を用いて, デジタル電子計算機 KDC-1 によって波浪スペクトルを求めたが, 高浜海岸の資料については, 上述の読みとり間隔での読みとり値を曲線で結び, それを解析資料として, 周波数分度器により波浪スペクトルを求めた。この周波数分析器による解析は, すべて, 帯域濾波器の帯域幅を 4 cps, 分析周波数を 5 cps~250 cps, 走査時間を 500 sec, ループ周期をほぼ 1 sec として行なったが, Table 10 は解析に用いた記録の長さを示す。なお, 波浪資料 T-1, 7, および 9 については, 自由度をほぼ 30 として, KDC-1 によっても解析を行なったが, 記録の読みとり間隔は 1 sec, 読みとり個数, 記録の長さ, および lag は, それぞれ, 443, 7.3 min, 30 ; 771, 12.9 min, 50 ; 945, 15.8 min, 60 である。

Table 10 Duration of records (Takahama coast).

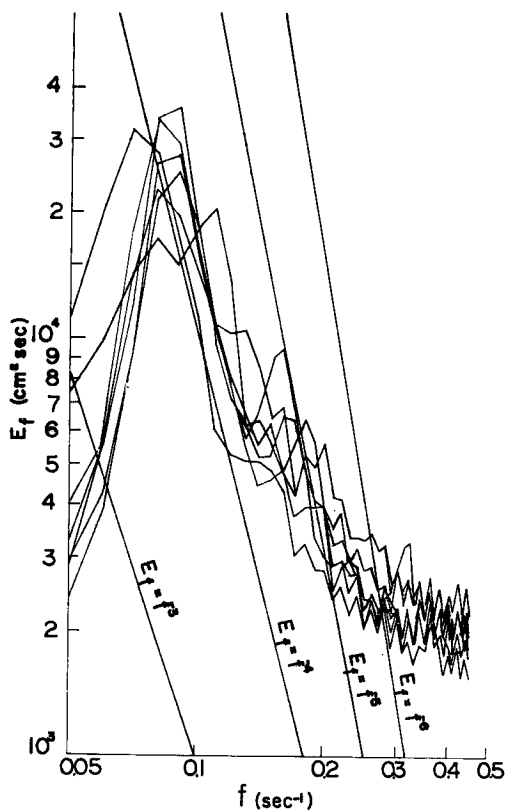
Data No.	Duration of records (min)	Data No.	Duration of records (min)
T-1(1)	7.4	T-7(1)	12.9
T-1(2)		T-7(2)	
T-2(1)	8.0	T-8(1)	13.5
T-2(2)		T-8(2)	
T-3(1)	8.3	T-9(1)	15.8
T-3(2)		T-9(2)	
T-4(1)	14.0	T-10(1)	—
T-4(2)		T-11(2)	
T-5(1)	6.4	T-11(1)	5.3
T-5(2)		T-11(2)	
T-6(1)	—	T-12(1)	5.3
		T-12(2)	

浅海における海岸波浪スペクトルとその変形: Fig. 12 は, KDC-1 で得た両海岸での波浪スペクトルと  $E_T = f^{-2} \sim f^{-8}$  との比較を示したもので, (a), (b) は, それぞれ, 日吉津海岸の観測地点 1, 2 での資料, (c) は高浜海岸での資料を示す。Fig. 12 をみると, スペクトルのピーク付近の高周波側の形は, (a) と (b) では  $E_T = f^{-4} \sim f^{-5}$ , (c) では  $E_T = f^{-8} \sim f^{-5}$  にほぼ平行であることがわかる。

さて, Neumann-Pierson<sup>6)</sup> によれば, 深海におい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得られておらず, ただ, そうしたスペクトル



(a) Station 1 off Hiezu coast.



(b) Station 2 off Hiezu coast.

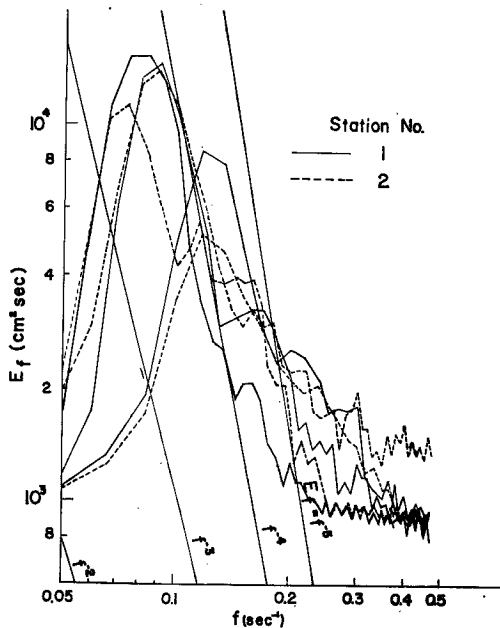


Fig. 12 Comparison of observed wave spectra with  $E_f = f^{-2}, f^{-3}, f^{-4}, f^{-5}$  and  $f^{-6}$ .

(c) Takahama coast.

ルは垂直な前面をもち、高周波側においては  $E_f = K \cdot f^{-n}$  (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。

Table 11 は、京都大学防災研究所が、わが国各地の海岸で波浪観測を実施して得た資料から求めた、波浪スペクトルのピーク付近の高周波側の  $n$  の値を示す。Table 11 をみると、浅海における海岸波浪スペクトルでは、ピーク付近の高周波側における  $n$  の値は  $3 \sim 5$  で、かつ、浅海になるほど小さい値を示す傾向があり、深海での  $n$  の値は  $4 \sim 8$  と比較して、小さい値を示すことがわかる。

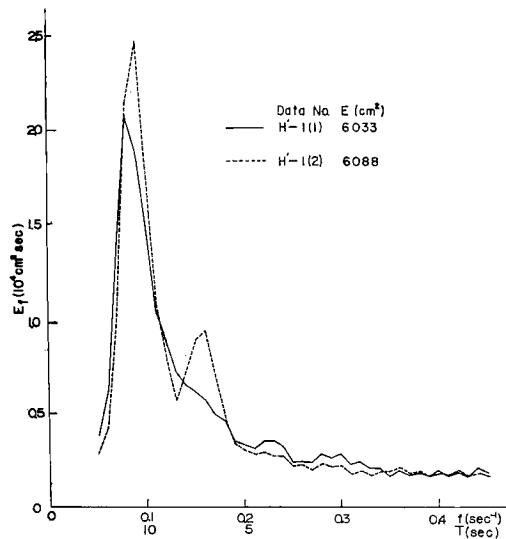
Table 11  $n$  values of  $Kf^{-n}$  at the high frequencies of wave energy spectra.

Station	Water depth (m)	Period of maximum energy density $T_{f_0}$ (sec)	$n$	Method of observation
Nishikinohama Coast	8.6, 7.0, 6.2, 2.4	3.1~ 4.4	3~5	Buoys and cine-cameras
Hiezu Coast (63)	11.8, 3.4	5.7~10.0	3~5	
Hiezu Coast (64)	13.5, 9.8	9.0~14.2	4~5	
Takahama Coast	9.8, 6.3	8.6~11.1	4~5	
Ōgata Coast	15	5.5~ 9.6	3~5	Step resistance type wave recorder

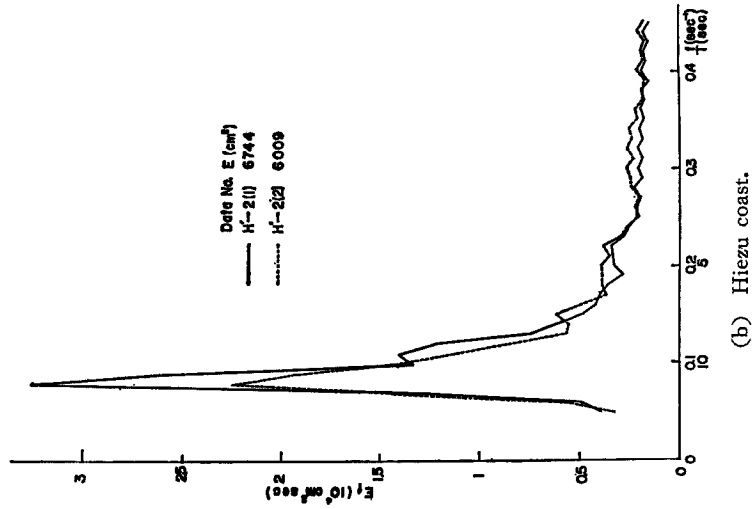
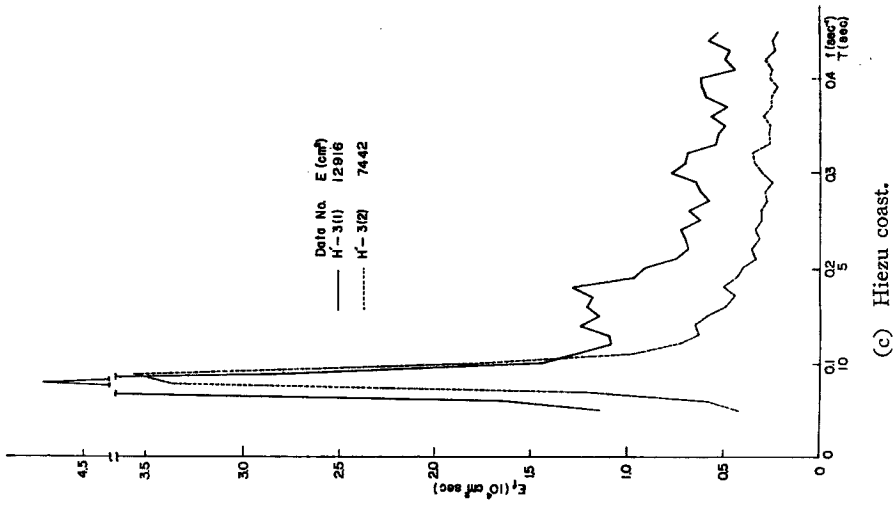
Fig. 13 は、両海岸で得た沖側と陸側の相対応する 2 点での浅海における海岸波浪スペクトルの変形を示す。図中、(1) と (2) は、それぞれ、観測地点 1 と 2 で得た資料をあらわすが、この図の周波数分析器で得た (h)~(q) の縦軸には、岩垣一柿沼の第 3 の方法<sup>7)</sup> によって得た値が目盛っている。

岩垣一柿沼<sup>7)</sup> は、波浪資料  $H'-1 \sim 9$ ,  $T-1 \sim 12$  (Table 2, 3, 8 および 9 と Fig. 12) を用いて、対応する沖側と陸側の地点での有義波高および平均波高の減衰と一次元波浪スペクトルの変形から、浅水、屈折、浸透、および海底摩擦の効果だけを考慮に入れた Bretschneider の式にもとづいて、両海岸での海底摩擦係数の値と波の Reynolds 数との関係を見いだした。

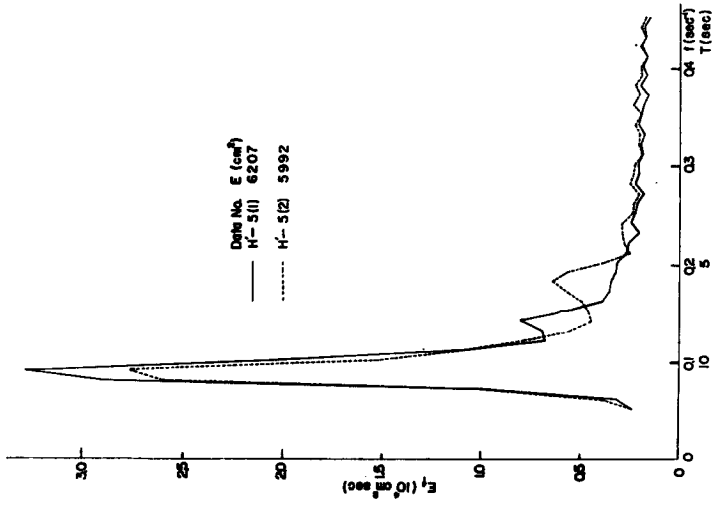
Fig. 13 Transformation of shallow water ocean waves.



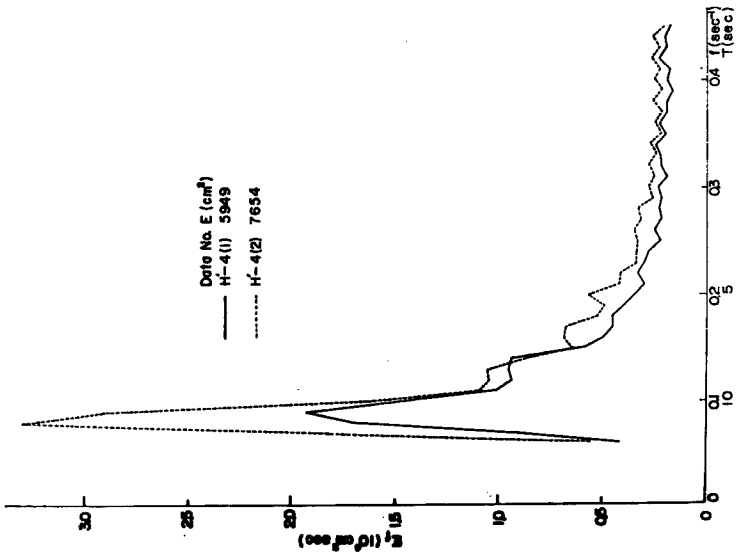
(a) Hiezu coast.



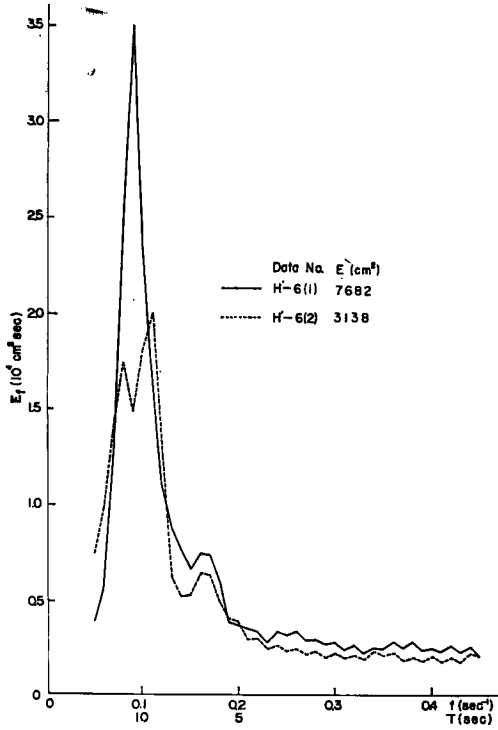




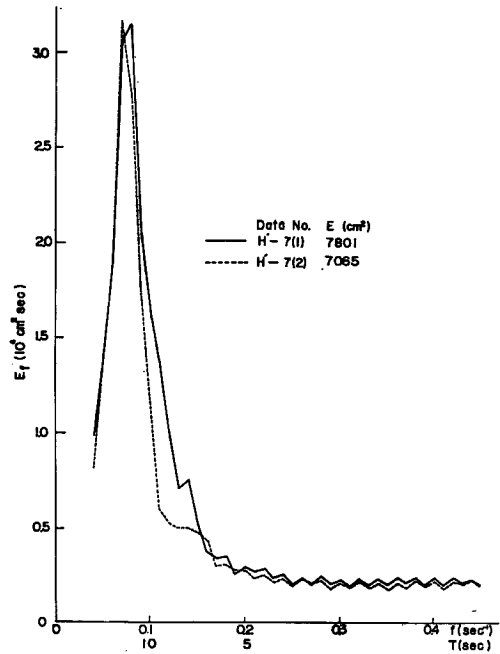
(e) Hiezu coast.



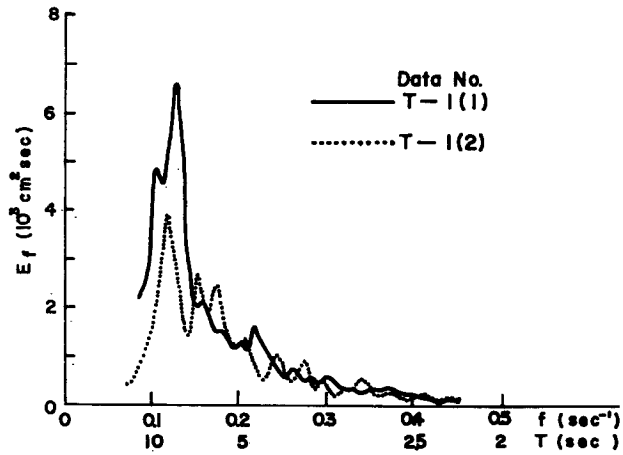
(d) Hiezu coast.



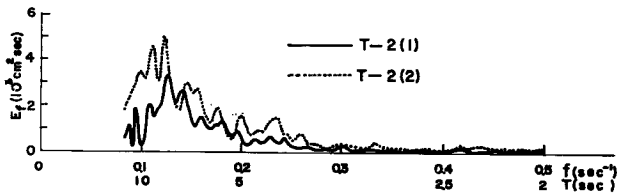
(f) Hiezu coast.



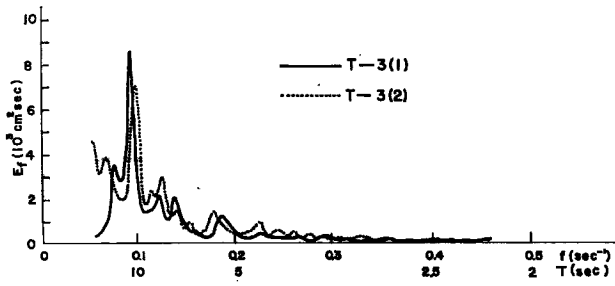
(g) Hiezu coast.



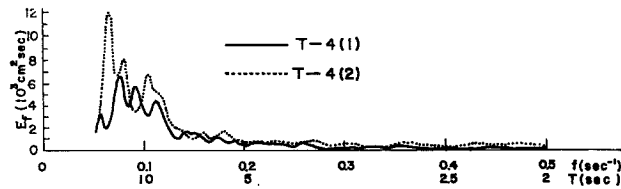
(h) Takahama coast.



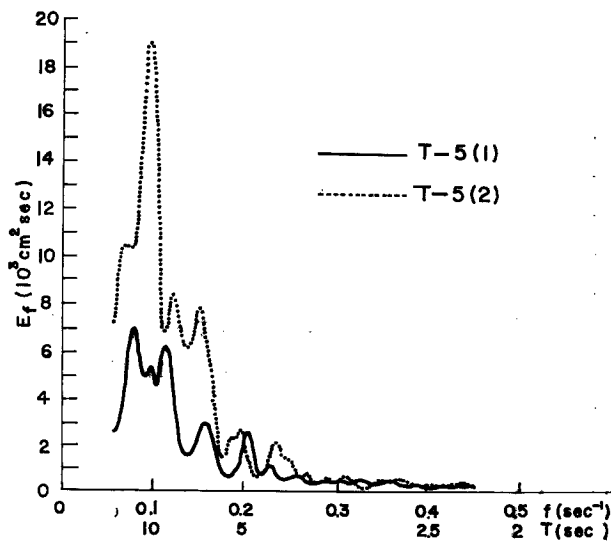
(i) Takahama coast.



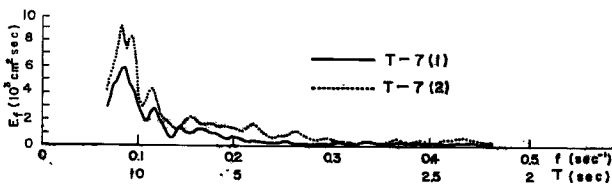
(j) Takahama coast.



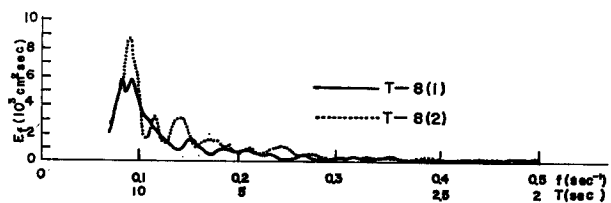
(k) Takahama coast.



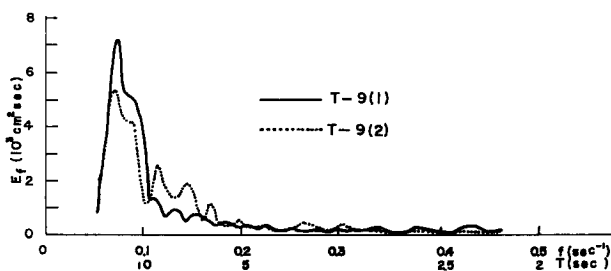
(l) Takahama coast.



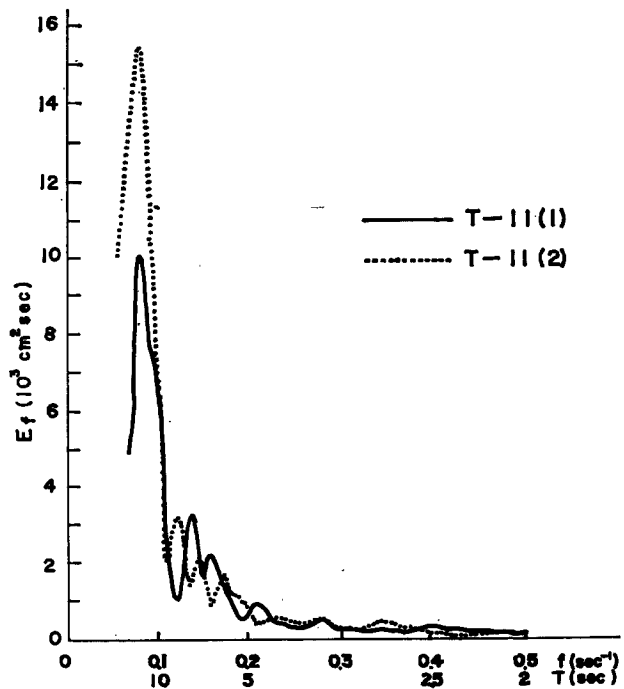
(m) Takahama coast.



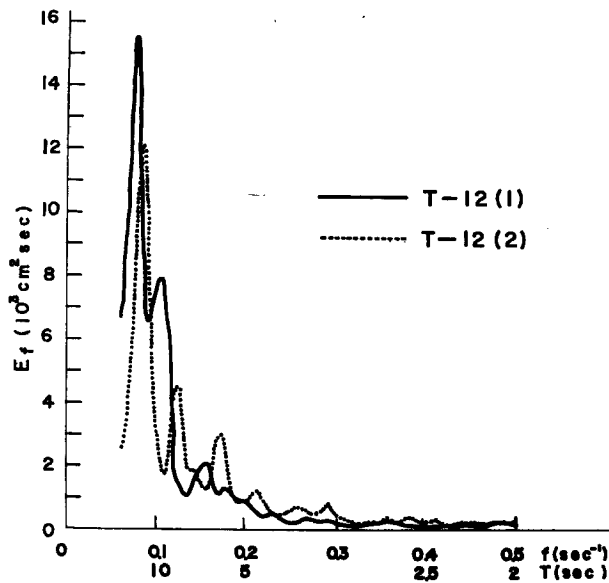
(n) Takahama coast.



(o) Takahama coast.



(p) Takahama coast.



(q) Takahama coast.

しかし、こうした波浪資料のなかには、陸側の波高が沖側の波高にくらべて過剰に大きく（こうした値のまま計算すると海底摩擦係数の値が負になってしまう）、海底摩擦係数の値が求められないものがあった。すなわち、H'-1, H'-6, T-3, および T-7 に対しては、算出の方法によって求められないものがあり、H'-4, T-2, 4, 5 および 8 に対しては、3方法とも求められなかった。こうした陸側の波高が沖側の波高にくらべて過剰に大きいということがどのような理由で生じたかはわからないが、その理由の一つとして、おそらく、不規則波の反射が挙げられ、その解明には、波高、波の周期ばかりでなく、波向をも考慮に入れた精度の高い波浪観測が要求される。

### 3. 結 語

以上、著者は日吉津海岸と高浜海岸において波浪観測を実施し、比較的大きな波の場合の海底摩擦係数と波浪特性との関係を見いださる若干の資料を得た。しかし、これらの観測で得た波浪資料のなかには、陸側の波高が沖側の波高にくらべて過剰に大きいという資料が含まれているので、今後は、そうした原因を調べるとともに、新潟県大潟海岸にある長大栈橋に設置した6台の波高計<sup>9)</sup>を駆使して、波の向きをも考慮した精度のよい波浪観測を行ない、浅海における海岸波浪の予知に必要な基礎的資料を得たいと思っている。

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、日吉津海岸での波浪観測に際しては、建設省倉吉工事事務所および美保航空自衛隊の方々には絶大なご援助をいただき、高浜海岸での波浪観測に際しては、福井県および高浜町役場の方々と樋口明生助教授および野田英明助教授に絶大なご援助をいただいた。また、資料の整理や計算に際して、建設省近畿地方建設局の宮井宏氏（元大学院学生）と防災研究所の人見哲夫技官には大いに助力をいただいた。ここに心から感謝する所である。なお、この研究は文部省特別事業費による研究の一部であることを付記して謝意を表する。

### 参 考 文 献

- 1) 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回海岸工学講演会講演集, 昭37.10, pp. 75—80.
- 2) 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. 3, pp. 420—433.
  - 3) 樋口明生, 柿沼忠男: 日吉津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8号, 昭40. 3, pp. 459—478.
  - 4) 樋口明生, 柿沼忠男: 二色の浜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9号, 昭41. 3, pp. 685—701.
  - 5) Inman, D.L.: Wave-Generated Ripples in Nearshore Sands, B.E.B., Tech. Memo. No. 100, 1957, pp. 1—42.
  - 6) Neumann, G. and W.J. Pierson: Known and Unknown Properties of the Frequency Spectrum of a Wind-Generated Sea, Proc. Ocean Wave Spectra, 1963, pp. 9—25.
  - 7) 岩垣雄一, 柿沼忠男: 現地海岸の海底摩擦係数について (2), 第13回海岸工学講演会講演集, 昭41.12, pp. 21—29.
  - 8) 岩垣雄一: 長大栈橋による沿岸海況の観測, 沿岸海洋研究ノート第5巻第1号, 昭41. 6, pp.41—45.