

# 神奈川県平塚海岸における波浪と 遡上波の統計的性質について

寺 田 稔

## I はじめに

海の波は、波高・周期・波向が不規則に変動し、全くランダムな位相で重畳した不規則波である。<sup>(1)</sup> したがって、一般に不規則波は、ある一定時間連続的に測定され、統計的な処理が施されて使用されている。<sup>(2)</sup> 1/3 最大波高（有義波波高<sup>(3)</sup>）は、統計的な処理が施された不規則波の波高のひとつであり、不規則波の代表的な波高として広く使用されている。<sup>(4)</sup>

一方、遡上波も不規則波と同様に遡上高や遡上周期などが不規則である。<sup>(5)</sup> したがって、遡上波は、不規則波と同様にある一定時間連続的に測定して統計的な処理を施し、その結果を遡上波の代表として使用することが、波浪と遡上波との関係を議論するうえで望ましい。

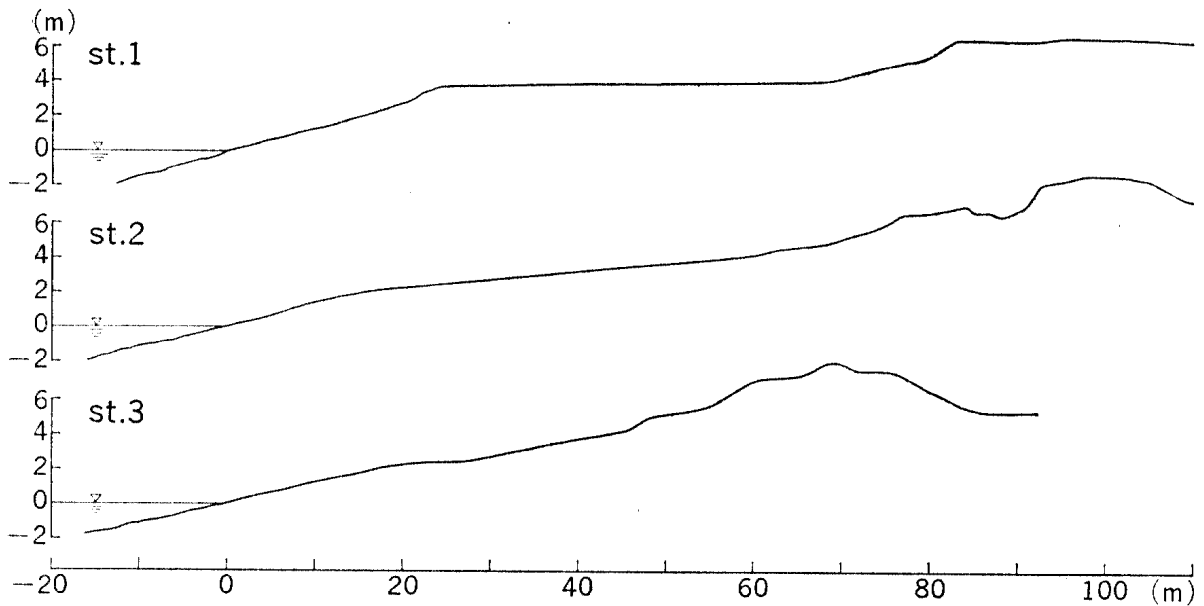
そこで、筆者は、遡上波の統計量として遡上距離<sup>(6)</sup>をとり、1975年7月～10月までの期間、表題の地域に3測点<sup>(7)</sup>を設定して遡上距離を測定し、統計的に処理した各種遡上距離間の関係について調査した。同時に、波浪の統計量として波高をとり、各種波高間の関係について調査した。以下に、その結果を報告する。

## II 各測点の海浜地形と海浜砂礫について

### 1. 海浜縦断面の形状

各測点の海浜縦断面の形状は、7月25日にレベル測量を実施して求めた（第

第1図 各測点の海浜縦断面図



第1表 各測点の海浜縦断面の形状値と海浜砂礫の性状値

st.	$F_s$ の幅(m)	$B_s$ の幅(m)	$\tan \alpha$	$\tan \beta$	$\tan \theta$	$d_{50}$ (mm)	$S_0$	$S_k$
1	23	45	0.145	0.150	0.011	1.26	1.37	1.01
2	22	47	0.123	0.087	0.051	1.19	1.26	0.99
3	21	25	0.106	0.104	0.076	0.77	1.38	1.02

st. : 測点,  $F_s$  : 前浜,  $B_s$  : 後浜,  $\tan \alpha$  : 海底勾配,  $\tan \beta$  : 前浜勾配,  $\tan \theta$  : 後浜勾配,  $d_{50}$  : 海浜砂礫の中央粒径,  $S_0$  : 海浜砂礫の淘汰係数,  $S_k$  : 海浜砂礫の偏歪度

1図). レベル測量で得た資料から各測点の海浜縦断面の形状値を求めると, 第1表のようになる. なお, 第1表の前浜勾配  $\tan \beta$  の値は, 各測定日時の値(第2表)を測点別に算術平均した値である.

## 2. 海浜砂礫の性状

各測点の海浜砂礫の中央粒径  $d_{50}$ , 淘汰係数  $S_0$ , 偏歪度  $S_k$  は, 各測定日時に前浜のほぼ中央地点で採取した砂礫を Tyler の標準篩で粒度分析して求めた(第2表). なお, 第1表の  $d_{50}$ ,  $S_0$ ,  $S_k$  は, 各測定日時の値(第2表)を測点別に算術平均した値である.

第2表 波高・遡上距離・前浜勾配・海浜砂礫の測定値

st.	Date	T (sec)	H <sub>max</sub> (m)	H <sub>1/10</sub> (m)	H <sub>3/10</sub> (m)	H̄ (m)	R <sub>x(max)</sub> (m)	R <sub>x(1/10)</sub> (m)	R <sub>x(1/3)</sub> (m)	R̄ <sub>x</sub> (m)	tan β	d <sub>50</sub> (mm)	S <sub>0</sub>	S <sub>k</sub>
1	7 18 10:00	7.0	0.39	0.34	0.29	0.21	12.7	11.2	9.8	7.5	0.151	2.08	1.44	0.98
	19 14:00	7.4	0.54	0.43	0.36	0.25	8.8	7.9	7.1	5.6	0.154	1.07	1.43	0.96
	21 10:00	—	—	—	—	—	7.2	6.6	5.7	4.1	0.151	0.74	1.21	0.98
	8 7 10:00	—	—	—	—	—	14.5	14.2	13.2	10.8	0.150	1.09	1.42	0.93
	8 14:00	6.8	0.68	0.51	0.42	0.29	14.3	12.2	11.1	9.1	0.151	0.92	1.41	1.08
9 22 10:00	5.4	1.28	1.09	0.81	0.53	18.4	17.5	15.4	12.0	0.140	1.63	1.33	1.10	
2	9 22 14:00	5.5	2.04	1.41	1.11	0.74	31.2	27.6	25.1	20.8	0.087	1.51	1.24	1.01
	30 14:00	7.2	0.80	0.53	0.42	0.29	10.9	9.5	8.2	6.3	0.088	0.70	1.19	1.02
	10 5 11:00	—	—	—	—	—	14.7	13.6	12.4	9.6	0.085	1.14	1.40	0.92
	6 11:00	—	—	—	—	—	21.7	21.1	19.2	14.3	0.086	1.40	1.22	0.99
3	7 22 12:00	—	—	—	—	—	10.5	9.9	9.2	7.3	0.109	0.66	1.26	0.98
	23 14:00	8.3	0.49	0.41	0.32	0.22	9.8	8.3	7.3	5.9	0.106	0.45	1.52	1.05
	24 10:00	—	—	—	—	—	10.8	9.5	8.7	7.0	0.105	0.84	1.39	1.08
	24 14:00	6.8	0.49	0.35	0.28	0.19	11.9	10.2	9.0	7.4	0.105	0.71	1.22	1.00
	8 6 14:00	5.0	1.26	1.09	0.93	0.66	21.0	19.2	17.3	14.1	0.108	0.98	1.50	1.05
7 15:00	—	—	—	—	—	19.5	18.4	16.8	13.6	0.104	1.31	1.26	1.01	
8 10:00	—	—	—	—	—	17.8	15.7	13.7	11.0	0.093	0.46	1.54	0.95	

st. : 測点, T : 波の周期, H<sub>max</sub> : 最大波高, H<sub>1/10</sub> : 1/10最大波高, H<sub>1/3</sub> : 1/3最大波高, H̄ : 平均波高, R<sub>x(max)</sub> : 最大遡上距離, R<sub>x(1/10)</sub> : 1/10最大遡上距離, R<sub>x(1/3)</sub> : 1/3最大遡上距離, R̄<sub>x</sub> : 平均遡上距離, tan β : 前浜勾配, d<sub>50</sub> : 海浜砂礫の中央粒径, S<sub>0</sub> : 海浜砂礫の淘汰係数, S<sub>k</sub> : 海浜砂礫の偏歪度

### III 波高の統計的性質について

国立防災科学技術センター平塚支所<sup>(8)</sup>は、電気容量式波高計<sup>(9)</sup>と圧力式波高計<sup>(10)</sup>で波高と波の周期を偶数時間毎に10分間の連続測定をしている。そこで、同支所が電気容量式波高計で測定した資料から最大波高<sup>(11)(12)</sup>  $H_{\max}$ 、1/10最大波高<sup>(13)</sup>  $H_{1/10}$ 、1/3最大波高<sup>(14)</sup>  $H_{1/3}$ 、平均波高<sup>(15)</sup>  $\bar{H}$ を算出すると、第2表のようになる。これらの値をもとに各種波高間の関係をみると、以下のようである。

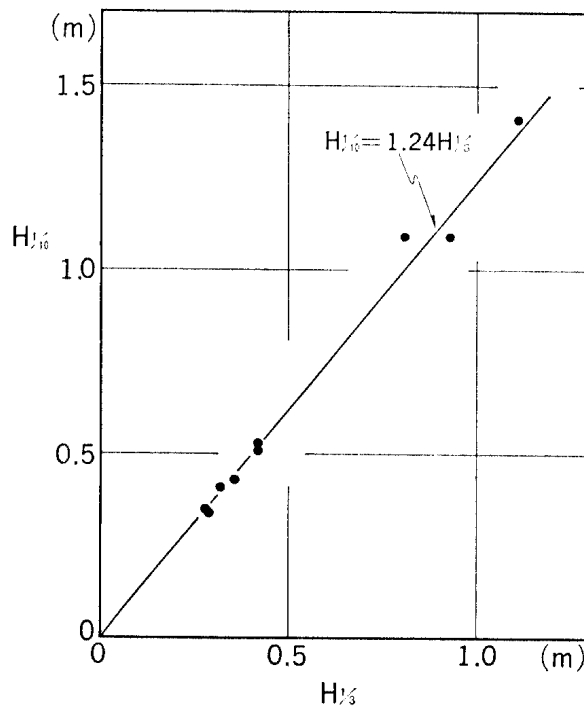
$H_{1/10}$  と  $H_{1/3}$  との関係 (第2図)、 $H_{1/3}$  と  $\bar{H}$  との関係 (第3図)、 $H_{\max}$  と  $H_{1/3}$  と関係 (第4図) をみると、各図とも両者の間には正の相関関係が存在する。各図の両者の関係式は、次のようになる。

$$H_{1/10} = 1.24H_{1/3} \quad (1)$$

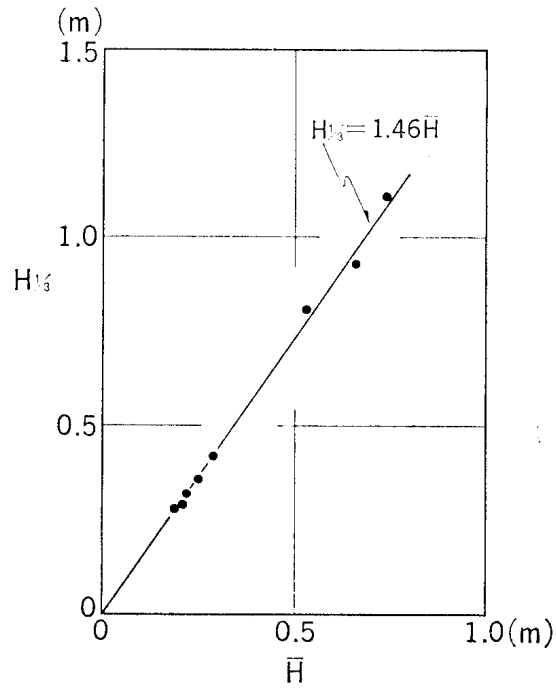
$$H_{1/3} = 1.46\bar{H} \quad (2)$$

$$H_{\max} = 1.62H_{1/3} \quad (3)$$

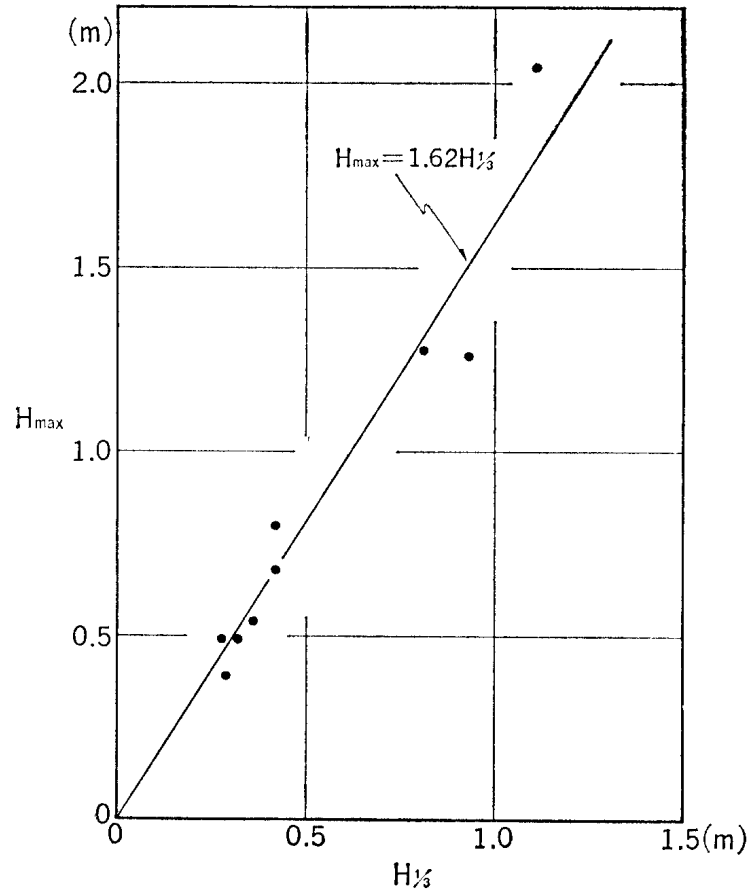
第2図 1/10最大波高  $H_{1/10}$  と1/3最大波高  $H_{1/3}$  との関係



第3図 1/3最大波高  $H_{1/3}$  と平均波高  $\bar{H}$  との関係



第4図 最大波高  $H_{\max}$  と1/3最大波高  $H_{1/3}$  との関係



(56)

波による水面の上昇量を $\eta$ で表わすと、 $\eta$ は、本来連続的に変化する量であるが、測定記録の解析にあたっては、ある一定の時間間隔で読み取られた離散的な量として扱われ、次式の正規分布に従うと仮定することが多い。

$$p(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \eta_{\text{rms}}} \exp\left[-\frac{\eta^2}{2\eta_{\text{rms}}^2}\right] \quad (4)$$

ここで、 $p(\eta)$  は $\eta$ の確率密度、 $\eta_{\text{rms}}$  は $\eta$ の標準偏差値である。ただし、式(4)は、波が線型な場合に成立するもので、その場合には $\eta$ の度数分布の形状を表わす統計量の歪度 $\sqrt{\beta_1}$ と尖鋭度 $\beta_2$ は、次式のようにになる。

$$\sqrt{\beta_1} = 0, \quad \beta_2 = 3 \quad (5)$$

また、不規則波の波高の分布は、ある幅をもつ度数分布で表わされ、その分布は、波高の確率密度として理論的に次式のRayleigh分布で表わされる。

$$p(H)dH = \frac{\pi}{2} \left(\frac{H}{\bar{H}^2}\right) \exp\left[-\frac{\pi}{4} \left(\frac{H}{\bar{H}}\right)^2\right] dH \quad (6)$$

ここで、 $p(H)dH$  は任意の波高が設定波高 $H$ と $H+dH$ の間の値をとる確率密度、 $\bar{H}$ は平均波高である。ただし、式(6)は、狭帯域スペクトルの不規則波形を対象としたもので、その場合には波群のスペクトルの幅を表わすパラメーター $\varepsilon$ は、次式のようにになる。

$$\varepsilon \doteq 0 \quad (7)$$

波高の分布が式(6)で表わされ、 $\eta$ が正規分布する場合には各種波高間の関係は、次式のように計算される。

$$H_{1/10} = 5.09\eta_{\text{rms}} = 2.03\bar{H} = 1.27H_{1/3} \quad (8)$$

$$H_{1/3} = 4.00\eta_{\text{rms}} = 1.60\bar{H} \quad (9)$$

ただし、式(8)・(9)の係数は、統計的な平均値として期待される値であり、波数が100程度の個々の測定記録においてはこの平均値からかなりずれることがある。

さらに、 $H_{\text{max}}$ は、理論的に確定値として表わすことが不可能である。しか

神奈川県平塚海岸における波浪と遡上波の統計的性質について (57)

し、 $H_{\max}$  は、波高の分布が式 (6) の Rayleigh 分布で表わされる場合、統計的に最も起りやすい値として次式で表わされる。

$$H_{\max} \doteq 1.07\sqrt{\log_{10}N} \cdot H_{1/3} \quad (10)$$

ここで、 $N$  は波数である。式 (10) に平塚海岸の測定期間中の平均波数  $N \doteq 91$  を代入して平塚海岸の  $H_{\max}$  と  $H_{1/3}$  との関係性を求めると、次式のようになる。

$$H_{\max} \doteq 1.50H_{1/3} \quad (11)$$

ここで、平塚海岸で求めた各種波高間関係式と Rayleigh 分布から求めた各種波高間関係式とを比較すると、以下のようなものである。まず、平塚海岸で求めた  $H_{1/10}$  と  $H_{1/3}$  との関係式 (1) と Rayleigh 分布から求めた  $H_{1/10}$  と  $H_{1/3}$  との関係式 (8) とを比較すると、式 (1) の係数 1.24 は、式 (8) の係数 1.27 とほぼ等しい。次に、平塚海岸で求めた  $H_{1/3}$  と  $\bar{H}$  との関係式 (2) と Rayleigh 分布から求めた  $H_{1/3}$  と  $\bar{H}$  との関係式 (9) とを比較すると、式 (2) の係数 1.46 は、式 (9) の係数 1.60 よりも小さい。また、平塚海岸で求めた  $H_{\max}$  と  $H_{1/3}$  との関係式 (3) と Rayleigh 分布から求めた  $H_{\max}$  と  $H_{1/3}$  との関係式 (11) とを比較すると、式 (3) の係数 1.62 は、式 (11) の係数 1.50 よりも大きい。以上のように、平塚海岸で求めた各種波高間関係式の係数は、 $H_{1/10}$  と  $H_{1/3}$  との関係を除いて Rayleigh 分布から求めた各種波高間関係式の係数と異なる。

第 3 表は、各地で測定された各種波高間の比を表示したものである。第 3 表によると、各地で測定された  $H_{1/10}$  と  $H_{1/3}$  との比は、秋田県雄物川河口沖、富山県新湊港、Davenport, Calif. (階段抵抗式波高計) を除いて Rayleigh 分布から求めた  $H_{1/10}$  と  $H_{1/3}$  との比とほぼ等しい。また、各地で測定された  $H_{1/3}$  と  $\bar{H}$  との比は、愛媛県中予海岸を除いて Rayleigh 分布から求めた  $H_{1/3}$  と  $\bar{H}$  との比よりも小さい。さらに、各地で測定された  $H_{\max}$  と  $H_{1/3}$  との比は、値のばらつきが大きい。これは、最大波高が波群中の最も大きな波高 1 波

第3表 各地で測定された各種波高間の比

場 所	$\frac{H_{1/10}}{H_{1/3}}$	$\frac{H_{1/3}}{\bar{H}}$	$\frac{H_{\max}}{H_{1/3}}$	測定時間 (分)	波 高 計	摘 要
神奈川県平塚海岸	1.24	1.46	1.62	10	電気容量式	寺 田
秋田県秋田海岸	1.34	1.32	1.45	5	圧 力 式	岩垣ほか <sup>60)</sup>
秋田県雄物川河口沖	1.64	1.56	1.50	10	圧 力 式	板尾ほか <sup>61)</sup>
山形県酒田港	1.25	1.52	1.56	10	圧 力 式	"
富山県新湊港	1.15	1.32	1.42	10	圧 力 式	"
石川県輪島港	1.26	1.56	1.57	10	圧 力 式	"
石川県金沢港	1.23	1.47	1.43	10	圧 力 式	"
福井県三国港	1.25	1.52	1.52	10	圧 力 式	"
青森県陸奥湾	1.22	1.43	1.62	20	階段抵抗式	井 沢 <sup>62)</sup>
茨城県鹿島港	1.24	1.41	—	20	圧 力 式	高橋ほか <sup>63)</sup>
愛媛県中予海岸	1.28	1.64	1.70	20	圧 力 式	浜 口 <sup>64)</sup>
愛知県名古屋港	1.29	1.58	1.77	20	電気容量式	合田ほか <sup>65)</sup>
Pt. Sur, Calif.	1.27	—	1.85	20	圧 力 式	Wiegel <sup>66)</sup>
Heceta Head, Ore.	1.30	—	1.91	20	圧 力 式	"
Pt. Arguello, Calif.	1.30	—	1.85	20	圧 力 式	"
Greymouth, N. Z.	1.24	1.58	—	17	圧 力 式	Watters <sup>67)</sup>
Davenport, Calif.	1.19	1.37	1.40	12~20	階段抵抗式	Wiegel・Kukk <sup>68)</sup>
Davenport, Calif.	1.32	1.48	1.64	12~20	圧 力 式	"

についての値であるために、 $1/3$  最大波高が同じであっても波形記録が違えば最大波高の値も異なるという波の基本的な性質によるのであろう。<sup>(4)</sup> 以上のように、各地で測定された各種波高間の比は、Rayleigh 分布から求めた各種波高間の比との比較において上述した平塚海岸の結果とほぼ同様な傾向を示している。

<sup>(4)</sup> 合田らは、名古屋港内において電気容量式波高計で表面波を直接的に測定し、92の資料の解析から、1) 波による水面の上昇量 $\eta$ の度数分布は、 $\sqrt{\beta_1}=0.33$ ,  $\beta_2=3.7$  で正規分布より歪んでおり、波の非線型性が非常に強いこと、2) 波のスペクトルの幅を表わすパラメーターは、 $\epsilon=0.63$  でスペクトル幅が広く、波形が複雑であること、3) 上記1)・2)の結果にもかかわらずゼロアップクロス法で定義された波高の分布は、Rayleigh 分布と厳密には一致しないが十分に近



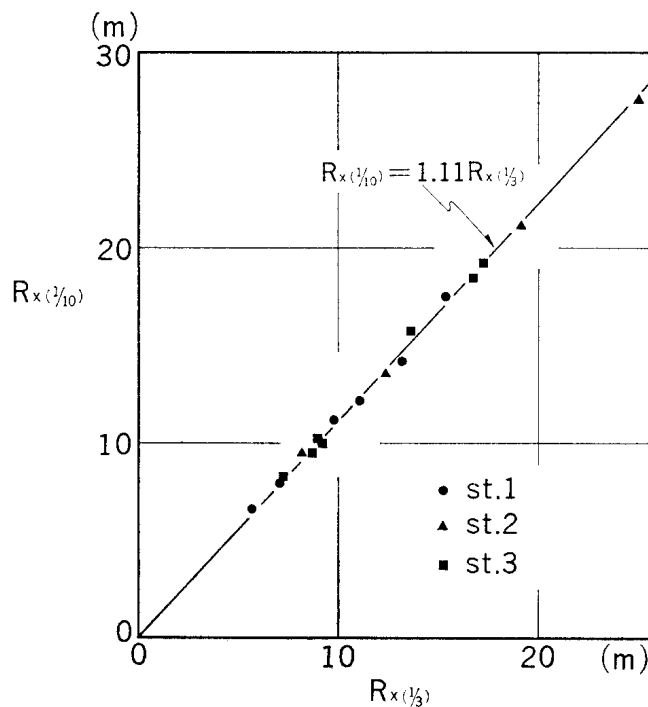
似できる(第3表)ことを明らかにしている. しかしながら, 上述したように平塚海岸で求めた  $H_{1/3}$  と  $\bar{H}$  との関係式(2)の係数は, Rayleigh 分布から求めた  $H_{1/3}$  と  $\bar{H}$  との関係式(9)の係数と明らかに異なる. これは, 平塚海岸での波浪の測定時間が10分間と短かく, 記録された波数が少ないことによるのかも知れない. しかしながら, 詳細は, 不明であり今後の検討が必要である.

#### IV 遡上距離の統計的性質について

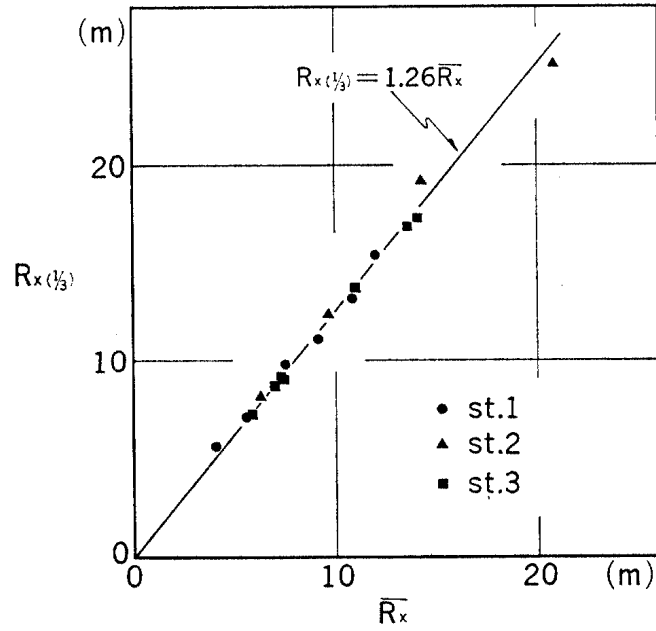
遡上距離  $R_x$  は, 50m の巻尺を使用して測定時間  $t$  が10分の連続測定を3測点で計17回,  $t$  が30分の連続測定を3測点で計4回実施した.

まず,  $t$  が10分の資料から波高と同じ要領で最大遡上距離  $R_{x(\max)}$ , 1/10最大遡上距離  $R_{x(1/10)}$ , 1/3最大遡上距離  $R_{x(1/3)}$ , 平均遡上距離  $\bar{R}_x$  を算出すると, 第2表のようになる. これらの値をもとに各種遡上距離間の関係をみると, 次のようである.

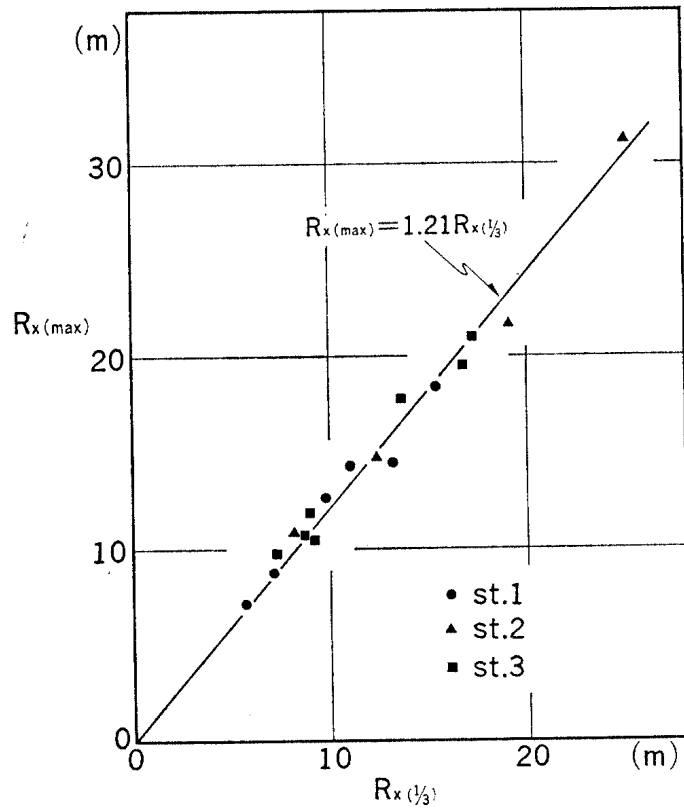
第5図 1/10最大遡上距離  $R_{x(1/10)}$  と1/3最大遡上距離  $R_{x(1/3)}$  との関係



第6図 1/3最大遡上距離  $R_{x(1/3)}$  と平均遡上距離  $\bar{R}_x$  との関係



第7図 最大遡上距離  $R_{x(max)}$  と1/3最大遡上距離  $R_{x(1/3)}$  との関係



$R_{x(1/10)}$  と  $R_{x(1/3)}$  との関係 (第5図),  $R_{x(1/3)}$  と  $\bar{R}_x$  との関係 (第6図),  $R_{x(\max)}$  と  $R_{x(1/3)}$  との関係 (第7図) をみると, 各図とも両者の間には正の相関関係が存在する. 各図における両者の関係は, 3測点でほぼ等しく場所による差異がほとんどない. 3測点を一括した各図の両者の関係式は, 次のようになる.

$$R_{x(1/10)} = 1.11R_{x(1/3)} \quad (12)$$

$$R_{x(1/3)} = 1.26\bar{R}_x \quad (13)$$

$$R_{x(\max)} = 1.21R_{x(1/3)} \quad (14)$$

上述したように第5図, 第6図, 第7図の両者の関係は, 3測点でほぼ等しく場所による差異がほとんどない. しかしながら, 3測点の  $\tan \alpha$  は, 測点1が0.145, 測点2が0.123, 測点3が0.106で異なる (第1表). また, 3測点の  $\tan \beta$  は, 測点1が0.150, 測点2が0.087, 測点3が0.104で異なる (第1表). さらに,  $d_{50}$  は, 測点1が1.26mm, 測点2が1.19mm, 測点3が0.77mmで異なる (第1表).

久宝<sup>(43)</sup>らは,  $\tan \beta$  が0.025~0.366の4か所の海岸<sup>(44)</sup>で各種遡上距離間の関係を調べた. その結果, 各種遡上距離間の関係は, 4か所の海岸でほぼ等しく場所による差異がほとんどない. そして, 4か所の海岸を一括した各種遡上距離間の関係を次式<sup>(45)</sup>で表わした.

$$R_{x(1/10)} = 1.12R_{x(1/3)} \quad (15)$$

$$R_{x(1/3)} = 1.26\bar{R}_x \quad (16)$$

式(15)・(16)は, 平塚海岸で求めた式(12)・(13)とほぼ一致する. 以上の結果から, 各種遡上距離間の関係は,  $\tan \beta$  や  $d_{50}$  などの場所による差異の影響をほとんどうけないらしい.

ここで, 各種波高間の関係式(1)・(2)・(3)と各種遡上距離間の関係式(12)・(13)・(14)とを統計的な処理が同じ関係について比較すると, 次の点が認められる. (1)各種遡上距離間の関係式の係数は, 各種波高間の関係式の係数

第4表 測定時間が30分の遡上距離の測定値

$t$ (min)	$st.$	$R_{x(\max)}$ (m)	$R_{x(1/3)}$ (m)	$t$ (min)	$st.$	$R_{x(\max)}$ (m)	$R_{x(1/3)}$ (m)
5	1-a	9.3	8.3	20	1-a	9.7	7.9
	1-b	13.6	11.5		1-b	13.6	11.4
	2	16.7	15.6		2	20.0	16.0
	3	11.4	10.1		3	14.7	10.9
10	1-a	9.7	8.1	25	1-a	9.7	7.8
	1-b	13.6	11.8		1-b	13.9	11.4
	2	18.0	15.7		2	20.9	16.2
	3	13.0	10.4		3	15.0	10.8
15	1-a	9.7	7.9	30	1-a	10.3	8.0
	1-b	13.6	11.5		1-b	13.9	11.2
	2	18.0	15.7		2	20.9	15.9
	3	14.0	10.7		3	15.0	10.7

(注) 測定の日時は,  $st.$  1-a が7月20日10時,  $st.$  1-b が9月26日10時,  $st.$  2 が9月26日10時,  $st.$  3 が7月25日12時である.

$t$ : 測定時間,  $st.$ : 測点,  $R_{x(\max)}$ : 大遡上距離,  $R_{x(1/3)}$ : 1/3最大遡上距離

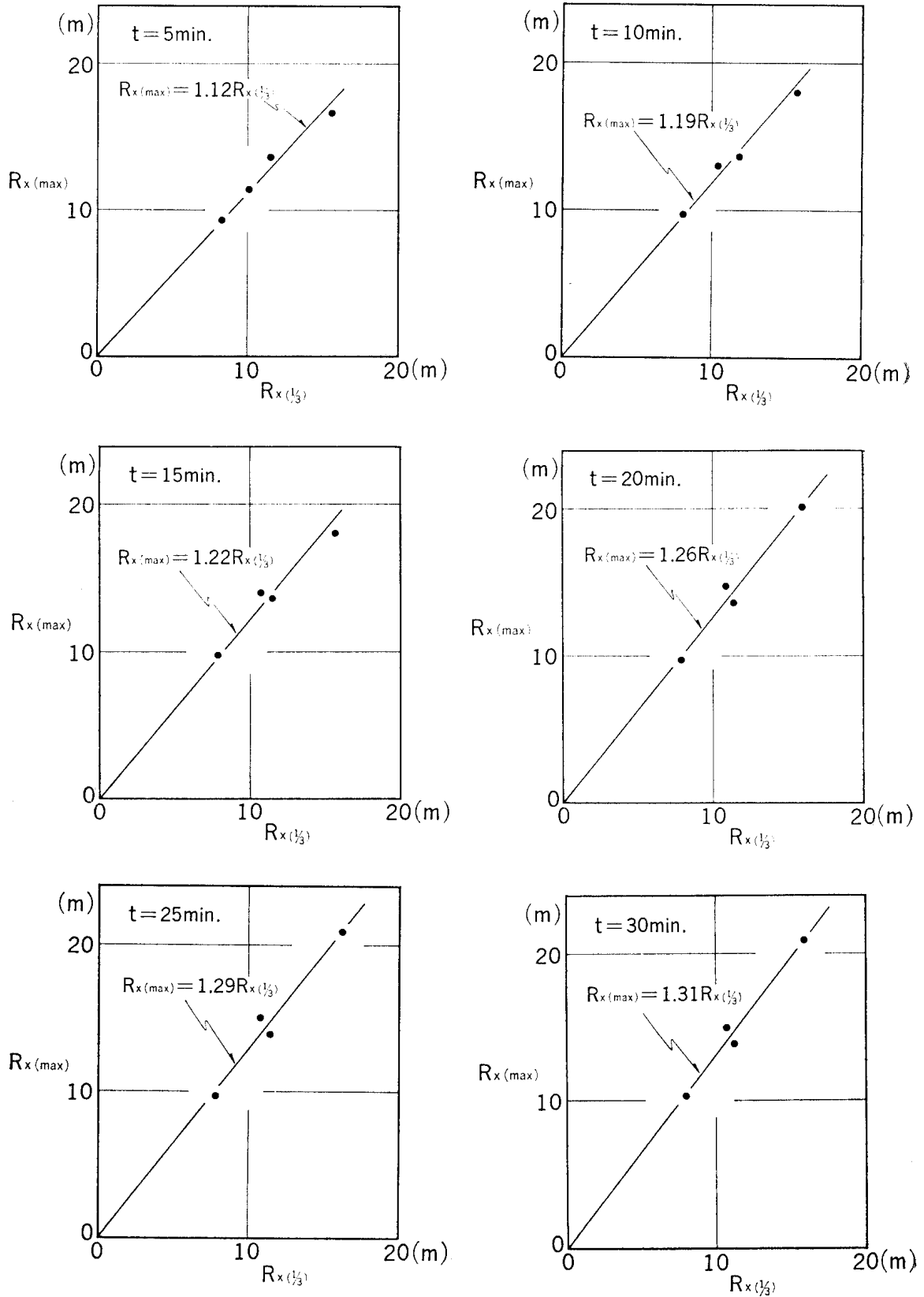
よりも小さく1.0に近い。(ロ)各種遡上距離間の関係式の係数は, 各種波高間の関係式の係数よりも個々の値が近似している. このような両者間の差異は, 両者の間に介在する碎波現象に起因するのであろう.

次に,  $t$  の差異によって変化する  $R_{x(\max)}$  と  $R_{x(1/3)}$  との関係について述べる.  $t$  を30分として連続測定した  $R_x$  を5分間隔で整理して算出した  $R_{x(\max)}$  と  $R_{x(1/3)}$  の値は, 第4表のようである. これらの値をもとに両者の関係をみると, 第8図のようである. 各  $t$  ごとの両者の関係式は, 次のようになる.

$$\begin{aligned}
 R_{x(\max)} &= AR_{x(1/3)}, & A &= 1.12(t=5分), & A &= 1.19(t=10分), \\
 & & A &= 1.22(t=15分), & A &= 1.26(t=20分), & A &= 1.29(t=25分), \\
 & & A &= 1.31(t=30分) & & & & (17)
 \end{aligned}$$

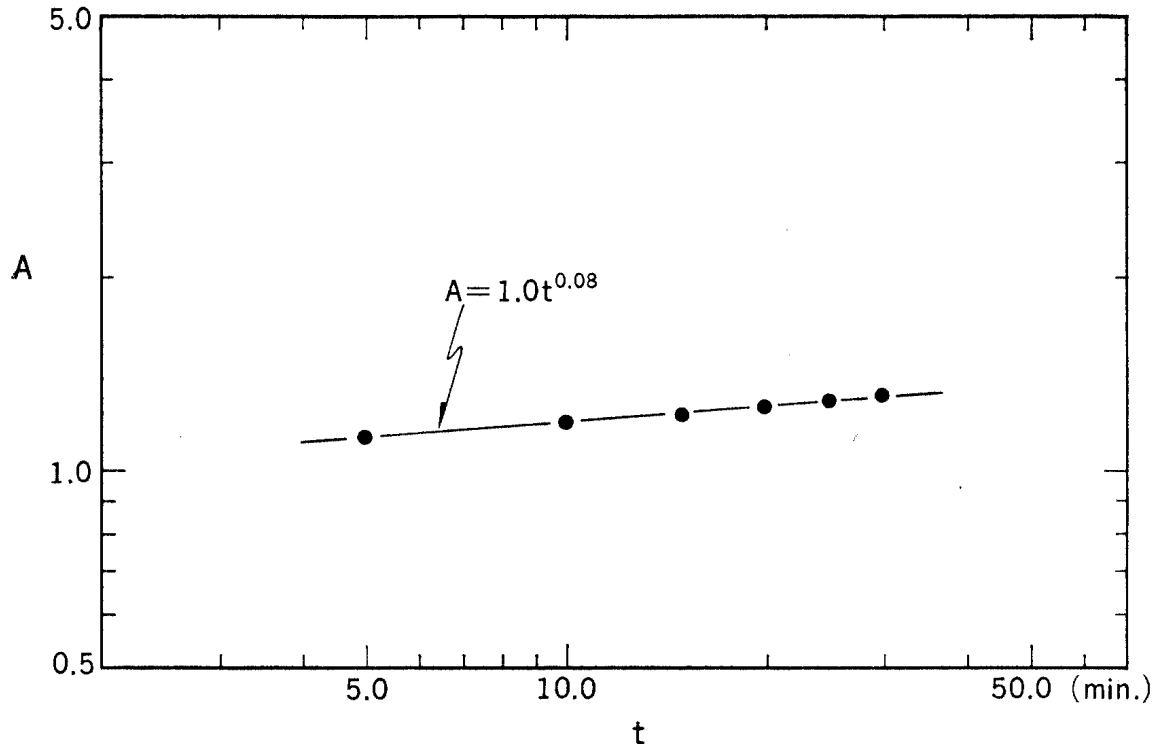
式(17)によると,  $R_{x(\max)}$  と  $R_{x(1/3)}$  との関係は,  $t$  の差異によって変化し,  $A$  は,  $t$  が大きくなるのに伴って増大する. この結果,  $A$  は,  $t$  の関数と考えら

第8図 測定時間  $t$  別の最大遡上距離  $R_{x(max)}$  と1/3最大遡上距離  $R_{x(1/3)}$  との関係



(64)

第9図 式(17)の係数Aと測定時間tとの関係



れるのでAとtとの関係を両対数のグラフ上に表わすと、第9図のようである。両者の間には、正の相関関係が存在し、Aは、tが大きくなるのに伴って増大する。両者の関係式は、次のようになる。

$$A = 1.0t^{0.08} \quad (18)$$

式(18)を式(17)のAに代入すると、式(17)は、次のようになる。

$$R_{x(\max)} = (1.0t^{0.08})R_{x(1/3)} \quad (19)$$

この結果、tの差異によって変化する $R_{x(\max)}$ と $R_{x(1/3)}$ との関係は、式(19)で表わされる。しかし、式(17)のAは、実際にはtが増大するのに伴って一定値に近づくものと考えられる。したがって、式(19)は、tの大きさにおいて適用限界があるものとする。この点は、さらに検討を加える必要がある。

## V ま と め

本研究で明らかになった点をまとめると次のとおりである。

1. 国立防災科学技術センター平塚支所の資料から求めた各種波高間の関係は、式(1)・(2)・(3)のとうりである。

2. 各種遡上距離間の関係は、 $\tan \beta$  や  $d_{50}$  などの場所による差異の影響をほとんどうけないらしい。そして、各種遡上距離間の関係は、式(12)・(13)・(14)のとうりである。

3. 各種波高間の関係式と各種遡上距離間の関係式とを統計的な処理が同じ関係について比較すると、次の点が認められる。(i)各種遡上距離間の関係式の係数は、各種波高間の関係式の係数よりも小さく1.0に近い。(ii)各種遡上距離間の関係式の係数は、各種波高間の関係式の係数よりも個々の値が近似している。

4.  $R_{x(\max)}$  と  $R_{x(1/3)}$  との関係式の係数は、 $t$  の差異によって変化し、 $t$  が大きくなるのに伴って増大する。そして、 $t$  の差異によって変化する  $R_{x(\max)}$  と  $R_{x(1/3)}$  との関係は、式(19)で表わされる。

本稿をまとめるにあたり、御指導を頂いた石川与吉博士、東京大学工学部の砂村継夫博士、また御助言を頂いた新井 正教授、高村弘毅助教授に深甚の謝意を表します。現地調査に御協力を頂いた伊関 久、高田正明、武藤博士、渡辺康子の諸氏（当時立正大学学生）に感謝の意を表します。さらに波浪の資料をみせて頂いた国立防災科学技術センター平塚支所の藤縄幸雄氏に厚くお礼を申し上げます。

#### 注と参考文献

- (1) 土木学会編(1969): 海岸保全施設設計便覧(改訂版). 土木学会, p. 3.
- (2) 不規則波は、統計的な処理によってその外見的な性質が記述され、スペクトル解析によってその物理的な性質が記述される。寺田一彦(1962): 海上気象. 地人書館, p. 171.
- (3) 1/3最大波高は、ある一定の測定時間(一般に10~20分)中に連続測定した波高の総数のうちで、最も大きな値から数えて総数の1/3を算術平均した波高をいう。
- (4) 1/3最大波高は、単に便宜的な意味をもつだけでなく、現象的には海面の波の性質

(66)

を最も適格に現わし、物理的にはこの波高の周期の所で波のエネルギースペクトル密度が最大となる。井島武士 (1960) : 海岸・港湾測量。森北出版, p. 32.

- (5) 以下に遡上波とは、砕波後に海浜面上を遡上する「打上げ波」と遡上後に海浜面上を流れ下る「引き波」とを包含する。
- (6) 遡上距離は、砕波地点から、砕波後の波が海浜面上を遡上した地点までの水平距離をいう。
- (7) 3測点の位置は、測点1が相模川の河口から西側へ約370m地点、測点2が同じく約1,580m地点、測点3が同じく約2,100m地点である。
- (8) 詳細は、寺田 稔 (1976) : 神奈川県平塚の海岸における砕波後の波の遡上について。地理学評論, 49, 8, p. 558 を参照。
- (9) 電気容量式波高計は、受感部の電気容量が海面の上下運動にしたがって変化することを利用して表面波を直接的に測定する計器である。
- (10) 圧力式波高計は、海面の上下運動にしたがって変化する圧力を圧力・周波数変換器で記録して表面波を間接的に測定する計器である。
- (11) 波高は、総べてゼロアップクロス法（水面の波形が平均水面を切る時刻から、次に同じように平均水面を切る時刻までの最高水位と最低水位との差をもって波高とする）の定義による。
- (12) 最大波高は、ある一定の測定時間中に連続測定した波高の総数のうちで最も大きな波高をいう。
- (13) 1/10最大波高は、ある一定の測定時間中に連続測定した波高の総数のうちで、最も大きな値から数えて総数の1/10を算術平均した波高をいう。
- (14) 前掲(3)と同じ。
- (15) 平均波高は、ある一定の測定時間中に連続測定した波高の総数を算術平均した波高をいう。
- (16) これらの値は、深海波に補正していない値である。
- (17) 合田良実・永井康平 (1974) : 波浪の統計的性質に関する調査・解析。港湾技術研究所報告, 13, 1, p. 7.
- (18) 合田良実・永井康平 (1968) : 名古屋港内における波浪観測第2報——港内発生表面風波の観測解析結果——。港湾技術研究所資料, No. 61, p. 14.
- (19) 歪度  $\sqrt{\beta_1}$  は、 $\sqrt{\beta_1} = \frac{1}{\eta_{rms}^3} \cdot \frac{1}{N'} \sum_{i=1}^{N'} (\eta_i - \bar{\eta})^3$  で定義される。ここで、 $N'$  は読みとられた $\eta$ のサンプル数である。前掲(17)と同じ。
- (20) 尖鋭度  $\beta_2$  は、 $\beta_2 = \frac{1}{\eta_{rms}^4} \cdot \frac{1}{N'} \sum_{i=1}^{N'} (\eta_i - \bar{\eta})^4$  で定義される。ここで、 $N'$  は読みとられた $\eta$ のサンプル数である。前掲(17)と同じ。
- (21) 前掲(17)と同じ。



- (22) 佐藤昭二・合田良実 (1972) : 海岸・港湾. 彰国社, p. 84.
- (23) これは,  $\varepsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{N_0}{N_1}\right)^2}$  で定義される. ここで,  $N_0$  はゼロアップクロス法で定義される波の数,  $N_1$  は波浪記録中の極大点の数である. 前掲(17)の p. 9.
- (24) 前掲(17)の p. 9.
- (25) 合田良実 (1975) : 波浪の統計的性質とその応用. 1975年度 (第11回) 水工学に関する夏期研修会講義集, Bコース, p. B-1-4.
- (26) 合田良実 (1977) : 港湾構造物の耐波設計. 鹿島出版会, p. 14~15.
- (27) 堀川清司 (1973) : 海岸工学. 東京大学出版会, p. 51.
- (28) 前掲(27)と同じ.
- (29) 平塚海岸での波浪の測定は, 10分間の連続測定であり, 測定期間中の波の平均周期は 6.6 秒であった (第 2 表). 波の周期が 6.6 秒の波を 10 分間連続測定した場合の波数は約 91 となる.
- (30) 岩垣雄一・樋口明生・土屋義人・吉田幸三・柿沼忠男・井上雅夫 (1962) : 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, p. 78.
- (31) 板尾純一・木戸 武・山田五郎 (1966) : 日本海沿岸の波について (第 1 報)——中部沿岸における波の統計的分布——. 第 13 回海岸工学講演会講演集, p. 54.
- (32) 井沢健二 (1966) : 陸奥湾の波浪, 高潮について (第 1 報). 第 13 回海岸工学講演会講演集, p. 58.
- (33) 高橋智晴・鈴木禧実・佐々木 弘 (1966) : 鹿島港における波浪観測について. 第 13 回海岸工学講演会講演集, p. 64.
- (34) 浜口博司 (1968) : 中予海岸における波の推算と問題点. 第 15 回海岸工学講演会講演集, p. 65.
- (35) 合田良実・永井康平・伊藤正彦 (1971) : 名古屋港内における波浪観測第 3 報——現地波浪の回折現象ならびに統計的性質について——. 港湾技術研究所資料, No. 120. p. 16.
- (36) Wiegel, R. L. (1949) : An analysis of data from wave records on the Pacific coast of the United States. Transactions, American Geophysical Union, 30, p. 702.
- (37) Watters, J. K. A (1953) : Distribution of height in ocean waves. N. Z. Journal of Science and Technology, B, 34, p. 411~413.
- (38) Wiegel, R. L. and Kukuk, J. (1957) : Wave measurements along the California coast. Transactions, American Geophysical Union, 38, p. 670~672.
- (39) 階段抵抗式波高計は, 硬質塩化ビニールパイプの波高計本体に 10cm ごとに接点を設け, これが海面の上下運動にしたがって海水に浸ると電気抵抗が変化すること

(68)

を利用して表面波を直接的に測定する計器である。

(40) 前掲(26)の p. 15.

(41) 前掲(35)の p. 20.

(42) 前掲(12)(13)(3)(15)と同じ計算方法をいう。

(43) 久宝雅史・遠藤茂勝(1969): 現地海岸における波のうちあげに関する一考察——第3報——. 第24回年次学術講演会講演概要第II部, 土木学会, p. 34.

(44) 4か所の海岸とそれらの  $\tan \beta$  (括弧内の値) は, (1)神奈川県平塚海岸 (0.135~0.150), (2)京都府浜詰海岸 (0.177~0.366), (3)京都府琴引海岸 (0.033), (4)千葉県富津海岸 (0.025) である. なお, 海浜堆積物については明記されていない.

(45) 最大遡上距離  $R_{x(\max)}$  と 1/3 最大遡上距離  $R_{x(1/3)}$  との関係は明記されていない.