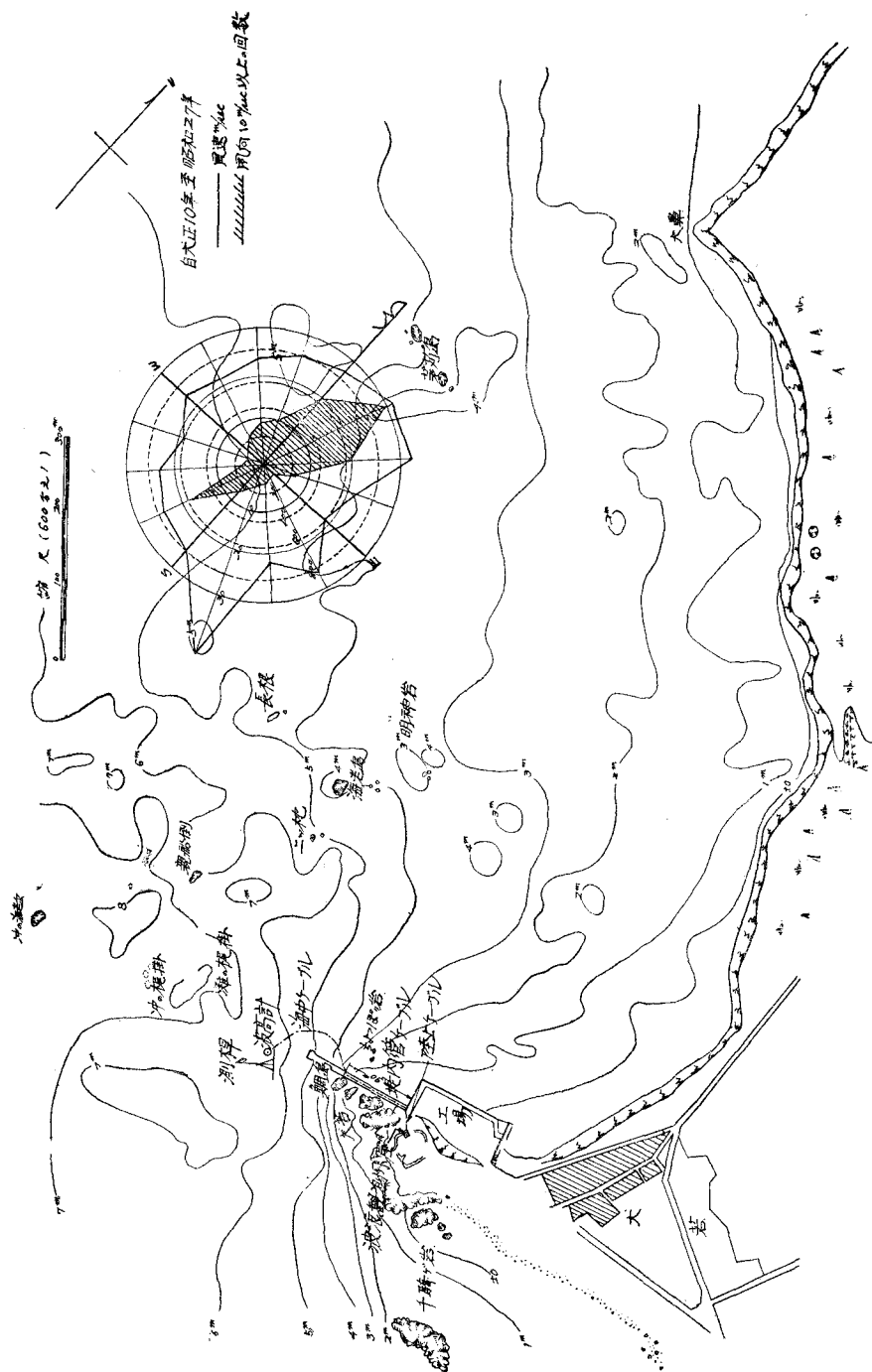


図一1(b) 名洗港平面図



東側は突出せる長崎鼻に擁せられ、北より西に亘り断崖連なる屏風ヶ浦が屹立し、之に続いた九十九里浜が南西を遠く擁している。然し南は太平洋に曝され、銚子半島の近海は気象の変化激しく船舶の遭難が少なくない。風速 10m/s 以上に達する暴風は年平均140日に達し、この内、北系が20%、南系が60%で主として台風依るものである。北よりの波浪は長崎鼻を経て大きく回つて来る回浪で、等深線に平行に走るため何段にもわたり砕けて減衰してくる。周期は10~14秒で比較的最長い。南よりの波浪は真向から侵入し強大なる波は台風時に多い。周期は8秒~10秒で海底勾配は緩やか(約1/200)で相当遠方より砕波を生じている。

II 觀測機械

1. 水圧式波高計

この波高計の説明は運輸技術研究所報告「波高計による波浪の観測」1～3報に詳述されているが要点のみ説明する。

(1) 測定の原理

水深 D なる海面に波高 H , 波長 L , 周期 T の波が進行する場合, 海底に於て同一の周期と位相を以つて圧力変動を生ずる。これを p で示すとすれば

$$p = \frac{\gamma H}{\cosh \frac{2\pi D}{I}} \quad (\gamma: \text{海水の単位重量})$$

となる

$$\therefore H = \frac{1}{\gamma} \cosh \frac{2\pi D}{L} \cdot p$$

この関係から、海底圧力変動により表面波の波高を間接的に求める事が出来る。

(2) 動作原理

図-2に示す様にゴム袋 A が水圧圧力 p に応じて圧縮され、圧力が B ホースを通じて C ペロを伸縮する。この量を D の挺子で拡大し、 E の振動抵抗器により電気量の変化とし、3芯ケーブルにより陸上の記録器に接続して記録を行うものである。潮汐の如き長周期の圧力変動は、 F の空気漏洩孔より本体 G に入り、

C と G がバランスして針は振れない。又設置に際しての圧力急増は、機械を吊り下げる事により開くバルブ H により、本体 C と A が直通になり圧力がバランスして針は振れない。機械が海底に達するとバルブは閉ち、波高による圧力変化のみが記録される。

2. 追測式波高計

この波高計は、トランシッ
トの望遠鏡の先端に水圧式波

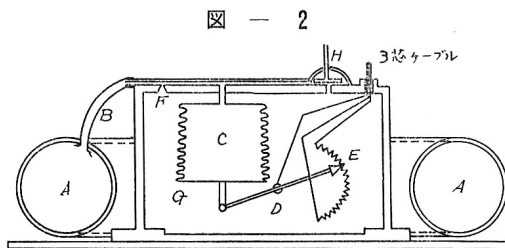
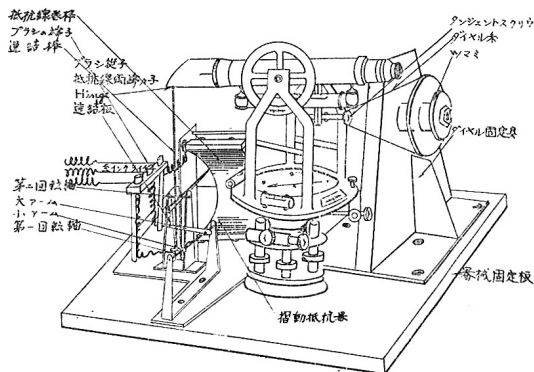
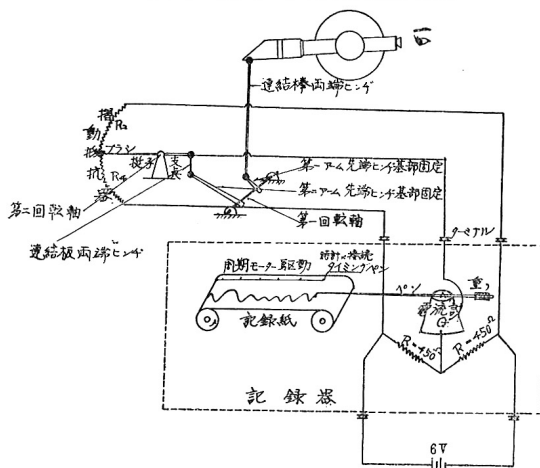


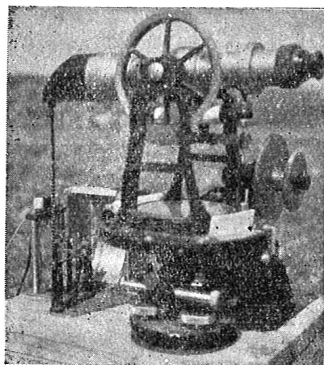
図-3(a) 追測式波高計の装置説図



圖一 3 (b) 追測式波高計機構說明圖



寫真—1 追測式波高計

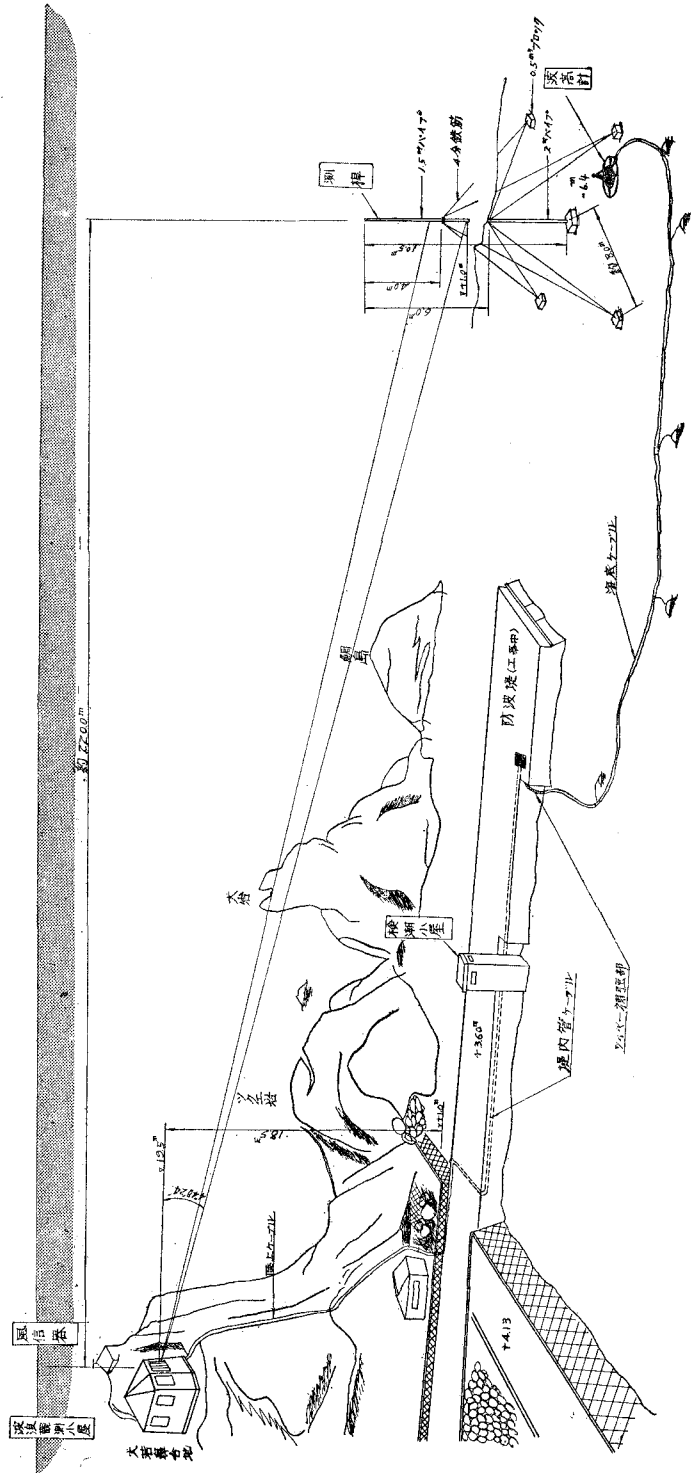


寫真—2 地上標定機



計高の揺動抵抗部を直結しトランシットにて表面潮を追跡する事により、望遠鏡の先端の上下運動を拡大すると共に抵抗の変化に替え、これを水圧式波高計の記録器に導き、水圧式波高計と同時に記録が出来る様にしたものである(図-3 a-b)。北海道開発局土木試験所宇田居氏も、これと同じ原理でトランシットの微動ネジの移動量を拡大伝導して波形を記録する方法を発表されている。宇田居氏の方式は波浪の一般的観測には簡便で都合が良いが、現在各所で使われている水圧式波高計との関連を求めにくいので、当工事務所では追測式波高計により兩者を関連付ける事を考えたのである。海面目標には浮標を使つたが流されるので測桿を使用している(図-4 写真-4)。望遠鏡の上下動は、垂直微動ネジとその脇に取付けたブーリーとの間に糸を渡し、ツマミを回して行つた。記録部の回路は図-3, b に示す様に R_1 , R_2 , R_3 , R_4 のブリッジ回路を形成し、 R_2 , R_4 の変化量に比例した電流が電流計 G に流れ、 G の振れが記録紙に記される。測定電源としては 6V のバッテリーを用い、固定抵抗 R_1 R_3 は 450Ω である。又電流計は内部抵抗約 555Ω 。感度は約 $4.5\text{mm}/\text{mA}$ で、記録紙の送り速度は毎分 11.5cm 程度、タイムマークは 30 秒毎に入る様ルロア型電気時計に接続してある。この波高計の精度は測者の熟練の度合と精神的肉体的諸条件、波浪の状況に左右されるから地上標定機を併用している。機械の検定は測桿に予め印した 50cm 毎の目盛を順次規

図-4 波浪観測施設取見図



準し、その時の記録紙の振巾を読み取つて検定曲線を作成した(図-5)。検定線は曲線になるので、記録振巾は電流計の電流零の時のペンの位置を基準とし、上下6回に亘つて測定してある。その最大誤差は10cmであつた。(測桿との距離は約220mである)。

3. 地上標定機(写真-2,3)

器械の構造はトランシットと同じであるが、視野が広く、レンズは縦横共に中心より40宛の目盛が切つてあり、1目盛は100mの距離に付き10cmを狭む様になつている。検定は陸上で適当な距離を以て確め、尚測桿の50cm毎の目盛に対してもチェックした。

Ⅱ 観測の実施

1. 観測位置及機械の設置

図-1, b と図-4 に示す様に、測点は防波堤法線上210mの所の港外側25mの地点で、水圧式波高計は測桿の脇に約5m離して設置してある。故に波は初め測桿を通過しそれから波高計に感ずるので、記録には

写真-3 地上標定機にて測桿を視準

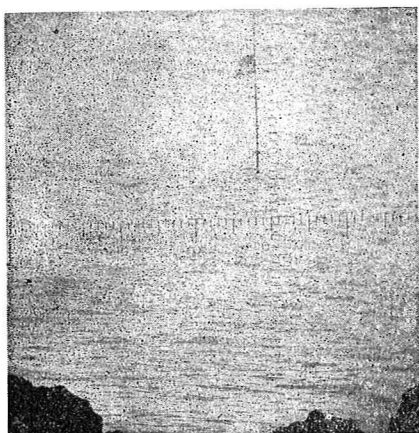


写真-4 測桿

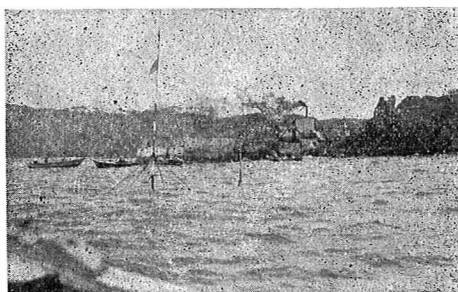


写真-5 水圧式波高計組立



図-5 検定曲線

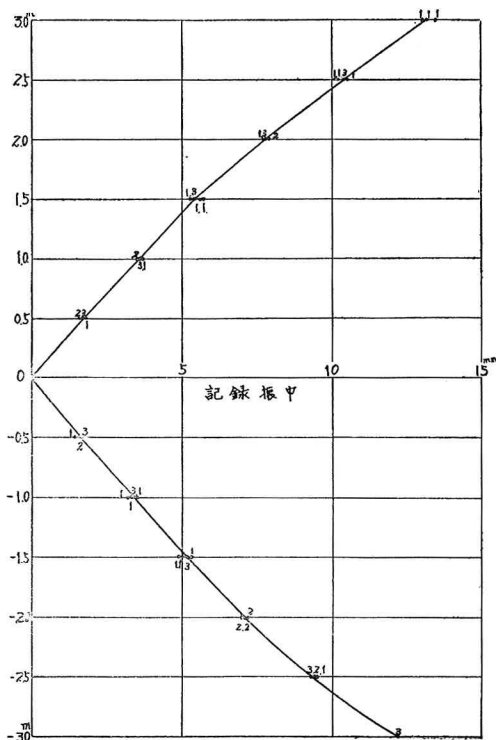
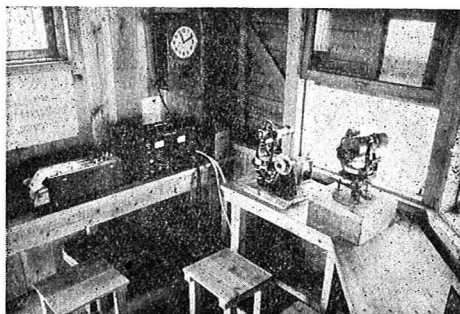


写真-6 観測小門



それだけ時間のづれを生ずる。ケーブルは港内側を迂回して設置し、約 30m 毎に 20~30kg の石をアンカーとしてある。防波堤への立上り部は一番いためられるので、古ワイヤーを防波堤よりアンカーで垂らし、これにそわせてマーレンで結びつけた。堤内は埋設したヒューム管内を通し、山の上の観測小屋まで導いてある。観測小屋には追測式波高計、地上標定機、記録器、電接時計、インバーター、蓄電池、充電器を配してある（写真-6）。

観測高は海面上約 18.5m 測桿迄の距離は約 220m。伏角約5°である。波の進向方向は北系、南系の波共はゞ視線に直角であるので観測には始都合である。

2. 観測要領及整理

追測式波高計の観測者は、観測に先だつて望遠鏡を電流 0 になる位置に合せ、次に機殻を固定板共動かし測桿を視準し、波形のゼロ線に大体ヘアが合う様に据える。準備が出来たら追測式と地上標定機の観測者は共に観測を初め、順調になつてから記録者が記録器のスイッチを入れ、地上標定機観測者の連呼する読取数を記録波形に記入して行く。指揮者は測桿附近の海面を見て、碎波の通過、大波の到来、経過時間等を観測者に知らせて観測を容易にする。記録の読み取りは、連研報告第 5 巻第 5 号 p. 6 に記されている内の第 4 の方法によつた。それは波形のゼロ線を基準とし、波形曲線がゼロ線を上に向つて切る点から次に上に向つて切る点までの間隔を以つて周期とし、この区間内の最大点と最小点の垂直距離を以つて振巾とする方法である。ゼロ線を切らない波形は捨てる。波高の換算は水圧式波高計は計算図表を使い、追測式は検定曲線を使つて行つた。

3. 観測日時

昭和31年 3月17日13時、3月19日10時、6月13日9時、4回に亘り対比を行つた。但し6月13日は地上標定機は併用していない。観測時の気象状況は大略表-1の様であつた。

表 - 1

日 時	風 向	風 速	潮 汐	気 圧	天 気 概 況	海 面 状 態
3月17日 13時	SW	16.8m	最干潮時 潮位 0.21m	1,013mb	日本海北部に 996mb の低気圧があり此れに依る等圧線が当地を南西に長く走っている	周期 9 秒 波長 75m 波向 SW 30° 海面一面白波
3月19日 10時	SSW	14.2 "	落 潮 潮位 1.00m	1,012 "	三陸沖と九州に低気圧があり太平洋と沿海州方面は高気圧に被れていた。当地の等圧線は南西に走り不連続線が本州を縦断している	周期 6 秒 波長 38m 波向 SW 20° 海面白波を見る。碎波時々通過
6月13日 9時	W	0.7 "	落 潮 潮位 1.14m	997 "	三陸沖に低気圧があり此れより弱い不連続線が南西に伸びておつた。	周期 8 秒 波長 53m 波向 SE 20° 海面時々白波を生ず
9月4日 10時	NNE	2.6 "	最干潮時 潮位 0.26m	1,012 "	台風12号が薩摩島附近で発達しながら西にゆつくり進み本州は北方より高気圧に覆われており静穏であつた	周期 11 秒 波長 88m SE 方向より波頂線をそろえ 碎波を見すきれいに侵入して 来る波渡であつた。

IV 観 測 結 果

1. 記 録 例

図-6 は水圧式と追測式の同時記録の一部を示したものである。水圧式は曲線がスムーズに記され小波は判然とは表れない。追測式は小波も記録され、記録を各々別に整理すると追測式の方が波数が多くなる。水圧式の振巾は、段状になる合成波やうねりの様な周期の長い波には振れが小さく、5~6ヶ連続して来る波形勾配の急な波には大きく振れる様である。追測式の操作は手動であるから多少遅れて記録される。然し長周期の波浪は殆んど一致させ得る。現地波を見ていると一時波高が低くなる時があり、その後高い波が続いて来襲し又低いのが続き、3月19日、6月13日、9月14日にもこの傾向が見られ、9月4日のうねりは特に顕著であつた。周期は3~4分程度である。3月17日の波浪には判然と表れていない。

2. 波高補正係数について

水圧式波高計にて記録された波形は水底圧力の変動であるから、これを表面波形に換算するには水底圧力変動と表面での圧力の変動との比を用いて波高を換算する。然しこれから求めた波高は、直接表面波を測定した値より過小な値を示す。この比を波高補正係数と云う。この原因については連研報告「波高計による波浪の観測（第2報）」に詳述されているが、理論的に不明の点が多く現段階では比較観測により決定する外なく、通常1.1~1.5であると云われている。一般に $n=1.35$ を使用している所が多い。

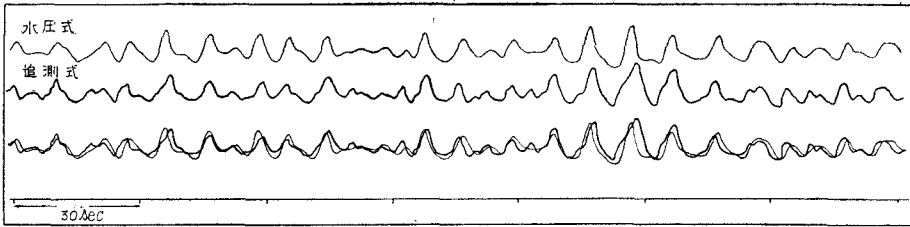
3. 波 高 の 比 較

図-7 には地上標定機と水圧式及追測式の関係を示した。整理には明かに誤測と思われたものは除いて統計してある。誤測した波数は読取つた波数の28%（3月17日）、15%（3月19日）、7%（9月4日）であつた。水圧式波高計の値は相当の散乱を示し波高補正係数 n の値は0.8~2.2の範囲にある。

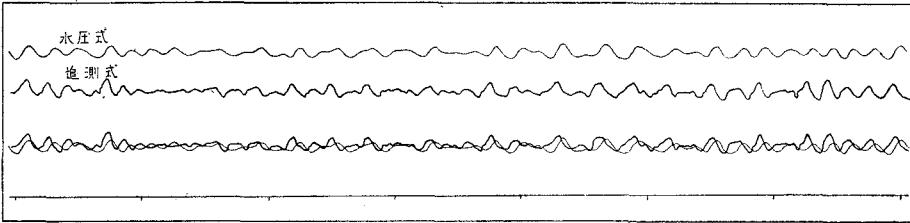
4. 周 期 の 比 較

図-6 記録例

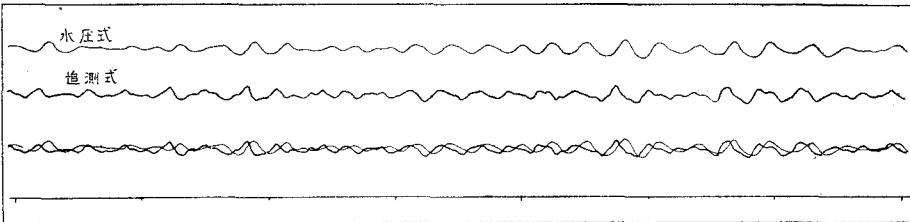
31年3月17日13時



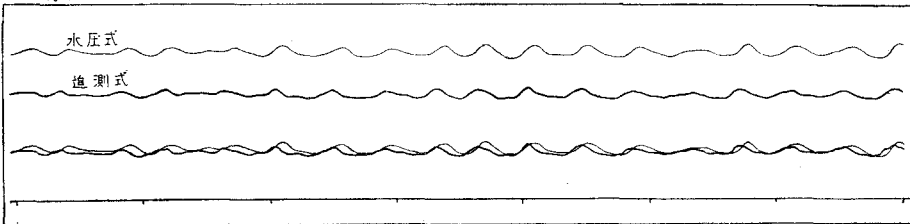
31年3月19日10時



31年6月13日9時



31年9月4日10時



水圧式と追測式の観測値について比較すると大体に於て一致している。現地波浪観測としてこの程度ならば差支えないと思う。

5. 種々の特性波

Sverdrup & Munk の提唱による特性波に依る方法で観測値を整理すると表-2 の様になる。

表-2 より波高補正係数の値を求め、 $1/8$ 最大波の周期との関係を図示すると図-8 の様になった。3月19日10時、6月13日9時、9月4日10時の波高は殆んど同じであるので、此の3つについて見ると周期の大なる程の値が大きくなっている。波高が増大すると周期は同じでも、波形勾配が急になるので、 n の値は小さくなる様に思われる。各特性波を $1/8$ 最大波を1として求めると次の様になった。(表-3)

V 追測式波高計に対する所見

本波高計を使用して気付いた事を記すと次の様なものである。

(1) 記録は多少時間のづれを生ずる。

測桿と水圧式波高計の位置の関係で、追測式波高計による記録の方が先に記録されるわけであるが、水圧式より遅れて記録される場合もある(図-7)。

(2) 記録波数は水圧式の記録より多く記録される。

追測式は短周期の小波も記録されるため水圧式より波数は多く整理される。

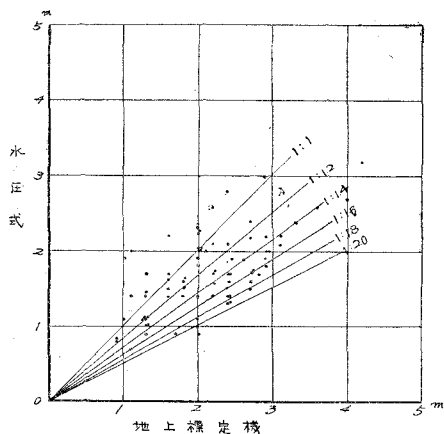
(3) 水圧式の様な補正係数を必要としない。

(4) 精度は観測者の熟練による。

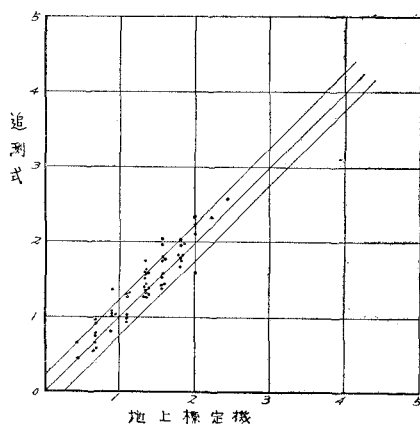
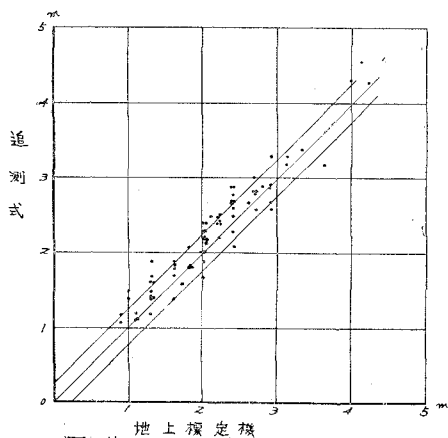
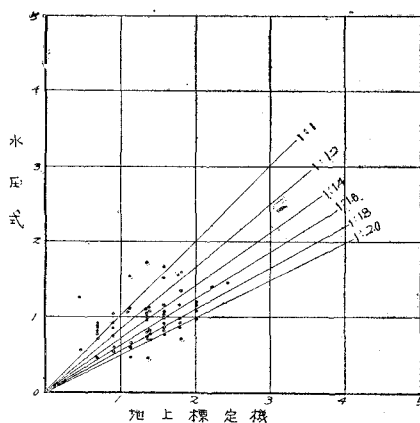
図 7 (a)

波高の比較

3月17日13時

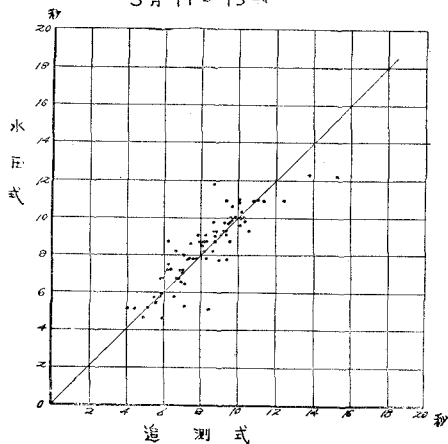


3月19日10時



周期の比較

3月17日13時



3月19日10時

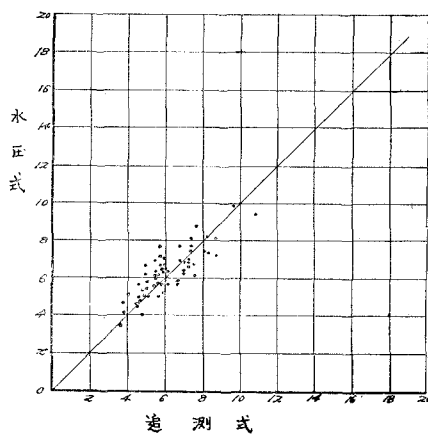


図 - 7 (b)

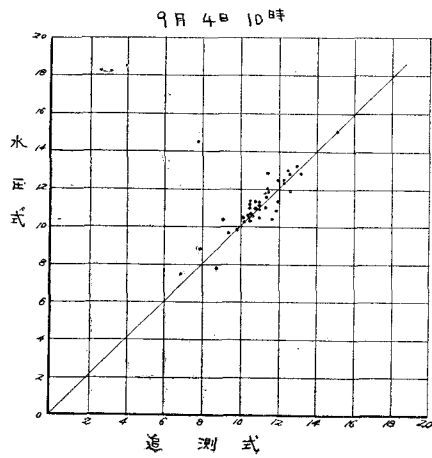
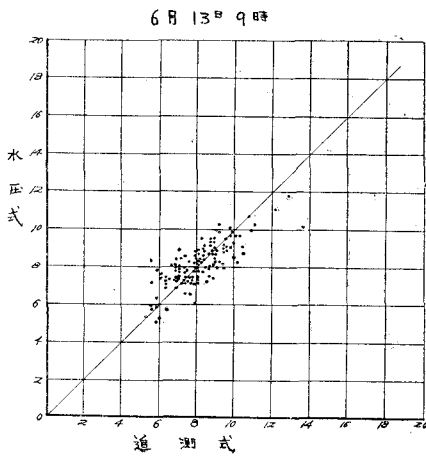
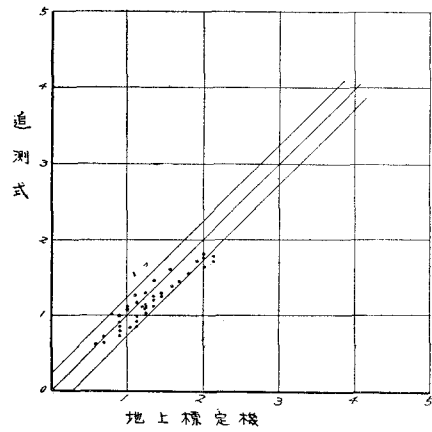
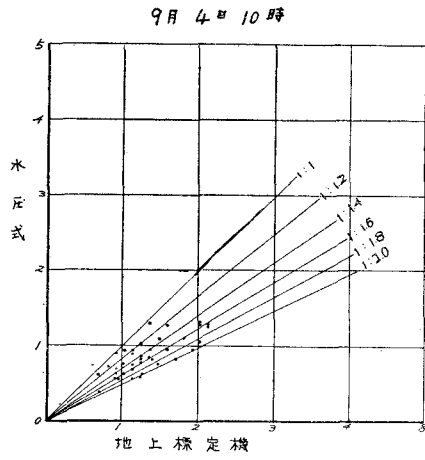
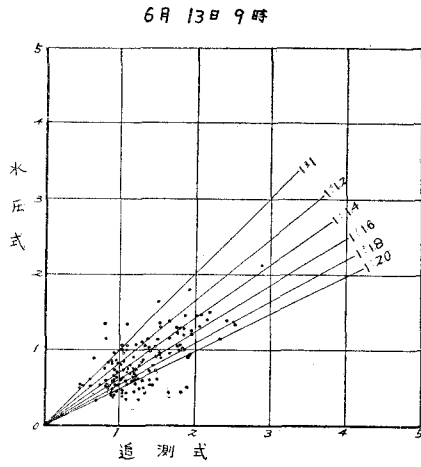


表 - 2

3月17日13時

波 高	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	地 標 上 機 標 定 機	波高補正 係数 (n)	周 期	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	摘 要
最 大 波	3.7m	4.6m	4.4m	1.24	最 大 波	9.9秒	9.7	記 録 時 間 17分
1/10 最大波	2.9	3.9	3.7	1.28	1/10 最大波	8.6	8.9	読 取 波 数 100ヶ
1/3 最大波	2.2	3.0	3.0	1.36	1/3 最大波	9.0	9.0	整 理 波 数 72ヶ
平 均 波	1.8	2.3	2.2	1.22	平 均 波	8.5	8.4	

3月19日10時

波 高	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	地 標 上 機 標 定 機	波高補正 係数 (n)	周 期	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	摘 要
最 大 波	1.7	2.6	2.4	1.41	最 大 波	4.5	5.2	記 録 時 間 13分
1/10 最大波	1.6	2.3	2.1	1.31	1/10 最大波	5.3	6.4	読 取 波 数 69ヶ
1/3 最大波	1.3	1.9	1.8	1.38	1/3 最大波	6.1	6.2	整 理 波 数 59ヶ
平 均 波	1.0	1.4	1.3	1.30	平 均 波	6.4	6.3	

6月13日9時

波 高	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	地 標 上 機 標 定 機	波高補正 係数 (n)	周 期	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	摘 要
最 大 波	2.2	2.9		1.32	最 大 波	7.8	8.6	記 録 時 間 24分
1/10 最大波	1.5	2.2		1.46	1/10 最大波	8.1	8.0	読 取 波 数 134ヶ
1/3 最大波	1.3	1.9		1.46	1/3 最大波	7.9	7.6	整 理 波 数 134ヶ
平 均 波	0.8	1.3		1.62	平 均 波	8.0	7.9	地上標定機使用せず

9月4日10

波 高	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	地 標 上 機 標 定 機	波高補正 係数 (n)	周 期	水 圧 式 計 波 高 計	追 測 式 計 波 高 計	摘 要
最 大 波	1.3	1.8	2.1	1.61	最 大 波	11.0	12.0	記 録 時 間 17分
1/10 最大波	1.3	1.8	2.1	1.61	1/10 最大波	11.5	11.5	読 取 波 数 42ヶ
1/3 最大波	1.1	1.6	1.8	1.64	1/3 最大波	11.4	11.2	整 理 波 数 39ヶ
平 均 波	0.6	1.2	1.3	1.44	平 均 波	11.2	11.0	

図 - 8

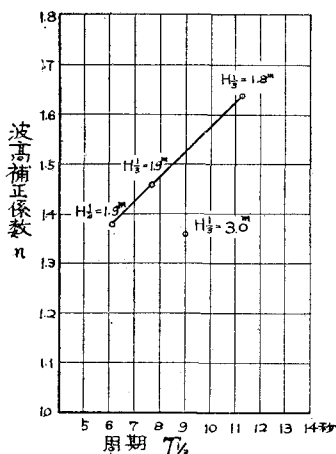


表 - 3

特 性 波	平 均	3月17日	3月19日	6月13日	9月4日
最 大 波 高 (H_{max})	1.37	1.46	1.33	1.53	1.17
1/10 最大波高 ($H_{1/10}$)	1.18	1.23	1.16	1.16	1.17
1/3 最大波高 ($H_{1/3}$)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
平 均 波 高 (H_m)	0.72	0.77	0.72	0.68	0.72

(地上標定機による値で示した)

(5) 夜間観測が出来ない。

測標にフロートを使い照明を行い研究して見度いと思う。

(6) 観測に適当な地形である事を要す。

(7) 測標の遠近により記録振巾の拡大率を変更出来る様改良すれば尚便別である。

(8) 望遠鏡の視野及び倍率の大きいものを使用すれば一層精度が高まり、観測も便利になる。

VI 結 言

本稿の観測に於ては、取經めた資料の少い点が残念であるが、今後の各種の性格の波浪について水圧波形との比較データを取り整理してみたいと思う。

本調査の現段階に於ては、現場に於ける波浪観測法としては充分満足出来る方法と思う。波浪の連続記録に対し、直接観測と間接観測の関連をつける事が出来た事は、波浪観測法に対する一つの大きな収穫であると信ずる。

尚大方の御指導、御批判及び御援助を御願ひする次第である。