

港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

第6巻7号

Vol. 6 No. 7

(通巻第44号)

駿河湾台風6626号総合調査研究報告

- 駿河湾海岸踏査報告……………佐藤昭二・森平倫生・入江功・谷本勝利
台風6626号の波浪……………高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘
駿河湾の高潮……………伊藤喜行・谷本勝利・木原力
田子浦港西防波堤洗掘実験……………森平倫生・木原力
田子浦海岸堤防模型実験……………川上善久・谷本勝利
田子浦港の開発と過去の災害……………堀口孝男

1967年8月

運輸省港湾技術研究所



総 説

昭和41年9月18日カロリン諸島の東に発生した熱帯性低気圧は、北西に進み、23日0時マリアナ諸島の北部に達し台風6626号となった。この台風は、発達しながら北進を続け、25日0時遂に御前崎の西側に上陸した。

このときの中心気圧は960mb、最大風速35m/secで、進行速度は毎時65kmであつた。台風はそのまま、駿河湾の西側を北上し、甲府、前橋付近を通過し、25日午前9時三陸沖に去つた。その経路に当つた各県では集中豪雨による死者を含む崖くづれや洪水災害をもたらしたが、駿河湾には異常な高波が発生し、甚大な災害を蒙つた。特に、焼津田尻海岸、大洗海岸、富士海岸、吉原海岸では海岸堤防の破壊や越波によつて、約20名の死者、330戸に達する家屋の全半壊などの被害を受けている。

港湾施設の被害は、大井川港、清水港、田子浦港で目立っている。特に、田子浦港では、防波堤が波浪によつて基礎洗掘をうけて傾斜し、越波によつて航路護岸が被災すると共に、付近の海岸堤防を越波し住家に被害を与えた。

このような災害を復旧するためには、台風による高潮や波浪の特性を明らかにすると共に、それに対応する対策施設の合理的な計画設計がなされなければならない。このため台風6226号に関連して、駿河湾海岸踏査、波浪と高潮の解析、田子浦港の防波堤洗掘実験と防潮堤越波実験を行つた。

これらの調査研究は、災害復旧の緊急な要請に対応するため、何人かが分担して行つた。その実験解析の途上において、何回か各担当者が集つて基本的な考え方を統一するように出来るだけ努めた。しかし、各研究はほとんど同時に開始したものであるので、報告をまとめるに当つて、各研究が、それぞれ独立な形態をとることとなつた。従つて、ここに、報告特集として取りまとめたものである。

第1編、駿河湾海岸踏査報告では、踏査結果にもとづいて、沿岸各地の海浜性状、海岸構造物、台風時の海象状況の要点を示した後、駿河湾沿岸を東海岸、内浦湾沿岸、湾奥地区及び西海岸に分け、それぞれの海岸性状の特性を述べると共に、それらが、台風6626号を中心とするこの数年來の台風とどのような関連性をもつかを示し、台風6626号による災害の特性を指摘した。

第2編台風6626号の波では、台風6524、6604と共に台風6626号の貴重な波の実測資料を解析してそれらの相互関係と特性を明らかにし、推算も加えて、台風6626号の田子浦付近の波の性質を結論づけた。

第3編、駿河湾の高潮では、本台風に先立つて行つていた高潮の過去の実測値の解析と、伊勢湾台風級の仮想台風による数値計算に加えて、台風6626号の実測値と数値計算とから駿河湾の高潮特性を示した。

第4編田子浦港西防波堤洗掘実験では、台風6626号による洗掘形状と深さを再現し得るような波を実験的に求め、これを用いて対策実験を行い、西防波堤復旧に対する資料を得た。

第5編田子浦港防潮堤越波実験では、現地踏査の結果から堤防背後の砂丘を台風6626号時の波が1mの厚さで越流したものととして、そのような波を実験的に求め、この波を用いて復旧防潮堤の高さ、形状、位置等に関する実験を行つた。

更に、V字型の防潮堤配置における越波についても2・3の実験を行つた。

付録田子浦港の開発と過去の災害では、昭和33年より掘込港湾として開発された田子浦港の経緯を述べるとともに、17世紀以来記録されている災害の跡を辿つて、今回の災害に対する参考資料とした。

総 目 次

駿河湾台風6626号総合調査研究報告

総 説

第1編 駿河湾海岸踏査報告

……………佐藤昭二・森平倫生・入江功・谷本勝利…………… 1

第2編 台風6626号の波浪

……………高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘……………71

第3編 駿河湾の高潮

……………伊藤喜行・谷本勝利・木原力……………95

第4編 田子浦港西防波堤洗掘実験

……………森平倫生・木原力…………… 151

第5編 田子浦海岸堤防模型実験

……………川上善久・谷本勝利…………… 187

付 録 田子浦港の開発と過去の災害

……………堀口孝男…………… 219

第2編 台風第6626号の波浪

目 次

概 要	71
1. 台風の概要	71
2. 気象・海象資料	71
2-1 気象資料	71
2-2 海象資料	72
(1) 検潮資料	72
(2) 波浪観測値	72
3. 田子の浦に来襲した波浪の推算	72
3-1 推算に使用した既往観測資料	72
(1) 波浪観測資料	72
(2) 気象観測資料	72
3-2 波浪観測資料整理, 解析結果	72
(1) 有義波	72
(2) スケールアウトの記録	72
(3) スペクトル解析	77
3-3 既往の波浪観測資料に基づく波浪の推算	77
(1) 田子の浦港および沼津港に来襲した波の有義波高比の推定	77
(2) 田子の浦における6626号時の波浪	78
3-4 実測気象資料に基づく波浪推算	79
(1) ウイルソン法による推算結果	79
(2) 井島, 坂本法による推算結果	80
(3) 宇野木法による推算結果	80
3-5 推算風資料による波浪推算結果	80
(1) 台風域内の風速分布の推定	80
(2) 波浪の推算	81
(3) 予想される最大級の波	81
4. 駿河湾における台風来襲時の長周期波	82
4-1 沼津港で観測された長周期波	82
4-2 長周期波のスペクトル	83
5. 結 論	84
6. 付 録 (水圧式波高計の応答特性について)	85

The Waves of the Typhoon No. 6626

T.Takahashi

Y.Suzuki

H.Sasaki

Synopsis

Many kinds of meteorological and coastal data observed at the attacking time of Typhoon No.6626 which caused heavy damages along the recess of Suruga Bay. in 1966 were investigated.

In addition to the data of above the typhoon, the data observed at the time of Typhoon No. 6524 and No. 6604 were analysed. After the analysis, the significant wave height and period which attacked the area at the time were estimated by various methods of wave estimation, and discussed.

The results are summarized as follows;

- 1) Maximum significant wave height and period observed at Numazu Port at the time of Typhoon No. 6626 are 3.22m and 17.3 sec.respectively.
- 2) According to the spectrum analysis of wave records observed at Numazu and Tagonoura Port, long period waves with the period of about 180 sec., and 70 80 sec. and 50 sec. coexisted with wind waves at the time of stormy condition.
- 3) An estimated significant wave height at the off of Tagonoura Port at the time of Typhoon No. 6626 is larger than 11m and smaller than 15m. and the period is about 20 sec..
- 4) Pressure type wave meters which have been used widely in Japan were tested to make their low frequency response characteristics clear.

第2編 台風第6626号の波浪

高 橋 智 晴*
 鈴 木 禧 実**
 佐 々 木 弘***

概 要

台風6626号時の気象、海象資料ならびに既往観測資料を調査検討し、台風6626号時に田子の浦海岸に来襲した波を推定し、併せて駿河湾沿岸の波浪の分布に言及した。又駿河湾奥では異常海象時に3分~数十秒の長周期の顕著な水位変動が存在することを確認した。

1 台風の概要

昭和41年9月18日カロリン諸島の東に発生した熱帯性低気圧が北西に進み、9月23日0時にはマリアナ諸島の北部に達し台風6626号となった。

台風は9月24日0時に硫黄島の南西海上を通過し、その後は次第に進路を北に転じ、24日昼すぎになって非常に早い速度で北上しはじめた。静岡県下は24日21時頃から暴風圏に入り、25日0時には御前崎西に上陸した。上陸時間を中心にして前後1時間の間に静岡県各地で最大風速を記録し、最大瞬間風速は、御前崎で50.5m/sec静岡で40.0m/sec 田子の浦では58m/sec に達した。その後台風の中心の通過時に弱い風が観測され、台風は山梨県へ北上した。

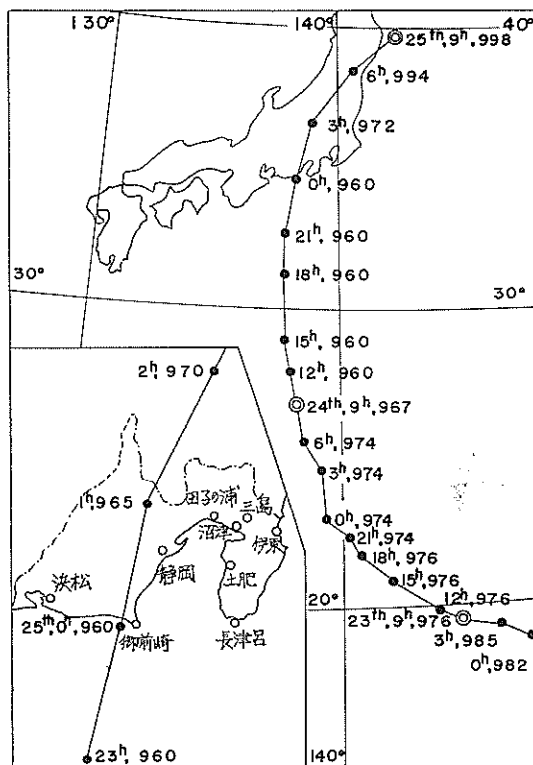
本台風は中型台風ではあったが、9月後半の北上型台風の特徴が顕著であり、時速約65kmの非常に早い速度で北上し、台風中心前面の豪雨と、暴風による風害、高浪による浪害が被害の大部分を占め、静岡県に上陸した最近の台風としては、昭和33年の狩野川台風に次ぐ大災害をもたらした。台風6626号の経路図を図一1に中心の位置を表一1に示す。尚図一2は25日0時の天気図の概要である。

2 気象、海象資料

2.1 気象資料

気象資料は静岡地方気象台発表の異常気象速報ならび

に現地各観測所、測候所の観測資料を調査し、表一2の通りであった。表一3には観測所の所在地を示した。



図一1 台風第6626号経路図

*水工部 観測調査課長
 **水工部 観測調査課第一係長
 ***水工部 高潮津波研究室

表一 1 台風6626号中心位置
昭和41年9月24日～9月25日

年 月 日 時	北 緯	東 経
41—9—24—6	25°25'	138°35'
9	26°40'	138°10'
12	27°55'	138°00'
15	28°55'	137°55'
18	31°05'	137°35'
19	31°40'	137°35'
20	32°10'	137°40'
21	32°50'	137°40'
22	33°25'	137°55'
23	33°55'	137°55'
24	34°35'	138°05'
9—25—1	35°10'	138°20'
2	35°50'	138°40'
3	36°25'	138°55'
4	37°05'	139°10'
5	37°40'	139°50'
6	38°25'	140°10'

2.2 海象資料

(1) 検潮資料

内浦検潮所（気象庁）、田子の浦検潮所（静岡県）、清水検潮所（気象庁）および舞阪検潮所（気象庁）の潮位観測結果は表一4の通りであった。

(2) 波浪観測値（6626号）

6626号台風来襲時の駿河湾沿岸の波浪観測施設の所在地、所管は図一3の通りであるが、6626号時の資料として我々が使用したものは沼津港における観測記録のみであった。この原記録も台風最盛期にはスケールアウトしているので一部は参考資料として取扱った。有義波高観測値として表一5に示す結果が得られた。スケールアウトの記録の整理解析については別項で述べる。

3 田子の浦に来襲した波浪の推算

6626号台風来襲時の田子の浦附近の波浪は田子の浦港に設置されていた波高計が流失したため観測されなかった。ここでは種々の資料から田子の浦附近に来襲した波浪を推算してみた。

3.1 推算に使用した既往観測資料

(1) 波浪観測資料

田子の浦港および沼津港の台風6524号および6604号時の現地観測記録および6626号時の沼津港の現地観測記録を使用した。

(2) 気象観測資料

2.2の(2)で示されている各観測所における台風6524号および6604号時の風向、風速および気圧資料（主として静岡地方気象台発表資料による）を用いた。図一4は台風6524号、6604号および6626号の経路図を比較したものである。

3.2 波浪観測資料整理、解析結果

(1) 有義波

3.1の(1)の資料につき、有義波高および周期を求めることと表一6のようになる。波高計機種はすべて水圧式波高計であるので次式により表面波高に換算してある。

$$H_s = \frac{n}{w} \times a \times K \times \frac{\text{Cosh} \frac{2\pi h}{L}}{\text{Cosh} \frac{2\pi R}{L}}$$

ここに； a_s ；表面波の波高

a ；水圧波形記録の波高（記録振幅）

K ；波高計機械感度

n ；波高補正係数

w ；海水の単位体積重量

h ；波高計設置水深

R ；海底から波高計までの高さ

L ；波長

なお原記録波形からの波形の読み取り、有義波の算出方法は港湾構造物設計基準に示されているとおりであり、表面波への換算の際に介入してくる種々の係数については、既発表資料の取扱い方に若干の問題があったのでこれを修正している。換算の際に使用した係数の諸元は下表一7の通りである。

(2) スケールアウトの記録

解析の対象とした原波形記録の中で、6524号における昭和40年9月17日22時以降の記録は、田子の浦港、沼津港のいずれの記録もスケールアウトしており、又6626号の沼津港40年9月25日1時30分～2時30分の記録もスケールアウトしている。これらは図5-a～eに示すような波形となっている。

図一5-aで①の波は波の山側でポテンシオメーターの測定不能領域に達し、波の谷ではストッパーにあたっている。図5-bで②の波を観測後波高計又はケーブルに異常が生じ観測不能になった。図5-dの③の波は波の山で測定不能領域に達し、この点を通過後記録上の谷側で更に記録を続けストッパーにあたっている。④の波はポテンシオメーターの歯車の固定ネジがゆるんだために零点がずれたものであろう。これらの原波形記録から圧力波の有義波高を求めることはかなり困難であるが次のように整理した。ストッパーにあたらない場合には周期は通常の見取りと全く同じ手続きでおこない、波高

表-2 関連気象資料一覧表(6626)

年月日時	静岡地方気象台			浜松測候所			御前崎測候所		
	風向	風速	気圧	風向	風速	気圧	風向	風速	気圧
41. 9.24.20	N E	6.7	1,004.3	E N E	7.2	1,000.4	N E	10.7	1,001.6
21	E N E	7.3	1,002.5	N E	9.7	997.4	N E	11.7	998.8
22	E N E	6.8	999.6	N E	11.7	992.3	N E	12.3	993.2
23	N E	11.2	993.0	N N E	15.2	983.0	E N E	19.8	976.5
25.0	N E	18.3	977.9	N N W	16.0	975.4	S E	15.8	966.2
01	S S W	12.0	971.3	W S W	13.9	987.9		28.8	985.8
02	S W	12.7	992.5	S W	7.8	995.7	S W	18.0	996.2
03	S W	7.8	998.3	S W	4.8	998.9	S W	9.2	999.2
04	W S W	5.5	999.6	S S E	1.3	999.8	S S W	9.0	999.9
05	S	4.5	1,001.0	E S E	0.8	1,000.6	S S W	9.2	1,000.8
06	W S W	3.2	1,001.6	E N E	2.3		S	5.2	1,001.4

年月日時	三島測候所			長津呂測候所			佐久間通報所		
	風向	風速	気圧	風向	風速	気圧	風向	風速	気圧
41. 9.24.20	E	2.2	1,005.8	E N E	12.0	1,003.0	N	4.0	1,000.7
21	E N E	1.2	1,004.5	E N E	13.7	1,001.0	N	5.0	998.1
22	E	8.2	1,001.4	E N E	23.3	996.5	N	4.5	994.3
23	E	14.7	994.7	E N E	23.7	992.6	N E	4.0	989.6
25.0	E	13.7	992.0	E S E	14.8	986.8	N E	7.0	981.2
01	S S E	21.0	983.1	S	22.7	990.7	S W	7.5	984.1
02	S W	17.2	992.9	S S W	20.5	997.0	S W	1.5	
03	S W	10.0	998.9	S W	9.5	1,000.2	W	0.5	
04	W S W	7.8	999.8	S W	6.7	1,000.4	N E	0.5	
05	W	4.8	1,001.3				W	1.5	
06	W N W	4.2					S	1.5	

年月日時	御殿場観測所			沼津(県)			田子の浦(県)		
	風向	風速	気圧	風向	風速	気圧	風向	風速	気圧
41. 9.24.20							N N W	2.5	
21							N	4.0	1,007.0
22							N N W	3.0	1,004.0
23							E	11.0	997.5
25.0	E	8.9	943.0	E	15.0		E	17.0	990.0
01	S E	19.0	932.8		16.4		(S W)?	37.0	(976.0)
02	S S W	22.6	936.2		20.0		(S W)?	(28.0)	(996.0)
03	S S W	17.0	943.4		15.2				1,002.0
04	S S W	14.2	945.2		停				1,003.5
05	S S W	10.1	947.2		電				1,005.0
06	S S W	10.1	948.0		8.2				

表-3 駿河湾沿岸測風箇所一覧表（御前崎～下田海岸）

観測施設	管理者	機種	機械高
御前崎測候所	気象庁	風杯型ダインス型	T.P.+60.5m
焼津漁港修築事務所	静岡県	プロペラ型	T.P.+10.1
静岡地方气象台	気象庁	風杯型	T.P.+31.4
田子の浦港	静岡県	コーシンベーン	
沼津土木事務所	"	"	T.P.+12.78
三島測候所	気象庁	風杯型ダインス型	T.P.+33.6
長津呂測候所	"	風杯型ダインス型	T.P.+66.9
三島土木土肥支所	東電営業所	コーシンベーン	T.P.+14.0
清水港管理事務所	静岡県	スカイベーン	T.P.+17.6

表-4 駿河湾沿岸検潮結果一覧表（静岡地方气象台調べ）

日時	田子の浦検潮所(県)		内浦検潮所(気象庁)		清水港検潮所(気象庁)		舞阪検潮所(気象庁)	
	実測潮位	確定偏差	実測潮位	確定偏差	実測潮位	確定偏差	実測潮位	確定偏差
	(D.L.=T.P.-128.4cm)		(D.L.=T.P.-166.6cm)		(D.L.=T.P.-143.0cm)		(D.L.=T.P.-78.6cm)	
	cm		cm	cm	cm	cm	cm	cm
20	150		173	+4	168	-5	83	+12
21	147		171	+5	165	-8	82	+14
22	151		175	+8	168	-7	84	+16
23	161		186	+13	179	+3	93	+25
24	179		203	+24	208	+31	106	+37
25th01	207		217	+32	215	+40	147	+78
02	255		221	+35	202	+31	120	+59
03	201		216	+35	189	+26	111	+39
04	180		203	+33	176	+24	109	+36
05	163		188	+33	161	+21	104	+35
06	149		166	+27	146	+19	100	+39
07	130		150	+25	139	+22	90	+41
08			139	+23	132	+20	79	+40

表-5 有義波高観測値

6626 昭和41年9月25日

観測日時			沼津港		
年月日	時分	時分	有義波高(m)	有義周期(Sec)	備考
41.9.25	00.30	~ 00.50	0.49	22.4	} スケールアウト参考資料
	00.50	~ 01.10	0.85	20.8	
	01.10	~ 01.30	1.24	18.5	
	01.30	~ 01.50	(3.22)	(17.3)	
	01.50	~ 02.10	(2.67)	(18.3)	
	02.10	~ 02.30	(1.91)	(17.9)	
	02.30	~ 02.50	1.74	13.7	
	02.50	~ 03.10	1.45	14.5	
	03.10	~ 03.30	1.31	15.9	
	03.30	~ 03.50	1.08	14.3	

表-6 有義波観測値(6524, 6604)

6524 昭和40年9月17日~18日

観測日時			田子の浦港		観測日時			沼津港					
年月日	時分	時分	有義波高(m)	有義周期(Sec)	年月日	時分	時分	有義波高(m)	有義周期(Sec)				
40.9.17	17.00	~ 17.10	2.87	12.8	40.9.17	19.55 ~ 20.05	0.99	17.3					
	18.00	~ 18.10	2.68	13.4									
	19.00	~ 19.10	2.83	14.0									
	20.00	~ 20.10	3.45	15.0									
	21.00	~ 21.10	3.78	14.4									
	21.30	~ 21.40	4.48	11.6									
	22.00	~ 22.10	(6.58)	(14.5)						22.00	~ 22.13	2.25	17.6
	22.30	~ 22.40	(7.39)	(14.6)						22.30	~ 22.50	(3.89)	(17.4)
	22.40	~ 22.50	(8.18)	(13.7)						22.50	~ 23.00	(3.75)	(17.8)
	22.55	~ 23.05	(8.49)	(14.5)						23.10	~ 23.30	(4.01)	(18.3)
				23.30	~ 23.50	(3.76)	(18.2)						
				23.50	~ 00.10	(4.18)	(17.2)						
				00.10	~ 00.20	(5.12)	(18.1)						
				01.00	~ 01.10	(4.06)	(19.3)						

()スケールアウト, 参考資料

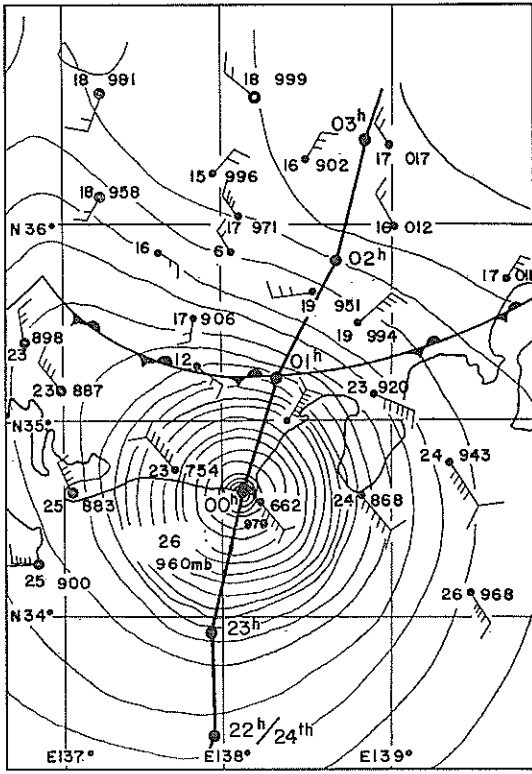
有 義 波 実 測 値

6604, 昭和41年 6 月28日

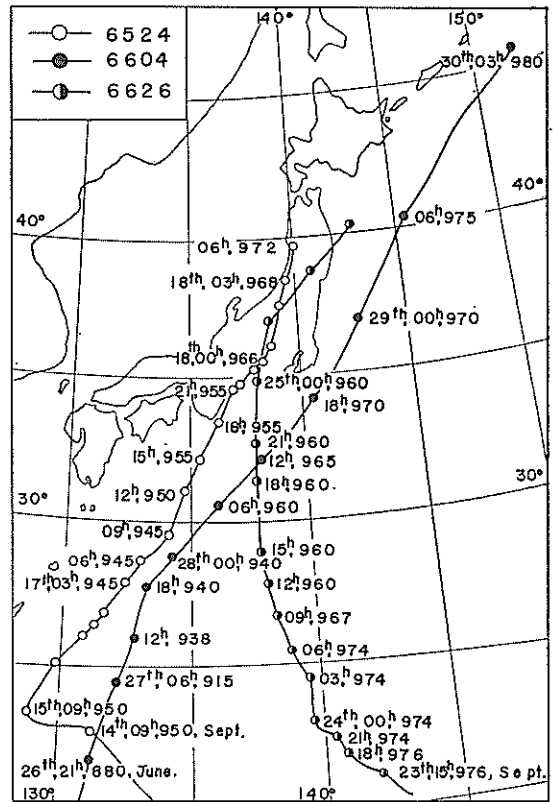
観 測 日 時			田 子 の 浦 港		観 測 日 時			沼 津 港	
年 月 日	時 分	時 分	有義波高 (m)	有義周期 (Sec)	年 月 日	時 分	時 分	有義波高 (m)	有義周期 (Sec)
41. 6 . 28	14.00	~ 14.10	2.84	14.2	41. 6 . 28	14.00	~ 14.10	0.79	15.5
	15.00	~ 15.10	2.98	14.5		15.00	~ 15.10	0.88	15.8
	16.00	~ 16.10	3.56	14.8		16.00	~ 16.10	1.18	16.6
	17.00	~ 17.10	3.09	14.3		17.00	~ 17.10	0.77	16.8
	17.30	~ 17.40	3.78	15.4		17.30	~ 17.40	0.93	17.0
	18.00	~ 18.10	4.45	16.3		18.00	~ 18.10	0.81	14.8
						18.30	~ 18.40	1.02	16.6
	19.00	~ 19.10	4.04	14.4		19.00	~ 19.10	1.46	17.3
	20.00	~ 20.10	3.34	15.5		20.00	~ 20.10	0.90	15.8
						21.00	~ 21.10	0.68	17.9
	22.00	~ 22.10	3.02	14.0		22.00	~ 22.10	0.63	16.2
	00.00	~ 00.10	2.59	13.8		00.00	~ 00.10	0.42	17.2

表一 7 波浪観測記録解析に使用した諸元

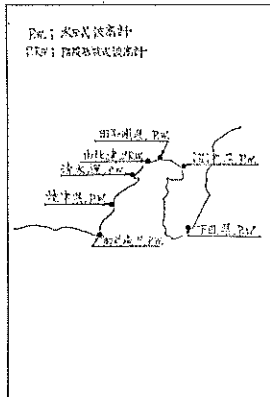
使用諸元		港 名		田 子 の 浦 港		沼 津 港		
		台 風 名		6 5 2 4	6 6 0 4	6 5 2 4	6 6 0 4	6 6 2 6
有義波解析	波高計設置水深	m		-14.0	-17.0	-14.0	-14.0	-14.0
	波高計機械感度	cm/mm		14.75	13.8	7.81	7.46	7.89
	海底から波高計までの高さ	m		1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
	波高補正係数(n/ω)			1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	使用検潮記録			田子の浦	田子の浦	内 浦	内 浦	内 浦
スペクトル解析	分割データ総数	個			500	500	500	500
	分割時間間隔	cm			1.18~1.22	1.18~1.22	1.18~1.22	1.18~1.22
	ラ グ 数				50	50	50	50
	白 由 度				25	25	25	25



図一 昭和41年9月25日00時天気図



図一 4 台風経路図



図一 3 駿河湾沿岸波浪観測施設配置図

はポテンシオメーターの測定不能領域に相当する振巾を加算して補正した。ストッパーにあたって場合には④目分量で補正して求めたもの⑤ストッパーにあっていない方の山又は谷側について半振巾を読み取り半振巾の有義波を求めて2倍したもの⑥スケールアウトしていない波の平均波高を求め個々の波高の分布(記録期間中

の)がレーライ分布に従うものとして計算上求められる有義波高とを比較して推定した。

(3) スペクトル解析

沼津港6626号台風および3.1.(1)の資料について水圧波形のスペクトルを求めたものが図一6 a~dである。スペクトル解析に際しては Tukey, Hamming の方法を用い、港研の電子計算機 TOSBAC-3400を用いた。なお一部スケールアウトの記録を補正したものをデータとして使用している。計算に使用した諸元は表一7に示した。

3.3 既往の波浪観測資料に基づく波浪の推算

波浪推算方法は多数提案され、工学的に実用化されているものも多いが、ここでは附近の観測所の既往波浪観測資料と田子の浦のそれとの相関性から来襲波の概略の大きさを追算してみた。

(1) 田子の浦港および沼津港に來襲した波の有義波高比の推定

表一6の有義波高の時間変化をプロットすると図一7 a~bのようなになる。これら実測値にもとづき同一時刻における、田子の浦の波浪観測値と沼津のそれを比をブ

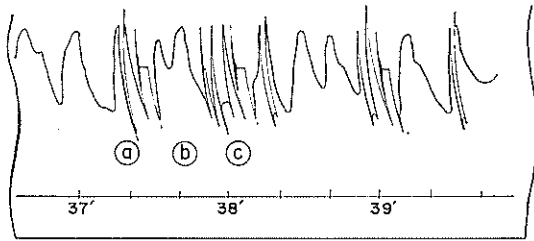


図-5 a 田子の浦6524 40年9月17日22時37分~39分

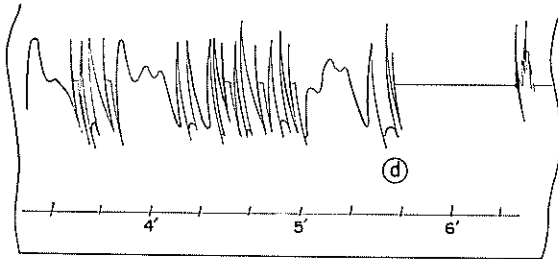


図-5 b 田子の浦6524 40年9月17日23時03分~18分

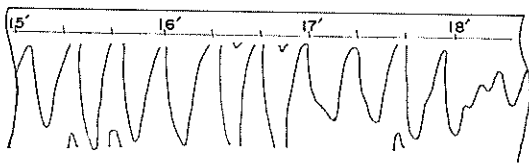


図-5 c 沼津6524 40年9月17日23時15分~18分

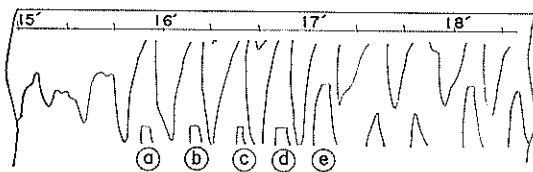


図-5 d 沼津6524 40年9月18日00時15分~18分

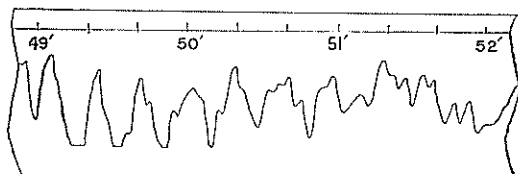


図-5 e 沼津6626 41年9月25日1時49分~52分

ロットすると◎印になる。●印は田子の浦と沼津の地理的条件を考慮し沼津の時間軸を30分ずらした値について求められた波高比である。これらの図から台風6524号の際の田子の浦、沼津の波高比の平均は約2.3、6604号時のそれは3.4程度であったことがわかる。

(2) 田子の浦における6626号時の波浪

3-3の(1)の波高比は上記の2つの例についてのものであり、このような比率のみで、田子の浦の波浪と沼津

のそれとの相関性を特徴づけることは極めて非論理的であるが、この値が、両観測所の地形要因、台風の種々の諸元を含んだ一つのパラメーターであると考えればこれらの値と6626号時の沼津の波浪観測値から田子の浦に襲った波を推定することが出来よう。両観測点の地形要因はマクロにみれば類似しており、大きな相異点としては位置の相異および海底断面の相異が指摘される。これらの要因の相異は駿河湾口に襲った波が、速度分散、角分散等の影響を受けた場合に大きく観測記録に表われると考えられる。波高比を取扱う場合に時間差を考慮したのは波高比には上記の要因が含まれると考えたからである。又風域条件の差すなわち台風の進行経路も波高比の変化の大きな要因となることを考慮し、6626号台風の経路と6524号および6604号のそれらを比較し、実測された気象要因を総合的に検討することにより、6626号時の田子の浦と沼津の波高比を推定することが出来る。図-8は6524号および6624号台風時の波高比にもとづき、沼津

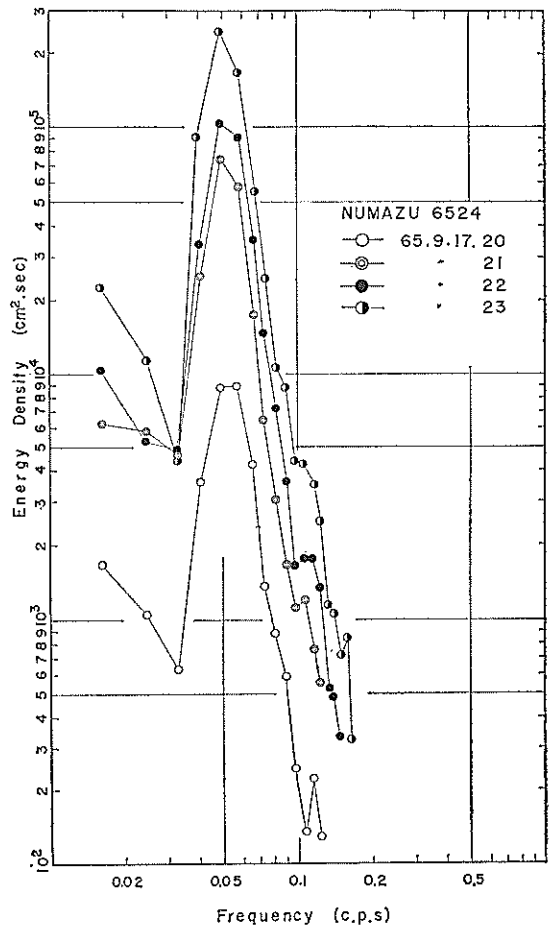


図-6 a 水圧波形のスペクトル

で観測された6626号時の波浪から田子の浦の浦のその変化を推定したものである。6626号時には、台風の進行経路から考えて駿河湾に侵入する波の風場は南から南南東寄りに形成され、波は駿河湾内に侵入する時には南南東寄りの波向きであったろうと考えられる。一方6524時には波向きは、湾口で西へかなり寄っていたものと推定される。南南東寄りの波向の場合には沼津ではあまり大きな波は観測されないが、少し西寄りの波向きの波の場合にはかなり大きな波が観測されるであろう。特に6524号の場合には湾内にも相当強い風の吹送する風場が形成されたであろうからこの傾向は著しかったものと考えて良い。6604号の場合には湾内では特に顕著な南西方向の風域は形成されていないので6524号時ほど波高比が小さくはならなかった。又海上の風場内の風速も小さかったこととこの風場で発生した波の波向きは南より多少西側へ寄っていたと考えられ駿河湾口に達した波の波向きも南

高比から推定する場合、6604号時の波高比を用いるか、それ以上の値を適用すべきであろう。

6626号時の沼津と田子の浦の波高比を3.4とした場合には $H^{1/3} = 11\text{m}$, $T^{1/3} = 16.5\text{sec}$ となる。

3.4 実測気象資料に基づく波浪推算

(1) ウィルソン法による推算結果

駿河湾沿岸で観測された6626号台風時の測風資料を次式により海面上10mの風速に換算し、S, SSW方向の成分を求め風域図を作成した。

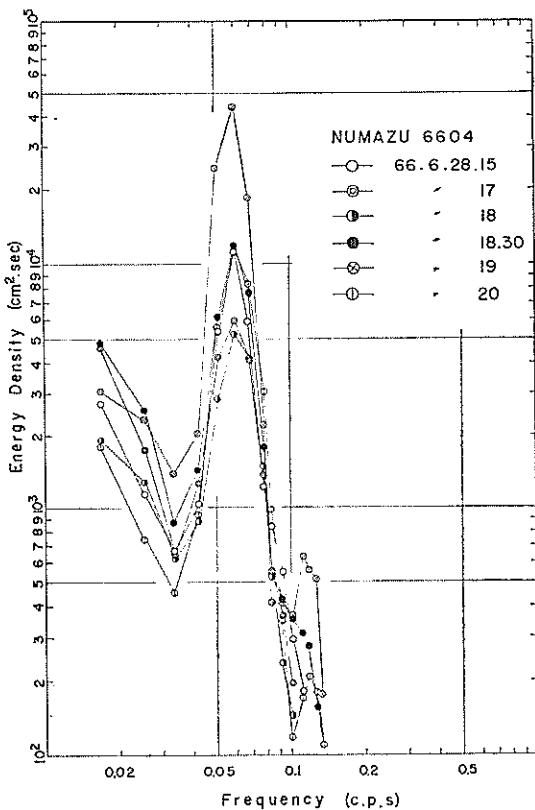
$$U_{10} = U_h \div \left(\frac{h}{10} \right)^P \quad P=0.15$$

ここに U_{10} ; 海面上10mの風速 (m/sec)

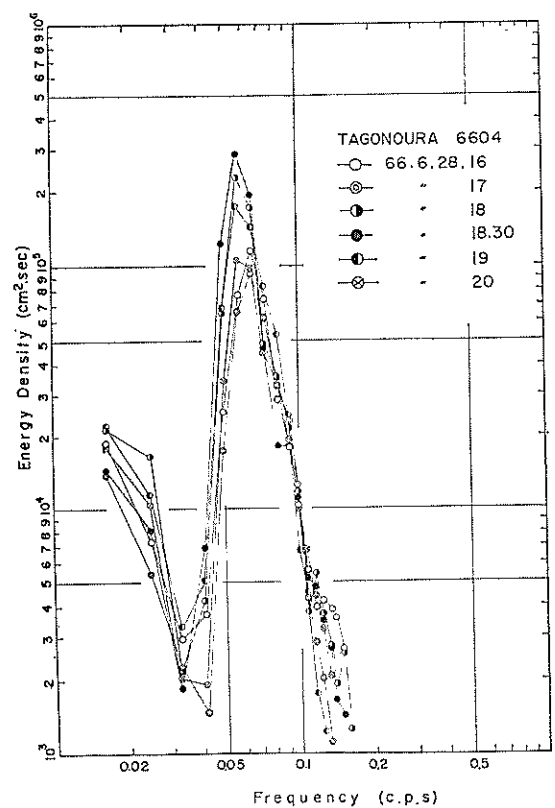
U_h ; 海面上 h mの風速 (m/sec)

h ; 測風器設置高さ (海面上, m)

風域図を作成するにあたり、海上の風速分布は天気図から十分な精度で求めることが出来なかったため台風経



図一6b 水圧波形のスペクトル

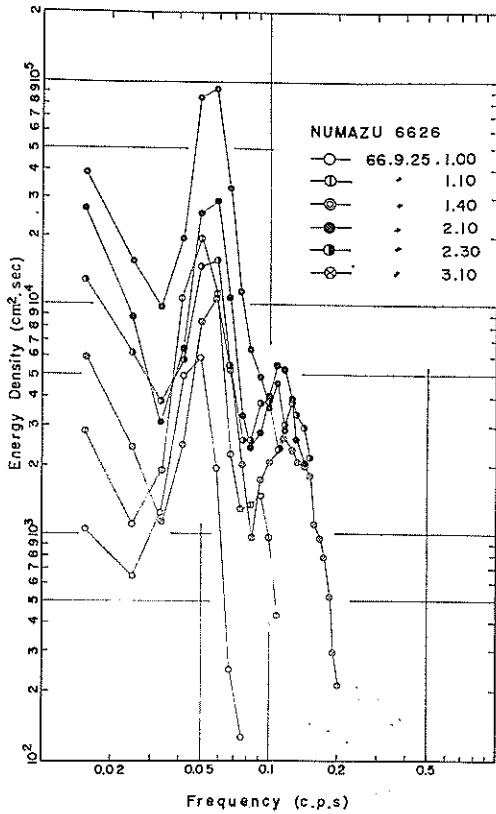


図一6c 水圧波形のスペクトル

南西に近かったであろうことが波高比が小さくならなかった原因と考えられる。

従って6626号時の田子の浦の波を田子の浦と沼津の波

路図と駿河湾沿岸測風値を参考にして推定して用いた。推算の結果は有義波高で6m以下となったが、海上風速の推定が十分でないためこの結果を論議することは避け



図一6d 水圧波形のスペクトル

た。

(2) 井島, 坂本法による推算結果(台風による波の推算法)

台風の中心示度, 経路, 台風の中心と波浪推算地点との距離等を天気図上で読み取り推算した結果, 25日0時の推算値として有義波高 5.6m, 周期12.5秒が得られたが, 本台風の場合中心示度も深くなく, 台風の勢力も中型であったために, この推定法の適用範囲の限界の値であるため推定結果に十分な精度は期待できないと考えられる。

(3) 宇野木法による推算結果

宇野木氏の方法により推算したところ 25日1時波高 10.7m 周期10秒, 25日0時, 波高 6.8m, 周期10秒が得られたが, 台風上陸後の推定値の信頼度は低く, 周期も小さめに求められる。

3.5 推算風資料による波浪推算結果

(1) 台風域内の風速分布の推定

海上の台風域内の風速, 風向の分布を推定する方法は種々あるが, ここでは, 台風中心までの距離と台風域内の任意の地点の気圧の関係として藤田の式を適用した。

$$P = P_p - \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2}} \quad (\text{藤田の式})$$

P ; 台風中心から r km の地点の気圧

P_p ; 台風域外の気圧

a ; 気圧深度

r_0 ; 台風中心から最大風速地点までの距離

r ; 台風中心からの距離

台風域内の風速分布は台風の進行速度による一般流と, 中心対称流を合成して求められるものとして, 台風内の任意の地点の風向, 風速の分布を求めた。一般流の風速 F の成分 F_x, F_y は次式であたえられる。

$$F_x = C_1 \cdot V_x \cdot \exp\left(\frac{-r\pi}{r_{max}}\right)$$

$$F_y = C_1 \cdot V_y \cdot \exp\left(\frac{-r\pi}{r_{max}}\right)$$

V_x, V_y 台風移動速度の x, y 方向成分

C_1 ; 定数 $= 0.7$

r_{max} ; 台風域の最大半径

中心対称風の成分 G_x, G_y は次のようになる。

$$G_x = -\frac{G_2 \cdot C_2}{r} (0.500x - 0.866y)$$

$$G_y = -\frac{G_2 \cdot C_2}{x} (0.866x + 0.500y)$$

$$G = \left[\sqrt{\frac{105}{\rho a}} \cdot \frac{1}{r_0} Z^{3/2} - \frac{f}{2} a^{-1/2} \right] \cdot a^{1/2} \cdot r$$

$$Z = \left[1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 \right]^{-1/2}$$

C_2 ; 定数 $= 0.6$

ρ ; 空気密度

f ; ユリオリの力の係数

なお中心対称風は円形等圧線の接線に対して30度の角度で中心へ吹き込むものとしている。藤田の式の定数を決定するために, 表一2の実測気圧および台風の経路図を用いた。図一9は6626号の際の気圧と距離の関係を示す。上述の方法で求めた一般流, 中心対称流を合成し24日15時~18時の台風域内の風速のS-5°-W方向成分の分布を示したものが図一10である。図中の実線はそれぞれ24日16時および24日18時の田子の浦 S-5°-W 方向の線風域を示すものである。

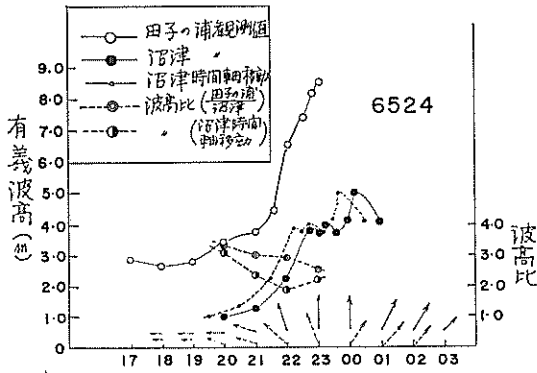


図-7 a 実測有義波高および波高比

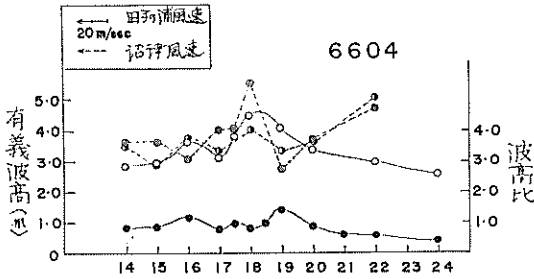


図-7 b 実測有義波高および波高比

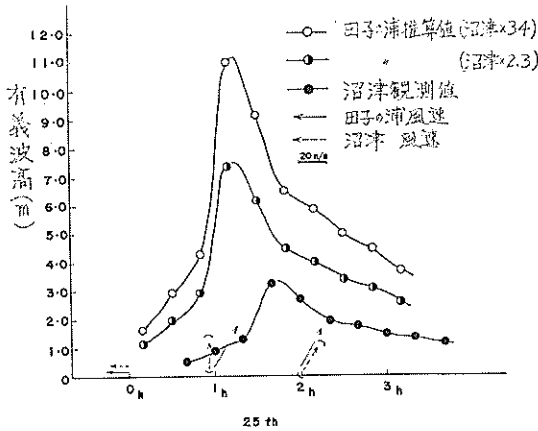
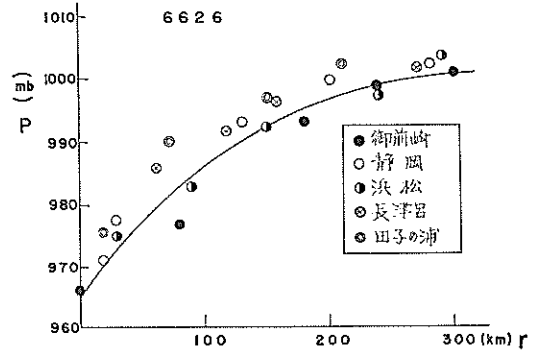


図-8 田子の浦港波浪推算値

(2) 波浪の推算

9月24日12時から1時間毎の風速分布を求めS-5°-W方向の線風域上のS-5°-W方向の成分の風速から風域図を作成し、現地測風資料および天気図上に示されている測風値により補正した。図-11に示されているのが上記の方法で求められた風域図を用いてウイルソンの図式計算法により波浪を推算した結果である。風域図中風速40m/secの風域が描かれているが、これは田子の



$$P = P_{\infty} - \frac{\alpha}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2}} = 1005 - \frac{40}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{50}\right)^2}}$$

図-9 台風中心までの距離と気圧の関係

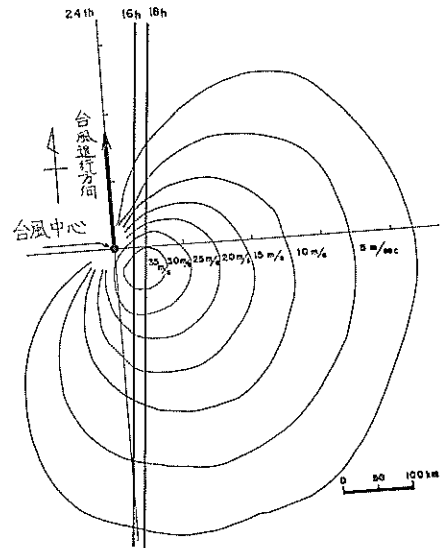


図-10 S-50-W成分風場

浦港で10分間平均風速40m/secが観測されていることから、台風域内で当然40m/secの風が吹送していたと考えて挿入したものである。この推算法では風速が減少する風域内での推算は十分でないため、風速が減少する場合に波高の連続性が満足されないときにはそれ以後うねりとして伝播する場合とそのままの群速度で波高、周期を変えずに伝播する場合とに分けて推算した。うねりの推定はプレットシュナイダーのうねりの推定図を用いた。

(3) 予想される最大級の波

3-5の(2)の推定においても、推定に重要な役割を果たす風の推定は十分ではなく、他にも不明確な点は多々残されている。本節では6626号程度の台風が来襲する場

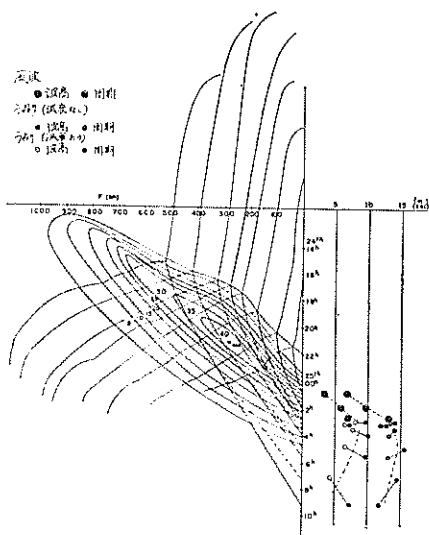


図-11 ウイルソン法による推定結果

合に予想される最大級の波を推定し、このような波が湾口から駿河湾内に侵入する場合湾内の各地での波浪はどのような分布をするかを検討してみた。

3-5の(2)の風域図の推定法では、田子の浦のS-5°-W方向の線風域上の、S-5°-Wの風速成分が波を発生させるのに寄与するものとしているが、本節では台風域内の任意の地点の風向が、その地点と波浪推算点(湾口中心点)とを結ぶ線と±30度以内の範囲内にある場合には速度成分を求めず、推算風速そのままを用い又線風域の方向の変動が15度以下である場合にはこの影響を無視して風域図を作成した。

この風域図上で最も大きな波が予想される点から数本の進行曲線を引いてみると図-12に示すようになる。減衰せずに推算点に達するものと考えれば、有義波高15m程度の波が来襲する可能性がある。

いま周期20秒、波高15mの波がS方向から駿河湾口に侵入するものとする、湾内の各地の波高の分布は図-13のようになる。この図によると、沿岸にそう波高分布は田子の浦海岸および富士川河口沿岸で大きくなる。

4 駿河湾における台風来襲時の長周期波

4.1 沼津港で観測された長周期波

6626号台風時の沼津港の原記録波形には、台風が接近した9月25日0時頃から2時30分頃まで顕著な長周期波が記録されている。図-14は9月25日1時41分~46分の記録である。波形の中央部の実線は記録中心線であるが

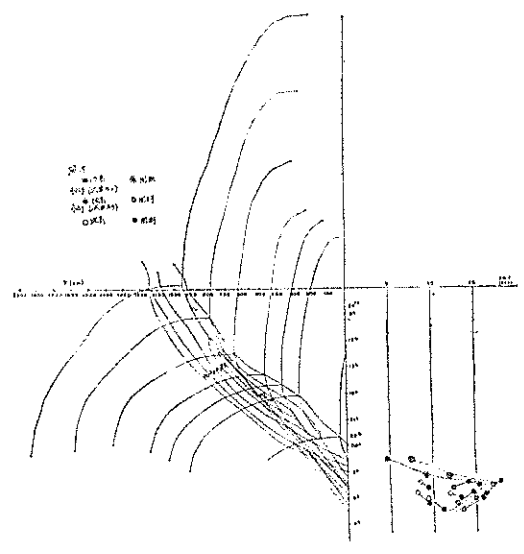


図-12 予想される最大級の波の推定

これを中心にして周期17~18秒の風浪の他に点線で示されている水位の長周期変動が存在することは明らかである。点線は波形のほぼ中心点を結んだものであるが、これを時間軸を縮尺して1時15分から2時35分までを集録したものが図-15である。縦軸は長周期変動の記録紙上の波高(単位m/m)を示している。図中の周期Tは長周期波の周期を、長周期波の谷から引き続く谷までの時間間隔として求めたものであり、波高Hは以下の手続きにより求めた。①記録紙上の波高H_pをa₁+a₂/2(図-15参照)として求める。②これを表面波に換算する為 3-2-(1)の換算式において $\frac{n}{w}=1$,

$$\cosh \frac{2\pi h}{L} / \cosh \frac{2\pi R}{L} = 1 \text{ とし、得られた結果に水圧式}$$

波高計の低周波数成分の波に対する応答関数 K(T)の逆数を乗じた。これを式で示すと

$$H = H_p \times S \times \frac{1}{K(T)}$$

H_p; 記録紙上の振幅

S; 波高計機械感度

K(T); 応答関数

のようになる。K(T)はTが20秒程度まではほぼ1と考えて良いがそれ以上の周期(低周波数領域)では、波高計のリークプラグの効果により減衰する。我々は本資料作成の為に、水圧式波高計の低周波数成分の波に対する応答特性の確認実験を実施し、台風6626号時に沼津港で

観測に使用されていた波高計の同様な特性を調べた。本解析にはこの結果を用いている。なお実験の方法、結果については別添附資料に詳述した。

4.2 長周期波のスペクトル

6626号台風時に沼津港波浪観測点において数十秒～数百秒の長い周期の水位変動が存在していたことは図-15からも明らかであるが、試みに長周期波のスペクトルを求めて見た。

図-16 a は9月25日1時10分～2時10分の1時間の記録波形から求められたスペクトルであり波形記録から

5.9秒間隔で約600ヶの瞬時値をサンプリングし、最大ラグタイム 354秒で計算した水圧波のスペクトルである。サンプリング間隔が5.9秒であるから11.8秒以下の周期成分は11.8秒以上の周期成分に含まれた形でスペクトルが算出されるがこの影響は周期50秒以上の部分については非常に小さいと考えて良い。図-16 a から6626号時の沼津港では180秒～7,80秒の長周期波が存在していたことが明らかである。同様の方法で昭和40年の6524号時の田子の浦の記録および沼津のそれと昭和41年の6604号時の沼津の長周期波スペクトルを求めたものが図-16 b～

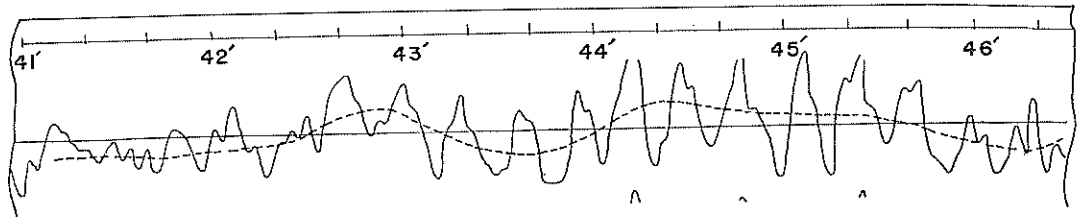


図-14 沼津6626 41年9月25日1時41分～46分沼津港波形記録長周期波

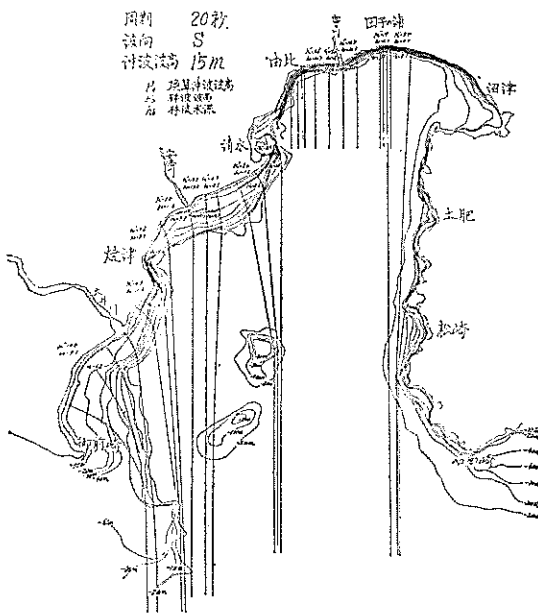


図-13 駿河湾沿岸波浪分布推定図

d)に示されている。解析に際して10～20秒の成分波を濾波していないのでこの成分のスペクトルピークが出現しているが、6626号時と同様、数十秒の周期成分のところにもピークが認められる。これらの図から駿河湾においては、台風による激浪がおしよせる時のみならず、有義波高1～2mの場合にも数十秒の長周期波が存在するこ

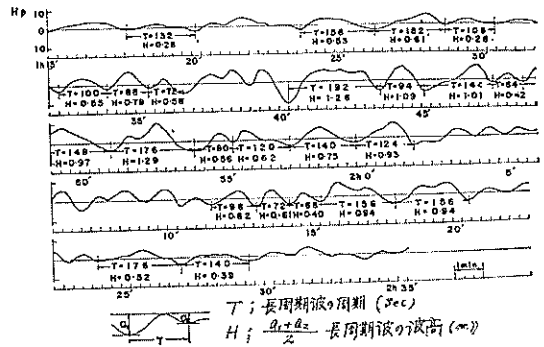


図-15 沼津港で観測された長期周波

とが明らかであろう。更に詳細に比較してみると、沼津港で観測された長周期波のスペクトルはいずれも40秒前後、70秒前後および160～180秒前後にスペクトルピークがありそれぞれの観測時間における卓越周期(17～18秒)に対応するスペクトル密度との比をとってみると、6626号時の長周期波成分が他と比較してかなり大きいことが明らかである。又6524号時の田子の浦と沼津のスペクトルがかなり類似した形をもっていることから見て6626号時に田子の浦においてもかなりエネルギーの大きな長周期波が存在していたことが推定される。

この長周期水位変動の全振巾の最大値は前節によると6626号時の沼津港の場合1.30mに達しているが、この値が内浦検潮所の検潮記録に現れた副振動の振巾とほぼ一

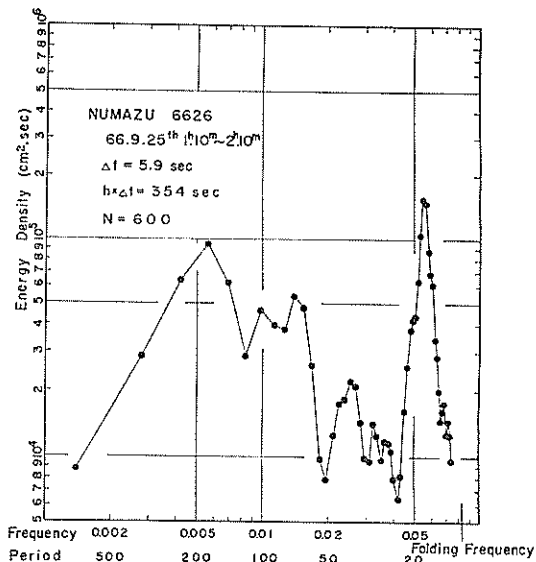


図-16 a 長周期波のスペクトル

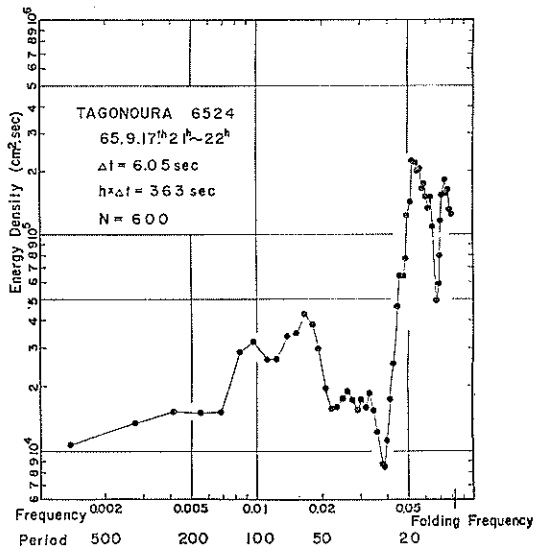


図-16 c 長周期波のスペクトル

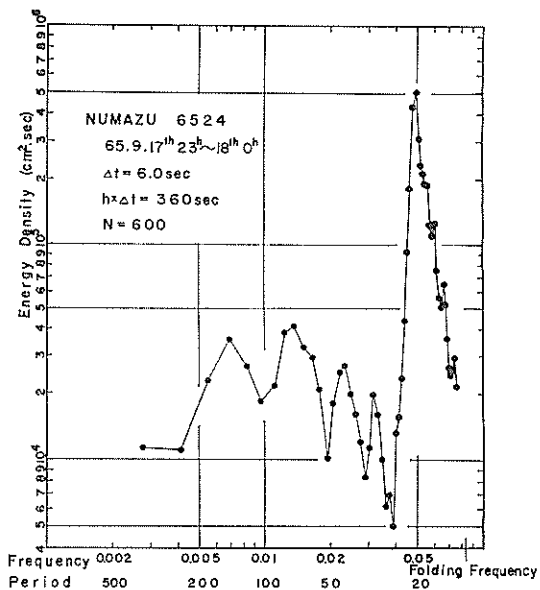


図-16 b 長周期波のスペクトル

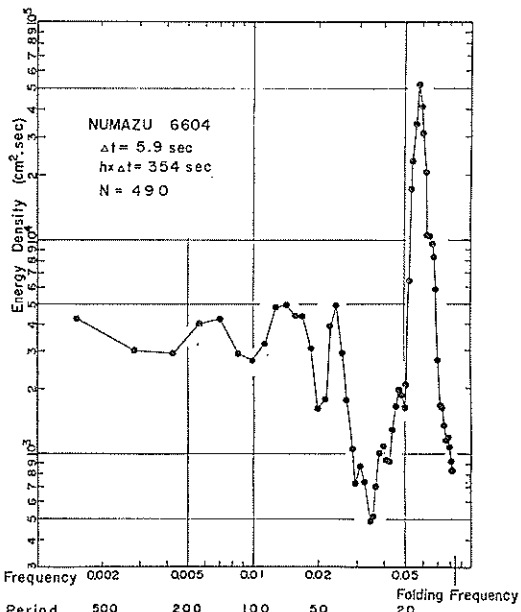


図-16 d 長周期波のスペクトル

致していることは興味深い事実であるがこれらの関連性については明確ではない。もし内浦検潮所の検潮儀の周期数十秒程度の波に対する応答特性が1に近いものと考えれば、6524、6604および6626号時の検潮記録を比較することにより、6626号時の長周期変動が他よりも顕著であり全振幅も大きく、田子の浦についても同様のことが結論づけられる。なお図-16 a~dのスペクトルを算出するにあたり前節で述べたK(T)は考慮していないので

これを加味すれば、更に長周期成分のエネルギーが大きく算定されることを附記する。

5 結 論

a) 台風6626号時に駿河湾沿岸で観測された波の諸元は、沼津港で有義波高3.22m有義周期17.3secであり、沿岸の他の観測所での観測記録は得られなかった。

b) 実測波浪観測資料による田子の浦港の観測有義波高と沼津港のそれとの波高比から田子の浦港に來襲した波の有義波高は11m以上であり、又推算風資料による推算結果から6626号時に観測が予想された有義波高の最大値は15m以下であったであろうことが推定出來た。

c) 風浪の卓越周期は17~20秒前後と推定されたが、沼津港の観測記録の解析結果および長周期波スペクトルなどから周期180秒前後および70~80秒前後にスペクトルピークをもつ長周期波が同時に存在していたことが明らかである。

d) 駿河湾口に周期20秒、波高15mの波がS方向から侵入した場合、沿岸各地の波高の分布は田子の浦海岸および富士川河口沿岸で最も大きくなる。

e) 駿河湾奥では周期数十秒の長周期変動は異常海象時には常に生じていると考えられる。

6 附 録

水圧式波高計の応答特性について

1. ま え が き

水圧式波高計を使用して海の波を測定する場合波高計が受感する水圧変動は、波によるもののほか潮汐等による長周期の水圧変動がある。このような潮汐等による水圧変動は、記録方式によっては有効な波の記録を得るうえで障害となるため、水圧式波高計には一搬これを測定出力から除去するための機構が設けられている。

水圧式揺動抵抗型波高計においては、変動を受けて伸縮する金属ベローズの内外をごく小さな空気漏洩孔(スロー・リークプラグ)で連絡し、この細孔の効果により潮汐等の長周期水圧変動によるベローズ内外の圧力差を除去し、波高計出力から長周期水圧変動成分を減衰除去している。しかしながらその減衰傾度はきわめてゆるやかなため数10秒ないし数分周期の変動圧を完全に減衰除去することは不可能であり、その一部は出力として記録される。またリークプラグの調整は人為的になされるものであり、調整如何によってもその減衰効果は変る。

台風6626号來襲時に沼津港に設置されていた水圧式揺動抵抗型波高計の観測記録には、数秒ないし10数秒周期の波浪成分に数10秒ないし数分周期の水圧変動が重疊しているとみられる水圧変化が記録されていた、これは観測時に沼津港に長周期な波が存在していたとすればリークプラグの効果からみて当然記録される現象である。しかしその値は現在までの各地における既往の観測記録と比較した場合多少大きめであると言える。

そこで台風6626号の波浪解析に際し、沼津港に存在したであろうと思われる長周期波成分がどの程度の大きさ

のものであったかを検討するため、当時沼津港において観測に使用されていた波高計を現地より引揚げ、以下記述する方法により実験を行い長周期水圧変動に対する波高計の応答特性を求めた。

2. 実験の方法

実験は2台の水圧式揺動抵抗型波高計について行なった、うち1台は沼津港に設置されていた波高計であり、1台は設置のための通常の調整が施こされたものである。沼津港に設置されていた波高計は、引揚後何等手を加えずそのままの状態を試験した。

実験に使用した装置の構成を付図-1に示す図中S. G. W. は抵抗線歪計型波圧計で、加えられた圧力に比例した出力を減衰なくとりだすことができるので、実験において波高計P. W. に加えた変動を記録するために使用した。記録計には電磁オシログラフを使用し波高計P. W. およびS. G. W. の出力は抵抗分圧器を通して直接記録計のガルバノメータに加えた、マノメータは加圧値の測定および波高計の検定に使用した。

実験は装置の都合上波高計P. W. の受圧ゴムチューブに水圧を加える代りに、本体に直接コンプレッサーからのゴムホースを接続し、波高計本体内のベローズの内外に設置水深に対応した圧力 P_0 (沼津港波高計設置水深14mに対応した圧力を用いた)をあらかじめ加えたのち、ベローズの内部に種々の周期により変動圧を加えその時の波高計出力を記録した、一方加えた変動圧の大きさは前述のS. G. W. によって同時に測定記録した。

この他にリークプラグの空気洩れ特性を求めめるため、ベローズの内側または外側にのみ水圧縮空気を加えリークプラグより自然に放出した場合の波高計出力の変化を記録した。

3. 実験の結果

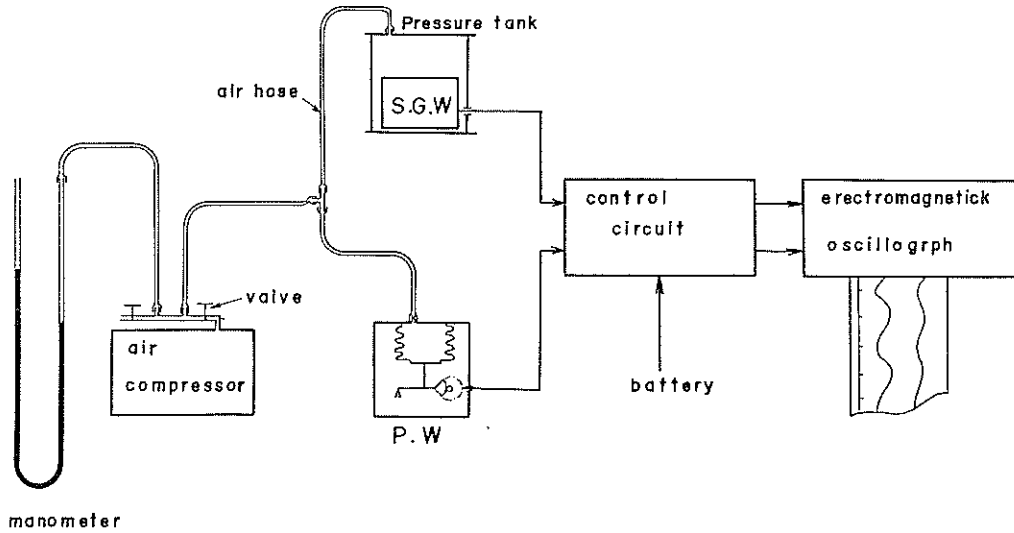
実験によって得られたデータから種々の変動周期について波高計P. W. の出力とS. G. W. によって同時に測定記録された加圧値との比をとって波高計P. W. の長周期波に対する応答関数を求めた、付図-2はこの値をプロットしたもので、 $P. W_1$ は通常の状態に調整された波高計により求められたものであり $P. W_2$ は沼津港に設置されていた波高計により求められたものである。付図-3はリークプラグの空気洩れ特性を示すものである。

これ等の結果から、沼津港に設置されていた波高計は、通常の状態に調整されている波高計に比べて長周期の水圧変動に対して充分応答する特性になっていたことがわかる。その原因は図-3が示すように通常の波高計に比べてリークプラグが縮っていてその効果が小さかつ

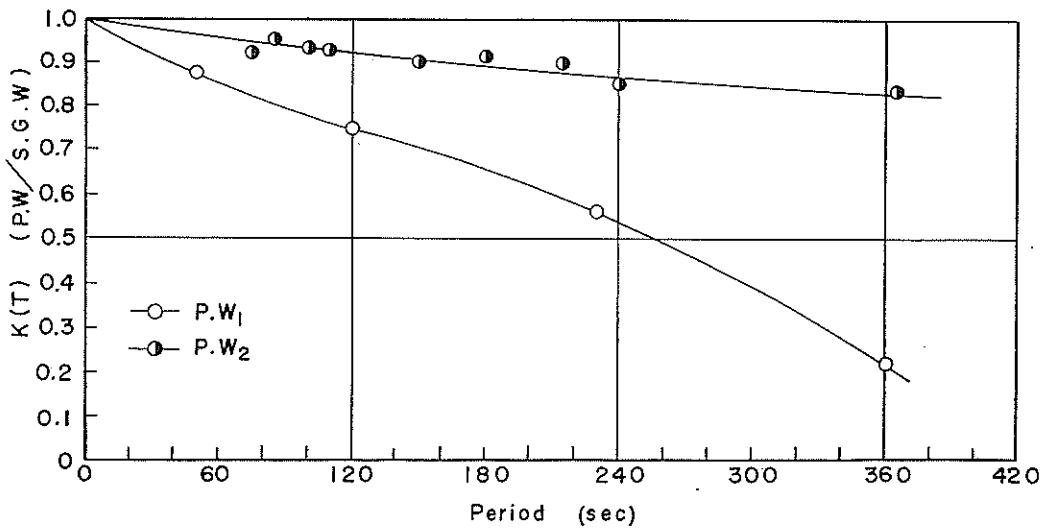
た結果であることがわかる。しかし通常の状態に調整された波高計であっても長周期の水圧変動を受感した場合、その周期によっては或る程度の出力がとりだされ記録される。このことは、水圧式波高計の記録を解析する

場合には、一応留意する必要がある。

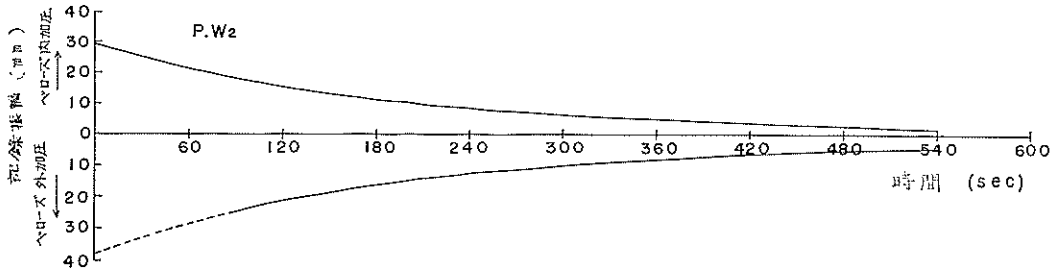
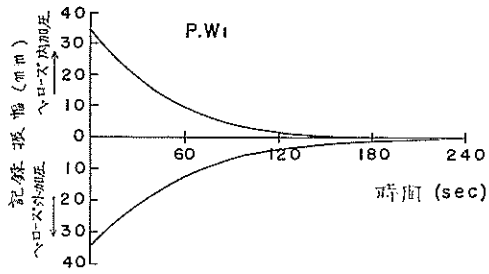
参考として応答函数を求めた時の実験記録の例を付図-5に示す、 P_{II} は記録振巾を付図-4の検定曲線より求めた感度を使用して圧力波高に換算した値である、



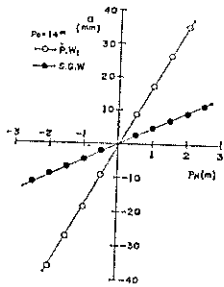
附図-1 実験装置の構成



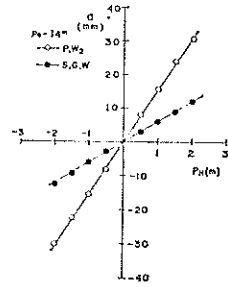
附図-2 加圧周期の変化による減衰度



附図-3 リークプラグの漏れ特性

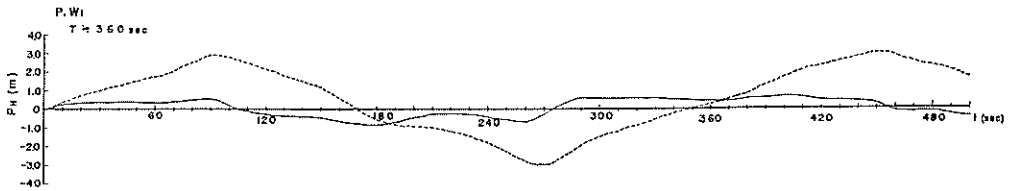
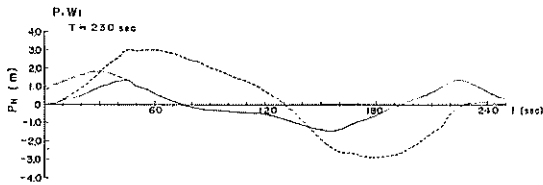
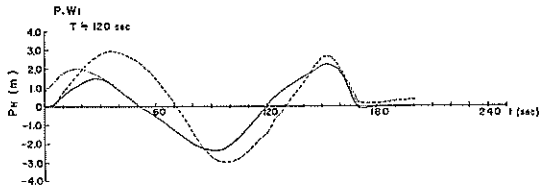
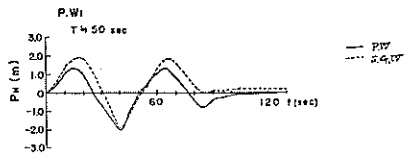


(a)通常の状態に調整された波高計

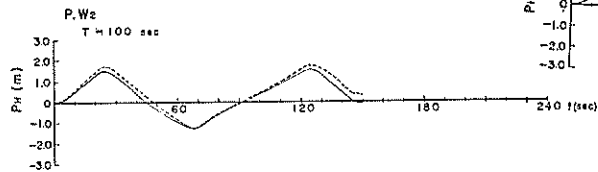
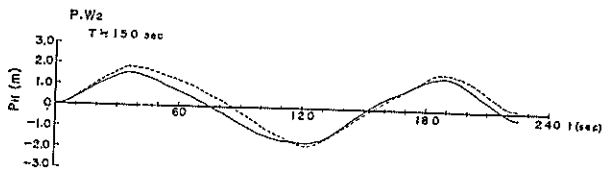
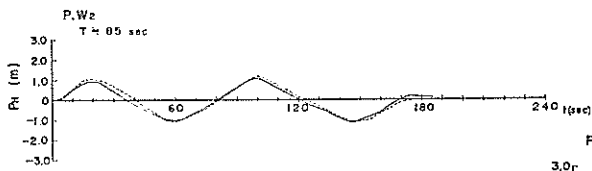
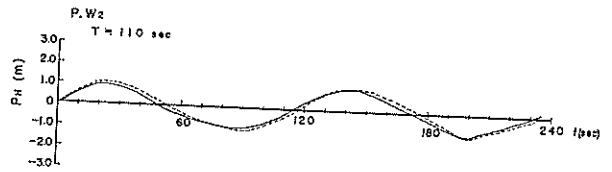
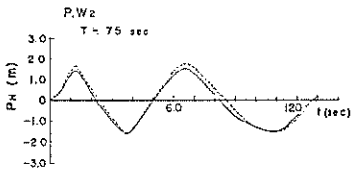


(b)沼津港設置波高計

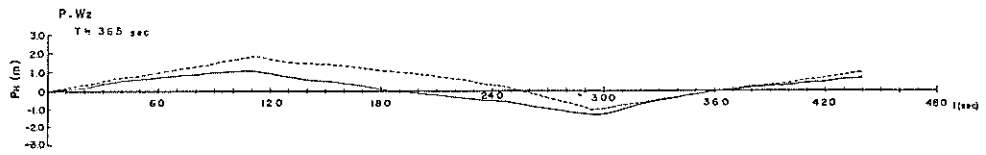
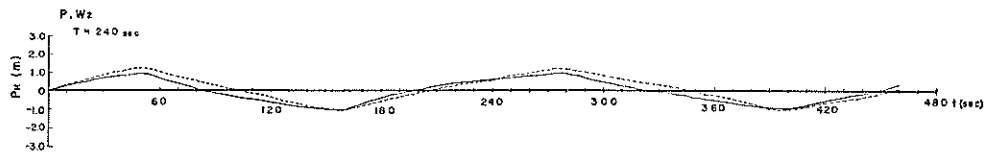
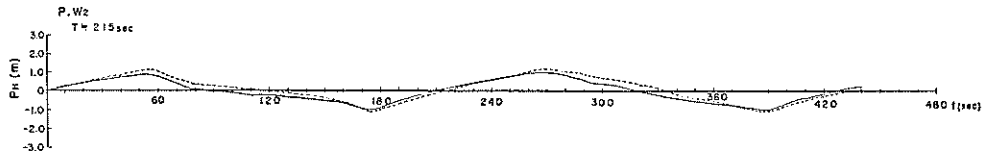
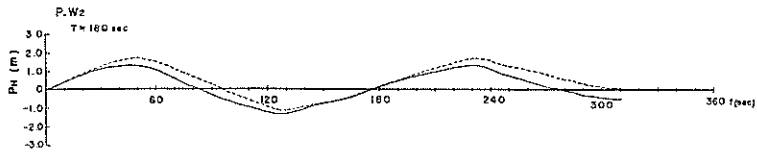
附図-4 波高計検定曲線



附図—5 変動圧の記録例(a)



附図—5 変動圧の記録例(b)



附図—5 変動圧の記録例(c)