

港 灣 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 130 Dec. 1971

田子の浦港における長周期波の観測

高	橋	智	晴
鈴	木	禧	実
佐	々	木	弘
中	井	徹	也

運輸省港湾技術研究所



田子の浦港における長周期波の観測

目 次

まえがき	3
1. 長周期波測定装置	4
1.1 構造と特性	4
1.2 記録方式	6
2. 観測状況	6
2.1 観測地点	6
2.2 長周期波記録測得状況	6
3. 観測結果	7
3.1 観測された長周期波	7
3.2 顕著な長周期波	9
3.3 田子の浦海岸の長周期波の特徴	19
あとなぎ	19
参考文献	19

Long-period Sea Waves Observation at the Coast of Tagonoura

Tomoharu TAKAHASHI*
Yoshimi SUZUKI**
Hiroshi SASAKI***
Tetsuya NAKAI***

Synopsis

Long period sea waves along the coast of Tagonoura which were observed by a long period wave meter for about two years, from May 1968 to March 1970, are reported.

The results of the observation are summarized as follows.

- 1) The long period waves appear when a typhoon or a depression passes the offshore of the Suruga bay taking the course of NE direction.
- 2) Predominant wave period is 80~90 sec and 40 sec.
- 3) The wave height of the long period waves is seemed to be about one-tenth of significant wave height.
- 4) The maximum wave, 50 cm in height and 80 sec in period, was observed on 26th of July 1968.

* Chief of Observation and Inquiry Section, Hydraulics Division

** Senior Research Engineer, Hydraulics Division

*** Member of Observation and Inquiry Section, Hydraulics Division

田子の浦港における長周期波の観測

高橋 智 晴*
鈴木 禧 実**
佐々木 弘***
中井 徹 也***

要 旨

台風第6626号(1966年9月25日)により田子の浦港附近の海岸堤防に越波、欠壊を生じ、死者20名、全半壊家屋370戸に達する近來まれな災害を受けた。被災原因の究明に当り附近波高計データの解析結果から周期数10秒~180秒、波高1m以上の顕著な長周期波が認められ、このような長周期波の存在は越波現象に大きな影響を与えることが水理模型実験からも指摘された。

駿河湾奥の田子の浦附近海岸には古くから海嘯と称されてきた異常海象があり、台風第6626号による災害発生を機として長周期波に関する現地観測を行い実態把握に努めることとなり昭和43年より観測を継続的に実施してきた。

この報告は観測に使用している長周期波計の試作ならびに昭和43年5月~45年3月までの観測資料について述べたが、この間の海象状況は例年に較べ極めて静穏であり問題の長周期波の発生も少なく、小規模であったため、その性質を明らかにするには至っていないが、概ね下記のように推考される。

- (1) 長周期波は台風または低気圧が本州南岸を北東進する場合は常に発生するほか、遙か南方洋上から勢力の強い台風等によるうねりが来襲する場合にも発生することがある。
- (2) 長周期波の波高は来襲波浪の波高の約 $\frac{1}{10}$ 程度である。
- (3) 長周期波の卓越周期は80~90秒と40秒程度の2種類である。
- (4) 観測期間内における長周期波の最高波は、波高50cm、周期約80秒であったが、台風等の状況によっては波高1m以上の長周期波の発生が充分予想される。

ま え が き

田子の浦港周辺における台風に伴う災害は古くから海嘯として知られており、古文書、村誌などにも散見され、最も古いものは1680年(延宝8年)の災害がありその後1899年(明治32年)にも大災害があった¹⁾。

最近では1966年9月25日駿河湾を襲った台風第6626号により、海岸堤防の欠壊、越波等で約20名の死者、370戸に達する家屋の全半壊などの被害を受けている。この台風の際に沼津港において観測された波浪記録には風浪と同時に周期180秒程度および70~80秒前後の長い周期の波が存在しており、この前年の台風第6524号時に観測された波浪記録にも長周期波の存在が確認された。²⁾

通常の海岸において、激浪時に波高数10cm、周期1~5分程度の長周期波が生ずることは知られているが、沿岸構造物の設計外力として考慮されることはほとんどない。しかしながら、海岸堤防の越波、港の擾乱度等の問題においては長周期波の存在は無視することができない。台風第

6626号時の越波現象も風波が長周期波に重なり、大きな越波量を生ぜしめたものと推定されている。また港湾の副振動を誘発する原因としてもその性質を明らかにする必要がある。細長い湾内でのこの種の長周期波は“セイシュ”³⁾または副振動として古くから研究されている。中野は検潮記録にもとずいてくわしく解析し、セイシュの観測された少し後に周期1~3分の波が観測されこれは風速や、気圧傾度および検潮所附近の大気圧の時間的変化とあまり関連がなく、気象擾乱の中心附近に生ずる長波であろうと推論している。Munk⁴⁾は“うなり”をなす波群が海岸で砕波するため、その周期に対応した長周期波が発生することを示している。在来の研究は主として検潮記録上に現われた数分~数十分の長周期波について多くなされている。宇野木⁵⁾は気象庁の気象要覧と検潮概報の資料を整理してセイシュの実態について、継続期間中の平均周期、その期間中の最大波高分布について報告している。海洋における周期1~3分程度の長周期波のみを観測の対象としたものは前述のMunkの他にTucker⁶⁾の報告があり、波浪の同時観測結

* 水工部 観測調査課長
** 水工部 主任研究官
*** 水工部 観測調査課

果と比較している。

筆者等の当面の目標は、田子の浦海岸における台風第6626号の被災を助長する原因になったと推考される長周期波の特性を調査することであり、まずそのために必要な観測機器として抵抗歪線型波圧計を利用した長周期波計を試作して42年3月に田子の浦港外に設置した。観測は昭和43年5月から開始され現在も引続き実施されている。

田子の浦港における長周期波の観測調査は、台風第6626号による田子の浦附近の被災原因の検討結果にもとずき、港湾局防災課を中心に計画され、港湾技術研究所は長周期波観測装置の試作設計および取得データの整理解析を分担し、観測施設、機器の製作、施工、管理は第五港湾建設局が実施し、日々の保守、観測は静岡県田子の浦港管理事務所の協力によって行われてきたが、昭和45年度より、“波浪に関する拠点観測”⁸⁾の一環として管理運用されている。

この報告においては観測に使用している長周期波測定装置ならびに観測開始から昭和45年3月に至る間の取得記録から求められた長周期波の継続期間、有義波相当波高、周期、周波数分析の結果について述べる。

1. 長周期波測定装置

田子の浦における長周期波観測を目的として設計・試作された測定装置一式を写真-1に示す。

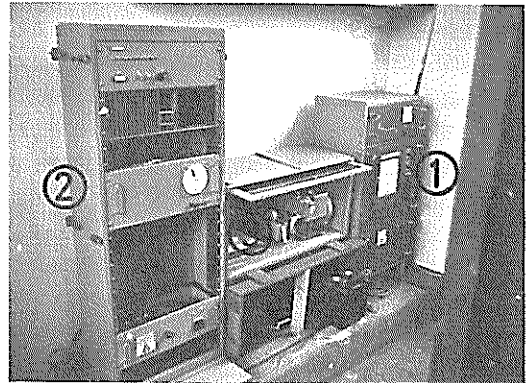
写真-1(a)は海中に設置される受感部である。写真-1(b)の①は観測所内に設置された制御・記録(アナログ)部で、上段より測定制御回路、アナログ記録器、電源部が組込まれている。②はデジタル記録装置本体で、②には上段より制御回路、A/D変換回路、D信号出力回路、電源部が組込まれている。③はデジタル記録用紙テープさん孔器である。

1.1 構造と特性

田子の浦港において観測しようとする長周期波のように波長の長い波を比較的水深の浅い海域で測定しようとする場合には、水深-波長比(h/L)が極めて小さいので海中における水圧変動は海面の水位変動とほとんど一致した変化を示すこととなる。従って長周期波の観測を目的とする場合には通常の波浪観測において問題となっている表面波形への換算上の問題はなく、海底の水圧変動を検出することによりほとんど歪のない表面波形を直接的に測定することが可能であると見做して、受感部機構、方式の選定は最も設置条件の安定した水圧式を採用することとし、後述の高感度を確保することが比較的容易であり、かつ安価なことから、変換にはストレインゲージを用いることとした。観測に使用している長周期波測定装置は図-1のブロッ



(a) 受感部



(b) 制御記録部

写真-1 長周期波測定装置

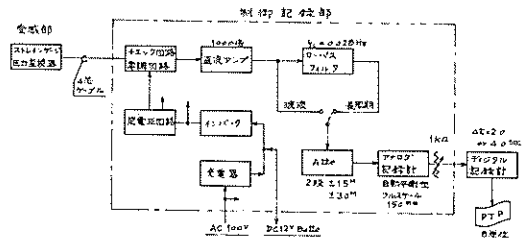


図-1 長周期波計ブロックダイアグラム

クダイアグラムに示す回路によって組立てられている。装置は海中に設置する水圧式の受感部と陸上に設置する制御記録部より構成されており、この間は4芯の海底ケーブルによって接続されている。

受感部はストレインゲージ型波圧計を改良した圧力変換器を使用した。この変換器は受圧板に作用する水圧変化を、受圧板を保持する3個の板状受圧リングの歪量によって検出するもので、水圧変化によってリングに生ずる歪の変化

量はストレインゲージによって検知され、ブリッジ回路の出力電圧に置き換えられてケーブルにより制御記録部に伝送される。田子の浦の場合ケーブルの延長は900mにおよぶが、測定は直流ブリッジによる4ゲージ法によっており、また現象の変動周波数も極めて低いので、伝送ケーブルとしては絶縁抵抗の保持に留意する以外特に電気的特性を考慮する必要はなく、一般に波高計に用いているポリエチレン絶縁のケーブルを用いている。

上述のように受感部の構造は特別に長周期波計としての考慮はなされていないので、受感部の出力信号は圧力変換器に作用する全ての水中圧力変動を合成した形で出力される。このような出力波形を受けて入力し、測定回路あるいは記録上その測定範囲が限定される場合には潮汐や波浪等と合成された結果の全体の振幅(波高)がその許容測定範囲内にあるか、観測目的以外の周波数領域の波をあらかじめ受感部出力から除去して入力することが必要である。田子の浦の場合全体の振幅内に占める長周期波の振幅は現象として10%程度以下であると想定される。したがって測定の対象とする長周期波を装置として有効な振幅で記録させるためには、受感部の感度を高くするとともに長周期波より常に大きな振幅を有する風波や潮汐の変動分を除去、減衰させることが必要となる。これらの問題点を解決し効果的な観測を行なうようにするため、まず高感度性(大出力を意味するものではない)の要求を比較的簡易に満足し、保守上の利点も考慮して受感部にはストレインゲージによる変換回路を採用することとした。

また、測定目的外の周波数帯の波動除去については周期30秒程度以下の高周波領域の波浪のみを対象とし、潮汐等のようにより長周期の水位変動は同時に記録することとし、ローパスフィルタの使用によって解決することとした。

長周期波計としては本来帯域濾波器とすべきであるが、フィルタをローパスのみとし低周波域の遮断回路を設けなかった理由は、極めて低周波領域の波をカットするフィルタの製作は現状では困難であり、流体濾波器による方法も圧力変換器の構造が複雑となる欠点があること、また潮汐の変化は比較的小さくかつ振幅がほぼ一定しており、記録上は殆んど問題とならず、また後述のようにデータの処理は電算機を使用して行い、必要な場合は計算の途中で数値フィルタをかけることも容易なのでここでは高周波領域のカットのみとした。

上記の仕様は一応装置としての短所とも考えられるが、一方、測定点設置海域の水位変化を常に詳細に把握し得るものであり、特に異常海象時等における貴重なデータを取得し得る利点と見做すこともできる。

この長周期波計のように受感部として圧力変換方式を使

表-1 長周期波計性能表

(1) 受感部	
測定範囲	0 ~ 2.5 Kg/cm ²
感度	約 3,500 × 10 ⁶ ストレイン/Kg/cm ²
使用ゲージ	ポリエステルゲージ 120Ω × 3 (1辺)
(2) 制御記録部	
測定範囲	3, 6 m / フルスケール, 2段切換
記録方式	アナログ記録及びデジタル記録(同時)
記録時間	連続
ローパスフィルタ	f _c = 0.028 Hz, 36 dB/oct
アナログ記録計	電位差計式自動平衡型 記録振幅 150 mm 平衡速度 1 sec / フルスケール コード板方式A/D変換器使用 純2進8単位, 250 dig / フルスケール
デジタル記録計	応答速度 1 sec / フルスケール サンプリング周期 2秒, 4秒, 切換 記録, 紙テープさん孔方式

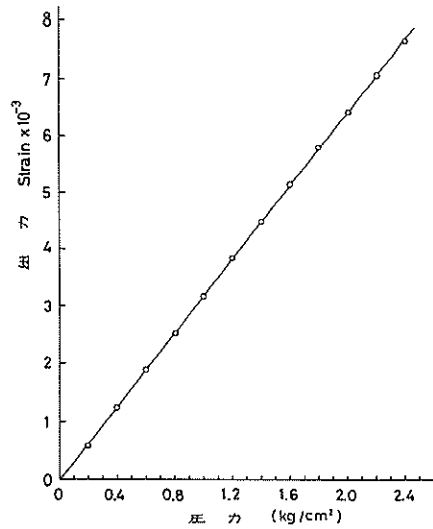


図-2 受感部検定曲線

用する場合に用いる濾波器構造としては①流体濾波器、②電気的濾波器が考えられる。従来このような用途のフィルタとしては①の流体濾波器が多用され、②の電気的濾波器は回路素子の定数が大きくなり実現が困難なため余り使用されなかった。しかしながら近年トランジスタ等の固体素子による高性能アクティブフィルタが比較的容易に製作し得られるようになったのでこの装置では受感部の感度を高め

るとともに、圧力変換出力を電気的フィルタを通して短周期波成分を除去して記録する方式とした。使用したフィルタは遮断周波数 0.028 Hz、減衰傾度 36 dB/oct. のローパスフィルタである。

使用した長周期波計の性能を表-1に、検定曲線を図-2に示す。

1.2 記録方式

記録はアナログ記録方式とデジタル記録方式を併用し同時に両記録を得る方式とした。両記録のうちアナログ記録は長周期波発生の確認、測器の動作監視等モニタ用として用い、データの解析にはデジタル記録を使用するものとした。

モニタ用アナログ記録計は自動平衡型記録計を使用した。またデジタル記録計はコード板方式のA/D変換器を使用したもので、記録は紙テープにさん孔記録される。コードは純2進8単位を用い、測定データの有効表示範囲は0~250 digitになっている。デジタル記録のサンプリング時間間隔は2秒または4秒とし手動により随時切換を可能としている。

2. 観測状況

2.1 観測地点

長周期波観測地点を図-3、図-4に示す。

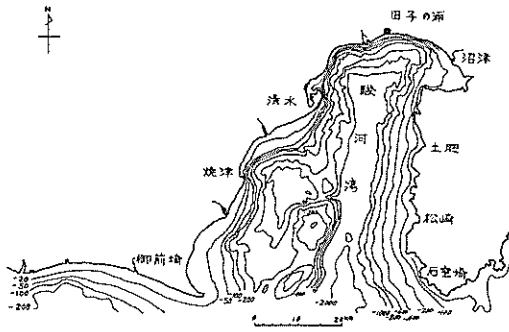


図-3 田子の浦位置図

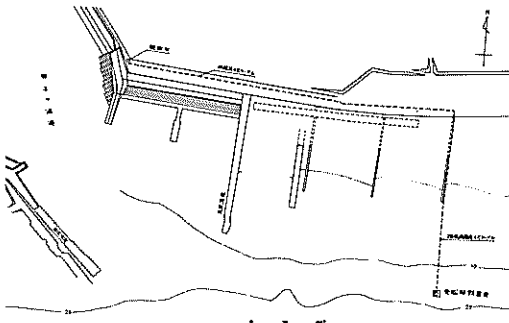


図-4 長周期波計設置位置図

長周期波計受感部が設置されている測定点は、駿河湾奥の田子の浦港前面東海岸3号突堤前面、水深約17mの地点である。この海岸における汀線附近の海底勾配は $\frac{1}{10}$ ~ $\frac{1}{7}$ 程度の急な勾配であり、汀線から長周期波計設置点までの水平距離は約150mである。

図-5は昭和45年3月現在の長周期波計の設置概況図を示す。

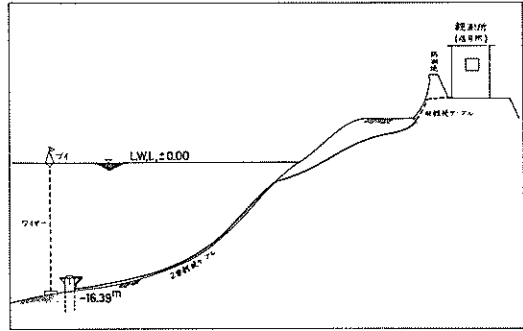


図-5 長周期波計設置概況図

2.2 長周期波記録測得状況

長周期波の記録は、デジタル記録計により紙テープ上に2秒または4秒毎に常時連続的に記録され、同時にアナログモニタ記録計に記録される。

観測は昭和43年5月から開始され現在も継続実施中であるが、この報告では昭和43年5月2日9時15分~昭和45年3月28日8時50分までのデジタル記録とアナログモニタ記録を整理の対象とした。

図-6に観測期間中のデータ取得状況および長周期波の

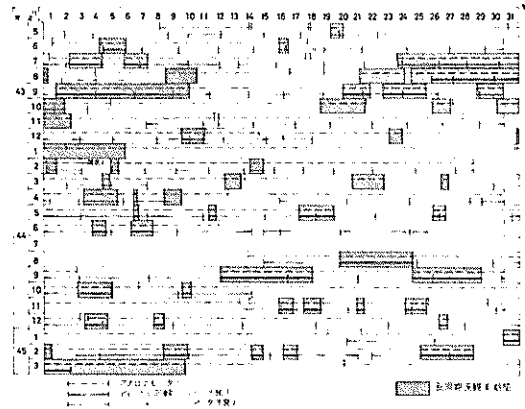


図-6 データ取得状況

観測された期間を示す。図中の太い実線は良好なデータが

取得された期間を表わし、細い実線はデジタル記録は得られているが長周期波解析には不十分なデータであることを示している。実線はアナログ記録の測得期間を示す。斜線の期間が長周期波の観測された期間である。欠測は長周期波の故障による44年7月と8月の約45日間で、測得率は90%を上まわっている。

観測データの解析整理に使用した諸元の変化はデジタル記録、アナログ記録とも表-2に示すとおりである。ア

ナログ記録の記録紙送り速度は当初5mm/minとしていたが、データの量が多くなり取扱いが煩雑なため10mm/hrに変更した。記録は通常の潮位記録に長周期波が重なって観測されるが、記録紙送り速度10mm/hrの場合には1~3分の長周期波の継続期間中の最大値を読みとることはできても個々の波形の周期を読みとることは困難であり、この場合のアナログ記録は単に長周期波の発生時刻を推定する資料として用いた。

表-2 記録状況一覧表

日時	デジタル記録	アナログ記録
昭和43年 5月 2日 9時	観測開始 データサンプリング間隔 2秒 感度 1.23cm/dig 設置水深-17m	
昭和43年 5月 8日 14時		観測開始 記録紙送り速度 10mm/min 感度 2.06cm/mm
昭和43年 5月 14日 12時		記録紙送り速度変更 5mm/min
昭和44年 1月 31日 17時		記録紙送り速度変更 10mm/hr
昭和44年 4月 16日 8時	データサンプリング間隔変更 4秒	
昭和44年 8月 14日	長周期波計受感部入換え 感度 1.265cm/dig.	長周期波計受感部入換え 感度 2.015cm/mm
昭和44年11月 14日 9時		記録紙送り速度変更 5mm/hr
昭和44年12月 6日 10時		記録紙送り速度変更 10mm/hr
昭和45年 1月 21日	長周期波計受感部設置換え、ブロック架台を鋼管杭に変更	

3. 観測結果

3.1 観測された長周期波

図-6の斜線の期間に観測された長周期波を表-3にとりまとめた。

表-3 観測期間内の長周期波一覧表

長周期波の観測された期間	最高波起時	継続時間	有義波相当高	ゼロアップクロス周期	備考
43. 5.19.19h~43. 5.20.14h	43. 5. 20. 20h	19hr	8cm	78sec	アナログモニタ早送り
6. 4.18h~ 6. 6.10h	6. 5. 23	13	17	75	#
6.16.11h~ 6.17. 0h	6. 16. 18	16	6	95	#
7. 2.19h~ 7. 4.23h	7. 3. 17	87	22	58	#
7. 6. 7h~ 7. 7.19h	7. 6. 23	12	17	77	#
7.24. 2h~ 8. 1. 6h	7. 26. 5	220	29	71	#

長周期波の観測された期間	最高波起時	経続時間	有義波相当波高	ゼロアップクロス周期	備 考
43. 8. 9. 0h~43. 8. 11. 1 h	43. 8. 9. 17h	49hr	14cm	80sec	アナログモニタ早送り
8. 21. 16h~ 8. 24. 14 h	8. 21. 23h	70	9	88	#
8. 25. 0h~ 8. 31. 21 h	8. 30. 0h	165	27	63	#
9. 1. 18h~ 9. 10. 13 h	9. 3. 18h	211	12	84	#
9. 20. 13h~ 9. 22. 9 h	9. 21. 16h	44	9	133	#
9. 23. 2h~ 9. 26. 0 h	9. 24. 2h	70	9	72	#
9. 29. 16h~ 10. 2. 10 h	9. 30. 18h	66	11	80	#
10. 19. 2h~ 10. 22. 0 h	10. 21. 7h	70	13	78	#
10. 26. 9h~ 10. 27. 14 h	10. 26. 9h	29	13	80	#
10. 30. 13h~ 11. 2. 18 h	10. 31. 4h	77	8	69	#
11. 10. 0h~ 11. 11. 18 h	11. 10. 8h	18	8	164	#
12. 10. 1h~ 12. 11. 12 h	12. 10. 8h	35	10	62	#
12. 23. 13h~ 12. 24. 10 h	12. 23. 17h	21	6	86	#
12. 31. 20h~44. 1. 6. 8 h	44. 1. 2. 8h	156	7	144	#
44. 2. 1. 4h~44. 2. 1. 19 h	2. 1. 7h	15	11*	-	アナログモニタ遅送り
2. 5. 7h~ 2. 5. 22 h	2. 5. 13h	15	10*	-	#
2. 14. 12h~ 2. 15. 8 h	2. 14. 22h	20	8*	-	#
3. 4. 21h~ 3. 5. 8 h	3. 4. 24h	11	6*	-	#
3. 12. 19h~ 3. 13. 22 h	3. 12. 21h	27	13*	-	#
3. 21. 4h~ 3. 23. 5 h	3. 21. 13h	25	13*	-	#
3. 26. 13h~ 3. 27. 10 h	3. 27. 2h	11	8*	-	#
4. 3. 14h~ 4. 5. 22 h	4. 4. 23h	30	28	52	D-Dコンバータによるモニタ
4. 7. 13h~ 4. 7. 15 h	4. 7. 13h	2	14*	-	アナログモニタ遅送り
4. 8. 21h~ 4. 10. 0 h	4. 9. 3h	27	4*	-	#
5. 6. 18h~ 5. 7. 3 h	5. 6. 22h	9	4*	-	#
5. 11. 17h~ 5. 12. 5 h	5. 11. 22h	12	4*	-	#
5. 17. 15h~ 5. 19. 23 h	5. 19. 7h	56	7*	-	#
5. 26. 9h~ 5. 27. 3 h	5. 26. 13h	18	11*	-	#
6. 4. 4h~ 6. 5. 1 h	6. 4. 7h	21	13*	-	#
6. 6. 16h~ 6. 8. 2 h	6. 6. 24h	34	9*	-	#
8. 20. 6h~ 8. 25. 0 h	8. 23. 12h	114	27	62	D-Dコンバータによるモニタ
9. 12. 12h~ 9. 18. 12 h	9. 16. 12h	144	4*	-	#
9. 25. 0h~ 9. 29. 12 h	9. 27. 9h	108	14	78	#
10. 3. 6h~ 10. 5. h	10. 3. 12h	-	7	84	記録不良
10. 10. 0h~ 10. 10. 14 h	10. 10. 4h	14	12	72	D-Dコンバータによるモニタ
11. 16. 6h~ 11. 17. 6 h	11. 16. 13h	24	6	60	#
11. 17. 23h~ 11. 19. 0 h	11. 18. 6h	25	4	64	#
11. 21. 8h~ 11. 21. 19 h	11. 21. 13h	11	5	58	#
11. 24. 12h~ 11. 25. 22 h	11. 25. 2h	22	4	69	#
12. 3. 16h~ 12. 5. 3 h	12. 3. 17h	35	7	48	#
12. 8. 4h~ 12. 8. 18 h	12. 8. 5h	14	11	68	#
12. 26. 17h~ 12. 27. 6 h	12. 27. 3h	13	6*	40*	#
45. 1. 30. 22h~45. 2. 1. 12 h	45. 1. 31. 7h	64	29*	-	アナログモニタ遅送り
2. 8. 18h~ 2. 10. 9 h	2. 9. 1h	39	15	61	D-Dコンバータによるモニタ

長周期波の観測された期間	最高波起時	継続時間	有義波相当波高	ゼロアップクロス周期	備考
45. 2. 14. 12h~45. 2. 15. 6h	45. 2. 14. 18h	18 hr	6 cm	68 sec	D-Dコンバータによるモニタ
2. 16. 14h 2. 17. 12h	2. 17. 8h	22	9 [⊕]	43 [⊕]	#
2. 25. 12h 3. 10. 4h	2. 25. 20h	232	7	63	#

注) * アナログモニタ記録の記録紙送り速度が 10 mm/hr であり、デジタル記録不良のため最高波のみしか求められない。

⊕ デジタル記録不良のため、1 時間分の D-D コードコンバータモニタ記録が得られず、最も大きい波一波について波高と周期を求めた。

長周期波の存在はアナログ記録またはデジタル記録を D-D コード変換器⁹⁾でアナログ記録に再生した記録紙上で、周期数百秒以下、振幅 1 mm (現地換算 2 cm) 程度以上の水位変動が確認された場合に長周期波が観測されたものとしてその発生時刻、消波時刻をもって長周期波継続期間とした。最高波の起時は観察により判定した。

表-3 における有義波相当波高とは、Tuker¹⁰⁾の方法によって求めた有義波に相当する波高で、単位記録期間として 1 時間を用いた。実際の手順は、最も大きい長周期波が観測された時間を中心として、記録紙上で 1 時間に相当する記録を抜きだし、記録波形の平均線を引き、平均線の上側の最大振幅、次最大振幅、下側の最大振幅、次最大振幅を読みとり、波形が平均線を上側に横切る点の数を数えてゼロアップクロス周期を求め、“波高計による観測データの処理方法”¹¹⁾の図 5-2 を用いて有義波相当波高を算出した。

Tuker の方法により単位記録期間内の波の記録から有義波高を求める場合 10 % 程度の誤差は避けられず、合田¹²⁾は適当な係数を用いて精度を 1 % 程度にすることができるとしているが、ここでは特に補正は行なわなかった。

アナログモニタ記録が遅送り (10 mm/hr) で記録され、デジタル記録が不良の場合には長周期波の出現時刻は求められても、周期は読みとれないためそのような場合には期間内の推定最大波高を示した。

3.2 顕著な長周期波

表-3 に示した観測期間内に生じた長周期波のうち、特に顕著なものについてその波形を図-7 a~q に示す。図-7 a~図-7 k は早送り (5 mm/min) のアナログ記録であり、図-7 l~図-7 q はデジタル記録から D-D コード変換器によりアナログ波形を再現したものである。いずれも表-3 に示した最高波出現時刻を中心とした 2 時間の記録である。

田子の浦港の長周期波の記録で周期 20 秒以下の波はローパスフィルタによりほぼ完全に取り除かれるが、周期 20 秒以上の水位変動は潮位等の水位変化分も含めて測定

されている。従って 1~3 分程度の波のみに注目して、長周期波のスペクトルを求める場合には潮位変動を取り除く必要がある。ここではスペクトルの絶対値よりも卓越周期を正確に算定することが目的であるので、潮位変動を取り除くためにデジタルフィルタを用いず、潮位変動が直線的であるとして、解析対象記録時間内の平均勾配を求めて直線成分を除去した。

$$\eta'(ti) = \eta(ti) - \eta_{\text{mean}}(t) - k(i - \frac{N+1}{2})$$

$$k = -12 \times \frac{(S - \frac{N+1}{2} \cdot \eta_{\text{mean}}(t))}{N(N^2 - 1)}$$

$$S = \eta(t_1) + \{ \eta(t_1 + t_2) \} + \dots + \{ \frac{N}{i} \eta(t_i) \}$$

ここに $\eta(ti)$: 原波形記録水位
 $\eta_{\text{mean}}(t)$: $\eta(ti)$ の平均値
 k : 平均の勾配
 N : データの総数
 $\eta'(ti)$: 直線成分除去後のデータ
 $\sum_i \eta'(ti) \doteq 0$

パワースペクトルは、図-7 a, b, c, f, g, k, l, m, n, o, p, q, の 12 ケースについて Tukey の方法に従い Hanning のスペクトルウィンドウを用いて求めた。解析に使用した諸元は表-4 の通りである。結果を図-8 a, b, c~q に示す。(英文字は図-7 との対応を示す) 図-8 でエネルギー密度は two-side のスペクトルの片側の値で示し、表面波への換算は行っていない。折り返し周波数が 0.0625 Hz (16 秒) であり、微小振幅波理論による表面波換算係数はスペクトルピーク周波数 0.0125 Hz (周期 80 秒) および 0.025 Hz (周期 40 秒) 前後のところでそれぞれ 1.01, 1.04 程度である。

図-8 の右側は長周期波発生の原因と考えられる気象条

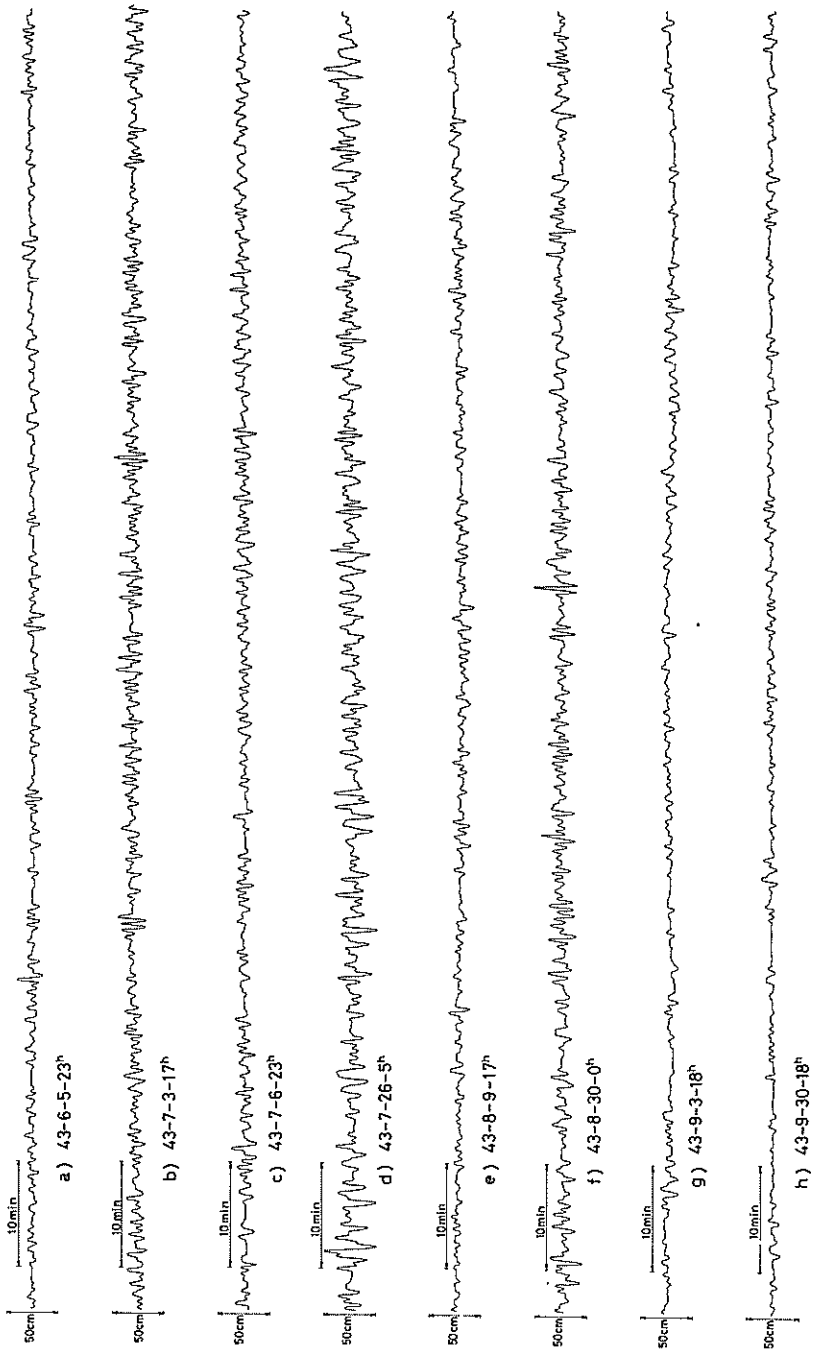


図-7 a~h 顕著長周期波の波形

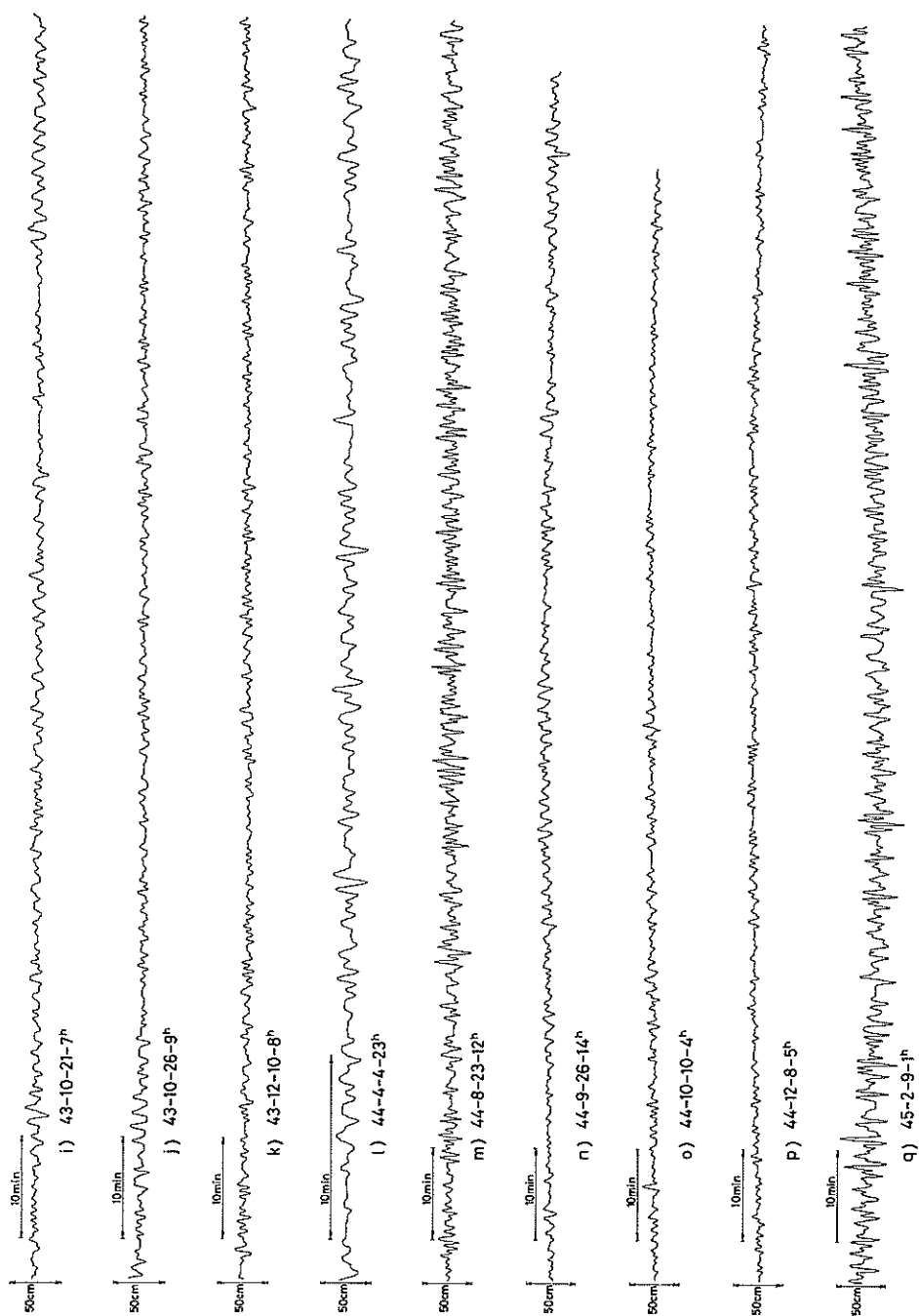


図-7 i~q 顕著長周期波の波形

表-4 スペクトル解析に用いたデータの諸元

		データ 総数	最大 ラグ	Δt	原データ Δt	感度	風波の高	風波の 周期	備考
a	昭和43年 6月 5日 23時	900	50	8.0 sec	2.0 sec	12370/dig	0.8 m *	12 sec *	台風2号
b	7月 3日 17時	"	"	"	"	"	2.0 *	10.2 *	台風3号低気圧
c	7月 6日 23時	"	"	"	"	"	2.0 *	7~8 *	低気圧
f	8月30日 0時	"	"	"	"	"	2.0 *	9.5 *	台風11号
g	9月 3日 18時	"	"	"	"	"	1.6 *	9.4 *	台風12号
k	12月10日 8時	"	"	"	"	"	1.2 *	8.4 *	低気圧
l	昭和44年 4月 4日 23時	595	"	"	"	"	2.0~3.0 *	-	低気圧
m	8月23日 12時	900	"	"	4.0 sec	1.265cm/dig	3.90	9.7	台風9号
n	9月26日 16時	"	"	"	"	"	1.79	12.8	台風11号
o	10月10日 4時	"	"	"	"	"	1.64	11.8	台風12号
p	12月 8日 5時	"	"	"	"	"	1.5~2.0 *	-	低気圧
q	昭和45年 2月 9日 1時	"	"	"	"	"	2.36	9.7	低気圧

* 9時及び15時の目視観測データの内、長周期波の発生時刻に近い時刻の値、10波の平均値。

件を示す天気図である。

図-8 a、g、pなどでは長周期波の振幅も小さく、正確な潮位および10分以上の長い周期変動が取り除かれて

いないために低周波側に相対的に大きなエネルギーが現われ、スペクトルは歪が大きくなっている。

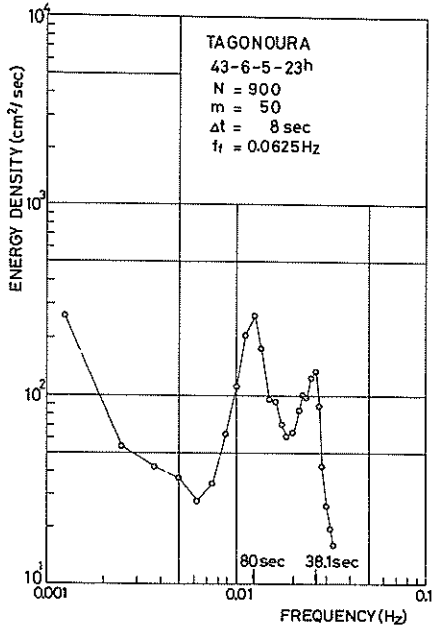
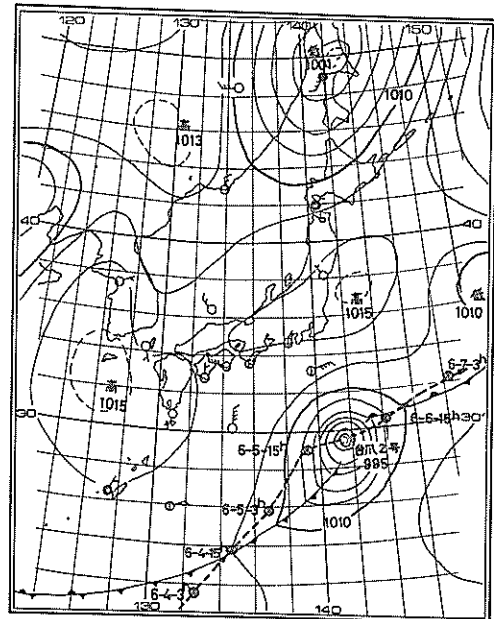


図-8 a



長周期波のスペクトル

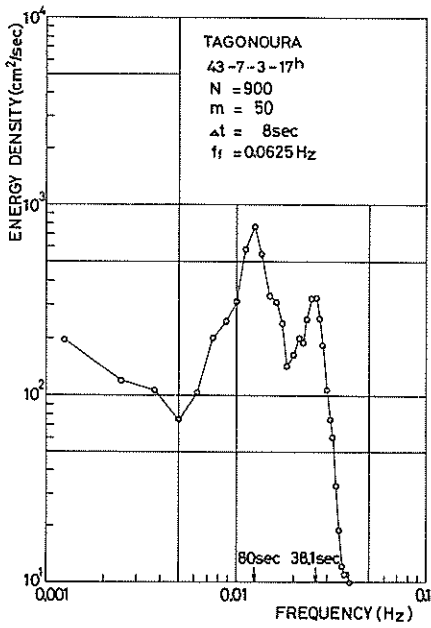
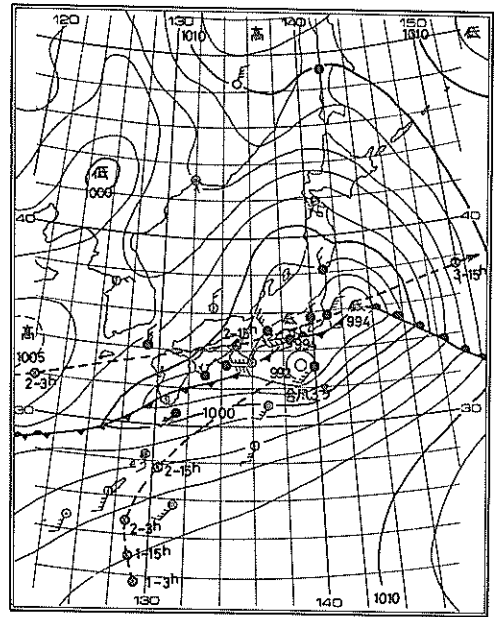


図-8 b



長周期波のスペクトル

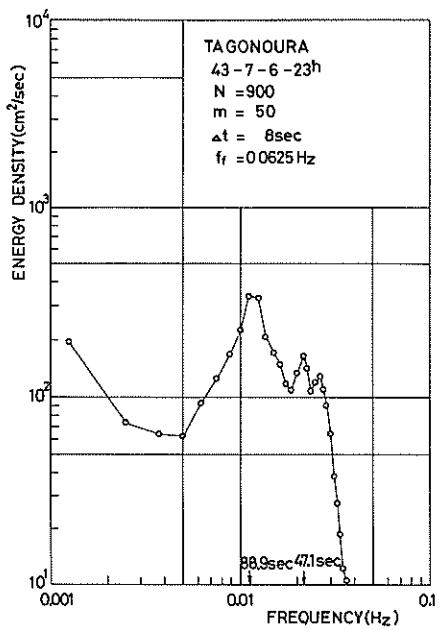
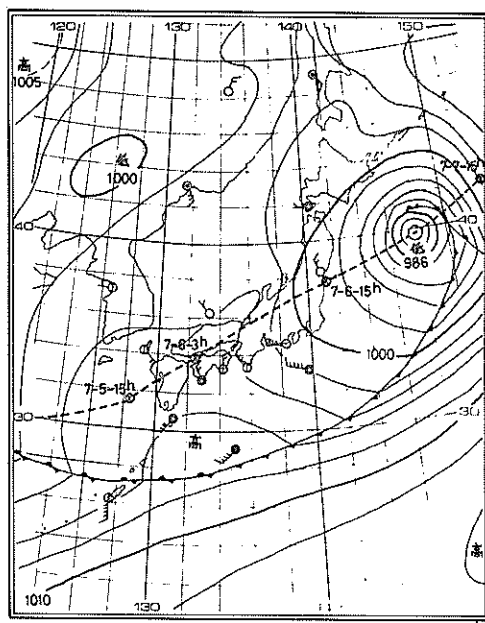


図-8 c



長周期波のスペクトル

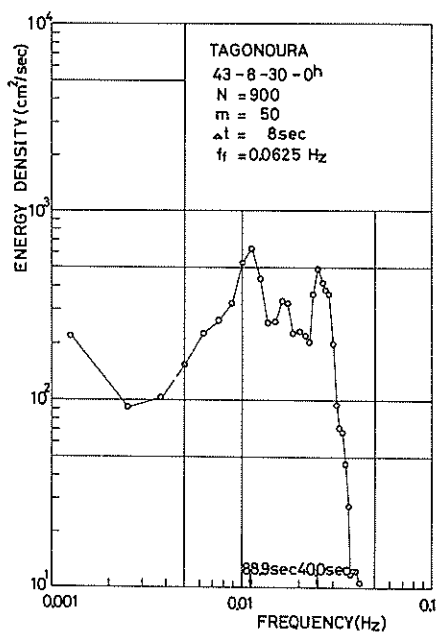
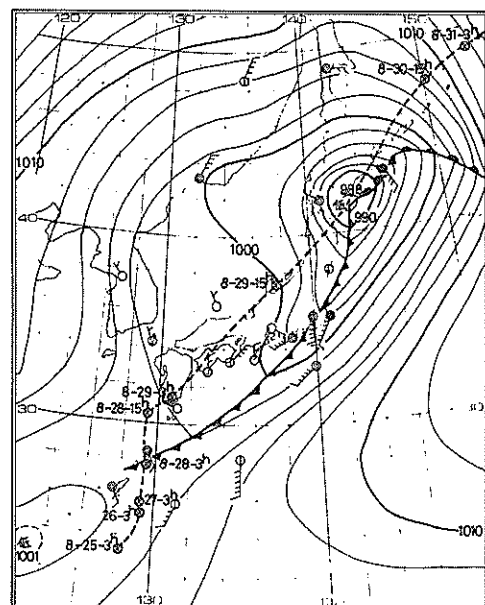


図-8 f



長周期波のスペクトル

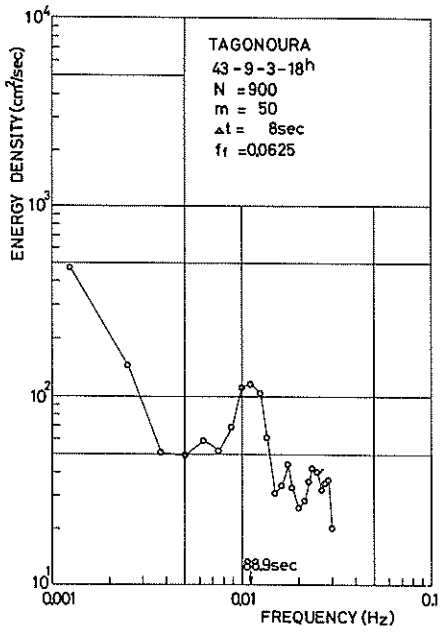
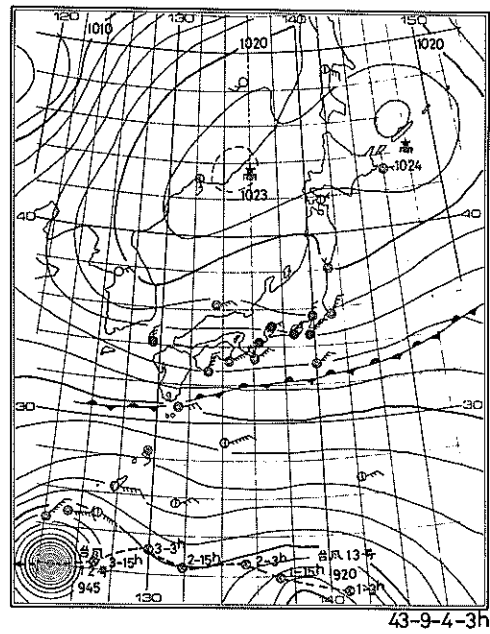


図-8 g



長周期波のスペクトル

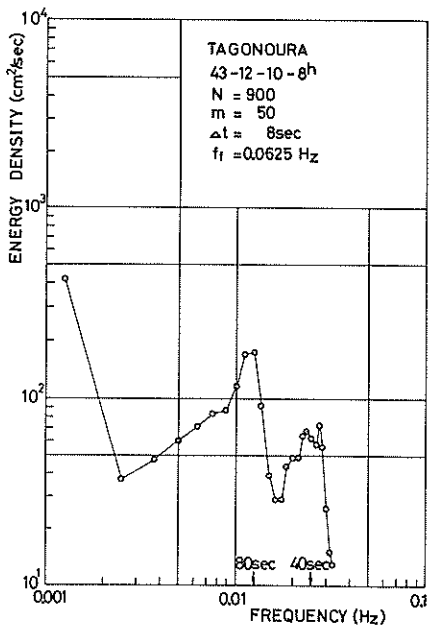
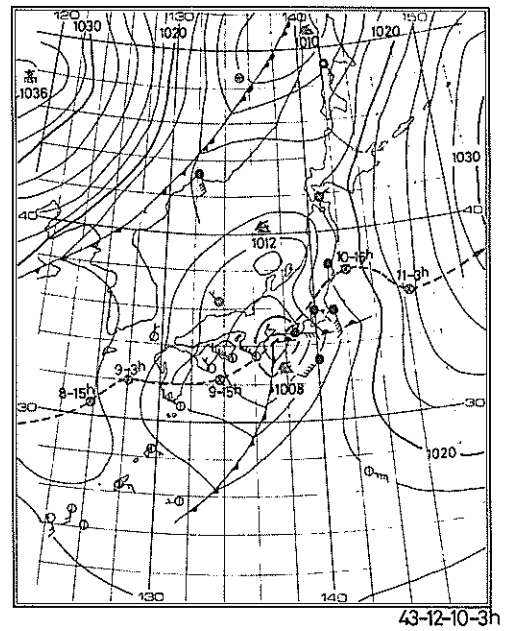


図-8 k



長周期波のスペクトル

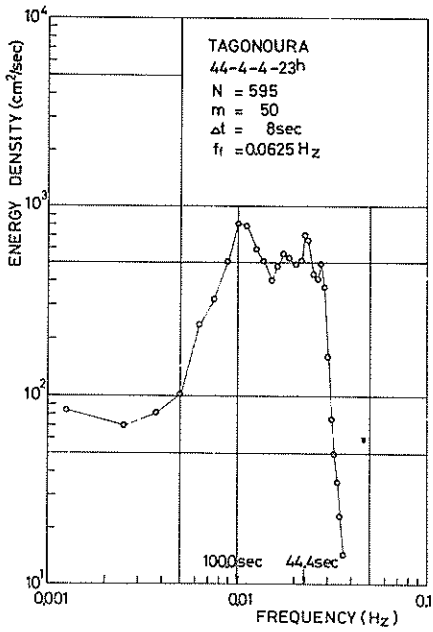
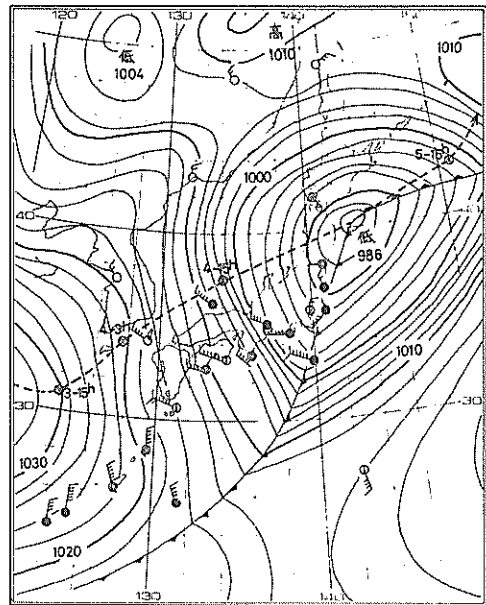


図-8 l



長周期波のスペクトル

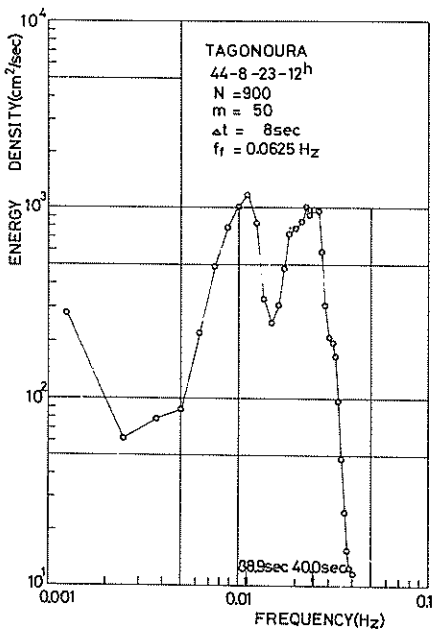
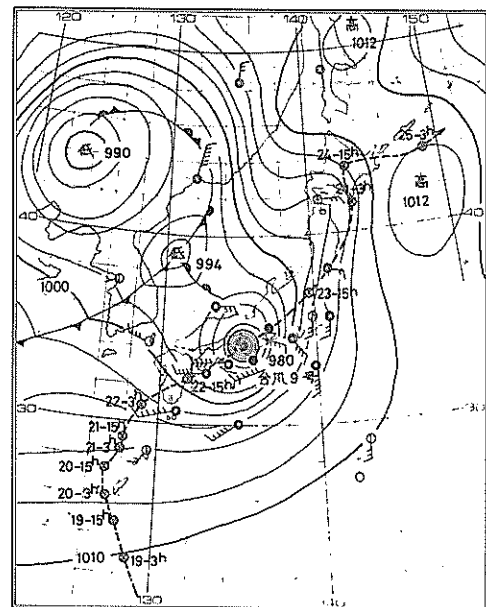


図-8 m



長周期波のスペクトル

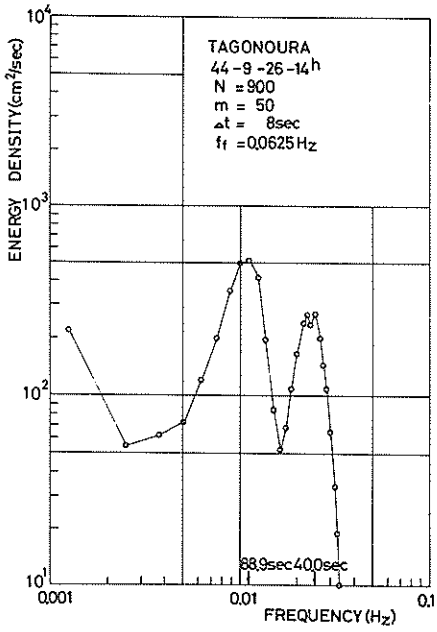
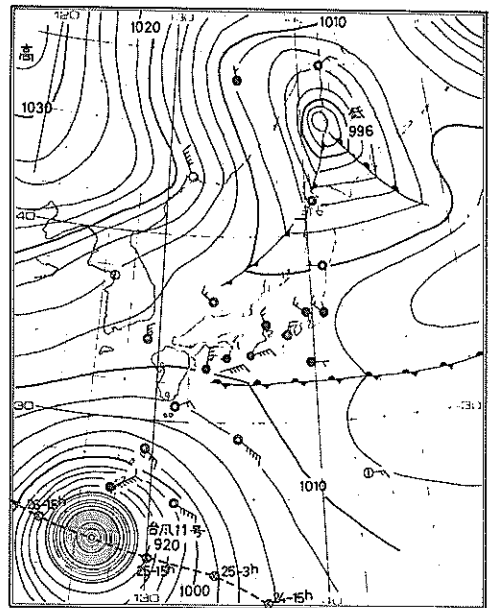


図-8 n

長周期波のスペクトル



44-9-26-3h

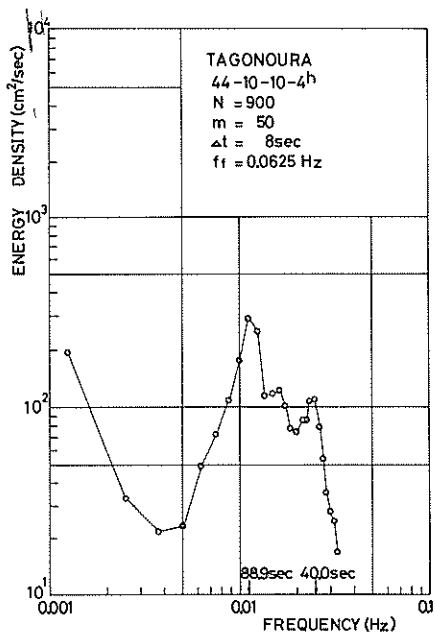
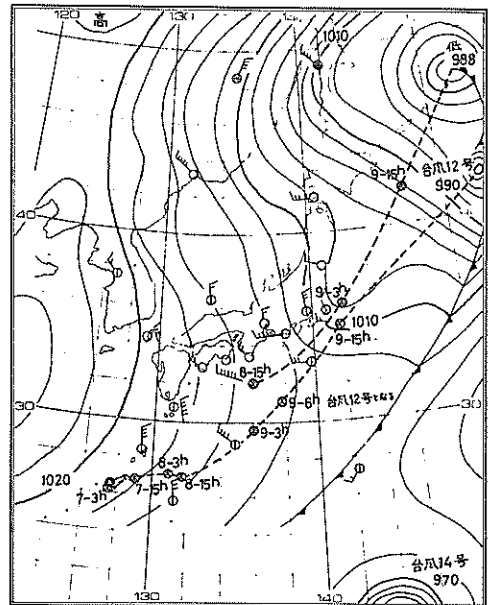


図-8 o

長周期波のスペクトル



44-10-10-3h

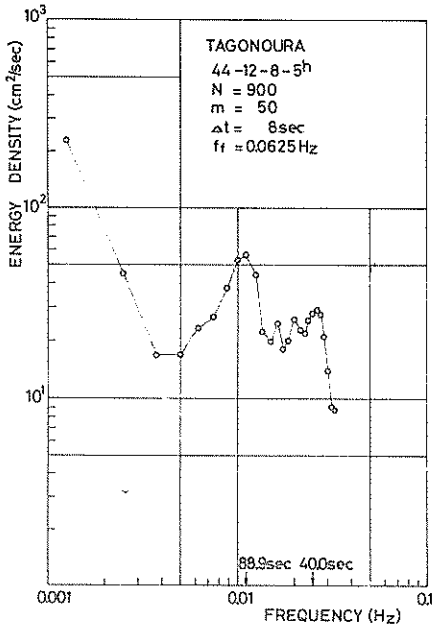
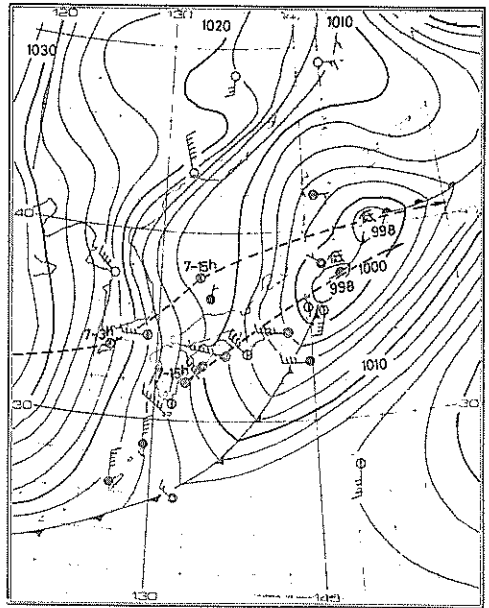


図-8 p



長周期波のスペクトル

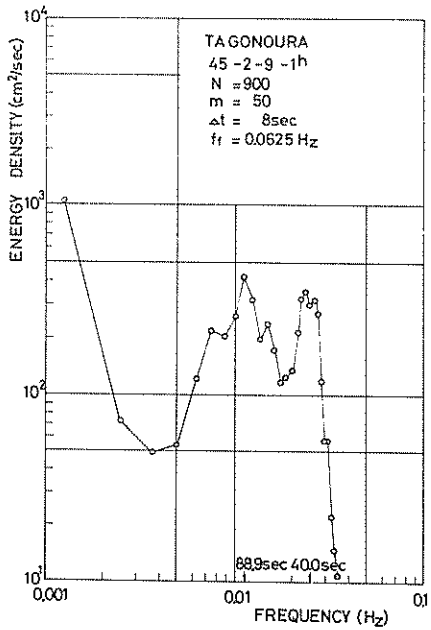
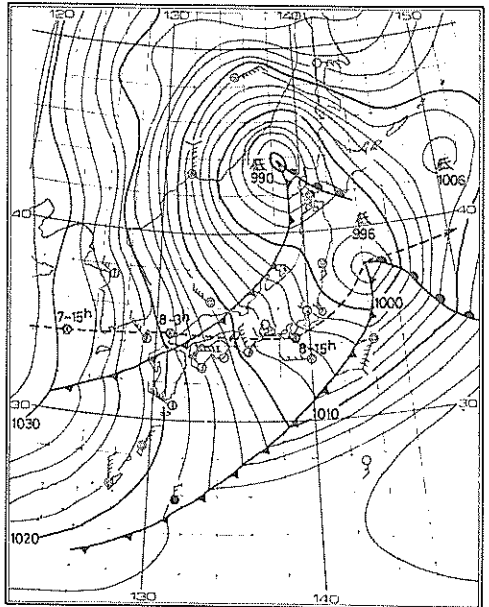


図-8 q



長周期波のスペクトル

3.3 田子の浦海岸の長周期波の特徴

昭和43年5月～45年3月の期間において、駿河湾における気象、海象条件は平年に較べて静穏であり、特に顕著な長周期波の発生は見られなかった。従ってこれら諸現象の相関関係、長周期波の発生要因等について具体的な結論を得るには至っていないが、表-4および図-8から、田子の浦の長周期波の特徴として一応次のようなことが考察される。

- 1) 同時に観測された波高は目視観測によるものも含まれているが、通常有義波高が1.5m程度以上になるとその $\frac{1}{10}$ 程度の長周期波が観測されている。
- 2) この長周期波は台風または低気圧が日本列島の太平洋岸に沿って北東進する場合には常に発生している。
また、昭和43年9月の台風12号、44年9月の台風11号のように勢力の大きい台風が南の海上を経て台湾方面へ抜けた場合にも生ずることがある。
- 3) この観測期間内では大きな波が観測されなかったが、台風第6626号程度の波浪が観測される場合には波高1m前後の長周期波の発生も予想される。
- 4) 長周期波の卓越周期は80～90秒および40秒程度の2つがあり、波高の大小にかかわらず常にこれらの周期の波が卓越する。この周期成分は駿河湾または田子の浦沿岸附近の地形による湾振動とは考えられない。
- 5) 観測期間内で最も波高の大きい長周期波は昭和43年7月26日5時頃生じており、波高50cm、周期80秒程度である。
- 6) 汀線附近は $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{10}$ の急な勾配をなしており、この特殊地形により生じたいそうなり的一种と考えられるが、明確な結論づけはできない。
- 7) 備考
田子の浦港内に発生する副振動と、この報告に示した長周期波の発生との間には特に相関関係は認められないようである。
また、観測点が一点であるため、長周期波の発生、伝播等についての機能的説明は困難である。

あ と が き

長周期波観測装置の概要ならびに田子の浦海岸で観測された約2年間の長周期波の記録についてとりまとめが、気象、海象資料との関連、発生原因の追求等についてはデータの蓄積をまって今後の解析課題としたい。

最後にこの現地観測を実施された運輸省第五港湾建設局ならびに静岡県田子の浦港管理事務所の関係各位の御尽力に深甚の敬意を表します。

参 考 文 献

- 1) 堀口孝男；“田子の浦港の開発と過去の災害” 港湾技術研究所報告、第6巻7号、1967、pp218～222、
- 2) 高橋智晴、鈴木禧実、佐々木弘；“台風6626号の波浪” 港湾技術研究所報告、第6巻7号、1967、pp71～92
- 3) NAKANO M.; “On the Secondary Undulations of Tides Caused by Cyclonic Storms” Oceanogr. Mag. 1, 1949 pp13～32
- 4) MUNK W. H.; “Surf beats” Trans. Amer. Geophys. Uni. 30, 1949, pp849～854
- 5) 宇野木早苗；“港湾のセイシュと長周期波について” 第6回海岸工学講演会講演集、1959、pp1～11
- 6) TUKER M. J.; “Surf beats, Sea waves of 1 to 5 min. Period,” Proc. Roy Soc. A. 202, 1950, pp565～573
- 7) 井島武士、高橋智晴、中村憲一；“小名浜港における波浪の種々の観測” 運輸技術研究所報告、第7巻12号、1957、pp22～51
- 8) 運輸省港湾局；“波浪に関する拠点観測実施要綱” 1968
- 9) 高橋智晴、鈴木禧実、佐々木弘、副島 毅、菅原一晃、中井徹也；“波浪データの集中処理方式について” 港湾技術研究所報告、第10巻1号、1971、pp43～76
- 10) TUKER M. J.; “Analysis of Records of Sea Waves” Proc. Inst. Civil, Engs. Vol.26, 1910
- 11) 高橋智晴、鈴木禧実、中井徹也；“波高計による観測データの処理方法” 港湾技研資料、439、1967 pp7～233
- 12) 合田良実、永井康平；“名古屋港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—” 港湾技研資料 461、1968、

港湾技研資料 No. 130

1971・12

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント
東京都港区西新橋3-24-9 飯田ビル

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.