

## 銚子漁港の長周期波観測

誌名	水産工学研究所技報. 水産土木
ISSN	03892344
著者	山本, 正昭
巻/号	3号
掲載ページ	p. 65-82
発行年月	1982年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 銚子漁港の長周期波観測

山本 正昭\*

### Observation on Long Period Wave at Choshi Fishing Port

By Masaaki YAMAMOTO

#### 目 次

1. 緒言	65	3.4 港内波浪および沖波浪	73
2. 調査内容	66	3.5 港内外長周期波スペクトル	75
2.1 観測項目	66	4. 2, 3の考察	75
2.2 測定方法および観測期間	66	4.1 観測値間の相関と重回帰式	75
2.3 記録の読取り, 整理方法	66	4.2 田子の浦港の長周期波との比較	77
3. 観測結果	67	4.3 沖長周期波の発生機構	77
3.1 測得状況	67	4.4 港内長周期波の波高増大についての検討	79
3.2 港内長周期波	68	参考文献	79
3.3 沖長周期波	71	付 図	81

#### 1. 緒 言

銚子漁港外港部においては、あびきと呼ばれる周期2分程度の長周期波による流れが発生し、これが水揚げ作業の阻害要因となっており、さらに波高が大きい時は岸壁や漁船同士の衝突をまねている。このため、千葉県との依頼により、同県と協同で長周期波調査を行い、県銚子漁港事務所がその観測を、水産工学研究所が結果のとりまとめと解析を主に受け持った。

従来の長周期波と副振動の調査例としては、宇野木<sup>1)</sup>による研究があり、潮位計に現れる副振動周期の頻度分布を示している。1~3分の長周期波についてはMunkはうなりをなす波群が海岸で碎波するにに生じる現象であると説明し、従って長周期波周期は波浪のうなりの周期に対応することを説明している。その他、原因として、台風などの嵐、急潮流などが考えられている。

また、最近の観測例として、田子の浦港港外にて昭和43年より長周期波高計による観測が続けられており、こ

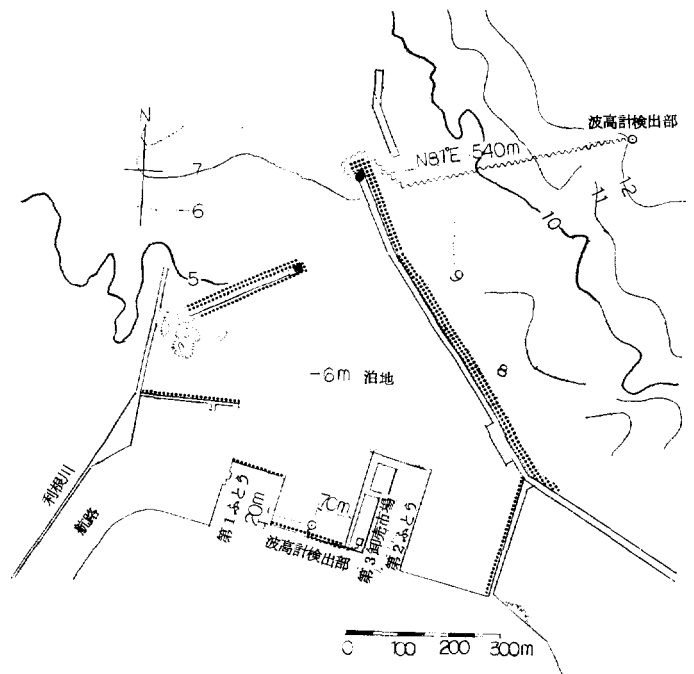


図1 波高計設置位置図

こでは風波に起因する長周期波が観測され、その結果、卓越周期80~90秒、波高は来襲波高の約10%であると報告<sup>2)</sup>されている。鹿島港外では昭和51年10月から52年1月末まで観測を行い、有義波周期50~59分の長周期波が卓越し、これを陸棚セイシュであると説明<sup>3)</sup>している。

\* 漁港水理研究室

この論文は先の報告<sup>4)</sup>に続いて、昭和53, 54年度に行った観測をとりまとめて2, 3の解析を行ったものである。

## 2. 調査内容

### 2.1 観測項目

今回行った観測項目は下記のとおりである。

- ① 港内水位変動
- ② 沖長周期波
- ③ 沖波浪

### 2.2 測定方法および観測期間

図1に示すように、港外の波高計は外港東防波堤先端灯台よりN81°E方向540mの地点、港内波高計は外港泊地終端護岸から20mの地点に検出器を設置し、前者は漁港事務所庁舎、後者は第三卸売市場屋上内にて記録を行った。この検出器の設置位置水深は沖波高計の場合は、-12m、港内波高計の場合は-4.2m(検出器水深-2.63m)である。

港内の水位変動測定に使用した波高計は、現地用ストレンゲージ式ケーブル波高計(SGW:協和商工KK製)を長周期波が記録できるように一部改造したものである。この計器は時限装置により2時間毎に20分間記録でき、記録スピードは0.5mm/s、記録幅は42/1000とした。

沖波浪の測定には超音波式波高計(USW:海上電機KK製)を使用した。この出力信号を図2のようなローパスフィルタに通して長周期変動分を抽出し、平衡型記録器にて記録した。このフィルタは周期20秒の正弦波で90%、周期50秒で6%の減衰率を示している。この記録速度は10mm/min、記録振幅比は30/1000とした。

沖波浪については波高計に有義波演算装置を付加してプリンタで結果を打出す方式をとった。

観測期間は沖長周期波および沖波浪については昭和53年5月16日から翌年5月15日までの1年間、港内長周期波および港内波浪については昭和53年9月19日から翌年9月19日までの1年間とした。

### 2.3 記録の読取り、整理方法

長周期波形記録の読取り方法の仕分け方は以下の区分で行った。

(1) 波形をトレースして紙テープに出力するもの。

① 沖波浪で3m(有義波)以上が出現した場合、その前後で2mを越えた時間の記録。

② 港内または沖長周期波高が0.4mを越えた記録。

③ 観測開始初期(昭和53年9月19日16時より9月25

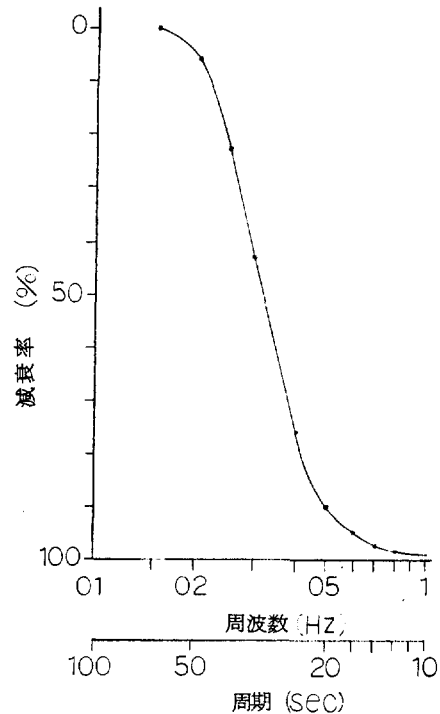


図2 長周期波計の周波数特性

日14時まで)の記録。

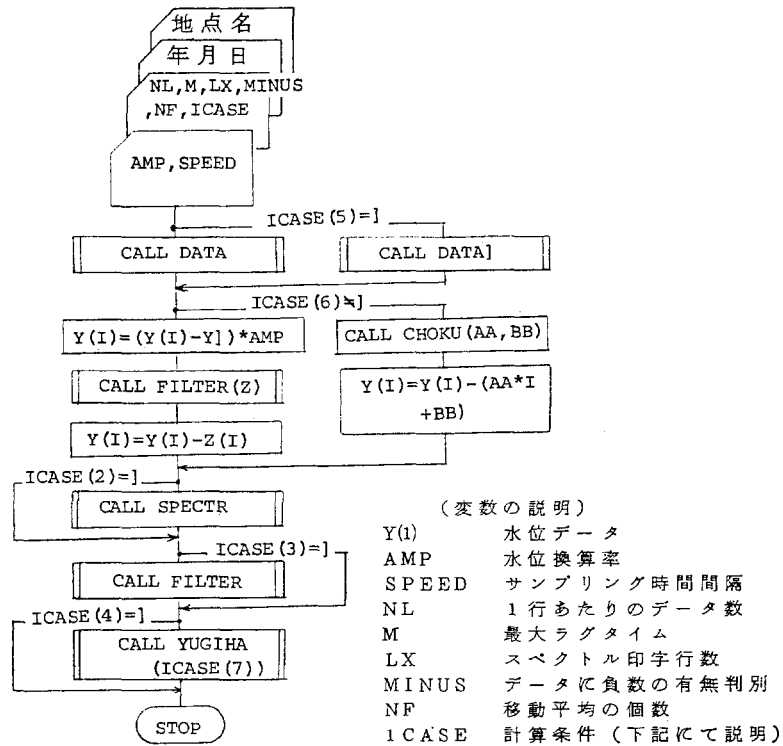
(2) 最高波のみ読取り有義波換算を行うもの。

① 上記以外の記録

港内長周期波については、(1)の方法で読取りを行う場合、まず、フリーハンドで波浪によるガザガザを平滑化した曲線を描き、次いで波形を自動波形読取り装置によってトレースすることにより、12秒間隔(港内記録では6mm、沖では2mmステップ)で20分間の記録を読取る。この出力紙テープを図3に示す方法で電算処理し、有義波、平均波およびスペクトルを算出する。

(2)の場合、最高波より便宜的に有義波換算を行う。すなわち、有義波高は最高波高の0.83倍、その周期は最高波の周期に等しいとした。なお、長周期波最高波高が0.1mに満たない場合は測得不可とした。これらの操作手順を図4に示した。

港内波浪の読取りについては、100秒間の記録中で最高波高が0.4m以上は前述の波形読取装置を使った方法で0.5mmピッチで読取りを行った。この港内波浪の波形は長周期波に重なった形で現れるため、一般的方法では処理できず、ハイパスフィルタに通した後、有義波等の計算を行った。また最大振幅が10mm(最大波高が約0.4m)未満の場合は周期を5.3秒として最高波高を計



(サブルーチン名とその機能)

DATA 紙テープの時系列データの読込  
 DATA 磁気ディスクファイルデータの読込  
 FILTER NF個のデータの移動平均後、 $\frac{2}{3}$ NF個のデータの移動平均を行い、平均水面の変動を検出 (Zにstore)  
 CHOKU 平均水面の変化を直線回帰式 (AA\*I + BB) で検出  
 SPECTR スペクトル計算を行う  
 YUGIHA 有義波など代表波高および周期を計算する

(ICASEのジャンプ機能)

ICASE(1) = 0 : 普通の波形 1 : 波形の2乗  
 ICASE(2) = 1 : スペクトル計算不要  
 ICASE(3) = 1 : フィルタ通さない  
 ICASE(4) = 1 : 有義波計算不要  
 ICASE(5) = 0 : 紙テープデータ 1 : ディスクファイル  
 ICASE(6) = 長周期平均水面の変化を 1 : フィルタで検出除去  
 2 : 除去せず 0 : 直線変化で検出除去  
 ICASE(7) = 1 : 水圧式波高計使用

図3 波浪処理プログラムフローチャート

算し、その0.8倍を有義波高とした。これらの結果を基に各調査項目について、以下のとりまとめ<sup>5)</sup>を行った。その処理方法については文献<sup>6)</sup>によった。

- ① 有義波全リスト
- ② 観測率および月別最大波
- ③ 有義波波高月別頻度表
- ④ 有義波周期月別頻度表
- ⑤ 有義波高と周期の2次元分布

- ⑥ 日別最大有義波一覧
- ⑦ 波形記録 (長周期波のみ)
- ⑧ スペクトル図 (長周期波のみ)

### 3. 観測結果

#### 3.1 測得状況

沖波高計に長周期波計が取り付けられたのは昭和53年

3月であり、その後、翌年5月15日の激浪により検出部が砂に埋もれるまで常時連続記録された。

一方、港内波高計は昭和53年9月に設置され9月19日より定常観測に入った。その後、昭和55年3月まで観測が続けられた。

全体的な観測状況は図5、各観測項目毎の測得率は表1、5、9、12に示す。観測期間中で港内外にて同時観測が行れた期間は、昭和53年9月19日から54年5月15日までの約8ヶ月である。したがって、一、二の台風を除いて、ほとんどの激浪は観測し得たと思われる。

これらのうち顕著な波の発生時について、沖長周期波高  $H_{1/3}^*$ 、港内長周期波波高  $H_{K^*1/3}$ 、および沖波浪の時間変化を付図1に示す。

### 3.2 港内長周期波

港内長周期波形の1例を図6に示す。この中で大きい波形は規則的な正弦波に近い波が、5波程度続く場合が多い。昭和53年9月19日より一年間の観測結果、年間実施率は97%と高かった。この中で最大長周期波高は昭和54年2月25日のシケ時に発生し、波高0.67m、周期93秒であった。

表2に港内長周期波波高頻度を示す。これによると、70%近くが0.1m以下であり、99%は0.35m以下であることがわかる。また、波高が0.30m以上は頻度が少ないが、正規分布に近い頻度分布を示

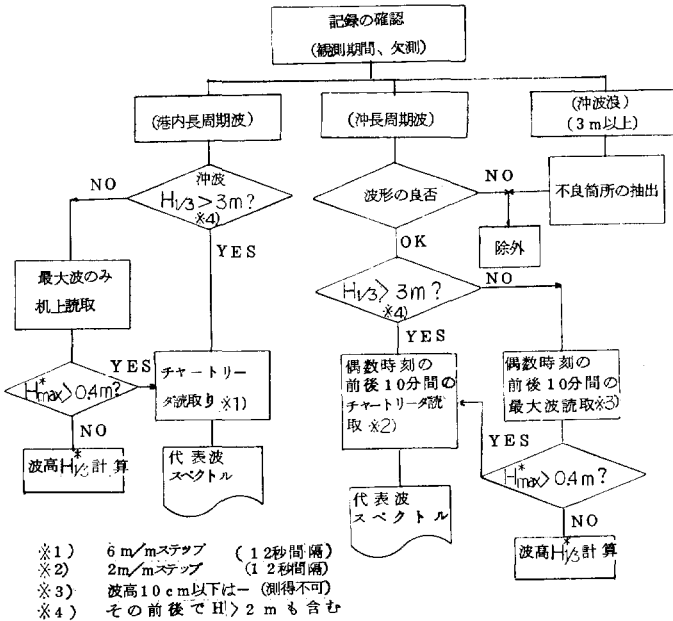
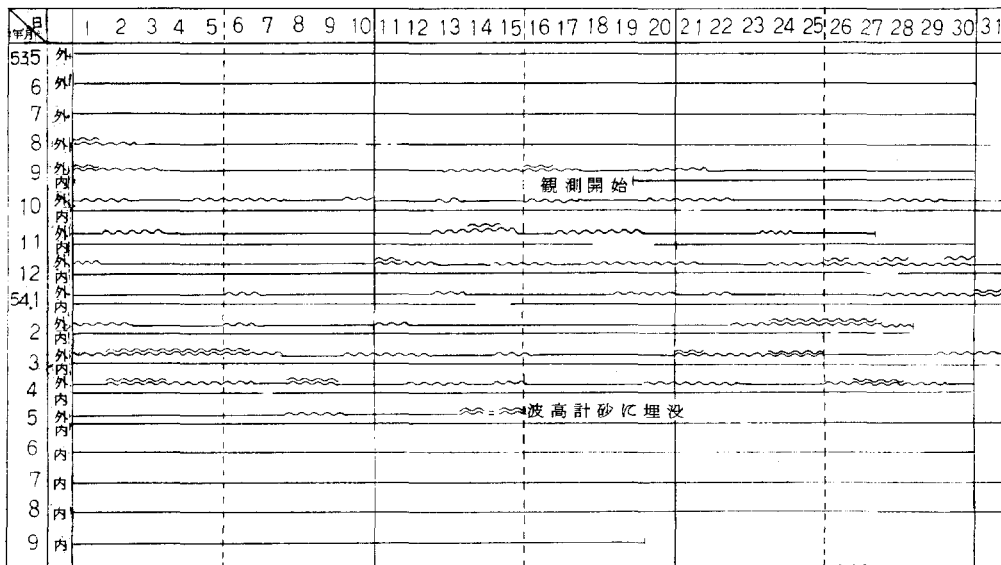


図4 長周期波処理ランチャート

- ※1) 6m/mステップ (12秒間隔)
- ※2) 2m/mステップ (12秒間隔)
- ※3) 波高10cm以下は(測得不可)
- ※4) その前後でH>2mも含む



記録良
  波高2m以上
  波高3m以上
  (空白)
  欠測
  記録不良

記録した日

図5 観測状況

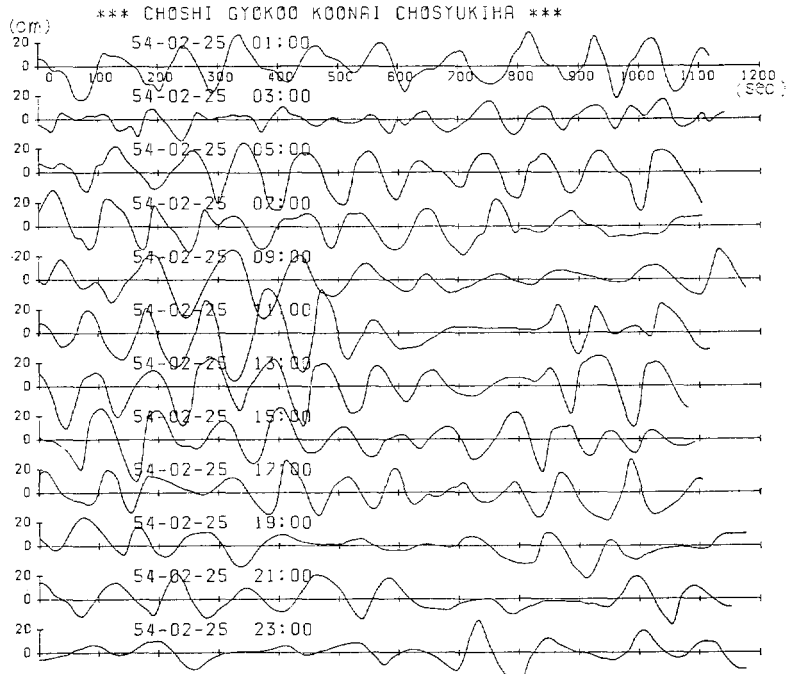


図 6 港内長周期波記録例

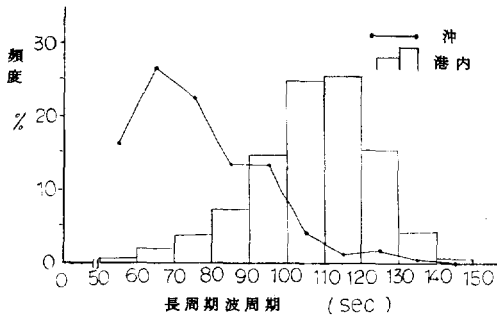


図 7 港内外長周期波周期の頻度分布 ('78.9.19~'79.5.28)

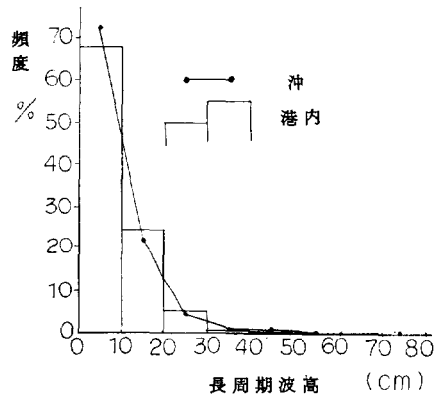


図 8 港内外長周期波波高の頻度分布 ('78.9.19~'79.5.28)

している。波高が大きい月は11月から4月までで、最大は2月となっている。逆に波高が最も小さい月は6月、次いで7月、8月の順である。

図 7, 8 に 1 年間の港内長周期波波高, 周期頻度を示す。図から明らかのように周期100秒~120秒が最多を示し, 約50%がこの中に集中している。さらに, 波高0.1m以上の場合は65%がその周期帯に集中している。なお, この周期は外港泊地の縦振動周期(単節)と一致している。

港内の潮位変化による周期の変化を調べた結果, 両者に明瞭な相関はない。この原因は, 泊地平均水深6mに対し潮位変動が0.2~1.2mと小さいため, 波速の変動が8%程度しかないことによると思われる。

表 4 に示す港内長周期波波高と周期 2 次元分布では周期が 100 秒代および 110 秒代に集中していることは, 上記のことより自明のことである。

1 測定時(20分間)内の港内長周期波の  $H_{1/2}^*$  に対する  $H_{1/2}^*$  と  $H^*_{mean}$  の比は, 図 10 に示すようにそれぞれ,

表 1 港内長周期波観測率及び月別最大波

月	観測率 (%)	最大波高 (cm)	観測率 (%)	最大波高 (cm)	観測率 (%)	最大波高 (cm)	観測率 (%)	最大波高 (cm)	観測率 (%)	最大波高 (cm)
1	372	355	95.4	17	4.6	0.25	100	1.31		
2	336	334	99.4	2	0.6	0.67	93	2.25		
3	372	369	99.2	3	0.8	0.53	113	3.5		
4	360	360	100.0	-	0.0	0.40	104	4.28		
5	372	372	100.0	-	0.0	0.37	108	5.15		
6	360	360	100.0	-	0.0	0.18	100	6.17		
7	372	372	100.0	-	0.0	0.24	115	7.19		
8	372	362	97.3	10	2.7	0.25	120	8.16		
9	360	353	98.1	7	1.9	0.34	102	9.20		
10	372	339	91.1	33	8.9	0.30	110	10.21		
11	360	327	90.8	33	9.2	0.48	107	11.30		
12	372	363	97.6	9	2.4	0.43	109	12.27		

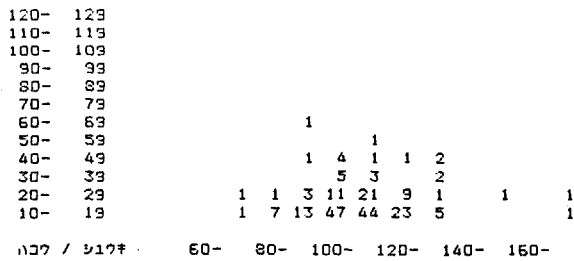
表 2 港内長周期波の有義波波高月別頻度表

月	観測率 (%)	有義波波高 (cm)												
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-
1	372	17	248	100	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	336	2	199	70	37	11	14	2	1	-	-	-	-	-
3	372	3	186	127	45	9	1	1	-	-	-	-	-	-
4	360	-	186	143	22	7	2	-	-	-	-	-	-	-
5	372	-	304	49	16	3	-	-	-	-	-	-	-	-
6	360	-	345	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	372	-	309	59	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	372	10	309	45	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	360	7	254	83	13	3	-	-	-	-	-	-	-	-
10	372	33	173	144	21	1	-	-	-	-	-	-	-	-
11	360	33	190	109	20	7	1	-	-	-	-	-	-	-
12	372	9	193	113	45	8	4	-	-	-	-	-	-	-
計	4380	114	2896	1057	238	49	22	3	1	-	-	-	-	-
平均			2896	3893	4191	4240	4262	4265	4266	4266	4266	4266	4266	4266

表 3 港内長周期波の有義波周期月別頻度表

月	観測率 (%)	周期 (sec)	有義波周期 (sec)														
			60-	70-	80-	90-	100-	110-	120-	130-	140-	150-	160-	170-	170-		
1	372	17	127	1	8	9	20	37	57	60	28	6	1	-	1		
2	336	2	33	3	6	15	21	49	50	73	61	19	3	-	1		
3	372	3	17	2	5	14	14	52	75	101	64	20	3	1	1		
4	360	-	40	2	4	13	15	43	82	83	58	13	4	1	2		
5	372	-	176	1	-	3	12	15	58	53	42	10	-	-	2		
6	360	-	223	-	3	2	15	19	38	30	22	7	-	-	1		
7	372	-	196	-	6	12	19	31	36	43	25	4	-	-	-		
8	372	10	140	-	4	5	16	47	49	61	34	6	-	-	-		
9	360	7	95	2	7	11	25	33	70	70	26	13	1	-	-		
10	372	33	57	4	5	11	27	40	69	65	45	6	5	2	3		
11	360	33	43	5	9	8	19	40	85	59	37	13	7	1	1		
12	372	9	57	2	7	13	18	38	97	84	30	12	1	3	1		
計	4380	114	1204	22	64	116	221	444	766	782	472	129	25	8	13		
平均			1204	1226	1290	1406	1627	2071	2837	3619	4091	4220	4245	4253	4266		

表 4 港内長周期波の有義波波高と周期の2次元分布図



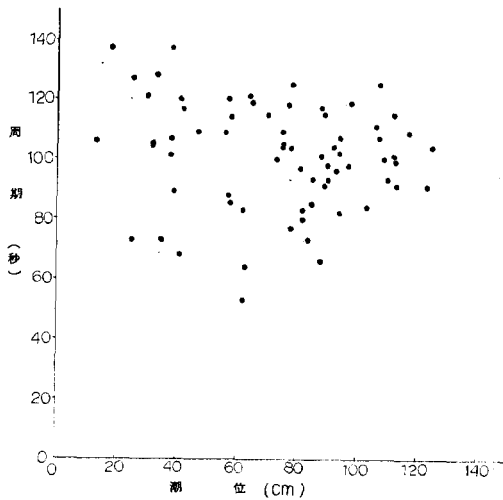


図9 港内長周期波周期と潮位との関係

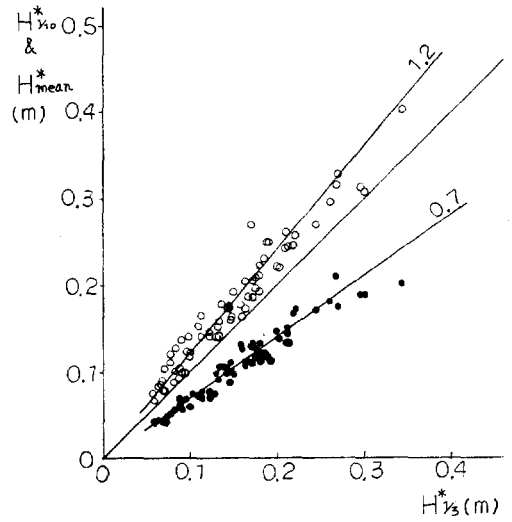


図10 港内長周期波の  $H_{1/2}^*$  に対する  $H_{mean}^*$  および  $H_{mean}^*$  の関係 ('78.9.19~25)

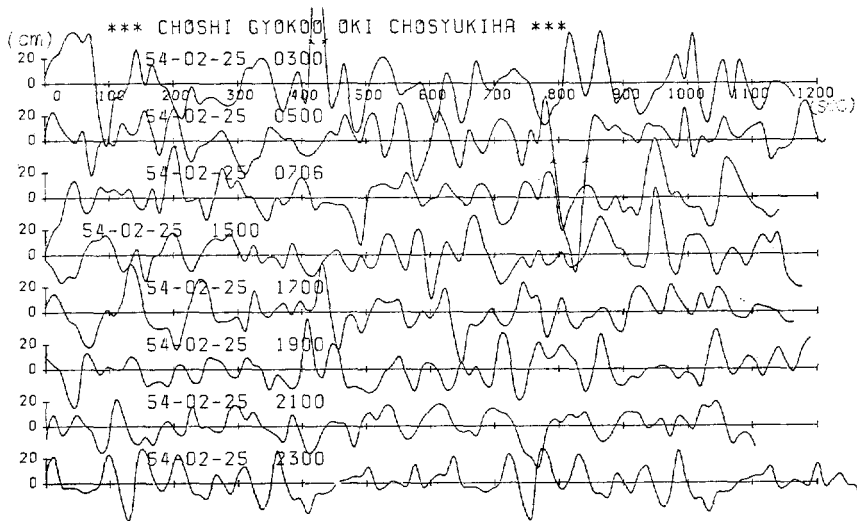


図11 沖長周期波記録例

1.2と0.7となった。

### 3.3 沖長周期波

沖長周期波形の一例を図11に示す。この波形は港内のもより不規則で周期も短いように見える。

昭和53年5月16日より一年間の観測結果、5月から9月に欠測が多いが、この期間の波高はほとんど0.20m以下であったと思われる。期間中の最大波高は昭和54年2月25日に0.70mを記録した(表5)。

表6に沖長周期波波高頻度を示す。この分布は港内長周期波と似た傾向を示し、約70%が0.1m以下、99%が0.4m以下となっている。詳細に比較すると、昭和54年5月はややシケのため、長周期波も大きく、波高0.3m以上が発生しないのは6月から10月までとなっている。

長周期波周期については、その分布を表7に示す如く60~69秒が26%と最も多く、次いで70~79秒であり、30秒から200秒程度まで幅広く分布している。しかし、港内で最も多かった100~119秒の周期は5.2%に過ぎない。



表 5 沖長周期波の観測率及び月別最大波

ツキ	キチイ	シ"ツシ	リツ	カツソク	リツ	ハコク	シユクキ	ツキ. ヒ
1	372	370	99.5	2	0.5	0.33	80	1.30
2	336	327	97.3	9	2.7	0.70	67	2.25
3	372	370	99.5	2	0.5	0.58	84	3.5
4	360	359	99.7	1	0.3	0.55	59	4.8
5	372	212	57.0	160	43.0	0.52	87	5.15
6	360	49	13.6	311	86.4	0.15	102	6.5
7	372	211	56.7	161	43.3	0.22	90	7.31
8	372	72	19.4	300	80.6	0.11	42	8.2
9	360	211	58.6	149	41.4	0.18	82	9.20
10	372	364	97.8	8	2.2	0.27	98	10.22
11	360	353	98.1	7	1.9	0.30	150	11.29
12	372	372	100.0	-	0.0	0.38	111	12.26

表 6 沖長周期波の有義波波高月別頻度表

ツキ	キチイ	カツソク	ハコク カイツウ													
			-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00	-1.10	-1.20 -		
1	372	2	305	52	9	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	336	9	213	82	8	8	7	1	1	-	-	-	-	-	-	-
3	372	2	202	130	29	4	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
4	360	1	209	112	29	6	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
5	372	160	176	29	-	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
6	360	311	40	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	372	161	184	21	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	372	300	71	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	360	149	157	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	372	8	235	126	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	360	7	274	56	22	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	372	-	221	102	43	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
キチイ	4380	1110	2287	774	149	32	14	12	1	1	-	-	-	-	-	-
ハコク			2287	3061	3210	3242	3256	3268	3269	3270	3270	3270	3270	3270		

表 7 沖長周期波の有義波周期月別頻度表

ツキ	キチイ	カツソク	シユクキ カイツウ														
			60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	-		
1	372	2	261	17	37	33	10	7	4	1	-	-	-	-	-	-	
2	336	9	161	30	45	36	27	23	4	-	1	-	-	-	-	-	
3	372	2	131	33	65	57	41	32	10	1	-	-	-	-	-	-	
4	360	1	110	46	76	59	27	32	3	1	5	-	-	-	-	-	
5	372	160	152	14	17	10	5	11	1	-	1	-	-	1	-	-	
6	360	311	40	2	3	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
7	372	161	169	8	20	7	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	372	300	69	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	360	149	114	19	15	22	6	11	4	5	8	1	1	-	5	-	
10	372	8	168	37	45	34	23	37	11	2	4	-	1	-	2	-	
11	360	7	277	2	8	13	15	9	12	3	5	4	-	2	3	-	
12	372	-	195	25	44	47	26	20	7	4	2	-	-	1	1	-	
キチイ	4380	1110	1847	234	377	321	185	184	57	17	26	5	2	4	11	-	
ハコク			1847	2081	2458	2779	2964	3148	3205	3222	3248	3253	3255	3259	3270		

表 8 沖長周期波の有義波波高と周期の2次元分布図

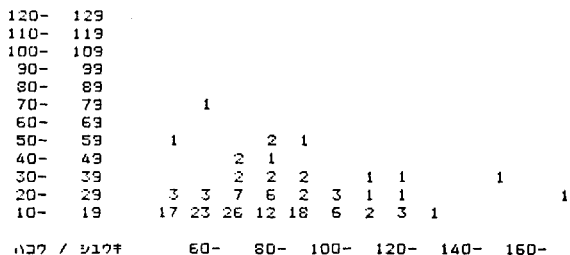


表 9 港内波浪の観測率及び月別最大波

ウキ	キチイ	シマツシ	リツ	ケツツク	リツ	ハコウ	シムラキ	ウキ、ヒ
1	372	356	95.7	16	4.3	0.67	5.9	1. 6
2	336	335	99.7	1	0.3	0.76	6.4	2.24
3	372	371	99.7	1	0.3	0.79	5.4	3.31
4	360	360	100.0	-	0.0	0.64	5.4	4.17
5	372	369	99.2	3	0.8	0.37	7.0	5.15
6	360	349	96.9	11	3.1	0.19	X	6.30
7	372	368	98.9	4	1.1	0.31	X	7.20
8	372	355	95.4	17	4.6	0.26	X	8.17
9	360	355	98.6	5	1.4	0.31	X	8.29
10	372	363	97.6	9	2.4	0.31	X	10. 7
11	360	328	91.1	32	8.9	0.31	X	11.30
12	372	347	93.3	25	6.7	0.51	5.5	12.29

表 10 港内波浪の有義波波高月別頻度表

ウキ	キチイ	ケツツク	ハコウ カイツク												
			-0.09	-0.19	-0.29	-0.39	-0.49	-0.59	-0.69	-0.79	-0.89	-0.99	-1.09	-1.19	-1.29
1	372	16	156	126	54	15	2	2	1	-	-	-	-	-	-
2	336	1	78	176	43	21	10	5	1	1	-	-	-	-	-
3	372	1	81	202	58	19	6	4	-	1	-	-	-	-	-
4	360	-	101	183	52	19	3	-	2	-	-	-	-	-	-
5	372	3	196	155	15	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	360	11	294	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	372	4	260	92	9	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	372	17	260	89	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	360	5	167	161	21	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	372	9	108	229	22	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	360	32	136	159	29	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	372	25	143	132	47	20	3	2	-	-	-	-	-	-	-
ウキ	4380	124	1980	1759	356	118	24	13	4	2	-	-	-	-	-
ヒイキ			1980	3739	4095	4213	4237	4250	4254	4256	4256	4256	4256	4256	4256

表 11 港内波浪の有義波波高と周期の2次元分布

130-	139														
120-	129														
110-	119														
100-	109														
90-	99														
80-	89														
70-	79				1	1									
60-	69				2										
50-	59				2	1		1							
40-	49				5	1	1		1						
30-	39				1	4	2	2	1			1			
20-	29				2										
10-	19								1		1				
ハコウ / シムラキ							50-	70-	90-	110-	130-	150-			

### 3.4 港内波浪および沖波浪

港内波浪は図12にその一例を示すように、港内長周期波に重なったものとして現れることが多い。記録された最大波は昭和54年3月31日0.79m、次いで2月24日であり、前者の沖波はENEの波2.14m、後者はNの波3.24mの条件下であった。この波高階級別頻度表によると、港内波高が0.3mを越える回数が多い月は、2月、3月を中心に冬から春にかけてであり、沖波浪の頻度分布に相似した分布を示す。その大きさは、0.10m以下が68%を占め、0.40m以上は約1%となっている。これは港内長周期波よりわずかに大きい程度である。また、港内波

浪の周期は5秒代に集中している。この原因として考えられることは、港内の波浪は岸壁で反射して何重にも重なったものであり、波高計の検出位置が護岸から20mにあり5.5秒の波の約半波長に相当するため、卓越周期となったものと思われる。

沖波浪は昭和53年5月16日から翌年5月15日までの1年間の波浪データを集計したものであり、欠測はほとんどない。この1年間の最大波は昭和54年2月26日に  $H_{1/3} = 4.86m$ 、 $T = 11.3秒$ と記録されている。また、表13に示したように、2~5月に波高2m以上の回数が多く、逆になぎ日数が多いのは8月となっている。波浪の周期については、最多周期は7~8秒であり、最大周期は15

表 12 沖波浪の観測率及び月別最大波

月	観測率 (%)	最大波 (cm)
1	372	372
2	336	334
3	372	372
4	360	360
5	372	368
6	360	360
7	372	372
8	372	369
9	360	360
10	372	372
11	360	320
12	372	372

表 13 沖波浪の有義波波高月別頻度表

月	観測数	有義波波高 (cm)												
		-1.00	-1.50	-2.00	-2.50	-3.00	-3.50	-4.00	-4.50	-5.00	-5.50	-6.00	-6.50	-7.00
1	372	165	111	40	36	12	3	3	2	-	-	-	-	-
2	336	56	120	73	41	9	5	12	13	5	-	-	-	-
3	372	44	91	107	68	32	20	4	5	1	-	-	-	-
4	360	43	125	91	56	21	9	8	7	-	-	-	-	-
5	372	146	159	38	12	1	1	3	5	3	-	-	-	-
6	360	292	61	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	372	214	144	8	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
8	372	308	35	12	5	3	4	-	2	-	-	-	-	-
9	360	70	144	87	39	18	2	-	-	-	-	-	-	-
10	372	40	110	141	70	11	-	-	-	-	-	-	-	-
11	360	40	47	126	110	19	12	6	-	-	-	-	-	-
12	372	104	100	47	63	51	5	2	-	-	-	-	-	-
計	4380	49	1529	1326	761	412	173	55	32	34	9	-	-	-
平均			1529	2855	3616	4028	4201	4256	4288	4322	4331	4331	4331	4331

表 14 沖波浪の有義波周期月別頻度表

月	観測数	有義波周期 (秒)													
		-5.0	-6.0	-7.0	-8.0	-9.0	-10.0	-11.0	-12.0	-13.0	-14.0	-15.0	-16.0	-17.0	
1	372	5	28	95	86	57	48	30	13	4	-	-	-	-	
2	336	2	31	70	55	58	50	30	16	14	5	3	-	-	
3	372	-	7	44	84	97	63	43	21	11	2	-	-	-	
4	360	-	13	70	71	98	85	19	4	-	-	-	-	-	
5	372	4	4	16	51	110	129	49	7	1	1	-	-	-	
6	360	-	2	22	117	112	74	22	5	2	3	1	-	-	
7	372	-	-	5	40	82	73	71	64	21	15	1	-	-	
8	372	3	-	10	20	87	116	90	38	7	1	-	-	-	
9	360	-	4	21	76	87	57	59	42	11	3	-	-	-	
10	372	-	-	16	78	98	61	53	44	19	3	-	-	-	
11	360	40	-	28	83	79	61	34	15	11	5	2	-	1	
12	372	-	-	13	56	85	77	54	35	20	9	12	7	2	
計	4380	49	17	210	802	1036	958	678	373	152	69	23	10	3	
平均			17	227	1029	2065	3023	3701	4074	4226	4295	4318	4328	4331	4331

表 15 沖波浪の有義波波高と周期の2次元分布 (周期0.1秒, 波高cm単位)

波高 (cm)	60-	80-	100-	120-	140-	160-
700-	749					
650-	639					
600-	649					
550-	599					
500-	549					
450-	439			2	2	1
400-	449		1	2	1	1
350-	339		2	3	1	
300-	349	1	1	2	7	1
250-	299	1	8	6	7	3
200-	249	13	19	5	4	3
150-	199	10	25	12	18	10
100-	149	6	22	26	16	9

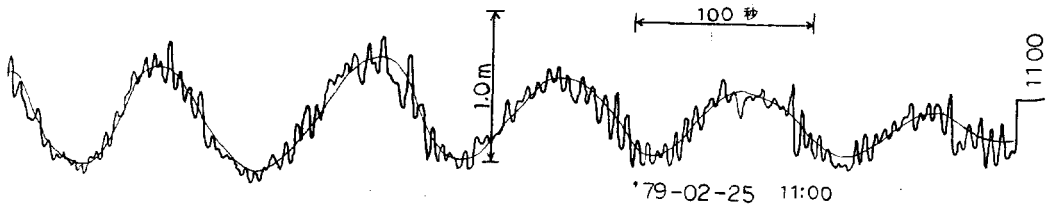


図 12 港内波浪記録例

秒代となっている。しかし、波高が大きい場合、周期も大きい方に分布することを表は示している。

### 3.5 内外長周期波スペクトル

港内外のスペクトル図の数例を図13に示す。港内のスペクトル密度分布は0.008Hzまたは0.010Hzにピークを有し、その両側は急激に減少している。このピーク周期は有義波周期とほぼ等しい。この固有周期は、外港泊地の自由振動周期であることは前報告で説明した。

一方、沖の長周期波スペクトルは形状が一定せず、ピークを1ないし2点有している。このピーク周波数の頻度を示したものが図14であり、第1ピークは0.008~0.010 Hz、第2ピークは0.016~0.019Hzが最大分布を示す。しかし、 $T^*_{1/2}$ は第1ピークと整合性は良くない。むしろ第2ピークに近い。これは第1ピークが秀でたものでないためであろう。

また、一般に0.008Hzや0.010Hz付近は港内振動数に近く、港内のエネルギー密度が沖よりも大きくなっており、港内でのエネルギーの蓄積が認められる。

## 4. 2, 3の考案

### 4.1 観測値間の相関と重回帰式

昭和53年9月19日より9月25日までの

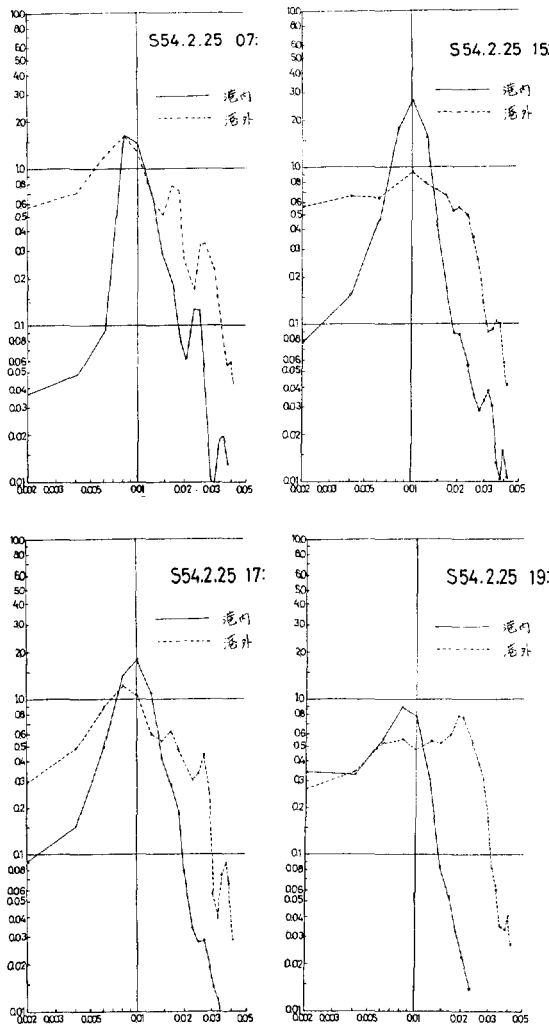


図 13 港内外長周期波のスペクトル図

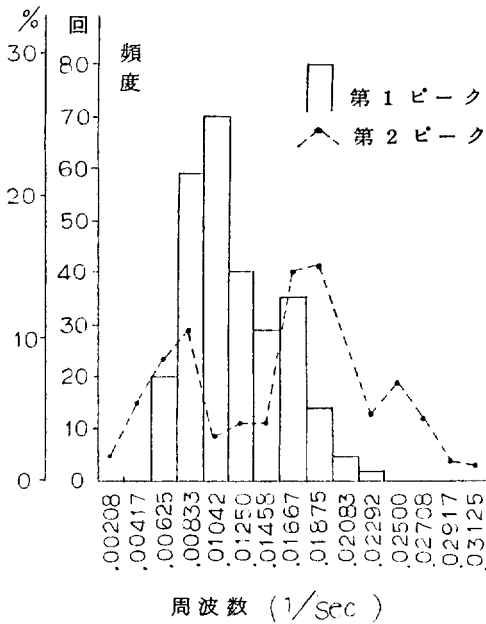


図14 沖スペクトルのピーク周波数頻度

観測初期のデータ、および一連のシケで最大時の波高が3mを越えた場合のその前後の波高2m以上の期間のデータ、計410組(付図参照)より、港内長周期波高、同周期、沖長周期波高、同周期、港内波浪波高、同周期、沖波浪波高、同周期および波浪の波向きの計8項目について相関係数を求めた(表16)。

その結果、港内長周期波高は、当然ながら沖長周期波高との相関が大きく(相関係数 $r=0.63$ )、かつ、沖波浪波高および周期とも正の相関が大きい。波向(北より右廻りの角度)に対して負の相関があり、港口開放方向に近い波向程、港内長周期波は大きいことが判る。一方、沖長周期波は沖波浪の周期と波高とに相関が大きかった。沖長周期波と沖波浪の波向 $D$ との相関は、 $H^*$ と $D$ で $r=-0.11$ 、 $T^*$ と $D$ で $r=0.05$ と弱いことも注目に値する。

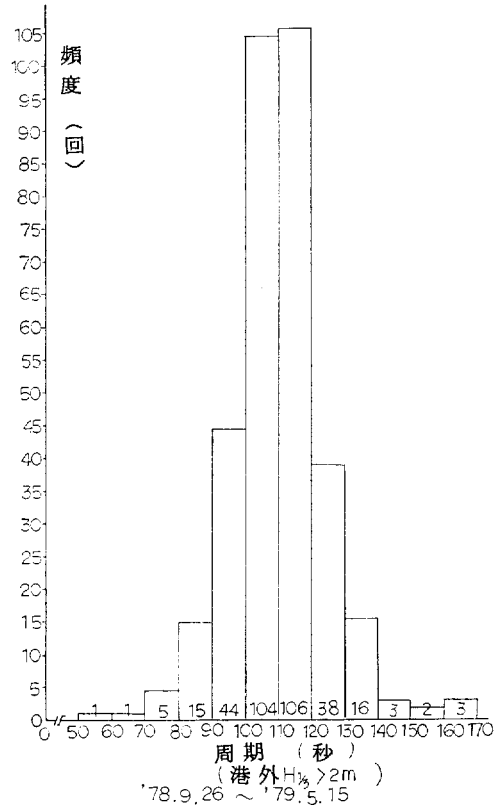


図15 荒天時の港内長周期波周期分布(沖 $H_{1/2} > 2m$ , 期間1978.9.26~1979.5.15)

長周期波の周期については、港内と沖との相関係数も $-0.14$ と小さい。この原因は港内の周期がその自由振動周期に合ってくるためと推定される。また、沖長周期波の周期は他のいずれの変数とも相関係数は小さくなっている。波高が大きい場合の港内長周期波周期分布を図15に示す。

港内波浪波高 $H_k$ は回折理論に基づくと、沖波浪の波高 $H$ 、周期 $T$ および波向 $D$ に関係しているはずである

表16 相 関 係 数

	$H_k^*$	$T_k^*$	$H^*$	$T^*$	$H$	$T$	$D$
港内長周期波波高 $H_k^*$	1	0.109	0.630	-0.133	0.369	0.528	-0.355
〃    周期 $T_k^*$		1	0.058	-0.142	0.156	0.065	0.243
沖長周期波波高 $H^*$			1	-0.076	0.759	0.547	-0.109
〃    周期 $T^*$				1	-0.187	-0.057	0.051
沖波浪波高 $H$					1	0.231	0.037
〃    周期 $T$						1	-0.031
波向 $D$							1

(注) データ数177

が、 $H_k$  と  $H$  との相関係数は 0.41,  $H_k$  と  $T$  とは -0.22,  $H_k$  と  $D$  とは -0.34 となっている。しかし、 $H_k$  と  $T$  が負の相関を示すことは回折理論にそぐわないと思われる。

以上のことより、各波高の推算式を重回帰分析により求め、港内長周期波高  $H_k^*$  は

$$H_k^* = 0.52H^* - 0.0010D + 0.15 \quad \dots\dots\dots(1)$$

または

$$H_k^* = 0.026T + 0.032H - 0.0012D - 0.04 \quad \dots\dots(2)$$

ただし、 $D$  は港口開放方向 ( $N$ ) よりの偏り (度)、前者のデータ数は 183 個、その重相関係数は 0.6978、後者は、データ数 183、その重相関係数 0.6905 である。

沖長周期波高  $H^*$  は

$$H^* = 0.095H + 0.023T - 0.26 \quad \dots\dots\dots(3)$$

ただし、データ数は 388 個、重相関係数は 0.8593 である。

港内波高  $H_k$  は

$$H_k = 0.05H - 0.00125D + 0.10 \quad \dots\dots\dots(4)$$

ただし、データ数は 183 個、その重相関係数は 0.5480 である。

4.2 田子の浦港長周期波との比較

銚子漁港の長周期波観測期間中、田子の浦港では台風 7 号および 8 号の影響で、7 月 28 日 22 時から 29 日 18 時にかけて長周期波記録<sup>7)</sup> がとられている。台風 16 号については銚子の観測が欠測となっている。

両港の観測値を比較すると、台風 8 号については両港とも長周期波高が 0.1m 以上となったが、その生起時刻は一致していない。また、台風 7 号は 8 号より遅れて太平洋を北上し、8 月 1 日 21 時銚子沖を通過して三陸へ進んだが、この際、銚子では 7 月 31 日 10 時頃より沖長周期波、沖波浪とも大きくなり、8 月 1 日 24 時まで続いた。その間、沖長周期波高は 1 日 12 時にピークを迎え 0.49m を記録した。波浪は 13 時に 4.23m であった。これに対して田子の浦港では、この期間の顕著な長周期波は発生しておらず、その後 8 月 3 日 12 時に 0.09m の長周期波が記録されているのみである。

これらの事より、銚子漁港の長周期波との相関は小さいと判断される。

田子の浦港における過去の報告<sup>8)</sup> から長周期波の傾向を調べると、波浪が大きい時に顕著な長周期波が発生していることが窮え、図 16, 17 に示すように、 $H^*$  と  $H$  との比は最近の傾向としては平均的に 0.05 位であるが、これより大きいデータもあり、0.2 程度に見積った方が安全であろう。

4.3 沖長周期波の発生機構

周期 100 秒前後の波は長周期重力波と呼ばれ、銚子漁港においても田子の浦港においても、主に風波が高い時に発生している。この発生メカニズムとして堀川<sup>9)</sup> は、

- ① (風によって起こされた) 長周期波が風波とともに

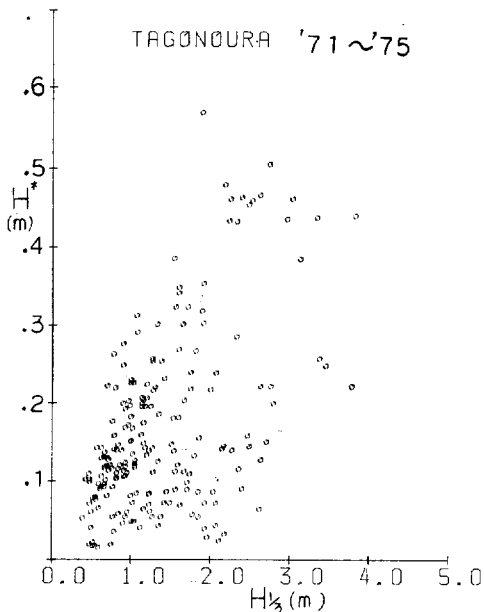


図 16 田子の浦港外の波浪と長周期波 ('71~'75)

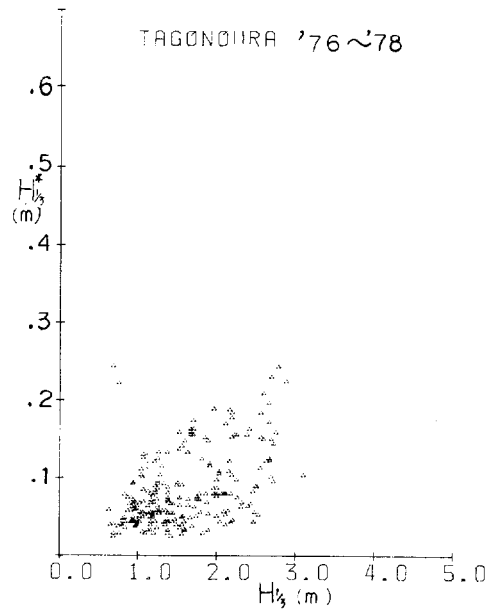


図 17 田子の浦港外の波浪と長周期波 ('76~'78)

に来襲する。

② 碎波帯内での波高が変動することによって平均水位の変動を生じ、いわゆる surf beat の現象を起こしている。

という2つの可能性を示している。以下にこれらの仮

説について2, 3の検討を行う。

(1) ①の仮説について

波向きによる波高増減の変化を屈折図(図18)により求めた。その結果、屈折係数は0.9から1.1の間位で場所的に集中する場合も存在する。また、波向は沖合水深2000m付近でNE方向からの波はENE向き、EおよびSE方向の波はE向きとなり、岸近くで東寄りに偏向する。これらのことより、銚子漁港の港口部付近には、波向きに余り差は無くなり、風波の波向きと港内長周期波高の相関がやや高すぎるのではないかと思われる。

第二に、風波と長周期波の波速に着目すれば、長周期波が先に到達するはずである。すなわち、周期10秒のうねりのエネルギー伝播速度は28km/時、周期100秒の長周期波は560km/時である。たとえば台風7807号の場合、7月28日銚子の南南東約1600km沖合から、東海地方を目指して北上している。風浪は7月31日7時前後から増大しはじめ、長周期波高もこれにほぼ比例して増大しており、仮定したような長周期波の先行は認められない。また、同時刻頃の田子の浦港では長周期波の記録は、録られているが非常に小さく、同じ長周期波とは考え難い。

(2) ②の仮説について

表9で示したように沖長周期波波高と沖波浪の相関係数が0.76と大きいこととともに、波浪と長周期波が増大または減少するとき、時間的ずれがないことなどから、長周期波は波浪に起

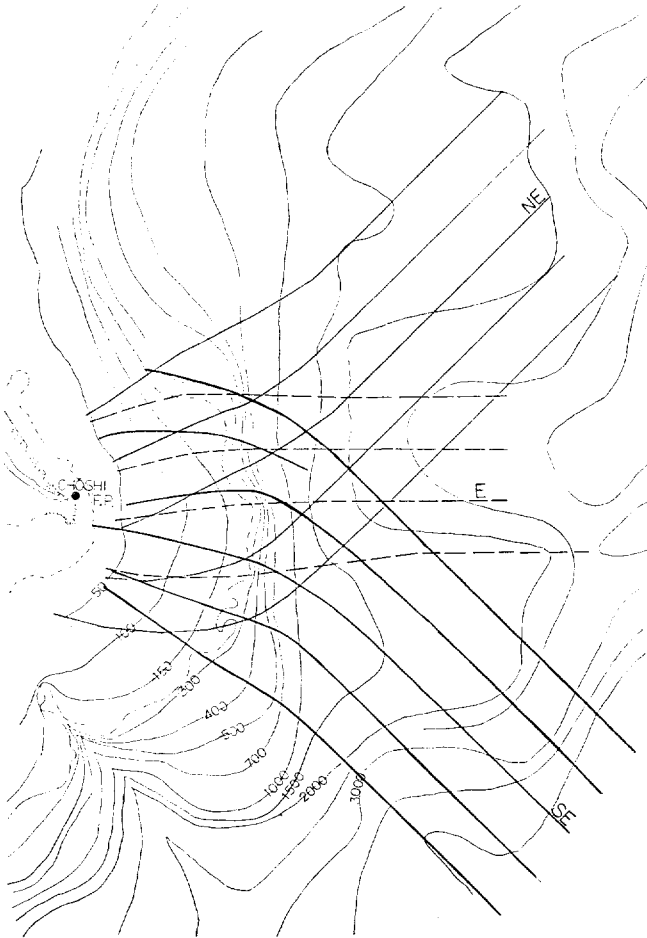


図 18 長周期波の屈折図

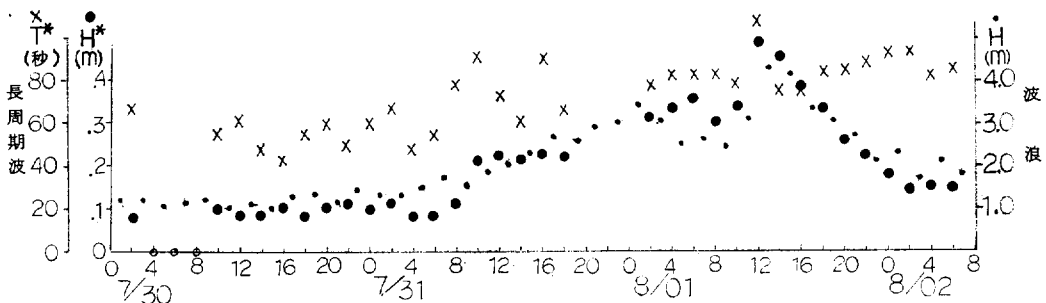


図 19 台風時の波高変化

因していると推定される。さらに、波浪の周期との正の相関も大きいことは、砕波帯内のセットアップに起因することの傍証の一つとなっている。この場合、波の進行方向に二つの方向が考えられており、一つは浜でのセットアップの反射波が長周期波となって汀線に直角方向に進行する仮説と、もう一つは地形の影響でセットアップに大きさの差を生じ、それが長周期波を誘起し、汀線に平行に進行する波を生ずるとする説である。

前者の場合、長周期波の波長は砕波帯長さに関係するので、長周期波周期は波高および周期と正の相関が期待される。しかし、長周期波の有義波周期は、波浪波高と周期に弱い負の相関を示しており、仮説と矛盾する。またスペクトルのピーク密度周期についても波高との相関は明らかでない。ただ、スペクトル密度が0.010~0.008 Hz にかけてピークを示す頻度が大きいことが固有振動の可能性を示すが、波崎付近には汀線直角方向に固有振動を励起するステップやバーが存在しない。この周期は沖波高計センサーが東防波堤から500mの距離にあり、約100秒の波の反射波の腹に当たるため大きく現れた可能性も残されている。

#### 4.4 港内長周期波の波高増大についての検討

港内泊地の共振周期については、文献4)で検討を行ったので、ここでは結論だけ述べると、銚子漁港外港の当泊地は第2埠頭先端よりやや先を定常波の節とする単節の共振を起こし易く、その共振周期は約110秒とみられる。しかし、実際にどの程度の内外振幅比になるのか検討するにはデータ不足であった。

この1年間の観測の結果、港内長周期波の平均値は(1)式により表わすことができた。この式によると、長周期波波高は波向きに関係していることがわかるが、この波向きは波浪の波向きであり、沖長周期波の波向きは不明である。しかし、沖長周期波の波向きは一定方向ではなく、波浪の波向きに影響されていることを示している。

波向きを要素とする場合、(1)式のような線形式でなく、

$$H_k^* = f_1(H^*) \cdot f_2(D) \dots\dots\dots(5)$$

の型がより適切であると思われる。ただし、 $f_1, f_2$  は  $H^*$  および  $D$  の関数である。この  $f_1(H^*)$  については、(1)式で回帰定数が0.15mを示していることは、 $H_k^*$  と  $H^*$  とは比例関係でなく、 $H^*$  が大きい範囲では  $H_k^*/H^*$  の比が小さくなっていることの現れとみられる。

図18に示すように共振の指標となる内外振幅比  $H_k^*/H^*$  は0.5から2.0に分布しており、波向きや波高のほかにも他の条件が関与していると思われるが、その条件を特定することはできなかった。 $H_k^*/H^*$  が大きい場合の公

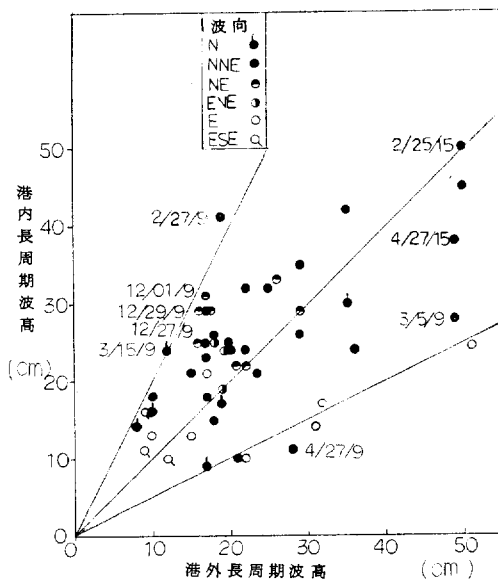


図 20 波向別港内外長周期波波高の比較

約数的な条件を挙げると

- ① 港内  $H_k^*/\bar{H}_k^*$  が大きい (例 2月27日 9時)
- ② 港外  $H^*$  が 0.3m より小さい
- ③ 港内  $H_k^*$  が前後の時刻より大きい
- ④ 港外  $H^*$  が前後の時刻より小さい (例12月29日 9時)

などである。

また一方、沖  $T^*$  が港内共振周期に近い場合や、沖スペクトルが港内共振周期付近で明確なピークを示す場合など、振幅比  $H_k^*/H^*$  が大きくなるのではないかと検討したが、それを肯定する結論は得られなかった。これらの事より1測定データが短かったことによる  $H_k^*/H^*$  値のバラツキが、振幅比の分布の主な原因となっているとみるのが妥当であろう。

#### 参 考 文 献

- 1) 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，pp. 1~11, 1959.
- 2) 高橋智晴・鈴木裕実・佐々木弘・中井徹也：田子の浦港における長周期波の観測，港湾技研資料 No. 130, 1971.
- 3) 橋本宏・山口修・宇多高明・高木守夫：平塚海岸における長周期波の現地観測，第24回海岸工学講演会論文集，pp. 127~131, 1977.
- 4) 山本正昭・菅原輝男：銚子漁港の長周期波について 水工研技報一水産土木1—pp. 47~60, 1980.



- 5) 水産工学研究所漁港水理研究室(1981): 銚子漁港長  
周期波調査報告書 (内部資料)
- 6) 山本正昭: 波浪統計処理の自動化, 水工研技報—水  
産土木 1一, pp. 75~97, 1980.
- 7) 高橋智晴ほか: 波浪に関する拠点観測年報, 港湾技  
研資料, No. 137, 158, 178, 209, 258, 286, 311, 332
- 8) 堀川清司: 海岸工学, 東京大学出版会, p. 155,  
1973

付 図

