

外海における長周期波の観測

林 直樹*・高橋秀彰**・山本政光***

1. ま え が き

港湾のセイシュ（副振動）を起こす原因として、宇野木¹⁾によれば、a) 津波、b) 風および storm、c) 雷雨、d) storm や前線にともなう長周期波、e) 波浪に基因する長周期波、f) 海潮流、その他いろいろなものが考えられている。これまでの調査、報告によれば、特に風や波が荒くなくてもセイシュが観測されることがあり、これは外海で d), e) によって発生した長周期波の進入がその原因であろうと推論されている。しかしこれまでのところ、港湾のセイシュと外海の長周期波を直接関係づけるような研究や長周期波の長期で詳細な観測は、相田²⁾が宮城県江の島における長周期波と女川湾の副振動を観測し解析を行っているほかは少ない。

本研究は、外海長周期波の実態を把握することを目的として、港湾の固有周期とほぼ同程度の長周期波観測を、茨城県鹿島港外において、昭和 51 年 10 月～同 52 年 1 月末の約 4 カ月間行い、その記録を基に統計解析を行ったものである。また長周期波と陸棚セイシュとの関係、長周期波と気象擾乱との関係等の発生メカニズムの解明も試みた。

2. 現地観測とデータ解析

長周期波観測地点は 図-1、図-2 に示すように、外海に面した位置である。

今回使用した計器は、鹿島港南海浜で既に設置されている超音波式波高計 (U.S.W.) に並列接続することにより、そこからの出力をローパスフィルターを通して検出

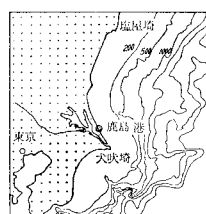


図-1 鹿島港の位置図

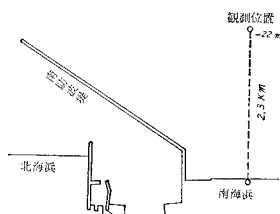


図-2 長周期波観測位置図

記録する装置で、通常の波浪観測と併せて使用することができる。記録はアナログ記録方式の連続観測で、測得率は 80% 程度となった。

観測記録の解析としては、1 日を単位記録期間とした有義波と波高 10 cm 以上の全波の 2 種類について波高と周期の複合統計を行い、また最大エントロピー法によるスペクトル推定法を利用したスペクトル計算を行った。

なお、計算の際には、観測記録に含んでいる潮汐成分を取り除くため、観測曲線を 120 分の移動幅で移動平均し、観測曲線との偏差値を長周期波成分とした。この偏差値を 96 時間分の時間帯で、48 時間ずつ時間帯をずらしながら、連続したスペクトル算出を行った。

3. 長周期波の実態

(1) 卓越周期と出現頻度

観測期間中の 4 カ月間を対象とした、波高と周期の複合統計からは、卓越周期は月別に多少の変動が見受けられる。表-1 に波高と周期の出現率を示す。

この表から、有義波で 50 分～59 分、波高 10 cm 以上の波では 40 分～49 分の周期帯が卓越周期となっている。またその出現率は、前者が約 36%、後者が約 20% 程度である。

なお、両者共 40 分～69 分の周期帯での出現率がその大部分を占めており、前者が約 80%、後者が約 56% の高率を示している。

(2) 波高と周期との関係

有義波では、波高 5 cm～14 cm の領域が比較的顕著な出現を示しており、特に 10 月～1 月期においては、すべてこの範囲に現われている。これに関連して周期も前項で示したように、約 80% が 40 分～69 分の周期帯に含まれている。このことは、有義波高 5 cm～14 cm で周期 40 分～69 分の波の出現が、全体の 80% という高率を占めていることを意味するものである。

一方、波高 10 cm 以上の波では、10 cm～14 cm の波高領域での出現が全体の 90% と高率を示しており、またこの範囲で、40 分～69 分の周期帯の出現は 50.6% と過半数を占めている。

* 正会員 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
 ** 正会員 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
 *** 新日本気象海洋株式会社

表一 波高と周期の複合統計

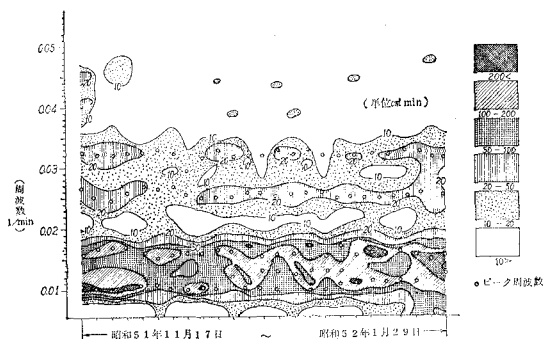
有義波		周期(分)									計
波高 (cm)		1~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80以上		
1~4	F										
	%										
5~9	F		3	10	21	25	8	2		69	
	%		3.1	10.2	21.4	25.5	8.2	2.0		70.4	
10~14	F			4	5	10	9	1		29	
	%			4.1	5.1	10.2	9.2	1.0		29.6	
15~19	F										
	%										
20以上	F										
	%										
計	F		3	14	26	35	17	3		98	
	%		3.1	14.3	26.3	35.7	17.3	3.1		100	

波高 10 cm 以上の波

波高 (cm)		周期 (分)									計
		1~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80以上		
10~14	F	6	30	51	61	55	57	32	18	310	
	%	1.8	8.8	14.9	17.8	16.1	16.7	9.4	5.3	90.6	
15~19	F		3	1	7	7	5	4	3	30	
	%		0.9	0.3	2.0	2.0	1.5	1.2	0.9	8.8	
20~24	F					1	1			2	
	%					0.3	0.3			0.6	
25~29	F										
	%										
30以上	F										
	%										
計	F	6	33	52	68	63	63	36	21	342	
	%	1.8	9.6	15.2	19.9	18.4	18.4	10.5	6.1	100	

(3) スペクトル特性

計算したスペクトル密度分布は、各ケース共 60 分～100 分の周期帯でエネルギーが高くなっている。これらスペクトル密度分布の時間的変化を 図一3 に示すように、ピーク周期帯の範囲を選び、それぞれのデータの中



図一3 スペクトル密度分布の時間的変化

央時刻(横軸上)と各周波数上(縦軸)へ対応するスペクトル密度を、その高低に応じて濃淡で表わした。

この図から、同じ周波数上にエネルギーの有意な連なりが認められる。エネルギーレベルは、観測期間が長いので、海面振動の増減の為や変化が伴うであろうが、スペクトルピークをみると、周期 60 分～100 分、40 分および 30 分付近に顕著な連なりが認められる。

これらのことから、上記の特定の周期帯をもつ長周期波の規則的な振動が存在するものと推測される。

前項の卓越周期と本記のエネルギーピーク周期とは、必ずしも一致していないが、これは前者があくまでも周期のみの出現分布からの算定結果であるのに対して、後者のそれは周期別のエネルギー分布よりの算定結果であることによる。

このように特定の周期帯にエネルギーのピークがあり、かつ長期間連続していることから、外海の長周期波の周期は気象条件よりむしろ海底地形等、時間に左右されない要因によって決定されるものと推定できる。

4. 長周期波と陸棚セイシュとの関係

外海に存在する長周期波の特性を決定する要因の1つに陸棚セイシュがある。陸棚セイシュは大陸棚上で振動するセイシュで、その基本モードは、陸岸を腹とし大陸棚の縁で節となる。大陸棚を一定水深(h m)、一定幅(L m)とすると、陸棚セイシュの固有周期は次式で表わされる。

$$T = \frac{4L}{60(2n-1)\sqrt{gh}} \quad (\text{分}) \dots\dots\dots (1)$$

$$n=1, 2, 3, \dots$$

鹿島港外の海底地形を、方向別の断面図(図一4)を表わし、式(1)が適用できるよう一定水深の棚を仮定すると、陸棚セイシュの基本固有周期は表一2となる。この結果と前に述べた観測値のスペクトルのピーク周期帯を比較すると、よく一致していることが認められる。

表一2 大陸棚の方向別基本固有周期

要素	NE	ENE	E	ESE	SE
l (m)	15 000	13 000	37 000	12 000	43 000
h (m)	50	50	250	40	120
T (min)	45	39	50	40	84

一方、相田による江の島での長周期波観測からも、スペクトルのピークが、女川沖陸棚の基本固有周期と一致していることが認められている。

5. 長周期波と気象擾乱との関係

(1) 天気図パターンと長周期波の関係

長周期波の発生は、低気圧等気象擾乱と関係があると推測されている。そこでまず観測期間中の長周期波記録より、比較的顕著に長周期波が現われている日時に対応

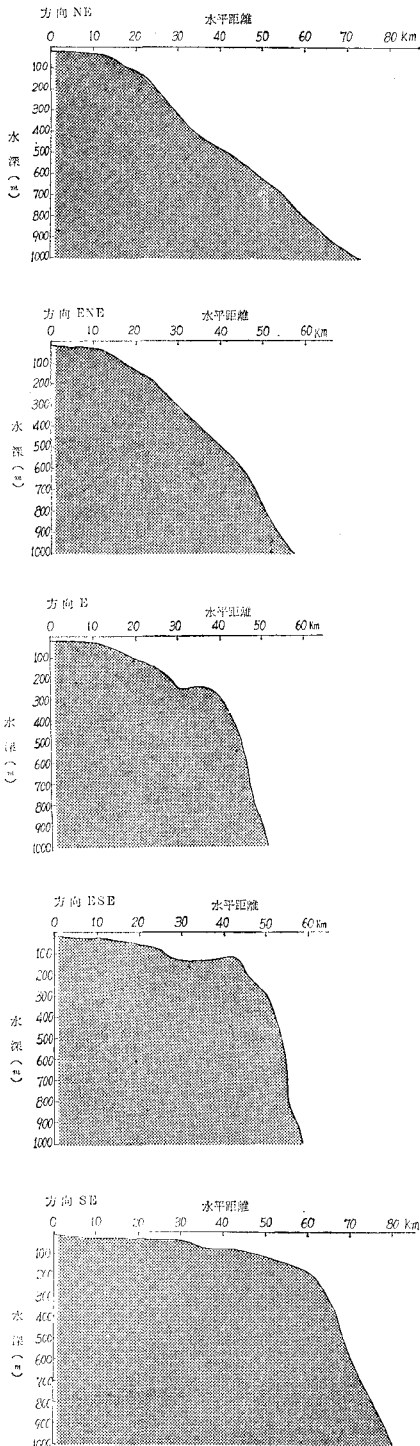


図-4 鹿島港外断面図

する地上天気図を、低気圧の位置とその動向等に着眼して、天気図パターンに分類した。表-3 に天気図パターンを、表-4 にそのパターン別発生頻度を示す。これらのことから次のことがいえる。

表-3 天気図パターンによる分類

天気図型	要 約
A 型	冬季の代表的な天気図型で所謂、西高東低型の気圧配置がこれである。なお主たる低気圧の位置により、更に以下のように小分類を施した。 Aa：主低気圧がオホーツク海付近に位置する場合。 Ab：主低気圧がカムチャッカ半島からアリューシャン付近に位置している場合。 Ac：主低気圧が三陸沖又は北海道の東海上にある場合。
B 型	北高南低型で、これは春、秋の季節によくみられる天気図型で日本海又は東海付近が高圧部となっている。これも低気圧の位置により次のように2分類した。 Ba：低気圧が南西諸島付近から伊豆諸島付近に位置する場合。 Bb：低気圧が伊豆諸島から東方海上にある場合。
C 型	日本海低気圧、位置により次のように分類した。 Ca：低気圧が日本海南部から秋田沖にある場合。 Cb：低気圧が日本海北部にある場合。
D 型	二つ玉低気圧
E 型	南岸低気圧
F 型	移動性高気圧が日本付近を覆っている場合。
G 型	台風

表-4 天気図パターン別発生頻度

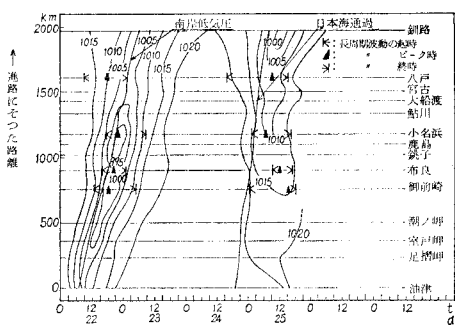
天気図パターン	Aa	Ab	Ac	Ba	Bb	Ca	Cb	D	E	F	G	計
月別												
10月	F		4	2		2	1	3	2	11		25
	%		16.0	8.0		8.0	4.0	12.0	8.0	44.0		100
11月	F	3	3	1		1	2	2		2		14
	%	21.4	21.4	7.1		7.1	14.3	14.3		14.3		100
12月	F	1	3	8		3		7		9		31
	%	3.1	9.7	25.8		9.7		22.6		29.0		100
1月	F		12	4	2	1		3	3	4		29
	%		41.4	13.8	6.9	3.4		10.3	10.3	13.8		100

10月には、移動性高気圧型の場合の出現が約44%と高率を占めている。しかしこれは擾乱区分上のもので、実際はこの気圧配置における日本海低気圧、南岸低気圧および三陸沖からアリューシャン方面の発達した低気圧領域が、その主たる発生源であると考えられる。

次に11月～12月の寒候期初期には、西高東低の冬型で、低気圧が三陸沖或いは北海道東方海上に位置している場合に、顕著な出現をみるようになる。また1月には、低気圧がアリューシャン方面付近に位置している場合の出現が、約41%と他に較べて極端な高率を示している。このことから、北海道東方海上からアリューシャンにおける低気圧の付近で発生した長周期波が、エッジウェイブとして伝わってくるものと考えられる。

(2) 低気圧の移動と長周期波との関係

次に前に示した天気図パターンより、特に南岸低気圧および日本海低気圧を抽出し、その移動に伴う気圧の変



図—5 気圧変動と波の発現時の関係

動と長周期波との関連性について解析を行った。その結果として、太平洋沿岸各地 13 点の気圧変動と、その内 6 点の検潮記録からの顕著な長周期波の発現時およびそのピーク時を表わした。図—5 にその 1 例を示した。

これらのことをまとめてみると、次のようになる。

長周期波の発生起因となる擾乱源が、日本海低気圧の場合には、その中心が鹿島港とほぼ同経度上に到達する前後に、鹿島前面に第 1 波が進入するものと推測される。

また擾乱源が南岸低気圧の場合には、その低気圧の中心が鹿島港と同経度の子午線上に到達する以前、即ち日本海南西部海域に中心が位置しているころより徐々に影響が現われる。

一方波のピーク時は、前者の場合は、その中心が通過後数時間以上経てその出現をみるが、後者は低気圧の中心の通過直後から 1~2 時間経過前後に発現する傾向にある。

なお三陸沖からアリューシャンにかけての海域に位置する低気圧の場合の発現時期、つまり第一波の進入時期は、この低気圧が前記の日本海低気圧や南岸低気圧の移動後のものであることから、明確な判断は出来ない。

6. あとがき

長周期波観測の概要ならびに観測された昭和 51 年 10 ~ 同 52 年 1 月の約 4 カ月間の長周期波記録について取りまとめたが、当初の外海の長周期波の実態を明らかにする目的に応じて、ある程度知識を得ることが出来た。

また陸棚の基本固有周期と一致するようなスペクトルのピーク周期をもった長周期波が認められ、陸棚セイシュの存在がほぼ明らかになった。

今回は、観測点が一点であるため、長周期波の発生、伝播等の機構解明には至らなかった。これらのことは、測定を外海に引き出したデータの蓄積をまって、今後の課題としたい。

なおこの研究を進めるにあたり、スペクトル計算において、運輸省第四港湾建設局の鶴谷広一技官が開発したプログラムを用いた。また、気象研究所の磯崎一郎氏に御指導を頂いた。併せ記して感謝の意を表する。

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) 相田 勇：女川湾内外の長周期波の挙動，海洋科学，海洋出版，Vol. 5, p. 554.