

調査と研究⑥

東中国海の波浪特性

Wave characteristics of East
China Sea

磯崎一郎*・斎藤勝也**

Abstract

Wave climate of East China Sea is investigated by use of wave data obtained at Ocean Data Buoy No. 22001 and several coastal stations. High wave are caused in the sea by strong winter monsoon and gale winds associated with typhoons passing through the sea from south to north. The former waves progress mainly toward southeast and the latter waves progress mainly from southwest to northeast. Accordingly, the waves on the northern coast of islands have different climatological features from the waves on the southern coast.

Behaviors of high waves over whole East China Sea in cases of a typhoon and a winter monsoon are investigated numerically by means of a wave model. High wave area associated with a typhoon is distributed zonally to the right along the typhoon path. On the other hand, high waves caused by

winter monsoon heve maximum values over the central part of East China Sea, and high waves over western part of Japan Sea influence on East China Sea through Tsushima Strait.

1. はじめに

東中国海は古来、中国と日本を結ぶ海上交通路として重要な役割りを果たしており、また良好な漁場として漁業活動は極めて活発である。この海は三方が陸地で囲まれているとは言え、面積が大きいことと、低気圧が発生し易い場であること、台風や冬季の季節風などによって強風が卓越することなどから、高波が急速に発達して大きな災害が生じたことは枚挙にいとまがない。それにもかかわらず、東中国海の波浪についてはあまり多くのことが知られていない。この報告では主として気象庁の海洋気象ブイ及び気象庁と港湾局の沿岸波浪計の観測値^{1)~6)}に基づいて東中国海の波浪の気象学的特性を明らかにし、特異な高波については数値シミュレーションによってその挙動を解明する。この結果は海運、漁業活動の防災に役立つ

*財団法人日本気象協会主任技師 **財団法人日本気象協会

ばかりでなく、大陸棚開発事業にも貢献するであろう。

2. 波浪観測網

日本では港湾局、気象庁、建設省、水産庁および地方自治体がそれぞれの行政目的のために波浪観測網を展開しており、東中国海周辺にも多くの観測所が存在する。その中で、比較的大きい水深で長期間連続的に観測を継続している代表的なものを(Fig. 1) および(Table 1) に示す。これらのうち、中城湾と喜屋武岬は沖縄本島の太平洋岸に面した海岸にあり、その他は東中国海の波浪を観測できる場所にある。沿岸の観測所では水深約50mの海底にセンサを設置した超音波式波高計を用いているので浅海変形をほとんど受けない沖波を記録しているが、センサ位置が陸地の風下側になる場合には遮蔽効果を受けて波はあまり発達しない。

海洋気象ブイNo. 22001では加速度式波高計を用いている。陸地による遮蔽効果を受けないので東中国海の代表的な波浪データが得られるが、酷い環境にあるためデータ測得率があまりよくなない。また、電源経済の関係で各観測時間の初めか

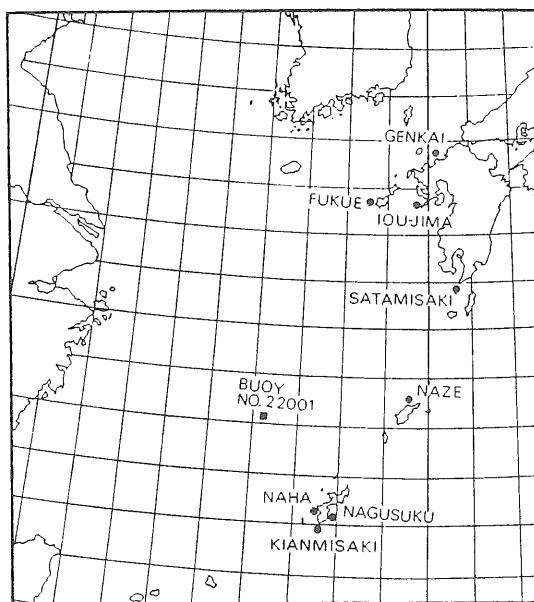


Fig. 1 Location of wave observing stations.

ら引続いた20個の波を観測し、その平均波高と平均周期を報ずるようになっている。従って、ここでは報じられた波高を1.6倍して有義波高とし、周期は1.1倍して有義波周期とする。

Table 1 Data of wave observing stations

Station name	Location		Water depth at sensor position	Beginning of observation	Type of wave gage *	The competent authoritics **
	Lat. (N)	Long. (E)				
Kianmisaki	26° 04' 28"	127° 42' 50"	- 51 m	Feb. 1983	USW	JMA
Satamisaki	31° 02' 35"	130° 44' 53"	- 45	Mar. 1982	USW	JMA
Fukue - jima	32° 45' 13"	128° 37' 46"	- 51	Apr. 1980	USW	JMA
Naha	26° 15' 19"	127° 38' 56"	- 51	July 1973	USW	PHB
Nakagusuku - wan	26° 14' 15"	127° 58' 10"	- 50	Jan. 1973	USW	PHB
Naze	28° 27' 00"	129° 31' 35"	- 50.7	Mar. 1977	USW	PHB
Iou - jima	32° 43' 09"	129° 45' 07"	- 50	Dec. 1974	USW	PHB
Genkai	33° 48' 28"	130° 16' 49"	- 45	Aug. 1980	USW	PHB
Buoy No. 22001	28° 10'	126° 20'	- 140	Sep. 1974	AD	JMA

* USW: Ultra sonic wave gage, AD: Acceleration type wave gage

** JMA: Japan Meteorological Agency, PHB: Port and Harbor Bureau

3. 波浪の気候学的特性

3.1 波高の季節変化

代表的な観測地点における月平均有義波高的季節変化を(Fig. 2)に示す。統計期間は各観測点で異なり、ブイでは1986, 1987年の2カ年、喜屋武岬が6年、中城湾が11年、那覇が12年、名瀬が8年である。

ブイでは季節風による強風が卓越する冬季に波が高く、2月の月平均有義波高は2.24mにもなっている。3月以降、季節風が弱まるに従って波高は低くなり、5月が最低で1.20mとなっている。6月以降は台風の影響が次第に現れて南寄りの風波とうねりが卓越するようになる。特に8月には東中国海に入る台風の数が最も多く、波高も極大値を示している。11月以降は再び冬の季節風によって波が高まる。以上が東中国海の波浪の典型的な季節変化で、沿岸で陸地の遮蔽効果や浅水変形によって地域的に異なる特性を持つ。

名瀬では冬季に波高が高く、1月に1.66mであるが、夏季は穏やかで7月は0.71mである。8月以降は次第に波が高まっている。那覇も同じ傾向を示している。ブイの季節変化と比べると、台風による南からの風波とうねりが陸地で遮蔽されて卓越しないことがわかる。

一方、太平洋側の海岸にある中城湾と喜屋武岬では陸地の遮蔽効果で冬季に波が低く、暖候期に進むに従って波高が増している。特に8月に顕著なピークが現れているのは東中国海に侵入する台風の数が増すためである。

陸地による遮蔽効果のため、沿岸における観測値はブイにおける観測値より小さい。年平均の有義波高は名瀬が1.13m、那覇が0.99m、喜屋武岬が1.06m、中城湾が1.04mであるのに比べてブイでは1.74mで、約70cm位大きい値となっている。

3.2 波高と周期の結合分布

有義波高と有義波周期の結合分布を用いると実際の波の統計的性質がよく理解できる。ブイおよ

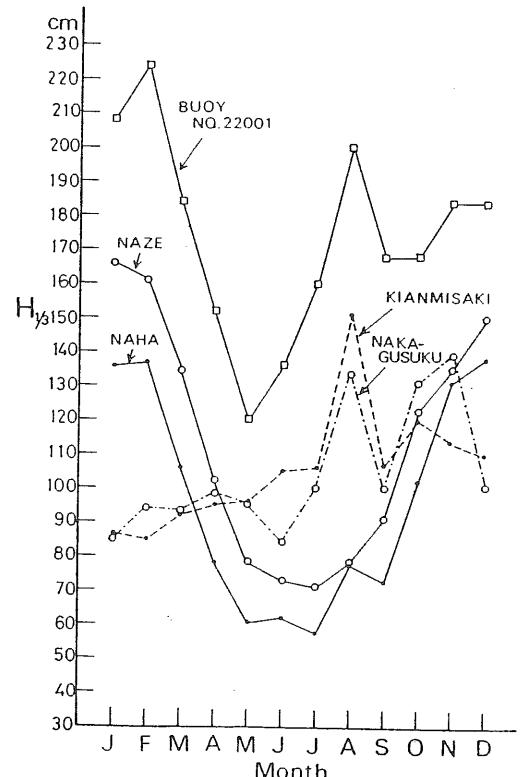


Fig. 2 Seasonal variations of monthly mean significant wave height at Buoy No. 22001, Naze, Naha, Kianmisaki and Nakagusuku-wan.

び那覇について、個々の有義波高と有義波周期の観測値の組が、周期を1秒間隔、波高を0.5m間に分けて小さな区分の中に入る個数を勘定してプロットしたものを(Fig. 3)に示す。図中に示す曲線は波形勾配を表わすパラメータ($2\pi H_s / g T^2$)の代表的な等値線を描いたものである。有効波形勾配1/10は外洋で測定される波浪の中で実際的な最大値であると考えてよい。

ブイの場合を見ると、有効波形勾配が1/20と1/50の中間で頻度が高くなっている。1/100に沿っても高い頻度が見られるが、これはうねりに対応するものである。波高1m未満で見られる長周期の波は係留系の動搖や器械誤差に基づく見かけの現象である。那覇の場合もブイと同様の分布をしているが、風波に相当する波は有効波形勾配1/50の線に近い所に分布しており、ブイに比べて波形

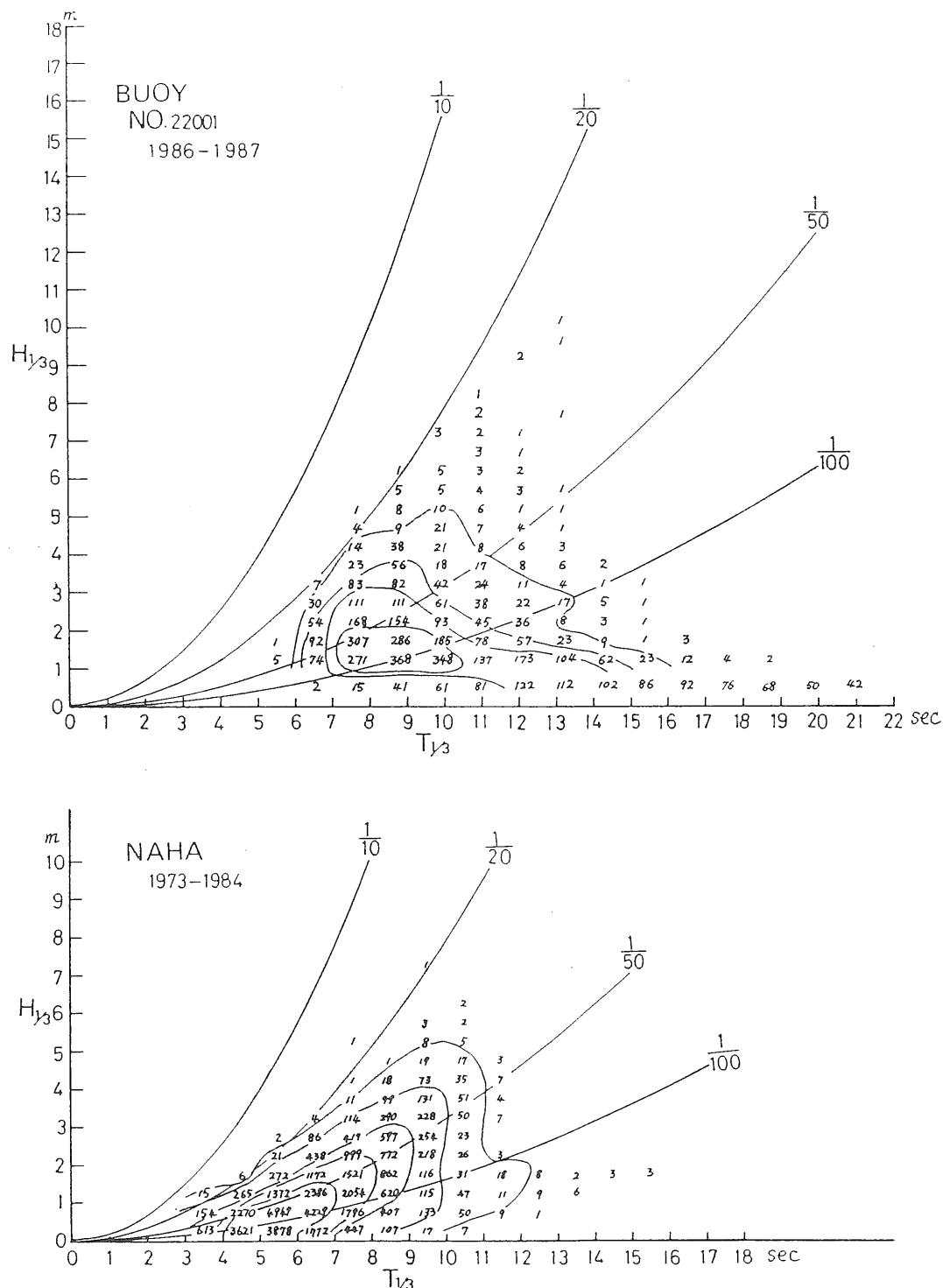


Fig. 3 Relations between significant wave heights and periods obtained at Buoy No. 22001 and off Naha - harbor. Numerals are the number of times appeared in each wave height - period subgrids, and curves indicate some of representative wave steepness parameter, $2\pi H_s / g T_{g3}^2$.

勾配がやや緩やかである。1/100より緩やかな勾配の所にうねりに対応する波が分布している。風波に対応する観測値に比べてうねりの個数は少ない。

3.3 波高の未超過確率

(Fig. 3)において、波高の生起回数を周期について加え合わせると各波高範囲内の観測回数が得られる。これを全体の観測個数に対する比で表し、波高の低い方から順次加えてゆくと、それぞれの波高に対する未超過確率が得られる。(Fig. 4) はこうして得られた累積頻度分布である。この図でも那覇よりブイの方が波が高いことがわかる。例えば、作業可能な限界を有義波高 2.0m以下とすると、ブイでは全体の期間の70%しかこの条件を満たさないが、那覇港の沖では約90%がこれを満たす。

4. 異常な高波

ブイ No. 22001 に於て、1978年から1987年までの10年間に観測したデータの中での高波の記録を (Table 2) に示す。この表によると、観測された有義波の最高値は台風8613(Vera)によって起きた1986年8月26日15時の17.8m (周期13.0sec) である。表示した12例中、9例が台風によって生じた高波であり、3例が低気圧通過後の強い冬季季節風によるものである。

4.1 台風によって生じた異常高波

(Table 2) の中に示された台風の経路を (Fig. 5) に示す。これによると、ブイの西側を 100~250Km位離れて北上する台風が最も多く、7例となっている。ブイの近傍を通過したのは台風8712(Dinah) の1例であり、他の1例は南西諸島の南部を西北西に進んで中国大陸に上陸した台風8511(Nelson)である。

ブイに最接近した頃の台風の中心気圧は 940~960mbの範囲にあり 8712号の 938mbが最も低かった。台風の移動速度はブイ最接近時に20~30 km/h

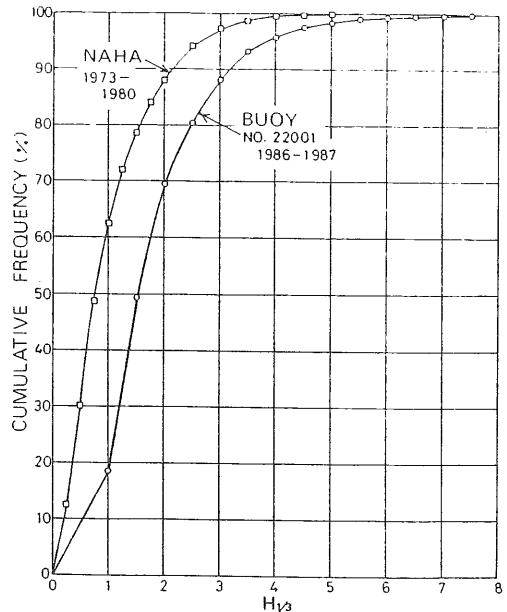


Fig. 4 Cumulative frequency of significant wave height at Buoy No. 22001 and off Naha-harbor.

/h で、徐々に加速していることが多い。台風の進行方向と高波域の卓越波向が一致した時、高波の平均群速度と台風速度が同じ位になると、実効

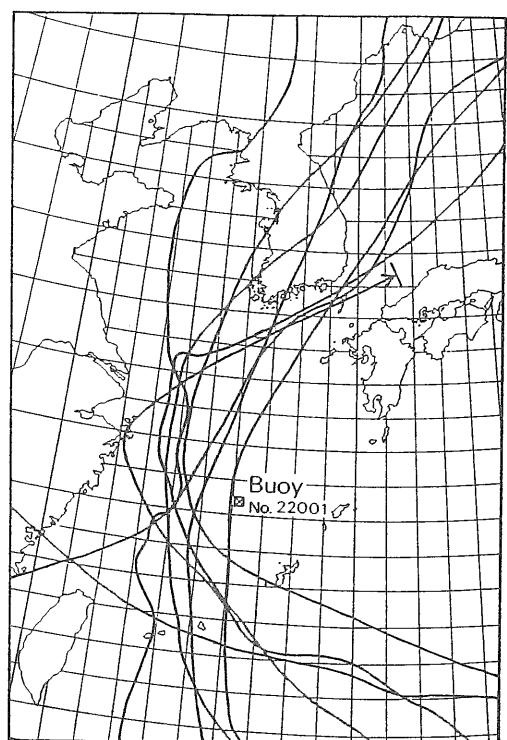


Fig. 5 Tracks of typhoons which caused abnormally high waves at Buoy No. 22001.

的に吹走距離と吹続時間が増大して波が著しく発達することができる。これが東中国海で大波が発達する機構の1つである。

1例として、台風8712(Dinah)に伴って観測された高波について述べる。この台風は1987年8月29日から30日にかけて東中国海を北上し、海洋気象ブイ22001の近傍を通過した後、向きを北東に変えて朝鮮海峡、日本海中部を通過して北海道北部へ進んだ。ブイでは最低気圧 938.7mb, 最大風速39.4m/s(SE)を記録している。(Fig. 6)はこの台風の通過に従って、日本周辺各地で観測された有義波高の最大値、およびその最大値が起こった時の台風の位置を細線で結んで示してある。ブイ22001では台風の最接近より約3時間前に最大有義波高12.3m(12.1sec), を記録したが、これに次いで日本海のブイ21002の10.6m(13.2sec),

喜屋武岬の9.30m(16.3sec), 北海道の松前における8.70m(14.1sec)などが観測された顕著な高波である。

ブイ 22001、喜屋武岬および中城湾で観測された有義波高の時間変化を(Fig. 7)に示す。ブイでは8月30日6時に12.3mを観測しているが、3時から6時までの3時間に波高が4.3mも増している。また、9時から12時までの3時間には波高が4mも低くなっている、10m以上の高波は3~4時間継続したに過ぎない。

この台風の高波によって、長崎県下の水産関係施設を中心に総額980億円という甚大な被害が生じ、とりわけ漁業については100港234件282億円という未曾有の額となった。巨大な大波が沿岸に作用した時間は、30日23時~31日3時の約4時間の短い時間であった⁷。このことは(Fig. 7)で見られるブイの観測値の変化とよく似ている。

4.2 冬季の季節風による高波

(Fig. 2)に見られるように、東中国海は1月および2月に最も海が荒れる。これは季節風によつて波が発達するためで、(Table 2)の高波の記録

Table 2 Records of high waves observed at Buoy No. 22001

Order	Max. of $H_{1/3}$ ($T_{1/3}$)	Date	Remarks
1	17.8 m (13.0 s)	12 h 26 Aug. 1986	T 8613 (Vera)
2	15.8 (14.0)	15 31 Aug. 1981	T 8118 (Agnes)
3	13.0 (11.8)	03 16 Aug. 1979	T 7910 (Irving)
4	12.3 (11.0)	06 30 Aug. 1987	T 8712 (Dinah)
5	10.4 (12.0)	00 15 July. 1987	T 8705 (Thelma)
6	9.0 (10.0)	03 5 Oct. 1985	T 8520 (Brenda)
7	8.5 (10.8)	00 25 Aug. 1979	T 7911 (Judy)
8	7.8 (9.0)	18 11 Aug. 1982	T 8211 (Cecil)
"	7.8 (10.0)	21 3 Feb. 1987	Winter monsoon
10	7.7 (9.0)	12 22 Aug. 1985	T 8511 (Nelson)
"	7.7 (9.0)	00 5 Jan. 1986	Winter monsoon
"	7.7 (12.0)	12 13 Jan. 1987	Winter monsoon

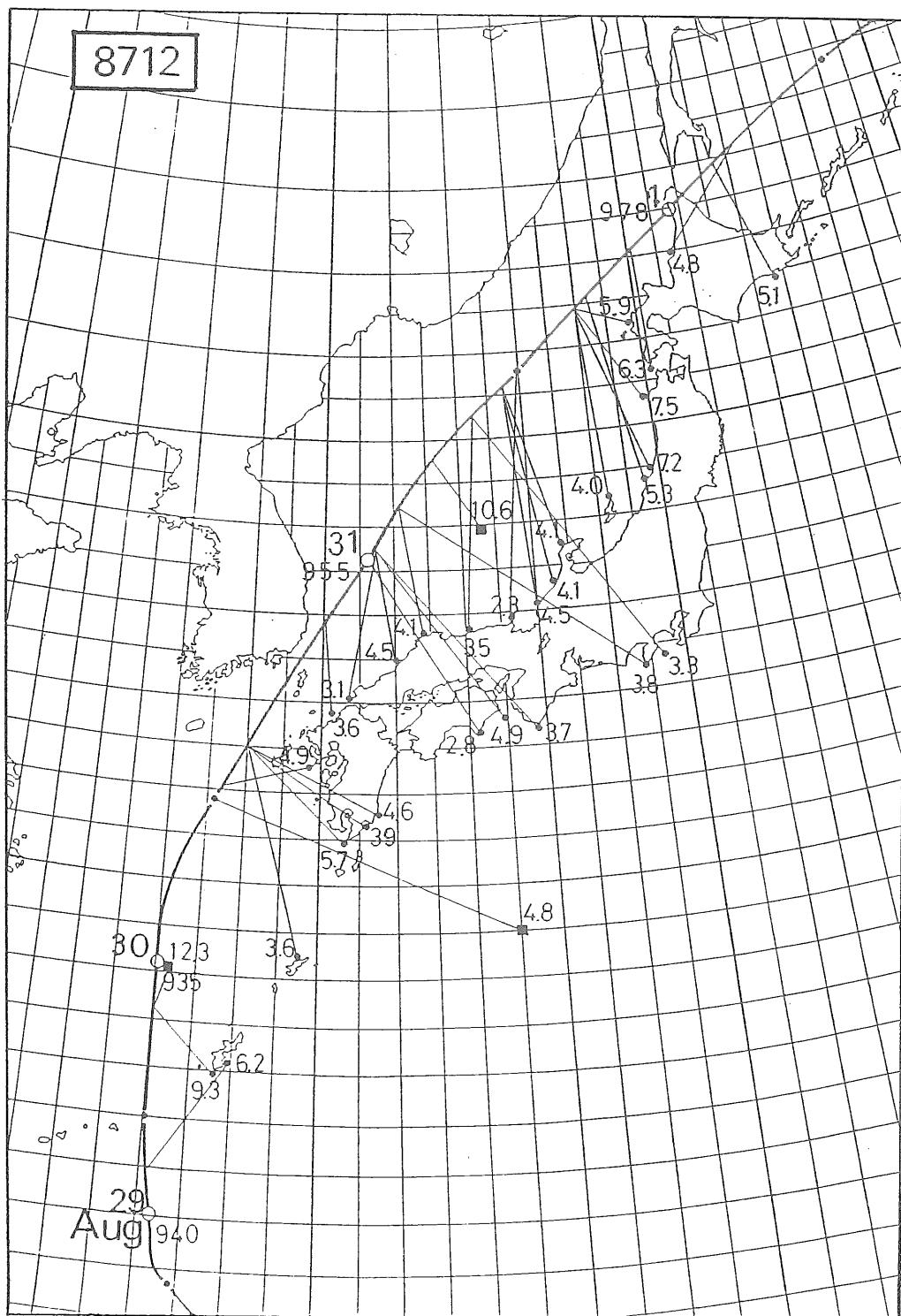


Fig. 6 Track of Typhoon 8712 (Dinah), and maximum significant wave height observed at respective wave observing stations. Thin lines connect station positions to the typhoon locations when the maximum significant wave height is reached at respective stations.

の中にも3例が見られる。これらは有義波高7.8mおよび7.7mで、台風による異常な高波に比べると低いが、高波の継続期間が長く、台風より頻繁に起こるので影響が大きい。

1例として1987年2月2～5日の高波について述べる。(Fig. 8)には2月1日から4までの毎日9時の天気図を示す。1日には東中国海は移動性高気圧に覆われており、中国東北部から南西にのびる気圧の谷があった。2日には移動性高気圧は三陸沖に進み、気圧の谷は速い速度で東中国海を通過し、日本海西部と四国沖に低気圧が発生した。東中国海では北部から次第に北西の季節風が強まってきた。3日には低気圧が日本の東海上で発達し、東中国海は全般に北西の季節風が卓越し、日本海では北北東ないし北の強風が吹き荒れた。4日には低気圧は東方海上で発達し、東中国海から日本周辺全般に強風が継続したが、低気圧が東に遠ざかるに従って風も次第に弱まった。

(Fig. 9)にはブイ22001、名瀬および那覇の有

義波高の時間変化、およびブイにおける風向風速の変化を示す。ブイでは3日18時に西北西の風21m/sを記録し、21時には有義波高7.8m(10.0sec)を観測した。名瀬では3日18時に波高6.8m(10.3sec)、那覇では4日2時に5.3m(11.0sec)を観測している。

波の発達をみると、3地点とも2日12時に突然的に波の発達が始まっている。これはブイにおける風速が10m/sを越えた時刻に相当する。また、3地点ともほとんど同じ位相で波高が変化している。これらのこととは、東中国海南部で広い面積にわたって同時的に強風が吹き始め、波が風の吹送時間の制約のもとに発達したことを意味している。

(Table 2)に示した1986年1月4～5日、および1987年1月12～14日の高波の場合にも、比較的に穏やかな海面状態から突然的に波の発達が始まっている。前者の場合にはブイと那覇で波の発達の始まりに約6時間の遅れが見られ、有義波高が

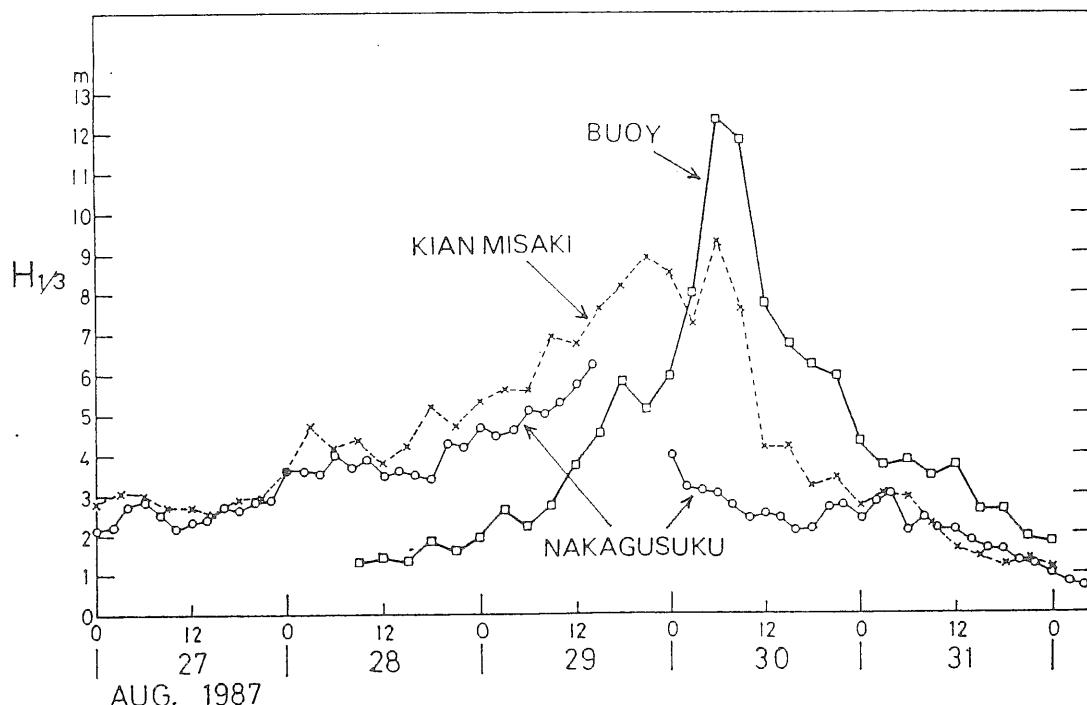


Fig. 7 Time variations of significant wave height observed at Buoy No. 22001, Kianmisaki and Nakagusuku-wan during the passage of Typhoon 8712 (Dinah).

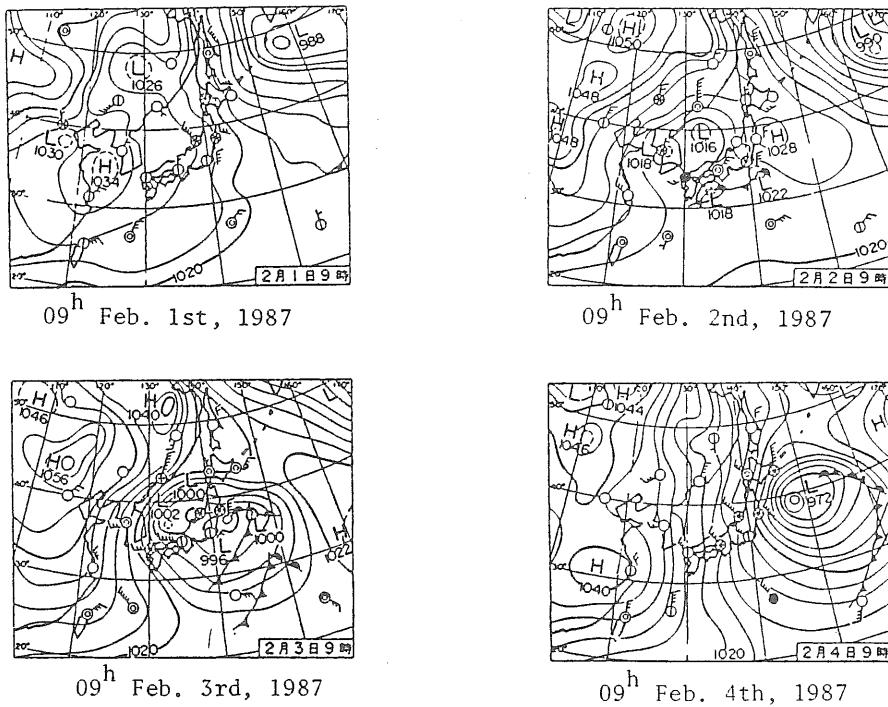


Fig. 8 Weather maps at 9^h in respective days from 1st to 4th Feb. 1987.

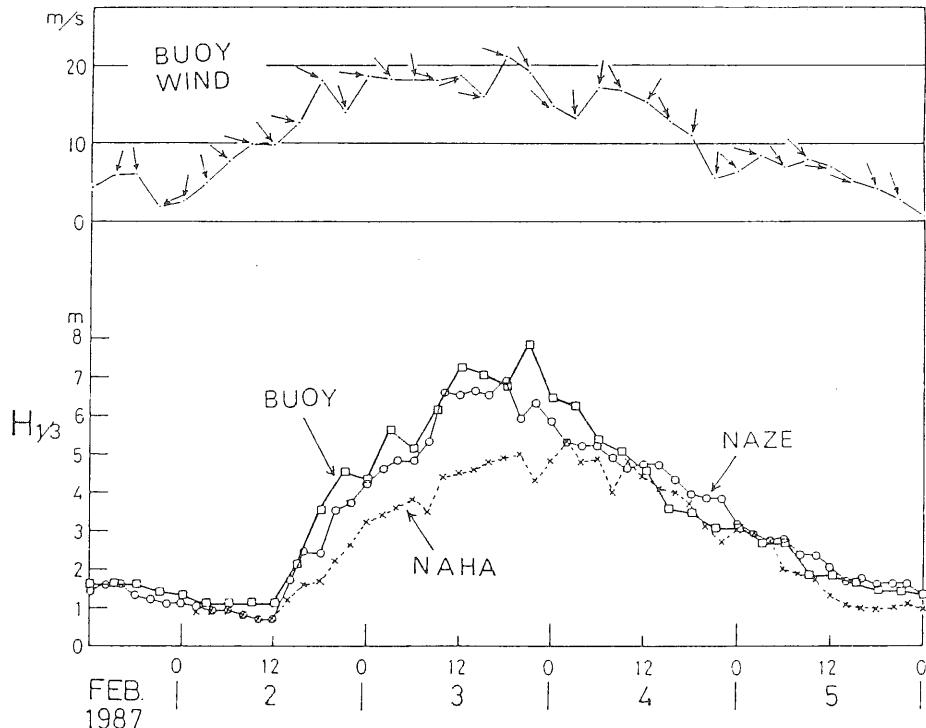


Fig. 9 Time variations of significant wave height observed at Buoy No. 22001, Naze and Haha during the severe winter monsoon winds from 1st to 5th Feb. 1987. Variation of winds obtained at the Buoy is also shown in the upper part of the figure.

最高に達した時刻にも約6時間の遅れがある。後者ではブイと名瀬で波の発達の始まりに約4時間の遅れがあるが、波高の時間的変化傾向および大きさはよく似ている。

以上のことからわかるように、冬季の季節風による東中国海の高波は、突然的に波の成長が始まり、それが北から南に向かって広がる傾向があるが、短時間の間に全域で高波が卓越するようになる。特に、操業中の漁船は波浪予報に注意し、遭難を未然に防止するよう心懸けねばならない。

5. 異常高波のシミュレーション

前節で異常高波の特徴について述べたが、本節では数値モデルを用いて、東中国海全域についての高波の挙動を解明する。用いた数値モデルは海上風モデルと波浪モデルとから成る。

5.1 海上風モデル

海上風の計算にはカルドン^⑧の理論に基づいて磯崎・宇治^⑨が開発したモデルを用いる。これは非中立、パロクリニックな大気境界層2層モデルで、上空の自由大気中では傾度風を仮定する。エクマン層の風に関してはエクマンの解を用いる。地表層の風に関しては、水温・気温差から求めた大気安定度を考慮した対数分布法則を用い、エクマン層と地表層の境界面で連続性が保たれるように風速の鉛直分布を定めるモデルである。なお、台風域内に関しては気圧分布モデルを用いて計算される風の場を挿入するようにしている。

5.2 波浪モデル

波浪の計算には、スペクトルの概念に基づいたモデルMR I¹⁰⁾(10)を用いる。このモデルはエネルギー平衡方程式

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \vec{Cg} \cdot \nabla S = S_{in} + S_{ds}$$

に基づいている。ここで、 $S(f, \theta, \chi, t)$ は成分波のエネルギー密度であり、 f, θ, χ, t は

それぞれ周波数、方向、位置、時刻を表す。 $Cg(f)$ は成分波の群速度である。 S_{in} と S_{ds} はそれぞれ風からの入力およびエネルギー消散を表すソース関数で、5つのエネルギー輸送過程を含んでいる。すなわち、時間に関して線形的な成長、指数的な成長、碎波によるエネルギー消散、内部摩擦による消散および逆風による消散である。

波の伝播の計算に関しては、成分波が周波数的にも方向的にも有限幅を持っていることを考慮して、速度分散および角分散が合理的に表現できるように工夫されている。波が発達しきった飽和状態に関してはピアソン・モスコビッツ¹¹⁾のスペクトルを採用する。

$$SpM(f) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \\ = \exp \left\{ -0.74 [g / (2\pi U f)]^4 \right\}$$

ここで、 $\alpha = 0.83 \times 10^{-2}$ 、 U は風速である。スペクトル成分は周波数については0.04Hzから0.25Hzまで0.01Hz間隔に22成分であり、方向については22.5°間隔に16成分である。

基本方程式は次第で表され、計算はこれを周波

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\vec{Cg} \cdot \nabla S + (A + B \cdot S) \left\{ 1 - \left(\frac{S}{SpM} \right)^2 \right\} \Gamma(\theta),$$

$$S \leq \sqrt{2} SpM, \quad \theta \leq 90^\circ$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\vec{Cg} \cdot \nabla S - D \cdot f^4 S, \quad$$

$$S > \sqrt{2} SpM, \quad \theta \leq 90^\circ$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\vec{Cg} \cdot \nabla S - \{ B \cdot \Gamma(\theta) + D \cdot f^4 \} S, \quad$$

$$\theta > 90^\circ$$

数および方向別に時間に関して積分する方法で行われる。

ここで、AとBはそれぞれ線形的および指指数的成長率、Dは減衰係数、 $\Gamma(\theta)$ は方向分布関数であり、 θ は風向の方向から測った成分波の方向である。

計算領域は(Fig. 12)以降の図と同じで、格子間隔は50km、タイムステップは1時間とした。

5.3 計算結果(1) 台風8712号の場合

海上風モデルで計算したブイ22001地点の風の推算値と観測値の比較を(Fig. 10)に示す。ブイの風速計高度は水面上約8mであるから、観測風速は20m高度の値に調整してある。この図で、観測値の最大が30日9時の44m/sであるのに対して推算風は35m/sで、やや小さい値となっているが、全体的に見れば推算風は風向、風速とも観測値とよく一致している。

ブイ22001地点における波高と周期の推算値と観測値の比較を(Fig. 11)に示す。この図で、8月27日から28日前半までの約36時間は不自然な初期条件の影響が残っているので捨て去らねばならない。28日後半以降を見ると、波高、周期とも推算値と観測値が合理的な一致を示しており、推算された有義波高の最大値13.1m(13.0sec)は観測値12.3m(12.1sec)に近い値である。詳細に見る

と、波高の時間的变化は観測値が急激な発達と減衰を示しているのに対して、推算値の変化は緩やかである。これは推算モデルの時間的、空間的分解能が粗いことによる。

(Fig. 12)は台風がブイ地点に接近した30日9時の有義波高と波向きの分布であるが、台風中心の北東数10kmの所に波高13.1mが見られ、波向きは南東から北西に向いている。

各格子点について、計算期間中の最大の波高を(Fig. 13)に示す。波高13mの等価線を見ると、台風経路の右側に沿って約70kmの幅で帯状に伸びており、ちょうど長崎県に行きあたる形になっている。九州の中でも長崎県に集中して甚大な沿岸災害が生じたのはこの高波域の効果にはかならない。

5.4 計算結果(2) 1987年2月2~4日の場合

冬季の季節風による東中国海の高波の挙動を解明するため、1例として1987年2月2~4日の場合の波浪推算を行った。

ブイ地点における有義波高、周期、海上風の推算値、および有義波高の観測値を(Fig. 14)に示す。推算値では3日15時に最大風速22m/s(NW)が現われており、19時30分に最大の有義波高6.26m(11.3sec)に達している。これに比べて、観測値の最大は21時の7.8m(10sec)であり、推算値よりやや大きい。また観測値では2日12時頃突

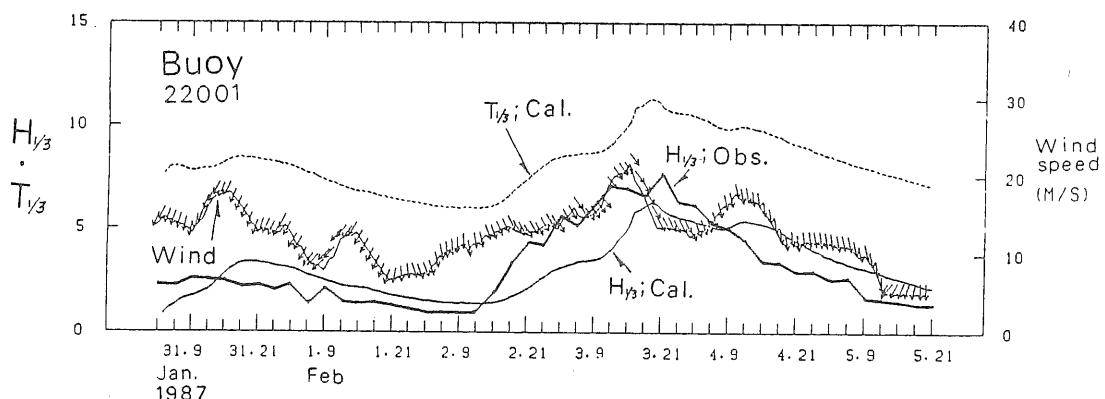


Fig. 14 Comparison of significant wave heights estimated at Buoy No. 22001 with the observations during the severe winter monsoon from 1st to 5th Feb. 1987. Estimated significant wave periods and winds are also shown in the figure.

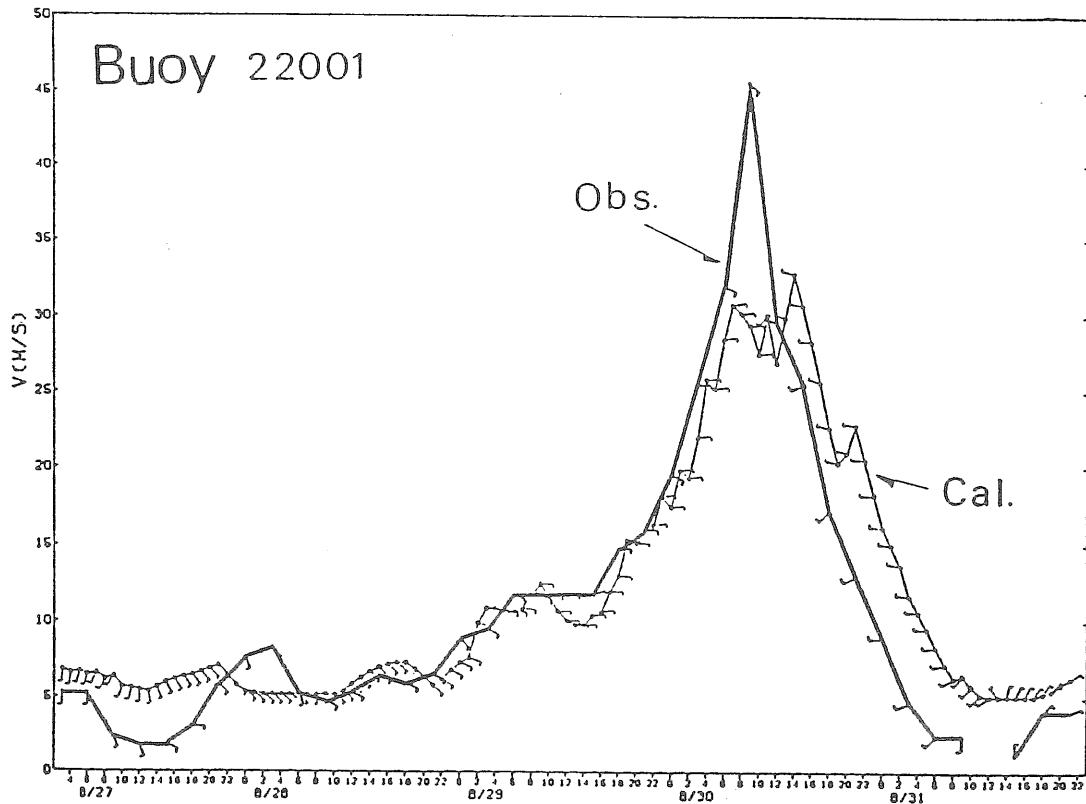


Fig. 10 Comparisons of wind speeds and directions estimated at Buoy No. No. 22001 with the observations during the passage of Typhoon 8712 (Dinah). Observed wind speeds are adjusted to 20m - height.

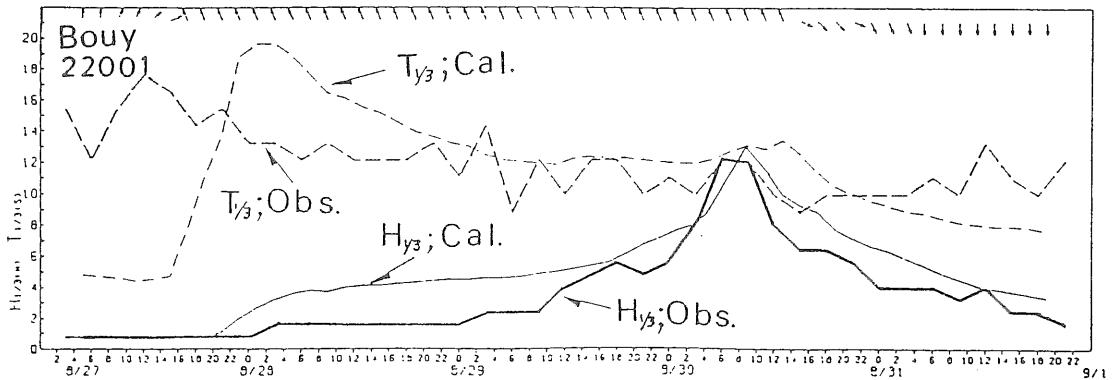


Fig. 11 Comparisons of significant wave height and wave periods estimated at Buoy No. 22001 with the observations during the passage of Typhoon 8712 (Dinah)

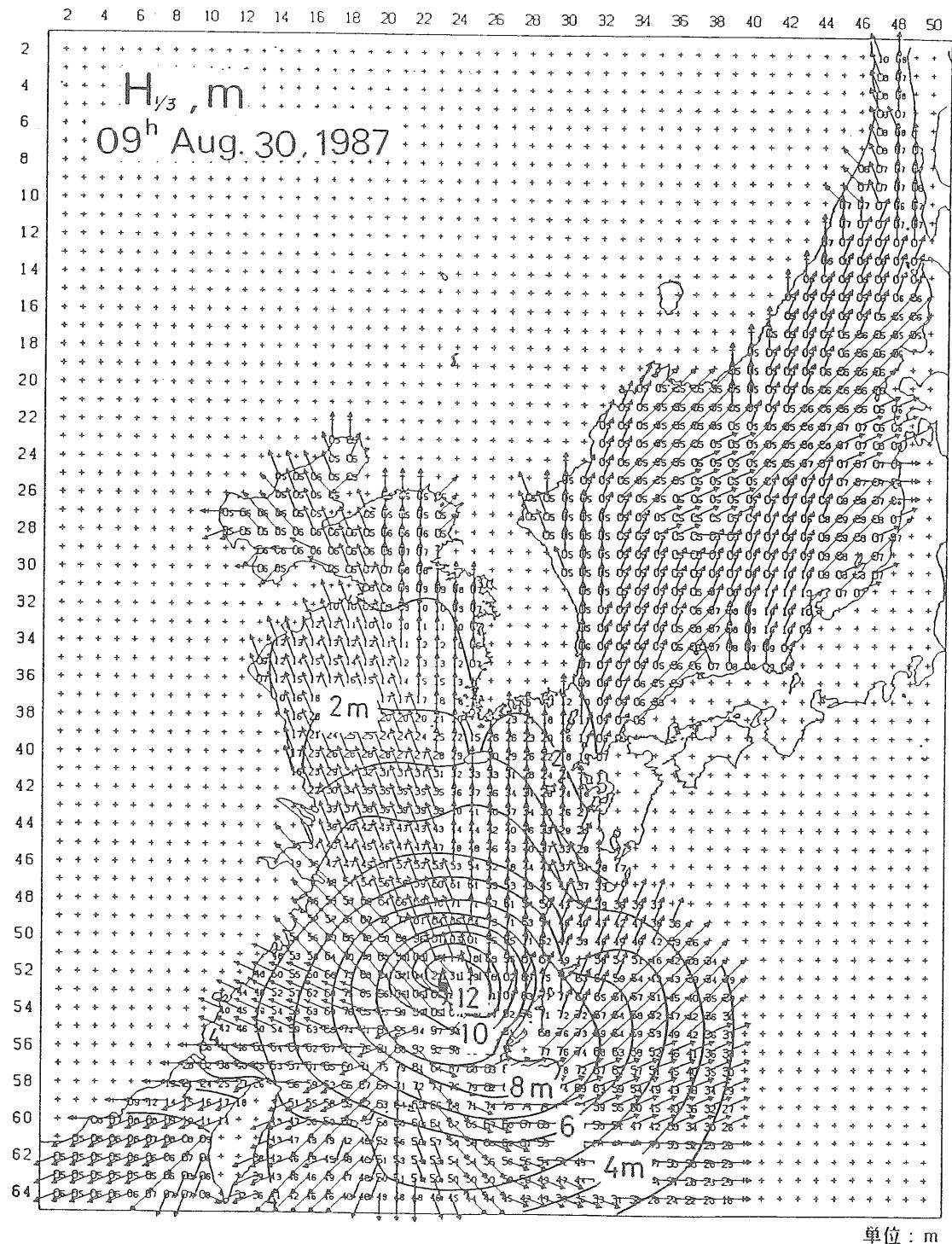


Fig. 12 Distribution of significant wave heights and wave directions estimated at 9^h Aug. 30, 1987 when the Typhoon 8712 (Dinah) is situated near the Buoy.

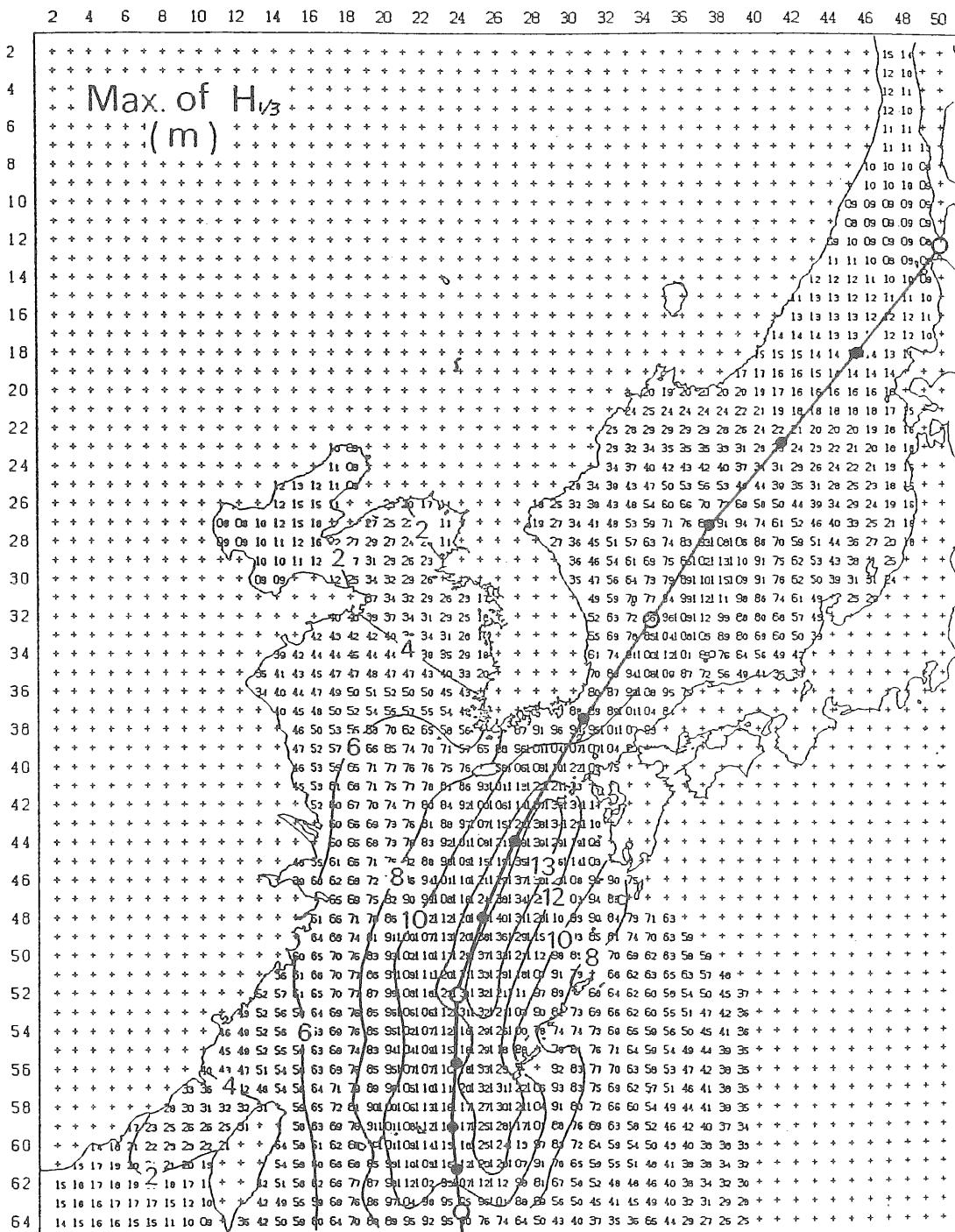


Fig. 13 Distribution of maximum significant wave heights estimated at respective grid points during the passage of Typhoon 8712 (Dinah).

然的に急速に波が高まっているが、推算波高の発達は緩やかである。このような差異があるにしても推算値は観測値を近似的に表現していると言えよう。

2月4日00時の波高と波向の分布を(Fig.15)に示す。東中国海の中央部に有義波高6mの高波域があり、波向は北北西から南南東に向いている。南部では波が放射状に広がって伝播する様子が見られる。

日本海西部には波高6mの別系統の高波域があって波向は北から南に向いている。対馬海峡周辺はこれらの2つの系統の高波の影響を受け、複雑な荒れた海面状態を呈することが想像される。奄美大島と沖縄本島の風下側に低波高域が見られる。

計算で得られた各格子点における最大の有義波高の分布を(Fig.16)に示す。東中国海中央部に7mの高波域が見られ、北西から南東方向に伸びている。一方、日本海西部には8mの高波域があり、南に伸びて九州北部の海岸に襲来している様子がうかがえる。

6. 結 論

海洋気象ブイおよび沿岸波浪計の観測値の解析から次の特性が明らかになった。

(1) 冬季には季節風による高波が卓越し、8月および10月、11月には台風による高波が卓越する。前者の波向は北西から南東に向かい、後者では南西から北東に向かう。

(2) 従って、海岸における観測では島の遮蔽効果を受けて北側と南側の海岸で気候学的特性が異なる。北側では冬季に波が高く夏季に穏やか、南側では8月および10月、11月に波が高く冬季に穏やかである。この遮蔽効果のために、平均波高はブイに比べて海岸の方が60~70cmくらい低い。

(3) 波形勾配は比較的急峻である。

(4) ブイで観測した異常な高波は東中国海の西部を北上する台風によって起こるものが多く、最大値は台風8613(Vera)に伴った17.8mである。冬季の季節風による高波の記録は1987年2月3日の7.8mであった。

異常な高波の2例について数値シミュレーションによって東中国海全域の波浪の挙動を調べ、次の知見を得た。

(1) 台風の進路に沿って右側に高波域が帯状に分布する。

(2) 冬季の季節風による波浪は東中国海中央部で高く、南下すると波高は減ずる。日本海西部の高波が対馬海峡を通して東中国海に影響をおよぼしている。

以上で指摘した東中国海の波浪特性に関する知見は漁船の安全対策、大陸棚開発、漁港等沿岸施設の防災に有効に活用されるであろう。

参考文献

- 1) 気象庁 (1978~1988) : 気象庁海洋気象ブイロボット観測資料、第1号~第11号
- 2) 気象庁 (1978~1988) : 気象庁波浪観測資料 第1号~第11号
- 3) 高橋、他 (1972~1981) : 波浪に関する拠点観測年報、昭和45年~昭和54年港湾技研資料 Nos. 137, 158, 178, 209, 233, 258, 286, 311, 332, 373
- 4) 高橋、他 (1982~1983) : 沿岸波浪観測年報、昭和55年~昭和56年港湾技研資料 Nos. 417, 445

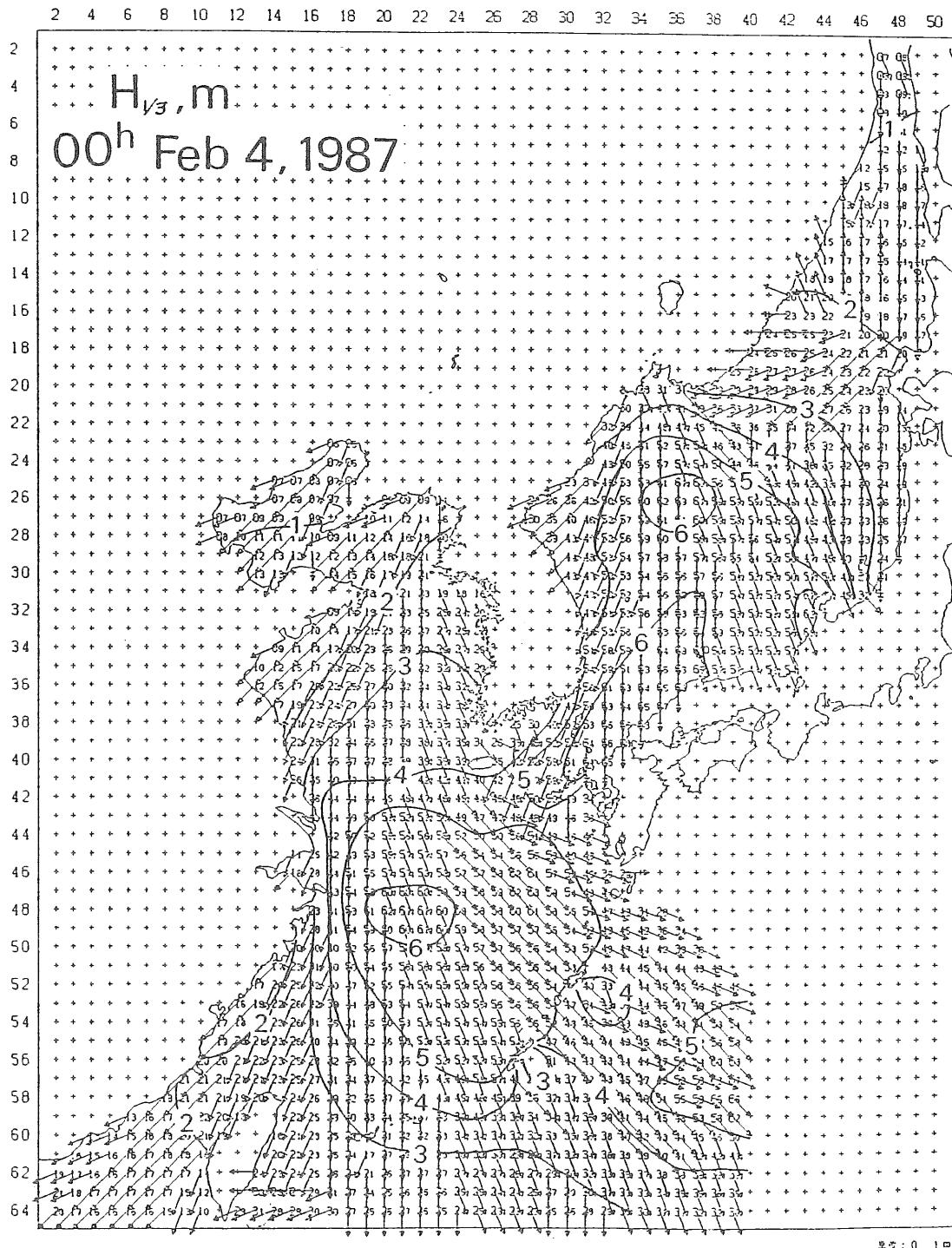


Fig. 15 Distribution of significant wave heights and wave directions estimated at 00^h Feb. 4, 1987.

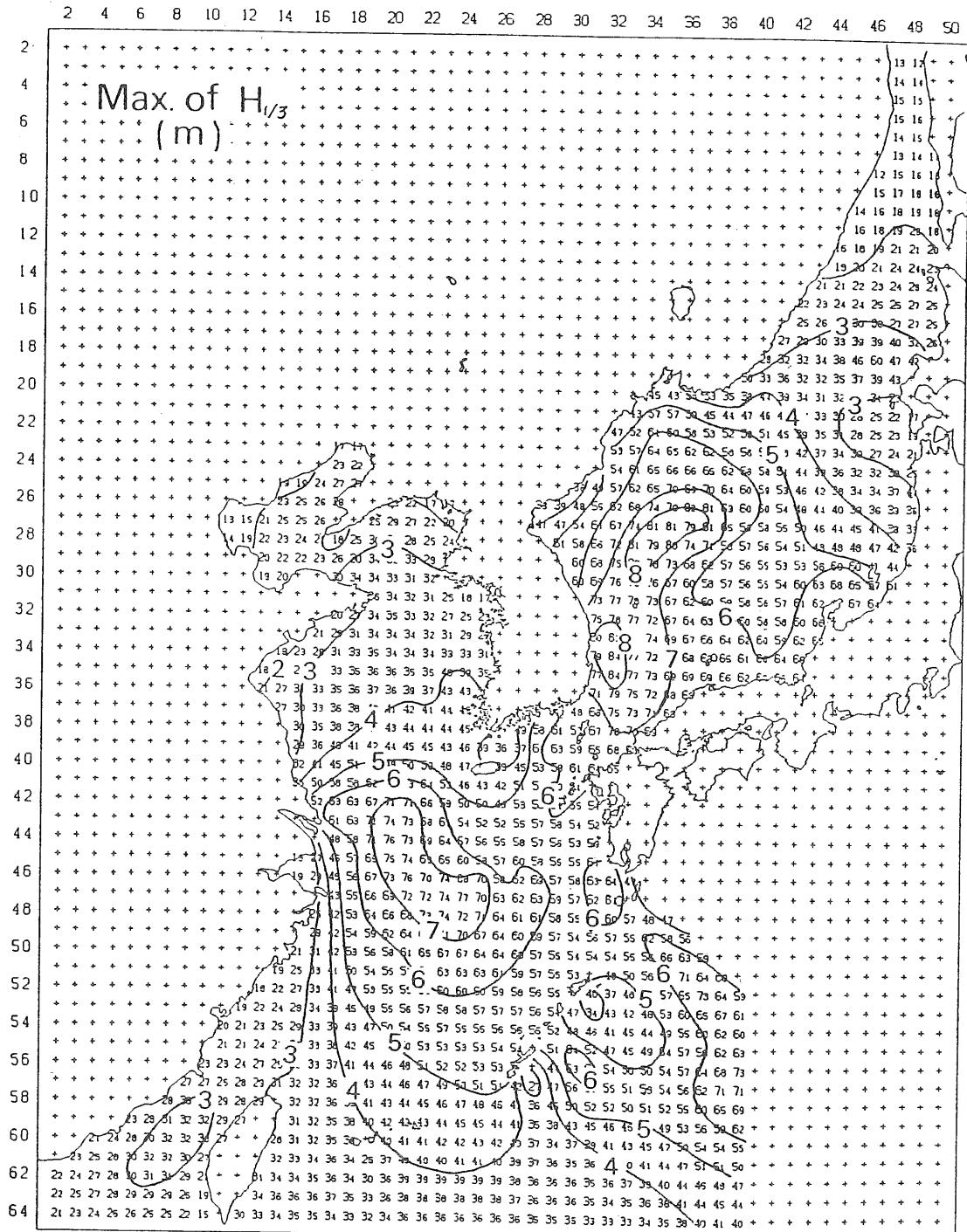


Fig. 16 Distribution of maximum significant wave heights estimated at respective grid point during the severe winter monsoon from 1st to 5th Feb. 1987.

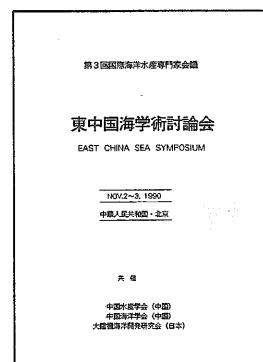
- 5) 菅原, 他 (1984~1986) : 沿岸波浪観測年報, 昭和57年~昭和59年港湾技研資料Nos. 480, 517, 545
- 6) 小舟, 他 (1987~1989) : 沿岸波浪観測年報, 1987年~1989港湾技研資料 Nos. 574, 612, 642
- 7) 長野, 他 (1989) : 1987年12号台風による沿岸災害の概要沿岸海洋研究ノート, 27(1), 11~20
- 8) Cardone, V. J. (1969): Specification of the wind distribution in the marine boundary layer for wave forecasting. New York Univ. School of Eng. and Sci., Rept. GSL-TR69-1, 131p
- 9) 磯崎・宇治(1974): 海上風数値モデルの波浪予報への応用気象研究所研究報告, 25, 197 ~231
- 10) Isozaki, I. and T. Uji(1973): Numerical prediction of ocean waves. Papers in Meteorol. and Geophys., 24, 207-232
- 11) Pierson, W. J. and L. Moskowitz (1964): A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S. A Kitaigorodskii, J. Geophy. Res. 69, 5181~5190.

東中国海の海洋水産専門家が一堂に執筆

第3回国際海洋水産専門家会議
『東中国海学術討論会』
 (EAST CHINA SEA SYMPOSIUM)
 大陸棚海洋開発研究会編

【特 長】

- 東シナ海の水産資源と環境特性について33編を掲載
- 全文中国語（日本・韓国両国専門家の論文については日本語を併記）
- 東シナ海の水産資源、漁業、赤潮、環境汚染、気象など、多角的に言及



B5判 260頁
 定価 5000円（本体4850円）

【お問い合わせ】 編集発行 大陸棚海洋開発研究会 TEL 03(3481)6989, FAX 03(3481)6295

〒150 東京都渋谷区宇田川町37-13 スリーエスビル3F