

港湾空港技術研究所 資料

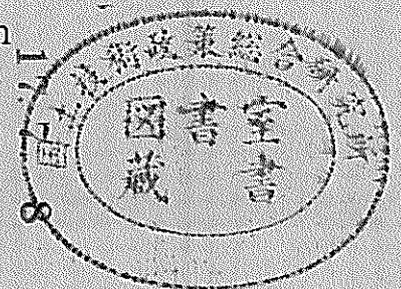
TECHNICAL NOTE
OF
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No. 1100 June 2005

2004年台風による高波の観測結果(NOWPHAS 2004特別号)

永井 紀彦
里見 茂

独立行政法人 港湾空港技術研究所
Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan



目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
2. 検討対象期間中の沿岸波浪の経時変化	4
3. 台風15号の高波特性	7
4. 台風16号の高波特性	10
5. 台風18号の高波特性	22
6. 台風21号の高波特性	31
7. 台風22号の高波特性	37
8. 台風23号の高波特性	38
9. まとめ	53
10. おわりに	59
参考文献	59

**Characteristic of Abnormal Waves Caused by the 2004 Typhoons Observed by the
Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HARbourS
(NOWPHAS 2004 Special)**

Toshihiko NAGAI*
Shigeru SATOMI**

Synopsis

Since 1970, the Port and Airport Research Institute (PARI) has been cooperating with the Bureau of Ports and Harbours, Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, and its associated agencies, on the Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HARbourS (NOWPHAS).

The PARI has been processing and analyzing the wave records obtained at this network, and has presented the wave statistics in a series of annual reports.

This technical note introduces the abnormal sea states observation records caused by the Typhoons No.0415, 0416, 0418, 0421, 0422 and 0423 during the year 2004.

Both zero-up-cross wave-to-wave analysis and spectrum analysis were conducted to explain those abnormal waves characteristics.

Key Words: NOWPHAS, Wave observation, Directional Spectrum, Frequency banded expression

* Head, Marine Information Division, Marine Environment and Engineering Department

** Researcher, Marine Information Division, Marine Environment and Engineering Department

Port and Airport Research Institute, Independent Administrative Institution 3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-844-5048 Fax : +81-46-842-5246 e-mail: nagai@pari.go.jp

<http://www.pari.go.jp/bsh/ky-skb/kaisho/>

<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>

2004年台風による高波の観測結果 (NOWPHAS 2004 特別号)

永井 紀彦*
里見 茂**

要 旨

2004年は、我が国の沿岸災害史上、特筆される年となった。本土上陸台風数が10個に及び、その中でも、台風0415号、0416号、0418号、0421号、0422号および0423号は、沿岸に顕著な高波災害をもたらした。

こうした沿岸を襲う異常波の性質は、波浪や潮位の観測データから解明される。本報は、毎年定期的にとりまとめられている波浪観測年報や、5年間毎を目途にとりまとめられている長期統計報とは別に、2004年に発生したこれらの異常波に焦点を絞って、全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)によって観測された波浪観測記録を、とりまとめたものであり、1999年に西日本各地に大きな被害をもたらした台風9918号の先例に倣った整理を行ったものである。

台風0415号、0416号、0418号、0421号、0422号および0423号による高波に関して、ゼロアップクロス法解析による有義波の出現特性をとりまとめるとともに、スペクトル解析に基づく周期帯波浪諸元の経時変化をとりまとめることによって、それぞれの台風に伴う高波浪の出現状況を全国沿岸を通して把握することができた。これらの台風によって、留萌・富山・伏木富山・柴山港内・境港・玄界灘・名瀬・伊勢湾・潮岬・小松島・室津・高知・上川口・細島・志布志湾・鹿児島・中城湾の各観測点で、既往最大観測有義波高の記録を更新した。中でも、台風0423号による室津で観測された10月20日14時の有義波高13.55m、有義波周期15.8秒という値は、これまでのナウファス全体の中でも最大の波浪であった。

キーワード：ナウファス、全国港湾海洋波浪情報網、波浪観測、方向スペクトル、周期帯表記

* 海洋・水工部海象情報研究室
** 海洋・水工部海象情報研究室
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人港湾空港技術研究所
電話：046-844-5048 Fax：046-842-5246 e-mail：nagai@phri.go.jp
<http://www.pari.go.jp/bsh/ky-skb/kaisho/>
<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>

1. はじめに

2004年は、我が国の沿岸災害史上、特筆される年となった。本土上陸台風数が10個に及び、その中でも、台風0415号、0416号、0418号、0421号、0422号および0423号は、沿岸に顕著な高波災害をもたらした。津波を伴う海底に震源をもつ東海道沖地震も発生し、東海から四国に至る太平洋沿岸域で津波が観測された。

こうした沿岸を襲う異常波の性質は、波浪や潮位の観測データから解明される^{1), 2)}。本報は、毎年定期的にとりまとめられている波浪観測年報³⁾や、5年間毎を目途にとりまとめられている長期統計報⁴⁾とは別に、2004年に発生したこれらの異常波に焦点を絞って、全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)によって観測された波浪観測記録を、とりまとめたものであり、1999年に西日本各地に大きな被害をもたらした台風9918号の先例に倣った整理を行ったものである⁵⁾。

全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)の開発・改良を通じて、近年、沿岸の波浪観測情報は、量的にも質的にも飛躍的な充実がなされている^{6), 7), 8), 9)}。

異常波浪時においては、砕波にともなう気泡の海水への混入や、しぶきの打ち上げによって、海面の位置を正確に定義することは困難である。波高とは、もともと波の峰から谷までの高さとして定義される概念であるが、このような海況においては、波の峰と谷の鉛直座標を明確に定義することは困難であり、超音波式波高計による瞬時瞬時の海面位置の検出がうまくいかず、この結果、高波浪時に限って波浪観測の欠測が数多く現れることが長年の間、問題となっていた。こうした問題は、海底に設置される超音波式波高計に水圧センサーを併用させ、水圧変動測定結果から有義波高に対応する波浪エネルギーの大きさを推定する手法の確立によって、高波浪時の欠測は飛躍的に減少した^{10), 11)}。

波浪の方向スペクトルの出現特性に関しても、観測・解析が飛躍的に進歩した。1990年代前半には、いわき沖と新潟沖で、3台以上の波浪計をアレー配置し、方向スペクトルの定常的な観測解析が行われた^{12), 13), 14)}。その後、海象計^{15), 16)}の開発・実用化・普及が行われた結果、全国沿岸の多くのナウファス波浪観測点で定常的な方向スペクトル観測が実施されるようになり、周期帯換算波高・波向といった新たな波浪統計手法の確立とあいまって、全国ネットワークでの波浪の方向スペクトル情報がナウファスから発信されるようになってきている¹⁾。すなわち、海象計の開発によって、波浪の方向スペクトルの定常観測が可能になるとともに、スペクトル情報を周期帯

毎の換算波高・波向として表記することによって、これまでの有義波高・周期・代表波向といった極めて少ないパラメータでは表現不能であった、うねりと風波を分離表記することができる波浪統計がとりまとめられるようになった。

また、設置水深が概ね50mまでに限定されている海底設置式波浪計よりもより早く沖合の津波を検知することができるシステムとして、GPS津波計が開発実用化された^{17), 18)}。2004年4月以降、室戸岬沖13kmの水深100m地点に実用化されたGPS津波計が配置され、大水深海域での津波や高波のリアルタイム監視が開始された。2004年の異常波の実態把握にあたっては、この室戸沖に新設されたGPS津波計もまた、重要な役割を担うことができた。

本稿で紹介する2004年に来襲した異常波の詳細な観測は、こうした一連の技術開発の成果となるものである。

2. 検討対象期間中の沿岸波浪の経時変化

付図は、2004年8月から10月にかけてのナウファス全地点における有義波高・周期の経時変化を示したものである。横軸を時間軸とし、縦軸に2時間毎の有義波高と有義波周期を示しており、太線が有義波高、細線が有義波周期を意味している。図中には、本稿が対象とする台風0415号、0416号、0418号、0421号、0422号および0423号それぞれの高波抽出期間を、併せて示している。

図-2.1は、これらの台風経路を示したものである。経路図上の黒点は、毎日2回(日本時間9:00と21:00の12時間毎)の台風中心位置を示している。

表-2.1は、これらの観測点の緯度経度水深などの観測条件を示したものである。一連の台風が沿岸に高波をもたらした状況は、表-2.2に示す港湾空港技術研究所における集中処理開始以来の各観測点における既往最大有義波高の記録を更新した観測点が多いことから理解できる。

表-2.2からわかるように、のべ20観測地点で既往最大有義波高が更新され、2004年の台風は、35年に及ぶナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)の歴史の中でも特筆されるものであったことが理解される。ただし、観測地点毎に、集中処理期間が異なっていることには注意が必要である。室戸沖GPSブイは2004年4月に設置されたばかりのものであったが、台風0423号は、室津港でも1990年以降の既往最大観測有義波を記録したものであり、かつ、GPSブイおよび室津港ナウファス波浪計が観測した有義波高14.21mおよび13.55mという値は、ナ

ウファス全観測地点を通じても既往最大有義波であったことを考えると、長期間を通じても特筆すべき高波を記録したものと考えてよい。また、鹿児島港では、台風 0416 号、0418 号および台風 0421 号と、相次いで、次々に既往最大観測有義波項を更新していったが、1990 年以來集中処理が行われている 15 年目の観測資料であることを考えると、まことに異常な高波が続いた状況がよく理解できる。ナウファスの最北に位置する日本海沿岸の留萌でも、1970 年に集中処理を開始して以来の既往最大有義波高が観測されたことも、特筆すべきである。ナウファ

ス 30 か年統計⁴⁾では、留萌における既往最大有義波の上位 30 位中、台風によるものは 1 ケースだけ (1981 年台風 8124 号による有義波高が 5.95m だったのがこれに次ぐ記録) であったことから考えて、きわめて異常な高波であったことが理解できる。

このように、沖縄から北海道に至る、きわめて広範な沿岸域で、これらの一連の台風は、記録的な高波をもたらした。付図に、2004 年 8 月から 10 月までの 3 か月間の、ナウファス全地点における有義波高・周期の経時変化を示す。

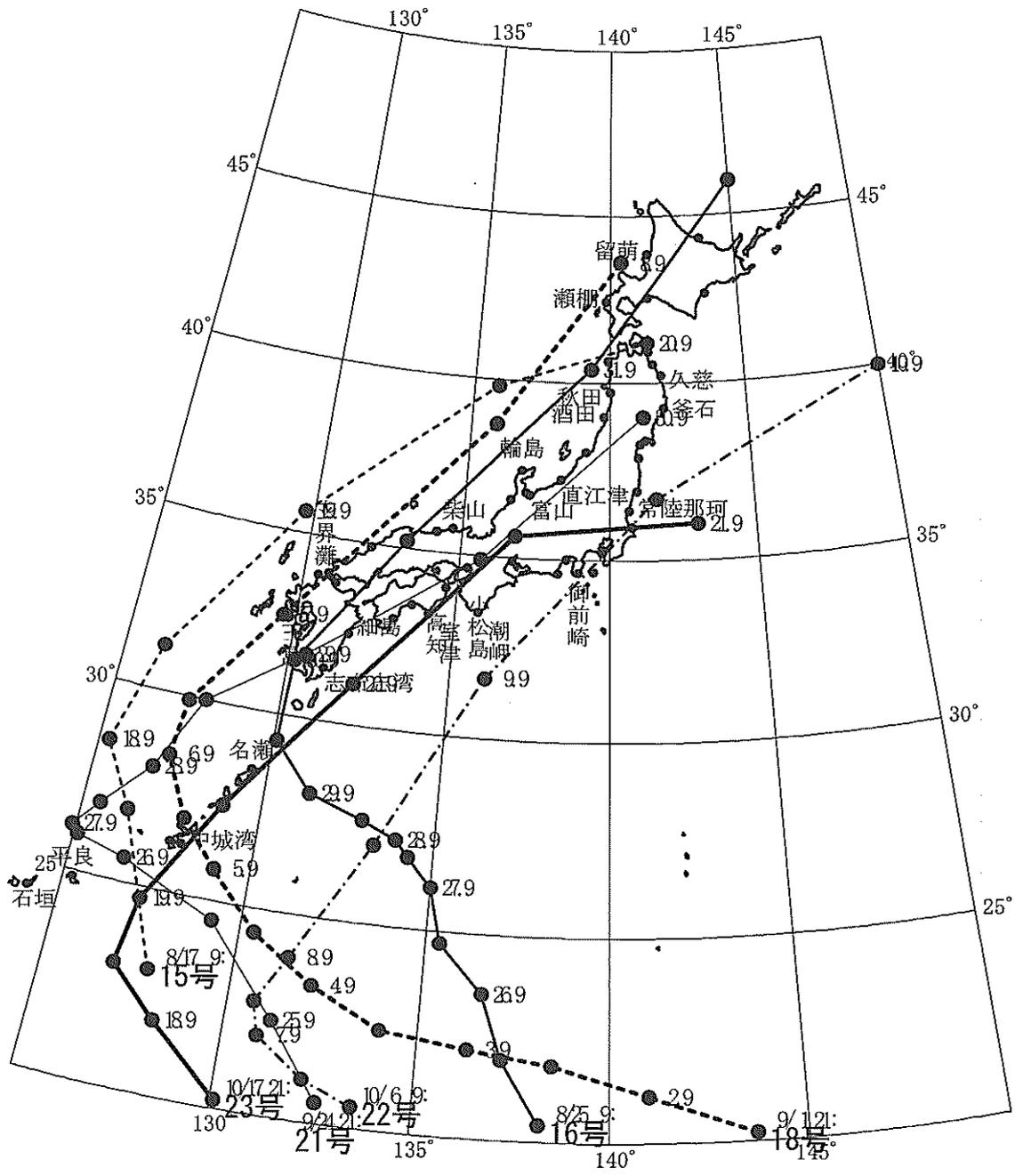


図-2.1 6 台風の経路図

表-2.1 ナウファス各観測点における波浪観測条件一覧

地名	波高計 (USW)				波向計				
	水深(m)	R(m)	北緯	東経	機種	水深(m)	R(m)	北緯	東経
留萌	-49.8	0.8	43° 51' 59"	141° 28' 07"	海象計	-49.8	0.8	43° 51' 59"	141° 28' 07"
瀬棚	-52.9	0.8	42° 26' 39"	139° 49' 03"	CWD	-20.0	2.7	42° 26' 00"	139° 49' 58"
深浦	-51.0	1.9	40° 39' 34"	139° 54' 42"					
秋田	-29.4	2.3	39° 44' 16"	140° 00' 26"	CWD	-29.4	2.8	39° 44' 16"	140° 00' 26"
酒田	-45.9	1.2	39° 00' 31"	139° 46' 45"	傾斜計	-45.9	-	39° 00' 31"	139° 46' 45"
新潟	-34.5	1.2	38° 00' 17"	139° 07' 34"	海象計	-34.5	1.2	38° 00' 17"	139° 07' 34"
直江津	-32.7	1.2	37° 14' 09"	138° 16' 25"	海象計	-32.7	1.2	37° 14' 09"	138° 16' 25"
富山	-20.0	1.2	36° 46' 40"	137° 12' 18"	海象計	-20.0	1.2	36° 46' 40"	137° 12' 18"
伏木	-46.4	1.2	36° 49' 15"	137° 04' 29"	海象計	-46.4	1.2	36° 49' 15"	137° 04' 29"
輪島	-52.0	1.2	37° 25' 51"	136° 54' 08"	海象計	-52.0	1.2	37° 25' 51"	136° 54' 08"
金沢	-21.1	1.2	36° 36' 50"	136° 34' 03"	海象計	-21.1	1.2	36° 36' 50"	136° 34' 03"
柴山	-41.1	0.5	35° 40' 17"	134° 40' 37"	海象計	-41.1	0.5	35° 40' 17"	134° 40' 37"
柴山(港内)	-11.1	0.5	35° 39' 32"	134° 39' 58"					
鳥取	-30.9	0.5	35° 33' 16"	134° 09' 41"	海象計	-30.9	0.5	35° 33' 16"	134° 09' 41"
境港	-12.0	1.5	35° 31' 56"	133° 16' 36"					
浜田	-50.1	0.9	34° 54' 19"	132° 02' 11"	海象計	-50.1	0.9	34° 54' 19"	132° 02' 11"
藍島	-21.1	0.6	34° 00' 43"	130° 47' 35"	海象計	-21.1	0.6	34° 00' 43"	130° 47' 35"
玄界灘	-39.5	1.8	33° 56' 02"	130° 28' 05"	海象計	-39.5	1.8	33° 56' 02"	130° 28' 05"
伊王島	-31.9	1.7	32° 42' 59"	129° 45' 15"	CWD	-31.9	2.5	32° 42' 59"	129° 45' 15"
名瀬	-54.6	0.6	28° 27' 07"	129° 31' 18"					
那覇	-52.9	1.5	26° 15' 28"	127° 38' 52"	CWD	-38.4	1.5	26° 15' 41"	127° 39' 22"
紋別(南)	-52.6	0.8	44° 19' 04"	143° 36' 25"	海象計	-52.6	0.8	44° 19' 04"	143° 36' 25"
十勝	-23.0	0.9	42° 39' 06"	143° 41' 08"	海象計	-23.0	0.9	42° 39' 06"	143° 41' 08"
苫小牧	-50.7	0.9	42° 32' 39"	141° 26' 46"	海象計	-50.7	0.9	42° 32' 39"	141° 26' 46"
むつ小川原	-43.8	0.9	40° 55' 30"	141° 25' 27"	CWD	-27.8	2.6	40° 55' 12"	141° 24' 44"
八戸	-27.7	1.9	40° 33' 39"	141° 34' 06"	CWD	-27.7	3.1	40° 33' 39"	141° 34' 06"
久慈	-49.5	1.1	40° 13' 04"	141° 51' 36"	海象計	-49.5	1.1	40° 13' 04"	141° 51' 36"
釜石	-49.8	0.9	39° 15' 54"	141° 56' 06"					
石巻	-20.8	0.5	38° 20' 49"	141° 15' 16"	海象計	-20.8	0.5	38° 20' 49"	141° 15' 16"
仙台新港	-21.3	3.2	38° 15' 00"	141° 03' 58"	CWD	-21.3	3.5	38° 15' 00"	141° 03' 58"
相馬	-17.1	1.7	37° 51' 28"	140° 58' 52"	CWD	-17.1	2.8	37° 51' 28"	140° 58' 52"
小名浜	-23.8	1.6	36° 55' 04"	140° 55' 18"	海象計	-23.8	1.6	36° 55' 04"	140° 55' 18"
常陸那珂	-30.3	3.0	36° 23' 42"	140° 39' 12"	CWD	-30.3	3.0	36° 23' 42"	140° 39' 12"
鹿島	-24.0	2.8	35° 53' 55"	140° 45' 14"	CWD	-24.0	3.5	35° 53' 54"	140° 45' 14"
第二海堡	-28.8	0.7	35° 18' 13"	139° 44' 52"	海象計	-28.8	0.7	35° 18' 13"	139° 44' 52"
アシカ島	-21.7	1.0	35° 12' 38"	139° 44' 06"					
波浮	-48.3	1.0	34° 40' 35"	139° 27' 08"	CWD	-29.7	2.5	34° 40' 31"	139° 26' 19"
下田	-51.1	1.0	34° 38' 48"	138° 57' 11"					
清水	-51.8	0.6	35° 01' 16"	138° 32' 05"	海象計	-51.8	0.6	35° 01' 16"	138° 32' 05"
御前崎	-22.8	0.6	34° 37' 17"	138° 15' 33"	海象計	-22.8	0.6	34° 37' 17"	138° 15' 33"
伊勢湾	-26.9	0.5	34° 55' 12"	136° 44' 25"	海象計	-26.9	0.5	34° 55' 12"	136° 44' 25"
潮岬	-54.7	0.6	33° 25' 59"	135° 44' 50"	海象計	-54.7	0.6	33° 25' 59"	135° 44' 50"
神戸	-17.0	0.5	34° 38' 50"	135° 16' 36"	海象計	-17.0	0.5	34° 38' 50"	135° 16' 36"
小松島	-20.8	0.5	34° 02' 24"	134° 38' 37"	CWD	-20.8	11.1	34° 02' 24"	134° 38' 37"
室戸GPS	-100.0		33° 08' 26"	134° 12' 10"					
室津	-26.8	0.6	33° 16' 16"	134° 08' 52"	CWD	-26.8	1.2	33° 16' 16"	134° 08' 52"
高知	-24.1	0.5	33° 28' 57"	133° 35' 13"	海象計	-24.1	0.5	33° 28' 57"	133° 35' 13"
上川口	-27.9	0.6	33° 01' 54"	133° 03' 29"					
菊田	-9.6	1.4	33° 47' 59"	131° 04' 20"	CWD	-9.6	1.9	33° 47' 59"	131° 04' 20"
細島	-48.3	0.4	32° 26' 36"	131° 43' 42"	海象計	-48.3	0.4	32° 26' 36"	131° 43' 42"
宮崎	-32.0	0.8	31° 49' 20"	131° 34' 58"	CWD	-32.0	0.8	31° 49' 20"	131° 34' 58"
志布志湾	-36.2	1.5	31° 25' 02"	131° 06' 36"	CWD	-36.2	2.3	31° 25' 02"	131° 06' 36"
鹿児島	-24.1	0.6	31° 33' 20"	130° 34' 21"					
中城湾	-39.6	0.5	26° 14' 32"	127° 57' 55"	海象計	-39.6	0.5	26° 14' 32"	127° 57' 55"
平良	-27.5	1.6	24° 50' 54"	125° 15' 16"					
石垣	-16.7	1.2	24° 20' 34"	124° 07' 46"					

注1) USW: 超音波式波高計 CWD: 超音波式流速計型波向計 海象計: 超音波ドップラー式波浪計

注2) 水深は、水表面から海底面までの距離の平均値より主要4分潮の振幅の和を減じた値である。

設置高(R)とは、海底面から観測センサーまでの高さのことである。

藍島では、8月に海象計に機種変更。

表-2.2 既往最大有義波高の更新

観測地点名	項目	2004年 8月 1日 ~ 10月31日						
		有義波		対応最高波		起 時	発生要因	集中処理期間
		波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)			
留 萌		7.83	10.6	—	—	9月 8日14時	台風0418号	1970年～現在
富 山		6.75	8.3	—	—	10月20日22時	台風0423号	2002年～現在
伏 木 富 山		6.53	8.4	—	—	10月20日22時	台風0423号	1999年～現在
柴 山 (港 内)		2.60	9.4	—	—	10月20日18時	台風0423号	2000年～現在
境 港		3.22	10.8	4.06	10.1	10月21日 0時	台風0423号	1996年～現在
玄 界 灘		8.03	9.7	—	—	8月30日18時	台風0416号	1983年～現在
名 瀬		8.44	11.6	10.80	11.5	8月29日12時	台風0416号	1977年～現在
		8.01	11.2	13.34	11.0	10月20日 6時	台風0423号	
伊 勢 湾		3.13	6.8	4.68	6.4	8月31日 0時	台風0416号	2002年～現在
		2.83	7.0	4.18	7.1	10月20日18時	台風0423号	
潮 岬		10.22	15.7	14.27	13.8	10月20日18時	台風0423号	1970年～現在
小 松 島		3.98	7.8	—	—	10月20日14時	台風0423号	1996年～現在
室 津		13.55	15.8	—	—	10月20日14時	台風0423号	1990年～現在
高 知		10.18	11.5	—	—	8月30日20時	台風0416号	1996年～現在
		12.49	16.4	—	—	10月20日14時	台風0423号	
上 川 口		6.68	14.7	10.09	13.5	8月27日18時	台風0416号	1996年～現在
細 島		11.05	12.3	—	—	8月30日12時	台風0416号	2002年～現在
志 布 志 湾		9.03	12.8	12.22	12.3	8月30日 8時	台風0416号	1980年～現在
鹿 児 島		3.97	6.9	—	—	8月30日 6時	台風0416号	1990年～現在
		4.09	7.0	—	—	9月 7日 6時	台風0418号	
		4.05	7.5	—	—	9月29日 8時	台風0421号	
中 城 湾		11.93	13.6	—	—	10月19日12時	台風0423号	1973年～現在
室 戸 沖 GPS		14.21	16.3	17.83	17.3	10月20日14時20分	台風0423号	観測初年

① 期間中に最大有義波高が更新されたことを示す。

② 最高波空欄は水压補足を意味する。

③ 室戸沖GPSブイでは20分毎に切れ目なく観測。

3. 台風15号の高波特性

図-3.1は、台風0415号の経路と各波浪観測点における最大有義波を起時とともに図示したものである。また、表-3.1は、各観測点における最大有義波とその観測起時を一覧表にしたものである。

台風0415号は、17日午後、沖縄本島付近を通過した。この際、沖縄本島太平洋岸の中城湾では有義波高7.66mを記録したが、反対岸の東シナ海に面した那覇ではあま

り波浪の発達は見られなかった。これは、台風再接近時における風が中城湾では海からの方向、那覇では陸からの方向だったためである。その後、台風は東シナ海上で進行方向を北東に変え、日本海を進み青森県西部で上陸し、太平洋に抜けていった。この際、酒田（有義波高9.75m）や秋田（有義波高8.42m）などの日本海東北部に高波をもたらせた。

酒田や秋田などの東北地方日本海沿岸部の高波の特徴は、波の発達がきわめて短時間のうちに見られたこと

表-3.1 最大有義波とその観測起時（台風0415号：8月17日～8月21日）

観測地点名	期間 項目	04年 8月17日～04年 8月21日				起 時
		有 義 波		対 応 最 高 波		
		波 高	周 期	波 高	周 期	
留萌		1.23m	6.0s	1.95m	5.8s	8月21日16時
瀬棚		1.63	6.3	2.97	5.6	8月20日12時
深浦	*	4.67	12.9	6.89	13.2	8月20日6時
秋田		8.42	13.3	11.53	12.9	8月20日6時
酒田		9.75	12.3	15.72	12.6	8月20日6時
新潟沖	*	3.45	9.8	4.72	9.9	8月20日14時
直江津		3.52	8.4	4.94	6.1	8月20日4時
富山		—	—	—	—	—
伏木富山		1.19	8.7	1.88	8.9	8月21日4時
輪島		4.79	10.6	7.02	12.8	8月20日2時
金沢		5.40	10.5	7.64	12.3	8月20日0時
柴山		4.08	10.3	6.64	10.5	8月20日4時
柴山(港内)		0.84	7.9	1.38	8.6	8月20日22時
鳥取		3.01	8.2	4.23	8.1	8月19日20時
境港		0.78	3.3	1.19	3.3	8月19日12時
浜田		3.75	7.8	5.84	7.1	8月19日16時
藍島		2.03	7.0	2.94	7.0	8月19日16時
玄界灘		2.64	7.1	4.30	6.8	8月19日14時
伊王島		7.12	13.0	9.59	13.6	8月19日4時
名瀬		3.13	9.6	5.34	9.9	8月19日12時
那覇		2.97	8.7	5.11	9.6	8月18日16時
紋別(南)		1.15	5.4	1.98	5.6	8月20日22時
十勝		2.76	7.7	4.83	7.6	8月20日16時
苫小牧		2.16	8.2	3.51	8.8	8月20日8時
むつ小川原		3.90	8.3	7.27	8.5	8月20日12時
八戸		2.60	7.8	—	—	8月20日20時
久慈		2.23	6.7	3.49	5.9	8月20日16時
釜石		1.47	6.8	2.28	6.5	8月20日22時
石巻		1.53	6.3	2.23	7.2	8月20日8時
仙台新港		1.49	7.0	2.55	6.9	8月20日6時
相馬		1.29	8.6	2.09	9.2	8月21日18時
小名浜		1.91	6.9	3.36	6.9	8月20日4時
常陸那珂		1.41	5.0	2.80	5.2	8月20日2時
鹿島		1.16	9.7	1.78	9.8	8月21日22時
第二海堡		1.18	4.5	1.94	3.6	8月20日0時
アシカ島		1.74	5.5	2.87	5.5	8月20日2時
波浮		2.70	7.6	4.15	6.8	8月20日4時
下田		2.15	7.4	3.49	8.0	8月20日2時
清水		1.36	10.8	2.22	12.1	8月18日22時
御前崎		2.05	10.1	3.36	11.6	8月18日22時
伊勢湾		0.98	4.1	1.69	3.9	8月19日12時
潮岬		3.71	9.2	5.41	9.3	8月19日14時
神戸		1.99	5.5	3.31	5.3	8月19日18時
小松島		1.41	5.3	2.14	4.4	8月19日8時
室戸GPS		3.54	10.5	5.29	8.4	8月18日12時
室津		3.89	8.9	6.01	9.4	8月19日14時
高知		3.51	10.5	5.37	12.6	8月18日12時
上川口		2.66	8.1	4.27	7.6	8月19日8時
荻田		1.52	5.0	2.52	5.0	8月19日4時
細島		3.91	8.2	6.17	8.4	8月19日6時
志布志湾		3.69	11.7	6.02	12.3	8月18日6時
鹿兒島		1.59	5.1	2.66	4.5	8月18日22時
中城湾		7.66	11.7	14.85	13.0	8月17日16時
平良		1.42	8.6	2.47	8.3	8月19日0時
石垣	*	0.98	5.3	1.76	6.4	8月18日8時

*印は波高ピーク付近に欠測あり

である。すなわち、台風中心が青森県西部に上陸するまでは、これらの地点周辺における風向は陸から海に向かっていたので、波浪は小さかった。しかし、上陸後、風向が急転することによって、急速な波の発達が見られたわけである。

図-3.2 に、台風 0415 号来襲前後の主な高波浪観測点における有義波高・周期の経時変化を示す。ピーク波高に至る時間経過を見ると、中城湾における波高増大は、比較的緩やかなものであったが、東シナ海から日本海を北上するに従って、波高増大が急速に見られたことがよく理解できる。特に、酒田では 20 日 2 時から 4 時にかけて有義波高が 3 m から 8 m まで一気に増加したことは、注目に値する。

図-3.3 から図-3.6 に、中城湾・伊王島・酒田および秋田の各観測点におけるスペクトル解析結果を、周期帯波高・波向の経時変化図として示す。海象計や流速計型波向計によって波向き観測を実施している地点では、周期帯毎の波高・波向を、矢印の長さで向きでベクトル表示しているが、海象計や流速計型波向計の設置がされていない観測点では、折れ線で周期帯波高のみの経時変化を示した。

図-3.3 で、中城湾における台風近接時の周期帯波浪を見ると、有義波高が最大となる 8 月 17 日 16 時前後では、周期 10~15 秒の範囲の成分波高の増減が顕著であり、この部分の周期帯エネルギーが主たる波浪エネルギーであったことがわかる。これに対して、周期 10 秒以下の比較的短周期の換算波高は、やはりピーク時前後に大きくなっているものの、前後 24 時間程度の範囲ではその値は比較的一定していることがわかる。ただし、この短周期帯の波向きは、台風近接前は E 方向であったが、通過後は S S E 方向に変化した。

図-3.4 の伊王島における台風近接時の周期帯波浪を見ると、有義波高が最大となる 8 月 19 日 4 時には、周期 15~30 秒および周期 10~15 秒の範囲の成分波高が最大となっている。中城湾に比較しても、周期 15 秒を超える長周期成分のエネルギーが相対的に大きいことが特徴的であり、より吹送距離と吹送時間の長いうねり成分の来襲が顕著であったことがわかる。これに対して、周期 10 秒以下の比較的周期が短い成分波の発達は、周期の長い成分よりも若干時間的に遅れていることがわかる。すなわち、伊王島では、はじめに周期の長いうねり成分が到達し有義波高の極大値を見た後に、風波が発達した状況であったことが理解できる。

図-3.5 の酒田、および図-3.6 の秋田における台風近接時の周期帯波浪を見ると、いずれの周期帯成分でも台

風が接近する直前の 20 日 2 時までには比較的静穏であった後に、急速な波浪エネルギーの増大が見られたことが特徴的である。それでも、周期帯毎の波浪の発達は若干異なっており、周期 10 秒以下の比較的周期が短い周期帯波高は 4 時が極大値であったのに対して、周期 10 秒以上の比較的長い周期帯波高は、その 2 時間後の 6 時に極大となり、有義波高の極大値を迎えた 6 時には、周期 10 秒以上のエネルギーが支配的であったことがわかる。短時間のうちに、周期の短い成分の波の発達が急速に始まり、少し送れて周期の長い波浪に発達を遂げた状況が理解できる。

図-3.7 と図-3.8 は、それぞれ、中城湾におけるピーク前後の 8 月 17 日 10 時、16 時および 22 時における、方向スペクトルと周波数スペクトルを図化したものである。有義波高が極大となる 16 時には、周波数 0.08 Hz (周期約 12 秒) で S E 方向にピークを有する単峰型のものであったが、波浪の発達中および減衰中の 10 時および 22 時においては、それぞれ双峰型のスペクトル形状であったことは興味深い。前者の時点では、両ピークの間はともに E S E であったが、周波数 0.09 Hz (周期約 11 秒) および 0.13 Hz (周期約 8 秒) のうねりと風浪が共存した状態であり、後者の時点では、周波数 0.08 Hz (周期約 12 秒) で E S E 方向からの比較的周期の長いうねりと、周波数 0.1 Hz (周期約 10 秒) で S S E 方向からの比較的周期の短い台風通過後に発達した波が、共存した状況であったと考えられる。

図-3.9 は、酒田におけるピーク前後の 8 月 20 日 2 時、6 時および 10 時における、周波数スペクトルを図化したものである。有義波高が極大となる 6 時には、周波数 0.07 Hz (周期約 14 秒) にピークを有する単峰型のものであった。これを、4 時間前の 2 時のスペクトルと比較すると、0.15 Hz (周期約 7 秒) よりも高周波側では両者はほぼ同じであるのに対して、これより低周波 (長周期) 成分における急激な波浪の発達がよく理解できる。他方、4 時間後の 10 時には、ピーク時に比べて、0.05 Hz (周期約 20 秒) から 0.12 Hz (周期約 8 秒) におけるピーク周波数帯で波浪の減衰が顕著に見られるものの、ピーク周波数はピーク時とほぼ同じ周波数 0.07 Hz (周期約 14 秒) であり、うねりの影響が強く残っていることがわかる。

4. 台風 16 号の高波特性

台風 0416 号は、29 日昼頃、奄美大島に再接近した後、進行方向を北東に変え、鹿児島県に上陸した後、西日本を縦断し、鳥取県から日本海にぬけた後に北海道に再上

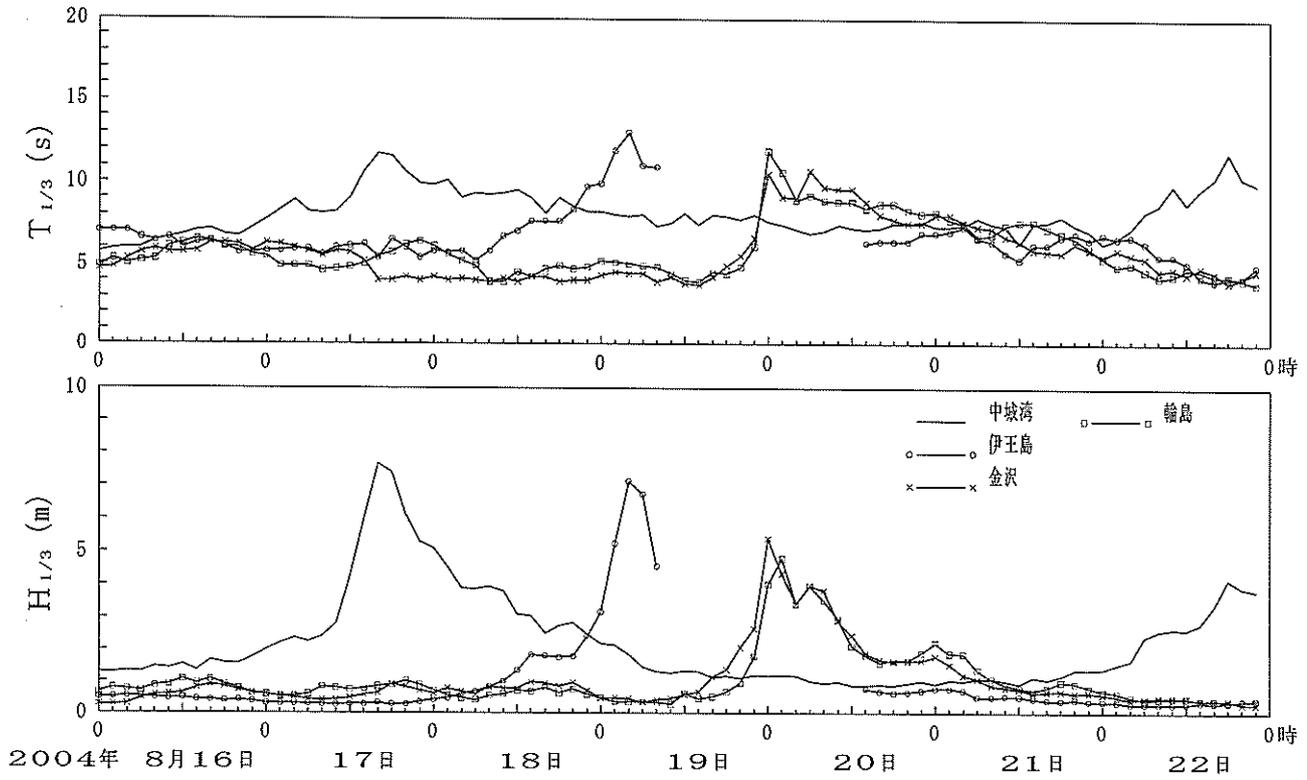


図-3.2(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0415 号)

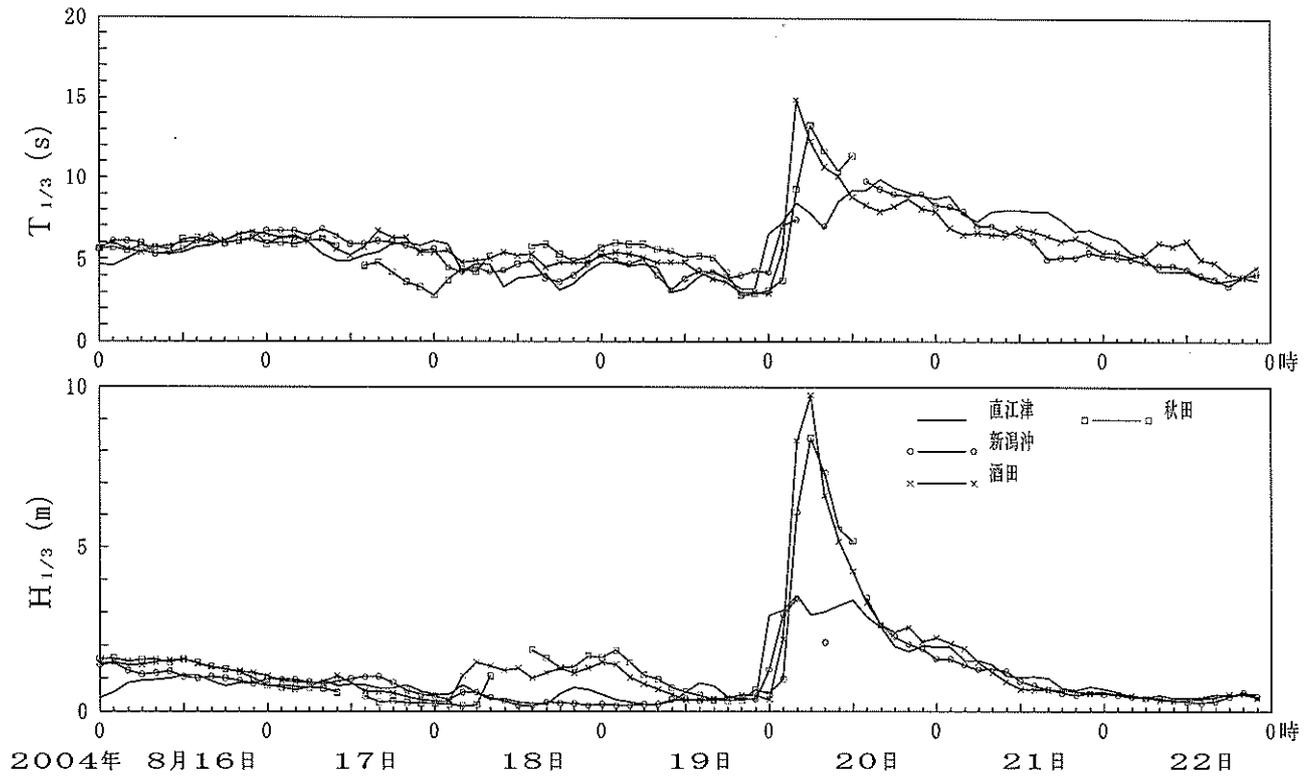


図-3.2(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0415 号)

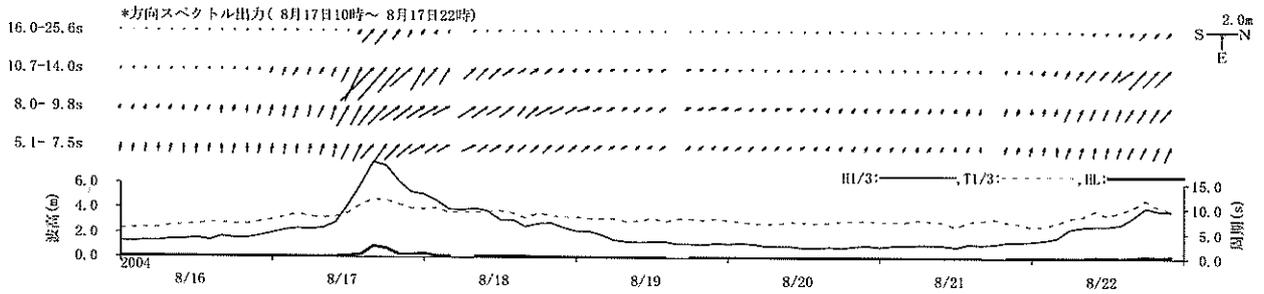


図-3.3 周期帯波高の経時変化(中城湾)

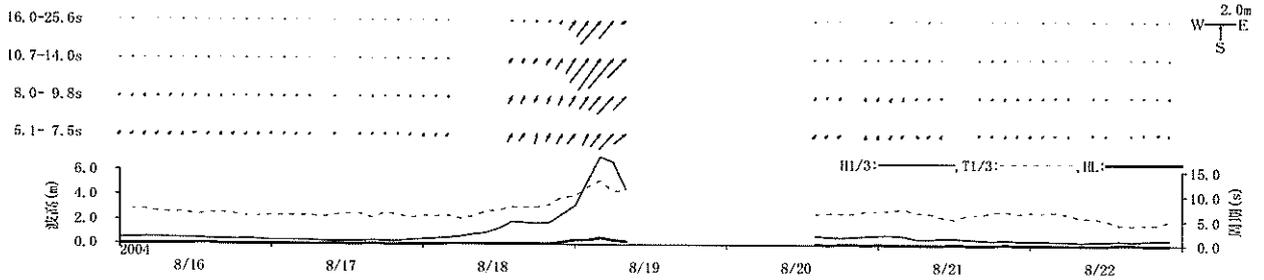


図-3.4 周期帯波高の経時変化(伊王島)

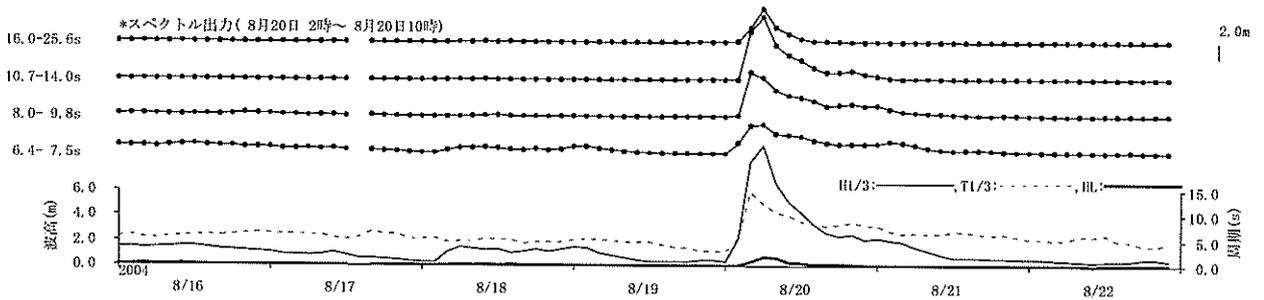


図-3.5 周期帯波高の経時変化(酒田)

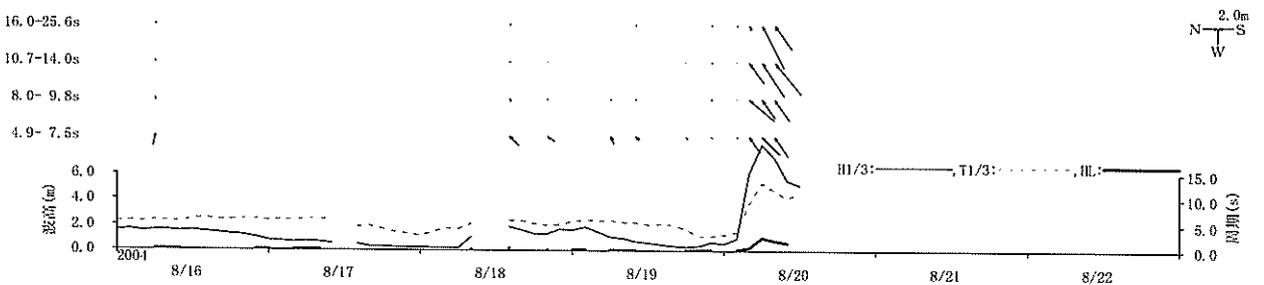


図-3.6 周期帯波高の経時変化(秋田)

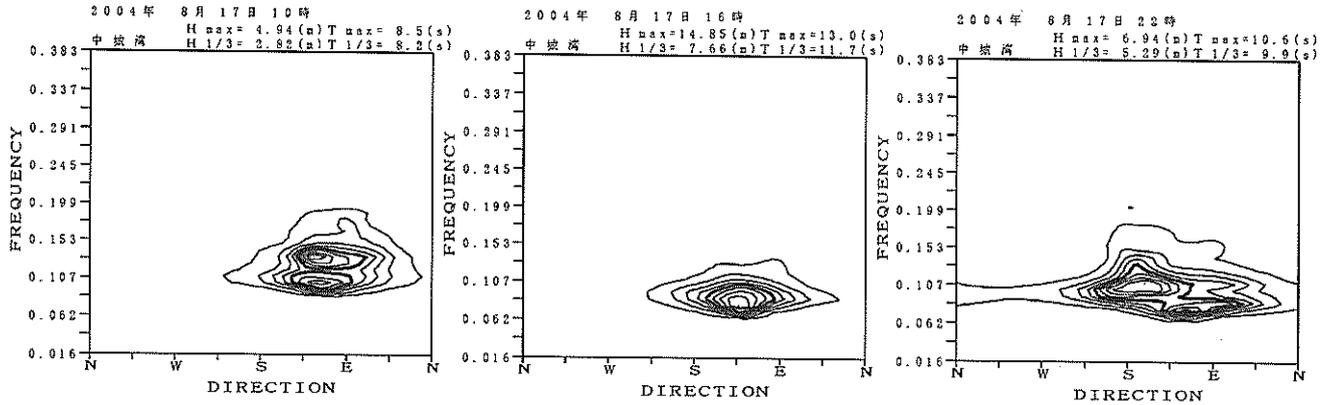


図-3.7 代表的な方向スペクトルの観測事例 (中城湾)

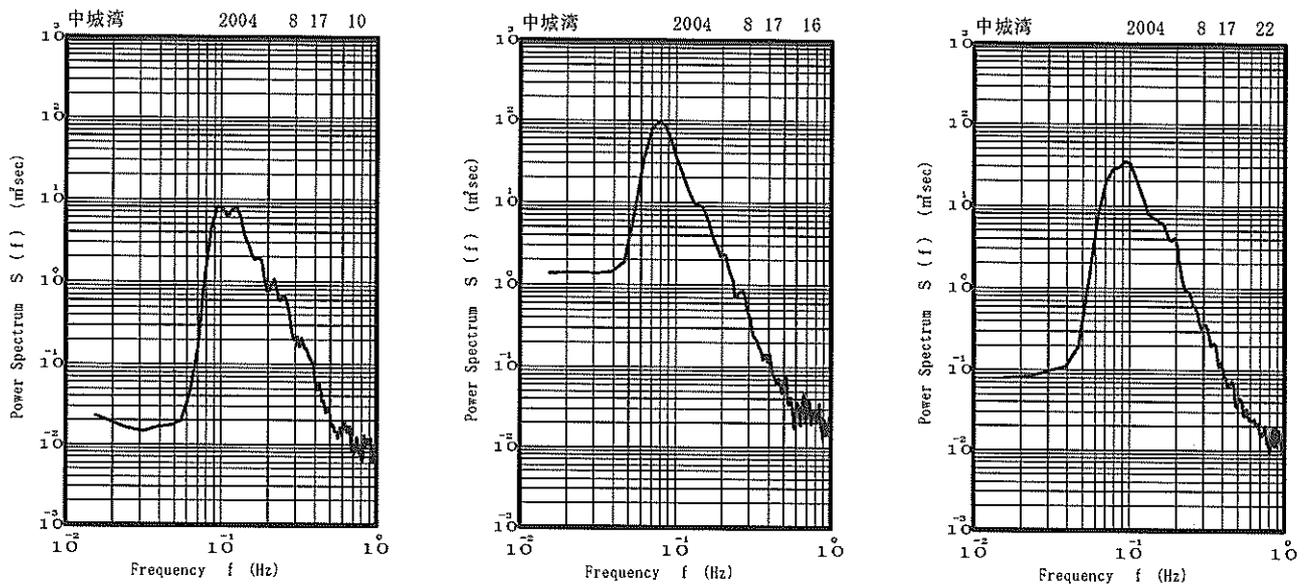


図-3.8 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (中城湾)

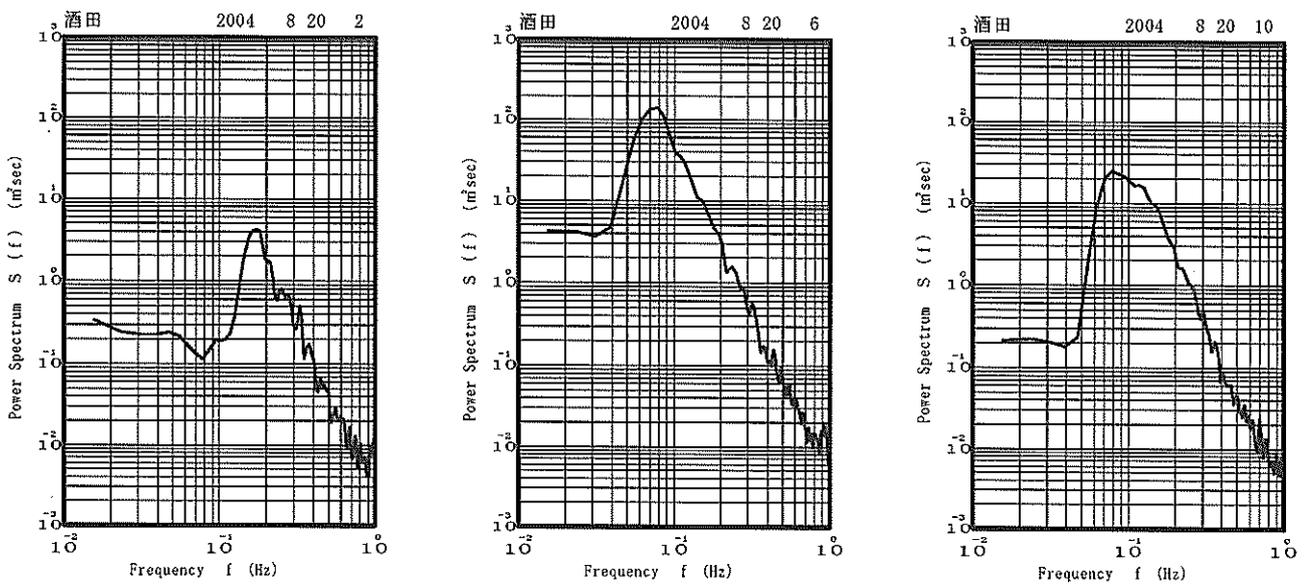


図-3.9 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (酒田)

陸し、紋別付近からオホーツク海にぬける進路をとった。

図-4.1は、台風0416号の経路と各波浪観測点における最大有義波を起時とともに図示したものである。また、表-4.1は、各観測点における最大有義波とその観測起時を一覧表にしたものである。表-2.2で示したように、鹿児島・志布志湾・細島・玄界灘・上川口・伊勢湾のナウファス観測点において、それまで観測された既往最大有義波高を更新する高波をもたらせた。

図-4.2から図-4.4に、台風0416号来襲前後の主な高波浪観測点における有義波高・周期の経時変化を示す。台風が太平洋を北西に進むのが比較的ゆっくりでありうねりが発達したため、高波期間が比較的長かったのが、この台風による波浪の特徴であった。33年間の波浪観測が行われている中で既往最大有義波高を8.44mに更新した名瀬では、極大波浪前後に有義波高が5mを越える高波浪状態が24時間以上も継続している。また、潮岬の波高経時変化図で特に顕著であるが、27~28日と30日に、それぞれ極大波浪を観測していることがわかる。前者は、南太平洋を北西に進んでいたときの台風からのうねりの来襲であり、後者は、台風接近時に発生した風波である。前者極大波浪の有義波周期は、後者のそれより長いのが特徴的である。

この台風による波浪被災は、細島港で灯台が波力で破壊されたことに象徴されるように、九州南岸で特に顕著であった。志布志・細島などでは、4日間以上かけて波浪が発達していたことが経時変化図から見る事ができる。

図-4.5から図-4.10に、名瀬・玄界灘・志布志湾・細島・高知・潮岬の各観測点におけるスペクトル解析結果を、周期帯波高・波向の経時変化図として示す。ただし、高知では海象計が、志布志湾では流速計型波向計が、それぞれ設置されていたものの、たまたま当時において波向計測機能がうまく機能していなかったため、ここでは、周波数スペクトル解析結果だけを示す。

図-4.5で、名瀬における台風接近時の周期帯波浪を見ると、有義波高が5mを超える8月29日4時頃から30日4時頃にかけて、周期10~15秒の範囲の成分波高が最も高く、この部分の周期帯エネルギーが主たる波浪エネルギーであったことがわかる。これに加えて、有義波高が極大となる29日12時には、周期15~30秒のより長周期成分波高も極大値を示している。

有義波高は、この後少し下がってから、30日0時に再び極大値を示したが、この時も周期10~15秒の範囲の成分波高が最も高かった。名瀬では、波向計測が行われていないため、観測データから明確に示すことはできな

かったが、この2つの極大波浪時における波向は、若干異なったものであったと、台風の進路から考えて推定できる。すなわち、前者の時点では、台風が近づいてくる際に発達した東からの波浪が主であったのに対して、後者の時点では、台風が遠ざかる際の吹き返しとしての北からの波浪が主であったのではないかと想像される。

図-4.6の玄界灘における台風接近時の周期帯波浪を見ると、短周期成分から徐々に波浪が発達していった状況が理解される。すなわち、有義波高が極大値となる30日18時には周期10~15秒の換算波高が極大であったが、周期10秒以下の周期帯波高は、この2時間前の16時が極大であった。玄界灘では、周期15秒を超える長周期波浪成分は、あまり見られなかったようである。

他方、太平洋側に注目すると、図-4.7の志布志湾、図-4.8の細島、図-4.9の高知、図-4.10の潮岬にそれぞれ共通して、27日から30日にかけての長期間にわたって、高波浪状態が継続し、この間を通じて、周期15秒以上の長周期成分も顕著に現れていたことがわかる。いずれの観測点でも、27~28日と30日とに有義波高の極大値が見られたが、両者の波向きは異なっており、細島では前者がSEであるのに対して後者がSとなり、潮岬では前者がSであるのに対して後者がSWとなっており、いずれも台風の進路変化のため、時計回りに波向が変化したことがわかる。

図-4.11は、名瀬におけるピーク前後の8月29日8時、12時および16時における周波数スペクトルを図化したものである。有義波高が極大となる12時およびその4時間前の8時には、周波数0.1Hz（周期約10秒）がピーク周波数であったが、台風通過後の16時にはピーク周波数が0.008Hz（周期約12秒）になり、若干長周期側にピークがずれたことがわかる。すなわち、ゼロアップクロス法で定義される最大有義波は12時に観測されたものの、その後も波浪は成長を続け、スペクトルピークは16時に最も高い値を示していた。

図-4.12と図-4.13は、それぞれ、細島におけるピーク前後の8月30日8時、12時および16時における方向スペクトルと周波数スペクトルを図化したものである。スペクトルの形状は、このピーク前後の8時間間に大きな変化はなく、ピーク周波数が0.07Hz（周期約14秒）でS方向の単峰型のスペクトル形状であった。ただし、ピークの値（エネルギーレベル）は有義波高に対応して変化した。なお、このときの有義波高が11.05mという値は、この時点ではナウファス全体の歴史を通じて、御坊沖設置水深170mのデイスカスブイが台風8719号来襲時に観測した有義波高11.37mを除いた、海底設置式波浪計

表-4.1 最大有義波とその観測起時（台風0416号：8月26日～9月1日）

観測地点名	期間 項目				
	04年 8月26日～04年 9月 1日				
	有 義 波		対応最高波		起 時
波 高	周 期	波 高	周 期		
留萌	3.69m	7.9s	7.44m	7.5s	8月31日22時
瀬棚	3.81	7.7	7.07	7.7	8月31日18時
深浦	3.45	8.8	5.59	7.6	8月31日18時
秋田	—	—	—	—	—
酒田	5.28	9.2	7.44	9.0	8月31日12時
新潟沖	* 3.56	8.1	5.98	8.3	8月31日10時
直江津	3.90	7.9	6.59	8.0	8月31日 8時
富山	1.01	3.3	1.67	3.3	8月31日 6時
伏木富山	0.85	4.3	1.37	3.4	8月27日20時
輪島	3.01	8.4	5.10	8.5	8月31日16時
金沢	3.99	8.3	6.09	8.7	8月31日 8時
柴山	2.72	7.7	4.23	8.8	8月31日 8時
柴山(港内)	0.89	9.1	1.42	9.7	9月 1日 2時
鳥取	3.28	7.3	5.22	6.2	8月31日 4時
境港	1.71	5.6	3.01	6.2	8月30日20時
浜田	4.11	8.1	8.02	7.5	8月31日 0時
藍島	4.09	8.9	7.26	8.3	8月30日20時
玄界灘	8.03	9.7	—	—	8月30日18時
伊王島	1.32	10.7	1.98	11.8	8月26日 0時
名瀬	8.44	11.6	10.80	11.5	8月29日12時
那覇	3.63	9.6	5.79	9.3	8月30日 8時
紋別(南)	2.64	9.3	3.90	8.3	8月27日18時
十勝	4.57	9.0	7.59	9.6	8月31日16時
苫小牧	3.77	8.6	5.50	9.0	8月31日12時
むつ小川原	3.89	8.2	5.78	7.8	8月31日10時
八戸	1.81	6.3	3.00	6.9	8月31日 8時
久慈	3.35	7.6	4.64	8.2	8月31日10時
釜石	1.00	7.4	1.59	7.1	8月29日 0時
石巻	4.02	8.2	6.51	9.1	8月31日10時
仙台新港	3.51	7.4	4.84	6.5	8月31日 8時
相馬	2.24	6.6	3.15	6.6	8月31日 8時
小名浜	3.63	7.3	6.37	7.0	8月31日 8時
常陸那珂	2.08	6.2	3.28	6.2	8月31日 6時
鹿島	2.10	7.4	3.64	6.5	8月28日14時
第二海堡	1.79	6.4	2.74	6.4	8月31日 8時
アシカ島	2.75	7.6	4.40	7.7	8月31日 8時
波浮	4.38	8.6	6.39	8.6	8月31日 6時
下田	4.01	9.3	8.44	8.4	8月31日 6時
清水	2.80	9.8	4.43	9.3	8月31日 2時
御前崎	3.68	11.5	6.32	9.6	8月31日 6時
伊勢湾	3.13	6.8	4.68	6.4	8月31日 0時
潮岬	7.67	14.6	11.34	13.4	8月28日 0時
神戸	3.55	7.0	5.18	7.3	8月31日 2時
小松島	* 3.15	6.6	—	—	8月30日18時
室戸GPS	8.61	12.5	14.23	12.8	8月30日18時
室津	9.08	12.5	—	—	8月30日18時
高知	10.18	11.5	—	—	8月30日20時
上川口	6.68	14.7	10.09	13.5	8月27日18時
荻田	2.92	7.4	—	—	8月30日14時
細島	11.05	12.3	—	—	8月30日12時
志布志湾	9.03	12.8	12.22	12.3	8月30日 8時
鹿兒島	3.97	6.9	—	—	8月30日 6時
中城湾	3.85	12.4	5.67	12.9	8月28日 2時
平良	1.55	6.3	2.73	5.7	8月29日20時
石垣	0.82	4.7	1.29	4.0	8月29日18時

*印は波高ピーク付近に欠測あり

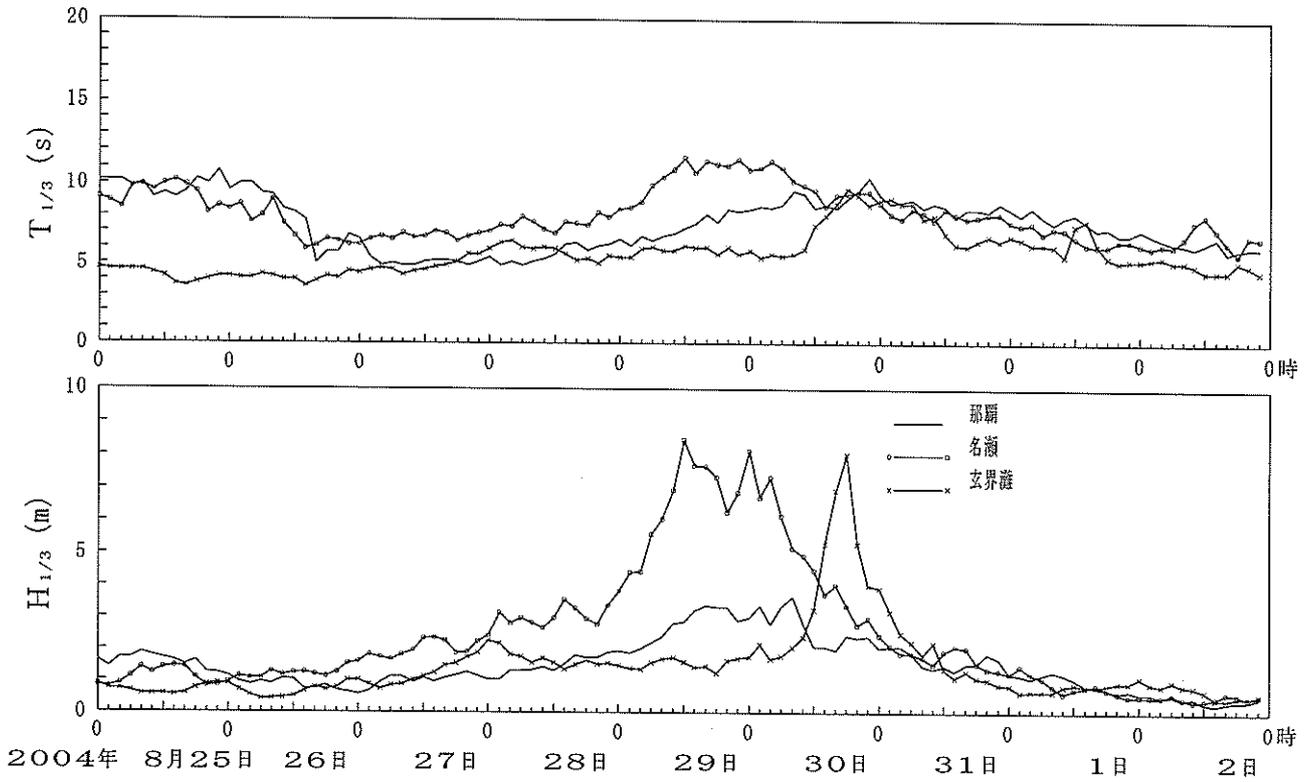


図-4.2(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0416 号)

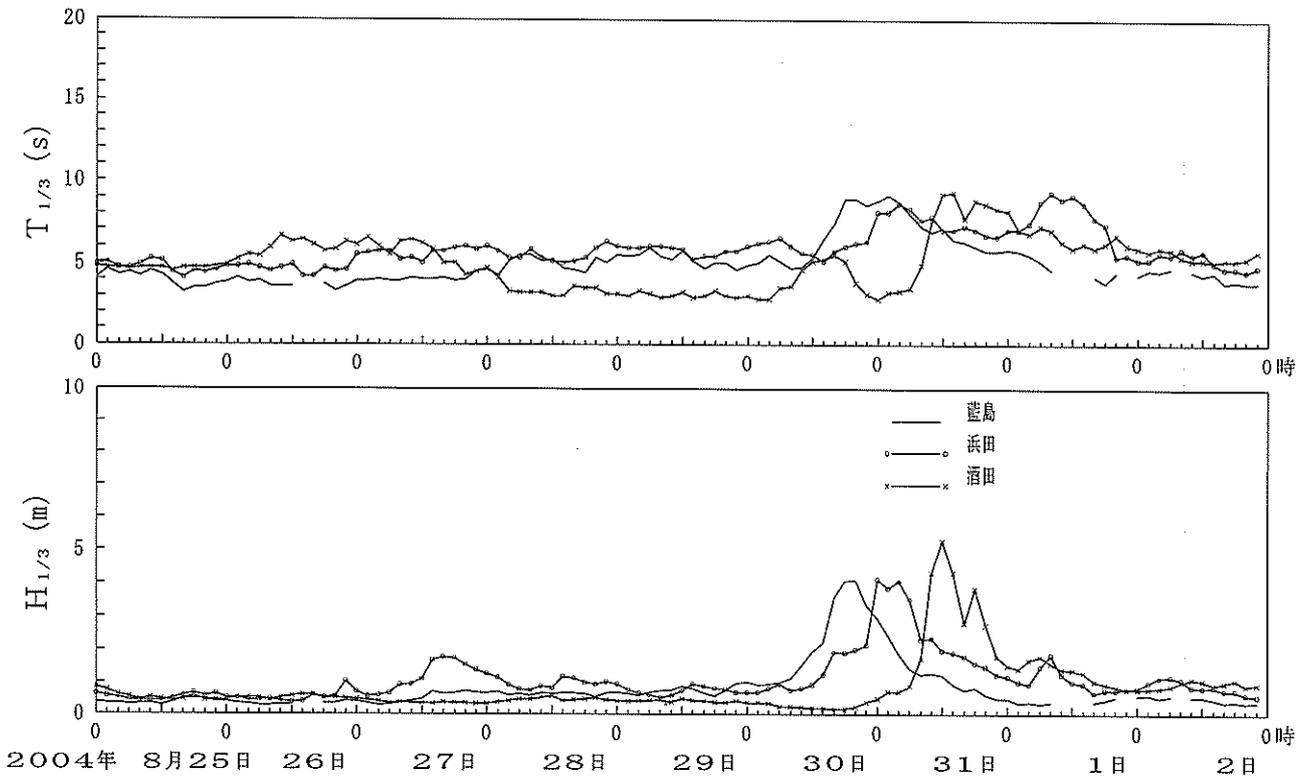


図-4.2(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0416 号)

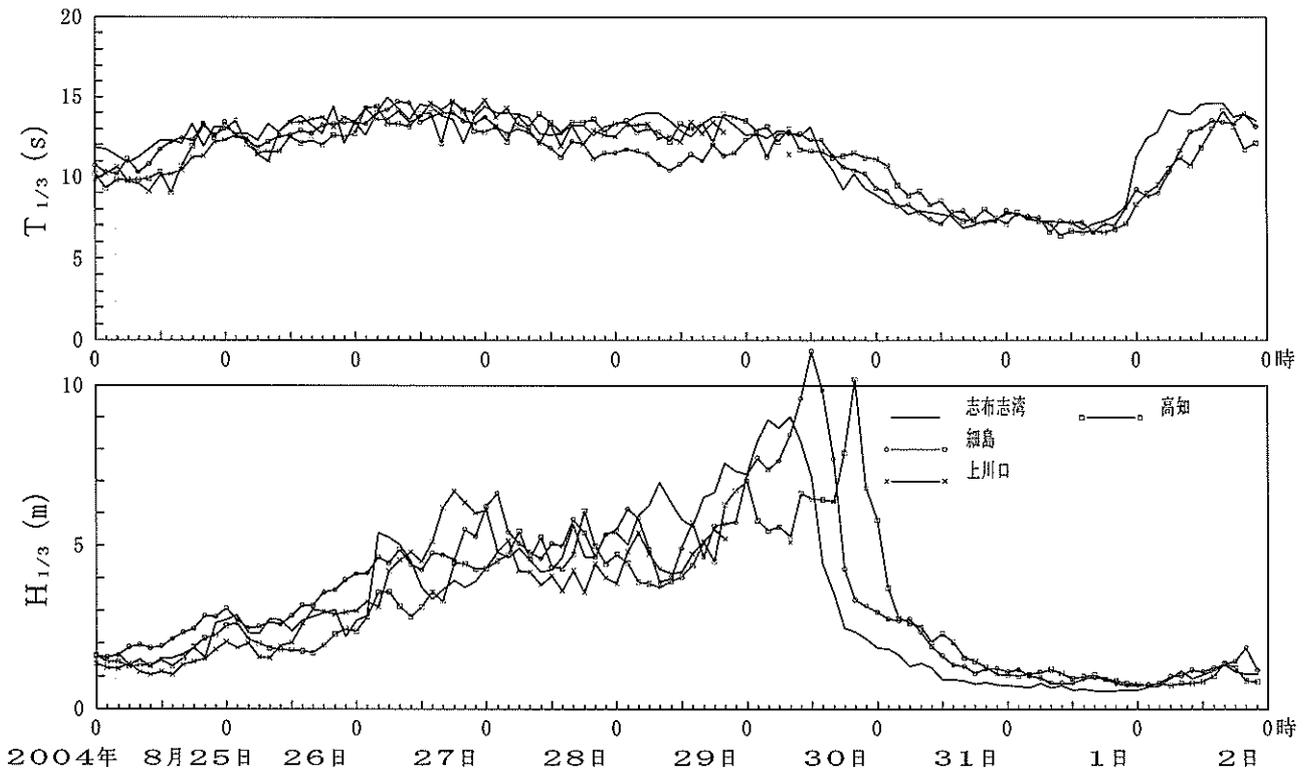


図-4.3(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0416 号)

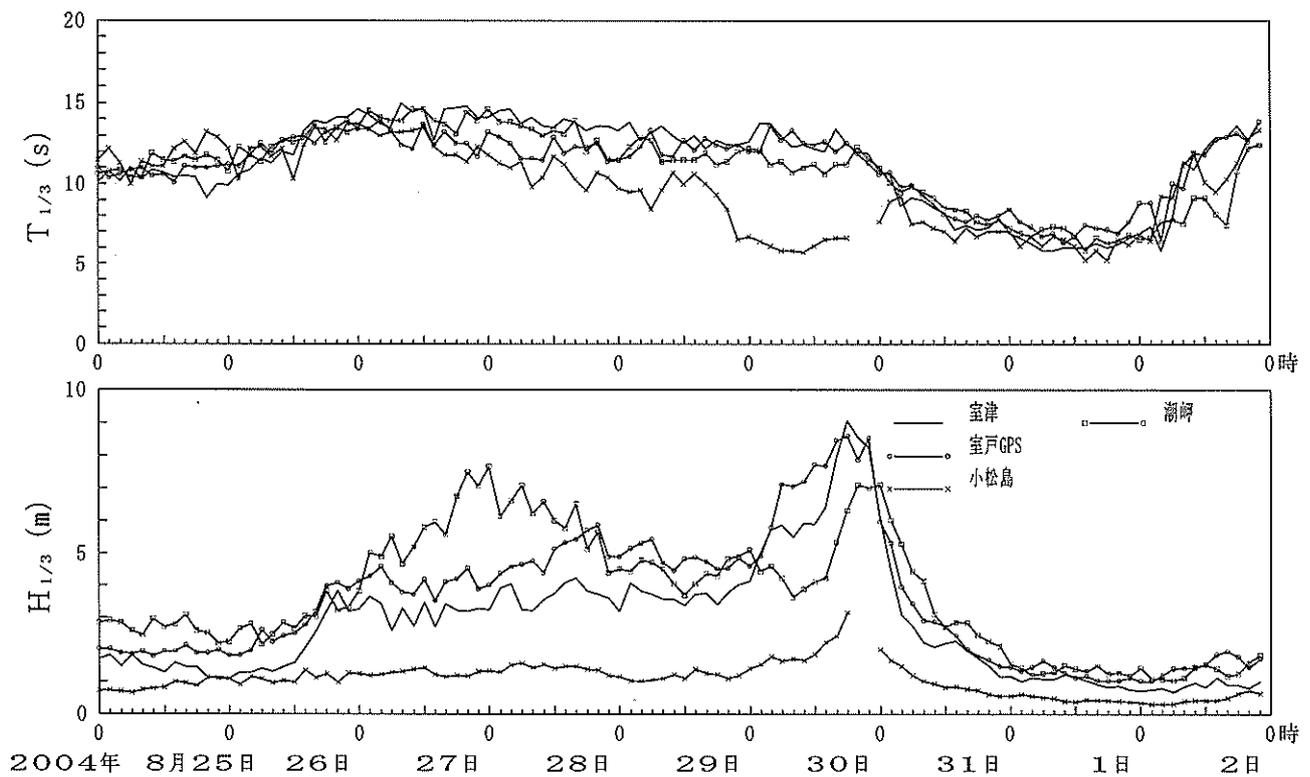


図-4.3(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0416 号)

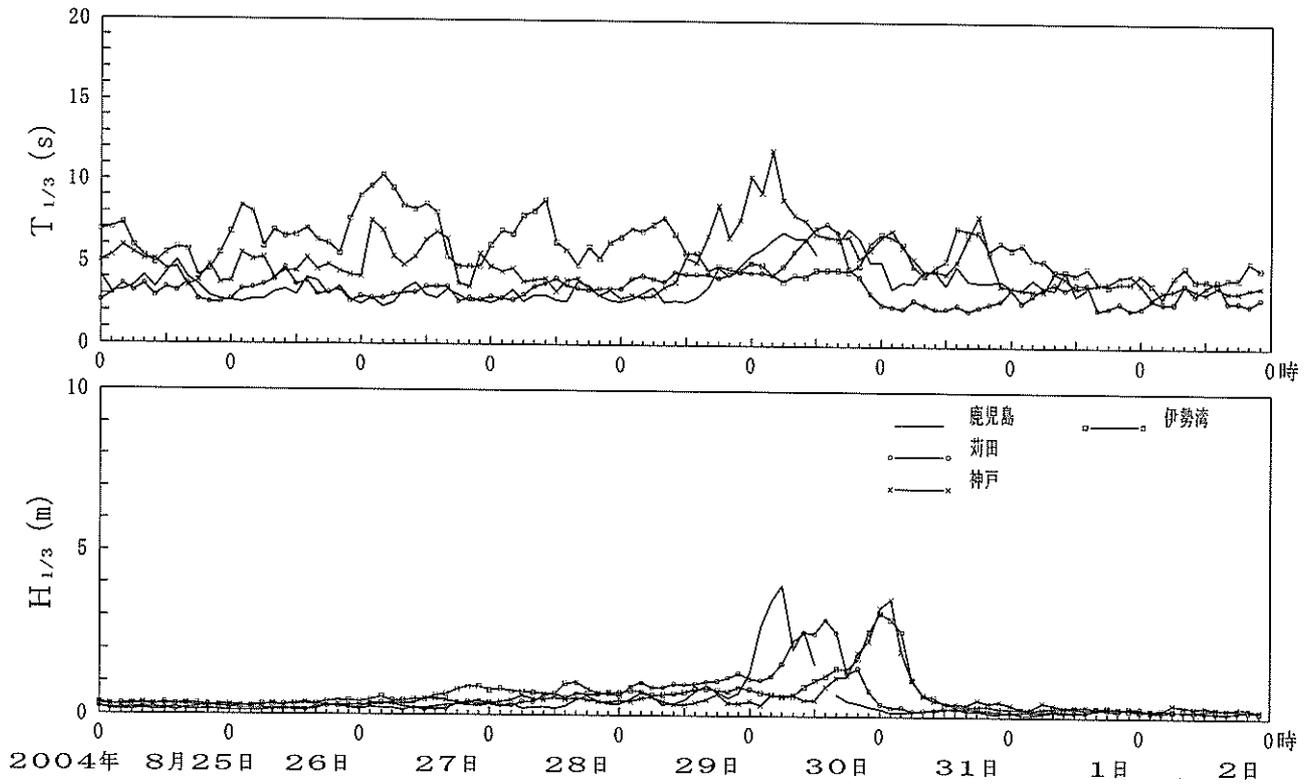


図-4.4(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0416 号)

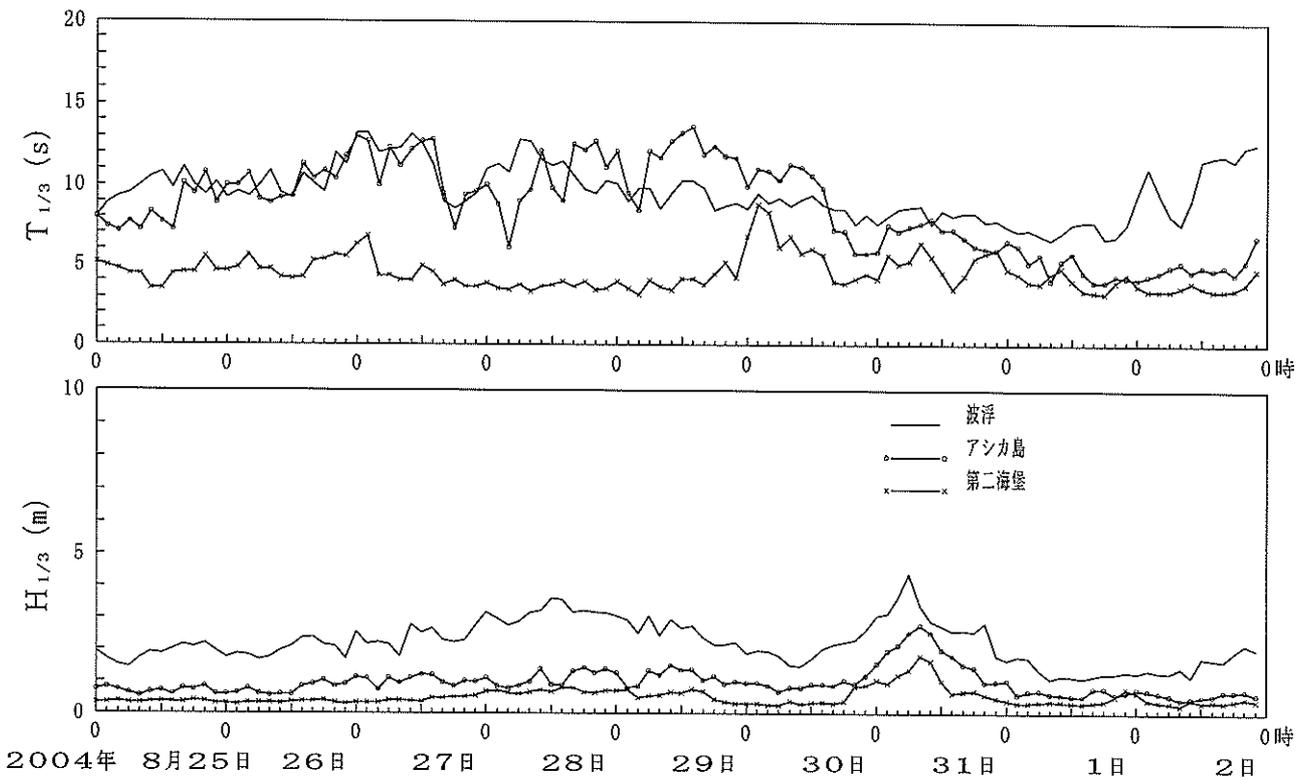


図-4.4(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0416 号)

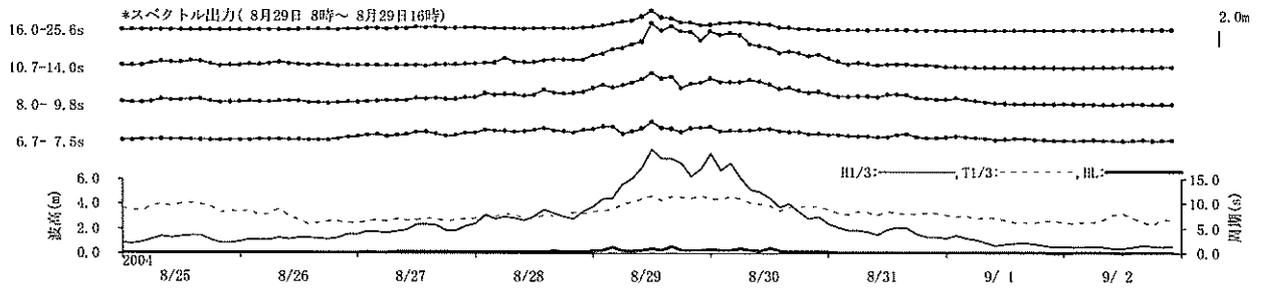


図-4.5 周期帯波高の経時変化 (名瀬)

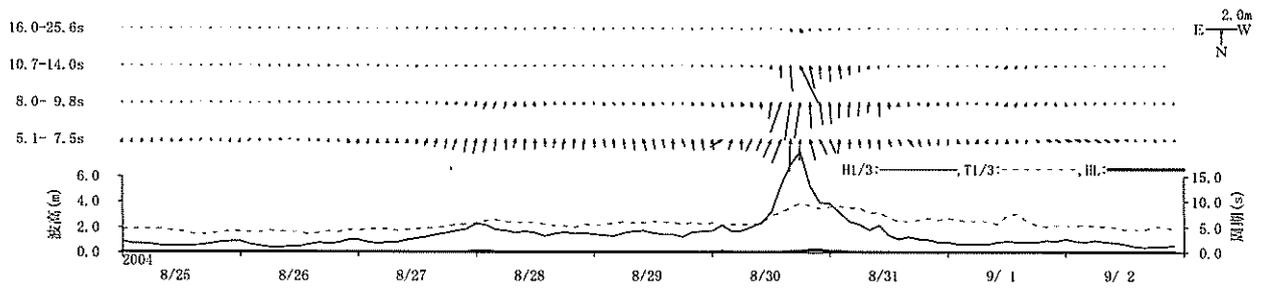


図-4.6 周期帯波高の経時変化 (玄海灘)

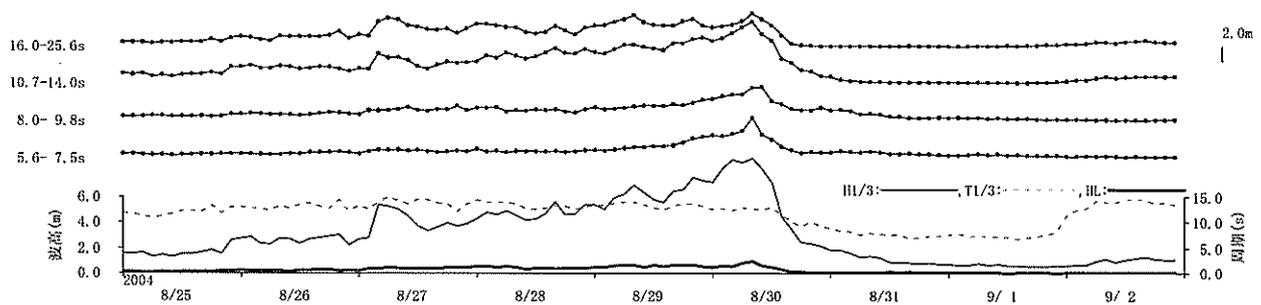


図-4.7 周期帯波高の経時変化 (志布志湾)

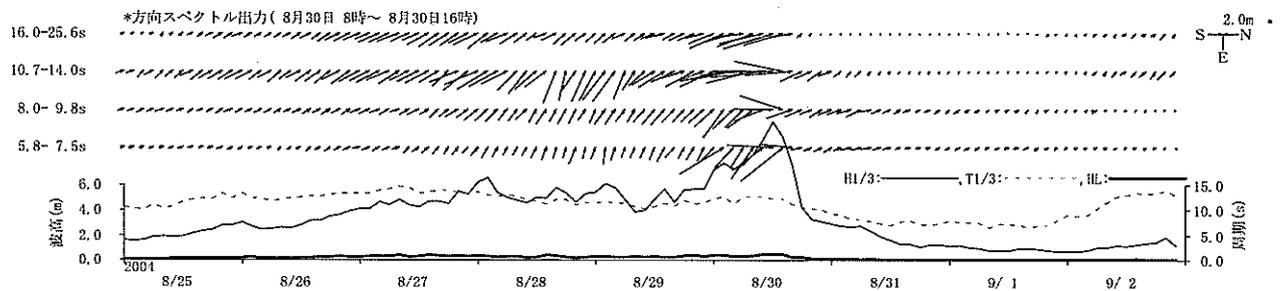


図-4.8 周期帯波高の経時変化 (細島)

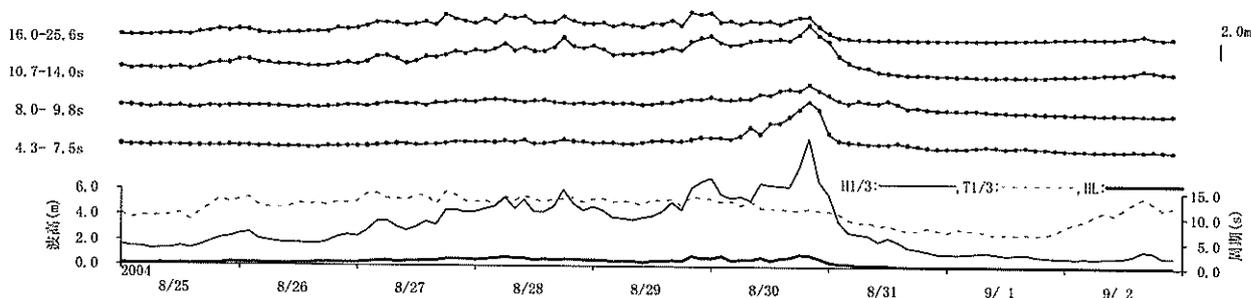


図-4.9 周期帯波高の経時変化（高知）

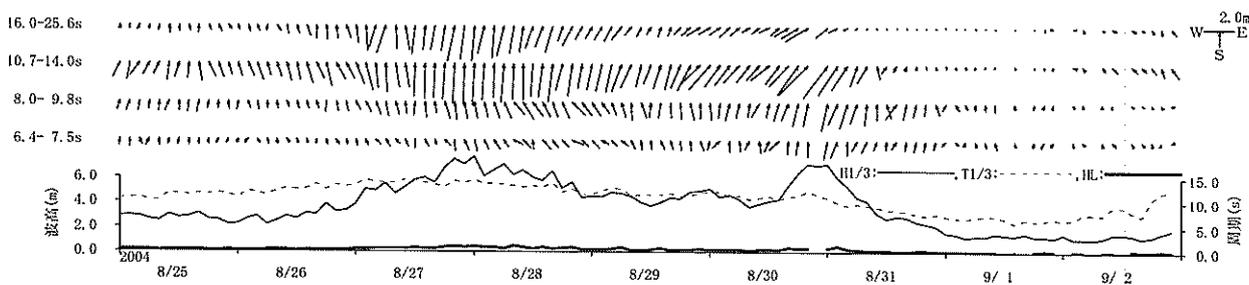


図-4.10 周期帯波高の経時変化（潮岬）

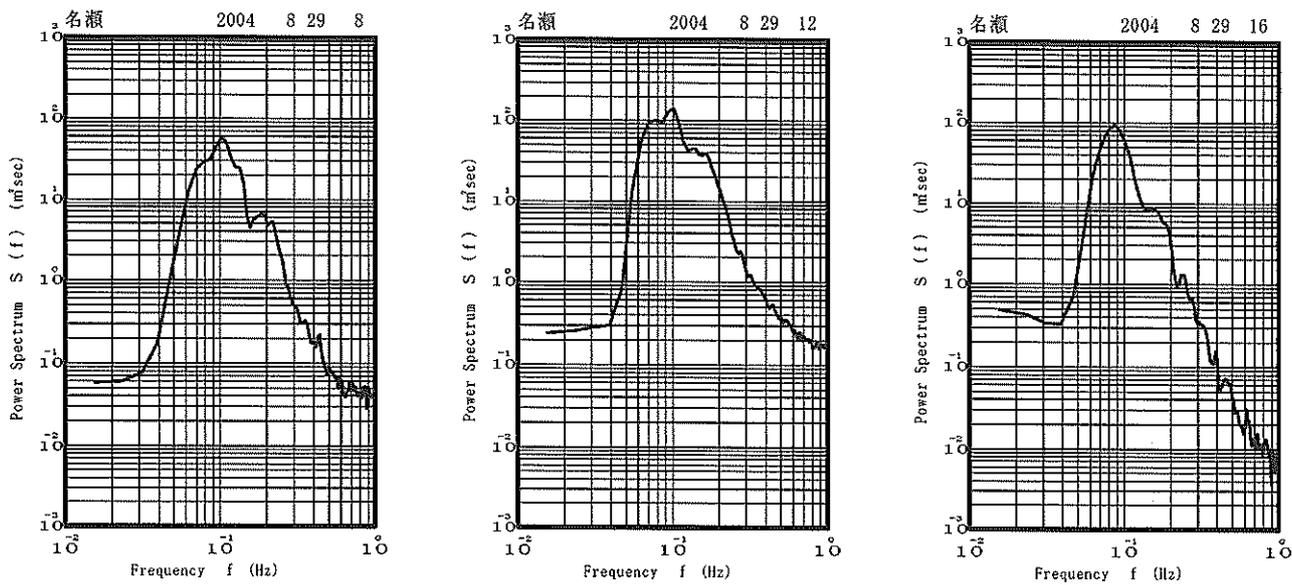


図-4.11 代表的な周波数スペクトルの観測事例（名瀬）

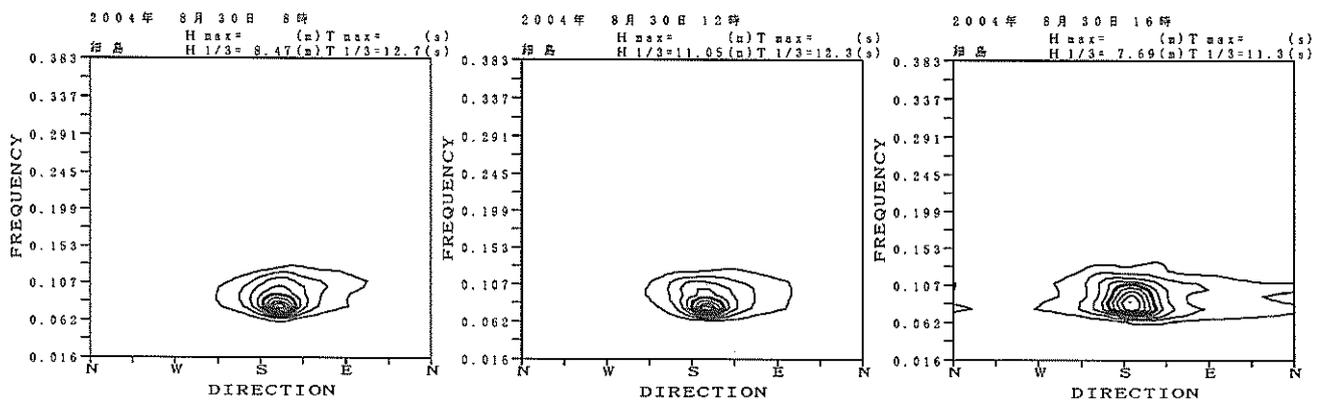


図-4.12 代表的な方向スペクトルの観測事例 (細島)

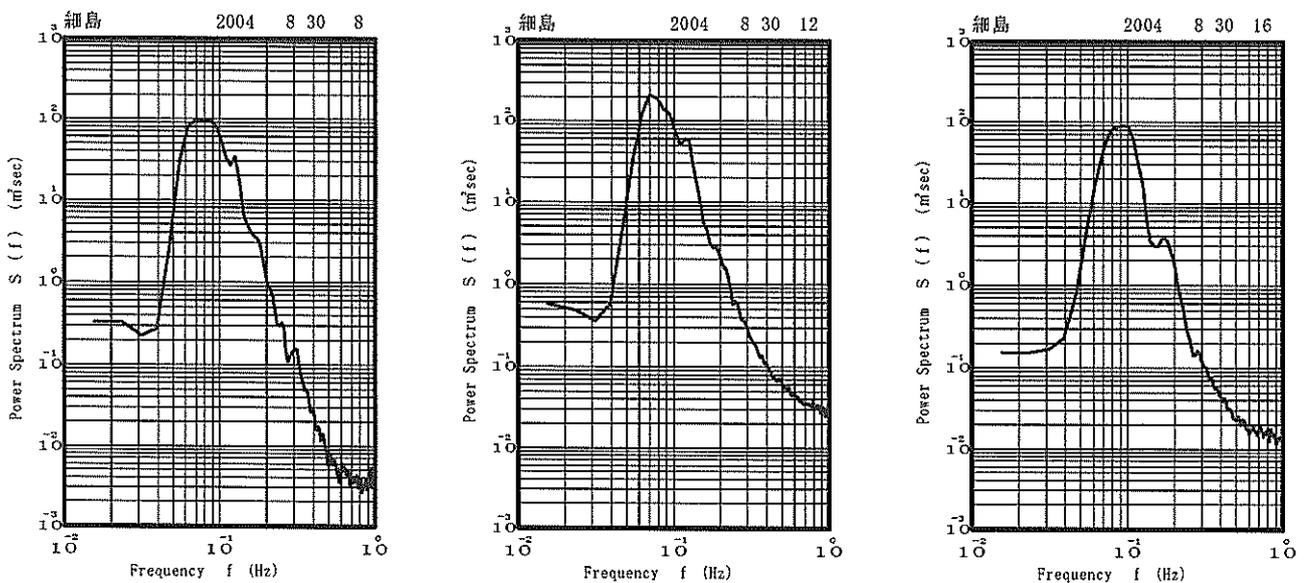


図-4.13 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (細島)

による観測有義波高として既往最大の記録となるものであった。

5. 台風18号の高波特性

台風0418号は、台風0416号の約2週間後に来襲した。経路は台風0416号とほぼ平行であり300kmほど西側、200kmほど北側の進路を進んで我が国を縦断した。すなわち、沖縄本島付近を通過した後、奄美大島の西方約300kmの海上でその進路をNW方向からNE方向に変え、九州北部をかすめた後、日本海を東北に進み、北海道西岸に平行して進み、オホーツク海に去っていった。

図-5.1は、台風0418号の経路と各波浪観測点における最大有義波を起時とともに図示したものである。また、表-5.1は、各観測点における最大有義波とその観測起時

を一覧表にしたものである。表-2.2で示したように、鹿児島・留萌のナウファス観測点において、それまで観測された既往最大有義波高を更新する高波をもたらせた。鹿児島では、2週間前の台風0416号に続く既往最大値更新であったことが特筆され、留萌のような北海道日本海側沿岸でも台風が既往最大波の発生要因となりうることが示されたものであった。

図-5.2から図-5.4に、台風0418号来襲前後の主な高波浪観測点における有義波高・周期の経時変化を示す。

台風0416号と0418号は、規模も進路も比較的似たものであったので、両台風による発生波も類似性が高いが、下記のポイントには注意が必要である。

沖縄に注目すると、那覇および中城湾では0418号の方が最大有義波高が高くなっている。これは、台風が沖縄本島を上陸通過したためである。

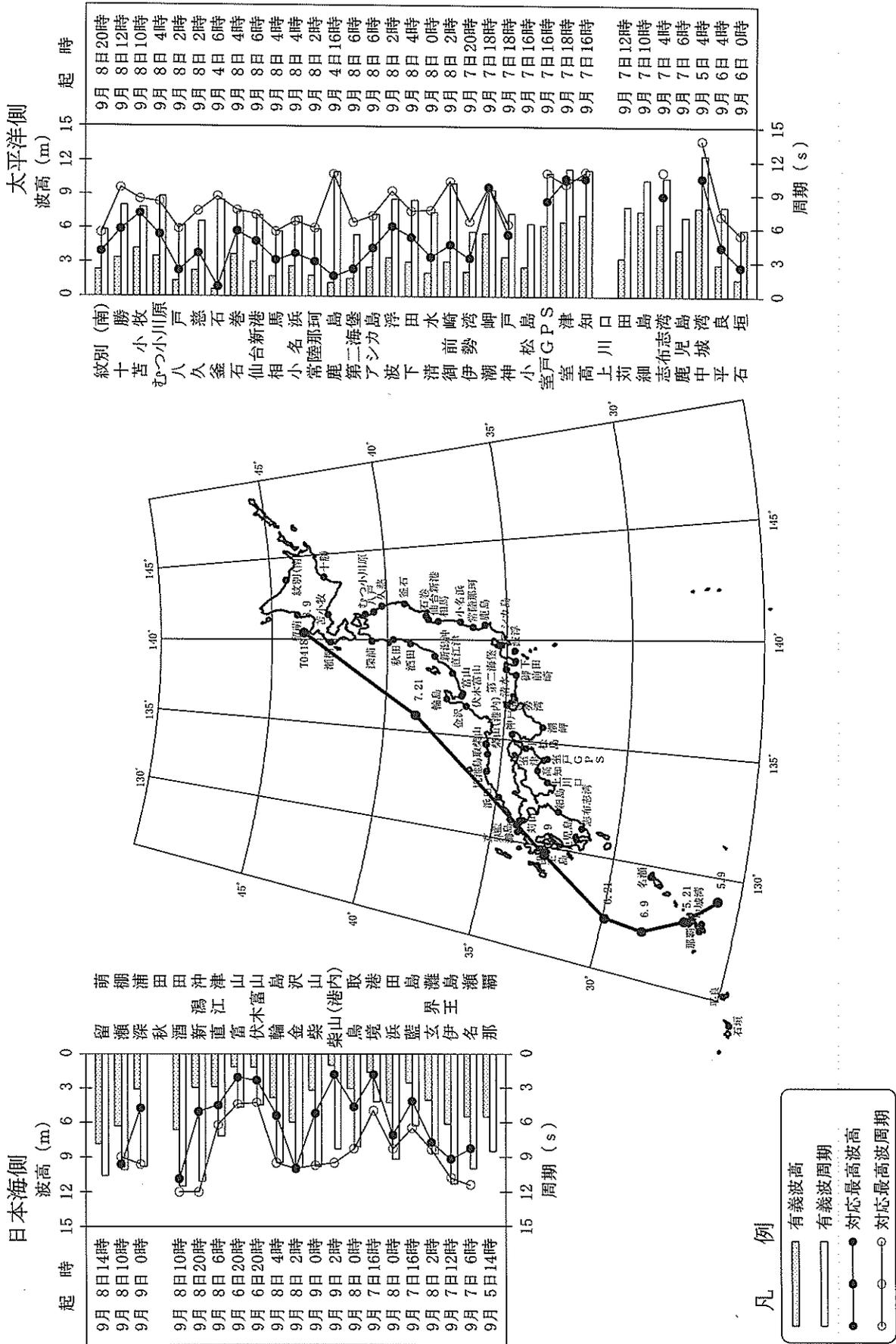


図-5.1 台風経路および各観測点における最大有義波 (台風 0418 号: 9月4日~9月9日)

表-5.1 最大有義波とその観測起時（台風0418号：9月4日～9月9日）

観測地点名	期間 項目	04年 9月 4日～04年 9月 9日				起 時
		有 義 波		対 応 最 高 波		
		波 高	周 期	波 高	周 期	
留萌		7.83m	10.6s	— m	— s	9月 8日 14時
瀬棚		6.32	10.1	9.61	9.0	9月 8日 10時
深浦	*	3.12	9.8	4.79	9.6	9月 9日 0時
秋田		—	—	—	—	—
酒田		6.63	11.5	10.86	12.0	9月 8日 10時
新潟沖		2.97	7.4	5.00	7.4	9月 8日 6時
直江津		2.89	7.2	4.52	6.2	9月 8日 6時
富山		1.14	4.7	2.07	4.4	9月 6日 20時
伏木富山		1.21	4.5	2.33	4.3	9月 6日 20時
輪島		3.83	9.5	5.41	9.5	9月 8日 4時
金沢		6.00	9.9	10.04	10.0	9月 8日 2時
柴山		3.19	9.8	5.22	9.7	9月 9日 0時
柴山(港内)		1.01	8.3	1.85	9.5	9月 9日 2時
鳥取		3.05	8.1	4.65	8.3	9月 8日 0時
境港		1.58	4.2	1.85	5.0	9月 7日 16時
浜田		4.31	9.2	7.11	8.3	9月 8日 0時
藍島		2.55	6.3	4.16	6.5	9月 7日 16時
玄界灘		4.03	8.7	7.75	8.4	9月 8日 2時
伊王島		6.13	11.3	9.19	10.8	9月 7日 12時
名瀬		5.52	10.0	8.28	11.4	9月 7日 6時
那覇		5.56	8.5	—	—	9月 5日 14時
紋別(南)		2.28	5.8	3.94	5.6	9月 8日 20時
十勝		3.36	8.0	5.89	9.6	9月 8日 12時
苫小牧		4.18	7.8	7.27	8.6	9月 8日 10時
むつ小川原		3.49	8.8	5.40	8.3	9月 8日 4時
八戸		1.36	6.2	2.25	5.9	9月 8日 2時
久慈		2.27	6.6	3.79	7.5	9月 8日 2時
釜石		0.60	8.5	0.84	8.8	9月 4日 6時
石巻		3.64	7.4	5.72	7.6	9月 8日 4時
仙台新港	*	3.01	7.1	4.81	7.2	9月 8日 6時
相馬		1.76	5.7	3.17	5.7	9月 8日 4時
小名浜		2.60	7.0	3.75	6.6	9月 8日 4時
常陸那珂		1.81	5.9	3.04	6.0	9月 8日 2時
鹿島		1.21	11.0	1.77	10.8	9月 4日 16時
第二海堡		1.53	5.4	2.39	6.5	9月 8日 6時
アシカ島		2.55	7.2	4.22	7.1	9月 8日 6時
波浮		3.39	8.6	6.13	9.3	9月 8日 2時
下田		2.98	8.5	5.20	7.5	9月 8日 4時
清水		2.06	7.4	3.44	7.6	9月 8日 0時
御前崎		3.05	10.0	4.52	10.2	9月 8日 2時
伊勢湾		2.16	5.7	3.30	6.6	9月 7日 20時
潮岬		5.57	9.4	9.65	9.7	9月 7日 18時
神戸		3.46	7.3	5.42	6.3	9月 7日 18時
小松島		2.55	6.4	—	—	9月 7日 16時
室戸GPS		6.27	10.9	8.41	10.9	9月 7日 16時
室津		6.56	11.3	10.44	9.9	9月 7日 18時
高知		7.17	11.2	10.40	11.0	9月 7日 16時
上川口		—	—	—	—	—
荊田	*	3.36	7.9	—	—	9月 7日 12時
細島		7.48	10.3	—	—	9月 7日 10時
志布志湾		6.33	10.5	8.87	11.0	9月 7日 4時
鹿児島		4.09	7.0	—	—	9月 7日 6時
中城湾		7.81	12.5	10.46	13.8	9月 5日 4時
平良		2.81	7.9	4.30	7.1	9月 6日 4時
石垣		1.50	5.9	2.55	5.4	9月 6日 0時

*印は波高ピーク付近に欠測あり

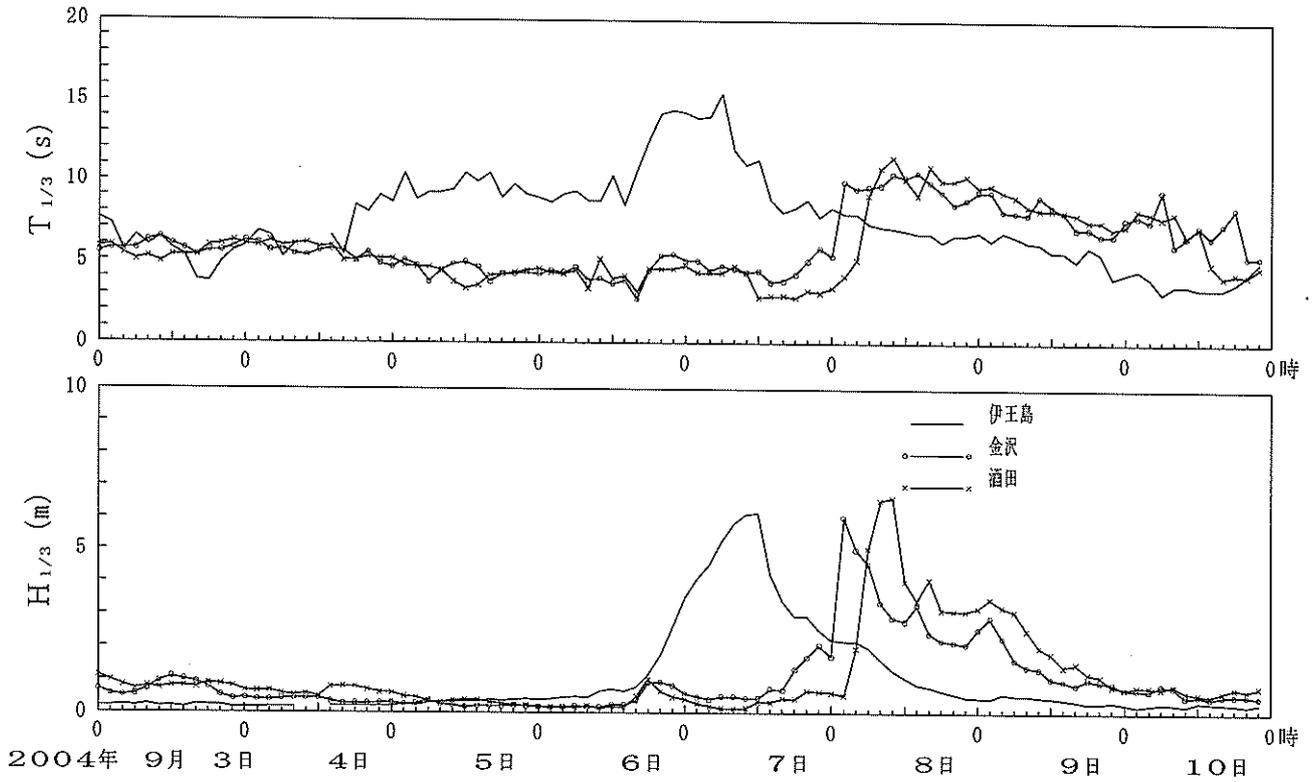


図-5.2(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0418 号)

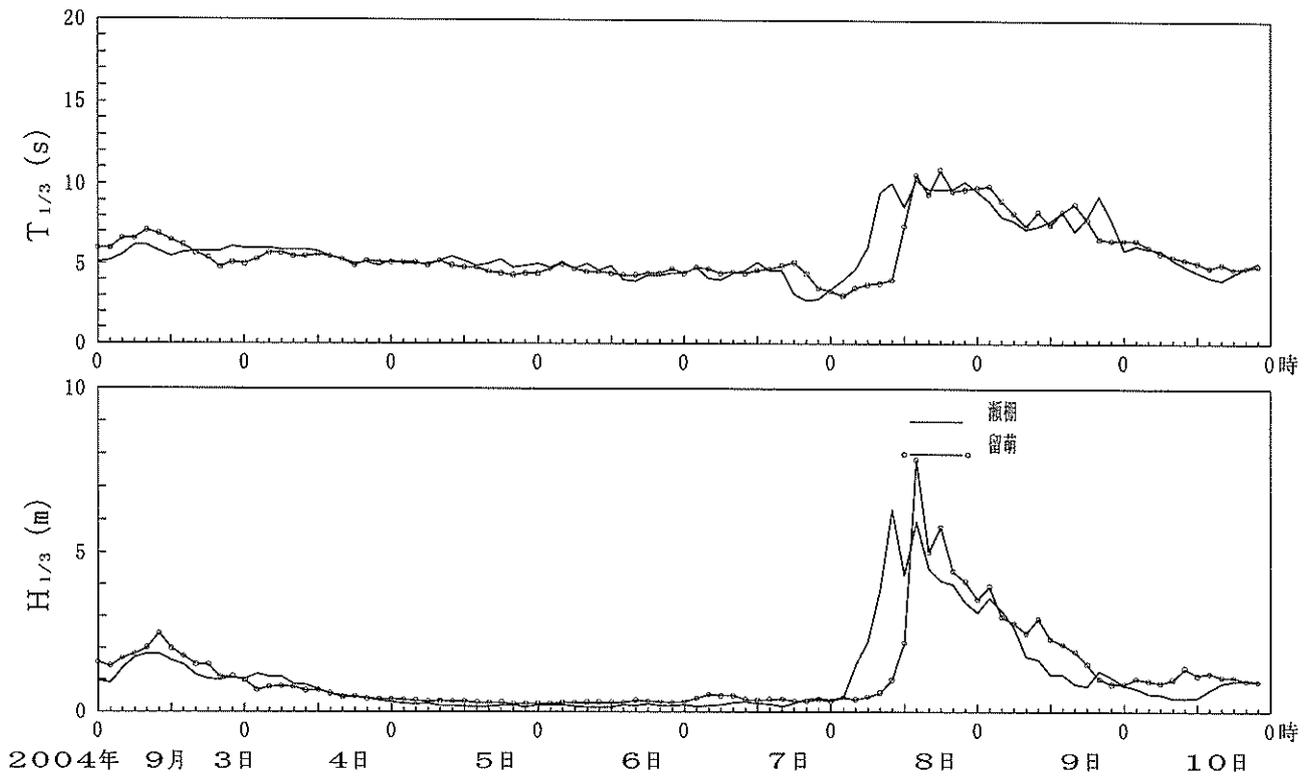


図-5.2(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0418 号)

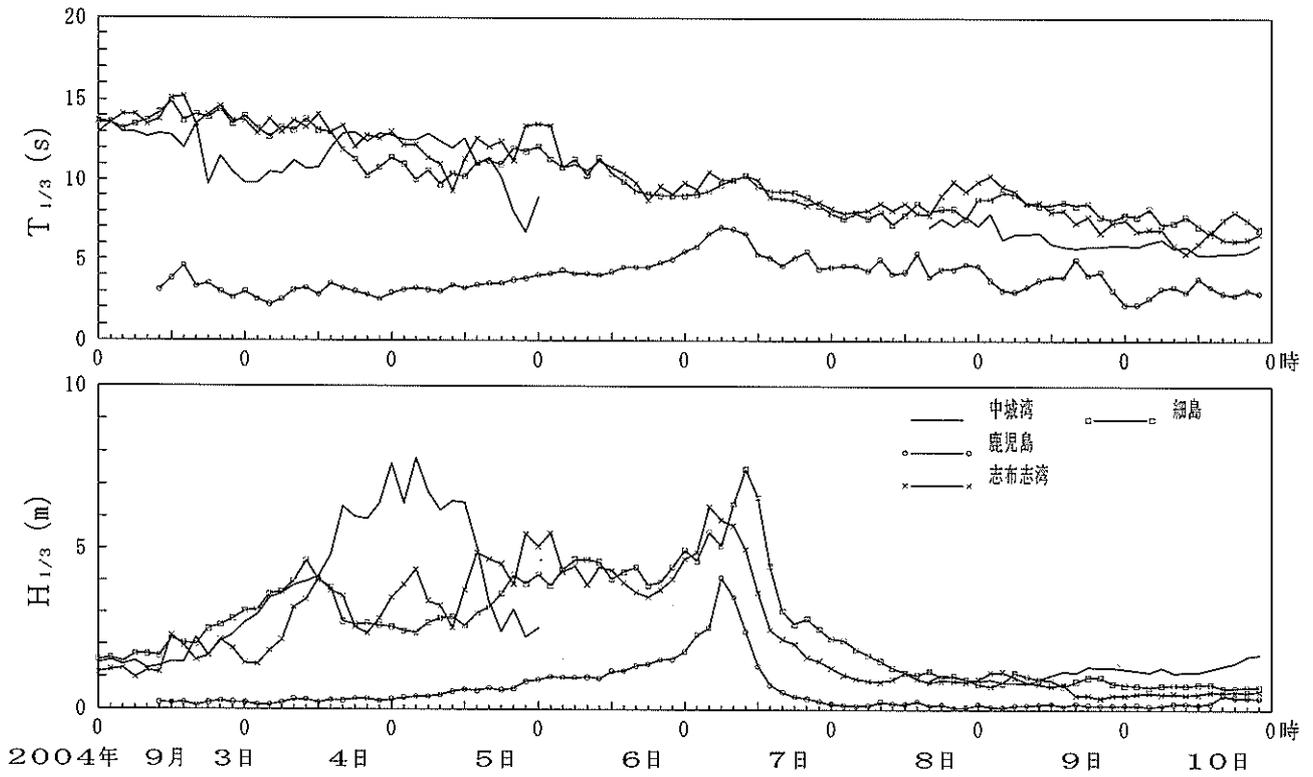


図-5.3(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0418 号)

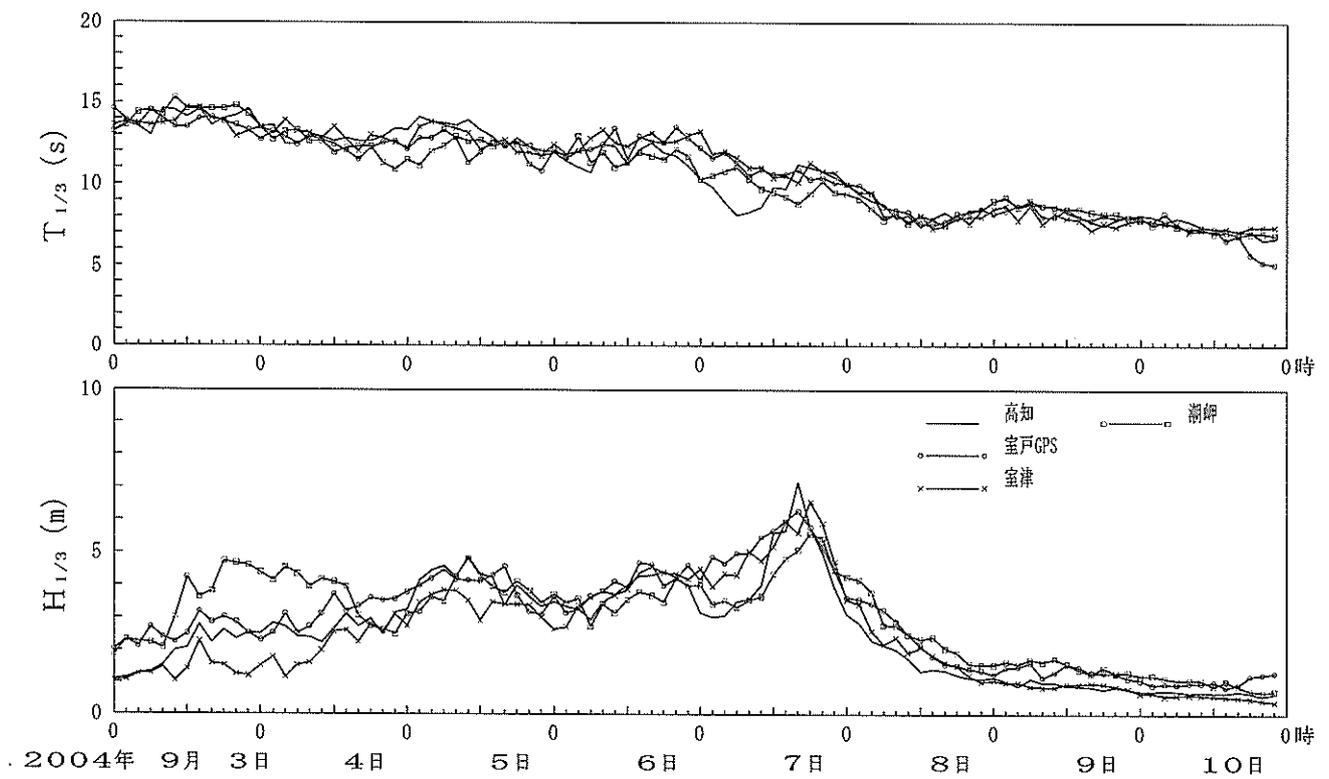


図-5.3(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0418 号)

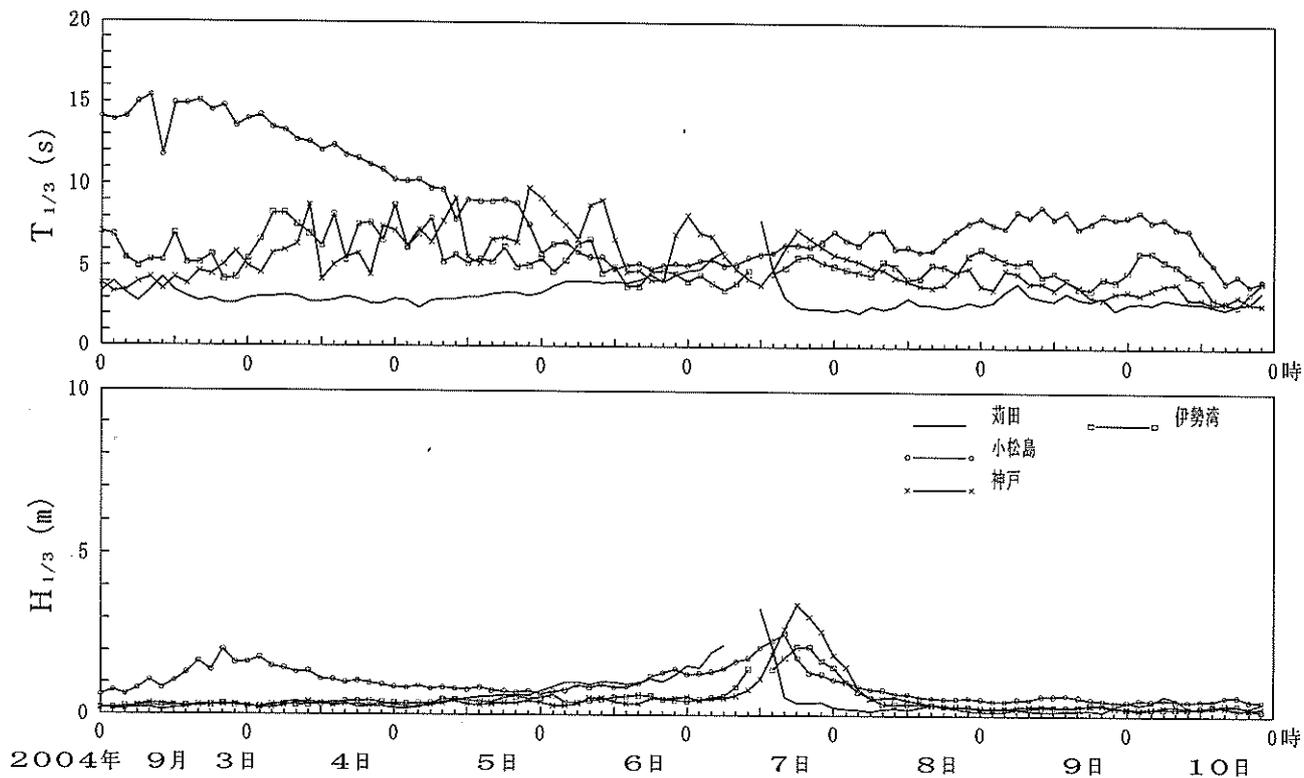


図-5.4(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0418 号)

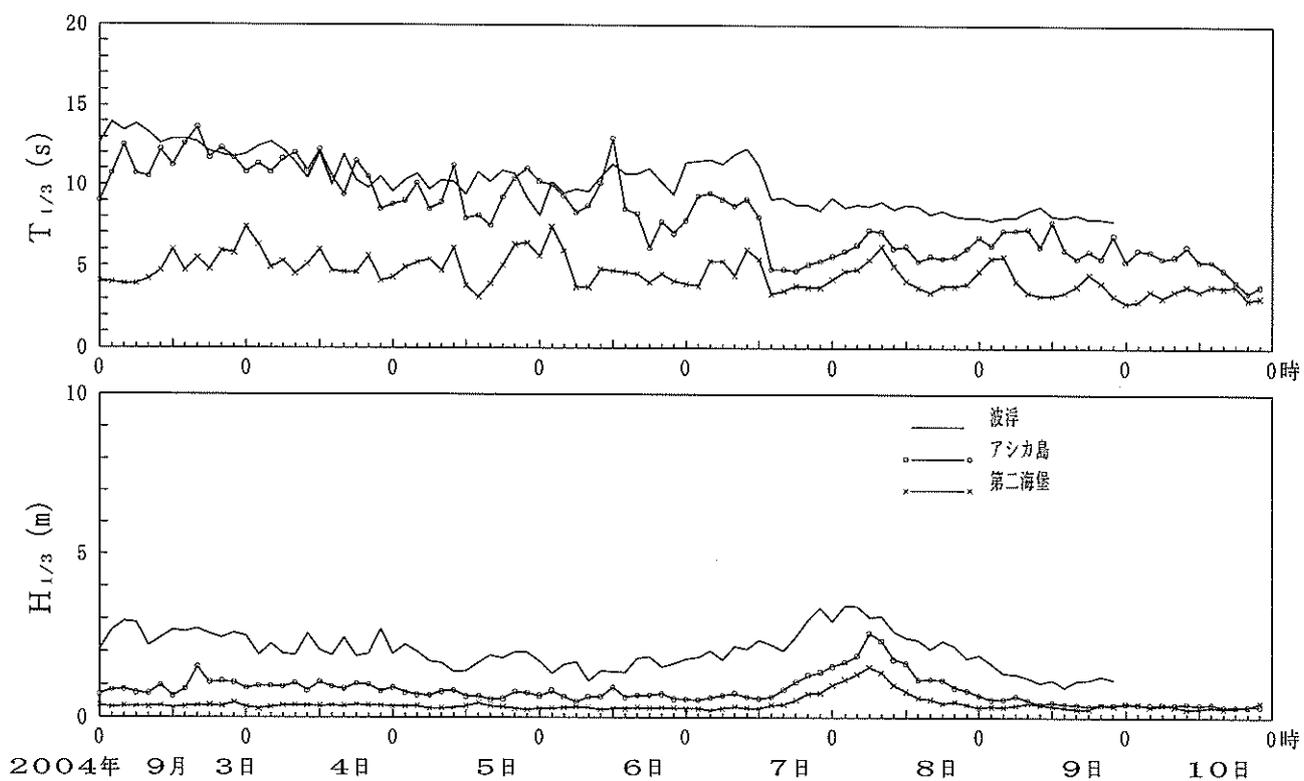


図-5.4(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0418 号)

九州南西岸、四国南岸および潮岬・御前崎などの太平洋沿岸のナウファス観測点では、両台風による波浪の出現特性は概ね類似していた。ただし、台風0418号は0416号より若干進路が北側であったため、有義波高の絶対値は若干低い値となったようである。苅田・小松島・神戸・伊勢湾などの太平洋沿岸の地形による遮蔽を受ける波浪観測点でも、両台風による波浪の出現状況は、非常によく類似していた。

東シナ海沿岸の玄界灘では、0416号によるものと比較して、波浪ははるかに小さかった。これは、0416号では台風は九州西南部が変曲点（速度を落とし進路を大きく変える位置）であったため、台風中心に向かう強風が波浪を発達させやすかったのに対して、台風0418号の変曲点はこれより西側であったためである。

台風0418号は日本海を北東に進む間も、あまり衰えることがなかったため、北海道の日本海沿岸に顕著な高波浪をもたらした。この時の波の発達はきわめて急速であり、例えば留萌では9月8日の台風が最接近する10:00頃までは、有義波高が1m程度であったが、台風通過後の風向の変化によって急速に波浪が発達し、14:00には、30年間以上の観測を通じた既往最大有義波高の最高値（7.83m）を記録するに至った。このような急速な波浪の発達は、台風0415号通過時の酒田などの状況とよく類似している。

図-5.5から図-5.10に、中城湾・伊王島・高知・潮岬・瀬棚・留萌の各観測点におけるスペクトル解析結果を、周期帯波高・波向の経時変化図として示す。

図-5.5で、中城湾における台風近接時の周期帯波浪を見ると、台風が最接近したと考えられる9月5日12:00頃までは、24時間程度、有義波高が5mを超える高波高状態が継続したものの、台風通過後は、急速に波浪が減衰したことがわかる。極大有義波高の7.81mという値は、台風が最接近する8時間前の5日4時に発生していた。高波浪期間中の周期帯波高を見ると、周期10秒以上の長周期成分が支配的であり、特に周期15秒以上の成分エネルギーが強いことがわかる。これは太平洋南海上で時間をかけてうねりが成長したことを意味していると考えられる。高波浪時の周期帯毎の波向を見ると、周期15秒の長周期成分ではESEからの波の来襲であったのに対して、周期8秒以下の短周期成分ではENEからとなっていて、周期の短い成分ほど反時計回りに波向がずれている状況が見られる。これは、周期が長いほどより南方遠くに位置していた時の台風によって発生成長したうねりの影響を強く受けるためだと思われる。

図-5.6は、伊王島における解析結果である。台風が奄

美大島西方海上で変曲した6日夕方頃から、徐々に波高が増加していった状況が理解できる。波浪の発達は、周期の長い成分ほど早くなっており、周期の長いうねりほど早く伝播する波浪の伝播特性がよくわかる。台風は7日9時頃最接近した。7日10時の有義波周期が、8時のそれよりも急に短くなったのは、台風通過後に風向が変わりWSWからの周期の短い風浪が急に発達したためである。このため、最大の有義波高6.13mは、最接近3時間後の12時の観測で見られた。その後、波浪は急速に減衰している。

図-5.7と図-5.8に、それぞれ、高知と潮岬の解析結果を示す。高知では7日16時に、潮岬では2時間後の18に極大有義波高を記録したが、両観測点に共通して、その4日前の9月3日昼頃から高波浪状態が継続していたのが特徴である。これは、台風0416号の状況とよく似ている。ピークとなった7日夕方には、周期10秒以上の長周期成分は既に減衰をしていた状況であったが、台風の近接に伴い風浪が発達し、周期10秒以下の短周期成分の発達のため、ピーク時刻がこのように表れたと考えられる。

図-5.9に瀬棚の、図-5.10に留萌の、それぞれの解析結果を示す。留萌では、有義波高が最大となった8日14時の4時間前の10時には、有義波高が1m以下であったことを考えると、台風0415来襲時の酒田と同様に、きわめて急速に波が発達したことが理解できる。周期帯毎に見ても、12時の段階でまず周期10秒以下の短周期成分から発達が始まり、14時には周期10秒以上の長周期成分も急発達した模様である。その後、波浪は減衰を始めるが、発達に比べて減衰は緩やかであった。瀬棚では、有義波高の極大値は、留萌より4時間早い8日10時に発生しているが、留萌と同様に、台風通過後に波浪が急速に発達したことがわかる。

図-5.11と図-5.12は、それぞれ、伊王島におけるピーク前後の9月7日8時、12時および16時における、方向スペクトルと周波数スペクトルを図化したものである。8時の時点では、ピーク周波数が0.07Hz（周期約14秒）でSW方向の単峰型のスペクトル形状であった。その後、周波数0.1Hz以上（周期約10秒）の短周期成分の急速な発達が起こり、その後、徐々に波浪が減衰していく状況がよく理解できる。

図-5.13と図-5.14は、それぞれ、留萌におけるピーク前後の9月8日10時、14時および18時における、方向スペクトルと周波数スペクトルを図化したものである。ただし、10時における観測では、測定された流速成分の絶対値が小さく、常時混入しているノイズレベルと同程

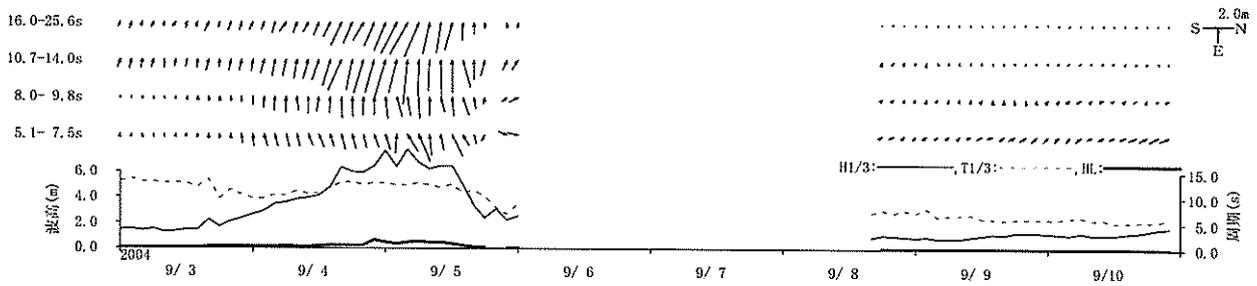


図-5.5 周期帯波高の経時変化（中城湾）

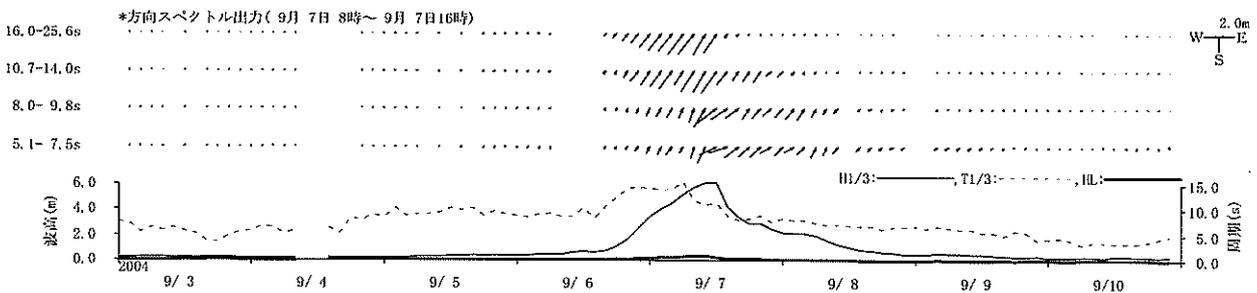


図-5.6 周期帯波高の経時変化（伊王島）

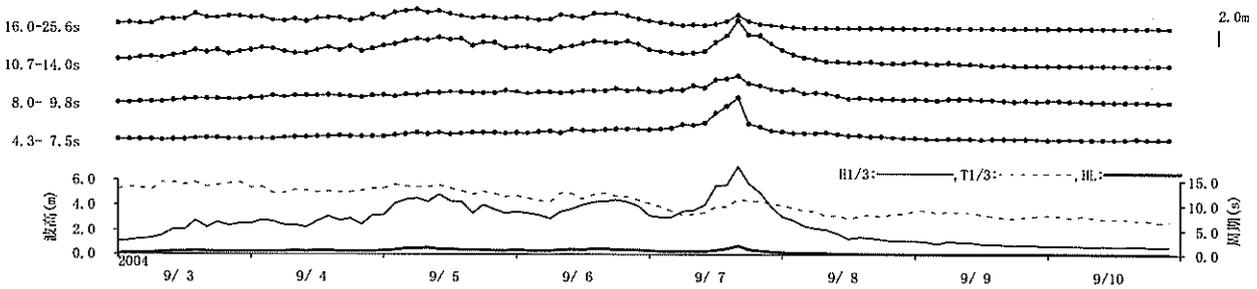


図-5.7 周期帯波高の経時変化（高知）

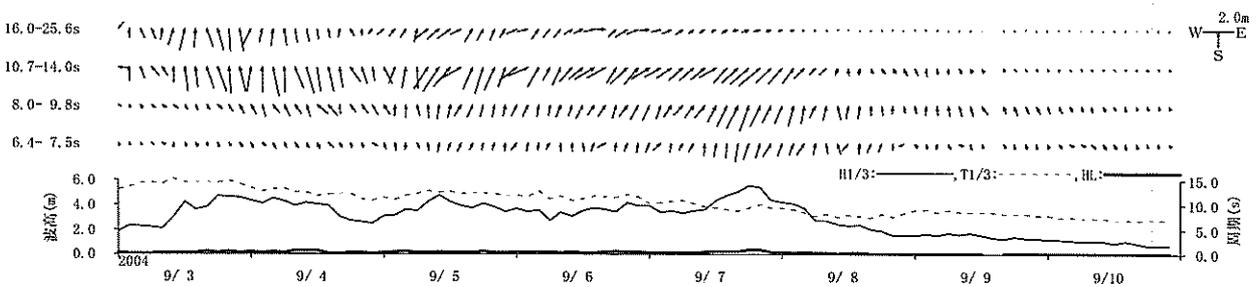


図-5.8 周期帯波高の経時変化（潮岬）

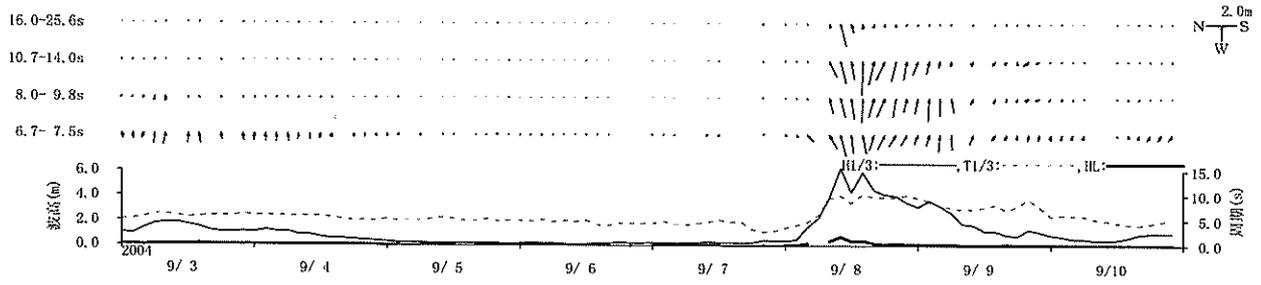


図-5.9 周期帯波高の経時変化 (瀬棚)

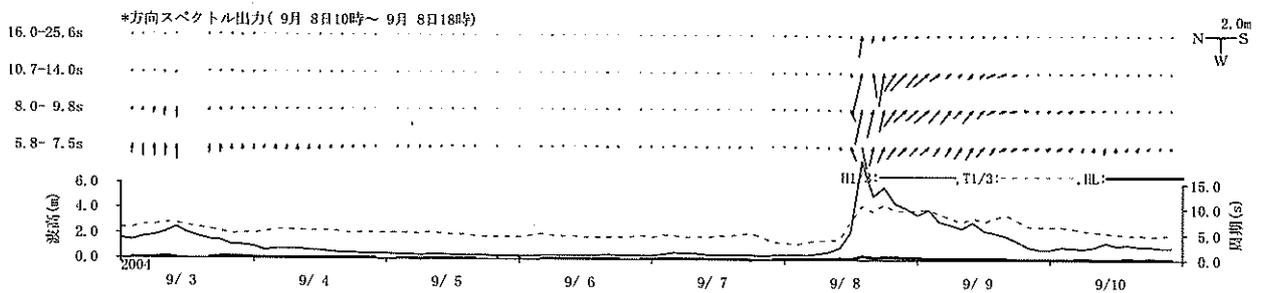


図-5.10 周期帯波高の経時変化 (留萌)

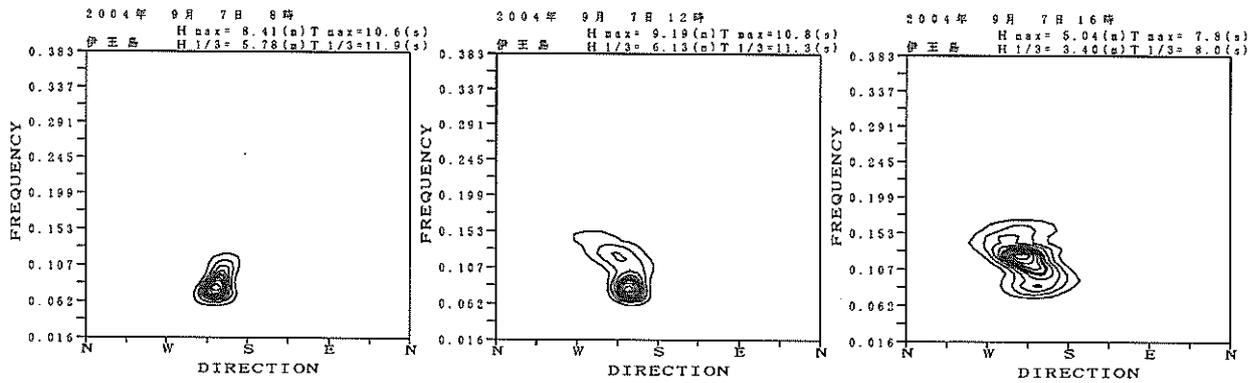


図-5.11 代表的な方向スペクトルの観測事例 (伊王島)

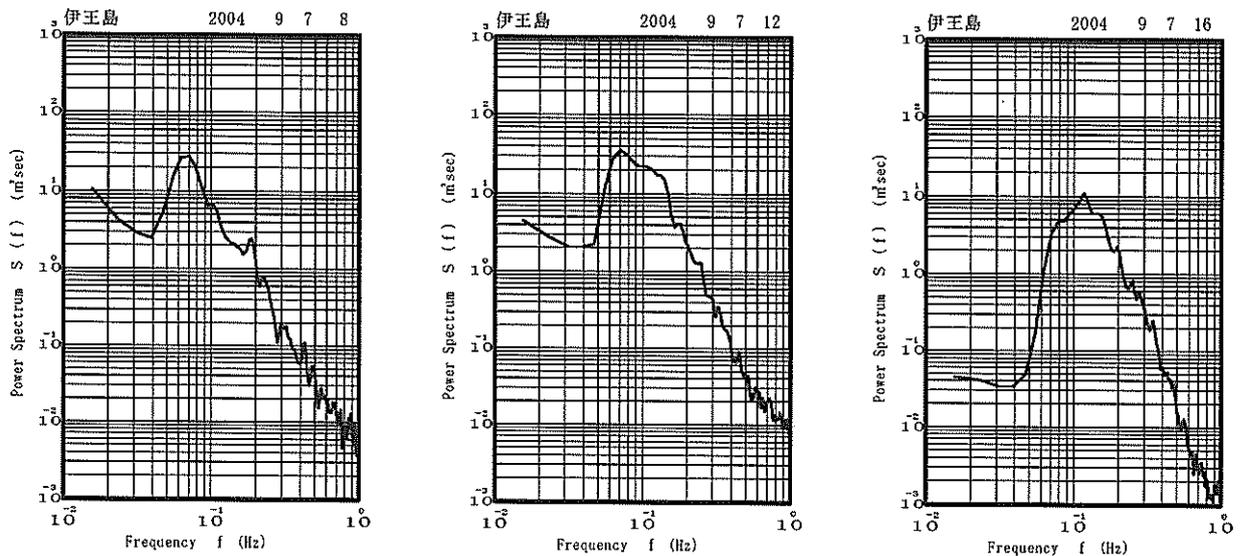


図-5.12 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (伊王島)

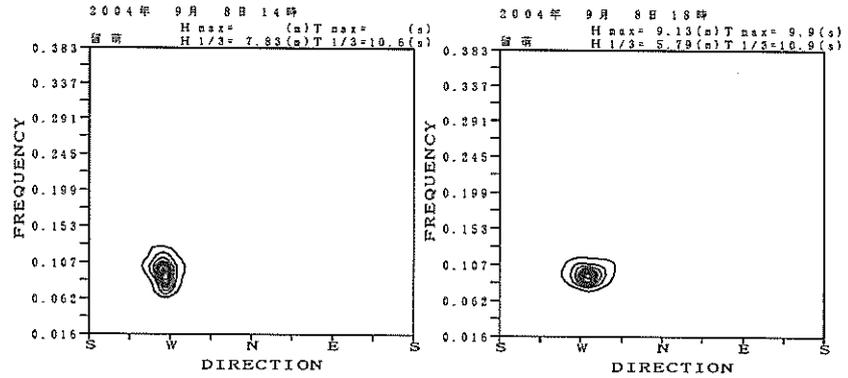


図-5.13 代表的な方向スペクトルの観測事例 (留萌)

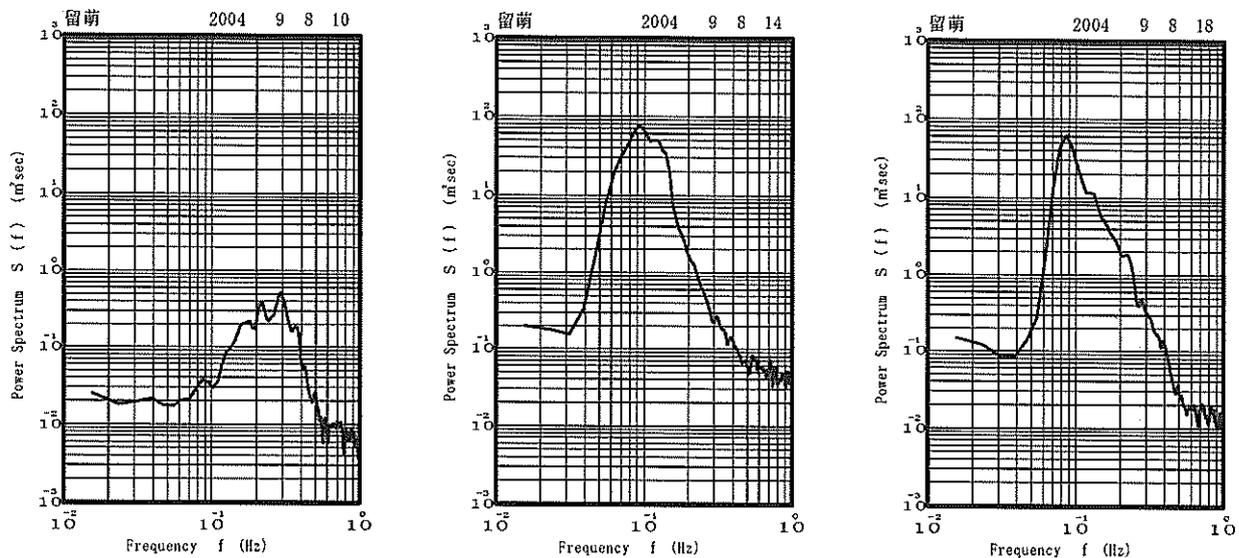


図-5.14 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (留萌)

度であったため、方向スペクトルの算定は困難であった。これらの図からも、10時から14時にかけての波浪の急速な発達と、14時から18時にかけての緩やかな減衰状況が理解され、図-3.9で前述した台風0415号来襲時の酒田における波浪の経時変化特性とよく似た状況であったことが理解できる。

6. 台風21号の高波特性

台風0421号は、沖縄本島の西側、宮古島の北側海上で変曲点した後、北東方向に直進し、九州南岸、四国を通過し、大阪湾を経て大阪付近に再上陸した後、本州を縦断し三陸沿岸から太平洋に抜ける進路を取った。

図-6.1は、台風0421号の経路と各波浪観測点における最大有義波を起時とともに図示したものである。また、表-6.1は、各観測点における最大有義波とその観測起時を一覧表にしたものである。表-6.1からわかるように、

台風0421号に伴う波浪は、他の一連の台風に比べれば特筆される高波浪ではなかった。しかし、沖縄本島を回り込むような進路を取ったため、中城湾では有義波高7.21mを観測した。那覇では最大有義波高が3.12mと比較的低かったのは、陸からの風が主であったためであろう。

図-6.2から図-6.3に、台風0421号来襲前後の主な高波浪観測点における有義波高・周期の経時変化を示す。宮古島北約100km地点で変曲点となり比較的長時間にわたって台風が停滞したのも係わらず、平良港沖での最大有義波が3.47mに留まったのは、平良港は宮古島および伊良部島によって挟まれる位置にあり、両島の遮蔽効果が大きかったためと推定される。すなわち、台風が近づいてくる間は、宮古島による遮蔽を受け、台風変曲点以降は伊良部島の遮蔽を受けたと考えられる。しかし、有義波高が2mを越える高波浪状況が3日間以上継続したことは、台風の変曲点付近での停滞によるものであった。

表-6.1 最大有義波とその観測起時（台風0421号：9月26日～10月1日）

観測地点名	期間 項目				
	04年 9月26日～04年10月 1日				
	有 義 波		対 応 最 高 波		起 時
波 高	周 期	波 高	周 期		
留萌	1.59m	5.4s	2.79m	5.6s	9月30日20時
瀬棚	1.32	5.1	2.23	4.9	10月1日22時
深浦	1.63	5.7	2.53	4.8	9月30日8時
秋田	—	—	—	—	—
酒田	3.38	7.3	5.57	6.7	9月30日10時
新潟沖	* 3.84	8.1	6.52	8.3	9月30日12時
直江津	2.72	7.2	3.92	6.5	9月30日14時
富山	2.31	8.1	3.53	7.3	9月30日16時
伏木富山	1.88	7.5	2.93	7.6	9月30日16時
輪島	3.18	9.0	5.11	9.1	9月30日18時
金沢	2.81	7.0	4.88	7.9	9月30日8時
柴山	4.97	8.7	7.52	8.2	9月29日22時
柴山(港内)	1.67	8.0	2.93	8.5	9月29日22時
鳥取	4.38	8.4	6.12	8.3	9月29日20時
境港	—	—	—	—	—
浜田	3.62	7.8	5.70	8.0	9月29日14時
藍島	2.73	6.1	4.59	6.3	9月29日10時
玄界灘	4.14	8.2	—	—	9月29日12時
伊王島	1.99	12.4	2.92	12.7	9月29日4時
名瀬	4.61	10.4	7.80	10.5	9月29日4時
那覇	3.12	8.8	4.68	8.5	9月27日14時
紋別(南)	0.92	5.2	1.52	5.2	10月1日16時
十勝	2.03	9.8	2.99	10.1	10月1日16時
苫小牧	2.28	6.5	3.66	5.9	9月29日18時
むつ小川原	3.65	6.8	7.00	7.0	9月30日8時
八戸	4.04	7.6	6.43	6.6	9月30日10時
久慈	4.51	8.4	7.27	8.9	9月30日14時
釜石	2.54	8.3	3.43	7.3	9月30日22時
石巻	2.06	6.2	3.76	6.0	9月30日10時
仙台新港	2.29	6.6	3.64	6.0	9月30日10時
相馬	2.05	6.5	2.88	6.2	9月30日4時
小名浜	2.36	9.8	3.67	9.5	10月1日18時
常陸那珂	2.64	10.0	3.76	11.0	10月1日20時
鹿島	2.52	10.0	3.69	10.5	10月1日16時
第二海堡	1.08	6.0	1.90	5.8	9月30日10時
アシカ島	1.89	5.5	3.65	5.7	9月30日4時
波浮	2.88	8.1	4.34	6.7	9月30日6時
下田	2.78	7.5	4.29	8.4	9月30日4時
清水	1.92	8.7	3.11	8.3	9月30日6時
御前崎	2.54	7.6	3.88	7.3	9月30日2時
伊勢湾	2.03	5.6	2.78	5.3	9月29日22時
潮岬	7.01	11.0	11.77	9.8	9月29日22時
神戸	1.33	5.4	2.27	5.3	9月29日22時
小松島	2.68	6.3	4.09	5.4	9月29日18時
室戸GPS	6.46	10.8	9.37	12.6	9月29日18時
室津	5.93	10.1	7.94	9.0	9月29日18時
高知	5.00	9.0	—	—	9月29日16時
上川口	—	—	—	—	—
荻田	1.78	5.1	—	—	9月29日12時
細島	5.51	9.2	10.63	8.3	9月29日12時
志布志湾	3.16	8.7	—	—	9月29日8時
鹿児島	4.05	7.5	—	—	9月29日8時
中城湾	7.21	11.4	10.87	12.8	9月26日4時
平良	3.47	9.2	5.20	10.0	9月27日10時
石垣	1.93	6.9	2.85	8.4	9月27日6時

*印は波高ピーク付近に欠測あり

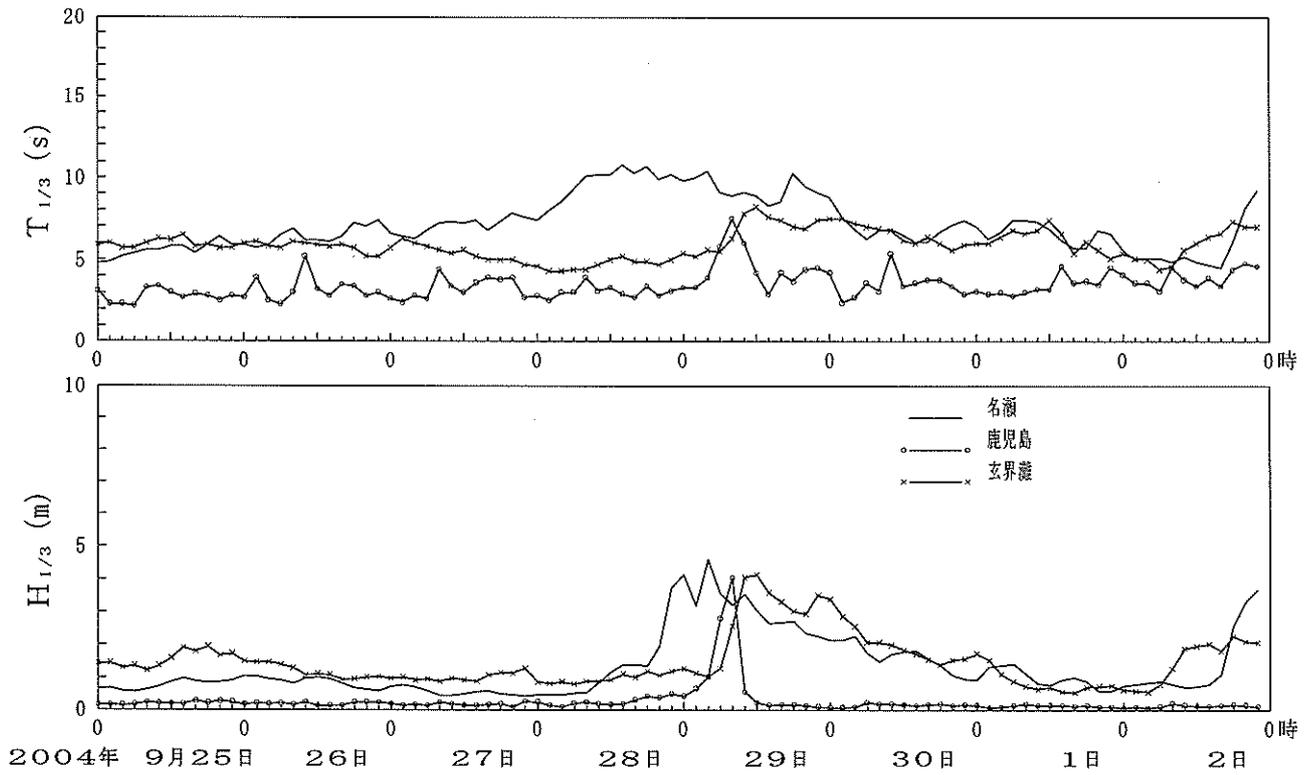


図-6.2(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0421 号)

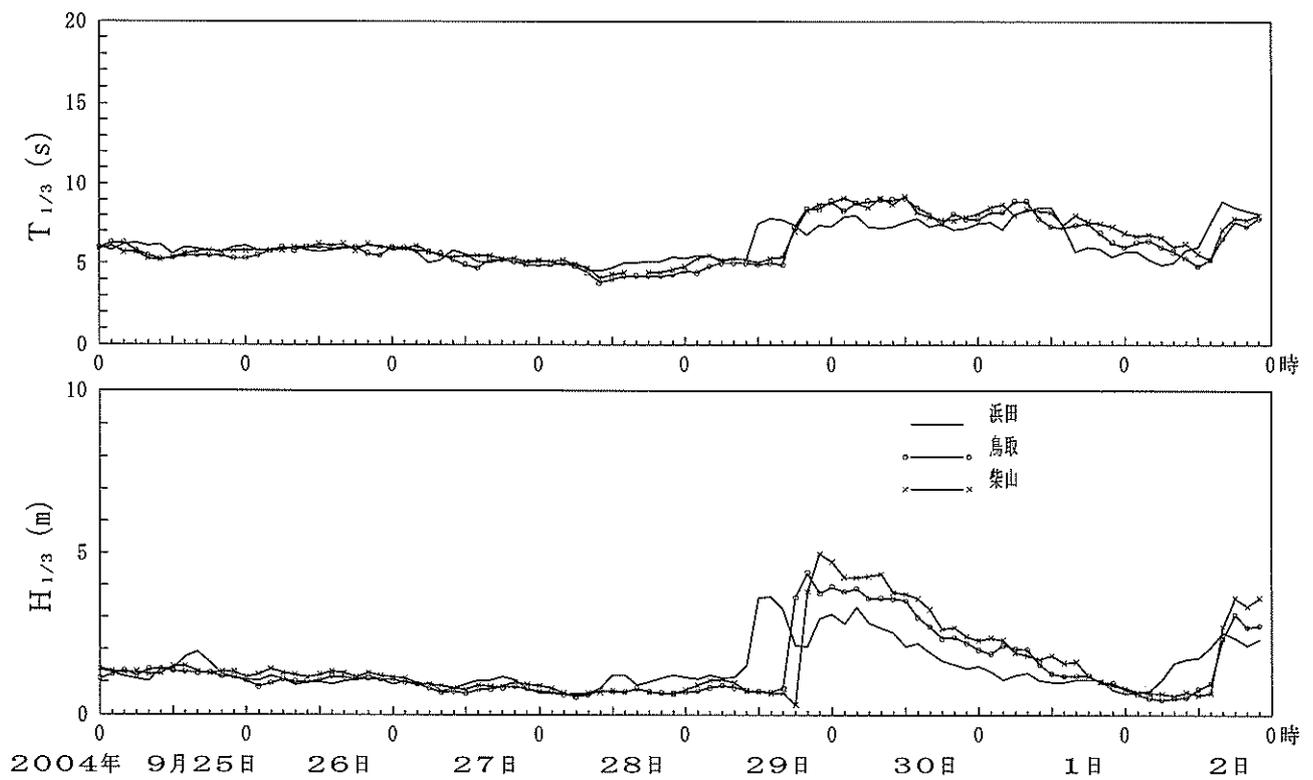


図-6.2(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0421 号)

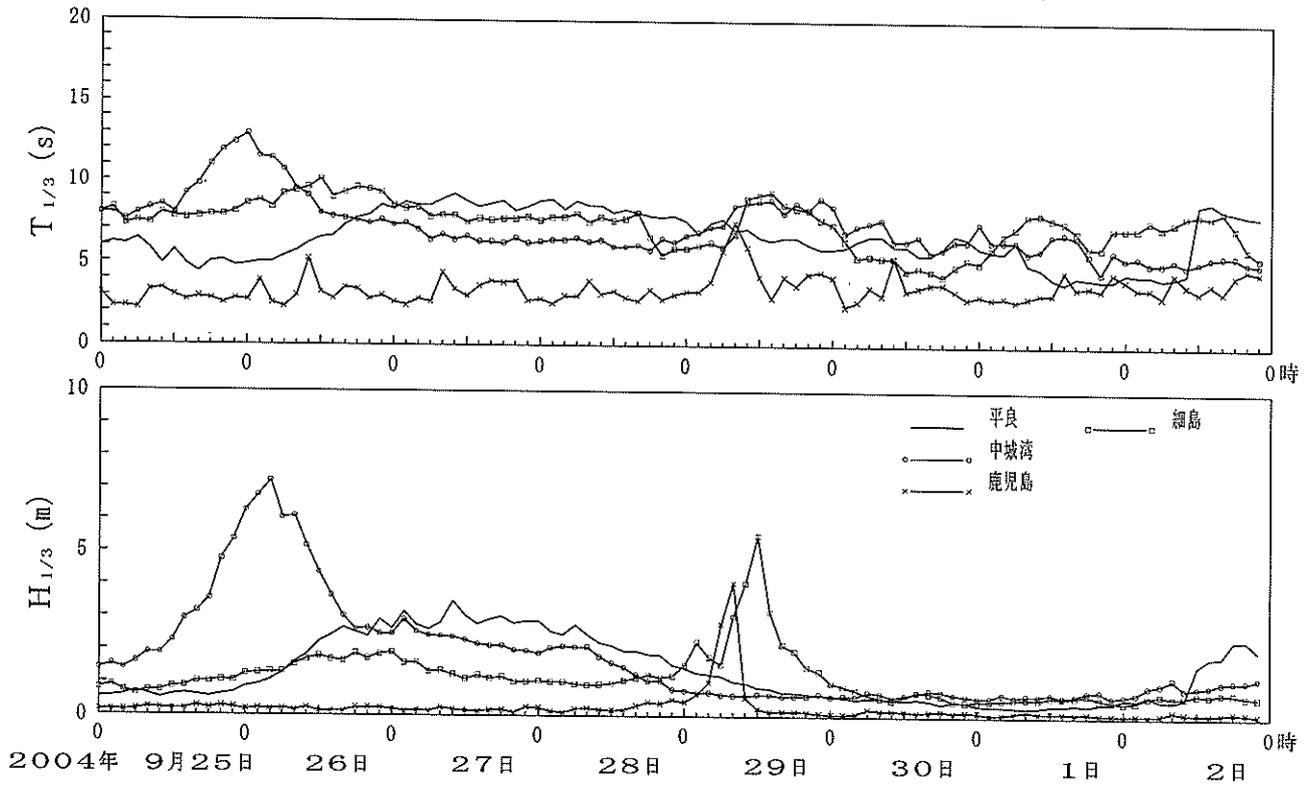


図-6.3(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0421 号)

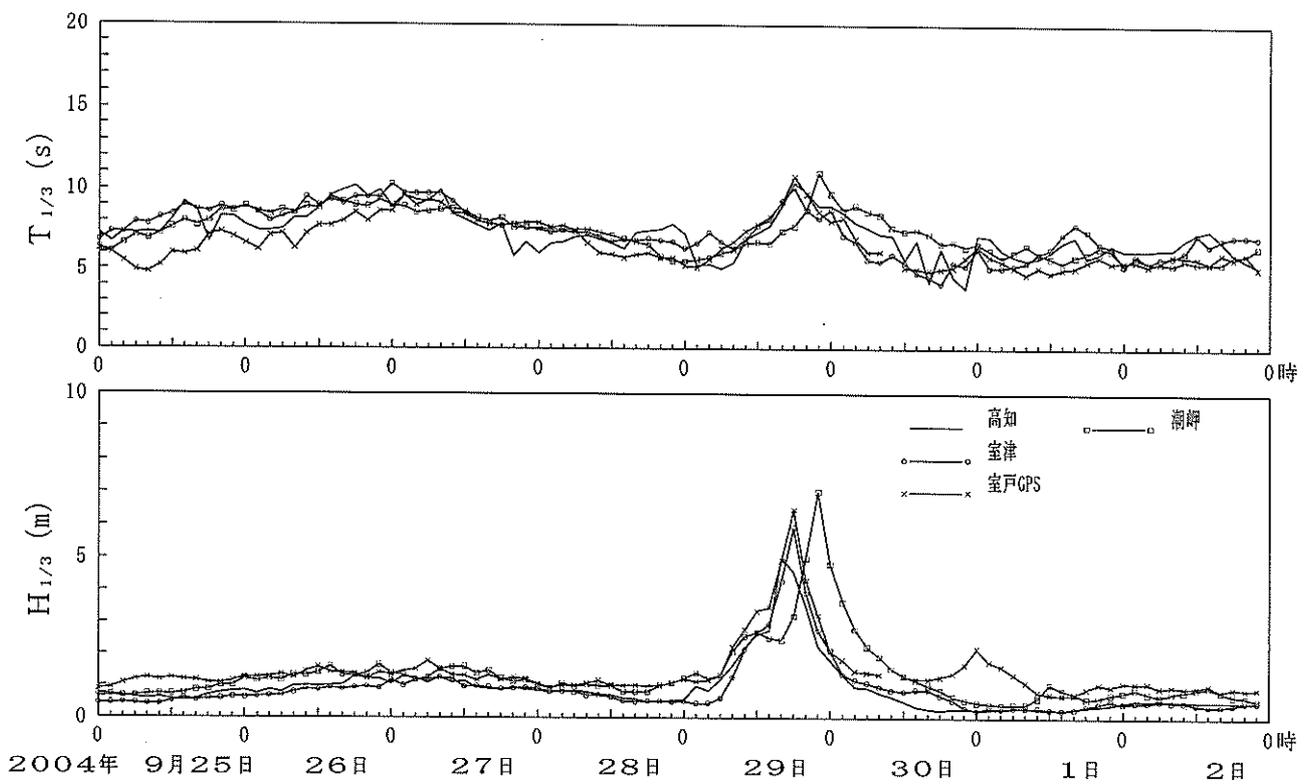


図-6.3(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0421 号)

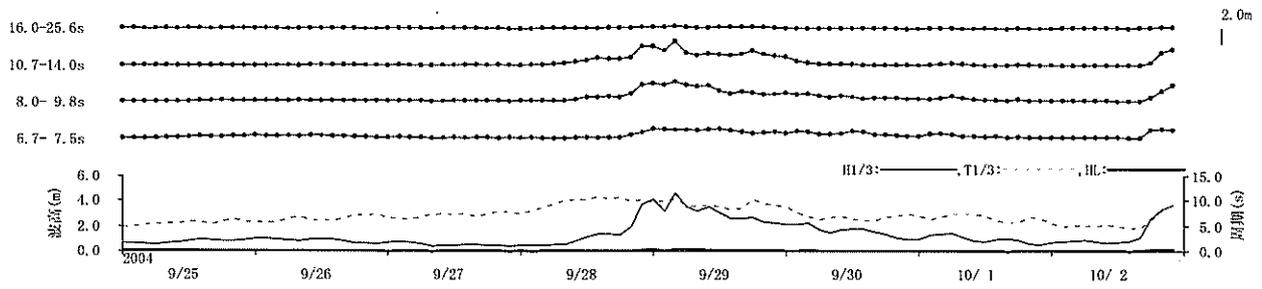


図-6.4 周期帯波高の経時変化 (名瀬)

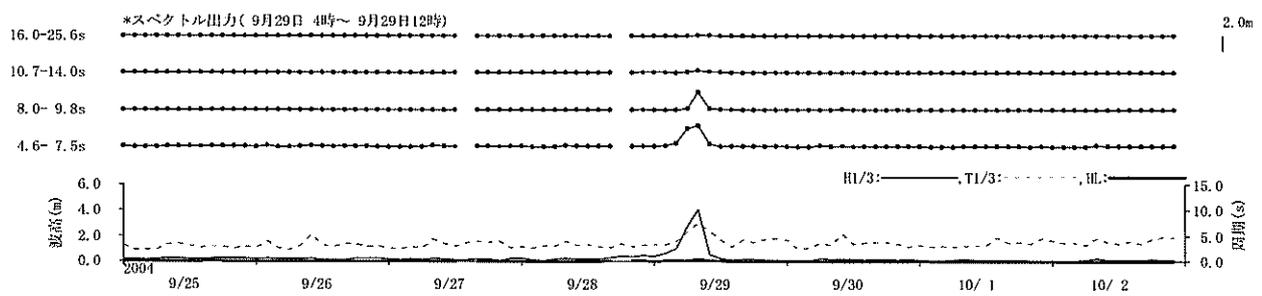


図-6.5 周期帯波高の経時変化 (鹿児島)

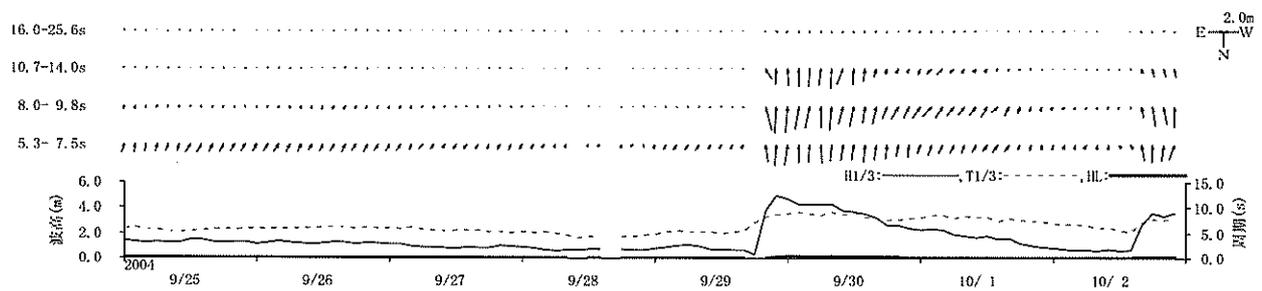


図-6.6 周期帯波高の経時変化 (柴山)

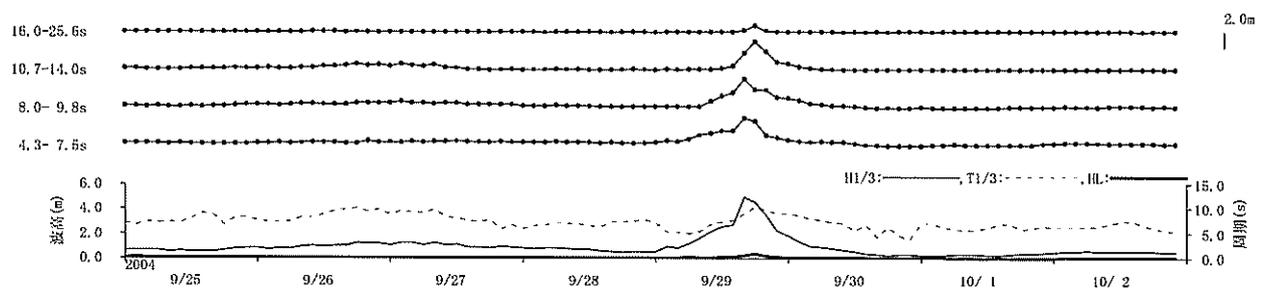


図-6.7 周期帯波高の経時変化 (高知)

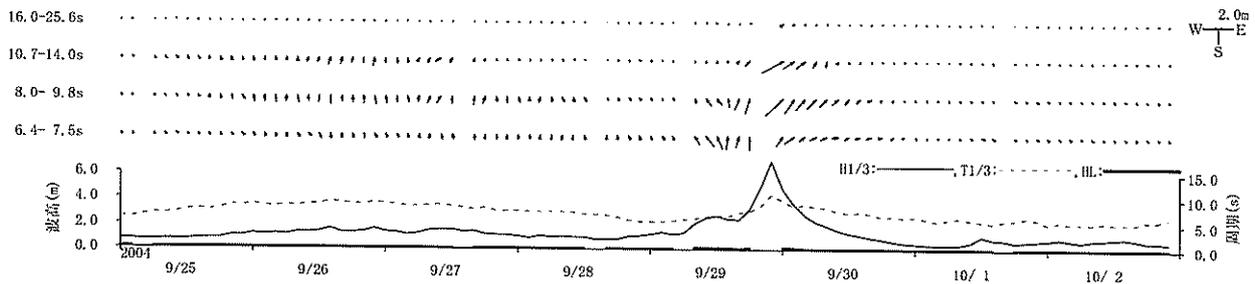


図-6.8 周期帯波高の経時変化 (潮岬)

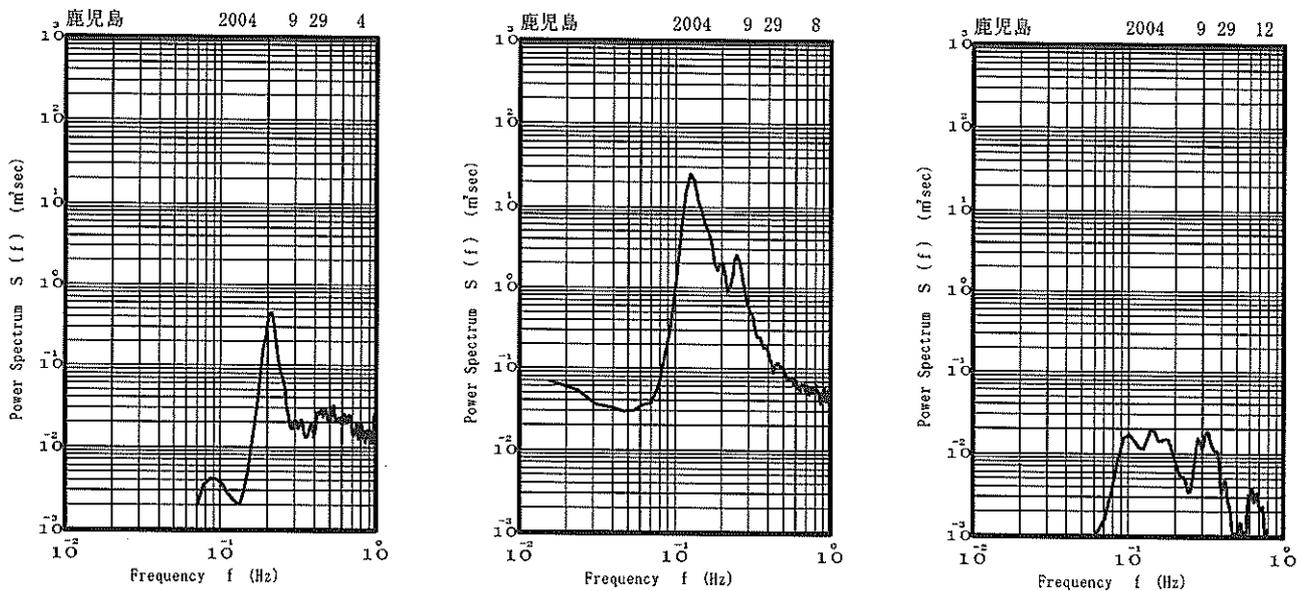


図-6.9 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (鹿兒島)

山陰沿岸の鳥取港 (9月29日 20:00:有義波高 4.38m) や柴山港 (9月29日 22:00:有義波高 4.97m) で見られた高波浪は、台風を中心が南側を通過した後に急激に発達した波浪であった。両観測点とも、ピーク時の4時間前の有義波高はそれぞれ、1m以下であり、台風近接による強風はあったものの陸風であったため波浪はほとんど発達していなかったと考えられる。こうした急速な波浪の発達は、台風 0415 来襲時の酒田や、台風 0418 号来襲時の留萌などと、共通していると思われる。

図-6.4 から図-6.8 に、名瀬・鹿兒島・柴山・高知・潮岬の各観測点におけるスペクトル解析結果を、周期帯表記によって示す。いずれの観測地点においても、周期 15 秒以上の長周期波浪成分はほとんど現れておらず、前述した 4 台風と比較すれば、台風 0421 号に伴う波浪の発達は、限定されたものだったようである。鹿兒島では、台風が直近に上陸したため、既往最大有義波高に近い 4.05m を記録したが、図-6.5 に示すように高波の観測は 29 日の 6 時と 8 時の 2 観測に限られ、急速に周期 10 秒

以下の風浪が発達し減衰したことがわかる。

図-6.9 は、それぞれ、鹿兒島におけるピーク前後の 9 月 29 日 4 時、8 時および 12 時における、周波数スペクトルを図化したものである。8 時のピーク時に比較して、4 時および 12 時の波浪のエネルギーレベルは、非常に低かったことがわかる。4 時には、0.2Hz (周期約 5 秒) に顕著なピークを有する単峰型のスペクトルであった。その後、波浪の発達によってピークが低周波側に移動し、8 時には 0.13Hz (周期約 8 秒) のエネルギーが最も高くなっている。しかし、12 時には波浪は収まり、スペクトルはいずれの周波数でも極めて低い値になった。

7. 台風 22 号の高波特性

台風 0422 号は、沖縄本島の南東約 500km の海上で変曲し、その後、南北大東島付近を通過し、太平洋を北東に直進し、関東地方沿岸を直撃した台風である。中心気圧が低く、上陸時の中心気圧は、950hPa であった。台風

半径は比較的小さかったため台風の影響範囲は他の台風と比べて狭かったものの、港湾空港技術研究所が位置する横須賀市が台風の直撃を受け停電したため、10月9日の18:00頃であったと推定されるアシカ島の極大波浪を観測することができなかった。また、停電によるシステムダウンの影響は連休明けの12日まで続き、リアルタイムナウファス波浪観測情報の配信も3日間ほど中断される影響があった。

図-7.1は、台風0422号の経路と各波浪観測点における最大有義波を起時とともに図示したものである。また、表-7.1は、各観測点における最大有義波とその観測起時を一覧表にしたものである。図-7.2に、台風0422号来襲前後の主な高波浪観測点における有義波高・周期の経時変化を、付図より詳細に示す。

図-7.2に潮岬・御前崎・下田・波浮・アシカ島・鹿島・常陸那珂・小名浜における有義波高・周期の経時変化を示す。潮岬(9日16:00:有義波高4.58m)、御前崎(9日16:00:有義波高6.48m)、下田(9日16:00:有義波高5.65m)、波浮(9日18:00:有義波高4.78m)といった観測点で、比較的高波浪が観測されたが、これは台風の再近接時刻とほぼ一致した。これらの観測点では、高波浪状態の継続時間は比較的短く、急激に波浪が発達し、減衰も早かった。

他方、台風中心が太平洋にぬけてから関東北部から東北地方の太平洋沿岸で波浪が発達した。鹿島(9日22:00:有義波高4.03m)、常陸那珂(9日22:00:有義波高5.23m)、小名浜(10日0:00:有義波高4.51m)、相馬(10日0:00:有義波高4.28m)などでは、台風の通過直後に極大となる4m以上の有義波高を記録した。この太平洋にぬけた台風からのうねりは比較的長時間継続した。久慈港沖の海象計では、11日2:00になってから有義波高4.14mの極大値を記録している。

図-7.3と図-7.4に、御前崎および常陸那珂におけるスペクトル解析結果を、周期帯表記によって示す。

御前崎では、台風の接近とともに急速に波高の増大が見られた。台風が再接近したのは10月9日16時頃であったが、台風の上陸は少し東側だったため、台風接近前の風は陸風であり、風浪の発達を抑えられていた。ただし南方からのうねりの影響はあったので、前日頃から有義波高2m程度の高波浪状態は観測されていた。台風の通過と共に風向が変わり、16時頃強いNEからの風が吹き、周期10秒以下の駿河湾内で発生した風浪のため、16時の短周期帯の波向きが極端な変動を示したと考えられる。しかし、その後は、強風が収まり、短周期帯でも湾内発生波よりも太平洋からの伝播波浪が支配的になった

ため、SSEからの波向に変わったものと考えられる。なお、周期15秒以上の長周期成分に注目すると、そのピークは、有義波高がピークとなった2時間後の18時であり、方向はSEからであった。

これに対して海岸線の方向が異なる北関東沿岸海域では、有義波高の変動は比較的緩やかであり、台風通過後も長時間高波浪状態が続いたことが、図-7.4の常陸那珂の解析結果から理解される。

図-7.5と図-7.6に、代表的なスペクトルの観測事例として、御前崎における9日16時、18時および20時の方向スペクトルと周波数スペクトルをそれぞれ示す。16時における波浪状況と18時における状況は、有義波高は比較的近い値(6.48mと6.11m)であったにもかかわらず、大きく異なったものとなった。すなわち、18時のスペクトルは、16時のものより低周波側にピークを有し、主方向も若干東向きにシフトした模様であった。

8. 台風23号の高波特性

台風0423号は、沖縄本島の南西約300kmの海上で変曲した後、台風0422号とほぼ平行に北東に直進し、沖縄本島付近を通過した後、高知県室戸岬付近、大阪湾を通過し本土上陸した。非常に規模が大きい台風であり、かつ数多くの太平洋沿岸の港湾近くを通過したため、多くのナウファス波浪観測点で高波浪を記録した。

図-8.1は、台風0423号の経路と各波浪観測点における最大有義波を起時とともに図示したものである。また、表-8.1は、各観測点における最大有義波とその観測起時を一覧表にしたものである。表-2.2で示したように、中城湾・高知・室津・小松島・潮岬・柴山港内・伏木富山・富山の各ナウファス観測点において、それまで観測された既往最大有義波高を更新する高波をもたらした。特に室津港沖水深27mで記録した、有義波高13.55m、有義波周期15.8秒という値は、ナウファスの全地点を通じて最大の既往最大有義波であった。なお、室戸岬沖水深100mに設置されたGPS津波計でも、14:20に最大値である有義波高14.21m、有義波周期16.3秒を記録しているため、この観測値は信頼性が高いものと考えられる。

図-8.2から図-8.5に、台風0423号来襲前後の主な高波浪観測点における有義波高・周期の経時変化を示す。中城湾では、10月15日頃から、はるか南方にあった発達中の台風のうねりの来襲が見られ、その後徐々に台風が再近接する19日12:00まで波浪の発達が継続している。この時の有義波高は11.93m、有義波周期は13.6秒であ

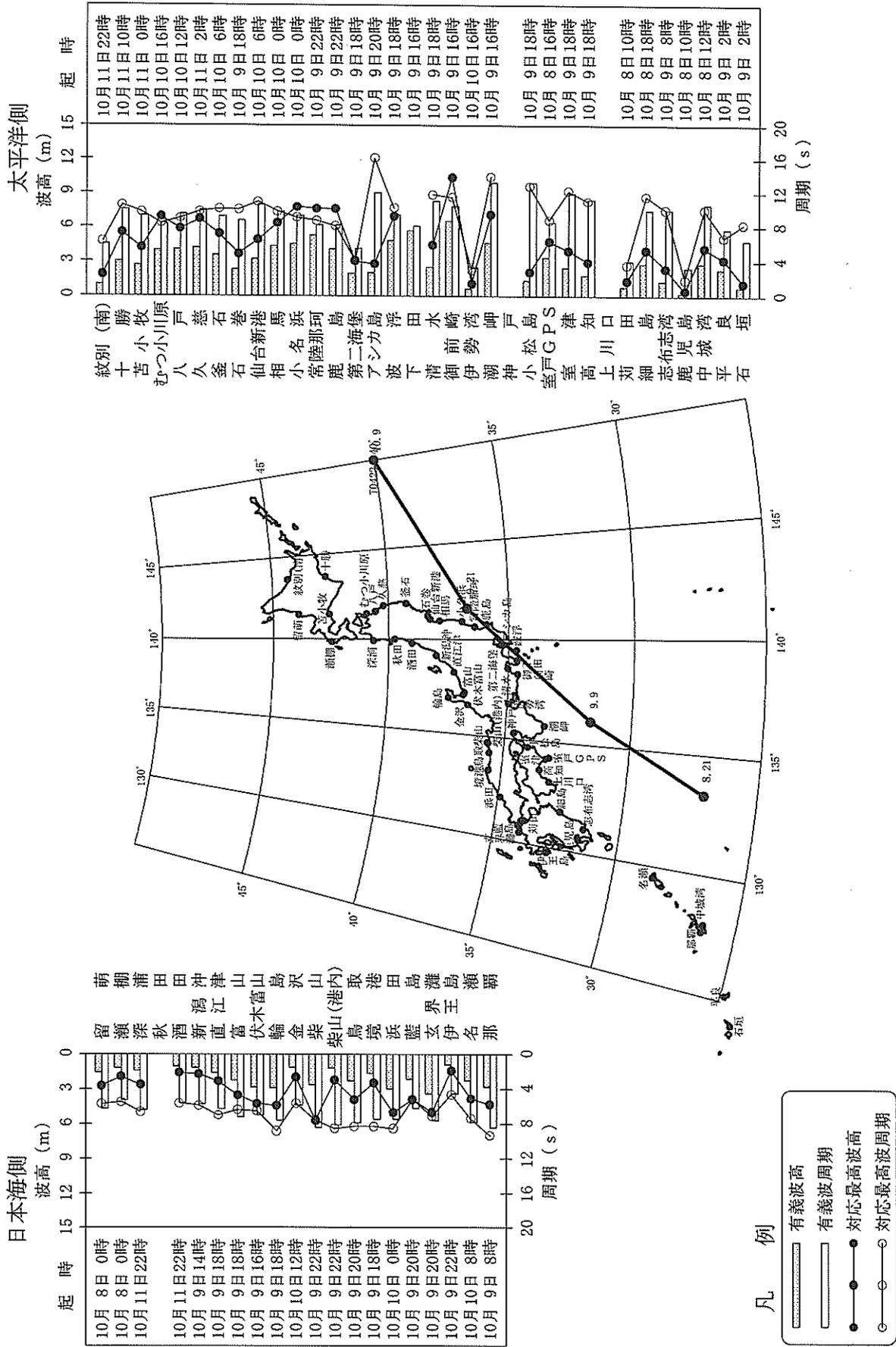


表-7.1 最大有義波とその観測起時（台風0422号：10月8日～10月11日）

観測地点名	04年10月 8日～04年10月 11日				
	有 義 波		対 応 最 高 波		起 時
	波 高	周 期	波 高	周 期	
留萌	1.54m	6.3s	2.72m	5.7s	10月 8日 0時
瀬棚	1.19	5.3	1.93	5.5	10月 8日 0時
深浦	1.42	6.4	2.64	6.6	10月11日22時
秋田	—	—	—	—	—
酒田	1.06	5.6	1.59	5.6	10月11日22時
新潟沖	1.17	5.7	1.71	5.9	10月 9日14時
直江津	1.61	6.3	2.35	7.0	10月 9日18時
富山	2.24	7.2	3.52	6.4	10月 9日18時
伏木富山	2.85	7.0	4.26	6.5	10月 9日16時
輪島	2.90	7.6	4.44	8.8	10月 9日18時
金沢	1.17	5.9	1.95	5.6	10月10日12時
柴山	2.67	8.4	5.69	7.6	10月 9日22時
柴山(港内)	1.22	8.1	2.24	8.5	10月 9日22時
鳥取	2.31	7.9	3.92	8.3	10月 9日20時
境港	1.64	5.0	2.66	5.5	10月 8日20時
浜田	2.94	7.5	5.03	8.5	10月10日 0時
藍島	2.13	6.2	3.89	5.2	10月 9日20時
玄界灘	3.39	7.6	5.00	7.1	10月 9日20時
伊王島	0.88	4.5	1.41	4.6	10月 9日22時
名瀬	2.27	7.8	3.82	7.4	10月10日 8時
那覇	2.81	8.4	4.34	9.3	10月 9日 8時
紋別(南)	1.01	6.0	1.80	6.3	10月11日22時
十勝	2.99	10.0	5.46	10.5	10月11日10時
苫小牧	2.65	9.3	4.17	9.7	10月11日 0時
むつ小川原	3.97	8.4	6.87	8.4	10月10日16時
八戸	4.01	9.5	5.80	9.0	10月10日12時
久慈	4.14	9.9	6.67	9.8	10月11日 2時
釜石	3.53	9.2	5.37	10.1	10月10日 6時
石巻	2.30	8.7	3.64	10.0	10月 9日18時
仙台新港	3.19	10.6	4.86	10.9	10月10日 6時
相馬	* 4.28	9.7	6.30	9.8	10月10日 0時
小名浜	4.51	9.3	7.73	9.1	10月10日 0時
常陸那珂	5.23	8.2	7.60	8.7	10月 9日22時
鹿島	4.03	8.2	7.57	8.1	10月 9日22時
第二海堡	1.94	5.5	3.02	4.1	10月 9日18時
アシカ島	* 2.02	12.0	2.77	16.1	10月 9日20時
波浮	4.78	9.4	6.94	10.2	10月 9日18時
下田	5.65	8.1	—	—	10月 9日16時
清水	2.50	11.0	4.43	11.8	10月 9日18時
御前崎	6.48	10.4	10.39	11.5	10月 9日16時
伊勢湾	0.65	3.3	1.10	3.0	10月10日16時
潮岬	4.58	13.2	7.09	13.9	10月 9日16時
神戸	—	—	—	—	—
小松島	1.35	13.2	2.07	12.8	10月 9日18時
室戸GPS	3.36	8.5	4.72	8.8	10月 8日16時
室津	2.47	11.9	3.95	12.2	10月 9日18時
高知	1.82	11.2	2.95	11.0	10月 9日18時
上川口	—	—	—	—	—
苅田	0.80	4.0	1.34	3.6	10月 8日10時
細島	2.82	9.9	3.99	11.6	10月 8日18時
志布志湾	1.31	10.0	2.38	10.0	10月 9日 8時
鹿児島	0.26	3.3	0.47	1.9	10月 8日10時
中城湾	2.80	10.6	4.17	10.0	10月 8日12時
平良	2.28	7.7	3.18	6.8	10月 9日 2時
石垣	0.76	6.1	1.43	6.6	10月 9日 0時

*印は波高ピーク付近に欠測あり

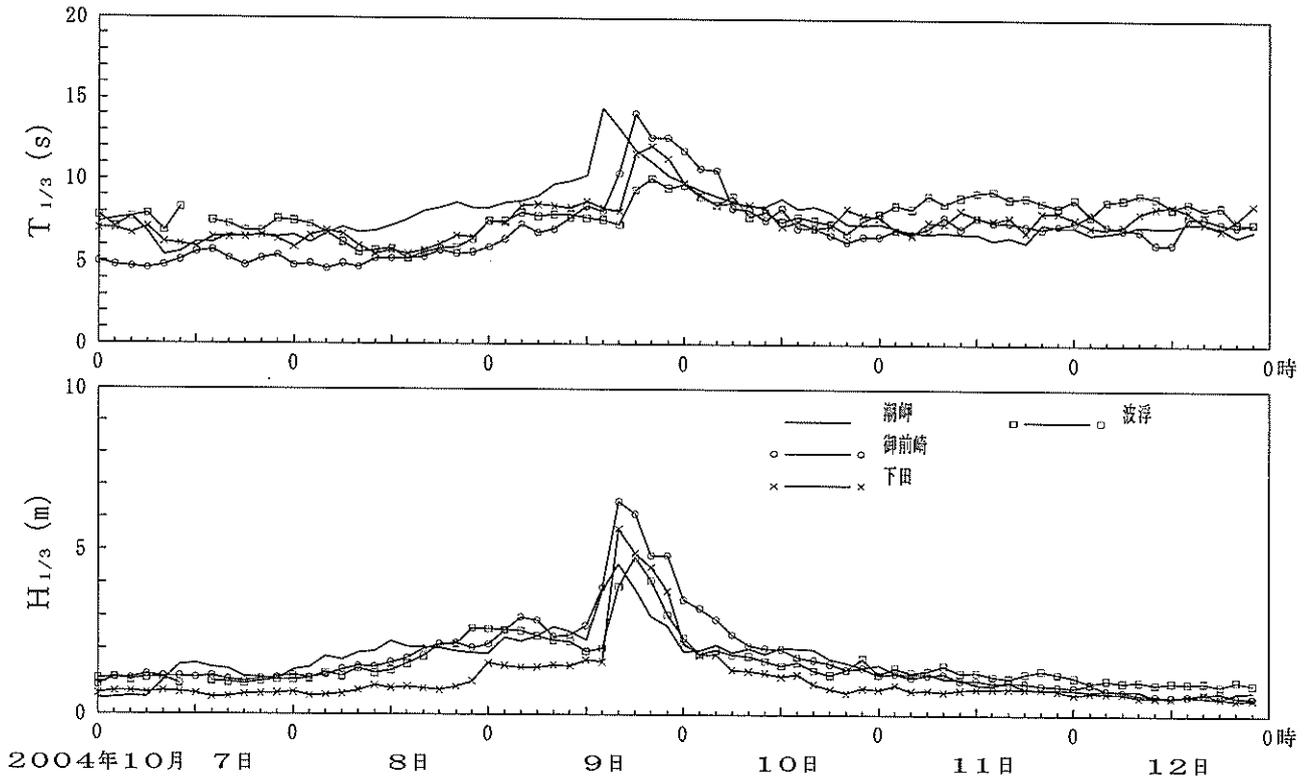


図-7.2(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0422 号)

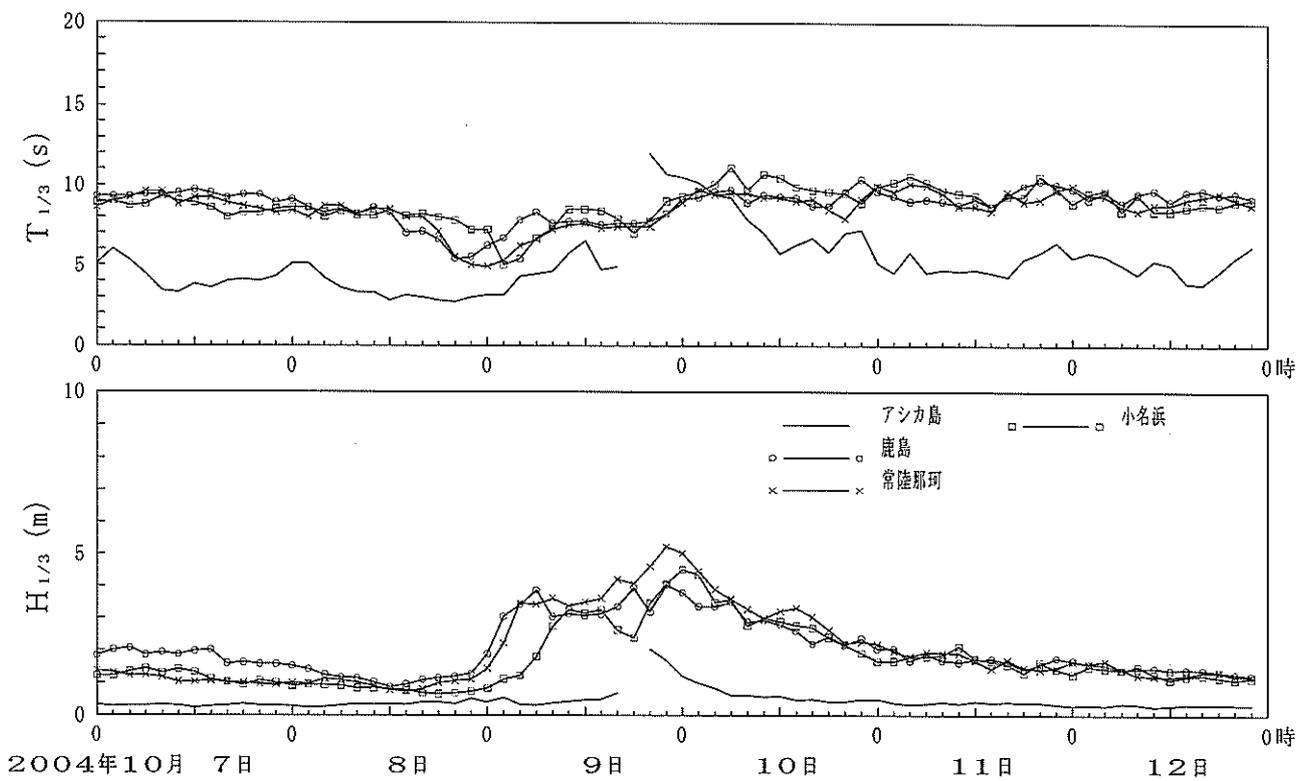


図-7.2(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0422 号)

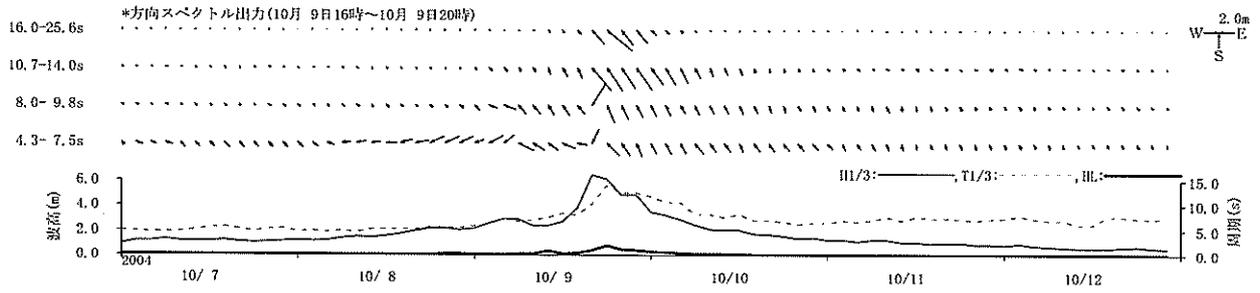


図-7.3 周期帯波高の経時変化 (御前崎)

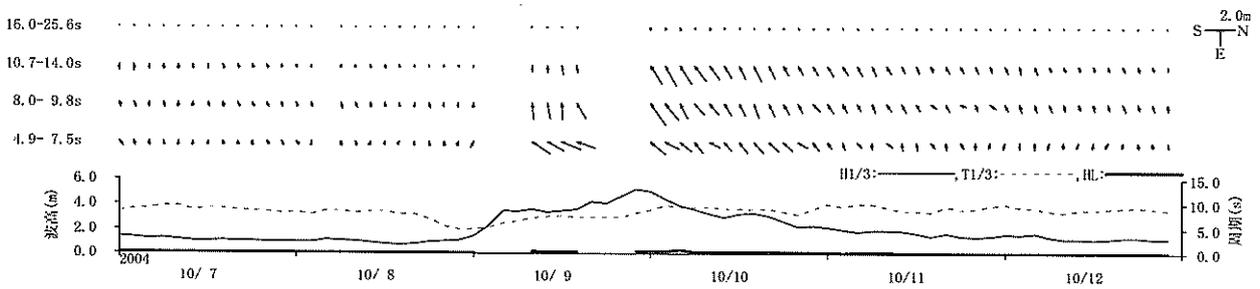


図-7.4 周期帯波高の経時変化 (常陸那珂)

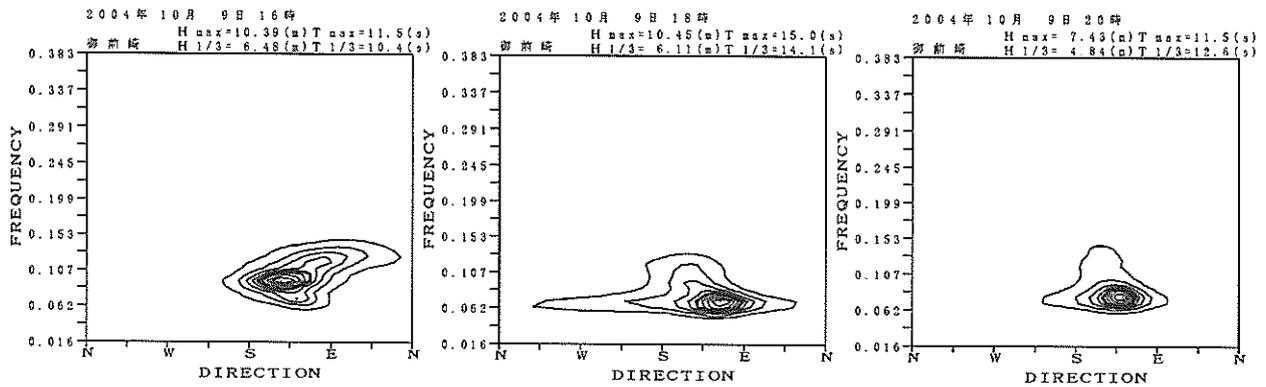


図-7.5 代表的な方向スペクトルの観測事例 (御前崎)

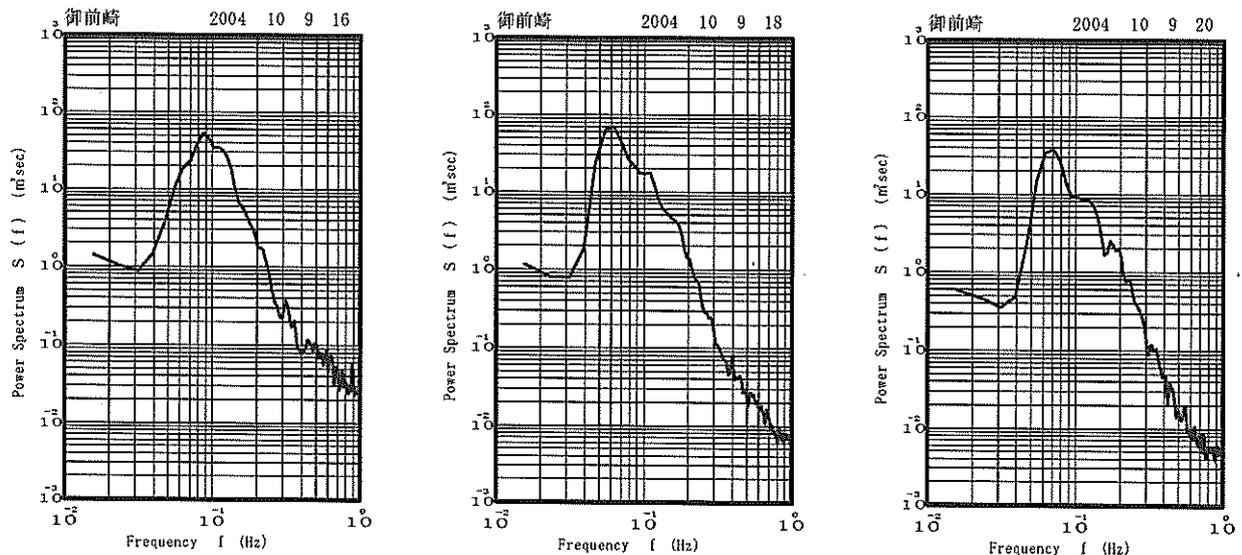


図-7.6 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (御前崎)

表-8.1 最大有義波とその観測起時（台風0423号：10月18日～10月24日）

観測地点名	04年10月18日～04年10月24日				
	有義波		対応最高波		起時
	波高	周期	波高	周期	
留萌	6.10m	10.4s	8.97m	9.3s	10月23日 8時
瀬棚	4.85	9.0	8.82	8.1	10月23日 8時
深浦	4.15	8.9	6.22	8.5	10月23日 12時
秋田	—	—	—	—	—
酒田	3.53	8.9	5.89	9.6	10月23日 14時
新潟沖	* 2.54	5.9	4.80	5.5	10月21日 0時
直江津	4.66	8.0	7.15	8.1	10月21日 2時
富山	6.75	8.3	—	—	10月20日 22時
伏木富山	6.53	8.4	—	—	10月20日 22時
輪島	4.63	8.0	6.55	7.4	10月21日 2時
金沢	2.91	6.3	4.67	7.7	10月20日 20時
柴山	6.35	9.1	—	—	10月20日 16時
柴山(港内)	2.60	9.4	—	—	10月20日 18時
鳥取	5.70	10.3	8.82	9.2	10月20日 22時
境港	3.22	10.8	4.06	10.1	10月21日 0時
浜田	3.71	7.9	6.24	9.4	10月20日 18時
藍島	3.33	6.2	—	—	10月20日 12時
玄界灘	5.45	7.7	—	—	10月20日 12時
伊王島	1.90	4.9	2.65	4.2	10月20日 10時
名瀬	8.01	11.2	13.34	11.0	10月20日 6時
那覇	6.40	9.6	9.89	8.8	10月19日 20時
紋別(南)	4.00	10.0	6.45	9.2	10月24日 2時
十勝	1.68	7.6	2.80	8.6	10月22日 22時
苫小牧	1.37	6.3	2.61	9.4	10月22日 16時
むつ小川原	2.28	7.1	3.88	7.6	10月21日 10時
八戸	2.43	8.2	4.28	7.1	10月21日 16時
久慈	3.28	8.4	5.93	7.0	10月21日 14時
釜石	3.09	9.0	4.47	9.1	10月21日 14時
石巻	2.46	10.6	3.80	10.5	10月21日 6時
仙台新港	2.46	10.0	4.46	10.4	10月21日 6時
相馬	3.63	8.9	5.59	10.2	10月21日 4時
小名浜	3.31	9.6	5.73	9.9	10月21日 4時
常陸那珂	3.91	7.5	6.84	7.1	10月21日 6時
鹿島	3.98	8.3	5.26	8.0	10月21日 8時
第二海堡	1.72	5.4	2.88	4.8	10月20日 22時
アシカ島	3.02	9.4	6.07	9.9	10月21日 0時
波浮	6.27	12.8	9.09	11.2	10月21日 0時
下田	6.54	13.0	10.27	15.2	10月21日 0時
清水	3.95	11.4	5.68	10.2	10月20日 22時
御前崎	6.61	15.5	10.01	12.7	10月20日 22時
伊勢湾	2.83	7.0	4.18	7.1	10月20日 18時
潮岬	10.22	15.7	14.27	13.8	10月20日 18時
神戸	1.28	4.1	1.96	4.7	10月20日 20時
小松島	3.98	7.8	—	—	10月20日 14時
室戸GPS	14.21	16.3	17.83	17.3	10月20日 14時20分
室津	13.55	15.8	—	—	10月20日 14時
高知	12.49	16.4	—	—	10月20日 14時
上川口	—	—	—	—	—
荏田	2.31	5.1	3.64	5.2	10月20日 10時
細島	6.65	11.8	—	—	10月20日 10時
志布志湾	6.34	12.5	8.57	11.6	10月20日 8時
鹿兒島	0.83	3.5	1.21	3.2	10月20日 6時
中城湾	11.93	13.6	—	—	10月19日 12時
平良	4.25	8.9	5.91	8.7	10月19日 18時
石垣	1.83	7.3	3.06	8.3	10月19日 20時

*印は波高ピーク付近に欠測あり

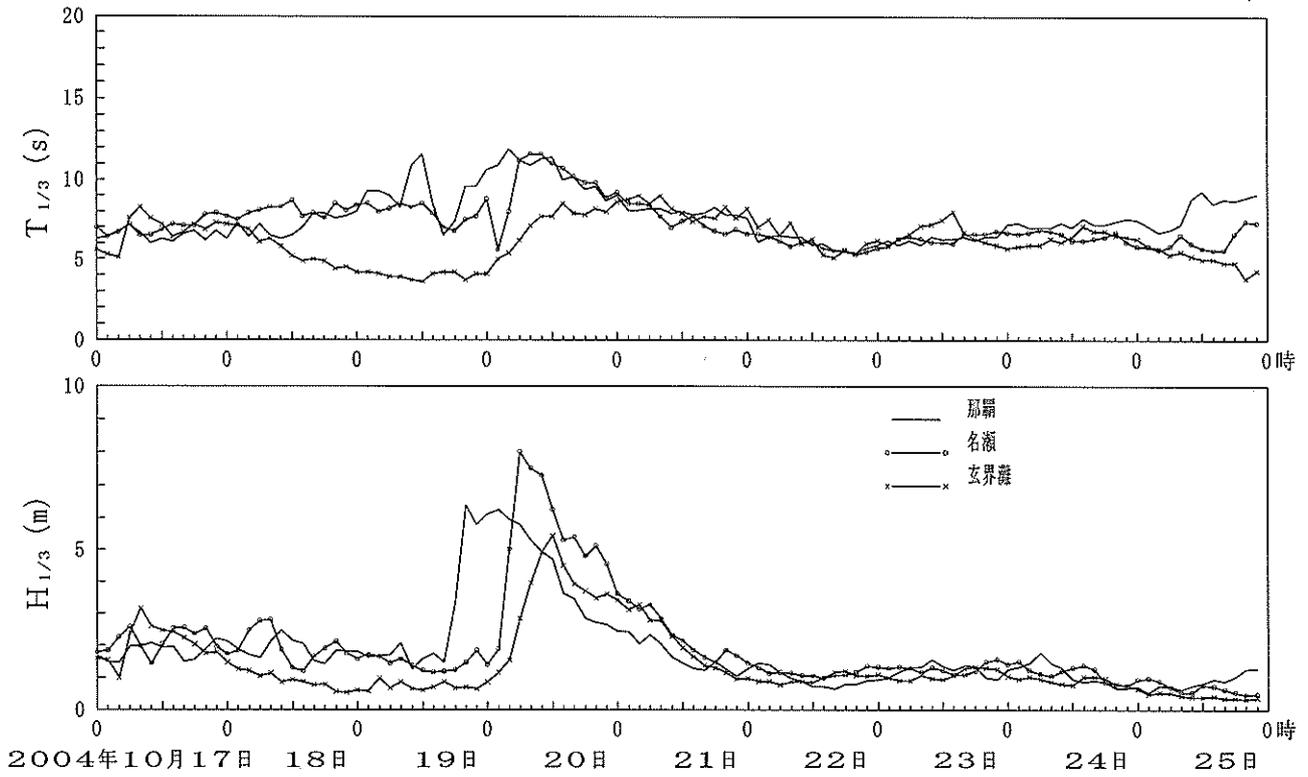


図-8.2(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

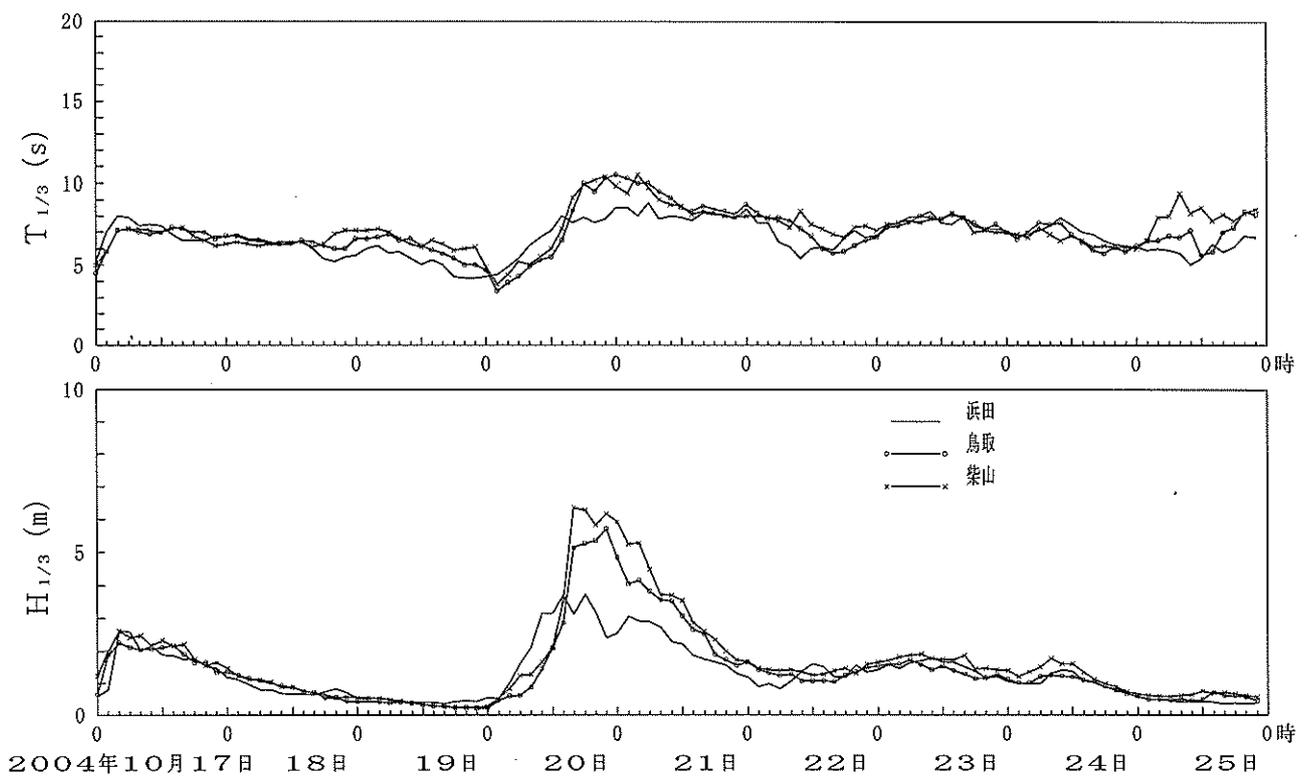


図-8.2(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

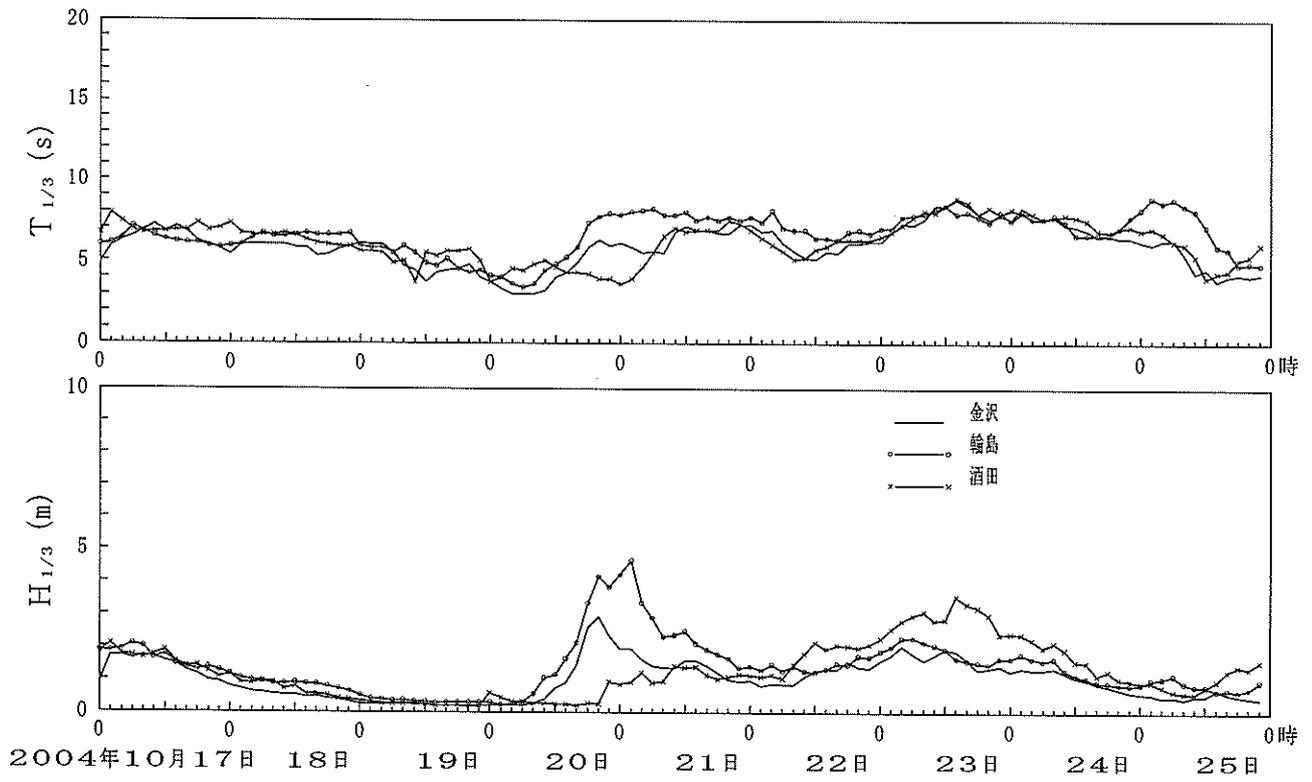


図-8.3(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

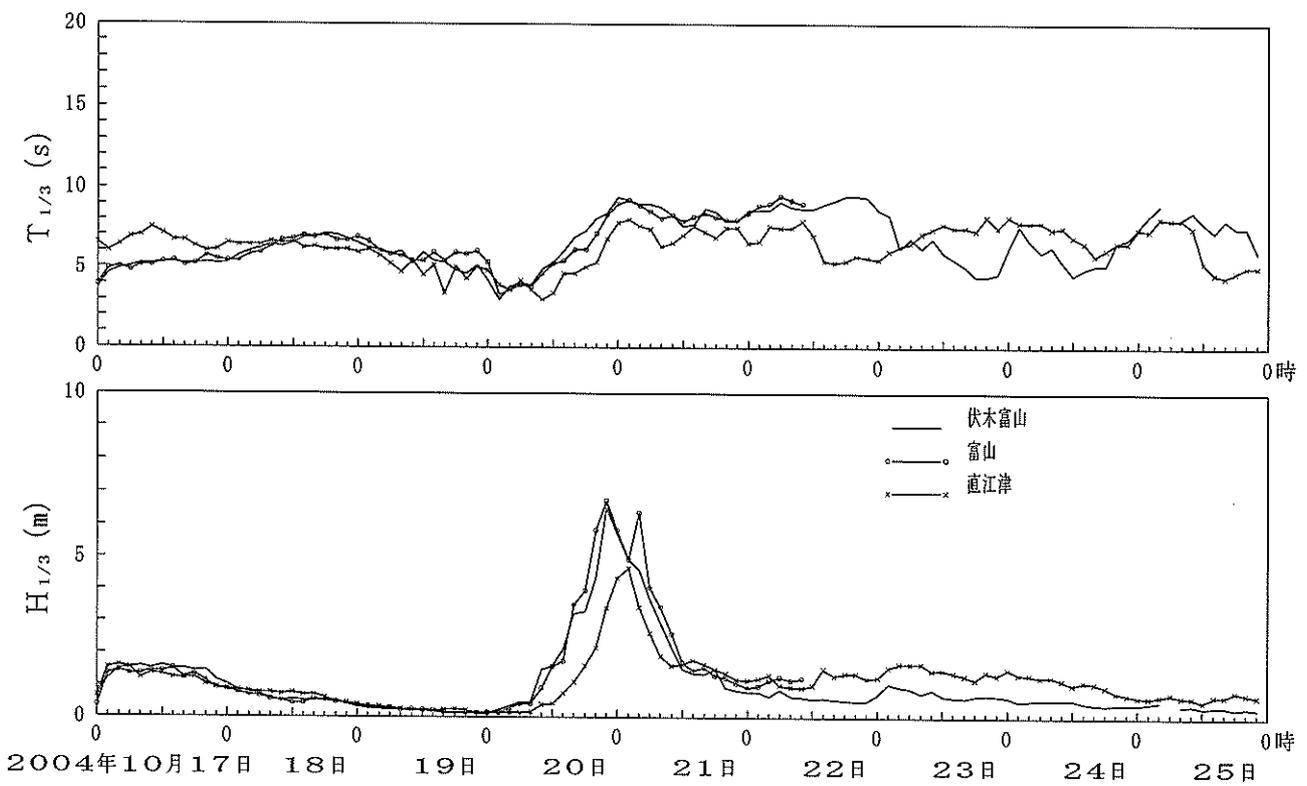


図-8.3(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

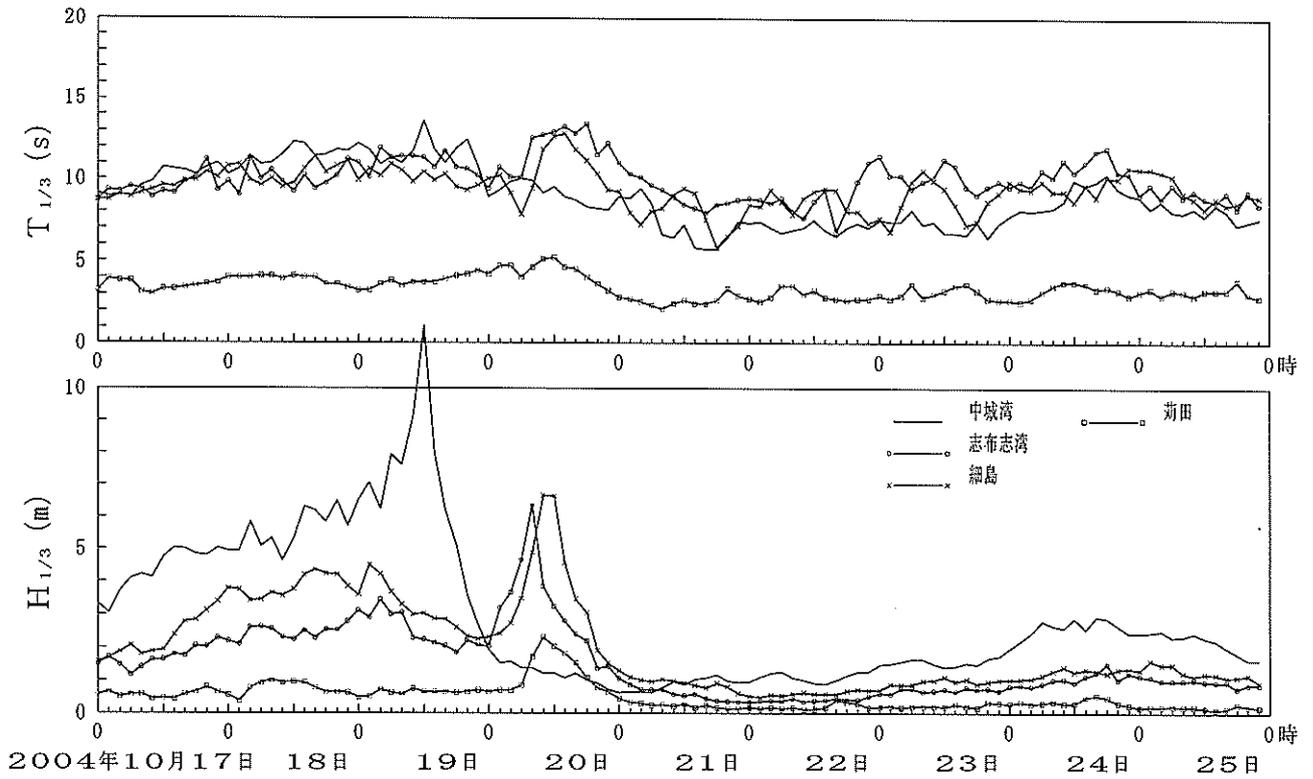


図-8.4(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

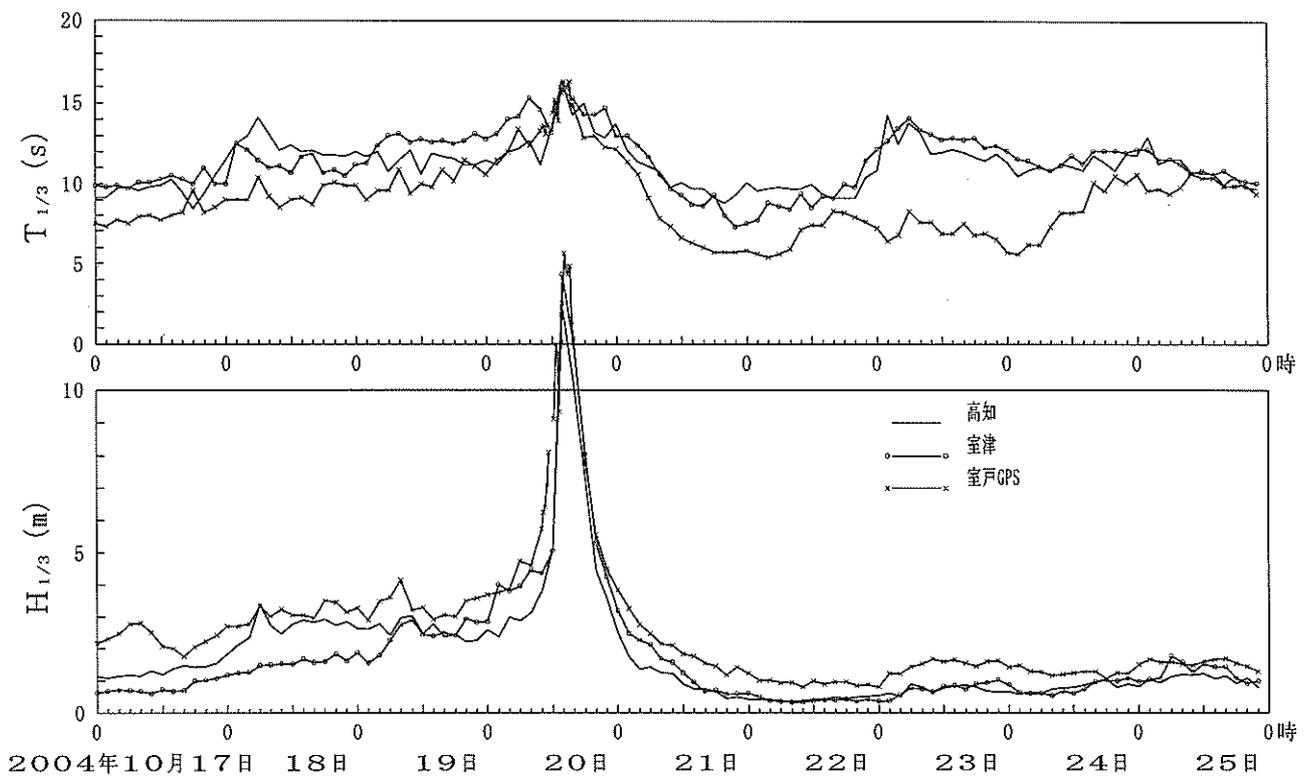


図-8.4(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

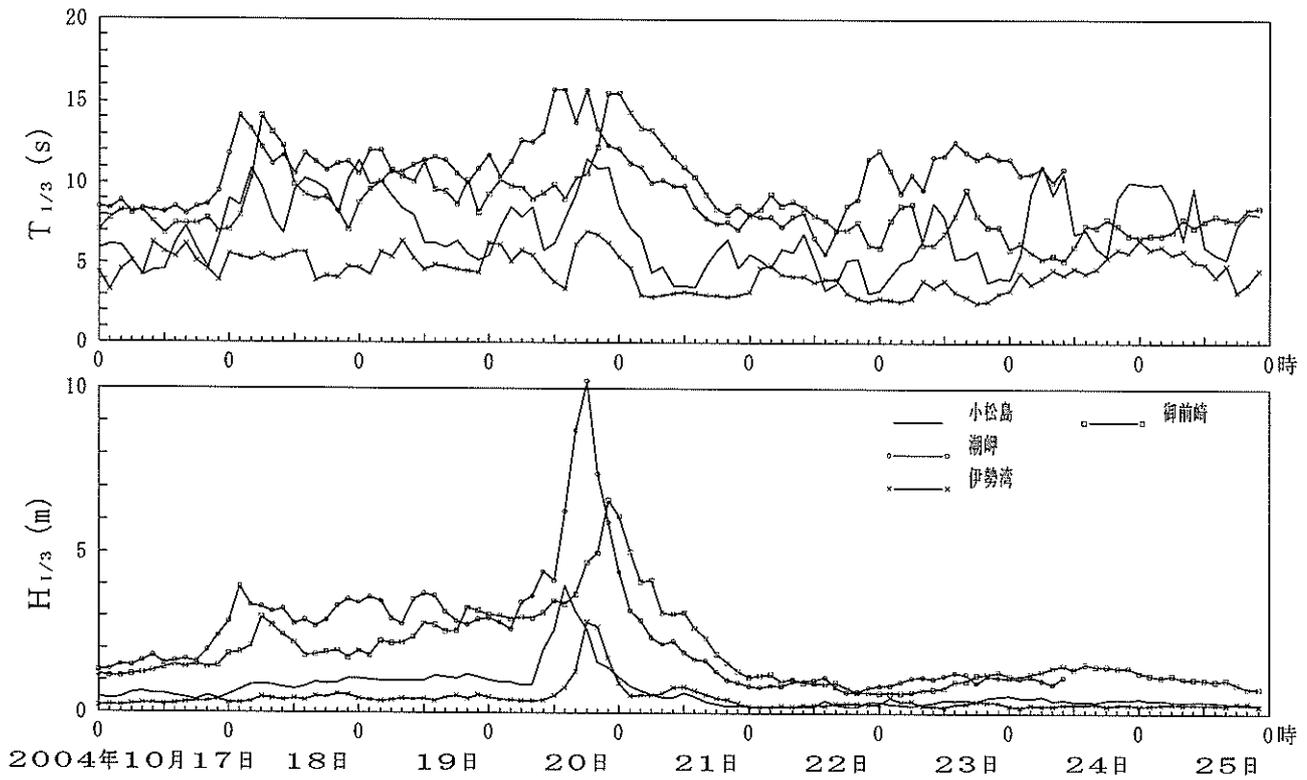


図-8.5(a) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

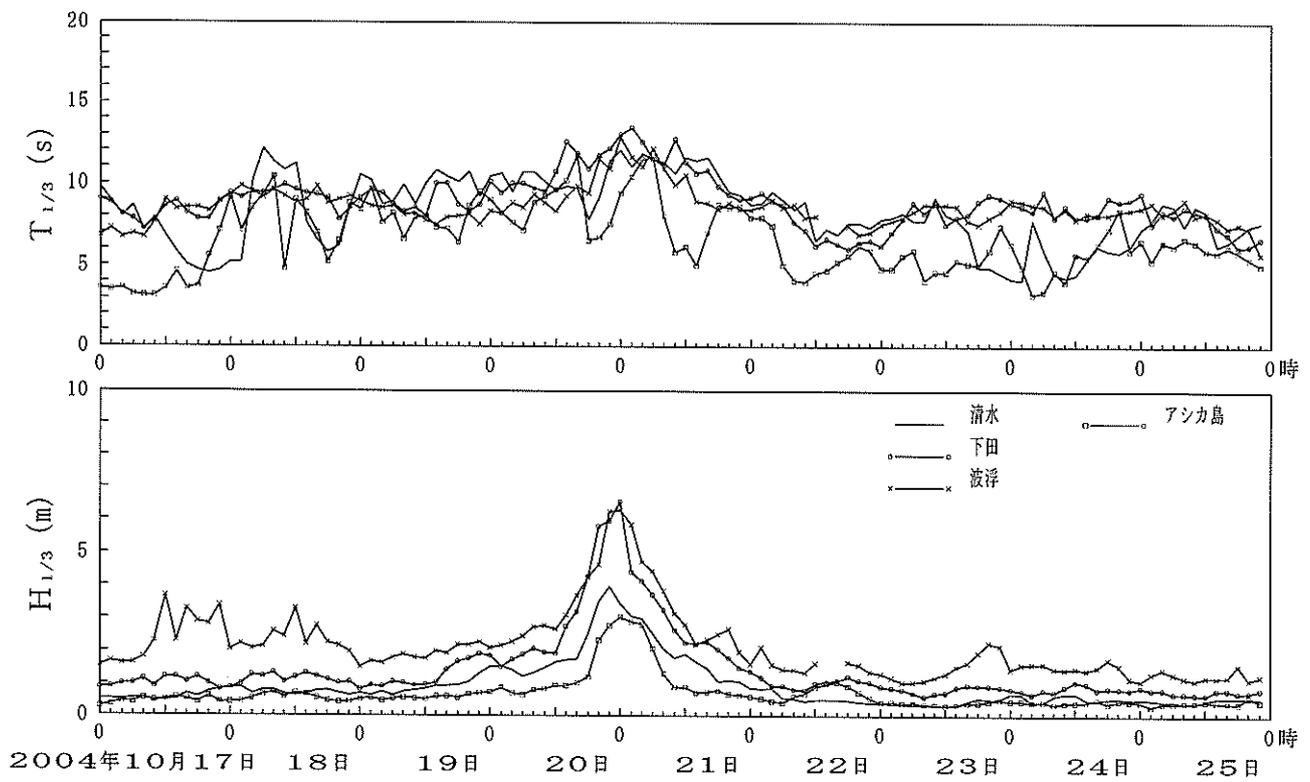


図-8.5(b) 有義波高・周期の経時変化 (台風 0423 号)

り、翌日に室戸で高波が観測されるまでは、台風 0416 号による細島での観測結果を越えるナウファスの全地点を通じた既往最大有義波高であった。沖縄本島の反対岸の那覇でも、19 日 20:00 に有義波高 6.40m の高波浪を観測したが、これは台風通過後に風向が変わってから急激に発達した波浪であった。那覇では、沖縄本島の遮蔽の影響で、台風最近接時までは、波浪は小さかった。

台風 0423 号は奄美大島も直撃し、名瀬で 20 日 6 時に最大有義波高 8.01m を記録している。この値は、既往最大有義波高である台風 0416 号による 8.44m に極めて近いものであった。名瀬では台風接近中は、波の発達が奄美大島によって遮蔽されていたため、波浪は台風通過後に急速に発達した。

台風の北西側は、風速は台風の進行速度によってうち消され弱くなる、一般的には可航半円ともいわれる領域である。それにもかかわらず、本台風では、玄界灘 (20 日 12:00 : 有義波高 5.45m)、鳥取 (20 日 22:00 : 有義波高 5.70m)、柴山 (20 日 20 時 : 6.35m) というように、台風の最接近時以降急速に波浪が発達し、高波浪状態が観測された。特に顕著であったのが富山湾であり、伏木沖の海象計で 20 日 22:00 に有義波高 6.53m、富山沖の海象計でやはり 20 日 22:00 に有義波高 6.75m という既往最大値を観測している。これらの値は、富山湾外のナウファス観測点である輪島 (21 日 2:00 : 有義波高 4.63m) や直江津 (21 日 2:00 : 有義波高 4.66m) よりも早い時間に高い波浪となっていることが注目される。これは、台風最接近後に風向が急変した際、富山湾の開口方向である北東方向からの波浪が急速に発達したためであろう。輪島・直江津の両観測点に共通して、北東からの波は地形による遮蔽を受け発達しにくくなっていると考えられるからである。

台風の南側となる九州・四国・近畿・東海地方の太平洋沿岸では、記録的な高波が観測されている。九州沿岸の志布志湾や細島では、台風による波浪は 2 回の極大値を示した。はじめの比較的低いピークは 18~19 日であり南方に位置した台風からのうねりの到達によるものである。高いピークは台風接近時の 20 日午前中であり、志布志湾で 20 日 8:00 に有義波高 6.34m、細島で 20 日 10:00 に有義波高 6.65m を記録している。ただし、台風は九州よりも南側を通過したため、内湾観測点である鹿児島や荊田では、地形による遮蔽の結果、波浪はあまり大きく発達しなかった。

四国の太平洋沿岸である高知および室津では、波浪は記録的に大きく発達した。特に台風中心が直近を通過した室津では、有義波高 13.55m というナウファスの全地

点を通じて最大の既往最大有義波高を記録しており、波浪による顕著な災害が発生している。高知や室津におけるこうした記録的な高波は、台風がはるか南方に位置したときに伝わってきたうねりの到達と、台風最接近とが時間的に重なったことが原因であったと推定される。すなわち、九州南岸で見られた 2 回のピークが同じ時間帯に重なり極端な高波浪状態となったのであろう。

なお、高波浪状態となった太平洋沿岸の範囲は極めて広く、小松島や潮岬でも、長年の波浪観測を通じた既往最大有義波高が更新されている。また、東海から関東南岸でも、台風中心が直近の北側を通過したため、伊勢湾 (20 日 18:00 : 有義波高 2.83m)、御前崎 (20 日 22:00 : 有義波高 6.61m)、清水 (20 日 22:00 : 有義波高 3.95m) 下田 (21 日 0:00 : 有義波高 6.54m)、波浮 (21 日 0:00 : 有義波高 6.27m)、アシカ島 (21 日 0:00 : 有義波高 3.02m) というような、それぞれの観測点における年間最大級の高波浪状態が見られた。

図-8.6 から図-8.15 に、これらの観測点におけるスペクトル解析結果を周期帯波浪表示で示す。

富山湾内についての高波に関して、図-8.6 から図-8.9 をもとに考察する。伏木富山港は、東から西にかけて、富山港区、新湊港区、および伏木港区の 3 港区から成り立っているが、ナウファス波浪観測は、富山港区沖合水深 20m (観測点名は富山) および伏木港区沖合水深 46m (観測点名は伏木富山) の 2 地点で、実施されている。両地点は 10 数 km しか離れていないものの、富山では湾外からの N 方向波浪の直接入射を受けるのに対して、伏木富山では能登半島の遮蔽の影響によって N 方向波浪の直接入射を受けにくくなっている。富山湾内では、20 日 22 時に伏木富山で有義波高 6.53m、同時刻に富山で有義波高 6.75m を観測した。この値は、富山湾外の直江津や輪島の最大観測有義波高を大きく上回るものであった。周期帯解析結果を見ると、この原因は、周期 10~15 秒の比較的周期の長い成分波の発達の相違によるものであることがわかる。すなわち、富山湾内では、両港区沖合に共通して、NE 方向からの長周期成分が、この時刻に顕著に見られたのに対して、直江津や輪島では、もっぱら周期 10 秒以下のエネルギーが卓越しており、こうした長周期成分はほとんどあらわれていなかった。富山湾の地形を考えると NE 方向に大きく開けており、これが、冬季においては寄り回り波と呼ばれる長周期成分波の来襲を招いている。NE 方向に開けた長い吹奏距離の中で、急速な波浪の発達が見られたものであろう。なお、NE 方向の波浪に対しては、直江津と輪島は、共に佐渡島や能登半島の遮蔽効果を受ける地形条件となっている。

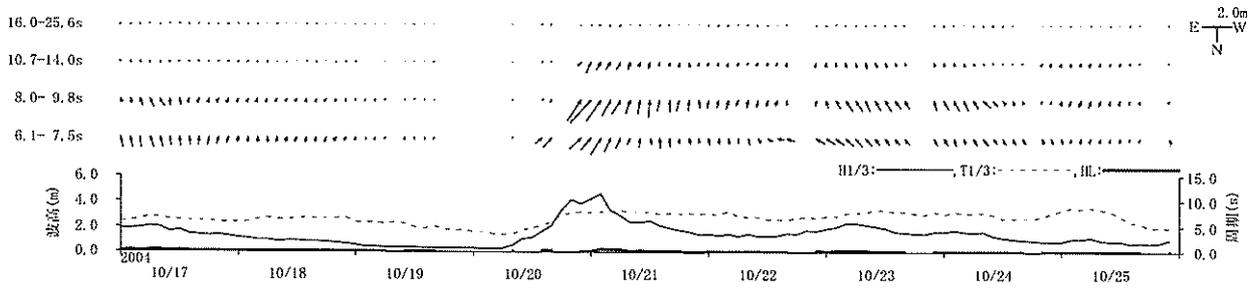


図-8.6 周期帯波高の経時変化 (輪島)

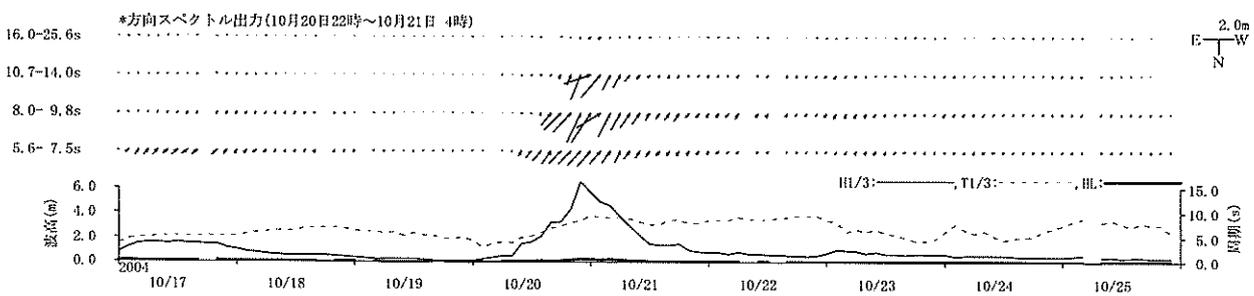


図-8.7 周期帯波高の経時変化 (伏木富山)

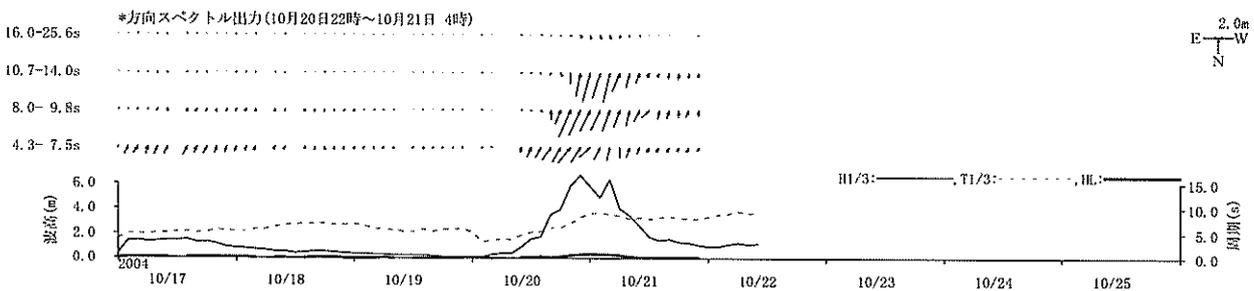


図-8.8 周期帯波高の経時変化 (富山)

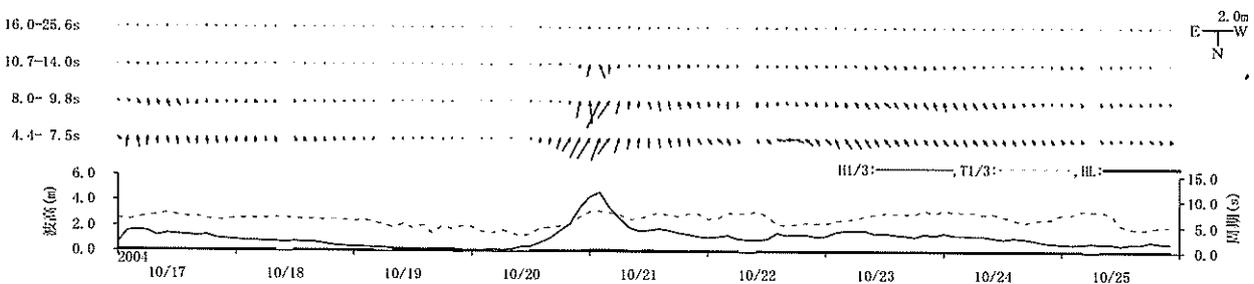


図-8.9 周期帯波高の経時変化 (直江津)

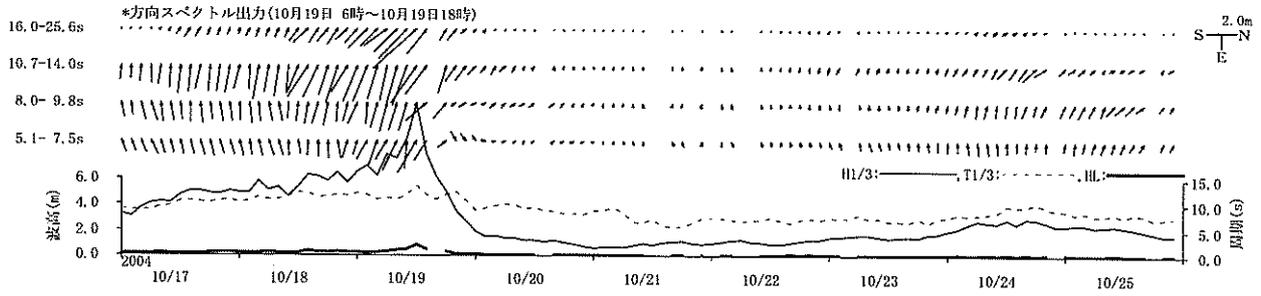


図-8.10 周期帯波高の経時変化 (中城湾)

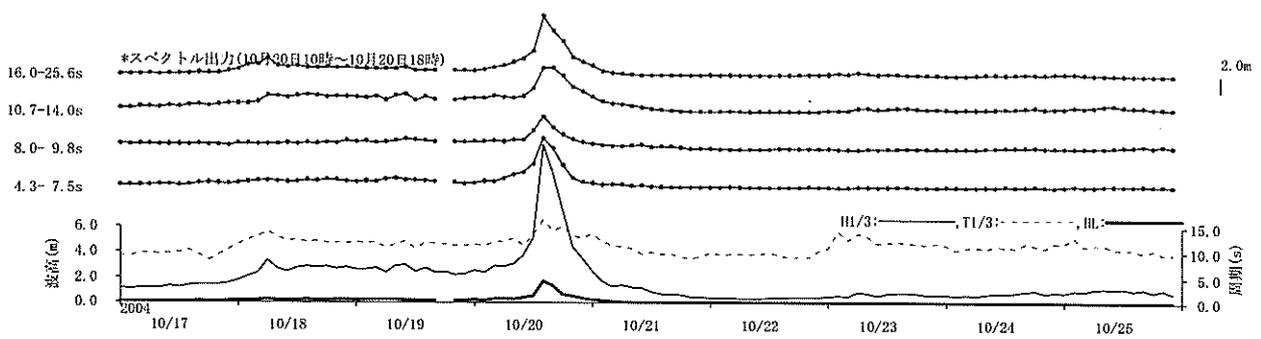


図-8.11 周期帯波高の経時変化 (高知)

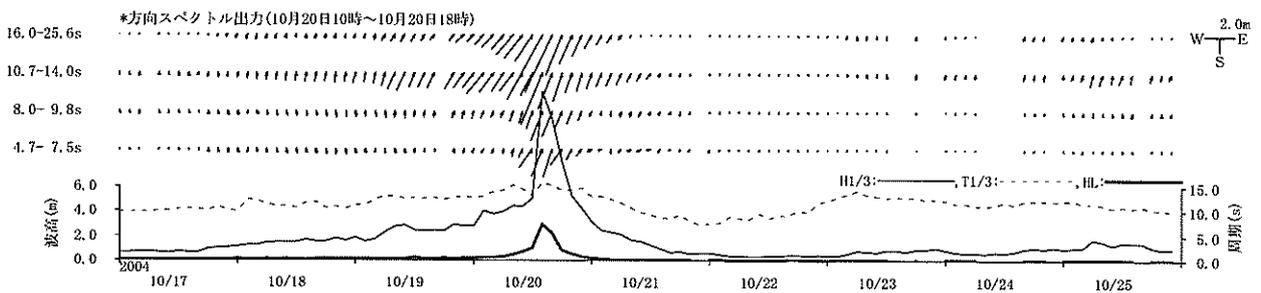


図-8.12 周期帯波高の経時変化 (室津)

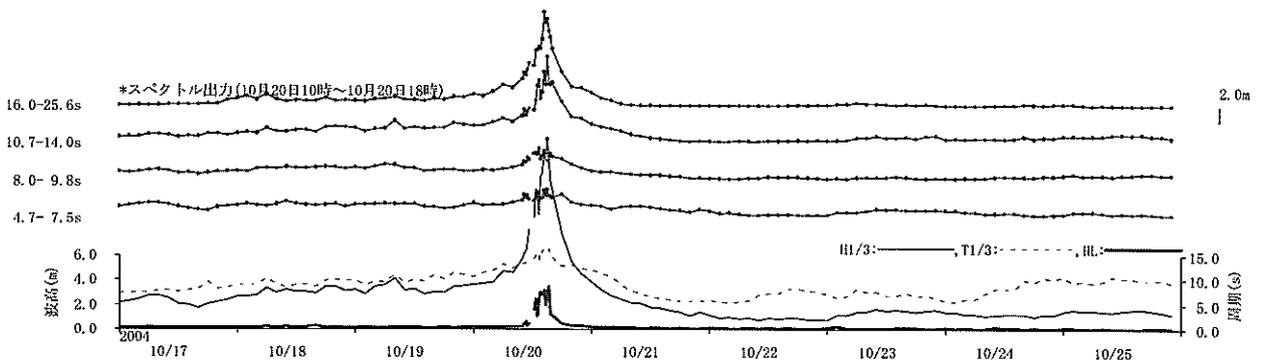


図-8.13 周期帯波高の経時変化 (室戸 GPS)

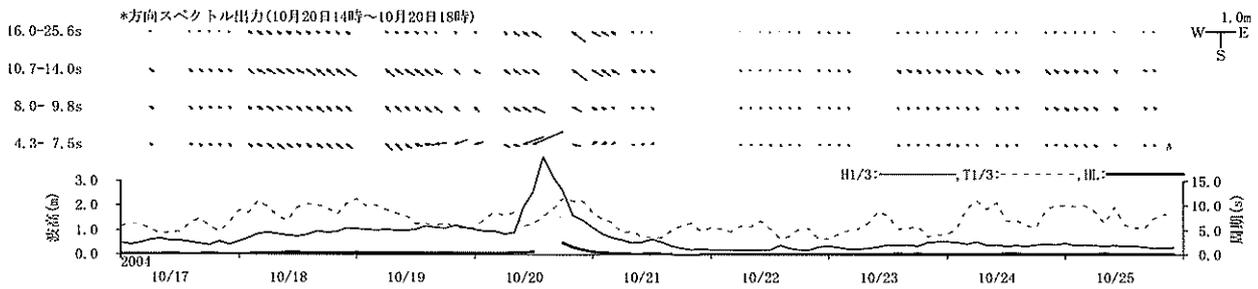


図-8.14 周期帯波高の経時変化 (小松島)

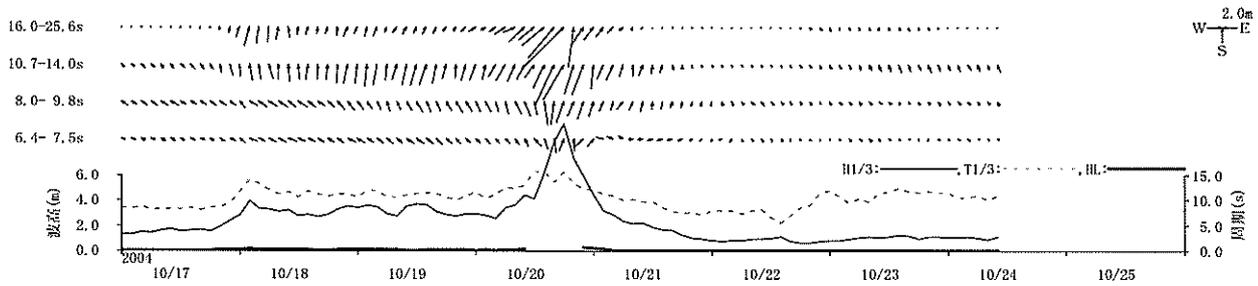


図-8.15 周期帯波高の経時変化 (潮岬)

富山では、その後、21日4時にやはり有義波高6mを超える極大波浪が観測されているのに対して、伏木富山では、この時刻のピークは見られない。これは、波向が次第にNEからNNE方向に遷移していったためであろう。すなわち、富山港区ではNNE方向への吹奏距離は開けているものの、伏木港区では能登半島の遮蔽効果を富山港区より強く受ける地形条件となっている。こうした地形条件の相違によって、湾内の比較的近隣に位置する観測点における波浪条件が大きく異なったものとなる場合があることには注意が必要である。

図-8.10の中城湾における周期帯波浪を見ると、その極大波高を記録した19日12時においては、SEからの周期15秒以上の長周期成分が顕著に見られるのが特徴である。大型台風の直近の通過に伴って、こうした周期の長い成分波も急速な発達を示す場合があることには、改めて注意が必要であろう。その後、風向が陸からの風に変化したため波浪は急速に減衰したが、19日12時の時点において観測された有義波高11.93mという値は、この時点では、ナウファス全地点全期間を通じた既往最大有義波高であった。

図-8.11から図-8.13は、高知県沿岸の波浪の解析結果である。高知・室津および室戸沖GPS津波計の3観測点に共通して、台風の接近に伴い急速に波浪が発達したことがわかる。中城湾と同様に、周期15秒以上の長周

期成分のエネルギーが支配的であった状況が理解できる。なお、室戸沖GPSブイは、ナウファスの他の観測点とは異なり、海面変動記録のサンプリング間隔は1秒となっているが、切れ目のない連続観測を行っていたため、20分毎に連続した波浪解析が可能であった。

高知県沿岸の3地点で観測された最大有義波高は、高知港沖で12.49m、室津港沖で13.55m、室戸沖GPSブイで14.21mであり、いずれも対応有義波周期は約16秒であった。これらの値は、前日に中城湾で更新されたばかりのナウファス既往最大観測有義波の記録を、さらに大きく更新するものであったことは、台風0423号の勢力の大きさを強く印象付けている。

図-8.14および図-8.15は、小松島港沖および潮岬沖の観測結果であるが、台風の接近に伴って急速に波浪が増大したのは、高知県沿岸の観測結果に共通している。やはり、周期15秒以上の長周期波成分のエネルギーが大きかったことが理解される。

図-8.16から図-8.18にかけて、富山湾における代表的なスペクトルの観測事例を示す。

図-8.16と図-8.17は、両観測点で最大有義波高を記録した10月20日22時、その2時間後の21日0時、および、富山で有義波高6mを超える極大波浪が観測された21日4時の、方向スペクトルを示したものである。また、図-8.18は、これに対応する周波数スペクトルを示

したものであり、各時刻の観測について、伏木富山のスペクトルを実線で、富山のスペクトルを破線で示し、両者を比較している。いずれの図を見ても、0.1Hz（周期約10秒）に顕著なピークを有するスペクトル形状が確認できる。しかし、方向スペクトルを見ると、伏木富山の方が富山より若干ピーク方向がEよりとなっており、富山で見られるNよりもWよりの波浪エネルギー成分が見られない点で、両観測点の相違が認められる。周波数スペクトルの時間変動に注目すると、ピークとなる20日22時のスペクトルは両地点で類似していたが、21日4時に注目すると、0.2Hz（周期約5秒）付近に見られる第2ピークの大きさが、両地点で異なっているのが特徴的である。すなわち、第2ピークは伏木富山（実線）よりも富山（破線）の方が高い。これは、台風通過後のN方向からの風浪の影響は、伏木富山より富山の方が強かったためであると考えられる。

図-8.19と図-8.20は、中城湾における代表的なスペクトルの観測事例である。有義波高11.93m、有義波周期13.6秒を記録した10月19日12時の観測結果ををさんで、その前後6時間となる6時と18時の観測結果を表示した。

極大波高を記録した19日12時においては、0.06Hz（周期約16秒）に顕著なスペクトルのピークが見られる。方向スペクトルの形状は、このときはSE方向からの単峰型であった。これより6時間前の6時の観測では、0.07Hz（周期約15秒）と0.1Hz（周期約10秒）の双峰型の周波数スペクトル形状が見られたが、方向スペクトルの形状は、SE方向からの比較的低周波（長周期）成分とE方向からの比較的高周波（短周期）成分が見られた。台風通過後は、徐々に波浪は減衰したが、6時間後の18時のスペクトルを見ると、ピーク周波数は0.07Hz（周期約15秒）であり、引き続きうねりが残っていたことがわかる。

図-8.21から図-8.26には、四国太平洋沿岸における代表的なスペクトルの観測事例を示す。

図-8.21は、室津における20日10時、14時および18時における方向スペクトルであり、図-8.22から図-8.24は、それぞれ、高知、室津および室戸沖GPSブイによる、同じ時刻の周波数スペクトルを示している。図-8.21の方向スペクトルの形状を見ると、有義波高が極大であった14時の前後4時間の範囲では、波浪エネルギーの来襲方向はほぼ一定であり、SWからSSWにかけての狭い方向範囲からの波浪の来襲が続いたことがわかる。図-8.22から図-8.24の周波数スペクトルを見ると、3地点3時刻の合計9種類の周波数スペクトルのピーク周波数

は、いずれも0.06Hz（周期約16秒）付近に見られ、長時間に渡って、周期の長い波浪の来襲が続いたことが理解できる。ただし、ピークの高さ、すなわち波浪エネルギーの大きさは、10時から14時にかけて急増していることがわかる。これに対して、台風通過後の波浪エネルギーの減衰は比較的ゆっくりであり、18時の周波数スペクトルを見ても、10時のものよりはエネルギーレベルがかなり高い状況であった。

図-8.25は、連続的に観測が行われた室戸沖GPSブイによって得られた周波数スペクトルを、20分毎に、14時の観測（13:50～14:10）から16時の観測（15:50～16:10）までの7観測について、重ね書きを行ったものである。この2時間については、周波数スペクトルはほぼ同一形状を保っており、長時間に渡って高波浪状態が継続したことがよく理解できる。

図-8.26は、小松島における20日14時、16時および18時の周波数スペクトルを示したものである。小松島港沖合の波高計も、台風0423号によって既往最大有義波の観測記録を更新し、14時の観測で、有義波高3.98m、有義波周期7.8秒を記録した。14時のスペクトルを見ると、ほぼ単峰型の形状でありピーク周波数は1.1Hz（周期約9秒）付近にあった。しかし、16時の観測では、これより長周期波成分が急速に発達し、周波数1.1Hz（周期約9秒）と0.6Hz（周期約16秒）の二つのピークが同程度の高さとなっていることがわかる。すなわち、この2時間の間に、周期の短い方の波浪成分は減衰したものの、より周期の長いうねり成分が大きく発達し、波浪のスペクトル構造が大きく変化したことがわかる。こうした双峰型のスペクトルは、18時の観測でも継続していた。

9. まとめ

本稿では、2004年に我が国沿岸に来襲した台風0415号、0416号、0418号、0421号、0422号および0423号を紹介した。それぞれの異常波に関して詳細な検討を行い、それぞれの特性を検討したが、下記の検討結果が特筆される本稿の成果である。

(1) 台風0415号について

台風0415号は、沖縄本島付近を通過し、中城湾で有義波高7.66mを記録した後、東シナ海上で進行方向を北東に変え、日本海を進み青森県西部で上陸し、太平洋に抜けていった。この際、酒田（有義波高9.75m）や秋田（有義波高8.42m）などの日本海東北部に高波をもたらせた。酒田や秋田などの東北地方日本海沿岸部の高波の特徴は、波の発達がきわめて短時間のうちに見られたことであ

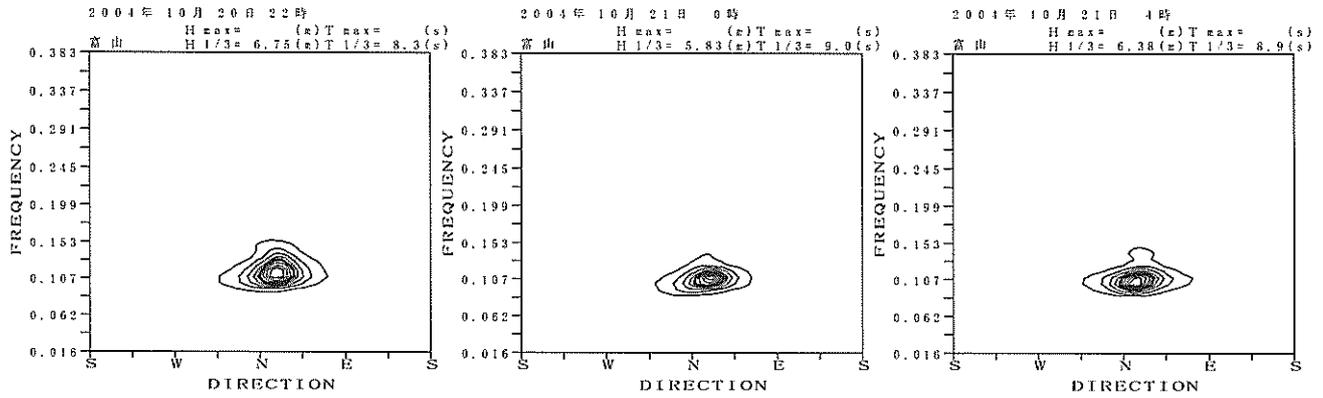


図-8.16 代表的な方向スペクトルの観測事例 (富山)

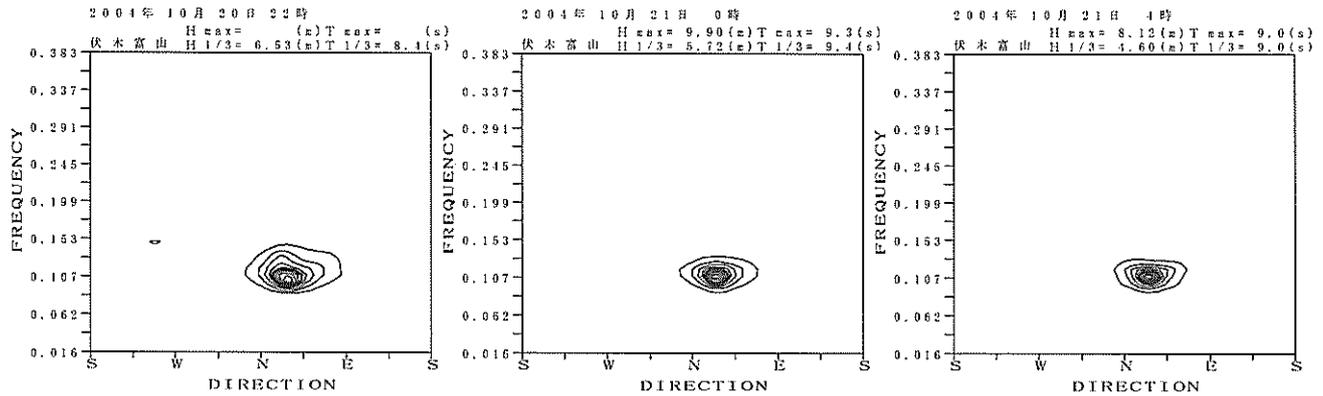


図-8.17 代表的な方向スペクトルの観測事例 (伏木富山)

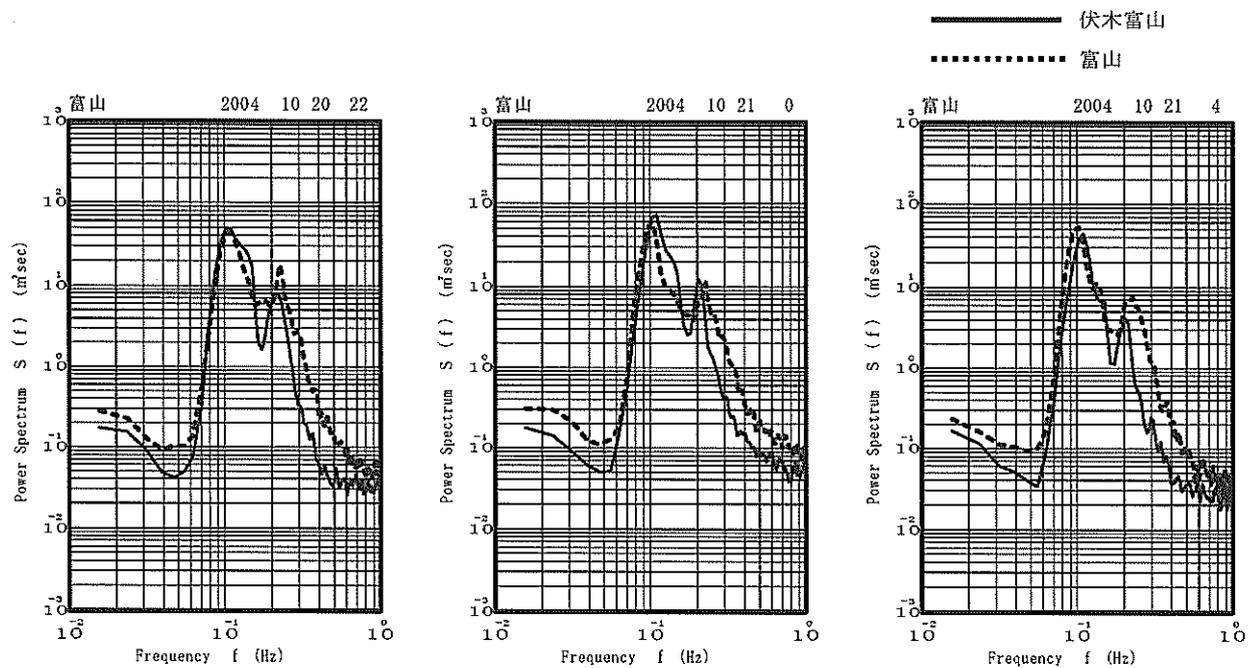


図-8.18 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (富山・伏木富山)

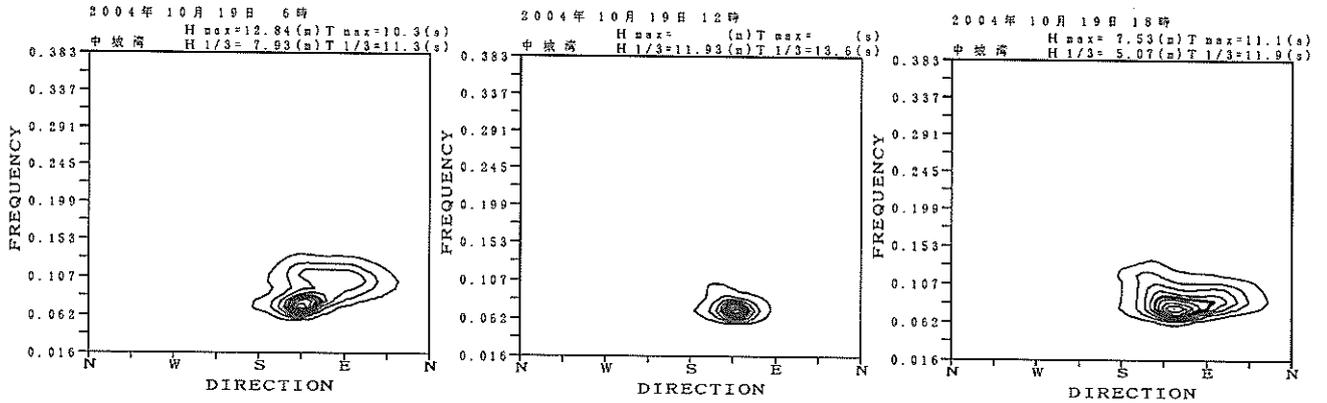


図-8.19 代表的な方向スペクトルの観測事例 (中城湾)

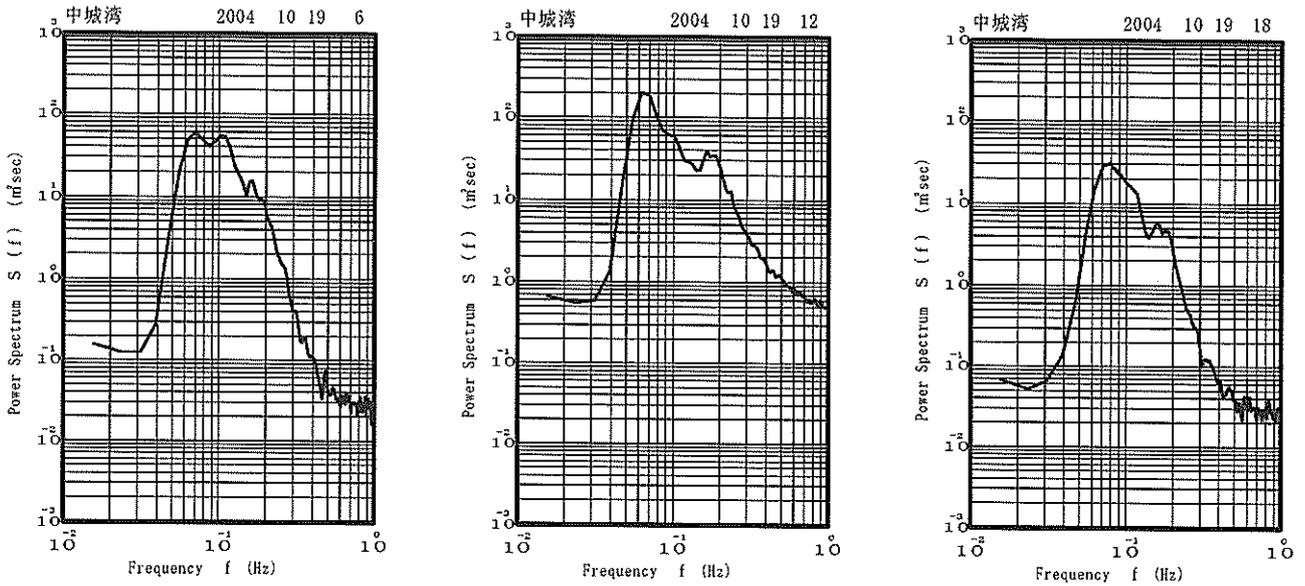


図-8.20 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (中城湾)

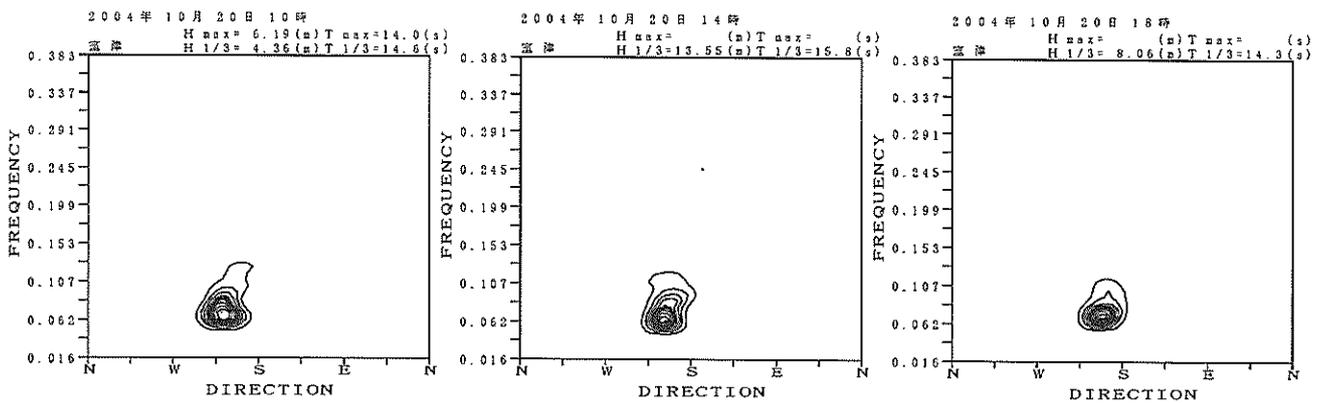


図-8.21 代表的な方向スペクトルの観測事例 (室津)

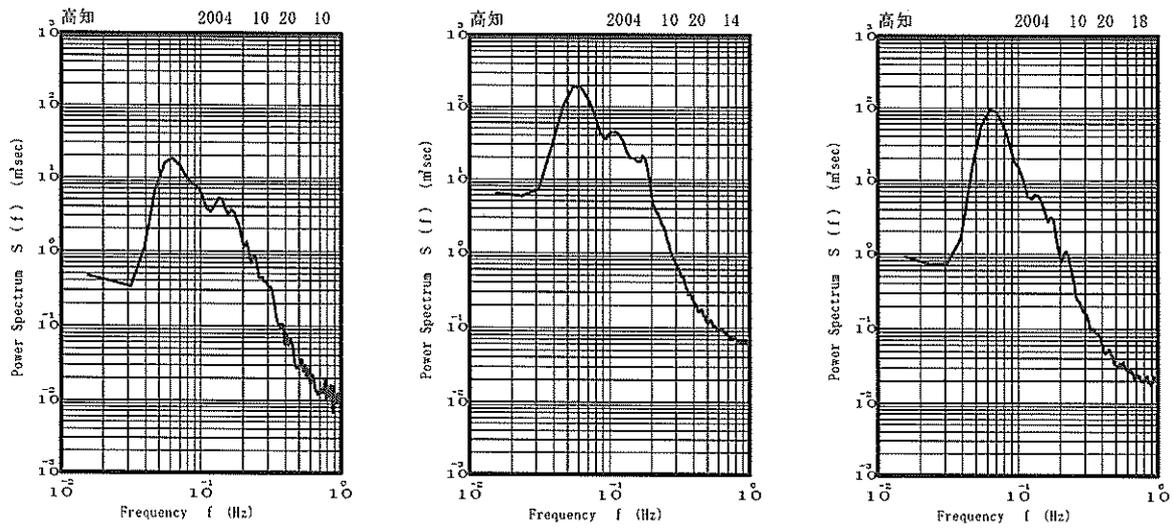


図-8.22 代表的な周波数スペクトルの観測事例（高知）

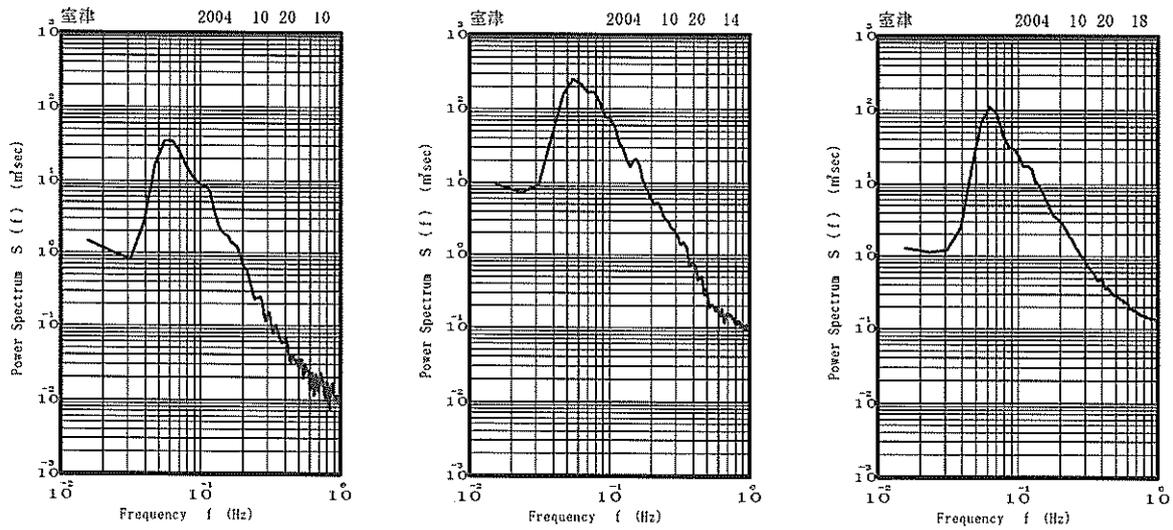


図-8.23 代表的な周波数スペクトルの観測事例（室津）

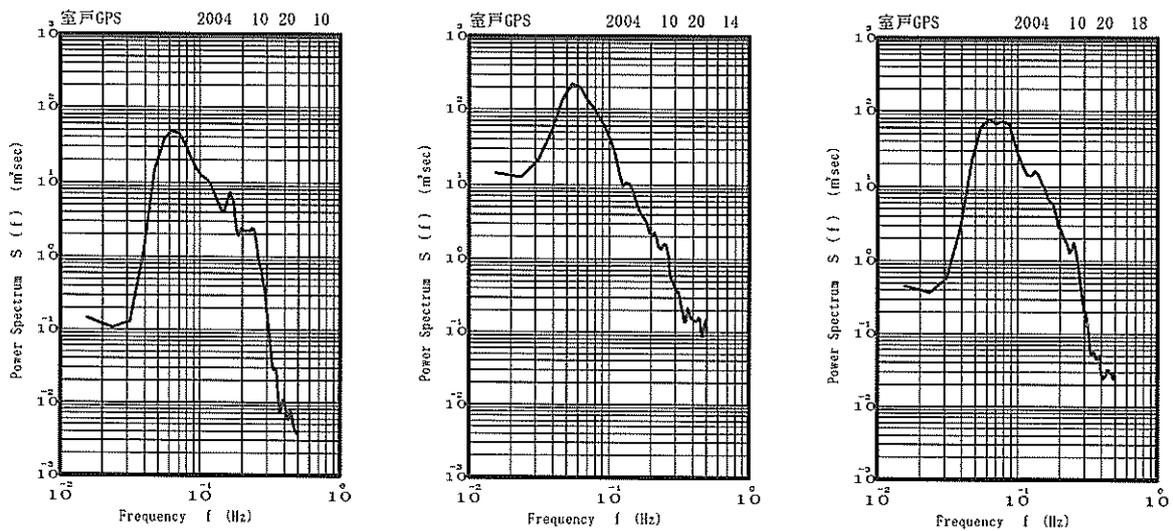


図-8.24 代表的な周波数スペクトルの観測事例（室戸沖GPS）

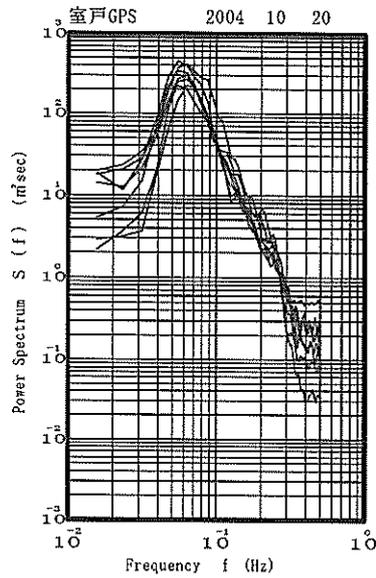


図-8.25 代表的な周波数スペクトルの観測事例
(室戸沖：14～16時の7観測)

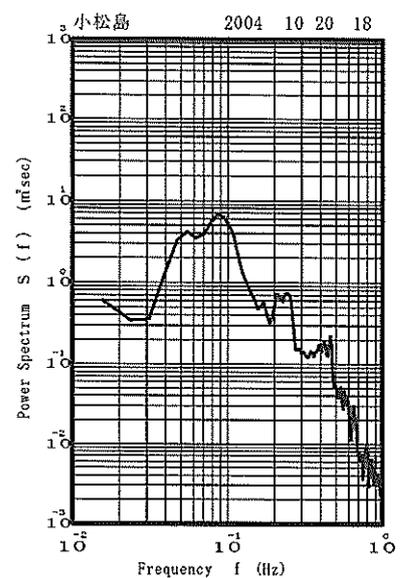
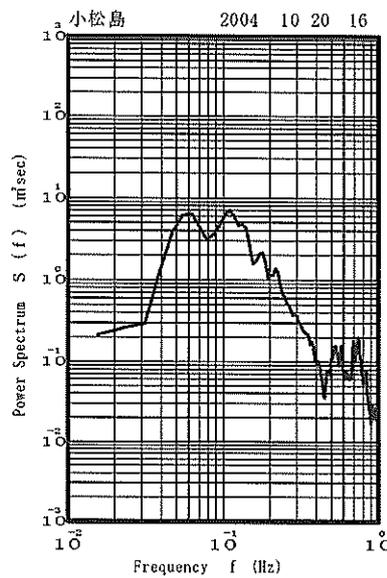
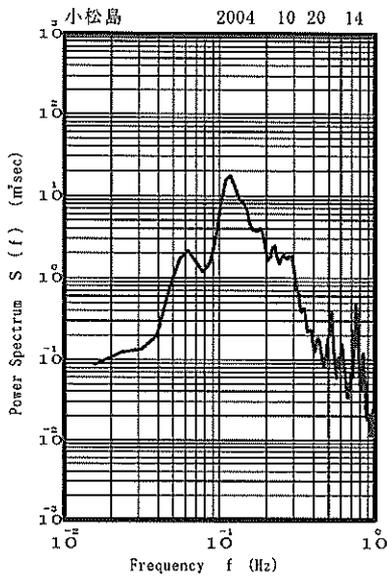


図-8.26 代表的な周波数スペクトルの観測事例 (小松島)

た。特に、酒田では20日2時から4時にかけて有義波高が3mから8mまで一気に増加したことは、注目に値する。

(2) 台風0416号について

台風0416号は、8月29日昼頃、奄美大島に再接近した後、進行方向を北東に変え、鹿児島県に上陸した後、西日本を縦断し、鳥取県から日本海に抜けた後に北海道に再上陸し、紋別付近からオホーツク海に抜ける進路をとった。鹿児島・志布志湾・細島・玄界灘・上川口・伊勢湾のナウファス観測点において、それまで観測された

既往最大有義波高を更新する高波をもたらせた。33年間の波浪観測が行われている中で既往最大有義波高を8.44mに更新した名瀬では、極大波浪前後に有義波高が5mを越える高波浪状態が24時間以上も継続したが、これは、奄美大島付近で台風が変曲したことによる。また、潮岬では27～28日と30日に、それぞれ極大波浪を観測したが、前者はうねりの来襲であり、後者は台風接近時に発生した風波であると考えられる。細島まで観測された有義波高が11.05mという値は、この時点ではナウファス全体の歴史を通じて、御坊沖設置水深170mのデイスカス

ブイが台風 8719 号来襲時に観測した有義波高 11.37m を除いた、海底設置式波浪計による観測有義波高として既往最大の記録となるものであった。

(3) 台風 0418 号について

台風 0418 号の経路は台風 0416 号とほぼ平行であり、300km ほど西側、200km ほど北側の進路を進んで我が国を縦断した。すなわち、沖縄本島付近を通過した後、奄美大島の西方約 300km の海上でその進路を NW 方向から NE 方向に変え、九州北部をかすめた後、日本海を東北に進み、北海道西岸に平行して進み、オホーツク海に去っていった。鹿児島・留萌のナウファス観測点において、それまで観測された既往最大有義波高を更新する高波をもたらせた。鹿児島では、2 週間前の台風 0416 号に続く既往最大値更新であったことが特筆され、留萌のような北海道日本海側沿岸でも台風が既往最大波の発生要因となりうることを示されたものであった。留萌における急激な波浪の発達には、台風 0415 号来襲時の酒田における波浪の経時変化特性とよく似たものであった。

(4) 台風 0421 号について

台風 0421 号は、沖縄本島の西側、宮古島の北側海上で変曲点した後、北東方向に直進し、九州南岸、四国を通過し、大阪湾を経て大阪付近に再上陸した後、本州を縦断し三陸沿岸から太平洋に抜ける進路を取った。台風 0421 号に伴う波浪は、他の一連の台風に比べれば特筆される高波浪ではなかった。しかし、沖縄本島を回り込むような進路を取ったため、中城湾では有義波高 7.21m を観測した。宮古島北約 100km 地点で変曲点となり比較的長時間にわたって台風が停滞したのも係わらず、平良港沖での最大有義波が 3.47m に留まったのは、平良港は宮古島および伊良部島によって挟まれる位置にあり、両島の遮蔽効果が大きかったためと推定される。しかし、有義波高が 2 m を越える高波浪状況が 3 日間以上継続したことは、台風の変曲点付近での停滞によるものであった。山陰沿岸の鳥取港（9 月 29 日 20:00：有義波高 4.38m）や柴山港（9 月 29 日 22:00：有義波高 4.97m）で見られた高波浪は、台風が中心が南側を通過した後に急激に発達した波浪であった。

(5) 台風 0422 号について

台風 0422 号は、沖縄本島の南東約 500km の海上で変曲し、その後、南北大東島付近を通過し、太平洋を北東に直進し、関東地方沿岸を直撃した。台風半径は比較的小さかったため台風の影響範囲は他の台風に比べて狭かったものの、港湾空港技術研究所が位置する横須賀市が台風の直撃を受けた。潮岬、御前崎、波浮といった観測点で、比較的高波浪が観測されたが、これは台風の再近

接時刻とほぼ一致した。これらの観測点では、高波浪状態の継続時間は比較的短く、急激に波浪が発達し、減衰も早かった。他方、台風中心が太平洋に抜けてから関東北部から東北地方の太平洋沿岸で波浪が発達し、鹿島、常陸那珂、小名浜、相馬などでは、台風の通過直後に極大となる 4 m 以上の有義波高を記録した。この太平洋に抜けた台風からのうねりは比較的長時間継続した。久慈港沖でも有義波高 4.14m の極大値を記録した。

(6) 台風 0423 号について

台風 0423 号は、沖縄本島の南西約 300km の海上で変曲した後、台風 0422 号とほぼ平行に北東に直進し、沖縄本島付近を通過した後、高知県室戸岬付近、大阪湾を通過し本土上陸した。非常に規模が大きい台風であり、かつ数多くの太平洋沿岸の港湾近くを通過したため、中城湾・高知・室津・小松島・潮岬・柴山港内・伏木富山・富山の各ナウファス観測点において、それまで観測された既往最大有義波高を更新する高波をもたらした。特に室津港沖水深 27m で記録した、有義波高 13.55m、有義波周期 15.8 秒という値は、ナウファスの全地点を通じて最大の既往最大有義波であった。なお、室戸岬沖水深 100 m に設置された G P S 津波計でも、14:20 に最大値である有義波高 14.21m、有義波周期 16.3 秒を記録しているため、この観測値は信頼性が高いものと考えられる。

台風の北西側は、風速は台風の進行速度によってうち消され弱くなる、一般的には可航半円ともいわれる領域である。それにもかかわらず、本台風では、玄界灘、鳥取、柴山などで、台風の最接近時以降急速に波浪が発達し、高波浪状態が観測された。特に顕著であったのが富山湾であり、伏木沖の海象計で 20 日 22:00 に有義波高 6.53m、富山沖の海象計でやはり 20 日 22:00 に有義波高 6.75m という既往最大値を観測している。これらの値は、富山湾外のナウファス観測点である輪島や直江津よりも高い波浪となっていた。

台風の南側となる九州・四国・近畿・東海地方の太平洋沿岸では、記録的な高波が観測されている。九州沿岸の志布志湾や細島では、台風による波浪は 2 回の極大値を示した。はじめの比較的低いピークは 18～19 日であり南方に位置した台風からのうねりの到達によるものである。高いピークは台風接近時の 20 日午前中であり、志布志湾で 20 日 8:00 に有義波高 6.34m、細島で 20 日 10:00 に有義波高 6.65m を記録している。ただし、台風は九州よりも南側を通過したため、内湾観測点である鹿児島や荊田では、地形による遮蔽の結果、波浪はあまり大きく発達しなかった。

四国の太平洋沿岸である高知および室津では、波浪は記録的に大きく発達した。特に台風中心が直近を通過した室津では、有義波高 13.55m というノウファスの全地点を通じて最大の既往最大有義波高を記録しており、波浪による顕著な災害が発生している。高知や室津におけるこうした記録的な高波は、台風がはるか南方に位置したときに伝わってきたうねりの到達と、台風最接近とが時間的に重なったことが原因であったと推定される。すなわち、九州南岸で見られた 2 回のピークが同じ時間帯に重なり極端な高波浪状態となったのであろう。

高波浪状態となった太平洋沿岸の範囲は極めて広く、小松島や潮岬でも、長年の波浪観測を通じた既往最大有義波高が更新されている。また、東海から関東南岸でも、台風中心が直近の北側を通過したため、伊勢湾、御前崎、清水、下田、波浮、アシカ島といった観測点でも年間最大級の高波浪状態が見られた。

10. おわりに

港湾技術研究所（現港湾空港技術研究所）における全国港湾域の波浪観測データの集中処理解析が開始したのは 1970 年のことであり 35 年以上の年月が経過した。高波浪状態における確実な波浪観測データの測得や、津波のように突然やってくる非定常な長周期成分波の観測は、かつては極めて困難であるとされていたが、長年にわたる運輸省（現国土交通省）港湾局関係機関の数多くの関係者の努力の結果、ノウファスの開発・改良を通じてこうした問題点は徐々に克服され、本稿で紹介したような異常波に関しての全国沿岸全体の出現特性を把握することが可能となった。

本稿で紹介した室戸岬沖水深 100m の GPS ブイは、2004 年 4 月に新たに設置されたものであるが、本資料のとりまとめにあたって極めて重要なデータをこの GPS ブイから得ることができた。この GPS ブイは、東京大学地震研究所、日立造船（株）、（財）人と防災未来センターおよび（独）港湾空港技術研究所が、文部科学省の産学官連携イノベーション創出事業費補助金（独創的革新技術開発研究提案公募制度：課題番号第 14401 号）をいただき、室戸市・室戸測候所および高知港湾空港整備事務所のご支援を受けて、開発・製作・設置したものである。

これらの数多くの関係者の方々に、改めて謝意を表す。

（原稿提出：平成 17 年 2 月 2 日）

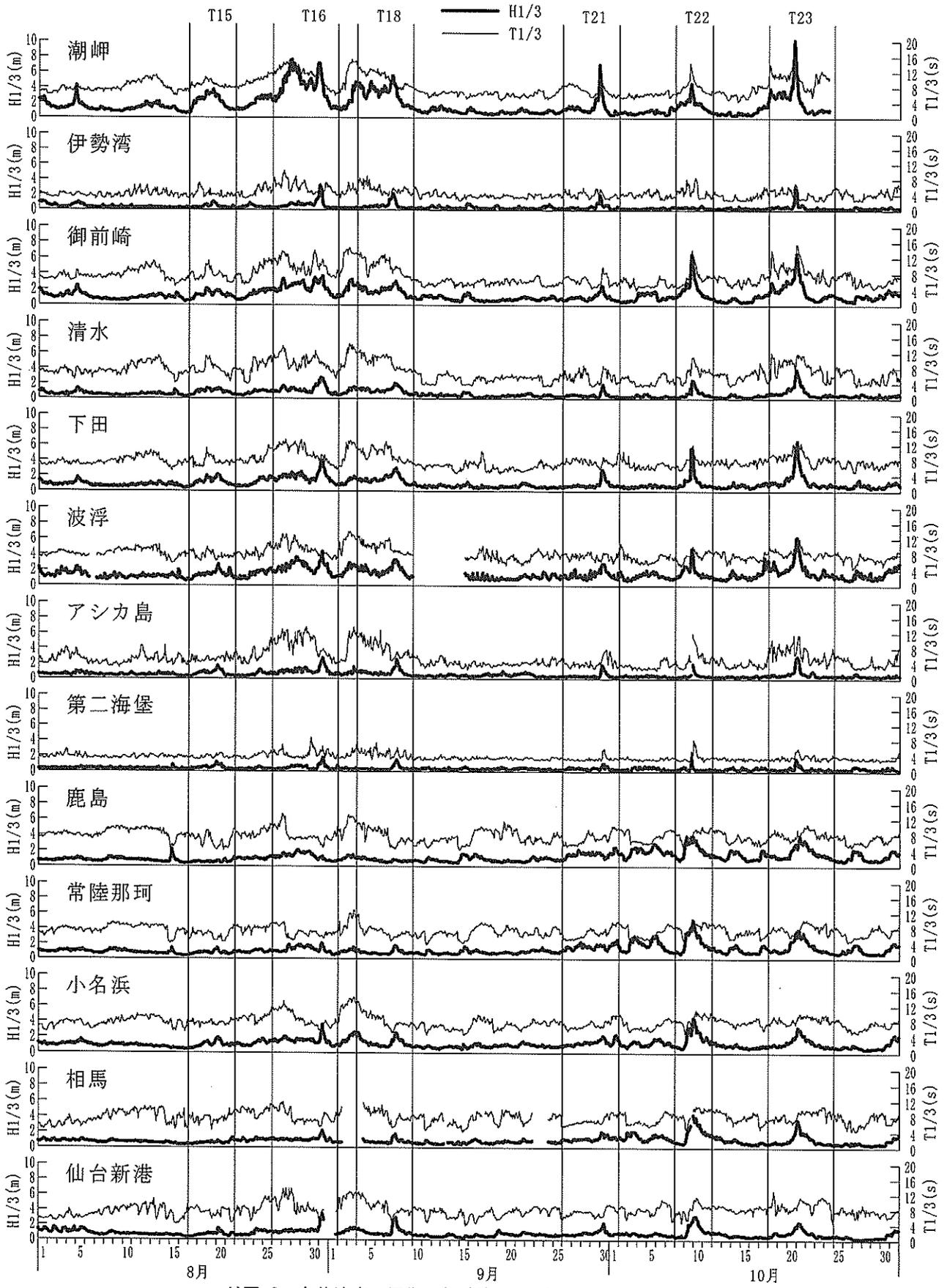
参考文献

- 1) 合田良実監修，海象観測データの解析・活用に関する研究会編集：波を測る（沿岸波浪観測の手引き），（財）沿岸技術研究センター，212p.，2001.
- 2) 合田良実監修，海象観測データの解析・活用に関する研究会編集：潮位を測る（潮位観測の手引き），（財）沿岸技術研究センター，188p.，2002.
- 3) 永井紀彦・小川英明：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 2002），港研資料 No.1069，336p.，2004.（波浪観測年報は港研資料として 1970 年以降毎年刊行）
- 4) 永井紀彦：全国港湾海洋波浪観測 30 か年統計（NOWPHAS 1970-1999），港研資料 No.1034，336p.，2004.（波浪観測年報は港研資料として 1970 年以降毎年刊行）
- 5) 永井紀彦・橋本典明・佐藤和敏：台風 9918 号による西日本沿岸の波浪と潮位の出現特性，港湾技研資料 No.969，47p.，2000.
- 6) 永井紀彦：ノウファス（全国港湾海洋波浪情報網）による我国沿岸の波浪特性の解明，港研資料 No.863，113p.，1997.
- 7) 永井紀彦：ノウファス（全国港湾海洋波浪情報網）の現況と今後の課題，土木学会論文集巻頭論文（技術展望），第 609 号 VI-41，pp.1-14，1998.
- 8) 永井紀彦・橋本典明・川口浩二・佐藤和敏・菅原一晃：ノウファスの連続観測化による我国沿岸の長周期波の観測，港湾技術研究所報告第 38 巻第 1 号，pp.29-69，1999.
- 9) 永井紀彦・小川英明・額田恭史・久高将信：波浪計ネットワークによる沖合津波観測システムの構築と運用，土木学会，海洋開発論文集第 20 巻，pp.173-178，2004.
- 10) 橋本典明・永井紀彦・浅井正・菅原一晃・朴慶寿：波浪の多方向性と弱非線形性を考慮した水圧波から表面波への換算法について，港研報告第 32 巻第 1 号，pp.27-51，1993.
- 11) 菅原一晃・永井紀彦・橋本典明・鈴木高二朗・清水康男・波間雅晶：波浪監視計の開発，港研資料 No.860，25p.，1996.
- 12) 永井紀彦・橋本典明・浅井正：沖波の方向スペクトルの出現特性（第 1 報）—いわき沖の観測結果—，港研報告第 32 巻第 2 号，pp.45-113，1993.
- 13) 永井紀彦・橋本典明・浅井正：島による遮蔽を受ける海洋波の方向スペクトルの出現特性—新潟沖の観測結果—，港研資料 No.783，21p.，1994.

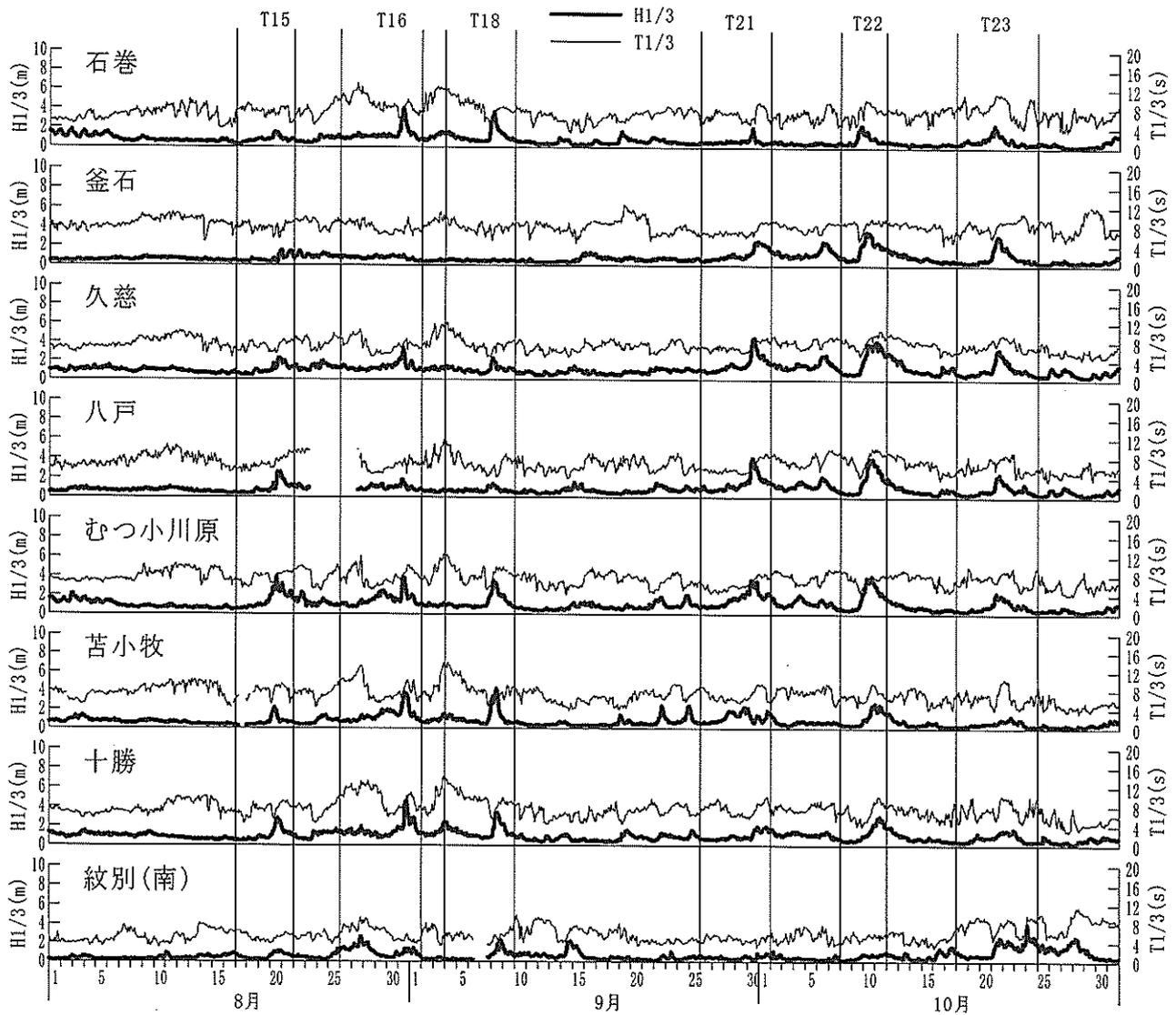
- 14) 清水勝義・永井紀彦・橋本典明：沖波の方向スペクトルの出現特性（第2報）－いわき沖における7か年方向スペクトル統計，港研報告第35巻第1号，pp.65-89，1996.
- 15) 高山知司・橋本典明・永井紀彦・高橋智晴・佐々木弘：水中ドップラー式波向計(海底設置式波浪計)の開発について，海岸工学論文集第39巻，土木学会，pp.176-180，1992.
- 16) 橋本典明・永井紀彦・高山知司・高橋智晴・三井正雄・磯部憲雄・鈴木敏夫（1995）：水中超音波のドップラー効果を応用した海象計の開発，海岸工学論文集第42巻，土木学会，pp.1081-1085，1995.
- 17) Kato, T., Terada, Y., Kinoshita, M., Kakimoto, H., Isshiki, H., Moriguchi, T., Takada, M., Tanno, T., Kanzaki, M. and James Johnson (2001). A New Tsunami Monitoring System using RTK-GPS, ITS 2001 Proceedings, Session 5, Number 5-12, pp.645-651.
- 18) 永井紀彦・小川英明・寺田幸博・加藤照之・久高将信：GPSブイによる沖合の波浪・津波・潮位観測，海岸工学論文集第50巻，土木学会，pp.1411-1415，2003.



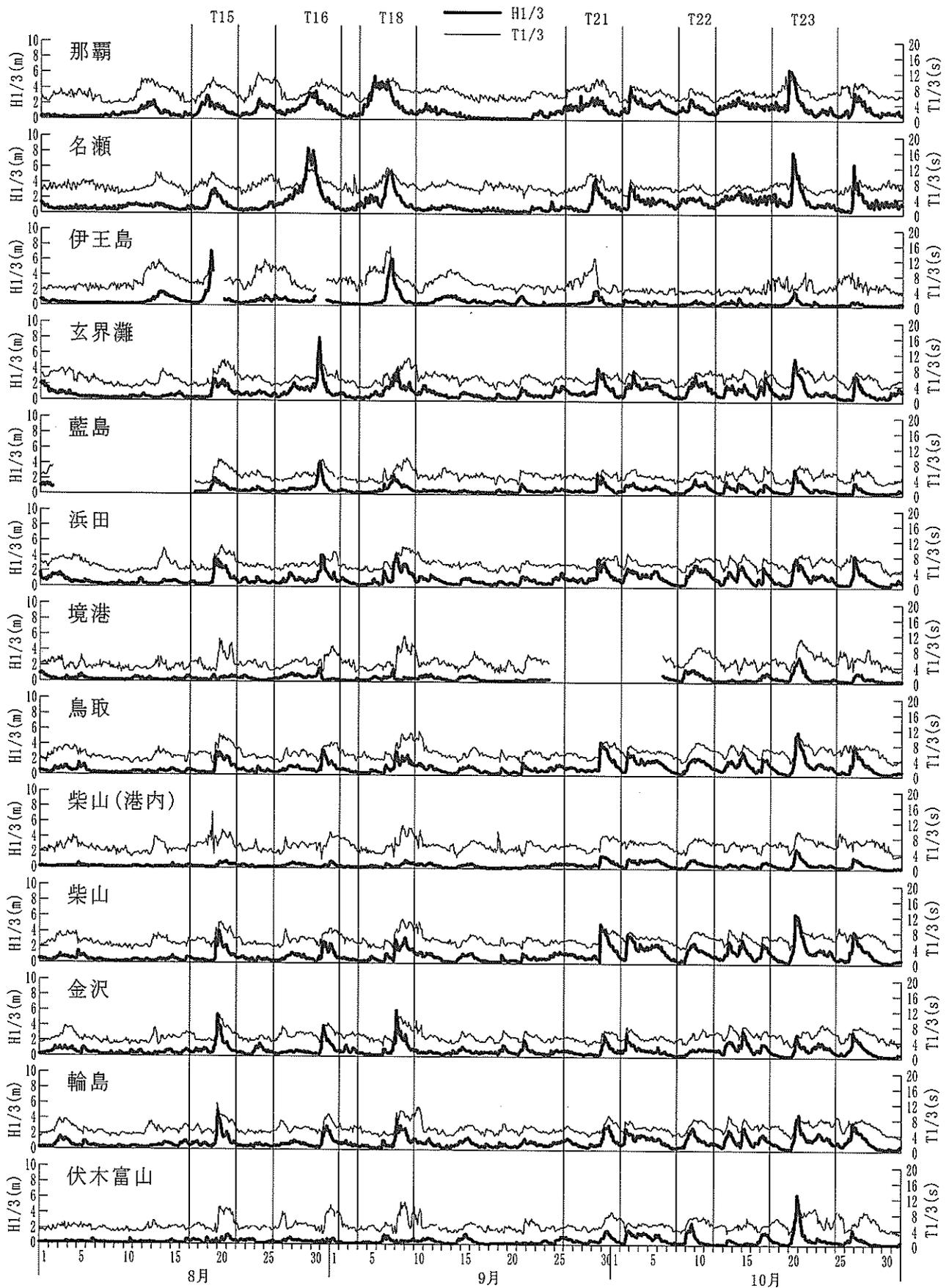
付図-1 有義波高・周期の経時変化図 (2004年8月~10月)



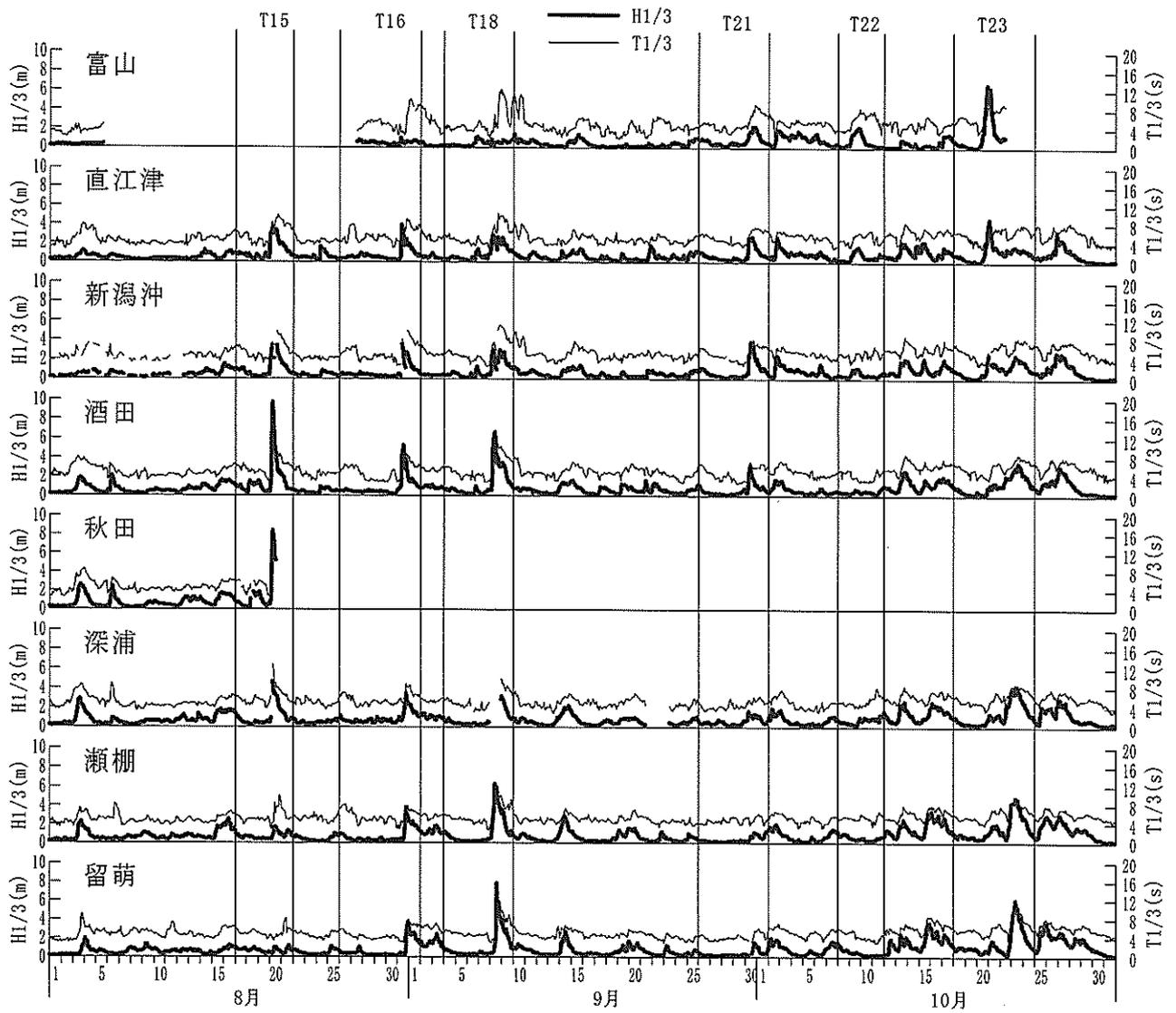
付図-2 有義波高・周期の経時変化図 (2004年8月~10月)



付図-3 有義波高・周期の経時変化図 (2004年8月~10月)



付図-4 有義波高・周期の経時変化図 (2004年8月~10月)



付図-5 有義波高・周期の経時変化図 (2004年8月~10月)

港湾空港技術研究所資料 No. 1100

2005. 6

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

印刷所 昭和情報プロセス株式会社

Copyright © (2005) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI.

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。