

松 前 沿 岸 波 浪 観 測 30 年 報

30-Year Report
of
Coastal Wave Observations at Matsumae

平成 22 年 11 月

November 2010

函 館 海 洋 気 象 台

Hakodate Marine Observatory

序

我が国は四方を海に囲まれた島国であり、世界有数の海洋国家として発展してきたところである。したがって海運、水産はもとより、国民生活にとっても波浪の状況は古くから重要な関心事であったが、近年になって経済活動や人口の沿岸部集中がますます進行するなか、とりわけ沿岸における波浪情報の重要性はますます高まっている。

気象庁においては、古くから目視による沿岸波浪観測を行う一方、機械による観測・通報の技術開発を進めてきた。昭和 51 年 4 月に、静岡県石廊崎に設置した沿岸波浪計の運用開始を皮切りに、沿岸波浪計が順次整備され、昭和 54 年 1 月 1 日から北海道松前町弁天島において松前沿岸波浪計の観測を開始した。爾来、函館海洋气象台では本波浪計によって 30 年以上にわたって観測・通報を続けており、沿岸波浪の実況監視や波浪警報、注意報の発表等、波浪予報業務等に活用されている。

このほど、永年の観測成果を整理し、「松前沿岸波浪観測 30 年報」として報告できる運びとなった。ここでは、松前における波浪の特性や波高の経年変化を取りまとめるとともに、期間中の顕著な高波発生事例も報告している。本報告書が、沿岸防災や海難防止に貢献することはもとより、沿岸の開発利用など幅広く活用頂けることとなれば幸いである。

最後に、本波浪計の設置・運用にあたって、地元の松前町と松前さくら漁業協同組合には長年にわたって深いご理解と多大なご協力を頂いてきており、ここに改めて厚く感謝の意を表する。

平成 22 年 11 月

函館海洋气象台長
網野正明

目 次

1	解説	
1.1	沿岸波浪計による波浪観測	1
1.2	松前沿岸波浪観測施設	3
1.3	障害の発生回数と測得率	4
1.4	データの取り扱い	4
2	波浪の特性	
2.1	波高・周期の月別の値	6
2.2	松前アメダス風向別の風速と波高の出現頻度	8
2.3	波高と周期の組合せによる頻度分布	11
2.4	累年高波出現順位と月別累年高波出現順位	12
3	波浪の経年変化	
3.1	有義波高の経年変化	15
3.2	有義波高階級別出現頻度の経年変化	16
4	高波事例	
4.1	第 1 位 台風から変わった温帯低気圧による事例（1987 年 9 月 1 日）	18
4.2	第 2 位 発達した低気圧による事例（2004 年 11 月 27 日）	19
4.3	第 3 位 発達した低気圧による事例（1995 年 11 月 9 日）	20
4.4	第 4 位 発達した低気圧による事例（1980 年 1 月 31 日）	21
4.5	第 5 位 台風から変わった温帯低気圧による事例（1990 年 12 月 2 日）	22
4.6	第 6 位 発達した低気圧による事例（1979 年 3 月 31 日）	23
4.7	第 7 位 台風から変わった温帯低気圧による事例（2004 年 9 月 8 日）	24
4.8	第 8 位 発達した低気圧による事例（2007 年 2 月 15 日）	25
4.9	第 9 位 台風による事例（2004 年 8 月 20 日）	26
4.10	第 10 位 発達した低気圧による事例（1980 年 10 月 26 日）	27
5	有義波高と最大波高の推移	28
	参考文献・参考資料	34

1 解説

1.1 沿岸波浪計による波浪観測

1.1.1 観測システムの概要

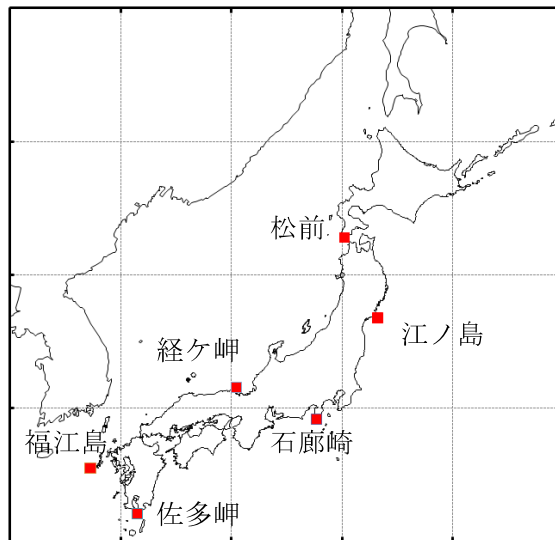
気象庁では、日本の沿岸 6 地点に波浪計を設置し、沿岸の波浪観測を行っている。観測の結果は、波浪の実況監視や波浪解析に利用されている。沿岸波浪計は、超音波式沿岸波浪計とレーダー式沿岸波浪計の 2 種類があり、松前では超音波式沿岸波浪計で観測を行っている。

観測点の配置を第 1.1 図に、超音波式沿岸波浪計観測システムの概要を第 1.2 図に示す。

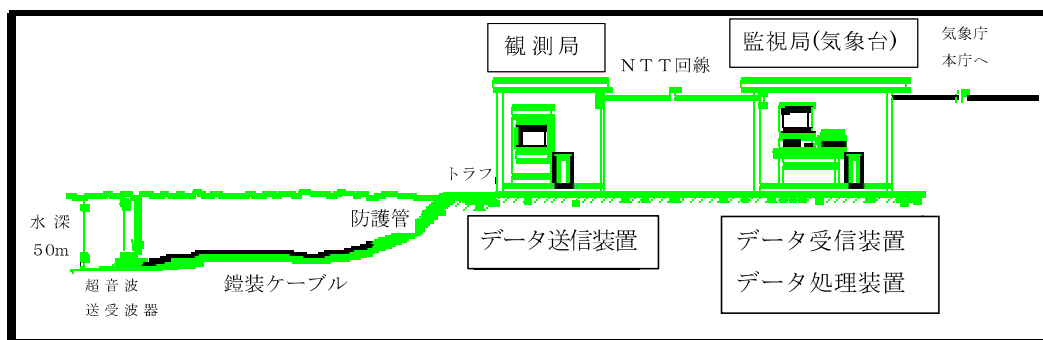
超音波式沿岸波浪計は、海底に超音波送受波器を設置し、水中から発射した超音波が海面で反射して戻るまでの時間を計ることにより、海面の水位変動を測っている。この水位変動を、連続的に測ることで海面の変動が分かり、統計的に処理することで、海面の波を観測している。

観測センサーである超音波送受波器は、できるだけ沿岸地形の影響を受けない沖合の表面波形を観測するために、海岸線より沖合 1~3km、水深 50m 程度の海底に設置している。この送受波器は鋭いビームの超音波パルスを 1 秒間に約 4 回垂直に発射し、海面からの反射波を受信している。

センサーからの信号は近くの海岸に設けられている観測局でデジタル化され、伝送上のチェック信号と組み合わせられた上、NTT 回線を通じて監視局である観測実施官署に送信される。監視局では毎正時の 25 分前から 5 分前までの 20 分間に収集した海面水位データを電子計算機で処理し、有義波高などの波浪解析結果を気象庁本庁に通報している。また、モニターによる常時監視を行っている。



第 1.1 図 気象庁沿岸波浪計配置図 (平成 22 年 9 月)

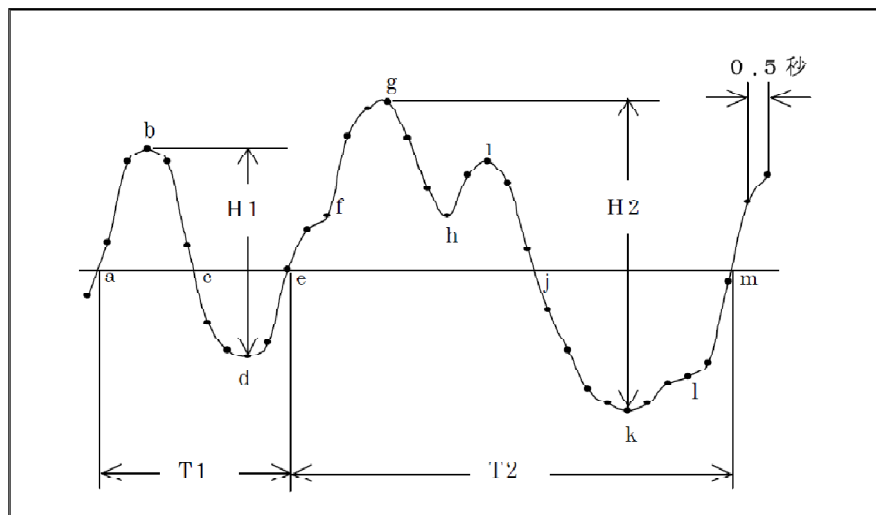


第 1.2 図 超音波式沿岸波浪計の観測システム

1.1.2 データ解析処理の方法

一般に波浪は高さ、周期及び波向き（進行方向）により表現される。

松前沿岸波浪計では一点における水位の変化を時系列として測定し、これから波高と周期を計算により求めている。ただし、波向きは観測していない。観測局では観測時間の 20 分間（正時 25 分前から正時 5 分前）に入力されるセンサーからの信号を 0.5 秒毎に海面水位データに変換する。このデータをゼロアップクロス法（Zero-up-Cross 法）によってデータ処理し、波高や周期を求めている。第 1.3 図の波形処理説明図を用いて波高や周期の求め方を以下に示す。



第 1.3 図 波形処理説明図

ゼロアップクロス法では最初に零レベル（全観測値の平均値）を求める。この零レベルから各々の偏差を求め、その値が負から正に変わる時を波の始まり（終わり）として波を数える。言い替えると零レベルより低いところから高いところへ横切る点をゼロアップクロスポイント（図では a, e, m）と呼び、各波の区切りとみなす。その間（a~e, e~m）が一つの波であり、それぞれの波の周期は a~e, e~m に対応する時間 T1, T2 で、波高は bd, gk に対応する海面水位の差 H1, H2 で与えられる。なお、em 間には 2 つの峰（g と i）があるが、ghi 間にはゼロアップクロスポイントが存在しないので 2 個の波として扱わない。

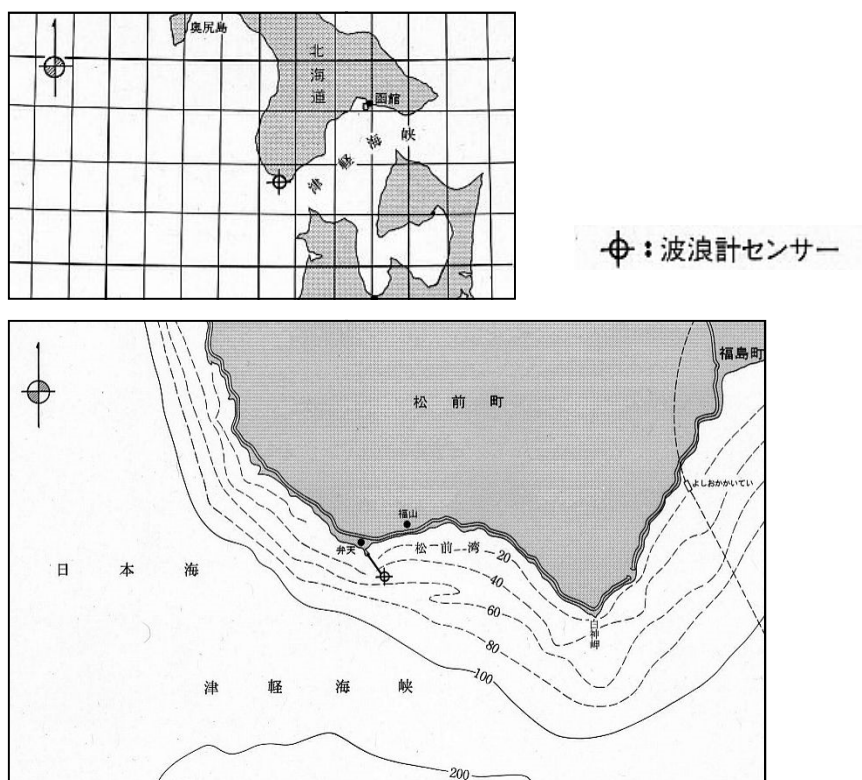
以上の処理によって得られる個々の波の総数を波数、その中で波高がもっとも大きい波を最大波（Maximum Wave）と呼び、その波高及び周期をそれぞれ最大波波高及び最大波周期と呼ぶ。また、波高の大きい順に波数の 3 分の 1 個の波を抽出し、その波高と周期を平均してそれぞれ 1/3 最大波波高及び 1/3 最大波周期と呼ぶ。「1/3 最大波」は有義波（Significant Wave）と呼ばれ、目視観測による波高及び周期とほぼ一致している。単に波高、周期というときには有義波のものを指す。

1.2 松前沿岸波浪観測施設

1.2.1 松前沿岸波浪計要目

松前沿岸波浪計の要目は次のとおりであり、設置位置を第1.4図に示す。

名称	松前沿岸波浪計
監視局所在地	函館市美原3丁目4番4号 函館海洋气象台
観測局所在地	北海道松前郡松前町字弁天島
波浪計送受波器の設置位置	北緯 41度 24分 38秒 東経 140度 05分 50秒
波浪計送受波器の設置水深	-49メートル
送受波器～汀線間のケーブル長	1,265メートル



第1.4図 波浪計設置位置図

1.2.2 松前沿岸波浪計の主な履歴

- 1979年(昭和54年) 1月1日 観測開始。
定時観測：日本時間の03、06、09、12、15、18、21、24時
臨時観測：台風接近時など毎正時に行う
- 1987年(昭和62年) 3月31日 松前港改修工事に伴う波浪計海底ケーブル移設。
- 1992年(平成4年) 7月23日 監視局新庁舎に移設。
- 1992年(平成4年) 7月24日 毎時観測開始。
- 1994年(平成6年) 1月1日 監視局、観測局観測装置の更新。
- 1995年(平成7年) 7月19日 超音波送受波器を更新。
- 2005年(平成17年) 3月25日 監視局処理装置を更新。
- 2006年(平成18年) 8月9日 超音波送受波器を更新。
- 2008年(平成20年) 3月25日 観測局処理装置を更新。

1.3 障害の発生回数と測得率

この報告に用いた資料は、1979年（昭和54年）1月から2008年（平成20年）12月までの30年間の観測資料で、波高・周期の単位は、それぞれメートル（m）、秒（s）を用いた。月別及び年別に障害が発生した回数と測得率（%）を第1.2・1.3表に示す。

障害番号については、下記の解説を参照のこと。

観測データには、異常域の有無、資料の収集時間、およびデータ処理で得られた波数、有義波・最大波の波高と周期について点検し、第1.1表に従って障害番号をつけている。

なお、表中の障害番号が7で、(イ)の場合、最大波の波高と周期

障害番号が7で、(ロ)の場合、該当する波の波高と周期

障害番号が7で、(ハ)の場合、有義波と最大波の周期

障害番号が8,9の場合、全ての観測要素をそれぞれ欠測としている。

第1.1表 障害番号の説明

障害番号	障 害 の 内 容
0	正 常
1	異常域あり（20分間のデータを収集）
2	データの収集時間が10分以上20分未満で異常域なし
3	データの収集時間が10分以上20分未満で異常域あり
7	以下のいずれかに該当する (イ) 最大波の波高が有義波の波高の3倍以上である (ロ) 有義波、最大波のいずれかの周期が30秒以上である (ハ) 伝送系の分解能に対して、波高が小さく周期の信頼度が低い
8	波数が1波以上20波未満
9	以下のいずれかに該当する (イ) データの収集時間が10分未満、または波数が0 (ロ) 品質管理の結果、信頼性が低いと判断された

「測得率の求め方」

$$\text{測得率} = \frac{\text{障害番号が8もしくは9以外であった回数}}{24 \times \text{日数}} \times 100 (\%)$$

1.4 データの取り扱い

1992年7月に3時間毎観測から毎時観測への変更があり、統計解析結果への影響を避けるため、2.4 高波出現順位と4 高波事例を除き、1992年7月までのデータについては、3時間ごとを挟む前後1時間は同一データに置き換えている。

また、冬季を12月から2月、春季を3月から5月、夏季を6月から8月、秋季を9月から11月とした。

さらに、1986年10月28日から1987年3月19日にかけて長期間欠測しており、測得率80%以上の期間を対象とした。利用しなかった測得率80%未満の期間は、年別では1987年、季節別は1979年冬季・1986年秋季・1987年冬季・1987年春季である。

第 1.2 表 障害の月別発生回数と月別測得率

月	障害番号 0	障害番号 1	障害番号 2	障害番号 3	障害番号 7	障害番号 8	障害番号 9	測得率 (%)
1	19065	2265	74	1	6	12	896	95.9
2	17181	2254	58	0	12	0	847	95.8
3	19146	2535	76	5	66	3	489	97.8
4	18577	2746	134	9	105	4	25	99.9
5	18750	3174	86	3	216	15	76	99.6
6	16834	4113	57	22	386	52	136	99.1
7	16916	4595	148	35	331	46	249	98.7
8	16859	4406	157	33	225	46	594	97.1
9	17792	3235	171	26	225	18	133	99.3
10	19387	2478	153	27	74	12	189	99.1
11	17924	2534	119	6	76	16	925	95.6
12	18722	2564	87	1	42	28	876	95.9
年間	217153	36899	1320	168	1764	252	5435	97.8

第 1.3 表 障害の年別発生回数と年別測得率

年	障害番号 0	障害番号 1	障害番号 2	障害番号 3	障害番号 7	障害番号 8	障害番号 9	測得率 (%)
1979	8039	525	9	0	90	6	90	98.9
1980	8235	384	3	0	18	6	138	98.4
1981	8199	360	6	0	57	6	132	98.4
1982	7914	489	45	6	69	12	225	97.3
1983	8280	378	15	0	51	12	24	99.6
1984	7824	810	3	0	66	12	69	99.1
1985	7936	680	3	0	87	15	39	99.4
1986	6412	597	6	0	87	18	1640	81.1
1987	6331	450	0	0	82	15	1882	78.3
1988	7920	594	3	3	84	30	150	98.0
1989	7800	594	0	0	131	19	216	97.3
1990	7762	570	114	6	202	69	37	98.8
1991	7684	408	385	36	181	15	51	99.2
1992	7409	541	440	51	191	8	144	98.3
1993	6967	1015	288	66	366	2	56	99.3
1994	7552	1198	0	0	0	2	8	99.9
1995	7236	1503	0	0	0	0	21	99.8
1996	6802	1981	0	0	0	0	1	100.0
1997	6605	2141	0	0	1	0	13	99.9
1998	6780	1972	0	0	0	1	7	99.9
1999	6928	1827	0	0	0	0	5	99.9
2000	6888	1880	0	0	0	1	15	99.8
2001	6714	2038	0	0	0	0	8	99.9
2002	6471	1885	0	0	0	1	403	95.4
2003	6459	2293	0	0	0	0	8	99.9
2004	6662	2080	0	0	1	2	39	99.5
2005	6708	2050	0	0	0	0	2	100.0
2006	6868	1888	0	0	0	0	4	100.0
2007	6876	1877	0	0	0	0	7	99.9
2008	6892	1189	0	0	0	0	1	100.0
累年	217153	36899	1320	168	1764	252	5435	97.8

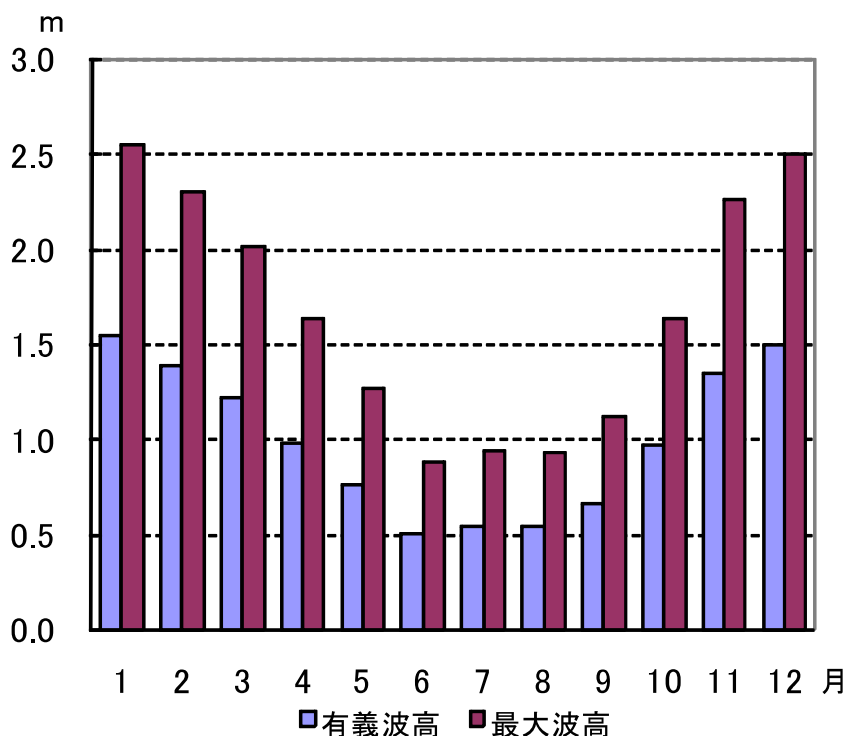
※ 1986年10月28日～1987年3月19日までケーブル移設工事に伴い長期欠測となっている。

2 波浪の特性

2.1 波高・周期の月別の値

月別の有義波・最大波の波高の平均値の推移を第 2.1 図に、有義波・最大波の波高・周期の平均値及び有義波の最大を第 2.1 表に示す。また、月別の有義波の波高階級別出現頻度を第 2.2 図と第 2.2 表に示す。

月別平均値は、有義波と最大波のどちらも 1 月が高く、6 月が低くなっている。月別最大値は、有義波が 9 月、最大波が 11 月に高く、どちらも 6 月に低くなっている。



第 2.1 図 月別の有義波・最大波の波高の平均値

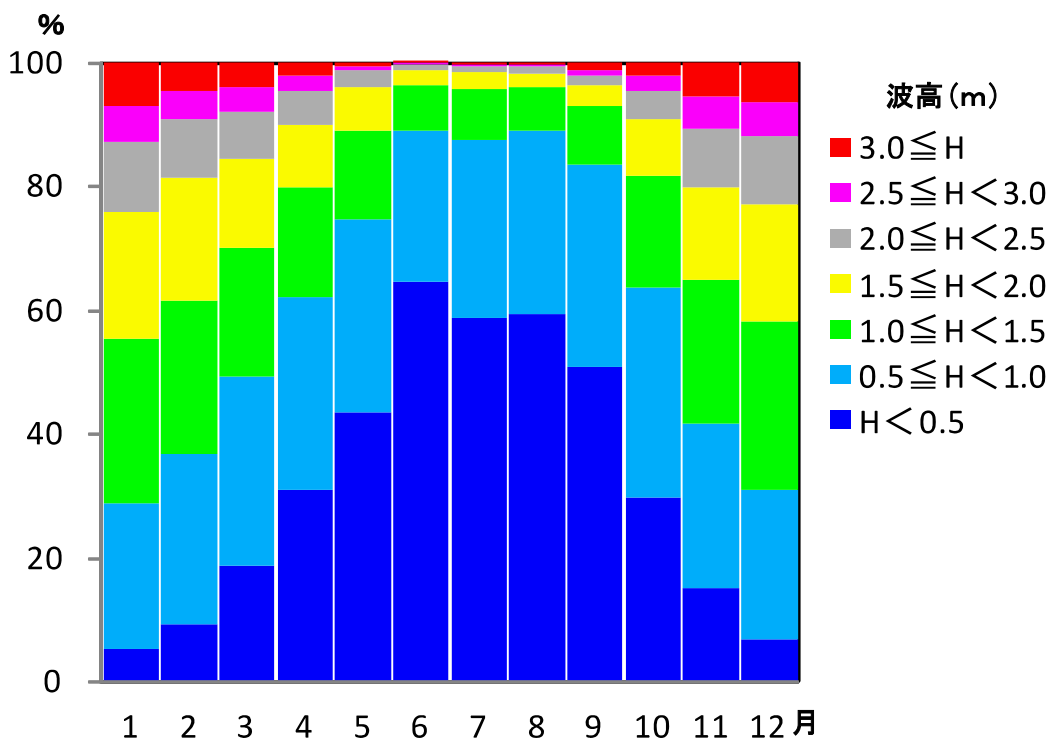
第 2.1 表 月別の波高・周期の平均値・最大値

月	有 義 波						最 大 波							
	平均値		最大値				平均値		最大値					
	波高	周期	波高	周期	年	日	時	波高	周期	波高	周期	年	日	時
1	1.55	6.6	7.47	11.7	1980	31	09	2.55	6.6	11.00	11.3	1980	31	09
2	1.39	6.3	7.10	10.9	2007	15	11	2.30	6.3	11.22	XXX	2007	15	10
3	1.22	5.9	7.21	XXX	1979	31	09	2.02	5.9	12.74	9.8	2007	12	10
4	0.98	5.5	5.43	XXX	1996	19	03	1.64	5.5	10.26	XXX	1996	19	03
5	0.76	5.2	5.33	9.0	2005	19	07	1.27	5.2	8.70	10.0	2000	28	22
6	0.51	4.9	4.22	7.9	1989	06	21	0.88	5.0	7.60	7.2	1989	06	21
7	0.55	5.1	4.49	XXX	1991	26	24	0.94	5.2	7.20	9.0	1987	12	15
8	0.55	5.1	6.75	XXX	2004	20	08	0.93	5.2	9.48	XXX	2004	20	08
9	0.67	5.2	8.70	14.1	1987	01	04	1.12	5.3	13.80	XXX	1987	01	02
10	0.97	5.7	6.70	11.1	1980	26	18	1.64	5.8	10.40	11.9	1980	26	24
11	1.35	6.3	7.75	XXX	2004	27	06	2.26	6.3	14.55	11.5	1995	09	12
12	1.50	6.6	7.27	11.4	1990	02	18	2.50	6.6	12.20	10.4	1990	02	18
累年	1.00	5.7	8.70	14.1	1987/09/01	04		1.67	5.7	14.55	11.5	1995/11/09	12	

単位：波高 (m)、周期 (s)

※ 最大値の XXX は、障害番号が 0 以外のデータであることを示す。

波高の階級別出現頻度は、1月に3m以上が年間で一番高く、0.5m以下が一番低くなっている。6月から9月にかけて0.5m未満が50%以上出現し、6月は月の3分の2近くになっている。



第 2.2 図 月別の有義波高の階級別出現頻度

第 2.2 表 月別の有義波高の階級別出現頻度

波高(m)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
H<0.5	5.5	9.4	18.8	30.9	43.4	64.5	58.8	59.3	51.0	29.9	15.0	6.8	32.8
0.5≤H<1.0	23.3	27.4	30.7	31.2	31.2	24.7	28.6	29.8	32.5	33.7	26.7	24.2	28.7
1.0≤H<1.5	26.8	24.9	20.7	17.7	14.3	7.3	8.5	6.9	9.5	18.1	23.2	27.2	17.1
1.5≤H<2.0	20.3	19.7	14.3	10.3	7.3	2.4	2.7	2.3	3.5	9.3	15.1	19.0	10.5
2.0≤H<2.5	11.2	9.5	7.5	5.5	2.6	0.8	0.8	1.0	1.5	4.6	9.3	10.8	5.4
2.5≤H<3.0	5.9	4.5	4.0	2.4	0.7	0.2	0.3	0.4	0.9	2.3	5.1	5.6	2.7
3.0≤H<3.5	3.4	2.1	2.0	1.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.4	1.0	2.9	3.2	1.4
3.5≤H<4.0	1.8	1.0	1.1	0.5	0.2	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5	1.4	1.4	0.7
4.0≤H<4.5	1.0	0.7	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.7	0.8	0.4
4.5≤H<5.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.0	-	-	0.0	0.1	0.2	0.2	0.6	0.2
5.0≤H<5.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1
5.5≤H<6.0	0.1	0.1	0.0	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6.0≤H	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

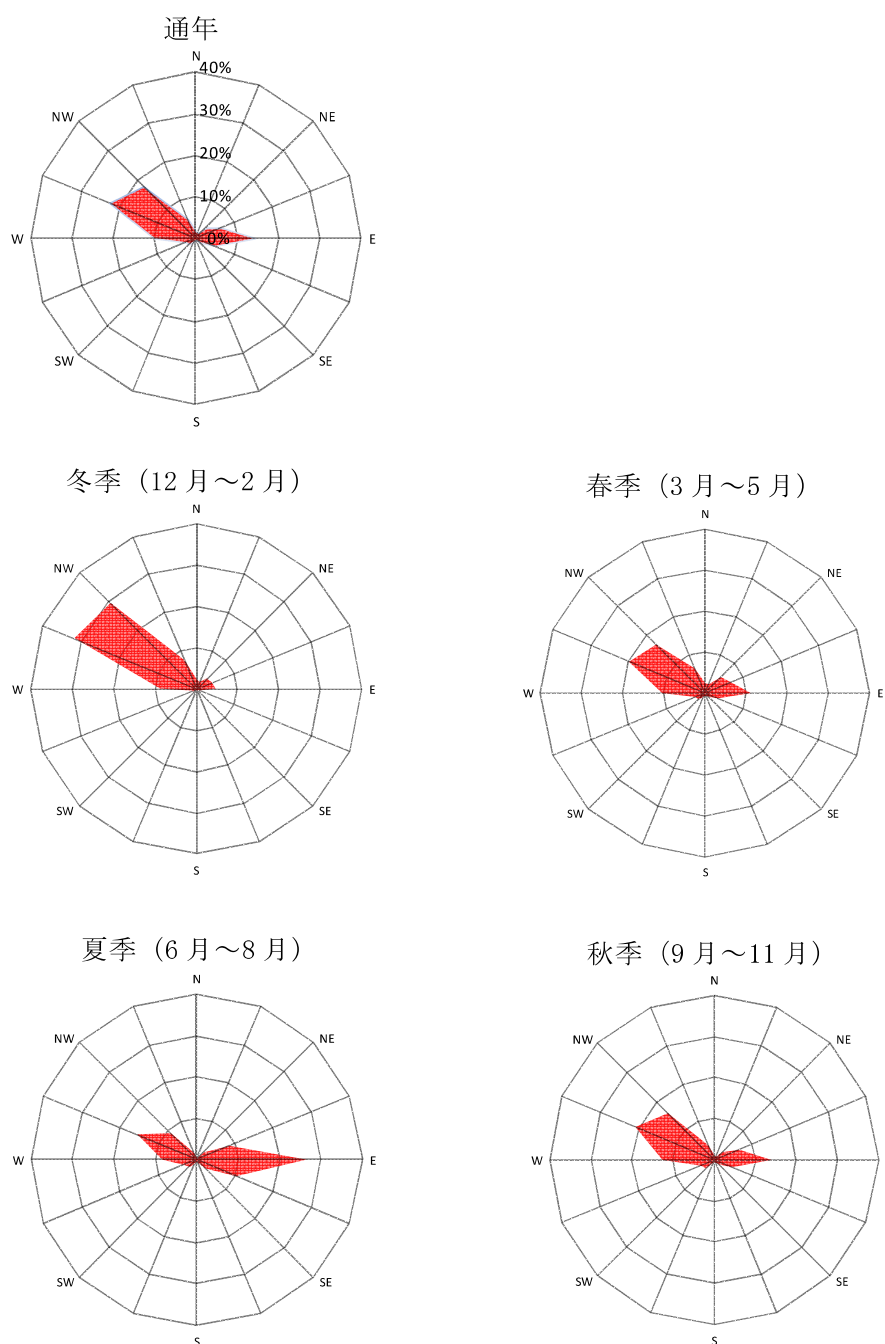
単位：%

2.2 松前アメダス風向別の風速と波高の出現頻度

2.2.1 松前アメダス風向別の出現頻度

松前アメダスは、気温、降水量、風向・風速、日照時間の4要素を観測しており、沿岸波浪計設置点の近辺に設置されている。通年・季節別の風向別出現頻度を第2.3図に示す。なお、アメダスで観測されている風速は1m/s単位であり、風速0m/sを静穏とした。

松前の風向は、渡島半島や津軽半島の地形的影響を受けやすい。通年では、全体の50.8%が西～北西に集中している。次いで東が多く、北～北東と南東～西南西は極端に少なくなっている。季節別では、春季と秋季は通年と似た傾向を示すが、冬季は西北西と北西で61.2%、夏季は静穏が6.0%、東が26.4%になっている。

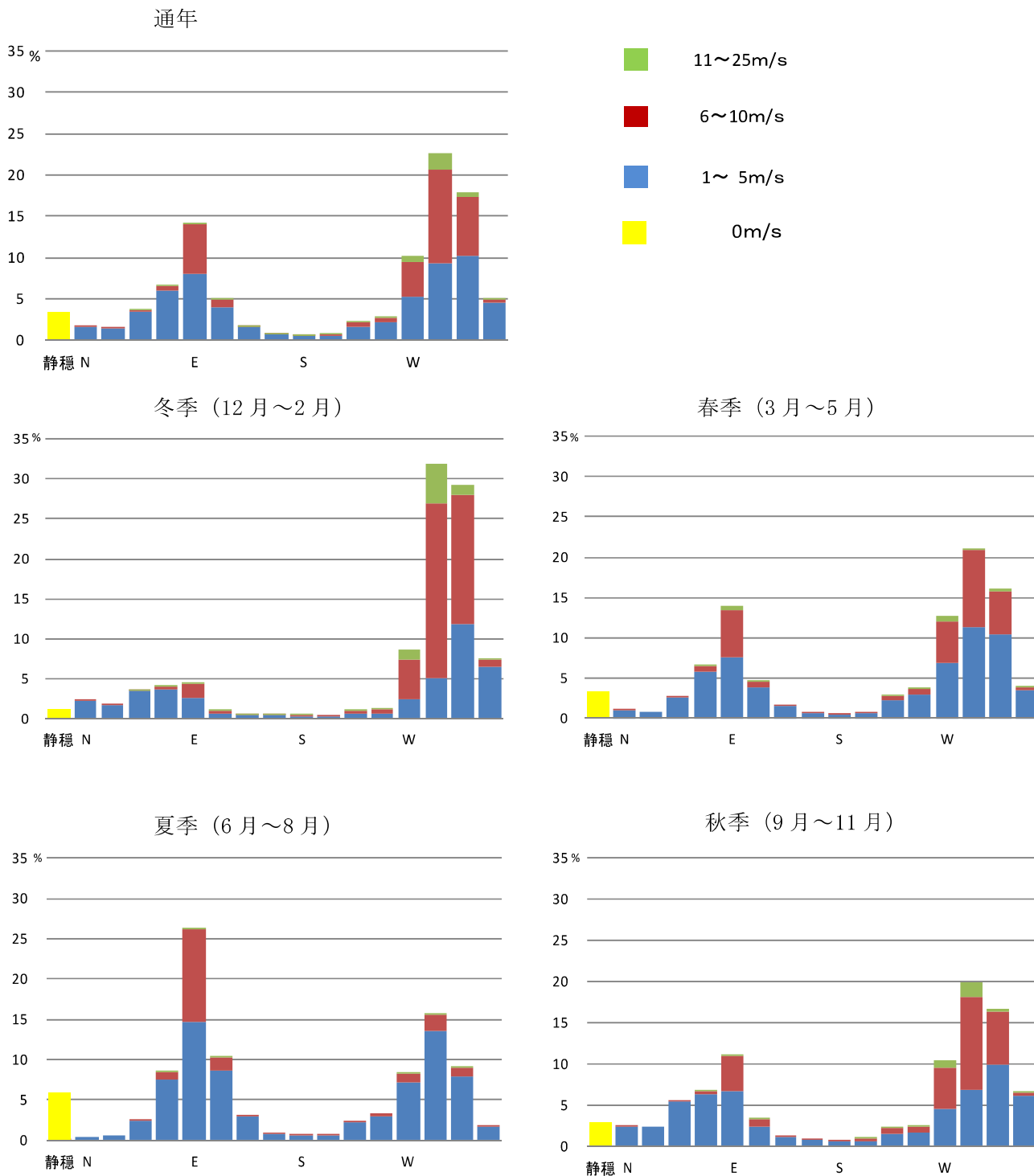


第2.3図 松前アメダスの風向別出現頻度

2.2.2 松前アメダスの風速の風向別出現頻度

風向別の風速 5m/s ごとの出現頻度を第 2.4 図に示す。

通年では、11m/s 以上は全体の 3.7%で、西～北西で 3.3%になっている。季節別では、西～北西の 11m/s 以上は冬季に 7.8%、秋季に 3.1%となっている。静穏を含む 5m/s 以下は夏季に 80.9%となっている。



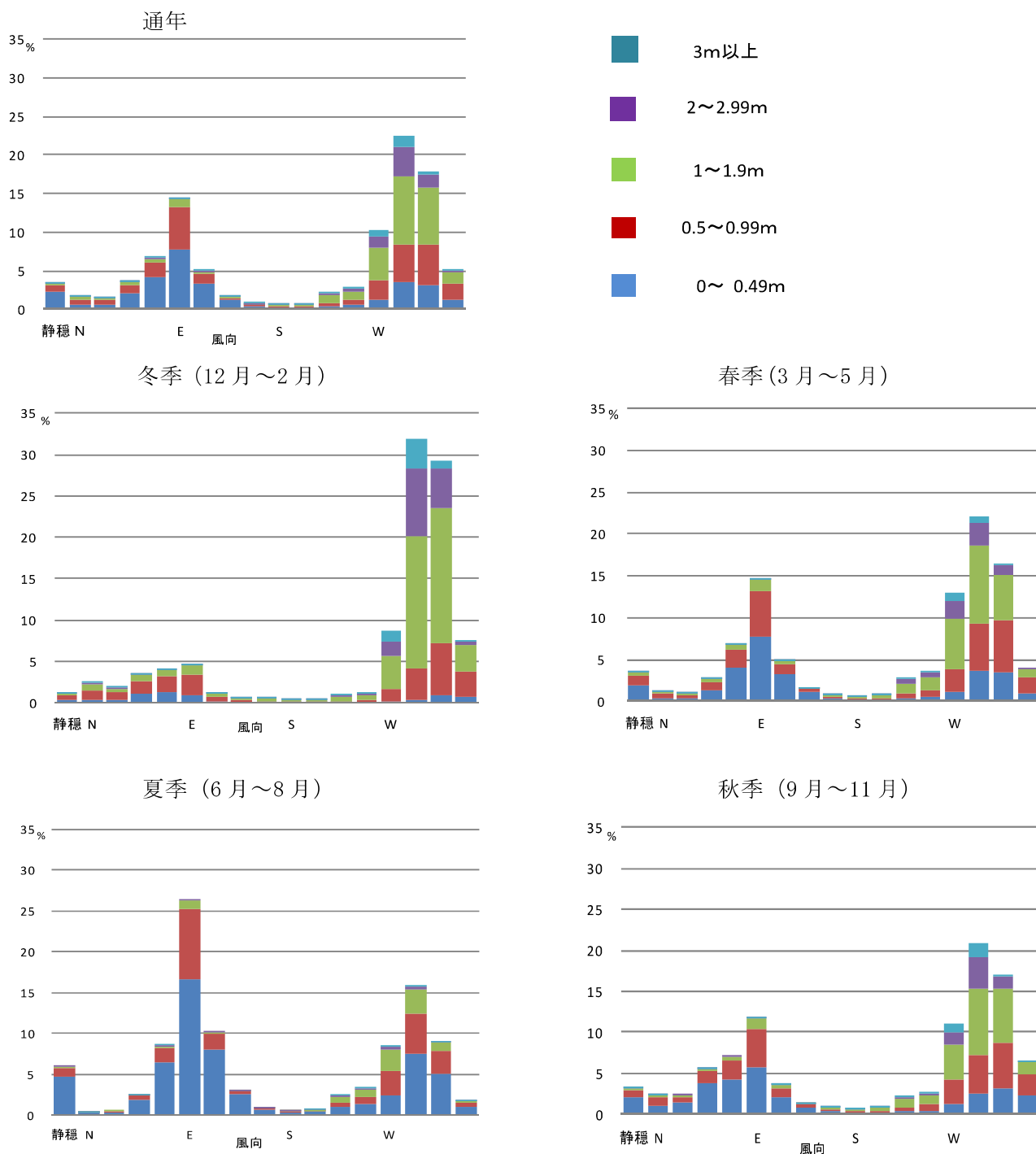
第 2.4 図 松前アメダスの風向別風速出現頻度

2.2.3 松前アメダスの風向別の波高の出現頻度

風向別の波高 0.5m ごとの出現頻度を第 2.5 図で示す。

通年で 3m 以上は全体の 2.8% で、西～北西で 2.6% になっている。季節別にみると、西～北西の 3m 以上は冬季に 5.7%、秋季に 3.3% になっている。静穏を含む 0.5m/s 以下は夏季に 60.7% になっている。

11m/s 以上の風速、3m 以上の波高の出現頻度は西～北西の風向で高くなっており、北～東～南風による風浪は地形的に発達しにくいことが考えられる。



第 2.5 図 松前アメダスの風向別波高出現頻度

2.3 波高と周期の組合せによる頻度分布

波形勾配は波長に対する波高の比であり、波の性質を表す指標となる。一般に風を成因とする風浪は周期が短い急峻な形であるため大きい勾配を持ち、風が弱くなった時に残るうねりや遠方から到達するうねりはなだらかな形であるため小さい勾配を持つ。

ある1つの波を考えたとき、勾配を ξ 、波長 L 、波高 H とすると、定義より次のようになる。

$$\xi = \frac{H}{L}$$

波浪の線形理論より、波長 L と周期 T については、重力加速度を g とすると、

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}$$

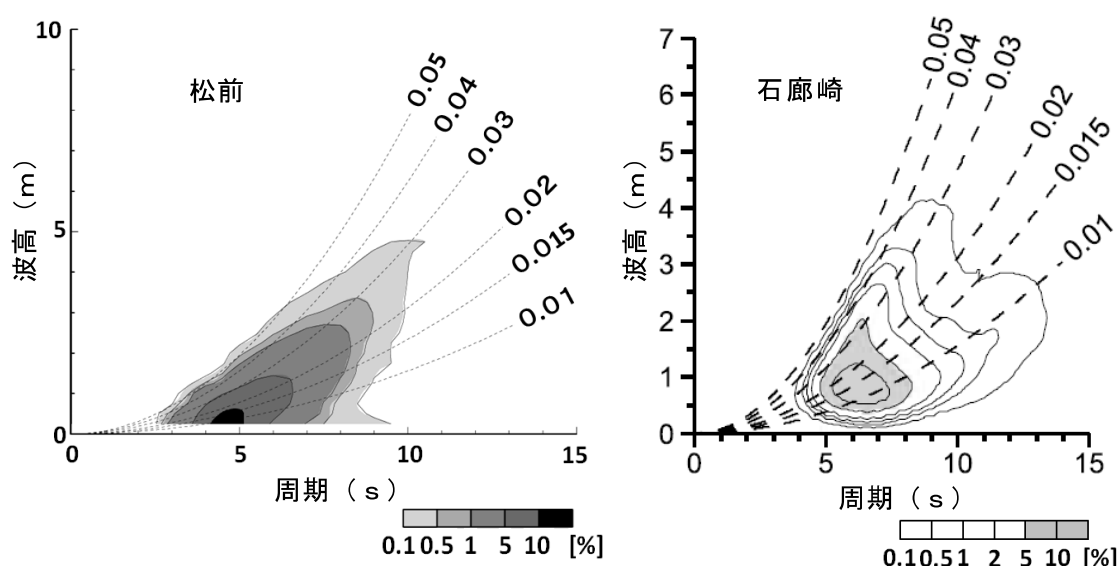
という関係が導かれるので(磯崎・鈴木、1997)、波高と周期の関係は、係数に勾配を用いて次のように表される。

$$H = \xi \cdot \frac{g}{2\pi} T^2$$

つまり、横軸を周期、縦軸を波高とすると、ある勾配の値に対して、原点を頂点とする2次関数曲線が1本引ける。勾配は、十分に発達した風浪の場合でおおむね0.03程度、うねりの場合で0.01程度の値をとることが多い。

第2.3図は、観測された有義波高と周期の2次元の階級区分表を作り、その頻度に対して等値線を引いたものである。二次関数曲線は、波形勾配を表している。階級幅は、周期1秒、波高0.5mであり、等値線は出現率の値を用いた。

松前では長周期において波形勾配0.03程度で風浪が卓越している様子が見られるが、波形勾配0.01程度のうねりが到達する様子が見られない。参考に、太平洋側において波形勾配0.03程度の風浪と波形勾配0.01程度のうねりの両者の卓越する頻度がそれぞれ大きい石廊崎の図(杉本・近澤、2008)を示す。



第2.3図 波高と周期の組合せによる頻度分布 (通年)

石廊崎(右図)は、「気象庁沿岸波浪観測に基づく日本沿岸の波浪特性の調査」(杉本・近澤、2008)より引用。

2.4 累年高波出現順位と月別累年高波出現順位

有義波高が継続して一定基準（松前沿岸波浪計では 3.0m）になった現象を一つの「高波」とした。基準波高は波高の出現率から値を設定した。

累年高波出現順位と月別高波出現順位は、個々の「高波」の期間中に観測された有義波高の最大値を大きい方から累年順位は第 30 位まで、月別順位は第 5 位まで表示した。各順位には最大値、その周期、障害番号、観測時刻、高波継続時間、高波継続開始・終了時刻を表示した。なお、同じ有義波高を複数回観測した場合は、起時の新しいものを上位とした。

- ・最大値観測時刻：各順位の有義波高値を観測した時刻
(高波継続期間中に同じ値が複数ある場合、最新の観測時刻)
- ・高波継続時間：基準波高以上の有義波高を継続的に観測していた時間
- ・高波継続開始時刻：基準波高以上の有義波高を継続的に観測し始めた時刻
- ・高波継続終了時刻：基準波高以上の有義波高を最後に観測した時刻
- ・発生要因：高波の原因となった主な気象現象

第 2.3 表 累年高波出現順位

順位	有義波高		障害番号	最大値 観測時刻 年 月 日 時	高波 継続時間	高波継続 開始時刻 年 月 日 時	高波継続 終了時刻 年 月 日 時	発生要因
	波高 (m)	周期 (s)						
1	8.70	14.1	0	87/09/01 04	15時間	87/08/31 23	87/09/01 13	台風から変わった低気圧
2	7.75	12.2	1	04/11/27 06	1日7時間	04/11/26 23	04/11/28 05	日本海低気圧
3	7.53	11.8	1	95/11/09 11	2日7時間	95/11/08 04	95/11/10 10	日本海低気圧
4	7.47	11.7	0	80/01/31 09	3日15時間	80/01/31 05	80/02/03 19	日本海低気圧
5	7.27	11.4	0	90/12/02 18	2日3時間	90/12/02 08	90/12/04 10	台風から変わった低気圧
6	7.21	14.7	1	79/03/31 09	15時間	79/03/31 05	79/03/31 19	本道南岸低気圧
7	7.19	12.0	1	04/09/08 13	15時間	04/09/08 05	04/09/08 19	台風から変わった低気圧
8	7.10	10.9	0	07/02/15 11	1日9時間	07/02/15 03	07/02/16 11	2つ玉低気圧
9	6.75	13.8	1	04/08/20 08	5時間	04/08/20 07	04/08/20 11	台風
10	6.70	11.1	0	80/10/26 18	1日15時間	80/10/26 08	80/10/27 22	2つ玉低気圧
11	6.61	10.8	0	79/02/02 03	12時間	79/02/01 23	79/02/02 10	2つ玉低気圧
12	6.51	11.1	1	03/09/13 24	15時間	03/09/13 21	03/09/14 11	台風から変わった低気圧
13	6.50	10.5	0	03/01/28 15	1日11時間	03/01/28 08	03/01/29 18	日本海低気圧
14	6.45	12.4	1	85/09/01 15	6時間	85/09/01 14	85/09/01 19	台風
15	6.32	10.2	1	99/09/25 05	13時間	99/09/25 02	99/09/25 14	台風
16	6.25	10.9	1	99/03/06 03	16時間	99/03/05 22	99/03/06 13	日本海低気圧
17	6.12	9.9	0	93/03/01 07	21時間	93/03/01 01	93/03/01 21	冬型
18	6.11	10.4	0	93/12/22 10	2日4時間	93/12/22 02	93/12/24 05	冬型
19	6.01	10.1	1	01/12/15 07	2日19時間	01/12/13 24	01/12/16 18	サハリン付近の低気圧
20	5.95	11.1	2	90/11/10 21	1日12時間	90/11/10 17	90/11/12 04	冬型
21	5.94	9.8	1	05/02/23 16	16時間	05/02/23 13	05/02/24 04	日本海低気圧
22	5.93	10.8	0	08/12/28 10	1日12時間	08/12/27 24	08/12/29 11	サハリン付近の低気圧
23	5.93	10.2	1	05/12/26 02	16時間	05/12/25 22	05/12/26 13	2つ玉低気圧
24	5.90	10.5	0	04/01/23 15	1日6時間	04/01/23 01	04/01/24 06	2つ玉低気圧
25	5.88	9.5	1	97/02/21 14	6時間	97/02/21 12	97/02/21 17	日本海低気圧
26	5.87	10.5	1	05/09/08 03	12時間	05/09/07 24	05/09/08 11	台風
27	5.82	10.1	1	02/10/27 18	1日6時間	02/10/27 07	02/10/28 12	2つ玉低気圧
28	5.75	9.3	1	05/11/29 13	1日3時間	05/11/29 10	05/11/30 12	日本海低気圧
29	5.75	11.0	0	87/11/24 09	1日3時間	87/11/24 02	87/11/25 04	冬型
30	5.72	10.3	0	80/10/31 15	9時間	80/10/31 14	80/10/31 22	日本海低気圧

第2.4表 月別累年高波出現順位（1月～6月）

月	順位	有義波高		障害番号	最大値 観測時刻 年 月 日 時	継続時間	高波継続 開始時刻 年 月 日 時	高波継続 終了時刻 年 月 日 時	発生要因
		波高 (m)	周期 (s)						
1月	1	7.47	11.7	0	80/01/31 09	3日15時間	80/01/31 05	80/02/03 19	日本海低気圧
	2	6.50	10.5	0	03/01/28 15	1日11時間	03/01/28 08	03/01/29 18	日本海低気圧
	3	5.90	10.5	0	04/01/23 15	1日6時間	04/01/23 01	04/01/24 06	2つ玉低気圧
	4	5.67	10.1	1	85/01/13 09	18時間	85/01/12 23	85/01/13 16	日本海低気圧
	5	5.63	10.2	0	96/01/04 09	1日23時間	96/01/03 16	96/01/05 14	本道北の低気圧
2月	1	7.10	10.9	0	07/02/15 11	1日9時間	07/02/15 03	07/02/16 11	2つ玉低気圧
	2	6.61	10.8	0	79/02/02 03	12時間	79/02/01 23	79/02/02 10	2つ玉低気圧
	3	5.94	9.8	1	05/02/23 16	16時間	05/02/23 13	05/02/24 04	日本海低気圧
	4	5.88	9.5	1	97/02/21 14	6時間	97/02/21 12	97/02/21 17	日本海低気圧
	5	5.55	11.6	0	94/02/23 06	2日2時間	94/02/22 06	94/02/24 07	冬型
3月	1	7.21	14.7	1	79/03/31 09	15時間	79/03/31 05	79/03/31 19	本道南岸低気圧
	2	6.25	10.9	1	99/03/06 03	16時間	99/03/05 22	99/03/06 13	日本海低気圧
	3	6.12	9.9	0	93/03/01 07	21時間	93/03/01 01	93/03/01 21	冬型
	4	5.70	11.2	0	07/03/12 10	2日4時間	07/03/11 08	07/03/13 11	本道北の低気圧
	5	5.49	9.7	0	81/03/15 18	12時間	81/03/15 11	81/03/15 22	日本海低気圧
4月	1	5.43	12.0	1	96/04/19 03	8時間	96/04/19 01	96/04/19 08	日本海低気圧
	2	5.34	9.6	0	99/04/14 07	23時間	99/04/14 01	99/04/14 23	日本海低気圧
	3	5.11	9.7	0	06/04/24 18	13時間	06/04/24 14	06/04/25 02	日本海低気圧
	4	5.04	8.6	0	01/04/13 07	1日5時間	01/04/12 22	01/04/14 02	サハリン付近の低気圧
	5	4.91	9.6	0	87/04/22 15	18時間	87/04/22 08	87/04/23 01	本道北の低気圧
5月	1	5.33	9.0	0	05/05/19 07	12時間	05/05/19 04	05/05/19 15	日本海低気圧
	2	4.90	9.0	0	00/05/28 22	11時間	00/05/28 17	00/05/29 03	日本海低気圧
	3	4.50	8.9	0	99/05/20 17	15時間	99/05/20 13	99/05/21 03	日本海低気圧
	4	4.02	9.3	0	80/05/28 12	1日3時間	80/05/27 17	80/05/28 19	サハリン付近の低気圧
	5	3.85	9.1	0	89/05/14 24	15時間	89/05/14 14	89/05/15 04	日本海低気圧
6月	1	4.22	7.9	0	89/06/06 21	9時間	89/06/06 20	89/06/07 04	日本海低気圧
	2	4.02	8.3	0	99/06/24 20	6時間	99/06/24 17	99/06/24 22	本道南岸低気圧
	3	3.84	8.2	0	04/06/22 20	7時間	04/06/22 15	04/06/22 21	日本海低気圧
	4	3.22	9.8	1	03/06/20 19	1時間	03/06/20 19	03/06/20 19	本道南岸低気圧
	5	3.15	7.8	0	99/06/24 24	1時間	99/06/24 24	99/06/24 24	本道南岸低気圧

第 2.5 表 月別累年高波出現順位 (7 月～12 月)

月	順位	有義波高		障害 番号	最大値 観測時刻 年 月 日 時	継続時間	高波継続 開始時刻 年 月 日 時	高波継続 終了時刻 年 月 日 時	発生要因
		波高 (m)	周期 (s)						
7 月	1	4.49	9.0	2	91/07/26 24	6時間	91/07/26 23	91/07/27 04	日本海低気圧
	2	4.13	8.0	0	97/07/04 17	8時間	97/07/04 15	97/07/04 22	本道北の低気圧
	3	4.13	8.1	0	93/07/31 21	12時間	93/07/31 16	93/08/01 03	日本海低気圧
	4	3.82	8.1	0	97/07/07 22	3時間	97/07/07 20	97/07/07 22	日本海低気圧
	5	3.66	9.0	0	87/07/12 21	3時間	87/07/12 20	87/07/12 22	日本海低気圧
8 月	1	6.75	13.8	1	04/08/20 08	5時間	04/08/20 07	04/08/20 11	台風
	2	5.33	9.7	0	84/08/23 03	12時間	84/08/22 23	84/08/23 10	日本海低気圧
	3	3.94	9.3	0	79/08/19 03	12時間	79/08/18 20	79/08/19 07	日本海低気圧
	4	3.87	9.5	1	94/08/02 22	1時間	94/08/02 22	94/08/02 22	台風
	5	3.68	8.1	0	97/08/10 07	5時間	97/08/10 05	97/08/10 09	本道南岸低気圧
9 月	1	8.70	14.1	0	87/09/01 04	15時間	87/08/31 23	87/09/01 13	台風から変わった低気圧
	2	7.19	12.0	1	04/09/08 13	15時間	04/09/08 05	04/09/08 19	台風から変わった低気圧
	3	6.51	11.1	1	03/09/13 24	15時間	03/09/13 21	03/09/14 11	台風から変わった低気圧
	4	6.45	12.4	1	85/09/01 15	6時間	85/09/01 14	85/09/01 19	台風
	5	6.32	10.2	1	99/09/25 05	13時間	99/09/25 02	99/09/25 14	台風
10 月	1	6.70	11.1	0	80/10/26 18	1日15時間	80/10/26 08	80/10/27 22	2つ玉低気圧
	2	5.82	10.1	1	02/10/27 18	1日6時間	02/10/27 07	02/10/28 12	2つ玉低気圧
	3	5.72	10.3	0	80/10/31 15	9時間	80/10/31 14	80/10/31 22	日本海低気圧
	4	5.32	10.0	0	03/10/29 17	12時間	03/10/29 14	03/10/30 01	日本海低気圧
	5	5.28	10.0	0	81/10/24 03	1日15時間	81/10/23 11	81/10/25 01	冬型
11 月	1	7.75	12.2	1	04/11/27 06	1日7時間	04/11/26 23	04/11/28 05	日本海低気圧
	2	7.53	11.8	1	95/11/09 11	2日7時間	95/11/08 04	95/11/10 10	日本海低気圧
	3	5.95	11.1	2	90/11/10 21	1日12時間	90/11/10 17	90/11/12 04	冬型
	4	5.75	9.3	1	05/11/29 13	1日3時間	05/11/29 10	05/11/30 12	日本海低気圧
	5	5.75	11.0	0	87/11/24 09	1日3時間	87/11/24 02	87/11/25 04	冬型
12 月	1	7.27	11.4	0	90/12/02 18	2日3時間	90/12/02 08	90/12/04 10	台風から変わった低気圧
	2	6.11	10.4	0	93/12/22 10	2日4時間	93/12/22 02	93/12/24 05	冬型
	3	6.01	10.1	1	01/12/15 07	2日19時間	01/12/13 24	01/12/16 18	サハリン付近の低気圧
	4	5.93	10.8	0	08/12/28 10	1日12時間	08/12/27 24	08/12/29 11	サハリン付近の低気圧
	5	5.93	10.2	1	05/12/26 02	16時間	05/12/25 22	05/12/26 13	2つ玉低気圧

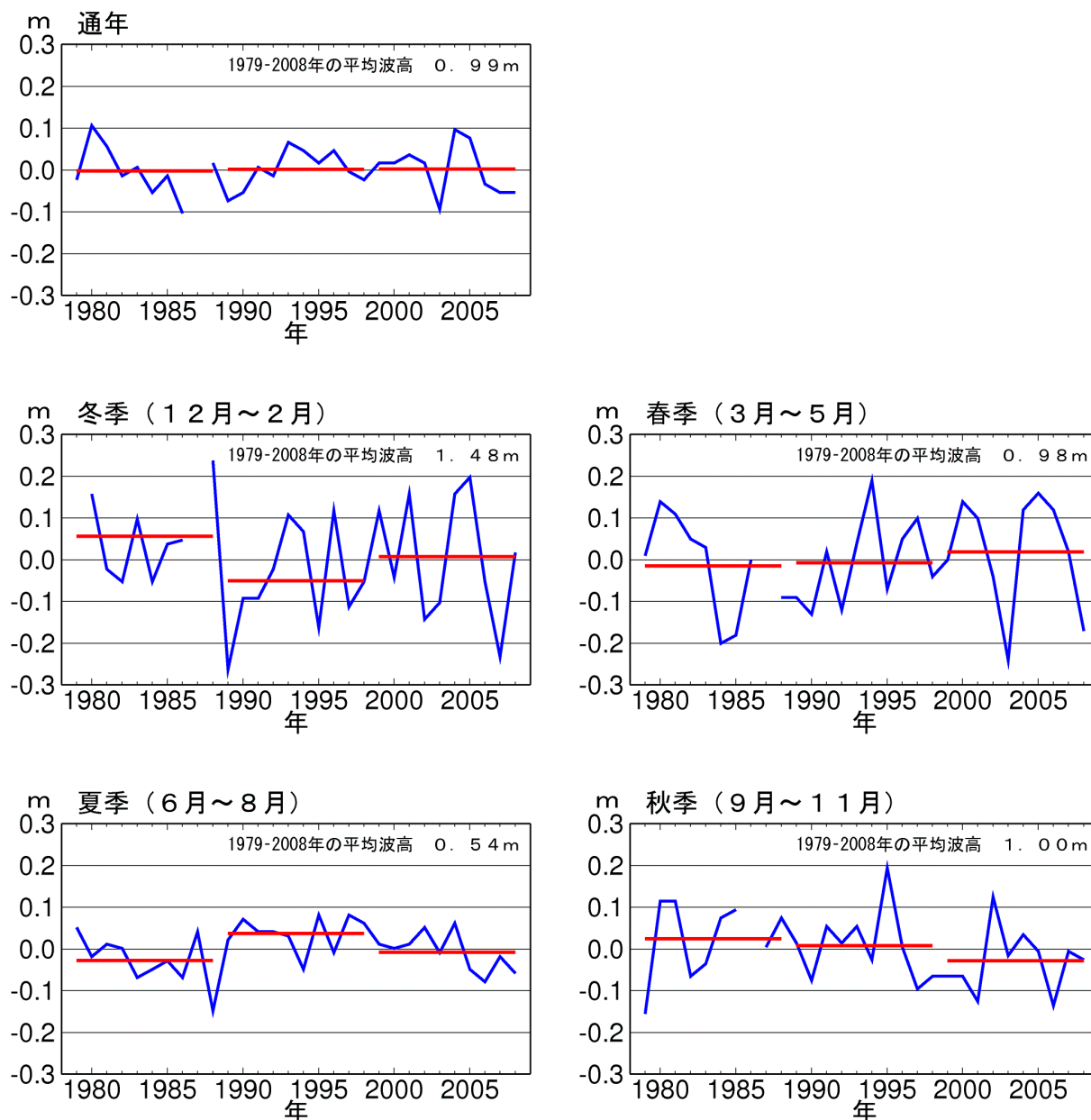
3 波浪の経年変化

3.1 有義波高の経年変化

各年における通年・季節の有義波高の平均波高とそれぞれ30年間の平均波高との偏差の経年変化を第3.1図に示す。

期間が短いことから、10年ごとの変化をみた。それぞれの期間は前期(1979年～1988年)、中期(1989年～1998年)、後期(1999年～2008年)とした。

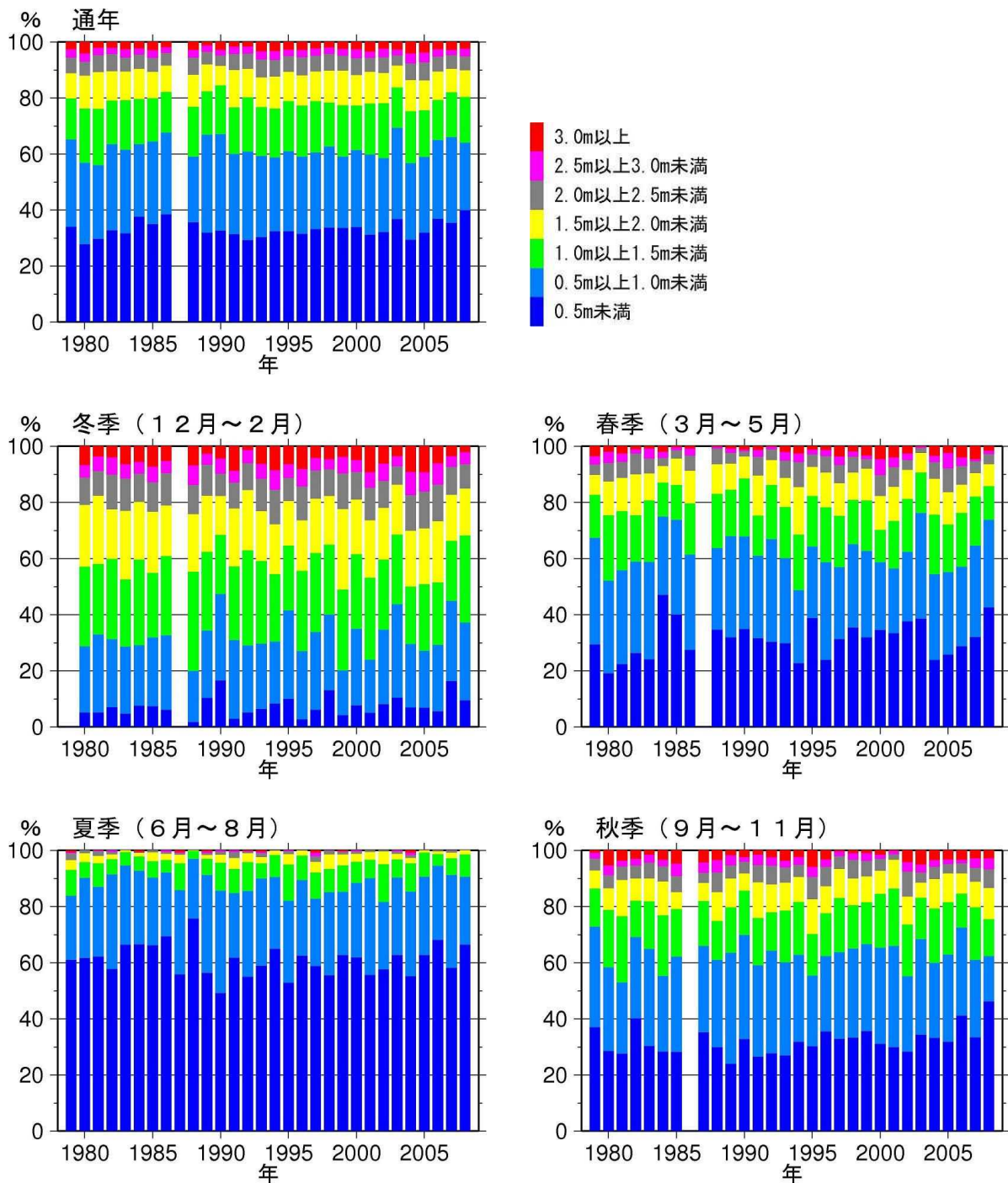
10年ごとの平均波高は、通年ではほとんど変化がみられないが、季節別では冬季の中期で低く、夏季の中期では高くなっており、春季は後期で高く、秋季は後期で低かった。



第3.1図 有義波高の30年間の平均からの偏差
赤線は10年ごとの平均を示す。

3.2 有義波高階級別出現頻度の経年変化

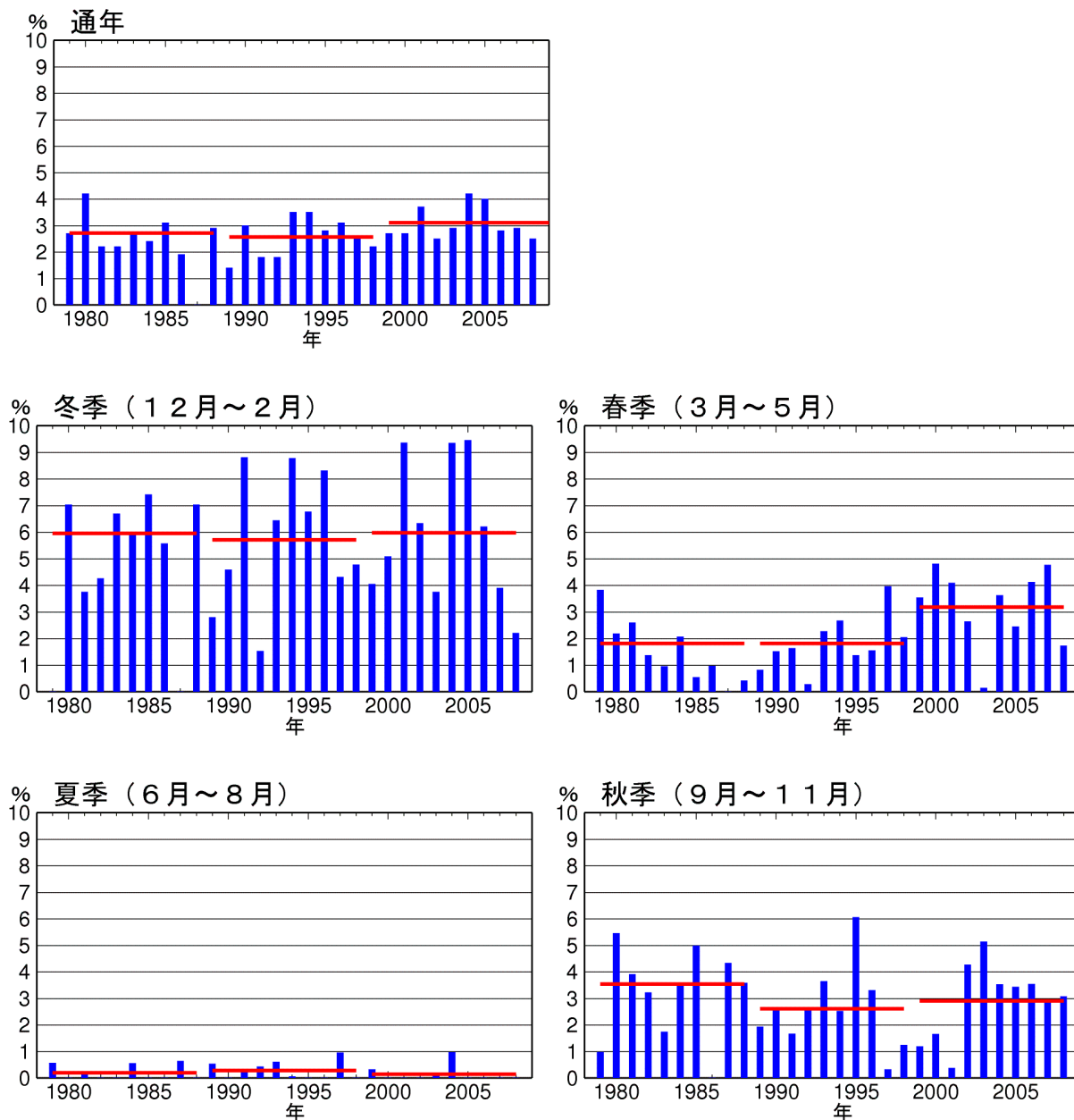
波高 0.5m ごとの階級別出現頻度の経年変化を第 3.2 図に示す。別途、3m 以上の高波高の出現頻度の経年変化を第 3.3 図に示す。



第 3.2 図 有義波高 0.5m ごとの階級別出現頻度

3m以上の高波高の出現頻度も期間が短いことから、10年ごとの変化をみた。それぞれの期間は前期（1979年～1988年）、中期（1989年～1998年）、後期（1999年～2008年）とした。

10年ごとの3m以上の高波高の出現頻度は、通年では後期にわずかに高くなっている。季節別では冬季の中期で低く、春季の後期と秋季の前期で高くなっている。



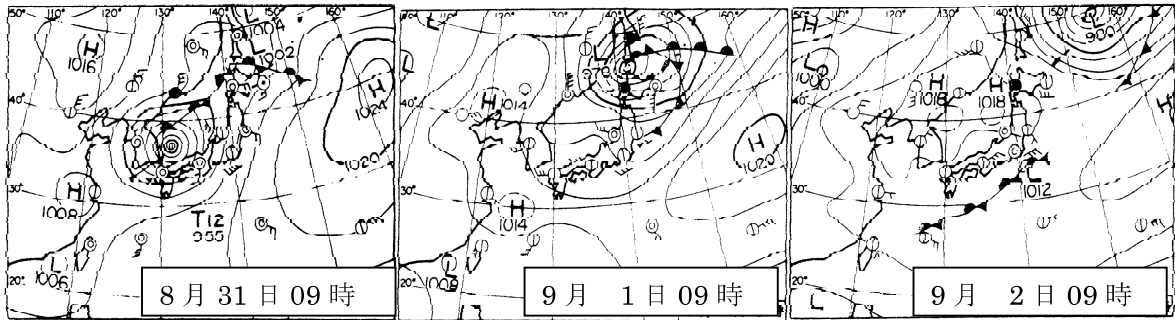
第 3.3 図 有義波高 3m 以上の出現頻度
赤線は 10 年ごとの平均を示す。

4 高波事例

4.1 第1位 台風から変わった温帯低気圧による事例（1987年9月1日）

気象経過

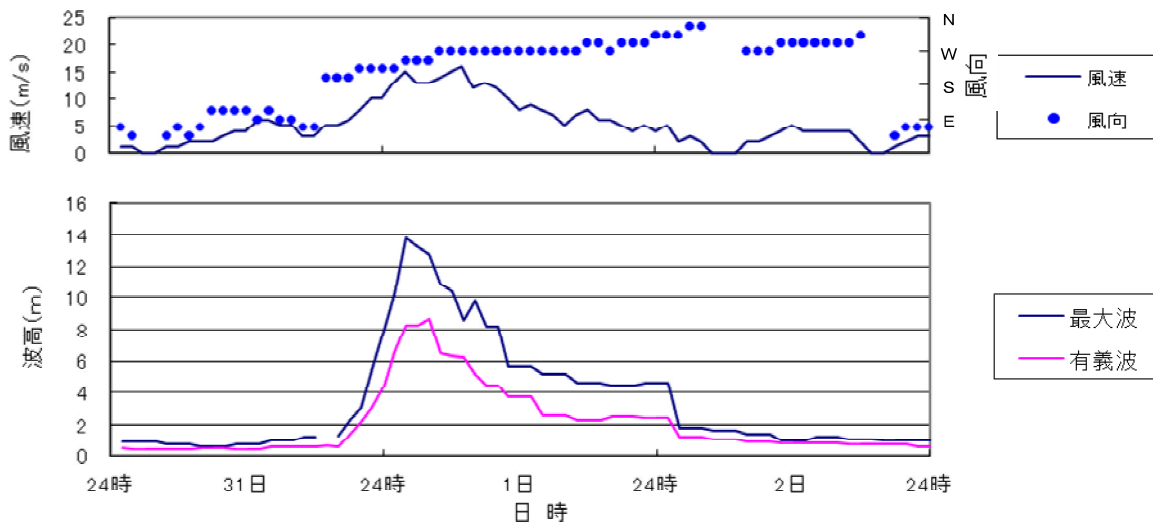
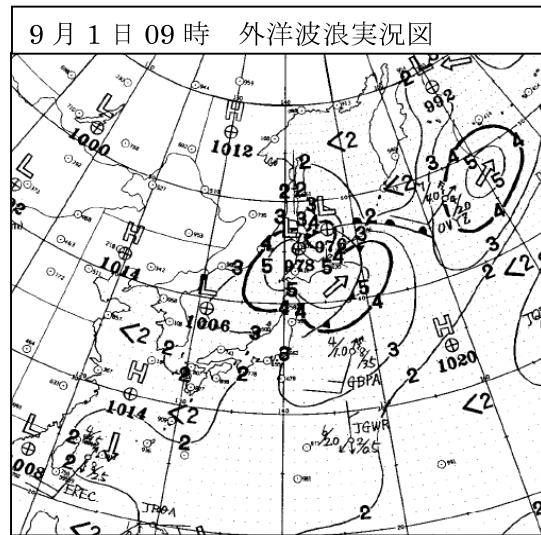
8月30日09時に沖縄の北にあった台風第12号は、日本海を北東進し、31日21時には渡島半島の西海上に達し温帯低気圧に変わり、その後稚内付近を通過してオホーツク海に進んだ。9月1日01時10分に江差で最大瞬間風速39.5m/sの強風を観測した。



沿岸波浪の経過

台風から変わった低気圧の接近により松前では31日21時過ぎから南南西または西の風が10m/s以上となった。波高は同時刻まで1m以下と低かったが、急激に高くなり、1日02時最大波高13.8m、04時に有義波高8.7mの最大値となった。基準波高3m以上の継続時間は、8月31日23時から15時間続いた。

8月31日09時の外洋波浪実況図で見ると台風の中心付近は7m以上の波高となっており、9月1日09時の外洋波浪実況図でも北海道付近は5m以上の波高が解析されていた。

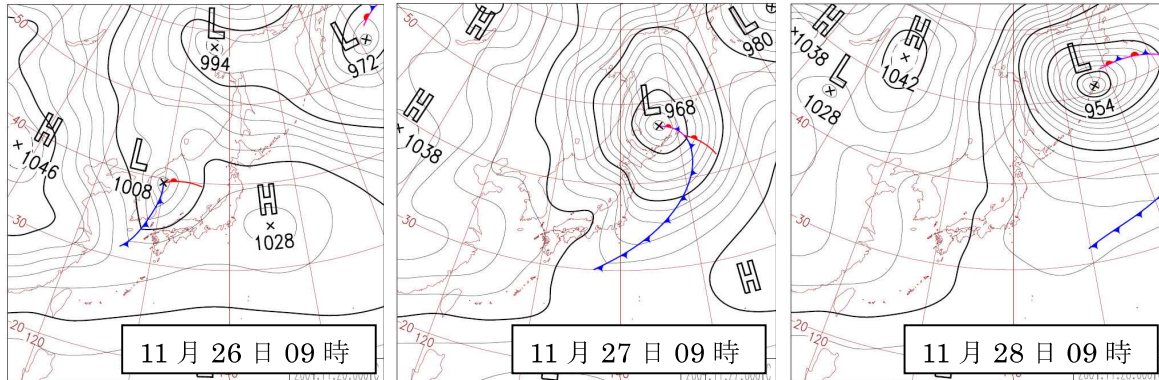


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（1987年8月31日～9月2日）

4.2 第2位 発達した低気圧による事例（2004年11月27日）

気象経過

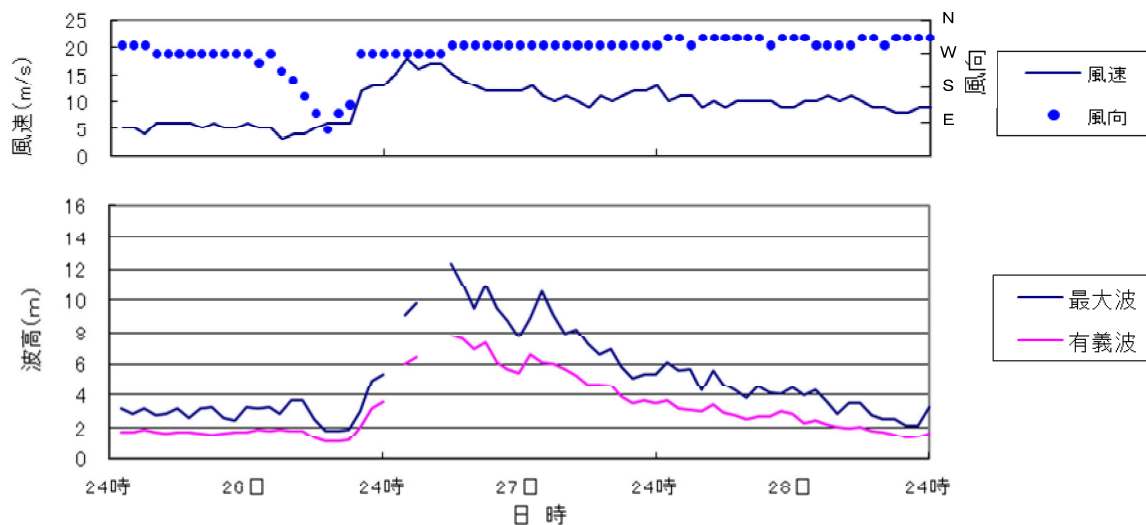
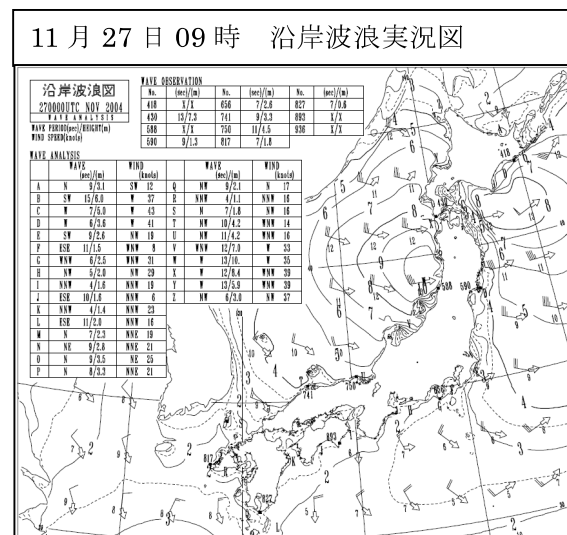
日本海西部の低気圧が26日夜から27日にかけて発達しながら北海道付近を通過し、オホーツク海に進んで更に発達した。27日01時57分に江差で最大瞬間風速39.0m/sを観測した。



沿岸波浪の経過

発達した低気圧の接近により松前では26日21時過ぎから西の風が10m/s以上となった。波高も同時刻過ぎから急激に高くなり、27日06時最大波高12.33m、有義波高の最大値7.75mを観測した。基準波高の3m以上の継続時間は26日23時から1日と7時間続いた。

27日の沿岸波浪実況図でみると東北地方の日本海沿岸では9m以上の波高が解析されていた。

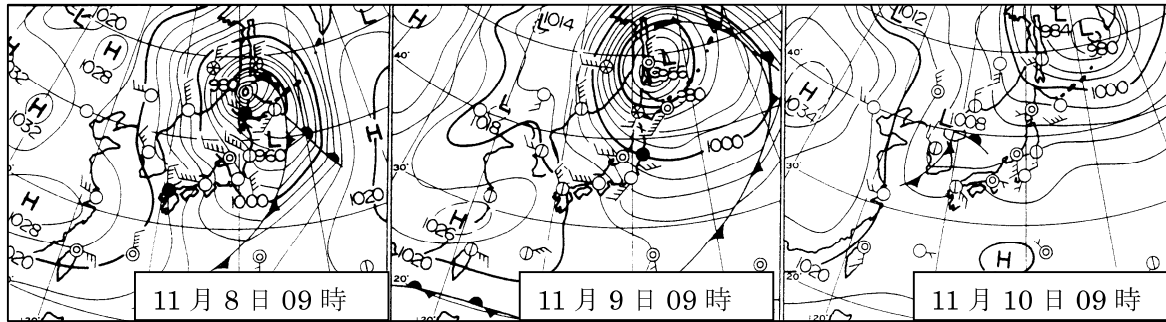


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（2004年11月26日～11月28日）

4.3 第3位 発達した低気圧による事例（1995年11月9日）

気象経過

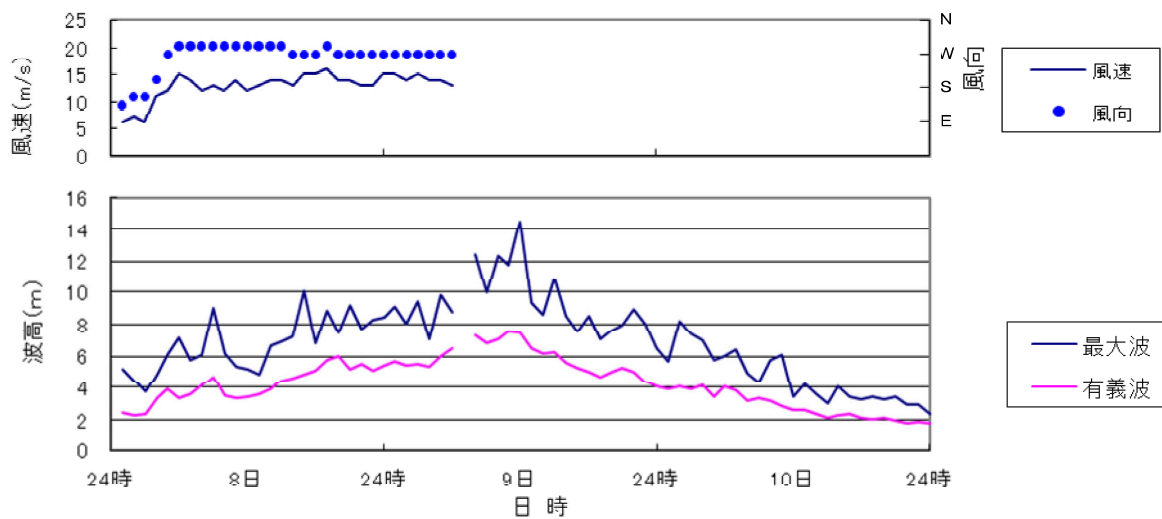
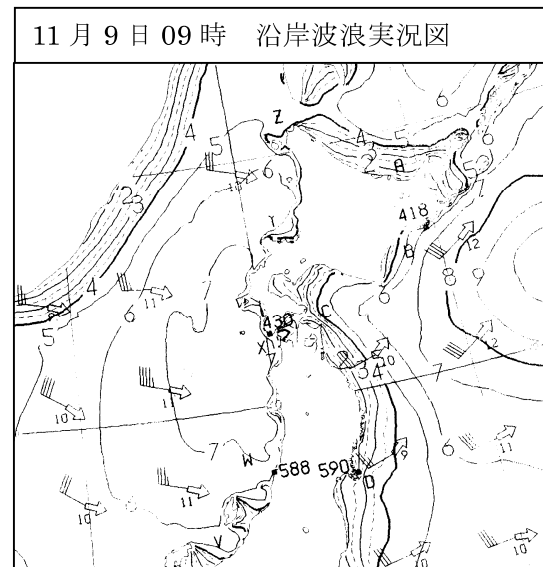
7日に朝鮮半島付近にあった低気圧が、8日に猛烈に発達しながら北東進し、稚内付近をとおって9日にサハリン南に進んだ。このため、北日本では大荒れとなり8日に稚内で最大瞬間風速44.9m/sの強風を観測し、交通機関の運休や住宅損傷の被害が出た。



沿岸波浪の経過

猛烈に発達した低気圧により松前では西北西または西で10~15m/sの風速が続き、有義波高は8日04時から3mを超え、時間の経過とともに高くなり9日11時に有義波高7.53mとなった。また12時に最大波高14.55mを観測した。基準波高3m以上の継続時間は、8日04時から2日と7時間続いた。

9日09時の沿岸波浪実況図の代表点では7m以上の波高となっていた。

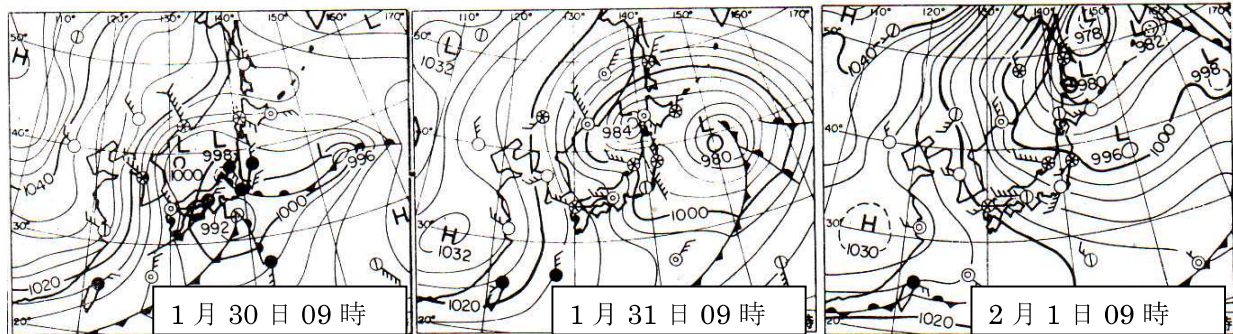


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（1995年11月8日～11月10日）

4.4 第4位 発達した低気圧による事例（1980年1月31日）

気象経過

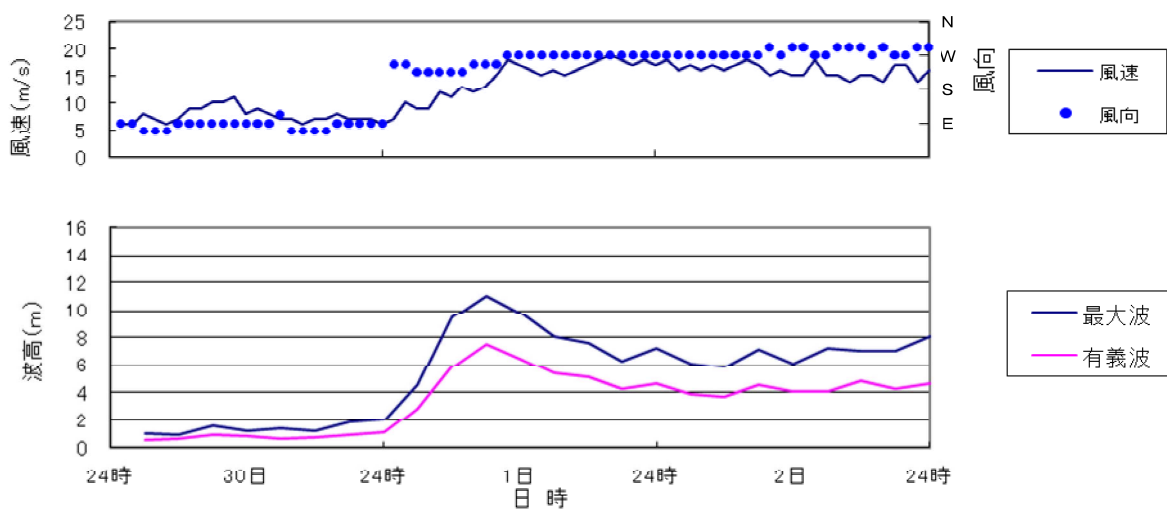
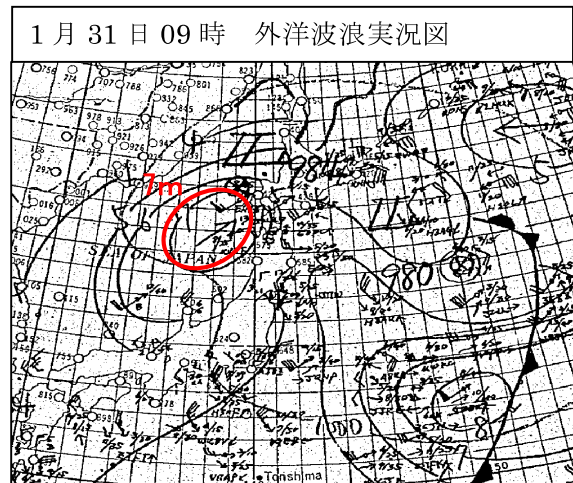
30日に二つ玉の低気圧が、輪島と東海沖付近にあって発達しながら、北海道西部と三陸沖に進み冬型の気圧配置になり、2月2日まで続いた。また、31日夜に札幌の上空500hPa高度では、 -36°C の寒気が観測された。



沿岸波浪の経過

発達しながら北上した低気圧により、松前では30日24時までの東よりから西よりに変わり15m/s以上の風速が続いた。波高は30日24時から徐々に高くなり31日09時に有義波高7.47m、最大波高11.0mで最大だった。その後、冬型が続いたため波高は4m前後と高く、基準波高3m以上の継続時間は、31日05時から3日と15時間続いた。

31日09時の外洋波浪実況図で渡島半島西海上に7m以上の波高が解析されていた。

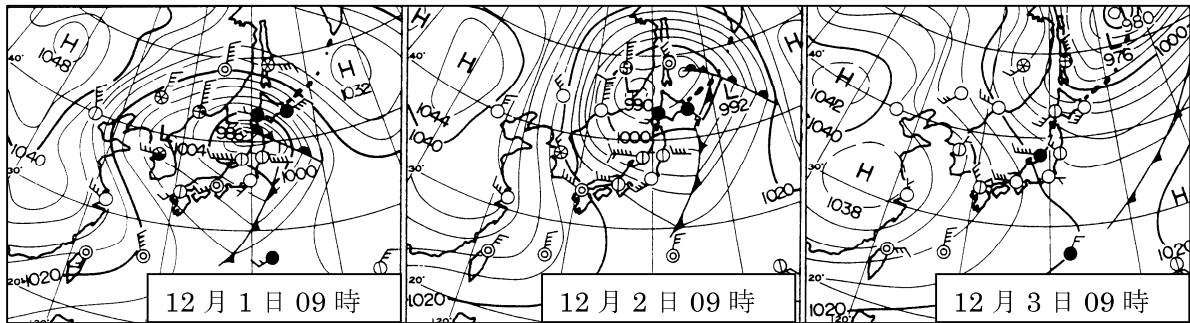


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（1980年1月30日～2月1日）

4.5 第5位 台風から変わった温帯低気圧による事例（1990年12月2日）

気象経過

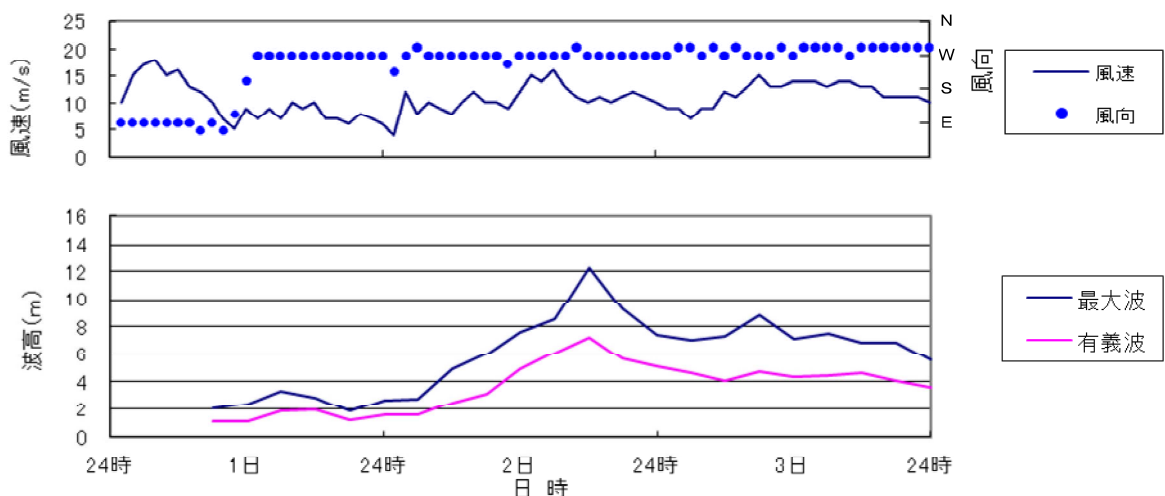
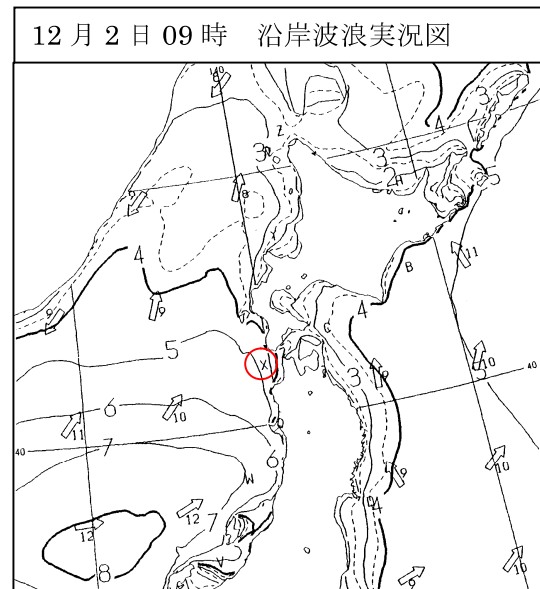
11月30日に和歌山県に上陸した大型の台風第28号は、同日18時に日本海で温帯低気圧に変わり、佐渡島と函館付近をとおり12月1日にオホーツク海に達した。冬型の気圧配置が強まり1日から2日にかけて全国的に大荒れとなった。12月2日に浦河で最大瞬間風速35.4m/sの強風を観測した。



沿岸波浪の経過

台風から変わった低気圧の通過後、松前では1日午後から10m/s前後の風が卓越し、2日の午後には15m/s以上になった。波高も2日09時頃から3m以上となり18時に有義波高7.27m、最大波高12.2mの最大値を観測し、その後やや低くなったが冬型の気圧配置が続いたため4m以上の波高が続いた。基準波高3m以上の継続時間は、2日08時から2日と3時間続いた。

2日09時の沿岸波浪実況図の代表点(X点)は、波向南西・周期9秒・波高4.7mで、能登半島沖に8m以上の波高が解析されていた。

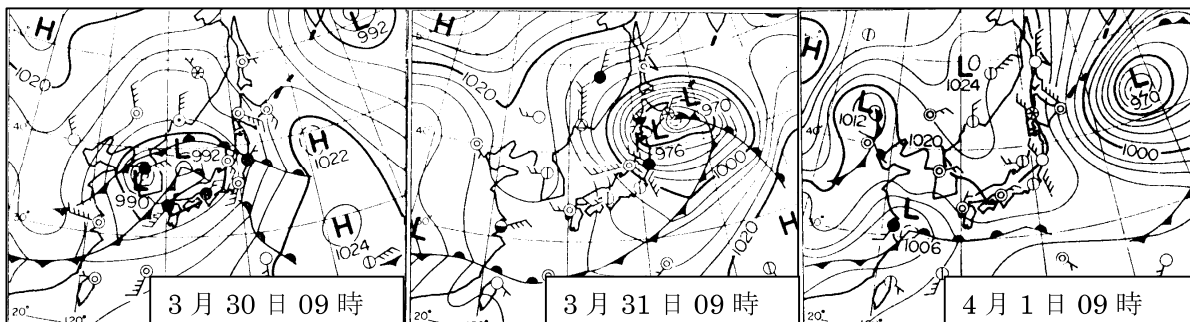


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（1990年12月1日～12月3日）

4.6 第6位 発達した低気圧による事例（1979年3月31日）

気象経過

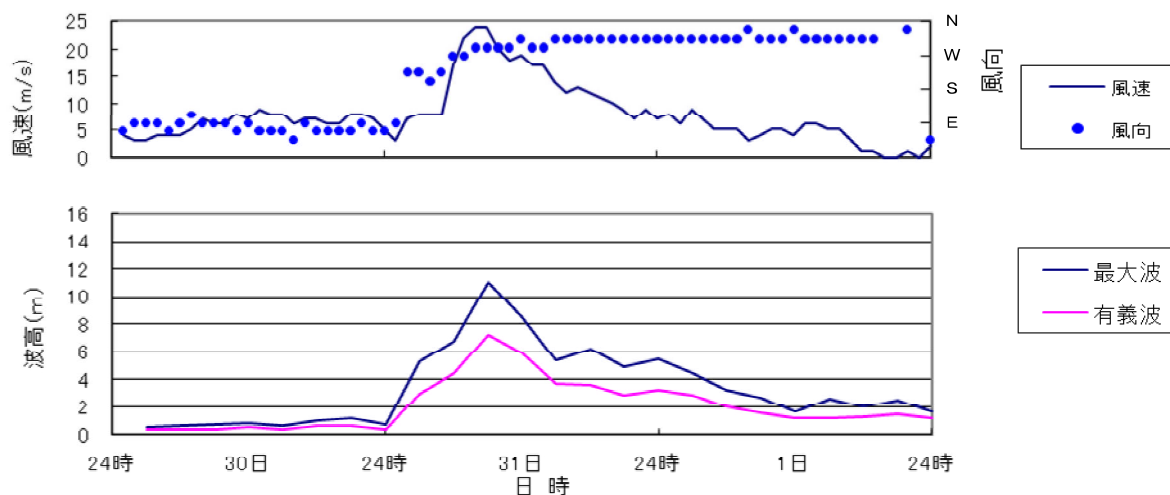
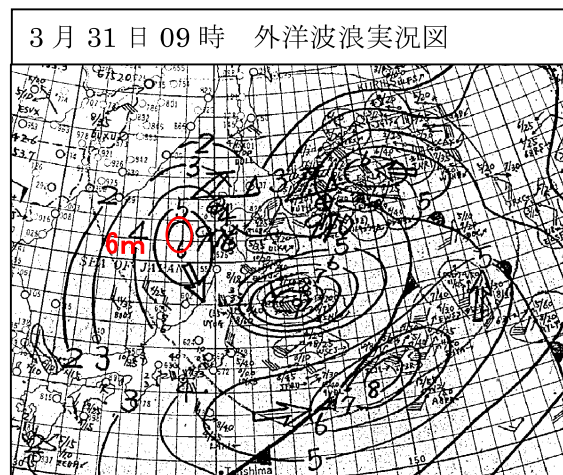
3月30日に朝鮮半島と日本海南部にあった低気圧が、31日にかけて猛烈に発達しながら北海道南岸をとおり東海上に進み一つになり、更に発達した。このため松前では、31日の朝から夕方にかけて平均風速15~24m/sの強風を観測した。



沿岸波浪の経過

30日まで波高は1m以下と低かったが、低気圧の通過に伴って強い西よりの風が卓越したため、31日03時から高くなり09時に有義波高7.21m、最大波高11.0mの最大値を観測した。その後も2m以上の波高が4月1日06時頃まで続き、基準波高3m以上の継続時間は、31日05時から15時間続いた。

31日09時の外洋波浪実況図の渡島半島西海上では、6m以上の波高が解析されていた。

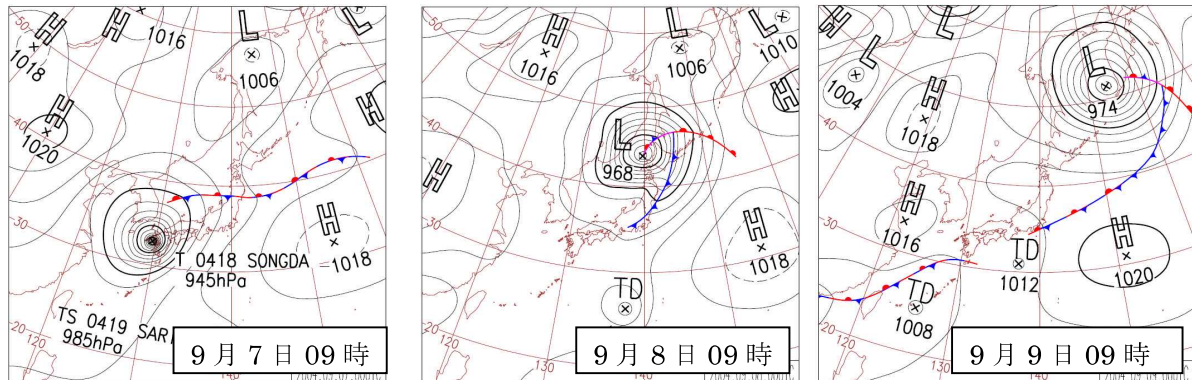


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（1979年3月30日～4月1日）

4.7 第7位 台風から変わった温帯低気圧による事例（2004年9月8日）

気象経過

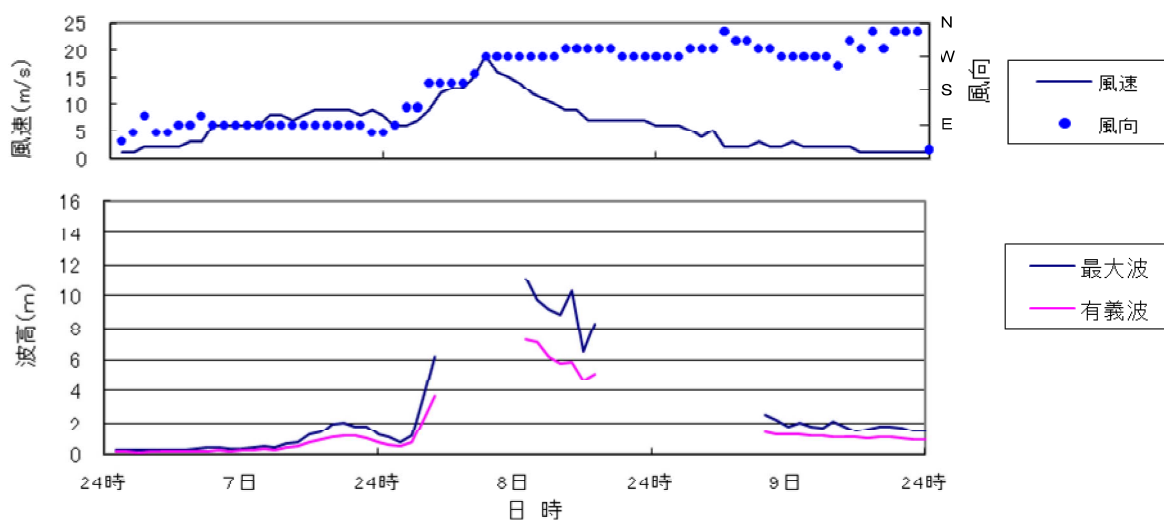
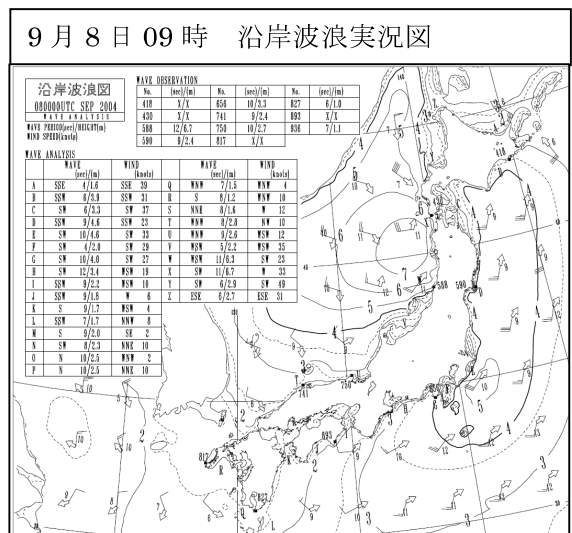
台風第18号は9月7日日本海を北東に進み、暴風域を伴ったまま8日朝には北海道の西海上に達し、09時に積丹半島北西海上で温帯低気圧となった。8日明け方から風が非常に強くなり、江差では08時37分に最大瞬間風速43.3m/sを観測した。



沿岸波浪の経過

台風の接近により松前では8日明け方から南西の風が10m/s以上となり、波高も急激に高くなった。13時に最大波高11.13m、有義波高の最大値7.19mを観測した。基準波高の3m以上の継続時間は8日05時から15時間続いた。

8日の沿岸波浪実況図でみると東北地方の日本海沿岸では7m以上の波高が解析されていた。

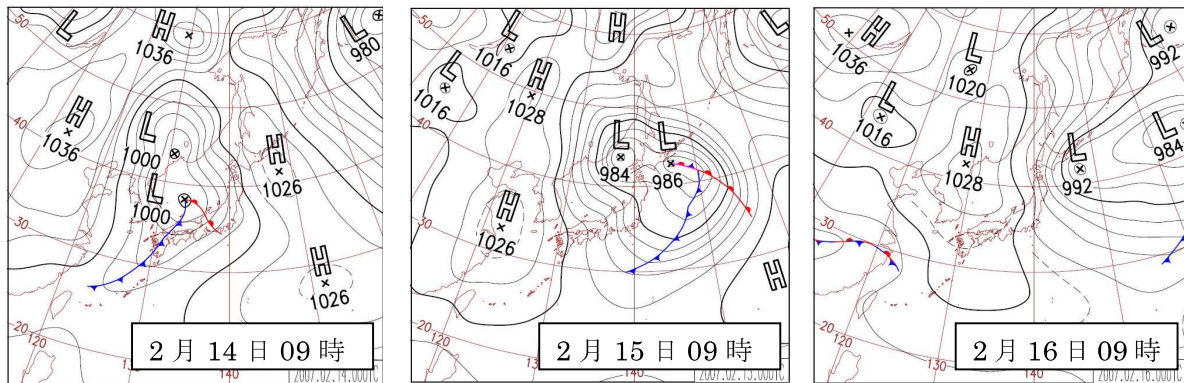


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（2004年9月7日～9月9日）

4.8 第8位 発達した低気圧による事例（2007年2月15日）

気象経過

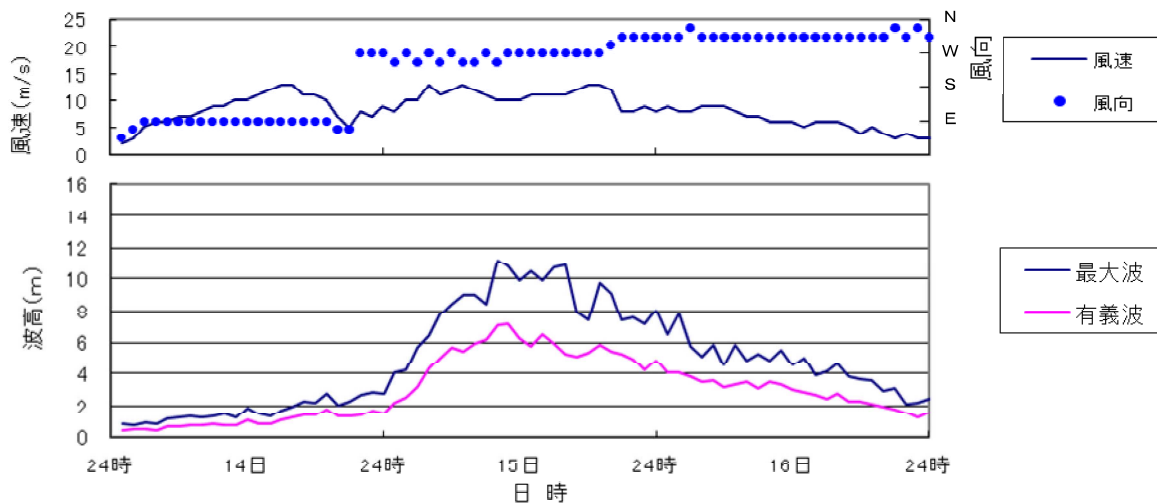
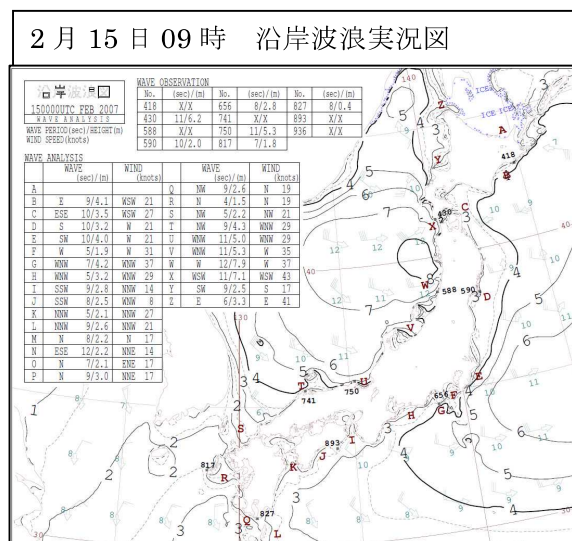
2月14日に沿海州と日本海中部にあった低気圧が急速に発達しながら北海道に近づき、15日09時には北海道西方海上と根室半島付近に進んだ。江差で15日04時39分最大瞬間風速27.1m/sを観測した。



沿岸波浪の経過

低気圧の接近により松前では15日朝から西の風が10m/s以上となり、波高も次第に高くなった。10時最大波高11.22m、11時有義波高の最大値7.10mを観測した。基準波高の3m以上の継続時間は15日03時から1日と9時間続いた。

15日の沿岸波浪実況図でみると東北地方の日本海沿岸では8m以上の波高が解析されていた。

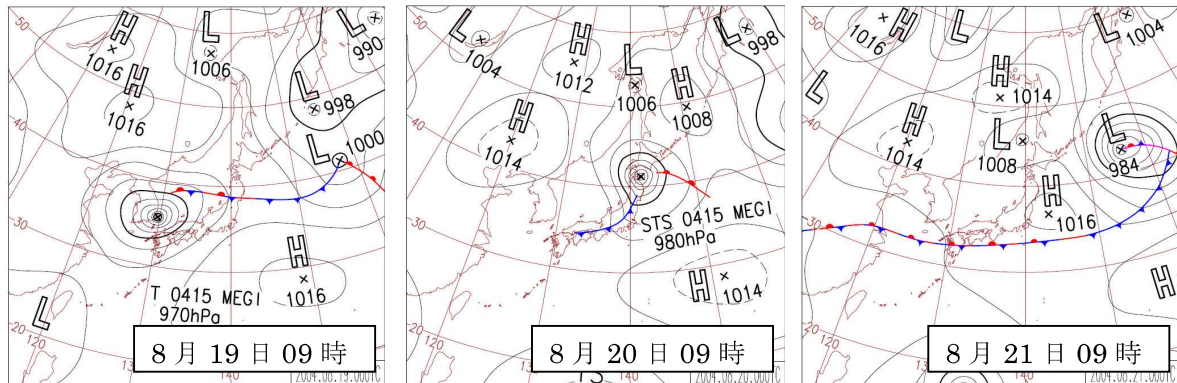


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（2007年2月14日～2月16日）

4.9 第9位 台風による事例 (2004年8月20日)

気象経過

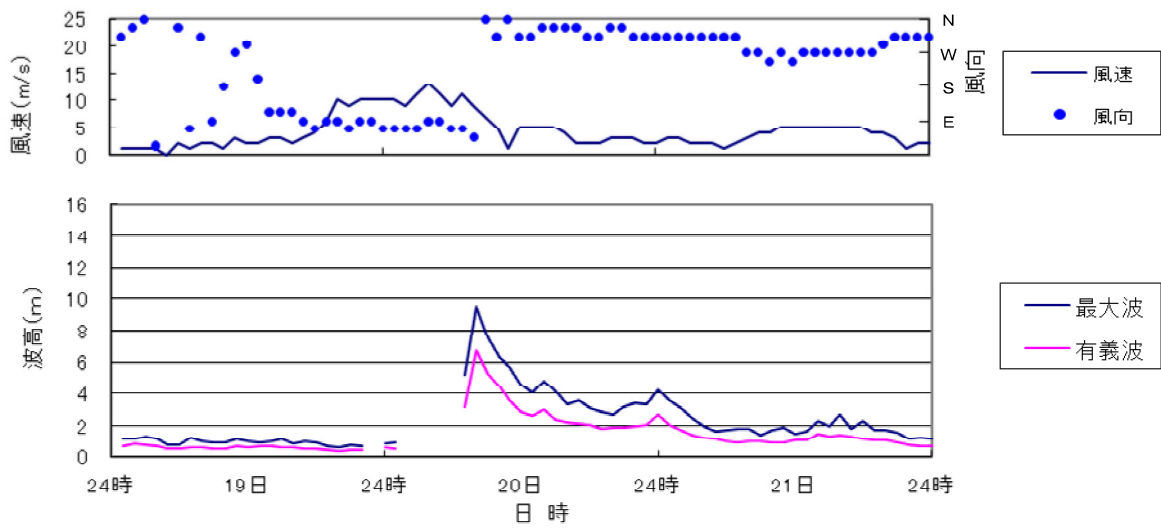
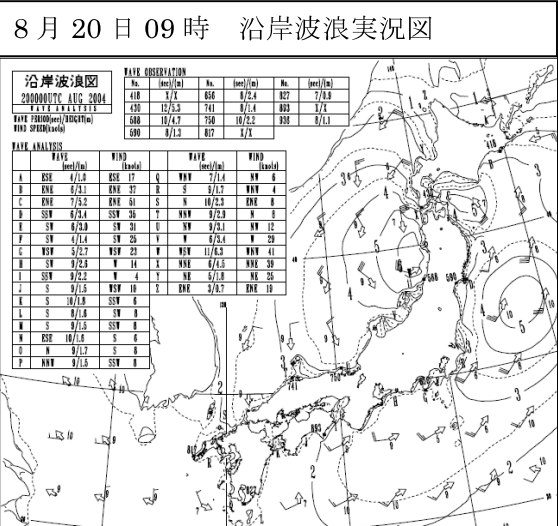
台風第15号は東シナ海から九州の西海上を通り、強い勢力を維持しながら日本海を北東へ進み、8月20日06時過ぎ、青森県津軽半島に上陸。その後、18時に根室の南東海上で温帯低気圧に変わった。函館では20日05時43分に最大瞬間風速37.0m/sを観測した。



沿岸波浪の経過

台風の接近により松前では19日夜から東よりの風が10m/s以上となり、20日08時最大波高9.48m、有義波高の最大値6.75mを観測した。基準波高の3m以上の継続時間は20日07時から5時間続いた。

20日の沿岸波浪実況図でみると東北地方の日本海沿岸では6m以上の波高が解析されていた。

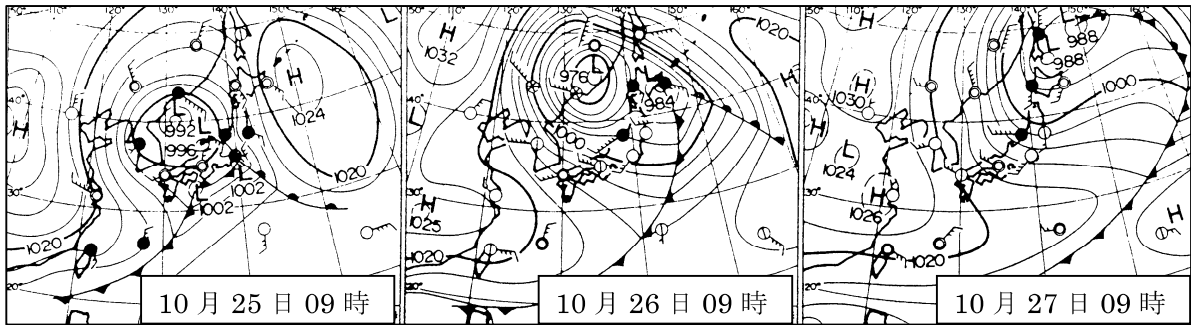


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列 (2004年8月19日～8月21日)

4.10 第10位 発達した低気圧による事例（1980年10月26日）

気象経過

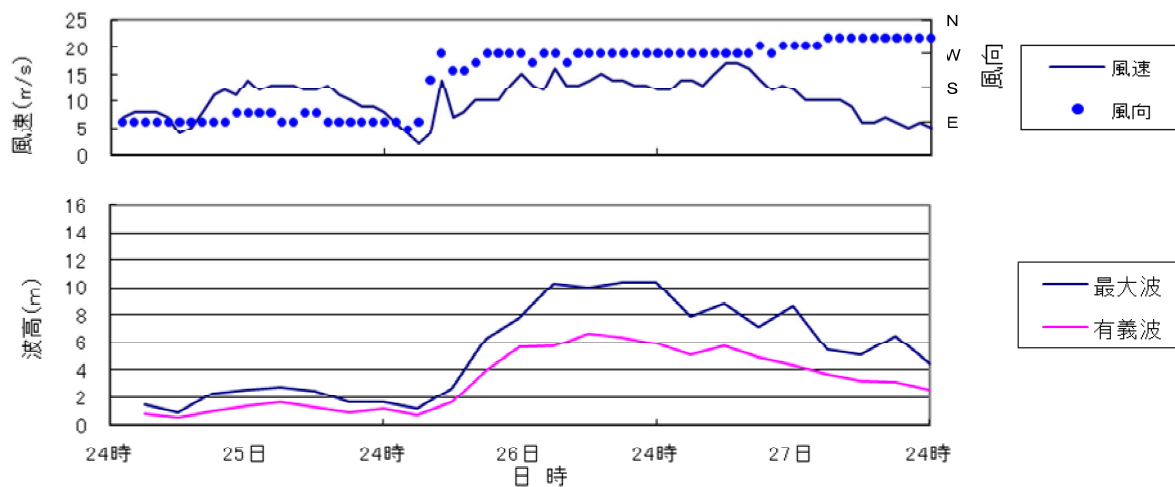
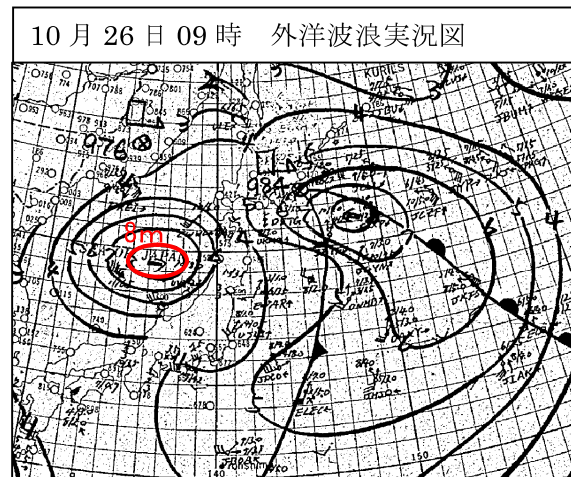
10月25日に日本海、関東沖と四国沖にあった低気圧がともに発達しながら沿海州と北海道東部に進み、これらの低気圧は27日にオホーツク海で一つになった。冬型の気圧配置となり、この期間は全国的に大荒れであった。



沿岸波浪の経過

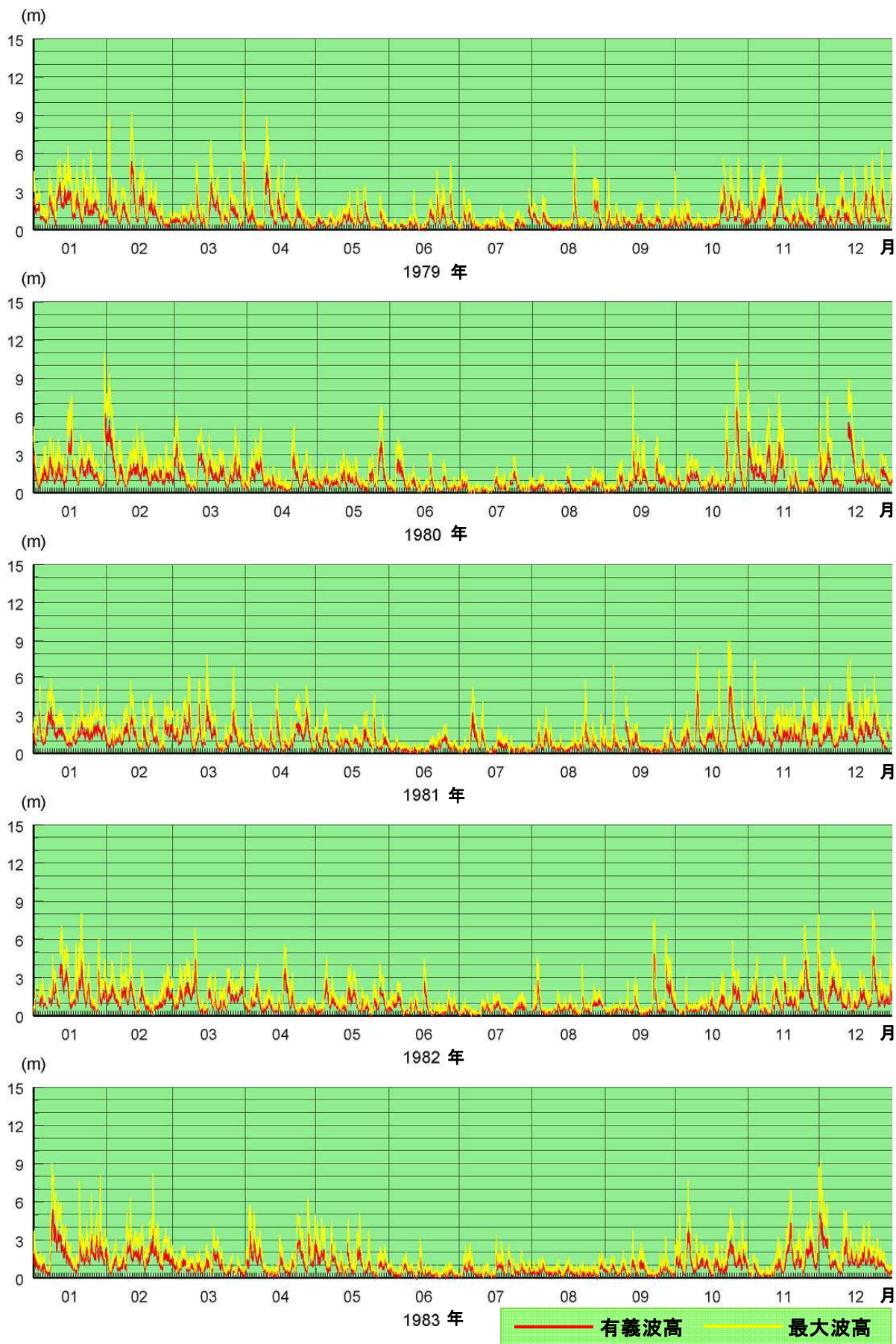
25日には低気圧の接近に伴い松前では10m/s以上の東よりの風が卓越し、最大波高は2mまで高くなった。低気圧の通過後、西よりの風に変わり強く、26日06時から波が高くなり、18時に有義波高6.7m、最大波高10.0mの最大値を観測し、その後も冬型が続いたため、基準波高3m以上の継続時間は、26日08時から1日と15時間続いた。

26日09時の外洋波浪実況図では能登半島沖に8m以上の波高が解析されていた。

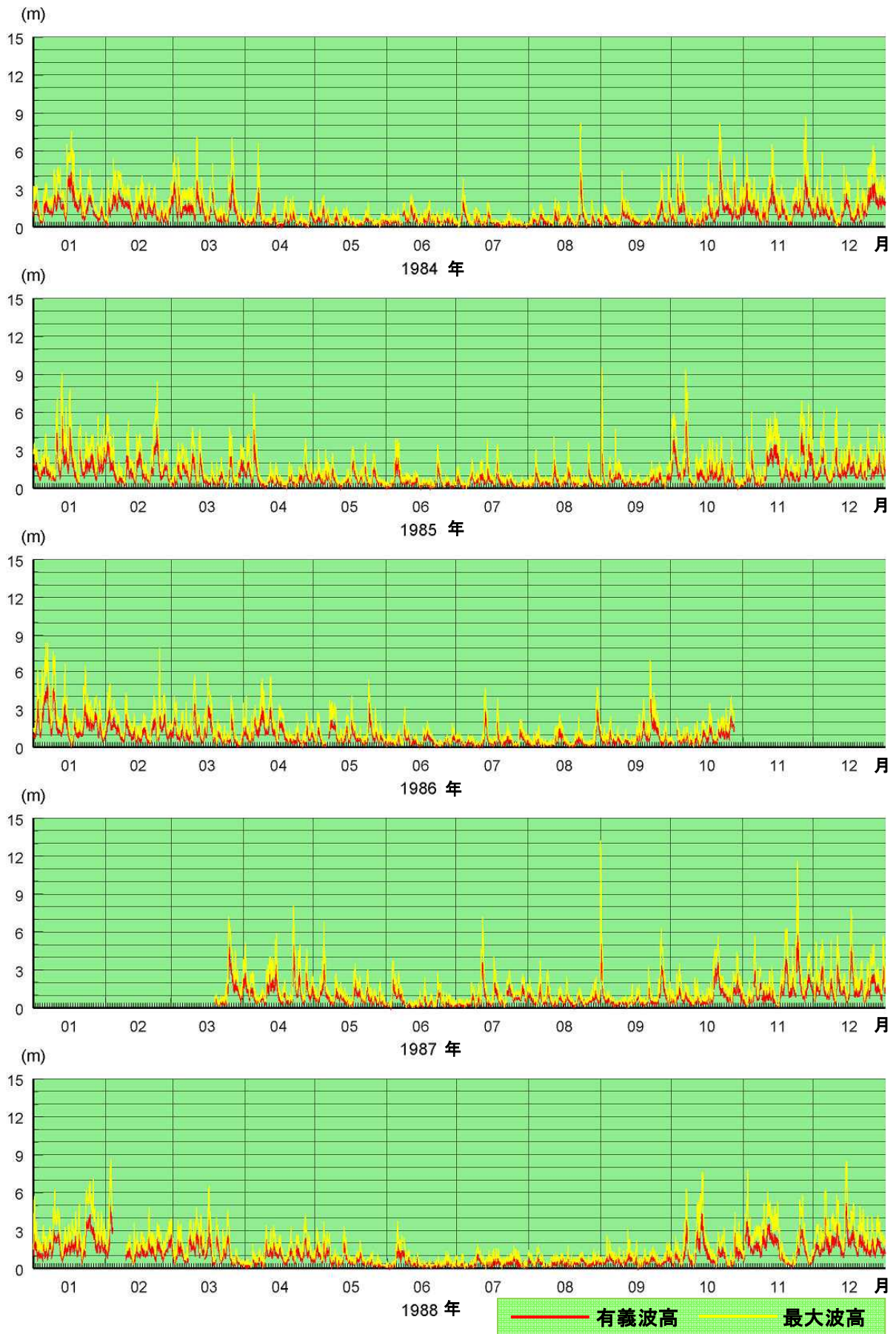


最大波高・有義波高と松前アメダス風向風速の時系列（1980年10月25日～10月27日）

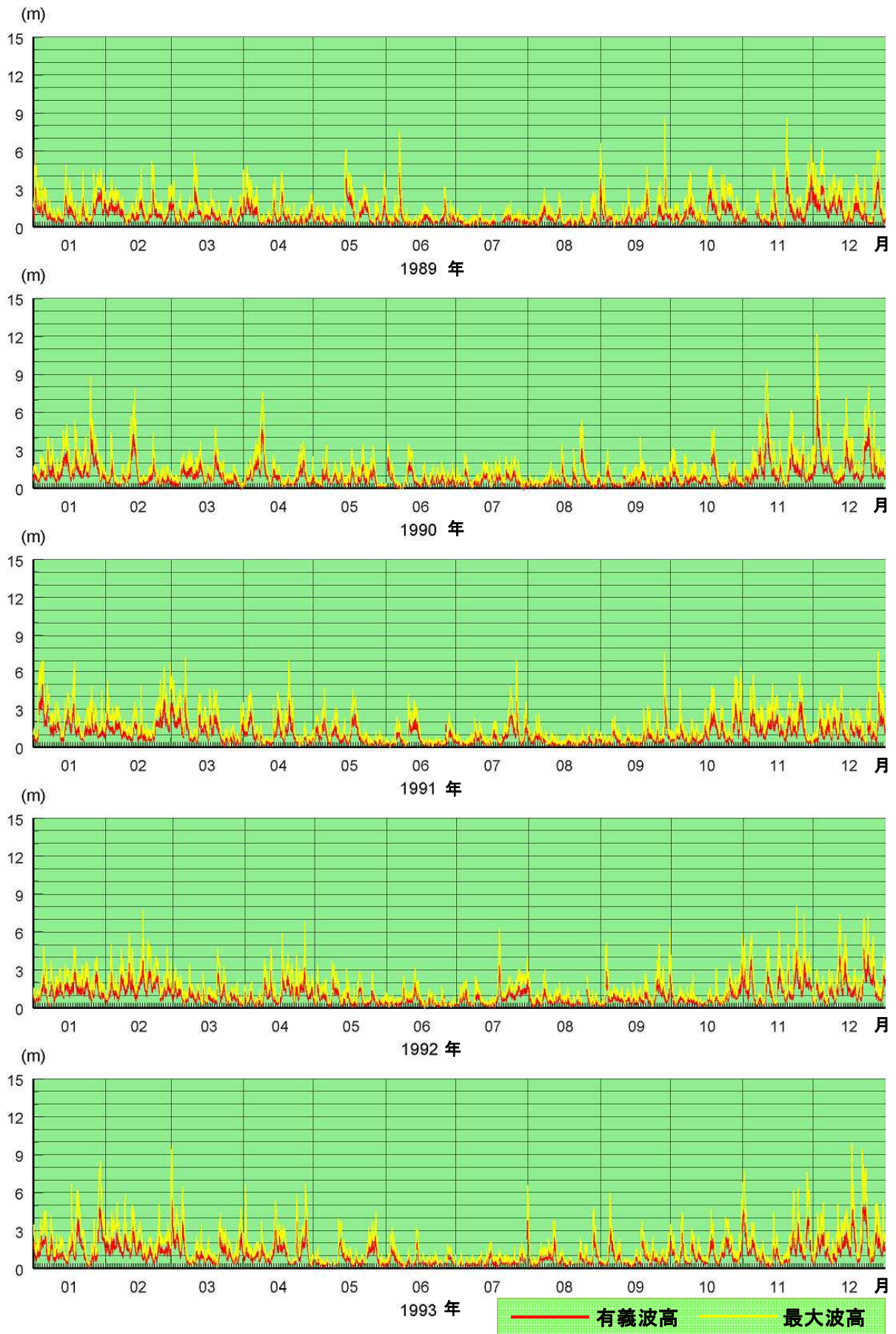
5 有義波高と最大波高の推移



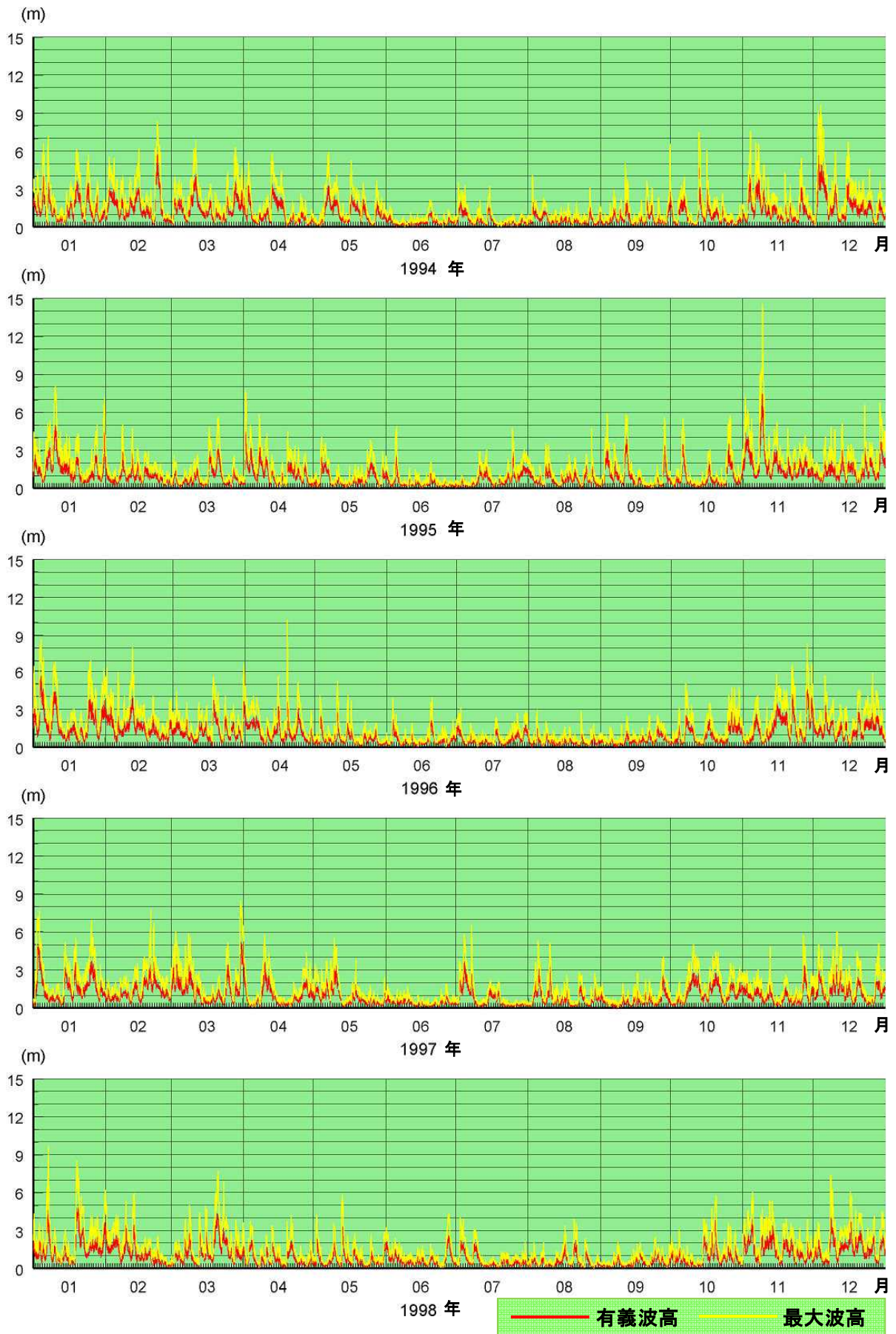
第 5.1 図 有義波高と最大波高の推移 (1979 年～1983 年)



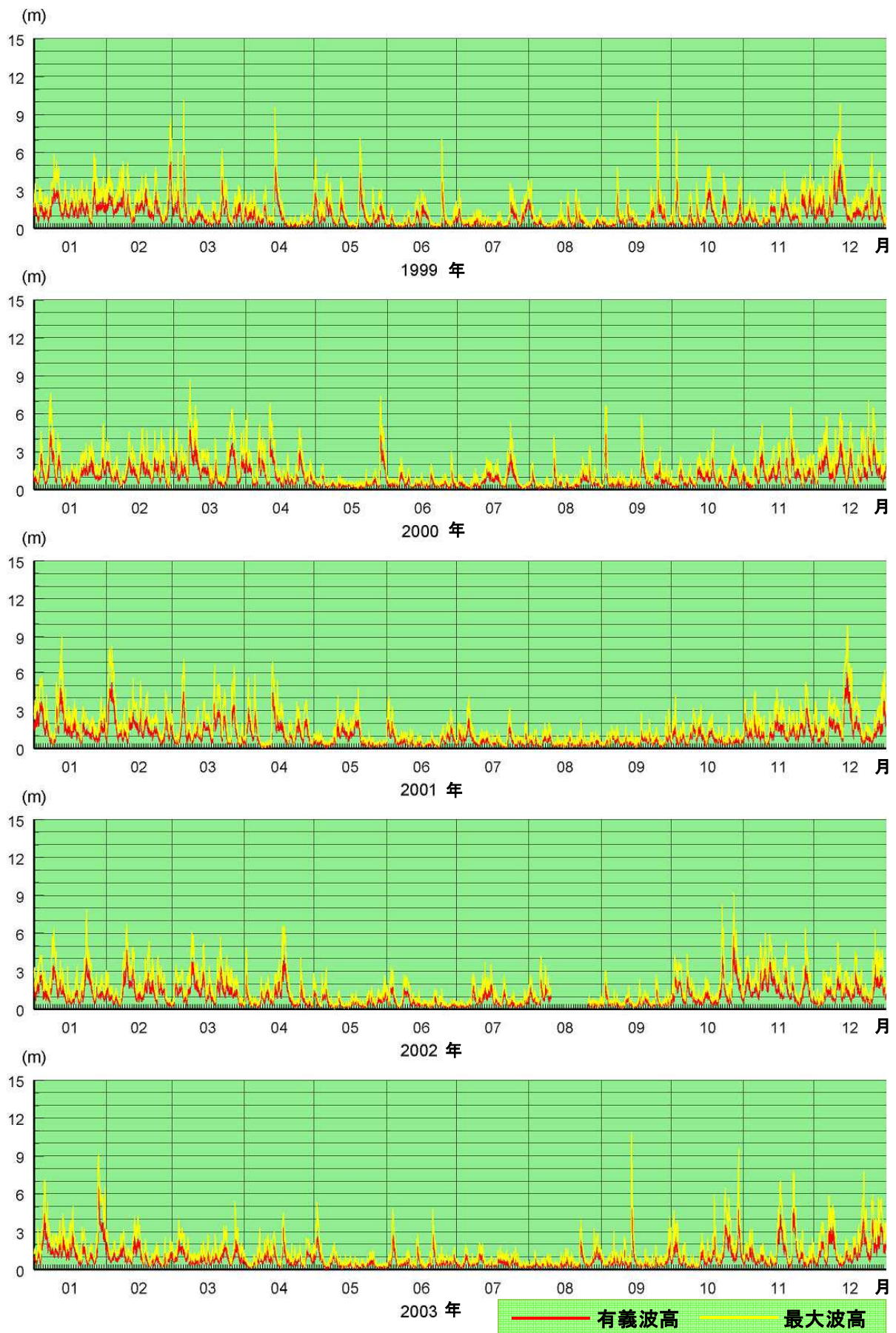
第 5.2 図 有義波高と最大波高の推移 (1984 年～1988 年)



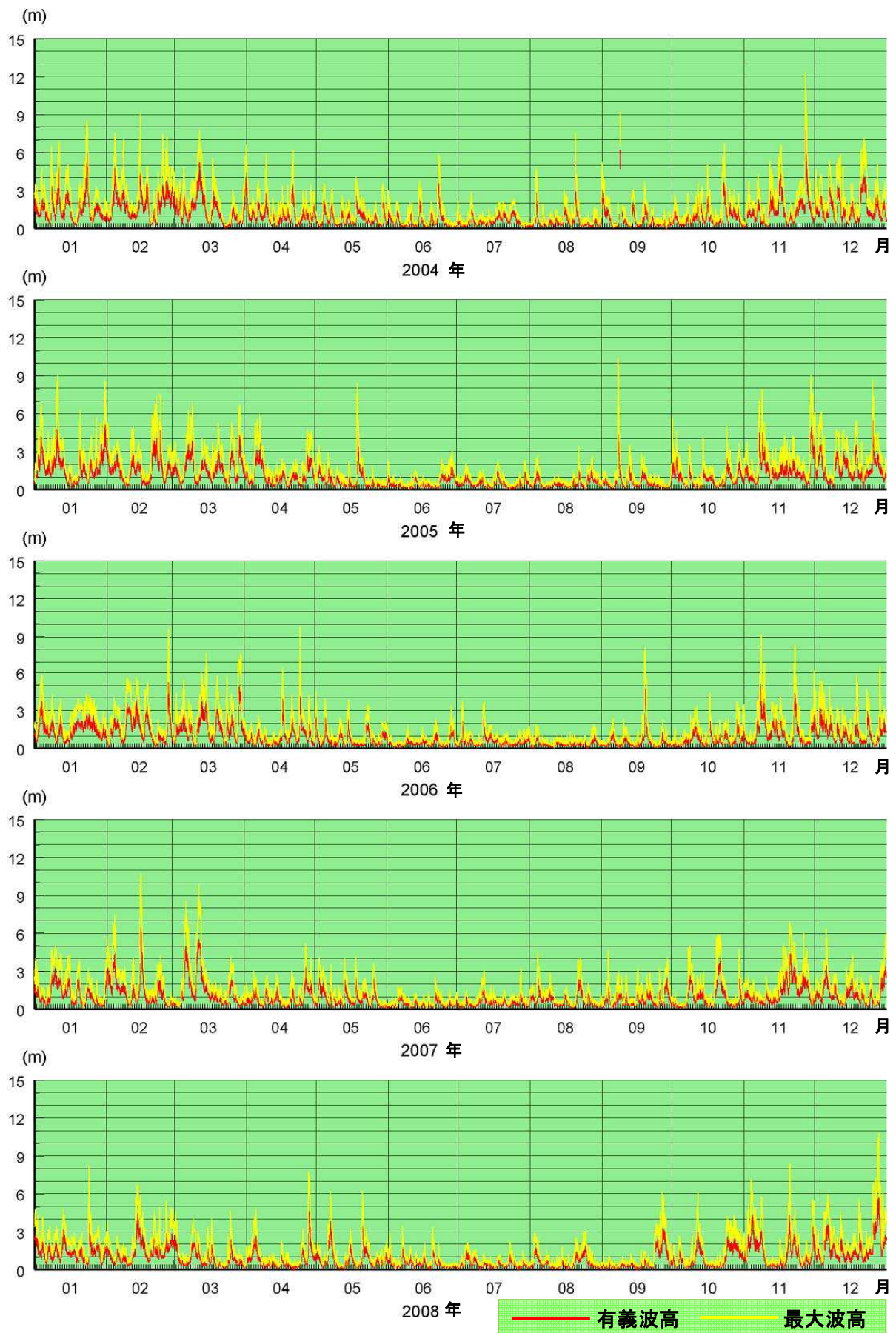
第 5.3 図 有義波高と最大波高の推移 (1989 年～1993 年)



第 5.4 図 有義波高と最大波高の推移 (1994 年～1998 年)



第 5.5 図 有義波高と最大波高の推移 (1999 年～2003 年)



第 5.6 図 有義波高と最大波高の推移 (2004 年～2008 年)

参考文献・参考資料

磯崎一郎・鈴木靖（1997）：波浪の解析と予報．東海大学出版会、273p.

杉本悟史・近澤昌寿（2008）：気象庁沿岸波浪観測に基づく日本沿岸の波浪特性の調査．測候時報、75、S77-S95.

函館海洋气象台（2000）：松前沿岸波浪観測 20 年報

舞鶴海洋气象台（2008）：経ヶ岬沿岸波浪観測 30 年報

気象庁：地上天気図

気象庁：外洋波浪実況図

気象庁：沿岸波浪実況図

気象庁：沿岸波浪計データベース表示処理プログラム

気象庁：気象災害報告

気象庁：気象資料ライブラリ

編集後記

本 30 年報は、松前沿岸波浪計による観測開始以来 30 年間のデータを基に、統計処理したデータを掲載したもので、平成 12 年 3 月の 20 年報に引き続き刊行するものである。各種統計値及び季節特性等が視覚的にとらえられるように併せて図を掲載した。また、波浪計の特性を見るために松前アメダス風向別の風速と波高の出現頻度について記し、高波と気象現象の関係を把握できるように顕著な高波の事例を報告した。

本 30 年報は、海上気象課が中心となって作成した。作成に当たり関係者の方々から、貴重な御意見を戴き感謝申し上げます。

本 30 年報についての御意見は海上気象課まで御連絡戴きたい。

(担当者)

函館海洋气象台 海上気象課

石川 直幸、斎藤 忠博、秋本 武志、板倉 太子

三浦 恒人 (現. 庄内空港出張所)

データ・内容に関するお問い合わせ先

函館海洋气象台 海上気象課

〒041-0806 北海道函館市美原 3 丁目 4 番 4 号

電話 0138-46-2213 FAX 0138-47-7682