

波浪情報のモニタリングについて —新潟県粟島の調査を例として—

飯 倉 敏 弘¹⁾・林 育 夫

(日本海区水産研究所)

日本海沿岸域は秋季から翌年春季まで季節風による風浪が大きいことが特徴である。また、日本海沿岸にあるかなり多くの島嶼が冬季の波浪を遮蔽するような形をしているので、島の内側と外側の波浪環境は大きく異なる。このような著しい波浪環境の相違は、磯の動植物の動態に大きな影響を及ぼしていることが予想される。日水研では、新潟県粟島を調査点として選択し、波浪の遮蔽状況の差異を考慮して、生物に及ぼす波浪の影響を調べている。従来、波浪と生物の関係については、物理的外力の面が重視されてきたが、波浪が生物の行動や産卵等に関係する可能性も指摘され、今後の興味あるテーマとして新たな展開も必要になってきている。このような問題に対処するには、どの程度の大きさの波がどの程度の頻度で生じ、それがどのくらいの時間続くのか—といった情報を知ることが重要である。そのためには波浪のモニタリングが必要であるが、その条件として比較的長期間にわたって定点観測が行われ、データに信頼性があることが要求される。さらに、観測時間間隔を細かく取るほどデータ量は増大するから容易に情報処理ができる媒体に整理されていることが望ましい。このような条件を満たし、しかも広域にわたる調査をおこなっている気象庁の波浪情報は非常に有効な資料と考えられる。

本稿では、粟島で行った短期間の波浪観測結果をもとに、気象庁の資料をモニタリングとして利用する可能性について検討した例を紹介する。

この調査にあたって、波高計の利用とデータの取り出しには水産工学研究所にご協力頂いた。また、気象庁海洋気象部海上気象課には山形県温海地区の1993年の波浪観測データを利用させて頂いた。これらの機関の関係各位に感謝の意を表します。

1 新潟県粟島における短期間の波浪観測結果

(1) 観測方法

粟島は北東—西南7.1km、北西—東南1.8km、面積9.14km²の島で新潟県に属している。西海岸は日本海の外海に面しており、図1に示すように主軸を北より約35度北東から西南に延びた形をしている。そのため東海岸ではWSWからN方向からの、西海岸ではSからENE方向からの波が主に遮蔽される。東海岸は新潟県山北地区に挟まれた日本海の内海に面している。従って通常は冬期の波浪は西海岸で厳しく、東海岸は遮蔽された状態となって比較的静穏になる。

1993年9月21日から10月27日まで、図1に示す2測点(粟島西海岸の「エゾ」、東海岸の「ベンノ」)に、水産工学研究所の水圧式波高計(協和商工製、DLP-1)を設置して、波高と周期を波浪データ

1) 現東北区水産研究所

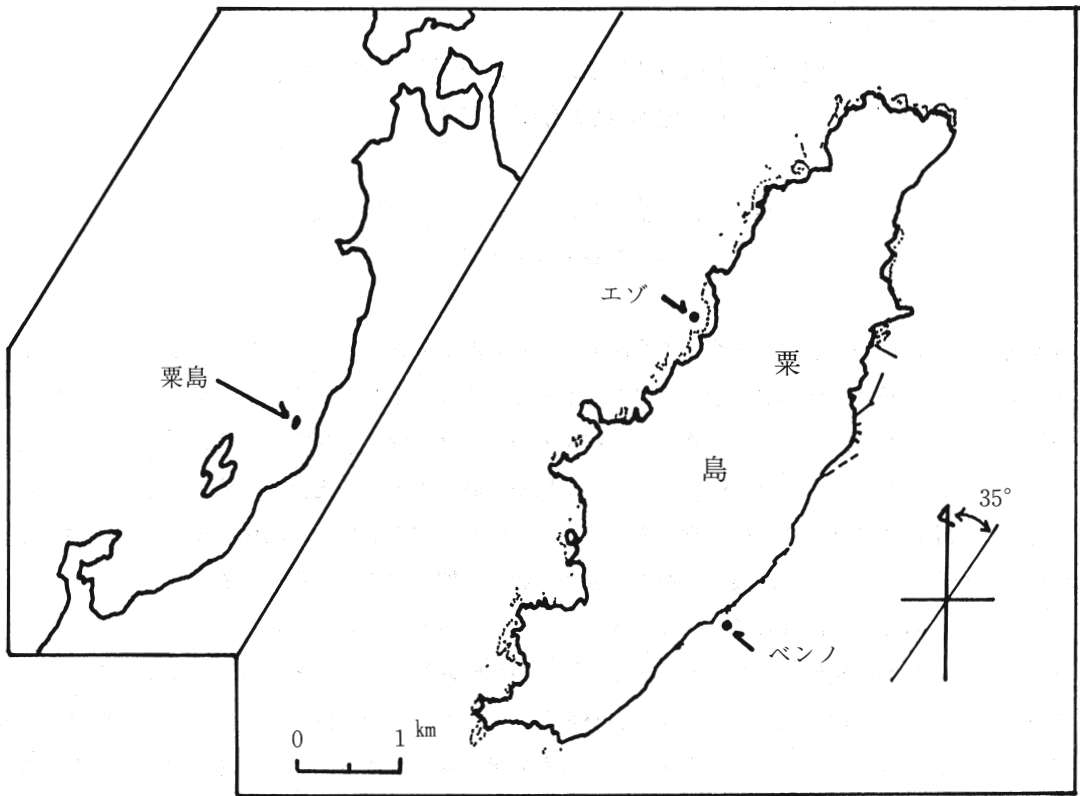


図1 波高計設置位置

として取得した。

測定間隔60分，サンプリング間隔0.5秒で水位の変動を内蔵メモリーに記録し，水産工学研究所でデータ処理を行った。

波高計は半円球型のコンクリートブロック（直径2.4m，高さ1.45m，空中重量7.3t）の頂部に取り付けた。波高計の設置された測点の水深は7～7.5mの範囲である。

設置位置は海岸に近く，水深も比較的浅いので観測された波浪には，沖波の屈折，回折，反射，浅水変形などの要素も入っている。

(2) 観測結果

粟島西海岸（エゾ），東海岸（ベンノ）における観測期間中の1時間ごとの，1/3有義波高（ $H_{1/3}$ ）と周期（ $T_{1/3}$ ）の時系列変化を図2，3に示す。

観測期間中の天候は，9月は静穏な日が続いたが，10月1～2日には北海道の低気圧からのびる前線の影響を受けて波高が大きくなった。5～6日は大陸側の高気圧の張り出しによる季節風の影響を受けた。22日午後9時に日本海西部に小規模な低気圧が発生し，23日夕方には佐渡沖に達した。24日～26日の間は冬型の気圧配置となり季節風を受けて波高が増大した。

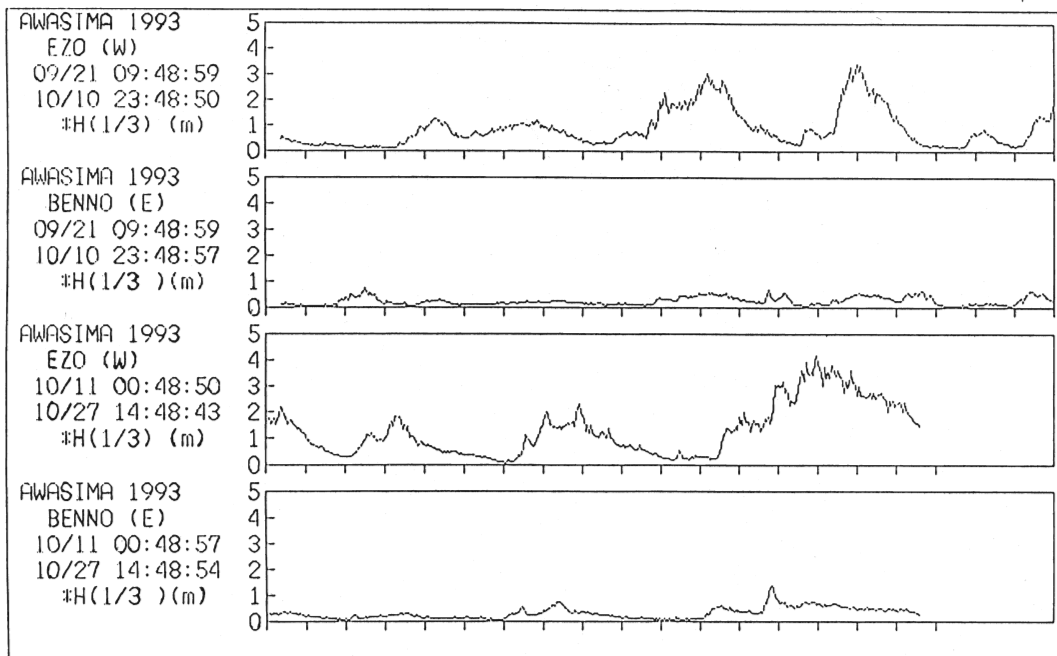


図2 粟島西海岸（エゾ）と東海岸（ベンノ）の波高（横軸1目盛は1日単位をあらわす。図7まで同じ）。

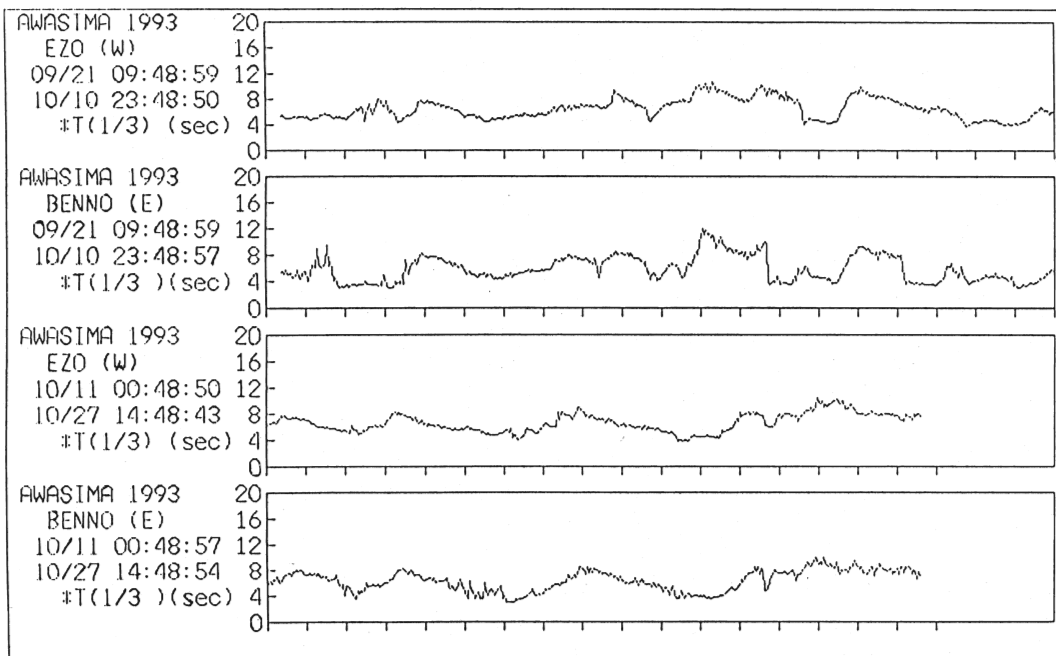


図3 粟島西海岸（エゾ）と東海岸（ベンノ）の周期。

観測結果をみると、全般的には西海岸が東海岸より波高が大きく、周期はそれほど大きな違いは見られない。しかし、詳細にみると東海岸の方が西海岸より波高が大きくなる日が認められる。9月23日、10月4、7、10、17、22日で、逆に周期は4秒程度と短くなっている。これは風向きによって南東から南西方向の本土側から来る波が発生したためと推定される。粟島と本土間の距離は30km以内で、最大水深は約70mである。風速20m程度でこの条件によって発生する波を推算すると(沿岸漁場整備開発事業施設設計指針編集委員会 1993)、波高2m、周期4秒程度になるので、このような波を観測したものと思われる。

1) 粟島西海岸(W)(エゾ)と東海岸(E)(ベンノ)の波高と周期について

$H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ すべての観測値のうちで、西海岸(W)より東海岸(E)の波高が大きい場合を除くと、以下にしめす回帰式が得られた。

$$H_{1/3} (E) = 0.27 \times H_{1/3} (W)^{0.650} \quad (r=0.853)$$

$$T_{1/3} (E) = 1.01 \times T_{1/3} (W)^{0.943} \quad (r=0.697)$$

2) 粟島西海岸(W)の H_{MAX} と $H_{1/3}$ 、 T_{MAX} と $T_{1/3}$ について

すべての観測値から以下のような回帰式が得られた。

$$H_{MAX} (W) = 1.47 \times H_{1/3} (W)^{0.968} \quad (r=0.992)$$

$$T_{MAX} (W) = 0.99 \times T_{1/3} (W)^{1.004} \quad (r=0.915)$$

3) 粟島東海岸(E)の H_{MAX} と $H_{1/3}$ 、 T_{MAX} と $T_{1/3}$ について

すべての観測値から以下のような回帰式が得られた。

$$H_{MAX} (E) = 1.52 \times H_{1/3} (E)^{1.001} \quad (r=0.981)$$

$$T_{MAX} (E) = 0.91 \times T_{1/3} (E)^{1.021} \quad (r=0.875)$$

以上の結果から、日本海の外海の波については、粟島東海岸(ベンノ)の波高は西海岸(エゾ)の16%程度であり、エゾ、ベンノ各々における最大波高はいずれも $H_{1/3}$ の1.5倍程度で、周期はほとんど変わらないことがわかった。

2 気象庁の波浪観測値との比較

短期間の観測から粟島の東、西海岸の波浪環境の相違が明らかになった。つぎに年間を通じた波浪の状態を把握するために比較的近傍にある気象庁の調査点を調べた(気象庁海洋気象部 1993; 気象庁 1994)。その結果、沿岸波浪計による観測点として、山形県温海(測点番号588、北緯38度41分、東経139度36分、水深50m)と、沿岸代表点である酒田沖(測点記号W、北緯39度、東経139度)が該当する調査点と考えられた。

沿岸波浪計の資料は1時間間隔の有義波及び最大波の波高と周期が得られるが、波向は分からない。一方、沿岸代表点の資料は、気象庁海洋気象部で毎年刊行している外洋波浪図の中で、沿岸代表点波浪推算月表として、1日間隔の波向、波高、周期があり、時間間隔に不満はあるが波向は参考資料として利用できる。

(1) 温海地先(A)と粟島西海岸(W)の比較

粟島の観測に対応する温海の $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ は図4のようで、粟島西海岸と殆ど同じ傾向を示すが、周

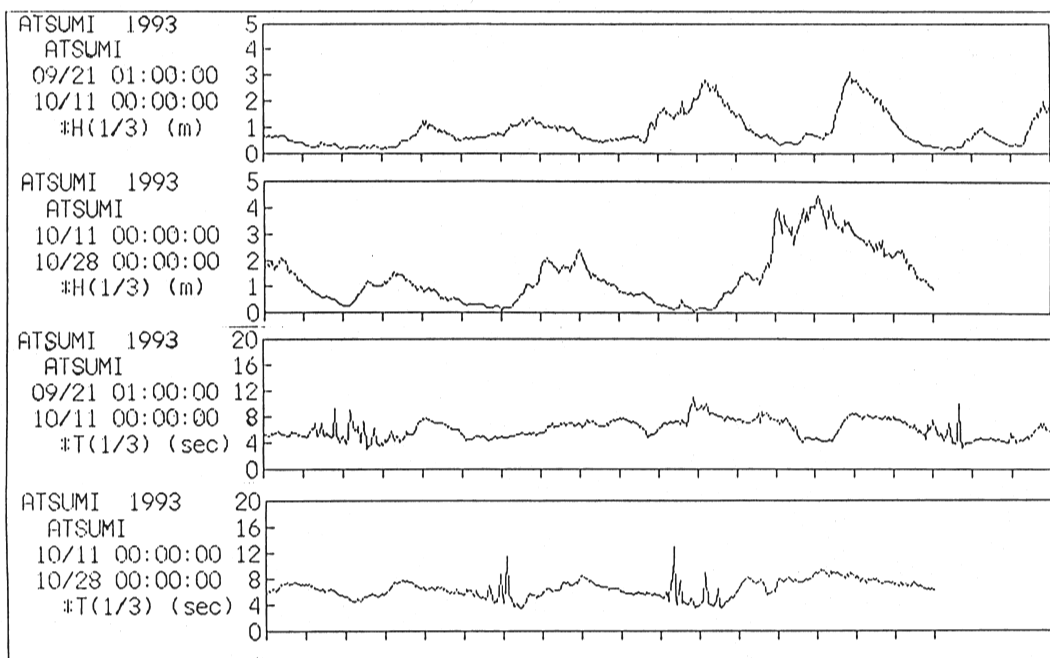


図4 温海定点の波高と周期 (気象庁観測).

期についてみると温海には、しばしば長い周期がみられる。これが何によるのかは不明である。両者の波高と周期に関する回帰式は以下の示すようにほぼ一致する。

$$H_{1/3}(W) = 0.94 \times H_{1/3}(A)^{1.021} \quad (r=0.956)$$

$$T_{1/3}(W) = 1.46 \times T_{1/3}(A)^{0.813} \quad (r=0.817)$$

なお、温海と粟島東海岸(E)の $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ を比較したところ、後者の波高が前者より大きい日については、粟島西海岸(W)との比較よりも両者の差異がさらに顕著になっていた。これは、南東から南西方向の範囲では吹送距離が粟島よりも温海の方がさらに短かく、しかも海岸部も標高が高いことから風も遮蔽されるので、この方向からの波の発達が抑制されるためであろう。

(2) 粟島と酒田沖の比較(波向の検討)

粟島の観測結果の中で、東海岸(ベンノ)の方が西海岸(エゾ)より波高が大きくなる日があり、それは波がベンノ側で発生した可能性があることを前に指摘した。酒田沖の波高を波向に合わせたベクトル表示に整理して粟島東海岸と比較した結果を図5に、便宜上波向に周期をあわせたものを図6に示す。図をみると、酒田沖でNE~SSW方向から波がくる日は、9月23日、10月7、10、17、22日となり、10月4日以外は粟島の結果と一致する。周期をみると、酒田沖では10月17日が6秒で、それ以外は4秒であった。この結果から粟島東海岸の波浪が西海岸より大きくなる場合は本土側から風が吹いて発生した波によるものとみなせる。

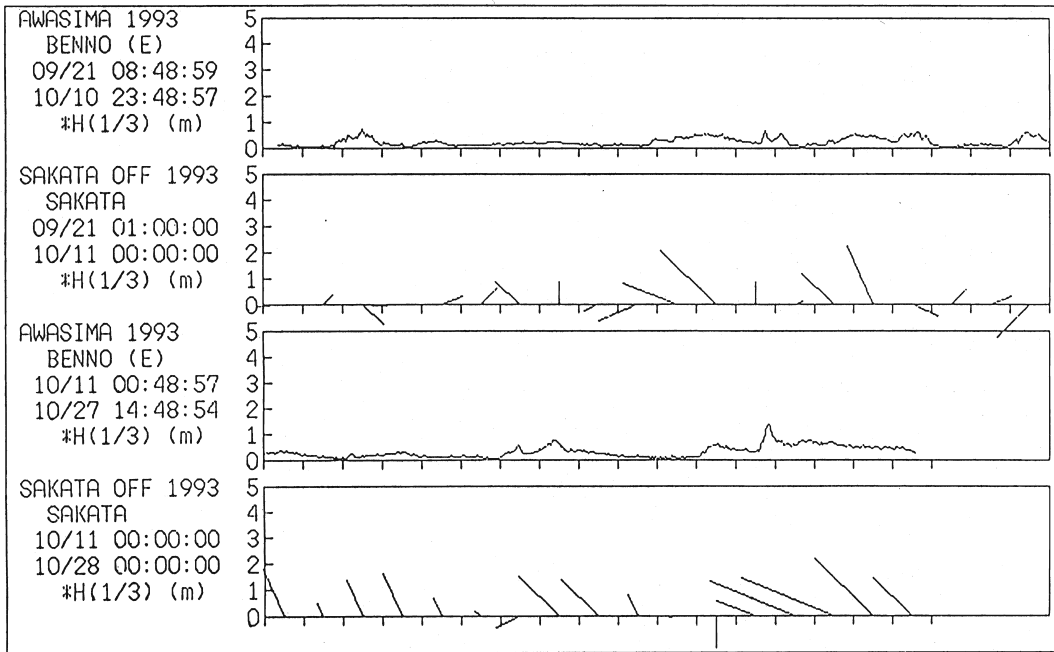


図5 粟島東海岸（ベンノ）と酒田沖の波高（酒田沖の波高は波向にあわせてある）。

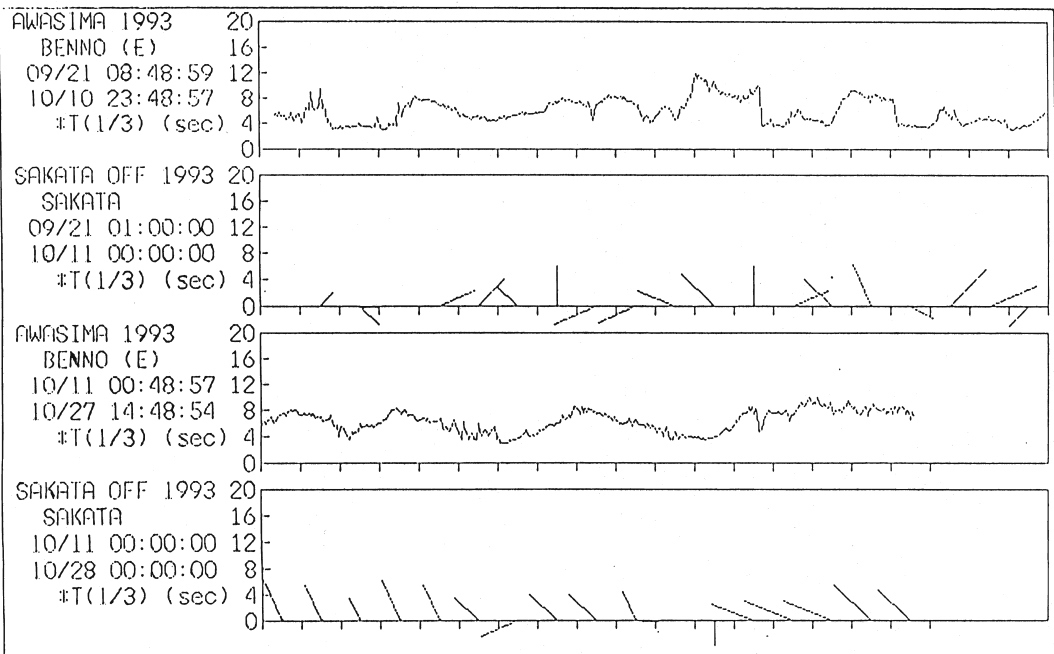


図6 粟島東海岸（ベンノ）と酒田沖の周期（酒田沖の周期の方向は波向にあわせてある）。

3 年間を通じた粟島海岸の波浪モニタリング

以上の検討結果から、対象としている粟島海岸の波浪は、気象庁による温海定点のデータにより近似的に予測でき、1時間間隔のモニタリング資料として使えること、酒田沖の1日間隔の波向資料から発生方向が推定できることが分かった。

次に例として、温海定点の1993年の年間のデータから著しく大きな波浪を生じた事例を図7に示す。その発生原因を紹介すると以下のようである。

台風によるもの：9月4～5日に台風13号(980hPa)が新潟沖を通過した時の最大波高は7.5m(周期8.6秒)、最大有義波高は4.4m(周期8.8秒)。

冬季の低気圧によるもの：12月11～12日に三陸沖(994hPa)で低気圧が発達した時の最大波高12.2m(周期12.1秒)、最大有義波高7.8m(周期11.8秒)。17～18日に稚内(996hPa)、三陸沖(1004hPa)で低気圧が発達した時の最大波高9.9m(周期10秒)、最大有義波高6m(周期9.9秒)。

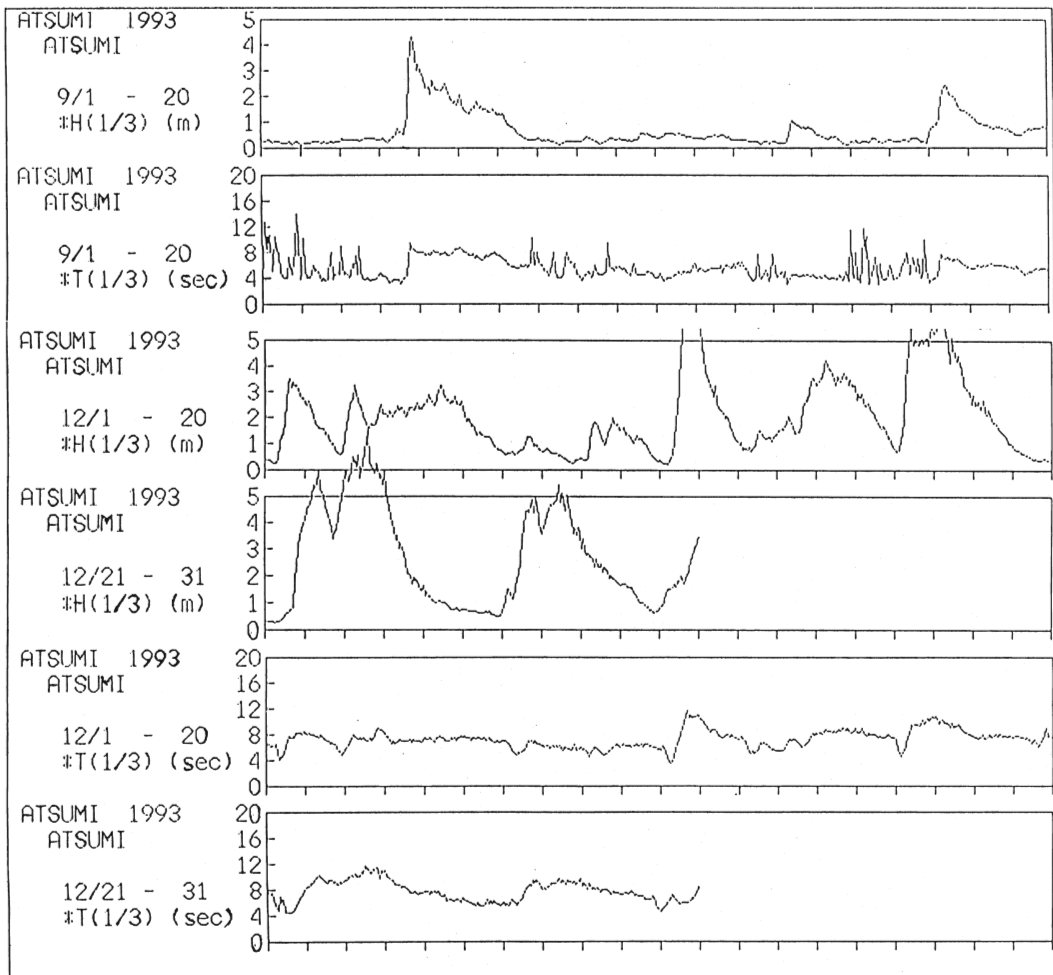


図7 1993年温海定点で記録された大きな波浪の例 (気象庁観測)。

21～24日に稚内(982hPa)及び三陸沖(984hPa)で低気圧が発達した時の最大波高11.1m(周期11秒), 最大有義波高7.5m(周期11.4秒).

27～28日に三陸沖(976hPa)で低気圧が発達した時の最大波高8.3m(周期9.6秒), 最大有義波高5.5m(周期9.9秒)が観測されている.

粟島にもこのような波浪が到達するが, 短期調査の結果によれば, エゾ地区の調査点近傍では近似的には波高4m程度の範囲内では温海の波浪と同程度と考えられる. ベンノ地区については, 短期調査によるエゾ地区との関係から推定できる. それ以上の規模の波浪については, 調査点の水深はもとより, 近傍の海底地形や勾配, 周辺の地形等の影響を受けて変形したり, 砕波したりするので若干の水理学的な検討を必要とするが, 本稿ではモニタリングに絞って紹介しているので省略する.

4 気象庁の波浪データの利用方法について

最後に気象庁の波浪データの利用に関する情報を紹介する. 日本海沿岸に関係する気象庁の定点についてまとめると以下のようなものである. 沿岸波浪計は超音波式の機種で, 現在11か所の水深50mに設置されている. 日本海側では北海道松前(地点番号430, 北緯41度24分, 東経140度6分, データ取得開始年は1979年～), 山形県温海(588, 38度41分, 139度36分, 1981～), 京都府経ヶ岬(750, 35度47分, 135度14分, 1976～), 島根県鹿島(741, 35度33分, 132度59分, 1984～)の4点があり, 観測は1時間または3時間毎に行われている.

データの利用は以下のような手順で行う. 沿岸波浪計のデータは気象庁海洋気象部海上気象課(〒100 東京都千代田区大手町1-3-4)に申請すればFD(フロッピーディスク)で入手可能である. ファイル構成は以下の通り.

ファイル名 = x x x x x . R Y Y xは地点番号(5桁). Yは年(西暦)の下2桁.

(例えば1993年温海の場合は, 47588. R93 となっている.)

1レコード = 256バイトのランダムアクセスファイル.

1ファイル = ヘッダー部 + データ部 (1地点・1年分の観測データ)

ヘッダー部には地点番号, 年, データアクセス情報等を格納. なお地点番号は, 10000で割った商を最初の2バイト, 剰余を後の2バイトに分けて格納してある.

データ部には1レコードに1日分の観測データを暦順に格納してある.

変数はすべて2バイト整数で, レコードの内容は以下の通り.

ヘッダー部 (1レコード)

変数名 NST1 : 地点番号を10000で割った商.

NST2 : 地点番号を10000で割った剰余.

IYEAR : 観測年 (西暦).

IADRS (配列寸法 12) : 各月のレコードアドレスへのベース.

(= 1, 32, 60, 91, 121, 152, 182, 213, 244, 274, 305, 335) 閏年では, 3番目以降を+1.

NDAY (配列寸法 12) : 各月の日数.

(=31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31) 閏年では, 2 番目は29.

I Z E R O (配列寸法 101) : 未使用領域 (A L L = 0)

データ部 (365もしくは366レコード)

変数名 I D A T A (配列寸法 5, 24) : 1 日分の観測値 (5 要素の組の順番)

第 1 添字は観測要素を表し, 種類は次の通り.

1 : 障害番号×1000+波数 (欠測は-1000)

2 : 有義波の周期 (0.1秒) (欠測は-1)

3 : 有義波の波高 (cm) (欠測は-1)

4 : 最大波の周期 (0.1秒) (欠測は-1)

5 : 最大波の波高 (cm) (欠測は-1)

第 2 添字は, 時刻 (日本時間01~24時に対応)

I Z E R O (配列寸法 8) : 未使用領域 (A L L = 0)

データの形式は現在以上ようになっており, 手持ちのパーソナルコンピュータで容易に取り出すことができる. 著者らは P C 9801 V X を用いて, M S D O S 下の N 8 8 B A S I C で処理している.

沿岸代表点は A ~ Z までの 26 点があり, そのうち日本海側では玄海灘 (地点記号 S, 北緯 34 度 15 分, 東経 130 度), 島根半島沖 (T, 35 度 45 分, 132 度 45 分), 若狭湾 (U, 35 度 45 分, 135 度 35 分), 富山湾 (V, 37 度 30 分, 138 度), 酒田沖 (W, 39 度, 139 度), 津軽海峡 (X, 41 度 10 分, 139 度 50 分) の 6 点である. これは, O O U T C (日本時間午前 9 時) の沿岸波浪実況図 (A W J P) の中の沿岸代表点 (A ~ Z) の波浪推算値を編集したもので, 前に述べたように年毎に気象庁から刊行されている.

文 献

沿岸漁場整備開発事業施設設計指針編集委員会 (1993) 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針 (平成 4 年度版). 全国沿岸漁業振興開発協会, 16-46.

気象庁海洋気象部 (1993) 波浪図利用の手引き, 1-12.

気象庁 (1994) 沿岸代表点波浪推算月表. 気象庁外洋波浪図, 217-239.