

台風の通過に伴う Ambient Noise の変化について^{*1}

安藤 浩美^{*2}・竹村 暘

Ambient Sea Noise Variations Measured during a Typhoon

Hiromi ANDO and Akira TAKEMURA

Measurement of ambient noise during typhoon no. 10 (1984), passed by the west coast of KYUSYU, on frequencies from 4 Hz to 1000 Hz were made in the New Mie Fishing Port of NAGASAKI.

These results were compared with measurements in the New Mie Fishing Port and in the shallow water near Azisone during the moderate weather.

During the moderate weather, the measured ambient noise spectra in the port was produced predominantly by marine life, and no noise was recorded from outside of the port due to the barrier provided by the sea wall and the shallow water.

During the high-sea-state conditions of typhoon no. 10, the measured ambient noise levels were directly dependant on the wave conditions in the port, at the sea wall and at the mouth of the port. However, in the 4 Hz - 12.5 Hz range, the noise levels included ambient noise from outside of the port's sea wall.

Changes of spectrum in the low frequency range (4 Hz - 12.5 Hz) could be detected about 20 hours before the typhoon acutually hittd the port.

近年、漁業における音響の果たす役割が注目を浴びつつある。水棲生物の音響生態の研究は、未だ一部の種についてなされているにすぎないが、すでにあらたなる段階として、音響によって水棲生物の行動を制御しようとする応用段階に進んで来ている。その代表的な例として挙げられるのが、マダイ(*Pagrus major*)の音響馴致実験である。しかし、このような応用研究がおこなわれている現在でも、水棲生物が音に非常によく反応するということが判明しているのみで、水棲生物がその生態において音響的情報をどのように活用しているか等は、一部の水棲哺乳動物を除いて全く未知とっていい現状である。

ところで、台風が近づくと岸壁で魚がよく釣れるといったことは、釣り人なら誰でもその経験上、知

っていることである。これは魚類などの水棲生物が、何らかの方法で台風の襲来を予め感知できることを示唆している。そして、この情報源として考えられるのが台風の襲来に先立つ海中の音響環境の変化である。

海中の音響環境に関する研究は、主として軍事的必要性から、第二次大戦中より頻繁に行なわれてきた。しかし、これらの研究は、その目的から大型船舶の航行する外洋域が主体であり、我々が最も必要とする、生物の豊富な沿岸域における研究はほとんどみられない。

これまでの、50数種の魚類の聴覚についての研究から、聴覚の感度がよいのは100 Hz～1 KHz間であり、周波数が高くなると感度が急激に低下する(川

* 1 水中音の研究第12報

* 2 日立コントロールシステムズ(株)

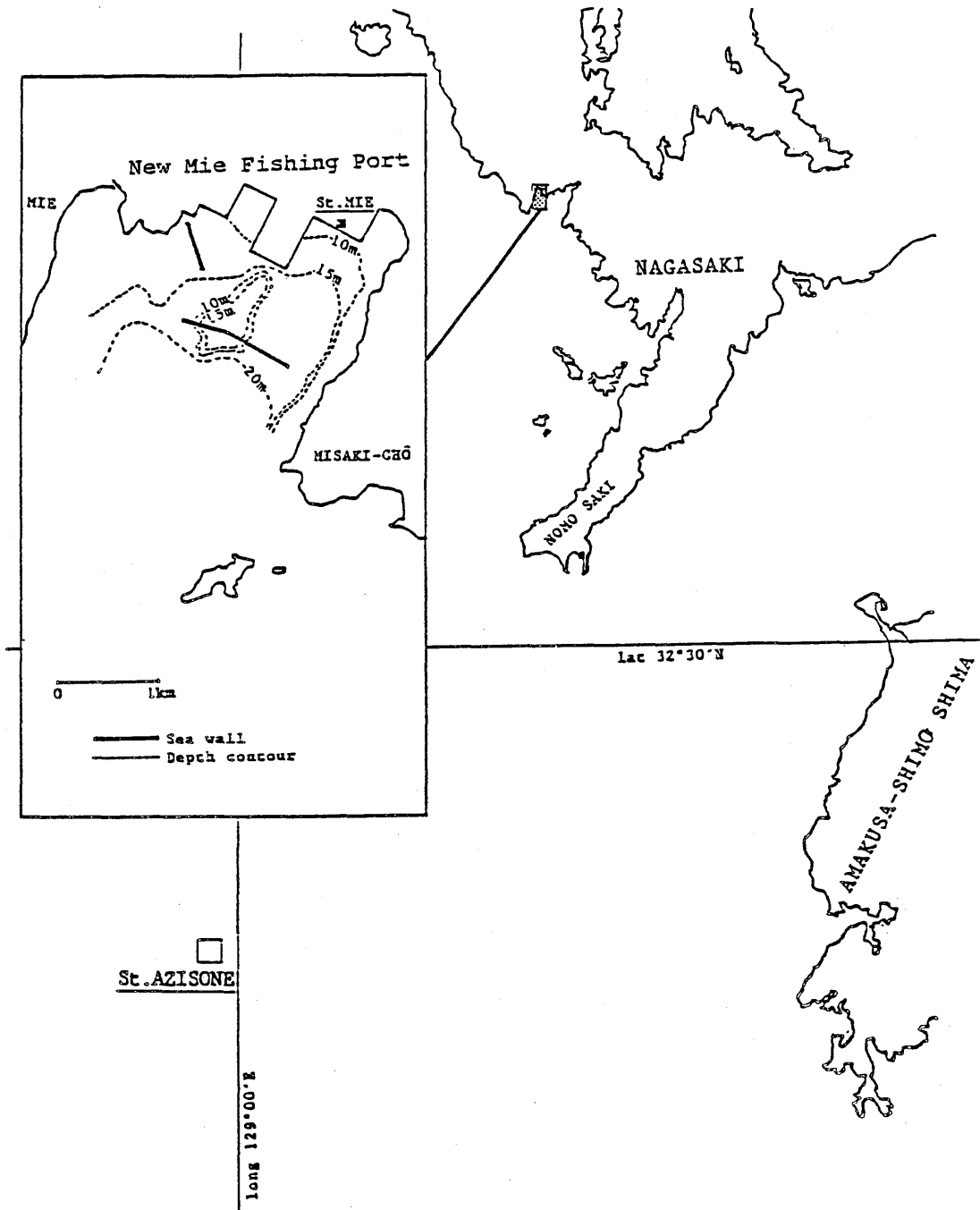


Fig. 1. Location recorded ambient noise.

本, 1970) ことが知られている。一方, 海中の音波は, 低い周波数ほど遠くに, そして浅海まで到達しやすいことが知られている。また, 外洋における波浪を主たる要因とする海中雑音のレベルは, 局所的な海況, または風力と直線的な関係にあることも知られている。したがって, 台風などの大規模な気象擾乱が起こっている場合には, 遠方の沿岸域における Ambient-noise (海中雑音) の低周波域になんらかの変化が見られ, それが, 魚類になんらかの影響をおよぼしていると推察することができる。

そこで, 台風通過に伴う沿岸での Ambient-noise の変化を, 特に 1 KHz 以下の周波数帯について測定し, 気象海況状態が安定している時の変化と比較検討した。

資料および方法

1. Ambient-noise の測定及び分析方法

測定は三重新漁港岸壁から行なった。また, 比較のために外洋での測定を長崎の南南西に位置する鯨曾根近辺において行なった。Fig. 1 に測定地点の位置を示す。

三重新漁港を測定地点に選んだ理由は, 以下に述べる通りである。

- 1) 漁港建設途中のため, 陸上の交通音や工場等の雑音が少なく, 従って海中に伝わって来る人為雑音が少ない。
- 2) ハイドロフォンケーブルの長さが 30m と限られている。そのため, ケーブルの届く範囲で, ある程度の水深が必要である。水深は岸壁直下に於いて 3m, また沖合に 30m の地点で 10m であった。
- 3) 測定点から外洋が見通せること。
- 4) 漁港前面に防波堤がある。このため, 台風襲来時でもうねりの港内への侵入が少なく, 測定が可能である。なお, 防波堤開口部の幅は約 300m, 水深は約 20m であった。

一般に沿岸域においては, 生物の発する雑音がよく聞かれる。その生物雑音のなかで, 最も普遍的で強い雑音が, テンプラノイズである。これは, 温帯・亜熱帯・熱帯に生息するテッポウエビ類 (*Alpheus* 属・*Synalpheus* 属・*Crangon* 属等) が発する雑音で, 白色雑音状の成分を持つパルス音である。三重新漁港においても, このテンプラノイズが卓越しており, 他の雑音を測定するためには, テンプラノイズのハイドロフォンへの直接入射を減らす必要がある。そこで, ハイドロフォンに Fig. 2 に示すよ

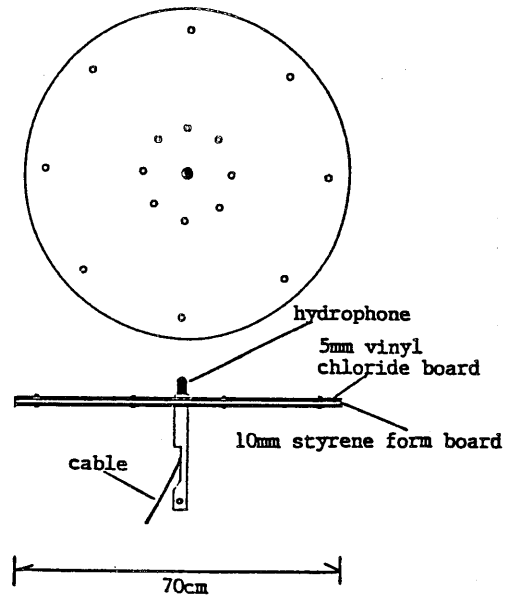


Fig. 2. Frying noise reflector.

うな厚さ 10mm, 直径 70cm の発泡スチロール製の反射板を取りつけ, 海底からのテンプラノイズを反射させた。さらにハイドロフォンを滑車とロープにより岸壁から 7m, 海底から 2m 離して据えつけることにより, 海面の擾乱による雑音の影響を減らすようにした。

鯨曾根における測定は, 大学の実習船鶴水を用いて行なった。この測定は, ハイドロフォンを舷側から海中に 30m 垂下し, 船の機関をすべて停止した漂流状態で行なった。また, ハイドロフォンケーブルの水面近くの部分に, 浮子をいくつか取りつけ, ハイドロフォンに船の動揺ができる限り伝わらないようにした。測定分析周波数帯は前述のように低周波から 1 KHz ぐらいまでが望ましいと考えられる。しかし, ハイドロフォンを据えつけた水深が浅いため, 波高による水圧の変化と波浪によるハイドロフォンへの機械的外力の影響が非常に大きく測定値にみられた。そこで, 記録時にハイパス・フィルターを用いて 4 Hz 以下の信号を排除した。

ハイドロフォン (Bruel & Kjaer 製 Type 8100 with 30m extension cable) からの雑音の信号はプリアンプ (Bruel & Kjaer 製 Type 2635), および 4 Hz のハイパス・フィルター (NF ELECTRONIC INSTRUMENTS 製 UF-4BH×2) を通して, データ・レコーダー (TEAC 製 R-81) に記録し, 持ち帰って分析を行なった。記録に先立ってプリア

ンプから実効値 1 V 周波数 160 Hz の基準信号を発生させて記録し、分析の際に絶対音圧値を求めた。また、記録時に、目視及び聴音によって船舶の航行状態等をモニターし、分析に役立てた。分析は主として 4 Hz から 1 KHz までの $\frac{1}{3}$ オクターブ・バンドパスフィルター (Bruel & Kjaer 製 Type 1617) を用い、これにより実効値平均音圧スペクトルを求めた。

三重新漁港における測定は、船舶航行雑音のできるだけ少ない時間帯、すなわち日出前に行なったが、それでも船舶の通過が最低 5 分間隔で見られた。そこで、音圧スペクトルを求めるにあたっての平均時間は 5 分間とした。テンプラノイズなどの生物雑音や、船舶航行雑音など瞬間あるいは短時間に変化する雑音の分析は、実時間狭帯域スペクトル分析器 (Bruel & Kjaer 製 Type 2031) とサウンドスペクトログラフ (リオン製 SG-07) を用いた。以上より総合測定分析周波数帯は 4 Hz ~ 1 KHz, ダイナミッ

クレンジは 48 dB 以上である。但し、サウンドスペクトログラフについては分析下限周波数は 30 Hz である。

2. 測定期間

台風通過にともなう三重新漁港での Ambient-noise の測定は、1984 年 8 月 19 日 ~ 8 月 22 日の間、台風 10 号が九州西方海上を通過した際に、8 回行なった。

比較のための気象状態安定時における三重新漁港での Ambient-noise の測定は、1984 年 10 月 18, 21, 30, 31 日、および 11 月 1 日の計 6 回行なった。さらに、鯨曾根での測定は、1984 年 7 月 24 日 ~ 7 月 27 日の間に 8 回行なった。

3. 気象海況要素

気象海況要素は、長崎海洋気象台の観測記録から得た。その観測点を Fig. 3 に示す。なお、図には台風 10 号通過に伴う風速 25 m/s 以上暴風域の、Am-

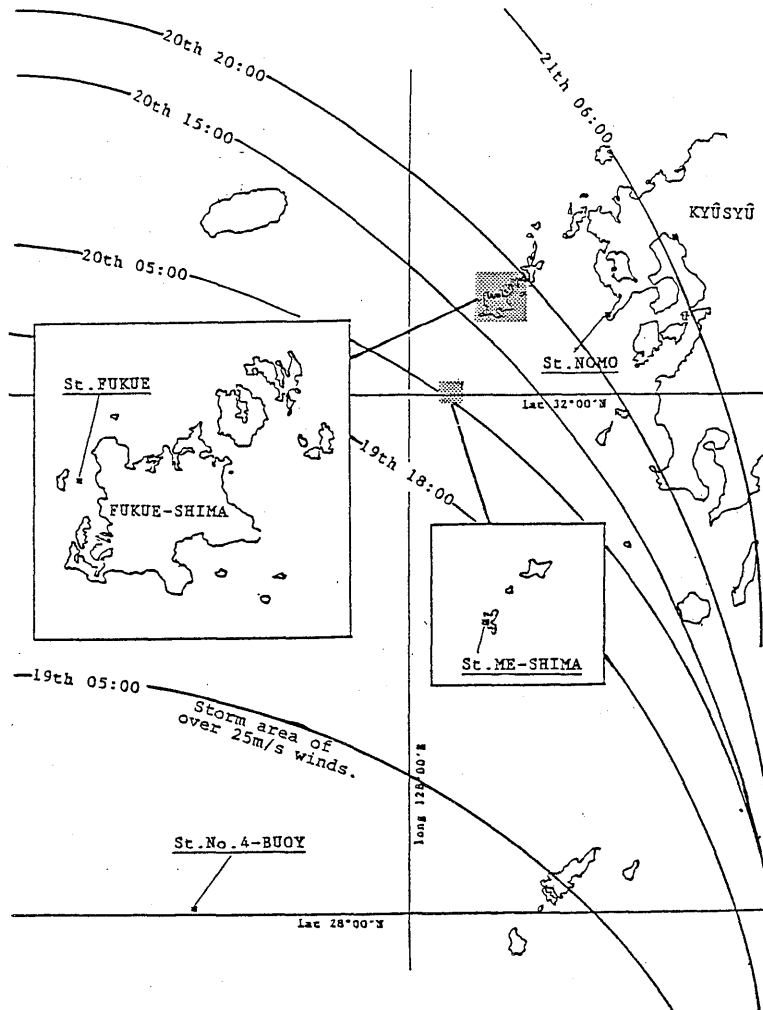


Fig. 3. Location observed weather condition.

bient-noise を測定した時点での位置を併せて示してある。それぞれの観測地点で用いた気象要素及び、その特性は以下の通りである。

- 1) 野母崎における有義波高と風速。Ambient-noise の測定地点である三重新漁港からの距離が、他の気象観測地点に比べて最も短いため、このデータを三重新漁港のデータとして用いた。波高計の位置は野母崎漁港沖である。そのため、南方向からの波の波高は低めに測定される。風速計の位置は、野母崎の権現山頂上である。その位置のため、西方向からの風の風速が、弱めに測定される。なお、資料として用いた台風の通過前夜に、センサーが不調となり、台風通過時の風速データは得られなかった。また、波高データも一部得られなかった。
- 2) 福江島における有義波高。波高計の位置は、本島と本島の西に位置するサガノ島との間 ($32^{\circ} 45' 13''$ N, $128^{\circ} 37' 46''$ E) である。その位置より、南東方向の波の波高は低めに測定され、西から北向き方向の波の波高は福江島周辺の波高をよく代表する。
- 3) 女島における風速。
- 4) ロボット観測ブイ (No. 4 Buoy) における風速。ブイの位置は ($28^{\circ} 01' N$, $126^{\circ} 03' E$) であり、この海域の風速をよく代表していると考えられる。なお、九州西方海域全体の気象海況状態を把握するために、長崎新聞に毎日掲載された天気図及び天気予報を参考にした。

結果および考察

1. 気象状態安定時

気象状態安定時に三重新漁港で6回測定した Ambient-noise のそれぞれの音圧スペクトルを Fig. 4-a に示す。これらの測定を行なった時点の、野母崎で観測された風速は、 $2\text{ m/s} \sim 8\text{ m/s}$ であった。この期間中小笠原近海を台風21号と22号が通過したが、九州地方は大陸性高気圧の影響下にあり、気象状態は全般に安定していた。スペクトルは全体的にはほぼ平坦をなし、これはテンプラノイズのスペクトルを表わしているものと思われる。テンプラノイズの強さはその場所特有のもので、時間的あるいは季節的変動はほとんどない (TAKEMURA, 1969) といわれている。よって、それぞれのスペクトルの差が、他の要因による雑音の変動と考えられる。

10Hz以下の周波数域と300 Hz以上の周波数域の音

圧に、2種のレベル差が見られる。前者には風速と逆相関の傾向がみられ、後者には測定を行なった期間によって差が見られる。また、10月21日に測定したデータのなかで、周波数16Hzの音圧が突出しており、このときの風速は 8 m/s であった。これは、測定されたなかで最も高い値である。しかし、特徴的に現われたのはこの成分のみであり、他の周波数成分においても、また他のデータにおいても風速との相関は認められなかった。

次に、鯨曾根近辺で8回測定した Ambient-noise の、それぞれの音圧スペクトルを Fig. 4-c に示す。この測定期間中、測定点での風速は 0.5 m/s を超えることはなく、波・うねりともにほとんどなかった。比較のため一般的な外洋の Ambient-noise の音圧スペクトル (WENZ, 1962) を示した。

鯨曾根近辺の Ambient-noise について音圧スペクトルの形状を見ると、 $4 \sim 20\text{ Hz}$ の周波数域でスペクトルレベルの傾斜がおよそ 10 dB/oct. と急峻であり、 $20 \sim 1000\text{ Hz}$ の周波数域ではゆるやかとなっている。これは、WENZ による音圧スペクトルの形状とよく一致しており、主たる要因が波浪であると言える。しかし、レベルは全体的に高く、その差は 20 Hz 以下の周波数域ではおよそ 10 dB 、また 100 Hz 以上の周波数域では、およそ 30 dB もある。低周波域における差の原因としては、ハイドロフォンと、そのケーブルの動揺による自己雑音が考えられる。高周波域における差の原因は、測定分析システムの内部雑音と考えて間違いないだろう。

さらに、それぞれのデータに対する音圧の標準偏差を Fig. 5-a, b に示した。a に鯨曾根近辺でのデータの標準偏差を示し、b に三重新漁港でのデータの標準偏差を示した。また、比較のため南フィジー海盆でのデータの標準偏差 (BANNISTER et al., 1979) と北大西洋のグランドバンクスでのデータの標準偏差 (PERRONE, 1979) を併せて示した。

鯨曾根近辺の Ambient-noise の標準偏差は 80 Hz 以上の周波数域で、他の海域でのものとよく一致している。鯨曾根近辺の海域は、長崎港への船舶の航路と、あまり離れていない。また、鯨曾根が好漁場で漁船が多数操業している。これらより、 80 Hz 以下での非常に大きな揺らぎの要因は、船舶航行雑音によるレベルの変動が主たるものと考えられる。

三重新漁港でのデータの標準偏差は、 20 Hz 以上の周波数域では、ほぼ一定の値を示し鯨曾根でのような大きな揺らぎは見られない。

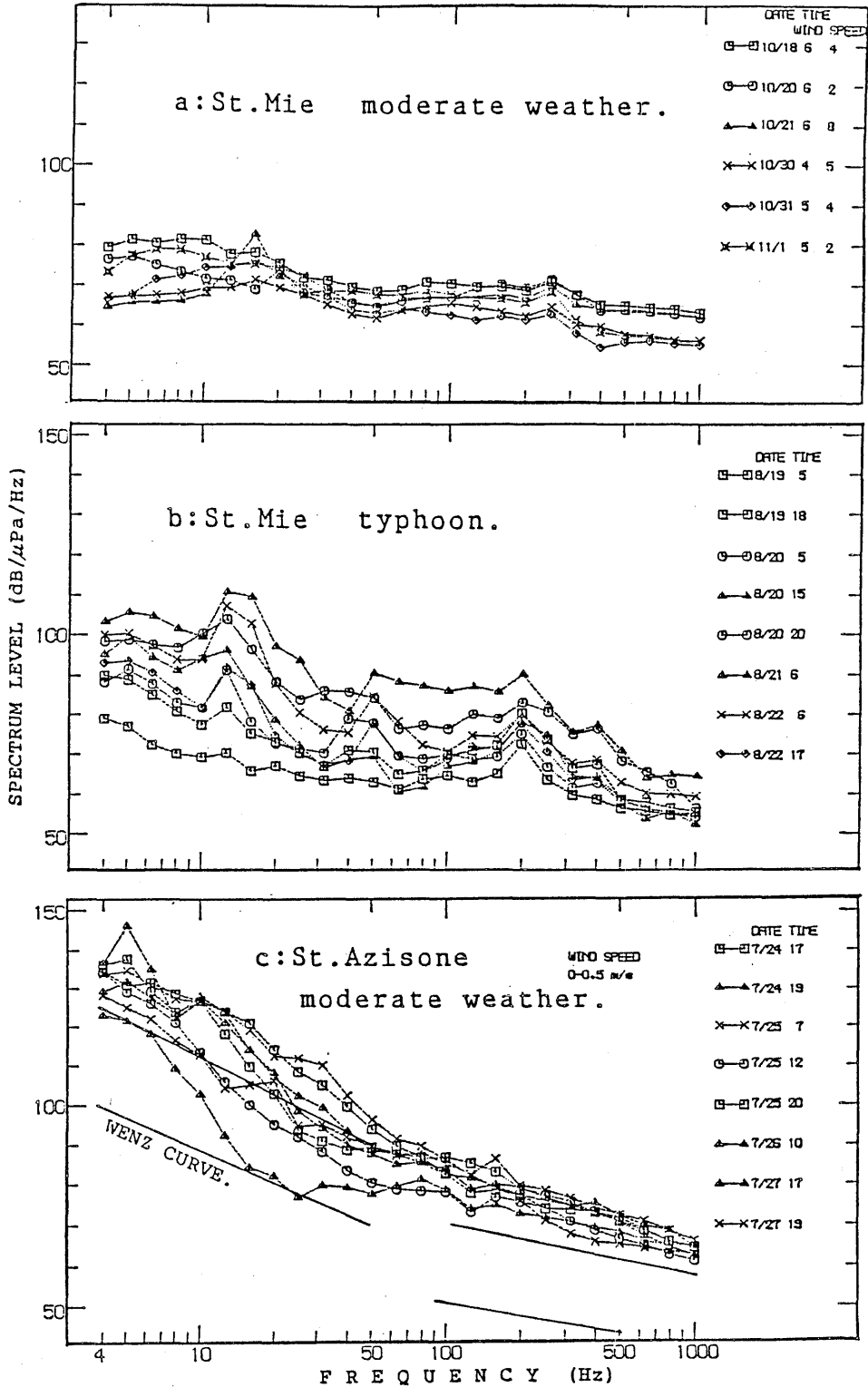


Fig. 4—a, b, c. Ambient noise spectra.

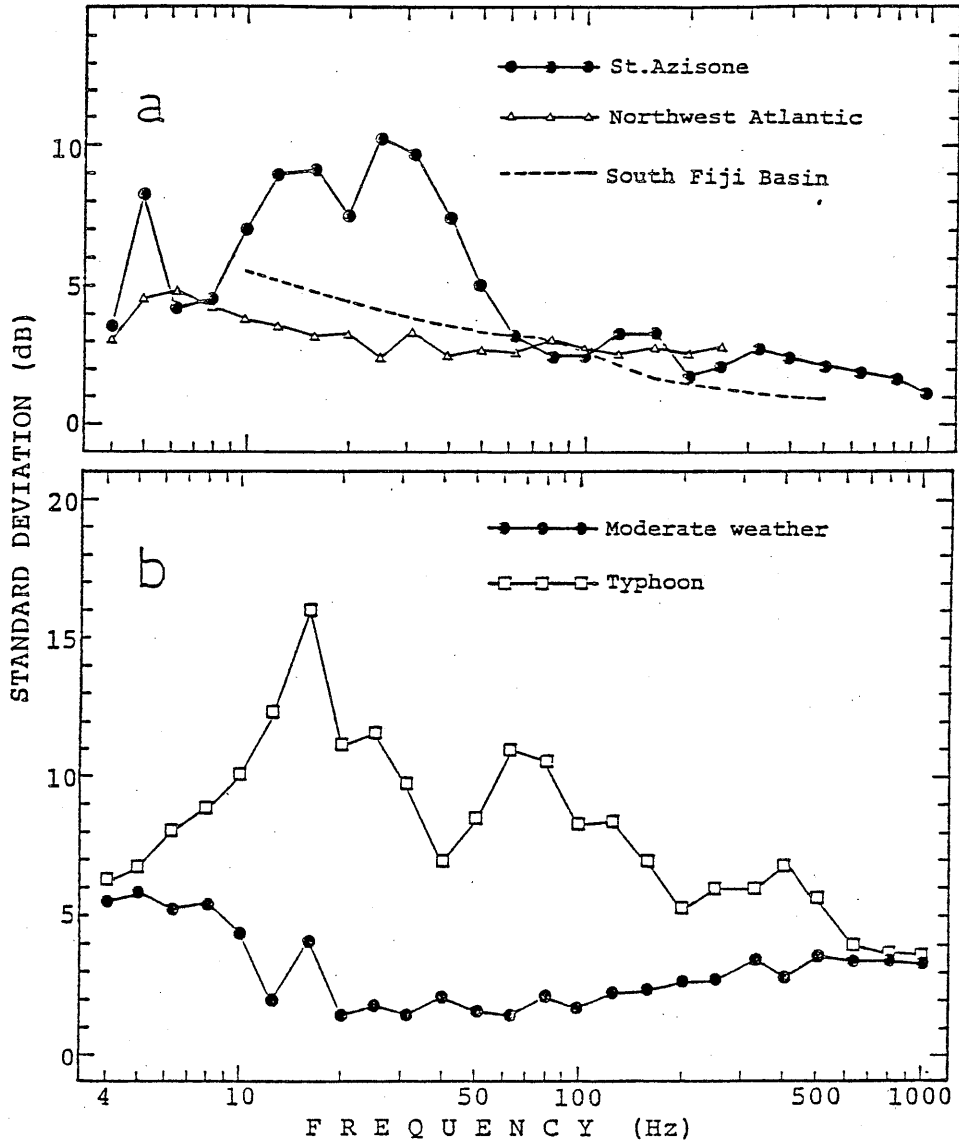


Fig.5—a, b. Standard deviation. (a: St. Azisone compared with other sea area. b: St. Mie, comparison with moderate weather and typhoon.)

以上のように、気象状態安定時の三重新漁港内の Ambient-noise は、気象変動に依存せず、港内特有のものであった。この原因として考えられるのは、防波堤と浅水深のため、外洋において発生した雑音は岸壁までほとんど到達しないということである。また、外洋では波浪による雑音が定常的に卓越しており、この雑音の音源は海面付近の擾乱である。しかし、三重新漁港では防波堤が有効に機能し、港外からの波浪があまり侵入しない。さらに、波浪の発生する水面の面積も狭い。よって、港内で発生する波浪による雑音のレベルは低く、生物雑音や、陸上

からの人為雑音が卓越していると考えられる。

2. 台風通過時

1) 各気象要素の変化

測定の対象とした台風10号が通過した際の、各観測地点の気象要素の変化は、台風のその地点の通過によく対応している。野母崎で観測された有義波高とほかの気象要素との時間差は、相互相関法によれば、福江島における有義波高が+7時間、女島における風速が-12時間、4号ブイでの風速が-36時間であった。なお、野母崎の有義波高センサーが、気

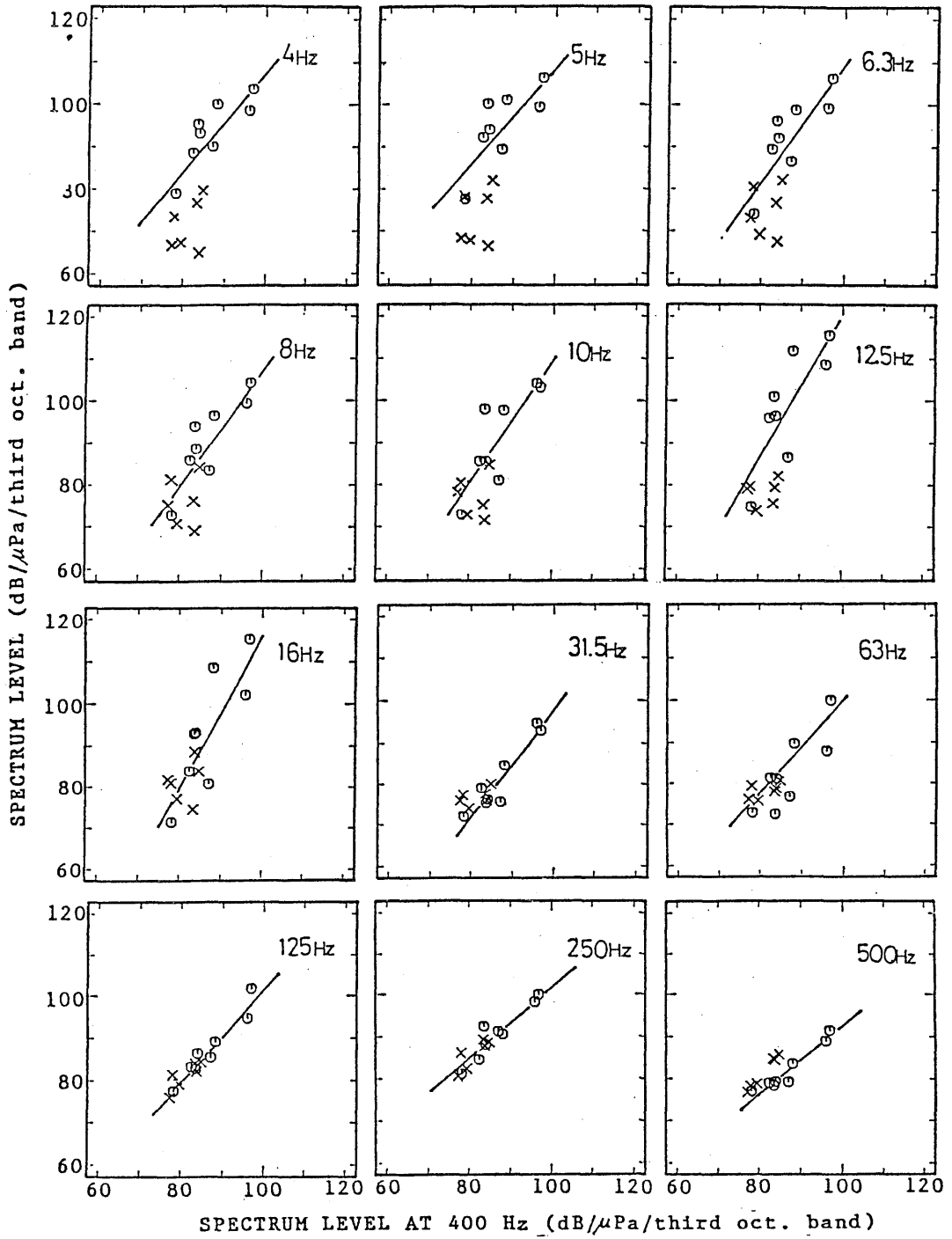


Fig. 6. Correlation between spectrum levels at different Frequencies and spectrum level at 400 Hz.

象状態が最も激しいと思われる間11時間不調となったため、その間のデータは不完全であった。また、その間三重新漁港での Ambient-noise の測定も、岸壁が波に洗われるほど、気象状況が悪化したために、行なうことができなかった。よって、以下において台風が最も接近したときは、測定が可能な状況で台風が最も接近したときを意味する。

2) 台風襲来に先立つ周波数成分

Fig. 4-b は台風の通過の際に 8 回測定した Ambient-noise の、それぞれの音圧スペクトルである。各周波数の音圧は、時間とともにほぼ同じ傾向で変化している。

Fig. 6 は周波数400Hzの音圧と、他の周波数の音圧との相関を示したものである。結果は総ての周波数において強い相関を示した。また、図には気象状

態安定時の音圧も、同じように (×) 印で示している。気象状態安定時の点は、周波数20Hz以上では台風通過時の点と同じ直線上にのる。これは、これらの周波数域の雑音の要因が、気象状態安定時と、あまり変化していないことを示している。周波数12.5 Hz以下では、気象状態安定時の点は同じ直線上にのらず、直線の下側に現われている。このことから、台風通過時には、港外から低周波域の成分の雑音が入ってきていると考えられる。

先に示した Fig. 5 の標準偏差を、台風通過時と気象状態安定時とで比較すると、台風通過時に音圧の揺らぎが大きくなる部分は、大きい方から、周波数およそ16Hz・50Hz・300Hzあたりである。周波数20Hz以上の雑音の要因が、気象状態安定時とあまり変化していないと考えられることから、この揺ら

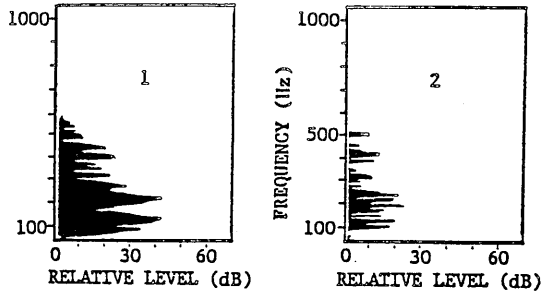


Fig. 7-a.
Sectioner.

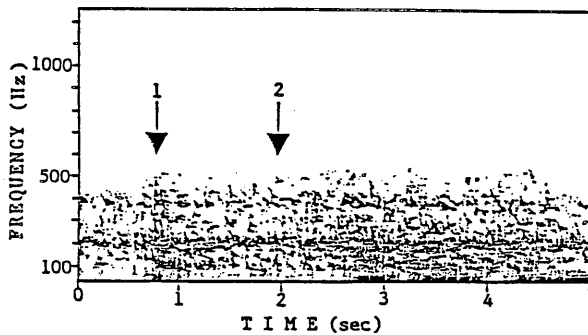


Fig. 7-b.
Ambient noise during typhoon hitting.

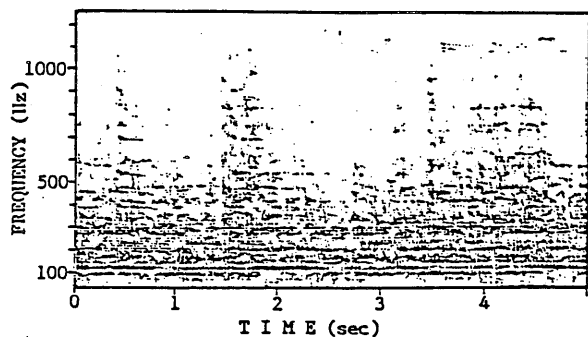


Fig. 7-c.
Sound of bass drum roll.

ぎの要因は港内にあると思われる。そこで、台風が最も近づいたときの、Ambient-noise のサウンドスペクトログラムを検討してみた。(Fig. 7-b)

図の番号1の部分、防波堤で波が砕けたときのスペクトル変化を示している。この部分と、全体的な音圧が低い部分(番号2)のタイムセクションを Fig. 7-a-1,2 に示した。比較すると、スペクトルの形状はあまり変化していないが、50~100Hz・180~220Hz・350~400Hzあたりの周波数域の音圧が、特に大きい高まりを見せている。サウンドスペクトログラムの分析下限周波数が30Hzのため、周波数16Hzの揺らぎについてはわからないが、これらより周波数50Hz・300Hzにみられるおおきな揺らぎの主たる要因が、波の砕ける音ではないかと思われる。

一般に台風が近づくと、海鳴りが聞かれると言われている。これは、波が海浜で折り返す時に水と水とが打ち合ったり、水が地盤を打ったりするために起こる音といわれており(日高, 1959)、また、この音は大太鼓を打ち鳴らす音に似ているとも言われている。そこで、この台風が最も接近したときの Ambient-noise (Fig. 7-b) と、大太鼓を連打したときの音の、サウンドスペクトログラム(Fig. 7-c)を比較してみる。

太鼓音のスペクトルは、100Hzあたりを基本振動数とした線スペクトルと、雑音成分からなる高周波数域ほど減衰の速い連続成分からなっている。一方、Ambient-noise のスペクトルは、200Hzあたりに連続した成分がみられ、ある周波数を中心として非常に速く減衰する雑音が、幾重にも重なった形状をしている。これらふたつのスペクトルは、Ambient-noise の方が周波数域が低い、概ねその構造に於いてよく似ているといえる。

次に、各周波数帯の音圧の時間的変動と、それに対応する野母崎で観測された $\frac{1}{8}$ 有義波高の変動を Fig. 8 に示した。 $\frac{1}{8}$ 有義波高の対数値の変動と、総ての周波数帯の音圧の和であるオーバーオールレベルの変動はよく一致している。周波数帯ごとの変動は、3つに大別される。1番目は、有義波高が2mを超えるあたりで初めて顕著な音圧の高まりが見られる500Hz以上と、16~25Hzの周波数帯である。このあたりの主たる要因は港内の波浪と考えられる。2番目は、有義波高が1mを超えるあたりから、音圧に上下の変動が見られる32~400Hzの周波数帯である。これは、このあたりの成分の主たる要因が、防波堤など港の境界で、波が砕ける音ではないかとい

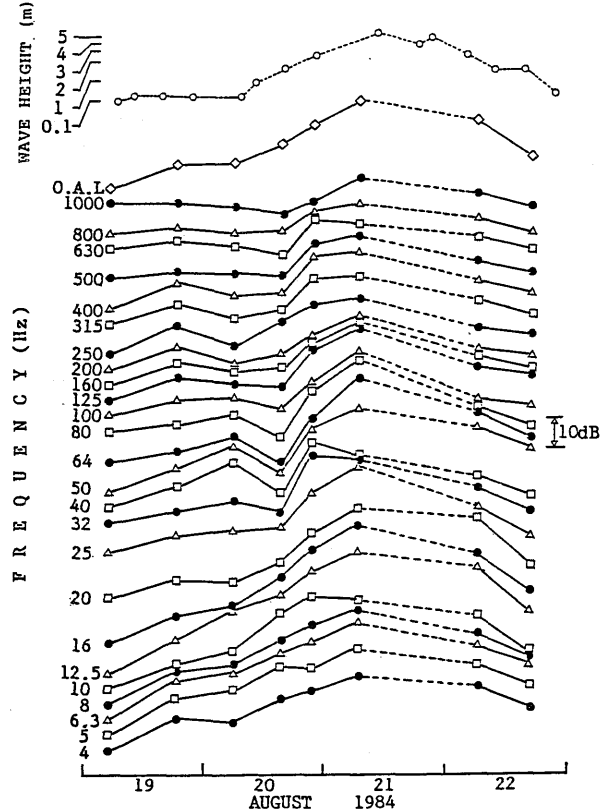


Fig. 8. Variations in ambient noise levels and significant wave height with time.

う先程の結果ともよく一致する。つまり、波の砕ける度合いは、うねりの方向にもよるため、波の砕ける音は台風との距離に加えて、その相対的な場所の移動に大きく左右されると考えられるからである。3番目は、有義波高の上昇よりも明らかに早く音圧の高まりが見られる12.5Hz以下の周波数帯である。

気象状態安定時ではどの周波数帯に於いても波浪による雑音のレベルは、その場所特有の生物雑音などのレベルよりはるかに低いと考えられ、波浪による雑音の変動を検出することはできなかった。しかし、波浪がある程度水準を超えた場合、波浪による雑音発生メカニズム(WILSON, 1980)は外洋と同じと考えられるから、そのレベルは局所的な海況と直線関係にあるはずである。さらに、台風などの大規模な気象擾乱が起こっている場合に、ある特定の雑音がなんらかの理由で港内まで、しかも早く伝達してくるとするならば、そのレベルの局所的な海況との関係は、ある程度海況レベルまでは初期の立ち上がりが急峻になるはずである。

そこで、野母崎で観測された $\frac{1}{8}$ 有義波高と各周波

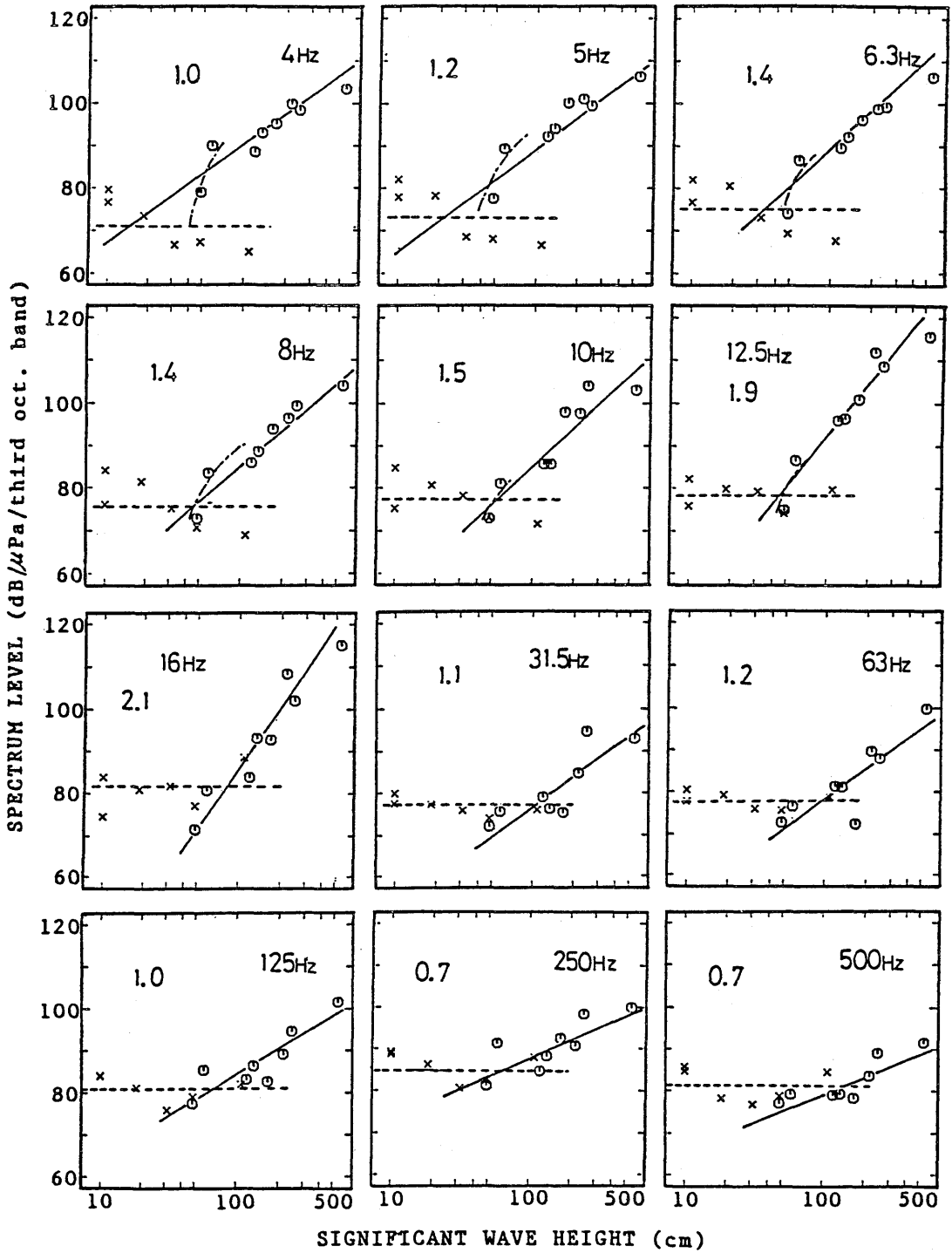


Fig. 9. Correlation between spectrum levels and significant wave height.

数帯の音圧との相関図をFig. 9 に示した。台風通過時の有義波高と各周波数帯の音圧とは、40Hz帯と630Hz帯を除いて強い直線的な相関関係が見られた。その関係は次の式によって表わすことができる。

$$L(f) = A(f) + 20n(f) \log h$$

f は周波数帯を、 h は波高を(m)であらわす。 $L(f)$ は音圧を($\text{dB}/\mu\text{Pa}/\text{third oct.}$)であらわし、 $n(f)$ は傾きをあらわす。各相関図の左肩の数字は、この傾きである。また、この式を各相関図に実線で示した。

気象状態安定時の有義波高と各周波数帯の音圧とは、相関がみられないか、あるいは、負の相関がみられる。よって、気象状態安定時の音圧の平均値を点線で示した。

また、12.5Hz以下の周波数帯の図では、あきらかに初期に急な立ち上がりがみられる。それを1点鎖線で示した。

さらに、12.5Hz以下の周波数帯の音圧は、気象状態安定時には有義波高が100cmを超えても高まりが見られないが、台風通過時には有義波高が50cmを超えた時点で高まりが見られる。

つぎに、台風通過時の有義波高と各周波数帯の音圧との相関の傾き $n(f)$ を周波数の関数としてFig. 10に示した。これより、 $n(f)$ の値は16Hzの周波数帯を頂点とした山型をなすことがわかる。点線はスコシアシェリフの水深150ftの位置において測定されたAmbient-noiseと風速との相関の傾き(PiGGOTT, 1964)である。有義波高と風速の違いがあるため、値を単純に比較する事はできないが、その傾向が似ていることは、前述のように、港内の波浪による雑音発生メカニズムは外洋と同じであることを示している。

測定間隔が大きく、データ数が少ない上に、海況データ観測地点が離れているため、定量的に述べることはできないが、推測どおり、より低い周波数帯に台風襲来に伴う先立つ変化が現われやすいことが、以上より言えると思われる。

3) 影響をおよぼす距離

これまでの結果より、台風などの大規模な気象擾乱による外洋のAmbient-noiseの変化は、三重新漁港内のように外洋とある程度まで遮断された水中のAmbient-noiseにまで、その影響をおよぼすと

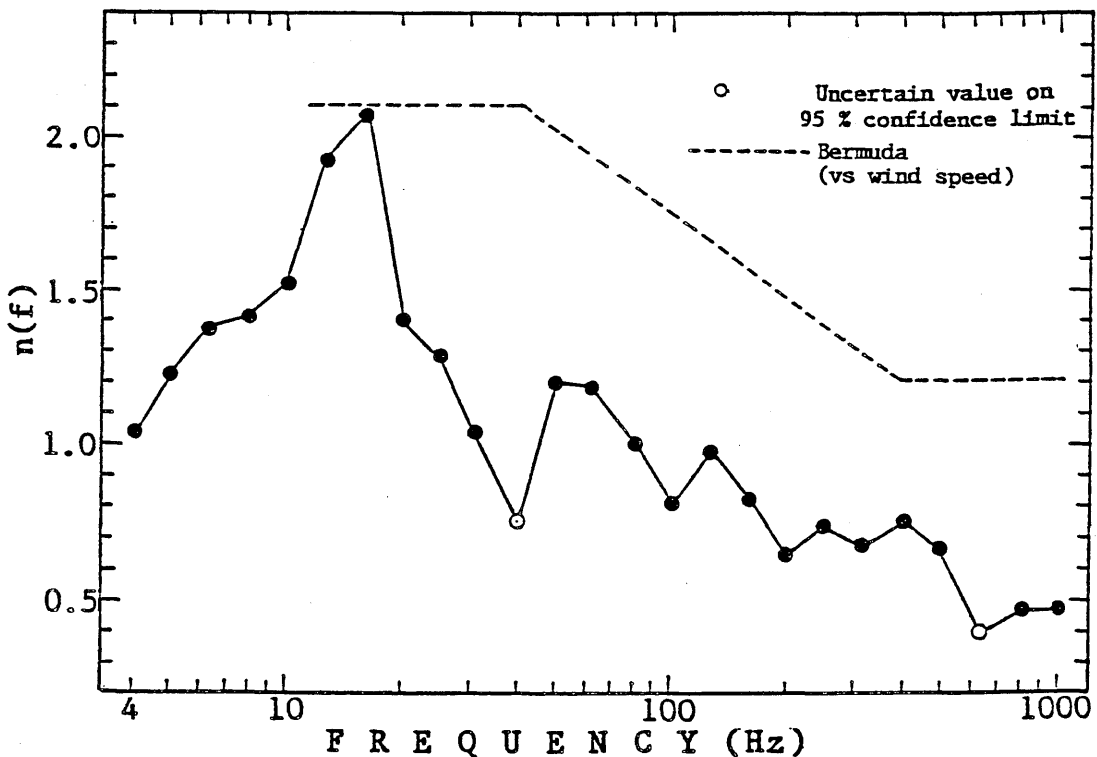


Fig. 10. Relationship between $n(f)$ and frequency

ということが言える。波浪による雑音は、その音源が海面付近にあり、しかも下方に指向性を持っていることから、普通は局所的に影響をおよぼすのみで、水平方向では距離とともに急速に減衰してしまうと考えられる。しかし、遠方の波浪による雑音のレベルが、現地の波浪による局所的な雑音のレベルに対して十分に大きければ、それは遠方の Ambient-noise に影響を与え得るからである。そして、これはその擾乱の規模と距離の関数である。そこで、今回測定の対象とした台風の場合、どの位遠方の波浪による雑音に影響を与えていたかを、検討してみた。台風通過時と気象状態安定時の Ambient-noise の音圧スペクトル(Fig. 4-a, b) のなかで、台風通過時のレベルに特徴的な変化のみられた12.5Hz以下の成分のスペクトルを比較すると、既に第1回目の観測を行なった時点(8月19日 5:00)で、より低周波数域の音圧が高いという差異がみられる。そこで、Fig. 3 に示したそれぞれの観測時点の風速25m以上暴風圏の位置から、暴風圏が距離400km以内であれば沿岸域の Ambient-noise はその影響を受けるといえるだろう。また、今回の台風10号の場合、この距離を時間差に換算するとおよそ20時間であった。

終わりに、資料の便宜をはかって下さった、長崎海洋気象台予報課の皆様には厚くお礼申し上げる。また、測定に協力していただいた古川素直船長はじめ実習船鶴水の乗組員の皆様にお礼申し上げる。

文 献

- BANNISTER, R. W., R. N. DENHAM, and K. M. GUTHRIE. Variability of low-frequency ambient sea noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 65, 1156-1163 (1979)
- 川本信之編, 魚類生理, 第1版, 恒星社厚生閣, 東京, 1970. pp. 462-497
- 日高孝次, 世界大百科事典, 平凡社, 東京, 1959. 3. pp. 209
- PERRONE, A. J. Infrasonic and low-frequency ambient noise measurements on the Grand Banks. *J. Acoust. Soc. Am.* 55, 754-758(1974).
- PIGGOTT, C. L. Ambient Sea Noise at Low Frequencies in Shallow Water of the Scotian Shelf. *J. Acoust. Soc. Am.* 36, 2152-2163(1964)
- TAKEMURA A. Studies on the underwater sound-II, on the diurnal variations of the TEMPURA NOISE in the coastal waters of Nagasaki Prefecture, *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, 28; 31-41, (1969)
- WENZ, G. M. Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources. *J. Acoust. Soc. Am.* 34; 1936-1956(1962)
- WILSON, J. H. Low-frequency wind-generated noise produced by the impact of spray with the ocean's surface. *J. Acoust. Soc. Am.* 68; 952-981 (1980)

