

熊野灘沿岸における海中騒音

小池 隆・小長谷庸夫
三重大学水産学部

On the Underwater Ambient Noise in the Coastal Waters of Kumano Nada

Takashi KOIKE and Tuneo KONAGAYA

Faculty of Fisheries, Mie University

The underwater ambient noise in the coastal waters of Kumano-nada were observed. The apparatuses used were a hydrophone, tape recorder and newly produced automatic recording system. The ambient noise in the coastal fishing grounds was recorded with the hydrophone and tape recorder. The diurnal change of the sound pressure levels in the bay were caught with an automatic recording buoy. Also, the sounds in the water on stormy days were observed with an submerged automatic recording capsule.

The results obtained are summarized as follows:

1. The maximum noise level of the area was 95 dB(re 1 μ Pa) at frequencies between 200 and 1000 Hz. The minimum level was 45 dB at frequencies above 10KHz.
2. The prevailing underwater noise levels on stormy days were apparent at frequencies between 500 and 2500 Hz.
3. Ship traffic noise and other artificial noise were always heard in this area.

The noise contributed at frequencies below 1 KHz, and the levels were 40 dB above the usual background noise.

Key words : underwater ambient noise, automatic recording system, traffic noise, fishing ground

近年、熊野灘沿岸海域においては、工業化に伴う都市騒音や出入港船舶音などの人工騒音レベルが高まり、回遊魚の接岸や養殖魚の飼付などに対する影響が問題視される事が多い。しかし、これらの海中騒音、特に船舶騒音のレベルや周波数は、たえず変化するから、海中音環境を解析するばあい、短時間の録音結果から論ずることは妥当でない。

そこで、一般的なハイドロフォンによる海中騒音の録音に加え、自動録音システムによる比較的長時間にわたる観測を行った。本稿では、主として、海中騒音を自動的に録音するための自動録音ブイ、および海底に沈設用の自動録音システムによる定時観測の結果について述べる。

装置および方法

ハイドロフォンによる収録 約3トンの小型漁船の機関を止め、舷側よりハイドロフォン(57-TA, 100Hz~50KHz)を、順次1m, 5m, 10m, 20mの各層へ降し、録音機(ソニーTC-D5M 20Hz~17KHz)によって収録した。

自動録音ブイによる収録 水中に吊り下げたハイドロフォンのコードをブイ内に取り入れ、プリアンプで40dB増幅したのち、20分毎に20秒間で、ほぼ一昼夜にわたって録音をした。ここで録音機の電源はインターバルタイマーで制御した。

沈設自動録音ブイによる収録 硬質塩ビ製の容器内 (Fig. 1 - ①)に、プリアンプ (LD-3100

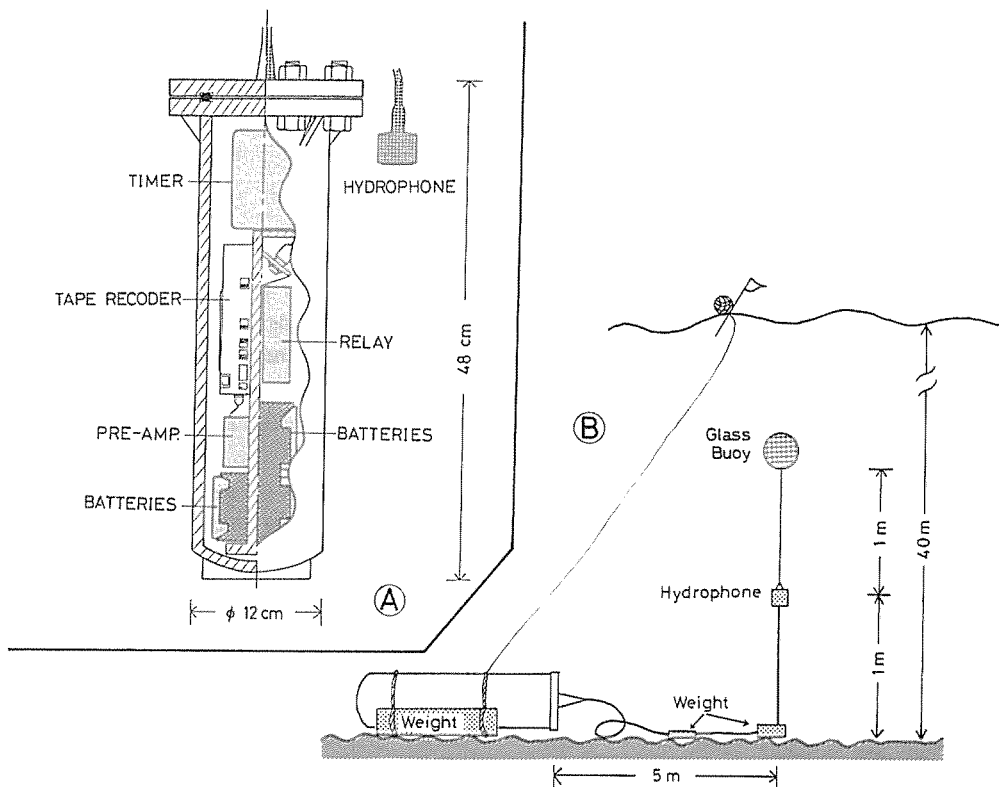


Fig. 1. ① Sectional diagram of the underwater capsule for recording the ambient noise.
 ② Diagram showing layout of underwater apparatus.

使用), 録音機 (アイワ TP-S30, 40Hz~12.5KHz), クォーツ時計およびタイマー (IC555 使用) を封入した。受波器 (NEPE-6) は非共振形で使用し、約6mのキャブタイヤコードを容器内へ導びいた。海中騒音は1日2回0時と12時に15秒間録音した。その方法は、時計 (クォーツ) のアラーム機構の出力で作動するタイマーとリレーで制御して行った。装置の本体は海底に設置し、

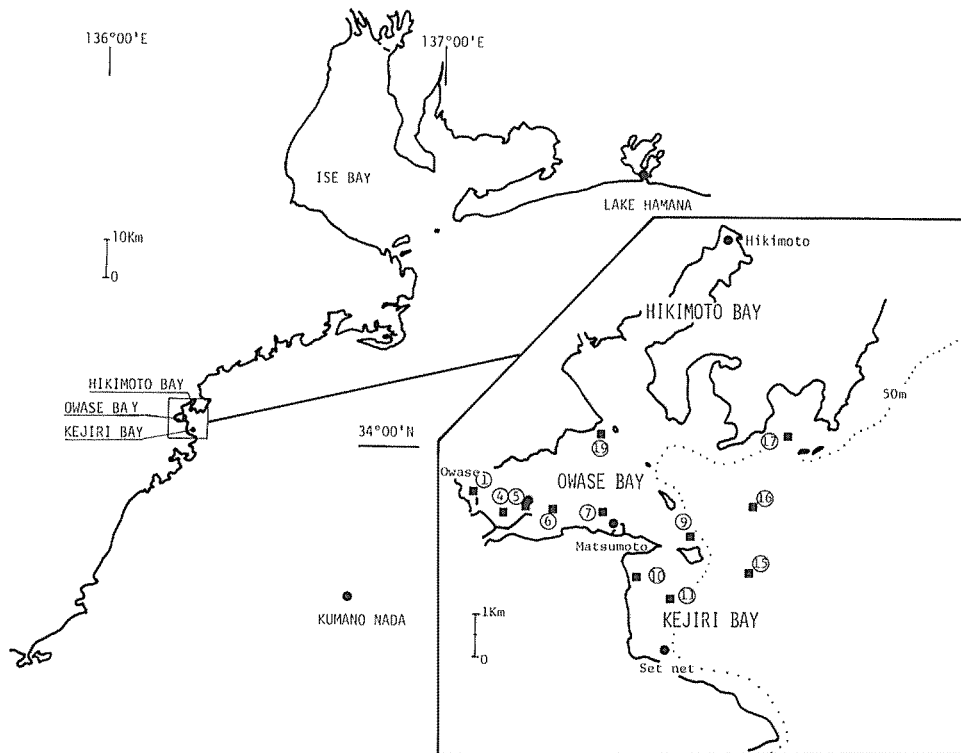


Fig. 2. Maps showing the location of observation.

受波器は耐圧ガラス浮子により海底より1 m上方に浮かせた (Fig. 1 - ③)。

観測方法・解析 熊野灘沿岸、特に尾鷲湾付近のFig. 2に示す観測点で、1981年から1983年までの周年にわたる海中騒音を上記の方法・装置によって収録した。解析に際しては、録音結果をあらかじめ聴音して、自己雑音のないことを確認したうえで、10秒間の音圧スペクトルレベル (dB, re $1\mu\text{Pa}$) をスペクトルアナライザー TR-9305 (FFT方式, 周波数範囲0.0025Hz~100KHz) によって求めた。

結 果

1. 定常的な海中騒音

1980年8月23日~24日にかけて、ハイドロフォンにより収録した尾鷲湾の湾奥から湾口に到る11測点の海中騒音 (1 m, 5 m, 10 m, 20 m) の周波数別音圧レベルをFig. 3 - A, Bに示す。

これらの図からみると、一般に湾奥は湾口に比べて音圧レベルが高い。場所による音圧レベルの相違は、夜間 (Fig. 3 - B) において1 KHz以下の周波数帯で大きく、湾奥では75~95dBの範囲であるが、湾口では65~80dBで、その差は10~15dBにおよぶ。航路すじではこれらと異なり、Fig. 2のSt.16では、昼間 (Fig. 3 - A) においても他より高い。

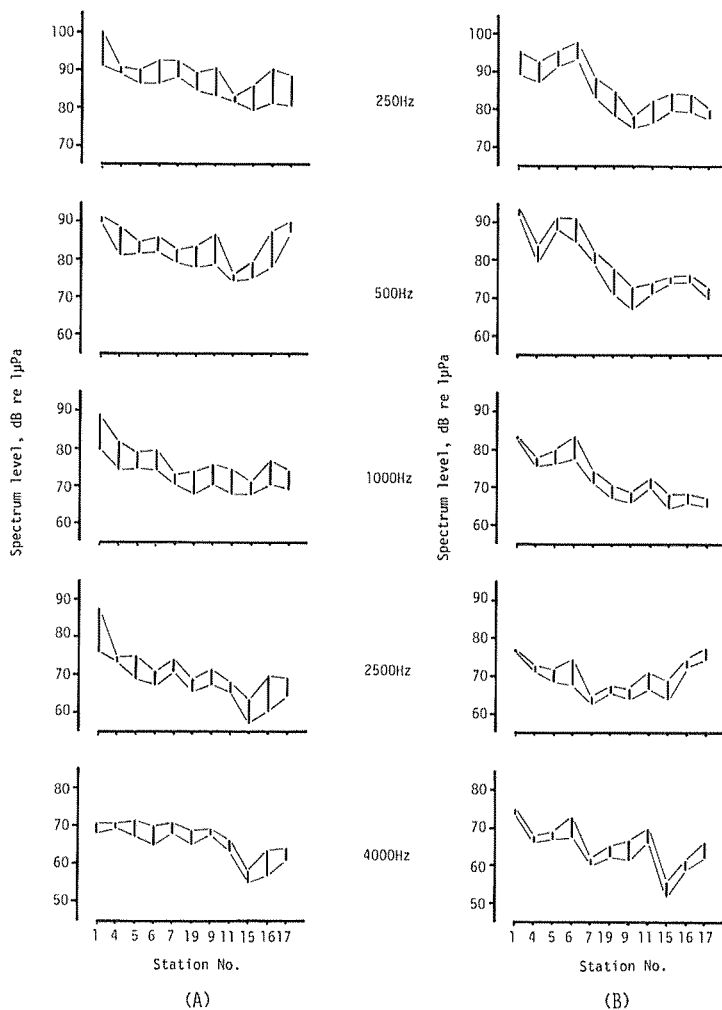


Fig. 3. Observed sound pressure spectrum level in Owase Bay.

(A) in daytime (11:00-17:00).

(B) in night (3:00-5:00).

海中騒音の海域差をみるために、図中引本湾奥から熊野灘沖合において、ほぼ一昼夜にわたって観測した結果をFig. 4に示す。ここで、St. 5は尾鷲港外の航路すじで、大型船の係留施設に近い(水深25m)。引本測点は尾鷲湾の北側に面した湾入の最奥部に位置し、約500m隔ててハマチの養殖イカダが係留されている(底質は砂礫、水深5m)。松本測点は尾鷲湾の南側湾口部の松本漁港外の岩礁地帯である(水深8m)。図中熊野灘測点のグラフは熊野市沖合約24マイルの海中騒音スペクトルを示す(録音ブイによる収録)。これらの観測結果を総合すると、熊野灘沿岸の内湾域および沖合海域の音圧レベルの範囲は、最高約95dB(500~1000Hz)、最低約45dB(10KHz以

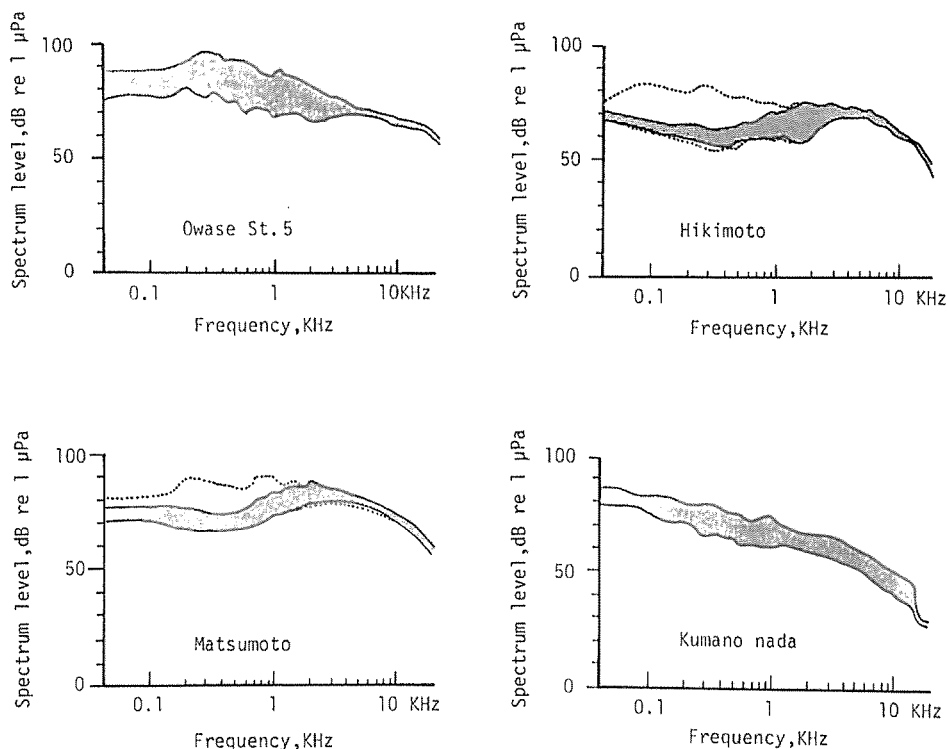


Fig. 4. Observed ambient noise spectra.

上)で、前者は後者に比べて周波数による音圧レベルの上下幅が大きい。例えば500~1000Hzのそれは最も大きく20dB以上あるが、5 KHz以上では逆に小さく10dB以下である。また、観測したすべての内湾測点において、海中騒音スペクトルは1 KHz付近に極小値を、2~6 KHz付近にはなだらかなピークを有す。一方、後者の音圧は、200Hz以下の周波数帯域で高く、5 KHz以上のそれで低い。音圧スペクトルは平坦で周波数による音圧変動の差が少ない。

同一方法による録音結果の分析から、経時的な音圧変化を周波数別にプロットした結果をFig. 5に示す。これから、一般に、内湾域では1.8 KHz以下の周波数帯において、朝・夕に高く夜間低い日周変動がみられるが、沖合海域ではこの変動はみられない。

2. 荒天時における海中騒音

荒天時における海中騒音を収録する目的で、尾鷲湾松本定置漁場(水深40m, 1981年11月11日~12月8日, 1982年3月4日~6月4日)および尾鷲湾奥St. 5(水深20m, 1982年8月10日~9月9日)に沈設自動録音装置を設置した。上記の観測期間中に2回台風が襲来し、8月27日には31m/secの風速と150cm以上のウネリが観測された。この期間の録音記録から騒音スペクトルを分析して、毎日の正午と深夜の騒音について周波数別(250~8000Hz)の音圧変動をプロットした結果をFig. 6-Aに示す。海中騒音のレベルと海況の関係をみるためにこの期間中の風向、風速およびウネリの高さを示したFig. 6-Bと比較すると、500~2500Hz帯における音圧は、台風

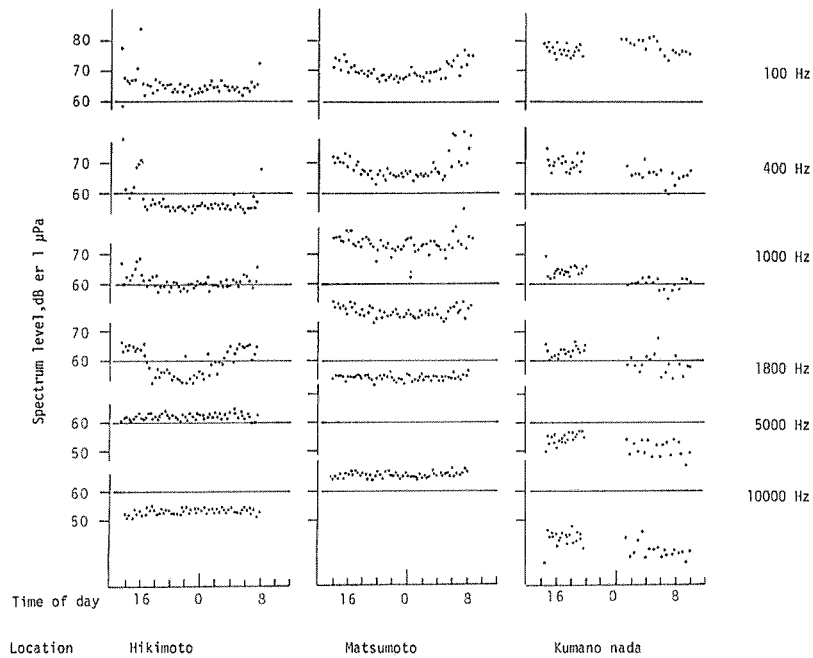


Fig. 5. Variation of the noise level at each locations.

襲来日の数日前より10~15dB上昇した。しかし、4 KHz以上の周波数には顕著な音圧変動はなかった。

3. 船舶交通騒音ならびに港湾設備付近の海中騒音

海中騒音の録音を聴音すると、熊野灘沿岸海域のすべての測点において、遠方および近傍の船舶交通騒音が聞かれた。Fig. 7は自動録音ブイの記録から、船舶騒音の聴音されないときの背景騒音スペクトルを対照として船舶騒音のスペクトルを総合したものである。図で、斜線は背景騒音スペクトルを、点線は船舶騒音による音圧上昇を示す。これらから、船舶騒音は1 KHz以下の周波数帯に卓越し、特に200~500 Hzにピークを有し、音圧は40dB以上におよぶことがわかる。

尾鷲湾奥の海中騒音の録音からは、港内の係留設備や浮標からの金属音が聞かれた。これらの音は大別して2種類に分けられる。一つは鐘またはアクアラングのボンベをハンマーで軽くたたいたとき聞かれるような金属音で、他は鎖の擦れあう音である。この録音の分析結果をFig. 8に示す。図からみると金属音の周波数は700~3000Hzであり、音圧は90dBを越える。

4. 陸上交通騒音の海中への伝搬

陸上騒音の海中への伝搬を知るために、1980年12月17日毛尻湾において、紀西線陸橋より約100 m沖の1 m, 5 m, 海底付近(8 m)の3層の海中騒音を取録した。この結果と比較するために、その後さらに浜名湖の新幹線の鉄橋より20m, 東海道線の鉄橋より10mの距離にある国道1号線の橋上よりハイドロフォンを水面下1 mに吊り下げ、海中騒音を取録した(1981年12月22日)。両日とも静穏・快晴であった。先ず聴音結果を比較すると、毛尻湾では、フライングノイズを除い

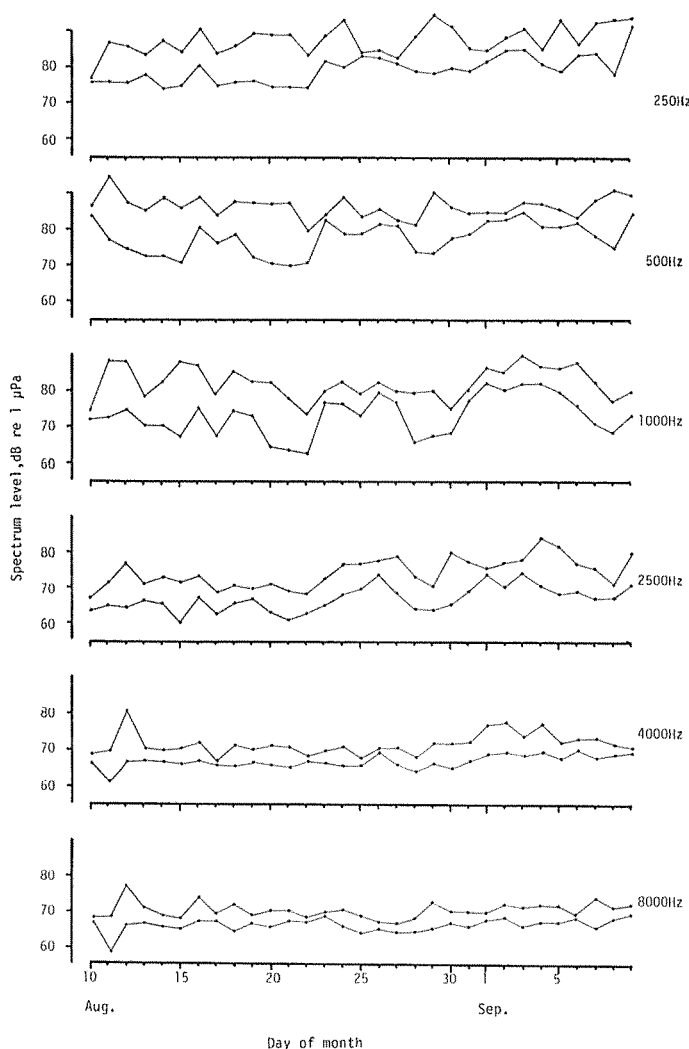


Fig. 6-A Variation of sound pressure spectrum levels (250–8000 Hz) at Owase St. 5.
 upper line : 12:00 h.
 lower line : 00:00 h.

て騒音レベルは他測点より低く列車音も聞かれなかった。浜名湖の新幹線および東海道線の列車音は、共に騒々しく、特に後者の騒音レベルは高かった。Fig. 9 に示した分析結果からみると、毛尻湾においては列車騒音は背景騒音にマスクされて明らかでないが、浜名湖における観測例では新幹線、東海道線共に、可聴域内で背景騒音レベルより20~40 dB 高い。列車騒音スペクトルのピークは200~500 Hz にみられ、ハイドロフォンの10m 付近を通過した船外機漁船の騒音と比較すると、ピーク周波数はほぼ同様であったが、音圧の最高レベルは約20 dB 高かった。新幹線

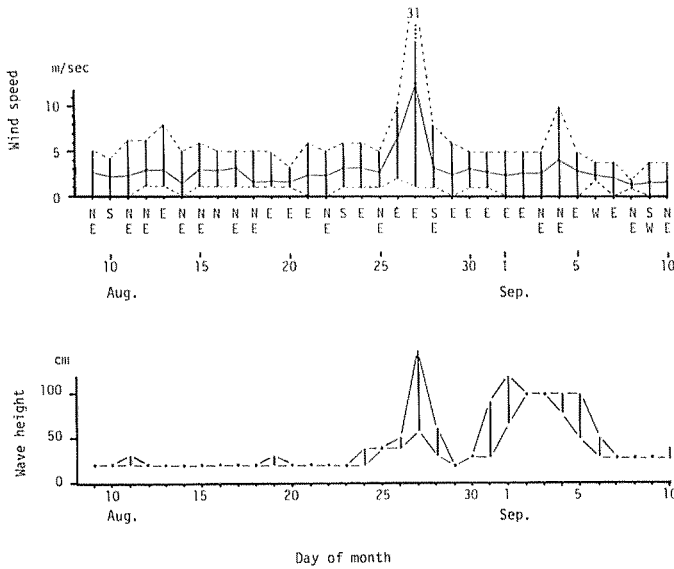


Fig. 6-B Variation of wind speed and wave height at Owase harbor. The broken lines show the maximum and minimum wind speed.

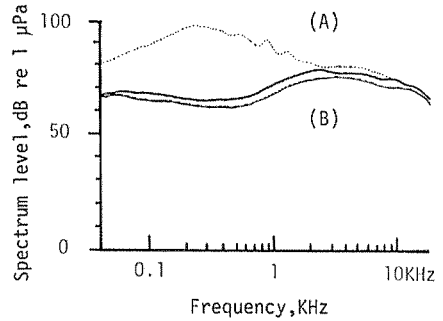


Fig. 7. Ambient noise levels of ship sounds. (A) ship sounds. (B) back-ground noise.

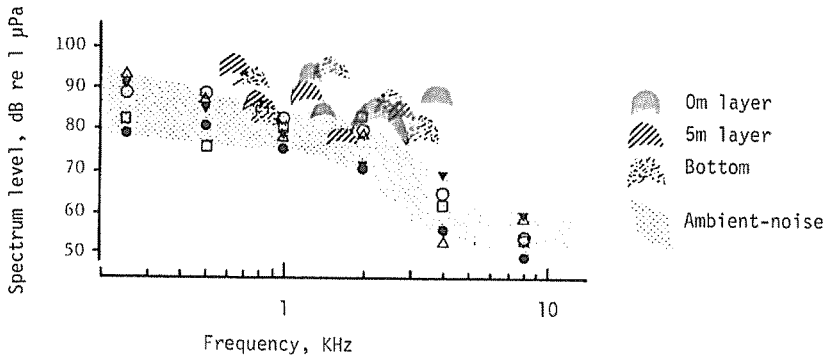


Fig. 8. Typical spectra of man-made noise from Owase harbor.

と東海道線の騒音スペクトルについてみると、前者は約2 KHz以下で高く、後者ではそれ以下で10dB以上高かった。これらの原因は、橋脚の構造および枕木の固定方法の違い等によって騒音の音圧やスペクトルが相違するためであろう。

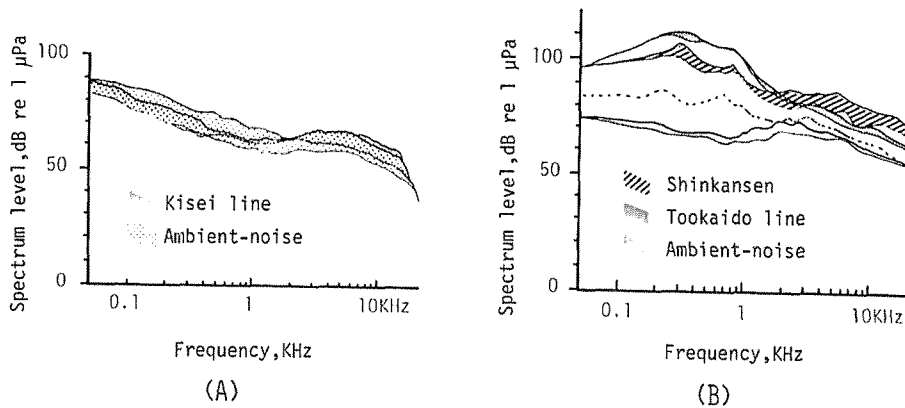


Fig. 9. Typical spectra of railway traffic noise.
 (A) at Kejiri Bay St. 10.
 (B) at Lake Hamana.

考 察

熊野灘沿岸海域における海中騒音スペクトルは、200~1000 Hzで最高約95 dB・最低約45 dB (10 KHz以上)であった。この値は Wenz (1962)の示した一般的な海中騒音スペクトルレベルより約5~10 dB高い。これは、ひんぱんに通行する沖合の船舶および沿岸漁船の騒音が原因と考えられる。漁船の機関音の魚類生態に及ぼす影響について、柴田 (1966)は施網漁船のsinging音の大小が漁獲能率に影響することを示唆した。また、漁船の接近によるヒラマサの遊泳行動の変化も観測されている (小長谷1984)。これらの結果を合せ考えると、船舶交通による騒音が魚群行動に与える影響は否定できない。

一般に、沿岸の浅海や港湾付近における海中騒音レベルは、船舶航行と工業騒音、風や潮流によるじょう乱および生物による騒音などによるが (Wenz 1963, Piggott 1964), 特にこの海域では船舶交通騒音の影響が大きい。また、風速の対数と海中騒音レベルは直線関係にあるといわれるが (Bannister et al. 1979), 測定の結果からは明確でなく、わずかに尾鷲湾奥においてウネりの高い日に1 KHz以下の周波数帯で音圧レベルの上昇がみられたにすぎない。この原因は、三方を山に囲まれた奥深い内湾では、風波の影響を受けにくいためであろう。

次に、沿岸養殖漁場 (水深5~15m)における、港湾の人工構築物が発する金属性の騒音の影響をみるため、係船設備からの距離と音圧の関係をプロットしたところ (Fig.10), 減衰量は100 mあたり10~15 dB (700 Hz)となった。一方、浅海域における低周波域の伝搬損失 (TL)を Marsh and Schulkin (1962)の示した次式で計算すると

$TL = 20 \log r + \alpha r + 60 - K_L = 54 \text{ dB/kyd}$ (34.75 dB/100m: 換算値)である。(rは距離kyd, α は海水の吸収係数 dB/kyd: 0.06, K_L は近距離アノマリ: 6.0)したがって、湾奥の人工構築物の発する海中騒音 (700 Hz)の減衰はこの計算値より小さい。この原因は、音源が比較的広範囲に分布し、発生打音の音圧も一様でないために見掛上減衰が小さく見積られたためであろう。騒音発生水域外の減衰量を Marsh and Schulkin の式から得た34.75 dB/100mとすると、約200 m

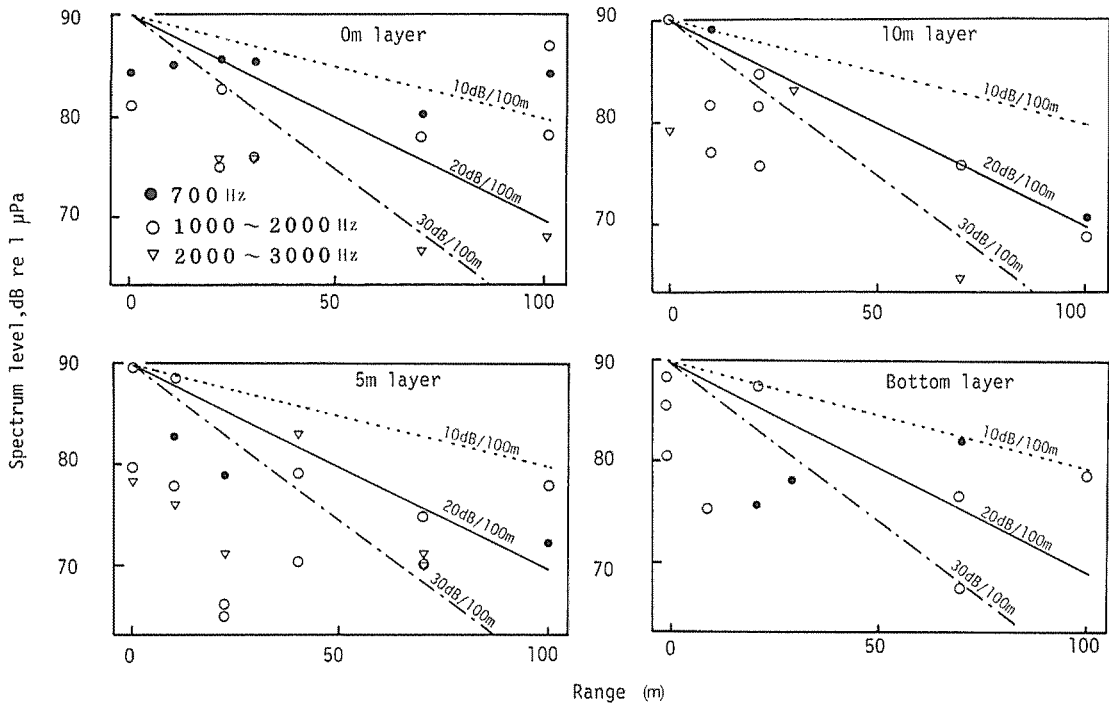


Fig. 10. Observed transmission loss in Owase Bay.

離れた所ではこの水中騒音は背景騒音にマスクされると考えられる。

研究にあたって、有益な御助言を賜った三重大学水産学部教授坂本市太郎博士に厚く謝意を述べる。

この研究は一部文部省科学研究費（1981年一般研究B 課題番号 00546187 研究代表者坂本市太郎）によった。

文 献

- BANNISTER, R. W., DENHAN, R. N., GUTHRIE, K. M., BROWING, D. and PERRONE, A. J., 1979. Variability of low-frequency ambient sea noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, **65**(5): 1156-1163.
- 畠山良己, 1984. 水中音の測定・分析, 海洋科学, 海洋出版, **16**(5): 264-271.
- KENDIG, P. M., 1961. Ambient noise in the sea and its measurement. ALBERS, V. M. (Ed) *Underwater Acoustics*, Plenum Press.
- 小池 隆・小長谷庸夫, 1982. デジタルカウンタによるフライングノイズの解析, 本誌 **9**: 39-47.
- 小長谷庸夫, 1984. 魚類の生態と音環境および海洋環境の計測, 海洋科学, 海洋出版, **16**(5): 272-278.
- , 1980. 琵琶湖の音環境および工事音の魚類に対する影響, 日水誌, **46**(2): 129-132.
- 西ノ首英之, 1970. 漁船および網漁具の操業中に発する水中騒音について, 長大水研報, **29**: 91-102.
- MARSH, H. W., SCHULKIN, M., 1962. Shallow water transmission. *J. Acoust. Soc. Am.*, **34**: 863

- PIGGOTT, C. L., 1964, Ambient sea noise at low frequencies in shallow water of the Scotian shelf. *J. Acoust. Soc. Am.*, **36**(11) : 2152-2163.
- REVIVE, J. and WESTON, D. E., 1971, Hydrophone signals due to tidal and wave effects. *Deep-sea Res.*, **18** : 545-546.
- 坂本市太郎, 1983, 沿岸漁場形成に関する音響環境構造と魚群生態の研究, 文部省科学研究成果報告書.
- 柴田恵司, 1966, 施網漁船の騒音について. 長大水研報, **21** : 145-158.
- TAKEMURA, A., 1972, The distribution of biological underwater noise at the coastal waters of Japan. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **38**(3) : 201-210.
- , 1969, On the diurnal variation of the TENPURA NOISE in the coastal waters of Nagasaki Prefecture. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, **28** : 31-41.
- Urlick, R. J., 1967, Principles of underwater sound. McGraw-Hill Book Company, New York, 1-384.
- WENZ, G. M., 1962, Acoustic ambient noise in the ocean : Spectra and sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, **34** : 19-36.
- , 1963, Curious noises and sonic environment in the ocean. TAVOLGA, W. N., (Ed) Marine Bio-Acoustics, Pergamon Press.
- 吉野鎮夫, 1963, 魚類の聴覚と音環境に関する研究-I. 日水誌, **30**(3) : 203-208.