

## 鹿児島湾奥部海域の水中音環境

藤枝 繁\*・松野保久\*・山中有一\*・  
稲元忠弘\*\*・中島大輔\*

### The underwater noise environment in the innermost area of Kagoshima Bay

Shigeru FUJIEDA\*, Yasuhisa MATSUNO\*,  
Yuichi YAMANAKA\*, Tadahiro INAMOTO\*\*  
and Daisuke NAKASHIMA\*

#### Abstract

The spectra of the underwater noise has been measured in the innermost area of Kagoshima Bay at 6 station from 5m to 100m depth. The vertical spectrogram were made out by the spectrum data analyzed underwater noise. We were compared with vertical and local characteristics.

At off Mifune in the north of the Sakurajima Strait, the spectrogram was complicated by time and depth under the influence of the artificial noise from land and sea, example of trains, cars, feeding boats etc. But at off Oosaki-ga-hana on the east cost of the innermost area, off Shirahama on the north side of Sakurajima and central of this area was comparatively silent sea except for the underwater noise emitted by fishing boats. But, there were the only influence of biological noise in the deep part. At off Fukuyama showed the "TAGIRI" (volcanic air bubble from sea bottom) spectrum level more than 5kHz was lower than other as there is not biological noise. The diurnal variation of underwater noise at the coastal shallow water depend on the artificial noise from land and the biological noise in the sea, and conform with their diurnal activity.

#### 1. はじめに

鹿児島湾は、南北約75km、東西約25km、南を太平洋に接する半閉鎖型の内湾で海底地形によって湾口部、湾中央部および湾奥部の三つの海域に分けられる。その中でも湾奥部海域は、始良カルデラによってできた海盆であるため、海岸線から急峻な傾斜面を形成し、西部の水深140mの平坦地形および東部の水深200m前後の凹地が大部分を占める。さらに桜島西側の狭い水道を唯一の開口部とする閉鎖的な地形条件である。

この鹿児島湾奥部海域において筆者らは、DSLの発生音（松野ほか、1986）、養殖生簀内の魚群の摂餌音

や遊泳音（松野・山中、1986、藤枝ほか、1993、松野ほか、1994、藤枝ほか、1994）および船舶の放射雑音（鄭ほか、1995）など沿岸漁場における水中音に関する種々の研究を行ってきた。沿岸漁場の海中雑音は、地理的条件が一定でなく、海域特有の雑音や船舶雑音および沿岸部の陸上雑音など様々な要因によって複雑に変化する。特に当湾は火山性海湾であり、東部では海底噴気孔群からの噴気による“たぎり”と呼ばれる気泡の上昇が見られ、その影響により一部の海域では特殊な水中音環境が形成されているとも考えられる。

沿岸漁場における水中音が魚類に与える影響を考慮する場合、その水中音環境を十分に把握する必要がある。本稿では、沿岸漁場の水中音環境を明らかにすることを目的とし、その第一段階として閉鎖的内湾である鹿児島湾奥部海域の海中雑音を測定し、その鉛直特性や地域的特性、また沿岸部での生物雑音と陸上からの人工雑音の時間変化について解析し、検討を行った。

1995年12月12日受理

\* 鹿児島大学水産学部 Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan.

\*\* 鹿児島大学水産学部練習船南星丸 Training ship "NANAIE-MARU", Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan.

2. 実験方法

2.1 測定海域

1995年5月30日～7月27日、鹿児島湾奥部海域の水深100m以深の海域において海中雑音の測定を実施した。湾奥部海域の海底地形と測定点をFig. 1に示す。測定点は、湾奥部海域の桜島水道北部三船沖 (a)、西部大崎ヶ鼻沖 (b), (c)、桜島北岸白浜沖 (d)、中央部 (e)、東部福山沖 (f) の6点とした。なお福山沖では、“たぎり”現象を魚探機と目視により確認し、その真上に測定船を停船させ測定を行った。また測定時、周辺に航行する船舶は三船沖 (a)、大崎ヶ鼻沖 (b) 以外では視認できなかった。

さらに1994年7月12日～13日、鹿児島市与次郎ヶ浜長水路内 (g) において、海中雑音の日周変化の測定を行った。以上の各測定時の条件をTable 1に示す。

2.2 測定装置

測定は、Fig. 2に示すようにハイドロホンST-1005 (沖電気工業製) を鹿児島大学水産学部練習船南星丸 (83トン) から手動海洋観測用ウインチを用いて昇降させた。なおハイドロホンは、懸垂用ワイヤの振動による低周波雑音の混入を防止するために、三角柱型の鉄枠 (45×45×80cm, 5kg) 内にゴムコードで水平方向無指向性となるように設置した。

(a)～(f)での海中雑音の測定は、ハイドロホン

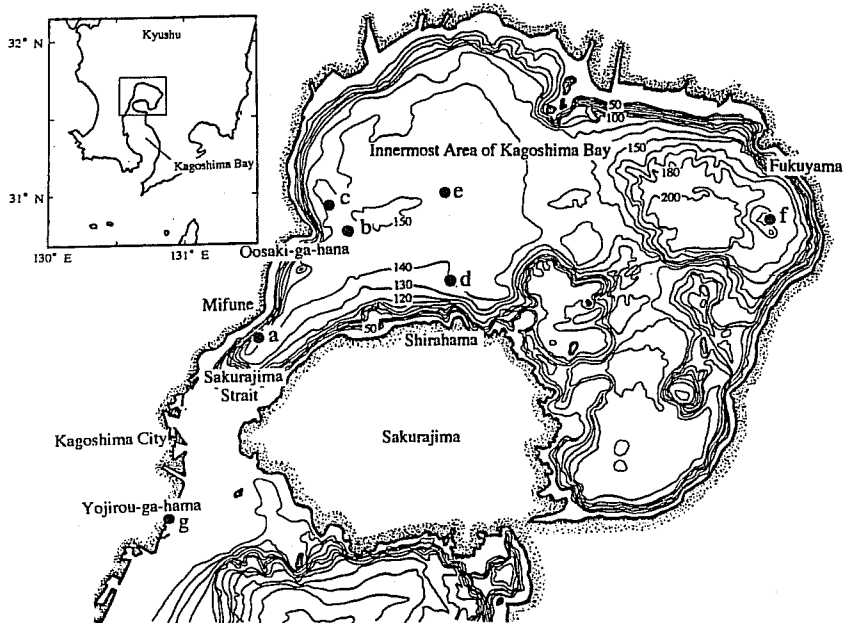


Fig. 1. Location and bathymetric map of the innermost area of Kagoshima Bay, shown by water depth in meters. a: off Mifune, b, c: off Oosaki-ga-hana, d: off Shirahama, e: Central, f: off Fukuyama, g: Yojirou-ga-hama.

Table 1. The observation condition of underwater noise in the innermost area of Kagoshima Bay.

Station	No.	Date	Time (h-m)	Term(min)	Depth(m)	Wind speed(m/s)	Weather
Mifune	a	1995.6.23	10-38~54	16	138	7	b
Oosaki-hana	b	1995.5.30	12-24~55	31	145	6	bc
Oosaki-hana	c	1995.5.31	14-27~51	24	137	2.5	c
Sirahama	d	1995.7. 7	12-31~50	19	132	6	b
Central	e	1995.7.21	13-10~26	13	145	3	b
Fukuyama	f	1995.5.31	12-25~44	19	149	calm	c
Fukuyama(drift)	f	1995.5.31	12-44~13-07	23	149	calm	c
Yojirou-ga-hama	g	1994.7.12 ~7.13	10-45~9-45		3	calm	b

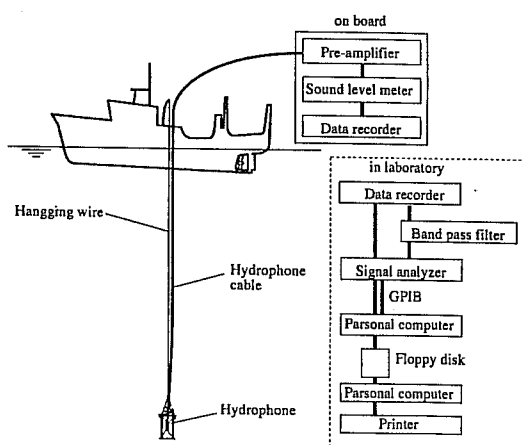


Fig. 2. Block diagram of equipment used to measure the underwater noise and set up to measure for the vertical characteristic.

を5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90および100 mの11水深に静止させて行った。各水深での測定時間は、時間差をできるだけ少なくするために60s間とした。また福山沖 (f) では、ハイドロホンを“たぎり”上水深100mに懸垂し、23分間連続測定した。

ハイドロホンで受波した海中雑音は、船上のプリアンプST-80A (沖電気工業製) を介して水中音圧計SW-1020 (沖電気工業製) に導いた。得られた受波信号は、メインアンプで増幅後、 $1\mu\text{Pa}$ を基準とした音圧レベルに換算した値でデータレコーダRD-101T (TEAC製) に記録した。なお測定時は、船舶から海中への放射雑音を防止するため、測定船の主機および補機を停止した。また交流電源雑音防止のため、航海計器等すべて停止し、水中音圧計およびデータレコーダは、規定の直流電源により作動させた。

また与次郎ヶ浜 (g) で行った海中雑音の日周変化の測定は、幅50mの長水路にロープを渡し、その中央部水深1mの位置にハイドロホンを設置して、日中は1時間間隔、夜中は2時間間隔、および日没前後1時間は30分間隔で各3分間測定した。ハイドロホンで受波した水中音は、同じくプリアンプを介して水中音圧計に導き、 $1\mu\text{Pa}$ を基準とした音圧レベルに換算した値をレベルメーターで読み取り、同時にデータレコーダに記録した。なおすべての海中雑音の測定には、水中音圧計内のカットオフ周波数10Hzのハイパスフィルタ、および10kHzのローパスフィルタを使用した。

## 2.3 海中雑音の解析

収録した海中雑音は、後日研究室にて再生し、信号解析装置SA-74 (リオン製) を用いて測定方法により次の3種類の周波数解析を行った。まず (a) ~ (f) で測定した水深別の海中雑音は、記録された60s間のデータを20s間隔で周波数解析し、各水深3データ、水深5~100mの11段階、計33のスペクトルデータを求めた。次に (f) の“たぎり”上水深100mで23分間連続記録した海中雑音は、60s間隔で周波数解析を行い、計23のスペクトルデータを求めた。なお両解析とも周波数レンジはDC~10kHzで、帯域幅は25Hzとした。さらに (g) の海中雑音は、各測定あたり1回の周波数解析を行い、計27のスペクトルデータを求めた。なおこの解析は、周波数レンジDC~2kHz、帯域幅5Hzとした。またこれらすべての周波数解析の積算平均処理回数は10回とした。以上3種類のスペクトルデータは、パソコンに転送し、1Hzの帯域幅のスペクトルレベルに換算した後、横軸を周波数、縦軸を水深または時間としてスペクトログラムを作成した。

沿岸海域で測定される生物雑音は、テンプラノイズやフライングノイズと呼ばれ、主にテッポウエビによって発せられる。(TAKEMURA・MIZUE, 1968, 小池・小長谷, 1982) また浅海では、この生物雑音の影響より1kHz~4kHzのスペクトルレベルが卓越する。(TAKEMURA, 1969) 今回測定された生物雑音を周波数解析した結果、1kHz以上でスペクトルレベルが高かった。よって (g) での生物雑音の日周変化の解析は、記録されたデータを2kHzを中心周波数とする1/3オクターブバンドパスフィルタE-3201B (NF回路ブロック設計製) (24dB/oct) に通し、S/N比10dB以上のパルス音の発生回数を計数した。

## 3. 分析結果

### 3.1 湾奥部海域の海中雑音

湾奥部海域の水中音環境の基本的な特徴を得るために、Fig. 3に (a) ~ (f) の水深5~100m, Fig. 4に (f) の水深100mのスペクトログラムを示す。なおスペクトログラムは、55dB未満、55dB以上60dB未満、60dB以上65dB未満、65dB以上70dB未満、70dB以上75dB未満、および75dB以上をスペクトルレベルが低いほど濃い6階調グレースケールで表示した。

湾奥部海域の海中雑音の特徴は、1kHz以下の周波数帯に最大値が存在し、周波数が増すにつれてスペクトルレベルは低下した。(a) では水深40mを測定中に

列車 (Fig. 3, A) が通過し、付近に数隻の養殖給餌漁船が見られた。また (c) では水深40m測定中に小型巡視艇 (Fig. 3, B) が通過した。後者の影響は10Hzから10kHz以上の広帯域に及び、影響がない時に比べスペクトルレベルが15dB以上上昇した。なおこれは一本の hidroホンを順次降下させて測定したため、水深による時間差により特定水深のみに船舶雑音が現れた。各測定点における5mから100mまでの測定時間差は、Table 1に示すように13分から最大31分であった。またスペクトルレベルは、水深によって変動が見

られ、特に (a), (b) では船舶による影響が顕著であった。しかし (e) ではスペクトルレベルの変動が低く、55dB以上60dB未満のスペクトルレベルが広く分布した。さらにFig. 4より (f) の“たぎり”上では、6kHz以上のスペクトルレベルが55dB以下と他の海域に比べ特に低く、時間的変動も小さかった。

次にFig. 3, 4に用いた各階調の確率頻度分布をFig. 5に示し、各海域のスペクトログラムの特徴を比較した。全測定点の最大頻度を示すスペクトルレベルは、65dB未満に属した。なお50dB未満のスペクトルレベ

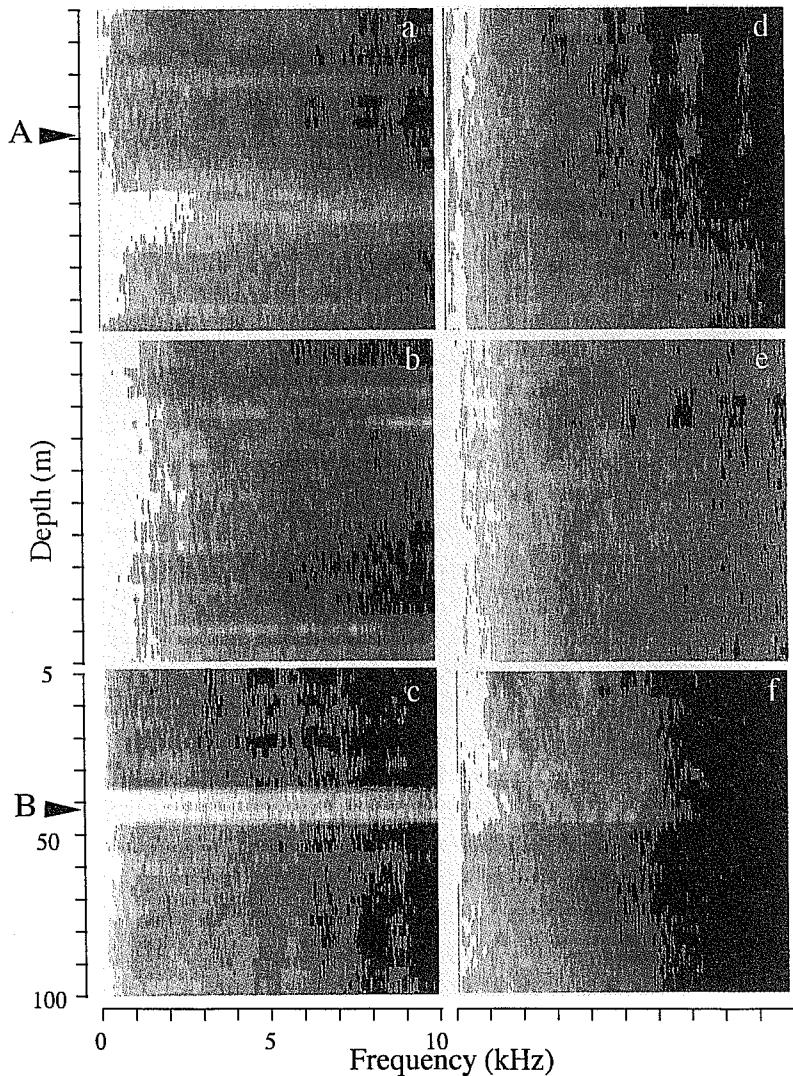


Fig. 3. The sound spectrogram of underwater noise by 6 scales for the vertical measurement. The spectrogram turn into clear by high spectrum level. A; shows a depth of water when the train is passing. B; shows a depth of water when the patrol boat is cruising.

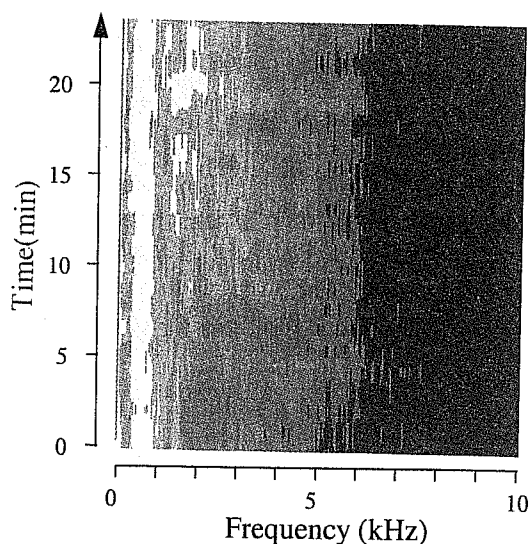


Fig. 4. The sound spectrogram of underwater noise when the hydrophone is a depth of 100m on off Fukuyama (f).

ルはほとんど出現しなかった。各測定点で比較すると、まず (a) は、最大頻度が 60dB 以上 65dB 未満にあり、他の測定点に比べ 5dB 高かった。また全体の 68% は 60dB 以上のスペクトルレベルであり、湾奥部海域で最もスペクトルレベルが高い傾向を示した。また (b) では、61% を 60dB 以上のスペクトルレベルが占め、(a) に近い傾向にあった。しかし (c) では (a), (b) とは異なり、60dB 未満のスペクトルレベルが 63% を占め、(d) と同じ傾向を示した。さらに (e) では、55dB 以上 60dB 未満の頻度が 56% と 1 階調の頻度としては全測定点中最も高く、(c), (d) と同じく 60dB 未満のスペクトルレベルが 60% 以上を占めた。一方 (f) では、縦軸を水深 (Fig. 3, f) および水深 100m における時間 (Fig. 4) としたスペクトログラムどちらも 55dB 未満が約 40% を占め、他の海域に比べ最大頻度のスペクトルレベルが低く、また 55dB 以上の 5 階調の頻度が 10% 前後とほぼ等しい特徴が見られた。

さらに 60dB 前後のスペクトルレベルの分布を得るために 60dB 未満、60dB 以上 65dB 未満、65dB 以上の 3 階調としたスペクトログラムを Fig. 6 に示した。Fig. 5 で同じ傾向を示した (a), (b) では、65dB 以上のスペクトルレベルが 3kHz 以上にまで及び、これが高いスペクトルレベルの高頻度の原因となった。またこれは水深によるばらつきが激しかった。一方、(c) ~ (e) では 65dB 以上のスペクトルレベルは 3kHz に達せ

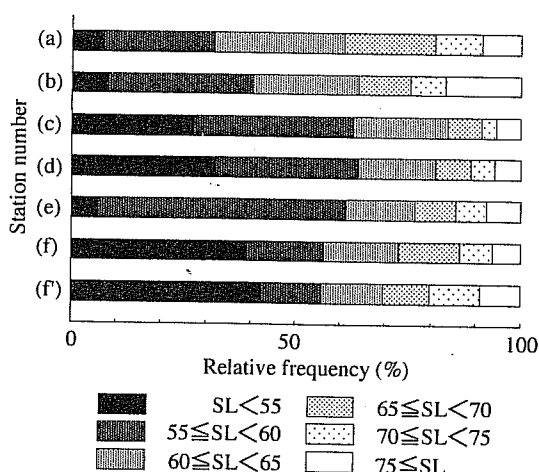


Fig. 5. Frequency histogram for 6 scales of spectrum level in Fig. 3. (f') shows Fig. 4 and SL for sound pressure level in dB ( $OdB = 1\mu Pa/\sqrt{Hz}$ )

ず、3kHz 以上はほぼ 60dB 未満となった。しかし (e) では、60dB 以上 65dB 未満のレベルが水深に関係なく 10kHz まで点在した。これが Fig. 4 で見られた 55dB 以上 60dB 未満の階調の高頻度の原因であり、(c), (d) と異なる特徴を示した。また (a) ~ (d) では、60dB 以上 65dB 未満のレベルは水深が増すほど 5kHz 以上まで広がる傾向を見せたが、(f) では、5kHz 以上に達しなかった。また (f) の 4kHz ~ 8kHz の増加率は、-6.7dB/oct で他と比べ最も小さかった。これより福山沖 (f) は高周波成分の割合が低く、周波数の上昇によるスペクトルレベルの減少が激しい海域であると言える。一方中央部 (e) の 4kHz ~ 8kHz の増加率は 0.1dB/oct と唯一増加傾向にあり、高周波成分の影響が強い海域と言える。

### 3.2 水中音の 24 時間測定

鹿児島市与次郎ヶ浜長水路は、防波堤で囲まれた幅 50m 長さ 1.8km の閉鎖水路で、外海から完全に閉鎖されているため船舶雑音や風による雑音の影響はなく、生物雑音と陸上騒音の二つの海中雑音が支配すると考えられる。そこで生物雑音と陸上騒音の日周変化の特徴を得るために、24 時間の水中音の測定を行った。Fig. 7 に生物雑音の発生頻度と音圧レベルの時間変化を示す。測定日の日没、日出はそれぞれ 19 時 26 分、5 時 21 分であった。生物雑音の発生頻度は、日没後 1 時間 20 分後の 20 時 45 分頃と日出後 4 時間後の 9 時 15 分頃に最も高く、日中頻度が低下した。また水中音圧は、正午を除いて午前中から午後 18 時 45 分まで 125dB と高

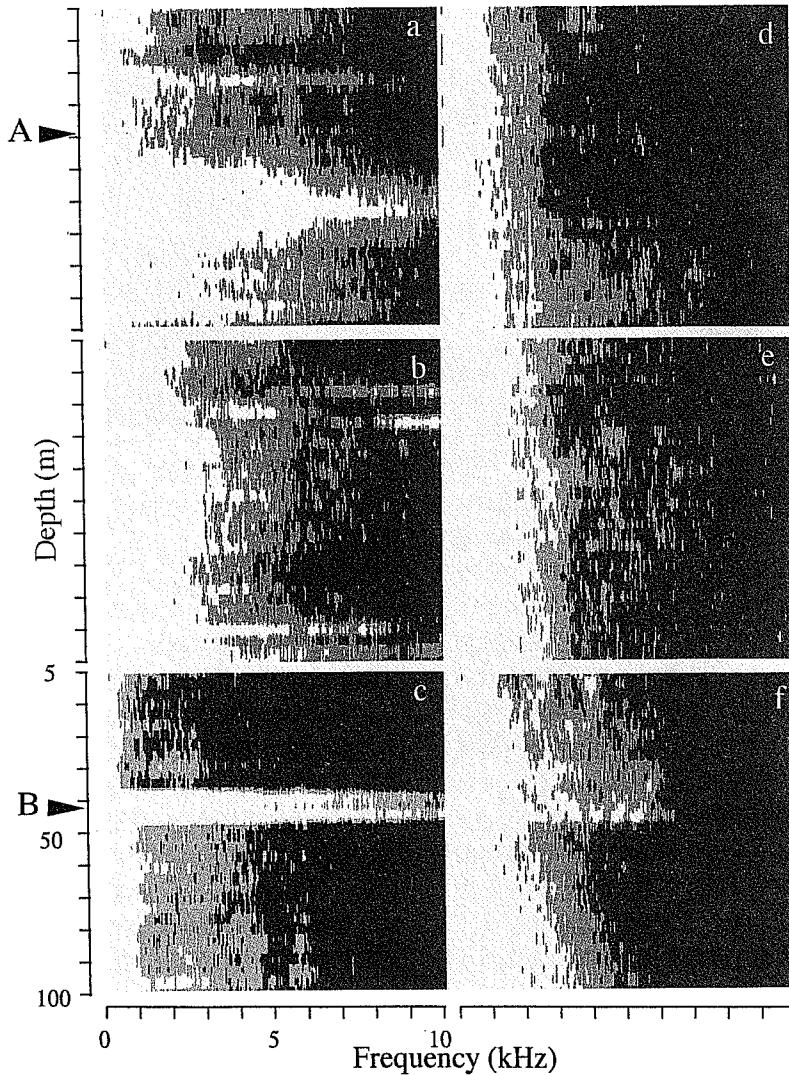


Fig. 6. The sound spectrogram of underwater noise by 3 scales for the vertical measurement.

く、夜中は日中に比べ約20dB低下し、生物雑音の発生頻度と逆になる傾向が示された。

Fig. 8に海中雑音の日周変化をスペクトログラムとして示す。なお測定間隔が不均一なため、表示に不足する部分は、各測定時刻前のデータを使用した。Fig. 7で見られた音圧レベルと生物雑音の発生頻度の関係は、Fig. 8では生物雑音の頻度が高い日没後の時間帯において特に1kHz以上のスペクトルレベルが強くなる傾向として現れた。また日中のスペクトルレベルは、夜中に比べ250Hz以下の周波数帯で特に強くなると共に、600Hz以上の周波数帯でも強くなった。さらに夜中は日中に比べ全体的にスペクトルレベルが低く、

特に100Hz~500Hzの周波数帯で55dB未満に低下した。当海域は防波堤を挟んで道路があり、また周辺陸部では新県庁舎建設工事等が行われていた。この500Hz以下の周波数成分の日周変化は、陸上の人間活動によって生じる作業音や隣接する道路を通行する自動車騒音などの人工騒音の日周変化とほぼ一致し、午前・午後が高く昼食時および夜間低下した。

#### 4. 考察

湾奥部海域の10kHz以下の海中雑音は、主に①船舶による航走雑音、②陸上騒音、③風による雑音、④生物雑音、⑤地域特有の自然現象による雑音が混合され

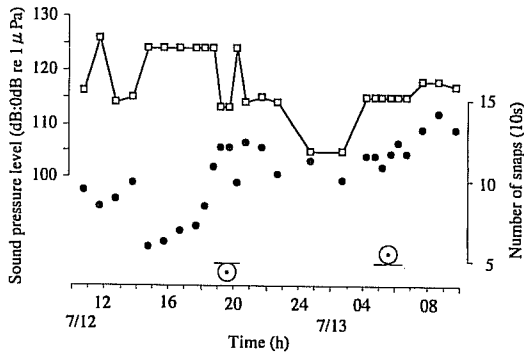


Fig. 7. Relation between sound pressure level (□), number of snaps (●) and time of day.

たものと考えられる。

まず①の船舶から放射される海中雑音は、主機および原動機の出力ならびに回転数により特徴付けられる線スペクトル成分、および航走時に発生するプロペラ雑音による連続スペクトルを主成分とする（鄭ほか、1995）。湾奥部海域は、地形条件が水深140mを超す海盆でかつ閉鎖的の海域であり大型船舶の常用航路がないため、大型船舶による雑音の影響は低いと推察する。しかし桜島水道付近では海面養殖業が営まれ、（湾奥漁業への）小型漁船の交通量が多く、(a)、(b)では3 kHz以上までその影響が現われた。

また②の陸上騒音源となる大規模な工場は、湾奥部海域の沿岸部、特に西岸には存在しないが、鉄道と交通量の多い国道が通る。例えば列車の鉄橋通過音は、列車自体の騒音のみならず鉄橋の振動が橋脚を伝わり川底を振動させ、それが水中に再放射する（太田ほか、1984）。しかし列車音は船舶雑音の周波数帯とはば一致するため、船舶雑音が支配的な(a)ではこの影響は低いと推察する。これら①、②は人間活動によって生じる人工雑音のため、その活動と一致した日周変化をし、特に活動停止時には水中音環境に与える影響力は低下すると考えられる。

③の風による雑音は、船舶雑音がない場合、沿岸海域で10Hz~3kHzの周波数においてその雑音レベルは風速に依存し、風速が2倍になると7.2dB増加する（P IGGOTT, 1965）。Table 1より(a)、(b)および(d)では、測定時の風速が6m/s以上あり、特に(b)ではFig. 3に示すように3 kHz以下のスペクトルレベルが65dB以上と高かった。しかし(a)のように船舶雑音の存在する海域でも3 kHz以上のスペクトルレベルは高く②の陸上人工雑音同様、3 kHz以下の周波数帯は

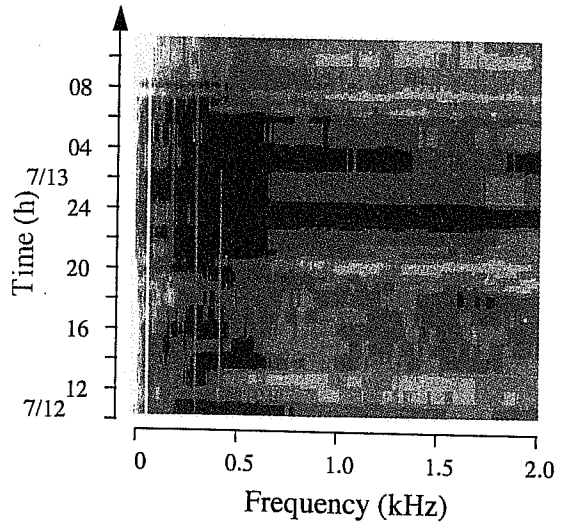


Fig. 8. The diurnal variation of sound spectrogram of underwater noise by 6 scales at off Yojirou-gahama (g).

船舶雑音による影響が強いと考えられる。

④の生物雑音は、海岸の固着生物ではなく、主にテッポウエビ等の生物によるもので（TAKEMURA, 1969）、夏季では正午頃、冬季では薄明時に発音活動が活発化する（小池・小長谷、1982）。またテッポウエビの発音音は、7 kHz以上に及ぶ（TAKEMURA・MIZUE, 1968）。さらに生物雑音は、砂泥質で最も大きく、日没時に1 kHz~4 kHzが強まる（TAKEMURA, 1969）。湾奥部海域の海底地質は、砂質シルトから粘土質シルトであり（早坂ほか、1976）、かつFig. 8より生物雑音の発生頻度が高い時刻では、1 kHz以上のスペクトルレベルが高いことから深さが増すにつれて増加する5 kHz以上の周波数成分は、海底からの生物雑音の影響であると推察する。なおFig. 7より発音活動は日没後に活発化したことから、湾奥部の今回の測定時刻（10時38分~14時51分）は、生物雑音の影響の低い時間帯であったと言える。またその他の生物発音音としては、養殖場生簀内の魚群摂餌音があるが（松野ほか、1994）、これは特定の海域のみの雑音であり、湾奥部海域全体の海中雑音への影響は低いと考える。

⑤の地域特有の自然現象による雑音については、“たぎり”による発音音があげられる。しかしここではその発音音よりむしろ他の海域に比べ5 kHz以上の周波数成分が低くなる傾向が見られた。これは気泡の影響ではなく、他の海域のような発音生物が噴気孔周

辺に存在しないためと推察する。また“たぎり”は海面に達するとはじけ、雨が降るような光景を見せる。降雨による海中雑音は、雨粒の大きさとスペクトルレベルが相関し、10kHz以上の周波数成分に影響を与える (SCRIMGER *et al.*, 1987)。しかし今回の測定周波数は10kHz以下のため、これに関しての比較は行えなかった。以上が湾奥部海域の海中雑音を支配する要因と考えられ、特に小型船舶航行の影響を受ける範囲が水中音環境を複雑にしていると言える。

次に海中雑音の変動は、主に風速変化や航行船舶の量といった顕著な雑音源の時間的変動によって引き起こされる。湾奥部海域における海中雑音の時間的変動の一例としては、(c)で見られたような短時間に10kHz以上まで影響する船舶雑音があげられる。また水深による海中雑音の変動については、超音波散乱層の内外で卓越周波数が増えることが報告され (松野・山中, 1986)、今回の測定では、水深が増すほど生物雑音の影響による高周波成分が増加する傾向が見られた。よって湾奥部海域のような陸上騒音源から離れ水深のある閉鎖的内湾では、陸上騒音による影響は低く、船舶雑音によって強くかつ複雑に変動すると言える。また沿岸部浅海域は、生物雑音は日没後に増加する傾向にあり、海中雑音レベルの変化は人間活動による陸上騒音に由来する低周波数成分の日周変化と一致することから、陸上騒音と生物雑音の影響により時間的に大きく変動すると言える。

以上をまとめると湾奥部海域の海中雑音の地域特性は、桜島水道北側の三船沖は、養殖場や湾奥漁場への小型漁船の往来が激しく、船舶雑音の影響を受け、時刻、水深によって大きく変化する。一方同じ西岸の大崎ヶ鼻沖や桜島側の白浜沖および中央部は、水深が増すほど生物雑音の影響を受けるが、漁船通過による影響以外、比較的静かな海域である。また海底噴気孔からの気泡が水中を上昇する福山沖では、生物雑音の影響がないため、5kHz以上のスペクトルレベルが他の海域に比べ低い。今後“たぎり”の海中雑音の特性については、さらに詳しい調査が必要であり、また測定海域を広げ、様々な沿岸漁場の水中音環境について明らかにしていかなければならない。

## 5. 謝辞

終わりに本実験に際し南星丸船長柿本 亮氏、機関長折田 修氏、および同乗組員には多大な御協力、御助言を頂いた。また測定に際し鹿兒島大学水産学部漁船航海学講座の学生諸君の労を多とする。ここに御礼申し上げる。

## 文 献

- 藤枝 繁・松野保久・山中有一・鄭 龍晋 (1994) ゼロクロッシング法による魚群遊泳音の周期解析. 日本水産学会誌, 60-2, 201-205.
- 藤枝 繁・松野保久・山中有一・鄭 龍晋・岸本 力 (1993) 養殖生簀内における魚群遊泳音の特徴. 鹿大水産学部紀要, 42, 1-9.
- 早坂祥三 大木公彦 大塚裕之 東川勢二 (1976) 鹿兒島湾奥部の海底地形と底質 (鹿兒島湾の地質学的研究-III). 鹿兒島大学理学部紀要 (地学・生物学), 9, 53-73.
- 鄭 龍晋・松野保久・藤枝 繁・山中有一 (1995) 漁船の海中への放射雑音. 日本水産学会誌, 61-4, 553-560.
- 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. 三重水産研報, 9, 39-47.
- 松野保久・藤枝 繁・鄭 龍晋・山中有一 (1994) 鹿兒島湾奥部養殖場における生簀内の水中音. 水産海洋研究, 58-1, 11-20.
- 松野保久・山中有一・柿本亮 (1986) 鹿兒島湾における水中音について- DSLの発音音. 鹿兒島大学水産学部紀要, 35, 121-128.
- 松野保久・山中有一 (1986) 鹿兒島湾における水中音について- ハマチ (モジャコ) の発音音. 鹿兒島大学水産学部紀要, 35, 129-132.
- 太田祐一・土屋 明・武富 一・西村 実 (1984) 水中騒音の時間-周波数パターン解析: 鉄橋通過時の列車騒音について. 東海大学紀要海洋学部, 18, 101-113.
- SCRIMGER, J. A., EVANS, D. J., MCBEAN, G. A., FARMER, D. M. and KERNAN, B. R. (1987) Underwater noise due to rain, hail, and snow. *J. Acoust. Soc. Am.*, 81-1, 79-86.
- TAKEMURA, A. and MIZUE, K. (1968) Studies on the underwater sound-1 (On the underwater sound of *genus Alpheus FABRICIUS* in the coastal waters of Japan). *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, 26, 37-48.
- TAKEMURA, A. (1969) Studies on the underwater sound-2, on the diurnal variations of the Nagasaki Prefecture. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, 28, 31-41.