

## 鹿児島湾における水中音について—I

### DSL の発生音

松野 保久・山中 有一・柿本 亮

## On the Underwater Sound in Kagoshima Bay — I

### Noise of the DSL

Yasuhisa MATSUNO, \*<sup>1</sup> Yuichi YAMANAKA \*<sup>1</sup> and Makoto KAKIMOTO \*<sup>2</sup>

#### Abstract

Underwater sounds of many kinds of ships and fishes were measured by many research workers, but a report of sound of deep scattering layer have apparently not been published to date. Therefore, the measurement of the sound of DSL was carried out on board the Nansei maru, training ship, Faculty of Fisheries, Kagoshima University.

By the frequency analysis of the underwater sound of DSL, the frequencies of 50 Hz and 16 kHz were found to be superior. There were two layers (2nd layer and 3rd layer) of DSL during the measurement of sound, but we could not find a point of difference between the sounds in that two layers.

海洋中における音響の調査は水中音響機器の開発および使用のために必要不可欠である。特に漁業調査、水中音響航法等に使用されている SONAR (Sound Navigation and Ranging) はそれが active, passive の別にかかわらず自然界に存在する音響の影響を大きく受ける。過去この音響は多くの場合 noise (騒音あるいは雑音) として取り扱われてきた。しかし近年水産の分野においてこれを積極的かつ有効的に利用する努力が為されている。

海中の音は波浪、降雨その他自然環境によるもの、魚類その他海洋生物の発生によるもの、船舶、水中における工事等人工的なもの、その他種々の発生源により幅広い周波数の存在が推察され、これらの音響強度および周波数分析結果の報告がみられる<sup>1)</sup>。しかし超音波散乱層構成生物を対象とした発生音の測定結果の報告はない。鹿児島湾においては二層ないし三層の超音波散乱層が記録<sup>2)</sup>されている。よってこれら超音波散乱層各層において発生音が存在するか、又発生音があるとすればその周波数特性等を調査することを目的として水中音測定を試みた。

---

\*<sup>1</sup> 鹿児島大学水産学部漁船航海学講座  
(Laboratory of Fishing Vessel Navigation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

\*<sup>2</sup> 鹿児島大学水産学部練習船南星丸  
(Training ship "Nansei-maru", Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

## 測定方法

Fig. 1 に測定のためのブロック・ダイアグラムを示した<sup>3)</sup>。ハイドロホンで捕らえられた信号はプリアンプで増巾され、信号解析処理装置に記憶される。信号解析処理装置の電源はDC12VをインバータによりAC100Vに変換して使用した。特にハイドロホンの支持方法はFig. 2に示したようにナイロン製網地でカバーし、それをゴム製のヒモによって鉄パイプ製の枠組に固定した。

### 1. 測定器材

1) 水中マイクロホン (ハイドロホン) 「ST-1005型受波器」 沖電気工業株式会社, 使用周波数範囲 10 Hz~100 kHz, 受波感度  $-211.0$  dB (OdB=1V/ $\mu$ pa), 耐水圧 50kg/cm<sup>2</sup>

2) プリアンプ 「ST-80A型前置増巾器」 沖電気工業株式会社

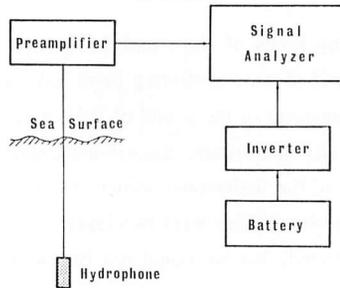


Fig. 1. Measuring system of underwater sound.

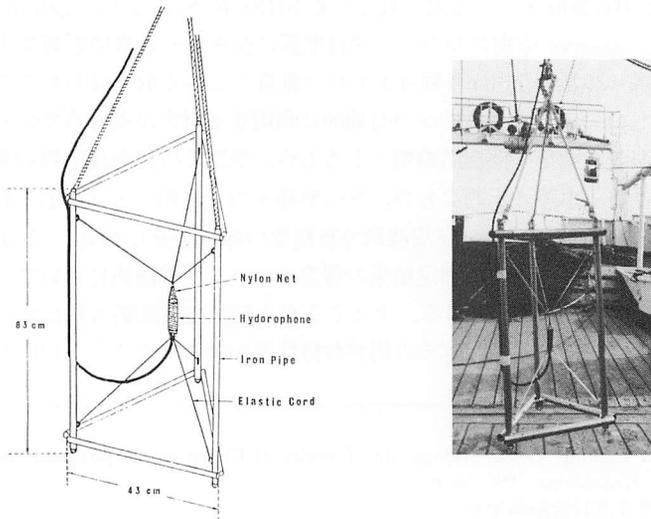


Fig. 2. Supporting method for the hydrophone.

- 3) 信号解析処理装置 「シグナルアナライザ SM-2100A」 岩崎通信機株式会社
- 4) インバータ「DAX-300」 日本情報機器株式会社
- 5) バッテリー DC12V-120AH

## 2. 測定

水中における発生音測定にあたって次のような注意事項を厳守した。

1) 自船から騒音を発生しないように主機および捕機関（発電機）の停止。乗船者は静粛にし、テレビその他騒音を発する機器のスイッチを切ること。

2) 自然環境による発生音の影響をできる限り小さくするために波浪が認められない calm の状態であること。

3) 人工的な発生音の影響をできる限り小さくするため、漁船その他航行中の船舶が付近にいないこと。また沿岸での自動車交通量が少ないこと。

4) 超音波散乱層およびハイドロホンの水深を監視するために作動させている魚群探知機は採音の間は停止すること。

これらの中、最も困難な問題は3)であった。湾中央海域は昼夜とも船舶交通量が多く、超音波散乱層の発生音測定は困難であった。湾奥海域においても漁船の出漁があることから、その時期を外し、かつ沿岸の道路での大型自動車の交通量の少ない日出時頃測定を実施した。この間2～3隻遊漁船も出現したが、その距離は数km離れており、又錨泊し、機関は停止した状態であった。このような他の船舶の動静については双眼鏡により監視した。

ハイドロホンのケーブル長は135mとしたため、水深120mまではその水深を自由に上下することが可能であり、垂直移動を行う超音波散乱層を追いかけることができた。しかし逃避行動の問題点もあるので、実際の測定にあたっては一定水深にハイドロホンを設置し、魚群探知機により超音波散乱層およびハイドロホンの水深を知り水中音の測定時機を決定した。

## 3. 信号解析処理

測定信号音の解析処理は、音響信号を解析する場合に多く用いられる1/3オクターブ分析<sup>4)</sup>によった。これは信号音のパワースペクトルを1/3オクターブの周波数帯域毎31に分割し、各帯域ごとのスペクトル総和をY軸に対数で表示したものである。又解析した全帯域のオーバーオール値も同時に表示する。単位は信号電圧の実効値1Vを0dBとするdB値で表わされる。Table 1に1/3オクターブ分析の周波数帯域の分割表を示した。信号の取り込み時間長は1データあたり50kHzレンジの場合20msec.、20kHzレンジの場合50msec.と短いため、1データをフロッピーディスクに記憶させるために要する時間をはさんで連続した5データを1組の信号音として処理した。よって信号の時間長は50kHzレンジで0.1sec.、20kHzレンジで0.25sec.であった。

## 結果および考察

海洋中における発生音の測定は1983年7月、11月湾奥海域において実施した。

超音波散乱層が音を発生しているかを検討するため Fig. 3 に20kHzレンジ、50kHzレンジの各層におけるオーバーオール値の測定結果を示した。発生音の測定時機は7月、11月とも約65mの一定水深にハイドロホンをつり下げ、超音波散乱層がその水深まで下降してき

Table 1. Frequency band and center frequency for 1/3 octave analysis.

Center frequency of passing band (Hz)	50 kHz Range		20 kHz Range	
	Frequency of lower limit (Hz)	Frequency of upper limit (Hz)	Frequency of lower limit (Hz)	Frequency of upper limit (Hz)
	Value of overall		Value of overall	
20			21.9	17.4
25			27.6	21.9
31.5			34.8	27.6
40			43.8	34.8
50	54.8	43.8	55.2	43.8
63	67.6	54.8	69.6	55.2
80	87.0	67.6	87.7	69.6
100	110	87.0	110.5	87.7
125	138	110	139	110.5
160	174	138	175	139
200	219	174	221	175
250	276	219	278	221
315	348	276	351	278
400	438	348	442	351
500	552	438	557	442
630	696	552	702	557
800	877	696	884	702
1 k	1.104 k	877	1.114 k	884
1.25 k	1.39 k	1.104 k	1.40 k	1.104 k
1.6 k	1.75 k	1.39 k	1.77 k	1.40 k
2 k	2.21 k	1.75 k	2.23 k	1.77 k
2.5 k	2.78 k	2.21 k	2.81 k	2.23 k
3.15 k	3.51 k	2.78 k	3.54 k	2.81 k
4 k	4.42 k	3.51 k	4.45 k	3.54 k
5 k	5.56 k	4.42 k	5.61 k	4.45 k
6.3 k	7.02 k	5.56 k	7.07 k	5.61 k
8 k	8.83 k	7.02 k	8.91 k	7.07 k
10 k	11.13 k	8.83 k	11.22 k	8.91 k
12.5 k	14.0 k	11.13 k	14.14 k	11.22 k
16 k	17.7 k	14.0 k	17.8 k	14.14 k
20 k	22.3 k	17.7 k	22.2 k	17.8 k
25 k	28.1 k	22.3 k		
31.5 k	35.6 k	28.1 k		
40 k	44.5 k	35.6 k		
50 k	56.1 k	44.5 k		

たとき、すなわちハイドロホンが第一層より下にある時（層外）、第一層の中にある時、第一層と第二層の間にある時（層外）、第二層の中にある時、第二層より上にある時（層外）——秋は第三層が存在しなかった——の5層の水域にそれぞれ存在する時信号を取り込んだ。各水域におけるオーバーオール値の7月、11月における各平均値は次の通りである。

20 kHz レンジ	7月	11月
層外（第二層より上）	-68.9 dB	-66.7 dB

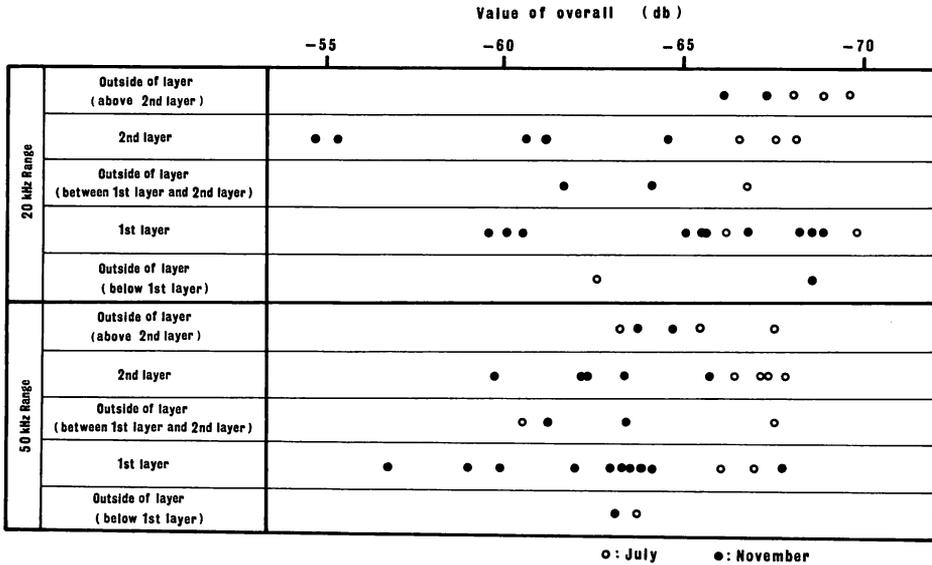


Fig. 3. The value of overall of the underwater sound of ultrasonic scattering layers in the most inner area of Kagoshima bay in July, November, 1983.

第二層	-67.1 dB	-59.3 dB
層外 (第一層と第二層の間)	-66.8 dB	-62.9 dB
第一層	-68.0 dB	-64.9 dB
層外 (第一層より下)	-62.7 dB	-68.6 dB
50 kHz レンジ	7月	11月
層外 (第二層より上)	-65.5 dB	-64.3 dB
第二層	-67.2 dB	-62.7 dB
層外 (第一層と第二層の間)	-64.1 dB	-62.4 dB
第一層	-66.6 dB	-62.3 dB
層外 (第一層より下)	-63.7 dB	-63.1 dB

1. 20 kHz レンジ

7月の測定結果は、第二層がその上の層外より大きな値を示したが、その他は超音波散乱層内より層外の方が大きな値を示した。層内の平均値は-67.5 dB、層外の平均値は-67.2 dBであった。又第一層は第二層より0.9 dB 小さな値であった。

11月の測定結果は、第一層から第二層までの水域がその上下の層外より大きな値を示した。そしてそれは第二層、第二層と第一層の間 (層外)、第一層の順に大きな値を示した。層内の平均値は-63.0 dB、層外の平均値は-65.6 dB であった。又第一層は第二層より5.6 dB 小さな値であった。

2. 50 kHz レンジ

7月の測定結果は、第一層、第二層とも超音波散乱層内の方が層外より小さな値を示した。

層内の平均値は $-67.0$  dB, 層外の平均値は $-64.7$  dB であった. 又第一層は第二層より $0.6$  dB 大きな値であった.

11月の測定結果は $20$  kHz の測定結果と同様であった. 層外の平均値は $-62.5$  dB, 層外の平均値は $-63.3$  dB であった. 又第一層は第二層より $0.4$  dB 大きな値であった.

7月の測定においては超音波散乱層の中の方がそれ以外の水域より小さな値を示した. これは層内の方が音が少なかったことを意味する. この測定時には $3\sim 4$  海里離れてカタクチ漁を終えて停泊中の二組の漁船があった.

11月の測定においては超音波散乱層の中の方がそれ以外の水域(層外)より大きな値を示す傾向にあった. ただし第一層と第二層の間の層外は大きな値を示した. この測定時, 第一層の上辺と第二層の下辺の鉛直距離は $20\sim 25$  m であり, かつハイドロホンは第二層の下辺より下方へ約 $5$  m しか離れていなかった. よって両層, 特に第二層の影響があった可能性も推察される.

7月, 11月の測定は相反する結果となった. しかし7月は漁船の影響も推察されることから主に11月の測定結果について検討する. 測定値に偏差がみられるものの超音波散乱層内には何らかの生物発音音が存在するものと推定される. そこで11月の測定結果について $1/3$  オクターブ分析を行うことにより周波数解析を行った. その結果を Fig. 4 に示した.  $1/3$  オクターブ分析は Table 1 に示したように低周波数である程帯域が細分割されている.  $20$  kHz を超えて $50$  kHz までの $30$  kHz はわずかに4帯域にしか分割されていない. 11月の測定におけるオーバーオール値の各層における傾向は $20$  kHz レンジの方が顕著に現れていたこと, ならびにパワースペクトルの分析結果においても $20$  kHz 以上の周波数帯で有意の差がみられなかったので,  $1/3$  オクターブ分析は $20$  kHz レンジで行った. 各測定によってオーバーオール値が異なった事はすでに述べた. この項における周波数分析は絶対音圧レベルを知ることより, どの周波数帯域に特徴があるのかを知ることが主目的であるので, Fig. 4 ではオーバーオール値が等しいものとして各層の周波数分析図を重ね書きして表示した. 同図において, 左端はオーバーオール値が示され, 順次右の方へ Table 1 に示されるように $17.4$  Hz から $22.2$  kHz まで $31$ の帯域に分割され示されている.

超音波散乱層の第一層は中心周波数 $20$  Hz,  $50$  Hz および $16$  kHz に極大がみられる.  $1$  kHz まで漸次減少の傾向にあり,  $1$  kHz から $20$  kHz まで漸次増加の傾向にある. 第二層は $20$  Hz,  $50$  Hz,  $250\sim 315$  Hz および $16$  kHz に極大がみられる.  $50$  Hz から $2.5$  kHz まで漸次減少し, 後 $20$  kHz まで増加の傾向にある. 第一層, 第二層とも $50$  Hz を中心とした帯域 $34.8\sim 69.6$  Hz で凸を形成している.

第二層より上の層外においては, 中心周波数 $80$  Hz, 又は $100$  Hz で極大となり, 急激に減少し $160$  Hz で極小となり, その後 $3.15$  kHz まで漸次増加し, その後あまり変化がない. 第一層と第二層の間の層外においては, 中心周波数 $50$  Hz まで高いレベルにあり, その後 $2$  kHz まで漸次減少した後 $2$  kHz まで増加している. 又 $16$  kHz に極大値がみられた. 第一層より下の層外においては, 中心周波数 $31.5$  Hz,  $40$  Hz,  $100$  Hz,  $250$  Hz 付近で小さな極大値がみられるものの,  $20\sim 630$  Hz までゆるやかに減少, その後 $20$  kHz までゆるやかに増加している. 又 $16$  kHz に極大値がみられた. 層外における周波数分布の形状は大略第一層と第二層の間と第一層以下が似通っているが, 第二層より上は前二者と異にしている.

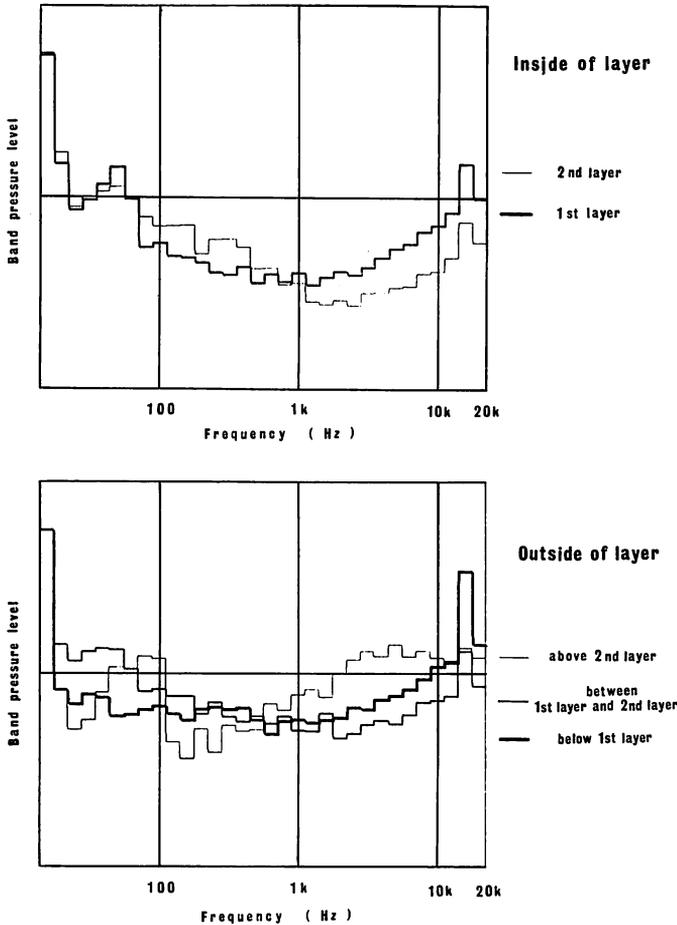


Fig. 4. The results of 1/3 octave analysis of the underwater sound in the most inner area of Kagoshima bay in November, 1983.

このように1/3オクターブ分析によって周波数解析を試みた。その結果超音波散乱層内においては50 Hz 前後の周波数が卓越した。又層外においては超音波散乱層第二層を境として、それより上と下では周波数分布を異にした。上は80~100 Hz, 下は30~50 Hz 付近の周波数が卓越した。これはオーバーオール値の項で考察したように、超音波散乱層第二層より下の層外においては特に第二層、第三層に近付けば、これらの層の影響を受けるものと推定される。なお、16 kHz 付近の極大値は多くの測定に現れていたことから、超音波散乱層を構成する生物から発せられる強力な遊泳音か、あるいは湾奥海域における一つの特徴であると推察される。

## 結 論

鹿児島湾に存在する超音波散乱層の構成生物による発生音の存在について測定した結果、散乱層内において、構成生物によると推定される発生音の存在が確認された。そしてこの発生音は50 Hz および16 kHz 前後の周波数が卓越した。今回二層の超音波散乱層について測定を実施したが、両者の相違を見出すことはできなかった。

最後に本測定および資料整理に協力下された坂口晃氏に感謝の意を表す。

## 文 献

- 1) 間庭愛信 (1984) : 概論 : 水中音と生物. 海洋科学, **167**, 256-259
- 2) 松野保久 (1974) : 200 kHz 魚群探知機による鹿児島湾における D. S. L の記録について. 鹿児島大学水産学部紀要, **23**, 1-8
- 3) 畠山良巳 (1984) : 水中音の測定・分析. 海洋科学, **167**, 264-271
- 4) 守田 栄 (1973) : 音響工学入門, pp. 53-72 (アース社, 東京)