

## 鹿児島湾奥養殖場における生簀内の水中音

松野 保久\*・藤枝 繁\*・鄭 龍晋\*・山中 有一\*

### Underwater Sound in the Net Pen at the Culture Grounds in the Innermost Area of Kagoshima Bay

Yasuhisa MATSUNO\*, Shigeru HUIJEDA\*, Yong-jin CHUNG\*  
and Yuichi YAMANAKA\*

#### Abstract

This paper describes some characteristics of underwater sound within the net pens at the two culture grounds in the innermost area of Kagoshima Bay. In the respective net pen, the red sea bream, *Pagrus major*, and the amberjack, *Seriola dumerili*, were cultured. The recorded underwater sounds were analyzed with the three kinds of method in order to obtain the frequency characteristics; one third octave band, power spectrum and sound spectrograph. The level of underwater sound pressure was 113-114 dB in the swimming fish school and 117-123 dB in the feeding fish school. The ambient sound level in the innermost area was about 105 dB. The main frequency band level of the sound in the swimming sound was below 90 Hz for red sea bream and below 130 Hz for the amberjack. Moreover, when each fish school was swimming, a concave pattern appeared in the band width ranging from 100 Hz to 1.5 kHz. Generally the auditory sensitivity of fish is good in that band width. Frequency band width in the feeding was below 6 kHz for the red sea bream and below 3 kHz for the amberjack, and the main band widths of amberjack were ranged from 800 Hz to 3 kHz.

#### 1. はじめに

音響による魚群の誘致と威嚇に関する研究(橋本・間庭, 1964, 1966; 間庭・畠山, 1970, 1975, 1976)により, 魚類に対する水中音響の有効利用が確認され, 海洋牧場の基礎作りがなされた。その後音響馴致(上城ほか, 1990, 神谷・山形, 1990)に関する応用研究が日本各地で行われている。またこの為の基礎的データの蓄積もなされており, 魚類の遊泳・摂餌に関する発声音(間庭・畠山, 1970, YAMAGUTI *et al.*, 1975, 竹村ほか, 1988)ならびに魚類の聴覚特性(畠山, 1992, ISHIOKA *et al.*, 1988, 石崎, 1992)についての研究も行われてきた。このように海洋中にある単体魚あるいは魚群の行動は, 海洋中の騒音すなわち風浪その他自然発生的海中雑音, 陸上騒音ならびに船舶航行など人

工的雑音そして各種生物が発する雑音などと大いに関連する。特に魚類の摂餌中の音あるいは音響馴致された特別な周波数の音には大きな誘致効果がある。よって限られた空間の, 音環境が種々異なる生簀内で飼育される魚類は, それら生簀内特有の音環境により, 魚類の成育状況に少なからず影響あるものと推察される。また自然環境下で成育した魚類と比較し, その聴覚特性に変化がみられる可能性も考えられる。しかしながら, これらに関する研究はまだ十分には行われていない。

本稿では, これら諸問題に関する基礎的事項である生簀内特有の音環境の実態を明らかにすることを目的とし, 第一段階として, 鹿児島湾内で最も人工的雑音が小さいと思われる湾奥部にある2つの養殖場において, 魚群が高密度で飼育されている生簀内の遊泳中と捕食中の水中音を採取し, その音響特性について検討する。

1993年9月8日受理

\* 鹿児島大学水産学部 Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20, Shimoarata 4, Kagoshima 890, Japan.

## 2. 実験方法

### 2.1. 測定装置

水中マイクロホン ST-1020 (沖電気工業製) で水中音を受波し, 同内蔵プリアンプを経て, 水中音圧計 SW-1020 (沖電気工業製) で聴音モニターし適切な信号レベルを選択し, その信号をデータレコーダ RD-101T (TEAC 製) に記録した。

全測定を通じて水中マイクロホンは小型ブイによって保持し, その水深を 4 m とした。また水中音圧計とデータレコーダは船外機付きの小型船上に搭載し, それぞれ規定の直流電源によって作動させた。このことにより波浪による船体動揺で水中マイクロホンが上下動することによって発生する雑音ならびに交流誘導雑音は無視できる。水中音圧計内部フィルタのハイパスを 10 Hz, ローパスを 10 kHz に設定した。なおデータレコーダの記録・再生周波数は DC~20 kHz であり, 信号の周波数帯域は十分にカバーできる。

### 2.2. 測定海域と資料

1993 年 3 月 19 日~20 日, 鹿児島湾奥の東桜島養殖場と隼人養殖場 (Fig. 1) において生簀内でマダイ及びカンパチそれぞれが遊泳中と捕食中の水中音, ならびに湾奥中央付近で水中音の測定を実施した。

東桜島養殖場の測定対象とした生簀の大きさは縦 8

m×横 8 m, 深さ 7 m で, この生簀内に平均体重 2.5 kg のマダイが約 2,000 尾, 平均体重 3.5 kg のカンパチが約 3,500 尾存在する。隼人養殖場の生簀の大きさは縦 15 m×横 15 m, 深さ 7 m で, 平均体重 1.6 kg のマダイが約 8,000 尾, 平均体重 1.3 kg のカンパチが約 8,000 尾存在する。各対象魚への給餌方法は, 東桜島養殖場ではスコップによる手撒き方式とし, マダイにはペレット, カンパチには魚肉を与えた。隼人養殖場では給餌船に搭載された給餌機による給餌方式で, マダイ, カンパチとも魚肉とマッシュ飼料混合のモイストペレットを与えた。東桜島養殖場では給餌船の船外機並びにその他船内から水中騒音になると思われるものは一切発しないようにし, 隼人養殖場では魚群の遊泳音のデータ採取時は養殖場全ての給餌を一時中止するとともに全船舶の機関も合わせて停止した。

隼人養殖場での給餌船はマダイとカンパチに使用した船舶が異なったため, それぞれ 2 隻の水中音を採取した。水中マイクロホンの位置は給餌船の船体中央舷側から 2 m 離し, 水深 2 m に設置した。

全ての測定は周囲に船舶が航行していないことに注意を払い実施した。また天候晴, 風力階級 0, 海面状況 calm, no swell, 潮流は slack に近い状況であり, 東桜島養殖場, 隼人養殖場の表面水温はそれぞれ 14.5°C,



Fig. 1. Locations of culture grounds where the measurements of underwater sound were carried out in the net pen.

15.2℃であった。また生簀設置場所の水深は隼人養殖場マダイ生簀 30 m, カンパチ生簀 100 m, 隼人養殖場マダイ生簀 70 m, カンパチ生簀 110 m であった。

### 2.3. 水中音の分析

データレコーダに記録された水中音に関するデータはシグナルアナライザーにより周波数分析を行った。1/3 オクターブ分析は騒音・振動解析装置 SA-74(リオン製), パワースペクトラム及びサウンドスペクトログラフは 5500 DSP ソナグラフワークステーション (KAY 製) を使用した。

1/3 オクターブ分析に要したデータ長は 1 分 50 秒であり, 平均回数を 30 回とした。1/3 オクターブ分析の中心周波数は低い方から順に 16 Hz, 20 Hz, 25 Hz, 31.5 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz,

160 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 1 kHz, 1.25 kHz, 1.6 kHz, 2 kHz, 2.5 kHz, 3.15 kHz, 4 kHz, 5 kHz, 6.3 kHz, 8 kHz であり, 最小下限周波数は 14 Hz, 最大上限周波数は 9 kHz である。この音圧レベル (dB) の基準音圧は  $1 \mu\text{Pa}$  である。

パワースペクトラム及びサウンドスペクトログラフでの周波数分析に際しては入力周波数帯域 DC-4 kHz, トランスフォームサイズ 512 pts (29 Hz), 分析窓 Hamming, ダイナミックレンジ 42 dB とした。このレベル (dB) の基準値は 1 Volt rms である。

### 3. 分析結果

東桜島養殖場, 隼人養殖場における生簀内の水中音

Table 1. Underwater sound pressure level in each net pen at culture grounds in the innermost area of Kagoshima Bay.

		Under swimming (dB)	Under bait eating (dB)
Higashi Sakurajima Culture Ground	Red sea bream	114	117
	Amberjack	113	117
Hayato Culture Ground	Red sea bream	114	123
	Amberjack	114	120

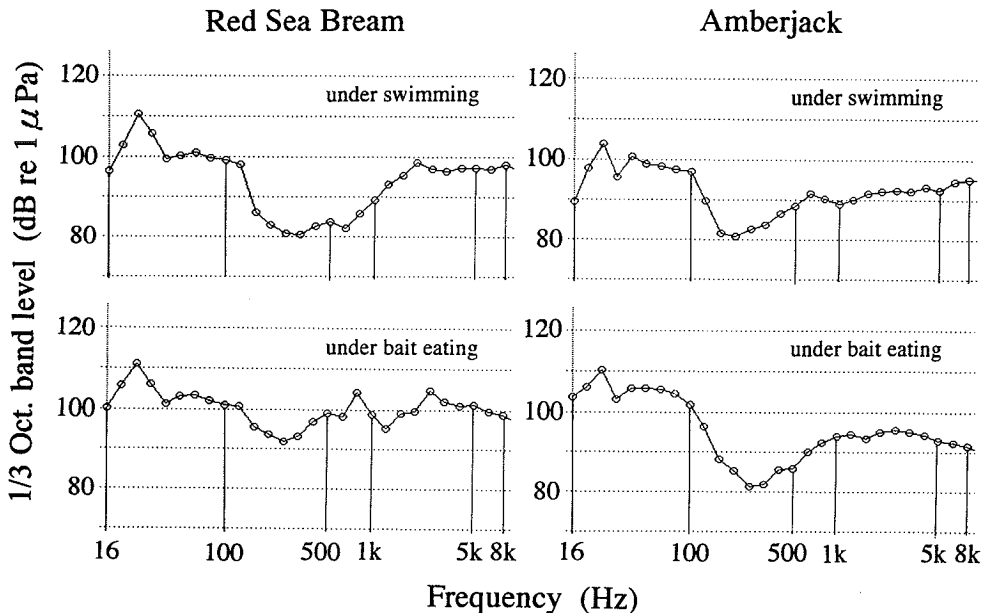


Fig. 2. One third octave band analyses of underwater sound in the net pen at Higashi Sakurajima culture ground.

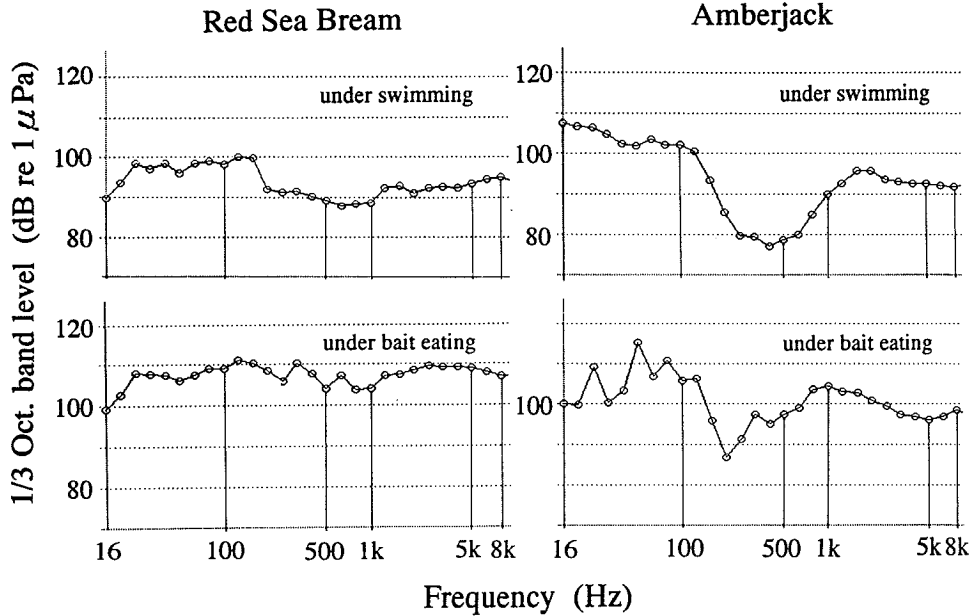


Fig. 3. One third octave band analyses of underwater sound in the net pen at Hayato culture ground.

庄 (Table 1) は 113~123 dB の範囲にあり、魚群が遊泳している時は両養殖場において差は認められず 113~114 dB にあり、餌を捕食している時は遊泳中より東桜島養殖場で 3~4 dB、隼人養殖場で 6~9 dB 大きくなる傾向がみられた。また両養殖場から離れた湾奥の水中音圧は 103~105 dB にあり、両養殖場はそれよりも 10~20 dB 大きくなる傾向にあった。

生簀内水中音の 1/3 オクターブ分析結果 (Fig. 2, 3) は一つの特徴的な傾向を示した。マダイ、カンパチともに魚群の遊泳中の水中音は多少の変動はあるものの 100 Hz~1.5 kHz の周波数帯域でバンドレベルが小さ

くなる凹状分布パターンを示した。そして捕食中の水中音においてもカンパチの場合このパターンは明確であった。これに反しマダイは不明確となった。一応の目安として、この凹部はバンドレベル 90 dB 以下の周波数帯域とすれば、東桜島養殖場のマダイ遊泳中は 160 Hz~1 kHz、捕食中は周波数帯域無し、カンパチ遊泳中は 125~500 Hz、捕食中は 160~630 Hz の周波数帯域であり、隼人養殖場のマダイ遊泳中は 400 Hz~1 kHz、捕食中は周波数帯域無し、カンパチ遊泳中は 200 Hz~1 kHz、捕食中は 200~250 Hz であった。これら生簀内水中音の周波数分布パターンは湾奥の周波数分布パターン (Fig. 4) と大いに異なった。

一つの便法として、魚群遊泳中の水中音の 1/3 オクターブ分析値から湾奥水中音の分析値を減じ魚群の遊泳音 (Fig. 5-a, 5-b) の周波数特性を得た。主極大周波数は東桜島養殖場ではマダイ、カンパチともに 63 Hz、隼人養殖場ではマダイ 80~125 Hz、カンパチ 63~80 Hz にあった。しかし副極大周波数は東桜島養殖場におけるカンパチの 630 Hz、隼人養殖場カンパチの 1.6 kHz~2 kHz が顕著であるが、他は不明確であった。

捕食中の水中音の 1/3 オクターブ分析値から遊泳中の分析値を減ずることにより捕食音の周波数特性 (Fig. 6-a, 6-b) を得た。東桜島養殖場におけるマダイ

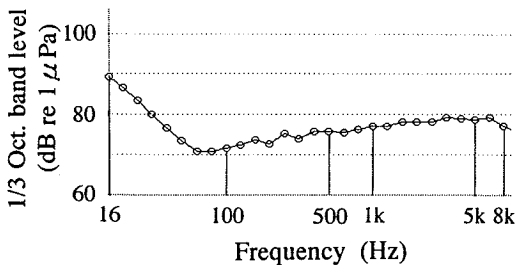
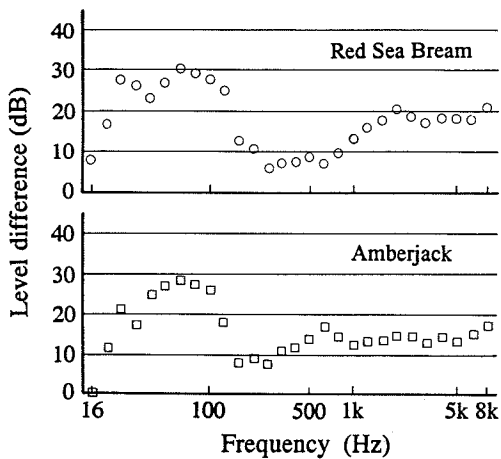
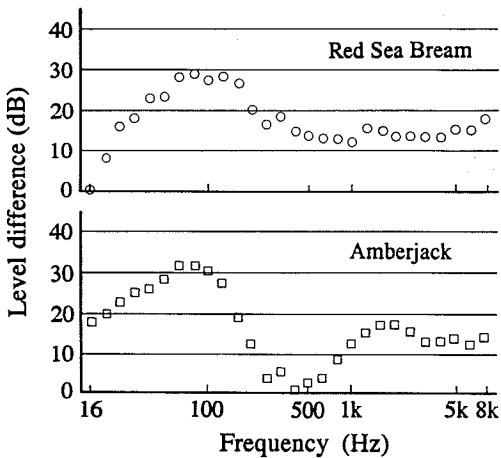


Fig. 4. One third octave band analyses of underwater sound in the innermost area of Kagoshima Bay.

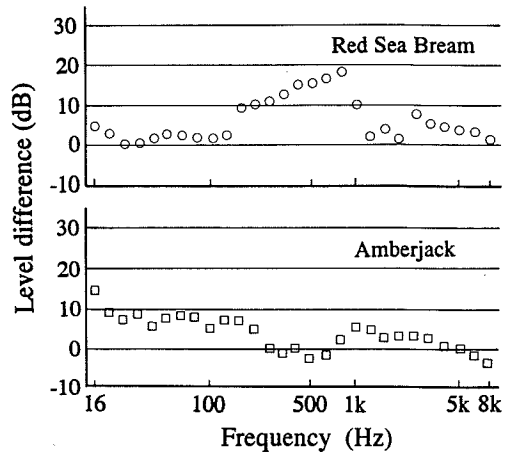


a

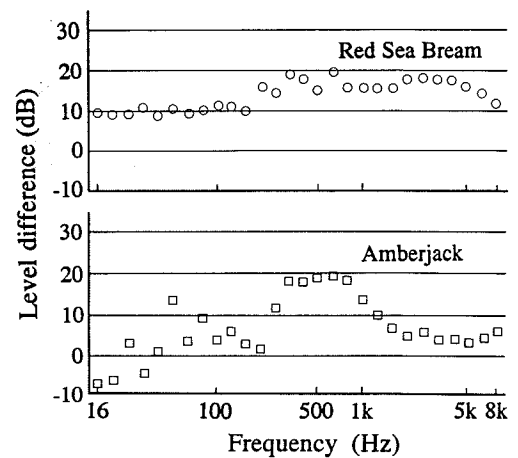


b

Fig. 5. The difference in the one third octave band level between the swimming sound in the net pen at the culture grounds and underwater sound in the innermost area of Kagoshima Bay.  
(a) Higashi Sakurajima culture ground  
(b) Hayato culture ground



a



b

Fig. 6. The difference in the one third octave band level between the bait eating sound and the swimming sound in the same net pen.  
(a) Higashi Sakurajima culture ground  
(b) Hayato culture ground

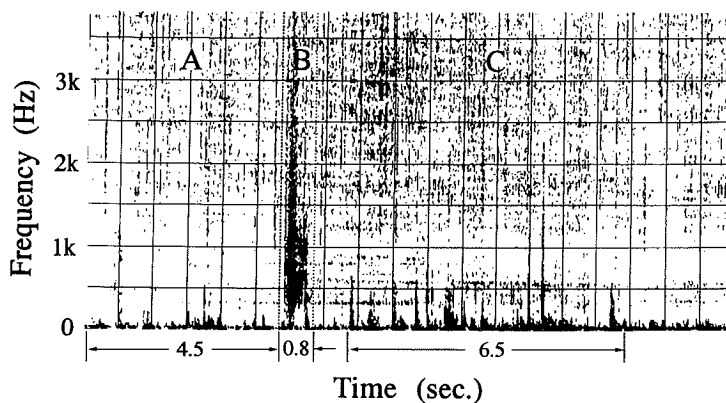
の捕食音は160 Hz～1 kHzと2.5～6.3 kHzの帯域で卓越し、800 Hz及び2.5 kHz付近に極大値がみられた。またカンパチの捕食音は200 Hz以下と800 Hz～3.15 kHzの帯域で卓越し、1 kHz付近に極大値がみられた。隼人養殖場におけるマダイの捕食音は全周波数において卓越したが、特に200 Hz～6.3 kHzの帯域で顕著であり、315 Hz、630 Hz及び2～4 kHz付近に

極大値がみられた。またカンパチの捕食音は50 Hz以上の全周波数において卓越したが、特に250 Hz～1.25 kHzの帯域で顕著であり、50 Hz、315～800 Hz付近に極大値がみられた。

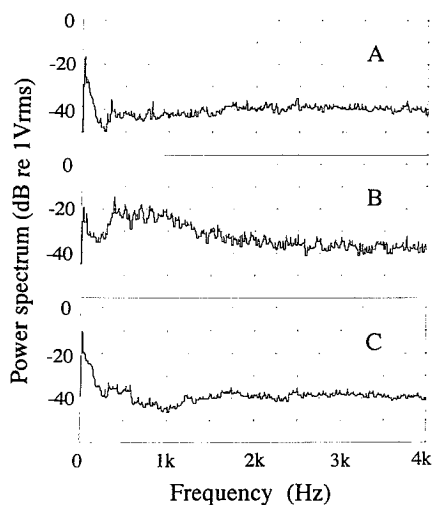
東桜島養殖場の生簀内水中音のソナグラム (Fig. 7-a, 8-a)は魚群の遊泳中 (A), 給餌中 (B), 捕食中 (C)の連続スペクトログラフを示している。マダイは遊泳

Table 2. The main frequency band width by the sound spectrograph analyses in each net pen at culture grounds in the innermost area of Kagoshima Bay.

		Under swimming (Hz)	Under bait eating (Hz)
Higashi Sakurajima Culture Ground	Red sea bream	10~ 85	10~ 90
	Amberjack	10~125	10~130
Hayoto Culture Ground	Red sea bream	10~ 90	10~ 90
	Amberjack	10~130	10~160



a



b

Fig. 7. The underwater sound in the net pen of red sea bream at Higashi Sakurajima culture ground.  
 (a) Sound spectrograph of the underwater sound  
 (b) Power spectrum analyses of the underwater sound  
 A: under swimming, B: under bait throwing, C: under bait eating.

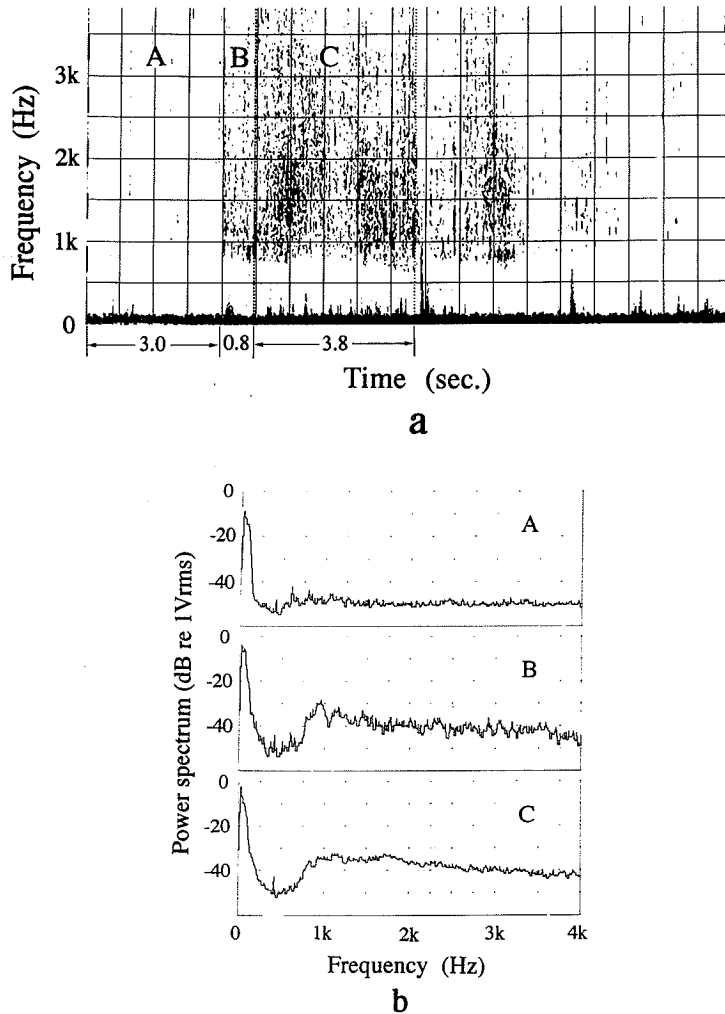


Fig. 8. The underwater sound in the net pen of amberjack at Higashi Sakurajima culture ground.

(a) Sound spectrograph of the underwater sound

(b) Power spectrum analyses of the underwater sound

A: under swimming, B: under bait throwing, C: under bait eating.

中, 捕食中とも約 90 Hz 以下, カンパチは遊泳中約 125 ~130 Hz 以下, 捕食中約 130~160 Hz 以下の周波数帯域で濃く発色 (Table 2) した。マダイ遊泳中 4.5 秒間, 捕食中 6.5 秒間のパワースペクトラム (Fig. 7-b) から, 捕食中は遊泳中に比し, 約 850 Hz 以下及び, 1.2~2 kHz の周波数帯域でわずかではあるが卓越している。またカンパチ遊泳中 3.0 秒間, 捕食中 3.8 秒間のパワースペクトラム (Fig. 8-b) から捕食中は遊泳中に比し約 500 Hz 以下及び約 700 Hz~2.5 kHz の周波数帯域で

卓越した。

#### 4. 考 察

鹿児島湾奥海域は平均水深約 110 m であり, 桜島水道 (鹿児島市と桜島間の幅約 2.5 km の水道) において水深が約 40 m と浅くなっているため, 1つの海盆を形成している。桜島水道より南の湾中央海域は常時船舶が航行しているのに比し, 湾奥海域の船舶交通量は極めて少ない。湾中央海域における船舶放射雑音は拡

散・吸収減衰に加え桜島及び水深の浅い桜島水道など地形的要因による遮蔽効果も相乗され、一般的に湾奥海域の水中騒音の音圧オーバーオール値は湾中央海域のそれより小さい。しかし周波数帯域及び時間的変動など詳しい調査報告が無く、詳細にわたっては今後の調査に待ちたい。今回の測定値から湾奥海域の水中音の周囲雑音スペクトルレベル(R.J. ユーリック, 1978)を求め、Wenz (間庭, 1984b)の海中騒音スペクトラム図と比較すると、定常的騒音の中間に位置する。また沿岸海域に特有な海中生物による騒音(TAKEMURA, 1969; 間庭, 1984a; 竹村, 1984)を支配しているフライングノイズ(テンプラノイズ)は全測定を通じて背景雑音として10 kHz以上の周波数帯域まで存在することを確認した。しかしこのノイズのみ抽出してその音圧ならびに周波数等を分析するまでには至らなかった。このように東桜島養殖場と隼人養殖場における海中騒音の環境はごく一般的な状況下にあるものと思われる。

両養殖場生簀内におけるマダイ及びカンパチの遊泳音のより確かな周波数特性を得る為には、同一生簀内において周囲雑音が同一条件の下に魚群が遊泳している時と、魚群がないときを比較するのが最適と考えられるが、この条件を得るのは困難である。よって便宜的に両魚種の遊泳中の1/3オクターブ分析結果から湾奥の周囲雑音の分析結果を減じることによって遊泳音の卓越周波数を得た。両養殖場において得られた異なる主極大周波数の最小値と最大値を総合的に判断すればマダイ、カンパチの主極大周波数が存在する周波数帯域はそれぞれ63~125 Hz, 63~80 Hzとなりマダイの帯域幅が広がる傾向にあった。しかしスペクトログラフからはマダイ90 Hz以下、カンパチ130 Hz以下の周波数に主極大周波数が存在すると考えられ、逆にカンパチの方が広帯域となった。遊泳音は種によりその極大周波数及び周波数分布の広がり相違が観察される(竹村, 1984)とすれば、マダイとカンパチの遊泳音の主極大周波数に相違がみられてもよい。1/3オクターブ分析とスペクトログラフは分析方法が異なる。スペクトログラフは周波数分析をリアルタイムでブラウン管上で確認でき、しかも周波数分解能も高く、かつ遊泳中の各レベル(Table 2)の経時変化も少なく安定したものであったので、この結果を重視すれば、主極大周波数はカンパチの方がマダイより高い周波数帯域にまで分布するものと思われる。また隼人養殖場のカンパチ遊泳中における主極大周波数は130

Hz以下(Table 2)にあり東桜島養殖場のそれより5 Hz高い。群を構成する個体の数が増えても遊泳音の周波数成分の構成に変化は起こらず各周波数成分のレベルが一樣に増加するのみ(竹村, 1984)とすれば、この周波数の相違は魚体の大きさ、すなわち東桜島養殖場カンパチの平均体重は3.5 kg、隼人養殖場のそれは1.3 kgであったことに起因するとも考えられるが、今回は資料不足のため明確にすることはできなかった。カンパチの生簀内遊泳音の周波数分析に関する報告は見当たらないが、山田(1981)はブリ100尾が網生簀(2×2×1 m)内で急速円運動している時の遊泳音は主極大周波数を100 Hz付近に、副極大周波数を500 Hz付近に持つと報告している。カンパチはあじ科の魚であり、ブリより側偏度が強く体高が高いが外見上体型は酷似している。しかしながら、主極大周波数に相違がみられたことも合わせて今後の問題としたい。

東桜島養殖場における捕食音の1/3オクターブ分析結果によれば、マダイの捕食音は6.3 kHz、カンパチは3.15 kHzの周波数まで分布した。また隼人養殖場におけるマダイの捕食音は6.3 kHz、カンパチは1.25 kHzまでの周波数が顕著に分布した。このように両養殖場における捕食音はマダイの方が高い周波数帯域まで分布する傾向にあった。このことに関してYAMAGUTI *et al.* (1975)、竹村ほか(1988)は餌の硬軟によって捕食音の周波数分布に差異がみられることを指摘している。東桜島養殖場においては、マダイに硬い飼料のペレットを、カンパチに柔らかい粉砕した魚肉を与えたが、隼人養殖場ではマダイ、カンパチともに柔らかいモイストペレットを与えており、両魚種の捕食音分布の相違を餌の硬軟と直接結びつけることはできなかった。また間庭(1984c)は生簀の中で餌を投げ与えた場合に速やかに泳いで来て捕食し、水面を打つようにして身をひるがえして泳ぎ去る時、捕食音と遊泳音が混合した音が発生する。魚種によってスペクトラム、音色が異なると述べており、前記周波数分布の差異はマダイ、カンパチという魚種の相違によるものとも考えられる。さらに捕食音に関して間庭(1984c)は、ハマチは周波数範囲3.5 kHz位までで500~800 Hzが主であり、また竹村ほか(1988)はブリの摂餌音は2~5 kHzに強い成分を有すると記している。東桜島養殖場におけるカンパチの主たる周波数帯域は200 Hz以下及び800 Hz~3.15 kHzにあり、隼人養殖場では全周波数帯域に分布したが、特に50 Hz及び315~800 Hz付近に極大がみられた。この結果は間庭(1984c)、竹



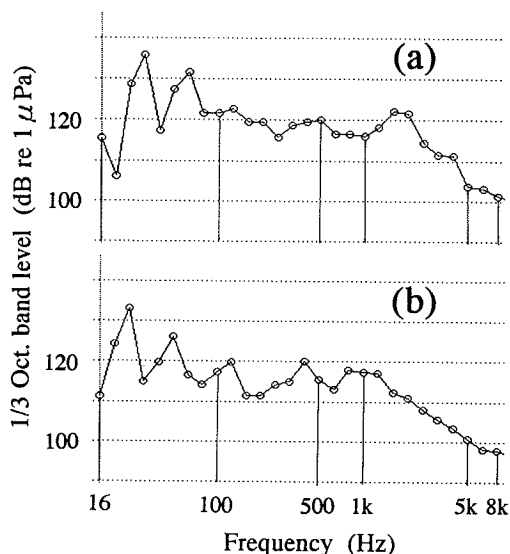


Fig. 9. One third octave band analyses of the underwater sound of the feeding ships at Hayato culture ground.  
(a): The feeding ship for red sea bream  
(b): The feeding ship for ammburjack

村(1988)の報告と大略一致するが、今回 200 Hz 以下 (50 Hz も含まれる) に極大値がみられた点が大いに異なる点である。またカンパチに関して、東桜島養殖場においては 250~800 Hz の周波数帯域で凹状パターンを、隼人養殖場では 250 Hz~1 kHz の帯域で東桜島養殖場とは逆に凸状パターンを示した。この起因について給餌船の放射雑音 (Fig. 9) 等も考慮して種々検討したが明確にすることができなかった。今後の検討課題としたい。

魚類の聴覚感度が概してよいのは 100 Hz~1 kHz でありそれより周波数が高くなると感度が急激に低下する (川本, 1977) と言われている。両養殖場のマダイ、カンパチの生簀内水中音の特徴として 100 Hz~1.5 kHz の周波数帯域でバンドレベルが小さく凹状分布パターン (Fig. 2, 3) を示すことを指摘したが、この周波数帯域は魚類の聴覚感度が良いとされる周波数帯域とはほぼ一致した。カンパチの聴覚特性に関する報告はみられないが、ISHIOKA *et al.* (1988) はマダイの聴覚感度が最も良いのは周波数 200 Hz であり、その時の音圧レベルは 85.8 dB±11.05 dB (平均値±標準偏差) であるとしており、これは東桜島養殖場におけるマダイ遊泳中の 200 Hz のバンドレベルとほぼ等し

い。この凹部の周波数帯域とバンドレベルの一致は生簀内で飼育されるマダイ、カンパチなど魚類の聴覚特性に与える音環境の影響など生理学的興味、さらに各種音響使用による効率的飼育の方法、そしてより有効な音響馴致の方法など興味ある問題を含んでおり、今後調査を続けたいと考える。

## 5. 謝 辞

本研究を行うにあたり桜島漁業生産組合の川添正人氏ならびに城山合産株式会社に大変御協力頂いた。また城山合産株式会社隼人養殖場々長の今原勇氏には生簀内水中音採取に当たって直接の手伝いならびに助言を頂いた。ここに深く御礼申し上げる。

## 文 献

- 橋本富寿・間庭愛信 (1964) 音響による魚群の誘致威嚇に関する研究 (1). 漁船研究技報, **19-3**, 1-12.  
橋本富寿・間庭愛信 (1966) 音響による魚群の誘致威嚇に関する研究 (2). 漁船研究技報, **20-3**, 1-5.  
畠山良己 (1992) 魚の聴覚能力. 水産工学, **28-2**, 111-119.  
ISHIOKA, H., Y. HATAKEYAMA and S. SAKAGUTI (1988) The Hearing Ability of Red Sea Bream *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaishi, **54**, 947-951.  
石崎宗周・平石智徳・山本勝太郎・梨本勝昭 (1992) クロソイの聴覚閾値について. 日本水産学会誌, **58**, 66-61.  
上城義信・寿久文・大石節・益田信之・橋本晋作 (1990) 音響馴致によるマダイの滞留効果. 大分県水産試験場調査研究報告書, **14**, 29-39.  
神谷直明・山形陽一 (1990) トラフグ音響馴致試験. 三重県水産技術センター事業報告, pp. 11.  
川本信之 (1977) 魚類生理. 恒星社厚生閣, 東京, 491-509.  
間庭愛信・畠山良己 (1970) 音響による魚群の誘致威嚇に関する研究 (3). 漁船研究技報, **24-2**, 1-5.  
間庭愛信・畠山良己 (1975) 音響による魚群の誘致威嚇に関する研究 (4). 漁船研究技報, **28**, 1-22.  
間庭愛信・畠山良己 (1976) 音響による魚群の誘致威嚇に関する研究 (5). 漁船研究技報, **29**, 147-162.  
間庭愛信 (1984a) 水中音と生物. 海洋科学, **167**, 256-259.  
間庭愛信 (1984b) 水中音の特性. 海洋科学, **167**, 259-263.  
間庭愛信 (1984c) 海中生物の鳴音の例と水中音に対する反応の実験と実用例. 海洋科学, **167**, 290-296.  
R.J. ユーリック (1978) 水中音響の原理 (土屋明訳, 西村実監修). 共立出版, 東京, pp. 193.  
TAKEMURA, A. (1969) Studies on the Underwater Sound-II, On the Diurnal Variation of the TEMPURA NOISE in the Coastal Waters of Nagasaki Prefecture. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., **28**, 31-41.  
竹村 暁 (1984) 水族の発生音. 海洋科学, **167**, 290-296.

竹村 暘・西田知照・小林洋一(1988) 魚類の摂餌音の誘引効果について. 長崎大学水産学部研究報告, **63**, 1-4.  
山田英行(1981) 魚の遊泳音に関する研究. 長崎大学大学院水産学研究科修士論文, pp. 710.

YAMAGUTI, Y., W. SAKAMOTO and T. INAGAKI (1975) Spectrum Analysis of Sound Made by Feeding Fish in Relation to Their Movements. Bull. Fac. Fish., Mie Univ., **2**, 39-42.