

Ⅳ 水産海洋生物音響学座談会

主催 水産海洋研究会

主 題 間庭愛信博士の国際会議出席報告を中心として

日 時 昭和41年5月13日 午後2～5時

場 所 東海区水産研究所大会議室

コンピーナー

宇田道隆（東京水産大学）

間庭博士（漁船研究室、水産庁）は1966年4月13～15日、米国ニューヨークの自然科学博物館で開かれた第2回海洋生物音響学シンポジウムに出席して帰られたので、この方面の新しい進歩の概要をお話頂き、質疑応答があった。

1 第2回海中生物音響学シンポジウムに出席して

間庭愛信（水産庁漁船研究室）

1) シンポジウムの概要

1966年4月13日～15日の3日間にわたって、ニューヨークの自然科学博物館（The American Museum of Natural History）において第2回海中生物音響学のシンポジウム（The Second Symposium on Marine Bio-Acoustics）が開催され、日本から間庭が論文発表者および discussant として招待されたので、本シンポジウムに出席したもよう、およびそれを機会に見聞したことからについて述べる。なお北海道大学水産学部黒木敏郎教授も参加され、この後の側線の会議に出席された。

第1回のシンポジウムは1963年にBahamaで開催された。この時の発表論文は、生物の聴覚、鳴音、海中騒音、測定機器などであったが、第2回には後で述べるように魚群探知機関係の論文もあり、海中生物音響学にはこれらも含めて考えるようになったことを示している。このシンポジウムは Naval Training Device Center と共催で、費用は海軍から出ている。

論文は19篇発表され、それぞれの論文に2名ずつの discussant が意見を述べた。大部分アメリカの生物学者の発表で、日本、ドイツ、フランス、オランダから各1篇イギリスから2篇の論文が加った。

発表論文を次のように分類し、簡単に説明する。

2) 発表論文

(1) 海中生物の聴覚について

この分類は、魚、無脊椎動物、クジラ、イルカの類、オットセイなどの聴覚についての論文で、次のようなものがあった。

(i) 魚の聴覚機構をわけ、その能力の解明 (Fitzgerald)

魚の聴覚は触覚器官、側線、内耳の3つの感受機構に分けて考える。それぞれ hydrodynamic force, hydro-acoustic components, acoustic pressure を感ずる。それぞれの聴覚器官は、異なった感度と周波数スペクトラムをもつことを示している。雑音の中の信号の探知能力を簡単なゾナー方程式を用いて求めた。

(ii) 海中生物の聴覚の threshold

a. キハダマグロの threshold (Iversen)

最も低い値は500%で-13 db (re 1 μ b) であって、50%および1100%では500%の場合より40 db高い。threshold は海況6の海中騒音のレベルより10 db高い。500%以下の background noise level が threshold に影響を及ぼす。

b. thresholdに対する noise の影響 (Tavolga)

Longspine squirrelfish: Holocentrus rufus (カノコウオ) では500%, 800%, 1000% で noise level 上3~13 db である。この魚および blue-striped grunt: Haemulon sciurus (イサキの類) に対して noise の影響を調べた。

c. バンドウイルカの Sound detection threshold (Johnson)

最も低い値は50 KCで約-55 db (re 1 μ b) である。75%では+37 db であり、100 KCで-45 db 150 KCで+35 db である。150 KCが聴覚の上限である。

(iii) 測定のための小さい水槽の問題 (Parvulescu)

魚の聴覚の threshold を小さい水槽で測定しているが問題である。小さい水槽を使えば Open sea より魚を Control し易いが、音響的な field を広い環境と同一にすることは出来ない。無響水槽を作ることは甚だ困難である。すなわち小さい水槽での測定は生物学者にとってむづかしい問題である。

(iv) 聴覚の指向性 (Moulton & Dixon)

魚の Mauthner cell mechanism によって、感受した水中音の方向性を知りうる。

(v) その他

無脊椎動物の聴覚機構を調べ、これに音の刺激を与え、生態および電気生理的な研究を行なう。(Hubert & Frings)

イルカのように echolocation できる動物は、目標物の位置をきめるのみならず、その種類を知ることが能率よくできる。(Dreher)

ひれ足動物の聴覚の研究はまだ始まったばかりであるが、その耳は高い周波数の音

まで大きくすることができる。(Heel)

(2) 海中生物の発音

(i) 発音機構 (Marshall, Schneider, Iversen)

魚の発音には、浮袋と Sonic muscles が重要であり、生活に密接な関係をもっている。

(ii) 魚の発音に対する環境の影響 (Schneider)

Tigerfish: Therapon (コトヒキ)の発音の繰返数は温度が上ると増加し、また光も影響して暗い方が増加する。

(iii) 人工的な放声に反応するフグの発音 (Winn)

フグに対し笛やグーグーという音を出してその反応を調べている。

(iv) 海中生物の発する音の分析について注意すべきこと (Watkins)

海中生物の鳴音には burst pulse が多いが、Sound Spectrogram からその繰返周波数を求める時には filter のバンド巾が重要で注意を払わなければならない。

(V) イルカの鳴音の指向性 (Norris & Evans)

Rough-tooth Porpoise: *Stero bredanensis* の echolocation clicks は、最も高い周波数成分は 208 KC で之は大変狭いビームである。中心軸から 10° の所では上限の周波数は 100 KC、15° の所では 60 KC となる。音圧は中心軸から 11~17° で 6 db 減少し、45° で 17 db 減少する。

(3) 放声に対する反応 (音響による威嚇誘致)

(i) 音響による魚群の威嚇誘致の研究 (橋本、間庭)

500% から 7000% の周波数範囲で平坦な特性を有する水中音放声装置を試作して、音響によって魚群を威嚇誘致する実験を行なった。まず予備実験としてコイについて行ない、その捕食音を放声装置で放声し、送波器の近くに集めることができた。ついで海でブリについて行なったが、イクスの中のハマチをその捕食音で誘致できることをたしかめた後、ブリの漁場において 50~80 m の深さにいるブリ魚群を 15 m の深さに吊した送波器の所まで誘致することができた。またイルカの鳴音を放声することによって、アジ、カマスなどの魚群を威嚇して定置網の中に追込み漁獲を増加することができた。

(ii) サケ・マスに対する実験 (VanDerwalker)

河の水力発電用のダムでサケを誘導するために鉄板を振動させて発射した音を用いる。周波数 280% までの音で威嚇でき、86 db (re 1 μ b) が効果的である。

(4) 魚群探知

(i) 魚体反射 (Cushing)

魚体の target strength を 1KC~10MC の範囲で測定した。target

strength を測定して魚の大きさを推定できる。周波数とパルス巾を適当に選べば魚体を個々に記録しうることを述べている。これらの結果はすでに橋本、間庭が研究して来たのと同じである。

周波数 300 KC、パルス巾 100 μ s の超音波を用いたソーナーを使って、魚およびトロール網の映像を検討した。

(ii) FM ソーナーによる魚群探知 (Hester)

マグロの生態調査に FM ソーナーを用いる研究で、マグロの探知だけでなく、その大きさ、種類を知ることができる。

3) シンポジウムの雰囲気

発表論文 1 題につき約 30 分の講演で、これにそれぞれ約 5 分づつの discussant の意見発表が行なわれるのであるが、屢々時間が超過しても別に制限することもせず、自由に討論していた。魚群の威嚇誘致の研究に対しては、大洋中において実際の魚群が、发声された水中音に直ちに反応したと、および実際の漁撈にこの技術を応用した研究であることで多くの研究者から興味を示されたのは幸いであった。

4 月 14 日のレセプションの際の Speaker である Dr. Sidney R. Galler (Assistant Secretary for Science Smithsonian Institution, Washington D. C.) の話で生物学者と物理学者、電子工学者が密接な協力をすべきことを力説していたが、これは重要なことと考える。

4) 視察した研究機関

この機会に、数ヶ所の水産、海洋関係の研究機関の主に生物音響の研究を視察したのでここに紹介する。

(1) The American Museum of Natural History

Dr. Tavalga が研究室の中で、金魚や小さい魚を飼って小さい水槽の中で聴覚の threshold を測定しており、シンポジウムに最近の研究を発表している。前述の Dr. Parvulescu が指摘しているような問題は、このような小さい水槽での測定に対して当然考えなくてはならないことである。

(2) Institute of Marine Science, University of Miami

ここでは Dr. Myrberg が忙しい中を案内してくれた。

直径 10 inch 長さ約 20 feet のプラスチックの長い水槽にサメを入れてその聴覚の threshold を測定していた。吸音用のスポンジを約 10 feet の長さにつめて吸音に苦心を払っている。また別に小さい水槽に魚を飼ってその行動を見ながら鳴音を研究している。夏には Bahama の方へ出て行って水中にハイドロフォンを設置し、海中の生物の鳴音を調べるのであるが、興味ある鳴音を多数集めていた。魚の種類を確かめることのできないものも多くあるようである。この辺は有名なマイアミビーチで、魚の種類が多く、また海水は実によく澄んでおり、実験用の魚を飼うのに

その水を豊富に使えり好条件に恵まれている。

別にわれわれの測定方法を流用してプランクトン層の超音波透過損失を測定することを試みていた。

(3) Bureau of Commercial Fisheries, Honolulu

ここでは Dr. Magnuson と Dr. Iversen がマグロの聴覚の threshold を測定していた。日本からの藤野博士および若い研究者 Mr. Gooding が案内してくれた。

マグロを実験水槽に飼うのに苦心し、旋網でまいたマグロを、水を循環させるようなタンクにとりあげて運び込むという方法で成功するのに2年かゝったそうである。その結果は前述の如くである。

また CTFM (Continuous Transmission Frequency Modulated Sonar) を試作して調査船に装備し、マグロの生態を調べようとしている。まだ調整中で、これから使おうとする所である。その調査船には日本の魚探機を、ノールウエーの Simrad の魚探機と共に使っていた。

(4) Bureau of Commercial Fisheries, Seattle

ここでは Mr. McNeely が説明してくれた。タラの中層曳網について研究しているが、その深度を測定するのに水中テレメーターを使っている。超音波を搬送波とするもの(日本製)およびケーブルによって深度に相当する圧力の信号を伝える方式を使っていた。このケーブルは外側をワイヤで四重にまいて強度をもたせたもので、3年間無事故で使っているそうである。日本製の魚探機をここでも使用していた。

(5) Department of Oceanography, University of Washington, Seattle

ここでは東大水産学科の小牧勇蔵博士がプランクトンの研究を3年来続けているが、彼の案内で実験器具工場を見せて貰った。テレメーター方式で海洋観測を行なうものであり、水温、流速、浮遊物などのデータをとるのに様々な工夫を開発している。ケースの水密の方法に興味をもった。

(6) Bureau of Commercial Fisheries, Portland

この研究者 Mr. Van Derwalker が自分で車を運転して、コロンビア河のダムにおける魚道の研究施設を3日間にわたって見せてくれた。

コロンビア河にはサケ・マスが溯河するが、水力発電用のダムを次々に建設するので、魚道の研究のために立派な実験施設を作って、資源の保護に非常に力を注いでいる。

fish ladder (魚梯)の構造、傾斜などを大規模な模型を作って実験し、その結果を新しく建設するダムに応用している。卵からかえって河をおりて来る魚がタービンにまきこまれないようにするために、堅型の側路の研究、また希望の流路に魚を導くためのスクリーン、回転式の網などの研究もそれぞれの大きな施設を作って研究し実用

化をはかっている。

魚を導くために鉄板を振動させて音波を発射して威嚇する方法を研究しており、これは前述の如くである。

魚道の研究施設しかも規模の大きい組織化された研究を見て、資源の保護に政府がいかに力を入れているかが伺えた。川という川が下水となってしまっただけで魚類の資源がなくなっていく日本の現状を見ると大変な違いであり、日本においても資源の保護に積極的にならなければならないことを痛感した次第である。

一般的に生物学者は魚探機についてはよく知らないようであった。これは日本においては魚探機はすでにポピュラーになっているのと異なっている。そこでこれについて話したところ、ダムにおける魚群の行動の観察には是非使いたいとのことであった。またわれわれの威嚇誘致の方法も応用してみたいと言っていた。

5) 結 言

以上、海中生物音響学シンポジウムに出席し、またアメリカの諸研究機関を視察して感じたことをまとめると、

- (1) この分野では生物学者が主として研究しているが、これに物理学者、電子工学者が密接な協力をしている。また生物学者が electronics の測定器を駆使し、どしどし新しい測定をしているのが印象的であった。
- (2) 各研究者の研究は非常に専門化しているが、海軍から費用が出ているのが多く、よく組織化され、全体としてみると大きな体系として積み上げられているようであった。
- (3) 資源を大切にし、その保護のために多額の研究費をつぎこみ、多数の研究者を従事させている。
- (4) 私の接した範囲では研究者は親切で、且日本の研究を高く評価している。
- (5) われわれの研究に非常に興味を示し、是非応用してみたいという意見に屢々接した。

2 綜 合 討 論

根本(鯨研)：反射の際魚のウキブクロの影響について

問庭：ウキブクロのないものでもちゃんと反響が出る。

橋本(芝浦工大)：1尾の魚のターゲット・ストレンジスについてソ連でもやっているが、電子工学者と水産学者が密接に協力してやる必要がある。周波数をモジュレートしたソーナーで中層魚を探る。

大村(鯨研)：受音の方向性を知りたい。

柴田(武蔵工大)：反射音の方向性にはFMパルスよりハリガネでドブラー効果を利用して求められるであろう。

問庭：イルカの鳴声にはオシロスコープを波形でとると雑音が相当に多い。インパルスに近い1山程度のもが出る。聴覚指向性の研究が必要である。

高山(東水研)：多重テレメタリングの問題、漂流テレメタリングの研究を進めたい。

大隅(東水研)：水中音響を利用してイルカ飼育調教が米国で進んでいるが、日本ではどうか？

西村(魚研)：Ambient noiseの研究、生物騒音の研究が日本でも重要である。

宇田(東水大)：日本近海の海洋の生物音響学的構造図がほしい。