

魚類生態に關与する水中音の基礎的研究(第III報)

——無反響水槽壁に關する研究*——

黒 木 敏 郎

Fundamental Studies on the Relations between
Under-water Sound and Fish Behaviour (III)

——About the Echoless-wall of Aquarium——

Toshiro KUROKI

In this paper, the author describes on the results of experiments about the reflection and penetration of under-water sound and about the absorption by special liquid layer. He used carbon disulfide CS_2 as this absorptive liquid and got the conclusion as follow: ——

Because CS_2 -layer absorbs under-water sound when internal walls of 20 cm (thickness) CS_2 -layer are set up, even 1 m cubic aquarium may be used equivalently to 120 m cubic water space. It seems that these studies are very important in purpose to get results exactly on ecological experiments, especially about the auditory characteristics of fish, in small (1 m cubic order) aquarium.

緒 言

魚類においてはその体軸と水中音源との相対位置如何によつては音の強弱高低に対する可聴限界が大巾に異なることも考えられるし¹⁾、従つて音源の方向を採知する能力が魚類に当然具わつていると見るのが妥当でもあろう。²⁾

このような魚類聴覚の生理生態を研究し考察するためには広大な海洋中で実験せねばならない。何となれば普通のせまい実験水槽内では水中音波の反響や共鳴などが生ずるので魚の聴覚方向性などを把らえ得べくもないからである。所がそんな広い海では魚を自然の状態のままジッと定位置にとどめ置くことも困難であるし、ましてや観察測定するのにも大きな不便が伴うはずである。そこで反響や壁伝達音の無い水槽を考案することが魚類聴覚の生態学的実験研究には必要不可欠となる。本報ではそのような水槽を製作する上に肝要と思われる基礎事項について実験した結果を述べるものである。

実 験 装 置

せまい水槽内では指向角・波長その他の關係から高い周波数を用いた方が便利なので、手持の 39 kc Alfer 磁歪材振動子を用いた。蓄電器放電によりこれを発振せしめて水中マイククロフォンで pick up すればピシッという音に聞える。水中マイクは受圧窓の径 25 mmφ、最大径 38 mmφ の小型で前報³⁾に示したものと同様な性能をもつロッシェル塩利用のものである。マイクで受けた水中音は之を増幅し、一定増幅率でブラウン管オシロ上に得られる波形振幅の高低を以て音圧の大小を比較した。

*日本水産学会秋期大会(1956, 於広島)発表

水中音を吸収させるための物質としては吸収係数^{*}の大きい二硫化炭素CS₂液を用いた。CS₂の封入されたビニール膜(0.1mm厚)の袋を薄い板の枠に収め2cm目の格子を成す細い綿紐で内圧による膨脹を防ぐように作った。その形は縦20cm、横15cm、平均厚み2cmの厚板状となつた。

実験水槽としては第1図に示すような透過試験用(a)と反射試験用(b)との二種を用いた。a水槽は厚み5mmの鉄板製で一側壁には管つきの孔が設けられ、管端の木製角筒内に吊された振動子が振動すると水中音はこの孔から水槽へ入る。そこで孔の正面にCS₂を置いて音の減弱状況を測るのである。実際には水中音が水槽の側壁を振動させその側壁板共鳴音がマイクへも入るけれども39kcの原音と比べて遙かに振動数が低いのでブラウン管上で明らかに区別し得られる。b水槽はコンクリート製で、その一隅から厚さ約10cmの木製障壁を斜に出し、マイクが音源からの直接音波を受けないように留意した。

実験結果とその考察

透過実験では第1図(a)に示す如くパイプ出口にCS₂層(2cm

^{*} ここにいう吸収係数とは、体積粘性率を含んだもので、ズリ粘性を主として考える古典的吸収率と比べれば遙かに大きな値を示し、水の場合には約3倍、CS₂では約1,200倍と言われる。

Fig. 1. Aquariums for experiments of under-water sound.

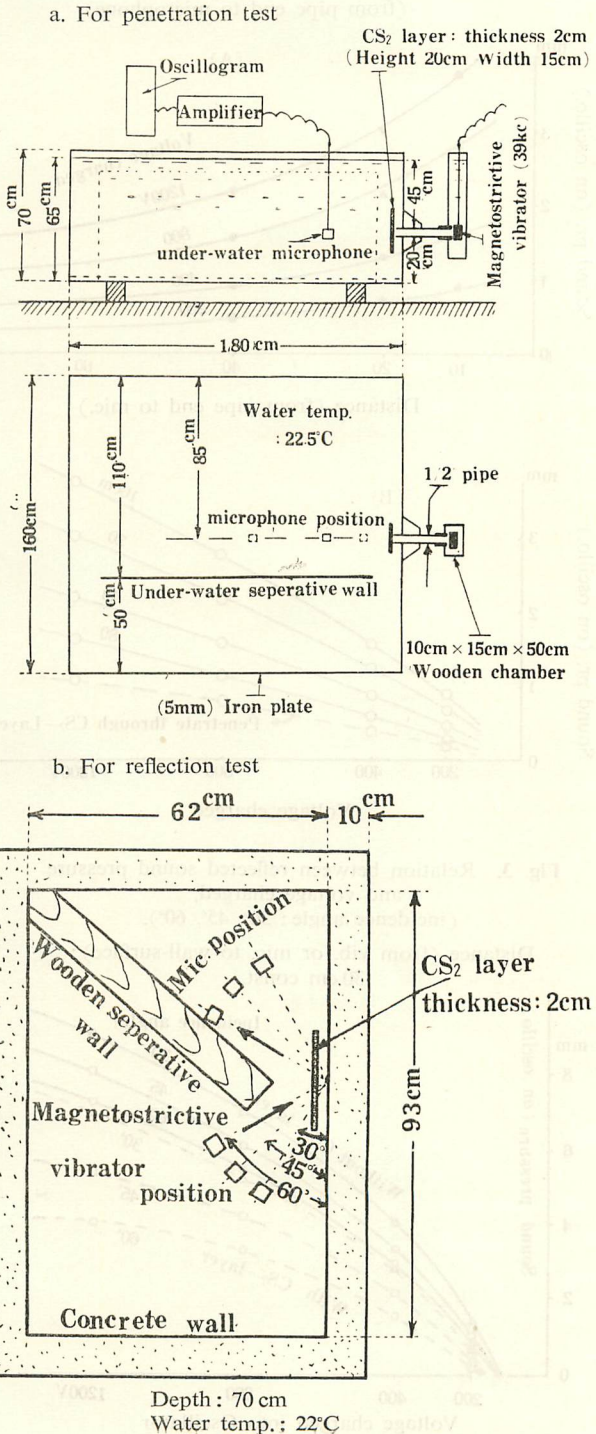


Fig. 2. Relation between penetrated sound pressure and voltage (charged into oscillator), distance (from pipe end to microphone).

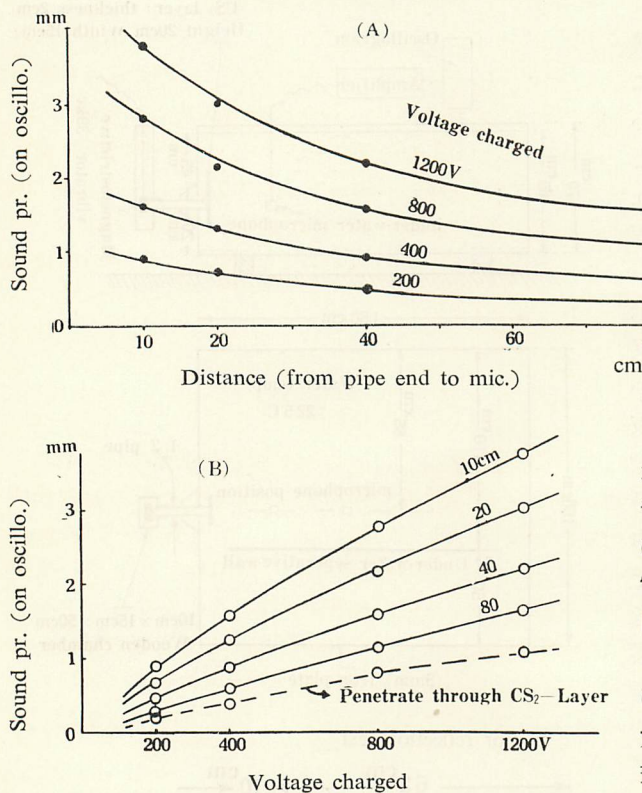
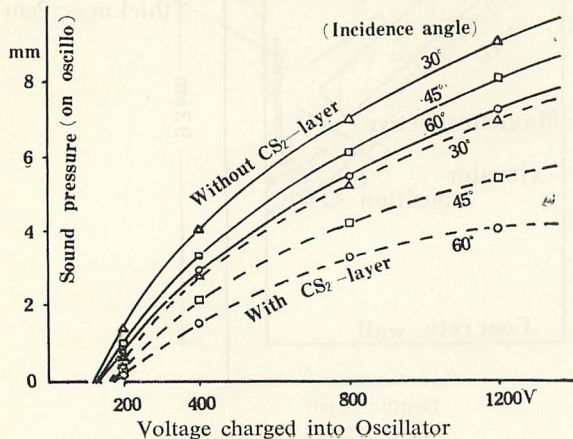


Fig. 3. Relation between reflected sound pressure and voltage charged, (incidence angle: 30°, 45°, 60°).

Distance (from vib. or mic. to wall-surface): 30 cm const.



厚み)を置き、その出口端よりマイクまでの距離を10, 20, 40, 80 cm (音源からの算定は各々に30 cmを加算)に変化し、蓄電器へ注入する磁歪発振エネルギーも電圧変化によつて200, 400, 800, 1200Vと4段量に変えた。

音圧をブラウン管上の波形振幅の続きであらわして測定位置と充電々圧との関係を示したのが第2図である。

上(A)図にはCS₂層を置かない時の各充電圧毎の距離～音圧関係を示し、下(B)図実線は上図より整理した各距離毎の電圧～音圧関係を示す。点線は同様にして整理したCS₂層透過の時の関係である。CS₂層を置けば測定の誤差範囲内で距離の如何に拘らず殆ど一定値まで減衰するように見える。音圧の減衰率(平均で約0.23)を考えればCS₂の厚み2cmは水の厚み(距離)2.9mに相当することとなる。

反射実験では、コンクリート壁にCS₂層を置きその面に対して入射角並びに反射角が夫々30°, 45°, 60°となるように振動子と水中マイクとを配置して実験した。音源・マイク両方とも反射面中心より30cmに置いてある。

第3図にはその結果を示す。入射角の大きい程反射音圧が大きく吸収率が小さく出ているのは予想通りである。入射角30°

の時には吸収率が40%程度であつて0°では50~60%（計算上46%）に達するものと思われる。

以上の実験で得られた結果から推算すると、少なくとも実験周波数附近では10層分（約20cm）のCS₂層で反射音を97.5 dbだけ抑制し得ることになる。これは淡水中の音波減衰と等価になるように引き直せば約124m（往復路62m）に相当する。実際の海水中ではMgSO₄などの会合イオン解離平衡で緩和され吸収係数が淡水の数倍に及ぶと言われているから上の等価値は低下する。それにしても1m³程度の規模の水槽壁の四周及び底に20cm厚みのCS₂層を置けば、淡水魚の実験では殆ど60m水深、120m直径の水槽で実験するのと同様になり、殆ど目的を満足し、海産魚の場合（吸収係数を約10倍程度としても）10m規模の水槽中で行うのと等しくなるから、聴覚閾値に近い音圧を用いれば方向感知の特性研究などには十分に役立つ事とならう。

結 び

以上の実験結果から、若干精密を欠くけれども大体無反射音の水槽壁活用のメドがいたのである。実施上の点については、CS₂を容れるべきビニール膜の袋が軟化して破れたり（ポリエチレン不透明膜では破れなくても浸み出して来るから注意を要する）、接着箇所がはなれたり種々の技術的問題が残る。更に経済的な問題として、内法（ウチノリ）1mの水槽を作ろうとすれば20cm厚みの液層のCS₂所要量が1352 l（1720 kg）に及ぶ。音響吸収のよい純粋なCS₂を使用するとなれば数十万円の経費を要することとなる。又引火性・有毒性と言つた取扱い上の問題も残るので、もつと取扱い容易な安価な吸収壁材料はないかと検索中であるが、目下の所音響インピーダンス密度のこれ程水に近い（反射の少ない）ものは他に見当たらないようである。粗硬乍ら諸彦の御参考に供すると共に御叱正を仰ぎたくここに発表した次第である。

この研究は昭和31年度文部省科学研究費を以てなされた。附記して深謝の意を表する。

文 献

- 1) 黒木：日本水産学会誌，23巻7号（1957）。
- 2) 黒木：日本水産学会年会（1958年4月，於東京）発表。
- 2) 中馬：鹿大水産学部紀要，4巻（1955）。