

通信技術 展望

超音波測深機と魚群探知機*

正員 實 吉 純 一

(東京工大電氣科學研究所)

1. 緒 言

1940年10月の本會誌に“水中通信と測深”と題して水中の音波超音波のすべての應用の技術展望を執筆したが、測深の其後の進歩と最近急激に發展した魚群探知に關して展望を試みる。魚探として現在實用されているのは横向きではなく、直下の魚群を測深機と本質的には同様な装置で探知するものであるから、測深機の一例について一應説明した後、技術的問題を論じよう。

2. 測深機の實例

第1圖は國産の測深機であつて、蓄電器 C に充電された電荷は記録器のカム接點で制御される繼電器又は放電管によつて磁歪振動子の巻線を通じて放電され減幅振動電流を生ずる。その電流による磁歪材料内の H は數百 gil/cm に達するので電流の方向に係らず Ni ならば壓縮歪力、 ΔF 合金ならば伸張歪力を發生する。即ち駆動力の周波数は電流の周波数の2倍である。振動子の機械的固有振動数は使用周波數に合わせ、電流の周波數が大體その半分になるように C の値を選び、減幅超音波パルスを水中に發射する。

海底又は魚群から反射した超音波は、發振用と同じ構造の受信振動子を振動させ、巻線に生じた電壓は増幅の後、記録器のペンと記録紙裏の金屬板との間に加えられる。ペンは記録紙の左から右に一定速度で走り發振時には左端近くにあるので、電氣的誘導で受信器に直接來たパルス又は水中を直接傳つたパルスがその位置に現われ、反響は水深に比例した時間だけ遅れるから、水深に比例する距離だけ右方に記録される。

記録紙は一定速度で繰出されるから、發振記録は水面(詳しくは送受波器の水深)を示す直線となり、反響記録は海底又は魚群の刻々の變化を現す。即ち海底の断面圖が得られ、魚群があればその断面圖の像が記

*Ultrasonic Echo Sounders and Fish Finders. Jun'ich San'yoshi, Member (Tokyo Institute of Technology)

*本會の超音波委員會の報告を兼ね、討議された事項を一般會員のために技術展望の形で解説したものである。

録される。そして水深は目盛尺から直讀できる。

第1表は各社で製造している測深機、魚探機の中その要目が手に入つたものを一覽表にしたものである。

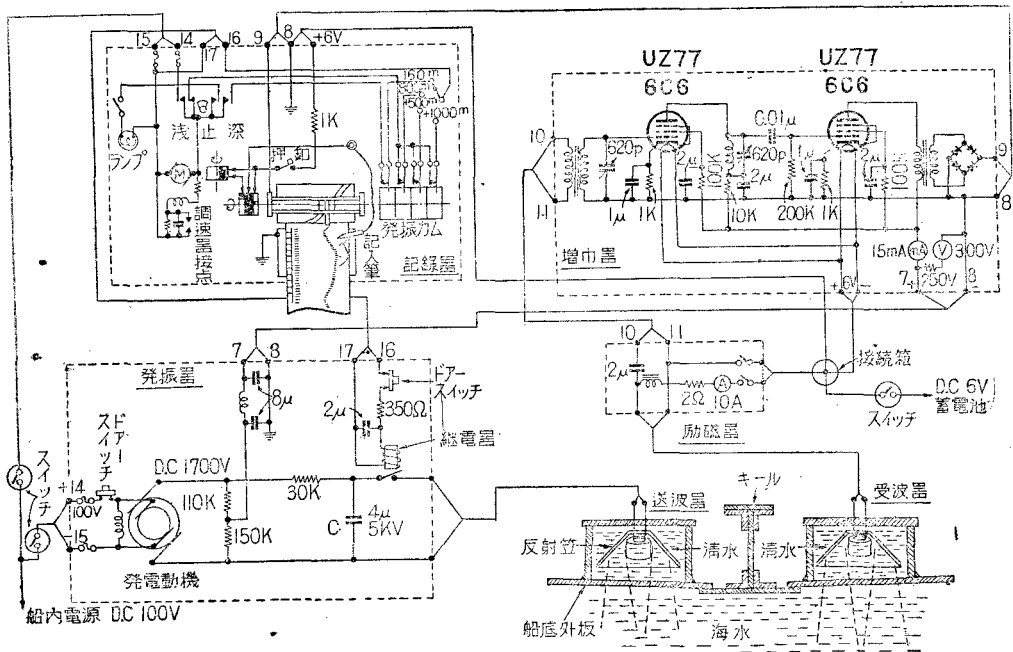
3. 實用上の諸問題

3.1 走航による反響消滅 終戦後我國で浮び出したのは、停船時には受かつていた反響が走ると消えることがあるという問題である。送受波器は小型船以外はすべて船底に裝備されるが、一般に吃水の深い船では消えることは少い。後部機關の貨物船は空荷だと船首が浮上るが、その状態では走ると殆んど例外なしに消える。船首が上つていなくても荒天時には走ると反響記録が途切れるが、停れば良くなる。反響消滅の有無は水線下の船形、裝備位置に著しく左右される。

調査の結果⁽¹⁾、消滅の原因は船首で發生した泡が船底の送受波器の直下を流れて超音波を吸収することにあることが大體判明した。消滅が起らないように送受波器の裝備位置を定めることは重要な課題であるが、船體曲線の僅かな差によつても影響されるので、事前に確信を以て決定することは、船の種類によつては裝備技術者の頭痛の種である。從來の多數の體驗によれば船の前から全長の 0.1~0.17 及び 0.3~0.5 倍の位置で、船の中心線になるべく近付けるのが良いとされている。

3.2 航海用測深機 出入港の際に船底すれすれの極く浅い海際を測ることは從來の測深機の技術では無理だつたので、航海用としては大體 5~1,500m の測深範圍のものが使用されていた。船の現在位置を知るために測深航法と稱してそれまでに得られた測深記録の海底断面圖と海圖とを比較して決定することもかなり行われ、それに適する詳しい等深線入の海圖を作ることも始められた。しかし船用ロランとレーダーが普及し始めたので測深航法の必要性は薄くなつた。今後は測深機としてはレーダーも使えない程陸岸に近い場合に主として使用されることになるとと思われる。

3.3 測量用測深機 最近極浅海を精密に測深する目的の専用機が使われ始めた。米英のカタログにも見られるが、我國ではそれ以上精密な測深機即ち 0.3m から 15m までの水深を 0.1m 以内の誤差で測れるも



第1圖 航海用測深機の一例

第1表 内外各社の代表的製品の要目

| 製造者、型名 用 | 測深範囲 | 周波数 送受波器 | 送波方式 | 記録方式 | 受信器 | 定規装置 | 装設法 | 電源の電圧、電力 |
|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|------------|---|
| NEC、1-A 航保安機 | 0-100, 0-300, 500-1300, 1000-1800 m | 14.2 kc, AF, トロイダル 反射管付2ケ | 蓄電器と 繼電器 | 湿式、直 線、ペリ カルカム | 2段又は3段 ストレート 金属整流器付 | 記録電動機 に調速器 | 船底 | 船内電源、DC 又は AUの各種電 壓 230 W |
| NEC、フイッ シメグラフ 魚探 | 0-50 m 0-320 m | 24 kc, AF, 角型2ケ | 蓄電器と カム接點 | 湿式、直 線、編列 式 | 3段ストレート 金属整流器付 | 同上 | 舷側又は 船底 | DC、24 W |
| JRC、203 B 魚探 | 0-100 m 75-175 m | 50 kc, NI, 角型1ケ | 蓄電器と 放電管 | 乾式 90° 圆弧 | スーパー | 記録器に定 規電動機 | 同上 | DC、100 V, 24 V, 150 W |
| JRC、206 航海 | 0-1000 m | 20 kc NI, 角型 | 同上 | 同上 | 同上 | 同上 | 船底 | |
| 神、F50 B 魚探 | 0-50 m, 6段 シフト 最大200 m | 28 kc, NI, 角型2ケ | 真空管 211A, 400 W, ビーク W | 湿式 90° 圆弧 | 3段ストレート 金属整流器付 | | 船底 | DC、100 V, 24 V AC、100 V, 230 VA |
| ENGLISH, MS-24, 魚船(英) | 0-150 m, 5 段シフト 最大630 m | 14.25 kc, NI, トロイダル 2ケ | チョーク と蓄電器 と繼電器 | 湿式 90° 圆弧 | 3段ストレート | 記録電動機 に調速器 | 船底 | DC、220 ~ 24 V 100 W |
| BENDIX, DR 7 A 魚探(米) | 0-100 ヒロ | 50 kc NI, 1ケ | 蓄電器と サイクロ ロン | 乾式 90° 圆弧 | 3段ストレート | | 船底又は 舷側 | DC、32, 24, 12 V 50 W |
| BENDIX, DR 8 A 航海(米) | 0-400 呎 0-400 ヒロ | 50 kc NI, 1ケ | 真空管 | 同上 | スーパー | | 同上 | DC、110, 32, 24, 12, 6 V AC、110 V, 100 W |
| 水路部-NEC 精密測量 | 0-20, 15-35 0-100, 75-175 m | 70 kc, NI, 角型2ケ | 蓄電器と カム接點 | 乾式 60° 圆弧 | スーパー | 音叉發振器 と同期電動機 | 舷側 | DC、24 V 300 W |
| 水路部-JRC 精密測量 | 0-20, 15-35, 30-50 0-100, 75-175 m | 50 kc, NI, 角型2ケ | 蓄電器と 放電管 | 同上 | ストレート | 調速器付イ ンバーター と同期電動 機指示計 | 同上 | DC、24 V 210 W |
| SUBM. SIG. Co. 808 L 精密測量 | 0-55, 35-90, 70-125 105-160呎及 ヒロ | 21 kc, NI, 角型2ケ | 蓄電器と カム接點 | 乾式 90° 圆弧 | ストレート プッシュプル | 記録電動機 に調速器、 指示計 | 同上 | DC、12 V 180 ~ 240 W |

のが水路部と東京工大、東北大、日本電気、日本無線、沖電気の共同研究で1951年春に完成し、測量作業に實用され始めた⁽²⁾。これは港灣沿岸の海圖作製以外に、港灣、河川等の浚渫の計畫と検査等にも使用され得る。

海圖作製の作業の中、測深作業の方は最近極めて能率が上つたが、位置決定は舊態依然として六分儀を使つていたので測深作業の速度に追付かない。米國の如く測量用の SHORAN (Short range navigation) が實用されることが望まれている。(SHORAN とは RADAR の一種で、海岸の位置の確定した地點2ヶ所以上にパルスの受信機と送信機とを組合せた一種の反射器を臨時に設置するものである。)

3・4 漁船の測深機 英國の Henry Hughes 會社では古くから漁船にも測深機を裝備させることに努力したが、我國では1938年頃から鯉漁船(90~160t)に裝備し始め、現在約90隻に及んでいる。鯉漁場は太平洋の淺瀬であるが、海圖に記載されていないものもあつて漁船自から測深機で漁場を發見したこともある。既知の淺瀬でも狭いため漁船の天測技術では丁度其場所へ到達することが困難なので測深機によつて次第に淺い方へ船を持つて行くのが普通である。

3・5 魚群探知機 Henry Hughes 會社の測深機を裝備した漁船が魚群の反響記録を捕え、漁業に利用し得たという報告は1935年頃に既に見えている由である。その他にも測深機を實用している船が、魚群の反響を捕えたことは必ずあつた筈であるが、終戦までは我國では見逃がされていた。

終戦直後、潜水艦探知用の探信儀に關係した多數の技術者が轉換策として魚探に着目した。然し横向きに遠方の魚探を探知することは海底の亂反射と魚群の反響とを識別することに困難が豫想されたので、測深機を簡易化して直下の魚群を探知する方向に進んだ。平野正勝氏は此種の魚探機を試作し、自から各地の漁船に乗込んで實驗を行うと同時に盛んに啓蒙運動を行つた。漁獲作業に最初に効果を上げたのは長崎縣下五島列島附近のいわしあぐり網漁船であつたが、海上電機株式會社では日本電氣の從來の測深機を改造した魚探機を1949年始めから盛に裝備し、長崎地方では魚探熱が大いに揚つた。

現在魚探機で効果を上げているのは主としていわし漁船に限られるが、千葉縣から三重縣に至る太平洋岸と北九州に合計200臺以上の魚探機が裝備されているが、その半數は長崎縣にある。

これらの表層又は中層魚に對する魚探機の設計製造

者への課題は所謂性能の向上よりも、夫々の地方の漁法に即した魚探機を廉價で使い易く又故障の少いように作り、保守のサービスを良くすることにあるようである。裝備費を含めて60萬圓程度の價格で買得る業者には大體行き渡つた模様で、魚探機を更に賣込むためにはコスト低下が重要らしい。

かれい、えい、さめ等の底棲魚の魚探は成功したという例も絶無ではないが、現用魚探機の分解能(海底反響像の微妙な變化を現す能力)では困難らしく、經濟的に成功するためには更に努力を要する。

3・6 横向き魚群探知 超音波パルスを水平に發射して潜水艦を探知してその距離と方向を知ることについては、日本海軍では1930年頃佛國から見本を購入し、91式及93式探信儀が作られ、戦時中に獨の方式を取入れた3式探信儀が1943年に完成した。3式探信儀は送信パルスの電氣出力が2kW、全重量が1トン以上ある大げさな装置で、受波器を左右2個に分割して夫々の出力電壓の和と差を増幅してブラウン管の縦軸と横軸に入れ(差電壓は90°移相して)、反響像の傾きから目標の方向が受波器正面の左にあるか右にあるかを直視し得るものであつた。

93式と3式は相當の成果を収めたがその有効探知距離は時と場所によつて非常に不定で、最大6kmで反響が受かることもあれば數百mでも全く受からないこともあつた。その原因としては海水の溫度分布が概して上温下冷であるために音波が下方に屈折すること海水は音波の媒質として見れば決して均質でなく鹽分溫度が部分的に異なるために複雑な屈折反射の起ること、時には微量な氣泡を含むために超音波を吸収することが考えられた。又潜水艦に超音波の當る方向角の影響、即ち正横と正面とでは反射率が20dbも異なることもその原因であつた。

探信儀で困つたことは其他に、海深が餘り深くない場合は海底からの亂反射による反響が受信され、あたかも殘響のように長く續くことであつた。目標が潜水艦のように大きくても距離が遠い場合はこの殘響の中から目標からの反響を拾い出すことが常に問題であつた。然し潜水艦ならば反射體としての輿行が限定されているので、反響も送信パルス(OWで長さ0.1秒位)と似た形を持つのでまだ判別し易かつたが、魚群の場合は反響が海底亂反射波と同じくモヤモヤしているので判別は更に困難である。下向き魚探なら海底の反響が来る前に魚群の反響が来るのでこの困難は全く存在しない。

1949年末に横向きの超音波發射が解禁された後二、

三の横向き魚探の實驗が行われたが、200m以内ならば海底亂反射があつても十分識別し得ることも確かめられたが、漁獲作業に實用する段になるとその識別に相當の熟練を要するよりに思われる。又白波が立つ程荒れている時は、白波が出来る時に水面下に没入する氣泡群からの反響が無數に現れて妨害する。

3.7 鯨探 1950年に大洋漁業と海上電機により日本電氣製の機器を使用して大掛りな豫備實驗が行われた。發振は16kc、送波器入力200WのCWパルスで、殺した鯨を水面に浮べて探知距離を調べた結果最大700m位まで辛うじて反響を識別し得た。此の場合は海深が2,000mもあるので海底亂反射波は問題にならなかつたが、海面の白波からの反射が障害となつた。

4. 機器の技術的諸問題

4.1 周波數 航海用測深機としては日本電氣の14.2kcが長らく使われて來たが、平野氏は下向魚探を始めるとき50kcを採用した。探信機としては最初29kcであつたが、17.5kc、16及13kcと次第に下げて來た。20m以内の極淺海精密測深機には50, 70, 88kcの3種が試みられた。

送受波器はその機械的共振周波數で使用するから、相似形ならばその寸法は周波數に反比例し、重量と使用材料費は周波數の3乗に反比例するからなるべく周波數を高めた方がその意味では有利になる。相似形であれば指向性は一定であるが、周波數が高ければ受波面積が小さくなるから同じ強さの音場から取入れる勢力は小さいことは不利である。

送波は多くの場合衝撃勵振であるから、送波器の機械的Qを一定と見れば、周波數が高ければパルスは短くなり分解能は良くなる。魚群の如く反射體が無數に存在すると、パルス長に相當する深さの差の中にある魚からの反射波はその勢力が同時に相加わるから振幅が大きくなる。此點では低周波の方が反射能が大きいことになる。

魚群反射率を14, 24, 46kcの3周波數で比較測定した結果では、24kcは14kcより約2db良く、46kcは12db良かった。此の反射率とは魚群の場所に理想的の反射平面が垂直にある場合に比してどれだけ弱いかという意味のもので、理論的計算結果と傾向は合つている⁽⁴⁾。

船底鐵板は切らずに船内に水槽を設けて送受波器を裝備する場合の透過損失(db)は鐵板の厚さと周波數とに大體比例する。14.5kcに對しては鐵板の透過損

失は片道で1db/mm程度であるから、船底鐵板が12mm以下なら切抜がないことが多いが、周波數が高ければ切抜いて薄い板を張ることが必要になる⁽⁵⁾。

4.2 發振方式 眞空管發振器でなく蓄電器放電方式が簡單であるという理由で廣く採用されている。巻線を流れる減幅振動電流の周波數は、受信出力が最大になるようにCの値又は送波器のLの値を調整して機械的共振周波數の大體半分に合せることになつている。半分に合わせるのはアンペアターンが極めて大きい直流勵磁を行わないから、電流の方向に關せずNiならば縮み、AF合金なら膨脹して電流の2倍の周波數で振動するからである。

然し磁氣的に極端に飽和した過渡現象であるためにその實驗的特性は複雑怪奇で解析も困難である。即ち電流の周波數も最初は高く、減幅するにつれて急激に低下するので振動 build-up は異様な形となる。詭特性を或程度理想化して build-up の圖式計算を行つた結果、從來得られている實驗的特性を大體説明し得るよになつた。

放電のスイッチングは銅の大きな接點を持つ繼電器が長く使用されて來たが、電流が數百Aであるため接點を屢々磨く必要があつて保守上不便である。それでこの繼電器を廢止して水銀入放電管又は記録器のカムで直接に制御されるタングステン接點に置換えられつゝあるが、まだ壽命に問題が残つている模様である。

4.3 送受波器材料 Langevin 氏考案の水晶送受波器は初期の測深機に使われたが、水晶資源の問題、製造技術が困難なこと、電氣インピーダンスが高すぎることなどの缺點があつてニッケルの磁歪式に置換えられた。我國ではニッケルを使わない磁歪材料として戰爭中に鐵87%、Al13%の合金 alfer (AF合金)で代用することに成功した⁽⁶⁾。

最近チタン酸バリウム磁器による電歪振動子が試作され魚探機に使用可能なのが立證された⁽⁷⁾。外國では磁歪にはニッケルが使われ、ロッシェル鹽其他の壓電材料も實用されているらしい。

4.4 記録紙 從來専ら濕式紙即ちヨードカリ澱粉紙が使用されていたが常に適當な水分を保たせることの困難、使用後時間が経つにつれて色が消えるため記録の保存に困ること、使用後紙を乾燥するため收縮して測量の場合精密な深度讀取に困るなどの缺點があつた。近年は絶縁破壊式の乾式記録紙が段々に使用されるよになつた。これはカーボンを抄き込んだ紙の表面を酸化チタン粉其他の絶縁被膜で被つた紙で、使用の際はタングステン細線のペンと紙の裏の金屬板との

間に数十Vの電圧を加えて放電させ、絶縁被膜を吹き飛ばして黒色を出すものである。²⁾

記録の保存と収縮の點は解決されたが、感度が悪いのと値段が高いのが難點である。感度は記録ペン速度が50 cm/s (測深範囲0~160 m位)の場合、濕式紙ならば十分な濃さを得るのに15 V, 6 mA, 0.09 Wで足りるが、乾式紙では30 V, 150 mA, 4.5 W程度を要する、浅海用でこれよりもペン速度が大きければ同じ濃さを出すのにペン速度に略々比例した電力を要する³⁾。受信増幅器終段の電力容量が不足だと薄い記録となり中間の色調が得られないが、上記程度の出力があれば乾式紙でも濃淡の階調の廣い鮮明な記録が得られ、魚群の模様や底質の判讀に便利である。

4.5 測深の精度 記録ペン速度の変動するとそれに比例した深度誤差を生ずるが、普通は調速器付の直流電動機で運轉し、平均速度をストップウォッチ等で測つて調速器を調整する。測量以外の用途では深度誤差を餘り気にしていないが測量用では回轉速度の指示器を設けたり、音叉發振器で同期電動機を運轉するものもある。

記録器に水深を米で目盛るのに我國では水中の音速を1,500 c/sと假定するが、水温鹽分水壓で音速は變化する。測深時に直下海底までの水温鹽分を知ることは通常不可能である。然し深部の水温は季節によつても大して變らないので桑原氏は太平洋の水温分布の實測値から推定して、假定音速を1,500 m/sとした音響測深機で測つた水深に對する修正値を計算した³⁾。その結果によると6,000 m以淺では修正量は±1%以内である。沿岸、河口などの測量では水温鹽分が區々であるから、check barと稱して鐵管などを水平に吊つたものを鐵のワイヤで吊下げてその反響記録から目盛を較正することが行われる。

4.6 ブラウン管式表示 記録式が専ら實用される理由は、航海用に關しては常時人が観測してなくとも過去の深度が知られる上、海底の断面圖が目の當りに見られること、測量用ならば持歸つた記録を後で丹念に検討し得ることにあり、魚探では魚群の反響像の變化の時間的蓄積からその大きさや位置が實感を以て示されること、探信鯨探では反響が弱い時に不規則に分布する雜音の中から目標の反響像が連続した線として何とか判別し得ることにある。

レーダーの發達に刺戟されて、魚群等の水平的分布をブラウン管に現わす企てもあるが、音波速度が遅いから極めて近距離以外は困難である。

探知範囲が数十mの下向き魚探ならば繰返周期を短

くできるから、ブラウン管表示を用いるものもある。

4.7 レベルの總合的考察と設計 有線通信に於いてレベル計算が基本設計に重要である如く、測深機等に於いても發振電力から海底反射を経て受信出力に至るまでのレベルを明らかにすることは、目的や方式の異なる機械の設計に必要であり、又機器の一部分の改良が全體の能力にどれだけ貢獻するかを知るのに役立つ。

有線の場合と異り途中に音場が含まれるのでその強度を如何に表現するかが問題となる。又水中の傳播及海底の反射率等のデータを集積する必要があつた。探信儀、魚探の場合は目標物の大きさと形等によつて反射率が如何なる程度になるかは從來の音響學では殆んど扱われていない問題であつた。以上の目的の下に1940年以後橋本、菊池、實吉等が研究を行つて最近やつと實用的價值を持つ程度になつたので、その概要を紹介する。

送波器の電氣入力を P_{ES} 、受波器の電氣出力を P_{ER} とし、全損失を $T=10 \log P_{ES}/P_{ER}$ (db)と定義し、 T の構成要素を次の如く分解して考える。

$$T = -10 \log \eta - B + b_1 + b_2 - 10 \log \frac{S}{4\pi(2x)^2} + 2\alpha x - 10 \log R + b_3 + b_4 + b_5 + b_6 \quad (1)$$

η は送波器の能率、 B は送波器の指向性利得、 b_1 , b_4 船底鐵板の通過損失、 b_2 , b_3 は船底板外側の氣泡層の吸收による損失、 S は受波面積、 x は測深又は探知距離で $S/4\pi(2x)^2$ は無指向性で勢力が放射された場合に2倍の距離にある S なる面積を通過する勢力の全放射勢力に對する割合、 $2\alpha x$ は $2x$ の距離を傳播する間の吸收減衰、 R は海底や魚群等の反射率で、音源位置の反射波勢力が反射體の位置に理想的な垂直反射平面があつた場合に比してどれだけ弱いかを示す比として定義される。 b_5 は受波器の實効減衰、 b_6 は電氣的不整合による損失である。

戦時中實吉は各種の探信儀についてこの種の計算を行い、各種の目標の最大探知距離を概算して實狀に近い値が得られることを確かめた。

魚群の反射損失についても實吉の理論計算式があり實測値も多少得られているが、魚の密度(單位體積内の魚の数)の實體を知り得ないので理論値の檢證はできていない。

4.8 マージンテスト 反響パルスの強さを測定するにはブラウン管を用いても良いが、普通の測深機の受信系統に可變減衰器だけを挿入する便利な方法が橋

本によつて1940年に考案され、盛に使用されている。受波器と増幅器との間に入れた減衰器で反響記録が丁度消えるまで絞れば、その時の減衰量 (db) は相對的の反響強度であり、又種々の原因で反響が消えることに對するマージン (餘裕) である。この方法が勝れているのは雑多の反響が存在するとき特定の反響に着目して測定し得ることで、これを利用して水平傳播の實測に於て直接波、海底に1回ないし3回反射した波をすべて分離して測定した例もある。

附 記

海中の超音波技術は終戦までは海軍の秘密の扉に閉され、外國の文献は現在でも極度に少い。外國の製品の刺戟は時々受けたが、外國の論文に引ずり廻されること少く遅い足取りではあるが我國獨特の發展を堅實に進めて來た。この推進力であつた披山教授の指導は高く評價されるべきであつて、工學的基礎及び設計資料の充實が相當によく行われたことは誇つて良いことと思ふ。

技術分野として特殊であるため、特に終戦後は紙面不足の學會誌上の論文發表は遠慮勝ちであり、又海軍部内の報告書にあつた高價なデータも散逸して集録困難となつた。そのため本篇に記載された事項に論文の裏付けがない部分が多いことは致方ない。

超音波専門委員會が1949年に設けられてから約2

年間に各委員が持寄つた資料と其他の資料を委員長である筆者が適宜に取捨して本稿を執筆して委員會報告に代えた。従つて本稿内容の責任は筆者個人が負うべきものである。

文 獻

- (1) 實吉: NEC. 8, (昭 25-3) p. 24.
- (2) 大塚: 水路要報, 25, (昭 25-8) p. 217.
- (3) 橋本: 超音波測深並魚探の研究, 水産研究會 (1951).
- (4) 實吉, 中野: 第25回電氣3學會連大要旨 III, (昭 25-5) p. 179.
- (5) 原田, 大塚: 水路要報, 増刊7號, (昭 25-12) p. 1.
- (6) 本多, 増本, 白川, 小林: 金屬學會誌, 12, 7-12, (1948), p. 1, 増本, 大友: 金屬學會誌, 13, (1949) p. 1.
- (7) 阿部, 齋藤, 田中, 平野: 音響學會誌, 7, 1, (1951) p. 16.
- (8) 實吉, 原田, 大塚: 音響學會研究發表講演要旨 (1950) p. 6.
- (9) 菊池: 本會誌, 33, 4, (1950) p. 183.
- (10) 橋本: 超音波測深並魚探の研究, p. 74~75.
- (11) 實吉: 音響學會誌, 4, 12, (昭 18) p. 1.
- (12) 實吉: 音響學會研究發表講演要旨, (1950-5) p. 17.

[昭和26年]電氣三學會東京支部

連 合 大 會 講 演 論 文 集

| | | | | | |
|---------|---------------------------------------|-----|----------|-------|--------|
| 合 本 | 講演 362 件 | B5判 | 本文 362 頁 | 650 圓 | 千 45 圓 |
| 分 冊 I | 講演 94 件 | " | 94 頁 | 180 圓 | 千 20 圓 |
| | (理論 28. 測定 20. 材料 30. 應用 16) | | | | |
| 分 冊 II | 講演 104 件 | " | 104 頁 | 200 圓 | 千 20 圓 |
| | (機器 53. 電力 36. 照明 11. 電機 4) | | | | |
| 分 冊 III | 講演 164 件 | " | 164 頁 | 320 圓 | 千 25 圓 |
| | (通信一般 29. 有線 37. 無線 55. 電子管 38. 音響 5) | | | | |

東京都千代田區富士見町2の8 長坂ビル

申 込 先 電 氣 通 信 學 會

電話九段 (33) 7348 番・振替口座東京 35300 番