



REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

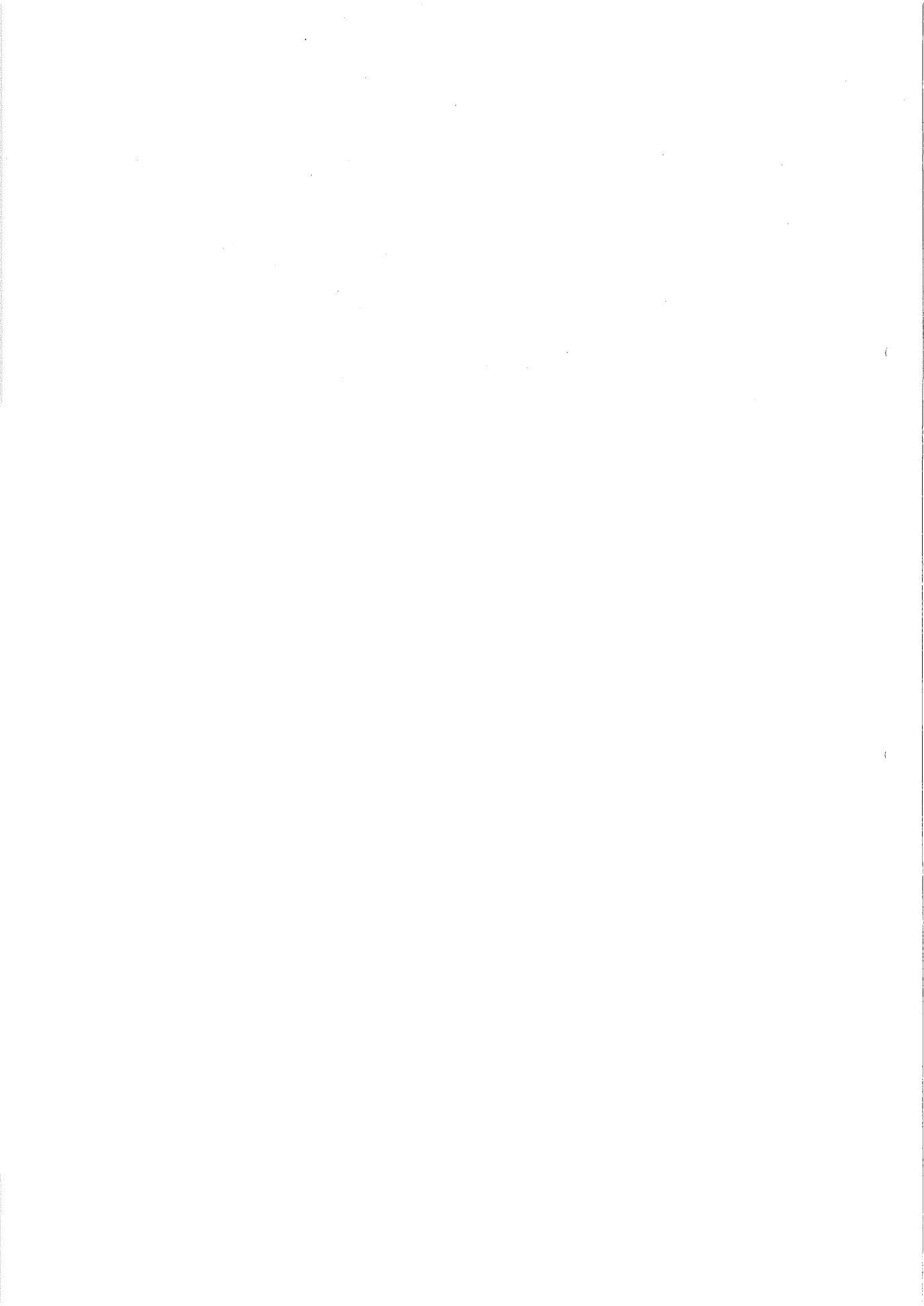
海洋生物環境研究所研究報告

No. 97301

藻場計測用超音波測定装置

平成9年6月

June, 1997



藻場計測用超音波測定装置

須藤静夫・河口真一郎¹・平久悦²・横山隆二³

Echo Sounding System to Estimate Biomass of Seaweeds

Shizuo Sudoh · Shin-ichiro Kawaguchi · Hisayoshi Taira · Ryuji Yokoyama

Sudoh, S., Kawaguchi, S., Taira, H. and Yokoyama, R.(1997). Echo sounding system to estimate biomass of seaweeds. *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.* No.97301 : 1-11.

Abstract : It is necessary to develop an efficient way to map and estimate the biomass of seaweed resources. An ultrasonic echo sounder may be an efficient measuring instrument to detect seaweeds. However, we have encountered great difficulties in obtaining useful echo signals from these targets using the sounder, because the echo signals from the seaweeds are combined continuously with those of the seabed.

In order to resolve this problem and other incidental problems, we have designed the new portable echo sounding system, including a personal computer used to compile the signal intensities and also a paper recorder to indicate the echo reflections from the targets and seabed. Estimations of the geographical distribution of density and total biomass of seaweeds can be performed with reasonable accuracy on line or off line using this equipment.

Keywords : Echo sounder, Echo signal intensity, Seaweed, *Zostera marina*, *Eisenia bicyclis*, *Ecklonia cava*.

須藤静夫・河口真一郎・平久悦・横山隆二(1997):藻場計測用超音波測定装置. 海生研報告, No.97301 : 1-11.

要約 : 藻場の分布図を作成したり海藻の現存量を推定する有効な方法を開発することが必要である。超音波探知機は海藻を探知する有効な測器の一つである。しかしながら、超音波探知機による海藻からの反射信号は海底の反射信号と連続的に繋がって取得されるため、これらの反射信号から海藻の反射信号のみを取り出すのは難しい場合が多い。

こうした問題や他の関連する問題を解決するため、持ち運びが簡単な超音波測定装置を新たに製作した。この装置は、海藻と海底からの超音波の反射信号強度を収録するパソコンおよび反射信号の映像を記録紙上に表示する記録計から構成されている。この測定装置を使用することによって、特定のライン上あるいは任意の水域における海藻の密度分布、現存量の推定が可能である。

キーワード : 超音波探知機, 反射信号強度, 海藻, アマモ, アラメ, カジメ.

¹有限会社マリーンシステム 代表取締役

²株式会社東京久栄 環境開発事業本部 課長

³株式会社東京久栄 環境開発事業本部 係長

目 次

I. はじめに	2	V. 測定装置の全体構成	8
II. 周波数と指向角の選定	2	VI. 考察	10
III. 海藻(草)と海底の識別	4	VII. おわりに	10
IV. 映像の拡大	7	引用文献	11

図 表 目 次

第1図	カジメの反射信号強度の鉛直プロファイル	3
第2図	シルト・粘土質上に分布するアマモ群落の反射信号	4
第3図	オフセット回路による出力信号波形	5
第4図	海中20cm間隔で懸垂した2個のアルミ球の反射信号	6
第5図	オフセット回路によって分離されたアマモ群落と海底の反射信号	7
第6図	シフト回路によって拡大されたアラメ・カジメ群落の反射信号	8
第7図	測定装置の主要部位に基づくブロックダイアグラム	9
第1表	シフト回路のレンジとシフト水深	8
第2表	測定装置の主な諸元	9

I. はじめに

藻場は水産資源の再生産、富栄養化水域の水質浄化などに寄与する場として重要視されているが、その分布域、海藻(草)の現存量等を的確且つ迅速に測定する方法が見当たらない。本研究ではこれらの測定に超音波探知機を利用する方法について検討した。わが国におけるこの種の研究には、基礎的内容を取り扱った橋本・西村(1954)、畠山・間庭(1978)、田中・田中(1985)、鬼頭(1986)による報告がある。

超音波探知機では海藻と海底の反射信号が連続して受信されるため、両者を明確に識別できるデータ取得が必須であり、雑音、データ抽出率等の面から適切な周波数、指向角を選定することも重要なポイントの一つである。本稿では、これらの事項に関する各種の試験に基づいて製作した藻場計測用超音波測定装置とその基礎的評価試験の結果を紹介する。

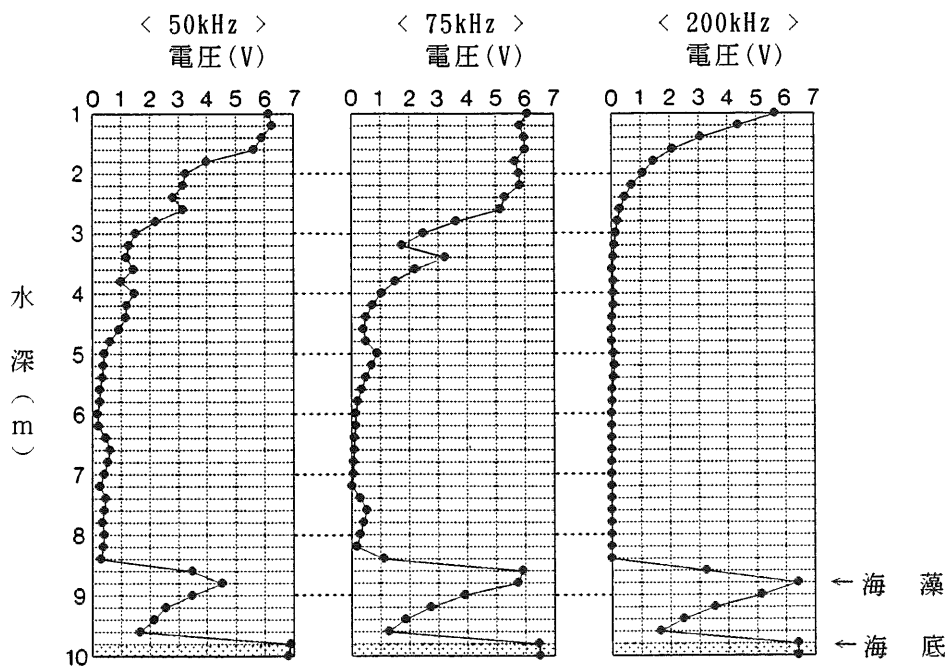
II. 周波数と指向角の選定

データの抽出率を高めるためには指向角の大きい送受波器を使用するのが有効である。しかしながら、指向角を大きくすると、分解能が低下すること、雑音影響を受け

やすいこと、発振線の幅が大きくなることなど、いくつかの問題が発生する。特に、浅い水域での測定が難しくなる。適切な周波数と指向角を選定するため、周波数50kHz、指向角31.5度、同様に、75kHz、34.5度、200kHz、9.5度の3波について試験を行った。

50、75kHzを用いた測定では水深3m前後に分布していた全長70~80cmのアマモの上部が発振線内に入ることがあり、定量的測定が不可能になる場合があった。また、200kHzに比べて、50、75kHzの分解能は低下した。さらに、分布密度が疎であったアマモ場における試験から、200kHz(9.5度)を使用した場合には、水深が浅いため測定範囲が狭くなり、データのバラツキが大きくなることが判明した。そのため、水深の浅い所では、データのバラツキ、抽出率の面から、指向角を9.5度より広くする必要があった。

第1図は、全長185cmのカジメを細糸で懸垂することによって送受波器真下の海底(水深約9.8m)から立ち上げ、上記3波で測定した反射強度電圧を20cm間隔ごとに示したものである。200kHzと比較して、50、75kHzの場合には発振線が深くまで達し、映像のシャープさに欠けた。また、海藻上部の水深約8.2mまで気泡によると考えられる雑音が出現した。海中に多く存在する気泡の共振周波数は15~100kHz程度であるため、気泡の影響を極力避けるためには、200kHz当たりの周波数を用いるのが良いとされている(加藤, 1975; 海洋音響研究会, 1984)。筆者らの試験でも同様の結果が得られた。



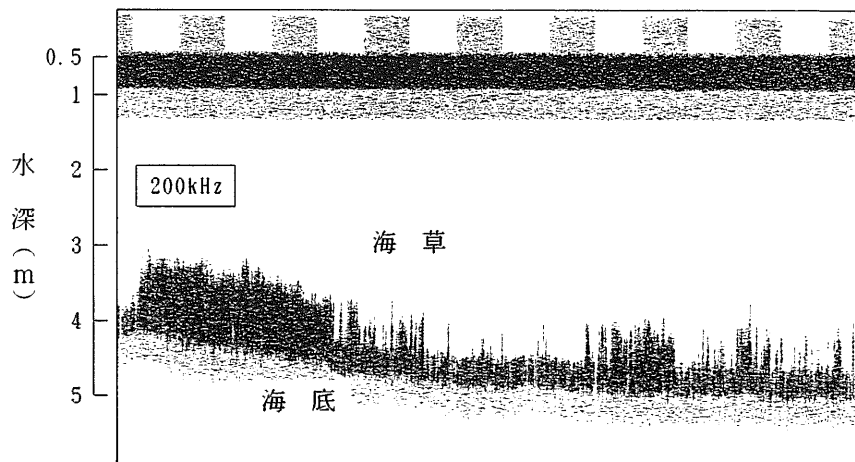
第1図 カジメの反射信号強度の鉛直プロファイル

これらの試験結果等に基づいて、最終的に周波数を200kHzとし、指向角9.5度(狭角)の他に、水深が浅く、分布密度が疎である所でも的確な測定を可能にするため、指向角を広くした16.5度(広角)の送受波器を整備した。

Ⅲ. 海藻(草)と海底の識別

海藻(草)と海底の反射強度は、通常、海底の方が海藻(草)よりも強い。しかしながら、アマモ場ではこれらの反射強度が通常とは逆の関係になる水域が出現した。この水域の海底はシルト・粘土質であった(第2図)。また、海底が砂・泥質の所では両者の反射強度がほとんど同じになることがあり、4階調のアナログ映像からこの水域の海藻と海底を識別することが困難であった。

一方、反射強度0から最大10Vまでを256段階の出力レベルにデジタル化して、水柱10cm間隔ごとに収録した信号強度で見た場合には、試験対象としたアマモ、アラメ・カジメ、ガラモ場のいずれにおいても海藻(草)と海底の識別が可能であった。収録間隔を10cmより大きくした場合には次第に識別度が低下し、全長70~80cmのアマモが密集している所では収録間隔約20cm以上から識別が不明瞭になる場合が多くなった。

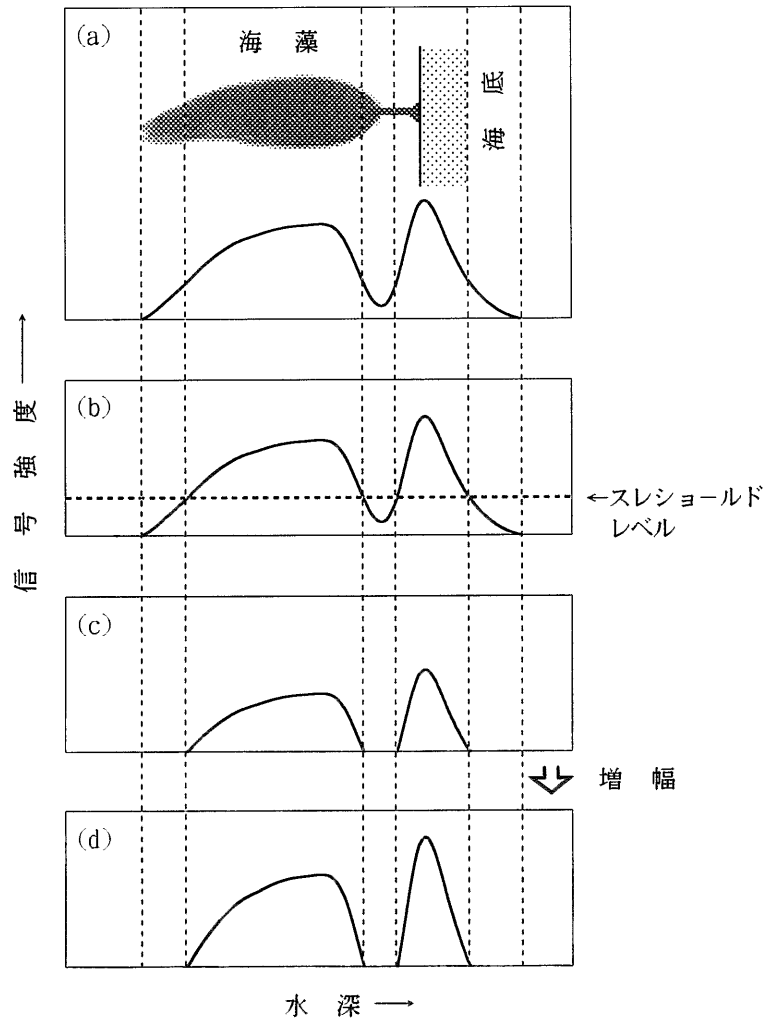


第2図 シルト・粘土質上に分布するアマモ群落の反射信号

アラメ・カジメ、ガラモ場では海底が岩盤であるため、識別度はアマモより良好であった。しかしながら、アラメ、カジメ、ホンダワラ類の場合には、藻体部位の形状変化

に対する信号強度の変化が大きく、収録間隔を広くすると定量化の際に誤差が大きくなることが判明した。これらの諸条件を考慮し、最終的な収録間隔を10cmとした。

さらに、デジタル信号強度の変化から、これらの藻場を構成する海藻(草)に共通する反射特性として、海藻(草)下部の反射強度が上中部のそれよりも低くなることが明らかになった。そこで、海藻(草)の部位による反射強度の相違に着目し、アナログ映像上での海藻(草)と海底との識別度を改善するため、オフセット回路、増幅回路から構成される信号処理装置を開発した。上記の藻場を構成する海藻(草)と海底からの反射信号の包絡線情報(検波波形)は、第3図(a)のように、海底直上の海藻(草)下部における電圧が低くなった連続波形になる。さらに、オフセット処理した波形を第3

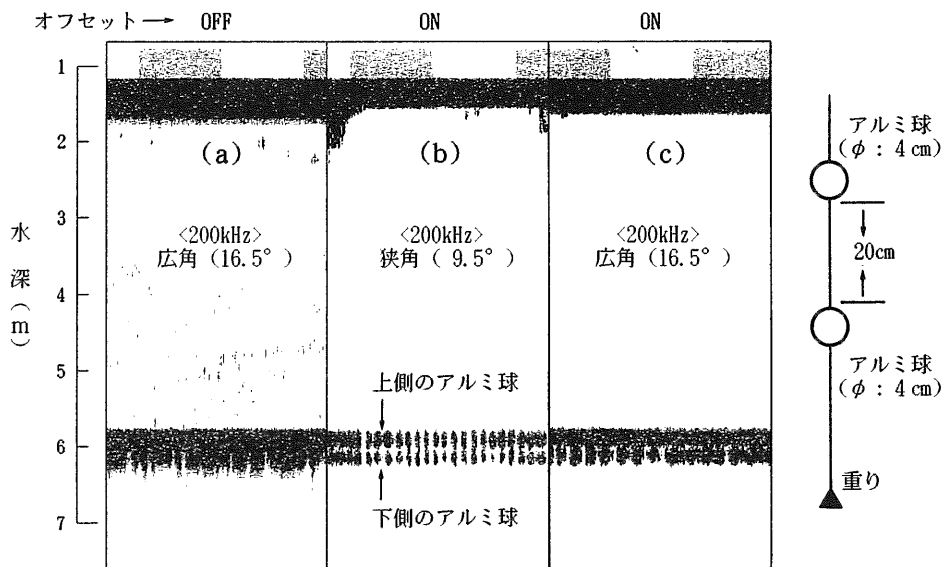


第3図 オフセット回路による出力信号波形

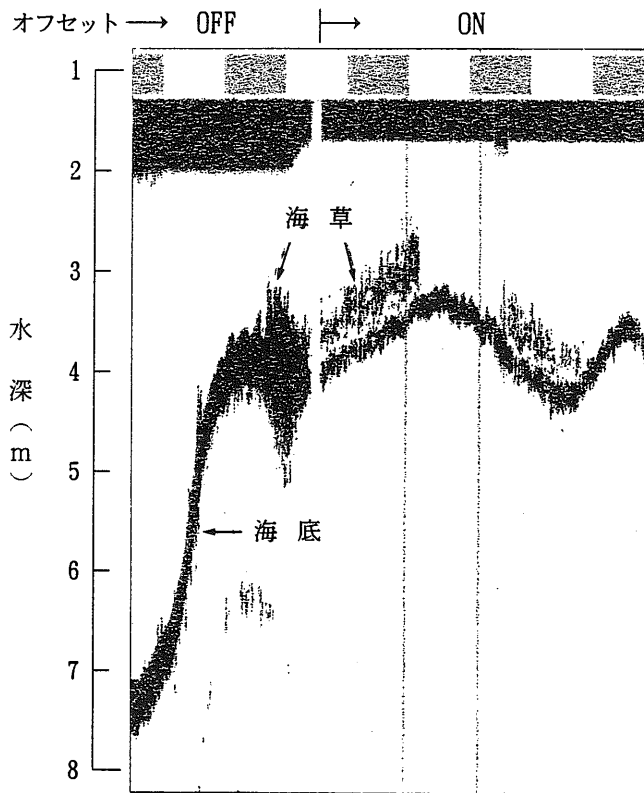
図(b, c)に示した。この段階で海藻(草)と海底が完全に分離されるが、電圧が低い
ため、第3図(d)のように増幅処理が必要である。これら一連の信号処理によって、
海藻(草)と海底が分離された映像取得を可能にした。しかしながら、オフセット処理
によって、スレショルドレベル以下であった葉体の先端部、周辺の雑音等の弱い信
号は映像から消去されることになる。

第4図は、直径4 cmのアルミ球2個を上下に20cmの間隔を置いて送受波器真下の水
深約6 mに懸垂し、上記の信号処理機能を検証した試験結果の一つである。第4図
(a)は信号処理動作(OFF), 200kHz(広角)による映像である。2個のアルミ球の映像
は一体となって分離されなかった。第4図(b)は信号処理動作(ON), 200kHz(狭角),
第4図(c)は信号処理動作(ON), 200kHz(広角)の映像である。アルミ球の映像は分
離された状態で取得された。アルミ球間の弱い信号が消去されたためである。同時に
雑音および発振線下部の弱い信号が消去された。狭角の映像は広角よりシャープであ
った。映像が断続的になったのは、船の舷側に固定した送受波器が波による動揺を受
けたためである。間隔を20cmより狭くした場合には分離が不可能であった。

第5図は、船を航走させながら測定したアマモ場の映像である。信号処理を動作さ
せた場合にはアマモと海底が完全に分離された。



第4図 海中20cm間隔で懸垂した2個のアルミ球の反射信号



第5図 オフセット回路によって分離されたアマモ群落と海底の反射信号

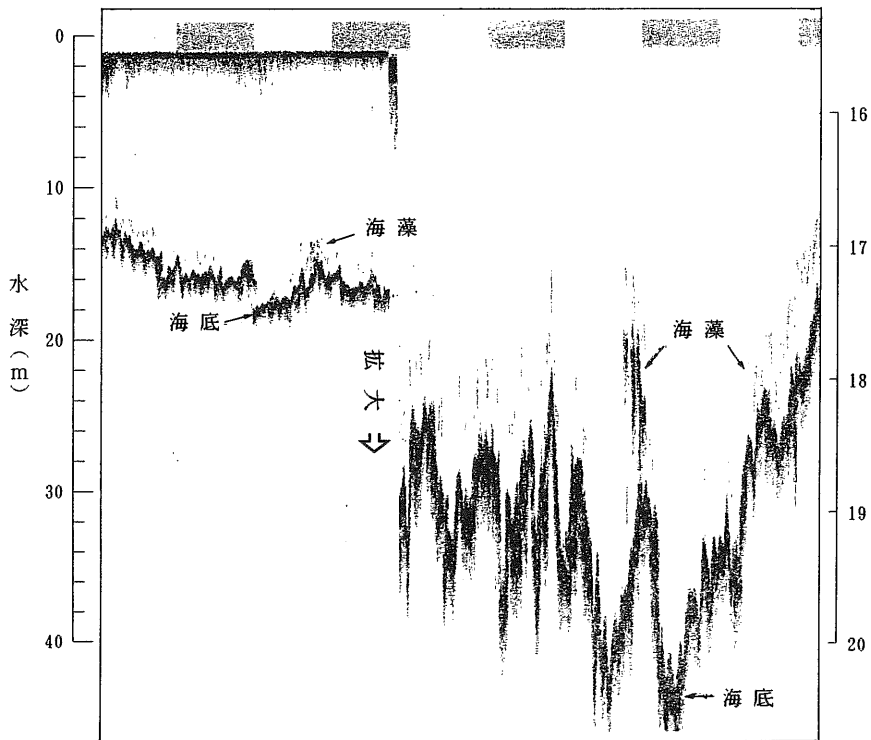
IV. 映像の拡大

一定の記録紙幅内に表示される海藻(草)の映像は水深が深くなるほど小さくなるため、水深の深い所では海藻(草)と海底の識別が難しくなる。この問題を解決するため、送受波器面から所定の水深までをシフトし、海底付近の映像を記録紙全体に表示する信号処理装置を整備した。第1表は、この装置がもっている設定レンジ1~12のシフト水深を示したものである。測定時の水深に応じてレンジを切替えることにより、海底付近の信号を幅15cmの記録紙上に選択表示することができる。例えば、レンジ1では送受波器面(0 m)より、レンジ5では水深20.5mより深い所の情報を表示することができる。

第6図は、アラメ・カジメ藻場内を船を航走させながら測定した連続記録の一部である。図中左側はレンジ1を使用して送受波器面下の全信号を表示した映像であり、発振線が消去されている右側はレンジ4を使用した拡大映像である。

第1表 シフト回路のレンジとシフト水深

レンジ	水深 (m)	レンジ	水深 (m)
1	0	7	31.0
2	4.5	8	36.0
3	9.5	9	41.5
4	15.5	10	47.0
5	20.5	11	52.5
6	25.5	12	57.5



第6図 シフト回路によって拡大されたアラメ・カジメ落群の反射信号

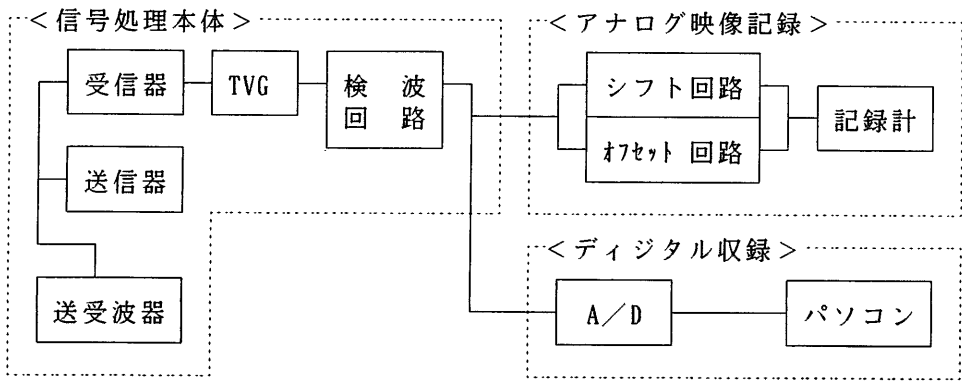
V. 測定装置の全体構成

測定装置の製作に当たっては、水深の浅い所に分布しているアマモ等の調査を可能にするため、装置各部位の大きさ、重量を小型船に搭載できるように小型、軽量とし、全ての電源にバッテリーを使用するなど、一般の超音波探知機に基本的な改良を加え

る必要があった。また、リアルタイムで海藻(草)の分布状態を知ることによって、藻場の実態に即した適切な測定を行うことおよびデジタル記録に基づく解析結果の確認等のため、前述のようなアナログ映像を重視した改良が必要であった。

測定装置の全体構成を第7図に示した。送受信された200kHzの超音波信号は、TVG回路により伝搬減衰が補正された後、海藻(草)と海底の反射強度に対応した包絡線信号を取り出す検波回路に送られる。検波回路から出た包絡線信号は2つのデータ取得回路に送出される。一つは、シフト、オフセット処理されて記録計に伝送され、アナログ映像として表示される。他の一つは、A/D変換によって水柱10cm間隔ごとにデジタルサンプリングされ、これらの値がパソコンにカラー表示されると同時にフロッピーに収録される。

第2表に装置の主要諸元を示した。超音波の周波数は200kHz、パルス幅は0.2msである。送波レベルと受波感度はそれぞれ215.6dB/ μ Pa, -203.3dB/ μ Paであり、船上における回路選択によって、切替え可能な指向角9.5度と16.5度の2種類の送受波器を備えている。



第7図 測定装置の主要部位に基づくブロックダイアグラム

第2表 測定装置の主な諸元

項目	性能
周波数	200kHz
送波レベル	215.6dB/ μ Pa
受信感度	-203.3dB/ μ Pa
利得定数	37dB
ビーム幅	9.5° /16.5°
パルス幅	0.2ms

VI. 考 察

超音波探知機を利用する際に最も重要なポイントとなる海藻(草)と海底との分離データ取得については、すでにノルウェーのSimrad社が、海底を消去する方式を取り入れた科学魚探(EY500 Scientific Sounder)を開発している。この方式は、海底と海藻(草)の反射強度に大きな差がある場合には有効であるが、両者の反射強度がほとんど同じになる所では効果が期待できない。そのため、筆者らは、海藻(草)の部位による反射特性を利用して、対象とする藻場に適切なレベル以下の信号強度を消去する方式を考案した。

この信号処理を用いることによって、測定中のリアルタイムで海藻(草)の繁茂状態に応じたスレシヨールドレベルを選択することができ、両者の分離映像取得が可能になった。しかしながら、超音波の基本的な性質に伴う制約から、藻場の状況によっては両者を完全に分離、識別できない場合が発生する。特に、海底の起伏が急変するような所では明確な映像取得が難しい。

一方、海底面から水柱10cm間隔の反射信号強度のデジタル値を約1秒間隔でパソコンに収録しているが、この測定装置の分解能($=c\tau/2$, c :音速, τ :パルス幅)は15cmであるため、水深別収録データのそれぞれが、各水深に対応した海中の実存量に等価であるとは言いがたい。収録間隔を水柱10cmとしたのは、アマモ場の海底と海藻の識別を可能にすることを優先したためであり、本稿に示した主要部分の機能以外に、測定方法、データ処理方法等を含めてさらに改良すべき問題点が多い。

VII. おわりに

筆者らが製作した測定装置は、1隻の船を用いて比較的短時間に数 km^2 の藻場の分布域、現存量等を測定する機能を持っている。アマモ、アラメ・カジメ、ガラモ場の定量化に向けた基礎的なデータ解析を行っているが、これらについては別に報告する予定である。なお、これらの試験結果は全て通商産業省資源エネルギー庁から(財)海洋生物環境研究所に委託された調査に基づくものである。

引用文献

- 橋本富寿, 西村 実(1954). 魚群探知機によるコンブ群落の探知に関する研究. 漁船研究技報, (5):178-194.
- 島山良己, 間庭愛信(1978). 魚群探知機による藻場調査について. 漁船研究技報, (31):155-170.
- 海洋音響研究会(1984). 海洋音響—基礎と応用—. 海洋音響研究会, 259pp.
- 加藤増夫(1975). 魚探の効果的な使い方. 漁業経営センター出版部, 222pp.
- 鬼頭 鈞(1986). 超音波機器による藻類現存量の把握. バイオマス変換計画研究報告, 第2号, 129-139.
- 田中 實, 田中邦三(1985). 沿岸浅海域の海藻現存量の推定—I 超音波機器による海藻類の推定. 水産土木, 21(2):7-23.

