



REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

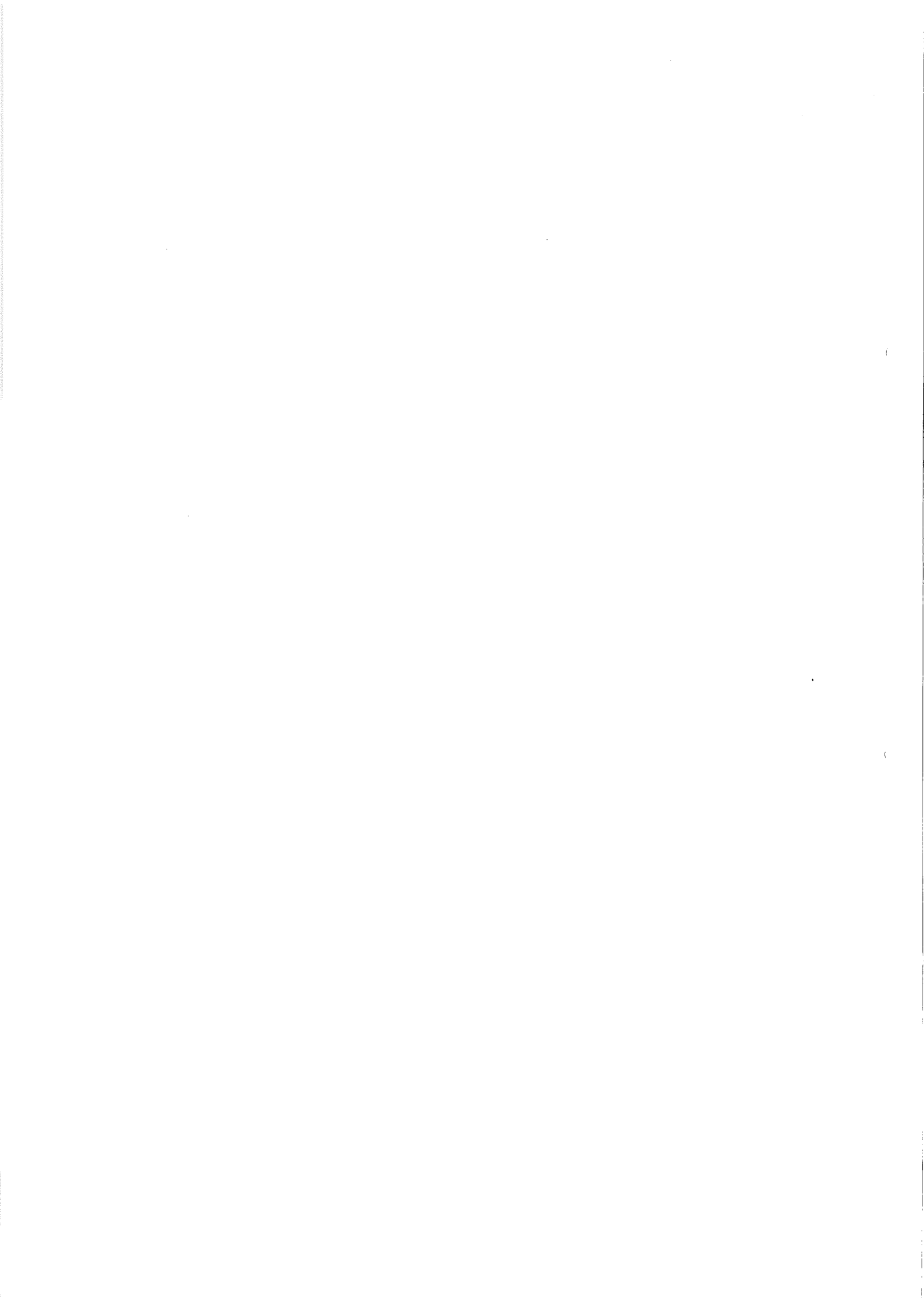
海洋生物環境研究所研究報告

No. 97101

超音波測定装置を用いたアマモ, アラメ・カジメ群落の
定量化に関する基礎解析

平成9年6月

June, 1997



超音波測定装置を用いたアマモ, アラメ・カジメ群落の 定量化に関する基礎解析

須藤静夫・平 久悦¹・横山隆二²・河口真一郎³

Fundamental Analyses for Quantification of Communities of *Zostera marina*, *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava* with Echo Sounding System

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

Sudoh, S., Taira, H., Yokoyama, R. and Kawaguchi, S. (1997). Fundamental analyses for quantification of communities of *Zostera marina*, *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava* with echo sounding system. *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.* No.97101 : 1-9.

Abstract : Experimental measurements were taken to determine the fundamental methods of analysis that are necessary to estimate the abundance of seaweed and seagrass. The echo sounding system designed by Sudoh *et al.* (1997) was used to measure the volume back-scattering strength (SV) from these targets.

Clear correlations were observed between the density in wet weight of seaweed and seagrass per cubic meter (W : kg/m³) and SV (dB). The relationships were determined as follows ; $SV = -48.8 + 19.6 \log W$ for *Zostera marina* and $SV = -42.8 + 9.6 \log W$ for *Ecklonia cava*.

Keywords : Echo sounder, *Zostera marina*, *Eisenia bicyclis*, *Ecklonia cava*, Volume back-scattering strength.

須藤静夫・平 久悦・横山隆二・河口真一郎 (1997) : 超音波測定装置を用いたアマモ, アラメ・カジメ群落の定量化に関する基礎解析. 海生研報告, No. 97101 : 1-9.

要約 : 海藻(草)の現存量を推定する際に必要となる基礎的な解析について検討するための試験的測定を行った。標的の体積後方散乱強度 (SV) の測定には須藤ら (1997) が製作した超音波測定装置を使用した。単位体積当たりの海藻(草)の湿重量で示した密度 (W : kg/m³) と SV (dB) との間には明瞭な相関関係が得られた。これらの関係は、アマモでは $SV = -48.8 + 19.6 \log W$, カジメでは $SV = -42.8 + 9.6 \log W$ となった。

キーワード : 超音波探知機, アマモ, アラメ, カジメ, 体積後方散乱強度。

¹株式会社 東京久栄環境開発事業本部 課長

²株式会社 東京久栄環境開発事業本部 係長

³有限会社 マリーンスステム 代表取締役

目 次

I. はじめに	2	IV. 海藻(草)の密度分布	6
II. 試験方法	2	1. 水深と密度	6
1. アマモのSV値測定	3	2. 分布域と密度	7
2. カジメのSV値測定	3	V. 考察	8
3. SV値分布測定	4	VI. おわりに	9
III. 標的密度とSV値の関係	4	引用文献	9

図 表 目 次

第1図 アマモの密度とSV値の関係	5
第2図 カジメの密度とSV値の関係	5
第3図 富津前面海域の水深によるアマモのSV値変化	6
第4図 御宿前面海域の水深によるアラメ・カジメのSV値変化	7
第5図 御宿前面海域のアラメ・カジメ藻場におけるSV値分布	8

I. はじめに

超音波探知機を用いて海藻(草)の測定を試みた研究は多くはないが、かなり以前から行われている。初期には従来の魚群探知機による記録映像が取得され(橋本・西村, 1954; 畠山・間庭, 1978), その後, 音響測深器, 科学魚探を用いた基礎的研究が行われてた(田中・田中, 1985; 鬼頭, 1986)。また, 須藤ら(1997)は海藻(草)の反射特性に関する各種の試験結果に基づいて藻場計測装置を製作し, その基礎的評価試験の結果を報告した。

超音波探知機による測定では, 単位体積当たりの海藻(草)量(標的密度: kg/m^3)に対する反射強度(体積後方散乱強度: Volume back-scattering strength, 以下, SV値と表示)と調査海域のSV値分布から現存量を求めることが可能である。アマモ場, アラメ・カジメ藻場においてこれらの値を試験的に測定し, 現存量等の推定に向けた基本的解析を試みた。

II. 試験方法

試験対象としたアマモ, カジメの密度に対するSV値および両藻場内のSV値分布を以下の方法で測定した。反射強度の測定には須藤ら(1997)の超音波測定装置を使用した。また, 海藻(草)の反射強度の測定電圧(V)を用いて次式からSV値(dB)を算出した。

$$SV=20\log(V)-[SL+ER+G_0+10\log(c\tau/2)+10\log(\phi)] \quad (1)$$

SL：送波レベル， ER：感度レベル， G₀：受信器の利得

c：音速 (=1500m/s)， τ：パルス幅 (=0.2ms)

φ：等価ビーム幅

1. アマモのSV値測定

千葉県富津地先のアマモ場内で1993年8月に試験を行った。周波数200kHz，指向角16.5度の送受波器を使用した(須藤ら，1997参照)。

アマモが分布している場所に測定装置を搭載した船を2～3点アンカーで係留し，送受波器を船の舷側に固定した状態で反射強度を約5分間連続測定した。測定終了後，送受波器真下の1m×1m内のアマモを潜水によって杵取り採集し，船上で湿重量等を計測した。これら一連の測定をアマモの密度が異なる場所で実施した。

約1秒ごとにパソコンに収録した水柱10cm間隔ごとの反射強度からアマモが含まれる海底上1m水柱の平均電圧を求め，(1)式からSV値を算出した。さらに，水深，指向角から求めた水柱1mの測定容積と採集したアマモの湿重量から標的密度を計算した。データ収録間隔を10cmとした理由については須藤ら(1997)に記述されている。

2. カジメのSV値測定

千葉県御宿地先で1993年6月に試験を行った。アマモの場合と同じ測定装置を使用し，周波数200kHz，指向角9.5度の送受波器を使用した。カジメ藻場では海底が平坦でない場合が多いこと，波浪の影響を受けやすいこと，水深が深いため測定範囲に対する適切な海藻採集が難しいこと等から，予め採集した海藻を用いて藻場の一部を模擬的に造ることにより反射強度を測定した。

まず，潜水採集したカジメの湿重量等を計測し，茎に巻き付けたビニールテープ上に個体識別番号を明記した後，船槽に満たした海水中に保存した。静穏で流れが弱く，海底が平坦である水域に船を係留し，舷側に固定した送受波器真下の海底上に，塩化ビニール性の材質で作製した架台(外枠：150cm×150cm，枠内：長さ約20cmの塩化ビニールパイプ25本を縦横等間隔で立てたもの)を設置した。

次に，船槽から取り出したカジメを持って潜水し，架台のパイプに茎を差し込んで固定した。カジメはほぼ垂直に立った状態で海底上に保持された。カジメの固定位置については，架台までの水深，指向角，カジメの高さから決定した。潜水によって発生した気泡による雑音信号がアナログ映像から消えた後，約5分間連続して反射強度

を測定した。カジメの本数を変え、密度の異なる標的を測定した。これら一連の測定を水深10, 15mの2地点で実施した。

海底上2m水柱から海底直上の20cm(パイプの長さ)を除く平均反射強度電圧を用いて(1)式からSV値を算出した。予め測定しておいた個体ごとの湿重量から20cmの茎重量を除いた値および水深、指向角より求めた水柱180cmの測定容積から標的密度を計算した。

3. SV値分布測定

試験海域、試験時期および測定装置は前述と同じであった。また、両藻場とも同じ測定方法を用いた。

船の舷側に送受波器を固定し、2~3ノットで航走することによって反射信号のアナログ映像を取得するとともに、水柱10cm間隔の反射強度を約1秒ごとにパソコンに収録した。アナログ映像からリアルタイムで把握される海藻(草)の分布状況によって、測線を選定し、位置測定を行った。

パソコンに収録した反射強度から、アマモ場では海底上1m水柱、アラメ・カジメ藻場では2m水柱における平均SV値を算出した。

Ⅲ. 標的密度とSV値の関係

標的強度(T_s : Target strength)を用いて、標的密度に対するSV値を次式で近似した。

$$SV = T_s + k(10\log W) \quad (2)$$

T_s : $W = 1$ のときのSV値(dB)

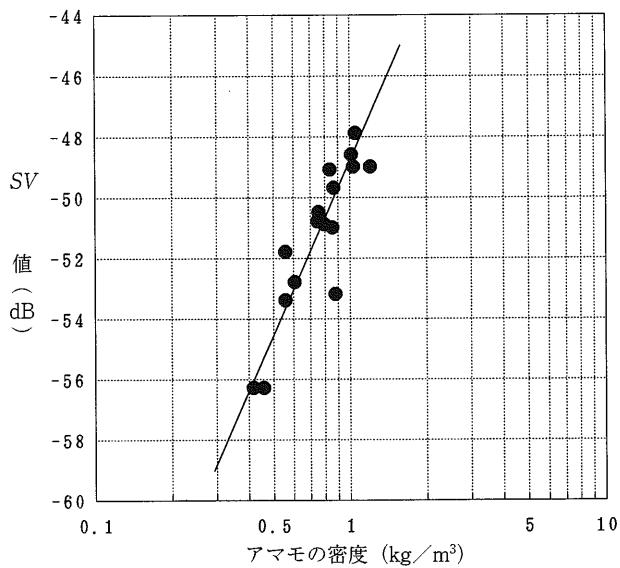
W : 標的密度(kg/m^3)

k : 標的の種類、性状等によって異なる係数

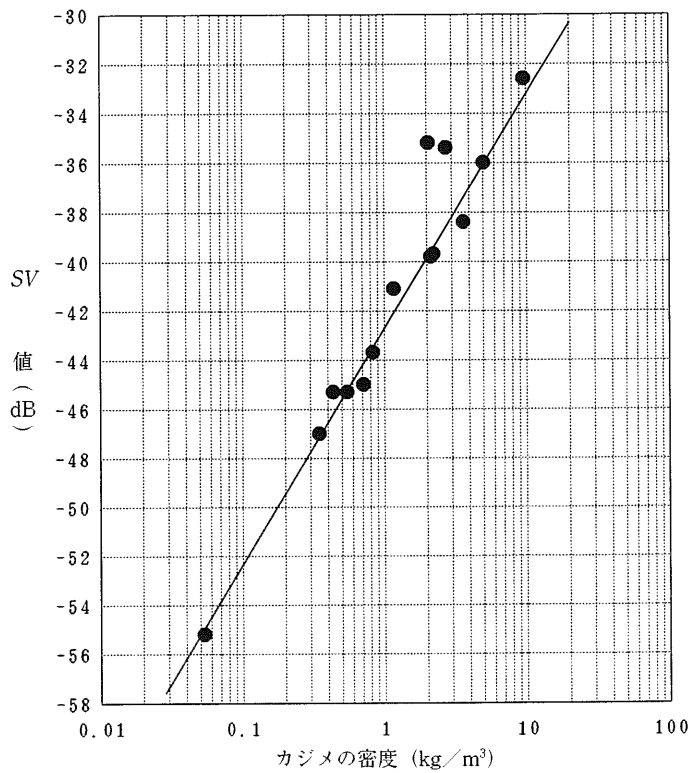
(2)式の関係に基づいて、アマモのデータを第1図に、カジメのそれを第2図に示した。それぞれの標的密度とSV値の関係は次式で近似された。アマモは、 $T_s = -48.8\text{dB}$ 、 $k = 1.96$ 、カジメは、 $T_s = -42.8\text{dB}$ 、 $k = 0.96$ となった。

$$SV = -48.8 + 19.6\log W \quad (\text{アマモ}) \quad (3)$$

$$SV = -42.8 + 9.6\log W \quad (\text{カジメ}) \quad (4)$$



第1図 アマモの密度とSV値の関係



第2図 カジメの密度とSV値の関係

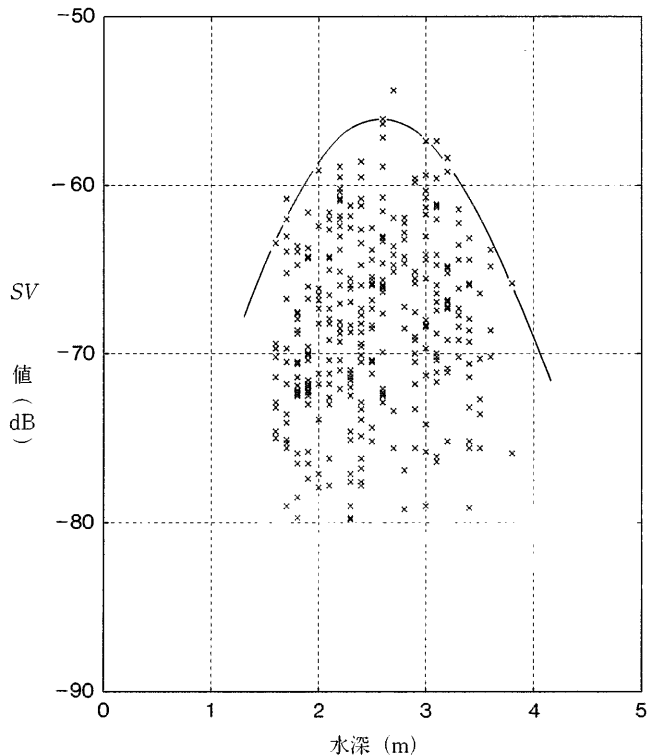
IV. 海藻(草)の密度分布

前述の方法によって取得したデータからいくつかの解析が可能であるが、ここでは鉛直方向にみた水深と密度、水平方向にみた分布域と密度について整理した結果を示す。

1. 水深と密度

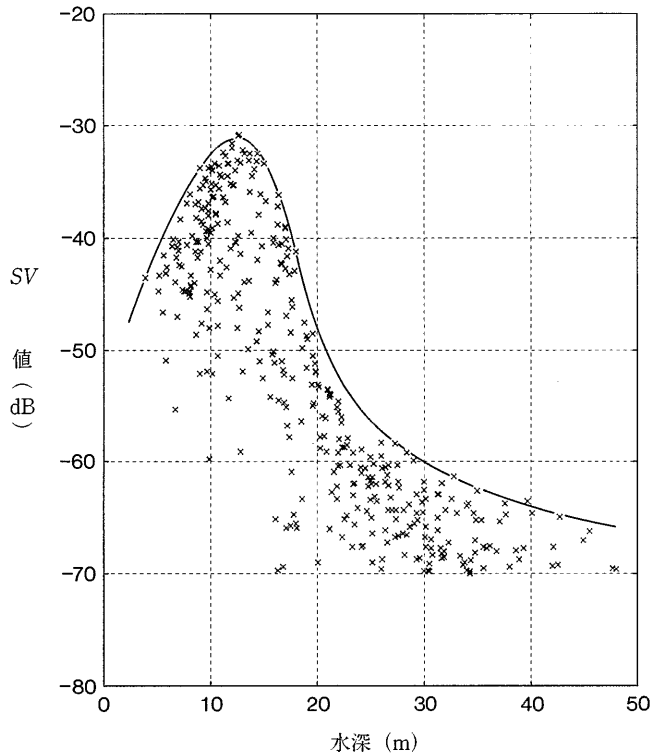
第1, 2図から、海藻(草)の密度とSV値の関係は(2)式で近似できることが実証された。そこで、密度の指標となるSV値を水深に対してプロットした。アマモ場では航走20秒間の平均水深に対する同平均SV値を第3図に、広範囲を対象としたアラメ・カジメ藻場では30秒間のそれを第4図に示した。アマモ場では-80dB($2.6 \times 10^{-2} \text{kg/m}^3$)以下、アラメ・カジメ藻場では-70dB($1.5 \times 10^{-3} \text{kg/m}^3$)以下を消去して表示した。

千葉県富津地先海域のアマモ場では、測定時の水深約2.5m前後に最大密度の分布域が存在しており、千葉県御宿地先海域のアラメ・カジメ藻場における最大密度域は水



第3図 富津前面海域の水深によるアマモのSV値変化

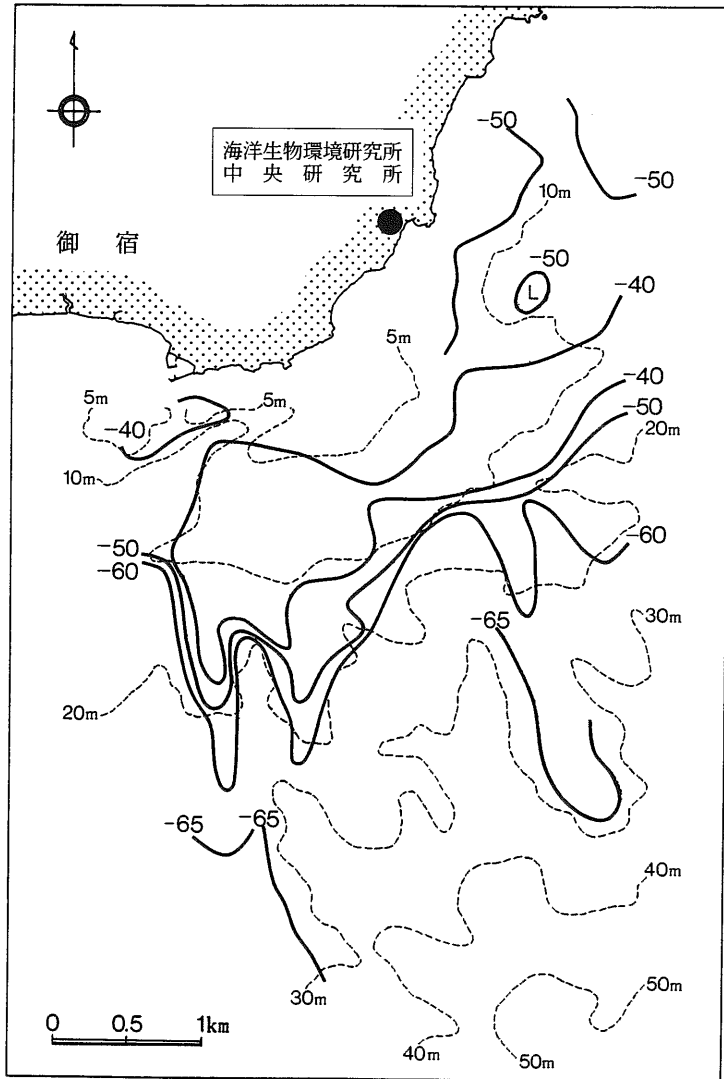
深約12m前後であったことがこれらのデータ整理結果から明瞭である。なお、アラメ・カジメ藻場では、最大密度帯から水深約50m付近まで光減衰に類似の指数関数的密度低下が認められた。この海域では水深約50m付近においても小型のカジメが分布していることが、潜水採集によってアラメ・カジメの分布水深帯を調査した須藤(1992)によって確かめられている。



第4図 御宿前面海域の水深によるアラメ・カジメのSV値変化

2. 分布域と密度

反射強度の測定電圧から算出されたSV値を用いて、第1、2図から求められる海藻(草)の密度に、アマモでは同密度水域の海底上1m水柱の容積を、カジメでは海底上2m水柱の容積を乗じれば、それぞれの現存量を算定することができる。航走30秒間の平均値を用いて作成した千葉県御宿地先海域のアラメ・カジメ藻場の一部におけるSV値分布を第5図に示した。アラメとカジメの反射特性が同じであると仮定すれば、第2図と第5図から現存量を推定することが可能である。



第5図 御宿前面海域のアラメ・カジメ藻場におけるSV値分布

V. 考 察

超音波探知機を用いて藻場の定量的情報を得るためには、海藻(草)と海底とが識別できる反射信号強度を取得することが不可欠である。筆者らは、現在、10cm間隔ごとの反射強度を、海底直上から海藻(草)が含まれる一定の高さまで積算・平均することによりSV値を算出している。このデータ処理過程で海藻(草)と海底とを判別すること

が必要となる。この測定装置の分解能($15\text{cm} = c\tau/2$)からみれば、10cmごとのサンプリング値が標的の実存量に等価であるとは言いがたい。しかしながら、サンプリング間隔を10cmとしたことによって、海藻(草)の部位による反射強度の相違、海藻(草)と海底の識別がかなり明瞭となった。サンプリング間隔を大きくするほど両者の識別度合いは低下し、平均化に伴う誤差が大きくなるものと考えられる。

データ収録の時間間隔は約1秒である。測定時には船速を約2~3ノットに保っているが、密度が不均一であったり、海底が急変する所では、位置と量に関する誤差の度合いが大きくなることは避けられない。さらに、ハード、ソフトの面から改良すべき問題点が多い。

VI. おわりに

自然の植生場では、海底の起伏形状による反射信号の乱れ、波浪による送受波器の動揺等から厳密な海藻(草)の現存量を把握することは極めて難しい。本研究では比較的静穏域に分布するアマモ場および模擬的に造ったカジメ藻場における基礎的な解析結果から、これらの海藻(草)の密度とSV値の間に明瞭な相関関係が存在することを示し、これらの関係を用いることによって藻場のおおまかな現存量の推定が可能であることを示した。また、ガラモ場を構成する海藻は、アマモ、アラメ・カジメとは異なる反射特性を示すことがわかっている。この試験結果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.
- 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.
- 須藤静夫(1992). 千葉県御宿町前面の沿岸域におけるアラメ・カジメの鉛直分布と光エネルギー. 海生研報告, No.92101:1-22.
- 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.
- 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.

