

音響測深記録のパターン解析による海底地形の分類について

向井 清人* 堀本 健次* 小野寺公児**
茅山 芳夫*** 石橋 嘉一** 川野 辰男*

Classification of Submarine Topography by Pattern Analyses of Echo-sounder Records

Kiyoto MUKAI, Kenji HORIMOTO, Koji ONODERA, Yoshio KAYAMA,
Kaichi ISHIBASHI and Tatsuo KAWANO

Abstract

K. Onodera, one of authors, tried to classify the submarine topography by pattern analyses of echo-sounder records of the sea bottom off NW Kyushu in 1971. For the purpose of examining Onodera's classification and its adaptability, was investigated the relation among the patterns of echo-sounder records, bottom materials and submarine topography, on the Odawa Bay of Miura Peninsula, Kanagawa Prefecture.

In consequence, the followings were concluded.

1) Types A and B of Onodera's echo-sounder record patterns, are recorded for the smooth surfaces which are composed of medium sand to mud bottom materials, like bottom plain and submarine canyon.

2) The other types C and D are recorded for the ragged surfaces which are composed of rocks and/or coarser bottom materials than medium sand.

3) Thickness of line which shows the surface of sea bed on reflection record is larger and occurrence of multiple reflection is rarer, on Types A and B than Types C and D.

It is presumed that the former characterizes a topographic plane of sedimentation type and the latter that of non-sedimentation (erosion) type, respectively.

After the above-mentioned presumption, the sea bottom topographical classification map of this area was made.

The feature in this map coincides well with the results of previous study on the sea bottom topography including Odawa Bay.

1. はじめに

海の深さと海底地形を知るための測定機器としては、超音波を利用して水深を連続的に自動記録する音響測深機が、現在広く利用されている。測深機から海底に向けて発射される超音波は、海水・微生物・浮遊物などによる減衰は別としても、海底面に到達したときでも海底の形状や底質に左右されて吸収・乱反射の比率が変わるため、測深記録器にキャッチされる反射波の比率は場所に

より一様ではない。したがって測深記録紙上における海底地形の断面線の示すパターンも一様ではなく、いくつかの特徴的なパターンが識別できる。

筆者らは、かねてから測深記録のパターンの特徴と海底地形の性状および底質との関連を調べることによって、測深記録の判読から海底の地形面の性質と底質の状況を推定することの可能性について検討してきた。筆者の1人、小野寺(1971)は、測深記録のパターンを5種に区分し、堆積・非堆積型地形との関連について概念的に言及した。

筆者らは、小野寺のパターン区分を基として、さらに多くのデータを解析して測深記録のパターン判読から海

* 技術部

** 海洋地質部

*** 元所員

底の堆積・非堆積型地形形態の識別と底質状況を推定する方法の実用化を図る目的をもって、1973 年 10 月、1974 年 12 月の 2 回にわたり、短期間ではあるが三浦半島小田和湾海域で実験を行った。その結果をここに報告する次第である。

なお、本実験結果の解析のための参考資料として、地質調査所海底地質調査技術グループ(現海洋地質部)と東海大学海洋学部が協力し研究した九州西方甌島海域総合調査研究(海底地質調査技術グループ、1970 a; 1970 b; 水野篤行・海底地質調査技術グループ、1971; 木村政昭・広島俊男・小野寺公児・水野篤行、1975)の測深資料(NS-16 型深海用精密測深機による)および 84 地点の底質粒度分析資料(稲子誠・武田通治、1972)を使用した。

謝 辞

東海大学星野通平教授、三沢良文氏からは諸資料の収集に際してご高配を賜わった。また、日本無線株式会社伊藤宗治氏、新西日本石油開発株式会社森喜義氏、三井石油開発株式会社鎌田清吉氏および地質調査所奥海靖技官、駒井二郎技官からは懇切なご助言を、さらに丸山修司技官、井上正文技官からは、種々ご協力をいただいた。これらの方々へ厚く御礼申し上げる。

2. 実験の目的と実施方法

本実験は音響測深記録のパターンを識別して、海底面の堆積性・非堆積性地形面への区別を試みた小野寺の地形分類法(1971)の発展を図り、その区分の適応性を検討することを目的としたものである。小野寺(1971)は、第 1 図に示すように、測深記録上のパターンを、その線

の形態と 2 重反射記録のあらわれかたの特徴とから a, b, c, d, e 型の 5 パターンに分類し、さらに a, b 両型のような、なだらかな感じのパターンは堆積型地形面に、鋸歯状または凹凸が激しいもの、また顕著な多重反射を伴う c, d, e の 3 つのパターンは非堆積型地形面に相当すると述べた。測深記録のパターンには、このほか海底線の厚み¹⁾と濃淡との違いも認められる。これらは使用した超音波機器の性能(第 1 表)、とくに音源の特性に関係がある。なお、測深記録のパターンは測定機器の感度にも大きく左右されるので、パターン認知の目的からは感度を一定に保つ必要のあることは、いうまでもない。

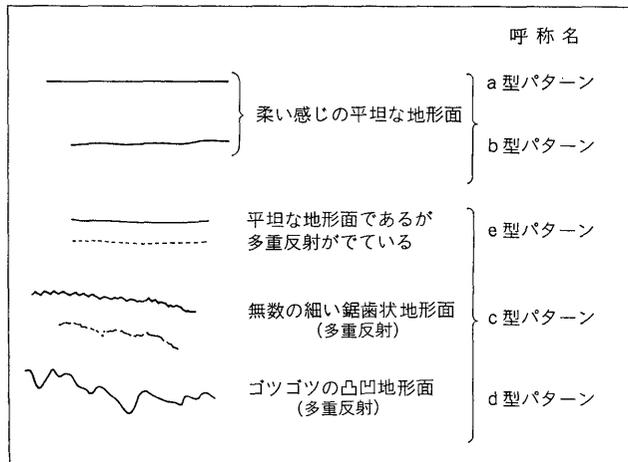
本実験の対象海域としては、当所技術部地形課において、1970 年から 1972 年までの 3 年にわたり、露岩帯の海底地形調査研究を実施した三浦半島小田和湾海域を選定した。その際の調査において縮尺 1/10,000 で等高線間隔 2 m、面積約 16 km² の海底地形図が既に作成されており、底質試料も 22 地点で採取されていたことから、実験結果の検討に好都合と考えたからである。

実験方法としては、第 1 表に示す可搬式の NJA-101 型測深機と SD-1500 型精密測深機を小型船に装備し、作動させた。

第 1 回目の実験は、1973 年 10 月に実施し、第 2 図に示す測線 L-1 から L-6 までの延 23.6 km において行った。

第 2 回目の実験は、1974 年 12 月に実施した。第 1 回目の結果から、音波の減衰の生じないような、ほぼ同じ

1) 海底線の厚み: 海底面の反射をあらわす縮模様の厚みを指す。



小野寺 (1971)

第 1 図 測深記録のパターン分類

第1表 音響測深機の性能

| 型名 | 周波数 | 指向角 | レンジ | 送信パルス数/分 | 紙送り速度 | | 送受波器 | 備考 |
|------------------------------------|----------|-----|--|---------------------------|------------------------------|---------|--------------------------|----------------|
| | | | | | 紙 | 幅 | | |
| NJA-101 型 測深機 (日本無線 K.K.) | 18.5 kHz | 20° | ① 0-120 m ② 120-240 ③ 0-1,500 | ① } 94 回 ③ } ⑧ } 57 | 早い 11-14 mm/分 遅い 4-5 mm/分 | 幅 15 cm | 共用 | 地形課保有 (可搬式) |
| SD-1500 型 精密測深機 (日本電気 K.K.) | 200 kHz | ±3° | ① 0-10 m (10 段切換) ② 0-100 m | 4,500 回 450 | 60 mm/分 | 幅 15 cm | 送受各 1 | 地形課保有 (可搬式) |
| NS-16 型深海用 精密測深機 (日本電気 K.K.) | 12 kHz | 16° | ① 0-1,000 m ② 0-6,000 ③ 0-12,000 | ① 40 回 ② 8 ③ 4 | 12 mm/分 24 mm/分 | 幅 50 cm | 反射型 1 = または 角型 1 = | 白嶺丸 (船底装備) |

水深の海底を含む測線として、L-8, L-9, L-11 の 3 実験測線を計画し、また、底質は測深記録パターンとの対比との観点から選んだ 40 地点において、田村式採泥器を用い採取した。したがって、底質試料採取地点は第 2 図にみるように、実験前の 22 地点を加えると計 62 地点となる。

上記の測線ならびに試料採取地点の位置測定は、六分儀による三点両角法によった。

3. 測深記録の検討

3.1 音波の反射強度と減衰

実験測線の L-1, L-2 は、長井港沖の約 1 km, 測点 No. 1 から北西方向にスタートして、小田和海谷を横断し、北限の測点 No. 17 (水深約 52 m) に至る間の岩礁地帯から砂泥質地帯と思われる所を往復したものである。これらの記録を第 3 図でみると、往路の L-1 においては、記録感度²⁾を 3 に保ったところ、岩礁地帯から海谷縁までの記録パターンは鋸歯状か凹凸状の特徴を示す c, d 型のパターンとなり、海底線の色調は濃く、2 重反射があらわれる。ついで海谷壁の急斜面になると、色調は薄くなり、海谷底に至ると、なだらかな b 型パターンとなって海底線の色調は再び濃くなるが、多重反射はでない。海谷底をすぎ海谷縁から再び岩棚地帯となると前記の鋸歯状、凹凸の激しい c, d 型の両パターンとなり、色調も濃く、2 重反射もあらわれる。岩棚の部分過ぎて、ゆるやかな斜面を下降しはじめると、a, b 型のなだらかなパターンとなって、色調は次第にうすくなり、2 重反射もでなくなる。

復路の L-2 測線 (測点 No. 18-No. 28) は、感度を 6 に上げ記録したところ、海底線の厚みは水深約 45-53 m

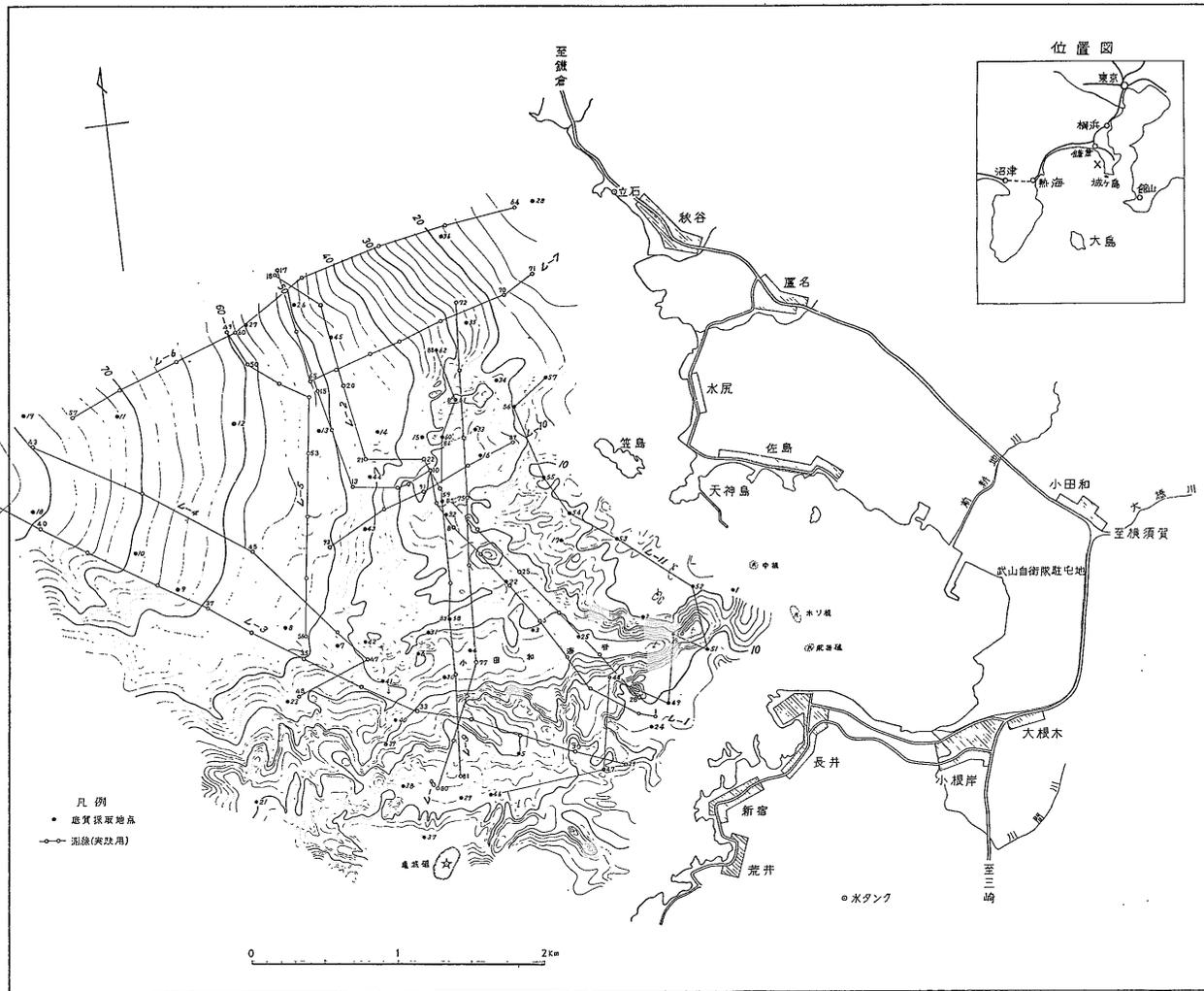
までの砂泥質と思われる地帯では、比較的大きく 7.5 mm, また水深 30 m の海谷底でも同様に大きい。しかし、岩礁や岩棚、海谷縁などでは小さく 5 mm を示したが、海底線の色調には特別の変化はない。

一方、多重反射は水深約 50 m 以上の平坦部では薄く、緩斜面でも濃くない。しかし、岩盤地帯と海谷縁では 3 重反射があらわれ、往路の L-1 測線の 2 重反射のた部分とほぼ一致する。また、海谷底でも 2 重反射は消えていない。

測線 L-3 (測点 No. 29-No. 42) は、感度 3 でスタート (水深約 10 m) したが、水深 45 m の緩斜面で海底線の色調はうすれ、2 重反射も消えた。水深約 85 m になると、海底記録が消えそうだったので、感度を 4 にあげ、本地形図外の水深約 105 m 付近では、感度を 5 に上げざるを得なかった (第 4-1 図)。水深約 105 m 付近にあらわれた大きな海谷の急斜面では、感度を 5 と高くしたにもかかわらず記録の色調は急速に薄れ、線の厚さも極端にかすれたが、海谷底ではやや回復した。この傾向は、測線 L-6 の水深 50 m 以上の深さでも観察された。感度を 5 に上げると、砂泥質地帯と思われる所では、海底線の厚みは測線 L-2 の感度 6 で行った結果と同様に厚くなった。

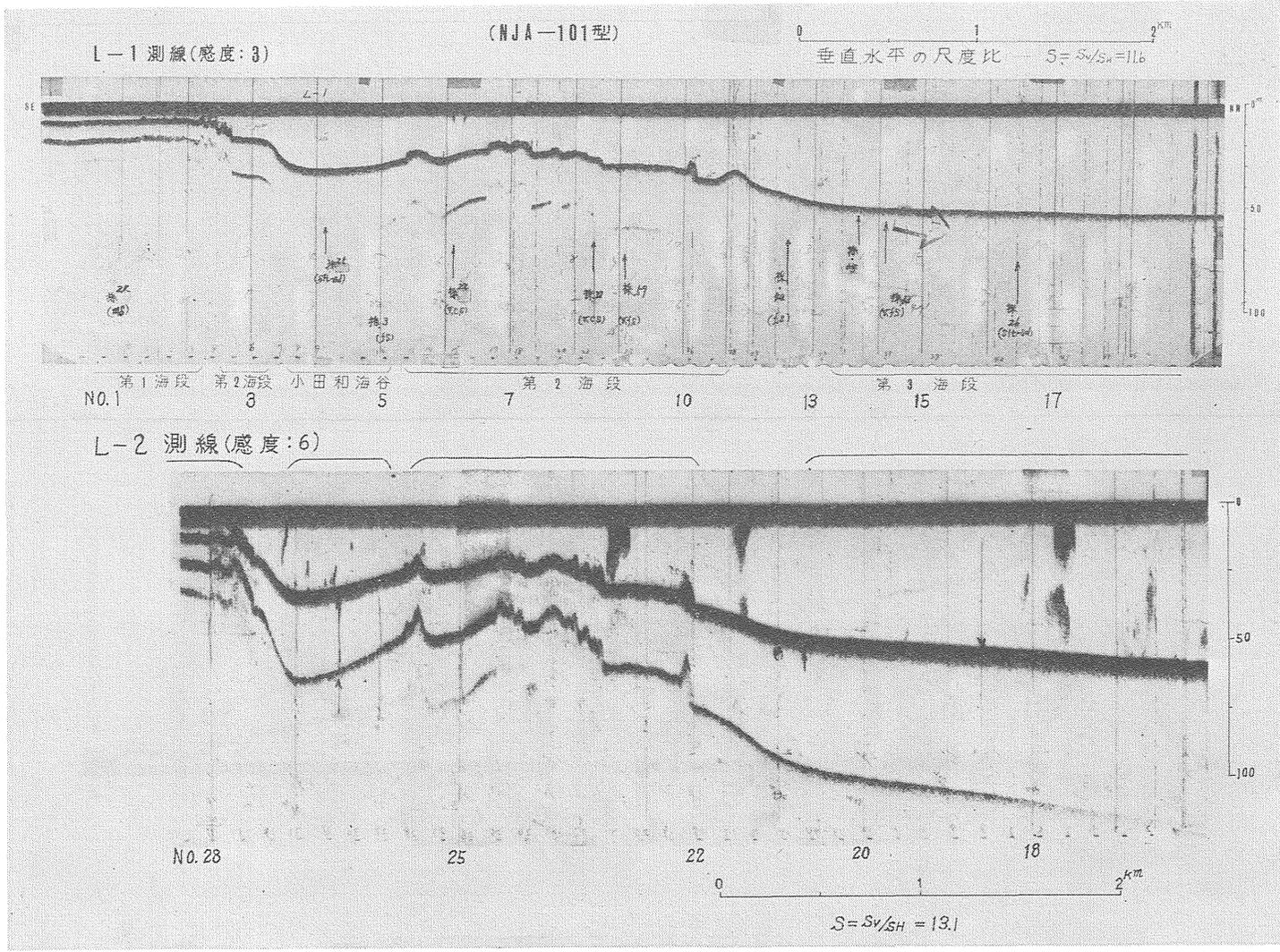
上記した記録のうち、水深が 50 m 以上になって、海底線の色調がうすれ、線の厚みが極端に小さくなり、また消えたりするのは音波の減衰によるものである。また、地形の傾斜が極端に変化する部分、例えば岩盤地帯の凹凸変化の激しい部分、海谷壁などの急斜面で、前記したような海底線の色調および厚みに変化が生ずるのは、実験測深機の性能に関係がある。とくに 101 型は指向角が 20° の広角であるため、傾斜の急な変化の激しい地形のところでは、受信パルスの乱反射で測深機の受

2) 記録感度: 当実験に使用した測深機の感度目盛は 0-10 である。

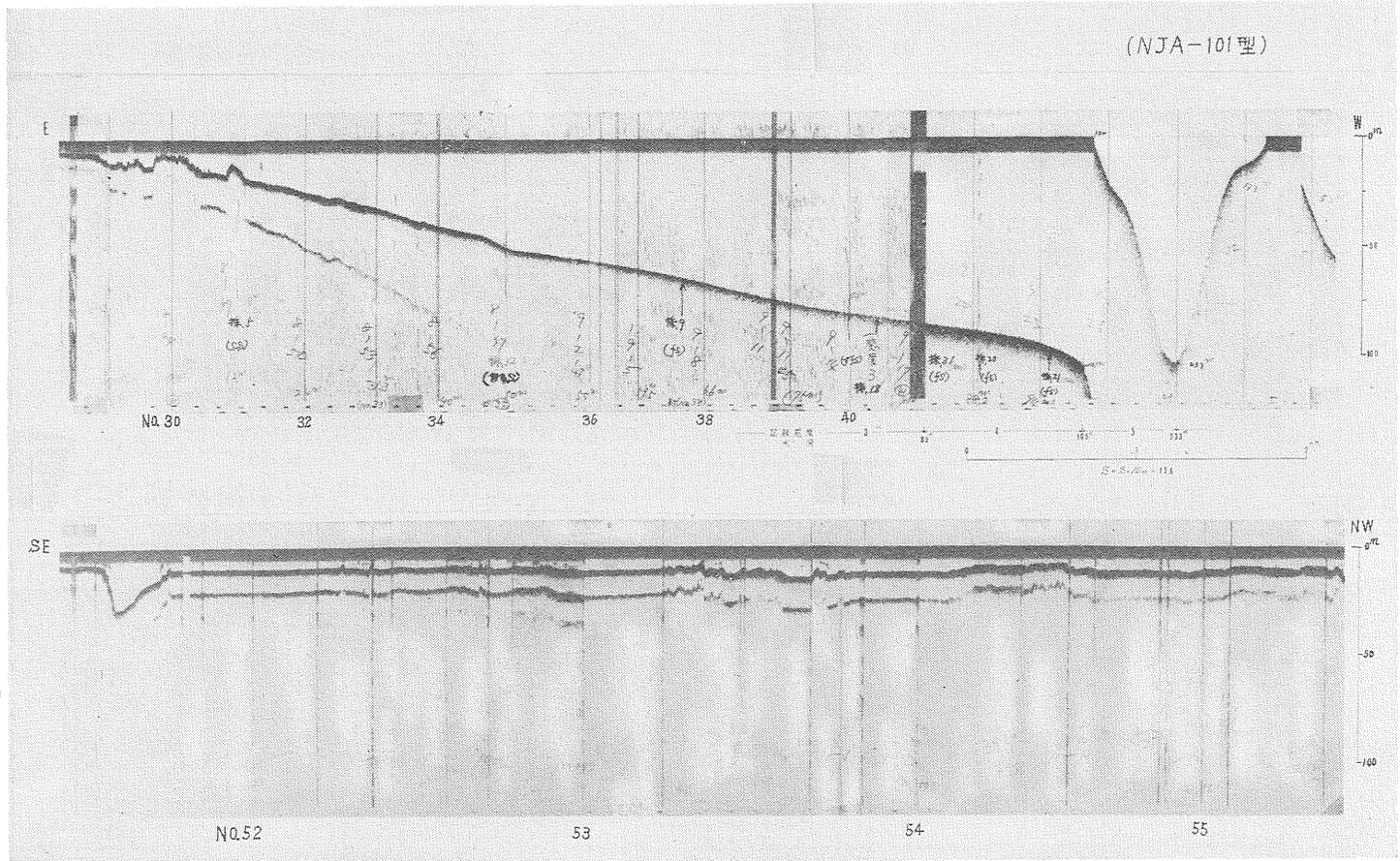


海底地形図は、1970年から1972年までにわたる露岩帯の海底地形調査の結果、筆者らが作成したものである。

第2図 実験測線および底質採取地点



第3図 測深記録(往復測線)の対比例



(4-1)

(4-2)

第 4-1 図 音波の減衰による記録例 (L-3)

第 4-2 図 記録感度 (3). 同一水深 (約 10m) による記録例 (L-11)

波器に入る入力弱くなるため、受信記録が薄くなるのであって、これらは底質の反射強度と関係はない。

第2回目の実験測線 L-8, L-9, L-11 は第1回目の実験線で部分的にみられたような音波の減衰による影響を極力さけるため、ほぼ同一の水深上を同一の感度でもって記録し、反射強度差の検討を試みたものである(第4-2図)。

測線 L-8 は、北部の砂泥質地帯と思われるところから南部の灯台が位置する岩盤部分までの間を感度3で、復路の L-9 は感度5で記録し、L-11 は水深約10m ラインを感度3で記録した。これらの結果は、第1回目の実験結果と類似する。

感度を3に保って実施した測線 L-1 で2重反射があらわれたのは、鋸歯状、凹凸の激しい地形面(c, d型パターン)であって、ゆるやかな地形面(a, b型パターン)ではあらわれない。感度を6に上げて行った測線 L-2 では、多重反射は全般的にあらわれ、とくに c, d型両パターン地形面では、3重反射があらわれる。また、海底線の厚みにおいても c, d型の両パターン面は厚み約5mmを示すのに対し、a, b型両パターン面では約7.5mmとなるなどのちがいが認められた。

これらの差異は、音波のそれぞれの地形面に対する反射強度の差のあらわれと思われる。

音波の反射強度は、周知のごとく水と反射体との音響インピーダンス(Z)の比に関係する。

杉浦(1972)によれば、50kHzの場合、岩40%、砂15%、泥5%程度といわれている。

a, b型の両パターンが示す平坦あるいはゆるやかな地形面では、音波の反射強度は、鋸歯状で凹凸の激しい地形面(c, d型両パターン)にくらべ小である。前者は後者にくらべて透過度が大きいことを示したものと考えられる。

3.2 音響測深記録のパターンと底質および地形面の性質との関係

海底の表層堆積物を採取する場合には、通常、停船するが停船しても多少の漂流があるために測深記録をとることが多い。その場合、船の移動量が小さいため、測深記録の上では、あたかも平坦な海底におけるようなパターンがあらわれる。本実験では、このような記録は分類の対象からはずして、底質採取前後の測深記録のパターンを使用するとともに、別途に底質採取地点を通る重複する測深記録のパターンとを併用して、さきのべた小野寺の分類法による区分(第1図)を行い、底質および海底地形面との対応を検討した。

また、実験地とした小田和湾海域は、田山(1950)の

相模湾東部の調査区域の一部にあっており、その地形区分は第2図における海底地形図においても適用できるので、本文に関する地形区分は、これに準拠することとした。

田山(1950)の区分によれば、三浦半島西側沿岸地帯の海底には段階的に配列する5つの平坦面(海段または海底段丘)が区別できる。

第1海段は、水深が約10m以浅にみられる平坦面であり、第2海段は内縁が水深約10-15m、外縁が20-25m前後である。第3海段は水深約50m前後の地形変換線を内縁とするが、外縁の深さははっきりしない。また、小田和海谷は内湾の入口の所に発源し、直線的に走って第3海段で開口しており、構造線の疑いがあるとのべている。なお、第1、第2の両海段は小田和海谷をはさんで北と南の両側に対応して分布している(第5図)。

小野寺(1971)による測深記録パターンの区分(第6図)と、小田和湾海域における底質および海底地形の性質との対応関係を第2-1表に示した。参考とした九州海域における対応関係は第2-2表に示した。これらの資料から、問題の相関関係を各パターン別に検討した結果は次のとおりである。

3.2.1 小田和湾(62地点)について

1) a型パターン(7地点)

底質組成に関連しては、極細砂の部分で4地点、シルト部分で3地点となり、いずれも細粒部分において頻度が高い。

海底地形に関連しては、平坦面である第3海段において集中的にあらわれる。

2) b型パターン(28地点)

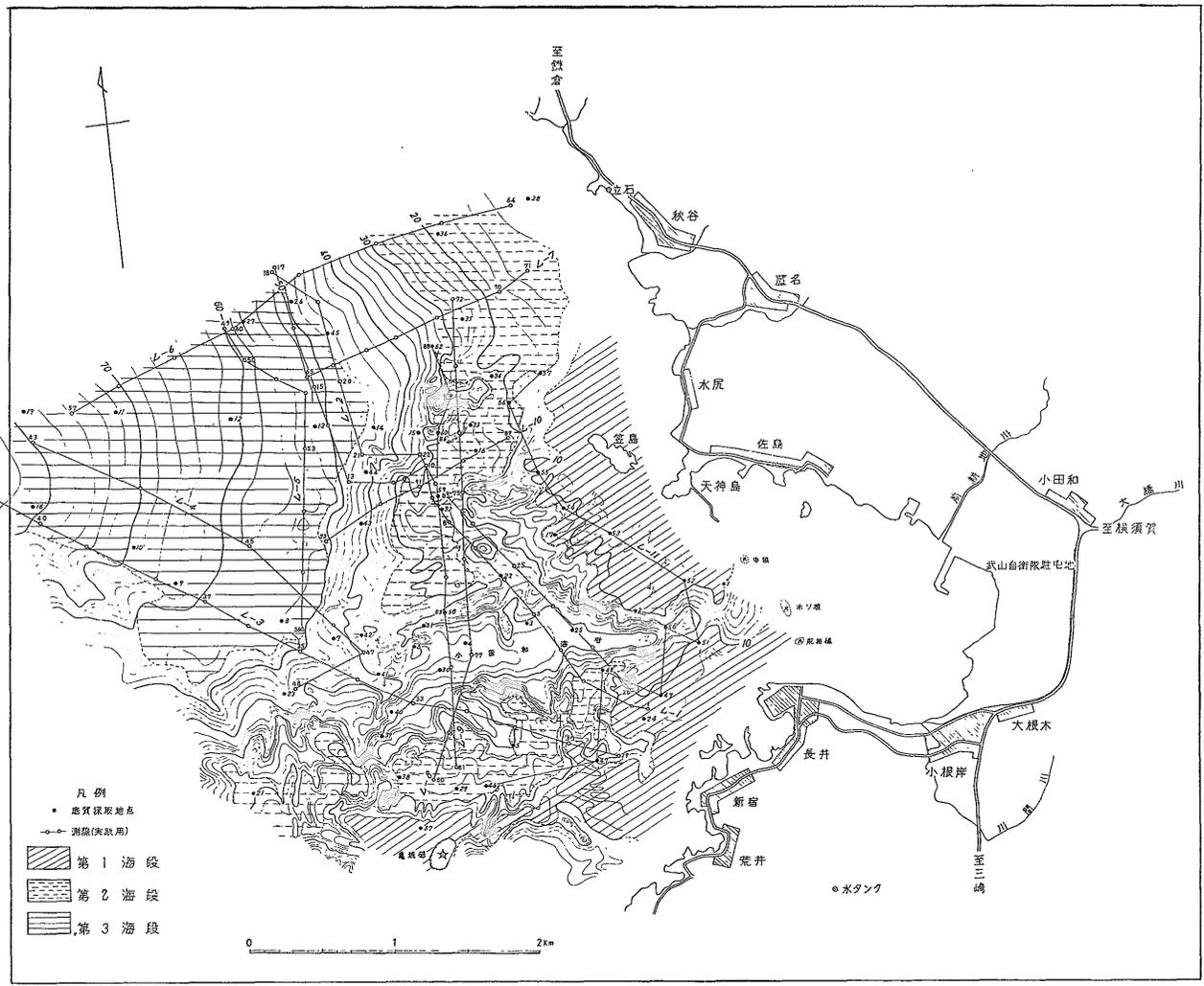
底質に関連しては、粗砂の部分で2地点、中砂の部分で4地点、細砂の部分で13地点、極細砂の部分で4地点、シルトの部分で5地点となり、細粒質の部分において高い頻度を示す傾向があり、a型パターンの傾向と類似する。

海底地形に関連しては、第1海段に3地点、第2海段に9地点、第3海段に5地点、小田和海谷に7地点、緩斜面で4地点にみとめられ、比較的平らな面にあらわれる傾向は、a型パターンの場合と類似する。

3) c型パターン(19地点)

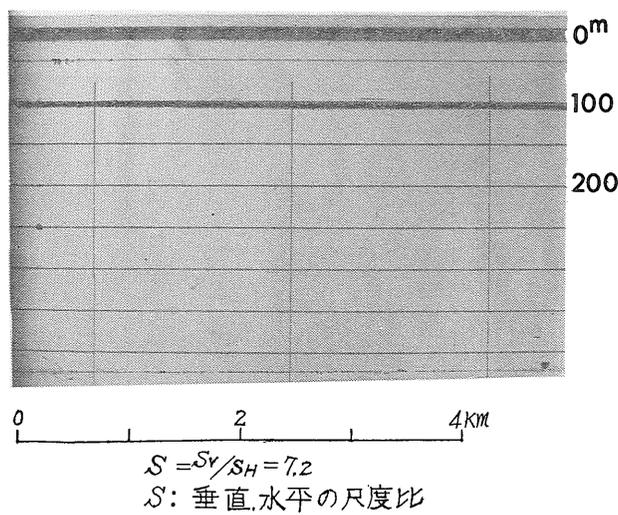
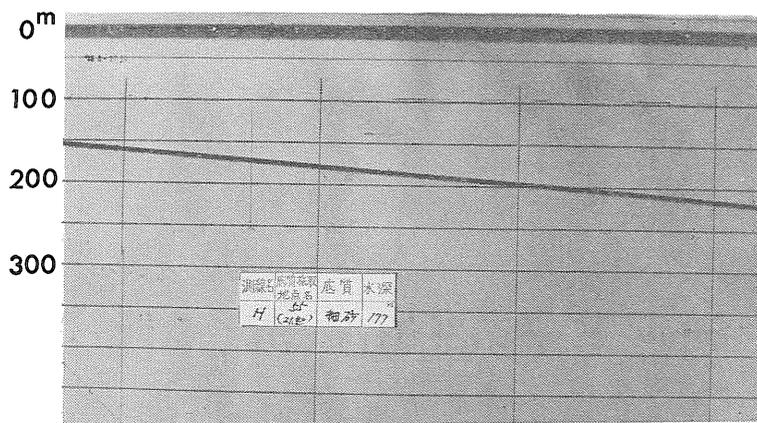
底質に関連しては、岩盤部分で6地点、極粗砂部分で8地点、粗砂の部分で1地点、中砂の部分で3地点、細砂の部分で1地点となり、中砂から粗粒質となる部分において主としてみられる傾向があり、a, b型の両パターンの傾向とは対照的である。

海底地形に関連しては、第1海段で8地点、第2海段

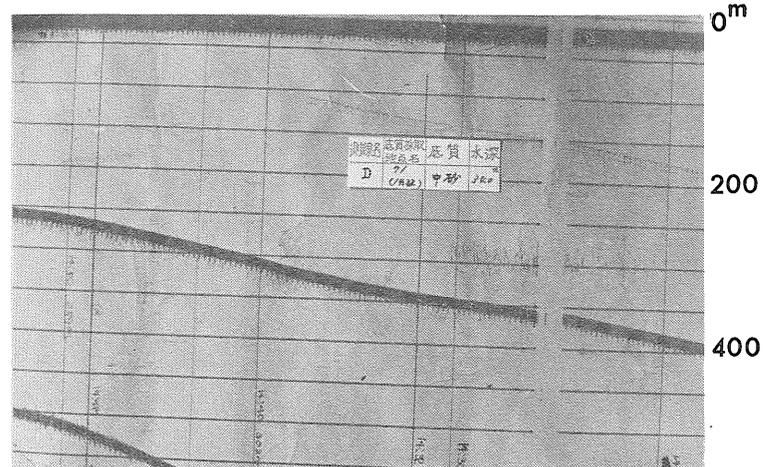
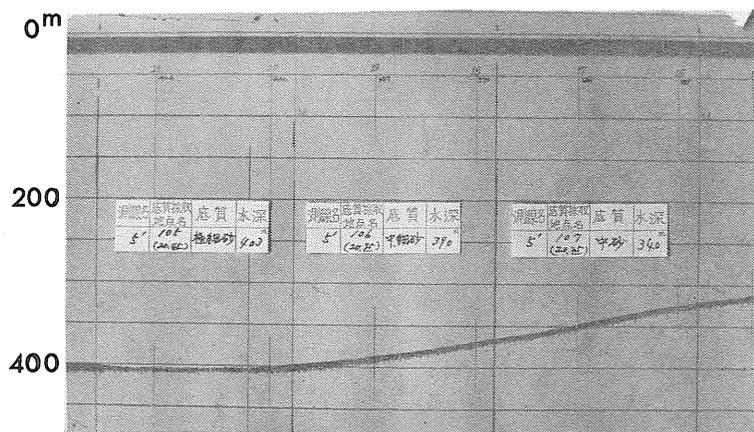


平坦面の分布区分と名称は、田山 (1950) による。

第 5 図 平坦面分布図

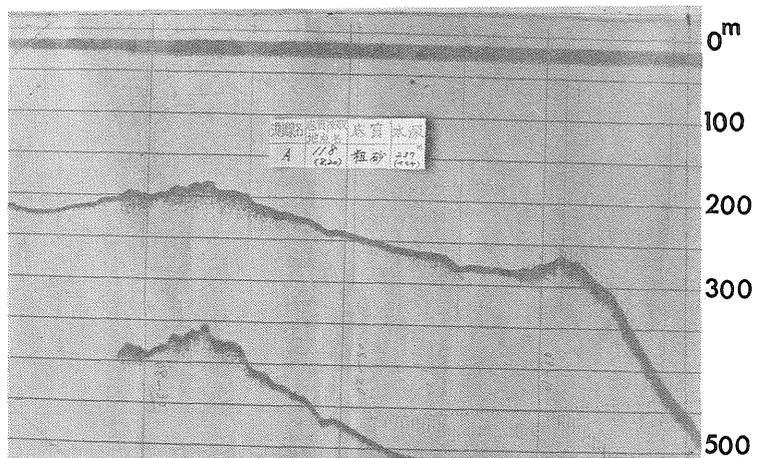
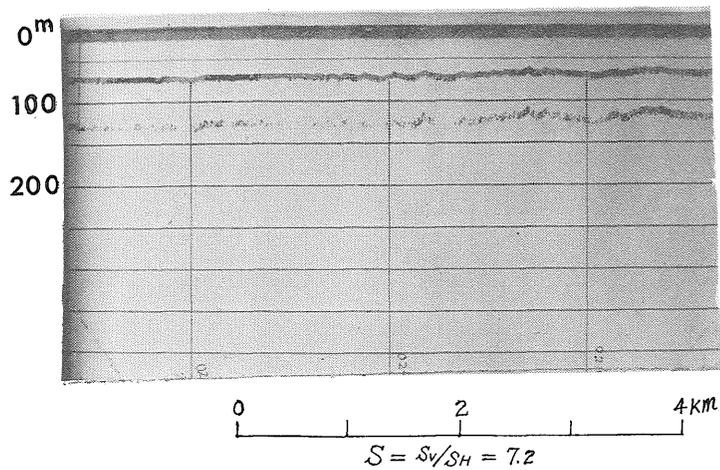


(a)

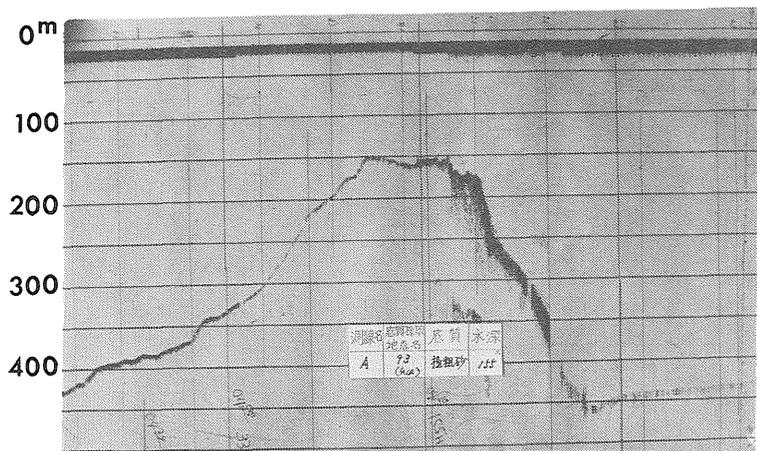


(b)

第6図 測深記録のパターン区分例 (NS-16 型)
a, b, c, d 型の各パターン



(c)



(d)



第 6 图

第 2-1 表 測深記録のパターンと底質および海底地形の関係
三浦半島小田和湾海域

| パターン 区 分 | 底質(個数) | 第 1 海段 | 第 2 海段 | 第 3 海段 | 小田和海谷 | 緩 斜 面 | 急 斜 面 | 海底支谷 | 曾 根 |
|-------------|----------|------------|----------------|----------------|--------|------------|--------|--------|--------|
| | | 試料 No. | 試料 No. | 試料 No. | 試料 No. | 試料 No. | 試料 No. | 試料 No. | 試料 No. |
| a 型 | 細 砂 | | | | | | | | |
| | 極細砂 4 | | | 11, 12, 18, 19 | | | | | |
| | シルト 3 | | | 26, 27, 45 | | | | | |
| | 計 (7) | | | (7) | | | | | |
| b 型 | 極粗砂 | | | | | | | | |
| | 粗 砂 2 | | 5 | | 4 | | | | |
| | 中 砂 4 | 49 | | | 6, 7 | 15 | | | |
| | 細 砂 13 | 28, 47 | 42, 62 | 8, 9, 10, 20 | 3, 41 | 14, 43, 44 | | | |
| | 極細砂 4 | | 33, 57, 59 | 13 | | | | | |
| | シルト 5 | | 34, 35, 36 | | 25, 50 | | | | |
| | 計 (28) | (3) | (9) | (5) | (7) | (4) | | | |
| c 型 | 岩 盤 6 | 2 | 29, 38, 48, 56 | | | | | | 58 |
| | 極粗砂 8 | 1, 52, 53 | 32 | | | 30, 40 | | 23 | 31 |
| | 粗 砂 1 | | 16 | | | | | | |
| | 中 砂 3 | 17, 24, 54 | | | | | | | |
| | 細 砂 1 | 51 | | | | | | | |
| | 計 (19) | (8) | (6) | | | (2) | | (1) | (2) |
| d 型 | 岩 盤 5 | 37, 55 | 21 | | | | | | 60, 61 |
| | 極粗砂 2 | | 46 | | | | | 22 | |
| | 粗 砂 1 | | | | | | 39 | | |
| | 計 (8) | (2) | (2) | | | | (1) | (1) | (2) |
| e 型 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | 合 計 (62) | 13 | 17 | 12 | 7 | 6 | 1 | 2 | 4 |

極粗砂 2-1 mm, 粗砂 1-1/2 mm, 中砂 1/2-1/4 mm, 細砂 1/4-1/8 mm, 極細砂 1/8-1/16 mm, シルト 1/16 mm 以下, 泥 90% 以上.

で 6 地点, 緩斜面で 2 地点, 海底支谷で 1 地点, 曾根の部分で 2 地点などにおいてみとめられ, 第 3 海段, 小田和海谷などではみられない点は, a, b 型の両パターンの傾向と異なっている.

4) d 型パターン (8 地点)

底質に関連しては, 岩盤部分で 5 地点, 極粗砂の地点で 2, 粗砂の部分で 1 地点である.

底質を採取した地点数は多くはないが, いずれも粒径が粗砂以上の箇所および明らかに岩石からなる曾根の部分である. このパターンがあらわれる凹凸の激しい部分では, 採泥しても藻類, ヒトデとか少量の粗砂, 岩石片などしか採取できないことが多い.

海底地形に関連しては, 第 1 海段において 2 地点, 第 2 海段で 2 地点, 急斜面上で 1, 海底支谷で 1, 曾根の

第 2-2 表 測深記録のパターンと底質および海底地形の関係
九州西方甕島周辺海域

(粒度分析: 稲子 誠・武田通治, 1972)

| パターン 区分 | 底質 (個数) | | 大陸棚 | 大陸棚斜面 | | | 海谷底 | 海盆 | 岩礁 |
|------------|---------|------|---|-------------------------------|-----|--------------------------|--------------------|--------|----------------|
| | | | | 緩斜面 | 急斜面 | 平坦面 | | | |
| a 型 | 中砂 | 3 | 163, 165, 200 | | | | | | |
| | 細砂 | 8 | 131, 152, 153, 154, 155, 156, 416 | 70 | | | | | |
| | 極細砂 | 5 | 7, 55, 177 | 82 | | | 105 | | |
| | 泥 | 5 | | | | 61 | 76, 97, 99, 100 | | |
| | 計 | (21) | (13) | (2) | | (1) | (1) | (4) | |
| b 型 | 中砂 | 13 | 54, 65, 114, 148, 149, 157, 159, 161, 171, 200 | 56 | | 117, 129 | | | |
| | 細砂 | 19 | 10, 34, 39, 123, 158, 160, 169 | 71, 80, 106, 107, 108, 121 | | 35, 60, 138, 139, 140 | 128 | | |
| | 極細砂 | 6 | 170, 174, 176 | 72, 166 | | | 253 | | |
| | 泥 | 5 | 175 | 73 | | | 119 | 62, 77 | |
| | 計 | (43) | (21) | (10) | | (7) | (3) | (2) | |
| c 型 | 中砂 | 5 | 40 | | | 36, 118, 125 | 120 | | |
| | 粗砂 | 6 | 45, 109, 122, 162, 185 | | | 124 | | | |
| | 極粗砂 | 1 | | | 126 | | | | |
| | 岩盤 | 2 | | | | 112 | | | 179 (長島 海峡) |
| | 計 | (14) | (6) | | (1) | (5) | (1) | | (1) |
| d 型 | 粗砂 | 2 | | | | | | | 91, 93 |
| | 岩盤 | 2 | | | | | 127 | | 81 |
| | 計 | (4) | | | | | (1) | | (3) |
| e 型 | 粗砂 | 2 | 47, 110 | | | | | | |
| | 計 | (2) | (2) | | | | | | |
| 合計 (84) | | | 42 | 12 | 1 | 13 | 6 | 6 | 4 |

極粗砂 2-1 mm, 粗砂 1-1/2 mm, 中砂 1/2-1/4 mm, 細砂 1/4-1/8 mm, 極細砂 1/8-1/16 mm, シルト 1/16 mm 以下, 泥 90% 以上.

部分で 2 地点にあらわれる.

5) e 型パターン

発射音波のエネルギーが一定で, 水深もほぼ等しく, かつ海底地形面も同じように平滑であるにもかかわらず多重反射の記録があらわれる場合とあらわれない場合がある.

小野寺 (1971) は, 前者を e 型のパターン面, 後者を a 型のパターン面として区別しており, 両者間には音波

の反射強度の差異があるものと推定した. しかし, 今回の実験測深記録の結果からは, これらを確認する資料を得るには至らなかった.

以上, 各パターンの分布傾向の特徴を要約すると次のとおりである.

底質が明らかに岩石からなる地形面上では, c, d 型の両パターンがあらわれる.

これとは逆に, 細砂からシルトと細粒物が比較的多く

分布する第2海段の地形面では、c型パターンは減少し、代わってb型のパターンが急増する。

粒径が、細砂からシルトといった細粒質が主として分布する第3海段、小田和海湾など、きわめてゆるやかな地形面では、aとb型の両パターンのみがあらわれ、cとd型パターンはあらわれない。

しかしながら、ゆるやかな平坦面で底質が中砂ないしシルト質である部分にあらわれる傾向をもつaとb型の両パターンが、地形区分上では同型の第1海段においてわずかの分布しか示さず、粗砂ないし岩盤地帯に多くあらわれる傾向を示すc型パターンのほうが、第1海段に多いという特例もみられる。この特異な傾向は、第1海段と第2、第3の両海段とが、かなり異なった堆積環境下で形成されたこと、すなわち構成物質が異なることを示唆している。

3.2.2 九州西方甌島周辺海域について

1) a型パターン(21地点)

中砂ないし泥の分布範囲に限りみられ、とくに細砂以下の小粒径の地域に多い。

地形面に関連しては大陸棚、海盆、緩斜面に主としてあらわれ、岩礁、急斜面地帯にはみとめられない。

2) b型パターン(43地点)

中砂から泥までの分布範囲にあらわれることは、a型パターンと類似する。海底地形面に関連しては大陸棚、緩斜面、平坦面などに多くあらわれるほか、海底谷、海盆にもあらわれる。

3) c型パターン(14地点)

底質が中砂-粗砂-岩盤までの部分においてあらわれる。地形面に関連しては大陸棚、陸棚斜面上の平坦面のほか、a、b型の両パターンがあらわれない急斜面、岩礁地形などにも分布する。

4) d型パターン(4地点)

底質が粗砂ないし岩盤である部分であらわれる。地形面との関連では岩礁と海底谷の岩盤部分であらわれ、他の平滑な地形面ではみられない。

5) e型パターン(2地点)

底質が粗砂である大陸棚上に若干あらわれている。

以上のように、この海域ではaとb型の両パターンは、底質が中砂ないし泥の分布する比較的平坦な地形面に多くあらわれる傾向があり、分布頻度も非常に大きい。cとe型の両パターンは、底質が中粒砂から粗粒質の物質が分布する地形面にあらわれる傾向が強く、d型パターンは岩盤地形面に対応するとみなすことができよう。

次に、実験海域と参考海域との測深記録パターンを比較してみると、それぞれの頻度傾向には共通することが

きわめて多く、次のように要約できる。

a型のパターンは、底質が細砂以下の細粒質のものを主とし、しかも大陸棚、緩斜面、海盆などゆるやかな地形面に多くあらわれる。

b型のパターンは、底質が中砂以下の細粒質のものを主とし、しかも大陸棚、緩斜面、海底谷、海盆など、ゆるやかな地形面に主としてあらわれる。

c型のパターンは、底質が中砂以上の粗粒質か、あるいは岩石が所により露出するような地形面において多くあらわれる。

d型のパターンは、明らかに岩石からなる地帯においてあらわれる。

4. 音響測深記録からみた海底地形の分類

3.2項で述べたように、1) a、b型の両パターンは、底質が中砂から泥までのものを主体とし、しかも比較的平らで広がりをもつ海底地形面において主として記録されるのに対し、2) c、d型の両パターンは、底質が中砂から極粗砂までのものを主体とし、しかも海底支谷、急斜面および岩石の露出する岩棚、曾根、海丘などの地形面において、主として記録される。また、海底線の厚みに関しては3.1項でのべたように、a、b型のほうが、c、d型パターンよりも概して厚くあらわれる。多重反射に関しては、aとb型の両パターン面にはあらわれない場合でも、cとd型の両パターン面には顕著にあらわれるなど、反射強度のちがいが認められた。

以上のことがらには、aとb型の両パターン面と、cとd型の両パターン面として区分できる海底部が互いに本質的に異なることを暗示する。

一般に音波の底質に対する反射率は、岩、砂、泥の順に小さくなるといわれることも、上記の推論を裏づける。

したがって、筆者らはaとb型の両パターンがあらわれる海底地形面が堆積型の地形面であり、cとd型の両パターンがあらわれる海底地形面が非堆積型の地形面を示すという小野寺(1971)の考え方に、基本的には同意する。

換言すれば、a、b型の両パターンがあらわれるところの海底の状況は、主として中粒砂から細粒質の堆積物が多く分布する比較的平滑、もしくは緩やかな堆積型の地形面であり、cとd型の両パターンがあらわれる海底の状況は、おもに岩石地帯か、もしくは基盤上に薄く粗粒物をのせるだけの侵食性の地形面をあらわすものと考えられる。

これらの推論は、底質資料など実証データが充分とは

いえないが、測深記録のパターン判読のみによって、海底における単位地形と底質の関係を予測して、海底地形の堆積・非堆積型の分類を行うことができるものと考えられる。

次に、本実験のために 62 地点から採取した底質試料の主として肉眼観察により底質分布図 (第 7 図) を作成した。また、1970 年から 1972 年にわたる露岩帯の地形調査および本実験で得た測深記録もあわせ、各測線ごとに測深記録のパターンを解析することにより、パターン区分分布図 (第 8 図) を作成した。さらに a と b 型の両パターン面のものは堆積型、c と d 型の両パターン面のものは非堆積型の地形面との推定を前提とした地形分類図 (第 9 図) を作成した。第 7 図、第 8 図、第 9 図を比較対照してみると、

第 1 海段 (水深約 10m 以浅の平坦面で、小田和海谷を境に北東側と南側に分布) は、本地域の南東部に位置する長井浜の沖合に小範囲にみられる b 型のパターン面以外は、ほとんどが、c と d 型の両パターン面によって占められている。

底質に見られるように、長井浜沖合の b 型パターン面の部分で中砂 (試料 No. 49) が分布する以外は、大部分が粗粒砂もしくは岩石が分布する地形面となっていることから第 7 図と第 8 図は、ほぼ対応する。第 9 図に示したように、本海段は非堆積型の地形面と考えられる。

第 2 海段 (内縁水深約 10-15m, 外縁水深約 20-30m で、小田和海谷をはさんで北側と南側に分布) は、北東部の第 1 と第 2 海段が漸移するところでは、b 型のパターンがあらわれ、笠島西方約 1 km の海底および南側の中央部においても b 型のパターン面が小範囲にみられるほかは、c と d 型の両パターン面によって占められる。b 型パターンがあらわれる北東部分では、細粒砂 (試料 No. 59 と 62 付近) および泥 (試料 No. 34-36) が分布しており、南部側の底質採取地点 No. 5 付近で粗粒砂が分布するのを除けば、第 7 図と第 8 図の対応関係はよい。大部分をしめる c と d 型の両パターン面では、粗粒砂と岩石などが分布し、総体的には両図の対応関係は悪くはない。

第 2 海段は、第 9 図に見られるように堆積・非堆積型の両地形面の複合面と考えられる。

第 3 海段 (水深約 50m 以深) は、上記した両海段の場合とは全く異なって、a と b 型の両パターン面のみに限られる。a 型のパターンは主として北西部分に、b 型のパターンは本海段の内縁側に主としてあらわれる。

本平坦面は底質図に見られるように、細粒砂から細粒物質が分布し、第 7 図と第 8 図の対応関係は甚だよい。

第 9 図に示されるように、第 3 海段は堆積型の地形面である。

小田和海谷には、b 型パターンのみがあらわれる。底質図に見られるように、粗砂が No. 4 の付近に分布するのを除けば、すべて中砂、細粒砂、どろでしめられ第 7 図と第 8 図の対応関係は比較的よい。

以上の結果を、本地域における平坦面の性質についての田山の報告 (1950) とも照合してみると次のとおりである。

第 1 海段は、どこでもその表面には岩石の露出があり、表面の堆積物をほとんど欠いているので、明らかに海食台の延長とみるべきものであるとしている (田山, 1950) が、これは本海段の示す測深記録パターンからの推論 (非堆積型の地形面) とも合致する。

第 2 海段は、多くのところに岩石の露出があり、また礫、粗砂の被覆するところであり、それから想像すると砂の被覆は、あまり厚くないようであり、この面には侵食面と堆積面があるとのべられており (田山, 1950)、著者等の結論と大きな差異はない。

第 3 海段を通覧すると、岩石の露出することがきわめて少なく、主として細粒砂、泥の被覆するところで、堆積面であるとされている (田山, 1950) ことは著者らの結論とよく合致する。

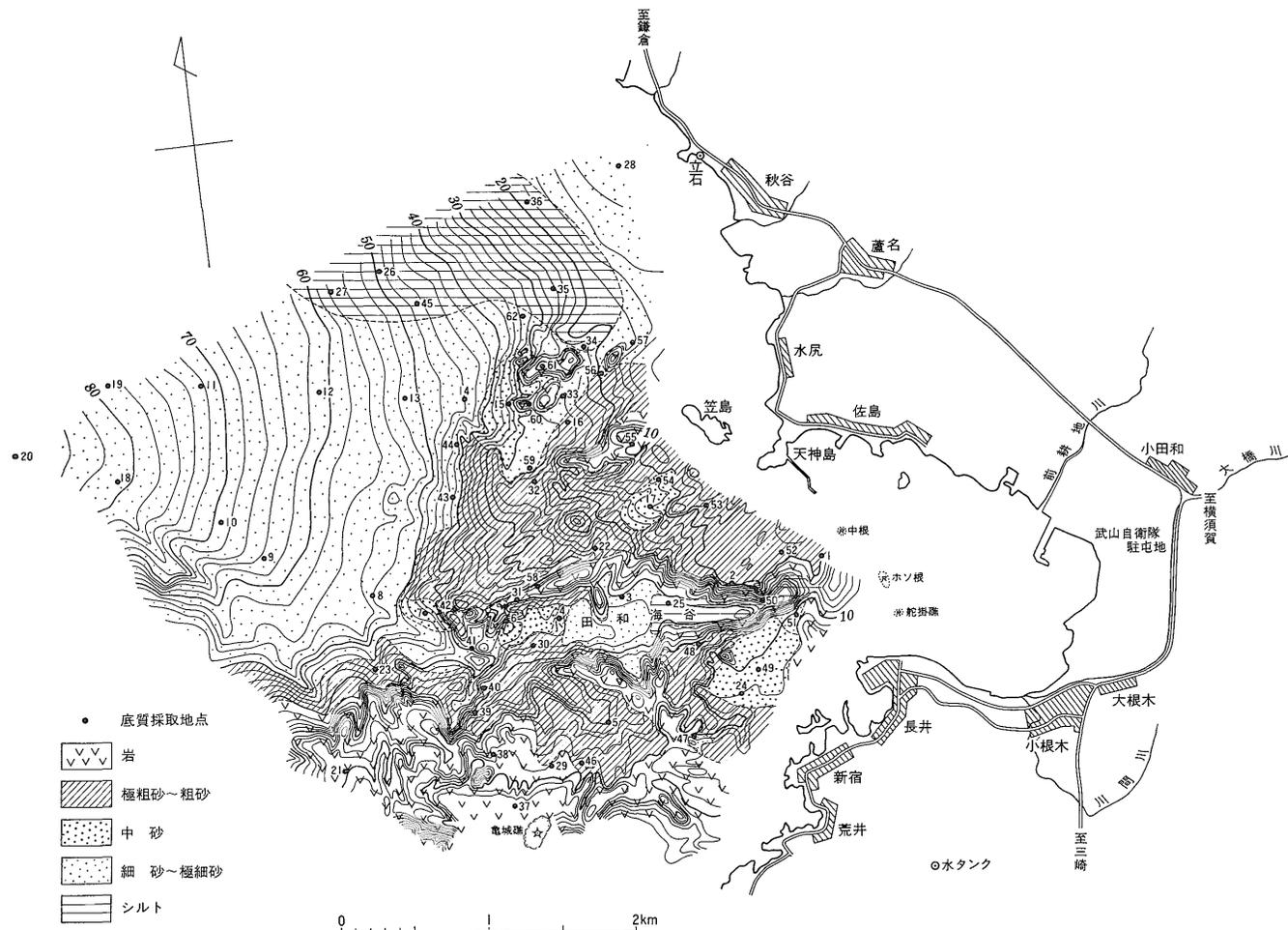
5. ま と め

音響測深機による海底記録パターンの判読から海底における堆積・非堆積の地形形態区分を推定する方法 (小野寺, 1971) の再検討、およびそれと底質との関連性を検討するため、三浦半島小田和湾海域において実験を行った。この結果を要約して述べれば次のとおりである。

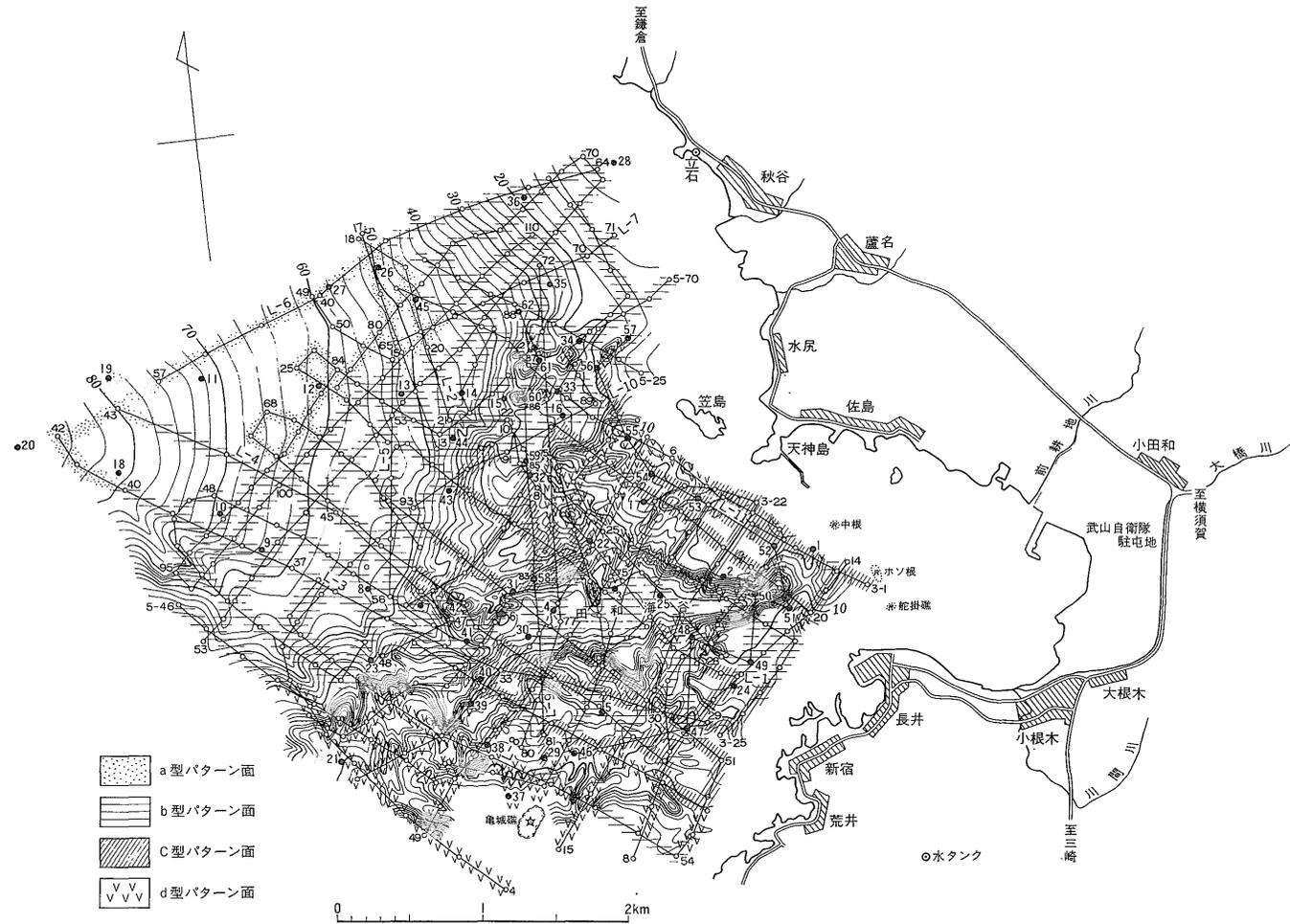
1) 海底記録の色調、海底線の厚さ、および多重反射のあらわれかたは、測深機器の感度によっても左右されることが大きいので、本実験では一測線が終るまでは記録感度を同一条件下におくことを原則とし、ほぼ同一経路を往路は低感度、復路を高感度に切替えて、両記録の比較を試みた結果、次の現象が認められた。

低感度で行った場合の記録では、海底線の色調と厚さには、場所による変化はほとんどないが、2 重反射は平坦な海底面、緩斜面、海底谷の底ではあらわれず、岩石が部分的または全面的に露出する海底地形面では顕著にあらわれる。

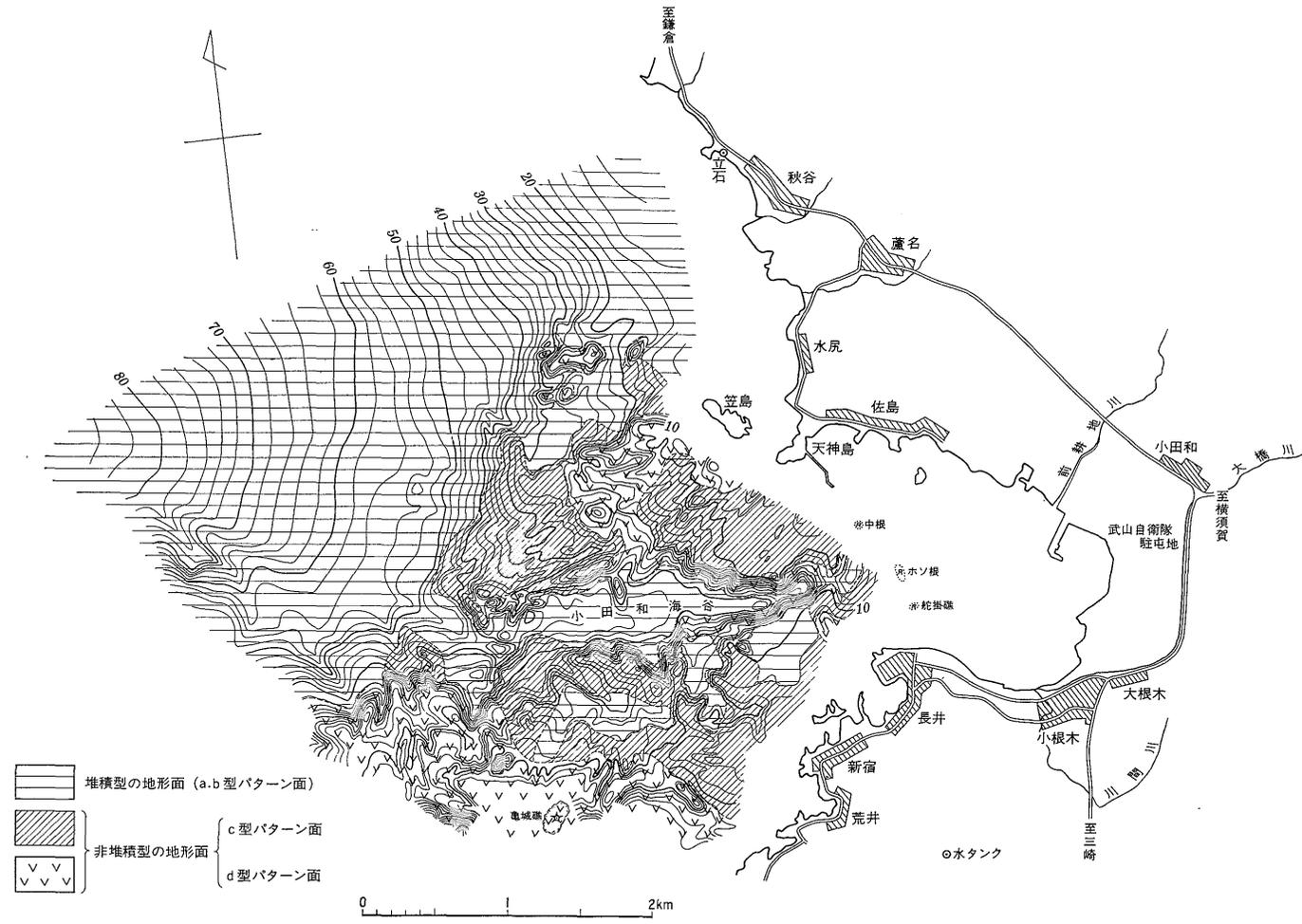
高感度で行った場合の記録では、海底線の色調には場所による変化はないが、その厚さは平坦な地形面では大きく、7.5 mm、岩石の露出する起伏の激しい地形面では 5 mm 程度と小さい。多重反射は、全域的にあらわれ、



第7図 底質分布図



第 8 図 測深記録のパターン区分分布図



第9図 海底地形 (堆積・非堆積型) 分類図

低感度のときに2重反射の記録された部分では3重反射が認められる。

多重反射の有無は、海底面での音波の反射強度に左右され、海底線の厚さは音波の海底面での透過度に関係するものと思われる。

2) 測深記録のパターンに、a, b, c, dの4つの型が識別された(第1図)。測深記録のパターンと底質および海底地形との関連に関しては

イ) a型パターンとb型パターンは、中粒砂以下の小粒径の底質が分布する平坦面、緩斜面、海底谷の底などにきわめて多い。

ロ) c型パターンは、底質が中砂以上の粗粒質のものが主で、所により岩石が露出する地帯に多くあらわれる。

ハ) d型パターンは、岩石の露出する凹凸の激しい地形面を特徴づける。

3) aとb型の両パターンが示す海底面は堆積型の地形面、cとd型の両パターンが示す海底面は非堆積型の地形面であると考えられる。

4) この結論に基づいて、海底(堆積・非堆積)地形図(第9図)を作成した。この図は筆者らの作った底質分布図(第7図)と矛盾しないし、田山(1950)による当海域の海底平坦面の性質と多くの合致点が見出される。筆者らの試みた測深記録のパターン解析による地形分類図は、実際面での活用効果が期待される。

なお、堆積性の地形面をあらわすとした測深記録のaとb型の両パターン面に、多重反射があらわれないものとするのは誤りである。a型またはb型に多重反射の伴われたものを、e型として区別する必要もみとめられない。この種の分類の際には記録の形状特徴を1次要素とし、音波の反射強度の影響は2次的要素にすぎないも

のとして、パターン区分別けを行うべきだと考えられる。

参考文献

稲子 誠・武田通治(1972) 九州西方甌島周辺海域の底質——とくに砂質堆積物の粒度分布について——. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, no. 7, p. 1-12.

海底地質調査技術グループ(1970a) 九州西方甌島周辺海域の海洋地質調査——その①, ②, ③. 地質ニュース, no. 186, p. 26-36; no. 188, p. 12-20; no. 190, p. 1-20.

———(1970b) 九州西方甌島周辺一東支那海東部の海底地質(予報). 研究連絡紙「日本海」, no. 5, p. 16-26.

木村政昭・広島俊男・小野寺公児・水野篤行(1975) 甌島周辺海域海底地質図(20万分の1海洋地質図). 地質調査所.

水野篤行・海底地質調査技術グループ(1971) 九州西方海域の地質. 日本地質学会他連合学術大会シンポジウム資料, p. 61-70.

小野寺公児(1971) 甌島周辺の海底地形について. 日本地質学会学術大会(第78回)講演要旨, p. 440.

杉浦邦朗(1972) II. 調査技術(II). 海底開発技術に関する現況報告書(上巻), ECOR日本委員会, p. 11-14.

田山利三郎(1950) 相模湾東部の海底地形と底質の分布について. 水路要報, no. 17, p. 1-26.

(受付: 1976年8月4日; 受理: 1976年12月4日)