

彦岐・対馬周辺海域の海底地形概観(その1)対馬海峡、東水道

国際航業株式会社海洋調査事業部 杉山 明

緒言

彦岐、対馬周辺海域の調査は、昭和58年度調査項目として国際ハイウェイプロジェクト日韓トンネル研究会第2部会に於いて立案され、国際ハイウェイ建設事業団に実施を具申された。

これを受けて調査は極東開発(株)から、国際航業(株)を幹事会社としてサンコーコンサルタント(株)、

三洋水路測量(株)、日本物理探鑛(株)の4社に発注された。昭和58年8月から9月にわたり、昭和59年の4月に報告書の提出をもって完了した。作業は測深と音波探査とサイドスキャンソナーの3種で、全面積517km²に対し、航走距離は1130kmである。(表-1、表-2)

表-1 調査成績一覧

| 項目 | | 第1工区 | 第2工区 | 第3工区 | 第4工区 | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--|---------|
| 基準点 | 沖合探査用 ()内は・設点 | 7点 (4点) | 3点 (3点) | 9点 (2点) | 12点 (3点) | |
| | 沿岸探査用 | ライム70~80点 | ライム40~50点 | 9点 | 9点 | |
| 験潮 *海上保安庁 **港湾局 ()内は観測期間 | | 尾崎 (8月14日~ 10月6日) | 巖原* (8月2日~ 10月31日) | 湯本 (8月18日~ 11月6日) | 郷浦** (8月1日~11月31日) 加唐島 (9月13日~11月20日) | |
| 沖合探査 | スパーカー | 走航距離 | 958km | 829km | 740km | 36km |
| | | 解析距離 | 958km | 829km | 740km | 588km |
| | サイドスキャン | 走航距離 | 1,136km | 1,046km | 1,288km | 1,088km |
| | | 解析距離 | 1,136km | 1,046km | 1,288km | 1,088km |
| 沿岸探査 | スパーカー | 走航距離 | 172km | 73km | 161km | 60km |
| | | 解析距離 | 172km | 73km | 161km | 60km |
| | サイドスキャン | 走航距離 | 521km | 217km | 85km | 88km |
| | | 解析距離 | 521km | 217km | 85km | 88km |
| 探泥 | | 5点 | 5点 | 5点 | 6点 | |

表-2 使用機器一覧

第1工区

サンコーコンサルタント(株)
日本物理探鑽(株)

| 機器名 | 数量 | 製造元 | 性能および精度 | 備考 |
|--------|----|----------|---|----------------|
| 経緯機 | 1 | カール・ツァイス | 1'読み | THEO |
| 水準機 | 1 | 測機舎 | オートレベル | B-2 |
| 光波測距機 | 1 | ガデリウス | 精度±(5mm+10ppm) 測定範囲3素子6km | M-14 |
| 映測機 | 1 | 小笠原計測機 | 精度±1cm 送り速度15m/h 記録紙 有効幅12.5cm 1ヶ月連続記録 | FL-460(W) |
| 電波測位機 | 1 | 島田理化 | 最大測定距離 100km, 20km 測定精度±(0.5m+D/10万), ±1m | 8D100 9D010 |
| 音響測深機 | 1 | 千本電機 | シフト多重記録方式 最大可測深度 200m | PDR-101 |
| 音波探査機 | 1 | 日本電機 | 電圧 Max 15KV エネルギー Max 22500J | NE-17D |
| | 1 | 日本電気 | 電圧 Max 10KV エネルギー Max 1000J | NE-17D2 |
| | 1 | E G & G | 電圧 Max 3.8V エネルギー Max 8000J | |
| 海底面探査機 | 1 | E G & G | 発振周波数105±10. kHz 記録レンジ100, 150, 200, 300, 400 500m, 斜距離自動補正方式 | SMS960 |

第2工区

三洋水路測量(株)

| 機器名 | 数量 | 製造元 | 性能および精度 | 備考 |
|--------|----|-------------------|--|-------------------|
| 経緯機 | 3 | 測機舎 | 10秒 | TM-10E |
| 水準機 | 1 | 測機舎 | オートレベル | B-2 |
| 光波測距機 | 1 | 横河ヒューレット パッカード | 最大到達距離 6 km 精度±(5mm+1mm/km) | 3808A |
| 電波測位機 | 1 | 島田理化 | 最大到達距離100km 精度±(50cm+10 ⁻³ ×D) | オーディスター 2977Hz |
| | 1 | テルロメーター | 最大到達距離100km 精度1m±3×10 ⁻³ D | MRD-1 2977Hz |
| 音響測深機 | 1 | 千本電機 | 半減半角3° 最大可測深度200m 200kHz | PDR-101 |
| | 1 | ラサ電子 | 半減半角3° 最大可測深度122m 200kHz | RS-122 |
| 音波探査機 | 1 | E G & G | 8000J 卓越周波数40~400Hz | |
| | 1 | 日本電気 | 1000J 卓越周波数1.1~5 KHz | NE-19C |
| 海底面探査機 | 1 | E G & G | 第1工区のものと同じ | SMS-960 |

第3・4工区

国際航業(株)
極東開発(株)

| 機器名 | 数量 | 製造元 | 性能および精度 | 備考 |
|--------|----|-------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 経緯機 | 1 | 測機舎 | 10秒読み | TM-10C |
| | 1 | 測機舎 | 20秒読み | TM-20C |
| 水準機 | 1 | 測機舎 | オートレベル | B-2 |
| 光波測距機 | 1 | 横河ヒューレット パッカード | 最大測定距離3km 精度±(5mm+D/15万) | 3800B |
| 映測機 | 1 | 協和商工 | フース型 1ヶ月巻 縮尺 1/10 | LFT-IV |
| 電波測位機 | 1 | デッカサーベイ | 最大到達距離80km 精度±1m以下 | トライスボンダー 218C.529DDMU |
| | 1 | 島田理化 | 最大到達距離20km 精度±1m | オーディスター 9D010 |
| | 1 | 島田理化 | 最大到達距離100km 精度±(0.5m+D/10万) | オーディスター 8D030 |
| 音響測深機 | 1 | 千本電機 | 半減半角3° 最大可測深度200m | PDR-101 |
| | 1 | 海上電機 | 半減半角3° 最大可測深度105m | PS-10E |
| | 1 | ラサ電子 | 半減半角3° 最大可測深度61m | RS-61 |
| 音波探査機 | 1 | E G & G | 最大24,000J | 放電式 |
| | 1 | 日本電気 | 最大2,000J | NE-19C |
| 海底面探査機 | 1 | E G & G | 最大探査巾500m(片側) | SMS960 |

調査の概要

これまでに海上保安庁から刊行されていたトンネルルート周辺の海底地形図としては、「大陸棚の海の基本図」としての1/20万の図（No. 6345対馬付近、No. 6346壱岐水道、いずれも昭和50年刊行）、「沿岸の海の基本図」としての1/5万の図（No. 6345対馬東岸北部、同南部、壱岐北部、豆敷、No. 6346壱岐南部、昭和53～57年刊行）および1/1万の図（No. 6460鰐浦、棹崎、伊奈崎、鷲崎、小松崎、郷崎、大野崎、久根浜、昭和53年～54年刊行）がある。

このうち、最も精度の高い1/1万の海底地形図は、測深線間隔が100mであるが、対馬西岸の沖合2～5kmまでしかカバーしていない。

また、1/5万の海底地形図は、対馬西岸沖合と東松浦半島の周辺を除いたトンネルルートの大半をカバーしているが、測線間隔は沿岸部で750～900m、沖合部で1,500～1,800mとかなり粗いものである。

トンネルのルート選定に当って海底地形図は最も基本となるものであるから、ルート周辺につい

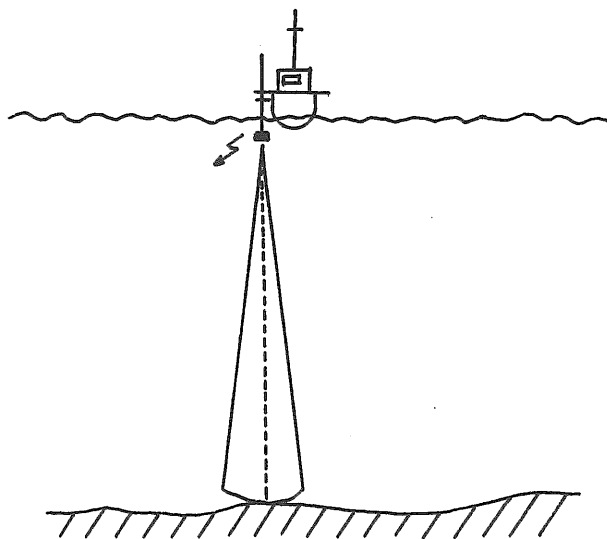
て従来よりも高い精度の海底地形図を同一仕様で作成することを1つの目的として昭和58年度の海域探査を実施した。

現在、海底地形図を作成する最も一般的な方法は、音響測深機により調査船の航跡直下の地形断面を得、これを何本も集積してそれを平面に展開するというものであるから、地形図の精度は測線密度に左右され、測線間隔が広いほど等深線の描画に当って主観の入り込む余地が大きくなる。

この点が、航空写真という面的な情報源から作成される陸域の地形図との大きな違いで、海底地形図を読む際に注意しなければならないことである。

もっとも、最近では、きれいな海で水深が20m程度までなら、航空写真から直接海底地形図を描画するという技術も開発され、調査船の入りにくいサンゴ礁や岩礁域の地形図作成に適用され始めている。

海底地形を面的にとらえるもう1つの手段としては、サイドスキャンソナーがある（図—1、図—3）。

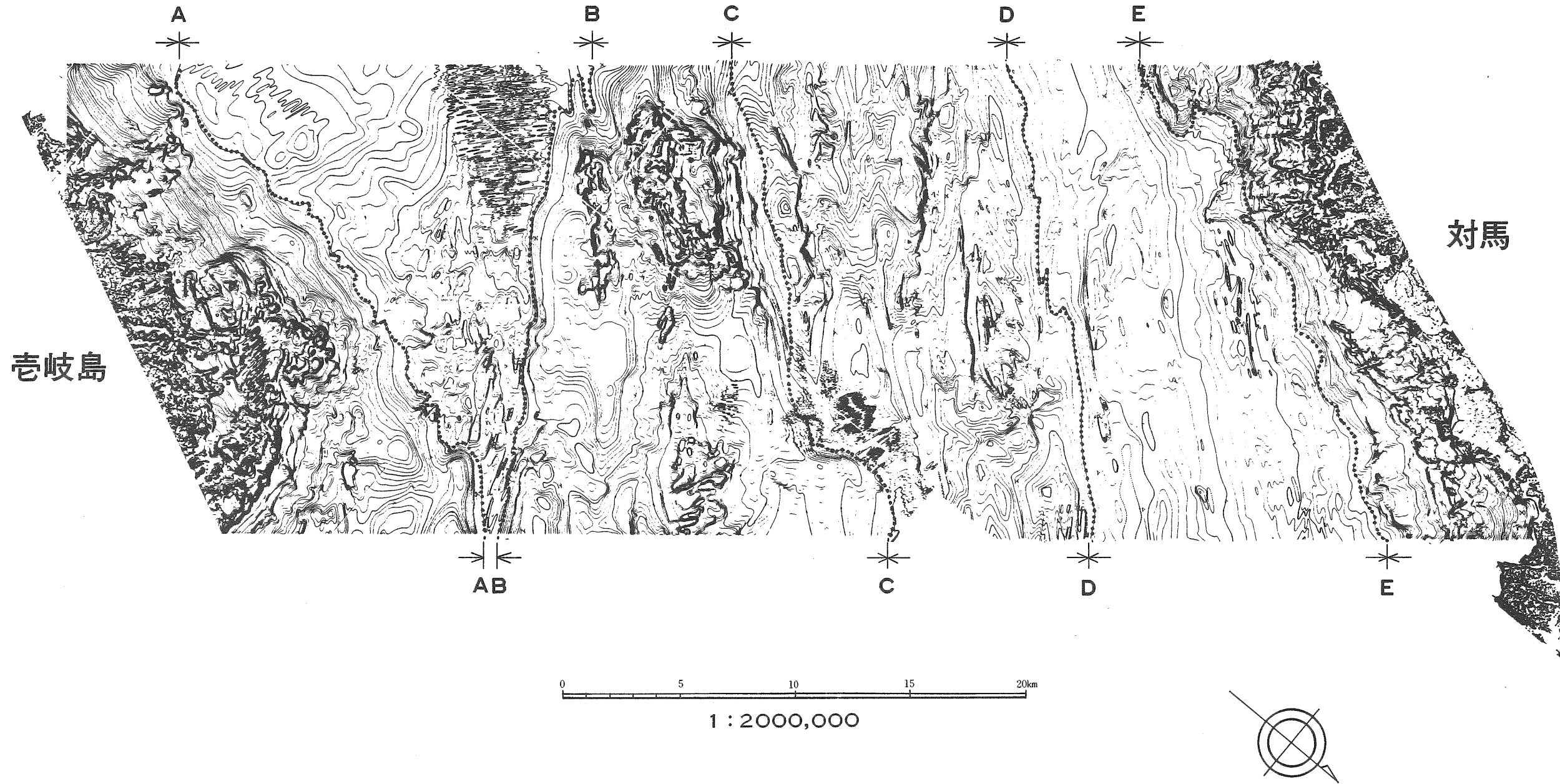


図—1 音響測深機による音波の発振方向

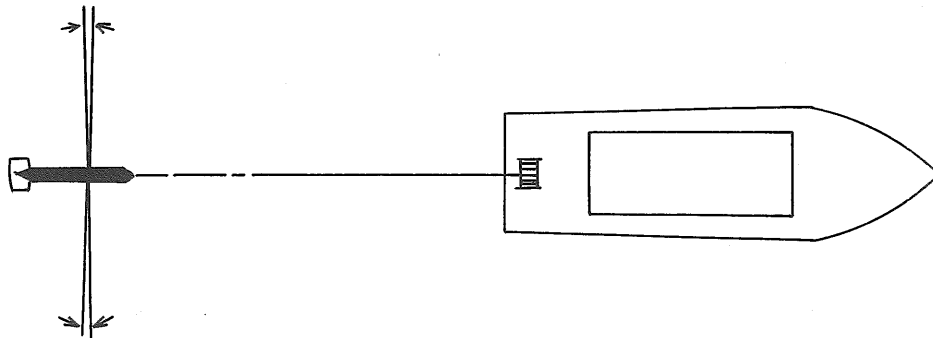
音波の感度が方向によって変化のあることを「指向性がある」といい、一般には、感度が中軸におけるその $\frac{1}{2}$ になる領域を角度で表わした指

向角（ θ ）で、その大小を示す。音響測深機は垂直下方に超音波を発振し、その指向角は、可探深度が100mまでのものは一般に3度前後である。

海底地形图



图—4 对馬海峡東水道海底地形图



サイドスキャンソナーでは、水平から 10° または 20° 下方へビーム角 20° や 50° で超音波を発振するが、その指向角 (2θ) は 12° と、音響測深機のそれにくらべてもきわめて小さい。

図— 2 サイドスキャンソナーによる音波の発振方向

音響測深機とサイドスキャンソナーの音波発振方式の違い

(国際航業株式会社海洋調査事業部)
(技術資料No. 7より)

これは、調査船に曳航された送波器から扇状に超音波を発振し、海底面によるその反射波を受信して濃淡の記録を得る装置で、起伏の状況や底質の違いを面的にとらえることができる。しかし、得られた音波映像中の個々の点の水深値を知ることにはできないので、測深機と併用し、測線間の等深線描画の参考にとすると有効である。

今回作成することにして海底地形図の縮尺は $1/2.5$ 万であった。測深機の記録のみで海底地形を描画する場合の測線間隔は図上で 1 cm という

のが1つの目安であるから、縮尺が $1/2.5$ 万の場合は 250 m 間隔ということになるが、今回は上述のサイドスキャンソナーを併用するというので、測線間隔を沿岸部で $250\sim 500\text{ m}$ 、沖合部で $1,000\text{ m}$ とした。

等深線間隔は、 $1/5$ 万の沿岸の海の基本図の場合、水深 100 m 以浅が 1 m 毎、 100 m 以深が 5 m 毎となっているが、今回は全域を 1 m 毎とした。

ただし、距岸 100 m 以内と入江となっている区域は除外したので、この区域で将来海底地形図の

必要が生じた場合は、改めて調査しなければならない。

今回作成された海底地形図は、内図郭が95cm×75cmで、計14図葉に調整した(図一3)。また、地形の複雑な部分については1/1万の音波映像モザイク図(24図葉)を作成した。

図一4は、この2.5万分の1海底地形図をつなぎ合わせて1/20万に縮小したものである。

以下に今回作成された海底地形図から読みとれる各区域の地形の特徴を記載する。

3 対馬海峡東水道西半部

本地域は、対馬海峡東水道のうち、対馬と杵岐の中間に位置する堆である七里ヶ曾根の西縁以西の海域で、最深部でも-135mと全域が大陸棚に属している。そこで、この地域の海底は、起伏パターンの違いにもとづいてA～Cの3帯に区分した。

1) A帯

対馬東海岸から水深80～90mまでの幅3～4kmの区域で、出入りの多い崖海岸を反映して全体的に急傾斜になっている。斜面の随所に中小の規模の平坦面が分布し、小規模ながらV字状の谷地形も発達している。

1-1 平坦面

A帯に見出される平坦面は、水深30～40m、50～55m、60～70m、75～90mの4面に区分され、これらは茂木(1981)のⅡ～Ⅴ面に対応する。

1-2 陸棚谷

A帯に分布する陸棚谷は、V字状の断面と樹枝状の平面パターンを示し、水深45～50mで一旦平坦化するが谷幅を広げ、本帯の東縁に近い水深75～80mで開口している。

2) B帯

水深80～90mから115m付近までの極めて平坦(平均勾配2/1,000)な区域で、対馬海峡西水道の平坦面Ⅵに対応する。

竜ノ崎東方沖合約5kmの水深100m付近には、幅約100m、比高2～4mでNE—SW方向に伸びる起伏が見られ、音波探査記録、測深記録からはそこが露岩域と判定される。他の部分も堆積物は薄いので、B帯は元来、浸食平坦面として形成

されたものと考えられる。

3) C帯

本帯は大部分が水深115m以深に属し、その東縁は七里ヶ曾根の西側斜面基部に当たっている。

ここには幅数100m～3km、長さ1km以上、比高5～20mの砂州状の高まりがNE—SW方向に数列にわたって分布し、それらの頂部は水深105～110mで平坦化されている。

本帯の東縁に近い砂州状の高まりの頂部から西側緩斜面にかけては、波長100～200m、波高5m前後のサンドウェーブが、ESE—WNW方向に頂部を連らねて広く分布している。

これらの砂州状高まりと対をなす溝状凹地の最深部は-125～-135mである。

4 対馬海峡東水道東半部(七里ヶ曾根～杵岐)

本地域は、対馬海峡東水道のうち七里ヶ曾根以東の海域で、最深部は七里ヶ曾根と杵岐の中間の-105mである。

海底は全域が大陸棚に属しているが、起伏パターンの違いに基づいてD～Fの3帯に区分できる。

1) D帯

対馬海峡東水道西半部のC帯に隣接する区域で、七里ヶ曾根の高まりで特徴づけられる。

本帯とC帯との境界は水深120m前後、E帯との境界は水深105m前後の傾斜変換部である。

本帯の海底地形をさらに詳しく見ると、水深90～100m以浅の傾斜がとくに大きい高まりの部分、水深90～100mにひろがる平坦部、水深110m以深の起伏に富む凹地およびそれ以外の部分に分けられる。

1-1 水深90～100m以浅の高まり

七里ヶ曾根の中核を構成する部分で、NW—SE方向にのびた2列の高まりから成る。

北側の高まりは長径約8km、最浅所の水深が50m、南側の高まりは長径約6km、最浅所の水深が76mである。

これらの高まりの斜面には小規模な谷が多数見出され、その多くは水深90～100mで消失している。

1-2 水深90~100mの平坦面

水深からみると、対馬海峡西水道のⅥ面、同東水道西半部のB帯に対応する平坦面で、音波探査記録からは堆積面と判定される。

1-3 水深110m以深の凹地

全体としてはNW—SE方向にのびた谷状地形を示すが、内部にはこれと直交する方向の起伏が発達している。

また、この凹地の北西端には、水深105m前後に谷頭をもつ小規模な谷が流入している。

2) E帯

七里ヶ曾根と杵岐間の水道の中軸部に当り、D帯との境界は水深105m前後でかなり明瞭であるが、E帯とは漸移的で、水深105~90m付近を境界とみることができる。

この帯の水深100m以深の部分は複雑な起伏パターンを示し、とくに北西部にはサンドウェーブが広く分布している。このサンドウェーブは、波長が200~500m、波高が5m前後で、E帯全体の伸びの方向に直交するNE—SW方向に配列している。

3) F帯

水深90~105mより杵岐側の区域で、傾斜が比較的緩く起伏に乏しい水深85~95mの部分と、それ以浅の傾斜が急で起伏に富む部分に分けられる。

前者の幅は西で狭く、東ほど広がっているが、この斜面を刻む顕著な谷は見出されない。

いっぽう、後者は、出入りの多い海岸、島礁の分布を反映して複雑な地形となっていて、小規模な陸棚谷が多数発達している。

陸棚谷には、海岸の湾入部に始まり水深55~60mで消失するものと、水深45m前後に谷頭をもち85m付近で消失するものがある。

また、対馬の沿岸域ほど発達は良くないが、所々には平坦面も見られる。しかし、その大部分は対馬沿岸のⅢ面に相当する水深45m前後のもので、他の面は見られない。

若宮島に接する北西側の水深35~40mの海底には、波長100~200m、波高が5~10mのサンドウェーブが、N—S方向に配列して広く発達している。

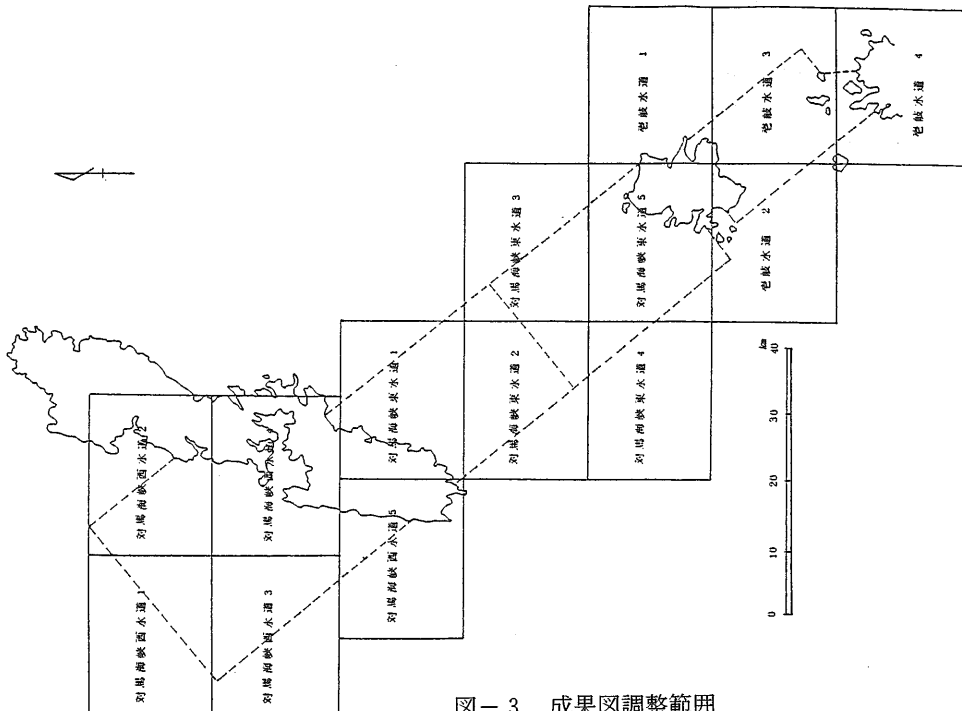


図-3 成果図調整範囲