

潜水調査船「しんかい」による海底地質調査

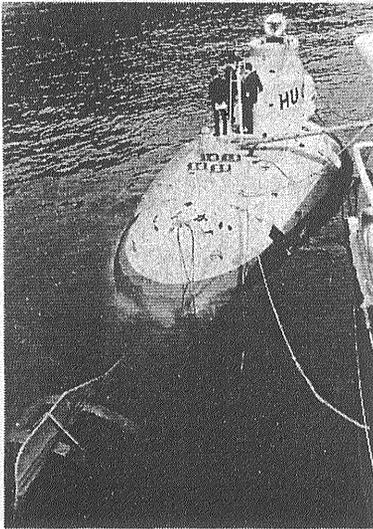
水野篤行・垣見俊弘・衣笠善博

まえがき

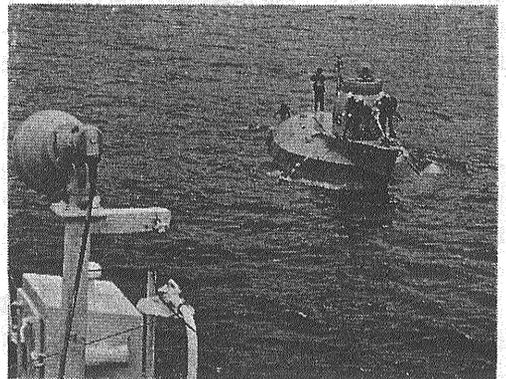
わが国最初の 最大水深 600m 潜航可能な潜水調査船「しんかい」が昨年建造され 1年間の各種潜航テストをへて 本年5月から 各省庁の共同利用の形で海底調査一般に供されることになった。運用会議の結果 地質調査所に対しては 相模湾東部海域での計6日間の海底地質潜航調査の機会があたえられた。筆者らはその前半にそれぞれ1日ずつの潜航調査を行ない とくに陸だな域から洋谷・海脚の水深600mまでの堆積の連続断面 それと底層流との関係 露出が予想される第三紀層の地質構造に関する資料を得る目標で計画をたてた。当初予定のとおり 5月8日に第1回の潜航を行なったことについては すでに新聞報道によってご承知の方が

多いと思う。その翌日の船体整備によって とくに電気系統に関して完全整備を要する点が発見され 残念ながらそれ以降の計画を中止せざるを得ないことになった。(現在潜航再開中である)。実際に潜航してみると 陸上とはちがって全くの暗黒の世界であり また地形も複雑であって さらに われわれはもちろん 潜水船の乗組員の方々もはじめてであった本格的調査の第1回目のことで 十分な資料を得ることができなかったのであるが一層の進展が期待される潜航調査の今後の参考のために われわれの経験・調査結果・若干の感想などを「しんかい」の紹介をかねて本誌面をかりて残しておきたい。

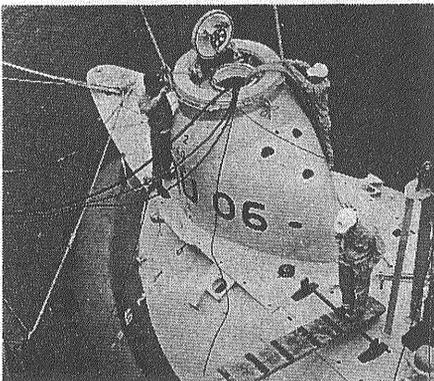
本文に入るにさきだち 今回の調査に際してたいへんお世話になった加藤洋「しんかい」司令 沖田好洋「しんかい」副司令をはじめとする「しんかい」乗組員の方々——とくに加藤司令には潜航長として非常なご苦勞をいただいた——水路部監理課中川久補佐官 科学技術庁海洋開発官室の方々へ厚くお礼申し上げたい。



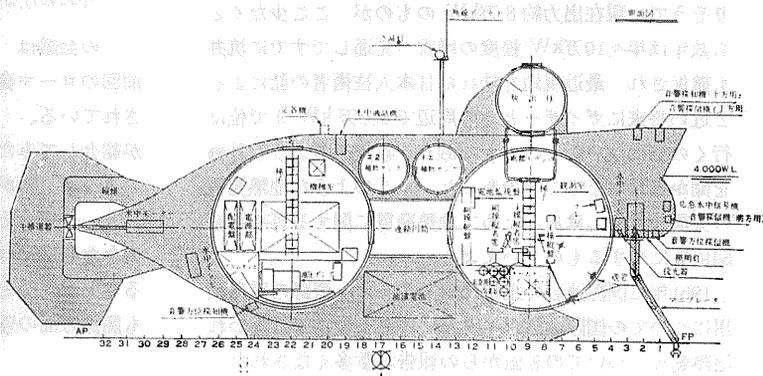
第1図 「しんかい」母船に係留中(後側からうつす)



第2図 左手前は「しんかい」母船の一部



第3図 「しんかい」ハッチの部分



第4図 「しんかい」の側面図(中川久1970による)

第1表

全長	16.52メートル
幅	5.53メートル
深さ 上構頂部まで	5.00メートル
吃水	3.96メートル
水上状態排水量	90.88トン
水中状態排水量	90.17トン
最大潜航深度	600メートル
速力水中	最大 2.24ノット 常用 1.5ノット
速力水上	最大 2.35ノット
被艤航速力	最大 5.0ノット
航続時間	水中最大速力にて 4.6時間 水中常用速力にて 10時間
空気清浄能力	48時間
乗員数	4人

第2表 運 航 機 器

ジャイロコンパス	1式
流 速 計	2組
深 度 計	4個
傾 斜 計	3個
気 圧 計	1個
舶 用 時 計	1個
音響測深機 (1,500m)	1式
音響探信機 (100m)	1式
音響方位探知機 (1,000m)	1式
水中通話機 (10km)	1組
応急水中信号機 (600m)	1組
無 線 機	2組
応答機 (10km)	1式

1. 「しんかい」について

「しんかい」は 昭和41年度から3年計画で川崎重工業株式会社によって建造され 昭和44年3月に海上保安庁に引き渡された。その所属は海上保安庁であるが 運航については科学技術庁の調整による共同利用方式となっている。「しんかい」の構造・性能・潜航法などについてはすでに 中川久 (1970 a, b) によってくわしくのべられているので ここでは写真・図表によってごくかんたんに紹介するにとどめる。第1・2図はそれぞれ「しんかい」を斜め右後・正面からみたところ また第3図はハッチおよび脱出球装置 (U06と記されている部分) の部分を斜め左上後側からみたところである。第1表のように全長および幅それぞれ約16.5m 5.5mのずんぐりした卵形の船体をもっている。第4図は内部構造の概略を示した側面図である。直径4mの球2個が連絡円筒でつながれ 前部球が操縦室兼観測室となっている。主操縦者(潜航長)・副操縦者は前部球の右舷側に背中あわせに座る(第5・6図)。

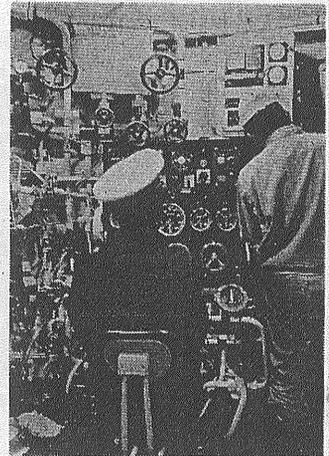
第2表に示す諸種の運航機器類が主操縦盤およびその付近に配列されている。

観測装置(第3表)の一部は操縦席の反対側(左舷側)に第7図のように並んでおり 一部(マニピュレーター撮影装置など)は最前部にとりつけられている。乗組員は2名の操縦者のほかに視窓からの見張り・諸機器操作にあたる者計3名であり 観測者は1名である。直径4mの球内は意外に広いように思われた。

「しんかい」はふつうの潜水艦とちがって 極度に小型であり それに関係して自走能力も大きく制約されている。そのため母船が必要であり 現在では貨客船を改造した350トンの「乙女丸」(第8図)が母船として使用されている。「乙女丸」には潜航中の「しんかい」との連絡そのほかの作業を行なう指令所が設置され 潜航中 他の乗組員がここで潜航支援を行なう。また「しんかい」の整備機器類も船上に設置されている。乗組員は母船上で起居するほか 観測者のための船内宿泊施設もある。塔載式母船でなく曳航式母船であるの



第5図 「しんかい」の主操縦席(中央より左側)右はしは副操縦席の計器盤



第6図 副操縦席の計器盤

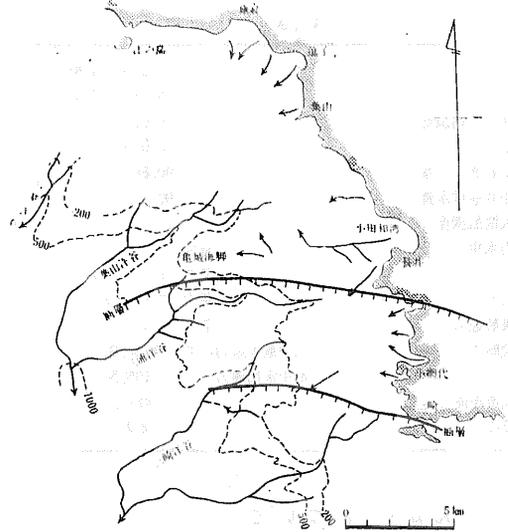
第3表 観測装置

マニピュレーター		1組
プランクトン採取装置	水平用2個 垂直用6個	1組
採水装置 (500ml 6本)		1組
採泥装置 (300×400mm φ 50×1m)		2個
水中テレビジョン		1式
音速測定装置		1組
底層流測定装置		1組
サリノメーター		1組
水温計		1個
光度計		1組
海底構造音波探査装置		1組
放射線測定装置		1組
テープレコーダー		1個
撮影装置	スチール35mm	2個
	ムービー16mm	1個

で「しんかい」の潜航に際しては 朝潜水基地を曳航して出発し 日帰りで夕刻基地に曳航して帰港し 翌日基地の岸壁で整備を行なうことになり この点で「しんかい」の行動半径が制約される。

2. 調査海域と調査方法

第9図は相模湾東部の海底地形の概略図である。基地として三浦半島南西端に近い小網代港が設定されたので作業能率の上からその西側の陸だな上および三浦洋谷・三崎洋谷の上流部分および海脚上の連続観測・試料採取を行なうことを目標としたが 結果としては 小網代北西方約4km(水深90m)の地点から三浦洋谷の水深405mの地点までの調査にとどまった。この付近の海底地形についてはすでに田山利三郎(1950)・茂木昭夫(1955)が詳細な記述をしており 三浦洋谷などの名称は田山に

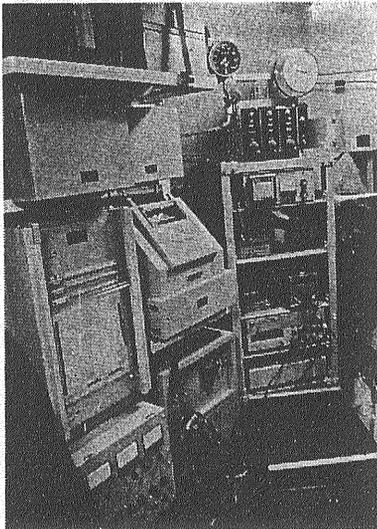


第9図 相模湾東部の海底地形のあらまし(茂木昭夫1955による)
矢印は海谷 洋谷を示す

よって名づけられた。第10・11図は茂木による海底地形図である。両図からよみとれるように この付近では 陸だな外縁は-105~-110mにあり 以浅は比較的平坦・単調な地形であるが 以深の斜面上では洋谷・海脚がこまかく刻まれており複雑な地形となっている。小網代付近の陸地には 上部中新統の初声火砕質砂岩層が東西方向で北落ちの構造をもって広く分布しており(三梨昂・矢崎清貫1966) 西側の海底下まで延長分布することが予想される。

潜航調査には筆者らのうち水野があたり 垣見・衣笠が母船上の作業を行なった。(潜航者は海上での乗りうつりが困難・危険であるので 基地出港から帰港まで「しんかい」と行を共にする)。

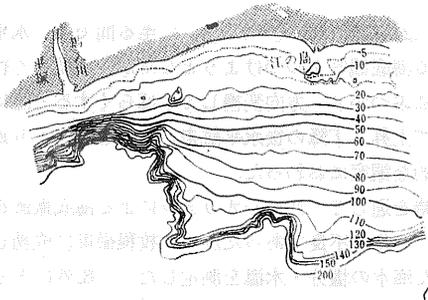
潜航調査は 今回は マニピュレーターの作動不良 採泥管の不着装(底層流測定装置の着装のために採泥管



第7図 観測機器類(左舷側)
左 サリノメーター
中央 スーパーカー



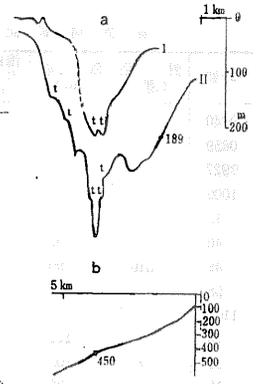
第8図 母 船 「乙女丸」 小網代港岸壁



第10図 相模湾東部の陸棚の地形
(茂木昭夫1955による)



第11図 三浦洋谷の地形 (茂木昭夫1955による)
(aは横断面)



第11図 b は 縦断面を示す

をとりつなかつた)のため サンプル採取を目的とはしなかつた. すなわち 視窓からの目視観察 ステレオカメラ (35mm) 撮影 ムービーカメラ (16mm) 撮影 底層流測定 サリノメーターによる塩分・水温測定を計画した. 母船上では 母船の測位機器がコンパスであつて誤差が大きく 精密な位置観測が不可能のために 六分儀による母船の位置決定 海図上への展開「しんかい」の母船との相対位置の図上記録などの作業を行なつた. 第12図は 母船上で乗組員側の観測記録と照合した上で このようにして作成された「しんかい」の潜航航跡図である.

3. 潜航調査の経過

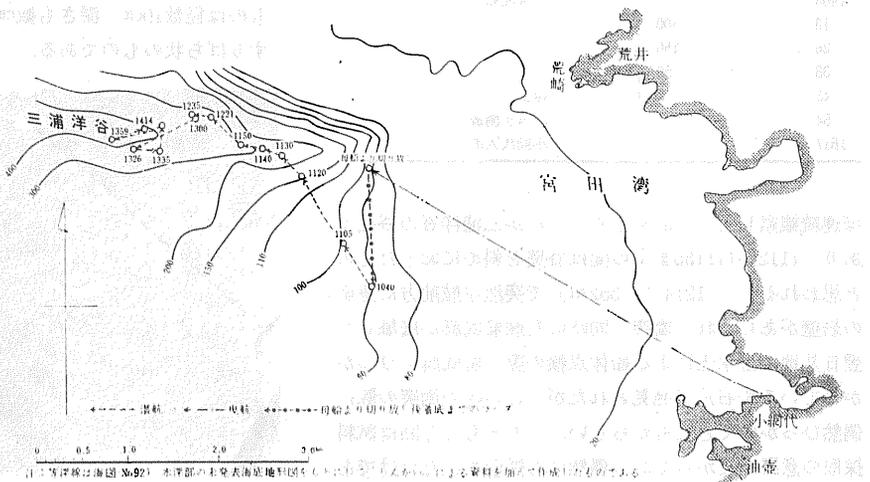
第4表は「しんかい」の潜航調査の経過を略記したものである. 第12図の航跡図を参照されたい.

-90mの陸だな上 (1040) で潜航・着底した. 「しんかい」をきりはなした後「乙女丸」は三浦洋谷の最上流部を横断して音響測深で谷の位置を確認 水中通話によって「しんかい」の針路を誘導した. 1040から1112 (-105m) までは海底直上を微速で水平航走海底連続観測が可能であつた. 1112で海底までの距離が急に10mとなり 同時に視界から海底が消えた. 1123までは 水平航走によって1112までと同様に海底観測を行なおうとしたが 海底が視界に入らず 垂直下降

によって着底しようとしたところ 1128で海底まで6 mの標示があつたにもかかわらず 船尾が底触してしまつた. 1133では船尾が再び底触 この時には海底まで3 m 船体の前方傾斜 10° となつた.

潜航した海域では視界が非常にわるく 前下方約3 m 側方約1 m程度であつた. 海底の調査は 月明りがなく全くの暗夜にクリノメーター (=コンパス+傾斜計) と精密な高度計 (=音響測深機) と小さな中電灯の3つを頼りにして かつ小まわりのあまりきかない車によって山谷の調査をするのになつた 非常にむづかしいことが痛感された. 「しんかい」の水平航走の際の前後のピッチの可能範囲は5°前後である. その範囲内ならば海底直上ぞいに連続観測が可能であるが 海底の傾斜がそれ以上となると船尾が着底しても視窓からは海底がよくみえなくなる. 計算によると1128の地点のような場合には15°程度の傾斜になっているようである.

1135 (-250m) で着底できたが そこは平坦であつた. 1214 (-330m) までは海底直上を水平航走では



第12図 「しんかい」の航跡図

第4表 潜航記録(潜航時間 4時間41分)

時刻	針路(度)	深度(m)	海底までの距離(m)	備考
0840				小網代出港
0859				小網代港外 曳航開始
0927				予定点着 曳航打切
1000				潜航用意完了
13		0		潜航開始
40		90	0	着底
49	310	90		海底直上 水平航走
58	"	95		
1105	"	100		海底連続観察
10	"	103		
12	"	105	10	急に深くなって底の観察不能 水平航走 観察不能
18	"	135	13	
20	"	155	10	
23	"	195	8	
28	"	210	6	船尾底触
33	"	250	3	船尾底触 船体傾斜10°
35	"	250	0	着底
36	280			
48	"	285		海底直上 水平航走
52	270	295		
58		305		海底をほぼ連続観察
1209		330		
14		352		岩壁に接触 走航着底脚底触
21		350		
39		310		海底かんさつ後岩壁のため上昇
45		310		下降開始
50		350	10	
1301	300	335	20	右舷に崖
08	250	350	20	
15		355	28	
17		370	13	
20		380		海底直上 絶壁の上に平坦なところがありその直上を観察しながら走る
25		380		海底観察
30				前方崖のため上昇開始
35	270	350		
40	300	355		左舷に船とほぼ平行な崖
42	330			
53		370	35	海底直上で観察
57		400		
59		405		
1403				上昇開始
13		300		
26		150		
33		50		
43		0		浮上
54				ハッチ開放
1617				小網代入港

ば連続観察した。おそらくこれが三浦洋谷の谷底であり 1112から1135までの間は谷壁を斜めにおりたものと思われる。1214(-352m)で突然左舷前方に垂直の岩壁があらわれて衝突 同時に左舷着底脚が底触した。翌日基地で潜水士による船体点検の際 着底脚にひっかかっている岩石片が発見されたが この時の衝突の際に偶然ひっかけてきたものらしい。もともと今回は試料採取の意図はなかったが 偶然にも採取されたわけであ

った。1214以降1359(-405m)に至る間では 水平航走による海底観察をつづけようとしたが しばらく行っただけで崖にぶつかり 方向変換してしばらくすると崖にぶつかって上昇・下降の後水平航走ということくり返し 断片的な観察におわった。

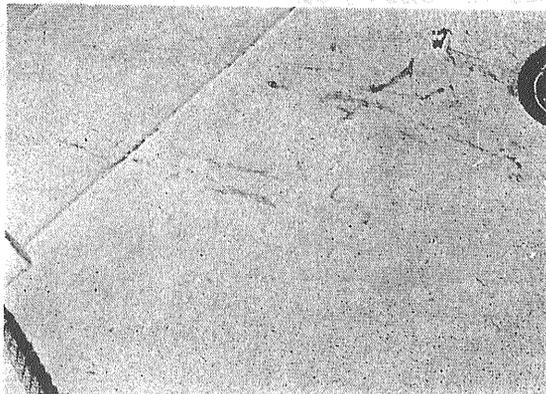
全潜航時を通じて ステレオカメラによる海底撮影を行なった。作動不良であったが 5枚程撮影に成功した。また海水の塩分・水温を測定した。船外にとりつけた底層水測定装置はおそらく衝突の時に破損したのらしく 測定不能状態であった。またこれは翌日気づいたことであるが 船体上部に第13図のようなひっかき傷がついていた。1214~1359の間に3方向崖にとりかこまれているようなところに入りこんだことがあるが それはおそらく浅い洞穴のようなところで 入りこんだ際に岩盤が船体上部をこすったものと想像される。

覗き窓からの目視観測は 着底時をのぞいては 微速で海底直上ぞいに航走しながら行なった。海底直上では海底の状況は限られた視野の範囲内ではよく観察できるが 一般に極度のこまかい識別はきわめて困難である。また露岩の岩質・成層状態の判別も非常にむずかしいように思われた。

4. 観察記録

前述のように 視界が限られていたり 地形との関係で観察不能であったところが多く また おちついて観察を行なわなかったので 断片的な資料しかとれなかった。全体を把握することは非常に困難であるが 総合的に推定すれば次のようになる。

-90~-105mの陸だな域の海底には 全城 貝殻片を多量に混入する砂(粒度の詳細不明; 田山1950によれば細砂)が分布し 表面には月面のように大小の凹凸が無数に存在する。凹部は小さなものは径数cm 大きなものは径数10cm 深さも数cmから数10cm程度におよぶすりばち状のものである。凸部も同程度の規模で小円



第13図 船体上側のひっかききず

錐丘状となっている。これらはおそらく盛んな生物活動によるものと思われる。生物(底生動物および魚類)は非常に豊富でかつ色彩にとんでいる。

-105~-250mの間については資料がない。

-250m以深の谷底部と考えられる部分は比較的平坦でたい積物の表面には小凹凸がある。この凹凸は-105m以浅にくらべてはるかに数が少なくまたそれぞれの規模も小さい(第14図)。たい積物には貝殻片が多少混入し、おそらく微粒砂ないし泥質砂と思われる(田山1950によれば泥)。底生動物としてはクモヒトデが非常に多い。またとくに-300m以深では多毛類などの巣穴と思われる泥管が無数にみられた。

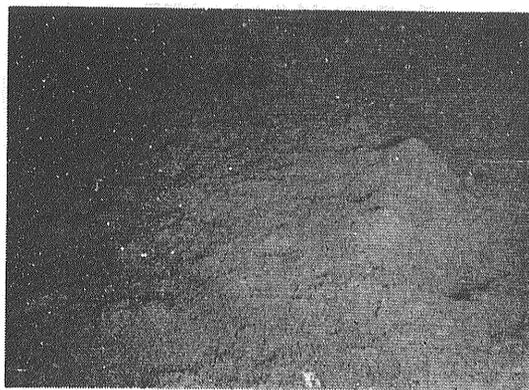
-330m以深(それ以浅では不明)では比高20m前後あるいはそれ以上で垂直的な絶壁をなすと思われる谷壁が谷底の両側に発達しているらしい。そして谷は陸上谷と同様な程度に蛇行しているらしい。谷底の幅については十分わからなかったが田山(1950)によれば300mとされている。

露岩は谷底にはみられない。上記の谷壁にはよく岩石があらわれているようである。船内からの観察の様相および1214で得た岩石片(第15図)の観察結果によれば谷壁には三浦層群の初声層に属する凝灰質砂岩が広く発達しているように思われる。

以上にのべたように三浦洋谷については最上流部の資料は得られていないが初声層からなる谷(陸上谷)が沈水した後谷底がある程度埋積されているものではないかと考えられる。田山(1950)は三浦洋谷が宮田低地帯の西方延長にあることからその両者の構造的なつながり関係を示唆したことがこの点についての資料は得られなかった。第5表に参考資料としてサリノメーターで測定した結果を付記しておく。

5. 潜航調査についてのメモ

最後に若干の感想を記して今後の調査のためにいさ



第14図 「しんかい」から撮影した海底

第5表 水温と塩分濃度(サリノメーターによる)
期日 昭和45年5月8日

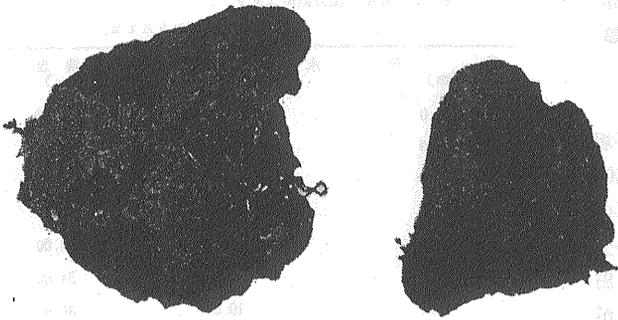
水 深 (m)	水 温 (C°)	塩 分 濃 度 (Sal. ‰)
0	16.0	33.40
70	16.1	33.57
80	15.6	33.85
90	15.3	33.80
135	14.8	34.00
250	10.0	34.60
255	10.0	34.80
350	7.3	35.30
385	5.8	35.33

かなりとも役立てたい。

航跡図の作成について：地質調査の際には極端にいえばどのような調査精度であろうと観察・試料採取の位置に関して正確な位置決定が要求される。

「しんかい」には船位測定装置がなくその位置は母船上において母船からの相対斜距離 深度 母船の位置 母船からの相対方位の測定値を得ることによって決定される。現在のところ母船の位置決定を正確に行なうためには六分儀に頼らざるを得ない。いっぽう「しんかい」では深度と針路方位が測定され母船上にその都度報告される。母船上では上記の測定結果を迅速に処理し図上にプロット「しんかい」からの報告を参照して「しんかい」の航跡図が作成される。一層の正確さを期すためには測定をできる限り迅速にかつひんぱんに行なうことが必要でありまた後でのチェックのために時刻と共に測定値を整理した形で記録しておくかなければならない。これらの作業は乗組員に時間的余裕がない分については観測班が補助的に行なわなければならない現状でそのためには観測班は母船上に2名を必要としまた適当な作業のスペースを必要とする。

さらに流れによる「しんかい」の移動の要素も考慮しなければならない。第12図にみられるようにきりはなし後-90mに着底まで南方に約1.2km移動しまた最後に垂直上昇した際には約400m以上移動している。また母船上での測定によって航跡図をつくると「しんかい」のその時々針路方位とは大きくくいちがいが生じている(時には逆の方向に進んでいる)。これが潮流あるいは底層流などの海水の流れに起因するものか船位測定上の誤差によるものか(あるいはその両者か)については資料がないので不明である。この点でできる限りくわしく母船上あるいは「しんかい」で測流資料をとるのが望ましい。



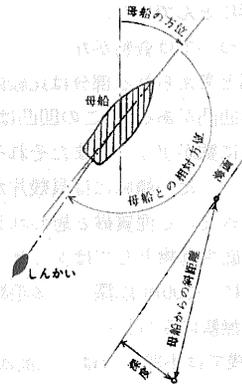
第15図 三浦層群初声層に属するスコリア質砂岩の岩片

現在 水中通話機は1回線しかない。これは航走上の連絡に使用されることが多く 事実上観測班の間での連絡は困難である。母船・「しんかい」双方の観測班が緊密な連絡をとることがよい成果をあげる上にぜひ必要で そのためには 水中通話機がさらに1回線設置されることが望ましい。母船の船位測定については 六分儀では気象条件に左右されることが多いので 精密な電波計器の設置の必要性が痛感される。

「しんかい」での調査について: 「しんかい」には多くの点で非常に大きな制約条件があるように思われる。おもなものは

- ① 自走行動能力
- ② 転回能力
- ③ 着底能力
- ④ 試料採取能力
- ⑤ 視界

の諸点である。さらに ふつうの状態では安全であるが ⑤に関連して 場合によってはさけることができない危険性がある (たとえば何時の間にか洞穴にはいりこむ。この際操縦装置が故障すると脱出不能となる)。④については現在のところ1回の潜航時に採取できる数が限られているということである。これを除けば 上記の諸点は 陸だな上の平坦部ではほとんど問題にならない。しかし平均傾斜こそ小さいが実際には複雑な地形をもつ斜面上での「しんかい」の活動に対しては 大きな制約をあてることになる。また 定員の上から観測者1名とされているが 1名で一切の作業・記録をとるということは実際には困難であり かつ見おとしが生ずる原因となる。もっともこの点は「しんかい」の乗組員が観測経験をたつむことによってある程度解決されるであろう。観測者と乗組員が緊密な連けいとらなければならぬことはいうまでもないことである。



第16図 しんかいの位置決定法

地質調査という点に関してだけいけば 上記のように現状では 大きな制約があり あまり能率的とはいえない。少なくとも広域にわたる調査には適していないがある限られた地域をあせらずに腰を落ちつけて数日間以上の計画をもって調査する上には有効であり よい成果が期待できるであろう。

単なる興味本位の海底探検におわらせず (おわらせるにはあまりにも高価につく) にどのような地形下においてもより能率的・効果的に 役に立つ資料を豊富に得るためには 「しんかい」そのものおよび母船の両者についてさらに改善の余地が諸々あると思われる。しかしこの点については わが国最初の経験であり 今後の発展のための礎石をきざくという意味ではある程度止むを得なかったものであろうし また それなりの役割りを果たしているであろう。

ともあれ 海底地質の調査においては (おそらく海底に関する一切の調査についても) 直接観察・現場測定・現場サンプリングが可能な潜航調査がきわめて重要・有意義であり 魅力的であることが痛感された。海底地質家はもちろん 陸上のとくに堆積岩類をあつかう地質家はできる限り海底調査を行なうべきである。とくに 海底面の連続観察 微地形と堆積状態との関係 底層流と堆積物との関係 特定の断層・褶曲構造の研究 そのほか多くの面において重要な資料を得ることが可能である。またそのためにこそ「しんかい」をはじめとする この種の調査船が今後ますます発展することを心からねがってやまない次第である。

引用文献

三梨昂・矢崎清貫(1968): 日本油田・ガス田図6 三浦半島 (1:25,000) 地質調査所
 茂木 昭夫(1955): 相模湾東部および西部の海底地形 水路要報 増刊号 no. 17 p. 115~127
 中川 久(1967a): 「しんかい」は今何をしているか「インスペース」 創刊号 p. 28~34
 中川 久(1967b): 「しんかい」は欠陥艇か「インスペース」 創刊号 p. 35~38
 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. 1~17

(筆者らは地質部)