

潜水調査船「しんかい」の運用と海洋調査

中川 久\*

EQUIPMENT OPERATION AND ACHIEVEMENTS  
OF RESEARCH SUBMERSIBLE THE *SINKAI*

Hisashi Nakagawa\*

*Received 1978 September 18*

**Abstract**

The *Sinkai*, the first fully-equipped research submersible in Japan, was constructed for the purpose of investigating the capabilities of a free-diving submersible to be employed in scientific research on the continental shelf. Following the plan prepared by the Science and Technology Agency, she was constructed by the Maritime Safety Agency at the dockyard of Kawasaki Heavy Industry Co., Ltd. in March 1969.

The *Sinkai* is 16.52 m in length, 6.59 m in width, and 6.75 m in height, and has a displacement of 90.88 tons. She can accommodate a crew of three plus one scientist to a depth of 600 m, and has a speed of 2.24 knots under water. She has a special power supply, a new type of oil-immersed lead acid battery. The main equipment is as follows: an underwater positioning device, an acoustic telephone, a manipulator, and a TV camera.

After the training of the crew in diving techniques for one year, the research operations were begun by the Hydrographic Department in April 1970. Although, in the early stages, the operation had various teething-troubles, such as batteries defects and manipulator problems, she functioned satisfactorily after extensive improvements in 1972.

The *Sinkai* has made 30 dives for submarine topography and geology, 29 dives for marine biology, 27 dives for gravity measurement, and 64 dives for other miscellaneous investigations. Throughout the *Sinkai*'s whole performance, the necessity of a mother-vessel for the exclusive support of the research submersibles has been emphasized, and knowledge, which will enable the reliability of the underwater instruments to be increased, has been accumulated.

The *Sinkai* was decommissioned in January 1977, and is now exhibited at the Maritime Safety Academy in Kure for the enhancement of knowledge in marine science and safety.

## 1. はじめに

世界的に潜水調査船の発展は、ピカール教授の深海調査船 FNR5 II が 1948 年水深 1,400 m の海底に達し、あるいは、トリエステ号が 1960 年水深 10,900 m に着底したこと等でみられるように、深海への挑戦が始まったといつてよい。これら潜水調査船は、「Bottom Dunking」と呼ばれる方式で、潜水深度には高い能力を持っていたが、水中での行動力、観測機器のとう載能力等では十分とはいえなかった。その後若干潜航深度を犠牲にしても、海中海底で自由に行動でき、調査を行うことのできる「Submerged Surveying」方式が考えられ、さらに、実用的な面に重点を置いた、大陸棚を対象とする小型で機動力の大きい潜水調査船の試作開発が進められてきた。

わが国においても、昭和36年内閣総理大臣は、海洋科学技術審議会に対して「海洋科学技術推進の基本方針について」諮問を行い、同審議会は、昭和38年それに対し答申したが、その中で「当面緊急に必要なものは生物及び地下資源の豊富な大陸棚の調査ができ、しかも、自由に潜航できる調査船の建造である」と主張し、潜水調査船の必要性を指摘した。これが潜水調査船「しんかい」（以下「しんかい」という）の誕生となったのである。そして、海上保安庁水路部は、「しんかい」の管理運用を8年間行い無事その大任を果たしたので、その経過概要を報告する。

## 2. 建造等の経緯

科学技術庁は、上記答申をうけ、潜水調査船開発建造の可能性を追究するため、昭和39年、同40年の2か年にわたり、日本造船協会にその基本要目の研究委託（経費2,000万円）及び運輸省船舶技術研究所にその開発建造に必要な諸試験研究の委託（経費520万円）を行った。これら委託試験研究は、関係者の努力によって大きな成果を収め、中でも「しんかい」開発のきめ手となった油漬蓄電池（電解液と海水の比重の中間にある絶縁油に鉛蓄電池を漬け、海水中にこれを置いて動力源に使用する）、のぞき窓ガラス（メタアクリル樹脂性で最大水圧圧力 900 kg/cm<sup>2</sup> に耐える）等に成功した。これにより、科学技術庁は、建造費の概算要求を行い、昭和41年度を初年度とする3か年計画で建造費約3億円が認められた。

海上保安庁は、科学技術庁の依頼によって建造費の移し替えをうけ、潜水調査船の試作建造を行うとともに、建造後の管理運用を担当することとなった。

さて、「しんかい」の試作建造にあたっては、関係行政機関の責任者及び学識経験者で構成する潜水調査船建造会議（以下「建造会議」という）において、慎重審議が行われたが、建造後の管理運用については、当初、母船の確保、乗組員の養成、運用の基準、海洋調査の進め方等基本的な方針が不明確で、国内にはこれらの参考となるような実績にも乏しかったため、潜水調査船の運用経験が全くない海上保安庁としては、諸外国の潜水調査船の実態調査を行ったものの、白紙の状態から出発しなければならなかった。

そこで、管理運用にあたっての基本的方針は、潜水調査船がいかに堅ろうに建造されても、海面下に潜るものであるため、水上船艇に比較して危険性が大きいとの認識から、「安全第一」がすべてに優先するということがあった。

### (1) 建造等の経過

昭和44年8月4日第1回建造会議を開催し、今後の建造に関する審議方針として、基本的性能、構造及び設備の決定を行う第一部会、必要な技術的問題の調査及び検討を行う第二部会を設けることが決定され、以後諸審議は急速に進展していくのである。これらの経過は次表のとおりである。

年月日	事項	内容
41. 8. 4	第1回建造会議	建造会議の役割を確認、第1、第2部会の設置を決定。
8. 22	第1回第1部会	「しんかい」の性能、観測機器を検討。観測機器の型式、要目は事務局が各委員と協議し調査することを決定。 「しんかい」の定員4名は当面乗組員3名、観測者1名と決定。
9. 14	第1回第2部会	建造基本計画を協議。
10. 3	第1回合同部会	観測機器、基本計画案を審議。
10. 21	第2回建造会議	基本計画案了承。
11. 16	第2回合同部会	「しんかい」建造仕様書案を審議。
11. 24	第2回第1部会	観測機器、油漬蓄電池補液装置、水中位置決定法を討議。 専用母船の必要性を技術的に検討。
42. 1. 11	第3回合同部会	建造仕様書原案どおり決定。 事務局から建造後の運用は潜水調査船運用会議（以下「運用会議」という）を設ける旨説明、了承。
1. 23	建造契約締結	海上保安庁は川崎重工業株式会社（以下「川崎重工」という）と建造契約を締結。
3. 8	第4回合同部会	建造工事予定表、実物大模型試験研究工程を了承。 建造工事について専門的に検討するため専門委員会の設置を了承。
3. 30	実物大模型審議会 （於川崎重工）	前部のぞき窓、水中テレビ、採泥装置等の位置、補助推進器のガードの必要性及び観測機器の海洋調査項目別重量の配分調整等について審議。
6. 5	第5回合同部会	建造過程の報告、実物大模型審議会の議事録説明、のぞき窓試験研究結果及び補助推進器ガードの検討。
8. 7	専門委員会	実物大試作球、実船近似模型の試験結果及び計測結果の説明並びに審議。
9. 12	起工式	
43. 1. 8	乗組員の養成	海上保安庁職員5名を「しんかい」運航要員としての必要な知識を付与するため、川崎重工へ派遣。
~ 3. 23		
2. 20	潜水調査船船名選 定委員会	全国小・中学校生徒に公募した船名から選考の結果、船名を「しんかい」と決定。
2. 23	専門委員会	耐圧球完成に伴う試験報告及び審議。
2. 27	第6回合同部会	補助推進器ガード及び内殻、計器受感部、コニカルハッチの圧力試験等試作工事の説明。
3. 22	命名式	HU 06 しんかい と命名。
4. 1	艀装員発令	加藤洋 艀装員長ほか5名発令。
5. 1	〃	艀装員1名追加発令、艀装員合計7名。
5. 24	運用会議準備会	当面建造会議の構成者で発足。

6. 12	運用会議準備会	44年度は乗組員の訓練にあてることを決定。母船について検討。 母船の予算要求方針の検討、新たに建設省、厚生省、郵政省、自治省を運用会議へ加えることを確認。
7. 7 ～ 7. 13	機装員訓練	潜水士免許取得を目的とする潜水研修実施。
8. 19 ～ 9. 10	測量船天洋改造	測量船天洋を「しんかい」海上公試運転中の随伴船として、必要な改装工事実施。
9. 18	海上公試運転開始	10. 4まで川崎重工岸壁で諸試験実施。 11. 1まで神戸港外で諸試験実施、被えい航試験、速力試験で保針性不良を確認、途中15日間保針性改善工事実施。 11. 5から11. 29まで高知県甲浦港を基地として潜航試験実施。
11. 16		250 m 深深度試験。
11. 18		350 m ”
11. 20		470 m ”
11. 22		550 m ”
11. 26		600 m ”
44. 2. 12	確認運転開始	海上公試運転実施前から実施中を通じ計3回油漬蓄電池絶縁低下の故障発生のため、12. 6 から 44. 2. 10 まで原因調査及び改善工事実施。
2. 18	専門委員会	高知県甲浦港を基地として工事終了後の確認運転実施。
2. 28		建造日程、工事概要及び各種試験成績の報告、審議。 深度 600 m 蓄電池絶縁確認試験。
3. 2	海上公試運転終了	以後「しんかい」入渠、引き渡し準備。
3. 14	第7回合同部会	最終審議会を行い、問題点のないことを確認。
3. 18	第3回建造会議	最終的に「しんかい」の工事、諸試験が終了し、完成したことを確認。
3. 20	引き渡し式	「しんかい」は川崎重工から海上保安庁へ引き渡し。 同日付をもって「しんかい」は測量船として第五管区海上保安本部へ配属。

## (2) 母船の確保

潜水調査船は、特別に大型で自航力が卓越したものでない限り、母船の支援を必要とする。「しんかい」は、設計段階において母船えい航式潜水船であったので、母船なくては運航できるものでなかったが、当初の計画においては、「しんかい」自体の建造に重点が置かれたためか、システムとしての潜水調査船の検討が不十分であって、母船に対する考え方も「しんかい」利用者が適宜母船を用意するとか、あるいは、海上保安庁の船舶が随時母船を代行する等きわめて不明確であった。しかし、管理運用を担当する海上保安庁にとっては、専従の母船が確保されなければ運航の安全を期することはできないとして、その必要性を強調した。

しかしながら、運航要員の研修が開始された昭和43年初頭においても、母船に関する具体的構想はなく、海上保安庁関係者をひどく焦心させたが、昭和43年度に入りようやく民間船用船による臨時母船に間に合わせる

という考え方がまとまった。

したがって、「しんかい」は、専用母船がなく8年間運用されたが、これによる不具合な点は後で述べることとした。

### (3) 運用計画

潜水調査船の運用基準は、世界中どこを探しても確立されたものがないといつてよい。潜水調査船を多数保有し実績の多い米国においても、未だ実績にたよった計画がそのほとんどを占めるといわれていた。したがって、実績のない「しんかい」の当初運用計画作成にあたっては、多分に、米第三潜水艦隊深海作業班（トリエステ号の所属機関）の運用計画を参考としたのである。これは、約2か月の行動後は必ず陸上に上架し整備を行うもので、これを繰り返して行い、年間の終りには大規模なオーバーホールを実施するという計画であった。

前にも述べたとおり、「しんかい」の運用方針は、「安全第一」であったので、まさにこの計画は、「しんかい」に合致していると考えた。したがって、年間日数から修理整備に必要な期間を除き、残りはすべて行動期間とした。これは、「しんかい」の最初の実績を作るため、「安全第一」を柱としてはいたが、最大限どの程度潜航可能かを見る試行的意味を多分に含んでいたもので、当初としてはかなり厳しい計画であったと思われる。

初年度は、年度途中から運用を開始したので、潜航日数は、40日と計画されたが、実績では、潜航日数34日、同回数60回となっており、後で述べるように船体各部の故障、不調が続発した割には好成績であったと考えている。この実績は、以後7年間の運用計画の基準として活用されることになった。

### (4) 乗組員の養成

水上船艇の経験しかない船員を「しんかい」の乗組員として1年間程度の短期間で養成することは、特に潜水調査船に関する知識のない海上保安庁としては、重大な課題であった。このため、国内外の潜水調査船乗組員の実態をは握ることが先決とされ、調査活動を開始した。その結果、多数潜水調査船を保有する米国においては、次のとおりであることが判明した。

潜水調査船の船型、運用方針等によって乗組員はさまざまであるが、その養成を大別すれば、

- a. 不特定の希望者を長期間建造者に派遣して養成する。
- b. 潜水艦乗組員退官者に必要な研修を付与する。
- c. 特定の海洋科学者を潜水調査船操縦者として訓練する。

さて、国内では当時運用されていた讀賣新聞社所属「よみうり号」及び北海道大学所属「くろしお号」が対象となったが、「よみうり号」は、構造が潜水艦に似ているためか、米国第二の方法と思われた。また、「くろしお号」は、母船とケーブルで接続する方式のため完全なSS方式とはいえないが、米国第三の方法に近いものと思われた。

これらの結果から、「しんかい」においては、米国第一の方法に近いものが考えられた。すなわち、海上保安庁職員の中から広く「しんかい」乗組員希望者を募集し、選考の結果、所要人員を建造者に派遣して研修を受けさせるものである。そして、運用開始後交代要員の養成には、従来の乗組員が新人を自家養成する方法が考えられた。実際上もこのとおり実行されたが、この乗組員養成については、後で述べる機会がないので、この項でさらに詳しく述べてみたい。

海上保安庁は、「しんかい」の本格的艦装工事が始まる前の昭和43年1月8日から同年3月23日まで、川崎重工へ運航者5名を派遣し、基礎的知識修得のため研修を受けさせたが、そのうち2名は、研修途中で運航要員を辞退し去っていった。このような事態は、事前に予測されたことではあったが、関係者に衝撃を与えたのは事実であった。これは、希望者の中に潜水調査船への認識が薄いものがいたこと及び潜水調査船の運航要員

としての適性が、水上船艇以上に厳しいことを物語っていると考えられる。

さて、研修を受けた3名は、新らしく選抜された運航要員4名とともに、同年4月艦装員に発令され川崎重工に派遣された。そしてこの時点から基礎的知識についてのみ自家養成方式を行ったが、教える者に実技を欠いていたこと及び両者の間に年齢又は階級が逆転していた者もあり、プライドあるいは感情面で円滑を欠いたこと等のため、当初必ずしも順調な研修が行われたとはいえない。しかし、工事も進み船体、装置及び機器等の陸上運転又は試験が頻度を増すにしたがい、各人はいやがうえにも自学自習に迫られ、海上公試運転が始まる同年9月には、総員「しんかい」に対する情熱が盛り上がり、ほとんどの知識を修得する域に達した。

海上公試運転においては、各人交代で「しんかい」の試験潜航に同乗し、2～3回の体験によって、運航に関するある程度の自信を得た。また、艦装期間中海上自衛隊の潜水艇体験潜航を行っているが、これは、直接「しんかい」の運航に役立てるというよりは、潜航の概要を把握し、潜水調査船に必要なとされるチームワークの形成に大いに寄与したところである。

### 3. 構造・性能と潜航原理 (Figure 1 参照)

#### (1) 構造と性能

「しんかい」は、最大使用深度600mを目的としたもので、次のとおり特殊な構造であった。

i) 耐圧殻は、船体の重量軽減と、より多くの機器とう載を図るため、2個の球を円筒でつないだアレー型で、前部耐圧球は、操縦・観測室に、後部耐圧球は、機械室となっている。

ii) 使用目的によって、最後部の主推進器と舵の働きをする両舷の補助推進器を操縦し、水上、水中とも自航ができ、方向転換も可能である。このため、海底航走又は停止して、目視観測、写真撮影あるいは資料採取が可能である。補助推進器は、推進方向を前・後・上・下の360度変換可能であるため、上昇、下降の推力としても使用できる。

iii) 動力源となる油漬蓄電池は、耐圧殻外に装備している。これは、耐圧殻内の容積を有効に利用できるほか、電池から発生する水素ガスに乗員をさらさないためである。

iv) 最大深度を越えて潜航した場合、船体を自動的に浮上させる自動ブロー装置、潜航中緊急浮上を必要とする際使用するバラスト離脱装置、その他耐圧殻内製水警報装置等の安全装置を備えているほか、万一浮上できなくなった時、乗員を水圧にさらすことなく安全に海面に脱出させるため、前部耐圧球の上方に脱出球装置を備えている。

v) 水中位置測定装置、水中通信機、音響探信儀等各種運航機器のほか、のぞき窓を始め電動マニピュレーター、水中カメラ、プランクトン採取装置等各種観測装置を装備している。

なお、「しんかい」の主要目は、次のとおりである。

全長 (Overall Length)	16.52 m
幅 (Beam)	5.53 m
深さ (Depth)	5.00 m
喫水 (Draft)	4.00 m
排水量 (Displacement)	90.88 tons
乗員数 (Number of Pilots etc)	4
最大潜航深度 (Max. operational Depth)	600 m
空気清浄能力 (Life Support)	48 <sup>h</sup>

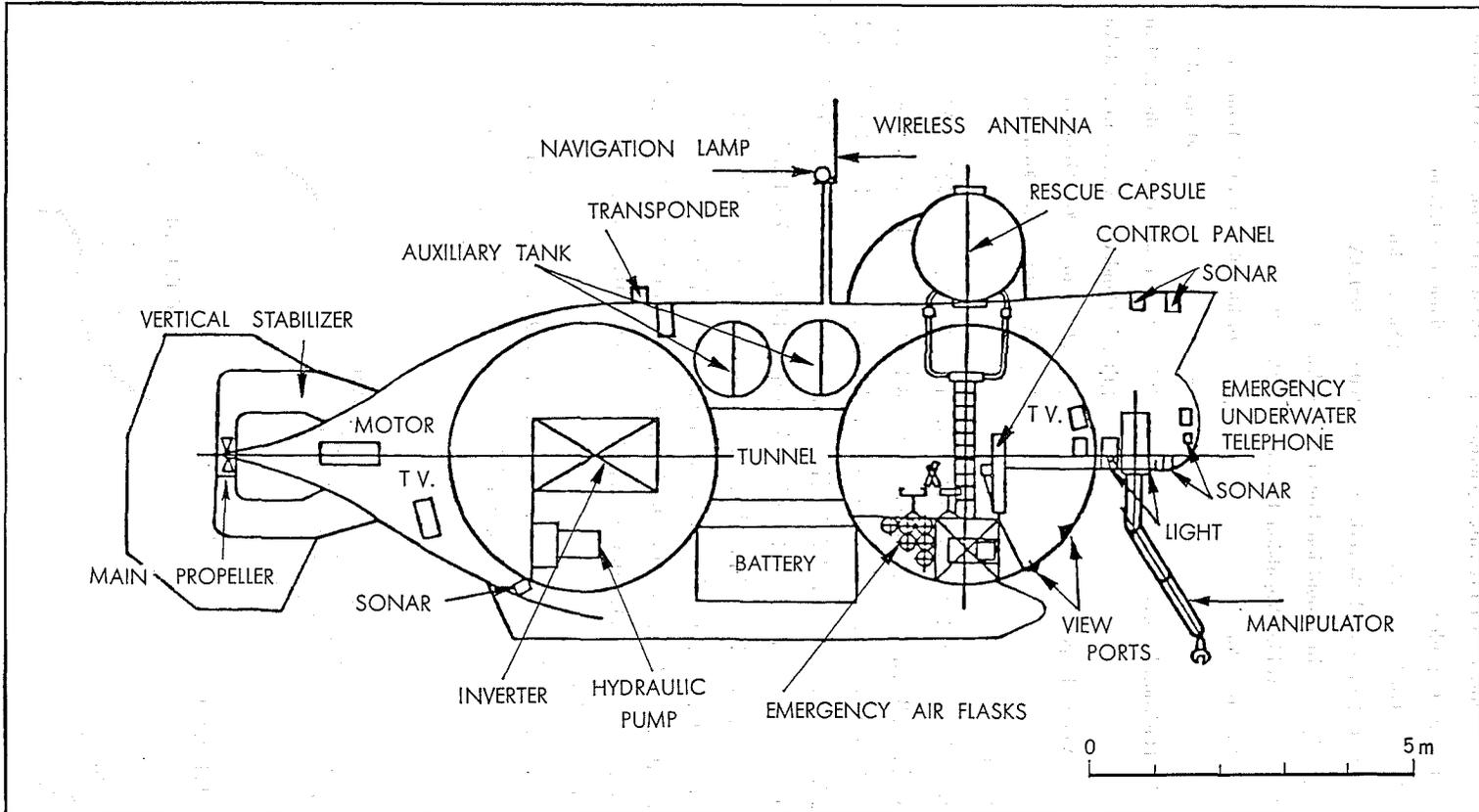


Figure 1 Cross-Sectional View of The SINKAI

前後部耐圧球 (Fore & Aft Pressure Spheres)	直径 (Diameter) 4 m, 厚さ (Thickness) 36 mm
脱出球 (Rescue Capsule)	直径 (Diameter) 1.75 m
被えい航速力 (Towing Speed)	最大 (Max.) 5 kn
油漬蓄電池 (Oil Immersed Batteries)	100 V, 2,000 HA
主推進器電動機 (Main Propulsion Power)	11 kw×1
補助推進器電動機 (Side Propulsion Power)	2.2 kw×2
のぞき窓 (Viewing Ports)	内径 (Inside Diameter) 120 mm×3 " 50 mm×3
水平速力 (Horizontal Speed)	水上最大 (Surface Max.) abt. 2.24 kn 水中最大 (Undersea Max.) abt. 2.35 kn
垂直速度 (Vertical Speed)	下降 (Descent) 20~25 cm/sec 上昇 (Ascent) 25~30 cm/sec

## (2) 潜航原理

潜水調査船の潜航原理はアルキメデスの原理による。「しんかい」は、耐圧殻と外殻との空間を利用し、船体中央部左右両舷に各2個計4個全容量17.3トンのバラストタンクを装備している。この容量は、基準状態の予備浮力に等しいもので、これに海水を満水することにより増加した重量(又は失なった浮力)は、浮上状態で海面上に露出している部分が、全没したとき排除する海水の重量(又は発生した浮力)と等しくなるように設計されている。このバラストタンクには、底部に海水の出入口となるフラッド孔と称する穴が開いており、頂部には高压空気を導き、又はタンク内の空気を外部に放出するためのベント管及び油圧で開閉する主ベント弁があり、これらを1本に集合したところに手動開閉の補助ベント弁がある。

一方、船体の中央付近には、容量 830ℓ の注水専用及び排水専用の2個の補助タンクがあり、また、前後部耐圧球内には、前部釣合タンク(1,240ℓ)及び後部釣合タンク(1,170ℓ)がある。これらを図示すれば、Figure 2 及び Figure 3 のとおりである。

「しんかい」は、潜航に先立ち、乗員の体重、とう載物件等今回潜航重量と前回のそれとを比較し、細かいトリム計算を行い、釣合タンクによって前後傾斜及び重量と浮力との釣合を調整する。

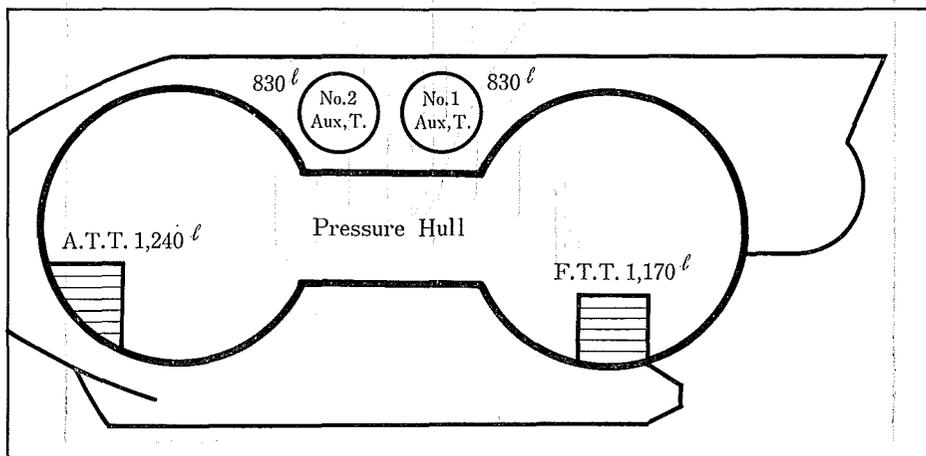


Figure 2 Arrangement of Auxiliary Tanks and Trimming Tanks

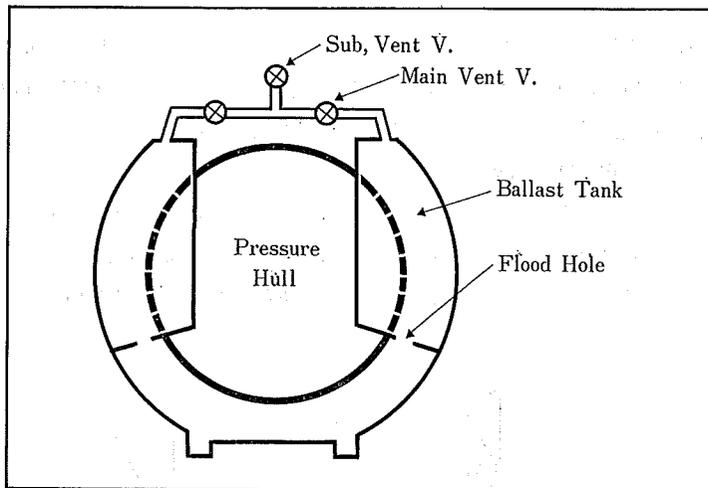


Figure 3 Arrangement of Ballast Tanks and Vent Valves

さて、「しんかい」は、浮上状態ではバラストタンクは空でベント弁は閉鎖の状態にあるが、潜航を開始するときは、ベント弁を開放してタンク内の空気を大気中に放出すれば、その代りにフラッド孔から海水が浸入しバラストタンクは満水となる。ここで当然船体は沈むのであるが、理論的に次の二通りの考え方があ

- a. バラストタンクを船体の一部とみなし、同タンクに満水してこの分だけ重量が増加し船体が沈む。
- b. バラストタンクが空の場合、この浮力が船体浮上の助けをしているが、同タンクの満水によって浮力を喪失して船体が沈む。

この後者の考え方は、浮力の変化だけを追跡すればよいので設計計算上採用しているといわれる。

いづれにしても、前述したとおり、浮上状態の海面上露出部分が海面下に沈んだとき排除する海水重量と、バラストタンクの海水重量は等しいので、浮力と重量とは釣り合い海水中で静止する。この状態を中正トリム (Neutral Trim) という。

しかし、実際上は海水の密度及び温度の相異又は細かいとう載重量の変化等によって真の中正トリムにはなっていない。したがって、深度 20~30 m のところで正確な中正トリム調整を行う。これをトリム作成という。以後は両舷補助推進器を上方に向け下降推力によって潜入を行うが、下降とともに海水密度が増加しトリムがくずれると潜入速度は徐々に減少し、ついには停止する。したがって、注水専用の補助タンクに所要量を注水し常に中正トリムに近い状態にするのである。この注水量の目安を立てるため事前に母船で B. T. 観測を行い、水深に対する水温分布状態を把握しておくわけである。

なお、潜入には補助推進器を使用せず、補助タンクへの注水によっても可能であるが、このためには大量注水が必要で、これは危険を伴うので「しんかい」では採用せず、補助タンクへの少量注水と補助推進器との併用方式を採用した。

さて、着底にあたっては、海底上約 50 m で下降の速力を落とし、トリムの状態に注意しつつ静かに接近する。そして海底上 3~5 m で一旦停止し、海底の状況を確認した後慎重に着底する。

なお、上昇する場合は、ほぼ下降と逆の手法と考えればよいが、浮上にあたっては、深度約 50 m で停止し海面上の障害物のないことを確認した後、メインタンクブローと称して、バラストタンク内の海水を高圧空気によって排除し、それによって生じた浮力によっていっきに浮上する。

また、海底の航走は、若干負浮力とし主推進器及び補助推進器を適宜使用して直進又は回頭を行う。

## (3) 復原性

潜水船の復原性は、水上船艇のそれと若干異っているので、簡単に述べることとしたい。

水上船艇の復原性は、Figure 4 に示すとおり、直立状態で浮いているとき重心  $G$  は浮心  $B$  の上方にあって釣合っている。船体が  $\theta$  度傾斜した場合の復原力は、一般に知られている次式で与えられる。

$$\text{初期復原力} = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin \theta$$

さて、潜水船が水中にあって釣合う状態を考えてみよう。潜水船の  $B$  は、船体がいかに傾斜しても移動することはない。つまり  $B$  は  $M$  と一致しているのである。したがって、水中の潜水船が復原力を持つためには、 $B$  は  $G$  の上方になくなくてはならない。そこで復原力は、 $BG$  に比例することはいうまでもない。

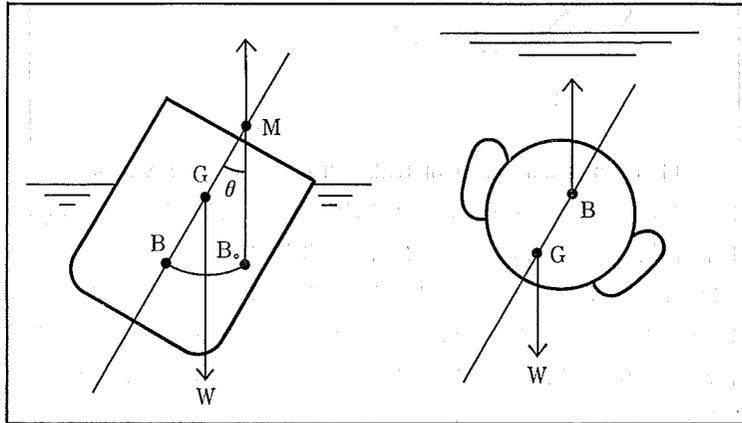


Figure 4 Stability of vessel on the surface and submersible under the water

しかし、潜水船の中には、浮上状態で水上船艇と同様  $B$  が  $G$  の下方にあって復原性を与えているものもあり、潜水艦はこの例といえる。このような潜水船は、潜入にあたりタンクに注水するに従い  $G$  は下方に移動し、 $B$  は上昇してやがて  $G$ 、 $B$  の位置は逆転する。同時に  $M$  も下降するが最初は  $\overline{GM}$  に大きな変化はなく、やがてタンクトップが水没する時点で  $M$  は急速に下降し、さらに耐圧殻頂部が全没する直後には  $\overline{GM}$  は最少となり、一時的に不安定な釣合 (Unstable Equilibrium) になるものもあるといわれる。この現象は僅かな時間であるので、潜水艦では問題がないといわれるが、小型の潜水船は、とくに横波等を受けた場合には事故の原因ともなるといふ。

さて、「しんかい」は、潜入前  $B$  と  $G$  がほとんど一致しており、 $\overline{GM}$  は 400mm と比較的大きく、潜入後  $B$  は上昇し  $M$  は下降するが、上構水没時  $B$  と  $M$  とは一致し、 $\overline{GM}$  は最少でも 170mm を確保されるので、潜入直後の不安定な状態はなく、復原性は良好な潜水船といってよい。

## 4. 管理運用

諸外国潜水調査船の多くは、新造当初半年又は1年をかけ、乗組員の潜航慣熟訓練を兼ね調査船としての評価試験を行っている。「しんかい」も運用初年度1年間、乗組員の潜航訓練にあて、評価試験としては特定の事項を対象とせず、各種観測機器をとう載替えて、個々の機器について実用上の評価を行い、第2年度目からの海洋調査に備えた。

ここで、観測機器のとう載替えについて説明しておきたい。潜水調査船には、ペイロードといって基本設計と密接な関係をもつ物件とう載能力とでもいう重要な要素がある。ペイロードに不足を生ずることは、潜水調査船

としての機能を喪失したこととなる。「しんかい」は、パイロードを救うため、観測機器を全部常備せず、各調査項目ごとに必要な機器をとう載するという「観測機器とう載替え方式」を採用した。

### (1) 潜航訓練

「しんかい」は、完成後昭和43年度の残る10日間、ごく初歩的な訓練を行い、昭和44年度は、用船母船乙女丸が改善・改造を完成する同年6月26日まで、陸上基地における実物シュミレータ訓練等を行い、翌27日から本格的潜航訓練を開始した。

さて、乗組員は、前年度来の研修によって「しんかい」の潜航に関する知識は十分習得しており、既に海上公試運転に同乗して深度600mまでの安全性については確認していたが、人間にとって海面下という潜在的に危険性のある領域に立ち入ることであり、複雑な諸機器等の操作を一つ間違えば、取り返しのつかない危機を招くことを十分承知していたので、海上訓練は真剣そのものであった。

訓練は、前半、基礎的な潜入浮上、トリム修正、水中水平運動を中心に行い、浅深度着底まで達成した。そして光度計、採泥器、採水器、マニピュレーター等観測機器の操作を行ったが、マニピュレーターは、この初期の時点から作動不良を起した。

訓練後半は、段階的に潜航深度を高め、最終的には深度600mの潜航まで行ったが、この期間に採泥筒を海底に押し込む方式の採泥機は、逆に船体が浮き上って資料が採取できず、また、プランクトン採取装置は、浮上時の衝撃でネットが破損し、底層流速計は、30cm/secの最大レンジを振り切る等不都合な点を発見した。

また、運航関係の機器等についても、海上公試運転を通じ少しづつ顔を出していた油漬蓄電池絶縁低下がこの期間徐徐に進行し、その他油圧系統及び空気系統の不調が大なり小なり姿を現わしてきた。

これらの不具合は、真剣に訓練に取り組んでいる乗組員にとって、苦悩の種であり、志気高揚の阻害となったが、反面、これら不良個所の徹底調査は、試作開発船として後日改善工事に大いに役立つ結果ともなった。

### (2) 実用潜航

乗組員は、1か年の潜航訓練において実技にある程度の経験と自信とを得たが、未だすべての海洋調査の要求に応じられる域には達していなかった。したがって、昭和45年度から実用調査を開始したとはいえ、多分に訓練的要素の濃いものであった。同年度の第1次行動は、「しんかい」を初めて貨物船で運搬し、相模湾の調査を行ったが、最初の調査の直後、油漬蓄電池の絶縁低下が本格化し、以後の潜航ができない状態になったので、作業基地小網代港で約1か月蓄電池の調査を行い、その後40日間浦賀港の住友重工で上架修理を行った。

これは、実用調査開始ということで張り切っていた乗組員の志気を著しく失墜する結果となったのである。加えて、行動を再開するや、8月14日、20日、27日と台風9号、10号及び12号が続いて来襲し、潜航計画は大きく乱されたため、この行動の潜航実績はほとんど上っていない。同年度後半の行動は、ほぼ計画どおり実績を上げたが、ここで特筆すべきことは、油漬蓄電池の絶縁低下が依然跡を絶たず、そのうえ照明装置の器内漏水等の故障がはなはだしく、行動終了時まで故障なく使用できたのは、合計20個中2個という状態であった。これらの故障は、設計、工作上的の不手ぎわというよりは、海水密度及び温度が急変する厳しい海洋環境のもとで、システムとしての潜水調査船の実績に乏しかったことに起因するものと考えている。

さて、第3年目の昭和46年度の運用は、過去2か年の実績を踏まえ、整備修理後の試運転の導入、修理期間前後の余裕、訓練期間の設定等計画上の修正を行うとともに、従来からの安全運航体制をさらに強化し、利用省庁に対しても「しんかい」運航上の諸制約（夜間の運航、海上模様4以上のときの潜航は行わない、海底地形等がきわめて複雑で潜航上危険度の大きい潜航は行わない等当初から確認を取り付けていたもの）の再確認を行い、無理な運航要請をしないこととの申し合せを行った。同年度第1次行動においては、乗組員は、「し

んかい」の各種性能試験及び実験を行い、数多くの資料を収集したが、これらは、以後の海洋調査に大いに役立てることができた。なかでも「しんかい」の上昇、下降運動について興味ある次の事実を発見しているので紹介することとしたい。

(a) 実験結果

「しんかい」は、Figure 5 に示すとおり通常の温度分布では上昇、下降運動とも運動方程式で算定される終速度到達と前後して、水温変化がブレーキの働きをし速度が通減して、上昇、下降速度は加速される危険がない。

(b) 推定理由

「しんかい」の耐圧殻と外殻との間の大きな空間に充満している海水は、外部の海水と容易に置換されないため、下降の場合は、深度の増加とともに、この部分の海水密度の方が外部海水密度よりも小さく、「しんかい」自体の浮力として働き、下降速度を加速しない。上昇の場合は、深度の減少とともに、この部分の海水密度の方が大きく、重量として働くので、上昇速度を加速しないと推定される。

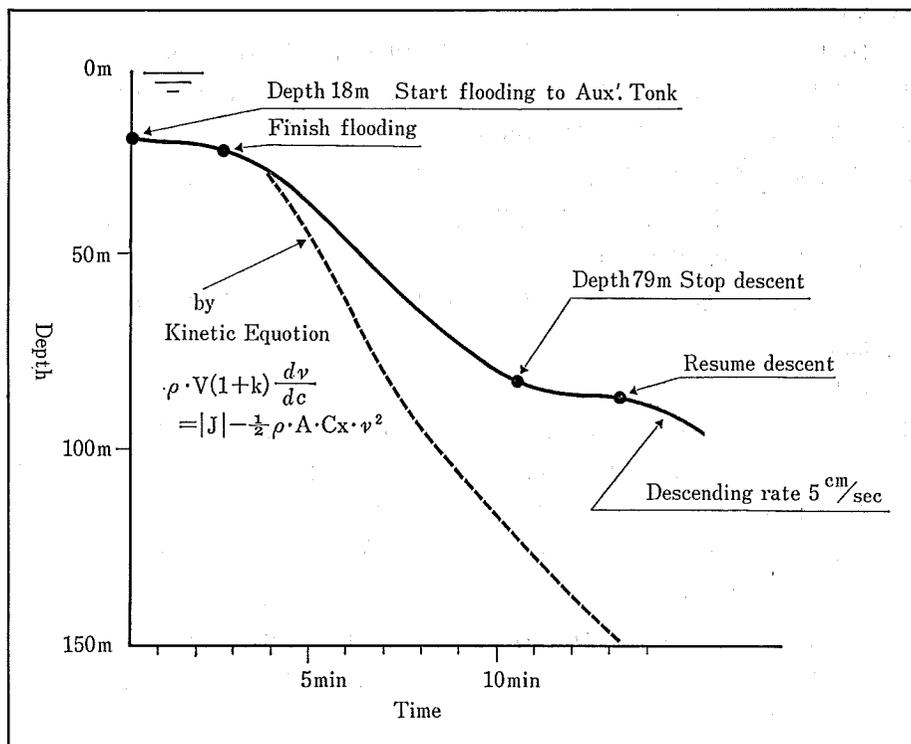


Figure 5 Descending curve  
— : Actual    ..... : Calculative

さて、昭和47年度は、「しんかい」の最初の法定定期検査の年であり、さらに、過去3年間の運用実績から油漬蓄電池を始め諸般の不具合箇所が続出していたので、これを機にこれらの大規模改修・改善工事を行った。

これには、従来から不具合箇所に対する詳細な調査と対策の検討がゆきとどいていたので順調に推移し、以後「しんかい」の運用終了まで4年有余の期間、重大な故障は全く影を潜め、最終的に307回の潜航記録を樹立し、海洋調査に関する数多くの成果を収めたが、これらについては次項で述べることにしたい。

なお、「しんかい」の運用実績は、概略次のとおりである。

運用区分	行動海域 ( <u>    </u> 内は行動) (以外の運用)	運用期間	潜航回数				備考
			試験	訓練	調査	合計	
43年度訓練	神戸沖	44. 3. 20～同 3. 29	4			4	
44年度陸上訓練等	(神戸基地)	4. 1～ 6. 26					
第1次行動	小松島沖	6. 27～ 8. 29		34		34	
中間整備	(神戸基地)	9. 5～ 10. 8					
第2次行動	四国甲浦沖	10. 15～ 12. 20		22		22	
定期整備	(神戸基地)	12. 22～45. 3. 25					
試運転	四国甲浦沖	45. 3. 10～ 3. 25	4			4	
小計			4	56		60	
45年度第1次行動	三浦半島小網代沖	4. 21～ 6. 7	2		1	3	5. 8 海洋調査終了後、油漬蓄電池不良、運航中止。
臨時整備	(浦賀、住友重工)	6. 8～ 7. 28					蓄電池回復工事等。
第2次行動	伊豆半島伊東沖	7. 29～ 8. 25	1		4	5	台風9号、10号来襲のため、中間で2回浦賀港へ避難。
	鹿島沖	8. 26～ 9. 15			1	1	台風12号来襲のため、9. 8 まで陸揚げ。
中間整備	(神戸基地)	9. 18～ 10. 27					
第3次行動	四国甲浦沖	11. 2～ 12. 24	3		10	13	油圧系へ海水混入、蓄電池絶縁低下続く。
定期整備		46. 2. 8～ 5. 10					油漬蓄電池改善工事、のぞき窓ガード取付等。
小計			6		16	22	
46年度試運転	四国甲浦沖	4. 26～ 5. 10	4			4	
第1次行動	〃	5. 11～ 6. 13		8		8	
臨時整備	(神戸基地)	6. 22～ 7. 12					
第2次行動	若狭湾	7. 22～ 9. 5	3		7	10	
中間整備	(神戸基地)	9. 20～ 10. 21					
第3次行動	四国甲浦沖	10. 25～ 12. 21	2		14	16	
臨時整備	(神戸基地)	47. 3. 7～ 3. 31					
小計			9	8	21	38	
47年度定期整備	(神戸基地)	47. 5. 8～ 12. 26					第1回法定定期検査、各部改修改善工事。
試運転	四国甲浦沖	10. 31～ 11. 26 12. 25～ 12. 25	8			8	油系統漏油事故、工作不良の絶縁低下修理。
第1次行動	四国甲浦沖	48. 1. 16～ 3. 14	4		11	15	

臨時整備	(神戸基地)	3.15~	3.31					
小 計				12		11	23	
48年度第1次行動	四国甲浦沖	48. 5. 7~	6. 2	3	9		12	
中間整備	(神戸基地)	6.13~	7.12					
第2次行動	伊豆半島伊東沖	7.16~	9.19	2	1	11	14	
臨時整備	(神戸基地)	9.25~	10.24					
第3次行動	紀伊半島由良沖	10.31~	12.20	1		8	9	
定期整備	(神戸基地)	49. 1.11~	2.28					
試運転	紀伊半島由良沖	3. 8~	3.24	4			4	
小 計				10	10	19	39	
49年度第1次行動	小松島沖	49. 4.26~	6.15	5	7	10	22	
臨時整備	(神戸基地)	6.20~	7.12					
第2次行動	土佐湾	7.22~	9. 5	2		9	11	
中間整備	(神戸基地)	9. 6~	10.18					
第3次行動	徳島県浅川港沖	10.28~	12.20	2		13	15	
定期整備	(神戸基地)	12.26~50. 3.25						
試運転	徳島県浅川港沖	50. 3. 7~	3.25	5			5	
小 計				14	7	32	53	
50年度第1次行動	徳島県浅川港沖	50. 4.22~	6.12	2	6	7	15	
臨時整備	(神戸基地)	6.17~	7.26					
第2次行動	紀伊半島由良港沖	8. 3~	9. 4	2		9	11	
中間整備	(神戸基地)	9.10~	10. 9					
第3次行動	徳島県浅川港沖	10.20~	12.12	1		14	15	
定期整備	(神戸基地)	50.12.20~51. 2.23						蓄電池本体寿命により劣化
小 計				5	6	30	41	
51年度臨時整備	(神戸基地)	51. 5.20~	8.20					蓄電池本体取替え工事等
試運転	徳島県浅川港沖	8.10~	8.20	4			4	
第1次行動	徳島県浅川港沖	8.21~	9. 8			5	5	
中間整備	(神戸基地)	9.13~	10. 4					
第2次行動	徳島県浅川港沖	10. 9~	12.19	2		16	18	補助推進器故障のため7日間整備
臨時整備	(神戸基地)	51.12.24~52. 1.27						
小 計				6		21	27	
合 計				66	91	150	307	

さて、「しんかい」は、8年間の運用において、一度の重大な事故もなく、海洋調査、建造技術及び管理運用について貴重な成果を収め、経験を積み、今後の潜水調査船の開発建造に関する掛け替えのない資料と教訓とを提供した。

一方、「しんかい」は、各部とも徐々に老化が進み、安全維持のため整備に相当な経費を必要とし、今後年月の経過とともに、さらに経費の増大が見込まれるにいたった。そのうえ、母船も老朽化のため、昭和51年度限りで代替えせざるを得ない状態にあった。

そこで、科学技術庁が主催する「深海潜水調査船システムに関する総合検討会」は、昭和51年度をもって「しんかい」の運用を終了することが妥当であることを指摘し、昭和51年11月第15回潜水調査船運用会議は、これを受けて「しんかい」が当初の目的を達成したので、その使用を終了することを決めた。

従って科学技術庁は、海上保安庁と協議の結果、正式に「しんかい」の運用を昭和51年度をもって終了することに決定し、昭和52年1月28日「しんかい」は、解役となったのである。

以後は、海洋科学技術思想の啓蒙、海上保安思想の普及及び教材に役立てるため、呉市所在の海上保安大学校構内の陸上に保存展示された。

## 5. 海洋の調査研究

海洋の調査研究にあたっては、科学技術庁が主催する潜水調査船運用会議において、海洋関係機関からの要望を調整し、毎年度の利用計画を作成したが、「しんかい」は、母船えい航方式であって、前述したとおり母船も臨時の間に合わせのものであったので、すべての希望に沿う利用計画にはならなかったと考えられる。そのうえ、「しんかい」は、水上・水中とも速力が遅く、また、潜航後の充電・充気その他点検整備に相当な時間を要したので、行動には限度があり、7年間の海洋調査において広大なわが国大陸棚海域のごく一部を行動したに過ぎない。

しかし、「しんかい」が行った海洋の調査研究項目は、延60項目に達し、これらを大きく分類すれば、次表のとおり16課題、9省庁に及んでおり、これらに従事した観測者は、延146名となっている。

調査項目別省庁別調査実績一覧

調 査 項 目	利 用 省 庁	潜航回数	潜 航 時 間
地 形 ・ 地 質 の 調 査	通産省地質調査所	26回	99 h—33m
	海上保安庁	4	14 —45
	計	30	114 —18
海 洋 生 物 の 調 査	水 産 庁	29	104 —34
海 底 重 力 測 定	海上保安庁	15	49 —03
	建設省国土地理院	12	50 —52
	計	27	99 —55
赤 潮 に 関 す る 基 礎 調 査	海上保安庁(五管)	15	25 —13
	気象庁(神戸海洋)	2	2 —41
	計	17	27 —54
水 中 カ メ ラ テ ス ト	建設省国土地理院	16	41 —02
撮 影 状 況 の 研 究	海上保安庁	7	20 —52

躍層の研究	海上保安庁	7	26—58
測位システムの研究	海上保安庁	3	14—11
運航に関する調査	科学技術庁	2	6—38
海洋構造物の海洋環境に及ぼす影響	港湾局(三建)	2	7—07
海底における工学的特性に関する研究	港湾局(三建)	2	14—09
海底地質判別法に関する研究	海上保安庁(五管)	4	4—23
海底ケーブルの調査	郵政省	1	4—23
パイロボットの研究	海上保安庁	1	2—20
船内労働状況の調査	船員局	1	4—15
イペリット投棄海域の調査	海上保安庁	1	3—09
合計		150	496h—09

### (1) 海洋調査海域

「しんかい」が行った海洋調査海域は、Figure 6 に示すとおり、その大部分が基地神戸港から比較的近距离の紀伊水道及び周辺海域で、しかも距岸十数マイルに限られている。これは、「しんかい」が最大速力5ノットでえい航される方式であったためであるが、遠隔の調査海域として、相模湾及び若狭湾を3行動行っているのは、次の条件を満たしたときに限られている。

- 「しんかい」を貨物船にとう載して運搬する経費が認められたとき。
- 調査海域付近に「しんかい」を貨物船から揚げ降ろしできるクレーンがあるとき。
- 調査海域周辺に「しんかい」の作業基地を設営できる港湾が確保できるとき。

### (2) 海洋調査研究の内容

海洋調査研究のため「しんかい」が潜航した回数は、全体の約半分に当たる150回となっており、そのうち調査海域に直接関係のあるものは、約75%の112回で、残りは、海洋機器の開発研究等直接関係のないものとなっている。

潜航回数の多い順に調査項目を示せば、海底地形地質の調査、海洋生物の調査、海底重力の測定となっているが、海底重力の測定以外は、目視観測・現場測定・資料の採取・撮影等の調査に重点が置かれたことが特徴として現われている。とくに年間潜航可能日数の関係で希望どおりに計画が組めなかったため、1回限りの単独調査も多く、また、観測機器に問題が多かったためか、定量的なものより定性的なものが多い傾向がうかがわれたが、結果として従来の海上からの調査に基づく海面下の推定を越えた新事実も多く発見されており、この分野の今後の研究に大きく寄与したものと考えられる。また、これらの調査を通じ、海洋調査の中での潜水調査の重要性が高く評価されたものも多いと考えている。

海底重力の測定は、潜水調査船によって陸上におけるとほぼ等しい精度で測定の可能性を確認し、洋上に海上重力検定線を設定し、また、等重力異常線の海洋延長の可能性を追究した点で、「しんかい」による成功例に数えることができる。

その他の海洋調査は、主なものを紹介すれば次のとおりである。なお、調査結果の詳細については、科学技術庁研究調整局が主催する運用会議が毎年度発表した調査報告書に掲載されている。

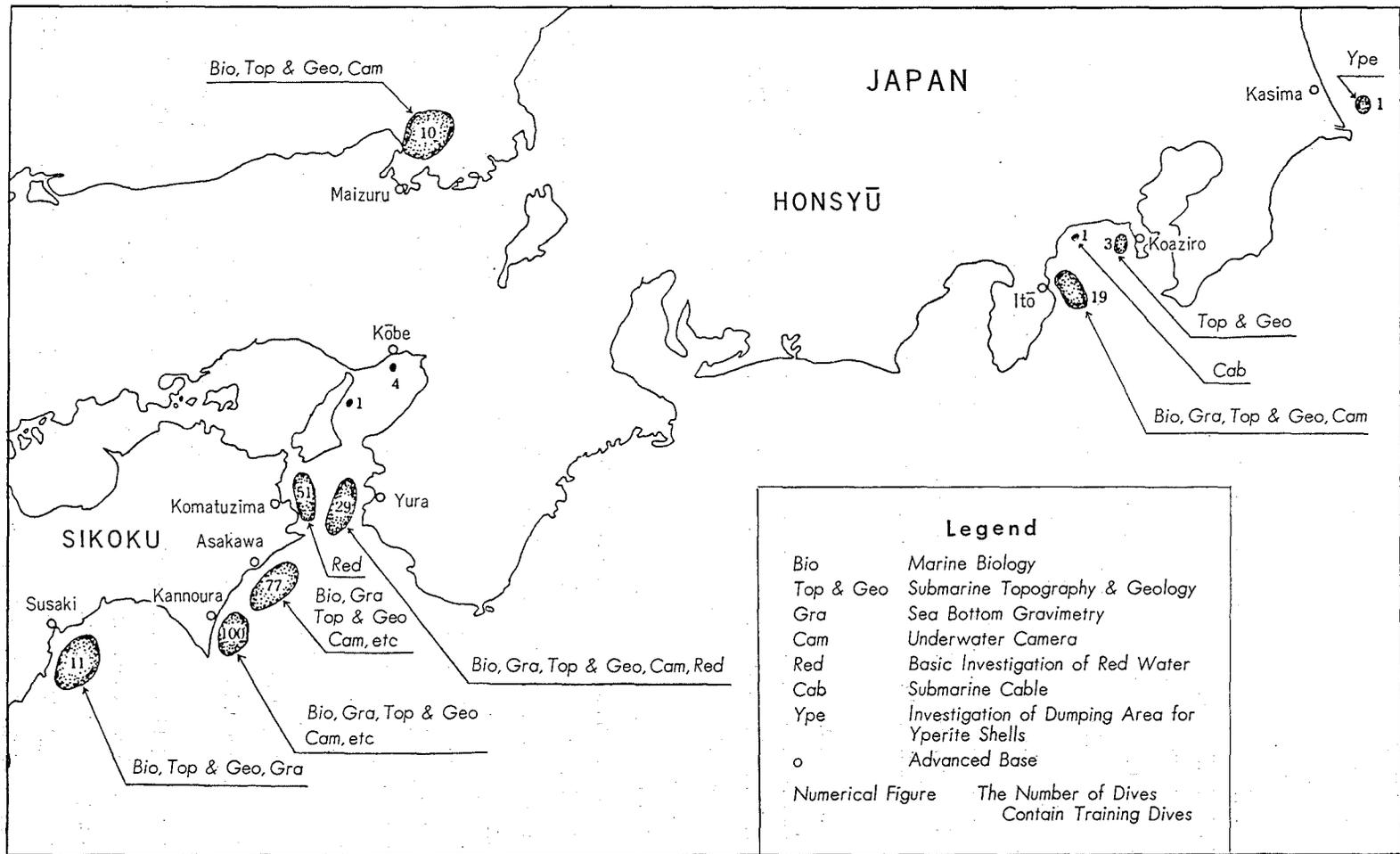


Figure 6 Diving area for research

## i) 海底地形地質の調査

- ・ 潜水調査船による調査が、海底地形・地質分布のは握にきわめて有効であることが判明。
- ・ 表層堆積物が底せい生物に荒されていることを確認し、従来の海上からの地質研究に再検討を要することが判明。
- ・ 海洋における砂利資源開発の有用性が判明。

## ii) 海洋生物の調査

- ・ 海洋生物の生息環境における実態の確認。
- ・ D. S. L. 形成生物の種類、生態の確認。
- ・ ブロック魚礁が魚類の生息場として好適条件であり、これを人為的に造成していることを確認。
- ・ 深度別生物生態に関する資料を収集。
- ・ 潜水調査船による調査が、深海及び陸棚崖の未利用資源探索に有効な手段であることが判明。

これら海洋調査は、従来、海上からの調査のみによって海洋をは握してきたのに比較し、「しんかい」によって多くの観測者が直接海面下を観察し、海中、海底における在るがままの状態を認識できた点は何ものにも代え難い成果であったとの共通の見解を示されていることで、「しんかい」に対する評価は高まったといえよう。

## (3) 海洋調査の実例

優秀な設計、慎重な工事により建造され、完璧な整備を施されていても、潜水調査船にとって最も危険なことは、海底拘束事故であろう。米国がスペイン領パロマレス沖合で原爆を紛失したとき、その捜索に出勤した潜水調査船が原爆を発見し、近づいたところその落下傘の中に一時拘束され、悪戦苦闘の末危機を脱したと伝えられている。

「しんかい」の運用では、この教訓を生かしこれに類似する事故発生を未然に防止するため、運用規則においても、また、行動指令においても厳しく規制した。

しかし、「しんかい」は、昭和45年度最初の海洋調査において、形態こそ異なるが危険な海底に近づいていたと思われるので、海洋調査の実例として紹介することとしたい。これは、当時の潜航班長の適切な判断と機敏な動作によって事無きを得たが、この体験は、以後の「しんかい」運航に大きな教訓となり、あわせて、海図上では識別できない複雑な海底地形の存在を確認した点で特筆すべきものと考えている。

この調査は、地質調査所が担当した三浦半島西方の海底谷が対称で、昭和45年5月8日実施された。事前の調査計画では、海図上同海底谷の平均勾配が水深100mから500mの間10度以内であるため、谷に沿って真西に針路を取って下るというものであった。

実際の調査では、潮流の関係で海底出発点が南方へ約1.2マイル計画からはずれていたため、海底谷の一部を横断する結果となったのである。

10<sup>h</sup>40<sup>m</sup>水深90mの出発点から針路310度で航走を開始し、貝殻片を含む砂の海底を観察しつつ、11<sup>h</sup>12<sup>m</sup>水深105mの陸棚端に到着するまでは順調に推移した。以後11<sup>h</sup>35<sup>m</sup>水深250mまで急勾配の岩場を下ったが、「しんかい」はFigure 7に示すとおり船尾ひれを海底に数回接触し、その都度前方へ10度前後傾斜したがそれでも海底を視認していないところから、潜航班長は15度程度の傾斜であると推定しているが、実際はそれ以上の勾配であったとも推定される。

11<sup>h</sup>35<sup>m</sup>の地点は、母船で誘導されたもので、谷の中央部と判断しこれより針路を計画どおり真西にとり、比較的平坦な表面堆積物のある海底を下った。

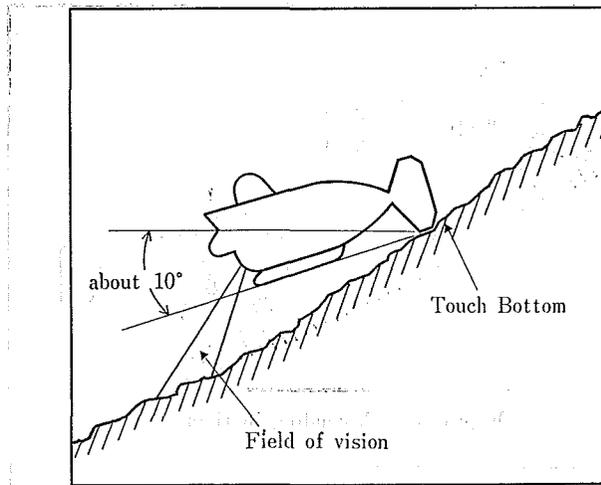


Figure 7 Inclined by 10° after touch bottom

12<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> 水深 352m において比高 20m 又はそれ以上と思われる垂直に近い絶壁が四周を囲んでいると思われる海底地形に遭遇した。ここで数回壁面に衝突しながら回頭を試みるが谷筋を発見できず、12<sup>h</sup> 21<sup>m</sup> 一旦深度 310m まで上昇し、12<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> 再度下降して若干前進すると崖が現れ、着底するには岩石が散在し過ぎた地形でその度に回頭、離着底を頻りに繰返し、13<sup>h</sup> 59<sup>m</sup> 1 時間を越える苦闘のすえやっと水深 405m に到着した。ここは四周が谷壁に囲まれ進む道を絶たれたところであったので、観測続行を断念することになった。

以上の海底地形の認識は、「しんかい」の前方にある 3 個ののぞき窓から視認された限られた視野からの判断であって、実際はさらに恐怖の海底地形かも知れない。そして「しんかい」を呑み込むほどの洞穴が存在する可能性も十分あり、また、狭い壁面の間隙のあることも推定されよう。もし、このようなところへ「しんかい」が踏み込んだとすれば、推進器の力で脱出することは不可能であったと思われる。

「しんかい」は、この体験のあと、このような複雑かつ危険な海底地形に挑戦したことはないが、15 度程度の傾斜面までの調査は、しばしば行っており、運航法の研究によってさほどの支障はなくなってきていた。これらの方法を図示すれば Figure 8 のとおりである。

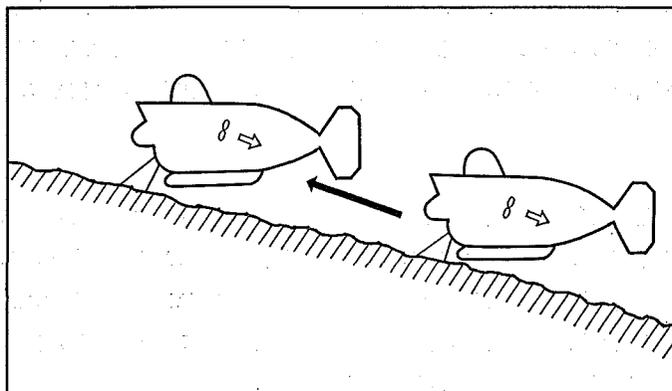


Figure 8-1 Ascending along slope

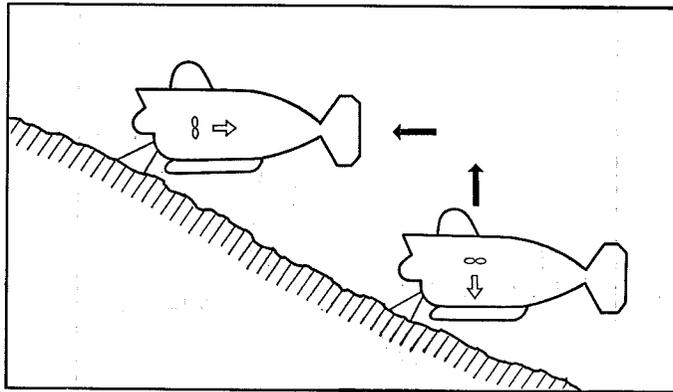


Figure 8-2 Ascending in tiers

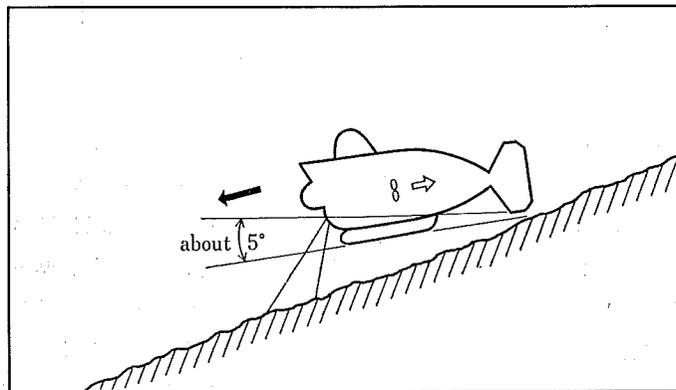


Figure 8-3 Descending at about 5° dip

## 7. 運航面からみた評価

潜水調査船は、世界的に見て開発の歴史が浅く、未だ多分に開発要素が残された発展段階のものであるため、運航能率は、良好なものとはいえない。とくに潜水調査船の建造及び運用の実績に乏しいわが国において、本格的潜水調査船として最初に試作開発された「しんかい」は、当初どのような運用実績になるか、実施してみなければ分からない状況であった。このため、運用が終了した現在、その実績から「しんかい」を評価することは、その基準の設定に難かしく、また、その観点の相違によって結果も異なるので、妥当な評価はきわめて困難と考えられるが、海洋調査に直接関係の深い運航面の実態を主体に記述し、この観点から評価を試みることにした。

### (1) 総括事項

#### i) 運航能率

潜水調査船の運航能率は、それ自体の構造、性能は無論のこと、支援する母船の方式、性能に依存するところが大きいと考えられる。「しんかい」は、母船えい航方式であるため、運航能率は、とくに良好とはいえない。しかし、その潜航実績から勘案すれば、船体各部の不調がほぼ影を潜めた昭和48年以降、最高の実績を上げた年度には、潜航日数45日、同回数53回であって、諸外国での「しんかい」類似のものの実績が年間40～50日であるのに対比しそん色のないものと考えられる。

諸外国の潜水調査船もほぼ類似と考えられるが、「しんかい」の運航形態は、年間の半分は修理整備、半

分が行動であって、行動中は目的地と基地との往復を除き、潜航1日、充電充気・整備点検2日それに1週間1日の休養をとり、1週間2日の潜航を基準とした。したがって、基地と目的地との距離如何によって年間潜航日数は異ってくるが、最大限の計画としては、年間潜航日数50日を組み込むことは十分可能であった。

従って、とう載式母船であれば、これを60日前後にすることは可能であると考えられる。

#### ii) 安全性

結論からいえば、「しんかい」は安全性の高い調査船である。これは、8年間の運用期間中307回の潜航を行ったが、船体各部には取り立てて述べるような構造上、材質上の疲労は認められていない。また、前述したとおり、上昇・下降加速度の過減作用によって、誤って下降したとしても安全深度600mに到達するには十分の時間的余裕があり、安全処置を講ずることが可能であり（上昇の場合も同様である）、例え600mを越えたとしても、幾重にも安全装置が付加されているので、圧壊深度1,500mに近づくまで落ち込むことは全く考えられない。さらに、實際上浸水事故及び火災事故の発生する可能性はほとんどなく、海底障害物等による拘束事故も危険海域での運航を厳しく規制したため、通常の海域では発生の確率がほとんどないと考えてよい。

#### iii) 機動性

諸外国の潜水調査船の中でも「しんかい」は、潜航深度の割に船体は大型に属している。従って、水上、水中における機動性は良好とはいえない。特に、電気容量ひいては蓄電池重量にも関係するが、船体の大きさの割に推進力が過小と考えられる。しかし、昇降速度に関しては、通常600mの潜航又は浮上に要する時間は、それぞれ1時間前後であって、実績上1潜航時間が4～5時間であるため、海底滞在時間は2～3時間得られるので、一般の調査では支障が認められていない。また、前進速度は、実用上1.5ノットまで任意に制御できたので、目視観測等ではほとんど問題はなかったと考えている。

#### iv) 船内環境

「しんかい」は、船体大型で観測室の直径は4mもあったので、ほとんどの観測者に狭所閉塞による恐怖感を与えなかった。また、4名乗船して3時間22分の潜航における潜航前と浮上後の船内環境は、空気清浄装置を使用しなくても次のとおりであった。

酸素濃度 21% から 20%      炭酸ガス濃度 0.3% から 1%      船内気圧 1,030 mb から 1,029 mb

これ等の数値は、いずれも許容限度を相当下回っており、5時間前後の潜航においては問題は認められない。しかし、船内湿度は、上記の場合除湿機を使用しても55%から75%へ増加しており、潜航前の湿度の高いときは、90%以上の数値が認められる点で、概して快適とはいえないときもあったと考えられる。

### (2) 個別事項

#### i) 装置関係

使用実績に乏しい「しんかい」の各種装置は、運用が進むに従い多かれ少なかれ故障又は不調を発生した。これらはその都度詳細に調査し、改善工事を行ったが、若干のものは最後まで問題を残すこととなった。

ここに代表的なものを述べてみたい。

#### (a) 空気管系

空気管系の諸弁は、高圧空気がかかるのでスティックを生じ易く、これが開閉困難、弁軸の曲り等の故障となった。これは今後構造上又は材質上の研究開発を要する点と考えられる。その発生件数を年度別にみれば次のとおりである。

年 度	44	45	46	47	48	49	50	51
件 数	9	4	4	4	13	8	1	0

## (b) 油漬蓄電池

既に絶縁低下等の故障発生については再三述べたが、昭和47年度大規模改修・改善工事のあとは、ほとんど大きな不具合もなく順調に推移した。この蓄電池は、鉛蓄電池が経費及び使用実績の点で問題がないところから、油漬の開発を行い「しんかい」に採用されたものである。当初は、故障の続発により関係者を著しく悩ませたが、結果として、油漬により海中に置いたものが使用に耐えることを実証した点で価値あるものと思われる。しかし、保守整備の面で未だ問題を残している。

## (c) 静止インバーター

蓄電池の直流を交流に変換し、「しんかい」の各部に給電したこのインバーターは、全運用期間を通じ3回の不調をみたに過ぎず、常時順調に運転できた点で高く評価することができる。

## (d) 水中モーター

「しんかい」の水中モーターは、土木用に開発され使用実績も積んでいたもので、全期間中9回の不調に留まり使用上大きな故障は発生していない。

## (e) 船外照明装置

合計20個の船外照明装置は、水圧、水温の急変と照明器内の温度上昇等によって、故障がきわめて多く、再三の改良改善にもかかわらず最終まで優良品として解決されていない。その状況は次のとおりである。

年 度	44	45	46	47	48	49	50	51	
故障件数	グローブ亀裂, 器内漏水	1	17		1	14	10	3	4
	そ の 他	2	1	3	1	2	1	10	4

また、前部海底の照射は、500W 投光器8個、100W 照明灯10個によっているが、のぞき窓直下の視認、撮影はおおむね良好でも、前方の視認及び着底前の海底視認には効果が不十分であった。通常150m以浅の海中ですべて照明灯を消灯しても相当遠方まで見えるのに、照明灯を点灯すると水中の微粒子に光が散乱し、カーテンを張ったような現象を起し、透明度が良好な海中でも前方10mの視認が限度である。このため照明灯の増加のみではこれらは解決できず、照明灯をできるだけ前方に離すことが必要と考えられる。これらの実態から船外照明については、器体の開発、装備方法の改善等、今後の研究が必要であることが痛感される。

## ii) 運航機器

ジャイロコンパス、深度計、水中通話機等、既に使用実績のあるものは、故障発生頻度もきわめて少なく実用上問題はないが、「しんかい」のために新しく開発されたものは、問題も多く運用期間中に解決を見ないものもあり、その主なものは次のとおりである。

## (a) 電磁式流速計

測定範囲は、昇降用4~100cm/sec、前後進用10~250cm/secとなっているが、検出部が船体付近の渦流に影響されると見え、読取り値とのぞき窓からの目視の流向が一致しない。

## b) 音響探信機

これは、上方・下方及び前方約 33m 以内に障害物を探知したとき、警報を発する装置であって、送受波器指向角は、全角 30 度となっている。なお、使用周波数は 200 kHz、発射回数約 120 回/分である。

「しんかい」は、海底航走中前方用を使用しているが、魚礁・岩等の散在する海域で、海潮流に船体が圧流されるときは、Figure 9 に示すとおり、今まで何も探知していない前方に突如として約 10m 以内の至近距離に障害物が現われ、回避困難のためこれに衝突する場合が多い。これは、最後まで抜本的な解決を見ていない。

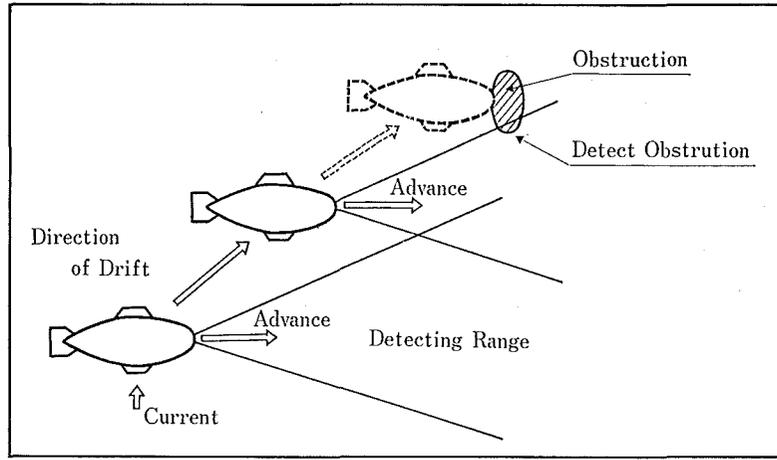


Figure 9 Collision with Obstruction

## (c) 水中位置測定装置

「しんかい」の水中位置は、母船とう載の応答探信機から発射する 15.5 kHz の音波を「しんかい」応答機が受信し、6.5 kHz の音波を発射することにより母船でその方位・距離及び深度を判読する方式である。最大探知距離は、1 万 m でその精度に関する評価試験を海上保安庁水路部で行った結果、

距離測定精度(確率誤差)  $\Delta d = \pm 6.5 \text{ m}$

方位測定精度(確率誤差)  $\Delta z = \pm 2.6 \text{ 度}$

となっており、母船から測定する「しんかい」の相対船位の誤差楕円は、距離  $d \text{ m}$  とすれば、

短軸  $1.75 \Delta d$       長軸  $0.03 \cdot d \cdot \Delta z$

この値は、運航面では実用上全く支障ないが、海洋調査項目によってはさらに精度の向上が望まれた。

## (d) 水中テレビ

白黒のテレビは、受像状態良好であるが、カラーテレビについては、最低被写体照度が 500 ルックス必要のところ「しんかい」の照明では水深 71 m で 75 ルックスしか得られず、受像に成功していない。

## iii) 観測機器

観測機器は、ほとんどが「しんかい」用として新たに開発されたものであったので、使用実績を積みつつ改良・改善に努めたが、S. T. D. 装置、音波探査機は、実用上問題が多く運用期間途中で使用を中止した。その他のものについては次のとおりである。

## (a) マニピュレーター

前述したとおり故障が続発したので、その都度修理を行い最後まで使用したが、抜本的解決は得ていな

い。このマニピュレーターは、水中モーターによる駆動方式で肩の回転角度354度、腕の屈折角度上腕180度、下腕210度、手首の屈折角度180度、回転角度無制限、指先の開き幅200mm、握力15kgとなっており、一見人間の手と同等の動きが可能に見えるが、その制御が船内操作盤のボタン方式であるため熟練を要し、何人でも自由に使用可能というものでなく、また、動作が遅く、とくに、人間のように動作のフィードバックがない点で、操作者が思うような動作は全くとれないといつてよい。

従って、マニピュレーターに関しては、それが潜水調査船の使命の一つでもあるため、今後さらに研究開発を要することが痛感される。なお、故障の状況は次のとおりである。

年	度	44	45	46	47	48	49	50	51
故障状況	指先開閉不能	3		改造	1	1	3	2	
	回転腕屈不能	3			2	2		1	
	その他	4	1						

#### (b) 底層流速装置

測定範囲は、0.2~5cm/sec及び5~30cm/secとなっているが、実際海底では意外に流れが大きく、1ノットを越えることも多く、このため測定不能となった。また、流向については、マグネット・カップリングを介してシンクロ発信器に伝える方式であったため、潜入時の衝撃で極が隣の極に移動し、真値・真値+120度・真値-120度の3種類の値のうちどれであるかが判定できない不都合があった。これも海底調査上きわめて必要とされるものであるため、今後の研究開発が必要であると考えられる。

#### (c) 採水装置

船内制御によって容量500cc 6本の採取が可能であり、水中を目視しつつ採取できる点で魅力があるが、機構の調節が微妙なため、毎回1~2本採取不能を生じた。しかし、調査上は大いに活用されたもののうちの1つに数えることができる。

#### (d) プランクトン採取装置

垂直用6個と水平用2個とのネットを装備でき、これも水中を目視しつつ必要な深度で採取できるという魅力がある。これらはいづれも作動良好で大いに活用されたが、設置位置が海底上6mとなるため、海底に近い位置の採取が不能な点のはなはだ惜まれるところであった。

#### (e) 水中カメラ

水中カメラは、「しんかい」で最も活用されたものであるが、ステレオカメラは、絞り、距離変更、また、ムービーカメラは、絞り、距離変更、撮影速度等の撮影諸元の制御が船内で行えなかった点が大いに惜まれたところである。

潜水調査船における撮影は、精密な地形地質の調査等に必要である前に、各種調査の記録保存上不可欠のものであると考えられるので、観測機器のうちで優先的に開発する必要性を痛感される。

## 8. おわりに

筆者は、この報告で「しんかい」の8年間にわたる運用の歴史を正確に記述しようと努めたが、準備不足の点もあったため、内容が断片的となり、細かい解析に不足するところもあって、理解に苦しまれた部分も多かったと思う。ここに深くおわびする次第である。

最後に、永年「しんかい」の運用に携わった筆者として、若干の感想を述べることにしたい。

潜水調査船は、世界的に見て未だ発展段階にあるものといわれるが、その中において「しんかい」は、運用を通じ、海洋調査のあり方を方向付け、また、潜水調査船が海洋調査のある分野においてかけがえのない役割を果たすものであることを実証した。しかし、「しんかい」によって明らかになったとおり、海中の視界は良好な所、又は時で10m前後であり、水中の観察時の速力は1kn前後が限度であった。このことから潜水調査船による調査は、対象としては安全使用深度までの広大な海域であるが、その調査船が生涯かかって実施できる範囲は、その何千万分の一もできずごく限られたものである。したがって、潜水調査船を有効に活用するためには、事前に十分検討し潜水調査船でなくてはできない調査を集中して行う必要がある。例えばモデル海域の設定、海上からの調査では解明できない問題海域の設定、リモートセンシングのシーツルースに匹敵する海面下での現場照合等を掲げることができる。北海においては油田又はガス田の開発に潜水調査船又は潜水作業船が活躍し、さらに計画も進められていると聞く。それらは、油田等の探査、パイプライン・ケーブルラインの地形地質調査、敷設作業、それに敷設後の漏えい等の事故防止のための検査等に従事し、相当な実績をあげているようである。

これら新しい要求に対する潜水調査船は、第一に扱い易さが必要であって、このためには小型で容易に何処へでも運搬できるものでなければならない。そして安全運航のための整備もできるだけ短時間で完結される必要がある。さらに運動性能においては、「しんかい」に比し飛躍的に増進させることが肝要となる。

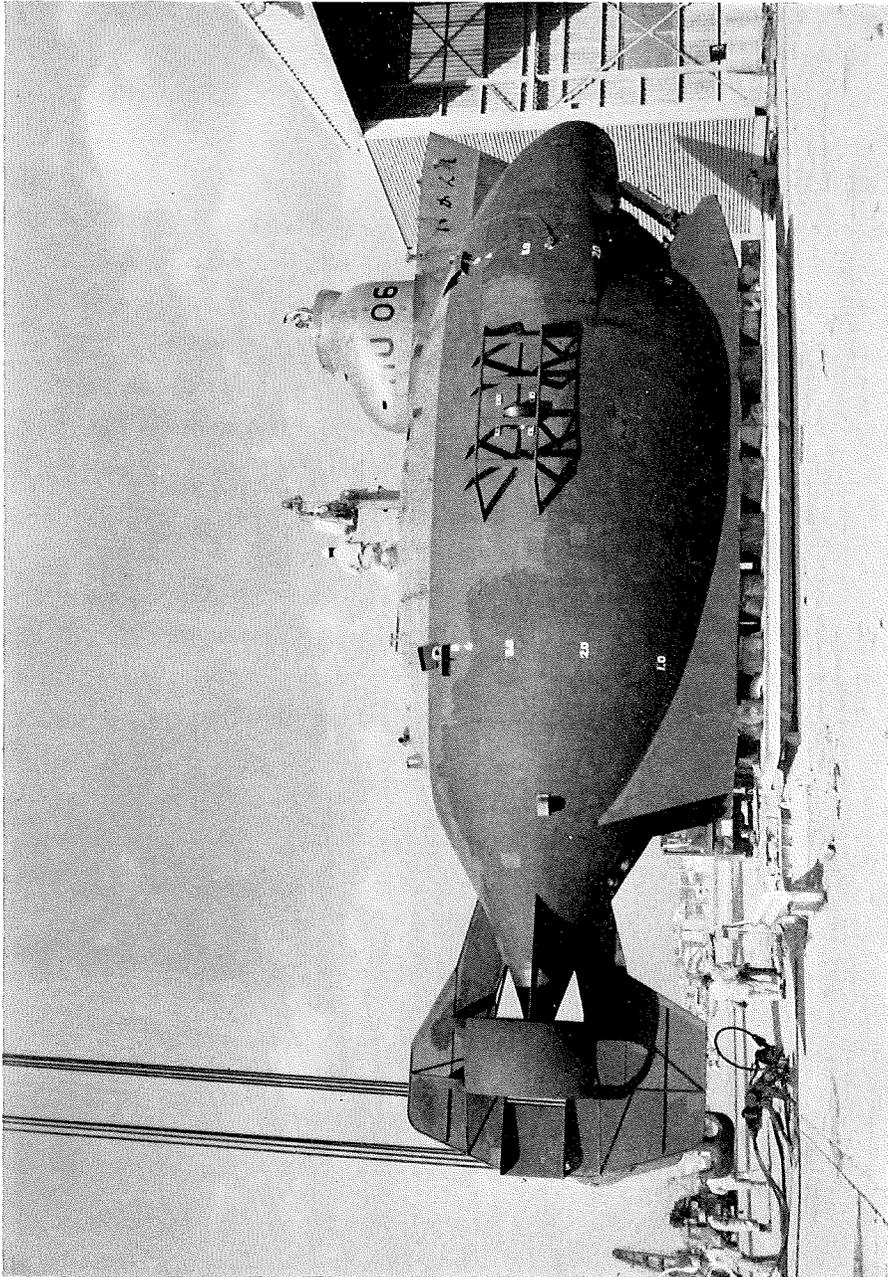
以上と平行して安全機構は、最大限のものに増強する必要性が痛感される。これは「しんかい」にとって危険であった海域又は調査事項が今後の調査においては一般的になって来ることが十分予想されるからである。

これらのためにも、「しんかい」の実績あるいは教訓が、新しく開発される潜水調査船に役立てば幸である。

なお、この稿を進めるにあたり多大の協力をいただいた水路部測量船管理室 羽根井芳夫氏に対し深謝するものである。

#### 参 考 文 献

- 1) 第五管区海上保安本部：潜水調査船運航経過報告書 その1、その2及びその3
- 2) 加藤 洋：潜水調査船「しんかい」操船の実際
- 3) 科学技術庁研究調整局潜水調査船運用会議：潜水調査船しんかいによる昭和45年度調査報告書～ 同昭和51年度調査報告書



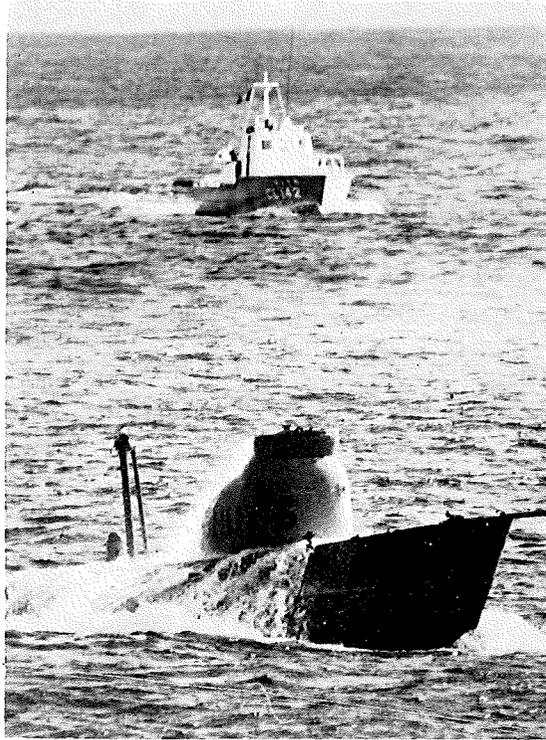
The SINKAI on the land at KOBE submersible base



The SINKAI and her mother ship OTOMEMARU



Before diving



The SINKAI recovered by the mother ship after completing