

深海底の潜水調査

日仏共同“海溝”調査を了えて

飯山敏道（地質学教室）

去る6月5日、遠洲灘沖で水深4,200 mの海底に潜り、海底の地質を調査した。日仏共同“海溝”調査研究の一環としての作業である。この潜水は私にとって二度目の潜水経験であった。使用した潜水艇は二回とも、フランス海洋研究所（IFREMER）のノーチール号である。

水深6,000 mまで潜れるこの艇は昨年11月に進水したばかりである。進水後地中海で浅海でのテ

ストを行い、3月中旬から4月上旬にかけて、カリブ海プエルトリコ海溝で深度6,700 mまで潜るテストを行った。このテストの後にフランス側から4人、日本側から私達3人の研究者も参加し、演習をかねた調査を行った。その後ノーチール号は、母船ナディール号（Nadir, 970 t）に乗って、パナマ、ハワイを通過して5月下旬静岡県清水港に入港した。

潜航の様子、観察結果のことを記す前に、少し深海水艇について記しておこう。軍用の潜水艦の潜航深度は100～200 m、最大深度でも1,000 mに達しない。船体に加わる水圧も通常10～20 kg/cm²、最高100 kg/cm²以下である。潜水、浮上は艦内の気室に水を入れたり、こゝに圧縮空気を送って、水を排除することによって行ったので充分間に合う。戦争では金糸目をつけないから、大きな図体の船を作ることも可能である。



潜水作業後浮上して母船の甲板に
引きあげられるノーチール

潜水深度が6,000 mとなると、艇に加わる圧力は600 kg/cm²、潜水艦の場合の10倍近くになる。調査が目的である深海艇に莫大な運航費がかかるような艦は困る。地形が複雑な所でも自由に動きまわることが必要である。このような考えで、シアナ (Cyana, 仏, 3,000 m 級)、アルヴィン (Alvin, 米, 4,000 m 級)、しんかい2,000 (日, 2,000 m) など、最近の15年間に建造された、観測を主目的とする深海艇は、いずれも20 t前後のものである。1960年頃活躍していた10,000 m 級潜水艇アルシメード (Archimède, 仏) が120 tの巨体で、一日作業したら、丸二日電池を充電しなければならなかったものに較べると雲泥の相違である。そのくせ當時も今も、乗りこむ人の数 (正副操縦士と観測者の計3人) も、人と測定器械が入る居住球 (直径2 m前後) の大きさも同じである。重量を小さくし、作業能率の向上をはかることができたのは、物質科学の進歩のお陰なのであ

る。第一にあげることができるのは、高圧下でもつぶれてしまわない軽量材 (プラスチックとガラス小球の複合材) が出現し、艇に浮力を与えるために使えるようになったことである。第二には、電動機、蓄電池等をシリコンオイル浸けにすることにより、海水との電氣的絶縁を実現することができるようになったため、これらの機器を頑丈な箱に入れず、肉薄のプラスチックケースに収納しただけでよくなった事である。これらのケースのシリコンオイルの表面は海水と接し、ケースの内外の圧力が等しくなっているからである。

ノーチールの場合に採用された最も画期的な進歩は、居住球にチタン合金を使用したことである。坑張力が高張力鋼に優るとも、劣らず、しかも比重は鋼の1/2であるうえ、化学耐性もよく、海水中で使用するには持って来いの物質である。又標本を採取したり、観測機器を海底に設置するのに必要なマニピュレーター (ロボットの腕) は軽いグラファイトファイバーを主材料とする複合材である。(もっとも、2基あるマニピュレーターのうち1基は今回の活動に間に合わず、従来の金属製のものが使われた)。また装甲外板は、ガラスファイバーの入ったプラスチック板である。このような工夫で、ノーチールはその到達深度にも拘らず自重18 t強である。

私が潜航した所は、フィリッピン海プレートが日本の下に向って沈みこむことによって生じている南海トラフの北東端に近い所である。昨年6月に3週間、私達日仏両国の研究者18人は、九州日向沖から、南海トラフ沿いに、四国沖、紀伊半島沖、そして遠州灘沖の要所要所の海底を水上から舐めるようにして調べた。この時には私達は観測船ジャンシャルコ号 (Jean Charcot 2,200 t) に乗りこみ、この船に搭載されている、多重音束測深儀 (シービーム) を駆使して、縮尺1/25,000 および1/100,000 の海底地形図を作った。これと同時に船尾ウォーターガンを曳行、10秒に1回の割合で発砲し弾性波による地下探査を行い、総計約100本余りの海底地質断面 (各測線の長さは約

60km)を作った。また地磁気異常と重力もこれらの測線沿いに行った。これらの測定結果は船上のコンピューターからそれぞれ図面の形で時々刻々出力されるので、昼夜連続3交代で、そのデータを解釈した。

昨年この調査自体、今まで、概念的にしか把握されていなかった海洋プレートの陸地の下への沈みこみと言う現象を、非常な現実性を持った形で理解できるようにする役を果すものであった。特に私が参加した第一航海の後、引続いて行われた、第二、第三航海で行われた調査結果も併せると、日本の太平洋側で起っている海洋プレートの沈みこみの全貌を手にとるように見せるものが出来たといっても決して誇張ではないと思う。

海上からの調査はそれにしても、あくまで間接的なものである。早い話、昨年、弾性波探査で得られた地質構造断面図は、断層、褶曲などの存在を教えて呉れるが、地質を構成している岩石がどのようなものであるかについてはあまり多くを語っていない。海底の表面から下の深い部分は見られないにせよ、海底面と、その下の比較的浅い部分の岩石は何であるかを知る事は大切である。また昨年の結果は詳細であると言うものの、表現されているものは、km単位の尺度でしか論じられないものである。海底表面で観察される地質が昨年大尺度で見られたことを支持するようなものであるか、確かめてみることも必要である。そのための仕事が今年の潜水なのである。

陸上の地質調査でも同じであるが、岩石が土や草の下にかくれている所では何もできない。海底では、深く切りこんだ海底谷とよばれる谷や傾斜の急な崖又は斜面でなければ、まず岩石の露出はないと思ってよい。海底は陸上と異り、そう簡単に歩きまわれない。1回の潜航で調べられる距離はせいぜい10km内外である(ノーチールの航行速度は最大2ノット、3.6km/h)。1回の潜航にかかる諸経費約1千万円を考えると、潜航したら必ず何かの知見が得られる所を選ばなければならない。

昨年の資料を、日仏両国に持ち帰り夫々検討し、双方2回にわたって集り、協議した結果、私達が受持った海域では、遠洲灘沖を調べるのが最も収穫大であると言う結論に達したのである。

この海域には、天竜川の延長方向に、深い谷が蛇行し乍ら切りこんでいる。文句なく天竜海底谷および、この谷と南海トラフの出合いの部分の一つの調査対象に選ばれた。第2の目標として、私達は南海トラフの軸部から約30km南東(即ち海洋側)に約1,000mのもり上りを見せている銭洲海嶺とよばれる小山塊を選んだ。昨年の調査結果は、この海嶺は、沈むフィリピン海プレートの後方に断層を生じ、陸に近い側が持ちあげられているために形成されたものと考えられることを示していた。更に、弾性波探査はこの南東斜面には、海洋地殻が断層のためもちあがり、海底に露出しているかも知れないことも示唆していた。普通の所では、海洋地殻の上にはプレートの何千万年も長旅の間に積った堆積物にかくれて見えなくなっている。

前おきばかり長くなってしまった。海底の調査には、調査地点の選定がどれ程重要で、何故潜航して調べねばならないのか、お解り頂ければ幸である。以下日記風に潜航の様子を記すことにしよう。

6月5日朝、目がさめる。船窓から早朝の陽がさしこんでいる。時計は6時、下の寝床にいるルピション(X. Lepichon パリ大学教授)を起きないようにそっと床に立つ。静かだ。何時もなら、早朝から、技官達は深海艇の航行位置の決定のために必要なトランスポンダー(音響応答ブイ)を海底に3基設置するため働き出すのだが、2日前に設置してあるので今朝はまだ静かだ。今日は私の番だ。シャワーを浴びに廊下に出る。海風が心地よく顔をなでる。7時朝食。水を飲まない方が潜航中困ることが少ないので、パンにバター、ジャムをつけて何とかたべる。そうこうしているうち、ルピションが起きて来る。昨日は彼が潜った。何時も皆の気分をひきたてるような爽やかさで朝食をとる彼だが、今日は殊のほか屈託ない顔をして

いる。果すべき大役の一つをすませたからか。

今日の潜航コースを記入してある地形図のコピーをラルマン (S. Lallemand パリ大学博士コース) が整えて呉れる。無口だが、誠実に皆のことを思って種々よく支度してくれる人物である。この図は、艇内で拡げるには大きすぎる。縮小コピーを作り、私が腹這いになって陣取る観測窓の脇におくことにする。船橋に行き、ゼロックスで縮小コピーを作る。潜航指令室に行き、この地形図と私の地形図を同じ升目に分割して、その各々に番号をつける。潜航中はここから現在位置を私達に知らせて呉れるのだが、この前の経験で、案外、通報と地図とを対照するのに時間がかかることが解ったから、升目の番号で教えてもらうことにする。“今日の所に露頭があって呉れますように。” 銭洲海嶺東南斜面に行けば面白いものが見れると、はじめのうちは思っていたが、段々自信がなくなる。斜面の傾斜が案外ゆるいことを昨夜になって気付いたからである。

9時をすぎることが一向に仕度が整った様子がない。とに角、もうじきだと思って、着更える。潜航中2,000 m位をすぎると、水温は1°内外になって、暖房のない艇内温度は、3人の体温と、測定機が出す熱で、摂氏数度を保つのがやっとななる。船上では日向の気温は30°C近い。アノラックを着、潜航時の制服になっているコンビネーションを着る。汗がたちまち吹いて来る。足が冷えるから靴下を2枚はけとルピジョン。尤もだと、言う通りにする。今日の操縦士はシローヌ (Sirone)、フェルトリコでも彼と組んだ。10時30分、“ぼつぼつ乗るぞ”と言われ、甲板後部へ。乗り込む前になって、ようやく、出発がおくれたのはトランスポンダーの一つが全然応答せず、種々回復させようと試みていたためと知る。今日の潜航では2つのトランスポンダーと艇からの信号で位置決定を行うから、出来るだけ、潜航方向を変えぬようにして呉れと言われる。又潜航の終りに時間があつたら、この故障したトランスポンダーの所に行つて、これを浮上させて欲しい旨言われる。

いよいよ乗込む。出発する当人は、支度で忙しいが、甲板で出発を見送る側は全く単調なので、あまり出て来ない。皆は昼食に行ったのであろう。甲板で艇にのりこむ。着底までは、なすべき仕事がないから、私の席に、座位でいてもよいのだが、座り心地があまりよくない。結局腹這う。ハッチが閉められる。暑い。やがて私達をのせた艇は台車と共に、艇尾にひき出される。

艇は、クレーンで宙吊りになる。仲々眺めがいい。と思う間もなく、水面が目前に迫った。着水である。潜水係が、とびこんで来て宙吊りになった時横ゆれを防ぐ役目をしていたロープを外す。シローヌは、バランスタックに海水を導入させる。艇は毎分50mの速さで沈み始める。深度100, 200, …海水層を通して来る光は紺青で美しい。段々暗くなり、やがて真暗になる。持ちこんだサンドウィッチを食べる。1時間半程で着底。水深4,200 m。母船からの通信で、沈降中に、艇は潮流で予定着地点より約2 kmも南に流されていることを知る。昨日の潜航も同様で、海底まで結構流れが強く、今まで言われていることと様子が異なることに気付く。

着底点は銭洲海嶺の裾野に拡る平野の上である。290°～300°方向に進みたいが、そのためには船首を360°前後に合わせると海流との合力方向が丁度よい方向に向う。

この水域は意外にも砂っぽい堆積物で覆われ、半遠洋性の泥っぽい堆積物と言う予想と異っている。この標本を採ろうと思ったが、採泥用チューブの把手が、マニピュレーターの強い握力でこわれてしまう。金属チューブでなかったことが悔まれる。

ライトの光に照らし出される海底は仲々はっきりしている。昨日ルピジョンが潜った、南海トラフ中軸部と異り、ここの底質が砂質だから、泥煙りがあがらないせいである。それにしても、予定外の岩石の露出のない砂漠の横断は単調で敵はない。突然、底質が変わった。目をこらして、じっと見る。さし渡し2～3 cmの角のとがった岩片が一

面に広がっている。角ばっているから、遠くから運ばれたものではない。また岩片は泥に埋もれているようなものでなく、岩片と岩片の間には空間がある。この石は、ここに長い間存在したものでない、と思い乍ら進む。

時々、白い長い管状の動物だろうと思う生物がその一端を海底に固定して、流れの間に間に、ゆらゆらりとまかせている。この管状生物のほか、岩ひばを貧弱にしたような、白い海ゆりの一種、いそぎんちゃく、細いやせこけたお星様のようなひとでが時々目につく程度である。ごくまれに、真紅のエビが視野を横切る。ゆでもしないのに、こんなに紅いエビもいるもんだなとふと思うが、私の思いは、石の方に行く。

深海底では、地上ではごく当り前の地形のわずかな変化も、構造地質学的に意味があると教えられているので、注意してみるが、この砂漠を横切るまでは、仕方がない、辛抱する。時々、さっき見たのと同じようなガレの散らばった原っぱを横切る。ガレの大きさは、場所によって異なる。時には5~6cm位から10cm位のものの時もある。一回の潜航に800駒分のカラーフィルムが深海カメラに装填されている。船上では、撮っても撮らなくても、現像するので、できるだけ撮ろうと思うが、こう単調では、仲々フラッシュのボタンを押す気にもならない。ビデオも着底以来ずっと撮っている。目に映った事項は、声にさえすれば、口許の下方にあるマイクを通して録音されるのだが、これまた話すことに困る程単調である。

地上の調査なら、転石でも、手にとって何であるかをたしかめるのだが、それもできない。時々停って参考までに、マニピュレーターで、岩片を採取はするが、かなり軟い石と言うことは、これがつぶれ易いことから解るが、それ以上のことは解らない。とに角標本用バスケットに入れ、標本を採ったこと、それをバスケットの何所に入れたか、海上に連絡、記録してもらおう。標本をとる度に15分から30分の時がたってしまう。

単調な窓外だが、何と気持ちのよい静寂だろう。

ライトが照す光芒の先は暗黒であるが、その先は無窮。私の存在は、それに比し何と小さいことか。自分の存在など私の念頭から消えさせて、窓外に展開される光景に吸収されている。

ものの2時間もたったろうか、深度4,200mの前後2~3mを示し続けていた深度計が少しづつ小さい数字を示し始める。水温は相変わらず1.26℃。目に映るものは相変わらず砂混りの泥とガレであるが、ガレの大きさが段々大きくなって来た。銭洲海嶺は今でも、上昇しており、上の方の岩石がくずれ落ちているのだと思わせる。

やっと昨年調査で、海嶺南東部を走る断層が予想された位置にさしかかる。そう思って目をこらす。時折艇が海底から遠ざかる。早速シローヌに注意する。登り斜面で、前進すれば、海底面が眼前に迫って来る所では、慣れた彼でも、本能的に体を離す動作をするのは無理はない。しかし1m海底との距離がふえれば、途端に、はっきり物が見えなくなるので、心を鬼にして彼に云う。

高さ50cm位の石垣のような段が見えて来た。“あゝやっぱり”。岩をずばり庖丁で切ったような岩肌が出て来た。表面は黒光りしている。この面の方向は？。船首の方位から、060°方向と読むが、磁石を岩に当てて測ることに慣れてしまっている私には、何とも心許ない。艇をこの岩肌と



銭洲海嶺東南斜面で見られた断層面。その運動形態は判定できなかったが、かなり垂直な断層で、この面の付近の堆積物やガレの様子から、比較的新しい断層と思われる。

平行にしてもらって確認する。この岩肌の下には、ガレがごろごろしている。やっと潜航目的にかなった仕事が始った。標本もとる。写真もとる。漸く忙しくなって来る。水深は 4,000 m を割って来た。

この時から 3 時間、ガレの原を横切ったり、種類の異なる地層が重っている地層を記述し、測ったり、時間はあつと言う間にすぎる。

“おーい、何をしている”とルピションが呼び出し始めた。時計は 18 時近い。無理もない。上では、成果があがることもさること乍ら、無事であることを祈っているのである。口早に、今見ていることを言う。“ぼつぼつ上昇することを考えろよ”。“ダコール (d'accord ; 了解)”と私。その後小 1 時間、“これを採ったら、何はともあれ浮上にかからないと”と言うシローヌに、頼みこんで、標本採集。

“これから浮上します”。との連絡終了後、積んでいた約 1 t のバラスト (径 2 mm 位の鉄小球) を全部海底に投棄する。艇はあつと云う間に、海底を離れる。マリンスノーが窓外を流れる。吹雪の中を走る夜行列車の窓の様な感じである。

今日の仕事は終わった。そう思ったら腹がへり、又寒さが急に身にしみて来た。弁当の残りを少しづつたべる。でも、この寒さ、よく今迄感じなかったものだ。指先がかじかんで、感覚がうすれて来る。腹ばいになるのを止めて、立てひざで席る。球の内壁は、私達の呼気が凝結してびっしょりぬれている。ソーダライムと塩化カルシュウムの層を通して空気を循環させ、水分、炭酸ガスを吸収させ、毎分 17 l の酸素を補給しているが、この層に入る前に壁に接した空気中の水分は凝結してしまう。

少し睡気を感じ乍ら、3 人で駄辯っているうちに、1,000 m に達する。水上は夕暮なのか、行く時のうす明りは見えない。300, 200, 100, 50 …, やがて、艇はすごくゆれ始める。水面に浮上して波にもまれだしたのである。

音波通信を、無線通信に切りかえたので、受信

は明瞭になり、交信に時間がかからず、通常の会話になる。やがて窓に潜水衣姿のジャン・ルイのひきしまった体が現われる。指で V サインを送って呉れる。こっちは、フラッシュをたいて応ずる。曳行のロープがかけられ、母船にどんどん引きよせられる。ナディールの船尾が見えて来た。

艇は宙吊りになる。副操縦士のジャックは、気内圧を少しあげる。ハッチをあける前に内圧をあげ、ハッチのまわりの水を外にとばすためである。ハッチが開く。むっとした空気が入って来る。甲板上の台車で甲板の奥に戻り艇外に出る。ルピションが近づいて来る。“どうだった?”。“砂漠の横断には閉口したよ”。“断層も見えたけれど、逆断層か、正断層か一寸解らなかった”。“早く夕飯をたべに行けよ”。

服を着更え、食堂に急ぐ。明日は今日の潜水データとビデオの検討で忙がしいことだろう。

数々の成果とエピソードに富んだ海溝計画の海上、海底における調査は 8 月 11 日に終わった第 3 航海で終了し、参加したメンバー達は日本で、またフランスで、採取試料やデータの解析、分析にかかっている。来年東京で開かれる、海洋プレートの沈みこみに関する国際シンポジウムと、出版される研究、調査報告集が学問的に進歩という階段の一ステップを画すものとなるように。またこの計画を通じて出来た何組かの研究チームが、これを機に益々協力、友好の実をあげて呉れるよう祈って止まない。また財政的にきびしい条件下にある日仏両国が、純粋に科学的なこの種の共同研究の実現に努力を惜しまず、実現に漕ぎつけられたことを感謝して止まない。

潜水調査をしてから 2 月たった。いろいろ思い返してみると、もう 1 度潜って、調べ直してみたいことが沢山ある。海外に出張するのと同じ位の気易さで、潜航調査が行える日は何時来るだろうか。案外早く訪れて来るかも知れない。

1985 年 9 月記