

白嶺丸による南極調査

村上文敏¹⁾

1. はじめに

昭和49年の就航以来25年にわたって日本の海洋地質調査研究の牽引役として海域調査に従事してきた白嶺丸も今年3月にその役割を終え、またあらたな出発をすることとなりました。石油公団の実施する白嶺丸を使用した南極調査も、ちょうど20回目の調査を終えたところです。筆者もこれまで、6回の南極調査にいろいろな立場で参加するとともに、短い期間ながら石油公団に席を置き南極調査の実務担当者として関わってきました。このような立場から、白嶺丸による南極調査がどのような調査だったのかお伝えするとともに、この南極調査への白嶺丸およびその乗組員の方々がどのような貢献をしてきたかについても述べたいと思います。

2. 白嶺丸による南極調査とは

この調査は「南極地域石油天然ガス基礎地質調査」という名称で、通産省から石油公団への委託調査として行われていました。南極地域には、南極大陸を取り巻くように石油天然ガス賦存の可能性の高い堆積盆が分布していますが、白嶺丸による南極調査が開始された昭和55年頃は、その地質構造と地質年代等ほとんど分かっていませんでした。当時、石油天然ガス賦存の可能性が高いとされていた9つの堆積盆について、その地質構造と地質年代の把握のための概査が白嶺丸を使用して始まりました。調査では、マルチチャンネル地震探査、海底試料の採取、重磁力探査が主として行われてきました。それぞれの年度の調査航海にはTHと西暦の下2桁の航海名がつけられています。これは、石油公団の中で南極調査を担当している石油開発技術センターの英語名と白嶺丸の頭文字がそれぞれ

れ1文字とられています。航海名もTH80からTH99に及んでいます。

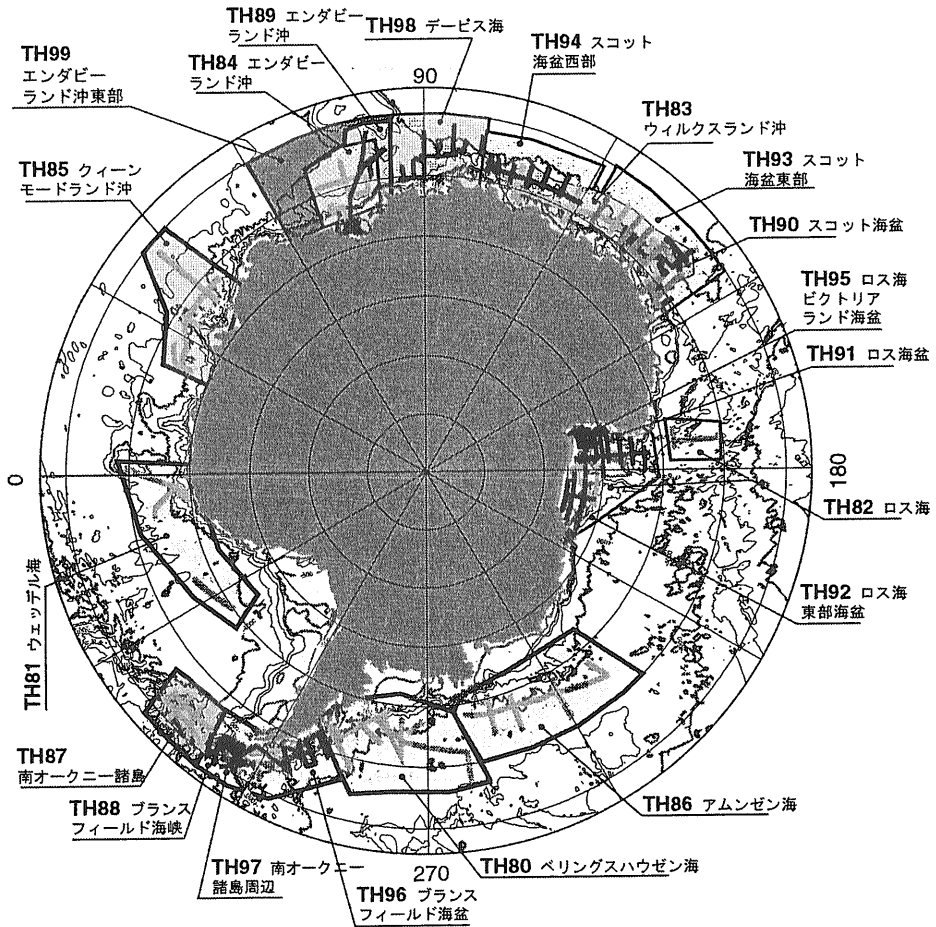
南緯60度以南の南極地域での科学的調査の自由は、南極条約において、観測によって得られた結果の公開等を条件として保証されています。白嶺丸による南極調査も科学的調査として行われ、その調査結果から炭化水素資源評価のために必要な堆積盆に関する地質学および地球物理学的な基礎的資料を整備するという立場をとっています。白嶺丸の調査によって得られた結果はSCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) の中に設置されているANTOSTRAT (Antarctic Offshore Stratigraphy Subcommittee) を通して公開され、様々な科学的調査のために利用されています。白嶺丸による南極調査が続く中、南極を取り巻く情勢も大きく変わりました。平成3年にスペインのマドリッドにおいて「南極の鉱物資源開発に関する南極条約協議国特別会議」が開かれ、南極の環境を守り、人類の未来のために南極を有効に利用する観点から、南極地域における資源開発を少なくとも50年間禁止するとの議定書が承認されました。そして、このことが盛り込まれた「環境保護に関する南極条約議定書」を日本も受諾し、平成10年1月から発効しています。

3. 第1回目の南極航海へ

今でこそ南極地域には観光目的の旅行ができるようになりましたが、白嶺丸による南極調査の開始された頃は、地の果てというイメージが強かった時代です。南極地域に行くまでの途中の暴風圏の通過、南極海域における氷海の中での調査作業、気温・海水温とも氷点下という厳しい自然の中での調査など白嶺丸による調査にとって、かなりの困難

1) 地質調査所 海洋地質部

キーワード:白嶺丸, 南極調査



第1図 各年度毎の調査海域位置図.

と危険がともなうことが予想されました。そこで、南極地域石油基礎地質調査委員会が石油公団内に設けられ、調査の計画と調査船の安全運航などについて、大学、国立研究所、民間会社からの委員によって検討がなされることとなり、現在に至っています。当初よりこの委員会の委員長をつとめられているのが、当時東京大学海洋研究所所長であり、現在同大学名誉教授である奈須紀幸先生です。

昭和55年11月24日に多くの人に見送られ、第1回目の109日間の南極調査に向けて白嶺丸は船橋港を出港していきました。これ以降20年間にわたり、延べ人数にして調査団員395名、白嶺丸乗組員705名という数多くの人がこの調査に関係してきました。この中には10回以上白嶺丸による南極調査に参加した人もいます。

4. 調査航海

調査は、最初の9年間で南極周辺を一回りし、炭化水素資源的に有望とされる9つの堆積盆において概査が行われました。概査の結果に基づいて有望海域を絞り込み、さらに詳細な調査が行われ今日に至っています(第1図)。その間、地震探査装置を中心として調査機器の性能アップが行われてきました。第1回目の調査時には、震源の容量7.4リットル、反射地震波受波用のストリーマケーブルも12チャンネル(全長300m)であったのが、1997年以降は、それぞれ65リットル、240チャンネル(全長3,000m)に性能アップされてきました。堆積物の採取では、ピストンコーラーがTH80~TH85まで使用されてきましたが、TH86からはグラビティーコーラーが用いられるようになりました。白嶺丸調査の時

期は南極の夏にあたりますが、外気温は通常0℃前後であり、さらに強風の中では体感温度はもっと下がります。このような状況の中で作業を行うため、乗組員・調査団員とも甲板作業時には極地仕様の防寒具にがっちりとし身を固めて長時間の作業に耐えられるようにしました。特に、地震探査のためのストリーマケーブルの上げ下ろしには数時間を要することもありました(写真1)。

調査航海に出かける前に、予定海域の海象と氷況を予測しながら入念な調査計画を立てて調査に望みますが、それでも南極の厳しい自然に阻まれて調査計画の変更を余儀なくされたこともあります。TH93航海の後半調査では、ロス海の調査が計画されていましたが、ロス海の中は氷がなくなりすっぽりと開いていたものの、ロス海への進入路が氷に閉ざされたまま開かなかったため、調査海域がウィルクスランド沖に変更されました。白嶺丸はアイスクラスCの耐氷構造しか持っていないため、パ

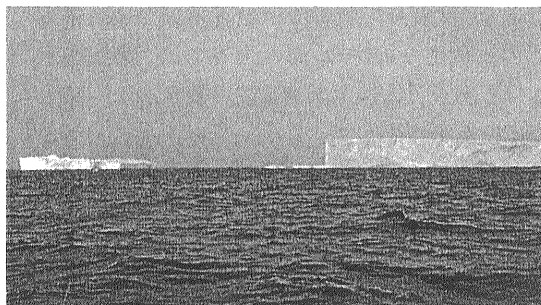


写真2 調査海域におけるテーブル型の冰山群。

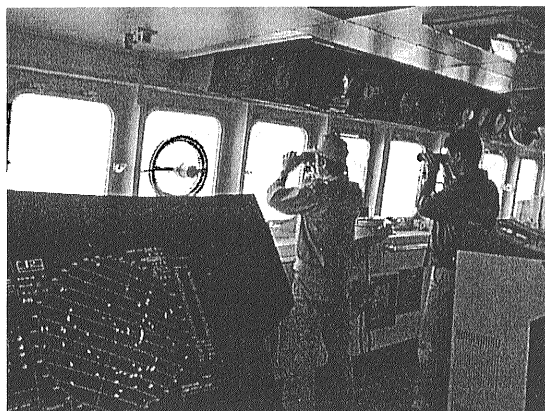


写真3 操舵室における冰山監視と操船作業の様子。手前のレーダー画面に冰山群が明るい点として映しだされている。

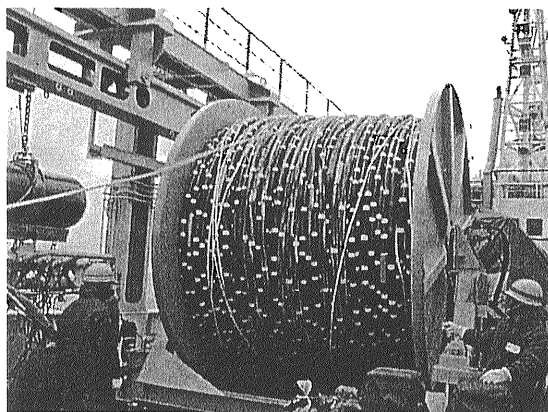


写真1 マルチチャンネル地震探査のためのストリーマケーブルの投入作業の様子。

ックアイス等の氷に阻まれて調査ができずに悔しい思いをしたことも数多くあります。調査中にしばしば天候の急変にみまわれたこともあります。TH93航海のウィルクスランド沖では、南極調査が始まって以来の暴風に直撃されています。最大瞬間で35m/s、最大平均でも30m/sという猛烈なものでした。この時には波高も10mに達しています。TH92航海のロス海の中では、南極大陸の冷気を含んだ南東からの20m/sを超える強風にさらされ、気温-6.5℃と波高7mを超える荒天下で船体への多量の着氷を見たこともあります。

新しい観測装置が導入された当初は、予想できないような様々な問題が発生しました。特に観測室外で使用するような装置にとって、外気温、海水温とも0℃前後の中では厳しいものがあります。故障発生時の白嶺丸乗組員による臨機応変な対応と、また問題解決のための創意工夫によって調査効率と取得データの質が保たれてきたといえます。南極海では大小さまざまな冰山が数多く漂っています(写真2)。そのような中、長さ3kmのストリーマケーブルを曳航しながら、決められた地震探査測線を保つためには高度な操船技術を要します。レーダー技術の発展により冰山の動きを予測できるようになったこともありますが、それ以上にこれまで白嶺丸独自の技術として蓄えられてきた氷海における操船技術がなければ、なしえないことでした(写真3)。地震探査装置の性能アップとともに、その都度それに用いる震源も規模が大きくなってきました。1997年からはGガン16台を震源として用

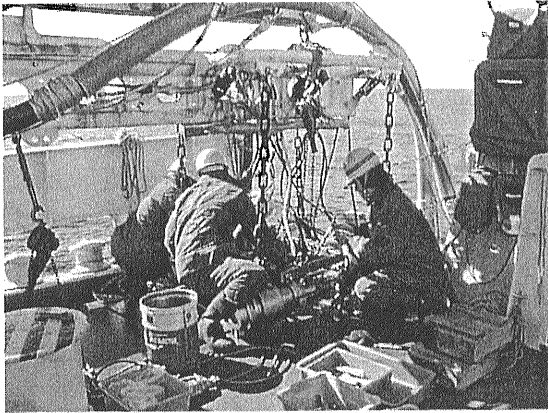


写真4 地震探査用震源であるGガンの点検作業の様子。左右両舷から16台のGガンがフロートに吊り下げられて海中を曳航される。

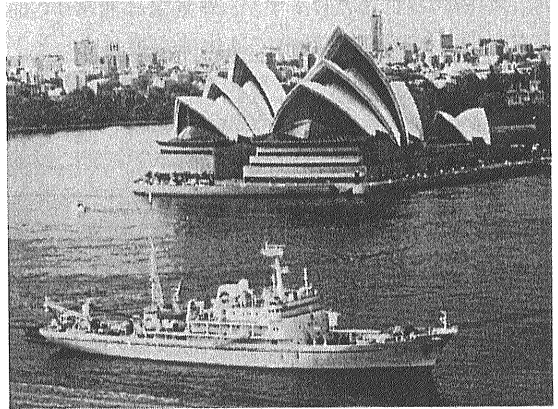


写真5 オーストラリア・シドニー港に入港する白嶺丸。

いています。当然、装置の保守もかなりの作業量と高度な技術を要するようになってきました。こうした中、白嶺丸乗組員の全面的な協力により、調査の維持ができてきたといえます(写真4)。

白嶺丸は日本を出航してから再び日本に帰るまでに110日前後の航海となり、途中外国の港に入港し、そこで燃料、食料、飲料水の補給が行われ、また調査団員の乗下船が行われてきました(写真5)。第1表にこれまでに白嶺丸が途中寄港した港と併

せて、調査海域における調査日数を示します。1997年には、日本出航後途中寄港地として、シンガポール-ケープタウン(南アフリカ)-バルパライソ(チリ)を経て日本に戻り、世界一周をしたことになります。日本から最も遠い調査海域である南極半島の東側とウェッデル海の調査では、調査海域における調査日数は全航海日数の約5分の1となってしまいます。

これまで20年間というもの、毎年正月は洋上で

第1表 白嶺丸による南極調査一覧表。

年度	航海名	海 域 名	調 査 期 間	調査日数	入 港 地
S55 (1980)	TH80	ベリングスハウゼン海	Nov. 24, 1980 - Mar. 12, 1981	30日	Wellington (NZ), Valparaiso (Chile)
S56 (1981)	TH81	ウェッデル海	Nov. 24, 1981 - Mar. 12, 1982	21日	Valparaiso, Valparaiso
S57 (1982)	TH82	ロス海	Nov. 29, 1982 - Mar. 11, 1983	34日	Sydney (AU), Lyttleton (NZ)
S58 (1983)	TH83	ウィルクスランド沖・スコット海盆	Nov. 25, 1983 - Mar. 8, 1984	34日	Sydney, Fremantle (AU), Sydney
S59 (1984)	TH84	エンダビーランド沖	Nov. 22, 1984 - Mar. 6, 1985	30日	Fremantle, Fremantle, Fremantle
S60 (1985)	TH85	クィーンモード・ランド沖	Nov. 22, 1985 - Mar. 6, 1986	24日	Singapore, Port-Louis (Mauritius)
S61 (1986)	TH86	アムゼン海	Nov. 22, 1986 - Mar. 6, 1987	24日	Honolulu, Valparaiso, Valparaiso
S62 (1987)	TH87	南オークニー諸島周辺海域	Nov. 23, 1987 - Mar. 7, 1988	21日	Valparaiso, Valparaiso
S63 (1988)	TH88	フランスフィールド海盆周辺海域	Nov. 24, 1988 - Mar. 6, 1989	24日	Papeete (Tahiti), Valparaiso
H1 (1989)	TH89	エンダビー海盆海域	Nov. 21, 1989 - Mar. 3, 1990	28日	Fremantle, Fremantle, Fremantle
H2 (1990)	TH90	スコット海盆海域	Nov. 26, 1990 - Mar. 8, 1991	38日	Fremantle, Hobart (AU), Sydney
H3 (1991)	TH91	ロス海盆海域	Nov. 25, 1991 - Mar. 6, 1992	42日	Sydney, Hobart, Sydney
H4 (1992)	TH92	ロス海東部海盆海域	Dec. 5, 1992 - Mar. 17, 1993	42日	Sydney, Hobart, Sydney
H5 (1993)	TH93	スコット海盆海域	Dec. 3, 1993 - Mar. 15, 1994	41日	Sydney, Hobart, Sydney
H6 (1994)	TH94	スコット海盆西部海域	Nov. 24, 1994 - Mar. 6, 1995	33日	Fremantle, Hobart, Sydney
H7 (1995)	TH95	ロス海ビクトリアランド海盆海域	Dec. 4, 1995 - Mar. 15, 1996	41日	Sydney, Hobart, Sydney
H8 (1996)	TH96	フランスフィールド海盆及び周辺海域	Dec. 12, 1996 - Mar. 14, 1997	32日	Papeete, Valparaiso
H9 (1997)	TH97	南オークニー諸島周辺	Nov. 24, 1996 - Mar. 13, 1998	21日	Singapore, Cape Town (South Africa), Valparaiso
H10 (1998)	TH98	デービス海	Nov. 20, 1998 - Mar. 9, 1999	35日	Fremantle, Fremantle, Fremantle
H11 (1999)	TH99	エンダビーランド沖東部海域	Nov. 21, 1998 - Mar. 9, 1999	35日	Fremantle, Port-Louis, Fremantle

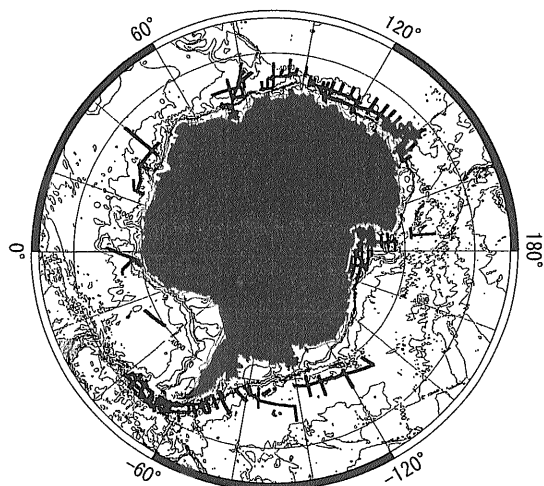


写真6 白嶺丸船上における正月の様子。
写真7 年末の船上もちつきの様子。

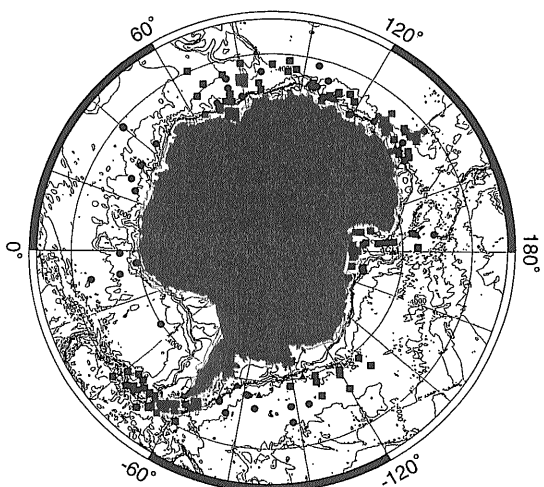
迎えてきました。白嶺丸ではこれまで、調査中でなければ1月1日に、調査中であれば日をずらして豪華なおせち料理が食卓に並べられてきました(写真6)。この日は暴風圏の航行中であることが多く、大しけの中、せっかくのおせち料理がテーブルから飛んでいかないように、それを両手でささえながらの食事となったこともあります。司厨の人達にとっては、年末の船上もちつきから正月が最も忙しい時期となります(写真7)。このほかにも、船上での成人式、節などの行事が航海中に行われ、長い調査航海中の気分転換のひとつときを与えてきました。

5. 得られた成果

次に白嶺丸の南極調査によってどのような成果が得られてきたのか簡単に述べます。第2図と第3図は、それぞれマルチチャンネル地震探査測線と海底試料採取点位置を示します。今年度TH99の調査も含めて、地震探査の総測線長は約49,000kmであり、赤道に沿って地球の周囲を1周以上する距離に達しています。海底堆積物の柱状採泥も176点で行われ、採取したコアの長さは600mになっています。これらは、調査終了後に処理・分析が行われ毎年解析報告書として報告されています。地震探査データの処理断面においては層序区分がなされ、各層序の地質時代の推定が行われ、さらに炭化水素資源のポテンシャル評価を行う上で欠かせない堆積物の層厚分布図も調査海域毎に作られてきました。柱状採取された海底堆積物については、堆積学的分析、微化石分析、古地磁気分析、絶対年代測定などが行われ、その結果は南極海における第四紀の古環境を推定するためにも使用されています。海山から採取された岩石から、南極



第2図 マルチチャンネル地震探査側線図 (TH80～TH99)。



第3図 海底試料採取位置図。

- ;ピストンコアラーによる海底堆積物採取点,
- ;グラビティコアラーによる海底堆積物採取点,
- ▲;ドレッジによる岩盤採取点。

大陸とオーストラリア大陸の分離初期に形成された海洋地殻についての新知見も明らかにされています。

前述のANTOSTRATでは、1990年の発足以来南極地域において氷床がどのように消長を繰り返してきたかを解明するための研究が国際的枠組みの中で行われています。その一つの取り組みとして地震探査断面から、過去の氷河の消長に関連する構造を読みとり地質時代の氷河の消長を解明す

る試みがなされています。その手始めとして、各国が持っているマルチチャンネル地震探査のデジタルデータの利用がより簡単になるようにCD-ROM形式のSDLS (Seismic Data Library System) の作成が主要国間で行われ、1988年までの石油公団の地震探査データもこの中に含まれています。

6. おわりに

20年間に及ぶ白嶺丸による南極調査も、1999年度の調査をもって終了ということになりました。2000年には、この調査によって得られた諸データの処理・解析と過去20年間のデータを用いたデータライブラリ作成が予定されています。石油公団が実施してきた白嶺丸による南極調査によって、膨大な量の地質学的・地球物理学的のデータが得られています。この間、イタリア、ドイツ、ロシアをはじめとする諸外国も地震探査を中心として海域の調査を行い、それらのデータは徐々に公表されてきてい

す。これら全てのデータを利用してさらに解析を進めることにより、南極周辺堆積盆における炭化水素資源評価の精度を一段と高めることができると考えられます。南極大陸はかつて、オーストラリア、南米、アフリカとともに超大陸であるゴンドワナランドを形成していましたが、それが分裂し、引き続く海洋底の拡大によって現在のような姿になったと言われています。その地史を紐解く上でも石油公団のデータは、重要なものになると考えられます。今後は、以上のような観点からのさらに一歩進んだとりまとめとともに、白嶺丸による南極調査によって得られた貴重なデータとこれまでの成果のより広範な普及が重要になってくるのではないのでしょうか。その上で、白嶺丸に代わる南極調査が再開され、今まで以上の成果をあげることができるようになれば素晴らしいことだと思います。

MURAKAMI Fumitoshi (2000) : Antarctic Survey by R/V Hakurei-maru Fumitoshi Murakami.

<受付：2000年4月7日>



同じ“マルチ”でも・・

マルチナロービーム測深装置

(Multi-Narrow-Beam Echo Sounder)

海底地形を調べる音響測深装置の一種である。

マルチナロービームは、Multi-Narrow-Beamのことで、多数(複数)= Multiの、細く絞り込まれた音波の束=Narrow-Beamの音波である。1980年代初めころから使われるようになった音響測深方法(装置)のことで、それまでの測深技術の精度と効率を飛躍的に向上させた技術である。それまでは、船底から下方に向かって、やや広がりのある(あまり指向性が良くないという意味)高周波音波(3.5kHz~30kHz)を放射し、それが海底から反射してくるまでの時間を測定して水深に換算する方法だった。これでは航跡に沿った船の直下の水深しか測れなかった。マルチナロービーム技術では、船底に特別な配置で並べられたトランスデューサーと受信器を使い、航跡の直交方向に扇状に同時に多数の音波の束を放射し、それぞれの方向から反射してくる信号の時間を別々に測定することができるようになった(扇状の方向に角度で1~2度程度の刻み毎に音波の方向が識別出来る)。これによって、航跡に沿って帯状(二次元)の範囲で海底地形が測定出来るようになった。畝に突った穀物を刈り取るように、海底地形

がわかるので、マルチナロービーム測深のことを、スワスマッピング(Swath: 畝の刈り幅, Mapping)とも呼ばれている。最新のスワスマッピングでは、水深だけではなく海底の底質に応じた音響画像も取得できるなど、機能が多様化している。スワス幅は、水深の数値の数倍程度で、測定間隔は水平方向に100m程度というシステムが一般的である。

マルチチャンネル地震探査

(Multi-Channel Seismic Profiling)

調査船の船尾から曳航する、低周波(数十Hz~百Hz)の爆発音源(高圧の圧縮空気を使ったエアガン、ウォーターガンなどと呼ばれる装置)と、数百mから数kmの長さのハイドロフォンストリーマーと呼ばれる受信器を使って、海底下の地層構造を航跡に沿った鉛直断面図として出力するための探査技術のこと。曳航されるハイドロフォンストリーマーは、その中に等間隔に数十から数百チャンネルの受信器(ハイドロフォン: 水中マイクロフォン)が内蔵されているために、マルチチャンネルストリーマーと呼ばれる。従って、マルチチャンネルストリーマーを使って行う地質学的地層探査法という意味である。原理的にも、得られる画像パターンも、医療検査で使われる超音波エコー診断に似ている。観測する対象が人体なのか地球なのかの違いである。マルチチャンネル音波探査ともいう。また、日本語読みでは「マルチチャンネル」ということも多い。(岸本清行)