

後志海山の地形地質とテクトニクス

竹内 章*¹ 田中武男*²

中期更新世の海底火山である後志海山の地形および表層地質について、マルチナロービーム測深、サイドスキャンソナー探査、「しんかい2000」による2回の潜航調査を行った。この海山は、枕状溶岩・塊状溶岩・ハイアロクラスタイトなどからなる成層火山錐体であり、山頂部は波食による平坦化を受けている。山体南側斜面の上部には2系統の正断層群が分布し、NNW-SSE系はその雁行配列から基盤に南北性の左横ずれ断層の存在を示し、NNE-SSW系は主に山体の自荷重に起因する地溝を形成している。こうした山体の変形は、①基盤が南西に傾斜していることだけでなく、②ENE-WSW方向に主張力軸をもつテクトニックな区域応力場(西北海道三角帯)を反映している。

Geomorphology, geology and tectonics of the Shiribeshi Seamount, northern Sea of Japan.

Akira TAKEUCHI*³ Takeo TANAKA*⁴

Tectonic features of the middle Pleistocene submarine volcano, Shiribeshi Seamount, are analyzed on the basis of the results of multi-narrow beam bathymetry and side-scan sounding followed by the submersible surveys in 1989 (dives 440 and 442 by "SHINKAI 2000"). The volcanic cone is composed of pillow lavas, sheet flows and hyaloclastites of both basalt and andesite, and is topped by a wave-cut flat. Two orientation groups of normal faults were developed on the upper, southern and southwestern flank. North-south-ery echelon array of NNW-SSE system indicates a sinistral shear by subsurface faulting due to regional stress state within "the West Hokkaido Triangle". Another graben system in a NNE-SSW trend was also observed, whose origin can be attributed to deviatoric load of the cone because of original slope of the basement surface.

* 1 富山大学教養部

* 2 海洋科学技術センター

* 3 Dept. Geology, College of Liberal Arts, Toyama Univ.

* 4 Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

1989年年度に実施された「しんかい2000」による日本海奥尻海嶺海域の潜航調査の一環として、9月12日および9月14日、同海嶺の東方にある後志舟状海盆に隣接した後志海山の山頂部と南西斜面において、火山および断層の変動地形と活構造を目的に2回の潜航調査(第440, 第442潜航)が行われた。両潜航による調査ルートは連続しており、南西側山腹(北緯43°34′東経139°32′水深870m)から山頂(北緯43°35′東経139°33.3′水深115m)までの区間で、目視観測と岩石サンプリングが行われた。

同時に、海洋科学技術センター海中作業実験船「かいよう」による日本海北部調査の一環として、地形・地質調査(DK89-4-OKJ)が実施され、この海域で初めてのマルチナロービーム測深(シービーム)、サイドスキャンソナーおよびTVカメラの曳航調査が行われ、大きな成果を挙げた(結果の詳細は別途報告される)。後志海山については、1989年9月6日から9日にかけて、シービーム地形調査とソナーの曳航調査が実施され、奥尻海嶺海域の潜航調査に先立つ事前調査としても非常に有効であった。図1, 2にシービームによる後志海山の地形図を示す。

潜航調査の結果、後志海山の上部で新鮮な溶岩流およびそれらを切る断層を発見・観察し、岩石標本を採取することができた。小文では、調査結果とそのテクトニックな解釈について述べる。

2. 後志海山の地学的位置

北海道積丹半島北西約70kmにある後志海山は、東北日本弧の北端を限る寿都構造線(竹内・田中, 1989)のほぼ真上にある海底火山である。東海大学丸Ⅱ世による地形・地質調査によって、山体西斜面上部(北緯43°35′東経139°33.3′水深300m±30m)から、0.9±0.2Maを示す橄欖石普通輝石安山岩が採取されている(Tsuchiya et al., 1989)。

東北日本弧内帯に属する西南北海道陸域では、およそ8Ma頃に東西引張性から転換した応力場が、現在まで継続しているとみられる(山岸ほか, 1986)。宇佐美(1987)によれば、積丹半島沖後志海山周辺では、1792年(北緯43.3°/4′東経

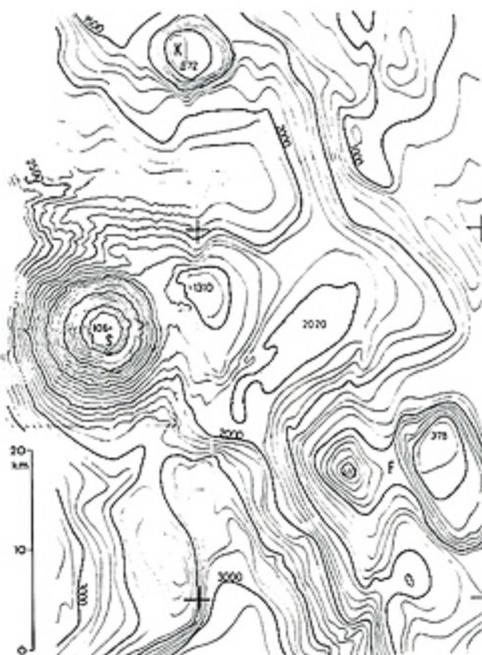


図1 後志海丘群の地形
S: 後志海山, K: 北後志海丘, F: 二子海丘。
等深線は100m 間隔。

图中、左中の枠内は海中作業実験船「かいよう」による日本海北部調査(DK89-4-OKJ)のマルチナロービーム測深データによる。海上保安庁水路部発行100万分の1海底地形図第6311号「北海道」の一部使用。

Fig. 1 Topography of Shiribeshi Sea Knolls
S: Shiribeshi seamount, K: Kita-Shiribeshi Knoll, F: Futago Knoll.

Compiled from the data of multi-narrow beam bathymetry by KAIYO DK89-4-OKJ cruise and MSAJ 1:1000000 submarine topographic map No. 6311. Contour interval 100m.

140.0°M7.1), 1940年(北緯44.25°東経139.47°M7.5)などの浅発・津波性のスラスト型地震が起きており、新生プレート境界とみられる日本海東縁変動帯の短縮テクトニクスに起因するとされている(小林, 1983;中村, 1983;など)。

図3はSEIS-PC(石川ほか, 1990)によって出力した、1792年から1982年にわたる期間における北海道西方沖の浅い地震の分布である。図2下の断面図では、構造帯を境にして北東と南西では地震活動の深さ分布が急変し、北東側では深さ20km以浅の地震が多く、また深さ30~40kmの地震が少ないように見えるが、比較的規模の大きい地震(M6~7)は、この寿都構造線沿いの

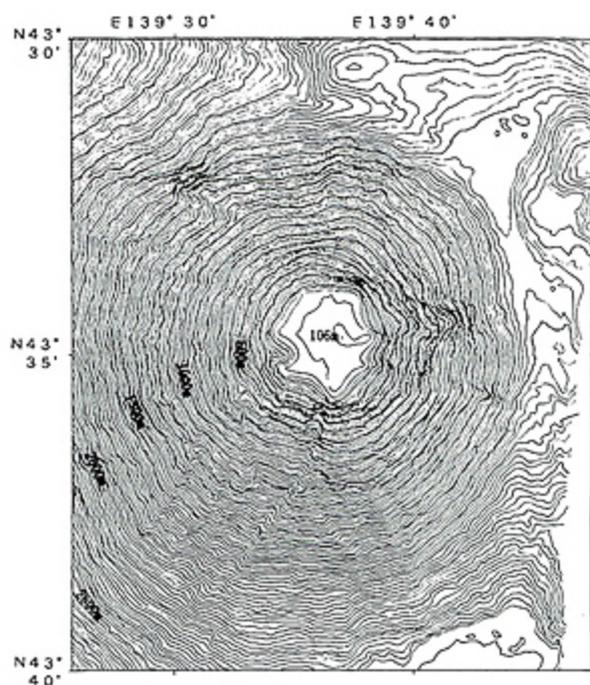


図2 後志海山の地形

海洋科学技術センター海中作業実験船「かいよう」による日本海北部調査 (DK89-4-OKJ) の結果 (マルチナロービーム測深データ) から編図。等深線は20m 間隔。

Fig. 2 Morphology of Shiribeshi Seamount.

Compiled from the multi-narrow beam bathymetry by KAIYO DK89-4-OKJ cruise. Contour interval 20m.

「空白域」で発生している。後志海山東方・留萌沖では地震の集中域が認められる。ここで、1959年に発生した地震 (深さ33km, M6.2) が正断層型 (Ichikawa, 1971) であることは興味深い (後述)。

3. 事前調査結果

潜航調査の事前および事後に、「かいよう」 (深海研究グループ) による海底調査 DK89-4-OKJ のデータ、とくにシービーム測深図およびサイドスキャンソナーイメージの判読を行った。その結果を後志海山の地形地質について記載的に要約すると以下の諸点が指摘される (図4 参照)。

①後志海底火山は、錐体下部の南西半分が北東側よりも大きく、火山麓扇状地を含む山体基底深度が、西半分は水深約3000m、東側は1800m付近にある。これは、火山体が南西落ちの段差を持つ

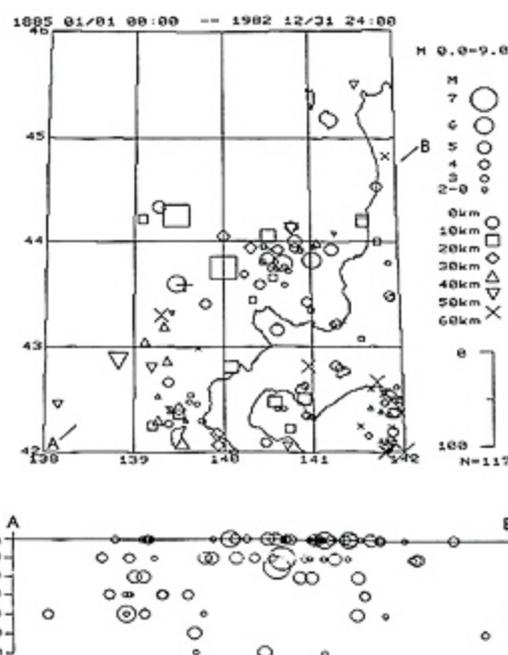


図3 後志海山周辺の地震分布

SEIS-PC Version 2.50 (石川ほか, 1990) による1885年から1982年の震源分布を示す。1792年 (北緯43°3/4'東経140°M7.1) を追加してある。プラス印は後志海山の位置。下はA-B投影断面。[この地域の震源位置・深度には決定精度に問題があることに留意すること]

Fig. 3 Seismicity Map

Seismicity during the period from 1885 to 1982 with an addition of 1792 off-Shakotan Peninsula Earthquake (M7.1). Cross: Shiribeshi Seamount. Bottom) vertical projection along Line A-B. [Remarks: Location accuracy of epicenters is rather low than that of the other areas in Japan.]

寿都構造線の斜面上に、破碎帯を覆って形成されたからである。火山麓扇状地は西側のみに発達しているが、この部分を除くと山体の本体は半径約5kmとなり、この体積だけで富士山に匹敵する (400km³)。

②山体頂部はほぼ水平な平坦面 (水深115m, 東西3.1km, 南北3.5km) となっている。平均水深が130mであることから、本州島の大陸棚外縁と同様、氷期の海面低下時の波浪侵食と火口の埋立てにより山頂部が平坦化され、晩氷期の海面上昇により沈水したのであろう。中央火口凹地は認

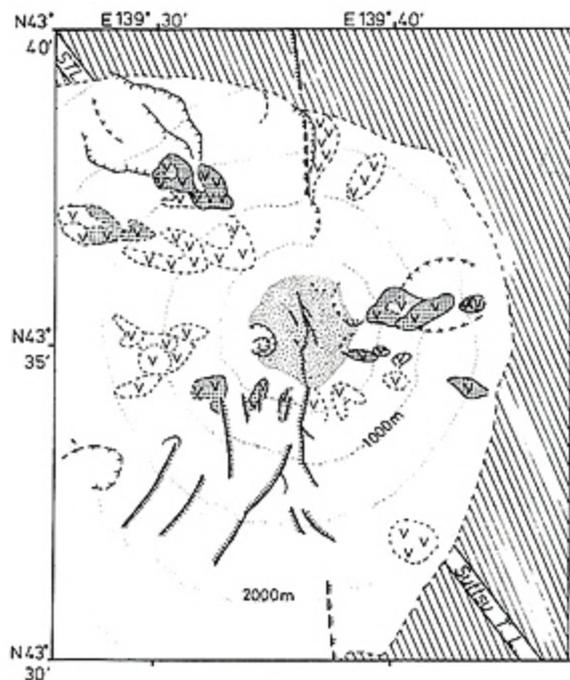


図4 後志海山の地表地質構造

砂目：山頂平坦面。地形図およびソーナーイメージから判読された溶岩流（アミ部は地形的により新鮮）、崩壊地形、断層崖（ケバは落下側）を示す。斜線部は海底火山の基盤（斜線の方向は火山体直下の基盤斜面の走向）、二重線は寿都構造線（構造帯の西縁）とその延長（STL）を示す。

Fig. 4 Surface geology and structures
lava flows (shaded : more fresh) .
collapsed cliff, fault scarp are shown.
Dotted : summit flat, Stippled : basement.
Double line : Sutsu Tectonic Line and its
elongation (STL) .

められない。平頂部外縁は崩壊により多角形を呈する。東西両縁に直径1 km程度の馬蹄形カルデラがあり、とくに西側のカルデラ地形は明瞭である。

③ソーナー探査により山頂平坦部に比高10~15mの低断層崖の存在が認められた（図5）。上述のように平坦面の時代が最終氷期の海面低下による侵食が原因とすれば、断層の成因としては一過性の地滑りと繰り返し活動する活断層の2つが考えられる。

④山腹には明瞭な放射谷が認められない。これは、侵食による開析が殆ど進んでいないか、または堆積物による被覆・埋積によるとみられる。美

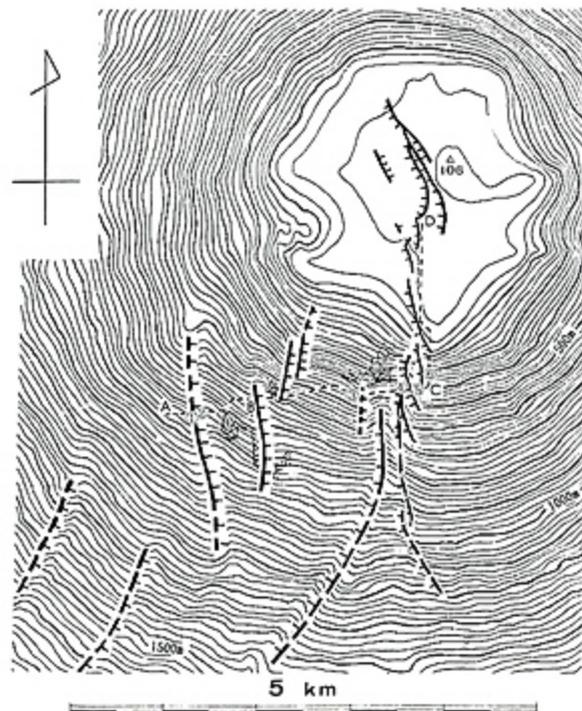


図5 潜航調査ルート

サイドスキャンソーナーによって観測された断層崖・溶岩流地形を示す。ケバ付きの太線：断層およびリニアメント（実線部はソーナーイメージで観測、破線部は地形図より推定）、細い破線部は潜航調査（440、442）のルート。①~⑥の番号は露頭写真（図版）の番号に対応する。地形基図は図2の一部を拡大。等深線間隔20m。

Fig. 5 Route Map of dives 440 and 442
Fault scarps and lava flows are shown. Thin dashed line : surveyed route by SHINKAI 2000. Numbers①~⑥ : camera-shot localities of Photos 1 to 6. Contour interval 20m.

しい円錐形の成層火山であるが、中腹の平均傾斜は西側が緩く16°、東側は25°と山体は基盤とは逆に東に傾いている。山腹北西斜面の基部では大規模斜面崩壊が認められる（幅約3 km、長さ約5 km）。

⑤シービーム測深図（地形図）から地形的に新鮮な溶岩流の高まりが判読された（図4）。その一部はソーナー探査によっても溶岩であることが観測され、さらに今回の潜航調査（後述）によって視認された。新鮮な溶岩流の高まりが北東半分に多く、なかでも相対的に急傾斜の東側に多い。これは、緩斜面側では表層堆積物に覆われているた

めであらう。

⑥火山体斜面は概観すると滑らかであるが、局部的に南西斜面には数条の断層崖が認められ、それらは浅く広い谷地形（幅約3km）を形成して階段状の地溝となっている。個々の断層崖はやや弧状をなし、NNW-SSE系、NNE-SSW系ともに上方に向かって見かけの走向が南北に近づく。ただし、西および東斜面下部の南北性断層リニアメントは直線的である。

⑦今回の事前調査で観測・推定された断層は、先に東海大学丸Ⅱ世による第2次奥尻海嶺調査の際に、PDR測深から推定されていた断層（渡辺ほか、1988）に相当する。ただし、分布する位置や走向などは異なる。

4. 後志海山南西斜面の潜航調査結果

2回の潜航調査は、第440潜航の観測を竹内章が、第442潜航の観測を田中武男が担当した。前述のように後志海山の事前調査結果から推定された南西山腹の断層崖および山頂部の断層崖を現地で確認するとともに、山腹の溶岩原と構成する溶岩塊・溶岩流・山頂部の塊状溶岩や平坦面の砂質碎屑物などを観察し岩石標本の採集を行った。

第440潜航（図5、地点AからBまで）では、地溝内部で地溝全体の走向とは斜交する2条の東落ち正断層が確認された。そのうち第1の断層（見かけの走向NNW-SSE、水深1300~600mまで長さ約3km）を水深840m付近で重点的に観察した。断層崖の比高は45~50m、周囲は泥底水深870mから720mまでにかけての海底は、断層崖を除いて表層泥質堆積物の被覆が比較的厚く、断層崖で観察された溶岩流の年代は相応に古いことが判る。

溶岩流を切り比高45~50mに達する断層崖の上縁（828m）では、変位量の小さな正断層や地割れが観察され、また断層崖上部も断層による階段状である。崖面では枕状溶岩（写真1）を含む大小の溶岩塊が密集しており、中部に塊状溶岩の巨塊が見られる（写真2）。また、崖の下部は比較的小さいサイズの揃ったクリンカーと崖錐がみられる。第2の断層崖上縁は、第1断層崖と比べて肩が丸くなだらかである。

これらの断層崖から離れた場所は、大部分が転

石の少ない泥質の平坦な緩斜面であるが、数箇所では火山錐体斜面の最大傾斜方向に細く帯状に断続する新鮮な溶岩の転石帯が観察された。この転石帯の斜面上方には事前ソーナー探査で観測された断層が位置しており、転石はここから転落してきたものらしい。

第440潜航の離底地点から調査を継続した第442潜航（図5、地点BからDまで）では、水深約600mの海山中腹をほぼ等深線に沿って航走し、事前ソーナー探査で観測された溶岩流を横断し、これが枕状溶岩からなることを確認した（写真3）。後志海山で最長の西落ち断層崖（水深2100mから山頂平坦面まで、少なくとも長さ約8km、走向NNE-SSW）を水深430m付近で横切った（図5、地点C）。比高33mのこの崖は、柱状節理（写真4）の発達した新鮮な塊状溶岩と角礫岩の互層の露頭であり、数枚のフローユニットが認められ、表層では枕状溶岩が観察された。絶壁の上縁は尾根状であり、泥質堆積物の被覆はない。断層崖上縁に沿って頂上に向かう途中、崖の走向に平行な破碎帯、走向NNW-SSEで東落ちの低断層崖、節理などが観察された（図5、地点CからD）。節理はNE-SW系とNNW-SSEないしNW-SE系が顕著で、両者が矩形をなすことが多い。NNW-SSE系の平行節理が発達する部分では、これに斜交するN-S系剪断節理も認められた（写真5）。

水深350m付近から凹地の底質は細礫質（写真6）に変わり、山頂平坦面は中粒砂の海底であった。これは波浪侵食による平坦化作用で説明できる。平坦面を切る低断層崖は比高15m程度で、随所で小規模な斜面崩壊を起しているが、直線的によく連続している。岩石標本としては、2回の潜航により玄武岩・含橄欖石玄武岩質安山岩・安山岩・角閃石安山岩・デイサイトなどが採集された（表1）。山体の上部と下部とで岩石種の組合せが異なり、上部は角閃石安山岩〜デイサイト質、下部は玄武岩質岩石が主体である。この境界は地形的にも傾斜変換線となっており、今回調査した南側山腹では水深700m付近であるが、西側で水深600m、東側で800m付近にあるとみられる。

表1. サンプルリスト

「しんかい2000」調査第440, 442潜航で採集された岩石標本の諸元。標本番号, 肉眼鑑定による岩質, 立体サイズ, 重量, 円磨度 (A:角礫 SA:亜角礫), 備考 (肉眼鑑定による斑晶鉱物・マンガン酸化物被覆の有無, その他) の順。

Table 1. Sample List

Rock samples collected by "SHINKAI-2000" Dives (440, 442) at the Shiribeshi Seamount are listed. RD: roundness (A: angular; SA: subangular). Mn-coat: presence of coating by manganese oxides.

Sample No.	Depth	Lithology	3D Size (cm)	Weight (kg)	Rd.	Phenocryst	Remarks	Mn-Coat.
D440-1	835	melanocratic And.	21.0*15.5*9.0	3.3	A	Pl>> Bt, Hb(?)		+
D440-2	796	Ol-basalt	15.0*13.5*13.0	2.9	A	Ol, +Cpx?		-
D440-3	734	Ol-Pl basaltic A.	16.5*13.5*10.0	3.4	SA	porous	1cm	
D440-4	734	Ol-Pl basaltic A.	27.0*14.0*14.0	4.1	A	+Hb; compact		+
D442-1	555	melanocr. Hb And.	14.0*12.0*11.0	2.1	A			-
D442-2	542	Dacite	20.0*15.0*10.0	3.7	A	Hb, Pl, Qtz, zc(Ol)		-
D442-3	472	Ol basaltic And.	14.0*9.5*9.0	1.0	A			+
D442-4	472	Ol Andesite	19.0*11.5*8.5	1.4	A	Bt; leucocratic		-
D442-5	467	Ol Andesite	21.0*12.5*12.0	1.9	A	Pl>>Hb		-
D442-6	363	Hb-Bt Andesite	43.0*25.5*15.5	15.4	A	Ol?		-
D442-7	275	Dacite	24.0*18.0*11.5	3.1	SA	covered by coral		-

Ol:olivine, Pl:plagioclase, Bt:biotite, Hb:hornblende, Qz:quartz, zc:zenocryst

5. 観察事実のまとめ

- ①後志海底火山は, クリンカーをもつシート状溶岩流・枕状溶岩流・崩壊堆積層などからなる成層火山である。側火口や寄生火山の分布に明瞭な卓越方向は認められない。
- ②山体の外形はやや非対称で東側斜面が急傾斜で短い。ただし, 山頂の平坦面は水平。山体南側上部には見かけの走向 NNW-SSE 系と NNE-SSW 系の2系統の断層があり, それぞれに異なる特徴がある。
- ③NNW-SSE 系の断層は, 比較的短い (長さ 1 km 以下) 高角断層が“ミ”型を呈してほぼ南北方向に雁行する。各断層 (セグメント) は S 字形を呈し, 縦ずれセンスは西落ちが卓越する。比

高は 5 ~ 15m である。平頂部や山腹上部に分布し, 局部的に幅 300m 程度の地溝状凹地や地塁を形成している。

- ④NNW-SSE 系の断層は西落ちと東落ちの縦ずれがあり, 比高は 30 ~ 50m に達する。全体として南西の山腹に幅 2.5km 程度の地溝状凹地を形成している。山頂部の平坦面ではこの系統の断層は見られない。ちなみに, 断層面の真の傾斜は不明であり, 西落ちの断層崖は NNW 系の, 東落ちは東西走向の傾斜断層である可能性も残されている。
- ⑤NNW-SSE 系の断層は一部の NNE-SSW 系断層を切っている。逆のケースは見当たらない。前者は後者にくらべて断層崖の比高が大きい。前者は山体のより上部まで変位させている。したがって,

両者に同時性・共役関係は認められず、NNW-SSE系がNNE-SSE系よりも相対的に若い。

6. 断層に関する考察

竹内・田中(1989, 図3)が予想したとおり、“ミ”型の雁行断層群が確認・観察されるとともに、新たな断層系も発見された。現段階で、より単純な解釈を行うためにこれらの断層が高角であることを仮定して考察を試みた。

事前調査を含む今回の調査結果から、地形構造および断層の成因について以下の点が指摘される。

①後志海底火山の山体を切って“ミ”型雁行するNNW-SSE系断層群の南北延長には、火山体下部や基盤に南北性断層リニアメントが地形的に認められ、山体を2分するほぼ一直線上に乗る。したがって、火山体の基盤にある寿都構造線(走向N40°W)とは斜交する南北走向の左横ずれ断層(全長約20km)が伏在すると考えられる。中期更新世の山体形成以降、この断層の活動により山体南部が側方に伸長する歪みを生じている。平頂部の形成年代を晩氷期としてみると、縦ずれ成分の平均変位速度はおよそ15m/1.5万年であり、正味の変位速度ではA級活断層になる。同程度の横ずれセンスで最近の50万年間活動していると仮定すれば、0.5km程度の左横ずれ変位が累積することになるが、地形図ではこのような変位地形を認めることはできない。

②NNW-SSE系とNNE-SSW系の二つの高角正断層系は別個の断層系であり、縦ずれ成分だけ見てもそれぞれが東落ち・西落ちの共役断層系からなる。南北系基盤断層や山体上部のNNE-SSW系断層群は山体外形とは無関係であるため、テクトニック応力場を反映しているとみられる。主応力軸配置は水平最大圧縮主応力軸方位がN30°W前後で、最小主応力軸はこれに直交する。

③地溝の成因：山腹の地溝が基盤斜面(寿都構造線)と直交しないのはなぜだろうか？ まず、低角の地滑り面の形成による単純な斜面崩壊では、後志海山南西山腹に見られるような地溝状凹地は形成されない。ここではむしろ二重山稜的な重力性断層と見るべきであろう。

火山体の基盤となっている斜面が南西に傾斜していることから、山体南西部に自荷重が偏る応力集中が起こっていると考えられる。この場合に生じる山体内の主圧力軸は、基盤斜面の傾斜と同じ方位に向くことになる。一方、上記①②のように、山体だけでなく基盤までを切る断層が存在することから、これを活動させている広域テクトニック応力場も同時に存在していることになる。

そこで、両者(テクトニック応力場を反映した局所的応力状態)を考えることにより、地形に認められる断層リニアメントの分布が山体南西部分に局在していること、地溝状凹地の形成、NE-SW系高角節理系の形成などが統一的に説明できる。すなわち、南西山腹の地溝が基盤斜面の傾斜方位に向いていないのは、山体が斜面に寄り掛かっていることにより生じている応力がテクトニック応力と合成されて、地溝を形成した山体内の主圧力軸の方位はSSWを向いたものと解釈した。

④南北性基盤断層の成因：②で述べたテクトニックな主応力軸配置は一定の広域性(区域性)があり、利尻火山一渡島大島一黒松内の三角帯は、第四紀を通じて水平圧縮軸がNNW-SSE方向、水平引張軸がENE-WSW方向にあったとみられる(竹内・田中, 1989の図9参照)。Ichikawa(1971)によれば、1959年11月8日の留萌沖の地震(M6.2, 深さ33km)は、主圧力軸より主張力軸(N60°E29°)が水平に近く、正断層型であった。したがって、この正断層型の主軸配置は、地殻表層に限らず地殻全体に及んでいること、また、新生プレート境界の活動とされる積丹半島沖地震の主軸配置(スラスト型)とは90°異なることに注意する必要がある。

プレートの収束境界ともみられるこの地域において、正断層型の応力区が存在は多少とも奇異に思えるので、この応力区を西北海道三角帯と呼ぶことにする。西北海道三角帯は、石狩低地帯に代表される従前の北米—ユーラシアプレート境界と、短縮テクトニズムで特徴づけられる日本海東縁変動帯(新生プレート境界の候補)、東北日本弧プロバターの北端に挟まれた地帯である。プレート収束域における展張性応力区の成因としては、①沈み込みに先立つ下盤の曲りまたは沈み込みを

受ける上盤側の内部変形,あるいは,②東北日本弧と千島弧の力学的結合状態(千島弧の衝上による曲げ,太平洋プレートのスラブの尾根状カスプの形成,島弧会合部のマグマ活動やマントルブルーム)などが考えられる。これらを詳しく解明することは今後の課題である。

7. 結 論

今回の調査により,後志海山の山体を構成する溶岩類ならびに2系統からなる正断層群が観測された。これらの断層群は,山体基盤の傾斜とより広域的なテクトニック応力場を反映している。とくにNNW-SSE系は南北方向に雁行し,大局的には渡辺ほか(1988)により推定された正断層に対応づけられる。

採取した岩石標本の,化学分析・年代測定などについては現在進行中であり,火山活動についての考察なども後日別途に報告する。今後は,後志海底火山発達の場合について,岩石化学も考慮したよりテクトニックな解釈を加えることが課題である。とくに西北海道三角帯の応力区は,寿都構造線にほぼ直交する側方引張応力で特徴づけられ,東西両側の東西性短縮テクトニズムとの関係が興味深い。

謝 辞

1989年9月に実施された「かいよう」および「なつしま」・「しんかい2000」による一連の日本海北部の海底調査の際,両船の船長・司令ほかクルーや潜航部のスタッフなどすべての方々に研究作業と船内生活の両面でお世話になった。厚くお礼申し上げます。また,船上作業を分担し種々ご教示頂いた乗船研究者徳山英一・宮下純夫・徐垣・倉本真一・石井次郎・嵯峨山積の各氏と調査補助の学生諸君,諸観測およびデータ解析でご指導とご援助を頂いた堀田宏・門馬大和・大塚清・松本剛・溝澤巨彦・藤倉克則各氏ほか海洋科学技術センター深海研究グループの方々にも深く感謝致します。

参 考 文 献

Ichikawa, M., 1971. Reanalyses of mechanism of earthquakes which occurred in and near

Japan, and statistical studies on the nodal plane solutions obtained, 1926-1968. *Geophys. Mag.*, 35, 207-274.

小林洋二, 1983. プレート沈み込みの始まり, 月刊地球, 3, 510-518

中村一明, 1983. 日本海東縁新生海溝の可能性. 地震研彙報, 58, 711-722

石川有三・松村一男・横山博文・松本英照, 1990. SEIS-PC Version 2.50.

竹内章・田中武男, 1989. 北部奥尻海嶺の活構造. 海洋科学技術センター試験研究報告, 73-83

Tsuchiya, N., Ishii, J., Yamazaki, T. and Shuto, K., 1989. A newly discovered Quaternary volcano from northeast Japan Sea: K-Ar age of andesite dredged from the Shiribeshi Seamount. *Jour. Min. Petr. Econ. Geol.*, 84, 391-397.

宇佐美龍夫, 1987. 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 435p

渡辺寧・石井次郎・石垣達也・坂本泉・山崎哲良・周藤賢二・宮下純夫・保柳康一・田村真一・岡村聡・前田仁一郎・土屋信高・嵯峨山積, 1988. 日本海北東縁後志海山に認められた正断層, 東海大学札幌教養部彙報, 8, 113-116

Shimazaki, K., Kato, T., and Yamashina, K., 1978. Basic types of internal deformation of the continental plate at arc-arc junctions. *Jour. Phys. Earth*, 26, Suppl., S69-S83.

(原稿受理 1990年7月6日)



写真1 NNW-SSE系断層崖の枕状溶岩および水中自
破砕溶岩（第440潜航，水深851m）

Photo. 1 Basalt pillows and hyaloclastite in the mid
cliff of NNW-SSE normal fault
(Dive 440, 851m water depth)

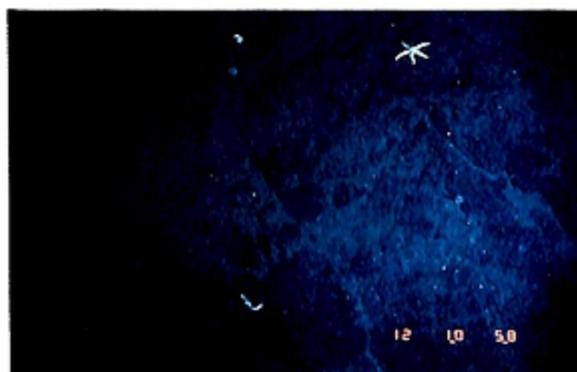


写真2 断層崖にみられる塊状溶岩（第440潜航，水
深850m）

Photo. 2 Massive lava at the same fault cliff as
shown in Photo 1.
(Dive 440, 850m water depth)

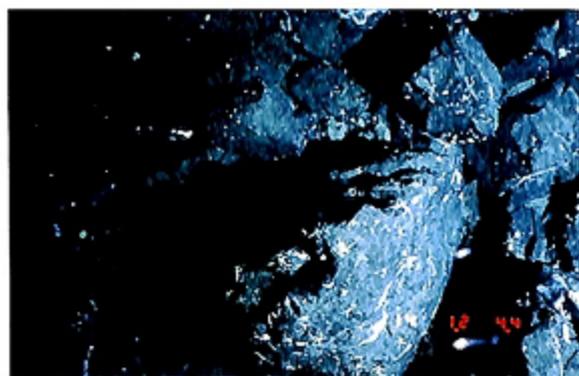


写真3 枕状溶岩
（第442潜航，水深532m）

Photo. 3 Basalt Pillows
(Dive 442, 532m w. d.)



写真4 塊状溶岩の柱状節理
(第442潜航, 水深535m)

Photo. 4 Columnar joints in massive lava
(Dive 442, 535m w. d.)

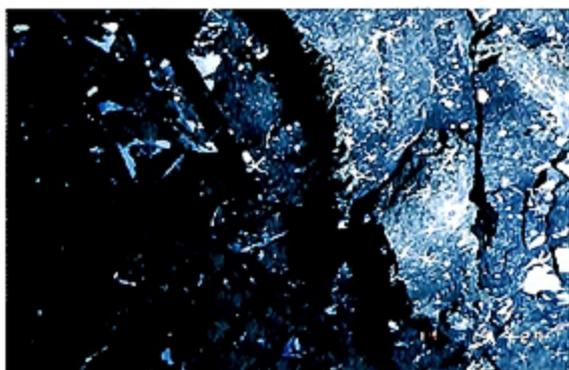


写真5 引張節理と剪断節理

NNW-SSE系の一部は開口して急崖をつくる, これに斜交するN-S系にはわずかながら左ずれの変位が認められる(第442潜航, 水深467m)

Photo. 5 Tension and shear joints.
NNW-SSE joints are often opened to form high cliff. Another in a N-S trend shows small amount of left lateral displacement.
(Dive 442, 467m w. d.)



写真6 山頂平坦面の中粒砂～細礫質海底(第442潜航, 水深311.5m)

Photo. 6 Sandy to granular floor on the summit flat
(Dive 442, 311.5m)