

有人潜水調査船しんかい 6500 によって明らかになった釧路海底谷西壁の地質構造

川村喜一郎^{1,*}

Kiichiro Kawamura (2010) Geologic structures in the west wall of the Kushiro Submarine Canyon revealed using the manned-submersible SHINKAI6500. Bull. Geol. Surv. Japan, vol. 61 (3/4), p.137-145, 5 figs, 2 tables.

Abstract: Two Shinkai 6500, human occupied vehicle (HOV) dive surveys were performed on the sidewall in the Kushiro Submarine Canyon, off Tokachi, NW Pacific Ocean. These dives, 6K#1033 and 6K#1035, allowed observation of the geologic architecture of the Kuril trench. Samples from the canyon wall provide examples of deformation textures of fault-zone rocks and associated measured uniaxial compressive strengths of these rocks.

The 6K#1033 and 6K#1035 dives surveyed in the middle part of the canyon. The dive area is divided into a highly deformed zone and non-deformed zone based on geological structures and stratal orientation. The highly deformed strata are cut and deformed by normal faults, thrusts, liquefaction and vein structures. The strata mostly strike NE-SW and dip south. The average value of the uniaxial compressive strengths in three specimens collected from highly deformed strata are 1.12-1.30 MPa. The horizontal strata unconformably overlie the highly deformed strata. At the base of the horizontal strata, a more than 1-m-thick conglomerate layer was observed. Average values of the uniaxial compressive strengths of two specimens collected during 6K#1032 dive (dive survey at upper horizontal layers of the canyon) were 0.46 MPa and 0.58 MPa. Given these observations, I suggest that cessation of deformation coincided with deposition of the conglomerate layer.

Keywords: Kuril trench, SHINKAI6500, geologic structure, slope sediments, fore arc basin sediments, uniaxial compressive strength

要 旨

地質構造観察のための 6K#1033 と 6K#1035 の 2 潜航調査が北西太平洋十勝沖の釧路海底谷の側壁で、有人潜水調査船「しんかい 6500」を用いて行われた。本論では、その地質構造、断層岩の変形組織と共にそれらの岩石の一軸圧縮強度を詳細に記載する。

6K#1033 と 6K#1035 は、海底谷の中部で調査された。潜航地域の地質構造は、著しく変形した地層帯と非変形の水平層帯に区分される。著しく変形した地層は、正断層、スラスト、液状化と脈状構造によって特徴づけられる。その層の走向は、およそ北東-南西で、南傾斜である。著しく変形した地層から採取した 3 試料の一軸圧縮強度の平均値は、1.12-1.30 MPa であった。水平層は、著しく変形した地層を不整合で覆う。その水平層の基底では、> 1 m 厚の円礫層が観察された。水平層の一軸圧縮強度は測定できなかったが、6K#1032 潜航（海底谷上流部にあたり、同様の水平層が露出している）によって非変形な地層から採取した 2 試料の一軸圧縮強度の平均値は、それぞれ 0.46 MPa と 0.58 MPa であった。これらの観察結果に基づくと、変形の停止が礫岩層の堆積に

一致していると言える。

1. はじめに

従来、陸上で地質構造は、1) 物理探査、2) ボーリング、3) 地表踏査、の 3 つの手法によって明らかにされてきた。物理探査では、二次元、三次元的に数メートルから数百メートルオーダーのマクロスケールの地質構造を把握し、一次元的に数ミリから数センチメートルオーダーのミクロスケールの地質構造を明らかにし、両者を併せることによって、地質構造を明らかにしてきた (Moore et al., 2009 など)。特に、地表踏査は、露頭規模での地質構造を観察することができる。露頭規模での地質構造は、ミクロスケールの地質構造をより詳細に知ることができ、構造地質学的に重要な知見をもたらしてきた。

一方で、海底では、1) と 2) によって、地質構造を調査することが多く、3) に相当する手法が今までほとんど行われることはなかった。しかし、近年、有人・無人潜水船を用いた地質構造調査が行われ、海底での露頭規模の地質構造を明らかにすることができるようになって

¹ 財団法人深田地質研究所 (Fukada Geological Institute. 2-13-12 Honkomagome, Bunkyo, Tokyo 113-0021, Japan)

*Corresponding author: K. KAWAMURA, Email: kichiro@fgi.or.jp

た (Kawamura et al., 2009). 露頭規模の地質構造は、従来海底で用いられてきた掘削や地震探査とは異なる数 cm ~ 数 m の空間スケールの地質構造を知ることができる古くて新しい探査手法である。

特に、海底谷は、底層流によって斜面を深く削られており、その両岸の壁には広域にわたって斜面における海底面下の地質構造が露出している。南海付加体では、天竜海底谷や潮岬海底谷という、最大比高数百メートルの大規模な海底谷があり、その両岸の壁に露出している地質構造を観察することが成功している (Kawamura et al., 2009).

本論では、北海道釧路沖の釧路海底谷で、海洋研究開発機構の有人調査潜水船「しんかい 6500」(以下 6K) によって観察された露頭と採取された岩石とを記載し、海底谷の側方崖に露出する地質構造について論じる。更に、船上で測定された岩石の一軸圧縮強度について詳細

に報告する

釧路海底谷は、釧路川から千島海溝まで続く全長 233 km の日本周辺でも最大級の海底谷であり、千島海溝の陸側斜面を 900 m 削っている (Noda et al., 2008, 第 1 図)。この海域では、産業技術総合研究所によって、2004 年 ~ 2005 年にかけてマルチチャンネル地震探査が行われ、地下構造が明らかにされており (辻野ほか, 2006)、釧路海底谷の側壁には、マルチチャンネルで調査された地質構造が大規模に露出していることが予想された。

2. 調査海域

釧路海底谷周辺の地形は、辻野ほか (2006) や Noda et al. (2008) で詳しく述べられている。ここでは潜航調査地域についてそれらを抜粋して以下に記述する。

千島海溝の陸側斜面は、1) 大陸棚、2) 上部大陸斜面、

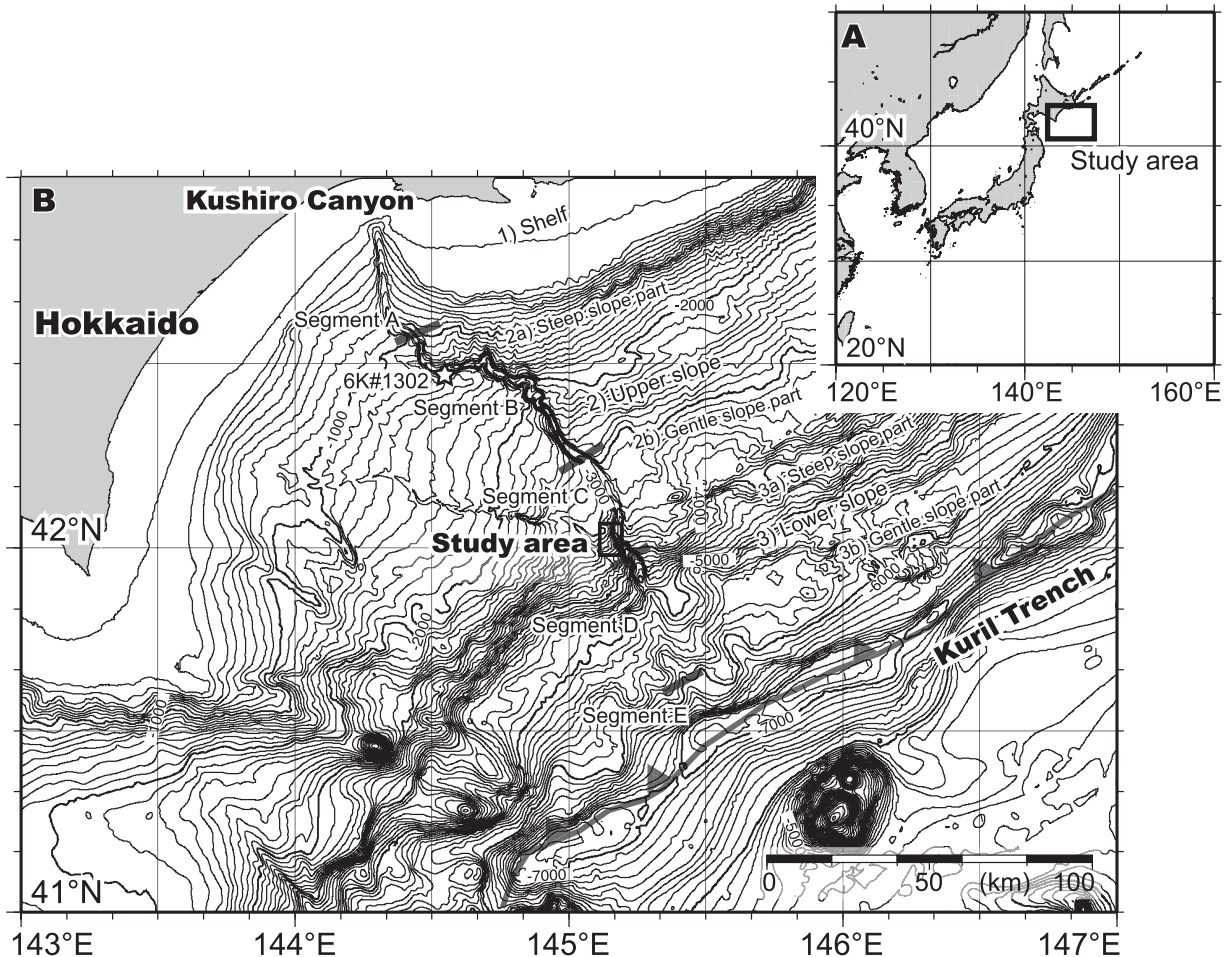


図 1 図 研究地域 (黒枠) 周辺の海底地形図。上部大陸斜面、下部大陸斜面とセグメントは Noda et al. (2008) に基づく (本文参照)。地形図 A と B は、ETOPO2 と JODC-Expert Grid data for Geography -500 m とによってそれぞれ描かれた。A と B の等深線は、それぞれ 2000 m と 100 m 間隔である。

Fig. 1 Bathymetric maps around the study area (a solid square in B). Upper slope, Lower slope and Segments are after Noda et al. (2008) (see text). The maps A and B were drawn based on a data set of the ETOPO2 and the JODC-Expert Grid data for Geography -500 m, respectively. Contour lines of A and B are 2000 m and 100 m intervals, respectively.

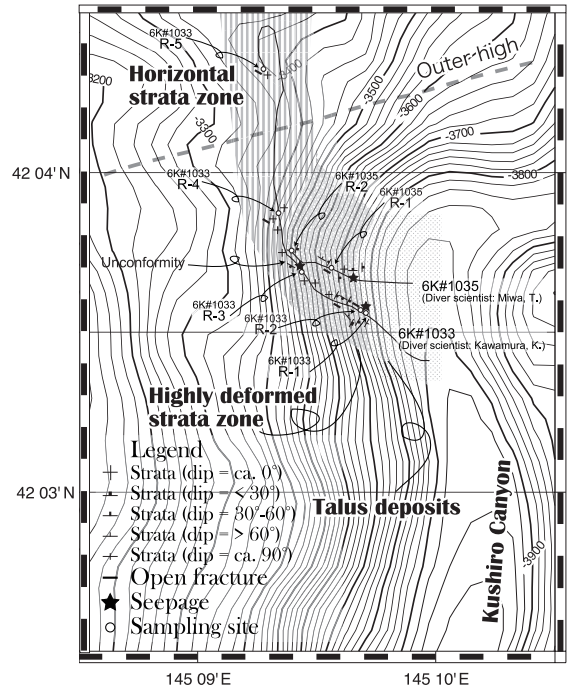
3) 下部大陸斜面に分かれる(第1図)。1) 大陸棚と2) 上部大陸斜面とは傾斜によって区別される。上部・下部大陸斜面は、直線的な崖地形(Outer high or Outer-arc high)によって境される(Noda et al., 2008; 第1図)。2) 上部大陸斜面は前弧海盆, 3) 下部大陸斜面は付加体に対応するとされる(辻野ほか, 2006; 第1図)。以下に6K#1033(潜水研究者: 川村喜一郎)と6K#1035(潜水研究者: 三輪哲也)の潜航地域である2)と3)について述べる。またこの航海では, 6K#1032(潜水研究者: 辻野匠)が釧路海底谷上流部で行われた(第1図)が, 本号の辻野ほかに詳しく記述されているので, 本論では船上で測定された岩石の一軸圧縮強度について触れるのみにする。

2) 上部大陸斜面と3) 下部大陸斜面は, それぞれ急傾斜部との緩傾斜部に分かれる。上部大陸斜面の急傾斜部(2a; 第1図)は, 水深約200~1000 m, 平均斜面傾斜 5° 以上であり, 緩傾斜部(2b)は, 1000~3500 m, $2\sim 3^{\circ}$ である(Noda et al., 2008)。2b)の2000 m付近に背斜が見られ, 更に緩傾斜になっており, 釧路海底谷は顕著に蛇行している(Noda et al., 2008)(第1図)。

直線的な崖地形は, 千島海溝とほぼ平行であり, 正断層によって形成されたとされている(辻野ほか, 2006)。地震探査によると, 正断層が活動する前の不明瞭な上部鮮新統の反射面が見られ, それを更新統が覆う(辻野ほか, 2006)。更新統は, 正断層の活動にともなって形成されたハーフグラベンを充填するものも見られる(辻野ほか, 2006)。

下部大陸斜面の急傾斜部(3a)は, 水深約3500~5000 mまでの平均斜面傾斜 5° 以上の斜面で(Noda et al., 2008; 第1図), 3600 mの斜面に平行な低振幅反射面によって特徴づけられる新第三紀の地層があるとされる(Schnürle et al., 1995)。また, この斜面は, 底付け付加作用によって隆起したとされている(Klaeschen et al., 1994)。一方, 下部大陸斜面の緩傾斜部(3b)は, 水深約5000~7000 mの千島海溝までの領域の平均斜面傾斜 $2\sim 3^{\circ}$ (Noda et al., 2008; 第1図)で, リッジとドームによって特徴づけられる付加体である(Ogawa et al., 1993)。

また, Noda et al. (2008)は, 釧路海底谷をSegment A, B, C, D, Eに分類している。Segment Aでの釧路海底谷底ではタービダイトが堆積していないが, Segment Bでは, 斜面上部が崩壊することにより, 発生した重力流が谷底にタービダイトとして堆積している。その堆積周期は, 76年であり, それらの層はこの地域の地震の発生周期の50~100年とほぼ一致することから, これらの地震によって誘発されたと推測されている。更に, Segment C~Eは, 付加作用によるテクトニックコントロールによって海底谷の形状が支配されていると結論づけている。



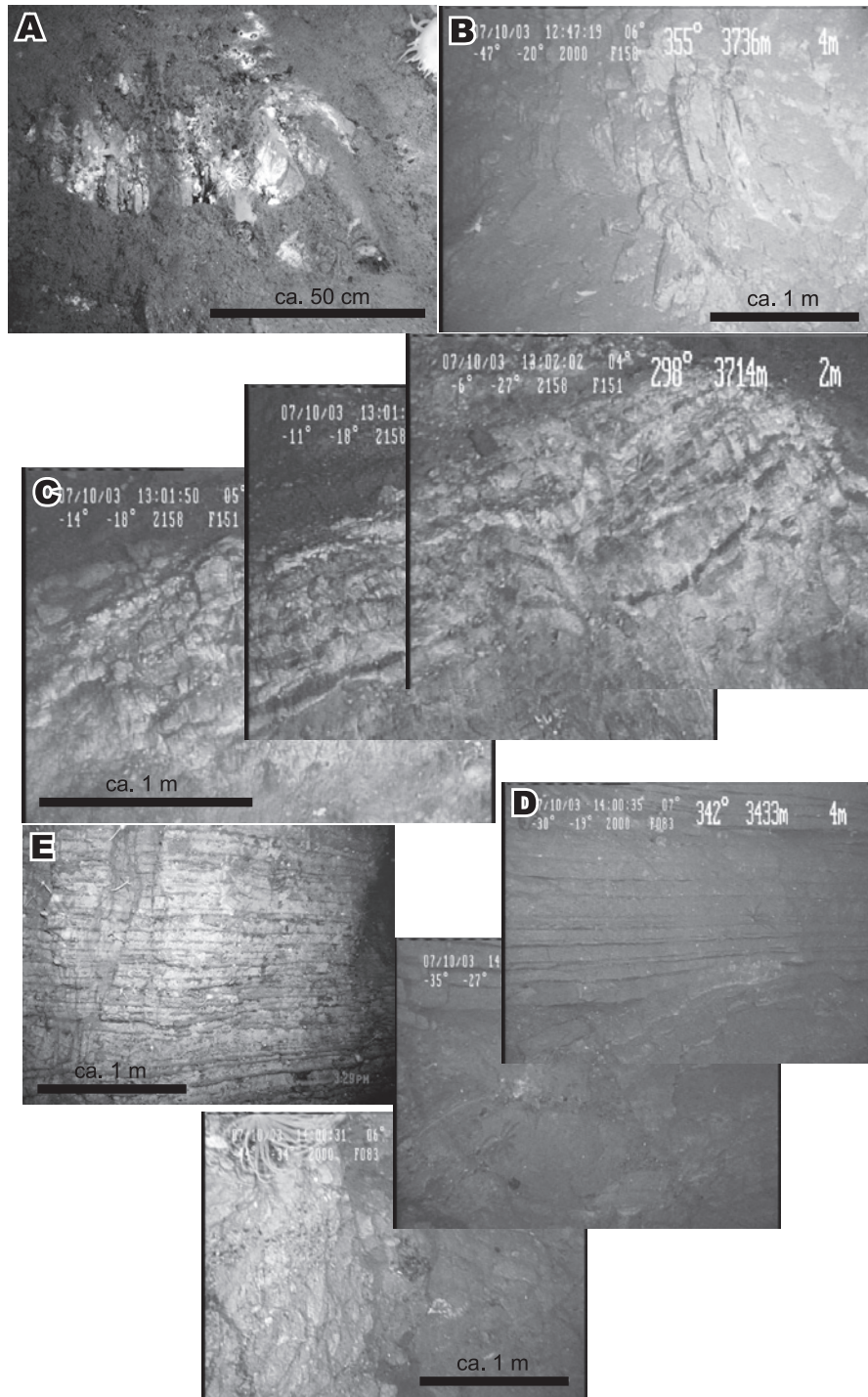
第2図 しんかい6500による6K#1033と6K#1035の潜航サイト周辺の詳細な海底地形図と地質図。黒線は, 潜航調査ルートを示す。

Fig. 2 Detailed bathymetric map and geologic map around the dive sites of 6K#1033 and 6K#1035 by SHINKAI6500. Solid lines indicate the dive survey routes.

3. 潜航調査

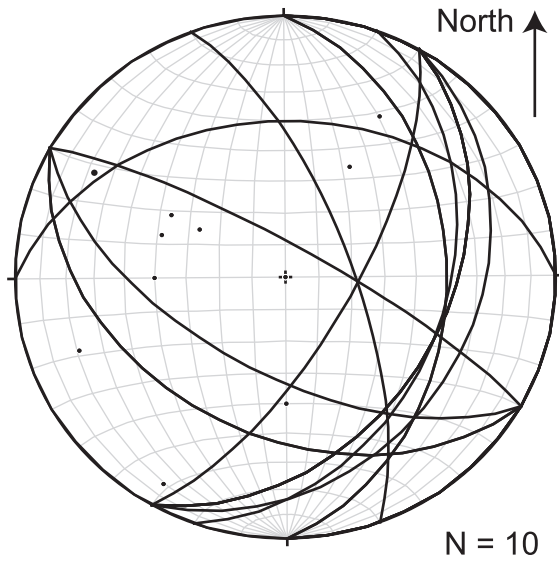
2007年10月2日~10月9日に支援母船「よこすか」によるYK07-14航海では, 6K#1033及び6K#1035が行われた。これらの潜航調査は, 上記の直線的な崖地形付近の下部大陸斜面(3a)の急傾斜部から上部大陸斜面の緩傾斜部(2b)にあたるSegment B~Cの水深約3400~3900 mの釧路海底谷の西側の側壁で行われた(第2図)。

6K#1033潜航は, 2007年10月3日に, 櫻井利明(パイロット), 齋藤文誉(コパイロット), 川村喜一郎(潜水研究者)によって行われた。潜航調査は以下のように進化した。まず, 海底面から50 mでツリムをとり, 水深3898 mの釧路海底谷底に着底した。底質は礫混じり泥, 視界5 m, 水温 1.4°C , 流向流速は北からの流れ, 5 cm/secであった。着底後, 船首 320° で礫混じり泥の海底を航走する。礫は, 角礫の巨礫~中礫で, 斜面を構成している固結した堆積岩であった。水深3860 m以浅からシロウリガイの離棄の殻が点在し, 礫サイズが大きくなっていった。3780 mに岩石露頭を視認し, 同時に直径20 cm程度の小規模なバクテリアマットを岩場に視認した(第3図A)。この付近から地層が観察され, 岩石



第3図 6K#1033で観察された地質構造とバクテリアマット。A：著しく変形した地層帯のバクテリアマット，6K#1033 R-1 サイト近く。B：著しく変形した地層の300°方向の割れ目。この割れ目系は，地層の走向傾斜に寄らず，水平層と著しく変形した地層との両方に見られる。C：層平行断層かスラストによって重複させられた地層。このサイトは，6K#1033 R-2 サンプルングサイトに対応する。D：およそ10 cm厚の薄いタービダイト層と著しく変形した地層と水平層の間の不整合。6K#1033 R-4 サイトの近く。E：水平層での，およそ10 cm厚の薄いタービダイト層。6K#1033 R-5 サイトの近く。

Fig. 3 Geologic structures and bacterial mats observed during 6K#1033. A: Small bacterial mats in highly deformed strata zone, near 6K#1033 R-1 site. B: Fractures of ca. 300° direction in highly deformed strata. This fracture system does not depend upon the strike and dip of the strata, and was observed in both of horizontal and highly deformed strata. C: Strata duplicated by probably thrusts and/or layer parallel faults. This site corresponds to 6K#1033 R-2 sampling site. D: Thin turbidite layers of approximately 10 cm thick and an unconformity between highly deformed strata and horizontal strata, nearby 6K#1033 R-4 site. E: Thin turbidite layers of approximately 10 cm thick in horizontal strata, nearby 6K#1033 R-5 site.



第4図 6K#1033と6K#1035で観察された地層の走向と傾斜のステレオダイアグラム(下半球投影). ステレオダイアグラムの黒点は、地層面の極を示す。

Fig. 4 A stereodiagram of strikes and dips of strata observed during 6K#1033 and 6K#1035 (lower hemisphere projection). Dots in the stereodiagram show poles of the bedding planes.

露頭から灰色の断層岩を採取した(6K#1033R-1)。地層の走向はさまざまな方向を向いているが、すべてをステレオ投影すると、走向はほぼNE-SWで南落ちになる(第4図)。また、地層には約50cm間隔で開口割れ目が見られ、おおよそ300°方向である(第3図B)。この300°方向の割れ目は、調査地点ほぼ全域に渡って観察される。バクテリアマットは、この付近数十mの範囲で点在していた。約20mほど斜面を登り、岩石6K#1033R-2を採取した。6K#1033R-2を採取した付近では、西に急傾斜した黒色(おそらく泥岩層)と白色(おそらく火山灰層)の明瞭な互層が観察された。それらにはスラストや層平行断層が入り、地層が繰り返しているように見える(第3図C)。ここから、300°方向で崖を登る。水深3600mまでは、約300°方向に幅、高さ共に数mの小規模な尾根がいくつも見られた。尾根と尾根の間隔は約50mであり、尾根と尾根の間のへこみには泥が堆積していた。3600~3580mは谷地形になっており、その深さはおよそ30mである。3580mから灰色の断層岩が視認され、3560mにシロウリガイコロニーが見られた。ここで、MBARIコアラにて殻長20cm程度のナギナタシロウリガイ2個体と岩石(6K#1033R-3)を採取した。

水深3500m付近からは、非変形の水平層が露出する。その水平層の下位には、厚さ1mを超える礫岩層があり、下位層を不整合で覆っている(第3図D)。その堆積物の礫は角がとれた丸い堆積岩で、直径は最大50cm程度

である。基質は細粒堆積物のように観察され、全体的に礫支持である(第3図D)。その上位には、黒色(おそらく泥岩)と灰色(おそらく砂岩)の層の互層があり、それぞれの層の厚さは、数cmから数十cmである(第3図E)。水深3420mにて、水平層から6K#1033R-4を採取した。その後、離底、北へ航走し、3370m付近から海底に降りた。そこは、東西に伸びる幅500m程度の小規模な谷地形であった。200°方向にソナー反応があり、その方向に約20m移動し、露頭を発見した。その露頭は、水平層であり、6K#1033R-4地点の露頭とよく似る。そこから6K#1033R-5を採取し、離底した。

6K#1035は、2007年10月5日(金)に松本(パイロット)、千田(コパイロット)、三輪哲也(潜航研究者)で行われた。潜航調査は、6K#1033とほぼ同じ経路で行われた(第2図)。潜航調査では、6K#1035R-1及び6K#1035R-2が採取された(第2図)。

4. 採取された岩石

採取された岩石の詳細な採取地点を第1表に示す。

6K#1033R-1は、採取時には長辺50cmを超える大きなブロックであったが、バスケットに入れる際に細かく砕けたため、10cm角程度の大きさの大量のブロックに分かれている(第5図A)。それらは、オリブ灰色シルト岩であり、黒色の細粒堆積物によって充填された幅1-2mmの脈が数cm間隔で並んでいる構造(脈状構造, vein structure)が見られる。また、この試料には、直径数cmの不定形の砂塊がシルトの中に見られ、未固結時に液状化した痕跡と考えられる。それらの未固結変形構造は、断層によって切られており、断層にはスリッケンラインが見られる。

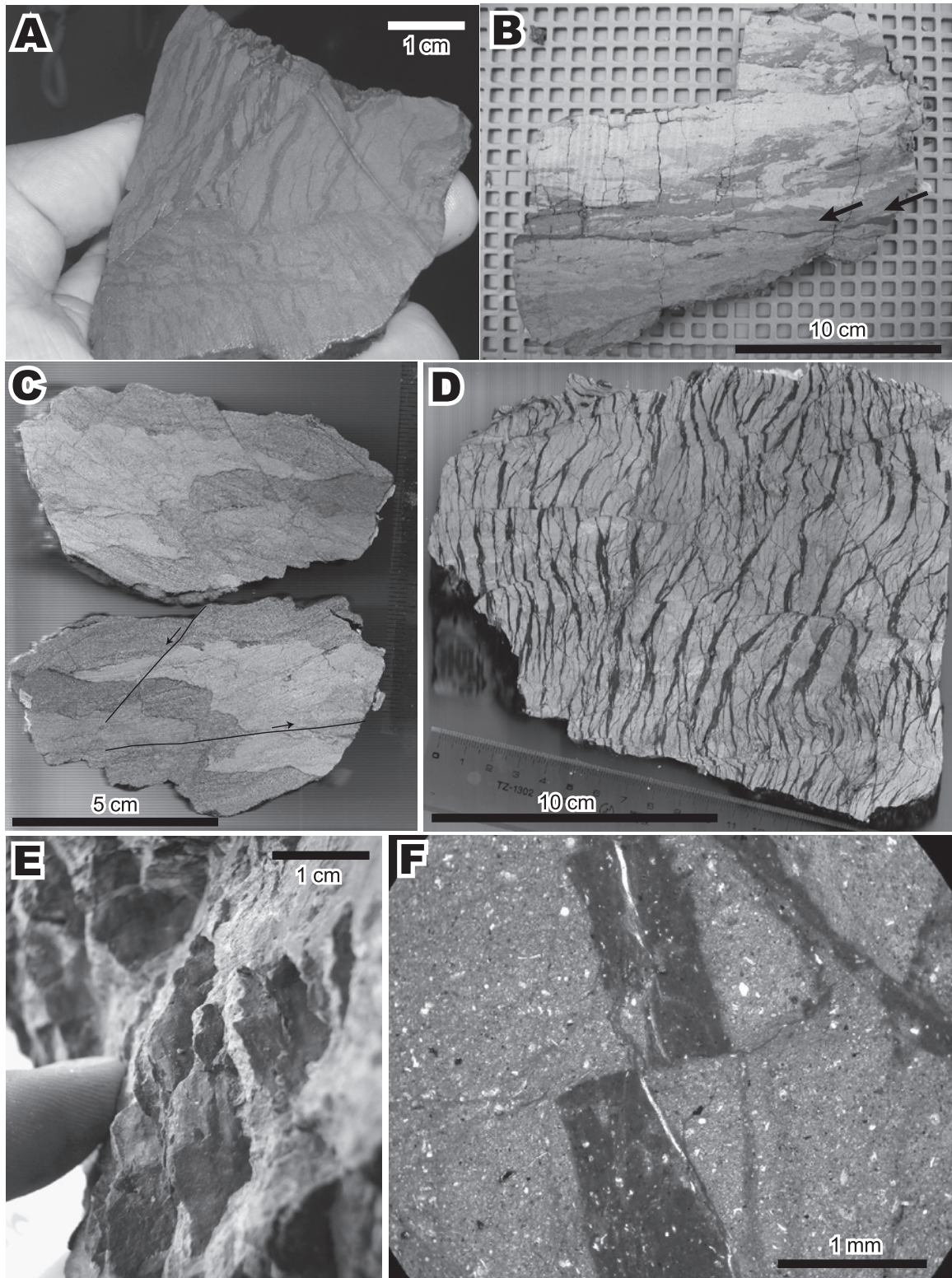
6K#1033R-2は、長辺20cm程度のブロックと10個程度の破片からなり、灰色シルトとオリブ灰色シルト岩層、砂岩層からなり、両者の境界は不明瞭である。正断層が数本とスラストが1本確認される。正断層には明瞭なスリッケンラインが認められる(第5図BC)。

6K#1033R-3は、9個の長辺数cm程度の岩石からなり、6K#1033R-1と類似した構造をしている。

6K#1033R-4とR-5は、共に長辺10cm程度の砂質粘土岩で、R-1~R-3に比べると水分を多く含んだ半固結の岩石である。共に変形構造は見られず、共に起伏のある層理面が見られる。R-5は、ビデオ映像から試料の上位を判定したところ、含有する砂の粒径が上方細粒化していることがわかった。

6K#1035R-1は、2個の長辺30cm程度の岩石からなり、明瞭な脈状構造によって特徴づけられる。脈の幅は、太いもので5mmを超える。脈状構造に沿ってスリッケンラインが見られる(第5図DEF)。

6K#1035R-2は、石灰質成分によってセメントされた



第5図 6K#1033と6K#1035の釧路海底谷の西側壁から採取された岩石試料。A：ペイン構造と断層，6K#1033 R-1。B：未固結変形構造と正断層（矢印），6K#1033 R-2。C：正断層とスラスト，6K#1033 R-2。D：ペイン構造，6K#1035 R-1。E：ペインの表面のスリッケンライン，6K#1035 R-1。F：ペイン構造の微細組織，オープンニコル，6K#1035 R-1。

Fig. 5 Rock samples collected from a west side wall of the Kushiro Submarine Canyon during 6K#1033 and 6K#1035. A: Vein structures and faults, 6K#1033 R-1. B: Unconsolidated deformation structure and normal faults (arrow), 6K#1033 R-2. C: Normal and thrust faults, 6K#1033 R-2. D: Vein structures, 6K#1035 R-1. E: Slikenlines on surfaces of veins, 6K#1035 R-1. F: Microtextures of vein structures, open nicol, 6K#1035 R-1. A scale bar is 1 mm.

第1表 試料採取地点

Table 1 Sampling sites

Sample Name	Latitude	Longitude	Depth
6K#1032 R-1	42°29.2069'N	144°34.3110'E	1791m
6K#1032 R-2	42°28.5972'N	144°34.6419'E	1580m
6K#1032 R-3	42°28.5814'N	144°34.6467'E	1554m
6K#1032 R-4	42°28.2025'N	144°34.9162'E	1410m
6K#1032 R-5	42°28.1989'N	144°34.9639'E	1386m
6K#1032 R-6	42°28.1989'N	144°34.9639'E	1387m
6K#1033 R-1	42°3.5449'N	145°9.6931'E	3762m
6K#1033 R-2	42°3.5506'N	145°9.6689'E	3715m
6K#1033 R-3	42°3.7127'N	145°9.3847'E	3514m
6K#1033 R-4	42°3.8802'N	145°9.3067'E	3391m
6K#1033 R-5	42°4.3733'N	145°9.0772'E	3363m
6K#1035 R-1	42°3.6720'N	145°9.5679'E	3672m
6K#1035 R-2	42°3.7617'N	145°9.4023'E	3511m

第2表 針貫入試験による試料の一軸圧縮強度。Av. は平均一軸圧縮強度, NPL は針貫入長さ, PP は貫入圧力, UCS は一軸圧縮強度。

Table 2 Uniaxial compressive strengths of samples by needle penetration tests. Av. Is average uniaxial compressive strength, NPL is needle penetration length, PP is penetration pressures and UCS is uniaxial compressive strength.

Sample	Av. (MPa)	NPL (mm)	PP (N)	UCS (MPa)
6K #1032 R-2	0.58	10	10	0.42
			20	0.82
			10	0.42
			20	0.82
			10	0.42
6K #1032 R-4	0.46	10	10	0.42
			15	0.62
			10	0.42
			10	0.42
			10	0.42
6K #1033 R-1	1.30	10	10	0.42
			30	1.22
			20	0.82
			5	2.41
			5	1.62
6K #1033 R-2	1.12	3	10	1.36
			10	1.36
			20	1.02
			20	1.02
			10	0.82
6K #1035 R-1	1.22	10	30	1.22
			30	1.22
			30	1.22
			30	1.22
			30	1.22

硬質砂岩である。砂岩には、細粒堆積物によって充填された幅 1 mm 程度の黒色脈を伴う断層が見られる。

5. 一軸圧縮強度

岩石の一軸圧縮強度は、株式会社丸東製作所の軟岩ペ

ネトロメーター SH-70 を用いて、船上で簡易的に測定した。この測定装置は、岩石に針を突き刺し、そのときの貫入圧力を測定し、砂岩とコンクリートの経験則から一軸圧縮強度を算出するものである。測定では、針をゆっくり岩石に貫入させ、5回測定した。測定値から一軸圧縮強度を求める経験式を以下に示す(土木学会, 1991)。なおここでは、直接算出される kN/m²ではなく、MPa で示した(1 kN/m² は、0.001 MPa)。

$$\text{Log}Y = 0.978 \times \text{Log}X + 2.621$$

Y = 一軸圧縮強度 (kN / m²)

X = 貫入圧力 (N) / 針貫入長さ (mm)

測定結果は第2表に示される。6K#1033R-1 は、試料が小さく、また測定時に割れるため、5 mm しか貫入させることができないものが2点あった。このため、値は0.42 ~ 2.41 MPa とばらつき、5回測定の平均は、1.30 MPa であった。6K#1033R-2 も同様に試料が測定中に割れるため、貫入量を一定にすることが難しく、値は0.82 ~ 1.36 MPa と R-1 ほどではないがややばらついた。平均は1.12 MPa であった。6K#1033R-3 はサンプルが小さすぎて測定不能であった。また6K#1033R-4 と R-5 は柔らかすぎて貫入圧力を測定できなかった。6K#1035R-1 は、再現性の高いデータを得ることができ、その一軸圧縮強度は、6K#1033R-1 や R-2 とほぼ同様の値を示し、平均は1.22 MPa であった。6K#1035R-2 は、硬すぎるため、針が貫入しなかった。

今回の測定では、6K#1032 で採取された岩石の一軸圧縮強度も測定した。6K#1032 では、Segment B で潜航調査され、非変形な水平層から岩石が採取された(第1図)。潜航調査は海底谷底から斜面を登るように行われた。そのため、試料番号が若い試料ほど、斜面下部から採取している。その潜航では、6#1032R-1 ~ 4 までほぼ等間隔に採取された(第1表)(詳しい試料採取地点は、この号の辻野ほかを参照)。6#1032R-2 は、0.42 ~ 0.82 MPa (平均0.58 MPa)、6K#1032R-4 は0.42 ~ 0.62 MPa (平均0.46 MPa) であった。他の試料は柔らかすぎたために、貫入圧力が測定できなかった。

6. おわりに

上記の潜航調査結果に基づくと、露頭で観察された地質構造は、「著しく変形した地層」と「非変形の水平層」とに分かれる(第2図)。

前者は、水深3800 m 付近 ~ 3500 m 付近までの範囲で、地層の走向が NE-SW 方向のものが多く、傾斜は南落ちのものが多かった(第4図)。この走向は、釧路海底谷西側の下部大陸斜面の急傾斜部と緩傾斜部の境界の方向

と類似し(第1図破線), このことは, Schnürle et al. (1995) で言われている「斜面に平行な低振幅反射面によって特徴づけられる地層」と矛盾しない。

また, 脈状構造, 液状化, 正断層, スラストが岩石中に観察され, バクテリアマットやシロウリガイコロニーが見られることも著しく変形した地層の特徴である。岩石中の変形構造は, 次に述べる理由により, ほとんどが未固結時に形成された変形構造であると考えられる。Osumi and Ogawa (2008) によると, 脈状構造は地震動によって, 未固結細粒堆積物が激しく振動させられたときに形成されるとされる。そして, 砂層がスラストに沿って流動変形していることから, スラストも, この岩石が未固結な状態の時に形成されたと推測される。

それに対して, 後者の非変形の水平層は, 水深 3500 m 以浅で見られる。基底層には層厚 1 m を超える礫層があり, その上位には, 数 cm から数十 cm 厚のタービダイト層が観察される(第2図)。今回の観察結果からすると, 非変形の基底層の礫層は, それより下位の変形層を不整合で覆っている。このことは, 礫層が堆積したときには, 下位の地層の変形はほぼ終了していたことを意味する。本号の本山ら及び柳沢によると, 著しく変形した地層から採取された岩石から初期～中期中新世を示す放射虫化石が, 後期漸新世～中期中新世を示す珪藻化石が検出されている。一方, 水平層からは後期鮮新世～完新世を示す放射虫化石が, より狭い範囲の年代である前期更新世の珪藻化石が検出されている。このことから, 少なくとも前期更新世には下位層の変形が完了し, 下位層を被覆するように地層が堆積していたと結論づけられる。

更に, 本論では, 釧路海底谷の崖に露出する岩石の一軸圧縮強度を算出した。Segment B の上部大陸斜面を潜航した 6K#1032 で得られた岩石では, 約 0.5 MPa であるのに対し, 6K#1033 及び 1035 で得られた著しく変形した岩石(下部大陸斜面を構成する岩石)は, 約 1.2 MPa であった。また, 6K#1032 では R-2 の斜面下部の岩石が R-4 の斜面上部の岩石よりも平均強度がやや増加している。これは, 測定誤差の範囲内かもしれないが, 斜面下部ほど高い強度, 上部ほど低い強度であることを表しているのかもしれない。

謝辞

本研究を行うにあたり, YK07-14 航海の首席研究員の三輪哲也博士(海洋研究開発機構)と次席研究員の辻野匠博士(産業技術総合研究所)には, 航海の事前準備から航海中の作業に至るまで, 終始に渡ってお世話になった。また, 東京大学工学部の佐々木智之博士(現在: 産業技術総合研究所活断層センター所属)を始め, YK07-14 乗船研究者には, サンプル記載や潜航記録など船上で助けていただいた。深海潜水調査船支援母船よこすか

の請蔵榮孝船長を初め, 乗組員, しんかい 6500 チームの方々には, 乗船・潜航中, 支援して頂いた。Nicolas Hayman 博士(テキサス大学)には, 英文校正をしていただいただけでなく, 有益なコメントをいただいた。更に, 匿名査読者からは, 論文に対して有意義なコメントをいただいた。記して謝する。

文 献

- 土木学会, 1991, 軟岩の調査・試験の指針(案)
— 1991年版—。社団法人土木学会, 東京, 124 p.
- Kawamura, K., Ogawa, Y., Anma, R., Yokoyama, S., Kawakami, S., Dilek, Y., Moore, G.F., Hirano, S., Yamaguchi, A., Sasaki, T. and YK05-08 Leg 2 and YK06-02 Shipboard Scientific Parties, Structural architecture and active deformation of the Nankai Accretionary Prism, Japan: submersible survey results from the Tenryu Submarine Canyon. *Geological Society of America Bulletin*, 121, 11-12, 1629-1646; doi: 10.1130/B26219.1.
- Klaeschen, D., Belykh, I., Gribidenko, H., Patrikeyev, S. and von Huene, R. (1994) Structure of the Kuril Trench from seismic reflection records. *Journal of Geophysical Research* 99, B12, 24173-24188, doi: 10.1007/94JB01186.
- Moore, G.F., Mikada, H., Moore, J.C., Becker, K. and Taira, A. (2005) Legs 190 and 196 Synthesis: Deformation and fluid flow processes in the Nankai Trough accretionary prism 1: http://www-odp.tamu.edu/publications/190196SR/synth/syn_f2.htm#1002489.
- 本山 功・上栗伸一・辻野 匠・川村喜一郎・三輪哲也 (2010) 釧路海底谷から採取された岩石試料の放射虫化石年代。地調研報, 61, 87-103.
- Noda, A., TuZino, T., Furukawa, R., Uchida, J., and Joshima, M. (2008) Physiographical and sedimentological characteristics of submarine canyons developed upon an active forearc slope: the Kushiro Submarine Canyon, northern Japan. *Geological Society of America Bulletin* 120 (5/6), 750-767, doi: 10.1130/B26155.1
- Ogawa, Y., Kobayashi, K., Tamaki, K., Thu, M.K. and Hanamura, Y. (1993) Topography of the western part of the Kuril Trench off Hokkaido based on the SeaBeam map and 3.5 kHz profiles, in Kobayashi, K., ed., Preliminary report of the Hakuho Maru Cruise KH92-3, Tokyo, Ocean Research Institute, University of Tokyo, 10-25.
- Osumi, T. and Ogawa, Y. (2008) Vein structures, like ripple marks, are formed by short-wavelength shear waves. *Journal of Structural Geology*, 30, 6, 719-724. doi:

10.1016/j.jsg.2008.02.002

Schnürle, P., Lallemand, S.E., von Huene, R. and Klaeschen, D. (1995) Tectonic regime of the southern Kuril Trench as revealed by multichannel seismic lines. *Tectonophysics* **241**, 3-4, 259-277, doi: 10.1016/0040-1951(94)00173-7.

辻野 匠 (2010) 北海道十勝沖前弧海盆東縁を流下する釧路海底谷上流域の「しんかい6500」による潜

航調査. *地調研報*, **61**, 125-136.

辻野 匠, 荒井晃作, 佐竹健治 (2006) 千島海溝陸側斜面の48ch音波探査., *地質調査総合センター速報* **36**, 22-54.

柳沢幸夫 (2010) 釧路海底谷側壁から採取された泥岩試料の珪藻化石. *地調研報*, **61**, 105-123.

(受付: 2009年2月3日; 受理: 2009年5月28日)